

# 自己点検・外部評価資料

個人資料

2020年2月14日

東京大学大学院理学系研究科

地球惑星科学専攻

## 目次

<b>大気海洋科学講座</b> .....	<b>3</b>
佐藤 薫 .....	4
日比谷 紀之 .....	18
升本 順夫 .....	34
小池 真 .....	43
東塚 知己 .....	51
三浦 裕亮 .....	59
高麗 正史 .....	66
田中 祐希 .....	71
<b>宇宙惑星科学講座</b> .....	<b>77</b>
杉田 精司 .....	78
関 華奈子 .....	89
橘 省吾 .....	102
星野 真弘 .....	116
天野 孝伸 .....	127
笠原 慧 .....	134
比屋根 肇 .....	141
諸田 智克 .....	146
横山 央明 .....	154
大平 豊 .....	162
桂華 邦裕 .....	168
長 勇一郎 .....	176
<b>地球惑星システム科学講座</b> .....	<b>181</b>
茅根 創 .....	182
田近 英一 .....	193
生駒 大洋 .....	206
河原 創 .....	214
高橋 聡 .....	223
茂木 信宏 .....	230
福井 暁彦 .....	240
<b>固体地球科学講座</b> .....	<b>245</b>
井出 哲 .....	246
ウォリス サイモン .....	256
小澤 一仁 .....	265
廣瀬 敬 .....	272
安藤 亮輔 .....	282

飯塚 毅.....	288
河合 研志.....	295
田中 愛幸.....	303
桑山 靖弘.....	309
桜庭 中.....	314
佐藤 雅彦.....	318
永治 方敬.....	324
藤 亜希子.....	329
<b>地球生命圏科学講座.....</b>	<b>333</b>
遠藤 一佳.....	334
狩野 彰宏.....	342
小暮 敏博.....	350
後藤 和久.....	361
高橋 嘉夫.....	374
板井 啓明.....	399
鈴木 庸平.....	406
荻原 成騎.....	413
砂村 倫成.....	417

## 構成員一覧（2020年1月1日現在）

### 大気海洋科学講座

佐藤 薫	教授	大気力学，中層大気科学
日比谷 紀之	教授	海洋力学，深海乱流混合，海洋波動理論
升本 順夫	教授	気候力学，大気海洋循環物理学
小池 真	准教授	大気環境科学
東塚 知己	准教授	海洋物理学，気候力学
三浦 裕亮	准教授	大気物理学，気候モデリング
高麗 正史	助教	中層大気科学，大気力学
田中 祐希	助教	海洋力学，縁海物理学，海峡乱流過程

### 宇宙惑星科学講座

杉田 精司	教授	惑星探査，惑星科学，アストロバイオロジー
関 華奈子	教授	太陽惑星系物理学，電磁気圏物理学，宇宙空間プラズマ物理学
橘 省吾	教授	宇宙化学
星野 真弘	教授	宇宙空間物理学，プラズマ物理学
天野 孝伸	准教授	宇宙空間物理学，プラズマ宇宙物理学
笠原 慧	准教授	惑星科学（電磁気圏を含む），特に探査機搭載粒子観測器の開発
比屋根 肇	准教授	惑星科学，同位体宇宙化学，隕石学
諸田 智克	准教授	惑星科学，月惑星探査，惑星地形学
横山 央明	准教授	太陽・天体プラズマ物理学
大平 豊	助教	宇宙物理学，宇宙線物理学，プラズマ物理学
桂華 邦裕	助教	惑星電磁気圏物理学，惑星間空間物理学
長 勇一郎	助教	惑星科学

### 地球惑星システム科学講座

茅根 創	教授	地球環境システム学（サンゴ礁・沿岸・炭素循環・地球規模変動・古環境変動）
田近 英一	教授	地球惑星システム科学，地球史学，比較惑星環境進化
生駒 大洋	准教授	理論惑星科学，系外惑星科学
河原 創	助教	太陽系外惑星（キャラクターゼーション，解析，観測装置）
高橋 聡	助教	古生物学・地球化学
茂木 信宏	助教	地球大気環境科学，環境物理学
福井 暁彦	特任助教	天文学，惑星科学

## 固体地球科学講座

井出 哲	教授	Earthquake Source Physics
ウォリス サイモン	教授	Structural petrology, tectonics
小澤 一仁	教授	Petrology
廣瀬 敬	教授	High-pressure geoscience, Study of deep Earth materials
ANDO, Ryosuke	AP	Earthquake source physics, Seismotectonics
IIZUKA, Tsuyoshi	AP	Geochemistry and cosmochemistry
KAWAI, Kenji	AP	Global seismology, Study of Earth's deep interior
TANAKA, Yoshiyuki	AP	Geodesy

## 地球生命圏科学講座

ENDO, Kazuyoshi	P	Molecular palaeontology, skeletogenesis
-----------------	---	---

# 大気海洋科学講座

# 佐藤 薫

## I. 略歴

氏名： 佐藤 薫（さとう かおる）

年齢： 58 歳

現職： 教授

### 学歴

1980 年 3 月 お茶の水女子大学文教育学部附属高等学校卒業  
1984 年 3 月 東京大学理学部地球物理学科卒業  
1986 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科修士課程（地球物理学専門課程）修了  
1991 年 3 月 京都大学大学院理学研究科博士後期課程（地球物理学専攻）修了  
1991 年 3 月 学位取得（京都大学理学博士）

### 職歴

1986 年 4 月 日本電気株式会社（光エレクトロニクス研究所）勤務（1987 年 6 月まで）  
1991 年 4 月 日本学術振興会特別研究員（PD）（1993 年 3 月まで）  
1991 年 4 月 京都大学教養部 非常勤講師（1992 年 9 月まで）  
1993 年 4 月 京都大学総合人間学部 非常勤講師（1993 年 6 月まで）  
1993 年 7 月 東京大学気候システム研究センター 助手（1995 年 3 月まで）  
1995 年 4 月 京都大学大学院理学研究科 助手（1999 年 11 月まで）  
1999 年 12 月 国立極地研究所北極圏環境研究センター 助教授（2004 年 3 月まで）  
2004 年 4 月 国立極地研究所研究・教育系 助教授（2005 年 9 月まで）  
2005 年 10 月 東京大学大学院理学系研究科 教授（現在に至る）

1995 年 7 月 NorthWest Research Associates 招聘研究員（2001 年 8 月まで）  
2002 年 9 月 第 44 次日本南極地域観測隊越冬隊員（2004 年 3 月まで）  
2005 年 10 月 国立極地研究所客員教授（～2006 年 3 月、2010 年 4 月～現在に至る）  
2018 年 9 月 第 60 次日本南極地域観測隊夏隊員（2019 年 3 月まで）

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

南極大型大気レーダーの建設・運用の主導とこれを用いた観測研究、高解像大気大循環モデルを用いた研究、衛星・大気再解析データを用いた研究、理論研究を行い、大気波動、大気大循環に関する中層大気（成層圏・中間圏・下部熱圏、高度約 10～100 km の大気）力学の理解を深めた。

#### 1. 南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY レーダー）による研究

大型大気レーダーは、対流圏・成層圏・中間圏の風速ベクトルの鉛直プロファイルを高時間

高高度分解能で観測できる。特に鉛直風が直接推定できるため、重力波に伴う運動量フラックスの高精度推定が可能である。南極初の大型大気レーダーの PANSY レーダーの昭和基地 (69°S, 40°E)での建設、定常運用を主導し、多くの観測研究を行った。海氷状況の悪化により 2012 年 1 月、2013 年 1 月に砕氷船しらせの接岸断念があったため物資輸送に大きな支障があったが、2012 年 4 月末に PANSY レーダーシステムの部分群での連続観測を開始、2015 年 3 月には全群での初観測に成功、2015 年 10 月からはほぼノンストップで全群連続観測を継続している。2014 年にシステムの記述および初期観測結果を示しながらの科学研究構想についての第 1 論文を出版した。初期の部分群による観測データにより、下部対流圏の地形性重力波やハイドロリックジャンプ、対流圏界面付近の大振幅重力波の特性と成因、極域中間圏冬季エコーの日変化と高エネルギー粒子の関係に関する研究を行った。全群観測開始以降のデータを用いた研究では、白夜により初めて可能な 50 日以上の中間圏連続観測データを用いた広帯域スペクトル解析、成層圏、中間圏を通した近慣性重力波の卓越とその季節特性、情報学研究者と共同しての乱流エネルギー消散率の季節特性の高精度推定等を行った。これらの研究では、南半球を高解像度化した大気大循環モデルを用いた重力波再現実験も実施した。2016 年からは 4 度にわたり、北極成層圏突然昇温現象の発生を契機とする全球的な中層大気変調のメカニズムを調べる国際共同観測 ICSOM (Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling)を主導した。特に 2018.12-2019.1 のキャンペーンでは南極観測隊員として自ら昭和基地において観測を行った。PANSY レーダー観測は南極地域観測第 VIII 期 (2012~2015 年度) および第 IX 期 (2016~2011 年度) 重点研究観測の主要観測として位置づけられ、2016 年度からは PANSY レーダー観測および相補的観測も含めた研究グループの代表者として研究を主導している。

## 2. 中層大気大循環の階層構造に関する研究

### 2-a 重力波とロスビー波の協働

重力波とロスビー波は時間・空間スケールが大きく異なるため通常相互作用しないが、流れのドップラー効果によって共鳴が起り、ロスビー波の一部から重力波の自発的放射が起こることを理論的に示した。また高解像大気大循環モデル、全大気モデルシミュレーションデータの解析により、中層大気、特に中間圏では、重力波およびロスビー波の砕波・減衰に伴う波強制が大規模場のバランスを崩し、傾圧・順圧不安定、シア不安定を引き起こして、ロスビー波や重力波の発生が生じていること、また、これらは運動量収支において重要であることを示した。この中で特に重力波がロスビー波を発生させるという現象はほとんど知られていないものであった。また、波強制を与えたときのラグランジュ流の非定常応答の理論解析も行った。

### 2-b 重力波・ロスビー波に適用可能な 3 次元ラグランジュ流の定式化

中層大気大循環の 3 次元構造を調べるための理論的枠組みは未整備であった。東西平均ラグランジュ流は非地衡風のみで記述されるのに対し、3 次元流は地衡風も含む。また、2-a で示した重力波とロスビー波が協働する中層大気ではどちらの波も解析できるラグランジュ流の定式化が必要であった。このようなニーズを満たす 3 次元ラグランジュ流と波活動度フラックスの理論式を一連の研究により導出した。この研究過程で重力波・ロスビー波の統一分散関係式も導出した。

### 2-c 重力波のクライマトロジーと伝播

十分に明らかにされていなかった全球的な大気重力波の分布や 3 次元特性、気候予測モデルには不可欠で予測精度に大きく影響する重力波パラメタリゼーションの研究を行った。具体的には、重力波解像 GCM の結果を用いて、南半球重力波の水平分布、季節変化、間欠性に関する研究、成層圏界面ジャンプを伴う北極成層圏突然昇温現象におけるロスビー波・重力波・放射の役割に関する研究、熱帯域の対流活動に伴う大陸規模の非断熱加熱による非伝播性潮汐波の力学に関する研究を行った。この中で地形性重力波の水平伝播のメカニズムを明確化し、これを含む重力波パラメタリゼーションの開発を行った。衛星により観測される重力波特性のマッデンジュリアン振動や南方振動との連動、MF レーダーによる南半球高緯度の重力波の年々変化と亜熱帯対流活動との高い相関を示した。



## 2-d その他の気象力学研究

上記研究においては学生の修士論文・博士論文として実施したものも少なくない。ほかにも学生と共同して、CALIPSO 衛星による上部対流圏・下部成層圏の雲データを用いた成層圏突然昇温時の上部対流圏の安定度と雲量の変調、極成層圏雲と上部対流圏雲との同時出現メカニズムに関する研究、南半球最終昇温日と積分した波活動度フラックスの高相関に関する研究も行った。国際的なグループ研究や、レビュー論文執筆、外国の若手研究者を指導しての共同研究も複数行った。

## 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Sato K., A statistical study of the structure, saturation and sources of inertio-gravity waves in the lower stratosphere observed with the MU radar (1994), *J. Atmos. Terr. Phys.*, 56, 755–774, doi:10.1016/0021-9169(94)90131-7.

滋賀県信楽町(35°N, 136°E)の大型大気レーダー、MU レーダー 3 年分 (述べ 3600 時間) のデータを用いて、下部成層圏の慣性重力波の力学特性に関する統計解析を行った。平均鉛直波長、水平波長はそれぞれ 1.6km、300km であり、季節依存性は比較的小さいことがわかった。一方、伝播方向については季節依存性が高く、冬季は亜熱帯ジェットの高緯度から低緯度に向かい上下に伝播する重力波が、夏季は下部成層圏において低緯度から高緯度に向かう重力波が卓越することが見いだされた。(引用回数 156 回 (GS/Sep. 18, 2019))。

2. Sato, K., S. Tateno, S. Watanabe, Y. Kawatani (2012), Gravity wave characteristics in the Southern Hemisphere revealed by a high-resolution middle-atmosphere general circulation model, *J. Atmos. Sci.*, 69, 1378–1396, doi:10.1175/JAS-D-11-0101.1.

重力波解像大気大循環モデルを用いた 3 年間のシミュレーションデータに基づき、重力波活動度の高い南半球高緯度の波の特徴を調べた。重力波のエネルギーは冬季に強まり、特に南アンデス山脈付近から下流に成層圏極渦を取り巻くように分布していることが分かった。地形性重力波の水平伝播メカニズムを理論的に示し、その重要性を議論した。また、安定度が鉛直に不連続に変わる場所で、分反射が起きていることを指摘した。(引用回数 100 回 (GS/Sep. 18, 2019))。

3. Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, M. Kohma, H. Yamagishi and T. Yamanouchi (2014), Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY), *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 118, Part A, 2–15, doi:10.1016/j.jastp.2013.08.022.

昭和基地 (69°S, 40°E)に設置した南極初の大型大気レーダー、PANSY レーダーのシステムと初期観測結果を記述した論文。PANSY レーダーは、組立工程の簡略化、軽量化により夏期間が短く、人的資源に限られる南極においても設置が可能となり、省エネ化により資源の限られる南極においても通年観測が可能なレーダーとなった。対流圏から中間圏における初期観測結果を示し、このレーダー観測により展開可能な科学の議論を行った。(引用回数 48 回 (GS/Sep. 18, 2019))。

4. Sato, K., and M. Nomoto (2015), Gravity wave-induced anomalous potential vorticity gradient generating planetary waves in the winter mesosphere, *J. Atmos. Sci.*, 72, 3609–3624. doi: 10.1175/JAS-D-15-0046.1.

重力波解像大気大循環モデルデータを用いて、中間圏に見られる傾圧・順圧不安定が重力波強制により起こること、また、この不安定に特徴的な渦位極大の解消過程において、東向きおよび西向き伝播のロスビー波が対になって発生していることを明らかにした。この結果は中間圏の運動量収支を議論するうえで、重力波とロスビー波の平均風との相互作用を介した協働という視点が重要であることを示している。(引用回数 14 回 (GS/Sep. 18, 2019))。

5. Sato, K., M. Kohma, M. Tsutsumi, and T. Sato (2017), Frequency spectra and vertical profiles of

wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere revealed by MST radar observations, J. Geophys. Res. Atmos., 122, 3–19, doi:10.1002/2016JD025834.

大型大気レーダーによる中間圏観測は太陽放射により大気が電離する昼間に限られるため、重力波特性の解析には限界があった。ところが、夏季白夜となる極域では、2~3 か月にわたり時間連続な観測データが取得できる。本研究では南極の PANSY レーダーの連続中間圏観測データを用いて、重力波の取りうるすべての周波数帯にわたるエネルギーと運動量フラックスのスペクトルを解析し、運動量輸送を担う主要な重力波は数時間以上の長周期成分であることを明らかにした。(引用回数 13 回 (GS/Sep. 18, 2019))。

#### 4. 受賞等

- ・ 佐藤薫, 科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞, 2014 年 4 月
- ・ 南極昭和基地大型大気レーダーチーム, 第 8 回海洋立国推進功労者表彰 (内閣総理大臣賞), 2015 年 7 月
- ・ 佐藤薫, 日本気象学会藤原賞, 2018 年 5 月
- ・ 佐藤薫, AOGS Atmospheric Sciences Section Distinguished Lecturer, 2018, 2018 年 6 月

#### 5. 研究の将来計画

これまでと同様、研究対象を地上から乱流圏界面 (大気混合比がほぼ一定となる大気の上端) である高度約 100 km まで広げ (以下全中性大気とよぶ)、乱流・各種波動・各種不安定・大循環からなる大気の大規模構造を力学的視点から明確化する。気象機関で作成される大気再解析データは上部成層圏までしかカバーしていないので、独自にデータ同化システムの開発を行い、全中性大気の長期解析データを作成する。データ同化に関する基礎研究はすでに開始している。PANSY レーダーほか、全球的な中層大気観測網の観測データや高解像大気大循環モデル実験を用いて、定量的かつ精度の高い議論を展開する。見えてくる階層構造の描像をモデル化する理論研究も適宜進める。南極観測については国立極地研究所と協力して、2015 年 10 月から開始した PANSY レーダーによる 12 年間 (太陽活動 1 周期分) のフルシステム連続観測を実施すると共に、超高層大気科学や情報学の研究者と共同で学際性の高い融合研究を進める。これらの研究で取得あるいは作成される長期全中性大気解析データや観測データ等汎用性の高いデータは、上記目的の研究がひと段落したのちに、適宜公開することになる。本研究は純粋な大気物理学研究であるが、成層圏突然昇温等、対流圏気候に下向きに大きく影響を与える現象の少ない割合が乱流圏界面付近から始まることが知られている。したがって、社会還元の見点からは気候予測モデルの精度向上と予測可能期間の延長に結び付く研究である。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 気候システムにおける大気重力波の直接・間接効果の研究, 研究代表者, 2010~2012 年度, 総額 14,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 新理論に基づく大気大循環の 3 次元描像の解明, 研究代表者, 2013~2017 年度, 総額 26,700,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 先進的気球観測による南極域における大気重力波の確率的振る舞いの解明, 研究代表者, 2018~2020 年度, 総額 12,200,000 円
- ・ JST 戦略的創造研究推進事業 (CREST), 大型大気レーダー国際共同観測データと高解像大気大循環モデルの融合による大気階層構造の解明 (研究領域「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用」), 研究代表者, 2016~2021 年度, 総額 180,913,000 円

- 公益財団法人住友財団寄附金, 国際共同観測に基づく成層圏・中間圏を介した南北両半球気高結合の研究, 研究代表者, 2016~2017年度, 総額 1,200,000 円
- 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, 高解像度大気大循環モデルと大型大気レーダーを用いた大気重力波の研究, 受入研究者(研究代表者), 2014~2015年度, 総額 1,900,000 円
- 科学研究費補助金 基盤研究 (B), CINDY2011 観測データと最先端気象・気候モデルによる MJO 発生機構の解明, 研究分担者, 2013~2016年度, 総額 1,000,000 円
- 科学研究費補助金 基盤研究 (B), YMC 観測と気象・気候モデルを複合的に利用した海洋大陸上の MJO 変質過程の解明, 研究分担者, 2016~2020年度, 総額 400,000 円
- 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 高解像観測による南極対流圏界面の精密研究, 研究分担者, 2017~2019年度, 総額 325,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Tomikawa, Y., Sato, K., Watanabe, S., Kawatani, Y., Miyazaki, K., & Takahashi, M. (2012), Growth of planetary waves and the formation of an elevated stratopause after a major stratospheric sudden warming in a T213L256 GCM, *J. Geophys. Res.*, **117**, D16101. <https://doi.org/10.1029/2011JD017243>
2. Nishimura, K., Nakamura, T., Sato, T., & Sato, K. (2012), Adaptive Beamforming Technique for Accurate Vertical Wind Measurements with Multi-channel MST Radar, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **29**, 1769–1775. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00211.1>
3. Kohma, M., & Sato, K. (2013), Simultaneous occurrence of polar stratospheric clouds and upper-tropospheric clouds caused by blocking anticyclones in the Southern Hemisphere, *Atmos. Chem. Phys.*, **13**, 3849–3864. <https://doi.org/10.5194/acp-13-3849-2013>
4. Yasuda, Y., and Sato, K. (2013), The effect of the horizontal component of the angular velocity of the Earth's rotation on inertia-gravity waves, *J. Meteor. Soc. Japan*, **91**, 23–41. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2013-102>
5. Kohma, M., & Sato, K. (2013), Kelvin and Rossby waves trapped at boundaries under the full Coriolis force, *SOLA*, **9**, 9–14. <https://doi.org/10.2151/sola.2013-003>
6. Kinoshita, T., & Sato, K. (2013), A formulation of three-dimensional residual mean flow applicable both to inertia-gravity waves and to Rossby waves, *J. Atmos. Sci.*, **70**, 1577–1602. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-12-0137.1>
7. Kinoshita, T., & Sato, K. (2013), A formulation of unified three-dimensional wave activity flux of inertia-gravity waves and Rossby waves, *J. Atmos. Sci.*, **70**, 1603–1615. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-12-0138.1>
8. Geller, M. A., Alexander, M. J., Love, P. T., Bacmeister, J., Ern, M., Hertzog, A., Manzini, E., Preusse, P., Sato, K., Scaife, A. A., & Zhou, T. (2013), A Comparison Between Gravity Wave Momentum Fluxes in Observations and Climate Models, *J. Climate*, **26**, 6383–6405. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00545.1>
9. Sato, K., Kinoshita, T., & Okamoto, K. (2013), A new method to estimate three-dimensional residual mean circulation in the middle atmosphere and its application to gravity-wave resolving general circulation model data, *J. Atmos. Sci.*, **70**, 3756–3779. doi: <https://doi.org/10.1175/JAS-D-12-0352.1>
10. Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Nakamura, T., Saito, A., Tomikawa, Y., Nishimura, K., Kohma, M., Yamagishi, H. & Yamanouchi, T. (2014), Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar

- (PANSY), *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 118, PartA, 2-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2013.08.022>
11. Shibuya, R., Sato, K., & Nakanishi, M. (2014), Diurnal wind cycles forcing inertial oscillations: A latitude-dependent resonance phenomenon, *J. Atmos. Sci.*, 71, 767–781. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-0124.1>
  12. Kinoshita, T., & Sato, K. (2014), A formulation of three-dimensional residual mean flow and wave activity flux applicable to equatorial waves, *J. Atmos. Sci.*, 71, 3427-3438. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-0161.1>
  13. Kohma, M., & Sato, K. (2014), Variability of upper tropospheric clouds in the polar region during stratospheric sudden warmings, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 10,100-10,113. <https://doi.org/10.1002/2014JD021746>
  14. Sakazaki, T., Sato, K., Kawatani, Y., & Watanabe S. (2015), Three-dimensional structures of tropical nonmigrating tides in a high-vertical-resolution general circulation model, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 1759-1775. <https://doi.org/10.1002/2014JD022464>
  15. Yasuda, Y., Sato, K., & Sugimoto, N. (2015), A Theoretical Study on the Spontaneous Radiation of Inertia-Gravity Waves Using the Renormalization Group Method. Part I: Derivation of the Renormalization Group Equations, *J. Atmos. Sci.*, 72, 957-983. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-0370.1>
  16. Yasuda, Y., Sato, K., & Sugimoto, N. (2015), A Theoretical Study on the Spontaneous Radiation of Inertia-Gravity Waves Using the Renormalization Group Method. Part II: Verification of the Theoretical Equations by Numerical Simulation, *J. Atmos. Sci.*, 72, 984-1009. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-13-0371.1>
  17. Nishiyama, T., Sato, K., Nakamura, T., Tsutsumi, M., Sato, T., Kohma, M., Nishimura, K., Tomikawa, Y., Ejiri, M. K., & Tsuda, T.T. (2015), Height and time characteristics of seasonal and diurnal variations in PMWE based on 1 year observations by the PANSY radar (69.0°S, 39.6°E), *Geophys. Res. Lett.*, 42, 2100-2108. <https://doi.org/10.1002/2015GL063349>
  18. Tomikawa, Y., Nomoto, M., Miura, H., Tsutsumi, M., Nishimura, K., Nakamura, T., Yamagishi, H., Yamanouchi, T. Sato, T. & Sato, K. (2015), Vertical Wind Disturbances during a Strong Wind Event Observed by the PANSY Radar at Syowa Station, Antarctica, *Mon. Wea. Rev.*, 143, 1804-1821. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00289.1>
  19. Shibuya, R., Sato, K., Tomikawa, Y., Tsutsumi, M. & Sato, T. (2015), A Study of Multiple Tropopause Structures Caused by Inertia-Gravity Waves in the Antarctic, *J. Atmos. Sci.*, 72, 2109-2130. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-14-0228.1>
  20. Sato, K., & Nomoto, M. (2015), Gravity wave-induced anomalous potential vorticity gradient generating planetary waves in the winter mesosphere, *J. Atmos. Sci.*, 72, 3609-3624. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-15-0046.1>
  21. Watanabe, S., Sato, K., Kawatani, Y. & Takahashi, M. (2015), Vertical resolution dependence of gravity wave momentum flux simulated by an atmospheric general circulation model, *Geosci. Model Dev.*, 8, 1637-1644. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1637-2015>
  22. Tomikawa, Y., Sato, K., Hirasawa, N., Tsutsumi, M., & Nakamura, T. (2015), Balloon-borne observations of lower stratospheric water vapor at Syowa Station, Antarctica in 2013, *Polar Sci.*, 9, 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2015.08.003>
  23. Alexander, S. P., Sato, K., Watanabe, S., Kawatani, Y., & Murphy, D. J. (2016), Southern Hemisphere extra-tropical gravity wave sources and intermittency revealed by a middle atmosphere General Circulation Model, *J. Atmos. Sci.*, 73, 1335-1349. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-15-0149.1>

24. Yasui, R., Sato, K., & Tsutsumi, M. (2016), Seasonal and interannual variation of mesospheric gravity waves based on MF radar observations over 15 years at Syowa Station in the Antarctic, *SOLA*, **12**, 46-50. <http://doi.org/10.2151/sola.2016-010>.
25. Mihalikova, M., Sato, K., Tsutsumi, M., & Sato, T. (2016), Properties of inertia-gravity waves in the lowermost stratosphere as observed by the PANSY radar over Syowa Station in the Antarctic, *Ann. Geophys.*, **34**, 543-555. <https://doi.org/10.5194/angeo-34-543-2016>
26. Amemiya, A., & Sato, K. (2016), A new gravity wave parameterization including three dimensional propagation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **94**, 237-256. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2016-013>
27. Minamihara, Y., Sato, K., Kohma, M. & Tsutsumi, M. (2016), Characteristics of vertical wind fluctuations in the lower troposphere at Syowa Station in the Antarctic revealed by the PANSY radar, *SOLA*, **12**, 116-120. <http://doi.org/10.2151/sola.2016-026>.
28. Sato, K., Tsuchiya, C., Alexander, M. J., & Hoffmann, L. (2016), Climatology and ENSO - related interannual variability of gravity waves in the southern hemisphere subtropical stratosphere revealed by high-resolution AIRS observations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **121**, 7622-7640. <https://doi.org/10.1002/2015JD024462>
29. Tsuchiya, C., Sato, K., Alexander, M. J., & Hoffmann, L. (2016), MJO-related intraseasonal variation of gravity waves in the southern hemisphere tropical stratosphere revealed by high-resolution AIRS observations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **121**, 7641-7651. <https://doi.org/10.1002/2015JD024463>
30. Shibuya, R., Sato, K., & Miura, H. (2016), A grid transformation method for a quasi-uniform, circular fine region using the spring dynamic, *J. Meteor. Soc. Japan*, **94**, 443-452. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2016-022>
31. Kinoshita, T., Sato, K., & Iwasaki, T. (2016), A formulation of three dimensional wave activity flux describing wave propagation on the mass-weighted isentropic time mean equation, *SOLA*, **12**, 198-202. <https://doi.org/10.2151/sola.2016-040>
32. Hirano, S., Kohma, M., & Sato, K. (2016), A three-dimensional analysis on the role of atmospheric waves in the climatology and interannual variability of stratospheric final warming in the Southern Hemisphere, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **121**, 8429-8443. <https://doi.org/10.1002/2015JD024481>
33. Sato, K., Kohma, M., Tsutsumi, M. & Sato, T. (2017), Frequency spectra and vertical profiles of wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere revealed by MST radar observations, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **122**, 3-19. <https://doi.org/10.1002/2016JD025834>
34. Hashimoto, T., Nishimura, K., Tsutsumi, M., Sato, K., & Sato, T. (2017), A user parameter-free diagonal-loading scheme for clutter rejection on radar wind profilers, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **34**, 1139-1153. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0058.1>
35. Shibuya R., Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Tomikawa, Y., Nishimura, K. & Kohma, M. (2017), Quasi-12h inertia-gravity waves in the lower mesosphere observed by the PANSY radar at Syowa Station (39.6E, 69.0S), *Atmos. Chem. Phys.*, **17**, 6455-6476. <https://doi.org/10.5194/acp-17-6455-2017>
36. Tsutsumi, M., Sato, K., Sato, T., Kohma, M., Nakamura, T., Nishimura, K., & Tomikawa, Y. (2017), Characteristics of mesosphere echoes over Antarctica obtained using PANSY and MF radars, *SOLA*, **13A**, 19-23. <http://doi.org/10.2151/sola.13A-004>
37. Thurairajaha, B., Sato, K., Yue, J., Nakamura, T., Kohma, M., Bailey, S. M., Russell II, J. M. (2017), Simultaneous observation of gravity waves at PMC altitude from AIM/CIPS experiment and PANSY radar over Syowa (69°S, 39°E), *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* **164**, 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2017.10.006>

38. Williams, P. D., Alexander, M. J., Barnes, E. A., Butler, A. H., Davies, H. C., Garfinkel, C. I., Kushnir, Y., Lane, T. P., Lundquist, J. K., Martius, O., Maue, R. N., Peltier, W. R., Sato, K., Scaife, A. A., & Zhan, C. (2017), A Census of Atmospheric Variability from Seconds to Decades, *Geophys. Res. Lett.*, **44**, 11,201-11,211. <https://doi.org/10.1002/2017GL075483>
39. Hayashi, Y., & Sato, K. (2018), Formation of two-dimensional circulation in response to unsteady wave forcing in the middle atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, **75**, 125-142. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-16-0374.1>
40. Nishiyama, T., Sato, K., Nakamura, T., Tsutsumi, M., Sato, T., Tanaka, Y.-M., Nishimura, K., Tomikawa, Y., & Kohma, M. (2018), Simultaneous observations of polar mesosphere winter echoes and cosmic noise absorptions in a common volume by the PANSY radar (69.0°S, 39.6°E), *J. Geophys. Res. Space Phys.*, **123**, 5019–5032. <https://doi.org/10.1029/2017JA024717>
41. Amemiya, A., & Sato, K. (2018), A two-dimensional dynamical model for the subseasonal variability of the Asian monsoon anticyclone, *J. Atmos. Sci.*, **75**, 3597–3612. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0208.1>
42. Sato, K., Yasui, R., & Miyoshi, Y. (2018), The momentum budget in the stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere Part 1: Contribution of different wave types and in situ generation of Rossby waves, *J. Atmos. Sci.*, **75**, 3613-3633. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0336.1>
43. Yasui, R., Sato, K. & Miyoshi, Y. (2018), The momentum budget in the stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere Part 2: The in situ generation of gravity waves, *J. Atmos. Sci.*, **75**, 3635-3651. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0337.1>
44. Minamihara, Y., Sato, K., Tsutsumi, M., & Sato, T. (2018), Statistical characteristics of gravity waves with near-inertial frequencies in the Antarctic troposphere and lower stratosphere observed by the PANSY radar, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **123**, 8993-9010. <https://doi.org/10.1029/2017JD028128>
45. Müller, S. K., Manzini, E., Giorgetta, M. A., Sato, K., & Nasuno, T. (2018), Convectively generated gravity waves in high resolution models of tropical dynamics, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, **10**, 2564-2588. <https://doi.org/10.1029/2018MS001390>
46. Kohma, M., Sato, K., Tomikawa, Y., Nishimura, K., & Sato, T. (2019), Estimate of turbulent energy dissipation rate from the VHF radar and radiosonde observations in the Antarctic, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **124**, 2976–2993. <https://doi.org/10.1029/2018JD029521>
47. Kataoka, R., Nishiyama, T., Tanaka, Y., Kadokura, A., Uchida, H. A., Ebihara, Y., Ejiri, M. K., Tomikawa, Y., Tsutsumi, M., Sato, K., Miyoshi, Y., Shiokawa, K., Kurita, S., Kasahara, Y., Ozaki, M., Hosokawa, K., Matsuda, S., Shionohara, I., Takashima, T., Sato, T., Mitani, T., Hori, T., Higashio, N. (2019), Transient ionization of the mesosphere during auroral breakup: Arase satellite and ground-based conjugate observations at Syowa Station, *Earth, Planets and Space*, **71**:9. <https://doi.org/10.1186/s40623-019-0989-7>
48. Shibuya, R., & Sato, K. (2019), A study of the dynamical characteristics of inertia–gravity waves in the Antarctic mesosphere combining the PANSY radar and a non-hydrostatic general circulation model, *Atmos. Chem. Phys.*, **19**, 3395-3415. <https://doi.org/10.5194/acp-19-3395-2019>
49. Kinoshita, T., Sato, K., Ishijima, K., Takigawa, M., & Yamashita, Y. (2019), Formulation of three-dimensional quasi-residual mean flow balanced with diabatic heating rate and potential vorticity flux, *J. Atmos. Sci.*, **76**, 851–863. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-18-0085.1>

## (2) 査読無し原著論文

1. 木下武也, 佐藤薫 (2017), 波が作る成層圏物質循環の 3 次元描像について, 月刊海洋, **49**, 320-327

(3) 総説・解説

1. 佐藤薫 (2019), 南極昭和基地大型大気レーダー計画 (PANSY) と高解像中層大気力学研究—2018年度藤原賞受賞記念講演— 天気, 62, 5-15.
2. 佐藤薫, 高菰縁, 早坂忠裕 (2017), 日本学術会議提言「我が国の地球衛星観測のあり方について」 天気, 64, 747-751.
3. 佐藤薫, 堤雅基, 佐藤亨, 中村卓司, 齊藤昭則, 富川喜弘, 西村耕司, 山岸久雄, 山内恭 (2013), 2011年度春季大会シンポジウム「変動する地球気候の鍵—南極・北極—」1. 新しい南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY) から見えるもの 天気, 60, 883-888.

(4) 著書

1. 地学基礎 (共著) (文部科学省検定済教科書 高等学校理科用) 磯崎行雄, 川勝均, 佐藤薫 他 12名, 啓林館, 239pp, 2016 (ISBN: 4402037514)
2. 地学 (共著) (文部科学省検定済教科書 高等学校理科用) 磯崎行雄, 江里口良治 他 10名, 啓林館, 415pp, 2014 (ISBN: 4402045401)

(5) その他著作物

1. 佐藤薫 (2013). フロン使用を続けた地球をシミュレーション. 「地球 46 億年の旅」, 朝日新聞出版, 07, 13.
2. 佐藤薫 (2015). 南極昭和基地大型大気レーダープロジェクト. 極地, 100, 17-25.
3. ジェームズ・フレミング 佐藤薫訳 (2017). 現代気象学の父 カール＝グスタフ・ロスビー, 人生を楽しんだ気象学者. パリティ, 32, 9, 14-22.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Sato, K., Kinoshita, T., & Okamoto, K., A new method to estimate three dimensional structure in the middle atmosphere circulation, WCRP Regional Workshop on Stratosphere-Troposphere Processes and their Role in Climate, Kyoto, Japan, 2013/4/2.
2. 佐藤薫, 堤雅基, 佐藤亨, 中村卓司, 齊藤昭則, 富川喜弘, 西村耕司, 高麗正史, 山岸久雄, 山内恭, 南極大型大気レーダー計画: 初期観測結果, 第7回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム/第233回生存圏シンポジウム, 京都市, 2013/9/13.
3. 佐藤薫 (基調講演), 高解像度時代に推進する大気物理学 ~データ中心科学が観測とモデルと理論をつなぐ~, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 千葉, 2013/10/3-4.
4. Sato, K., & Okamoto, K., Possible changes of atmospheric waves responding to changing earth's climate, International CAWSES II Symposium, Nagoya, Japan, 2013/11/20.
5. 佐藤薫 (基調講演), 南極大型大気レーダー (PANSY) による高解像大気物理学の新展開, 情報・システム研究機構シンポジウム, 東京, 2013/12/17.
6. 佐藤薫, 南極昭和基地大型大気レーダー計画の現状, 日本地球惑星科学連合 2014年大会, 横浜市, 2014/5/1.
7. Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Nakamura, T., Saito, A., Tomikawa, Y., Nishimura, K., Kohma, M., Yamagishi, H., & Yamanouchi, T., Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting, Sapporo, Japan, 2014/7/28.
8. Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Nakamura, T., Saito, A., Tomikawa, Y., Nishimura, K., Kohma,

- M., Yamagishi, H., & Yamanouchi T., Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar, The XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS), Beijing, China, 2014/8/20.
9. Sato, K., & Masuda, A., A Study on the Structure of Barotropic/Baroclinic Instability in the Mesosphere Using a Gravity-wave Resolving General Circulation Model, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, 2014/12/17.
  10. Sato, K., Nomoto, M., & Masuda, A., Gravity-wave induced anomalous potential vorticity gradient generating planetary waves in the winter mesosphere, 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Prague, Czech Republic, 2015/6/29.
  11. Sato, K., and Nomoto, M., Gravity-Wave Induced Anomalous Potential Vorticity Gradient Generating Planetary Waves in the Winter Mesosphere, 12th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), Singapore, 2015/8/3.
  12. Sato, K., On Interplay of Gravity Waves and Rossby Waves in the Middle Atmosphere. Asian Conference on Meteorology (ACM), Kyoto, Japan, 2015/10/26.
  13. Sato, K., Tsuchiya, C., Alexander, M. J., & Hoffmann, L., Interannual and intraseasonal variation of gravity waves in the tropical stratosphere revealed by high-resolution AIRS observation, Second MS-GWaves Workshop, Schmitten, Germany, 2016/4/13.
  14. Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Nakamura, T., Saito, A., Tomikawa, Y., Nishimura, K., Kohma, M., Nishiyama, T., Ejiri, M. K., Abo, M., Kawahara, T., Mizuno, A., Nagahama, T., & Suzuki, H., A study on earth climate change based on fine observations of the Antarctic atmosphere, Symposium on Gravity Waves, State College, USA, 2016/5/19.
  15. Sato, K., Interhemispheric Coupling Study by Observations and Modelling (ICSOM), Japan Geoscience Union Meeting (JpGU) 2016, Makuhari, Japan, 2016/5/23.
  16. Sato, K., Global change of the atmosphere associated with sudden Stratospheric warming in the Arctic, Japan-Norway Arctic Science & Innovation Week 2016, Tokyo, Japan, 2016/6/3.
  17. Sato, K., The global atmosphere system explored by precise observations of the Antarctic atmosphere, The Seventh Symposium on Polar Science, Tokyo, Japan, 2016/12/1.
  18. Sato, K., An interplay of Rossby waves and gravity waves in the general circulation of the middle atmosphere, MPI Klima Campus Kolloquium, Hamburg, Germany, 2017/5/11.
  19. Sato, K., Kohma, M., Tsutsumi, M., & Sato T., Frequency spectra and vertical profiles of wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere revealed by MST radar observations, 15th International Workshop on Technical and Scientific Aspects of MST Radar, Tokyo, Japan, 2017/5/31.
  20. Sato, K., Contribution of gravity waves to the mean meridional circulation and momentum budget in the middle atmosphere, Good Hope for Earth Science (IAPSO-IAMAS-IGA Joint Assembly 2017), Cape Town, South Africa, 2017/8/30.
  21. 佐藤薫, 大型大気レーダー国際共同観測で探る気候のテレコネクション, 宇宙科学談話会, 相模原市, 2017/9/20.
  22. Sato, K., Mesospheric gravity waves revealed by a combination of radar observations and high resolution model simulation, Mats Science Meeting, Stockholm, Sweden, 2017/9/26.
  23. Sato, K., Kohma, M., Nishimura, K., Tomikawa, Y., Tsutsumi, M., & Sato, T., Energy dissipation rate estimation based on observations by the PANSY radar in the Antarctic, Joint SPARC Dynamics & Observations Workshop (QBOi, FISAPS & SATIO-TCS), Kyoto, Japan, 2017/10/12.
  24. Sato, K. & Hirano, S., Contribution of Gravity-Wave Forcing to the Brewer-Dobson Circulation. 10th Workshop on Long-term Changes and Trends in the Atmosphere, Hefei, China, 2018/5/14.
  25. 佐藤薫 (藤原賞受賞記念講演), 南極昭和基地大型大気レーダー計画 (PANSY) 及び高



- 解像中層大気力学の研究, 日本気象学会 2018 年度春季大会, つくば市, 2018/5/17.
26. Sato, K. (Distinguished Lecture), Vertical and Interhemispheric Coupling in the Middle Atmosphere, 15th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, Honolulu, USA, 2018/6/6.
  27. Sato, K., Yasui, R., & Miyoshi, Y., The momentum budget in the middle atmosphere based on a whole atmosphere model simulation over 11 years, COSPAR2018, Pasadena, USA, 2018/7/18.
  28. 佐藤薫 (基調講演), 中層大気における鉛直結合および南北両半球間結合, 「STE 現象報告会」「MTI 研究集会」「IUGONET 研究集会」「宇宙空間からの地球超高層大気観測に関する研究会」「科学とデータ研究集会」合同研究集会プログラム, 小金井市, 2018/9/12.
  29. 佐藤薫 (基調講演), 地球衛星観測の現状と将来, 日本気象学会 2018 年度秋季大会, 仙台市, 2018/10/30.
  30. 佐藤薫, 大型大気レーダーネットワークによる成層圏突然昇温国際共同観測 (ICSOM), 第 393 回生存圏シンポジウム生存圏ミッションシンポジウム, 京都市, 2019/2/25.

### Ⅲ. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文指導実績

- ・ 2012 年度 修士 3 名 (木元芳和, 野本理裕, 安田勇輝), 博士 1 名 (木下武也)
- ・ 2013 年度 修士 2 名 (澁谷亮輔, 増田陽洋), 博士 2 名 (高麗正史, 土屋主税)
- ・ 2014 年度 修士 2 名 (雨宮新, 平野創一郎), 博士 1 名 (岡本功太)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (林佑樹, 安井良輔)
- ・ 2016 年度 修士 1 名 (南原優一)
- ・ 2017 年度 修士 2 名 (小新大, 中島駿), 博士 1 名 (澁谷亮輔)
- ・ 2018 年度 博士 1 名 (雨宮新)

##### 担当講義

- ・ 大学院理学系研究科 大気物理学 IV, 2013, 2015, 2017 年度
- ・ 理学部・大学院理学系研究科 地球物理データ解析, 2013~2016 年度
- ・ 理学部 気象学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2012~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2013~2014 年度

##### 指導学生の受賞

- ・ The America Meteorological Society's 21th Symposium on Boundary Layers and Turbulence, the Best Student Oral Presentation award (2014 年 澁谷亮輔)
- ・ 理学系研究科研究奨励賞 (2012 年度修士 安田勇輝, 2013 年度修士 澁谷亮輔, 2018 年度博士 澁谷亮輔)
- ・ 日本地球惑星科学連合大会 学生優秀発表賞 (2012 年 岡本功太, 澁谷亮輔, 2013 年 土屋主税, 岡本功太, 安田勇輝, 2014 年 澁谷亮輔, 2016 年 安井良輔, 2017 年 澁谷亮輔, 中島駿, 2018 年 南原優一)
- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞 (オーロラメダル) (2015 年 澁谷亮輔), 優秀学生発表者 (2012 年 木下武也, 2015 年 林佑樹)

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本気象学会，理事，2012～2018 年度
- ・ 日本気象学会，学術委員会，委員，2012～2008 年度
- ・ 日本気象学会，学会賞候補者推薦委員会，委員，2016～2017 年度；委員長，2018 年度
- ・ 日本気象学会，人材育成・男女共同参画委員会，委員長，2012～2017 年度
- ・ 日本気象学会，山本賞候補者推薦委員会，委員長，2013～2014 年度，委員 2015～2016 年度
- ・ 日本気象学会，松野賞候補者推薦委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，代議員，2012～2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，理事，2012～2013 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，キャリア支援委員会，委員長，2012～2013 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，大気水圏科学セクション バイスプレジデント，2016～2018 年度
- ・ SPARC Gravity Wave Symposium, Co-convener, Pennsylvania State University, United States, 16-20 May, 2016.
- ・ International Symposium on the Whole Atmosphere (ISWA) , Co-convener, Tokyo, 14-16 September, 2016.
- ・ SPARC General Assembly 2018, LOC Co-chair, Kyoto, 1-5 October, 2018
- ・ SPARC SSG meeting 2018, LOC chair, Kyoto, 6-8 October, 2018.

##### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

###### 委員等

- ・ 日本学術会議，連携会員，2012～2018 年度
- ・ 日本学術会議地球惑星科学委員会地球惑星圏分科会 地球観測の将来構想に関する検討小委員会，委員長，2013～2018 年度
- ・ 日本学術会議環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IWD 合同分科会 SPARC 小委員会，委員長 2014～2016 年度，同 FE・WCRP 合同分科会 SPARC 小委員会 2017～2018 年度，委員長
- ・ 気象庁，気象研究所評議委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ 気象庁，品質評価科学活動委員会，委員，2012 年度
- ・ 文部科学省，科学技術・学術審議会専門委員，2013～2014 年度
- ・ 文部科学省，科学技術・学術審議会臨時委員，2015～2018 年度
- ・ 文部科学省，地球観測推進部会委員，2015～2018 年度
- ・ 国土交通省，交通政策審議会，委員，2015～2018 年度
- ・ 国土交通省，社会資本整備審議会，委員，2015～2018 年度在
- ・ SCOSTEP(国際太陽地球物理学委員会) ， CAWSES(太陽地球系の気候と気象プログラム) / CAWSES-II，推進チームメンバー，2012～2013

- ・ WCRP (世界気候研究計画), WDAC member, 2013~2015
- ・ WCRP(世界気候研究計画) / SPARC(成層圏・対流圏過程とその気候での役割), SSG member, 2013~2018
- ・ WCRP(世界気候研究計画) / SPARC(成層圏・対流圏過程とその気候での役割), Gravity waves, activity leader, 2014~2018

#### 一般向け講演

- ・ 佐藤薫, 東京大学教養学部進学情報センター主催シンポジウム 講演「南極と私—地球気候の解明を目指して—」, 2012/4/24
- ・ 佐藤薫, 埼玉県立豊岡高等学校 講演「南極から地球の気候をさぐる」, 2012/7/24
- ・ 佐藤薫, 大阪府立岸和田高校 講演「大型大気レーダーで南極から地球気候のしくみを探る」, 2013/8/27
- ・ 佐藤薫, 東京大学オープンキャンパス 女子学生コース「理学部紹介」, 2013/8/7
- ・ 佐藤薫, 情報の伝送・システムの輸送—極限環境からの情報伝送をめざして情報・システム研究機構シンポジウム 講演「南極大型大気レーダー (PANSY)による高解像大気物理学の新展開」, 一橋講堂, 2013/12/17
- ・ 佐藤薫, 女性の理系進学—家庭・学校・社会のあり方—日本の大学の今とアメリカの科学教育から考える— 講演「東大理学部における男女共同参画への取り組み—女性が自分らしく勉強・研究するために」, 東京大学小柴ホール, 2014/4/8
- ・ 佐藤薫, 女子高校生のための東大説明会 2015 基調講演「南極から 2015 年 9 月 12 日を探る」, 東大駒場キャンパス 900 番教室, 2015/9/12
- ・ 佐藤薫, 南極観測再開 50 周年記念事業「しらせの時代」記念公開講演会 講演「大型大気レーダー観測、パンジー計画」, 2016/1/23
- ・ 佐藤薫, UTokyo Women 作ろうネットワークを作ろう! 講演「南極と私 南極昭和基地大型大気レーダー計画」, 東京大学山上会館, 2016/2/15
- ・ 佐藤薫, 三菱電機通信機製作所 講演「南極 PANSY レーダーで探る 気候のテレコネクション」, 三菱電機通信機製作所セミナー室, 2017/2/13

## 12. 学内行政業務

- ・ 東大本部・企画調整部会, 委員, 2012 年度
- ・ 東大本部・ギャップターム作業部会, 委員, 2012 年度
- ・ 東大本部・学術企画検討ワーキンググループ, 委員, 2012 年度
- ・ 東大本部・男女共同参画室, 室員, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科, 研究科長補佐, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・男女共同参画室, 室長, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・男女共同参画委員会, 委員長, 2012~2013 年度, 委員, 2014~2016 年度
- ・ 理学系研究科・キャリア支援室, 室長, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・キャリア支援室運営委員会, 委員長, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・建物委員会, 委員長, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・キャンパス計画室会議, 委員, 2012~2013 年度
- ・ 理学系研究科・企画室会議, オブザーバー, 2014 年度

- ・ 理学系研究科・教務委員会，委員，2014～2016 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：3 名      研究者数：5 名

#### (2) 派遣

学生数：21 名      研究者数：1 名

#### (3) 海外からの来訪者数 61 名

# 日比谷 紀之

## I. 略歴

氏名： 日比谷 紀之（ひびや としゆき）

年齢： 62 歳

現職： 教授

### 学歴

1975 年 3 月 麻布高等学校 卒業  
1980 年 3 月 東京大学 理学部 地球物理学科 卒業  
1982 年 3 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球物理学専攻 修士課程修了  
1985 年 9 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球物理学専攻 博士課程修了  
1985 年 9 月 博士（理学）（東京大学）  
1985 年 10 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球物理学専攻 研究生

### 職歴

1987 年 4 月 東京大学 地震研究所 津波高潮研究部門 助手  
1989 年 5 月 カナダ ブリティッシュ・コロンビア大学 海洋物理学 博士研究員  
(1990 年 4 月まで)  
1990 年 5 月 米国 ワシントン大学 地球物理学 博士研究員 (1991 年 4 月まで)  
1992 年 3 月 北海道大学 大学院理学研究科 地球惑星物理学専攻 助教授  
1995 年 10 月 東京大学 海洋研究所 海洋科学国際共同研究センター 助教授  
1998 年 11 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星物理学専攻 助教授  
2000 年 4 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

私の研究グループの主な目的は、海洋の表層から、中・深層、底層に至るまでの乱流混合強度の空間分布など、今まで不確定のまま残されてきた「ミクロスケールの情報」を明確にすることで、海洋大循環／気候変動予測の研究のブレークスルーを図ることである。この試みは、乱流観測の空白域として残されてきたインドネシア多島海や南大洋を含む各海域で取得した乱流データの解析に基づいている。以下、具体的に過去7年間に得られた主要な研究業績を示す。

#### (1) 改良版 Mellor-Yamada 混合層モデルの有効性の検証

Mellor-Yamada の混合層モデルの乱流長さスケールの表式を改良した Nakanishi-Niino の混合層モデルを海洋大循環モデルや大気海洋結合モデルに組み込み、そのパフォーマンスの向上を確認した。特に、この Nakanishi-Niino の混合層モデルを組み込んだ大気海洋結合モデルによって、台風の発生・発達・消滅に至る物理過程の高精度な再現が可能になること

を確認した。

## (2) 海洋の中・深層における既存のパラメタリゼーションの式の検証と改良

電気伝導度・温度・水深センサー (CTD) および電磁流速計 (GCEM) を取り付けた深海乱流計 VMP-5500 による観測から得られた、海洋内部領域における「流速鉛直シアア」、「鉛直ストレイン」、「乱流強度」のデータを解析することによって、「流速鉛直シアアに基づく Gregg パラメタリゼーション」、「鉛直ストレインに基づく Wijesekera パラメタリゼーション」、さらに、「流速鉛直シアアと鉛直ストレインの両方に基づく Gregg-Henyey-Polzin (GHP) パラメタリゼーション」のパフォーマンスの比較を行った。その結果、GHP パラメタリゼーションが最も精度良く実際の乱流散逸率を予報することが確認されたものの、同時に、その定式化において不的確な近似を行っていることがわかった。そこで、この点を修正することにより、予測精度のさらに高い Ijichi-Hibiya パラメタリゼーションの式を提案した。

## (3) 海底凹凸地形上に形成される潮汐混合に関する新しいパラメタリゼーションの提案

潮流と海底凹凸地形との強い相互作用によって、海底上方に大きく広がる潮汐混合域が形成されるが、そのパラメタリゼーションはほとんど行われていない。そこで「潮流と海底凹凸地形との相互作用が強まってくると、海底から上方に伝播していく波が、内部潮汐波から内部風下波に変化する」という事実に留意しながら、この潮汐混合域のパラメタリゼーションを行った。その結果、潮汐混合域の鉛直スケールは、海底凹凸地形上から発していく内部風下波が、周囲のギャレットームク内部波場との非線形相互干渉を通じてそのエネルギーを散逸するまでの鉛直距離で与えられること、また、その値は海底凹凸地形の水平波数には依存せず、潮流振幅の二乗に比例、浮力振動数の二乗に反比例することが示された。この結果は、別途行われたアイコンナル数値実験の結果とも良く一致した。

## (4) インドネシア多島海域における乱流観測の実施 (2019 年 2 月~3 月)

インドネシア多島海域は、グローバルな気候に影響を与える重要な大気海洋相互作用の場として位置付けられているが、そこでの海面温度を支配する潮汐混合の強度およびその空間分布は、ほとんど未知のまま残されている。そこで、インドネシアの研究者と共同して、このインドネシア多島海域では世界初となる乱流観測を行った。得られた乱流データの解析の結果、潮汐混合は、インドネシア多島海に多数存在する狭い海峡内で集中的に行われており、海峡から離れると、その強度は外洋域と同程度にまで低下してしまうことが示された。また、塩分-水温の分布から、インドネシア通過流の変質も、この狭い海峡内で集中的に行われていることが確認された。

## (5) 南大洋における乱流観測の実施 (2016 年 1 月~2 月, 2017 年 12 月~2018 年 1 月)

オーストラリアの南方海域で、南極周極流域を中心に、深海までの乱流観測を 2 回にわたって行い、中規模渦が内部波場と共存する場における既存の乱流パラメタリゼーションの有効性を調べた。その結果、南極周極流の周辺における内部波スペクトルの低波数域には hump (こぶ) が形成されること、このため、既存の乱流パラメタリゼーションの式は、乱流強度を過大評価してしまうことがわかった。また、過大評価をもたらすこのスペクトルの hump は、表層から伝播してきた近慣性内部波が中規模渦に伴うシアアに捕捉されることで形成されているものと同定された。

## (6) 航空機搭載レーダーによる沖合での津波検知の可能性に関する検討

航空機胴体下部に取り付けた Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) レーダーによる沖合での津波検知の可能性を航空機実験により検討した。レーダー観測技術自体は、現在衛星による海面高度観測で用いられているものと同様である。機体の位置を Global Navigation Satellite System (GNSS) 観測により正確に捕捉し、レーダーによる海面距離観測とあわせることで、平均海面高さの時空間変化を算出した。観測は 2016 年の 6 月に 1 回、

12月に2回行った。精度検証のため、海面高度観測衛星 Jason-2 及び Jason-3 と同日同軌道上を数回往復する形で海面高度を計測・比較した。ジオイド高および潮位変化の補正を行った結果、誤差は 10 cm 以下であり、巨大地震が引き起こす津波を沖合で捉えることが十分可能であることを確認した。将来的に複数の旅客機にレーダーを搭載し、密度の高い観測網を形成することにより、沖合での津波を直接的かつ即時的に検知できるものと期待される。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Hibiya, T., T. Ijichi, and R. Robertson: The impacts of ocean bottom roughness and tidal flow amplitude on abyssal mixing, *Journal of Geophysical Research Oceans*, **122**, 5645-5651, doi:10.1002/2016JC012564, 2017.

深層海洋循環を維持するだけの乱流強度が海洋内部領域に見出せない現在、ある条件下においては海底凹凸地形から内部風下波が発生・伝播し、その砕波を通じて乱流ホットスポットが海底上方に大きく広がることで、海洋内部領域での乱流強度不足を補い得る可能性のあることを理論的に初めて明らかにした。（引用回数 2 回（GS/Oct.10, 2019））

2. Nagai, T., and T. Hibiya: Internal tides and associated vertical mixing in the Indonesian Archipelago, *Journal of Geophysical Research Oceans*, **120**, 3373-3390, doi:10.1002/2014JC010592, 2015.

高い海面水温を通じてグローバルな気候変動にも重要な役割を果たすインドネシア多島海における内部潮汐波エネルギーの発生・伝播・散逸過程を高精度数値モデルで再現することで、海域内での乱流混合強度の空間分布を世界で初めて定量的に予測した。この研究結果は、私の研究グループが 2019 年に世界に先駆けて行ったインドネシア多島海内全域にわたる乱流観測計画を立案する際のガイドラインとして有効に利用された。（引用回数 30 回（GS/Nov.6, 2019））

3. Hibiya, T., N. Furuichi, and R. Robertson: Assessment of fine-scale parameterizations of turbulent dissipation rates near mixing hotspots in the deep ocean, *Geophysical Research Letters*, **39**, L24601, doi:10.1029/2012GL054068, 2012.

北太平洋の各海域においてファインスケールおよびマイクロスケールの同時観測を行うことで、既存の乱流パラメタリゼーションの乱流予測精度を初めて系統的に比較し、深海の内部波場に普遍的に存在する周波数方向の歪みを、鉛直シアーと鉛直ストレインの両方の情報をもとに補正する Gregg-Henyey-Polzin のパラメタリゼーションの式の優位性を確認した。（引用回数 19 回（GS/Oct.10, 2019））

4. Hibiya, T., and M. Nagasawa (2004), Latitudinal dependence of diapycnal diffusivity in the thermocline estimated using a finescale parameterization, *Geophysical Research Letters*, **31**(1), L01301, doi:10.1029/2003GL017998.

投棄式流速計をグローバルに展開した観測から、深海における乱流の強度が緯度に強く依存していることを明らかにし、理論的に予測された parametric subharmonic instability の機構 (Hibiya et al. 2002 : 下記項目 5 参照) が実際の海洋中で働いていることを世界で初めて明らかにした。後に Hibiya et al. (2006) で明らかにした世界初の深海乱流強度のグローバルマップの基礎となった論文であり、2008 年度日本海洋学会賞の受賞対象となった研究成果の一部である。（引用回数 76 回（GS/Oct.10, 2019））

5. Hibiya, T., M. Nagasawa, and Y. Niwa (2002), Nonlinear energy transfer within the oceanic internal wave spectrum at mid and high latitudes, *Journal of Geophysical Research*, **107**(C11), 3207, doi:10.1029/2001JC001210.

潮汐や風応力から与えられたエネルギーが、深海の内部波スペクトル内を乱流スケールまでカスケードダウンしていく物理過程を数値的に再現し、それが parametric subharmonic instability の機構に強くコントロールされていることを世界で初めて理論的に明らかにした。

2008 年度日本海洋学会賞の受賞対象となった研究成果の一部である。(引用回数 101 回 (GS/Oct.10, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 日比谷紀之, 日本海洋学会日高論文賞, 2013 年 3 月, “Estimation of internal tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global numerical simulations” (丹羽淑博氏との共著)
- ・ 日比谷紀之, 日本海洋学会日高論文賞, 2014年3月, “Numerical study of tide-induced mixing over tough bathymetry in the abyssal ocean” (岩前伸幸氏と共著)

#### 5. 研究の将来計画

##### (1) 海洋大循環モデルに組み込む乱流混合強度のグローバルマッピング

「現在までの主な研究成果」で述べたように, 表層混合層から, 海洋内部領域, 海底凹凸地形上に至るまでの乱流混合のパラメタリゼーションの改良とその定式化を果たすことができたが, 実際の乱流観測結果によるその検証はまだ十分とはいえない. そこで, 現在, 私の研究室が保有している深海乱流計 VMP-5500 や VMP-X を用いて, 海面から海底直上までの乱流観測を行い, この検証作業を行う. 検証された後は, これらのパラメタリゼーションの式に, 世界大洋の海域ごとに計算した各ファインスケールのパラメータの情報を組み込むことで乱流混合強度のグローバルな 3 次元マッピングを完成させ, それを海洋大循環モデルや大気海洋結合モデルに組み込むことにより気候変動予測の高精度化に貢献する.

##### (2) インドネシア多島海域が地球気候における役割の解明

前年度に引き続き, インドネシア多島海域における乱流データの解析を行い, 潮汐混合の強度と空間分布を観測的に明らかにするとともに, その結果を大気海洋結合モデルに組み込むことで, 地球気候においてインドネシア多島海域の果たしている役割を明確にする.

##### (3) 理論で予測された「黒潮の流路変動に果たす膠州海山の重要な役割」の観測による検証

黒潮の直進流路から大蛇行流路への遷移過程において, 紀伊半島沖合に存在する膠州海山が重要な役割を果たしていることが私の研究グループの数値的・理論的な研究から示されている. この黒潮流路の遷移過程を支配する「膠州海山効果」を実証するための海洋観測を立案・実行する.

#### 6. 競争的資金獲得状況

##### (1) 科研費

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 高精度な全球気候モデル構築に向けたインドネシア多島海における潮汐混合の定量化, 研究代表者, 2018~2020 年度, 総額 44,070,000 円
- ・ 科学研究費補助金 (基金) 挑戦的研究 (萌芽), 民間航空機を利用した迅速かつ高精度な津波予報システムの開発, 研究代表者, 2018~2020 年度, 総額 6,370,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 東部インド洋湧昇域における物理・化学・生物学的特性の統合的理解, 研究分担者, 2017~2020 年度, 分担額 2,900,000 円 (見込)
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) (計画班), 鉛直混合の素過程の解明とその定式化, 研究代表者, 2015~2019 年度, 総額 107,900,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) (総括班), 海洋混合学の創設:



物質循環・気候・生態系をつなぐ総合的理解の推進, 研究分担者, 2015~2019 年度, 分担額 19,200,000 円

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (一般), 南大洋における乱流ホットスポットの定量化とその深層海洋大循環像モデルへの組み込み, 研究代表者, 2015~2017 年度, 総額 42,250,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (海外学術), インドネシア多島海における乱流強度の定量化とその全球気候の形成に果たす役割の解明, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 40,690,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (一般), 海底圧力計アレー観測による海洋/固体地球システム現象の解明, 研究分担者, 2013~2016 年度, 分担額 1,300,000 円 (2014 年度のみ)
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (一般), 超深海乱流の高精度パラメタリゼーションとその組み込みによる新たな深層循環像の提示, 研究代表者, 2012~2014 年度, 総額 18,720,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (一般), 深海乱流の直接計測と化学トレーサーによる日本海深層循環の解明, 研究分担者, 2010~2012 年度, 2012 年度分担額 1,820,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的研究, 地球温暖化予測の高精度化に向けた海洋混合層モデルの開発, 研究代表者, 2011~2012 年度, 2012 年度分 780,000 円

## (2) 共同研究

- ・ 九州大学応用力学研究所, 海洋乱流の観測およびモデリング研究, 2010~2012 年度, 配分額 726,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Onuki, Y., & Hibiya, T. (2019), Decay rates of internal tides estimated by an improved wave-wave interaction analysis, *Journal of Physical Oceanography*, **48**, 2689-2701, doi:10.1175/JPO-D-17-0278.1.
2. Takahashi, A., & Hibiya, T. (2019), Assessment of finescale parameterizations of deep ocean mixing in the presence of geostrophic current shear: Results of microstructure measurements in the Antarctic Circumpolar Current Region, *Journal of Geophysical Research*, **124**, 135-153, doi:10.1029/2018JC014030.
3. Yang, W., Hibiya, T., Tanaka, Y., Zhao, L., & Wei, H. (2018), Modification of parametric subharmonic instability in the presence of background geostrophic currents, *Geophysical Research Letters*, **45**, 12957-12962, doi:10.1029/2018GL080183.
4. Onuki, Y., & Hibiya, T. (2018), Decay rates of internal tides estimated by an improved wave-wave interaction analysis, *Journal of Physical Oceanography*, **48**, 2689-2701, doi:10.1175/JPO-D-17-0278.1.
5. Inazu, D., Ikeya, T., Waseda, T., Hibiya, T., & Shigihara, Y. (2018), Measuring offshore tsunami currents using ship navigation records, *Progress in Earth and Planetary Science*, **5:38**, <https://doi.org/10.1186/s40645-018-0194-5>.
6. Ijichi, T., & Hibiya, T. (2018), Observed variations in turbulent mixing efficiency in the deep ocean, *Journal of Physical Oceanography*, **48**, 1815-1830, doi:10.1175/JPO-D-17-0275.1.
7. Endoh, T., Inazu, D., Waseda, T., & Hibiya, T. (2018), A parameter quantifying radiation damping of bay oscillations excited by incident tsunamis, *Continental Shelf Research*, **157**, 10-19,

- doi:10.1016/j.csr.2018.02.007.
8. Watanabe, M., & Hibiya, T. (2018), A near-inertial current event in the homogeneous deep layer of the northern Sea of Japan during winter, *Journal of Oceanography*, **74**, 209-218, doi:10.1007/s10872-017-0451-z.
  9. Nagai, T., Hibiya, T., & Bouruet-Aubertot, P. (2017), Non-hydrostatic simulations of tide-induced mixing in the Halmahera Sea: A possible role in the transformation of the Indonesian Throughflow waters, *Journal of Geophysical Research*, **122**, 8933-8943, doi:10.1002/2017JC013381.
  10. Tanaka, Y., & Hibiya, T. (2017), Effects of Koshu Seamount on the development of baroclinic instability leading to the Kuroshio large meander, *Journal of Physical Oceanography*, **47**, 2563-2576, doi:10.1175/JPO-D-17-0050.1.
  11. Hibiya, T., Ijichi, T., & Robertson, R. (2017), The impacts of ocean bottom roughness and tidal flow amplitude on abyssal mixing, *Journal of Geophysical Research*, **122**, 5645-5651, doi:10.1002/2016JC012564.
  12. Ijichi, T., & Hibiya, T. (2017), Eikonal calculations for energy transfer in the deep-ocean internal wave field near mixing hotspots, *Journal of Physical Oceanography*, **47**, 199-210, doi:10.1175/JPO-D-16-0093.1.
  13. Inazu, D., Waseda, T., Hibiya, T., & Ohta, Y. (2016), Assessment of GNSS-based height of multiple ships for measuring and forecasting great tsunamis, *Geoscience Letters*, **3:25**, doi:10.1186/s40562-016-0059-y.
  14. Nishina, A., Nakamura, H., Park, J.-H., Hasegawa, D., Tanaka, Y., Seo, S., & Hibiya, T. (2016), Deep ventilation in the Okinawa Trough induced by Kerama Gap overflow, *Journal of Geophysical Research*, **121**, 6092-6102, doi:10.1002/2016JC011822.
  15. Tanaka, Y., & Hibiya, T. (2017), Effects of Koshu Seamount on the development of baroclinic instability leading to the Kuroshio large meander, *Journal of Physical Oceanography*, **47**, 2563-2576, doi:10.1175/JPO-D-17-0050.1.
  16. Ijichi, T., & Hibiya, T. (2015), Frequency-based correction of finescale parameterization of turbulent dissipation in the deep ocean, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **32**, 1526-1535.
  17. Matsuno, T., Endoh, T., Hibiya, T., Senjyu, T., & Watanabe, M. (2015), Formation of the well mixed homogeneous layer in the bottom water of the Japan Sea, *Journal of Oceanography*, **71**, 441-447.
  18. Nagai, T., & Hibiya, T. (2015), Internal tides and associated vertical mixing in the Indonesian Archipelago, *Journal of Geophysical Research*, **120**, 3373-3390, doi:10.1002/2014JC010592.
  19. Furuichi, N., & Hibiya, T. (2015), Assessment of the upper-ocean mixed layer parameterizations using a large eddy simulation model, *Journal of Geophysical Research*, **120**, 2350-2369, doi:10.1002/2014JC010665.
  20. Onuki, Y., & Hibiya, T. (2015), Excitation mechanism of near-inertial waves in baroclinic tidal flow caused by parametric subharmonic instability, *Ocean Dynamics*, **65**, 107-113.
  21. Falahat, S., Nycander, J., Roquet, F., Thurnherr, A. M., & Hibiya, T. (2014), Comparison of calculated energy flux of internal tides with microstructure measurements, *Tellus A*, **66**, 23240.
  22. Niwa, Y., & Hibiya, T. (2014), Generation of baroclinic tide energy in a global three-dimensional numerical model with different spatial grid resolutions, *Ocean Modelling*, **80**, 59-73.
  23. Nagai, T., & Hibiya, T. (2013), Effects of tidally induced eddies on sporadic Kuroshio-water intrusion (kyucho), *Journal of Oceanography*, **69**, 369-377.

24. Watanabe, M., & Hibiya, T. (2013), Assessment of mixed layer models embedded in an ocean general circulation model, *Journal of Oceanography*, **69**, 329-338.
25. Hibiya, T., Furuichi, N., & Robertson, R. (2012), Assessment of fine-scale parameterizations of turbulent dissipation rates near mixing hotspots in the deep ocean, *Geophysical Research Letters*, **39**, doi:10.1029/2012GL054068.
26. Nagai, T., & Hibiya, T. (2012), Numerical simulation of tidally induced eddies in the Bungo Channel: A possible role for sporadic Kuroshio-water intrusion (kyucho), *Journal of Oceanography*, **68**, 797-806.
27. Furuichi, N., Hibiya, T., & Niwa, Y. (2012), Assessment of turbulence closure models for resonant inertial response in the oceanic mixed layer using a large eddy simulation model, *Journal of Oceanography*, **68**, 285-294
28. Iwamae, N., & Hibiya, T. (2012), Numerical study of tide-induced mixing over rough bathymetry in the abyssal ocean, *Journal of Oceanography*, **68**, 195-203.

## (2) 査読無し原著論文

1. 稲津大祐, 早稲田卓爾, 日比谷紀之, 太田雄策, AIS データの船舶分布における GNSS 船舶高度測位による巨大津波の計測とその予測可能性, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 22, 2016S-GS4-9, 365-368, 2016/05
2. 広部智之, 丹羽淑博, 遠藤貴洋, Iyan Eka Mulia, 舘畑秀衛, 稲津大祐, 灘井章嗣, 吉田毅郎, 早稲田卓爾, 日比谷紀之, 沖合での巨大津波の検知を目的とした航空機レーダー海面高度観測, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, 24, 2017S-GS15-2, 621-624, 2017/05

## (3) 総説・解説

1. 岡英太郎, 磯辺篤彦, 市川香, 升本順夫, 須賀利雄, 川合義美, 大島慶一郎, 島田浩二, 羽角博康, 見延庄士朗, 早稲田卓爾, 岩坂直人, 河宮美知生, 伊藤幸彦, 久保田雅久, 中野俊也, 日比谷紀之, 寄高博行, (2013), 海洋学の 10 年展望(I)-日本海洋学会将来構想委員会物理サブグループの議論から-, 海の研究, 22(6), 191-218.
2. 日比谷紀之, 田中祐希, 永井平, 伊地知敬, 高木智章, (2013), 我が国初のマルチスケール・プロファイラーを用いた深海乱流への挑戦, 月刊海洋, 45(1), 57-63.

## (4) 著書

1. 日比谷紀之 (2014), 沿岸における内部波と密度流, 沿岸海洋研究会 50 周年記念『詳論 沿岸海洋学』, 第 4 章, 日本海洋学会 沿岸海洋研究会 編, 61-80.

## (5) その他著作物

## (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

### (1) 招待講演 (国際)

1. Hibiya, T., Global mapping of abyssal turbulence intensity using Deep Argo floats, The Sixth Argo Science Workshop (ASW-6) "The Argo Program in 2020 and beyond: Challenges and opportunities", Tokyo, Japan, October 24, 2018 (Invited).
2. Hibiya, T., What we have learned about deep ocean mixing in the past 20 years, Munk Centennial May Symposium, La Jolla, USA, May 17, 2017 (Invited)

3. Inazu, D., T. Waseda, and T. Hibiya: Measuring great tsunamis using GNSS-based ship height positioning and its use for early warning, 9th ACES International Workshop, Chengdu, China, August 13, 2015 (Invited)

## (2) 招待講演 (国内)

1. 日比谷紀之, 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化, 第2回地球惑星科学分野大型研究計画ヒアリング, 第24期日本学術会議地球惑星科学委員会地球・惑星圏分科会, 日本学術会議, 東京都, 2018/12/28 (招待講演)
2. 日比谷紀之, 月が導く深海の流れー地球を巡る海洋大循環の謎への挑戦ー, 海洋生物環境研究所 中央研究所談話会, 海洋生物環境研究所・中央研究所, 千葉県, 2018/12/17 (招待講演)
3. 日比谷紀之, 海洋地形上での潮汐混合を引き起こす内部重力波に関する考察, 日本海洋学会 2018 年度秋季大会沿岸海洋シンポジウム, 東京海洋大学, 東京都, 2018/09/25 (招待講演)
4. 日比谷紀之, 月と海底凹凸地形が織りなす深海乱流ホットスポットの実態解明ー深層海洋大循環像の高精度化に向けてー, 海洋気象課室合同談話会, 気象庁地球環境・海洋部会議室, 東京都, 2018/05/28 (招待講演)
5. 稲津大祐, 池谷毅, 早稲田卓爾, 日比谷紀之, 嶋原良典, 船舶航行データから見る津波の水平流速, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 幕張メッセ, 千葉県, 2018/05/24 (招待講演)
6. 日比谷紀之, 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化, アルゴ計画推進委員会, 気象庁大会議室, 東京都, 2017/07/24 (招待講演)
7. 日比谷紀之, 深海乱流に関する理論的・観測的研究成果の紹介, 九州大学応用力学研究所附属大気海洋環境センター発足記念シンポジウム, 九州大学, 福岡県, 2017/07/14 (招待講演)
8. 日比谷紀之, 日本海洋学会における関心と展望, 2017 年度水産海洋シンポジウム, 東京海洋大学, 東京都, 2017/03/22 (招待講演)
9. 日比谷紀之, 深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 千葉県, 2016/05/24 (招待講演)
10. 日比谷紀之, 「海洋深層の乱流混合過程の理論的・観測的研究」, 2015 地球流体力学セミナー, 支笏湖セミナーハウス, 北海道, 2015/08/17-20 (招待講演)

## (3) 基調講演

1. 日比谷紀之, What we have learned about deep ocean mixing in the last decade, 第3回新海洋混合学 OMIX YMR サマースクール, かんぼの宿熱海, 静岡県, 2018/10/08 (基調講演)

## Ⅲ. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### (1) 学位論文指導実績

現在に至るまで, 合計 36 名の修士学位取得者, および, 12 名の博士学位取得者を育成してきた. このうち, 11 名の卒業生は, 現在, 大学や国立/民間の研究機関で研究/教育に携わっている. 遠藤貴洋 准教授 (九州大学応用力学研究所: 2017~), 丹羽淑博 特任准教授 (東京大学教育学部附属海洋教育センター: 2019~), 田中祐希 助教 (東京大学 大学院理学系

研究科 地球惑星科学専攻：2012～), 大貫陽平 助教 (九州大学応用力学研究所：2017～) などがその代表例である。

- ・ 2017年度 修士1名 (小堀笑理)
- ・ 2016年度 修士3名 (石井一, 高橋杏, 福澤克俊), 博士1名 (大貫陽平)
- ・ 2015年度 博士1名 (伊地知敬)
- ・ 2013年度 修士2名 (大貫陽平, 高木智章)
- ・ 2012年度 修士1名 (伊地知敬), 博士1名 (永井平)

## (2) 担当講義

地球惑星物理学科4年生向けに開講している「海洋物理学」は、学生による授業評価が、5点満点中、常に4.5点を上回るなど、高い評価を受けた。下記に挙げた学内の講義以外にも、全国の中学生・高校生を対象に出前講義を行った。(2012年度～2018年度の出前講義数は12件) また2016年度には、インドネシアの Udayana University においても “How is the Global Overturning Circulation driven?” と題した集中講義を行った。

- ・ 大学院・海洋物理学 I, 2012, 2014, 2016, 2018 年度
- ・ 大学院・海洋問題演習 I, 2013～2018 年度
- ・ 大学院・海洋基礎科学, 2012～2018 年度
- ・ 大学院・海洋科学野外実習 I, 2013～2018 年度
- ・ 理学部・海洋物理学, 2012～2018 年度
- ・ 理学部・地球惑星物理学概論, 2014～2015 年度
- ・ 理学部・地球惑星物理学観測実習, 2012～2018 年度
- ・ 学術フロンティア講義：地球惑星科学入門, 2012～2014 年度
- ・ 学術フロンティア講義：海研究のフロンティア, 2012～2014, 2016～2018 年度

## (3) 指導学生の受賞

以下に示すように、研究室の3名の大学院生は、過去7年間、複数回にわたって学会賞や研究科奨励賞を受賞した。これらの学生は、いずれも大変優秀な博士論文をまとめており、今後は、アメリカ合衆国 (ウッズホール海洋研究所, ワシントン大学応用物理学研究所) やヨーロッパ (リヨン高等師範学校物理学研究所) の著名な研究機関でポストドク研究を行うことになっている。また、中国から外国人研究者1名、大学院生1名、韓国から研究生1名を受け入れて研究指導した。そのうち外国人研究者1名は2年間の受け入れ期間を終えて帰国した後もスカイプ等で研究指導を続けた。彼の研究は中国でも高く評価され、2018年度に博士号を取得するとともに、天津大学の Research Assistant に就任している。

- ・ 理学系研究科奨励賞 3名 (2013年度修士 大貫陽平, 2015年度博士 伊地知敬, 2016年度博士 大貫陽平)
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 2名 (2016年 高橋杏, 2018年 高橋杏)
- ・ 日本海洋学会若手優秀発表賞 2名 (2015年 大貫陽平, 2016年 大貫陽平)
- ・ 笹川科学研究奨励賞 1名 (2015年 伊地知敬)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

#### (1) ジャーナル

- Physical Oceanography section of “Frontiers in Marine Science”，編集委員，2018/11～現在
- 日本地球惑星科学連合，Progress in Earth and Planetary Science 編集委員，2013/06～2018/03
- アジア・オセアニア地球惑星科学会（AOGS），Geoscience Letters 編集委員，2012/08～2016/08
- 日本海洋学会，Journal of Oceanography 編集委員長，2011/04～2015/03

#### (2) 学会等（国際）

- 国際海洋物理科学協会（IAPSO），執行委員（Executive Committee member），2011/06～2019/07
- アジア・オセアニア地球惑星科学会（AOGS），海洋セクション・プレジデント，2012/08～2014/08
- アジア・オセアニア地球惑星科学会（AOGS），海洋セクション・バイスプレジデント，2011/08～2012/08，2014/08～2015/08

#### (3) 学会等（国内）

- 日本海洋学会，会長，2015/04～2019/03
- 日本海洋学会，評議員，1997/04～2015/03
- 日本海洋学会，幹事，1997/04～2001/03・2003/04～2007/03・2011/04～2015/03
- 日本海洋学会，学会賞・岡田賞 宇田賞 選考委員，2008/04～2010/03・2012/04～2014/03
- 日本海洋学会 沿岸海洋研究委員会，委員，1991/04～現在
- 日本地球惑星科学連合，代議員，2012/07～現在
- 日本地球惑星科学連合，総務担当理事，2018/05～現在
- 日本地球惑星科学連合，国際対応担当理事，2014/05～2018/05
- 日本地球惑星科学連合，グローバル戦略委員会，委員，2014/06～2018/05
- 日本地球惑星科学連合，2016年度大会委員長，2015/07～2016/05
- 日本地球惑星科学連合，学協会長会議 議長，2015/07～2016/05
- 日本地球惑星科学連合，大気海洋・環境科学セクション ボードメンバー，2012/06～2013/05
- 日本海洋政策学会，常設委員会総務委員会，委員，2013/04～現在
- 日本海洋政策学会，理事，2014/12～2018/12

#### (4) 国際会議等

- 日本海洋学会 2018年度秋季大会，シンポジウム3 新学術領域「海洋混合学の創設：物質循環・気候・生態系の維持と長周期変動の解明」，共同コンビナー，東京海洋大学，東京都，2018/09/29
- 国際水文科学協会-国際海洋物理科学協会-地震学および地球内部物理学国際協会

- (IAHS-IAPSO-IASPEI)共催学会, セッション「Turbulence, Internal Waves, and Mixing on All Scales」, 共同コンビナー, ケープタウン国際会議場, 南アフリカ, 2018/08/28-29
- ・ 第15回アジア・オセアニア地球科学連合大会 (AOGS), セッション「The Oceanic Energy Cascade: from Mesoscale, Submesoscale to Small-scale Turbulence」, 共同コンビナー, ハワイ国際会議場, アメリカ, 2018/06/06
  - ・ 日本地球惑星科学連合 2018 年度大会, セッション「What We Have Learned about Ocean Mixing in the Last Decade」, 代表コンビナー, 幕張メッセ国際会議場, 千葉県, 2018/05/21
  - ・ 日本地球惑星科学連合 2017 年度大会, セッション「Ocean Mixing Matters」, 代表コンビナー, 幕張メッセ国際会議場, 千葉県, 2017/05/21
  - ・ The Third Xiamen Symposium on Marine Environmental Science (XMAS), セッション「The ocean's Energy Cascade and Mixing」, 共同コンビナー, 廈門大学, 中国, 2017/01/10-11
  - ・ 日本地球惑星科学連合 2016 年度大会, セッション「Ocean Mixing Frontiers」, 代表コンビナー, 幕張メッセ国際会議場, 千葉県, 2016/05/22
  - ・ 第12回アジア・オセアニア地球科学連合大会 (AOGS), セッション「Ocean Mixing, the Roles of Wind, Tides, Lee Waves, Topography and Biota」共同コンビナー, サンテック シンガポール, 2015/08/05
  - ・ 第26回国際測地学・地球物理学連合総会 (IUGG), セッション「Ocean Mixing」代表コンビナー, プラハ国際会議場, チェコ, 2015/06/30-07/01
  - ・ 第11回アジア・オセアニア地球科学連合大会 (AOGS), セッション「Ocean Mixing Frontiers」代表コンビナー, ロイトン札幌ホテル, 北海道, 2014/07/28-08/01
  - ・ 国際水文科学協会-国際海洋物理学協会-地震学および地球内部物理学国際協会 (IAHS-IAPSO-IASPEI) 共催学会, セッション「Ocean Mixing」代表コンビナー, ヨーテボリ国際会議場, スウェーデン, 2013/07/24-26
  - ・ 第10回アジア・オセアニア地球科学連合大会 (AOGS), セッション「Ocean Mixing: Where, Why, How Much, ...」代表コンビナー, ブリスベン国際会議場, オーストラリア, 2013/06/26
  - ・ 第9回アジア・オセアニア地球科学連合大会 (AOGS-WPGM 共催), セッション「OS18: 海洋混合に関する諸問題」代表コンビナー, リゾーツ国際会議場, シンガポール, 2012/08/16

## 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

### (1) 公職歴

- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会 IAPSO 小委員会, 委員, 2012/02～現在
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会 IAPSO 小委員会, 幹事担当委員, 2012/02～2017/09
- ・ 日本学術会議, 連携会員 (地球惑星科学委員会 SCOR 分科会), 2016/10～現在
- ・ 海上保安庁, 政策アドバイザー, 2017/04～現在
- ・ 東京海洋大学 海洋科学部附属練習船「神鷹丸」共同利用運営協議会, 学外委員, 2012/05～現在
- ・ 文部科学省, 新学術領域研究専門委員会, 委員, 2017/12～2018/03
- ・ 文部科学省, 科学技術専門家ネットワーク, 専門調査員, 2012/09～2013/05
- ・ 海洋研究開発機構, アドバイザー, 2016/06/27～2016/07/01

- ・ 内閣官房，総合海洋政策本部参与会議，海洋科学技術 PT 構成員，2015/07～2016/03
- ・ 九州大学応用力学研究所，地球環境力学部門および同東アジア海洋大気循環研究センター，外部評価委員，2016/04～2017/03
- ・ 学位授与機構，学位審査会，専門委員，2012/04～2014/03
- ・ ハワイ大学 国際太平洋研究センター (IPRC)，科学諮問委員会委員，2007/04～2014/03

#### (2) 民間団体歴（学会関係を除く）

- ・ 日本海洋科学振興財団，理事，2014/06～現在
- ・ 日本海洋科学振興財団，調査研究委員会，委員，2015/05～2017/09

#### (3) セミナー等

- ・ 海洋アライアンス 教養学部・学術フロンティア講義，「月が導く深海の流れー地球を巡る海洋大循環の謎を解くー」，2018/06/30
- ・ 特別講義，「How is the Global Overturning Circulation driven?」，Udayana University, Indonesia, 2017/03/06

#### (4) 講演会

- ・ 日比谷紀之，海洋立国を支える人材の育成について（パネルディスカッション），日本海洋政策学会第9回年次大会パネルディスカッション「第3期海洋基本計画への期待」，東京大学小柴ホール，東京都，2017/12/02
- ・ Hibiya, T. : “Possible impacts of the global warming on the human society”，The first screening of "Exit" by Diller Scofidio and Renfro in Japan (organized by Institut des Hautes Études Scientifique (IHES)，日本科学未来館，東京都，2016/10/03
- ・ 日比谷紀之，東京大学 グレーター東大塾，「深層海洋大循環」，東京大学，東京都，2013/12/10
- ・ 日比谷紀之，月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎を解くー，東京大学「高校生のための春休み講座」，東京大学，東京都，2013/04/02
- ・ 日比谷紀之，月が導く深海の流れー地球を巡る海流の謎を解くー，学のみち 楽のいずみ（みゆずメゾン ゆめりあシリーズ その26），ゆめりあホール，東京都，2013/03/01

#### (5) 出前講義等

- ・ 日比谷紀之，「九州西方沿岸域を襲う『サイレント津波』の正体をとらえる」，東京都立立川国際中等教育学校高大連携講座，東京都立立川国際中等教育学校，東京都，2018/12/18
- ・ 日比谷紀之，「九州西方沿岸域を襲う『サイレント津波』の正体をとらえる」，東京大学海洋アライアンス出前講義（逗子開成中学校・高等学校），逗子開成中学校・高等学校，神奈川県，2018/07/05
- ・ 日比谷紀之，「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」，東京大学海洋アライアンス出前講義（宮崎県立都城泉ヶ丘高等学校附属中学校），東京大学，東京都，2018/05/16
- ・ 日比谷紀之，「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」，東京大学海洋アライアンス出前講義（山手学院高等学校），山手学院高等学校，神奈川県，2017/11/20
- ・ 日比谷紀之，「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」，東京大学海洋アライアンス出前講義（逗子開成中学校・高等学校），逗子開成中学校・高等学校，神奈川県，2017/06/29



- 日比谷紀之, 深層海流実験に関する質疑応答およびコメント, 逗子開成中学校・高等学校東京大学日比谷研究室訪問, 東京大学, 東京都, 2016/10/01
- 日比谷紀之, 「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (逗子開成中学校・高等学校), 逗子開成中学校・高等学校, 神奈川県, 2016/06/26
- 日比谷紀之, 「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (吉祥女子中学・高等学校), 吉祥女子中学・高等学校, 東京都, 2016/06/25
- 日比谷紀之, 「月が導く深海の流れ」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (逗子開成中学校), 逗子開成中学校, 神奈川県, 2015/06/18
- 日比谷紀之, 「深層乱流と深層海洋大循環」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (東京都立大島高校), 東京大学, 東京都, 2014/11/28
- 日比谷紀之, 「月が導く深海の流れー地球を巡る深層海流の謎への挑戦ー」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (群馬県立前橋女子高校), 群馬県立前橋女子高校, 群馬県, 2014/10/17
- 日比谷紀之, 「深層乱流の観測について」, 東京大学海洋アライアンス出前講義 (小笠原村立小笠原中学校), 東京大学, 東京都, 2014/05/20

#### (6) その他

- 日比谷紀之, 「海洋生物シンポジウム 2019」開催によせて, 日本海洋生物シンポジウム 2019, 東京海洋大学, 東京都, 2019/03/23
- 日比谷紀之, 「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」プロジェクト成果報告会開催にあたって, 東京大学海洋アライアンス総合海洋基盤 (日本財団) プログラム「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」シンポジウム, 東京大学, 東京都, 2019/03/23
- 広部智之, 日比谷紀之, 沖合での巨大津波検知を目的とした航空機レーダー海面高度観測, 東京大学海洋アライアンス総合海洋基盤 (日本財団) プログラム「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」シンポジウム, 東京大学, 東京都, 2019/03/23
- 丹羽淑博, 日比谷紀之, 現実の航空機位置データに基づく津波波形インバージョン解析, 東京大学海洋アライアンス総合海洋基盤 (日本財団) プログラム「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」シンポジウム, 東京大学, 東京都, 2019/03/23
- 日比谷紀之, 「海洋観測における研究船の役割:成果と展望」(パネルディスカッション), 日本学術会議公開シンポジウム, 日本学術会議, 東京都, 2018/12/25
- 日比谷紀之, 第13回東京大学の海研究シンポジウム「若手研究者による最近の成果から」開催にあたって, 東京大学海洋アライアンス/日本財団共催 第13回東京大学の海研究シンポジウム, 東京大学, 東京都, 2018/11/02
- 日比谷紀之, 「深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化」, 地球惑星科学分野大型研究計画ヒアリング, 日本学術会議, 東京都, 2018/03/28
- 日比谷紀之, 「海洋生物シンポジウム 2018」開催にあたって, 日本海洋学会 海洋生物学研究会, 東京海洋大学, 東京都, 2018/03/24
- 日比谷紀之, 東京大学海洋アライアンス総合海洋基盤 (日本財団) プログラム「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」プロジェクト成果報告会開催にあたって, 「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」プロジェクト成果報告会, 東京大学, 東京都, 2018/03/03
- 日比谷紀之, 九州西方沿岸域を襲う巨大波「あびき」の正体をとらえる, 東京大学海洋

- アライアンス総合海洋基盤（日本財団）プログラム「メガ津波から命を守るための防災の高度化研究」プロジェクト成果報告会，東京大学，東京都，2018/03/03
- ・ 日比谷紀之，「日本の海洋空間計画に向けた課題」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス・ワークショップ「日本の海洋空間計画に向けた課題」，東京大学，東京都，2018/02/16
  - ・ 日比谷紀之，国際シンポジウム「海洋の保全と利用をめぐる合意形成の科学」開催にあたって，東京大学，東京都，2018/02/15
  - ・ 日比谷紀之，第5回全国海洋教育サミット「海でつながり うまれる学び」開会挨拶，東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター第5回全国海洋教育サミット，東京大学，東京都，2018/02/04
  - ・ 日比谷紀之，ウィンドチャレンジャー計画成果報告会2017の開催にあたって，ウィンドチャレンジャー計画成果報告会2017，東京大学，東京都，2017/09/30
  - ・ 日比谷紀之，「大気海洋科学講座の研究紹介」，第1回融合セミナー，東京大学，東京都，2017/08/09
  - ・ 日比谷紀之，第12回東京大学の海研究シンポジウム「社会への提言」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス／日本財団共催 第12回東京大学の海研究シンポジウム，東京大学，東京都，2017/07/18
  - ・ 日比谷紀之，2016年度理学系研究科・理学部外部諮問委員会，日比谷研究室（特に深海乱流計測装置）見学会，東京大学，東京都，2017/03/03
  - ・ 日比谷紀之，第4回全国海洋教育サミット「海洋教育の新たな潮流」の開催にあたって，東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター第4回全国海洋教育サミット，東京大学，東京都，2017/02/05
  - ・ 日比谷紀之，中高生向けフォーラム「海の話を知ろう in 東大」の開催にあたって，東京大学海洋アライアンス／日本財団共催シンポジウム，東京大学，東京都，2016/11/20
  - ・ 日比谷紀之，第11回東京大学の海研究シンポジウム「海洋アライアンス発・海研究の最前線」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス 第11回東京大学の海研究シンポジウム，東京大学，東京都，2016/07/19
  - ・ 日比谷紀之，第10回東京大学の海研究シンポジウム「新たな手法と視点が海洋の常識を覆す」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス／日本財団共催 第10回東京大学の海研究シンポジウム，東京大学，東京都，2015/07/23
  - ・ 日比谷紀之，国際会議「島と海のネット第1回総会」開催にあたって，島と海のネット／東京大学海洋アライアンス共催，東京大学，東京都，2015/05/25
  - ・ 日比谷紀之，第9回東京大学の海研究シンポジウム「海洋研究と社会の接点」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス／日本財団共催 第9回東京大学の海研究シンポジウム，東京大学，東京都，2014/07/21
  - ・ 日比谷紀之，「海の魅力を伝えます！海を学び，海で働く女性から女子中・高校生へ」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス女子中高生向けセミナー(第2回)，東京大学，東京都，2014/01/26
  - ・ 日比谷紀之，「海の魅力を伝えます！海を学び，海で働く女性から女子中高生へ」開催にあたって，東京大学海洋アライアンス女子中高生向けセミナー(第1回)，東京都葛西臨海水族園，東京都，2013/12/15
  - ・ 日比谷紀之，第8回東京大学の海研究シンポジウム「攪乱の時代」閉会挨拶，東京大学海洋アライアンス／日本財団共催 第8回東京大学の海研究シンポジウム，東京大学，東京都，2013/07/31

- ・ 日比谷紀之, 「日本海：小さな海の大きな恵み」閉会挨拶, 東京大学海洋アライアンス／日本財団共催シンポジウム, 三越劇場, 東京都, 2013/07/15
- ・ 日比谷紀之, 第7回東京大学の海研究「人と海のかかわりの将来像」開催にあたって, 東京大学海洋アライアンス／日本財団共催 第7回東京大学の海研究シンポジウム, 東京大学, 東京都, 2012/07/24

#### (7) メディア等一覧

- ・ 東京新聞, 「台風でも嵐でもないのに 長崎で冠水 『あびき』なぜ起こる?」, 2019/03/23
- ・ YOMIURI ONLINE, 「海の『深層循環』の謎, 僕たちが解くぞ…逗子開成」, 2018/09/10
- ・ *Academist Journal* (ウェブジャーナル), 「月が深層海洋大循環を引き起こす? - 『乱流』との関係を探る」, 2018/07/24
- ・ NHK 教育テレビジョン, 「サイエンス ZERO 『巨大海流 黒潮』」, 2018/01/21
- ・ 日本経済新聞 (朝刊), 「12年ぶり 黒潮『ひ』の大蛇行」, 2017/12/03
- ・ 日本経済新聞 (夕刊), 「沖合の津波観測 誤差5センチー東大が新技術 航空機使い低コストー」, 2017/08/19
- ・ 日経産業新聞 (朝刊), 「直談ー海洋研究のあり方は 企業と連携もっと深くー」, 2017/08/14
- ・ 南日本新聞 (朝刊), 「『あびき』発生メカニズム 中国南部の気象影響か」, 2016/09/24
- ・ 教育新聞, 「新単元『海のやくわり』次期教育課程に海洋学会要望」, 2016/04/04
- ・ CBC ラジオ, 多田しげおの気分爽快〜朝から P.O.N., 「深層海洋大循環とは?」, 2015/3/3
- ・ 朝日新聞 (朝刊), ののちゃんの DO 科学, 「深い海の水は動かないの?」, 2014/12/06

## 12. 学内行政業務

- ・ 東京大学 海洋アライアンス機構, 機構長, 2013～2018 年度
- ・ 東京大学 海洋アライアンス機構, 推進委員会, 委員, 2009～2018 年度
- ・ 東京大学 海洋アライアンス機構, 運営委員会, 委員, 2011～2018 年度
- ・ 東京大学 教育運営委員会 学部前期課程部会, PEAK 制度検討委員会委員, 2015 年度～現在
- ・ 東京大学 外国学校卒業生等入学選考委員会, 国際化推進学部入試部会 (PEAK), 面接特別委員会委員, 2012～2013 年度
- ・ 東京大学 大気海洋研究所, 協議会委員, 2009 年度～現在
- ・ 東京大学 地震研究所, 協議会委員, 2009～2012 年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 グローバル COE プログラム, 運営委員会委員, 2009～2013 年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科・理学部評価委員会, 委員, 2017 年度～現在
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科, 教員採用可能数削減ワーキンググループ, 委員, 2016 年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科, 学術運営委員会, 委員, 2012～2013 年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, 助教活性化プロジェクト, 委員長, 2016 年度～現在
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, 教務委員会, 委員, 2016 年度～現在

- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻，教育幹事会，幹事，2014・2016・2018年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻，部屋委員会，委員，2008～2015年度
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻，大気海洋科学講座，世話人，2013・2015・2017年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：1名 研究者数：1名

#### (2) 派遣

学生数：7名 研究者数：8名

#### (3) 海外からの来訪者数：22名

(アメリカ合衆国: 17名，ドイツ: 1名，オランダ: 2名，オーストラリア: 1名，インドネシア: 1名)

# 升本 順夫

## I. 略歴

氏名： 升本 順夫 (ますもと ゆきお)

年齢： 55 歳

現職： 教授

### 学歴

1982 年 3 月 東京都立駒場高等学校卒業  
1987 年 3 月 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科卒業  
1989 年 3 月 九州大学大学院工学研究科水工土木学専攻修士課程修了  
1991 年 12 月 九州大学大学院工学研究科水工土木学専攻博士課程中途退学  
1993 年 4 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

1992 年 1 月 東京大学理学部 地球惑星物理学科 助手  
1993 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星物理学専攻 助手  
1995 年 12 月 オーストラリア連邦科学産業研究機構海洋学部門 客員研究員  
(1996 年 11 月まで)  
1997 年 11 月 海洋科学技術センター 地球フロンティア研究システム 兼務  
(2004 年 6 月まで)  
1999 年 7 月 海洋科学技術センター 地球観測フロンティア研究システム 兼務  
(2004 年 6 月まで)  
2000 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 助手  
2001 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 助教授  
2004 年 7 月 (独) 海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター  
および (独) 海洋研究開発機構 地球環境観測研究センター 兼務  
(2010 年 3 月まで)  
2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授  
2010 年 4 月 (独) 海洋研究開発機構 地球環境変動領域  
短期気候変動応用予測研究プログラム プログラムディレクター  
2012 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 兼任教授  
(2013 年 5 月まで)  
2013 年 6 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

インド洋および太平洋熱帯域における表層海洋循環系の変動機構や、大気海洋相互作用が重要となる大規模な気候変動現象の維持や発生のメカニズムについて、主に数値シミュレーションとデータ解析を通じた研究を進めてきた。近年はインド洋の気候変動現象とイン

ド洋の海洋循環との関連について精力的に研究を進めている。南部熱帯インド洋の強制ロスビー波伝播が表層循環系や水温変動に重要であることや、インドネシア通過流量がインド洋ダイポールモード現象の影響を受けていること、太平洋における十年規模変動がインドネシア通過流を通じてインド洋南東部へ影響を及ぼしていることを示した。また、観測データの少ないインド洋において長期の係留系観測プロジェクトを主導して、東部赤道域の変動には季節内変動が卓越し、混合ロスビー重力波による南北流が顕著であることを示した。この短周期の赤道波動の下層へのエネルギー伝播により、赤道域の中深層において平均的な湧昇を励起している可能性があることを示唆した。このような一連の研究成果は国際的にも高く評価されており、CLIVAR や IIOE-2 などの国際的な研究プロジェクトの中核的な役割を担うに至っている。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Ogata, T., M. Nagura, and Y. Masumoto (2017), Mean subsurface upwelling induced by intraseasonal variability over the equatorial Indian Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 47 (6), 1347-1365, doi: 10.1175/JPO-D-16-0257.1.

多くの海洋大循環モデルで再現されるインド洋内の子午面循環において、赤道域での平均風応力は下降流を励起する傾向があるにも関わらず、そこでの湧昇が大きいことを指摘した。また、その原因として赤道域の南北風変動で励起される混合ロスビー重力波の下方伝播による変調過程が重要であることを示し、インド洋の子午面循環過程に新たな視点を加えることとなった。

2. Cai, W., A. Santoso, G. Wang, E. Weller, L. Wu, K. Ashok, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2014), Increased frequency of extreme Indian Ocean Dipole events due to greenhouse warming, *Nature*, 510, 254-258, doi: 10.1038/nature13327. (引用回数 88 回(WoS/Sep. 20, 2019))

インド洋域での重要な気候変動モードの1つであるダイポールモード現象は、周辺域の気候や降水量、さらには農業・漁業等の社会経済活動に多大な影響を及ぼすにも関わらず、地球温暖化が進んだ状況での振る舞いの詳細は調べられていなかった。最新の将来予測モデルの計算結果を解析した結果、温暖化ストレスの強いシナリオ下でダイポールモード現象が現在の約3倍の頻度で発生するとともに、平均場も現状より東西一様化が進むことがわかった。(引用回数 88 回(WoS/Sep. 20, 2019))

3. Luo, J.-J., W. Sasaki, and Y. Masumoto (2012), Indian Ocean warming modulates Pacific climate change, *PNAS*, 109, 18701-18706, doi: 10.1073/pnas.1210239109.

太平洋の気候変動現象とインド洋のそれとの関連性については、熱帯域の気候変動研究のホットなトピックの1つとなっている。東部インド洋は熱帯海洋で最も急激に海面水温が上昇している海域であり、これに伴う大気ウォーカー循環の強化が太平洋側でも東西水温傾度の増加をもたらし、ENSO などの変動にも影響を与えている可能性を示唆した。温暖化傾向の下で、貿易風が強化していたことを説明することができるものとして大きく取り上げられている。(引用回数 166 回(WoS/Sep. 20, 2019))

4. Masumoto, Y., Y. Miyazawa, D. Tsumune, T. Tsubono, T. Kobayashi, H. Kawamura, C. Estournel, P. Marsaleix, L. Lanerolle, A. Mehra, and Z. D. Garraffo (2012), Oceanic dispersion simulations of Cesium 137 from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, *ELEMENTS*, 8, 207-212, doi: 10.2113/gselements.8.3.207.

東日本大震災に伴って発生した福島原発事故で海洋に漏洩した放射性物質の海洋内での分散過程は、沖合でのデータが少ないことから詳細の把握が困難である。そこで世界各地で行われた数値モデルによる分散計算結果を集めて相互比較することにより、福島沖陸棚から隣接する外洋領域における放射性セシウム 137 の分散過程を検討し、海洋の大規模循環系から沿岸流の変動まで様々な変動過程が絡んだ結果として広がっていることを明らかにした。結果の一部は文部科学省からのプレスリリースで用いられるなど、重要な役割を果たした。(引用回数 61 回(WoS/Sep. 20, 2019))

5. Y. Masumoto, H. Hase, Y. Kuroda, H. Matsuura, and K. Takeuchi (2005), Intraseasonal variability in the upper layer currents observed in the eastern equatorial Indian Ocean, *Geophys. Res. Letter*, 32, L02607, doi:10.1029/2004GL021896.

現場観測が非常に限られる東部赤道インド洋において、初めて長期の ADCP 係留系観測による流速変動データを取得し、その変動特性を明らかにした。東西流はこれまでに知られていた年 2 回の赤道ジェットに加え、大気の手内変動に伴う数日変動が卓越すること、南北流には大気の手内風により励起される混合ロスビー重力波に関連した約 15 日周期の変動が卓越することを初めて指摘し、その後の多くの研究に影響を与えた。(引用回数 85 回 (WoS/Sep. 20, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 升本順夫, 2018 Editor's Citation for Excellence in Refereeing for *JGR-Ocean*, 2019 年 4 月

#### 5. 研究の将来計画

インド洋域の気候変動と関連する海洋変動は、アジアやアフリカ、オセアニア域でのモンスーン気候の変動や生物、生態系変動を通じて社会への影響も大きい。この変動に大きな影響を及ぼすと考えられるインド洋の浅い南北循環セルの変動機構についての理解を進める。この理解のためには、主に表層の水平循環系変動の理解を主軸として、これに伴う大気海洋相互作用の理解と、表層と亜表層を結びつける湧昇域の変動機構の理解を両輪として、広い視野での研究を進める必要がある。湧昇変動の理解では、湧昇域での様々な時間規模の変動に対する海洋力学過程と混合過程の寄与の定量的把握を中心として、また大気海洋相互作用の理解では、経年から 10 年規模の気候変動モードの発展機構と励起過程の把握を主な対象として研究を展開していく。これまでの研究実績を土台として構築した国際的な協力体制や人的ネットワークを活用し、観測、データ解析、数値シミュレーションの各手法の利点を活かした解析を進めるとともに、物理的視点に生物地球化学的視点を加えた統合的なアプローチを用いて、国際的な研究コミュニティをリードしていきたい。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A) (海外学術調査), 東部インド洋湧昇域における物理・化学・生物学的特性の統合的解明, 研究代表者, 2017~2020 年度, 総額 40,800 千円
- ・ 環境研究総合推進費, 海洋プラスチックごみの大洋内及び大洋間動態の物理過程のモデル化, 研究代表者, 2018~2020 年度, 総額 18,992 千円
- ・ キヤノン財団「理想の追求」研究助成, 海洋 4 次元地図帳: モデリングと可視化のニューフロンティア, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 30,000 千円
- ・ 住友財団 環境研究助成, 海洋放射能汚染緊急対応予測システムの提案, 研究代表者, 2013 年度, 総額 1,500 千円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata (2012), A simple regional coupled model experiment for summer-time climate simulation over southern Africa, *Climate Dynamics*, 36, DOI: 10.1007/s00382-011-1190-2
2. Sasaki, H., S.-P. Xie, B. Taguchi, M. Nonaka, S. Hosoda, and Y. Masumoto (2012), Interannual variations of the Hawaiian Lee Countercurrent induced by potential vorticity variability in the subsurface, *J. Oceanogr.*, 68, 93-111, doi: 10.1007/s10872-011-0074-8.

3. Honda, M., T. Aono, M. Aoyama, Y. Hamajima, H. Kawakami, M. Kitamura, Y. Masumoto, Y. Miyazawa, M. Takigawa, and T. Saino (2012), Dispersion of artificial caesium-134 and -137 in the western North Pacific one month after the Fukushima accident, *Geochemical Journal*, **46**, e1-e9.
4. Masumoto, Y., Y. Miyazawa, D. Tsumune, T. Tsubono, T. Kobayashi, H. Kawamura, C. Estournel, P. Marsaleix, L. Lanerolle, A. Mehra, and Z. D. Garraffo (2012), Oceanic dispersion simulations of Cesium 137 from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, *ELEMENTS*, **8**, 207-212, doi: 10.2113/gselements.8.3.207.
5. Prasanna Kumar, S., T. D. David, P. Byju, J. Narvekar, K. Yoneyama, N. Nakatani, A. Ishida, T. Horii, Y. Masumoto, and K. Mizuno (2012), Bio-physical coupling and ocean dynamics in the central equatorial Indian Ocean during 2006 Indian Ocean Dipole, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L14601, doi:10.1029/2012GL052609.
6. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2012), Role of Rossby waves in the remote effects of the north Indian Ocean tropical disturbances, *Mon. Wea. Rev.*, **140**, 3620-3633, doi:10.1175/MWR-D-12-00027.1.
7. Luo, J.-J., W. Sasaki, and Y. Masumoto (2012), Indian Ocean warming modulates Pacific climate change, *PNAS*, **109**, 18701-18706, doi: 10.1073/pnas.1210239109
8. Miyazawa, Y., Y. Masumoto, S. M. Varlamov, and T. Miyama (2012), Transport simulation of the radionuclide from the shelf to open ocean around Fukushima, *Continental Shelf Res., Volumes 50–51, 15 December 2012, Pages 16-29*.
9. Richter, I., S.K. Behera, Y. Masumoto, B. Taguchi, H. Sasaki, and T. Yamagata (2013), Multiple causes of interannual sea surface temperature variability in the equatorial Atlantic Ocean, *Nature Geoscience* **6** (1), 43-47 doi:10.1038/ngeo1660.
10. Miyazawa, Y., Y. Masumoto, S. M. Varlamov, T. Miyama, M. Takigawa, M. Honda, and T. Saino (2013), Inverse estimation of source parameters of oceanic radioactivity dispersion models associated with the Fukushima accident, *Biogeosciences*, **10**, 2349-2363, doi:10.5194/bg-10-2349-2013.
11. Liu, P., T. Li, B. Wang, M. Zhang, J.-J. Luo, Y. Masumoto, X.-C. Wang, and E. Roeckner (2013), MJO change with A1B global warming estimated by the 40-km ECHAM5, *Climate Dynamics*, **41** (3-4), 1009-1023, doi: 10.1007/s00382-012-1532-8.
12. Morioka, Y., J. V. Ratnam, W. Sasaki, and Y. Masumoto (2013), Generation mechanism of the South Pacific subtropical dipole, *J. Climate*, **26** (16), 6033-6045, doi:10.1175/JCLI-D-12-00648.1.
13. Behera, S. K., J. V. Ratnam, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2013), Origin of Extreme Summers in Europe: The Indo-Pacific Connection, *Climate Dynamics*, **41** (3-4), 663-676, doi: 10.1007/s00382-012-1524-8.
14. Ratnam, J. V., S. K. Behera, S. B. Ratna, C. J. de W. Rautenbach, C. Lennard, J.-J. Luo, Y. Masumoto, K. Takahashi, and T. Yamagata (2013), Dynamical Downscaling of Austral Summer Climate Forecasts over Southern Africa Using a Regional Coupled Model, *J.Climate*, **26** (16), 6015-6032, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00645.1>.
15. Sasaki, H., B. Taguchi, N. Komori, and Y. Masumoto (2014), Influence of Local Dynamical Air–Sea Feedback Process on the Hawaiian Lee Countercurrent, *J. Climate*, **26** (18), 7267-7279, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00586.1>.
16. Richter, I., S.-P. Xie, S.K. Behera, T. Doi, and Y. Masumoto (2014), Equatorial Atlantic variability and its relation to mean state biases in CMIP5, *Climate Dynamics*, **42** (1-2), 171-188, doi: 10.1007/s00382-012-1624-5



17. Nagura, M., Y. Masumoto, and T. Horii (2014), Meridional heat advection due to mixed Rossby gravity waves in the equatorial Indian Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, Volume 44, Issue 1 (January 2014) pp. 343-358, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JPO-D-13-0141.1>.
18. Iskandar, I., Y. Masumoto, K. Mizuno, H. Sasaki, A. Affandi, D. Setiabudidaya, and F. Syamsudin (2014), Coherent intraseasonal oceanic variations in the eastern equatorial Indian Ocean and in the Lombok and Ombai Straits from observations and a high-resolution OGCM, *J. Geophys. Res.*, Volume 119, Issue 2, February 2014, Pages: 615–630, doi:10.1002/2013JC009592.
19. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2014), Remote effects of El Niño and Modoki events on the Austral Summer Precipitation of Southern Africa, *J. Climate*, Volume 27, Issue 10 (May 2014) pp. 3802-3815, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00431.1>.
20. Morioka, Y., S. Masson, P. Terray, C. Prodhomme, S. K. Behera, and Y. Masumoto (2014), Role of tropical SST variability on the formation of subtropical dipoles, *J. Climate* Volume 27, Issue 12 (June 2014) pp. 4486-4507, doi:10.1175/JCLI-D-13-00506.1.
21. Cai, W., A. Santoso, G. Wang, E. Weller, L. Wu, K. Ashok, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2014), Increased frequency of extreme Indian Ocean Dipole events due to greenhouse warming, *Nature*, **510**, 254-258, doi: 10.1038/nature13327.
22. Han, W., J. Vialard, M. J. McPhaden, T. Lee, Y. Masumoto, M. Feng, and W. P. M. de Ruijter (2014), Indian Ocean Decadal Variability: A Review, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Volume 95, Number 11, 1679-1703, doi: 10.1175/BAMS-D-13-00028.1.
23. Richter, I., S. K. Behera, T. Doi, B. Taguchi, Y. Masumoto, and S.-P. Xie (2014), What controls equatorial Atlantic winds in boreal spring?, *Climate Dynamics*, **43** (11), 3091-3104, doi: 10.1007/s00382-014-2170-0.
24. Sasaki, W., T. Doi, K. J. Richards, and Y. Masumoto (2014), Impact of the equatorial Atlantic sea surface temperature on the tropical Pacific in a CGCM, *Climate Dynamics*, **43** (9-10), 2539-2552, doi: 10.1007/s00382-014-2072-1.
25. Sasaki, W., T. Doi, K. J. Richards, and Y. Masumoto (2015), The influence of ENSO on the equatorial Atlantic precipitation through the Walker circulation in a CGCM, *Climate Dynamics*, **44**, 191-202, doi: 10.1007/s00382-014-2133-5.
26. Morioka, Y., K. Takaya, S. K. Behera, and Y. Masumoto (2015), Local SST impacts on the summertime Mascarene High variability, *J. Climate*, **28**, 678-694, doi:10.1175/JCLI-D-14-00133.1
27. Nagura, M., and Y. Masumoto (2015), A wake due to the Maldives in the eastward Wyrтки jet, *J. Phys. Oceanogr.*, **45** (7), 1858-1876, doi: 10.1175/JPO-D-14-0191.1.
28. Luo, J.-J., C. Yuan, W. Sasaki, S. K. Behera, Y. Masumoto, T. Yamagata, J.-Y. Lee, and S. Masson (2016), Current status of intraseasonal-seasonal-to-interannual prediction of the Indo-Pacific climate, In "Indo-Pacific Climate Variability and Predictability", Eds. S. K. Behera and T. Yamagata, World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate: Volume 7, pp. 63-107, World Scientific, ISBN: 978-981-4696-61-6, doi: 10.1142/9789814696623\_0003.
29. Masumoto, Y., M. Nagura, T. Miyama, S.-P. Xie, Z. Yu, J. P. McCreary, P. N. Vinayachandran, R. Hood, and H. Gildor (2016), Ocean processes relevant to climate variations in the Indian Ocean sector, In "Indo-Pacific Climate Variability and Predictability", Eds. S. K. Behera and T. Yamagata, World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate: Volume 7, pp. 25-61, World Scientific, ISBN: 978-981-4696-61-6.
30. Rao, R. R., T. Horii, Y. Masumoto, and K. Mizuno (2016), Observed variability in the upper layers at the Equator, 90°E in the India Ocean during 2001-2008, 2: meridional currents, *Climate*

*Dyn.*, doi: 10.1007/s00382-016-2979-9.

31. Rao, R. R., T. Horii, Y. Masumoto, and K. Mizuno (2016), Observed variability in the upper layers at the Equator, 90°E in the Indian Ocean during 2001-2008, 1: Zonal currents, *Climate Dyn.*, doi: 10.1007/s00382-016-3234-0.
32. Ando, K., Y. Kuroda, Y. Fujii, T. Fukuda, T. Hasegawa, T. Horii, Y. Ishihara, Y. Kashino, Y. Masumoto, K. Mizuno, M. Nagura, and I. Ueki (2017), Fifteen years progress of the TRITON array in the western Pacific and eastern Indian Oceans, *J. Oceanogr.*, 73, 403-426, doi:10.1007/s10872-017-0414-4.
33. Ogata, T., M. Nagura, and Y. Masumoto (2017), Mean subsurface upwelling induced by intraseasonal variability over the equatorial Indian Ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 47 (6), 1347-1365, doi: 10.1175/JPO-D-16-0257.1.
34. Sasaki, H., S. Kida, R. Furue, M. Nonaka, and Y. Masumoto (2018), An increase of the Indonesian Throughflow by internal tidal mixing in a high-resolution quasi-global ocean simulation, *Geophysical Research Letters*, 45, 8416–8424, doi:10.1029/2018GL078040.
35. Kumamoto, Y., M. Yamada, M. Aoyama, Y. Hamajima, H. Kaeriyama, H. Nagai, T. Yamagata, A. Murata, and Y. Masumoto (2019), Radiocesium in North Pacific coastal and offshore areas of Japan within several months after the Fukushima accident, *Journal of Environmental Radioactivity*, 198, 79-88. doi:10.1016/j.jenvrad.2018.12.015.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 宮澤泰正・升本順夫, 2012, 2011年福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の海中輸送シミュレーション, *シミュレーション*, 31 (4), 227-233.
2. Hood, R., W. Yu, Y. Masumoto, J. Wiggert, W. Naqvi, J. McCreary, Z. Yu, and L. Beckley, 2012, SIBER and IOP: Joint activities and science results, *CLIVAR Exchanges*, No.58, Vol.17, No.1, 17-20.
3. Gary Meyers, 升本 順夫, 2012, インド洋観測システム (IndOOS), *Ship & Ocean Newsletter*, 284, 2-3.
4. A Framework for Ocean Observing. By the Task Team for an Integrated Framework for Sustained Ocean Observing, UNESCO 2012, IOC/INF-1284 rev., doi: 10.5270/OceanObs09-FOO
5. 『原発事故環境汚染—福島第一原発事故の地球科学的側面』中島映至・大原利眞・植松光夫・恩田裕一編の一部執筆、東大出版会、ISBN 978-4-13-060312-6、2014年9月30日刊行
6. Williamson, P., Smythe-Wright, D., and Burkill, P., Eds. (2016) *Future of the Ocean and its Seas: a non-governmental scientific perspective on seven marine research issues of G7 interest*. ICSU-IAPSO-IUGG-SCOR, Paris. (Participate in as an author/working group member for this document)
7. 升本順夫・津旨大輔・郭新宇・内山雄介・宮澤泰正 (2017), 放射性物質の分散シミュレーションに影響を及ぼす沿海域海況変動過程とその再現性, *沿岸海洋研究*, 54, 151-157.

(6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Y. Masumoto, Y. Miyazawa, S. Varlamov, R. Zhang, T. Doi, and OSJ Simulation SWG, Ocean Models: How far/fast does Fukushima contamination travel? Fukushima Ocean Impacts Symposium, Sanjo Kaikan, University of Tokyo, Tokyo, 2012/11/13.
2. Y. Masumoto, Possible interactions between Indian Ocean Dipole and intraseasonal variability in the tropical Indian Ocean, JpGU 2013 Meeting, Makuhari Messe, Chiba, 2013/5/24.
3. Y. Masumoto, K. Matsubara, T. Ogata, Interactions between intraseasonal variability and Indian Ocean Dipole in the tropical eastern Indian Ocean, International Symposia on Recent Progresses in Climate Variability Study: Scale-Interactions in Climate Variability, Miyoshi Hall, JAMSTEC, Yokohama, 2013/11/1.
4. Y. Masumoto, EIOURI and IIOE-2: Two international research activities of Indian Ocean oceanography, 5th ISAJ Symposium "Advances in Natural Sciences & Technologies", Embassy of India, Tokyo, 2014/12/1.
5. Y. Masumoto, T. Ogata, and T. Nagura, Influences of intraseasonal variability in the tropical Indian Ocean on longer time-scale phenomena and the equatorial upwelling, Asia Oceania Geoscience Society 2016, Beijing, China, 2016/8/1.
6. Y. Masumoto, Scale-interactions in the tropical Indian Ocean, Indo-Pacific Ocean Variability and Air-Sea Interaction (IPOVAI) Workshop, 10<sup>th</sup> IOC WESTPAC International Scientific Conference, Qingdao, China, 2017/4/19.
7. Y. Masumoto, Education of atmosphere and ocean sciences at Faculty of Science, the University of Tokyo, Symposium on Challenges of Contemporary Meteorological Education, Nanjing, China, 2019/5/8.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 大気海洋循環学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部・大学院 地球物理数値解析, 2012~2018 年度
- ・ 大学院 気候力学 I, 2012, 2014, 2016, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2018 年度
- ・ 教養学部 惑星地球科学 II, 2012~2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本学術会議, 特任連携会員, 2018 年度
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会 SCOR 分科会 IIOE-2 小委員会委員, 2018 年度
- ・ 日本学術会議, 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP・DIVERSITAS 合同分科会 CLIVAR 小委員会委員, 2012~2018 年度
- ・ 日本ユネスコ国内委員会, 自然科学小委員会調査委員, 2018 年度
- ・ 九州大学応用力学研究所, 応用力学共同研究拠点共同利用・共同研究委員会及び同専門部会委員, 2018 年度
- ・ 日本海洋学会, 評議員, 2012~2018 年度

- ・ 日本海洋学会, 防災学術連携体委員, 2015~2018 年度
- ・ 勁草書房, 海面高度計ミッションにおける委員会委員, 2012~2018 年度
- ・ 気象庁, 異常気象分析検討委員, 2012~2018 年度
- ・ 海洋研究開発機構, IOC 協力推進委員会 海洋観測・気候変動国内専門部会委員, 2017~2018 年度
- ・ IOC/SCOR/GOOS IIOE-2, Science Theme 2 Co-chair, 2016~2018 年度
- ・ IOC/SCOR/GOOS IIOE-2, Working Group 1 Member, 2016~2018 年度
- ・ TPOS2020, SC member, 2014~2017 年度
- ・ TPOS2020, Modelling and Data Assimilation Task Team Member, 2014~2017 年度
- ・ Guest editor of "Ocean Dynamics" for a special issue on IWMO, 2013 年度
- ・ CLIVAR/IOGOOS インド洋パネル, メンバー, 2012~2013 年度

## 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 東北大学・海洋研究開発機構合同シンポジウム「東日本大震災から1年 ～何を学び、どう活かすか～」, 「福島第一原子力発電所からの放射性物質の海洋拡散シミュレーション」, 2012年4月7日, 仙台市情報・産業プラザ 多目的ホール
- ・ 損害保険事業総合研究所 環境問題講演会「気候変動現象とその予測 -異常気象発生の背景を探る-」, 2012年11月5日, 損保会館
- ・ 朝日カルチャーセンター, 地球惑星科学入門「海洋学入門」, 2012年11月24日, 朝日カルチャーセンター
- ・ 気候予測のための海洋観測の最前線, 「日本近海の海流予測」, 2012年12月2日, 一橋大学一橋講堂
- ・ 第44回GODACセミナー「沖縄の大気・海洋現象をシミュレーションする -シミュレーションをもっと知ろう!-」, 「大気海洋シミュレーションと沖縄」, 2013年1月26日, GODAC/JAMSTEC
- ・ 第118回東京大学公開講座「変わる／変える (20年後の世界)」, 「変わる気候を予測する」, 2013年10月5日, 東京大学
- ・ JAMSTEC 情報誌「Blue Earth」128号, 「日米で気候変動の予測に挑む: JAMSTEC-IPRC 共同研究」 特集総監修, 2014年1月発行
- ・ Public Colloquium "Fukushima and Ocean, 2014", "Dispersion Simulations of Radionuclides in the Ocean", March 14, 2014, Hakuyo Hall, Tokyo University of Marine Science and Technology
- ・ 東京大学理学部公開講演会「理学の潮流」, 「海は自然のブレンダー: 海の中での物質の広がり」, 2014年4月27日, 東京大学
- ・ サイエンスアゴラ 2014, 出典企画「わたしたちの生活と海の研究」(日本海洋学会教育問題研究会) 参加, ポスター発表「海洋放射能汚染予測シミュレーションシステムは作れるのか?」, 2014年11月9日, 日本科学未来館
- ・ かわさき市民アカデミー「新しい科学の世界」, 「気候変動研究: 最近の動向」 2015年6月9日, 「海に流れた放射能汚染水はどこに行くのか」 2015年6月16日, 川崎市生涯学習プラザ

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻, 専攻長, 2014~2016 年度

升本 順夫

- ・ 地球惑星物理学科, 学科長, 2014～2016 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 部屋委員会, 委員長, 2017～2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：2名 研究者数：2名

#### (2) 派遣

学生数：1名 研究者数：1名

#### (3) 海外からの来訪者数 5名

# 小池 真

## I. 略歴

氏名： 小池 真（こいけ まこと）

年齢： 57 歳

現職： 准教授

### 学歴

1981 年 3 月 早稲田大学高等学院高校卒業  
1985 年 3 月 早稲田大学理工学部物理学科卒業  
1987 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了  
1990 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程修了  
1990 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1990 年 4 月 名古屋大学太陽地球環境研究所 大気圏環境部門 助手  
1998 年 4 月 名古屋大学太陽地球環境研究所 大気圏環境部門 助教授  
2000 年 10 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教授  
2009 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

これまで、国内外の研究者と連携して、大気中の微粒子（エアロゾル）の発生源や動態、エアロゾルと雲の相互作用、その放射影響などの研究を進めてきている。

エアロゾルの雲微物理影響については、東アジアおよび北極において航空機観測、人工衛星データ解析、数値モデルにより研究を進めてきている。東アジアで実施した航空機観測に基づいて、エアロゾルの雲への影響を初めて実証した。また西太平洋では、海面水温（SST）が大気の鉛直安定度を通じてこのエアロゾルの雲影響の強さを増幅していることを明らかにした。北極においては、世界で初めてとなる雲微物理量の通年で直接観測に基づき、その季節変化とエアロゾルの影響を明らかにした。また新粒子生成で形成されるような微小なエアロゾルも雲微物理に影響していることを示した。

一方、代表的な光吸収性エアロゾルであるブラックカーボン（BC）や酸化鉄についても、アジアや北極域において地上・航空機観測、数値モデル研究を進めている。北極の BC 地上ネットワーク観測からは、従来の北極 BC 観測がその濃度を過大評価していたことを示し、北極評議会のアセスメントに貢献してきている。また人為的な酸化鉄粒子が大気中に多く存在することを発見し、その放射影響や溶存鉄の海洋供給としての重要性を指摘した。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Koike, M., N. Takegawa, N. Moteki, Y. Kondo, H. Nakamura, K. Kita, H. Matsui, N. Oshima, M. Kajino, and T. Y. Nakajima, Measurements of Regional-Scale Aerosol Impacts on Cloud Microphysics over the East China Sea: Possible Influences of Warm Sea Surface Temperature over the Kuroshio Ocean Current *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2011JD017324, 2012.

この論文では、東アジアの雲微物理量がエアロゾル数濃度の影響を受けていることを、系統的な航空機観測に基づき初めて示した。このエアロゾルの影響はさらに、黒潮という西太平洋の特徴である高い海面水温に起因する大気鉛直安定度の低下を通じて増大していることを示した。エアロゾルと雲の相互作用に対する海面水温の影響は未開拓の分野であり、この論文はその先駆けとなるものである。

2. Koike, M., N. Asano, H. Nakamura, S. Sakai, T. M. Nagao, and T. Y. Nakajima, Modulations of aerosol impacts on cloud microphysics induced by the warm Kuroshio Current under the East Asian winter monsoon, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2016JD025375, 2016.

この論文では、航空機観測により見出された黒潮という高い海面水温のエアロゾル・雲相互作用への影響について、その時空間的な広がりや人工衛星データの解析から明らかにした。冬季から早春季の大陸から西太平洋への寒気の吹き出しが、高濃度の人為起源エアロゾルを輸送するとともに、この寒気が黒潮上で大気を鉛直不安定にすることにより雲内での上昇流を強化し、雲粒数濃度を増加させていることを明らかにした。このことは、海面水温のエアロゾル・雲相互作用が、普遍的な現象であることを示唆するものである。

3. Koike, M., N. Moteki, P. Khatri, T. Takamura, N. Takegawa, Y. Kondo, H. Hashioka, H. Matsui, A. Shimizu, and N. Sugimoto, Case study of absorption aerosol optical depth closure of black carbon over the East China Sea, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, doi:10.1002/2013JD020163, 2014.

この論文では、ブラックカーボン（BC）粒子のグローバルな放射強制力の観測的な束縛条件とされる地上放射観測と、その放射観測所上空でのBCの鉛直分布観測から計算される放射量とが、必ずしも整合的ではないことを示した。エアロゾルの吸収と散乱を合計した光学的厚みは、地上放射観測と航空機からのエアロゾル観測（物質観測）とで整合的であるのに対し、地上放射観測で得られた光吸収エアロゾルの光学的厚みは、BCの粒径分布や混合状態に基づいた放射計算量の半分程度であった。BCは、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>について3番目に大きな正の放射強制力を持つとされるが、現状の放射観測は大気中BCを束縛する上で、不確実性が高いことを示した。

4. Koike, M., J. Ukita, J. Ström, P. Tunved, M. Shiobara, V. Vitale, A. Lupi, D. Baumgardner, C. Ritter, O. Hermansen, K. Yamada, and C. Pedersen (2019), Year-round in situ measurements of Arctic low-level clouds: Microphysical properties and their relationships with aerosols, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 124. <https://doi.org/10.1029/2018JD029802>.

この論文では、北極圏で初めてとなる雲微物理量の連続観測に基づき、その季節変化とエアロゾルの影響を評価した。観測が実施された場所においては年間を通じて水雲が存在し、その数濃度変動はエアロゾルの数濃度と単純な雲微物理モデルの結果により説明できることを示した。また新粒子生成で形成されるような微小なエアロゾルも雲微物理に影響していることを示した。これまでの北極雲微物理観測は断片的な航空機観測しかなかったが、本研究により初めてエアロゾルとの関係などの基本的な描像が得られた。

5. Matsui, H., N. M. Mahowald, N. Moteki, D. S. Hamilton, S. Ohata, A. Yoshida<sup>3</sup>, M. Koike, R. A. Scanza, M. G. Flanner, Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer, *Nature Communications*, DOI: 10.1038/s41467-018-03997-0, 2018.

この論文では、近年の我々のグループによる人為的な黒色酸化鉄観測に整合するようにグローバルな排出量と粒径分布を調節した結果、人為的な黒色酸化鉄の大気中濃度は従来の8倍も高いことを示した。これに基づき、初めてそのグローバルな放射強制力を見積もり、ブラウンカーボンと同程度あることを指摘した。さらに、海洋への溶存鉄の供給源としても、

南大洋をはじめとして少なからぬ寄与があることを示した。これまでも人為的な酸化鉄が大気中に出ていることは報告されていたが、本研究により初めてそのグローバルな影響が評価された。

#### 4. 受賞等

- ・ 小池真、アメリカ地球物理学連合 (AGU) AGU の出版論文 (2009-2015) において最も影響力のある日本の研究者の一人として選出、2016 年

#### 5. 研究の将来計画

大気科学は新しい局面を迎えつつある。大気科学は気象現象を扱う伝統的な気象学・大気物理学に加え、気候学 (大気海洋相互作用) をその重要な柱として統合させることにより大きく発展した。現在、さらに大気中の物質科学を第 3 の柱とした統合的研究が、大気科学研究の新しい局面を展開する原動力となっている。その中心にあるのがエアロゾル・雲・放射システムである。このような学術的状況をふまえ、私は新しい大気物質科学・大気科学の研究を展開していきたい。

第一に、地球温暖化に代表される気候変化の顕在化は、温室効果気体やエアロゾルなどの大気物質研究が大気科学において中心的課題となっていることを明確に示している。第二に、この学術的状況は同時に、雲・放射過程といった気象学・大気物理学の根源的要素を、大気物質科学を融合させた新しい大気科学の中でもう一度、位置づけなおすことが必要であることを強く示している。第三に大気物質科学は、人類の活動の舞台である大気の質 (大気質) などの大気環境を取り扱う学問であるとともに、大気圏と人間活動、陸上生態系、陸上表層環境、海洋などとの多圏相互作用・物質循環などの地球システム科学の要 (かなめ) となるものである。

このような大気物質科学と気象学・気候学を統合させた新しい大気科学について、私は観測および数値モデルの両面からの研究を推進していきたい。そして特に大きな環境変化が進行しつつあるアジアと北極での研究が重要と考える。

第一に正の放射強制力の鍵となるブラックカーボン (BC) エアロゾルについて、これまで構築してきたアジアと北極それぞれの地上観測ネットワークを強化・発展させていきたい。BC は IPCC により今後、排出規制の検討が始まることとなり、また北極評議会でもすでにその排出量削減へ向けた排出量推計などが実施されている。私たちはこれまでに従来の測定法よりも高精度の BC 測定技術・測定器を開発し、北極の大気中、降雪中、積雪中の信頼性の高い測定値を報告してきた。BC の放射効果を推定するためには、BC だけではなく酸化鉄などの光吸収エアロゾルや、多種多様な非吸収性の無機・有機エアロゾルを総合的に理解していく必要がある。北極圏では国際的な連携を取りながら、スピッツベルゲン島のニーオルスンをこのようなエアロゾル観測のスーパーサイトを構築していきたいと考えている。数値モデル計算では、私の研究室で学位を取った研究者が活躍している気象研究所および名古屋大学と連携して研究を推進していきたい。世界の数値モデルも北極冬季・春季の地上 BC 濃度を過小評価する傾向があるが、私たちは BC と他のエアロゾルとの混合過程や、雲内での過飽和度などの素過程をひとつひとつ見直すことにより、改善に成功してきた。今後もそのような物質の変容や輸送・除去過程の本質を表現するモデルの開発・改良に取り組んでいく。そして BC をはじめとする人為的エアロゾルの影響や、海氷減少に伴う海洋起源エアロゾルの増加や氷床減少に伴う土壌粒子の増加などの自然起源エアロゾルの動態や影響などを総合的に調べていきたい。さらに近年、極地研のアイスコア分析グループへも私たちのグループの粒子測定技術を導入しつつあり、産業革命以前からの (あるいはより長期的な) 大気環境の変遷を数値モデルを組み合わせて解き明かしていきたい。

第二に、エアロゾルの雲への影響については、北極での山岳地上観測と、アジアでの航空機観測、そして数値モデルにより評価していきたい。私たちのニーオルスンにおける雲微物



理量の観測は、世界で唯一の北極圏での連続かつ直接観測である。今後は水雲と氷雲を分離できる新たな測定装置の導入や、ドイツの雲レーダ・ライダ観測と合わせた解析により、雲の立体構造の中で雲微物理量を位置づける観測研究を展開する予定である。これまでの研究により水雲粒と水雲を形成する雲凝結核 (CCN) 数濃度との対応は、定量的に示すことに成功した。今後は極地研で開発された氷晶核 (INP) 測定手法や私たちのグループで開発してきた固体エアロゾル測定手法を導入し、氷雲粒との対応関係を解明したい。ニーオルスンエアロゾル・雲のスーパーサイトとすることにより、北極の雲とエアロゾル影響の基本的な描像を描くことを目指す。さらにこの雲微物理量の詳細な直接観測により、レーダ・ライダの鉛直1次元観測を検証し、さらに2021年に打ち上げ予定のEarthCARE衛星の雲観測をこのレーダ・ライダで検証することにより、北極全体での雲微物理量の時空間変動の理解へとつないでいきたい。私たちはまたこれまでのエアロゾルモデルの開発により、鍵となるプロセスを明確化し正確に表現する(素過程を物理化学法則に基づき表現する)ことにより、自然現象の本質を再現可能であることを示してきた。現在、氷雲の微物理特性を陽に扱う高知工科大学で開発された雲微物理モデルを用いて、これまで私たちが実施してきた北極での地上・航空機観測結果をどこまで再現できるのかを調べている。今後はこれをさらに発展・改良し、北極をはじめとしてグローバルな放射収支でカギを握る水と氷が共存する混相雲の数値モデルの再現性の向上を目指したい。一方、西部北太平洋は年間を通じて下層雲量が多く、雲の放射強制力が高いとともに、東アジアの高濃度の人為起源エアロゾルの影響を受けている可能性がある。エアロゾルの雲影響解明のカギとなる直接観測は、西太平洋においては私たちの航空機観測が唯一のものである。これまで発見した黒潮のエアロゾル・雲相互作用への影響など東アジア特有のプロセスのさらなる発見や解明を推進していきたい。そしてエアロゾルの雲物理量への影響が、地球の放射収支に影響する雲のマクロな性質(鉛直積算雲水量や雲量)にどのように影響を与えているかを明らかとしたい。これらの観測のために、新しい測定器の開発も継続的に実施したい。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S), アジアのエアロゾル・雲・降水システムの観測・モデルによる統合的研究, 研究分担者, 2011~2014年度, 総額 215,150,000 円
- ・ 環境研究総合推進費 (環境省), 地球温暖化に関わるブラックカーボン放射効果の総合的評価, 研究代表者, 2014~2016年度, 総額 169,509,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 東アジアの人為起源エアロゾルの間接効果, 研究代表者, 2014~2017年度, 総額 39,130,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 北極の気候影響に関わるブラックカーボンの挙動の解明, 研究分担者, 2016~2019年度, 総額 41,600,000 円
- ・ 環境研究総合推進費 (環境省), 地球温暖化に関わるブラックカーボンとダスト粒子の動態と放射効果, 研究代表者, 2017~2019年度, 総額 139,868,625 円
- ・ 環境技術等研究開発推進事業補助金 (文部科学省), 北極気候に関わる大気物質, 研究テーマ代表者, 2016~2019年度, 総額 504,630,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Koike, M., J. Ukita, J. Ström, et al. (2019). Year - round in situ measurements of Arctic low - level clouds: Microphysical properties and their relationships with aerosols. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 124. <https://doi.org/10.1029/2018JD029802>.
2. Tobo, Y., K. Adachi, P. J. DeMott, T. C. J. Hill, D. S. Hamilton, N. M. Mahowald, N. Nagatsuka, S. Ohata, J. Uetake, Y. Kondo, and M. Koike, (2019). Glacially sourced dust as a potentially

- significant source of ice nucleating particles. *Nature Geoscience*, 12,253 – 12,258.
3. Ohata, S., Y. Kondo, N. Moteki, T. Mori, A. Yoshida, P. R. Sinha, and M. Koike, (2019). Accuracy of black carbon measurements by a filter-based absorption photometer with a heated inlet. *Aerosol Sci. Technol.*, 53,1079- 1091, <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1627283>.
  4. Matsui, H., N. Moteki, M. Koike, et al. (2018). Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer. *Nature Communications*, 9, 1593, doi:10.1038/s41467-018-03997-0.
  5. Yoshida, A., N. Moteki, M. Koike, et al. (2018). Abundance and emission flux of the anthropogenic iron oxide aerosols from the East Asian continental outflow. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, <https://doi.org/10.1029/2018JD028665>.
  6. Ohata, S., N. Moteki, M. Koike, (2018). Abundance of light-absorbing anthropogenic iron oxide aerosols in the urban atmosphere and their emission sources. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 8115–8134. <https://doi.org/10.1029/2018JD028363>.
  7. Sinha, P. R., Y. Kondo, K. Goto-Azuma, Y. Tsukagawa, K. Fukuda, M. Koike, C. A. Pedersen, (2018). Seasonal progression of the deposition of black carbon by snowfall at Ny-Ålesund, Spitsbergen. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, <https://doi.org/10.1002/2017JD028027>.
  8. Sinha, P. R., Y. Kondo, M. Koike, J. A. Ogren, A. Jefferson, T.E. Barrett, R. J. Sheesley, S. Ohata, N. Moteki, H. Coe, D. Liu, M. Irwin, P. Tunved, P. K. Quinn, and Y. Zhao, (2017). Evaluation of ground-based black carbon measurements by filter-based photometers at two Arctic sites. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 3544–3572, doi:10.1002/2016JD025843.
  9. Moteki, N., K. Adachi, S. Ohata, A. Yoshida, T. Harigaya, M. Koike, Y. Kondo, (2017). Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating. *Nature Communications*, 8:15329, DOI: 10.1038/ncomms15329.
  10. Koike, M., N. Asano, H. Nakamura, S. Sakai, T. M. Nagao, and T. Y. Nakajima, (2016). Modulations of aerosol impacts on cloud microphysics induced by the warm Kuroshio Current under the East Asian winter monsoon. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2016JD025375.
  11. Matsui, H., and M. Koike, (2016). Enhancement of aerosol responses to changes in emissions over East Asia by gas-oxidant-aerosol coupling and detailed aerosol processes. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 7161–7171, doi:10.1002/2015JD024671.
  12. Ohata, S., N. Moteki, T. Mori, M. Koike, Y. Kondo, (2016). A key process controlling the wet removal of aerosols: new observational evidence. *Scientific Reports*, 6, Article number: 34113, doi:10.1038/srep34113.
  13. Kondo, Y., N. Moteki, N. Oshima, S. Ohata, M. Koike, Y. Shibano, N. Takegawa, and K. Kita, (2016). Effects of Wet deposition on the abundance and size distribution of black carbon in East Asia. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 4691–4712, doi:10.1002/2015JD024479.
  14. Miyakawa, T, Y. Kanaya<sup>1</sup>, Y. Komazaki<sup>1</sup>, T. Miyoshi, H. Nara, A. Takami, N. Moteki, M. Koike, and Y. Kondo, (2016). Emission Regulations altered the concentrations, origin, and formation of carbonaceous aerosols in the Tokyo Metropolitan Area. *Aerosol and Air Quality Research*, 16, 1603 – 1614.
  15. Mori, T., N. Moteki, S. Ohata, M. Koike, K. Goto-Azuma, Y. Miyazaki, and Y. Kondo, (2016). Improved Technique for Measuring the Size Distribution of Black Carbon Particles in Liquid Water. *Aerosol Sci. Technol.*, 50, NO. 3, 242 – 254.
  16. Ohata, S., J. P. Schwarz, N. Moteki, M. Koike, A. Takami, and Y. Kondo, (2016). Hygroscopicity of Materials Internally mixed with Black Carbon Measured in Tokyo. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, doi:10.1002/2015JD024153.
  17. Takegawa, N., N. Moteki, N. Oshima, M. Koike, K. Kita, A. Shimizu, N. Sugimoto, and Y. Kondo, (2014). Variability of aerosol particle number concentrations observed over the western Pacific in the spring of 2009. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, doi:10.1002/2014JD022014.
  18. Samset, B. H., G. Myhre, A. Herber, Y. Kondo, S.-M. Li, N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, J. P. Schwarz, Y. Balkanski, S. E. Bauer, N. Bellouin, T. K. Berntsen, H. Bian, M. Chin, T. Diehl, R. C. Easter, S. J. Ghan, T. Iversen, A. Kirkevåg, J.-F. Lamarque, G. Lin, X. Liu, J. E. Penner, M. Schulz, Ø. Seland, R. B. Skeie, P. Stier, T. Takemura, K. Tsigaridis, and K. Zhang, (2014). Modeled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II

- constrained by aircraft observations. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12465-12477.
19. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, J. D. Fast, and M. Takigawa, (2014). Development of an aerosol microphysical module: Aerosol Two-dimensional bin module for foRmation and Aging Simulation (ATRAS). *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 10315-10331.
  20. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, A. Takami, J. D. Fast, Y. Kanaya, and M. Takigawa, (2014). Volatility basis-set approach simulation of organic aerosol formation in East Asia: implications for anthropogenic–biogenic interaction and controllable amounts. *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 1-21.
  21. Koike, M., N. Moteki, P. Khatri, T. Takamura, N. Takegawa, Y. Kondo, H. Hashioka, H. Matsui, A. Shimizu, and N. Sugimoto, (2014). Case study of absorption aerosol optical depth closure of black carbon over the East China Sea. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, doi:10.1002/2013JD020163.
  22. Oshima, N., M. Koike, Y. Kondo, H. Nakamura, N. Moteki, H. Matsui, N. Takegawa, and K. Kita, (2013). Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 13,175–13,198, doi:10.1002/2013JD020262.
  23. Takegawa, N., N. Moteki, M. Koike, N. Oshima, and Y. Kondo, (2013). Condensation particle counters combined with a low-pressure impactor for fast measurement of mode-segregated aerosol number concentration. *Aerosol Sci. Technol.*, 47, 1059-1065.
  24. Liu, X., Y. Kondo, K. Ram, H. Matsui, K. Nakagomi, T. Ikeda, N. Oshima, R. L. Verma, N. Takegawa, M. Koike, and M. Kajino, (2013). Seasonal variations of black carbon observed at the remote mountain site Happo in Japan. *J. Geophys. Res.*, 118, 3709-3722, doi:10.1002/jgrd.50317.
  25. Oshima, N. and M. Koike, (2013). Development of a parameterization of black carbon aging for use in general circulation models. *Geosci. Model Dev.*, 6179 – 6206.
  26. Matsui, H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, A. Takami, T. Takamura, S. Yoon, S.-W. Kim, H.-C. Lim, and J. D. Fast, (2013). Spatial and temporal variations of new particle formation in EastAsia using an NPF-explicit WRF-chem model: North-south contrast in new particle formation frequency. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 11,647–11,663, doi:10.1002/jgrd.50821.
  27. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Oshima, N. Moteki, Y. Kanaya, A. Takami, and M. Irwin, (2013). Seasonal variations of Asian black carbon outflow to the Pacific: Contribution from anthropogenic sources in China and biomass burning sources in Siberia and Southeast Asia. *J. Geophys. Res.*, 118, 9948–9967, doi:10.1002/jgrd.50702.
  28. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Moteki, J. D. Fast, and R. A. Zaveri, (2013). Development and validation of a black carbon mixing state resolved three-dimensional model: Aging processes and radiative impact. *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2012JD018446.
  29. Koike, M., N. Takegawa, N. Moteki, Y. Kondo, H. Nakamura, K. Kita, H. Matsui, N. Oshima, M. Kajino, and T. Y. Nakajima, (2012). Measurements of Regional-Scale Aerosol Impacts on Cloud Microphysics over the East China Sea: Possible Influences of Warm Sea Surface Temperature over the Kuroshio Ocean Current. *J. Geophys. Res.*, 117, D17205, doi:10.1029/2011JD017324.
  30. Moteki, N., Y. Kondo, N. Oshima, N. Takegawa, M. Koike, K. Kita, H. Matsui, and M. Kajino, (2012). Size dependence of wet removal of black carbon aerosols during transport from the boundary layer to the free troposphere. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L13802, doi:10.1029/2012GL052034.
  31. Oshima, N., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, M. Koike, K. Kita, H. Matsui, M. Kajino, H. Nakamura, J. S. Jung, and Y. J. Kim, (2012). Wet removal of black carbon in Asian outflow: Aerosol Radiative Forcing in East Asia (A-FORCE) aircraft campaign. *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2011JD016552. (2) Non-peer-reviewed Articles.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. Chapter 7: Clouds and aerosols, in IPCC (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (contributing author)

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 小池真, 航空機観測による下層雲のエアロゾル-雲相互採用の研究, 日本気象学会第40回メソ気象研究会, 東北大学百周年記念会館, 宮城, 2013/11/18.
2. 小池真, 茂木信宏, 近藤豊, 竹川暢之, 中村尚, 川合義美, 谷本陽一, 春季東シナ海におけるエアロゾルの雲物理量への影響と黒潮上での SST による増大効果, 日本海洋学会, 北海道大学学術交流会館, 北海道, 2013/9/19.
3. Koike, M., M. Shiobara, and J. Ukita, Cloud microphysics measurements in Ny-alesund and relationship with aerosols, Japan-AWI workshop, university of Tokyo, Japan, 2016/11/16.
4. Koike, M., S. Morimoto, M. Takigawa, and ARCS SCIENCS TEAM, Research activities on atmospheric climate forcers in the Arctic, The 7th symposium on polar science, National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan, 2016/12/2.
5. Koike, M., Y. Kondo, K. Goto-Azuma, Y. Ogawa-Tsukagawa, P. R. Sinha, S. Ohata, N. Moteki, N. Oshima, and H. Matsui, Black carbon in the Arctic: Observation and numerical model calculation, AC3 workshop, Bremerhaven, Germany, 2017/11/29-30.

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2013年度 修士1名 (高谷怜, 後藤裕)
- ・ 2014年度 修士3名 (浅野匠彦, 芝野祐樹)
- ・ 2015年度 修士1名 (針ヶ谷智生)
- ・ 2016年度 修士1名 (吉田淳)
- ・ 2017年度 修士2名 (勝本康介, 杉山弘一)
- ・ 2018年度 修士1名 (小西理愛) 博士1名 (小澤優哉)

担当講義

- ・ 理学部・大学院 大気海洋物質科学 I, 2012~2018年度 (隔年)
- ・ 理学部 大気海洋物質科学, 2012~2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学・化学実験, 2012~2018年度

- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2012～2018 年度

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催）

- ・ IPCC レポート 2013、7 章 雲とエアロゾル contributing author
- ・ 北極評議会、北極モニタリング・アセスメント・プログラム (AMAP)、短寿命気候影響物質 (SLCF) タスクフォース委員、2017～2017 年
- ・ 日本学術会議 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP 合同分科会 IGAC (国際地球規模大気化学研究) 小委員会, 委員 2012～2014 年
- ・ 日本学術会議 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP 合同分科会 iLEAPS (統合陸域生態系-大気プロセス研究計画) 小委員会, 委員, 2012～2018 年
- ・ 日本気象学会 日本気象学会英文レター誌「SOLA」編集委員会, 委員, 2012～2018 年
- ・ 大気化学研究会 (現在の日本大気化学会) 運営委員会, 委員, 2012～2013 年
- ・ JAXA 雲エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) 委員会, 委員, 2012～2018 年
- ・ JAXA 地球環境変動観測ミッション (GCOM) 委員会, 委員, 2012～2018 年
- ・ 日本気象学会 学術運営員会, 委員, 2014～2018 年
- ・ 日本気象学会 学術運営員会 航空機検討部会部, 会長, 2014～2018 年
- ・ 日本気象学会 理事, 2018～
- ・ 航空機観測による地球科学研究 研究会主催, 2014～

##### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

##### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 学科教務委員会, 2012～2017 年度
- ・ 地球惑星物理学科 会計委員会, 2015～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科 安全委員会, 2012～2018 年度

#### V. 国際化対応

##### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

###### (1) 受け入れ

学生数 : 0 名 研究者数 : 1 名

###### (2) 派遣

学生数 : 3 名 修士 0 名、博士 3 名

研究者数 : 3 名

###### (3) 海外からの来訪者数 のべ 5 名

# 東塚 知己

## I. 略歴

氏名： 東塚 知己（とうづか ともき）

年齢： 43 歳

現職： 准教授

### 学歴

1994 年 6 月 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 Ardsley High School 卒業  
1999 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理学科卒業  
2001 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2004 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2004 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2004 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任研究員  
2006 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助手  
2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助教  
2008 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
2011 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

主に熱力学的な視点から中低緯度の大気海洋相互作用に関する研究を推進してきた。世界の 4 つの湧昇ドーム現象の経年変動メカニズムを海洋大循環モデルのシミュレーション結果を用いて海洋上層の熱収支解析を行うことにより、世界で初めて包括的に明らかにした。その内の 1 つである西太平洋熱帯域に位置するミンダナオドームについては、東方からの暖水の侵入が重要な役割を果たすことを明らかにするとともに、このような暖水の侵入とリンクして、年周期のエルニーニョ現象が存在することを初めて見出した。また、海洋大循環モデルの感度実験を通して、ルソン海峡からインドネシア多島海へと抜ける南シナ海通過流が、グローバルな気候を支配する海洋コンベアベルトの一部であるインドネシア通過流の熱輸送に大きな影響を与えていることを初めて明らかにした。気候変動現象に関しては、オーストラリア西岸沖に発生するニンガルー・ニーニョ現象の発生メカニズムを初めて定量的に明らかにするとともに、成長に重要な役割を果たす大気海洋相互作用の詳細を明らかにした。また、インド洋ダイポールモード現象の十年規模変動や多様性に関する研究でも大きな貢献をしている。近年では、中緯度水温前線域の大気海洋相互作用に関する研究でも重要な研究成果をあげている。特に、水温前線における混合層厚の水平勾配の重要性を初めて指摘した。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Kagimoto, T., Masumoto, Y., & Yamagata, T. (2002). Simulated multiscale variations in the western tropical Pacific: The Mindanao Dome revisited. *Journal of Physical Oceanography*, 32, 1338–1359. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(2002\)032<1338:SMVITW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(2002)032<1338:SMVITW>2.0.CO;2)

西太平洋熱帯域は、活発な大気海洋相互作用を通じて全球規模の気候変動に対して極めて重要な役割を果たしているが、ミンダナオドームはこの海域に存在する大規模海洋湧昇現象として注目を集めている。本論文は、このミンダナオドームの経年変動を初めて議論した論文である。（引用回数 80 回（GS/Sep. 10, 2019））

2. Qu, T., Kim, Y. Y., Yaremchuk, M., Tozuka, T., Ishida, A., & Yamagata, T. (2004). Can Luzon Strait transport play a role in conveying the impact of ENSO to the South China Sea? *Journal of Climate*, 17, 3644–3657. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<3644:CLSTPA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<3644:CLSTPA>2.0.CO;2)

エルニーニョ・南方振動現象の南シナ海への影響は、大気を介すると考えられてきたが、初めてルソン海峡経由の海洋の影響を示した論文である。南シナ海の経年変動に関する論文の中でも特によく引用されている論文である。（引用回数 288 回（GS/Sep. 10, 2019））

3. Kataoka, T., Tozuka, T., Behera, S. K., & Yamagata, T. (2014). On the Ningaloo Niño/Niña. *Climate Dynamics*, 43, 1463–1482. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1961-z>

オーストラリア西岸沖に発生するニンガルー・ニーニョ現象は、エルニーニョ・南方振動現象によって引き起こされるとされていたが、局所的な大気海洋相互作用により成長する可能性を初めて示した論文である。ニンガルー・ニーニョ現象に関する論文の中でも特によく引用されている論文である。（引用回数 63 回（GS/Sep. 10, 2019））

4. Tozuka, T., Cronin, M. F., & Tomita, H. (2017). Surface frontogenesis by surface heat fluxes in the upstream Kuroshio Extension region. *Scientific Reports*, 7, 10258. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-1>

海洋表層の混合層における熱収支解析を通して、日本を含む中緯度の気象に大きな影響を与える低気圧・高気圧の発達を支配する海洋水温前線の強化メカニズムを調べた。従来の研究では無視されていた混合層厚の時空間変動を考慮することにより、定説では水温前線を緩和するとされていた海面熱フラックスの効果が、日本東方海域の水温前線を強化する方向に働いているという非常に画期的な結果を得た。（引用回数 4 回（GS/Sep. 10, 2019））

5. Tozuka, T., Ohishi, S., & Cronin, M. F. (2018). A metric for surface heat flux effect on horizontal sea surface temperature gradients. *Climate Dynamics*, 51, 547–561. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3940-2>

海面熱フラックスの効果が、大気海洋相互作用において重要な役割を果たす海面水温勾配に与える影響を表すのに便利なメトリックを提唱した論文である。様々な応用が可能なこともあり、出版後約 1 年で 10 回引用されている。（引用回数 10 回（GS/Sep. 10, 2019））

### 4. 受賞等

- ・ 東塚知己, *Journal of Geophysical Research-Oceans*: 2013 Editor's Citation for Excellence in Refereeing, 2014 年 4 月

### 5. 研究の将来計画

エルニーニョ現象に代表される気候変動現象は、世界各地に異常気象を引き起こすが、その発生において、大気海洋相互作用が重要な役割を果たす。数ヶ月以上の時間スケールの変動では、熱容量の大きい海洋がより重要な役割を果たすため、主に海洋物理学の視点から、熱帯域から中緯度にかけて発生する様々な気候変動現象とその成長に寄与する大気海洋相互

作用過程に関する理解を進める。また、これらの気候変動現象を事前に正確に予測することができれば、異常気象の影響を軽減することも可能となることから、気候変動現象の予測可能性に関する研究も行う。さらに、海洋物理学・気候力学に軸足を置きつつ、気候が変化する中で気候変動現象が海洋および陸上の生態系に与える影響等についても国内外の他分野の研究者と協力して研究を進めていく。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金挑戦的萌芽研究, 大西洋ニーニョ現象の予測研究, 研究代表者, 2012～2014年度, 総額 3,510,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) 公募研究, 混合層厚の変動が黒潮続流域の海洋前線帯の形成と海面水温変動に果たす役割, 研究代表者, 2013～2014年度, 総額 2,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) 公募研究, 海洋混合層厚の変動が十年規模気候変動に果たす役割, 研究代表者, 2016～2017年度, 総額 4,160,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 沿岸ニーニョ現象のメカニズムとその予測可能性, 研究代表者, 2016～2018年度, 総額 17,940,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) 公募研究, 海洋の密度非一様性を考慮したエクマン理論に基づく表層混合層に関する研究, 研究代表者, 2018～2019年度, 総額 5,200,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Kataoka, T., Tozuka, T., Masumoto, Y., & Yamagata, T. (2012). The Indian Ocean subtropical dipole mode simulated in the CMIP3 models. *Climate Dynamics*, 39, 1385–1399. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1271-2>
2. Yuan, C., Tozuka, T., & Yamagata, T. (2012). IOD influence on the early winter Tibetan Plateau snow cover: Diagnostic analyses and an AGCM simulation. *Climate Dynamics*, 39, 1643–1660. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1204-0>
3. Morioka, Y., Tozuka, T., Masson, S., Terray, P., Luo, J.-J., & Yamagata, T. (2012). Subtropical dipole modes simulated in a coupled general circulation model. *Journal of Climate*, 25, 4029–4047. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00396.1>
4. Pourasghar, F., Tozuka, T., Jahanbakhsh, S., Sari Sarraf, B., Ghaemi, H., & Yamagata, T. (2012). The interannual precipitation variability in the southern part of Iran as linked to large-scale climate modes. *Climate Dynamics*, 39, 2329–2341. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1357-5>
5. Morioka, Y., Tozuka, T., & Yamagata, T. (2013). How is the Indian Ocean subtropical dipole excited? *Climate Dynamics*, 41, 1955–1968. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1584-9>
6. Nagura, M., Sasaki, W., Tozuka, T., Luo, J.-J., Behera, S., & Yamagata, T. (2013). Longitudinal biases in the Seychelles Dome simulated by 35 ocean-atmosphere coupled general circulation models. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 831–846. <https://doi.org/10.1029/2012JC008352>
7. Cronin, M. F., Tozuka, T., Biastoch, A., Durgadoo, J., & Beal, L. (2013). Prevalence of strong bottom currents in the greater Agulhas system. *Geophysical Research Letters*, 40, 1772–1776. <https://doi.org/10.1002/grl.50400>
8. Prodhomme, C., Terray, P., Masson, S., Izumo, T., Tozuka, T., & Yamagata, T. (2014). Impacts of Indian Ocean SST biases on the Indian Monsoon: as simulated in a global coupled model.



- Climate Dynamics, 42, 271–290. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1671-6>
9. Tozuka, T., Abiodun, B. J., & Engelbrecht, F. A. (2014). Impacts of convection schemes on simulating tropical-temperate troughs over southern Africa. *Climate Dynamics*, 42, 433–451. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1738-4>
  10. Yuan, C., Tozuka, T., Luo, J.-J., & Yamagata, T. (2014). Predictability of the subtropical dipole modes in a coupled ocean-atmosphere model. *Climate Dynamics*, 42, 1291–1308. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1704-1>
  11. Tozuka, T., Nagura, M., & Yamagata, T. (2014). Influence of the reflected Rossby waves on the western Arabian Sea upwelling region. *Journal of Physical Oceanography*, 44, 1424–1438. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-13-0127.1>
  12. Tozuka, T., & Cronin, M. F. (2014). Role of mixed layer depth in surface frontogenesis: the Agulhas Return Current front. *Geophysical Research Letters*, 41, 2447–2453. <https://doi.org/10.1002/2014GL059624>
  13. Yuan, C., Tozuka, T., Landman, W. A., & Yamagata, T. (2014). Dynamical seasonal prediction of southern African summer precipitation. *Climate Dynamics*, 42, 3357–3374. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1923-5>
  14. Kataoka, T., Tozuka, T., Behera, S. K., & Yamagata, T. (2014). On the Ningaloo Niño/Niña. *Climate Dynamics*, 43, 1463–1482. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1961-z>
  15. Oettli, P., Tozuka, T., Izumo, T., Engelbrecht, F., & Yamagata, T. (2014). The self-organizing map, a new approach to apprehend the Madden-Julian Oscillation influence on the intraseasonal variability of rainfall in the southern-African region. *Climate Dynamics*, 43, 1557–1573. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1985-4>
  16. Tozuka, T., Kataoka, T., & Yamagata, T. (2014). Locally and remotely forced atmospheric circulation anomalies of Ningaloo Niño/Niña. *Climate Dynamics*, 43, 2197–2205. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-2044-x>
  17. Tozuka, T., Qu, T., & Yamagata, T. (2015). Impacts of South China Sea Throughflow on the mean state and El Niño/Southern Oscillation as revealed by a coupled GCM. *Journal of Oceanography*, 71, 105–114. <https://doi.org/10.1007/s10872-014-0265-1>
  18. Yamagami, Y., & Tozuka, T. (2015). Interdecadal changes of the Indian Ocean subtropical dipole mode. *Climate Dynamics*, 44, 3057–3066. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2202-9>
  19. Pourasghar, F., Tozuka, T., Ghaemi, H., Oettli, P., Jahanbakhsh, S., & Yamagata, T. (2015). Influences of the MJO on intraseasonal rainfall variability over southern Iran. *Atmospheric Science Letters*, 16, 110–118. <https://doi.org/10.1002/asl2.531>
  20. Yamagami, Y., & Tozuka, T. (2015). Interannual variability of South Equatorial Current bifurcation and western boundary currents along the Madagascar coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120, 8551–8570. <https://doi.org/10.1002/2015JC011069>
  21. Kohyama, T., & Tozuka, T. (2016). Seasonal variability of the relationship between SST and OLR in the Indian Ocean and its implications for initialization in a CGCM with SST-nudging. *Journal of Oceanography*, 72, 327–337. <https://doi.org/10.1007/s10872-015-0329-x>
  22. Endo, S., & Tozuka, T. (2016). Two flavors of the Indian Ocean Dipole. *Climate Dynamics*, 46, 3371–3385. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2773-0>
  23. Tozuka, T., Endo, S., & Yamagata, T. (2016). Anomalous Walker Circulations associated with two flavors of the Indian Ocean Dipole. *Geophysical Research Letters*, 43, 5378–5384. <https://doi.org/10.1002/2016GL068639>
  24. Cronin, M. F., & Tozuka, T. (2016). Steady state ocean response to wind forcing in extratropical

- frontal regions. *Scientific Reports*, 6, 28842. <https://doi.org/10.1038/srep28842>
25. Kido, S., Kataoka, T., & Tozuka, T. (2016). Ningaloo Niño simulated in the CMIP5 models. *Climate Dynamics*, 47, 1469–1484. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2913-6>
  26. Ohishi, S., Tozuka, T., & Komori, N. (2016). Frontolysis by surface heat flux in the Agulhas Return Current region with a focus on mixed layer processes: Observation and a high-resolution CGCM. *Climate Dynamics*, 47, 3993–4007. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3056-0>
  27. Tanizaki, C., Tozuka, T., Doi, T., & Yamagata, T. (2017). Relative importance of the processes contributing to the development of SST anomalies in the eastern pole of the Indian Ocean Dipole and its implication for predictability. *Climate Dynamics*, 49, 1289–1304. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3382-2>
  28. Kido, S., & Tozuka, T. (2017). Salinity variability associated with the positive Indian Ocean Dipole and its impact on the upper ocean temperature. *Journal of Climate*, 30, 7885–7907. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0133.1>
  29. Tozuka, T., Cronin, M. F., & Tomita, H. (2017). Surface frontogenesis by surface heat fluxes in the upstream Kuroshio Extension region. *Scientific Reports*, 7, 10258. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-1>
  30. Ohishi, S., Tozuka, T., & Cronin, M. F. (2017). Frontogenesis in the Agulhas Return Current region simulated by a high-resolution CGCM. *Journal of Physical Oceanography*, 47, 2691–2710. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-17-0038.1>
  31. Kataoka, T., Tozuka, T., & Yamagata, T. (2017). Generation and decay mechanisms of Ningaloo Niño/Niña. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122, 8913–8932. <https://doi.org/10.1002/2017JC012966>
  32. Tozuka, T., Ohishi, S., & Cronin, M. F. (2018). A metric for surface heat flux effect on horizontal sea surface temperature gradients. *Climate Dynamics*, 51, 547–561. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3940-2>
  33. Kataoka, T., Masson, S., Izumo, T., Tozuka, T., & Yamagata, T. (2018). Can Ningaloo Niño/Niña develop without El Niño/Southern Oscillation? *Geophysical Research Letters*, 45, 7040–7048. <https://doi.org/10.1029/2018GL078188>
  34. Tozuka, T., & Oettli, P. (2018). Asymmetric cloud–shortwave radiation–sea surface temperature feedback of Ningaloo Niño/Niña. *Geophysical Research Letters*, 45, 9870–9879. <https://doi.org/10.1029/2018GL079869>
  35. Seow, M. X. C., & Tozuka, T. (2019). Ocean thermodynamics behind the asymmetry of interannual variation of South China Sea winter cold tongue strength. *Climate Dynamics*, 52, 3241–3253. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4320-2>

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 東塚知己 (2012). 気候変動. シミュレーション辞典, 日本シミュレーション学会編.
2. 山形俊男, 東塚知己, Behera, S. K. (2013). 新しいエルニーニョ. 気象研究ノート第 228 号, 89–95.
3. Kida, S., Mitsudera, H., Aoki, S., Guo, X., Ito, S., Kobashi, F., Komori, N., Kubokawa, A., Miyama, T., Morie, R., Nakamura, H., Nakamura, T., Nakano, H., Nishigaki, H., Nonaka, M., Sasaki, H., Sasaki, Y. N., Suga, T., Sugimoto, S., Taguchi, B., Takaya, K., Tozuka, T., Tsujino, H., & Usui, N. (2015). Oceanic Fronts and Jets around Japan - a review. *Journal of Oceanography*, 71, 469–497. <https://doi.org/10.1007/s10872-015-0283-7>

(4) 著書

1. Richter, I., Chang, P., Xu, Z., Doi, T., Kataoka, T., Nagura, M., Oettli, P., de Szoeko, S., & Tozuka, T. (2016). An overview of coupled GCM biases in the tropics. In "The Indo-Pacific Climate Variability and Predictability", World Scientific Publisher on Asia-Pacific Weather and Climate, 213–263.
2. Qu, T., Tozuka, T., Kida, S., Guo, X., Miyazawa, Y., & Liu, Q. (2016). Western Pacific and marginal sea processes. In "The Indo-Pacific Climate Variability and Predictability", World Scientific Publisher on Asia-Pacific Weather and Climate, 151–186.

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Tozuka, T., Yokoi, T., & Yamagata, T., Interannual variations of the Seychelles Dome, 10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Noumea, New Caledonia, 2012/4/26.
2. Tozuka, T., Yokoi, T., & Yamagata, T., Variability of the Seychelles Dome and its possible connection to the Madden-Julian Oscillation. AGU Fall Meeting 2012, San Francisco, USA, 2012/12/3.
3. 東塚知己・遠藤理・谷崎知穂, インド洋ダイポールモード現象の多様性, 東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会「大槌シンポジウム」, 岩手県上閉伊郡大槌町, 2015/9/10.
4. Tozuka, T., Oettli, P., Doi, T., Morioka, Y., Ratna, S. B., Behera, S. K., & Yamagata, T., Application of network approach to upper ocean heat content and sea surface temperature anomalies in the Indian and Pacific Oceans, 2016 年度日本海洋学会春季大会, 東京都文京区, 2016/3/16.
5. Tozuka, T., Tanizaki, C., & Doi, T., Is predictability of Indian Ocean Dipole events dependent on the developing mechanism? Asia Oceania Geosciences Society 16th Annual Meeting, Beijing, China, 2016/8/3.
6. Tozuka, T., Kataoka, T., Kido, S., Doi, T., Racault, M.-F., Behera, S. K., & Yamagata, T., Ningaloo Nino/Nina: Mechanism, predictability and impact, European Geosciences Union General Assembly 2018, Vienna, Austria, 2018/4/13.

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2014 年度 修士 1 名 (山上遥航), 博士 1 名 (片岡崇人)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (遠藤理, 谷崎知穂)
- ・ 2016 年度 修士 1 名 (木戸晶一郎), 博士 1 名 (大石俊)
- ・ 2017 年度 博士 1 名 (山上遥航)
- ・ 2018 年度 修士 3 名 (Marvin Seow, 小林諒, 村田孝学)

#### 担当講義

- ・ 理学部 大気海洋系物理学, 2012～2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学演習, 2012～2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別演習, 2012, 2015～2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別研究, 2012～2016, 2018 年度
- ・ 大学院 気候力学 I, 2014, 2016, 2018 年度
- ・ 数物フロンティア・リーディング大学院 社会数理実践研究, 2016～2018 年度
- ・ 教養学部 地球科学, 2012～2018 年度
- ・ 教養学部 初年次ゼミナール理科, 2015～2016 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2018 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 新学術領域「気候系の hot spot」第 5 回全体会議 学生優秀ポスター賞 (2015 年 大石俊)
- ・ International symposium on the Indian Ocean, Best Poster Award 1 名 (2015 年 山上遥航)
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 2 名 (2016 年 木戸晶一郎, 2017 年 山上遥航)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本海洋学会, 幹事, 2015～2018 年度
- ・ 日本海洋学会, Journal of Oceanography 編集委員, 2011 年度～現在
- ・ 日本海洋学会, 評議員, 2017 年度～現在
- ・ 日本海洋学会, 論文賞選考委員会, 2018 年度～現在
- ・ 日本海洋学会, 2016 年度日本海洋学会春季大会 大会実行委員会, 委員, 2016 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 代議員, 2016～2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合 プログラム小委員会, 委員, 2016～2018 年度
- ・ American Meteorological Society, Journal of Climate, Associate Editor, 2016 年度～現在
- ・ Frontiers in Atmospheric Science, Review Editor, 2013 年度～現在
- ・ CLIVAR Indian Ocean Regional Panel 委員, 2014 年度～2018 年度
- ・ 日本学術会議 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP・DIVERSITAS 合同分科会 CLIVAR 小委員会, 委員, 2014 年度～現在
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 SCOR 分科会 IIOE-2 小委員会, 委員, 2018 年度～現在

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 東塚知己, 加古川東高等学校東京研修の講義, 東京都, 2014～2017 年度
- ・ 東塚知己, 異常気象の謎を読み解く鍵, 東大理学部高校生のための夏休み講座 2014, 東京都, 2014/8/20
- ・ 東塚知己, 異常気象を引き起こす気候変動現象, 日本地球惑星科学連合 夏の高校生向

け講座 2015, 東京都, 2015/8/19

- ・ 東塚知己, 異常気象を引き起こすゴジラ・エルニーニョ, かわさき市民アカデミー, 神奈川県, 2016/6/14

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会, 委員, 2012~2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会, 委員長, 2013~2015 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会, 委員, 2012, 2016~2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数 : 6 名      研究者数 : 1 名

#### (2) 派遣

学生数 : 5 名      研究者数 : 0 名

#### (3) 海外からの来訪者数 13 名

# 三浦 裕亮

## I. 略歴

氏名： 三浦 裕亮 (みうら ひろあき)

年齢： 43 歳

現職： 准教授

### 学歴

1994 年 3 月 宮城県立仙台第一高等学校卒業  
1999 年 3 月 京都大学理学部理学科卒業  
2001 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2004 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2004 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

2004 年 4 月 海洋研究開発機構 ポスドク研究員  
2008 年 2 月 コロラド州立大学客員研究員 (2009 年 9 月まで)  
2009 年 10 月 東京大学気候システム研究センター 特任助教  
2012 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球シミュレータや京などの世界でも有数のスーパーコンピュータを利用し、将来的に気候予測計算の不確実性を大幅に減じる可能性のある全球雲解像モデルについて、その有用性を実証する研究を行ってきた。具体的には、全球雲解像モデルは気候モデルに比べて気候感度を小さく評価する可能性があること、マッデン・ジュリアン振動の現実的な再現が可能であることを自ら提示した。さらには、マッデン・ジュリアン振動の1ヶ月近い予測可能性や北極域へのエアロゾル輸送の再現性の向上を実証した研究において主要な役割を担った。一方では、全球雲解像モデルの流体力学計算の精度向上のため、正20面体格子上の数値スキームの高度化研究にも取り組んでいる。その他、学生との共同研究として、マッデン・ジュリアン振動が顕在化しやすい背景場に関する研究、積乱雲の自己組織化メカニズムについての研究といったマクロな気象現象の研究や、雲微物理過程の不確実性現象のための変形する雨粒落下の直接計算の実現のようなミクロな物理現象の研究においても一定の成果をあげた。熱帯気象観測に学生を派遣するなど、観測主体の研究グループとの連携も積極的に進めている。

### 3. 特に優れた論文5編 (少なくとも3編は本評価期間のもの)

1. Miura, H., Satoh, M., Nasuno, T., Noda, A., & Oouchi, K. (2007), A Madden-Julian oscillation event realistically simulated by a global cloud-resolving model. *Science*, **318**, 1763-1765, doi: 10.1126/science.1148443

気象・気候の数値モデルにおいては、マッデン・ジュリアン振動と呼ばれる熱帯において雲群が大規模に組織化する気象現象の再現計算は困難とされていた。この論文では、一般に全球雲解像モデル等と称される水平格子間隔 10 km 以下の水平解像度を用いることでマッデン・ジュリアン振動に伴う雲群が現実的に再現可能である事を示した。成果はマスコミで大きく取り上げられた。(引用回数 307 回 (GS/Oct. 7, 2019))

2. Miura, H., Tomita, H., Nasuno, T., Iga, S., Satoh, M., & Matsuno, T. (2005), A climate sensitivity test using a global cloud resolving model under an aqua planet condition. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L19717, doi:10.1029/2005GL023672

標準的な気候モデルでは、気候変化に対する雲の応答を陽に計算することはできず、雲-放射相互作用の推定の曖昧さは大きな問題となっている。この論文では、水惑星条件の下で海面水温を変化させた疑似温暖化実験により、全球雲解像モデルでは気候モデルに比較して雲の放射影響は小さめに評価されることを示した。全球雲解像モデルと気候モデルの雲の放射影響のどちらがもっともらしいかの検証は現在も課題として残る。(引用回数 84 回 (GS/Oct. 7, 2019))

3. Satoh, M., Tomita, H., Yashiro, H., Miura, H., Kodama, C., Seiki, T., Noda, A. T., Yamada, Y., Goto, D., Sawada, M., Miyoshi, T., Niwa, Y., Hara, M., Ohno, T., Iga, S., Arakawa, T., Inoue, T., Kubokawa, H. (2014), The Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model: Description and Development. *Progress in Earth and Planetary Science*, 1, 18. doi:10.1186/s40645-014-0018-1

当初は地球シミュレータでの利用を目的として開発された全球雲解像モデル NICAM は、2018 年以前は世界で唯一の全球雲解像モデルであった。京コンピュータでの利用を目的として行った様々な改善と将来の開発方針をまとめた論文である。(引用回数 174 回 (GS/Oct. 7, 2019))

4. Miyakawa, T., Satoh, M., Miura, H., Tomita, H., Yashiro, H., Noda, A. T., Yamada, Y., Kodama, C., Kimoto, M., & Yoneyama, K. (2014), Madden-Julian Oscillation prediction skill of a new-generation global model demonstrated using a supercomputer. *Nature Communications*, **5**, 3769. 10.1038/ncomms4769

地球シミュレータを用いた計算では、マッデン・ジュリアン振動の再現計算は 2006 年 12 月から 2007 年 1 月に発生した事例の再現にとどまり、堅牢性を確かめる必要があった。京コンピュータを利用することで、NICAM によるマッデン・ジュリアン振動の予測可能性を検証した論文で、25 日を超える予測可能性があることが明らかとなった。成果はマスコミで取り上げられた。(引用回数 73 回 (GS/Oct. 7, 2019))

5. Suematsu, T., & Miura, H. (2018), Zonal SST Difference as a Potential Environmental Factor Supporting the Longevity of the Madden-Julian Oscillation. *J. Climate*, **31**, 7549–7564. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0822.1>

マッデン・ジュリアン振動の雲群の顕在化に、従来指摘されてきた季節内時間スケールの海面水温変動ではなく、より長い時間スケールの海面水温分布が大きな影響を及ぼすことを示した論文。指導学生(末松)の博士論文の一部。本論文で提案したマッデン・ジュリアン振動の検出手法は Roxy et al. (2019, Nature 受理済)の基盤技術で、末松は第 4 著者として掲載される。(引用回数 1 回 (GS/Oct. 7, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 三浦裕亮, SOLA 論文賞 (対象論文 Miura, 2017), 2018 年 1 月
- ・ 三浦裕亮, PEPS Most Accessed Paper Award (対象論文 Satoh et al., 2014), 2017 年 5 月
- ・ 三浦裕亮, PEPS Most Cited Paper Award (対象論文 Satoh et al. 2014), 2018 年 5 月

## 5. 研究の将来計画

全球雲解像モデルの高度化研究に引き続き取り組む。特に、全球雲解像モデル NICAM の弱点であった水平離散化手法を高度化し、さらには高精度の移流スキームを採用して熱・水蒸気が主要な役割を担う現象全般の表現を改善する。数値スキームの高度化にとどまらず、全球雲解像モデルによる気候予測計算の実現に向け、物理過程の検証と改善を進めるとともに、全球雲解像モデルと超高解像度海洋モデルを結合した超高解像度大気海洋結合モデルの実用化研究も推進する。全球/領域雲解像モデルを利用し、積乱雲の組織化メカニズムについての研究を進め、西日本豪雨などの顕著な豪雨災害における水蒸気の役割を明らかにする。また、豪雨災害発生の背景場の要因である日本近海における大気海洋相互作用の研究や、より確度の高い豪雨予測実現に不可欠な雲の生成・消滅過程に踏み込んだ研究を開始する。一方で、対流圏気象最大の謎とも称されるマッデン・ジュリアン振動現象の解明を目指した研究にも取り組み、観測主体の研究グループとより緊密に連携する。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), YMC 観測と気象・気候モデルを複合的に利用した海洋大陸上の MJO 変質過程の解明, 研究代表者, 2016~2020 年度, 総額 17,290,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), CINDY2011 観測データと最先端気象・気候モデルによる MJO 発生機構の解明, 研究代表者, 2013~2016 年度, 総額 17,810,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 全球雲解像気候計算実現に向けた数値計算法の高度化, 研究代表者, 2010~2013 年度, 総額 4,160,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Miura, H. (2017), Coupling the hexagonal B1-grid and B2-grid to avoid a computational mode problem of the hexagonal ZM-grid. *Sci. Online Lett. Atmos.*, **13**, 69-73, doi:10.2151/sola.2017-013
2. Miura, H., Suematsu, T., & Nasuno, T. (2015), An ensemble hindcast of the Madden-Julian Oscillation during the CINDY2011/DYNAMO field campaign and influence of seasonal variation of sea surface temperature. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93A**, 115-137, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-055>
3. Miura, H. (2013): An upwind-biased conservative transport scheme for multi-stage temporal integrations on spherical icosahedral grids. *Mon. Wea. Rev.*, **141**, 4049-4068, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-13-00083.1>
4. Miura, H., & Skamarock, W. C. (2013), An upwind-biased transport scheme using a quadratic reconstruction on spherical icosahedral grids. *Mon. Wea. Rev.*, **141**, 832-847, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-11-00355.1>
5. Miura, H., Maeda, T., & Kimoto, M. (2012), A comparison of the Madden-Julian Oscillation simulated by different versions of the MIROC climate model. *Sci. Online Lett. Atmos.*, **8**, 165-169. doi:10.2151/sola.2012-040
6. Ong, C. R., & Miura, H. (2018), Iterative Local Bézier Reconstruction Algorithm of Smooth Droplet Surface for the Immersed Boundary Method. *Sci. Online Lett. Atmos.*, **14**, 170-173, doi: 10.2151/sola.2018-030
7. Suematsu, T., & Miura, H. (2018), Zonal SST Difference as a Potential Environmental Factor Supporting the Longevity of the Madden-Julian Oscillation. *J. Climate*, **31**, 7549-7564. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0822.1>



8. Takasuka, D., Satoh, M., Miyakawa, T., & Miura, H. (2018), Initiation process of the tropical intraseasonal variability simulated in an aqua-planet experiment, What is the intrinsic mechanism for MJO onset? *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, **10**, 1047–1073. <https://doi.org/10.1002/2017MS001243>
9. Ullrich, P. A., et al. (Miura, H., 31人中26番目) (2017), DCMIP2016: a review of non-hydrostatic dynamical core design and intercomparison of participating models, *Geosci. Model Dev.*, **10**, 4477-4509, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-4477-2017>
10. Kikuchi, K., Kodama, C., Nasuno, T., Nakano, M., Miura, M., Satoh, M., Noda, A. T., & Yamada, Y. (2017), Tropical intraseasonal oscillation simulated in an AMIP-type experiment by NICAM. *Climate Dyn.*, **48**, 2507-2528; doi: 10.1007/s00382-016-3219-z
11. Sato, Y., Miura, H., et al. (2016), Unrealistically pristine air in the Arctic produced by current global scale models. *Sci. Rep.* **6**, 26561; doi: 10.1038/srep26561
12. Shibuya, R., Miura, H., & Sato, K. (2016), A grid transformation method for a quasi-uniform, circular fine region using the spring dynamics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **94**; doi: 10.2151/jmsj.2016-022
13. Takasuka, D., Miyakawa, T., Satoh, M., & Miura, H. (2015), Topographical effects on internally produced MJO-like disturbances in an aqua-planet version of NICAM. *Sci. Online Lett. Atmos.*, **11**, 170-176
14. Tomikawa, Y., Nomoto, M., Miura, H., Tsutsumi, M., Nishimura, K., Nakamura, T., Yamagishi, H., Yamanouchi, T., Sato, T., & Sato, K. (2015), Vertical wind disturbances during a strong wind event observed by the PANSY radar at Syowa station, antarctica. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 1804–1821, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00289.1>
15. Satoh, M. Tomita, H., Yashiro, H., Miura, H., et al. (2014), The Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model: Description and Development. *Progress in Earth and Planetary Science*, **1**, 18, doi:10.1186/s40645-014-0018-1
16. Miyakawa, T., Satoh, M., Miura, H., Tomita, H., Yashiro, H., Noda, A. T., Yamada, Y., Kodama, C., Kimoto, M., & Yoneyama, K. (2014), Madden-Julian Oscillation prediction skill of a new-generation global model demonstrated using a supercomputer. *Nature Communications*, **5**, 3769. 10.1038/ncomms4769
17. Yasunaga, K., Nasuno, T., Miura, H., Takayabu, Y. N., & Yoshizaki, M. (2013), Afternoon precipitation peak simulated in an aqua-planet global non-hydrostatic model (aqua-planet-NICAM). *J. Meteor. Soc. Japan*, **91A**, 217-229, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2013-A07>
18. Kubokawa, H., Fujiwara, M., Nasuno, T., Miura, H., Yamamoto, M. K., & Satoh, M. (2012), Analysis of the tropical tropopause layer using the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM): 2. An experiment under the atmospheric conditions of December 2006 to January 2007. *J. Geophys. Res.*, **117**, D17114, doi:10.1029/2012JD017737
19. Miyakawa, T., Takayabu, Y. N., Nasuno, T., Miura, H., Satoh, M., & Moncrieff, M. W. (2012), Convective momentum transport by rainbands within a Madden-Julian oscillation in a global nonhydrostatic model with explicit deep convective processes. Part I: Methodology and general results. *J. Atmos. Sci.*, **69**, 1317-1338, <https://doi.org/10.1175/JAS-D-11-024.1>

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 三浦裕亮 (2017) , 茶わんの湯と大気科学, 現代化学 11 月号, 東京化学同人

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Miura, H., A global cloud-system-resolving model and its uncertainty due to the subgrid-scale moisture transport, 2018 American Geophysical Union Fall Meeting, Washington D. C., USA, 2018/12/11
2. Miura, H., A shallow-water model using the B-grid staggering on the spherical icosahedral grid, CASTS 2018 Fall Special Program in Applied Mathematics and Applied Mechanics, Taipei, Taiwan, 2018/11/28
3. Miura, H., A B-grid shallow-water model on the spherical icosahedral grid, Workshop on Moving and Adaptive Meshes for Global Atmospheric Modelling, Reading, UK, 2018/9/4
4. Miura, H., Rapid seasonal migration of the heavy precipitation region in the Southeast Asia and its relation to the Madden-Julian Oscillation, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, Chiba, Japan, 2017/5/20
5. Miura, H., A global cloud-system-resolving model for studies of tropical meteorology and climate, International Workshop on Parameterization of Physical Processes (INTROSPECT 2017), Pune, India, 2017/2/13
6. Miura, H., et al., NICAM: A global cloud-system-resolving model, The 2016 Dynamical Core Model Intercomparison Project, Boulder, Colorado, 2016/6/7
7. 三浦裕亮, 多角形格子を用いた全球雲解像気象モデルと離散化手法の課題, 日本応用数理学会 2015 年度年会, 金沢大学角間キャンパス, 石川, 2015/9/10
8. 三浦裕亮, 全球雲解像デモンストレーションを越えて, 2015 年度気象学会春季大会, つくば国際会議場, 茨城, 2015/5/24
9. Miura, H., Recent studies using a global cloud-system-resolving model NICAM, 3rd CCLiCS Workshop on Climate System Modeling, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, 2014/11/11
10. 三浦裕亮: 正 20 面体力学コアの高精度化について, 「グローバルスケールとメソスケールを貫く気象学」研究集会, 名古屋大学環境総合館, 名古屋, 2014/12/26
11. Miura, H., T. Miyakawa, and M. Satoh, Extended Madden-Julian Oscillation simulations by NICAM for CYNDY/DYNAMO period, Workshop on Tropical Dynamics and the MJO, Hawaii, USA, 2014/1/16
12. 三浦裕亮, 全球雲解像気候計算に向けて, 日本気象学会 2013 年度春季大会, 代々木オリンピックセンター, 東京, 2013/5/18

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2014年度 修士1名（末松環）
- ・ 2015年度 修士2名（Chia Rui Ong, 中野拓真）
- ・ 2016年度 修士1名（松岸修平）
- ・ 2018年度 修士1名（神野拓哉），博士2名（末松環, Chia Rui Ong）

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院理学系 地球惑星物理学演習, 2013年度～2018年度
- ・ 理学部・大学院理学系 大気海洋系物理学, 2012年度～2018年度
- ・ 大学院理学系研究科 大気物理学 II, 2013, 2015, 2017年度
- ・ 大学院理学系研究科 大気海洋物質科学 I, 2016年度, 2018年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学入門, 2016～2018年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2016～2017年度
- ・ 教育学部 全学自由ゼミナール「地球惑星科学入門：いま何がおもしろいか?」, 2012～2014年度

#### 指導学生の受賞

- ・ American Geophysical Union, Student Travel Grant 1名（末松環）
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 1名（2018年 末松環）

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本気象学会，気象集誌編集委員会，委員，2014～2018年度
- ・ 日本気象学会，人材育成・男女共同参画委員会，委員，2013～2018年度
- ・ 日本気象学会，山本賞選考委員会，委員，2013～2018年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，PEPS 編集委員会，委員，2016～2018年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，代議員，2018年度
- ・ American Meteorological Society, Monthly Weather Review, Assistant Editor, 2016年度～2018年度

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 三浦裕亮，天気予報と気候予測：未来を知る方法とその限界，東京大学オープンキャンパス，2017/08/02,03
- ・ 三浦裕亮，天気予報と気候予測，「茶わんの湯」から“予測する科学”を考える，2016/11/15
- ・ プレスリリース 北極域への「すす」の輸送メカニズムを解明，2016年5月

- ・ プレスリリース 熱帯域におけるマッデン・ジュリアン振動の 1 ヶ月予測が実現可能なことを実証, 2014 年 5 月
- ・ 三浦裕亮, 気象・気候研究の話, 京都土曜応用数学サロン, 2014/07/26
- ・ 三浦裕亮, 気象・気候シミュレーションの基本原理: 未来予測の方法と不確実性, 高校生・大学生のための地球惑星科学公開シンポジウム, 2013/11/01

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 会計委員会, 委員, 2012~2017 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会, 委員長, 2017~2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会, 委員, 2012~2016 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 専攻運営委員会, 書記, 2013 年度
- ・ 理学系研究科 ネットワーク委員会, 委員, 2017~2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数: 3 名 研究者数: 0 名

#### (2) 派遣

学生数: 5 名 研究者数: 0 名

#### (3) 海外からの来訪者数 13 名

# 高麗 正史

## I. 略歴

氏名： 高麗 正史（こうま まさし）

年齢： 33 歳

現職： 助教

### 学歴

2005 年 3 月 神奈川県立小田原高等学校卒業

2009 年 3 月 京都大学理学部理学科卒業

2011 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了

2014 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了

2014 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2014 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

2015 年 12 月 第 57 次南極地域観測隊 越冬隊員（2017 年 3 月まで）

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

大量の衛星観測データと再解析データを組合せ、最新理論を含む力学的統計解析を行うことで、南極における極成層圏雲と対流圏界面雲の同時出現現象が対流圏ブロッキング現象により生じること、北極成層圏突然昇温発生時に上部対流圏雲量が減少しており、それが成層圏ブリュワー・ドブソン循環の強化によることなど、極域の上層雲と力学現象の関連を示してきた。また、最近では、情報学分野の研究者と共同で南極大型大気レーダーによる乱流パラメータの高精度推定に関する研究を行い、南極対流圏・下部成層圏のエネルギー散逸率の季節変化・高度依存性を世界で初めて示すことに成功した。また、ほぼすべての緯度に適用できる対流圏界面変動に関する理論式を導出するなど、力学に基づく研究にも取り組んでいる。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Kohma, M. & Sato, K. (2011), The effects of atmospheric waves on the amounts of polar stratospheric clouds. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 11535-11552. doi:10.5194/acp-11-11535-2011.

極成層圏雲 (Polar Stratospheric Cloud, PSC) は冬季の極域成層圏中下層 (高度 10 ~ 25 km) の低温 ( $< \sim 195$  K) に伴って出現する雲であり、オゾンホール形成において主要な役割を果たしていることが知られている。本研究では PSC と大気波動の包括的な関係を理解するため、それぞれの大気波動が PSC の出現頻度にどの程度影響を与えているかを定量的に推定することを目的としたデータ解析を行った。3 種類の衛星観測データ及び再解析データを用いた。これら 4 つのデータを相補的に用いることで、大気力学の観点から、プラネタリースケールからメソスケールに至る大気波動と PSC の関係の解析を行い、南北半球間の比較

を行った。南北どちらの半球においても、プラネタリー波の寄与が卓越していることが明らかになった。総観規模波は、南半球の高度 12km 付近の PSC を増加させる傾向があり、重力波の寄与については、両半球共に限定的であることが明らかになった。

2. Kohma, M. & Sato, K. (2013), Kelvin and Rossby waves trapped at boundaries under the full Coriolis force, SOLA, 9, 9-14, doi:10.2151/sola.2013-003

気象力学・海洋力学の分野において、自転角速度ベクトルの鉛直成分のみを考慮し、南北成分は無視されることが多い。この研究では、自転角速度ベクトルの南北成分に伴うコリオリ力を支配方程式に含めることを試みた結果、既存力学理論では見出されていない 2 種類の捕捉波を発見した。1 つは東西境界に捕捉される Kelvin 波であり、従来知られている Kelvin 波とは逆方向の南北位相速度を持ちうる。もう 1 つは、下部境界に捕捉される Rossby 波であり、これは密度成層がない場合でも下部境界に捕捉される。

3. Kohma, M. & Sato, K. (2013), Simultaneous occurrence of polar stratospheric clouds and upper-tropospheric clouds caused by blocking anticyclones in the Southern Hemisphere, Atmos. Chem. Phys., 13, 3849-3864, doi:10.5194/acp-13-3849-2013

極域対流圏界面と PSC の同時出現に関して詳細に調べた。渦位に基づく力学的な対流圏界面を定め、2007~2011 年の 5 年間にわたる CALIPSO 衛星観測データと再解析データの統計解析を行ったところ、PSC と同時出現するのは、上部対流圏雲というよりも、高度 9~11km の対流圏界面雲と呼ぶべき現象であることを突き止めた。つづいて、同時出現のメカニズムとして、対流圏の背の高いブロッキング高気圧に伴う渦位アノマリーが低緯度からの水蒸気輸送と成層圏低温をもたらす要因であると考えた。そして、同時出現頻度とブロッキング頻度の経度分布の類似性や、高気圧性渦位アノマリーに相対的な経度を取ったときの極成層圏雲の組成分布の調和性を解析することにより、これを立証した。先行研究で報告されていた事例についても解析を行い、このメカニズムが働いていたことを確認している。この研究成果により、気象学会山本賞を受賞している。

4. Kohma, M. & Sato, K. (2014), Variability of upper tropospheric clouds in the polar region during stratospheric sudden warmings, J. Geophys. Res., 119(17), 10,100-10113, doi:10.1002/2014JD021746

衛星観測データおよび再解析データの解析から、2009 年、2010 年、および 2012 年の 3 年間の北半球冬季に発生した成層圏突然昇温時に、北半球高緯度の対流圏界面付近における対流圏雲量が減少していることを発見した。そして、最新理論を用いた 3 次元構造を含む残差循環の詳細な解析により、対流圏界面における雲量減少が、ラグランジュ的な下降流に伴う昇温、対流圏界面の約 1km に及ぶ下降、圏界面付近の安定度の上昇に伴うことを明らかにした。この発見の意義は、成層圏・対流圏力学結合の一側面として、ブリューワー・ドブソン循環の短期変動が極域の対流圏の雲量に及ぼすことを初めて明確にしたことにある。これは力学的のみならず、成層圏の対流圏への影響が、雲量の変動に伴う放射を介しても及ぶことを示唆する結果とみなすことができる。この研究成果により、気象学会山本賞を受賞している。

5. Kohma, M., Sato, K., Tomikawa, T., Nishimura, K., & Sato, T. (2019), Estimate of turbulent energy dissipation rate from the VHF radar and radiosonde observations in the Antarctic, J. Geophys. Res. Atmos., 124, doi:10.1029/2018JD029521

大気中の乱流は大気波動の砕波により主に生じ、運動エネルギーを熱エネルギーに変換する重要な過程である。しかし、対象のスケールが小さいため、その観測的推定は難しく、レーダーやラジオゾンデ等の高解像度観測から粗い近似や経験的な係数が用いられて研究されてきた。これに対し、本研究では、情報学の研究者と共同して、これを解析的に解くことで乱流によるスペクトルの広がりとしてそれ以外を区別する方法を見出した。本手法を南極昭和基地大型大気レーダー観測データに適用し、ラジオゾンデによる推定と比較した。その結果、両者の差に高度依存性が見られた。これは、ラジオゾンデによる推定に用いられている経験的な係数に高度依存性があることを意味する。また、乱流強度の季節変化を調べると、

夏季(1~2月)に弱まり、冬季に見られる成層圏の極渦が崩壊する11月ごろに極大となることが判明した。

#### 4. 受賞等

- ・ 高麗正史, SPARC General Assembly 2014 Best Poster Award
- ・ 高麗正史, 日本気象学会山本賞, 2016年10月

#### 5. 研究の将来計画

南極オゾンホールは2000年台後半に回復する傾向が確認された一方、近年、中低緯度下部成層圏でのオゾン量は減少が続いていることが指摘された。しかし、その減少傾向は現在の化学気候モデルでは再現できておらず、その原因の1つとして乱流混合過程の知見が不足していると考えられている。南極昭和基地大型大気レーダー及びラジオゾンデそれぞれの観測データを統合することにより、上部対流圏・下部成層圏での大気微量成分の鉛直分布及び熱収支に対し、乱流混合・輸送が果たす役割を明らかにすることを目指す。さらに、大量のレーダー・ゾンデ同時観測に基づき、ラジオゾンデによる乱流パラメータ推定を改良する。これをラジオゾンデ観測ネットワークに対して適用することで、自由大気の乱流パラメータの全球マップを得ることを目指す。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費(DC1), 最先端の南極大型大気レーダーを用いた極中間圏雲と中間圏大気波動の物理の解明, 2011~2013年度, 総額2,000,000円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B), 極域UTLSにおける雲出現頻度極小領域及びTILの季節性の研究, 研究代表者, 2016~2018年度, 総額4,290,000円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 新理論に基づく大気大循環の3次元描像の解明, 研究分担者, 2013~2017年度(2014年度から参加), 総額43,030,000円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 高解像観測による南極対流圏界面の精密研究, 研究分担者, 2017~20年度, 総額17,290,000円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Kohma, M. & Sato, K. (2013), Kelvin and Rossby waves trapped at boundaries under the full Coriolis force, SOLA, 9, 9-14, doi:10.2151/sola.2013-003
2. Kohma, M. & Sato, K. (2013), Simultaneous occurrence of polar stratospheric clouds and upper-tropospheric clouds caused by blocking anticyclones in the Southern Hemisphere, Atmos. Chem. Phys., 13, 3849-3864, doi:10.5194/acp-13-3849-2013
3. Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Nakamura, T., Saito, A., Tomikawa, Y., Nishimura, K., Kohma, M., Yamagishi, H., & Yamanouchi T. (2013), Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar (PANSY), J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., doi:10.1016/j.jastp.2013.08.022
4. Kohma, M. & Sato, K. (2014), Variability of upper tropospheric clouds in the polar region during stratospheric sudden warmings, J. Geophys. Res., 119(17), 10,100-10113, doi:10.1002/2014JD021746
5. Nishiyama, T., Sato, K., Nakamura, T., Tsutsumi, M., Sato, T., Kohma, M., Nishimura, K., Tomikawa, Y., Ejiri, M. K., & Tsuda, T. T. (2015), Height and time characteristics of seasonal and diurnal variations in PMWE based on 1 year observations by the PANSY radar (69.0°S, 39.6°E),

- Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/2015GL063349
6. Minamihara, Y., Sato, K., Kohma, M., & Tsutsumi, M. (2016), Characteristics of Vertical Wind Fluctuations in the Lower Troposphere at Syowa Station in the Antarctic Revealed by the PANSY Radar, SOLA, 12, 116-120, doi:10.2151/sola.2016-026
  7. Hirano, S., Kohma, M., & Sato, K. (2016), A three-dimensional analysis on the role of atmospheric waves in the climatology and interannual variability of stratospheric final warming in the Southern Hemisphere, J. Geophys. Res., 121(14), 8429-8443, doi:10.1002/2015JD024481
  8. Tsutsumi, M., Sato, K., Sato, T., Kohma, M., Nakamura, T., Nishimura, K., Tomikawa, Y. (2017), Characteristics of mesosphere echoes over Antarctica obtained using PANSY and MF radars, SOLA, 13, 19-23, doi:10.2151/sola.13A-004
  9. Sato, K., Kohma, M., Tsutsumi, M., & Sato, T. (2017), Frequency spectra and vertical profiles of wind fluctuations in the summer Antarctic mesosphere revealed by MST radar observations, J. Geophys. Res. Atmos., 122, 3-19, doi:10.1002/2016JD025834
  10. Shibuya, R., Sato, K., Tsutsumi, M., Sato, T., Tomikawa, Y., Nishimura, K., & Kohma, M. (2017), Quasi-12h inertia-gravity waves in the lower mesosphere observed by the PANSY radar at Syowa Station (39.6°E, 69.0°S), Atmos. Chem. Phys., 17(10), 6455-6476, doi:10.5194/acp-2016-813
  11. Thurairajah, B., Sato, K., Yue, J., Nakamura, T., Kohma, M., Bailey, S. M., & Russell III, J. M. (2017), Simultaneous observation of gravity waves at PMC altitude from AIM/CIPS experiment and PANSY radar over Syowa (69°S, 39°E), J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 164, 324-331, doi:10.1016/j.jastp.2017.10.006
  12. Nishiyama, T., Sato, K., Nakamura, T., Tsutsumi, M., Sato, T., Tanaka, Y.-M., Nishimura, K., Tomikawa, Y., & Kohma, M. (2018), Simultaneous observations of polar mesosphere winter echoes and cosmic noise absorptions in a common volume by the PANSY radar (69.0°S, 39.6°E), J. Geophys. Res. Space Phys., 123. doi:10.1029/2017JA024717
  13. Kohma, M., Sato, K., Tomikawa, T., Nishimura, K., & Sato, T. (2019), Estimate of turbulent energy dissipation rate from the VHF radar and radiosonde observations in the Antarctic, J. Geophys. Res. Atmos., 124, doi:10.1029/2018JD029521

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. 高麗正史, 佐藤薫 (2017). 南極域における対流圏と成層圏の雲, 気象研究ノート「南極氷床と大気物質循環・気候」, 日本気象学会

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 高麗正史, PANSY レーダーを用いた極域中間圏夏季エコー (PMSE) と中間圏界面付近の風速の統計解析, 中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会, NICT, 2015/09/01
2. Kohma, M., Sato, K., Nishimura, K., Tomikawa, Y. & Sato, T., Turbulent kinetic energy dissipation rate derived from multi-year observations by radar and radiosonde in the Antarctic. SPARC FISPAS Workshop, Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik, Kuehlungsborn, Germany, 2018/11/06.



## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学計算機演習, 2014~2015 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2014~2015, 2017~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 III, 2017~2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ International Symposium on the Whole Atmosphere (ISWA) LOC メンバー, 2016 年 9 月, 東京大学, 東京
- ・ SPARC General Assembly 2018 LOC メンバー, 2018 年 10 月, みやこメッセ, 京都

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 高麗正史, オゾンホールと高緯度地方特有の成層圏の雲, 東京大学オープンキャンパス, 2015/08/05

### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 図書委員会, 2014~2015 年度, 2017 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会, 2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ なし
- (2) 派遣 なし
- (3) 海外からの来訪者数 なし

# 田中 祐希

## I. 略歴

氏名： 田中 祐希 (たなか ゆうき)

年齢： 38 歳

現職： 助教

### 学歴

1999 年 3 月 私立武蔵高等学校卒業

2005 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理科卒業

2007 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了

2010 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了

2010 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

2008 年 4 月 日本学術振興会 特別研究員(DC2)

2010 年 4 月 東京大学大気海洋研究所 特任研究員

2012 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

主に海洋中の中・小規模現象の励起・伝播・散逸過程について、理論的・数值的・観測的方法を組み合わせることで研究を展開してきた。特に、海底地形と平均流や波動との相互作用に着目し、理想的なものから現実的なものまで様々なレベルのモデルを用いた数値実験結果に地球流体力学的なアプローチを適用することで研究を進めてきた。具体的なテーマは以下の通りである。

#### (1) クリル海峡における潮汐混合の定量化とその大規模海洋・気候現象への影響の評価

北太平洋とオホーツク海を結ぶクリル海峡における潮汐混合は、北太平洋中層水の形成や太平洋の 20 年規模気候変動に重要な役割を果たすと予想されてきたにもかかわらず、その強度は全く不明であった。衛星海面高度データ、高解像度の数値実験、乱流計を用いた現場観測などの手法を組み合わせることで、同海峡における日周期内部潮汐波の特性と乱流強度分布を明らかにするとともに、この潮汐混合が北太平洋中層水の形成や太平洋の 20 年規模気候変動に及ぼす影響を、大循環モデルを用いた数値実験によって定量的に評価した。

#### (2) 赤道太平洋の東西流中で見られる中・小規模擾乱の発生機構の解明

赤道太平洋で見られる顕著な中規模擾乱である熱帯不安定波が、赤道すぐ北の負の渦位勾配とさらにその北の正の渦位勾配に捕捉された二つの逆向き伝播するロスビー波が平均流による移流効果の下で結合したものとして理解できることを示した。さらに、熱帯不安定波のフロント部から高レベル波数の内部波が下向きに放射され、水温躍層以深の乱流混合に大きく寄与していることを発見した。

#### (3) 黒潮の大蛇行を引き起こす傾圧不安定の発達に膠州海山が果たす役割の解明

紀伊半島の南に位置する膠州海山は黒潮の非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移に重要な役割を果たすと指摘されてきた。膠州海山上で強化された傾圧不安定が上層のロスビー波と下層の海山捕捉波との結合によって生じていることを、線形安定性解析を通じて明らかにした。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Tanaka, Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae, 2010: Numerical study of  $K_1$  internal tides in the Kuril straits, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **115**, C09016, doi:10.1029/2009JC005903.

大規模循環場への重要性が指摘されながらもその強度が全く不明であったクリル海峡における潮汐混合を、高解像度の3次元数値モデルを用いて初めて定量的に評価した。さらに、その空間分布の特徴が、半日周潮汐でなく日周潮汐が卓越するという同海峡の特異性に起因することを示した。(引用回数40回(GS/Sept. 20, 2019))

2. Tanaka, Y., I. Yasuda, H. Hasumi, H. Tatebe, and S. Osafune, 2012: Effects of the 18.6-year modulation of tidal mixing on the North Pacific bidecadal climate variability in a coupled climate model, *Journal of Climate*, **25**, 7625–7642.

潮汐混合強度は月の軌道傾斜角と同期して18.6年周期で変動している。クリル海峡における潮汐混合の18.6年周期変動が北太平洋十年規模変動に類似した変動を引き起こし得ることを、大気海洋結合モデルを用いた数値実験によって示した。この結果は、潮汐18.6年周期変動を考慮することで気候変動予測を向上できる可能性を示唆する。(引用回数29回(GS/Sept. 20, 2019))

3. Tanaka, Y., I. Yasuda, S. Osafune, T. Tanaka, J. Nishioka, and Y. N. Volkov, 2014: Internal tides and turbulent mixing observed in the Bussol Strait, *Progress in Oceanography*, **126**, 98–108.

これまで数値シミュレーションのみによって予測されてきたクリル海峡内の海山に捕捉されて時計回りに伝播する日周期内部潮汐波の存在と、この捕捉波に伴う強い鉛直シアによって海底付近に強く限定された強乱流混合の実態を、海峡内の乱流直接観測によって始めて実証した。(引用回数6回(GS/Sept. 20, 2019))

4. Tanaka, Y., T. Hibiya, and H. Sasaki, 2015: Downward lee wave radiation from tropical instability waves in the central equatorial Pacific Ocean: A possible energy pathway to turbulent mixing, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **120**, 7137–7149, doi:10.1002/2015JC011017.

赤道太平洋で見られる顕著な中規模擾乱である熱帯不安定波が西方に伝播するにつれて、そのフロントから下向きに高水平波数の内部波が放射されることを発見した。このような小規模内部波の放射は、水温躍層以深の乱流混合を強化することで熱帯太平洋の海面水温や全球気候にも大きな影響を与える可能性がある。(引用回数6回(GS/Sept. 20, 2019))

5. Tanaka, Y., and T. Hibiya, 2017: Effects of Koshu Seamount on the development of baroclinic instability leading to the Kuroshio large meander, *Journal of Physical Oceanography*, **47**, 2563–2576, doi:10.1175/JPO-D-17-0050.1.

黒潮の非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移過程において重要であると考えられてきた紀伊半島の南に位置する膠州海山の力学的な役割を具体的に明らかにした。本論文の手法および結果は、黒潮以外の様々な海域における流れ-海底地形間の相互作用過程の理解にも応用可能であると考えている。(引用回数2回(GS/Sept. 20, 2019))

### 4. 受賞等

### 5. 研究の将来計画

これまで黒潮や赤道海流に代表される海洋中の強流帯で発生するメソスケール（およそ

数十キロ～千キロメートル)の現象に着目し、理論的・数値的手法によってその励起過程を明らかにしてきた。一方で近年、衛星観測や数値モデルの高解像度化に伴って、より小さなサブメソスケール(およそ一キロ～数十キロメートル)の現象が大きな注目を集めている。これは、サブメソスケール現象が海洋中のエネルギーカスケード過程の重要な担い手であることに加え、熱や運動量の水平・鉛直輸送を通じてより大きなスケールの現象にも強く影響を与えることが明らかになってきたためである。今後の研究では、安定性解析や高解像度の数値実験を通じて、このような海洋中のサブメソスケール現象の励起・伝播・散逸過程や、これらがより大きなスケールの現象に果たす役割を解明していきたい。

サブメソスケールの擾乱を励起する代表的な物理機構として、ともに強流帯で活発に働く対称不安定と非地衡流傾圧不安定があげられる。しかしながら、現場観測はおろか現実的な高解像度の数値シミュレーションにおいてさえ、具体的に対称不安定や非地衡流傾圧不安定から生じたと同定されるような擾乱は得られておらず、その存在は状況証拠から示されるのみに留まっている。これは、両不安定によって生じる擾乱が極めて小スケールであることに加え、これらの不安定現象への理解が未だ不十分で、現実海洋においてどのような特性(分散関係や偏波関係など)を持つのかが曖昧なままであるためと言える。

そこでまず、シンプルな状況からより現実的な状況まで徐々に複雑さを増しながら線形安定性解析を行い、特に波動間相互作用の観点からこれらの不安定現象のメカニズムを理解する。さらに、高解像度の数値実験によって、これらの不安定擾乱の非線形的な発達過程を詳細に調べる。最後に、サブメソスケール擾乱の活動が特に活発な黒潮域を対象とした現実的な状況における数値実験を行い、上記で明らかにされたサブメソスケール擾乱の発生・増幅機構を検証するとともに、これらの擾乱によって黒潮から散逸されるエネルギーを定量的に評価する。

従来の黒潮研究では、メソスケール以上とサブメソスケール以下の現象はほとんど独立に考察されてきた。「不安定機構」を接点として、上記のサブメソスケール擾乱をこれまでの研究で扱ってきたメソスケール擾乱と相互に比較しながら解析することで、黒潮を始めとする西岸境界流域で広く見られる中・小規模現象のシームレスな理解を目指す。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B), 深層熱塩循環を駆動するエネルギー供給源として海洋中規模渦が果たす役割の解明, 研究代表者, 2013–2015 年度, 総額 3,770,000 円.
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 南大洋における乱流ホットスポットの定量化とその深層海洋大循環モデルへの組み込み, 研究分担者, 2015–2017 年度, 総額 300,000 円.
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型), 鉛直混合の素過程の解明とその定式化, 研究分担者, 2015–2019 年度, 総額 500,000 円.
- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B), 太平洋の熱帯不安定波から放射される内部波による乱流混合の素過程解明とその影響評価, 研究代表者, 2017–2019 年度, 総額 4,160,000 円.
- ・ 九州大学応用力学研究所 一般共同研究, 黒潮大蛇行を引き起こす膠州海山における傾圧不安定の発達過程, 研究代表者, 2018 年度, 総額 100,000 円.

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Tanaka, Y., I. Yasuda, H. Hasumi, H. Tatebe, and S. Osafune, 2012: Effects of the 18.6-year modulation of tidal mixing on the North Pacific bidecadal climate variability in a coupled climate model, *Journal of Climate*, **25**, 7625–7642.
2. Tanaka, T., I. Yasuda, Y. Tanaka, and G. S. Carter, 2013: Numerical study on tidal mixing along the shelf break in the Green Belt in the southeastern Bering Sea, *Journal of Geophysical*

*Research-Oceans*, **118**, 6525–6542.

3. Tanaka, Y., I. Yasuda, S. Osafune, T. Tanaka, J. Nishioka, and Y. N. Volkov, 2014: Internal tides and turbulent mixing observed in the Bussol Strait, *Progress in Oceanography*, **126**, 98–108.
4. Itoh, S., Y. Tanaka, S. Osafune, I. Yasuda, M. Yagi, H. Kaneko, S. Konda, J. Nishioka, and Y. N. Volkov, 2014: Direct breaking of large-amplitude internal waves in the Urup Strait, *Progress in Oceanography*, **126**, 109–120.
5. Yagi, M., I. Yasuda, T. Tanaka, Y. Tanaka, K. Ono, K. I. Ohshima, and K. Katsumata, 2014: Re-evaluation of turbulent mixing vertical structure in the Bussol' Strait and its impact on water-masses in the Okhotsk Sea and the North Pacific, *Progress in Oceanography*, **126**, 121–134.
6. Tanaka, Y., T. Hibiya, and H. Sasaki, 2015: Downward lee wave radiation from tropical instability waves in the central equatorial Pacific Ocean: A possible energy pathway to turbulent mixing, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **120**, 7137–7149, doi:10.1002/2015JC011017.
7. Nishina, A., H. Nakamura, J.-H. Park, D. Hasegawa, Y. Tanaka, S. Seo, and T. Hibiya, 2016: Deep ventilation in the Okinawa Trough induced by Kerama Gap overflow, *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **121**, 6092–6102, doi:10.1002/2016JC011822.
8. Tanaka, Y., and T. Hibiya, 2017: Effects of Kosshu Seamount on the development of baroclinic instability leading to the Kuroshio large meander, *Journal of Physical Oceanography*, **47**, 2563–2576, doi:10.1175/JPO-D-17-0050.1.
9. Tatebe, H., Y. Tanaka, Y. Komuro, and H. Hasumi, 2018: Impact of deep ocean mixing on the climatic mean state in the Southern Ocean, *Scientific Reports*, **8**:14479, doi:10.1038/s41598-018-32768-6.
10. Yang, W., T. Hibiya, Y. Tanaka, L. Zhao, and H. Wei, 2018: Modification of parametric subharmonic instability in the presence of background geostrophic currents, *Geophysical Research Letters*, **45**, 12957–12962, doi:10.1029/2018GL080183.

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 長船哲史, 八木雅宏, 伊藤幸彦, 田中祐希, 金子仁, 近田俊輔, 安田一郎, Yuri N. Volkov, 2012: 北東部千島列島海域における水塊・流速観測, 月刊海洋, **44**(7), 392–402.
2. 伊藤幸彦, 安田一郎, 八木雅宏, 長船哲史, 金子仁, 西岡純, 中塚武, Yuri N. Volkov, 田中祐希, 近田俊輔, 2012: ウルップ海峡の乱流強度と水塊形成への影響, 月刊海洋, **44**(8), 432–440.
3. 田中祐希, 安田一郎, 羽角博康, 建部洋晶, 長船哲史, 2012: 潮汐混合の 18.6 年周期変動が北太平洋の 20 年規模気候変動に及ぼす影響: 大気海洋結合モデルを用いた数値実験, 月刊海洋, **44**(8), 452–459.
4. 日比谷紀之, 田中祐希, 永井平, 伊地知敬, 高木智章, 2013: 我が国初のマルチスケール・プロファイラーを用いた深海乱流への挑戦, 月刊海洋, **45**(1), 57–63.
5. 長船哲史, 田中祐希, 2018: 潮汐 18.6 年振動に伴う鉛直混合変動と海洋 20 年変動, 海の研究, **27**(1), 19–30.

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

### □. 教育

## 9. 教育における特筆すべき実績

### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 II, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学演習, 2016 年度
- ・ 教養学部 地球惑星科学入門, 2016, 2018 年度
- ・ 教養学部 海研究のフロンティア, 2018 年度
- ・ 東京海洋大学海洋工学部 物理学, 2017 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

## 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ Asia Oceania Geoscience Society, Ocean Science Section, Section Secretary, 2013–2014
- ・ 日本海洋学会 2016 年度秋季大会，セッション「海洋力学全般」，代表コンビーナー
- ・ 日本海洋学会 2017 年度秋季大会，セッション「海洋乱流のメカニズムはどこまで解明されたか」，共同コンビーナー
- ・ 日本海洋学会 2018 年度秋季大会，セッション「黒潮に起因する中・小規模現象の力学」，代表コンビーナー
- ・ 日本地球惑星科学連合 2017 年大会，セッション「海洋物理学」，共同コンビーナー
- ・ 日本地球惑星科学連合 2018 年大会，セッション「海洋と大気の波動・渦・循環力学」，共同コンビーナー

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ プレスリリース「潮の満ち引きと気候を繋ぐメカニズムをシミュレーションで解明 一月の引力が地球温暖化までも左右する？」，2018/10/12
- ・ 田中祐希，黒潮大蛇行：巨大海流の不思議な現象，東京大学理学部オープンキャンパス，2018/08/02
- ・ 田中祐希，日比谷紀之，黒潮大蛇行：そのメカニズムと影響，第 13 回東京大学の海研究シンポジウム，2018/10/30

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 図書委員会, 委員, 2012～2013, 2016 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会, 委員, 2014～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科 オープンキャンパス実行委員会, 委員, 2015～2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：2名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名

# 宇宙惑星科学講座



# 杉田 精司

## I. 略歴

氏名： 杉田 精司 (すぎた せいじ)

年齢： 52 歳

現職： 教授

### 学歴

1986 年 3 月 静岡県立浜松北等学校卒業  
1990 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業  
1992 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
1998 年 9 月 ブラウン大学地球科学専攻博士課程修了 (博士最終試験合格)  
1999 年 5 月 Ph.D. (ブラウン大学)

### 職歴

1998 年 10 月 ブラウン大学地球科学科ポストドク 研究員  
1999 年 2 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻 助手  
1999 年 3 月 アメリカ航空宇宙局エイムズ研究センター招聘研究員 (2000 年 6 月まで)  
2004 年 1 月 東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻 准教授  
2009 年 6 月 東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻 教授  
2014 年 10 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

室内実験と惑星探査を主たる手法として地球を含む固体惑星に関する研究を行ってきた。

室内実験からは、惑星間的高速衝突現象の物理化学過程解明について幾つかの主要な研究成果を得た。一つは、レーザー銃と質量分析装置を用いた清浄な環境下における高速衝突で生じる化学反応過程の解明である。具体的には、中生代末期のユカタン半島への巨大隕石衝突による亜硫酸ガス発生と急速な硫酸エアロゾルの生成が起きることを実験的に明らかにし、それが海洋表層水の過渡的な強酸化につながることを示した。これは、長年の謎であった酸耐性が弱い海洋生物ほど絶滅率が高いという古生物学的証拠を整合的に説明できる初めての結果であった。同様に、アンモニア氷へのレーザー銃衝突実験により、土星の衛星タイタンへの衝突速度 (~4km/s) でアンモニア氷が窒素分子に分解することを見いだした。これはカッシーニ探査機が発見した  $^{36}\text{Ar}$  (彗星など低温氷や原始太陽系星雲ガスに富む) をほとんど持たない大気を持つにもかかわらず、固体部分は大規模分化していない (火山ガスの噴出は限定的) ことを示す高い慣性能率比との矛盾を解く説明として重要な意義を持つ。

惑星探査で得た主要な成果は、「はやぶさ 2」に関するものである。2011 年に「はやぶさ 2」の可視分光カメラ理学責任者になって以来、それまでの研究を休止して、装置開発と運用に当たってきた。2018 年の小惑星リュウグウ到着以来、全球観測、低高度からの近接観測、タッチダウン運

用において撮像観測を行った。最大の成果は「はやぶさ2」のタッチダウン運用に必要な画像データを取得したことで、今後の小天体科学発展に資する重要な分光画像データを得たことである。しかし、初期結果を *Science* 誌の「はやぶさ2」特集号発行という見えやすい形にまとめて、データの価値の高さを示したことも重要な成果であった。その一例は、小惑星リュウグウの母天体の特性を解明したことで母天体からリュウグウへの進化の全体像を提唱したことである。小惑星リュウグウやベヌー（NASA の OSIRIS-REx の探査対象小惑星）のような 1km 程度の小惑星は、太陽系初期に形成した大きな母天体の衝突破壊で数億年程度の最近に産まれたと推定されている。はやぶさ2 が得るリュウグウ試料の分析結果を広汎な太陽系初期進化に結びつけるには、リュウグウの母天体の理解が不可欠である。我々の研究は、リュウグウの母天体の母天体候補が、小惑星帯の太陽に近い位置（内帯）にある直径数十 km の中型の小惑星2つ（ポラナとオイラリア）に絞られることを示した。さらに、地球で得られていない未知の物質の可能性を別にすれば、リュウグウの表面物質の色は、部分的な加熱脱水を経た炭素質コンドライトと最もよく合うことと、リュウグウ表面の個々の岩塊の色が母天体内の異なる加熱脱水条件で形成した物質の混合で説明できることも明らかにした。実は、ポラナとオイラリアは含水鉱物や炭素を含む破片を地球に最も多く供給している天体であるため、本研究の結果は、小惑星帯から地球が受け取ってきた水や炭素の量を母天体内での加熱脱水反応の軽重が決められている可能性を示唆するものである。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, E. Tatsumi, M. Yamada, C. Honda, Y. Yokota, T. Kouyama, N. Sakatani, K. Ogawa, H. Suzuki, T. Okada, N. Namiki, S. Tanaka, Y. Iijima, K. Yoshioka, M. Hayakawa, Y. Cho, M. Matsuoka, N. Hirata, N. Hirata, H. Miyamoto, D. Domingue, M. Hirabayashi, T. Nakamura, T. Hiroi, T. Michikami, P. Michel, R. Ballouz, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, S. E. Schröder, H. Kikuchi, R. Hemmi, G. Komatsu, T. Fukuhara, M. Taguchi, T. Arai, H. Senshu, H. Demura, Y. Ogawa, Y. Shimaki, T. Sekiguchi, T. G. Müller, A. Hagermann, T. Mizuno, H. Noda, K. Matsumoto, R. Yamada, Y. Ishihara, H. Ikeda, H. Araki, K. Yamamoto, S. Abe, F. Yoshida, A. Higuchi, S. Sasaki, S. Oshigami, S. Tsuruta, K. Asari, S. Tazawa, M. Shizugami, J. Kimura, T. Otsubo, H. Yabuta, S. Hasegawa, M. Ishiguro, S. Tachibana, E. Palmer, R. Gaskell, L. Le Corre, R. Jaumann, K. Otto, N. Schmitz, P. A. Abell, M. A. Barucci, M. E. Zolensky, F. Vilas, F. Thuillet, C. Sugimoto, N. Takaki, Y. Suzuki, H. Kamiyoshihara, M. Okada, K. Nagata, M. Fujimoto, M. Yoshikawa, Y. Yamamoto, K. Shirai, R. Noguchi, N. Ogawa, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, Y. Ohki, Y. Takao, H. Takeuchi, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, C. Hirose, S. Nakazawa, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, T. Iwata, M. Abe, H. Yano, R. Tsukizaki, M. Ozaki, K. Nishiyama, T. Saiki, S. Watanabe, Y. Tsuda (2019), The geomorphology, color, and thermal properties of Ryugu: Implications for parent-body processes, *Science*, 364, eaaw0422 1-11. doi: 10.1126/science.aaw0422. (2019/3/21 出版)

小惑星リュウグウのような 1km 程度の小惑星は、太陽系初期に形成した大きな母天体の衝突破壊で産まれたと考えられている。本論文では、母天体からリュウグウへの進化の全体像を提唱した。リュウグウの母天体の母天体候補が、ポラナ（直径 55km）とオイラリア（直径 39km）と呼ばれる小惑星帯の小惑星に絞られることを示した上で、地球で得られていない未知の物質の可能性を別にすれば、リュウグウの表面物質の色は、部分的な加熱脱水を経た炭素質コンドライトと最もよく合うことと、リュウグウ表面の個々の岩塊の色が母天体内の異なる加熱脱水条件で形成した物質の混合で説明できることを明らかにした。ポラナとオイラリアは、含水鉱物や炭素を含む破片を地球に最も多く供給している天体である。したがって、本研究の結果は、小惑星帯から地球が受け取ってきた水や炭素の量を母天体内での加熱脱水反応の軽重が決められている可能性を示唆するものであり、重要である。引用回数 27 回(GS/Oct. 1, 2019)

2. Tatsumi, E. and S. Sugita (2018), Cratering efficiency on coarse-grain targets: implications for the dynamical evolution of asteroid 25143 Itokawa, *Icarus*, 300, 227-248, doi: 10.1016/j.icarus.2017.09.004.

アポロ探査以来、クレーター形成の研究は標的の構成粒子（岩塊や砂粒）が衝突天体より何桁も小さい条件において展開されてきた。これは、月や火星のように大きな天体においては全く妥当な条件であった。しかし、太陽系初期進化の解明に重要な役割を果たす小天体においては、この条件は成り立たない。小惑星イトカワのように大きな岩塊に覆われた天体に見られるクレーターの直径は、岩塊と同じオーダーである。そこで、本研究では、はやぶさ2探査機による小惑星リュウグウの観測を見据え、標的の構成岩石と衝突天体が同じオーダーの条件での衝突実験を実施した。その結果から、構成岩石の破壊に必要なエネルギーと衝突エネルギーの比率を含む項を、従来のクレータースケーリング則に付与することによって、衝突天体と同等の大きさの岩塊に覆われる惑星表面でも成立するクレータースケール則を導出することに成功した。引用回数 9 回 (GS/Oct. 1, 2019)

3. Ohno, S. T. Kadono, K. Kurosawa, T. Hamura, T. Sakaiya, K. Shigemori, Y. Hironaka, T. Sano, T. Watari, K. Otani, T. Matsui and S. Sugita (2014), Production of sulphate-rich vapour during the Chicxulub impact and implications for ocean acidification, *Nature Geoscience*, 7, 279–282, doi:10.1038/ngeo2095

レーザー銃を用いた清浄な環境下における高速衝突で生じる化学反応過程の解明を行った。具体的には、中生代末期のユカタン半島への巨大隕石衝突による亜硫酸ガス発生と急速な硫酸エアロゾルの生成が起きることを実験的に明らかにし、それが海洋表層水の過渡的な強酸化につながることを示した。これは、長年の謎であった酸耐性が強い海洋生物ほど絶滅率が低いという古生物学的証拠を統合的に説明できる初めての結果であった。引用回数 33 回(GS/Oct. 1, 2019)

4. Sugita, S., and P. H. Schultz, Efficient cyanide formation due to impacts of carbonaceous bodies on a planet with a nitrogen-rich atmosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L20204, doi:10.1029/2009GL040252, 2009. Editor Highlights

アメリカ航空宇宙局のエイムズ研究センターの垂直衝突銃を用いて超高速衝突実験を行った。弾丸と標的には窒素を含まない炭化水素の樹脂を用いて、多様な窒素分圧のモデル大気中で 5~6 km/s の衝突を起こした。この実験では、薄い膜状の標的を用いることによって高速衝突で生じた弾丸の破片が衝突下流側に飛散できるデザインとした。それにより、4~5km/s という超高速の炭化水素破片が大気と空力混合する条件を創り出した。実験の結果は、空力加熱で生じた高温蒸気中で、大気中の窒素と弾丸破片中の炭素が化学反応して大量のシアニ基が生成することを示していた。シアニ基はシアニ化水素の生成に繋がらうラジカルであり、無生物期の初期地球における有機物合成において重要な役割を果たした可能性がある。引用回数 13 回(GS/Oct. 1, 2019)

5. Sugita, S., T. Ootsubo, T. Kadono, M. Honda, S. Sako, T. Miyata, Sakon, T. Yamashita, H. Kawakita, H. Fujiwara, T. Fujiyoshi, N. Takato, T. Fuse, J. Watanabe, R. Furusho, S. Hasegawa, T. Kasuga, T. Sekiguchi, D. Kinoshita, K. J. Meech, D. H. Wooden, W. H. Ip, M. F. A'Hearn (2005), Subaru Telescope Observations of Deep Impact, *Science*, 310, 274-278. (Also published in *Science Express*)

アメリカ航空宇宙局の探査機 Deep Impact の彗星衝突を国立天文台のすばる望遠鏡の中間赤外観測装置 COMIC を用いて撮像・分光の両モードで観測した。この観測からは、衝突によって放出されたダストの大半が人工衝突加熱の影響を受けていない初生的物質であることを示した。これは、複数の望遠鏡が発見した高温ケイ酸塩粒子がカイパーベルト由来の彗星内部に含まれていることを意味し、原始太陽系における大規模な物質循環を示唆するものであった。この観測結果は、翌年の Stardust の試料分析でも確かめられ、激しい物質循環を伴う原始太陽系星雲の描像が確定的となった。引用回数 87 回(GS/Oct. 1, 2019)

#### 4. 受賞等

## 5. 研究の将来計画

惑星科学分野において、惑星の起源と生命材料物質の供給過程の解明を目指す。その際、惑星探査データ解析および探査機搭載測器開発を両輪として観測的研究を進める。これには、原始太陽系星雲から大惑星形成に至る太陽系内の物質輸送過程の解明と惑星表面に至った後の物質の変成過程の解明が含まれる。現在の惑星形成論は、20世紀中盤に確立した静的な描像に基づく理論モデルに対して系外惑星観測と小天体観測の両面から深刻な疑問が提示され、惑星の太陽から距離の大きな移動（惑星大移動）が許容される動的な描像に急速に移行した。そこでは、惑星形成に関する新理論が次々と提案される非常に魅力的な状況が生まれている。しかし、惑星大移動の許容は、惑星形成理論の最大の制約条件を取り払ってしまったため、信用できる理論が不在とも言える状態にもなっている。この状態を打破するため、国内外の宇宙機関や大学と連携して太陽系の小天体探査を推し進め、太陽系内の物質移動に関する観測的制約を得ることを目指す。並行して、物質移動の証拠探査の過程において、惑星における物質の変成過程を研究し、水や有機物など生命の材料となる物質の振る舞いを理解し、惑星における生命起源の可能性を探る。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究，スパースモデリングが拓く太陽系博物学：ハヤブサ後の小惑星探査戦略の創出，研究分担者，2012～2017年度，総額 126,750,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A)，超小型火星探査機用 Ne 計測装置の基礎開発，研究代表者，2017～2019年度，総額 34,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A)，惑星表面その場年代計測装置の開発，研究代表者，2014～2016年度，総額 32,100,000 円
- ・ 日本学術振興会 先端的拠点形成事業「国際惑星科学ネットワーク」代表者 2016～2020年度

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, E. Tatsumi, M. Yamada, C. Honda, Y. Yokota, T. Kouyama, N. Sakatani, K. Ogawa, H. Suzuki, T. Okada, N. Namiki, S. Tanaka, Y. Iijima, K. Yoshioka, M. Hayakawa, Y. Cho, M. Matsuoka, N. Hirata, N. Hirata, H. Miyamoto, D. Domingue, M. Hirabayashi, T. Nakamura, T. Hiroi, T. Michikami, P. Michel, R. Ballouz, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, S. E. Schröder, H. Kikuchi, R. Hemmi, G. Komatsu, T. Fukuhara, M. Taguchi, T. Arai, H. Senshu, H. Demura, Y. Ogawa, Y. Shimaki, T. Sekiguchi, T. G. Müller, A. Hagermann, T. Mizuno, H. Noda, K. Matsumoto, R. Yamada, Y. Ishihara, H. Ikeda, H. Araki, K. Yamamoto, S. Abe, F. Yoshida, A. Higuchi, S. Sasaki, S. Oshigami, S. Tsuruta, K. Asari, S. Tazawa, M. Shizugami, J. Kimura, T. Otsubo, H. Yabuta, S. Hasegawa, M. Ishiguro, S. Tachibana, E. Palmer, R. Gaskell, L. Le Corre, R. Jaumann, K. Otto, N. Schmitz, P. A. Abell, M. A. Barucci, M. E. Zolensky, F. Vilas, F. Thuillet, C. Sugimoto, N. Takaki, Y. Suzuki, H. Kamiyoshihara, M. Okada, K. Nagata, M. Fujimoto, M. Yoshikawa, Y. Yamamoto, K. Shirai, R. Noguchi, N. Ogawa, F. Terui, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, Y. Ohki, Y. Takao, H. Takeuchi, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, C. Hirose, S. Nakazawa, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, T. Iwata, M. Abe, H. Yano, R. Tsukizaki, M. Ozaki, K. Nishiyama, T. Saiki, S. Watanabe, Y. Tsuda (2019), The geomorphology, color, and thermal properties of Ryugu: Implications for parent-body processes, *Science*, 364, eaaw0422 1-11. doi: 10.1126/science.aaw0422.
2. Kitazato, K., R. E. Milliken, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, T. Arai, Y. Nakauchi, T. Nakamura, M. Matsuoka, H. Senshu, N. Hirata, T. Hiroi, C. Pilorget, R. Brunetto, F. Poulet, L. Riu, J.-P. Bibring, D. Takir, D. L. Domingue, F. Vilas, M. A. Barucci, D. Perna, E. Palomba, A. Galiano, K. Tsumura, T. Osawa, M. Komatsu, A. Nakato, T. Arai, N. Takato, T. Matsunaga, Y. Takagi, K.

- Matsumoto, T. Kouyama, Y. Yokota, E. Tatsumi, N. Sakatani, Y. Yamamoto, T. Okada, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, C. Honda, M. Yamada, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, K. Ogawa, Y. Cho, K. Shirai, Y. Shimaki, N. Hirata, A. Yamaguchi, N. Ogawa, F. Terui, T. Yamaguchi, Y. Takei, T. Saiki, S. Nakazawa, S. Tanaka, M. Yoshikawa, S. Watanabe, Y. Tsuda (2019), The surface composition of asteroid 162173 Ryugu from Hayabusa2 near-infrared spectroscopy, *Science*, *364*, 272-275. Doi: 10.1126/science/aav7432
3. Watanabe, S., M. Hirabayashi, N. Hirata, N. Hirata, R. Noguchi, Y. Shimaki, H. Ikeda, E. Tatsumi, M. Yoshikawa, S. Kikuchi, H. Yabuta, T. Nakamura, S. Tachibana, Y. Ishihara, T. Morota, K. Kitazato, N. Sakatani, K. Matsumoto, K. Wada, H. Senshu, C. Honda, T. Michikami, H. Takeuchi, T. Kouyama, R. Honda, S. Kameda, T. Fuse, H. Miyamoto, G. Komatsu, S. Sugita, T. Okada, N. Namiki, M. Arakawa, M. Ishiguro, M. Abe, R. Gaskell, E. Palmer, O. S. Barnouin, P. Michel, A. S. French, J. W. McMahon, D. J. Scheeres, P. A. Abell, Y. Yamamoto, S. Tanaka, K. Shirai, M. Matsuoka, M. Yamada, Y. Yokota, H. Suzuki, K. Yoshioka, Y. Cho, S. Tanaka, N. Nishikawa, T. Sugiyama, H. Kikuchi, R. Hemmi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, C. Hirose, T. Iwata, M. Hayakawa, S. Hosoda, O. Mori, H. Sawada, T. Shimada, S. Soldini, H. Yano, R. Tsukizaki, M. Ozaki, Y. Iijima, K. Ogawa, M. Fujimoto, T.-M. Ho, A. Moussi, R. Jaumann, J.-P. Bibring, C. Krause, F. Terui, T. Saiki, S. Nakazawa, Y. Tsuda (2019), Hayabusa2 arrives at the carbonaceous asteroid 162173 Ryugu — a spinning-top-shaped rubble pile, *Science*, *364*, 268-272. Doi: 10.1126/science/aav 8032
  4. Barnouin, O.S., M.G.Daly, E.E.Palmer, R.W.Gaskell, J.R.Weirich, C.L.Johnson, M.M.Al Asad, J. H. Roberts, M. E. Perry, H. C. M. Susorney, R. T. Daly, E. B. Bierhaus, J. A. Seabrook , R. C. Espiritu, A. H. Nair , L. Nguyen, G. A. Neumann, C. M. Ernst, W. V. Boynton, M. C. Nolan, C. D. Adam, M. C. Moreau, B. Rizk, C. Y. Drouet D'Aubigny, E. R. Jawin, K. J. Walsh, P. Michel, S. R. Schwartz, R.-L. Ballouz, E. M. Mazarico, D. J. Scheeres , J. W. McMahon, W.F.Bottke, S. Sugita, N.Hirata, N.Hirata, S.-i.Watanabe, K.N.Burke, D.N.DellaGiustina, C. A. Bennett, D. S. Lauretta and The OSIRIS-REx Team (2019) Shape of (101955) Bennu indicative of a rubble pile with internal stiffness, *Nature*, *12*, 247–252, doi: 10/1038/s41561-019-0330-x
  5. Tatsumi, E., T. Kouyama, H. Suzuki, M. Yamada, N. Sakatani, S. Kameda, Y. Yokota, R. Honda, T. Morota, K. Moroi, N. Tanabe, H. Kamiyoshihara, M. Ishida, K. Yoshioka, H. Sato, C. Honda, M. Hayakawa, K. Kitasato, H. Sawada, S. Sugita (2019), Updated inflight calibration of Hayabusa2's Optical Navigation Camera (ONC) for scientific observations during the cruise phase. *Icarus*, *325*, 153–195.
  6. Hong, P., Y. Sekine, T. Sasamori, S. Sugita (2018), Experimental study of heterogeneous organic chemistry induced by far ultraviolet light: Implications for growth of organic aerosols by CH<sub>3</sub> addition in the atmospheres of Titan and early Earth, *Icarus*, *307*, 25-39.
  7. Thuillet, F., P. Michel, C. Maurel, R.-L. Ballouz, Y. Zhang, D. C. Richardson, and J. Biele, E. Tatsumi, and S. Sugita (2018), Numerical modeling of lander interaction with a low-gravity asteroid regolith surface Application to MASCOT onboard Hayabusa2, *Astron. Astrophys.*, *615*, A41, p.16jn.
  8. Tatsumi, E., D. Domingue, N. Hirata, K. Kitazato, F. Vilas, S. Lederer, P. R. Weissmann, S. C. Lowry, and S. Sugita (2018), Vis-NIR Disk-integrated Photometry of Asteroid 25143 Itokawa Around Opposition by AMICA/Hayabusa, *Icarus*, *311*, 175-196. doi: 10.16/j.icarus.2018.2018.04.001
  9. Le Corre, J. A. Sanchez, L. V. Reddy, D. Takir, E. Cloutis, A. Thirouin, K. Becker, J.-Y. Li<sup>1</sup>, S. Sugita, E. Tatsumi (2018), Ground-based Characterization of Hayabusa2 Mission Target Asteroid 162173 Ryugu: Constraining Mineralogical Composition in Preparation for S/C Operations, *MNRAS*, *475*, 614-623.
  10. Kuwahara, H., H. Gotou, T. Shinmei, N. Ogawa, A. Yamaguchi, N. Takahata, Y. Sano, T. Yagi, S. Sugita (2018), High pressure experiments on metal-silicate partitioning of chlorine in a magma ocean: Implications for terrestrial chlorine depletion, *Geochim. Gchiphys. Geosys.*, *8*, 1-7, doi: 10.1002/2017GC007159.
  11. Tatsumi, E. and S. Sugita (2018), Cratering efficiency on coarse-grain targets: implications for the dynamical evolution of asteroid 25143 Itokawa, *Icarus*, *300*, 227-248, doi: 10.1016/j.icarus.2017.09.004.

12. Suzuki, H., M. Yamada, K. Kameda, T. Kouyama, E. Tatsumi, R. Honda, H. Sawada, N. Ogawa, T. Morota, C. Honda, N. Sakatani, M. Hayakawa, Y. Yokota, Y. Yukio, and S. Sugita (2018), Initial inflight calibration for Hayabusa2 optical navigation camera (ONC) for science observations of asteroid Ryugu, *Icarus*, *300*, 341-359, DOI 10.1016/j.icarus.2017.09.011.
13. Koga, S. C., S. Sugita, S. Kamata, M. Ishiguro, T. Hiroi, E. Tatsumi, S. Sasaki (2018), Spectral decomposition of asteroid Itokawa based on principal component analysis, *Icarus*, *299*, 386–395, doi: 10.1016/j.icarus.2017.08.016.
14. Kameda, S., S. Ikezawa, M. Sato, M. Kuwabara, N. Osada, G. Murakami, K. Yoshioka, I. Yoshikawa, M. Taguchi, R. Funase, S. Sugita, Y. Miyoshi, M. Fujimoto (2017), Ecliptic north-south symmetry of hydrogen geocorona: hydrogen geocorona. *Geophys. Res. Lett.*, 10.1002/2017GL075915.
15. Cho, Y., S. Kameda, M. Okuno, M. Horiuchi, K. Shibasaki, R. Wagatsuma, Y. Aida, Y. N. Miura, K. Yoshioka, R. Okazaki, S. and Sugita (2017), Experimental characterization of elastomeric O-rings as reusable seals for mass spectrometric measurements: application to in situ K–Ar dating on Mars. *Adv. Sp. Res.*, *60*, 1453-1462. DOI: 10.1016/j.asr.2017.07.002
16. Cho, Y., M. Horiuchi, K. Shibasaki, S. Kameda and S. Sugita (2017), Quantitative Potassium Measurements with Laser-Induced Breakdown Spectroscopy Using Low-Energy Lasers: Application to In Situ K–Ar Geochronology for Planetary Exploration, *Appl. Spectroscopy*, DOI: 10.1177/0003702817701941.
17. Jaumann, R., N. Schmitz, A. Koncz, H. Michaelis, S.E. Schroeder, S. Mottola, F. Trauthan, H. Hoffmann, T. Roatsch, D. Jobs, J. Kachlicki, B. Pforte, R. Terzer, M. Tschentscher, S. Weisse, U. Mueller, L. Perez-Prieto, B. Broll, A. Kruselburger, T.-M. Ho, J. Biele, S. Ulamec, C. Krause, M. Grott, J.-P. Bibring, S. Watanabe, S. Sugita, T. Okada, M. Yoshikawa, H. Yabuta (2017), The Camera of the MASCOT Asteroid Lander on Board Hayabusa 2, *Space Sci. Rev.* *208*, 375-400, DOI 10.1007/s11214-016-0263-2.
18. Cho, Y., S. Kameda, Y. N. Miura, Y. Saito, S. Yokota, S. Kasahara, R. Okazaki, K. Yoshioka, K. Shibasaki, T. Oishi, and S. Sugita (2016). Conceptual Design of an In Situ K–Ar Isochron Dating Instrument for Future Mars Rover Missions, *Trans. Jpn. Soc. Aeronaut. Sp. Sci.*, *14*, 89 – 94, doi:10.2322/tastj.14.Pk\_89.
19. Sekine, T., N. Ozaki, K. Miyanishi, Y. Asaumi, T. Kimura, B. Albertazzi, Y. Sato, Y. Sakawa, T. Sano, S. Sugita, T. Matsui, R. Kodama (2016), Shock compression response of forsterite above 250 GPa, *Science Advances*, *2*, e1600157, DOI: 10.1126/sciadv.1600157.
20. Cho, Y., S. Sugita, Y. N. Miura, R. Okazaki, N. Iwata, T. Morota, and S. Kameda (2016), An in-situ K–Ar isochron dating method for planetary landers using a spot-by-spot laser-ablation technique. *Planet. Sp. Sci.*, *128*, 14-29. DOI: 10.1016/j.pss.2016.05.004.
21. Hong, P. K., H. Miyamoto, T. Niihara, S. Sugita, K. Nagata, J. M. Dohm, M. Okada (2016), Deconvolution of reflectance spectra of synthetic clinopyroxene using the exchange Monte Carlo method, *J. Geol. Geophys.*, *5*, 243, pp. 1-15, DOI:10.4172/2381-8719.1000243.
22. Miyamoto, H., T. Niihara, T. Kuritani, P. K. Hong, J. M. Dohm, and S. Sugita (2016), Cluster analysis on the bulk elemental compositions of Antarctic stony meteorites, *Meteo. Planet. Sci.*, *51*, 906-919, doi: 10.1111/maps.12634.
23. Kameda, S., H. Suzuki, T. Takamatsu, Y. Cho, T. Yasuda, M. Yamada, H. Sawada, R. Honda, T. Morota, C. Honda, M. Sato, K. Shibasaki, S. Ikezawa, S. Sugita (2016), Preflight calibration test results for optical navigation camera telescope (ONC-T) onboard the *Hayabusa2* spacecraft, *Space Sci. Rev.*, *208*, 17–31, DOI: 10.1007/s11214-015-0227-y.
24. Kameda, S., H. Suzuki, Y. Cho, S. Koga, M. Yamada, T. Nakamura, T. Hiroi, H. Sawada, R. Honda, T. Morota, C. Honda, A. Takei, K. Takamatsu, Y. Okumura, M. Sato, T. Yasuda, K. Shibasaki, S. Ikezawa, S. Sugita (2015) Detectability of hydrous minerals using ONC-T camera onboard the Hayabusa-2 spacecraft. *Adv. Space Res.* *56*, 1519-1524. DOI: 10.1016/j.asr.2015.06.037
25. Kurosawa, K. Y. Nagaoka, H. Senshu, K. Wada, S. Hasegawa, S. Sugita, and T. Matsui (2015), Dynamics of hypervelocity jetting during oblique impacts of spherical projectiles investigated via

- ultrafast imaging, *J. Geophys. Res.*, *120*, 1237–1251. DOI: 10.1002/2014JE004730
26. Kuwahara, H. and S. Sugita (2015), Chemical composition diversity among early terrestrial atmospheres generated by impacts, *Icarus*, *257*, 290-301. DOI: 10.1016/j.icarus.2015.05.007
  27. Cho, Y., S. Sugita, S. Kameda, Y. N. Miura, K. Ishibashi, S. Ohno, S. Kamata, T. Arai, T. Morota, N. Namiki, and T. Matsui (2015), High-precision potassium measurements using laser-induced breakdown spectroscopy under high vacuum conditions for in situ K–Ar dating of planetary surfaces, *Spectrochim. Acta Part B*, *106*, 28-35.
  28. Kamata, S., S. Sugita, Y. Abe, Y. Ishihara, Y. Harada, T. Morota, N. Namiki, T. Iwata, H. Hanada, H. Araki, K. Matsumoto, E. Tajika, K. Kuramoto, and F. Nimmo (2015), The relative timing of Lunar Magma Ocean solidification and the Late Heavy Bombardment inferred from highly degraded impact basin structures, *Icarus*, *250*, 492–503. DOI: 10.1016/j.icarus.2014.12.025
  29. Kadono, T., A.I. Suzuki, K. Wada, N.K. Mitani, S. Yamamoto, M. Arakawa, S. Sugita, J. Haruyama, A.M. Nakamura (2015), Crater-ray formation by impact-induced ejecta particles, *Icarus*, *250*, 215-221. DOI: 10.1016/j.icarus.2014.11.030
  30. Kuroda, D., M. Ishiguro, N. Takato, S. Hasegawa, M. Abe, Y. Tsuda, S. Sugita, F. Usui, T. Hattori, I. Iwata, M. Imanishi, H. Terada, Y. J. Choi, S. Watanabe, M. Yoshikawa, (2014), Visible-wavelength spectroscopy of subkilometer-sized near-Earth asteroids with a low delta-v, *Pub. Astron. Soc. Jpn.*, *66*, 51 (pp.1-10).
  31. Tachibana, S., M. Abe, M. Arakawa, M. Fujimoro, Y. Iijima, M. Ishiguro, K. Kitazato, N. Koyayashi, N. Namiki, T. Okada, R. Okazaki, H. Sawada, S. Sugita, Y. Takano, S. Tanaka, S. Watanabe, M. Yoshikawa, H. Kuninaka, Hayabusa2 Project Team (2014), Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from C-type near-Earth asteroid (162173) 1999 JU<sub>3</sub>, *Geochem. J.*, *48*, 571-587.
  32. Sekine, Y., H. Genda, Y. Muto, S. Sugita, T. Kadono, T. Matsui (2014), Impact chemistry of methanol: Implications for volatile evolution on icy satellites and dwarf planets, and cometary delivery to the Moon, *Icarus*, *243*, 39-47, doi: 10.1016/j.icarus.2014.08.034.
  33. Ohno, S., K. Ishibashi, T. Sekine, K. Kurosawa, T. Kobayashi, S. Sugita, and T. Matsui (2014), Gas recovery experiments to determine the degree of shock-induced devolatilization of calcite, *J. Phys.: Conf. Ser.*, *500*, Part 6, 062001.
  34. Ohno, S. T. Kadono, K. Kurosawa, T. Hamura, T. Sakaiya, K. Shigemori, Y. Hironaka, T. Sano, T. Watari, K. Otani, T. Matsui and S. Sugita (2014), Production of sulphate-rich vapour during the Chicxulub impact and implications for ocean acidification, *Nature Geoscience*, *7*, 279–282, doi:10.1038/ngeo2095
  35. Kurosawa, K., S. Sugita, K. Ishibashi, S. Hasegawa, Y. Sekineb, N. O. Ogawa, T. Kadonoe, S. Ohno, N. Ohkouchi, Y. Nagaoka, and T. Matsui (2013), Hydrogen cyanide production due to mid-size impacts in a redox-neutral N<sub>2</sub>-rich atmosphere, *Origin Evol. Life Biosph.*, *43*, 221-245, DOI: 10.1007/s11084-013-9339-0
  36. Ishibashi, K., S. Ohno, S. Sugita, T. Kadono, and T. Matsui (2013), Oxidation of carbon compounds by silica-derived oxygen within impact-induced vapor plumes, *Earth Planets Sp.* *65*, 811-822. DOI:10.5047/eps.2012.12.010
  37. Hattori, M., M. Kobayashi, T. Miyachi, S. Takechi, O. Okudaira, T. Iwai, N. Okada, S. Sugita, (2013), Influence of a Polyimide Surface Layer on the Piezoelectric Response of Lead-Zirconate-Titanate Cosmic Dust Detector, *Jpn. J. Appl. Phys.*, *52*, 028002, DOI: 10.7567/JJAP.52.028002.
  38. Kobayashi, M., T. Miyachi, M. Hattori, S. Sugita, S. Takechi, and N. Okada (2013), Dust detector using piezoelectric lead zirconate titanate with current-to-voltage converting amplifier for functional advancement, *Earth Planet. Sp.*, *65*, 167-173, doi:10.5047/eps.2012.08.011.
  39. Kamata, S., S. Sugita, Y. Abe, Y. Ishihara, Y. Harada, T. Morota, N. Namiki, T. Iwata, H. Hanada, H. Araki, K. Matsumoto, E. Tajika, (2013), Viscoelastic deformation of lunar impact basins: Implications for heterogeneity in the deep crustal paleo-thermal state and radioactive element concentration, *J. Geophys. Res.*, *118*, doi:10.1002/jgre.20056.

40. Ozawa, T., T. Suzuki, K. Okudaira, T. Mikouchi, K. Kurosawa, H. Takayanagi, S. Sugita, and K. Fujita (2012), Investigation of Martian Dust Sample Capture toward Mars Aero-flyby Sample Collection Mission, *Trans. Jpn. Soc. Aeronautical Sp. Sci., Aerospace Technology Japan*,
41. Suzuki, A., S. Hakura, T. Hamura, M. Hattori, R. Hayama, T. Ikeda, H. Kusuno, H. Kuwahara, Y. Muto, K. Nagaki, R. Niimi, Y. Ogata, T. Okamoto, T. Sasamori, C. Sekigawa, T. Yoshihara, S. Hasegawa, K. Kurosawa, T. Kadono, A. M. Nakamura, S. Sugita, and M. Arakawa (2012), Laboratory experiments on crater scaling-law for sedimentary rocks in the strength regime, *J. Geophys. Res.*, *117*, E08012, doi:10.1029/2012JE004064.
42. Hattori, M., M. Kobayashi, T. Miyachi, T. Takechi, O. Okudaira, T. Iwai, and S. Sugita (2012), Position-Dependent Behavior of Piezoelectric Lead–Zirconate–Titanate Cosmic Dust Detector, *Jpn. J. App. Phys.*, *51*, 098004, pp. 4.
43. Kurosawa, K., S. Ohno, S. Sugita, T. Mieno, T. Matsui, S. Hasegawa (2012), The nature of shock-induced calcite (CaCO<sub>3</sub>) devolatilization in an open system investigated using a two-stage light gas gun, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *337*, 68-76.
44. Cho, Y., T. Morota, J. Haruyama, M. Yasui, N. Hirata, S. Sugita (2012), Young mare volcanism in the Orientale region contemporary with the Procellarum KREEP Terrane (PKT) volcanism peak period ~2 billion years ago, *Geophys. Res. Lett.*, *39*, L11203, 5 pp., doi:10.1029/2012GL051838
45. Kurosawa, K., T. Kadono, S. Sugita, K. Shigemori, T. Sakaiya, Y. Hironaka, N. Ozaki, A. Shiroshita, Y. Cho, S. Tachibana, T. Vinci, S. Ohno, R. Kodama, and T. Matsui (2012), Shock-induced silicate vaporization: The role of electrons, *J. Geophys. Res.*, *117*, E04007, 14 pp., doi:10.1029/2011JE004031.
46. Kamata, S., S. Sugita, and Y. Abe, A new spectral calculation scheme for long-term deformation of Maxwellian planetary bodies (2012), *J. Geophys. Res.*, *117*, E02004, 17 pp., doi:10.1029/2011JE003945.
47. Nagata, K., S. Sugita, M. Okada (2012), Bayesian Spectral Deconvolution with Exchange Monte Carlo Method, *Neural Networks*, *28*, 82-89.
48. Sugita, S., K. Kurosawa, and T. Kadono (2012), A Semi-Analytical On-Hugoniot EOS of Condensed Matter using a Up-Us relation, *AIP Conf. Proc.*, *1426*, 895-898.
49. Kurosawa, K., T. Kadono, S. Sugita, K. Shigemori, Y. Hironaka, N. Ozaki, T. Sakaiya, A. Shiroshita, Y. Cho, S. Fujioka, S. Tachibana, T. Vinci, S. Ohno, R. Kodama, T. Matsui (2012), Time-resolved spectroscopic observations of shock-induced silicate ionization, *AIP Conf. Proc.*, *1426*, 855-858.
50. Kadono, T., T. Sakaiya, Y. Hironaka, T. Watari, K. Otani, T. Sano, T. Fujiwara, T. Mochiyama, M. Arakawa, S. Takasawa, A.M. Nakamura, K. Kurosawa, T. Hamura, S. Ohno, S. Sugita, T. Matsui, H. Nagatomo, S. Fujioka, K. Shigemori (2012), Flyer acceleration by high-power laser and impact experiments at velocities higher than 10 km/s, *AIP Conf. Proc.*, *1426*, 847-850.
51. Ohno, S., T. Kadono, K. Kurosawa, T. Hamura, T. Sakaiya, S. Sugita, K. Shigemori, Y. Hironaka, T. Watari, T. Matsui (2012), Direct measurement of chemical composition of SO<sub>x</sub> in impact vapor using a laser gun, *AIP Conf. Proc.*, *1426*, 851-854.
52. Heldmann, J. L., A. Colaprete, D. H. Wooden, R. F. Ackermann, D. D. Acton, P. R. Backus, V. Bailey, J. G. Ball, W. C. Barott, S. K. Blair, M. W. Buie, S. Callahan, N. J. Chanover, Y. Choi, A. Conrad, D. M. Coulson, K. B. Crawford, R. DeHart, I. de Pater, M. Disanti, J. R. Forster, R. Furusho, T. Fuse, T. Geballe, J. D. Gibson, D. Goldstein, S. A. Gregory, D. J. Gutierrez, R. T. Hamilton, T. Hamura, D. E. Harker, G. R. Harp, Junichi Haruyama, M. Hastie, Y. Hayano, P. Hinz, P. K. Hong, S. P. James, T. Kadono, H. Kawakita, M. S. Kelley, D. L. Kim, K. Kurosawa, D. Lee, M. Long, P. G. Lucey, K. Marach, A. C. Matulonis, R. M. McDermid, R. McMillan, C. Miller, H. Moon, R. Nakamura, H. Noda, N. Okamura, L. Ong, D. Porter, J. J. Puschell, J. T. Rayner, J. J. Rembold, K. C. Roth, R. J. Rudy, R. W. Russell, E. V. Ryan, W. H. Ryan, T. Sekiguchi, Y. Sekine, M. A. Skinner, M. Sôma, A. W. Stephens, A. Storrs, R. M. Suggs, S. Sugita, E.-C. Sung, N. Takatoh, J. C. Tarter, S. M. Taylor, H. Terada, C. J. Trujillo, V. Vaitheeswaran, F. Vilas, B. D. Walls, J.-I. Watanabe, W. J. Welch, C. E. Woodward, H.-S. Yim, E. F. Young, LCROSS (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite) Observation Campaign: Strategies, Implementation, and Lessons Learned, *Sp. Sci. Rev.*, *167*, 93-140, 2012.



(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 洪鵬, 関根康人, 杉田精司 (2016), 還元的な惑星大気における有機物エアロゾルの成長過程に関する実験的研究, エアロゾル研究, 31(3) 185-191, doi: 10.11203/jar.31.1
2. 杉田精司, 桑原秀治, 黒澤耕介 (2015), 超高速衝突実験が明らかにした衝突蒸発現象・化学反応過程, 日本惑星科学会誌 遊星人, 24, 182-191.
3. 永田賢二, 杉田精司, 佐々木岳彦, 岡田真人 (2014), 実験データからピークの数进行推定するには?—スペクトル分解とベイズ統計—, 物理学会誌, 69 (12), 876 – 880.
4. 長勇一郎, 三浦弥生, 諸田 智克, 杉田 精司 (2013), K-Ar 法を用いた惑星探査におけるその場年代 計測法の開発, 日本惑星科学会誌 遊星人, 22, 132-145.
5. 石橋高, 亀田真吾, 荒井朋子, 和田浩二, 小林 正規, 並木則行, 千秋 博紀, 大野宗祐, 長勇一郎, 杉田精司, 松井孝典, 月・惑星着陸探査用元素分析装置: レーザ誘起絶縁破壊分光装置 (LIBS)(2012), 日本惑星科学会誌 遊星人, 21, 260-277.
6. 長 勇一郎, 諸田智克, 三浦弥生, 亀田真吾, 吉岡和夫, 岡崎隆司, 並木則行, 荒井朋子, 小林正規, 石橋高, 大野宗祐, 千秋博紀, 和田浩二, 橋省吾, 渡邊誠一郎, 古本宗充, 本田親寿, 杉原孝充, 石原吉明, 大竹真紀子, 小林直樹, 唐牛讓, 武田弘, 寺田健太郎, 鎌田俊一, 佐伯和人, 小林進悟, 國井康晴, 大槻真嗣, 杉田精司, その場年代計測装置による月惑星年代学探査 (2012), 日本惑星科学会誌 遊星人, 21, 268-276.
7. 並木則行, 小松吾郎, 臼井寛裕, 杉田精司, 宮本英昭, 久保田隆, 石上玄也, 出村裕英, 岡田達明, 三浦弥生, 長勇一郎, 湖東和央, 千秋博紀, 和田浩二, 石橋高, 荒井朋子, 小林正規, 大野宗祐, 火星ローバ検討グループ (2012), ローバによる火星地質調査計画, 地質学雑誌, 118, 606-617.

(4) 著書

1. 杉田精司(2013), 図説 地球環境の事典 (分担執筆), pp.392
2. 杉田精司(2012), 地球と宇宙の化学事典, 日本地球化学会 編 (分担執筆), pp. 500.

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, E. Tatsumi, C. Honda, Y. Yokota, M. Yamada, T. Kouyama, N. Sakatani, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, Y. Cho, M. Matsuoka, N. Hirata, N. Hirata, D. Domingue, H. Miyamoto, H. Kikukch, R. Hemmi, T. Michikami, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, E. Palmer, R. Gaskell, P. Michel, M. Hirabayashi, R. Jaumann, K. Otto, N. Schmitz, S. Schroeder, T. Hiroi, T. Nakamura, G. Komatsu, Y. Tsuda, M. Yoshikawa, S. Tanaka, K. Shirai, S. Watanabe (2018), The first detailed visible multi-band imaging observations of asteroid Ryugu, American Astronomical Society, *DPS meeting #50*, id.501.02, Oct. 21-26, Knoxville, TN, USA.
2. S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, E. Tatsumi, C. Honda, Y. Yokota, M. Yamada, T. Kouyama, N. Sakatani, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, Y. Cho, M. Matsuoka, N. Hirata, N. Hirata, D. Domingue, H. Miyamoto, H. Kikukch, R. Hemmi, T. Michikami, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, E. Palmer, R. Gaskell, P. Michel, M. Hirabayashi, R. Jaumann, K. Otto, N. Schmitz, S. Schroeder, T. Hiroi, T. Nakamura, G. Komatsu, Y. Tsuda, M. Yoshikawa, S. Tanaka, K. Shirai, S. Watanabe (2018), The geologic properties of asteroid Ryugu revealed by Hayabusa2 visible multi-band imaging observations at multi-scales, *Geological Soc. Amer., Ann. Mtg.*, Nov. 4-7, Indianapolis, IN, USA.
3. Sugita, S., R. Honda, T. Morota, S. Kameda, H. Sawada, E. Tatsumi, C. Honda, Y. Yokota, M. Yamada, T. Kouyama, N. Sakatani, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, Y. Cho, M. Matsuoka, Naru Hirata,

- Naoyuki Hirata, D. Domingue, H. Miyamoto, K. Kikuchi, R. Hemmi, T. Michikami, O. S. Barnouin, C. Ernst, E. Palmer, R. Gaskell, P. Michel, M. Hirabayash<sup>3</sup>, R. Jaumann, C. Otto, N. Schmitz, S. Schröder, T. Hiroi, T. Nakamura, S. Sasaki, Kanamaru, G. Kokatsu, L. Le Corre, Y. Tsuda, M. Yoshikawa, S. Tanaka, K. Shirai, S. Watanabe (2018), The first detailed visible multi-band imaging observations of asteroid Ryugu, *Hayabusa Symposium 2018*, Dec. 4 – 7, Sagami-hara, Japan.
4. S. Sugita, E. Tatsumi, S. Hasegawa, S. Yudai, H. Kamiyoshihara, R. Honda, S. Kameda, T. Morota, C. Honda, T. Kouyama, M. Yamada, M. Hayakawa, Y. Yasuhiro, N. Sakatani, H. Suzuki, K. Ogawa, H. Sawada (2018) Comparison of visible spectra between Ryugu and low-albedo asteroid families in the inner main belt, *Japan Geosci. Union*, 千葉市 幕張メッセ, May 24.
  5. Sugita, S. (2014) The Early Atmospheres of Terrestrial Planets inferred from Impact experiments and Asteroid missions, *ELSI 3rd International Symposium "Life in the Universe"*, January 13-15.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2014 年度 修士 1 名 (古賀すみれ)
- ・ 2015 年度 博士 2 名 (桑原秀治, 巽 瑛理)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (古川ひかり)
- ・ 2017 年度 修士 1 名 (奥野衛)
- ・ 2018 年度 修士 2 名 (田辺直也, 沖津由尚)

#### 担当講義

- ・ 大学院 比較惑星学 I, 2016, 2018 年度
- ・ 大学院 惑星探査学 I, 2014 年度
- ・ 理学部・大学院 比較惑星学基礎論, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 宇宙惑星物質進化学, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学実験, 2014~2018 年度
- ・ 教養学部 学術フロンティア, 2012~2018 年度
- ・ 教養学部 初年度ゼミ, 2015~2017 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 理学部奨励賞 2 名 (2017 年度 4 年生 鈴木雄大, 2018 年度 4 年生 湯本航生)
- ・ 日本惑星科学会 学生優秀発表賞 1 名 (2011 年 長勇一郎)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地球惑星科学連合 プログラム小委員会, 委員, 2017 年度

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 国立天文台 運営委員会委員, 2014 年度~2017 年度

- ・ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 運営協議会委員, 2017 年度~現在
- ・ 同研究所 宇宙理学委員会 委員, 2009 年度~2012 年度
- ・ 内閣府 宇宙政策委員会 探査小委員会, 有識者説明, 2016/5/12
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2013~2014 年度, 2017~2018 年度
- ・ NASA Proposal 審査委員, 2016 年 12 月
- ・ 杉田精司, はやぶさ 2 の明かす小惑星リュウグウの姿, 東京大学オープンキャンパス, 2018/08/06
- ・ NHK スペシャル「はやぶさ 2」スタジオ解説出演 2019.9.8 放送
- ・ NHK World News スタジオ解説出演 2018.6.27, 2019.2.11 放送
- ・ NHK クローズアップ現代 スタジオ解説出演 2019.7.11 放送
- ・ Canadian Broadcasting Station ラジオ 事前収録出演 2019.3.21, 2019.7.19 放送

## 12. 学内行政業務

- ・ 理学系研究科 教務委員会, 委員, 2016~2017 年度
- ・ 理学系研究科 天文学教育研究センター 運営協議会, 委員, 2016 年度~現在

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数 : 3 名      研究者数 : 1 名

#### (2) 派遣

学生数 : 3 名      研究者数 : 2 名

#### (3) 海外からの来訪者数 10 名

# 関 華奈子

## I. 略歴

氏名： 関 華奈子（せき かなこ）

年齢： 47 歳

現職： 教授

### 学歴

1991年 3月 長野県立松本深志高等学校卒業  
1995年 3月 東京大学理学部地球惑星物理学科卒業  
1997年 3月 東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
2000年 3月 東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了  
2000年 3月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1997年 4月 日本学術振興会特別研究員(DC1)  
1999年 3月 米国ロス・アラモス国立研究所GRA（1999年10月まで）  
2000年 4月 日本学術振興会特別研究員(PD)  
2002年 3月 名古屋大学太陽地球環境研究所 助教授  
2007年 4月 名古屋大学太陽地球環境研究所 准教授  
2015年 10月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球周辺の宇宙環境変動における地球起源プラズマの役割に着目し、地球磁気圏の遠尾部で発見した地球起源プラズマの供給メカニズムを明らかにした(AGUのScarf賞の受賞対象)。さらに、固有磁場強度が大気流出に与える影響の研究にこの知見を応用する新しい惑星科学的な方向性を開拓した。地球からの酸素流出量が、地球近傍に比べて磁気圏では約一桁も減少することを明らかにして、固有磁場が地球型惑星からの大気流出を大きく抑制し得ることを指摘し、文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞している。こうした研究成果は、地球磁場の起源に関する記録が月の砂に記録されている可能性を示した分野横断研究などにも発展しており、月惑星探査への応用が開始している。最近では、ジオスペース探査計画 ERG の理論・モデリング班の責任者を務めると共に、地上観測、衛星観測、数値実験を組み合わせる研究手法を提唱してきた。また、日欧共同の水星探査計画 BepiColombo の水星環境 WG メンバーをつとめるとともに、米国 NASA の火星探査機 MAVEN の Participating Scientist に選定されるなど、惑星探査にも深く関わり、惑星起源イオンダイナミクスや固有磁場と大気流出の関係についての研究を推進している。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Seki, K., Keika, K., Kasahara, S., Yokota, S., Hori, T., Asamura, K., N. Higashio, M. Takada, Y. Ogawa, A. Matsuoka, M. Teramoto, Y. Miyoshi, and I. Shinohara, Statistical properties of molecular ions in the ring current observed by the Arase (ERG) satellite, *Geophys. Res. Lett.*, 46, <https://doi.org/10.1029/2019GL084163>, 2019.

地球上層大気において分子イオンは通常高度 300km 以下に存在するため、宇宙空間に流出しにくい。速い消失にうちかって分子イオンを流出させるためには、効率的な低高度電離圏からのイオン流出機構が必要であり、地球周辺の宇宙空間（磁気圏）での分子イオン観測は効率的なイオン流出の指標となる。本研究では、ジオスペース探査衛星あらせの観測に基づき、従来考えられていたよりも頻繁に分子イオン流出が起きていることを明らかにし、磁気嵐が地球からの速いイオン流出を駆動することを示した。結果は掲載雑誌の Editors' Highlights に選ばれ、米地球物理学連合(AGU)の学会誌 Eos で紹介された。（引用回数 0 回, 出版直後）

2. Yamakawa, T., Seki, K., Amano, T., Takahashi, N., & Miyoshi, Y., Excitation of storm time Pc5 ULF waves by ring current ions based on the drift-kinetic simulation. *Geophys. Res. Lett.*, 46, <https://doi.org/10.1029/2018GL081573>, 2019.

放射線帯の加速機構に重要な役割を果たす低周波(ULF)波動の励起機構を、グローバルな運動論的シミュレーションで世界で初めて再現することに成功した結果で、ドリフト共鳴によって励起可能であることを示した。グローバルシミュレーションによって、内因的な ULF 波動の励起機構を再現可能であることを示した点で、今後の発展が期待されている。本研究は現修士過程の学生の論文であり、発表学生は国際ワークショップ GEM での招待講演を依頼されるなど、国際的にも注目を集めている。（引用回数 0 回）

3. Seki, K., Y. Miyoshi, Y. Ebihara, Y. Katoh, T. Amano, S. Saito, M. Shoji, A. Nakamizo, K. Keika, T. Hori, S. Nakano, S. Watanabe, K. Kamiya, N. Takahashi, Y. Omura, M. Nose, M.-C. Fok, T. Tanaka, A. Ieda, and A. Yoshikawa, Theory, modeling, and integrated studies in the Arase (ERG) project, *Earth Planets Space*, 70:17, doi:10.1186/s40623-018-0785-9, 2018.

ジオスペース探査計画 ERG は、放射線帯を構成する相対論的電子の加速・消失機構と関連するジオスペース変動現象の解明を目的としたプロジェクトであり、衛星観測、地上観測、理論/数値実験の3つを効果的に組み合わせることで課題に取り組む計画である。そのために数年にわたって様々な数値実験手法やモデルの開発を行ってきており、本論文はその内容をまとめている。ここで開発した数値実験手法は、観測との比較研究を通じて、様々なジオスペース変動研究に応用されている。（引用回数 6 回）

4. Sakai, S., Seki, K., Terada, N., Shinagawa, H., Tanaka, T., and Ebihara, Y., Effects of a weak intrinsic magnetic field on atmospheric escape from Mars, *Geophys. Res. Lett.*, 45, 9336–9343, doi:10.1029/2018GL079972, 2018.

宇宙空間への大量の大気散逸が、太古の火星が海を失うほどの大規模な気候変動を引き起こしたと考えられているが、その散逸機構はよくわかっていない。気候変動の時期と火星の固有磁場消失の時期が近いことから、固有磁場が大気散逸に与える影響を理解することが重要である。本研究では、太陽風から火星上層大気までをシームレスに取り扱うことが可能なグローバル MHD(磁気流体)シミュレーションに基づき、弱い固有磁場がある場合には、従来言われていた磁場のバリア効果により抑制するのではなく、磁力線に沿った電離大気の散逸により、大気散逸量を増加させることを明らかにした。（引用回数 6 回）

5. B. Jakosky, 他93名, (アルファベット順79番目: K. Seki), MAVEN Observations of the Response of Mars to an Interplanetary Coronal Mass Ejection, *Science*, Vol. 350, Issue 6261, DOI: 10.1126/science.aad0210, 2015.

火星探査機 MAVEN の観測に基づき、太陽表面爆発で引き起こされるコロナ質量放出時には、火星からのイオン流出量が通常の 50 ~100 倍に増加することを明らかにした。火星が

表層に海を持つハビタブル(生命居住可能)な環境を失った原因である、宇宙空間への大気の流出機構を説明しうる可能性があり、成果は NASA からプレスリリースされるとともに、科学雑誌等で取り上げられた。(引用回数 106 回)

#### 4. 受賞等

- ・ 関華奈子, 日本学術振興会特別研究員等の審査に係る顕彰, 2014年8月
- ・ 関華奈子 (MAVEN ST), NASA(米航空宇宙局) Group Achievement Award, 2016年6月
- ・ 関華奈子 (MAVEN MT), NASA(米航空宇宙局) Group Achievement Award, 2018年8月

#### 5. 研究の将来計画

人類のフロンティアの一つである宇宙空間とはどのような世界なのだろうか? 宇宙と地球大気の境界でおこるオーロラと、宇宙環境変動の間にはどのような関係があるのだろうか? 惑星に探査範囲を上げたとき、惑星圏環境の普遍性と多様性や惑星の生命居住可能性(ハビタビリティ)について、私たちはどこまで理解することができるのだろうか? 私達の研究グループでは、このような問いを探求するため、科学衛星によるプラズマその場観測とコンピューターシミュレーションを組み合わせることによって、宇宙に普遍的なプラズマ現象の理解や、現代社会に不可欠となりつつある宇宙天気現象の研究、地球型惑星からの大気散逸とハビタブル環境に与える影響の研究を重点的に行っている。このために、我が国のジオスペース探査計画 ERG、水星探査計画 BepiColombo 等に加え、NASA の火星探査計画 MAVEN や、宇宙プラズマ探査計画 MMS などの宇宙科学ミッションに参画して、国際共同研究を進めている。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金(国際共同研究強化B), 2018-2022年度, 代表, International study of responses of atmospheric escape from Mars against extreme solar events, 総額8,100,000円(予定)
- ・ 科学研究費補助金(基盤A), 2016-2019年度, 代表, 地球と火星の比較に基づく惑星電磁気圏環境に固有磁場強度が与える影響に関する研究, 総額29,400,000円
- ・ 科学研究費補助金(特別推進), 2016-2020年度, 分担(代表:塩川@名古屋大), 地上多点ネットワーク観測による内部磁気圏の粒子・波動の変動メカニズムの研究, 総額55,000,000円(予定)
- ・ 科学研究費補助金(基盤B), 2015-2017年度, 分担(代表:寺田@東北大), 火星大気流出における領域間結合の役割の研究, 総額3,700,000円
- ・ 科学研究費補助金(基盤B), 2012-2015年度, 代表, 新しい環電流モデルを用いたULF波動が放射線帯粒子加速に果たす役割の実証的研究, 総額8,900,000円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Seki, K., Keika, K., Kasahara, S., Yokota, S., Hori, T., Asamura, K., N. Higashio, M. Takada, Y. Ogawa, A. Matsuoka, M. Teramoto, Y. Miyoshi, and I. Shinohara, Statistical properties of molecular ions in the ring current observed by the Arase (ERG) satellite, *Geophys. Res. Lett.*, 46, <https://doi.org/10.1029/2019GL084163>, 2019.

2. Inui, S., K. Seki, S. Sakai, D. A. Brain, T. Hara, J. P. McFadden, J. S. Halekas, D. L. Mitchell, G. A. DiBraccio, and B. M. Jakosky, Statistical study of heavy ion outflows from Mars observed in the Martian induced magnetotail by MAVEN, *J. Geophys. Res.*, 124, accepted, 2019.
3. Ogawa, Y., K. Seki, K. Keika, and Y. Ebihara, Characteristics of CME- and CIR-driven ion upflows in the polar ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 124, accepted, 2019.
4. Mitani, K., K. Seki, K. Keika, M. Gkioulidou, L. J. Lanzerotti, D. G. Mitchell, C. A. Kletzing, A. Yoshikawa, and Y. Obana, Statistical study of selective oxygen increase in high-energy ring current ions during magnetic storms, *J. Geophys. Res.*, 124, <https://doi.org/10.1029/2018JA026168>, 2019.
5. Yamakawa, T., Seki, K., Amano, T., Takahashi, N., & Miyoshi, Y., Excitation of storm time Pc5 ULF waves by ring current ions based on the drift-kinetic simulation. *Geophys. Res. Lett.*, 46, <https://doi.org/10.1029/2018GL081573>, 2019.
6. Naoko Takahashi, Kanako Seki, Mariko Teramoto, Mei-Ching Fok, Yihua Zheng, Ayako Matsuoka, Nana Higashio, Kazuo Shiokawa, Dmitry Baishev, Akimasa Yoshikawa, and Tsutomu Nagatsuma, Global distribution of ULF waves during magnetic storms: Comparison of Arase, ground observations and BATSRUS+CRCM simulation, *Geophys. Res. Lett.*, 45, 9390–9397, doi:10.1029/2018GL078857, 2018.
7. Sakai, S., Seki, K., Terada, N., Shinagawa, H., Tanaka, T., and Ebihara, Y., Effects of a weak intrinsic magnetic field on atmospheric escape from Mars, *Geophys. Res. Lett.*, 45, 9336–9343, doi:10.1029/2018GL079972, 2018.
8. Keika, K., Kasahara, S., Yokota, S., Hoshino, M., Seki, K., Nosé, M., Amano, T., Miyoshi, Y., and Shinohara, I., Ion energies dominating energy density in the inner magnetosphere: Spatial distributions and composition, observed by Arase/MEP-i. *Geophys. Res. Lett.*, 45, doi:10.1029/2018GL080047, 2018.
9. Hori, T., N. Nishitani, S. G. Shepherd, J. M. Ruohoniemi, M. Connors, M. Teramoto, S. Nakano, K. Seki, N. Takahashi, S. Kasahara, S. Yokota, T. Mitani, T. Takashima, N. Higashio, A. Matsuoka, K. Asamura, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, Y. Miyoshi, and I. Shinohara, Substorm-associated ionospheric flow fluctuations during the 27 March 2017 magnetic storm: SuperDARN-Arase conjunction, *Geophys. Res. Lett.*, 45, doi:10.1029/2018GL079777, 2018.
10. Hara, T., J. G. Luhmann, F. François, S. Curry, J. Halekas, K. Seki, D. Brain, Y. Harada, J. P. McFadden, G. A. DiBraccio, Y. Soobiah, D. Mitchell, S. Xu, C. Mazelle, and B. M. Jakosky, Evidence for crustal magnetic field control of ions precipitating into the upper atmosphere of Mars, *Geophys. Res. Lett.*, 45, <https://doi.org/10.1029/2017JA024798>, 2018.
11. Walia, N. K., K. Seki, M. Hoshino, T. Amano, N. Kitamura, Y. Saito, S. Yokota, C. J. Pollock, B. L. Giles, T. E. Moore, R. B. Torbert, C. T. Russell, and J. L. Burch, A statistical study of slow-mode shocks observed by MMS in the dayside magnetopause, *Geophys. Res. Lett.*, 45, doi:10.1029/2018GL077580, 2018.
12. Jakosky, B.M., D. Brain, M. ChafPn, S. Curry, J. Deighan, J. Grebowsky, J. Halekas, F. Leblanc, R. Lillis, J.G. Luhmann, L. Andersson, N. Andre, D. Andrews, D. Baird, D. Baker, J. Bell, M. Benna, D. Bhattacharyya, S. Bougher, C. Bowers, P. Chamberlin, J.-Y. Chaufray, J. Clarke, G. Collinson, M. Combi, J. Connerney, K. Connour, J. Correira, K. Crabb, F. Crary, T. Cravens, M. Crismani, G. Delory, R. Dewey, G. DiBraccio, C. Dong, Y. Dong, P. Dunn, H. Egan, M. Elrod, S. England, F. Eparvier, R. Ergun, A. Eriksson, T. Esman, J. Espley, S. Evans, K. Fallows, X. Fang, M. Fillingim, C. Flynn, A. Fogle, C. Fowler, J. Fox, M. Fujimoto, P. Garnier, Z. Girazian, H. Groeller, J. Gruesbeck, O. Hamil, K.G. Hanley, T. Hara, Y. Harada, J. Hermann, M. Holmberg, G. Holsclaw, S. Houston, S. Inui, S. Jain, R. Jolitz, A. Kotova, T. Kuroda, D. Larson, Y. Lee, C. Lee, F. Lefevre, C. Lentz, D. Lo, R. Lugo, Y.-J. Ma, P. Mahaffy, M.L. Marquette, Y. Matsumoto, M. Mayyasi, C. Mazelle, W. McClintock, J. McFadden, A.

- Medvedev, M. Mendillo, K. Meziane, Z. Milby, D. Mitchell, R. Modolo, F. Montmessin, A. Nagy, H. Nakagawa, C. Narvaez, K. Olsen, D. Pawlowski, W. Peterson, A. Rahmati, K. Roeten, N. Romanelli, S. Ruhunusiri, C. Russell, S. Sakai, N. Schneider, K. Seki, R. Sharrar, S. Shaver, D.E. Siskind, M. Slipski, Y. Soobiah, M. Steckiewicz, M.H. Stevens, I. Stewart, A. Stiepen, S. Stone, V. Tenishev, N. Terada, K. Terada, E. Thiemann, R. Tolson, G. Toth, J. Trovato, M. Vogt, T. Weber, P. Withers, S. Xu, R. Yelle, E. Yi *ù* git, R. Zurek, Loss of the Martian atmosphere to space: Present-day loss rates determined from MAVEN observations and integrated loss through time, *Icarus*, 315, 146-157, doi: 10.1016/j.icarus.2018.05.030, 2018.
13. Inui, S., K. Seki, T. Namekawa, S. Sakai, D. A. Brain, T. Hara, J. P. McFadden, J. S. Halekas, D. L. Mitchell, G. A. DiBraccio, and B. M. Jakosky, Cold dense ion outflow observed in the Martian induced magnetotail by MAVEN, *Geophys. Res. Lett.*, 45, 10.1029/2018GL077584, 2018.
  14. Mitani, K., K. Seki, K. Keika, M. Gkioulidou, L. J. Lanzerotti, D. G. Mitchell, and C. A. Kletzing, Radial transport of higher-energy oxygen ions into the deep inner magnetosphere observed by Van Allen Probes, *Geophys. Res. Lett.*, 45, doi: 10.1029/2018GL077500, 2018.
  15. Miyoshi, Y., I. Shinohara, T. Takashima, K. Asamura, N. Higashio, T. Mitani, S. Kasahara, S. Yokota, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. Tam, P. Ho, Y. Kasahara, Y. Kasaba, S. Yagitani, A. Matsuoka, H. Kojima, Y. Katoh, K. Shiokawa, and K. Seki, Geospace Exploration Project ERG, *Earth, Planets Space*, 70:101, doi:10.1186/s40623-018-0862-0, 2018.
  16. Seki, K., Y. Miyoshi, Y. Ebihara, Y. Katoh, T. Amano, S. Saito, M. Shoji, A. Nakamizo, K. Keika, T. Hori, S. Nakano, S. Watanabe, K. Kamiya, N. Takahashi, Y. Omura, M. Nose, M.-C. Fok, T. Tanaka, A. Ieda, and A. Yoshikawa, Theory, modeling, and integrated studies in the Arase (ERG) project, *Earth Planets Space*, 70:17, doi:10.1186/s40623-018-0785-9, 2018.
  17. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, and I. Shinohara, Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves, *Nature*, 554/7692, 337-340, doi:10.1038/nature25505, 2018.
  18. Kamiya, K., K. Seki, S. Saito, T. Amano, and Y. Miyoshi, Formation of butterfly pitch angle distributions of relativistic electrons in the outer radiation belt with a monochromatic Pc5 wave, *J. Geophys. Res.*, 123, doi:10.1002/2017JA024764, 2018.
  19. Keika, K., K. Seki, M. Nosé, Y. Miyoshi, L. Lanzerotti, D. Mitchell, M. Gkioulidou, and J. Manweiler, Three-step buildup of the 17 March 2015 storm ring current: Implication for the cause of the unexpected storm intensification, *J. Geophys. Res.*, 123, 414–428. doi:10.1002/2017JA024462, 2018.
  20. Keika, K., Y. Miyoshi, S. Machida, A. Ieda, K. Seki, T. Hori, Y. Miyashita, M. Shoji, I. Shinohara, V. Angelopoulos, J. W. Lewis, and A. Flores, A visualization tool for three-dimensional plasma velocity distributions (ISEE\_3D) as a plug-in tool for SPEDAS, *Earth Planets Space*, 69:170, doi:10.1186/s40623-017-0761-9, 2017.
  21. Shiokawa, K., Y. Kato, Y. Hamaguchi, Y. Yamamoto, T. Adachi, M. Ozaki, S.-I. Oyama, M. Nosé, T. Nagatsuma, Y. Tanaka, Y. Otsuka, Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y. Takagi, Y. Takeshita, A. Shinbori, S. Kurita, T. Hori, N. Nishitani, I. Shinohara, F. Tuchiya, Y. Obana, S. Suzuki, N. Takahashi, K. Seki, A. Kadokura, K. Hosokawa, Y. Ogawa, M. Connors, J. M. Ruohoniemi, M. Engebretson, E. Turunen, T. Ulich, J. Manninen, T. Raita, A. Kero, A. Oksanen, M. Back, K. Kauristie, J. Mattanen, D. Baishev, V. Kurkin, A. Oinats, A. Pashinin, R. Vasilyev, R. Rakhmatulin, W. Bristow, and M. Karjala, Ground-based instruments of the PWING project to investigate dynamics of the inner magnetosphere at subauroral latitudes as a part of the ERG-ground coordinated observation network, *Earth, Planets and Space*, 69:160, doi: 10.1186/s40623-017-0745-9, 2017.
  22. K. Matsunaga, K. Seki, D. Brain, T. Hara, K. Masunaga, J. P. McFadden, J. Halekas, D. Mitchell, C. Mazelle, J. Esplay, J. Gruesbeck, and B. M. Jakosky, Statistical Study of Relations



- Between the Induced Magnetosphere, Ion Composition, and Pressure Balance Boundaries around Mars Based on MAVEN Observations, *J. Geophys. Res.*, 122, 9723–9737, DOI:10.1002/2017JA024217, 2017.
23. M. Yagi, K. Seki, Y. Matsumoto, D. C. Delcourt, and F. Leblanc, Global structure and sodium ion dynamics in Mercury's magnetosphere with the offset dipole, *J. Geophys. Res.*, 122, 10990–11002, DOI: 10.1002/2017JA024082, 2017.
  24. T. Hara, Y. Harada, D. L. Mitchell, G. A. Dibraccio, J. Espley, D. A. Brain, J. S. Halekas, K. Seki, J. G. Luhmann, J. P. McFadden, C. Mazelle, B. M. Jakosky, On the origins of magnetic flux ropes in near-Mars magnetotail current sheets, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 7653–7662, doi:10.1002/2017GL073754, 2017.
  25. Y. Miyoshi, Y. Kasaba, I. Shinohara, T. Takashima, K. Asamura, H. Matsumoto, N. Higashio, T. Mitani, S. Kasahara, S. Yokota, S. Wang, Y. Kazama, Y. Kasahara, S. Yagitani, A. Matsuoka, H. Kojima, Y. Katoh, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Ono, and ERG project group, Geospace exploration project: Arase (ERG), *IOP Conf. Series: J, Phys.: Conf. Series*, 869, 012095, doi:10.1088/1742-6596/869/1/012095, 2017.
  26. Fukuda, Y., R. Kataoka, H. A. Uchida, Y. Miyoshi, D. Hampton, K. Shiokawa, Y. Ebihara, D. Whiter, N. Iwagami, and K. Seki, First evidence of patchy flickering aurora modulated by multi-ion electromagnetic ion cyclotron waves, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 3963–3970, doi:10.1002/2017GL072956, 2017.
  27. Masunaga, K., K. Seki, D. Brain, X. Fang, Y. Dong, B. Jakosky, J. P. McFadden, J. Halekas, J. Connerney, D. Mitchell, F. Epavier, Statistical analysis of the reflection of incident O<sup>+</sup> pickup ions at Mars: MAVEN observations, *J. Geophys. Res.*, 122, 4089–4101, doi:10.1002/2016JA023516, 2017.
  28. Masunaga, K., K. Seki, N. Terada, F. Tsuchiya, T. Kimura, K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, C. Tao, F. Leblanc, and I. Yoshika, Dawn-dusk difference of periodic oxygen EUV dayglow variations at Venus observed by Hisaki, *Icarus*, doi:10.1016/j.icarus.2016.12.027, 2017.
  29. Hara, T., J. G. Luhmann, F. Leblanc, K. Seki, S. M. Curry, D. A. Brain, J. S. Halekas, Y. Harada, J. P. McFadden, R. Livi, G. A. DiBraccio, J. E. P. Connerney, and B. M. Jakosky, MAVEN observations on a hemispheric asymmetry of precipitating ions toward the Martian upper atmosphere according to the upstream solar wind electric field, *J. Geophys. Res.*, 122, doi:10.1002/2016JA023348, 2017.
  30. Terada, N. F. Leblanc, H. Nakagawa, A. Medvedev, E. Yigit, T. Kuroda, T. Hara, S. England, H. Fujiwara, K. Terada, K. Seki, P. Mahaffy, M. Elrod, M. Benna, J. Grebowsky, and B. Jakosky, Global distribution and parameter dependences of gravity wave activity in the Martian upper thermosphere derived from MAVEN/NGIMS observations, *J. Geophys. Res.*, 122, doi:10.1002/2016JA023476, 2017.
  31. Hara, T., D. A. Brain, D. L. Mitchell, J. G. Luhmann, K. Seki, H. Hasegawa, J. P. McFadden, J. S. Halekas, J. R. Espley, Y. Harada, R. Livi, G. A. DiBraccio, J. E. P. Connerney, C. Mazelle, L. Andersson, and B. M. Jakosky, MAVEN observations of a giant ionospheric flux rope near Mars resulting from interaction between the crustal and interplanetary draped magnetic fields, *J. Geophys. Res.*, 121, doi:10.1002/2016JA023347, 2016.
  32. Terada, K., N. Terada, H. Shinagawa, H. Fujiwara, Y. Kasaba, K. Seki, F. Leblanc, J.-Y. Chaufray, and R. Modolo, A full-particle Martian upper thermosphere-exosphere model using the DSMC method, *J. Geophys. Res. Planets*, 121, 1429–1444, doi:10.1002/2015JE004961, 2016.
  33. Kitamura, N., K. Seki, Y. Nishimura, T. Abe, M. Yamada, S. Watanabe, A. Kumamoto, A. Shinbori, and A. W. Yau, “Thermal and low-energy ion outflows in and through the polar cap: The polar wind and the low-energy component of the cleft ion fountain”, in “Magnetosphere-

- Ionosphere Coupling in the Solar System”, *Geophys. Monogr. Ser.*, 222, edited by C. R. Chappell et al., pp. 91-100, AGU, Washington, D. C., 2016.
34. Kunihiro Keika, Kanako Seki, Masahito Nosé, Shinobu Machida, Yoshizumi Miyoshi, Louis Lanzerotti, Donald Mitchel, Matina Gkioulidou, Drew Turner, Harlan Spence, and Brian Larsen, Storm-time impulsive enhancements of energetic oxygen due to adiabatic acceleration of pre-existing warm oxygen in the inner magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 121, 7739–7752, doi:10.1002/2016JA022384, 2016.
  35. S. Saito, Y. Miyoshi, and K. Seki, Rapid increase in relativistic electron flux controlled by nonlinear phase-trapping of whistler chorus elements, *J. Geophys. Res.*, 121, 6573–6589, doi:10.1002/2016JA022696, 2016.
  36. Suranga Ruhunusiri, J. S. Halekas, J. P. McFadden, J. E. P. Connerney, J. R. Espley, Y. Harada, R. Livi, K. Seki, C. Mazelle, D. Brain, T. Hara, G. A. DiBraccio, D. E. Larson, D. L. Mitchell, B. M. Jakosky, and H. Hasegawa, MAVEN observations of partially developed Kelvin Helmholtz vortices at Mars, *Geophys. Res. Lett.*, 43, DOI: 10.1002/2016GL068926, 2016.
  37. Takuya Hara, Janet G. Luhmann, Jasper S. Halekas, Jared R. Espley, Kanako Seki, David A. Brain, Hiroshi Hasegawa, James P. McFadden, David L. Mitchell, Christian Mazelle, Yuki Harada, Roberto Livi, Gina A. DiBraccio, John E. P. Connerney, Laila Andersson, and Bruce M. Jakosky, MAVEN observations of magnetic flux ropes with a strong field amplitude in the Martian magnetosheath during the ICME passage on 8 March 2015, *Geophys. Res. Lett.*, 43, DOI:10.1002/2016GL068960, 2016.
  38. K. Masunaga, K. Seki, D. A. Brain, X. Fang, Y. Dong, B. M. Jakosky, J. P. McFadden, J. S. Halekas, and J. E. P. Connerney, O<sup>+</sup> ion beams reflected below the Martian bow shock: MAVEN observations, *J. Geophys. Res.*, 121, 3093–3107, doi:10.1002/2016JA022465, 2016.
  39. Alexander S. Medvedev, Hiromu Nakagawa, Chris Mockel, Erdal Yigit, Takeshi Kuroda, Paul Hartogh, Kaori Terada, Naoki Terada, Kanako Seki, Nicholas M. Schneider, Sonal K. Jain, J. Scott Evans, Justin I. Deighan, William E. McClintock, Daniel Lo, and Bruce M. Jakosky, Comparison of the Martian thermospheric density and temperature from IUVS/MAVEN data and general circulation modeling, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 3095–3104, doi:10.1002/2016GL068388, 2016.
  40. K. Masunaga, K. Seki, N. Terada, F. Tsuchiya, T. Kimura, K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, M. Kagitani, C. Tao, A. Fedorov, Y. Futaana, T. L. Zhang, D. Shiota, F. Leblanc, J. -Y. Chaufray, and I. Yoshikawa, Periodic variations of oxygen EUV dayglow in the upper atmosphere of Venus: Hisaki/EXCEED observations, *J. Geophys. Res.*, 120, 2037–2052, doi:10.1002/2015JE004849, 2015.
  41. S. Bougher, B. Jakosky, J. Halekas, J. Grebowsky, J. Luhmann, P. Mahaffy, J. Connerney, F. Eparvier, R. Ergun, D. Larson, J. McFadden, D. Mitchell, N. Schneider, R. Zurek, L. Andersson, D. Andrews, D. Baird, D. Baker, J.M. Bell, M. Benna, D. Brain, M. Chaffin, P. Chamberlin, Y.-Y. Chaufray, J. Clarke, G. Collinson, M. Combi, F. Crary, T. Cravens, M. Crismani, S. Curry, D. Curtis, J. Deighan, G. Delory, R. Dewey, G. DiBraccio, C. Dong, Y. Dong, P. Dunn, M. Elrod, S. England, A. Eriksson, J. Espley, S. Evans, X. Fang, M. Fillingim, K. Fortier, C. Fowler, J. Fox, H. Groeller, S. Guzewich, T. Hara, Y. Harada, G. Holsclaw, S. Jain, R. Jolitz, F. Leblanc, C.O. Lee, Y. Lee, F. Lefevre, R. Lillis, R. Livi, D. Lo, Y. Ma, M. Matta, C. Mazelle, W. McClintock, T. McEnulty, R. Modolo, F. Montmessin, M. Morooka, A. Nagy, K. Olsen, W. Peterson, A. Rahmati, S. Ruhunusiri, C. Russell, S. Sakai, J.-A. Sauvaud, K. Seki, M. Steckiewicz, M. Stevens, A.I.F. Stewart, A. Stiepen, S. Stone, V. Tennishev, E. Thiemann, R. Tolson, D. Toubanc, M. Vogt, T. Weber, P. Withers, T. Woods, and R. Yelle, Early MAVEN Deep Dip Campaigns: First Results and Implications, *Science*, Vol. 350, Issue 6261, DOI: 10.1126/science.aad0459, 2015.
  42. B. Jakosky, J. Grebowsky, J. Luhmann, J. Connerney, F. Eparvier, R. Ergun, J. Halekas, D. Larson, P. Mahaffy, J. McFadden, D. L. Mitchell, N. Schneider, R. Zurek, S. Bougher, D. Brain, Y. Ma, C. Mazelle, L. Andersson, D. Andrews, D. Baird, D. Baker, J. M. Bell, M. Benna, M.

- Chaffin, P. Chamberlin, Y.-Y. Chaufray, J. Clarke, G. Collinson, M. Combi, F. Crary, T. Cravens, M. Crismani, S. Curry, D. Curtis, J. Deighan, G. Delory, R. Dewey, G. DiBraccio, C. Dong, Y. Dong, P. Dunn, M. Elrod, S. England, A. Eriksson, J. Espley, S. Evans, X. Fang, M. Fillingim, K. Fortier, C. Fowler, J. Fox, H. Groeller, S. Guzewich, T. Hara, Y. Harada, G. Holsclaw, S. K. Jain, R. Jolitz, F. Leblanc, C.O. Lee, Y. Lee, F. Lefevre, R. Lillis, R. Livi, D. Lo, M. Mayyasi, W. McClintock, T. McEnulty, R. Modolo, F. Montmessin, M. Morooka, A. Nagy, K. Olsen, W. Peterson, A. Rahmati, S. Ruhunusiri, C. Russell, S. Sakai, J.-A. Sauvaud, K. Seki, M. Steckiewicz, M. Stevens, A. I. F. Stewart, A. Stiepen, S. Stone, V. Tenishev, E. Thiemann, R. Tolson, D. Toubanc, M. Vogt, T. Weber, P. Withers, T. Woods, and R. Yelle, MAVEN Observations of the Response of Mars to an Interplanetary Coronal Mass Ejection, *Science*, Vol. 350, Issue 6261, DOI: 10.1126/science.aad0210, 2015.
43. K. Seki, A. Nagy, C. M. Jackman, F. Crary, D. Fontaine, P. Zarka, P. Wurz, A. Milillo, J. A. Slavin, D. C. Delcourt, M. Wiltberger, R. Ilie, X. Jia, S. A. Ledvina, and R. W. Schunk, A review of general physical and chemical processes related to plasma sources and losses for solar system magnetospheres, *Spa. Sci. Rev.*, 192(1), 27-89, doi:10.1007/s11214-015-0170-y, 2015.
  44. D. A. Brain, J. P. McFadden, J. S. Halekas, J. E. P. Connerney, S. W. Bougher, S. Curry, C. F. Dong, Y. Dong, F. Eparvier, X. Fang, K. Fortier, T. Hara, Y. Harada, B. M. Jakosky, R. J. Lillis, R. Livi, J. G. Luhmann, Y. Ma, R. Modolo, and K. Seki, The Spatial Distribution of Planetary Ion Fluxes Near Mars Observed by MAVEN, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2015GL065293, 2015.
  45. Takuya Hara, David L. Mitchell, James P. McFadden, Kanako Seki, David A. Brain, Jasper S. Halekas, Yuki Harada, Jared R. Espley, Gina A. DiBraccio, John E. P. Connerney, Lailla Andersson, Christian Mazelle, and Bruce M. Jakosky, Estimation of the spatial structure of a detached magnetic flux rope at Mars based on simultaneous MAVEN plasma and magnetic field observations, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 8933–8941, doi:10.1002/2015GL065720, 2015.
  46. Y. Miyoshi, S. Saito, K. Seki, T. Nishiyama, R. Kataoka, K. Asamura, Y. Katoh, Y. Ebihara, T. Sakanoi, M. Hirahara, S. Oyama, S. Kurita, and O. Santolik, Relation between energy spectra of pulsating aurora electrons and frequency spectra of whistler-mode chorus waves, *J. Geophys. Res.*, 120, DOI: 10.1002/2015JA021562, 2015.
  47. Kazunari Matsunaga, Kanako Seki, Takuya Hara, and David A. Brain, Asymmetric Penetration of Shocked Solar Wind Down to 400-km Altitudes at Mars, *J. Geophys. Res.*, 120, 10.1002/2014JA020757, 2015.
  48. Naritoshi Kitamura, Kanako Seki, Toshi Nishimura, and James P. McFadden, Limited impact of escaping photoelectrons on the terrestrial polar wind flux in the polar cap, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2015GL063452., 2015.
  49. Hori, T., Y. Miyashita, Y. Miyoshi, K. Seki, T. Segawa, Y.-M. Tanaka, K. Keika, M. Shoji, I. Shinohara, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Abe, A. Yoshikawa, K. Yumoto, Y. Obana, N. Nishitani, A. S. Yukimatu, T. Nagatsuma, M. Kunitake, K. Hosokawa, Y. Ogawa, K. T. Murata, M. Nose, H. Kawano, and T. Sakanoi, CDF data archive and integrated data analysis platform for ERG-related ground data developed by ERG Science Center (ERG-SC), *J. Sp. Sci. Info. Jpn.*, 75-89, 2015.
  50. Kanako Seki, Mechanisms of Plasma Transportation in the Earth's Magnetosphere, *J. Plasma Fusion Res.*, Vol.90, No.11, 704-707, 2014.
  51. Fukuda, Y., M. Hirahara, K. Asamura, T. Sakanoi, Y. Miyoshi, T. Takada, A. Yamazaki, K. Seki and Y. Ebihara, Electron properties in inverted-V structures and their vicinities based on Reimei observation, *J. Geophys. Res.*, 119, 3650-3663, doi:10.1002/2013JA018938, 2014.

52. Hara, T., K. Seki, H. Hasegawa, D. A. Brain, K. Matsunaga, M. H. Saito, and D. Shiota, Formation processes of flux ropes downstream from Martian crustal magnetic fields inferred from Grad-Shafranov reconstruction, *J. Geophys. Res.*, 119, DOI: 10.1002/2014JA019943, 2014.
53. Grebowsky, J., K. Fast, E. Talaat, M. Combi, F. Crary, S. England, Y. Ma, M. Mendillo, P. Rosenblatt, K. Seki, M. Stevens, and P. Withers, Science Enhancements by the MAVEN Participating Scientists, *Spa. Sci. Rev.*, DOI: 10.1007/s11214-014-0080-4, 2014.
54. Hara, T., K. Seki, H. Hasegawa, D. A. Brain, K. Matsunaga, and M. H. Saito, The spatial structure of Martian magnetic flux ropes recovered by the Grad-Shafranov reconstruction technique, *J. Geophys. Res.*, 119, doi:10.1002/2013JA019414, 2014.
55. Yuto KATOH, Mitsuru HIKISHIMA, Hirotsugu KOJIMA, Yoshiharu OMURA, Satoshi KASAHARA, Masafumi HIRAHARA, Yoshizumi MIYOSHI, Kanako SEKI, Kazushi ASAMURA, Takeshi TAKASHIMA, and Takayuki ONO, “Direct Measurement of Nonlinear Wave-Particle Interactions in the Earth's Magnetosphere: Wave-Particle Interaction Analyzer (WPIA) for ERG Mission”, Proceedings of the 12th Asia Pacific Physics Conference, *JPS Conf. Pro.*, DOI: 10.7566/JPSCP.1.015100, 2014.
56. Takuya Hara, Kanako Seki, Yoshifumi Futaana, Masatoshi Yamauchi, Stas Barabash, Andrei O. Fedorov, Manabu Yagi, and Dominique C. Delcourt, “Statistical properties of planetary heavy-ion precipitations toward the Martian ionosphere obtained from Mars Express”, *J. Geophys. Res.*, 118, DOI: 10.1002/jgra.50494, 2013.
57. Kitamura, N., K. Seki, Y. Nishimura, T. Hori, N. Terada, T. Ono, R. J. Strangeway, “Reduction of the field-aligned potential drop in the polar cap during large geomagnetic storms”, *J. Geophys. Res.*, 118, DOI: 10.1002/jgra.50450, 2013.
58. Seki, K., N. Terada, M. Yagi, D.C. Delcourt, F. Leblanc, and T. Ogino, “Effects of the surface conductivity and the IMF strength on the dynamics of planetary ions in Mercury's magnetosphere”, *J. Geophys. Res.*, 118, DOI: 10.1002/jgra.50181, 2013.
59. Yuto Katoh, Masahiro Kitahara, Hirotsugu Kojima, Yoshiharu Omura, Satoshi Kasahara, Masafumi Hirahara, Yoshizumi Miyoshi, Kanako Seki, Kazushi Asamura, Takeshi Takashima, and Takayuki Ono, “Significance of Wave-Particle Interaction Analyzer for direct measurements of nonlinear wave-particle interactions”, *Ann. Geophys.*, 31, 503-512, doi:10.5194/angeo-31-503-2013, 2013.
60. Hori T, N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), *Adv. Polar. Sci.*, 24, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.000692013, 69-77, 2013.
61. Sakaguchi, K., Y. Miyoshi, S. Saito, T. Nagatsuma, K. Seki, and K. T. Murata, “Relativistic electron flux forecast at geostationary orbit using Kalman filter based on multivariate autoregressive model”, *Space Weather*, 11, 79-89, 2013.
62. Lee, S., K. Shiokawa, J. P. McFadden, and K. Seki, “Geomagnetic conjugate observations of plasma-sheet electrons by the FAST and THEMIS satellites”, *J. Geophys. Res.*, 118, 1-14, doi:10.1029/2012JA017805, 2013.
63. Delcourt, D. C., K. Seki, N. Terada, and T. E. Moore, “Centrifugally Stimulated Exospheric Ion Escape at Mercury”, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L22105, doi:10.1029/2012GL054085, 2012.
64. Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, and K. Seki, Evolution of negative SI-induced ionospheric flows observed by SuperDARN King Salmon HF radar, *J. Geophys. Res.*, 117, A12, doi:10.1029/2012JA018093, 2012.

65. S. Saito, Y. Miyoshi, and K. Seki, “Relativistic Electron Microbursts associated with Whistler Chorus Rising Tone Elements: GEMSIS-RBW Simulations”, *J. Geophys. Res.*, 117, A10, doi:10.1029/2012JA018020, 2012.
66. Aoi Nakamizo, Yasutaka Hiraki, Yusuke Ebihara, Takashi Kikuchi, Kanako Seki, Tomoaki Hori, Akimasa Ieda, Yoshizumi Miyoshi, Yuji Tsuji, Yukitoshi Nishimura, and Atsuki Shinbori, “Effect of R2-FAC development on the ionospheric electric field pattern deduced by a global ionospheric potential solver”, *J. Geophys. Res.*, 117, A9, doi:10.1029/2012JA017669, 2012.
67. Kitamura, N., K. Seki, Y. Nishimura, N. Terada, T. Ono, T. Hori, and R. J. Strangeway, “Photoelectron flows in the polar wind during geomagnetically quiet periods”, *J. Geophys. Res.*, 117, A7, doi:10.1029/2011JA017459, 2012.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. Space Sciences Series of ISSI “Plasma sources for Solar System Magnetospheres”, Eds by A. F. Nagy, M. Blanc, C. R. Chappell, N. Krupp, *Springer*, 2015 (2章を担当) .

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Kanako Seki, et al., 固有磁場が地球型惑星からの大気散逸に与える影響, 日本地球惑星科学連合(JpGU)2019年大会, 2019年5月(幕張, 千葉).
2. Kanako Seki, et al., Arase(ERG) mission and involvement of space simulations, 13<sup>th</sup> International Symposium for Space Simulations, September 2018, (UCLA, Los Angeles, USA).
3. Kanako Seki, Current understanding of water and atmospheric escape from Mars based on MAVEN observations, Symposium on Planetary Science 2018, February 2018 (Sendai, Japan).
4. Kanako Seki, Exploration into underlying physics in space weather phenomena around Earth and beyond, 第2回日英先端科学シンポジウム(UK-Japan FoS), 基調講演, November 2016 (Chicheley, UK).
5. Kanako Seki, Takanobu Amano, Shinji Saito, Kei Kamiya, Yoshizumi Miyoshi, Yosuke Matsumoto, Takayuki Umeda, Kunihiro Keika, and Yukinaga Miyashita, A study on characteristics of radial transport of relativistic electrons by ULF Pc5 waves in the inner magnetosphere based on the GEMSIS-RC and RB models, 18<sup>th</sup> International Congress on Plasma Physics (ICPP 2016), June 2016 (Kaohsiung, Taiwan).
6. K. Seki, T. Amano, K. Kamiya, S. Saito, Y. Miyoshi, Y. Matsumoto, T. Umeda, K. Keika, K. Mitani, and Y. Miyashita, Self-consistent modeling of ring current ion dynamics with magnetic and electric fields based on the GEMSIS-RC models and related issues, ISSI (International Space Science Institute) team meeting on Ring Current Modeling: Uncommon Assumptions and Common Misconceptions, March 2016 (Bern, Switzerland).

7. K. Seki, N. Terada, H. Nakagawa, and MAVEN PS team, A review of MAVEN initial results: Dynamic variation of Martian upper atmosphere and new aurora, Symposium on Planetary Science 2016, February 2016 (Sendai, Japan).
8. Kanako Seki, A personal future perspective of international collaborations in space physics, 2015 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting 2015, May 2015 (Makuhari, Japan).
9. K. Seki, T. Amano, S. Saito, Y. Miyoshi, K. Keika, Y. Miyashita, Y. Matsumoto, T. Umeda, and Y. Ebihara, “Coupling between the ULF waves and high energy particles in the inner magnetosphere based on the GEMSIS-RC model”, AOGS (Asia Oceania Geosciences Society) 2014 Annual Meeting, July 2014 (Sapporo, Japan).
10. K. Seki, N. Terada, M. Yagi, D.C. Delcourt, F. Leblanc, and T. Ogino, “Mercury's plasma dynamics and effects on surface conductivity”, 5th SERENA-HEWG meeting, June 2014 (Killarney, Ireland).
11. K. Seki, “A comparison of planetary ion dynamics in the magnetospheres of Mercury and Earth”, ISSI (International Space Science Institute) workshop on Plasma Sources of Solar System Magnetospheres, September 2013 (Bern, Switzerland).
12. K. Seki, N. Terada, M. Yagi, D.C. Delcourt, F. Leblanc, and T. Ogino, “Effects of the surface conductivity and the IMF strength on the dynamics of planetary ions in Mercury's magnetosphere”, IAPS International Symposium on Planetary Sciences, July 2013 (Shanghai, China).
13. K. Seki, A. Matsuoka, N. Terada, T. Abe, A. Yamazaki, S. Yokota, H. Hayakawa, and Martian Atmospheric Escape Mission Working Group, “Science objectives of Japanese atmospheric escape mission to Mars (heir of NOZOMI): Role of atmospheric escape in evolution of Martian environment”, IAPS International Symposium on Planetary Sciences, July 2013 (Shanghai, China).
14. K. Seki, T. Amano, S. Saito, Y. Miyoshi, Y. Matsumoto, T. Umeda, Y. Miyashita, and Y. Ebihara, “Coupling between the ULF waves and the ring current in the inner magnetosphere based on the GEMSIS-RC model”, AOGS (Asia Oceania Geosciences Society) 2013 Annual Meeting, June 2013 (Brisbane, Australia).
15. K. Seki, Y. Matsumoto, B. Lavraud, Y. Saito, and R. Henri, “On roles of the K-H instability and double lobe reconnection in formation of CDPS in the geomagnetosphere: PSD observations and PIC simulation”, AOGS-AGU(WPGM) Joint Assembly, August 2012 (Singapore).
16. K. Seki, T. Amano, S. Saito, Y. Miyoshi, Y. Matsumoto, T. Umeda, Y. Miyashita, and Y. Ebihara, Effects of the ring current and plasmasphere on ULF waves in the inner magnetosphere based on the GEMSIS-RC and RB models, International Conference on Radiation Belts and Space Weather: New Horizon from RBSP Mission, 2012年5月, (テジョン, 韓国).

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績 (東京大学関係のみ)

#### 学位論文指導実績

- 2017年度 博士1名 (福田陽子)
- 2018年度 修士3名 (Nehpreet Walia, 乾 彰悟, 高田 雅康)

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 惑星大気学, 2016～2019 年度
- ・ 理学系研究科 磁気圏物理学 I, 2016, 2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2016～2017 年度
- ・ 教養学部 地球惑星科学入門(オムニバス), 2016 年度
- ・ 教養学部 惑星科学のフロンティア(オムニバス), 2017～2019 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会学生発表賞(オーロラメダル) 1 名 (2016 年 福田陽子)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ ISSI(International Space Science Institute), Science Committee, 2018年5月～現在
- ・ (社)日本地球惑星科学連合 宇宙惑星科学セクションバイスプレジデント, 2016年度～現在
- ・ (社)日本地球惑星科学連合, 代議員 (宇宙惑星セクション選出), 2014年度～現在
- ・ (社)日本地球惑星科学連合 グローバル戦略委員会, 委員, 2014年9月～現在
- ・ (社)日本地球惑星科学連合 グローバル戦略委員会, 幹事, 2014年9月より2018年3月
- ・ 日本学術会議, 連携会員, 2017年11月～現在
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会, 委員, 2017年11月～現在
- ・ 日本学術会議 地球・惑星圏分科会, 幹事, 2017年11月～現在
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学人材育成分科会, 委員, 2017年11月～現在
- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞推薦委員会, 委員, 2015 年 11 月～現在

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 内閣府 宇宙政策委員会宇宙科学・探査小委員会, 委員, 2019 年 4 月～現在
- ・ 日本学術振興会 審査関係 (秘匿業務のため未記載)
- ・ JAXA 宇宙科学研究所 理学委員会, 委員, 2019 年度～現在
- ・ JAXA 宇宙科学研究所 国際宇宙探査専門委員会, 委員, 2019 年 9 月～現在
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所共同利用・共同研究委員会, 委員, 2015 年 11 月～現在
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所 総合解析専門委員会, 委員長, 2016 年 4 月～現在
- ・ 関華奈子, 2013 年 3 月 NHK 文化センター名古屋 大河講座「ひとの大学」講演
- ・ 関華奈子, 2014 年 3 月 中日文化センター講座「宇宙の天気: 太陽と地球」講演
- ・ 関華奈子, 2014 年 8 月 公開セミナー「天文学の最前線」2014 講演 名古屋市科学館
- ・ 関華奈子, 2014 年 10 月 半田高校 SSH サイエンスコミュニケーションでの講演
- ・ 関華奈子, 2014 年 10 月 名古屋大学公開講座 講演
- ・ 関華奈子, 2016 年 9 月 公開イベント「女子中高生の未来」講演 @ 東京大学

関 華奈子

- ・ 関華奈子, 2017年10月 弥生会講演会「惑星をとりまく宇宙環境と生命居住可能性」
- ・ 関華奈子, 2018年7月 中日文化センター特別講演会「火星はなぜ海を失ったのか?」講演

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 会計委員会, 委員長, 2018～2019年度
- ・ 地球惑星科学専攻 宇宙惑星科学講座世話人, 2016～2019年度
- ・ 大学院理学系研究科 国際交流委員会, 委員, 2017～2019年度
- ・ 大学院理学系研究科 男女共同参画推進委員会, 委員, 2016～2019年度
- ・ 理学部, 学部前期日程試験総監督補佐, 2017年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：1名 研究者数：2名

#### (2) 派遣

学生数：1名 研究者数：1名

#### (3) 海外からの来訪者数 12名



# 橋 省吾

## I. 略歴

氏名： 橋 省吾（たちばな しょうご）

年齢： 46 歳

現職： 教授

### 学歴

1991 年 3 月 石川県立 金沢泉丘高等学校 卒業  
1995 年 3 月 大阪大学 理学部 宇宙地球科学科 卒業  
1997 年 3 月 大阪大学 大学院理学研究科 物理学専攻 博士前期課程 修了  
2000 年 3 月 大阪大学 大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻 博士後期課程 修了  
2000 年 3 月 博士（理学）（大阪大学）

### 職歴

2000 年 4 月 日本学術振興会 特別研究員 PD  
2003 年 4 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 助手  
2007 年 4 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 助教  
2012 年 4 月 北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 講師  
2013 年 1 月 北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 講師  
2013 年 4 月 北海道大学 大学院理学院 自然史科学専攻 准教授  
2013 年 8 月 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系 客員准教授（2016 年 3 月まで）  
2017 年 10 月 東京大学 大学院理学系研究科 宇宙惑星科学機構 教授  
2019 年 4 月 宇宙科学研究所 太陽系科学研究系 特任教授（クロスアポイントメント）  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

太陽系の惑星の多様性を生み出したのは、初期太陽系で起きた惑星材料物質の進化である。初期太陽系進化の総合的解明をめざし、実験・分析・観測・モデル・探査を統合した研究を進めてきた。晩期型星周や原始惑星系円盤でのダスト形成に関わる鉱物の蒸発・凝縮、分子雲での氷の光化学反応、原始惑星系円盤での非晶質ダストの結晶化・酸素同位体交換反応、小惑星での鉱物-水-有機物反応については、それぞれの場を模擬した室内実験で反応速度やメカニズムを決定し、隕石などの地球外物質に含まれる鉱物や有機物が経験した太陽系初期の化学プロセスや場の物理化学条件（温度・圧力・時間）に制約を与えてきた。また、太陽系初期進化に新たな制約を与えるために、小惑星サンプルリターン探査「はやぶさ 2」のサンプル採取装置開発をとりまとめ、科学目標の設定にも携わった。さらには、地球外物質科学と天文観測を結びつけるために晩期型星周や原始惑星系円盤でのダスト形成場の金属含有分子の観測をおこなう研究も進めてきた。これらの研究を通じ、地球外物質科学の枠を拡げてきたと考えている。

## 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Tachibana S., Kamizuka T., Hirota T., Sakai N., Oya Y., Takigawa A., & Yamamoto S. (2019). Spatial distribution of AlO in a high mass protostar candidate Orion Source I. *Astrophys. J. Letters* **875**, L29 (4 pp). doi.org/10.3847/2041-8213/ab1653

巨大原始星候補天体「オリオン KL 電波源 I」のアルマ望遠鏡による観測データを解析し、原始星円盤から吹き出すアウトフローの根元付近に、一酸化アルミニウム分子 (AlO) が偏在していることを発見した。この分布はアウトフローの中でアルミニウムに富むダストが形成されている可能性を示唆する。太陽系最古の固体物質はアルミニウムやカルシウムなど難揮発性の元素に濃集した鉱物からなるが、これらの鉱物がどのようにできたのかは充分には理解されていない。原始星周囲で AlO 分子がダストとして凝縮する可能性を示した本研究の成果は、原始星周囲での惑星材料の進化の一般的な理解を進めるとともに、太陽系でダストが惑星へと進化した過程を理解するための手がかりとなると期待される。本成果はアルマ望遠鏡公式サイトや国立天文台ニュースなどで取り上げられ、注目されている。

2. Yamamoto D., Kuroda M., Tachibana S., Sakamoto N., & Yurimoto H. (2018). Oxygen isotopic exchange between amorphous silicate and water vapor and its implications to oxygen isotopic evolution in the early Solar System. *Astrophys. J.* **865**, 98 (14pp). doi.org/10.3847/1538-4357/aadcee

始原隕石の同位体分析から、初期太陽系では固体物質が原始惑星系円盤中で  $^{16}\text{O}$  に乏しい水蒸気と酸素同位体交換を起こしたと考えられている。原始惑星系円盤の主要ダストである非晶質ケイ酸塩（本研究ではマグネシウムかんらん石組成の試料を用いた）と原始惑星系円盤を模擬した分圧での水蒸気との酸素同位体交換実験をおこない、同位体交換が水蒸気分圧に応じて、拡散律速/水蒸気供給律速と反応機構が変化することを明らかにした。また、反応速度を温度および水蒸気分圧の関数として記述し、原始惑星系円盤の寿命内でマグネシウムかんらん石組成の非晶質ケイ酸塩ダストが、水蒸気と酸素同位体交換反応を十分に起こすためには 500-600 K 以上の温度を経験する必要があることを示した。初期太陽系でのダストの酸素同位体進化の条件に関する初めての定量的制約となった。

3. Takigawa A., Kamizuka T., Tachibana S., & Yamamura I. (2017). Dust formation and wind acceleration around the aluminum oxide-rich AGB star W Hydrae. *Science Advances* **3**, eaao2149. doi:10.1126/sciadv.aao2149

太陽程度の質量の恒星は、ダストを宇宙空間へ放出し、銀河系における金属元素の主要な供給源となる。このような晩期型星には酸化アルミニウムダストが豊富で、ケイ酸塩ダストが少ないものが多く観測されているが、その理由は未解明であった。本研究では、アルマ望遠鏡を用い、晩期型星であるうみへび座 W 星周囲の一酸化アルミニウム分子 (AlO) と一酸化ケイ素分子 (SiO) の空間分布を初めて観測することに成功した。AlO 分子の分布はダストの分布とよく一致し、AlO 分子から酸化アルミニウムダストが形成されていることが実証された。一方、SiO 分子はより遠方まで拡がり、酸化アルミニウムダストが恒星からの光を受けて質量放出風の加速を助け、結果としてケイ酸塩ダストの形成を妨げたためと考えられる。本成果は海外ニュースサイトで取り上げられるなどの反響があった。

4. Tachibana S., Kouchi A., Hama T., Oba Y., Piani L., Sugawara I., Endo Y., Hidaka H., Kimura Y., Murata K., Yurimoto H., & Watanabe N. (2017). Liquid-like behavior of UV-irradiated interstellar ice analog at low temperatures. *Science Advances* **3**, eaao2538. doi:10.1126/sciadv.aao2538

恒星や惑星系は分子雲とよばれる星間ガスの雲から誕生する。この分子雲に存在する氷（星間氷）を模した紫外線照射非晶質氷（水・メタノール・アンモニアの混合氷）が、 $-210\sim-120^\circ\text{C}$ の低温で従来考えられてきた固体状態ではなく、液体的にふるまうことを発見した。純粋な水からなる氷も紫外線照射により $-220\sim-130^\circ\text{C}$ で液体状になることを発見し、紫外線照射で現れる液体的なふるまいが、水氷に特徴的な現象であることを示した。液体は化学反

応を促進するため、星間氷の液體的なふるまいは生命材料有機物にも関連する複雑有機物の形成を手助けしている可能性がある。また、液体状の水の存在は塵の効率的な付着を助ける可能性もあり、惑星形成の第一歩である塵の集積過程の理解にもつながると期待される。本成果は海外のサイエンスライターから取材を受けるなどの反響があった。

5. Tachibana S., Abe M., Arakawa M., Fujimoto M., Iijima Y., Ishiguro M., K. Kitazato, Kobayashi N., Namiki N., Okada T., Okazaki R., Sawada H., Sugita S., Takano Y., Tanaka S., Watanabe S., Yoshikawa M., Kuninaka H., & the Hayabusa2 Project Team (2014). Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from C-type near-Earth asteroid (162173) 1999 JU<sub>3</sub>. *Geochem. J.* **48**, 571-587. doi:10.2343/geochemj.2.0350

小惑星サンプルリターン探査機「はやぶさ2」が持ち帰るC型小惑星リュウグウ（論文公開時は仮符号 1999 JU<sub>3</sub>）の表面サンプルの太陽系科学における意義ならびに試料採取装置の設計開発思想を、ミッションの全体像とともに述べた論文。「はやぶさ2」サンプルリターン探査の科学的意義をまとめた最初の論文である。

#### 4. 受賞等

- ・ 橘 省吾, The Paul W. Gast Lectureship, Geochemical Society & European Association of Geochemistry, 2016年6月
- ・ 橘 省吾, 平成27年度特別研究員等審査会専門委員（書面担当）及び国際事業委員会書面審査員表彰, 2016年9月

#### 5. 研究の将来計画

地球外物質から得られる情報を、太陽系探査や電波観測、赤外観測、室内実験の結果とあわせ、太陽系誕生と初期進化の解明をめざす研究を推進し、多様な惑星形成の初期条件、太陽系初期進化の普遍性・特殊性を理解することをめざす。特に2020年末に「はやぶさ2」が持ち帰る小惑星リュウグウからのサンプルは重要な分析対象となる。この先10年程度に取り組む具体的研究課題として、以下の課題を設定している。（1）太陽系形成環境：太陽系をつくった分子雲の化学条件の制約、銀河系での太陽系材料物質の形成過程の理解、（2）初期太陽系円盤での物質進化：惑星材料の進化過程・円盤物理化学条件の決定、地球型惑星の化学的多様性の理解、（3）太陽系小天体：鉱物・水・有機物の化学進化の解明、（4）太陽系物質進化と他の惑星系の比較：晩期型星周、分子雲、原始惑星系円盤のアルマ望遠鏡や東京大学アタカマ望遠鏡による観測。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）、宇宙における分子進化：星間雲から原始惑星系へ、研究分担者、2018年度、総額3,000千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（S）、隕石中の難揮発性包有物の形成速度論に基づく太陽系最初期の物理化学環境解析、研究分担者、2016-2020年度、総額140,700千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（B）（一般）、地球とコンドライトの化学組成：初期太陽系円盤での主要元素分別、研究代表者、2016-2018年度、総額12,800千円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）国際共同研究加速基金（国際活動支援班）、宇宙における分子進化研究の国際連携・分野間融合への展開、研究分担者、2015-2017年度、総額26,500千円
- ・ 日本学術振興会 二国間交流事業共同研究（SAKURAプログラム）、硫黄の宇宙科学：太陽系最初期高温プロセスの解明、研究代表者、2014-2015年度、総額2,000千円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）（計画研究）、分子雲における氷・

有機物生成，研究分担者，2013-2017 年度，総額 111,100 千円

- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）（計画研究），宇宙における分子進化：星間雲から原始惑星系へ，研究分担者，2013-2017 年度，総額 33,600 千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（B）（一般），原始惑星系円盤でのフォーステライト異方的成長：宇宙鉱物学の新展開，研究代表者，2013-2015 年度，総額 11,700 千円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究，星周高温低圧条件下での金属鉄均質核形成実験，研究代表者，2013-2014 年度，総額 2,600 千円
- ・ 自然科学研究機構「宇宙における生命」分野研究プロジェクト，始原小天体から原始地球にわたる生命材料有機物の進化，研究代表者，2013 年度，総額 1,000 千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（S），初期太陽系における鉱物-水-有機物相互作用：生命材料物質の起源の解明をめざして，研究分担者，2010-2014 年度，総額 166,800 千円
- ・ 住友財団基礎科学研究助成，宇宙でのダスト形成過程の理解に向けた金属微粒子の低圧ガス中均質核形成実験，研究代表者，2012 年度，総額 1,500 千円
- ・ ノーステック財団若手研究人材・ネットワーク育成補助金，太陽系大航海時代のミュオン非破壊元素分析：地球外有機物の探索，研究代表者，2012 年度，総額 400 千円
- ・ 北海道大学総長室事業経費（若手研究者自立支援），宇宙鉱物学の新展開：マグネシウムケイ酸塩の異方的成長・凝縮，研究代表者，2012 年度，総額 800 千円
- ・ 北海道大学総長室事業経費（国際研究集会等出席），研究代表者，2012 年度，総額 300 千円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究，非平衡凝縮プロセスにおける速度論的同位体分別：惑星物質科学への応用，研究代表者，2011-2012 年度，総額 2,700 千円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Watanabe S., Hirabayashi M., Hirata N., Hirata N., Noguchi R., Shimaki Y., Ikeda H., Tatsumi E., Yoshikawa M., Kikuchi S., Yabuta H., Nakamura T., Tachibana S., Ishihara Y., Morota T., Kitazato K., Sakatani N., Matsumoto K., Wada K., Senshu H., Honda C., Michikami T., Takeuchi H., Kouyama T., Honda R., Kameda S., Fuse T., Miyamoto H., Komatsu G., Sugita S., Okada T., Namiki N., Arakawa M., Ishiguro M., Abe M., Gaskell R., Palmer E., Barnouin O. S., Michel P., French A. S., McMahon J. W., Scheeres D. J., Abell P. A., Yamamoto Y., Tanaka S., Shirai K., Matsuoka M., Yamada M., Yokota Y., Suzuki H., Yoshioka K., Cho Y., Tanaka S., Nishikawa N., Sugiyama T., Kikuchi H., Hemmi R., Yamaguchi T., Ogawa N., Ono G., Mimasu Y., Yoshikawa K., Takahashi T., Takei Y., Fujii A., Hirose C., Iwata T., Hayakawa M., Hosoda S., Mori O., Sawada H., Shimada T., Soldini S., Yano H., Tsukizaki R., Ozaki M., Iijima Y., Ogawa K., Fujimoto M., Ho T.-M., Moussi A., Jaumann R., Bibring J.-P., Krause C., Terui F., Saiki T., Nakazawa S. and Tsuda Y. (2019) Hayabusa2 arrives at the carbonaceous asteroid 162173 Ryugu – A spinning top-shaped rubble pile. *Science* **364**, 268-272. doi:10.1126/science.aav8032
2. Sugita S., Honda R., Morota T., Kameda S., Sawada H., Tatsumi E., Yamada M., Honda C., Yokota Y., Kouyama T., Sakatani N., Ogawa K., Suzuki H., Okada T., Namiki N., Tanaka S., Iijima Y., Yoshioka K., Hayakawa M., Cho Y., Matsuoka M., Hirata N., Hirata N., Miyamoto H., Domingue D., Hirabayashi M., Nakamura T., Hiroi T., Michikami T., Michel P., Ballouz R.-L., Barnouin O. S., Ernst C. M., Schröder S. E., Kikuchi H., Hemmi R., Komatsu G., Fukuhara T., Taguchi M., Arai T., Senshu H., Demura H., Ogawa Y., Shimaki Y., Sekiguchi T., Müller T. G., Hagermann A., Mizuno T., Noda H., Matsumoto K., Yamada R., Ishihara Y., Ikeda H., Araki H., Yamamoto K., Abe S., Yoshida F., Higuchi A., Sasaki S., Oshigami S., Tsuruta S., Asari K., Tazawa S., Shizugami M., Kimura J., Otsubo T., Yabuta H., Hasegawa S., Ishiguro M., Tachibana

- S., Palmer E., Gaskell R., Le Corre L., Jaumann R., Otto K., Schmitz N., Abell P. A., Barucci M. A., Zolensky M. E., Vilas F., Thuillet F., Sugimoto C., Takaki N., Suzuki Y., Kamiyoshihara H., Okada M., Nagata K., Fujimoto M., Yoshikawa M., Yamamoto Y., Shirai K., Noguchi R., Ogawa N., Terui F., Kikuchi S., Yamaguchi T., Oki Y., Takao Y., Takeuchi H., Ono G., Mimasu Y., Yoshikawa K., Takahashi T., Takei Y., Fujii A., Hirose C., Nakazawa S., Hosoda S., Mori O., Shimada T., Soldini S., Iwata T., Abe M., Yano H., Tsukizaki R., Ozaki M., Nishiyama K., Saiki T., Watanabe S. and Tsuda Y. (2019) The geomorphology, color, and thermal properties of Ryugu: Implications for parent-body processes. *Science* **364**, eaaw0422. doi: 10.1126/science.aaw0422
3. Hamilton V. E., Simon A. A., Christensen P. R., Reuter D. C., Clark B. E., Barucci M. A., Bowles N. E., Boynton W. V., Brucato J. R., Cloutis E. A., Connolly H. C., Donaldson Hanna K. L., Emery J. P., Enos H. L., Fornasier S., Haberle C. W., Hanna R. D., Howell E. S., Kaplan H. H., Keller L. P., Lantz C., Li J. -Y., Lim L. F., McCoy T. J., Merlin F., Nolan M. C., Praet A., Rozitis B., Sandford S. A., Schrader D. L., Thomas C. A., Zou X. -D., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) Evidence for widespread hydrated minerals on asteroid (101955) Bennu. *Nature Astronomy* **3**, 332-340. doi:10.1038/s41550-019-0722-2
  4. Scheeres D. J., McMahon J. W., French A. S., Brack D. N., Chesley S. R., Farnocchia D., Takahashi Y., Leonard J. M., Geeraert J., Page B., Antreasian P., Getzandanner K., Rowlands D., Mazarico E. M., Small J., Highsmith D. E., Moreau M., Emery J. P., Rozitis B., Hirabayashi M. Sánchez P., van Wal S., Tricarico P., Ballouz R. -L., Johnson C. L., Al Asad M. M., Susorney H. C. M., Barnouin O. S., Daly M. G., Seabrook J. A., Gaskell R. W., Palmer E. E., Weirich J. R., Walsh K. J., Jawin E. R., Bierhaus E. B., Michel P., Bottke W. F., Nolan M. C., Connolly H. C., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) The dynamic geophysical environment of (101955) Bennu based on OSIRIS-REx measurements. *Nature Astronomy* **3**, 352-361. doi:10.1038/s41550-019-0721-3
  5. DellaGiustina D. N., Emery J. P., Golish D. R., Rozitis B., Bennett C. A., Burke K. N., Ballouz R. -L., Becker K. J., Christensen P. R., Drouet D'Aubigny C. Y., Hamilton V. E., Reuter D. C., Rizk B., Simon A. A., Asphaug E., Bandfield J. L., Barnouin O. S., Barucci M. A., Bierhaus E. B., Binzel R. P., Bottke W. F., Bowles N. E., Campins H., Clark B. C., Clark B. E., Connolly H. C., Daly M. G., Leon J. De, Delbo' M., Deshapriya J. D. P., Elder C. M., Fornasier S., Hergenrother C. W., Howell E. S., Jawin E. R., Kaplan H. H., Kareta T. R., Le Corre L., Li J. -Y., Licandro J., Lim L. F., Michel P., Molaro J., Nolan M. C., Pajola M., Popescu M., Rizo Garcia J. L., Ryan A., Schwartz S. R., Shultz N., Siegler M. A., Smith P. H., Tatsumi E., Thomas C. A., Walsh K. J., Wolner C. W. V., Zou X. -D., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) Properties of rubble-pile asteroid (101955) Bennu from OSIRIS-REx imaging and thermal analysis. *Nature Astronomy* **3**, 341-351. doi:10.1038/s41550-019-0731-1
  6. Hergenrother C. W., Maleszewski C. K., Nolan M. C., Li J. -Y., Drouet D'Aubigny C. Y., Shelly F. C., Howell E. S., Kareta T. R., Izawa M. R. M., Barucci M. A., Bierhaus E. B., Campins H., Chesley S. R., Clark B. E., Christensen E. J., DellaGiustina D. N., Fornasier S., Golish D. R., Hartzell C. M., Rizk B., Scheeres D. J., Smith P. H., Zou X. -D., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) The operational environment and rotational acceleration of asteroid (101955) Bennu from OSIRIS-REx observations. *Nature Communications* **10**, 1291. doi:10.1038/s41467-019-09213-x
  7. Walsh K. J., Jawin E. R., Ballouz R. -L., Barnouin O. S., Bierhaus E. B., Connolly H. C., Molaro J. L., McCoy T. J., Delbo' M., Hartzell C. M., Pajola M., Schwartz S. R., Trang D., Asphaug E., Becker K. J., Beddingfield C. B., Bennett C. A., Bottke W. F., Burke K. N., Clark B. C., Daly M. G., DellaGiustina D. N., Dworkin J. P., Elder C. M., Golish D. R., Hildebrand A. R., Malhotra R., Marshall J., Michel P., Nolan M. C., Perry M. E., Rizk B., Ryan A., Sandford S. A., Scheeres D. J., Susorney H. C. M., Thuillet F., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) Craters boulders and regolith of (101955) Bennu indicative of an old and dynamic surface.

- Nature Geoscience* **12**, 242-246. doi:10.1038/s41561-019-0326-6
8. Barnouin O. S., Daly M. G., Palmer E. E., Gaskell R. W., Weirich J. R., Johnson C. L., Al Asad M. M., Roberts J. H., Perry M. E., Susorney H. C. M., Daly R. T., Bierhaus E. B., Seabrook J. A., Espiritu R. C., Nair A. H., Nguyen L., Neumann G. A., Ernst C. M., Boynton W. V., Nolan M. C., Adam C. D., Moreau M. C., Rizk B., Drouet D'Aubigny C. Y., Jawin E. R., Walsh K. J., Michel P., Schwartz S. R., Ballouz R. -L., Mazarico E. M., Scheeres D. J., McMahon J. W., Bottke W. F., Sugita S., Hirata N., Hirata N., Watanabe S. -I., Burke K. N., DellaGiustina D. N., Bennett C. A., Lauretta D. S. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) Shape of (101955) Bennu indicative of a rubble pile with internal stiffness. *Nature Geoscience* **12**, 247-252. doi:10.1038/s41561-019-0330-x
  9. Lauretta D. S., DellaGiustina D. N., Bennett C. A., Golish D. R., Becker K. J., Balram-Knutson S. S., Barnouin O. S., Becker T. L., Bottke W. F., Boynton W. V., Campins H., Clark B. E., Connolly H. C., Drouet D'Aubigny C. Y., Dworkin J. P., Emery J. P., Enos H. L., Hamilton V. E., Hergenrother C. W., Howell E. S., Izawa M. R. M., Kaplan H. H., Nolan M. C., Rizk B., Roper H. L., Scheeres D. J., Smith P. H., Walsh K. J., Wolner C. W. V. and OSIRIS-REx Team (incl. Tachibana S.) (2019) The unexpected surface of asteroid (101955) Bennu. *Nature* **568**, 55-60. doi:10.1038/s41586-019-1033-6
  10. Kuroda M., Tachibana S., Sakamoto N. and Yurimoto H. (2019) Fast diffusion path for water in silica glass. *Am. Mineral.* **104**, 385-390. doi.org/10.2138/am-2019-6802
  11. Sugahara H., Takano Y., Tachibana S., Sugawara I., Chikaraishi Y., Ogawa N. O., Ohkouchi N., Kouchi A. and Yurimoto H. (2019) Molecular and isotopic compositions of nitrogen-containing organic molecules formed during UV-irradiation of simulated interstellar ice. *Geochem. J.* **53**, 5-20. doi:10.2343/geochemj.2.0553
  12. Isono Y., Tachibana S., Naraoka H., Orthous-Daunay F.-R., Piani L. and Kebukawa Y. (2019) Bulk chemical characteristics of soluble polar organic molecules formed through condensation of formaldehyde: Comparison with soluble organic molecules in Murchison meteorite. *Geochem. J.* **53**, 41-51. doi:10.2343/geochemj.2.0551
  13. Orthous-Daunay F.-R., Piani L., Flandinet L., Thissen R., Wolters C., Vuitton V., Poch O., Moynier F., Sugawara I., Naraoka H. and Tachibana S. (2019) Ultraviolet-photon fingerprints on chondritic large organic molecules. *Geochem. J.* **53**, 21-32. doi:10.2343/geochemj.2.0544
  14. Noguchi M., Tachibana S. and Nagahara H. (2019) Diffusivity and solubility of methane in ice Ih. *Geochem. J.* **53**, 83-89. doi:10.2343/geochemj.2.0537
  15. Yamamoto D., Kuroda M., Tachibana S., Sakamoto N. and Yurimoto H. (2018) Oxygen isotopic exchange between amorphous silicate and water vapor and its implications to oxygen isotopic evolution in the early Solar System. *Astrophys. J.* **865**, 98 (14pp). doi.org/10.3847/1538-4357/aadcee
  16. Fujimoto Y., Kurmholz M. R. and Tachibana S. (2018) Short-lived radioisotopes in meteorites from Galactic-scale correlated star formation. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **480**, 4025-4039. doi:10.1093/mnras/sty2132
  17. Yamamoto D. and Tachibana S. (2018) Water vapor pressure dependence of crystallization kinetics of amorphous forsterite. *ACS Earth Space Chem.* **2**, 778-786. doi:10.1021/acsearthspacechem.8b00047
  18. Kuroda M., Tachibana S., Sakamoto N., Nakamura M., Okumura S. and Yurimoto H. (2018) Water diffusion in silica glass through pathways formed by hydroxyls. *Am. Mineral.* **103**, 412-417. doi:10.2138/am-2018-6208
  19. Telus M., Huss G. R., Nagashima K., Oglione R. C. and Tachibana S. (2018) In situ <sup>60</sup>Fe-<sup>60</sup>Ni systematics of chondrules from unequilibrated ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*

- 221**, 342-357. doi:10.1016/j.gca.2017.06.013
20. Terada K., Sato A., Ninomiya K., Kawashima Y., Shimomura K., Yoshida G., Kawai Y., Osawa T. and Tachibana S. (2017) Non-destructive elemental analysis of a carbonaceous chondrite with direct current Muon beam at MuSIC. *Scientific Reports* **7**, 15478. doi:10.1038/s41598-017-15719-5
  21. Takigawa A., Kamizuka T., Tachibana S. and Yamamura I. (2017) Dust formation and wind acceleration around the aluminum oxide-rich AGB star W Hydrae. *Science Advances* **3**, eaao2149. doi:10.1126/sciadv.aao2149
  22. Tachibana S., Kouchi A., Hama T., Oba Y., Piani L., Sugawara I., Endo Y., Hidaka H., Kimura Y., Murata K., Yurimoto H. and Watanabe N. (2017) Liquid-like behavior of UV-irradiated interstellar ice analog at low temperatures. *Science Advances* **3**, eaao2538. doi:10.1126/sciadv.aao2538
  23. Yabuta H., Noguchi T., Itoh S., Nakamura T., Miyake A., Tsujimoto S., Ohashi N., Sakamoto N., Hashiguchi M., Abe K., Okubo A., Kilcoyne A. L. D., Tachibana S., Okazaki R., Terada K., Ebihara M. and Nagahara H. (2017) Formation of an ultracarbonaceous Antarctic micrometeorite through minimal aqueous alteration in a small porous icy body. *Geochim. Cosmochim. Acta* **214**, 172-190. doi:10.1016/j.gca.2017.06.047
  24. Noguchi T., Yabuta H., Itoh S., Sakamoto N., Mitsunari T., Okubo A., Okazaki R., Nakamura T., Tachibana S., Terada K., Ebihara M., Imae N., Kimura M. and Nagahara H. (2017) Variation of mineralogy and organic material during the early stages of aqueous activity recorded in Antarctic micrometeorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **208**, 119-144. doi:10.1016/j.gca.2017.03.034
  25. Kebukawa Y., Chan Q. H. S., Tachibana S., Kobayashi K. and Zolensky M. E. (2017) One-pot synthesis of amino acid precursors with insoluble organic matter in planetesimals with aqueous activity. *Science Advances* **3**, e1602093. doi:10.1126/sciadv.1602093
  26. Sawada H., Okazaki R., Tachibana S., Sakamoto K., Takano Y., Okamoto C., Yano H., Miura Y. N., Abe M., Hasegawa, S., Noguchi T. and the Hayabusa2 SMP Team (2017) Hayabusa2 sampler: Collection of asteroidal surface material. *Space Sci. Rev.* **208**, 81-106. doi:10.1007/s11214-017-0338-8
  27. Piani L., Tachibana S., Hama T., Tanaka H., Endo Y., Sugawara I., Dessimoulie L., Kimura Y., Miyake A., Matsuno J., Tsuchiyama A., Fujita K., Nakatsubo S., Fukushi H., Mori S., Chigai T., Yurimoto H. and Kouchi A. (2017) Evolution of morphological and physical properties of laboratory interstellar organic residues with ultraviolet irradiation. *Astrophys. J.* **837**, doi:10.3847/1538-4357/aa5ca6
  28. Okazaki R., Sawada H., Yamanouchi S., Tachibana S., Miura Y. N., Sakamoto K., Takano Y., Abe M., Itoh S., Yamada K., Yabuta H., Okamoto C., Yano H., Noguchi T., Nakamura T., Nagao K. and The Hayabusa2 SMP Team (2017) Hayabusa2 sample catcher and container: Metal-seal system for vacuum encapsulation of returned samples with volatiles and organic compounds recovered from C-type asteroid Ryugu. *Space Sci. Rev.* **208**, 107-124. doi:10.1007/s11214-016-0289-5
  29. Sekine Y., Shibuya T., Postberg F., Hsu H. -W., Suzuki K., Masaki Y., Kuwatani T., Mori M., Hong P. K., Yoshizaki M., Tachibana S. and Sirono S. (2015) High-temperature water-rock interactions and hydrothermal environments in the chondrite-like core of Enceladus. *Nature Communications* **6**, doi:10.1038/ncomms9604
  30. Okazaki R., Noguchi T., Tsujimoto S., Tobimatsu Y. Nakamura T., Ebihara M., Itoh S., Nagahara H., Tachibana S., Terada K. and Yabuta H. (2015) Mineralogy and noble gas isotopes of micrometeorites collected from Antarctic snow. *Earth, Planets and Space* **67**, doi:10.1186/s40623-015-0261-8

31. Takigawa A., Tachibana S., Nagahara H. and Ozawa K. (2015) Evaporation and condensation kinetics of corundum: The origin of the 13- $\mu\text{m}$  feature of oxygen-rich AGB stars. *Astrophys. J. Suppl.* **218**, doi:10.1088/0067-0049/218/1/2
32. Hsu H. -W., Postberg F., Sekine Y., Shibuya T., Kempf S., Horányi M., Juhász A., Altobelli N., Suzuki K., Masaki Y., Kuwatani T., Tachibana S., Sirono S., Moragas-Klostermeyer G. and Srama R. (2015) Ongoing hydrothermal activities within Enceladus. *Nature* **519**, 207-210. doi:10.1038/nature14262
33. Connolly H. C., Jr., Lauretta D. S., Walsh K. J., Tachibana S. and Bottke W. F. Jr. (2015) Towards understanding the dynamical evolution of asteroid 25143 Itokawa: constraints from sample analysis. *Earth Planet. Sci.* **67**, doi:10.1186/s40623-015-0185-3
34. 岡本千里, 兵頭拓真, 百武 徹, 澤田弘崇, 國中 均, 橘 省吾 (2015) はやぶさ 2 による小惑星レゴリス試料採取を模擬した衝突実験. *遊星人* **24**, 247-257.
35. Tachibana S., Abe M., Arakawa M., Fujimoto M., Iijima Y., Ishiguro M., K. Kitazato, Kobayashi N., Namiki N., Okada T., Okazaki R., Sawada H., Sugita S., Takano Y., Tanaka S., Watanabe S., Yoshikawa M., Kuninaka H. and the Hayabusa2 Project Team (2014) Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from C-type near-Earth asteroid (162173) 1999 JU<sub>3</sub>. *Geochem. J.* **48**, 571-587. doi:10.2343/geochemj.2.0350
36. Terada K., Ninomiya K., Osawa T., Tachibana S., Miyake Y., Kubo M. K., Kawamura N., Higemoto W., Tsuchiyama A., Ebihara M. and Uesugi M. (2014) A new X-ray fluorescence spectroscopy for extraterrestrial materials using a muon beam. *Scientific Reports* **4**, doi:10.1038/srep05072
37. Sekine Y., Takano Y., Yano H., Funase R., Takai K., Ishihara M., Shibuya T., Tachibana S., Kuramoto K., Yabuta H., Kimura J. and Furukawa Y. (2014) Exploration of Enceladus' water-rich plumes toward understanding of chemistry and biology of the interior ocean. *Aerospace Technology Japan - The ISTS special issue of Transactions of JSASS- 2013-k-60*. doi:10.2322/tastj.12.Tk\_7
38. Sakai R., Nagahara H., Ozawa K. and Tachibana S. (2014) Composition of the lunar magma ocean constrained by the conditions for the crust formation. *Icarus* **229**, 45-56. doi:10.1016/j.icarus.2013.10.031
39. Fujita K., Ozawa T., Okudaira K., Mikouchi T., Suzuki T., Takayanagi H., Tsuda Y., Ogawa N., Tachibana S. and Satoh T. (2014) Conceptual study and key technology development for Mars aeroflyby sample collection. *Acta Astronautica* **93**, 84-93. doi:10.1016/j.actaastro.2013.07.009
40. Takigawa A., Tachibana S., Huss G. R., Nagashima K., Makide K., Krot A. N. and Nagahara H. (2014) Morphology and crystal structures of solar and presolar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in unequilibrated ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **124**, 309-327. doi:10.1016/j.gca.2013.09.013
41. 橘 省吾, 澤田弘崇, 岡崎隆司, 高野淑識, はやぶさ 2 サンプラーチーム (2014) 「はやぶさ 2」サンプルリターン探査 -太陽系始源天体探査における位置づけ-. *地球化学* **48**, 265-278.
42. Tachibana S., Tamada S., Kawasaki H., Ozawa K. and Nagahara H. (2013) Interdiffusion of Mg-Fe in olivine at 1,400-1,600°C and 1 atm total pressure. *Phys. Chem. Min.* **40**, 511-519. doi:10.1007/s00269-013-0588-2
43. 橘 省吾, 浦川聖太郎, 吉川 真, 中村良介, 石黒正晃 (2013) 107P/Wilson-Harrington サンプルリターン計画. *遊星人* **22**, 4-13.
44. Telus M., Huss G. R., Oglione R. C., Nagashima K., & Tachibana S. (2012). Recalculation of data for short-lived radionuclide systems using less-biased ratio estimation. *Meteorit. Planet. Sci.* **47**, 2013-2030.



45. Takigawa A. & Tachibana S. (2012). Crystallographically anisotropic shape of forsterite: New probe for evaluating dust formation history from infrared spectroscopy. *Astrophys. J.* **750**, 149-164. doi:10.1088/0004-637X/750/2/149.
46. Kurosawa K., Kadono T., Sugita S., Shigemori K., Sakaiya T., Hironaka Y., Ozaki N., Shiroshita A., Cho Y., Tachibana S., Vinci T., Ohno S., Kodama R., & Matsui T. (2012). Shock-induced silicate vaporization: The role of electrons. *J. Geophys. Res. Planets*, **117**, E4. doi:10.1029/2011JE004031.
47. 関根康人, 高野淑識, 矢野 創, 船瀬 龍, 高井 研, 石原盛男, 渋谷岳造, 橋 省吾, 倉本圭, 藪田ひかる, 木村 淳, 古川善博 (2012). 土星衛星エンセラダスのプリューム物質の化学・生命探査. *遊星人* **21**, 229-238.
48. 原田真理子, 瀧川 晶, 橋 省吾, 永原裕子, 小澤一仁 (2012). スピネル形成真空実験から探るプレソーラースピネルの起源. *遊星人* **21**, 160-167.

## (2) 査読無し原著論文

1. Tachibana S. & Takigawa A. (2014). Experimental Studies on Dust Formation in Space. *Proceedings of "The Life Cycle of Dust in the Universe: Observations, Theory, and Laboratory Experiments" PoS(LCDU2013)046*

## (3) 総説・解説

1. Kouchi A., Tachibana S., Piani L., Orthous-Daunay, F.-R., & Naraoka, H. (2019). Preface: Evolution of molecules in space: From interstellar clouds to protoplanetary nebulae. *Geochem. J.* **53**, 1-3. doi:10.2343/geochemj.2.0555
2. 小島知子, 中村圭子, 橋 省吾 (2016). 初期太陽系の惑星物質科学: 隕石・彗星・小惑星の微粒子. *エアロゾル研究* **31**, 161-168.
3. Tachibana S., Busemann H., & Bonal L. (2014). Preface: Evolution of refractory grains, volatiles, and organic molecules from the interstellar medium to the early solar system. *Geochem. J.* **48**, 509-510. doi:10.2343/geochemj.2.0349
4. 橋 省吾 (2012). 太陽系始原天体サンプルリターン計画でめざすサイエンスと放射光分析. *放射光* **25**, 321-327.

## (4) 著書

1. 橋 省吾 (2016) 星くずたちの記憶-銀河から太陽系への物語 (岩波科学ライブラリー), 岩波書店, pp.128.
2. 橋 省吾 (2016) "小惑星・隕石の物質科学" 系外惑星の事典, 井田 茂・田村元秀・生駒大洋・関根康人編, 朝倉書店, pp.356.
3. 橋 省吾 (2016) "彗星の物質科学" 系外惑星の事典, 井田 茂・田村元秀・生駒大洋・関根康人編, 朝倉書店, pp.356.
4. 橋 省吾 (2014) "太陽系の元素は銀河系から" 宇宙と生命の起源2 ~素粒子から細胞へ (岩波ジュニア新書) (小久保英一郎・嶺重慎編), 岩波書店, pp.256.

## (5) その他著作物

1. 橋 省吾 (2018) "リュウグウの声を聴くために" ISAS ニュース, 457, 7.
2. 橋 省吾 (2018) "微隕石探索図鑑 あなたの身近の宇宙の美しいかけら (書評)" 日経サイエンス, 48 巻 7 号, p.108, 日経サイエンス社
3. 橋 省吾 (2018) "広辞苑を 3 倍楽しむ<97> ジャイアントインパクト説" 科学 (岩波書

店) 88, 341.

4. 橋 省吾 (2016) "自然を聴く (特集 宮沢賢治生誕 120 年) " 文学 (岩波書店) 17, 160-161.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 橋 省吾 (2013) はやぶさ 2 : 太陽系大航海時代にめざす科学, 第 61 回質量分析総合討論会 (つくば), 2013.9.10-12.
2. Tachibana S. (2013) Scientific importance of return samples from near-earth C-type asteroid 1999 JU<sub>3</sub>: sampling method/strategy and sample analyses. *HAYABUSA2013 - Symposium of the Solar System Materials* (Sagamihara, Japan), 2013.10.16-18.
3. Tachibana S. (2013) Experimental studies on dust formation in space. *The Life Cycle of Dust in the Universe* (Taipei, Taiwan), 2013.11.18-22.
4. Tachibana S. (2014) Hayabusa-2 - Sample Return from Near-Earth C-Type Asteroid 1999 JU<sub>3</sub>: Sampling Method/Strategy and Sample Analyses. *OSIRIS-REx Science Team Meeting 6* (Tucson, USA), 2014.4.22-24.
5. Tachibana S. (2014) Hayabusa-2: Sample Return from a near-Earth C-Type Asteroid, 1999 JU<sub>3</sub>. *Goldschmidt Conference 2014* (Sacramento, USA), 2014.6.8-13.
6. Tachibana S. (2016) Chemical evolution of the solar system: Laboratory experiments and small-body explorations. *Guest Lectureship, Goldschmidt Conference 2016* (Yokohama, Japan), 2016.6.26-7.1.
7. Tachibana S. (2017) Hayabusa2: Sample return from C-type near-Earth asteroid (162173) Ryugu. *Royal Astronomical Society Specialist Discussion meeting 'Science of Primitive Asteroid Sample Return Missions'* (London, UK), 2017.10.13.
8. Tachibana S. (2018) Key science drivers for new space missions: Solar System origin and formation scenarios. *ISSI-Beijing Forum Roads towards Sample Return from Comets and Asteroids*(Beijing, China), 2018.1.17-18.
9. Tachibana S. (2018) Needed technologies: Sampling techniques for Hayabusa-2. *ISSI-Beijing Forum Roads towards Sample Return from Comets and Asteroids*(Beijing, China), 2018.1.17-18.
10. Tachibana S. (2018) Asteroid sample return missions - Hayabusa-2 and OSIRIS-REx. *Europlanet & International Space Science Institute Workshop Role of Sample Return in Addressing Major Outstanding Questions in Planetary Sciences*(Bern, Switzerland), 2018.2.5-9.
11. Tachibana S. (2018) Role of sample return missions from small bodies in Solar System science. *Winter school Volatile elements in the Solar System*(Les Houches, France), 2018.3.11-16.
12. 橋 省吾 (2018) Hayabusa2: Sampling and sample analysis, 日本地球惑星科学連合大会 2018 年大会 (幕張メッセ), 2018.5.22.
13. Tachibana S. (2018) Laboratory experiments on high- and low-temperature processes in the early Solar System. *Workshop: Experiment and Modeling in Investigation of Extraterrestrial Material, 81st Annual Meeting of the Meteoritical Society* (Moscow, Russia), 2018.7.23-27.
14. 橋 省吾 (2018) 太陽系科学の将来と光赤外天文学, 2018 年度光赤天連シンポジウム (国立天文台), 2018.9.10-12.
15. 橋 省吾 (2018) 「はやぶさ 2」 - 小惑星リュウグウからのサンプルリターン, 2018 日本放射化学学会年会・第 62 回放射化学討論会 (京都大学), 2018.9.18-20.

16. Tachibana S. (2018) Hayabusa2 at Ryugu. *Reading Terrestrial Planet Evolution in Isotopes and Element Measurements* (Bern, Switzerland), 2018.10.22-26.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2015年度 修士2名 (黒田みなみ, 山本大貴)
- ・ 2016年度 修士1名 (磯光)
- ・ 2017年度 修士3名 (小林航大, 磯野雄生, 松村亮)
- ・ 2018年度 修士1名 (上林海ちる), 博士2名 (黒田みなみ, 山本大貴)  
(すべて北海道大学大学院理学院自然史科学専攻での指導実績)

#### 担当講義

- ・ 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 宇宙惑星物質科学 I, 2018年度-
- ・ 理学部 地球惑星物理学科 造岩鉱物光学実習, 2018年度-
- ・ 理学部 地球惑星物理学科 地球惑星環境学特別演習, 2018年度-
- ・ 理学部 地球惑星物理学科 地球惑星物理学特別演習, 2018年度-
- ・ 理学部 地球惑星物理学科 地球惑星物理学実験, 2018年度-
- ・ 教養学部 学術フロンティア講義: 惑星科学の最前線, 2018年度-
- ・ 教養学部 学術フロンティア講義: 地球惑星科学のフロンティア, 2018年度
- ・ 北海道大学 理学部 教職科目 教科教育法 II (理科), 2015年度
- ・ 北海道大学 理学部 共通科目 現代地球惑星科学概論, 2014, 2016年度
- ・ 北海道大学 理学部 地球惑星科学科 地球惑星科学実験 I, 2014-2018年度
- ・ 北海道大学 理学院 自然史科学専攻 地球化学特論, 2013, 2015, 2017年度
- ・ 北海道大学 理学部 地球惑星科学科 地球惑星科学実験 III, 2013-2018年度
- ・ 北海道大学 理学部 地球惑星科学科 地球惑星物質科学実習, 2013-2018年度
- ・ 北海道大学 理学部 地球惑星科学科 地球化学, 2013-2018年度
- ・ 北海道大学 高等教育推進機構 総合教育部 地球惑星科学 II, 2013-2018年度
- ・ 京都大学 理学部 地球惑星科学系 地球惑星科学特別講義 (地質) 1, 2017年度
- ・ 山形大学 理学部 地球環境学科 地球環境特殊講義 VIII, 2016年度
- ・ 熊本大学 理学部 地球科学コース 地球環境科学特別講義 G, 2015年度
- ・ 筑波大学 生命環境学群 地球学類 地質学特別講義 II, 2013年度
- ・ 神戸大学 大学院理学研究科 地球惑星科学専攻 実験惑星科学特論 II, 2012年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 北海道大学大塚賞 (2018年度博士 黒田みなみ)
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 (2018年 黒田みなみ)
- ・ 北海道大学クラーク賞 (2013年度学士 黒田みなみ)

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- Meteoritical Society, Nominating Committee, 2017-
- Meteoritical Society, 82nd Annual Meeting LOC, 2017-2019
- NASA, Laboratory Analysis of Returned Samples (LARS) Program Review Panel
- NASA, Research Opportunities in Space and Earth Sciences (ROSES) Review Panel
- NASA, Emerging World Review Panel
- 日本地球惑星科学連合，代議員，2014-2017 年度
- 日本地球惑星科学連合，宇宙惑星科学セクション・サイエンスボード，2016 年度-
- 日本地球惑星科学連合，グローバル戦略委員会・委員，2014 年度-
- 日本地球惑星科学連合，広報普及委員会・幹事，2009 年度-
- 日本地球惑星科学連合，広報普及委員会・委員，2005 年度-
- 日本地球惑星科学連合，JGL 編集委員会・編集幹事，2015 年度-
- 日本地球惑星科学連合，JGL 編集委員会・委員，2005 年度-
- 日本地球化学会，理事，2017-2018 年度
- 日本地球化学会，庶務幹事，2017-2018 年度
- 日本地球化学会，庶務幹事，2016-2017 年度
- 日本地球化学会，評議員，2016-2017 年度
- 日本地球化学会，Geochemical Journal Associate Editor，2008 年度-
- 日本惑星科学会，運営委員会・委員，2009-2016 年度
- 日本惑星科学会，対外協力専門委員会・委員，2009-
- 日本惑星科学会，将来計画委員会・委員長，2015-2016 年度
- 日本惑星科学会，将来計画委員会・委員，2012-2014 年度
- 日本惑星科学会，行事委員会・委員，2009-2016 年度
- 日本鉱物科学会，Elements 編集委員会・委員，2011 年度-
- Science Organizing Committee, Hayabusa Symposium, 2017-
- Co-chair, Solar-System symposium in Sapporo, 2016-
- Co-organizer, Session on Experimental Cosmochemistry, Goldschmidt Conference 2017
- Co-chair, Theme on From Stars to Planets, Goldschmidt Conference 2016
- Co-organizer, Workshop on Experimental Cosmochemistry, Goldschmidt Conference 2016
- Co-convener, Session on Asteroids, Sample Return Missions and the Comet-Asteroid Continuum, Goldschmidt Conference 2015
- Co-convener, Session on Refractory Grains, Volatiles, and Organic Molecules Inherited from the Interstellar Medium, Goldschmidt Conference 2013
- Co-organizer, Workshop: Cosmochemical Perspective on the Early Evolution of the Solar System 2013
- Co-organizer, Workshop on Minerals-Water-Organics in the Early Solar System 2012

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 橘 省吾，札幌市青少年科学館『宇宙セミナー「はやぶさ2 講演会」』，2019.1.26
- ・ 橘 省吾，太陽系の起源と進化の理解をめざして，地球惑星科学 学生と若手の会 '18，2018.11.10-11
- ・ 橘 省吾，マチダネコスタ サイエンスカフェ『大人の夏休み 読書感想文書きませんか？』，2018.9.7
- ・ 橘 省吾，相模原市立博物館『なぜなに「はやぶさ2」何でも質問教室！』，2018.9.2
- ・ 橘 省吾，UTOPS アウトリーチイベント『「はやぶさ2」を通じてどんなことがわかるの？ 研究者とディスカッションしよう！』，2018.8.21
- ・ 橘 省吾，数理・科学チャレンジ ウィンターキャンプ 2017 講師，2017.12.27-28
- ・ 橘 省吾，小惑星イトカワとリュウグウの科学 2017，北海道なよろ市立天文台きたすばる講演会，2017.7.14
- ・ 橘 省吾，小惑星イトカワとリュウグウの科学 2016，北海道なよろ市立天文台きたすばる講演会，2016.7.15
- ・ 橘 省吾，太陽系のレシピを知りたい，鉱物科学若手の会 YMO，2016.5.24
- ・ 橘 省吾，太陽系大航海時代に見る夢，石川県立金沢泉丘高等学校特別講義，2016.3.4
- ・ 橘 省吾，宇宙に生命のもとをさがす-太陽系大航海時代に「はやぶさ2」が見る夢-，日本地球化学会市民講演会，2015.9.18
- ・ 橘 省吾，はやぶさ2—私たちがめざすもの，北海道なよろ市立天文台きたすばる講演会，2015.7.17
- ・ 橘 省吾，宇宙にいちばん近い実験室をめざして，金沢大学理工学域理工系キャリアパス支援セミナー，2015.2.11
- ・ 橘 省吾，太陽系の元素は銀河から，朝日カルチャーセンター公開講座「宇宙と生命の起源」，2014.11.8
- ・ 橘 省吾，はやぶさ2-太陽系大航海時代に見る夢，いわて銀河フェスタ 2014，2014.8.30
- ・ 橘 省吾，はやぶさ2～太陽系大航海時代に見る夢～，北海道大学オープンキャンパス理学部公開講座，2014.8.3-4
- ・ 橘 省吾，いん石からのぞく太陽系：ちりもつもれば惑星になる，茨城県古河市立古河第一小学校，2013.9.12
- ・ 橘 省吾，鉱物のキオク-太陽系・銀河系，日本地球化学会・日本鉱物科学会第8回ショートコース，2013.9.10
- ・ 橘 省吾，はやぶさ2：太陽系大航海時代に見る夢，北海道なよろ市立天文台きたすばる，2013.7.19
- ・ 橘 省吾，太陽系大航海時代に見る夢，石川県白山市立美川中学校立志式，2013.2.13
- ・ 橘 省吾，北陸電力エネルギー科学館オータムセミナー，実験室からの天文学・惑星科学，2012.11.18
- ・ 橘 省吾，北陸電力エネルギー科学館オータムセミナー，ちりもつもれば惑星になる，2012.11.17
- ・ 橘 省吾，北陸信用金庫美川信友会講演会，ちりもつもれば惑星になる-「実験室の宇宙」から「はやぶさ2」まで，2012.8.24
- ・ 橘 省吾，石川県白山市立美川小学校 140 周年特別授業「わくせいのひみつ」(低学年)，「太陽系の私たち」(中学年)，「ちりもつもれば惑星になる-「実験室の宇宙」から「は

やぶさ2」まで」(高学年), 2012.6.23

- ・ 日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員(書面担当)及び国際事業委員会書面審査員, 2014~2015年度
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2017~2018年度
- ・ プレスリリース -220~-120°Cで液体のようにふるまう氷を発見~宇宙で生命材料分子や惑星が誕生するプロセスを解明するヒントに~, 2017年10月
- ・ プレスリリース 死にゆく星からの恒星風の加速、酸化アルミニウム形成が引き金 — アルマ望遠鏡が明かすケイ酸塩に乏しい質量放出星の謎—, 2017年11月
- ・ プレスリリース 素粒子ミュオン連続ビームによる、太陽系誕生時の有機物を含む隕石の非破壊分析に成功!, 2017年11月
- ・ プレスリリース 巨大原始星の周りにアルミニウムを含む分子を発見-惑星材料の起源の理解へ, 2019年4月

## 12. 学内行政業務

- ・ 東京大学, TAO 運営諮問委員会, 委員, 2018年度-
- ・ 理学系研究科附属宇宙惑星科学機構, 運営委員会, 委員, 2018年度-

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数: 2名 研究者数: 4名

#### (2) 派遣

学生数: 0名 研究者数: 0名

#### (3) 海外からの来訪者数 20名

# 星野 真弘

## I. 略歴

氏名： 星野 真弘 (ほしの まさひろ)

年齢： 61 歳

現職： 教授

### 学歴

1977 年 3 月 三重県立桑名高等学校卒業  
1981 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業  
1983 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了  
1986 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程単位満了退学  
1986 年 7 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

1986 年 7 月 NASA/Goddard Space Flight Center 研究員  
1988 年 10 月 Lawrence Livermore National Laboratory 博士研究員  
1991 年 4 月 理化学研究所 基礎科学特別研究員  
1993 年 10 月 宇宙科学研究所 助教授  
1999 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

宇宙空間および天体プラズマの研究、特に地球やパルサー磁気圏での磁気リコネクション、惑星間空間衝撃波や超新星爆発衝撃波、パルサー風や活動銀河核ジェットでの相対論的衝撃波、ブラックホール周りの降着円盤について研究を進めている。過去7年間において取り組んだ主な課題は、(1) 高マッハ数の衝撃波での電子加速、(2) 相対論的衝撃波でのイオンと電子の加速、(3) 無衝突降着円盤での角運動量輸送、(4) 磁気リコネクションでのイオンと電子のエネルギー分配である。

上記それぞれの成果は以下の通り、(1) 超新星残骸からはシンクロトロン放射が観測されるが、その高エネルギー電子は衝撃波フェルミ加速で作られていると考えられている。しかし、フェルミ加速には未解決問題が山積しており、その一つが衝撃波注入問題と呼ばれる電子の初期加速である。ブーネマン不安定とワイベル不安定によって初期電子加速が可能であることを見出した[Ref 6,12,18,30]. (2) 宇宙で観測される相対論的衝撃波の大半は垂直衝撃波に分類されるが、そこではフェルミ加速が有効に働かないことが知られている。新しい加速機構として、衝撃波面のシンクロトロン・レーザー不安定で励起された先駆波の作用で起きる非コヒーレント航跡場加速によって、高エネルギー粒子が生成されることを見出した[Ref 26,31]. (3) MHD 近似が成り立つ降着円盤では、磁気回転不安定 (MRI) によって角運動量輸送が起きていることが議論されているが、無衝突系での MRI については未解決であった。粒子コードを用いた大規模シミュレーションにより、無衝突系では角運動量輸送が

MHD よりも大きく向上することを示した[Ref 10,17,25,27]. (4) 無衝突プラズマ系では、イオンと電子のエネルギー等分配は必ずしも成立しない。そのエネルギー分配の決めるには詳細なマイクロなプラズマ過程を解明する必要がある。磁気リコネクションでのエネルギー分配を決定する理論モデルを提唱した[Ref 34].

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. M. Hoshino, J. Arons, Y. Gallant, and A. B. Langdon, Relativistic Magnetosonic Shock Waves in Synchrotron Sources: Shock Structure and Nonthermal Acceleration of Positrons, *Astrophys. J.*, 390, 2, 454-479 (1992).

パルサー風星雲などでのシンクロトロン放射の応用を念頭に、電子-陽電子-重イオン系での相対論的垂直衝撃波の理論的性質を、第一原理に基づく電磁粒子シミュレーションで明らかにした。相対論衝撃波では、シンクロトロン・レーザー不安定とそれによって作られる先駆波が重要な役割を果たすことを見出し、電子・陽電子の選択的加速のメカニズムを提案した。(Citation 375, GS)

2. M. Hoshino, T. Mukai, T. Terasawa, and I. Shinohara, Suprathermal electron acceleration in magnetic reconnection, *J. Geophys. Res.*, 106, 25979-25998 (2001)

数 keV の温度を超える非熱的熱的電子がしばしば地球磁気圏尾部では観測されるが、その非熱的電子の加速メカニズムは謎であった。磁気リコネクションによって非熱的電子が加速されることを、Geotail 衛星観測と粒子シミュレーションを用いて解明した。(Citation 269, GS)

3. Y. Matsumoto, T. Amano, T. Kato, and M. Hoshino, Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave, *Science*, 347, 6225, 974-978 DOI: 10.1126/science.1260168 (2015)

Hoshino & Shimada (2002)の一次元粒子シミュレーションで、高マッハ数を持つ衝撃波での電子波乗り加速が発見されたが、この波乗り加速が果たして多次元系でも有効であるのかどうかを検証する必要があった。本論文では2次元計算粒子シミュレーションを行い、電子波乗り加速が起きることを証明し、さらにイオン・ワイベル不安定で励起された磁気リコネクションが電子加速に重要であることを議論した。

4. M. Hoshino, Angular momentum transport and particle acceleration during magnetorotational instability in a kinetic accretion disk, *Physical Review Letters*, DOI:10.1103/PhysRevLett.114.061101 (2015)

無衝突系降着円盤における磁気回転不安定 (MRI) に起因する角運動量輸送と粒子加速について、3次元粒子シミュレーションを用いて調べた。MRIによって高エネルギー粒子加速が起きるだけでなく、角運動量輸送がMHD系よりも増大することを明らかにした。このシミュレーション結果は、ブラックホール周りで観測される高エネルギー粒子を説明することが出来る。

5. M. Hoshino, Energy Partition between Ion and Electron of Collisionless Magnetic Reconnection, *Astrophys. J. Letters*, doi:10.3847/2041-8213/aaef3a (2018)

無衝突プラズマ中でのイオンと電子のエネルギー分配は、プラズマ物理の最も基本的な重要問題である。本論文では磁気リコネクションによって加熱されたイオンと電子の温度比が、イオンと電子の質量比の1/4乗で近似できることを提唱した。この理論予想は地球磁気圏尾部での観測とも整合的である。



#### 4. 受賞等

- ・ 星野真弘, Group Achievement Award, NASA/Magnetospheric Multi-Scale (MMS) Project, 2016年7月
- ・ 星野真弘, American Geophysical Union Fellow, 2016年12月

#### 5. 研究の将来計画

太陽圏でのスペース科学に留まらず、遠方宇宙の天体プラズマへと研究領域を引き続き広げていく。プラズマ物理の普遍性から、プラズマ宇宙における多くの基本的な重要問題を深く理解するには、スペースプラズマと天体プラズマの融合研究が大切である。今後ともこの研究および教育方針で臨み、身近な宇宙の直接観測で得た知見を遠方宇宙でのプラズマ物理一般の理解へと拡張していく。特に、電磁流体スケールを超えたミクロスケールでのプラズマ運動論に基づく輸送過程に着目して、宇宙での様々なプラズマ現象で発現する粒子加速、プラズマ加熱、非線形波動および乱流について研究を進める。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 放射減衰を考慮した相対論的プラズマシートの動力学と粒子加速, 研究代表者, 2010~2012年度, 総額 15,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 無衝突系の降着円盤における磁気回転不安定と粒子加速, 研究代表者, 2013~2016年度, 総額 19,240,000 円
- ・ 二国間交流事業共同研究、無衝突衝撃波での高エネルギー粒子の注入と加速、研究代表者、2017~2018年度、総額 4,850,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的研究 (開拓), 大型レーザーを用いた相対論的磁気リコネクション実験, 研究分担者, 2017~2021年度, 総額 21,840,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 相対論的衝撃波における電子加速機構についての磁化強度  $\sigma$  に対する包括的研究, 研究分担者, 2017~2020年度, 総額 18,980,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽), 非中性プラズマ中での磁気リコネクション, 研究代表者, 2018~2019年度, 総額 6,370,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. M. Hoshino, Stochastic particle acceleration in multiple magnetic islands during reconnection, *Phys. Rev. Lett.*, 108(13) DOI:10.1103/PhysRevLett.108.135003 (2012)
2. M. Hoshino and Y. Lyubarsky, Relativistic reconnection and particle acceleration, *Space Sci. Rev.*, DOI: 10.1007/s11214-012-9931-z (2012)
3. K. Higashimori and M. Hoshino, The relation between ion temperature anisotropy and formation of slow shocks in collisionless magnetic reconnection, *J. Geophys. Res.*, 117 (A1) DOI:10.1029/2011JA016817 (2012)
4. Y. Kuramitsu, Y. Sakawa, M. Hoshino, S.-H. Chen, and H. Takabe, On the universality of nonthermal electron acceleration due to quasi-turbulent wakefields, *High Energy Density Physics*, 8, 2068, DOI:10.1016/j.hedp.2012.03.016 (2012)
5. J. Birn, A.V. Artemyev, D.N. Baker, M. Echim, M. Hoshino and L. M. Zelenyi, Particle

- acceleration in the magnetotail and aurora, *Space Sci. Rev.*, DOI:10.1007/s11214-012-9874-4, (2012)
6. Y. Matsumoto, T. Amano and M. Hoshino, Electron acceleration at high Mach number shocks: two-dimensional Particle-in-Cell simulations in various parameter regions. *Astrophys. J.*, 755 (2) 109, DOI:10.1088/0004-637X/755/2/109 (2012)
  7. Y. Kuramitsu, Y. Sakawa, T. Morita, T. Ide, K. Nishio, H. Tanji, H. Aoki, S. Dono, C. D. Gregory, J. N. Waugh, N. Woolsey, A. Dizière, A. Pelka, A. Ravasio, B. Loupiau, M. Koenig, S. A. Pikuz, Y. T. Li, Y. Zhang, X. Liu, J. Y. Zhong, J. Zhang, G. Gregori, N. Nakai, K. Kondo, Y. Mori, E. Miura, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima, K. A. Tanaka, H. Azechi, T. Moritaka, Y. Matsumoto, T. Sano, A. Mizuta, N. Ohnishi, M. Hoshino and H. Takabe, Laboratory investigations on the origin of cosmic rays, *Plasma Phys. and Control. Fusion*, 54, 124049, doi:10.1088/0741-3335/54/12/124049 (2012)
  8. A. V. Artemyev, M. Hoshino, V. N. Lutsenko, A. A. Petrukovich, S. Imada, and L. M. Zelenyi, Double power-law spectra of energetic electrons in the Earth magnetotail, *Ann. Geophys.*, 31, 910106, doi:10.5194/angeo-31-91-2013 (2013)
  9. K. Higashimori, N. Yokoi, and M. Hoshino, Explosive Turbulent Magnetic Reconnection, *Physical Review Letters*, DOI:10.1103/PhysRevLett.110.255001 (2013)
  10. M. Hoshino, Particle acceleration during magnetorotational instability in a collisionless accretion disk, *Astrophys. J.*, DOI: 10.1088/0004-637X/773/2/118 (2013)
  11. T. Saito, M. Hoshino, and T. Amano, Stability of cosmic ray modified shocks: Two-fluid approach, *Astrophys. J.*, DOI:10.1088/0004-637X/775/2/130 (2013)
  12. Y. Matsumoto, T. Amano and M. Hoshino, Electron acceleration in a nonrelativistic very high Alfvén Mach number shock, *Physical Review Letters*, DOI:10.1103/PhysRevLett.111.215003 (2013)
  13. K. Hirabayashi and M. Hoshino, Magnetic reconnection under anisotropic MHD approximation, *Physics of Plasmas*, 20 (11), DOI:10.1063/1.4831754 (2013)
  14. N. Yokoi, K. Higashimori, and M. Hoshino, Transport enhancement and suppression in turbulent magnetic reconnection: A self-consistent turbulent model, *Physics of Plasmas*, 20 (12), DOI:10.1063/1.4851976 (2013)
  15. K. Shirakawa and M. Hoshino, Asymmetric evolution of magnetic reconnection in collisionless accretion disk, *Physics of Plasmas*, 21 (6), DOI:10.1063/1.4875739 (2014)
  16. H. Itou, T. Amano and M. Hoshino, First-principles simulations of electrostatic interactions between dust grains, *Physics of Plasmas*, 21 (12), DOI:10.1063/1.4904373 (2014)
  17. M. Hoshino, Angular momentum transport and particle acceleration during magnetorotational instability in a kinetic accretion disk, *Physical Review Letters*, DOI:10.1103/PhysRevLett.114.061101 (2015)
  18. Y. Matsumoto, T. Amano, T. Kato, and M. Hoshino, Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave, *Science*, 347, 6225, 974-978 DOI: 10.1126/science.1260168 (2015)
  19. K. Higashimori and M. Hoshino, Ion beta dependence on the development of Alfvénic

- fluctuations in reconnection jets, *J. Geophys. Res.*, DOI:10.1002/2014JA020544 (2015)
20. M. Hoshino and K. Higashimori, Generation of Alfvénic waves and turbulence in reconnection jets, *J. Geophys. Res.*, DOI:10.1002/2014JA020520 (2015)
  21. S. Imada, M. Hirai, and M. Hoshino, Energetic ion acceleration during magnetic reconnection in the Earth's magnetotail, *Earth, Planets and Space*, 10.1186/s40623-015-0372-2 (2015)
  22. K. Hirabayashi and M. Hoshino, Instability of non-uniform toroidal magnetic fields in accretion disk, *Astrophys. J.*, DOI: 10.3847/0004-637X/822/2/87 (2016)
  23. M. Hesse, N. Aunai, J. Birn, P. Cassak, R. E. Denton, J. F. Drake, T. Gombosi, M. Hoshino, W. Matthaeus, D. Sibeck, and S. Zenitani, Theory and modeling for Magnetospheric Multiscale Mission, *Space Science Reviews*, 199, 1-4, 577-630 (2016)
  24. A. Vaivads, A. Retinò, J. Soucek, Yu. V. Khotyaintsev, F. Valentini, C. P. Escoubet, O. Alexandrova, M. André, S. D. Bale, M. Balikhin, D. Burgess, E. Camporeale, D. Caprioli, C. H. K. Chen, E. Clacey, C. M. Cully, J. De Keyser, J. P. Eastwood, A. N. Fazakerley, S. Eriksson, M. L. Goldstein, D. B. Graham, S. Haaland, M. Hoshino, H. Ji, H. Karimabadi, H. Kucharek, B. Lavraud, F. Marcucci, W. H. Matthaeus, T. E. Moore, R. Nakamura, Y. Narita, Z. Nemecek, C. Norgren, H. Opgenoorth, M. Palmroth, D. Perrone, J.-L. Pinçon, P. Rathsman, H. Rothkaehl, F. Sahraoui, S. Servidio, L. Sorriso-Valvo, R. Vainio, Z. Vörös, R. F. Wimmer-Schweingruber, Turbulence Heating Observer – satellite mission proposal, *J. Plasma Phys.*, 82 (5) doi: 10.1017/S0022377816000775 (2016)
  25. K. Hirabayashi, M. Hoshino, and T. Amano, A new framework for magnetohydrodynamic simulations with anisotropic pressure, *J. Computational. Phys.*, 327, 851-872, <http://doi.org/10.1016/j.jcp.2016.09.064> (2016)
  26. M. Iwamoto, T. Amano, M. Hoshino and Y. Matsumoto, Persistence of precursor waves in two-dimensional relativistic shocks, *Astrophys. J.*, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aa6d6f> (2017)
  27. K. Hirabayashi and M. Hoshino, Stratified simulations of collisionless accretion disks, *Astrophys. J.*, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aa74b3> (2017)
  28. Oka, M.; Wilson, L. B., III; Phan, T. D.; Hull, A. J.; Amano, T.; Hoshino, M.; Argall, M. R.; Le Contel, O.; Agapitov, O.; Gershman, D. J.; Khotyaintsev, Y. V.; Burch, J. L.; Torbert, R. B.; Pollock, C.; Dorelli, J. C.; Giles, B. L.; Moore, T. E.; Saito, Y.; Avakov, L. A.; Paterson, W.; Ergun, R. E.; Strangeway, R. J.; Russell, C. T.; Lindqvist, P. A., Electrons scattering by high-frequency whistler waves at Earth's bow shock, *Astrophys. J.*, <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa7759> (2017)
  29. R. Blandford, Y. Yuan, M. Hoshino and L. Sironi, Magnetoluminescence, *Space Sci. Reviews*, 10.1007/s11214-017-0376-2 (2017)
  30. Y. Matsumoto, T. Amano, T. N. Kato, and M. Hoshino, Electron surfing and drift accelerations in a Weibel-dominated high Mach-number shock, *Physical Review Letters*, DOI:10.1103/PhysRevLett.119.105101 (2017)
  31. M. Iwamoto, T. Amano, M. Hoshino and Y. Matsumoto, Precursor wave emission enhanced

- by Weibel instability in relativistic shocks, *Astrophys. J.*, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aaba7a> (2018).
32. N. K. Walia, K. Seki, M. Hoshino, T. Amano, N. Kitamura, Y. Saito, S. Yokota, C. J. Pollock, B. L. Giles, T. E. Moore, R. B. Torbert, C. T. Russell, J. L. Burch, A statistical study of slow-mode shocks observed by MMS in the dayside magnetopause. *Geophysical Research Letters*, 45, 4675–4684. <https://doi.org/10.1029/2018GL077580> (2018)
  33. Y. Kuramitsu, T. Moritaka, Y. Sakawa, T. Morita, T. Sano, M. Koenig, C. Gregory, N. Woolsey, K. Tomita, H. Takabe, Y.-L. Liu, S.-H. Chen, S. Matsukiyo, and M. Hoshino, Magnetic reconnection driven by electron dynamics, *Nature Comm*, doi:10.1038/s41467-018-07415-3 (2018)
  34. M. Hoshino, Energy Partition between Ion and Electron of Collisionless Magnetic Reconnection, *Astrophys. J. Letters*, doi:10.3847/2041-8213/aaef3a (2018)
  35. M Hesse, C Norgren, P Tenfjord, J Burch, Y-H Liu, L-J Chen, N Bessho, S Wang, R Nakamura, J Eastwood, M Hoshino, R Torbert, R Ergun, On the Role of Separatrix Instabilities in Heating the Reconnection Outflow Region, *Phys. Plasmas*, doi:10.1063/1.5054100 (2018)
  36. K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, M. Nosé, T. Amano, Y. Miyoshi, I. Shinohara, Ion Energies Dominating Energy Density in the Inner Magnetosphere: Spatial Distributions and Composition, Observed by Arase/MEP-I, *Geophys. Res. Letters*, doi:10.1029/2018GL080047 (2018)

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. T. Amano and M. Hoshino, Recent progress in the theory of electron injection in collisionless shocks, *Astrophys. Space Sci. Proc.* 33, 143-152, DOI: 10.1007/978-3-642-30442-2\_16 (2012)
2. 星野真弘、リコネクションによる高エネルギー生成：乱流リコネクションでの粒子加速、小特集「俯瞰と展望：磁気リコネクション研究の最前線」、*プラズマ・核融合学会誌*、89, 792-795 (2013)
3. 小野靖、松元亮治、星野真弘、清水敏文、堀内利得、はじめに：分野連携が進むリコネクション研究、小特集「俯瞰と展望：磁気リコネクション研究の最前線」、*プラズマ・核融合学会誌*、89, 753-758 (2013)
4. M. Hoshino, Frontier in astrophysical plasma by using laser experiments, *Progress in Photon Science*, Springer Pub, 25-33 (2017)
5. Gurbax S Lakhina, Bruce T Tsurutani, George J Morales, Annick Pouquet, Masahiro Hoshino, Juan Alejandro Valdivia, Yasuhito Narita, Roger Grimshaw, Preface: Nonlinear waves and chaos, *Nonlinear Processes in Geophysics* 25 (2), 477-479 (2018)

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

#### 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. M. Hoshino, Magnetic reconnection and particle acceleration during magneto-rotational instability in an accretion disk, US-Japan magnetic reconnection workshop, Princeton University (May 23, 2012)
2. M. Hoshino, Magnetic reconnection and particle acceleration during magneto-rotational instability (MRI) in an accretion disk, COSPAR, Mysore, India (July 14, 2012)
3. M. Hoshino, L.N., Hau, K. Higashimori, Plasma dynamics and magnetic reconnection with anisotropic plasmas in magnetotail, COSPAR, Mysore, India (July 14, 2012)
4. M. Hoshino, Particle acceleration during magneto-rotational instability (MRI) in kinetic accretion disk, Asia-Pacific Center for Theoretical Physics (APCTP) workshop on Astrophysics: Magnetic Fields in Astrophysics, Pohang, Korea (November 19, 2012) (Keynote/Plenary)
5. M. Hoshino, Particle acceleration in plasma universe, 8th International Conference on Computational Physics (ICCP8) Hong Kong (January 7, 2013) (Plenary)
6. M. Hoshino, Particle acceleration during magnetorotational instability (MRI) in collisionless accretion disk, Nonlinear Wave and Chaos 9, La Jolla, USA (March 4, 2013)
7. M. Hoshino, Magnetic reconnection, turbulence, and particle acceleration in magnetotail, AGU Chapman Conference, Reykjavik, Iceland (March 10, 2013)
8. M. Hoshino, N. Yokoi, and K. Higashimori, Explosive turbulent magnetic reconnection: A new approach of MHD-turbulent simulation, EGU General Assembly, Vienna, Austria (April 7, 2013)
9. M. Hoshino, Particle Acceleration and Angular Momentum Transport during Magnetorotational Instability in Collisionless Accretion Disk, IPELS, Hakuba, Japan (July 1, 2013)
10. M. Hoshino, Particle Acceleration in Plasma Universe, East-Asian School and Workshop (EASW), Tokyo, Japan (July, 8, 2013)
11. M. Hoshino, Particle Acceleration and Magnetic Reconnection during Magnetorotational Instability in Collisionless Accretion Disk, Asia Pacific Physics Conference (APPC), Makuhari, Japan (July 14, 2013)
12. M. Hoshino, Angular Momentum Transport and Particle Acceleration in Accretion Disk, International School/Symposium for Space Simulation (ISSS), Taipei, Taiwan (July 21, 2013)
13. M. Hoshino, High Energy Particle Acceleration in Accretion Disc, Astronomy and Astrophysics from ALMA, Observatorio Cerro Calan, Universidad de Chili, Santiago, Chili (November 7, 2013)
14. M. Hoshino, Turbulent Magnetic Reconnection and Particle Acceleration, Japan-US Workshop on Laboratory Astrophysics, ILE Osaka University (February 24, 2014)
15. M. Hoshino, Generation of Alfvénic Waves and Turbulence in Reconnection Jets, MR2014, University of Tokyo, Tokyo (May 20, 2014)
16. M. Hoshino, Frontier in Astrophysical Plasma Theory and Laser Experiment, International Symposium on Status and Prospects of High Energy Density Science by Giant Laser, Gakushi Kaikan, Tokyo (June 3, 2014)
17. M. Hoshino, Turbulent Magnetic Reconnection and Particle Acceleration, 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow University, Moscow (August 1, 2014)
18. M. Hoshino, Stochastic Fermi Acceleration by Magnetic Reconnection in Various Plasma

- Environments, 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow University, Moscow (August 1, 2014)
19. M. Hoshino, Electron Acceleration and Reconnection at a High Mach Number Shock, 8th Korean Astrophysics Workshop on High-Beta Plasma in the Universe, Jeju Island, Korea (November 10, 2014)
  20. M. Hoshino, Particle Acceleration and Angular Momentum Transport by Magneto-Rotational Instability in Kinetic Accretion Disks, 8th Korean Astrophysics Workshop on High-Beta Plasma in the Universe, Jeju Island, Korea (November 10, 2014)
  21. M. Hoshino, Generation of Alfvénic Waves and Turbulence in Magnetic Reconnection Jets AGU Fall Meeting, San Francisco, USA (December 18, 2014)
  22. M. Hoshino, Magnetic reconnection in turbulence, MMS Science Working Team Meeting, Cocoa Beach, Florida, USA (March 10, 2015)
  23. M. Hoshino, Frontier in astrophysical plasma by using laser experiments, 1st STEPS Symposium on Photon Science, University of Tokyo, Tokyo, (March 21, 2015)
  24. M. Hoshino, Multiscale phenomena of electron acceleration in high Mach number shocks, Princeton Center for Theoretical Science Workshop on Accelerating Cosmic Ray Comprehension, Princeton University, Princeton, USA (April 13, 2015)
  25. M. Hoshino, Collisionless accretion disks: Role of reconnection in anisotropic plasmas, Workshop on Relativistic Jets: Creation, Dynamics and Internal Physics, Krakow, Poland (April 20, 2015)
  26. M. Hoshino, Particle-in-cell simulation for Magnetorotational instability, International Space Simulation School/ISSS12, Prague, Czech Republic (July 3, 2015)
  27. M. Hoshino, Kinetic aspects of Magnetorotational instability, Nordic Institute for Theoretical Physics/NORDITA workshop, Stockholm, Sweden (August 7, 2015)
  28. M. Hoshino, Particle acceleration in turbulent magnetic reconnection, Nordic Institute for Theoretical Physics/NORDITA workshop, Stockholm, Sweden (August 10, 2015) (Plenary)
  29. M. Hoshino, Particle acceleration in the plasma universe, 5th East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Asia Pacific Center for Theoretical Physics, Pohang, Korea (August 17, 2015) (Plenary)
  30. M. Hoshino, Magnetic reconnection in accretion disks with anisotropic plasma pressure, IPELS2015, Institute of Physics, Pitlochry, United Kingdom (August 23, 2015)
  31. M. Hoshino, Particle acceleration in astrophysical plasma by using laser experiment, International Symposium on Status and Prospects of High Energy Density Science by Giant Lasers, Science Council of Japan, Lawrence Livermore Nat'l Lab, USA (September 28, 2015)
  32. M. Hoshino, Particle acceleration and energy dissipation of driven reconnection in plasma universe, US-Japan workshop on magnetic reconnection, Napa, California, USA (March 7, 2016) (tutorial talk)
  33. M. Hoshino, Unresolved questions in magnetotail physics, International GEMSIS workshop: Future Perspectives of Researches in Space Physics, Nagoya University, Japan (March 22, 2016)
  34. M. Hoshino, Particle acceleration in the plasma Universe, Spring meeting at Korean Physical Society, Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea (April 20, 2016)
  35. M. Hoshino, Magnetic energy dissipation of plasma sheet under coupling of magnetic reconnection and lower hybrid drift instability, Japan Geoscience Union Meeting 2016, Mkuhari Messe, Chiba (May 22-26, 2016)
  36. M. Hoshino, Rapid Energy Dissipation during Magnetic Reconnection with Poynting Flux Injection, 18th International Congress of Plasma Physics (ICPP2016), Kaohsiung, Taiwan (June 27-July 1, 2016)
  37. M. Hoshino, Turbulent dissipation and particle acceleration in high Mach number shocks, THOR

- workshop, Barcelona, Spain (September 27, 2016)
38. M. Hoshino, Particle Acceleration in Laboratory Plasma Astrophysics, International School and Workshop, Matter in Extreme Conditions from Material Science to Planetary Physics, Montgenevre, France (January 29, 2017)
  39. M. Hoshino, M. Iwamoto, T. Amano and Y. Matsumoto, Large Amplitude Precursor Waves in Relativistic Magnetosonic Shock: Origin of Ultra-High-Energy Cosmic Ray, 10th International Workshop on Nonlinear Waves and Chaos, San Diego, USA (March 20, 2017)
  40. M. Hoshino, Particle acceleration in non-relativistic and relativistic shocks, Seminar Talk, Institute of Nuclear Physics, Krakow, Poland (April 26, 2017)
  41. M. Hoshino, Particle acceleration and reconnection in collisionless accretion disks, Seminar Talk, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego, Krakow, Poland (April 28, 2017)
  42. M.Hoshino, Ion and Electron Acceleration during Magnetic Reconnection, Space Science Institute Workshop, Advancing Plasma Physics from the Sun to the Earth, Breckenridge, Colorado, USA (May 21, 2017)
  43. M. Hoshino, Particle acceleration in plasma universe: magnetic reconnection, shock waves, and accretion disk, 44th Conference on Plasma Physics, European Physical Society, Belfast, Northern Ireland, England (June 26, 2017)
  44. M. Hoshino, Wakefield acceleration in relativistic shocks: origin of ultra-high-energy cosmic rays, International Symposium: Tropical Problems of Nonlinear Wave Physics, Moscow-St. Petersburg, Russia (July 22, 2017) (plenary)
  45. M. Hoshino, Ion and electron acceleration during driven magnetic reconnection, AOGS meeting, Singapore, (Aug 6, 2017)
  46. M. Hoshino, Electron acceleration in high Mach number shocks, MACH 5 meeting, Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France (Nov. 27, 2017)
  47. Hoshino, M.; Matsumoto, Y.; Amano, T., Particle Acceleration by Magnetic Islands in a Strong Turbulent Shock, American Geophysical Union, Fall Meeting, New Orleans USA (December 11, 2017)
  48. M. Hoshino, Nonlinear waves and particle acceleration in relativistic shocks, Workshop on Relativistic Plasma Astrophysics, Purdue University, USA (May 7, 2018)
  49. M. Hoshino, Plasma heating and particle acceleration during magnetic reconnection (Lecture), 8th East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space, and Astrophysical Plasmas, Chungnam National University, Daejeon, Korea (July 30, 2018)
  50. M. Hoshino, Thermodynamics of magnetic reconnection, Max-Planck-Institute Symposium, Goettingen, Germany (June 18, 2018)
  51. M. Hoshino, Energy partition between ion and electron during magnetic reconnection, International conference of turbulence, current sheets and reconnection in space and astrophysical plasmas, IKI, Moscow, Russia (October 1, 2018)
  52. M. Hoshino, Particle acceleration in plasma universe, 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, AAPPS-DPP, Kanazawa, JAPAN (November 12, 2018) (Plenary)
  53. M. Hoshino, Ion and electron heating during magnetic reconnection, Max-Planck Princeton Center Workshop, Tokyo, JAPAN (February 28, 2019)

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2012年度 修士1名 (松本一真)
- ・ 2013年度 修士2名 (平林孝太 二階辰彦)
- ・ 2014年度 修士2名 (伊東保崇, 阿部愛), 博士3名 (斎藤達彦, 白川慶介, 東森一晃)
- ・ 2016年度 修士1名 (岩本昌倫), 博士1名 (平林孝太)
- ・ 2018年度 修士1名 (浅見隆太)

#### 担当講義

- ・ 大学院 宇宙プラズマ物理学 II, 2012、2014年度
- ・ 大学院 宇宙プラズマ物理学 I, 2016年度
- ・ I大学院 最先端光科学講義 V, 2012～2018年度
- ・ 理学部 宇宙空間物理学 I, 2012～2013, 2015, 2017～2018年度
- ・ 理学部 宇宙空間物理学 II 2012～2014年度
- ・ 教養学部, 物質・生命一般 2012年度

#### 指導学生の受賞

- ・ SGEPS Student Presentation Award (Aurora Medal) 東森一晃、2012年度
- ・ SGEPS Student Presentation Award (Aurora Medal) 岩本昌倫、2018年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ European Physical Society, EPL (Europhysics Letters), Editor, 2012-2017
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 国際対応分科会・SCOSTEP 小委員会, 委員, 2012～2018年度
- ・ East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Chair, Science and Local Organizing Committees, July 11-16, 2016
- ・ International Space Science Institute, Switzerland, Science Committee 2012～2014年度
- ・ Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Science Advisory Board 2018年度
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所 運営協議会委員、2012～2018年度
- ・ 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター 共同利用専門委員、2012～2018年度

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 高度情報科学技術研究機構(RIST)、課題審査専門委員 2012～2018年度
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2014～2015年度
- ・ INCITE Plasma Physics Panel (U.S. DoE), Panel Reviewer 2017～2018年度



- ・ 共同プレスリリース 共同プレスリリース 超高マッハ数プラズマ衝撃波のシミュレーションに成功, 2013年11月
- ・ 共同プレスリリース スーパーコンピュータ「京」で解き明かした宇宙線加速 - 天体衝撃波における高エネルギー電子生成機構の新理論, 2015年2月
- ・ プレスリリース ブラックホールを取り囲む円盤での活発なガス落下と宇宙線生成, 2015年2月
- ・ 共同プレスリリース 宇宙線誕生過程の解明に大きく迫る:スーパーコンピュータ「京」を使った1兆粒子シミュレーションで強い天体衝撃波の3次元構造を世界で初めて解明, 2017年9月
- ・ 星野真弘, 宇宙科学の最前線, 三重県立桑名高等学校, 2018年3月
- ・ 東京大学生協同組合、顧問 2016~2018年

## 12. 学内行政業務

- ・ 東京大学、教育研究評議会、委員 2015~2016年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科、副研究科長, 2012~2018年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科・宇宙惑星科学機構、機構長、2018年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科・研究支援統括室、室長、2017-2018年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科・学生支援室、室長 2012-2016年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科・情報システムチーム、室長 2014-2016年度
- ・ 東京大学大学院理学系研究科。国際化推進室 室長 2012-2013年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：8名 研究者数：3名

#### (2) 派遣

学生数：8名 研究者数：4名

#### (3) 海外からの来訪者数 31名

# 天野 孝伸

## I. 略歴

氏名： 天野 孝伸（あまの たかのぶ）

年齢： 38 歳

現職： 准教授

### 学歴

1999 年 3 月 栃木県立栃木高等学校卒業  
2003 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理学専攻卒業  
2005 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2008 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2008 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2008 年 4 月 名古屋大学太陽地球環境研究所 研究員  
2009 年 4 月 名古屋大学大学院理学研究科素粒子宇宙物理学専攻 特任助教  
2012 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
2016 年 8 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

宇宙空間の無衝突プラズマ中における衝撃波のダイナミクス，およびそれに関連した高エネルギー粒子の加速過程について，理論・数値シミュレーションを中心とした研究を進めてきた．数値シミュレーションにおいては，既に知られていたサーフィン加速およびドリフト加速と呼ばれる 2 つの異なる過程が連続して起こることで，より効率よく粒子を加速できることを早くから指摘していたが，これは近年になってようやく可能となった 3 次元シミュレーションによっても実際に有効に働くことが確かめられた．さらに，非常に強い衝撃波においては，Weibel 不安定性を介した磁場増幅が起こり，自発的な電流層の生成，および磁気リコネクションによる磁場の散逸が起こることを世界に先駆けて発見した．また古典的なドリフト加速の効率が，不安定性によって励起されるプラズマ波動の効果によって向上することを 3 次元数値シミュレーションから見出し，その理論モデルの構築にも成功した．人工衛星による直接観測のデータからも理論モデルの正当性を確認しており，電子注入問題と呼ばれる衝撃波粒子加速理論における最大の問題に対する答えを得つつあると言える．

上記のような知見の延長として，中性子星やブラックホール近傍の極限状態の相対論的プラズマ中の衝撃波についても研究を進めている．特に，パルサー風に代表される強磁場かつ電流層を伴う相対論的流れにおいて発生する衝撃波では低周波の電磁流体波動から高周波の電磁波へのモード変換が起こり，それに伴い効率的に電磁エネルギーからプラズマのエネルギーへの変換が起こることを示した．また，一様なプラズマ中を伝播する相対論的衝撃波においてはシンクロトロンメーザー不安定性によっても超高強度のコヒーレントな電磁

波放射が起こり、理想的な場合には高エネルギー宇宙線の加速や、高速電波バーストの起源となることが期待されている。大規模かつ高精度な数値シミュレーションによって、この放射効率の精密な評価を行い、従来考えられていたよりも十分に効率が高くなることを示した。

また、数値シミュレーションを用いた研究をより効率良く進めるにあたって、アルゴリズムの新規開発にも注力してきた。特に巨視的な電磁流体力学と微視的な運動論的取り扱いのギャップを埋めるべく、電子・陽子（または電子・陽電子）の2流体近似や、流体近似に一部運動論効果を取り入れたハイブリッド法と呼ばれる手法について、従来の問題を解決する新たな手法を複数考案した。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Amano, T., and M. Hoshino (2007), Electron injection at high Mach number quasiperpendicular shocks: surfing and drift acceleration, *Astrophys. J.*, 661(1), 190–202, <https://doi.org/10.1086/53599>.

1次元の数値シミュレーションによって、サーフィン加速およびドリフト加速と呼ばれる既存の2つの独立した加速過程が連続して起こることを初めて指摘した論文。この過程は最近の研究において3次元においても有効に働くことが示された。（被引用回数 63）

2. Amano, T., and M. Hoshino (2009), Electron shock surfing acceleration in multidimensions: two-dimensional particle-in-cell simulation of collisionless perpendicular shock, *Astrophys. J.*, 690(1), 244–251, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/690/1/244>.

従来1次元性を仮定していたサーフィン加速が2次元においても効率良く起こることを示した論文。上記論文と同様に3次元における有効性は最近になって確認された。（被引用回数 58）

3. Amano, T., and J. G. Kirk (2013), The role of superluminal electromagnetic waves in pulsar wind termination shocks, *Astrophys. J.*, 770(1), 18, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/770/1/18>.

パルサー風のような強磁場かつ電流層を伴う相対論的流れにおける衝撃波においては電流層の構造（エントロピーモード）が電磁波にモード変換されることを初めて示した論文。これに伴い、観測から要請される電磁エネルギーからプラズマのエネルギーに高効率の変換が説明される。（被引用回数 33）

4. Matsumoto, Y., T. Amano, T. N. Kato, and M. Hoshino (2015), Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave., *Science*, 347(6225), 974–978, <https://doi.org/10.1126/science.1260168>.

衝撃波において励起される Weibel 不安定性によって磁場増幅が起こり、自発的に電流層が生成され、最終的には磁気リコネクションによって磁場エネルギーが散逸し、電子・イオンの加熱・加速が起こることを発見した最初の論文。（被引用回数 60）

5. Katou, T., and T. Amano (2019), Theory of stochastic shock drift acceleration for electrons in the shock transition region., *Astrophys. J.* 874(2), 119. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0d8a>.

古典的なドリフト加速に波動による散乱の効果を取り入れた理論の論文。人工衛星による直接観測との整合性が確認されつつあり、直接観測できない天体衝撃波への適用も可能である。このモデルによって幅広いパラメータにおける粒子加速が統一的に理解できる。主著者の学生の修士論文でもある。（被引用回数 1）

### 4. 受賞等

- 天野孝伸, 地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞, 2015年11月
- Takanobu Amano, Association of Asia Pacific Physical Societies, Division of Plasma Physics

(AAPPS-DPP) Young Researcher Award, 2018年11月

## 5. 研究の将来計画

衝撃波における粒子加速の研究については現在大きな進展が得られつつある段階であり、これを継続して押し進める。特に近年得られるようになった超高時間分解能のプラズマ直接観測データは理論のさらなる検証を進めるにあたって十分な品質のものであり、理論・観測・数値シミュレーションの全てを有機的に組み合わせた研究を展開していく。具体的には理論的に予測される加速効率のパラメータ依存性と観測データの統計解析を比較し、また詳細な物理素過程については第一原理計算によって理解を進める。究極的には巨視的な衝撃波パラメータを入力として電子・陽子の加速効率を预言するモデルを構築し、天体衝撃波観測との整合性を議論する。

強磁場天体近傍における相対論的プラズマのダイナミクスについては、まだ理解されていない基本的な素過程が多く残されている。特に相対論的プラズマに特有の電磁流体波から電磁波へのモード変換については、特定の場合において起こることは示されているものの、そのパラメータ依存性は明らかではない。また、変換後の高強度電磁波の散逸に伴う高エネルギー粒子加速については、その可能性も含めてほとんど分かっていない。この課題について、大型レーザーを用いた室内実験の実現可能性の検討や、中性子星やブラックホールからの相対論的ジェットへの応用を視野にいれつつ、数値シミュレーションを駆使しながら理論的に研究を進める。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B), 宇宙線変性衝撃波における粒子加速と磁場増幅, 研究代表者, 2010~2012年度, 総額 3,100,000 円
- ・ 科学研究費補助金, 基盤研究(B), 新しい環電流モデルを用いたU L F波動が放射線帯粒子加速に果たす役割の実証的研究, 研究分担者, 2012~2015年度, 総額 1,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B), 相対論的2流体モデルで明らかにするパルサー風のシグマ問題, 研究代表者, 2013~2015年度, 総額 3,300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究 公募研究, 大規模運動論的数値シミュレーションで解き明かす内部磁気圏の物理素過程, 研究代表者, 2016~2017年度, 総額 2,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 直接観測に基づく衝撃波電子加速の実証的理論モデルの確立, 研究代表者, 2017~2020年度, 総額 9,200,000 円 (予定)
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(S), 宇宙プラズマ中の電磁サイクロトロン波による電子加速散乱機構の実証的研究, 研究分担者, 2017~2021年度, 総額 37,100,000 円 (予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Katou, T., Amano, T. (2019), Theory of stochastic shock drift acceleration for electrons in the shock transition region., *Astrophys. J.* 874(2), 119. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0d8a>.
2. Yamakawa, T., Seki, K., Amano, T., Takahashi, N., Miyoshi, Y. (2019), Excitation of storm-time Pc5 ULF waves by ring current ions based on the drift-kinetic simulation. *Geophys. Res. Lett.*, 46(4), 1911-1918. <https://doi.org/10.1029/2018GL081573>.
3. Amano, T., Iwamoto, M., Matsumoto, Y., Hoshino, M. (2019). The efficiency of coherent radiation from relativistic shocks. *Progress in Photon Science*, 371-383. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05974-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05974-3_19).

4. Keika, K., Kasahara, S., Yokota, S., Hoshino, M., Seki, K., Nose, M., Amano, T., Miyoshi, Y., Shinohara, I. (2018), Ion energies dominating energy density in the inner magnetosphere: spatial distributions and composition, observed by Arase/MEP-i. *Geophys. Res. Lett.*, 45(22), 12153-12162. <https://doi.org/10.1029/2018GL080047>.
5. Kamiya, K., Seki, K., Saito, S., Amano, T., and Miyoshi, Y. (2018). Formation of butterfly pitch angle distributions of relativistic electrons in the outer radiation belt with a monochromatic Pc5 wave. *J. Geophys. Res.*, 123(6) 4679-4691. <https://doi.org/10.1002/2017JA024764>.
6. Walia, N., K., Seki, K., Hoshino, M., Amano, T., Kitamura, N., Saito, Y., et al., (2018). A statistical study of slow-mode shocks observed by MMS in the dayside magnetopause. *Geophys. Res. Lett.*, 45(10), 4675-4684. <https://doi.org/10.1029/2018GL077580>.
7. Iwamoto, M., Amano, T., Hoshino, M., and Matsumoto, Y. (2018). Precursor wave emission enhanced by Weibel instability in relativistic shocks. *Astrophys. J.*, 858(2), 93. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aaba7a>.
8. Amano, T. (2018). A generalized quasi-neutral fluid-particle hybrid plasma model and its application to energetic-particle-magnetohydrodynamics hybrid simulation. *J. Comput. Phys.*, 366, 366–385. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.04.020>.
9. Seki, K., Miyoshi, Y., Ebihara, Y., Katoh, Y., Amano, T., Saito, S., et al. (2018). Theory, modeling, and integrated studies in the Arase (ERG) project. *Earth Planets Space*, 70(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0785-9>.
10. Matsumoto, Y., Amano, T., Kato, T. N., and Hoshino, M. (2017). Electron surfing and drift accelerations in a Weibel-dominated high-Mach-number shock. *Phys. Rev. Lett.*, 119(10), 105101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.105101>.
11. Iwamoto, M., Amano, T., Hoshino, M., and Matsumoto, Y. (2017). Persistence of precursor waves in two-dimensional relativistic shocks. *Astrophys. J.*, 840(1), 52. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aa6d6f>.
12. Oka, M., III, L. B. W., Phan, T. D., Hull, A. J., Amano, T., Hoshino, M., et al. (2017). Electron scattering by high-frequency whistler waves at Earth's bow shock. *Astrophys. J.*, 842(2), L11. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/aa7759>.
13. Balsara, D. S., Amano, T., Garain, S., and Kim, J. (2016). A high-order relativistic twofluid electrodynamic scheme with consistent reconstruction of electromagnetic fields and a multidimensional Riemann solver for electromagnetism. *J. Comput. Phys.*, 318, 169–200. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2016.05.006>.
14. Hirabayashi, K., Hoshino, M., and Amano, T. (2016). A new framework for magnetohydrodynamic simulations with anisotropic pressure. *J. Comput. Phys.*, 327, 851–872. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2016.09.064>.
15. Amano, T. (2016). A second-order divergence-constrained multidimensional numerical scheme for relativistic two-fluid electrodynamics. *Astrophys. J.*, 831(1), 100. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/831/1/100>.
16. Amano, T. (2015), Divergence-free approximate Riemann solver for the quasi-neutral two-fluid plasma model, *J. Comput. Phys.*, 299, 863–886, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2015.07.035>.
17. Matsumoto, Y., T. Amano, T. N. Kato, and M. Hoshino (2015), Stochastic electron acceleration during spontaneous turbulent reconnection in a strong shock wave., *Science*, 347(6225), 974–978, <https://doi.org/10.1126/science.1260168>.
18. Minoshima, T., Y. Matsumoto, and T. Amano (2015), A finite volume formulation of the multi-moment advection scheme for Vlasov simulations of magnetized plasma, *Comput. Phys. Commun.*, 187, 137–151, <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2014.10.023>.

19. Amano, T., K. Higashimori, and K. Shirakawa (2014), A robust method for handling low density regions in hybrid simulations for collisionless plasmas, *J. Comput. Phys.*, 275, 197–21, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2014.06.048>.
20. Itou, H., T. Amano, and M. Hoshino (2014), First-principles simulations of electrostatic interactions between dust grains, *Phys. Plasmas*, 21(12), 123707, <https://doi.org/10.1063/1.4904373>.
21. Amano, T., and J. G. Kirk (2013), The role of superluminal electromagnetic waves in pulsar wind termination shocks, *Astrophys. J.*, 770(1), 18, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/770/1/18>.
22. Matsumoto, Y., T. Amano, and M. Hoshino (2013), Electron acceleration in a nonrelativistic shock with very high Alfvén Mach number, *Phys. Rev. Lett.*, 111(21), 215003, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.215003>.
23. Minoshima, T., Y. Matsumoto, and T. Amano (2013), Multi-moment advection scheme in three dimension for Vlasov simulations of magnetized plasma, *J. Comput. Phys.*, 236, 81–95, <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2012.11.024>.
24. Saito, T., M. Hoshino, and T. Amano (2013), Stability of cosmic-ray modified shocks: two-fluid approach, *Astrophys. J.*, 775(2), 130, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/775/2/130>.
25. Amano, T., and M. Hoshino (2012), Recent progress in the theory of electron injection in collisionless shocks, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, 33, 143–152, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-30442-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-30442-2_16).
26. Minoshima, T., Matsumoto, Y., and Amano, T. (2012), Multi-moment advection scheme for Vlasov simulations, *ASP Conference Series*, 459, 277–280.
27. Hayakawa, T., K. Torii, R. Enokiya, T. Amano, and Y. Fukui (2012), Molecular and atomic gas toward HESS J1745-303 in the Galactic center: further support for the hadronic scenario, *Publ. Astron. Soc. Japan*, 64, 8. <https://doi.org/10.1093/pasj/64.1.8>.
28. Matsumoto, Y., T. Amano, and M. Hoshino (2012), Electron accelerations at high Mach number shocks: two-dimensional particle-in-cell simulations in various parameter regimes, *Astrophys. J.*, 755(2), 109, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/755/2/109>.
29. Umeda, T., S. Matsukiyo, T. Amano, and Y. Miyoshi (2012), A numerical electromagnetic linear dispersion relation for Maxwellian ring-beam velocity distributions, *Phys. Plasmas*, 19(7), 072107, <https://doi.org/10.1063/1.4736848>.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. Amano, T. (2016). Inside a Plasma Shock. *Physics*, 9, 117. <https://doi.org/10.1103/Physics.9.117>.

(4) 著書

(5) その他著作物

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Three-dimensional Particle-In-Cell Simulations for High Mach Number Collisionless Shocks, The 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Kanazawa, Japan, Nov. 15, 2018.
2. Nonthermal Electron Acceleration at Earth's Bow Shock: Theory, Simulation and Observation, The 13th International School/Symposium for Space Simulations (ISSS-13), Los Angeles, USA, Sep. 13, 2018.

3. Stochastic Shock Drift Acceleration for Electrons, 8th East-Asia Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Daejeon, Korea, Aug. 1, 2018.
4. Cosmic-Ray Acceleration via Astrophysical Coherent Radiation, 20th International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions (ISVHECRI), Nagoya, Japan, May 24, 2018.
5. Particle Acceleration in Relativistic Plasmas, Dawn of a New Era for Black Hole Jets in Active Galaxies, Sendai, Japan, Jan. 26, 2018.
6. Nonthermal Electrons at Quasi-perpendicular Collisionless Shocks, 7th East-Asia Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Weihai, China, Jul. 25, 2017.
7. Coherent and Stochastic Acceleration in Quasi-perpendicular Collisionless Shocks, Workshop on Plasma Astrophysics from the Laboratory to the Non-thermal Universe, Oxford, UK, Jul. 4, 2017.
8. Kinetic Simulations of Particle Acceleration and Transport around Collisionless Shocks, AOGS 13th Annual Meeting, Beijing, China, Aug. 1, 2016.
9. Particle Acceleration and Transport at Collisionless Shocks, 6th East-Asia Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Tsukuba, Japan, Jul. 11, 2016.
10. Key Issues in Particle Acceleration Theory at Collisionless Shocks, 18th International Congress on Plasma Physics, Kaohsiung, Taiwan, Jun. 29, 2016.
11. Energetic Particle Hybrid Code and Its Application, 11th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (ASTRONUM2016), Monterey, USA, Jun. 9, 2016.
12. Superluminal Electromagnetic Waves in Highly Magnetized Relativistic Shocks, 5th East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space, Astrophysical Plasmas, Pohang, Korea, Aug. 21, 2015.
13. Quasi-neutral Two-fluid Plasma Simulation Model, 10th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (ASTRONUM 2015), Avignon, France, Jun. 10, 2015.
14. Physics of Very High Mach Number Collisionless Shocks, The Many Facets of Supernova Remnants, Rikkyo University, Japan, Nov. 10, 2014.
15. Relativistic Electromagnetic Two-fluid Simulations of Pulsar Wind Termination Shocks, The 6th East-Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM6), Suwon, Korea, Sep. 18, 2014.
16. Robust Handling of Low Density Regions in Hybrid Simulations, 9th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (ASTRONUM 2014), Long Beach, USA, Jun. 25, 2014.
17. Relativistic Pulsar Wind Termination Shocks Modified by Superluminal Electromagnetic Waves, 8th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (ASTRONUM 2013), Biarritz, France, Jul. 1, 2013.
18. Structure of Relativistic Shock Modified by Nonlinear Superluminal Waves, Nonlinear Waves and Chaos Workshop 9, La Jolla, USA, Mar. 7, 2013.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2018年度 修士2名 (加藤拓馬, 鈴木眞)

#### 担当講義

- ・ 大学院 宇宙プラズマ物理学 I, 2018 年度
- ・ 理学部 宇宙空間物理学 II, 2016～2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学演習, 2013～2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 I, 2012～2016 年度

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会，運営委員会 委員，2014～2018 年度
- ・ 日本学術会議 電気電子工学委員会 URSI 分科会 プラズマ波動小委員会 委員，2018 年度
- ・ 京都大学生存圏研究所 電波科学計算機実験（KDK）全国共同利用専門委員会 委員 2018 年度

##### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

##### 12. 学内行政業務

- ・ 大学院理学系研究科 広報委員会 委員，2018 年度

#### V. 国際化対応

##### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

###### (1) 受け入れ

学生数：2 名 研究者数：0 名

###### (2) 派遣

学生数：0 名 研究者数：0 名

###### (3) 海外からの来訪者数 0 名



# 笠原 慧

## I. 略歴

氏名： 笠原 慧 (かさはら さとし)

年齢： 38 歳

現職： 准教授

### 学歴

2000 年 3 月 埼玉県立川越高等学校卒業  
2004 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理学科卒業  
2006 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
2009 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了  
2009 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

2009 年 4 月 JAXA 宇宙科学研究所 プロジェクト研究員  
2011 年 4 月 JAXA 宇宙科学研究所 助教  
2016 年 9 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球・惑星を取り巻く磁気圏におけるプラズマ粒子のダイナミクスを観測的に研究している。一例として、中間エネルギー電子分析器の高角度分解能を活かしたデータ解析が挙げられる。放射線帯の電子の消失メカニズムとして、電子が電磁波動による揺さぶりを受けて地球大気に降り込む（その際にオーロラが発光する）、という説が信じられてきたが、過去の観測ではその観測的検証には至っていなかった。一方、本研究で開発した中間エネルギー電子分析器は、高角度分解能・高感度・低雑音を兼ね備えており、そのデータ解析により、「電磁波動によって電子が揺さぶられ、地球大気に降り込み、オーロラが光る」様子が、驚くほど明瞭に捉えられた。この結果は宇宙プラズマ研究の根幹をなす波動粒子相互作用理論に強い裏付けを与えるものとして極めて重要である。

このような宇宙・惑星プラズマの研究を通じて培った観測技術をさらに発展させることで、惑星の中性大気や表面物質の組成を明らかにするための観測器の基礎開発も進んでいる。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, I. Shinohara, "Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves", *Nature*, doi:10.1038/nature25505, 2018, [Highlighted as Editor's choice in 2018].

明滅するオーロラの成因が電磁波動による電子の散乱である事を観測的に特定した研究。

2018 年の Nature 誌 “Highlighted as Editor's choice” に宇宙科学分野で唯一、選出された。

2. Kasahara, S., S. Yokota, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Shibano, T. Takashima, "Medium-Energy Particle experiments - electron analyzer (MEP-e) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission", Earth, Planets and Space, doi:10.1186/s40623-018-0847-z, 2018, [Highlighted Papers 2018].

これまで技術的に困難であった中間エネルギー帯の電子計測を実現する ERG(あらせ)衛星搭載・中間エネルギー電子分析器の観測原理・性能・初期較正を記述した論文。2018 年の EPS 誌 “Highlighted Paper” に選出された (editor の推薦に基づく)。

#### 4. 受賞等

- ・ 宇宙科学奨励賞(公益財団法人宇宙科学振興会)「ERG 衛星の観測による波動粒子相互作用の実証と脈動オーロラの機序解明」(2019 年 3 月 8 日)
- ・ SGPSS (Society of Geomagnetism and Earth, Planetary, and Space Sciences) 大林奨励賞「磁気圏プラズマ研究のための中間エネルギー帯粒子観測器の開発研究」(2017 年 10 月 18 日)

#### 5. 研究の将来計画

将来の惑星探査に向けた、表層物質・中性大気・電離大気の組成分析を担う質量分析器を開発する。具体的には、中性粒子をイオン化する電子源および高質量分解能オプティクスの実験的基礎開発が課題である。具体的なマイルストーンの一つとして、2028 年頃打ち上げ予定の Comet Interceptor ミッションがある。このミッションでは、ESA (欧州宇宙機構) と協力し、力学的に新しい彗星の近距離撮像および周辺の組成観測を行うことで彗星の起源に迫る。この探査機に搭載する質量分析器の開発を進める。並行して、火星探査などの中型ミッションについても実現に向けて、コミュニティと協力してミッション検討を推進していく。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 東京大学 卓越研究員 「惑星の表層・大気進化をひもとく中性粒子計測器の開発」, 2018-2019 年度, 総額 6,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「太陽系天体着陸探査における元素・同位体分析に向けた計測システムの構築」, 2018-2020 年度, 総額 13,400,000 円(予定)
- ・ 科学研究費補助金 若手研究(A) 「半球型の視野を持つ非熱的電子分析器の新規開発」, 2014-2017 年度, 総額 14,100,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Kasahara, S., S. Yokota, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Shibano, T. Takashima, "Medium-Energy Particle experiments - electron analyzer (MEP-e) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission", Earth, Planets and Space, doi:10.1186/s40623-018-0847-z, 2018, [Highlighted Papers 2018].
2. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, I. Shinohara, "Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves", Nature, doi:10.1038/nature25505, 2018, [Highlighted as Editor's choice in 2018].

3. Kasahara, S., Y. Ezoe, T. Kimura, Y. Miyoshi, "Radiation background and dose estimates for future X-ray observations in the Jovian magnetosphere", *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2012.11.009, Volume 75, Pages 129-135, 2013.
4. Kasahara, S., E. A. Kronberg, T. Kimura, C. Tao, S. V. Badman, A. Masters, A. Retino, N. Krupp, M. Fujimoto, "Asymmetric distribution of reconnection jet fronts in the Jovian nightside magnetosphere", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2012JA018130, VOL. 118, 375-384, 2013.
5. Smirnov, A. G., E. A. Kronberg, F. Latallerie, P. W. Daly, N. A. Aseev, Y. Y. Shprits, A. Kellerman, S. Kasahara, D. Turner, M. G. G. T. Taylor, "Electron intensity measurements by the Cluster/RAPID/IES instrument in Earth's radiation belts and ring current", *Space weather*, doi:10.1029/2018SW001989, 2019.
6. Keika, K., S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, M. Nose, T. Amano, Y. Miyoshi, I. Shinohara, "Ion Energies Dominating Energy Density in the Inner Magnetosphere: Spatial Distributions and Composition, Observed by Arase/MEP-i", *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2018GL080047, 2018.
7. Imajo, S., M. Nose, A. Matsuoka, S. Kasahara, S. Yokota, M. Teramoto, K. Keika, T. Motoba, B. Anderson, R. Nomura, A. Fujimoto, I. Shinohara, and Y. Miyoshi, "Magnetosphere-ionosphere connection of storm-time Region-2 field-aligned current and ring current: Arase and AMPERE observations", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2018JA025865, 2018.
8. Ezoe, Y., Y. Miyoshi, S. Kasahara, T. Kimura, K. Ishikawa, M. Fujimoto, K. Mitsuda, H. Sahara, N. Isobe, H. Nakajima, T. Ohashi, H. Nagata, R. Funase, M. Ueno, G. Branduardi-Raymont, "Small satellites with MEMS x-ray telescopes for x-ray astronomy and solar system exploration", *Proc. Space Telescopes and Instrumentation 2018: Ultraviolet to Gamma Ray*, doi:10.1117/12.2311422, 2018.
9. Ezoe, Y., Y. Miyoshi, S. Kasahara, T. Kimura, K. Ishikawa, M. Fujimoto, K. Mitsuda, H. Sahara, N. Isobe, H. Nakajima, T. Ohashi, H. Nagata, R. Funase, M. Ueno, G. Branduardi-Raymont, "Ultra light-weight X-ray telescope missions : ORBIS and GEO-X", *J. Astron. Telesc., Instrum. Systems*, doi:10.1117/1.JATIS.4.4.046001, 2018.
10. Hori, T., N. Nishitani, S. G. Shepherd, J. M. Ruohoniemi, M. Connors, M. Teramoto, S. Nakano, K. Seki, N. Takahashi, S. Kasahara, S. Yokota, T. Mitani, T. Takashima, N. Higashio, A. Matsuoka, K. Asamura, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, Y. Miyoshi, and I. Shinohara, "Substorm-associated ionospheric flow fluctuations during the 27 March 2017 magnetic storm: SuperDARN-Arase conjunction", *Geophys. Res. Lett.*, DOI:10.1029/2018GL079777, 2018.
11. Nose, M., A. Matsuoka, S. Kasahara, S. Yokota, M. Teramoto, K. Keika, K. Yamamoto, R. Nomura, A. Fujimoto, N. Higashio, H. Koshiishi, S. Imajo, S. Oimatsu, Y. -M. Tanaka, M. Shinohara, I. Shinohara, and Y. Miyoshi, "Magnetic field dipolarization and its associated ion flux variations in the dawn side deep inner magnetosphere: Arase observations", *Geophys. Res. Lett.*, DOI:10.1029/2018GL078825, 2018.
12. Kurita, S., Y. Miyoshi, S. Kasahara, S. Yokota, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, and I. Shinohara, "Deformation of electron pitch angle distributions caused by upper-band chorus observed by the Arase satellite", *Geophys. Res. Lett.*, DOI:10.1029/2018GL079104, 2018.
13. Oimatsu, S., M. Nose, M. Teramoto, K. Yamamoto, A. Matsuoka, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, G. Le, R. Nomura, A. Fujimoto, D. Sormakov, O. Troshichev, Y.-M. Tanaka, M. Shinohara, I. Shinohara, Y. Miyoshi, J. A. Slavin, R. E. Ergun, and P.-A. Lindqvist, "Drift-bounce resonance between Pc5 pulsations and ions at multiple energies in the nightside magnetosphere: Arase and MMS observations", *Geophys. Res. Lett.*, DOI:10.1029/2018GL078961, 2018.

14. Yamamoto, K., M. Nose, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, A. Matsuoka, M. Teramoto, K. Takahashi, S. Oimatsu, R. Nomura, M. Vellante, B. Heilig, A. Fujimoto, Y. Tanaka, M. Shinohara, I. Shinohara, Y. Miyoshi, "Giant Pulsations Excited by a Steep Earthward Gradient of Proton Phase Space Density: Arase Observation", *Geophys. Res. Lett.*, DOI: 10.1029/2018GL078293, 2018.
15. Miyoshi, Y., T. Hori, M. Shoji, M. Teramoto, T-F. Chang, T. Segawa, N. Umemura, S. Matsuda, S. Kurita, K. Keika, Y. Miyashita, K. Seki, Y. Tanaka, N. Nishitani, S. Kasahara, S. Yokota, A. Matsuoka, Y. Kasahara, K. Asamura, T. Takashima, I. Shinohara, "The ERG Science Center", *Earth, Planets and Space*, DOI: 10.1186/s40623-018-0867-8, 2018.
16. Miyoshi, Y., I. Shinohara, T. Takashima, K. Asamura, N. Higashio, T. Mitani, S. Kasahara, S. Yokota, Y. Kazama, S-Y., Wang, S. Tam, P.T.P., Ho, Y. Kasahara, Y. Kasaba, S. Yagitani, A. Matsuoka, H. Kojima, Y. Katoh, K. Shiokawa, K. Seki, "Geospace Exploration Project ERG", *Earth, Planets and Space*, doi:10.1186/s40623-018-0862-0, 2018.
17. Mitani, T., T. Takashima, S. Kasahara, W. Miyake and M. Hirahara, "High-energy electron experiments (HEP) aboard the ERG (Arase) satellite", *Earth, Planets and Space*, doi:10.1186/s40623-018-0853-1, 2018.
18. Hikishima, M., H. Kojima, Y. Katoh, Y. Kasahara, S. Kasahara, T. Mitani, N. Higashio, A. Matsuoka, Y. Miyoshi, K. Asamura, T. Takashima, S. Yokota, M. Kitahara and S. Matsuda, "Data Processing in the Software-type Wave-Particle Interaction Analyzer on board the Arase Satellite", *Earth, Planets and Space*, doi:10.1186/s40623-018-0856-y, 2018.
19. Asamura, K., Y. Kazama, S. Yokota, S. Kasahara, and Y. Miyoshi, "Low-energy particle experiments - ion mass analyzer (LEPi) onboard the ERG (Arase) satellite", *Earth, Planets and Space*, doi:10.1186/s40623-018-0846-0, 2018.
20. Katoh Y., H. Kojima, M. Hikishima, T. Takashima, K. Asamura, Y. Miyoshi, Y. Kasahara, S. Kasahara, T. Mitani, N. Higashio, A. Matsuoka, M. Ozaki, S. Yagitani, S. Yokota, S. Matsuda, M. Kitahara and I. Shinohara, "Software-type Wave-Particle Interaction Analyzer on board the Arase satellite", *Earth, Planets and Space*, 70:4, doi:10.1186/s40623-017-0771-7, 2018.
21. Yokota, S., S. Kasahara, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, T. Takashima, K. Yamamoto, Y. Shibano, "Medium-Energy Particle experiments - ion mass analyzer (MEP-i) onboard ERG (Arase)", *Earth, Planets and Space*, 69:172, doi:10.1186/s40623-017-0754-8, 2017.
22. Shoji, M., Y. Miyoshi, Y. Katoh, K. Keika, V. Angelopoulos, S. Kasahara, K. Asamura, S. Nakamura, and Y. Omura (2017), Ion hole formation and nonlinear generation of electromagnetic ion cyclotron waves: THEMIS observations, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 8730-8738, doi:10.1002/2017GL074254.
23. Miyoshi, Y., Y. Kasaba, I. Shinohara, T. Takashima, K. Asamura, H. Matsumoto, N. Higashio, T. Mitani, S. Kasahara, S. Yokota, S. Wang, Y. Kazama, Y. Kasahara, S. Yagitani, A. Matsuoka, H. Kojima, Y. Katoh, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Ono, and ERG project group, "Geospace exploration project: Arase (ERG)", *J. Phys.: Conf. Ser.* 869 012095, 2017. Ono, and ERG project group, "Geospace exploration project: Arase (ERG)", *J. Phys.: Conf. Ser.* 869 012095, 2017.
24. Cho, Y., S. Kameda, Y. N. Miura, Y. Saito, S. Yokota, S. Kasahara, R. Okazaki, K. Yoshioka, K. Shibasaki, T. Oishi, and S. Sugita. "Conceptual Design of an In Situ K-Ar Isochron Dating Instrument for Future Mars Rover Missions". *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*. 2016. vol. 14, pp. Pk\_89-Pk\_94. doi:10.2322/tastj.14.Pk\_89.
25. Badman, S. V., B. Bonfond, M. Fujimoto, R. L. Gray, Y. Kasaba, S. Kasahara, T. Kimura, H. Melin, J. D. Nichols, A. J. Steffl, F. Tsuchiya, C. Tao, A. Yamazaki, M. Yoneda, I. Yoshikawa, K.

- Yoshioka, "Weakening of Jupiter's main auroral emission during January 2014", *Geophys. Res. Lett.*, 43, 988-997, doi:10.1002/2015GL067366, 2016.
26. Tao, C., F. Sahraoui, D. Fontaine, J. de Patoul, T. Chust, S. Kasahara, A. Retino, "Properties of Jupiter's magnetospheric turbulence observed by the Galileo spacecraft", *J. Geophys. Res. Space Physics*, Volume 120, Issue 4, Pages 2477-2493, 2015.
  27. Kimura, T., S. V. Badman, C. Tao, K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, F. Tsuchiya, B. Bonfond, A. J. Steffl, A. Masters, S. Kasahara, H. Hasegawa, I. Yoshikawa, M. Fujimoto, J. T. Clarke, "Transient internally driven aurora at Jupiter discovered by Hisaki and the Hubble Space Telescope", *Geophys. Res. Lett.*, Volume 42, Issue 6, Pages 1662-1668, doi:10.1002/2015GL063272, 2015.
  28. Louarn, P., N. Andre, C. M. Jackman, S. Kasahara, E. A. Kronberg, M. F. Vogt, "Magnetic Reconnection and Associated Transient Phenomena Within the Magnetospheres of Jupiter and Saturn", *Space Sci Rev* (187), 181-227, DOI 10.1007/s11214-014-0047-5, 2015.
  29. Artemyev, A. V., I. Y. Vasko, S. Kasahara, "Thin current sheets in the Jovian magnetotail", *Planetary and Space Science*, Volume 96, p. 133-145, doi:10.1016/j.pss.2014.03.012, 2014.
  30. Ezoe, Y., T. Kimura, S. Kasahara, A. Yamazaki, K. Mitsuda, M. Fujimoto, Y. Miyoshi, G. Branduardi-Raymont, K. Ishikawa, I. Mitsuishi, T. Ogawa, T. Kakiuchi, T. Ohashi, "JUXTA: A new probe of X-ray emission from the Jupiter system", *Advances in Space Research*, Volume 51, Issue 9, p. 1605-1621, 2013.
  31. Kimura, T., L. Lamy, C. Tao, S. V. Badman, S. Kasahara, B. Cecconi, P. Zarka, A. Morioka, Y. Miyoshi, D. Maruno, Y. Kasaba, and M. Fujimoto, "Long-term modulations of Saturn's auroral radio emissions by the solar wind and seasonal variations controlled by the solar ultraviolet flux", *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, doi:10.1002/2013JA018833, 2013.
  32. Artemyev, A.V., S. Kasahara, A.Y. Ukhorskiy, M. Fujimoto, "Acceleration of ions in the Jupiter magnetotail: Particle resonant interaction with dipolarization fronts", *Planetary and Space Science*, doi: 10.1016/j.pss.2013.04.013, Volumes 82-83, Pages 134-148, July 2013.
  33. Katoh, Y., M. Kitahara, H. Kojima, Y. Omura, S. Kasahara, M. Hirahara, Y. Miyoshi, K. Seki, K. Asamura, T. Takashima, and T. Ono, "Significance of Wave-Particle Interaction Analyzer for direct measurements of nonlinear wave-particle interactions", *Ann. Geophys.*, 31, 503-512, doi:10.5194/angeo-31-503-2013, 2013.
  34. Badman, S. V., D. J. Andrews, S. W. H. Cowley, L. Lamy, G. Provan, C. Tao, S. Kasahara, T. Kimura, M. Fujimoto, H. Melin, T. Stallard, R. H. Brown, K. H. Baines, "Rotational modulation and local time dependence of Saturn's infrared H3+ auroral intensity", *J. Geophys. Res.*, 117, A09228, doi:10.1029/2012JA017990, 2012.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 齋藤義文, 小嶋浩嗣, 笠羽康正, 阿部琢美, 笠原慧, 松岡彩子, "太陽系プラズマの観測技術", *J. Plasma Fusion Res.* Vol.90, No.12 780-785, 2014.

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Kasahara, S., Y. Miyoshi, I. Shinohara, K. Asamura, N. Higashio, Y. Kasahara, Y. Kazama, H. Kojima, A. Matsuoka, T. Mitani, S.-Y. Wang, and S. Yokota, "In-situ observations of wave-particle interaction by ERG (Arase)", Magnetic Reconnection in Space, Solar, Astrophysical, and Laboratory Plasmas 2018, Oral (Invited), Princeton, 07 September 2018.
2. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, I. Shinohara, K. Asamura, M. Hirahara, T. Takashima, "Arase (ERG) Observation of Energetic Electrons in the Inner Magnetosphere and Roles of Waves", paper number: ST03-A025, AOGS, Oral (Invited), Hawaii, 4 June 2018.
3. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, I. Shinohara, "Arase (ERG) Observation of Electron Scattering by Chorus Waves near the Magnetospheric Equator", paper number:S-H02-07, AT-RASC (URSI Atlantic Radio Science meeting), Oral (Invited), Spain, 28 May 2018.
4. Kasahara, S., S. Yokota, T. Mitani, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Shibano, K. Yamamoto, and T. Takashima, "Medium-Energy Particle experiments (MEPs) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission", (Final Paper Number: SM31E-03), AGU, Oral (Invited), New Orleans, Session Date: Thursday, 13 December 2017.
5. Kasahara S., K. Asamura, N. Higashio, M. Hirahara, Y. Kazama, H. Matsumoto, T. Mitani, W. Miyake, Y. Suto, T. Takashima, B.-J. Wang, S.-Y. Wang, K. Yamamoto, S. Yokota, "Charged particle measurements in the radiation belts by ERG", AOGS, Oral (Invited), Singapore, 09/August/2017.
6. Kasahara, S., E. A. Kronberg, T. Kimura, C. Tao, S. V. Badman, A. Masters, A. Retino, N. Krupp, and M. Fujimoto, "In-situ observations of magnetic reconnection in the Jovian nightside magnetosphere", (Final Paper Number: SM44B-05), AGU, Oral (Invited), Sanfrancisco, Session Date: Thursday, 18 December 2014.
7. Kasahara, S., E. A. Kronberg, T. Kimura, C. Tao, S. V. Badman, A. Masters, A. Retino, N. Krupp, M. Fujimoto, "Spatial distribution and local structure of reconnection jet fronts in the Jovian magnetosphere", AGU, (Invited) oral, Sanfrancisco, 07/12/2012.
8. Kasahara, S., E. A. Kronberg, T. Kimura, C. Tao, S. V. Badman, A. Masters, A. Retino, N. Krupp, M. Fujimoto, "Magnetic Reconnection in the Jovian tail: GLL observation", ISSI workshop, (Invited) oral, Bern, 26/11/2012.

Ⅲ. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

担当講義

- ・ 教養学部 初年次ゼミナール, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学実験, 2016~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学演習, 2017~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別演習, 2016~2018 年度

- ・ 理学部・大学院 比較惑星学基礎論, 2017~2018 年度
- ・ 大学院 惑星探査学 I, 2017 年度
- ・ 大学院 惑星探査学 II, 2018 年度

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本地球惑星科学連合 プログラム委員会，委員，2018 年度
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会「内部磁気圏研究集会」, 2012 年度
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会「内部磁気圏データ解析と ERG 地上観測検討のジョイント研究集会」, 2013 年度
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会「内部磁気圏研究集会」, 2014 年度
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所研究集会「若手研究者のためのジオスペース研究集会」, 2015 年度
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会「ERG 衛星に向けた EMIC 波動および関連現象に関する研究集会」, 2016 年度
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会「ERG 衛星粒子観測器データ解析ワークショップ」, 2017 年度
- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会「ERG 衛星粒子観測器データ解析ワークショップ」, 2018 年度

##### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 朝日カルチャーセンター 講師，(2018 年度, 9/22, 神奈川)
- ・ 千葉市科学館 「科学と未来の学校」 講師，(2018 年度, 9/9, 千葉)
- ・ 第 16 回坂田・早川記念レクチャー ミニ講演 (2017 年度, 名古屋)
- ・ 科学ライブショー「ユニバース」(科学技術館) (2016 年度, 東京)
- ・ 埼玉県教員研修 講師 (2014 年度, 埼玉)
- ・ 宇宙学校 (小・中学生向け講演) さかど 講師 (2014 年度, 埼玉)
- ・ 大学(院)生のための異分野交流アカデミックカフェ 講師 (2012 年度, 東京)

##### 12. 学内行政業務

#### V. 国際化対応

##### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

###### (1) 受け入れ

学生数：0 名 研究者数：0 名

###### (2) 派遣

学生数：0 名 研究者数：0 名

###### (3) 海外からの来訪者数 1 名

# 比屋根 肇

## I. 略歴

氏名： 比屋根 肇（ひやごん はじめ）

年齢： 64 歳

現職： 准教授

### 学歴

1974 年 3 月 私立桃山学院高等学校卒業  
1979 年 3 月 東京大学理学部地球物理学科卒業  
1981 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了  
1984 年 9 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程退学  
1984 年 11 月 学位（理学博士）（東京大学）

### 職歴

1984 年 10 月 日本学術振興会奨励研究員（東京大学）（1985 年 3 月まで）  
1985 年 4 月 カリフォルニア大学バークレー校 ポスドク（1986 年 9 月まで）  
1986 年 10 月 東京大学理学部地球物理学科 助手  
1993 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻 助手（改組による）  
1995 年 4 月 東京農工大学工学部 非常勤講師（併任）（1997 年 3 月まで）  
1999 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻 助教授  
2000 年 4 月 同 地球惑星科学専攻 助教授（改組による）  
2004 年 4 月 国立大学法人東京大学へ移行 同 助教授  
2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授（職名変更）  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

主として二次イオン質量分析計(SIMS)および誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)を用いて、始原的隕石中のさまざまな構成物に対して、同位体的、年代学的、鉱物学的観点から、初期太陽系における物質の進化に関する研究をおこなった。具体的には、(1) CM コンドライトに含まれるヒボナイト包有物に関する同位体的研究、とくに著しい質量分別と同位体異常を示す FUN 包有物関連物質の発見、(2) CR2 コンドライトから見つかった高压相を含む岩片の起源が、月サイズの天体の中心付近の高温・高压（静水圧）であったことを、酸素同位体、希土類元素、鉱物化学的データをもとに証明した研究、(3) 遠方の太陽系起源と考えられている CH/CB コンドライト中の難揮発性包有物(CAI)に対するベリリウム-ホウ素同位体分析をおこない、太陽宇宙線の強い照射の証拠であるベリリウム 10 の痕跡（=過剰ホウ素 10）を発見した研究、(4) ICP-MS を用いた L コンドライト中のコンドルールのマグネシウム同位体精密分析に基づいて初期太陽系におけるアルミニウム 26 の分布について考察した研究、などである。



### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Hiyagon, H., Ozima, M., Marty, B., Zashu, S. & Sakai, H. (1992). Noble gases in submarine glasses from Mid Oceanic Ridges and Loihi Seamount: Constraints on early history of the Earth. *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 1301-1316.

中央海嶺およびロイヒ海山からの海底玄武岩ガラス中に含まれるマンテル起源の希ガス分析の結果をもとに、地球大気の起源を論じた論文。とくに、マンテル中に太陽組成のネオンが見られることから、地球大気の散逸とネオン同位体比の変化を論じた。(引用回数 150 回 (Web of Science/Sep.20, 2019))

2. Hiyagon, H. & Hashimoto, A. (1999).  $^{16}\text{O}$  excesses in olivine inclusions in Yamato-86009 and Murchison chondrites and their relation to CAIs. *Science* 283, 828-8316

隕石中に含まれる難揮発性包有物(CAI)の酸素同位体組成が  $^{16}\text{O}$  に富むことは知られていたが、オリビン包有物(AOA)の酸素同位体組成も同様に  $^{16}\text{O}$  に富んでいることを示した論文。コンドライト隕石中に最も普遍的にみられる鉱物であるオリビンに  $^{16}\text{O}$  に富むものが存在するという発見は大きな衝撃を与えた。(引用回数 58 回 (Web of Science/Sep.20, 2019))

3. Fujiya, W., Sugiura, N., Sano, Y., & Hiyagon, H. (2013). Mn-Cr ages of dolomites in CI chondrites and the Tagish Lake ungrouped carbonaceous chondrite. *Earth Planet. Sci. Lett.* 362, 130-142.

始原的な炭素質隕石である CI コンドライトおよびタギッシュレイク隕石の中のドロマイト(炭酸塩鉱物)のマンガン-クロム年代を決定し、CM コンドライト中の炭酸塩鉱物と同年代であることを示した論文。異なる炭素質隕石においてほぼ同時期に炭酸塩鉱物が生成したことをもとに、それら隕石母天体の集積年代や CI コンドライト母天体のサイズの推定などをおこなった。引用回数 40 回 (Web of Science/Sep.20, 2019))

4. Ushikubo, T., Tenner, T. J., Hiyagon, H. & Kita, N. T. (2017), A long duration of the  $^{16}\text{O}$ -rich reservoir in the solar nebula, as recorded in fine-grained refractory inclusions from the least metamorphosed carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 201, 103-122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2016.08.032>.

ほとんど熱変成を受けていない炭素質隕石中の細粒の難揮発性包有物(ガスからの凝縮起源と考えられる CAI)について、酸素同位体分析とアルミ-マグネシウム相対年代測定をおこなった論文。 $^{16}\text{O}$  に富む原始太陽系星雲ガスがある程度長期(2-3 百万年)にわたって存在した可能性を示した。(引用回数 14 回 (Web of Science/Sep.20, 2019))

5. Fukuda, K., Fujiya, W., Hiyagon, H., Makino, Y., Sugiura, N., Takahata, N., Hirata, T., & Sano, Y. (2018) Beryllium-boron relative sensitivity factors for melilitic glasses measured with a NanoSIMS ion microprobe. *Geochem. J.* 52, 255-262. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0510>

難揮発性包有物(CAI)形成時に存在したとされるベリリウム 10(半減期 140 万年)は、宇宙線による核破砕反応によって生成されるため、宇宙線の照射環境を調べるトレーサーとして重要である。二次イオン質量分析計(SIMS)を用いたベリリウム-ホウ素同位体分析において重要な、ベリリウムとホウ素の相対感度係数を、CAI 中の主要鉱物であるメリライトの標準試料を合成して決定した論文。地味な基礎研究であるが、データの信頼性を得るためには非常に重要な研究。(引用回数 2 回 (Web of Science/Sep.20, 2019))

### 4. 受賞等

### 5. 研究の将来計画

最近、原始太陽からの強い高エネルギー粒子の照射の証拠であるベリリウム 10 の痕跡 (=

ホウ素 10 の過剰) が、ある炭素質隕石中のコンドルールにも存在することを発見した。これは、原始太陽近傍で生成した物質 (CAI など) が予想以上に原始太陽系の広範な領域に運ばれ、コンドルールの材料物質中として存在したことを示唆するものである。初期太陽系におけるベリリウム 10 の分布にはまだまだ不明の点が多い。今後は異なる隕石グループのコンドルールについてベリリウム-ホウ素同位体分析をおこない、原始太陽系におけるベリリウム 10 の分布を明らかにし、原始太陽近傍からの物質輸送について新たな知見を得たい。その他、初期太陽系におけるアルミニウム 26 の分布について、SIMS 分析、ICP-MS 分析などの結果に基づいて考察を進めたい。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (一般), SIMS による初期太陽系における親鉄性元素の分別に関する研究, 研究代表者, 総額 4,940,000 円, 2011~2014 年度
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C) SIMS 分析によるレアメタル鉱床生成過程の解明, 研究分担者, 総額 4,810,000 円, 2011~2014 年度
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (一般), 初期太陽系における同位体組成均一化過程に関する研究, 研究代表者, 総額 4,810,000 円, 2014-2016 年度
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C) SIMS 分析による海底プラチナ資源生成環境の解明, 研究分担者, 総額 4,550,000 円, 2015~2018 年度
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 初期太陽系 Al-Mg 年代学の再検討, 研究代表者, 総額 4,290,000 円, 2018~2020 年度 (予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Fujiya, W., Sugiura, N., Sano, Y., & Hiyagon, H. (2013). Mn-Cr ages of dolomites in CI chondrites and the Tagish Lake ungrouped carbonaceous chondrite. *Earth Planet. Sci. Lett.* 362, 130-142.
2. Fujiya, W., Sugiura, N., Marrocchi, T., Takahata, N., Hope, P., Shirai, K., Sano, Y. & Hiyagon, H. (2015). Comprehensive study of carbon and oxygen isotopic compositions, trace element abundances, and cathodoluminescence intensities in calcite in the Murchison CM2 chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 161, 101-117.
3. Hiyagon, H., Sugiura, N., Kita, N. T., Kimura, M., Morishita, Y., & Takehana, Y. (2016). Origin of the eclogitic clasts with graphite-bearing and graphite-free lithologies in the Northwest Africa 801 (CR2) chondrite: Possible origin from a Moon-sized planetary body inferred from chemistry, oxygen isotopes and REE abundances. *Geochim. Cosmochim. Acta* 186, 32-48.
4. Ushikubo, T., Tenner, T. J., Hiyagon, H. & Kita, N. T. (2017), A long duration of the  $^{16}\text{O}$ -rich reservoir in the solar nebula, as recorded in fine-grained refractory inclusions from the least metamorphosed carbonaceous chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 201, 103-122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2016.08.032>.
5. Fukuda, K., Fujiya, W., Hiyagon, H., Makino, Y., Sugiura, N., Takahata, N., Hirata, T., & Sano, Y. (2018) Beryllium-boron relative sensitivity factors for melilitic glasses measured with a NanoSIMS ion microprobe. *Geochem. J.* 52, 255-262. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0510>

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 比屋根肇 (2016), 二次イオン質量分析装置の原理 (入門講座『精密同位体分析』), 日本分析化学会誌「ぶんせき」, 9月号, 352-357頁.

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 翻訳: バーナード・ウッド著「地球の形成と分化」, 訳者: 比屋根肇, 「パリテイ」28巻, No.04 (2013年4月号), 14-23頁. (Original: Bernard Wood “The formation and differentiation of Earth”, *Physics Today*, 64, No.12, 2011.)

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2015年度 修士1名 (早川瑛庸)
- ・ 2017年度 博士1名 (福田航平)
- ・ 2018年度 修士1名 (谷村佑貴)

担当講義

- ・ 理学部 宇宙惑星物質進化学, 2012, 2014, 2016~2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学実験, 2012~2018年度
- ・ 大学院理学系研究科 宇宙惑星物質科学II, 2013, 2015, 2017年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2014~2015年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 安全委員会, 委員長, 2012~2018年度
- ・ 地球惑星物理学科 科学機器委員会, 委員, 2012~2018年度
- ・ 大学院理学系研究科 環境安全管理室会議, 委員, 2013~2018年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名

# 諸田 智克

## I. 略歴

氏名： 諸田 智克（もろた ともかつ）

年齢： 44 歳

現職： 准教授

### 学歴

1994 年 3 月 星稜高等学校卒業  
1998 年 3 月 金沢大学理学部地球学科卒業  
2000 年 3 月 金沢大学大学院自然科学研究科生命・地球学専攻博士前期課程修了  
2003 年 3 月 金沢大学大学院自然科学研究科物質構造科学専攻博士後期課程修了  
2003 年 3 月 博士（理学）（金沢大学）

### 職歴

2003 年 4 月 金沢大学大学院自然科学研究科 研究生  
2005 年 4 月 宇宙航空研究開発機構 プロジェクト研究員  
2008 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 (PD)  
2011 年 4 月 国立天文台 RISE 月探査プロジェクト 研究員  
2011 年 9 月 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻 助教  
2017 年 1 月 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻 講師  
2019 年 5 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

太陽系の惑星形成・進化履歴の復元を目指し、主に惑星探査データを用いた惑星地質学・惑星物理学的手法に基づいて、月惑星の表層・内部構造進化に関する研究を専門に行ってきた。同時に、国内の地球惑星科学の発展のためには国産の新規探査データの取得と探査計画の継続が必須であると考え、月周回衛星「かぐや」、小惑星探査「はやぶさ2」、火星衛星サンプルリターン計画(MMX)に参加し、観測運用システム開発、データ高次処理システム設計・開発などに力を注いできた。特に「かぐや」高解像度画像データと重力異常データを用いて月の海のマグマ噴出量の時間変遷の解明、マグマ噴出過程における地殻構造の影響の評価、月のマグマ活動の表側／裏側の二分性に関するモデル提案を行っている。具体的な成果として、月の海のマグマ活動は20億年前まで継続したこと、月の海分布の二分性は月マントルにおける温度状態の違いによるものであることを明らかとした。これらの成果は月の熱進化を制約する重要情報である。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Morota, T., and M. Furumoto (2003) Asymmetrical distribution of rayed craters on the Moon,

Earth and Planetary Science Letters, 206, 315–323. doi:10.1016/S0012-821X(02)01111-1

月は同期回転しており、公転運動の進行方向に対して常に同一面を向けている。そのため公転運動進行方向の前面と後面で天体衝突の頻度に不均質が生じることが理論的に予想されてきた。我々は光条を持つ新鮮なクレータに着目し、その空間分布を詳細に調べることで、月面のクレータ生成率に不均質があることを初めて観測により実証した。また、不均質の程度は衝突天体の地球-月系に体する接近速度に依存することを利用し、過去 10 億年における衝突天体の接近速度を~15 km/s と見積もった。この結果は地球-月系における衝突天体は主に地球近傍小惑星からなり、彗星の寄与は小さいことを意味している。(引用回数 50 回(GS/Oct. 1, 2019))

2. Morota, T., J. Haruyama, M. Ohtake, T. Matsunaga, C. Honda, Y. Yokota, J. Kimura, Y. Ogawa, N. Hirata, H. Demura, A. Iwasaki, T. Sugihara, K. Saiki, R. Nakamura, Y. Ishihara, H. Takeda, and H. Hiesinger (2011) Timing and characteristics of the latest mare eruption on the Moon, Earth and Planetary Science Letters, 302, 255–266. doi:10.1016/j.epsl.2010.12.028

月のマグマ噴出の歴史を知ることは、月の熱史を理解する上で重要な情報である。マグマ噴出の開始時期については、岩石サンプルの放射年代測定から 43.5 億年前にはすでに火成活動が始まっていたことが明らかになっているが、終了時期はよくわかっていなかった。そこで我々は、「かぐや」によって得られた高分解能画像データを用いて過去に若い溶岩が存在している領域と考えられてきた嵐の大洋・雨の海の領域において、クレータ年代学手法により溶岩流の年代決定を行った。その結果、月では 15 億年前までマグマ噴出が起こったことが明らかになり、30 億年もの長期にわたって火成活動が続いていたことが分かった。また、若い溶岩流ほど高いチタン含有量を示していることから、嵐の大洋・雨の海領域のマントルでは、チタン量の鉛直分布があり、月初期のマグマオーシャン固化後に重力不安定に起因する大規模なオーバーターンが起こったことを示唆している。(引用回数 77 回(GS/Oct. 1, 2019))

3. Ohtake, M., H. Takeda, T. Matsunaga, Y. Yokota, J. Haruyama, T. Morota, S. Yamamoto, Y. Ogawa, T. Hiroi, Y. Karouji, K. Saiki, and P.G. Lucey (2012) Asymmetric crustal growth on the Moon indicated by primitive farside highland materials, Nature Geoscience, 5, 384-388, doi:10.1038/ngeo1458

月形成直後は全球的に熔融し、そのマグマの海が冷却固化することによって地殻とマントルが形成された。本研究では「かぐや」スペクトルプロファイラデータを用いて、月地殻の鉄とマグネシウムの量比を定量化することに成功し、月裏側地殻は高 Mg 量となっていることを示した。この結果はマグマの海からの冷却が裏側でより早く進行したことを示唆しており、月の表側/裏側の二分性の形成過程を理解するうえで重要な成果である。(引用回数 37 回(GS/Oct. 1, 2019))

4. Morota, T., Y. Ishihara, S. Sasaki, S. Goossens, K. Matsumoto, H. Noda, H. Araki, H. Hanada, S. Tazawa, F. Kikuchi, T. Ishikawa, S. Tsuruta, S. Kamata, H. Otake, J. Haruyama, and M. Ohtake (2015) Lunar mare volcanism: Lateral heterogeneities in volcanic activity and relationship with crustal structure, in GSL Special Publications 401: Volcanism and Tectonism Across the Inner Solar System, edited by T. Platz, M. Massironi, P.K. Byrne, H. Hiesinger, pp. 127-138, doi:10.1144/SP401.11, Geological Society of London.

月の海は表側に集中しており、裏側は一部の低地に限られている。この海の二分性を解明する上で、マグマ噴出量がマントルでのマグマ生成量を表しているのか、表側と裏側の地殻厚の違いによる表面噴出量の影響差をみているのか切り分けが出来ていなかった。我々は月周回衛星「かぐや」によって得られた高解像度画像データと地殻厚データの相関関係を調べることで地殻厚による噴出率の定量化に成功した。またその結果にもとづいて表側と裏側でマグマ生成量そのものに差があることが明らかとなった。(引用回数 2 回(GS/Oct. 1, 2019))

5. Kato, S., T. Morota, S. Watanabe, Y. Yamaguchi, M. Ohtake, and H. Otake (2017) Magma source transition of lunar mare volcanism at 2.3 Ga, Meteoritics & Planetary Science, 52, 1899-1915, doi:10.1111/maps.12896.

月の最終期のマグマ活動は 20 億年前に起こり、それ以前に比べて活動的であったことが知られている。本研究では「かぐや」マルチバンドイメーჯアデータを用いて月の溶岩流の精密なチタン量推定を行った。その結果として、最終期マグマは選択的に高チタン量をしめすことから、それまでの活動とはマグマソース領域が変化していることを突き止めた。この観測事実を説明するモデルとして 20 億年前に大規模なホットプルームが起こったとする新説を提案している (引用回数 2 回(GS/Oct. 1, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 諸田智克, 平成 26 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞, 2014 年 4 月

#### 5. 研究の将来計画

月惑星探査データの解析研究にもとづき、現在の地球惑星の表層環境や内部構造を理解し、地球惑星進化過程の復元と諸現象の物理的理解を目指す。それによって、固体天体進化の体系的な理解、汎惑星系モデルの確立、太陽系形成モデルにおける諸問題の解明に貢献する。そのために本研究では「月惑星探査データを用いた惑星地形・地質学研究の推進」と「将来月惑星探査計画の推進」を二本柱として研究を進める。具体的には、月を含めた地球型惑星の火成活動研究にもとづいた熱進化史の復元、天体表面のクレータ記録の解読による太陽系天体衝突史の復元、小天体表層地形・光学特性にもとづく表層地質進化史の復元に注力する。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 高解像度画像データに基づく月の溶岩流組成と噴出年代の調査, 研究代表者, 2013~2015 年度, 総額 3,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 月の地質進化史全容解明に向けた全球地質図の作成, 研究分担者, 2014~2017 年度, 総額 800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 衝突・振動による粉体の過渡レオロジーとその天体地形への応用, 研究分担者, 2015~2018 年度, 総額 1,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 月初期における火成活動史解明に向けたマグマ組成の調査, 研究代表者, 2017~2019 年度, 総額 3,400,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 水惑星学創成に向けた太陽系探査, 研究分担者, 2017~2021 年度, 総額 4,250,000 円 (予定)

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Ohtake, M., H. Takeda, T. Matsunaga, Y. Yokota, J. Haruyama, T. Morota, S. Yamamoto, Y. Ogawa, T. Hiroi, Y. Karouji, K. Saiki, and P.G. Lucey (2012) Asymmetric crustal growth on the Moon indicated by primitive farside highland materials, *Nature Geoscience*, 5, 384-388, doi:10.1038/ngeo1458.
2. Cho, Y., T. Morota, M. Yasui, N. Hirata, J. Haruyama, and S. Sugita (2012) Young mare volcanism in the Orientale region contemporary with the Procellarum KREEP Terrane (PKT) volcanism peak period ~2 billion years ago, *Geophysical Research Letters*, 39, L11203, doi:10.1029/2012GL05183.
3. Kobayashi, S., Y. Karouji, T. Morota, H. Takeda, N. Hasebe, M. Hareyama, M. Kobayashi, E. Shibamura, N. Yamashita, C. d'Uston, O. Gasnault, O. Forni, R.C. Reedy, K.L. Kim, and Y.

- Ishihara (2012) Lunar farside Th distribution measured by Kaguya gamma-ray spectrometer, *Earth and Planetary Science Letters*, 337-338, 10-16, doi:10.1016/j.epsl.2012.05.007
4. Yamamoto, S., R. Nakamura, T. Matsunaga, Y. Ogawa, Y. Ishihara, T. Morota, N. Hirata, M. Ohtake, T. Hiroi, Y. Yokota, and J. Haruyama (2012) Massive production of pure anorthosite on the Moon by the giant impact, *Geophysical Research Letters*, 39, L13201, doi:10.1029/2012GL052098
  5. Nakamura, R., S. Yamamoto, T. Matsunaga, Y. Ishihara, T. Morota, T. Hiroi, H. Takeda, Y. Ogawa, Y. Yokota, N. Hirata, M. Ohtake, and K. Saiki (2012) Compositional evidence for an impact origin of the Moon's Procellarum basin, *Nature Geoscience*, 5, 775-778, doi:10.1038/ngeo1614
  6. Kamata, S., S. Sugita, Y. Abe, Y. Ishihara, Y. Harada, T. Morota, N. Namiki, T. Iwata, H. Hanada, H. Araki, K. Matsumoto, and E. Tajika (2013) Viscoelastic deformation of lunar impact basins: Implications for heterogeneity in the deep crustal paleo-thermal state and radioactive element concentration, *Journal of Geophysical Research (Planet)*, 118, 1–18, doi:10.1002/jgre.20056
  7. Yamamoto, S., R. Nakamura, T. Matsunaga, Y. Ogawa, Y. Ishihara, T. Morota, N. Hirata, M. Ohtake, T. Hiroi, Y. Yokota, and J. Haruyama (2013) A new type of pyroclastic deposits on the Moon showing unique visible absorption bands: possible Fe-bearing spinel, *Geophysical Research Letters*, 39, L13201, doi:10.1029/2012GL052098
  8. Ishihara, Y., Y. Saruwatari, A. Sawada, T. Morota, and Y. Hiramatsu (2014) Quantitative measurement method for impact basin characteristics based on localized spherical harmonics, *Icarus*, 228, 315–323, doi:10.1016/j.icarus.2013.10.018
  9. Yokota, Y., K. Gwinner, J. Oberst, J. Haruyama, T. Matsunaga, T. Morota, H. Noda, H. Araki, M. Ohtake, S. Yamamoto, P. Gläser, Y. Ishihara, C. Honda, N. Hirata, and H. Demura, Variation of the lunar highland surface roughness at baseline 0.15-100 km and the relationship to relative age, *Geophysical Research Letters*, 41, 1444-1451, doi:10.1002/2013GL059091
  10. Yamamoto, S., T. Matsunaga, Y. Ogawa, R. Nakamura, Y. Yokota, M. Ohtake, J. Haruyama, T. Morota, C. Honda, T. Hiroi, S. Kodama (2014) Calibration of NIR 2 of Spectral Profiler onboard Kaguya/SELENE, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 52, 6882-6898, doi:10.1109/TGRS.2014.2304581
  11. [49] Ohtake, M., K. Uemoto, Y. Yokota, T. Morota, S. Yamamoto, R. Nakamura, J. Haruyama, T. Iwata, T. Matsunaga, Y. Ishihara (2014) Distribution of ultramafic rock and location of impact melt pool within the South Pole-Aitken basin, *Geophysical Research Letters*, 41, doi:10.1002/2014GL059478
  12. Morota, T., Y. Ishihara, S. Sasaki, S. Goossens, K. Matsumoto, H. Noda, H. Araki, H. Hanada, S. Tazawa, F. Kikuchi, T. Ishikawa, S. Tsuruta, S. Kamata, H. Otake, J. Haruyama, and M. Ohtake (2015) Lunar mare volcanism: Lateral heterogeneities in volcanic activity and relationship with crustal structure, in *GSL Special Publications 401: Volcanism and Tectonism Across the Inner Solar System*, edited by T. Platz, M. Massironi, P.K. Byrne, H. Hiesinger, pp. 127-138, doi:10.1144/SP401.11, Geological Society of London.
  13. Kamata, S., S. Sugita, Y. Abe, Y. Ishihara, Y. Harada, T. Morota, N. Namiki, T. Iwata, H. Hanada, H. Araki, K. Matsumoto, E. Tajika, K. Kuramoto, and F. Nimmo (2015) The relative timing of Lunar Magma Ocean solidification and the Late Heavy Bombardment inferred from highly degraded impact basin structures, *Icarus*, 250, 492-503, doi:10.1016/j.icarus.2014.12.025
  14. Cho, Y., S. Sugita, S. Kameda, Y.N. Miura, K. Ishibashi, S. Ohno, S. Kamata, T. Arai, T. Morota, N. Namiki, and T. Matsui (2015) Quantitative potassium measurements using laser-induced breakdown spectroscopy under high vacuum conditions for in situ K-Ar dating of planetary surfaces, *Spectrochimica Acta Part B*, 106, 28-35, doi:10.1016/j.sab.2015.02.002.
  15. Yamamoto, S., R. Nakamura, T. Matsunaga, Y. Ogawa, Y. Ishihara, T. Morota, N. Hirata, M.



- Ohtake, T. Hiroi, Y. Yokota, and J. Haruyama (2015) Global occurrence trend of high-Ca pyroxene on lunar highlands and its implications, *Journal of Geophysical Research (Planet)*, 120, doi:10.1002/2014JE004740
16. Yamamoto, S., R. Nakamura, T. Matsunaga, Y. Ogawa, Y. Ishihara, T. Morota, N. Hirata, M. Ohtake, T. Hiroi, Y. Yokota, and J. Haruyama (2015) Featureless spectra on the Moon as evidence of residual lunar primordial crust, *Journal of Geophysical Research (Planet)*, 120, 2190-2205, DOI:10.1002/2015JE004935
  17. Kameda, S., H. Suzuki, T. Takamatsu, Y. Cho, T. Yasuda, M. Yamada, H. Sawada, R. Honda, T. Morota, C. Honda, M. Sato, Y. Okumura, K. Shibasaki, S. Ikezawa, S. Sugita (2016) Preflight calibration test results for optical navigation camera telescope (ONC-T) onboard the Hayabusa2 spacecraft, *Space Science Reviews*, DOI:10.1007/s11214-015-0227-y.
  18. Yamada, T., K. Ando, T. Morota, H. Katsuragi (2016) Timescale of asteroid resurfacing by regolith convection resulting from the impact-induced global seismic shaking, *Icarus*, 272, 165-177, doi:10.1016/j.icarus.2016.02.032.
  19. Sawada, N., T. Morota, S. Kato, Y. Ishihara, and Y. Hiramatsu (2016) Constraints on timing and magnitude of early global expansion of the Moon from topographic features in linear gravity anomaly areas, *Geophysical Research Letters*, 43, 4865-4870, doi: 10.1002/2016GL068966.
  20. Cho, Y., S. Sugita, Y.N. Miura, R. Okazaki, T. Morota, S. Kameda (2016) An in-situ K-Ar isochron dating method for planetary landers using a spot-by-spot laser-ablation technique, *Planetary and Space Science*, 128, 14-29, doi:10.1016/j.pss.2016.05.004.
  21. Daket, Y., A. Yamaji, K. Sato, J. Haruyama, T. Morota, M. Ohtake, T. Matsunaga (2016) Tectonic evolution of northwestern Imbrium of the Moon that lasted in the Copernican period, *Earth, Planets and Space*, 68:157, doi: 10.1186/s40623-016-0531-0
  22. Michikami, T., A. Hagermann, T. Morota, J. Haruyama, and S. Hasegawa (2017) Oblique impact cratering experiments in brittle targets: implications for elliptical craters on the Moon, *Planetary and Space Science*, 135, 27-36, doi.org/10.1016/j.pss.2016.11.004
  23. Taguchi, M., T. Morota, and S. Kato (2017) Lateral heterogeneity of lunar volcanic activity according to volumes of mare basalts in the farside basins, *Journal of Geophysical Research (Planet)*, 122, 1505-1521, doi:10.1002/2016JE005246
  24. Kato, S., T. Morota, S. Watanabe, Y. Yamaguchi, M. Ohtake, and H. Otake (2017) Magma source transition of lunar mare volcanism at 2.3 Ga, *Meteoritics & Planetary Science*, 52, 1899-1915, doi:10.1111/maps.12896
  25. Suzuki, H., M. Yamada, K. Kameda, T. Kouyama, E. Tatsumi, R. Honda, H. Sawada, N. Ogawa, T. Morota, C. Honda, N. Sakatani, M. Hayakawa, Y. Yokota, and S. Sugita (2018) Initial inflight calibration for Hayabusa2 optical navigation camera (ONC) for science observations of asteroid Ryugu, *Icarus*, 300, 341-359, doi:10.1016/j.icarus.2017.09.011
  26. Hareyama, M., Y. Ishihara, H. Demura, N. Hirata, C. Honda, S. Kamata, Y. Karouji, J. Kimura, T. Morota, H. Nagaoka, R. Nakamura, S. Yamamoto, Y. Yokota, M. Ohtake (2018) Global classification of lunar reflectance spectra obtained by Kaguya (SELENE): Implication for hidden basaltic materials, *Icarus*, 321, 407-425, doi.org/10.1016/j.icarus.2018.11.016

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 諸田智克, 倉本圭, 高橋太, 月進化の全貌の理解へ向けた月歴史図の作成, *日本惑星科学会誌・遊星人*, 21, 57-63, 2012.

2. 諸田智克, 杉田精司, 澤田弘崇, 本田理恵, 亀田真吾, 山田学, 本田親寿, 鈴木秀彦, 安藤滉祐, はやぶさ 2 ONC チーム, 火の鳥「はやぶさ」未来編 その8~ONC 地形観測から探る小惑星の力学進化~, 日本惑星科学会誌・遊星人, 24, 48-53, 2015.

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 諸田智克, クレータ統計からみた月の進化と衝突史, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市, 2018/05/24.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2014 年度 修士 2 名 (加藤伸祐, 加藤麻美)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (安藤滉祐, 澤田なつ季)
- ・ 2016 年度 修士 1 名 (田口雅子)
- ・ 2017 年度 修士 1 名 (森田晟也)

#### 担当講義

- ・ 理学部 数値解析及び演習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 固体地球惑星物理学, 2012~2017 年度
- ・ 理学部 太陽系物理学, 2018 年度
- ・ 全学教育 地球惑星科学の最前線, 2016~2018 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 (2015 年 加藤伸祐)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本惑星科学会, 運営委員, 2015~2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 総務専門委員長, 2015~2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 編集幹事, 2013~2014 年度
- ・ 日本惑星科学会, 総務専門委員, 2012~2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 編集専門委員, 2012~2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 将来計画専門委員会, 2015~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 顕彰委員, 2014~2018 年度

- ・ 日本地球惑星科学連合，学生優秀発表賞小委員，2014～2018年

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 諸田智克，月科学の最前線～月探偵機「かぐや」の成果～，平成25年度自然科学部交流会（コアSSH事業），名古屋大学，2013/10/25
- ・ 諸田智克，最新探査による「月の歴史」，大河講座「ひとの大学」，NHK文化センター名古屋教室，2014/03/26
- ・ 諸田智克，太陽系の成り立ちと探査，しまこう学問探求ナビ，島田高等学校，2014/09/22
- ・ 諸田智克，はやぶさ2の科学，宇宙教育プログラム，一般財団法人地球子ども村，名古屋大学，2014/11/09
- ・ 諸田智克，はやぶさ2の科学～地球の水を宇宙に求めて～，公開セミナー「天文学の最前線」2015，名古屋大学理学部 坂田・平田ホール，2015/8/23
- ・ 諸田智克，太陽系の成り立ちと「はやぶさ2」の科学，しまこう学問探求ナビ，島田高等学校，2015/9/18
- ・ 諸田智克，月から読み解く太陽系の歴史，星の講演会，葛飾区郷土と天文の博物館，2015/9/19
- ・ 諸田智克，太陽系の成り立ちと惑星探査，しまこう学問探求ナビ，島田高等学校，2017/9/13
- ・ 諸田智克，月から読み解く太陽系の歴史，サイエンスカフェ「図書館サイエンス夜話」，鶴舞中央図書館，2017/10/6
- ・ 諸田智克，月を観たら地球が観える，名古屋大学宇宙地球環境研究所公開講演会「地球を観る」，名古屋大学理学部 坂田・平田ホール，2017/12/2
- ・ 諸田智克，「月と地球のミステリー」，大河講座「ひとの大学」，NHK文化センター名古屋教室，2018/10/24
- ・ 諸田智克，月から読み解く太陽系の歴史第一回「月の形成と歴史」，岩倉市生涯学習講座，2018/10/28
- ・ 諸田智克，月から読み解く太陽系の歴史第二回「月からわかる太陽系の歴史」，岩倉市生涯学習講座，2018/11/18
- ・ 諸田智克，「はやぶさ2の最新成果」，サイエンスカフェ，名古屋大学，2018/11/24
- ・ 諸田智克，月から読み解く太陽系の歴史第三回「月を越えて小惑星へ 小惑星探査機「はやぶさ2」」，岩倉市生涯学習講座，2018/12/16

## 12. 学内行政業務

省略

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

諸田 智克

学生数：1名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 3名

# 横山 央明

## I. 略歴

氏名： 横山 央明（よこやま たかあき）

年齢： 52 歳

現職： 准教授

### 学歴

1985 年 3 月 大阪府立茨木高等学校卒業

1990 年 3 月 京都大学工学部航空工学科卒業

1992 年 3 月 京都大学大学院工学研究科航空工学専攻修了

1995 年 3 月 総合研究大学院大学数物科学研究科天文科学専攻修了

1995 年 3 月 博士（理学）取得（総合研究大学院大学）

### 職歴

1995 年 4 月 国立天文台研究員

1996 年 1 月 日本学術振興会特別研究員（国立天文台）

1998 年 4 月 国立天文台電波天文学研究系助手

2003 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻助教授

2007 年 4 月 同上 准教授に職名変更

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

フレアやダイナモをはじめとする太陽活動現象を軸に据えて、その周辺のさまざまな高温磁気プラズマ物理過程をシミュレーション・観測の両面から研究している。太陽コロナ活動現象についての主な成果は、ようこう衛星で発見されたコロナジェットの実現、太陽フレア彩層蒸発現象の実現、フレア・恒星・原始星フレアを統一的に説明するスケール則の提案である。これら活動現象の物理過程である磁気リコネクションについての基礎的研究も行い、相対論的磁気リコネクションの世界初のシミュレーション、エネルギー解放率の乱流による増幅の研究を行った。あわせて太陽フレアにおけるリコネクション流入流の世界初観測も成果のひとつである。星内部の MHD 大規模計算による局所的・大域的ダイナモの相互作用、輻射 MHD 計算コード開発とその応用による彩層ジェット実現、リコネクションによる彩層プラズマ凝縮現象をそれぞれ導いた。太陽外層の太陽コロナ加熱・太陽風加速についてもパラメータ不安定駆動磁気流体乱流モデルの提案とシミュレーションによる実現を行った。近年はひので磁場観測、ALMA 観測による成果を出版した。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Yokoyama, T. and Shibata, K. 1995, Magnetic reconnection as the origin of X-ray jets and Ha surges on the Sun, *Nature*, 375, 42

太陽コロナジェットの高磁気リコネクションモデルに基づいた数値シミュレーション。高温（1MK）と低温（10000K）ジェットの同時噴出を総合的に説明するのに成功した。

2. Yokoyama, T. and Shibata, K. 2001, 'Magnetohydrodynamic Simulation of a Solar Flare with Chromospheric Evaporation Effect Based on Magnetic Reconnection Model', *The Astrophys. J.*, 549, 1160-1174

太陽フレア彩層蒸発現象のシミュレーション。磁気リコネクションによるエネルギー解放から、彩層でのプラズマ上昇流までを再現した世界初の計算。結果に基づき、磁場強度対フレア温度スケール則を提唱し、のちの太陽恒星フレアの温度対エミッションメジャスケール則のもととなった。

3. Antolin, P. et al., 2015, Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. II. Numerical Aspects, *The Astrophys. J.*, 809, 72
4. Okamoto, T. J. et al., 2015, Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. I. Observational Aspects, *The Astrophys., J.*, 809, 71

太陽コロナ加熱の素過程候補のひとつである、波動共鳴吸収現象について、シミュレーションと組み合わせて、初めて観測的証拠を提唱した2本連作の論文

5. Hotta, H., Rempel, M., Yokoyama, T., 2016, 'Large-scale magnetic fields at high Reynolds numbers in magnetohydrodynamic simulations', *Science*, 351, 1427

太陽ダイナモにおいて、熱対流層での乱流により増幅される小規模ダイナモが乱流輸送に影響をおよぼし、星スケールの大規模ダイナモを安定化させることを示した。

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

太陽物理学をシミュレーションを主な手段とし、観測と連携しながら、彩層・コロナ加熱・太陽風加速と太陽活動周期の理解をすすめる。とくに前者は、現在策定中の次期太陽観測衛星 Solar-C\_EUVST が掲げる科学課題のひとつであり、それに対して理論面から提言を出していくことが求められている。具体的には、光球・彩層・コロナ結合系における波動伝播と熱化を統合的に扱い、合成観測を実施することで観測データ予想のテンプレートを準備することが重要な課題となる。いっぽうで、太陽研究で得られた知見を発展させ、小質量恒星の大気ダイナミクスについての研究を展開する。年齢や質量により示される星の X 線輝度の違いや恒星風質量損失率について理解するために組織的にシミュレーションをおこなう。それにより形作られる恒星まわりの惑星系プラズマ空間の環境についての知見をひらき、新しく恒星圏物理学という分野の開拓に貢献したいと考えている。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 太陽彩層におけるダイナミクスおよび加熱過程の理論的解明, 研究代表者, 2015~2019 年度, 総額 10,100,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 巨大ブラックホール降着流における X 線放射領域の形成と時間変動機構の解明, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 1,200,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Estimation of turbulent diffusivity with direct numerical simulation of stellar convection. H. Hotta, Y. Iida, T. Yokoyama. *The Astrophysical Journal* 751, L9, 2012

2. Detection of flux emergence, splitting, merging, and cancellation of network field. I Splitting and Merging. Y. Iida, H. Hagenaar, T. Yokoyama. *The Astrophysical Journal* 752, 149, 2012
3. Detection of the Horizontal Divergent Flow prior to the Solar Flux Emergence. Toriumi, S., Hayashi, K., and Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 751, 154, 2012
4. Magnetic field intensification by three-dimensional explosion process. H. Hotta, M. Rempel, T. Yokoyama. *The Astrophysical Journal* 759, L25, 2012
5. Multi-wavelength Spectroscopic Observation of Extreme-ultraviolet Jet in AR 10960. Y. Matsui, T. Yokoyama, N. Kitagawa and S. Imada. *The Astrophysical Journal* 759, 15, 2012
6. Generation of twist on magnetic flux tubes at the base of the solar convection zone. H. Hotta, T. Yokoyama. *Astronomy and Astrophysics* 548, A74, 2012
7. Temporal and Spatial Analyses of Spectral Indices of Nonthermal Emissions Derived from Hard X-Rays and Microwaves. Asai, Ayumi; Kiyohara, Junko; Takasaki, Hiroyuki; Narukage, Noriyuki; Yokoyama, Takaaki; Masuda, Satoshi; Shimojo, Masumi; Nakajima, Hiroshi. *The Astrophysical Journal* 763, 87, 2013
8. Three-dimensional magnetohydrodynamic simulation of the solar magnetic flux emergence. Parametric study on the horizontal divergent flow. Toriumi, S., Yokoyama, T., *Astronomy and Astrophysics* 553, A55, 2013
9. Probing the Shallow Convection Zone: Rising Motion of Subsurface Magnetic Fields in the Solar Active Region. Toriumi, Shin; Ilonidis, Stathis; Sekii, Takashi; Yokoyama, Takaaki. *The Astrophysical Journal* 770, L11, 2013
10. "High-resolution Calculations of the Solar Global Convection with the Reduced Speed of Sound Technique. I. The Structure of the Convection and the Magnetic Field without the Rotation". Hotta, H.; Rempel, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 786, 24, 2014
11. Fine Strand-like Structure in the Solar Corona from Magnetohydrodynamic Transverse Oscillations. Antolin, P.; Yokoyama, T.; Van Doorselaere, T., *The Astrophysical Journal* 787, L22, 2014
12. Statistical Analysis of the Horizontal Divergent Flow in Emerging Solar Active Regions. Toriumi, Shin; Hayashi, Keiji; Yokoyama, Takaaki. *The Astrophysical Journal* 794, 19, 2014
13. Simulation Study of Solar Plasma Eruptions Caused by Interactions between Emerging Flux and Coronal Arcade Fields. Kaneko, Takafumi; Yokoyama, Takaaki. *The Astrophysical Journal* 796, 44, 2014
14. "High-resolution Calculation of the Solar Global Convection with the Reduced Speed of Sound Technique. II. Near Surface Shear Layer with the Rotation". Hotta, H.; Rempel, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 798, 51, 2015
15. Efficient Small-scale Dynamo in the Solar Convection Zone. Hotta, H.; Rempel, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 803, 42, 2015
16. Electron Density of Active Region Outflows Measured by the EUV Imaging Spectrometer on board Hinode. Kitagawa, N.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 805, 97, 2015
17. Numerical Study on In-Situ Prominence Formation by Radiative Condensation in the Solar Corona. Kaneko, T.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 806, 115, 2015
18. Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. I. Observational Aspects". Okamoto, Takenori J.; Antolin, Patrick; De Pontieu, Bart; Uitenbroek, Han; Van Doorselaere, Tom; Yokoyama, Takaaki. *The Astrophysical Journal* 809, 71, 2015
19. "Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. II. Numerical Aspects" . Antolin, P.; Okamoto, T. J.; De Pontieu, B.; Uitenbroek, H.; Van

- Doorselaere, T.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 809, 72, 2015
20. "Three-dimensional MHD Magnetic Reconnection Simulations with a Finite Guide Field: Proposal of the Shock-evoking Positive-feedback Model". Wang, Shuoyang; Yokoyama, Takaaki; Isobe, Hiroaki. *The Astrophysical Journal* 811, 31, 2015
  21. "Apparent Cross-field Superslow Propagation of Magnetohydrodynamic Waves in Solar Plasmas". Kaneko, T.; Goossens, M.; Soler, R.; Terradas, J.; Van Doorselaere, T.; Yokoyama, T.; Wright, A. N., *The Astrophysical Journal* 812, 121, 2015
  22. "Effect of Coronal Temperature on the Scale of Solar Chromospheric Jets". Iijima, H.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 812, L30, 2015
  23. Detection of Flux Emergence, Splitting, Merging, and Cancellation of Network Fields. II. Apparent Unipolar Flux Change and Cancellation. Iida, Y.; Hagenaar, H. J.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 814, 134, 2015
  24. "Doppler shift of the quiet region measured by meridional scans with the EUV Imaging Spectrometer onboard Hinode". Kitagawa, N., Hara, H., Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 816, 14, 2016
  25. Large-scale magnetic fields at high Reynolds numbers in magnetohydrodynamic simulations. Hotta, H., Rempel, M., Yokoyama, T., *Science* 351, 1427, 2016
  26. Nonlinear reflection process of linearly-polarized, broadband Alfvén waves in the fast solar wind. Shoda, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 820, 123, 2016
  27. Modeling Observed Decay-less Oscillations as Resonantly Enhanced Kelvin-Helmholtz Vortices from Transverse MHD Waves and Their Seismological Application. Antolin, P.; De Moortel, I.; Van Doorselaere, T.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 830, L22, 2016
  28. Double-cell-type Solar Meridional Circulation Based on a Mean-field Hydrodynamic Model. Bekki, Y.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 835, 9, 2017
  29. Observational Signatures of Transverse Magnetohydrodynamic Waves and Associated Dynamic Instabilities in Coronal Flux Tubes. Antolin, P.; De Moortel, I.; Van Doorselaere, T.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 836, 219, 2017
  30. Non-kinematic Flux-transport Dynamos Including the Effects of Diffusivity Quenching. Ichimura, C.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 839, 18, 2017
  31. Reconnection-Condensation Model for Solar Prominence Formation. Kaneko, T.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 845, 12, 2017
  32. A Three-dimensional Magnetohydrodynamic Simulation of the Formation of Solar Chromospheric Jets with Twisted Magnetic Field Lines. Iijima, H.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 848, 38, 2017
  33. Convective Velocity Suppression via the Enhancement of the Subadiabatic Layer: Role of the Effective Prandtl Number. Bekki, Y.; Hotta, H.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 851, 74, 2017
  34. A Self-consistent Model of the Coronal Heating and Solar Wind Acceleration Including Compressible and Incompressible Heating Processes. Shoda, M.; Yokoyama, T.; Suzuki, T., K., *The Astrophysical Journal* 853, 190, 2018
  35. High-frequency Spicule Oscillations Generated via Mode Conversion. Shoda, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal* 854, 9, 2018
  36. Anisotropic magnetohydrodynamic turbulence driven by parametric decay instability: the onset of phase mixing and Alfvén wave turbulence. Shoda, M.; Yokoyama, T., *The Astrophysical Journal Letters* 859, L17, 2018



37. Frequency-dependent Alfvén-wave Propagation in the Solar Wind: Onset and Suppression of Parametric Decay Instability. Shoda, M.; Yokoyama, T.; Suzuki, T., K., The Astrophysical Journal 860, 17, 2018
38. ALMA Observations of the Solar Chromosphere on the Polar Limb. Yokoyama, T.; Shimojo, M.; Okamoto, T. J.; Iijima, H., The Astrophysical Journal 863, 96, 2018
39. Impact of Dynamic State on the Mass Condensation Rate of Solar Prominences. Kaneko, T.; Yokoyama, T., The Astrophysical Journal 869, 136, 2018

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 横山央明, 太陽活動現象の磁気流体シミュレーション, 宇宙磁気流体プラズマシミュレーションサマースクール, 千葉大学, 2012/8/6-10
2. 横山央明, 太陽磁気流体力学: 表面と内部とのダイナミクス, 地球流体セミナー, 北海道休暇村支笏湖, 2012/8/21
3. 横山央明, 太陽コロナ爆発現象のリコネクション, 磁気リコネクション研究の現状と展望 2, 愛媛大学, 2013/2/4
4. Yokoyama, T., Convections and Dynamos in the Solar Interior, 3rd East-Asian School and Workshop on Laboratory, Space Astrophysical Plasmas, 代々木, 2013/7/10
5. Yokoyama, T., Convection and Magnetic Field in the Solar Interior, Symposium on Planetary Science, 東北大学, 2014/2/20
6. 横山央明, 太陽内部と表層の磁気活動~ダイナモ・磁束浮上・コロナ彩層ダイナミクス, GEMSIS-ALL ミーティング, 名古屋大学, 2014/6/30
7. Yokoyama, T., Solar Jets as a Manifestation of Magnetic Reconnection, AOGS annual meeting, 札幌, 2014/7/28-8/1
8. Yokoyama, T., Hotta, H., Rempel, M., Numerical Simulations of Convection and Dynamo in the Solar Interior, AOGS annual meeting, 札幌, 2014/7/28-8/1
9. 横山央明, 「ひので」による理解の到達点, 研究集会「スペース太陽物理学の将来展望」, 宇宙研, 2014/10/20-21
10. 横山央明, 総合討論, 太陽研連シンポジウム, 名古屋大学, 2015/2/16-19
11. Yokoyama, T., MHD aspects of ICM, Max's 4 questions in X-ray Astronomy to be addressed with Astro-H, 東京大学, 2015/7/31
12. 横山央明, ガイド磁場 3次元磁気リコネクションの MHD シミュレーション研究, 高エネルギー宇宙物理学研究会, 沼津市, 2015/11/25-27
13. Yokoyama, T., Alfvén Wave Generation by Magnetic Reconnection, ISSI-BJ meeting on MHD Seismology of the Solar Corona, Beijing, China, 2015/12/14-18
14. Yokoyama, T., Iijima, H., Radiative magnetohydrodynamic simulations of chromospheric

- spicules, The Dynamic Sun: I. MHD Waves and Confined Transients in the Magnetized Atmosphere, Varanasi, India, 2016/2/22-26
15. Yokoyama, T., Iijima, H., Numerical study of solar chromospheric jets, MR2016, Napa, USA, 2016/3/7-11
  16. Yokoyama, T., Numerical studies of loop oscillations, Theoretical and observational approaches to the solar magnetic field, 国立天文台, 2016/5/27
  17. Yokoyama, T., Studies of the Sun with Hinode and Numerical Simulations, The 10th EAMA, Seoul National University, 2016/9/27-30
  18. Iijima, H., Yokoyama, T., 3D MHD simulations of chromospheric jets launched by twisted magnetic field lines, ISSI-BJ meeting on MHD Seismology of the Solar Corona, Beijing, China, 2017/1/16
  19. Yokoyama, T., Oi, Y., Kaneko, T., Wang, S., Magnetic reconnection as triggers of solar plasma eruptions and filament formations, MR2017, 松山, 2017/3/19-22
  20. Yokoyama, T., Iijima, H., Shimojo, M., Okamoto, T. J., Solar chromospheric dynamics by ALMA observations, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2017/5/20-25
  21. 横山央明, 太陽プラズマの磁気流体数値計算, 「磁気流体プラズマで探る高エネルギー天体現象」研究会, JAMSTEC 東京事務所, 2017/8/28-30
  22. 横山央明, 太陽大気中波動の観測と理論, RIMS 研究集会, 非線形波動現象の数理とその応用, 京都大学数理解析研, 2017/10/11-13
  23. Yokoyama, T., Iijima, H., MHD waves and jets in the solar atmosphere, 1st Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Chengdu, China, 2017/9/18-23
  24. Yokoyama, T., Wang, S. Development and enhancement of three-dimensional MHD turbulence reconnection by coupling among multiple tearing layers, MR2018, Princeton, USA, 2018/9/4-8
  25. 横山央明, Alfvén waves and spicules, 飛騨天文台 50 周年記念研究会, 高山, 2018/11/17
  26. Yokoyama, T., Early results from ALMA observations of the Sun, East Asian ALMA Science Workshop 2018, 大阪府立大学, 2018/12/17-19
  27. 横山央明, Solar-C\_EUVST 科学 3: 数値モデリング, 太陽研連シンポジウム, 名古屋大学, 2019/2/18-20

## 9. 教育における特筆すべき実績

### 学位論文指導実績

- ・ 2012 年度 修士 1 名 (飯島陽久)
- ・ 2013 年度 修士 1 名 (金子岳史), 博士 3 名 (北川直優、鳥海森、堀田英之)
- ・ 2014 年度 修士 3 名 (王燦洋、那須田哲也、河野隼也)
- ・ 2015 年度 修士 1 名 (庄田宗人)、博士 1 名 (飯島陽久)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (市村千晃、大井喜智), 博士 1 名 (金子岳史)
- ・ 2017 年度 修士 2 名 (王怡康、戸次宥人), 博士 1 名 (王燦洋)
- ・ 2018 年度 博士 1 名 (庄田宗人)

### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 地球物理数値解析, 2012~2018 年度
- ・ 大学院 宇宙プラズマ物理学 I, 2012、2014 年度

- ・ 大学院 宇宙プラズマ物理学 II, 2015、2017 年度
- ・ 理学部 宇宙空間物理学 I, 2012, 2013, 2014, 2016, 年度
- ・ 理学部 宇宙空間物理学 II, 2012, 2013, 2015, 2017, 年度
- ・ 理学部 太陽恒星物理学 (太陽物理学) 2012~2018 年度
- ・ 教養学部 力学 A, 2014~2015 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学入門, 2014~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2018 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 2013 年度理学系研究科 研究奨励賞博士部門 堀田英之 Thermal Convection, Magnetic Field, and Differential Rotation in Solar-type Stars
- ・ 2014 年度日本地球惑星科学連合大会学生優秀発表賞 金子岳史 放射凝縮による太陽フィラメント形成の 2.5 次元 MHD シミュレーション
- ・ 2015 年度日本地球惑星科学連合大会学生優秀発表賞 飯島陽久 太陽彩層における微小構造に関する二次元数値シミュレーション
- ・ 2017 年度理学系研究科 研究奨励賞修士部門 戸次有人 Role of the Effective Prandtl Number on the Solar Convective Amplitude, Stratification, and Angular Momentum Transport
- ・ 2018 年度地球電磁気・地球惑星圏学会学生発表賞 (オーロラメダル) 庄田宗人 Parametric decay instability of Alfvén waves in the solar wind
- ・ 2018 年度理論懇シンポジウム若手発表賞 庄田宗人 高速太陽風の三次元磁気流体シミュレーション
- ・ 2018 年度理学系研究科 研究奨励賞博士部門 庄田宗人 Fast solar wind driven by parametric decay instability and Alfvén wave turbulence
- ・

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本天文学会, 早川幸男基金選考委員, 2014~2017 年度 (2016~2017 は委員長)
- ・ 日本天文学会, 代議員推薦委員, 2015~2018 年度
- ・ 日本天文学会, 研究奨励賞選考委員, 2015~2018 年度
- ・ 日本天文学会, 代議員, 2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 代議員, 2014~2015 年度, 2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 情報システム委員 2014~2017 年度
- ・ 太陽研究者連絡会, 副会長 2013~2015 年度
- ・ 太陽研究者連絡会, 会長 2016~2018 年度

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会，委員長，2013～2015 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会，委員，2013～2018 年度
- ・ 地球惑星物理学科 教務委員会，委員 2013～2016 年度，副委員長 2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科 ネットワーク委員 2013～2015 年度
- ・ 大学院理学系研究科 広報委員会，広報誌編集委員長，2013～2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：7名 研究者数：1名

#### (2) 派遣

学生数：10名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 10名

# 大平 豊

## I. 略歴

氏名： 大平 豊 (おおひら ゆたか)

年齢： 37 歳

現職： 助教

### 学歴

2001 年 3 月 大阪府立三島高等学校卒業  
2005 年 3 月 関西学院大学理学部物理科卒業  
2007 年 3 月 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻修士課程修了  
2010 年 3 月 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻博士課程修了  
2010 年 3 月 博士 (理学) (大阪大学)

### 職歴

2010 年 4 月 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員  
2012 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 PD 研究員  
2014 年 4 月 青山学院大学理工学部物理・数理学科 助教  
2018 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

プラズマ物理学を用いて高エネルギー宇宙物理学現象の研究を進めてきた。特に、宇宙線と宇宙を満たす磁場の生成に関するものである。大規模シミュレーション、解析的手法、現象論的モデル化、天体観測や地上実験の結果との比較と、あらゆる方法で研究を行ってきた。太陽惑星物理学やレーザープラズマ物理学、雷についても研究活動を行なっている。宇宙線が加速領域から逃走する過程によって、宇宙線のエネルギースペクトルが変化することを明らかにした。また、宇宙線の逃走過程は、地球に飛来する宇宙線の観測結果と、加速源である超新星残骸からのガンマ線の観測結果を理解する上でも重要であることを示した。また、宇宙線の加速器として考えられている無衝突衝撃波について、中性水素原子が果たす役割を明らかにした。部分電離プラズマ中を伝搬する無衝突衝撃波のプラズマ粒子シミュレーションを世界で初めて行うことに成功し、宇宙線の注入過程に水素原子の電荷交換反応が重要であることを示した。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Ohira, Y., Murase, K., & Yamazaki, R. (2011). Gamma-rays from molecular clouds illuminated by cosmic rays escaping from interacting supernova remnants. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2011, 410, 1577. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2010.17539.x>

宇宙線源である超新星残骸からのガンマ線のスペクトルが Fermi 衛星によって明らかにさ

れたが、それまでの理論的予想と大きく異なる結果であった。それまでの理論に宇宙線の逃走を考慮すると、Fermi 衛星の観測結果を説明できることを提示した論文。年老いた超新星残骸からのガンマ線スペクトルを説明する標準モデルとなっている。(引用回数 133 回(ADS/Sept. 19, 2019))

2. Ohira, Y., Murase, K., & Yamazaki, R. (2010). Escape-limited model of cosmic-ray acceleration revisited. *Astronomy and Astrophysics*, 513, id.A17.  
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/200913495>

地球に飛来する宇宙線のエネルギースペクトルは、それまで宇宙線の加速機構と地球までの伝搬機構で決まると信じられていた。この論文では、宇宙線が加速源から逃走過程によってもエネルギースペクトルが変化すること、その変化が宇宙線の量と最高エネルギーの時間進化に依存することを解析的に示した。約 40 年信じられてきた宇宙線標準モデルの改定であり、宇宙線の逃走過程は現在盛んに研究が進められている。(引用回数 78 回(ADS/Sept. 19, 2019))

3. Ohira, Y., & Ioka, K. (2011). Cosmic-ray helium hardening. *The Astrophysical Journal Letters*, 729, id. L13. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/729/1/L13>

それまでの宇宙線の理論は、宇宙線原子核の種類によらず同じエネルギースペクトルをなすという予言であった。しかし、最新の宇宙線の観測結果は水素とヘリウムでスペクトルが異なることを示した。この論文では、宇宙線の逃走過程を考慮すると、宇宙線の組成ごとに異なるスペクトルが形成される可能性があることを示し、最新の観測結果を説明する宇宙線の源は、超新星残骸が沢山集まって形成されるスーパーバブルであることを提案した。(引用回数 67 回(ADS/Sept. 19, 2019))

4. Ohira, Y., Reville, B., Kirk, J. G., & Takahara, F. (2009). Two-dimensional particle-in-cell simulations of the nonresonant cosmic-ray-driven instability in supernova remnant shocks. *The Astrophysical Journal*, 698, 445. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/698/1/445>

宇宙線による衝撃波近傍の磁場増幅機構を、大規模なプラズマ粒子シミュレーションで調べた論文。線形解析で予言されていた Bell 不安定性が、超新星残骸の無衝突衝撃波で起きることを明らかにした。さらに非線形発展の結果、もともとの背景磁場を超える大きな磁場が作られること、それに伴いプラズマ加熱が生じることを示した。(引用回数 43 回(ADS/Sept. 19, 2019))

5. Ohira, Y. (2013). Simulations of collisionless perpendicular shocks in partially ionized plasmas. *Physical Review Letters*, 111, 245002. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.245002>

銀河内で生じる超新星残骸の無衝突衝撃波のほとんどは、部分電離プラズマ中を伝搬するが、それまでの無衝突衝撃波の研究は完全電離プラズマが仮定されていた。この論文では、部分電離プラズマ中を伝搬する無衝突衝撃波のプラズマ粒子シミュレーションを行ない、電荷交換反応により、下流の高温プラズマの一部が衝撃波上流に浸み出すこと、染み出した粒子がその後宇宙線として加速されることを示した。現在でも、部分電離プラズマ中の無衝突衝撃波のプラズマ粒子シミュレーションは私以外に成功したものはいない。(引用回数 13 回(ADS/Sept. 19, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 大平豊, 第 11 回(2017 年)日本物理学会若手奨励賞, 2016 年 10 月

#### 5. 研究の将来計画

現在の宇宙線の起源や加速に関する研究を、プラズマ物理学を基に進める。特に、部分電離プラズマ中の宇宙線加速と磁場増幅機構、宇宙線の逃走過程について引き続き研究を進める。また、宇宙誕生後、いつから宇宙線が加速され始めたのか?いつから宇宙線が他の天体

現象に影響を与え始めたのか？を調べ、初期宇宙における高エネルギー宇宙物理学という新しい研究分野を開拓する。それらを行うために必要な、宇宙に存在する磁場の起源と進化についても研究を行う。初期宇宙で生じる天体現象に伴うプラズマ現象を線形解析や、数値シミュレーションを行うことで、初期宇宙でのプラズマ現象の解明を行う。それらの天文観測による検証方法の提案や、地上プラズマ実験による検証方法の提案も行う。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究 B, 部分電離プラズマ中の宇宙線加速機構の解明と初期宇宙への応用, 研究代表者, 2016~2018 年度, 総額 3,900,000 円
- ・ 卓越研究員制度, 初期宇宙での宇宙線加速機構と磁場生成機構の解明, 研究代表者, 2018~2022 年度, 総額 24,000,000 円(予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Kohri, K., Ohira, Y., & Ioka, K. (2012). Gamma-ray flare and absorption in the Crab nebula: lovely TeV-PeV astrophysics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 424, 2249-2254. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.21388.x>
2. Ohira, Y. (2012). Historical Effects of Leakage Neutral Particles on Shocks. *The Astrophysical Journal*, 758, article id. 97. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/758/2/97>
3. Ohira, Y., Yamazaki, R., Kawanaka, N., & Ioka, K. (2012). Escape of cosmic-ray electrons from supernova remnants. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, pp. 91-102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.21908.x>
4. Fujita, Y., & Ohira, Y. (2013). Radio mini-halo emission from cosmic rays in galaxy clusters and heating of the cool cores. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 428, p.599-608. <https://doi.org/10.1093/mnras/sts050>.
5. Fujita, Y., Ohira, Y., & Yamazaki, R. (2013). Entropy at the Outskirts of Galaxy Clusters as Implications for Cosmological Cosmic-Ray Acceleration. *The Astrophysical Journal Letters*, 767, article id. L4. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/767/1/L4>.
6. Ohira, Y. (2013). Turbulent Shear Acceleration. *The Astrophysical Journal Letters*, 767, article id. L16. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/767/1/L16>
7. Katsuda, S., Ohira, Y., et al.( Ohira, Y., 7 人中 2 番目). (2013). Dynamics of X-Ray-emitting Ejecta in the Oxygen-rich Supernova Remnant Puppis A Revealed by the XMM-Newton Reflection Grating Spectrometer. *The Astrophysical Journal*, 768, article id. 182. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/768/2/182>.
8. Fujita, Y., Kimura, S., & Ohira, Y. (2013). Stability analysis for cosmic-ray heating of cool cores in galaxy clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 432, p.1434-1443. <https://doi.org/10.1093/mnras/stt563/>.
9. Inoue, T., Shimoda, J., Ohira, Y., & Yamazaki, R. (2013). The Origin of Radially Aligned Magnetic Fields in Young Supernova Remnants. *The Astrophysical Journal Letters*, 772, article id. L20. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/772/2/L20>.
10. Fujita, Y., Ohira, Y., Yamazaki, R. (2013). The Fermi Bubbles as a Scaled-up Version of Supernova Remnants. *The Astrophysical Journal Letters*, 775, article id. L20. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/775/1/L20>.
11. Ohira, Y. (2013). Simulations of Collisionless Perpendicular Shocks in Partially Ionized Plasmas. *Physical Review Letters*, 111, id. 245002. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.245002>.

12. Yamazaki, R., Ohira, Y., Sawada, M., & Bamba, A. (2014). Research in Astronomy and Astrophysics, 14, article id. 165-178. <https://doi.org/10.1088/1674-4527/14/2/005>.
13. Shibata, T., Ohira, Y., Kazunori, K., & Yamazaki, R. (2014). Production cross sections of  $\gamma$ -rays, electrons, and positrons in p-p collisions. *Astroparticle Physics*, 55, p. 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.astropartphys.2014.01.001>.
14. Ohira, Y. (2014). Acoustic instability in the neutral precursor region of collisionless shocks propagating into partially ionized plasmas. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 440, p.514-518. <https://doi.org/10.1093/mnras/stu248>.
15. Fujita, Y., Ohira, Y., & Yamazaki, R. (2014). A Hadronic-leptonic Model for the Fermi Bubbles: Cosmic-Rays in the Galactic Halo and Radio Emission. *The Astrophysical Journal*, 789, article id. 67. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/789/1/67>.
16. Yamazaki, R. et al. (Ohira, Y., 6 人中 5 番目). (2015). Electron acceleration with improved Stochastic Differential Equation method: Cutoff shape of electron distribution in test-particle limit. *Journal of High Energy Astrophysics*, 5, p. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jheap.2015.02.001>.
17. Shimoda J., et al. (Ohira, Y., 6 人中 3 番目). (2015). On Cosmic-ray Production Efficiency at Supernova Remnant Shocks Propagating into Realistic Diffuse Interstellar Medium. *The Astrophysical Journal*, 803, article id. 98. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/803/2/98>.
18. Katsuda, S., et al. (Ohira, Y., 18 人中 10 番目). (2015). Evidence for Thermal X-Ray Line Emission from the Synchrotron-dominated Supernova Remnant RX J1713.7-3946. *The Astrophysical Journal*, 814, article id. 29. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/814/1/29>.
19. Ohira, Y. (2016). Magnetic Field Amplification by Collisionless Shocks in Partially Ionized Plasmas. *The Astrophysical Journal*, 817, article id. 137. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/817/2/137>.
20. Katsuda, S., et al. (Ohira, Y., 12 人中 3 番目). (2016). Spatially Resolved Spectroscopy of a Balmer-dominated Shock in the Cygnus Loop: An Extremely Thin Cosmic-Ray Precursor?. *The Astrophysical Journal Letters*, 819, article id. L32. <https://doi.org/10.3847/2041-8205/819/2/L32>.
21. Ohira, Y., Kawanaka, N., & Ioka, K. (2016). Cosmic-ray hardenings in light of AMS-02 data. *Physical Review D*, 93, id.083001. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.93.083001>.
22. Yamazaki, R., Asano, K., & Ohira, Y. (2016). Electromagnetic afterglows associated with gamma-ray emission coincident with binary black hole merger event GW150914. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2016, id.051E017. <https://doi.org/10.1093/ptep/ptw042>.
23. Takeda, S., et al. (Ohira, Y., 9 人中 8 番目). (2016). Suzaku observations of the hard X-ray spectrum of Vela Jr. (SNR RX J0852.0-4622). *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 68, id.S10. <https://doi.org/10.1093/pasj/psw036>.
24. Tomita, S., & Ohira, Y. (2016). Weibel Instability Driven by Spatially Anisotropic Density Structures. *The Astrophysical Journal*, 825, article id. 103. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/825/2/103>.
25. Ohira, Y. (2016). Injection to Rapid Diffusive Shock Acceleration at Perpendicular Shocks in Partially Ionized Plasmas. *The Astrophysical Journal*, 827, article id. 36. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/827/1/36>.
26. Sato, T., et al. (Ohira, Y., 13 人中 5 番目). (2017). Multi-year X-Ray Variations of Iron-K and Continuum Emissions in the Young Supernova Remnant Cassiopeia A. *The Astrophysical Journal*, 836, article id. 225. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/836/2/225>.
27. Ohira, Y., & Yamazaki, R. (2017). Inverse Compton emission from a cosmic-ray precursor in RX J1713.7-3946. *Journal of High Energy Astrophysics*, 13, p. 17-21. <https://doi.org/10.1016/j.jheap.2017.03.001>.



28. Acero, F., et al., (Ohira, Y., 約 100 名中約 50 番目). (2017). Prospects for Cherenkov Telescope Array Observations of the Young Supernova Remnant RX J1713.7-3946. *The Astrophysical Journal*, 840, article id. 74. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aa6d67>.
29. Shimoda, J., Ohira, Y., et al. (5 名中 2 番目). (2018). Polarized Balmer line emission from supernova remnant shock waves efficiently accelerating cosmic rays. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 473, p.1394-1406. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2339>.
30. Bamba, A., Ohira, Y., (11 名中 2 番目). (2018). The Transition from Young to Middle-aged Supernova Remnants: Thermal and Nonthermal Aspects of SNR N132D. *The Astrophysical Journal*, 854, article id. 71. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aaa5a0>.
31. Ohira, Y., Kisaka, S., & Yamazaki, R. (2018). Pulsar Wind Nebulae inside Supernova Remnants as Cosmic-Ray PeVatrons. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 478, p.926-931. <https://doi.org/10.1093/mnras/sty1159>.
32. Sezer, A., Ergin, T., Yamazaki, R., & Ohira, Y., Cesur, N. (2018). A Suzaku X-ray study of the mixed-morphology supernova remnant Kes 69 and searching for its gamma-ray counterpart. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 481, p.1416-1425. <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2387>.
33. Umeda, T., et al. (Ohira, Y., 15 人中 3 番目). (2019). Full particle-in-cell simulation of the interaction between two plasmas for laboratory experiments on the generation of magnetized collisionless shocks with high-power lasers. *Physics of Plasmas*, 26, id.032303. <https://doi.org/10.1063/1.5079906>.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. Helder, E. A., Vink, J., Bykov, A. M., Ohira, Y., Raymond, J. C., & Terrier, R. (2012). Observational signatures of particle acceleration in supernova remnants. *Space Science Review*, 173, 369. <https://doi.org/10.1007/s11214-012-9919-8>

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 大平豊, 山崎了, 寺澤敏夫 (2012). 宇宙線の源と加速・伝搬の理論. *日本物理学会誌*, 67, 832.
2. 大平豊 (2019). 初代宇宙線の加速. *天文月報*, 112, 41.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Ohira, Y., Escape of cosmic-ray protons and electrons from SNRs, ALMA Workshop “Science with Mopra for the ALMA”, Tokyo Japan, 2012/06/08.
2. Ohira, Y., Simulation of collisionless perpendicular shocks in partially ionized plasmas, Workshop “Astrophysical Mechanisms of Particle Acceleration and Escape from the Accelerators, Aspen USA, 2013/09/01.
3. Ohira, Y., Supernova remnants as cosmic ray sources, LST General Meeting, Chiba Tokyo, 2014/01/14.
4. Ohira, Y., Cosmic Ray Acceleration Mechanism, The 7th International Workshop on Very High

Energy Particles Astronomy, Chiba Japan, 2014/03/19.

5. Ohira, Y., Collisionless shocks, plasma instabilities, and particle accelerations in partially ionized plasmas, COSPAR2014, Moscow Russia, 2014/08/02.
6. Ohira, Y., Collisionless shocks, plasma instabilities, and particle accelerations in partially ionized plasmas, The ASTRO-H JP/NL Bilateral workshop 2015, Kanagawa Japan, 2015/05/16.
7. Ohira, Y., Collisionless shocks in partially ionized plasma, ISSI team meeting 2, Bern Switzerland, 2015/06/01.
8. Ohira, Y., Cosmic ray propagation, SNR Workshop 2015, Nagoya Japan, 2015/06/18.
9. Ohira, Y., Cosmic rays, supernova remnants and superbubbles, HEAP2015, Ibaraki Japan, 2015/10/06.
10. Ohira, Y., Particle acceleration, SNSNR2015, Kanagawa Japan, 2015/10/09.
11. Ohira, Y., Particle accelerations, plasma instabilities, and collisionless shocks in partially ionized plasma, AAPPS—DPP2018, Kanazawa Japan, 2018/11/12.
12. Ohira, Y., Collisionless shock driven by a high-power laser, 4th STEPS Symposium on Photon Science, Tokyo Japan, 2019/03/22.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 IV, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別演習, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別研究, 2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献（学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催）
11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員
12. 学内行政業務
  - ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会 2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：3名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名

# 桂華 邦裕

## I. 略歴

氏名： 桂華 邦裕 (けいか くにひろ)

年齢： 40 歳

現職： 助教

### 学歴

1997 年 3 月 私立日向学院高等学校卒業  
2001 年 3 月 京都大学理学部地球惑星科学専攻卒業  
2003 年 3 月 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2006 年 3 月 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2006 年 3 月 博士 (理学) (京都大学)

### 職歴

2006 年 4 月 オーストリア科学アカデミー宇宙科学研究所 研究員  
2009 年 4 月 ニュージャージー工科大学 研究員  
2011 年 9 月 ニュージャージー工科大学 特任助教  
2013 年 7 月 名古屋大学太陽地球環境研究所  
(2015 年 10 月より宇宙地球環境研究所) 特任助教  
2015 年 4 月 中京大学国際教養学部 非常勤講師 (2017 年 3 月まで)  
2016 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球電磁気圏周辺でのプラズマダイナミクスと電磁波動について、人工衛星や地上観測で得られたデータの解析を中心とした研究を進めてきた。特に、爆発的に電磁気環境が変動する際 (太陽フレア、磁気嵐、サブストームなど) に磁気圏構造の変動を左右する高エネルギープラズマ (keV 帯) に着目し、惑星間空間や地球超高層大気から磁気圏へのプラズマの流入、磁気圏内でのプラズマ輸送・加速・消失、プラズマ加速の質量電荷依存性に関する研究に取り組んでいる。イオンの直接観測と中性粒子検出を用いた遠隔観測を相補的に活用し、減衰を支配するイオン消失メカニズムの定量評価に成功した。そのメカニズムのひとつである電磁サイクロトロン波動との波動粒子相互作用について、発生頻度を内部磁気圏全域で調査し、高頻度域の偏りが太陽風や地磁気の擾乱度によって変化することを示した。擾乱時には超高層大気起源の酸素イオンが磁気圏ダイナミクスに大きな影響を与えることが知られているが、静穏時の主成分である水素イオンとの差異についてレビュー論文を国際誌に出版し、最新衛星データを先駆的に解析するなど、主導的立場で推進している。また、放射線帯を観測する「あらせ」衛星観測にデータ解析環境構築メンバーとして携わりながら、米国の現行ミッションや将来計画にも Co-I として参画している。地球よりも重イオンが大量に存在する太陽系磁化惑星磁気圏 (水星、木星、土星など) におけるプラズマダイナミク

スについても比較研究を進め、水星探査ミッション BepiColombo などの将来ミッションとも連携を進めている。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. K. Keika, L. M. Kistler, and P. C. Brandt (2013), Energization of O<sup>+</sup> Ions in the Earth's Inner Magnetosphere and the Effects on Ring Current Buildup: A Review of Previous Observations and Possible Mechanisms, *J. Geophys. Res.*, 118, 1–24, doi:10.1002/jgra.50371.

地球磁気圏内で2番目に量が多い地球超高層大気起源の酸素イオンは、宇宙嵐発生時に内部磁気圏のプラズマ圧（環状電流強度）に大きく寄与する。本論文では、酸素イオンが水素イオンよりもエネルギーを多く獲得する原因について、過去の観測的研究および候補とされている加速・加熱物理メカニズムをレビューし、将来研究の方向性を議論した。米国「Van Allen Probes」衛星や日本の「あらせ」衛星のミッション科学戦略の立案と実行に大きく貢献し、Van Allen Probes RESPICE チーム健闘賞を受賞した。（引用回数48回(GS/Sep. 20, 2019)）

2. Keika, K. et al. (2018). Ion Energies Dominating Energy Density in the Inner Magnetosphere: Spatial Distributions and Composition, Observed by Arase/MEP-i, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2018GL080047.

地球内部磁気圏プラズマ圧力の時間空間および組成変化について、(1)プラズマ圧の酸素イオンに対する水素イオンの比が深内部磁気圏で10を超える場合があること、(2)プラズマ圧に寄与するエネルギー帯が領域と組成に依存することを示した。(1)は、これまでコミュニティではほとんど議論されておらず、内部磁気圏プラズマ圧研究の新たな切り口として期待される。(2)は、数時間以上の時間スケールで増加する内部磁気圏プラズマ圧に対して、数10分の時間スケールを持つサブストーム現象が重要な役割を担っていることを示唆しており、時間スケールが大きく異なる二大現象が時間的・空間的に結合している重要な証拠の一つである。（引用回数1回(GS/Sep. 20, 2019)）

3. K. Keika, K. Seki, M. Nosé, Y. Miyoshi, L. J. Lanzerotti, D. G. Mitchell, M. Gkioulidou, and J. W. Manweiler (2018), Three-step buildup of the 17 March 2015 storm ring current: Implication for the cause of the unexpected storm intensification, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 123, doi:10.1002/2017JA024462.

予想以上に巨大化し世界的に注目を浴びた2015年3月17日の磁気嵐について、内部磁気圏プラズマ圧の時間空間変動を調査した。プラズマ圧に最も寄与するエネルギー帯が磁気嵐主相中に大きく変化したこと、その変化に伴い磁気嵐は3段階に発達したこと、そして3段階目では多量の高エネルギーイオンが内部磁気圏深くまで注入されることで磁気嵐が巨大化(約5割増強)したことが明らかになった。本研究はプラズマ圧をイオンのエネルギー毎に分けて時間空間変動を調査する研究の先駆けとなり、現在は複数衛星ミッション同時観測へ拡張された研究が国内外で実施されている。（引用回数2回(GS/Sep. 20, 2019)）

4. K. Keika, K. Takahashi, A. Y. Ukhorskiy, and Y. Miyoshi (2013), Global characteristics of electromagnetic ion cyclotron waves: Occurrence rate and its storm dependence, *J. Geophys. Res.*, 118, 1–16, doi:10.1002/jgra.50385.

放射線帯を含めた磁気圏プラズマの加速および消失に重要な役割を担っていると考えられる電磁イオンサイクロトロン(EMIC)波動について、そのグローバルな発生特性と背景プラズマ環境を調査した。EMIC波動の発生領域が磁気活動度によって異なること、具体的には、静穏時には朝側の外部磁気圏で、擾乱時には夕方側の内部磁気圏で発生頻度が高いことを明らかにした。EMIC波動の励起を引き起こすプロセスが静穏時と擾乱時で異なることを初めて示した論文で、関連研究も合わせて地球電磁気・地球惑星圏学会大林奨励賞を受賞した。本研究で得られたEMIC波動空間分布は、放射線帯モデルのインプットとして頻繁に使われている。（引用回数63回(GS/Sep. 20, 2019)）

5. K. Keika, M. Nosé, P. C. Brandt, S. Ohtani, E. C. Roelof, and D. G. Mitchell (2006), Contribution of charge exchange loss to the storm time ring current decay: IMAGE/HENA observations, *J. Geophys. Res.*, 111, A11S12, doi:10.1029/2006JA011789.

磁気嵐が減衰する主要因と考えられる、高エネルギーイオンと地球ジオコロナ（中性大気）との電荷交換反応を観測的に定量化した。反応の副産物として生成される高エネルギー中性粒子の直接観測から高エネルギーイオンの消失量を見積もることができることに注目し、イオン消失量を定量的に見積もった。磁気嵐の減衰率と比較し、同反応は宇宙嵐の後期回復相でしか環状電流の消失に大きく寄与しないことを示した。それまでグローバルモデルでしか評価されていなかった消失率を観測から定量化したことが評価され、井上科学奨励賞および地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞オーロラメダルを受賞した。（引用回数 20 回(GS/Sep. 20, 2019)）

#### 4. 受賞等

- ・ 桂華邦裕, 米国航空宇宙局 (NASA) グループ功績賞, 2013 年 11 月
- ・ 桂華邦裕, 地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞, 2015 年 11 月

#### 5. 研究の将来計画

太陽風と地球固有磁場との相互作用に起因する磁気圏プラズマダイナミクスについて、2010年代以降さらに充実している他点同時観測と地上観測などで得られる多種類かつ多量のデータを最大限活用した研究を進める。特に、重要な未解決問題のひとつである、磁気圏尾部でのスケール間結合に着目する。具体的には、宇宙嵐や磁気嵐と呼ばれる磁気圏全体の空間スケール（地球半径の10倍以上）と数日の時間スケールを持つ現象と、磁気リコネクションや磁気双曲化などの小さい空間スケール（経度方向に地球半径の数倍程度）で数10分の時間スケールを持つ現象が、どのように結合し磁気圏全体ダイナミクスやプラズマ加速・加熱に影響を与えるか、調査する。また、波動粒子相互作用などのプラズマ現象はさらに小さい時間空間スケールで発生しているため、上記マクロ現象との結合を考慮に入れて研究を進める。その中で、擾乱時に内部磁気圏プラズマ圧の半分以上を担うことが知られている地球大気起源の1価の酸素イオンが選択的にエネルギーを得る原因に迫る。擾乱時の磁気圏現象を多種イオンプラズマのダイナミクスと捉え、太陽風プラズマの磁気圏への流入、電離圏プラズマの流出、磁気圏への輸送、磁気圏での加速・加熱、そして磁気圏システムからの消失という一連の流れを解き明かしていく研究を進めたい。またこれらの研究は、惑星磁気圏における諸現象（電離圏-磁気圏遷移領域でのプラズマ加熱、重イオンが豊富な磁気圏のダイナミクスなど）を深く理解する助けになると期待している。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ NASA Living with Star TR&T 2010 年度～2013 年度, The Role of Currents and Conductance in Controlling Plasmasphere Dynamics.
- ・ NASA Living with Star TR&T 2011 年度～2013 年度, Ring Current Control of the Outer Radiation Belt: Local Wave-Particle Interactions and Large-Scale Magnetopause Losses.
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 内部磁気圏編隊衛星データを用いたリングカレントイオンの加速と消失に関する研究, 研究代表者, 2014～2017 年度, 総額 3,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 多点観測を用いた磁気嵐中のリングカレント酸素イオン増加の時間空間変動に関する研究, 研究代表者, 2017～2019 年度, 総額 2,900,000 円

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 地球と火星の比較に基づく惑星電磁気圏環境に固有磁場強度が与える影響に関する研究, 研究分担者, 2016~2019 年度, 総額 1,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 磁気リコネクションでのイオンと電子のエネルギー分配の物理, 研究分担者, 2019~2021 年度, 総額 2,000,000 円 (予定)
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 衛星多点観測と計算機シミュレーションによる内部磁気圏のイオン組成変化要因の探究, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 1,050,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 深内部磁気圏における高エネルギーイオン生成・輸送機構とそのイオン種依存性の解明, 研究分担者, 2013~2015 年度, 総額 700,000 円
- ・ 東京大学若手研究者国際発信事業, 研究代表者, 2018 年度, 総額 500,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, M. Nosé, T. Amano, Y. Miyoshi, and I. Shinohara (2018), Ion Energies Dominating Energy Density in the Inner Magnetosphere: Spatial Distributions and Composition, Observed by Arase/MEP-i, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2018GL080047.
2. K. Keika, K. Seki, M. Nosé, Y. Miyoshi, L. J. Lanzerotti, D. G. Mitchell, M. Gkioulidou, and J. W. Manweiler (2018), Three-step buildup of the 17 March 2015 storm ring current: Implication for the cause of the unexpected storm intensification, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 123, doi:10.1002/2017JA024462.
3. K. Keika, Y. Miyoshi, S. Machida, A. Ieda, K. Seki, T. Hori, Y. Miyashita, M. Shoji, I. Shinohara, V. Angelopoulos, J. W. Lewis, A. Flores (2017), Visualization tool for three-dimensional plasma velocity distributions (ISEE\_3D) as a plug-in tool for SPEDAS, *Earth, Planets and Space*, 69, 170, doi:10.1186/s40623-017-0761-9.
4. K. Keika, K. Seki, M. Nosé, S. Machida, Y. Miyoshi, L. J. Lanzerotti, D. G. Mitchell, M. Gkioulidou, D. Turner, H. Spence, and B. A. Larsen (2016), Storm time impulsive enhancements of energetic oxygen due to adiabatic acceleration of preexisting warm oxygen in the inner magnetosphere, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA022384.
5. K. Keika, R. Kataoka, and Y. Ebihara (2015), What caused the rapid recovery of the Carrington storm?, *Earth, Planets and Space*, 67:65, doi:10.1186/s40623-015-0234-y
6. K. Keika, K. Takahashi, A. Y. Ukhorskiy, and Y. Miyoshi (2013), Global characteristics of electromagnetic ion cyclotron waves: Occurrence rate and its storm dependence, *J. Geophys. Res.*, 118, 1–16, doi:10.1002/jgra.50385.
7. Imajo, S., Nosé, M., Matsuoka, A., Kasahara, S., Yokota, S., Teramoto, M., et al. (2018). Magnetosphere-ionosphere connection of storm-time region-2 field-aligned current and ring current: Arase and AMPERE observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 123. <https://doi.org/10.1029/2018JA025865>
8. Yamamoto, K., Nosé, M., Kasahara, S., Yokota, S., Keika, K., Matsuoka, A., et al. (2018). Giant pulsations excited by a steep earthward gradient of proton phase space density: Arase observation. *Geophysical Research Letters*, 45, 6773–6781. <https://doi.org/10.1029/2018GL078293>
9. Oimatsu, S., Nosé, M., Teramoto, M., Yamamoto, K., Matsuoka, A., Kasahara, S., et al. (2018). Drift-bounce resonance between Pc5 pulsations and ions at multiple energies in the nightside magnetosphere: Arase and MMS observations. *Geophysical Research Letters*, 45, 7277–7286. <https://doi.org/10.1029/2018GL078961>

10. Nosé, M., Matsuoka, A., Kasahara, S., Yokota, S., Teramoto, M., Keika, K., et al. (2018). Magnetic field dipolarization and its associated ion flux variations in the dawnside deep inner magnetosphere: Arase observations. *Geophysical Research Letters*, 45, 7942–7950. <https://doi.org/10.1029/2018GL078825>
11. Miyoshi *et al.* *Earth, Planets and Space* (2018) 70:96 <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0867-8>.
12. Mitani, K., Seki, K., Keika, K., Gkioulidou, M., Lanzerotti, L. J., Mitchell, D. G., & Kletzing, C. A. (2018). Radial transport of higher-energy oxygen ions into the deep inner magnetosphere observed by Van Allen Probes. *Geophysical Research Letters*, 45. <https://doi.org/10.1029/2018GL077500>
13. Oimatsu, S., Nosé, M., Takahashi, K., Yamamoto, K., Keika, K., Kletzing, C. A., et al. (2018). Van Allen Probes observations of drift-bounce resonance and energy transfer between energetic ring current protons and poloidal Pc4 wave. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 123. <https://doi.org/10.1029/2017JA025087>
14. S. Kasahara, Y. Miyoshi, S. Yokota, T. Mitani, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Y. Kazama, H. U. Frey, V. Angelopoulos, S. Kurita, K. Keika, K. Seki, and I. Shinohara (2018), Pulsating aurora from electron scattering by chorus waves, *Nature*, doi:10.1038/nature25505.
15. K. Seki, Y. Miyoshi, Y. Ebihara, Y. Katoh, T. Amano, S. Saito, M. Shoji, A. Nakamizo, K. Keika, T. Hori, S. Nakano, S. Watanabe, K. Kamiya, N. Takahashi, Y. Omura, M. Nose, M.-C. Fok, T. Tanaka, A. Ieda, and A. Yoshikawa (2018), Theory, modeling, and integrated studies in the Arase (ERG) project, *Earth, Planets and Space*, 70, 17, doi:10.1186/s40623-018-0785-9.
16. M. Shoji, Y. Miyoshi, Y. Katoh, K. Keika, V. Angelopoulos, S. Kasahara, K. Asamura, S. Nakamura, and Y. Omura (2017), Ion hole formation and nonlinear generation of electromagnetic ion cyclotron waves: THEMIS observations, *Geophys. Res. Lett.*, 44, 8730–8738, doi:10.1002/2017GL074254.
17. T. Iwata, K. Y. Kawakatsu, G. Murakami, Y. Ezoe, S. Kameda, K. Keika, T. Arai, S. Matsuura, T. Saiki, T. Imamura, K. Ogohara, A. Oyama, T. Ikenaga (2016), Studies on Solar System Explorations using DESTINY: the Demonstration and Experiment of Space Technology for Interplanetary Voyage, Vol. 14, No. ists30, doi:10.2322/tastj.14.Pk\_111.
18. N. Umemura, T. Segawa, Y. Miyashita, K. Keika, Y. Miyoshi, T. Hori, M. Shoji, Y. Tanaka, K. Seki, and I. Shinohara (2016), Development and Future Plans of the Web Based Data Analysis Tool ERGWAT, *J. Space Sci. Info. Jpn.*, vol. 4, JAXA-RR-16-007 (ISSN 1349-1113), 25-31, doi:10.20637/JAXA-RR-16-007/0003.
19. C. Martinez-Calderon, K. Shiokawa, Y. Miyoshi, K. Keika, M. Ozaki, I. Schofield, M. Connors, C. Kletzing, M. Hanzelka, O. Santolik, and W. S. Kurth (2016), ELF/VLF wave propagation at subauroral latitudes: Conjugate observation between the ground and Van Allen Probes A, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2015JA022264.
20. M. Nosé, K. Keika, C. A. Kletzing, H. E. Spence, C. W. Smith, R. J. MacDowall, G. D. Reeves, B. A. Larsen, and D. G. Mitchell (2016), Van Allen Probes observations of magnetic field dipolarization and its associated O<sup>+</sup> flux variations in the inner magnetosphere at L<6.6, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA022549.
21. D. Han, X.-C. Chen, J.-J. Liu, Q. Qiu, K. Keika, Z. -J. Hu, J.-M. Liu, H.-Q. Hu, and H. -G. Yang (2015), An extensive survey of dayside diffuse aurora based on optical observations at Yellow River Station, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, doi:10.1002/2015JA021699.
22. R. Kataoka, D. Shiota, E. Kilpua, and K. Keika (2015), Pileup accident hypothesis of magnetic storm on 17 March 2015, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2015GL064816.

23. M. Nosé, S. Oimatsu, K. Keika, C. A. Kletzing, W. S. Kurth, S. DePasquale, C. W. Smith, R. J. MacDowall, S. Nakano, G. D. Reeves, H. E. Spence and B. A. Larsen (2015), Formation of the oxygen torus in the inner magnetosphere: Van Allen Probes observations, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, doi:10.1002/2014JA020593. .
24. I. Yoshikawa, K. Yoshioka, K. Keika, and Y. Ezoe (2014), Observational Technique of the Solar System Plasma: Remote Sensing of Planetary Plasma and Atmosphere, *Journal of Plasma and Fusion Research*, 90 (12), 876-788.
25. T. Hori, Y. Miyashita, Y. Miyoshi, K. Seki, T. Segawa, Y.-M. Tanaka, K. Keika, M. Shoji, I. Shinohara, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Abe, A. Yoshikawa, K. Yumoto, Y. Obana, N. Nishitani, A. S. Yukimatu, T. Nagatsuma, M. Kunitake, K. Hosokawa, Y. Ogawa, K. T. Murata, M. Nose, H. Kawano, and T. Sakanoi (2014), CDF data archive and integrated data analysis platform for ERG-related ground data developed by ERG Science Center (ERG-SC), *J. Sp. Sci. Info. Jpn.*, 4, JAXA-RR-14-009, 75-89, ISSN 1349-1113.
26. A. Gerrard, L. J. Lanzerotti, M. Gkioulidou, D. G. Mitchell, J. Manweiler, J. Bortnik, and K. Keika (2014), Initial Measurements of O-ion and He-ion Decay Rates Observed from the Van Allen Probes RBSPICE Instrument, *J. Geophys. Res. Space Physics*, doi:10.1002/2014JA020374.
27. M. Nosé, K. Takahashi, K. Keika, L. M. Kistler, K. Koga, H. Koshiishi, H. Matsumoto, M. Shoji, Y. Miyashita, and R. Nomura (2014), Magnetic fluctuations embedded in dipolarization inside geosynchronous orbit and their associated selective acceleration of O<sup>+</sup> ions, *J. Geophys. Res. Space Physics*, doi:10.1002/2014JA019806
28. M. Mithaiwala, C. Crabtree, G. Ganguli, L. Rudakov and K. Keika (2013), Convective Amplification of Electromagnetic Ion Cyclotron Waves From Ring-distribution Protons in the Inner Magnetosphere, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 7538-7544, doi:10.1002/2013JA019134.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. K. Keika, L. M. Kistler, and P. C. Brandt (2013), Energization of O<sup>+</sup> Ions in the Earth's Inner Magnetosphere and the Effects on Ring Current Buildup: A Review of Previous Observations and Possible Mechanisms, *J. Geophys. Res.*, 118, 1-24, doi:10.1002/jgra.50371.

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. K. Keika, Mass and Charge Dependent Characteristics of Earth's Magnetospheric Plasma, 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Kanazawa, Ishikawa, November 12, 2018.
2. K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, M. Nosé, Y. Miyoshi, T. Amano, I. Shinohara, Contribution from proton and oxygen ions to plasma pressure in the Earth's inner magnetosphere: Arase (ERG) observations, 2nd URSI AT-RASC meeting, Gran Canaria, Spain, May 28, 2018.
3. K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, M. Nosé, Y. Miyoshi, T. Amano, I. Shinohara, Spatial distribution of the contributions from electrons, protons, and oxygen ions to



- energy density in the inner magnetosphere, JpGU 2018 meeting, Makuhari Messe, Chiba, May 22, 2018.
4. K. Keika, Multi-spacecraft simultaneous observations of magnetospheric ion dynamics on storm and substorm time scales, Van Allen Probes - Arase Joint Meeting, Kyoto University, October 14, 2017.
  5. K. Keika, Ring current spatio-temporal evolution affected by plasma sheet conditions and magnetosphere- ionosphere coupling, 2017 IAPSO-IAMAS-IAGA Joint Assembly, Cape Town International Convention Center, Cape Town, South Africa, August 29, 2017.
  6. 桂華邦裕, 地球電離圏起源イオンの磁気圏ダイナミクスに対する影響について, 平成28年度名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会「宇宙惑星結合系科学の実証的研究の創設に向けて」, 立教大学, 2016年12月26日
  7. K. Keika, Key unresolved issues to be addressed by in-situ ion measurements in the Earth's inner magnetosphere: ERG and Van Allen Probes collaborations, ISAS Symposium - Magnetospheric Plasmas 2015, Tokyo Institute of Technology, December 3, 2015.
  8. K. Keika, L. M. Kistler, P. C. Brandt, K. Seki, M. Nosé, S. Machida, L. J. Lanzerotti, M. Gkioulidou, A. Ukhorskiy, and D. G. Mitchell, Ion composition and energization in the Earth's inner magnetosphere and the effects on the ring current buildup, 2014 AGU Fall Meeting, Moscone Center, San Francisco, CA., USA., December 16, 2014.
  9. 桂華邦裕, 海老原祐輔, 片岡龍峰, キャリントンストームはなぜ急速に回復したのか?, 日本地球惑星科学連合2014年大会, パシフィコ横浜, May 1, 2014.
  10. K. Keika, Dynamics of heavy ions in the Earth's inner magnetosphere and its contribution to the global system, ISAS Symposium - Magnetospheric Plasmas 2013, Tokyo Institute of Technology, November 11, 2013
  11. K. Keika, K. Takahashi, A. Y. Ukhorskiy, and Y. Miyoshi, Global Characteristics of Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Earth's Magnetosphere, 2013 Asian-Pacific Science Conference, Howard International House, Taipei, Taiwan, September 5, 2013.
  12. K. Keika, Global characteristics of plasma waves in the Earth's magnetosphere: Effects on radiation belt dynamics, Nagoya University Global COE Program QFPU Final International Forum, Gifu Miyako Hotel, Gifu, Japan, March 9, 2013.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 I, 2017~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別演習, 2017~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学特別研究, 2017~2018 年度
- ・ 教養学部主題科目・学術フロンティア講義 (オムニバス形式), 2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会主催, 2014~2016 年度

- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞事務局, 2017～2018 年度
- ・ アメリカ地球物理学連合秋学会 「The Earth's Ring Current」  
セッションコンビーナー, 2018 年度
- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会 磁気圏セッションコンビーナー, 2017～2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合 内部磁気圏セッションコンビーナー, 2017 年度

#### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ NASA Proposal Review Board, パネルメンバー, 2015 年度

#### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会, 委員, 2017～2018 年度

### V. 国際化対応

#### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

##### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

##### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

##### (3) 海外からの来訪者数 5名

# 長 勇一郎

## I. 略歴

氏名： 長 勇一郎（ちょう ゆういちろう）

年齢： 33 歳

現職： 助教

### 学歴

2005 年 3 月 茨城県立土浦第一高等学校卒業  
2009 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理学科卒業  
2011 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2014 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2014 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2014 年 4 月 立教大学理学部 ポストドクトラルフェロー  
2016 年 4 月 Visiting Post-doctoral Research Associate, NASA Marshall Space Flight Center/University of Alabama in Huntsville)  
2017 年 10 月 Visiting Post-doctoral Research Associate, NASA Goddard Space Flight Center/University of Maryland Baltimore County  
2018 年 4 月 Assistant Research Scientist, NASA Goddard Space Flight Center/University of Maryland Baltimore County  
2018 年 6 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

惑星表層の進化を探索によって明らかにすることを目標として、(1)月周回衛星かぐや・火星探査車 Curiosity のデータ解析、(2)はやぶさ 2 光学航法カメラの較正実験と超小型衛星搭載望遠鏡の製作・試験、および(3)岩石のカリウム・アルゴン(K-Ar)年代を惑星着陸機で計測するための開発に取り組んできた。この装置は Laser-induced breakdown spectroscopy 法(LIBS)による主要元素分析と質量分析計による希ガス分析とを組み合わせることで、岩石の年代を計測するものである。初めに、LIBS 用の標準試料を作製し、K 濃度の検量線を得て計測精度と検出限界を求めた。次に、レーザーによって岩石から抽出された Ar を質量分析計で定量することで、天然岩石の K-Ar 年代が計測できることを示した。これらの結果をもとに、ローバーへの搭載が可能な小型年代計測装置を設計・製作し、伊豆大島で実際にローバーを走行させた。渡米後は、K-Ar 年代計測のための装置を製作し、惑星表面で最も典型的な玄武岩試料に対して、既知の年代と調和的なアイソクロン年代が求まるとの結果を得た。この結果は、本手法の惑星探査への応用可能性を強く示唆する。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Cho, Y., Sugita, S., Miura, Y.N., Okazaki, R., Morota, T., Kameda, S., 2016b. An in-situ K-Ar isochron dating method for planetary landers using laser-ablation technique. *Planet. Space Sci.* 128, 14-29.

レーザー誘起プラズマ発光分光法と希ガス分析を組み合わせた局所 K-Ar アイソクロン年代計測法を開発し、片麻岩試料に対して適用した論文。本手法によってアイソクロン年代計測が可能であることを初めて実証した。

2. Cho, Y. and Cohen, B.A. 2018. Dating igneous rocks using the Potassium-Argon Laser Experiment (KArLE) instrument: a case study for ~380 Ma basaltic rocks. *Rap. Comm. Mass Spectrom.* 2018, DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.8214>

これまで開発してきたレーザーによる発光分光と質量分析計による希ガス分析を組み合わせた局所 K-Ar 年代分析手法が、カリウムに乏しく細粒な玄武岩にも適用可能であることを実証した論文。

3. Cho, Y., Sugita, S., Kameda, S., Miura, Y.N., Ishibashi, K., Ohno, S., Kamata, S., Arai, T., Morota, T., Namiki, N., Matsui, T., 2015. High-precision potassium measurements using laser-induced breakdown spectroscopy under high vacuum conditions for in situ K-Ar dating of planetary surfaces. *Spectrochim. Acta, Part B* 106, 28-35.

レーザー誘起プラズマ発光分光法によって岩石中のカリウムを定量できることを実証した論文。その後続くアイソクロン分析はこの論文の方法論に基づく。

4. Cho, Y., Horiuchi, M., Shibasaki, K., Kameda, S., Sugita, S., 2017a. Quantitative potassium measurements with laser-induced breakdown spectroscopy using low-energy lasers: application to in situ K-Ar geochronology for planetary explorations. *Appl. Spectrosc.* 71, 1969-1981. DOI: <https://doi.org/10.1177/0003702817701941>.

レーザー誘起プラズマ発光分光法によるカリウムの分析が惑星探査機に搭載されているような小型レーザーでも可能であることを実証し、K-Ar 年代分析の探査機搭載可能性を明らかにした論文。2017年の *Applied Spectroscopy* 誌の Editor's Choice に選出。

5. Cho, Y., Morota, T., Haruyama, J., Yasui, M., Hirata, N., Sugita, S., 2012. Young mare volcanism in the Orientale region contemporary with the Procellarum KREEP Terrane (PKT) volcanism peak period ~2 billion years ago. *Geophys. Res. Lett.* 39, L11203.

日本の月探査機かぐやの画像データを用いて、オリエンターレ盆地を覆う玄武岩の年代を計測した論文。本研究の結果、オリエンターレ盆地にそれまで知られていなかった若い溶岩噴出が見つかり、放射性同位元素に乏しい地域でも月が約20億年前まで活動的であったことを示した。

### 4. 受賞等

- ・ 長 勇一郎, 一般財団法人エヌエフ基金 第七回研究奨励賞 (2018.11.16)
- ・ 長 勇一郎, 2012 年度質量分析学会同位体比部会 最優秀口頭発表賞 (2012.11)
- ・ 長 勇一郎, 2012 年度日本惑星科学会秋季講演会 最優秀発表賞 (2012.10)

### 5. 研究の将来計画

固体惑星着陸探査において鉱物や岩石のその場分析を行う機器の開発と、惑星探査データを用いた年代学的研究を進める。具体的には、従来分析してきた試料よりも一桁程度カリウム濃度が低い月・火星試料に対して高精度の年代分析が可能な分光計測技術を開発する。その結果に基づき、小型のレーザーや質量分析装置との結合を進め、惑星探査用装置の実用化

を目指す。開発した小型装置を野外に持ち出し、フィールド実験を進めることで運用上の課題を洗い出すと共に動作の実証を行う。月極域探査計画、火星衛星探査計画に海外チームとの共同開発により参画する。現在進行中の探査であるはやぶさ2計画にも運用、データ解析で貢献し、C型小惑星リュウグウの地質史を明らかにする研究を行う。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 日本学術振興会 海外特別研究員、惑星表面年代その場計測装置の宇宙機開発: 惑星進化史の実証的解明を目指して、研究代表者 2016~2017年度, 10,510,000円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 B, 惑星探査機搭載用年代測定装置のための紫外レーザーによる高精度カリウム計測法の確立, 研究代表者, 2015年度, 4,290,000円
- ・ 科学研究費補助金 研究活動スタート支援, 月惑星初期進化の実証的解明をめざしたカリウム・アルゴン年代その場計測法の開発, 研究代表者, 2014年度, 1,300,000円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Cho, Y. and Cohen, B. A. (2018) Dating igneous rocks using the Potassium-Argon Laser Experiment (KArLE) instrument: a case study for ~380 Ma basaltic rocks. *Rap. Comm. Mass Spectrom.* 2018, DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.8214>
2. Cho, Y., Kameda, S., Okuno, M., Horiuchi, M., Shibasaki, K., Wagatsuma, R., Aida, Y., Miura, Y.N., Yoshioka, K., Okazaki, R., and Sugita, S. (2017b) Experimental characterization of elastomeric O-rings as reusable seals for mass spectrometric measurements: application to in situ K - Ar dating on Mars. *Adv. Space Res.* 60, 1453-1462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.07.002>
3. Cho, Y., Horiuchi, M., Shibasaki, K., Kameda, S., Sugita, S. (2017a) Quantitative potassium measurements with laser-induced breakdown spectroscopy using low-energy lasers: application to in situ K-Ar geochronology for planetary explorations. *Appl. Spectrosc.* 71, 1969-1981. DOI: <https://doi.org/10.1177/0003702817701941>. 2017 Editor's Choice
4. Cho, Y., Sugita, S., Miura, Y.N., Okazaki, R., Morota, T., Kameda, S. (2016b) An in-situ K-Ar isochron dating method for planetary landers using laser-ablation technique. *Planet. Space Sci.* 128, 14-29.
5. Cho, Y., Kameda, S., Miura, Y.N., Saito, Y., Yokota, S., Kasahara, S., Okazaki, R., Yoshioka, K., Shibasaki, K., Oishi, T., Sugita, S. (2016a) Conceptual Design of an In Situ K-Ar Isochron Dating Instrument for Future Mars Rover Missions. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan* 14, Pk\_89-Pk\_94.
6. Kameda, S., Suzuki, H., Takamatsu, T., Cho, Y., Yasuda, T., Yamada, M., Sawada, H., Honda, R., Morota, T., Honda, C., Sato, M., Okumura, Y., Shibasaki, K., Ikezawa, S., Sugita, S. (2016). Preflight Calibration Test Results for Optical Navigation Camera Telescope (ONC-T) Onboard the Hayabusa2 Spacecraft. *Space Sci. Rev.* doi: 10.1007/s11214-015-0227-y
7. Kameda, S., Suzuki, H., Cho, Y., Koga, S., Yamada, M., Nakamura, T., Hiroi, T., Sawada, H., Honda, R., Morota, T., Honda, C., Takei, A., Takamatsu, K., Okumura, Y., Sato, M., Yasuda, T., Shibasaki, K., Ikezawa, S., and Sugita, S. (2015) Detectability of hydrous minerals using ONC-T camera onboard the Hayabusa-2 spacecraft. *Adv. Space Res.* 56, 1519-1524.
8. Cho, Y., Sugita, S., Kameda, S., Miura, Y.N., Ishibashi, K., Ohno, S., Kamata, S., Arai, T., Morota, T., Namiki, N., Matsui, T. (2015). High-precision potassium measurements using laser-induced breakdown spectroscopy under high vacuum conditions for in situ K-Ar dating of planetary

surfaces. Spectrochim. Acta, Part B 106, 28-35.

9. Cho, Y., Morota, T., Haruyama, J., Yasui, M., Hirata, N., Sugita, S., 2012. Young mare volcanism in the Orientale region contemporary with the Procellarum KREEP Terrane (PKT) volcanism peak period ~2 billion years ago. Geophys. Res. Lett. 39, L11203.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 長勇一郎, 三浦弥生, 亀田真吾, 岡崎隆司, 諸田智克, 杉田精司 (2014), 惑星探査での年代測定に向けた開発の動向, 地球化学 48, 231-243
2. 長勇一郎, 三浦弥生, 諸田智克, 杉田精司 (2013), K-Ar 法を用いた惑星探査におけるその場年代計測法の開発, 日本惑星科学会誌, Vol. 22, No.3, 132-145.

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 長 勇一郎 (2015), レーザを用いた火星の地質探査 =岩石の組成分析と年代計測への応用=「光アライアンス」日本工業出版 2015年2月号
2. 長 勇一郎 (2019), レーザーブレイクダウン分光による月・惑星の地質探査「光学」日本光学会 48(1) 2019年1月号

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Y. Cho, T. Morota, J. Haruyama, M. Yasui, N. Hirata and S. Sugita, Formation history of Mare Orientale -Young volcanism contemporary with ~2 Ga PKT volcanic peak period, SELENE Symposium 2013 宇宙科学研究所相模原キャンパス, 2013/1/24

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学実験, 2018年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本惑星科学会, 編集委員, 2018年度より現職

11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 3名

# 地球惑星システム科学講座



# 茅根 創

## I. 略歴

氏名： 茅根 創（かやね はじめ）

年齢： 60 歳

現職： 教授

### 学歴

1978 年 3 月 私立武蔵高等学校卒業  
1982 年 3 月 東京大学理学部地学科地理学課程卒業  
1984 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地理学専門課程修士課程修了  
1988 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地理学専門課程博士課程単位取得退学  
1989 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1987 年 4 月 日本学術振興会特別研究員（DC）  
1988 年 4 月 通商産業省工業技術院地質調査所海洋地質部 研究官  
1992 年 10 月 通商産業省工業技術院地質調査所海洋地質部 主任研究官  
1995 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地理学専攻 助教授  
2000 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教授  
2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
2007 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
（併任）  
2013 年 4 月～2019 年 3 月 東京大学海洋アライアンス海洋教育リテラシープログラム長  
2019 年 4 月 東京大学教育学研究科附属海洋教育センター 副センター長  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球環境, 生態系と人間社会は, 人新世という, 地球史上 6 回目の大量絶滅イベントを伴う, 地球規模変動の時代に入った. 地球科学者は, 現在起こっている変化の予兆を精確に記述, 予想, 警告し, それに基づいて非線形な変化の閾値を定め, 可能な緩和・適応策を提言し, 対処する責務がある. サンゴ礁は, 地球環境変化のすべてのシナリオと密接に関わって, もっとも敏感に, いち早く応答した地球規模変動のモデル生態系である: CO<sub>2</sub> 濃度増加による海洋酸性化による石灰化の抑制・溶解; 地球温暖化によるサンゴ礁の大規模白化; 海面上昇による環礁州島の水没. 1998 年の地球規模白化は, 生態系規模の地球温暖化応答の最初の例とされる. それ以降 20 年間の白化イベントと回復過程の調査結果と記録に基づいて, 白化の度にサンゴ礁の復元力が衰えており, 構成種が変わったことを明らかにし, 深刻な白化の閾値が +2 度であることを明らかにした[優れた論文 (4)]. 海洋酸性化について, 酸性化が pH 7.8 まで進むと造礁サンゴ群集が骨格を持たないソフトコーラルに代わることを明ら

かにした[優れた論文(2)]. また、海洋酸性化の指標としてアルカリ度の重要性を指摘し[優れた論文(5)]. その微量連続計測装置の開発に成功した[特許 5], 海面上昇について、州島の形成メカニズムに基づいて[優れた論文(3)], ツバルなどの環礁においてサンゴ礁生態系の劣化が、海面上昇に対する国土の維持能力を弱めていることを明らかにした. RCP2.6 シナリオの+2°Cが、サンゴ礁の維持が可能な閾値である. 地球環境変化の諸要素は、サンゴ礁に複合的な影響を与え、フィードバックを通じて閾値を越えると相変化をもたらす. 地球環境変化に対するサンゴ礁の応答について構築されたモデルは、人間社会を含む他の生態系にも適用することができる.

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Kayanne, H., Hongo, C., Okaji, K., Ide, Y., Hayashibara, T., Yamamoto, H., Mikami, N., Onodera, K., Ootsubo, T., Takano, H., Tonegawa, M., & Maruyama, S. (2012). Low species diversity of hermatypic corals on an isolated reef, Okinotorishima, in the northwestern Pacific. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, **14**, 73-95.

日本最南端の孤立した遠隔離島である沖ノ鳥島において、造礁サンゴ相を明らかにして、周辺のサンゴ礁と比較した. 同島のサンゴ種数 97 種は、北西太平洋の日本本土、琉球、小笠原、マリアナ、パラオと比較すると少なく、種構成は独立していた. これは、沖ノ鳥島が孤立しており、幼生の長時間（70 日以上）分散が可能な種だけが加入可能だったためである. こうした種構成は、現在の沖ノ鳥島のサンゴ礁が形成された、後氷期 7600 年間維持されてきた. 本研究は、海面上昇に対する島の維持を検討する基本的な情報を提供する.

2. Inoue, S., Kayanne, H., Yamamoto, S., & Kurihara, H. (2013). Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water. *Nature Climate Change*, **3**, 683-687.

サンゴの海洋酸性化応答は、主に実験室で明らかにされ、長期間にわたる生態系規模の応答は不明であった. 二酸化炭素湧き出し口がある硫黄島を、自然の高 CO<sub>2</sub> 実験の場として、サンゴ礁生態系の酸性化応答を明らかにした. 造礁サンゴの分布は低 CO<sub>2</sub> 濃度の海域（400 μatm）に限定され、高 CO<sub>2</sub> 海域（800 μatm）では石灰質骨格を持たないソフトコーラルが卓越している. さらに CO<sub>2</sub> 濃度の高い海域（1,500 μatm）では、造礁サンゴもソフトコーラルも分布しない裸地になる. 本結果は、RCP8.6 のシナリオでは造礁サンゴ群集がソフトコーラルに交代し、それ以上の濃度になると生物の生息が難しくなることを示唆する.

3. Kayanne, H., Aoki, K., Suzuki, T., Hongo, C., Yamano, H., Ide, Y., Iwatsuka, Y., Takahashi, K., Katayama, H., Sekimoto, T., & Isobe, M. (2016). Eco-geomorphic processes that maintain a small coral reef island: Ballast Island in the Ryukyu Islands, Japan. *Geomorphology* **271**, 84-93.

海面上昇によって水没の危機にあるサンゴ礁州島の、堆積メカニズムは不明であった. 孤立したリーフ上にあるバラス島は、サンゴ礫からなる州島において、サンゴ礫の生産、運搬、堆積過程を明らかにした. リーフの海側でサンゴが成長して、サンゴ礫を生産し、サンゴ礁上に貯留される. 台風による高波浪がリーフエッジで砕け、流れに変わり、サンゴ礫を運搬する. 州島で再び砕けた波は、サンゴ礫を州島上に打ち上げる. 集積したサンゴ礫の透水性が高いため、礫を打ち上げた波は、堆積した礫の間を通過するため、礫は遡上高まで堆積して、州島を創る. このメカニズムに基づいて、海面上昇に対する州島の維持を図る対策を立てることができる.

4. Kayanne, H. (2017). Validation of degree heating weeks as a coral bleaching index in the northwestern Pacific. *Coral Reefs*, **36**(1), 63-70.

海水温上昇によって、世界のサンゴ礁で大規模な白化が頻発するようになってきたが、白化をもたらす水温の閾値は、地域ごとに異なり標準的な指標がなかった. 本研究では、北西太平洋の 8 地点のサンゴ礁において、1982-2015 年まで 34 年間の白化の発生と水温とを比較して、それぞれの地点の最暖月の平均水温を上回る水温を週ごとに積算した水温（週積算高水温）が、4 度-週を越えると白化が起り、8 度-週を越えると大規模で深刻な白化が起こ

ることを統計的に明らかにした。本結果は、RCP2.6 シナリオによる+2° Cの温暖化でも、毎年白化が起こることを示している。

5. Cyranok et al. (Kayanne, H. アルファベット順 15 番目) (2018). Taking the metabolic pulse of the world's coral reefs. *PLoS One*, 13(1), e0190872.

サンゴ礁によって異なる群集代謝（光合成-呼吸，石灰化-溶解）の特徴と、その海洋酸性化に対する応答を、同一の基準で比較する手法はなかった。我々は、太平洋，インド洋，カリブ海の 23 サンゴ礁において、アルカリ度-全炭酸図上で、純光合成生産と純石灰化とを同一の基準で比較することができること、純石灰化の小さなサンゴ礁ほど海洋酸性化の影響を受けやすいことを示した。また純光合成生産と純石灰化が相関することから、両者に共役的効果があることを明らかにした。本研究は、海洋生態系の酸性化応答を評価する上で、炭酸系の計測が重要であることを強調し、将来のサンゴ礁生態系を維持するためのベースラインを提示した。

#### 4. 受賞等

- ・ 茅根 創ほか，日本サンゴ礁学会論文賞，2018 年 11 月

#### 5. 研究の将来計画

RCP8.5 シナリオでは、世界のサンゴ礁は 2070 年までに消滅すると予想されている。地球規模変動に対するサンゴ礁の応答に関する調査，研究成果に基づいて、将来の変化に対する緩和・適応策を提案し，試験・実施する。1) これまでに確立した，サンゴの種苗生産技術に基づいて，群集・生態系スケールでサンゴ礁を修復する技術を確立する。自然・人為選択によって，高水温や高 CO<sub>2</sub> 耐性を持つサンゴを育成し，現場で試験する。2) 海洋酸性化評価のために開発した小型連続 pH-アルカリ度測定システム[特許(5)]を，ブイやフロートに搭載して，これまで pH しか計測されていなかった海洋の炭酸系の連続直接計測の道を拓く。また少なくともローカルな酸性化影響を緩和するために，サンゴの石灰化と海藻の光合成を共役させ，両方の生産を上げることを，その経済効果とともに評価する。3) 低平な環礁国家において，海面上昇に対する復元力の高い国土を造るために，国土を造るサンゴの種苗とそのための環境修復を行う。また，サンゴ礁の集積効果のある透過型護岸 [特許(2),(4)]と，その固化 [特許(3)]を，現地において試験開発する。科学に基づくこれらの操作は，社会-経済的に受容される方法で適用する。サンゴ礁における緩和・適用技術の確立とその適用は，地球科学，環境学，生態学だけでなく，社会・政治・経済学を横断する超学際研究として，人新世における生態系と人間社会維持のモデルケースになる。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 地球規模課題対応国際科学技術協力事業（SATREPS），海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持，研究代表者，2009～2013 年度，309,963,973 円（ツバル供与分含む）[総額 369,373,773 円]
- ・ 文部科学省 新学術領域研究，サンゴ礁学-複合ストレス下の生態系と人の共生・共存未来戦略-，領域代表者，2008～2013 年度，88,450,000 円 [総額 686,840,000 円]
- ・ 国土交通省 建設技術研究開発，サンゴ礁州島形成モデルの構築，研究代表者，2011～2013 年度，34,710,000 円
- ・ 国土交通省 河川砂防技術開発（海岸技術分野），サンゴ礁海岸保全モデルの開発，研究代表者，2015～2016 年度，29,679,000 円
- ・ 科学技術振興機構（JST）CREST，海洋生態系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発，研究代表者，2014～2018 年度，155,368,000 円（総額 207,766,000 円）

円)

- ・ 住友財団 文化財維持・修復事業助成, 大日本沿海輿地全中図(伊能中図)保存修復事業, 研究代表者, 2015~2018年度, 総額 22,920,000円
- ・ 科学研究費 基盤A, CO<sub>2</sub>湧出口における造礁サンゴからソフトコーラルへの群集シフト, 研究代表者, 2016~2019年度, 24,240,000円 [総額 30,000,000円]
- ・ 文部科学省 海洋資源利用促進技術開発プログラム 海洋情報把握技術開発, BGC-Argo搭載自動連続炭酸系計測システムの開発, 研究代表者, 2018~2022年度, 82,987,000円 (総額 154,877,000円) 見込み

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Dadhich, A. P., Nadaoka, K., Yamamoto, T., & Kayanne, H. (2012). Detecting coral bleaching using high-resolution satellite data analysis and 2-dimensional thermal model simulation in the Ishigaki fringing reef, Japan. *Coral Reefs*, **31**, 425-439.
2. Yamamoto, S., Kayanne, H., Terai, M., Watanabe, A., Kato, K., Negishi, A., & Nozaki, K.: (2012). Threshold of carbonate saturation state determined by CO<sub>2</sub> control experiment. *Biogeoscience*, **9**, 1441-1450.
3. Hosono, T., Fujita, K., & Kayanne, H. (2012). Estimating photophysiological condition of endosymbiont-bearing *Baculogypsina sphaerulata* based on the holobiont color represented in CIE L\*a\*b\* color space. *Marine Biology*, **159**, 2663-2673.
4. Kayanne, H., Hongo, C., Okaji, K., Ide, Y., Hayashibara, T., Yamamoto, H., Mikami, N., Onodera, K., Ootsubo, T., Takano, H., Tonegawa, M., & Maruyama, S. (2012). Low species diversity of hermatypic corals on an isolated reef, Okinotorishima, in the northwestern Pacific. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, **14**, 73-95.
5. Inoue, S., Kayanne, H., Yamamoto, S., & Kurihara, H. (2013). Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water. *Nature Climate Change*, **3**, 683-687.
6. Fujita, M., Suzuki, J., Sato, D., Kuwahara, Y., Yokoki, H., & Kayanne, H. (2013). Anthropogenic impacts on water quality of the lagoonal coast of Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Sustainability Science*, **8**, 381-390.
7. Hosono, T., Lopati, P., & Kayanne, H. (2013). Estimation of the growth pattern of *Baculogypsina sphaerulata* (Foraminifera) in a tropical environment using a floating chamber method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **448**, 156-161.
8. Takahashi, K., Katayama, H., Iwatsuka, Y., Sekimoto, T., Suzuki, T., Kayanne, H., & Isobe, M. (2014). The topographic change mechanism of coral cays. *Proceedings of 34<sup>th</sup> Conference on Coastal Engineering*, **34**, sediment.86.
9. Fujita, M., Ide, Y., Sato, D., Kench, P. S., Kuwahara, Y., Yokoki, H., & Kayanne, H. (2014). Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Chemosphere*, **95**, 628-634.
10. Hosono, T., Lopati, P., Makolo, F., & Kayanne, H. (2014). Mass culturing of living sands (*Baculogypsina sphaerulata*) to protect island coasts against sea-level rise. *Jour. Sea Res.*, **90**, 121-126.
11. Tokoro, T., Hosokawa, S., Miyoshi, E., Tada, K., Watanabe, K., Montani, S., Kayanne, H., & Kuwae, T. (2014). Net uptake of atmospheric CO<sub>2</sub> by coastal submerged aquatic vegetation. *Global Change Biology* **20**, 1873-1884.
12. Yasukochi, T., Kayanne, H., Yamaguchi, T., & Yamano, H. (2014). Sedimentary facies and

- Holocene depositional processes of Laura Island, Majuro Atoll. *Geomorphology*, **222**, 59-67.
13. Harii, S., Hongo, C., Ishihara, M., Ide, Y., & Kayanne, H. (2014). Impacts of multiple disturbances on coral communities at Ishigaki Island, Okinawa, Japan, during a 15 year survey. *Marine Ecology Progress Series*, **509**, 171-18.
  14. Fujita, K., Nagamine, S., Ide, Y., Umezawa, Y., Hosono, T., Kayanne, H., & Yamano, H. (2014). Distribution of large benthic foraminifers around a populated reef island: Fongafale Island, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Marine Micropaleontology*, **113**, 1-9.
  15. Yamano, H., Hata, H., Miyajima, T., Nozaki, K., Kato, K., Negishi, A., Tamura, M., & Kayanne, H. (2014). Water circulation in a fringing reef and implications for coral distribution and resilience. In: Nakano, S., Yahara, T., & Nakashizuka, T. (eds.) "The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region: Integrative Observations and Assessments of Asian Biodiversity", *Ecological Research Monographs*, **4**, 275-293.
  16. Yamamoto, S., Kayanne, H., Tokoro, T., Kuwae, T., & Watanabe, A. (2015). Total alkalinity flux in coral reefs estimated from eddy covariance and sediment pore-water profiles. *Limnol. Oceanogr.*, **60**, 229-241.
  17. Fujita, K., Otomaru, M., Lopati, P., Hosono, T., & Kayanne, H. (2016). Shell productivity of the large benthic foraminifer *Baculogypsina sphaerulata*, based on the population dynamics in a tropical reef environment. *Coral Reefs*, **35**, 317-326.
  18. Kayanne, H., Aoki, K., Suzuki, T., Hongo, C., Yamano, H., Ide, Y., Iwatsuka, Y., Takahashi, K., Katayama, H., Sekimoto, T., & Isobe, M. (2016). Eco-geomorphic processes that maintain a small coral reef island: Ballast Island in the Ryukyu Islands, Japan. *Geomorphology* **271**, 84-93.
  19. Kayanne, H. (2016). Response of coral reefs to global warming. In Kayanne, H. ed., "Coral Reef Science: Strategy for Ecosystem Symbiosis and Coexistence with Humans under Multiple Stresses", *Coral Reefs of the World*, **5**, 81-94.
  20. Kayanne, H. (2017). Validation of degree heating weeks as a coral bleaching index in the northwestern Pacific. *Coral Reefs*, **36**(1), 63-70.
  21. Yamano, H., Kayanne, H., Yamaguchi, T., Inoue, T., Mochida, Y., & Baba, S. (2017). Revisiting late Holocene sea-level change from the Gilbert Islands, Kiribati, west-central Pacific Ocean. *Quaternary Res.* **88**, 400-408.
  22. Kayanne, H., Suzuki, R., & Liu, G. (2017). Bleaching in the Ryukyu Islands in 2016 and associated Degree Heating Week threshold. *Galaxea, Jour. Coral Reef Studies*, **19**, 17-18.
  23. Cyronak, T., Andersson, A.J., Langdon, C., Albright, R. Bates, N.R., Caldeira, K., Carlton, R., Corredor, J.E., Dunbar, R.B., Enochs, I., Erez, J., Eyre, B.D., Gattuso, J.-P., Gledhill, D., Kayanne, H., Kline, D.I., Koweek, D.A., Lantz, C., Lazar, B., Manzello, D., McMahon, A., Meléndez, M., Page, H.N., Santos, I.R., Schulz, K.G., Shaw, E., Silverman, J., Suzuki, A., Teneva, L., Watanabe, A., & Yamamoto, S. (2018). Taking the metabolic pulse of the world's coral reefs. *PLoS One*, **13**(1), e0190872.
  24. Tanaya, T., Watanabe, K., Yamamoto, S., Hongo, C., Kayanne, H., & Kuwae, T. (2018). Contributions of the direct supply of belowground seagrass detritus and trapping of suspended organic matter to the sedimentary organic carbon stock in seagrass meadows. *Biogeosciences*, **15**, 4033-4045.
- (査読付きプロシーディングス)
25. 岩塚 雄大・片山 裕之・関本 恒浩・青木 健次・茅根 創・磯部 雅彦 (2012). 急勾配リーフ上のサンゴ礁州島形成メカニズムに関する研究. 土木学会論文集 B2(海岸工学), **68**(2), I\_476-I\_480.
  26. 鈴木拓也・茅根 創・岩塚雄大・片山裕之・関本恒浩・磯部雅彦 (2013). サンゴ礁州

- 島の地形変化メカニズムに関する研究. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), **69**(2), I\_838-I\_843.
27. 片山裕之・高橋研也・関本恒浩・茅根 創・磯部雅彦 (2014). 急勾配リーフ上のサンゴ礁州島形成・維持過程の研究. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **70**(2), I\_726-I\_730.
  28. 竹森 涼・田島芳満・藤川大樹・茅根 創 (2015). 孤立リーフ上におけるサンゴ砂礫集積メカニズムの分析. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **71**(2), I\_721-I\_726.
  29. 岩塚雄大・琴浦 毅・片山裕之・田島芳満・茅根 創 (2015). サンゴ礫による地形変化の基礎的検討. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **71**(2), I\_517-I\_522.
  30. 前田勇司・琴浦 毅・佐貫 宏・田島芳満・茅根 創 (2016). サンゴ礁州島形成促進のための対策工に関する研究. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **72**(2), I\_823-I\_828.
  31. 山木克則・茅根 創・大葉英雄・洪 永勲・山本将史・田中昌宏・林 文慶・上野嘉之 (2016). 現地調査と室内実験によるビーチロック形成メカニズムの検討. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), **72**(2), I\_916-I\_921.

## (2) 査読無し原著論文

1. 岩塚雄大・片山裕之・金山 進・関本恒浩・鈴木拓也・茅根 創・磯部雅彦 (2012). 沖縄県西表島北東バラス島の冬季風浪による地形変化. 沿岸域学会研究討論会 2012 概要集, No.25
2. 所 立樹・細川真也・三好英一・門谷 茂・茅根 創・桑江朝比呂 (2013). 沿岸域のブルーカーボンと大気中 CO<sub>2</sub> の吸収との関連性に関する現地調査と解析. 港湾空港技術研究所報告, 52 (1), 3-49 (2013).
3. 茅根 創・加々美康彦・杉浦正俊・小林 泉 (2018). 海洋環境を巡る国際関係～環境・EEZ・外交・・・太平洋安全保障の最前線. 太平洋諸島研究, no.6, 87-105

## (3) 総説・解説

1. 茅根 創・加々美康彦 (2012). 沖ノ島島の管理・利活用は国際公益の大義のもとに. 港湾, 89, July 14-15.
2. 茅根 創 (2013). 海面上昇に対するツバル国土の生態工学的維持. TUVALU, No.41, 1-4.
3. 茅根 創 (2013). 海面上昇で沈むツバル. TUVALU, No.40, 5-7.
4. 茅根 創 (2014). 地球温暖化とサンゴ礁-温暖化にもっとも敏感な生態系-. 季刊環境研究, No. 174, 104-132.
5. 片山裕之・茅根 創・田島芳満 (2016). サンゴ礁州島形成メカニズムの解明. サンゴ礁の維持保全へ貢献できるモデルを目指して. 建設機械施工. 68 (2) 37-42.
6. 茅根 創 (2016). ツバルで異分野を俯瞰する, 科学, 86, 1211-1213.

7. Kayanne, H. (2017). Pacific region, “Analysis and Proposal of Foreign Policies Regarding the Impact of Climate Change on Fragility in the Asia-Pacific Region with Focus on Natural Disasters in the Region”, Report for G7 Summit, Ministry of Foreign Affairs, pp26-30, 39-40, Japan, 49p.
8. 茅根 創・久保田賢 (2018). 日本サンゴ礁学会事務局からみた学会の歩みと今後の展望. 日本サンゴ礁学会誌, 20, 83-88.
9. 茅根 創 (2019). 地球規模変動に対するサンゴ礁の応答. 海岸, 56, 48-52.
10. 茅根 創 (2019). 地球温暖化と気象災害, 地理・地図資料 2018 年度第 3 学期号, 8-11.

#### (4) 著書

1. 荒井良雄・藤井 正・松本 淳・鈴木厚志・茅根 創 (2013). 『新詳高等地図』170p, 帝国書院.
2. 柴山知也・茅根 創編 (2013). 『図説日本の海岸』152p, 朝倉書店.
3. 茅根 創 (2013). サンゴ礁の分布. 国立天文台編『環境年表 平成 25・26 年』pp187-188, 丸善出版.
4. 茅根 創 (2013). サンゴ礁の成長と地球環境. 高桑和巳編『成長』生命の教養学 IX, pp195-221, 慶應義塾大学出版会.
5. 茅根 創 (2013). 地球温暖化とサンゴ礁. 宮本英昭・清田 馨編『宇宙資源』pp55-64, 東京大学総合研究博物館.
6. 茅根 創 (2014). 5.2 海面上昇. 地球環境研究センター編著『地球温暖化の事典』pp195-199, 丸善出版.
7. 茅根 創 (2015). 6.3.4 サンゴ礁の分布. 国立天文台編『環境年表 平成 27-28 年』pp201-202, 丸善出版.
8. 茅根 創 (2015). 社会科 (地理) における海洋教育. 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター編『海洋教育のカリキュラム開発—研究と実践—』日本教育新聞社, pp17-30.
9. Kayanne, H. ed. (2016). Coral Reef Science: Strategy for Ecosystem Symbiosis and Coexistence with Humans under Multiple Stresses. *Coral Reefs of the World*, 5, Springer 101p.
10. 茅根 創 (2017). サンゴ礁, サンゴ礁地形分帯構成 など. 日本地形学連合編『地形の辞典』朝倉書店.
11. 茅根 創 (2018). 6.3.4 サンゴ礁の分布. 国立天文台編『環境年表 平成 29-30 年』pp199-200, 丸善出版.
12. 茅根 創 (2019). 水没する環礁の真実 サンゴとホシズナが作る地形. 山口 徹 編『アイランドスケープ・ヒストリーズ 島景観が架橋する歴史生態学と歴史人類学』風響社, 第 11 章, pp. 333-348.

#### (5) その他著作物

1. 茅根 創 (2013). 藻の攻撃からサンゴを守るハゼ. 遺伝, 67(6), 642-644.
2. 茅根 創・本郷宙軌 (2013). : サンゴ標本ミニ展示. ウロボロス, 18(1), 5-6.
3. 茅根 創 (2016). 海洋国家にふさわしい海洋教育の充実を. 東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター Policy Brief, No.3, 4p.

4. 茅根 創 (2018). 世界の国々では、領海・排他的経済水域をどのように教えているか？  
-地理の教科書の比較から-。東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター  
Policy Brief, No.4, 4p.
5. 茅根 創・及川幸彦・田中智志 (2019). 海洋教育の3つの柱。東京大学海洋アライア  
ンス海洋教育促進研究センター Policy Brief, No.6, 4p.

(6) 特許等

1. 細野隆史・茅根 創 (東京大)・井手陽一 (株)海洋プランニング 「有孔虫類の増養  
殖装置及び増養殖方法」特願2013-49062 (平成25年 (2013年) 3月12日出願)
2. 琴浦 毅・片山裕之・岩塚雄大 (五洋建設(株)技術研究所)・茅根 創・田島芳満 (東京  
大学) 「サンゴ礫堆積による陸化方法、そのための透過構造物および構造体」特願 2015-  
195733 (平成 27 年 (2015 年) 10 月 1 日出願)
3. 茅根 創 (東京大学)・山木克則・リン ブーンケン (鹿島建設(株)) 「砂礫固化体形成方  
法、並びに陸域保全方法」特願 2016-076920 (平成 28 年 (2016 年) 4 月 7 日出願)
4. 前田勇司・琴浦 毅・佐貫 宏 (五洋建設(株)技術研究所)・茅根 創・田島芳満 (東京  
大学) 「サンゴ礫堆積による陸化方法、そのための透過構造物および構造体」特願 2016-  
105989 (平成 28 年 (2016 年) 5 月 27 日出願)
5. 茅根 創・山本将史 (東京大学)・佐藤 縁・野崎 健 (産業技術総合研究所)・辺見彰  
秀 (有)メビウスアドバンステクノロジー 「海水の炭酸系パラメータの精密測定方法  
および該方法に用いる測定装置」特願 2017-558197 (2016 年 12 月 21 日出願)

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Kayanne, H., Eco-technological management of Tuvalu against sea level rise. American  
Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2012/12/4.
2. Kayanne, H., S. Yamamoto, S. Inoue, & H. Kurihara, Assessing ocean acidification in the field  
of coral reefs, Japan-Australia Marine Science Workshop, Tokyo, Japan, 2013/7/11.
3. Kayanne, H., Geo-ecological maintenance of atoll islands with past and future global  
environmental change, International 'Polylogue' of Oceania studies, Keio Univ., Tokyo,  
2014/1/12.
4. Kayanne, H., Eco-technological management of Tuvalu against sea level rise, The 2nd  
International Seminar of Islands and Oceans, Ocean Policy Research Institute, Tokyo, 2014/6/18.
5. Kayanne, H., Yamano, H., Fujita, M., K. Molu, T. T. Tima, Environmetal issues in Tuvalu and  
eco-technological management against sea level rise, Expert Conference on Development of  
Island's Sustainable Society, The Ministry of the Environment and Okinawa Prefecture, OIST,  
Nago, Okinawa, 2014/6/24.
6. Kayanne, H., Ecosystem-based coastal protection in small island countries, Small Island States  
Resilience Initiative Workshop, Understanding Risk Forum, World Bank, Venice, Italy, 2016/5/17
7. Kayanne, H., Ecosystem-based coastal protection of atoll island countries against sea level rise,  
Islands and Oceans Net 2nd General Meeting, Univ. Tokyo, Tokyo, Japan, 2016/12/6



8. Kayanne, H., Local and global threats to coral reefs and their restoration technology, 3rd Meeting of the Council for Security Cooperation in the Asia Pacific, Tokyo, Japan, 2017/2/7
9. Kayanne, H., Continuous pH-alkalinity analyzer for a small amount of seawater, International Symposium Promotion of global network studies on seagrass ecosystem based on innovative new technology, TWIns, Waseda Univ., Tokyo, 2018/2/19.
10. 茅根創, 環礁の島々と人々, 第 25 回日本熱帯生態学会年次大会, 京都大学, 2015/6/19
11. 茅根創, 環礁国家の水没と生態工学的維持, 太平洋諸島学会, 東京, 2017/7/18

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2012 年度 修士 1 名 (鈴木拓也)
- ・ 2013 年度 博士 1 名 (山本将史)
- ・ 2014 年度 修士 1 名 (棚谷灯子)
- ・ 2015 年度 修士 1 名 (洪 永勳)

#### 担当講義

##### [主担当]

- ・ 理学部 地球環境学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球生態学および実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外調査 II, 2013, 2016, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外巡検 II, 2013 年度
- ・ 理学系研究科 環境生態学, 2013, 2017 年度
- ・ 理学系研究科 海洋科学野外実習 II, 2012~2017 年度
- ・ 教養学部 沖縄で学ぶサンゴ礁学, 2012~2017 年度

##### [副担当]

- ・ 理学部 自然地理学, 2014~2018 年度
- ・ 理学部 人間-環境システム学, 2014~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習, 2013, 2016 年度
- ・ 理学部 地形地質調査法および実習, 2017~2018 年度
- ・ 理学部・理学系研究科 理学クラスター講義 I, 2016 年度
- ・ 理学系研究科 機器分析実習 I, 2012~2018 年度
- ・ 理学系研究科 海洋基礎科学, 2013~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星環境研究の最前線, 2017~2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本サンゴ礁学会，事務局長，2012～2017 年度
- ・ (社)日本サンゴ礁学会，理事，2018 年度
- ・ (社)太平洋協会太平洋諸島学会，理事，2017～2018 年度

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 国土交通省 サンゴ礁海岸保全研究会 委員，2017～2018 年度
- ・ 防衛省 普天間飛行場代替施設建設事業に係る環境監視等委員会 委員，2012～2018 年
- ・ 科学研究費補助金審査委員，2013～2014 年度，2017～2018 年度
- ・ (財)国土技術研究センター 沖ノ鳥島保全研究会(国土交通省委託事業)沖ノ鳥島保全研究会 委員，2012～2016 年度
- ・ (財)みなと総合研究財団(国土交通省委託事業)特定離島港湾施設整備に係るサンゴ移植分析評価に関する検討会 委員，2012～2018 年度
- ・ (財)水産土木建設技術研究センター 厳しい環境条件下におけるサンゴ礁の面的保全・回復技術開発実証事業(水産庁委託事業)サンゴ礁の面的保全・回復技術検討委員会 委員，2012～2017 年度；委員長，2018 年度
- ・ 海洋政策研究財団 島と周辺海域の持続可能な開発の推進に関する調査研究委員会，委員，2012～2017 年度
- ・ メディア報道：大規模白化，海洋酸性化，沖ノ鳥島，ツバルの水没，サンゴ種苗などについて全国紙等で 40 件以上。
- ・ 一般講演会 46 回。

### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会，委員長，2012 年度
- ・ 地球惑星環境学科，学科長，2013 年度
- ・ 地球惑星物理学科・地球惑星環境学科，教務委員長，2018 年度
- ・ 理学系研究科，広報委員会 広報誌編集委員，2017～2018 年度
- ・ 総合研究博物館 運営委員会委員，地理資料部門長，2012～2018 年度
- ・ 空間情報科学研究センター運営委員会委員，2012～2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：1 名

研究者数：3 名

茅根 創

(2) 派遣

研究者数：2名

(3) 海外からの来訪者数 10名

# 田近 英一

## I. 略歴

氏名： 田近 英一（たちか えいいち）

年齢： 56 歳

現職： 教授

### 学歴

1982 年 3 月 東京都立西高等学校卒業

1987 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業

1989 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻修士課程修了

1992 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻博士課程修了

1992 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1992 年 4 月 日本学術振興会 特別研究員

1993 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻 助手

2002 年 7 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教授

2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

2010 年 8 月 東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻 教授

2016 年 5 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球及び惑星の表層環境の安定性、変動性及び進化について、物質循環とエネルギー散逸に基づくシステム科学的観点から研究を進めてきた。

地球環境の長期的な進化について、太陽光度進化、地球表層と地球内部における炭素や水の循環及び熱進化との相互作用、大陸地殻成長、プレート拡大速度変化などが地球表層環境進化にどのように影響を与えてきたのかを明らかにした。また、海洋生物化学大循環のモデリングに世界でいち早く取り組み、現在開発されている海洋生物化学大循環モデルの基盤を確立した。さらに、現在とは異なるさまざまな酸化還元条件下で生じる生物の代謝過程（酸化還元反応）や微生物生態系を考慮した独自の海洋生物化学循環モデルの開発に成功し、海洋無酸素イベントの発生条件を世界で初めて定量的に明らかにした。また、太古代及び原生代における海洋微生物の基礎生産、酸素やメタンの発生率、さらには大気光化学反応系を通じた大気中の酸素、二酸化炭素、メタンなどの濃度や気候との関係性について明らかにした。とくに、原生代初期全球凍結イベント直後に酸素濃度の大規模上昇が必然的に生じるメカニズムを明らかにし、全球凍結直後の酸素濃度オーバーシュートを含む一連の現象の再現に成功した。

一方、地球のようなハビタブル惑星が太陽系外には普遍的に存在している可能性がある

ことから、ハビタブル惑星が安定に取り得る気候モードと気候進化に関する研究も進めてきた。その結果、地球のような温暖気候モードを実現するためには、ハビタブルゾーン内部に軌道があるだけでは不十分であり、惑星がある一定の条件を満たしている必要があること、惑星の内部進化によって惑星が温暖気候を維持できる“寿命”が存在することを明らかにした。そして、地球型水惑星においては、地球で生じたスノーボールアース・イベントのようなスノーボールサイクルモードが普遍的に生じる可能性を明らかにし、永続的に全球凍結したままのスノーボールモードと併せて、太陽系外には数多くの「スノーボールプラネット（全球凍結惑星）」が存在している可能性を提唱し、その存在条件等を明らかにした。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Tajika, E. (2008). Snowball planets as a possible type of water-rich terrestrial planets in the extrasolar planetary system. *The Astrophysical Journal*, **680**, L53-L56. <https://doi.org/10.1086/589831>

地球でかつて生じた全球凍結（スノーボールアース）は系外地球型水惑星においては普遍的に生じ得る現象であることを示すとともに、氷地殻下には内部海が幅広い条件下で存在しかつ惑星内部からの地殻熱流量変化を考慮するとそれがきわめて長寿命であることを明らかにしたもの。液体の水が海洋として存在する条件は、中心星からの日射量と惑星大気組成の条件に強く左右されるが、内部海として存在する条件は惑星の熱進化によって規定されるため、その存在条件はきわめて広範囲であり、浮遊惑星であったとしても内部海が保持される可能性があることを示した。この研究は、将来、系外惑星系にスノーボールプラネット（全球凍結惑星）が高い頻度で発見される可能性があることを予測するものであると同時に、惑星のハビタビリティの概念を大きく拡張するものである。

2. Ozaki, K., Tajima, S., & Tajika, E. (2011). Conditions required for oceanic anoxia/euxinia: Constraints from a one-dimensional ocean biogeochemical cycle model. *Earth and Planetary Science Letters*, **304**, 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.02.011>

海洋無酸素イベントは顕生代を通じて繰り返し発生したことが知られている。しかしその発生原因は、基礎生産の増加や海洋循環の停滞などさまざまな説が提唱されている状況で、しかもほとんど定性的な議論にとどまっていた。本研究は、海洋における基礎生産と有機物の分解過程、とくに海洋内部における富酸素～貧酸素条件下で生じるさまざまな微生物の代謝過程（酸化還元反応）などを考慮した海洋生物化学循環モデルを世界で初めて開発し、海洋無酸素イベントがどのような条件で発生するのかを初めて定量的に明らかにしたもので、大変高い評価を得た。

3. Kadoya, S. & Tajika, E. (2014). Conditions for oceans on Earth-like planets orbiting within habitable zone: Importance of volcanic CO<sub>2</sub> degassing, *The Astrophysical Journal*, **790**, 107-113. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/790/2/107>

太陽系外惑星系のハビタブルゾーンにおいては、地球のような海に覆われた水惑星が存在する可能性があり、現在世界中でそのようなハビタブル惑星の探索が行われている。しかし、惑星環境は中心星や軌道だけで決まるものではなく、惑星自身の条件や進化に大きく左右されるはずである。本研究では、中心星からの日射量に加えて、ハビタブル惑星で生じていると考えられる炭素循環を駆動する二酸化炭素の脱ガス率に着目し、それらによって決まる気候安定解のダイヤグラムを明らかにすることによって、ハビタブルゾーン内部で実際に実現されるであろう惑星環境として、海洋が存在する温暖気候モードに加えて、スノーボールサイクルモードが重要な気候状態であることを明らかにした。これに続く複数の論文（Kadoya and Tajika, 2015, 2016, 2017）では、それを恒星と惑星の進化に結びつけることによって、中心星の質量と惑星の公転軌道に加えて惑星系の「年齢」が、ハビタビリティを議論する上で考慮すべき重要なファクターであることを明らかにした。

4. Harada, M., Tajika, E., & Sekine, Y. (2015). Transition to an oxygen-rich atmosphere with an extensive overshoot triggered by the Paleoproterozoic snowball Earth, *Earth and Planetary*

*Science Letters*, **419**, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.03.005>

原生代初期に形成された南アフリカ共和国トランスバル累層群からは、全球凍結直後に大気酸素濃度上昇が生じたことが示唆されている。本研究は、全球凍結直後に酸素濃度上昇が必然的に生じる理論的根拠を明らかにし、数値シミュレーションによってそれを定量的に示した。すなわち、全球凍結直後の高温環境条件（全球平均気温～60℃）によってのみ生じる基礎生産及び酸素発生率が一桁以上も増大する劇的な変化によってのみ大気酸素濃度の安定解間の遷移が生じることを定量的に明らかにした。このことは、地球大気が酸素を高濃度で含むようになった原因が全球凍結イベントにあったことを強く示唆する結果である。本研究は、指導学生の修士論文であり、当該学生は理学系研究科奨励賞を受賞、総長賞候補となった。また、本研究はプレスリリースを行い、多数のメディアで取り上げられた。

5. Ozaki, K., Tajika, E., Hong, P.K., Nakagawa, Y., & Reinhard, C.T. (2017). Effects of primitive photosynthesis on Earth's early climate system, *Nature Geoscience*, **11**, 55-59. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0031-2>

太古代の海洋微生物生態系において複数の異なる電子供与体を用いる光合成細菌が共存していた場合、生産された有機物の嫌氣的分解に由来するメタンの放出が、大気光化学反応系を通して大気中のメタン濃度を劇的に増加させ、その温室効果が当時の暗い太陽条件下でも温暖環境が実現できていた可能性を示したもの。単一種の光合成細菌の活動だけでは高いメタン濃度は実現できないが、複数の光合成細菌が共存する場合、海洋からのメタン放出フラックス及び大気メタン濃度が非線形的に増幅されることを明らかにし、これによって暗い太陽のパラドックスを解決できることを示した。また、数百万ケースに及ぶモンテカルロ法を用いたパラメータスタディを行い、本結果の統計的有意性を明らかにした。本研究は、指導学生の修士論文であり、その成果は *Nature Geoscience* 誌の News & Views で取り上げられたほか、プレスリリースを行い、国内外の多くのメディアでも取り上げられた。

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

地球史を通じた大気組成、とりわけ酸素、二酸化炭素、メタンの濃度変化、それらによって規定される気候進化及び大気海洋系の酸化還元環境進化について、各時代背景を反映した地球システムの特性に注目しながら理解を進める。とくに、原生代初期と後期に生じた全球凍結イベント前後の地球システム変動と大気酸素濃度上昇イベントの関係については、大気海洋系における生物化学循環の変化を通じて地層に記録された特徴的な変化を示すことから、きわめて重要な研究対象である。それらのイベント前後における微生物生態系活動やそれを規定する電子供与体、微量金属元素等の循環との関係もきわめて興味深い課題であり、それらの共進化の観点にも注目して研究を進める。一方、地球と類似の太陽系外惑星（ハビタブル惑星）がどのような環境を持ちどのように進化するのか、その多様性を理解することは、将来の天文観測に重要な理論的指針を与える。とくに地表面水量の影響とそれを決める水循環プロセス、惑星内部構造及びマントル対流やプルーム活動の影響などに着目して、ハビタブル惑星環境の進化について検討を行う。また、全球凍結惑星のハビタビリティについて、水岩石相互作用の観点から検討を進める。これらの知見を総合して、宇宙におけるハビタブル惑星環境の多様性と進化についての理解を深める。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 太陽系外惑星系における地球型水惑星の気候モードとその物理条件の解明, 研究代表者, 2010~2012年度, 総額 3,300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 微生物代謝過程を考慮した海洋生物化学循環モデルの開発と原生代海洋環境変動の解明, 研究代表者, 2016~2018年度, 総額 3,400,000 円

- ・ 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター公募研究（サテライト研究），巨大ガス惑星周りのハビタビリティに関する研究基盤構築：衛星地下海の形成・進化・化学的多様性の解明，2016-2017 年度研究分担者，2018 年度研究代表者，2016～2018 年度，総額 15,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化（B）），80 万年前に東南アジアで起きた小天体衝突の位置，規模，様式特定と環境への影響評価，研究分担者，2018～2021 年度，総額 13,800,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Sakuma, H., Tada, R., Ikeda, M., Kashiya, Y., Ohkouchi, N., Ogawa, N. O., Watanabe, S., Tajika, E., & Yamamoto, S. (2012). High-resolution lithostratigraphy and organic carbon isotope stratigraphy of the Lower Triassic pelagic sequence in central Japan, *The Island Arc*, **21**, 79-100. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2012.00809.x>
2. Kamata, S., Sugita, S., Abe, Y., Ishihara, Y., Harada, Y., Morota, T., Namiki, N., Iwata, T., Hanada, H., Araki, H., Matsumoto, K., & Tajika, E. (2013). Viscoelastic deformation of lunar impact basins: Implications for heterogeneity in the deep crustal paleo-thermal state and radioactive element concentration, *Journal of Geophysical Research*, **118**, 398-415. <https://doi.org/10.1002/jgre.20056>
3. Ozaki, K. & Tajika, E. (2013). Biogeochemical effects of atmospheric oxygen concentration and sea-level stand on oceanic redox chemistry, *Earth and Planetary Science Letters*, **373**, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.04.029>
4. Goto, G. T., Sekine Y., Suzuki, K., Tajika E., Senda, R., Nozaki, T., Tada, R., Goto, K. Yamamoto, S., Maruoka, T., Ohkouchi, N., & Ogawa, N.O. (2013). Redox conditions in the atmosphere and shallow marine environments during the first Huronian deglaciation: insights from Os isotopes and redox-sensitive elements, *Earth and Planetary Science Letters*, **376**, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.06.018>
5. Kadoya, S. & Tajika, E. (2014). Conditions for oceans on Earth-like planets orbiting within habitable zone: Importance of volcanic CO<sub>2</sub> degassing, *The Astrophysical Journal*, **790**, 107-113. <https://doi.org/10.1088/0004-637X/790/2/107>
6. Kamata, S., Sugita, S., Abe, Y., Ishihara, Y., Harada, Y., Morota, T., Namiki, N., Iwata, T., Hanada, H., Araki, H., Matsumoto, K., Tajika, E., Kuramoto, K., & Nimmo F. (2015). The relative timing of Lunar Magma Ocean solidification and the Late Heavy Bombardment inferred from highly degraded impact basin structures, *Icarus*, **250**, 492-503. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.12.025>
7. Harada, M., Tajika, E., & Sekine, Y. (2015). Transition to an oxygen-rich atmosphere with an extensive overshoot triggered by the Paleoproterozoic snowball Earth, *Earth and Planetary Science Letters*, **419**, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.03.005>
8. Kadoya, S., & Tajika, E. (2015). Evolutionary climate tracks of Earth-like planets, *The Astrophysical Journal Letters*, **815**:L7. <https://doi.org/10.1088/2041-8205/815/1/L7>
9. Kadoya, S., & Tajika, E. (2016). Evolutionary tracks of the climate of Earth-like planets around different mass stars, *The Astrophysical Journal Letters*, **825**:L21. <https://doi.org/10.3847/2041-8205/825/2/L21>
10. Ozaki, K., Tajika, E., Hong, P.K., Nakagawa, Y., & Reinhard, C.T. (2017). Effects of primitive photosynthesis on Earth's early climate system, *Nature Geoscience*, **11**, 55-59. <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0031-2>

11. Tajika, E. & Harada, M. (2017). A possible relationship between the Great Oxidation event and the Paleoproterozoic snowball Earth event, *Viva Origino*, **45**, No.5(pp.1-5).
12. Chang, Y., Goto, K., Sekine, Y., & Tajika, E. (2018). Depositional processes of impactites from the YAX-1 drill core in the Chicxulub impact structure inferred from vertical profiles of PDF orientations and grain size distributions of shocked quartz, *Meteoritics & Planetary Science*, **53**, Nr 7, 1323-1340. <https://doi.org/10.1111/maps.13082>
13. Ozaki, K., Reinhard, C.T., & Tajika, E. (2018). A sluggish mid-Proterozoic biosphere and its effect on Earth's redox balance, *Geobiology*, **17**, 3-11. <https://doi.org/10.1111/gbi.12317>
14. Tajika, E. & Harada, M. (2019). Great Oxidation Event and Snowball Earth, in *Astrobiology - From the Origins of Life to the Search for Extraterrestrial Intelligence* (eds. Yamagishi, A., Kakegawa, T. and Usui, T.), Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3639-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3639-3_17)
15. Kadoya, S. & Tajika, E. (2019). Outer limits of the habitable zone in terms of climate mode and climate evolution of Earth-like planets. *The Astrophysical Journal*, **875**:7(11pp). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0aef>

## (2) 査読無し原著論文

1. Kadoya, S., Tajika, E., & Watanabe, Y. (2014). Climate of Eccentric Terrestrial Planets with Carbonate-Silicate Geochemical Cycle. *Proceedings of the International Astronomical Union*, **8**, 319-322. <https://doi.org/10.1017/S1743921313013070>
2. Watanabe, Y., Tajika, E., & Kadoya, S. (2014). Climate of Extraterrestrial Planets with Oceans and Carbonate-Silicate Geochemical Cycle under Various Obliquities. *Proceedings of the International Astronomical Union*, **8**, 333-335. <https://doi.org/10.1017/S1743921313013112>

## (3) 総説・解説

1. 門屋辰太郎, 渡邊吉康, 関根康人, 田近英一 (2012). 地球惑星環境進化論 第1回, 日本惑星科学会誌・遊星人, **21**(3), 294-306.
2. 門屋辰太郎, 渡邊吉康, 関根康人, 田近英一 (2013). 地球惑星環境進化論 第2回, 日本惑星科学会誌・遊星人, **22**(4), 234-241.
3. 田近英一 (2014). 放射性熱源と惑星の進化, *ISOTOPE NEWS*, **727**, 35-38.
4. 田近英一, 原田真理子 (2017). 全球凍結と大酸化イベント—地球大気はいかにして酸素を含むようになったのか, *生物の科学 遺伝*, **71**(2), 114-120.
5. 田近英一 (2018). 地球はなぜ生命の惑星なのか—ハビタブル・プラネット地球の炭素循環と環境の進化, *日本冷凍空調学会誌・冷凍*, **93**, 50-60.

## (4) 著書

1. 中島映至, 田近英一 (2012). 地球気候の変動メカニズム—論争の原典にたち帰る, 技術評論社.
2. 田近英一 (2012). 地球と宇宙の化学事典, 日本地球化学会編 (分担執筆), 朝倉書店.
3. 田近英一 (2012). 進化学事典, 日本進化学会編 (分担執筆), 共立出版株式会社.
4. 田近英一 (2012). 進化 生命のたどる道, カール・ジンマー著, 長谷川真理子日本語版監修 (寄稿), 岩波書店.
5. 田近英一 (2012). 地球・生命の大進化—46億年の物語 (監修), 新星出版社.
6. 田近英一 (2013). 図説 地球環境の事典, 吉崎正憲他編 (分担執筆), 朝倉書店.
7. 田近英一 (2013). アストロバイオロジー—宇宙に生命の起源を求めて, 山岸明彦編(分



担執筆), 化学同人.

8. 田近英一 (2013). 惑星・太陽の大発見—46億年目の真実 (監修), 新星出版社.
9. 田近英一 (2015). 宇宙生命論, 海部宣男他編 (分担執筆), 東京大学出版会.
10. 田近英一 (2016). 系外惑星の事典, 井田茂他編 (分担執筆), 朝倉書店.
11. 田近英一 (2016). 東大 2017 とんがる東大, 東京大学新聞社編 (分担執筆), 東京大学出版会.
12. 田近英一 (2017). 地学基礎 (高等学校理科用文部科学省検定済教科書) (共著), 東京書籍.
13. 田近英一 (2017). 地学基礎指導書 (共著), 東京書籍.
14. 田近英一 (2017). スクエア最新図説地学 (分担執筆), 第一学習社.
15. 田近英一, ビートたけし (2017). たけしの面白科学者図鑑 地球も宇宙も謎だらけ! (対談集), 新潮社.
16. 田近英一 (2018). ビジュアル地球探検図鑑 (日本語版監修), ポプラ社.
17. 田近英一 (2018). 広辞苑を3倍楽しむ その2, 岩波書店編集部編 (分担執筆), 岩波書店.
18. 田近英一 (2018). 全・地球学 1996-2017—フォーラム「地球学の世紀」22年 134人の知の試み, 松井孝典監修 (分担執筆), ウェッジ.
19. 田近英一 (2018). 動物学の百科事典, 日本動物学会編 (分担執筆), 丸善出版.
20. 田近英一 (2019). 46億年の地球史, 三笠書房.

#### (5) その他著作物

1. 田近英一 (2013). 巻頭言, 日本惑星科学会誌・遊星人, 22(1), 3.
2. 田近英一 (2015). 地球惑星進化と放射性元素 1. 地球の年齢はどうやって推定するのか, NL だより (ナガセランダウア), 452, 2.
3. 田近英一 (2015). 地球惑星進化と放射性元素 2. 大地からの自然放射線の起源, NL だより (ナガセランダウア), 453, 2.
4. 田近英一 (2016). 地球惑星進化と放射性元素 3. 地球の熱進化と惑星としての寿命, NL だより (ナガセランダウア), 458, 2.
5. 田近英一 (2016). 地球惑星進化と放射性元素 4. 太陽系外における水惑星の多様性, NL だより (ナガセランダウア), 459, 2.
6. 田近英一 (2018). 原始微生物生態系が太古の地球を温暖に保った? 東京大学大学院理学系研究科・理学部ニュース, 50(6), 13.
7. 川幡穂高, 田近英一 (2019). 学協会の今—社会と向き合う 8 「公益社団法人日本地球惑星科学連合の活動」, 学術の動向, 24(5), 88-89.

他 12 本

#### (6) 特許等

#### 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 田近英一, Habitability in the Extrasolar Planetary Systems, 第8回太陽系外惑星大研究会, 熱海市, 2012/04/20.
2. 田近英一, 地球と生命の共進化: 全球凍結イベントが生命進化を促した? 第15回自然

- 科学研究機構シンポジウム「アストロバイオロジー」, 東京, 2013/10/14.
3. 田近英一, 原田真理子, 尾崎和海, 関根康人, 地球環境変動に伴う元素の生物地球化学循環変動: 全球凍結とマンガン鉱床形成, 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島市, 2014/09/13.
  4. Tajika E., Evolution of the atmosphere, climate, and life on Earth, International Symposium on Multidisciplinary Sciences on the Earth, Tokyo, Japan, 2014/12/19.
  5. 田近英一, 地球環境と生命の共進化～環境中の酸素濃度と生命～, NINS/IURC Colloquim 2015, 掛川市, 2015/12/01.
  6. Ozaki, K., & Tajika, E., Climatic, tectonic, and biological factors affecting the oxidation state of the atmosphere and oceans: Implications for Phanerozoic O<sub>2</sub> evolution, AGU Fall Meeting 2015, San Francisco, USA, 2015/12/14.
  7. Ozaki, K., & Tajika, E., Stability and dynamics of Proterozoic oceanic euxinia, Goldschmidt 2016, Yokohama, Japan, 2016/6/26.
  8. Tajika, E., Life-span of habitable planets around main sequence stars, Astrobiology Center, NINS International Workshop 2017, Hiroshima, Japan, 2017/3/21.
  9. 田近英一, 全球凍結と大酸化イベント, 生命の起源及び進化学会第 42 回学術講演会, 北九州市, 2017/3/30.
  10. Harada, M., Tajika, E., & Yamagishi, A., Evolutional response of metabolism under environmental stresses inferred from ancestral genetic sequence reconstruction. IGCP 630 annual meeting 2017, Sendai, Japan, 2017/06/14.
  11. 田近英一, 太古代の海洋微生物生態系と暗い太陽のパラドックス, 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会, 東京, 2017/09/14.
  12. 田近英一, 尾崎和海, 洪 鵬, 中川祐介, C.T. Reinhard, 原始的微生物生態系と暗い太陽のパラドックス, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 千葉市, 2018/5/21.
  13. 田近英一, 地球はなぜ生命の惑星なのかーハビタブル・プラネット地球の炭素循環と環境の進化ー, 日本冷凍空調学会平成 30 年度通常総会特別講演, 東京, 2018/5/25.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- 2012 年度 修士 3 名 (門屋辰太郎, 常ゆい, 原田真理子)
- 2013 年度 修士 3 名 (福島 俊, 中村 海, 森見俊幸)
- 2014 年度 修士 2 名 (小林 健, 羽倉幸一)
- 2015 年度 修士 2 名 (中川裕介, 大井手香菜), 博士 1 名 (原田真理子)
- 2016 年度 修士 1 名 (小林貴大), 博士 2 名 (門屋辰太郎, 小玉貴則)
- 2017 年度 修士 3 名 (秋山歩美, 多田賢弘, 宗廣琢磨)
- 2018 年度 修士 1 名 (渡辺泰士)

#### 担当講義

- 大学院 地球惑星システム進化学, 2012,2014,2016,2018 年度
- 理学部・大学院 理学クラスター講義 I, 2016 年度

- ・ 理学部・大学院 地球史学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球物質循環学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学基礎演習 I, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学基礎演習 II, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球システム進化学, 2012~2018 年度
- ・ 教養学部 全学自由研究ゼミナール「地球惑星環境学」, 2012~2017 年度
- ・ 教養学部 学術フロンティア講義「地球惑星科学のフロンティア」, 2017 年度
- ・ 教養学部 学術フロンティア講義「惑星科学最前線」, 2018 年度
- ・ 教養学部 展開科目「地球惑星環境研究の最前線」, 2018 年度
- ・ 大学総合教育研究センター 東京大学朝日講座, 2018 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 理学系研究科奨励賞, 総長賞候補 1 名 (2013 年度修士 原田真理子)
- ・ 日本地球惑星科学連合学生優秀発表賞 2 名 (2013 年度博士 原田真理子, 2015 年度博士 原田真理子)
- ・ 地球環境史学会優秀発表賞 1 名 (2017 年度修士 渡辺泰士)
- ・ 日本学術振興会特別研究員 DC 採用 3 名 (2013 年度博士 原田真理子, 2015 年度博士 門屋辰太郎, 2019 年度博士 多田賢弘)
- ・ 日本学術振興会特別研究員 PD 採用 1 名 (2016 年博士取得 原田真理子)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地球惑星科学連合, 副会長, 2016~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 理事, 2012~2014, 2016~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 代議員, 2012~2014, 2016~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, ユニオンサイエンスボード, 2012~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 宇宙惑星科学セクションサイエンスボード, 2012~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 学協会長会議, 議長, 2014 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 経営企画会議, 委員, 2012~2013 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 広報普及委員会, 委員長, 2012~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, JGL 編集委員会, 委員長 (編集長), 2012~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 学術出版委員会, 委員, 2012~2013 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, ジャーナル企画経営委員会, 委員, 2012~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, パブリックセッション小委員会, 委員, 2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, ダイバーシティ委員会, 委員, 2015~2016 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, キャリア支援委員会, 委員, 2012~2015 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, グローバル戦略委員会, 委員, 2017~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, フェロー制度準備委員会, 委員, 2012~2013 年度

- ・ 日本地球惑星科学連合, フェロー審査委員会, 委員, 2015~2016 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 危機管理検討 WG, 委員, 2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 25 周年記念事業準備委員会, 委員, 2012~2013 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 25 周年記念事業実行委員会, 委員, 2014~2015 年度
- ・ 日本惑星科学会, 会長, 2013~2014 年
- ・ 日本惑星科学会, 副会長, 2012, 2015~2016 年
- ・ 日本惑星科学会, 運営委員会, 委員, 2012~2018 年
- ・ 日本惑星科学会, 対外協力・連携専門委員会, 委員長, 2017~2018 年
- ・ 生命の起源および進化学会, 運営委員会, 委員, 2017~2018 年度
- ・ 日本学術会議, 第三部, 会員, 2017~2018 年度
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 副委員長, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 企画分科会, 副委員長, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 地球・惑星圏分科会, 委員長, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 社会貢献分科会, 幹事, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 人材育成分科会, 委員, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 国際連携分科会, 委員, 2017~2018 年
- ・ 日本学術会議, 第三部理工系学協会活動と学術情報に関する分科会, 幹事, 2018 年
- ・ International Symposium on Multidisciplinary Sciences on the Earth (ISMS) in Tokyo, Organizing Committee, 2014
- ・ 日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 大会委員長, 2014-2015 年
- ・ 日本地球惑星科学連合, 大会運営委員会, 委員, 2018 年度

## 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

### 11.1. 省庁・団体などでの委員

- ・ 内閣府, 宇宙政策委員会, 臨時委員, 2013~2014 年度
- ・ 文部科学省, ポスト「京」重点課題推進ワーキンググループ, 萌芽的課題サブワーキンググループ, 委員, 2016~2018 年度
- ・ 日本学術振興会, 科学研究費委員会, 専門委員, 2012~2013, 2016~2017, 2017~2018 年度
- ・ 放送大学, 客員教授, 2012~2016 年度
- ・ 自然科学研究機構(NINS), 客員教授, 2013~2015 年度
- ・ 自然科学研究機構(NINS), アストロバイオロジーセンター (ABC), 運営委員, 2016~2018 年度
- ・ 宇宙航空研究開発機構(JAXA), 宇宙科学評議会, 評議員, 2017~2018 年度
- ・ 大学評価・学位授与機構, 国立大学教育研究評価委員会, 専門委員, 2016 年度
- ・ 九州大学理学院, 外部評価委員会, 委員, 2013~2014 年度
- ・ 神戸大学惑星科学研究センター(CPS), 外部評価委員会, 委員, 2014 年度
- ・ 新学術領域研究「宇宙鉱物」, 外部評価委員, 委員, 2015~2018 年度
- ・ NPO 法人国際地学オリンピック日本委員会, 委員, 2012~2018 年度

- ・ 東京大学出版会，企画委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ 岩波書店，「科学」懇談会，委員，2012～2015 年度
- ・ 東京書籍，「高校地学基礎」教科書編集委員会，委員，2014～2016 年度
- ・ 東京書籍，平成 29 年度高等学校「地学基礎」教科書アドバイザー，2017～2018 年度

## 11.2. アウトリーチ活動

### a) 一般向け講演会

- ・ 田近英一，地球惑星科学への招待～地球はどのような惑星か～，朝日カルチャーセンター講座「地球惑星科学入門」，東京都，2012/10/06
- ・ 田近英一，地球惑星環境大変動と生命の共進化，朝日カルチャーセンター講座「Astrobiology 宇宙生命科学入門」，東京都，2013/07/27
- ・ 田近英一，凍った地球～スノーボールアースと生命進化の物語～，東京学芸大学附属高等学校講演会，東京都，2013/10/05
- ・ 田近英一，地球と生命の共進化：全球凍結イベントが生命進化を促した？ 第 15 回自然科学研究機構シンポジウム「アストロバイオロジー」，東京都，2013/10/14
- ・ 田近英一，地球環境と生命の共進化，かわさき市民アカデミー講座「環境とみどり」コース「持続可能な社会」，川崎市，2013/10/24
- ・ 田近英一，地球と生命の進化～全球凍結イベントが生命進化を促した？ 平成 25 年度名古屋大学地球水循環センター公開講演会，名古屋市，2013/12/21
- ・ 田近英一，スノーボールアース・イベントと真核生物及び動物の出現，朝日カルチャーセンター公開講座「生命の進化」，東京都，2014/06/28
- ・ 田近英一，天体衝突と恐竜絶滅の謎，東京学芸大学附属高等学校講演会，東京都，2014/11/08
- ・ 田近英一，地球環境と生命の進化，中日文化センター講座「じっくり学ぶ宇宙誕生の歴史 宇宙，銀河・星，惑星，そして地球の誕生の謎に迫る」，名古屋市，2015/03/08
- ・ 田近英一，地球及び太陽系外地球型惑星の環境進化とハビタビリティ，国立天文台 2015 年度「最新の天文学の普及をめざすワークショップ」，東京都，2015/11/15
- ・ 田近英一，地球惑星環境とハビタブルプラネット～太陽系外惑星系に第二の地球は存在するか？～，東京学芸大学附属高等学校講演会，東京都，2015/11/21
- ・ 田近英一，地球環境と生命の共進化—全球凍結と大気酸素濃度の増加— 第 170 回深田研談話会，東京都，2016/03/11
- ・ 田近英一，凍った地球～スノーボールアースが生物進化を促した？ 東京大学理学部オープンキャンパス 2016 講演会，東京都，2016/08/04
- ・ 田近英一，第二の地球の条件～惑星環境と生命の関係を考える～，東京大学理学部「高校生のための夏休み講座 2016」，東京都，2016/08/16
- ・ 田近英一，地球史～酸素からみた地球環境変遷史～，朝日カルチャーセンター講座「地球研究の最前線」，東京都，2016/12/10
- ・ 田近英一，スノーボールアース～環境変動がもたらす生物進化，JAMSTEC 科学メディア意見交換会，東京都，2017/02/24
- ・ 田近英一，ハビタブル惑星の誕生と進化～地球はこれからどうなるのか？ 中日文化センター「宇宙・星・地球の終焉 私達はどこに向かうのか」，名古屋市，2017/06/25
- ・ 田近英一，地球環境変動史の解明—スノーボールアース・イベントと酸素濃度の増加—，我孫子市サイエンスカフェ，我孫子市，2017/10/15

- 田近英一, ハビタブルプラネット～生命を宿す惑星の条件～, 郡山市ふれあい科学館第32回星の講演会, 郡山市, 2017/11/18
- 田近英一, 未来の東大生へ, 河合塾 親と子の東大現役合格作戦, 東大教授による特別講演, 東京都, 2017/11/23
- 田近英一, 専門分野の選び方, 河合塾 2018 東大志望者向け特別講座 “知の追求” 「東大教授による講演会」, 東京都, 2018/05/12
- 田近英一, 地球環境と生命の進化, NHK 文化センター「私たちはどこから来たのか? —最先端科学が明かす宇宙誕生から生命の進化まで—」, 東京都, 2018/09/29
- 田近英一, 地球史—暗い太陽と地球環境の変遷, 朝日カルチャーセンター「地球惑星科学の新展開」, 東京都, 2018/10/10
- 田近英一, 地球環境の変遷と生命の進化～地球史から探る宇宙における第二の地球～, 葛飾区郷土と天文の博物館第100回星の講演会, 東京都, 2018/12/15

#### b) 一般向け解説

- 田近英一 (2012). 大人の科学マガジン デルタツイスター, 「全球凍結から生物の大進化へ 地球の成り立ちと生命の起源を探る」(監修), 学研教育出版.
- 田近英一 (2014). Newton 別冊「奇跡の惑星 地球の科学 誕生と歴史, 構造と環境」(編集協力), ニュートンプレス.
- 田近英一 (2014). 週間 地球 46 億年の旅「03 母なる海の始まり」(監修), 朝日新聞出版.
- 田近英一 (2015). 奇跡の星の必然性, 月刊 MOKU, 278, 16-27.
- 田近英一, ビートたけし (2015). 達人対談 地球は凍った真っ白な星だった! 新潮 45, 34(5), 278-289.
- 田近英一 (2017). ニュートン別冊「奇跡の物質 水」(編集協力), ニュートンプレス.
- 田近英一 (2017). 地球 完全凍結 (編集協力), ニュートン 2017 年 6 月号, 38-53, ニュートンプレス.

#### c) メディア・報道

- 田近英一, サイエンスキッズ「酸素と二酸化炭素(1)」, 文化放送, 2012/04/14
- 田近英一, サイエンスキッズ「酸素と二酸化炭素(2)」, 文化放送, 2012/04/21
- 田近英一, 「超大陸」で環境激変, 東京新聞, 2012/11/24
- 田近英一, ふしぎ科学館「太陽の一生」, 読売新聞, 2013/03/16
- 田近英一, 火星 遙かなる生命の痕跡, 日本経済新聞, 2013/03/10
- 田近英一, 謎かがく「青い地球, 実は水が少ない?」, 日本経済新聞, 2013/06/23
- 田近英一, DO 科学「隕石はなぜ落ちてくる」, 朝日新聞, 2013/07/27
- 田近英一, 137 億年の物語「#41 地球が全て凍ってしまった」, テレビ東京, 2014/02/01
- 田近英一, 深海のロストワールド「追跡! 謎の古代魚」, NHK BS プレミアム, 2015/03/21
- 田近英一, 謎かがく「氷の星, なぜ内部に海が存在?」, 日本経済新聞, 2014/05/04
- 田近英一, 22 億年前に酸素濃度急上昇 “雪玉” 地球が原因, しんぶん赤旗, 2015/04/27
- 田近英一, 東大、氷河期の直後に大気中の酸素濃度が急上昇することを明らかに, 財経新聞, 2015/04/4
- 田近英一, 東大、氷河期の直後に大気中の酸素濃度が急上昇することを明らかに, 信濃毎日新聞, 2015/05/18
- 田近英一, 豊富な酸素は地球が凍りついたおかげ 22 億年前の全球凍結と酸素濃度上昇

の因果関係が明らかに、ニュートン 2015 年 6 月号

- ・ 田近英一，地球は「奇跡の星」か，毎日新聞，2015/09/20
- ・ 田近英一，東大教員からのエール 地学 知識活かして地球・宇宙を理解，東京大学新聞，2015/09
- ・ Tajika, E., Old planets always get too hot or cold for life in the end, New Scientist Magazine, 2016/07/27
- ・ 田近英一，太古代の地球は温暖 東大がメカニズム解明，日刊工業新聞，2017/12/12
- ・ 田近英一，太古の地球，メタンで温暖 東大 複数の細菌が生成，日本経済新聞，2017/12/17
- ・ 田近英一，地球温暖化が生物の大量絶滅を引き起こす，ニュートン 2017 年 12 月号
- ・ Tajika, E., News & Views Methane multiplication (written by Laakso, T.A.), Nature Geoscience, 11, 6-7, January 2018
- ・ 田近英一，ユリイカ！「暗い太陽、暑い理由は」，朝日新聞，2018/02/15
- ・ 田近英一，暗い太陽のパラドックスに新説 原始微生物の豊かな生態系が地球の温暖化をもたらした，日経サイエンス，2018 年 3 月号
- ・ 田近英一，ノンストップ「子供のギモン」，フジテレビ，2018/08/02

#### d) その他

- ・ 田近英一，プラネタリウム番組「ハビタブル・アース～めぐる炭素と消えない海の秘密」(監修)，杉並区立科学館，2012 年度
- ・ 田近英一，企画展「鉍～レアメタル，レアアース，新資源を探せ～」(協力)，茨城県自然博物館，2012 年度
- ・ 田近英一，企画展「マンモスが渡った橋 氷河期の動物大移動」(協力)，茨城県自然博物館，2014 年度
- ・ 田近英一，「生命の起源かるた」(山岸明彦監修)(協力)，2014 年度
- ・ 田近英一，常設展示「地球で暮らすリスクと向き合う」(監修)，日本科学未来館，2015 年度
- ・ 田近英一，新規展示「地球システムとハザード」(監修)，日本科学未来館，2015 年度
- ・ 田近英一，宮城県仙台第二高等学校研究室訪問，2017/08/08
- ・ 田近英一，北海道教育大付属函館中学校研究室訪問，2019/02/19

## 12. 学内行政業務

- ・ 東京大学，総合研究博物館，協議会委員，2013～2015 年度
- ・ 東京大学，地震研究所高エネルギー素粒子地球物理学センター，公募委員，2016～2017 年度
- ・ 東京大学，予算委員会 企画調整部会，委員，2016 年度
- ・ 東京大学，教育運営委員会 学部前期課程部会，委員，2017～2018 年度
- ・ 東京大学，教育運営委員会 進学選択調整部会，委員，2017～2018 年度
- ・ 東京大学，総合科目運営委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 東京大学，初年次ゼミナール理科運営委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，研究科長補佐，2017～2018 年度

- ・ 大学院理学系研究科・理学部，教務委員会，委員長，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，企画室会議，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，学術運営・教育推進会議，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，理工懇談会，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，進学選択委員会，委員，2016 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，総長賞選考委員会，委員長，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，理工連携キャリア支援室運営委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，学生支援室運営委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，広報室運営委員会，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，新棟（東棟）講義室における什器調達に係わる仕様策定委員会，委員長，2017 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，定年年齢を超えた特任教授雇用に関する WG，委員，2017 年度
- ・ 大学院理学系研究科・理学部，若手人事に関する WG，委員，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター，研究協力者，2017～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構，教授（兼務），2017～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，学科教務委員会，副委員長，2016 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，教育会議幹事会，委員，2016～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，講座世話人，2016～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，会計委員会，委員，2016～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，教務委員会，委員，2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻，数物フロンティア・リーディング大学院(FMSP)，担当教員，2017～2018 年度
- ・ 地球惑星環境学科，教務委員会，委員，2013～2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0 名      研究者数：0 名

#### (2) 派遣

学生数：2 名      研究者数：0 名

#### (3) 海外からの来訪者数 5 名



# 生駒 大洋

## I. 略歴

氏名： 生駒 大洋 (いこま まさひろ)

年齢： 47 歳

現職： 准教授

### 学歴

1991 年 3 月 大阪府立高津高等学校卒業  
1996 年 3 月 東京工業大学理学部地球惑星科学科卒業  
1998 年 3 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2001 年 3 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2001 年 3 月 博士 (理学) (東京工業大学)

### 職歴

2001 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 PD (東京工業大学)  
2004 年 11 月 東京工業大学大学院理工学研究科 21 世紀 COE 助教  
2007 年 3 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻 助教  
2008 年 6 月 フランス コート・ダジュール天文台 客員研究員 (2009 年 3 月まで)  
2012 年 2 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

Kepler 宇宙望遠鏡に代表される系外惑星の大規模探索プロジェクトによって、惑星系の存在の普遍性は疑う余地のないものとなった。さらに、太陽系とは全く異なる惑星系が多数発見され、惑星および惑星系の多様性が明らかになった。こうした観測的発見を受けて、1980 年代～90 年代に構築された太陽系形成論に対して、惑星の大移動や大規模散逸等の新たな物理過程が追加されるなど大幅な修正が続けられている。私は、その中でも圧倒的多数を占めるスーパーアースの成因に関する研究を行ってきた。特に、厚い水素大気を持つスーパーアースの形成過程を世界に先駆けて理論的に示した。また、形成理論の検証のために、中心星近傍を回る惑星の多様な大気の特徴を理論的にモデル化し、地上望遠鏡を用いた観測プロジェクトを立ち上げ、その検証に一部成功した。さらに、次世代の宇宙望遠鏡による観測可能性を定量化することに成功した。最近では、こうした研究活動が評価され、欧州宇宙機関 (ESA) の系外惑星専用赤外トランジット観測衛星ミッション (ARIEL) およびロシアの紫外線宇宙望遠鏡ミッション (WSO-UV) に理学検討のために招聘されている。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Valencia, D., Ikoma, M., Guillot, T., & Nettelmann, N. (2010). Composition and fate of short-period super-Earths. The case of CoRoT-7b. *Astronomy & Astrophysics*, 516, id. A20, 11p. DOI:

10.1051/0004-6361/200912839

現在では太陽系外に 2000 個近くのスーパーアースの存在が知られているが、半径と質量の測定された最初のスーパーアースが CoRoT-7b である。我々は世界に先駆けて、その惑星に対する内部構造推定を行い、さらに形成および進化過程を論じた。本論文は、その後のスーパーアース研究の指針を与え、多くの論文に引用されている（引用回数 143 回（NASA-ADS/Sep. 20, 2019））

2. Ikoma, M. & Hori, Y. (2012). In-situ accretion of hydrogen-rich atmospheres on short-period super-Earths: Implication for the Kepler-11 planets. *The Astrophysical Journal*, 753, id. 66, 6 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/753/1/66

中心星近傍を回るスーパーアースには厚い大気を持つもの（低密度スーパーアースとよばれる）が多い。このような惑星は太陽系では存在しない。本論文では、低密度スーパーアースの大気獲得過程を世界で初めて示し、低密度スーパーアースの中でも最初に発見された Kepler-11 という主星を回る惑星に対して応用し、その起源を論じた。（引用回数 84 回（NASA-ADS/Sep. 20, 2019））

3. Narita, N., Fukui, A., Ikoma, M. et al. (他 19 人) (2013). Multi-color transit photometry of GJ 1214b through BJHKs bands and a long-term monitoring of the stellar variability GJ 1214. *The Astrophysical Journal*, 773, id. 144, 10 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/773/2/144

スーパーアースの成因を探るために、その大気の特徴を理解することが極めて重要である。本論文では、CoRoT-7b に続いて発見されたスーパーアース GJ1214b に対して、すばる望遠鏡を用いてトランジット時の大気透過分光観測を行い、大気が水蒸気を含むか雲で覆われている可能性を示した。（引用回数 32 回（NASA-ADS/Sep. 20, 2019））

4. Ito, Y., Ikoma, M., Kawahara, H., Nagahara, H., Kawashima, Y., & Nakamoto, T. (2015). Theoretical emission spectra of atmospheres of hot rocky super-Earths. *The Astrophysical Journal*, 801, id. 144, 15 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/801/2/144

中心星近傍を回る岩石質スーパーアースは、中心星から強い照射を受けるため、マグマオーシャンに覆われ、さらにマグマが蒸発した大気を持つと考えられる。本論文では、そのような大気の組成および温度構造を理論的にモデル化し、さらに JWST など次世代宇宙望遠鏡によるトランジット観測によって中間赤外域で SiO の検出が可能であることを示した。（引用回数 21 回（NASA-ADS/Sep. 20, 2019））

5. Kawashima, Y. & Ikoma, M. (2018). Theoretical transmission spectra of exoplanet atmospheres with hydrocarbon haze: effect of creation, growth, and settling of haze particles. I. Model description and first results. *The Astrophysical Journal*, 853, id. 7, 26 pp. DOI: 10.3847/1538-4357/aaa0c5

スーパーアースの大気は、中心星からの強力な紫外線照射を受け、有機物の雲に覆われている可能性が高い。本論文では、スーパーアース大気中での光化学反応と雲粒子の成長・沈殿過程をモデル化し、さらにトランジット観測による検出可能性を定量的に示した。今では、次世代宇宙望遠鏡のサイエンス例の一つとして重要視されている。なお、本研究は修士論文の一部であり、発表学生は理学系研究科奨励賞受賞となった。（引用回数 15 回（NASA-ADS/Sep. 20, 2019））

#### 4. 受賞等

- ・ 生駒大洋, 科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞, 2012 年 4 月
- ・ 生駒大洋, 地球惑星科学振興西田賞, 2017 年 5 月

## 5. 研究の将来計画

系外惑星科学分野において、惑星および惑星系の多様性と成因の理解を進める。当該分野は、次々と新たな惑星が発見される時代から、既知の惑星の特性を詳細に調べるいわゆる「特徴づけの時代」に入った。今後 10 年間に、欧州や米国、ロシア等で宇宙望遠鏡の打ち上げが予定されており、主に分光観測によって多くの系外惑星に対して大気特性の制約が与えられると期待される。私は、そうした宇宙望遠鏡計画に積極的にコミットし、まずはこれまでに構築してきた形成理論を検証し、理論の修正・改良を行う。一方、これまでは巨大惑星やスーパーアースという比較的大きな惑星を中心課題としてきたが、今後は地球や火星に相当する比較的小さな系外惑星の形成・進化過程を精査し、来るべき 30m 望遠鏡時代での生命探査に向けた理論検討を進める。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 短周期スーパーアースの大気獲得過程の解明, 研究代表者, 2013~2015 年度, 総額 2,700,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 高精度近赤外 3 色同時トランジット観測によるスーパーアースの基本的性質の解明, 研究分担者, 2013~2016 年度, 総額 3,000,000 円
- ・ アストロバイオロジーセンタープロジェクト, 系外惑星の大気獲得過程の理論研究とトランジット観測への示唆, 研究代表者, 2017 年度, 総額 1,300,000 円
- ・ アストロバイオロジーセンタープロジェクト, M 型星まわりの地球型惑星が獲得する海水量の理論予測とトランジット観測データを用いた統計的検証, 研究代表者, 2018 年度, 総額 1,800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), ドップラー振動撮像装置を用いた木星表面振動観測: 内部構造と起源の解明に向けて, 研究代表者, 2017~2020 年度, 総額 43,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 惑星大気の形成・進化とその多様性の解明, 研究代表者, 2018~2022 年度, 総額 104,700,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 観測と理論の連携による小型低質量系外惑星の基本的性質の解明, 研究分担者, 2018~2020 年度, 総額 9,000,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Ikoma, M. & Hori, Y. (2012). In-situ accretion of hydrogen-rich atmospheres on short-period super-Earths: Implication for the Kepler-11 planets. *The Astrophysical Journal*, 753, id. 66, 6 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/753/1/66
2. Narita, N., Nagayama, T., Suenaga, T., Fukui, A., Ikoma, M., Nakajima, Y., Nishiyama, S., & Tamura, M. (2013). IRSF SIRIUM JHKs simultaneous transit photometry of GJ 1214b. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 65, id.27. DOI:10.1093/pasj/65.2.27
3. Fukui, A., Narita, N., Kurosaki, K., Ikoma, M. et al. (他 14 人) (2013). Optical-to-near-infrared simultaneous observations for the hot Uranus GJ 3470b: A hint of a cloud-free atmosphere. *The Astrophysical Journal*, 770, id. 95, 13 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/770/2/95
4. Narita, N., Fukui, A., Ikoma, M. et al. (他 19 人) (2013). Multi-color transit photometry of GJ 1214b through BJHKs bands and a long-term monitoring of the stellar variability GJ 1214. *The Astrophysical Journal*, 773, id. 144, 10 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/773/2/144
5. Kawahara, H., Hirano, T., Kurosaki, K., Ito, Y., & Ikoma, M. (2013). Starspots-transit depth relation of the evaporating planet candidate KIC 12557548b, *The Astrophysical Journal Letters*,

- 776, id. L6, 6 pp. DOI: 10.1088/2041-8205/776/1/L6
6. Maruyama, S., Ikoma, M., Genda, H., Hirose, K., Yokoyama, T., & Santosh, M. (2013). The naked planet Earth: Most essential pre-requisite for the origin and evolution of life. *Geoscience Frontier*, 4, 141-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2012.11.001>
  7. Kurosaki, K., Ikoma, M., & Hori, Y. (2014). Impact of photo-evaporative mass loss on masses and radii of water-rich sub/super-Earths. *Astronomy & Astrophysics*, 562, id. A80, 14 pp. DOI: 10.1051/0004-6361/201322258
  8. Maruyama, S., Sawaki, Y., Ebisuzaki, T., Ikoma, M., Omori, S. & Komabayashi, T. (2014). Initiation of leaking Earth: An ultimate trigger of the Cambrian explosion. *Gondwana Research*, 25, 910-944. DOI: 10.1016/j.gr.2013.03.012
  9. Fukui, A., Kawashima, Y., Ikoma, M. (他 22 人) (2014). Multi-band, multi-epoch observations of the transiting warm Jupiter WASP-80b. *The Astrophysical Journal*, 790, id. 108, 12 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/790/2/108
  10. Ito, Y., Ikoma, M., Kawahara, H., Nagahara, H., Kawashima, Y., & Nakamoto, T. (2015). Theoretical emission spectra of atmospheres of hot rocky super-Earths. *The Astrophysical Journal*, 801, id. 144, 15 pp. DOI: 10.1088/0004-637X/801/2/144
  11. Venturini, J., Alibert, Y., Benz, W., & Ikoma, M. (2015). Critical core mass for enriched envelopes: the role of H<sub>2</sub>O condensation. *Astronomy & Astrophysics* 576, id. A114, 16 pp. DOI: 10.1051/0004-6361/201424008
  12. Fukui, A., Narita, N., Kawashima, Y., Kusakabe, N., Onitsuka, M., Ryu, T., Ikoma, M., Yanagisawa, K. & Izumiura, H. (2016). Demonstrating high-precision, multiband transit photometry with MuSCAT: a case for HAT-P-14b, *The Astrophysical Journal*, 819, id. 27, 11 pp. DOI: 10.3847/0004-637X/819/1/27
  13. Massol, H., Hamano, K., Tian, F., Ikoma, M. (他 12 人) (2016). Formation and evolution of proto-atmospheres. *Space Science Reviews*, 205, 153-211. DOI: 10.1007/s11214-016-0280-1
  14. Kurosaki, K. & Ikoma, M. (2017). Acceleration of cooling of ice giants by condensation in early atmospheres. *The Astronomical Journal*, 153, id. 260, 9 pp. DOI: 10.3847/1538-3881/aa6faf
  15. Genda, H., Iizuka, T., Sasaki, T., Ueno, Y. & Ikoma, M. (2017). Ejection of iron-bearing giant-impact fragments and the dynamical and geochemical influence of the fragment re-accretion. *Icarus*, 470, 87-95. DOI: 10.1016/j.epsl.2017.04.035
  16. Kawashima, Y. & Ikoma, M. (2018). Theoretical transmission spectra of exoplanet atmospheres with hydrocarbon haze: effect of creation, growth, and settling of haze particles. I. Model description and first results. *The Astrophysical Journal*, 853, id. 7, 26 pp. DOI: 10.3847/1538-4357/aaa0c5
  17. Ikoma, M., Elkins-Tanton, L., Hamano, K., & Suckale, J. (2018). Water partitioning in planetary embryos and protoplanets with magma oceans. *Space Science Reviews*, 214, id. 76, 28 pp. DOI: 10.1007/s11214-018-0508-3
  18. Hasegawa, Y., Bryden, G., Ikoma, M., Vasisht, G., & Swain, M. (2018). The origin of the heavy-element content trend in giant planets via core accretion. *The Astrophysical Journal*, 865, id. 32, 16. pp. DOI: 10.3847/1538-4357/aad912
  19. Aoyama, Y., Ikoma, M., & Tanigawa, T. (2018). Theoretical model of hydrogen line emission from accreting gas giants. *The Astrophysical Journal*, 866, id. 84, 16 pp. DOI: 10.3847/1538-4357/aadc11
  20. Tavrov, A., Kameda, S., Yudaev, A. et al. (Ikoma, M., 14 人中 13 番目) (2018). Stellar imaging coronagraph and exoplanet coronal spectrometer: two additional instruments for exoplanet exploration onboard the WSO-UV 1.7 meter orbital telescope. *Journal of Astronomical*

Telescopes, Instruments, and Systems, 4, 044001.

21. Tinetti, G., Drossart, P., Eccleston, P. et al. (Ikoma, M., 245 人中 154 番目) (2018). A chemical survey of exoplanets with ARIEL. *Experimental Astronomy*, 46, 135-209. DOI: 10.1007/s10686-018-9598-x
22. Gonçalves, I., Schmider, F. X., Gaulme, P. et al. (Ikoma, M., 15 人中 12 番目) (2019). First measurements of Jupiter's zonal winds with visible imaging spectroscopy. *Icarus*, 319, 795-811. DOI: 10.1016/j.icarus.2018.10.019

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 丸山茂徳, 生駒大洋 (2012). 先カンブリア時代一顕生代境界で何が起きたのか? 遺伝, 66, 494-501.
2. 生駒大洋 (2012). 系外惑星研究の新たな展開: スーパーアース. *パリティ*, 28, 55-56.

### (4) 著書

1. 井田茂, 田村元秀, 生駒大洋, 関根康人 (2016). 系外惑星の辞典. 朝倉書店

### (5) その他著作物

1. 生駒大洋 (2014). 宇宙と生命の起源 2, 第 8 章「地球らしさとその芽生え」. 岩波ジュニア新書

### (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 生駒大洋, 堀安範, Origin of hydrogen-rich atmospheres of low-density super-Earths: the case of Kepler-11 super-Earths, 第 8 回太陽系外惑星大研究会, 熱海市, 2012/04/18.
2. Ikoma, M., On the impact of protoplanetary disk properties on the accretion of super-Earths's atmospheres, "Revealing Evolution of Protoplanetary Disks in the ALMA Era" Workshop, Kyoto, Japan, 2012/03/09.
3. Ikoma, M., Compositions and origins of exoplanets, Nagoya GCOE program final international forum, Gifu, Japan, 2013/03/09.
4. 生駒大洋, 太陽系内および系外の大惑星の内部と起源についての理解の現状, SEDI Japan プレシンポジウム, 神奈川, 2013/9/29
5. Ikoma, M., Composition and origin of short-period low-mass planets: The importance of observation of their atmospheres, Subaru International Conference, Hawaii, USA, 2013/12/11
6. Ikoma, M., Formation of the Nebular-Captured Protoatmosphere, Workshop on the Disk in Relation to the Formation of Planets and Their Protoatmospheres. Beijing, China. 2014/08/27.
7. Ikoma, M., Theoretical perspective on super-Earths and mini-Neptunes with a focus on the origins and compositions of short-period exoplanets, 31st int'l colloquium of the Institut D'Astrophysique de Paris From super-Earths to brown dwarfs: who's who? Paris, France, 2015/06/30.
8. Ikoma, M., What can we learn from atmospheres of transiting low-mass exoplanets as a stepping stone towards habitable planets? Pathways 2015: Pathways towards habitable planets. Bern, Switzerland, 2015/07/15.

9. 生駒大洋, 見えはじめた系外惑星の大気, 第 138 回地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) 秋季講演会, 東京, 2015/11/02.
10. Ikoma, M., Role of magma ocean and primitive atmospheres for the hydration of planetary embryos, ISSI Workshop on The Delivery of Water to Protoplanets, Planets, and Satellites. Bern, Switzerland, 2016/01/13.
11. Ikoma, M., Formation and evolution of giant planets with snowy envelopes, Planet2 Symposium 2017: Origin and diversity of planetary systems from the microscope to the telescope, Villefranche-sur-Mer, France, 2017/02/21.
12. Ikoma, M. Sato, B., Sekii, T., Hanayama, H., & Ida, S., Probing the interior of Jupiter toward unveiling its formation: A new attempt with Jovian seismology. IAG-IASPEI, Kobe International Conf. Center, Kobe, Japan, 2017/07/31.
13. 生駒大洋, 巨大惑星形成に関する未解決問題, 木星トロヤ群小惑星探査ワークショップ, 大阪市, 2017/09/30.
14. Ikoma, M., Late-stage Accretion and Subsequent Evolution of Giant Planets. CHARIS International Workshop, NAOJ, Tokyo, Japan, 2017/12/15.
15. Ikoma, M., Late-stage Capture of Solids by Proto-gas Giants. Workshop on Giant Planet Formation, Evolution and Interior, University of Zurich, Zurich, Switzerland. 2018/03/10.
16. 生駒大洋, 系外惑星大気科学の現状の概観, 日本地球惑星科学連合大会 2018, 千葉市, 2018/05/20.
17. Ikoma, M., Theoretical prediction for atmospheric spectra of highly irradiated low-mass exoplanets, ExoMol Conference on Spectroscopy of Exoplanets, London, UK, 2018/07/10.
18. Ikoma, M., Formation of planetary envelopes and atmospheres: Role of vaporized icy material, COSPAR 2018, Pasadena, CA, USA, 2018/07/19.
19. Ikoma, M., Theoretical and observational studies on exoplanet atmospheres: Current understanding and future perspective, The 20th Symposium on Planetary Sciences, Sendai, Japan, 2019/02/20.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2014 年度 修士 1 名 (川島由依)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (青山雄彦, 白井祐介), 博士 1 名 (黒崎健一)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (長谷川典史, 密本万吉)
- ・ 2017 年度 修士 2 名 (小澤麻由子, 柴田翔), 博士 2 名 (川島由依, 伊藤祐一)
- ・ 2018 年度 博士 1 名 (青山雄彦)

#### 担当講義

- ・ 大学院 惑星系形成論, 2012・2014・2016・2018 年度
- ・ 大学院 GCOE 特別講義 4, 2012 年度
- ・ 理学部・大学院 系外惑星, 2013 年度～2018 年度
- ・ 理学部・大学院 地球惑星システム学基礎論, 2013・2015～2018 年度

- ・ 理学部 地球惑星科学基礎演習 IV, 2016 年度～2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2012 年度～2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学入門, 2014～2016・2018 年度
- ・ 教養学部 惑星地球実習, 2014～2015 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 理学系研究科奨励賞 1 名 (2014 年度修士 川島由依)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本惑星科学会, 総務専門委員会, 委員, 2012 年度～2014 年度
- ・ 日本惑星科学会, 編集専門委員会, 委員, 2012 年度～2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 運営委員会, 委員, 2015～2018 年度
- ・ 日本惑星科学会, 欧文誌専門委員会, 委員長, 2015～2018 年度
- ・ Earth, Planets, Space, 運営委員会, 委員, 2015～2018 年度
- ・ すばる望遠鏡科学諮問委員会, 委員, 2018 年度

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 生駒大洋, 系外惑星が私たちに教えてくれること, 東京大学オープンキャンパス 2012, 東京, 2012/8/7
- ・ 生駒大洋, 太陽系外惑星研究の最前線～我々が暮らす惑星系は特殊なのだろうか, 葛飾区郷土と天文の博物館第 67 回星の講演会, 東京, 2012/11/24
- ・ 生駒大洋, 太陽系外のさまざまな惑星たち, 東京大学理学部高校生のための春休み講座 2014, 東京, 2014/4/2
- ・ 生駒大洋, 月の誕生と歴史, 大阪府柏原市立堅下南小学校出張授業, 大阪, 2014/9/19
- ・ 生駒大洋, 地球らしさの芽生え, 朝日カルチャーセンター, 東京, 2015/1/31
- ・ 生駒大洋, 惑星科学の最前線～新しい太陽系像, かわさき市民アカデミー講座・新しい科学の世界, 神奈川, 2015/6/23
- ・ 生駒大洋, 系外惑星から学んだ太陽系の不思議, 東京大学オープンキャンパス 2015, 東京, 2015/8/5, 6
- ・ 生駒大洋, 系外惑星研究: 新時代の始まり, JpGU2016 地球惑星科学トップセミナー, 千葉, 2016/5/22
- ・ 生駒大洋, 系外惑星～他の星のまわりの世界, 長野県立八代高等学校特別講義, 長野, 2017/5/9
- ・ 生駒大洋, 系外惑星～他の星のまわりの世界, 東京都立上野高等学校特別講義, 東京, 2017/7/13
- ・ 生駒大洋, 第 2 の地球を探せ!～系外惑星探査最前線, 日本未来館サイエンストーク, 東京, 2018/1/13
- ・ 生駒大洋, 太陽系内外のガス惑星の多様性, JpGU Meeting 2018 スペシャルレクチャー, 千葉, 2018/05/23

- ・ 生駒大洋，系外惑星～他の星のまわりの新しい世界，大阪府立高津高等学校特別授業，東京，2018/7/31
- ・ 生駒大洋，系外惑星をもっと知りたい，東京大学オープンキャンパス 2018，東京，2018/8/1
- ・ 生駒大洋，ジュピター～海をもたらした木星の謎に迫る，南の島の星まつり 2018 記念講演会，沖縄，2018/08/19
- ・ 生駒大洋，系外惑星～見えてきた新しい世界，東京農業大学第一高等学校特別授業，東京，2018/10/4

## 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：2名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：6名 研究者数：4名

#### (3) 海外からの来訪者数 6名



# 河原 創

## I. 略歴

氏名： 河原 創（かわはら はじめ）

年齢： 38 歳

現職： 助教

### 学歴

2000 年 3 月 東京学芸大学附属高等学校卒業  
2004 年 3 月 東京大学理学部物理学科卒業  
2006 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修士課程修了  
2009 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了  
2009 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2009 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科 学振 PD  
2010 年 4 月 首都大学東京理学系研究科 学振 PD  
2012 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

#### 太陽系外惑星の探査理論

1995 年の初検出以来、系外惑星の探査可能な領域は、太陽系惑星の領域に迫りつつあります。しかし、惑星本体を調べることは依然容易ではなく、特殊な惑星のみ大気・分子の検出がされているのが現状です。惑星を直接観測する直接撮像計画が進められていますが、それでも系外惑星は小さな点としてしか撮像されません。そこで、惑星の自転・公転に応じ、惑星表面の様々な位置から光が得られること、すなわち光度曲線が空間情報を持つことに着目し、惑星表面分布を再構成する手法を提案しました。この手法により、直接撮像データから大陸・海洋分布といった二次元マッピングが可能になります。また光度曲線の周波数変動から自転軸方向を推定できることも分かりました。

直接撮像法は、従来、波長分解能の低い分光を想定していました。分子吸収線が一本一本分解できるほどの高分解なスペクトルは、光子ノイズが卓越すると考えられていたからです。そこで、惑星大気モデル計算からスペクトルを分子線レベルまで理論計算し、データと相関させることで分子を検出する方法を、直接撮像に応用することを提案しました。現在、この手法を実現するための高分散コロナグラフ・モジュール（REACH）を、装置グループとすばる望遠鏡にて共同開発しています。これは大型望遠鏡計画での地球型惑星からのバイオマーカー（水や酸素といった生命に関係する物質）を検出するのに役立ちます。

#### データ科学手法で惑星や天体進化にせまる

近年、宇宙物理学の観測データ量の増大に伴い、データ科学的なアプローチが必要となってきました。特に、従来、理論研究サイドで用いられてきた GPU 超並列計算や情報科学の手法

が有効です。ケプラー衛星は、20 万星の光度曲線を取得しましたが、周期性を利用する通常の解析方法では、公転周期約 1 年以下の惑星しか発見できません。惑星形成論では、水の凝固点である雪線とよばれる周期数年程度の軌道長半径が、ガス惑星と地球型惑星を切り分ける重要な位置です。つまり、木星のような雪線付近のガス惑星がどの程度存在するかが、太陽系惑星の普遍性を知る上では重要です。そこで GPU 超並列計算によりケプラー衛星データの解析をし、70 個弱の長周期のガス惑星を同定しました。結果、太陽系での木星に対応する惑星のみならず、現在の惑星形成論では説明が難しい海王星サイズの惑星が雪線の付近に多数存在することを発見しました。また、データ科学的な手法は、これまで発見されてこなかった宇宙物理学的な対象を見出すのにも役立ちます。ブラックホールや白色矮星と恒星からなる連星系では、天体が恒星の前面を通過するたびに一般相対論的現象である重力レンズ効果を起こすので、周期的増光が occurs。この現象は 1969 年にキップ・ソーンらが予言し、自己重力連星 (SLB) と呼ばれています。この SLB をケプラー衛星データから GPU を用いて探索し、現在知られている 5 つの SLB のうち 4 つを発見しました。これら SLB は白色矮星と恒星の連星で、その特徴が、Field Blue Straggler (FBS) とよばれる通常の進化系列からはずれる恒星とよく対応していることを見出しました (SLB-FBS connection)。上記の例の他にも、超新星爆発シミュレーションの重力波解析により原始中性子星からの重力波放射メカニズムを探る新しい手法の提案など、情報科学的なアプローチにより宇宙物理学の対象の新たな側面を明らかにしていく研究を行っています。

### 衛星・望遠鏡計画におけるサイエンス立案

衛星計画や地上望遠鏡計画におけるサイエンス立案を行ってきました。2019 年に JAXA S クラスミッションとして選出された JASMINE では、主目的であるバルジ方向の位置天文を行えない約半分の期間にトランジット系外惑星の探査を行うプロジェクト、Exo JASMINE を PI として提案し、JAXA で JASMINE の目的の一つに位置付けられています。また、TMT における直接撮像計画 SEIT/PSI-blue を 2012 年から国際協力で進めています。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

#### 1. Kawahara and Fujii (2010), **Global Mapping of Earth-like Exoplanets From Scattered Light Curves**, The Astrophysical Journal, Volume 720, Issue 2, pp. 1333-1350 (2010)

太陽系外惑星、特に地球型惑星の表面マップを直接撮像による光度曲線から再構築できることをはじめて示した論文。この研究は Aspen Physics Center により Martin Block Award を授与された。(引用回数 58 回(GS/Jul. 29, 2019))

#### 2. Akamatsu and Kawahara (2013). **Systematic X-Ray Analysis of Radio Relic Clusters with Suzaku**, Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol.65, No.1, article id.16, 10 pp.

衝突銀河団にみられるアーク状の電波放射 (電波レリク) が衝突に伴うショック構造であることを、すざく衛星による温度測定で温度のギャップがレリク前後に存在することを示すことで明らかにした論文。マップ数推定もできた。この論文は日本天文学会欧文論文報告賞に選ばれた。(引用回数 101 回(GS/Jul. 29, 2019))

#### 3. Kawahara, Murakami, Matsuo, and Kotani (2014), **Spectroscopic Coronagraphy for Planetary Radial Velocimetry of Exoplanets**, The Astrophysical Journal Supplement, Volume 212, Issue 2, article id. 27, 10 pp. (2014).

本論文では、高分散分光をコロナグラフ後に組み合わせることで、従来よりかなり効率的に系外惑星大気分子の検出効率を上げられることを示した。本論文を契機にすばる望遠鏡での SCEXAO と IRD を接続する REACH プロジェクトが発足し、TMT における直接撮像計画 PSI における一つのキー概念となっている。(引用回数 13 回(ADS/Jul. 29, 2019))

#### 4. Nugroho, Kawahara, Masuda, Hirano, Kotani, and Tajitsu (2017), **High-resolution Spectroscopic Detection of TiO and a Stratosphere in the Day-side of WASP-33b**, The

Astronomical Journal, Volume 154, Issue 6, article id. 221, 16 pp. (2017).

本論文は、系外惑星においてはじめて温度逆転層を生じる原因分子の候補である TiO と温度逆転構造を、すばる望遠鏡により検出した。第一著者の Nugroho は東北大から委託の博士学生で、本研究をもとに博士号を取得した。(引用回数 35 回(ADS/Jul. 29, 2019))

5. Kawahara, Masuda, MacLeod, Latham, Bieryla, and Benomar (2018)、**Discovery of Three Self-lensing Binaries from Kepler**, The Astronomical Journal, Volume 155, Issue 3, article id. 144, 16 pp. (2018).

本論文は、Kip Thorne により 70 年代に予言されていた自己重力レンズ連星 (コンパクト星と恒星の連星で、コンパクト星が恒星前面を通過することで重力レンズ増光が繰り返し起きる現象) をケプラーデータ中に 3 つ発見した論文。自己重力レンズ連星と Field Blue Straggler の関係を明らかにした。現在見つかった自己重力レンズ連星 5 つのうち 4 つはこの論文で発見されたものである。(引用回数 8 回(ADS/Jul. 29, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ Akamatsu and Kawahara, 日本天文学会 欧文研究報告論文賞 2017 年 3 月

#### 5. 研究の将来計画

系外惑星大気は、放射伝達や対流によるエネルギー収支として定式化されます。これに化学過程や分子吸収、雲のような凝結成分などの微物理のモデリングを通じて、大気構造が決定されます。このモデルに量子遷移データを用いることで、惑星光のスペクトルを計算することができます。逆に観測結果に理論モデリングとベイズ統計手法を用いることにより大気構造や微物理を推定可能です。現在の系外惑星研究は、この複雑な理論モデリングがあって初めて観測の解析や装置計画の立案が可能になる点が特徴であり、まさにこの部分を重点的に進めていきたいと考えています。装置としては、大型望遠鏡 TMT 計画において進めている直接撮像装置 PSI (Planet System Imager) を念頭に進めていきます。PSI は国際協力で進めているプロジェクトで、私が中心的にすすめているのは、日本側担当の可視・近赤外光装置 PSI-blue/SEIT です。その主要な特徴の一つである高分散コロナグラフのプロトタイプをすばる望遠鏡で開発継続中 (REACH, 2018 年 First light 済) であり、実際の観測データ解析や装置設計と密に連携しながら進めることができる強みがあります。また、系外惑星情報科学を同時に進めていきます。人工衛星からの光度曲線データが主な解析対象となります。多量のデータに GPU 超並列計算や機械学習を用いた方法論で挑み、系外惑星の発見・分布決定を行い、太陽系惑星の普遍性の解明や惑星形成論への制約を与えていきたいと考えています。このために既に理研の深層学習のエキスパートと共同研究を進めています。データとしては、現在は NASA の TESS 衛星 (数千億天体) に取り組んでいますが、JAXA の衛星である Jasmine を利用した系外惑星探査 (Exo Jasmine) を PI として推進中です。2025 年くらいから Exo Jasmine のデータを解析し、海洋を持てる地球型惑星までの惑星検出を目指します。並行して、超小型衛星による系外惑星探査ミッション LOTUS を、PI として東大工学部 (中須賀真一研) と進めています。この計画では 5 年以上にわたる多量の光度曲線をえて、木星のような太陽系に存在する冷たい惑星を、追観測可能な地球近傍で発見することを目指しています。これらの計画はデータ科学的な側面が強いサーベイ計画であり、情報科学的な観点をあわせもった宇宙物理学研究をすすめて成功させたいと考えています。

#### 6. 競争的資金獲得状況

1. **科研費・新学術領域研究**、研究課題名 新しい重力波の時間周波数解析法で探る超新星爆発メカニズム、研究期間 (年度) 2018 - 2019 ¥2,000,000 研究種目 新学術領域研究 (研究領域提案型)
2. **科研費・若手 B**、研究課題名 クールワールドにおける系外惑星探査とキャラクターゼ

ーション 研究期間 (年度) 2017 - 2020、¥4,030,000

3. **科研費・若手 B** 研究課題名 太陽系外惑星探査のためのリモートセンシング法の構築 研究期間 (年度) 2013 - 2016 研究種目 若手研究 (B) ¥4,030,000

#### アストロバイオロジーセンター公募研究

4. **研究課題名 GPU ライトカーブ解析で探るクールな領域の惑星(継続)** 研究期間 (年度) 2017 ¥2,700,000
5. **研究課題名 GPU ライトカーブ解析で探るクールな領域の惑星** 研究期間 (年度) 2016 ¥1,500,000
6. **NINS 宇宙における生命研究分野プロジェクト研究課題名 地球型系外惑星における「第二の地球」の想定を超えた惑星・生命探査の検討** 研究期間 (年度) 2014 ¥600,000

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. **Self-lensing Discovery of a 0.2 M<sub>⊙</sub> White Dwarf in an Unusually Wide Orbit around a Sun-like Star**  
Masuda, Kawahara, Latham, Bieryla, Kunitomo, MacLeod, Aoki  
The Astronomical Journal Letters, Volume 881, Issue 1, article id. L3, 27 pp. (2019).
2. **Transiting Planets Near the Snow Line from Kepler. I. Catalog**  
Kawahara and Masuda (2019)  
The Astronomical Journal, Volume 157, Issue 6, article id. 218, 27 pp. (2019).
3. **Back to “Normal” for the Disintegrating Planet Candidate KIC 12557548 b**  
Schlawin, Hirano, Kawahara et al. (2018)  
The Astronomical Journal, Volume 156, Issue 6, article id. 281, 15 pp. (2018).
4. **A Linear and Quadratic Time-Frequency Analysis of Gravitational Waves from Core-collapse Supernovae**  
Kawahara, Kuroda, Takiwaki, Hayama, and Kotake (2018)  
The Astrophysical Journal, Volume 867, Issue 2, article id. 126, 13 pp. (2018).
5. **X-ray study of the double radio relic Abell 3376 with Suzaku**  
Urdampilleta, Akamatsu, Mernier, Kaastra, de Plaa, Ohashi, Ishisaki, and Kawahara (2018)  
Astronomy & Astrophysics, Volume 618, id.A74
6. **Systematic Search for Rings around Kepler Planet Candidates: Constraints on Ring Size and Occurrence Rate**  
Aizawa, Masuda, Kawahara, and Suto (2018)  
The Astronomical Journal, Volume 155, Issue 5, article id. 206, 18 pp. (2018).
7. **Discovery of Three Self-lensing Binaries from Kepler**  
Kawahara, Masuda, MacLeod, Latham, Bieryla, and Benomar (2018)  
The Astronomical Journal, Volume 155, Issue 3, article id. 144, 16 pp. (2018).

8. **Suzaku and Chandra observations of the galaxy cluster RXC J1053.7+5453 with a radio relic**  
Itahana et al. [5/13] (2017)  
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 69, Issue 6, id.88
9. **High-resolution Spectroscopic Detection of TiO and a Stratosphere in the Day-side of WASP-33b**  
Nugroho, Kawahara, Masuda, Hirano, Kotani, and Tajitsu (2017)  
The Astronomical Journal, Volume 154, Issue 6, article id. 221, 16 pp. (2017).
10. **Toward Detection of Exoplanetary Rings via Transit Photometry: Methodology and a Possible Candidate**  
Aizawa, Uehara, Masuda, Kawahara, and Suto (2017)  
The Astronomical Journal, Volume 153, Issue 4, article id. 193, 23 pp. (2017)
11. **Suzaku observations of the merging galaxy cluster Abell 2255: The northeast radio relic**  
Akamatsu et al. [6/15] (2017)  
Astronomy & Astrophysics, Volume 600, id.A100, 12 pp.
12. **Frequency Modulation of Directly Imaged Exoplanets: Geometric Effect as a Probe of Planetary Obliquity**  
Kawahara (2016)  
The Astrophysical Journal, Volume 822, Issue 2, article id. 112, 11 pp. (2016).
13. **Transiting Planet Candidates Beyond the Snow Line Detected by Visual Inspection of 7557 Kepler Objects of Interest**  
Uehara, Kawahara, Masuda, Yamada, and Aizawa (2016)  
The Astrophysical Journal, Volume 822, Issue 1, article id. 2, 11 pp. (2016).
14. **Suzaku observations of the galaxy cluster 1RXS J0603.3+4214: Implications of particle acceleration processes in the "Toothbrush" radio relic**  
Itahana, Takizawa, Akamatsu, Ohashi, Ishisaki, Kawahara, and van Weeren (2015)  
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 67, Issue 6, id.11314 pp.
15. **Suzaku X-ray study of the double radio relic galaxy cluster CIZA J2242.8+5301**  
Akamatsu et al. [4/10] (2015)  
Astronomy & Astrophysics, Volume 582, id.A87, 12 pp.
16. **Absolute Dimensions of a Flat Hierarchical Triple System KIC 6543674 from the Kepler Photometry**  
Masuda, Uehara, and Kawahara (2015)  
The Astrophysical Journal Letters, Volume 806, Issue 2, article id. L37, 7 pp. (2015).
17. **Lifetime and Spectral Evolution of a Magma Ocean with a Steam Atmosphere: Its Detectability by Future Direct Imaging**  
Hamano, Kawahara, Abe, Onishi, and Hashimoto (2015)  
The Astrophysical Journal, Volume 806, Issue 2, article id. 216, 17 pp. (2015).
18. **Theoretical Emission Spectra of Atmospheres of Hot Rocky Super-Earths**  
Ito, Ikoma, Kawahara, Nagahara, Kawashima, and Nakamoto (2015)

- The Astrophysical Journal, Volume 801, Issue 2, article id. 144, 15 pp. (2015).
19. **Spectroscopic Coronagraphy for Planetary Radial Velocimetry of Exoplanets**  
Kawahara, Murakami, Matsuo, and Kotani (2014)  
The Astrophysical Journal Supplement, Volume 212, Issue 2, article id. 27, 10 pp. (2014).
  20. **Exploring Hot Gas at Junctions of Galaxy Filaments with Suzaku**  
Mitsuishi, Kawahara, Sekiya, Sasaki, Soubie, and Yamasaki (2014)  
The Astrophysical Journal, Volume 783, Issue 2, article id. 137, 12 pp. (2014).
  21. **Starspots-Transit Depth Relation of the Evaporating Planet Candidate KIC 12557548b**  
Kawahara, Hirano, Kurosaki, Ito, and Ikoma (2013)  
The Astrophysical Journal Letters, Volume 776, Issue 1, article id. L6, 6 pp. (2013).
  22. **Probing the extreme planetary atmosphere of WASP-12b**  
Swain et al. [7/10] (2013)  
Icarus, Volume 225, Issue 1, p. 432-445.
  23. **Validity of Hydrostatic Equilibrium in Galaxy Clusters from Cosmological Hydrodynamical Simulations**  
Suto, Kawahara, Kitayama, Sasaki, Suto, and Cen (2013)  
The Astrophysical Journal, Volume 767, Issue 1, article id. 79, 11 pp. (2013).
  24. **Systematic X-Ray Analysis of Radio Relic Clusters with Suzaku**  
Akamatsu and Kawahara (2013)  
Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol.65, No.1, article id.16, 10 pp.
  25. **The Spin Effect on Planetary Radial Velocimetry of Exoplanets**  
Kawahara (2012)  
The Astrophysical Journal Letters, Volume 760, Issue 1, article id. L13, 6 pp. (2012).

(2) 査読無し原著論文

1. **SCEXAO, an instrument with a dual purpose: perform cutting-edge science and develop new technologies**  
Lozi et al. [15/34] (2018)  
Proceedings of the SPIE, Volume 10703, id. 1070359 12 pp. (2018).
2. **The infrared Doppler (IRD) instrument for the Subaru telescope: instrument description and commissioning results**  
Kotani et al. [44/57] (2018)  
Proceedings of the SPIE, Volume 10702, id. 1070211 11 pp. (2018).
3. **Radial Velocity Follow-up of the Disintegrating Planet KIC 12557548b**  
Masuda, Hirano, Kawahara, and Sato  
Research Notes of the American Astronomical Society, Volume 2, Issue 1, article id. 50, (2018).
4. **Development of speckle nulling technique for the Savart-plate lateral-shearing interferometric nuller for exoplanets (SPLINE)**

- Yoneta, Murakami, Kotani, Kawahara, Matsuo, Baba, and Tamura (2016)  
Proceedings of the SPIE, Volume 9912, id. 99126I 8 pp. (2016).
5. **The SCEXAO high contrast imager: transitioning from commissioning to science**  
Jovanovic et al. [18/37] (2016)  
Proceedings of the SPIE, Volume 9909, id. 99090W 10 pp. (2016).
  6. **Laboratory demonstration of the Savart-plate lateral-shearing interferometric nuller for exoplanets (SPLINE)**  
Kitou, Murakami, Kida, Baba, Matsuo, Kotani, Kawahara, and Tamura (2014)  
Proceedings of the SPIE, Volume 9151, id. 91515N 7 pp. (2014).
  7. **High-contrast planet imager for Kyoto 4m segmented telescope**  
Matsuo et al. [4/23] (2014)  
Proceedings of the SPIE, Volume 9147, id. 91471V 20 pp. (2014).
  8. **Infrared Doppler instrument (IRD) for the Subaru telescope to search for Earth-like planets around nearby M-dwarfs**  
Kotani et al. [53/54] (2014)  
Proceedings of the SPIE, Volume 9147, id. 914714 12 pp. (2014).
  9. **Development of the Savart-plate lateral-shearing interferometric nuller for exoplanet (SPLINE)**  
Murakami, Kida, Baba, Matsuo, Kotani, Kawahara, Fujii, and Tamura (2012)  
Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV. Proceedings of the SPIE, Volume 8446, article id. 84468H, 8 pp. (2012).
  10. **Second-Earth imager for TMT (SEIT): concept and its numerical simulation**  
Matsuo et al. [4/14] (2012)  
Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV. Proceedings of the SPIE, Volume 8446, article id. 84461K, 8 pp. (2012).
  11. **SUZAKU observation of filamentary junctions in the SDSS galaxies**  
Kawahara  
SUZAKU 2011: Exploring the X-ray Universe: Suzaku and Beyond. AIP Conference Proceedings, Volume 1427, pp. 340-341 (2012).

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. 河原創(2018) 系外惑星探査 地球外生命をめざして 288p, 東京大学出版会, ISBN 978-4-13-062727-6

(5) その他著作物

1. 河原 創 (2017). 楽しい逆問題, OplusE 5月号 450.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. **Kawahara, JpGU 2018, B-A001 Astrobiology session,**

Title How to find an Earth analog and a solar-system analog in the world of exoplanets, Hajime Kawahara, May 22th, (2018)

2. **Kawahara, Towards Gravitational-Wave Astronomy of core-collapse SuperNovae (GWASNe2018),**

Title Time-Frequency Analysis of Multimodal Gravitational Wave, Hajime Kawahara, Jan 31th (2018), NAOJ, Mitaka

3. **Kawahara, Planet formation around snowline,**

Title Finding transiting objects around snowline, Hajime Kawahara, Nov 30th (2017), The University of Tokyo

4. **Kawahara, Origin and Diversity of Planetary Systems from the Microscope to the Telescope, Planet2 Symposium**

Title Transiting Planets near and beyond the snow line, Hajime Kawahara Feb. 20th (2017), Nice, France

5. **Kawahara, German-Japanese Exoplanet Conference**

Title Characterization of Exoplanets with High-Contrast and High-Dispersion Instruments on Extremely Large Telescopes, Hajime Kawahara, Nov 6<sup>th</sup> (2014)

Heiderberg, Germany,

6. **Kawahara, JpGU Meeting 2014**

Title Characterization of Exoplanets with High Contrast Instruments, Hajime Kawahara, Apr 28 (2014)

Yokohama, Japan

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2016年度 修士1名 (上原翔、首都大学東京)
- ・ 2017年度 博士1名 (Stevanus Nugroho, 東北大委託)

担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学演習 I, 2013~2018年度
- ・ 理学部 リモートセンシング・GIS, 2013~2018年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ すばる・TMTサイエンスブック 執筆者



11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会 2013～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会 2018 年度

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

学生数：1名（東北大委託） 研究者数：0名

(2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 0名

# 高橋 聡

## I. 略歴

氏名： 高橋 聡 (たかはし さとし)

年齢： 36 歳

現職： 助教

### 学歴

2002 年 3 月 岩手県立盛岡第一高等学校卒業

2006 年 3 月 東北大学地圏環境科学学科卒業

2008 年 3 月 東北大学理学研究科地学専攻修士課程修了

2011 年 3 月 東北大学理学研究科地学専攻博士課程修了

2011 年 3 月 博士 (理学) 取得 (東北大学)

### 職歴

2006 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 (東北大学理学研究科地学専攻)

2011 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

2018 年 8 月～2019 年 9 月 Visiting Scholar, Earth and Environment, University of Leeds

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

**岩手県北東部、北部北上帯の地質学的研究：**北部北上帯の葛巻―釜石亜帯と安家―田野畑亜帯の境界(岩泉構造線)が位置する地域を地質調査し、地質図、コノドント化石年代、砂岩組成分布を明らかにした。両亜帯を区分する根拠のひとつであった砂岩組成は、従来考えられていたように断層(構造線)を挟んで明瞭に区別されるわけではなく、境界付近では砂岩組成が必ずしも区分の根拠にはならないことを示した(高橋ほか, 2006; 永広ほか, 2008; 高橋ほか 2016; 日本地質学会 2018 年奨励賞)。

**日本に残る後期ペルム紀―前期三畳紀の深海堆積物の研究：**日本に残る深海堆積物を用いて、史上最大の大量絶滅が起きたペルム紀末からその回復期である前期三畳紀のパンサラッサ海(古太平洋)における古環境変動記録の復元に取り組んだ。さらに、その付加体地質の中から、大量絶滅期とその回復期を記録した深海地層を微化石と安定同位体比層序を利用して見出しており(Takahashi et al., 2009ab, 2010; Muto et al., 2018, 2019)、研究に必要な研究試料を自身で揃えるに至っている。微化石に関する研究は年代の議論にとどまらず、古生代-中生代前期(三畳紀)の代表的な示準化石であるコノドント動物化石の産出状況の詳細記載から、当時の海洋構造や生態系について言及している(Takahashi et al., 2019b)。上述のような研究を通して時代を認定した堆積岩試料を詳細に化学分析することで、大量絶滅と回復期の海洋環境を詳細に解読してきた。主な成果は、試料中の有機物や微量元素の濃度増加を検出し、大量絶滅期における硫化水素環境の発達とその後の回復期に繰り返し貧酸素環境が形成されたことを示したものである(Takahashi et al., 2009b, 2014, 2015)。さらに、大量絶滅期の深海泥岩においては、鉄のホスト物質や埋没量に言及し、深海における鉄元素供給が停滞していたこと、モリブデンなどの生物必須元素の枯渇が起きていた可能性があることを世界で初め

て示した(Takahashi et al., 2014; 2019a)。

**ニュージーランドに位置するペルム紀–三畳紀の深海堆積物の研究:**ニュージーランド北島に分布する南半球高緯度遠洋域ペルム紀–三畳紀の深海堆積物を用いて、コノドント化石の検出、炭素・硫黄同位体比の分析を行い、模式層との対比を行った。(Hori et al., 2011; Takahashi et al., 2013; Takahashi et al., in prep.)。得られた層序を基に、当時の海洋環境を復元する地球化学的な研究を遂行している(Takahashi et al., in prep.)

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. **Satoshi Takahashi**, Satoshi Yamakita, Noritoshi Suzuki, Kunio Kaiho, Masayuki Ehiro (2009). High organic carbon content and a decrease in radiolarians at the end of the Permian in a newly discovered continuous pelagic section: a coincidence?, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, 271, 1-12.

被引用件数 45 回 (Research Gate 調べ)。最も連続的な遠洋域深海相の古生代–中生代の層序記録、化石数の減少と無酸素水塊の発達の同時性を示す文献として引用されている。

2. **Satoshi Takahashi**, Shin-ichi Yamasaki, Yasumasa Ogawa, Kazuhiko Kimura, Kunio Kaiho, Takeyoshi Yoshida, Noriyoshi Tsuchiya, (2014). Bioessential element-depleted ocean following the euxinic maximum of the end-Permian mass extinction, *Earth and Planetary Science Letters* 33, 94-104.

被引用件数 34 回 (Research Gate 調べ)。古生代末の低緯度遠洋域の海洋環境が無酸素–硫化水素環境にあったこと、酸化還元鋭敏元素の大量堆積が置き海水から同元素が減少したことを示した。

3. **Satoshi Takahashi**, Shin-ich Yamasaki, Kazuhiro Ogawa, Kunio Kaiho, Noriyoshi Tsuchiya, (2015). Redox conditions in the end-Early Triassic Panthalassa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 432, 15–28.

被引用件数 14 回 (ResearchGate 調べ)。前期三畳紀の後期に低緯度遠洋域において貧酸素環境が発達したことを示した。

4. **高橋聡**・永広昌之・鈴木紀毅・山北聡, 2016. 北部北上帯の亜帯区分と渡島帯・南部秩父帯との対比: 安家西方地域のジュラ紀付加体の検討. *地質学雑誌* 122, 1-22.

被引用件数 2 回 (ResearchGate 調べ)。岩手県北部に分布する北部北上帯の葛巻一釜石亜帯と安家一田野畑亜帯の境界(岩泉構造線)が位置する地域を地質調査し、地質図、コノドント化石年代、砂岩組成分布を明らかにした。この研究は日本地質学会より奨励賞として表彰された。

5. **Satoshi Takahashi**, Satoshi Yamakita, and Noritoshi Suzuki (2019). Natural assemblages of the conodont *Clarkina* in lowermost Triassic deep-sea black claystone from northeastern Japan, with probable soft-tissue impressions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 524, 212-229. doi:10.1016/J.PALAEO.2019.03.034

被引用件数 0 回 (ResearchGate 調べ)。岩手県北部に分布する最前期三畳紀の遠洋深海成の粘土岩中から複数個体のコノドント自然集合体と軟体部の痕跡を見出した。当時の生態系構成と堆積環境を議論する貴重な資料として意義深い。

### 4. 受賞等

- ・高橋 聡, 日本有機地球化学会 研究奨励賞 (田口賞), 2012 年 8 月 22 日
- ・高橋 聡, 地球環境史学会 奨励賞, 2014 年 4 月 28 日
- ・高橋 聡, 日本地質学会 奨励賞, 2018 年 9 月 5 日

## 5. 研究の将来計画

**大目的：**地層中の堆積物に残された過去の生命環境記録を解説・理解する。地球史上の劇的な環境変化と生命活動の反応と回復過程の時空間的広がりを古生物学的・地球化学的手法を用いて明らかにする。

**個別目的：**

(1) **海洋環境変動と堆積物組成記録の現行プロセスの理解：**これまでの議論や研究者との分野交流を経て、地質時代の環境変動をより現代地球環境に近づけた尺度で定量的に説明することが、地球表層環境システムの理解に有用であることが課題としてみえてきた。そこで、現代地球環境のプロセスの理解を進めるために、現代～近過去の第四紀の海洋堆積物の研究を進める。この研究のために、2015年度に海洋研究開発機構の研究船に乗船し、過去15万年間の日本海深海の堆積物コアの採取活動に参加した。日本海は、遠洋域並の深さをもちながら、四方を陸に囲まれた閉鎖的な海洋であるために頻繁に溶存酸素環境の増減を繰り返しているので、格好の海洋環境モデルの研究対象である。採取した堆積物コアをもとに、溶存酸素環境の指標となる各元素指標（有機炭素、硫黄、モリブデン、ウラン、等）の濃集パターンを用いて富硫化水素海洋や貧酸素海洋から酸素に富む海洋環境に変化する過程の繰り返しを追跡し、連携研究者が取り組む、生態が明らかな現世種を含む化石群集の変化と生産性、陸源供給物質の変化、外洋海水との交流の有無による海水元素の再供給などのデータとを複合させることで、溶存酸素環境変化のメカニズムと生物活動の応答に対応した堆積物の化学組成の記録について実証的データを得る。

(2) **遠洋域海洋無酸素事象の要因とメカニズムの解明：**海洋環境変動の現行プロセスの理解を踏まえて、これまで明らかにしてきたペルム紀-三畳紀境界時期の海洋無酸素化現象が外洋に広く発達した要因とメカニズムを言及していきたいと考えている。溶存酸素環境の程度を検討する各元素指標を単位時間毎に均等に分析し、海洋の酸素消費の進行過程と堆積物組成が類似した現在～近過去の無酸素海水発達モデルをあてはめてメカニズムを考察する（富栄養による生物生産過多や海洋の成層化など）。これらのデータに加え、極端温暖化や陸域環境を荒廃させたとされる大規模火山活動と海水酸素を直接消費した一次生物生産の変化タイミングを、オスミウム同位体比と光合成生物由来分子化石のデータを加えることでそれぞれ明らかにし、地球史上最大の環境異変を起こすトリガーとなった有力候補の大規模火山活動と海洋の無酸素化までの進行時間と、火山活動の総合的な規模（海水に流入した火山起源物質の流入量）に対応した無酸素海洋の規模との関係を明らかにし、その因果関係を考察する。これは、大量絶滅時の火山活動と同じく数千ギガトンオーダーの温室効果ガスの放出が指摘されている現代地球環境の今後数万年～数百万年オーダーでの環境変動を示す参考モデルを提供する意義があると考えている。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 深田地質研究助成金 ペルム紀末大量絶滅期の深海層序の完全復元と環境変動の解説、研究代表者、2013年度、総額 500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 A、数百年～数千年スケールの東アジアモンスーン変動の出現時期、時代変化とその制御要因、研究分担者、2016—2019年度、総額 41,340,000 円
- ・ 日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究、新しい指標セリウム同位体比を用いた後期更新世の日本海溶存酸素環境史の復元、研究分担者、2014～2015年度、総額 3,770,000 円
- ・ 東京地学協会助成金、前期三畳紀の南部北上古陸周辺の海洋環境と生態系進化の解明、研究代表者、2016年度、総額 500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 C、史上最大大量絶滅期の無酸素海洋の要因としての火山活動と高一次生産の評価、研究代表者、2017-2019年度、総額 3,100,000 円

- ・ 東京大学若手研究者の国際展開事業（派遣先 イギリス リーズ大学）， 2018年8月～2019年度9月,総額 2500,000円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究B, 配位環境分析に基づく続成作用が重元素安定同位体比に与える影響の解明, 分担研究者 令和1～3年度 総額 17,680,000円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Rie S. Hori, Paul Gorjan, Takahiro Watanabe, Satoshi Yamakita, Yoshiaki Aita, Atsushi Takemura, K Bernhard Spörl, Takeshi Kakegawa, Masahiro Oba, (2013). Sulfur isotope profiles in the pelagic Panthalassic deep sea during the Permian–Triassic transition, *Global and Planetary Change* 105, 68-78.
2. Ryosuke Saito, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Satoshi Takahashi, Zhong-Qiang Chen, Jinnan Tong, (2012). A terrestrial vegetation turnover in the middle of the Early Triassic. *Global and Planetary Change* 105, 152–159.
3. 高橋 聡, (2013). ペルム紀–三畳紀境界の遠洋域深海堆積岩の古生物学的地球化学的研究. *Research Organic geochemistry* 29, 1-16.
4. Ryoichi Nakada, Kazuhiro Ogawa, Noritoshi Suzuki, Satoshi Takahashi, Yoshio Takahashi, (2014). Late Triassic compositional changes of aeolian dusts in the pelagic Panthalassa: Response to the continental climatic change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 393, 61-75.
5. Satoshi Takahashi, Shin-ichi Yamasaki, Yasumasa Ogawa, Kazuhiko Kimura, Kunio Kaiho, Takeyoshi Yoshida, Noriyoshi Tsuchiya, (2014). Bioessential element-depleted ocean following the euxinic maximum of the end-Permian mass extinction, *Earth and Planetary Science Letters* 33, 94-104.
6. Ryoichi Nakada, Taka'aki Shirai, Satoshi Takahashi, Noritoshi Suzuki, Kazuhiro Ogawa, Yoshio Takahashi, (2014). A geochemical constraint on the formation process of a manganese carbonate nodule in the siliceous mudstone of the Jurassic accretionary complex in the Mino Belt, Japan. *Journal of Asian Earth Sciences* 96, 59–68.
7. Ryosuke Saito, Masahiro Oba, Kunio Kaiho, Philippe Schaeffer, Pierre Adam, Satoshi Takahashi, Fumiko Watanabe Nara, Zhong-Qiang Chen, Jinnan Tong, Noriyoshi Tsuchiya, (2014). Extreme euxinia just prior to the Middle Triassic biotic recovery from the latest Permian mass extinction. *Organic Geochemistry* 73, 113—122.
8. Yuichiro Nishikane, Kunio Kaiho, Charles M. Henderson, Satoshi Takahashi, Noritoshi Suzuki, (2014). Guadalupian–Lopingian conodont and carbon isotope stratigraphies of a deep chert sequence in Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 403, 16-29.
9. Jack Grant Mackie, Satoshi Yamakita, T. Matsumoto, Rie Hori, Atsushi Takemura, Yoshiaki Aita, Satoshi Takahashi, Hamish Campbell, (2014). A probable shark dorsal fin spine fragment from the Early Triassic of the Arrow Rocks sequence, Whangaroa, northern New Zealand. *New Zeal. J. Geol. Geophys.*, 1–5.
10. Satoshi Takahashi, Shin-ich Yamasaki, Kazuhiro Ogawa, Kunio Kaiho, Noriyoshi Tsuchiya, (2015). Redox conditions in the end-Early Triassic Panthalassa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 432, 15–28.
11. 高橋 聡・永広昌之・鈴木紀毅・山北聡, (2016). 北部北上帯の垂帯区分と渡島帯・南部秩父帯との対比：安家西方地域のジュラ紀付加体の検討. *地質学雑誌* 122, 1-22.

12. Ryosuke Saito, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Jinnan Tong, Zhong-Qiang Chen, Satoshi Takahashi, Jing Chen, Li Tian, Raman Kumar Biswas, (2016). Secular changes in environmental stresses and eukaryotes during the Early Triassic to the early Middle Triassic. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 451, 35-45.
13. Kunio Kaiho, Ryosuke Saito, Kosuke Ito, Takashi Miyaji, Raman Biswas, Li Tian, Hiroyoshi Sano, Zhiqiang Shi, Satoshi Takahashi, Jinnan Tong, Lei Liang, Masahiro Oba, Fumiko W. Nara, Noriyoshi Tsuchiya, (2016). Effects of soil erosion and anoxic-euxinic ocean in the Permian-Triassic marine crisis. *Heliyon*, 2 (8), e00137.
14. Ryosuke Saito, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Jinnan Tong, Zheng Q. Chen, Li Tian, Satoshi Takahashi, Meguru Fujibayashi, (2017). Tentative identification of diagenetic products of cyclic biphytanes in sedimentary rocks from the uppermost Permian and Lower Triassic. *Organic Geochemistry* 111, 144-153.
15. Shun Muto, Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, Noritoshi Suzuki, Nozomi Suzuki, Yoshiaki Aita, Y., (2018). High sediment input and possible oceanic anoxia in the pelagic Panthalassa during the latest Olenekian and early Anisian: Insights from a new deep-sea section in Ogama, Tochigi, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 490, 687-707.
16. Shun Muto, Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, Katsuhito Soda and Tetsuji Onoue, (2019). Conodont-based age calibration of the Middle Triassic Anisian radiolarian biozones in pelagic deep-sea bedded chert, *bulletin of geological survey of Japan*, 70, 40-89.
17. Satoshi Takahashi, Ryoichi Nakada, Yusuke Watanabe, Yoshio Takahashi, (2019). Iron-depleted pelagic water at the end-Permian mass extinction inferred from chemical species of iron and molybdenum in deep-sea sedimentary rocks. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 516,384-399.
18. *Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, and Noritoshi Suzuki*, (2019). Natural assemblages of the conodont *Clarkina* in lowermost Triassic deep-sea black claystone from northeastern Japan, with probable soft-tissue impressions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*,524, 212-229.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. Takahashi, S. (2014). Interactive comment on “ Amelioration of marine environments at the Smithian – Spathian boundary, Early Triassic ” by L . Zhang et al ., 7416-7419.
2. 高橋 聡・吉澤和子・中嶋保寿・武藤俊・田代貴志・對比地孝亘・御前明洋・永広昌之 (2017). 前期三畳紀の南部北上古陸周辺の海洋環境と生態系進化の解明, 地学ニュース (平成 28 年度助成金報告-調査・研究) N95.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Satoshi Takahashi, Shin-ichi Yamasaki, Yasumasa Ogawa, Kazuhiko Kimura, Kunio Kaiho, Takeyoshi Yoshida, Noriyoshi Tsuchiya: Bioessential element-depleted ocean following the euxinic maximum of the end-Permian mass extinction. SE44-A006, Asia Oceania Geoscience, Sapporo, Japan, 2014/6/30.

2. 高橋聡・山崎慎一・小川泰正・木村和彦・吉田武義・土屋範芳・中田 亮一・海保邦夫・高橋 嘉夫, ペルム紀末大量絶滅期の還元環境における微量元素の挙動. 2E02, 日本地球化学会 2015年9月17日.
3. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Satoshi Yamakita, Masahiro Oba, Shin-ichi Yamasaki, Noriyoshi Tsuchiya, Takeshi Kakegawa, Takeyoshi Yoshida, Noritoshi Suzuki, Masayuki Ehiro, Ryoichi Nakada, Yusuke Watanabe, Yoshio Takahashi, Yasumasa Ogawa, Kazuhiko Kimura, The end-Permian mass extinction event in the pelagic Panthalassa (Oral). 日本古生物学会 2018年年会. 2018 東北大学 青葉山北キャンパス (宮城県仙台市) 2018/6/22

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績(※修士・博士は多田隆治教授と共同指導)

- ・ 2013年度 学士1名 (武藤俊)
- ・ 2014年度 学士1名 (内田光哉) 修士1名 (水谷茜)
- ・ 2015年度 学士1名 (吉澤和子), 修士1名 (武藤俊)
- ・ 2016年度 学士1名 (松本廣直), 修士1名 (内田光哉)
- ・ 2018年度 博士1名 (武藤俊)

担当講義

- ・ 理学部 岩石組織学実習, 2012~2018年度
- ・ 理学部 地形地質調査法および実習, 2012~2018年度
- ・ 理学部 野外調査実習 I, 2012~2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学演習, 2012~2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習, 2012~2017年度

指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 1名 (2017年 武藤俊)
- ・ InterRad 学生優秀発表賞 1名 (2017年 武藤俊)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地質学会選挙管理委員, 2011年度, 2013年度, 2015年度
- ・ 地球環境史学会総務代表, 2014—2015年度
- ・ 地球環境史学会, 評議委員, 2013~2019年度
- ・ 有機地球化学会, ニュースレター編集委員, 2013~2019年度
- ・ 日本地質学会 地質学雑誌ゲスト編集委員, 2017~2018年度
- ・ 日本地球惑星科学連合 交流行事(Geofut), 代表, 2016-2017年度

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 高橋聡，諏訪台中学校キャリアアップ授業，東京都荒川区，2013年
- ・ 高橋聡，安家森に眠る古生代—中生代の地層」，岩泉町教育委員会主催一般講演会 「もっと知ろう！岩泉の貴重なジオサイト」にて講演，岩泉町民会館，2015年2月14日
- ・ 高橋聡，岩泉町教育委員会編 「三陸ジオガイドブック」に寄稿，2015年発行
- ・ 高橋聡，「岩泉に眠る古生代—中生代の境界地層」，岩手県立博物館日曜講座，2016年7月10日
- ・ 高橋聡，「大量絶滅のとき海はどう応答したか」，NYS17地球科学若手の会講師，2017年11月12日
- ・ 高橋聡，「地層はタイムカプセル」，市立清田小学校 出前授業 講師 2017年12月19日
- ・ 高橋聡「地層はタイムカプセル」，日本地球惑星科学連合 高校生のための冬休み講座 2017 講師，2017年12月28日
- ・ 大地の記憶生命の奇跡①「P—T境界層に脚光 生物大量絶滅の痕跡」岩手日報朝刊 14面トップ，2013年11月24日
- ・ 地質学者オーイシはかせのいわてのジオのモノがたり第44回 「古生代—中生代境界層 史上最大の大量絶滅」，岩手日報，2016年2月27日．
- ・ 地層に過去、未来 東大助教の高橋さん 清田小で出前授業 岩手日々新聞，2017年12月21日

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会，委員，2013～2018年度
- ・ 地球惑星環境学科 教務委員会，委員，2013～2018年度
- ・ 地球惑星科学専攻 岩石倉庫管理，2015～2016年度
- ・ 地球惑星科学専攻 学生薄片室管理係，2015～2018年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 1名



# 茂木 信宏

## I. 略歴

氏名： 茂木 信宏（もてき のぶひろ）

年齢： 38 歳

現職： 助教

### 学歴

2003 年 3 月 東京工業大学・第一類（理学部）・化学科 卒業

2003 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・修士課程 入学

2005 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・修士課程 修了

2005 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・博士課程 入学

2008 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・博士課程 修了

2008 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2005 年 4 月-2008 年 3 月 日本学術振興会特別研究員 DC1

2008 年 4 月-2011 年 3 月 東京大学先端科学技術研究センター・助教

2011 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・特任助教

2014 年 8 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻・助教（現在に至る）

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

気候変動科学分野でとくに素過程の理解の向上が必要視されているサブテーマである、「エアロゾルとその雲への影響」にかかわる観測研究に取り組んできた。エアロゾルは太陽放射を反射・吸収するとともに、地球アルベドの約半分に寄与している雲の生成・放射特性・消失に影響を与えることで、放射収支や降水過程を変化させている。エアロゾルは人為的に排出されるとともに気候状態に応じて陸上・海洋生態系からも多量に排出されている。一方、エアロゾルの海洋への沈着は栄養塩として生態系に影響を与えるため、気候システムと生態系を結ぶ物質循環の媒体としても役割を担っている。しかし、大気中で原子・分子や連続体よりも多様な特性と複雑なふるまいを示す微粒子については、従来の観測や模擬実験では解明できていない特性や素過程が多く残されている。大気の数値モデリングでは、よく分かっていない粒子系の特徴や素過程は無視されるか、仮説的なパラメータとして扱われている。このことは当然、そのような大気モジュールが組み込まれている気候システムモデルの結果にも大きな不確かさを生んでいる。私は、大気・気候における粒子系の難題の解明に貢献するために、「測定法開発と現場観測による実態の把握」を軸とする実証的研究を進めてきた。2012~2018 年度の間に、以下 3 つのテーマで新たな成果を生むことができた。

#### 【光吸収性エアロゾル（手法開発と新たな観測データ）】：

化石燃料やバイオマスの燃焼により発生する有色の炭素性エアロゾルや、風成塵として自然発生する鉱物ダスト粒子は、大気加熱や雪氷暗色化を通じて温暖化や大気・水循環の変化の一因となることが知られている。本研究では、光吸収性エアロゾルとしてはこれまで認知

されていなかった、人為起源の黒色酸化鉄（マグネタイト）の粒径別数濃度を観測する手法を初めて開発した。これまで、対流圏中の粒子鉄の質量の大部分は鉱物ダストに付随すると考えられてきたが、東京、沖縄、黄海・東シナ海上空、北極圏（地上・上空）で私たちが取得した地上・航空機観測のデータから、人為起源の黒色酸化鉄が少なくとも北半球全域にわたり高濃度で存在する（少なくとも黒色炭素の2割～4割の質量濃度）との画期的知見を得た。さらに全球モデルの放射計算に基づき、人為起源酸化鉄が茶色の有機炭素エアロゾルに匹敵するほど大気加熱に寄与していることを明らかにした。また、これらの観測データが説明できるように人為起源酸化鉄の発生量の仮定値を修正した全球モデル計算から、風成塵の供給が少ない南半球の広範囲の海域では、人為起源の黒色酸化鉄粒子が最も大きな鉄供給源であることを示唆した。

**【降水雲中の過飽和度（手法開発と素過程理解）】：**

地球大気エアロゾルの中でも、直接効果と間接効果の両方で主要な影響をもつ粒径範囲(0.1~2 μm)の微粒子は、主に、湿潤対流において雲粒化を介し降水に取り込まれることで大気から除去されている。そのため、エアロゾル濃度の空間分布と放射強制力を大気モデルで正しく算出するためには、少なくとも、大気からの除去率を大局的に決めている「湿潤対流に伴う凝結水生成率」および、「エアロゾル粒子の臨界過飽和度」、「降水雲の過飽和度」という3つの物理量を、大気モデルの中で正しく算出または仮定できるようにすることが必要である。本研究では、エアロゾルの除去素過程を支配するこれら3つの物理量の中で先行研究がほとんどない、「降水雲の過飽和度」を観測的に推定する新たな手法（粒子トレーサー法 2,10）を開発し、その観測手法を東アジア域の対流性の降水雲へ適用した。その結果、過飽和度の観測平均値と変動幅として  $0.08 \pm 0.03\%$  という数値が得られ、実際の降水雲の過飽和度の変動範囲は従来のモデル研究で仮定されていた0~1%という不確実幅よりもずっと小さいことが明らかになった。また、黒色炭素含有粒子の臨界過飽和度を細かく計算できる全球エアロゾルモデルを用いた感度実験から、降水雲中の過飽和度が  $0.08 \pm 0.03\%$  という狭い範囲の中で変化しただけで、黒色炭素の長距離輸送効率・全球平均濃度が2倍も変わることが示唆された。このような過飽和度への強い感度は人為起源・自然起源の有機エアロゾルなどにも当てはまる。本研究により、全球エアロゾル濃度分布のモデル予測性能の向上のために降水雲の過飽和度を観測から制約することの重要性が示された。

**【流体中の個別粒子測定法（手法開発）】：**

空気や水などの流体中に漂うナノ・マイクロスケールの粒子の測定技術は、物理学・化学・生物学・環境学・材料科学・産業・医療などきわめて多くの分野で必要とされている。既存の実時間測定法では、計測信号から物性と体積の情報をほとんど分離できないため、未知かつ複数の異なる粒子種が混在した粒子群について特徴と時空間変動を定量的に観測することが困難であった。本研究では、多くの科学技術分野での応用を想定した、流体中に漂うナノ・マイクロ粒子・気泡の物性と粒径の実時間測定法の開発を試みた。レーザービームを横断する粒子の前方散乱波の振幅と位相を検出する仕組みを考案し、装置を試作してその測定性能を実験的に検証した。その計測信号から、検出粒子群の体積と複素屈折率の実部・虚部を、粒子形状の影響を考慮して推定するアルゴリズムを開発した(Moteki JpGU 2019)。この個別粒子測定法は、非破壊・前処理不要・波長選択可能・絶対法（感度校正不要）・安価という多くの利点がある。そのため、現在の大気・海洋環境中の粒子分析だけでなく、アイスコアや堆積物中の粒子分析、ライフサイエンス、精密な物理化学実験、惑星探査にもなどにも応用可能と考えられる。産学連携窓口の(株)東大TLOを通じて特許を出願済みであり、そのライセンス契約を通じて分析機器開発企業と共同研究を始めている。

**3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）**

1. **Moteki, N.**, Mori, T., Matsui, H., Ohata, S. (2019), Observational constraint of in-cloud supersaturation for simulations of aerosol rainout in atmospheric models, *npj Climate and Atmospheric Science*, 2, 6, doi: 10.1038/s41612-019-0063-y. (引用回数1回 (GS/Sep. 4, 2019)).

降水雲の中の水蒸気過飽和度は、湿潤対流におけるエアロゾルの除去率を制御するためエアロゾル濃度空間分布に大きく影響するパラメータである。本論文では、降水で除去されたエアロゾルが雲の中で実際に経験した水蒸気過飽和度を±0.02%以内の誤差で推定できる手法を開発し、その新たな観測手法をもちいて東アジア域の降水雲中の過飽和度の値の範囲が $0.08 \pm 0.03\%$ （平均±標準偏差）であることを明らかにした。全球エアロゾルモデルの感度実験により、この観測された平均±標準偏差の範囲内での過飽和度の変動は、全球的な黒色炭素濃度を2倍も変化させることを示し、過飽和度の精密な観測データを取得することの重要性を示した。

2. Matsui, H., Mahowald, N. M., **Moteki, N.**, Hamilton, D. S., Ohata, S., Yoshida, A., Koike, M., Scanza, R. A., Flanner, M. G. (2018), Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer, *Nature communications*, 9, 1, 1593. (引用回数 14 回 (GS/Sep. 4, 2019))

人為起源の黒色酸化鉄の新たな観測データと全球モデルによる数値シミュレーションに基づき、化石燃料の燃焼等によってエアロゾルとして放出される人為起源鉄の全球平均の大気中濃度が、従来研究の見積りよりも約8倍も多いことを見出し、鉄が植物プランクトンの成長を律速すると考えられている南大洋広域において人為起源鉄が大気から海洋表層への主要な鉄供給源の1つとなっている可能性を示した。また、人為起源の黒色酸化鉄が、全球的に重要な大気加熱効果を持つことを明らかにした。気候科学の分野ではこれまでそれほど注目されていなかった人為起源鉄が、太陽放射の吸収による大気加熱効果や海洋生態系を介した大気冷却効果を通して、地球の気候に対して多面的かつ重要な役割を果たしていることを示唆した。

3. **Moteki, N.**, Adachi, K., Ohata, S., Yoshida, A., Harigaya, T., Koike, M., Kondo, Y. (2017). Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating, *Nature communications*, 8, 15329. (引用回数 37 回 (GS/Sep. 4, 2019))

地球大気に浮遊するエアロゾルのうち、黒い物質からなる粒子は、太陽光吸収により大気や雪氷面の加熱をもたらす。これまで人為起源の黒い粒子としては、化石・バイオ燃料燃焼時に放出される主に炭素から構成されるもの（炭素性粒子）しか知られていなかった。本研究で、独自開発の分析装置を搭載した航空機観測により、人為的な高温プロセスで生成した黒色の酸化鉄粒子が、東アジア上空の対流圏に高い質量濃度で存在していることを発見した。同時に、観測データに基づいた理論計算から、この黒色酸化鉄粒子が炭素性粒子に比べて無視できない程度に大きい大気加熱効果をもつことを示しました。この結果から、温暖化や水循環変化の一因となる人為起源の黒い粒子として、炭素性粒子だけではなく、黒色酸化鉄粒子も重要である可能性が示された。

4. Yoshida, A., **Moteki, N.** (責任著者), Ohata, S., Mori, T., Tada, R., Dagsson-Waldhauserova, P., Kondo, Y. (2016). Detection of light-absorbing iron oxide particles using a modified single-particle soot photometer, *Aerosol Science and Technology*, 50, 3, 1-4. (引用回数 12 回 (GS/Sep. 4, 2019))

従来、黒色炭素粒子の測定に使われていた単一粒子レーザー白熱法の測定原理を拡張し、大気中の個々の酸化鉄粒子の質量と混合状態を実時間測定できる手法を初めて確立した。この新たな観測手法により、実大気中の人為起源の酸化鉄粒子の粒径別数濃度・質量濃度とその時空間変化を、鉍物ダスト起源の酸化鉄粒子と区別して把握することが可能となった。本観測手法は上記の論文 2,3 で使われている。本論文の内容は、指導学生の卒業研究が基になっている。

5. **Moteki, N.**, Kondo, Y., Oshima, N., Takegawa, N., Koike, M., Kita, K., Matsui, H., Kajino, M. (2012). Size dependence of wet removal of black carbon aerosols during transport from the boundary layer to the free troposphere, *Geophysical Research Letters*, 39, 13, L13802. (引用回数 55 回 (GS/Sep. 4, 2019))

湿潤対流に伴い大気境界層内のエアロゾルが自由対流圏に鉛直輸送される過程で、小粒径

の粒子ほど高い効率で輸送されていることを、東アジア上空の航空機観測データから統計的に明らかにした。大気中で粒径が変化しない黒色炭素の単一粒子毎の質量のデータを利用することで、湿潤対流におけるエアロゾル輸送効率の粒径依存性を調べることを初めて可能にした。観測された除去効率の粒径依存性は、粒子の雲凝結核能の粒径依存性の推定値と類似しており、雲の中でのエアロゾルの雲粒活性化割合が、輸送・除去の効率を支配していることが示唆された。

#### 4. 受賞等

- ・ 茂木信宏, 日本気象学会 山本正野論文賞, 2013年10月

#### 5. 研究の将来計画

次の6年間の目標は、独自開発した微粒子の粒径・物性の実時間測定法をフィールド用の観測装置として実用化すると同時に次世代版の開発を続け、それを独自性の基軸として、国内外の実験・観測・モデル研究者と共同して地球表層環境の問題の理解に貢献することである。

##### 【流体中の個別粒子測定法（これまでの継続）】:

現有技術で測定されるのは粒子の前方散乱波の振幅・位相のみで、その自由度2のデータだけから粒子の体積と複素屈折率の実部・虚部という3つの物理パラメータを一意に決定することはできない。この劣決定性のため、複素屈折率の値が離散分布であるような粒子集団についてしか複素屈折率と粒径を一意に推定することができない。この制限を解決する新技術として、前方散乱波だけでなく後方散乱波の振幅・位相を粒子ごとに測定するための実験装置を試作する。この新装置が成功すれば、複素屈折率の実部・虚部が連続分布した任意の粒子集団について、上述の物理パラメータを粒子ごとに一意に推定できるようになる。さらに2波長で同時測定をすることで、粒子ごとに複素屈折率の波長依存性のデータが得られ、粒子の構成物質や内部構造（含水率や相状態）をより細かく決定できるようになる。現有技術および新技術（でき次第）を、以下の地球環境問題に応用する。

##### 【応用1：大気・雪氷圏】:

全球で最も気候変動の振幅が大きい北極域の気候変動の要因分析・予測において、雲の発生頻度と雲の短波・長波放射効果に関する不確実性は極めて大きい。北極域の下層雲は過冷却水あるいは氷晶との混相雲であり、その寿命と放射特性は、過冷却水の凍結温度を支配する氷晶核粒子の存在に大きな影響を受ける。近年北極域の雪氷融解域から風成塵として発生する鉱物ダスト粒子および微生物起源の有機物粒子が高い氷晶核能を持つことが示され、現在だけでなく過去の暖候期の北極気候にも大きく影響している可能性が示唆された [Tobo et al. 2019, Nat. Geosci.]. 本研究の粒子測定法を応用すれば、これらの氷晶核性粒子の種類と粒径別数濃度の時空間変動を、大気中・雪氷中・アイスコア中で正確に測ることが初めて可能となる。また、水と氷の屈折率のわずかな違いを利用し、混相雲中の水滴と凍結直後の球形氷粒子との判別が可能な雲粒子プローブを開発して雲の航空機観測に応用する。得られた新たなエアロゾル・雲の観測データを雲微物理モデルの改良・検証に利用することで、極域のエアロゾル・雲の素過程と気候関わりを理解の進展に寄与することが期待される。

##### 【応用2：水圏】

地球表層の海水あるいは淡水に普遍的に存在する鉱物粒子・有機物粒子・微生物・ウイルスなどの懸濁粒子は、地球表層の元素循環や生態系において重要な役割を担っている。また、海洋微生物起源の固体有機物粒子は高い氷晶核能をもち、遠洋域上空での主要な氷晶核供給源である可能性が示唆されている [Wilson et al. 2015, Nature]. 近年、プラスチック微粒子による海洋汚染が深刻化し海洋生態系への影響が懸念されている。微生物に取り込まれやすいと考えられる数 $\mu\text{m}$ 以下の超微小プラスチック粒子について有効な観測手法はこれまでになく、粒径別数濃度・微生物との相互作用・鉛直輸送・消失過程などについての実態はほとんど分かっていない。本測定法では、前処理のない海水試料で気泡・含水有機物粒子・黒

色炭素粒子・炭酸塩粒子・ケイ酸塩粒子・プラスチック粒子などの種類判別と粒径計測が可能なはずであり、未解明の部分の大きい海洋微粒子の理解のための広域観測データを得ることに貢献できると考えられる。このような、新しいデータは、現在の環境問題の理解に貢献するだけでなく、大きなタイムスケールの地球表層の生物地球化学循環モデルの素過程の制約・検証にも貢献する可能性がある。

また、本研究から生みだされた測定法のうちとくに汎用性の高い部分については、産学連携を通じて製品化し、地球環境分野に限定せず、あらゆる分野のエンドユーザーから利用できるようにしたい。そのような活動を通じて地球惑星環境科学と異分野の学術交流の高密度化に貢献したい。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 環境水中のナノ・マイクロ粒子の実時間測定法の開発と応用, 研究代表者, 2019~2021 年度, 総額 17,290,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 森林火災から大量に生じる固体有機エアロゾルの発生・除去過程の解明と気候影響, 研究分担者, 2019~2022 年度, 総額 17,290,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 雲・エアロゾルを介した中緯度大気海洋相互作用, 研究分担者, 2019~2023 年度, 総額 191,100,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 北極の気候影響に関わるブラックカーボンの挙動の解明, 研究分担者, 2016~2019 年度, 総額 41,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究(A), 大気中のブラックカーボン粒子の複素屈折率の観測手法の開発, 研究代表者, 2015~2017 年度, 総額 21,580,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Ohata, S., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Mori, T., Yoshida, A., Sinha, P. R., Koike, M., Accuracy of black carbon measurements by a filter-based absorption photometer with a heated inlet, *Aerosol Science and Technology*, Accepted, doi: 10.1080/02786826.2019.1627283, 2019.
2. **Moteki, N.**, Mori, T., Matsui, H., Ohata, S., Observational constraint of in-cloud supersaturation for simulations of aerosol rainout in atmospheric models, *npj Climate and Atmospheric Science*, 2, 6, doi: 10.1038/s41612-019-0063-y, 2019.
3. Matsui, H., Mahowald, N. M., **Moteki, N.**, Hamilton, D. S., Ohata, S., Yoshida, A., Koike, M., Scanza, R. A., Flanner, M. G., Anthropogenic combustion iron as a complex climate forcer, *Nature communications*, 9, 1, 1593, 2018.
4. Sinha, P. R., Kondo, Y., Goto□Azuma, K., Tsukagawa, Y., Fukuda, K., Koike, M., Ohata, S., **Moteki, N.**, Mori, T., Oshima, N., Seasonal Progression of the Deposition of Black Carbon by Snowfall at Ny□Alesund, Spitsbergen, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 2, 997-1016, 2018.
5. Ohata, S., Yoshida, A., **Moteki, N.**, Adachi, K., Takahashi, Y., Kurisu, M., Koike, M., Abundance of light□absorbing anthropogenic iron oxide aerosols in the urban atmosphere and their emission sources, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 15, 8115-8134, 2018.
6. Yoshida, A., Ohata, S., **Moteki, N. (責任著者)**, Adachi, K., Mori, T., Koike, M., Takami, A., Abundance and emission flux of the anthropogenic iron oxide aerosols from the East Asian continental outflow, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 19, 11,194-11,209, 2018.
7. Lamb, K., Perring, A., Samset, B., Peterson, D., Davis, S., Anderson, B., Beyersdorf, A., Blake, D., Campuzano-Jost, P., Corr, C., Diskin, G., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Nault, B., Oh, J., Park, M.,

- Pusede, S., Simpson, I., Thornhill, K., Wisthaler, A., Schwarz, J., Estimating Source Region Influences on Black Carbon Abundance, Microphysics, and Radiative Effect Observed over South Korea, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 23, 13,527-13,548, 2018.
8. **Moteki, N.**, Adachi, K., Ohata, S., Yoshida, A., Harigaya, T., Koike, M., Kondo, Y., Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating, *Nature communications*, 8, 15329, 2017.
  9. Sinha, P. R., Kondo, Y., Koike, M., Ogren, J. A., Jefferson, A., Barrett, T. E., Sheesley, R. J., Ohata, S., **Moteki, N.**, Coe, H., Evaluation of ground-based black carbon measurements by filter-based photometers at two Arctic sites, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122, 6, 3544-3572, 2017.
  10. Ohata, S., **Moteki, N. (責任著者)**, Mori, T., Koike, M., Kondo, Y., A key process controlling the wet removal of aerosols: new observational evidence, *Scientific reports*, 6, 34113, 2016.
  11. **Moteki, N.**, Discrete dipole approximation for black carbon-containing aerosols in arbitrary mixing state: A hybrid discretization scheme, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 178, 306-314, 2016.
  12. Kondo, Y., **Moteki, N.**, Oshima, N., Ohata, S., Koike, M., Shibano, Y., Takegawa, N., Kita, K., Effects of wet deposition on the abundance and size distribution of black carbon in East Asia, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121, 9, 4691-4712, 2016.
  13. Adachi, K., **Moteki, N.**, Kondo, Y., Igarashi, Y., Mixing states of light-absorbing particles measured using a transmission electron microscope and a single-particle soot photometer in Tokyo, Japan, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121, 15, 9153-9164, 2016.
  14. Ohata, S., Schwarz, J. P., **Moteki, N.**, Koike, M., Takami, A., Kondo, Y., Hygroscopicity of materials internally mixed with black carbon measured in Tokyo, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121, 1, 362-381, 2016.
  15. Yoshida, A., **Moteki, N. (責任著者)**, Ohata, S., Mori, T., Tada, R., Dagsson-Waldhauserova, P., Kondo, Y., Detection of light-absorbing iron oxide particles using a modified single-particle soot photometer, *Aerosol Science and Technology*, 50, 3, 2016.
  16. Mori, T., **Moteki, N.**, Ohata, S., Koike, M., Goto-Azuma, K., Miyazaki, Y., Kondo, Y., Improved technique for measuring the size distribution of black carbon particles in liquid water, *Aerosol Science and Technology*, 50, 3, 242-254, 2016.
  17. Miyakawa, T., Kanaya, Y., Komazaki, Y., Miyoshi, T., Nara, H., Takami, A., **Moteki, N.**, Koike, M., Kondo, Y., Emission Regulations altered the concentrations, origin, and formation of carbonaceous aerosols in the Tokyo Metropolitan Area, *Aerosol and Air Quality Research*, 16, 7, 1603-1614, 2016.
  18. Irwin, M., Kondo, Y., **Moteki, N.**, An empirical correction factor for filter-based photo-absorption black carbon measurements, *Journal of Aerosol Science*, 80, 86-97, 2015.
  19. Taketani, F., Kanaya, Y., Nakamura, T., Takeda, N., Koizumi, K., Hirayama, N., Miyakawa, T., Pan, X., **Moteki, N.**, Takegawa, N., Analysis of the mixing state of airborne particles using a tandem combination of laser-induced fluorescence and incandescence techniques, *Journal of Aerosol Science*, 87, 102-110, 2015.
  20. **Moteki, N.**, Mori, T., Theoretical analysis of a method to measure size distributions of solid particles in water by aerosolization, *Journal of Aerosol Science*, 83, 25-31, 2015.
  21. Takegawa, N., **Moteki, N.**, Oshima, N., Koike, M., Kita, K., Shimizu, A., Sugimoto, N., Kondo, Y., Variability of aerosol particle number concentrations observed over the western Pacific in the spring of 2009, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 23, 13,474-13,488, 2014.
  22. Mori, T., Kondo, Y., Ohata, S., **Moteki, N.**, Matsui, H., Oshima, N., Iwasaki, A., Wet deposition of black carbon at a remote site in the East China Sea, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 17, 10485-10498, 2014.
  23. Samset, B., Myhre, G., Herber, A., Kondo, Y., Li, S.-M., **Moteki, N.**, Koike, M., Oshima, N.,

- Schwarz, J., Balkanski, Y., Modelled black carbon radiative forcing and atmospheric lifetime in AeroCom Phase II constrained by aircraft observations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14, 22, 12465-12477, 2014.
24. Koike, M., **Moteki, N.**, Khatri, P., Takamura, T., Takegawa, N., Kondo, Y., Hashioka, H., Matsui, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., Case study of absorption aerosol optical depth closure of black carbon over the East China Sea, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 1, 122-136, 2014.
  25. **Moteki, N.**, Kondo, Y., Adachi, K., Identification by single-particle soot photometer of black carbon particles attached to other particles: Laboratory experiments and ground observations in Tokyo, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 2, 1031-1043, 2014.
  26. Wang, Q., Jacob, D., Spackman, R., Perring, A., Schwarz, J., **Moteki, N.**, Marais, Eloase A., Ge, C., Wang, J., Barrett, Steven R., Global budget and radiative forcing of black carbon aerosol: Constraints from pole-to-pole (HIPPO) observations across the Pacific, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 1, 195-206, 2014.
  27. **Moteki, N.**, Kondo, Y., A new theoretical method for calculating temperature and water vapor saturation ratio in an expansion cloud chamber, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 12, 6633-6642, 2013.
  28. Matsui, H., Koike, M., Kondo, Y., Oshima, N., **Moteki, N.**, Kanaya, Y., Takami, A., Irwin, M., Seasonal variations of Asian black carbon outflow to the Pacific: Contribution from anthropogenic sources in China and biomass burning sources in Siberia and Southeast Asia, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 17, 9948-9967, 2013.
  29. Matsui, H., Koike, M., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Fast, J., Zaveri, R., Development and validation of a black carbon mixing state resolved three-dimensional model: Aging processes and radiative impact, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 5, 2304-2326, 2013.
  30. Oshima, N., Koike, M., Kondo, Y., Nakamura, H., **Moteki, N.**, Matsui, H., Takegawa, N., Kita, K., Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A<sup>2</sup>FORCE aircraft campaign, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118, 23, 13175-13198, 2013.
  31. Taketani, F., Kanaya, Y., Nakamura, T., Koizumi, K., **Moteki, N.**, Takegawa, N., Measurement of fluorescence spectra from atmospheric single submicron particle using laser-induced fluorescence technique, *Journal of Aerosol Science*, 58, 2013.
  32. Ohata, S., **Moteki, N.**, Schwarz, J., Fahey, D., Kondo, Y., Evaluation of a method to measure black carbon particles suspended in rainwater and snow samples, *Aerosol Science and Technology*, 47, 10, 1073-1082, 2013.
  33. Takegawa, N., **Moteki, N.**, Koike, M., Oshima, N., Kondo, Y., Condensation particle counters combined with a low-pressure impactor for fast measurement of mode-segregated aerosol number concentration, *Aerosol Science and Technology*, 47, 10, 1059-1065, 2013.
  34. Irwin, M., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Miyakawa, T., Evaluation of a Heated-Inlet for Calibration of the SP2, *Aerosol Science and Technology*, 47, 8, 895-905, 2013.
  35. Aoki, H., **Moteki, N.**, Kondo, Y., Corona-Imaging Colorimetric Method for Accurate Measurement of the Size of Water Droplets in an Expansion Chamber, *Aerosol Science and Technology*, 47, 10, 1134-1143, 2013.
  36. Koike, M., Takegawa, N., **Moteki, N.**, Kondo, Y., Nakamura, H., Kita, K., Matsui, H., Oshima, N., Kajino, M., Nakajima, T. Y., Measurements of regional-scale aerosol impacts on cloud microphysics over the East China Sea: Possible influences of warm sea surface temperature over the Kuroshio ocean current, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117, D17, 2012.
  37. Oshima, N., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Takegawa, N., Koike, M., Kita, K., Matsui, H., Kajino, M., Nakamura, H., Jung, J. S., Wet removal of black carbon in Asian outflow: Aerosol Radiative Forcing in East Asia (A<sup>2</sup>FORCE) aircraft campaign, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117, D3, 2012.

38. Sahu, L. K., Kondo, Y., **Moteki, N.**, Takegawa, N., Zhao, Y., Cubison, M. J., Jimenez, J. L., Vay, S., Diskin, G. S., Wisthaler, A., Emission characteristics of black carbon in anthropogenic and biomass burning plumes over California during ARCTAS-CARB 2008, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117, D16, 2012.
39. **Moteki, N.**, Kondo, Y., Oshima, N., Takegawa, N., Koike, M., Kita, K., Matsui, H., Kajino, M., Size dependence of wet removal of black carbon aerosols during transport from the boundary layer to the free troposphere, *Geophysical Research Letters*, 39, 13, 2012.

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. **茂木信宏**, 森樹大, 松井仁志, 大畑祥 (2019), 「降水雲の過飽和度を観測から制約する: エアロゾル空間分布の予測のために」, 大気化学研究(日本大気化学会編), 第41号.
2. **茂木信宏** (2019), 「“黒色炭素粒子” から「雨雲の過飽和度」を推定する! - 気候変化の要因となるエアロゾル濃度の予測に向けた挑戦」, *Academist Journal* (アカデミスト株式会社), 2019年3月27日, <https://academist-cf.com/journal/?p=10308>.
3. **茂木信宏** (2014), ブラックカーボンの観測研究: 単一粒子レーザー誘起白熱法の原理と応用, エアロゾル研究(日本エアロゾル学会編), 29巻1号, 15-21頁.
4. **茂木信宏** (2013), 山本・正野論文賞受賞記念講演 解説記事, 天気(日本気象学会編), vol61, No.4, 229-237.

### (4) 著書

1. 近藤豊, 茂木信宏(訳) 「詳解 大気放射学 基礎と気象・気候学への応用」, Grant Petty 著 ” A First Course in Atmospheric Radiation” , 2019年1月21日初版, 419ページ, 東京大学出版会.

### (5) その他著作物

### (6) 特許等

1. 茂木信宏, 発明の名称「微粒子検出装置」, 整理番号 PTZTA204, 特願 2018-184083, 国際特許分類 G01B 11/00, 平成 30 年 9 月 28 日提出.

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 茂木信宏, ブラックカーボンの航空機観測から実証されたエアロゾルの湿性除去効率の粒径依存性, 2013年度日本気象学会春季大会 2013年5月15日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 招待講演.
2. **茂木信宏**, 日本気象学会 山本・正野論文賞受賞記念講演, 2013年11月20日, 仙台国際センター, 基調講演.

## □. 教育

## 9. 教育における特筆すべき実績

### 学位論文指導実績

- ・ 2013年度 修士1名 (藤原英大)
- ・ 2014年度 修士2名 (橋岡秀彬, 森樹大)



- ・ 2015年度 修士1名（青木大佳），博士1名（大畑祥）
- ・ 2016年度 修士1名（針ヶ谷智生）
- ・ 2017年度 修士1名（吉田淳），博士1名（森樹大）
- ・ 2018年度 修士1名（杉山弘一）

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星環境学基礎演習 II，2013～2018年度
- ・ 理学部 地球環境化学実習，2012～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習，2012～2018年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合大会 学生優秀発表賞 2名（2014年 大畑祥，2016年 森樹大）
- ・ 大気化学討論会 学生優秀発表賞 1名（2017年 吉田淳）

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本気象学会第39期役員選挙管理委員会 2016年度

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ プレスリリース 全球エアロゾル濃度を制御する「雨雲の過飽和度」の観測に成功，2019年2月
- ・ プレスリリース 人間活動によって放出される鉄エアロゾルが多面的に気候へ影響を及ぼすことを発見，2018年4月
- ・ プレスリリース 人為起源の黒色酸化鉄粒子による大気加熱効果を発見，2017年5月
- ・ 実験室見学ツアー 地球大気における粒々の動態と気候影響，東京大学理学部オープンキャンパス，2015/08/06
- ・ 実験室見学ツアー 地球大気環境科学の最前線，東京大学理学部オープンキャンパス，2017/08/03
- ・ 実験室見学ツアー 地球大気環境科学と装置開発，東京大学理学部オープンキャンパス，2018/08/02

### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 安全委員会，2014～2018年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員会，2014～2018年度
- ・ 地球惑星環境学科 教務委員会，計算機室管理担当，2015～2018年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

茂木 信宏

学生数：0名 研究者数：0名

(2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 8名

# 福井 暁彦

## I. 略歴

氏名： 福井 暁彦（ふくい あきひこ）

年齢： 36 歳

現職： 特任助教

### 学歴

2002 年 3 月 京都府立綾部高等学校卒業  
2006 年 3 月 神戸大学理学部物理学科卒業  
2008 年 3 月 名古屋大学理学系研究科素粒子宇宙物理学専攻修士課程修了  
2011 年 7 月 名古屋大学理学系研究科素粒子宇宙物理学専攻博士課程修了  
2011 年 7 月 博士（理学）（名古屋大学）

### 職歴

2011 年 8 月 名古屋大学太陽地球環境研究所 研究員  
2011 年 10 月 国立天文台岡山天体物理観測所 研究員  
2015 年 4 月 国立天文台岡山天体物理観測所（2018 年 4 月より国立天文台ハワイ観測所岡山分室に改称） 特任専門員  
2018 年 10 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

太陽系外惑星の多様性やその起源，大気の性質などについて主に以下の 2 つの観測的手法で研究を行ってきた。1 つは惑星系の重力による重力レンズ効果を観測する「重力マイクロレンズ法」である。ニュージーランドの専用望遠鏡を用いた惑星探索プロジェクト(MOA)に参加して，巨大ガス惑星の誕生の現場である雪線以遠の惑星を探索し，多数の惑星発見に貢献した。もう一つは惑星が主星の手前を通過する食現象を捉える「トランジット法」である。トランジット惑星観測用の可視多色カメラ MuSCAT および MuSCAT2 を開発するとともに，KELT や K2, TESS といった広域トランジット惑星探索で発見される惑星候補の検証観測や惑星大気の観測などを行ってきた。主な成果として，海王星サイズの惑星 GJ3470b に晴れた大気の兆候を観測(2013 年)，ハビタブルゾーン内の地球サイズの惑星 K2-3d のトランジットを地上望遠鏡で初めて観測(2016 年)，表面温度がこれまでで最も高温の惑星 KELT-9b の発見に貢献(2017 年)など。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Fukui, A., Narita, N., Kurosaki, K., et al., (2013), Optical-to-near-infrared Simultaneous Observations for the Hot Uranus GJ3470b: A Hint of a Cloud-free Atmosphere, *The Astrophysical Journal*, 770, 95, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/770/2/95>

海王星サイズの系外惑星 GJ3470b の大気を調べ，晴れた(厚い雲に覆われていない)大気をもつ

可能性を初めて指摘した論文. 国立天文台岡山天体物理観測所(当時)の 188cm 望遠鏡および 50cm 望遠鏡を用いた観測成果. この観測結果を受けて世界で多くの追加観測が行われ, 本論文でその兆候が観測されたレイリー散乱の効果が確認されている. (被引用回数: 30 回 (ADS/2019.9))

2. Fukui, A., Kawashima, Y., Ikoma, M., et al., (2014), Multi-band, Multi-epoch Observations of the Transiting Warm Jupiter WASP-80b, *The Astrophysical Journal*, 790, 108, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/790/2/108>

比較的低温度(平衡温度 800K)の巨大ガス惑星 WASP-80b の大気の性質を調べ, 低温大気の場合に期待されるヘイズを含む大気モデルと矛盾しない観測結果を報告した論文. 国立天文台岡山天体物理観測所(当時)の 188cm 望遠鏡および 50cm 望遠鏡, 南アフリカの近赤外 3 色カメラ IRSF/SIRIUS を用いた成果. (被引用回数: 18 回 (ADS/2019.9))

3. Fukui, A., Livingston, J., Narita, N., et al., (2016), Ground-based Transit Observation of the Habitable-zone Super-Earth K2-3d, *The Astronomical Journal*, 152, 171, <https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/6/171>

ハビタブルゾーン内の地球サイズの惑星 K2-3d のトランジット(食現象)を地上の望遠鏡で初めて捉えたことを報告した論文. 国立天文台の岡山 188cm 望遠鏡および多色撮像カメラ MuSCAT を用いて, 主星の明るさが 0.06%減光する様子を観測. これにより, この惑星の公転周期を誤差 18 秒の精度で測定し, 将来のトランジット予想時刻の精度を大幅に改善した. (被引用回数: 6 回 (ADS/2019.9))

4. Fukui, A., Gould, A., Sumi, T., et al., (2015), OGLE-2012-BLG-0563Lb: A Saturn-mass Planet around an M Dwarf with the Mass Constrained by Subaru AO Imaging, *The Astrophysical Journal*, 809, 74, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/809/1/74>

重力マイクロレンズ法で雪線以遠の土星質量惑星の発見を報告した論文. ニュージーランドの MOA-II 望遠鏡を含む国際共同観測による成果. また, ハワイのすばる望遠鏡を用いて主星の明るさを測定し, 主星および惑星の質量に強い制約を与えることに成功した. 低質量の恒星まわりで木星質量の惑星が欠乏している可能性についても議論している. (被引用回数: 32 回 (ADS/2019.9))

5. Gaudi, B. S., Stassun, K. G., Collins, K. A., et al., (2017), A giant planet undergoing extreme-ultraviolet irradiation by its hot massive-star host, *Nature*, 546, 514-518, <https://doi.org/10.1038/nature22392>

これまでで最も高い表面温度(4600K)をもつ系外惑星 KELT-9b の発見を報告した論文. 地上広視野トランジットサーベイプロジェクト KELT によって発見された. 福井は KELT のグローバル・地上フォローアップネットワークに参加し, 国立天文台の岡山 188cm 望遠鏡および福井らが開発した多色撮像カメラ MuSCAT を用いてこの惑星のトランジット観測を実施し, 惑星の発見確認を行った. 世界同時プレスリリースを行い, 国内でも大きな反響があった. (被引用回数: 62 回 (ADS/2019.9))

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

現在, 北半球において多色撮像カメラのグローバルネットワークを構築するため, MuSCAT シリーズの 3 号機となる MuSCAT3 をハワイ・ハレアカラ観測所の 2m 望遠鏡用に開発中である. MuSCAT1, 2 と連携して運用することで, 2018 年に打ち上げられた全天トランジット惑星探索衛星 TESS で発見される太陽系近傍の小型トランジット惑星の発見確認および大気観測を推進する計画である. また, 重力マイクロレンズ法を用いて太陽系近傍の惑星系を発見するため, 東京大学木曾観測所の 1.05m シュミット望遠鏡/Tomoe-Gozen による全天モニター観測で取得される膨大な観測データの中から重力レンズ現象を探索する研究を今後進めていく予定である.

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 新分野創成センター宇宙における生命研究分野プロジェクト, 生命居住可能惑星の発見を目指した広視野 1.8m 望遠鏡によるトランジット惑星の探索, 研究代表者, 2014 年度, 総額 1,000,000 円
- ・ アストロバイオロジーセンタープロジェクト, ケプラー衛星の第二期探索で発見される太陽系近傍の地球型惑星の発見確認と詳細観測, 研究代表者, 2015 年度, 総額 1,100,000 円
- ・ アストロバイオロジーセンタープロジェクト, 近傍地球型惑星の観測に向けた新多色カメラ MuSCAT-II の開発, 研究代表者, 2016 年度, 総額 1,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 海外学術調査, 太陽系近傍の小型トランジット系外惑星の発見と大気の系統的調査, 研究代表者, 2017~2020 年度, 総額 12,500,000 円 (予定)
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 重力マイクロレンズ法による雪線以遠の系外惑星の探索, 研究代表者, 2017~2020 年度, 総額 8,100,000 円 (予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Narita, N., Fukui, A., Kusakabe, N., et al., (2019), MuSCAT2: four-color simultaneous camera for the 1.52-m Telescopio Carlos Sánchez, *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 5, 015001, <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.5.1.015001>
2. Onitsuka, M., Fukui, A., Narita, N., et al., (2017), Multi-color simultaneous photometry of the T-Tauri star with planetary candidate, CVSO 30, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69, L2, <https://doi.org/10.1093/pasj/psx004>
3. Narita, N., Hirano, T., Fukui, A., et al., (2017), The K2-ESPRINT project. VI. K2-105 b, a hot Neptune around a metal-rich G-dwarf, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 69, 29, <https://doi.org/10.1093/pasj/psx002>
4. Fukui, A., Livingston, J., Narita, N., et al., (2016), Ground-based Transit Observation of the Habitable-zone Super-Earth K2-3d, *The Astronomical Journal*, 152, 171, <https://doi.org/10.3847/0004-6256/152/6/171>
5. Hirano, T., Fukui, A., Mann, A. W., et al., (2016), The K2-ESPRINT Project III: A Close-in Super-Earth around a Metal-rich Mid-M Dwarf, *The Astrophysical Journal*, 820, 41, <https://doi.org/10.3847/0004-637X/820/1/41>
6. Fukui, A., Narita, N., Kawashima, Y., et al., (2016), Demonstrating High-precision, Multiband Transit Photometry with MuSCAT: A Case for HAT-P-14b, *The Astrophysical Journal*, 819, 27, <https://doi.org/10.3847/0004-637X/819/1/27>
7. Narita, N., Hirano, T., Fukui, A., et al., (2015), Characterization of the K2-19 Multiple-transiting Planetary System via High-dispersion Spectroscopy, AO Imaging, and Transit Timing Variations, *The Astrophysical Journal*, 815, 47, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/815/1/47>
8. Narita, N., Fukui, A., Kusakabe, N., et al., (2015), MuSCAT: a multicolor simultaneous camera for studying atmospheres of transiting exoplanets, *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 1, 045001, <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.1.4.045001>
9. Fukui, A., Gould, A., Sumi, T., et al., (2015), OGLE-2012-BLG-0563Lb: A Saturn-mass Planet around an M Dwarf with the Mass Constrained by Subaru AO Imaging, *The Astrophysical Journal*, 809, 74, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/809/1/74>
10. Fukui, A., Kawashima, Y., Ikoma, M., et al., (2014), Multi-band, Multi-epoch Observations of

the Transiting Warm Jupiter WASP-80b, The Astrophysical Journal, 790, 108,  
<https://doi.org/10.1088/0004-637X/790/2/108>

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 福井暁彦 (2019), NameExoWorlds と岡山 188cm 望遠鏡, 天文月報, 112, 34-37.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Fukui, A., Atmospheric Study of Exoplanets by Transmission Spectroscopy, The Origins of Planetary Systems: from the Current View to New Horizons, NAOJ (Mitaka), 2015/06/05
2. 福井暁彦, 太陽系外惑星観測の現状と展望, 2015 年度天文教育普及研究会中国四国支部研究集会, 下関市立大学, 2016/06/11
3. 福井暁彦, 重力マイクロレンズ現象と系外惑星, 第二回新天体探索者会議, 国立天文台 (三鷹市), 2018/11/17
4. Fukui, A., TESS and MuSCATs Observations of Exoplanets, Symposium on Planetary Sciences 2019, Tohoku University, 2019/02/20

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2018 年度 修士 1 名 (寺田由佳)

担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習 IV, 2019 年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本天文学会, 天文月報編集委員, 2018 年 10 月-2022 年 3 月

11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ プレスリリース 「もや」のかかった温かい巨大ガス惑星, 2014 年 8 月
- ・ プレスリリース 新しい系外惑星観測装置 MuSCAT (マスカット), 始動, 2015 年 1 月
- ・ 福井暁彦, 星の分光と太陽系外惑星探索, 鴨方中学校天文講座, 岡山県, 2015/11/04
- ・ プレスリリース 近傍の赤色矮星をまわる新たなスーパーアースを発見, 2016 年 3 月

- ・ プレスリリース 生命がいるかもしれない惑星の「影」の観測に成功, 2016年11月
- ・ 福井暁彦, 太陽系外惑星研究最前線, 津山高校春季研修, 岡山県, 2017/03/28
- ・ 福井暁彦, 地球外生命の探し方, 2017年みらい塾ふれあい天文学授業, 広島県, 2017/07/08
- ・ プレスリリース 史上最も熱い惑星を発見, 2017年6月
- ・ 福井暁彦, これからの188cm望遠鏡, 岡山天文博物館夏のこどもまつりミニ講演会, 岡山県, 2018/08/25

## 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名

# 固体地球科学講座



# 井出 哲

## I. 略歴

氏名： 井出 哲 (いで さとし)

年齢： 50 歳

現職： 教授

### 学歴

1988 年 3 月 千葉県立千葉高等学校卒業  
1992 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業  
1994 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
1997 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了  
1997 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

1997 年 4 月 東京大学地震研究所 助手  
2000 年 12 月 スタンフォード大学客員研究員 (2001 年 11 月まで)  
2002 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師  
2008 年 12 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
2013 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

2011 年東北沖地震などの超巨大地震から、中小規模の地震、鉱山地域の微小地震まで、様々な地震現象の動的破壊すべりプロセスについて、データ解析を中心とした研究を進めてきた。東北沖地震ではその複雑な破壊プロセスを世界に先駆けて解明し、1995 年兵庫県南部地震では世界初の地震波データに基づく断層摩擦構成則の推定に成功している。超巨大地震から微小地震までに適用可能な地震波エネルギーと地震モーメントのスケール法則を導き、特徴的サイズを持たず発生環境の階層性に支配された臨界的現象として地震を数理モデル化している。一方で 2000 年頃から発見が相次ぐ低周波地震、テクトニック微動、スロースリップなどの一連のスロー地震の分析と理解でも、重要な成果を上げている。2007 年に提唱したスロー地震のスケール法則は、時定数ごとに異なる名称で呼ばれる現象を統一的に理解するための手がかりを提供し、多くの研究者から参照されている。近年では特に米国、台湾、メキシコ、チリなどとの国際協力によって、世界各地のスロー地震の分析研究を進め、その地域特性と広帯域特性を説明しうる確率過程モデルを提案している。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Ide, S., Beroza, G. C., Shelly, D. R., & Uchide, T. (2007). A scaling law for slow earthquakes. *Nature*, 447(7140), 76. <https://doi.org/10.1038/nature05780>

2000年頃から発見が相次いでいた「スロー地震」。当初は低周波地震、非火山性微動、超低周波地震、スロースリップなど異なる名前で異なる現象とみられていたものが、すべて共通のスケール法則で説明できる現象の異なる見方に過ぎない可能性を提示した論文。スロー地震のスケール法則は普通の地震と異なり、中間的なものは存在しない。学界内に大きな議論を巻き起こし、それは現在でも収まっていない。(引用回数 449回(GS/Jul. 29, 2019))

2. Ide, S., Baltay, A., & Beroza, G. C. (2011). Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake. *Science*, 332(6036), 1426-1429. <https://doi.org/10.1126/science.1207020>

東日本大震災を引き起こした超巨大地震の震源過程を地震波データ解析によって研究した論文。速報的論文の中に、地震の破壊すべりが複雑で2分以上かかったこと、特に海溝近傍浅部プレート境界で大きなすべりを生じたこと、低周波と高周波の地震動が異なる場所から放出されていること、地震波の総エネルギー量、など引き続く多くの研究に影響を与える事実を明らかにした。成果はマスコミで大きく取り上げられた。(引用回数 499回(GS/Jul. 29, 2019))

3. Nishikawa, T., & Ide, S. (2014). Earthquake size distribution in subduction zones linked to slab buoyancy. *Nature Geoscience*, 7, 904-908. <https://doi.org/10.1038/ngeo2279>

沈み込み帯では地域ごとに、地震の規模頻度統計に大きな違いがある。本研究ではその地域性を定量化し、巨大地震の相対的発生率が各地域に沈み込むプレートの年齢に関係していることを明らかにした。若く熱く軽いプレートは沈み込みにくく巨大地震を起こしやすいが、古く冷たく重いプレートは沈みやすく巨大地震は起きにくい。本研究は修士論文であり、発表学生は理学系研究科奨励賞受賞、総長賞候補となった。(引用回数 44回(GS/Jul. 29, 2019))

4. Ide, S., Yabe, S., & Tanaka, Y. (2016). Earthquake potential revealed by tidal influence on earthquake size-frequency statistics. *Nature Geoscience*, 9, 834-837. <https://doi.org/10.1038/ngeo2796>

太陽と月の潮汐によって地震の発生確率が変化するか、という問題は長年議論されてきた。本研究では、地震の発生率の変化だけから有意性を見出すことは困難だが、地震の規模頻度統計を調べると、潮汐振幅の高まりに合わせて、巨大地震の相対的発生率が変化することを確認した。これは階層的に発生する地震の成長確率の変化と考えられる。論文公表直後から、国内のみならず世界の様々なマスコミで取り上げられた。(引用回数 35回(GS/Jul. 29, 2019))

5. Araki, E., Saffer, D.M., Kopf, A.J., Wallace, L.M., Kimura, T., Machida, Y., Ide S., & E. Davis (2017). Recurring and triggered slow-slip events near the trench at the Nankai Trough subduction megathrust. *Science*, 356(6343), 1157-1160. <https://doi.org/10.1126/science.aan3120>

南海トラフの沈み込み帯浅部で2016年4月に発生したM6の地震直後に、大規模なスロースリップとテクトニック微動活動が観測された。本論文では海底ケーブル式地震観測網DONETの広帯域地震計と水圧計を用いてスロースリップの時間経過を推定し、それが微動活動とよく対応することを示した。世界初の浅部スロースリップと微動の同時観測であり、*Science* マスコミに報道されるとともに、よく引用されている。(引用回数 74回(GS/Jul. 29, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 井出哲, 日本学術振興会賞, 2014年2月
- ・ 井出哲, 日本学士院 学術奨励賞, 2014年2月
- ・ 井出哲, American Geophysical Union Fellow, 2016年12月
- ・ 井出哲, 読売テクノフォーラム ゴールド・メダル賞, 2017年4月

## 5. 研究の将来計画

地震科学分野において、総合的地震プロセスの理解を進める。これには長期的な载荷過程から、準備過程—動的破壊すべり過程—緩和過程へとつながる個々の地震の発生メカニズムと、様々な地震関連現象の時間空間的な相互作用が含まれる。現在特に問題となっているのが、スロー地震のような低速変形プロセスと、高速摩擦破壊すべりの間の関係である。国内の大量高品質地震観測データの分析と、新学術領域研究「スロー地震学」の枠組みを活かした地質学や統計物理学分野との学際的研究によって、低速変形の基本メカニズムを理解するとともに、国際的研究ネットワークをさらに充実させることで、世界的な現象の多様性とその原因、巨大地震準備過程との関連を明らかにする。高速摩擦破壊すべりの理解においては、フラクタル的な断層システムなど、地震発生場の幾何学的不均質に起因する階層性の定量的把握と、破壊すべり周辺の非線形物理プロセスの本質的な予測不可能性を扱うための確率過程の導入が重要である。これら低速変形、階層性、確率過程などを取り入れた定量的数理的モデル開発を進め、それを用いて地震の予測可能性を検討する。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金新学術領域研究, 海溝型巨大地震の準備・発生過程のモデル構築, 研究代表者, 2009~2013 年度, 総額 126,750,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描像, 研究分担者, 2009~2014 年度, 総額 2,500,000 円
- ・ 国際緊急共同研究 調査支援プログラム(J-RAPID), 長期応力蓄積過程を考慮した東北地方太平洋沖地震のダイナミクスの解明, 研究代表者, 2011~2012 年度, 総額 5,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 系統的データ解析による微動・ゆっくり地震と巨大地震発生プロセスの関係解明, 研究分担者, 2011~2015 年度, 総額 47,970,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 低速変形から高速すべりまでの地球科学的モデル構築, 2016~2020 年度, 総額 132,340,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, スロー地震学, 研究分担者, 2016~2020 年度, 総額 500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, スロー地震学の国際展開, 研究分担者, 2016~2020 年度, 総額 500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 世界の沈み込み帯における低速&高速地震のダイナミクスの解明, 研究分担者, 2016~2020 年度, 総額 45,760,000 円
- ・ 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS), メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究, 研究分担者, 2016~2020 年度, 総額 13,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金, ニュージーランドにおける巨大地震発生シミュレーターの高度化と性能評価, 研究分担者, 2018~2020 年度, 総額 300,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Ide, S. (2013). The proportionality between relative plate velocity and seismicity in subduction zones. *Nature Geoscience*, 6, 780-784. <https://doi.org/10.1038/ngeo1901>
2. Ide, S., & Aochi, H. (2013). Historical seismicity and dynamic rupture process of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Tectonophysics*, 600, 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.10.018>

3. Aso, N., Ohta, K., & Ide, S. (2013). Tectonic, volcanic, and semi-volcanic deep low-frequency earthquakes in western Japan. *Tectonophysics*, 600, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.12.015>
4. Yabe, S., & Ide, S. (2013). Repeating deep tremors on the plate interface beneath Kyushu, southwest Japan. *Earth, Planets and Space*, 65(1), 17-23. <https://doi.org/10.5047/eps.2012.06.001>
5. Aso, N., & Ide, S. (2014). Focal mechanisms of deep low-frequency earthquakes in eastern Shimane in western Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(1), 364-377. <https://doi.org/10.1002/2013JB010681>
6. Namiki, A., Yamaguchi, T., Sumita, I., Suzuki, T., & Ide, S. (2014). Earthquake model experiments in a viscoelastic fluid: A scaling of decreasing magnitudes of earthquakes with depth. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(4), 3169-3181. <https://doi.org/10.1002/2014JB011135>
7. Ide, S., & Yabe, S. (2014). Universality of slow earthquakes in the very low frequency band. *Geophysical Research Letters*, 41(8), 2786-2793. <https://doi.org/10.1002/2014GL059712>
8. Nishikawa, T., & Ide, S. (2014). Earthquake size distribution in subduction zones linked to slab buoyancy. *Nature Geoscience*, 7, 904-908. <https://doi.org/10.1038/ngeo2279>
9. Yabe, S., Ide, S., & Yoshioka, S. (2014). Along-strike variations in temperature and tectonic tremor activity along the Hikurangi subduction zone, New Zealand. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 142. <https://doi.org/10.1186/s40623-014-0142-6>
10. Yabe, S., & Ide, S. (2014). Spatial distribution of seismic energy rate of tectonic tremors in subduction zones. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119(11), 8171-8185. <https://doi.org/10.1002/2014JB011383>
11. Idehara, K., Yabe, S., & Ide, S. (2014). Regional and global variations in the temporal clustering of tectonic tremor activity. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 66. <https://doi.org/10.1186/1880-5981-66-66>
12. Yabe, S., Baltay, A. S., Ide, S., & Beroza, G. C. (2014). Seismic wave attenuation determined from tectonic tremor in multiple subduction zones. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 104(4), 2043-2059. <https://doi.org/10.1785/0120140032>
13. Ide, S., & Tanaka, Y. (2014). Controls on plate motion by oscillating tidal stress: Evidence from deep tremors in western Japan. *Geophysical Research Letters*, 41(11), 3842-3850. <https://doi.org/10.1002/2014GL060035>
14. Aochi, H., & Ide, S. (2014). Ground motions characterized by a multi-scale heterogeneous earthquake model. *Earth, Planets and Space*, 66(1), 42. <https://doi.org/10.1186/1880-5981-66-42>
15. Baltay, A. S., Beroza, G. C., & Ide, S. (2014). Radiated energy of great earthquakes from teleseismic empirical Green's function deconvolution. *Pure and Applied Geophysics*, 171(10), 2841-2862. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0804-0>
16. Ide, S., & Aochi, H. (2014). Modeling earthquakes using fractal circular patch models with lessons from the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Journal of Disaster Research*, 9(3), 264-271. <https://doi.org/10.20965/jdr.2014.p0264>
17. Ide, S., Yabe, S., Tai, H.-J., & Chen, K. H. (2015). Thrust type-focal mechanisms of tectonic tremors in Taiwan: Evidence of subduction. *Geophysical Research Letters*, 42(9), 3248-3256. <https://doi.org/10.1002/2015GL063794>
18. Tanaka, Y., Yabe, S., & Ide, S. (2015). An estimate of tidal and non-tidal modulations of plate subduction speed in the transition zone in the Tokai district. *Earth, Planets and Space*, 67(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40623-015-0311-2>

19. Yoshioka, S., Matsuoka, Y., & Ide, S. (2015). Spatiotemporal slip distributions of three long-term slow slip events beneath the Bungo Channel, southwest Japan, inferred from inversion analyses of GPS data. *Geophysical Journal International*, 201(3), 1437-1455. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv022>
20. Nishikawa, T., & Ide, S. (2015). Background seismicity rate at subduction zones linked to slab-bending-related hydration, *Geophysical Research Letters*, 42(17), 7081-7089. <https://doi.org/10.1002/2015GL064578>
21. Yabe, S., Ide, S., Tanaka, Y., & Houston, H. (2015). Tidal sensitivity of tectonic tremors in Nankai and Cascadia subduction zones. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120(11), 7587-7605. <https://doi.org/10.1002/2015JB012250>
22. Aso, N., Ohta, K., & Ide, S. (2016). Mathematical review on source-type diagrams. *Earth, Planets and Space*, 68(1), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0421-5>
23. Ide, S., Yabe, S., & Tanaka, Y. (2016). Earthquake potential revealed by tidal influence on earthquake size-frequency statistics. *Nature Geoscience*, 9, 834-837. <https://doi.org/10.1038/ngeo2796>
24. Maury, J., Ide, S., Cruz-Atienza, V. M., Kostoglodov, V., González-Molina, G., & Pérez-Campos, X. (2016). Comparative study of tectonic tremor locations: Characterization of slow earthquakes in Guerrero, Mexico. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(7), 5136-5151. <https://doi.org/10.1002/2016JB013027>
25. Ide, S. (2016). Characteristics of slow earthquakes in the very low frequency band: Application to the Cascadia subduction zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(8), 5942-5952. <https://doi.org/10.1002/2016JB013085>
26. Yabe, S., & Ide, S. (2017). Slip-behavior transitions of a heterogeneous linear fault. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(1), 387-410. <https://doi.org/10.1002/2016JB013132>
27. Nishikawa, T., & Ide, S. (2017). Detection of earthquake swarms at subduction zones globally: Insights into tectonic controls on swarm activity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(7), 5325-5343. <https://doi.org/10.1002/2017JB014188>
28. Ohta, K., & Ide, S. (2017). Resolving the Detailed Spatiotemporal Slip Evolution of Deep Tremor in Western Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(12), 10,009-10,036. <https://doi.org/10.1002/2017JB014494>
29. Aochi, H., & Ide, S. (2017). Role of multiscale heterogeneity in fault slip from quasi-static numerical simulations. *Earth, Planets and Space*, 69(1), 94. <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0676-5>
30. Araki, E., Saffer, D.M., Kopf, A.J., Wallace, L.M., Kimura, T., Machida, Y., Ide, S., & E. Davis (2017). Recurring and triggered slow-slip events near the trench at the Nankai Trough subduction megathrust. *Science*, 356(6343), 1157-1160. <https://doi.org/10.1126/science.aan3120>
31. Kaneko, L., Ide, S., & Nakano, M. (2018). Slow earthquakes in the microseism frequency band (0.1 – 1.0 Hz) off Kii Peninsula, Japan. *Geophysical Research Letters*, 45(6), 2618-2624. <https://doi.org/10.1002/2017GL076773>
32. Ide, S., & Maury, J. (2018). Seismic moment, seismic energy, and source duration of slow earthquakes: Application of Brownian slow earthquake model to three major subduction zones. *Geophysical Research Letters*, 45(7), 3059-3067. <https://doi.org/10.1002/2018GL077461>
33. Maury, J., Ide, S., Cruz - Atienza V. M., & Kostoglodov, V. (2018). Spatiotemporal variations in slow earthquakes along the Mexican subduction zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(2), 1559-1575. <https://doi.org/10.1002/2017JB014690>
34. Nakano, M., Hori, T., Araki, E., Kodaira, S., & Ide, S. (2018). Shallow very-low-frequency

- earthquakes accompany slow slip events in the Nankai subduction zone. *Nature Communications*, 9(1), 984. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03431-5>
35. Yabe, S., & Ide, S. (2018). Why do aftershocks occur within the rupture area of a large earthquake? *Geophysical Research Letters*, 45(10), 4780-4787. <https://doi.org/10.1029/2018GL077843>
  36. Ide, S., & Maury, J. (2018). Seismic moment, seismic energy, and source duration of slow earthquakes: Application of Brownian slow earthquake model to three major subduction zones. *Geophysical Research Letters*, 45(7), 3059-3067. <https://doi.org/10.1002/2018GL077461>
  37. Cruz-Atienza, V. M., Ito, Y., Kostoglodov, V., Hjörleifsdóttir, V., Iglesias, A., et al. (Ide, S., 15人中10番目). (2018). A seismogeodetic amphibious network in the Guerrero Seismic Gap, Mexico. *Seismological Research Letters*, 89(4), 1435-1449. <https://doi.org/10.1785/0220170173>
  38. Kano, M., Aso, N., Matsuzawa, T., S. Ide, et al. (他 25 人) (2018). Development of a slow earthquake database, *Seismological Research Letters*, 89(4), 1566-1575. <https://doi.org/10.1785/0220180021>
  39. Chen, K. H., Tai, H.-J., Ide, S., Byrne, T. B., & Johnson, C. W. (2018). Tidal modulation and tectonic implications of tremors in Taiwan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(7), 5945-5964. <https://doi.org/10.1029/2018JB015663>
  40. Nishikawa, T., & Ide, S. (2018). Recurring slow slip events and earthquake nucleation in the source region of the M 7 Ibaraki - Oki earthquakes revealed by earthquake swarm and foreshock activity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(9), 7950-7968. <https://doi.org/10.1029/2018JB015642>
  41. Okuda, T., & Ide, S. (2018). Hierarchical rupture growth evidenced by the initial seismic waveforms. *Nature Communications*, 9(1), 3714. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06168-3>.
  42. Okuda, T., & Ide, S. (2018). Streak and hierarchical structures of the Tohoku-Hokkaido subduction zone plate boundary. *Earth, Planets and Space*, 70(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0903-8>
  43. Yabe, S., & Ide, S. (2018). Variations in precursory slip behavior resulting from frictional heterogeneity. *Progress in Earth and Planetary Science*, 5(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s40645-018-0201-x>
  44. Ide, S., & Yabe, S. (2019). Two-dimensional probabilistic cell automaton model for broadband slow earthquakes. *Pure and Applied Geophysics*, 176(3), 1021-1036. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1976-9>
  45. Mizuno, N., & Ide, S. (2019). Development of a modified envelope correlation method based on maximum-likelihood method and application to detecting and locating deep tectonic tremors in western Japan. *Earth, Planets and Space*, 71(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1022-x>

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. Ide, S. (2014). Modeling fast and slow earthquakes at various scales. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 90(8), 259-277. <https://doi.org/10.2183/pjab.90.259>
2. 井出哲 (2018). 微小岩石破壊から巨大地震まで適用可能な地震発生物理学の構築. *トライボロジスト*, 63, 240-243.

### (4) 著書

1. Ide, S. (2015). Slip inversion, in *Treatise on Geophysics 2nd ed.*, 4. Elsevier B. V.

2. 井出哲 (2017). 絵でわかる地震の科学. 講談社サイエンティフィク.

(5) その他著作物

1. 井出哲 (2012). アスペリティ・連動型・地震予知. 地震学会モノグラフ, 1, 14-17.
2. 井出哲 (2014). 見えてきた「地震の地域性」. 地震学会広報誌なみふる, 99, 2-3.
3. 井出哲 (2015). 地震の多様性とその物理的理解. パリティ, 30, 60-61.
4. 井出哲 (2016). 地震波動論の基礎と震源のモデル. 数理科学, 54, 45-50.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Ide, S., Rupture dynamics of the 2011 Tohoku earthquake, International Scientific Meeting "Frontiers of Source Studies for the 2011 Tohoku Earthquake", Tokyo, Japan, 2012/04/05.
2. Ide, S., Global perspective on controls on megathrust slip behaviour, GeoPRISM Workshop, Wellington, New Zealand, 2013/04/15.
3. Ide, S., Modeling scale-independent heterogeneities of earthquake dynamic rupture, IAHS-IAPSO-IASPEI 2013, Gothenburg, Sweden, 2013/07/25.
4. Ide, S., Modeling scale-independent heterogeneities of earthquake dynamic rupture, ISSE, Hakone, Japan, 2013/09/24.
5. 井出哲・田中愛幸, 整流潮汐载荷: 微動が明らかにする地震発生メカニズム, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市, 2014/04/28.
6. 井出哲・田中愛幸, 深部微動が明らかにする潮汐のプレート運動への影響, 日本地質学会第121年学術大会, 鹿児島市, 2014/09/14.
7. Ide, S., Broadband earthquake science, JpGU Meeting 2015, Chiba, Japan, 2015/05/26.
8. Ide, S. and Y. Tanaka, Controls on plate motion by oscillating tidal stress: Evidence from deep tremors in western Japan, AGU Fall Meeting, San Francisco CA, USA, 2014/12/15.
9. Ide, S., Deformation mechanism and rheology for slow earthquakes, 26th IUGG General Assembly, Prague, Czech Republic, 2015/06/30.
10. 井出哲, 高速&低速地震の動的プロセス, 日本物理学会, 吹田市, 2015/09/19.
11. 井出哲, 震源の動的破壊過程とスケールリング, 日本地震学会秋季大会, 神戸市, 2015/10/27.
12. Ide, S., Multiscale heterogeneities in earthquake source processes, Best Practices in Physics-based Fault Rupture Models for Seismic Hazard Assessment of Nuclear Installations, Vienna, Austria, 2015/11/19.
13. Ide, S., Universality of slow earthquakes in the very low frequency band (Summary of regional studies), Seismological Society of America, Reno, Nevada, USA, 2016/04/20.
14. 井出哲・堀高峰・市村強, 大規模計算を震源の理解につなげるために, JpGU-AGU joint meeting 2017, 千葉市, 2017/05/21.
15. Ide, S., Diversity and universality of slow earthquakes, Cargese Summer School EARTHQUAKES: nucleation, triggering, rupture, and relationships to aseismic processes, Cargese, France, 2017/10/04.
16. Ide, S., Scaling relations of fast and slow earthquakes, Workshop: Frontiers in Studies of Earthquakes and Faults, 深セン, 中国, 2017/11/29.
17. Ide, S., Multiscale heterogeneities in earthquake source process, International Symposium on

Earthquake Forecast, 千葉市, 2018/05/25.

18. 井出哲・麻生尚文・矢部優, 地震発生プロセスと確率過程, 日本地震学会秋季大会 2018, 郡山市, 2018/10/11.
19. Yabe, S., & Ide, S., Foreshocks and aftershocks on the frictionally heterogeneous fault, AGU Fall Meeting 2018, Washington DC, USA, 2018/12/14.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2013 年度 修士 1 名 (矢部優), 博士 1 名 (太田和晃)
- ・ 2014 年度 修士 2 名 (西川友章, 荒諒理), 博士 1 名 (麻生尚文)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (菊地淳仁, 水野尚人), 博士 1 名 (矢部優)
- ・ 2017 年度 修士 1 名 (奥田貴), 博士 1 名 (西川友章)
- ・ 2018 年度 修士 4 名 (Ta-Wei Chang, 麻生 未季, 金子 りさ, 植村堪介)

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 地震物理学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部・大学院 地球物理データ解析, 2012~2018 年度
- ・ 理学部・大学院 固体地球科学, 2012~2016 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2012~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学入門, 2016~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星物理学概論, 2017~2018 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 理学系研究科奨励賞 3 名 (2013 年度修士 矢部優, 2014 年度修士 西川友章, 2016 年度博士 矢部優)
- ・ American Geophysical Union, Outstanding Student Presentation Award 2 名 (2013 年 麻生尚文, 2017 年 金子りさ)
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 5 名 (2014 年 矢部優, 2015 年 矢部優, 2017 年 西川友章, 奥田貴, 金子りさ)
- ・ 日本地震学会学生優秀発表賞 5 名 (2013 年 麻生尚文, 西川友章, 2015 年 荒諒理, 2016 年 矢部優, 奥田貴)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地震学会, 理事, 2012~2013 年度
- ・ 日本地震学会, 代議員, 2012~2018 年度
- ・ 日本地震学会, 海外渡航旅費助成金審査委員会委員長, 2012~2013 年度
- ・ 日本地震学会, 表彰委員会委員長, 2014~2015 年度



- ・ 日本地震学会 IASPEI 委員会委員, 2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合 プログラム小委員会, 委員, 2012-2015 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 理事, 2016~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 財務委員会委員, 2016~2018 年度
- ・ American Geophysical Union, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Associate Editor, 2012-2019
- ・ American Geophysical Union, Union Fellow Committee, 2018
- ・ Seismological Society of America, Nominating Committee, 2017
- ・ International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, Commission on Earthquake Source Mechanics Chair, 2017-2018
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会, IASPEI 小委員会, 委員, 2018 年度

## 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 地震火山噴火予知協議会, 委員, 2012~2018 年度
- ・ 内閣府 南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会, 委員, 2012~2013 年, 2016~2017 年
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2013~2014 年度, 2017~2018 年度
- ・ プレスリリース 地震がたくさん起こる地域が危険なのか? 2013年8月
- ・ プレスリリース 新しいプレートは大地震を起こしやすい, 2014 年 11 月
- ・ プレスリリース 南海トラフ巨大地震発生帯の海溝軸近傍で誘発・繰り返す「ゆっくり滑り」を観測, 2017 年 6 月
- ・ 井出哲, 東海地震はなぜ予知できないか, 東海地震防災セミナー, 静岡市, 2012/09/13
- ・ 井出哲, ゆっくり地震が変える地震の理解, 第 118 回東京大学公開講座, 東京都, 2013/10/06
- ・ 井出哲, 地震の物理学: 地震の予測はなぜ難しいか?, 2014 年度日本物理学会科学セミナー, 東京都, 2014/08/14
- ・ 井出哲, 地震の予測はなぜ難しいのか, 取手市民大学特別講座, 取手市, 2014/10/14
- ・ 井出哲, 地震の予測はなぜ難しいのか, 東京大学オープンキャンパス, 2015/08/15
- ・ 井出哲, ゆっくり地震の謎, 慶応義塾大学自然科学研究教育センター・シンポジウム, 横浜市, 2016/09/24
- ・ 井出哲, 巨大地震の発生機構の研究, 読売テクノフォーラム第 23 回ゴールドメダル賞受賞記念講演会, 東京都, 2017/05/20
- ・ 井出哲, 巨大地震の発生機構の研究, 読売テクノフォーラム第 23 回ゴールドメダル賞受賞記念講演会, 東京都, 2017/08/05
- ・ 井出哲, ゆれない地震の話, 東京大学オープンキャンパス, 2018/08/06
- ・ 井出哲, 地震の予測はなぜ難しいのか, 日比谷カレッジ, 東京都, 2019/02/20

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会, 委員長, 2013~2014 年度
- ・ 地球惑星物理学科 教務委員会, 副委員長, 2015~2016 年度

井出 哲

- ・ 大学院理学系研究科 研究科長補佐，2015～2016 年度
- ・ 大学院理学系研究科 図書委員会，委員長（兼 全学図書行政商議会委員，全学総合図書館運営会委員），2015～2016 年度
- ・ 大学院理学系研究科 国際交流委員会，委員長（兼 全学国際委員会委員），2015～2016 年度
- ・ 地球惑星物理学科，学科長，2017～2018 年度
- ・ 東京大学，総長補佐（兼 全学学術推進支援室委員，グローバルキャンパス推進本部委員，社会連携本部委員，リサーチ・アドミニストレーター推進室室員，総長ビジョン広報検討会委員），2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：17名 研究者数：3名

#### (2) 派遣

学生数：9名 研究者数：4名

#### (3) 海外からの来訪者数 30名

# ウォリス サイモン

## I. 略歴

氏名： ウォリス サイモン

年齢： 57 歳

現職： 教授

### 学歴

1980 年 3 月 ミルフィールド高等学校卒業  
1983 年 7 月 オックスフォード大学地球科学教室卒業  
1988 年 3 月 オックスフォード大学地球科学教室博士課程修了  
1988 年 3 月 博士 (理学) (オックスフォード大学)

### 職歴

1988 年 10 月 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室 JSPS/Royal Society/EU 特別研究員  
1993 年 1 月 フランス商業銀行(東京支店) 金融商品ディーラー  
1994 年 7 月 京都大学理学研究科地質学鉱物学教室 助手  
2001 年 1 月 名古屋大学理学研究科・環境学研究科地球惑星科学教室 助教授・准教授  
2011 年 6 月 名古屋大学環境学研究科地球環境科学専攻 教授  
2017 年 10 月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

私は天然岩石に記録されたテクトニクスと変成プロセスに関する研究を行っている。取り分け、他の手法で直接調べるのが困難である沈み込み帯及び大陸衝突帯の深部で形成した変成岩類に主眼をおく。研究成果の例として、西南日本に分布する三波川変成帯の研究では、現在の西南日本収束プレート境界に酷似する温かい沈み込み帯の模範地域として幅広く認識されるようになった。近年の成果では、三波川帯の高変成部にのみ分布する超塩基性岩類は沈み込み帯上方に分布するウェッジマントル起源であることを示した。起源に関する長年の問題を解決したのみならず、深度数十キロにあった沈み込み境界が地表に露出し、直接調査できることを明らかにした点も学術的な意義が大きい。その結果、沈み込みによって形成した岩石中の鉱物選択配向を特定し、現在沈み込み境界で観測される地震波速度・偏向異方性と岩石の組織との関係を従来より定量的に議論できるようになった。また、ブルース石がウェッジマントルにおいて幅広く分布する重要な構成鉱物であることを示し、前弧域における岩石の強度や水理学的な特徴との関係を議論した。炭質物のラマン分光分析から変成温度を推定する研究成果は複数のインパクトのある研究に繋がった。特に、従来の分析法を大きく改善し、適応可能な温度幅を大きく広げた。これらの研究業績は幅広く引用された。また、チベット高地は地球上最大の活動的大陸衝突域であり、標高の高い中央部における正断層群の形成メカニズムは注目される研究課題である。私たちの研究グループは二種類の正断層群が従来考えられてきたように別の時代に形成ものではなく、ヒマラヤにおける

南方向への放射状重力崩壊に関連した運動に起因したものであることを示した。放射年代測定結果と、ヒマラヤ変成岩類と深成岩類の変形構造解析の結果、マグマの貫入とそれに伴う高地縁辺部に働く剪断応力の低下が正断層形成の引き金となったことが示唆された。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. **Wallis, S. R., Tsuboi, M., Suzuki, K., Fanning, M., Jiang, L. & Tanaka, T. (2005).** Role of partial melting in the evolution of the Sulu (eastern China) ultrahigh-pressure belt. *Geology* **33**, 129-132.

約90キロ以上の深さから上昇し、しばしばコーズ石を含む岩類は超高压(UHP)変成岩と呼ばれる。これらの岩類は形成場である大陸衝突帯深部プロセスを調べるのに重要な手がかりになる。UHPである証拠を示す岩類の多くはUHPの証拠がない珪長質の基盤岩中の塩基性変成岩ブロックとして点在する。上記の論文では、中国山東省に分布するUHP域の珪長質岩類が変成作用最盛期に部溶融起こしたことを示し、溶融によって岩石の強度が低下し、珪長質の岩類が浮力を駆動力として上昇することが可能となったと提案した。UHPブロックはこの流動に運ばれてきたと考えられる。また、溶融によって鉱物の反応速度が促進されたことで、珪長質岩中におけるUHPの指標となる鉱物の欠落を説明できる。この論文はUHP変成域の形成、上昇、保持への理解に大きく貢献した。(被引用数 164, GS/2019年9月)

2. **Mitsuishi, M., Wallis, S. R., Aoya, M., Lee, J. and Wang, Y. (2012, April).** E-W extension at 19 Ma in the Kung Co area, S. Tibet: Evidence for contemporaneous E-W and N-S extension in the Himalayan orogeny. *Earth and Planetary Science Letters* **325-326**, 10-20.

チベットは現地球において最大の大陸衝突域である。活断層を含む脆性変形構造のみならず中下部地殻において延性変形を被った岩石も露出しており、大規模なテクトニクスを支配する運動学的な境界条件がはっきりしている特徴があり、テクトニックなプロセスが岩石にどのように記録されるかという課題に着目する研究者にとって貴重な調査地域である。論点の一つは何故収束プレート域に正断層群が発達するかであり、チベットの南部にこのような断層は多く発達している。断層群はN-S及びE-W走向を示す方位の異なる二つのグループに分けられる。上記の論文では、これらの断層群は同時期に形成し、南に向かった放射状の重力崩壊が観察された関係を説明できると提案した。異なる方位を示す断層群の形成には、二つの独立したジオダイナミックなプロセスが必要であると考えられてきたが、本論文は従来の考え方と全く異なるモデルを提案し、リソスフェアスケールの変形に関する議論においても有意義な成果を挙げている。(被引用数 50, GS/ Sept. 14, 2019)

3. **Aoya, M., Endo, S., Mizukami, T. and Wallis, S. R. (2013, April).** Paleo-mantle wedge preserved in the Sambagawa high-pressure metamorphic belt and the thickness of forearc continental crust. *Geology* **41**, 451-454.

私たちの研究グループは西南日本に分布する白亜紀の三波川変成帯が、現在の西南日本の沈み込み帯に酷似した比較的高温の沈み込み型変成帯にて形成された模範地域の一つであると注目されるに至ったこれまでの研究成果に大きく貢献してきた。変成帯は主として変成堆積岩及び変成塩基性岩類から成っているが、これらは全てスラブ由来である。それらに加えて、大小のマントル由来の超塩基性岩体も数多く点在する。これらの岩類の起源に関する議論が長く続いており、海底を起源とする説とウェッジマントルを起源とする説が提案されてきた。この研究では、学生など数名と共同して、超塩基性岩体の分布を記載することでこれらの岩体は高変成部にのみ分布することを示した。すなわち、変成帯の主要なスラブ由来の岩類がマントル岩類と接するために、約35キロの深さまで沈み込む必要があるので、超塩基性岩類はすべてウェッジマントル起源であると結論した。また、沈み込み境界が露出していることを意味しており、この境界領域岩石の研究によって他の手法では直接調べることができない沈み込み境界の研究が可能となる。(被引用数 23, GS/2019年9月)

4. **Kouketsu, Y., Mizukami, T., Mori, H., Endo, S., Aoya, M., Hara, H., Nakamura, D. and Wallis,**

S. (2014, Mar). A new approach to develop the Raman carbonaceous material geothermometer for low-grade metamorphism using peak width. *Island Arc* **23** 33-50.

この仕事は修士学生の研究から発展したものであるが、仕上げは研究グループ全体で行った。地質学的プロセスの多くが温度に強く依存し、現在及び岩石に記録された過去の地球内部温度構造を決定することが重要な研究活動の一つである。ただし、温度<350°Cといった低温領域における温度推定が特に難しく、特別な岩石試料や多くの測定時間を要する手法に頼ってきた。上記の論文では、炭質物ラマン分光法測定により、簡便な新しい手法を提案し、複数のラマン分析装置から実験室での再現性も確認した。この新しい温度計は数多くの地質学的な問題に適応されるようになり、数多く引用されている。(被引用数 113, GS/2019年9月)

5. *The Geology of Japan*, (2016, March) edited by Moreno, T., **Wallis, S. R.**, Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, pp. 522.

この本は日本の地質に関する情報を包括的にまとめたものであり、日本列島の地質を紹介した英文出版物はこの25年間なかった。また、従来のものより幅広い固体地球科学分野をカバーするユニークな試みでもある。私はこの70名以上の著者が関わり、大規模な出版計画の立案・実行において指導的な立場であった。また、本に掲載された2つの章の主要著者でもある。イギリス地質学会との連携により、世界的な販売ネットワークを活かし広く流通している。本は高い評価を受けており、販売も好調である。日本の地質について関心のある研究者、取り分け収束プレート境界の研究を行っている研究者にとって有用な情報源となる。野外巡検コースの案内、また地名や地層名などについて漢字・かな・ローマ字の詳細なリスト掲載もこの本の特色である。

#### 4. 受賞等

- Wiley, Island Arc Award, Sept. 2013年9月(共著)
- 日本鉱物科学会, 論文賞, 2014年9月(共著)
- 日本地質学会, 論文賞 2015年9月(共著)
- Annual Bennet Lecturer, Leicester University, UK, 2017年3月
- Wiley, Island Arc Award, 2017年9月(共著)
- 日本地質学会学会賞, 2017年9月

#### 5. 研究の将来計画

これからの研究では、天然物質の岩石学・構造地質学的アプローチによってテクトニックなプロセスに関する定量的な情報はどのように推定できるかという問題に着目していく。取り分け、主要なテクトニックな境界における応力推定と同様な領域における流体流動様式に着目する予定である。両者はプレート境界のダイナミクスを理解する上で重要であるが、あまりよく制約されていない。予定しているアプローチは微細スケールを含めた岩石組織解析・岩石学的手法と熱モデリングを融合したものを予定している。また、現在及び過去の変形集中体における観察・観測によって推定された天然岩石の物性に関する情報を最大限活かすために専攻の他の教員と連携し構造地質学・岩石学と地震学とのリンクの強化を試みる。取り分け地震波速度・偏向異方性を用いて、収束プレート境界域における岩石の構造や含水相を含む岩相分布に関心がある。また、海外の研究者との連携を維持する予定であり、中国において大陸衝突に関する研究を展開し、イギリスとスイスにおいてマグマと火山の研究を行っている研究グループと連携し、天然のシステムの観測に基づいてメルトの抽出とマグマ流動に関するモデルの検証を試みる予定である。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科研費(新学術), スロー地震の地質学的描像と摩擦・水理特性の解明 2016年度-2020年度 14,300,000円
- ・ Industry-University Collaborative Research Funds (Billiton-Bristol University, UK), New perspectives on porphyry copper deposits, 分担者, 2016年度-2017年度, ~3,000,000円)
- ・ 科研費基盤(B), Lake shoreline deformation and crustal magmatic flow in the Andes. 代表, 2015年度-2017年度, 12,480,000円
- ・ Leverhulme International Network Funds, UK, Assembling the Early Palaeozoic terranes of Japan, 分担者, 2015-2017, ~1,000,000円)
- ・ 科研費基盤(A), 沈み込み境界の構造岩石学的研究: 西南日本(三波川帯)の例, 代表, 2012年度-2014年度, 43,030,000円
- ・ 科研費基盤(A), ラマン分光岩石学:含マイクロ・ダイヤモンド捕獲岩に記録されたプレート活動の解読, 分担者, 2009年度-2012年度, 900,000円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Shigematsu, N., Fujimoto, K., Tanaka, N., Furuya, N., Mori, H. and **Wallis, S. R.** (2012, Apr). Internal Structure of the Median Tectonic Line fault zone, SW Japan, revealed by borehole analysis. *Tectonophysics* **532-535**, 103-118.
2. Endo, S., **Wallis, S. R.**, Tsuboi, M., Aoya, M. and Uehara, S. (2012, Aug). Slow subduction and buoyant exhumation of the Sanbagawa eclogite. *Lithos* **146** 183-201.
3. Mitsuishi, M., **Wallis, S. R.**, Aoya, M., Lee, J. and Wang, Y. (2012, April). E-W extension at 19 Ma in the Kung Co area, S. Tibet: Evidence for contemporaneous E-W and N-S extension in the Himalayan orogeny. *Earth and Planetary Science Letters* **325-326**, 10-20.
4. Aoya, M., Endo, S., Mizukami, T. and **Wallis, S. R.** (2013, April). Paleo-mantle wedge preserved in the Sambagawa high-pressure metamorphic belt and the thickness of forearc continental crust. *Geology* **41**, 451-454.
5. Endo, S., Nowak, I. and **Wallis, S. R.** (2013, May). High-pressure garnet amphibolite from the Funaokayama unit, western Kii Peninsula and the extent of eclogite facies metamorphism in the Sanbagawa belt. *Journal of Mineralogical and Petrological Science* **108**, 189-200.
6. Nagaya T., **Wallis S. R.**, Kobayashi H., Michibayashi K., Mizukami T., Seto Y., Miyake, A. and Matsumoto M. (2014, Feb) Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO, *Earth and Planetary Science Letters* **387**, 67-76. doi: 10.1016/j.epsl.2013.11.025
7. Kouketsu, Y., Mizukami, T., Mori, H., Endo, S., Aoya, M., Hara, H., Nakamura, D. and **Wallis, S.** (2014, Mar). A new approach to develop the Raman carbonaceous material geothermometer for low-grade metamorphism using peak width. *Island Arc* **23** 33-50.
8. Williams, M., **Wallis, S.**, Oji, T. and Lane, P. D. (2014, Jun). Ambiguous biogeographical patterns mask a more complete understanding of the Ordovician to Devonian evolution of Japan. *Island Arc* **23**, 76-101.
9. Mizukami, T., Yokoyama, H., Hiramatsu, Y., Arai, S., Kawahara, H., Nagaya, T. and **Wallis, S.** (2014, Sept). Two types of antigorite serpentinite controlling heterogeneous slow-slip behaviours of slab-mantle interface. *Earth and Planetary Science Letters* **401**, 148-158.

10. Nagaya, T., **Wallis, S. R.**, Kobayashi H., Michibayashi K., Mizukami T., Seto Y., Miyake A. and Matsumoto M. (2014, Dec). Reply to comment by Nozaka on “Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO”. *Earth and Planetary Science Letters* **408**, 406-407. 10.1016/j.epsl.2014.10.026
11. Kim, D., Katayama, I., **Wallis, S.**, Michibayashi, K., Miyake, A., Seto, Y. and Azuma, S. (2015, Feb). Deformation microstructures of glaucophane and lawsonite in experimentally deformed blueschists: implications for intermediate-depth intraplate earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* **120**, 1229-1242.
12. Mori, N., **Wallis, S.** & Mori, H. (2015, Jun). Graphitization of carbonaceous material in sedimentary rocks on short geologic time-scales: An example from the Kinsho-zan area, central Japan. *Island Arc* **24**, 119–130.
13. Endo, S., Mizukami, T., **Wallis, S. R.**, Tamura, A. & Arai, S. (2015, Jun). Orthopyroxene-rich Rocks from the Sanbagawa Belt (SW Japan) Fluid Rock Interaction in the Forearc Slab Mantle Wedge Interface. *Journal of Petrology* **56**, 1113–1137.
14. Weller, O. M., **Wallis, S. R.**, Aoya, M. & Nagaya, T. (2015, Aug). Phase equilibria modelling of blueschist and eclogite from the Sanbagawa metamorphic belt of southwest Japan reveals along-strike consistency in tectonothermal architecture. *Journal of Metamorphic Geology* **33**, 579–596.
15. Furuichi, H., Ujiie, K., Kouketsu, Y., Saito, T., Tsutsumi, A. & **Wallis, S.** (2015, Aug). Vitrinite reflectance and Raman spectra of carbonaceous material as indicators of frictional heating on faults: Constraints from friction experiments. *Earth and Planetary Science Letters* **424**, 191–200.
16. Sugitani, K., Mimura, K., Takeuchi, M., Yamaguchi, T., Suzuki, K., Senda, R., Asahara, Y., **Wallis, S.** & Van Kranendonk, M. J. (2015, Nov). A Paleoproterozoic coastal hydrothermal field inhabited by diverse microbial communities: the Strelley Pool Formation, Pilbara Craton, Western Australia. *Geobiology* **13**, 522–545.
17. Mori, H., **Wallis, S.**, Fujimoto, K. and Shigematsu, N. (2015, Dec). Recognition of shear heating on a long-lived major fault using Raman carbonaceous material thermometry: implications for strength and displacement history of the MTL, SW Japan. *Island Arc* **24**, 425–446.
18. Williams, M., **Wallis, S.**, Komatsu, T., Tanaka, G., Oji, T. and Clark, N. (2016, Jan-Feb). Dragons, brimstone and the geology of a volcanic arc on the island of the last Samurai, Kyushu, Japan. *Geology Today* **32**, 21-26.
19. Williams, M., Komatsu, T., Tanaka, G., Nguyen, H. H., Zalasiewicz, J., Vandenbroucke, T. R. A., **Wallis, S.** & Perrier, V. (2016, Feb). Upper Llandovery (Telychian) graptolites of the *Oktavites spiralis* Biozone from the Long Dai Formation, at Lam Thuy villiage, Quang Binh Province, central Vietnam. *Canadian Journal of Earth Sciences* **53**, 1–6.
20. Ishizawa, T., Watanabe, M., Goto, K., Ikehara, K., **Wallis, S.** & Iryu, Y. (2016, March). Traces of paleotsunamis in the Shetland Islands. *Journal of the Geological Society of Japan*, **122** I-II.
21. **Wallis, S. R.** & Okudaira, T. (2016, Mar). Paired metamorphic belts of SW Japan: the geology of the Sanbagawa and Ryoke metamorphic belts and the Median Tectonic Line. In: *The Geology of Japan*, edited by Moreno, T., Wallis, S. R., Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, pp. 101–124.
22. Taira, A., Ohara, Y., **Wallis, S. R.**, Ishiwatari, A. & Iryu, Y. (2016, Mar). Geological evolution of Japan: an overview. In: *The Geology of Japan*, edited by Moreno, T., Wallis, S. R., Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, 1-24.
23. Kim, D. **Wallis, S.**, Endo, S. & Ree, J.-H. (2016, May). Seismic properties of lawsonite eclogites from the southern Motagua fault zone, Guatemala. *Tectonophysics* **677–678**, 88-98.
24. Kawahara, H., Endo, S., **Wallis, S. R.**, Nagaya, T., Mori, H. & Asahara, Y. (2016, Jun). Brucite

- as an important phase of the shallow mantle wedge: Evidence from the Shiraga unit of the Sanbagawa subduction zone, SW Japan. *Lithos* **254-255**, 53–66.
25. Nagaya, T., Walker, A. M., Wookey, J., **Wallis, S. R.**, Ishii, K. and Kendall J.-M. (2016, Jul). Seismic evidence for flow in the hydrated mantle wedge of the Ryukyu subduction zone. *Scientific Reports* **6**, 29981.
  26. Mori, H., Mori, N., **Wallis, S. R.**, Westaway, R. and Annen, C. (2017, Feb). The importance of heat duration for Raman CM thermometry: evidence from contact metamorphism. *Journal of Metamorphic Geology* **35**, 165–180.
  27. Nagaya, T., **Wallis, S. R.**, Seto, Y., Miyake, A., Soda, Y., Uehara, S. & Matsumoto, M. (2017, Feb). Minimizing and quantifying mis-indexing in electron backscatter diffraction (EBSD) determinations of antigorite crystal directions. *Journal of Structural Geology* **95**, 127-141.
  28. Hartung, E., Caricchi, L., Floess, D., **Wallis, S.**, Harayama, S., Kouzmanov, K. & Chiaradia, M. (2017, Apr). Evidence for Residual Melt Extraction in the Takidani Pluton, Central Japan. *Journal of Petrology* **58**, 763–788.
  29. Clark, N. & **Wallis, S.** (2017, May/June). Flamingos, salt lakes and volcanoes: hunting for evidence of past climate change on the high Altiplano of Bolivia. *Geology Today* **33**, 101–107.
  30. Endo, S. and **Wallis, S. R.** (2017, Aug). Structural architecture and low-grade metamorphism of the Mikabu-Northern Chichibu accretionary wedge, SW Japan. *Journal of Metamorphic Geology* **35**, 695-716.
  31. Stocker, C., Komatsu, T., Tanaka, G., Williams, M., Siveter, D., Bennett, C., **Wallis, S. R.**, Oji, T., Maekawa, T. and Okura, M. (2018, Jan). Carboniferous Ostracods from Central Honshu, Japan. *Geological Magazine* **155**, 98–108.
  32. **Wallis, S. R.**, Fujiwara, O. & Goto, K. (2018, Jan). Geological studies in tsunami research since the 2011 Tohoku earthquake. *Geological Society, London, Special Publications* **456**, 39-53.
  33. Stocker, C., Tanaka, G., Siveter, David J., Lane, P., Tsutsumi, Y., Komatsu, T., **Wallis, S.**, Oji, T., Siveter, Derek J., Williams, M. (2018, Jan). Biogeographical and Biostratigraphical Significance of a New Middle Devonian Phacopid Trilobite from the Naidaijin Formation, Kurosegawa Terrane, Kyushu, Southwest Japan. *Paleontological Research* **22**, 75-90.
  34. Tsang, D. P. W., **Wallis, S. R.**, Yamamoto, K., Takeuchi, M., Hidaka, H., Horie, K. & Tattitch, B. C. (2018, Feb). Zircon U–Pb geochronology and geochemistry of the Cerro Colorado porphyry copper deposit, northern Chile. *Ore Geology Reviews* **93**, 114-140.
  35. Stocker, C. P., Siveter, D. J., Lane, P. D., Williams, M., Oji, T., **Wallis, S. R.**, Tanaka, G., Komatsu, T., Siveter, D. J. & Vandenbroucke, T. R. A. (2019, March). The paleobiogeographical significance of the Silurian and Devonian trilobites of Japan. *Island Arc* **28**, <https://doi.org/10.1111/iar.12287>
  36. Vandenbroucke, T. R. A., Hints, O., Williams, M., **Wallis, S.**, Velleman, J., Kurihara, T., Tanaka, G., Komatsu, T., Männik, P., Siveter, D. J., de Backer, T. (2019, March). Palynomorphs (chitinozoans and scolecodonts) from the Silurian and Devonian of Japan. *Island Arc* **28**, 1–15 <https://doi.org/10.1111/iar.12287>

\_\_\_\_\_ = 学生やPD(現在・過去)

## (2) 査読無し原著論文

1. 重松紀生, 藤本光一郎, 奥平敬元, 田中伸明, 森宏, Simon Wallis (2014年3月).断層掘削による中央構造線断層帯内部構造 (総特集 陸上科学掘削の将来展望(2)2013年以降に向けた提言)月刊地球 36, 120-129.



2. 日本の地質構造 100 選, 高木秀雄編集. (2012 年 5 月) 朝倉書店(一部執筆)
3. ウォリス・サイモン, 科学の力が広げた日本の海の権利(2013 年 5 月), 理 Philosophia (名古屋大学理学研究科の広報誌), **24** 16–17.

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. *The Geology of Japan*, (2016, March) edited by Moreno, T., **Wallis, S. R.**, Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, pp. 522.
2. *Tsunami Hazards and Risks: Using the Geological Record*, (2018, Jan) edited by Scourse, E., Chapman, N., Tappin, D. and **Wallis, S. R.** Geological Society Special Publication, London. pp. 244.
3. 図説地球科学事典, (2018 年 4 月). Edited by 鳥海光弘, 入船徹男, 岩森光, ウォリス サイモン, 小平秀和, 小宮剛, 坂口秀, 鷺谷威, 末次大輔, 中川貴司, 宮本英昭. 朝倉書店, pp.236.

(5) その他著作物

1. *The Palaeozoic evolution of the Korean Peninsula and Japan* (2019, Feb.). Special Issue Edited by **Wallis, S.**, Oji, T., Williams, M. & Cho, M. *Island Arc* **28**.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Wallis, S. R., Geological Society of Korea, Jeju Island 招待講演 (2013 年 10 月).
2. Wallis, S. R., Taiwan Geoscience Assembly, Taipei 招待講演 (2016 年 5 月)
3. Wallis, S. R., Oxford Instruments 横浜 招待講演 (2017 年 7 月)

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 修士課程 10 名
- ・ 博士課程: 4 名

担当講義

- ・ 学部/大学院, 構造地質学 (2017 年度-)
- ・ 学部, 層序地質学 (2017 年度-)
- ・ 学部/大学院, 岩石組織学実習 I (2017 年度-)
- ・ 学部/大学院, 地球惑星環境学実習 (2018 年度-)
- ・ 学部/大学院, 地球惑星環境学野外調査 III (2018 年度-)
- ・ 大学院, 岩石テクニクス (2017 年度-)
- ・ 大学院, 構造岩石学 (2017 年度-)

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地質学会, 学生優秀ポスター賞: 2名, 3回
- ・ 日本地球惑星科学連合, 学生優秀発表賞: 2名
- ・ 日本地質学会奨励賞: 1名

### IV. 社会連携・学内外委員業務等

#### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ American Geophysical Union, Committee for International Participation (2014–2018)
- ・ 日本地質学会, 執行理事(2012年–2016年, 2018年–)
- ・ 日本地質学会, 副会長 (2012年–2014年)
- ・ 日本地球惑星科学連合, 理事 (2010年–)
- ・ 日本地球惑星科学連合, 副会長, 国際戦略委員会の委員長(2018年–)
- ・ 日本地球惑星科学連合, 固体地球科学セクションボードメンバー(2009年–)
- ・ *Royal Society-Open Science*誌, 編集委員 (2014年–)
- ・ *Progress in Earth and Planetary Science*誌, 編集委員 (2014年–)
- ・ *Island Arc* 誌, 編集委員会顧問 (2008年–)

#### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 日本大陸棚延長申請準備委員会(外務省)アドバイザー (2007年–2017年)
- ・ 国立研究開発法人審議会 海洋研究開発機構部会(文部科学省)の委員 (2016年4月–現在)
- ・ 海洋研究開発機構(JAMSTEC) 「海域地震発生帯研究開発課題」 評価推進委員 (2015年度–現在)
- ・ 科研費審査委員 2014年度–2015年度, その他 NERC (UK), NSF (US) etc.
- ・ 一般市民や高校生向けの講演など: 5回
  - 2018年9月 NHK 「ひとの大学」講座名古屋
  - 2018年7月東海地方高校生のための Global Science Campus 名古屋
  - 2017年6月東海地方高校生のための Global Science Campus 名古屋
  - 2017年3月 Leicester University ベネットレクチャー
  - 2014年11月 サイエンスカフェ名古屋大学
- ・ メディア出演: テレビ朝日の「奇跡の地球物語～近未来創造サイエンス」の「秩父長瀬～日本列島誕生3億年の旅～」ナレータ(2014年4月27日)
- ・ TEDx NagoyaU 2014年出演: 「コンフォートゾーンの外で見つけた自分の居場所」
- ・ 高校と研究室交流プログラムで岡崎 SSH 高校生受け入れ (2名) 2018年7月

#### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻教務委員会委員 2018年–現在

- ・ 人事選考委員会: 委員 (6), 委員長 (1)

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

海外学生: 11 名

研究者: 6 名

#### (2) 派遣

学生: 6 名

研究者: 0

#### (3) 海外からの来訪者数 5 名

# 小澤 一仁

## I. 略歴

氏名： 小澤 一仁（おざわ かずひと）

年齢： 64 歳

現職： 教授

### 学歴

- 1974 年 3 月 長野県立松本深志高等学校 卒業
- 1978 年 3 月 東京大学理学部地学科 卒業
- 1980 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科修士課程地質学専攻 修了
- 1983 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科博士課程地質学専攻 修了
- 1983 年 3 月 博士（理学）取得（東京大学）

### 職歴

- 1983 年 5 月 東京大学理学部地質学教室 助手
  - 1991 年 5 月 ウッズホール海洋研究所 客員研究員
  - 1991 年 12 月 エール大学地質地球物理学教室 客員研究員
  - 1993 年 5 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻 助教授
  - 1997 年 5 月 岡山大学固体地球研究センター 教授
  - 2000 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授
- 現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

これまでの過去7年間で、リソスフェアとアセノスフェアの熱・物質・力学的相互作用を明らかにするために行った地球表層に上昇・露出しているカンラン岩体とマグマによって地表に持ち上げられた捕獲岩を用いた上部マントルの物質科学的研究と初期太陽系星雲の進化過程を制約することを目的とする気相-固相反応カイネティクスに関する研究を行い、以下のような成果が得られた。

火山岩やマントルかんらん岩の形成に関係したマグマ過程に関する情報を抽出するために、完全に開放的なメルトと固相間の相転移反応を取り扱える極めて一般的な開放系のマスター・マスバランス方程式（Ozawa and Shimizu, 1995; Ozawa, 2001）を用いて、（1）沈み込み帯でのマグマ生成における炭酸塩を多く含む珪酸塩メルトの役割の解明（Yoshikawa et al., 2012）、（2）背弧環境での上昇マントルの開放的融解過程の解明（Sakuyama et al., 2014a, 2014b）、（3）中央海嶺下の3次元的な熱・メルト輸送とそれに伴う化学反応過程の解明（Akizawa et al., 2016）を行った。また、早池峰宮守オフィオライトについてこれまで得られた年代学、地質学、岩石学、地球化学の情報を統合して、オフィオライトの進化発達過程を明らかにし、顕生代初期のオフィオライトパルスの形成と当時のテクトニクスに水に富む上部マントルとスラブ断裂が重要な役割を果たしているモデルを提唱した（Ozawa et al., 2015）。さらに、リソスフェアとアセノスフェアの熱・物質・力学的相互作用に関しては、

地球熱史に関する Review 論文(小澤一仁・永原裕子, 2013)と捕獲岩深度推定に関する Review 論文(小澤一仁他, 2018)を通して現状と問題点を把握し, 島弧下のリソスフェア-アセノスフェア境界が含水マンツルの融解に支配されていることを明らかにした論文(Sato and Ozawa, 2019)として実を結んでいる。

初期太陽系星雲の反応過程については, (1) 最も重要な珪酸塩ダスト鉱物である forsterite の自由蒸発カインティックスの異方性を実験的に決定し, 結晶内欠陥とそれが作り出す表面微細構造の寄与を正確に把握して固有蒸発速度を推定し, 反応素過程の温度・蒸発面依存性を明らかにした(Ozawa et al., 2012), (2) 固液ダストとガス間の素反応としてこれまで考慮されていなかった交換反応を実質輸送反応に加えて組み込んだ反応系を用いて, 交換反応が同位体交換反応において極めて重要な役割を果たしていることを理論的に明らかにし, コンドリュールに見られる酸素同位体の多様性の要因を探った(Nagahara and Ozawa 2012)。

### 3. 特に優れた論文5編(少なくとも3編は本評価期間のもの)

1. Ozawa, K., and N. Shimizu (1995), Open-system melting model in the upper mantle: constraints from the Hayachine-Miyamori ophiolite, northeastern Japan, *Journal of Geophysical Research*, **100**, 22315-22335.

この当時, 閉鎖系かメルト分離に対してのみ開放的な融解物質保存モデルしかなかったが, メルト流入についても開放的な物質保存融解モデルを提案し, 応用できるように定式化した論文. 実際のマンツルに適用してマンツルにおける開放的な融解過程を世界で始めて明らかにした.(被引用数 85, WS/Sept. 19, 2019)

2. Ozawa, K. (2001), Mass balance equations for open magmatic systems: Trace element behavior and its application to open system melting in the upper mantle. *Journal of Geophysical Research*, **106**, 13407-13434.

マグマが関わるあらゆる反応系に適用できる開放系物質保存則を定式化した論文. これまでに定式化されたほとんど全ての物質保存則を導き出すことができる非常に一般的なマスター方程式を導いている. この論文を用いた微量元素のモデル計算が可能なスプレッドシートとウェブ上でも計算できる Java Application を作成し公開しており, 海外からの問い合わせも多く, 国内では計算方法に関する講習会も開催し, 多くの研究者に利用されている.(被引用数 35, WS/Sept. 19, 2019)

3. Ozawa, K., Maekawa, H., Shibata, K., Asahara, Y., and Yoshikawa, M., (2015), Evolution processes of Ordovician-Devonian arc system in the South-Kitakami Massif and its relevance to the Ordovician ophiolite pulse. *Island Arc*, **24**, 78-118.

海洋地殻・マンツル断片の上昇・冷却が集中的に起きたオフィオライトパルスの一つである顕生代初期パルス期に形成された早池峰・宮守オフィオライトの発達史を周辺地域の地質情報とオフィオライトの地質学・岩石学・地球化学的データを統合して明らかにした論文. オフィオライト形成が島弧・大陸衝突, 海溝後退, スラブ断裂, 沈み込みの反転を経て形成されたモデルは, その後の沈み込みスラブ下マンツルの研究に道を開いた.(被引用数 3, WS/Sept. 19, 2019)

4. Akizawa, N., Ozawa, K., Tamura, A., Michibayashi, K., and Arai, S., (2016), Three-dimensional evolution of melting, heat and melt transfer in ascending mantle beneath a fast-spreading ridge segment constrained by trace elements in clinopyroxene from concordant dunites and host harzburgites of the Oman ophiolite. *Journal of Petrology*, **57**, 777-814, doi: 10.1093/petrology/egw020.

中央海嶺下での3次元的な熱・マグマ輸送とそれに伴う化学反応過程をオマーンオフィオライトのマンツルセクションに頻出するダナイトの地質学・岩石学・地球化学の情報に基づいて明らかにした論文. Ozawa (2001)の開放的なマグマ系の物質保存則を大々的に活用してマグマ-岩石反応系に流入するメルトの組成, フラックス, タイミングを定量

的に制約し、高速拡大海嶺のセグメントの中央部と縁辺部では異なるマグマ輸送が起きていることを解明した。(被引用数 8, WS/Sept. 19, 2019)

5. Sato, Y. and Ozawa, K. (2019), Reconstruction of the lithosphere-asthenosphere boundary zone beneath Ichinomegata maar, Northeast Japan, by geobarometry of spinel peridotite xenoliths. *American Mineralogist* 104, 1285-1306.

これまで困難であった最上部マントルの圧力推定に世界で初めて成功し、東北日本弧下のリソスフェア-アセノスフェア (LAB) 境界領域の熱、化学組成、微細構造の深さ変化を明らかにした論文。推定される構造は地球物理学的観測結果とも整合的であり、LAB が含水マントルの融解に支配されていること、LAB が背弧から前弧に向かって浅くなっていること、東北日本弧のマグマ生成に密接に関連するリソスフェアの薄化が日本海拡大以降に起きた事も明らかにした。 *American Mineralogist* 誌の "Highlights and Breakthroughs" に取り上げられた。

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

これまで行ってきた、地球の進化にかかわる諸過程に関する研究成果を基盤として、リソスフェアとアセノスフェアの境界領域 (LABZ) が地球の分化史と熱史において果たした役割の解明を目指した物質科学的研究をさらに進める。物質としては、上部マントルが大規模に上昇露出しているオフィオライトや造山帯カンラン岩体、キンバーライトや玄武岩質マグマに取り込まれて持ち上げられたマントル捕獲岩、広域・長期間にわたって活動した火山岩・貫入岩複合岩体を用いる。これらから、マントルで形成されたメルト組成が推定可能なものについては、融解深度、揮発性成分の寄与、融解度、マントルポテンシャル温度等の時空間変化を決定する。固体物質からは、圧力と温度の履歴を定量的に解明し地球化学的情報とあわせてリソスフェア物質が記録しているアセノスフェアに駆動された熱、物質、力学履歴を読み解く。既に研究を進めている具体的な対象は、幌満, Ronda (Spain), Pyrénées 山脈 (France), Lanzo (Italy) のカンラン岩体、一ノ目湯, Middle Atlas (Morocco), Arabia 盾状地, Colorado 高原・Rio Grande Rift (USA), Finland のマントル捕獲岩, 日高変成帯, Nubia-Arabia 盾状地の環状岩体である。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 基盤研究 (B) (一般), 17H02982, 2017 年度～2019 年度, 「スピネルかんらん岩ゼノリスの高精度圧力計開発: リソスフェア薄化機構の解明への応用」, 研究代表者, 研究費総額: 11,500,000 円
- ・ 挑戦的萌芽, 16K13910, 2016 年度～2017 年度, 「超塩基性岩のウラン-鉛年代測定」研究分担者, 研究経費配分額: 600,000 円
- ・ 特別推進研究, 16H06285, 2018 年度～2020 年度 「高压液体の挙動と初期地球進化」研究分担者, 研究経費配分額: 1,500,000 円 (予定)
- ・ 日本学術振興会論文博士号取得支援事業, R118042018, Hassan Eman Saad Abdelsalam, 年度～2020 年度: 3,550,000 円 (予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Ozawa, K., Nagahara, H., Morioka, M., Matsumoto, M., Hutcheon, I. D., Noguchi, T., and Kagi, H., (2012), Kinetics of evaporation of forsterite in vacuum. *American Mineralogist*, **97**, 80-99, doi.org/10.2138/am.2012.3750.
2. Nagahara, H. and Ozawa, K. (2012), The role of exchange reactions in oxygen isotope fractionation during CAI and chondrule formation. *Meteoritics and Planetary Science*, **47**, 1209-1228.
3. 原田真理子・瀧川晶・橘省吾・永原裕子・小澤一仁 (2012), スピネル形成真空実験から探るプレソラーレスピネルの起源, *日本惑星科学会誌*, **21**, 160-167.
4. Yoshikawa, M., Suzuki, K., Shibata, T. and Ozawa, K., (2012), Geochemical and Os isotopic characteristics of a fresh harzburgite in the Hayachine-Miyamori ophiolite: Evidence for melting under influx of carbonate-rich silicate melt in an infant arc environment, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **134**, 107-122.
5. Obata, M., Ozawa, K., and Naemura, K., (2013), Isochemical breakdown of garnet in orogenic garnet peridotite and its implication to reaction kinetics. *Mineralogy and Petrology*, **107**, 881-895, DOI 10.1007/s00710-012-0260-4.
6. Tachibana, S., Tamada, S., Kawasaki, H., Ozawa, K., and Nagahara, H., (2013), Interdiffusion of Mg-Fe in olivine at 1,400-1,600 °C and 1 atm total pressure. *Physics and Chemistry of Minerals*, **40**, 511-519, DOI 10.1007/s00269-013-0588-2.
7. Sakai, R., Nagahara, H., Ozawa, K., and Tachibana, S., (2014), Composition of the lunar magma ocean constrained by the conditions for the crust formation. *Icarus*, **229**, 45-56.
8. Sakuyama, T. Nagaoka, S., Miyazaki, T., Chang, Q., Takahashi, T., Hirahara, Y., Senda, R. Itaya, T. Kimura, J., and Ozawa, K., (2014), Melting of the upper most metasomatized asthenosphere triggered by fluid fluxing from ancient subducted sediment: Constraints from the Quaternary basalt lavas at Chugaryeong Volcano, Korea., *Journal of Petrology*, **55**, 499-528.
9. Sakuyama, T., Nakai, S., Yoshikawa, M., Shibata, T., and Ozawa, K., (2014), Progressive interaction between dry and wet mantle during high temperature diapiric upwelling: constraints from Cenozoic Kita-Matsuura intraplate basalt province, northwestern Kyushu, Japan. *Journal of Petrology*, **55**, 1083-1128.
10. Takigawa, A., Tachibana, S., Nagahara, H., and Ozawa, K., (2015), Evaporation and condensation kinetics of corundum: The origin of the 13 $\mu$ m feature of oxygen-rich AGB stars. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, **218.2**, 16pp, doi: 10.1088/0067-0049/218/1/2.
11. Ozawa, K., Maekawa, H., Shibata, K., Asahara, Y., and Yoshikawa, M., (2015), Evolution processes of Ordovician-Devonian arc system in the South-Kitakami Massif and its relevance to the Ordovician ophiolite pulse. *Island Arc*, **24**, 78-118.
12. Akizawa, N., Ozawa, K., Tamura, A., Michibayashi, K., and Arai, S., (2016), Three-dimensional evolution of melting, heat and melt transfer in ascending mantle beneath a fast-spreading ridge segment constrained by trace elements in clinopyroxene from concordant dunites and host harzburgites of the Oman ophiolite. *Journal of Petrology*, **57**, 777-814, doi: 10.1093/petrology/egw020.
13. Hibiya, Y., G. J. Arche, R. Tanaka, M. E. Sanborn, Y. Sato, T. Iizuka, K. Ozawa, R. J. Walker, A. Yamaguchi, Q.-Z. Yin, A. J. Irving, T. Nakamura (2019), The origin of the unique achondrite Northwest Africa 6704: Constraints from petrology, chemistry and Re-Os, O and Ti isotope systematics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **254**, 597-627.
14. Sato, Y. and Ozawa, K. (2019), Reconstruction of the lithosphere-asthenosphere boundary zone beneath Ichinomegata maar, Northeast Japan, by geobarometry of spinel peridotite xenoliths. *American Mineralogist*, **104**, 1285-1306.

(2) 査読無し原著論文

1. 長谷川汰河・道林克禎・小澤一仁, (2017), 岩手県早池峰-宮守オフィオライトカンラン岩の構造岩石学的特徴, *静岡大学地球科学研究報告*, no. 44, 31-46.

(3) 総説・解説

1. 小澤一仁・永原裕子, (2013), 地球物質情報に基づく地球熱史解明：到達点の概観と今後の展開, *岩石鉱物科学*, 42, 136-155.
2. 小澤一仁・前川寛和・石渡明, (2013), オルドビス紀-デボン紀島弧系の復元と発達過程：岩手県早池峰宮守オフィオライトと母体高压変成岩類, *地質学雑誌*, 119, 補遺, 134-153. (地質学会見学会案内書)
3. 小澤一仁・佐藤侑人・成田冴理, (2018), スピネルカンラン岩捕獲岩の圧力推定の現状, 問題点, 解決策：リソスフェア-アセノスフェア境界域のダイナミクスの理解に向けて, *地質学雑誌*, 124, 575-592.

(4) 著書

1. Ishiwatari, A., Ozawa, K., Arai, S., Ishimaru, S., Abe, N., and Takeuchi, M. (2016), Ophiolites and ultramafic rocks, In: *The Geology of Japan*, eds., Moreno, T., Wallis, S. R., Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, p. 223-250.

(5) その他著作物

1. 小澤一仁 (2012-2018), 理科年表平成 24 年度版 地質および鉱物, 国立天文台編, 丸善出版, pp. 644-676.
2. 小澤一仁 (2018), 鉱物・宝石の科学辞典, 日本鉱物科学会編, 朝倉書店, pp. 664.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 小澤一仁, 物質科学的アプローチから探究する地球の熱史, 日本地質学科 2013 年会, 仙台, 2013/09/14
2. 小澤一仁・前川寛和, 岩手県早池峰宮守オフィオライトと母体変成岩類, 日本地質学会巡検 I 班, 日本地質学科 2013 年会, 仙台, 2013/09/17-18
3. Ozawa, K., Contrasting P-T histories recorded in exhumed mantle peridotites and its implication in lithosphere-asthenosphere interaction, 6th Orogenic Lherzolite Conference, Marrakech, Morocco, 2014.5/4-15
4. Ozawa, K., Youbi, N., Boumehdi, M. A., and Nagahara, H., Thermobarometry for spinel lherzolite xenoliths in alkali basalts, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 2016/4/19
5. Ozawa, K., Youbi, N., Boumehdi, M. A., McKenzie, D., and Nagahara, H., Evaluation of thermobarometry for spinel lherzolite fragments in alkali basalts, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 2017/4/27
6. Ozawa, K., Sato, Y., Narita, S., Youbi, N., Boumehdi, M. A., and Nagahara, H., Decoding thermal events before and during mantle xenolith extraction. EGU General Assembly 2018, Vienna, Austria, 2018/4/9
7. Ozawa, K., Garrido, C. J., Hidas, K., and Bodinier, J-L., Modes of asthenosphere-lithosphere interaction revealed from evolution of the internal thermal structure of orogenic peridotite complexes, 3rd European Mantle Workshop, Pavia, Italy, 2016/6/28



## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2013年度 修士2名（萩野啓，鈴木博子）
- ・ 2014年度 修士2名（森里文哉，久岡由実）
- ・ 2016年度 修士1名（坂田龍玄）
- ・ 2017年度 修士1名（木村皐史）
- ・ 2018年度 修士1名（成田冴理）
- ・ 2019年度予定 修士2名（田上創，青木智）博士2名（佐藤侑人，木村皐史）

#### 担当講義

- ・ 大学院 マグマ学，2014, 2017年度
- ・ 大学院 器機分析実習 II，2012～2018年度
- ・ 理学部・大学院 固体地球科学，2012～2017年度
- ・ 理学部 地球惑星物理化学，2012～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理化学演習，2012～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外調査 III，2012～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学演習，2012～2018年度
- ・ 理学部 造岩鉱物光学実習，2012～2017年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外巡検 I，2016年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学実験，2012～2018年度
- ・ 教養学部 地球惑星物質科学基礎論，2018年度
- ・ 教養学部 全学自由研究ゼミナール，2013年度
- ・ 東北大学集中講義 島弧マグマ学特選講義 I・火山学・地質流体論特 III 講義 I，2013年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 1名（2016年 木村皐史，2017年 森里文哉）
- ・ 日本鉱物科学会研究発表優秀賞 1名（2016年，2018年 木村皐史）

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本鉱物科学会，評議委員，2012～2014年度
- ・ 日本鉱物科学会，渡邊萬次郎賞選考委員会委員長，2012年
- ・ 日本鉱物科学会，鉱物科学会賞選考委員会委員，2013年
- ・ 6<sup>th</sup> Orogenic lherzolite conference 2014 Morocco: Organization Committee
- ・ 日本鉱物科学会年会@東京，年会運営委員，2015年

- ・ 2018年度マントル研究集会@東京大学, 主催, 2018年度

#### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 岡山大学地球物質科学研究センター, 運営・勸告委員会, 2012~2013年
- ・ 岡山大学地球物質科学研究センター, 運営・勸告委員会座長, 2014年
- ・ 千葉大学理学研究科・理学部テニユアー審査委員会, 学外委員, 2017年度
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2014~2018年度
- ・ 小澤一仁, 地球内部からの熱い手紙, 理学系研究科高校生のための講義, 2014/07/24
- ・ 小澤一仁, 地球科学の魅力, 高校生のための模擬講義@東大, 2012/11/10, 2013/11/17

#### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 専攻長, 2012~2013年度
- ・ 地球惑星科学専攻 会計委員長, 2014~2017年度
- ・ 大学院理学系研究科 教育推進委員, 2014~2015年度
- ・ 大学院理学系研究科東京大学教育運営委員会学部・大学院教育部会理学系委員, 2015年度
- ・ 大学院理学系研究科 教育推進・学術運営委員, 2018年度
- ・ 大学院理学系研究科 技術委員会委員, 2012-2018年度
- ・ 大学院理学系研究科 学生支援室運営委員, 2012-2018年度
- ・ 大学院理学系研究科地殻化学研究施設 運営委員, 2012-2018年度

### V. 国際化対応

#### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

##### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：2名

##### (2) 派遣

学生数：1名 研究者数：0名

##### (3) 海外からの来訪者数 11名

# 廣瀬 敬

## I. 略歴

氏名： 廣瀬 敬（ひろせ けい）

年齢： 51 歳

現職： 教授

### 学歴

1986 年 3 月 私立開成高等学校卒業

1990 年 3 月 東京大学理学部地学科卒業

1992 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻修士課程修了

1994 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻博士課程修了

1994 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1994 年 10 月 東京工業大学理学部地球惑星科学科 助手

1999 年 12 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻 助教授

2006 年 1 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻 教授

2012 年 12 月 東京工業大学地球生命研究所 所長・教授

2017 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授（兼務）

現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压実験により、地球深部物質の相転移・物性測定、下部マントル・コアの構造の成因の解明、地球の初期進化に関する研究を進めてきた。マントル最下部におけるポストペロフスカイト相への相転移を世界に先駆けて発見し、それまで地球内部でも最も謎めいた領域とされていた D”層の実態解明に大きく貢献した。また、地球中心の条件を超える超高压高温状態の発生に、静的圧縮実験として世界で初めて成功するとともに、固体コア条件下における鉄の状態図を作成した。より最近では、コアの熱伝導率がそれまでの見積もりよりも 3 倍高いことを見出し、コアを熱対流させることは困難であること、代わりに二酸化ケイ素の結晶化によって、コアの対流と地球磁場が維持されてきたことを提案した。さらに、コアの化学組成（軽元素）の特定に向け、鉄合金の融解実験に基づく状態図の作成、液体鉄や合金の密度・音速などを精力的に進めている。最近、ペロフスカイト構造を持つ  $\text{FeSiO}_3$  に、ヒロセアイトと名前がついた。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Murakami, M., Hirose, K., Kawamura, K., Sata, N., Ohishi, Y., Post-perovskite phase transition in  $\text{MgSiO}_3$ , *Science*, 304, 855–858, 2004.

下部マントルの主要鉱物ブリッジマナイト（ペロフスカイト構造相）が最下部マントルの圧

力下 120 万気圧以上で、層状の結晶構造を持つ相へ相転移することを発見、ポストペロフスカイトと名付けた。それまで最下部マントル (D” 層) は、その地震波速度の特徴が説明できなかったため、地球内部の最も謎に包まれた層とされていたが、この発見により、D” 層の実態解明が大きく進んだ。

2. Tateno, S., Hirose, K., Ohishi, Y., Tatsumi, Y., The structure of iron in Earth's inner core, *Science*, 330, 359–361 (2010).

地球の中心の圧力・温度を超える超高压高温状態を、静的圧縮実験によって初めて実験室で作出し、同時に内核条件下における金属鉄の状態図を明らかにした。鉄の高压高温相についてはそれまでさまざまな議論があったが、この論文により、内核圧力下では室温から 5700 ケルビンまで、hcp 構造相が安定であることが確かめられた。

3. Nomura, R., Hirose, K., Uesugi, K., Ohishi, Y., Tsuchiyama, A., Miyake, A., Low core-mantle boundary temperature inferred from the solidus of pyrolite, *Science*, 343, 522–525, DOI: 10.1126/science.1248186, 2014.

下部マントルからマントルの底に至る圧力範囲で、典型的なマントル組成 (パイロライト) のソリダス温度を決定した。CMB におけるソリダス温度は 3600 ケルビンと、先行研究より 500 ケルビン近く低温であった。マントル最下部では ULVZ などのローカルな構造を除き融解が起きていない (グローバルに融解していない) ことから、CMB の温度 (コア最上部の温度) は 3600 ケルビン以下と比較的低温であることを示した。

4. Ohta, K., Kuwayama, Y., Hirose, K., Shimizu, K., Ohishi, Y., Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions, *Nature*, 534, 95–98, doi:10.1038/nature17957, 2016.

純鉄の電気抵抗率をコアの高压高温条件下まで測定し、熱伝導率を求めた。その結果、鉄の電気抵抗率は温度上昇に応じて一次関数的に上がるのではなく、鉄原子間の距離で決まる飽和抵抗値に向かって漸近していくことがわかった。つまり、これまで予言されていたコアの電気抵抗率は低い=熱伝導率が従来の値よりも 3 倍程度高いことがわかった。

5. Hirose, K., Morard, G., Sinmyo, R., Umemoto, K., Hernlund, J., Helffrich, G., Labrosse, S., Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core, *Nature*, 543, 99–102, doi:10.1038/nature21367, 2017.

常圧下で液体鉄中へのシリコンと酸素の同時溶解度は限られる (どちらか 1 つであれば大量に含むことができる) ことがよく知られている。本論文ではその同時溶解度は現在のコアの圧力・温度下でも小さいこと、初期のコアに含まれていたと考えられるシリコンと酸素量は現在の同時溶解度を超えていること、つまり地球史を通じてコアは SiO<sub>2</sub> を結晶化させてきたことを示唆している。前述のコアの高い熱伝導率は、コアを熱対流させることが困難であることを意味する。代わりに、本論文では、冷却に伴いコア中で SiO<sub>2</sub> が結晶化することにより、コアの対流と地球磁場が初期地球から維持されてきたことを提案した。

#### 4. 受賞等

- ・ 廣瀬敬, アメリカ地球化学会フェロー・ヨーロッパ地球化学会フェロー, 2014 年 6 月
- ・ 廣瀬敬, 藤原賞, 2016 年 6 月
- ・ 廣瀬敬, 日本地球惑星科学連合フェロー, 2017 年 5 月

#### 5. 研究の将来計画

地球深部 (下部マントル・コア) 物質に関する実験的研究 (高压実験) を進める。現在の地球を理解するには、その出発点を明らかにすることが重要である。それゆえ、地球の形成プロセスや初期地球の進化 (マグマオーシャン・コア分離に伴う、元素分別プロセス) を理解

する必要がある。前者については、東工大地球生命研究所の惑星形成理論グループとの共同研究を計画している。後者については、マグマオーシャンの形成・固化に伴う、主成分/微量元素の元素分別・化学的成層構造について明らかにする。またコア分離の際の金属-シリケート分配を決定し、コアの軽元素の種類と量の推定を行う。液体鉄合金の高圧下における密度・音速測定、鉄合金系（特に3成分以上を含む系）のリキダス相関係の決定、軽元素同士の排他性の研究なども精力的に行い、コアの軽元素の特定を試みる。その結果を地球の形成プロセス（特に揮発性元素の地球への輸送プロセス）の研究にフィードバックし、地球の起源に迫る。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ WPI プログラム、東工大・地球生命研究所、拠点リーダー、2012～2021 年度
- ・ 科学研究費補助金 特別推進研究、地球中心核の物質と進化の解明、研究代表者、2012～2015 年度、総額 354,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別推進研究、高圧液体の挙動と初期地球進化、研究代表者、2016～2020 年度、総額 401,800,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Yamanaka, T., Hirose, K., Mao, W. L., Meng, Y., Ganesh, P., Shulenburger, L., Shen, G., Hemley, R. J., Crystal structures of  $(\text{Mg}_{1-x}\text{Fe}_x)\text{SiO}_3$  post-perovskite at high pressures, *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 109, 1035–1040, doi:10.1073/pnas.1118076108, 2012.
2. Ohta, K., Cohen, R. E., Hirose, K., Haule, K., Shimizu, K., Ohishi, Y., Experimental and theoretical evidence for pressure-induced metallization in FeO with rocksalt-type structure, *Physical Review Letters*, 108, 026403, 2012.
3. Komabayashi, T., Hirose, K., Ohishi, Y., In-situ X-ray diffraction measurements of the fcc-hcp phase transition boundary of an Fe-Ni alloy in an internally-heated diamond anvil cell, *Physics and Chemistry of Minerals*, 39, 329–338, doi: 10.1007/s00269-012-0490-3, 2012.
4. Murakami, M., Ohishi, Y., Hirao, N., Hirose, K., A perovskitic lower mantle inferred from high pressure and temperature sound velocity data, *Nature*, 485, 90–94, doi:10.1038/nature11004, 2012.
5. Imada, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Suzuki, T., Ohishi, Y., Compression of  $\text{Na}_{0.4}\text{Mg}_{0.6}\text{Al}_{1.6}\text{Si}_{0.4}\text{O}_4$  the NAL and Ca-ferrite type phases, *Physics and Chemistry of Minerals*, 39, 525–530, DOI 10.1007/s00269-012-0508-x, 2012.
6. Tateno, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Ohishi, Y., The structure of Fe-Ni alloy in Earth's inner core, *Geophysical Research Letters*, 39, L12305, doi:10.1029/2012GL052103, 2012.
7. Ohta, K., Yagi, T., Taketoshi, N., Hirose, K., Komabayashi, T., Baba, T., Ohishi, Y., Hernlund, J., Lattice thermal conductivity of  $\text{MgSiO}_3$  perovskite and post-perovskite at the core-mantle boundary, *Earth and Planetary Science Letters*, 349/350, 109–115, <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2012.06.043>, 2012.
8. Kudo, Y., Hirose, K., Murakami, M., Asahara, Y., Ozawa, H., Ohishi, Y., Hirao, N., Sound velocity measurements of  $\text{CaSiO}_3$  perovskite to 133 GPa and implications for lowermost mantle seismic anomalies, *Earth and Planetary Science Letters*, 349/350, 1–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2012.06.040>, 2012.
9. Sugimura, E., Komabayashi, T., Ohta, K., Hirose, K., Ohishi, Y., Dubrovinsky, L., Experimental evidence for superionic conduction in  $\text{H}_2\text{O}$  ice, *Journal of Chemical Physics*, 137, 194505,

- org/10.1063/1.4766816, 2012.
10. Kato, J., Hirose, K., Ohishi, Y., High-pressure experiments on phase transition boundaries between corundum, Rh<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(II) and CaIrO<sub>3</sub>-type structures in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *American Mineralogist*, 98, 335–339, 10.2138/am.2013.4133, 2013.
  11. Sinmyo, R., Hirose, K., Iron partitioning in pyrolitic lower mantle, *Physics and Chemistry of Minerals*, 40, 107–113, DOI 10.1007/s00269-012-0551-7, 2013.
  12. Noguchi, M., Komabayashi, T., Hirose, K., Ohishi, Y., High-temperature compression experiments of CaSiO<sub>3</sub> perovskite to lowermost mantle conditions and its thermal equation of state, *Physics and Chemistry of Minerals*, 40, 81–91, DOI 10.1007/s00269-012-0549-1, 2013.
  13. Hirose, K., High-Pressure, High-Temperature X-ray Diffraction Measurements and the Discovery of Post-Perovskite Phase Transition, *Journal of the Physical Society of Japan*, 82, 021010, doi: 10.7566/JPSJ.82.021010, 2013.
  14. Dai, L., Kudo, Y., Hirose, K., Murakami, M., Asahara, Y., Ozawa, H., Ohishi, Y., Hirao, N., Sound velocities of Na<sub>0.4</sub>Mg<sub>0.6</sub>Al<sub>1.6</sub>Si<sub>0.4</sub>O<sub>4</sub> NAL and CF phases to 73 GPa determined by Brillouin scattering method, *Physics and Chemistry of Minerals*, 40, 195–201, DOI 10.1007/s00269-012-0558-0, 2013.
  15. Hirose, K., Labrosse, S., Hernlund, J., Composition and state of the core, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 41:657–691, DOI: 10.1146/annurev-earth-050212-124007, 2013.
  16. Asahara, Y., Hirose, K., Ohishi, Y., Hirao, N., Ozawa, H., Murakami, M., Acoustic velocity measurement for stishovite across the post-stishovite phase transition under deviatoric stress: implication to the seismic feature of subducting slabs in the mid-mantle, *American Mineralogist*, 98, 2053–2062, DOI: 10.2138/am.2013.4145, 2013.
  17. Gomi, H., Ohta, K., Hirose, K., Labrosse, S., Hernlund, J., The high conductivity of iron and thermal evolution of Earth's core, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 224, 88–103, doi:10.1016/j.pepi.2013.07.010, 2013.
  18. Ohta, K., Yagi, T., Hirose, K., Thermal diffusivities of MgSiO<sub>3</sub> and Al-bearing MgSiO<sub>3</sub> perovskites, *American Mineralogist*, 99, 94–97, doi:10.2138/am.2014.4598, 2014.
  19. Ozawa, H., Hirose, K., Suzuki, T., Ohishi, Y., Hirao, N., Decomposition of Fe<sub>3</sub>S above 250 GPa, *Geophysical Research Letters*, 40, 1–5, doi:10.1002/grl.50946, 2013.
  20. Kato, C., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Ohishi, Y., NAL phase in K-rich portion of the lower mantle, *Geophysical Research Letters*, 40, 5085–5088, doi:10.1002/grl.50966, 2013.
  21. Tatsumi, Y., Suzuki, T., Ozawa, H., Hirose, K., Hanyu, T., Ohishi, Y., Accumulation of 'anti-continent' at the base of the mantle and its recycling in mantle plumes, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 143, 23–33 DOI:10.1016/j.gca.2013.11.019, 2014.
  22. Nomura, R., Hirose, K., Uesugi, K., Ohishi, Y., Tsuchiyama, A., Miyake, A., Low core-mantle boundary temperature inferred from the solidus of pyrolite, *Science*, 343, 522–525, DOI: 10.1126/science.1248186, 2014.
  23. Caracas, R., Ozawa, H., Hirose, K., Ishii, H., Hiraoka, N., Ohishi, Y., Hirao, N., Identifying the spin transition in Fe<sup>2+</sup>-rich MgSiO<sub>3</sub> perovskite from X-ray diffraction and vibrational spectroscopy, *American Mineralogist*, 99, 1270–1276, 2014.
  24. Hirose, K., Deep Earth mineralogy revealed by ultrahigh-pressure experiments, *Mineralogical Magazine*, 78, 437–446, 2014.
  25. 太田 健二、八木 貴志、廣瀬 敬、パルス光加熱サーモリフレクタンクス法を用いた高圧下での下部マントル鉱物の格子熱伝導率測定、高圧力の科学と技術、24, 118–125, 2014.
  26. Tateno, S., Hirose, K., Ohishi, Y., Melting experiments on peridotite to lowermost mantle conditions, *Journal of Geophysical Research*, Solid Earth, 119, 4684–4694, doi:10.1002/2013JB010616, 2014.

27. Imada, S., Ohta, K., Yagi, T., Hirose, K., Yoshida, H., Nagahara, H., Measurements of lattice thermal conductivity of MgO measured to core-mantle boundary pressures, *Geophysical Research Letters*, 41, 4542–4547, doi:10.1002/2014GL060423, 2014.
28. Umemoto, K., Hirose, K., Imada, S., Nakajima, Y., Komabayashi, T., Tsutsui, S., Baron, A. Q. R., Liquid iron-sulfur alloys at outer core conditions by first-principles calculations, *Geophysical Research Letters*, 41, doi:10.1002/2014GL061233, 2014.
29. Tateno, S., Kuwayama, Y., Hirose, K., Ohishi, Y., Crystal structure of Fe-Si alloy in the Earth's inner core, *Earth and Planetary Science Letters*, 418, 11–19, 2015.
30. Labrosse, S., Hernlund, J., Hirose, K., Fractional melting and freezing in the deep mantle and implications for the formation of a basal magma ocean, in “*Early Earth: Accretion and Differentiation*”, *AGU monograph*, 212, 111–130, 2015.
31. Gomi, H., Hirose, K., Electrical resistivity and thermal conductivity of hcp Fe-Ni alloys under high pressure: Implications for thermal convection in the Earth's core, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, doi:10.1016/j.pepi.2015.04.003, 2015.
32. Minobe, S., Nakajima, Y., Hirose, K., Ohishi, Y., Stability and compressibility of a new iron-nitride  $\beta$ -Fe<sub>7</sub>N<sub>3</sub> to core pressures, *Geophysical Research Letters*, 42, doi:10.1002/2015GL064496, 2015.
33. Komabayashi, T., Kato, J., Hirose, K., Tsutsui, S., Imada, S., Nakajima, Y., Baron, A. Q. R., Temperature dependence of the velocity-density relation for liquid metals under high pressure: implications for the Earth's outer core, *American Mineralogist*, 100, 2602–2609, 2015.
34. Umemoto, K., Sugimura, E., de Gironcoli, S., Nakajima, Y., Hirose, K., Ohishi, Y., Wentzcovitch, R. M., Nature of the volume isotope effect in ice, *Physical Review Letters*, 115, 173005, 2015.
35. Umemoto, K., Hirose, K., Liquid iron-hydrogen alloys at outer core conditions by first-principles calculations, *Geophysical Research Letters*, 42, 7513–7520, doi:10.1002/2015GL065899, 2015.
36. Nakajima, Y., Imada, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Tsutsui, S., Kuwayama, Y., Baron, A. Q. R., Carbon depleted outer core revealed by sound velocity measurements of liquid Fe-C alloy, *Nature Communications*, 6:8942 doi: 10.1038/ncomms9942, 2015.
37. Hirose, K., Phase transition and melting in the deep lower mantle, *AGU monograph "Deep Earth: Physics and Chemistry of the Lower Mantle and Core"*, p. 209–224, 2016.
38. Kato, C., Hirose, K., Nomura, R., Miyake, A., Ohishi, Y., Melting in the FeO-SiO<sub>2</sub> system to deep lower mantle pressures: implications for subducted Banded Iron Formations, *Earth and Planetary Science Letters*, 440, 56–61, 2016.
39. Ohta, K., Kuwayama, Y., Hirose, K., Shimizu, K., Ohishi, Y., Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions, *Nature*, 534, 95–98, doi:10.1038/nature17957, 2016.
40. Umemoto, K., Kawamura, K., Hirose, K., Wentzcovitch, R. M., Post-stishovite transition in hydrous aluminous SiO<sub>2</sub>, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 255, 18–26, 2016.
41. Tagawa, S., Ohta, K., Hirose, K., Kato, C., Ohishi, Y., Compression of Fe-Si-H alloys to core pressures, *Geophysical Research Letters*, 43, doi:10.1002/2016GL068848, 2016.
42. Gomi, H., Hirose, K., Akai, H., Fei, Y., Electrical resistivity of substitutionally disordered hcp Fe-Si and Fe-Ni alloys: chemically induced resistivity saturation in the Earth's core, *Earth and Planetary Science Letters*, 451, 51–61, 2016.
43. Ozawa, H., Hirose, K., Yonemitsu, K., Ohishi, Y., High-pressure melting experiments on Fe-Si alloys and implications for silicon as a light element in the core, *Earth and Planetary Science Letters*, 456, 47–54, 2016.
44. Hirose, K., Morard, G., Sinmyo, R., Umemoto, K., Hernlund, J., Helffrich, G., Labrosse, S.,

- Crystallization of silicon dioxide and compositional evolution of the Earth's core, *Nature*, 543, 99–102, doi:10.1038/nature21367, 2017.
45. Ballmer, M., Houser, C., Hernlund, J., Wentzcovitch, R., Hirose, K., Persistence of strong silica-enriched domains in the Earth's lower mantle, *Nature Geoscience*, 10, 236–240, doi:10.1038/ngeo2898, 2017.
  46. Mori, Y., Ozawa, H., Hirose, K., Sinmyo, R., Tateno, S., Morard, G., Ohishi, Y., Melting experiments on Fe–Fe<sub>3</sub>S system to 254 GPa, *Earth and Planetary Science Letters*, 464, 135–141, 2017.
  47. Ohta, K., Yagi, T., Hirose, K., Ohishi, Y., Thermal conductivity of ferropericlase in the Earth's lower mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 465, 29–37, 2017.
  48. Kawaguchi, S., Nakajima, Y., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Kuwayama, Y., Tsutsui, S., Baron, A. Q. R., Sound velocity of liquid Fe–Ni–S at high pressure, *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 122, 3624–3634, doi:10.1002/2016JB013609, 2017.
  49. Ishii, T., Sinmyo, R., Komabayashi, T., Ballaran, T., Kawazoe, T., Miyajima, N., Hirose, K., Katsura, T., Synthesis and crystal structure of LiNbO<sub>3</sub>-type Mg<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>: A possible indicator of shock conditions of meteorites, *American Mineralogist*, 102, 1947–1952, 2017.
  50. Okuda, Y., Ohta, K., Yagi, T., Sinmyo, R., Wakamatsu, T., Hirose, K., Ohishi, Y., The effect of iron and aluminum incorporation on lattice thermal conductivity of bridgmanite at the Earth's lower mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 474, 25–31, 2017.
  51. Ballmer, M.D., Lourenço, D.L., Hirose, K., Caracas, R., Nomura, R., Reconciling magma-ocean crystallization models with the present-day structure of the Earth's mantle, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, 2785–2806, doi:10.1002/2017GC006917.
  52. Kidokoro, Y., Umemoto, K., Hirose, K., Ohishi, Y., Phase transition in SiC from zinc-blende to rock-salt structure and implications for carbon-rich extrasolar planets, *American Mineralogist*, 102, 2230–2234, 2017.
  53. Suehiro, S., Ohta, K., Hirose, K., Morard, G., Ohishi, Y., The influence of sulfur on the electrical resistivity of hcp iron: implications for the core conductivity of Mars and Earth, *Geophysical Research Letters*, 44, 8254–8259, doi:10.1002/2017GL074021, 2017.
  54. Hirose, K., Sinmyo, R., Hernlund, J., Perovskite in Earth's deep interior, *Science*, 358, 734–738, 2017.
  55. Wakamatsu, T., Ohta, K., Yagi, T., Hirose, K., Ohishi, Y., Measurements of sound velocity in iron–nickel alloys by femtosecond laser pulses in a diamond anvil cell, *Physics and Chemistry of Minerals*, <https://doi.org/10.1007/s00269-018-0944-3>, 2018.
  56. Helffrich, G., Ballmer, M., Hirose, K., Core-exsolved SiO<sub>2</sub> dispersal in the Earth's mantle, *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 123, 176–188, <https://doi.org/10.1002/2017JB014865>, 2018.
  57. Sakai, T., Yagi, T., Irifune, T., Kadobayashi, H., Hirao, N., Kunimoto, T., Ohfuji, H., Kawaguchi, S., Ohishi, Y., Tateno, S., Hirose, K., High pressure generation using double-stage diamond anvil technique: problems and equations of state of rhenium, *High Pressure Research*, DOI: 10.1080/08957959.2018.1448082, 2018.
  58. Tateno, S., Hirose, K., Sinmyo, R., Morard, G., Hirao, N., Ohishi, Y., Melting of Fe–Si–S alloys to core pressures: silicon in the core?, *American Mineralogist*, 103, 742–748, 2018.
  59. Helffrich, G., Shahar, A., Hirose, K., Isotopic signature of core-derived SiO<sub>2</sub>, *American Mineralogist*, 103, 1161–1164, 2018.
  60. Tateno, S., Hirose, K., Sakata, S., Yonemitsu, K., Ozawa, H., Hirata, T., Hirao, N., Ohishi, Y., Melting phase relations and element partitioning in MORB to lowermost mantle conditions, *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 123, <https://doi.org/10.1029/2018JB015790>,



2018.

61. Ozawa, K., Anzai, M., Hirose, K., Sinmyo, R., Tateno, S., Experimental determination of eutectic liquid compositions in the MgO–SiO<sub>2</sub> system to the lowermost mantle pressures, *Geophysical Research Letters*, 45, [https:// doi.org/10.1029/2018GL079313](https://doi.org/10.1029/2018GL079313), 2018.
62. Ohta, K., Nishihara, Y., Satoh, Y., Hirose, K., Yagi, T., Kawaguchi, S. I., Hirao, N., Ohishi, Y., An experimental examination of thermal conductivity anisotropy in *hcp* iron, *Frontiers in Earth Science*, 6, 176, doi:10.3389/feart.2018.00176, 2018.
63. Badro, J., Aubert, J., Hirose, K., Nomura, R., Blanchard, I., Borensztajn, S., Siebert, J., Magnesium partitioning between Earth's mantle and core and its potential to drive an early exsolution geodynamo, *Geophysical Research Letters*, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL080405>, 2018.
64. Ohta, K., Suehiro, S., Hirose, K., Ohishi, Y., Electrical resistivity of fcc phase iron hydrides at high pressures and temperatures, *Comptes Rendus Geoscience*, 351, 147–153, <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.05.004>, 2019.
65. Hasegawa, A., Ohta, K., Yagi, T., Hirose, K., Okuda, Y., Kondo, T., Composition and pressure dependence of lattice thermal conductivity of (Mg,Fe)O solid solutions, *Comptes Rendus Geoscience*, 351, 229–235, <https://doi.org/10.1016/j.crte.2018.10.005>, 2019.
66. Tateno, S., Komabayashi, T., Hirose, K., Hirao, N., Ohishi, Y., Static compression of B2 KCl to 230 GPa and its *P-V-T* equation of state, *American Mineralogist*, DOI: <https://doi.org/10.2138/am-2019-6779>, 2019.
67. Sinmyo, R., Hirose, K., Ohishi, Y., Melting of iron to 290 gigapascals determined in a resistance-heated diamond-anvil cell, *Earth and Planetary Science Letters*, 510, 45–52, 2019.
68. Kusakabe, M., Hirose, K., Sinmyo, R., Kuwayama, Y., Ohishi, Y., Helffrich, G., Melting curve and equation of state of  $\beta$ -Fe<sub>7</sub>N<sub>3</sub>: Nitrogen in the core?, *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 124, <https://doi.org/10.1029/2018JB015823>, 2019.
69. Mashino, I., Miozzi, F., Hirose, K., Morard, G., Sinmyo, R., Melting experiments on the Fe–C binary system up to 255 GPa: Constraints on the carbon content in the Earth's core, *Earth and Planetary Science Letters*, 515, 135–144, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.03.020>, 2019.

## (2) 査読無し原著論文

## (3) 総説・解説

1. Hirose, K., Wentzcovitch, R., Yuen, D., Lay, T., Mineralogy of the deep mantle – the post-perovskite phase and its geophysical significance, In: Gerald Schubert (editor-in-chief) *Treatise on Geophysics*, 2nd edition, Vol 2. Oxford: Elsevier; p. 85-115, 2015.

## (4) 著書

1. 廣瀬 敬 (2015). できたての地球: 生命誕生の条件. 岩波書店

## (5) その他著作物

1. 廣瀬 敬 (2018). 実験室で地球深部の環境を実現する (特集 ラストフロンティア : 地球深部を探る) 化学と工業 = Chemistry & chemical industry 69(6) 449-451.
2. 廣瀬 敬 (2017). 地球コアの鉄 (特集 鉄 : 宇宙・地球・生命・文化・未来) ふえらむ = Bulletin of the Iron and Steel Institute of Japan : (一社)日本鉄鋼協会会報 22(12) 660-664.
3. 廣瀬 敬 (2016). 地球中心核 : ダイヤモンドで地球の金属核を解明 (特集 かく) 高翔 : 自動車技術会関東支部報 (65) 24-27.

4. 阿部 豊, 廣瀬 敬 (2014). 対談 地球の水と宇宙の水 (特集 地球の水, 宇宙の水), 科学 84(10) 1028-1035.
5. 廣瀬 敬 (2014). サイエンス・インタビュー 科学のいま、そして未来 高温高圧の環境をつくり出し地球の内部構造の謎に挑む, *Milsil: 自然と科学の情報誌* 7(2) 3-5.
6. 廣瀬 敬 (2012). 超高压高温実験で探る地球深部, *パリティ* 27(6) 54-57.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Hirose, K., Exsolution of SiO<sub>2</sub> crystals and silicate melt from the liquid core: Implications for the origins of mid-lower mantle scatters and the ultra-low velocity zone above the CMB, AGU Fall Meeting, Washington, D.C., 2018.
2. Hirose, K., Core composition?-Constraints from melting phase relations in binary and ternary iron alloy systems (keynote), The 16th Symposium of SEDI, Edmonton, Canada, 2018.
3. Hirose, K., Chemical Evolution and the Present-Day Composition of the Liquid Outer Core, Gordon Research Conference 2017, South Hadley, USA, 2017.
4. Hirose, K. et al., Hydrogen in the core?, AGU 2016 Fall meeting, San Francisco, 2016.
5. Hirose, K., Morard, G., Sinmyo, R., Hernlund, J., Crystallization of SiO<sub>2</sub> in the core and the mechanism of early dynamo, CIDER 2016 Community Workshop, California, USA, 2016.
6. Hirose, K., Earth, Planetary and Mineral Science, Gordon Research Conference 2016, Holderness, USA, 2016.
7. Hirose, K., Crystallization of SiO<sub>2</sub> in Earth's core after high-temperature core formation, The Earth's Mantle and Core: Structure, Composition, Evolution, Matsuyama, Japan, 2015.
8. Hirose, K., Overview of the dynamo evolution problem and the heat paradox, Geophysical & Geochemical Constraints on Early Planetary Dynamos, Kawaguchiko, Japan, 2015.
9. Hirose, K., Crystallization in Earth's core after high-temperature core formation, AGU Fall meeting 2015, San Francisco, 2015.
10. Hirose, K., Melting experiments in a diamond-anvil cell combined with ex-situ textural and chemical characterizations by FIB/SEM/TEM, New Frontier in Studying Chemistry under Extreme Conditions, Shanghai, China, 2015.
11. Hirose, K., Iron-rich eutectic liquid composition in Fe-Si system at core pressures: Ex-situ textural and chemical characterization of DAC samples, AGU Fall meeting 2014, San Francisco, 2014.
12. Hirose, K., The discovery of post-perovskite and its unique physical property, ppv@10: a meeting for the 10th anniversary of the discovery of post-perovskite, Bristol, UK, 2014.
13. Hirose, K., Measurements of core properties at high pressure., Workshop on the Elastic Properties of Iron in Extreme Conditions, Takarazuka, Japan, 2013.
14. Hirose, K., Measurements of transport properties in DAC, 2013 Workshop on Transport Properties in the Earth's Core, Kawaguchiko, Japan, 2013.
15. Hirose, K., Crystal structure in Earth's inner core, Goldschmidt 2013, Florence, Italy, 2013.
16. Hirose, K., Spin crossover and iron-rich dense partial melt in pyrolitic lower mantle, AGU Fall meeting 2012, San Francisco, 2012.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2018年度 修士1名（日下部真夕）

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 固体地球科学，2017～2018年度
- ・ 理学部・大学院 地球惑星物質科学，2017～2018年度
- ・ 理学部 地球システム進化学，2017～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学実験，2018年度

#### 指導学生の受賞

- ・ American Geophysical Union, Outstanding Student Presentation Award（2018年度 博士 田川翔）

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ *Science*, Reviewing Editor, 2009-2015
- ・ *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Editor, 2010-現在
- ・ European Association of Geochemistry/Geochemical Society, Geochemical Fellow Committee, 2012-2013

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 科学研究費補助金審査委員，2017～2018年度
- ・ 読売テクノフォーラム，「ここまでわかった地球生命誕生の秘密」，2017年5月
- ・ プレスリリース 地球コアで“石英”が晶出～できた頃の頃から地球には磁場が存在，2017年2月
- ・ プレスリリース 地球コアに大量の水素，2014年1月
- ・ 地球の形成と初期進化，東京大学オープンキャンパス，2017年8月
- ・ その他、一般講演会13回（2012～2018年度）

### 12. 学内行政業務

- ・ 国際卓越大学院プログラム「宇宙地球フロンティア」コーディネータ 2017年度～

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ

廣瀬 敬

学生数：0名 研究者数：0名

(2) 派遣

学生数：1名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 4名

# 安藤 亮輔

## I. 略歴

氏名： 安藤 亮輔（あんど う りょうすけ）

年齢： 43 歳

現職： 准教授

### 学歴

1994 年 3 月 名古屋市立山田高等学校 卒業  
2000 年 3 月 立命館大学数学物理学科 卒業  
2002 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 修士課程修了  
2005 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 博士課程修了  
2005 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2005 年 4 月 日本学術振興会 特別研究員（P D）  
2005 年 8 月 カリフォルニア大学 サンタバーバラ校 カブリ理論物理研究所  
客員研究員  
2005 年 12 月 コロンビア大学 ラモン・ドハティ地球観測研究所 客員研究員  
2007 年 4 月 防災科学技術研究所 地震研究部 契約研究員  
2008 年 4 月 (独) 産業技術総合研究所 活断層研究センター 任期付き研究員  
2013 年 3 月 (独) 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター 主任研究員  
2013 年 4 月 (独) 産業技術総合研究所  
地質分野研究企画室（兼）活断層・地震研究センター 企画主幹  
2014 年 4 月 (独) 産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 主任研究員  
2014 年 9 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

物理モデリングと地形・地質情報を含む観測データの統合で、地震発生過程や長時間スケールの地球表層の変形を多面的に解明してきた。動的破壊過程を扱う数値計算手法である境界積分方程式法をもとに新たな効率化手法を開発し、京コンピュータなどの大規模並列計算機環境に実装してきた。2016 年熊本地震や 2016 年ニュージーランド地震などの多数の大地震の再現計算を国内外の共同研究として行い、物理モデルの構築と妥当性を系統的に検証してきた。スロー地震についても物理モデルを構築し、経験的に知られたスロー地震の諸特徴が、断層帯のレオロジカルな微細不均質構造によって説明されることを世界に先駆けて明らかにした。さらに、理論とデータ解析を通じて微動の移動パターンから断層帯のレオロジー法則が推定できることを示すことで、断層帯の物質科学的な研究への道を切り開いた。また、東北沖地震の前駆的地震活動を含めて、様々なスロー地震に関連する誘発現象の

メカニズムを明らかにした。提唱されたスロー地震のモデルは、標準モデルの一つとみなされている。一方、地形・地質学的な古地震学に機械学習などの数値解析手法や物理モデルを導入することで、大地震の長期予測に必要な大地震の発生履歴の復元手法の高度化を行っている。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Ando, R. and Y. Kaneko, Dynamic rupture simulation reproduces spontaneous multi-fault rupture and arrest during the 2016 Mw 7.9 Kaikoura earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 10.1029/2018GL080550, 2018.

これまでに観測された最も複雑な破壊過程を示す大地震であるニュージーランドのカイコウラ地震を動的破壊シミュレーションで再現した研究。物理モデルの初期条件に、実際に観測された断層形状と広域的な応力場を初期条件として考慮することで、地震時に観測された破壊の停止位置や最大滑りの発生位置など断層滑りパターンの大局的な特徴が、詳細なパラメータチューニングをせずに再現できることを明らかにした。断層形状と応力場は、地震の発生前のある程度は観測により推定できる量であるため、本研究の成果は地震の予測可能性を上げることにつながる成果である。（引用回数4回(GS/Sep. 16, 2019)）

2. Komori, J., M., Shishikura, R. Ando, Y. Yokoyama and Y. Miyairi, History of the great Kanto earthquakes inferred from the ages of Holocene marine terraces revealed by a comprehensive drilling survey, *Earth and Planetary Science Letters*, 47,174-84, 2017.

関東大震災等を引き起こした相模トラフ沈み込み帯の巨大地震の過去数千年にわたる発生履歴を、系統的で大規模な地質調査と地形解析で明らかにした論文。従来の限られた地質データで約2000年程度と推定されていた平均発生間隔が、本研究での海岸段丘を対象とした網羅的なボーリング調査と年代測定によって、最短で500年間隔であり、よりばらつきも多い可能性があることを明らかにした。本研究は、卒業論文と修論文の内容であり、マスコミにも広く報道された。（引用回数5回(GS/Sep. 16, 2019)）

3. Ando, R., Fast Domain Partitioning Method for dynamic boundary integral equations applicable to non-planar faults dipping in 3-D elastic half-space, *Journal of Geophysical International*, 207, 833-847, doi: 10.1093/gji/ggw299, 2016.

境界積分方程式法（BIEM）は、地震発生現象の実態である断層の滑り破壊をシミュレーションするのに用いる数値計算手法であり、その高い数値精度と複雑な断層形状の表現への適合性に特色がある。従来のBIEMは、時間ステップNに対して $N^3$ の高い計算コストがあったものを、解析に用いるグリーン関数の性質を用いることで何らの近似無しに $N^2$ まで高効率化できる手法を開発した研究である。本手法を大規模並列計算環境に実装することで、それ以降、実際に発生した大地震の再現シミュレーションを系統的に行うことが可能となった。（引用回数6回(GS/Sep. 16, 2019)）

4. Ando, R., K. Imanishi, Possibility of Mw 9.0 mainshock triggered by diffusional propagation of after-slip from Mw 7.3 foreshock, *Earth, Planets, Space*, doi.org/10.5047/eps.2011.05.016, 2011.

東北地方太平洋沖地震とその2日前のM7.3地震の因果関係、すなわちM7.3の地震がM9の東北沖地震の前震であることを世界で初めて明らかにした研究。M7.3地震の発生後の余震震源位置の時空間的な発展パターンをデータ解析することで、本震の破壊開始点に向かって地震活動域が移動していったことが分かった。これは、前震によって生じたプレート境界の余効滑りによって生じた応力変化が本震のトリガーとなったことを示す証拠となる。本研究以降に、様々な大地震について、地震活動の移動と本震の発生の関係が大きな注目を集めることになった。（引用回数62回(GS/Sep. 16, 2019)）

5. Ando, R., R. Nakata and T. Hori, A slip pulse model with fault heterogeneity for low - frequency earthquakes and tremor along plate interfaces *Geophys. Res. Lett.*, doi.org/10.1029/2010GL0430562018.

スロー地震の発生には、断層面上の脆性破壊領域と塑性流動領域の空間的に混在する不均質構造が重要な物理的要素であることを、シミュレーションと地震観測データの解釈によって指摘した初めての研究。それまで、スロー地震の発生は、空間的に均質な摩擦特性によって決まるエネルギー状態の微妙なバランスによって説明されると考えられることが多かったが、それとはまったく別の物理特性が提示された。本研究は地質学的な研究にも影響を与え、スロー地震発生領域の断層岩試料の研究が進み、そのような環境下で形成されたと推定される脆性・塑性混合型の不均質構造が普遍的に存在することが明らかになってきている（引用回数 76 回(GS/Sep. 16, 2019)）

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

地震科学とテクトニクス分野を融合し、地震発生過程と背景にあるテクトニックな過程の幅広い時空間スケールでの物理的な理解を進める。物理モデルに地球物理学的なデータと地形・地質学的なデータを統合することに注力し、国際的共同研究により実際に発生した大地震や長期的な断層活動を対象に物理モデルの検証と高度化を進める。そのために必要となる大規模数値計算技術を、科研費研究と学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）の枠組みを活かし計算機科学分野と共同して推進する。また、地形・地質学分野と共同して、野外調査データからテクトニックな変動量を抽出するための機械学習を含めた定量的手法の開発を行う。物理モデルの高度化には、観測可能量を詳細に考慮することでモデル誤差を減らすとともに、スケール依存性など観測による直接的な拘束の困難な物理特性の理解が重要である。そのために、マルチスケール・マルチフィジクスのモデル化を進め、マイクロな実験室や露頭スケールの過程と自然地震のようなマクロな過程の関係の理解を進める。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究(B) 自然地震データと物理モデルを用いた広い速度レンジでの摩擦特性の推定 研究代表者 2013-2017 年度，総額 2,800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域（研究領域提案型）島弧地殻における変形・断層すべり過程のモデル構築 研究分担者 2014-2018 年度，総額 5,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A) 世界の沈み込み帯における低速&高速地震のダイナミクスの解明 研究分担者 2016-2020 年度，総額 3,000,000 円
- ・ 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 一般共同研究課題 時空間領域境界積分方程式法の高速度解法の開発と巨大地震シミュレーションへの応用 研究代表者 2017-2019 年度，合計 180,000 ノード時間
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(C) 熊本地震はなぜ阿蘇カルデラ内で止まったのか？：測地観測と数値計算で探る破壊の終焉 研究分担者 2018-2020 年度，総額 2,000,000 円（予定）
- ・ 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) ニュージーランドにおける巨大地震発生シミュレーターの高速度化と性能評価 研究代表者 2018-2020 年度，総額 6,100,000 円（予定）
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域（公募研究）スロー地震の一般的な物理モデル構築と露

頭からの地質学的制約 研究代表者 2019-2020 年度, 総額 1,800,000 円 (予定)

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(C) 超大規模シミュレーションで再現する大地震の動的破壊過程 研究代表者 2019-2024 年度, 総額 3,300,000 円 (予定)

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Ando, R. and Y. Kaneko, Dynamic rupture simulation reproduces spontaneous multi-fault rupture and arrest during the 2016 Mw 7.9 Kaikoura earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 10.1029/2018GL080550, 2018.
2. Kano, M., A. Kato, R. Ando and K. Obara, Strength of tremor patches along deep transition zone of a megathrust, *Scientific Reports*, 8, Article number: 3655, doi:10.1038/s41598-018-22048-8, 2018.
3. Ando, R., K. Imanishi, Y. Panayotopoulos, T. Kobayashi, Dynamic rupture propagation on geometrically complex fault with along-strike variation of fault maturity: insights from the 2014 Northern Nagano earthquake, *Earth Planets Space*, Springer, 69: 130., <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0715-2>, 2017.
4. Ando, R., On Applications of Fast Domain Partitioning Method to Earthquake Simulations with Spatio-temporal Boundary Integral Equation Method, *Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications II - Proceedings of the International Conference CoMFoS16*, Springer,30, 87-99, [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6283-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6283-4_8), 2017.
5. Komori, J., M., Shishikura, R. Ando, Y. Yokoyama and Y. Miyairi, History of the great Kanto earthquakes inferred from the ages of Holocene marine terraces revealed by a comprehensive drilling survey, *Earth and Planetary Science Letters*, 47,174-84, 2017.
6. Ando, R., Fast Domain Partitioning Method for dynamic boundary integral equations applicable to non-planar faults dipping in 3-D elastic half-space, *Journal of Geophysical International*, 207, 833-847, doi: 10.1093/gji/ggw299, 2016.
7. Uchide, T., H. Horikawa, M. Nakai, R. Matsushita, N. Shigematsu, R. Ando, K. Imanishi, The 2016 Kumamoto-Oita earthquake sequence: Aftershock seismicity gap and dynamic triggering in volcanic areas, *Earth Planets Space*, in press, 2016.
8. Otsubo M., N. Shigematsu, K. Imanishi, R. Ando, M. Takahashi, T. Azuma,
9. Temporal slip change based on curved slickenlines on fault scarps along Itozawa fault caused by 2011 Iwaki earthquake, northeast Japan
10. *Tectonophys.*, 608, 970-979, 2013.
11. Kuwano, O., R. Ando and T. Hatano, Crossover from negative to positive shear rate dependence in granular friction, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 1295-1299, 2013.
12. Ando, R., N. Takeda and T. Yamashita, Propagation Dynamics of Seismic and Aseismic Slip Governed by Fault Heterogeneity and Newtonian Rheology, *J. Geophys. Res.*, 117, B11308, 2012



(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. J.E. ヴィダーレ・H. ヒューストン・安藤亮輔 訳, 新種の地震, スロースリップ, パリ  
ティ, 丸善, 3月号, 2013. (書籍翻訳)

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Ando, R., T. Uchide and Y. Ohta, Foreshock, After-slip: 2011 Tohoku-oki case, AGU Chapman conference, Am. Geoph. Union, Ixtapa (Mexico), 2/22, 2016.
2. Ando, R., Application of dynamic earthquake rupture simulation to the 2016 Kumamoto earthquake, International Conference of Continuous Mechanics Focusing on Singularity, Jpn. Soc. Indst. App. Math., Fukuoka, 10/23, 2016.

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2017年度 修士1名 (小森純希)
- ・ 2018年度 修士1名 (鈴木杏平), 博士1名 (佐藤大祐)

担当講義

- ・ 理学部・大学院 弾性体力学, 2015～2018年度
- ・ 理学部・大学院 プレートテクニクス, 2015～2016年度
- ・ 理学部・大学院 固体地球科学, 2016～2018年度
- ・ 教養学部 地球惑星科学入門, 2015年度
- ・ 教養学部 初年次ゼミ, 2017～2018年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地震学会, 代議員, 2012～2018年度
- ・ 日本地震学会, 大会企画委員, 2015～2016年度
- ・ Earth, Planets and Space 誌, Associate Editor, 2017-2018

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 科学研究費補助金審査委員，2016～2017 年度
- ・ プレスリリース 元禄型関東地震の再来間隔、最短 2000 年ではなく 500 年，2017 年 5 月
- ・ 安藤亮輔，地震の調べ方：穴を掘って，よく見て，計算する，東京大学高校生のための冬休み講座，2017/12/26
- ・ 安藤亮輔，熊本地震の話，東京大学オープンキャンパス，2016/08/04

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会，2015～2016 年度
- ・ 地球惑星物理学科 教務委員会，2017～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 図書委員会，2017～2018 年度
- ・ 理学系研究科 男女共同参画委員，2017～2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：2 名，研究者：1 名

#### (2) 派遣

学生数：1 名

#### (3) 海外からの来訪者数 5 名

# 飯塚 毅

## I. 略歴

氏名： 飯塚 毅 (いづか つよし)

年齢： 40 歳

現職： 准教授

### 学歴

1997 年 3 月 私立武蔵高等学校卒業  
2001 年 3 月 東京工業大学第一類地球惑星科学科卒業  
2003 年 3 月 東京工業大学大学院理工学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2006 年 3 月 東京工業大学大学院理工学系研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2006 年 3 月 博士 (理学) (東京工業大学)

### 職歴

2006 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 (SPD) 東京大学地震研究所  
2007 年 8 月 オーストラリア国立大学客員研究員 (2010 年 1 月まで)  
2009 年 4 月 日本学術振興会海外特別研究員 オーストラリア国立大学  
2010 年 2 月 Australian Research Council APD Fellow オーストラリア国立大学  
2011 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師  
2017 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球惑星がどのようにして現在の姿に至ったのか、その進化を岩石・鉱物試料から解読すべく微量元素・同位体地球化学の研究を進めてきた。特に、微惑星や地球型惑星の形成時期や主要なマグマ活動のタイミングを高精度で決定するため、自ら放射性同位体年代測定法を開発し、それを様々な隕石・地球岩石試料に適用してきた。また、微量元素濃度と安定同位体比の測定を通して、惑星の形成・成長過程やマグマの生成・固化過程、火山噴火メカニズムを調べている。重要な研究成果の一つとして、地球形成後のマグマオーシャンが固化した時期を、ハフニウム同位体年代測定法により決定したことが挙げられる。さらに、2013 年度に地球惑星科学専攻に共用機器として導入されたレーザーアブレーション誘導結合プラズマイオン源質量分析システムの立ち上げと運営を装置責任者として行い、同専攻における同位体地球化学的研究の促進に大きく貢献してきた。共同研究を通して、この立ち上げた分析手法を魚貝試料や化石試料に応用することにより、生態学や古環境復元の研究にも取り組んでいる。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Iizuka, T., Yamaguchi, T., Itano, K., Hibiya, Y., & Suzuki, K. (2017). What Hf isotopes in zircon

tell us about crust–mantle evolution. *Lithos*, 274-275, 304-327.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lithos.2017.01.006>

ジルコンのハフニウム同位体から得られる地球の地殻–マンテル進化への知見を議論した招待総説論文。隕石ジルコンから制約された地球始原マンテルのハフニウム同位体進化、冥王代ジルコンから明らかになった初期地球マンテル分化、世界の川砂ジルコンから推測される大陸地殻進化について議論した。出版されて以降現在まで、*Lithos* 誌の Most Downloaded Articles のうちの一本となっている（引用回数 27 回(GS/ Sep. 16, 2019)）

2. Iizuka, T., Lai, Y.-J., Akram, W., Amelin, Y., & Schönbachler, M. (2016). The initial abundance and distribution of <sup>92</sup>Nb in the Solar System. *Earth and Planetary Science Letters*, 439, 172-181. <https://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2016.02.005>

ニオブ-92 はジルコニウム-92 に半減期 3700 万年で壊変する短寿命核種であり、初期太陽系に存在したことが知られていたがその存在度は不確かであった。本研究では、三つの隕石について、ニオブ-ジルコニウム同位体分析を行うことにより、世界で初めてこの存在度を高精度で決定した。これにより、ニオブ-ジルコニウム系が初期太陽系の年代計として確立され、さらにニオブ-92 の核合成起源に制約を与えることに成功した。（引用回数 8 回(GS/ Sep. 16, 2019)）

3. Iizuka, T., Yamaguchi, T., Hibiya, Y., & Amelin, Y. (2015). Meteorite zircon constraints on the bulk Lu–Hf isotope composition and early differentiation of the Earth. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(17), 5331-5336. <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1501658112>

ルテチウム-176–ハフニウム-176 放射壊変系を惑星分化のトレーサーとして利用するためには、太陽系形成時のハフニウム同位体組成の決定が必要となる。本研究では、この太陽系の初生ハフニウム同位体組成を、隕石ジルコンを用いて高精度・高精度で決定することに成功した。さらに、この結果に基づいて地球ケイ酸塩が 45 億年前には分化していたことを明らかにした。この研究成果は、国内外のマスコミで取り上げられた（引用回数 40 回(GS/ Sep. 16, 2019)）

4. Iizuka, T., Horie, K., Komiya, T., Maruyama, S., Hirata, T., Hidaka, H., & Windley, B.F. (2006). 4.2 Ga zircon xenocryst in an Acasta gneiss from northwestern Canada: Evidence for early continental crust. *Geology*, 34(4), 245-248. <https://doi.org/10.1130/G22124.1>

本研究では、世界最古の岩石である 39 億年前のカナダ アカスタ片麻岩中に 42 億年前の結晶化年代をもつジルコンの捕獲結晶が含まれることを発見した。この論文が出版されるまでは、地球史最初の 5 億年間（冥王代）に形成された鉱物は西オーストラリアナリヤー岩体からのみ報告されていたが、この研究により冥王代において花崗岩質地殻が広い範囲に存在していたことが明らかとなった。この論文は *Nature* 誌の Research Highlights で取り上げられ、よく引用されている。（引用回数 163 回(GS/ Sep. 16, 2019)）

5. Iizuka, T., & Hirata, T. (2005). Improvements of precision and accuracy in in situ Hf isotope microanalysis of zircon using the laser ablation-MC-ICPMS technique. *Chemical Geology*, 220, 121-137. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeol.2005.03.010>

ジルコンの高精度・高精度局所ハフニウム同位体分析を、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法を開発することにより可能にした研究。この研究で提案された分析装置の高感度化や同重体干渉の補正方法は、現在世界中のラボで用いられており、本論文は *Chemical Geology* 誌の Most Cited Article Award (2005-2010) を受賞している。（引用回数 374 回(GS/Sep. 16, 2019)）

#### 4. 受賞等

- ・ 山本伸二, 小宮剛, 山本啓司, 金子慶之, 寺林優, 片山郁夫, 飯塚毅, 丸山茂徳, YANG Jingsui, 昆慶之, 平田岳史, 日本地質学会 Island Arc 賞, 2016 年 9 月

## 5. 研究の将来計画

地球惑星の形成・進化についての理解を深めるべく、宇宙地球化学的な研究を進める。研究対象は、太陽系形成時から現在に至るまで様々な場・規模・時間スケールで進んだマグマ活動を中心とする。これには、現在進行中の火山活動、地球史を通して進んだ大陸地殻の形成・分化、惑星形成直後に起きたマンツルの全球的溶融イベント（マグマオーシャン）が含まれる。現在特に問題となっているのが、地球・月システムの誕生時に存在したマグマオーシャンがどのぐらいの時間スケールで、どのように固化していったかということである。この問題の解決に向け、月試料や地球最古の岩石・鉱物について高精度年代測定、微量元素・同位体測定を行う。さらに、これら的高精度分析を可能とすべく、分析手法の開発にも取り組む。また、宇宙地球化学の分野で根幹をなしているモデル『難揮発性元素の相対濃度は、地球全体と始原的隕石コンドライトで等しい』の妥当性を、ニュートリノ地球科学と地球化学を融合することにより検証する。これらの研究を実施するにあたっては、東北大学ニュートリノ科学研究センター、海洋研究開発機構、アメリカ Washington 大学、オーストラリア Curtin 大学などの国内外の研究機関と協力する。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 研究活動スタート支援，隕石ジルコンの同位体分析による太陽系年代学と惑星化学，研究代表者，2011～2012年度，総額 3,250,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究（A），原始惑星の含水量推定，研究代表者，2013～2016年度，総額 25,610,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽，アパタイト含水率計の開発：原始地球における水とマグマへの新アプローチ，研究代表者，2013～2014年度，総額 2,630,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（S），初期地球進化解読，研究分担者，2014～2018年度，総額 5,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（A），化学種解析による元素分配の系統的理解に基づく同位体分別の予測と分子地球化学的展開，研究分担者，2015～2017年度，総額 1,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究，ニュートリノ観測から制約する核-マンツルの化学組成，研究分担者，2015～2019年度，総額 8,600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽，超塩基性岩のウラン-鉛年代測定，研究代表者，2016～2017年度，総額 2,545,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（B），スピネルかんらん岩ゼノリスの高精度圧力計開発：リソスフェア薄化機構の解明への応用，研究分担者，2017～2019年度，総額 2,100,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（B），モナザイトから読み解く大陸地殻の進化機構，研究代表者，2018～2020年度，総額 17,290,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Naemura K., Hirajima T., Svojtka M., Shimizu I. & Iizuka T. (2018) Fossilized melts in mantle wedge peridotites. *Scientific Reports* **8**, 10116
2. Itano K., Iizuka T. & Hoshino M. (2018) REE-Th-U and Nd isotope systematics of monazites from magnetite- and ilmenite-series granitic rocks of the Japan arc: Implications for its use as a tracer of magma evolution and detrital provenance. *Chemical Geology* **484**, 69–80.

3. Itano K. & Iizuka T. (2017) Unraveling the mechanism and impact of oxide production in LA-ICP-MS by comprehensive analysis of REE-Th-U phosphates. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **32**, 2003–2010.
4. Liu F.L., Liu C.H., Itano K., Iizuka T., Cai J. & Wang F. (2017) Geochemistry, U-Pb dating, and Lu-Hf isotopes of zircon and monazite of porphyritic granites within the Jiao-Liao-Ji orogenic belt: Implications for petrogenesis and tectonic setting. *Precambrian Research* **300**, 78–106.
5. Genda H., Iizuka T., Sasaki T., Ueno Y. & Ikoma M. (2017) Ejection of iron-bearing giant-impact fragments and the dynamical and geochemical influence of the fragment re-accretion. *Earth and Planetary Science Letters* **470**, 87–95.
6. Kashiwabara T., Kubo S., Tanaka M., Senda R., Iizuka T., Tanimizu M. & Takahashi Y. (2017) Stable isotope fractionation of tungsten during adsorption on Fe and Mn (oxyhydr)oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **204**, 52–67.
7. Iizuka T., Yamaguchi T., Itano K., Hibiya Y. & Suzuki K. (2017) What Hf isotopes in zircon tell us about crust–mantle evolution. *Lithos* **274–275**, 304–327.
8. Kurisu M., Takahashi Y., **Iizuka T.** & Uematsu M. (2016) Very low isotope ratio of iron in anthropogenic aerosols related to its contribution to the surface ocean. *Journal of Geophysical Research* **121**, 11119–11136.
9. Itano K., Iizuka T., Qing C., Kimura J.-I. & Maruyama S. (2016) U–Pb chronology and geochemistry of detrital monazites from major African rivers: Constraints on the timing and nature of the Pan-African Orogeny. *Precambrian Research* **282**, 139–156.
10. Kurisu M., Sakata K., Takaku Y., Iizuka T. & Takahashi Y. (2016) Variation of iron isotopes in airborne materials emitted through combustion processes. *Chemistry Letters* **45**, 970–972.
11. Koefoed P., Amelin Y., Yin Q.-Z., Wimpenny J., Sanborn M., Iizuka T. & Irving A.J. (2016) U–Pb and Al–Mg systematics of the ungrouped achondrite Northwest Africa 7325. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **183**, 31–45.
12. Iizuka T., Lai Y.-J., Akram W., Amelin Y. & Schönbächler M. (2016) The initial abundance and distribution of <sup>92</sup>Nb in the Solar System. *Earth and Planetary Science Letters* **439**, 172–181.
13. Cheong C.-S., Kim N., Yi K., Jo H.J., Jeong Y.-J., Kim Y., Koh S.M. & Iizuka T. (2015) Recurrent rare earth element mineralization in the northwestern Okcheon Metamorphic Belt, Korea: SHRIMP U-Th-Pb geochronology, Nd isotope geochemistry, and tectonic implications. *Ore Geology Reviews* **71**, 99–115.
14. Iizuka T., Yamaguchi T., Hibiya Y. & Amelin Y. (2015) Meteorite zircon constraints on the bulk Lu-Hf isotope composition and early differentiation of the Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **112** (17), 5331–5336.
15. Iizuka T., Yamaguchi A., Haba M.K., Amelin Y., Holden P., Zink S., Huyskens M.H. & Ireland T.R. (2015) Timing of global crustal metamorphism on Vesta as revealed by high-precision U-Pb dating and trace element chemistry of eucrite zircon. *Earth and Planetary Science Letters* **409**, 182–192.
16. Kimura J.-I., Qing C., Itano K., Iizuka T., Vaglarov B.S. & Tani K. (2015) An improved U-Pb age dating method for zircon and monazite using 200/266 nm femtosecond laser ablation and enhanced sensitivity multiple-Faraday collector inductively coupled-plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **30**, 494–505.
17. Iizuka T., Amelin Y., Kaltenbach A., Kofoed P. & Stirling C.H. (2014) U-Pb systematics of the unique achondrite Ibitira: Precise age determination and petrogenetic implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **132**, 259–273.
18. Rumble D., Bowring S., Iizuka T., Komiya T., Lepland A., Rosing M.T. & Ueno Y. (2013) The

oxygen isotope composition of Earth's oldest rocks and evidence of a terrestrial magma ocean. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **14**, 1929–1939.

19. Iizuka T., Campbell I.H., Allen C.M., Gill J.B., Maruyama S. & Makoka F. (2013) Evolution of the African continental crust as recorded by U-Pb, Lu-Hf and O isotopes in detrital zircons from modern rivers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **107**, 96–120.
20. Yamamoto S., Komiya T., Yamamoto H., Kaneko Y., Terabayashi M., Katayama I., Iizuka T., Maruyama S., Yang J., Kon Y. & Hirata T. (2013) Recycled crustal zircons from podiform chromitites in the Luobusa ophiolite, southern Tibet. *Island Arc* **22**, 89–103.
21. Huyskens M., Iizuka T. & Amelin Y. (2012) Evaluation of colloidal silicagels for lead isotopic measurements using thermal ionisation mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **27**, 1439–1446.

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 飯塚毅 (2016) 地球における海洋と大陸の形成. *地球化学* **50**, 121–130.
2. 飯塚毅 (2014) Hf 及び W 同位体から読み解く初期地殻進化. *地球化学* **48**, 13–30.

## (4) 著書

### (5) その他著作物

1. 竹内望, 上木賢太, 飯塚毅, 榎本三四郎 (2018). 地殻化学組成 3 次元分布の統計モデリングによる地球ニュートリノ観測の高度化. *月刊地球*, **40**(6), 332-338.
2. 原田智代, 飯塚毅, 浜田盛久, 安田敦, 吉本充宏 (2018). 微量元素・同位体地球化学から読み解く富士火山マグマの化学進化. *月刊地球*, **40**(4), 234-241.
3. 平田岳史, 坂田周平, 岩野英樹, 折橋裕二, 岡林識起, 横山隆臣, 牧賢志, 昆慶明, 服部健太郎, 小宮剛, 飯塚毅, 檀原徹, 丸山茂徳 (2013). レーザーアブレーション ICP 質量分析法による U-Pb 年代測定. *号外地球*, **62**, 100-110.

## (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Iizuka, T., Evolution of the continental crust as recorded in accessory minerals. 7th Asia-Pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, Matsue, Japan, 2017/11/17.
2. Iizuka, T., Evolution of the continental crust as recorded by detrital zircon. 5th International Conference of Analytical Science and Technology, Cheongju, Korea, 2017/10/23.
3. 飯塚毅, LA-ICP-MS が拓く放射性同位体地球化学, プラズマ分光分析研究会, つくば市, 20017/07/06.
4. 飯塚毅, ライ・イージェン, アクラム・ワヒード, アメリン・ユーリー, ションバクラー・マリア, 太陽系におけるニオブ 92 の初期存在量と分布, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市, 2016/05/24.
5. 飯塚毅, 短寿命放射性同位体系列を用いた初期地球分化の研究, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市, 2014/04/29.
6. 飯塚毅, 初期太陽系年代学の統一的理解に向けて, 日本地球化学会年会, つくば市, 2013/09/13.

7. Iizuka, T., Evolution of the continental crust as recorded by U-Pb and Hf isotopes in detrital zircon. European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 2013/04/12.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2013 年度 修士 1 名 (山口能央)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (板野敬太, 日比谷由紀)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (本馬佳賢, 長尾潤)
- ・ 2017 年度 修士 1 名 (伊藤健吾)
- ・ 2018 年度 修士 2 名 (榎本葉月, 原田智代), 博士 2 名 (板野敬太, 日比谷由紀)

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 火山マグマ学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部・大学院 層序年代学, 2012~2016 年度
- ・ 理学部・大学院 宇宙地球化学, 2017~2018 年度
- ・ 理学部・大学院 岩石組織学実習 1, 2015~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外調査 3, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外巡検 1, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 固体地球惑星科学概論, 2017~2018 年度
- ・ 大学院 機器分析実習, 2016~2018 年度
- ・ 大学院 マグマ学, 2012, 2015, 2018 年度
- ・ 大学院 GCOE 特別講義 4, 2013 年度
- ・ 大学院 理学クラスター講義 2, 2017 年度
- ・ 教養学部 初年次ゼミ, 2015, 2016 年度
- ・ 教養学部 PEAK 講義地球科学, 2016~2017 年度
- ・ 京都大学大学院 地質学鉱物学特別講義 6, 2012 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 1 名 (2016 年 日比谷由紀)
- ・ Korea-Japan Joint Meeting on Isotope-Ratio Mass Spectrometry 学生優秀ポスター発表賞 1 名 (2018 年 日比谷由紀)
- ・ 日本地球化学会優秀発表賞 1 名 (2018 年 日比谷由紀)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本地球化学会, 和文誌地球化学, 編集委員, 2014~2018 年度



- ・ 日本地球惑星科学連合 選挙管理委員会, 委員, 2015～2018 年度

#### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 飯塚毅, 地球について学ぼう, 流山市, 2014/08/24
- ・ プレスリリース 誕生直後の地球に栄養豊富な地殻が存在, 2015 年 4 月
- ・ 飯塚毅, 地球史最初の 10 億年～生命を宿す星ができるまで, 地球惑星科学ニューイヤースクール, 文京区, 2015/10/25
- ・ 飯塚毅, 地球史最初の 10 億年～生命を宿す星ができるまで, 青少年のための地球化学フォーラム, 横浜市, 2016/07/02
- ・ 飯塚毅, 地球の誕生・月の生まれ方, かわさき市民アカデミー, 川崎市, 2016/10/26

#### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 科学機器委員会, 委員長, 2016～2018 年度
- ・ 理学系研究科男女共同参画委員会 委員, 2012～2014 年度

### V. 国際化対応

#### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

##### (1) 受け入れ

学生数 : 0 名      研究者数 : 6 名

##### (2) 派遣

学生数 : 1 名      研究者数 : 0 名

##### (3) 海外からの来訪者数 20 名

# 河合 研志

## I. 略歴

氏名： 河合 研志 (かわい けんじ)

年齢： 42 歳

現職： 准教授

### 学歴

1996 年 3 月 神奈川県立湘南高等学校卒業  
2001 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業  
2003 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
2006 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了  
2006 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

2003 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻  
日本学術振興会特別研究員(DC1) (2006 年 3 月まで)  
2006 年 4 月 東京工業大学理学流動機構 特別研究員 (2009 年 3 月まで)  
2009 年 5 月 パリ地球物理研究所 客員研究員 (2010 年 10 月まで)  
2009 年 4 月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻  
日本学術振興会特別研究員 (PD) (2012 年 3 月まで)  
2012 年 4 月 カリフォルニア大学サンタバーバラ校 地球科学科  
研究助手 (2013 年 3 月まで)  
2012 年 4 月 東京工業大学大学院理工学研究科 特任助教 (2014 年 3 月まで)  
2014 年 4 月 東京大学大学院 総合文化研究科助教 (2016 年 3 月まで)  
2016 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

私たちは、固体地球の内部構造および進化の解明を目標として研究を行ってきた。まず、詳細な地球内部構造推定のための地震波形インバージョン手法の開発を行った。次に、それを実体波波形データに適用して詳細な地球深部の地震波速度構造推定を行った。そして、第一原理計算などを用いて地球科学的にその推定結果を解釈することで学際的な研究を展開してきた。

波形インバージョンは、観測された波形が持っている情報をすべて抽出できるため、詳細かつ正確な地球内部構造が推定できる手法であると期待されていた。そこで、私たちは効率的な波形インバージョン手法の開発を行った(Kawai et al. GJI 2006; Fuji et al. PEPI 2010; Kawai & Geller JGR 2010)。そして、実際に実体波の観測波形をデータとして、高解像度での構造推

定を世界に先駆けて行い、その有効性を示した(Kawai et al. GJI 2014; Konishi et al. GJI 2014)。私たちの研究グループでは、最初のステップとして一次元構造推定を行った(e.g., Kawai et al. GRL 2007)。次に、手法の拡張を行い、3次元構造推定手法を開発し、沈み込み帯下の最下部マントルの詳細構造を推定し、マントル中に沈み込む海洋プレート(スラブ)の高解像度イメージングに成功した(Suzuki et al. EPS 2016; Borgeaud et al. Sci Adv 2017)。その像から、冷たいプレートが沈み込み、温かい熱境界層物質と相互作用しつつ核と直に接して冷却することから、地球表層の運動が最下部マントルの流動および核のダイナモ運動を支配している可能性を示唆した。

D"領域における degree-2 の水平方向地震波速度不均質パターンは、30年近くその起源について議論が続いていた。波形インバージョン法で推定した複数の地域における D"領域の速度モデルを鉱物物理学的に解釈した結果、組成の違いでなく水平方向温度不均質によって説明できることを示した。さらに、核・マントル境界の温度が 3800 K であることを示し、地球の熱史の理解に重要な貢献をした(Kawai & Tsuchiya PNAS 2009)。

### 3. 特に優れた論文5編(少なくとも3編は本評価期間のもの)

1. Borgeaud, A.F.E., K. Kawai, K. Konishi, & R.J. Geller (2017). Imaging paleoslabs in the D" layer beneath Central America and the Caribbean using seismic waveform inversion. *Science Advances*, 3, e1602700, doi:10.1126/sciadv.1602700

古プレートの核・マントル境界への沈み込みを初めて確認した。1.8億年前に地上にあったファラロプレートが沈み込み、核マントル境界に到達していることを発見し、マントル対流の様式を制約した。

2. Kawai, K., & T. Tsuchiya (2015). Small shear modulus of cubic  $\text{CaSiO}_3$  perovskite. *Geophysical Research Letters*, 42, 2718-2726

下部マントルの主要構成鉱物である立方晶  $\text{CaSiO}_3$  ペロブスカイトの弾性的性質を推定した。従来の研究では高い剛性率が予想されていたが、本研究によって低いことが分かった。また、S波速度が遅い領域が  $\text{CaSiO}_3$  ペロブスカイトに富んだ、沈み込んだ古いプレートである可能性を示唆した。

3. Kawai, K., K. Konishi, R.J. Geller and N. Fuji (2014). Methods for inversion of body-wave waveforms for localized three-dimensional seismic structure and an application to D" beneath Central America, *Geophysical Journal International*, 197, 495-524

局所的 3次元構造推定のための波形インバージョン法の開発を行った。世界で初めて最下部マントルの 3次元 S波速度構造推定に成功し、得られたモデルの堅牢性および手法の有効性を示した。

4. Kawai, K., & T. Tsuchiya (2009). Temperature profile in the lowermost mantle from seismological and mineral physics joint modeling, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 22,119-22,123

波形インバージョンによって得られた地震波速度構造を、最新の鉱物物理学をもとに解釈し、マントル最深部の数千 km スケール水平方向不均質構造に関する地震学の 30 年来の問題を解決した。核マントル境界の温度を 3500 K と制約し、地球の熱進化の理解に貢献した。

5. Kawai, K., N. Takeuchi, & R.J. Geller (2006). Complete synthetic seismograms up to 2 Hz for transversely isotropic spherically symmetric media, *Geophysical Journal International*, 164, 411-424

球対称 TI 異方性媒質に対する正確かつ効率的な理論地震波形計算手法およびソフトウェアを開発した。また、深発地震のみならず浅発地震に対しても正確に計算するための基準を導出した。

#### 4. 受賞等

- ・ 河合研志, 若手学術奨励賞, 日本地震学会, 2012年3月
- ・ 河合研志, 東京大学卓越研究員, 東京大学, 2016年

#### 5. 研究の将来計画

波形インバージョン法といった地震学の新しいツールおよび最先端の物性物理から得られる鉱物の物性値を用いて、地震学の新しい展開を進める。得られた結果を元に東京大学や外部の研究者と緊密に連絡を取り、鉱物物理学・地質学・地球化学・惑星科学など手法を問わずに学際的な研究を進める。

地震波形インバージョンによる詳細な地球内部構造推定 私たちは独自に波形インバージョン手法を開発してきた。そして、それを実体波に適用し、既存の手法が推定できなかった微細構造や異方性・非弾性減衰構造を推定してきた。今後も手法の高精度化および効率化を図り、地殻、マントルおよび核の詳細な3次元構造推定を行い、地球の熱化学進化の理解に貢献する。

理論地震波形計算手法の開発 構造の不連続や不均質や液体が至る所に存在する弾性体において、弾性波動場が満たすべき物理的な基礎性質（変位や運動量の連続性や、各種境界条件、エネルギー保存や相反定理）を担保し、安定に、かつ、精度よく波動場を計算できる手法の開発を行う。

鉱物物理学に基づいた地震波形モデリング 密度汎関数法による第一原理計算を行い、高温高压下における鉱物の弾性定数を求める。そのデータを入力値として、選択配向を元に鉱物の集合体の弾性定数を計算するプログラムの作成を行う。さらに、既存の他の鉱物の弾性データを含めて、鉱物の量比や選択配向などを考慮して、鉱物物理学に基づいた地震波モデリングを行う。

沈み込み帯の鉱物物理学 震源のメカニズムの解明には、構成鉱物の物性情報が鍵となる。スラブ上には遠洋性堆積物や構造浸食による大陸地殻成分が存在する。また、日本海溝の掘削から東北地方太平洋沖地震を発生した断層面にはスメクタイトなどの粘土鉱物の存在が判明した。そこで、粘土鉱物の摩擦係数などの物性に関する温度・圧力・化学組成依存性を第一原理計算および実験によって調べ、震源メカニズムの理解に貢献する。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S), 大陸成長史と構造浸食: 第二大陸の成長とマントルダイナミクス, 研究分担者, 2012-2015年度, 総額 166,530,000円
- ・ 科学研究費補助金 研究活動スタート支援, 波形インバージョンによるマントル詳細3次元構造推定およびその地球科学的解釈, 研究代表者, 2012-2013年度, 総額 2,990,000円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 顕生代初めの爆発的動物多様化の研究, 研究分担者, 2014-2017年度, 総額 39,780,000円
- ・ 科学研究費一部基金 基盤研究 (B), コンドライトの融解で探る初期惑星の形成と分化, 研究分担者, 2014-2017年度, 総額 17,030,000円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 核-マントルの地震・電磁気観測, 研究分担者, 2015-2019年度, 総額 178,750,000円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 粘土鉱物の摩擦特性に対する湿度・水溶液の効果, 研究分担者, 2015-2018年度, 総額 38,090,000円
- ・ 科学研究費基金 若手研究 (B), 最下部マントルの3次元詳細構造推定およびそのダイナミクスの研究, 研究代表者, 2015-2017年度, 総額 4,160,000円

- ・ 科学研究費基金 基盤研究 (C), コリドーインバージョン, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 4,680,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, 初期火星の地殻変動の解明: 地質学及び惑星内部ダイナミクスの研究, 受入研究者, 2018~2019 年度, 総額 1,500,000 円
- ・ 科学研究費基金 基盤研究 (C), CMB 直下の P 波速度構造推定及びその起源の解明~地震波形インバージョンの応用, 研究代表者, 2018-2020 年度, 総額 4,550,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Fuji, N., S. Chevrot, L. Zhao, R.J. Geller, K. Kawai (2012), Partial derivatives of high-frequency compressional body waves for 3-D Earth structure, *Geophysical Journal International*, 190, 522-540, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05495.x>
2. Konishi, K., K. Kawai, R.J. Geller, N. Fuji (2012), Waveform inversion of broad-band body-wave data for the S-velocity structure in the lowermost mantle beneath the Indian subcontinent and Tibetan Plateau, *Geophysical Journal International*, 191, 305-316, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05614.x>
3. Kawai, K., T. Tsuchiya (2013), First principles study on the high-pressure phase transition and elasticity of  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  K-hollandite, *American Mineralogist*, 98, 207-218, <https://doi.org/10.2138/am.2013.4077>
4. Kawai, K., S. Yamamoto, T. Tsuchiya, S. Maruyama (2013), The second continent: Existence of granitic continental materials around the bottom of the mantle transition zone, *Geoscience Frontiers*, 4, 1-6, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2012.08.003>
5. Tsuchiya, T., K. Kawai, S. Maruyama (2013), Expanding-contracting Earth, *Geoscience Frontiers*, 4, 341-347, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2012.11.008>
6. Ichikawa, H., K. Kawai, S. Yamamoto, M. Kameyama (2013), Supply rate of continental materials to the deep mantle through subduction channels, *Tectonophysics*, 592, 46-52, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.02.001>
7. Ichikawa, H., M. Kameyama, K. Kawai (2013), Mantle convection with continental drift and heat source around the mantle transition zone, *Gondwana Research*, 24, 1080-1090, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.02.001>
8. Kawai, K., K. Konishi, R.J. Geller and N. Fuji (2014), Methods for inversion of body-wave waveforms for localized three-dimensional seismic structure and an application to D'' beneath Central America, *Geophysical Journal International*, 197, 495-524, <https://doi.org/10.1093/gji/ggt520>
9. Kawai, K., T. Tsuchiya (2014), *P-V-T* equation of state of cubic  $\text{CaSiO}_3$  perovskite from first principles computation, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119, 2801-2809, <https://doi.org/10.1002/2013JB010905>
10. Konishi, K., K. Kawai, R.J. Geller, and N. Fuji (2014), Waveform inversion for localized 3-D seismic velocity structure in the lowermost mantle beneath the Western Pacific, *Geophysical Journal International*, 199, 1245-1267, <https://doi.org/10.1093/gji/ggu288>
11. Ichikawa, H., M. Kameyama, H. Senshu, K. Kawai, S. Maruyama (2014), Influence of majorite on hot plumes, *Geophysical Research Letters*, 41, 7501-7505, <https://doi.org/10.1002/2014GL061477>
12. Kawai, K., T. Tsuchiya (2015), Elasticity and phase stability of pyrope garnet from ab initio computation, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 240, 125-131,

<https://doi.org/10.1016/j.pepi.2014.10.005>

13. Kawai, K., T. Tsuchiya (2015), Small shear modulus of cubic CaSiO<sub>3</sub> perovskite, *Geophysical Research Letters*, 42, 2718-2726, <https://doi.org/10.1002/2015GL063446>
14. Kawai, K., H. Sakuma, I. Katayama, K. Tamura (2015), Frictional characteristics of single and polycrystalline muscovite and influence of fluid chemistry, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, 6209-6218, <https://doi.org/10.1002/2015JB012286>
15. Katayama, I., T. Kubo, H. Sakuma, K. Kawai (2015), Can clay minerals account for the non-asperity on the subducting plate interface, *Progress in Earth and Planetary Science*, 2, 30(8pp), <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0063-4>
16. Suzuki, Y., K. Kawai, K. Konishi, A.F.E. Borgeaud, R.J. Geller (2016). Waveform inversion for 3-D shear velocity structure of D'' beneath the Northern Pacific: Possible evidence for a remnant slab and a 'passive plume'. *Earth, Planets and Space*, 68, 198 (8pp) <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0576-0>
17. 石川晃, 河合研志 (2015), アメリカ, ワイオミング州のリューサイトヒルズ・ランプロアイトー深部マントルに由来する異常マグマ— Ultrapotassic magma from the deep mantle, Leucite Hills Lamproite, Wyoming USA, *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, 124, 515-523, <https://doi:10.5026/jgeography.124.515>
18. Borgeaud, A.F.E., K. Konishi, K. Kawai, R.J. Geller (2016). Finite frequency effects on apparent S-wave splitting in the D'' layer: comparison between ray theory and full-wave synthetics. *Geophysical Journal International*, **207**, 12-28, <https://doi.org/10.1093/gji/ggw254>
19. Ichikawa, H., S. Yamamoto, K. Kawai, M. Kameyama (2016). Estimate of subduction rate of island arcs to the deep mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121, 5447-6460, <https://doi.org/10.1002/2016JB013119>
20. Borgeaud, A.F.E., K. Kawai, K. Konishi, R.J. Geller (2017). Imaging paleoslabs in the D'' layer beneath Central America and the Caribbean using seismic waveform inversion. *Science Advances*, 3, e1602700, <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602700>
21. Gréaux, S., M. Nishi, S. Tateno, Y. Kuwayama, N. Hirao, K. Kawai, T. Irifune, S. Maruyama (2018). High-pressure phase relation of KREEP basalts: a clue for finding the lost Hadean crust?. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 274, 184-194, <https://doi.org/10/1016/j.pepi.2017.12.004>
22. Yamaya, L., A.F.E. Borgeaud, K. Kawai, R.J. Geller, K. Konishi (2018). Effects of redetermination of source time functions on the 3-D velocity structure inferred by waveform inversion. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 282, 117-143, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2018.04.012>
23. Nishi, M., S. Gréaux, S. Tateno, Y. Kuwayama, K. Kawai, T. Irifune, S. Maruyama (2018). High-pressure phase transitions of lunar highland anorthosite in the deep Earth's mantle. *Geoscience Frontiers*, **9**, 1859-1870, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.10.002>
24. Sakuma, H., K. Kawai, I. Katayama, S. Suehara (2018). What is the origin of macroscopic friction?. *Science Advances*, 4, eaav2268, <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav2268>
25. Komatsu, G., R. Ishimaru, N. Miyake, K. Kawai, M. Kobayashi, H. Sakuma, and T. Matsui (2019). The Goshogake mud volcano field, Tohoku, northern Japan: An acidic, high-temperature system related to magmatic volcanism. *Geomorphology*, 329, 32-45, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.035>
26. 河合研志, 内出崇彦 (2019). P波初動の水平面内振動方向を用いた震央決定の教材 : 2011年東北地方太平洋沖地震の発生前後の飛騨地方の微小地震を例にとって Teaching materials for determination of epicenters using P wave lateral polarity data for small earthquakes

in the Hida, Japan, region before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 128, 465-475, <https://doi.org/10.5026/jgeography.128.465>

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

1. 河合研志, 庄司真史, 小林佑介 (2016). 震源情報可視化システム及び震源情報可視化方法, 特願 2016-187518, 9/26/2016

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 河合研志, 地球の中ってどうなっているの? 第4回 Keio Astrobiology Camp 2019, 鶴岡市, 2019
2. Kenji Kawai, Waveform inversion for shear wave velocity structure in the lowermost mantle, MISASA VI Misasa International Symposium 2016
3. Kenji Kawai, Full waveform inversion for 3D S-velocity structure in the D" region, 第138回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, 東京大学理学部, 東京, 2015
4. Kenji Kawai, Temperature profile and chemical heterogeneity in the lowermost mantle from seismological and mineral physics joint modeling, 12th Japanese-German Frontiers of Science Symposium (JGFoS), Kyoto Brighton Hotel, Kyoto, 2015
5. 河合研志, 冥王代地殻の探索, 文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「冥王代生命学の創成」, キックオフシンポジウム, キャンパスイノベーションセンター, 東京, 2014.
6. Kenji Kawai, Supercontinent cycle and 2nd continents, Geodynamics Seminar, Seoul National University, Seoul, South Korea, 2013
7. Kenji Kawai, Kensuke Konishi, Robert J. Geller, Nobuaki Fuji, Methods for inversion of body-wave waveforms for localized three-dimensional seismic structure and an application to D", Workshop "Wave Propagation through the Earth's Interior", Wuhan, Hubei, China, 2013
8. Kenji Kawai, Toward inversion of body-wave waveforms for localized three-dimensional seismic structure, Geodynamics Seminar, Institute of Geophysics and Planetary Physics, UC San Diego, San Diego, CA, USA, 2012
9. 河合研志, 波形インバージョンによる詳細な地球内部構造推定およびその地球物理学的解釈, 日本地震学会秋季大会, 函館市民会館・函館市民体育館, 函館, 2012
10. 河合研志, 市川浩樹, 丸山茂徳, 第2大陸: マントル対流の起源, 日本地質学会, 大阪府立大学, 大阪, 2012
11. Kenji Kawai, Shinji Yamamoto, Hiroki Ichikawa, Taku Tsuchiya, Shigenori Maruyama, Subducted continental materials around the bottom of the mantle transition zone, Workshop "Geophysics of Slab Dynamics" Jeju Island, South Korea, 2012

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2018年度 修士 1名（山谷里奈）、博士 1名（Anselme F.E. Borgeaud）

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理基礎演習 III, 2017～2018年度
- ・ 理学部 弾性波動論, 2017～2018年度
- ・ 大学院 科学英語演習, 2017～2018年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞受賞 2名  
(2017年度 奥田花也, 2018年度 Anselme F.E. Borgeaud)
- ・ 理学系研究科研究奨励賞 2名  
(2017年度修士 山谷里奈, 2017年度博士 Anselme F.E. Borgeaud)
- ・ 新学術領域研究 「核—マントル共進化」第1回ウインタースクール ポスター賞 1名  
(2017年度 鈴木裕輝)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本地震学会，理事，2016～2017年度
- ・ 日本地震学会，情報誌編集委員会，委員長，2016～2017年度
- ・ 日本地震学会，情報誌編集委員会，委員，2015～2018年度

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 河合研志，地球の中ってどうなっているの？，かわさき市民アカデミー・講座，神奈川県，2017/06/13
- ・ プレスリリース 古プレートの核・マントル境界への沈み込みを初めて確認，2017年11月
- ・ プレスリリース 粘土鉱物の摩擦の起源を原子スケールから解明～原子間の静電的な力が支配 断層運動の仕組み解明にむけた指針として期待～ 2018年12月

### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会 委員 2016年度～2018年度



## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数： 1名 (1 スイス) 研究者数： 1名 (1 インド)

#### (2) 派遣

学生数： 3名 研究者数： 0名

#### (3) 海外からの来訪者数 20名

# 田中 愛幸

## I. 略歴

氏名： 田中 愛幸 (たなか よしゆき)

年齢： 43 歳

現職： 准教授

### 学歴

1995 年 3 月 私立ラ・サール高等学校卒業  
1999 年 3 月 東京大学理学部地球物理科卒業  
2001 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2002 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程退学  
2006 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

2002 年 4 月 国土交通省国土地理院 国土交通技官  
2006 年 11 月 ポツダム地球科学センター客員研究員 (2007 年 10 月まで)  
2008 年 4 月 東京大学地震研究所 助教  
2017 年 11 月 東京大学地震研究所 准教授  
2018 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地殻変動や重力変化等の測地データを用いて、主にプレート境界で発生する 10 万年程度までの時空間スケールのテクトニックな現象 (潮汐, スロースリップ, 地震時変動, 地震後の粘弾性変形, 地震間変動, 巨大地震の繰り返しが形成する地形等) の解明を目指し研究を進めてきた。研究手法としては、観測データをより正確に解釈するための理論開発に加え、国内各地において絶対・相対重力観測を行っている。自己重力の働く球体地球モデルを用いた粘弾性変形理論の開発では、成層構造の場合で約 30 年間未解決となっていた圧縮性に関わる数値的問題を克服し坪井賞を 2012 年に受賞し、それをさらに 3 次元不均質の場合に拡張することで国際測地学協会から 4 年に一度、理論研究に対して与えられる最高の賞であるボンフォード賞を 2015 年に受賞した (Tanaka et al., 2014)。また、潮汐や海洋変動がプレート沈み込みのゆらぎを引き起こし、大地震の発生頻度を変化させるメカニズムを初めて理論的に提示した (Tanaka, 2013; Tanaka et al., 2015)。長期的スロースリップに関連する絶対重力変化を初めて検出し、深部流体移動の可能性を示した (Tanaka et al., 2018)。2018 年度に当専攻に異動してからは、地球回転に伴うスロー地震の誘発や、スロースリップ中の流体移動の理論モデル構築等に学生とともに取り組んでいる。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Tanaka, Y. (2013) An approximately 9-yr-period variation in seismicity and crustal deformation near the Japan Trench and a consideration of its origin, *Geophys. J. Int.*, 196, 760-787.

宇津カタログによる太平洋プレートに関連する東日本の過去の大地震 ( $M > 7.5$ ) の発生時期が月の近地点の周期である 8.85 年と強い相関を持つことを初めて発見し、一つの仮説的モデルにより定量的な裏付けを行った。

2. Tanaka, Y., T. Hasegawa, H. Tsuruoka, V. Klemann and Z. Martinec (2014) Spectral-finite element approach to post-seismic relaxation in a spherical compressible Earth: application to gravity changes due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. J. Int.* 200, 299-321, doi: 10.1093/gji/ggu391

固体地球の粘弾性変形を球体モデルを用いて理論的に計算する手法を開発した論文である。不均質構造を考慮する手法に有限要素法があるが、ほとんどのモデルで自己重力は近似的にしか扱っていない。本手法は有限要素法に解析的表現を組み込むことで近似なしに自己重力を扱うことを可能とした。これにより、余効変動研究に GNSS データや衛星重力データをより有効に活用する道が開けた。同手法は荷重変形にも応用できる (Tanaka et al., 2011; 2019)。

3. Tanaka Y., S. Yabe and S. Ide (2015) An estimate of fluctuating plate subduction velocities caused by tidal modulations and decadal variations in the ocean, *Earth Planets and Space*, 67, 141-151, DOI 10.1186/s40623-015-0311-2 (highlighted paper)

短周期の潮汐と 10 年スケールの非潮汐性の海底圧力変動がプレート境界に加わると、非線形な摩擦則のために、断層すべりが長周期成分をより強く反映することを世界で初めて提示した。このメカニズムを用いて、東海地方の浅部の背景地震活動が黒潮大蛇行によって変動することが確かめられた。地震活動の中期予測に寄与する研究成果である。

4. Tanaka, Y., T. Suzuki, Y. Imanishi, S. Okubo, X. Zhang, M. Ando, A. Watanabe, M. Saka, C. Kato, S. Oomori, and Y. Hiraoka (2018) Temporal gravity anomalies observed in the Tokai area and a possible relationship with slow slips, *Earth, Planets and Space*, 70, 25, doi:10.1186/s40623-018-0797-5

過去 20 年にわたる絶対重力観測により、東海地方の長期的スロースリップ中に重力異常が生じていることを世界で初めて発見した。構築した物理モデルにより、この重力異常が高圧地殻流体の移動で解釈できることを定量的に示した。スロー地震の発生メカニズムはもちろん沈み込み帯における水の循環過程の解明にも寄与する重要な成果である。

5. 田中愛幸, 黒石裕樹, 香取秀俊 (2018) 光格子時計の地震・火山研究応用の可能性を探る, *地震ジャーナル*, 65, 36-44.

光格子時計は一般相対論に基づき重力ポテンシャルの変化を  $10^{-18}$  精度で観測することのできる原子時計であり、日本以外ではまだこの精度を達成できていない。本論文は、光格子時計が地震・火山現象に伴う重力場や地殻変動を GNSS 等の既存の測地観測手法よりも高精度・短時間に捉え、地殻変動監視の高度化に役立つ可能性を提示したものである。

### 4. 受賞等

- ・ 田中愛幸, 日本測地学会第 20 回坪井賞, 2012 年 5 月
- ・ 田中愛幸, 国際測地学協会ボンフォード賞, 2015 年 6 月

### 5. 研究の将来計画

地震破壊と地形形成の時間スケールの中間に位置する現象を扱う測地的アプローチは、

スロー地震や巨大地震を含むプレート境界の変動を総合的に理解し、また中期予測へつなげるために有効であり、本専攻の地震科学・地質学グループとの連携をさらに深め、研究を発展させていく。球体モデルに基づく理論研究においては世界の理論家たちとの競争の中で最先端を維持するとともに、地震学・地形学的应用を充実させる。また、プレート沈み込みのゆらぎや流体移動など、これまで筆者が先駆的に明らかにしてきたことの普遍性を、それらのグループとの連携により実証していきたい。

測地学において、新たな観測の窓を開くこともまた重要なテーマである。科学技術振興機構の未来社会創造事業「クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築」が2018年11月に始まった。筆者は本事業において地震・火山減災のための光格子時計ネットワークによる国土環境監視技術の開発を提案し、サブグループ「相対論的測地応用グループ」の代表を務めている。GNSSによるグローバルな地殻変動監視網は、地球物理学的な地震・火山研究に不可欠なインフラとして世界的に利用されており、我が国はGNSSによる監視網を世界に先駆けて稠密化することで、スロースリップ等の未知の現象を発見するなど、世界の地震・火山研究に大きく貢献してきた。しかし、人工衛星を用いるGNSSには、信号が大気を通る際に測位誤差を生むという根本的な困難がある。本研究は、光格子時計の地上ネットワークによる相対論的測地を実現し、GNSSと組み合わせることでこの困難を解決し、地殻変動の監視精度を飛躍的に向上させることを目指している。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), スロースリップの繰り返し周期は何が決めるか? - 重力観測で流体の挙動を探る, 研究代表者, 2011~2013年度, 総額 7,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 火山と断層の3D診断学 - 宇宙線透視と高品位重力観測の連携による新展開, 研究分担者, 2011~2015年度, 総額 800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 海溝型大地震の中期予測を高度化するための潮汐現象の解明, 研究代表者, 2015~2018年度, 総額 3,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 測地観測によるスロー地震の物理像の解明, 研究分担者, 2016~2020年度, 総額 37,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 世界の沈み込み帯における低速&高速地震のダイナミクスの解明, 研究分担者, 2016~2020年度, 総額 2,100,000 円
- ・ 科学技術振興機構 未来社会創造事業 (大規模プロジェクト型), クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築, 研究分担者, 2018~2028年度, 総額 93,000,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Tanaka, Y., X. Zhang, G. Fu, T. Sugano, S. Matsumoto, M. Furuya, W. Sun and S. Okubo (2012) Results of Absolute Gravity Measurements in the Tokai Area from November 1996 to February 2012, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, 87, 1-6.
2. Tanaka, Y. (2013) An approximately 9-yr-period variation in seismicity and crustal deformation near the Japan Trench and a consideration of its origin, Geophys. J. Int., 196, 760-787.
3. Okubo, S., Y. Tanaka, S. Ueki, H. Oshima, T. and Y. Imanishi (2013) Gravity variation around Shinmoe-dake volcano from February 2011 through March 2012-Results of continuous absolute gravity observation and repeated hybrid gravity measurements, Earth Planets and Space, 65, 563-571.
4. Tanaka, Y. (2013) Theoretical computation of long-term postseismic relaxation due to a great earthquake using a spherically symmetric viscoelastic Earth model (in commemoration of the

- 20th Tsuboi Award), *J. Geod. Soc. Jpn.*, 59, 1-10. (in Japanese with English abstract)
5. Okubo, S., T. Kazama, K. Yamamoto, M. Iguchi, Y. Tanaka, T. Sugano, Y. Imanishi, W. Sun, M. Saka, A. Watanabe and S. Matsumoto (2013) Absolute Gravity Variation at Sakurajima Volcano from April 2009 through January 2011 and its Relevance to the Eruptive Activity of Showa Crater, *Bull. Volcanol. Soc. Jpn.*, 58, 153-162.
  6. Tanaka, Y., T. Hasegawa, H. Tsuruoka, V. Klemann and Z. Martinec (2014) Spectral-finite element approach to post-seismic relaxation in a spherical compressible Earth: application to gravity changes due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. J. Int.* 200, 299-321, doi: 10.1093/gji/ggu391.
  7. Ide, S. and Y. Tanaka (2014) Controls on plate motion by oscillating tidal stress: Evidence from deep tremors in western Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 3842-3850, doi:10.1002/2014GL060035.
  8. Nishiyama, R., Y. Tanaka, S. Okubo, H. Oshima, H. K. M. Tanaka, and T. Maekawa (2014) Integrated processing of muon radiography and gravity anomaly data toward the realization of high-resolution 3-D density structural analysis of volcanoes: Case study of Showa-Shinzan lava dome, Usu, Japan, *J. Geophys. Res.*, 119, 699-710, doi:10.1002/2013JB010234.
  9. Yabe, S., Y. Tanaka, H. Houston, and S. Ide (2015) Tidal sensitivity of tectonic tremors in Nankai and Cascadia subduction zones, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 120, 7587-7605, doi:10.1002/2015JB012250
  10. Tanaka Y., S. Yabe and S. Ide (2015) An estimate of fluctuating plate subduction velocities caused by tidal modulations and decadal variations in the ocean, *Earth Planets and Space*, 67, 141-151, DOI 10.1186/s40623-015-0311-2 (highlighted paper).
  11. Kazama, T., S. Okubo, T. Sugano, S. Matsumoto, W. Sun, Y. Tanaka and E. Koyama (2015) Absolute gravity change associated with magma mass movement in the conduit of Asama Volcano (Central Japan), revealed by physical modeling of hydrological gravity disturbances, *J. Geophys. Res.*, 120, doi:10.1002/2014JB011563
  12. Tanaka, Y., T. Sato, Y. Ohta, S. Miura, J. T. Freymueller and V. Klemann (2015) The effects of compressibility on the GIA in southeast Alaska, *J. Geodyn.*, 84, 55-61.
  13. Ide, S., S. Yabe, and Y. Tanaka (2016), Earthquake potential revealed by tidal influence on earthquake size-frequency statistics, *Nature Geosci.*, 9, 834-837, doi:10.1038/ngeo2796
  14. 田中愛幸 (2016) 重力ポテンシャル差計としての光格子時計の地球物理応用の可能性, *光学*, 特集「応用フェーズに向かう光時計」, *光学*, 45, 259-263.
  15. Tanaka Y. and S. Yabe (2017) Two long term slow slip events around Tokyo Bay found by GNSS observation during 1996-2011, *Earth Planets and Space*, 69, 43-52, doi 10.1186/s40623-017-0628-0
  16. Tanaka, Y., T. Suzuki, Y. Imanishi, S. Okubo, X. Zhang, M. Ando, A. Watanabe, M. Saka, C. Kato, S. Oomori, and Y. Hiraoka (2018) Temporal gravity anomalies observed in the Tokai area and a possible relationship with slow slips, *Earth, Planets and Space*, 70, 25, doi:10.1186/s40623-018-0797-5
  17. Tanaka, Y., V. Klemann, Z. Martinec (2019). Surface loading of a self-gravitating, laterally heterogeneous elastic sphere –preliminary result for the 2D case, *International Association of Geodesy symposia*, [https://doi.org/10.1007/1345\\_2019\\_62](https://doi.org/10.1007/1345_2019_62)

## (2) 査読無し原著論文

1. 田中愛幸, 黒石裕樹, 香取秀俊 (2018) 光格子時計の地震・火山研究応用の可能性を探る, *地震ジャーナル*, 65, 36-44.

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. 田中愛幸 (2018), 潮汐 (第5章 測地・固体地球変動), 鳥海光弘 (編), 図説 地球科学の事典, 朝倉書店, 248p.

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 田中愛幸 (2013) 測地観測データと粘弾性緩和のモデリング, 日本地球惑星科学連合 2013 年度連合大会, 千葉市, 5/24.
2. 田中愛幸, 矢部優, 菊池亮佑, 井出哲 (2015) 潮汐と海洋の長期変動によるプレート沈み込み速度のゆらぎを見積もる, 日本地球惑星科学連合 2015 年度連合大会, 千葉市, 5/27.
3. Tanaka, Y. (2015) Physical modeling of gravity field variations to explore mechanisms of great earthquakes, 26th IUGG General Assembly 2015, Prague, the Czech Republic, IAG Bomford Prize commemorative lecture, 6/25.
4. Tanaka, Y. (2015) Some Applications of Satellite Gravity Data to Seismological Problems in the Future, American Geophysical Union 2015 Fall Meeting, San Francisco (USA), Dec. 17.
5. Tanaka, Y. (2016) Relativistic geodesy in plate subduction zones -applications to crustal deformation monitoring, ERATO International workshop: Challenges in Precision Science, the University of Tokyo, Tokyo, Jan. 26.
6. 田中愛幸 (2019) 重力の時間変化から見たプレート沈み込み帯の物質移動—理論と観測—, 国立極地研究所共同利用研究集会「測地学に基づいた地球表層から内部のダイナミクス」, 3/11.

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

学位論文指導実績

- ・ 2018 年度 学部生 1 名 (梅宮祐輔)

担当講義

- ・ 理学部・大学院 地球力学, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学観測実習, 2018 年度
- ・ 大学院 固体地球観測論, 2012-2018 年度
- ・ 大学院 地球観測実習, 2012-2018 年度

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本測地学会, 評議員, 2014-2015, 2017-2018 年度
- ・ 日本測地学会, 庶務委員, 2016-2017 年度

- ・ 日本測地学会，会計委員長，2018 年度
- ・ 日本測地学会，海外渡航旅費助成金審査委員会委員，2018 年度
- ・ 日本測地学会，Earth Planets and Space 誌運営委員（測地学会他 4 学会で運営），2014-2016 年度
- ・ 日本測地学会，Earth Planets and Space 誌編集委員（測地学会他 4 学会で運営），2016-2018 年度
- ・ 日本測地学会サマースクール幹事，2014 年度
- ・ 日本地震学会サマースクール講師，すべらない変形の話－測地観測から見えるもの－，2018/9/5
- ・ 日本地球惑星科学連合，地球科学の夢ロードマップタスクフォース委員，2017-2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，評議員，2014-2015 年度
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会，IAG（国際測地学協会）小委員会，委員，2018 年度
- ・ 日本・アジア青少年サイエンス交流計画（さくらサイエンスプラン）ホスト教員，2017/7
- ・ IAG， commission WG1.3.2 (4D deformation models for reference frame) member, 2012-2018
- ・ IAG， GGOS (Global Geodetic Observation System) Science Panel member, 2017-present
- ・ IAG， Inter-Commission Committee on Theory, JSG 0.21 Geophysical modelling of time variations in deformation and gravity, Chair, 2015-present
- ・ IAG-IASPEI2017 実行委員, LOC, 2017 年度

#### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 国土交通大学校非常勤講師，地球変形力学，2012-2018 年度
- ・ 京都大学防災研究所非常勤講師（集中講義） 2016-2017 年度
- ・ 社団法人日本技術士会応用理学部会創立 15 周年記念シンポジウム，招待講演，講演タイトル「首都直下地震・南海トラフ地震の最新情報」，神奈川県民ホール，2016/11/13

#### 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星物理学科 教務委員会，委員，2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員会，委員，2018 年度

### V. 国際化対応

#### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

##### (1) 受け入れ

学生数：1 名 研究者数：1 名

##### (2) 派遣

学生数：0 名 研究者数：1 名

##### (3) 海外からの来訪者数 3 名

# 桑山 靖弘

## I. 略歴

氏名： 桑山 靖弘（くわやま やすひろ）

年齢： 40 歳

現職： 特任助教

### 学歴

1997 年 3 月 神奈川県立柏陽高等学校卒業  
2002 年 3 月 東京工業大学理学部地球惑星科学科卒業  
2004 年 3 月 京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2007 年 3 月 京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2007 年 3 月 博士（理学）（東京工業大学）

### 職歴

2004 年 4 月 日本学術振興会特別研究員（DC1）  
2007 年 4 月 日本学術振興会特別研究員（PD）  
2009 年 4 月 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 助教  
（理学部地球科学科助教兼任）  
2017 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地震波観測により得られる内核及び外核の内部の密度分布は、弾性波速度分布と共に核の化学組成を制約する上で数少ない情報の一つである。従って、核の構成物質の候補と考える種々の鉄合金の核の圧力・温度条件下における密度データは、核に含まれる元素の種類と量に制約を与える上で必要不可欠である。しかしながら、外核の組成を考えるうえで基礎となる液体純鉄の高圧下での密度測定はこれまで報告されたことがない。私は、レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルによる高温高圧発生技術と放射光 X 線を用いたその場観測技術の開発を進め、核の最上部の圧力条件に相当する 116 万気圧の高圧下において試料を融点以上に加熱し液体純鉄からの X 線回折データの測定を可能にした。また、これまでの解析手法では、X 線回折データから密度を決める際に大きな不確定性が生じてしまうことが知られていた。そこで、新たに解析手法を開発することにより、地震波観測によられる密度データと十分比較可能な精度で液体金属の密度を決定することを可能にした。また、レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルと放射光 X 線非弾性散乱を組み合わせた方法により、液体純鉄の弾性波速度を、これまで報告されている圧力範囲（6 万気圧以下）を大きく超える 45 万気圧の高圧まで測定することを可能にした。得られた密度データと弾性波速度データ、また過去に行われた衝撃圧縮実験のデータをすべて用いて液体純鉄の  $P$ - $T$ - $\rho$ - $V_p$  状態方程式を決定した。これまで用いられてきた液体純鉄の状態方程式は、理論計算によるものか、実験データに理論計算による物理量や経験的なパラメータを組み合わせで求められたものである。本研究では、これらの経験的なパラメータや理論計算により予測された物理量などを一切



仮定せずに、実験データのみから液体純鉄の状態方程式を決定することを可能にした。得られた結果から、地球の外核は液体純鉄よりも密度が 7.5-7.6%小さく、P 波速度が 3.7-4.4%早いことを明らかにした。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Kuwayama, Y., Hirose, K., Sata, N. and Ohishi, Y., The pyrite-type high-pressure form of silica, *Science*, 309, 923-925, doi:10.1126/science.1114879 (2005)

レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルにより、200 万気圧を超える超高压下（静的圧縮下）での高温実験に成功。SiO<sub>2</sub>の 6+2 配位の高配位数を持つ高压相に相転移することを発見した。

2. Kuwayama, Y., Hirose, K., Sata, N. and Ohishi, Y., Phase relations of iron and iron-nickel alloys up to 300 GPa: Implications for composition and structure of the Earth's inner core, *Earth and Planetary Science Letters*, 273, 379-385, doi:10.1016/j.epsl.2008.07.001 (2008)

300 万気圧での Fe-FeNi の相平衡関係を明らかにし、内核内部の異方的な構造の成因について議論。

3. Ohta, K., Kuwayama, Y., Hirose, K., Shimizu, K. and Ohishi, Y., Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions, *Nature*, 534, 95-98, doi:10.1038/nature17957 (2016)

100 万気圧以上で高温下の鉄の電気伝導度を測定。地球中心核の冷却速度について議論。

4. Tateno, S., Kuwayama, Y., Hirose, K. and Ohishi, Y., The structure of Fe-Si alloy in Earth's inner core, *Earth and Planetary Science Letters*, 418, 11-19, doi:10.1016/j.epsl.2015.02.008 (2015)

鉄-ケイ素系の相平衡関係を 407 万気圧 5960K まで決定。内核内部のケイ素量について議論。

5. Nishi, M., Kuwayama, Y., Tsuchiya, J., and Tsuchiya, T., The pyrite-type high-pressure form of FeOOH, *Nature*, 547, 205-208, doi:10.1038/nature22823 (2017)

レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いて超高压下で安定な水酸化鉄の新しい高压相を発見。地球深部での水の循環について議論した。

### 4. 受賞等

### 5. 研究の将来計画

私はこれまで、レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルと放射光 X 線を用いた高压高温実験技術の開発改良、また、X 線回折データから液体金属の密度を決定するための解析手法の開発など、液体金属の高压下での密度、音速決定法の開発を行ってきた。地球の核に含まれる軽元素の種類と量を制約する上で、核に含まれる軽元素の候補と考えられている H, C, O, Si, S などの元素の液体鉄の密度や音速に与える影響を実験的に決めることは非常に重要である。私は今後数年、これまで開発してきた技術を用いて、これらの軽元素を含む種々の液体鉄合金の密度と音速測定実験を高压下で行い、それぞれの合金の状態方程式の決定を行う。得られた結果から、密度・音速の組成依存性を決定し、これらの元素の核に含まれる最大量を見積もる。また、地震波観測により得られる、外核-内核境界での密度・音速変化も、核の化学組成を推定する上での重要な情報である。固体-液体間での元素分配を考慮した上で、種々の鉄合金の融解による密度・音速変化を決定し、鉄-軽元素系の融解相平衡図と組み合わせることにより、核の組成を決定する。

### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 若手研究(B), マルチメガバールでの超高压実験に基づく地球の内核の不均質構造の起源, 研究代表者, 2011-2013 年度, 総額 4,290,000 円

- ・ 若手研究(B), パルスレーザーとダイヤモンドアンビルセルを用いた高压高温下の水の熱拡散率計測, 研究分担者, 2012~2015 年度, 総額 4,420,000 円
- ・ 若手研究(B), レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いた内核・外核物質の密度測定, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 3,770,000 円
- ・ 基盤研究(B), 地球マントルー中心核境界および水星星深部における水の挙動, 研究分担者, 2019~2022 年度, 総額 17,810,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Tange, Y., Kuwayama, Y., Irifune, T., Funakoshi, K. and Ohishi, Y., P-V-T equation of state of MgSiO<sub>3</sub> perovskite based on the MgO pressure scale: A comprehensive reference for mineralogy of the lower mantle, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117, B06201, doi:10.1029/2011JB008988 (2012)
2. Fujino, K., Nishio-Hamane, D., Kuwayama, Y., Sata, N., Murakami, S., Whittaker, M., Shinozaki, A., Ohfuji, H., Kojima, Y., Irifune, T., Hiraoka, N., Ishii, T. and Tsuei, K.-D., Spin transition and substitution of Fe<sup>3+</sup> in Al-bearing post-Mg-perovskite, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 217, 31-35, doi: doi.org/10.1016/j.pepi.2013.01.006 (2013)
3. Fujino, K., Nishio-Hamane, D., Nagai, T., Seto, Y., Kuwayama, Y., Whitaker, M., Ohfuji, H., Shinmei, T. and Irifune, T., Spin transition, substitution, and partitioning of iron in lower mantle minerals, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 228, 186-191, doi:10.1016/j.epsl.2015.02.008 (2014)
4. Ohta, K., Fujino, K., Kuwayama, Y., Kondo, T., Shimizu, K. and Ohishi, Y., Highly conductive iron-rich (Mg,Fe)O magnesiowüstite and its stability in the Earth's lower mantle, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 119, 4656-4665, doi:10.1002/2014JB010972 (2014)
5. Kimura, T., Kuwayama, Y. and Yagi, T., Melting temperatures of H<sub>2</sub>O up to 72 GPa measured in a diamond anvil cell using CO<sub>2</sub> laser heating technique, *The Journal of Chemical Physics*, 140, 074501, doi:10.1063/1.4865252 (2014)
6. Tateno, S., Kuwayama, Y., Hirose, K. and Ohishi, Y., The structure of Fe-Si alloy in Earth's inner core, *Earth and Planetary Science Letters*, 418, 11-19, doi:10.1016/j.epsl.2015.02.008 (2015)
7. Nakajima, Y., Imada, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Tsutsui, S., Kuwayama, Y. and Baron, A., Carbon-depleted outer core revealed by sound velocity measurements of liquid iron-carbon alloy, *Nature Communications*, 6, 8942, doi:10.1038/ncomms9942 (2015)
8. Ohta, K., Kuwayama, Y., Hirose, K., Shimizu, K. and Ohishi, Y., Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions, *Nature*, 534, 95-98, doi:10.1038/nature17957 (2016)
9. Ohnishi, S., Kuwayama, Y. and Inoue, T., Melting relations in the MgO-MgSiO<sub>3</sub> system up to 70 GPa, *Physics and Chemistry of Minerals*, 44, 445-453, doi:10.1007/s00269-017-0871-8 (2017)
10. Kawaguchi, S. I., Nakajima, Y., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Kuwayama, Y., Tsutsui, S., and Baron, A. Q. R., Sound velocity of liquid Fe-Ni-S at high pressure, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122, 3624-3634, doi:10.1002/2016JB013609 (2017)
11. Nishi, M., Kuwayama, Y., Tsuchiya, J., and Tsuchiya, T., The pyrite-type high-pressure form of FeOOH, *Nature*, 547, 205-208, doi:10.1038/nature22823 (2017)

12. Nishi, M., Greaux, S., Tateno, S., Kuwayama, Y., Kawai, K., Irifune, T., Maruyama, S., High-pressure phase transitions of anorthosite crust in the Earth's deep mantle, *Geoscience Frontiers*, doi:10.1016/j.gsf.2017.10.002 (2017)
13. Greaux, S., Nishi, M., Tateno, S., Kuwayama, Y., Hirao, N., Kawai, K., Maruyama, S., Irifune, T., High-pressure phase relation of KREEP basalts: A clue for finding the lost Hadean crust? *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 274, 184-194, doi:10.1016/j.pepi.2017.12.004 (2018)
14. Kusakabe, M., Hirose, K., Sinmyo, R., Kuwayama, Y., Ohishi, Y., Helffrich, G., Melting Curve and Equation of State of  $\text{-Fe}_7\text{N}_3$ : Nitrogen in the Core? *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 3448-3457, doi:10.1029/2018JB015823 (2019)
15. Hirose, K., Tagawa, S., Kuwayama, Y., Sinmyo, R., Morard, G., Ohishi, Y., Genda, H., Hydrogen Limits Carbon in Liquid Iron, *Geophysical Research Letters*, 46, 5190-5197, doi:10.1029/2019GL082591 (2019)
16. Nishi, M., Tsuchiya, J., Kuwayama, Y., Arimoto, T., Tange, Y., Higo, Y., Hatakeyama, T., Irifune, T., Solid solution and compression behavior of hydroxides in the lower mantle, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, in press (2019)
17. Oka, K., Hirose, K., Tagawa, S., Kidokoro, Y., Nakajima, Y., Kuwayama, Y., Morard, G., Coudurier, N., Fiquet, G., Melting in the Fe-FeO system to 204 GPa: Implications for oxygen in Earth's core, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, in press (2019)

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 桑山靖弘, 土屋卓久, 鉄系物質の高圧相転移, 鉱物・宝石の科学辞典, 日本鉱物科学会編 (朝倉書店, 2019), pp134-136.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Tsuchiya, J., Thompson, E. C., Tsuchiya, T., Nishi, M. and Kuwayama, Y., First principles investigation of the high-pressure behavior of the FeOOH-AlOOH-phase H ( $\text{MgSiO}_4\text{H}_2$ ) system, IAG-IASPEI (Joint Scientific Assembly of the International Association of Geodesy and the International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior), Kobe International Conference Center, Kobe, August 2, 2017
2. Nishi, M., Kuwayama, Y., Tsuchiya, J., Tsuchiya, T. and Irifune, T., High-pressure phase transitions in AlOOH and FeOOH, High-Pressure Mineral Physics Seminar (HPMPS-9), Saint Malo, France, September 27, 2017
3. Tsuchiya, J., Thompson, E. C., Tsuchiya, T., Nishi, M. and Kuwayama, Y., First principles investigation of high pressure behavior of FeOOH-AlOOH-phase H ( $\text{MgSiO}_4\text{H}_2$ ) system, AGU Fall Meeting 2017, New Orleans, USA, December 13, 2017
4. Nishi, M., Kuwayama, Y., Tsuchiya, J., Tsuchiya, T. and Irifune, T., The high-pressure phase transitions of hydroxides, AGU Fall Meeting 2017, New Orleans, USA, December 11, 2017

### Ⅲ. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文等指導実績

- ・ 2013 年度 修士 1 名（愛媛大学にて）
- ・ 2016 年度 博士 1 名（愛媛大学にて）
- ・ 2012-2013 年度 博士研究員 1 名（愛媛大学にて）

##### 担当講義

- ・ 地球物理学実験, 分担, 2018～2019 年度

### Ⅳ. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献（学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催）
11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員
12. 学内行政業務

### Ⅴ. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

# 桜庭 中

## I. 略歴

氏名： 桜庭 中（さくらば あたる）

年齢： 47 歳

現職： 助教

### 学歴

1991 年 3 月 秋田県立秋田高等学校卒業  
1995 年 3 月 東京大学理学部地球惑星物理科卒業  
1997 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
2000 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻博士課程修了  
2000 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2000 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 PD（東京大学）  
2002 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助手  
2007 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

(1) 地球や惑星の液体金属コアの対流，およびそこで生じる固有磁場の生成に関する研究をおこなってきた．これまでよりも低粘性で自転速度の速いパラメータ領域（プラントル数 0.2，エクマン数は  $10^7$  のオーダー）での地球ダイナモシミュレーションを地球シミュレータ（JAMSTEC）上で実施し，大規模な流れ構造と強い双極子が共存する数値解を発表した．一様磁場を印加したときの熱対流不安定やトロイダル磁場の磁気不安定を，粘性ゼロ，自転速度無限大の極限で扱うことで，地球コアの条件下での流れや磁場の構造に関する示唆を得た．

(2) 電磁流体の流れと磁場の構造形成の理解をめざし，液体金属をもちいた磁気対流実験を JAMSTEC，北海道大などと共同でおこなった．とくに系を模擬した数値計算を実施し，対流ロールの自発的な反転などの実験結果を再現した．実験では測定不可能な流れの 3 次元の内部構造を解析し，流れの安定性，遷移のメカニズムを考察した．

(3) 弾性体中の流路を火山流体が流れるときに自発的に生じる流れ誘起振動が火山性長周期微動を引き起こすという仮説をたて，理論的および実験的に検証する試みをおこなった．線形安定性解析をおこない，これまで知られているモードよりもずっとゆっくりした流速で不安定化する屈曲モードの存在を予言し，不安定化のメカニズムを示した．

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Vogt, T., Ishimi, W., Yanagisawa, T., Tasaka, Y., Sakuraba, A., & Eckert, S. (2018). Transition

between quasi-two-dimensional and three-dimensional Rayleigh-Bénard convection in a horizontal magnetic field. *Physical Review Fluids*, 3, 013503. DOI: 10.1103/PhysRevFluids.3.013503

水平磁場を印加した液体金属レイリー・ベナール対流で観察される，2次元ロール構造からより乱れた3次元構造への遷移の物理メカニズムが，側壁に形成される磁場起因および対流ロール起因の2種類の境界層の競合で理解できることを示した（引用6件）。

2. Yanagisawa, T., Hamano, Y., & Sakuraba, A. (2015). Flow reversals in low-Prandtl-number Rayleigh-Bénard convection controlled by horizontal circulations. *Physical Review E*, 92, 023018. DOI: 10.1103/PhysRevE.92.023018

水平磁場を印加した液体金属レイリー・ベナール対流の室内実験および数値シミュレーションをおこない，ロール状対流構造が不安定化してロールのつなぎかえ（流れの反転が起こり，そのような反転が不規則に何度も繰り返すことを見出した（引用3件）。

3. Sakuraba, A. & Yamauchi, H. (2014). Linear stability of plane Poiseuille flow in an infinite elastic medium and volcanic tremors. *Earth Planets Space*, 66:19. doi:10.1186/1880-5981-66-19

無限に広がるダイク状の間隙を満たす粘性流体のゆっくりした流れが自励振動を起こし，周囲の弾性体中に屈曲モードの表面波を励起することを理論計算で示し，火山成長周期微動の原因になりうることを指摘した（引用2件）。

4. Sakuraba, A. & Roberts, P. H. (2009). Generation of a strong magnetic field using uniform heat flux at the surface of the core. *Nature Geoscience*, 2, 802-805. DOI: 10.1038/NNGEO643

それまでの地球型ダイナモ数値シミュレーションでは，粘性を低くして自転速度をあげていくと，生じる磁場強度が弱く，対流セルの大きさも小さくなって地球コアで期待されるものから遠のいてしまうという矛盾があったが，これがコア表面の温度境界条件によるものであり，適切な条件をつかえば強磁場，大規模対流構造が得られることを示した（引用91件）。

5. Sakuraba, A., & Kono, M. (1999). Effect of the inner core on the numerical solution of the magnetohydrodynamic dynamo. *Physics of the Earth and Planetary Interior*, 111, 105-121. DOI: 10.1016/S0031-9201(98)00150-2

低解像度で高粘性のダイナモシミュレーションであるが，太古の地球を模した，固体の内核なしのダイナモ計算をはじめとおこなったということで評価されている（引用82件）。

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

近年大規模数値シミュレーションが容易になったことで地球ダイナモ研究は一定の進展があったが，実際の地球コアを計算機上で再現することはいまだ難しい。とくに磁場強度や流れの構造がどのように決まるのか，という根本的問題は未解決である。そこで，できるだけ地球コアに近い低粘性の条件に近づけたダイナモ計算を系統的に実施し，真の地球に外挿するというこれまでのアプローチに加えて，地球ダイナモの物理過程を抽出する基礎実験をいくつかおこない，統合することでコア対流の基本状態を知るという新たなアプローチに注力したい。具体的には，与えられたトロイダル磁場の磁気不安定の線形解析や与えられた流れ場のもとでのキネマティック・ダイナモの線形解析をおこない，流速，磁場強度，対流パターンのあいだのスケールリング則を見出す。また粘性ゼロの磁気地衡流近似のもとでのダイナモシミュレーション手法を完成させ，むしろ地球のパラメータ領域を通り越した，逆側からのアプローチにより，地球磁場の基本構造や時間発展の性質をあきらかにしたい。

弾性体中の流路を通る粘性流体のゆっくりした運動が自発的に不安定化し，火山微動の原因になりうることを理論計算で示唆されているが，この計算では非線形効果が無視されて

いるため、現象の存在が実証されているわけではない。より高度な数値計算、または室内実験により、実際の地殻内の火山性流体の流路が振動しうるのか、するとすればどのような振動が起こるかを検証する。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 火山性微動の起源: 流れ誘起振動の新仮説, 研究代表者, 2014~2016年度, 総額 1,600 千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 流れ場の反転が主導する新しい地磁気逆転のメカニズム, 研究分担者, 2012~2015年度, 総額 3,500 千円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (B), 地磁気短時間変動のシミュレーション, 研究代表者, 2011~2012年度, 本評価期間の総額 1,700 千円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Vogt, T., Ishimi, W., Yanagisawa, T., Tasaka, Y., Sakuraba, A., & Eckert, S. (2018). Transition between quasi-two-dimensional and three-dimensional Rayleigh-Bénard convection in a horizontal magnetic field. *Physical Review Fluids*, 3, 013503. DOI: 10.1103/PhysRevFluids.3.013503
2. Yanagisawa, T., Hamano, Y., & Sakuraba, A. (2015). Flow reversals in low-Prandtl-number Rayleigh-Bénard convection controlled by horizontal circulations. *Physical Review E*, 92, 023018. DOI: 10.1103/PhysRevE.92.023018
3. Sakuraba, A., & Yamauchi, H. (2014). Linear stability of plane Poiseuille flow in an infinite elastic medium and volcanic tremors. *Earth Planets Space*, 66:19. DOI: 10.1186/1880-5981-66-19.

### (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

### (4) 著書

### (5) その他著作物

### (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Sakuraba, A., Magnetic instability, slow-wave propagation, and dynamo saturation, The 16th Symposium of SEDI, Edmonton, Canada, 2018/07/09.
2. Sakuraba, A., & Yamauchi, H., A flow-induced volcanic tremor, AOGS Annual Meeting, Sapporo, Japan, 2014/07/31.
3. Sakuraba, A., Westward drift, torsional oscillations and jerks in a low-viscosity numerical geodynamo model, The 13th Symposium of SEDI, Leeds, UK, 2012/07/02.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学基礎演習Ⅱ（電磁気学分野の担当），2012～2018年度
- ・ 理学部 固体地球惑星科学概論（コアダイナミクス分野の担当），2016～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星物理学演習（時間発展問題の担当），2012年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会，将来構想検討WG，委員 2012年度

### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

### 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名



# 佐藤 雅彦

## I. 略歴

氏名： 佐藤 雅彦（さとう まさひこ）

年齢： 34 歳

現職： 助教

### 学歴

2003 年 3 月 東邦大学付属東邦高校卒業  
2007 年 3 月 東京工業大学理学部地球惑星科学科卒業  
2009 年 3 月 東京工業大学院理工学研究科地球惑星科学専攻修士課程修了  
2012 年 9 月 東京工業大学院理工学研究科地球惑星科学専攻博士課程修了  
2012 年 9 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2012 年 10 月 東京工業大学大学院理工学研究科 ポスドク研究員  
2013 年 1 月 九州大学大学院比較社会文化研究院 学術研究員  
2015 年 4 月 産業技術総合研究所地質調査総合研究センター 研究員  
2018 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

岩石の記録する過去の磁場記録を復元する古地磁気学研究および磁場情報の記録媒体である磁性鉱物の基礎研究として岩石磁気学研究に取り組んできた。古地磁気学研究としては、微小・微弱なケイ酸塩単結晶の磁気測定手法を世界に先駆けて開発し、同手法を用いたジルコン単結晶や斜長石単結晶の古地磁気学強度測定に成功している。相転移残留磁化および斜交非履歴性残留磁化の基礎的性質を明らかにし、古地磁気強度手法に関係する新手法の提案を行なった。岩石磁気学研究としては、高圧下その場での磁気測定手法を開発し、同手法を用いて磁鉄鉱の磁気ヒステリシス圧力依存性を求める事に成功した。さらに磁気ヒステリシス圧力依存性を用いることで、火星地殻内部での磁鉄鉱残留磁化の振る舞いを評価し、火星の磁気異常ソースに関する新たな制約を得ることに成功した。一方で堆積物試料に含まれる磁性鉱物の性質変化を環境変動のプロキシとして用いる新手法を開発し、同手法を北大西洋で掘削された海洋コア試料に適用して 268 万年前に起こった海洋循環の劇的な変動を明らかにした。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., & Tsunakawa, H. (2014). Hydrostatic pressure effect on magnetic hysteresis parameters of multidomain magnetite: Implication for crustal magnetization, *Physics of Earth and Planetary Interior*, 223, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2014.06.001>

高圧下その場での微小磁化測定方法の開発を行い、多磁区磁鉄鉱について磁気ヒステリシスの圧力依存性を地球地殻下部の圧力にあたる 1 GPa まで明らかにする事に成功した。本研究で得られた圧力依存性を用いる事で、地球型惑星の地殻深部における磁気異常ソースの振る舞いを評価することが可能となった。本研究の成果は地球電磁気・地球惑星圏学会において評価され、大林奨励賞を受賞した。(引用回数 4 回(GS/Sep. 20, 2019))

2. Sato, M., Seita, K., Miyagawa, T., Mochizuki, N., Kogiso, T., & Tsunakawa, H. (2015). Basic properties of transition remanent magnetizations of magnetite in relation to the ambient field using granite samples, *Geophysical Journal International*, 200, 25-34. <https://doi.org/10.1093/gji/ggu371>

磁鉄鉱の低温相転移に伴って獲得される残留磁化(相転移残留磁化)の基礎的な性質を調べた。相転移残留磁化と熱残留磁化の間に一定の関係がある事を示し、相転移残留磁化を用いた古地磁気強度推定の新手法を示した。本研究の成果は日本地球惑星科学連合において評価され、学生優秀発表賞を受賞した。(引用回数 3 回(GS/Sep. 20, 2019))

3. Sato, M., Makio, M., Hayashi, T., & Ohno, M. (2015). Abrupt intensification of North Atlantic Deep Water formation at the Nordic Seas during the late Pliocene climate transition, *Geophysical Research Letters*, 42, 4949-4955. <https://doi.org/10.1002/2015GL063307>

磁気分析による構成粒子解析の新手法を用いてアイスランド南方で採取された海洋コア試料を対象とした研究を行い、約 268 万年前を境にして間氷期にアイスランド東方から輸送される粒子の割合が急激に増加した事から、アイスランド北方での北大西洋深層流の形成が急激に強化された事を明らかにした。本研究の成果は地球電磁気・地球惑星圏学会において評価され、大林奨励賞を受賞した。(引用回数 7 回(GS/Sep. 20, 2019))

4. Sato, M., Yamamoto, S., Yamamoto, Y., Okada, Y., Ohno, M., Tsunakawa, H., & Maruyama, S. (2015). Rock-magnetic properties of single zircon crystals sampled from the Tanzawa tonalitic pluton, central Japan, *Earth, Planets and Space*, 67, 150. <https://doi.org/10.1186/s40623-015-0317-9>

神奈川県丹沢山地中川において磁気測定用ジルコンの採取を行い、微小・微弱なジルコン単結晶の各種磁気測定手法の確立、磁気パラメータの組み合わせによる古地磁気測定試料選別基準の提案、選別基準を満たす試料による予察的古地磁気強度実験の実施を行った。本研究により、ジルコン単結晶を用いた古地磁気測定研究の基礎構築がなされ、川砂ジルコンを用いた古地磁気強度研究の実現可能性が示された。本研究の成果は地球電磁気・地球惑星圏学会において評価され、大林奨励賞を受賞した。(引用回数 14 回(GS/Sep. 20, 2019))

5. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., Ushioda, M., Nakada, R., & Tsunakawa, H. (2018). Constraints on the source of the Martian magnetic anomalies inferred from relaxation time of remanent magnetization, *Geophysical Research Letters*, 45, 6417-6427. <https://doi.org/10.1029/2018GL077498>

残留磁化の安定性という観点から、火星地殻磁気異常のソースと成り得る磁鉄鉱の粒径・形状の評価を行った。その結果、現在観測されている磁気異常を説明するためには細粒かつ針状の磁鉄鉱が火星地殻深部に存在している必要がある事が示され、今後の研究では、火星の地殻深部に細粒かつ針状の磁鉄鉱を作るメカニズムを調べていく事で、古火星磁場に関して新たな制約を与えられる可能性がある。(引用回数 2 回(GS/Sep. 20, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 佐藤雅彦, 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞, 2012 年 5 月
- ・ 佐藤雅彦, 地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞, 2018 年 11 月

## 5. 研究の将来計画

今後の研究においては、過去における地球型惑星の磁場強度を高確度で復元していくことで、磁場変動の成因となる惑星内部ダイナミクス進化の解明および磁場変動と関連する惑星表層環境の進化解明を進めていく。ケイ酸塩中に含まれる磁性鉱物では、粒径や組成などを特定しかつ成因解明が可能であると考えられ、岩石試料を用いた古地磁気学の従来研究よりも高確度で地球型惑星磁場情報を復元できると期待される。今後の研究において、これまでの開発した微小・微量試料の磁気測定手法を用いて地球型惑星を起源とするケイ酸塩単結晶試料に適用し、また、磁気測定と合わせて鉱物学的・岩石学的測定を行いケイ酸塩中に含まれる磁性鉱物の成因解明に取り組む事で、地球型惑星磁場強度変化を明らかにする。また衝突現象に伴う残留磁化構造の基礎的研究に取り組む、その基礎データを用いる事で衝突クレーター上空での人工衛星による磁場観測記録を読み解く事で、地球型惑星の磁場強度進化を明らかにする。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 川砂ジルコンを用いた新手法による過去 40 億年間の古地磁気強度記録の復元, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 2,900,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), SQUID 顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓, 研究分担者, 2018 年度, 総額 200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 樹木年輪に記録された地磁気・地球環境変動の SQUID 顕微鏡による超高分解能復元, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 氷期-間氷期サイクルの誕生と初期進化: 北大西洋深層水の役割に関する新仮説の検証, 研究分担者, 2018~2020 年度 (予定), 総額 300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究, 離溶磁鉄鉱の磁氣的性質に基づく火星磁場強度の推定, 研究代表者, 2019~2020 年度 (予定), 総額 3,300,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., & Tsunakawa, H. (2012). Pressure effect on low-temperature remanence of multidomain magnetite: Change in demagnetization temperature, *Geophysical Research Letters*, 39, L04305. <https://doi.org/10.1029/2011GL050402>
2. Kurokawa, H., Sato, M., Ushioda, M., Matsuyama, T., Moriwaki, R., Dohm, J.M., & Usui, T. (2014). Evolution of Water Reservoirs on Mars: Constraints from Hydrogen Isotopes in Martian Meteorites, *Earth and Planetary Science Letters*, 394, 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.03.027>
3. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., & Tsunakawa, H. (2014). Hydrostatic pressure effect on magnetic hysteresis parameters of multidomain magnetite: Implication for crustal magnetization, *Physics of Earth and Planetary Interior*, 223, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2014.06.001>
4. Sato, M., Seita, K., Miyagawa, T., Mochizuki, N., Kogiso, T., & Tsunakawa, H. (2015). Basic properties of transition remanent magnetizations of magnetite in relation to the ambient field using granite samples, *Geophysical Journal International*, 200, 25-34. <https://doi.org/10.1093/gji/ggu371>
5. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., Usui, Y., & Tsunakawa, H.

- (2015). Pressure effect on magnetic hysteresis parameters of single-domain magnetite contained in natural plagioclase crystal. *Geophysical Journal International*, 202, 394-401, <https://doi.org/10.1093/gji/ggv154>
6. Sato, M., Makio, M., Hayashi, T., & Ohno, M. (2015). Abrupt intensification of North Atlantic Deep Water formation at the Nordic Seas during the late Pliocene climate transition, *Geophysical Research Letters*, 42, 4949-4955. <https://doi.org/10.1002/2015GL063307>
  7. Sato, M., Yamamoto, S., Yamamoto, Y., Okada, Y., Ohno, M., Tsunakawa, H., & Maruyama, S. (2015). Rock-magnetic properties of single zircon crystals sampled from the Tanzawa tonalitic pluton, central Japan, *Earth, Planets and Space*, 67, 150. <https://doi.org/10.1186/s40623-015-0317-9>
  8. Shibuya, T., Yoshizaki, M., Sato, M., Shimizu, K., Nakamura, K., Omori, S., Suzuki, K., Takai, K., Tsunakawa, H., & Maruyama, S. (2015). Hydrogen-rich hydrothermal environments in the Hadean ocean inferred from serpentinization of komatiites at 300 °C and 500 bar, *Progress in Earth and Planetary Science*, 2, 46. <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0076-z>
  9. Kurokawa, H., Usui, T., Sato, M. (2016). Interactive Evolution of Multiple Water-Ice Reservoirs on Mars: Insights from Hydrogen Isotope Compositions, *Geochemical Journal*, 50, 67-79. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0407>
  10. Kawai, J., Oda, H., Fujihira, J., Miyamoto, M., Miyagi, I., & Sato, M. (2016). SQUID Microscope with Hollow-Structured Cryostat for Magnetic Field Imaging of Room Temperature Samples, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 26, 1600905. <https://doi.org/10.1109/TASC.2016.2536751>
  11. Ohno, M., Hayashi, T., Sato, M., Kuwahara, Y., Mizuta, A., Kita, I., Sato, T., & Kano, A. (2016). Millennial-scale interaction between ice sheets and ocean circulation during marine isotope stage 100, *Frontiers in Earth Science*, 4, 55. <https://doi.org/10.3389/feart.2016.00055>
  12. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., & Tsunakawa, H. (2016). Hydrostatic pressure effect on magnetic hysteresis parameters of pseudo-single-domain magnetite, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17, 2825-2834. <https://doi.org/10.1002/2016GC006406>
  13. Oda, H., Kawai, J., Miyamoto, M., Miyagi, I., Sato, M., Noguchi, A., Yamamoto, Y., Fujihira, J., Natsuhara, N., Aramaki, Y., Masuda, T., & Xuan, C. (2016). Scanning SQUID microscope system for geological samples: system integration and initial evaluation, *Earth, Planets and Space*, 68, 179. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0549-3>
  14. Sato, M., Mochizuki, N., Watanabe, M., & Tsunakawa, H. (2017). Composition law of oblique anhysteretic remanent magnetization and its relation to the magnetostatic interaction, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, 1043-1052. <https://doi.org/10.1002/2016GC006671>
  15. Noguchi, A., Oda, H., Yamamoto, Y., Usui, A., Sato, M., & Kawai, J. (2017). Scanning SQUID microscopy of a ferromanganese crust from the northwestern Pacific: Submillimeter scale magnetostratigraphy as a new tool for age determination and mapping of environmental magnetic parameters, *Geophysical Research Letters*, 44, 5360-5367. <https://doi.org/10.1002/2017GL073201>
  16. Kodama, K., Byrne, T., Lewis, J.C., Hibbard, J.P., Sato, M., & Koyano, T. (2018). Emplacement of a layered mafic intrusion in the Shimanto accretionary complex of southwest Japan: Evidence from paleomagnetic and magnetic fabric analysis, *Geological Society of America Special Paper*, 534, 129-140. [https://doi.org/10.1130/2018.2534\(08\)](https://doi.org/10.1130/2018.2534(08))
  17. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., Ushioda, M., Nakada, R., & Tsunakawa, H. (2018). Constraints on the source of the Martian magnetic anomalies inferred from relaxation time of remanent magnetization, *Geophysical Research Letters*, 45, 6417-6427.

<https://doi.org/10.1029/2018GL077498>

18. Kato, C., Sato, M., Yamamoto, Y., Tsunakawa, H., & Kirschvink, J. (2018). Paleomagnetic studies on single crystals separated from the middle Cretaceous Iritono granite, Earth, Planets and Space, 70, 176. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0945-y>
19. 佐藤雅彦, 山本裕二, 西岡孝, 小玉一人, 望月伸竜, 潮田雅司, 中田亮一, 綱川秀夫 (2018). 残留磁化緩和時間に基づく火星磁気異常ソースの評価, 遊星人, 27, 173-179. [https://doi.org/10.14909/yuseijin.27.3\\_173](https://doi.org/10.14909/yuseijin.27.3_173)

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 佐藤雅彦・黒澤耕介, SQUID 顕微鏡を用いた衝突残留磁化測定の詳細と期待される成果, 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, 相模原市, 2015/02/23.
2. Sato, M., Yamamoto, S., Yamamoto, Y., Ohno, M., Tsunakawa, H., & Maruyama, S., Rock-magnetic properties of single zircon crystals sampled from the Tanzawa tonalitic pluton, central Japan, ELSI Workshop on Geophysical & Geochemical Constraints on Early Planetary Dynamos, 南都留郡, 2015/9/17.
3. 佐藤雅彦・潮田雅司・中田亮一・山本裕二・西岡孝・小玉一人・綱川秀夫・望月伸竜, Rock-magnetic studies concerning source of the Martian magnetic anomaly, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉市, 2016/05/24.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学実験, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外調査 III, 2018 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 地球電磁気・地球惑星圏学会, 学生発表賞事務局, 2016 年度

11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

(2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 0名

# 永治 方敬

## I. 略歴

氏名： 永治 方敬（ながや たかよし）

年齢： 31 歳

現職： 助教

### 学歴

2007 年 3 月 岐阜県立多治見北高等学校卒業  
2011 年 3 月 大阪府立大学理学部物理科学科卒業  
2013 年 3 月 名古屋大学大学院環境学系研究科地球環境科学専攻修士課程修了  
2016 年 3 月 名古屋大学大学院環境学系研究科地球環境科学専攻博士課程修了  
2016 年 3 月 博士（理学）（名古屋大学）

### 職歴

2013 年 4 月 名古屋大学大学院環境学系研究科地球環境科学専攻 日本学術振興会特別研究員 DC1  
2014 年 9 月 愛知工業大学基礎教育センター 非常勤講師（2015 年 3 月まで）  
2015 年 9 月 愛知工業大学基礎教育センター 非常勤講師（2016 年 3 月まで）  
2016 年 4 月 東北大学大学院環境科学研究科先進社会環境学専攻 日本学術振興会特別研究員 PD  
2017 年 10 月 南カリフォルニア大学地球科学科 客員博士研究員（2019 年 3 月まで）  
2019 年 4 月 南カリフォルニア大学地球科学科 日本学術振興会海外特別研究員 PD  
2019 年 9 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

野外地質調査と、実験室での天然及び実験試料の微細組織観察・分析から沈み込み帯上部マントル物質の構造とその発達過程に関する研究を進めてきた。上部マントルの含水化に伴う蛇紋岩化は含水層状ケイ酸塩鉱物の変形による強い異方性領域を形成すると予想される。これに対し EBSD 測定法の改良に成功し、岩石試料から信頼性の高い含水層状ケイ酸塩鉱物の結晶方位データセットの取得を可能にした。これによって得られた蛇紋岩の弾性異方性と地震波観測を組み合わせた内部構造の推定を行い、琉球前弧マントルの定量的な含水域と含水程度を明らかにした。加えて、蛇紋岩中のアンチゴライトの配列方向から前弧マントルの流動方向と有効粘性率の提案を行った。また上部マントルの異方性研究において重要なカンラン石の結晶軸の定向配列の形成メカニズムに関して、配列したアンチゴライトのトポタクティックな分解によって結晶軸が配列したカンラン石が形成・成長することを発見した。この変形に起因しない新たなカンラン石の結晶軸定向配列メカニズムの発見は、従来の天然組織の解釈と上部マントルの流動推定の見直しを迫る成果となった。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Nagaya, T., Wallis, S. R., Seto, Y., Miyake, A., Soda, Y., Uehara, S., & Matsumoto, M. (2017). Minimizing and quantifying mis-indexing in electron backscatter diffraction (EBSD) determinations of antigorite crystal directions. *Journal of Structural Geology*, 95, 127-141. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.12.006>

EBSDによる岩石試料中の鉱物結晶方位測定は、天然の岩石組織を容易に定量化し、鉱物物性を利用することで地球物理学的な観測結果と直接的に比較することを可能にした。そのため2000年代に地球科学分野で活発に利用され始める。その一方、EBSD測定の正確性に関する議論は十分行われてこなかった。私たちは、異なる分析手法を同一測定領域に用い、EBSD測定においてアンチゴライトの誤った方位測定パターンが存在することを明示し、岩石の弾性異方性推定に及ぼす影響を定量的に示した。また改良されたEBSDによる信頼性の高い含水層状ケイ酸塩鉱物の結晶方位測定法は今後のEBSD測定で幅広く活用されることが期待される。

2. Enami, M., Nagaya, T., & Maw Maw Win (2017). An integrated EPMA-EBSD study of metamorphic histories recorded in garnet. *American Mineralogists*, 102, 192-204. <https://doi.org/10.2138/am-2017-5666>

従来のEPMAによるざくろ石の鉱物化学組成分析に加えEBSDによる結晶方位情報を活用した変成岩の変成変形履歴の解読を試みた。四国別子地域の変泥質岩では従来の光学顕微鏡観察及びEPMAによる組成累帯構造の特徴からは単結晶と解釈されてきたざくろ石が、EBSD分析から複数のざくろ石粒子から構成されていることを明らかにし、変泥質岩中のざくろ石のEBSDとEPMAの測定結果を説明可能なざくろ石の形成・成長モデルを提唱した。ミャンマー・Mogok地域の泥質片麻岩では大陸地殻深度9-12 kmからの上昇過程においてざくろ石の粒内結晶方位を変化させる変形作用が生じなかったことを明らかにした。これらはEBSDによって変成岩研究が劇的に進展する潜在性を示した研究例となった。

3. Nagaya, T., Walker, A. M., Wookey, J., Wallis, S. R., Ishii, K., & Kendall, J.-M. (2016). Seismic evidence for flow in the hydrated mantle wedge of the Ryukyu subduction zone. *Scientific Reports*, 6, 29981. <https://doi.org/10.1038/srep29981>

沈み込み帯ウェッジマントル起源の天然蛇紋岩試料の弾性異方性データを利用した3次元S波偏角異方性モデリングを行い、琉球前弧マントルで観測される地震波異方性を説明可能なアンチゴライトの含有量・分布域・配列の包括的なモデルを提案した。従来のスラブ上面に平行に分布・配列した蛇紋岩領域の存在では地震波異方性観測を説明できず、前弧マントルが広範囲に含水化していることを明らかにした。蛇紋岩の構造変化は前弧マントル対流の存在を示唆した。本研究で公開されたソースコードは今後鉱物異方性と地震波観測を利用した研究に活用されることが期待できる。

4. Kawahara, H., Endo, S., Wallis, S. R., Nagaya, T., Mori, H., & Asahara, Y. (2016). Brucite as an important phase of the shallow mantle wedge: evidence from the Shiraga unit of the Sanbagawa subduction zone, SW Japan. *Lithos*, 254-255, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.02.022>

四国三波川帯白髪山超苦鉄質岩体と周辺部を対象に詳細な野外調査と、採取試料の顕微鏡・EPMAによる鉱物組織観察・組成分析を行った。その結果、報告例のほぼない沈み込み帯ウェッジマントル起源のブルース石と、アンチゴライトとブルース石の分解反応によって形成されたかんらん石の存在が岩体の広範囲で認められた。また熱力学モデリングはピーク変成作用前にブルース石が~10-15 vol.%存在したことを明らかにした。一方ブルース石を伴わないアンチゴライト蛇紋岩は岩体境界部に約100mの幅のみ分布しており、スラブマントル境界において浅部ウェッジマントルのSiO<sub>2</sub>流体との交代反応が限定的であること示唆している。本研究は沈み込み帯研究における天然物質の岩石学的アプローチの重要性を示す研究例である。

5. Nagaya, T., Wallis, S. R., Kobayashi, H., Michibayashi, K., Mizukami, T., Seto, Y., Miyake, A.,



& Matsumoto, M. (2014). Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO. *Earth and Planetary Science Letters*, 387, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.025>

花崗岩の貫入による接触変成作用によってアンチゴライト片岩が部分的及び完全に脱水分解した天然試料に対し、EPMAを用いた鉱物化学組成分析、顕微ラマン分光分析によるOI包有物分析、EBSDを用いた鉱物結晶方位測定、FIB-TEMを用いたカンラン石の転位密度測定を行った。その結果アンチゴライトからのトポタクティックな成長によってカンラン石はB-typeと呼ばれる沈み込み帯で特徴的な結晶方位定向配列パターンが形成されたことが明らかになった。これは非変形なOIの結晶方位定向配列を示した初めての報告であり、塑性変形では説明が困難な天然試料中のB-typeの形成条件を説明可能な新たなメカニズムである。

#### 4. 受賞等

- ・ 永治方敬, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会 学生優秀発表賞, 2015 年 5 月.

#### 5. 研究の将来計画

天然及び実験岩石試料の微細構造分析などの構造地質学・鉱物学・岩石学にとどまらず地震波異方性観測などの地震学・地球物理学の幅広い研究領域と連携することで、学際的研究アプローチから沈み込み帯スラブマントル境界から大陸地殻の地球内部構造の研究を推進していく。微細構造分析ではEBSD分析法の改良を進め、これまで測定が困難とされてきた鉱物の岩石中での組織や結晶構造を明らかにしていくことで、沈み込み帯における鉱物の形成と変形過程による岩石構造の発達過程や、これらの構造発展に伴う岩石物性の変化を明らかにしていくことで沈み込み帯で生じる様々な時間・空間スケールの物理的・化学的現象の理解を深める。地震波観測を用いた地球内部構造の推定では、主にS波スプリッティングの観測データとEBSDによる岩石微細構造解析から計算された全岩弾性定数を用い、現在の沈み込み帯における岩石構造をえがくと同時に、流体分布及び組成を明らかにしていく。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 日本学生支援機構 留学生交換交流支援制度, 名古屋大学短期交換留学受入れプログラム, 2012 年度, 総額 240,000 円
- ・ 研究者海外派遣基金 組織的な若手研究者等海外派遣プログラム, 2012 年度, 総額 140,000 円
- ・ 日本学生支援機構 留学生交換交流支援制度, 名古屋大学短期交換留学受入れプログラム, 2013 年度, 総額 240,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, アンチゴライトの沈み込み機構の解明, 研究代表者, 2013~2015 年度, 総額 3,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, 中央構造線の微細構造解析による大陸地殻強度の解明, 研究代表者, 2016~2018 年度, 総額 3,400,000 円
- ・ 学術研究助成基金助成金 若手研究(B), アメリカ西部変成コアコンプレックスの大陸地殻強度マッピング, 研究代表者, 2017~2019 年度, 総額 3,200,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Enami, M., Kimura, J., Tsuboi, M., Kouketsu, Y., Nagaya, T., & Huang, S. (2019). Coexisting different types of zoned garnet in kyanite-quartz eclogites from the Sanbagawa metamorphic belt: evidence for material mixing during prograde metamorphism. *Island Arc*, 28, e12274. <https://doi.org/10.1111/iar.12274>
2. Nagaya, T., Wallis, S. R., Seto, Y., Miyake, A., Soda, Y., Uehara, S., & Matsumoto, M. (2017). Minimizing and quantifying mis-indexing in electron backscatter diffraction (EBSD) determinations of antigorite crystal directions. *Journal of Structural Geology*, 95, 127-141. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.12.006>
3. Enami, M., Nagaya, T., & Maw Maw Win (2016). An integrated EPMA-EBSD study of metamorphic histories recorded in garnet. *American Mineralogists*, 102, 192-204. <http://doi.org/10.2138/am-2017-5666>
4. Nagaya, T., Walker, A. M., Wookey, J., Wallis, S. R., Ishii, K., & Kendall, J. -M. (2016). Seismic evidence for flow in the hydrated mantle wedge of the Ryukyu subduction zone. *Scientific Reports*, 6, 29981. <https://doi.org/10.1038/srep29981>
5. Kawahara, H., Endo, S., Wallis, S.R., Nagaya, T., Mori, H., & Asahara, Y. (2016). Brucite as an important phase of the shallow mantle wedge: evidence from the Shiraga unit of the Sanbagawa subduction zone, SW Japan. *Lithos*, 254-255, 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.02.022>
6. Weller, O.M., Wallis, S.R., Aoya, M., & Nagaya, T. (2015). Phase equilibria modelling of blueschist and eclogite from the Sanbagawa metamorphic belt of south-west Japan reveals along-strike consistency in tectonothermal architecture. *Journal of Metamorphic Geology*, 33, 579-596. <https://doi.org/10.1111/jmg.12134>
7. Nagaya, T., Wallis, S.R., Kobayashi, H., Michibayashi, K., Mizukami, T., Seto, Y., Miyake, A., & Matsumoto, M. (2014). Reply to comment by Nozaka (2014) on "Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO". *Earth and Planetary Science Letters*, 408, 406-407. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.10.026>
8. Mizukami, T., Yokoyama, H., Hiramatsu, Y., Arai, S., Kawahara, H., Nagaya, T., & Wallis, S.R. (2014). Two types of antigorite serpentinite controlling heterogeneous slow-slip behaviours of slab-mantle interface. *Earth and Planetary Science Letters*, 401, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.06.009>
9. Nagaya, T., Wallis, S.R., Kobayashi, H., Michibayashi, K., Mizukami, T., Seto, Y., Miyake, A., & Matsumoto, M. (2014). Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO. *Earth and Planetary Science Letters*, 387, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.025>

### (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

### (4) 著書

### (5) その他著作物

### (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

### □. 教育

## 9. 教育における特筆すべき実績

### 担当講義

- ・ 愛知工業大学 工学部 物理学(力学), 2014~2015 年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

## 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ Joint meeting of Symposium on metamorphism and metamorphic rocks : further perspectives & 14th International Symposium on Water Dynamics, 主催・運営メンバー, 2016 年度

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 永治方敬, 理学部研究者による研究紹介, 名古屋大学オープンキャンパス, 2014/08/08

## 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

## 13. 外国人受け入れ・派遣状況

### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

### (3) 海外からの来訪者数 0名

# 藤 亜希子

## I. 略歴

氏名： 藤 亜希子（とう あきこ）

年齢： 44 歳

現職： 特任助教

### 学歴

1994年3月 私立明治学園高等学校卒業  
1998年3月 九州大学理学部地球惑星科学科卒業  
2000年3月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻修士課程修了  
2006年12月 カルフォルニア大学バークレー校大学院課程修了  
2006年12月 Ph.D. (Geophysics) (カルフォルニア大学バークレー校)

### 職歴

2007年1月 カルフォルニア大学バークレー校 ポスドク研究員  
2007年4月 日本学術振興会特別研究員 PD  
2010年2月 日本学術振興会特別研究員 PD 優秀若手研究者海外派遣事業  
2010年4月 東京大学地震研究所 特任研究員  
2010年6月 独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域/地震津波・防災研究プロジェクト 技術研究員  
2014年4月 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 研究員 (2014年4月-12月育児休業)  
2017年4月 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 研究支援パートタイマー  
2017年5月 台湾中央研究院地球科学研究所 客座專家  
2017年6月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 特任助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

これまで、地球内部構造/活動の理解を目指し、地震波波形解析を行ってきた。

近年、日本近海に海底ケーブル式地震観測網 DONET が設置され、その直下で発生する多様な地震活動が、かつてない至近距離(<10 km)且つ広い周波数帯域(e.g. 0.001-50Hz)で記録されている。これらのデータを最大活用し、地震活動の多様性の理解することを目的として、研究を進めてきた。これまでに観測波形の精査により、DONET1 直下で発生する地震が、高周波数成分(>10Hz)の有無により、「スロー地震」と「普通地震」に明確に分類できることを明らかにした。従来のシグナル継続時間に基づく分類は、近地海底観測記録に対して必ずしも適切ではない。新たに設定したこの明確な分類基準は、現在「スロー地震」を「普通地震」と違わせる主要因の解明に向けて研究解析を進める上での基盤ともなっている。更に、これ

までに DONET1 直下で発生するスロー地震の一種である超低周波地震の震源分布を求め、それらがこの領域に沈み込む海嶺の影響を受けていることを明らかにした。この結果は、この領域(南海トラフ東部)の津波発生シナリオを検討する上で、重要な指標となり得る。

2017 年まで在籍した JAMSTEC では、DONET データを含む海底海域地震計データを効率的に閲覧する為のシステムの構築業務及びデータ整備業務に従事した。このシステムを利用して、DONET1 海域下で発生する多様な地震の検出に取り組んだことが、現在の研究内容につながっている。また、大学院時より継続している、地震波形のフォワードモデリングによる地球深部の三次元構造解明にも取り組み、ハワイホットスポットの起源と考えられる構造の詳細を求めた。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. To, A., Romanowicz, B., Capdeville, Y. and Takeuchi, N. (2005) 3D effects of sharp boundaries at the borders of the African and Pacific Superplumes: Observation and modeling. *Earth and Planetary Science Letters*, 233: 137-153. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.01.037>

マントル最下部の激しい 3 次元不均質構造の成因特定(温度不均質、化学組成不均質等)に向けて、その構造を観測される地震波形に基づき定量的に評価することを目的とした。スペクトル要素法のソフトウェアを利用して理論波形を作成し、局在する異常構造をフォワードモデリングで定量的に推定した。三次元構造を厳密に取り入れたモデリングの重要性を示し、マントル最下部の化学組成不均質の存在を示唆する結果を得た。(引用回数 112 回(GS/Sep. 30, 2019))

2. To, A., Becker, J., Weber, B., Takaesu, M., Takahashi, N., Fukao, Y. and Tsuboi, S. (2014) Development of a SeisComP3 module for detecting micro earthquakes and its application to ocean bottom network data. *JAMSTEC-R*, 18: 1-16. <https://doi.org/10.5918/jamstecr.18.1>

JAMSTEC において、複数の海底/海域地震観測網で得られる大量データを効率よく閲覧する為のデータベース及びウェブサイトを、既存の地震モニタリングシステムである SeisComP3 を導入し構築した。更に”binder”と名付けた python モジュールを新規開発して SeisComP3 のメッセージ交信システムに組み込み、微小地震の検出を可能とした。

3. To, A., Obana K., Sugioka H., Araki E., Takahashi, N., and Fukao, Y. (2015). Small size very low frequency earthquakes in the Nankai accretionary prism, following the Tohoku-Oki earthquake. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 245: 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2015.04.007>

2010 年より構築が始まった DONET1 観測網で初めて得られたスロー地震記録の報告である。それらは 2011 年東北沖地震によって誘発され、観測網領域内の海底下浅部で発生した。更に、DONET1 直下で発生する地震を波形の特徴に基づき分類し、その中で超低周波地震(VLFE)及び tremor と分類されるスロー地震は、単に同じ地震現象のマグニチュードの大きなものと小さなものを見ている可能性を指摘した。(引用回数 12 回(GS/Sep. 30, 2019))

4. To, A., Capdeville, Y., and Romanowicz, B. (2016). Anomalously low amplitude of S waves produced by the 3D structures in the lower mantle. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 256: 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2016.04.001>

ハワイ下のマントル最下部を伝播する地震波形は、ハワイホットスポットの根っこと考えられている激しい異常構造を伝播することにより、大きく変形することが知られていた(To et al., 2011; Cottaar and Romanowicz, 2012)。本研究は、S 波波形とその異常構造の関係を、より詳細に論じたものである。(引用回数 2 回(GS/Jul. 29, 2019))

5. Toh, A., Obana, K., and Araki, E. (2018). Distribution of very low frequency earthquakes in the Nankai accretionary prism influenced by a subducting-ridge. *Earth and Planetary Science Letters*, 482: 342-356. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.10.062>

南海トラフ東部に展開される DONET1 の広帯域海底地震計に記録された VLFE の震源分布

を求め、それがこの海域下に沈み込む海嶺の影響を大きく受けていることを初めて指摘した。また、VLFE の震源分布推定において、VLFE 波形に特有の走時測定の難しさを回避するために機械学習の一種であるクラスタリング手法を初めて適用し、その有用性を示した。(引用回数 8 回(GS/Sep. 30, 2019))

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

直近ではまず、スロー地震発生域の構造を、地震波形のフォワードモデリングという新しい切り口で、明らかにする計画である。これまでに DONET1 記録の丁寧な観察に基づき、スロー地震発生域に異常構造の存在を確認しており、それはスロー地震発生プロセスを支配する主要因である可能性が高い。但し、その構造は、従来のインバージョン手法による海底下構造イメージングでは解像できない類のものである。これまでに地球深部構造の研究で培った、地震波形フォワードモデリング手法のノウハウを活かし、弾性波伝播に関する数値計算の専門家も巻き込み、この異常構造の定量化を進めていく予定である。

より長期的には以下の二点を計画している。一点目は、震源近傍の異常構造と震源の相互作用が観測波形に及ぼす効果を、スロー地震に限定せずに、広く調べることである。二つ目は、猛スピードで増え続ける陸域/海域の地震波形データを、半自動的かつ系統的に調査するシステムの構築である。現在、AI によるビッグデータ解析が潮流であるが、それらは主に既知のシグナルに対して実施される。新しい意味を持つシグナルを見出すには依然として「研究者の目」を必要とする現状がある。そのようなデータ観察を効率的に可能とする地震波形調査システムの構築について検討する。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費基金 若手研究 (B), 厳密な理論波形の作成によるマントル最下部低速度領域速度構造の推定, 研究分担者, 2011~2014 年度, 総額 4,030,000 円
- ・ 科学研究費補助金 研究活動スタート支援, 海底面近傍の不均質構造を取り入れた理論波形による海底下浅部 S 波速度構造の推定, 研究代表者, 2015~2016 年度, 総額 2,600,000 円
- ・ 科学研究費基金 基盤研究 (C), Tremor 震源近傍の異常構造の定量的評価に基づく、スロー地震断層の新しい描像, 研究代表者, 2019~2021 年度, 総額 4,420,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Tono, Y., Nishida, K., Fukao, Y., To, A. and Takahashi, N. (2014). Source characteristics of ocean infragravity waves in the Philippine Sea: analysis of 3-year continuous network records of seafloor motion and pressure. *Earth Planets Space*, 66:99.
2. To, A., Becker, J., Weber, B., Takaesu, M., Takahashi, N., Fukao, Y. and Tsuboi, S. (2014). Development of a SeisComP3 module for detecting micro earthquakes and its application to ocean bottom network data. *JAMSTEC-R*, 18: 1-16.
3. To, A., Obana K., Sugioka H., Araki E., Takahashi, N., and Fukao, Y. (2015). Small size very low frequency earthquakes in the Nankai accretionary prism, following the Tohoku-Oki earthquake. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 245: 40–51.
4. To, A., Capdeville, Y., and Romanowicz, B.(2016). Anomalously low amplitude of S waves produced by the 3D structures in the lower mantle. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 256: 26–36.

5. Toh, A., Obana, K., and Araki, E. (2018). Distribution of very low frequency earthquakes in the Nankai accretionary prism influenced by a subducting-ridge. *Earth and Planetary Science Letters*, 482: 342–356.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

(4) 著書

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

担当講義

- ・ 理学部 地球惑星物理学演習, 2019 年度  
4名の教員で全体を担当し、100点満点中20点分の採点を担当した

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ *Marine Geophysical Research* (Springer 社), Advisory Board, 2016-2017

11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

12. 学内行政業務

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：1名

(2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数 1名

# 地球生命圈科学講座



# 遠藤 一佳

## I. 略歴

氏名： 遠藤 一佳（えんどう かずよし）  
年齢： 56 歳  
現職： 教授

### 学歴

1981 年 3 月 新潟県立新潟高等学校卒業  
1985 年 3 月 東京大学理学部地学科卒業  
1987 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻修士課程修了  
1992 年 7 月 連合王国グラスゴー大学地質学専攻博士課程修了  
1992 年 7 月 Ph.D. (グラスゴー大学)

### 職歴

1992 年 4 月 日本学術振興会特別研究員  
1993 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻 助手  
2002 年 6 月 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球進化科学専攻 助教授  
2007 年 4 月 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球進化科学専攻 准教授  
2010 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

冠輪動物における硬組織の起源と進化を解明すべく、現生の腕足動物と軟体動物の遺伝子解析を行ってきた。(1) 冠輪動物ゲノム：アコヤガイ(1150 Mbp)とシャミセンガイ(425 Mbp)のそれぞれで軟体動物と腕足動物で世界初となるゲノム解読を行い、遺伝子構成・構造を解明し、遺伝子機能解析の基盤を作り、冠輪動物の系統で腕足動物が環形動物より軟体動物に近いことを示した。(2) 動物ミトコンドリア(mt)ゲノムの構造：腕足動物ミドリシャミセンガイが他の動物とは全く異なる mt ゲノムの遺伝子配置や繰り返し構造を持ち、組換えが頻繁に起きている可能性が高いことを発見した。(3) 貝殻基質タンパク質(SMP)の構造・機能・進化：軟体動物の超酸性 SMP の一次構造を世界で初めて解明し、それらが結晶多型を制御している間接的な証拠を示した。軟体動物と腕足動物の殻体プロテオーム解析と外套膜トランスクリプトーム解析により、それぞれの SMP の一次構造を網羅的に解析し、それらの多くが共通のドメイン構造を持つこと、一方で遺伝子レベルでは進化速度が非常に大きいことを解明した。(4) 貝殻らせん成長の遺伝的基盤：シグナル伝達因子 Dpp の働きで貝殻がらせんに巻くことを発見した。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Tsukamoto, D., Sarashina, I., & Endo, K. (2004). Structure and expression of an unusually acidic

matrix protein of pearl oyster shells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 320(4), 1175-1180. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.06.072>

アコヤガイにおいて単離された超酸性貝殻基質タンパク質 Aspein の一次構造と外套膜での遺伝子発現を報告. Aspein はアスパラギン酸が全体の 6 割を占め, 知られているタンパク質の中で理論的等電点が最も低い. 外套膜の外側の貝殻稜柱層 (カルサイト) に対応する部分でのみ発現し, 真珠層 (アラゴナイト) に対応する部分では発現していないことを解明し, 異なる微細構造や結晶多型のつくり分けへの関与を示唆した. (引用回数 200 回(GS/Sept. 20, 2019))

2. Endo, K., Noguchi, Y., Uechima, R., & Jacobs, H. T. (2005). Novel repetitive structures, deviant protein-encoding sequences and unidentified ORFs in the mitochondrial genome of the brachiopod *Lingula anatina*. *Journal of Molecular Evolution*, 61(1), 36-53. DOI: 10.1007/s00239-004-0214-5

腕足動物ミドリシャミセンガイ mt ゲノムの全塩基配列を解読し, そのゲノムが通常の動物よりサイズが異常に大きく, 遺伝子配置も他の動物と全く異なること, また入れ子状のものを含む複雑な塩基配列の繰り返し構造があることから, 通常の mt ゲノムでは生じないとされる組替えが頻繁に起きた可能性が高いことを示した. あまりに異常な配列であることから, 同業者からも半信半疑の目で見られたが, その後 2015 年に解読された同胞種のゲノム解読で mt ゲノムも解読され, シャミセンガイ類が特異な mt ゲノムを持つことが確かめられた. (引用回数 35 回(GS/Sept. 20, 2019))

3. Shimizu, K., Iijima, M., Setiamarga, D. H. E., Sarashina, I., Kudoh, T., Asami, T., Gittenberger, E., & Endo, K. (2013). Left-right asymmetric expression of dpp in the mantle of gastropods correlates to the asymmetric shell coiling. *BMC EvoDevo*, 4, 15. DOI:10.1186/2041-9139-4-15

淡水生巻貝のヨーロッパモノアラガイにおいて, シグナル伝達因子 Dpp の遺伝子が胚発生で最初に貝殻が形成される貝殻腺において, またその後貝殻が形成される外套膜において, 左右非対称に発現することを確認し, Dpp のシグナル伝達を薬剤で阻害すると貝殻がらせんに巻かずに円錐状に貝殻が成長することと合わせて Dpp が貝殻の「巻き」に関与していることを解明した. それまで貝殻が規則的にらせん成長するメカニズムは全く不明だったが, その一端を明らかにした. (引用回数 19 回(GS/Sept. 20, 2019))

4. Takeuchi, T., Kawashima, T., Koyanagi, R., Gyoja, F., Tanaka, M., Ikura, T., Shoguchi, E., Fujiwara, M., Shinzato, C., Hisata, K., Fujie, M., Usami, T., Nagai, K., Maekawa, K., Okamoto, K., Aoki, H., Ishikawa, T., Masaoka, T., Fujiwara, A., Endo, K., Endo, H., Nagasawa, H., Kinoshita, S., Asakawa, S., Watabe, S., & Satoh, N. (2014). Draft genome of the pearl oyster *Pinctada fucata*: a platform for understanding bivalve biology. *DNA Research*, 19(2), 117-130. <https://doi.org/10.1093/dnares/dss005>

真珠の母貝である二枚貝類のアコヤガイのゲノム概要配列を解読し, 遺伝子構成・構造等を報告. それまでに単離報告されていた貝殻基質タンパク質をコードする遺伝子のパラログの一次構造を全て解明. 軟体動物あるいは冠輪動物として最初に解読されたゲノムであり, ゲノム配列をもとに冠輪動物が後口動物より脱皮動物に近縁であることを初めて示した. 沖縄科学技術大学院大学が主導して行われた共同研究であるが, 下記のシャミセンガイのゲノム解読と同様に, PI で最終著者の佐藤博士に私が働きかけて研究が開始された. 筆頭著者は大学院における私の教え子である. なお, 2016 年に同じ著者らにより, さらにバージョンアップされたゲノム配列が報告されている. (引用回数 232 回(GS/Sept. 20, 2019))

5. Luo, Y.-J., Takeuchi, T., Koyanagi, R., Yamada, L., Kanda, M., Khalturina, M., Fujie, M., Yamasaki, S., Endo, K., & Satoh N. (2015). The *Lingula* genome provides insights into brachiopod evolution and the origin of phosphate biomineralization. *Nature Communications*, 6, 8301. DOI: 10.1038/ncomms9301

腕足動物ミドリシャミセンガイのゲノム配列を解読し, 成体の異なる組織および胚発生における異なる発生ステージにおけるトランスクリプトーム解析や, 殻体のプロテオーム解

析を通じ、ボディプラン形成やリン酸塩骨格のバイオミネラリゼーションに関与する遺伝子・タンパク質の網羅解析を行った。また、これまでに解読されたゲノム配列の比較から、軟体動物が環形動物よりも軟体動物に近縁であることを明らかにした。(引用回数 73 回 (GS/Sept. 20, 2019))

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

進化古生物学分野において、進化発生古生物学(Paleo/Evo/Devo)の創生を目指す。これは化石の研究を通じて従来考えられてきた成体形態の進化プロセスを、成体形態が形成される発生プログラムの改変の歴史として見直すものである。これまで形態進化は系統論と適応論を中心に語られてきた。その中で、これらと密接に関連し看過することのできない「発生プロセス」はブラックボックスとされてきた。近年発展した発生遺伝の研究手法と概念を応用し、化石形態の形成される発生進化プロセスを明らかにする。そこで重要な鍵を握るのは、化石としてよく保存される硬組織の形成を制御する遺伝子の機能解析である。特に近年非モデル生物における遺伝子ノックアウトを可能にした CRISPR/Cas9 等のゲノム編集技術は重要である。今後これらの技術を用いて骨格形成の分子メカニズムの解明に取り組む。また、環境変遷と生物進化の因果関係の解明も重要な研究目標である。そこでは、地球史上最大の環境変化と考えられる大気酸素の増大と生物進化の関連を解明すべく、祖先的動物における酸素防御機構等の進化プロセスを、祖先的遺伝子セットの復元と、遺伝子産物の機能解析等を通じて考究する。また酸素増大に呼応して進化した可能性のある遺伝暗号についても解析を進める。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究, 軟体動物の貝殻色素: その正体から模様形成へ, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 3,640,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 貝殻らせん成長メカニズムの解明: 進化発生古生物学創成に向けて, 研究代表者, 2018~2022 年度, 総額 17,160,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 巻貝左右性の生態機能と長期動態, 研究分担者, 2012~2016 年度, 総額 40,820,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(C), 白亜紀軟体動物頭足類の進化古生物学的研究, 研究分担者, 2014~2016 年度, 総額 4,860,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(B), 四肢動物類の頸胴部領域進化様式とメカニズム: 化石記録と胚発生からのアプローチ, 研究分担者, 2017~2020 年度, 総額 17,940,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 巻貝左右二型の共存動態と地理的変異の進化生物学的研究, 研究分担者, 2017~2021 年度, 総額 38,610,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A), 東日本大震災及び原発事故後の福島県沿岸生態系の変化に関する実態と機構の解明, 研究分担者, 2018~2021 年度, 総額 44,200,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Isowa, Y., Sarashina, I., Setiamarga, D. H. E., & Endo, K. (2012). A Comparative Study of the Shell Matrix Protein Aspein in Pteroid Bivalves. *J. Mol. Evol.*, 75, 11-18. DOI: 10.1007/s00239-012-9514-3

2. Takeuchi, T., Kawashima, T., Koyanagi, R., Gyoja, F., Tanaka, M., Ikura, T., Shoguchi, E., Fujiwara, M., Shinzato, C., Hisata, K., Fujie, M., Usami, T., Nagai, K., Maekawa, K., Okamoto, K., Aoki, H., Ishikawa, T., Masaoka, T., Fujiwara, A., Endo, K., Endo, H., Nagasawa, H., Kinoshita, S., Asakawa, S., Watabe, S., & Satoh, N. (2012). Draft genome of the pearl oyster *Pinctada fucata*: a platform for understanding bivalve biology. *DNA Research*, 19(2), 117-130. <https://doi.org/10.1093/dnares/dss005>
3. Miyamoto, H., Endo, H., Hashimoto, N., Iimura, K., Isowa, Y., Kinoshita, S., Kotaki, T., Masaoka, T., Miki, T., Nakayama, S., Nogawa, C., Notazawa, A., Ohmori, F., Sarashina, I., Suzuki, M., Takagi, R., Takahashi, J., Takeuchi, T., Yokoo, N., Satoh, N., Toyohara, H., Miyashita, T., Wada, H., Samata, T., Endo, K., Nagasawa, H., Asakawa, S., & Watabe, S. (2013). The diversity of shell matrix proteins: genome-wide investigation of the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Zoological Science*, 30, 801-816. DOI: 10.2108/zsj.30.801
4. Kawashima, T., Takeuchi, T., Koyanagi, R., Kinoshita, S., Endo, H. & Endo, K. (2013). Initiating the mollusk genomics annotation community: Toward creating the complete curated gene-set of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata*. *Zoological Science*, 30, 794-796. DOI: 10.2108/zsj.30.794
5. Setiamarga, D., Shimizu, K., Kuroda, J., Inamura, K., Sato, K., Isowa, Y., Ishikawa, M., Maeda, R., Nakano, T., Yamakawa, T., Hatori, R., Ishio, A., Kaneko, K., Matsumoto, K., Sarashina, I., Teruya, S., Ran Zhao, Satoh, N., Sasaki, T., Matsuno, K., & Endo, K. (2013). An in-silico genomic survey to annotate genes coding for early development-relevant signaling molecules in the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Zoological Science*, 30, 877-888. DOI: 10.2108/zsj.30.877
6. Shimizu, K., Iijima, M., Setiamarga, D. H. E., Sarashina, I., Kudoh, T., Asami, T., Gittenberger, E., & Endo, K. (2013). Left-right asymmetric expression of *dpp* in the mantle of gastropods correlates to the asymmetric shell coiling. *BMC EvoDevo*, 4, 15. DOI:10.1186/2041-9139-4-15
7. Endo, K., & Takeuchi, T. (2013). Annotation of the pearl oyster genome. *Zoological Science*, 30, 779-780. DOI: 10.2108/zsj.30.779
8. Pérez-Huerta, A., Aldridge, A. E., Endo, K., & Jeffries, T. E. (2014). Brachiopod shell spiral deviations (SSD): Implications for trace element proxies. *Chemical Geology*, 374-375, 13-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.03.002>
9. Isowa, Y., Sarashina, I., Oshima, K., Kito, K., Hattori, M., & Endo, K. (2015). Proteome analysis of shell matrix proteins in the brachiopod *Laqueus rubellus*. *Proteome Science*, 13, 21. DOI:10.1186/s12953-015-0077-2
10. Luo, Y.-J., Takeuchi, T., Koyanagi, R., Yamada, L., Kanda, M., Khalturina, M., Fujie, M., Yamasaki, S., Endo, K., & Satoh, N. (2015). The *Lingula* genome provides insights into brachiopod evolution and the origin of phosphate biomineralization. *Nature Communications*, 6, 8301. DOI: 10.1038/ncomms9301
11. Luo, Y.-J., Satoh, N., & Endo, K. (2015). Mitochondrial gene order variation in the brachiopod *Lingula anatina* and its implications for mitochondrial evolution in lophotrochozoans. *Marine Genomics*, 24, 31-40. DOI: 10.1016/j.margen.2015.08.005
12. Shimizu, K., & Endo, K. (2015). *Evo-Devo* of spiral shell growth in gastropods. *Biological Shape Analysis*, World Scientific, 130-137.
13. Clark, J. V., Aldridge, A. E., Reolid, M., Endo, K., & Pérez-Huerta, A. (2015). Application of shell spiral deviation methodology to fossil brachiopods: Implications for obtaining specimen ontogenetic ages. *Palaeontologia Electronica*, 18.3.54A: 1-39.
14. Takeuchi, T., Koyanagi, R., Gyoja, F., Kanda, M., Hisata, K., Fujie, M., Goto, H., Yamasaki, S., Nagai, K., Morino, Y., Miyamoto, H., Endo, K., Endo, H., Nagasawa, H., Kinoshita, S., Asakawa, S., Watabe, S., Satoh, N., & Kawashima, T. (2016). Bivalve-specific gene expansion in the pearl oyster

genome: Implications of adaptation to a sessile lifestyle. *Zoological Letters*, 2, 3. DOI: 10.1186/s40851-016-0039-2

15. Shimizu, K., Luo, Y.-J., Satoh, N., & Endo, K. (2017). Possible co-option of *engrailed* during brachiopod and mollusc shell development. *Biology Letters*, 13, 20170254.
16. Cusack, M., Chung, P., Zhu, W., & Endo, K. (2018). Tuning of calcite crystallographic orientation to support brachiopod lophophore. *Advanced Engineering Materials*, 20, 1800191. DOI:10.1002/adem.201800191.
17. Zhao, R., Takeuchi, T., Luo, Y.-J., Ishikawa, A., Kobayashi, T., Koyanagi, R., Villar-Briones, A., Yamada, L., Sawada, H., Iwanaga, S., Nagai, K., Satoh, N., & Endo, K. (2018). Dual gene repertoires for larval and adult shells reveal molecules essential for molluscan shell formation. *Molecular Biology and Evolution*, 35, 2751-2761. DOI:10.1093/molbev/msy172
18. Shimizu, K., Kimura, K., Isowa, Y., Oshima, K., Ishikawa, M., Kagi, H., Kito, K., Hattori, M., Chiba, S., & Endo, K. (2018). Insights into the evolution of shells and love darts of land snails revealed from their matrix proteins. *Genome Biology and Evolution*, 11, 380-397. [doi.org/10.1093/gbe/evy242](https://doi.org/10.1093/gbe/evy242)

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 石川牧子・鍵裕之・佐々木猛智・遠藤一佳(2013). 軟体動物における貝殻色素研究の現在—総説—月刊地球, 35(12), 712-719.
2. Setiamarga, D. & Endo, K. (2015). Transcriptome and proteome analyses of the Nautilus' shell matrix proteins: Insights into their evolution in Mollusks. Book of Abstracts (Proceeding) of CIAC 2015, p. 42.
3. 遠藤一佳 (2017). バイオミネラリゼーションと石灰化—遺伝子から地球環境まで 第5回特集号について<総論> 月刊地球, 39(1), 3-4.

### (4) 著書

1. Endo, K., Kogure, T., & Nagasawa, H. (eds.) (2018). *Biom mineralization. From molecular and nano-structural analysis to environmental science.* Springer Open.

### (5) その他著作物

### (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 遠藤一佳(2013) バイオミネラリゼーションの起源と進化, 東京大学医学部基礎統合講義・基礎臨床社会医学統合講義, 2013年8月.
2. 遠藤一佳(2013) バイオミネラリゼーションの起源と進化, 日本進化学会第15回大会夏の学校, 筑波大学, 2013/8/31.
3. 遠藤一佳(2013) 軟体動物における変態と貝殻形成 分子生物学会ワークショップ「動物のメタモルフォーゼ」, 神戸国際展示場, 2013/12/4.
4. 遠藤一佳(2014) 冠輪動物の貝殻形成と進化, 第1010回生物科学セミナー, 東京大学理学部2号館講堂, 2014/11/13.
5. 遠藤一佳(2015) 地球ゲノム学: リアル地球と生命の共進化, NINS/IURICコロキウム 2015 ヤマハリゾートつま恋, 掛川市, 2015/12/2.

6. Endo, K. (2016) Genomic natural history of the brachiopod *Lingula*, 東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所創立130周年記念学術シンポジウム, 小柴ホール, 2016/11/21.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2013 年度 博士 1 名 (清水啓介)
- ・ 2014 年度 修士 1 名 (石川彰人), 博士 1 名 (泉賢太郎)
- ・ 2015 年度 修士 1 名 (菅野諒), 博士 1 名 (磯和幸延)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (新宮茜, 小林立至)
- ・ 2017 年度 修士 1 名 (佐々木智啓)
- ・ 2018 年度 修士 1 名 (鈴木七海), 博士 1 名 (趙然)

#### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 地球生命科学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 生物多様性科学および実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 古生物学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球システム進化学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 進化生物学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外巡検 I, 2012~2016 年度
- ・ 理学部・大学院 層序・年代学, 2012~2016 年度
- ・ 大学院 海洋基礎科学, 2015~2018 年度
- ・ 大学院 生命圏進化学, 2013, 2015, 2017 年度
- ・ 大学院 生体鉱物学, 2013, 2015, 2017 年度
- ・ 大学院 自然誌生物学特論, 2015~2018 年度
- ・ 大阪市立大学 大学院集中講義「石灰化の起源と進化」, 2012/7/25-7/27
- ・ 神奈川大学 理学部集中講義, 2015/8/3-8/5.
- ・ 静岡大学 地球科学特別講義「分子古生物学」, 2018/9/24-9/25.
- ・ 聖心女子大学 教養科目「進化論の世界」, 2014~2017 年度

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本進化学会 優秀ポスター賞 (2012 年度博士 清水啓介)
- ・ 日本進化学会 若手口頭発表賞 (2013 年度博士 清水啓介)
- ・ 日本古生物学会 優秀ポスター賞 2 名 (2012 年度博士 清水啓介, 2012 年度博士 泉賢太郎)
- ・ 日本堆積学会 最優秀ポスター賞 (2012 年度博士 泉賢太郎)
- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 2 名 (2013 年博士 清水啓介, 2014 年度博士 泉賢太郎)

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本古生物学会，評議員，2012～2018 年度
- ・ 日本古生物学会，常務委員，2012～2018 年度
- ・ 日本古生物学会，IPC5 招致委員長，2013 年～2014 年
- ・ 日本地球惑星科学連合，代議員，2012～2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合，地球生命科学セクション・プレジデント，2016～2018 年度
- ・ 日本進化学会，第 17 回大会実行委員長，2015 年度
- ・ 日本進化学会，代議員，2018 年度
- ・ 遺伝学普及会・編集委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ 日本学術会議 IPA 小委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ Biomin14 (第 14 回国際バイオミネラリゼーションシンポジウム)，国内組織委員，2017 年度
- ・ International Paleontological Association，日本古生物学会代議員，2012-2018 年度

##### 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 自然環境研究センター(環境省関連)絶滅のおそれのある海洋生物の選定評価委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ 国際生物学賞審査委員会(日本学術振興会)，委員，2016 年度
- ・ 国際生物学賞審査委員会(日本学術振興会)，記念シンポジウム担当幹事，2016 年度
- ・ 藤原ナチュラルヒストリー振興財団学術助成選考員会，委員，2017 年度
- ・ 科学研究費補助金審査委員，2013～2014 年度，2017～2018 年度
- ・ 朝日カルチャーセンター，講師，2016/12/24，2017/7/22，2019/2/23
- ・ 立川国際中等教育学校・高大連携出張講義，講師，2017 年 2 月
- ・ NHK BS コズミックフロント「スパイラルミステリー 5つの渦がひもとく宇宙の謎」編集協力，2014 年 5 月

##### 12. 学内行政業務

- ・ 大学院理学系研究科 生物情報科学協議会，委員，2012～2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科 教務委員会，委員，2015 年度
- ・ 大学院理学系研究科 入試実施委員会，委員，2013-2014，2016-2018 年度
- ・ 大学院理学系研究科 入試実施委員会，委員長，2017 年度
- ・ 東京大学教育運営委員会教職課程・学芸員等部会，委員，2012～2018 年度
- ・ 東京大学総合研究博物館地史古生物部門，部門主任，2012～2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：1名 研究者数：3名

#### (2) 派遣

学生数：5名 研究者数：3名

#### (3) 海外からの来訪者数 3名



# 狩野 彰宏

## I. 略歴

氏名： 狩野 彰宏 (かの あきひろ)

年齢： 59 歳

現職： 教授

### 学歴

1979 年 3 月 宮城県立仙台第一高等学校卒業  
1983 年 3 月 東北大学理学部地学科地学第一卒業  
1985 年 3 月 東北大学大学院理学研究科地学専攻修士課程修了  
1990 年 8 月 ストックホルム大学地質学地球化学専攻博士課程修了  
1990 年 8 月 博士 (Ph.D) (ストックホルム大学)

### 職歴

1990 年 10 月 広島大学理学部地学科 助手  
2002 年 8 月 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻 助教授  
2007 年 4 月 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻 准教授  
2008 年 4 月 九州大学大学院比較社会文化研究院 教授  
2016 年 12 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球史を大気・海洋・生命の相互作用の進化過程としてとらえ、フィールド調査を基礎とし、様々な時間スケールで炭酸塩堆積物に記録される地球表層環境の解読を進めてきた。まず、トゥファやトラバーチンといった縞状組織を持つ陸成炭酸塩に関する研究では、継続的な野外観測結果をもとに、トゥファの縞構造が年輪で、トラバーチンの縞構造が日輪であることを世界で初めて実証し、その成果を 2019 年に英文著書としてとりまとめた。トゥファの研究では同位体や微量元素に過去の気候情報が示されることもあきらかにした。石筍に関する研究では、酸素・炭素同位体比と炭酸凝集同位体から、1000～数 10 年スケールの降水量・気温変動を解析している。2005 年に共同首席研究員として乗船した IODP のアイルランド沖の深海サンゴ礁の調査では、Sr 同位体比を用いた年代モデルを構築し、北大西洋の深海サンゴ礁が第四紀初頭の北半球の寒冷化により成立したことを明らかにした。また、新原生代後期の気候の激変と多細胞動物の進化の因果関係を探求するため、中国・ブラジル・オーストラリアの地層を対象に地球化学的・古生物学的解析を進め、原始的な動物の進化に関する独自の仮説を提唱した。その他、エネルギー資源として有望なガスハイドレートの研究、新たな古温度計として開発された凝集炭酸同位体についての研究も進めてきた。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Kano, A., Ferdelman, T. G., Williams, T., Henriot, J. P., Ishikawa, T., Kawagoe, N., Takashima, C., Kakizaki, Y., Abe, K., Sakai, S., Browning, E.L., Li, X. and Integrated Ocean Drilling Program Expedition 307 Scientists (2007). Age constraints on the origin and growth history of a deep-water coral mound in the northeast Atlantic drilled during Integrated Ocean Drilling Program Expedition 307. *Geology*, 35(11), 1051-1054. <https://doi.org/10.1130/G23917A.1>

2005年のIODP Expedition 307で掘削されたアイルランド沖の水深800mに発達する深海サンゴ礁は、厚さ150mに達し、無数のサンゴ片を含む細粒石灰質粘土からなる。サンゴ骨格のSr安定同位体比から年代を見積ったところ、マウンドは北半球氷河活動が強化した約2.6Maに成長が開始したことが示された。サンゴの繁殖に必要なのは、エサとなるプランクトンであり、それは表層水/中層水境界の比重勾配に濃集する。この研究により、深海サンゴ礁の起源と歴史に関する理解が大きく進展した。（引用回数87回(GS/Aug. 20, 2019)）

2. Shen, C. C., Wu, C. C., Cheng, H., Edwards, R. L., Hsieh, Y. T., Gallet, S., Chang, C.-C., Li, T.-Y., La, D. D., Kano, A., Hori, M. & Spötle (2012). High-precision and high-resolution carbonate <sup>230</sup>Th dating by MC-ICP-MS with SEM protocols. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 99, 71-86. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.09.018>

炭酸塩岩のウラン-トリウム同位体組成を用いた年代測定は第四紀の古気候を復元する上で基礎となる。本研究は多くの共著者とともに進めた年代測定方法に関する新知見をとりまとめ、世界標準の方法を提案したものである。この中で、広島県産の石筍で得られた高解像度の分析結果について貢献し、その推奨される測定条件を明示した。（引用回数145回(GS/Aug. 20, 2019)）

3. Furuyama, S., Kano, A., Kunimitsu, Y., Ishikawa, T., & Wang, W. (2016). Diagenetic overprint to a negative carbon isotope anomaly associated with the Gaskiers glaciation of the Ediacaran Doushantuo Formation in South China. *Precambrian Research*, 276, 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2016.01.004>

新原生代の気候激変の異常な海洋循環は堆積岩の化学指標に記録されている。この研究では、中国南部のエディアカラ系Doushantuo層の炭素同位体と微量元素を詳細に検討し、ガスキエス氷期に対応するアノマリーが続成作用によるものであることを明らかにした。続成作用により生成したセメントは海洋でのメタン生成と関連している可能性も示された。（引用回数13回(GS/Aug. 20, 2019)）

4. Mori, T., Kashiwagi, K., Amekawa, S., Kato, H., Okumura, T., Takashima, C., Wu, C.-C., Shen, C.-C., Quade, J. & Kano, A. (2018). Temperature and seawater isotopic controls on two stalagmite records since 83 ka from maritime Japan. *Quaternary Science Reviews*, 192, 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.024>

三重県および岐阜県から採集した石筍酸素同位体比に記録された過去8.3万年間の気候変動に関する研究である。石筍産地近辺で採集された雨水同位体を参考に、石筍記録を解釈したところ、酸素同位体比が降水強度を反映するという従来の解釈が当てはまらないことが示された。特に三重県の石筍同位体比は水蒸気ソースである海水の同位体比の変化と気温変化を反映しているものと結論付けられた。（引用回数1回(GS/Jul. 29, 2019)）

5. Kato, H., Amekawa, S., Kano, A., Mori, T., Kuwahara, Y., & Quade, J. (2019). Seasonal temperature changes obtained from carbonate clumped isotopes of annually laminated tufas from Japan: Discrepancy between natural and synthetic calcites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 244, 548-564. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2018.10.016>

炭酸凝集同位体は過去の温度復元の新たな方法として約15年前に提案されているが、合成試料で提示された温度換算式が天然試料に対して適用できないという重大な問題があった。本研究では、温度条件が詳細にモニターされているトゥファ試料の分析結果から、陸成炭酸塩堆積物に適用可能な温度換算式を提示した。この式は石筍試料にも適用できると考えら

れ、今後多くの研究で用いられる可能性がある。(引用回数 1 回(GS/Aug. 20, 2019))

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

これまでの研究経験を土台にして、炭酸塩岩の研究を進めていく。現在取り組んでいる研究課題のうち、「トウファと石筍を用いた古気候解析」を重点的に扱っていく計画である。完新世～更新世の古気候解析は、将来の地球温暖化に伴う気候変動予測を目的として、今後も研究が盛んになると期待できる。特に、気候変動が人類に及ぼす影響を考える場合、トウファや鍾乳石から得られる高解像度の温帯～亜熱帯の陸域古気候は、気候変動を予測する数値モデルを検証する重要な情報を提供する。また、原生代の気候変動に関する研究も継続する計画である。炭酸塩堆積物に加え蒸発岩を研究対象として加え、過去の海水成分や温度条件を定量的に解析し、全球凍結の開始過程、間氷期における海洋循環と生物進化などの未解決問題に取り組んでいく計画である。さらに、これまで共同研究の実績がある研究機関との連携を深め、新たな研究シーズを模索するとともに、研究環境の国際化にも努める。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 新原生代の気候激変と動物進化を関連付ける DOX AM 仮説の検証, 研究代表者, 2010～2014 年度, 総額 17,030,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 太古海洋環境を理解するための温泉微生物マットのキャラクタライゼーション, 研究代表者, 2012～2013 年度, 総額 3,770,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 新規同位体解析法の導入による石筍古気候観測点の整備, 研究代表者, 2013～2016 年度, 総額 13,130,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 新規同位体分析法を駆使した石筍古気候記録の定量的解読, 研究代表者, 2016～2019 年度, 総額 42,510,000 円
- ・ 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金, エディアカラの海での気候激変と動物進化の因果関係の解明, 研究代表者, 2018～2021 年度, 総額 15,340,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 地質試料から温度復元する炭酸凝集同位体の効率的測定システムの製作, 研究代表者, 2015～2016 年度, 総額 3,770,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 鍾乳石の流体包有物同位体分析による第四紀古気候学の新展開, 研究分担者, 2015～2018 年度, 総額 400,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), レーザー分光を用いたレアアイソトープの高感度検出による新しい定量的環境解析, 研究分担者, 2018～2021 年度, 総額 400,000 円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Shen, C.-C., Wu, C.-C., Cheng, H., Edwards, R.L., Hsieh, Y.-T., Gallet, S., Chang, C.-C., Li, T.-Y., Lam, D.D., Kano, A., Hori, M., & Spotl, C. (2012). High-precision and high-resolution carbonate  $^{230}\text{Th}$  dating by MC-ICP-MS with SEM protocols. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 99, 71-86.
2. Hasegawa, T., Crampton, J., Shololer, P., Field, B., Fukushi, K., & Kakizaki, Y. (2012). Carbon isotope stratigraphy and depositional oxia through Cenomanian-Turonian boundary sequences (Upper Cretaceous) in New Zealand. *Cretaceous Research*, 40, 61-80.
3. Okumura, T., Takashima, C., Shiraiishi, F., Akmaluddin, & Kano, A. (2012). Textural transition

- in an aragonite travertine formed under various flow conditions at Pancuran Pitu, Central Java, Indonesia. *Sedimentary Geology*, 265-266, 195-209.
4. Kakizaki, Y., Ishikawa, T., Nagaishi, K., Tanimizu, M., Hasegawa, T., & Kano, A. (2012). Strontium isotopic ages of the Torinosu-type limestones (latest Jurassic to earliest Cretaceous, Japan): implication for biocalcification event in northwestern Palaeo-Pacific. *Journal of Asian Earth Sciences*, 46, 140-149.
  5. Li, X.-H., Kano, A., Chen, Y.-H., Takashima, C., Xu, W.-L., Xu, B.-L., Wang, R.-J. & IODP Leg 307 Scientists (2012). Quaternary primary productivity in Porcupine Seabight, NE North Atlantic. *Science China Earth Science*, 55, 306-314.
  6. Sone, T., Kano, A., Okumura, T., Kashiwagi, K., Hori, M., Jiang, X., & Shen, C.-C. (2013). Holocene stalagmite oxygen isotopic record from the Japan Sea side of the Japanese Islands, as a new proxy of the East Asian winter monsoon. *Quaternary Science Reviews*, 75, 150-160.
  7. Okumura, T., Takashima, C., & Kano, A. (2013). Textures and processes of laminated travertines formed by unicellular cyanobacteria in Myoken hot spring, southwestern Japan. *Island Arc*, 22, 410-426
  8. Kakizaki, Y., Weissert, H.J., Hasegawa, T., Ishikawa, T., Matsuoka, J., & Kano, A. (2013). Strontium and carbon isotope stratigraphy of the Late Jurassic shallow marine limestone in western Palaeo-Pacific, northwest Borneo. *Journal of Asian Earth Sciences*, 73, 57-67.
  9. Okumura, T., Takashima, C., Shiraishi, F., Nishida, S., & Kano, A. (2013). Processes forming daily lamination in a microbe-rich travertine under low flow condition at the Nagano-yu Hot Spring, Southwestern Japan. *Geomicrobiology Journal*, 30, 910-927.
  10. Hori, M., Ishikawa, T., Nagaishi, K., Lin, K., Wang, B.-S., You, C.-F., Shen, C.-C., & Kano, A. (2013). Prior calcite precipitation and source mixing process influence Sr/Ca, Ba/Ca and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of a stalagmite developed in southwestern Japan during 18.0-4.5 ka. *Chemical Geology*, 347, 190-198.
  11. Furuyama, S., Kano, A., Kumimitsu, Y., Osanai, Y., Adachi, T., Liu, X., & Wang, W. (2013). Ediacaran mineralized microfossils from the basal facies of the Doushantuo Formation in northwestern Hunan Province, South China. *Paleontological Research*, 17, 241-250.
  12. Liu, X., Wang, W., Shen, S., Gorgij, M.N., Ye, F., Zhang, Y., Furuyama, S., Kano, A., & Chen, X. (2013). Late Guadalupian to Lopingian (Permian) carbon and strontium isotopic chemostratigraphy in the Abadeh section, central Iran. *Gondwana Research*, 24, 222-232.
  13. Kakizaki, Y., & Kano, A. (2014). Carbon isotope stratigraphy of the Torinosu-type limestone in western Paleo-Pacific and its implication to paleoceanography in the late Jurassic and earliest Cretaceous. *Island Arc*, 23, 16-32.
  14. Hori, M., Ishikawa, T., Nagaishi, K., You, C.-F., Huang, K.-F., Shen, C.-C., & Kano, A. (2014). Rare earth elements in a stalagmite from southwestern Japan: a potential proxy for chemical weathering. *Geochemical Journal*, 48, 73-84.
  15. Sone, T., Kano, A., Kashiwagi, K., Mori, T., Okumura, T., Shen, C.-C., & Hori, M. (2015). Two modes of climatic control in the Holocene stalagmite record from the Japan Sea side of the Japanese islands. *Island Arc*, 24, 342-358.
  16. Furuyama, S., Kano, A., Kunimitsu, Y., Ishikawa, T., & Wang, W. (2016). Diagenetic overprint to a negative carbon isotope anomaly associated with the Gaskiers glaciation of the Ediacaran Doushantuo Formation in South China. *Precambrian Research*, 276, 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2016.01.004>
  17. Fujita, M., Yamasaki, S., Katagiri, C., Oshiro, I., Sano, K., et al. (Kano, A., 19人中10番目). (2016). Advanced maritime adaptation in the western Pacific coastal region extends back to

- 35,000-30,000 years before present. *Proceedings of the National Academy of Science of USA*, 113, 11184-11189. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607857113>
18. Furuyama, S., Kano, A., Kunimitsu, Y., Ishikawa, T., Wang, W., & Liu, X. C. (2017). Chemostratigraphy of the Ediacaran basinal setting on the Yangtze platform, South China: Oceanographic and diagenetic aspects of the carbon isotopic depth gradient. *Island Arc*, 26(5), e12196. <https://doi.org/10.1111/iar.12196>
  19. Shiraishi, F., Hanzawa, Y., Okumura, T., Tomioka, N., Kodama, Y., Suga, H., Takahashi, Y., & Kano, A. (2017). Cyanobacterial exopolymer properties differentiate microbial carbonate fabrics. *Scientific reports*, 7(1), 11805. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-12303-9>
  20. Kalanat, B., Gharaie, M. H., Vahidinia, M., Vaziri-Moghaddam, H., & Kano, A. (2017). Nitrogen isotope variations and environmental perturbations during Cenomanian-Turonian transition in the NE Tethyan realm, Koppeh-Dagh basin. *Geopersia*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.1029/2018JB015642>
  21. Kano, A., Miyahara, R., Yanagawa, K., Mori, T., Owari, S., Tomaru, H., Kakizaki, Y., Glen, S., Shimono, T., Kakuwa, Y., & Matsumoto, R. (2017). Gas hydrate estimates in muddy sediments from the oxygen isotope of water fraction. *Chemical Geology*, 470, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.08.027>
  22. Shiraishi, F., Nakao, K., Takashima, C., Kano, A., & Itai, T. (2018). Fe (II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits. *Chemical Geology*, 476, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.11.014>
  23. Kalanat, B., Mahmudy-Gharaie, M. H., Vahidinia, M., Vaziri-Moghaddam, H., Kano, A., & Kumon, F. (2018). Paleoenvironmental perturbation across the Cenomanian/Turonian boundary of the Kopet-Dagh Basin (NE Iran), inferred from geochemical anomalies and benthic foraminiferal assemblages. *Cretaceous Research*, 86, 261-275. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2017.09.019>
  24. Zhang, N., Yamada, K., Kano, A., Matsumoto, R., & Yoshida, N. (2018). Equilibrated clumped isotope signatures of land-snail shells observed from laboratory culturing experiments and its environmental implications. *Chemical Geology*, 488, 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.05.001>
  25. Mori, T., Kashiwagi, K., Amekawa, S., Kato, H., Okumura, T., Takashima, C., Wu, C.-C., Shen, C.-C., Quade, J. & Kano, A. (2018). Temperature and seawater isotopic controls on two stalagmite records since 83 ka from maritime Japan. *Quaternary Science Reviews*, 192, 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.024>
  26. Kato, H., Amekawa, S., Kano, A., Mori, T., Kuwahara, Y., & Quade, J. (2019). Seasonal temperature changes obtained from carbonate clumped isotopes of annually laminated tufas from Japan: Discrepancy between natural and synthetic calcites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 244, 548-564. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2018.10.016>
  27. Shiraishi, F., Ohnishi, S., Hayasaka, Y., Hanzawa, Y., Takashima, C., Okumura, T., & Kano, A. (2019). Potential photosynthetic impact on phosphate stromatolite formation after the Marinoan glaciation: Paleooceanographic implications. *Sedimentary geology*, 380, 65-82. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2018.11.014>

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 狩野彰宏 (2012) 初期動物の段階的進化と殻の獲得. *遺伝*, 66, 509-513.
2. 狩野彰宏 (2012) 石筍古気候学の原理と展開. *地質学雑誌*, 118, 157-171.

3. 狩野彰宏 (2013) 古気候学と歴史気象学：気候研究に関する文理融合のすすめ. 比較社会文化, 19, 11-18.
4. 狩野彰宏・森大器・柳川勝紀 (2014) 凝集炭酸同位体温度計の原理と実践. 地球社会統合科学, 21, 83-92.
5. 狩野彰宏・古山精史朗 (2015) エディアカラ紀の環境激変と動物進化：地球史統合科学の成果. 地球科学, 69, 175-183.
6. 狩野彰宏 (2014) Exp. 307: 解き明かされた深海サンゴマウンドの謎. 月刊地球号外「統合国際深海掘削計画(IODP)；2003年から10年の成果」59-65.
7. 奥村知世・狩野彰宏 (2014) 陸成炭酸塩堆積物の年縞・日輪発達過程. 月刊地球号外「第四紀研究における年代測定法の新展開: 最近10年間の進展一(III) 相対年代と古環境の高精度復元」, 82-88.
8. 川幡穂高・横山祐典・黒田潤一郎・井龍康文・狩野彰宏 (2018). IODP 航海における炭酸塩トピックス. 地質学雑誌, 124, 35-45.

#### (4) 著書

1. Kano, A., Okumura, T., Takashima, C., & Shiraishi, F. (2019). Geobiochemical Properties of Travertine with Focus on Japanese Sites. Springer Nature. 176 pp.

#### (5) その他著作物

1. Garon, A., Takashima, C., Nishida, S., Kano, A., & Koike, H. (2012). Carbon, nitrogen, and oxygen isotopic compositions of bone collagen and tooth enamel carbonate of the sea otter *Enhydra lutris* from archaeological sites at Adak Island, Aleutian Archipelago. In: West, D., Hatfield, V., Wilmerding, E., Lefèvre, C., Gualtieri, L. (eds.) *The People Before: The Geology, Paleoecology and Archaeology of Adak Island, Alaska*. British Archaeological Reports, International Series 2322, 157-165, Archaeopress, Oxford.
2. Koike, H., Takashima, C., & Kano, A. (2012). The aleut coskile, *Clinocardium nuttallii* (Conrad, 1983) from ADK-011, Adak Island, Alaska. In: West, D. (ed.) Hatfield, V., Wilmerding, E., Lefèvre, C., Gualtieri, L. (eds.) *The People Before: The Geology, Paleoecology and Archaeology of Adak Island, Alaska*. British Archaeological Reports, International Series 2322, 166-175, Archaeopress, Oxford.

#### (6) 特許等

### 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 狩野彰宏, 日本の石筍古気候学の現状と今後の展開. 応用地質学会講演会「第四紀の地球環境変動」, 福岡市, 2014/09/03.
2. Kano, A., & Mori, T., Temperature and seawater isotopic controls on stalagmite oxygen isotopic records since 83 ka from maritime Japan. International Conference on Holocene Climate Change, Taipei, Taiwan, 2018/02/07.
3. 狩野彰宏, ドロマイト問題と原生代の海水組成. 石油技術協会炭酸塩岩分科会, 東京都中央区, 2019/02/15.

## □. 教育

### 9. 教育における特筆すべき実績

#### 学位論文指導実績

- ・ 2012年度 修士1名（黒崎伊織）
- ・ 2013年度 修士1名（曾根知実），博士1名（古山精史朗）
- ・ 2014年度 修士1名（森 大器）
- ・ 2015年度 修士1名（杉原千耶）
- ・ 2016年度 修士3名（平野未沙，宮原玲奈，栞 天）
- ・ 2017年度 修士1名（Muhlash Hada Firman Syah）

#### 担当講義

- ・ 理学部 層序地質学，2017～2018年度
- ・ 理学部 堆積学，2018年度
- ・ 理学部 地形・地質学調査法および実習，2017～2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学野外調査 I，2017～2018年度
- ・ 理学部 岩石組織学実習 II，2018年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習，2018年度
- ・ 大学院 地圏環境進化学，2017年度
- ・ 大学院 地球惑星科学巡検，2018年度
- ・ 大学院 機器分析実習，2017～2018年度

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献（学会委員，ジャーナル編集，研究集会主催）

- ・ 日本地質学会，理事，2016～2018年度
- ・ 日本地質学会，理事会議長，2018年度
- ・ 日本地質学会，Island Arc 編集委員，2016～2018年度
- ・ 日本地質学会，各賞選考委員，2017年度
- ・ 日本堆積学会，運営委員，2016-2018年度
- ・ 日本堆積学会，論文賞選考委員，2016～2018年度
- ・ 石油技術協会，理事，2018年度
- ・ 石油技術協会，探鉱技術委員，2018年度
- ・ J-DESC，IODP 執行部会委員，2016～2018年度
- ・ 「地球科学」，エディター，2016～2018年度
- ・ Sedimentary Geology, Advisory Board Member, 2018年度

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 科学研究費補助金審査委員，2016 年度
- ・ 狩野彰宏，洞窟で探る気候変動と日本人の営み，東大理学部 高校生のための冬休み講座 2018，東京都，2018/12/26

## 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

## 13. 外国人受け入れ・派遣状況

### (1) 受け入れ

研究者数：5 名

### (2) 派遣

学生数：20 名 研究者数：5 名

### (3) 海外からの来訪者数 10 名



# 小暮 敏博

## I. 略歴

氏名： 小暮 敏博（こぐれ としひろ）

年齢： 61 歳

現職： 教授

### 学歴

1976 年 3 月 東京都立白鷗高等学校卒業  
1981 年 3 月 東京大学 理学部地学科 地質学鉱物学課程 卒業  
1983 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻修士課程修了  
1996 年 10 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

1983 年 4 月 日本板硝子株式会社入社  
1987 年 7 月 マサチューセッツ工科大学 材料科学工学部 客員研究員  
1988 年 11 月 日本板硝子株式会社復職  
1996 年 1 月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 助手  
1998 年 11 月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 助教授  
2000 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
2016 年 9 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

2011 年 3 月東日本大震災によって発生した福島第一原発事故は、原子炉から飛散した放射性セシウム (Cs) などによって関東一円に長期的な放射能汚染をもたらしたが、この放射性 Cs の大部分はガス状に放出されたものが降雨等で地表に降下し、土壌中の粘土鉱物等に強く固定されていると考えられている。私はそれまでの 15 年以上、主に電子顕微鏡を用いて粘土鉱物や層状珪酸塩鉱物の微細構造を調べ、その成因や形成機構等を研究していたが、その応用として放射性 Cs の土壌汚染の実態を鉱物学的な観点から解明し、今後の放射能汚染対策に資することにした。

福島県東部地方の地表のほとんどは、阿武隈花崗岩の風化土壌（真砂土）によって厚く覆われている。我々はこの地方の土壌中のどのような物質に放射性 Cs が吸着しているかを、特殊な加工をしたイメージングプレート (IP) を用いたオートラジオグラフィと電子顕微鏡技術を組み合わせることで、放射性 Cs の吸着物質の多くは、真砂土に典型的な黒雲母—バーミキュライト混合鉱物（風化黒雲母）であることを示した。またこのような風化黒雲母中にどのように放射性 Cs が分布するか集束イオンビームによる微細加工等によって明らかにした。また放射性 Cs を用いた実験室での吸着脱離実験により、この風化黒雲母はその他の土壌中鉱物よりもはるかに強く Cs を吸着するとともに、一度吸着された Cs は時間とともに通常のイオン交換ではほとんど脱離しなくなることが明らかとなった。

またこのようにガス状に放出し土壌に固定された放射性 Cs 以外に、損傷した原子炉で形成された直径数ミクロン程度の微粒子に含まれて環境中に飛散したものが判ってきた。この放射性 Cs を高濃度に含む微粒子は CsMP (Cesium-bearing microparticle) あるいはセシウムボールと呼ばれ、その構造や特性の解明が喫緊の課題となった。我々は、環境中から採取した CsMP を集束イオンビームで薄膜化し、最新の電子顕微鏡で分析することにより、その主体は珪酸塩ガラスであり、そこに Cs とともに Fe, Zn, K, Rb, Sn, Cl などがガラス中に溶存していることを明らかにした。さらにこれらのイオンの粒子内分布や酸化物やカルコゲナイドの微結晶の存在を報告した。さらにこのような CsMP の加熱による構造変化や様々な溶液中での溶解特性などを報告した。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Kogure T., K. Morimoto, K. Tamura, H. Sato, and A. Yamagishi (2012), XRD and HRTEM evidence for Fixation of Cesium Ions in Vermiculite Clay, *Chem. Lett.*, 41, 380-382, DOI: 10.1246/cl.2012.380.

福島原発事故で飛散した放射性 Cs は、土壌中の粘土鉱物中に吸着されていると考えられていたが、本報告は実験室で Cs を吸着させた黒雲母-バーミキュライト混合層鉱物を高分解能透過電子顕微鏡 (HRTEM) で観察し、構造中の Cs の分布をそのコントラストから解明した。これにより、風化で水和化した黒雲母の層間 (バーミキュライト層) が選択的に Cs に占有され、脱水和化が起こることが明らかとなった。(引用回数 71 回 (WoS/Sep. 06, 2019))

2. Mukai, H., T. Hatta, H. Kitazawa, H. Yamada, T. Yaita, and T. Kogure (2014), Speciation of radioactive soil particles in the Fukushima contaminated area by IP autoradiography and microanalyses, *Environ. Sci. Technol.*, 48, 13053-13059, DOI: 10.1021/es502849e.

レーザー加工を用いて微小な方眼を形成したイメージングプレート (IP) 上に分級した汚染土壌粒子を分散させ、数日後この IP からの感光像中の輝点位置にある土壌粒子をマイクロマニピュレータで採取して走査電子顕微鏡等で観察・分析することで、その土壌粒子のかなりの割合は真砂土に含まれる黒雲母-バーミキュライト混合層鉱物 (風化黒雲母) であることを示した。またこの風化黒雲母を集束イオンビームで切断し、その放射能変化を調べることで、放射性 Cs はこれまで考えられていたような鉱物粒子周辺ではなく、粒子全体に分布していることを明らかにした。(引用回数 58 回 (WoS/Sep. 06, 2019))

3. Mukai, H., A. Hirose, S. Motai, R. Kikuchi, K. Tanoi, T. M. Nakanishi, T. Yaita and T. Kogure (2016), Cesium adsorption/desorption behavior of clay minerals considering actual contamination conditions in Fukushima, *Sci. Rep.*, 6, 21543, DOI: 10.1038/srep21543

福島原発事故以降、様々な粘土鉱物への Cs の吸着特性が調べられたが、どれも高濃度での結果であり、実際に福島県地方で起きている極低濃度での吸着特性は明らかにされていなかった。本研究では数 ppb の低濃度の  $^{137}\text{Cs}$  溶液を、様々な粘土鉱物や土壌鉱物を乗せた基板に滴下し、鉱物間での吸着特性の違いを調べた。その結果、福島県地方の土壌に普遍的に存在する風化黒雲母は他の鉱物に比べてはるかに良く Cs を吸着することが明らかとなり、実際の汚染土壌の分析結果 (上記文献 2) を実験的に裏付けることができた。またこの鉱物では例えばスメクタイトなどに比べ吸着平衡に達するまで時間がかかることや、固定された Cs は電界溶液によってほとんど脱離しないことが明らかとなった。(引用回数 56 回 (WoS/Sep. 06, 2019))

4. Yamaguchi, N., M. Mitome, K. Akiyama-Hasegaea, M. Asano., K. Adachi and T. Kogure (2016), Internal structure of cesium-bearing radioactive microparticles released from Fukushima nuclear power plant, *Sci. Rep.*, 6, 20548, DOI: 10.1038/srep20548

福島原発事故によって損傷した原子炉内で形成されて環境中に飛散した、放射性 Cs を高濃度で含む直径数ミクロン程度の微粒子 (Cesium-bearing microparticle : CsMP) の正体を明らかにするため、環境中から採取した CsMP を集束イオンビームで薄膜化し、最新の走査透過型電子顕微鏡 (STEM) 等を用いて分析した。その結果、CsMP の主体は珪酸塩ガラスであ

り、そこに Cs とともに Cl, K, Fe, Zn, Rb, Sn などがガラス中に溶存していることを明らかにした。さらにこれらのイオンの粒子内分布やカルコゲナイドの微結晶が析出していることを報告した。(引用回数 35 回(WoS/Sep. 06, 2019))

5. Kogure, T., and A. Inoue: "Determination of defect structures in kaolin minerals by High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM)", *Am. Mineral.*, 90 (2005) 85-89. DOI: 10.2138/am.2005.1603

カオリナイト (kaolinite) は最も一般的な粘土鉱物であるが、その産状によって様々な“結晶性”を示す。その理由は構造中の積層不整の種類やその密度の違うためと考えられるが、実証的にそれを明らかにした研究は皆無であった。高分解能透過電子顕微鏡 (HRTEM) による積層構造の直接観察はこれを解明する最も有効な手法と考えられるが、カオリナイトは電子線照射で容易に非晶質化してしまうため、これまでの報告はなかった。我々は観察手法を工夫することで、カオリナイトの構造中の積層不整を決定できるような十分な分解能をもつ HRTEM 像の観察に初めて成功し、続成起源のカオリナイト中の積層不整は、2つの積層方向がランダムとなった高密度の“双晶”となっていることを明らかにした。(引用回数 40 回(WoS/Sep. 06, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・小暮, Mineralogical Society of America Fellow, 2013 年 10 月
- ・小暮, 英国粘土鉱物学会 George Brown Lecture Award, 2019 年 7 月

#### 5. 研究の将来計画

2019 年度より 4 年の期間で科学研究費基盤 A「放射性セシウム担体物質の諸特性に基づくその定量法の開発と汚染土壌等への適用」(代表) が採択された。これまでに環境中の放射性 Cs の担体物質として、風化黒雲母等の土壌鉱物と CsMP を調べ、その組成・構造と諸特性を明らかにしてきたが、環境中におけるこの 2 つの担体物質の存在比やその地域依存性などはまだ明らかになっていない。特に CsMP はあまりに小さいため、電子顕微鏡等を用いての特定は容易でなく、存在密度の定量はほぼ不可能である。そこで我々はこの 2 つの担体物質の、加熱による添加物質との反応や溶液処理によって放射能を失う条件や特性の違いを利用して試料中の存在比を定量化する研究に着手した。これにより関東地方の放射能汚染の長期的な動態予測、除染廃棄物の減容化、中間貯蔵の方法などに有益な情報を提供することを考えている。また環境中における CsMP の長期的な変遷をより正確に推定するため、CsMP と同じ組成、化学状態をもつ珪酸塩ガラスの合成を試みる。そのためには CsMP 中の遷移金属イオン (Fe や Sn) の価数の正確に決定し、そのようなガラスの合成条件を見つける必要がある。さらに土壌鉱物に固定された放射性 Cs が結晶中のどのようなサイトに存在するかは、未だに明らかになっていない。これは放射性 Cs の濃度が圧倒的に小さいことによるが、何らかの新しい実験手法を開発し、この困難な課題に挑戦していく。

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S) 地球環境保全を目指した海洋生物における石灰化の制御機構の解明, 研究分担者, 2010~2012 年度, 総額 24,800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 地球表層物質に吸着した重金属イオンの高分解能分析手法の確立とその吸着機構の解明, 研究代表者, 2012~2014 年度, 総額 12,600,000 円
- ・ 受託研究 (日本原子力研究開発機構) 土壌粒子中の放射性セシウムの吸着と移動機構の解明, 2013~2016 年度, 総額 37,628,000 円
- ・ 受託研究 (日本原子力研究開発機構) 福島県の環境中における放射性セシウムを吸着し

ている鉱物相および微粒子の特定と溶出過程の解明, 2017~2019 年度, 総額 21,072,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Inoue, S. and T. Kogure (2012), Electron backscatter diffraction (EBSD) analyses of phyllosilicates in petrographic thin sections, *Am. Mineral.*, 97,755-758, DOI: 10.2138/am.2012.4061.
2. Kogure T., K. Morimoto, K. Tamura, H. Sato, and A. Yamagishi (2012), XRD and HRTEM evidence for Fixation of Cesium Ions in Vermiculite Clay, *Chem. Lett.*, 41, 380-382, DOI: 10.1246/cl.2012.380.
3. Miyabe, K., H. Tokunaga, H. Endo, H. Inoue, M. Suzuki, N. Tsutsui, N. Yokoo, T. Kogure, and H. Nagasawa (2012), GSP-37, a novel goldfish scale matrix protein: identification, localization and functional analysis, *Farad. Discuss.* 159, 463-481, DOI: 10.1039/c2fd20051a.
4. Suzuki, M., H. Kim, H. Mukai, H. Nagasawa, and T. Kogure (2012), Quantitative XRD analysis of {110} twin density in biotic aragonites, *J. Struct. Biol.*, 180, 458-468, DOI: 10.1016/j.jsb.2012.09.004.
5. Kim, J.-W., T. Kogure, Y. Kiho, S.-T. Kim, Y.-N. Jang, H.-S. Baik, and G. Geesey (2012), The characterization of CaCO<sub>3</sub> in a geothermal environment: A SEM/TEM-EELS study, *Clays Clay Miner.*, 60, 484-495, DOI: 10.1346/CCMN.2012.0600505.
6. Morimoto K., T. Kogure, K. Tamura, S. Tomofuji, A. Yamagishi, and H. Sato (2012), Desorption of Cs<sup>+</sup> Ions Intercalated in Vermiculite Clay through Cation-exchanging with Mg<sup>2+</sup> Ions, *Chem. Lett.*, 41, 1715-1717, DOI: 10.1246/cl.2012.1715.
7. Drits, V. A., S. Guggenheim, B. B. Zviagina, and T. Kogure (2012), Structures of the 2:1 layers of pyrophyllite and talc, *Clay. Clay. Miner.*, 60, 574-587, DOI: 10.1346/CCMN.2012.0600603.
8. Suzuki, M., S. Nakayama, H. Nagasawa, and T. Kogure (2013), Initial formation of calcite crystals in the thin prismatic layer with the periostracum of *Pinctada fucata*, *Micron*, 45, 136-139, DOI: 10.1016/j.micron.2012.10.010.
9. Suzuki, M., A. S.-Nobayashi, T. Kogure, and H. Nagasawa (2013), Structural and functional analyses of a strongly chitin-binding protein-1 (SCBP-1) from the exoskeleton of the crayfish, *Procambarus clarkii*, *Biosci. Biotech. Bioch.*, 77, 361-368, DOI: 10.1271/bbb.120787.
10. Suzuki, M., A. Iwashima, M. Kimura, T. Kogure, and H. Nagasawa (2013), The molecular evolution of the Pif family proteins in various species of mollusks, *Mar. Biotechnol.*, 15, 145-158. DOI:10.1007/s10126-012-9471-2.
11. Kogure, T., K. Mori, V.A. Drits, and Y. Takai (2013), Structure of prismatic halloysite, *Am. Mineral.*, 98, 1008-1016, DOI: 10.2138/am.2013.4385.
12. Kogure, T., V. A. Drits, and S. Inoue (2013), Structure of mixed-layer corrensite-chlorite revealed by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), *Am. Mineral.*, 98, 1253-1260. DOI:10.2138/am.2013.4314.
13. Nakayama, S., M. Suzuki, H. Endo, K. Iimura, S. Kinoshita, S. Watabe, T. Kogure, and H. Nagasawa (2013), Identification and characterization of a matrix protein (PPP-10) in the periostracum of the pearl oyster, *Pinctada fucata*, *FEBS Open Bio*, 3, 421-427, DOI: 10.1016/j.fob.2013.10.001. eCollection 2013.
14. Okumura, T., M. Suzuki, H. Nagasawa, and T. Kogure (2013), Microstructural control of calcite via incorporation of intracrystalline organic molecules in shells, *J. Cryst. Growth*, 381, 114-

- 120, DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2013.07.020.
15. Okumura, T., K. Tamura, E. Fujii, H. Yamada, and T. Kogure (2014), Direct observation of cesium at the interlayer region in phlogopite mica, *Microscopy*, 63, 65-72, DOI: 10.1093/jmicro/dft045.
  16. Shibata, T., H. Takano, Y. Ebina, D. S. Kim, T. C. Ozawa, K. Akatsuka, T. Ohnishi, K. Takada, T. Kogure, and T. Sasaki (2014), Versatile van der Waals epitaxy-like growth of crystal films using two-dimensional nanosheets as a seed layer: orientation tuning of SrTiO<sub>3</sub> films along three important axes on glass substrates, *J. Mater. Chem. C*, 2, 441-449, DOI: 10.1039/c3tc31787k.
  17. Kogure, T., M. Suzuki, H. Kim, H. Mukra, A. G. Checa, T. Sasaki, and H. Nagasawa (2014), Twin density of aragonite in molluscan shells characterized using X-ray diffraction and transmission electron microscopy, *J. Cryst. Growth*, 397, 39-46, DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2014.03.029.
  18. Tamura, K., T. Kogure, Y. Watanabe, C. Nagai, and H. Yamada (2014), Uptake of cesium and strontium ions by artificially altered phlogopite, *Environ. Sci. Technol.*, 48, 5808-5815, DOI: 10.1021/es4052654.
  19. Koo, T, Y. Jang, T. Kogure, J. H. Kim, B. C. Park, D. Sunwoo, and J. Kim (2014), Structural and chemical modification of nontronite associated with microbial Fe(III) reduction: Indicators of "illitization", *Chem. Geol.*, 377, 87-95, DOI: 10.1016/j.chemgeo.2014.04.005.
  20. Ihara, T, H. Wagata, T. Kogure, K. Katsumata, K. Okada, and N. Matsushita (2014), Template-free solvothermal preparation of ZnO hollow microspheres covered with *c* planes, *R. Soc. Chem. Adv.*, 4, 25148-25154, DOI: 10.1039/c4ra02877e.
  21. Taira, K., Y. Hirose, S. Nakao, N. Yamada, T. Kogure, T. Shibata, T. Sasaki, and T. Hasegawa (2014), Lateral Solid Phase Epitaxy of Oxide Thin Films on Glass Substrate Seeded with Oxide Nanosheets, *ACS Nano*, 8, 6145-6150, DOI: 10.1021/nm501563j.
  22. Ikemiya, K., K. Konishi, E. Fujii, T. Kogure, M. K. Gonokami, and T. Hasegawa (2014), Self-assembly and plasmon-enhanced ultrafast magnetization of Ag-Co hybrid nanoparticles, *Opt. Mater. Express*, 4, 1564-1573, DOI: 10.1364/OME.4.001564.
  23. Mukai, H., T. Hatta, H. Kitazawa, H. Yamada, T. Yaita, and T. Kogure (2014), Speciation of radioactive soil particles in the Fukushima contaminated area by IP autoradiography and microanalyses, *Environ. Sci. Technol.*, 48, 13053-13059, DOI: 10.1021/es502849e.
  24. Kogure, T., H. Raimbourg, A. Kumamoto, E. Fujii, and Y. Ikuhara (2014), Subgrain boundary analyses in deformed orthopyroxene by TEM/STEM with EBSD-FIB sample preparation technique, *Earth Planets Space*, 66:84 DOI: 10.1186/1880-5981-66-8410.1016/j.micromeso.2014.07.024.
  25. Kameda, J., Y. Kouketsu, M. Shimizu, A. Yamaguchi, Y. Hamada, M. Hamahashi, H. Koge, R. Fukuchi, M. Ikeda, T. Kogure, and G. Kimura (2014), The influence of organic-rich shear zones on pelagic sediment deformation and seismogenesis in a subduction zone, *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 109, 228-238, DOI: 10.2465/jmps.140403.
  26. Masui, Y., J. Wang, K. Teramura, T. Kogure, T. Tanaka, and M. Onaka (2014), Unique structural characteristics of tin hydroxide nanoparticles-embedded montmorillonite (Sn-Mont) demonstrating efficient acid catalysis for various organic reactions, *Microporous Mesoporous Mater.*, 198, 129-138, DOI: 10.1016/j.micromeso.2014.07.024.
  27. Suzuki, M., T. Kogure, S. Sakuda, and H. Nagasawa (2015), Identification of Ligament Intra-Crystalline Peptide (LICP) from theHinge Ligament of the Bivalve, *Pinctada Fucata*, *Mar. Biotechnol.*, 17,153-161.
  28. Kikuchi, R., H. Mukai, C. Kuramata, and T. Kogure, (2015), Cs-sorption in weathered biotite from Fukushima granitic soil, *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 110, 126-134 DOI: 10.2465/jmps.141218.

29. Fujii, E., K. Tamura, T. Hatta, H. Yamada, T. Yaita, and T. Kogure, (2015), Cesium sorption to paddy soil in Fukushima, *Clay Sci.*, 19, 17-22.
30. Suzuki, M., H. Mukai, H. Aoki, E. Yoshimura, S. Sakuda, H. Nagasawa, and T. Kogure (2015), Microstructure of iridescence-lacking pearl formed in *Pinctada fucata*, *J. Cryst. Growth*, 433, 148-152, DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2015.10.014.
31. Miyajima, R, Y. Oaki, T. Kogure, and H. Imai (2015), Variation in Mesoscopic Textures of Biogenic and Biomimetic Calcite Crystals, *Cryst. Growth Des.*, 15, 3755-3761, DOI: 10.1021/acs.cgd.5b00407.
32. Mukai, H., A. Hirose, S. Motai, R. Kikuchi, K. Tanoi, T. M. Nakanishi, T. Yaita and T. Kogure (2016), Cesium adsorption/desorption behavior of clay minerals considering actual contamination conditions in Fukushima, *Sci. Rep.*, 6, 21543, DOI: 10.1038/srep21543.
33. Yamaguchi, N., M. Mitome, K. Akiyama-Hasegawa, M. Asano., K. Adachi and T. Kogure (2016), Internal structure of cesium-bearing radioactive microparticles released from Fukushima nuclear power plant, *Sci. Rep.*, 6, 20548, DOI: 10.1038/srep20548.
34. Mukai, H., S. Motai., T. Yaita, and T. Kogure (2016), Identification of the actual cesium-adsorbing materials in the contaminated Fukushima soil, *Appl. Clay Sci.*, 121-122, 188-193, DOI:10.1016/j.clay.2015.12.030.
35. Motai, S., H. Mukai, T. Watanuki, K. Ohwada, T. Fukuda, A. Machida, C. Kuramata, R. Kikuchi, T. Yaita, and T. Kogure (2016), Mineralogical characterization of radioactive particles from Fukushima soil using  $\mu$ -XRD with synchrotron radiation, *J. Miner. Petrol. Sci.*, 111, 305-312, 2016, DOI: 10.2465/jmps.150722.
36. Yang, K., J. Kim, T. Kogure, H. Dong, H. Baik, B. Hoppie, and R. Harris (2016), Smectite, illite, and early diagenesis in South Pacific Gyre seafloor sediment, *Appl. Clay Sci.*, 134, 34-43, DOI: 10.1016/j.clay.2016.03.041.
37. Inoue, S. and T. Kogure (2016), High-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) study of stacking irregularity in Fe-rich chlorite from selected hydrothermal deposits, *Clays Clay Miner.*, 64, 131-144, DOI:10.1346/CCMN.2016.0640205.
38. Kogure, T., N. Yamaguchi, H. Segawa, H. Mukai, S. Motai, K. Hasegawa, M. Mitome, T. Hara, and T. Yaita (2016), Constituent elements and their distribution in the radioactive Cs-bearing silicate glass microparticles released from Fukushima Nuclear Plant, *Microscopy*, 65, 451-459, DOI:10.1093/jmicro/dfw030.
39. Inoue, S., T. Kogure (2016), High-angle annular dark field scanning transmission electron microscopic (HAADF-STEM) study of Fe-rich 7Å-14Å interstratified minerals from a hydrothermal deposit, *Clay Miner.*, 51, 603-613, DOI:10.1180/claymin.2016.051.4.05.
40. Kaneyasu, N., H. Ohashi, F. Suzuki, T. Okuda, F. Ikemori, N. Akata, and T. Kogure (2017), Weak size dependence of resuspended radiocesium adsorbed on soil particles collected after the Fukushima nuclear accident, *J. Environ. Radioactiv.*, 172, 122-129, DOI:10.1016/j.jenvrad.2017.03.001.
41. Kintsu, H., T. Okumura, L. Negishi, S. Ifuku, T. Kogure, S. Sakuda, and M. Suzuki (2017), Crystal defects induced by chitin and chitinolytic enzymes in the prismatic layer of *Pinctada fucata*, *Biochem. Biophys. Res. Co.*, 489, 89-95, DOI:10.1016/j.bbrc.2017.05.088.
42. Yamaguchi, N., T. Kogure, H. Mukai, K. A. Hasegawa, M. Mitome, T. Hara, and H. Fujiwara (2017), Structures of radioactive Cs-bearing microparticles in non-spherical forms collected in Fukushima, *Geochem. J.*, 51, 1-14, DOI:10.2343/geochemj.2.0483.
43. Honda, M., I. Shimoyama, T. Kogure, Y. Baba, S. Suzuki., and T. Yaita (2017), Proposed Cesium-free Mineralization Method for Soil Decontamination: Demonstration of Cesium Removal from

- Weathered Biotite, *ACS Omega*, 2, 8678-8681, DOI:10.1021/acsomega.7b01304.
44. Kubota, K., Y. Tsuchihashi, T. Kogure, K. Maeyama, F. Hattori, S. Kinoshita, S. Sakuda, H. Nagasawa, E. Yoshimura, and M. Suzuki (2017), Structural and functional analyses of a TIMP and MMP in the ligament of *Pinctada fucata*, *J. Struct. Biol.*, 199, 216-224, DOI:10.1016/j.jsb.2017.07.010.
  45. Takenouchi, A., T. Mikouchi, and T. Kogure (2017), Mineralogical study of brown olivine in Northwest Africa 1950 shergottite and implications for the formation mechanism of iron nanoparticles, *Meteorit. Planet. Sci.*, 52, 2491-2504, DOI:10.1111/maps.12949.
  46. Yoshigoe, A., H. Shiwaku, T. Kobayashi, I. Shimoyama, D. Matsumura, T. Tsuji, Y. Nishihata, T. Kogure, T. Ohkochi, A. Yasui, and T. Yaita (2018), Nanoscale spatial analysis of clay minerals containing cesium by synchrotron radiation photoemission electron microscopy, *Appl. Phys. Lett.*, 112, 021603, DOI:10.1063/1.5005799.
  47. Mukunoki, A., T. Kikuchi, T. Chiba, T. Sakuragi, T. Kogure, and T. Sato (2018), Dissolution Behavior of Lead Borate Glass under Simulated Geological Disposal Conditions, *MRS Advances*, 3, 1139-1145, DOI:10.1557/adv.2018.284.
  48. Yang, K., H. Park, H. Baik, T. Kogure, and J. Kim (2018), The Formation of Fe-bearing Secondary Phase Minerals from the Basalt-sediment Interface, South Pacific Gyre: IODP Expedition 329, *Clays Clay Miner.*, 66, 1-8, DOI:10.1346/CCMN.2018.064083.
  49. Yamaguchi, N., T. Kogure, H. Mukai, K. Akiyama-Hasegawa, M. Mitome, T. Hara, and H. Fujiwara (2018), Structures of radioactive Cs-bearing microparticles in non-spherical forms collected in Fukushima, *Geochem. J.* 52, 123-136, DOI:10.2343/geochemj.2.0483.
  50. Sakurada, S., S. Fujiwara, M. Suzuki, T. Kogure, T. Uchida, T. Umemura, and M. Tsuzuki (2018), Involvement of Acidic Polysaccharide Ph-PS-2 and Protein in Initiation of Coccolith Mineralization, as Demonstrated by In Vitro Calcification on the Base Plate, *Mar. Biotechnol.*, 20, 304-312, DOI:10.1007/s10126-018-9818-4.
  51. Okumura, T., N. Yamaguchi, T. Dohi, K. Iijima, and T. Kogure (2018), Loss of radioactivity in radiocesium-bearing microparticles emitted from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant by heating, *Sci. Rep.*, 8, 9707, DOI:10.1038/s41598-018-28087-5.
  52. Kikuchi, R., and T. Kogure (2018), Structural and Compositional Variances in 'HIDROBIOTITE' Sample from Palabora, South Africa, *Clay Science* 22, 39-52, DOI:10.11362/jessjclayscience.22.2\_39.
  53. Mukai, H., K. Tamura, R. Kikuchi, Y. Takahashi, T. Yaita, and T. Kogure (2018), Cesium desorption behavior of weathered biotite in Fukushima considering the actual radioactive contamination level of soils, *J. Environ. Radioact.*, 190, 81-88, DOI:10.1016/j.jenvrad.2018.05.006.
  54. Okumura, T., H. Kim, J. Kim, and T. Kogure, (2018), Sulfate-containing calcite: crystallographic characterization of natural and synthetic materials, *Eur. J. Mineral.*, 30, 929-937, DOI:10.1127/ejm/2018/0030-2772.
  55. Nihei, N., K. Yoshimura, T. Okumura, K. Tanoi, K. Iijima, T. Kogure, and T.M.Nakanishi (2018), Secondary radiocesium contamination of agricultural products by resuspended matter, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 318, 341-346, DOI:10.1007/s10967-018-6063-2.
  56. Okumura, T., N. Yamaguchi, T. Dohi, K. Iijima, and T. Kogure (2019), Dissolution behaviour of radiocaesium-bearing microparticles released from the Fukushima nuclear plant, *Scientific Reports* 9(1), 3520, DOI:10.1038/s41598-019-40423-x.
  57. Okumura, T., N. Yamaguchi, T. Dohi, K. Iijima, and T. Kogure (2019), Inner structure and inclusions in radiocesium-bearing microparticles emitted in the Fukushima Daiichi Nuclear

Power Plant accident , *Microscopy*, 2019, 1-9, DOI:10.1093/jmicro/dfz004.

(2) 査読無し原著論文

(3) 総説・解説

1. 小暮敏博 (2013), 粘土鉱物の対掌性, *粘土科学*, 51, 132-134.
2. 小暮敏博 (2014), 地球表層物質と結晶学, *日本の結晶学(II)ーその輝かしい発展ー*, 日本結晶学会, 151-152.
3. 小暮敏博 (2015), 土壌中で放射性 Cs はどのような物質に固定されているのか, *ISOTOPE NEWS*, 734, 29-33.
4. 小暮敏博 (2015), 電子回折の幾何学とその計算法, *顕微鏡*, 50, 1-5.
5. 小暮敏博 (2015), 放射性 Cs を吸着している粘土鉱物はどのようなものか—IP オートラジオグラフィと電子顕微鏡による探索—, *粘土科学*, 54, 22-27.
6. 小暮敏博 (2015), 福島で放射性セシウムを吸着・固定している鉱物は何か, *地球化学*, 49, 195-201.

(4) 著書

1. Kogure, T. (2013), "Electron Microscopy", *Handbook of Clay Science*, Vol. 5, 2nd Edition (Developments in Clay Science), Elsevier, 275-317.
2. Kogure, T. (2016), "Characterisation of Halloysite by Electron Microscopy", *Nanosized Tubular Clay Minerals*, Vol. 7, Halloysite and Imogolite (Developments in Clay Science), Elsevier, 92-114.
3. T. Kogure., H. Mukai, and R. Kikuchi (2019), "Weathered Biotite: A Key Material of Radioactive Contamination in Fukushima" . In: Nakanishi T, Tanoi K, O'Brien M (eds) *Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident(III)*, Springer, pp. 59-75.

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 小暮敏博, 粘土の原子配列を電顕で見る, 第 11 回高分子ナノテクノロジー研究会講座 (産業技術総合研究所臨海副都心センター, 東京, 2013/02/01) (口頭)(招待講演)
2. 小暮敏博, 奥村大河, 鈴木道生, 長澤寛道, 電子顕微鏡により明らかにされる炭酸カルシウムバイオミネラルの特徴, 日本化学会第 93 春季年会 (立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 滋賀, 2013/03/22-25) (口頭)(招待講演)
3. Kogure, T., Real Structures of Clay Minerals Revealed by HRTEM, 2nd International Conference - CMLM2013 (St. Petersburg, Russia, Sep. 11-15, 2013) (Oral p.) (Invited)
4. Kogure, T., Electron Microscopy for clay science, *Argilla Studium 2013 - 2nd Russian school by clay minerals* (St. Petersburg, Russia, Sep. 8-10, 2013) (Oral p.) (Invited)
5. Kogure, T., Finding and analyses of soil particles adsorbing radioactive cesium in Fukushima, *Caesium Workshop: Fukushima recovery - understanding, modelling and managing radiocaesium decontamination (CORASSE, Fukushima, Sep. 30- Oct. 3, 2013)* (Oral p.) (Invited)
6. 小暮敏博, 福島土壌の放射能汚染□放射性核種はどこにいるのかー, 日本顕微鏡学会第 70 回記念学術講演会 (幕張メッセ国際会議場, 千葉, 2014.5.13)(口頭)(招待講演)



7. Kogure, T., T. Okumura, M. Suzuki, Regulation of calcium carbonate crystals in shells, The 8th International Conference on the Science & Technology for Advanced Ceramics (STAC-8) (Mielparque-Yokohama, Kanagawa, June 26, 2014) (Oral p.) (Invited)
8. 小暮敏博, 向井広樹, 甕聡子, IP オートラジオグラフィと電子顕微鏡による土壤中放射性粒子の特定と分析, 土壤肥料学会 2014 年東京大会 (東京農工大学 小金井キャンパス, 東京, 2014.9.11) (招待講演)
9. 小暮敏博, 向井広樹, 甕聡子, 放射性 Cs を吸着している粘土鉱物は何か □電子顕微鏡による探索□, 第 58 回粘土科学討論会 (福島 A・O・Z(アオウゼ), 福島, 2014.9.25) (招待講演)
10. Kogure, T., T. Yaita, Fukushima nuclear disaster and clay, EuroClay 2015 (Edinburgh, UK, July 6, 2015) (Invited)
11. 小暮敏博, 放射性 Cs を吸着している粘土鉱物はどのようなものか□IP オートラジオグラフィと電子顕微鏡による探索□, 環境放射能除染学会第 10 回講演会 (ハロー貸会議室新橋, 東京, 2015.9.29) (招待講演)
12. Kogure, T., Clay Structures Revealed by TEM, Goldschmidt 2016 (Pacifico Yokohama, 神奈川県横浜市, 2016.6.27). (Keynote)
13. 小暮敏博, 向井広樹, 風化黒雲母中の放射性セシウム吸着サイトの探索, 第 5 回環境放射能除染研究発表会 (とうほう・みんなの文化センター, 福島県福島市, 2016.7.6). (招待講演)
14. 小暮敏博, 難溶性微粒子として沈着した放射性セシウム含有粒子の特徴, 第 5 回環境放射能除染研究発表会 (とうほう・みんなの文化センター, 福島県福島市, 2016.7.6). (招待講演)
15. 小暮敏博, 粘土鉱物の構造—この 20 年間でわかったこと, そしてこれから明らかにすべきこと—, 第 60 回粘土科学討論会 (九州大学, 福岡県福岡市, 2016.9.15). (招待講演)
16. Kogure, T., Various modes of stacking disorder in clay minerals: Comprehensive analyses by XRD and HREM, The 3rd Asian Clay Conference (Guangzhou, China, 2016.11.19). (Keynote)

### III. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文指導実績

- ・ 2012 年度 修士 2 名 (井上紗綾子, 金恵眞), 博士 1 名 (横尾直樹)
- ・ 2013 年度 博士 1 名 (奥村大河)
- ・ 2014 年度 修士 1 名 (倉又千咲)
- ・ 2015 年度 修士 2 名 (菊池亮佑, 吉村真裕), 博士 1 名 (井上紗綾子)
- ・ 2018 年度 修士 1 名 (石井貴大), 博士 1 名 (菊池亮佑)

##### 担当講義

- ・ 大学院 機器分析実習 I 及び □, 2012~2018 年度 (毎年)
- ・ 大学院 生命圏物質解析学, 2012~2018 年度 (隔年)
- ・ 大学院 生体鉱物学, 2012~2018 年度 (隔年)
- ・ 理学部・大学院 (回折) 結晶学, 2012~2018 年度 (毎年)
- ・ 理学部・大学院 固体機器分析学, 2017~2018 年度 (毎年)

- ・ 理学部, 地球惑星物質分析学, 2012～2016 年度 (毎年)
- ・ 理学部, 結晶学実習, 2012～2018 年度 (毎年)
- ・ 理学部, 先端鉱物学, 2016～2018 年度 (毎年)

#### 指導学生の受賞

- ・ 日本鉱物科学会 2016 年度 JMPS 学生論文賞 (博士課程 2 年 菊池亮祐)
- ・ 日本鉱物科学会 2016 年会研究発表優秀賞 (博士課程 1 年 菊池亮祐)
- ・ ヨーロッパ国際粘土学会 (EuroClay) 2015 学生最優秀口頭発表賞 (博士課程 3 年 井上紗綾子)
- ・ 2013 年米国粘土鉱物学会 (The Clay Mineral Society) 学生優秀口頭発表賞 (博士課程 1 年 井上紗綾子)

## IV. 社会連携・学内外委員業務等

### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本鉱物科学会, 評議員, 2012～2016 年度
- ・ 日本鉱物科学会, 理事, 2017～2018 年度
- ・ 日本鉱物学会, GKK (学会誌) 編集委員, 2012～2018 年度
- ・ 日本鉱物科学会, 2015 年年会実行委員長
- ・ 日本粘土学会, 評議員, 2012～2016 年度
- ・ 日本粘土学会, 副会長 (理事), 2017～2018 年度
- ・ 日本粘土学会, Clay Science, 編集委員, 2012～2018 年度
- ・ 日本顕微鏡学会, 代議員, 2012～2018 年度
- ・ 日本顕微鏡学会, 電子顕微鏡大学実行委員長, 2012～2014 年度
- ・ AIPEA (国際粘土連合) Nomenclature Committee 日本代表 2012～2018 年度

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 小暮敏博 プレスリリース 福島土壌中の放射性微粒子の特定と微粒子中の放射能分布の解明ー土壌中でセシウムを固定している物質の正体ー 2014 年 12 月 12 日
- ・ 小暮敏博 プレスリリース 福島第一原発原子炉から地上に降り注いだ放射性微粒子の正体を解明 2016 年 2 月 3 日
- ・ 小暮敏博 プレスリリース 福島の放射能汚染を模した実験によりセシウムを強く吸着する鉱物を特定 2016 年 2 月 12 日
- ・ 小暮敏博 プレスリリース 福島原発事故において原子炉から飛散した放射性微粒子は加熱による放射性セシウムが脱離することを発見 2018 年 6 月 26 日
- ・ 小暮敏博 プレスリリース 福島原発事故によって飛散した放射性微粒子の溶解挙動を解明 2019 年 3 月 5 日
- ・ 小暮敏博 電子顕微鏡で見る粘土鉱物の世界 東京新宿ロータリークラブ卓話 2013 年 2 月 15 日
- ・ 小暮敏博 電子顕微鏡で見るミクロな鉱物 東京大学オープンキャンパス 2014 年 8 月 6 日

- ・ 小暮敏博 電子後方散乱回折 -SEM の中で結晶学的情報を得る- 第 25 回電子顕微鏡大学 2015 年 6 月 12 日
- ・ 小暮敏博 福島の放射性微粒子の正体は何か 第 12 回放射能の農畜水産物等への影響についての研究報告会 2016 年 3 月 26 日
- ・ 小暮敏博 粘土鉱物材料の種類と特徴 技術情報協会セミナー 2016 年 6 月 22 日
- ・ 小暮敏博 電子後方散乱回折 -SEM の中で結晶学的情報を得る- 第 26 回電子顕微鏡大学 2016 年 7 月 7 日
- ・ 小暮敏博 電子顕微鏡で見る鉱物の世界 東京大学オープンキャンパス 2016 年 8 月 4 日
- ・ 小暮敏博 生物による鉱物形成-バイオミネラリゼーションの特徴 大分県石灰協会講演会 2017 年 2 月 28 日
- ・ 小暮敏博 電子後方散乱回折 -SEM の中で結晶学的情報を得る- 第 27 回電子顕微鏡大学 2017 年 7 月 7 日
- ・ 小暮敏博 電子後方散乱回折 -SEM の中で結晶学的情報を得る- 第 28 回電子顕微鏡大学 2018 年 6 月 4 日
- ・ 小暮敏博 国立研究開発法人物質・材料研究機構 リサーチアドバイザー 2016 年 10 月～2019 年 10 月

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星科学専攻 教務委員会, 委員長, 2018～2019 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 科学機器委員会, 委員長, 2012～2014 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 技術委員会, 委員長, 2015～2017 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 学科教務委員会, 委員長, 2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数 : 2 名 研究者数 : 0 名

#### (2) 派遣

学生数 : 3 名 研究者数 : 0 名

#### (3) 海外からの来訪者数 10 名

# 後藤 和久

## I. 略歴

氏名： 後藤 和久（ごとう かずひさ）

年齢： 42 歳

現職： 教授

### 学歴

1995 年 3 月 静岡県立掛川西高等学校 卒業  
1999 年 3 月 東北大学理学部地圏環境科学科 卒業  
2001 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻 修士課程修了  
2004 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 博士課程修了  
2004 年 3 月 博士（理学）（東京大学）

### 職歴

2002 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 (DC2)  
2004 年 4 月 東京大学研究拠点形成特任研究員  
2005 年 7 月 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター 助手・助教  
2010 年 4 月 千葉工業大学惑星探査研究センター 上席研究員  
2012 年 9 月 東北大学災害科学国際研究所 准教授  
2019 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地質学、堆積学を専門として、現地調査に基づき地球史上の諸現象の実態解明や津波ハザードに関する研究を行ってきた。6600 万年前の白亜紀末巨大天体衝突に関する研究では、キューバでの現地調査や衝突クレーター内部掘削試料の分析を行い、衝突クレーターへの海水流入・流出に伴い巨大津波が発生したことを実証的に明らかにした。また、世界中の研究者と共同で白亜紀末の大量絶滅に関する研究を総括し、巨大天体衝突に伴う各種の環境変動により大量絶滅が引き起こされたことを確認した。一方、近年の巨大津波による堆積現象の記載を、タイとスリランカで 2004 年インド洋大津波について、東北地方太平洋岸で 2011 年東北沖津波を対象に実施し、津波堆積現象の実態解明を行った。同時に、日本沿岸各地、太平洋・インド洋諸国などを対象として古津波研究を実施し、数値計算や水路実験を組み合わせることで過去の津波の規模や発生間隔を推定する研究を行った。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Yanagisawa, H., Goto, K., Sugawara, D., Kanamaru, K., Iwamoto, N., Takamori, Y., 2016, Tsunami earthquake can occur elsewhere along the Japan Trench -Historical and geological evidence for the 1677 earthquake and tsunami-. Journal of Geophysical Research-Solid Earth,

121, 3504-3516. (被引用回数 3 回 (Web of Science/September. 19, 2019))

千葉県銚子市の標高の高い池で古津波調査を行い、1677 年延宝房総沖津波により形成された堆積物を認定した。さらに数値計算の結果、1896 年明治三陸津波に匹敵する規模であることを明らかにし、日本海溝全域で津波地震が発生しうることを明らかにした。本成果は我が国の津波リスク評価に極めて重要であり、2019 年に発表された地震調査研究推進本部の「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」において引用され、国の評価に活用されている。

2. Morgan, J., Gulick, S., Bralower, T., Chenot, E., Christeson, G., Claeys, P., Cockell, C., Collins, G. S., Coolen, M. J. L., Ferriere, L., Gebhardt, C., Goto, K., Jones, H., Kring, D. A., Le Ber, E., Lofi, J., Long, X., Lowery, C., Mellett, C., Ocampo-Torres, E., Osinski, G. R., Perez-Cruz, L., Pickersgill, A., Polchau, M., Rae, A., Rasmussen, C., Rebolledo-Vieyra, M., Riller, U., Sato, H., Schmitt, D. R., Smit, J., Tikoo, S., Tomioka, N., Urrutia-Fucugauchi, J., Whalen, M., Wittmann, A., Yamaguchi, K., Zylberman, W., 2016, The formation of peak rings in large impact craters. *Science*, 354, 878-882. (被引用回数 57 回 (Web of Science/September. 10, 2019))

IODP 第 364 次研究航海により行われたチチュルブクレーター内部掘削試料を解析し、衝突堆積物や基盤岩(花崗岩)の分析を行った。さらに、数値計算により衝突クレーター形成過程についての検討を行い、ピークリングと呼ばれる巨大衝突クレーターに特徴的な構造の形成要因を明らかにした。この成果は多くのメディアで取り上げられた。

3. Goto, K., Miyagi, K., Imamura, F., 2013, Localized tsunamigenic earthquakes inferred from preferential distribution of coastal boulders on Ryukyu Islands, Japan. *Geology*, 41, 1139-1142. (被引用回数 19 回 (Web of Science/September. 10, 2019))

琉球列島での巨礫調査の集大成として、奄美諸島から先島諸島までの広範囲の調査結果に基づき、津波と台風の高波起源の巨礫の識別を行った。この結果から、津波石は先島諸島(琉球列島南部)の限られた地域にしか存在しないことを明らかにし、琉球列島の巨大津波発生履歴には地域的偏りが認められることを明らかにした。

4. Goto, K., Chague-Goff, C., Fujino, S., Goff, J., Jaffe, B., Nishimura, Y., Richmond, B., Sugawara, D., Szczucinski, W., Tappin, D. R., Witter, R., Yulianto, E., 2011, New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event. *Marine Geology*, 290, 46-50. (被引用回数 167 回 (Web of Science/September. 10, 2019))

国際共同調査チームを率いて 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による堆積現象の記載を仙台平野で行い、津波堆積物の分布距離が津波遡上距離を大幅に下回る一方、化学的痕跡は浸水限界まで残されることを明らかにした。この研究成果は同誌の Most Cited Publication 2012-2013 (2014)や *Science* 誌のニュース記事でのハイライトなどとして評価された。

5. Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Claeys, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., Koeberl, C., Kring, D. A., MacLeod, K. G., Matsui, T., Melosh, J., Montanari, A., Morgan, J. V., Neal, C. R., Nichols, D. J., Norris, R. D., Pierazzo, E., Ravizza, G., Rebolledo-Vieyra, M., Reimold, W. U., Robin, E., Salge, T., Speijer, R. P., Sweet, A. R., Urrutia-Fucugauchi, J., Vajda, V., Whalen, M. T., Willumsen, P. S., 2010, The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science*, 327, 1214-1218. (被引用回数 527 回 (Web of Science/September. 10, 2019))

白亜紀末の大量絶滅について、30 年の研究史を総括して絶滅要因やプロセスについての考察を行った。その結果、チチュルブ衝突により引き起こされた環境激変のみで大量絶滅は説明できること、火山噴火やチチュルブ衝突は絶滅とは無関係とする説などは根拠が不十分であることを再確認した。この研究成果は、世界中の多数のメディアで注目されると同時に、高被引用文献(Web of Science 調べ)として評価されている。

#### 4. 受賞等

- ・ (日本自然災害学会) 平成 24 年度学術賞 (共同) (2012)
- ・ (Marine Geology) Most Cited Paper Award 2009-2012 (2013)
- ・ (Marine Geology) Most Cited Paper Award 2012-2013 (2014)
- ・ (Coastal Engineering Journal) Citation Award of 2014 (共同) (2015)

#### 5. 研究の将来計画

現地調査を基礎としながらも、各種分析や数値計算を組み合わせた学際的研究を行っていく。中でも古津波研究(津波堆積物研究)は、日本を主たる調査地域として普遍性の高い成果を得て、研究成果を世界に発信しながら、同時に防災にも貢献できる。この点で、古津波研究は国内外での我が国の地球科学の存在感を高める一翼を担っている。今後は、生物学等の理学の諸分野とも積極的に連携し、主として我が国の太平洋岸およびインド洋、太平洋諸国を対象として、(1)津波が陸上や海洋の地質、生物環境に及ぼす影響の検討、(2)数値計算に基づく海溝型巨大地震ハザード評価法の検討、(3)放射性炭素年代の統計的解析手法と広域対比法の開発、(4)化学分析、バイオマーカー、DNA 解析等を用いた堆積環境・堆積時期推定のための古環境解析と津波堆積物認定法の検討、等にも取り組む。また、これまで取り組んできた白亜紀末の巨大天体衝突に伴う津波発生メカニズムの解明は、極大とも言える津波現象の地質学的記載と数値計算に取り組む必要があり、イベントの実態解明に加え、天体衝突および津波堆積現象に関わる新たな知見の蓄積や分析・計算技術の向上に繋がる。そのため、現在実施中の IODP 掘削計画を含め、今後も積極的に取り組む。

#### 6. 競争的資金獲得状況

##### <代表者として取得した科研費(分担金除く直接経費)>

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 平成 29~32 年度, 日本海溝沿い沿岸部での古津波履歴の統合的解明. 8,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 平成 26~28 年度, 波源推定の高精度化に向けた島嶼部での津波堆積物研究. 10,250,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 (A), 平成 23~25 年度, 琉球列島の沿岸巨礫群を用いた過去数千年間の津波・高波規模の定量評価. 3,900,000 円

##### <分担者として参画している科研費>

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 30~32 年度, 高次元データ駆動解析による歴史津波堆積物の高精度判別
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 平成 30~32 年度, 地磁気による津波性巨礫・断層破碎帯の活動年代法の実用化
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 29~33 年度, 巨大津波後の長期的地形変化を考慮した沿岸防災機能強化
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (S), 平成 28~32 年度, 浅海底地形学を基にした沿岸域の先進的学際研究—三次元海底地形で開くパラダイム—
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 平成 27~29 年度, 亜熱帯・中緯度帯における台風・津波による巨礫分布の歴史的評価
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 平成 27~29 年度, 地磁気を利用した津波性巨礫・

断層破碎帯の運動履歴とその年代決定法の高度化

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 26~28 年度, 学際連携による三陸地方の古地震・古津波の実態解明
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 25~28 年度, マルチビーム測深技術を用いた浅海底地形学の開拓と防災・環境科学への応用
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 平成 25~26 年度, 地磁気を利用した津波性堆積物の定置機構とその年代決定法の確立
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 平成 23~25 年度, ロナクレーター湖底堆積物を用いたインド亜大陸気候変動の解明と火星環境への応用
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 22~24 年度, 沿岸防災基盤としてのサンゴ礁地形とその構造に関する研究
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 平成 22~25 年度, ミレニアム津波ハザードの総合的リスクと被災後の回復過程の評価

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Goto, K., Hongo, C., Watanabe, M., Miyazawa, K., Hisamatsu, A., 2019, Large tsunamis reset growth of massive corals. *Progress in Earth and Planetary Science* 6, 14.
2. Yokoyama, Y., Hirabayashi, S., Goto, K., Okuno, J., Sproson, A., Haraguchi, T., Ratnayake, N., Miyairi, Y., 2019, Holocene Indian Ocean Sea level, Antarctic melting history and Past Tsunami deposits inferred using sea level reconstructions from the Sri Lankan, Southeastern Indian and Maldivian coasts. *Quaternary Science Reviews*, 206, 150-161.
3. Komatsu, G., Ormo, J., Bayaraa, T., Arai, T., Nagao, K., Hidaka, Y., Shirai, N., Ebihara, M., Alwmark, C., Gereltsetseg, L., Tserendug, S., Goto, K., Matsui, T., Demberel, S., 2019, Further evidence for an impact origin of the Tsenkher structure in the Gobi-Altai, Mongolia: geology of a 3.7 km crater with a well-preserved ejecta blanket. *Geological Magazine*, 156, 1-24.
4. Riller, U., Poelchau, M. H., Rae, A. P., Schulte, F. M., Collins, G. S., Melosh, H. J., Grieve, R. A., Morgan, J., Gulick, S., Lofi, J., Diaw, A., McCall, N., Kring, D., the IODP-ICDP Expedition 364 Science Party (including Goto, K.), 2018, Rock fluidization during peak-ring formation of large impact structures. *Nature*, 562, 511-518.
5. Goff, J., Goto, K., Chagué, C., Watanabe, M., Gadd, P. S., King, D. N., 2018, New Zealand's most easterly palaeotsunami deposit confirms evidence for major trans-Pacific event. *Marine Geology*, 404, 158-173.
6. Chang, Y., Goto, K., Sekine, Y., Tajika, E., 2018, Depositional processes of impactites from the YAX-1 drill core in the Chicxulub impact structure inferred from vertical profiles of PDF orientations and grain size distributions of shocked quartz. *Meteoritics & Planetary Science*, 53(7), 1323-1340.
7. Lowery, C. M., Bralower, T. J., Owens, J. D., Rodriguez-Tovar, F. J., Jones, H., Smit, J., Whalen, M. T., Claeys, P., Farley, K., Gulick, S. P. S., Morgan, J. V., Green, S., Chenot, E., Christeson, G. L., Cockell, C. S., Coolen, M. J. L., Ferriere, L., Gebhardt, C., Goto, K., Kring, D. A., Lofi, J., Ocampo-Torres, R., Perez-Cruz, L., Pickersgill, A. E., Poelchau, M., Rae, A. S. P., Rasmussen, C., Rebolledo-Vieyra, M., Riller, U., Sato, H., Tikoo, S. M., Tomioka, N., Urrutia-Fucugauchi, J., Vellekoop, J., Wittmann, A., Xiao, L., Yamaguchi, K. E., Zylberman, W., 2018, Rapid recovery of life at ground zero of the end Cretaceous mass extinction. *Nature*, 558, 288-291.
8. Christeson, G.L., Gulick, S.P.S., Morgan, J.V., Gebhardt, C., Kring, D.A., Le Ber, E., Lofi, J., Nixon, C., Poelchau, M., Rae, A.S.P., Rebolledo-Vieyra, M., Riller, U., Schmitt, D.R., Wittmann,

- A., Bralower, T.J., Chenot, E., Claeys, P., Cockell, C.S., Coolen, M.J.L., Ferriere, L., Green, S., Goto, K., Jones, H., Lowery, C.M., Mellett, C., Ocampo-Torres, R., Perez-Cruz, L., Pickersgill, A.E., Rasmussen, C., Sato, H., Smit, J., Tikoo, S.M., Tomioka, N., Urrutia-Fucugauchi, J., Whalen, M.T., Xiao, L., Yamaguchi, K.E., 2018, Extraordinary rocks from the peak ring of the Chicxulub impact crater: P-wave velocity, density, and porosity measurements from IODP/ICDP Expedition 364. *Earth and Planetary Science Letters*, 495, 1-11.
9. Takeda, H., Goto, K., Goff, J., Matsumoto, H., Sugawara, D., 2018, Could tsunami risk be underestimated using core-based reconstructions? Lessons from ground penetrating radar. *Earth Surface Processes and Landforms*, 43, 808-816.
  10. Koiwa, N., Takahashi, M., Sugisawa, S., Ito, A., Matsumoto, H., Tanavud, C., Goto, K., 2018, Barrier spit recovery following the 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, southwestern Thailand. *Geomorphology*, 306, 314-324.
  11. Watanabe, M., Goto, K., Bricker, J. D., Imamura, F., 2018, Are inundation limit and maximum extent of sand useful for differentiating tsunamis and storms? An example from sediment transport simulations on the Sendai Plain, Japan. *Sedimentary Geology*, 364, 204-216.
  12. Chagué, C., Sugawara, D., Goto, K., Goff, J., Dudley, W., Gadd, P., 2018, Geological evidence and sediment transport modelling for the 1946 and 1960 tsunamis in Shinmachi, Hilo, Hawaii. *Sedimentary Geology*, 364, 319-333.
  13. Ishizawa, T., Goto, K., Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Sawada, C., Takada, K., 2018, Reducing the age range of tsunami deposits by <sup>14</sup>C dating of rip-up clasts. *Sedimentary Geology*, 364, 334-341.
  14. Chagué-Goff, C., Goto, K., Sugawara, D., Nishimura, Y., Komai, T., 2018, Restoration measures after the 2011 Tohoku-oki tsunami and their impact on tsunami research. In: Santiago-Fandino, V., Sato, S., Maki, N., Iuchi, K. (eds.), *The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration*, 47, 229-247, Springer.
  15. Lofi, J., Smith, D., Delahunty, C., Le Ber, E., Brun, L., Henry, G., Paris, J., Tikko, S., Zylberman, W., Pezard, P. A., Celerier, B., Schmitt, D. R., Nixon, C., and the Expedition 364 Scientists (including Goto, K.), 2018, Drilling-induced and logging-related features illustrated from IODP-ICDP Expedition 364 downhole logs and borehole imaging tools. *Scientific Drilling*, 24 1-13.
  16. 吉河秀郎, 菅原大助, 後藤和久, 佐藤晃, 金松敏也, 阪口秀, 2018, 仙台湾南部における 3.11 津波に伴う沖向き土砂移動の数値シミュレーションによる検証. *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 74, I\_337-I\_342.
  17. Inoue, T., Goto, K., Nishimura, Y., Watanabe, M., Iijima, Y., Sugawara, D., 2017, Paleotsunami history along the northern Japan Trench: evidence from Noda Village, northern Sanriku coast, Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 4, 42. DOI 10.1186/s40645-017-0158-1
  18. Artemieva, N., Morgan, J. and Expedition 364 Science Party (including Goto, K.), 2017, Quantifying the release of climate-active gases by large meteorite impacts with a case study of Chicxulub. *Geophysical Research Letters*, 44, 10180-10188.
  19. Yanagisawa, H., Goto, K., 2017, Source model of the 1703 Genroku Kanto earthquake tsunami based on historical documents and numerical simulations: modeling of an offshore fault along the Sagami Trough. *Earth, Planets and Space*, 69, 136. Doi: 10.1186/s40623-017-0713-4
  20. Ishizawa, T., Goto, K., Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Sawada, C., Nishimura, Y., Sugawara, D., 2017. Sequential radiocarbon measurement of bulk peat for high-precision dating of tsunami deposits. *Quaternary Geochronology*, 41, 202-210.
  21. Watanabe, M., Bricker, J. D., Goto, K., Imamura, F., 2017, Factors responsible for the limited inland extent of sand deposits on Leyte Island during 2013 Typhoon Haiyan. *Journal of Geophysical Research -Oceans*, 122, 2795-2812.
  22. Kon, S., Nakamura, N., Nishimura, Y., Goto, K., Sugawara, D., 2017, Inverse magnetic fabric in unconsolidated sandy event deposits in Kiritappu Marsh, Hokkaido, Japan. *Sedimentary Geology*,



- 349, 112-119.
23. 吉河秀郎, 後藤和久, 菅原大助, 金松敏也, 阪口秀, 2017, 仙台平野南部沖における津波による沿岸侵食と沖向き土砂移動. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 73, I\_823-I\_828.
  24. Morgan, J., Gulick, S., Bralower, T., Chenot, E., Christeson, G., Claeys, P., Cockell, C., Collins, G. S., Coolen, M. J. L., Ferriere, L., Gebhardt, C., Goto, K., Jones, H., Kring, D. A., Le Ber, E., Lofi, J., Long, X., Lowery, C., Mellett, C., Ocampo-Torres, E., Osinski, G. R., Perez-Cruz, L., Pickersgill, A., Polchau, M., Rae, A., Rasmussen, C., Rebolledo-Vieyra, M., Riller, U., Sato, H., Schmitt, D. R., Smit, J., Tikoo, S., Tomioka, N., Urrutia-Fucugauchi, J., Whalen, M., Wittmann, A., Yamaguchi, K., Zylberman, W., 2016, The formation of peak rings in large impact craters. *Science*, 354, 878-882.
  25. Watanabe, M., Goto, K., Imamura, F., Hongo, C., 2016, Numerical identification of tsunami boulders and estimation of local tsunami size at Ibaruma reef of Ishigaki Island, Japan. *Island Arc*, 25, 316-332.
  26. Goff, J., McFadgen, B., Chagué-Goff, C., Goto, K., Nichol, S., 2016, Putting a spin on palaeotsunami deposits. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 1293-1296.
  27. Yanagisawa, H., Goto, K., Sugawara, D., Kanamaru, K., Iwamoto, N., Takamori, Y., 2016, Tsunami earthquake can occur elsewhere along the Japan Trench -Historical and geological evidence for the 1677 earthquake and tsunami-. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 121, 3504-3516.
  28. Suppasri, A., Goto, K., Muhari, A., Ranasinghe, P., Riyaz, M., Affan, M., Mas, E., Yasuda, M., Imamura, F., 2015, A decade after the 2004 Indian Ocean tsunami: The progress in disaster preparedness and future challenges in Indonesia, Sri Lanka, Thailand and the Maldives. *Pure and Applied Geophysics*, 172, 3313-3341.
  29. Shinozaki, T., Goto, K., Fujino, S., Sugawara, D., Chiba, T., 2015, Erosion of a paleo-tsunami record by the 2011 Tohoku-oki tsunami along the southern Sendai Plain. *Marine Geology*, 369, 127-136.
  30. Yoshikawa, S., Kanamatsu, T., Goto, K., Sakamoto, I., Yagi, M., Fujimaki, M., Imura, R., Nemoto, K., Sakaguchi, H., 2015, Evidence for erosion and deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami on the nearshore shelf of Sendai Bay, Japan. *Geo-Marine Letters*, 35, 315-328.
  31. Hayakawa, Y. S., Oguchi, T., Saito, H., Kobayashi, A., Baker, V. R., Pelletier, J. D., McGuire, L. A., Komatsu, G., Goto, K., 2015, Geomorphic imprints of repeated tsunami waves in a coastal valley in northeastern Japan. *Geomorphology*, 242, 3-10.
  32. Shinozaki, T., Fujino, S., Ikehara, M., Sawai, Y., Tamura, T., Goto, K., Sugawara, D., Abe, T., 2015, Marine biomarkers deposited on coastal land by the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Natural Hazards*, 77, 445-460.
  33. Kan, H., Urata, K., Nagao, M., Hori, N., Fujita, K., Yokoyama, Y., Nakashima, Y., Ohashi, T., Goto, K., Suzuki, A., 2015, Submerged karst landforms observed by multibeam bathymetric survey in Nagura Bay, Ishigaki Island, southwestern Japan. *Geomorphology*, 229, 112-124.
  34. 早川裕式, 小口高, 齋藤仁, 小林明才, 小松吾郎, 後藤和久, 2015, 三陸海岸における津波による侵食地形の特徴—地上レーザ測量による解析—. *地学雑誌*, 124, 241-258.
  35. Hisamatsu, A., Goto, K., Imamura, F., 2014, Local paleo-tsunami size evaluation using numerical modeling for boulder transport at Ishigaki Island, Japan. *Episodes*, 37, 265-276
  36. Nakamura, A., Yokoyama, Y., Sekine, Y., Goto, K., Komatsu, G., Kumar, S., Matsuzaki, H., Kaneoka, I., Matsui, T., 2014, Formation and geomorphologic history of the Lonar impact crater deduced from in situ cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$ . *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 3190-3197.
  37. Schneider, J. L., Chagué-Goff, C., Bouchez, J. L., Goff, J., Sugawara, D., Goto, K., Jaffé, B., Richmond, B., 2014, Using magnetic fabric to reconstruct the dynamics of tsunami deposition on the Sendai Plain, Japan - the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Marine Geology*, 358, 89-106.

38. Yamada, M., Fujino, S., Goto, K., 2014, Deposition of sediments of diverse sizes by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Miyako City, Japan. *Marine Geology*, 358, 67-78.
39. Goff, J., Terry, J. P., Chagué-Goff, C., Goto, K., 2014, What is a mega-tsunami? *Marine Geology*, 358, 12-17.
40. Goto, K., Hashimoto, K., Sugawara, D., Yanagisawa, H., Abe, T., 2014, Spatial thickness variability of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits along the coastline of Sendai Bay. *Marine Geology*, 358, 38-48.
41. Sato, T., Nakamura, N., Goto, K., Kumagai, Y., Nagahama, H., Minoura, K., 2014, Paleomagnetism reveals the emplacement age of tsunamigenic coral boulders on Ishigaki Island, Japan. *Geology*, 42, 603-606.
42. Iijima, Y., Goto, K., Minoura, K., Komatsu, G., Imamura, F., 2014, Hydrodynamics of impact-induced tsunami over the Martian ocean. *Planetary and Space Science*, 95, 33-44.
43. Komatsu, G., Kumar, P. S., Goto, K., Sekine, Y., Giri, C., Matsui, T., 2014, Drainage systems of Lonar Crater, India: Contributions to Lonar Lake hydrology and crater degradation. *Planetary and Space Science*, 95, 45-55.
44. Chagué-Goff, C., Wong, H.K.Y., Sugawara, D., Goff, J., Nishimura, Y., Beer, J., Szczuciński, W., Goto, K., 2014, Impact of tsunami inundation on soil salinisation: up to one year after the 2011 Tohoku-oki tsunami. In: Kontar, Y., Santiago-Fandino, V., Takahashi, T. (eds.), *Tsunami Events and Lessons Learned: Environmental and Societal Significance*, 35, 193-214, Springer.
45. Goto, K., Okada, K., Imamura, F., 2014, Estimating the 2004 Indian Ocean tsunami wave height and period from boulders' distribution at Pakarang Cape, Thailand. In: Kontar, Y., Santiago-Fandino, V., Takahashi, T. (eds.), *Tsunami Events and Lessons Learned: Environmental and Societal Significance*, 35, 215-223, Springer.
46. Komatsu, G., Goto, K., Baker, V. R., Oguchi, T., Hayakawa, Y. S., Saito, H., Pelletier, J. D., McGuire, L., Iijima, Y., 2014, Effects of tsunami wave erosion on natural landscapes: Examples from the 2011 Tohoku-oki tsunami. In: Kontar, Y., Santiago-Fandino, V., Takahashi, T. (eds.), *Tsunami Events and Lessons Learned: Environmental and Societal Significance*, 35, 243-253, Springer.
47. Goto, K., Miyagi, K., Imamura, F., 2013, Localized tsunamigenic earthquakes inferred from preferential distribution of coastal boulders on Ryukyu Islands, Japan. *Geology*, 41, 1139-1142.
48. Goto, K. T., Sekine, Y., Suzuki, K., Tajika, E., Senda, R., Nozaki, T., Tada, R., Goto, K., Yamamoto, S., Maruoka, T., Ohkouchi, N., Ogawa, N. O., 2013, Redox conditions in the atmosphere and shallow marine environments during the first Huronian deglaciation: insights from Os isotopes and redox-sensitive elements. *Earth and Planetary Science Letters*, 376, 145-154.
49. Ranasinghe, D. P., Goto, K., Takahashi, T., Takahashi, J., Wijetunge, J. J., Nishihata, T., Imamura, F., 2013, Numerical assessment of bathymetric changes caused by the 2004 Indian Ocean tsunami at Kirinda Fishery Harbor, Sri Lanka. *Coastal Engineering*, 81, 67-81.
50. Araoka, D., Yokoyama, Y., Suzuki, A., Goto, K., Miyagi, K., Miyazawa, K., Matsuzaki, H., Kawahata, H., 2013, Tsunami recurrence revealed by Porites coral boulders in the southern Ryukyu Islands, Japan. *Geology*, 41, 919-922.
51. Haraguchi, T., Goto, K., Sato, M., Yoshinaga, Y., Yamaguchi, N., Takahashi, T., 2013, Large bedform generated by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Kesenuma Bay, Japan. *Marine Geology*, 335, 200-205.
52. Sugawara, D., Imamura, F., Goto, K., Matsumoto, H., Minoura, K., 2013, The 2011 Tohoku-oki Earthquake Tsunami: Similarities and differences to the 869 Jogan Tsunami on the Sendai Plain. *Pure and Applied Geophysics*, 170, 831-843.
53. 後藤和久, 飯嶋耕崇, 和田浩二, 今村文彦, 常昱, 2013, 海洋への隕石落下に伴う津波リスク評価. *遊星人*, 22, 207-213.

54. Goto, K., Fujima, K., Sugawara, D., Fujino, S., Imai, K., Tsudaka, R., Abe, T., Haraguchi, T., 2012, Field measurements and numerical modeling for the run-up heights and inundation distances of the 2011 Tohoku-oki tsunami at Sendai Plain, Japan. *Earth, Planets and Space*, 64, 1247-1257.
55. Tappin, D.R., Evans, H. M., Jordan, C. J., Richmond B., Sugawara, D., Goto, K. 2012, Coastal changes in the Sendai area from the impact of the 2011 Tohoku-oki tsunami: Interpretations of time series satellite images, helicopter-borne video footage and field observations. *Sedimentary Geology*, 282, 151-174.
56. Jaffe, B., Goto, K., Sugawara, D., Richmond, B., Fujino, S., Nishimura, Y., 2012, Flow speed estimated by inverse modeling of sandy tsunami deposits: results from the 11 March 2011 tsunami on the coastal plain near the Sendai Airport, Honshu, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 90-109.
57. Richmond, B., Szczuciński, W., Chagué-Goff, C., Goto, K., Sugawara, D., Witter, R., Tappin, D.R., Jaffe, B., Fujino, S., Nishimura, Y., Goff, J., 2012, Erosion, deposition and landscape change on the Sendai coastal plain, Japan, resulting from the March 11, 2011 Tohoku-oki tsunami. *Sedimentary Geology*, 282, 27-39.
58. Sugawara, D., Goto, K., 2012, Numerical modelling of the 2011 Tohoku-oki tsunami in the offshore and onshore of Sendai Plain, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 110-123.
59. Sugawara, D., Goto, K., Imamura, F., Matsumoto, H., Minoura, K., 2012, Assessing the magnitude of the 869 Jogan tsunami using sedimentary deposits: Prediction and consequence of the 2011 Tohoku-oki tsunami. *Sedimentary Geology*, 282, 14-26.
60. Szczuciński, W., Kokociński, M., Rzeszewski, M., Chagué-Goff, C., Cachão, M., Goto, K., Sugawara, D., 2012, Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Sendai Plain, Japan - Insights from diatoms, nannoliths and grain size distribution. *Sedimentary Geology*, 282, 40-56.
61. Abe, T., Goto, K., Sugawara, D., 2012, Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 142-150.
62. Goto, K., Sugawara, D., Ikema, S., Miyagi, T., 2012, Sedimentary processes associated with sand and boulder deposits formed by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Sabusawa Island, Japan. *Sedimentary Geology*, 282, 188-198.
63. Goto, K., Takahashi, J., Fujino, S., 2012, Variations in the 2004 Indian Ocean tsunami deposits thickness and their preservation potential, southwestern Thailand. *Earth, Planets and Space*, 64, 923-930.
64. Goto, K., Sugawara, D., Abe, T., Haraguchi, T., Fujino, S., 2012, Liquefaction as an important source of the A.D. 2011 Tohoku-oki tsunami deposits at Sendai Plain, Japan. *Geology*, 40, 887-890.
65. Hongo, C., Kawamata, H., Goto, K., 2012, Catastrophic impact of typhoon waves on coral communities in the Ryukyu Islands under global warming. *Journal of Geophysical Research-Biogeoscience*, 117, G02029.

## (2) 査読無し原著論文

1. 後藤和久, 菅原大助, 西村裕一, 藤野滋弘, 小松原純子, 澤井祐紀, 高清水康博, 2017, 津波堆積物の認定手順, 津波工学研究報告, 33, 45-54.
2. 今村文彦, 後藤和久, 保田真理, 庄司和弘, 塚原武士, 2013, スリランカ共和国での津波復興・リスク評価と地域防災活動の支援. 津波工学研究報告, 30, 87-91.
3. チリ中部地震津波合同調査グループ, 2012, 2010年チリ中部地震津波に関する日本での現地調査の報告. 津波工学研究報告, 29, 37-56.
4. 後藤和久, 島袋永夫, 島袋綾野, 正木讓, 宮城邦昌, 宮澤啓太郎, 2012, 再考・1771年

明和大津波の遡上高□-85m 遡上説の矛盾と問題点- . 津波工学研究報告, 29, 121-127.

5. 後藤和久, 宮澤啓太郎, 安谷屋昭, 垣花昇一, 久貝弥嗣, 島袋綾野, 島袋永夫, 正木譲, 松島昭司, 宮城邦昌, 2012, 再考・1771年明和大津波の遡上高□-先島諸島全域-. 津波工学研究報告, 29, 129-146.

### (3) 総説・解説

1. Lowery, C., Morgan, J. V., Gulick, S. P. S., Bralower, T., Christeson, G. L., the Expedition 364 Scientists (including Goto, K.). 2019, Ocean drilling perspectives on meteorite impacts. *Oceanography*, 32, 120-134.
2. Wallis, S., Fujiwara, O., Goto, K., 2018, Geological studies in tsunami research since the 2011 Tohoku earthquake. In: Scourse, E. M., Chapman, N. A., Tappin, D. R., Wallis, S. R. (eds.), *Tsunamis: Geology, Hazards and Risks*, Geological Society, London, Special Publications, 456, 39-53.
3. Kring, A. D., Claeys, P., Gulick, S. P. S., Morgan, J. V., Collins, G. S., and the IODP-ICDP Expedition 364 Science Party (including Goto, K.). 2017, Chicxulub and the Exploration of Large Peak-Ring Impact Craters through Scientific Drilling. *GSA Today*, 27, 4-8.
4. Goto, K., 2017, Tsunamis. In: Bobrowsky P., Marker B. (eds.) *Encyclopedia of Engineering Geology*, Springer, doi.org/10.1007/978-3-319-12127-7\_286-1
5. 後藤和久, 2017, 琉球海溝沿いの古津波堆積物研究, *地質学雑誌*, 123, 843-855.
6. Goff, J., Ebina, Y., Goto, K., Terry, J., 2016, Defining tsunamis: Yoda strikes back? *Earth-Science Reviews*, 159, 271-274.
7. Goto, K., Imamura, F., Koshimura, S., Yanagisawa, H., 2016, Observations and modeling of environmental and human damage caused by the 2004 Indian Ocean tsunami. In: Chavez, M., Ghil, M., Urrutia-Fucugauchi, J. (eds.), *Extreme Events: Observations, Modeling, and Economics*, Geophysical Monograph 214, 137-152.
8. Jaffe, B., Goto, K., Sugawara, D., Gelfenbaum, G., Selle, S.P., 2016, Uncertainty in tsunami sediment transport modeling. *Journal of Disaster Science*, 11, 647-661.
9. Sugawara, D., Goto, K., Jaffe, B., 2014, Numerical models of tsunami sediment transport - Current understanding and future directions. *Marine Geology*, 352, 295-320.
10. Goto, K., Ikehara, K., Goff, J., Chagué-Goff, C., Jaffe, B., 2014, The 2011 Tohoku-oki tsunami - 3 years on. *Marine Geology*, 358, 2-11.
11. Goto, K., Fujino, S., Sugawara, D., Nishimura, Y., 2014, The current situation of tsunami geology under new policies for disaster countermeasures in Japan. *Episodes*, 37, 258-264.
12. Goto, K., Chagué-Goff, C., Goff, J., Jaffe, B., 2012, The future of tsunami research following the 2011 Tohoku-oki event. *Sedimentary Geology*, 282, 1-13.
13. 並木則行, 小松吾郎, 臼井寛裕, 杉田精司, 宮本英昭, 久保田孝, 石上玄也, 出村裕英, 岡田達明, 三浦弥生, 長勇一郎, 後藤和久, 千秋博紀, 和田浩二, 石橋高, 荒井朋子, 小林正規, 大野宗祐, 火星ローバー検討グループ. 2012, ローターによる火星地質調査計画. *地質学雑誌*, 118, 606-617.
14. 後藤和久, 小松吾郎, 2012, 火星の海・湖・アウトフローチャネルの比較惑星地質学. *地質学雑誌*, 118, 618-631.
15. 後藤和久, 箕浦幸治, 2012, 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方. *堆積学研究*, 71, 105-117.
16. 後藤和久, 2012, 津波石研究の課題と展望□-2009年以降の研究を中心に津波石研究の意義を再考する-. *堆積学研究*, 71, 129-139.

(4) 著書

1. 後藤和久, 2014, 巨大津波 地層からの警告. 日経プレミアシリーズ 230, 日本経済新聞出版社, 204p.
2. 後藤和久, 小松吾郎, 2012, Google Earth で行く火星旅行. 岩波科学ライブラリー196巻. 岩波書店. 120p.

(5) その他著作物

1. 佐藤峰南, 後藤和久, 山口耕生, 富岡尚敬, 2019, 巨大衝突クレーターの掘削—恐竜絶滅の謎に挑む. 科学, 89, 174-179.
2. 高清水康博, 後藤和久, 菅原大助, 藤原治, 川上源太郎, 2017, 日本各地の多様な津波堆積物. 地質学雑誌, 123, III-IV. <口絵>
3. 高清水康博, 後藤和久, 2017, 創立 125 周年記念特集: 日本の古津波. 地質学雑誌, 123, 779. <巻頭言>
4. Fujino, S., Goto, K., Tappin, D., Fujiwara, O., 2016, Geological records of storms, tsunamis and other extreme events. *Island Arc*, 25, 303-304. <Preface>
5. 高田圭太, 宍倉正展, 今井健太郎, 蝦名裕一, 後藤和久, 越谷信, 山本秀和, 五十嵐厚夫, 市原季彦, 木下博久, 池田哲哉, 岩手県県土整備部河川課, 2016, 岩手県沿岸における津波堆積物の分布とその年代. 活断層・古地震研究報告, 16, 1-52.
6. 石澤堯史, 渡部真史, 後藤和久, 池原 研, Simon Wallis, 井龍康文, 2016, 英国・シェトランド諸島における古津波痕跡. 地質学雑誌, 122(3), I-II <口絵>
7. 案内書作成ワーキンググループ, 2014, 仙台平野巡検ガイドブック (日本語, 英語版). 東北大学災害科学国際研究所 (編). 24pp.
8. Goto, K., Chagué-Goff, C., Goff, J., Ikehara, K., Jaffe, B., 2014, Preface for Special Issue of *Marine Geology: In the wake of the 2011 Tohoku-oki tsunami - Three years on*. *Marine Geology*, 358, 1 <Preface>
9. Komatsu, G., Goto, K., Tanaka, K. L., 2014, Planetary Geology Field Symposium, Kitakyushu, Japan, 2011: planetary geology and terrestrial analogs. *Planetary and Space Science*, 95, 1-4. <Preface>
10. 後藤和久, 2014, 大量絶滅の引き金になった食物連鎖の崩壊. 日本生態学会誌, 64, 39-46. <特集>
11. 本郷宙軌, 後藤和久, 岡田浩二, 八木田康信, 2013, 浅海域地形測量のための音響測深システムの評価: サンゴ礁における簡易高速測量の実施例. 第四紀研究, 52, 43-48. <短報>
12. Goto, K., Tanioka, Y., Nishimura, Y., Imamura, F., Koshimura, S., Mastronuzzi, G., 2012, Preface. *Earth Planets Space*, 64, 785. <Preface>
13. 小松原純子, 後藤和久, 2012, 日本堆積学会津波堆積物ワークショップ (2012 年 5 月 18-19) 報告—総合討論の概要とまとめ—. 堆積学研究, 71, 167-169.
14. 後藤和久, 小松吾郎, 齋藤仁, 2012, GIS を用いた火星画像・地形データの解析法. 地質学雑誌, 118, 683-688. <ノート>
15. 後藤和久, 西村裕一, 菅原大助, 藤野滋弘, 2012, 日本の津波堆積物研究. 地質学雑誌, 118, 431-436. <ノート>
16. 後藤和久, 小松吾郎, 2012, 露頭が見えてきた火星の地質学. 地質学雑誌, 118, VII-VIII. <口絵>

17. 高野修, 後藤和久, 小松原純子, 2012, 日本堆積学会 2011 年長崎大会堆積学トークトーク「災害と堆積学: 堆積学のできること・すべきこと」報告. 堆積学研究, 71, 157-160.
18. 松井孝典, 小松吾郎, 後藤和久, 2012, 特集 火星探査計画における地質学者への期待. 地質学雑誌, 118, 595-596. <巻頭言>
19. 後藤和久, 小松吾郎, 2012, 惑星地質学からみた「キュリオシティ」探査-火星研究の新たな展開. 科学, 82, 1316-1322.
20. 後藤和久, 2012, 物証にもとづく想定津波の検討を. 「地震学の今を問う」, 東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会報告, 地震学会, 29-33.
21. 後藤和久, 小松原純子, 2012, 巻頭言: 堆積物記録を用いた古地震・古津波研究の現状と課題. 堆積学研究, 71, 104. <巻頭言>

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Goto, K., Whalen, M., Kring, D. A., Smit, J., Bralower, T. J., Ormö, J., Morgan, J. V., Gulick, S., Expedition 364 scientists, Resurge processes of the upper suevite in the IODP-ICDP Expedition 364 core from the Chicxulub impact crater. IGCP 630 meeting in Japan (2017 June, Sendai).
2. Goto, K., Tsunami damages to the nearshore and onshore environments at Tohoku area. International Symposium on Restoration after Great East Japan Earthquake –Our knowledge on the ecosystem and fisheries–. (2016 March, Tokyo)
3. Goto, K., Japanese tsunami countermeasure before and after the Tohoku tsunami and how geological evidence was incorporated into government policy. Arthur Holmes Meeting 2015, The Geological Society (2015, September, London).
4. Goto, K., The 2011 Tohoku-oki tsunami deposits: simple or complex? 4th International Tsunami Field Symposium (2015, March, Phuket).
5. Goto, K., Nakamura, N., Sato, T., Hisamatsu, A., Multiple paleotsunamis inferred from a single coral boulder. 2013 AGU Fall Meeting (2013 December, San Francisco).
6. Goto, K., The 2011 Tohoku-oki tsunami and paleotsunami deposits at the Pacific coast of Tohoku. 2nd G-EVER International Symposium and the 1st IUGS & SCJ International Workshop on Natural Hazards (2013 October, Sendai)
7. Goto, K., The paleotsunami histories along the Ryukyu Islands inferred from coastal boulders. Paleotsunami workshop in Taiwan (2013 July, Taipei).
8. Goto, K., Tsunami geology and the future tsunami risk assessment in Japan. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) (2013 June, Brisbane)
9. 後藤和久, 須田陽介, 今村文彦, 本郷宙軌, 八木勇治, 再考・喜界島の隆起問題. 地球惑星科学関連学会 2013 年合同大会(2013 年 5 月, 千葉).
10. Goto, K., Geological features of the tsunami -lessons learned from the 2011 Tohoku-oki event-. 地球惑星科学関連学会 2013 年合同大会(2013 年 5 月, 千葉).
11. Goto, K., Tsunami geology: current understanding, future direction, and social relationship after the 2011 Tohoku-oki event. Western Pacific Sedimentology Meeting (2013 May, Yaoyuan, Taiwan).
12. Goto, K., Interdisciplinary approaches to better understand the past tsunamis - Case study of the 1771 Meiwa Tsunami, Japan-. 2012 AGU Fall Meeting (2012 December, San Francisco).
13. Goto, K., Geological and geomorphological features of the 2011 Tohoku-oki tsunami at Sendai Plain, Japan. International Symposium on Emerging Issues after the 2011 Tohoku Earthquake

(2012 November, Tsukuba).

### III. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文指導実績

<2012年度～2018年度に在籍していた東北大学における実績>

- ・ 2015年度 学士2名, 修士1名
- ・ 2016年度 学士2名, 修士1名
- ・ 2017年度 学士2名, 修士1名
- ・ 2018年度 学士2名, 修士2名, 博士1名

##### 担当講義

<2012年度～2018年度に在籍していた東北大学における実績>

- ・ 地球システム科学 (理学部), 東北大学: 分担 (2014～2018年度)
- ・ 地球システム科学 (医・歯・農・薬学部), 東北大学: 分担 (2014～2018年度)
- ・ 地球システム科学 (工学部), 東北大学: 分担 (2014～2018年度)
- ・ 堆積学 (理学部), 東北大学: 分担 (2015～2018年度)
- ・ 応用堆積学 (理学部), 東北大学: 分担 (2017～2018年度)
- ・ 自然災害特論 (理学研究科・リーディング大学院), 東北大学: 分担 (2013, 2015, 2017年度)

### IV. 社会連携・学内外委員業務等

#### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

<学会委員>

- ・ 2017年-, AOGS Publication Committee
- ・ 2017年-, AOGS Regional Advisory Committee
- ・ 2017年, The 5<sup>th</sup> International Tsunami Field Symposium, Scientific Committee
- ・ 2017年-, Secretary General, IUGS Task Group on Geohazards
- ・ 2016年□, 地球惑星科学連合, 広報普及委員会, 委員
- ・ 2016-2018年, AOGS Interdisciplinary Geoscience section, President
- ・ 2015-2016年, 2018年-, AOGS Interdisciplinary Geoscience section, Vice President
- ・ 2014-2016年, 日本地質学会, 理事
- ・ 2014-2016年, 日本堆積学会, 津波ワーキンググループ
- ・ 2012年-, 土木学会東北支部, 津波評価に関する技術検討会, 委員.
- ・ 2012年-, 土木学会, 原子力土木委員会津波評価部会, 委員.
- ・ 2012年-, 地球惑星科学連合, 地球人間圏科学, ボードメンバー.

- ・ 2011年□, 日本堆積学会, 論文賞選考委員会, 委員 (2017□2019年 委員長).
- ・ 2009-2016年, 地球惑星科学連合, 環境・災害対応委員会委員
- ・ 2008-2013年, 日本堆積学会, 行事委員.

#### <ジャーナル編集>

- ・ 2018年-, Earth-Science Reviews (Special issue), Lead Guest Editor
- ・ 2018年-, 地質学雑誌特集号, ゲストエディター
- ・ 2017年, 地質学雑誌特集号 (日本の古津波), ゲストエディター
- ・ 2016年, Island Arc (Special issue), Guest Editor
- ・ 2014年, Marine Geology (Special issue), Lead Guest Editor
- ・ 2014年, Planetary and Space Science (special issue), Guest Editor
- ・ 2012年, 堆積学研究特集号, 主ゲストエディター
- ・ 2012年, 地質学雑誌特集号, ゲストエディター
- ・ 2012年, Sedimentary Geology (Special issue), Guest Editor
- ・ 2012年, Earth, Planets and Space (Special issue), Lead Guest Editor
- ・ 2012年-, Editorial Board "Marine Geology", Elsevier

### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

#### <省庁等での委員>

- ・ 2018年-, 地震予知総合研究振興会, 津波の地質痕跡評価ワーキンググループ, 委員
- ・ 2014-2016年, 岩手県, 津波痕跡アドバイザー.
- ・ 2014年, 宮城県岩沼市 震災遺構の保存及び活用を考える有識者懇談会, 有識者.
- ・ 2013年-, 地震予知総合研究振興会, 南海トラフ~琉球海溝の地震・津波に関する研究会, 委員
- ・ 2013年-, 文部科学省地震調査委員会・津波評価部会, 委員.
- ・ 2012-2014年, 原子力安全基盤機構 津波堆積物調査・評価分科会, 委員.
- ・ 2011年-, 静岡県防災・原子力学会議, 津波対策分科会, 委員.

### 12. 学内行政業務

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数: 0名 研究者数: 0名

#### (2) 派遣

学生数: 0名 研究者数: 0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名



# 高橋 嘉夫

## I. 略歴

氏名： 高橋 嘉夫 (たかはし よしお)

年齢： 51 歳

現職： 教授

### 学歴

1987 年 3 月 茨城県立土浦第一高等学校卒業  
1988 年 4 月 東京大学 教養学部 理科 I 類入学  
1992 年 3 月 東京大学 理学部 化学科卒業  
1994 年 3 月 東京大学 大学院理学系研究科 化学専攻 修士課程修了  
1997 年 3 月 東京大学 大学院理学系研究科 化学専攻 博士課程修了  
1997 年 3 月 博士 (理学) (東京大学)

### 職歴

1997 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 (PD)  
1998 年 4 月 広島大学 理学部 地球惑星システム学科 助手  
2000 年 4 月 広島大学 大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻 助手(改組配置換)  
2000 年 12 月 広島大学 大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻 助教授  
2007 年 4 月 広島大学 大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻 准教授(名称変更)  
2009 年 4 月 広島大学 大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻 教授  
2014 年 6 月 東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻 教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

様々な地球科学試料が示す元素の濃度および同位体比は、太陽系や地球の進化、グローバルな元素サイクル、気候変動、資源の形成、有害物質の挙動などの様々な現象を解明する強力なツールとなり、地球惑星科学における地球化学の有用性は益々高まっている。しかし、こうした状況においても、天然における元素の濃度や同位体比の変動を支配する化学素過程・化学反応性には未解明な点が多く、分子レベルの化学種の把握に基づく元素の濃度・同位体比の変化の理解を進める地球化学（これを我々は「分子地球化学 (Molecular Geochemistry)」と名付けた）は、今後の地球化学を牽引する主要な研究分野である。我々のグループでは、多元素混合系である地球科学試料から、着目する元素の情報を最大限に抽出するために、X線吸収微細構造 (XAFS; X-ray absorption fine structure) に代表される先端的手法の開発と応用を進め、地球惑星で起きる普遍的な物理化学現象の法則を明らかにし、濃度や同位体の変動に物理化学的根拠を与えてきた。特に同じ反応・過程で様々な元素がどのようなふるまいの違いを見せるかを系統的に理解することで、周期表にある全元素の挙動を予測することを目指している。こうして獲得する物理化学的法則は、時空を超えた普遍性を持つため、上

記した「太陽系や地球の進化、グローバルな元素サイクル、気候変動、資源の形成、環境化学」などのあらゆる分野に重要な示唆を与え、そうして得た新たな着想によって我々は世界的に新規性の高い研究成果を多数生み出している。例えば、「鉄マンガ酸化物に対する微量元素の吸着構造の解明に基づく同位体比の変動の予測とそれを用いた古環境指標の提案」、「大気中での元素の化学種や同位体比の解明に基づくエアロゾルの環境や気候変動への影響の解明」、「粘土鉱物層間への微量元素吸着のイオン半径依存性に基づく元素濃集や同位体分別の理解と、それに基づく環境汚染・資源形成・同位体ツール開発への展開」などの研究がここ 7-8 年で進展した。これらの成果により、これまでの発表論文（英文査読付論文 264 編）の被引用数総数は 5951 件を数え、h-index は 41 となり（Web of Science, Sep. 20, 2019）、招待講演数も 2012-2018 年度の 7 年間で 85 件（うち国際会議 27 件）を数えるに至っている。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Takahashi, Y., Minamikawa, R., Hattori, K. H., Kurishima, K., Kihou, N., & Yuita, K. (2004). Arsenic Behavior in Paddy Fields during the Cycle of Flooded and Non-flooded Periods. *Environmental Science and Technology*, 38(4), 1038–1044. <https://doi.org/10.1021/es034383n>

バングラデシュの地下水ヒ素汚染に関連して、東南アジアで主要な土地利用形態である水田中のヒ素の挙動について、放射光を光源とする XAFS 実験を用いたヒ素の化学種解析に基づく溶出過程の解明を行った。その結果、水田に特徴的な湛水下の還元的環境でヒ素濃度が増加することを実験的に示し、同様の環境がみられる東南アジアでの水田中のヒ素の挙動に重要な示唆を与えた。この論文は、水田中のヒ素の挙動や水からコメへのヒ素の移行研究に関する研究がより活発化する契機となり、多数の引用がなされている。（引用回数 295 回(Scopus/Sep. 20, 2019)）

2. Takahashi, Y., Manceau, A., Geoffroy, N., Marcus, M. A., & Usui, A. (2007). Chemical and structural control of the partitioning of Co, Ce, and Pb in marine ferromanganese oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 984–1008. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.11.016>

海底に生成しているマンガ酸化物（マンガ団塊、マンガクラスト）への微量元素の濃集を総合的に扱った論文で、特に実際の天然試料に対して、放射光 X 線吸収微細構造法（XAFS 法）を駆使した化学種解析を行っている点に特徴がある。得られた分子レベル情報から、元素の酸化還元状態や水酸化鉄・マンガ酸化物への吸着状態が、元素の濃集とどうような関係にあるかを述べた点で先駆的な研究であり、その後、同種の海底マンガ酸化物の分子地球化学的研究が盛んになる契機となった。我々のグループでも、本研究は、鉄マンガ酸化物への元素の濃集や、吸着時の同位体分別について、多くの研究を展開するきっかけとなった。（引用回数 155 回(Scopus/Sep. 20, 2019)）

3. Yoshida, N., & Takahashi, Y. (2012). Land-surface contamination by radionuclides from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Elements*, 8, 201–206. <https://doi.org/10.2113/gselements.8.3.201>

福島第一原発の事故により放出された放射性核種（放射性セシウム、放射性ヨウ素、放射性ストロンチウムなど）の環境中の動きについて、それまで得られた知見をまとめ、今後必要な課題について論述した招待総説論文である。特に 2012 年までに我々のグループで報告した分子レベルの化学種の情報に基づいた放射性セシウムの挙動解析についての知見をまとめるなどしつつ、環境中で受ける反応が異なる元素（セシウム、ヨウ素、ストロンチウムなど）によって、環境中の挙動がどのように異なるかについて解説している点に特徴がある。また大気輸送モデルや事故当時の天候と放射性核種の沈着との関係などについても触れており、事故初期の関連研究の成果をまとめた総説として、多数引用されている（引用回数 107 回(Scopus/Sep. 20, 2019)）

4. Takahashi, Y., Furukawa, T., Kanai, Y., Uematsu, M., Zheng, G., & Marcus, M. A. (2013). Seasonal changes in Fe species and soluble Fe concentration in the atmosphere in the Northwest

Pacific region based on the analysis of aerosols collected in Tsukuba, Japan. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 7695–7710. <https://doi.org/10.5194/acp-13-7695-2013>.

つくば市で通年で採取されたエアロゾル試料を用いて、エアロゾル中の鉄の水への溶解やすさと鉄の化学種の季節変化に類似性があることを見出した。特に夏季に主に首都圏からエアロゾルが供給された場合に、鉄は水により溶解しやすい硫酸鉄の形で存在することが X 線吸収微細構造 (XAFS) による分析から明らかになった。このような鉄は、他の微量元素濃度との相関などによる証拠も含めて、人為的燃焼を発生源とする鉄であると考えられ、この後で我々が進めた鉄安定同位体比による人為起源鉄の定量とその気候変動への影響の考察に関する研究 (Kurusu et al., 2016a, 2016b, 2019a, 2019b) に結び付き、大きな成果を生んだ。

(引用回数 20 回(Scopus/Sep. 20, 2019))

5. Kashiwabara, T., Kubo, S., Tanaka, M., Senda, R., Iizuka, T., Tanimizu, M., & Takahashi, Y. (2017). Stable isotope fractionation of tungsten during adsorption on Fe and Mn (oxyhydr)oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 204, 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.01.031>

海水中で起きる微量元素 (ここではタングステンとモリブデン) の海水と鉄マンガン酸化物間の吸着-脱着反応の過程で、タングステンがどのような同位体分別を示すかを室内実験から明らかにした研究である。X 線吸収微細構造 (XAFS) の結果から、タングステンは鉄酸化物とマンガン酸化物のどちらに吸着する場合でも、吸着態の配位数は、溶存タングステンが示す 4 配位から 6 配位に切り替わることが分かり、その結果、いずれへの吸着でも同位体分別が生じることを明らかにした。このような分別挙動は、マンガン酸化物にのみ応答するモリブデン同位体比とは大きく異なるため、モリブデン同位体比とタングステン同位体比を複合的に利用することで、より詳細な海洋の酸化還元状態の推定が可能になること示した。特に分子レベルの情報から同位体分別挙動の違いを予想した点で、本研究は分子地球化学的考え方の重要性を明確に示したといえる (引用回数 15 回(Scopus/Sep. 20, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 高橋嘉夫, 日本地球化学会賞, 2015 年 9 月
- ・ 高橋嘉夫, 高知出版学術賞, 2016 年 3 月
- ・ 高橋嘉夫, 日本環境化学会学術賞, 2016 年 6 月
- ・ Yoshio TAKAHASHI, The Association of American Publishers PROSE Subject Category Award: the Encyclopedia of Geochemistry, 2016 年

#### 5. 研究の将来計画

これまでの研究は発展させ、地球化学における分子地球化学的な手法・考え方の発展とその諸分野への応用を図る。手法としては、走査型透過 X 線顕微鏡 (Scanning Transmission X-ray Microscopy; STXM) や超伝導転移端検出器 (Transition Edge Sensor; TES) を用いた蛍光 XAFS 法による諸元素の化学種を解明する手法をさらに高度化し、多分野の研究者と共に地球惑星科学・環境科学への適用を進める。その結果として、地球惑星・環境科学に含まれるあらゆる系に共通の物理化学法則を抽出し、周期表を構成するなるべく多くの元素の挙動を系統的に理解することを目指す。こうしたアプローチを、地球惑星科学の特徴である、(1) 夢を追及する分野 (宇宙惑星・生命の進化などの分野) と、(2) 安全安心・社会貢献を追及する分野 (気候変動、有害物質の挙動、金属資源などの分野) の双方の分野への応用を進めることで、分子地球化学の進展を図る。(1) については、現在進めている新学術領域研究「水惑星学の創成」の枠組みを活かしたはやぶさ 2 のリュウグウ帰還試料やその他の惑星物質への応用を図り、水惑星の形成環境の推定を進める。また分子レベルの化学素過程解析による同位体分別の理解に基づいて古環境を推定する手法の開発を進める。特に「地球と生命の共進化」に関わる「地球の化学環境の進化と生体必須元素の変遷との関係」に関する知見を得る。(2) については、重要な化学反応の系統的理解に基づき、「大陸・人間活動を含

む陸域-大気-海洋-堆積物-プレートテクトニクス-大陸へのリサイクル」のような元素サイクルの理解を進める。特に表層環境においては、水-岩石反応による有用元素の濃集現象や有害元素の挙動の理解を分子レベルの化学種の解明に基づいて進める。またエアロゾル中の諸元素の化学素過程や同位体分別を元素の揮発性などに着目して系統的に理解し、その元素の性質を利用した陸域-大気-海洋系の元素循環に関する研究を進める。この研究のアウトプットとしては、エアロゾルが放射収支や海洋生物生産に与える影響の解明に基づく気候変動の精密評価への貢献などが期待される。これらの研究で得られた全元素の地球惑星系での化学素過程の解明は、究極的には、太陽系の元素存在度を入力データとし、そこに原子・分子レベルの相互作用の法則を適用することで、現在の地球や将来の地球環境を予測するという地球化学の大目標の実現に一定の寄与をする。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）計画研究，「海底下の大河」における物理・化学環境と微生物活動の相互作用，研究分担者，2008～2012年度，総額 28,000,000 円
- ・ 農林水産省受託研究，農産物におけるヒ素およびカドミウムリスク低減技術の開発，X線吸収スペクトルによる水田土壌ヒ素化学形態の直接分析，研究代表者，2008～2012年度，総額 5,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金・基盤研究（S），分子地球化学：原子レベルの状態分析に基づく地球と生命の進化史の精密解析，研究代表者，2010～2014年度，総額 57,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究（C），現世および新生代海洋におけるマンガングラストの形成環境，研究代表者，2010～2013年度，総額 5,070,000 円
- ・ 文部科学省平成 24 年度委託事業，放射性物質の移行状況の詳細調査：表層土壌-河川系での放射性セシウムの移行状況調査，研究代表者，2012年度，総額 11,000,000 円
- ・ 資源エネルギー庁，「平成 23 年度インフラ・システム輸出促進調査等事業（持続的資源開発促進対策事業）」受託研究「微生物や白子を用いたレアアースの分離回収法の開発」，研究代表者，2012年度，総額 10,000,000 円
- ・ 原子力規制庁平成 25 年度委託調査，「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」，研究代表者，2013年度，総額 34,950,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究・計画班，移行に伴う放射性物質の化学形態と微量分析技術の開発，研究代表者，2013～2016年度，総額 12,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽，地球温暖化精密予測に向けた高分解能 X線顕微鏡によるエアロゾル中の吸湿性化学種同定，研究代表者，2013～2015年度，総額 3,100,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽，金属元素同位体トレーサーを用いた化石燃料燃焼由来重金属の環境負荷量の定量的把握，研究分担者，2014～2015年度，総額 1,900,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究(A)，ロシアにおける放射性核種の地下水の挙動解析と拡散予測シミュレーションモデルの構築，研究分担者，2014～2017年度，総額 1,000,000 円
- ・ クリタ水環境財団，水圏での放射性セシウムの溶存態の割合や生態系への移行に関する研究：福島とチェルノブイリの比較，研究代表者，2014年度，総額 1,000,000 円
- ・ 住友財団環境研究助成，チェルノブイリとの比較による福島での放射性セシウムの挙動や生態系移行過程の考察，研究代表者，2014～2015年度，総額 1,400,000 円
- ・ 平和中島財団アジア地域重点学術研究助，中国南西部の黒色頁岩層にみられる有用元素（白金族元素、レアアース）の濃集過程の解明，研究代表者，2014年度，総額 1,490,000 円

円

- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 化学種解析による元素分配の系統的理解に基づく同位体分別の予測と分子地球化学的展開, 研究代表者, 2015~2017 年度, 総額 33,000,000 円
- ・ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 課題「次世代海洋資源調査技術」, 研究分担者, 2015~2018 年度, 総額 11,000,000 円
- ・ 放射性物質環境動態・環境および生物への影響に関する学際共同研究, 河川-河口-海洋系での放射性セシウムの挙動, 研究代表者, 2016 年度, 総額 245,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (B), 火星隕石の地球化学的解析に基づく火星の水の散逸史および表層酸化過程の解明, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 1,000,000 万円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), グローバル~ナノスケールで解き明かす海底マンガクラスト・マンガク団塊の地球科学, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 220,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 地衣類における金属蓄積・保持機構の解明と放射性汚染物質降下量評価への適用, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 490,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 金属元素の気化過程に伴う同位体分別に基づく環境地球化学の新展開, 研究代表者, 2016~2018 年度, 総額 2,800,000 円
- ・ 日本原子力研究開発機構黎明研究, ラジウムの環境地球化学: 野外調査とイオンの系統性からのアプローチ, 研究代表者, 2017 年度, 総額 2,800,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, 層状混合酸化物を用いた陰イオンで溶存する放射性核種の効率的除去法の開発, 研究代表者, 2017~2018 年度, 総額 2,300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, XAFS 法を駆使した硫酸エアロゾルの生成過程と地球寒冷化への影響の解明, 研究代表者, 2017~2019 年度, 総額 2,300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 特別研究員奨励費, 様々な分光法や量子化学計算を駆使した環境中での放射性核種の移行素過程に関する研究, 研究代表者, 2017~2019 年度, 総額 2,900,000 円
- ・ 科学研究費補助金・基盤研究 (B) 海外学術, レアアースのイオン吸着型鉱床の生成規制因子: スリランカでの気候帯や深度依存性から, 2017~2019 年度, 総額 12,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 新学術領域研究, 水惑星学創成に向けた分子地球化学分析, 研究分担者, 2017~2021 年度, 21,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (A), 揮発性が異なる元素の気化に伴う同位体分別が拓く環境地球化学の新展開, 研究代表者, 2018~2021 年度, 総額 34,700,000 万円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Asaoka, S., Takahashi, Y., Araki, Y., & Tanimizu, M. (2012). Comparison of antimony and arsenic behavior in an Ichinokawa River water-sediment system. *Chemical Geology*, 334, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.09.047>
2. Ebihara, M., Yoshida, N., & Takahashi, Y. (2012). Preface: Migration of radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Geochemical Journal*, 46, 267–270. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0223>
3. Gault, A. G., Langley, S., Ibrahim, A., Renaud, R., Takahashi, Y., Boothman, C., Lloyd, J.R., Clark, I. D., & Fortin, D. (2012). Seasonal Changes In Mineralogy, Geochemistry and Microbial Community of Bacteriogenic Iron Oxides (BIOS) Deposited in a Circumneutral Wetland.

- Geomicrobiology Journal, 29, 161–172. <https://doi.org/10.1080/01490451.2010.532196>
4. Kato, S., Kikuchi, S., Kashiwabara, T., Takahashi, Y., Suzuki, K., Itoh, T., Ohkuma, M., & Yamagishi, A. (2012). Prokaryotic Abundance and Community Composition in a Freshwater Iron-Rich Microbial Mat at Circumneutral pH. *Geomicrobiology Journal*, 29(10), 896–905. <https://doi.org/10.1080/01490451.2011.635763>
  5. Masuda, H., Shinoda, K., Okudaira, T., Takahashi, Y., & Noguchi, N. (2012). Chlorite-source of arsenic groundwater pollution in the Holocene aquifer of Bangladesh. *Geochemical Journal*, 46, 381–391. DOI: 10.2343/geochemj.2.0208
  6. Mitsunobu, S., Shiraishi, F., Makita, H., Orcutt, B. N., Kikuchi, S., Jorgensen, B. B., & Takahashi, Y. (2012). Bacteriogenic Fe(III) (Oxyhydr)oxides characterized by synchrotron microprobe coupled with spatially resolved phylogenetic analysis. *Environmental Science and Technology*, 46(11), 3304–3311. <https://doi.org/10.1021/es203860m>
  7. Murakami, T., Takamatsu, T., Katsuta, N., Takano, M., Yamamoto, K., Takahashi, Y., Nakamura, T., & Kawai, T. (2012). Centennial- to millennial-scale climate shifts in continental interior Asia repeated between warm-dry and cool-wet conditions during the last three interglacial states: Evidence from uranium and biogenic silica in the sediment of Lake Baikal, southeast Siberia. *Quaternary Science Reviews*, 52, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.08.001>
  8. Qin, H. B., Yokoyama, Y., Fan, Q. H., Iwatani, H., Tanaka, K., Sakaguchi, A., Kanai, Y., Zhu, J.M., Onda, Y., & Takahashi, Y. (2012). Investigation of cesium adsorption on soil and sediment samples from Fukushima Prefecture by sequential extraction and EXAFS technique. *Geochemical Journal*, 46, 297–302. DOI: 10.2343/geochemj.2.0214
  9. Sakaguchi, A., Kadokura, A., Steier, P., Takahashi, Y., Shizuma, K., Hoshi, M., Nakamura, T., & Yamamoto, M. (2012). Uranium-236 as a new oceanic tracer: A first depth profile in the Japan Sea and comparison with caesium-137. *Earth and Planetary Science Letters*, 333, 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.04.004>
  10. Sakaguchi, A., Kadokura, A., Steier, P., Tanaka, K., Takahashi, Y., Chiga, H., Matsushima, A., Nakashima, S., & Onda, Y. (2012). Isotopic determination of U, Pu and Cs in environmental waters following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Geochemical Journal*, 46, 355–360. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0216>
  11. Takahashi, Y., Kondo, K., Miyaji, A., Umeo, M., Honma, T., & Asaoka, S. (2012). Recovery and Separation of Rare Earth Elements Using Columns Loaded with DNA-filter Hybrid. *Analytical Sciences*, 28, 985–992. DOI: 10.2116/analsci.28.985
  12. Tanaka, K., Takahashi, Y., Sakaguchi, A., Umeo, M., Hayakawa, S., Tanida, H., Saito, T., & Kanai, Y. (2012). Vertical profiles of iodine-131 and cesium-137 in soils in Fukushima prefecture related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *Geochemical Journal*, 46(4), 73–76. <https://doi.org/10.2343/geochemj.1.0137>
  13. Yokoyama, Y., Tanaka, K., & Takahashi, Y. (2012). Differences in the immobilization of arsenite and arsenate by calcite. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 91, 202–219. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.05.022>
  14. Kashiwabara, T., Takahashi, Y., Marcus, M. A., Uruga, T., Tanida, H., Terada, Y., & Usui, A. (2013). Tungsten species in natural ferromanganese oxides related to its different behavior from molybdenum in oxic ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 106, 364–378. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.12.026>
  15. Nakada, R., Tanimizu, M., & Takahashi, Y. (2013). Difference in the stable isotopic fractionations of Ce, Nd, and Sm during adsorption on iron and manganese oxides and its interpretation based on their local structures. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 121, 105–119. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.07.014>
  16. Nakada, R., Takahashi, Y., & Tanimizu, M. (2013). Isotopic and speciation study on cerium during its solid-water distribution with implication for Ce stable isotope as a paleo-redox proxy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 103, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.10.045>
  17. Sakaguchi, A., Kadokura, A., Steier, P., Yamamoto, M., Sakata, K., Tomita, J., & Takahashi, Y.

- (2013). Study on anthropogenic uranium isotope U-236 in the environment - Application for oceanic circulation tracer. *Bunseki Kagaku*, 62(11), 1001–1012. <https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.62.1001>
18. Takahashi, Y., Furukawa, T., Kanai, Y., Uematsu, M., Zheng, G., & Marcus, M. A. (2013). Seasonal changes in Fe species and soluble Fe concentration in the atmosphere in the Northwest Pacific region based on the analysis of aerosols collected in Tsukuba, Japan. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 7695–7710. <https://doi.org/10.5194/acp-13-7695-2013>
  19. Tanaka, K., Iwatani, H., Takahashi, Y., Sakaguchi, A., Yoshimura, K., & Onda, Y. (2013). Investigation of spatial distribution of radiocesium in a paddy field as a potential sink. *PLoS ONE*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080794>
  20. Tanaka, K., Sakaguchi, A., Kanai, Y., Tsuruta, H., Shinohara, A., & Takahashi, Y. (2013). Heterogeneous distribution of radiocesium in aerosols, soil and particulate matters emitted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident: Retention of micro-scale heterogeneity during the migration of radiocesium from the air into ground and river. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 295(3), 1927–1937. <https://doi.org/10.1007/s10967-012-2160-9>
  21. Tanaka, K., Iwatani, H., Sakaguchi, A., Takahashi, Y., & Onda, Y. (2013). Local distribution of radioactivity in tree leaves contaminated by fallout of the radionuclides emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 295, 2007–2014. <https://doi.org/10.1007/s10967-012-2192-1>
  22. Tanaka, M., Ariga, D., & Takahashi, Y. (2013). Estimation of pKa of selenic acid by the correlation of experimental pKa values with those estimated by DFT calculation for inorganic oxoacids. *Chemistry Letters*, 42(8), 912–914. <https://doi.org/10.1246/cl.130289>
  23. Tanaka, M., Takahashi, Y., & Yamaguchi, N. (2013). A study on adsorption mechanism of organoarsenic compounds on ferrihydrite by XAFS. *Journal of Physics: Conference Series*, 430(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/430/1/012100>
  24. Tanaka, M., Takahashi, Y., Yamaguchi, N., Kim, K. W., Zheng, G., & Sakamitsu, M. (2013). The difference of diffusion coefficients in water for arsenic compounds at various pH and its dominant factors implied by molecular simulations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 105, 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2012.12.004>
  25. Tokunaga, K., Yokoyama, Y., Kawagucci, S., Sakaguchi, A., Terada, Y., & Takahashi, Y. (2013). Selenium Coprecipitated with Barite in Marine Sediments as a Possible Redox Indicator. *Chemistry Letters*, 42, 1068–1069. <https://doi.org/10.1246/cl.130399>
  26. Tokunaga, K., Yokoyama, Y., & Takahashi, Y. (2013). Estimation of Se(VI)/Se(IV) ratio in water by the ratio recorded in barite. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 14, 4826–4834. <https://doi.org/10.1002/ggge.20295>
  27. Yokoyama, Y., Iwatsuki, T., Terada, Y., & Takahashi, Y. (2013). Speciation of As in calcite by micro-XAFS: Implications for remediation of As contamination in groundwater. *Journal of Physics: Conference Series*, 430(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/430/1/012099>
  28. Fan, Q. H., Tanaka, M., Tanaka, K., Sakaguchi, A., & Takahashi, Y. (2014). An EXAFS study on the effects of natural organic matter and the expandability of clay minerals on cesium adsorption and mobility. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 135, 49–65. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.02.049>
  29. Fan, Q., Yamaguchi, N., Tanaka, M., Tsukada, H., & Takahashi, Y. (2014). Relationship between the adsorption species of cesium and radiocesium interception potential in soils and minerals: An EXAFS study. *Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.08.009>
  30. Fan, Q., Tanaka, K., Sakaguchi, A., Kondo, H., Watanabe, N., & Takahashi, Y. (2014). Factors controlling radiocesium distribution in river sediments: Field and laboratory studies after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Applied Geochemistry*, 48, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.07.012>
  31. Imaoka, T., Nakashima, K., Kamei, A., Hayasaka, Y., Ogita, Y., Ikawa, T., Takahashi, Y., &

- Kagami, H. (2014). Anatomy of the Cretaceous Hobenzan pluton, SW Japan: Internal structure of a small zoned pluton, and its genesis. *Lithos*, 208, 81–103. <https://doi.org/10.1016/j.lithos2014.09.002>
32. Ishibashi, J.-I., Noguchi, T., Toki, T., Miyabe, S., Yamagami, S., Onishi, Y., Yamanaka, T., Yokoyama, Y., Omori, E., Takahashi, Y., Hatada, K., Nakaguchi, Y., Yoshizaki, M., Konno, U., Shibuya, T., Takai, K., Inagaki, F., & Kawagucci, S. (2014). Diversity of fluid geochemistry affected by processes during fluid upwelling in active hydrothermal fields in the Izena Hole, the middle Okinawa Trough back-arc basin. *Geochemical Journal*, 48(4), 357–369. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0311>
  33. Kashiwabara, T., Oishi, Y., Sakaguchi, A., Sugiyama, T., Usui, A., & Takahashi, Y. (2014). Chemical processes for the extreme enrichment of tellurium into marine ferromanganese oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 131, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.01.020>
  34. Kashiwabara, T., Toda, R., Fujinaga, K., Honma, T., Takahashi, Y., & Kato, Y. (2014). Determination of Host Phase of Lanthanum in Deep-sea REY-rich Mud by XAFS and  $\mu$ -XRF Using High-energy Synchrotron Radiation. *Chemistry Letters*, 43, 199–200. <https://doi.org/10.1246/cl.130853>
  35. Kikuchi, S., Makita, H., Takai, K., Yamaguchi, N., & Takahashi, Y. (2014). Characterization of biogenic iron oxides collected by the newly designed liquid culture method using diffusion chambers. *Geobiology*, 12, 133–145. <https://doi.org/10.1111/gbi.12073>
  36. Manceau, A., Lanson, M., & Takahashi, Y. (2014). Mineralogy and crystal chemistry of Mn, Fe, Co, Ni, and Cu in a deep-sea Pacific polymetallic nodule. *American Mineralogist*, 99(10), 2068–2083. <https://doi.org/10.2138/am-2014-4742>
  37. Martinez, R. E., Pourret, O., & Takahashi, Y. (2014). Modeling of rare earth element sorption to the Gram positive *Bacillus subtilis* bacteria surface. *Journal of Colloid and Interface Science*, 413, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.09.037>
  38. Moritomo, Y., Sakurai, T., Yasuda, T., Takeichi, Y., Yonezawa, K., Kamioka, H., Suga, H., Takahashi, Y., Inami, N., Mase, K., & Ono, K. (2014). Molecular mixing in donor and acceptor domains as investigated by scanning transmission X-ray microscopy. *Applied Physics Express*, 052302, 8–11. DOI: 10.7567/APEX.7.052302
  39. Nakada, R., Ogawa, K., Suzuki, N., Takahashi, S., & Takahashi, Y. (2014). Late Triassic compositional changes of aeolian dusts in the pelagic Panthalassa: Response to the continental climatic change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 393, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2013.10.014>
  40. Nakada, R., Shirai, T., Takahashi, S., Suzuki, N., Ogawa, K., & Takahashi, Y. (2014). A geochemical constraint on the formation process of a manganese carbonate nodule in the siliceous mudstone of the Jurassic accretionary complex in the Mino Belt, Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 96, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.08.032>
  41. Sakaguchi, A., Steier, P., Takahashi, Y., & Yamamoto, M. (2014). Isotopic compositions of  $^{236}\text{U}$  and Pu isotopes in “black substances” collected from roadsides in Fukushima prefecture: Fallout from the Fukushima Dai-Ichi nuclear power plant accident. *Environmental Science and Technology*, 48(7), 3691–3697. <https://doi.org/10.1021/es405294s>
  42. Sakata, K., Sakaguchi, A., Tanimizu, M., Takaku, Y., Yokoyama, Y., & Takahashi, Y. (2014). Identification of sources of lead in the atmosphere by chemical speciation using X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectroscopy. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(2), 343–352. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(13\)60430-1](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(13)60430-1)
  43. Suga, H., Fan, Q., Takeichi, Y., Tanaka, K., Kondo, H., Kanivets, V. V., Sakaguchi, A., Kato, K., Inami, N., Mase, K., & Takahashi, Y. (2014). Characterization of Particulate Matters in the Pripyat River in Chernobyl Related to Their Adsorption of Radiocesium with Inhibition Effect by Natural Organic Matter. *Chemistry Letters*, 43, 1128–1130. <https://doi.org/10.1246/cl.140222>
  44. Takahashi, Y., Kondo, K., Miyaji, A., Watanabe, Y., Fan, Q., Honma, T., & Tanaka, K. (2014). Recovery and separation of rare earth elements using salmon milt. *PLoS ONE*, 9(12).



- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114858>
45. Takeichi, Y., Inami, N., Suga, H., Ono, K., & Takahashi, Y. (2014). Development of a compact scanning transmission X-ray microscope (STXM) at the Photon Factory. *Chemistry Letters*, 43(3), 373–375. <https://doi.org/10.1246/cl.130948>
  46. Takeichi, Y., Inami, N., Suga, H., Ueno, T., Kishimoto, S., Takahashi, Y., & Ono, K. (2014). Development of a compact scanning transmission X-ray microscope. *Journal of Physics: Conference Series*, 502(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/502/1/012009>
  47. Tanaka, K., Iwatani, H., Sakaguchi, A., Takahashi, Y., & Onda, Y. (2014). Relationship between particle size and radiocesium in fluvial suspended sediment related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 301(2), 607–613. <https://doi.org/10.1007/s10967-014-3159-1>
  48. Tanaka, M., Togo, Y. S., Yamaguchi, N., & Takahashi, Y. (2014). An EXAFS study on the adsorption structure of phenyl-substituted organoarsenic compounds on ferrihydrite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 415, 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.10.006>
  49. Yamaguchi, N., Ohkura, T., Takahashi, Y., Maejima, Y., & Arao, T. (2014). Arsenic Distribution and Speciation near Rice Roots Influenced by Iron Plaques and Redox Conditions of the Soil Matrix. *Environmental Science & Technology*, 48, 1549–1556. <https://doi.org/10.1021/es402739a>
  50. Das, A., Takahashi, Y., & Tanaki, A. (2015). Application of X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy to speciation of lead (Pb) contaminants in plastics. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 88(2), 341–345. <https://doi.org/10.1246/bcsj.20140272>
  51. Lee, S. H., Kim, K. W., Choi, H., & Takahashi, Y. (2015). Simultaneous photooxidation and sorptive removal of As(III) by TiO<sub>2</sub> supported layered double hydroxide. *Journal of Environmental Management*, 161, 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.049>
  52. Marsac, R., Davranche, M., Morin, G., Takahashi, Y., Gruau, G., Briant, N., & Dia, A. (2015). Effect of loading on the nature of the REE-humate complexes as determined by Yb<sup>3+</sup> and Sm<sup>3+</sup> L<sub>III</sub>-edge EXAFS analysis. *Chemical Geology*, 396, 218–227. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2014.12.024>
  53. Mitsunobu, S., Zhu, M., Takeichi, Y., Ohigashi, T., Suga, H., Makita, H., Sakata, J., Ono, K., Mase, K., & Takahashi, Y. (2015). Nanoscale Identification of Extracellular Organic Substances at the Microbe Mineral Interface by Scanning Transmission X-ray Microscopy. *Chemistry Letters*, 44, 91–93. <https://doi.org/10.1246/cl.140880>
  54. Moritomo, Y., Yasuda, T., Yonezawa, K., Sakurai, T., Takeichi, Y., Suga, H., Takahashi, Y., Inami, N., Mase, K., & Ono, K. (2015). Fullerene mixing effect on carrier formation in bulk-hetero organic solar cell. *Scientific Reports*, 5. <https://doi.org/10.1038/srep09483>
  55. Moritomo, Y., Yonezawa, K., Sakurai, T., Yasuda, T., Takeichi, Y., Kamioka, H., Suga, H., Takahashi, Y., Yoshida, Y., Inami, N., Mase, K., & Ono, K. (2015). Morphology of F8T2/PC71BM Blend Film as Investigated by Scanning Transmission X-ray Microscope (STXM). *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 620(1), 32–37. <https://doi.org/10.1080/15421406.2015.1094854>
  56. Onda, Y., Kato, H., Hoshi, M., Takahashi, Y., & Nguyen, M. L. (2015). Soil sampling and analytical strategies for mapping fallout in nuclear emergencies based on the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 139, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.06.002>
  57. Sakaguchi, A., Tanaka, K., Iwatani, H., Chiga, H., Fan, Q., Onda, Y., & Takahashi, Y. (2015). Size distribution studies of <sup>137</sup>Cs in river water in the Abukuma Riverine system following the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 139, 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.05.011>
  58. Takahashi, Y., Hayasaka, Y., Morita, K., Kashiwabara, T., Nakada, R., Marcus, M. A., Kato, J., Tanaka, K., & Shimizu, H. (2015). Transfer of rare earth elements (REE) from manganese oxides to phosphates during early diagenesis in pelagic sediments inferred from REE patterns, X-ray

- absorption spectroscopy, and chemical leaching method. *Geochemical Journal*, 49(6), 653–674. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0393>
59. Tanaka, K., Iwatani, H., Sakaguchi, A., Fan, Q., & Takahashi, Y. (2015). Size-dependent distribution of radiocesium in riverbed sediments and its relevance to the migration of radiocesium in river systems after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 139, 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.05.002>
  60. Tanaka, K., Kondo, H., Sakaguchi, A., & Takahashi, Y. (2015). Cumulative history recorded in the depth distribution of radiocesium in sediments deposited on a sandbar. *Journal of Environmental Radioactivity*, 150, 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.08.022>
  61. Watanabe, Y., & Takahashi, Y. (2015). An experimental study of stabilization of trivalent thallium by natural organic matter. *Chemistry Letters*, 44(10), 1356–1358. <https://doi.org/10.1246/cl.150551>
  62. Xu, X., Zheng, G., Li, S., Takahashi, Y., Shen, G., & Dermatas, D. (2015). A quantitative XANES evaluation of the TCLP applicability in phosphate-induced lead stabilization for firing range soils. *Environmental Earth Sciences*, 73(4), 1641–1647. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3515-z>
  63. Fujimoto, J., Tanaka, K., Watanabe, N., & Takahashi, Y. (2016). Simultaneous recovery and separation of rare earth elements in ferromanganese nodules by using *Shewanella putrefaciens*. *Hydrometallurgy*, 166, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2016.09.005>
  64. Fukushi, K., Sakai, M., Munemoto, T., Yokoyama, Y., & Takahashi, Y. (2016). Arsenate sorption on monohydrocalcite by coprecipitation during transformation to aragonite. *Journal of Hazardous Materials*, 304, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.10.019>
  65. Kikuchi, S., Makita, H., Konno, U., Shiraiishi, F., Ijiri, A., Takai, K., Maeda, M., & Takahashi, Y. (2016). Limited reduction of ferrihydrite encrusted by goethite in freshwater sediment. *Geobiology*, 14(4), 374–389. <https://doi.org/10.1111/gbi.12181>
  66. Kurisu, M., Sakata, K., Miyamoto, C., Takaku, Y., Iizuka, T., & Takahashi, Y. (2016). Variation of iron isotope ratios in anthropogenic materials emitted through combustion processes. *Chemistry Letters*, 45(8), 970–972. <https://doi.org/10.1246/cl.160451>
  67. Kurisu, M., Takahashi, Y., Iizuka, T., & Uematsu, M. (2016). Very low isotope ratio of iron in fine aerosols related to its contribution to the surface ocean. *Journal of Geophysical Research*, 121(18), 11,119–11,136. <https://doi.org/10.1002/2016JD024957>
  68. Makita, H., Kikuchi, S., Mitsunobu, S., Takaki, Y., Yamanaka, T., Toki, T., Noguchi, T., Nakamura, K., Abe, M., Hirai, M., Yamamoto, M., Uematsu, K., Miyazaki, J., Nunoura, T., Takahashi, Y., & Takai, K. (2016). Comparative analysis of microbial communities in iron-dominated flocculent mats in deep-sea hydrothermal environments. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(19), 5741–5755. <https://doi.org/10.1128/AEM.01151-16>
  69. Mitsunobu, S., Zhu, M., Takeichi, Y., Ohigashi, T., Suga, H., Jinno, M., Makita, H., Sakata, M., Ono, K., Mase, K., & Takahashi, Y. (2016). Direct detection of Fe(II) in extracellular polymeric substances (EPS) at the mineral-microbe interface in bacterial pyrite leaching. *Microbes and Environments*, 31(1), 63–69. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME15137>
  70. Miyamoto, C., Marcus, M. A., Sakata, K., Kurisu, M., & Takahashi, Y. (2016). Depth-dependent calcium speciation in individual aerosol particles by combination of fluorescence yield and conversion electron yield XAFS using X-ray microbeam. *Chemistry Letters*, 45(8), 934–936. <https://doi.org/10.1246/cl.160392>
  71. Nakada, R., Takahashi, Y., & Tanimizu, M. (2016). Cerium stable isotope ratios in ferromanganese deposits and their potential as a paleo-redox proxy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 181, 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2016.02.025>
  72. Nakada, R., Waseda, A., Okumura, F., & Takahashi, Y. (2016). Impact of the decarboxylation reaction on rare earth elements binding to organic matter: From humic substances to crude oil. *Chemical Geology*, 420, 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.11.021>
  73. Sakaguchi, A., Nomura, T., Steier, P., Gloser, R., Sasaki, K., Watanabe, T., Nakakuki, T., Takahashi, Y., & Yamano, H. (2016). Temporal and vertical distributions of anthropogenic  $^{236}\text{U}$

- in the Japan Sea using a coral core and seawater samples. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121(1), 4–13. <https://doi.org/10.1002/2015JC011109>
74. Takahashi, Y. (2016). Some notes on XAFS measurement: Hole and thickness effects. *Japanese Magazine of Mineralogical and Petrological Sciences*, 45(3), 93–98. <https://doi.org/10.2465/gkk.160220>
  75. Takeichi, Y., Inami, N., Suga, H., Miyamoto, C., Ueno, T., Mase, K., Takahashi, Y., & Ono, K. (2016). Design and performance of a compact scanning transmission X-ray microscope at the Photon Factory. *Review of Scientific Instruments*, 87(1). <https://doi.org/10.1063/1.4940409>
  76. Takeichi, Y., Inami, N., Suga, H., Takahashi, Y., & Ono, K. (2016). Compact scanning transmission X-ray microscope at the photon factory. *AIP Conference Proceedings*, 1696. <https://doi.org/10.1063/1.4937514>
  77. Togo, Y. S., Takahashi, Y., Amano, Y., Matsuzaki, H., Suzuki, Y., Terada, Y., Muramatsu, Y., Ito, K., & Iwatsuki, T. (2016). Age and speciation of iodine in groundwater and mudstones of the Horonobe area, Hokkaido, Japan: Implications for the origin and migration of iodine during basin evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 191, 165–186. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2016.07.012>
  78. Tokunaga, K., Uruga, T., Nitta, K., Terada, Y., Sekizawa, O., Kawagucci, S., & Takahashi, Y. (2016). Application of arsenic in barite as a redox indicator for suboxic/anoxic redox condition. *Chemical Geology*, 447, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.10.016>
  79. Zhang, Z., Zheng, G., Takahashi, Y., Wu, C., Zheng, C., Yao, J., & Xiao, C. (2016). Extreme enrichment of rare earth elements in hard clay rocks and its potential as a resource. *Ore Geology Reviews*, 72(P1), 191–212. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.07.018>
  80. Fan, Q., & Takahashi, Y. (2017). Employment of the generalized adsorption model for the prediction of the solid-water distribution of radiocesium in the river-estuary-ocean system. *Applied Geochemistry*, 79, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.01.020>
  81. Fukushi, K., Suzuki, Y., Kawano, J., Ohno, T., Ogawa, M., Yaji, T., & Takahashi, Y. (2017). Speciation of magnesium in monohydrocalcite: XANES, ab initio and geochemical modeling. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 213, 457–474. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.06.040>
  82. Harano, T., Murao, R., Takeichi, Y., Kimura, M., & Takahashi, Y. (2017). Observation of the Interface between Resin and Carbon Fiber by Scanning Transmission X-ray Microscopy. *Journal of Physics: Conference Series*, 849(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/849/1/012023>
  83. Higaki, S., Kurihara, Y., Yoshida, H., Takahashi, Y., & Shinohara, N. (2017). Discovery of non-spherical heterogeneous radiocesium-bearing particles not derived from Unit 1 of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, in residences five years after the accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 177, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.06.006>
  84. Kashiwabara, T., Kubo, S., Tanaka, M., Senda, R., Iizuka, T., Tanimizu, M., & Takahashi, Y. (2017). Stable isotope fractionation of tungsten during adsorption on Fe and Mn (oxyhydr)oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 204, 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.01.031>
  85. Nakada, R., Shibuya, T., Suzuki, K., & Takahashi, Y. (2017). Europium anomaly variation under low-temperature water-rock interaction: A new thermometer. *Geochemistry International*, 55(9), 822–832. <https://doi.org/10.1134/S001670291709004X>
  86. Nakada, R., Tanaka, M., Tanimizu, M., & Takahashi, Y. (2017). Aqueous speciation is likely to control the stable isotopic fractionation of cerium at varying pH. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 218, 273–290. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.09.019>
  87. Nomura, T., Sakaguchi, A., Steier, P., Eigl, R., Yamakawa, A., Watanabe, T., Sasaki, R., Golser, R., Takahashi, Y., & Yamano, H. (2017). Reconstruction of the temporal distribution of <sup>236</sup>U/<sup>238</sup>U in the Northwest Pacific Ocean using a coral core sample from the Kuroshio Current area. *Marine Chemistry*, 190, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2016.12.008>
  88. Qin, H. B., Takeichi, Y., Nitani, H., Terada, Y., & Takahashi, Y. (2017). Tellurium Distribution and Speciation in Contaminated Soils from Abandoned Mine Tailings: Comparison with Selenium. *Environmental Science and Technology*, 51(11), 6027–6035.

- <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00955>
89. Qin, H. B., Zhu, J. M., Lin, Z. Q., Xu, W. P., Tan, D. C., Zheng, L. R., & Takahashi, Y. (2017). Selenium speciation in seleniferous agricultural soils under different cropping systems using sequential extraction and X-ray absorption spectroscopy. *Environmental Pollution*, 225, 361–369. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.062>
  90. Sakata, K., Sakaguchi, A., Yokoyama, Y., Terada, Y., & Takahashi, Y. (2017). Lead speciation studies on coarse and fine aerosol particles by bulk and micro X-ray absorption fine structure spectroscopy. *Geochemical Journal*, 51(3), 215–225. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0456>
  91. Shiraishi, F., Hanzawa, Y., Okumura, T., Tomioka, N., Kodama, Y., Suga, H., Takahashi, Y., & Kano, A. (2017). Cyanobacterial exopolymer properties differentiate microbial carbonate fabrics. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12303-9>
  92. Suga, H., Kikuchi, S., Takeichi, Y., Miyamoto, C., Miyahara, M., Mitsunobu, S., Ohigashi, T., Mase, K., Ono, K., & Takahashi, Y. (2017). Spatially resolved distribution of Fe species around microbes at the submicron scale in natural bacteriogenic iron oxides. *Microbes and Environments*, 32(3), 283–287. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME17009>
  93. Takahashi, Y., Fan, Q., Suga, H., Tanaka, K., Sakaguchi, A., Takeichi, Y., Ono, K., Mase, K., Kato, K., & Kanivets, V. V. (2017). Comparison of Solid-Water Partitions of Radiocesium in River Waters in Fukushima and Chernobyl Areas. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12391-7>
  94. Tanaka, K., Tanaka, M., Watanabe, N., Tokunaga, K., & Takahashi, Y. (2017). Ligand exchange adsorption and coordination structure of Pd on  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> in NaCl solution. *Chemical Geology*, 460, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.04.022>
  95. Tokunaga, K., & Takahashi, Y. (2017). Effective Removal of Selenite and Selenate Ions from Aqueous Solution by Barite. *Environmental Science and Technology*, 51(16), 9194–9201. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01219>
  96. Watanabe, Y., Kashiwabara, T., Ishibashi, J. ichiro, Sekizawa, O., Nitta, K., Uruga, T., & Takahashi, Y. (2017). Different partitioning behaviors of molybdenum and tungsten in a sediment–water system under various redox conditions. *Chemical Geology*, 471, 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.09.009>
  97. Chan, Q. H. S., Zolensky, M. E., Kebukawa, Y., Fries, M., Ito, M., Steele, A., Rahman, Z., Nakato, A., Kilcoyne, A. L. D., Suga, H., Takahashi, Y., Takeichi, Y., & Mase, K. (2018). Organic matter in extraterrestrial water-bearing salt crystals. *Science Advances*, 4(1). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao3521>
  98. Ito, L., Omori, T., Yoneda, M., Yamaguchi, T., Kobayashi, R., & Takahashi, Y. (2018). Origin and migration of trace elements in the surface sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands. *Chemosphere*, 202, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.083>
  99. Ito, L., Yamaguchi, T., Kobayashi, R., Terada, Y., & Takahashi, Y. (2018). Influence of acidification on carbonate sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands. *Chemistry Letters*, 47(4), 566–569. <https://doi.org/10.1246/cl.171236>
  100. Jige, M., Takagi, T., Takahashi, Y., Kurisu, M., Tsunazawa, Y., Morimoto, K., Tsukimura, K. (2018). Fe-kaolinite in granite saprolite beneath sedimentary kaolin deposits: A mode of Fe substitution for Al in kaolinite. *American Mineralogist*, 103(7), 1126–1135. <https://doi.org/10.2138/am-2018-6478>
  101. Jige, M., Takagi, T., Takahashi, Y., Kurisu, M., Tsunazawa, Y., Morimoto, K., Tsukimura, K. (2018). Synchrotron X-ray spectroscopic perspective on the formation mechanism of REY-rich muds in the Pacific Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 240, 274–292. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2018.08.013>
  102. Lee, S.-H., Tanaka, M., Takahashi, Y., & Kim, K.-W. (2018). Enhanced adsorption of arsenate and antimonate by calcined Mg/Al layered double hydroxide: Investigation of comparative adsorption mechanism by surface characterization. *Chemosphere*, 211, 903–911.

- <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.153>
103. Marcus, M. A., Toner, B. M., & Takahashi, Y. (2018). Forms and distribution of Ce in a ferromanganese nodule. *Marine Chemistry*, 202, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2018.03.005>
  104. Miura, H., Kurihara, Y., Sakaguchi, A., Tanaka, K., Yamaguchi, N., Higaki, S., & Takahashi, Y. (2018). Discovery of radiocesium-bearing microparticles in river water and their influence on the solid-water distribution coefficient (K<sub>d</sub>) of radiocesium in the Kuchibuto River in Fukushima. *Geochemical Journal*, 52(2), 145–154. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0517>
  105. Mukai, H., Tamura, K., Kikuchi, R., Takahashi, Y., Yaita, T., & Kogure, T. (2018). Cesium desorption behavior of weathered biotite in Fukushima considering the actual radioactive contamination level of soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, 190–191, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.05.006>
  106. Ohata, S., Yoshida, A., Moteki, N., Adachi, K., Takahashi, Y., Kurisu, M., & Koike, M. (2018). Abundance of Light-Absorbing Anthropogenic Iron Oxide Aerosols in the Urban Atmosphere and Their Emission Sources. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(15), 8115–8134. <https://doi.org/10.1029/2018JD028363>
  107. Sakaguchi, A., Chiga, H., Tanaka, K., Tsuruta, H., & Takahashi, Y. (2018). Estimation of desorption ratios of radio/stable caesium from environmental samples (aerosols and soils) leached with seawater, diluted seawater and ultrapure water. *Geochemical Journal*, 52(2), 187–199. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0496>
  108. Sakata, K., Kurisu, M., Tanimoto, H., Sakaguchi, A., Uematsu, M., Miyamoto, C., & Takahashi, Y. (2018). Custom-made PTFE filters for ultra-clean size-fractionated aerosol sampling for trace metals. *Marine Chemistry*, 206, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2018.09.009>
  109. Solongo, T., Fukushi, K., Altansukh, O., Takahashi, Y., Akehi, A., Baasansuren, G., Ariuntungalag, Y., Enkhjin, O., Davaajargal, B., Davaadorj, D., & Hasebe, N. (2018). Distribution and chemical speciation of molybdenum in river and pond sediments affected by mining activity in Erdenet City, Mongolia. *Minerals*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/min8070288>
  110. Takahashi, Y., Qin, H., Yeager, C. M., & Fan, Q. (2018). Fukushima review II on Migration of radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Geochemical Journal*, 52(2), 81–83. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0525>
  111. Tanaka, K., Watanabe, N., Yamasaki, S., Sakaguchi, A., Fan, Q., & Takahashi, Y. (2018). Mineralogical control of the size distribution of stable Cs and radiocesium in riverbed sediments. *Geochemical Journal*, 52(2), 173–185. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0501>
  112. Tanaka, M., Ariga, D., Kashiwabara, T., & Takahashi, Y. (2018). Adsorption Mechanism of Molybdenum(VI) on Manganese Oxides Causing a Large Isotope Fractionation. *ACS Earth and Space Chemistry*, 2(11), 1187–1195. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.8b00090>
  113. Tokunaga, K., Kozai, N., & Takahashi, Y. (2018). A new technique for removing strontium from seawater by coprecipitation with barite. *Journal of Hazardous Materials*, 359, 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.044>
  114. Yamaguchi, A., Honda, T., Tanaka, M., Tanaka, K., & Takahashi, Y. (2018). Discovery of ion-adsorption type deposits of rare earth elements (REE) in southwest Japan with speciation of REE by extended X-ray absorption fine structure spectroscopy. *Geochemical Journal*, 52(5), 415–425. <https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0531>
  115. Yamaguchi, A., Tanaka, M., Kurihara, Y., & Takahashi, Y. (2018). Local structure of strontium adsorbed on 2:1 clay minerals and its comparison with cesium by XAFS in terms of migration of their radioisotopes in the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 317(1), 545–551. <https://doi.org/10.1007/s10967-018-5895-0>
  116. Chan, Q. H. S., Zolensky, M. E., Kebukawa, Y., Fries, M., Ito, M., Steele, A., Rahman, Z., Nakato, A., Kilcoyne, A. L. D., Suga, H., Takahashi, Y., Takeichi, Y., & Mase, K. (2018). Heating experiments of the Tagish Lake meteorite: Investigation of the effects of short-term heating on chondritic organics. *Meteoritics and Planetary Science*, 54(1), 104–125.

<https://doi.org/10.1111/maps.13193>

117. Chen, F., Hu, J., Takahashi, Y., Yamada, M., Rahman, M. S., & Yang, G. (2019). Application of synchrotron radiation and other techniques in analysis of radioactive microparticles emitted from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident-A review. *Journal of Environmental Radioactivity*, 196, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.10.013>
118. Kebukawa, Y., Ito, M., Zolensky, M. E., Greenwood, R. C., Rahman, Z., Suga, H., Nakato, A., Chan, Q. H. S., Fries, M., Takeichi, Y., Takahashi, Y., Mase, K., & Kobayashi, K. (2019). A novel organic-rich meteoritic clast from the outer solar system. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39357-1>
119. Kurisu, M., Adachi, K., Sakata, K., & Takahashi, Y. (2019). Stable Isotope Ratios of Combustion Iron Produced by Evaporation in a Steel Plant. *ACS Earth and Space Chemistry*, 3(4), 588–598. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.8b00171>
120. Kurisu, M., & Takahashi, Y. (2019). Testing iron stable isotope ratios as a signature of biomass burning. *Atmosphere*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/atmos10020076>
121. Takahashi, S., Nakada, R., Watanabe, Y., & Takahashi, Y. (2019). Iron-depleted pelagic water at the end-Permian mass extinction inferred from chemical species of iron and molybdenum in deep-sea sedimentary rocks. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 516, 384–399. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.12.014>
122. Uramoto, G.-I., Morono, Y., Tomioka, N., Wakaki, S., Nakada, R., Wagai, R., Uesugi, K., Takeichi, A., Hoshino, M., Suzuki, Y., Shiraishi, F., Mitsunobu, S., Suga, H., Takeichi, Y., Takahashi, Y., & Inagaki, F. (2019). Significant contribution of subseafloor microparticles to the global manganese budget. *Nature Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08347-2>
123. Yang, S., Uesugi, S., Qin, H., Tanaka, M., Kurisu, M., Miyamoto, C., Kashiwabara, T., Usui, A., & Takahashi, Y. (2019). Comparison of Arsenate and Molybdate Speciation in Hydrogenetic Ferromanganese Nodules. *ACS Earth and Space Chemistry*, 3(1), 29–38. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.8b00119>

## (2) 査読無し原著論文

1. Qin, H.-B., Zhu, J.-M., Takahashi, Y., & Zheng, L.-R. (2014). Selenium speciation in soils from selenosis area: Comparison between a Sequential Extraction Procedure and XAFS. *Selenium in the Environment and Human Health - Proceedings of the 3rd International Conference on Selenium in the Environment and Human Health*.
2. Takeichi, Y., Ueno, T., Inami, N., Suga, H., Takahashi, Y., & Ono, K. (2016). Soft x-ray spectromicroscopy using compact scanning transmission x-ray microscope at the photon factory. *AIP Conference Proceedings*, 1741. <https://doi.org/10.1063/1.4952870>
3. Takeichi, Y., Inami, N., Suga, H., Takahashi, Y., & Ono, K. (2016). Compact scanning transmission X-ray microscope at the photon factory. *AIP Conference Proceedings*, 1696. <https://doi.org/10.1063/1.4937514>

## (3) 総説・解説

1. 高橋嘉夫 (2012). 元素-水-生命：分光学的手法からの考察. *化学と工業*, 65, 764-766.
2. 古川丈真・高橋嘉夫 (2012). X線吸収微細構造法によるエアロゾル中の元素の化学種解析: シュウ酸錯体の検出とシュウ酸の雲凝結核能への影響. *エアロゾル研究*, 27, 41-50.
3. Tsuji, K., Nakano, K., Takahashi, Y., Hayashi, K., & Ro, C.-U. (2012). X-ray spectrometry. *Analytical Chemistry*, 84(2), 636–668. <https://doi.org/10.1021/ac202871b>
4. Yoshida, N., & Takahashi, Y. (2012). Land-surface contamination by radionuclides from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *Elements*, 8, 201–206.

<https://doi.org/10.2113/gselements.8.3.201>

5. 長尾誠也・新堀雄一・田中忠夫・佐々木隆之・斉藤拓巳・桐島陽・吉川英樹・飯島和毅・濱克宏・岩月輝希・高橋嘉夫・足立泰久・鈴木庸平・渡部芳夫 (2012). 放射性廃棄物の地層処分における国内の地下水コロイド研究の現状と今後の展開. 原子力バックエンド研究, 20, 3-14.
6. 田中万也・坂口綾・岩谷北斗・高橋嘉夫 (2013). 福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウム環境中での移行挙動とミクروسケールでの不均質性. 放射化学, 27, 12-19.
7. 田中雅人・高橋嘉夫 (2013). 有機ヒ素化合物のフェリハイドライトに対する吸着構造. 化学工業, 64, 53-58.
8. 高橋嘉夫・東郷洋子・田中万也・坂口綾 (2013). 化学種解析に基づく放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の移行挙動の理解. 表面科学, 34, 119-124.
9. 高橋嘉夫・ファンチャオファイ・東郷洋子 (2014). 陸域での放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の動態と存在状態. ぶんせき, 2014, 558-562.
10. 高橋嘉夫・ファンチャオファイ・東郷洋子・坂口綾・田中万也 (2014). X線分光法による放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の陸域表層での移行過程の解明. 放射光, 27, 20-28.
11. 柏原輝彦・高橋嘉夫 (2015). XAFS法を用いた地球環境試料中のリンの化学形態分析. 地球環境, 20, 89-96.
12. 保倉明子・高橋嘉夫 (2016). 特集号「走査型透過X線顕微鏡 (STXM) が拓くサイエンス」企画説明. 放射光, 29, 281.
13. 光延聖・菅大暉・高橋嘉夫 (2016). 走査型透過X線顕微鏡を用いて環境試料中の有機物を調べることの重要性. 放射光, 29, 294-302.
14. 高橋嘉夫 (2016). XAFS測定における注意点: ホール効果や厚み効果など. 岩石鉱物科学, 45, 93-98.
15. 益田晴恵・高橋嘉夫 (2017). 「ヒ素の地圏-水圏-生物圏における循環: そのメカニズムから対策まで」発刊にあたり. 地球環境, 22, 1.
16. 高橋嘉夫 (2018). 走査型透過X線顕微鏡を用いた環境化学研究. ぶんせき, 2018, 10-18.
17. 高橋嘉夫 (2018). 分子地球化学: 原子分子レベルから地球や環境をみる面白さ・重要性. 地球化学, 52, 1-28.

#### (4) 著書

1. 高橋嘉夫, 宇宙と地球の化学事典, 朝倉書店 (2012) (編集、分担執筆).
2. 佐野有司・高橋嘉夫, 地球化学, 共立出版 (2013) 322 ページ.
3. 高橋嘉夫, 地球を救うメタルバイオテクノロジー-微生物と金属資源のはなし-, 成山堂書店 (2014) (分担執筆).
4. 高橋嘉夫, 原発事故環境汚染-福島第一原発事故の地球科学的側面-, 東大出版会 (2014) (分担執筆).
5. 高橋嘉夫, 放射化学の事典, 朝倉書店 (2015) (分担執筆).
6. 坂田昌弘・磯部友彦・梶井克純・加藤義久・高橋嘉夫・田辺信介・藤江幸一・益永茂樹, 環境化学, 講談社 (2015).
7. 臼井朗・高橋嘉夫・伊藤孝・丸山明彦・鈴木勝彦, 海底マンガン鉱床の地球科学, 東大出版会 (2015).
8. Ishibashi, J.-I., Miyoshi, Y., Tanaka, K., Omori, E., Takahashi, Y., Furuzawa, Y., Yamanaka, T., Kawagucci, S., Miyazaki, J., Konno, U., Watanabe, S., Yanagawa, K., Yoshizumi, R., & Urabe,

- T. (2015). Pore fluid chemistry beneath active hydrothermal fields in the mid-okinawa trough: Results of shallow drillings by BMS during taiga11 cruise. In *Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: TAIGA Concept*. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2\\_42](https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2_42)
9. Yokoyama, Y., Takahashi, Y., Miyoshi, Y., Ishibashi, J.-I., & Kawagucci, S. (2015). Sediment-pore water system associated with native sulfur formation at jade hydrothermal field in Okinawa Trough. In *Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: TAIGA Concept*. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2\\_31](https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2_31)
  10. Takahashi, Y., Ariga, D., Fan, Q., & Kashiwabara, T. (2015). Systematics of distributions of various elements between ferromanganese oxides and seawater from natural observation, thermodynamics, and structures. In *Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: TAIGA Concept*. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-4-431-54865-2_4)
  11. 高橋嘉夫、X線分光法、講談社 (2018) (分担執筆).
  12. 高橋嘉夫、固体地球の事典、朝倉書店 (2018) (分担執筆).
  13. Takahashi, Y. (2018). Technetium, in *Encyclopedia of Geochemistry*, Springer, Switzerland, pp. 1421–1423.
  14. Takahashi, Y. (2018). Tellurium. in *Encyclopedia of Geochemistry*, Springer, Switzerland, pp. 1423–1425.

#### (5) その他著作物

1. 秦海波・武市泰男・仁谷浩明・寺田靖子・高橋嘉夫 (2018). 有害だがレアメタルでもあるテルルの環境挙動を支配する因子. *PF News*, 36, 18-22.

#### (6) 特許等

出願番号：特願 2012-085321、発明者：高橋嘉夫、宮地亜沙美、近藤和博、発明の名称：「レアアースの回収方法」、出願人：国立大学法人広島大学、アイシン精機株式会社、出願日：2012/4/4

出願番号：特願 2012-228261、発明者：近藤和博、高橋嘉夫、宮地亜沙美、発明の名称：「核酸のゲル化沈殿による希土類金属の回収方法」、出願人：アイシン精機株式会社、国立大学法人広島大学、出願日：2012/10/15

特許番号：5713390、公開番号：特開 2012-172232、出願番号：特願 2011-037488、発明者：近藤和博、高橋嘉夫、浅岡聡、発明の名称：「希土類金属回収材および希土類金属回収方法」、出願人：アイシン精機株式会社、国立大学法人広島大学、出願日：2011/2/23、登録日：2015/3/20

出願番号：特願 2017-111915、発明者：大石徹、高橋嘉夫、徳永紘平、発明の名称：「放射性金属イオン含有汚染水の処理方法及び不溶化処理剤」、出願人：日鉄住金セメント株式会社、国立大学法人東京大学、出願日：2017/6/6

#### 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Takahashi, Y., Radionuclides migration emitted from the Fukushima Daiichi nuclear power plant: Heterogeneity in their distributions in aerosol, soil and particulate matters, Joint International Conference on "Pacific Basin Consortium for Environment and Health" and "Society for Environmental Geochemistry & Health", Kwangju, Korea, 2012/04/12.
2. 高橋嘉夫, 環境・資源科学を支える放射光分析, 物質・材料研究機構第6回放射線計測



- セミナー, つくば市, 2012/05/11.
3. Takahashi, Y., Speciation of elements in aerosols by XAFS related to the neutralization of acid rain, cooling effect, and iron supply to the Pacific Ocean, 27th International symposium on environmental analytical chemistry, Antwerp, Belgium, 2012/05/24.
  4. Takahashi, Y., speciation of elements in aerosols by XAFS related to the neutralization of acid rain, cooling effect, and iron supply to the Pacific Ocean, The 15th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS15), Beijing, China, 2012/07/23.
  5. 高橋嘉夫, 環境・資源科学を支える放射光分析, 第 49 回中国四国支部分析化学講習会「グリーン・イノベーションとライフ・イノベーションへのヒント」特別講演, 徳島市, 2012/08/02.
  6. Takahashi, Y., XAFS applications to environmental & resource studies, The 6th Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research (AOFSSR 2012), Bangkok, Thailand, 2012/08/08.
  7. Takahashi, Y., Changes of Ca and Fe species in Asian dust during its transport to the Pacific Ocean related to neutralization of acid rain and Fe solubility, (AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly 2012, Sentosa, Singapore, 2012/08/17.
  8. 高橋嘉夫, 環境中での元素の移行挙動解析:水-鉱物-微生物の相互作用, 第 21 回日本バイオイメージング学会学術集会, 京都市, 2012/08/28.
  9. 高橋嘉夫, エアロゾル中のシュウ酸の不溶性錯体生成とその意義, 第 29 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 北九州市, 2012/08/29.
  10. 高橋嘉夫, アラユルニウム X 線顕微鏡への期待, PF 研究会, つくば市, 2012/09/14.
  11. 高橋嘉夫, 環境・資源科学を支える放射光, 日本化学会中四国支部講演会, 東広島市, 2012/10/15.
  12. 高橋嘉夫, 放射光分析に基づく「(無機) 分子環境地球化学」, 静岡県立大・月例セミナー, 静岡市, 2012/12/18.
  13. Takahashi, Y., Molecular environmental geochemistry: a bridge between atomic- and macro-scale phenomena, Invited Seminar at Institute of Geology and Geophysics, Lanzhou, China, 2013/02/28.
  14. Takahashi, Y., Molecular environmental geochemistry: a bridge between atomic- and macro-scale phenomena, Invited Seminar at Lanzhou University, Lanzhou, China, 2013/03/01.
  15. Takahashi, Y., Recovery and separation of REE by milt and DNA, 国際資源ビジネスサミット (J-SUMIT), 東京, 2013/05/17.
  16. 高橋嘉夫, 地球表層での元素濃度、同位体比、物質循環を支配するナノ鉱物, 地球惑星科学連合大会 2013, 千葉市, 2013/5/20.
  17. Takahashi, Y., Fan, Q., Sakaguchi, A., Togo, Y. S., & Tanaka, K., Migration of radiocesium and radioiodine in soil-water-river system related to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident, Goldschmidt2013, Firenze, Italy, 2013/08/29.
  18. Takahashi, Y., Fan, Q., Sakaguchi, A., Togo, Y. S., & Tanaka, K., Migration of radiocesium and radioiodine in soil-water-river system related to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident, APSROC2013, 金沢市, 2013/09/23.

19. Takahashi, Y., Influences of aerosols on environment based on the speciation analysis of elements by X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy, UNU & GIST Joint Programme Symposium 2013, Kota Kinabalu, Malaysia, 2013/10/24.
20. 高橋嘉夫, 放射光分析から探る環境科学・地球科学: 研磨薄片に対する微小領域分析の重要, 日本薄片研磨片技術研究会第 56 回研究発表会, 東広島市, 2013/09/25.
21. 高橋嘉夫, 分子地球化学: 生体必須元素から微生物による金属回収まで, 日本生物地球化学研究会, 東広島市, 2013/11/02.
22. 高橋嘉夫, XAFS による土壌-河川系でのセシウムおよびヨウ素の挙動解析, SPring-8 安全安心のための分析評価研究会 (第 8 回)—原発事故による環境汚染への取り組み—, 東京, 2013/12/06.
23. 高橋嘉夫, 福島原発事故で放出された放射性物質: 土壌-河川-堆積物系での挙動: 分子レベルからの理解, 地球化学研究協会第 50 回霞ヶ関環境講座, 東京, 2013/12/07.
24. 高橋嘉夫, サステナブル地球化学: 放射性元素の挙動解析やレアアースのリサイクル, 3GeV 中型高輝度放射光源(SLiT-J)の実現に向けて 先端学術研究と産業技術支援, 仙台市, 201/12/10.
25. 高橋嘉夫, 同位体比と化学種の複合的解釈に基づく分子環境地球化学, 第 3 回同位体環境学シンポジウム, 京都市, 2013/12/17.
26. 高橋嘉夫, 環境・地球化学における放射光赤外分光法 (SR-FT-IR) の利用可能性, 第 27 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム企画講演 5 『放射光ビームラインの横断的利用: 赤外線と硬 X 線・軟 X 線』, 広島市, 2014/01/12.
27. 高橋嘉夫, エアロゾル中の元素の化学種解析から分かること: 酸性雨の中和、雲凝結核、鉄の可溶化などへの示唆, 大阪エアロゾル研究会大気エアロゾルセミナー, 2014/03/14.
28. Takahashi, Y., & Yoshida, N. (2014) Migration of Radionuclides in Land-Surface in Fukushima: Mechanisms of Secondary Transport, Goldschmidt 2014, Sacramento, USA, 2014/06/10
29. Takahashi, Y., Speciation of Elements in Aerosols related to the Neutralization of Acid Rain, Global Cooling Effect, and Iron Supply to the Pacific Ocean, 2014 International Aerosol Conference, Busan, Korea, 2014/08/30.
30. 高橋嘉夫, XAFS が可能にするアラユルニウム分子地球化学, PF 研究会「次世代放射光源で気体される XAFS を活用したサイエンス, つくば市, 2014/07/12.
31. 高橋嘉夫, 論文査読の仕方: 査読者が注目する論文のポイント, 地球化学会ショートコース, 富山市, 2014/09/15.
32. 高橋嘉夫・ファンチャオフイ・坂口綾・田中万也, 層状ケイ酸塩に吸着されたセシウムイオンの存在形態の XAFS 解析, 日本土壌肥料学会 2014 年度大会, 府中市, 2014/09/11.
33. 高橋嘉夫・石橋純一郎・益田晴恵・山岡 香子, 分子環境地球化学: 化学的素過程解明による地球環境の精密予測, 2014 年度日本地球化学会年会, 富山市, 2014/09/17.
34. 高橋嘉夫, 福島原発事故で放出された放射性物質の土壌-河川-堆積物系での挙動: 分子レベルからの理解, 岡山大学大学院医歯薬系特別講義, 岡山市, 2014/10/20.
35. 高橋嘉夫, 土壌-河川-海洋での放射性セシウムの移行挙動, 日本原子力学会シンポジウ

- ム—農作物と放射性物質・放射線と健康影響—, いわき市, 2015/01/31.
36. Takahashi, Y., Molecular environmental geochemistry: a bridge between atomic- and macro-scale phenomena, The 74th Okazaki Conference " Frontier of X-ray Absorption Spectroscopy and Molecular Science", 岡崎市, 2015/02/05.
  37. 高橋嘉夫, 地球・環境を分子レベルからみる重要性と量子ビームの必要性, 物構研サイエンスフェスタ, つくば市, 2015/03/17.
  38. 高橋嘉夫, 21 世紀の Goldschmidt 的地球化学: 分子地球化学, 日本地球惑星科学連合大会 2015, 千葉市, 2015/05/26.
  39. 高橋嘉夫, XAFS を用いた大気海洋系でのマグネシウムの化学状態の解明とその地球化学的意義, 立命館大学 S R センター研究成果報告会, 京都市, 2015/06/13.
  40. 高橋嘉夫, XAFS 法などによる化学種解析に基づく環境地球化学的研究, 日本地球化学会賞受賞講演, 横浜市, 2015/09/17.
  41. 高橋嘉夫, Geo-chemistry (地球の化学、分子地球化学):地球を化学することの面白さ・重要性, 日本地球化学会若手会, 八王子市, 2015/09/19.
  42. 高橋嘉夫, PF-STXM を応用したサステナブル科学: 環境・資源科学における STXM の必要性, PF 研究会「X 線顕微分析の新展開:STXM から硬 X 線複合分析まで」, つくば市, 2015/10/02 日.
  43. 高橋嘉夫, STXM を用いた環境中微粒子の観察に基づく地球化学・環境化学, UV-SOR シンポジウム, 岡崎市, 2015/11/07.
  44. 高橋嘉夫, エアロゾル中の鉄の化学種および同位体比: 海洋への水溶性鉄の供給に関連して, 一般財団法人海洋化学研究所 69 周年秋季講演会, 京都市, 2015/11/13.
  45. 高橋嘉夫, 環境中でのセシウムなどの金属イオンの固相吸着に及ぼす腐植物質の影響, International Humic Substances Society 18th International Meeting in Kanazawa プレシンポジウム「Keystone for Future Earth: Diversity of Organic Matter in Environments」, 名古屋市, 2015/11/20.
  46. Takahashi, Y., Speciation and water soluble fraction of iron in aerosols from various sources, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 2015/12/14.
  47. 高橋嘉夫, STXM-NEXAFS を用いた炭素の X 線顕微分析の優位性・重要性: 環境科学を例に, PF 研究会「放射光のオンリーワン計測と産業利用展開」, つくば市, 2016/01/20.
  48. 高橋嘉夫, 分子地球化学: XAFS で得られる分子レベルの情報から地球・環境を理解する, 東北大学光・量子ビーム科学連携推進室第 5 回ワークショップ, 仙台市, 2016/01/05.
  49. 高橋嘉夫, 放射光を用いた地球化学・環境化学: 夢と安全の追求, 2015 年度量子ビームサイエンスフェスタ基調講演, つくば市, 2016/03/15.
  50. 高橋嘉夫, X 線分光法を用いた元素の化学種解析に基づくエアロゾル化学, 有機エアロゾルに関するワークショップ: 大気におけるその動態・性状・役割, 東京, 2016/03/01.
  51. Takahashi, Y., Incorporation of anions into calcite and barite., The 28th Reimei Workshop on Radioactive Waste Treatment and Remediation, Tokai, Ibaraki, 2016/02/26.
  52. 高橋嘉夫, 放射光を用いた XAFS 法などによる環境中の有害元素の挙動解明, 第 2 回 SLiT-J 利用分野調査検討ワークショップ, 仙台市, 2016/03/08.

53. Takahashi, Y., Transfer of rare earth elements (REE) from manganese oxides to phosphates during early diagenesis in pelagic sediments, International Workshop on Marine Manganese Minerals, 高知市, 2016/03/17.
54. 高橋嘉夫, 土壌-河川-海洋系でのセシウムの挙動解析: XAFS による化学素過程を中心に, 第 12 回放射能の農畜水産物等への影響についての研究報告会, 東京, 2016/03/23.
55. 高橋嘉夫・本多翼, 風化花崗岩がレアアースのイオン吸着型鉱床になる上で必要な条件, 日本地球惑星科学連合大会 2016, 千葉市, 2016/05/23.
56. Takahashi, Y., Development of recovery and separation methods of rare earth elements by adsorption on bacteria and DNA-related materials: importance of identification of binding site using EXAFS Spectroscopy, Rare Earths 2016, Sapporo, 2016/06/08.
57. 高橋嘉夫, 分子環境地球化学: 化学種解明に基づく元素の挙動の系統的理解, 環境化学学会賞受賞講演, 第 25 回環境化学討論, 新潟, 2016/06/09.
58. Takahashi, Y., Molecular geochemistry as a basis for systematic understanding of environmental behaviors of various elements, Goldschmidt 2016, 横浜市, 2016/06/30.
59. Takahashi, Y., Effect of humic substances on the migration of cesium and iodine related to Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident revealed by applications of X-ray spectroscopies, 8th International Conference of International Humic Substances Society, Kanazawa, Japan, 2016/09/12.
60. Takahashi, Y., Migration of radionuclides in land-surface in Fukushima: mechanisms of secondary transport, The 5th International Geo-hazards Research Symposium (IGRS 2016), Taipei, Taiwan, 2016/10/13.
61. 高橋嘉夫, セシウムやヨウ素の移行挙動に及ぼす腐植物質の影響, PF 研究会「「福島環境回復を目指した放射光研究の現状と今後の課題」, つくば市, 2016/10/14.
62. 高橋嘉夫, 火山由来の大気中の鉄の化学種と水溶解性, 北海道大学低温科学研究所共同シンポジウム「西部北太平洋の微量元素の 3 次元循環像構築にむけたワークショップ」, 札幌市, 2016/11/14.
63. 高橋嘉夫, SLiF-J で可能になる環境・資源科学: より微量な元素、より軽い元素まで, 東北大学金属材料研究所共同利用ワークショップ (3 GeV 高輝度放射光 SLiF-J と産学協創), 仙台市, 2016/12/14.
64. 高橋嘉夫, STXM 炭素学の必須性: 太陽系の誕生から地球環境の将来まで, PF 研究会「PF 挿入光源ビームライン BL-19 の戦略的利用に関する研究会」, つくば市, 2017/01/16.
65. 高橋嘉夫, 原子・分子から理解する環境科学・廃棄物科学, 第 27 回京都大学地球環境フォーラム, 京都市, 2017/02/04.
66. 高橋嘉夫, STXM を用いた局所状態分析による物質科学・環境科学研究, 第 72 回日本物理学会「放射光を用いた顕微分光によるナノスケール電子状態観察の新展開」, 吹田市, 2017/03/18.
67. 高橋嘉夫, フミン酸錯体の生成ならびに固相吸着に関する研究, 第 96 回原子力基礎工学研究セミナー (レーザーによるアクチノイド研究を俯瞰する ~原研黎明期から今

- 日の最前線まで～), 東海村, 2017/03/09.
68. 宮本千尋・飯塚芳徳・坂田昂平・高橋嘉夫, グリーンランドアイスコア中に捕捉された粒子中のカルシウム化学種の同定: 炭酸カルシウムの大気中での中和反応と関連して, JpGU 2017 (セッション: アイスコアと古環境変動), 千葉市, 2017/05/23.
  69. Takahashi, Y., Importance of chemical process study for the precise prediction of environmental change, JpGU-AGU Joint meeting (Session: Future Earth - Implementing Integrated Research for Sustainable Future), Chiba, Japan, 2017/05/20.
  70. 高橋嘉夫・栗栖美菜子, エアロゾル中の様々な起源の鉄の HNLC 海域に対する寄与: 化学種および安定同位体比からの考察, JpGU 2017 (セッション: 植物プランクトン増殖に関わる海洋-大気間の生物地球化学), 千葉市, 2017/05/26.
  71. Takahashi, Y., Overview of the radioactive particles emitted from the F1NPP, 3d Research Coordination Meeting, IAEA Coordinated Research Project 'Environmental Behaviour and Potential Biological Impact of Radioactive Particles', Vienna, 2017/06/08.
  72. 高橋嘉夫, XAFS を用いた状態分析による微量元素の環境挙動解析, 第 28 回 日本微量元素学会学術集会特別シンポジウム「高輝度放射光を利用した微量元素計測の最前線」, 仙台市, 2017/07/29.
  73. 高橋嘉夫, 化学種および同位体比に基づく福島第一原発由来の放射性核種の挙動解析, 第 61 回放射化学討論会, つくば市, 2017/09/07.
  74. 高橋嘉夫, イオン吸着型鉱床: 気候の影響やレアアースの特異性, 日本地質学会第 124 年学術大会 (セッション R25. 鉱物資源と地球物質循環), 松山市, 2017/09/16.
  75. Takahashi, Y., Future application of X-ray microscopy (STXM etc.) to Hayabusa 2 asteroid samples, Joint meeting of Multi-scale asteroid science & Aqua planetology, Sagami-hara, Japan 2017/12/03.
  76. 高橋嘉夫, 河川中の放射性セシウム溶解阻害する仕組み, 政策シンクタンク「時代を刷新する会」主催「環境技術委員会」, 東京, 2018/02/22.
  77. 高橋嘉夫・三浦輝・栗原雄一, 福島原発事故由来の放射性セシウムの放出および移行過程: 放射性セシウム含有微粒子の特徴と河川における固液分配, 分野横断ワークショップ不溶性セシウム粒子研究会 2018, 東京, 2018/03/06.
  78. Takahashi, Y., Development of STXM at Photon Factory and its application to extraterrestrial materials, Mini-workshop“Towards Japanese exploration program of Mars”, 宇宙科学研究所, 相模原, 2018/03/06.
  79. 高橋嘉夫, 原発事故から 7 年。放射能汚染の状況はどこまで回復したか: Lesson#5 その他、Lesson#3.11 シンポジウム, 日本科学未来館, 東京, 2018/03/10.
  80. 高橋嘉夫, レア金属の元素としての性質の理解による濃集プロセスの解明や資源利用への貢献, JpGU 2018 (セッション: 資源地球科学), 千葉市, 2018/05/23.
  81. Takahashi, Y., Migration of various elements in the presence of microbes and humic substances at earth surfaces using STXM for characterization of organic matters, AOGS 2018, Oahu, USA, 2018/06/07.
  82. 高橋嘉夫, 化学形態の動態への影響, 第 55 回アイソトープ・放射線研究発表会 (セッシ

ヨシノ：福島第一原発事故の環境放射能動態解析学)，東京，2018/07/06.

83. Takahashi, Y., Studying trace element speciation (molecular geochemistry) allows to better understand geochemical controls on their distributions and isotopic signatures in sediments, Goldschmidt 2018 (Session: Session honoring Prof. G. R. Helz: Understanding the Geochemistry of Redox-Sensitive Trace Elements), Boston, USA, 2018/08/15.
84. Takahashi, Y., Separation of rare earth elements using microbes, DNA, and salmon milt: similarity to Ln-resin, 第12回米国 Eichrom Technologies/フランス国 Triskem International 社製抽出クロマトグラフィユーザーズセミナー，東京，2018/11/14.
85. 高橋嘉夫, X線分光による化学種解析に基づく火星の表層環境に関する研究, 日本惑星科学研究会, 仙台市, 2019/02/21.

### Ⅲ. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文指導実績

- ・ 2012年度 修士2名 (大森恵理子, 藤原将智), 博士1名 (横山由佳)
- ・ 2013年度 修士4名 (徳永紘平, 山田紘子, 宮地亜沙美, 有賀大輔), 博士1名 (中田亮一)
- ・ 2014年度 修士2名 (菅大輝, 宮原彩), 博士1名 (菊池早希子)
- ・ 2015年度 修士2名 (本多翼, 山川庸芝明)
- ・ 2016年度 修士3名 (上杉宗一郎, 宮本千尋, 栗栖美奈子)
- ・ 2017年度 修士1名 (三浦輝), 博士3名 (坂田昂平, 徳永紘平, 渡辺勇輔)
- ・ 2018年度 修士1名 (山口瑛子), 博士1名 (伊藤理彩)

##### 担当講義

- ・ 理学部・大学院, 地球環境化学, 2015～2018年度
- ・ 理学部・大学院, 地球環境化学実習, 2015～2018年度
- ・ 理学部・大学院, 地球惑星環境学野外巡検 I, 2015～2018年度
- ・ 理学部・大学院, 固体機器分析学, 2015年度
- ・ 理学部・大学院, 宇宙地球化学, 2016～2018年度
- ・ 理学部・大学院, 資源地質学, 2016～2018年度
- ・ 理学部・大学院, 地球惑星物質分析学, 2016～2018年度
- ・ 教養学部, 地球惑星環境学入門, 2015～2018年度
- ・ 教養学部, 地球環境学, 2015～2016年度

##### 指導学生の受賞

- ・ 理学系研究科奨励賞 3名 (2016年度修士 栗栖美菜子, 2017年度修士 三浦輝, 2018年度修士 山口瑛子)
- ・ Joint International Conference on "Pacific Basin Consortium for Environment and Health" and "Society for Environmental Geochemistry & Health", Student Presentation Award (2012年 山

田紘子)

- ・ 日本地球惑星科学連合 学生優秀発表賞 (2013年 徳永紘平, 2018年 山口瑛子)
- ・ 日本地球化学会 若手発表賞 (2012年 横山由佳, 中田亮一, 有賀大輔, 2012年 中田亮一, 2016年 坂田昂平, 栗栖美菜子, 2018年 栗栖美菜子)
- ・ 環境化学討論会 優秀学生賞 (2012年 宮地亜沙美, 2012年 山田紘子, 2015年 栗栖美菜子, 2016年 宮本千尋)
- ・ 日本有機地球化学会 最優秀ポスター発表賞 (2012年 中田亮一)
- ・ 日本質量分析学会同位体比部会 口頭発表賞 (2012年 中田亮一, 2017年 栗栖美菜子)

#### IV. 社会連携・学内外委員業務等

##### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本学術会議、特任連携会員、2017年度
- ・ 日本化学会、「化学と教育」誌編集委員、2013～2014年度
- ・ 日本化学会原子量専門委員会委員、2018年度
- ・ 日本地球惑星科学連合、代議員、2014～2017年度
- ・ 日本地球惑星科学連合、ボードメンバー、2016～2018年度
- ・ 日本地球惑星科学連合 2016年会、プログラム委員、2016～2018年度
- ・ JpGU-AGU Joint Meeting, Joint Program Committee, 2017年度
- ・ 日本化学連合、理事、2018年度
- ・ 日本地球化学会、評議員、2012年度、2016～2017年度
- ・ 日本地球化学会、学会賞選考委員長、2017年度
- ・ 日本地球化学会、理事、2018年度
- ・ 日本地球化学会、和文誌「地球化学」編集長、2012～2013年度
- ・ 日本放射化学会、理事、2012～2015年度
- ・ 日本放射化学会、副会長、2018年度
- ・ 日本放射化学会、学会賞選考委員長、2016年度、2018年度
- ・ IAEA Final Research Coordination Meeting, 2016
- ・ 学会誌「Geosystem Engineering」編集委員、2010～2018年度
- ・ Guest Editor、Geochemical Journal Guest Editor (Special issue: Fukushima Review I)、2012年
- ・ Guest Editor、Geochemical Journal Guest Editor (Special issue: Fukushima Review II)、2018年
- ・ 国際環境研究協会、地球環境, Vol. 22 「ヒ素の地圏－水圏－生物圏における循環：そのメカニズムから対策まで」、編集
- ・ 研究集会主催、Hiroshima International Symposium on Future Science (Hi-SFs) 2014、2014/03/02
- ・ 研究集会主催、日本地球化学会将来構想検討会、2014/04/30
- ・ 研究集会主催、日本地球化学会学会企画特別セッション「地球化学を先導する研究計画検討会」、2014/09/17

- ・ 研究集会主催、日本分析化学会年会特別シンポジウム：異分野との接点を求めて「放射光分析の新技术・新応用」、2014/09/19
- ・ 研究集会主催、PF 研究会「X 線顕微分析の新展開: STXM から硬 X 線複合分析まで」、2015/10/02
- ・ Goldschmidt conference, Program Committee, Goldschmidt 2015
- ・ Goldschmidt conference, Vice president, Goldschmidt 2016 Organization committee

## 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 経済産業省、金属の生物蓄積性に関する調査検討委員会委員、2014 年
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2012~2013 年度, 2015~2018 年度
- ・ プレスリリース、有害だがレアメタルでもあるテルルの環境挙動を支配する因子を解明、2017/06/06 (日本経済新聞などに掲載)
- ・ プレスリリース、チェルノブイリと福島 of 河川水中の放射性セシウムの水への溶解易さの違いを解明」、2017/09/29 (日本経済新聞、澎湃新聞 (中国) などに掲載)
- ・ プレスリリース、海底堆積物に膨大な“微小マンガング粒”を発見 ~陸上マンガング鉱床に匹敵する量のマンガングが海底下に存在~、2019 年 2 月 6 日
- ・ 高橋嘉夫、広島県科学セミナー地学分野講師「地球の大気の進化と現在の大気環境問題」、2012/08/01
- ・ 高橋嘉夫、地球環境を守る!放射光が変えるわたしたちの未来, 平成 24 年度 KEK 一般公開, つくば市, 2012/09/02.
- ・ 高橋嘉夫、出張授業、広島県立広高等学校、「地球誕生から現在の環境問題まで -地球の過去・現在・未来-」、2012/10/16
- ・ 高橋嘉夫、出張授業、鈴峯女子高等学校、「分子地球化学からみた大気環境科学」、2013/06/22
- ・ 高橋嘉夫、夢のある、でも役にも立つ理学部: 環境化学者からのメッセージ, 広島大学オープンキャンパス理学部特別講演, 東広島市, 2013/08/7-8.
- ・ 高橋嘉夫、出張授業、奈良高等学校、「分子地球化学からみた大気環境科学」、2014/06/20
- ・ 高橋嘉夫、「地球上の鉄の酸化還元状態: 大気進化や有害元素の挙動との関連」、国立科学博物館高校生のための化学実験講座、上野、2015/08/08
- ・ 高橋嘉夫、分子地球化学: 分子レベルから環境・資源問題に臨む, 東大理学部 高校生のための冬休み講座, 東京, 2015/12/24.
- ・ 高橋嘉夫、「地球上の鉄の酸化還元状態: 大気進化や有害元素の挙動との関連」、国立科学博物館化学実験講座、上野、2016/02/13
- ・ 高橋嘉夫、「分子地球化学: 原子・分子レベルから環境・資源問題をみる」、栃木県教科等専門研修, 栃木県総合研修センター, 宇都宮, 2016/08/22、
- ・ 高橋嘉夫、地球惑星科学専攻の高校生への紹介 (静岡高校)、2016/06/01
- ・ 高橋嘉夫、地球惑星科学専攻の高校生への紹介 (八王子東高等学校)、2017/09/30
- ・ 高橋嘉夫、地球惑星科学専攻の高校生への紹介 (金沢二水高等学校)、2017/11/16



## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星物理学科 教務委員会, 副委員長, 2015 年度
- ・ 地球惑星環境学科 学科長, 2016～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 専攻長, 2017～2018 年度
- ・ 東京大学入試実施委員, 2017 年

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数 : 5 名      研究者数 : 11 名

#### (2) 派遣

学生数 : 3 名      研究者数 : 1 名

#### (3) 海外からの来訪者数 10 名

# 板井 啓明

## I. 略歴

氏名： 板井 啓明（いたい たかあき）

年齢： 39 歳

現職： 准教授

### 学歴

1999 年 3 月 奈良県立平城高等学校卒業  
2004 年 3 月 大阪市立大学理学部地球学科卒業  
2006 年 3 月 岡山大学大学院自然科学研究科前期博士課程修了  
2009 年 3 月 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻博士後期課程修了  
2009 年 3 月 博士（理学）（広島大学）

### 職歴

2009 年 4 月 愛媛大学沿岸環境科学研究センター 助教  
2012 年 7 月 愛媛大学沿岸環境科学研究センター 特任講師  
2014 年 6 月 フランス国立科学研究センター 客員研究員  
2016 年 7 月 環境省・国立水俣病総合研究センター 主任研究員  
2017 年 9 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

地球表層環境における微量元素循環について、地球化学的手法を軸に研究を展開してきた。とくに、環境学的に関心の高い有害微量金属に関する研究を中心に据えている。2000 年代は、ヒ素による地下水汚染の発生機構に着目し、X 線吸収分光法を用いた化学形態分析などを軸に、詳細な水-岩石反応解析を進めてきた。2010 年以降は、より環境学的要請の強い課題に研究対象を移し、湖沼の低酸素化にともなう微量元素動態の変化とその生態影響に関する研究、途上国の有害金属汚染に関する地球化学的調査法の開発、海洋生物への微量元素濃縮機構に関する包括的研究、X 線吸収分光法や安定同位体比分析を用いた水銀の生物地球化学的動態に関する研究を推進してきた。

### 3. 特に優れた論文 5 編（少なくとも 3 編は本評価期間のもの）

1. Itai, T., Takahashi, Y., Seddique, A. A., Maruoka, T., & Mitamura, M. (2010). Variations in the redox state of As and Fe measured by X-ray absorption spectroscopy in aquifers of Bangladesh and their effect on As adsorption. *Applied Geochemistry*, 1. 34-47.

バングラデシュ沖積層における地下水ヒ素汚染の発生機構について、堆積物と地下水の地球化学的調査に基づき、溶出機構を詳細に検討した。とくに、堆積物における微量ヒ素の化学状態を X 線吸収微細構造法を用いて解析したアプローチは、当時においては先端的切り

口であった。この情報をもとに、地下水中ヒ素濃度が岩石-水間の吸着平衡と調和的であること、この関係をもとに汚染発生機構をモデル化し、今後の汚染状況の変化について一定の制約を与えられることを示唆した。(引用回数 33 回 (GS/Sep 17, 2019))

2. Itai, T., Hayase, D., Hyobu, Y., Hirata S., Kumagai, M., & Tanabe, S. (2012). Hypoxia-induced exposure of the isaza fish to manganese and arsenic in the bottom of Lake Biwa, Japan - Experimental and geochemical verification. *Environmental Science & Technology*, 46, 5789-5797.

琵琶湖では近年湖底水の低酸素化が指摘されている。かつての人為的攪乱による富栄養化の長期的影響や、地球温暖化による湖水循環の変化などが原因として指摘されているが、このような低酸素化現象は湖底の微量元素の動態も変化させる。2007 年の低酸素化イベントでは、琵琶湖固有魚種の大量死が発生し、魚の体内から高濃度のヒ素やマンガンが検出された。本研究は、低酸素環境下における底質から金属溶出が湖底生物に取り込まれる可能性や毒性影響について精査したものである。本研究成果は新聞やニュースなどで複数回報道され、現象についての地域住民の理解向上に貢献した。(引用回数 8 回 (GS/ Sep 17, 2019))

3. Sakamoto, M., Itai, T., Yasutake, A., Iwasaki, T., Yasunaga, G., Fujise, Y., Nakamura, M., Murata, K., Chan, H.M., Domingo, J.L. & Marumoto, M. (2015). Mercury and selenium speciation in toothed-whale muscles. *Environmental Research*. 143, 55-61.

本研究は、水銀の生物濃縮性に着目し、とくに外洋性のハクジラ類の水銀蓄積機構に着目した研究である。X 線吸収分光法を応用することで、加齢に伴う水銀の蓄積が、水銀-セレン化合物の形成によるものであることを分析化学的に実証した。本研究の成果は、鯨類の接食によるヒトへの暴露や健康影響について示唆的な事実を提供した。(引用回数 16 回 (GS/ Sep 17, 2019))

4. Fujimori, T., Itai, T., Goto, A., Otsuka, M., Asante, K.A., Takahahi, S., & Tanabe, S. (2016) Interplay of metals and bromine with dioxin-related compounds concentrated in E-Waste open burning soil from Agbogbloshie in Accra, Ghana. *Environmental Pollution*. 209, 155-163.

廃棄物の野焼き処理は、低温燃焼という特性から、様々な人為起源エアロゾルの環境中への放出源となる。本研究では、試験ケースとして、電気・電子廃棄物処理場の焼却飛灰や残渣土壤に着目し、これらを X 線吸収分光法で分析することで、金属の化学形態・動体・生体毒性について評価した。金属銅が燃焼過程で生体毒性の高い塩化銀へと変化していること、これらが他の有害有機塩素化合物の生成における触媒作用を示すことなどが明らかになった。(引用回数 29 回(GS/ Sep 17, 2019))

5. Sakamoto, M., Itai, T., Marumoto, K., Marumoto, M., Kodamatani, H., Tomiyasu, T., Nagasaka, H., Mori, K., Poulain, A.J., Domingo, J., Horvat, M., & Matsuyama, A. (2019). Mercury speciation in preserved historical sludge: Potential risk from sludge contained within reclaimed land of Minamata Bay, Japan. *Environmental Research*. In press.

水俣湾には、水俣病発生当時に海洋へと放出された水銀が高濃度で残存している。当時は、地殻中濃度の 100 倍に相当する 20 mg/kg 以上の汚泥を取り除き、埋立地の地下に隔離埋設した経緯がある。この汚泥が、地震などを契機とした海水への再放出が住民の懸念事項として挙げられていたため、鉱物学的な検証を実施したのが本研究である。海水への溶出試験に加えて、広域 X 線吸収微細構造法により、水銀の大半が難溶性の metacinnabar であることを実証した。本研究の成果は、地域住民への説明の場において、二次溶出の可能性が低いことの科学的根拠として提供されている。(引用回数 1 回(GS/Sep 17, 2019))

#### 4. 受賞等

- ・ 板井啓明, 日本地球化学会奨励賞, 2015 年 9 月

## 5. 研究の将来計画

東京大学の地球惑星科学専攻においては、環境中での微量元素循環の生物地球化学素過程に着目した研究が、諸外国に対して不活性であることへの危機感から、当該分野の将来的な発展を見据えて「分子地球化学」の推進を掲げている。分子地球化学とは、微量元素を含む各種元素の挙動について、分子レベルの化学・同位体分析や理論化学の応用により、化学をベースとした普遍的な動態解析法の構築を目指すものである。地球生命圏科学講座に属する高橋嘉夫教授と共同で研究を進めており、独自の視点としては、生物圏への物質移行に着目する点が挙げられる。生体は、物理化学過程に加えて、生物固有の物質取り込み・排出機構を有することから、環境側の研究者が積極的に取り扱ってこなかった対象である。しかし、低次生態系への物質移行が水圏の物質循環に大きな役割を果たすことは周知の事実であるし、高次生体系生物への物質以降は水産学や保全生態学側からのニーズが大きい。地球化学分野で活用される先端的化学分析法や、元素比・安定同位体比などを指標とした独自の解析法を活用し、生態系を包括した水圏での物質循環解析を進め、融合知の形成拠点構築を目指す。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 若手研究 A, 外洋性魚類・鯨類を指標とした北西太平洋における水銀安定同位体比の三次元分布解析, 研究代表者, 2017~2020 年度, 12,200,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 C, 代表 坂本 峰至, 水俣湾埋め立て地に眠るヘドロ中水銀の化学形態別分析によるリスク評価, 2015 年度~2017 年度, 100,000 円
- ・ 日本学術振興会 海外特別研究員研究活動費, 大型海洋生物アーカイブの水銀同位体比分析による外洋中メチル水銀の生成過程解明, 2014~2015 年度, 総額 5,256,000 円
- ・ 日本生命財団 平成 25 年度若手研究助成, 水銀安定同位体比を指標とした海洋中メチル水銀の生成機構の解明, 研究代表者, 2013 年~2014 年, 1,300,000 千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 B, 琵琶湖深部の貧酸素化にともなうマンガン・ヒ素大量溶出モデルの構築, 研究代表者, 2013~2014 年度, 総額 : 13,780,000 円
- ・ 科学研究費補助金 若手研究 A, 水圏環境の貧酸素化による微量元素の動態変化とその潜在的生態影響の解明, 研究代表者, 2010~2012 年度, 総額 : 12,800,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Asante, K.A., Agusa, T., Biney, C.A., Agyekum, W.A., Bello, M., Otsuka, M., Itai, T., Takahashi, S., & Tanabe, S., (2012). Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana. *Science of the Total Environment*, 424, 63-73.
2. Nishi, K., Kim, I.H., Itai, T., Sugahara, T., Takeyama, H., & Ohkawa, H. (2012). Immunochromatographic assay of cadmium levels in oysters. *Talanta*, 92, 266-262.
3. Itai, T., Hayase, D., Hyobu, Y., Hirata S., Kumagai, M., & Tanabe, S. (2012). Hypoxia-induced exposure of the isaza fish to manganese and arsenic in the bottom of Lake Biwa, Japan - Experimental and geochemical verification. *Environmental Science & Technology*, 46, 5789-5797.
4. Nakashima, E., Isobe, A., Kako, S., Itai, T., & Takahashi, S. (2012). Quantification of toxic metals leaching from plastic litter collected from Ookushi beach, Japan. *Environmental Science & Technology*. 46, 5789-5797.

5. Itai, T., Kumagai, M., Hyobu, Y., Hayase, D., Horai, S., Kuwae, M., & Tanabe, S. (2012). Apparent increase in Mn and As accumulation in the surface of lake sediment from 1977 to 2009 in Lake Biwa, Japan. *Geochemical Journal*. 46. e47-e52.
6. Hamamura, N., Fukushima, K., & Itai, T. (2013). Identification of arsenite- and antimonite-oxidizing bacteria associated with antimony mine tailings. *Microbes and Environments*. 2. 257-263.
7. Asante, K. A., Takahashi, S., Itai, T., Isobe, T., Devanathan, G., Muto, M., Agyakwah, S. K., Adu-Kumi, S., Subramanian, A., & Tanabe, S. (2013). Occurrence of halogenated contaminants in inland and coastal fish from Ghana: Levels, dietary exposure assessment and human health implications. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 94. 123-130.
8. Itai, T., Maruoka, T., Kusakabe, M., Uesugi, K., & Mitamura, M. (2013). Use of soil color meter for aqueous iron and ammonium measurements. *Soil Science and Plant Nutrition*. 59, 450-454.
9. Sakai, S., Yoshida, H., Hiratsuka, J., Vandecasteele, C., Kohlmeyer, R., Passarini, F., Santini, A., Peeler, M., Li, J., Oh, G.J., Chi, N.K., Bastian, L., Moore, S., Kajiwara, N., Takigami, H., Itai, T., Takahashi, S., Tanabe, S., Tomoda, K., Hirai, Y., Asari, M., & Yano, J. (2013). An international comparative study of End-of-Life vehicles (ELVs) recycling systems. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. doi: 10.1007/s10163-013-0173-2.
10. Noguchi, T., Itai, T., Tue, N.M., Agusa, T., Ha, N.N., Horai, S., Trang, P.T.K., Viet, P.H., Takahashi, S., & Tanabe, S. (2013). Exposure assessment of lead to workers and children in the battery recycling craft village, Dong Mai, Vietnam. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. doi: 10.1007/s10163-013-0159-0.
11. Itai, T., Otsuka, M., Asante, K.A., Opoku-Ankomah, U., Ansa-Asare, O.D., Muto, M., & Tanabe, S. (2014). Variation and distribution of metals and metalloids in soil/ash mixtures from Agbogbroschie e-waste recycling site in Accra, Ghana. *Science of the Total Environment*. 470-471. 707-716.
12. Hamamura, N., Itai, T., Liu, Y., Reysenbach, A-N., Damdinsuren, N., & Inskeep, W.P. (2014). Identification of anaerobic arsenite-oxidizing and arsenate-reducing bacteria associated with an alkaline saline lake in Khovsgol, Mongolia. *Applied Environmental Microbiology*. DOI: 10.1111/1758-2229.12144.
13. Horai, S., Itai, T., Noguchi, T., Yasuda, Y., Adachi, H., Hyobu, Y., Riyadi, A.S., Lowers, R., Guillette Jr. L.J., & Tanabe, S. (2014). Contamination status of trace elements in American alligators (*Alligator mississippiensis*) from Florida, USA. *Chemosphere*. 108, 159–167.
14. Riyadi, A., Itai, T., Hayase, D., Isobe, T., Horai, S., Miller, T., Omori, K., Sudaryanto, A., Ilyas, M., Setiawan, I., & Tanabe, S. (2015). Comparison of trophic magnification slopes of mercury in temperate and tropical regions -Case studies in Oregon coast, USA, Sanriku coast, Japan and Jakarta Bay, Indonesia-. *Chemistry Letters*.44, 1470-1472.
15. Sakamoto, M., Itai, T., Yasutake, A., Iwasaki, T., Yasunaga, G., Fujise, Y., Nakamura, M., Murata, K., Chan, H.M., Domingo, J.L., & Marumoto, M. (2015). Mercury and selenium speciation in toothed-whale muscles. *Environmental Research*. 143, 55-61.
16. Tue, H.M., Goto, A., Takahashi, S., Itai, T., Asante, K.A., Kunisue, T., & Tanabe, S. (2016). Release of chlorinated, brominated and mixed halogenated dioxin-related compounds to soils from open burning of e-waste in Agbogbroschie (Accra, Ghana). *Journal of Hazardous Materials*. 302, 151-157.
17. Fujimori, T., Itai, T., Goto, A., Otsuka, M., Asante, K.A., Takahashi, S., & Tanabe, S. (2016). Interplay of metals and bromine with dioxin-related compounds concentrated in E-Waste open burning soil from Agbogbroschie in Accra, Ghana. *Environmental Pollution*. 209, 155-163.

18. Nakashima, E., Isobe, A., Kako, S., Itai, T., Takahashi, S., & Guo, X. (2016). The potential of oceanic transport and onshore leaching of additive-derived lead by marine macro-plastic debris. *Marine Pollution Bulletin* 1. 333-339.
19. Coelho, S.D., Pastorinho, M.R., Itai, T., Isobe, T., Kunisue, T., Nogueira, A.J.A., Tanabe, S., & Sousa, A.C.A. (2016). Lead in duplicate diet samples from an academic community. *Science of the Total Environment*, 573, 603-607.
20. Tue, N. M., Goto, A., Takahashi, S., Itai, T., Asante, K. A., Nomiyama, K., Tanabe, S., & Kunisue, T. (2017). Soil contamination by halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons from open burning of e-waste in Agbogbloshie (Accra, Ghana). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19, 1324-1332
21. Nishimura, C., Horii, Y., Tanaka, S., Asante, K. A., Ballesteros Jr, F., Viet, P. H., Itai, T., Takigami, H., Tanabe, S., & Fujimori, T. (2017). Occurrence, profiles, and toxic equivalents of chlorinated and brominated polycyclic aromatic hydrocarbons in E-waste open burning soils. *Environmental Pollution*. 225, 252-260.
22. Coelho, S.D., Maricoto, T., Pastorinho, M.R., Itai, T., Isobe, T., Kunisue, T., Tanabe, S., Sousa, A.C.A., & Nogueira, A.J.A. (2017). Cadmium intake in women from Aveiro University, Portugal – a duplicate diet study. *Journal of Geochemical Exploration*, 183, 187-190.
23. Shiraishi, F., Nakao, K., Takashima, C., Kano, A., & Itai, T. (2018). Fe(II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits. *Chemical Geology*, 476, 161-170.
24. Tue, N.M., Matsushita, T., Goto, A., Itai, T., Asante, K.A., Obiri, S., Mohammed, S., Tanabe, S., & Kunisue, T. (2019). Complex mixtures of brominated/chlorinated diphenyl ethers and dibenzofurans in soils from the Agbogbloshie e-waste site (Ghana): Occurrence, formation, and exposure implications. *Environmental Science & Technology*, 53. 3010-3017.
25. Qin, H.B., Uesugi, S., Yang, S., Tanaka, M., Kashiwabara, T., Itai, T., Usui, A., & Takahashi, Y. (2019). Enrichment mechanisms of antimony and arsenic in marine ferromanganese oxides: insights from the structural similarity. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 257, 117-130.
26. Shiraishi, F., Matsumura Y., Chihara, R., Okumura, T., Itai, T., Kashiwabara, T., Kano, A., & Takahashi, Y. (2019). Depositional processes of microbially colonized manganese crusts, Sambe hot spring, Japan. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 258, 1-18.
27. Sakamoto, M., Itai, T., Marumoto, K., Marumoto, M., Kodamatani, H., Tomiyasu, T., Nagasaka, H., Mori, K., Poulain, A.J., Domingo, J., Horvat, M., & Matsuyama, A. (2019). Mercury speciation in preserved historical sludge: Potential risk from sludge contained within reclaimed land of Minamata Bay, Japan. *Environmental Pollution*, In Press.

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

1. 板井 啓明 (2016). ヒ素などの有害元素の環境中での挙動に関する研究 ～環境地球化学と環境化学の関係性についての考察を含む～, *地球化学*, 50, 251-262.
2. 板井 啓明 (2017). 鉱物-水系のヒ素分配にかかわる化学的要因: 酸水酸化鉄に着目して, *地球環境*, 22, 25-33.
3. 瀬戸 繭美, 板井 啓明 (2017). 「生物地球化学」 特集に寄せて. *地球化学*, 51, 4, 157-158.
4. 坂本 峰至, 板井 啓明, 村田 勝敬 (2017). メチル水銀の胎児期曝露影響, *日本衛生学雑誌*, 72, 140-148.

(4) 著書

(5) その他著作物

1. 板井 啓明 (2014). 琵琶湖の酸素とマンガンの関係, 化学と教育, 62, 6
2. 板井 啓明 (2015). 海水中の水銀安定同位体比分析法, ぶんせき, 7, 309.
3. 板井 啓明 (2018). 環境中の水銀分析に関する研究の動向, ぶんせき, 11, 492-496.

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. Itai, T., Sonke, J.E., Point, D., Kamei, T., & Tanabe, S. Geographical variation of total mercury level and its stable isotope composition in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from western North Pacific Ocean. Goldschmidt Conference, Prague Czech Republic, 2015/8/17.
2. Itai, T., Kamei, T., & Tanabe, S. Comprehensive assessment for controlling factor of total Hg level in skipjack tuna from Western North Pacific Ocean. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) North America 32nd Annual Meeting, Mineapolis, Minesota, USA, 2017/11/13.
3. 板井啓明, 田辺信介. 水銀安定同位体比変動を指標とした水銀の起源およびヒト曝露解析の有効範囲, 2016年度 日本地球化学会年会, 大阪市立大学, 2016/9/14.
4. 板井啓明, 水銀安定同位体比を指標とした海洋生態系における水銀の挙動, プラズマ分校研究会, つくば, 2018/9/4.

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

担当講義

- ・ 理学部・大学院 宇宙地球化学, 2017~2018年度
- ・ 理学部・大学院 地球環境化学実習, 2017~2018年度
- ・ 教養学部 地球環境学入門, 2017~2018年度
- ・ 教養学部 地球惑星環境学入門, 2017~2018年度
- ・ 教養学部 初年時ゼミナール, 2018年度

指導学生の受賞

- ・ 日本地球化学会 学生奨励賞 1名 (2019年度修士 名取幸花)

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 一般社団法人日本地球化学会, 理事, 2017~2018年度
- ・ 日本地球化学会, 評議員, 2011~2012年度

## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 高校出張授業.「海洋生物を脅かす生物濃縮」土佐女子高校, 2012/2/12
- ・ 青森県 県境不法投棄現場原状回復対策推進協議会 有識者委員, 2018 年度
- ・ 環境研究総合推進費, アドバイザリーボード委員, 2018 年度
- ・ 科学研究費補助金審査委員, 2016 年度, 2018 年度
- ・ 市民向けサイエンスカフェ, WE Cafe week 72. 「謎の厄介者『水銀』を追え！」2018/10/13

## 12. 学内行政業務

- ・ 大学院理学系研究科, 地球惑星科学専攻, 部屋委員会委員, 2018 年度
- ・ 地球惑星環境学科, 教務委員会委員, 2017 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 0名



# 鈴木 庸平

## I. 略歴

氏名： 鈴木 庸平（鈴木 庸平）

年齢： 46 歳

現職： 准教授

### 学歴

- 1992 年 3 月 東京都早稲田大学高等学院卒業
- 1996 年 3 月 早稲田大学理工学部資源工学科卒業
- 1998 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻修士課程修了
- 2002 年 5 月 ウィスコンシン大学マディソン校 地質・地球物理学博士課程修了
- 2002 年 8 月 8 月 ウィスコンシン大学特別博士号「地球微生物学」取得
- 1997 年 3 月 博士（理学）（ウィスコンシン大学）

### 職歴

- 2002 年 6 月 海洋科学技術センター（現海洋研究開発機構）極限環境フロンティア研究センター 研究員
  - 2005 年 10 月 産業技術総合研究所深部地質環境研究センター 研究員
  - 2007 年 4 月 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 研究員
  - 2011 年 4 月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授
- 現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

生命誕生の場所として有力視される深海や地底の生態系を対象に研究を行っている。特に生命-水-鉱物相互作用に着目して、最先端の固体分析手法と微生物分析手法の開発を行っている。地底の生態系の調査法について、花崗岩体を対象とした地下施設を用いた研究開発を行い、光合成由来の有機物に欠乏した地下深部で、岩石内部エネルギーに依存した生態系において、地下微生物群集の解明、岩石内部の水素とメタンを用いた代謝活性の定量、およびメタゲノム解析による地下深部に固有なメタン酸化古細菌の代謝の解明に成功した。花崗岩は 40 億年前から地球上に存在するため、地球初期の微生物生態系にとって重要な役割を果たしうる可能性を示唆した。

年代測定や地球内部の熱源として重要な元素であるウランに着目し、「生命とウランの相互作用は、地球・生命史を通じていつ誕生し、どのように進化してきたのか？」の問いに答えるために研究を行っている。近年、微生物によるウラン代謝に同位体分別があることがわかり、初期生命の活動の痕跡になることが期待されるが、世界に先駆けて成功したナノスケールでの代謝産物解析の成果が研究分野の重要な礎となっている。その手法を更に発展させて、花崗岩の亀裂中に充填した炭酸塩脈の解析により、100 万年前の微生物活動により形成したウランのナノ粒子の検出・解析に成功した。また、100 万年間に渡り放射性物質を固定する地下技術として応用を目指し、福島第一原発事故後に汚染が深刻視されるセシウム

を固定する技術を確立し、特許出願を行った。

### 3. 特に優れた論文5編（少なくとも3編は本評価期間のもの）

1. Ino, K., Hermsdorf, A.W., Konno, U., Kouduka, M., Yanagawa, K., Kato, S., Sunamura, M., Hirota, A., Togo, Y.S., Ito, K., Fukuda, A., Iwatsuki, T., Mizuno, T., Komatsu, D.D., Tsunogai, U., Ishimura, T., Amano, Y., Thomas, B.C., Banfield, J.F., Suzuki, Y. (2018) Ecological and genomic profiling of anaerobic methane-oxidizing archaea in a deep granitic environment. *ISME Journal*, 12:31-47.

花崗岩深部に生息するメタン酸化古細菌のゲノムを解読し、マグマ起源のメタンから硫酸呼吸でエネルギーを獲得していることを、メタゲノム解析と安定同位体ラベル実験により明らかにした。（引用回数18回）

2. Suzuki, Y., Mukai, H., Ishimura, T., Yokoyama, T.D., Sakata, S., Hirata, T., Iwatsuki, T., Mizuno, T. (2016) Formation and Geological Sequestration of Uranium Nanoparticles in Deep Granitic Aquifer. *Scientific Reports*, doi:10.1038/srep22701.

花崗岩の深度200メートルの亀裂中に沈殿する炭酸カルシウム鉱物中に、微生物代謝により形成したウランのケイ酸塩鉱物ナノ粒子が100万年以上に渡り、封じ込められて固定されていることを、収束イオンビーム加工をした試料の透過型電子顕微鏡観察と局所ウラン年代測定により明らかにした。（引用回数6回）

3. Suzuki, Y., Konno, U., Fukuda, A., Komatsu, D.D., Hirota, A., Watanabe, K., Togo, Y., Morikawa, N., Hagiwara, H., Aosai, D., Iwatsuki, T., Tsunogai, U., Nagao, S., Ito, K., Mizuno, T. (2014) Biogeochemical Signals from Deep Microbial Life in Terrestrial Crust. *PLOS One*, id. 0113063.

瑞浪超深地層研究所の花崗岩体の、深度200~400メートルの坑道から水平掘削したボーリング孔内に、地下水の生物地球化学特性を調査できる採水装置を設置し、地下水中の微生物代謝で生成・消費される溶存成分の濃度と安定同位体測定を6年間に渡り実施した。その結果、光合成由来の有機物が欠乏する深層地下水で、微生物が硫酸呼吸によりエネルギーを獲得していることを明らかにした。（引用回数8回）

4. Ino, K., Konno, U., Kouduka, M., Hirota, A., Togo, Y., Fukuda, A., Komatsu, D., Tsunogai, U., Tanaba, A.S., Yamamoto, S., Iwatsuki, T., Mizuno, T., Ito, K., Suzuki, Y. (2016) Deep microbial life in high-quality granitic groundwater from geochemically and geographically distinct underground boreholes. *Environmental Microbiology Reports*, doi: 10.1111/1758-2229.12379.

瑞浪超深地層研究所の花崗岩体の、深度300メートルの坑道から水平掘削したボーリング孔内に、微生物調査用の採水装置を設置し、6年間にわたる微生物群集の経時変化を追跡した。その結果、花崗岩深部の貧栄養条件で生息可能な微生物を特定した。また、同位体ラベル実験とNanoSIMS分析を組み合わせ、水素をエネルギー源として微生物が炭素固定していることを明らかにした。（引用回数11回）

5. Suzuki, Y., Kelly, S.D., Kemner, K.M., Banfield, J.F. (2002) Nanometer-size products of uranium bioreduction. *Nature* 419:134.

微生物代謝により6価から4価にウランが還元されて形成するウラン酸化物の固体が、粒径が1~2 nmの結晶質な粒子であることを、高分解能透過型電子顕微鏡による観察と、放射光を用いたX線吸収微細構造解析により明らかにした。（引用回数339回）

### 4. 受賞等

### 5. 研究の将来計画

これまでの研究で、地底生態系の調査手法、ナノレベルでの固体分析技術、メタゲノム解析技術について確立した。次の段階は、ナノレベルでの固体分析技術とメタゲノム解析を融合

した研究を、岩石内生命に適用することを目指す。これまで地下水試料から微生物細胞を濃集して行っていたメタゲノム解析を発展させ、岩石試料の内部の微生物を対象にゲノム解析する技術の開発を行う。具体的には、深海底熱水噴出孔の金属硫化物、深海底のマンガンクラストとマンガンノジュール、海洋地殻の玄武岩、および大陸地殻の花崗岩を対象に研究を行う。また、火星の生命探査のための岩石内生命検出手法についても、科学研究と惑星保護の両立を目指した技術開発を行う。

## 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金 基盤 B, 天然におけるナノ黄鉄鉱の生成過程と生命誕生駆動力の解明, 研究代表者, 2014~2016 年度, 総額 1,3910,000 円
- ・ 科学研究費補助金 萌芽, 深海底堆積物に残存する化石DNAによる古生態系復元の試み, 研究代表者, 2012~2014 年度, 総額 403,000 円 「
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 C, "Do microcrystalline dolomite inclusions provide fossil evidence for the onset of gas hydrate formation?: Isotopic and biogeochemical investigations of methane hydrate in Joetsu Basin, Sea of Japan." 研究分担者, 2017~2019 年度, 総額 600,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 堆積物の残留磁化獲得過程における生物学的作用の研究, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 1,000,000 円
- ・ 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究, 燃える氷:メタンハイドレートが作りだす生命フロンティアの開拓, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 1,500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 C, グローバル~ナノスケールで解き明かす海底マンガンクラスト・マンガン団塊の地球科学, 研究分担者, 2016~2018 年度, 総額 500,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 B, 微量元素をプロキシとした初期原生代の気酸素上昇パターン解明, 研究分担者, 2012~2015 年度, 総額 300,000 円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 B, 後期始生代-初期原生代の気二酸化炭素・酸素濃度とその地球表層環境への影響, 研究分担者, 2015~2017 年度, 総額 300,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

1. Kouduka M., Suko T., Morono Y., Inagaki F., Ito K., Suzuki Y. (2012) A new DNA extraction method by controlled alkaline treatments from consolidated subsurface sediments. *FEMS Microbiology Letter*, 326: 47-54 .
2. Saito, T., Suzuki Y., Mizuno, T. (2012) Size and Elemental Analyses of Nano Colloids in Deep Granitic Groundwater: Implications for Transport of Trace Elements. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Available online 29 November 2012.
3. Konno, U., Kouduka, M., Komatsu, D., Ishii, K., Fukuda, A., Tsunogai, U., Ito, K., Suzuki Y. (2013) Novel microbial populations in deep granitic groundwater from Grimsel Test Site, Switzerland. *Microbial Ecology*, 65: 626-637.
4. Suko, T., Kouduka, M., Nanba, K., Takahashi, M., Ito, K., Suzuki, Y. (2013) Geomicrobiological properties of Tertiary sedimentary rocks from the deep terrestrial subsurface. *Physics and Chemistry of the Earth*, 58-60: 28-33.
5. Machida, I., Suzuki, Y., Takeuchi, M. (2013) Carbon-14 age and chemical evolution of Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-type groundwater of age less than 8000 years in a confined sandy and muddy

- Pleistocene aquifer, Japan. *Hydrogeology Journal*, 21: 1289-1235.
6. D'Hondt S., Inagaki F., Alvarez Zarikian C.A., the Expedition 329 Scientists (2013) IODP Expedition 329: Life and Habitability Beneath the seafloor of the South Pacific Gyre. *Scientific Drilling*, 15: 4-10.
  7. Nakagawa, S., Shimamura, S., Takaki, Y., Suzuki, Y., Murakami, S., Watanabe, T., Fujiyoshi, S., Mino, S., Sawabe, T., Maeda, T., Makita, H., Nemoto, S., Nishimura, S., Watanabe, H., Watsuji, T., Takai, K. (2014) Allying with armored snails: the complete genome of gammaproteobacterial endosymbiont. *The ISME Journal*, 8: 40-51.
  8. Yanagawa, K., Kouduka, M., Nakamura, Y., Hachikubo, A., Tomaru, H., Suzuki, Y. (2014) Distinct microbial communities thriving in gas hydrate-associated sediments from the eastern Japan Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 90: 243-249.
  9. Suzuki, Y., Konno, U., Fukuda, A., Komatsu, D. D., Hirota, A., Watanabe, K., Togo, Y., Morikawa, N., Hagiwara, H., Aosai, D., Iwatsuki, T., Tsunogai, U., Nagao, S., Ito, K., Mizuno, T (2014) Biogeochemical Signals from Deep Microbial Life in Terrestrial Crust. *PLOS One*, id. 0113063.
  10. D'Hondt, S., Inagaki, F., Zarikian, C., Abrams, K., Dubois, N., Engelhardt, T., Evans, H., Ferdelman, T., Gribsholt, B., Harris, R., Hoppie, B., Hyun, J.-H., Kallmeyer, J., Kim, J., Lynch, J., McKinley, C., Mitsunobu, S., Morono, Y., Murray, R., Pockalny, R., Sauvage, J., Shimonoto, T., Shiraishi, F., Smith, D., Smith-Duque, C., Spivack, A., Steinsbu, B., Suzuki, Y., Szpak, M., Toffin, L., Uramoto, G., Yamaguchi, Y., Zhang, G.-L., Zhang, X.-H. and Ziebis, W. (2015) Presence of oxygen and aerobic communities from seafloor to basement in deep-sea sediment. *Nature Geoscience*, 8: 299-304.
  11. Ino, K., Konno, U., Kouduka, M., Hirota, A., Togo, Y., Fukuda, A., Komatsu, D., Tsunogai, U., Tanaba, A.S., Yamamoto, S., Iwatsuki, T., Mizuno, T., Ito, K., Suzuki, Y. (2016) Deep microbial life in high-quality granitic groundwater from geochemically and geographically distinct underground boreholes. *Environmental Microbiology Reports*, doi: 10.1111/1758-2229.12379.
  12. Suzuki, Y., Mukai, H., Ishimura, T., Yokoyama, T.D., Sakata, S., Hirata, T., Iwatsuki, T., Mizuno, T (2016) Formation and Geological Sequestration of Uranium Nanoparticles in Deep Granitic Aquifer. *Scientific Reports*, doi:10.1038/srep22701.
  13. Hug, L., Baker, B., Anantharaman, k., Brown, C., Probst, A., Castelle, C., Butterfield, C., HERNSDORF, A., Amano, Y., Ise, K., Suzuki, Y., Dudek, N., Relman, D., Ronald Amundson, F., Thomas, B., Banfield, J. (2016) A new view of The Tree and life's diversity. *Nature Microbiology*, doi:10.1038/nmicrobiol16048.
  14. Togo, Y.S., Takahashi, Amano Y., Matsuzaki, H., Suzuki, Y., Terada, Y., Muramatsu, Y., Ito, K., Iwatsuki T. (2016) Age and speciation of iodine in groundwater and mudstones of the Horonobe area, Hokkaido, Japan: Implications for the origin and migration of iodine during basin evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 191, 165-186.
  15. Yanagawa, K., Tani, A., Hachikubo, A., Kano, A., Suzuki, Y. (2016) Biogeochemical Cycle of Methanol in Anoxic Deep-Sea Sediments. *Microbes and Environments*, 31:190-193.
  16. Kouduka, M. Tanabe, A.S., Yamamoto, S., Yanagawa, K., Nakamura, Y., Akiba, F., Tomaru, H., Toju, H., Suzuki, Y. (2017) Eukaryotic diversity in late Pleistocene marine sediments around a shallow methane hydrate deposit in the Japan Sea. *Geobiology*, 15:715-727.
  17. HERNSDORF, A.W., Amano, Y., Miyakawa, K., Ise, K., Suzuki, Y., Anantharaman, K., Probst, A., Burstein, D., Thomas, B.C., Banfield, J.F. (2017) Potential for microbial H<sub>2</sub> and metal transformations associated with novel bacteria and archaea in deep terrestrial subsurface sediments. *The ISME Journal*, 11:1915-1929.

- Ino, K., Hemsdorf, A.W., Konno, U., Kouduka, M., Yanagawa, K., Kato, S., Sunamura, M., Hirota, A., Togo, Y.S., Ito, K., Fukuda, A., Iwatsuki, T., Mizuno, T., Komatsu, D.D., Tsunogai, U., Ishimura, T., Amano, Y., Thomas, B.C., Banfield, J.F., Suzuki, Y. (2018) Ecological and genomic profiling of anaerobic methane-oxidizing archaea in a deep granitic environment. *ISME Journal*, 12:31-47
- Mitsunobu, S., Suzuki, Y., Watanabe, K., Yang, K., Kim, J.W. (2018)  $\mu$ XAFS and TEM studies of Fe(III) oxides precipitated on submarine basaltic glass from South Pacific Gyre. *Chemical Geology*, 501, 51-57.

## (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

- 関陽児, 内藤一樹, 鈴木庸平 (2012) ボーリング孔での原位置地下水試料の採取法と留意点. *資源地質* 62 (3), 235-247
- 柳川勝紀・松本良・鈴木庸平(2012) メタン循環に関わる海底下生命圏. *石油技術協会誌* 第77巻: 374-383
- 長尾誠也・新堀雄一・田中忠夫・佐々木隆之・斉藤拓巳・桐島陽・吉川英樹・飯島和毅・濱克宏・岩月輝希・高橋嘉夫・足立泰久・鈴木庸平・渡部芳夫 (2013) 放射性廃棄物の地層処分における地下水コロイド研究の現状と今後の展開. *原子力バックエンド研究*: 1: 3-14

### (4) 著書

- 鈴木庸平(2012) 地殻内微生物の探索と応用. *極限環境生物の産業展開*: 271-280
- 鈴木庸平(2014) ウランで呼吸する. *環境と微生物の事典*. 朝倉書店 (分担執筆).

### (5) その他著作物

- 鈴木庸平 (2017) 放射性元素による汚染浄化に応用可能な長期固定機構の発見. *Isotope News* 749: 12-16
- 鈴木庸平 (2017) 急激な地球温暖化は海洋生態系に何をもちたらすのか? ~化石 DNA による近過去の復元と将来予測への挑戦~ *Japan Geoscience Letter* 13 No.2

### (6) 特許等

放射性物質を含む土壌の処理法

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

- 鈴木庸平. ウランの地球微生物学-地下深部環境への挑戦- 日本地球惑星科学連合2014年大会, 横浜市, 2014/5/24
- Suzuki, Y. Exploring mineral-microbe interactions and microbial ecology in deep marine environments. Institute of Oceanology Seminar, Chinese Academy of Science, Qingdao, 2017/7/24
- Suzuki, Y., Methane is a key reagent for preservation of aDNA in marine sediments. "A workshop for "Assessing the potential of ancient DNA in marine sediments", Sydney 2017/9/14
- Suzuki, Y. Deep microbial ecosystems within Cretaceous igneous rocks, JSME annual meeting & 10th ASME 2018, Gwinan, 2018/7/12
- Suzuki, Y. Microbial communities and their metabolic activities in deep crustal environments.

Gordon Research Conference 2018, Smithfield, Rhode Island, 2018/8/20

### III. 教育

#### 9. 教育における特筆すべき実績

##### 学位論文指導実績

- ・ 2013 年度 修士 1 名 (川崎弘道)
- ・ 2014 年度 修士 1 名 (古谷仁)
- ・ 2015 年度 修士 1 名 (青祐太郎)
- ・ 2016 年度 修士 2 名 (伊能康平, 片岡知泰)
- ・ 2018 年度 修士 1 名 (山下誠也)

##### 担当講義

- ・ 理学部・大学院 地球微生物学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部・地球生命科学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 生物多様性科学および実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 環境地球化学実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 先端鉱物学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 資源地質学, 2015~2018 年度
- ・ 教養学部 地球惑星環境学入門, 2016~2018 年度
- ・ 教養学部 初年次ゼミ, 2017~2018 年度

##### 指導学生の受賞

- ・ 理学系研究科奨励賞 2 名 (2016 年度修士 伊能康平, 2014 年度学部 伊能康平)

### IV. 社会連携・学内外委員業務等

#### 10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 地球惑星科学連合大会運営委員会, 委員, 2012~2014 年度
- ・ 地球惑星科学連合大会プログラム局, 副委員長, 2013, 2015~2017 年度
- ・ 地球環境史学会, 評議委員, 2014~2016 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合地球生命科学セクションボードメンバー, 2012~2018 年度

#### 11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 日本地球掘削科学コンソーシアム IODP 部会執行部会, 部会員, 2012~2014 年度
- ・ 統合国際深海掘削科学提案評価パネル, 委員, 2012~2013 年度
- ・ 海洋鉱物資源関連事業公募選定委員会, 委員, 2013~2014 年度
- ・ 総合海洋掘削科学研究開発課題評価・助言委員会, 委員, 2015 年度
- ・ 海洋研究開発機構 海洋研究課題審査部会, 部会員, 2016~2018 年度

- ・ COSPAR Sample Safety Assessment Protocol Working Group member, 2018 年度
- ・ 宇宙研究開発機構 惑星保護審査部会, 部会員, 2018 年度
- ・ 鈴木庸平, 地球を食べる生き物達のオアシス, 東京大学オープンキャンパス, 2012/8/7
- ・ 鈴木庸平, 地底深くに生息する微生物の代謝活動を検出, 毎日新聞, 2014/12/24
- ・ 鈴木庸平, 生命誕生の謎を地底から探る, 東濃地科学センター「地下環境シンポジウム」, 2016/12/3
- ・ 鈴木庸平, 岩盤の向こう側は太古の地球, 日本原子力研究開発機構未来へ元気, 2016/6/24
- ・ 鈴木庸平, 地底 300m に微生物発見 マグマ含有のメタン食べ生息, 朝日新聞, 2017/9/9
- ・ 鈴木庸平, 地下にいた始原生命体, 日経サイエンス, 2018/3/1
- ・ 鈴木庸平, ”生命” にきまりはありますか? NHKE テレ, 2018.12.26
- ・ 鈴木庸平, 地下深く微生物の大帝国, 日経新聞, 2019/3/3

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星環境学科副教務委員長, 2014 年度
- ・ 地球惑星環境学科副教務委員長, 2017~2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数 : 3 名      研究者数 : 5 名

#### (2) 派遣

学生数 : 1 名      研究者数 : 1 名

#### (3) 海外からの来訪者数 8 名

# 荻原 成騎

## I. 略歴

氏名： 荻原 成騎（おぎはら しげのり）

年齢： 59 歳

現職： 助教

### 学歴

1979 年 3 月 群馬県立高崎高校卒業

1984 年 3 月 東北大学理学部地学科卒業

1986 年 3 月 東北大学大学院理学研究科地学専攻修士課程修了

1989 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻博士課程修了

1989 年 3 月 理学博士

### 職歴

1989 年 4 月-2000 年 3 月 東京大学理学部助手

2000 年 4 月-現在 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻助手

現在に至るが、2007 年 4 月より助教

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

野外調査や顕微鏡観察といった古典的手法を用いたゼオライト， 磷酸塩鉱物などの堆積成鉱物の鉱物化学の研究を継続して行ってきた。(1) 堆積岩中のゼオライトについて埋没続成作用時における相変化の温度依存性， 相変化はどのようなメカニズムで， どのような化学組成の変化を伴うのか， について詳細な研究を行った。この研究で記載した Na 輝沸石について， 新鉱物申請準備を行っている。(2) 磷酸塩鉱物（岩） 形成におけるバクテリアの役割を化学化石（バクテリアの脂質） 分析によって明らかにした。世界的に例のない淡水成フォスフォライトの記載し， その成因を議論した。

有機地球化学的手法を用いて， (3) 現世および地質時代の微生物種を特定する手法を開発し， 地質時代における微生物の拡散と進化について明らかにした。冷湧水石灰岩の認定方法を確立し， 冷湧水石灰岩がメタン生成古細菌と共生する硫酸還元菌の活動に基づく謙氣的メタン酸化によって形成されたことをメタン酸化古細菌の膜脂質分析によって裏付けた。(4) 湖堆積物コアを環境化学分析することによって， 産業革命以降人類が環境中に放出した人為起源化合物拡散の履歴を明らかにした。(5) 日本海表層堆積物を有機地球分析し， メタン湧出に伴う日本海の海洋環境変動について議論した。(6) 環境指標および熟成指標となるバイオマーカーについて， 有機地球化学会が行っている“質量スペクトルのデータベース作成”に協力し， 多くのマススペクトルデータを公表した。

### 3. 特に優れた論文 5 編

1. S.Ogihara (1996) Diagenetic transformation of clinoptilolite to analcime in silicic tuffs of Hokkaido Japan. *Mineralium Deposita*, 30, 548-553.



続生作用における埋没深度上昇に伴う温度上昇によって斜プチロル沸石から方沸石へ変化する。この時生じる相変化のメカニズムを明らかにした。一般的なプチロル沸石は、一旦、Ca 斜プチロル沸石へ陽イオン交換によって変化し、その後に溶解し、方沸石が沈殿する。

2. S.Ogihara and R. Ishiwatari (1998) Unusual distribution of hydrocarbon compounds from hydrothermally-altered phosphorite nodule from Kusu Basin, northern Kyushu, Japan. *Org. Geochem.* 29, 155-161.

大分県玖珠盆地より、淡水成磷酸塩ノジュールを発見し、無機有機地球化学分析によって、成因を明らかにした。この論文では磷酸の起源についてバイオマーカー分析によって珪藻起源であることを明らかにした。

3. S. Ogihara (1999) Geochemical characteristics of phosphorite and carbonate nodules from the Miocene Funakawa Formation, western margin of the Yokote Basin, northeast Japan, *Sedimentary Geology*, 123, 255-268.

我が国の油田第三系と米国西海岸モンテレー層を比較した場合の相違点は、モンテレーにおける磷酸塩相の存在と、我が国における欠如、対応する層準での海緑石の分布である。本論では、船川層より磷酸塩ノジュールを発見し、その成因と太平洋の東西における堆積環境の違いを議論した。

4. S, Ogihara. (2008) An organic geochemical investigation of cold seep carbonates from central Hokkaido, northern Japan. *Geochemical Journal.* 42, 421-427.

21 世紀地質学の最初の大発見である冷湧水石灰岩について、北海道各地から白亜系を中心に記載を行い、バイオマーカー分析によってメタン酸化古細菌の種を特定した。白亜紀におけるメタン酸化古細菌の進化についての基礎的なデータを提供できた。白亜紀の環境変動との関連性を議論した。

5. S, Ogihara. (2014) Is the lycopane/n-C31 ratio an effective proxy of palaeoacidity of bottom water for the Japan Sea? - Unusual distribution of lycopane in the shallow sediment from the Japan Sea collected by the MD179 Cruise -. *Journal of Asian Earth Science*, 58, 250-253.

日本海表層堆積物の分析によって、富山湾におけるメタン湧出と lycopane/n-C31 比に相関を見出した。メタン湧出の指標としてだけでなく、環境指標として用いることができる可能性を示した。

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

沸石(zeolite)研究の集大成として、メタンハードレート形成/融解によって形成された高塩濃度環境において形成されたと推定される沸石について、成因の詳細を明らかにする。これは、一般的に知られているゼオライト成因メカニズムとは、全く異なる新しい形成メカニズムである。房総半島に分布する後期鮮新世白浜層中から、特殊な産状を示す沸石群を見出した。これらの沸石群は、これまでに報告のない産状であり、薄片観察、回折 X 線分析、EPMA 分析、炭酸塩炭素酸素同位体組成分析を行った。熱履歴の解明のため泥岩のバイオマーカー分析を行った。この地域の沸石は、メタンハードレート形成/融解、メタン湧出に関連するアルカリ環境に由来すると考えており、このゼオライト形成メカニズムを解明することが、最大の研究テーマである。

次に学生時代から計画していた研究である“鉱物の蛍光と、起源となった元素の関係についての研究”である。専攻に設置された LA-ICP-MS を用いて、これまで分析できなかった微小領域の分析を行なう計画である。蛍光の起源となる元素は、ある程度知られているが、イオン化状態は、明らかにされていない。これが、もう一つの大きな研究テーマである。鉱物、特に水晶の蛍光は無機元素のみならず有機化合物の影響がある。パキスタン/アフガニスタン、ハイキマーなどの外国の蛍光水晶に加えて高知県佐川町産の石油入り水晶について、

成因を明らかにする。

## 6. 競争的資金獲得状況

### (1) 2012 年度

Characterization of surface hydrate offshore Japan

Shell Japan より 27,594,029 円

### (2) 2013 から 2016 年度

バイオマーカーで明らかにするイノセラムスの古生態

科研費基盤 C 4,160,000 円

## 7. 学術論文・著書・特許

### (1) 査読付き原著論文

(英文)

1. S, Ogihara. (2014) Is the lycopane/n-C31 ratio an effective proxy of palaeoacidity of bottom water for the Japan Sea? - Unusual distribution of lycopane in the shallow sediment from the Japan Sea collected by the MD179 Cruise -. *Journal of Asian Earth Science*, 58. 250-253.
2. Ogihara, S. (2018) GC/MS Analysis of long-chain aldehydes from recent coral. *American Journal of Analytical Chemistry*, 9, 46-51.

(和文)

1. 荻原成騎・戸丸仁・松本良 (2012) 日本海東縁 MD179 コア表層堆積物中の硫黄同位体組成 石油技術協会誌, 77,365-369.

### (2) 査読無し原著論文

### (3) 総説・解説

### (4) 著書

1. スクエア最新図説生物 (2013) 第一学習社, 共著

### (5) その他著作物

### (6) 特許等

## 8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

## III. 教育

## 9. 教育における特筆すべき実績

2016-2017 年度 教育分担状況

### 学部

地球惑星環境学巡検 I 学部 3 年

環境化学実習 学部 3 年

生物多様性実習 学部 3 年 4 年

岩石組織学実習 II 学部 4 年

地球惑星環境学演習 学部 4 年

地球惑星環境学特別研究学部 4 年

#### 大学院

機器分析実習 I 大学院 (炭酸塩同位体分析)

機器分析実習 II 大学院 (蛍光 X 線分析)

#### □. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)
11. アウトリーチなど社会連携, 省庁・自治体・団体などでの委員
12. 学内行政業務
13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### その他

2012 年より 2015 年まで明治大学ガスハイドレート研究所客員研究員として, 経産省委託研究“日本海周辺における表層型メタンハイドレートの資源調査”を分担, 2012 年以降毎年研究資金を獲得している。応募者の研究分担は, メタン湧出に伴う日本海の環境変動研究である。

# 砂村 倫成

## I. 略歴

氏名： 砂村 倫成 (すなむら みちなり)

年齢： 50 歳

現職： 助教

### 学歴

1988 年 3 月 私立桐蔭学園高等学校卒業  
1992 年 3 月 東京大学農学部水産学科卒業  
1994 年 3 月 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻修士課程修了  
1997 年 3 月 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻博士課程修了  
1997 年 3 月 博士 (農学) (東京大学)

### 職歴

1997 年 5 月 東京大学大学院農学生命科学研究科農学特定研究員  
1997 年 9 月 株式会社三菱化学生命科学研究所特別研究員  
2001 年 9 月 独立行政法人産業技術総合研究所第一号非常勤職員  
2003 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻助手  
2005 年 4 月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻助教  
現在に至る

## II. 学術研究

### 2. 現在までの主な研究成果

これまでに、フィールドサンプリングと環境中の微生物群集分布の解析を通じて、熱水プルーム、熱水地下、超深海溝などの深海の微生物生態系を研究してきました。この過程で、活性が低く検出が困難な深海などの環境中微生物に対する顕微鏡観察技術や分子生物学的技術を開発しました。これらの手法を、環境中の微生物に適用し、熱水プルームの微生物群集構造の最初の報告として、水曜海山深海熱水プルーム中における硫黄酸化化学合成独立栄養 SUP05 系統群の優占を明らかにしました。SUP05 系統群は、大陸の西側に広大に広がりつつある海洋の無酸素領域に広く分布しており、海洋の硫黄、炭素、および窒素の循環において非常に重要な役割を果たしています。また、海底熱水系近傍では、地球生命の臨界温度範囲を特定し、ウイルスを含む微生物生態系を解明しました。また、分子生物学的手法により初めて表層から 10,000m を超える水深の超深海までの微生物生態系を連続的に決定し、超深海海溝内には、通常の深海とは異なる微生物生態系である海溝生命圏が構築されていること発見しました。

### 3. 特に優れた論文 5 編 (少なくとも 3 編は本評価期間のもの)

1. Sunamura, M., Y. Higashi, C. Miyako, J. Ishibashi, and A. Maruyama (2004) Two Bacteria phylotypes predominant the Suiyo Seamount hydrothermal plume. Applied and Environmental

*Microbiology*, 70, 1190-1198.

海底に放出された深海熱水は熱水プルームを形成し、そこで微生物が増加することが深海熱水の発見から知られていたが、伊豆小笠原弧の水曜海山熱水プルーム中で増加する微生物群集組成を初めて明らかにした論文。SUP05 と名付けた硫黄酸化細菌が優占することを示した。その後、SUP05 は太平洋、大西洋、インド洋など大陸西岸に広がる ODZ (海洋無酸素水塊) においても硫黄酸化、脱窒 (笑気ガス放出)、炭素固定を行い海洋の元素循環に大きな影響を及ぼす優占する微生物としても発見され、地球環境に大きな影響をおよぼす微生物系統群として注目されている。(引用回数 147 回(GS/Sep. 18, 2019))

2. Nunoura T, M. Hirai, S. Shimamura, A. Makabe, O. Koide, T. Kikuchi, J. Miyazaki, K. Koba, N. Yoshida, M. Sunamura, Y. Takaki, and K. Takai (2015) Hadal biosphere: insight into the microbial ecosystem in the deepest ocean on Earth. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. E1230-E1236, doi: 10.1073/pnas.1421816112.

地球で最深のマリアナ海溝チャレンジャー海淵において、表層から 10950m の最深部までの微生物群集の鉛直プロファイルを初めて調査した論文。6000m 以深の海溝内では、従属栄養系の細菌が優先し、特徴的な超深海海溝生命圏をつくっていることを明らかにした。また、200m 以深から卓越するアンモニア酸化古細菌は水深に応じて棲み分けていることを見出した。(引用回数 104 回(GS/Sep. 18, 2019))

3. Yanagawa, K., A. Ijiri, A. Breuker, S. Sakai, Y. Miyoshi, S. Kawagucci, T. Noguchi, M. Hirai, A. Schippers, J. I. Ishibashi, Y. Takaki, M. Sunamura, T. Urabe, T. Nunoura, and K. Takai (2017), Defining boundaries for the distribution of microbial communities beneath the sediment-buried, hydrothermally active seafloor, *ISME J*, 11, 529-542.

生命の生育上限範囲実測の一環として、温度勾配の大きな海底熱水系を掘削し、微生物の存在範囲や活性をもつ温度上限を初めて調査した。熱水域海底下は、高温熱水の流路に応じて激しく変動するため、微生物の絶滅と増殖が繰り返されていると考えられるが、微生物の生息限界は、過去に最大 106-198°C までの履歴のある深度までに限られていることを明らかにし、生命の存在範囲の高温限界に近い微生物生態系の構造を明らかにした。(引用回数 13 回(GS/Sep. 18, 2019))

4. Sunamura, M. and K. Yanagawa (2015) Microbial cell densities, community structures, and growth in the hydrothermal plumes of subduction hydrothermal systems. in *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*. J. Ishibashi et al. ed., Springer, Tokyo

海洋性硫黄酸化独立栄養細菌 SUP05 の分布をいくつかの西太平洋の沈み込み帯海底熱水プルームで調査した。SUP05 の分布と存在量比は、噴出熱水中に含まれる還元硫黄成分から得られる熱力学エネルギーに比例することが明らかになった。また、沈み込み帯の熱水系では、海嶺の熱水プルームに比べ SUP05 の比率が高いことが示された。(引用回数 1 回(GS/Sep. 18, 2019))

5. Hirai, M., S. Nishi, M. Tsuda, M. Sunamura, Y. Takaki, and T. Nunoura (2017), Library Construction from Subnanogram DNA for Pelagic Sea Water and Deep-Sea Sediments, *Microbes Environ*, 32(4), 336-343.

生物量が少なくかつ大量の試料採取が難しい深海環境では、環境中の微生物 DNA 直接解析に十分な DNA を得ることが難しく、DNA の増幅キットの利用が必要である。本論文では極微量の環境 DNA に対し複数の市販の DNA 増幅キットによるショットガンメタゲノム解析を実施し、得られるデータの品質や定量性を調べ、定量性を担保するためには最低でも 10ng の DNA が必要であることを明らかにした。(引用回数 7 回(GS/Sep. 18, 2019))

#### 4. 受賞等

#### 5. 研究の将来計画

地球生命科学，環境微生物学，微生物生態学分野において，環境と微生物生態系の相互作用の理解を進める．現在，太平洋深海水の広域調査，熱水鉱床やマンガングラスなど海底資源，酸性化海洋を対象とした微生物生態系調査に主に国内の研究者（JAMSTEC，大気海洋研，東京海洋大，高知大など）と共同でとりくんでいる．引き続きこれまでに習得した顕微鏡やゲノム解析技術を用いて解析を進める．これらの手法については，今後地球化学分野での活用を念頭に講座内での連携を深めたい．近年の遺伝子解析技術と生物情報科学の発展により，環境微生物の遺伝子情報や機能情報が急速に解明されているが，環境中の微生物多様性には無限の組み合わせが考えられるため，微生物生態系と環境の相互作用は特定の機能についての解明にとどまっている．私は多変量解析や微生物生態系の制御の確率プロセスの評価など統計的手法を用いた解析に着目し，CRIIME（東京大学微生物連携機構）を通じた数理統計分野との連携を活用して微生物群集構造構築要因の構造化に取り組む，また，微小領域の環境多様性や微生物群集の細胞レベルでの生理的多様性を評価するため顕微鏡を用いた微小環境分析を進める．これらを統合して微生物生態系の予測可能性およびその範囲を検討する．

#### 6. 競争的資金獲得状況

- ・ 科学研究費補助金・新学術領域研究(研究領域提案型)・計画研究「海底下の大河:地球規模の海洋地殻中の移流と生物地球化学作用」，研究代表者，2008～2012年度，総額49,200,000円
- ・ 科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究「微生物による岩石風化とその地球物質循環への影響」，研究分担者，2012～2014年度，総額1,50,000円
- ・ 内閣府 SIP 次世代海洋資源調査技術，レアメタルを含む海底マンガングラスの多様性に関する地球科学，研究分担者，2015～2018年度，総額4,700,000円

#### 7. 学術論文・著書・特許

##### (1) 査読付き原著論文

1. Ino, K., A. W. Hensdorf, U. Konno, M. Kouduka, K. Yanagawa, S. Kato, M. Sunamura, A. Hirota, Y. S. Togo, K. Ito, et al. (2018), Ecological and genomic profiling of anaerobic methane-oxidizing archaea in a deep granitic environment, *ISME J*, 12(1), 31-47.
2. Hirai, M., S. Nishi, M. Tsuda, M. Sunamura, Y. Takaki, and T. Nunoura (2017), Library Construction from Subnanogram DNA for Pelagic Sea Water and Deep-Sea Sediments, *Microbes Environ*, 32(4), 336-343.
3. Yanagawa, K., A. Ijiri, A. Breuker, S. Sakai, Y. Miyoshi, S. Kawagucci, T. Noguchi, M. Hirai, A. Schippers, J. I. Ishibashi, Y. Takaki, M. Sunamura, T. Urabe, T. Nunoura, and K. Takai (2016), Defining boundaries for the distribution of microbial communities beneath the sediment-buried, hydrothermally active seafloor, *ISME J*, 11, 529-542.
4. Nunoura, T., M. Hirai, Y. Yoshida-Takashima, M. Nishizawa, S. Kawagucci, T. Yokokawa, J. Miyazaki, O. Koide, H. Makita, Y. Takaki, M. Sunamura, and K. Takai (2016), Distribution and Niche Separation of Planktonic Microbial Communities in the Water Columns from the Surface to the Hadal Waters of the Japan Trench under the Eutrophic Ocean, *Front Microbiol*, 7, 1261.
5. Matsu'ura F., M. Sunamura, Y. Ueno and T. Urabe (2016) Influence of cell's growth phase on the

- sulfur isotopic fractionation during in vitro microbial sulfate reduction. *Chemical Geology* 431: 1-9
6. Nunoura T, M. Hirai, S. Shimamura, A. Makabe, O. Koide, T. Kikuchi, J. Miyazaki, K. Koba, N. Yoshida, M. Sunamura, Y. Takaki, and K. Takai (2015) Hadal biosphere: insight into the microbial ecosystem in the deepest ocean on Earth. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. E1230-E1236, doi: 10.1073/pnas.1421816112.
  7. Yanagawa K., A. Breuker, A. Schippers, M. Nishizawa, A. Ijiri, M. Hirai, Y. Takaki, M. Sunamura, T. Urabe, T. Nunoura, and K. Takai (2014) Microbial community stratification controlled by the seafloor fluid flow and geothermal gradient at the Iheya North hydrothermal field in the Mid- Okinawa Trough (Integrated Ocean Drilling Program Expedition 331). *Appl Environ Microbiol* 80:6126-6135.
  8. Sunamura, M. and K. Yanagawa (2015) Microbial cell densities, community structures, and growth in the hydrothermal plumes of subduction hydrothermal systems. in *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*. J. Ishibashi et al. ed., Springer, Tokyo.
  9. Noguchi, T., T. Fukuba, K. Okamura, A. Ijiri, K. Yanagawa, Y. Ishitani, T. Fujii, and M. Sunamura (2015) Distribution and Biogeochemical Properties of Hydrothermal Plumes in the Rodriguez Triple Junction. in *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*. J. Ishibashi et al. ed., Springer, Tokyo.
  10. Yanagawa, K., J. Ishibashi, T. Arai, T. Urabe, and M. Sunamura (2015) Quantification of microbial communities in hydrothermal vent habitats of the Southern Mariana Trough and the Mid-Okinawa Trough. in *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*. J. Ishibashi et al. ed., Springer, Tokyo.
  11. Yamanaka, T., H. Nagashio, R. Nishio, K. Kondo, T. Noguchi, K. Okamura, T. Nunoura, H. Makita, K. Nakamura, H. Watanabe, K. Inoue, T. Toki, K. Iguchi, U. Tsunogai, R. Nakada, S. Ohshima, S. Toyoda, J. Kawai, N. Yoshida, A. Ijiri, and M. Sunamura (2015) Tarama Knoll: Geochemical and biological profiles of hydrothermal activity. in *Subseafloor Biosphere Linked to Global Hydrothermal Systems; TAIGA Concept*. J. Ishibashi et al. ed., Springer, Tokyo.
  12. Okamura, K., T. Noguchi, M. Hatta, M. Sunamura, T. Suzue, H. Kimoto, T. Fukuba, and T. Fujii (2013) Development of a 128-channel multi-watersampling system for underwater platforms and its application to chemical and biological monitoring, *Meth. Oceanogr.* 8. 75-90. DOI: 10.1016/j.mio.2014.02.001
  13. Yanagawa, K., Y. Morono, Y. Yoshida-Takashima, M. Eitoku, M. Sunamura, F. Inagaki, H. Imachi, K. Takai, and T. Nunoura (2014) Variability of seafloor viral abundance at the geographically and geologically distinct continental margins. *FEMS Microbiol. Ecol.* 88: 60-68.
  14. Yanagawa K, T. Nunoura, S.M. McAllister, M. Hirai, A. Breuker, L. Brandt, C. H. House, C. L. Moyer, J. L. Birrien, K. Aoike, M. Sunamura, T. Urabe, M. J. Mottl and K. Takai (2013) The first microbiological contamination assessment by deep-sea drilling and coring by the D/V Chikyu at the Iheya North hydrothermal field in the Mid-Okinawa Trough (IODP Expedition 331). *Front. Microbiol.* 4:327. doi: 10.3389/fmicb.2013.00327
  15. Yanagawa, K., Y. Morono, D. de Beer, M. Haeckel, M. Sunamura, T. Futagami, T. Hoshino, T. Terada, K. Nakamura, T. Urabe, G. Rehder, A. Boetius, and F. Inagaki (2013) Metabolically active microbial communities in marine sediment under high-CO<sub>2</sub> and low-pH extremes. *The ISME J.* 7:555-567.

(2) 査読無し原著論文

1. 砂村倫成, 堀本健太. 2012. 高アルカリ蛇紋岩温泉中の微生物生態とその生物地球学的意義, 月刊地球, Vol. 34, Nos. 3, 154-158.

(3) 総説・解説

(4) 著書

1. 砂村倫成, 2015. 11章 嫌気環境の微生物, 13章 水圏微生物と人の関わり, 水圏微生物学の基礎, 濱崎恒二・木暮一啓編, 恒星社厚生閣, pp. 280
2. 砂村倫成, 2014. 4章 微生物のエネルギー源, 48章 海底の微生物, 環境と微生物の事典, 日本微生物生態学会編, 朝倉書店, pp448
3. 砂村倫成. 2013. 海底熱水活動域の微生物群集, 海底鉱物資源の産業利用—日本 EEZ 内の新資源—, 飯笹幸吉監修, シーエムシー出版, pp 237. 23-29

(5) その他著作物

(6) 特許等

8. 学会・会議・シンポジウム等での基調講演・招待講演

1. 砂村倫成. 熱水プルームの生態系. 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会. 熱水活動域の生態学: 生態系の研究と環境影響評価. 2013/5/27

□. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

担当講義

- ・ 理学系研究科・海洋アライアンス 海洋基礎科学, 2012~2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境化学実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部生物多様性科学および実習, 2012~2018 年度
- ・ 理学部野外調査 II, 2013, 2015, 2017 年度
- ・ 理学部野外巡見 I, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学演習, 2014, 2016, 2018 年度
- ・ 理学部 地球惑星環境学実習, 2015 年度

IV. 社会連携・学内外委員業務等

10. 学会関係の貢献 (学会委員, ジャーナル編集, 研究集会主催)

- ・ 日本微生物生態学会, 評議員, 2012, 2015~2018 年度
- ・ 日本微生物生態学会, 広報担当会長補佐, 2013~2017 年度
- ・ 日本微生物生態学会年次大会実行委員, 2014, 2015 年度
- ・ Microbes and Environment, 編集幹事, 2017~2018 年度
- ・ 日本地球惑星科学連合, 選挙管理委員会, 委員長, 2012 年度



## 11. アウトリーチなど社会連携，省庁・自治体・団体などでの委員

- ・ 海洋研究開発機構 海洋研究推進委員会 課題審査部会，部会員，2014～2017 年度
- ・ InterRidge Steering Committee member, 2012～2014 年

## 12. 学内行政業務

- ・ 地球惑星環境学科 教務委員会，委員，2012～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 広報委員，2012～2018 年度
- ・ 地球惑星科学専攻 ネットワーク委員，2012～2018 年度
- ・ 東京大学，過半数代表者専任委員，2017 年度
- ・ 東京大学，本郷地区安全衛生委員，2018 年度

## V. 国際化対応

### 13. 外国人受け入れ・派遣状況

#### (1) 受け入れ

学生数：0名 研究者数：0名

#### (2) 派遣

学生数：0名 研究者数：0名

#### (3) 海外からの来訪者数 なし