

自己点検・外部評価資料

個人資料

2013年1月10～11日

東京大学大学院理学系研究科

地球惑星科学専攻

自己点検・外部評価資料

個人資料

2013年1月10～11日

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

目次

構成員一覧	1
構成員一覧（平成 25 年 1 月 1 日現在）.....	2
大気海洋科学講座	5
佐藤 薫	6
日比谷 紀之	18
小池 真	29
東塚 知己	38
三浦 裕亮	46
田中 祐希	52
丹羽 淑博	58
オエットリ パスカル	64
山形 俊男	69
宇宙惑星科学講座	89
杉浦 直治	90
星野 真弘	96
宮本 正道	109
岩上 直幹	114
比屋根 肇	120
三河内 岳	126
横山 央明	137
吉川 一朗	147
天野 孝伸	156
三浦 彰	162
山本 隆	167
地球惑星システム科学講座	171
茅根 創	172
近藤 豊	182
多田 隆治	198
永原 裕子	212

阿部 豊	220
生駒 大洋	227
高橋 聡	235
玄田 英典	242
茂木 信宏	248
松井 仁志	256
固体地球科学講座	262
小澤 一仁	263
木村 学	271
ゲラー ロバート	279
池田 安隆	286
井出 哲	295
船守 展正	304
飯塚 毅	312
田中 秀実	320
桜庭 中	328
清水 以知子	334
並木 敦子	340
亀田 純	346
鈴木 岳人	353
地球生命圏科学講座	359
浦辺 徹郎	360
遠藤 一佳	370
村上 隆	379
小暮 敏博	386
鈴木 庸平	399
對比地 孝亘	406
荻原 成騎	412
砂村 倫成	418
棚部 一成	425

構成員一覽

構成員一覧 (平成 25 年 1 月 1 日現在)

氏名	職名	専門分野
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・海洋波動理論
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	大気力学・熱帯大気科学・大気モデリング
田中 祐希	助教	海洋力学・縁海物理学・海峡乱流過程
丹羽 叔博	特任准教授	海洋物理学
オエットリ パスカル	特任助教	気候力学
山形 俊男	名誉教授	大気海洋系物理学・大規模海洋力学・地球流体力学
宇宙惑星科学講座		
杉浦 直治	教授	惑星科学・隕石学
星野 真弘	教授	宇宙空間物理学
宮本 正道	教授	固体惑星物質科学
岩上 直幹	准教授	惑星大気光学探査
比屋根 肇	准教授	惑星科学・同位体宇宙化学・隕石学
三河内 岳	准教授	惑星物質科学・鉱物学・隕石学
横山 央明	准教授	太陽・天体プラズマ物理学
吉川 一郎	准教授	惑星大気光学
天野 孝伸	助教	宇宙空間物理学
三浦 彰	助教	宇宙空間物理学
山本 隆	助教	太陽地球系物理学
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)
近藤 豊	教授	グローバルな大気物理化学・大気環境科学

多田 隆治	教授	地球システム変動学, 古海洋学, 古気候学, 堆積学
永原 裕子	教授	惑星科学
阿部 豊	准教授	惑星システム物理学 (惑星進化・惑星大気・惑星気候)
生駒 大洋	准教授	理論惑星科学・系外惑星学
河原 創	助教	太陽系外惑星
高橋 聡	助教	古生物学・地球化学
玄田 英典	特任助教	理論惑星科学
茂木信宏	特任助教	大気物質科学・大気物理学
松井仁志	特任助教	大気化学・大気環境科学

固体地球科学講座

小澤 一仁	教授	岩石学
木村 学	教授	テクトニクス・構造地質学
ゲラー ロバート	教授	地震学
池田 安隆	准教授	変動地形学・アクティブテクトニクス
井出 哲	准教授	地震学
船守 展正	准教授	超高压物理学・鉱物物理学
飯塚 毅	講師	地球惑星化学
田中 秀実	講師	物質地震学・構造地質学
桜庭 中	助教	地球内部ダイナミクス・惑星ダイナモ・地球電磁気学
清水 以知子	助教	構造地質学・岩石レオロジー
並木 敦子	助教	地球内部・火山ダイナミクス
亀田 純	特任助教	鉱物学・構造地質学
鈴木 岳人	特任助教	地震発生物理学

地球生命圏科学講座

浦辺 徹郎	教授	化学地質学・鉱床学・海底熱水活動, 微生物圏・地圏相互作用・熱水実験
遠藤 一佳	教授	分子古生物学・貝殻形成論

村上 隆	教授	環境鉱物学
小暮 敏博	准教授	鉱物学・物質科学
鈴木 庸平	准教授	地球微生物学・物質循環学・ナノ鉱物学
對比地 孝亘	講師	古脊椎動物学, 脊椎動物比較形態学
荻原 成騎	助教	有機地球化学
砂村 倫成	助教	地球微生物学・微生物生態学
棚部 一成	名誉教授	進化古生物学・古生態学

大気海洋科学講座

佐藤 薫

I. 略歴

氏名： 佐藤 薫

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1984年 (昭和 59年) 3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1986年 (昭和 61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 (平成 3年) 3月 京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程 修了

1991年 (平成 3年) 3月 京都大学理学博士取得

職歴

1986年 (昭和 61年) 4月 日本電気株式会社入社

1987年 (昭和 62年) 6月 同退社

1991年 (平成 3年) 4月 日本学術振興会特別研究員 (PD)

1991年 (平成 3年) 4月 京都大学教養部非常勤講師

1993年 (平成 5年) 4月 京都大学総合人間学部非常勤講師

1993年 (平成 5年) 4月 東京大学気候システム研究センター助手

1995年 (平成 7年) 4月 京都大学大学院理学研究科助手

1999年 (平成 11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 (平成 16年) 4月 国立極地研究所研究・教育系助教授

2005年 (平成 17年) 10月 東京大学大学院理学系研究科教授

現在に至る

その他

1995～2001年 (平成 7～12年) NorthWest Research Associates 招聘研究員

2002～2004年 (平成 14～16年) 第44次日本南極地域観測隊・越冬隊員

2005, 2010, 2011年 (平成 17, 22, 23年度) 国立極地研究所客員教授

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

高解像度気候モデルによる中層大気力学の研究

出身大学の異なる4名の若手研究者を含む6名のグループを組織し、地上から上部中間圏をカバーする高解像度中層大気大循環モデルを開発した。地球シミュレータを用いて3年分積分して大量データを作成し、降水特性や大規模な気温構造や東西風構造の現実的な再現を確認して、疑似大気データとして解析した。通常の気候モデルでは重力波作用をパラメータ化して与えるのに対し、このモデルでは重力波を陽に解像するのが最大の特色であり、世界初の試みであった。

これにより、①各季節における中層大気の運動量収支の各種波動の寄与、②赤道域下部成層圏準 2 年周期振動の駆動機構に対する各種波動や子午面循環の寄与やその経度依存性、③成層圏界面・対流圏界面の微細構造とその維持・形成機構、④極域成層圏突然昇温の消滅過程に対する各種波動や非断熱加熱の寄与を定量的に解明した。さらに⑤重力波の空間分布や伝播を詳細に解析し、その伝播特性の説明には 3 次元性を考慮する必要があること、鉛直にのみ瞬時に伝播すると仮定する従来の重力波パラメタリゼーションには限界があること等を示した。

9 編の論文を出版した。このうち 1 編は米国地球物理学連合のハイライト論文に選定され、若手研究者 2 名は 2011 年度及び 2012 年度の日本気象学会の山本・正野論文賞を受賞するなど高い評価を受けた。国際会議でも 17 回の講演（うち 7 回は招待講演）を行った。

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

研究室に所属する大学院生、およびその研究教育協力者 2 名との共同研究である。大気重力波は運動量の鉛直輸送により中高緯度の東西風ジェットや子午面循環の形成・維持や、赤道域での準 2 年周期振動等大規模振動の駆動など地球気候において重要な役割を担う上に（重力波の直接効果）、重力波に伴う局所的な温度変化のため極域の成層圏や中間圏の雲の生成・消滅を通じて放射やオゾン等大気微量成分の化学過程にも影響する（重力波の間接効果）。これらの重力波効果を、高解像大循環モデルのデータ、高解像衛星観測データ、化学気候モデル (CCM) による約 100 年の長期予測データ等を駆使して解明した。

一連の研究により、①南アンデス・南極半島起源の地形性重力波の水平伝播特性と 3 次元流の中での重力波伝播の理論的解釈（直接効果）、②重力波による極成層圏雲雲量の変化メカニズムの解明と定量化（間接効果）、③CCM のデータを用いた成層圏物質循環の重力波の寄与とその長期トレンドの定量化（直接効果）、④重力波の波源特性に関連する地上気象データのスペクトル特性の緯度経度依存性の解明（直接効果）、および、⑤重力波・ロスビー波の 3 次元作用を統一的に記述する理論の構築等を行った。

7 編の論文を出版済、4 編は投稿中、3 編は投稿準備中である。木下武也氏の学位論文となった⑤については、木下氏は 2012 年春の気象学会において招待講演を行っている。Kinoshita *et al.* (2010) は気象学会 JMSJ 論文賞を受賞した。大学院生の 1 人（岡本功太氏）は日本地球惑星科学連合の 2012 年学生優秀発表賞を受賞した。

南極昭和基地大型大気レーダー計画 (PANSY)

佐藤薫を代表とする南極大型大気レーダー研究プロジェクトである。東大、極地研、京大等 19 研究機関が参加している。2000 年にプロジェクトを立ち上げ、2002 年に科研費基盤研究 (C) (1) を獲得して国際研究集会を開き、同分野の主要研究者である M. Geller 博士、R. A. Vincent 博士の参加も得て、科学的、技術的課題を整理した。以降、電力事情の厳しい南極に適した高効率送信機や、強風に耐えかつ軽量のアンテナなどの技術開発を進めた。また、現地調査や、数年にわたる機器の耐候実験も行ってきた。候補地選定の妥当性に関しては、南極大陸全域にわたる 12 基地の高層気象データを精査し、昭和基地の気象が高い代表性を持つことを確認した。2002~2003 年には越冬

隊員を派遣し (2003 年は自身が越冬)、南極での気象ゾンデや、各国の南極基地とネットワークを組んだオゾンゾンデによる大規模な特別観測を行い、大型大気レーダーの南極大気科学への有効性の検証を行った。加えて、毎年 1 回の研究集会を重ね、大規模な研究グループを組織して PANSY レーダーを中心とする科学・技術両面からの広汎な議論を蓄積した。日本気象学会にてシンポジウム (2 回) や特別セッション (2 回)、日本地球惑星科学連合 (JpGU) にてユニオンセッション (1 回)、地球電磁気・地球惑星圏学会にて特別セッション (1 回) を主宰した。国際的には IUGG (国際測地学・地球物理学連合) 等 5 つの主要な学術組織での議論を経て、PANSY 計画を推奨する提言を得た。これらの努力により 2008 年度には南極地域観測第 VIII 期 6 か年計画において重点研究観測「南極域から探る地球温暖化」の中の主要課題の一つとして PANSY 計画が認められ、2009 年度には予算が認められて、2011 年に PANSY レーダーを建設、3 月にはファーストデータを取得、2012 年 5 月には対流圏・成層圏定常観測を開始した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Watanabe, S., Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, M. Takahashi, and K. Sato (2008), General aspects of a T213L256 middle atmosphere general circulation model, *J. Geophys. Res.*, 113, D12110, doi:10.1029/2008JD010026. (Editors' Highlight, Times Cited: 38).
2. Yoshiki, M., and K. Sato, A (2000), statistical study of gravity waves in the polar regions based on operational radiosonde data. *J. Geophys. Res.*, 105, 17995-18011, (Times Cited, 52)
3. Sato, K., T. Kumakura, and M. Takahashi, (1999), Gravity waves appearing in a high-resolution GCM simulation. *J. Atmos. Sci.*, 56, No.8, 1005-1018, (Times Cited, 62)
4. Sato K., (1994), A statistical study of the structure, saturation and sources of inertio-gravity waves in the lower stratosphere observed with the MU radar, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 56, 755-774. (Times Cited: 100).
5. Sato, K., and T. J. Dunkerton (1997), Estimates of momentum flux associated with equatorial Kelvin and gravity waves, *J. Geophys. Res.*, 102, 26,247-26,261. (Times Cited: 87).

4. 受賞等

- ・ 1991 年 (平成 3 年) 10 月 24 日 日本気象学会山本・正野論文賞受賞
- ・ 1998 年 (平成 10 年) 5 月 28 日 日本気象学会学会賞受賞
- ・ 2010 年 (平成 22 年) 11 月 18 日 日本気象学会 JMSJ Award

5. 研究の将来計画

高解像度気象力学

大気科学における地上測器や衛星の観測技術や計算機技術は年々進歩しており、1980 年代までは気象ノイズとして、1990 年～2000 年代には重要な物理パラメータと

して扱われてきた小規模な大気波動である大気重力波が「解像できる波」として捉えられる時代となってきた (Alexander *et al.*, 2010). これは、大気における主要な2つの内部波であるロスビー波と重力波が対等に扱えるようになったことを意味する。

一方、中層大気 (成層圏・中間圏・下部熱圏) の大気波動を含む運動量収支は、地上気象予測にも重要であることがわかっている。たとえば、エルニーニョの北極の海面気圧の影響はモデル上端を中間圏に設定したハイトップモデルでないと定量的に再現できないこと (Cagnazzo and Manzini, 2009), 温暖化予測の結果が通常のモデルトップが中部成層圏のモデルとハイトップモデルとでは大きく異なること (Scaife *et al.*, 2012) などの結果がある。また、その原因として重力波も含む運動量保存の重要性が指摘されている (Shaw *et al.*, 2009)。

このような流れの中、これまで行ってきた研究をさらに発展させる。すなわち、重力波解像大気大循環モデルを用いた研究 (Watanabe *et al.*, 2008 など 10 編) では、季節変化や季節内変化に着目した成層圏界面の構造や中間圏での運動量収支を明らかにするとともに、SST 等をエルニーニョ、ラニーニャ時の境界条件下でのランを行い、年々変化を明らかにする。また、定式化に成功した3次元の残差循環と波活動度フラックスの重力波・ロスビー波統一理論 (Kinoshita and Sato, 2012a, 2012b)を用いたデータ解析を進め、波が駆動する3次元的な大循環の描像を捉える。特に気候データを用いた年々変動や長期変化等を捉える。

観測的には、もう一つの研究テーマである南極昭和基地大型大気レーダー計画と連動させて、極域の観測的知見を充実させる。

南極大型大気レーダー計画

極域大気、特に南極大気は環境が苛酷であるため他の緯度帯に比べて観測的研究が遅れている。しかし、極域は対流圏・成層圏においては大気大循環の終着点、中間圏の夏には出発点というように地球大気において重要な位置を占め、地球気候の変化を敏感に映し出す。カタバ風 (高度約 100m)・オゾンホール (約 12~20km)・極成層圏雲 (約 12~25km)・極中間圏雲 (約 85km) などの南極固有の大気現象はその現れである。このうちオゾンホール (1980 年代初めに発見) と極中間圏雲 (1880 年代初めに発見) は、産業革命以来の人間活動が原因で地球上に出現したと考えられている。今後数十年は、大気中のゆるやかなフロン減少によるオゾン層の回復や二酸化炭素の増加に伴って、地球気候は確実に変わりゆくと考えられており、特に顕著な変化が見られるであろう極域における諸現象の物理的解明は、グローバルな気候変動予測の精度向上のカギとなる。また、極域には宇宙からの大量のエネルギーが磁気圏を介して流れ込んでおり、成層圏オゾン等の大気組成や大気エネルギー収支に少なからず影響する。したがって、極域大気を理解には、中性大気 (対流圏・成層圏・中間圏) だけでなく、電離大気 (熱圏・電離圏) も含む大気全体の結合過程を視野に入れた研究が必要である。

このような背景の中昭和基地に建設され、平成 24 年度に部分システムで対流圏・成層圏の定常観測を開始した、世界初の南極大型大気レーダーである PANSY レーダーのフルシステム調整を終了し、平成 25 年度には中間圏・電離圏を加えた定常観測を開始する予定である。PANSY レーダーによる世界最高水準の観測を軸とし、高機能ライダーによる極成層圏雲・極中間圏雲等の観測や、地表面境界層から熱圏・電離

圏に至る高解像度モデルを組み合わせることで、地球気候の1モジュールとしての南極大気の定量的理解を深め、グローバルな全大気結合過程やオゾン等物質循環の仕組みを過去にない精度で解明する。この研究は、極地研や京都大学、北海道大学、国立環境研究所、九州大学等、19の国内主要研究教育機関との連携で行うものである。教育効果も期待できる小テーマについては、大学院生も研究に参加させる。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (C) , 南極オゾンホール力学, 2006年, 1,500千円)
- ・ 基盤研究 (A) , 高解像度気候モデルを用いた中層大気力学の研究, 2007~2009年, 34,300千円
- ・ 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, 2010~2011年, 1,313千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 日本気象学会, 理学助成, 2008~2010年 1,992,386円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Gavrilov, N. M., S. Fukao, H. Hashiguchi, K. Kita, K. Sato, Y. Tomikawa, and M. Fujiwara (2006), Combined MU radar and ozonesonde measurements of turbulence and ozone fluxes in the tropo-stratosphere over Shigaraki, Japan, *Geophys. Res. Lett.* 33, L09803.
2. Sugita, T., H. Nakajima, T. Yokota, H. Kanzawa, H. Gernandt, A. Herber, P. von der Gathen, G. Konig-Langlo, K. Sato, V. Dorokhov, V. Yushkov, Y. Murayama, M. Yamamori, S. Godin-Beekmann, F. Goutail, H. Roscoe, T. Deshler, M. Yela, P. Taalas, E. Kyro, S. Oltmans, B. Johnson, M. Allaart, Z. Litynska, A. Klekociuk, S. B. Andersen, G. Braathen, H. D. Backer, C. Randall, R. Bevilacqua, G. Taha, L. Thomason, H. Irie, M. Ejiri, N. Saitoh, T. Tanaka, Y. Terao, H. Kobayashi, and Y. Sasano (2006), Ozone profiles in the high-latitude stratosphere and lower mesosphere measured by the Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) -II: Comparison with other satellite sensors and ozonesondes, *J. Geophys. Res.* 111, D11S02.
3. Yamamori, M. and K. Sato (2006), Characteristics of inertia gravity waves over the South Pacific as revealed by radiosonde observations, *J. Geophys. Res.* 111, D16110.
4. Watanabe, S., K. Sato, and M. Takahashi (2006), A GCM study of orographic gravity waves over Antarctica excited by katabatic winds, *J. Geophys. Res.* 111, D18104.
5. Tomikawa, Y., M. Yoshiki, and K. Sato (2006), A neutral wave observed in the Antarctic polar vortex, *J. Met. Soc. Japan* 84 97-113.

6. Tomikawa, Y., K. Sato, and T. G. Shepherd (2006), A diagnostic study of waves on the tropopause, *J. Atmos. Sci.* 63 3315-3332.
7. Ogino, S., K. Sato, M. D. Yamanaka, and A. Watanabe (2006), Lower-stratospheric and upper-tropospheric disturbances observed by radiosondes over Thailand during January 2000, *J. Atmos. Sci.* 63 3437-3447.
8. 吉識宗佳, 木津暢彦, 佐藤薫 (2006), 昭和基地連結飛揚観測に基づくラジオゾンデデータ品質比較, *天気* 53 123-133.
9. Sato, K. and N. Hirasawa (2007), Statistics of Antarctic surface meteorology based on hourly data in 1957-2007 at Syowa Station, *Polar Sci.* 1 1-15.
10. Luce, H., G. Hassenpflug, M. Yamamoto, S. Fukao, and K. Sato (2008), High-Resolution Observations with MU Radar of a KH Instability Triggered by an Inertia-Gravity Wave in the Upper Part of a Jet Stream, *J. Atmos. Sci.* 65 1711-1718.
11. Sato, K. and M. Yoshiki (2008), Gravity wave generation around the polar vortex in the stratosphere revealed by 3-hourly radiosonde observations at Syowa Station, *J. Atmos. Sci.* 65 3719-3735.
12. Tateno, S. and K. Sato (2008), A study of inertia-gravity waves in the middle stratosphere based on intensive radiosonde observations, *J. Meteorol. Soc. Japan* 86 (5) 719-732.
13. Watanabe, S., Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, M. Takahashi, and K. Sato (2008), General Aspects of a T213L256 Middle Atmosphere General Circulation Model, *J. Geophys. Res.* 113, D12110.
14. Tomikawa, Y., K. Sato, S. Watanabe, Y. Kawatani, K. Miyazaki, and M. Takahashi (2008), Wintertime temperature maximum at the subtropical stratopause in a T213L256 GCM, *J. Geophys. Res.* 113, D17117.
15. Kawatani, Y., M. Takahashi, K. Sato, S. P. Alexander, and T. Tsuda (2009), Global distribution of atmospheric waves in the equatorial upper troposphere and lower stratosphere: AGCM simulation of sources and propagation, *J. Geophys. Res.* 114, D01102.
16. Sato, K., Y. Tomikawa, G. Hashida, T. Yamanouchi, H. Nakajima, and T. Sugita (2009), Longitudinal dependence of ozone recovery in the Antarctic polar vortex revealed by balloon and satellite observations, *J. Atmos. Sci.* 66 (6) 1807-1820.
17. Kurihara, J., T. Abe, I. Murata, K. Sato, and Y. Tomikawa (2009), Development of quartz friction gauge on board balloon and sounding rocket. *Trans, JSASS Space Tech. Japan* 7 Pm_7-Pm_11.
18. 栗原純一, 村田功, 佐藤薫, 富川喜弘, 阿部琢美 (2009), 気球搭載用水晶摩擦気圧計の開発と BU30-5 号機による性能実証試験, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-08-001 43-56.
19. 村田功, 佐藤薫, 山上隆正, 岡野章一, 富川喜弘 (2009), GPS 搭載型工学オゾンゾンドの開発, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-08-001 57-62.
20. Murata, I., K. Sato, S. Okano, and Y. Tomikawa (2009), Measurements of stratospheric ozone with a balloon-borne optical ozone sensor, *Int. J. Remote Sens.* 30 (15-16) 3961-3966.
21. Watanabe, S., Y. Tomikawa, K. Sato, Y. Kawatani, K. Miyazaki, and M. Takahashi

- (2009), Simulation of the eastward 4-day wave in the Antarctic winter mesosphere using a gravity wave resolving general circulation model, *J. Geophys. Res.* 114, D16111.
22. Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, and M. Takahashi (2009), On the origins of mesospheric gravity waves, *Geophys. Res. Lett.* 36, L19801.
 23. Kawatani, Y., K. Sato, T. J. Dunkerton, S. Watanabe, S. Miyahara, and M. Takahashi (2010), The roles of equatorial trapped waves and internal inertia-gravity waves in driving the quasi-biennial oscillation. Part II: Three-dimensional distribution of wave forcing, *J. Atmos. Sci.*, 67, 981-997.
 24. Kawatani, Y., K. Sato, T. J. Dunkerton, S. Watanabe, S. Miyahara, and M. Takahashi (2010), The roles of equatorial trapped waves and internal inertia-gravity waves in driving the quasi-biennial oscillation. Part I: zonal mean wave forcing, *J. Atmos. Sci.*, 67, 963-980.
(2011 年日本気象学会山本・正野論文賞)
 25. Miyazaki, K., K. Sato, S. Watanabe, Y. Tomikawa, Y. Kawatani, and M. Takahashi (2010), Transport and mixing in the extratropical tropopause region in a high vertical resolution GCM. Part II: Relative importance of large-scale and small-scale dynamics, *J. Atmos. Sci.*, 67, No. 5, 1315–1336.
 26. Miyazaki, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, M. Takahashi, and K. Sato (2010), Transport and Mixing in the Extratropical Tropopause Region in a High-Vertical-Resolution GCM. Part I: Potential Vorticity and Heat Budget Analysis, *J. Atmos. Sci.*, 67, 5, 1293–1314.
(2012 年日本気象学会山本・正野論文賞)
 27. Tomikawa, Y., and K. Sato (2010), Ozone enhanced layers in the 2003 Antarctic ozone hole, *J. Met. Soc. Japan*, 88, 1, 1-14, doi: 10.2151/jmsj.2010-101.
 28. Kinoshita, T., Y. Tomikawa and K. Sato (2010), On the three-dimensional residual mean circulation and wave activity flux of the primitive equations, *J. Met. Soc. Japan*, 88, 3, 373-394, doi: 10.2151/jmsj.2010-307.
(2010 年日本気象学会気象集誌論文賞)
 29. Alexander, M. J., M. Geller, C. McLandress, S. Polavarapu, P. Preusse, F. Sassi, K. Sato, S. Eckermann, M. Ern, A. Hertzog, Y. Kawatani, M. Pulido, T. Shaw, M. Sigmund, R. Vincent, S. Watanabe (2010), Recent developments in gravity wave effects in climate models, and the global distribution of gravity wave momentum flux from observations and models, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 136, 1103-1124.
 30. Okamoto, K., K. Sato, and H. Akiyoshi, A study on the formation and trend of the Brewer-Dobson circulation (2011), *J. Geophys. Res.*, 116, D10117, 11 PP.
 31. Tsuchiya, C., K. Sato, T. Nasuno, A. T. Noda, and M. Satoh (2011), Universal Frequency Spectra of Surface Meteorological Fluctuations. *J. Climate*, 24, 4718–4732, doi:10.1175/2011JCLI4196.1.
 32. Kohma, M., and K. Sato (2011), The effects of atmospheric waves on the amounts of polar stratospheric clouds. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 11535-11552.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
1. 佐藤薫, 廣岡俊彦 (2007) , 日本気象学会創立 125 周年記念解説 : 中層大気, 天気 , 54, 399-402. 「査読あり」

2. 佐藤薫 (2010) , MU レーダーから PANSY へ, 「京大地球物理学研究の百年 (II) 」, 竹本修三, 廣田勇, 荒木徹編, 京大地球物理の歴史を記録する会, 55-59. 「査読無し」
 3. K. Sato., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura , A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, H. Yamagishi and T. Yamaouchi (2011) , Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY) , SPARC Newsletter, 36, 23-26. 「査読有り」
 4. K. Sato., K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, H. Yamagishi, and T. Yamanouchi (2011) , MSTIS radar detected the first echo from the atmosphere in the Antarctic, CAWSES-II TG4 Newsletter, Vol.5, 1-2. 「査読無し」
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Sato, K., Y. Tomikawa, G. Hashida, A. Kadokura, H. Nakajima, T. Sugita, I. Murata, M. Namiki, Y. Matsuzaka, T. Yamagami, T. Aso, and T. Yamanouchi, Dynamics of Antarctic ozone hole dissipation revealed by balloon and satellite observations, Ozone Workshop in Matushima, February, 2006. 「招待」
2. Sato, K., Y. Tomikawa, G. Hashida, A. Kadokura, H. Nakajima, T. Sugita, I. Murata, M. Namiki, Y. Matsuzaka, T. Yamagami, T. Aso, and T. Yamanouchi, Dynamics of Antarctic ozone hole dissipation based on balloon and satellite observations, 36th COSPAR Scientific Assembl, Beijing, China, July 16-23, 2006. 「招待」
3. Sato, K., Gravity waves generation around the polar vortex in the stratosphere, 24th IUGG General Assembly, Perugia, July, 2007. 「招待」
4. Watanabe, S., Y. Kawatani, Y. Tomikawa, M. Takahashi, and K. Sato, Development of a T213L256 Middle Atmosphere General Circulation Model, International CAWSES Symposium, Kyoto, Japan, October 23-27, 2007. 「招待」
5. Tomikawa, Y., S. Watanabe, Y. Kawatani, K. Miyazaki, M. Takahashi, and K. Sato, Wintertime Temperature Maximum at the Subtropical Stratopause in a T213L256 AGCM, International CAWSES Symposium, Kyoto, Japan, October 23-27, 2007. 「招待」
6. Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, and M. Takahashi, A study of the middle atmosphere dynamics using a gravity-wave resolving GCM simulations, AOGS (Asia Oceania Geosciences Society) 2008, Busan, Korea, June 16-20, 2008. 「招待」
7. Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, S. Tateno, and M. Takahashi, A study of the middle atmosphere dynamics using a gravity-wave resolving GCM, SPARC 4th General Assembly, Bologna, Italy, August 31 - September 5, 2008. 「招待」
8. Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, S. Tateno, and M. Takahashi, Gravity Wave Generation and Propagation in the Middle Atmosphere

Revealed by a High-Resolution GCM, MOCA-09, Joint Assembly of IAMAS, IAPSO and IACS, Montreal, Canada, July 19-29, 2009. 「招待」

9. Sato, K., S. Watanabe, Y. Kawatani, Y. Tomikawa, K. Miyazaki, S. Tateno, and M. Takahashi, Gravity Wave Generation and Propagation in the Middle Atmosphere Revealed by a High-Resolution GCM, IGAC-SPARC Joint Workshop in Kyoto, The One Atmosphere: Integration, Interface, and Impact, Kyoto (Inamori Hall at Shiran-Kaikan), October 25-26, 2009. 「招待」
10. Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, H. Yamagishi, T. Yamanouchi, T. Aso, and M. Ejiri, Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY), The 38th Assembly of the Committee on Space Research, Bremen, Germany, July 18-25, 2010. 「招待」
11. Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, H. Yamagishi, and T. Yamanouchi, Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY), International Symposium on the 25th Anniversary of the MU Radar, Uji, September 2-3, 2010. 「招待」
12. Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, T. Nakamura, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, H. Yamagishi, and T. Yamanouchi, Program of the Antarctic Syowa MST/IS Radar (PANSY), IUGG 2011 General Assembly, Melbourne, Australia, June 28-July 7, 2011. 「招待」

「他 3 6 回」

(2) 国内会議

1. 佐藤薫, 南極から視る地球大気, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, 2006 年 5 月, 千葉, 「招待講演」
2. 佐藤薫, 南極オゾンホールのかくえ, 玉城嘉十郎教授記念公開学術講演会 (第 45 回), 2006 年 11 月, 京都, 「招待講演」
3. Sato, K., M. Tsutsumi, T. Sato, A. Saito, Y. Tomikawa, K. Nishimura, T. Yamanouchi, T. Aso, and M. Ejiri, Current status of Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007 年 5 月, 千葉, 「招待講演」
4. 佐藤薫, 堤雅基, 佐藤亨, 齊藤昭則, 富川喜弘, 西村耕司, 山内恭, 麻生武彦, 江尻全機, 南極昭和基地大型大気レーダー計画の現状, 第 122 回地球電磁気・地球惑星圏学会総会, 2007 年 10 月, 名古屋, 「招待講演」
5. 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, 麻生武彦, 江尻全機, 山内恭, 南極昭和基地大型大気レーダー計画 (PANSY), 国際極年 2007-2008 シンポジウム, 2010 年 3 月, 東京, 日本学術会議, 「基調講演」
6. 佐藤薫, 新しい南極昭和基地大型大気レーダー (PANSY) から見えるもの日本気象学会 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—」, 2011 年 5 月, 東京, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 「招待講演」

「他 9 9 回」

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 木下武也, 第 124 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 優秀学生発表者 2008 年
- ・ 木下武也, 富川喜弘, 佐藤薫, 日本気象学会 2011 年気象集誌論文賞
- ・ 木下武也, 2010 年度～2011 年度 日本学術振興会特別研究員 DC2
- ・ 高麗正史, 2011 年度～2013 年度 日本学術振興会特別研究員 DC1
- ・ 茨城大学 集中講義 2007 年度
- ・ Yonsei University 集中講義 2009 年度

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Journal of the Meteorological Society of Japan, Chief Editor (2008-2009), Co-Chief Editor (2010-2011), Editor (2000-2002, 2004-2007)

(2) 学会等

- ・ 日本気象学会 常任理事 (2008-2010), 理事 (2010～)
- ・ 日本地球惑星科学連合, 代議員 (2010-), 理事 (2010～)
- ・ SCOSTEP (国際太陽地球物理学委員会) Scientific Discipline Representative (2002～)

(3) 国際会議等

- ・ AGU Chapman Conference on Atmospheric Gravity Waves and Their Effects on General Circulation and Climate, Convener, Honolulu, Hawaii, 28 February – 4 March 2011.

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 佐藤薫 2006/5 南極から視る地球大気 2006 年地球惑星科学関連学会合同大会一般公開プログラム「地球・惑星科学トップセミナー」
- ・ 佐藤薫 2006/7 東大教員は世界をこう歩く「教員はこんな所にも, 南極」 東京大学新聞
- ・ 佐藤薫 2007/1 昭和基地に大型レーダー 読売新聞
- ・ 佐藤薫 2008/6/25 北海道大学サステナビリティ・ウィーク 2008 シンポジウム「生態系保全のための環境モニタリング」 講演「南極昭和基地大型大気レーダー計画 (PANSY)」
- ・ 佐藤薫 2008/6 リガクル 東京大学理学部の今がわかる本 日経 BP ムック
- ・ 佐藤薫 2008/11 南極の巨大レーダーで気候変動を観測・東京大学 日経エコロミー
- ・ 佐藤薫 2008/12 巨大レーダー 南極に設置, 日本経済新聞
- ・ 佐藤薫 2009/1 流星に電波 大気循環探る 朝日新聞

- ・ 佐藤薫 2009/9/13 東京大学 理学最前線東大理学部で考える女子中高生の未来 講演「南極から地球の気候システムを考える」
- ・ 佐藤薫 2009/11 昭和基地に南極最大レーダー 毎日新聞
- ・ 佐藤薫 2010/1 流星に電波大気循環探る 朝日新聞
- ・ 東京大学 弥生会 講演「南極昭和基地大型大気レーダー計画」, 2010年10月8日
- ・ 佐藤薫 2010/11/12 昭和基地に世界初の南極大型大気レーダーを設置 東京大学/国立極地研究所 プレスリリース
- ・ 佐藤薫 2010/11/13 南極最大 大気観測レーダー 日経新聞
- ・ 佐藤薫 2010/11/13 南極にアンテナ1000本超 朝日新聞(夕刊)
- ・ 佐藤薫 2010/11/13 南極に世界初 大気レーダー 東京新聞(夕刊)
- ・ 佐藤薫 2011/11/13 6時のニュース NHK
- ・ 佐藤薫 2010/11/16 南極に大型レーダー 全大気現象を精密観測 東京大学新聞
- ・ 佐藤薫 2010/11/21 夜光雲は「気候変動のカナリア」? 日経新聞
- ・ 佐藤薫 2011/1/3 波打つ大気とらえる しんぶん赤旗
- ・ 佐藤薫 2011/1/10 謎の「夜光雲」を探れ しんぶん赤旗
- ・ 佐藤薫 2011/1 南極から大型レーダーで地球気候の仕組みを探る 東京大学理学部ニュース 2011年1月号
- ・ 佐藤薫 2011/2/5 夜輝く雲 温暖化を警告? 読売新聞(夕刊)
- ・ 佐藤薫 2011/2/7 南極の空見据える「千の目」=世界初の大型大気レーダー 時事ドットコム
- ・ 佐藤薫, 2011/4, 南極大型大気レーダー初観測に成功, 東京大学/国立極地研究所 プレスリリース
- ・ 佐藤薫, 2011/6/5 東京大学理学部公開講演会 身近で大きな理学 講演「大型レーダーが拓く新しい南極大気科学」
- ・ 佐藤薫, 2011/6/17 読売テクノ・フォーラム 講演「南極に大輪の花を咲かせよう」, 日本プレスセンター
- ・ 佐藤薫, 2011/6, 南極大気レーダーで地球の気候変動観測, 読売新聞
- ・ 佐藤薫, 2011/7, 南極大型大気レーダーで初観測に成功, 東京大学理学部ニュース 2011年7月号
- ・ 佐藤薫, 2011/8, 南極から風をよむ, 株式会社ニコン
- ・ 佐藤薫, 2011/9, 東日本大震災:大学の責務と貢献を考える, RU11(学術研究懇談会)シンポジウム 講演

12. 学内外の委員会等

- ・ 東京大学 理学部地球惑星物理学科・学科長 (2010年度)
- ・ 東京大学総長補佐 (2011年度)

- ・ 東京大学国際委員会委員 (2011 年度)
- ・ 東京大学学生表彰選考会議委員
- ・ 東京大学研究交流・発信専門委員会委員
- ・ 東京大学ハラスメント防止委員会委員
- ・ 日本学術会議 連携会員 (第 20 期, 第 21 期)
- ・ 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
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会, IAMAS 小委員会, 委員
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IGBP・WCRP 合同分科会 (環境学委員会), 委員
- ・ 文部科学省, 科学技術・学術審議会専門委員 (2009 年度)
- ・ 文部科学省, 独立行政法人評価委員会臨時委員 (2006～2008 年度)
- ・ 日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2005 年度)
- ・ 大学評価・学位授与機構学位審査会専門委員 (2010 年度)
- ・ 気象庁品質評価科学活動委員会委員 (2006 年度～現在)
- ・ 気象庁気象研究所評議委員会委員 (2007 年度～現在)
- ・ 宇宙航空研究開発機構大気球専門委員会委員 (2006～2008 年度)
- ・ IUGG (国際測地学地球物理学連合) 科学/IAMAS (大気科学連合) /ICMMA (中層大気科学委員会) Commission member (2000～2006)
- ・ 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 (2004～)

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：0 人

外国人研究者数：1 人 (オーストラリア)

(2) 派遣

学生数：修士 0 人, 博士 4 人 (米 3 人, 豪 1 人)

研究者数：0 人

(3) 海外からの来訪者数 (セミナー等) : 9 人

日比谷 紀之

I. 略歴

氏名： 日比谷 紀之

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴：

1980年（昭和55年）3月 東京大学 地球物理学科 卒業

1982年（昭和57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（昭和60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

理学博士の学位を取得

1985年（昭和60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（昭和62年）4月 東京大学 地震研究所 津波高潮研究部門 助手

- 1989年（平成元年）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（平成2年）5月 米国 ワシントン大学 地球物理学 博士研究員

1992年（平成4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（平成7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（平成10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

2000年（平成12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

1. 深層海洋大循環モデルの高精度化に向けた深海乱流強度のグローバルな空間分布の解明

海洋深層における乱流混合は、深層海洋大循環の強さやそのパターンをもコントロールしている重要な物理過程である。この海洋深層における乱流混合の大きさをグローバルにマッピングし、深層海洋大循環モデルの高精度化に寄与するため、以下のように、理論と観測の両面から研究を進めた。

(a) 内部重力波の非線形相互干渉の数値モデルを用いて、大気擾乱や潮流により励起される内部重力波エネルギーが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くる過程を定量的に再現することで、海洋深層での乱流混合強度のグローバルな空間分布を調べた。この数値実験により「深海での乱流混合の強度が 緯度 30°

をはさんで急変する」という顕著な緯度依存性をもつことを世界に先駆けて明らかにした。

(b) 深度 6000 メートルまでの乱流強度を計測できる超深海乱流プロファイラー VMP-5500 を我が国で初めて導入し、グローバルな深海乱流強度の空間分布を調べた。この観測により、深海乱流混合のホットスポットが緯度 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ にある海嶺や海山の近傍に局在していることが明らかにされ、(a) の数値実験結果の有効性が確認された。

(c) 超深海乱流プロファイラー VMP-5500 に電磁流速計と密度計を取り付けて、海面から深海底直上までの乱流強度とファインスケール（鉛直10メートルスケール）の流速鉛直シア／ストレインとの同時観測を行い、両者の関係を詳細に調べることで、既存の乱流パラメタリゼーションの式の検証とその改良を行った。

2. 海洋表層混合層モデルの高精度化

大気と海洋との相互作用は海洋表層混合層を通じて行われる。従って、海洋表層混合層モデルの高精度化は、気候変動の予測向上の鍵を握る重要な課題である。我々は、海洋表層混合層の形成や発達を直接に再現できる Large Eddy Simulation モデルを開発し、その計算結果をもとに、既存の海洋表層混合層モデル内の乱流スキームの検証とその改良を行った。

3. 黒潮の流路変動を支配する力学機構の解明

日本南岸沖で黒潮大蛇行が形成されるまでの過渡的応答を高解像度の数値モデルを用いて再現し、その流路変動が、黒潮流量の大きさ、黒潮と中規模渦との相互作用、黒潮と局所的な陸岸・海底地形との相互作用などの諸要因とどのように絡んでいるのかを調べた。

4. 沿岸域における特異現象の物理機構の解明と予報システムの構築

顕著な前兆もなく、突然、津波のような高波が湾内に押し寄せる九州西方沿岸域での「あびき現象」、大潮-小潮周期の潮汐混合と同期して沖合の黒潮系暖水の水塊が湾内に侵入してくる四国西方沿岸域の「急潮現象」など、沿岸域で発生する特異現象を対象に発生機構の解明とその予報システムの構築を行った。

3. 特に優れた論文5編

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

投棄式流速計を用いた観測を全球的に展開することにより、深海における乱流の強度が、緯度に依存することを世界で初めて明らかにした論文で、深海乱流強度の空間分布を明らかにした Hibiya et al. (2006) 年のもとになった論文。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。

2. Hibiya, T., M. Nagasawa, and Y. Niwa: 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, 2002.

内部潮汐波のエネルギーから深海の内部波スペクトルに与えられたエネルギーが乱流スケールまで流れていく物理過程が parameteric subharmonic instability の機構に

コントロールされていることを数値的に明らかにした。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。

3. Niwa, Y., and T. Hibiya: Numerical study of the spatial distribution of the M_2 internal tide in the Pacific Ocean, *Journal of Geophysical Research*, **106**(C10), 22441-22449, 2001.

太平洋における内部潮汐波エネルギーの空間分布を世界で初めて定量的に明らかにした。引用数は2012年10月末現在で約80に及んでいる。

4. Hibiya, T.: Generation mechanism of internal waves by tidal flow over a sill, *Journal of Geophysical Research*, **91**(C6), 7697-7708, 1986.

海嶺や海山の上での潮汐流による内部波の発生に関する統一理論を作り上げた。海洋学会岡田賞受賞の受賞対象となった研究成果の一部である。

5. Hibiya, T., and K. Kajiura: Origin of the Abiki phenomenon (a kind of seiche) in Nagasaki Bay, *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, **38**(3), 172-182, 1982.

九州西海岸で古くから知られていながらその実態が謎に包まれていた「前兆もなく沿岸を襲ってくる津波のような巨大波『あびき』」の発生機構を初めて理論的に解明し、その予報への足がかりを作った。

4. 受賞等

- ・ 日比谷 紀之：日本海洋学会賞（日本海洋学会，2008年4月1日）「海洋の中・深層における鉛直拡散強度の全球分布に関する理論的・観測的研究」
- ・ 日比谷 紀之：日本海洋学会岡田賞（日本海洋学会，1989年4月8日）「潮流による内部波の発生機構に関する研究」
- ・ 日比谷 紀之，2011年度 アジア・大洋州地球科学学会 海洋科学分野著名研究者（アジア・大洋州地球科学学会，2011年8月）「海洋の中・深層における鉛直拡散強度の全球分布に関する理論的・観測的研究」
- ・ 日比谷 紀之，三菱財団 自然科学分野研究助成（三菱財団，2005年10月）「深層海洋大循環モデルの高精度化に向けた乱流拡散係数のグローバルなマッピング」
- ・ 日比谷 紀之，2010年度日仏海洋学会論文賞（日仏海洋学会，2010年10月）“Transition to the large meander path of the Kuroshio as observed by satellite altimetry” (安倍 大介, 遠藤 貴洋, 今脇 資郎 との共著)

5. 研究の将来計画

引き続き、乱流ホットスポットの空間分布というマイクロな情報から、深層海洋大循環/気候変動予測の研究のブレークスルーを図る。具体的な研究計画は以下の通りである。

(1) 超深海における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、密度躍層付近(深度約2000m)までの乱流混合強度のグローバルマップを得ることができたものの、深度2000m以下の乱流混合強度は、依然として空白のまま残されている。深層海洋大循環の数値計算によ

れば、深度 2000m 以下の乱流混合は、深層循環の流量やパターンに大きな影響を与えることが示唆されており、そのグローバルな強度分布の把握は深層海洋循環像の確立に向けて大きな課題として残されている。そこで、(a) 筆者の研究室が保有している電気伝導度・温度・水深センサー (CTD) 附属の超深海乱流計 VMP-5500 に新たに電磁流速計 (GEMC) を取り付け、伊豆-小笠原海域、ハワイ海域など、北太平洋の乱流ホットスポットを中心に投入し、「海面から海底直上までの乱流混合強度」および「深海における平衡内部波場」を明らかにするとともに、(b) 観測海域における海底地形の凹凸から上方に伝播していく内部波と深海の平衡内部波場との非線形相互干渉のシミュレーションを通じて海底地形上で観測された乱流混合強度の鉛直分布を再現することにより、超深海乱流強度が、海底地形の凹凸の卓越波数、海底地形の高さ、潮流の強さ、密度成層などの物理量とどのように関連しているのかを力学的に明らかにする。(c) こうして求められた超深海乱流強度の予報式に、世界大洋の海域ごとに計算した海底地形の凹凸の卓越波数、海底地形の高さ、潮流の強さなど、各物理量の情報を組み込むことにより、深度 2000m~海底直上までの乱流強度のグローバルマッピングを行う。さらに (d) この結果を、すでに明らかにされている深度 2000m までの乱流混合強度の分布とあわせることで、乱流混合のグローバルな 3 次元的マッピングを完成させ、それを深層海洋大循環モデルに組み込むことにより、現段階で最も高精度な深層循環像を明らかにする。

(2) 乱流ホットスポットの定量化に向けた乱流パラメタリゼーションの式の有効性の検証

上記(1)の、電気伝導度・温度・水深センサー (CTD) および 電磁流速計 (GEMC) を取り付けた超深海乱流計 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」、「鉛直ストレイン」、「乱流強度」の同時観測のデータを解析することにより、現在広く用いられている、流速鉛直シアに基づく乱流パラメタリゼーションの式、鉛直ストレインに基づく乱流パラメタリゼーションの式、さらに、流速鉛直シアと鉛直ストレインの両方に基づく乱流パラメタリゼーションの式の有効性を詳細に調べ、必要ならば、観測結果に基づいて、その改良版を作成する。

(3) インドネシア多島海域の乱流直接観測とそれに基づく当該海域の地球気候における役割の解明

グローバルな気候を支配する大気海洋相互作用の場として重要な領域と位置付けられているインドネシア多島海域での強い潮汐流による乱流混合の強度およびその空間分布は未知のまま残されている。そこで、オーストラリアおよびインドネシアにおける研究者と共同して、このインドネシア多島海域では実質的に世界初となる乱流直接観測を行い、乱流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。

(4) 大気海洋結合モデルに組み込んだ改良版 Mellor-Yamada 混合層モデルの有効性の検証

海洋表層混合層内の乱流強度が過小気味に予報されてしまう Mellor-Yamada のクロージャー・モデルの乱流長さスケールの表式を改良した Nakanishi-Niino のクロージャー・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

ーマンスを調べる。特に、この Nakanishi-Niino モデルを組み込んだ大気海洋結合モデルによる計算から、台風の発達から消滅までの観測結果の再現がどのように向上するのかに注目する。

(5) 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筆者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をコントロールする「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

- ・ 基盤研究(B) 平成 17 年度 – 平成 18 年度 配分額: 15,300 千円「深層海洋大循環の解明に向けた乱流ホットスポットの定量化」
- ・ 基盤研究(B) 平成 19 年度 – 平成 20 年度 配分額: 18,720 千円「超深海乱流計を用いた境界混合の定量化とその深層海洋大循環モデルへの組み込み」
- ・ 基盤研究(B) 平成 21 年度 – 平成 23 年度 配分額: 18,720 千円「投棄式乱流計を用いた超深海乱流強度の全球マッピングとその深層循環モデルへの組み込み」
- ・ 挑戦的萌芽研究 平成 23 年度 – 平成 24 年度 配分額: 3,770 千円「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」
- ・ 基盤研究(A) 平成 20 年度 – 平成 23 年度 配分額: 11,950 千円 (分担)「地震探査による海底下の固液複合構造と海洋の鉛直混合構造のイメージング」
- ・ 特定領域研究 平成 21 年度 – 平成 22 年度 配分額: 3,300 千円 (分担)「亜熱帯モード水・季節密度躍層系の物理過程とその生物・化学的役割」
- ・ 基盤研究(B) 平成 22 年度 – 平成 24 年度 配分額: 4,030 千円 (分担)「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」
- ・ 基盤研究(A) 平成 23 年度 – 平成 26 年度 配分額: 1,560 千円 (分担)「太平洋深層循環を形成する北東太平洋での深層水の湧昇と南北オーバーターン循環の解明」
注: 研究代表者逝去のため平成 23 年度をもって中止

(2) 共同研究

- ・ 九州大学応用力学研究所 平成 22 年度 – 平成 24 年度 配分額: 726 千円「海洋乱流の観測およびモデリング研究」

(3) 受託研究

- ・ 文部科学省 新世紀重点研究創生プラン (RR2002) 平成 14 年度 – 平成 18 年度, 配分額: 493,900 千円, 「人・自然・地球共生プロジェクト – 諸物理過程のパラメタリゼーションの高度化」
- ・ 文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラム 平成 19 年度 – 平成 23 年度, 配分額: 157,163 千円, 「海洋微物理過程 – LES による海洋微物理過程の高精度パラメタリゼーション」

(4) 研究助成金

- ・ 三菱財団 平成 17 年 – 平成 19 年 配分額: 9,500 千円「深層海洋大循環モデルの高精度化に向けた乱流拡散係数のグローバルなマッピング」

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Hibiya, T., M. Nagasawa and Y. Niwa: Global mapping of diapycnal diffusivity in the deep ocean based on the results of expendable current profiler (XCP) surveys, *Geophysical Research Letters*, **33**(3), L03611, DOI:10.1029/2005GL025218, 2006.
2. Endoh, T. and T. Hibiya: Numerical study of the meridional overturning circulation with "mixing hotspots" in the Pacific Ocean, *Journal of Oceanography*, **62**(3), 259-266, DOI:10.1007/s10872-006-0050-x, 2006.
3. Iwamae, N., T. Hibiya and Y. Niwa: Numerical study of enhanced energy dissipation near a seamount, *Journal of Oceanography*, **62**(6), 851-858, DOI:10.1007/s10872-006-0103-1, 2006.
4. Sasaki, W. and T. Hibiya: Interannual variability and predictability of summertime significant wave heights in the western North Pacific, *Journal of Oceanography*, **63**(2), 203-213, DOI:10.1007/s10872-007-0022-9, 2007.
5. Nagasawa, M., T. Hibiya, K. Yokota, Y. Tanaka, and S. Takagi: Microstructure measurements in the mid-depth waters of the North Pacific, *Geophysical Research Letters*, **34**(5), L05608, DOI:10.1029/2006GL028695, 2007 (AGU Journal Highlight).
6. Endoh, T. and T. Hibiya: Meridional overturning circulation of the deep Pacific estimated assuming the vertical advective-diffusive balance, *Geophysical Research Letters*, **34**(11), L11602, DOI:10.1029/2007GL030027, 2007.
7. Tanaka, Y., T. Hibiya and Y. Niwa: Estimates of tidal energy dissipation and diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/POSEIDON altimeter data, *Journal of Geophysical Research*, **112** (10), C10021, DOI:10.1029/2007JC004172, 2007.
8. Hibiya, T., M. Nagasawa and Y. Niwa: Latitudinal dependence of diapycnal diffusivity in the thermocline observed using a microstructure profiler, *Geophysical Research Letters*, **34**(24), L24602, DOI:10.1029/2007GL032323, 2007.
9. Watanabe, M. and T. Hibiya: Energetics of wind-induced turbulent mixing in the ocean, *Journal of Oceanography*, **64**(1), 131-140, DOI:10.1007/s10872-008-0010-8, 2008.
10. Furuichi, N., T. Hibiya and Y. Niwa: Model-predicted distribution of wind-induced internal wave energy in the world's oceans, *Journal of Geophysical Research*, **113** (C9), C09034, DOI:10.1029/2008JC004768, 2008.
11. 日比谷 紀之: 海洋の中・深層における鉛直拡散強度の全球分布に関する理論的・観測的研究, *海の研究 (Oceanography in Japan)*, **18**(2), 115-134, 2009 (日本海洋学会賞受賞記念論文).
12. Sugiyama, Y., Y. Niwa, and T. Hibiya: Numerically reproduced internal wave spectra in the deep ocean, *Geophysical Research Letters*, **36**, L07601, DOI:10.1029/2008GL036825, 2009.

13. Iwamae, N., T. Hibiya, and M. Watanabe: Numerical study of the bottom-intensified tidal mixing using an “eikonal approach”, *Journal of Geophysical Research*, **114**, C05022, DOI:10.1029/2008JC005130, 2009.
14. Ambe, D., T. Endoh, T. Hibiya, and S. Imawaki: Transition to the large meander path of the Kuroshio as observed by satellite altimetry, *La Mer*, **47**(1-2), 19-27, 2009.
15. Zhai, X., R.J. Greatbatch, C. Eden, and T. Hibiya: On the loss of wind-induced near-inertial energy to turbulent mixing in the upper ocean, *Journal of Physical Oceanography*, **39**(11), 3040-3045, DOI:10.1175/2009JPO4259.1, 2009.
16. Endoh, T., and T. Hibiya: Interaction between the trigger meander of the Kuroshio and the abyssal anticyclone over Koshu Seamount as seen in the reanalysis data, *Geophysical Research Letters*, **36**, L18604, DOI:10.1029/2009GL039389, 2009.
17. Tanaka, Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae: Numerical study of K₁ internal tides in the Kuril Straits, *Journal of Geophysical Research*, **115**, C09016, DOI:10.1029/2009JC005903, 2010.
18. Mohri, K., T. Hibiya, and N. Iwamae: Revisiting internal wave generation by tide-topography interaction, *Journal of Geophysical Research*, **115**, C11001, DOI:10.1029/2009JC005908, 2010.
19. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa: Assessment of the effect of tidal mixing in the Kuril Straits on the formation of the North Pacific Intermediate Water, *Journal of Physical Oceanography*, **40**(12), 2569-2574, DOI:10.1175/2010JPO4506.1, 2010.
20. Endoh, T., H. Tsujino, and T. Hibiya: The effect of Koshu Seamount on the formation of the Kuroshio large meander south of Japan, *Journal of Physical Oceanography*, **41**(9), 1624-1629, DOI:10.1175/JPO-D-11-074.1, 2011.
21. Nagai, T., and T. Hibiya: The processes of semi-enclosed basin-ocean water exchange across a tidal mixing zone, *Journal of Oceanography*, **67**(4), 533-539, DOI:10.1007/s10872-011-0045-0, 2011.
22. Niwa, Y., and T. Hibiya: Estimation of baroclinic tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global numerical simulations, *Journal of Oceanography*, **67**(4), 493-502, DOI:10.1007/s10872-011-0052-1, 2011.
23. Iwamae, N., and T. Hibiya: Numerical study of tide-induced mixing over rough bathymetry in the abyssal ocean, *Journal of Oceanography*, **68**(1), 195-203, DOI:10.1007/s10872-011-0088-2, 2012.
24. Furuichi, N., T. Hibiya, and Y. Niwa: Assessment of turbulence closure models for resonant inertial response in the oceanic mixed layer using a large eddy simulation model, *Journal of Oceanography*, **68**(2), 285-294, DOI:10.1007/s10872-011-0095-3, 2012.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

1. 日比谷 紀之, 「深層海洋大循環モデルの高度化に向けた乱流拡散係数のグローバルなマッピング」, *地球温暖化はどこまで解明されたか - 日本の科学者の貢献と今後の展望 2006-*, pp.79-89, 小池勲夫 編, 丸善, 277pp., 2006.

2. 日比谷 紀之, 「海洋大循環」, 東大式現代科学用語ナビ, pp.144-145, 東京大学理学系研究科・理学部編, 化学同人, 235pp., 2009.
3. 日比谷 紀之, 「月が導く深海の流れ - 地球を巡る海洋大循環の謎を解く」, Drama 理学部 - 研究者のキセキ, pp.62-63, リガクル 2 「東京大学理学部の今がわかる本」, 日経 BP ムック, 2010.

(5) 特許

8. 学会発表など

[国際学会]

1. Hibiya, T., Mapping of mixing hotspots in the world's oceans, Korea-Japan Physical Oceanography Workshop, Yonsei University, Korea, March 8, 2007 「招待講演」
2. Hibiya, T., M. Nagasawa, and Y. Niwa: Theoretical and observational studies of the global distribution of diapycnal diffusivity in the deep ocean, The 15th Pacific Asian Marginal Seas (PAMS) Meeting, Novotel Ambassador Hotel, Busan, Korea, April 24, 2009 「招待講演」
3. Hibiya T.: Theoretical and observational studies of the global mapping of diapycnal diffusivity in the world's deep oceans, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, Taipei International Convention Center, Taipei, Taiwan, 24th Jun., 2010 「招待講演」

他一般講演 38 回

[国内学会]

1. 日比谷 紀之: 深海乱流の発生機構とそのグローバルな強度分布 - チューニングパラメータから真のパラメータ化へ向けて -, シンポジウム「海洋物理学における乱流拡散研究の位置づけとその将来展望」, 横浜市立大学金沢八景キャンパス, 2006年3月26日 「招待講演」
2. 日比谷 紀之: 地球の気候をコントロールする深海のミクロな現象 - 深海乱流の解明に向けて -, シンポジウム「東京大学の海研究『海からの恩恵と災害』」, 東京大学弥生講堂・一条ホール, 2006年7月12日 「招待講演」
3. 日比谷 紀之: 地球の気候をコントロールする深海のミクロな現象 - 深層水を駆動する深海乱流の解明へ向けて -, 「波動現象の数理と応用」RIMS 研究集会, 京都大学数理解析研究所, 2006年10月31日 「招待講演」
4. 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, シンポジウム「東京大学の海研究『海の現在と明日』」, 東京大学弥生講堂・一条ホール, 2009年7月14日 「招待講演」

他一般講演 66 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 現在まで, 修士 17 名 および 博士 8 名を指導してきた. このうち, 11 名が東京

大学、九州大学をはじめとする大学、環境研究所など国立の研究機関、鹿島技術研究所など民間の研究機関において研究職に従事している。特に、最初に指導した大学院生である、丹羽 淑博（現在、東京大学海洋アライアンス特任准教授）は、2004年度の日本海洋学会岡田賞を受賞している。

- ・ この他、学部4年生に開講している「海洋物理学」の講義は、受講学生から常に高い評価を受けている。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 日本海洋学会 Journal of Oceanography 編集委員長, 2011-現在

(2) 学会等

- ・ 国際海洋物理科学協会 (IAPSO) 執行委員, 2011-現在
- ・ アジア大洋州地球惑星科学会 (AOGS) 海洋科学セクションプレジデント, 2011-現在
- ・ 国際海洋物理科学協会 (IAPSO) 海洋研究科学委員会 (SCOR) 深海乱流混合に関する作業部会委員, 2003-2008
- ・ 日本海洋学会 評議員 1997-現在
- ・ 日本海洋学会 幹事 1997-2000, 2003-2006, 2011-現在
- ・ 日本海洋学会 学会賞・岡田賞・宇田賞, 論文賞 選考委員 2008-2009, 2011-現在
- ・ 日本海洋学会 日高論文賞・奨励論文賞 選考委員 2005-2006
- ・ 日本海洋学会 沿岸海洋研究会委員会委員 1991-現在
- ・ 日本地球惑星科学連合 代議員/大気海洋・環境科学セクションボードメンバー 2011-現在

(3) 国際会議等

- ・ 第25回国際測地学・地球物理学連合総会 (IUGG 2011) セッション「P03: 海洋混合」コンピーナー, メルボルン, オーストラリア, 2011年6月28日~6月30日

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 「深海のミクロな現象が地球の気候をコントロールする」, アレック電子(株)講演会, 神戸, 2008年7月25日
- ・ 「九州西方沿岸域を襲った『あびき現象』について」, テレビ朝日「報道ステーション」, 2009年2月26日
- ・ 「九州西方沿岸域の『あびき』はどのようにして起されたのか?」, 日本テレビ「スッキリ」, 2009年2月27日
- ・ 「海洋の中・深層における鉛直乱流拡散強度の全球分布に関する理論的・観測的研

究」, 海洋学会若手会招待講演, 八王子セミナーハウス, 2009年7月31日

- ・ 「地球の気候をコントロールする深海のマイクロな現象 – 深層水を駆動する深海乱流の解明へ向けて-」, 特定非営利活動法人地球環境カレッジ第95回定例講演会, いであ(株)GEカレッジホール, 東京, 2009年10月5日
- ・ 「大研究 – 日本の大学生これが現実!」, 週刊現代(講談社)によるインタビュー記事, 2009年12月19日
- ・ 「日本の海洋学における人材育成とポストク問題について – 大学院での現状と今後の展望 –」, 日本海洋学会教育問題研究会およびブレークスルー研究会主催ナイトセッション, 東京大学柏キャンパス, 2011年3月22日
- ・ 「地球の気候をコントロールする深海のマイクロな現象 – 深層水を駆動する深海乱流の解明へ向けて-」, 海上自衛隊海洋業務群司令部講演会, 横須賀, 2012年3月12日

12. 学内外の委員会等

(1) 学外委員等

- ・ 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-現在
- ・ 日本学術会議 地球惑星科学委員会 IUGG 分科会 国際海洋物理科学協会 (IAPSO) 小委員会委員, 2011-現在
- ・ 日本学術会議 大気・水圏科学研究連絡委員会委員, 2003-2006
- ・ 文部科学省 大学設置・学校法人審議会 審議員, 2006-2007
- ・ 日本学術振興会 科学研究費委員会 専門委員, 2005-2006
- ・ 日本学術振興会 国際事業委員会 書面審査委員, 2008-2009
- ・ 日本学術振興会 特別研究員等審査会 専門委員, 2008-2009
- ・ 学位授与機構 学位審査会専門委員, 2010-現在
- ・ 海洋研究開発機構「みらい」運用検討委員会委員, 2004-2006
- ・ 防災科学技術研究所 客員研究員, 2006-2010
- ・ 九州大学 応用力学研究所共同利用研究「海洋乱流の観測およびモデリング研究」代表, 2010-現在
- ・ 北海道大学低温科学研究所 非常勤講師, 2008年6月
- ・ 九州大学応用力学研究所 非常勤講師, 2008年7月
- ・ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター 非常勤講師, 2011年2月
- ・ 日本海洋学会 2009年度春季大会 事務局長, 2009年4月

(2) 学内委員等

- ・ 東京大学 総長補佐, 2010
- ・ 海洋研究所と気候システム研究センターの連携に関する学内有識者による総長諮問委員会委員 2008
- ・ 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面接特別委

員会委員, 2011-現在

- ・ 東京大学 海洋アライアンス 推進委員会委員, 2009-現在
- ・ 東京大学 海洋アライアンス 運営委員会委員, 2011-現在
- ・ 東京大学 全学交通対策専門部会委員, 2004-2007
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科 企画室会議委員, 2010
- ・ 東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 海外インターンシッププログラム代表, 2009-現在
- ・ 東京大学 21世紀 COE プログラム 事務局長, 2006-2007
- ・ 東京大学 グローバル COE プログラム 運営委員会委員, 2009-現在
- ・ 東京大学 理学部地球惑星物理学科 学科長, 2006-2007, 2009
- ・ 東京大学 大気海洋研究所 協議会委員, 2009-現在
- ・ 東京大学 地震研究所 協議会委員, 2009-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

外国人学生数：1名； 学部：0 修士：1名（インドネシア 1名） 博士：0

外国人研究者数：2名（カナダ1名，オランダ1名）

(2) 派遣

学生数：0名 修士：0名 博士：0名

研究者数：2名

(3) 海外からの来訪者数：25名（アメリカ合衆国12名，韓国3名，カナダ2名，ドイツ2名，オランダ1名，オーストラリア1名，フランス1名，イスラエル1名，インドネシア1名，スウェーデン1名）

小池 真

I. 略歴

氏名： 小池 真

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1985年（昭和60年）3月 早稲田大学理工学部物理学科 卒業

1987年（昭和62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（平成2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（平成2年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1990年（平成2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（平成10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（平成12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／
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

対流圏オゾンの研究

対流圏オゾンは二酸化炭素、メタンにつぐ温室効果気体であるとともに、大気の酸化能力を支配する重要な気体成分である。我々の研究グループでは、対流圏オゾンの生成速度を決めている窒素酸化物の動態や各種発生源の寄与などについて航空機観測に基づいた研究を実施した。この結果、西太平洋熱帯域においては雷による窒素酸化物生成が少なからぬ寄与をもっていることを明らかとした。また地上や衛星からの雷観測との対応からグローバルな雷による窒素酸化物の生成量を推定することに成功した。

エアロゾルの生成・変質過程とその直接・間接効果の数値モデル研究

エアロゾル（大気中に浮遊する微粒子）は、太陽放射を散乱・吸収する（直接効果）とともに雲物理への影響（間接効果）を通じて地球の気候に影響を与えている。しかしながらその影響の大きさには大きな不確実性があり、気候研究のもっとも重要な課題のひとつとなっている。我々の研究グループでは、これらのエアロゾルの直接・間接効果の影響を評価するために、その鍵となる物理量やプロセスを物理化学法則に基づいて正確に表現するエアロゾルモデルを開発し、研究を推進してきた。エアロゾル間接効果についてみると、その鍵はエアロゾル数濃度であり、その最も理解が遅れているプロセスは大気中での気体からの新粒子の生成過程である。我々はこ

のプロセスを正確にモデルで表現した結果、新粒子生成が起こる条件と頻度を数値モデルで再現することに成功した。そして大気中での競合過程がその生成条件を決めていることを示した。またエアロゾルの直接効果の鍵となるもののひとつは、光吸収特性をもつブラックカーボン (BC) エアロゾルの混合状態 (他のエアロゾルによる被覆の有無) である。混合状態により光吸収量や除去量が支配されるからである。我々はこのプロセスを正確にモデルで表現した結果、観測された大気中での BC 混合状態の特徴を再現することに成功するとともに、排出されてからの大気中での変容過程を明らかとした。またこれらの研究の他、気象場とエアロゾル生成過程や濃度との対応、エアロゾル相の水の直接効果への影響、タグ付きモデルによるエアロゾル発生源の推定など、多くの成果をあげてきた。

エアロゾルの雲物理への影響に関する観測的研究

我々はエアロゾルの間接効果について、航空機観測により研究してきた。この結果、東アジアのエアロゾルの雲物理量への影響を航空機観測により初めて実証した。またこのエアロゾルの影響の大きさ (エアロゾル数の増加に対する雲粒数の増加割合) は、大気鉛直安定度に依存し、西太平洋では海面水温 (SST) に応じて変化していることを明らかとした。春季の大陸からの寒冷な季節風は高濃度のエアロゾルを西太平洋に輸送するとともに、黒潮という高い SST をもつ海域に達すると大気が不安定となるため、対流中の上昇流が強化され間接効果が増大していることを初めて示した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Koike, M., N.B. Jones, W.A. Matthews, P.V. Johnston, R.L. McKenzie, D. Kinnison, and J. Rodriguez, Impact of Pinatubo aerosols on the partitioning between NO₂ and HNO₃, *Geophys. Res. Lett.*, 21, 597-600, 1994.

この論文では、火山噴火によって増大したエアロゾル上での不均一反応により活性な窒素酸化物である NO₂ が、不活性な HNO₃ に変換されていたことを、赤外放射のリモートセンシングにより示した。このプロセスは火山噴火後の成層圏オゾン減少のメカニズムを実証する研究で 63 の citation がある。この論文は 1995 年度の日本気象学会の山本・正野論文賞を受賞した。

2. Koike, M., Y. Kondo, H. Ikeda, G.L. Gregory, B.E. Anderson, G.W. Sachse, D.R. Blake, S.C. Liu, H.B. Singh, A.M. Thompson, K. Kita, Y. Zhao, T. Sugita, R.E. Shetter, and N. Toriyama, Impact of aircraft emissions on reactive nitrogen over the North Atlantic Flight Corridor region, *J. Geophys. Res.*, 105, 3665-3677, 2000.

この論文では、北米とヨーロッパを結ぶ北大西洋の航空路において、航空機からの窒素酸化物の排気の影響を航空機観測に基づいて示した。上部対流圏の窒素酸化物は対流圏オゾンの温室効果の評価の観点からも重要で、この研究結果は数値モデル計算の検証などの基礎ともなっている。これら窒素酸化物の発生源や動態に関する一連の航空機による研究は、2001 年度の日本気象学会の堀内賞を受賞した。

3. Koike, M., Y. Kondo, K. Kita, N. Takegawa, Y. Masui, Y. Miyazaki, M. W. Ko, A. J. Weinheimer, F. Flocke, R. J. Weber, D. C. Thornton, G. W. Sachse, S. A. Vay, D. R. Blake, D. G. Streets, F. L. Eisele, S. T. Sandholm, H. B. Singh, and R. W. Talbot, Export of anthropogenic reactive nitrogen and sulfur compounds from the East Asia region in

spring, *J. Geophys. Res.*, 108(D20), 8789, doi:10.1029/2002JD003284, 2003.

この論文では、東アジアから排出された窒素酸化物と硫黄酸化物の大気からの除去効率（輸送効率）という概念を導入し、境界層内の輸送と比較して、自由対流圏を通じた輸送の効率が大気の上層輸送に伴う湿性沈着により減少していたことを明らかにした。また輸送された硫黄酸化物中のエアロゾルの生成割合は、大気履歴により大きく変動していることを示した。この研究はアジアの人為起源物質の輸送過程と大気環境への影響を評価したものであるとして、44の citation がある。

4. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R. A. Zaveri Impact of new particle formation on the concentrations of aerosol number and cloud condensation nuclei around Beijing *J. Geophys. Res.*, 116, D19208, doi:10.1029/2011JD016025, 2011.

この論文では、気体からのエアロゾルが生成する新粒子生成過程を新たなモデル表現により導入し、観測された新粒子生成イベントの頻度を大気環境条件ごとに再現することに成功した。新粒子生成が起きる条件は従来必ずしも明確ではなかったが、この研究により2つの競合過程のどちらが卓越するかにより起こるかどうかが決まっている可能性を示唆した。

5. 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。

4. 受賞等

- ・ 日本気象学会 山本・正野論文賞 1995年10月17日
- ・ 日本気象学会 堀内賞 2001年10月11日

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。大気科学は伝統的な気象学・大気物理学に対し、気候学をその重要な柱として加え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きている。その中心にあるのがエアロゾル・雲・降水システムである。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現象の顕在化は、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・降水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計算の両面からの研究を推進していきたい。第一に観測においては、数値モデル計算の検証にも使える長期的な地上観測と、プロセスの発見や定量化の基礎となる航空機などを使った集中観測が重要と考える。地上観測では直接効果の鍵となるブラックカーボンエアロゾルと、間接効果の鍵となるエアロゾルの数濃度・粒径分布観測が必要である。また集中観測では、東アジアでは世界で我々のみを実施してきているエアロゾルの雲・降水システムへの影響を体系的に研究する航空機観測をさらに発展させ、これまで発見した黒潮のエアロゾル・雲システム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。エアロゾルの濃度が高い東アジアと、エアロゾルの影響感度が高いと考えられている北極を研究領域とし、エアロゾルの雲物理量への影響が、地球の放射収支に直接影響を与え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にしたい。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。

第二に、数値モデル計算においては短期的には詳細な大気物質科学プロセスや雲プロセスを表現した領域モデルの開発と、それをを用いたエアロゾル・雲・降水システムの研究を推進したい。これまでの研究により、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、我々は次世代の雲物理モデルを開発している。このモデルを完成させ、東アジアや北極域のエアロゾル・雲研究を展開したい。またやや長期的には、グローバルモデルによるエアロゾル・雲・降水システムの研究や、地球システムモデルによる大気圏・海洋・生物圏・陸上表層などの多圏相互作用の研究へと発展させていきたい。これらのモデルでも、各種の構成要素やプロセスを単純に寄せ合わせるのではなく、むしろ素過程に立ち返った視点と研究の推進が必要であると考えられる。

さらに今後の地球科学の発展を考えると、このように地球科学の要となる大気物質科学の教育を、学部の授業により積極的に取り入れていくことが必要と考える。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(B) (2), 「中国におけるブラックカーボンの粒径分布と混合状態の解明」, 研究代表者, 平成 18-19 年度, 研究経費 (研究全体の総額): 18 年度 10,900 千円, 19 年度 4,600 千円
- ・ 基盤研究(B) (2), 「音響光学的手法による炭素室エアロゾルの放射特性の測定」, 研究分担者, 平成 18 年度-21 年度, 研究経費: 18 年度 7,900 千円, 19 年度 2,500 千円, 20 年度 2,200 千円, 21 年度 1,600 千円
- ・ 基盤研究 (S), 「航空機観測に基づくアジアのブラックカーボンの気候影響の解

明」，研究分担者，平成 19-22 年度，研究経費（研究全体の総額）：19 年度 30,600 千円，20 年度 28,300 千円，21 年度 11,700 千円，22 年度 10,800 千円

- ・ 基盤研究 (A) (一般)，「東アジアにおける炭素性エアロゾルの動態と直接放射効果」，研究代表者，平成 20-22 年度，研究経費（研究全体の総額）：20 年度 9,700 千円，21 年度 10,400 千円，22 年度 6,200 千円
- ・ 基盤研究 (A) (一般)・「東アジアにおけるエアロゾル数濃度の空間分布とその変動要因の解明」，研究分担者，平成 22-24 年度，
- ・ 基盤研究 (B) (一般)，「超伝導サブミリ波リム放射サウンダ衛星観測にもとづく中層大気微量成分分布の解明」，研究分担者，平成 22-24 年度
- ・ 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，平成 23-26 年度，研究経費（研究全体の総額）：23 年度 66,300 千円，24 年度 34,400 千円，25 年度 43,500 千円，26 年度 21,300 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 地球環境研究総合推進費(環境省)「地球温暖化対策としてのブラックカーボン削減の有効性評価」，研究分担者．平成23-25年度，研究期間全体の直接経費の総額：148,193 千円

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, M. Koike, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, B. E. Anderson, D. R. Blake, A. Wisthaler, M. J. Cubison, and J. L. Jimenez, Accumulation-mode aerosol number concentrations in the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign: Long-range transport of polluted and clean air from Asia, *J. Geophys. Res.*, 116, D20217, doi:10.1029/2011JD016189, 2011.
2. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R. A. Zaveri Impact of new particle formation on the concentrations of aerosol number and cloud condensation nuclei around Beijing *J. Geophys. Res.*, 116, D19208, doi:10.1029/2011JD016025, 2011.
3. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, D. R. Blake, A. Wisthaler, and M. Koike, Seasonal variation of the transport of black carbon aerosol from the Asian continent to the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign, *J. Geophys. Res.*, 116, D05202, doi:10.1029/2010JD015067, 2011.
4. Kondo, Y., L. Sahu, N. Moteki, F. Khan, N. Takegawa, X. Liu, M. Koike, and T. Miyakawa, Consistency and traceability of black carbon measurements made by

- laser-induced incandescence, thermal-optical transmittance, and filter-based photo-absorption techniques, *Aerosol Sci. Technol.*, 45, 295-312, 2011.
5. Kikuchi, K., T. Nishibori, S. Ochiai, H. Ozeki, Y. Irimajiri, Y. Kasai, M. Koike, T. Manabe, K. Mizukoshi, Y. Murayama, T. Nagahama, T. Sano, R. Sato, M. Seta, C. Takahashi, M. Takayanagi, H. Masuko, J. Inatani, M. Suzuki, and M. Shiotani, Overview and Early Results of the Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES), *J. Geophys. Res.* 115, doi:10.1029/2010JD014379, 2010.
 6. Kondo, Y., N. Takegawa, H. Matsui, T. Miyakawa, M. Koike, Y. Miyazaki, Y. Kanaya, M. Mochida, M. Kuwata, Y. Morino, and M. Shiraiwa, Formation and transport of aerosols in Tokyo in relation to their physical and chemical properties: a review, *J. Meteor. Soc. Japan*, 88, 597 – 624, 2010.
 7. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, J. D. Fast, U. Poschl, R. M. Garland, M. O. Andreae, A. Wiedensohler, N. Sugimoto, and T. Zhu, Spatial and Temporal Variations of Aerosols Around Beijing in the Summer 2006: 2. Local and column aerosol optical properties, *J. Geophys. Res.*, 115, doi:10.1029/2010JD013895, 2010.
 8. Parrish, D. D., W. C. Kuster, Min Shao, Y. Yokouchi, Y. Kondo, P. D. Goldan, J. A. de Gouw, M. Koike, and Tomoko Shirai, Comparison of Air Pollutant Emissions among Mega-Cities, *Atmos. Environ.*, 43, 6435-6441, 2009.
 9. Oshima, N., M. Koike, Y. Zhang, and Y. Kondo, Aging of black carbon in outflow from anthropogenic sources using a mixing state resolved model: 2. Aerosol optical and cloud condensation nuclei properties, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD011681, 2009.
 10. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, K. Kita, Y. Miyazaki, M. Hu, S-Y Chang, D. R. Blake, J. D. Fast, R. A. Zaveri, D. G. Streets, Q. Zhang, and T. Zhu, Spatial and Temporal Variations of Aerosols Around Beijing in the Summer 2006: 1. Model Evaluation and Source Apportionment, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2009JD010906, 2009.
 11. Oshima, N., M. Koike, Y. Zhang, Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, and Y. Miyazaki, Aging of black carbon in outflow from anthropogenic sources using a mixing state resolved model: 1. Model development and evaluation, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD010680, 2009.
 12. Matsui, H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, R. J. Griffin, Y. Miyazaki, Y. Yokouchi, and T. Ohara, Secondary Organic Aerosol Formation in Urban Air: Temporal Variations and Possible Contributions from Unidentified Hydrocarbons, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD010164, 2009
 13. Sahu, L. K., Y. Kondo, Y. Miyazaki, M. Kuwata, M. Koike, N. Takegawa, H. Tanimoto, H. Matsueda, S. C. Yoon, and Y. J. Kim, Anthropogenic aerosols observed in Asian continental outflow at Jeju Island, Korea, in spring 2005, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JD010306, 2009.
 14. Kondo, Y., Y. Morino, M. Fukuda, Y. Kanaya, Y. Miyazaki, N. Takegawa, H. Tanimoto, R. McKenzie, P. Johnston, D.R. Blake, T. Murayama, and M. Koike, Formation and transport of oxidized reactive nitrogen, ozone, and secondary organic aerosol in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 113, doi:10.1029/2008JD010134, 2008.
 15. Kondo, Y., R. C. Hudman, K. Nakamura, G. Chen, Y. Miyazaki, N. Takegawa, M. Koike, M. Ko, K. Kita, D. R. Blake, T. Shirai, and S. Kawakami, Mechanisms that influence the

- formation of high-ozone regions in the boundary layer downwind of the Asian continent in winter and spring, *J. Geophys. Res.*, 113, D15304, doi:10.1029/2007JD008978, 2008.
16. Kanaya, Y., M. Fukuda, H. Akimoto, N. Takegawa, Y. Komazaki, Y. Yokouchi, M. Koike, and Y. Kondo, Urban photochemistry in central Tokyo: 2. Rates and regimes of oxidant ($O_3 + NO_2$) production, *J. Geophys. Res.*, 113, D06301, doi:10.1029/2007JD008671, 2008.
 17. Kanaya, Y., R. Cao, H. Akimoto, M. Fukuda, Y. Komazaki, Y. Yokouchi, M. Koike, H. Tanimoto, N. Takegawa, and Y. Kondo, Urban photochemistry in central Tokyo: 1. Observed and modeled OH and HO₂ radical concentrations during the winter and summer of 2004, *J. Geophys. Res.*, 112, D21312, doi:10.1029/2007JD008670, 2007.
 18. Shirai, T., Y. Yokouchi, D. R. Blake, K. Kita, K. Izumi, M. Koike, Y. Komazaki, Y. Miyazaki, M. Fukuda, and Y. Kondo, Seasonal variation of atmospheric C₂-C₇ nonmethane hydrocarbons in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 112, D24305, doi:10.1029/2006JD008163, 2007.
 19. Koike, M., Y. Kondo, K. Kita, N. Takegawa, N. Nishi, B. Liley, T. Kashiwara, S. Kudoh, S. Kawakami, D. Blake, T. Shirai, M. Ko, Y. Miyazaki, Z. Kawasaki, and T. Ogawa, Measurements of Reactive Nitrogen Produced by Tropical Thunderstorms during BIBLE-C, *J. Geophys. Res.*, 112, D18304, doi:10.1029/2006JD008193, 2007.
 20. Miyazaki, Y., Y. Kondo, S. Han, M. Koike, D. Kodama, Y. Komazaki, H. Tanimoto, and H. Matsueda, Chemical characteristics of water-soluble organic carbon in the Asian outflow, *J. Geophys. Res.*, 112, D22S30, doi:10.1029/2007JD009116, 2007.
 21. Moteki, N., Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, Y. Komazaki, G. Kurata, T. Shirai, D. R. Blake, and M. Koike, Evolution of mixing state of black carbon particles: Aircraft measurements over the western Pacific in March 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L11803, doi:10.1029/2006GL028943, 2007.
 22. Gamblin, B., O. B. Toon, M. A. Tolbert, Y. Kondo, N. Takegawa, H. Irie, M. Koike, P. K. Hudson, J. O. Ballenthin, D. E. Hunton, T. M. Miller, A. A. Viggiano, B. E. Anderson, M. Avery, G. W. Sachse, K. Guenther, C. Sorenson, and M. J. Mahoney, Nitric acid condensation on ice: 2. Kinetic limitations, a possible “cloud clock” for determining cloud parcel lifetime, *J. Geophys. Res.*, 112, D12209, doi:10.1029/2005JD006049, 2007.
 23. Koike, M., N. B. Jones, P. I. Palmer, H. Matsui, Y. Zhao, Y. Kondo, Y. Matsumi, and H. Tanimoto, Seasonal Variation of Carbon Monoxide in Northern Japan: FTIR Measurements and Source-labeled Model Calculations, *J. Geophys. Res.*, 111, D15306, doi:10.1029/2005JD006643, 2006.
 24. Gamblin, B., O. B. Toon, M. A. Tolbert, Y. Kondo, N. Takegawa, H. Irie, M. Koike, J. O. Ballenthin, D. E. Hunton, T. M. Miller, A. A. Viggiano, B. E. Anderson, M. Avery, G. W. Sachse, J. R. Podolske, K. Guenther, C. Sorenson, and M. J. Mahoney, Nitric acid condensation on ice: 1. Non-HNO₃ constituent of NO_y condensing cirrus particles on upper tropospheric, *J. Geophys. Res.*, 111, D21203, doi:10.1029/2005JD006048, 2006.
 25. Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, M. Nogami, S. Deguchi, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, D. Kodama, and M. Koike, Temporal variations of elemental carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 111, D12205, doi:10.1029/2005JD006257, 2006.
 26. Takegawa, N., T. Miyakawa, Y. Kondo, D. R. Blake, Y. Kanaya, M. Koike, M. Fukuda, Y. Komazaki, Y. Miyazaki, A. Shimono, and T. Takeuchi, Evolution of submicron organic aerosol in polluted air exported from Tokyo, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L15814,

doi:10.1029/2006GL025815, 2006.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

1. 地球変動研究の最前線を訪ねる：人間と大気・生物・水・土壌の環境，小川利紘，及川武久，陽行編，第二部 3 章 地球規模の窒素循環 (1) 大気，清水弘文堂書房，2010 年
2. 東大式現代科学用語ナビ 150-151 ページ，化学同人 2009 年

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

- ・ M. Koike, H. Matsui, Y. Kondo, N. Takegawa, J. D. Fast, and R. A. Zaveri, Synoptic-scale Variations of Aerosols and Their Optical Properties around Beijing in the Summer 2006, IAMA (International Aerosol Modeling Algorithms) conference (Davis, California, 2009 年 12 月) (招待)

(他 招待講演 1 件，一般公演 7 件)

(1) 国内会議

- ・ 東シナ海における人為エアロゾルの雲微物理特性への影響 小池真，宇井麻衣子，竹川暢之，茂木信宏，近藤豊，松井仁志，梶野瑞王，大島長，北和之，大気化学討論会 2010 年 11 月 19 日 首都大学東京 (一般)

(他 16 件，すべて一般公演)

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 過去 10 年間に，2 人の博士，10 人の修士を出した。2 人の博士の一人は気象庁気象研究所の研究官として活躍中であり，もう一人は東京大学理学系研究科の特任助教として活躍中である。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 日本気象学会 SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere) のエディター，2006 年-現在

(2) 学会等

- ・ 日本学術会議 IGBP/WCRP 分科会 IGAC 小委員会委員長，2006-2009 年

- ・ 日本学術会議 IGBP/WCRP 分科会 IGAC 小委員会委員，2010 年-現在
- ・ 日本学術会議 IGBP/WCRP 分科会 SPARC 小委員会委員，2006-2009 年
- ・ 日本学術会議 IGBP/WCRP 分科会 iLEAPS 小委員会委員，2006 年—現在
- ・ 日本学術会議 IGBP/WCRP 分科会 MAHASRI 小委員会委員，2006-2009 年

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 地球環境変動観測ミッション (GCOM) 委員会委員，2006 年—現在

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数，外国人研究者数：なし

(2) 派遣

学生数：修士 1 名，博士 2 名；研究者数：なし

(3) 海外からの来訪者数：のべ 5 人

東塚 知己

I. 略歴

氏名： 東塚 知己

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1999年（平成11年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学科 卒業

2001年（平成13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（平成16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（平成16年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2003年（平成15年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC）東京大学大学院理学系
研究科地球惑星科学専攻

2004年（平成16年）4月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 21世紀
COE研究拠点形成特任研究員

2006年（平成18年）4月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 21世紀
COE研究拠点形成特任助手

2007年（平成19年）4月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 21世紀
COE研究拠点形成特任助教

2009年（平成21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（平成23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

大循環モデルを用いたシミュレーション，及び，データ解析を通じて，主に，熱帯域の大気海洋相互作用に関する研究を精力的に進めてきた．主要な研究成果は，以下の3つからなる．

気候変動現象と湧昇ドーム現象の関係に関する研究

熱帯海洋に存在する湧昇ドームは，栄養分に富んだ冷たい海水を表層に引き上げるため，周辺の気候や生態系にきわめて重要な影響を与えているが，この湧昇ドーム現象と大規模な気候変動現象の關係に注目して研究を進めてきた．具体的には，まず，西太平洋熱帯域に位置するミンダナオドームの季節・経年変動のメカニズムを海洋大循環モデルの結果を解析することによって詳細に調べ，ミンダナオドームの減衰に東方からの赤道ロスビー波の伝播が重要な役割を果たしていることを明らかにするとともに，このような赤道波動の伝播とリンクして年周期のエルニーニョが存在するこ

とを初めて見出し、これを『Annual ENSO』と命名した。さらに、西インド洋熱帯域に位置するセーシェルドームに関しても研究を進め、ダイポールモード現象との密接な関係を定量的に明らかにした。

南シナ海が気候変動に果たす役割に関する研究

南シナ海は、エルニーニョ現象の発現海域である西太平洋とダイポールモード現象の発現海域である東インド洋に囲まれた重要な海域であるが、そのグローバルな気候変動に果たす役割に関しては未解明のまま残されてきた。私は、海洋大循環モデルを用いた数値実験を通じて、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。また、エルニーニョ現象の発現頻度を制御している可能性を大気海洋結合モデルによる数値実験で示した。本研究の成果は、海面水位が現在よりも低かったため南シナ海通過流が停止していたと考えられる最終氷期の研究にも大きなインパクトを与えた。

ダイポールモード現象の長期変調に関する研究

インド洋熱帯域におけるダイポールモード現象については、その発見以来、数多くの研究が行われてきたが、その長期変調に関する研究は、ほとんど行われてこなかった。私は、主に、熱力学的な視点から解析を進めることにより、このダイポールモード現象の長期変調を支配しているメカニズムを明らかにした。また、この研究の過程で、神経科学の分野で使われている自己組織化マップという、気候変動研究の分野では比較的新しい手法を導入し、インド洋と太平洋の気候変動現象の関係を新しい視点から議論することに成功した。

また、2003年から東京大学を中心として進められた中解像度大気海洋結合モデルの開発・改良の作業に参加し、その中心的な役割を果たしてきた。この東京大学大気海洋結合モデル(UTCM)は、大西洋赤道域の年平均海面水温を世界に先駆けて再現することに成功するなど、きわめて高いパフォーマンスを示している。

3. 特に優れた論文5編

1. Qu, T., Y. Y. Kim, M. Yaremchuk, T. Tozuka, A. Ishida, and T. Yamagata (2004), Can Luzon Strait transport play a role in conveying the impact of ENSO to the South China Sea? *J. Climate*, 17, 3644-3657.

南シナ海が気候変動において重要な役割を果たしていることに言及した論文として脚光を浴び、被引用数が81である。

2. Tozuka, T., and T. Yamagata (2003), Annual ENSO, *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 1564-1578.

本論文は、太平洋熱帯域の季節的な大気海洋相互作用に関する画期的な論文で、米国気象学会誌の *Bulletin of American Meteorological Society* で取り上げられた。

3. Beal, L., W. P. M. De Ruijter, A. Biastoch, R. Zahn, and SCOR/WCRP/IAPSO Working Group 136 (M. Cronin, J. Hermes, J. Lutjeharms, G. Quartly, T. Tozuka, S. Baker-Yeboah, T. Bornman, P. Cipollini, H. Dijkstra, I. Hall, W. Park, F. Peeters, P. Penven, H. Ridderinkhof, J. Zinke) (2011), On the role of the Agulhas system in ocean circulation and climate, *Nature*, 472, 429-436.

本論文は、*Nature* に掲載されたアガラス海流のレビュー論文で、世界中のメディアで

も取り上げられた。出版されてからまだ1年半しか経っていないが、既に20回引用されている。

4. Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, and T. Yamagata (2011), Key factors in simulating the equatorial Atlantic zonal sea surface temperature gradient in a coupled general circulation model, *J. Geophys. Res.*, *116*, C06010, doi:10.1029/2010JC006717.

IPCCで使用されている全ての大気海洋結合モデルで、大西洋赤道域の年平均海面水温の東西勾配を再現することができていなかったが、本論文で、世界に先駆けて再現することに成功したことを報告した。

5. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata (2007), Dramatic impact of the South China Sea on the Indonesian Throughflow, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L12612, doi:10.1029/2007GL030420.

南シナ海通過流が、全球気候をコントロールするインドネシア通過流に影響を与えることを初めて定量的に示すことに成功した論文である。本研究で、国際学会の招待講演も行った。

4. 受賞等

- ・ 東塚知己, 地球流体力学セミナー・フェロー, ウッズホール海洋研究所, 2002年(平成14年)6-8月
- ・ 東塚知己, 岡田賞, 日本海洋学会, 2006年4月

5. 研究の将来計画

主に以下の3つの研究を推進していきたいと考えている。

大西洋の気候変動現象の研究

私が中心となって開発を続けてきた大気海洋結合モデル(UTCM)は、IPCC第4次レポートに用いられた大気海洋結合モデルのいずれも再現に成功しなかった大西洋赤道域の平均海面水温の再現に成功した。基本場を再現することは、経年変動を再現し、予測する上で不可欠であることから、大西洋熱帯域の気候変動現象である大西洋ニーニョ現象と南北モード現象の予測には、まだ誰も成功していない。そこで、このモデルを用いて、これらの気候変動現象の予測に世界で初めて挑戦したいと考えている。

湧昇ドーム現象と気候変動現象の相互作用の研究

私は、修士課程で行ったミンダナオドームの研究以来、世界各地の湧昇ドーム現象(アンゴラドーム, ギニアドーム, セーシェルドーム)の研究を行ってきた。湧昇ドーム現象は、局所的な気候への影響や生態系への影響から、重要な現象であると考えられてきたが、私たちの研究によって、大規模な気候変動現象との相互作用が明らかになってきた。解像度や精度の問題により、これまでの湧昇ドーム現象に関する研究は、海洋大循環モデルやデータ解析に基づくものがほとんどであったが、私は、大気海洋相互作用を陽に表現することのできる大気海洋結合モデルを用いて、湧昇ドーム現象と気候変動現象の相互作用の研究を推進していきたいと考えている。

アガラス海流系が気候に果たす役割に関する研究

アガラス海流は、気候変動において重要な役割を果たしている可能性が示唆されているにも関わらず、他の西岸境界流に比べると、これまであまり研究されてこなかった。私は、アガラス海流系が、気候変動に果たす役割を大循環モデルを用いて、明らかにしていきたいと考えている。本研究は、SCOR/WCRP/IAPSO 第 136 作業部会の他の委員や私がリーダーの 1 人となっている地球規模課題対応国際科学技術協力事業『気候変動予測とアフリカ南部における応用』の南アフリカの共同研究者と共同で推進していきたいと考えている。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手研究(B), エルニーニョ/南方振動の長期変動に関する熱力学的研究, 2006～2008 年度, 3,570 千円.
- ・ 若手研究(B), 大気海洋結合モデルを用いた南シナ海通過流に関する研究, 2009～2011 年度, 4,160 千円.

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 科学技術振興機構 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム, 気候変動予測とアフリカ南部における応用, 2010～2011 年度, 27,659 千円

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata (2011), On the growth and decay of the subtropical dipole mode in the South Atlantic, *J. Climate*, 24, 5538-5554.
2. Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, and T. Yamagata (2011), Key factors in simulating the equatorial Atlantic zonal sea surface temperature gradient in a coupled general circulation model, *J. Geophys. Res.*, 116, C06010, doi:10.1029/2010JC006717.
3. Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata (2010), Climate variability in the southern Indian Ocean as revealed by self-organizing maps, *Clim. Dyn.*, 35, 1059-1072.
4. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2010), Equivalent forcing depth in tropical oceans, *Dyn. Atmos. Oceans*, 50, 415-423.
5. Tozuka, T., T. Yokoi, and T. Yamagata (2010), A modeling study of interannual variations of the Seychelles Dome, *J. Geophys. Res.*, 115, C04005, doi:10.1029/2009JC005547.
6. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2010), The Atlantic Meridional Mode and its coupled variability with the Guinea Dome, *J. Climate*, 23, 455-475.

7. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2009), Interannual variability of the Guinea Dome and its possible link with the Atlantic Meridional Mode, *Clim. Dyn.*, 33, 985-998.
 8. Yuan, C., T. Tozuka, T. Miyasaka, and T. Yamagata (2009), Respective influences of IOD and ENSO on the Tibetan snow cover in early winter, *Clim. Dyn.*, 33, 509-520.
 9. Tozuka, T., T. Qu, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2009), Impacts of the South China Sea throughflow on seasonal and interannual variations of the Indonesian Throughflow, *Dyn. Atmos. Oceans*, 47, 73-85.
 10. Yokoi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2009), Seasonal variations of the Seychelles Dome simulated in the CMIP3 models, *J. Phys. Oceanogr.*, 39, 449-457.
 11. Iskandar, I., S. C. Rao, and T. Tozuka (2009), Chlorophyll-a bloom along the southern coasts of Java and Sumatra during 2006, *Int. J. Remote Sensing*, 30, 663-671.
 12. Qu, T., J. Gan, A. Ishida, Y. Kashino, and T. Tozuka (2008), Semiannual variation in the western tropical Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L16602, doi:10.1029/2008GL035058.
 13. Yokoi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2008), Seasonal variation of the Seychelles Dome, *J. Climate*, 21, 3740-3754.
 14. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata (2008), Tropical Indian Ocean variability revealed by self-organizing maps, *Clim. Dyn.*, 31, 333-343.
 15. Iskandar, I., T. Tozuka, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2008), Impact of Indian Ocean Dipole on intraseasonal zonal currents at 90°E on the equator as revealed by self-organizing maps, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14S03, doi:10.1029/2008GL033468.
 16. Doi, T., T. Tozuka, H. Sasaki, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2007), Seasonal and interannual variations of oceanic conditions in the Angola Dome, *J. Phys. Oceanogr.*, 37, 2698-2713.
 17. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata (2007), Seasonally stratified analysis of simulated ENSO thermodynamics, *J. Climate*, 20, 4615-4627.
 18. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata (2007), Decadal modulations of the Indian Ocean Dipole in the SINTEX-F1 coupled GCM, *J. Climate*, 20, 2881-2894.
 19. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata (2007), Dramatic impact of the South China Sea on the Indonesian Throughflow, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L12612, doi:10.1029/2007GL030420.
 20. Iskandar, I., T. Tozuka, H. Sasaki, Y. Masumoto, and T. Yamagata (2006), Intraseasonal variations of surface and subsurface currents off Java as simulated in a high-resolution OGCM, *J. Geophys. Res.*, 111, C12015, doi:10.1029/2006JC003486.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
1. Beal, L., W. P. M. De Ruijter, A. Biastoch, R. Zahn, and SCOR/WCRP/IAPSO Working Group 136 (M. Cronin, J. Hermes, J. Lutjeharms, G. Quartly, T. Tozuka, S. Baker-Yeboah, T. Bornman, P. Cipollini, H. Dijkstra, I. Hall, W. Park, F. Peeters, P. Penven, H. Ridderinkhof, J. Zinke) (2011), On the role of the Agulhas system in ocean circulation and climate, *Nature*, 472, 429-436. (査読有り)
 2. 東塚知己, Jing-Jia Luo, Sebastien Masson, 山形俊男 (2007), インド洋熱帯域の10年規模変動, *月刊海洋*, 39, 677-682. (査読無し)

3. 東塚知己 (2006), 熱帯の季節変動における大気海洋相互作用の研究, *海の研究*, 15, 455-463. (査読無し)

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Tozuka, T., A. Biastoch, P. Penven, W. Sasaki, J.-J. Luo, and T. Yamagata, An overview of ocean and coupled models, 2nd DBCP Africa/Western Indian Ocean Capacity Building Workshop, 2011年5月, モーリシャス, 招待.
2. Tozuka, T., Y. Morioka, and T. Yamagata, Subtropical Dipole Modes and their influence on the Southern African Region, IOC 創設 50 周年シンポジウム「気候変化と変動におけるインド洋と太平洋の役割」, 2010年12月, 東京, 一般.
3. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata, Role of the South China Sea throughflow in the global climate system, 2010 Western Pacific Geophysics Meeting, 2010年6月, 台北, 台湾, 2010年6月, 招待.
4. Tozuka, T., T. Yokoi, and T. Yamagata, Simulated interannual variations of the Seychelles Dome, 2010 Ocean Sciences Meeting, 2010年2月, Portland, USA, 一般.
5. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, Tropical Indian Ocean climate variability revealed by self-organizing maps, 2008 Western Pacific Geophysics Meeting, 2008年7月, Cairns, Australia, 一般.
6. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata, Influences of the South China Sea throughflow on seasonal and interannual variations of the Indonesian Throughflow, 2008 Western Pacific Geophysics Meeting, 2008年7月, Cairns, Australia, 一般.
7. Tozuka, T., and T. Yamagata, Permanent El Niño and Indian Ocean Dipole in Pliocene, Conference on Milankovitch cycles over the past 5 million years, 2007年3月, Trieste, Italy, 一般.
8. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, Decadal modulations of the Indian Ocean Dipole in the SINTEX-F1 coupled GCM, 2006 Ocean Sciences Meeting, 2006年2月, Hawaii, USA, 一般.

他 24 回

(2) 国内会議

1. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata, A coupled modeling study on roles of South China Sea throughflow in the global climate, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年 5 月, 幕張, 一般.
2. 東塚知己, T. Qu, 山形俊男, 大気海洋結合モデルを用いた南シナ海通過流に関する研究, 2010 年度日本海洋学会秋季大会, 2010 年 9 月, 北海道網走市, 一般.
3. Tozuka, T., Y. Morioka, and T. Yamagata, Indian Ocean Subtropical Dipole Mode and its influence on the Southern African Region, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会,

2010年5月, 幕張, 一般.

4. 東塚知己, 土井威志, 宮坂貴文, 山形俊男, 大気海洋結合モデルによる大西洋赤道域の海面水温の再現性, 2010年度日本海洋学会春季大会, 2010年3月, 東京, 一般.
5. 東塚知己, 横井孝暁, 山形俊男, セーシェルドームの経年変動, 2009年度日本海洋学会春季大会, 2009年4月, 東京, 一般.
6. 東塚知己, T. Qu, 山形俊男, 南シナ海通過流がインドネシア通過流の経年変動に与える影響, 2008年度日本海洋学会秋季大会, 2008年9月, 広島県呉市, 一般.
7. 東塚知己, T. Qu, 山形俊男, 南シナ海通過流がインドネシア通過流に与える影響, 2007年度日本海洋学会秋季大会, 2007年9月, 沖縄県那覇市, 一般.
8. 東塚知己, 熱帯の季節変動における大気海洋相互作用の研究, 2006年度日本海洋学会春季大会, 2006年3月, 神奈川県横浜市, 招待.

他6回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 2011年11月に准教授に昇進したため, 2012年3月までに指導教員を担当したことがない.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Geophysical Research Letters : Associate Editor (2009~2011年度)
- ・ Journal of Oceanography : 編集委員 (2011年度)

(2) 学会等

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 独立行政法人科学技術振興機構(JST), 世界銀行情報センター (PIC 東京) 共催写真パネル展 (2011年10月)
- ・ 地球惑星科学公開シンポジウム: 気候異変~過去・現在・未来~: 講演題目「もう一つのエルニーニョ: インド洋ダイポールモード現象」(2009年5月)

12. 学内外の委員会等

- ・ 国際海洋物理科学協会 (IAPSO) 海洋研究科学委員会 (SCOR) ・ 第136作業部会 ・ 委員

(2010～2011 年度)

- ・ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 広報委員会 委員 (2008～2011 年度)
- ・ 東京大学理学部 オープンキャンパス実行委員会 実行委員 (2009～2011 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

外国人学生数：学部 0 名，修士 0 名，博士 0 名

外国人研究者数：1 名（フランス）

(2) 派遣

学生数：修士 0 名，博士 0 名

研究者数：0 名

(4) 海外からの来訪者数：9 名（南アフリカ：7 名，アメリカ合衆国：1 名，フランス：1 名）

三浦 裕亮

I. 略歴

氏名： 三浦 裕亮

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1999年（平成11年）3月 京都大学理学部理学科 卒業

2001年（平成13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（平成16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（平成16年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2004年（平成16年）4月 独立行政法人海洋研究開発機構 ポスドク研究員

2008年（平成20年）2月 コロラド州立大学大気科学部 客員研究員

2009年（平成21年）10月 東京大学大気海洋研究所 特任助教

2012年（平成24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

東京大学大学院博士課程在籍時（平成16年3月まで）より、次世代気候モデルの中核となる全球雲解像モデル実現に向けた研究を行ってきた。平成16年4月より海洋研究開発機構のポスドク研究員として、当時世界最速のスーパーコンピュータであった地球シミュレータを最大限利用し、東京大学と海洋研究開発機構が共同で開発を推進している全球雲解像モデル(NICAM)の実利用化に取り組んだ。平成17年に、研究グループの一員として、世界初の全球雲解像計算（水惑星条件）の実現に携わった(Tomita et al. 2005)。また、世界初の全球雲解像モデルの気候感度評価（水惑星条件）を行った(Miura et al. 2005)。この研究結果については、科学誌 *Science* の記事に取り上げられた。

これらに引き続き、平成18年以降は、現実的条件における全球雲解像計算の実現に向けて研究グループの中心的役割を担った。着実にモデル開発を進め、平成19年に世界初の現実条件での全球雲解像実験を達成した(Miura et al. 2007a)。引き続き、当時の気候モデルでは再現が困難とされていたマッデン・ジュリアン振動（熱帯対流圏における最も顕著な雲の組織化現象）について、全球雲解像モデルが現実的な再現能力を有することを示した(Miura et al. 2007b)。また、マッデン・ジュリアン振動に伴う大規模積乱雲群の発生過程が約2週間前から予測可能であること、および、発生の物理機構として従来考えられてきた東向き擾乱だけでなく、西向き擾乱とインド洋

上の東西海面温度偏差が重要である可能性を示した(Miura et al. 2009).

上記のような全球雲解像モデルを利用した応用面の研究だけでなく、モデルの高性能化を目指し、方程式系の再検討や演算子の離散化法に関する基礎的研究に取り組んだ。従来、NICAM など次世代気候モデルで採用が進む正 20 面体格子と呼ばれる格子構造上では、水蒸気やエアロゾルなどのトレーサー量を精度良く輸送する計算法の開発が課題とされてきた。この問題を解決するべく、セミラグランジュ法に基づきつつ複雑な上流推定計算を避けることのできる新手法を開発した(Miura 2007c)。この手法は、NICAM だけでなく、アメリカ・フランスの研究機関やドイツの現業気象予報機関において、輸送スキームとして採用されている。また、気圧傾度力の計算を改善するべく、4 次精度の傾き項計算法を開発した(Miura 2007d)。これらの二つの新手法に基づき、より精度の高い輸送スキームの開発にも成功している(Miura and Skamarock 2012)。

平成 20 年 2 月から 2 年間（平成 21 年 10 月からは東京大学大気海洋研究所の特任助教として滞在）アメリカのコロラド州立大学に客員研究員として勤め、David Randall 教授の下、コロラド州立大学の全球雲解像モデルの基礎となる非静力学コアの構築に取り組んだ。従来型の非弾性方程式系の力学コアを構築した後、音波を除去しつつも空気密度の時間変化を計算することのできる斬新な方程式系を採用した力学コアに挑戦した。幾つかの科学的困難を克服し、そのような方程式系を採用した数値モデルが実現可能であることを示した。構築した力学コアはコロラド州立大学の全球雲解像モデル（未完成）の基礎として採用されている。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Miura, H., M. Satoh, and M. Katsumata (2009), Spontaneous onset of a Madden-Julian oscillation event in a cloud-system-resolving simulation, *Geophys. Res. Lett.*, *36*, L13802, doi:10.1029/2009GL039056.

マッデンジュリアン振動のオンセットが 2 週間以上前からの予測可能性を示した。(被引用数 7)

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

全球雲解像モデルによりマッデンジュリアン振動を現実的に再現した。(被引用数 90)

3. Miura, H., M. Satoh, H. Tomita, A. Noda, T. Nasuno, and S. Iga (2007), A short-duration global cloud-resolving simulation with a realistic land and sea distribution, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L02804, doi:10.1029/2006GL027448.

全球雲解像モデルによる世界初の現実条件実験を達成した。(被引用数 28)

4. Miura, H. (2007), An upwind-biased conservative advection scheme for spherical hexagonal-pentagonal grids, *Mon. Weather Rev.*, *135*, 4038-4044.

正 20 面体格子上でにおける、計算負荷の小さいセミラグランジュ法に基づく輸送スキームを提案した。(被引用数 14)

5. Miura, H. Tomita, T. Nasuno, S. Iga, M. Satoh, and T. Matsuno (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.

全球雲解像モデルによる水惑星条件での気候感度推定. (被引用数 44)

4. 受賞等

- ・ 三浦裕亮, Miura et al. (2007, *Science*)を対象とした論文賞, 山本・正野論文賞, 日本気象学会, 2008年11月20日

5. 研究の将来計画

これまで、全球雲解像モデルを中心に、モデルを利用する研究とモデルを改良する研究を行ってきた。今後も全球雲解像モデルが研究活動の中心の1つであることは変わらないが、それに加えて、雲の組織化についての理解を深める研究も行う予定である。

平成24年9月のスーパーコンピュータ「京」の稼働に象徴されるように、世界的にもスーパーコンピュータの計算能力は飛躍的に向上している。東京大学と海洋研究開発機構が開発してきた全球雲解像モデル(NICAM)は2005年の水惑星条件実験、あるいは、2007年の現実条件実験以降、しばらくの間世界で唯一の全球雲解像モデルであったが、2011年にNASAがNICAMと同程度の解像度での計算を達成し、世界唯一という優位性を失うこととなった。このような状況において、日本の全球雲解像モデルがその存在意義を保つためには幾つかの方法が考えられ、既に研究に取り組んでいる。

一つには、京コンピュータやより高速な次世代計算機を利用して、雲活動に伴う渦活動を解像できる大規模渦解像(LES)実験を実施することである。これまでのNICAMの計算は、積乱雲中での強い上昇流、水蒸気の凝結と潜熱放出の過程を陽に計算していたものの、雲とその周辺空気塊との渦による混合過程(エントレインメント・デトレインメント)の現実的な表現には課題があった。混合過程が不十分なことが、熱帯・亜熱帯域の対流圏中層・上層が現実と比べて乾いてしまうという、モデルバイアスの原因となっていると考えられる。また、積乱雲よりも小さいスケールの現象が本質的に重要である下層雲の表現についても不十分であった。これらの欠点は、これまで対象としてきたような短時間のシミュレーションでは顕在化しにくい、エネルギーバランスが本質的な気候のシミュレーションでは致命的な誤りを生む可能性がある。このような観点から、理研・計算科学研究機構とともに全球LES計算の実現に向けた研究を行っている。

また、これまでには全球雲解像計算はその可能性を示す“デモンストレーション”の側面が強かったが、計算機能力の向上を背景として、全球雲解像モデルを含む様々な階層の数値モデルを駆使し、新しい気象現象の理解を生み出すような研究に取り組む予定である。一つには、熱帯対流圏の顕著な気象現象であるマッデン・ジュリアン振動について、現象に伴う大規模積乱雲群の発生・東進・周期の3つの課題を解明するべく研究を開始している。また、雲の組織化がどのような条件で決定されるのか、

雲の組織化の仕方は一意に決まるのか、といったより基礎的な問いに放射対流平衡実験などの簡単な系での実験から迫りたい。

モデル高解像度化と現象の理解を目指す研究の一方で、5年程の間に全球雲解像モデルによる気候計算を是非とも実現したい。これまでに行ってきた正20面体格子上の数値計算法の改良を反映した新しい力学コアを準備中であり、それを基礎として気候モデル(MIROC)とNICAMの知見を集積した新しい全球雲解像気候モデルを東京大学大気海洋研究所と共同で開発する。気候モデルにおいては、大気だけでなく海洋、陸面、氷床の各要素モデルも重要な役割を担っており、モデル開発の成否については現時点で未知数の部分も多い。しかしながら、現世代の気候モデルとは一線を画す雲解像気候モデルの実現は、雲-放射相互作用の表現の精緻化など、気候予測分野に革命的な進歩をもたらす可能性がある。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 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」(平成22~24年度) 4,160千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Miura, H., M. Satoh, and M. Katsumata (2009), Spontaneous onset of a Madden-Julian oscillation event in a cloud-system-resolving simulation, *Geophys. Res. Lett.*, *36*, L13802, doi:10.1029/2009GL039056.
2. Miura, H., M. Satoh, T. Nasuno, A. Noda, and K. Oouchi (2007), A Madden-Julian oscillation event realistically simulated by a global cloud-resolving model. *Science*, *318*, 1763-1765, doi:10.1126/science.1148443.
3. Miura, H., M. Satoh, H. Tomita, A. Noda, T. Nasuno, and S. Iga (2007), A short-duration global cloud-resolving simulation with a realistic land and sea distribution, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L02804, doi:10.1029/2006GL027448.
4. Miura, H. (2007), An upwind-biased conservative advection scheme for spherical hexagonal-pentagonal grids, *Mon. Weather Rev.*, *135*, 4038-4044.
5. Miura, H. (2007), A fourth-order centered finite-volume scheme for regular hexagonal grids, *Mon. Weather, Rev.*, *135*, 4030-4037.

他, 共著論文 21 編

(2) 学会プロシーディングス等

- (3) レビュー論文・総説
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Hiroaki Miura: Cloud-resolving modeling and its potential for climate study, Korea-Japan Joint Workshop on Climate System Modeling, 2010-09-27, Ansan, Korea. (招待)
2. Hiroaki Miura, T. Inoue, and M. Satoh: A global cloud-system-resolving simulation and its validation by satellite data sets, 2010-06-23, Western Pacific Geophysical Meeting, Taipei, Taiwan. (招待)
3. Hiroaki Miura and M. Satoh: Global cloud-system-resolving simulations of an eastward propagation and a spontaneous onset of the Madden-Julian oscillation, 2010-06-23, Western Pacific Geophysical Meeting, Taipei, Taiwan. (招待)
4. Hiroaki Miura: Challenge in modeling tropical convection and clouds in very high-resolution models and implications for climate prediction, 2009 Japan-America Frontiers of Engineering Symposium, 2009-11-9 to 2009-11-11, Irvine, California, USA. (招待)
5. Hiroaki Miura: A Madden-Julian oscillation simulation using a global cloud-resolving model, The 12th US Japan Workshop on Global Change: Long-term Projection, Near-term Prediction, Extreme Events Projection and Observations, 2008-06-30 to 2008-07-02, Bloomfield, Colorado, USA. (招待)
6. Hiroaki Miura: High-resolution simulations using a global cloud-resolving model, JSPS-DFG Round Table on 'Climate System Research – Status and Perspective', 2008-01-15 to 2008-01-18, Hamburg, Germany. (招待)
7. Hiroaki Miura: A global cloud resolving simulation and its validation using satellite observations, 2006 Western Pacific Geophysics Meeting, 2006-07-24, Beijing, China. (招待)
8. Hiroaki Miura, Masaki Satoh, Hirofumi Tomita, Tomoe Nasuno, and Shin-ichi Iga: A global cloud resolving simulation and sensitivity to horizontal resolution, 2006 Western Pacific Geophysics Meeting, 2006-07-24, Beijing, China. (招待)

他 12 件

(1) 国内会議

1. 三浦裕亮: 全球雲解像モデルを用いたマッデン・ジュリアン振動の研究—2008年度山本・正野論文賞受賞記念講演—, 2008年度日本気象学会秋季大会 2008-11-20, 仙台 (招待)

他 4 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 該当しない（教員となったのが平成 24 年であるため）

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 東京海上日動社内セミナー「気候変動と自然災害リスク～企業のお客様への最適な自然災害リスク関連ソリューションの提供に向けて～」, 2011-01-14

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- ・ 該当しない（教員となったのが平成 24 年であるため）

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数 :

(2) 派遣

学生数; 研究者数 :

(3) 海外からの来訪者数 :

田中 祐希

I. 略歴

氏名： 田中 祐希

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

2005年（平成17年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学科 卒業

2007年（平成19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

2010年（平成22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

2010年（平成22年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2008年（平成20年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC2）

2010年（平成22年）4月 東京大学大気海洋研究所 特任研究員

2012年（平成24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

強い潮汐流が急峻な海底地形上を通過することで励起される内部潮汐波が碎波して発生する鉛直乱流混合は、全球の海洋循環やそれに伴う水塊の形成・輸送、さらには気候変動をもコントロールし得る重要な物理過程である。北太平洋とオホーツク海とを隔てるクリル海峡は、日周潮汐を起源とする強い鉛直乱流混合が存在する代表的な海域であり、局所的には $1000 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ に達する大きな鉛直乱流拡散係数が存在することが数値実験と現場観測の両方から示されている。この鉛直乱流混合は、北太平洋中層水と呼ばれる水塊の形成や太平洋の 20 年規模の気候変動に大きな影響を及ぼすと予想されてきた。実際、全球海洋大循環モデルを用いた数値実験では、海峡全域にわたって一様に $200 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ という大きな鉛直乱流拡散係数を仮定した場合に現実的な北太平洋中層水の分布が再現できることが示されている。しかしながら、クリル海峡内の鉛直拡散係数は、これまでその正確な空間分布どころか平均的なオーダーすら明らかにされていなかった。そこで筆者は、クリル海峡における鉛直混合強度の空間分布、乱流混合を引き起こす物理機構、さらにその大規模循環場への影響を、主に数値実験によって明らかにした。

まず、クリル海峡内での鉛直乱流混合に使われるエネルギーが元々は大洋規模の順圧潮汐から与えられることに着目し、水平 2 次元モデルで計算されるオホーツク海内部の潮位を衛星海面高度計で観測される潮位と合致させるべく、クリル海峡内における順圧潮汐からのエネルギー散逸率を見積もった。その結果、最も主要な K1 潮汐

については、北太平洋からオホーツク海へと流入する順圧潮汐エネルギー約 72 GW のうち約 16 GW がクリル海峡内で内部波エネルギーへと変換されることが示された。主要 4 分潮の合計では、順圧潮汐から内部波へのエネルギー変換率は約 37 GW に達すると見積もられた。

次に、この内部波エネルギーのうち励起源近傍で散逸して乱流混合へ寄与する割合とその鉛直分布を、内部波を直接再現できる 3 次元数値モデルを用いて調べた。その結果、クリル海峡内で励起される内部波の大部分が海峡内で散逸しているという、従来の研究とは大きく異なる事実が明らかになった。また、エネルギー散逸率の海底からの減衰スケールは、典型的な値の半分以下である約 200 m となり、強い鉛直混合は海底近くに限定されていることがわかった。クリル海峡内の乱流混合がこれらの特徴を持つのは、卓越潮汐が日周期であるというこの海域の特異性を反映して、乱流混合の駆動源がこれまで考えられてきた風下波ではなく、海底近くに強い流速を持ちながら島の周囲を伝播する沿岸捕捉波であるためであることが示された。ここまでの結果に基づいて、クリル海峡内の鉛直拡散係数は、海底近傍で局所的には $1000 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ を超えるものの、海峡全域の平均では従来の海洋大循環モデルで仮定されてきたより 1 オーダー小さな約 $25 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ と見積もられた。

最後に、この鉛直拡散係数を渦許容海洋大循環モデルへと組み込み、北太平洋中層水形成への役割を評価した。その結果、低解像度モデルでは海峡全域で非現実的に大きな鉛直拡散係数を仮定しない限り再現できなかった北太平洋中層水は、渦許容モデルを用いれば本研究で得られた鉛直拡散係数で十分に再現できること、さらに、北太平洋中層水形成に対するクリル海峡内の鉛直混合の効果は従来期待されてきたより 1 オーダーほど小さく、黒潮-親潮混合水域での中規模渦による等密度面混合の方が重要であることが示された。

3. 特に優れた論文 5 編

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, *J. Clim.*, 25, 7625–7642.

潮汐混合強度の変動を大気海洋結合モデルへ組み込むことで将来の気候変動予測の精度を向上し得る可能性を示した。

2. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2010), Assessment of the effects of tidal mixing in the Kuril Straits on the formation of the North Pacific Intermediate Water, *J. Phys. Oceanogr.*, 40, 2569–2574.

従来の海洋大循環モデルにおいて望ましい結果を得るためのチューニングパラメータとして扱われがちな鉛直拡散係数のあり方に再考を促した点で、今後の海洋物理学の進展の方向性を示した。

3. Tanaka, Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae (2010), Numerical study of K_1 internal tides in the Kuril straits, *J. Geophys. Res.*, 115, C09016, doi:10.1029/2009JC005903.

これまで研究が不十分であった日周期潮汐起源の内部波が、従来考えられてきた内部波と異なる性質のものであることを示した。

4. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2007), Estimates of tidal energy dissipation and

diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/POSEIDON altimeter data, *J. Geophys. Res.*, 112, C10021, doi:10.1029/2007JC004172.

潮汐モデルを衛星海面高度データと比較するという新たな方法で潮汐起源の鉛直混合強度の分布を見積もることが可能であることを示した。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

海洋深層の鉛直乱流混合は、深層熱塩循環と呼ばれる全球規模の海洋循環やそれに伴う水塊の形成・輸送を強くコントロールし、ひいては全球の気候にも影響を及ぼし得る重要な物理過程である。全球海洋の水温・塩分の鉛直分布と深層熱塩循環の流量との観測値に基づいて必要と見積もられている海洋深層の乱流混合へのエネルギー供給量は約 2.1 TW とされている。この鉛直乱流混合の主要なエネルギー供給源は、これまで、潮汐流-海底地形間の相互作用によって励起される内部潮汐波と、風応力によって励起される近慣性内部波であると考えられてきた。しかしながら、高解像度の数値モデルを用いた近年の研究によって、潮汐流-海底地形間の相互作用によって励起される内部潮汐波エネルギーは約 1.1 TW であり、そのうち深海での乱流過程によって散逸されるものが約 0.6 TW であること、風応力によって励起される近慣性内部波エネルギーは約 0.7 TW であるが、そのうちの大部分は表層混合層で散逸され、深海の乱流過程へと寄与するエネルギーは約 0.1 TW に過ぎないこと、などが明らかになってきた。その結果、海洋深層の鉛直乱流混合に対するエネルギー供給は、この 2 つの物理過程によってだけでは、観測されている深層循環を維持するには不十分であると認識されるようになりつつある。一方、風応力は、直接的に近慣性内部波を励起するだけでなく、大洋規模の風成循環を形成するのにも約 1 TW に及ぶ多量のエネルギーを注入していると見積もられている。このエネルギーは、傾圧不安定などによって励起される数 100 km スケールの中規模渦を通じて最終的に乱流混合過程によって散逸されていると予想されている。しかしながら、どのような過程を経て中規模渦から乱流混合へとエネルギーが輸送され、最終的にどこでどの程度のエネルギーが散逸して深層循環の維持に寄与しているのかは現在まで明らかにされていない。

このような背景をふまえ、今後の研究では、深層循環を維持するのに必要な鉛直乱流混合エネルギーの不足分を補い得る新たなエネルギー供給源として、海洋中規模渦が海底地形と相互作用したり地衡流調節過程を起こしたりすることで放射される内部波に着目し、その全球分布と物理機構とを明らかにすることを目指す。風によって直接的に励起される近慣性内部波がそのエネルギーのほとんどを表層で散逸させてしまうのに対し、中規模渦は表層だけでなく密度躍層以深までその構造を維持していることから、中規模渦を経由することでより高い割合のエネルギーが深層へ供給され得るものと予想される。しかしながら、中規模渦起源の内部波は、そのエネルギーフラックスはおおか周波数や波数、エネルギーなどの物理特性すら分かっていない。そこで、海洋中規模渦だけでなく鉛直低次モードの内部波までを同時に再現できる解

像度の全球海洋大循環モデルを現実的な設定下で駆動し、中規模渦起源の内部波の物理特性、励起源、深海へのエネルギーフラックスなどを定量的に評価する。さらに、全球モデルで重要性が示された海域を対象としてより高解像度の非静水圧モデルを用いた数値実験を行い、中規模渦や海底地形の波数・振幅などのパラメータに対する内部波エネルギー励起率の依存性、渦—内部波間の相互作用が内部波の伝播・散逸に及ぼす影響などを明らかにする。これらの研究によって深層循環を駆動するエネルギー源として海洋中規模渦が果たす寄与を明らかにすることは、海洋大循環モデルの高精度化、ひいては気候変動予測の高精度化にも多大な貢献をもたらすものと期待される。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 特別研究員奨励費，海洋大循環モデルの高精度化に向けた境界混合過程のパラメータ化，H20–H21年度，1,200千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(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, *J. Clim.*, 25, 7625–7642.
2. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2010), Assessment of the effects of tidal mixing in the Kuril Straits on the formation of the North Pacific Intermediate Water, *J. Phys. Oceanogr.*, 40, 2569–2574.
3. Tanaka, Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae (2010), Numerical study of K_1 internal tides in the Kuril straits, *J. Geophys. Res.*, 115, C09016, doi:10.1029/2009JC005903.
4. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2007), Estimates of tidal energy dissipation and diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/POSEIDON altimeter data, *J. Geophys. Res.*, 112, C10021, doi:10.1029/2007JC004172.
5. Nagasawa, M., T. Hibiya, K. Yokota, Y. Tanaka, and S. Takagi (2007), Microstructure measurements in the mid-depth waters of the North Pacific, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05608, doi:10.1029/2006GL028695.

(2) 学会プロシーディングス等

1. 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.

2. 田中祐希, 日比谷紀之, 丹羽淑博 (2011), クリル海峡における潮汐混合に関する数値的研究, 月刊海洋, 43(11), 673–681.

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

一般講演

1. Tanaka, Y., I. Yasuda, H. Hasumi, H. Tatebe, and S. Osafune, Effects of the 18.6-year modulation of tidal mixing on bidecadal climate variability in the North Pacific, Ocean Sciences Meeting, Salt lake City, USA, February 2012.
2. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa, Assessment of the effects of tidal mixing in the Kuril Straits on the formation of the North Pacific Intermediate Water, International Union of Geodesy and Geophysics, Melbourne, Australia, June 2011.
3. Tanaka, Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae, Numerical study of K_1 internal tides in the Kuril Straits, Ocean Sciences Meeting, Portland, USA, February 2010.
4. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa, Estimates of tidal energy dissipation and diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/POSEIDON altimeter data, Japan-Korea Joint Seminar on Physical Process in the Ocean and its Parameterization, Tokyo, Japan, December 2007.
5. Tanaka, Y., T. Hibiya, and Y. Niwa, Estimates of tidal energy dissipation and diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/Poseidon altimeter data, International Union of Geodesy and Geophysics, Perugia, Italy, July 2007.

(2) 国内会議

一般講演

1. 田中祐希, 安田一郎, 羽角博康, 建部洋晶, 長船哲: 潮汐混合の 18.6 年周期変動が北太平洋の気候変動へ及ぼす影響, 北海道大学低温科学研究所シンポジウム, 札幌, 2011 年 12 月.
2. 田中祐希, 安田一郎, 羽角博康, 建部洋晶: 潮汐 18.6 年周期振動が北太平洋の気候変動に及ぼす影響に関する数値モデリング, 日本海洋学会 2012 年度秋季大会, 福岡, 2011 年 9 月.
3. 田中祐希, 日比谷紀之, 丹羽淑博: 千島・オホーツク海での潮汐混合数値実験, 東京大学大気海洋研究所共同利用シンポジウム「潮汐混合とオホーツク海・ベéri

ング海の物理・化学・生物過程：白鳳丸 KH09-4 航海・おしよろ丸・クロモフ 2006/2007 シンセシス」, 柏, 2010 年 11 月.

4. 田中祐希, 日比谷紀之, 丹羽淑博, 岩前伸幸: 北太平洋中層水形成におけるクリル海峡域の潮汐混合の役割に関する再評価, 2009 年度日本海洋学会秋季大会, 132, 京都, 2009 年 9 月.
5. 田中祐希, 日比谷紀之, 丹羽淑博, 岩前伸幸: クリル海峡における潮汐混合に関する数値的研究, 2008 年度日本海洋学会秋季大会, 117, 呉, 2008 年 9 月.
6. 田中祐希, 丹羽淑博, 日比谷紀之, 松本晃司: TOPEX/Poseidon 衛星海面高度データを利用したクリル海峡内での潮汐エネルギー消散量と鉛直拡散係数の見積もり(II), 2007 年度日本海洋学会春季大会, 224, 東京, 2007 年 3 月.
7. 田中祐希, 丹羽淑博, 日比谷紀之, 松本晃司: TOPEX/Poseidon 衛星データの解析に基づくクリル海峡内での潮汐エネルギー消散量の見積もり, 2006 年度日本海洋学会秋季大会, 129, 名古屋, 2006 年 9 月.

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数：0 人；外国人研究者数：0 人
- (2) 派遣
学生数：0 人
研究者数：1 人（筆者自身，組織的な若手研究者海外派遣プログラム）
- (3) 海外からの来訪者数：0 人

丹羽 淑博

I. 略歴

氏名： 丹羽 淑博

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任准教授

学歴

1993年（平成5年）3月 北海道大学理学部地球物理学科 卒業

1995年（平成7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修士課程
修了

1998年（平成10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博士課程
修了

1998年（平成10年）3月 博士（理学）取得（北海道大学）

職歴

1998年（平成10年）4月 日本学術振興会特別研究員(PD) 東京大学海洋研究所海洋
科学国際共同研究センター

1999年（平成11年）4月 日本学術振興会特別研究員(PD) 東京大学大学院理学系
研究科地球惑星科学専攻

2002年（平成14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（平成19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（平成23年）2月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 特任准教
授

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

海洋の中・深層における乱流混合は、熱塩大循環の強さやパターンをコントロールする重要な物理過程である。この乱流混合の基になるエネルギーは、潮汐や大気擾乱などの外力によって励起された内部波エネルギーが、内部波間の非線形相互作用を通じて、乱流スケールにまでカスケードダウンすることにより供給される。従って、乱流混合係数のグローバル分布をパラメタライズするためには、海洋内部波場の励起から消散までのエネルギーバランスの解明が必要不可欠である。

そのためにまず、潮汐起源の内部波（内部潮汐波）のグローバルな空間分布を調べるための数値シミュレーションを世界に先駆け行った[Niwa and Hibiya, 2001]。その結果、内部潮汐波の励起が顕著な海底地形に限られ、そのエネルギー分布が空間的に強い非一様性を持つことを明らかにした。特に代表的な内部潮汐波の励起源である東シナ海大陸棚やクリル海峡に注目し、そこでの内部潮汐波場の構造とそのエネルギー収支を詳しく調べた[Niwa and Hibiya, 2004; Tanaka et al., 2007]。さらに、現実の熱塩循環を規定する重要な物理量である内部潮汐波から深海の乱流混合過程に供給されう

るエネルギーの定量的な見積もりを数値シミュレーションに基づき初めて行った[Niwa and Hibiya, 2011]. また乱流混合のもう一つの重要なエネルギー供給源である大気擾乱起源の内部波のグローバル分布の数値シミュレーションも行い、大気擾乱に伴う近慣性内部波の励起が中緯度ストームなどにより空間的に限定されていることを明らかにした[Furuichi et al., 2008].

その他に内部波平衡スペクトルのエネルギーカスケード過程を調べる数値実験も行ってきた。内部潮汐と大気擾乱起源の近慣性内部波のエネルギーが同時に低波数域に供給されることが、海洋深層の内部波普遍平衡スペクトルの形成維持に不可欠であることを示した[Sugiyama et al., 2008]. また半日周期の内部潮汐波エネルギーが内部波の三波共鳴機構の一つである”Parametric Subharmonic Instability”(PSI)を通じて緯度約 30°よりも低緯度側で特に効率的にカスケードされることを明らかにした[Furuichi et al., 2005]. これらの結果から、中・深層の乱流混合係数のグローバル分布が、非一様な内部波の励起源の分布に加え緯度にも強く規定されることが明らかになった。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Niwa Y., and T. Hibiya (1997), Nonlinear processes of energy transfer from traveling hurricanes to the deep ocean internal wave field, *J. Geophys. Res.*, **102**, 12469-12477.

倍慣性周波数 $2f$ の内部波が海洋上を通過する大気擾乱によって活発に励起されうることを数値実験により初めて示した論文。被引用数 18.

2. Niwa Y., and T. Hibiya (1999), Response of the deep ocean internal wave field to traveling midlatitude storms as observed in long term current measurements *J. Geophys. Res.*, **104**, 10981-10989.

倍慣性周波数 $2f$ の内部波が大気擾乱によって現実の海洋中で励起されていることを実証した論文。被引用数 17.

3. Niwa Y., and T. Hibiya (2001), Numerical study of the spatial distribution of the M_2 internal tide in the Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.*, **106**, 22441-22449.

太平洋の内部潮汐波エネルギー分布を初めて明らかにした論文。被引用数 76.

4. Niwa Y., and T. Hibiya (2004), Three-dimensional numerical simulation of M_2 internal tides in the East China Sea, *J. Geophys. Res.*, **109**, 22441-22449, DOI: 10.1029/2003JC001923.

東シナ海の内部潮汐分布とそのエネルギー収支を初めて調べた論文。被引用数 62.

5. Niwa Y., and T. Hibiya (2011), Estimation of baroclinic tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global simulations, *J. Oceanogr.*, **67**, 493-502, DOI: 10.1007/s10872-011-0052-1.

全球シミュレーションにより内部潮汐から深海乱流に供給されうるエネルギーの定量的見積もりを初めて行った論文。被引用数 3.

4. 受賞等

- ・ 丹羽淑博, 深層乱流に供給される内部波エネルギーの空間分布に関する数値的研究, 日本海洋学会岡田賞, 日本海洋学会, 2004年3月28日

5. 研究の将来計画

今後は海洋内部波の励起から乱流混合に至るエネルギー輸送過程のグローバル分布を定量的に調べることで、海洋深層の乱流混合係数のグローバルな時空間分布を明らかにする計画である。そのために具体的に以下の事を調べる。

グローバルな海洋内部波場のエネルギーバランスの解明

グローバルな海洋内部波場の平衡状態は、大気擾乱や潮汐に寄る内部波の励起、伝播、非線形エネルギーカスケード、消散の各物理過程のエネルギーバランスによって維持されている。そこで、赤道域から高緯度域をカバーする鉛直二次元モデルに潮汐と風応力フォーシングを長時間与え続け、内部波の励起、伝播、エネルギーカスケード、消散の各物理過程を同時に再現し、そこから海洋内部波場の平衡状態を維持するために励起から散逸に至る各物理過程がどのような役割を果たしているかを明らかにする。特に、乱流混合係数と内部波平衡スペクトルのエネルギーレベルとの間には強い相関があることが知られているので、平衡スペクトルのエネルギーレベルが具体的にどのようなファクターによって規定されているかを解明する。

内部波普遍平衡スペクトル中のエネルギーカスケードの定量的評価

3次元高精度数値モデルを用いて海洋深層における内部波平衡スペクトルを力学的に再現する。そして、①で明らかにする内部波平衡スペクトルのエネルギーレベルを規定するファクターを変えて数値実験を行い、乱流混合スケールまでカスケードダウンしてくるエネルギーを定量的に見積もることで、各ファクターと乱流混合係数を結びつけるパラメタリゼーションを提案する。そして、その結果を既に得られている内部潮汐波や大気擾乱起源の内部波のグローバル分布[Niwa and Hibiya, 2001,2011; Furuichi et al., 2008]に適用することで、乱流混合係数のグローバルなマッピングを行う。内部波励起源近傍の乱流混合過程の解明

海嶺や台風など海洋内部波の卓越する励起源の近傍は、特に活発な乱流混合が集中するホットスポットとなっている。そこで大気擾乱や海底地形によって励起される内部波のエネルギーが励起源近傍で碎波し乱流混合に至る一連の物理過程を、新たに開発した VLES (Very Large Eddy Simulation) モデルを使って現実に近い状況下で数値的に再現する。その結果に基づき、内部波の励起源の近傍のホットスポットを対象とする新たな乱流混合パラメタリゼーションスキームを確立する。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手研究 (B), 海洋深層の乱流混合パラメタリゼーションに向けた内部波平衡スペクトル形成過程, 2007 年度~2010 年度, 3,700 千円
- ・ 基盤研究(C), VLES モデルを利用した海洋内部重力波の励起源近傍における乱流混合過程の解明, 2010 年度~2012 年度, 4,030 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Iwamae N., T. Hibiya, and Y. Niwa (2006), Numerical study of enhanced energy dissipation near a seamount, *J. Oceanogr.*, **62**, 851-858.
2. Hibiya T., M. Nagasawa, and Y. Niwa(2006), Global mapping of diapycnal diffusivity in the deep ocean based on the results of expendable current profiler (XCP) surveys, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, doi:10.1029/2005GL025218.
3. Tanaka Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2007), Estimates of tidal energy dissipation and diapycnal diffusivity in the Kuril Straits using TOPEX/POSEIDON altimeter data, *J. Geophys. Res.*, **112**, doi: 10.1029/2007JC004172.
4. Hibiya T., M. Nagasawa, and Y. Niwa (2007), Latitudinal dependence of diapycnal diffusivity in the thermocline observed using a microstructure profiler, *Geophys. Res. Lett.*, **34**, doi: 10.1029/2007GL032323.
5. Furuichi N., T. Hibiya, and Y. Niwa (2008), Model-predicted distribution of wind-induced internal wave energy in the world's oceans, *J. Geophys. Res.*, **113**, doi:10.1029/2008JC004768.
6. Sugiyama Y., Y. Niwa, and T. Hibiya (2009), Numerically reproduced internal wave spectra in the deep ocean, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, doi: 10.1029/2008GL036825.
7. Tanaka Y., T. Hibiya, Y. Niwa, and N. Iwamae (2010), Numerical study of K_1 internal tides in the Kuril Straits, *J. Geophys. Res.*, **115**, doi:10.1029/2009JC005903.
8. Tanaka Y., T. Hibiya, and Y. Niwa (2010), Assessment of the effect of tidal mixing in the Kuril Straits on the formation of the North Pacific Intermediate Water, *J. Phys. Oceanogr.*, **40**, 2569–2574.
9. Niwa Y., and T. Hibiya (2011), Estimation of baroclinic tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global simulations, *J. Oceanogr.*, **67**, 493-502, doi: 10.1007/s10872-011-0052-1.

(2) 学会プロシーディングス等

1. 丹羽 淑博, 日比谷 紀之(2009), 内部潮汐波のグローバル分布に関する数値シミュレーション, 第23回数値流体シンポジウム講演論文集, D5-3.
2. 丹羽 淑博(2006), 深層乱流に供給される内部波エネルギーの空間分布に関する数値的研究 (2004年度日本海洋学会岡田賞受賞記念論文), *海の研究*, **15**, 395-417.

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Niwa Y. and T. Hibiya, Numerically predicted distribution of internal tide energy in the global ocean, 2010 Fall Meeting • American Geophysical Union, 13-17 Dec. 2010, San Francisco [一般]
2. Niwa Y. and T. Hibiya, Estimation of internal tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global numerical simulations, The 16th Pacific-Asian Marginal Seas Meeting, 21-23 Apr. 2011, Taipei [招待]
3. Niwa Y. and T. Hibiya, Estimation of baroclinic tide energy available for deep ocean mixing based on three-dimensional global numerical simulations, 2012 Ocean Sciences Meeting • American Geophysical Union, 20-24 Feb. 2012, Salt Lake City [一般]

(2) 国内会議

1. 丹羽淑博・日比谷紀之, 内部潮汐波のグローバル分布に関する数値シミュレーション, 2008年度日本海洋学会秋季大会, 2008年9月24-28日, 広島国際大学呉キャンパス [一般]
2. 丹羽淑博・日比谷紀之, 全球数値シミュレーションに基づく内部潮汐波エネルギーの見積もりとその水平格子間隔依存性について, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月26-30日, 九州大学筑紫キャンパス [一般]

他 3 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 丹羽淑博, 津波シミュレーションを使った海洋教育, 公開シンポジウム・海洋教育がひらく防災への道・東京大学海洋アライアンス, 2011年8月27日, 東京大学弥生講堂
- ・ 丹羽淑博, 出前授業 (大分東明高校), 2011年12月7日, 大分市

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：0；外国人研究者数：0

(2) 派遣

学生数：0；研究者数：0

(3) 海外からの来訪者数：0

オエットリ パスカル

I. 略歴

氏名： オエットリ パスカル

現職： 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

学歴

2001年（平成13年）3月 パリディドロ大学地理学科 卒業

2002年（平成14年）3月 ブルゴーニュ大学地球環境科学研究科地理学専攻修士課程修了

2008年（平成20年）7月 ブルゴーニュ大学地球環境科学研究科地理学専攻博士課程修了

2008年（平成20年）7月 博士（地理学）取得（ブルゴーニュ大学）

職歴

2009年（平成21年）1月 ポスドク研究員

2010年（平成22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

最適内挿のための降水分布への地形の影響のより良い理解

地形の降水分布への影響をより良く理解すること、及び、地形を考慮に入れた降水量スターションデータの最適内挿法の開発を目的とした研究を行った。まず、地形データをマルチスカラー分解する統計モデルを定義する。このモデルは、降水と地形の関係を理解するために用いられる。次に、地球統計学モデリングを利用して、統計モデルの誤差が内挿された。その結果は、月平均降水場を再構成する各領域の乗法モデルである。対応するマップは、特に東アフリカで月平均降水量の空間変動を再現できることが示された。

作物モデリングのために必要な領域気候モデルのバイアス補正法の開発

まず、SRES A1B シナリオにおける作物収量のシミュレーション結果を解析したところ、降水量や下向き短波放射等の現在の気候パラメーターには、重大なバイアスが存在することが、明らかとなった。将来気候では、最初の結果は、国スケールで約16%作物収量が減少し、南北勾配を持つことが示された。収量は、1990-2010年の平均に比べ、5から25%減少すると推定された。次に、バイアスを含んだ結果に対して、バイアス補正法（CDFt）を適用することにより、期待できる結果が得られた。バイアス補正された気候変数を用いて再現された収量は、格段により現実的な平均と標準偏差を示した。

アフリカ南部の降水の季節内変動の鍵となるインド洋熱帯域中部におけるマデン・ジュリアン振動

マデン・ジュリアン振動 (MJO) は、熱帯大気の季節内変動の主要なモードである。非線形解析手法である自己組織化マップを導入することにより、MJO の活動とその季節性の記述に改善が見られ、一般的に使われている実時間多変量MJO指数 (RMM) よりも多くの時空間的乗法を得ることに成功した。上記により、MJO の時間スケール (約 52 日) で MJO とアフリカ南部の降水量には関係が存在することが示された。また、MJO が、東経 65-85 度の熱帯に位置する時に 10 日程遅れて、亜熱帯大気に影響を与えることが示された。これは、数値モデリングと数値予報を改善するためには、熱帯と亜熱帯の相互作用をより理解することが必要であることを強調している。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Oettli, P., and P. Camberlin (2005), Influence of topography on monthly rainfall distribution over East Africa, *Clim. Res.*, 28(2), 199-212, doi:10.3354/cr028199.

シンプルであるが効率的な地形の影響を考慮した月スケールの降水のモデルを構築した。

2. Castel T., Oettli P., 2008, Sensitivity of the C-band SRTM DEM Vertical Accuracy to Terrain Characteristics and Spatial Resolution, In *Headway in spatial data handling*, A. Ruas & C. Gold (Eds.), Springer, 163-176.

衛星観測から得られたデジタルな地形を改善する手法を開発した。

3. Camberlin, P., B. Fontaine, S. Louvet, P. Oettli, and P. Valimba (2010), Climate adjustments over Africa accompanying the Indian monsoon onset, *J. Climate*, 23(8), 2047-2064, doi:10.1175/2009JCLI3302.1.

地形の影響も考慮に入れてインドモンスーンのアフリカへの影響を明らかにした。

4. Oettli, P., B. Sultan, C. Baron, and M. Vrac (2011), Are regional climate model relevant for crop yield prediction in West Africa?, *Environ. Res. Lett.*, 6(1), doi:10.1088/1748-9326/6/1/014008.

領域気候モデルを応用するのに必要なステップを示した。

4. 受賞等

- ・ Pascal Oettli, 若手研究者最優秀ポスター賞 (“Assessment of RCM output from the ENSEMBLE RT3 project in AMMA-region: focus on Senegal actual reproduction and effects on simulated crop yields.”), International conference “Water 2010”, 2010 年

5. 研究の将来計画

季節予報結果によって駆動された作物モデルによる南アフリカのトウモロコシ生産の早期警戒システムの改善

天水農業は、世界の主要な農業システムである。しかし、このシステムは、気候変動に対して極めて脆弱である。食料安全保障のため、信頼のできる早期警戒システムを実装することは、農民にとって重要である。まず、フランスで開発中の作物モデ

ル SARRAH を南アフリカのリンポポ州で試験的に動かす。過去のトウモロコシの収量を作物モデルが再現できるか試し、キャリブレーションを行う。次に、もし良く再現できることが確認されれば、実際に予測を行う。大気海洋結合モデル SINTEX-F の季節予報の結果、及び、それを領域気候モデル WRF によってダウンスケールした結果を用いて、トウモロコシの収量の予測を行う。この結果を統計モデルによって予測された結果と比較する。

マデン・ジュリアン振動と熱帯-温帯トラフの関係の解明

マデン・ジュリアン振動 (MJO) は、熱帯域における対流の季節内変動の主要なモードである。この時間スケールでは、10 日のラグをもって、アフリカ南部の降水と対流活動の変動に影響を与える。一方、熱帯-温帯トラフ (TTT) は、南半球夏季、総観の時間スケールで、アフリカ南部に降水をもたらす主要なシステムである。最近、海洋研究開発機構の研究者によって導入された TTT 指数を用いて、主に予測目的で、MJO と TTT の関係を調べる。この研究は、この指数を作成した研究者と共同して進める予定である。

大気海洋結合モデルによるマデン・ジュリアン振動のアフリカ南部の降水における役割の解明と予測可能性の探求

MJO は、季節内変動スケールで、アフリカ南部の対流活動の変動に影響を与える。しかし、そのメカニズムは、まだ明らかにされていない。インド洋熱帯域中央部 (東経 65°-85°, 北緯 10°-南緯 10°) が、このメカニズムを理解する鍵となりそうである。そこで、大気海洋結合モデルに伝播する加熱・冷却源を導入することにより、この加熱・冷却に対する亜熱帯大気の応答を調べる。この研究は、南アフリカ共和国の科学産業技術研究所 (CSIR) の研究者と共同で行う。

6. 競争的資金獲得状況

- (1) 科研費
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Castel, T., P. Oettli (2008), Sensitivity of the C-band SRTM DEM Vertical Accuracy to Terrain Characteristics and Spatial Resolution, in *Headway in spatial data handling*, edited by A. Ruas and C. Gold, 163-176, Springer, Berlin.
2. Camberlin, P., B. Fontaine, S. Louvet, P. Oettli, and P. Valimba (2010), Climate adjustments over Africa accompanying the Indian monsoon onset, *J. Climate*, 23(8), 2047-2064, doi:10.1175/2009JCLI3302.1.
3. Oettli, P., B. Sultan, C. Baron, and M. Vrac (2011), Are regional climate model

relevant for crop yield prediction in West Africa?, *Environ. Res. Lett.*, 6(1), doi:10.1088/1748-9326/6/1/014008.

4. Traoré, S.B., A. Alhassane, B. Muller, M. Kouressy, L. Somé, B. Sultan, P. Oettli, A. Berg, A.C. Siéné Laopé, E. Vintrou, S. Sangaré, M. Vaksmann, M. Diop, A. Bégué, M. Dingkhun, C. Baron (2011), Characterizing and Modelling the Diversity of Cropping Situations under Climatic Constraints in West Africa, *Atmosph. Sci. Lett.*, 12(1), 89-95, doi: 10.1002/asl.295.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Oettli P., Role of topography on rainfall distribution in tropical Africa: the case of East Africa, *INYS seminar "Climate-Society interactions: case studies from Africa"*, January 9-12, 2006, Paris, France. 一般
2. Castel T, Oettli P., Sensitivity of the C-band SRTM DEM vertical accuracy to terrain characteristics and spatial resolution, *SDH 2008 - The 13th International Symposium on Spatial Data Handling*, June 23-25, 2008, Montpellier, France. 一般
3. Oettli P., 2010, Vaal-Orange Region: Relationships between monthly rainfall, sea-surface temperatures and atmospheric circulation for the period 1970-1999, *Mini-Workshop on Seasonal to Interannual Climate Variations*, November 30, 2010, Tokyo, Japan. 一般
4. Oettli P., Sultan B., Baron C, Vrac M., Role of Climate Simulation in Crop Modeling of West Africa, *SATREPS Symposium on Climate Prediction and Information for the Society*, December 17, 2010, Aizu, Japan. 一般
5. Oettli P., Tozuka T., Izumo T., Yamagata T., Spatio-temporal structures of monthly OLR over the tropical region as revealed by a self-organizing map, *Mini-workshop on Simulation and Prediction of Climate Modes Influencing the Southern African Region*, March 15, 2011, Tokyo, Japan. 一般
6. Oettli P., Tozuka T., Izumo T., Yamagata T., Spatial patterns of OLR anomalies over the tropical region at the intra-seasonal time scale, as revealed by a self-organizing map, *SATREPS Symposium on Prediction of Climate Variations and its Application in the Southern African Region*, August 22, 2011, Pretoria, South Africa. 一般
7. Oettli P., Sultan B., Baron C, Vrac M., Reducing bias in regional climate modeling, a compulsory step for crop modeling, *SATREPS Symposium on Prediction of Climate Variations and its Application in the Southern African Region*, October 21, 2011, Tokyo, Japan. 一般
8. Oettli P., Sultan B., Baron C, Vrac M, Reducing Bias in Regional Climate Modelling, a Compulsory Step for Crop Modelling, *SATREPS Workshop*, February 23, 2012, Tokyo, Japan. 一般

9. Oettli P., Tozuka T., Izumo T., Yamagata T., Spatial patterns of intraseasonal OLR anomalies, as revealed by a self-organizing map. Influence on southern Africa rainfall, *10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, April 23, 2012, Noumea, New Caledonia. 一般
10. Oettli P., Tozuka T., Izumo T., Yamagata T., Spatial patterns of tropical OLR intraseasonal anomalies, as revealed by a self-organizing map, *Japan Geoscience Union Meeting 2012*, May 25, 2012, Chiba, Japan. 一般

(2) 国内会議

1. Oettli P., Camberlin P., Evolution saisonniere des relations precipitations/relief en Afrique orientale (フランス語), *XVII^e Colloque International de Climatologie*, September 8-10, 2004, Caen, France. 一般
2. Oettli P., Camberlin P., Variabilite temporelle de l'influence du relief sur la distribution spatiale des precipitations mensuelles en Afrique de l'Est (フランス語), *Les Journees de la climatologie de la Commission "Climat et Societe"*, March 12, 2009, Besancon, France. 一般

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数; 外国人研究者数 :
- (2) 派遣
学生数; 研究者数 :
- (3) 海外からの来訪者数 :

山形 俊男

I. 略歴

氏名： 山形 俊男

現職： (2012年3月31日定年退職；名誉教授) 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1971年(昭和46年)6月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1973年(昭和48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

1975年(昭和50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 中途退学

1977年(昭和52年)10月 博士(理学)取得(東京大学)

職歴

1975年(昭和50年)4月 九州大学応用力学研究所 助手

1979年(昭和54年)6月 九州大学応用力学研究所 助教授

1981年(昭和56年)9月 米国プリンストン大学地球流体力学プログラム客員研究員 (1983年8月まで)

1991年(平成3年)9月 東京大学理学部地球惑星物理学科 助教授

1994年(平成6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 教授

1997年(平成6年)10月 ハワイ大学国際太平洋センタープログラムディレクター 兼務 (2003年6月まで)

1997年(平成6年)10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気候変動 プログラムディレクター兼務 (2009年3月まで)

2007年(平成19年)4月 東京大学大学院理学系研究科副研究科長 (2009年3月まで)

2009年(平成21年)4月 東京大学大学院理学系研究科・理学部 研究科長・学部 長 (2012年3月まで)

2009年(平成21年)4月 (独)海洋研究開発機構アプリケーションラボ ラボヘッド (2012年3月まで) 兼務

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

1) 文部科学省のプロジェクトの一環としてサウジアラビアで晩秋から初冬にかけて洪水を起こす現象の解明を初めて行い、インド洋のダイポールモード現象の効果と大西洋から地中海を通過してくる現象が紅海上で増幅することが重要な役割を担っていることを明らかにした。この現象をアラビアンサイクロンと呼ぶことにした。

2) また大気海洋結合大循環モデルを用いてインド洋のダイポールモード現象の予測実験を共同研究者と初めて成功させた。

3) 最近、熱帯太平洋のエルニーニョ現象が変質し、ほとんど別種の現象が起きていることから、これをエルニーニョモドキ現象と命名し、その大気海洋構造を明らかにした。これは世界の気候研究に一つの大きな流れを生み出している。

4) インド洋西部熱帯域に起きる巨大な海洋湧昇現象の大規模な風系による発生メカニズムを院生らとともに解明し、セーシェルドームと命名した。

5) チベット高原の初雪の経年変動が通説であるエルニーニョ現象によるものではなく、ダイポールモード現象によるものであることを院生とともに明らかにし、またそのメカニズムを大気モデルを用いて検証した。

6) イラン政府の派遣研究者とともにイラン高原南部において晩秋から冬にかけて洪水を起こす気象現象もインド洋のダイポールモードによることを明らかにした。

7) 南部アフリカの降水異常に関係する亜熱帯ダイポールモード現象の発生、発達、消滅プロセスを院生とともに明らかにするとともに JICA と JST による SATREPS 計画を実現して、実際の予測可能性と現地における予測システムの社会実装に貢献した。

3. 特に優れた論文5編

1. Saji, N. H., B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, and T. Yamagata, 1999 : A Dipole Mode in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401, 360-363.

【引用回数 1,018】 インド洋熱帯域に太平洋のエルニーニョ現象とよく似た気候変動現象があることを発見し、ダイポールモード現象と命名した。同時にこの現象を同定するダイポールモード指標を提案した。1000を越す引用度を持つ論文である。

2. Neelin, J. D., D. S. Battisti, A. C. Hirst, F. F. Jin, Y. Wakata, T. Yamagata, S. Zebiak, 1998 : ENSO Theory. *J. Geophys. Res.*, 103 (C7), 14261-14290.

【引用回数 296】 エルニーニョ現象の理論研究を纏めたもので、この分野のスタンダードになっている。

3. Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007 : El Niño Modoki and its possible teleconnection. *J. Geophys. Res.*, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798.

【引用回数 225】 地球温暖化のもとでエルニーニョ現象が変質し、赤道域の日付変更線付近で海面水温が上昇し、その両側で下降するような現象 —エルニーニョもどき現象— が頻発するようになったことを大気海洋データの詳しい解析から初めて示した。

4. Nakamura, H., G. Lin, and T. Yamagata, 1997 : Decadal Climate Variability in the North Pacific during the Recent Decades. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78 (10), 2215-2225.

【引用回数 205】 北太平洋の10年スケールの現象が黒潮続流域の現象とアリューシャン低気圧直下の現象に分離できることを初めて示した論文である。

5. Philander, S. G. H., T. Yamagata, and R. C. Pacanowski, 1984 : Unstable Air-Sea Interactions in the Tropics. *J. Atmos. Sci.*, 41 (4), 604-613.

【引用回数 204】 エルニーニョ現象の基本原理を明らかにした世界で最初の論文である。

4. 受賞等

- ・ 1976 年(昭和 51 年 6 月) 米国ウッズホール海洋研究所 1976 年度 GFD フェロー
- ・ 1981 年(昭和 56 年 4 月) 日本海洋学会 岡田賞
- ・ 1987 年(昭和 62 年 5 月) 日本気象学会 学会賞
- ・ 1989 年(平成元年 6 月) 米国ウッズホール海洋研究所/マサチューセッツ工科大学大学院 1989 年度 バー・シュタインバッハ学者
- ・ 1997 年(平成 9 年 4 月) 日本海洋学会 学会賞
- ・ 2004 年(平成 16 年 1 月) 米国気象学会 スペルドラップ金メダル賞
- ・ 2004 年(平成 16 年 1 月) 米国気象学会 フェロー
- ・ 2004 年(平成 16 年 9 月) Thomson Scientific Research Front Award 2004 (最先端研究領域において活躍する日本人研究者 16 人表彰)
- ・ 2005 年(平成 17 年 4 月) 紫綬褒章
- ・ 2008 年(平成 20 年 1 月) 米国地球物理学連合 フェロー
- ・ 2008 年(平成 20 年 4 月) Techno-Ocean Award

5. 研究の将来計画

- ・ 2011 年 3 月定年退職につき記載せず。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (A) インド洋熱帯域におけるダイポールモード現象の長期変調に関する研究, 2005-2007, 41,860 千円 (総額)
- ・ 基盤研究 (B) 熱帯の気候変動モードの長期偏重と海の温暖化現象に関する研究, 2008~2010, 17,810 千円 (総額)

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 住友財団 環境研究助成 チベット高原における積雪量の変動と気候変動モードとの関係, 2008~2010, 2,100 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Chakraborty, A., S. Behera, M. Mujumdar, R. Ohba, and T. Yamagata, 2006 : Diagnosis of Tropospheric Moisture over Saudi Arabia and Influences of IOD and ENSO. *Monthly Weather Review*. 134 (2), 598-617.
6. Behera, S. K., J.-J. Luo, S. Masson, S. A. Rao, H. Sakuma, and T. Yamagata, 2006 : A CGCM Study on the Interaction between IOD and ENSO. *J. Climate*. 19(9), 1688-1705.
7. Chakraborty, A., M. Mujumdar, S. K. Behera, R. Ohba, and T. Yamagata, 2006 : A Cyclone over Saudi Arabia on 5 January 2002 : A Case Study . *Meteorol. Atmos. Phys.*, 93, 115-122.
8. Aiki, H., K. Takahashi, and T. Yamagata, 2006 : The Red Sea Outflow Regulated by the Indian Monsoon. *Continental Shelf Research*, 26, 1448-1468.
9. Chang, P., T. Yamagata, P. Schopf, S. K. Behera, J. Carton, W. S. Kessler, G. Meyers, T. Qu, F. Schott, S. Shetye, and S.-P. Xie, 2006 : Climate Fluctuations of Tropical Coupled Systems - The Role of Ocean Dynamics. *J. Climate*. 19(20), 5122-5174.
10. Kayanne, H., H. Iijima, N. Nakamura, T. R. McClanahan, S. Behera, and T. Yamagata, 2006 : Indian Ocean Dipole Index Recorded in Kenyan Coral Annual Density Bands. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L19709, doi : 10.1029/2006GL027168.
11. Guo, X., Y. Miyazawa, and T. Yamagata, 2006 : The Kuroshio Onshore Intrusion along the Shelf Break of the East China Sea : the Origin of the Tsushima Warm Current. *J. Phys. Oceanogr.*, 36(12), 2205-2231.
12. Kug, J.-S., T. Li, S.-I. An, I.-S. Kang, J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, 2006 : Role of the ENSO-Indian Ocean Coupling on ENSO Variability in a Coupled GCM. *Geophys. Res. Lett.*, 33 (9), L09710, doi : 10.1029/2005GL024916.
13. Saji, N. H., S.-P. Xie, and T. Yamagata, 2006 : Tropical Indian Ocean Variability in the IPCC Twentieth-Century Climate Simulations. *J. Climate*, 19(17), 4397-4417.
14. Aiki, H., and T. Yamagata, 2006 : Energetics of the Layer-thickness Form Drag Based on an Integral Identity. *Ocean Sci.*, 2, 161-171 .
15. Iskandar, I., T. Tozuka, H. Sasaki, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2006 : Intraseasonal Variations of Surface and Subsurface Currents off Java as Simulated in a High-Resolution Ocean General Circulation Model. *J. Geophys. Res.*, 111, C12015, doi:10.1029/2006JC003486.
16. Marchant, R., C. Mumbi, S. Behera, and T. Yamagata, 2006 : The Indian Ocean Dipole - the Unsung Driver of Climatic Variability in East Africa. *Afr. J. Ecol.*, 45, 4-16.
17. Weng, H., K. Ashok, S. K. Behera, S. A. Rao, and T. Yamagata, 2007 : Impacts of Recent El Niño Modoki on Dry/Wet Conditions in the Pacific Rim during Boreal Summer. *Climate Dynamics*, 29, 113-129.
18. Luo, J.-J., S. Masson, S. Behera, and T. Yamagata, 2007 : Experimental Forecasts of Indian Ocean Dipole Using a Coupled OAGCM. *J. Climate*. 20 (10), 2178-2190.
19. Bengtsson, L., K. Hodges, M. Esch, N. Keenlyside, L. Kornbluh, J.-J. Luo, and T. Yamagata, 2007 : How may Tropical Cyclones Change in a Warmer Climate? *Tellus*, 59A, 539-561.
20. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, 2007 : Decadal Modulations of the Indian Ocean Dipole in the SINTEX-F1 coupled GCM. *J. Climate*. 20 (13), 2881-2894.
21. Tozuka, T., T. Qu, and T. Yamagata, 2007 : Dramatic Impact of the South China Sea on

- the Indonesian Throughflow. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L12612, doi: 10.1029/2007GL030420.
22. Rao, S. A., S. Masson, J.-J. Luo, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2007 : Termination of Indian Ocean Dipole Events in a Coupled General Circulation Model. *J. Climate*, 20 (13), 3018-3035.
 23. Cherchi, A., S. Gualdi, S. Behera, J.-J., Luo, S. Masson, T. Yamagata, and A. Navarra, 2007 : The Influence of Tropical Indian Ocean SST on the Indian Summer Monsoon. *J. Climate*. 20 (13), 3083-3105.
 24. Ashok, K., H. Nakamura, and T. Yamagata, 2007 : Impacts of ENSO and Indian Ocean Dipole Events on the Southern Hemisphere Storm-Track Activity during Austral Winter. *J. Climate*, 20 (13), 3147-3163.
 25. Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, and T. Yamagata, 2007 : El Niño Modoki and its Possible Teleconnection. *J. Geophys. Res.*, 112, C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
 26. Doi, T., T. Tozuka, H. Sasaki, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2007 : Seasonal and Interannual Variations of Oceanic Conditions in the Angola Dome. *J. Phys. Oceanogr.*, 37 (11), 2698-2713.
 27. Tozuka, T., J.-J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, 2007 : Seasonally Stratified Analysis of Simulated ENSO Thermodynamics. *J. Climate*, 20 (18), 4615-4627.
 28. Qu, T., Y. Du, J. McCreary, G. Meyers, and T. Yamagata, 2008 : Buffering Effect and its Related Ocean Dynamics in the Indonesian Throughflow Region. *J. Phys. Oceanogr.*, 38 (2), 503-516.
 29. Navarra, A., S. Gualdi, S. Masina, S. Behera, J. - J. Luo, S. Masson, E. Guilyardi, P. Delecluse, and T. Yamgata, 2008 : Atmospheric Horizontal Resolution Affects Tropical Climate Variability in Coupled Models. *J. Climate*, 21 (4), 730-750.
 30. Luo, J.-J., S. Masson, S. Behera, and T. Yamagata, 2008 : Extended ENSO Predictions Using a Fully Coupled Ocean-Atmosphere Model. *J. Climate*, 21 (1), 84-93.
 31. Yokoi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2008 : Seasonal Variation of the Seychelles Dome. *J. Climate*. 21(15), 3740-3754.
 32. Tozuka, T. J. J. Luo, S. Masson, and T. Yamagata, 2008 : Tropical Indian Ocean Variability Revealed by Self-organizing Maps. *Climate Dynamics*, 31, 333-343.
 33. Iskandar, I., T. Tozuka, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2008 : Impact of Indian Ocean Dipole on Intraseasonal Zonal Currents at 90° E on the Equator as Revealed by Self-organizing Map. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14S03, doi:10.1029/2008GL033468.
 34. Behera, S., J.-J. Luo, and T. Yamagata, 2008 : Unusual IOD Event of 2007. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14S11, doi:10.1029/2008GL034122.
 35. Jin, E. K., L. Kinter III, B. Wang, I.- S. Kang, J. Shukla, B. P. Kirtman, J.- S. Kug, T. Yamagata, J.- J. Luo, J. Schemm, and A. Kumar, 2008 : Current Status of ENSO Prediction Skill in Coupled Ocean-Atmosphere Models. *Climate Dynamics*, 31, 647-664.
 36. Luo, J.-J., S. Behera, Y. Masumoto, H. Sakuma, and T. Yamagata, 2008 : Successful Prediction of the Consecutive IOD in 2006 and 2007. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14S02, doi:10.1029/2007GL032793.
 37. Wang, B., J.-Y. Lee, I.-S. Kang, J. Shukla, J.-S. Kug, A. Kumar, J. Schemm, J.-J. Luo, T.

- Yamagata, and C.-K. Park, 2008: How Accurately Do Coupled Climate Models Predict the Asian-Australia Monsoon Interannual Variability? *Climate Dynamics*, 30, 605-619.
38. Izumo, T., C. Montegut, J.-J. Luo, S. Behera, S. Masson, and T. Yamagata, 2008 : The Role of the Western Arabian Sea Upwelling in Indian Monsoon Rainfall Variability. *J. Climate*, 21, 5603-5623.
 39. Chan, S. C., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2008 : Indian Ocean Dipole Influence on South American Rainfall. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L14S12.
 40. Ajayamohan R. S., S. A. Rao, and T. Yamagata, 2008 : Influence of Indian Ocean Dipole on Poleward Propagation of Boreal Summer Intraseasonal Oscillations. *J. Climate*, 21, 5437-5454.
 41. Yokoi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2009 : Seasonal Variations of the Seychelles Dome Simulated in the CMIP3 Models. *J. Phys. Oceanogr.*, 39. (2), 449-457.
 42. Weng, H., S. K. Behera, and T. Yamagata, 2009 : Anomalous Winter Climate Conditions in the Pacific Rim during Recent El Niño Modoki and El Niño Events. *Climate Dynamics*, 32, 663-674, DOI 10.1007/s00382-008-0394-6.
 43. Qu, T., and T. Yamagata, 2009 : The South China Sea and its Impact on Climate. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 47, 1-2.
 44. Qu, T., Y. T. Song, and T. Yamagata, 2009 : An Introduction to the South China Sea Throughflow : Its Dynamics, Variability, and Application for Climate. *Dynamics of Atmosphere and Oceans*, 47, 3-14.
 45. Tozuka, T., T. Tangdong,, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2009 : Impacts of the South China Sea Throughflow on Seasonal and Interannual Variations of Indonesian Throughflow. *Dynamics of Atmosphere and Oceans*, 47, 73-85.
 46. Wang, B., June-Yi Lee, In-Sik Kang, J. Shukla, C.-K. Park, A. Kumar, J. Schemm, S. Cocks, J.-S. Kug, J.-J. Luo, T. Zhou, B. Wang, X. Fu, W.-T. Yun, O. Alves, E. K. Jin, J. Kinter, B. Kirtman, T. Krishnamurti, N. C. Lau, W. Lau, P. Liu, P. Pegion, T. Rosati, S. Schubert, W. Stern, M. Suarez and T. Yamagata, 2008 : Advance and Prospectus of Seasonal Prediction: Assessment of the APCC/CliPAS 14-model Ensemble Retrospective Seasonal Prediction (1980- 2004). *Climate Dynamics*, 33, 93-117, DOI 10.1007/s00382-008-0460-0.10.
 47. Yuan, C., T. Tozuka, T. Miyasaka, and T. Yamagata, 2009 : Respective Influences of IOD and ENSO on the Tibetan Snow Cover in Early Winter. *Climate Dynamics*, 33, 509-520, DOI 10.1007/s00382-008-0495-2.
 48. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2009 : Interannual Variability of the Guinea Dome and its Possible Link with the Atlantic Meridional Mode. *Climate Dynamics*. 33, 985-998, DOI 10.1007/s00382-009-0574-z.
 49. Ajayamohan, R. S., S. A. Rao, J.-J.- Luo, and T. Yamagata, 2009: Influence of Indian Ocean Dipole on Boreal Summer Intraseasonal Oscillations in a Coupled General Circulation Model. *Journal of Geophysical Research*, 114, D06119, doi: 10.1029/2008JD011096.
 50. Ashok, K., and T. Yamagata, 2009 : CLIMATE CHANGE The El Niño with a Difference. *Nature*. 461, 481-484.
 51. Rao, S. A., J.-J. Luo, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2009 : Generation and Termination of Indian Ocean Dipole Events in 2003, 2006 and 2007. *Climate Dynamics*, 33, 751-767,

DOI10.1007/s00382-008-0498-z.

52. Nakamura, N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2009 : Mode shift in the Indian Ocean Climate under Global Warming Stress. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L23708, doi:10.1029/2009GL040590.
53. Takeshi Izumo, Jerome Vialard, Matthieu Lengaigne, Clement de Boyer Montegut, Swadhin K. Behera, Jing-Jia Luo, Sophie Cravatte, Sebastien Masson and Toshio Yamagata, 2010 : Influence of the State of the Indian Ocean Dipole on Following Year's El Niño. *Nature Geoscience* 3, 168-172 doi:10.1038/ngeo760.
54. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2010 : The Atlantic Meridional Mode and its Coupled Variability with the Guinea Dome. *J. Climate*. 23, 455-475. DOI: 10.1175/2009JCL13198.1.
55. Luo, J.-J., R. Zhang, S. K. Behera, Y. Masumoto, F.-F. Jin, R. Lukas, and T. Yamagata, 2010 : Interaction between El Niño and Extreme Indian Ocean Dipole. *J. Climate*. 23, 726-742. DOI: 10.1175/2009JCL13104.1.
56. Maiwa, K., Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2010 : Characteristics of Coastal Trapped Waves along the Southern and Eastern Coasts of Australia. *J. Oceanogr.* 2, 243-258.
57. Ratnam, J. V., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2010 : Pacific Ocean Origin for the 2009 Indian Summer Monsoon Failure. *Geophys. Res. Lett.* 37, L07807, doi: 10.1029/2010GL042798.
58. Tozuka, T., T. Yokoi, and T. Yamagata, 2010 : A Modeling Study of Interannual Variations of the Seychelles Dome. *J. Geophys. Res.* 115, C04005, doi: 10.1029/2009JC005547.
59. Lee, J.-Y., B. Wang, I.-S., Kang, J. Shukula, A. Kumar, J.-S. Kug, J.K.E. Shemm, J.-J. Luo, T. Yamagata, X. Fu, O. Alves, B. Stern, T. Rosati, C. K. Park, 2010 : How Are Seasonal Prediction Skills Related to Models' Performance on Mean State and Annual Cycle? *Climate dynamics*. 35, 267-283.
60. Izumo, T., S. Masson, J. Vialard, C. de Boyer Montegut, S. K. Behera, G. Madec, K. Takahashi, and T. Yamagata, 2010 : Low and High Frequency Madden-Julian Oscillations in Austral Summer: interannual variations. *Climate Dynamics*, 35 (4), 669-683,, DOI 10.1007/s00382-009-0655-z.
61. Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2010 : Climate Variability in the Southern Indian Ocean as Revealed by Self-Organizing Maps. *Climate Dynamics*, 35, 1075-1088, DOI 10.1007/s00382-010-0843-x.
62. Richter, I., S. K. Behera, Y. Masumoto, B. Taguchi, N. Komori, and T. Yamagata, 2010 : On the Triggering of Benguela Niños : Remote Equatorial Versus Local Influences. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L20604, DOI: 10.1029/2010GL044461.
63. Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2010 : Equivalent Forcing Depth in Tropical Oceans. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50, 415-423.
64. Behera, S. K., and T. Yamagata, 2010 : Imprint of the El Niño Modoki on Decadal Sea Level Changes. *Geophys. Res. Lett.* 37, L23702, doi:10.1029/2010GL045936.
65. Weng, H., G. Wu, Y. Liu, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2011: Anomalous Summer Climate in China Influenced by the Tropical Indo-Pacific Oceans. *Clim. Dyn.*, 36, 769-782, DOI 10.1007/s00382-009-0658-9.

66. Luo, J.-J., S. K. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2011: Impact of Global Ocean Surface Warming on Seasonal - to - Interannual Climate Prediction. *J. Climate*. 24 (6), 1626-1646.
67. Chowdary, J. S., S.-P. Xie, J.-J. Luo, J. Hafner, S. Behera, Y. Masumoto, and T. Yamagata, 2011: Predictability of Northwest Pacific Climate during Summer and the Role of the Tropical Indian Ocean. *Clim. Dyn.*, 36, 607-621, DOI: 10.1007/s00382-009-0686-5.
68. Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, and T. Yamagata, 2011: Key factors in Simulating the Equatorial Atlantic Zonal Sea Surface Temperature Gradient in a Coupled General Circulation Model. *J. Geophys. Res.* 116, C06010, doi: 10.1029/2010JC006717.
69. Ajayamohan, R. S., H. Annamalai, J.-J. Luo, J. Hafner, and T. Yamagata, 2011: Poleward Propagation of Boreal Summer Intraseasonal Oscillations in a Coupled Model : Role of Internal Processes. *Clim. Dyn.*, 37, 851-867, DOI: 10.1007/s00382-010-0839-6.
70. Morioka, Y., T. Tozuka, and T. Yamagata, 2011 : On the Growth and Decay of the Subtropical Dipole Mode in the South Atlantic. *J. Climate*, 24, 5538-5554, DOI: 10.1175/2011JCL14010.1.
71. Nakamura, N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. K. Behera, and T. Yamagata, 2011 : Footprints of IOD and ENSO in the Kenyan Coral Record. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L24708, doi: 10.1029/2011GL049877.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Yamagata, T. 2009 : Scientific Aspects of Sea Level Rise in the Central Tropical Pacific . Proceedings of International Symposium on Islands and Oceans. 48-54, Ocean Policy Research Foundation.

(3) レビュー論文・総説

査読あり

1. 山形 俊男, 升本 順夫, 2006 : 地球温暖化問題 (第1部 4章 第2節). 海洋白書 2006, 海洋政策研究 財団, 114-120.
2. 山形 俊男, 2007 : 変動する地球気候. 天気, 54 (5), 436-437.
3. 山形 俊男, 2008 : 地球温暖化と熱帯起源の気候変動. 獣医疫学雑誌. 11 (2), 119-120.
4. 山形 俊男, 2008 : 気候変動と異常気象. 獣医疫学雑誌. 12 (1), 1-3.
5. 山形 俊男, 2011: 宇宙と海洋の連携(第1部 6章 第2節). 海洋白書 2011, 海洋政策研究財団, 113-117.
6. 山形 俊男, 2011 : (新用語解説) エルニーニョモドキ. 天気, 58, 3, 48-50.

査読なし

7. Tozuka, T., T. Miyasaka, A. Chakraborty, M. Mujumdar, S. Behera, Y.

- Masumoto, H. Nakamura, and T. Yamagata, 2006 : University of Tokyo Coupled General Circulation Model (UTCM1.0). Ocean-Atmosphere Research Report, 7, 1-44.
8. 山形 俊男, 2006 : 異常気象と気候変動. 月報 Captain, 第 374 号, 52-58.
 9. 山形 俊男, 2007 : 編集代表者からのメッセージ「海のおピニオン誌として」. 150 人のオピニオン III, 海洋政策研究財団.
 10. 山形 俊男, 2007 : 地球シミュレーターが見た異常気象と気候変動 - 産業, 環境への影響を予測する. (東京テクノ・フォーラム 21 第 94 回研究交流会講演収録), 平成 19 年度版 人類とバイオ, 東京テクノ・フォーラム 21 編, 59-96.
 11. 春日 文子, 山形 俊男, 2008 : 国際開発のための科学技術. (特集 2 国際開発協力-持続可能な社会のための科学と技術に関する国際会議 2007). 学術の動向, 第 13 巻第 2 号, 61- 66.
 12. 山形 俊男, 升本 順夫, 2007 : インド洋-太平洋域の気候変動の観測と予測. 月刊海洋, 39 (10), 649-650.
 13. Luo, J.-J., S. Masson, S. Behera, H. Sakuma, and T. Yamagata, 2007 : ENSO and IOD Predictions Using a Fully Coupled Ocean-Atmosphere Model. KAIYO MONTHLY, 39(10), 658-668.
 14. 東塚 知己, J.-J. Luo, S. Masson, 山形 俊男, 2007 : インド洋熱帯域の 10 年規模変動. 月刊海洋, 39 (10), 677-682.
 15. 山形 俊男, 中村 尚, 2007 : 気象・海洋「現代用語の基礎知識 2008」. 自由国民社, 935-946.
 16. 山形 俊男, 中村 尚, 2008 : 気象・海洋「現代用語の基礎知識 2009」. 自由国民社, 779-790.
 17. 山形 俊男, 2008 : 気候の問題を考える. Ship & Ocean Newsletter (海洋政策研究財団) , No.200, 6-7.
 18. 山形 俊男, 2009 : 熱帯の気候変動とテレコネクション. 科学フォーラム (東京理科大学), 2 月号, 20-26.
 19. 山形 俊男, 2009 : インド洋に現われる大気海洋相互作用と地球環境のかかわり. 赤道大気の鼓動を聴く. (株)クバプロ, 57-73.
 20. 山形 俊男, 2009 : 編集代表者からのメッセージ「海洋と人の全地球的な共生をめざして」. 150 人のオピニオン IV, 海洋政策研究財団.
 21. Yamagata, T. and S. Behera, 2009 : International Symposium on the Application of Climate Information. Eos, Transactions, American Geophysical Union, Vol. 90, No.17, 28 April 2009, Page 148.
 22. 羅京佳, 佐々木尚亘, ベヘラ, 山形俊男, 2009 : 数値気候モデルを用いた季節予測. Innovation News, Vol.11, 2009, Sep. 海洋研究開発機構, 6-7.
 23. 山形 俊男, 中村 尚, 2009 : 気象・海洋 「現代用語の基礎知識 2010」. 自由国民社, 814-825.
 24. 山形 俊男, 中村 尚, 2010 : 気象・海洋「現代用語の基礎知識 2011」. 自

由国民社, 856-867.

25. 山形 俊男, 2011 : 世界最高水準を行く異常気象の予測 - 力を入れるべきは国際展開である. 日本の論点 2012, 文藝春秋編, 528-531.
26. 山形 俊男, 中村 尚, 2011 : 気象・海洋「現代用語の基礎知識 2012」. 自由国民社, 780-791.

(4) 著書等

1. 山形 俊男, 2011 : 第1章 地球温暖化と予測科学・技術の進展. 地球温暖化ビジネスのフロンティア. 国際書院, 23-52.
2. Behera, S. K., and T. Yamagata, 2011: Dynamics of the Indian and Pacific Oceans, Chapter 4, pp.99-131, "Environmental Hazards The Fluid Dynamics and Geophysics of Extreme Events" Eds. by H. K. Moffatt, and Emily Shuckburgh, Lecture Notes Series, Institute for Mathematical Sciences, National University of Singapore Vol. 21, World Scientific.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

すべて invited (keynote 含む)

1. Yamagata, T., Forecasting System for Kuroshio variability, Ocean Observations Panel for Climate (GCOS/GOOS/WCRP; IOC, WMO, ICSU, UNEP) (Tokyo, Japan, 2006.5).
2. Yamagata, T., Indian Ocean Dipole: A Coupled Ocean-Atmosphere Phenomenon, 9th Tamura Symposium Frontiers in Dynamics : Physical and Biological Systems (Tokyo, Japan, 2006.5).
3. Yamagata, T., Ocean-atmosphere coupled dynamics in the Indo-Pacific sector, David Anderson's retirement seminar (ECMWF, UK, 2006.6).
4. Yamagata, T., Coupled ocean-atmosphere variability in the tropical Indian Ocean and its predictability, ESF-JSPS Frontier Science Conference for Young Researchers -Climate Change- (Nynäshamn, Sweden, 2006.6)
5. Yamagata, T., El Niño Modoki (Pseudo-El Niño) and its impact on the World Climate, APCC Climate Center Symposium (Busan, Korea, 2006.9).
6. Yamagata, T., The ENSO Modoki: Another Coupled Mode in the Tropical Pacific?, EU-Japan Meeting on the Development of Next Generation Climate Models (Venice, Italy, 2006.12).
7. Yamagata, T., An oceanographic history leading to the Japan Coastal Ocean Prediction Experiment (JCOPE), Italy-Japan Meeting for the Ocean Weather Forecast and Modeling (Bologna, Italy, 2006.12) .
8. Yamagata, T., Earth Observation and Prediction of Climate Variations under the Global Warming Stress, The 7th Meeting of France-Japan Joint Advisory Council On Cooperation in Science and Technology (Paris, France, 2007.2).
9. Yamagata, T., C. K. Park (APCC) : Convener, Symposium on Predictability of Climate

- Variations in the Indo-Pacific Sector (Shinagawa Prince Hotel, 2007.3).
10. Yamagata, T. : Convener, Workshop on the Predictability of the Climate Variations in the Indo-Pacific Sectors (Hakone, 2007.3).
 11. Yamagata, T., K. Ashok, S. Behera, S. Rao and H. Weng, El Niño Modoki (Pseudo-El Niño) and its Impact on the World Climate, The 14th PAMS/JECSS Workshop (Hiroshima, 2007.5)
 12. Yamagata, T., K. Ashok, S. Behera, S. Rao and H. Weng, El Niño Modoki (Pseudo-El Niño) and its Impact on the World Climate, AOGS2007 4th Annual Meeting (Bangkok, Thailand, 2007.8).
 13. Yamagata, T., Indian Ocean Observations for Predicting Climate Variations under the Global Warming Stress, AOGS2007 4th Annual Meeting (Bangkok, Thailand, 2007.8).
 14. Yamagata, T., Ocean and Climate Change, Hiroshima Office of UNITAR (United Nations) for Asian and the Pacific (HOAP) Series on Sea and Human Security "Toward a comprehensive security for seas and oceans (Hiroshima, 2007.10).
 15. Yamagata, T., S. K. Behera, J.-J. Luo, and T. Tozuka, Indian-Pacific connection: a perspective from climate dynamics, WCRP/CLIVAR Workshop on Western Tropical Pacific: Hatchery for ENSO and Global Teleconnections (Guangzhou, China, 2007.11).
 16. Yamagata, T., Indian Ocean Dipole and Climate Variations, 13th Japanese-German Symposium
 17. Marine Research The Importance of Oceans for mankind (Rostock, Germany, 2008.5)
 18. Yamagata, T., Indian Ocean Dipole and its possible link with climate modes in the Pacific, 22nd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (Adelaide, Australia, 2008.8)
 19. Yamagata, T., Toward predicting climate variations for disaster prevention under the global warming stress, Series on Sea and Human Security Towards a comprehensive security for seas and oceans: the Hiroshima Initiative (Unitar, Hiroshima, 2008.9)
 20. Yamagata, T., Scientific Aspects of Sea Level Rise in the Central Tropical Pacific, International Symposium on Islands and Oceans (Ocean Policy Research Foundation, Tokyo, 2009.1)
 21. Yamagata, T., Importance of Ocean Research for Sustainability under the Global Warming Stress - A Dynamicist's View, First JSPS Ocean Research Workshop in 2009 - Future Collaboration Beyond the JSPS "Coastal Marine Science" program (Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2009.2)
 22. Yamagata, T., IOD, ENSO and Their Interactions, Workshop on Modeling: the Ocean dynamics, Syntheses and Prediction (Taipei, Taiwan, 2009.2)
 23. Yamagata, T., Past, Present and Bright Future of Operational Oceanography, MOCA-09 IAMAS-IAPSO-IACS 2009 Joint Assembly (Montreal, Canada, 2009.7).
 24. Yamagata, T., Adverse effects of climate change and variability and their effects on islands and their surrounding waters, International Seminar on Islands and Oceans 2010 (海洋政策研究財団, 2010.1)
 25. Yamagata, T., Climate Change, variation and Sustainable Green Energy, Renewable Energy 2010 (Pacifco Yokohama, 2010.6)

26. Yamagata, T., Climate Prediction and its Rich Application, South Africa-Japan SATREPS Kick-off Meeting (South Africa, Pretoria, 2010.8)
27. Yamagata, T., Prediction of Climate Variations and Its Application in the Southern African Region, Applied Center for Climate and Earth Systems Science(ACCESS) Earth System Symposia (South Africa, Cape Town, 2010.8)
28. Yamagata, T., Integration of Observation and Modeling for Ocean Forecast and its Application -Evolution of Operational Oceanography-, 地理空間情報の統合利用が拡げる安全・安心に関する国際シンポ(G 空間 EXPO) (パシフィコ横浜, 2010.9)
29. Yamagata, T., Thoughts on Climate Problems for More Appropriate Adaptation Measures, STS forum 7th Annual Meeting (Kyoto, 2010.10)
30. Yamagata, T., Climate Variations and their impact on society, India-Japan Symposium on Emerging Technologies (Indian Embassy Auditorium, 2010.10)
31. Yamagata, T., Contributions of Japan to the activity of IOC/WESTPAC for 50 years, (Horiba International Conference) "New Direction of Ocean Research in the Western Pacific" -Past, Present and Future of UNESCO/IOC/WESTPAC Activity for 50years and the JSPS Project "Costal Marine Science" (The University of Tokyo AORI, 2010.10)
32. Yamagata, T., Ocean-related Climate Variability and Extreme Weather Events, International Symposium "Roles of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration of the 50th Anniversary of IOC/UNESCO" (United Nations University, 2010.12)
33. Yamagata, T., Climate and Society, SATREPS SYMPOSIUM ON CLIMATE PREDICTION AND INFORMATION FOR THE SOCIETY (The University of Aizu, 2010.12)
34. Yamagata, T., Tsunami Catastrophe, 26th Session of the IOC Assembly Opening (UNESCO, Paris, 2011. 6)
35. Yamagata, T., S. Behera, and T. Tozuka, El Niño Modoki and Indian Ocean Dipole, IUGG2011 (Melbourne Convention and Exhibition Center, 2011.7)
36. Yamagata, T., Tsunami Catastrophe, CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Perth, 2011.7)
37. Yamagata, T., Prediction of climate modes and the value of scientific research, Public Lecture on Seasonal Climate: What Can We Predict? , SATREPS Symposium: Prediction of Climate Variations & its Application in the Southern African Region (Department of Science and Technology, Pretoria, 2011.8)
38. Yamagata, T., Tsunami Catastrophe : Lessons Learned from the 3.11 Calamity Caused by the Earthquake off Tohoku, Japan (University of Pretoria, South Africa, 2011.8)

他 23 回

(2) 国内会議

33 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 日本学術振興会特別研究員 4名
- ・ 日本学術振興会外国人特別研究員 1名
- ・ 日本科学協会笹川科学研究助成 4名
- ・ 日本海洋学会 岡田賞 2名
- ・ 日本流体力学会 竜門賞 1名
- ・ Shanti Swarup Bhatnagar Prize for Science and Technology 1名
- ・ イラン人大学院生が、7ヶ月滞在、帰国後学位取得

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Associate Editor, Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics (Taylor & Francis)
- ・ Editorial Board Member, Dynamics of Atmospheres and Oceans (Elsevier) Editorial Board Member, World Scientific Series on Meteorology of East Asia
- ・ Member of Editorial Board, Climate Science and Policy (Euro-Mediterranean Center on Climate Change)
- ・ Ship & Ocean Newsletter 編集代表
- ・ 日本海洋政策学会誌 編集委員長

(2) 学会等

- ・ 日本海洋学会 評議員
- ・ 日本海洋政策学会 理事
- ・ 日本海洋科学振興財団 理事

(3) 国際会議等

- ・ Symposium on the Predictability on Climate Variations in the Indo-Pacific Sector (Convener)
- ・ AOGS2007 (Session chair)
- ・ WCRP/CLIVAR Workshop on Western Tropical Pacific:Hatchery for ENSO and Global Teleconnections (Chairperson)
- ・ International Symposium “Role of the Indo-Pacific Oceans in Climate Change and Variability in Commemoration on the 50th Anniversary of IOC/UNESCO”(Organizer)
- ・ SATREPS Symposium on Climate Prediction and Its Application in the Southern African Region (Organizer)

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

(公開講演会, セミナー, フォーラム)

- ・ 山形俊男 2006/6 地球シミュレーターが見た異常気象と気候変動 — 産業, 環境への影響を予測する 東京テクノ・フォーラム 21 第 94 回研究交流会 (日本プレスセンター)
- ・ 山形俊男 2007/2 気候変動と私たちの暮らし—最新の研究成果を踏まえて— 特定非営利活動法人 エコロジー・カフェ第 3 回シンポジウム (東京大学 小柴ホール)
- ・ 山形俊男 2007/3 気候変動現象を予測する 電力館セミナー (科学ゼミナール)
- ・ 山形俊男 2007/6 日本海の海洋予報, 第 2 回海洋バイオマス・シンポジウム (三菱総合研究所)
- ・ 山形俊男 2007/7 先進的海洋研究の我が国海運への活用可能性について, 日本海事センター講演会 (日本海事センター)
- ・ 山形俊男, 地球規模の異常気象のメカニズムを探る—エルニーニョ現象とダイポールモード現象—, 環境セミナー「地球大学」第 62 回 (大手町カフェ, 2007.8)
- ・ 山形俊男, 2008/8, 異常気象予測研究の最前線とその社会還元について, JAMSTEC アプリケーションラボシンポジウム 気候研究からのイノベーション創出 — 経済・社会の持続的発展に向けて— (上智大学)
- ・ 山形俊男, 2008/9, 異常気象と気候変動, 九州大学・福岡女子大学・西南学院大学 国・公・私三大学共同シンポジウム 福岡から考える環境問題 (アクロス福岡)
- ・ 山形俊男, 2008/12, 異常気象と気候変動を予測する — 変動に強い社会の構築を目指して—, 第 13 回地球大学アドバンス (新丸ビル)
- ・ 山形俊男, 2009/3, 海の温暖化と異常気象, 富山大学研究推進フォーラム 環境編 第 1 回シンポジウム「高低差 4,000 メートルからの警鐘—地域の自然から地球環境と循環型社会を考える—」 (富山大学)
- ・ 山形俊男, 2009/3, 気候変動と食料資源 — その予測に向けて—, 食品産業文化振興会セミナー (東京八重洲ホール)
- ・ 山形俊男, 2009/3, 異常気象と気候変動, 会津大学-JAMSTE 連携講演会「地域社会のための気候研究」 (会津大学)
- ・ 山形俊男, 2009/7, 地球温暖化と海, 第 18 回 KOSMOS フォーラム「海と人」
- ・ 山形俊男, 2009/7, 海洋産業界における研究成果活用の現状と展望~海洋予測について~, JAMSTEC 協賛会向け講演会
- ・ 山形俊男, 2009/9, 地球シミュレーターが見た異常気象と気候変動 - 持続可能な社会の形成に向けて -, 会津 IT サマーフォーラム 2009
- ・ 山形俊男, 2009/9, 異常気象と気候変動, 丸の内政経懇話会 9 月例会
- ・ 山形俊男, 2009/10, 異常気象と気候変動, 東京大学木曾天文台協力会
- ・ 山形俊男, 2010/9, Climate Change, Variation and Sustainable Green Energy, 会津産学懇話会 (9 月定例会)
- ・ 山形俊男, 2010/9, 異常気象をもたらす気候変動と予測研究の進展, 東京国際科学フェスティバル 2010 (南ア産ルイボスティーカフェ: 気候変動と環境教育, 日本と

南アの科学技術協)

- ・ 山形俊男, 2011/7, 予測科学の進展と情報展開, シミュレーション・予測と情報公開に求められることーこれまで・今・これからー, 日本学術会議
- ・ 山形俊男, 2011/9, 大気海洋変動の予測について, 三菱調査懇談会 9月例会
- ・ 山形俊男, 2012/3, 新型高度度計衛星による海洋変動予測の新展開に向けて, 内閣官房総合海洋政策本部 「海洋宇宙の連携に関する勉強会」
- ・ 山形俊男, 2012/3, 海と空の連携について, 日本経済団体連合会「宇宙開発利用推進委員会企画部会・宇宙利用部会合同会合」
- ・ 山形俊男, 2012/3, 海と空の連携について, 第2回海洋基本法戦略研究会

(テレビ・新聞報道)

- ・ 山形俊男 2006/5 The サンデー「異常気象」日本テレビ
- ・ 山形俊男 2006/6 スーパーJチャンネル「どうなる梅雨と夏」テレビ朝日
- ・ 山形俊男 2006/8 森永卓郎と垣花正の朝は日本一番「異常気象の話」ニッポン放送
- ・ 山形俊男 2006/9 おはよう日本「異常気象」NHK 総合テレビ
- ・ 山形俊男 2007/2 きょうの世界「異常気象」NHKBS
- ・ 山形俊男 2006/5 21世紀日本の夏「温暖化の影響か」毎日新聞
- ・ 山形俊男 2006/6 海流の向きなど予測「海運会社に情報販売」日本経済新聞
- ・ 山形俊男 2006/6 海流予測で船の燃料節約 読売新聞
- ・ 山形俊男 2006/6 熱くなりそうです「北冷西暑」毎日新聞
- ・ 山形俊男 2006/7 一筆経上「スパコンの気象予測」読売新聞
- ・ 山形俊男 2006/7 特集 夏・海・地球「海は今“ゆたんぼ”状態！深刻な変化が海で起きている。」The Big Issue Japan
- ・ 山形俊男 2006/7 長引く梅雨「温暖化影響じわり」毎日新聞
- ・ 山形俊男 2006/8 映画じゃありません「異常気象の原因は“ラニーニャ”」女性セブン
- ・ 山形俊男 2006/8 死者1300人を超える「殺人台風」の恐怖 FRIDAY
- ・ 山形俊男 2006/10 インド洋版エルニーニョ予測に成功 世界初 読売新聞
- ・ 山形俊男 2006/10 インド洋上異常気象の一因「海水温の変動予測に成功」日本経済新聞
- ・ 山形俊男 2006/10 今秋のインド洋 IOD 現象「昨年11月時点で予測」日刊工業新聞
- ・ 山形俊男 2006/10 世界の異常気象を予測「インド洋の海水温から」毎日新聞
- ・ 山形俊男 2006/10 インド洋異常気象「長期予測に成功」時事通信
- ・ 山形俊男 2006/10 西日本の猛暑に影響「エルニーニョのインド洋版予測」毎日新聞
- ・ 山形俊男 2006/10 影響は地球規模インド洋気候変動「世界初予測に成功」日本海時新聞

- ・ 山形俊男 2006/11 異常気象を生む気候変動「予測システムの確立へ」フジサンケイビジネスアイ
- ・ 山形俊男 206/11 Getting weather 「Indian Ocean 'El Niño' cause of Japan's steamy summer?」 The Asahi Shimbun
- ・ 山形俊男 2006/11 海水温の変動予測を実現 東京大学新聞
- ・ 山形俊男 2006/12 ダイポールモード現象「インド洋発日本の猛暑」産経新聞
- ・ 山形俊男 2007/1 異常気象世界で猛暑「エルニーニョ主因の見方」日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2007/4, 報道ステーション「特集：アザラシの赤ちゃんが危ない」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2007/5, 「ラニーニャ, 来月にも発生」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2007/5, 「Indian Ocean dipole favours good monsoon」, The Hindu Business Line (India)
- ・ 山形俊男, 2007/5, 「今年は猛暑?」, 日本農業新聞
- ・ 山形俊男, 2007/6, 「先進的海洋研究活用で講演会」, 日本海事新聞
- ・ 山形俊男, 2007/6, 「日本海事センター, 先進的海洋研究で講演会」, 海事プレス
- ・ 山形俊男, 2007/6, 「日本海事センター, 来月3日に講演会」, 日刊海事通信
- ・ 山形俊男, 2007/6, 「海洋気象学の世界的権威, 7月3日に講演会」, ジャパン・ショッピング・ニュース
- ・ 山形俊男, 2007/7, 「40年ぶり太平洋とインド洋で異常気象発生に専門家が警鐘」, FRIDAY
- ・ 山形俊男, 2007/7, 「世界各地で天候異変 農業・生活打撃」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2007/7, 「海洋科学, 海運に活用」, 日本海事新聞
- ・ 山形俊男, 2007/7, 「海流の最大流速活用で約10%の燃料節約」, 海事プレス
- ・ 山形俊男, 2007/7, 「海事センター, 海運への海洋研究活用で講演会」, 日刊海事通信
- ・ 山形俊男, 2007/8, スーパーJチャンネル「特集：異常気象(2) 巨大台風」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2007/10, 「記録的な猛暑の原因が台風にも大異変を起こす?」プレイボーイ
- ・ 山形俊男, 2007/11, 「異常気象の引き金 インド洋の海水温変動」, 科学新聞
- ・ 山形俊男, 2007/10, 「Signal failure」, The Weekly Times (Australia)
- ・ 山形俊男, 2007/10, 「Signals point to solution」, The Weekly Times (Australia)
- ・ 山形俊男, 2007/11, 「ラニーニャ長期化厳冬に?」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2007/12, 「異常気象のカギ インド洋にも?」, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2008/1, スーパーJチャンネル「特集：地球温暖化・異常気象」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2008/2, クローズアップ現代「地球温暖化 異常気象 海からの警告」NHK 総合 (取材協力)

- ・ 山形俊男, 2008/3, 「海流つかみ省エネ運航」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2008/3, 「日本郵船 海流活用し省エネ運航」, 海事新聞
- ・ 山形俊男, 2008/5 スーパー J チャンネル「異常気象」テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2008/6 IN side OUT 「海温変化と気候変動」BS イレブン
- ・ 山形俊男, 2008/7 「局地に異変 気象ゲリラ」毎日新聞
- ・ 山形俊男, 2008/7 FNN スーパーニュース「異常気象の原因」フジテレビ
- ・ 山形俊男, 2008/8 各地で「猛暑」記録 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2008/8 「局地的豪雨の頻発 シベリアの高温など原因」日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2009/2 おはよう世界「豪森林火災とダイポール現象」NHK BS1
- ・ 山形俊男, 2009/3 「食品産業文化振興会セミナー」日本食糧新聞
- ・ 山形俊男, 2009/6, スーパーJ チャンネル「異常気象」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2009/7, スーパーニュース「九州中国に再び豪雨」, フジテレビ
- ・ 山形俊男, 2009/7, 長引く梅雨原因は「エルニーニョ現象も影響?」, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2009/8, 7月豪雨・竜巻「エルニーニョ一因か」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2009/10, 報道ステーション「豪雨災害と謎の毒キノコ・・・亜熱帯化する日本」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2009/11, 進化する天気予報「野菜糖度に「翻訳」/30年後予測も」, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2009/12, 船の CO2 排出削減, 新技術が続々, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2010/1, 天地異変「巨大地震 火山噴火, 寒い夏……」, 週刊ポスト
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「エルニーニョ現象 1年前から予測可能」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「エルニーニョ 20か月前に予測」, 読売新聞
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「1年前にエルニーニョ予測 インド洋の水温観測」, デイリースポーツ
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「エルニーニョ, より早く予測可能に」, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「エルニーニョを 1年前から予測＝インド洋水温を利用」, 時事通信社
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「エルニーニョ・ラニーニャ 予測手法を開発」, 日刊工業新聞
- ・ 山形俊男, 2010/2, 「インド洋水温で予測 1年前でも高精度」, 信濃新聞など他多数
- ・ 山形俊男, 2010/4, 報道ステーション「エルニーニョもどき」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2010/4, めざまし土曜日「」, フジテレビ
- ・ 山形俊男, 2010/6, 「異常気象でどうなる?」, 女性セブン
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「異常気象予測で減災」, 読売新聞夕刊
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「関東の集中豪雨 変則的な梅雨<今後 1週間注意を>」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「集中豪雨今後も注意」, 日本経済新聞朝刊
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「海の温暖化」, 東京新聞
- ・ 山形俊男, 2010/7, サンデーフロントライン「集中豪雨」, テレビ朝日

- ・ 山形俊男, 2010/7, みのもんたの朝ズバ「エルニーニョもどき」, TBS
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「インド洋水温上昇も影響」, 読売新聞朝刊
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「世界の気象異変」, 朝日新聞朝刊
- ・ 山形俊男, 2010/7, 「海の温暖化」, 東京新聞
- ・ 山形俊男, 2010/9, News Every 「113年ぶり記録更新猛暑」, 日本テレビ
- ・ 山形俊男, 2010/9, 「猛暑の次は台風多発」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2010/9, 乾きと命<10世界子ども救援キャンペーン 見えないアフリカ, 追われる民>「背景に温暖化」, 毎日新聞
- ・ 山形俊男, 2010/10, 「気候に理解深める」, 福島民報朝刊
- ・ 山形俊男, 2010/10, 奇跡の地球物語「南太平洋の楽園 小さな島が語る地球大変動」, テレビ朝日
- ・ 山形俊男, 2010/11, 「今冬は厳寒予測」, 読売新聞夕刊
- ・ 山形俊男, 2010/11, 「<季節予報>気象庁はなぜ外す」, 週刊文春
- ・ 山形俊男, 2010/11, 「海の温度と大気の流れに注目」, 朝日小学生新聞
- ・ 山形俊男, 2010/12, 「地球規模の気候変化に環境問題で意見交換」, 福島民友
- ・ 山形俊男, 2010/12, 「海水温・北極振動 引き金」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2011/4, 「放射性物質予測の個別公表控えて」気象学会が通知, 研究者に波紋, 朝日新聞
- ・ 山形俊男, 2011/7, 「タイ洪水をもたらした大雨は予測できていた」, National Geographic web 版
- ・ 山形俊男, 2011/11, 「ラニーニャ, 今冬顕著に」, 日本経済新聞
- ・ 山形俊男, 2011/11, 「みんなで科学ラジオラボ」タイ洪水について取材協力, NHK ラジオ
- ・ 山形俊男, 2011/12, 賢い生き方のススメ「海の現象がめぐりめぐって陸上の天気に影響するのです.」, COMZINE

1 2. 学内外の委員会等

(1) 学内

- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 副研究科長
- ・ 山形俊男, 理学系研究科・理学部, 研究科長/学部長
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 企画室会議・メンバー
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 学術運営委員会・メンバー
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 教育推進委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 理学系研究科教育会議・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 学生支援室運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 共用スペース運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 防災委員会・委員

- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 植物園運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, スペクトル化学研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 地殻化学実験施設運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 天文学教育研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 原子核科学研究センター運営協議会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, ビックバン宇宙国際研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 理学系研究科, 生物情報科学科協議会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 教育研究評議会・評議員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 入試監理委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 教育運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 国際高等研究所運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 総長室総括委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 入試教科委員会・委員長
- ・ 山形俊男, 東京大学, 入試制度委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, ハラスメント防止委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 新図書館構想推進委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 伊藤国際学術研究センター管理・運営方針検討委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 情報委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 評価委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 奨学金返還免除候補者選考委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 外国人留学生支援基金運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 学術諮問委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 若手研究者自立促進プログラム運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 教員評価制度委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 人工物工学研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 素粒子物理国際研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 物性研究所協議会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 宇宙線研究所協議会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 海洋アライアンス評議会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 地震研協議会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 大学総合教育研究センター運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, 生命科学ネットワーク運営委員会・委員
- ・ 山形俊男, 東京大学, メディカルキューブ運営委員会・委員

(2) 学会

- ・ 山形俊男, 日本海洋学会, 評議員会・評議員
- ・ 山形俊男, 日本海洋学会, 学会賞・岡田賞・宇田賞 各賞選考委員会・委員

- ・ 山形俊男, 日本海洋政策学会, 編集委員会・委員長
- ・ 山形俊男, 日本海洋政策学会, 理事

(3) 行政・その他

- ・ 山形俊男, 日本ユネスコ国内委員会・委員
- ・ 山形俊男, 日本ユネスコ国内委員会, 自然科学小委員会 政府間海洋学委員会 (IOC) 分科会・主査
- ・ 山形俊男, 日本ユネスコ国内委員会, 選考小委員会・委員
- ・ 山形俊男, 文部科学省 科学技術政策研究所, 科学技術動向研究センター・専門調査委員
- ・ 山形俊男, 宇宙航空研究開発機構, 海洋・宇宙連携委員会・委員長
- ・ 山形俊男, 日本学術会議, 連携会員
- ・ 山形俊男, 国際科学会議 (ICSU) アジア太平洋地域委員会(RCAP)・委員
- ・ 山形俊男, 科学技術振興機構, 国際科学技術協力推進・委員
- ・ 山形俊男, 総合地球環境学研究所, プロジェクト評価委員会・委員
- ・ 山形俊男, 会津大学先端情報科学研究センター, アドバイザリーボード・委員
- ・ 山形俊男, 日本海洋科学振興財団, 理事
- ・ 山形俊男, 海洋研究開発機構, アプリケーションラボ・ラボヘッド
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, ニューズレター編集委員会・編集代表
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, 海洋白書 2011 編集委員会・委員
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, 海洋研究会議・委員
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, 島と海の保全・管理研究委員会・委員
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, 我が国の海洋教育体系に関する研究委員会・委員
- ・ 山形俊男, 海洋政策研究財団, 総合的海洋政策研究委員会・委員
- ・ 山形俊男, 特定非営利活動法人 地球環境・経済研究機構・理事
- ・ 山形俊男, 特定非営利活動法人 エコロジーカフェ・サイエンスフェロー
- ・ 山形俊男, 株式会社フォーキャスト・オーシャン・プラス・顧問
- ・ 山形俊男, 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

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：(各学部・修士2・博士4)

外国人研究者数：6

(2) 派遣

学生数：3；研究者数：0

(3) 海外からの来訪者数：多数

宇宙惑星科学講座

杉浦 直治

I. 略歴

氏名： 杉浦 直治

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1972年（昭和47年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1974年（昭和49年）3月 東京大学理学系研究科地球物理専攻修士課程 修了

1977年（昭和52年）3月 東京大学理学系研究科地球物理専攻博士課程 修了

1977年（昭和52年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1977年（昭和52年）4月 リサーチアソシエイト カナダ トロント大学 地質学科

1986年（昭和61年）9月 リサーチアソシエイト カナダ ブリティッシュコロンビア大学 地質学科

1987年（平成62年）3月 東京大学理学系研究科地球物理専攻 助教授

1998年（平成10年）3月 東京大学理学系研究科地球惑星物理専攻 教授

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

太陽系の形成の歴史を明らかにすることを目的として、年代測定、固体粒子の凝縮と集積、安定同位体比異常などの研究を行った。

Mn-Cr系の年代測定は主に炭素質隕石の炭酸塩の年代を決定することを目的とした。これまでも、このような研究は2次イオン質量分析計を使っていくつか行われていて、太陽系最古の固体であるCAI（CaとAlに富んだ包有物）と同じくらい古い年代も報告されていた。しかし、いずれもMn/Crの相対感度を正しく見積もっていないために、信頼できる結果とは言い難いものであった。そこで、MnとCrを含んだ炭酸塩を合成し、Mn/Crの相対感度を正しく見積もり、確度の高い炭酸塩の年代を求めることができた。CMコンドライトの場合、炭酸塩の形成年代はCAIから数えておよそ500万年後である。この年代と²⁶Alを熱源とする母天体の熱史を組み合わせることにより、母天体の集積年代を求めることができ、その結果始原的な炭素質隕石の母天体の集積年代はCAIから数えておよそ350万年後となる。これは他の隕石（エイコンドライト、鉄隕石、普通隕石）などと比べて、一番遅い集積年代である。この結果は、早く集積した微惑星はより高い温度まで加熱されたこと、すなわち天体の集積は、エイコンドライト+鉄隕石、普通隕石、炭素質隕石の順番で起きたことを示している。また、小惑星帯中での、普通隕石、炭素質隕石母天体の分布を外挿すると、エイコンドライト+鉄隕石は太陽系の内側で集積したと考えられる。すなわち、微惑星の集積は、内側から順番に起き、小惑星帯の外縁で集積が起きるまで

に 350 万年かかったことが解る。この様にして求めた母天体の集積年代は ^{54}Cr 安定同位体異常と良い相関がある。 ^{54}Cr は超新星で作られることが知られている。また ^{54}Cr の異常はサブミクロンサイズの酸化物がキャリアーであることが知られている。これらのことから、 ^{54}Cr のキャリアーは形成途中の太陽系星雲の外縁部に近くの超新星から注入され、移流・拡散によって内惑星領域にもたらされたと考えられる。これをシミュレーションすると、星雲内の拡散係数を求めることができる。これらの成果により、初期太陽系における、微惑星の集積過程の理解は格段に進んだと思う。

コランダムは高温のガスから凝縮する最初の固体(量の多いものとしては)であり、星雲内の固体粒子の凝縮集積がどのように起きたのかを知るうえで重要である。しかし凝縮物として星雲の環境を教えてくれるコランダムの粒子はこれまでほとんど見つかっていなかった。私が始原的隕石に発見したコランダムは、かなりの確率で集合体を形成しており、空間的な凝縮物の数密度が大きかったことを示唆した。またいくつかの場合は、コランダムの周囲にヒボナイト(コランダムとガスの反応によってできる)が見られ、その場における星雲の冷却速度がある程度ゆっくりしていたことが解った。また、凝縮物として最も量の多いオリビンについてその化学組成に基づいて凝縮環境の推定を行った。重要な知見として細粒で空隙の多いオリビンの集合体は Ca の濃度が低く、Mn の濃度が高い(逆に粗粒で空隙の少ない集合体では Ca の濃度が高く、Mn の濃度が低い)ことが解った。これは、オリビンの凝縮が熱力学的に非平衡な状態で起きたこと、および集合体の多くは長時間の再加熱あるいは非常にゆっくりした冷却を経験したことを示している。これは原始太陽系星雲中の凝縮過程に関する重要な知見である。

3. 特に優れた論文 5 編

1. McClelland E. and N. Sugiura (1987), A kinematic model of TRM acquisition in multidomain magnetite. *Phys. Earth Planet. Interi.*, 46, 9-23.

岩石磁気学の基礎となる論文。

2. Heider F., D.J. Dunlop, and N. Sugiura (1987), Magnetic properties of hydrothermally recrystallized magnetite crystals. *Sci.*, 236, 1287-1290.

3. Sugiura N., Y. Shuzou and A. Ulyanov. (2001), Be-B and Al-Mg systematics of CAIs in CV chondrites. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 36, 1397-1408.

Be-B 系の重要性を明示した。

4. Nakamura T.M., N. Sugiura, M. Kimura, A. Miyazaki and A.N. Krot (2007), Condensation and aggregation of solar corundum and corundum-hibonite grains. *Meteoritics & Planet. Sci.*, 42, 1267-1279.

初期太陽系における微粒子の凝縮・集積を調べた。

5. Fujiya, W., N. Sugiura, H. Hotta, K. Ichimura, and Y. Sano (2012), Evidence for the late formation of hydrous asteroids from young meteoritic carbonates, *Nature Communications*, 3, 627.

始原的隕石母天体の集積時期を決めた。

4. 受賞等

- ・ 杉浦直治, 隕石磁気の研究, 田中館賞, 日本地球電磁気学会, 昭和 63 年 4 月 27 日.
- ・ 杉浦直治, 初期太陽系の年代学・物質進化に関する研究, 日本地球化学会学会賞, 日本地球化学会, 2012年9月12日.

5. 研究の将来計画

これまでの研究の延長として初期太陽系における微惑星の集積のシナリオをより確実なものとする努力を続ける必要がある。これまでの研究成果の欄で書いたように、微惑星の集積時期と ^{54}Cr の同位体異常の間には良い相関がある。しかし中にはこの相関から外れるものも存在する。これが何を意味するのかは現在は不明である。従って、より多くの隕石母天体について、その集積時期を決めることが重要である。すでに、ほとんどの主要な隕石種に関しては、集積年代が求められている。しかし、近年多くの新しいエイコンドライトの種類が同定されるようになってきた。これらに属する隕石はごくわずかしがなく、極端な場合1個の隕石で、1つの種類を構成している。これらのエイコンドライトは、私の解釈では、地球領域で作られた母天体の破片であり、現在では大きな母天体(小惑星)は存在しないものと思われる。このように数的にはマイナーな存在ではあっても、これらは、太陽系の最初期に集積したはずのものであり、それらがこれまでに得られている“集積時期と ^{54}Cr の同位体異常の間の相関”と調和的な存在かどうかを調べることは、太陽系形成論の検証として非常に重要な課題である。そのために、新しい種類のエイコンドライトの年代測定を行っている。これまでの経験から、使える年代測定系は主にMn-Cr系である。確度の高い測定を行うためには、良い標準試料を作るところから始める必要があり、現在これに取り組んでいる。また、測定対象となるエイコンドライトを手に入れて、電子顕微鏡観察を行い、年代測定に適した鉱物を探す作業も行っている。また、 ^{54}Cr の同位体異常については私自身は測定手段を持たないので国内外の研究者と協力してデータを得る予定である。

もう1つの研究として“メソシデライトの形成について“というテーマで研究を行っている。メソシデライトは石鉄隕石の1種であるが、その形成に関しては多くの謎がある。1つには、その金属鉄の起源である。ふつうメソシデライトの金属鉄は、小惑星のコア起源とされているが、化学組成はむしろコンドライト的であり、始原的なものである可能性を否定できない。もう1つの謎は、再加熱の熱源である。メソシデライトはケイ酸塩と金属鉄が混合した後に、再加熱され、そのあと急冷されている。この再加熱の熱源が良く解らない。(急冷はメソシデライトが天体の表面近くにあったことを意味している。) 上述の謎を解明し、初期太陽系の環境を理解するために、いくつかのメソシデライトの観察を始めている。予備的な観察によると、メソシデライトの金属鉄はケイ酸塩と混合した当初は、細粒でなおかつ粒子サイズが良くそろっていたと思われる。これは金属鉄が太陽系星雲中で形成されたことを示唆しており、

今後微量元素組成などを詳細に調べる必要がある。また、再加熱の熱源を理解するために、再加熱時の最高到達温度、その継続時間、そのあとの冷却速度を求めようとしている。再加熱時に、メソシデライトは天体の表面近くに存在していたことは明らかなので、熱源が天体内にあったのか、あるいは天体外にあったのかを明らかにしたい。補足するならば、この時期にはコンドライトに見られるコンドルールの形成が小惑星帯でおきており、天体外に熱源があった可能性は否定できない。より一般的に言うと、メソシデライトのケイ酸塩の部分はエイコンドライトの一種であり、太陽系形成のごく初期に形成しており、そのころの太陽系の環境を解読できる可能性があると考えて研究を行っている。

6. 競争的資金獲得状況

- (1) 科研費
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

- (1) 査読付き原著論文
 1. Sugiura N. and A. Miyazaki (2006), Mn-Cr ages of Fe-rich olivine in two Rumuruti chondrites. *Earth Planets and Space*, 58, 689-694.
 2. Sugiura N., A. Miyazaki and Q.-Z. Yin (2006), Heterogeneous distribution of ^{60}Fe in the early solar nebula: Achondritic evidence. *Earth Planets and Space*, 58, 1079-1086.
 3. Ushikubo T., H. Hiyagon and N. Sugiura (2007), A FUN like hibonite inclusion with a large ^{26}Mg -excess. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 254, 115-126.
 4. Nakamura T. M., N. Sugiura, M. Kimura, A. Miyazaki, A.N. Krot (2007), Condensation and aggregation of solar corundum and corundum-hibonite grains. *Meteoritics & Planet. Sci.*, 42, 1267-1279.
 5. Sugiura N. and A.N. Krot (2007), ^{26}Al - ^{26}Mg systematics of Ca-Al-rich inclusions, amoeboid olivine aggregates and chondrules from the ungrouped carbonaceous chondrite Acfer 094. *Meteoritics & Planet. Sci.*, 42, 1183-1195.
 6. Ushikubo T., Y. Guan, H. Hiyagon, N. Sugiura, and L.A. Leshin (2007), ^{36}Cl , ^{26}Al , and O isotopes in an Allende type B2 CAI: Implications for multiple secondary alteration events in the early solar system. *Meteoritics & Planet. Sci.*, 42, 1267-1279.
 7. Sugiura N., M.I. Petaev, M. Kimura, A. Miyazaki and H. Hiyagon (2009), Nebular history of amoeboid olivine aggregates, *Meteoritics & Planet. Sci.*, 44, 559-572.
 8. Sugiura N., K. Ichimura, W. Fujiya W. and N. Takahata (2010), Mn/Cr relative sensitivity factors for synthetic calcium carbonate measured with a NanoSIMS ion microprobe. *Geochemical Journal*, 44, e11 - e16.
 9. Fujiya W., N. Sugiura, N. Takahata and H. Hiyagon (2011), In-situ chromium isotope

measurement of chromium-rich fine grains in the Murchison CM2 chondrite. *Geochem. J.*, 45, 275-281.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Sugiura N and W. Fujiya (2011), Correlation between ^{54}Cr anomalies and accretion ages of meteorite parent bodies: Implications for the evolution of the solar nebula. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 5105.pdf.

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. N. Sugiura, K. Ichimura, W. Fujiya, K. Takahata and Y. Sano, A preliminary study on $^{55}\text{Mn}/^{52}\text{Cr}$ relative sensitivity for a synthetic calcite: Implications. 72nd Meteoritical Society Meeting, July13-18, 2009, Nancy, France, 「一般」

他 26

(2) 国内会議

1. N. Sugiura, The metal grain size distribution in the NWA1878 mesosiderite. PPS004-01, Japan Geoscience Union Meeting, May 2011, Chiba, Japan, 「一般」

他 13

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 山田明憲 東京大学理学系研究科研究奨励賞（修士）2010/3

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：0

外国人研究者数：0

(2) 派遣

学生数：修士 0, 博士 1 (カナダ)

研究者数：0

(3) 海外からの来訪者数：2 (カナダ 1, USA 1)

星野 真弘

I. 略歴

氏名： 星野 真弘

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1981年（昭和56年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1983年（昭和58年）3月 東京大学理学系研究科地球物理学専攻修士課程 修了

1986年（昭和61年）7月 東京大学理学系研究科地球物理学専攻博士課程 修了

1986年（昭和61年）7月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1986年（昭和61年）7月 米国 NASA/GSFC 特別研究員

1988年（昭和63年）10月 米国ローレンスリバモア国立研究所 ポスドク研究員

1991年（平成3年）4月 理化学研究所 基礎科学特別研究員

1993年（平成5年）10月 宇宙科学研究所 企画情報解析センター 助教授

1998年（平成10年）1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

この数年に亘って行ってきた主な研究は、磁気リコネクションや衝撃波における粒子加速に関わるプラズマ素過程を明らかにすることである。近年宇宙における高機能衛星観測により、身近な宇宙から遠くの宇宙まで、詳細なプラズマ観測データが得られるようになり、粒子加速がクローズアップされてきている。粒子加速に関わる研究は、スペース・宇宙物理などの学際領域分野として活発に行われている。以下、理論および観測の両側面から取り組んだ研究について述べる。

まず、最初は磁気リコネクションの研究であり、地球磁気圏などの非相対論領域からマグネターやパルサー磁気圏で期待される相対論的領域の両方について研究を行った (Hoshino and Lyubarsky, SSR, 2012)。まず相対論的リコネクション研究としては、プラズマ粒子シミュレーションを用いて、磁場のトポロジー変化はもとよりプラズマ加熱や粒子加速の効率が、ガイド磁場によって大きく左右されることを明らかにし (Zenitani & Hoshino, ApJ, 2007; Zenitani & Hoshino, ApJ, 2008), また高温プラズマからの輻射がリコネクションの時間発展を大きく支配することも見出した (Jaroscheck and Hoshino, PRL, 2009)。一方非相対論的リコネクション研究では、数値シミュレーションと磁気圏衛星のデータ解析を融合することにより、粒子加速の研究を進めた。シミュレーション研究で予想された結果をもとに (Hoshino et al. JGR, 2001, Hoshino, JGR, 2005), Geotail および Cluster 衛星のデータを解析することで、従来から知られていた X 点での加速だけでなく、高速プラズマ流が磁気島と衝突する領域での多段階加

速が重要であることを示した (Imada et al. JGR, 2007; Imada and Hoshino, JGR, 2008; Imada et al., JGR, 2011). 更に, リコネクションに伴うスローモード衝撃波 (Higashimori and Hoshino, JGR, 2011) や乱流リコネクション (Yokoi and Hoshino, PoP, 2011) についても研究を行った.

2 番目のテーマは, スーパーコンピューターを用いた, 高マッハ数の衝撃波での粒子加速である. 高マッハ数の衝撃波においては, 先の 1 次元シミュレーションを用いた研究 (Hoshino and Shimada, ApJ, 2002) で, 衝撃波遷移層でのソリトンの静的電場の形成とそれによる波乗り加速が重要であることを示していたが, これを 2 次元系へと拡張することによって, 乱流的に存在するソリトンの静的電場による効率良い電子加速を見出し, その加速効率の定量的な評価を行った (Amano and Hoshino, ApJ 2007; Amano and Hoshino, ApJ, 2009; Matsumoto et al., ApJ, 2012). 我々は, 小スケールのソリトンの電場が, 電子加速や加熱には重要であること, そしてこのような波乗り加速を介した前段階加速が, 所謂フェルミ加速での電子注入問題への解決の糸口を与えることを理論的に示した (Amano and Hoshino, PRL, 2010).

3 番目のテーマは, 超高エネルギー粒子加速を目指したプラズマと光子の相互作用の研究である. 光子とプラズマの相互作用は, 超強度レーザープラズマだけでなくプラズマ宇宙においても重要な普遍的過程である. 相対論衝撃波の上流における大振幅電磁波である先駆波 (光子) と冷たい上流のプラズマとのラマン散乱の波動相互作用により, 衝撃波のローレンツ因子に応じた超高エネルギー粒子が生まれることを示し, 観測される宇宙最高エネルギーのモデルとしての可能性を議論した (Hoshino, ApJ, 2008). またこの研究を切欠として, レーザー実験グループと非コヒーレント航跡場による粒子加速の共同実験・研究を行った (Kuramitsu et al., ApJ Letter, 2008; Kuramitsu et al. PoP, 2011; Kuramitsu et al. Phys. Rev. E, 2011).

3. 特に優れた論文 5 編

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)

かに星雲における X 線・ガンマ線領域でのシンクロトロン輻射の生み出す高エネルギー粒子の起源を相対論衝撃波で励起される磁気音波と粒子のシンクロトロン共鳴で説明できることを示した論文 (被引用回数 231)

2. M. Hoshino, T. Mukai, T. Terasawa, and I. Shinohara, Suprathermal electron acceleration in magnetic reconnection, *J. Geophys. Res.*, 106, 25,979-25,998 (2001)

地球磁気圏や太陽コロナの磁気リコネクションにともない観測される非熱的電子の加速過程を, 数値シミュレーションを駆使して研究した論文で, 磁場の弱い X 点だけでなく磁場の強くなる O 点の周りでも効率よく加速されることを明らかにした (被引用回数 96)

3. M. Hoshino, A. Nishida, T. Yamamoto, and S. Kokubun, Turbulent Magnetic Field in the Distant Magnetotail: Bottom-Up Process of Plasmoid Formation?, *Geophys. Res. Lett.*, 21, 2,935-2,938 (1994)

地球磁気圏で観測された磁場データを解析することにより, プラズマ・シートでの磁

場の揺らぎには静穏状態とよく発達した乱流状態があること、また更に乱流状態では構造に磁気リコネクションによって作られる磁気島に関連した特徴的スケールがあることを指摘した論文 (被引用回数 93)

4. M. Hoshino and N. Shimada, Nonthermal Electrons at High Mach Number Shocks: Electron Shock Surfing Acceleration, *Astrophys. J.*, 572, 880-887 (2002)

超新星爆発衝撃波や惑星間空間衝撃波など高マッハ数の衝撃波の観測で、高エネルギー電子が加速されていることが知られていたが、加速に必要な種電子の注入機構が未解決であった。本論文では、小スケールの静電場に注目することにより、電子の「波乗り加速」機構で、相対論的エネルギーの電子が作られることを理論・シミュレーションで明らかにし、電子注入問題を解決した (被引用回数 81)

5. M. Hoshino, A. Nishida, T. Mukai, Y. Saito, T. Yamamoto, and S. Kokubun, Structure of Plasma Sheet Current in Magnetotail: Double-Peaked Electric Current Sheet, *J. Geophys. Res.*, 101, 24,775-24,786 (1996)

地球磁気圏のプラズマシートは、ブラソフ平衡解であるハリス解で近似されると考えられていたが、Geotail 衛星の観測データを解析することにより、電流シートが二つに分かれた「分裂した電流層」がしばしば現れることを示した。その後 Cluster 衛星などでも同様の構造が多数発見され、電流シート構造の理論・観測研究の先駆けとなった (被引用回数 72)

4. 受賞等

- ・ Physics Distinguished Achievement, Lawrence Livermore National Laboratory/USA (1990), 相対論衝撃波における粒子加速の研究
- ・ 田中館賞, 地球電磁気・地球惑星圏学会 (1998), 磁気リコネクションにおけるプラズマ加速加熱過程の研究
- ・ Group Achievement Award, NASA/USA (1998), ジオテール衛星による磁気圏観測研究

5. 研究の将来計画

スペースおよび宇宙プラズマでの粒子加速の研究を引き続き展開する。熱的粒子のエネルギーを凌駕する非熱的粒子の存在は、地球磁気圏においてもパルサー磁気圏、AGN ジェットなどにおいても、どこにでも観られる。非熱的粒子の数密度は一般に少ないが、エネルギー密度は熱的エネルギー密度を超えることがしばしば見受けられる。私の研究目的は、何処でどのようにして非熱的粒子が生成されるかを、スペースや天体现象の動力的進化と併せて理解することである。

(無衝突衝撃波の研究) 太陽フレアで励起された惑星間衝撃波では非熱的イオンが観測されるが、非熱的電子が観測されることはほとんどない。一方相対論的電子とシンクロトロン放射が超新星爆発衝撃波からは観測される。この電子加速が超新星爆発衝撃波と惑星間衝撃波で違うことを解明すべく、衝撃波のマッハ数の関数として、マイクロとマクロ結合に着目した研究を行う。既にプラズマ粒子シミュレーションを用いて、衝撃波上流域に励起される静電場が、衝撃波注入問題と呼ばれる電子の前段階

加速に重要であることを指摘してきた (e.g., Hoshino and Shimada, ApJ, 2002; Amano and Hoshino, PRL, 2010). しかし, 計算機能力のため, これまでの数値計算は, 必ずしも高マッハではなく, またイオンと電子の質量比も計算の都合上小さな値で過程していた (e.g., Matsumoto, Amano and Hoshino, ApJ, 2012). 今後は, FX10 および京のスーパーコンピュータを用いた大規模計算を行うことにより, 高マッハ数の衝撃波の物理を明らかにする.

(降着円盤における運動論的磁気回転不安定の研究) 大質量ブラックホール天体の無衝突降着円盤の研究を進める. 最近磁気回転不安定 (magneto-rotational instability, MRI) は, 衝突系 MHD の枠組みで, 降着円盤を維持する角運動量輸送を担うメカニズムとして着目された. しかし, 近年ブラックホール周りの降着円盤では, 電子とイオンの温度が異なること, 非熱的電子が観測されることから, 無衝突系での MRI の理解が求められている. 無衝突 MRI の理解には, 太陽圏で議論されてきている素過程の知見を生かすことができる. 我々は既に2年ほど前から無衝突 MRI の研究を開始し, 粒子計算の結果, 硬いスペクトルをもつ非熱的粒子加速が可能であるとの初期結果を得ている. このような研究を通して, 原始太陽系などの衝突系およびブラックホール周りの無衝突系での MRI の統一的理解を目指す.

(乱流磁気リコネクションの研究) 磁気リコネクションは, 地球磁気圏や太陽コロナなどの磁気活動プラズマ系での長年の未解決問題である. これまで我々のグループでは, プラズマ温度が非相対論から相対論領域領域までを含めて, 統一的に磁場エネルギー散逸過程や粒子加速の物理を, 単一の X 型リコネクションの場合に研究してきた (e.g., Zenitani and Hoshino, PRL, 2005; Jaroschek and Hoshino, PRL, 2009). 次の研究ステップとして, 複数のリコネクションが存在する系での相互作用や乱流状態でのリコネクションが重要であると考えている (Hoshino, PRL, 2012). 我々は, 最新の乱流物理発展を踏まえた乱流リコネクションモデルを構築しており (e.g., Yokoi and Hoshino, PoP, 2011), 特に空間の対称性を破るクロス・ヘリシティの時間発展を組み入れた数値計算を行っている. 自己無撞着の乱流発生によってリコネクションがどのように時間発展するかを解明する. また Magnetospheric Multiscale (MMS/NASA) 衛星計画の理論チームとして, 2014 年の衛星打ち上げ後には理論データ解析を担当する.

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

○ 代表者

- ・ 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, 2010-2013, 15,600 千円
- ・ 挑戦的萌芽研究, 輻射場とプラズマの相互作用による磁場生成, 2010-2011, 2,960 千円 (代表)
- ・ 基盤研究(B), 相対論衝撃波での航跡場加速, 2007-2009, 15,860 千円
- ・ 基盤研究(C), 相対論的プラズマトリニティ, 2006, 3,100 千円

○ 分担者として参加

基盤研究(C), 衝撃波加速理論による宇宙線陽子・電子比の起源解明, 2009-2011

- ・ 基盤研究(A), 大出力レーザーを用いた無衝突衝撃波の形成と粒子加速物理機構の解明, 2005-2008
- ・ 学術創成研究, 宇宙天気予報の基礎研究, 2005-2009, 総額 580,320 千円 (東大配分, 20,000 千円)

(2) 共同研究

- ・ Magnetospheric MultiScale Mission/MMS -Smart, NASA

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Y. Matsumoto and M. Hoshino, Turbulent mixing and transport of collisionless plasmas across a stratified velocity shear layer, *J. Geophys. Res.*, Vol.111, doi:10.1029/2004JA010988 (2006)
2. W. Baumjohann, A. Matsuoka, K.H. Glassmeier, C.T. Russell, T. Nagai, M. Hoshino, T. Nakagawa, A. Balogh, J.A. Slavin, R. Nakamura, and A. Magnes, The magnetosphere of Mercury and its solar wind environment: Open issues and scientific questions, *Adv. Space Res.*, Vol.38, Issue 4, 604-609 (2006)
3. S. Imada, R. Nakamura, P.W. Daly, M. Hoshino, W. Baumjohann, S. Muhlbacher, A. Balogh, and H. Reme, Energetic electron acceleration in the downstream reconnection outflow region, *J. Geophys. Res.*, Vol.112, 10.1029/2006JA011847, CiteID A03202 (2007)
4. T. Amano and M. Hoshino, Electron Injection at High Mach Number Quasi-Perpendicular Shocks: Surfing and Drift Acceleration, *Astrophys. J.*, 661, 190 (2007/05)
5. W. Baumjohann, A. Roux, O. Le Contel, R. Nakamura, J. Birn, M. Hoshino, A. T. Y. Lui, C. J. Owen, J.-A. Sauvaud, A. Vaivads, D. Fontaine, and A. Rounov, Dynamics of Thin Current Sheets: Cluster Observations, *Annales Geophysicae*, 21, 1-25 (2007/06)
6. S. Zeniani and M. Hoshino, Particle Acceleration and Magnetic Dissipation in Relativistic Current Sheet of Pair Plasmas, *Astrophys. J.*, 670, 702-726 (2007/11)
7. Y. Saito, S. Yokota, K. Asamura, T. Tanaka, R. Akiba, M. Fujimoto, H. Hasegawa, H. Hayakawa, M. Hirahara, M. Hoshino, S. Machida, T. Mukai, T. Nagai, T. Nagatsuma, M. Nakamura, K. Oyama, E. Sagawa, S. Sasaki, K. Seki, and T. Terasawa, Low energy charged particle measurement by MAP-PACE onboard SELENE, *Earth, Planet and Space*, 60, 375-385 (2008)
8. M. Hoshino, Wakefield Acceleration by Radiation Pressure in Relativistic Shock Waves, *Astrophys. J.*, 672, 940-956 (2008/01)
9. C. Jaroschek and M. Hoshino, Stochastic Particle Acceleration by the Forced Interaction of Relativistic Current Sheets, *Adv. Space. Res.*, 41, 481-490 (2008/02)

10. S. Zenitani and M. Hoshino, The Role of Guide Field in Relativistic Pair Plasma Reconnection, *Astrophys. J.*, 677, 530-544 (2008/04)
11. A.S. Sharma, R. Nakamura, A. Runov, E.E. Grigorenko, H. Hasegawa, M. Hoshino, P.Louarn, C.J. Owen, A. Petrukovich, J.-A. Sauvaud, V.S. Semenov, V.A. Sergeev, J.A. Slavin, B.U.O. Sonnerup, L.M. Zelenyi, G. Fruit, S. Haaland, H. Malova, and K. Snekvik, Transient and localized processes in the magnetotail: A review, *Annales Geophysicae*, 26 (4), 955-1006 (2008/05)
12. K. Nagata, M. Hoshino, C. Jaroschek, and H. Takabe, Interaction between Alternating Magnetic Fields and a Relativistic Collisionless Shock, *Astrophys. J.*, 680, 627-638 (2008/06)
13. Y. Kuramitsu, Y. Sakawa, T. Kato, H. Takabe, and M. Hoshino, Nonthermal Acceleration of Charged Particles due to an Incoherent Wakefield Induced by a Large-Amplitude Light Pulse, *Astrophys. J. Lett.*, 682, L113-L116 (2008/08)
14. S. Imada, M. Hoshino, and T. Mukai, The Dawn-Dusk Asymmetry of Energetic Electron in the Earth's Magnetotail: Observation and Transport Models, *J. Geophys. Res.*, 113(A11), 10.1029/2008JA013610 (2008/12)
15. T. Amano and M. Hoshino, Electron Shock Surfing Acceleration in Multidimensions: Two-Dimensional Particle-In-Cell Simulation of Collisionless Perpendicular Shock, *Astrophys. J.*, 690, 244-251 (2009/01)
16. E.E. Grigorenko, M. Hoshino, M. Hirai, T. Mukai and L.M. Zelenyi, "Geography" of ion acceleration in the magnetotail: X-line versus Current sheet effects, *J. Geophys. Res.*, 10.1029/2008JA013610 (2009/03)
17. C. H. Jaroschek and M. Hoshino, Radiation Dominated Relativistic Current Sheets, *Phys. Rev. Letters*, 103 (7) DOI:10.1103/PhysRevLett.103.075002 (2009/08)
18. T. Amano and M. Hoshino, Nonlinear Evolution of Buneman Instability and Its Implication for Electron Acceleration in High Mach Number Collisionless Perpendicular Shocks, *Physics of Plasmas*, 16, DOI:10.1063/1.3240336 (2009/10)
19. W. Baumjohann, A. Matsuoka, W. Magnes, K.-H. Glassmeier^c, R. Nakamura, H. Biernat, M. Delva, K. Schwingenschuh, T. Zhang, H.-U. Auster, K.-H. Fornacon, U. Motschmann, I. Richter, A. Balogh, C. Carr, M. Dougherty, P. J. Cargill, T. S. Horbury, E. A. Lucek, F. Tohyama, T. Takahashi, M. Tanaka, T. Nagai, H. Tsunakawa, M. Matsushima, M. Shinohara, H. Kawano, A. Yoshikawa, H. Shibuya, T. Nakagawa, M. Hoshino, Y. Tanaka, R. Kataoka, B. J. Anderson, C. T. Russell, Magnetic Field Investigation of Mercury's Magnetosphere and the Inner Heliosphere by MMO/MGF, *Planetary Space Science*, 58, 279-286 (2010/01)
20. N. Shimada, M. Hoshino, and T. Amano, Structure of a Strong Supernova Shock Wave and Rapid Electron Acceleration Confined in its Transition Region, *Physics of Plasmas*, 17, 032902 (2010/03)
21. T. Amano and M. Hoshino, Critical Mach number for electron injection in collisionless shock, *Physical Review Letters*, 104(18), DOI: 10.1103/PhysRevLett.104.181102 (2010/05)
22. Y. Saito, S. Yokota, K. Asamura, T. Tanaka, M.N. Nishino, T. Yamamoto, Y. Terakawa, M. Fujimoto, H. Hasegawa, H. Hayakawa, M. Hirahara, M. Hoshino, S. Machida, T. Mukai, T. Nagai, T. Nagatsumo, T. Nakagawa, M. Nakamura, K. Oyama, E. Sagawa, S. Sasaki, K. Seki, I. Shinohara, T. Terasawa, H. Tsunakawa, H. Shibata, M. Matsumoto, H. Shimizu, F. Takahashi, In-Flight Performance and Initial Results of Plasma Energy

- Angle and Composition Experiment (PACE) on SELENE (Kaguya), *Space Science Reviews*, 154, 265-303 (2010/7)
23. Y. Kuramitsu, N. Nakanii, K. Kondo, Y. Sakawa, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Kimura, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, K. Takeda, M. Tampo, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima, K. A. Tanaka, M. Hoshino, and H. Takabe, Model Experiment of Cosmic Ray Acceleration due to an Incoherent Wakefield Induced by an Intense Laser Pulse, *Phys. of Plasmas*, 18 (1) DOI: [10.1063/1.3528434](https://doi.org/10.1063/1.3528434) (2011/01)
 24. Y. Kuramitsu, N. Nakanii, K. Kondo, Y. Sakawa, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Kimura, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, K. Takeda, M. Tampo, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima, K. A. Tanaka, H. Takabe, and M. Hoshino, Experimental Evidence of Nonthermal Acceleration of Relativistic Electrons by an Intensive Laser Pulse, *Phys. Rev. E*, 83 (2) DOI:10.1103/PhysRevE.83.026401 (2011/02)
 25. S. Imada, M. Hirai, M. Hoshino and T. Mukai, Favorable conditions for energetic electron acceleration during magnetic reconnection in the Earth's magnetotail, *J. Geophys. Res.*, 116 (A8), CiteIDA08217, DOI:10.1029/2011JA016576 (2011/08)
 26. C.-C. Hung, L.-N. Hau, and M. Hoshino, Magnetic reconnection in an anisotropic plasma: Observation and theory, *Geophys. Res. Letters*. 38, Issue 18, CiteID L18106 (2011/08)
 27. N. Yokoi and M. Hoshino, Flow-turbulence interaction in magnetic reconnection, *Physics Plasmas*, 18(11), DOI:10.1063/1.3641968 (2011/11)
 28. E. Grigorenko, L.M. Zelenyi, M.S.Dollgonosov, A.V. Artemiev, C.J. Owen, J.-A. Sauvard, M. Hoshino and M. Hirai, Non-adiabatic Ion Acceleration in the Earth Magnetotail and Its Various Manifestations in the Plasma Sheet Boundary Layer, *Space Science Review*, 164, 133-181, DOI 10.1007/s11214-011-9858-9 (2011/12)
- (2) 学会プロシーディングス等
1. C.H. Jaroschek, Lesch, H., Hoshino, M., Jessner, A., and Treumann, R.A., Radiative Outbursts in Pulsar Emission and Collective Plasma Instabilities: The Potential of Kinetic Plasma Simulations, *Springer Lecture Notes of the 363rd Heraeus Seminar, Bad Honnef*, (2006)
 2. M. Hoshino, S. Zenitani, K. Nagata, and Y. Takagi, Particle Acceleration in Kinetic Plasma Processes, in *Energy Budget in the High Energy Universe*, (eds. K. Sato and J. Hisano), *Proceedings of the International Workshop*, World Scientific, 108-118 (2007)
 3. Masahiro Hoshino, Particle Acceleration due to Radiation Pressure in Relativistic Shock Waves, 30th International Cosmic Ray Conference, OG1.4+2.2, 432 (2007)
 4. Takano Amano and Masahiro Hoshino, Electron Injection at Quasi-Perpendicular Supernova Remnant Shocks, 30th International Cosmic Ray Conference, OG1.4+2.2, 244 (2007)
 5. N. Shimada and M. Hoshino, Role of microscopic plasma instabilities on shock dissipation process, *AIP Conference Proceedings on Future Perspectives of Space Plasma and Particle Instrumentation and International Collaborations*, 1144, 25-28 (2009/12)
 6. T. Amano and M. Hoshino, Quasi-Perpendicular Shocks, *AIP Conference Proceedings on Future Perspectives of Space Plasma and Particle Instrumentation and International*

Collaborations, 1144, 36-39 (2009/12)

7. M. Hirai, T. Kuroda, S. Ida and M. Hoshino, "Heart-Shaped" Plasmoid Observed in the Distant Magnetotail, AIP Conference Proceedings on Future Perspectives of Space Plasma and Particle Instrumentation and International Collaborations, 1144, 44-47 (2009/12)

(3) レビュー論文・総説

1. 星野真弘, 天野孝信 「宇宙における衝撃波粒子加速機構の新展開」, 日本物理学会誌 (解説), Vol.64, No.6, 421-429 (2009/06). 「査読あり」

(4) 著書等

1. M. Hoshino, Nonthermal particle acceleration, in connection of Magnetic Reconnection, (eds. J. Birn and E. Priest), Cambridge Univ. Press, 154-166 (2007) 「査読あり」
2. 星野真弘, シミュレーション天文学, 第 6.1 章「プラズマ粒子シミュレーション」, シリーズ現代の天文学, 日本評論社 (2007) 「査読あり」
3. 星野真弘, 天体物理学の基礎 II, 第 2 章「プラズマと電磁流体」, シリーズ現代の天文学, 日本評論社 (2008) 「査読あり」
4. 星野真弘, 宇宙プラズマの粒子シミュレーション (5.2 章), 計算力学シミュレーションハンドブック, 丸善株式会社 (2009/12) 「査読あり」
5. 星野真弘, 磁気リコネクション: 宇宙天気予報の基礎過程 (17 章), 総説宇宙天気, 京都大学学術出版会(2011/5) 「査読あり」

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. M. Hoshino, Magnetic reconnection in magnetotail and beyond, Workshop on magnetotail current sheets, IKI, Moscow, Russia (September 26-30, 2011) 「招待」
2. M. Hoshino, Stochastic Particle Acceleration in Magnetic Reconnection, 2nd International Space Plasma Symposium 2011, Taina, Taiwan (August 15-19, 2011) 「招待」
3. M. Hoshino, Particle Acceleration in Turbulent Magnetic Reconnection and in Accretion Disks, 11th International Workshop on the Interrelationship between Plasma Experiments in the Laboratory and in Space (IPELS), Whistler, Canada (July 10-15, 2011) 「招待」
4. M. Hoshino, Stochastic Particle Acceleration in Multiple Magnetic Reconnection Sites, International Astrophysics Forum Alpbach (IAFA) 2011, Alpbach, Austria (June 20-24, 2011) 「招待」
5. M. Hoshino, Lecture on Kinetic Reconnection, Summer School of MHD and Kinetic Processes in Laboratory, Space and Astrophysical Plasmas, KIAA, Peking University, China (May 30-June 3, 2011) 「基調」
6. M. Hoshino, Particle Acceleration in Relativistic Reconnection, Understanding Relativistic Jets, Krakow, Poland, (May 23-26, 2011) 「基調」

7. E. M. Hoshino, Electron Acceleration in Reconnection, ISSI Workshop on particle acceleration in cosmic plasmas, Bern, Swiss (May 16-20, 2011) 「招待」
8. M. Hoshino, Fermi Acceleration in Turbulent Magnetic Reconnection, 10th Annual International Astrophysics Conference, Maui, Hawaii, USA (March 13-18, 2011) 「招待」
9. M. Hoshino, Particle Acceleration in Turbulent Magnetic Reconnection, Earth-Sun System Exploration: Variability in Space Plasma Phenomena, Kona, Hawaii, USA (January 16-21, 2011) 「招待」
10. M. Hoshino, Magnetic Reconnection in Relativistic Astrophysics, 4th East Asia Numerical Astrophysics Meeting, EANAM 2010, Taipei, Taiwan (November 2-5, 2010) 「招待」
11. M. Hoshino, Reconnection Modeling: Particle Acceleration in Turbulent Reconnection, MMS Science Working Team Meeting, St Michael, Maryland, USA (October 19-21, 2010) 「招待」
12. M. Hoshino, Magnetic Reconnection as Studied in Space and Astrophysical Plasmas by using PIC Simulation, 39th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany (July 18-25, 2010) 「招待」
13. M. Hoshino, Plasma Heating and Acceleration in a High Mach Number Shock, Western Pacific Geophysics Meeting 2010, Taipei, Taiwan (June 22-25, 2010) 「招待」
14. M. Hoshino, Physics of Nonthermal Particle Acceleration in Collisionless Shocks, International Space Plasma Symposium 2010, Tainan, Taiwan (June 27-30, 2010) 「招待」
15. M. Hoshino, Magnetic Reconnection in Space and Astrophysical Plasmas, West Lake International Symposium on Space Plasma Physics, Hangzhou, China (April 19-21, 2010) 「招待」
16. M. Hoshino, Reconnection in Relativistic and Strongly Magnetized Plasmas and Their Radiation, Workshop on Opportunities in Plasma Astrophysics, Princeton Plasma Physics Laboratory, New Jersey (January 18-21, 2010) 「招待」
17. M. Hoshino, Collisionless Shocks as Particle Accelerator in the Universe, Workshop on indirect dark matter search, IMPU/University of Tokyo, Kashiwa (December 7-11, 2009) 「招待」
18. M. Hoshino, Particle Acceleration and Magnetic Field Generation in Relativistic Shocks, 5th Korean Astrophysics Workshop on Shock Wave, Turbulence, and Particle Acceleration, APCTP, Pohang, Korea (November 18-21, 2009) 「招待」
19. M. Hoshino, Lecture on Particle Acceleration in Shock Waves, International School-Particle Acceleration in the Universe, GCOE Program/Nagoya University (November 12-14, 2009) 「基調」
20. M. Hoshino, Particle Acceleration and Injection in Non-Relativistic Magnetosonic Shocks, Nonlinear Processes in Astrophysical Plasmas: Particle Acceleration, Magnetic Field Amplification, and Radiation Signatures, Kavli Institute for Theoretical Physics, San Diego, USA (September 2009) 「招待」
21. M. Hoshino, Toward Understanding of Electron Fermi Acceleration in Magnetosonic Shocks: Plasma Physics View, TeV Particle Astrophysics 2009, SLAC National Accelerator Laboratory, USA (July, 2009) 「招待」

22. M. Hoshino, Particle Acceleration and Injection Problem in Collisionless Shocks, The high-energy astrophysics of outflow from compact objects, Ringberg Castle, Tegernsee, Germany (December 2008) 「招待」
23. M. Hoshino, Particle Energization of Magnetic Reconnection in Space and Astrophysical Plasmas, 2008 Huntsville Workshop: The physical processes for energy and plasma transport across magnetic boundaries, Huntsville, Alabama, USA (October 2008) 「招待」
24. M. Hoshino, Particle Acceleration and Injection Problem in Relativistic and Nonrelativistic Shocks, Kinetic Modeling of Astrophysical Plasmas, Krakow, Poland (October 2008) 「招待」
25. M. Hoshino, Particle Acceleration in Relativistic Astrophysical Shocks, International Congress on Plasma Physics (ICPP 2008), Fukuoka, Japan (September 2008) 「招待」
26. M. Hoshino, Shock Injection Problem and Beyond in Hybrid/Particle-in-Cell Simulations, COSPAR, Montreal, Canada (July 2008) 「招待」
27. M. Hoshino, Relativistic Shock Acceleration with Intense Electromagnetic Fields, 7th International Workshop on Nonlinear Waves and Turbulence in Space Plasmas, Beaulieu, France (April 2008) 「招待」
28. M. Hoshino, Relativistic Shock and Particle Acceleration with Intense Electromagnetic Fields, International Workshop on Plasma Shock and Particle Acceleration, Senri-Chikusa, Osaka (January 2008) 「基調」
29. M. Hoshino, Cosmic Ray Acceleration by Wakefield, 2nd International JEM-EUSO meeting, RIKEN, Saitama (November 2007) 「招待」
30. M. Hoshino, Particle Acceleration by Radiation Pressure in Relativistic Shock Waves, ASTRONUM 2007 International Conference, Paris, France (June 2007) 「招待」
31. M. Hoshino, Energetic Electrons during Magnetic Reconnection: Theory and Observations, 4th Annual Meeting AOGS, Bangkok, Thailand (July 2007) 「招待」
32. M. Hoshino, Nonlinear Electromagnetic Waves and Nonthermal Particle Acceleration in Relativistic Shock Waves, Japan-Korea Mini-Workshop on Laboratory, Space and Astrophysical Plasmas, Daejeon, Korea (April 2007) 「招待」
33. M. Hoshino, Fireball Generated by Relativistic Reconnection Jets: Wakefield Acceleration by Relativistic Shock, US-Japan Conference on Magnetic Reconnection, St. Michaels, Maryland, USA (March 2007) 「招待」
34. M. Hoshino, Wakefield Acceleration in Relativistic Shock Waves, IRCS International Workshop on Shock Formation under Extreme Environments in the Universe, TokyoTech, Tokyo (February 2007) 「招待」
35. M. Hoshino, Particle Acceleration in Relativistic Shock Waves, 2nd East-Asia Numerical Astrophysics Meeting, Daejeon, Korea (November 2006) 「招待」
36. M. Hoshino, A New Wakefield Acceleration in Relativistic Shock Waves, 6th International Workshop on Nonlinear Waves and Turbulence in Space Plasmas, Fukuoka, Japan (October 2006) 「招待」
37. M. Hoshino, Energetic Electron Acceleration in Magnetic Reconnection, 36th COSPAR Science Assembly, Beijing, China (July 2006) 「招待」
38. M. Hoshino, Surfing Acceleration of Energetic Electrons during Magnetic Reconnection,

General Assembly of European Geosciences Union, Vienna, Austria (April 2006) 「招待」

39. M. Hoshino, Future Theoretical Challenges in Magnetic Reconnection, Harry Petschek Symposium on Magnetic Reconnection, College Park, Maryland, USA (March 2006) 「招待」
40. M. Hoshino, Particle Acceleration in Kinetic Plasma Processes, International workshop on Energy Budget in the High Energy Universe, Kashiwa, Chiba (February, 2006) 「招待」

他, 一般講演件数 (共著も含む) 40 件

(2) 国内会議

1. 星野真弘, プラズマと輻射場の相互作用による磁場生成, 高エネルギー天体物理研究会, 宮島, 広島 2009年11月22日~24日 「招待」
2. 星野真弘, Relativistic PIC Simulation on Shock Waves and Magnetic Reconnection, 相対論プラズマシンポジウム, 物理学会, 熊本 2009年9月 「招待」
3. 星野真弘, 宇宙プラズマ中での粒子加速, プラズマ科学のフロンティア, 核融合研究所, 土岐, 2009年8月 「招待」
4. 星野真弘, 衝撃波粒子加速の現状: フェルミ加速の粒子注入問題, 物理学会, 立教大学, 東京, 2009年3月 「招待」
5. 星野真弘, 衝撃波での粒子加速, 高エネルギー宇宙物理学研究会, 宮津, 京都, 2008年11月 「招待」
6. 星野真弘, 輻射効果を含んだ相対論的磁気リコネクション, 「多階層シミュレーションと磁気リコネクションへの応用」, 安保ホール, 名古屋, 2008年11月 「招待」
7. 星野真弘, レーザー加速から宇宙線の起源に迫る, レーザー研シンポジウム 2008, 大阪大学, 2008年4月 「招待」
8. 星野真弘, 相対論的衝撃波での輻射場による宇宙線加速, 天文学会, 岐阜大学, 岐阜, 2007年9月 「招待」
9. 星野真弘, 相対論衝撃波での輻射場による粒子加速: 航跡場加速, 粒子加速研究会, 名古屋大学, 2007年6月 「招待」
10. 星野真弘, 磁気リコネクションの諸問題, 「実験室宇宙物理学の創成に向けた勉強会」, 阪大レーザーエネルギー学研究センター, 2007年3月 「招待」
11. 星野真弘, 宇宙における粒子加速, 物理学会 (ビーム物理領域等シンポジウム), 奈良女子大学, 奈良, 2006年9月 「招待」

他, 一般講演件数 (共著も含む) 71 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

○ 指導した学生の受賞

- ・ 銭谷誠司, 大林奨励賞, 地球電磁気・地球惑星圏学会 (2011年)
- ・ 白川慶介, オーロラメダル, 地球電磁気・地球惑星圏学会 (2011年)
- ・ 平井真理子, オーロラメダル, 地球電磁気・地球惑星圏学会 (2010年)
- ・ 今田晋亮, オーロラメダル, 地球電磁気・地球惑星圏学会 (2005年)

○ 過去に指導した学生の進路

- ・ 天野孝伸 (博士 2008年), 助教 (東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻)
- ・ 今田晋亮 (博士 2006年), 助教 (名古屋大学・太陽地球環境研究所)
- ・ 銭谷誠司 (博士 2006年), 特任助教/国立天文台フェロー (国立天文台・理論部)
- ・ 松本洋介 (博士 2004年), 特任助教/HPCI 戦略プログラム (千葉大学大学院理学研究科)

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Journal of Geophysical Research, Associate Editor (2002-2006)

(2) 学会等

(3) 国際会議等

- ・ Convener, 2nd International Space Plasma Symposium, Taiwan, 2011
- ・ Convener, International Workshop on Kinetic Modeling of Astrophysical Plasmas, Krakow, Poland, 2008

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

- ・ 日本学術振興会, 学術システムセンター・専門研究員 (2006-2009)
- ・ 名古屋大学・太陽地球環境研究所, 運営協議会・委員 (2008-present)
- ・ 大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター, 共同研究専門委員会・委員 (2008-present)
- ・ 東京大学, 全学学生表彰委員会・選考委員 (2006-2009)
- ・ 東京大学, 情報基盤センター, 運営委員会・委員 (2009-present)

- ・ International Space Science Institute (国際宇宙科学研究所, スイス) 評議員 (2010-present)
- ・ 東京大学, 理学部地球惑星物理学科, 学科長 (2011)
- ・ 東京大学, 理学系研究科地球惑星科学専攻, 専攻長 (2010)

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：0名

外国人研究者数：2名 (Claus Jaroschek, JSPS 外国人特別研究員, 2006-2008; Elena Grigorenko, JSPS 外国人招へい研究員, 2006)

(2) 派遣

学生数：1名 (博士)

研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数

- ・ Danny Summers (Memorial University of Newfoundland) January 2011
- ・ Melvyn Goldstein (NASA/Goddard Flight Center) December 2010
- ・ Martin Lee (University of New Hampshire) November 2010
- ・ Manfred Scholer (Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik) November 2010
- ・ Manfred Scholer (Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik) June 2010

他 年間 2～3 名程度

宮本 正道

I. 略歴

氏名： 宮本 正道

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1972年（昭和47年）3月 東京大学教養学部基礎科学科 卒業

1974年（昭和47年）3月 東京大学理学系研究科鉱物学専門課程修士課程 修了

1976年（昭和51年）3月 東京大学理学系研究科鉱物学専門課程博士課程 中退

1978年（昭和53年）2月 理学博士 取得（東京大学）

職歴

1976年（昭和51年）4月 神戸大学理学部地球科学科 助手

1979年（昭和54年）11月 東京大学教養学部基礎科学科 助手

1983年（昭和58年9月）－1984年（昭和59年10月）米国科学アカデミー NRC
でNASA/JSC 滞在

1988年（昭和63年）4月 東京大学教養学部基礎科学科 講師

1990年（平成2年）8月 東京大学教養学部基礎科学科 助教授

1992年（平成4年）10月 東京大学理学部地学科 教授

1993年（平成5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

2006-2011年の期間、宮本の主な研究は、(1) 鉱物の化学的ゾーニングを用いた隕石の冷却過程・変成過程の研究、及び(2) 小惑星の拡散反射スペクトル解析手法の開発に大別できるが、ここでは、(1)について述べる。

鉱物には化学組成のゾーニング（累帯構造）が見られるが、これらの化学的ゾーニングは、その鉱物が経験した結晶成長、冷却速度や再加熱現象等、熱史についての多くの情報を含んでいる。従って、鉱物中の化学的ゾーニングを解析することにより、熱史についての多くの情報を得ることが可能となる。私は、カンラン石について、その結晶成長を考慮して化学的ゾーニングを解析し、冷却速度を推定するモデルを開発した。一般的に、結晶成長は多くの要因に支配されており、このようなモデルに組み込むことには困難が多かったが、物質科学的研究から得られる情報をもとに諸条件を決定し、組み込むことに成功、冷却速度の推定が可能となった。このモデルは、基本的には元素の拡散現象、分配現象、分別結晶化作用、結晶成長に関連しており、それぞれの式を考慮し、連立して解くことにより、計算機シミュレーションで冷却速度を推定する。このモデルで用いられる結晶化開始温度と終了温度について、MELTS program を用いて詳細に見積もる方法を導入し、より現実に近いシミュレーションを

可能にした。また、これにより、薄片の cutting effect (岩石薄片を使用した場合、もともと3次元のものを2次元で解析する)をかなり補正することが可能となった。モデルの検証は、冷却速度を制御した実験で形成されたゾーニング・プロファイルを用いて行い、良い再現性が得られた。さらに、幅広い応用を考慮して、冷却速度のみならず、地中での深さや²⁶Al加熱母天体内での深さを求めるための、熱伝導計算も組み込まれている。

このモデルを Semarkona (LL3.00) 普通隕石中のポーフィリティック・オリビン・コンドリュールの冷却速度を求めることに応用した。この隕石は、母天体での熱変成をほとんど受けていないことで知られており、この隕石中のコンドリュールの冷却速度は原始太陽系内での現象を解き明かすために重要な情報である。私の計算の結果、いろいろなコンドリュールについて、0.7 °C/h – 2400 °C/h の結果を得た。この冷却速度の範囲は、結晶化実験 (Dynamic crystallization experiment) の結果と概ね調和的である。また、同じ隕石内のコンドリュールで、冷却速度が大きく異なっていることも明らかになり、冷却速度の異なるコンドリュールが生成後、隕石として集積したことが明確になった。このことは非常に重要な情報である。コンドリュールの冷却速度については、今まで、多くの結晶化実験により推定されているのみであったが、これらの実験的方法では、冷却速度範囲の「可能性」を与えるのみで、実際のコンドリュールがどのような冷却速度であったかについての情報は得られない。従って、私の研究は、コンドリュール冷却速度という長年の惑星科学の重要問題に確定的な結果を与えたもので、結晶化実験結果とは科学的な意義が異なるものである。

3. 特に優れた論文5編

1. Miyamoto, M., N. Fujii, and H. Takeda (1981), Ordinary chondrite parent body: An internal heating model, *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 12B, Suppl. 16, Geochim. Cosmochim. Acta*, 1145-1152.

²⁶Alを熱源とした普通隕石の母天体モデルを初めて提唱し、母天体形成時の²⁶Al/²⁷Al比をモデルから予測、その後、この比は実験的に確かめられている。Onion-shell モデルの例として引用される。被引用=93

2. Miyamoto, M. and H. Takeda (1983), Atomic diffusion coefficients calculated for transition metals in olivine, *Nature*, 303, 602-603. 19

結晶格子エネルギー最少化法により各イオンのパラメーターを求め、それらの拡散定数を推定した論文で、概ね傾向を説明できた。その後、モレキュラー・ダイナミクス (MD)法を用いて、原子の実際の移動経路をシミュレートした。被引用数=19

3. Miyamoto, M., D. S. McKay, G. A. McKay, and M. B. Duke (1986), Chemical zoning and homogenization of olivines in ordinary chondrites and implications for thermal histories of chondrules, *Journal of Geophysical Research*, 91, 12804-12816.

結晶の化学的ゾーニングを拡散現象として解析することにより、普通隕石の熱史を解明した。その後の一連の隕石熱史研究手法のもととなった論文。被引用=36

4. Miyamoto, M., and H. Takeda (1994), Evidence for excavation of deep crustal material of a Vest-like body from Ca compositional gradients in pyroxene, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 122, 343-350.

輝石中の Ca ラメラの成長を解析することにより、小惑星ベスタの原始地殻の厚さを推定した。さらに Ca プロファイルの微小変化を解析し、隕石として掘り起こされた時期と温度も推定した。被引用=31

5. Miyamoto M., T. Mikouchi, and R. H. Jones (2009), A wide range of the cooling rate of type II porphyritic olivine chondrules in Semarkona (LL3.00) by diffusion calculation from olivine Mg-Fe zoning, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 44, 521-530.

この論文は最近の成果であり、その項で詳細を述べた。被引用数=7

4. 受賞等

- ・ 宮本正道： 日本鉱物学会奨励賞， 日本鉱物学会， 1984年5月28日

5. 研究の将来計画

今までの研究結果に述べたように、私の開発した化学的ゾーニング・プロファイルを解析する方法での熱史研究は、応用範囲が広い。今後は、いろいろなコンドリュールに応用するのみならず、母天体内での熱変成に応用する。普通コンドライトやある種の炭素質隕石は母天体内で熱変成を受けたことが知られている。熱変成程度の高い隕石については、いくつかの方法で、その熱変成の温度や期間の見積もりがなされているが、熱変成程度とその温度が低い場合には、正確に求めることができず、おおざっぱな推定のみである。従って、私の方法を、母天体内での熱変成温度とその期間の推定に応用していく予定である。これらの結果は、母天体像の明確化に重要な情報を与えるものである。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (C)，初期物質進化過程の実験的解明：コンドライトからエコンドライトへ，2006-2008年，4,070千円
- ・ 基盤研究 (C)，コンドリュール冷却速度多様性の研究，2010-2012年，2,580千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Monkawa A., T. Mikouchi, E. Koizumi, K. Sugiyama, and M. Miyamoto (2006), Determination of the Fe oxidation state of the Chassigny kaersutite: A micro XANES spectroscopic study, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 41, 1321-1329.

2. Arai T., M. H. Takeda, and M. Miyamoto (2006), Experimental petrology of ancient lunar mare basalt Asuka-881757: Spinel crystallization as a petrologic indicator. *Antarctic Meteorite Res.*, 19, 1-19.
3. Miyamoto M., T. Mikouchi, and Jones R. H. (2009), A wide range of the cooling rate of type II porphyritic olivine chondrules in Semarkona (LL3.00) by diffusion calculation from olivine Mg-Fe zoning, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 44, 521-530.
4. Komatsu M., T. Mikouchi, and Miyamoto M. (2009), High temperature annealing of amoeboid olivine aggregates: Heating experiments of olivine and anorthite mixtures, *Polar Science*, 3, 31-55.
5. Miyamoto M., T. Arai, M. Komatsu, A. Yamamoto, and T. Mikouchi (2009), Evaluation of a curve-fitting method for diffuse reflectance spectra in the UV-Visible-NIR wavelength region, *Polar Science*, 3, 110-116.
6. Arai T., B. R. Hawke, T. A. Giguere, K. Misawa, M. Miyamoto, and H. Kojima (2010), Antarctic lunar meteorites Yamato-793169, Asuka-881757, MIL 05035, and MET 01210 (YAMM): Launch pairing and possible cryptomare origin, *Geochimica. Cosmochimica. Acta*, 74, 2231-2248.
7. Goodrich C. A., N. T. Kita, M. K. Spicuzza, J. W. Valley, J. Zipfel, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), The Northwest Africa 1500 meteorite: Not a ureilite, maybe a brachinite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 45, 1906-1928.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議 24回

(2) 国内会議 10回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 東京大学総合研究博物館運営委員
- ・ 極地研究所隕石研究委員会委員
- ・ 文部科学省科学技術政策研究所 専門調査員

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：0

外国人研究者数：0

(2) 派遣

学生数：0

研究者数：0

(3) 海外からの来訪者数：1

岩上 直幹

I. 略歴

氏名： 岩上 直幹

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1973年（昭和48年）3月 東北大学理学部天文学科 卒業

1975年（昭和50年）3月 東京大学理学研究科地球物理学専攻修士課程 修了

1980年（昭和55年）3月 東京大学理学研究科地球物理学専攻博士課程 修了

1980年（昭和55年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1976年（昭和51年）10月 国立極地研究所職員

1978年3月 同上辞職

1981年（昭和56年）10月 東京大学理学部地球物理研究施設 助手

1991年（平成3年）2月 東京大学理学部地球物理研究施設 助教授

2000年（平成12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

金星探査機「あかつき」計画は1999年8月の科学目的検討会議にはじまった。それ以降、2010年6月の打ち上げまで、主要測器である1 μ mカメラ（IR1）の責任者として、目的設定・仕様決定につき光学メーカー・電気メーカーとの協力のもと設計・製作を行い、その後の各種テストおよび環境試験に携わってきた。あかつきは2010年6月に打ち上げられたが12月の金星周回軌道投入に失敗し、期待していたデータはいまだに得られていない。現在は金星軌道よりやや小さい周期199日の軌道で太陽を周回している。想定外に小さい軌道による高温と過酷な放射線環境にもかかわらず、測器はすべて動作可能状態にある。3年後の2015年末に再投入を試みる予定であり、成功すれば当初のもくろみとはやや異なるものの想定に近いデータを得られる可能性がある。

機器開発中は観測データが入ってこないため、2000年代にはいつから地上望遠鏡を使った金星大気赤外分光観測を始め、酸素分子の1.27 μ m夜面大気光およびHClなどの化学的に重要な微量気体成分の定量を試みてきた。初めは岡山天体物理観測所など国内施設で試みたが天候に恵まれず、観測場所をハワイ・マウナケア山頂のNASA/IRTF 3m鏡に移した頃から生産性があがりはじめ、最近では平均年1回4-8日間の観測を行い、順調に成果が挙げられるようになった。これまでに論文化できた対象は1.27 μ m大気光強度および回転温度（高度95km付近に対応）の半球分布（Ohtsuki et al. 2005, 2008）の他、微量気体種ではHCl（Iwagami et al. 2008）、CO（Iwagami et

al. 2010), HDO (Matsui et al. 2012) などの混合比分布がある。また、雲高度分布から大気波動を抽出することにも成功し(Hosouchi et al. 2012), 大気波動の検出方法に新しい道を拓いた。

また、あてにしていた「あかつき」からのデータがしばらくは入ってこないこととなったため、2011年頃より、欧州の金星探査機 Venus Express 搭載の SOIR (Solar Occultation in InfraRed) 分光計のチームと提携して太陽掩蔽データの解析を始めた。雲上もや層の統計解析をおこない、100km 以上の高高度にもやの源があるというやや意外な結果を得ている (Takagi et al. 論文投稿準備中)。SO や SO₂ にも 100km 付近の高高度で混合比が増えているという観測結果があり、雲ゾルをそのまま高高度に輸送するなど共通の生成仮説が考えられる。

3. 特に優れた論文5編

1. Iwagami, N. and T. Ogawa (1980), An Antarctic NO density profile deduced from the gamma band airglow, Planet. Space Sci. 28, 867-873.

オーロラによる大気変成の認識

2. Iwagami, N., S. Inomata, I. Murata and T. Ogawa (1995), Doppler detection of hydroxyl column abundance in the middle atmosphere, J. Atm. Chem. 20, 1-15.

太陽自転のユニークな利用

3. Iwagami, N., H. Yamamoto, K. Yajima, H. Sekiguchi, T. Watanabe, K. Suzuki, K. Shibasaki, H. Amemiya, M. Yamamoto and T. Ono (1998), Polar thermosphere-stratosphere photochemical coupling experiment: Two rocket measurements in polar winter at 69N, Earth, Planets and Space, 50, 745-753.

太陽・気候ミッシングリンク探し

4. Iwagami, N., T. Shibaki, T. Suzuki, H. Sekiguchi, N. Takegawa and W.H. Morrow (2003), Rocket observation of atomic oxygen density and airglow emission rate in the WAVE2000 campaign, J. Atm. Solar-Terr. Phys. 65, 1349-1360.

大気光励起過程解釈改訂

5. Iwagami, N., S. Ohtsuki, K. Tokuda, N. Ohira, Y. Kasaba, T. Imamura, H. Sagawa, G.L. Hashimoto, S. Takeuchi, M. Ueno and S. Okumura (2008), Hemispheric distributions of HCl above and below the Venus' clouds by ground-based 1.7 mm spectroscopy, Planet. Space Sci. 56, 1424-1434.

塩化水素の金星雲上下比較

4. 受賞等

- ・ 岩上直幹 田中館賞第 120 号 地球電磁気・地球惑星圏学会 1988年10月

5. 研究の将来計画

金星探査機「あかつき」は 2015 年末に周回軌道再投入を試み、順調にいけば 2016 年前半には新たなデータが取れ始めることになる。私の定年退職が同年 3 月にきて

しまうが、待望の解析作業には関わっていききたい。

地上観測も続けていききたい。次の内合は2014年1月、2015年8月にあり、その前後2カ月ずつが観測好機となるため、NASA/IRTFなどを用いた大気光・微量成分分光観測を再び計画していききたい。

Venus Express搭載の分光計SOIRの太陽掩蔽データ解析にもさらに関わり、雲およびもや層の構造および微量成分を研究していききたい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

・ 基盤研究(C)「地上分光観測による金星大気化学・力学過程の研究」H21-H25 年度
4,420 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kurihara, J., K-I. Oyama, N. Iwagami and T. Takahashi (2006), Numerical simulation of 3D flow around sounding rocket in the lower thermosphere, *Ann. Geophys.* 24, 89-95.
2. Iwagami, N., S. Komada and T. Takahashi (2006), Preliminary results of rocket attitude and auroral green line emission rate in the DELTA campaign, *Earth, Planets and Space*, 58, 1107-1111.
3. Kurihara, J., T. Abe, K-I. Oyama, E. Griffin, M.Kosch, A. Aruliah, K. Kauristie, Y. Ogawa S. Komada and N. Iwagami (2006), Observation of the lower thermospheric neutral temperature and density in the DELTA campaign, *Earth, Planets and Space*, 58, 1123-1130.
4. Abe, T., J. Kurihara, N. Iwagami, S. Nozawa, Y. Ogawa, R. Fujii, H. Hayakawa and K-I. Oyama (2006), Dynamics and energetics of the lower thermosphere in aurora (DELTA)-Japanese sounding rocket campaign-, *Earth, Planets and Space*, 58, 1165-1171.
5. Kubota, M., S. Kawamura, M. Abo, Y. Koizumi, Y. Murayama, M. Yamamori, K. Shiokawa, Y. Otsuka, M. Uchiumi, K. Igarashi, T. Abe, K-I. Oyama and N. Iwagami (2006), A fast-propagating large-scale atmospheric gravity wave observed in the WAVE2004 campaign, *J. Geophys. Res.* 111, D21110.
6. Nakamura, M., T. Imamura, M. Ueno, N. Iwagami, T. Satoh, S. Watanabe, M. Taguchi, Y. Takahashi, M. Suzuki, T. Abe, G.L. Hashimoto, T. Sakanoi, S. Okano, Y. Kasaba, J. Yoshida, M. Yamada, N. Ishii, T. Yamada, K. Uemizu, T. Fukuhara and K-I. Oyama (2007), Planet-C: Venus Climate Orbiter mission of Japan, *Planet. Space Sci.* 55, 1831-1842.
7. Taguchi, M., T. Fukuhara, T. Imamura, M. Nakamura, N. Iwagami, M. Ueno, M. Suzuki,

- G.L. Hashimoto and K. Mitsuyama (2007), Longwave Infrared Imager onboard the Venus Climate Orbiter, *Adv. Space Res.* 40, 861-868.
8. Ohtsuki, S., N. Iwagami, H. Sagawa, M. Ueno, Y. Kasaba, T. Imamura and E. Nishihara (2008), Imaging spectroscopy of the Venus 1.27- μm O₂ airglow with ground-based telescopes, *Adv. Space Res.* 41(9), 1375-1380.
 9. Iwagami, N., S. Ohtsuki, K. Tokuda, N. Ohira, Y. Kasaba, T. Imamura, H. Sagawa, G.L. Hashimoto, S. Takeuchi, M. Ueno and S. Okumura (2008), Hemispheric distributions of HCl above and below the Venus' clouds by ground-based 1.7 μm spectroscopy, *Planet. Space Sci.* 56, 1424-1434.
 10. Ohtsuki, S., N. Iwagami, H. Sagawa, M. Ueno, Y. Kasaba, T. Imamura, K. Yanagisawa and E. Nishihara (2008), Distributions of the Venus 1.27- μm O₂ airglow and rotational temperature, *Planet. Space Sci.* 56, 1391-1398.
 11. Satoh, T., Imamura, T., Hashimoto, G.L., Iwagami, N., Mitsuyama, K., Sorahana, S., Dorossart, P. and Piccioni, G. (2009), Cloud structure in Venus middle-to-lower atmosphere as inferred from VEX/VIRTIS 1.74- μm data, *J. Geophys. Res.* 114, E00B37.
 12. Koizumi, Y., M. Kubota, Y. Murayama, M. Abo, M. Uchiumi, K. Igarashi, N. Iwagami, T. Abe and K-I Oyama (2009), In situ observations of instabilities in the mesopause region using foil chaff technique during the WAVE campaigns, *J. Geophys. Res.* 114, D20114.
 13. Kurihara, J., Oyama, S., Nozawa, S., Tsuda, T.T., Fujii, R., Ogawa, Y., Miyaoka, H., Iwagami, N., Abe, T., Oyama, K. -I., Kosch, M.J., Aruliah, A., Griffin, E., Kauristie, K. (2009), Temperature enhancements and vertical winds in the lower thermosphere associated with auroral heating during the Dynamics and Energetics of the Lower Thermosphere in Aurora (DELTA) campaign, *J. Geophys. Res.* 114, A12306.
 14. Iwagami, N., T. Yamaji, S. Ohtsuki, and G.L. Hashimoto (2010), Hemispherical distribution of CO above the Venus' clouds by ground-based 2.3 mm spectroscopy, *ICARUS* 207, 558-563.
 15. Kurihara, J., Y. Koizumi-Kurihara, N. Iwagami, T. Suzuki, A. Kumamoto, T. Ono, M. Nakamura, M. Ishii, A. Matsuoka, K. Ishisaka, T. Abe, and S. Nozawa (2010), Horizontal structure of sporadic E layer observed with a rocket-borne magnesium ion imager, *J. Geophys. Res.* 115, A12318.
 16. Takagi, S. and N. Iwagami (2011), Contrast sources for the infrared images taken by the Venus mission AKATSUKI, *Earth Planets Space* 63, 435-442.
 17. Nakamura, M., T. Imamura, N. Ishii, T. Abe, T. Satoh, M. Suzuki, M. Ueno, A. Yamazaki, N. Iwagami, S. Watanabe, M. Taguchi, T. Fukuhara, Y. Takahashi, M. Yamada, N. Hoshino, S. Ohtsuki, K. Uemizu, G. L. Hashimoto, M. Takagi, Y. Matsuda, K. Ogohara, N. Sato, Y. Kasaba, T. Kouyama, N. Hirata, R. Nakamura, Y. Yamamoto, N. Okada, T. Horinouchi, M. Yamamoto, and Y. Hayashi (2011), Overview of Venus orbiter, Akatsuki, *Earth Planets Space* 63, 443-457.
 18. Iwagami, N., S. Takagi, S. Ohtsuki, M. Ueno, K. Uemizu, T. Sato, T. Sakanoi and G.L. Hashimoto (2011), Science requirements and description of the 1 mm camera onboard the Akatsuki Venus Orbiter, *Earth Planets Space* 63, 487-492.
 19. Fukuhara, T., M. Taguchi, T. Imamura, M. Nakamura, M. Ueno, M. Suzuki, N. Iwagami, M. Sato, K. Mitsuyama, G. Hashimoto, R. Ohshima, T. Kouyama, H. Ando and M. Futaguchi (2011), LIR: Longwave Infrared Camera onboard the Venus orbiter Akatsuki, *Earth Planets Space* 63, 1009-1018.

- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Iwagami, N., Atomic oxygen measurement by resonance lamp, 2010 Taiwan-Japan Space Instrument Workshop, 8-10 Sep. 2010, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan (招待講演)

European Geoscience Union, Asia Oceania Geosciences Society 等で, 他 15 回

(2) 国内会議

1. Iwagami, N. and Ohtsuki S, 1 μ m camera IR1 on board AKATSUKI: current status and future view, 連合大会国際セッション 幕張 2011 年 5 月 (招待講演)
2. 岩上 直幹・大月 祥子・高木 聖子, あかつき搭載 1 μ mカメラ IR1 地球惑星科学連合大会 2010 年 5 月 幕張メッセ (招待講演)
3. 岩上直幹, 再使用ロケットによる大気組成観測 地球惑星科学連合大会 幕張メッセ 2007 年 5 月, (招待講演)

地球惑星科学連合大会, 地球電磁気・地球惑星圏学会等で, 他 83 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 大月祥子: 2002-2007 年 修士課程・博士過程を指導, 現在専修大学専任講師

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 地球惑星科学連合大会・大会本部長 (2003 年から現在)
- ・ 地球惑星科学連合・大会運営委員会副委員長 (2010 年から現在)

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 岩上直幹, 金星探査機「あかつき」搭載赤外カメラ, 青学ビジネスフォーラム 青

山学院 2011年2月

- ・ 岩上直幹, 金星大気化学の謎, プラネタリウム研究会 宇宙科学研究所 2009年9月
- ・ 岩上直幹 アストロトーク「金星にカメラをとばした!」千葉市科学館 2012年1月

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者: なし

(2) 派遣

学生数:

博士課程1名 (高木聖子: ベルギー宇宙科学研究所に
2011年12月より翌年3月)

修士課程1名 (松井裕基: ベルギー宇宙科学研究所に
2011年12月より翌年1月)

研究者数: 0

(3) 海外からの来訪者数: 0

比屋根 肇

I. 略歴

氏名： 比屋根 肇

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1979年（昭和54年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1981年（昭和56年）3月 東京大学理学系研究科地球物理学専攻修士課程 修了

1984年（昭和59年）9月 東京大学理学系研究科地球物理学専攻博士課程 退学

1984年（昭和59年）11月 理学博士取得（東京大学）

職歴

1984年（昭和59年）10月 日本学術振興会奨励研究員（東京大学）

1985年（昭和60年）4月 ポストドクトラルフェロー（米カリフォルニア大学バークレー校）

1986年（昭和61年）10月 東京大学理学部地球物理学科 助手

1993年（平成5年）4月 同 大学院理学系研究科地球物理学専攻 助手

1999年（平成11年）1月 東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻 助教授

2000年（平成12年）4月 改組により 同 地球惑星科学専攻 助教授

2004年（平成16年）4月 国立大学法人東京大学へ移行 同 助教授

2007年（平成19年）4月 学校教育法改正に伴う職名変更により 同 准教授

現在に至る

1995年（平成7年）4月～1997年（平成9年）3月 東京農工大学工学部 非常勤講師

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

この間、主として二次イオン質量分析計（SIMS）を用いた始原的隕石の同位体分析・微量元素分析にもとづく初期太陽系物質進化の研究を精力的におこなってきた。具体的には、酸素同位体分析，希土類元素分析，さまざまな消滅核種を用いた初期太陽系年代学（ ^{26}Al - ^{26}Mg 年代， ^{41}Ca - ^{41}K 年代， ^{53}Mn - ^{53}Cr 年代など），CaやTiなどの安定同位体分析，さらに微量元素分析（現在分析手法を開発中）などである。

まず，2003年～2005年にかけて SIMS を用いた正確な希土類元素分析の手法を確立し，さらに改良を加えながら，超難揮発性 CAI や，従来ほとんど分析例がなかった細粒 CAI について詳細な希土類元素分析をおこなった。その結果，細粒 CAI の多くに新しい希土類元素パターンが存在することを発見し，それらの CAI が二つ以上の異なる形成領域（おそらく太陽近傍領域）の間を頻りに移動していたことを明らかにした（Hiyagon et al., 2011）。

年代学に関しては、私の指導した大学院生の藤谷渉君が中心になり、炭素質コンドライト中の炭酸塩の正確な ^{53}Mn - ^{53}Cr 年代測定に成功し、炭素質隕石母天体の形成時期を明らかにしたことが特筆される（杉浦教授との共同研究）。また、CM コンドライトなどに含まれるヒボナイト (CaAl_2O_9) 包有物の同位体的・年代学的研究も精力的に進めている。ヒボナイトには、Ca や Ti の同位体異常や ^{26}Al の不均一の存在が示唆されているが、成因や形成時期など、未解明の部分が非常に多い。そこでマーチソン隕石からヒボナイトを含む包有物を多数分離し、それらの同位体分析を開始した。初期の成果は Ushikubo et al. (2007) に結実した。そこでおこなわれた ^{41}Ca - ^{41}K 年代測定は世界でも二例目（日本では初めて）にあたる画期的なものである。最近、新たに分離したヒボナイト包有物の中から、Mg にきわめて大きな質量依存同位体分別（50‰/amu を超える）を示す包有物を発見した。これは 95%以上の Mg が蒸発したことを示唆するもので、初期太陽系の物質進化を考える上で重大な発見である。この包有物の形成条件、物質進化プロセスのさらなる解明のため、金属元素分析、Si 同位体分析、Ca-Ti 同位体分析、酸素同位体分析、希土類元素分析などをおこなうべく準備を進めている（東大大気海洋研究所の高畑直人博士、佐野有司博士、産業技術総合研究所の森下祐一博士との共同研究）。

さらに、現在は、初期太陽系における親鉄元素の分別プロセスを解明するために、SIMS を用いた微量金属元素（白金族元素など）の分析手法の開発に力を注いでいる（産業技術総合研究所の森下祐一博士との共同研究）。まだ予備実験の段階であるが、硫化鉄中の ppm レベルのパラジウム分析に成功している。今後、多数の微量金属元素の分析を試みる。定量分析に欠かせないスタンダード試料は、新たに作成した合金を含めて、既に多数準備中である。それらを用いて SIMS における各元素のイオン化効率の違い（マトリックス効果）を丁寧に調べつつある。

その他の研究として、CR コンドライトに発見した火成岩的なクラストの成因の研究がある（杉浦直治教授、木村眞教授、三河内岳准教授、木多紀子博士などとの共同研究）。そのクラストには高压鉱物が発見された。希土類分析や同位体分析（酸素同位体分析、窒素同位体分析）をもとにその成因の解明をめざしている。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Hiyagon, H. and M. Ozima, Partition of noble gases between olivine and basalt melt, *Geochim. Cosmochim. Acta* **50**, 2045-2057, 1986.

オリビン-玄武岩メルト間の希ガスの分配係数を世界で初めて実験的に求め、地球大気の形成過程の研究など、希ガス地球科学に対する重要な貢献となった論文。（引用数 100）

2. Hiyagon, H., M. Ozima, B. Marty, S. Zashu and H. Sakai, 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, 1992.

中央海嶺、ロイヒ海山などから得られた玄武岩の急冷ガラスに含まれる 5 種類の希ガスすべての同位体組成を詳細に分析し、マントル中の希ガス同位体進化や地球大気の形成史を詳しく論じた論文。（引用数 136）

3. Hiyagon, H., Retention of solar helium and neon in IDPs in deep sea sediment, *Science*

263, 1257-1259, 1994.

深海底堆積物中に含まれる惑星間塵は太陽風起源のヘリウム・ネオンを高濃度で含んでいるが、それらの希ガスはサブダクションの際に容易に脱ガスされマントルに取り込まれないことを、拡散実験をもとに証明した論文。(引用数 54)

4. Hiyagon, H. and A. Hashimoto, ^{16}O excesses in olivine inclusions in Yamato-86009 and Murchison chondrites and their relation to CAIs. *Science* **283**, 828-831, 1999.

イオンプローブを用いて、アメルバオリビン包有物の酸素同位体分析をおこない、CAIと同様、 ^{16}O に富む組成を持つことを世界で初めて示した論文。オリビンという難揮発性ではない鉱物にも ^{16}O に富む酸素同位体組成が広く存在することを明らかにした。(引用数 49)

5. Hiyagon H., A. Yamakawa, T. Ushikubo, Y. Lin, and M. Kimura, Fractionation of rare earth elements in refractory inclusions from the Ningqiang meteorite: Origin of positive anomalies in Ce, Eu and Yb, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **75**, 3358-3384, 2011.

イオンプローブを用いた CAI の希土類元素分析の結果、新たな希土類元素パターンを発見し、その成因を明らかにした論文。CAI の多くが2つ以上の異なる形成領域（おそらく太陽近傍の高温領域）を移動していたことを明らかにした。著名な研究者から、データが非常によく、希土類元素パターンに関する詳細な議論がとても面白い、との評価を得ている。

4. 受賞等

- ・ 1995年（平成7年）5月17日、日本質量分析学会、奨励賞

5. 研究の将来計画

現在、進めつつある研究の一つの柱は、太陽系形成最初期の物質進化の解明である。そのため、原始太陽系星雲からコランダム次に高温で凝縮するヒボナイト

($\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$) に注目して研究を進めている。現在、CM コンドライトから新たにヒボナイト包有物を分離しつつあり、それらの同位体分析 (^{26}Al - ^{26}Mg , ^{41}Ca - ^{41}K , ^{10}Be - ^{10}B 系や Si, Ca, Ti 同位体) や微量元素分析を計画している。とくに注目している点は、(1) ヒボナイト包有物の形成時期、(2) 原始太陽系における同位体不均一の程度、(3) ヒボナイト包有物や CAI の形成場所・形成環境に関する情報などである。ヒボナイトの中には、 ^{26}Al 起源の ^{26}Mg の過剰が見られない包有物が存在するが、それらは ^{26}Al が太陽系にもたらされる以前に形成された（すなわち通常の CAI より古い）可能性が指摘されている。上記のような多くの同位体分析を含む系統的な分析をすることによって、初めてヒボナイト包有物の形成過程・形成時期の解明に迫ることが可能になると期待される。また、新たに発見された Mg に大きな質量依存同位体分別を持つ包有物についても、そこに含まれる超難揮発性金属微粒子中の金属元素分析、ヒボナイト中の Si 同位体分析、Ca-Ti 同位体分析、酸素同位体分析、希土類元素分析などをおこない、その起源と生成プロセスの解明をめざす。

研究のもうひとつの柱は、原始太陽系における親鉄元素の分別過程の解明である。従来、コンドライト隕石中にみられる元素存在度は、元素の揮発性が高くなるにつれ

て存在度が低くなる傾向が示されており、原始太陽系星雲内における蒸発・凝縮に伴う元素分別過程を反映しているとされてきた。しかし、親鉄元素と親石元素の分別過程や、親鉄元素内での分別過程に関して説明のついていない事柄も多い。とりわけ、Fe-Ni を主成分とする個々の金属粒子中の微量親鉄性元素組成については、意外なほどデータが少ない。そのため、現在、SIMS による微量親鉄元素（白金族元素などを含む）の分析手法の確立、およびそれらの定量分析に必要なスタンダード試料の整備を進めつつある。今後は、まず、コンドライト中の金属粒子（独立した金属粒子、コンドルール中の金属粒子、CAI 中の金属粒子など）の中の微量親鉄元素について分析を進める。その際、親石元素である希土類元素の分別パターンを同時に分析することにより、親鉄元素と親石元素の分別過程を比較することが可能になり、原始太陽系星雲の構造とそこでの物質進化の解明にとって重要な手掛かりが得られるものと期待している。

以上の研究は、東京大学大気海洋研究所の二次イオン質量分析計(NanoSIMS)、および産業技術総合研究所の大型の二次イオン質量分析計(ims-1270)を用いて進める予定で、前者では高畑直人博士、佐野有司博士との、後者では森下祐一博士との共同研究として進めていく予定である。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(C) (研究代表者), 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, 平成 23 年度~25 年度, 研究代表者分として 3,380 千円 (総額は 4,940 千円), (研究代表者: 比屋根肇, 研究分担者: 森下祐一 (産業技術総合研究所))
- ・ 基盤研究(C) (研究分担者), SIMS 分析によるレアメタル鉍床生成過程の解明, 平成 23 年度~25 年度, 研究分担者分として 600 千円 (総額は 4,810 千円), (研究代表者: 森下祐一 (産業技術総合研究所), 研究分担者: 比屋根肇, 後藤孝介 (産業技術総合研究所))

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Hiyagon, H., A. Yamakawa, T. Ushikubo, Y. Lin and M. Kimura (2011), Fractionation of rare earth elements in refractory inclusions from the Ningqiang meteorite: Origin of positive anomalies in Ce, Eu and Yb, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 75, 3358-3384, 2011.
2. Fujiya, W., N. Sugiura, N. Takahata and H. Hiyagon, *In-situ* chromium measurement of chromium-rich fine grains in the Murchison CM2 chondrite, *Geochem. J.*, 45, 275-281, 2011.

3. Sugiura N., M. I. Petaev, M. Kimura, A. Miyazaki and H. Hiyagon, Nebular history of amoeboid olivine aggregates, *Meteoritics Planet. Sci.* **44**, 559-572, 2009.
4. Ruzicka, A., H. Hiyagon, M. Huston and C. Floss, Relict olivine, chondrule recycling, and the evolution of nebular oxygen reservoirs, *Earth Planet. Sci. Lett.* **257**, 274-289.
5. Ushikubo T., Y. Guan, H. Hiyagon, N. Sugiura and L. A. Leshin, ^{36}Cl , ^{26}Al , and O isotopes in an Allende type B2 CAI: Implications for multiple secondary alteration events in the early solar system, *Meteoritics Planet. Sci.* **42**, 2007.
6. Ushikubo T., H. Hiyagon and N. Sugiura, A FUN-like hibonite inclusion with a large ^{26}Mg -excess, *Earth Planet. Sci. Lett.* **254**, 115-126, 2007.
7. Kimura M., H. Nakajima, H. Hiyagon and M. K. Weisberg, Spinel group minerals in LL3.00-6 chondrites: Indicators of nebular and parent body processes, *Geochim. Cosmochim. Acta* **70**, 5634-5650, 2006.

- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Hiyagon, H., A. Yamakawa, M. Sasaki, K. Uchiyama, T. Ushikubo, Lin Y. and M. Kimura, Rare earth element fractionation in fine-grained inclusions from the Ningqiang and other carbonaceous chondrites: Origin of Ce-Eu-Yb anomalies, *40th Lunar and Planetary Science Conference*, 2009年3月, League City, Texas, U.S.A. 「一般講演」,

ほか6件

(2) 国内会議

1. 比屋根肇, 希土類元素からみた細粒難揮発性包有物の生成環境, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月, 幕張, 「一般講演」,

ほか13件.

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

この間, 私が指導をおこなった大学院学生のうち下記の2名が博士号を取得した. いずれも現在海外で研究を継続・活躍中であり, 研究内容も高い評価を得ている.

- ・ 牛久保孝行君: 2005年3月に博士号取得. 卒業後, ポスドクとして米アリゾナ州立大学に2年間在籍, その後ウィスコンシン大学マディソン校に移り, 現在に至る. John Valley 博士, 木多紀子博士などと共に SIMS を用いた精密同位体分析で活躍中.
- ・ 藤谷渉君: 2012年3月に博士号取得. 卒業後, PD として独マックスプランク研究

所（ホッペ博士のもと）に移動。NanoSIMS を用いた分析で活躍中。在学中は、2009年10月に日本質量分析学会同位体比部会口頭発表賞、2011年10月に日本惑星科学会秋季大会最優秀発表賞、2012年3月には東京大学大学院理学系研究科研究奨励賞（博士）を受賞している。博士論文の主題となった含水小惑星の年代決定の成果は、2012年1月にNature CommunicationsにHighlighted Paperとして掲載され、東京大学理学系研究科からプレスリリースがおこなわれたほか、全国紙にも内容が紹介されるなど、大きな反響を呼んだ。（杉浦直治教授との共同研究）。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数 なし

(2) 派遣

学生数 博士 1 藤谷渉。2011年4月～6月まで2カ月間、独マックスプランク研究所に滞在、Hoppe博士と共同研究。

研究者数 0

(3) 海外からの来訪者数 0

三河内 岳

I. 略歴

氏名： 三河内 岳

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1993年（平成5年）3月 東京大学理学部地学科（地質学・鉱物学コース）卒業

1995年（平成7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

1995年（平成7年）4月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻博士課程 中退

1998年（平成10年）4月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1995年（平成7年）4月 日本学術振興会 特別研究員（DC1）

1995年（平成7年）5月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 助手

1999年（平成11年）4月 米国ナショナルリサーチカウンシル（NASAジョンソン宇宙センター）博士研究員

2000年（平成12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（平成19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（平成23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

これまでの研究内容は、太陽系における天体進化の一般過程の解明を目指した各種の固体惑星物質の分析である。その中でも隕石は、太陽系誕生時に存在した μm サイズの塵から惑星サイズへ成長した固体物質の進化過程を記録している。そこで、これらを主に走査型・透過型電子顕微鏡、電子線マイクロプローブ、X線回折計などを用いて分析し、さらに室内実験を組み合わせることで、隕石の形成環境の解明について多くの成果を挙げてきた。また、通常の隕石試料だけでなく、NASAのStardust探査機がサンプルリターンしたWild 2彗星塵の分析には初期分析チームのメンバーとして加わり、さらに火星隕石や月試料についても精力的に研究し、多様な惑星物質についての成果を得てきている。特徴的なのは、各種の微小領域分析装置を組み合わせることで多角的に研究を行っていることで、微量試料から最大限の情報を得るように努めている。また、学生時代からNASAと共同研究を行ってきており、近年は世界各国の研究者との共同研究による成果が多い。これらの成果は、ヒューストンで開かれる月惑星科学会議で学生時代より毎年連続で口頭発表に採択されている。

具体的には、最近の主要な成果には以下のものがある。

(1) Wild 2彗星塵の主要構成鉱物は幅広い化学組成を持つカンラン石・輝石であり、無水惑星間塵に最もよく似た特徴を示すことを明らかにし、太陽系誕生時に存

在したXウィンドなどによる大規模な物質循環の存在を証明した。

(2) 炭素質コンドライトの難揮発性包有物 (CAI) 中に微小な未知鉱物を見出し、その同定によって、原始太陽系星雲の環境に制約を与えた。特に 1 μm 領域での結晶学的特性を明らかにするために、惑星物質科学の分野では世界に先駆けて電子線後方散乱回折法を導入した。また、放射光を用いたX線回折法においても入射X線のエネルギーをスキャンを行い、薄片の 1 μm 領域から回折像を得る方法を開発した。

(3) 宇宙空間で小惑星として観測された天体が、隕石として地球に落下・回収されたポリミクト・ユレイライトの研究を行い、天体の爆発的破壊によって高温から急冷されたことを示し、その後、破片がラブルパイル状に再集積した可能性を指摘した。

(4) 太陽系最古の火成岩であるアングライトに注目して、多くの試料が母天体のごく表面で急冷・結晶化したことを示し、親マグマが高酸素分圧下での CV コンドライトの部分熔融液組成とよく一致する事実を指摘した。これは、コンドライトの部分熔融液とエコンドライトの初生マグマを直接的に関係づけた初めての例である。

(5) 火星隕石の多くは玄武岩質の集積岩だが、結晶化実験の結果、一部の試料が親マグマから直接、急冷・結晶化した可能性を指摘し、火星マントルとの関連性を議論した。ナクライト火星隕石については、ケイ酸塩の微細組織などから、これらの試料が一つの火成岩体の深部から表面にかけての異なった深度を起源とするモデルを提唱した。これはナクライト岩体の標準モデルとして世界的に受け入れられている。

(6) 火星隕石に含まれる黒色カンラン石の着色原因が 10-20 nm の金属鉄や磁鉄鉱のナノ粒子によることを見出し、衝撃実験によって、これらが 40 GPa 以上の衝撃変成により形成されることを示した。また、ナノ粒子の形成により、磁氣的性質や反射スペクトルなどが大きく変化することを指摘した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Mikouchi, T., H. Takeda, M. Miyamoto, K. Ohsumi, and G. McKay (1995), Exsolution lamellae of kirschsteinite in magnesium-iron olivine from an angrite meteorite, *American Mineral.*, 80, 585-592.

アングライト隕石中のカンラン石を研究したもので、Fe-Mg カンラン石中に離溶ラメラとして析出する Ca 離溶相 (kirschsteinite) の結晶学について詳細な記載を行ったものである。カンラン石に見られる Ca 離溶相の例として、これまでに多くの論文に引用されている (Web of Science での検索で、2012.10.26 時点で被引用件数 : 18)。

2. Mikouchi, T., I. Yamada, and M. Miyamoto (2000) Symplectic exsolution in olivine from the Nakhla martian meteorite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 35, 937-942.

ナクライト火星隕石のカンラン石中に磁鉄鉱とオージャイトより成るシンプレクタイトを発見し、それを透過型電子顕微鏡により詳細に研究したもので、酸化的な火星環境を示す例として多くの論文に引用されている (Web of Science での検索で、2012.10.26 時点で被引用件数 : 23)。

3. Mikouchi, T., M. Miyamoto, and G. McKay (2001), Mineralogy and petrology of the Dar al Gani 476 martian meteorite: Implications for its cooling history and relationship to other shergottites, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 36, 531-548.

カンラン石フィリック質のシャーゴットイトである Dar al Gani 476 の岩石学的・鉱物学的特徴について記載し、他の火星隕石と詳しく比較したもので、この隕石について研究する論文では必ずと言っていいほど引用されている (Web of Science での検索で、2012.10.26 時点で被引用件数 : 27)。

4. Zolensky, M. E., T. J. Zega, H. Yano, S. Wirick, A. Westphal, M. Weisberg, I. Weber, J. L. Warren, M. A. Velbel, A. Tsuchiyama, P. Tsou, A. Toppani, N. Tomioka, K. Tomeoka, N. Teslich, M. Taheri, J. Susini, R. Stroud, T. Stephan, F. J. Stadermann, C. J. Snead, S. B. Simon, A. Simionovici, T. H. See, F. Robert, F. J. M. Rietmeijer, W. Rao, M. C. Perronnet, D. A. Papanastassiou, K. Okudaira, K. Ohsumi, I. Ohnishi, K. Nakamura-Messenger, T. Nakamura, S. Mostefaoui, T. Mikouchi, A. Meibom, G. Matrajt, M. A. Marcus, H. Leroux, L. Lemelle, L. Le, A. Lanzirrotti, F. Langenhorst, A. N. Krot, L. P. Keller, A. T. Kearsley, D. Joswiak, D. Jacob, H. Ishii, R. Harvey, K. Hagiya, L. Grossman, J. N. Grossman, G. A. Graham, M. Gounelle, P. Gillet, M. J. Genge, G. Flynn, T. Ferroir, S. Fallon, D. S. Ebel, Z. R. Dai, P. Cordier, M. Chi, A. L. Butterworth, D. E. Brownlee, J. C. Bridges, S. Brennan, A. Brearley, J. P. Bradley, P. Bleuet, P. A. Bland, and R. Bastien (2006), Mineralogy and petrology of Comet 81P/Wild 2 nucleus samples, *Science*, 314, 1735-1739.

NASA のスターダスト探査でサンプルリターンされた Wild 2 彗星塵の鉱物学的・岩石学的研究の初期分析結果を報告したレポートで、初期分析チームメンバーとして分析に大きく関わったものである。始原的な物質の研究や原始太陽系についての研究の論文に非常に多く引用されている (Web of Science での検索で、2012.10.26 時点で被引用件数 : 304)。

5. Mikouchi, T., M. E. Zolensky, M. Ivanova, O. Tachikawa, M. Komatsu, L. Le, and M. Gounelle (2009), Dmitryivanovite: A new calcium aluminum oxide from the Northwest Africa 470 CH3 chondrite characterized using electron back-scatter diffraction analysis, *American Mineral.*, 94, 746-750.

隕石中の微小未知鉱物の同定を SEM-EBSD を用いて行ったもので、発見した相は新鉱物 Dmitryivanovite として認められた。隕石科学の分野で EBSD による新鉱物発見を行ったほぼ最初の例として評価されている。この研究以降に、EBSD の導入が世界中に広まった (Web of Science での検索で、2012.10.26 時点で被引用件数 : 6)。

4. 受賞等

- ・ Takashi Mikouchi, Student Travel Award, The Meteoritical Society, Sep. 1995.

5. 研究の将来計画

21 世紀は、各国の惑星探査による膨大なデータ蓄積と南極・砂漠地域からの大量の隕石回収によって、惑星物質科学にとって飛躍の世紀になろうとしている。今後の研究計画としては、これら固体惑星物質のさらなる分析を通して、太陽系の各天体を物質進化の側面から解釈することで、太陽系の天体進化により迫りたいと考えている。特に、主要研究対象としている火星、月、小惑星、彗星は、太陽系の歴史において天体進化の異なる段階を記録している天体である。これらの天体を起源とする試料は隕石やサンプルリターン探査の成果として得られており、これまでに、これら試料の物

質科学的研究を精力的に行ってきた。今後はこれらの試料の比較惑星学的側面により一層注目し、これまでの分析手法に加えて微量元素分析などにも従事し、太陽系における惑星物質進化過程の解明にさらに取り組みたいと考えている。

日本は「MELOS」や「はやぶさ2」と言った探査によって、今後も火星や小惑星への物質科学的な探査を続けて行くことを計画している。私はこれらの探査計画のメンバーになっていることから、今後も、これまでの固体惑星物質の物質科学的分析により得られた知見をこれらの探査にフィードバックして、積極的に探査の実行に関わって行くつもりである。将来的には、サンプルリターン探査によって得られる極微量の惑星物質が増大していくことが予想されるため、1 μm 領域から多様な物質科学的データを非破壊で得られる分析手法が重要となる。近年では、化学組成や同位体組成などのデータは、サブミクロンの領域から得ることが可能となっているが、結晶学的なパラメータの取得に関しては、世界的に見ても適当な非破壊分析手法が確立されていない。そこで、1 μm 領域から非破壊で結晶学的データを得るためのX線回折装置の開発を行いたい。すでにSPring-8でエネルギースキャンによる微小領域放射光X線回折装置の開発を行ってきたが、将来的には、このような微小領域X線回折装置を実験室で使用可能にすることが最終目標である。そのため、研究開発の進んでいる材料科学など最先端の分野の研究者とも積極的に連携しているところである。

また、固体惑星物質を分析するだけでなく、実験的アプローチをさらに重要視し、各天体での固体物質の形成過程や変成作用のシミュレーション実験にも従事する。例えば、衝撃変成作用は太陽系で起こる最も基本的な素過程の1つであり、これまでも衝撃実験で火星隕石の衝撃変成についての研究を行っている。研究成果は太陽系天体の多くの固体物質に応用可能であり、高圧相転移している地球深部物質とも関連している。また、高エネ研では高強度レーザーと放射光パルスを同期させて、惑星物質のナノ秒時間分解のX線回折実験にも取り組んでおり、惑星物質中の衝撃波伝播による衝撃圧縮過程の過程解明にも従事して行く予定である。

惑星物質科学は、世界中に研究者がおり、国際的な側面の強い学問である。これまでに多くの国際共同研究を行ってきたが、日本の惑星探査技術や国立極地研の所有する南極隕石の重要性をより一層生かして、これまで以上に国際的に研究を展開させていきたいと考えている。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (B), 研究分担者, 原子レベルで解明するダイカルシウムシリケートのリン酸キャパシティと新素材への展開, 3年間 (平成 23~25 年度), 3,660 千円.
- ・ 若手研究 (B), 研究代表者, 火星・月隕石中に含まれる茶色カンラン石の成因とリモートセンシングデータへの応用, 3年間 (平成 20~22 年度), 3,300 千円.
- ・ 若手研究 (B), 研究代表者, 赤外スペクトルを用いたナクライト・シャシナイト火星隕石の火星での起源の探索, 2年間 (平成 18~19 年度), 3,300 千円.

(2) 共同研究

- ・ 東北大学金属材料研究所，隕石中に見られる $\text{Ca}_2\text{SiO}_4\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 固溶体の構造，2年間（平成 21～22 年度），523,080 円.
- ・ 東北大学金属材料研究所，隕石中に見られる金属鉄・鉄化合物の構造と形成過程，2年間（平成 23～24 年度），562,000 円.

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 富士フィルム，有機・無機ハイブリッドフィルムの X 線回折による配向解析，1,000 千円.

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Monkawa, A., T. Mikouchi, E. Koizumi, K. Sugiyama, and M. Miyamoto (2006), Determination of the Fe oxidation state of the Chassigny kaersutite: A micro XANES spectroscopic study, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 41, 1321-1329.
2. Brownlee, D., P. Tsou, J. Aleon, C. M. D. Alexander, T. Araki, S. Bajt, G. A. Baratta, R. Bastien, P. Bland, P. Bleuet, J. Borg, J. P. Bradley, A. Brearley, F. Brenker, A. Brennan, J. C. Bridges, N. D. Browning, J. R. Brucato, E. Bullock, M. J. Burchell, H. Busemann, A. Butterworth, M. Chaussidon, A. Chevront, M. Chi, M. J. Cintala, B. C. Clark, S. J. Clemett, G. Cody, L. Colangeli, G. Cooper, P. Cordier, C. Daghljan, Z. Dai, L. D. Hendecourt, Z. Djouadi, G. Dominguez, T. Duxbury, J. P. Dworkin, D. S. Ebel, T. E. Economou, S. Fakra, S. A. J. Faurey, S. Fallon, G. Ferrini, T. Ferroir, H. Fleckenstein, C. Floss, G. Flynn, I. A. Franchi, M. Fries, Z. Gainsforth, J. -P. Gallien, M. Genge, M. K. Gilles, P. Gillet, J. Gilmour, D. P. Glavin, M. Gounelle, M. M. Grady, G. A. Graham, P. G. Grant, S. F. Green, F. Grossemy, L. Grossman, J. N. Grossman, Y. Guan, K. Hagiya, R. Harvey, P. Heck, G. F. Herzog, P. Hoppe, F. Horz, J. Huth, I. D. Hutcheon, K. Ignatyev, H. Ishii, M. Ito, D. Jacob, C. Jacobsen, S. Jacobsen, S. Jones, D. Joswiak, A. Jurewicz, A. T. Kearsley, L. P. Keller, H. Khodja, A. L. D. Kilcoyne, J. Kissel, A. Krot, F. Langenhorst, A. Lanzirrotti, L. Le, L. A. Leshin, J. Leitner, L. Lemelle, H. Leroux, M. -C. Liu, K. Luening, I. Lyon, G. MacPherson, M. A. Marcus, K. Marhas, B. Marty, G. Matrajt, K. McKeegan, A. Meibom, A. Mennella, K. Messenger, S. Messenger, T. Mikouchi, S. Mostefaoui, T. Nakamura, T. Nakano, M. Newville, L. R. Nittler, I. Ohnishi, K. Ohsumi, K. Okudaira, D. A. Papanastassiou, R. Palma, M. E. Palumbo, R. O. Pepin, D. Perkins, M. Perronnet, P. Pianetta, W. Rao, F. J. M. Rietmeijer, F. Robert, D. Rost, A. Rotundi, R. Ryan, S. A. Sandford, C. S. Schwandt, T. H. See, D. Schlutter, J. Sheffield-Parker, A. Simionovici, S. Simon, I. Sitnitsky, C. J. Snead, M. K. Spencer, F. J. Stadermann, A. Steele, T. Stephan, R. Stroud, J. Susini, S. R. Sutton, Y. Suzuki, M. Taheri, S. Taylor, N. Teslich, K. Tomeoka, N. Tomioka, A. Toppani, J. M. Trigo-Rodriguez, D. Troadec, A. Tsuchiyama, A. J. Tuzzolino, T. Tyliczszak, K. Uesugi, M. Velbel, J. Vellenga, E. Vicenzi, L. Vincze, J. Warren, I. Weber., M. Weisberg, A. J. Westphal, S. Wirick, D. Wooden, B. Wopenka, P. Wozniakiewicz, I. Wright, H. Yabuta, H. Yano, E. D. Young, R. N. Zare, T. Zega, R. Ziegler, L. Zimmerman, E. Zinner, and M. Zolensky (2006), Comet 81P/Wild 2 under a microscope, *Science*, 314, 1711-1716.
3. Zolensky, M. E., T. J. Zega, H. Yano, S. Wirick, A. Westphal, M. Weisberg, I. Weber, J. L. Warren, M. A. Velbel, A. Tsuchiyama, P. Tsou, A. Toppani, N. Tomioka, K.

- Tomeoka, N. Teslich, M. Taheri, J. Susini, R. Stroud, T. Stephan, F. J. Stadermann, C. J. Snead, S. B. Simon, A. Simionovici, T. H. See, F. Robert, F. J. M. Rietmeijer, W. Rao, M. C. Perronnet, D. A. Papanastassiou, K. Okudaira, K. Ohsumi, I. Ohnishi, K. Nakamura-Messenger, T. Nakamura, S. Mostefaoui, T. Mikouchi, A. Meibom, G. Matrajt, M. A. Marcus, H. Leroux, L. Lemelle, L. Le, A. Lanzirotti, F. Langenhorst, A. N. Krot, L. P. Keller, A. T. Kearsley, D. Joswiak, D. Jacob, H. Ishii, R. Harvey, K. Hagiya, L. Grossman, J. N. Grossman, G. A. Graham, M. Gounelle, P. Gillet, M. J. Genge, G. Flynn, T. Ferroir, S. Fallon, D. S. Ebel, Z. R. Dai, P. Cordier, M. Chi, A. L. Butterworth, D. E. Brownlee, J. C. Bridges, S. Brennan, A. Brearley, J. P. Bradley, P. Bleuet, P. A. Bland, and R. Bastien (2006), *Mineralogy and petrology of Comet 81P/Wild 2 nucleus samples*, *Science*, 314, 1735-1739.
4. 中村 智樹, 三河内 岳, 土山 明 (2007), 放射光によるスターダスト粒子の非破壊分析, *遊星人 (日本惑星科学会誌)*, 16, 285-289.
 5. Zolensky, M., K. Nakamura-Messenger, F. Rietmeijer, H. Leroux, T. Mikouchi, K. Ohsumi, S. Simon, L. Grossman, T. Stephn, M. Weisberg, M. Velbel, T. Zega, R. Stroud, K. Tomeoka, I. Ohnishi, N. Tomioka, T. Nakamura, G. Matrajt, D. Joswiak, D. Brownlee, F. Langenhorst, A. Krot, A. Kearsley, H. Ishii, G. Graham, Z. R. Dai, M. Chi, J. Bradley., K. Hagiya, M. Gounelle, and J. Bridges (2008), Comparing Wild 2 particles to chondrites and IDPs, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 43, 261-272.
 6. Park, J., D. Bogard, T. Mikouchi, and G. McKay (2008), The Dhofar-378 Martian shergottite: Evidence of early shock melting, *Jour. Geophys. Res.*, 113, E08007, doi:10.1029/2007JE003035.
 7. Mikouchi, T., and T. Kurihara (2008), Mineralogy and petrology of paired lherzolitic shergottites Yamato 000027, Yamato 000047 and Yamato 000097: Another fragments from a Martian “lherzolitic” block, *Polar Science*, 2, 175-194.
 8. Zolensky, M. E., M. Gounelle, T. Mikouchi, K. Ohsumi, K. Hagiya, and O. Tachikawa (2008), Andreyivanovite: A second new phosphide from the Kaidun meteorite, *American Mineral.*, 93, 1295-1299.
 9. Mikouchi, T., M. E. Zolensky, M. Ivanova, O. Tachikawa, M. Komatsu, L. Le, and M. Gounelle (2009), Dmitryivanovite: A new calcium aluminum oxide from the Northwest Africa 470 CH3 chondrite characterized using electron back-scatter diffraction analysis, *American Mineral.*, 94, 746-750.
 10. Miyamoto, M., T. Mikouchi, and R. H. Jones (2009), A wide range of the cooling rate of type II porphyritic olivine chondrules in Semarkona (LL3.00) by diffusion calculation from olivine Mg-Fe zoning, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 44, 521-530.
 11. Ota, K., T. Mikouchi, and K. Sugiyama (2009), Crystallography of hornblende amphibole in the LAP04840 R chondrite and implication for its metamorphic history, *Jour. of Mineral. And Petrol. Sci.*, 104, 215-225.
 12. 杉田 精司, 宮本 英昭, 橘 省吾, 岡田 達明, 出村 裕英, 大森 聡一, 並木 則行, 高橋 幸弘, 三浦 弥生, 長尾 敬介, 三河内 岳, 佐藤 毅彦 (2009), MELOS の目指す火星表層科学探査, *遊星人 (日本惑星科学会誌)*, 18, 79-83.
 13. Komatsu, M., T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2009), High temperature annealing of amoeboid olivine aggregates: Heating experiments of olivine and anorthite mixtures, *Polar Science*, 3, 31-55.
 14. Miyamoto, M., T. Arai, M. Komatsu, A. Yamamoto, and T. Mikouchi (2009), Evaluation of a curve-fitting method for diffuse reflectance spectra in the UV-Visible-

- NIR wavelength region, *Polar Science*, 3, 110-116.
15. Kimura, M., T. Mikouchi, A. Suzuki, M. Miyahara, E. Ohtani, and A. El Goresy (2009), Kushiroite, CaAlAlSiO_6 : A new mineral of the pyroxene group from the ALH 85085 CH chondrite, and its genetic significance in refractory inclusions, *American Mineral.*, 93, 1479-1482.
 16. Misawa, K., M. Kohno, T. Tomiyama, T. Noguchi, T. Nakamura, K. Nagao, T. Mikouchi, and K. Nishiizumi (2010), Two extraterrestrial dust horizons found in the Dome Fuji ice core, East Antarctica, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 289, 287-297.
 17. Kameda, J., A. Okamoto, T. Mikouchi, R. Kitagawa, and T. Kogure (2010), The occurrence and structure of vermiform chlorite, *Clay Science*, 14, 155-161.
 18. Mikouchi, T., M. Zolensky, I. Ohnishi, T. Suzuki, H. Takeda, P. Jenniskens, and M. H. Shaddad (2010), Electron microscopy of pyroxenes in the Almahata Sitta ureilite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 45, 1812-1820.
 19. Zolensky, M. E., J. Herrin, T. Mikouchi, K. Ohsumi, J. M. Friedrich, A. Steele, M. Fries, S. A. Sandford, S. Milam, K. Hagiya, H. Takeda, W. Satake, T. Kurihara, M. Colbert, R. Hanna, J. Maisano, R. Ketcham, L. Le, G. A. Robinson, J. E. Martinez, P. Jenniskens, and M. H. Shaddad (2010), Mineralogy and petrography of the Almahata Sitta ureilite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 45, 1618-1637.
 20. Goodrich, C. A., N. T. Kita, M. K. Spicuzza, J. W. Valley, J. Zipfel, T. Mikouchi, and M. Miyamoto (2010), The Northwest Africa 1500 meteorite: Not a ureilite, maybe a brachinite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 45, 1906-1928.
 21. Ohtani, E., S. Ozawa, M. Miyahara, Y. Ito, T. Mikouchi, M. Kimura, T. Arai, K. Sato, and K. Hiraga (2011), Coesite and stishovite in a shocked lunar meteorite, Asuka-881757, and impact events in lunar surface, *Proc. of Natl. Academy Sci.*, 108, 463-466.
 22. 三河内 岳, 紋川 亮, 杉山 和正 (2011), 地球外試料中角閃石の結晶化学と形成過程について, *日本結晶学会誌*, 53, 64-69.
 23. 三河内 岳, 栗原 大地, 笠間 丈史 (2011), 火星隕石中の黒色カンラン石: 衝撃変成作用による鉄ナノ粒子の形成, *遊星人 (日本惑星科学会誌)*, 20, 161-168.
 24. Hoffmann, V. H., R. Hochleitner, M. Torii, M. Funaki, T. Mikouchi, and Almahata Sitta Consortium (2011), Magnetism and mineralogy of Almahata Sitta polymict ureilite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 46, 1551-1564.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Mikouchi, T., M. Zolensky, O. Tachikawa, M. Komatsu, M. A. Ivanova, L. Le, and M. Gounelle (2006), Electron back-scatter diffraction (EBSD) analysis of two unusual minerals in carbonaceous chondrites, *Lunar and Planet. Sci.*, XXXVII, Abstract #1855, *Lunar Planet. Inst.*, Houston (CD-ROM).
 2. Mikouchi, T., M. Miyamoto, E. Koizumi, J. Makishima, and G. McKay (2006), Relative burial depths of nakhlites: An update, *Lunar and Planet. Sci.*, XXXVII, Abstract #1865, *Lunar Planet. Inst.*, Houston (CD-ROM).
 3. Mikouchi, T., K. Ota, J. Makishima, A. Monkawa, and K. Sugiyama (2007), Mineralogy and crystallography of LAP 04840: Implications for metamorphism at depth in the R chondrite parent body, *Lunar and Planet. Sci.*, XXXVIII, Abstract #1928, *Lunar Planet. Inst.*, Houston (CD-ROM).

4. Mikouchi, T., O. Tachikawa, K. Hagiya, K. Ohsumi, Y. Suzuki, K. Uesugi, A. Takeuchi, and M. Zolensky (2007), Mineralogy and crystallography of Comet 81P/Wild 2 particles, *Lunar and Planet. Sci.*, XXXVIII, Abstract #1946, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 5. Mikouchi, T., and E. Koizumi (2007), Theoretical crystallization of a reduced shergottite: Applying MELTS to Y980459, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 42, Supple. A107.
 6. Mikouchi, T., T. Kurihara, and M. Miyamoto (2008), Petrology and mineralogy of RBT 04262: Implications for stratigraphy of the Iherzolitic shergottite igneous body, *Lunar and Planet. Sci.*, XXXIX, Abstract #2403, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 7. Mikouchi, T., G. McKay, and J. Jones (2008), Petrogenesis and crystallization history of quenched angrites, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 43, Supple. A98
 8. Mikouchi, T. (2008), Petrographic and chemical variation of Iherzolitic shergottites and implications for the classification of shergottites, *Meteoritics & Planet. Sci.*, 43, Supple. A186.
 9. Mikouchi, T., K. Ohsumi, K. Ichiyangi, S. Adachi, S. Nozawa, S. Koshihara, and M. E. Zolensky (2009), Nano-second time-resolved synchrotron X-ray diffraction study of olivine under laser-induced shock compression, *Lunar and Planet. Sci.*, XL, Abstract #2250, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 10. Mikouchi, T. (2009), Petrological and mineralogical diversities within the Iherzolitic shergottites require a new group name?, *Lunar and Planet. Sci.*, XL, Abstract #2272, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 11. Mikouchi, T. and J. A. Barrat (2009), NWA 5029 basaltic shergottite: A clone of NWA 480/1460?, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 44, Supple. A143.
 12. Mikouchi, T., M. Zolensky, H. Takeda, K. Hagiya, K. Ohsumi, W. Satake, T. Kurihara, P. Jenniskens, and M. H. Shaddad, (2010) Mineralogy of pyroxene and olivine in the Almahata Sitta ureilite, *Lunar and Planet. Sci.*, XLI, Abstract #2344, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 13. Mikouchi, T., K. Sugiyama, Y. Kato, A. Yamaguchi, E. Koizumi, and K. Kaneda (2010), Mineralogy of calcium silico-phosphates in angrites compared with related phases in heated eucrite and synthetic analog, *Lunar and Planet. Sci.*, XLI, Abstract #2343, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 14. Mikouchi, T., M. E. Zolensky, I. Ohnishi, T. Suzuki, H. Takeda, P. Jenniskens, and M. H. Shaddad (2010), Transmission electron microscopy of pyroxenes in the Almahata Sitta ureilite, *Meteoritics and Planet. Sci.*, 45, Supple. A138.
 15. Mikouchi, T., T. Kasama, and T. Kurihara (2011), More on nano-particles in olivine from the Northwest Africa 1950 shergottite, *Lunar and Planet. Sci.*, XLII, Abstract #1689, Lunar Planet. Inst., Houston (CD-ROM).
 16. Mikouchi, T., M. Miyamoto, and G. McKay (2011), Kirschsteinite exsolution lamellae in olivine from young angrites: Implications for their thermal history, *Mineral. Mag.*, 75, 1469.
- (3) レヴュー論文・総説
1. 三河内 岳 (2007), スターダスト探査が解き明かす原始太陽系の姿, 遊星人 (日本惑星科学会誌), 16, 270-273. (査読有り)

(4) 著書等

1. 三河内 岳 (2007), 火星隕石から読み取る火星環境, 「異星の踏査 アポロからはやぶさへ」, 宮本英昭・橋省吾・平田成・杉田精司編, 東京大学総合研究博物館, 147-153.
2. 三河内 岳 (2007), ポプラディア情報館 宇宙, 55-61 pp, 渡部潤一監修, ポプラ社, ISBN 978-4-591-09597-3.
3. 三河内 岳 (2007), 日本の月周回観測衛星打ち上げ「かぐや」月に迫る, 月刊星ナビ, 2007年10月号, アスキー.
4. 三河内 岳 (2008), 火星隕石から読み取る火星環境, 「惑星地質学」, 宮本英昭・橋省吾・平田成・杉田精司編, 東京大学出版会, 147-153.
5. 三河内 岳 (2008), 火星の氷 フェニックス探査機からの直接証拠, 月刊星ナビ 2008年9月号, アスキー.
6. 三河内 岳 (2009), 天文・宇宙が解るキーワード, 月刊星ナビ 2009年3月号, アスキー.
7. Yazawa, Y., T. Mikouchi, and H. Takeda (2010), Chapter 19, Available resources and energy sources from Mars rock and soil and their applications for human exploration on the surface of Mars, In “Mars: Prospective Energy and Material Resources”, Badescu, Viorel (Editor), Springer, ISBN 978-3642036286 (3642036287), p. 483-516, (700 pp).
8. 三河内 岳 (2010), 火星隕石から探る火星の科学, “Mars Why is Mars red?”, 宮本英昭・平田成・橋省吾編, 東京大学総合研究博物館, 51-59.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Mikouchi, T., M. Zolensky, O. Tachikawa, M. Komatsu, M. A. Ivanova, L. Le, and M. Gounelle, Electron back-scatter diffraction (EBSD) analysis of two unusual minerals in carbonaceous chondrites, 37th Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar. 13-17, 2006, Houston, USA, 一般.
2. Mikouchi, T., O. Tachikawa, K. Hagiya, K. Ohsumi, Y. Suzuki, K. Uesugi, A. Takeuchi, and M. Zolensky, Mineralogy and crystallography of Comet 81P/Wild 2 particles, 38th Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar. 12-16, 2007, Houston, USA, 一般.
3. Mikouchi, T., T. Kurihara, and M. Miyamoto, Petrology and mineralogy of RBT 04262: Implications for stratigraphy of the Iherzolitic shergottite igneous body, 39th Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar. 10-14, 2008, Houston, USA, 一般.
4. Mikouchi, T., G. McKay, and J. Jones, Petrogenesis and crystallization history of quenched angrites, 71st Annual Meeting of The Meteoritical Society, Jul. 28-Aug. 1, 2008, Matsue, Japan, 招待.
5. Mikouchi, T., K. Ohsumi, K. Ichiyangi, S. Adachi, S. Nozawa, S. Koshihara, and M. Zolensky, Nano-second time-resolved synchrotron X-ray diffraction study of olivine under laser-induced shock compression, 40th Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar. 23-27,

2009, The Woodlands, USA, 一般.

6. Mikouchi, T., M. Zolensky, H. Takeda, K. Hagiya, K. Ohsumi, W. Satake, T. Kurihara, P. Jenniskens, and M. H. Shaddad, Mineralogy of pyroxene and olivine in the Almahata Sitta ureilite, 41st Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar. 1-5, 2010, The Woodlands, USA, 一般.
7. Mikouchi, T., T. Kasama, and T. Kurihara, More on nano-particles in olivine from the Northwest Africa 1950 shergottite, 42nd Lunar and Planet. Sci. Conf., Mar 7-11, 2011, The Woodlands, USA, 一般.
8. Mikouchi, T., M. Miyamoto, and G. McKay, Kirschsteinite exsolution lamellae in olivine from young angrites: Implications for their thermal history, 21st Annual Goldschmidt Conference, Aug. 14-19, 2011, Prague, Czech, 招待.

その他, 本人による口頭発表 16 件.

(2) 国内会議

1. 三河内 岳, 栗原 大地, 火星隕石中カンラン石の黒色化: 衝撃変成作用による鉄ナノパーティクルの形成とその存在意義, 第6回北海道大学低温科学研究所衝突研究会「天体の衝突物理の解明 (VI) ~衝突と物質科学~」(北海道大, 札幌), 2010.11.5-6, 招待講演.

その他, 本人による口頭発表 16 件.

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 紋川 亮 (博士課程在籍時の指導学生), 平成 22 年度日本鉱物科学会応用鉱物科学賞受賞.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 2007~現在, “Earth, Planets, and Space”, 運営委員会, 委員
- ・ 2011~現在, The Meteoritical Society, Publications Committee, 委員
- ・ 2011~現在, Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, Associate Editor

(2) 学会等

- ・ 2003~2008, 日本鉱物科学会, 日本地球惑星科学連合大会プログラム委員会, 委員
- ・ 2007~現在, 日本惑星科学会, 欧文誌専門委員会, 委員
- ・ 2008~現在, 日本地球惑星科学連合, 情報システム委員会, 委員
- ・ 2009~現在, 日本惑星科学会, 欧文誌専門委員会, 委員長
- ・ 2009~現在, 日本惑星科学会, 運営委員会, 委員

- ・ 2010～現在, The Meteoritical Society, Nomenclature Committee, 委員

(3) 国際会議等

- ・ 71st Annual Meeting of The Meteoritical Society, Local Organizing Committee, 委員, 2008/7.
- ・ 71st Annual Meeting of The Meteoritical Society, Program Committee, 委員, 2008/7.

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 「2006年科学大ニュース」スターダスト探査, NHK 教育テレビ, サイエンス ZERO, 2006/12.
- ・ 「すい星ってどんな天体?～スターダストが持ち帰った塵」, 科学技術館・科学ライブラリー「ユニバース」, 2007/5.
- ・ 「月のうさぎの秘密に迫れ!」, NHK 教育テレビ, 科学大好き土よう塾, 2007/11.
- ・ 「火星隕石から見た火星」, 宇宙農業サロン会 (東京八重洲ホール会議室), 2010/9.
- ・ 「火星を探るー火星隕石から生命までー」, 第 51 回企画展記念講演会, ミュージアムパーク茨城県自然博物館, 2011/6.
- ・ 「太陽系の惑星誕生の謎にせまる いん石が教えてくれること」, もっと知りたい! 第 2 日曜日は天文・宇宙のトビラタイムドーム明石, 東京都中央区, 2011/10.
- ・ 「いん石の研究とはやぶさ探査」, 夢見る講座, 柏市立中川小学校, 2011/11.
- ・ 「理学部なう! イトカワの謎にせまる」@東大理学部, 科学技術館, 2012.3.

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 2011～現在 NASA, Meteorite Working Group, 委員

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数 : 0

(2) 派遣

学生数 : 修士 3 名 (アメリカ), 博士 1 名 (アメリカ)

研究者数 : 0

(3) 海外からの来訪者数

のべ 25 名 (アメリカのべ 19 名, ドイツのべ 5 名, デンマーク 1 名)

横山 央明

I. 略歴

氏名： 横山 央明

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

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。（以下、引用文献中の「TY」は T. Yokoyama を示す.）

・ 太陽コロナ活動現象・リコネクションの研究

コロナジェットは、細長い高温 X 線源（数百万 K）が音速程度（ $\approx 150\text{km/s}$ ）で延伸する現象で、リコネクションによる加熱加速説が提唱されていた。提案説の再現だけでなく、同時に低温ガス（数万 K）加速がおこることを示し、観測でみられる低温・高温同時噴出ジェットの説明に成功した。このことが評価され、Nature 誌に掲載されるにいたった。この研究はその後発展を続けていて、3次元への拡張によるスレッド構造の再現（Isobe et al. 2005, Nature 誌）、彩層蒸発を取り入れた高密ジェットの再現（Matsui & TY 2012）などをおこなった。どういうきっかけでフレアがトリガーされるか、という問いの解明をめざした研究も実施した。浮上磁場がきっかけとなって力学非平衡状態に遷移してプラズマ放出する過程について 3次元シミュレーションを実施した（Notoya & TY 2007, Kaneko & TY 準備中）。太陽だけでなく地球磁気圏でも重要な、リコネクションそのものの物理についても、磁気流体力学の枠内で基礎的な研究を実施している。非常に強い磁場のリコネクションについて、特殊相対論効果を取り入れた拡散磁気流体コードを開発し、知る限りで、世界で初め

でシミュレーションを実施した (Watanabe & TY 2006). 最近は, 基礎的な設定で乱流的状况がエネルギー解放率に及ぼす影響をしらべている (TY & Isobe 2013 準備中). また定常的コロナ加熱について「ひので」観測で調べている (Kitagawa et al. 2013 準備中)

非熱的粒子加速は地球磁気圏や宇宙線でもみられる普遍的な現象である. 太陽ではフレアがその代表であるが, 観測と現象論的な方法とで取り組んでいる. 粒子輸送を解き放射を計算し, 野辺山などの電波観測と比較することで, もとになった粒子分布関数を予測するという方法である (Minoshima & TY 2008).

・ 太陽ダイナモと磁浮上・表層磁場対流相互作用

太陽活動のおおもととなる磁束は, 星内部におけるダイナモ作用で生成・維持されていると概ね考えられている. 結果としての表面現象が太陽活動周期, いわゆる 11 年周期である. ここ数年は, ダイナモと太陽表層磁場対流相互作用との研究を始めた. 磁束輸送ダイナモモデルの枠組みでの運動学的シミュレーションで, 極域磁場が弱いこと, 太陽のような反対称磁極性を維持すること, のそれぞれを説明するために太陽内部の磁気拡散分布に制限をつけた (Hotta & TY 2010, 2011). また力学的ダイナモの巨大シミュレーションを実施するための準備もすすめている (Hotta et al. 2012). 黒点活動領域磁場生成 (Toriumi & TY 2010, 2011) や表面磁場活動観測の観測的研究 (Iida et al. 2012), 輻射磁気流体相互作用コードを用いた表面熱対流の理論研究 (Iijima & TY 2012 準備中) も並行しておこない, 磁場の誕生から行く末までを解き明かすことをめざしている.

3. 特に優れた論文 5 編

1. Yokoyama, T. and Shibata, K. 1995, 'Magnetic reconnection as the origin of X-ray jets and H-alpha surges on the Sun' *Nature*, 375, 42.

太陽コロナ活動現象の代表例である X 線ジェットについて初めてシミュレーションを実施した. また古典的 H α ジェットが同時発生することも示し, のちに観測で証明した. (被引用数 200, 関連論文に Yokoyama & Shibata 1996 【被引用数 184】)

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.

太陽フレアについて, 磁気リコネクション加熱から「彩層蒸発」による高密度プラズマの上昇過程まですべて自己調和的に世界で初めてシミュレーションをした. フレア温度についてのスケール則を導き, のちの原始星・恒星・太陽フレア統一則のもととなった. (被引用数 109, 関連論文に Yokoyama & Shibata 1998 【被引用数 84】)

3. Yokoyama, T. K. Akita, T. Morimoto, K. Inoue, J. Newmark, 2001, 'Clear Evidence of Reconnection Inflow of a Solar Flare' *The Astrophys. J.*, 546, L69-L72.

太陽フレア時の磁気リコネクションを証明する重要な要素である, 流入流を世界で初めて発見した観測. (被引用数 157)

4. Watanabe, N. and Yokoyama, T. 2006, 'Two-dimensional Magnetohydrodynamic Simulations of Relativistic Magnetic Reconnection' *The Astrophys. J.*, 647, L123-L126.

相対論的磁気リコネクションの, 世界初の数値シミュレーション. 相対論的になるに

従い、効率がより高くなることを示した。(被引用数 30)

5. Minoshima, T., Yokoyama, T., Mitani, N. 2008, 'Comparative analysis of nonthermal emissions and electron transport in a solar flare' *The Astrophys. J.*, 673, 598-610.

太陽フレアで発生する非熱的高エネルギー電子について、電波と硬 X 線との観測データから、その注入時のピッチ角分布を予想した。(被引用数 16)

4. 受賞等

- ・ 横山 央明「太陽 X 線ジェットとフレアの電磁流体シミュレーション研究」日本天文学会研究奨励賞, 日本天文学会, 1999 年 3 月

5. 研究の将来計画

太陽・天体プラズマ物理学をこれまで研究してきたが、今後もこれをひきつづき行ないたいと考えている。シミュレーションによる理論研究を中心にすすめるが、観測研究の推進もやる。また惑星大気科学に関連して新しい課題も考えたい。

まず太陽恒星物理学は、これまで私がおもに従事してきた分野であり、ひきつづき進めてゆきたい。この分野で特に力をいれたいと考えているのは、太陽恒星ダイナモとその周辺の物理現象である。めざすのは、太陽活動のエネルギー源である「磁場の起源」の理解であり、そのメカニズムとしての「ダイナモ」モデルの完成である。米欧印においてここ 10 年隆盛し始めたが日本でも開始するべくプロジェクトを立ち上げた。具体的には、ダイナモの基本的な要素である、太陽差動回転の自己調和的なモデルの構築・熱対流乱流の効果の定量化・生成した磁束管の星内部でのダイナミクスを明らかにしたい。特色として、新たな計算法(音速抑制法)で高効率並列計算を行い先行研究を凌駕した大規模シミュレーションをめざす。理研の「京」を利用するべく活動している。もうひとつ重要な課題は、太陽恒星表面磁気対流である。次期太陽観測衛星ミッション Solar-C では、外層大気(コロナ・恒星風)へのエネルギー輸送、中でも彩層での物理過程に注目する予定で検討がすすめられている。これらのエネルギー源は星表面での熱対流であるが、観測との直接比較に耐えうるモデリングが求められている。そのために輻射輸送と磁気流体とが相互に関わりあう物理を解く必要があり、シミュレーションコードを新開発して実施する。

次に、惑星・惑星系科学。地球などの惑星磁気圏正面や尾部においては磁気リコネクションが、太陽風からのエネルギー取り込みや突発的な擾乱現象を説明するうえで、非常に重要な物理過程である。また太陽においても最近は「どこでもリコネクション(ubiquitous reconnection)」がキーワードとなりつつある。しかしその基礎物理についてまだ完全には明らかになっていない。惑星磁気圏や太陽コロナのような、非常に低拡散な環境で乱流が発達したときにどうなるのか。運動論的ミクロスケールと流体的マクロスケールとの相互作用はどうなのか。また粒子加速にはどう影響するのか、などおもしろい課題は多い。応用を念頭におきつつも基礎的な設定で、シミュレーションを使って調べていきたい。また上に述べた恒星ダイナモの結果を惑星ダイナモにも応用したい。地球だけでなく水星や他の惑星についての磁場についての理論

的な貢献ができるとうれしい。わたし自身はまだ勉強不足で情報収集の段階であるが、地球惑星科学専攻の他の専門家とも協力してすすめられたらと思っている。さらに、惑星系や惑星に親恒星がおよぼす影響についても考えてみたい。輻射・フレア・恒星風・質量放出などさまざまな擾乱がさまざまな規模・時間スケールで届くはずなので、最近多数みつかった系外惑星系との関連で新しい研究ができるかもしれない。

最後に、天体プラズマ磁気流体力学について。上で述べた、太陽恒星ダイナモを他の天体、たとえば原始惑星系降着円盤や銀河に応用したい。特に後者については、宇宙線圧力効果が星間ガス・星間磁場にはたらき、ダイナモを駆動しているという学説がある。これについてシミュレーションをするべく現在共同研究をはじめたので、引き続きすすめたい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(B) 平成 23 年 (2011) 度-平成 27 年 (2015) 度, 太陽磁場生成機構とそのダイナミクスの解明, 研究代表者, 4,600 千円
- ・ 基盤研究(C) 平成 18 年(2006) 度-平成 21 年(2009) 度, 太陽・天体プラズマ活動現象の爆発過程の研究, 研究代表者, 3,400 千円
- ・ 基盤研究(B) 平成 20 年(2008) 度-平成 22 年(2010) 度, 磁気流体シミュレータによる降着円盤の時間変動とジェット形成機構の解明, 研究分担者, 2,400 千円 (研究代表者は千葉大の松元亮治教授)

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. H. Hotta, M. Rempel, T. Yokoyama, Generation of twist on magnetic flux tubes at the base of the solar convection zone, *Astronomy and Astrophysics*, in press,
2. H. Hotta, M. Rempel, T. Yokoyama, (2012), Magnetic field intensification by three-dimensional 'explosion', *The Astrophysical Journal*, 759, L24
3. Matsui, Y.; Yokoyama, T.; Kitagawa, N.; Imada, S., (2012), Multi-wavelength Spectroscopic Observation of Extreme-ultraviolet Jet in AR 10960, *The Astrophysical Journal*, 759, 15
4. Iida, Y.; Hagenaar, H. J.; Yokoyama, T., (2012), Detection of Flux Emergence, Splitting, Merging, and Cancellation of Network Field. I. Splitting and Merging, *The Astrophysical Journal*, 752, 149
5. Toriumi, S.; Hayashi, K.; Yokoyama, T., (2012), Detection of the Horizontal Divergent Flow Prior to the Solar Flux Emergence, *The Astrophysical Journal*, 751, 154

6. Hotta, H.; Iida, Y.; Yokoyama, T., (2012), Estimation of Turbulent Diffusivity with Direct Numerical Simulation of Stellar Convection, *The Astrophysical Journal*, 751, 9
7. H. Hotta, M. Rempel, T. Yokoyama, Y. Iida, Y. Fan, (2012), Numerical calculation of convection with reduced speed of sound technique, *Astronomy and Astrophysics*, 539, A30
8. S. Toriumi and T. Yokoyama, (2012), Large-scale 3D MHD simulation on the solar flux emergence and the small-scale dynamic features in an active region, *Astronomy and Astrophysics*, 539, A22
9. H. Hotta, T. Yokoyama, (2011), Modeling of differential rotation in rapidly rotating solar-type stars, *The Astrophysical Journal*, 740, 12
10. S. Toriumi and T. Yokoyama, (2011), Numerical Experiments on the Two-step Emergence of Twisted Magnetic Flux Tubes in the Sun, *The Astrophysical Journal*, 735, 126
11. S. Toriumi, T. Miyagoshi, T. Yokoyama, H. Isobe, and K. Shibata, (2011), Dependence of the Magnetic Energy of Solar Active Regions on the Twist Intensity of the Initial Flux Tubes, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 63, 407-415
12. Kitagawa, N., Yokoyama, T., Shinsuke, I., and Hara, H., (2010), Mode Identification of MHD Waves in an Active Region Observed with Hinode/EIS, *The Astrophysical Journal*, 721, 744-749
13. Hotta, H.; Yokoyama, T., (2010), Solar Parity Issue with Flux-transport Dynamo, *The Astrophysical Journal*, 714, L308-L312
14. Toriumi, S.; Yokoyama, T., (2010), Two-step emergence of the magnetic flux sheet from the solar convection zone, *The Astrophysical Journal*, 714, 505-516
15. Iida, Y.; Yokoyama, T.; Ichimoto, K., (2010), Vector Magnetic Fields and Doppler Velocity Structures Around a Cancellation Site in the Quiet Sun, *The Astrophysical Journal*, 713, 325-329
16. Hotta, H.; Yokoyama, T., (2010), Importance of Surface Turbulent Diffusivity in the Solar Flux-Transport Dynamo, *The Astrophysical Journal*, 709, 1009-1017
17. Minoshima, T.; Imada, S.; Morimoto, T.; Kawate, T.; Koshiishi, H.; Kubo, M.; Inoue, S.; Isobe, H.; Masuda, S.; Krucker, S.; Yokoyama, T., (2009), Multiwavelength Observation of Electron Acceleration in the (2006) December 13 Flare, *The Astrophysical Journal*, 697, 843-849
18. Okamoto, Takenori J.; Tsuneta, Saku; Lites, Bruce W.; Kubo, Masahito; Yokoyama, Takaaki; Berger, Thomas E.; Ichimoto, Kiyoshi; Katsukawa, Yukio; Nagata, Shin'ichi; Shibata, Kazunari; Shimizu, Toshifumi; Shine, Richard A.; Suematsu, Yoshinori; Tarbell, Theodore D.; Title, Alan M., (2009), Prominence Formation Associated with an Emerging Helical Flux Rope, *The Astrophysical Journal*, 697, 913-922
19. Asai, A. et al., (2009), Imaging Spectroscopy on Preflare Coronal Nonthermal Sources Associated with the 2002 July 23 Flare, *The Astrophysical Journal*, 695, 1623-1630
20. Chifor, C.; Isobe, H.; Mason, H. E.; Hannah, I. G.; Young, P. R.; Del Zanna, G.; Krucker, S.; Ichimoto, K.; Katsukawa, Y.; Yokoyama, T., (2008), Magnetic flux cancellation associated with a recurring solar jet observed with Hinode, RHESSI, and STEREO/EUVI, *Astronomy and Astrophysics*, 491, 279-288
21. Minoshima, T.; Yokoyama, T., (2008), Numerical Study of a Propagating Nonthermal

- Microwave Feature in a Solar Flare Loop, *The Astrophysical Journal*, 686, 701-708
22. Chifor, C.; Hannah, I. G.; Mason, H. E.; Isobe, H.; Yokoyama, T.; Young, P. R.; Tripathi, D., (2008), Active Region Microflares From Hinode and RHESSI, *First Results From Hinode ASP Conference Series*, Vol. 397, 397, 164
 23. Inoue, S.; Kusano, K.; Masuda, S.; Miyoshi, T.; Yamamoto, T.; Magara, T.; Tsuneta, T.; Sakurai, T.; Yokoyama, T., (2008), Three-Dimensional Structure Analysis of Coronal Magnetic Field in AR NOAA 10930 Based on Vector Magnetogram Observations with Hinode/SOT, *First Results From Hinode ASP Conference Series*, Vol. 397, 397, 110
 24. Magara, T.; Katsukawa, Y.; Ichimoto, K.; Tsuneta, S.; Yokoyama, T.; Nagata, S.; Inoue, S., (2008), Evolution of Magnetic Field and Flow in NOAA 10930 Obtained by Hinode Observations, *First Results From Hinode ASP Conference Series*, Vol. 397, 397, 135
 25. Chifor, C.; Young, P. R.; Isobe, H.; Mason, H. E.; Tripathi, D.; Hara, H.; Yokoyama, T., (2008), An active region jet observed with Hinode, *Astronomy and Astrophysics*, 481, L57-L60
 26. Morinaga, S.; Sakurai, T.; Ichimoto, K.; Yokoyama, T.; Shimojo, M.; Katsukawa, Y., (2008), Suppression of convection around small magnetic concentrations , *Astronomy and Astrophysics* , 481, L29-L32
 27. Nagata, Shin'ichi; Tsuneta, Saku; Suematsu, Yoshinori; Ichimoto, Kiyoshi; Katsukawa, Yukio; Shimizu, Toshifumi; Yokoyama, Takaaki; Tarbell, Theodore D.; Lites, Bruce W.; Shine, Richard A.; Berger, Thomas E.; Title, Alan M.; Bellot Rubio, Luis R.; Orozco Suarez, David, (2008), Formation of Solar Magnetic Flux Tubes with Kilogauss Field Strength Induced by Convective Instability, *The Astrophysical Journal*, 677, L145-L147
 28. Okamoto, Takenori J.; Tsuneta, Saku; Lites, Bruce W.; Kubo, Masahito; Yokoyama, Takaaki; Berger, Thomas E.; Ichimoto, Kiyoshi; Katsukawa, Yukio; Nagata, Shin'ichi; Shibata, Kazunari; Shimizu, Toshifumi; Shine, Richard A.; Suematsu, Yoshinori; Tarbell, Theodore D.; Title, Alan M., (2008), Emergence of a Helical Flux Rope under an Active Region Prominence, *The Astrophysical Journal*, 673, L215-L218
 29. Minoshima, T.; Yokoyama, T.; Mitani, N., (2008), Comparative Analysis of Nonthermal Emissions and Electron Transport in a Solar Flare, *The Astrophysical Journal*, 673, 598-610
 30. Chae, J.; Moon, Y.-J.; Park, Y.-D.; Ichimoto, K.; Sakurai, T.; Suematsu, Y.; Tsuneta, S.; Katsukawa, Y.; Shimizu, T.; Shine, R. A.; Tarbell, T. D.; Title, A. M.; Lites, B.; Kubo, M.; Nagata, S.; Yokoyama, T., (2007), Initial Results on Line-of-Sight Field Calibrations of SP/NFI Data Taken by SOT/Hinode, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, S619-S624
 31. Ichimoto, K.; Shine, R. A.; Lites, B.; Kubo, M.; Shimizu, T.; Suematsu, Y.; Tsuneta, S.; Katsukawa, Y.; Tarbell, T. D.; Title, A. M.; Nagata, S.; Yokoyama, T.; Shimojo, M., (2007), Fine-Scale Structures of the Evershed Effect Observed by the Solar Optical Telescope aboard Hinode, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, S593-S599
 32. Katsukawa, Y.; Yokoyama, T.; Berger, T. E.; Ichimoto, K.; Kubo, M.; Lites, B.; Nagata, S.; Shimizu, T.; Shine, R. A.; Suematsu, Y.; Tarbell, T. D.; Title, A. M.; Tsuneta, S., (2007), Formation Process of a Light Bridge Revealed with the Hinode Solar Optical Telescope, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, S577-S584
 33. Kubo, M.; Yokoyama, T.; Katsukawa, Y.; Lites, B.; Tsuneta, S.; Suematsu, Y.; Ichimoto, K.; Shimizu, T.; Nagata, S.; Tarbell, T. D.; Shine, R. A.; Title, A. M.; Elmore, D., (2007),

- Hinode Observations of a Vector Magnetic Field Change Associated with a Flare on (2006) December 13, Publications of the Astronomical Society of Japan, 59, S779-S784
34. Moon, Y.-J.; Kim, Y.-H.; Park, Y.-D.; Ichimoto, K.; Sakurai, T.; Chae, J.; Cho, K. S.; Bong, S.; Suematsu, Y.; Tsuneta, S.; Katsukawa, Y.; Shimojo, M.; Shimizu, T.; Shine, R. A.; Tarbell, T. D.; Title, A. M.; Lites, B.; Kubo, M.; Nagata, S.; Yokoyama, T., (2007), Hinode SP Vector Magnetogram of AR10930 and Its Cross-Comparison with MDI, Publications of the Astronomical Society of Japan, 59, S625-S630
 35. Nagashima, Kaori; Isobe, Hiroaki; Yokoyama, Takaaki; Ishii, Takako T.; Okamoto, Takenori J.; Shibata, Kazunari, (2007), Triggering Mechanism for the Filament Eruption on 2005 September 13 in NOAA Active Region 10808, The Astrophysical Journal, 668, 533-545
 36. Takasaki, Hiroyuki; Kiyohara, Junko; Asai, Ayumi; Nakajima, Hiroshi; Yokoyama, Takaaki; Masuda, Satoshi; Sato, Jun; Kosugi, Takeo, (2007), Imaging Spectroscopy of a Gradual Hardening Flare on 2000 November 25, The Astrophysical Journal, 661, 1234-1241
 37. Fujita, Yutaka; Suzuki, Takeru K.; Kudoh, Takahiro; Yokoyama, Takaaki, (2007), The Origin of Ripples in Cool Cores of Galaxy Clusters: Heating by Magnetohydrodynamic Waves?, The Astrophysical Journal, 659, L1-L4
 38. Stepanov, A. V.; Yokoyama, T.; Shibasaki, K.; Melnikov, V. F., (2007), Turbulent propagation of high-energy electrons in a solar coronal loop, Astronomy and Astrophysics, 465, 613-619
 39. Asai, A., T. Yokoyama, M. Shimojo, S. Masuda, K. Shibata, (2006), Flare Ribbon Expansion and Energy Release, Journal of Astrophysics and Astronomy, 27, 167-173
 40. Nagashima, K., T. Yokoyama, (2006), Statistical Study of the Reconnection Rate in Solar Flares Observed with Yohkoh SXT, The Astrophysical Journal, 647, 654-661
 41. Watanabe, N., T. Yokoyama, (2006), Two-dimensional Magnetohydrodynamic Simulations of Relativistic Magnetic Reconnection, The Astrophysical Journal, 647, L123-L126
 42. Isobe, H., T. Miyagoshi, K. Shibata, and T. Yokoyama, (2006), Three-Dimensional Simulation of Solar Emerging Flux Using the Earth Simulator I. Magnetic Rayleigh-Taylor Instability at the Top of the Emerging Flux as the Origin of Filamentary Structure, Publications of the Astronomical Society of Japan, 58, 423-438
 43. Shimojo, M., T. Yokoyama, A. Asai, H. Nakajima, and K. Shibasaki, (2006), One Solar-Cycle Observations of Prominence Activities Using the Nobeyama Radioheliograph 1992-2004, Publications of the Astronomical Society of Japan, 58, 85-92

(2) 学会プロシーディングス等

省略

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

1. 現代の天文学 10 「太陽」(桜井隆ほか編著) 第6章 周期活動とダイナモ機構

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Yokoyama, T., MHD Simulations of Reconnection in a Current Sheet with Initial Finite Perturbations with a review on MHD Turbulent Reconnection, 3rd Solaire Network Meeting and 2009 Flux Emergence Workshop, 2009/11/4, Tenerife, Spain, invited
2. Yokoyama, T., Isobe, H., Magnetic reconnection with finite fluctuations, COSPAR Sci. Assembly, 2010/7/22, Bremen, Germany, invited
3. Yokoyama, T., Simulations of a Current Sheet with Initial Finite Perturbations, US-Japan Workshop on Magnetic Reconnection MR2010, 2010/12/6, 奈良, invited
4. Yokoyama, T., Magnetic Reconnection in the Solar Atmosphere, NE Asian Symp. on Plasma Fusion, 2011/9/27, Daejeon, invited

他 71 件 (共著含む)

(2) 国内会議

1. 横山央明, 太陽 ダイナミックなプラズマ, 国立天文台野辺山特別公開 太陽ミニ講演会, 2008/8/22, 国立天文台野辺山, 招待
2. 横山央明, 磯部 洋明, パッチーナリコネクションと爆発現象, 宇宙プラズマ爆発現象研究会, 2009/3/13, 名古屋大学, 招待
3. 横山央明, 太陽のダイナミックな姿, 七夕講演会 宇宙の誕生から惑星形成まで, 2009/7/4, 筑波大学, 招待
4. 横山央明, 太陽大気 ダイナミックなプラズマの世界, 東京大学オープンキャンパス 地球惑星物理・環境学科 講演会, 2009/8/6, 東京大学, 招待
5. 横山央明, リコネクション機構 乱流場がある場合の磁力線のつなぎ換え, 基研研究会「宇宙磁気流体力学のフロンティア」, 2009/11/17, 京都大学基礎物理学研究所, 招待
6. 横山央明, 堀田英之, 太陽ダイナモの基礎, 研究会「太陽の多角的観測と宇宙天気研究の新展開」, 2009/12/25, 明星大学, 招待
7. 横山央明, 堀田英之, 太陽ダイナモの基礎, 太陽圏シンポジウム, 2010/1/28, 名古屋大学, 招待
8. 横山央明, 太陽フレアにおける乱流とエネルギー解放, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010/9/25, 大阪府立大学, 招待
9. 横山央明, 太陽表面磁場観測, 太陽天体ダイナモ研究会, 2010/9/27, 名古屋大学, 招待
10. 横山央明, 堀田英之, 太陽ダイナモ理論 フル流体モデル, 太陽天体ダイナモ研究会, 2010/9/27, 名古屋大学, 招待
11. 横山央明, 乱流リコネクション: 有限ランダム擾乱を与えた電流シートのエネルギー

一解放,研究会「磁気リコネクション研究の現状と展望」

12. ,2011/3/21,名古屋大学,招待
 13. 横山央明,多波長で探る恒星の高エネルギー現象 太陽フレアの話題を中心に,第11回高宇連研究会「多波長で探る高エネルギー現象」
 14. ,2011/8/9,早稲田大学,招待
 15. 横山央明,太陽・恒星物理のための磁気流体力学,研究会「太陽物理学と恒星物理学の相互交流と将来的展望」,2011/12/26,東京大学,招待
- 129件(共著含む)

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 堀田英之 2010年度 東京大学理学系研究科奨励賞
- ・ 鳥海森 2010年度 東京大学理学系研究科奨励賞

指導した学生の学位:

- ・ 博士号取得(予定1人含む)3人, 修士号取得(予定1人含む) 12人

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Publication of Astronomical Society of Japan 編集委員, 2005年1月から2009年12月 日本天文学会

(2) 学会等

(3) 国際会議等

- ・ 2006年7月 AOGS, Session Convener, Singapore
- ・ 2006年11月 Conference of Space Weather Modelings, LOC, 横浜
- ・ 2008年9月 Flux Emergence Workshop, LOC, 京都
- ・ 2011年11月 Plasma Conference 2011, LOC, 金沢

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 太陽大気 ダイナミックなプラズマの世界, 横山央明東京大学オープンキャンパス, 地球惑星物理・環境学科 講演会, 東京大学, 2009/8/6
- ・ 太陽のダイナミックな姿, 横山央明, 七夕講演会, 宇宙の誕生から惑星形成まで, 筑波大学, 2009/7/4
- ・ 太陽 ダイナミックなプラズマ, 横山央明, 国立天文台野辺山特別公開 太陽ミニ講

演会, 国立天文台野辺山, 2008/8/22

12. 学内外の委員会等

(学内)

- ・ 理学系研究科広報委員
- ・ 理学系研究科男女共同参画 WG 委員
- ・ 理学系研究科広報委員広報誌委員 (同委員長)
- ・ 専攻広報委員 (同委員長)
- ・ 専攻ネットワーク委員 (同委員長)
- ・ 専攻入試実施副委員長

(学外)

- ・ 国立天文台 太陽天体プラズマ専門委員
- ・ 国立天文台 電波ヘリオグラフ運用小委員会委員
- ・ 国立天文台 理論計算機専門委員
- ・ 宇宙科学研究所 科学衛星運用・データ利用センター運営委員
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所 総合解析専門委員
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所 共同利用・共同研究委員

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：修士 1 (中国), 博士 (短期) 1 (イギリス)

外国人研究者数：0

(2) 派遣

学生数：修士 2 (アメリカ 2), 博士 7 (アメリカ 6, ドイツ 1)

研究者数：1 (アメリカ)

(3) 海外からの来訪者数：10

吉川 一朗

I. 略歴

氏名： 吉川 一朗

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1990年（平成2年）4月 東京大学 理科Ⅱ類 入学

1994年（平成6年）3月 東京大学 理学部地球物理学科 卒業

1994年（平成6年）4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
進学

1996年（平成8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

1996年（平成8年）4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
進学

1998年（平成10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
中退

2000年（平成12年）3月 博士（理学）取得 （東京大学）

職歴

1996年（平成8年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC1）

1998年（平成10年）4月 宇宙科学研究所（現 宇宙航空研究開発機構）宇宙プラズマ
研究系 助手

2005年（平成17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（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

(1) 地球プラズマ圏の撮像

1960年代に東京大学 西田教授がプラズマ圏の成因過程を提唱し、1970年代には小川教授が飛翔体による極端紫外光(EUV)波長域の計測の基礎技術を確立した。私は1990年代後半に惑星周辺の電離大気(プラズマ)を可視化する研究を始め、プラズマが散乱するEUVを捉えることによって地球のプラズマ圏を撮像した。2000年初頭に地球プラズマ圏の撮像に世界で最初に成功した私のチームは、その後、月探査衛星「かぐや」によって、地球の極域から吹き上がるプラズマの撮像という新しい切り口で研究を展開し、NASAをはじめとする他の研究グループの追随を振り切ってきた。2005年からこの計画に参画した大学院生は2011年に博士号を取得し、東京大学総長賞に選ばれた。

月探査衛星「かぐや」は、私が統括した地球超高層プラズマイメージャを搭載

し、月の周回軌道から可視光と極端紫外光 (EUV) の2つの波長域で地球と月の観測を行った。その結果、地球プラズマ圏の撮像のほかに、月のナトリウム大気の起源に関する決定的な観測証拠をえ、さらに 極端紫外星の全天観測を地球の大気圏の外から世界で初めて実現した。

(2) 惑星探査計画への参画

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) とヨーロッパ宇宙開発機構 (ESA) が共同で進める国際水星探査計画の中で、私はプラズマ・大気分光撮像器の総括を務めている。計測器は現在、最終開発段階にあり、観測データは 2020 年に得られる。水星の大気成分は、月との類似性からアルカリ金属であろうという推論が過去 20 年以上続いているが、この計測器により論争に終止符を打つことができるであろう。これは、水星のもつ重いコアや小天体の大気生成の謎にも迫る研究である。

また、私の長年の目標であった惑星望遠鏡計画 (EXCEED 計画) が、小型科学衛星計画の初号機に採択され実現の一步手前までたどり着いた (2013 年 打ち上げ)。これは、地球の周回軌道から惑星周辺の大気・プラズマを観測する計画であり、惑星大気の宇宙空間への流出や、月・水星を含む小天体の大気、木星磁気圏プラズマの輸送に関する研究の発展を導くであろう。この計画の開発段階の検討を博士論文にまとめた大学院生は、2010 年に理学系研究奨励賞を受賞した。

(3) 地上望遠鏡を用いた惑星大気の観測

飛翔体を用いた観測は、惑星大気に関する決定的な証拠をもたらすが、大学院生の教育タイムスケールにはふさわしくない一面もある。そのため、地上の望遠鏡を用いた惑星大気観測も実施している。水星の大気については、米国 (ボストン大、メリーランド大) やフランス (Latmos 研究所)、スペイン等と世界的なネットワークを築き、観測をしている。この成果を博士論文にまとめた大学院生は、2008 年に 理学系研究奨励賞を受賞した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Yoshikawa et al., 1997, JGR, Observation of He II emission from the plasmasphere by a newly developed EUV telescope on board sounding rocket S-520-19.

極端紫外光光学装置がプラズマ圏撮像に実用できることを実証。

2. Nakamura et al., 2000, GRL, Terrestrial plasmaspheric imaging by an extreme ultraviolet scanner on Planet-B.

世界初のプラズマ圏撮像に成功。

3. Terasawa et al., 2006. Nature, Repeated injections of energy in the first 600ms of the giant flare of SGR1806 – 20.

軟ガンマ線リピーターのフレアのライトカーブを記録。

4. Yoshikawa et al., 2010, JRL, Plasmaspheric EUV image seen from the lunar orbit: Initial Result of Extreme Ultraviolet Telescope onboard KAGUYA spacecraft.

月から見た地球プラズマ圏の構造

5. Yoshikawa et al., 2010, Advances in Geosciences, Extreme Ultraviolet Spectrometer for Exospheric Dynamics Explore (EXCEED).

惑星探査望遠鏡 EXCEED の計画

4. 受賞等

- 平成15年11月 吉川一朗 大林奨励賞 極端紫外光によるプラズマ圏の撮像
地球電磁気・地球惑星圏学会

5. 研究の将来計画

これまでの研究を継続・発展させる。

(1) 地球プラズマ圏撮像データベースを構築する：内部磁気圏のプラズマの分布の映像を我々に送り続けていた NASA の人工衛星 IMAGE が観測を終えた。地球内部磁気圏を研究する者にとっては、貴重なデータベースを失い、しばらくの間、この分野の研究は停滞するであろう。私は小型科学衛星4号機を用いた撮像衛星計画を検討し、内部磁気圏研究を推進するようデータベースの構築に務める。東京大学が、かつてのようにフィールドワークによって、地球磁気圏研究を先導することを目指す。

(2) EUV 天文学について、ロシアの月周回衛星を用いて、より高精度な観測を試みる：EUV 天文学は硬 X 線天文学と同様に未開拓の分野であり、望遠鏡の感度が向上すれば、宇宙科学の研究上、興味深いことが沢山ある。例えば、新しいタイプの星や radiation field, 活動銀河核、銀河団の観測も可能になるであろう。直入射光学系が可能になると、回折限界で天体の大きさが観測できる。中性子星が 10 万度の熱放射をしているとすると、100parsec の距離ならば、大きさが観測できる。

(3) 国際水星探査計画を推進する：現在、国際水星探査計画は開発の最終段階にあり、水星の大気・プラズマのデータ（極端紫外光から紫外光、可視光にわたる大気光の測定）が 2020 年に得られる。これを基に小天体の大気の研究を進める。

(4) 惑星望遠鏡計画を成功させる：EXCEED 計画が 2013 年に実現する。木星磁気圏のプラズマの拡散・輸送に関わる問題や地球型惑星の大気流出の謎を解く。

(5) 国際宇宙ステーション KIBO において観測を行う：KIBO に極端紫外望遠鏡を搭載し、2012 年に観測を開始、データを得る。電離圏の高度から、プラズマ圏内側から外側を見通す光学観測を行い、電離圏とプラズマ圏の相互作用に関する研究（地球科学）や磁力管へのプラズマ再注入の研究（プラズマ物理学）を推進させる。

また、固体惑星科学と超高層大気・磁気圏物理学 (STP)、2つの探査分野の連関を目指す。固体惑星科学と STP 分野との共同研究は、比較惑星学や惑星大気分野の発展を導くと考える。例えば、水星のコアは他の地球型惑星に比べ特に大きいことは知られている。この事実と、大気生成や宇宙空間への流出との関連が推論されているにも関わらず、これらを繋ぐ研究がない。水星コアの問題は、STP と固体惑星科学の連携なしには解決できない。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 科学研究費補助金 若手 (A), 吉川一朗 (研究代表者), 平成18-19年度,
- ・ 超小型衛星搭載を目指した高安定度ファブリペロー干渉計の開発, 合計 13,000 千円
- ・ 科学研究費補助金 基盤研究 (C), 吉川一朗 (研究代表者), 平22-24年度, 極端紫外光星の次期全天サーベイに必要な技術修得, 合計 4,550 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 宇宙航空研究開発機構 搭載機器基礎開発実験費, 吉川一朗 (研究代表者), 平成18-19年度 CsTeを用いた極端紫外線検出器の開発 合計 5,000 千円
- ・ 宇宙航空研究開発機構 搭載機器基礎開発実験費, 吉川一朗 (研究代表者), 平成21年度 極端紫外光をMo/Si 多層膜より効率よく集光する鏡の開発, 合計 3,500 千円
- ・ 宇宙航空研究開発機構 搭載機器基礎開発実験費, 吉川一朗 (研究代表者), 平成22-23年度 像面湾曲を抑える曲面検出器の開発, 合計 6,728 千円

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kanao, M., N. Terada, A. Yamazaki, I. Yoshikawa, T. Abe, and M. Nakamura, Effect of the motional electric field on the Venus nightside ionopause, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, CiteID A03306, 2006.
2. Yamazaki, A., I. Yoshikawa, K. Shiomi, Y. Takizawa, W. Miyake, and M. Nakamura, Latitudinal variation of the solar He I 58.4 nm irradiance from the optical observation of the interplanetary He I emission, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, CiteID A06106, 2006.
3. Yoshikawa, I., H. Nozawa, S. Kameda, S. Okano, and H. Misawa, Observation of the Sodium Exosphere from Mercury Magnetospheric Orbiter, *Advance in Space Research*, Vol. 38, 659-663, 2006.
4. Sako, T., K. Watanabe, Y. Muraki, Y. Matsubara, H. Tsujihara, M. Yamashita, T. Sakai, S. Shibata, J. F. Valdes-Galicia, L. X. Gonzalez, A. Hurtado, O. Musalem, P. Miranda, N. Martinic, R. Ticona, A. Velarde, F. Kakimoto, S. Ogio, Y. Tsunesada, H. Tokuno, Y. T. Tanaka, I. Yoshikawa, T. Terasawa, Y. Saito, and T. Mukai, Long-lived Solar Neutron Emission in Comparison with Electron-produced Radiations, *Astrophysical Journal*, Vol. 651, L69-L72, 2006.
5. Terasawa, T., Y. Tanaka, I. Yoshikawa, N. Kawai, Geotail observation of soft gamma repeater giant flares, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 31, 76-79, 2006.
6. Tanaka, Y. T., I. Yoshikawa, K. Yoshioka, T. Terawasa, Y. Saito, and T. Mukai,

- Gamma-ray detection efficiency of the microchannel plate installed as an ion detector in the low energy particle instrument onboard the GEOTAIL satellite, *Review of Scientific Instruments*, Vol. 78, 034501-1-034501-4, 2007.
7. Watanabe, K. T. Sako, Y. Muraki, Y. Y. Matsubara, T. Sakai, S. Shibata, J. F. s-Galicia Vald, L. X. Gonz lez, A. Hurtado, O. Musalem, P. Miranda, N. Martinic, R. Ticona, A. Velarde, F. Kakimoto, S. Ogio, Y. Tsunesada, H. Tokuno, Y. Tanaka, I. Yoshikawa, T. Terasawa, Y. Saito, T. Mukai, and M. Gros, Highly significant detection of solar neutrons on 2005 September 7, *Advances in Space Research*, Vol. 39, 1462-1466, 2007.
 8. Murakami, G., M. Hirai, and I. Yoshikawa, The plasmopause response to the southward turning of the IMF derived from sequential EUV images, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, A06217, doi:10.1029/2006JA012174, 2007.
 9. Tanaka, Y. T., T. Terasawa, N. Kawai, A. Yoshida, I. Yoshikawa, Y. Saito, T. Takashima, and T. Mukai, Comparative Study of the Initial Spikes of SGR Giant Flares in 1998 and 2004 Observed with GEOTAIL: Do Magnetospheric Instabilities Trigger Large-Scale Fracturing of a Magnetar's Crust?, *The Astrophysical Journal*, Vol. 665, L55-L58, 2007.
 10. Yoshikawa, I., S. Kameda, K. Matsuura, K. Hikosaka, G. Murakami, K. Yoshioka, H. Nozawa, D. Rees, S. Okano, H. Misawa, A. Yamazaki, and O. Korablev, Observation of Mercury's sodium exosphere by MSASI in the BepiColombo mission, *Planetary and Space Science*, Vol. 55 1622-1633, 2007.
 11. Kameda, S., I. Yoshikawa, J. Ono, and H. Nozawa, Time variation in exospheric sodium density on Mercury, *Planetary and Space Science*, Vol. 55, 1509-1517, 2007.
 12. Yoshioka, K., K. Hikosaka, S. Kameda, H. Nozawa, A. Yamazaki, and I. Yoshikawa, Mercury's sodium exosphere explored by the BepiColombo mission, *Advances in Space Research*, Vol. 41, 1386-1391, 2008.
 13. Kameda, S., M. Kagitani, S. Okano, I. Yoshikawa, and J. Ono, Observation of Mercury's sodium tail using Fabry-Perot Interferometer, *Advances in Space Research*, Vol. 41, 1381-1385, 2008.
 14. K. Yoshioka, K. Hikosaka, G. Murakami, I. Yoshikawa, A. Yamazaki, and H. Nozawa, Development of the EUV detector for the BepiColombo mission, *Advances in Space Research*, Vol. 41, 1392-1396, 2008.
 15. Yoshikawa, I., A. Yamazaki, G. Murakami, K. Yoshioka, S. Kameda, F. Ezawa, T. Toyota, W. Miyake, M. Taguchi, M. Kikuchi, and M. Nakamura, Telescope of extreme ultraviolet (TEX) onboard SELENE: science from the Moon, *Earth, Planets and Space*, Vol. 60, 407-416, 2008.
 16. Yoshikawa, I., S. Kameda, K. Hikosaka, G. Murakami, D. Rees, H. Nozawa, S. Okano, O. Korablev, Attempt to identify a source mechanism of Mercury's sodium exosphere by a spectrometer using Fabry-Perot etalon, *Advances in Space Research*, Vol. 42, 1172-1179, 2008.
 17. Yoshikawa, I., J. Ono, K. Yoshioka, G. Murakami, F. Ezawa, T. Toyota, S. Kameda, and S. Ueno, Observation of Mercury's sodium exosphere during the transit on November 9, 2006, *Planetary and Space Science*, Vol. 56, 1676-1680, 2008.
 18. Nakagawa, H., M. Bzowski, A. Yamazaki, H. Fukunishi, S. Watanabe, Y. Takahashi, M. Taguchi, I. Yoshikawa, K. Shiomi, and M. Nakamura, UV optical measurements of the Nozomi spacecraft interpreted with a two-component LIC-flow model, *Astronomy & Astrophysics*, aa9241-07, 2008.

19. Kameda, S., I. Yoshikawa, M. Kagitani, and S. Okano, Interplanetary dust distribution and temporal variability of Mercury's atmospheric Na, *Geophysical Research Letters*, Vol. 36, doi:10.1029/2009GL039036, 2009.
20. Kagitani, M., M. Taguchi, A. Yamazaki, I. Yoshikawa, G. Murakami, K. Yoshioka, S. Kameda, F. Ezawa, T. Toyota, and S. Okano, First optical observation of the Moon's sodium exosphere from the lunar orbiter SELENE (Kaguya), *Earth, Planets and Space*, Vol. 61, 1025-1029, 2009.
21. M. Taguchi, T. Sakanoi, S. Okano, M. Kagitani, M. Kikuchi, M. Ejiri, I. Yoshikawa, A. Yamazaki, G. Murakami, K. Yoshioka, S. Kameda, W. Miyake, M. Nakamura, and K. Shiokawa, The Upper Atmosphere and Plasma Imager / the Telescope of Visible Light (UPI/TVIS) onboard the Kaguya Spacecraft, *Earth, Planets and Space*, Vol. 61, 17-23, 2009.
22. Yoshikawa, I., O. Korablev, S. Kameda, D. Rees, H. Nozawa, S. Okano, V. Gnedykh, V. Kottsov, K. Yoshioka, G. Murakami, F. Ezawa, and G. Cremonese, The Mercury Sodium Atmospheric Spectral Imager for the MMO Spacecraft of Bepi-Colombo, *Planetary and Space Science*, Vol. 58, 224-237, 2010.
23. Chassefiere, E., J.-L. Maria, J.-P. Goutail, E. Quemerais, F. Leblanc, S. Okano, I. Yoshikawa, O. Korablev, V. Gnedykh, G. Naletto, P. Nicolosi, M.-G. Pelizzo, J.-J. Correia, S. Gallet, C. Hourtoule, P.-O. Mine, C. Montaron, N. Rouanet, J.-B. Rigal, G. Muramaki, K. Yoshioka, O. Kozlov, V. Kottsov, P. Moisseev, N. Semena, J.-L. Bertaux, M.-Th. Capria, J. Clarke, G. Cremonese, D. Delcourt, A. Doressoundiram, S. Erard, R. Gladstone, M. Grande, D. Hunten, W. Ip, V. Izmodenov, A. Jambon, R. Johnson, E. Kallio, R. Killen, R. Lallement, J. Luhmann, M. Mendillo, A. Milillo, H. Palme, A. Potter, S. Sasaki, D. Slater, A. Sprague, A. Stern, and N. Yan, PHEBUS: A double ultraviolet spectrometer to observe Mercury's exosphere, *Planetary and Space Science*, Vol. 58, 201-223, 2010.
24. Yoshikawa, I., K. Yoshioka, G. Murakami, A. Yamazaki, S. Kameda, M. Ueno, N. Terada, F. Tsuchiya, M. Kagitani, Y. Kasaba, Extreme Ultraviolet Spectroscopy for Exospheric Dynamics Explore, *Advances in Geosciences*, Vol. 19, 579-592, 2010.
25. Yoshikawa, I., G. Murakami, F. Ezawa, K. Yoshioka, Y. Obana, M. Taguchi, A. Yamazaki, S. Kameda, M. Nakamura, M. Kikuchi, M. Kagitani, S. Okano, K. Shiokawa, and W. Miyake, Telescope of Extreme Ultraviolet board on KAGUYA: Science from the moon, *Advances in Geosciences*, Vol. 19, 109-122, 2010.
26. Obana, Y., Frederick W. Menk, and I. Yoshikawa, Plasma Refilling Rates for L = 2.3 - 3.8 Flux Tubes, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, A03204, doi:10.1029/2009JA014191, 2010.
27. K. Yoshioka, G. Murakami, M. Ueno, A. Yamazaki, K. Uemizu, and I. Yoshikawa, EUV observation from the Earth-orbiting satellite, EXCEED, *Advances in Space Research*, Vol. 45, 314-321, 2010.
28. Obana, Y., G. Murakami, and I. Yoshikawa, Conjunction Study of Plasmopause Location Using Ground-based Magnetometers, IMAGE-EUV, and KAGUYA-TEX Data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, CiteID A06208, 2010.
29. Yoshikawa, I., K. Yoshioka, G. Murakami, G. Ogawa, M. Ueno, A. Yamazaki, K. Uemizu, S. Kameda, F. Tsuchiya, M. Kagitani, N. Terada, Y. Kasaba, The EXCEED mission, *Advances in Geosciences*, Vol. 25, 29-42, 2010.
30. Murakami, G., I. Yoshikawa, Y. Obana, K. Yoshioka, G. Ogawa, A. Yamazaki, M.

- Kagitani, M. Taguchi, M. Kikuchi, S. Kameda, and M. Nakamura, First sequential images of the plasmasphere from the meridian perspective observed by KAGUYA, *Earth, Planets and Space*, Vol. 62, e9–e12, 2010.
31. Yoshikawa, I., G. Murakami, G. Ogawa, K. Yoshioka, Y. Obana, M. Taguchi, A. Yamazaki, S. Kameda, M. Nakamura, M. Kikuchi, M. Kagitani, S. Okano, W. Miyake, Plasmaspheric EUV image seen from the lunar orbit: Initial Result of Extreme Ultraviolet Telescope onboard KAGUYA spacecraft, *Journal of Geophysical Research*, 115, CiteID A04217, 2010.
 32. Murakami, G., K. Yoshioka, I. Yoshikawa, High-resolution imaging detector using five microchannel plates and a resistive anode encoder, *Applied Optics*, Vol. 49, 2985-2993, 2010.
 33. Tsuchiya, F., M. Kagitani, N. Terada, Y. Kasaba, I. Yoshikawa, G. Murakami, K. Sakai, T. Homma, K. Yoshioka, A Yamazaki, K. Uemizu, T. Kimura, and M. Ueno, Plan for observing magnetospheres of outer planets by using the EUV spectrograph onboard the SPRINT-A/EXCEED mission, *Advances in Geosciences*, Vol. 25, 57-72, 2010.
 34. Murakami, G., K. Sakai, T. Homma, K. Yoshioka, I. Yoshikawa, S. Ichimaru, and H. Takenaka, Performance of Y2O3/Al multilayer coatings for the He-II radiation at 30.4 nm, *Review of Scientific Instruments*, Vol. 82, 033106-1-4, 2011.
 35. Yoshioka, K., I. Yoshikawa, F. Tsuchiya, M. Kagitani, and G. Murakami, Hot electron component in the Io plasma torus confirmed through EUV spectral analysis, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, A09204, doi:10.1029/2011JA016583, 2011.
 36. Yoshioka, K., I. Yoshikawa, F. Tsuchiya, M. Kagitani, G. Murakami, K. Sakai, and T. Homma, Feasibility study of EUV spectroscopic observation of the Io plasma torus from the Earth-orbiting satellite EXCEED, *Planetary and Space Science*, 62, 104-110, 2012.
 37. Yoshioka, K. T. Homma, G. Murakami, and I. Yoshikawa, High sensitivity microchannel plate detectors for space extreme ultraviolet missions, *Review of Scientific Instruments*, Volume 83, Issue 8, 083117-083117-6, 2012.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Murakami, G., F. Ezawa, K. Yoshioka, and I. Yoshikawa, Development of the High-resolution FUV detector for the BepiColombo Mission, Preprints of 26th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), 2008-k-69p, 2008.
 2. Yoshioka, K., G. Murakami, and I. Yoshikawa, Optimization of the MCP Detector for the BepiColombo Mission, 26th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), Hamamatsu, Japan, 2008-k-68p, 2008
 3. Yoshikawa, I., A. Yamazaki, G. Murakami, F. Ezawa, K. Yoshioka, S. Kameda, W. Miyake, M. Taguchi, M. Kikuchi, M. Nakamura, T. Sakanoi and S. Okano, Observation of the Near-Earth Plasmas by Telescope of Extreme Ultraviolet (TEX) Onboard SELENE: Science from the Moon, 26th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), Hamamatsu, Japan, 2008-k-50, 2008
- (3) レビュー論文・総説
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Yoshikawa, I., K. Hikosaka, S. Kameda, S. Okano, H. Nozawa, A. Yamazaki, O. Korablev, and D. Rees, Attempt to identify a source mechanism of Mercury's sodium exosphere by remote-sensing technique, 36th COSPAR Scientific Assembly, Beijing, China, 2006. [招待]
2. Yoshikawa, I., S. Kameda, O. Korablev, and D. Rees, Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager (MSASI) - taking High Resolution Interferometry to the Planets, 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, 16 July 2008. [招待]
3. Yoshikawa, I., G. Murakami, K. Yoshioka, K. Sakai, T. Homma, The Plasmasphere seen from the moon and the ionosphere, IUGG, Melbourne, Australia, 6 July 2011. [招待]
4. Yoshikawa, I., Plasmasphere from the Moon, International Symposium on Recent Observations and Simulations of the Sun-Earth System II, Borovets, Bulgaria, 11-16 September, 2011. [招待]

(他 20)

(2) 国内会議

1. 吉川一朗, 山崎敦, 寺田直樹, 惑星プラズマ撮像計画, 地球惑星科学関連学会 2006 年合同大会, 幕張, 2006. [招待]
2. 吉川一朗, SELENE UPI チーム, 地球超高層大気イメージャによる観測計画, 第 122 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 名古屋, 2007 年 9 月. [招待]
3. 吉川一朗, 上野宗孝, 笠羽康正, 山崎敦, 寺田直樹, 土屋史紀, 鍵谷将人, 三澤浩昭, 吉岡和夫, 村上豪, 小型衛星初号機搭載 極端紫外分光器の開発の現状について, 第 124 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 仙台, 2008 年 10 月. [招待]
4. 吉川一朗, 月周回衛星『かぐや』搭載多層膜直入射望遠鏡による天体の EUV 撮像観測, 第 10 回 X 線結像光学シンポジウム, つくば国際会議場, 2009 年 11 月. [招待]

(他 20)

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 村上豪: 現職 学術振興会特別研究員, 2011 年 3 月 平成 22 年度第 2 回東京大学学生表彰 東京大学総長賞, 2011 年 3 月 平成 22 年度東京大学学位記授与式 博士課程修了者総代 (理学系研究科), 2011 年 3 月 理学系研究科研究奨励賞 (博士), 2008 年 3 月 理学系研究科研究奨励賞 (修士), 2007 年 9 月 第 122 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会 学生発表賞 (オーロラメダル)
- ・ 吉岡和夫: 現職 JAXA プロジェクト研究員, 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 126 回講演会 (2009 年 9 月 27 日-9 月 30 日: 金沢) 学生発表賞 (オーロラメダル) 平成 21 年度 東京大学理学系研究科研究奨励賞 (博士) (2010), COSPAR OUTSTANDING

PAPER AWARD FOR YOUNG SCIENTISTS (2010)

- ・ 亀田真吾：現職 立教大学 理学部 准教授，平成 21 年度 東京大学理学系研究
科研究奨励賞（博士）（2008）

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 第 26 期（2011-2012）地球電磁気・地球惑星圏学会 運営委員
- ・ 第 25 期（2009-2010）地球電磁気・地球惑星圏学会 運営委員
- ・ 第 24 期（2007-2008）地球電磁気・地球惑星圏学会 運営委員

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：修士 2；

外国人研究者数：なし

(2) 派遣

学生数：博士 5；

研究者数：なし

(3) 海外からの来訪者数：5

天野 孝伸

I. 略歴

氏名： 天野 孝伸

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

2003年（平成15年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学科 卒業

2005年（平成17年）3月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程 修了

2008年（平成19年）3月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程 修了

2008年（平成19年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2005年（平成17年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC1）東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻

2008年（平成20年）4月 名古屋大学太陽地球環境研究所 研究員

2009年（平成21年）4月 名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻 特任助教

2012年（平成24年）3月 東京大学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

無衝突衝撃波における注入問題の研究

宇宙から地球に降り注ぐ高エネルギー宇宙線のうち比較的低エネルギーの成分は超新星爆発の際に生じる衝撃波近傍で Fermi 加速機構によって生成されたと考えられているが、この理論にはいくつかの未解決問題が残されている。その中でも特に重要な問題は「注入問題」として知られている。ここで注入とは熱的粒子から Fermi 加速が効率的になる中間エネルギー帯まで粒子をあらかじめ加速する機構を意味している。特に電子の注入問題は陽子より困難とされてきたが、衝撃波近傍のプラズマ不安定性を介した速い電子加速機構が解決策として提唱されていた。そこで衝撃波の法線と磁場の向き(衝撃波角)が 90 度以下の斜め衝撃波の 1 次元粒子シミュレーションを行い、電子加速過程について詳細に調べた。その結果、それまで別々に議論されてきた 2 つの異なる機構が同時に発動することで一部の電子が加速を受け、選択的に上流に反射することを見出した。この機構によって生成された高エネルギー電子は超新星残骸衝撃波のような非常に高いマッハ数の衝撃波において注入に十分なエネルギーを持つ。さらに詳細な理論モデリングによって電子の注入効率を定量的に見積り、観測と非常に良く一致することを示した。これらは 1 次元性を仮定した数値シミュレーションや理論研究に基づいたものであったが、垂直衝撃波の 2 次元粒子シミュレーションも行い多次元における加速効率も調べている。その結果、2 次元においても電子の加速は 1 次元の場合と同程度、もしくはそれ以上の効率で起こることも示し

ている。

以上の結果はマッハ数の非常に大きな衝撃波にしか適用できないものであったが、より詳細な理論解析を行った結果、高周波の whistler 波を用いることによって実際にはマッハ数がある程度低くても電子注入が可能であることが分かった。この理論解析結果は Geotail 衛星による地球バウショック観測の統計解析結果を非常に良く説明できる。これまでは太陽圏内で観測される衝撃波と天体衝撃波において観測される電子加速効率に大きな隔たりがあることが知られていたが、太陽圏内の衝撃波と天体衝撃波の違いをマッハ数の違いとして統一的に説明することに初めて成功した。

内部磁気圏の数値シミュレーションモデルの開発

地球の内部磁気圏領域(地球半径の数倍程度の領域)では比較的エネルギーの高い環電流イオン(1-300keV)が圧力の主要な部分を占めており、このため通常の磁気流体近似が成り立たないことが知られている。この領域を扱う巨視的モデルとして、ドリフト近似をした5次元の Vlasov 方程式と Maxwell 方程式を自己無撞着に連立させて解く数値手法を開発中している。これまでに新しい方程式系の導出を行い、また5次元の数値シミュレーションコードの実装およびテスト計算の実行を行った。この結果、新しい数値シミュレーションモデルは、過去のモデルでは取り扱いの困難だった磁気流体波動の効果を正しく取り込んだ革新的なモデルであることを確認した。

3. 特に優れた論文5編

1. Amano, T., K. Seki, Y. Miyoshi, T. Umeda, Y. Matsumoto, Y. Ebihara, and S. Saito (2011), Self-consistent Kinetic Numerical Simulation Model for Ring Current Particles in the Earth's Inner Magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 116, A02216

地球内部磁気圏における新しい数値シミュレーションモデルを提案し、今後の展開においてブレークスルーとなり得る成果である。

2. Amano, T., and M. Hoshino (2010), A Critical Mach Number for Electron Injection in Collisionless Shocks, *Phys. Rev. Lett.*, 104, 181102
3. Amano, T., and M. Hoshino (2009), Nonlinear Evolution of Buneman Instability and Its Implication for Electron Acceleration in High Mach Number Collisionless Perpendicular Shocks, *Phys. Plasmas*, 16, 102901
4. 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, 244-251
5. Amano, T., and M. Hoshino (2007), Electron Injection at High Mach Number Quasi-Perpendicular Shocks : Surfing and Drift Acceleration, *Astrophys. J.*, 661, 190-202

[2]-[5]は、無衝突衝撃波における粒子加速理論で最も重要な見解決問題である注入問題を数値シミュレーションと理論を用いて調べたものであり、特に[2]ではこれまでの観測結果を矛盾なく説明するようなモデルを初めて提案した。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

無衝突衝撃波および粒子加速

無衝突衝撃波における粒子加速について、これまでに進めてきた結果を受けてより定量的な評価を行う。電子の注入に必要な条件については理論的に求めることに成功し、また観測ともよい一致を示すことが分かっているが、Fermi 加速機構に注入される電子の絶対量（注入効率）は依然決定することはできていない。この問題を解決するために、粒子法を用いた衝撃波の大規模数値シミュレーション、人工衛星の観測データ解析、理論の全ての面から多角的にアプローチする。数値シミュレーションでは現実的なパラメータを用いたシミュレーションは依然困難であり、観測データ解析では観測器の制約から全てのパラメータを網羅的に調べることはできず、また人工衛星による1点観測のため時間変動と空間変動を分離することができない。これらの問題点を理論的な解析によって補間しながら注入効率を定量的に見積もる。

また衝撃波における注入効率が非常に良い場合には、衝撃波で作られた高エネルギー粒子が衝撃波の構造を変性させることが知られている。このような高エネルギー粒子からの非線形反作用による粒子加速の効率の変化についても数値シミュレーションを用いて調べる。特に高エネルギー粒子による衝撃波の変性が注入効率に与える影響や、変性を受けた衝撃波における Fermi 加速の効率などを明らかにしていく。

地球内部磁気圏の数値シミュレーションモデル開発

地球の内部磁気圏では比較的エネルギーの高い（1-300 keV）環電流粒子が圧力の主要な部分を占めており、そのダイナミクスの正確記述が数値シミュレーションモデルに要求される。これらの高エネルギー粒子に対して磁気流体力学近似は必ずしも妥当とは言えず、これまでのモデルを超えた新しいモデル開発の必要性が叫ばれている。これまでの研究で次世代の物理モデルの考案とその有効性の検証を行ってきた。今後は実用的な数値シミュレーションモデルとするべく、現在分かっている幾つかの数値的な課題を解決していく必要がある。格子形状や数値計算スキーム及び並列計算効率の最適化を測り、また不足している幾つかの物理モジュールの開発を行い、磁気嵐を始めとする地球の近傍宇宙における擾乱現象を記述するモデルとして実用化を目指す。

本モデル地球内部磁気圏の磁場変動を正確に再現し、従ってこれに大きく影響を受ける放射線帯粒子の変動を理解するにあたって中核となるモデルである。また米国で既に打ち上げられた RBSP 衛星や日本が計画している ERG 衛星の観測によって、今後数年間の間に飛躍的に増大するであろう観測データから物理的な理解を得るためにも本モデル開発は非常に重要な意味を持つ。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 特別研究員奨励費、相対論的ヴラソフコードを用いた衝撃波における高エネルギー

粒子加速, H17-H19, 2,700 千円

・ 若手 (B), 宇宙線変性衝撃波における粒子加速と磁場増幅, H22-H24, 4,030 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Amano, T., K. Torii, T. Hayakawa, and Y. Fukui (2011), Stochastic Acceleration of Cosmic Rays in the Central Molecular Zone of the Galaxy, *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 63, L63-L66
2. Minoshima, T., Y. Matsumoto, and T. Amano (2011), Multi-Moment Advection Scheme for Vlasov Simulations, *J. Comput. Phys.*, 230, 17, 6800-6823
3. Amano, T., K. Seki, Y. Miyoshi, T. Umeda, Y. Matsumoto, Y. Ebihara, and S. Saito (2011), Self-consistent Kinetic Numerical Simulation Model for Ring Current Particles in the Earth's Inner Magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 116, A02216
4. Amano, T., and M. Hoshino (2010), A Critical Mach Number for Electron Injection in Collisionless Shocks, *Phys. Rev. Lett.*, 104, 181102
5. Shimada, N., M. Hoshino, and T. Amano (2010), Structure of a Strong Supernova Shock Wave and Rapid Electron Acceleration Conned in Its Transition Region, *Phys. Plasmas*, 17, 032902
6. Amano, T., and M. Hoshino (2009), Nonlinear Evolution of Buneman Instability and Its Implication for Electron Acceleration in High Mach Number Collisionless Perpendicular Shocks, *Phys. Plasmas*, 16, 102901
7. 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, 244-251
8. Amano, T., and M. Hoshino (2007), Electron Injection at High Mach Number Quasi-Perpendicular Shocks : Surfing and Drift Acceleration, *Astrophys. J.*, 661, 190-202

(2) 学会プロシーディングス等

1. Amano, T., and M. Hoshino (2009), Effect of Shock Angle on Fast and Direct Acceleration of Electrons in High Mach Number Quasi-Perpendicular Shocks, *Future Perspectives of Space Plasma and Particle Instrumentation and International Collaborations*, AIP Conf. Proc., 1144, 36

(3) レビュー論文・総説

1. 星野真弘, 天野孝伸, 宇宙における衝撃波粒子加速機構の新展開, *日本物理学会誌*, 64(6), 421, 2009, 査読有
2. 天野孝伸, 超新星残骸衝撃波における電子注入, *天文月報*, 102(1), 9, 2009, 査

読無

(4) 著書等

(5) 特許

1. 藁島敬, 松本洋介, 天野孝伸, 増田智, 移流方程式を数値的に解く方法, 並びに, ブラソフ方程式及びマクスウェル方程式を数値的に解く手法, 並びに, プログラム, 特開 2011-159032, 2011, 国内

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Amano, T., and M. Hoshino, Nonthermal Electron Acceleration and Injection in Collisionless Shocks, International Astrophysics Forum Alpbach (IAFA) 2011, Alpbach, Austria, Jun. 24, 2011, 招待
2. Amano, T., K. Seki, Y. Miyoshi, T. Umeda, Y. Matsumoto, Y. Ebihara, and S. Saito, Kinetic and Self-consistent Numerical Modeling of the Terrestrial Inner Magnetosphere, 6th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (ASTRONUM 2011), Valencia, Spain, Jun. 17, 2011, 招待
3. Amano, T., and M. Hoshino, Electron Acceleration and Injection by Whistler Waves in Collisionless Shocks, 2010 International Space Plasma Symposium, Tainan, Taiwan, Jun. 28, 2010, 招待
4. Amano, T., and M. Hoshino, Surfing and Drift Acceleration of Electrons at High Mach Number Quasi-perpendicular Shocks, Kinetic Modeling of Astrophysical Plasmas, Crakow, Poland, Oct. 6, 2008, 招待
5. Amano, T. and M. Hoshino, Nonthermal Electron Acceleration in High Mach Number Collisionless Shocks, The 9th International Workshop on the Interrelationship between Plasma Experiments in Laboratory and Space (IPELS), Palm Cove, Australia, Aug. 10, 2007, 招待

他 13 回

(2) 国内会議

1. 天野 孝伸, 星野 真弘 衝撃波における電子注入の臨界マッハ数, 高エネルギー宇宙物理学研究会, 宮島, 2009/11/2, 招待
2. 天野 孝伸, 星野 真弘, 島田 延枝, 無衝突衝撃波の数値シミュレーションと粒子加速, 宇宙流体力学のフロンティア, 京都大学基礎物理学研究所, 2009/11/16, 招待

他 15 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

・ 該当しない（教員となったのが平成24年であるため）

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

三浦 彰

I. 略歴

氏名： 三浦 彰

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1974年（昭和49年） 3月 電気通信大学電子工学科 卒業
1976年（昭和51年） 3月 東京大学理学部地球物理学専攻修士課程 修了
1978年（昭和53年） 10月 東京大学理学部地球物理学専攻博士課程 退学
1980年（昭和55年） 6月 博士（理学）取得（東京大学論文博士）

職歴

1978年（昭和53年） 11月 東京大学理学部附属地球物理研究施設 助手
1980年（昭和55年） 10月 アメリカ合衆国カリフォルニア大学地球惑星物理学科
訪問研究員
1982年（昭和57年） 10月 東京大学理学部附属地球物理研究施設 助手
1991年（平成3年） 10月 東京大学理学部地球惑星物理学科 助手
2000年（平成12年） 4月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 助手
2008年（平成20年） 4月 東京大学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

静穏時やサブストーム，磁気嵐時の磁気圏の安定性の理解のために重要な磁気流体不安定性について，本期間内の研究成果，及びそれ以前の関連する研究成果は次の通りである。

(A) 圧力駆動と電離層駆動の磁気圏の磁気流体(MHD)不安定性の研究

磁気圏の磁力線曲率と圧力勾配によって駆動されるバルーニング不安定の固有値微分方程式を導出し，磁気圏尾部では非圧縮性を仮定すると，圧力勾配がある閾値を超えるとこの不安定が起こることを示した。また磁気圏尾部の高ベータプラズマ中での非圧縮性の仮定の妥当性を明らかにするために，電離層での磁力線変位 ξ_{\perp} が0の境界条件の元に圧縮性バルーニング方程式から磁気圏プラズマのポテンシャルエネルギー変化 δW ($\delta W < 0$ だとポテンシャルエネルギーがプラズマの運動エネルギーに転化され不安定)を導出し，磁力線が強く引き延ばされた磁気圏尾部では圧縮性の項が無視でき，非圧縮の近似が成り立つことを確めた。また電離層での変位が0でない圧力勾配で駆動される交換型不安定は，赤道面のベータ値が1程度を超えると圧縮性のため $\delta W > 0$ となり安定化されることを示した。

これらの研究では電離層境界条件を任意に与えたが，磁気圏のバルーニング ($\xi_{\perp} = 0$) や交換型不安定 ($\xi_{\perp} \neq 0$) の正確な理解のためには，電離層での妥当な境界

条件の導出まで含めた大局的で自己無撞着な扱いが必要である。そこで核融合プラズマで用いられているプラズマ/真空領域の境界条件まで含めたエネルギー原理に基づき磁気圏のエネルギー原理の構築を行った。理想 MHD で、磁気圏内の全エネルギー保存の条件を課すと、4 つの電離層境界条件が可能で、それらによって圧力駆動のバルーンリングと交換型不安定は明確に区別される。更にこの原理から求めた δW のなかには電離層が球面のために電離層での $|\xi_{\perp}|^2$ の面積分に比例する負の寄与 δW_l が存在し、電離層駆動の不安定が存在することが示された。

圧力駆動と電離層駆動の交換型不安定性の起こる条件 ($\delta W < 0$) を導き出すために、 δW をアイコナル近似に基づき最小化し、任意の軸対称な磁気圏プラズマ平衡に対して適用しうる一般的な不安定条件を導出した。圧力駆動の場合、ダイポール磁場を仮定すると、Gold(1959)により磁力線の熱力学的考察から導出された不安定条件と一致することを確かめ、また $\delta W_l < 0$ による電離層駆動交換型不安定が低ベータの放射線帯等で方位量子数 $m < 2$ に対して実際に起こりうることを示した。

更に磁気圏のエネルギー原理では無視した電離層下の中性大気と完全導体の地面まで考慮に入れると、電離層境界面を磁力線が貫く磁気圏では、大気中の磁場エネルギーの変化は δW に寄与せず、電離層駆動の交換型不安定の安定化には効かないことが示された。

(B)速度勾配によって駆動される磁気圏の磁気流体(MHD)不安定性の研究

磁気圏境界の真昼近傍や磁気圏近尾部では、理想 MHD の流れ ($\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ ドリフト) が小さく、その速度勾配も小さい為に理想 MHD 流体の速度勾配不安定は起こりえない。しかし 2 成分流体を考慮すると、それらの領域でイオンの反磁性ドリフト速度勾配による非理想 MHD 不安定が起こることを示した。またこの不安定は、磁場のシアも考慮した一般的な 4 階の 2 成分 MHD の固有値微分方程式から $\mathbf{k} \cdot \mathbf{B}_0 = 0$ を仮定し、 ϵ (イオン慣性長/スケール長) の 2 次以上を無視し、ホイッスラー成分を落とす近似で導き出されることが示された。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Miura, A., Nonlinear evolution of the magnetohydrodynamic Kelvin-Helmholtz instability, Phys. Rev. Lett., 49, 779-782, 1982.

この論文は流れが磁場に垂直と平行な場合の MHD K-H 不安定の非線形状態を明らかにした初期のシミュレーション。

2. Miura, A., Nonideal magnetohydrodynamic Kelvin-Helmholtz instability driven by the shear in the ion diamagnetic drift velocity in a high- β plasma, Phys. Plasmas, 8, 5291-5295, 2001.

理想 MHD 流体の流れの速度勾配によらない、プラズマに特有なイオンのジャイロ運動に伴う反磁性ドリフト速度の勾配による K-H 不安定の存在を示した。

3. Miura, A., Conditions for the validity of the incompressible assumption for the ballooning instability in the long-thin magnetospheric equilibrium, J. Geophys. Res., 105, 18793-18806, 2000.

サブストーム直前のように磁力線が非常に長く引き伸ばされ薄くなった磁気圏尾部では高ベータであるが、非圧縮性が成り立つことを示し、バルーンリング不安定が

強い圧縮性による安定性効果なく起こることを示した.

4. Miura, A., A magnetospheric energy principle for hydromagnetic stability problems, J. Geophys. Res., 112, A06234, doi:10.1029/2006JA011992, 2007.

電離層の境界条件の正確な導出まで含めた磁気圏特有の MHD エネルギー原理を構築し, 磁気圏の大局的な変分原理による安定性判別を明らかにした. 電離層駆動の不安定に寄与する負の項が δW の中に存在することを示した.

5. Miura, A., Pressure-driven and ionosphere-driven modes of magnetospheric interchange instability, J. Geophys. Res., 114, A02224, doi:10.1029/2008JA013668, 2009.

磁気圏のエネルギー原理によって明らかとなった δW 中の電離層駆動の負の項が, アイコナル近似に基づいた最小化によって, 実際に磁気圏のパラメーターに対して, 圧力勾配によらない電離層駆動の交換型不安定に導くことを示した.

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

本研究者は磁気圏のエネルギー原理とアイコナル近似をつかって, 圧力勾配によって引き起こされる圧力駆動の交換型不安定とは異なる電離層駆動の交換型不安定が軸対称なダイポール磁場で方位量子数 m が 2 以下のモードに対して磁気圏の低ベータ ($\beta < 1$) の放射線帯等で常に起こることを示した. この不安定は球面状の電離層上の磁力線の運動から生じ, 電離層が球面であることに由来するが, この不安定の究極のエネルギー源が何であるか, 完全な理解には至っていない. そこで, 主にこの不安定に焦点をあて次のように研究を進める計画である.

1 本の磁力線に関するバルーニング不安定のエネルギー原理は磁気圏の圧縮性バルーニング方程式からバルーニングモードの電離層での境界条件 ($\xi_{\perp} = 0$) を与えても導出することができる. そこで得られるポテンシャルエネルギー変化 δW は一般に 3 次元の座標を考慮した磁気圏のエネルギー原理からでてきたものと一致し, $\xi_{\perp} = 0$ による δW_I の項は含まない. そこで電離層で変位が 0 でない交換型モードの境界条件に対して, 圧縮性バルーニング方程式からエネルギー原理を導出し, δW_I が現れ δW に負の寄与をすることを明らかにし, δW_I の存在と電離層駆動交換型不安定の存在を検証する.

MHD エネルギー原理では本質的に解放されるポテンシャルエネルギーは磁場と内部エネルギーだけである. δW_I の表式は圧力勾配を含まず, 磁気圏の内部エネルギーがエネルギー源ではありえない. また電離層下の大気中の磁場変化も δW に寄与しない. 磁気圏のエネルギー原理は境界面から流入するエネルギーも含めた磁気圏内の全エネルギー保存を基礎にしている. したがって, MHD のエネルギー原理の元では δW_I の起源には電離層 (圏) 内のエネルギー変化がからんでおり, それが究極的な電離層駆動交換型不安定のエネルギー源になっている. そこで, この不安定のエネルギー源を特定するために, 有限の厚さの電離層球面を仮定し, 電離層体積内でのジュール散逸, 電気伝導度変化によるジュール負散逸, 及び磁場のエネルギー変化の体積積分を

比較し、電離層境界を通して磁気圏内へ流入するエネルギーが電離層（圏）内の負散逸によるものか、磁場のポテンシャルエネルギーの減少によるものかを特定する。

不安定の成長率 γ を求めるために磁気圏の δW の表式からオイラー・ラグランジュ方程式を立て、ダイポール磁場を仮定して、電離層駆動 (Miura, 2009) と圧力駆動 (Gold, 1959) のどちらの交換型不安定の成長率が大きくなるかを方位量子数 m 、圧力勾配等のパラメーターに対して明らかにする。

またこの不安定は磁力管の圧縮・膨張を通して、放射線帯粒子の断熱加速を起こし、静穏時の放射線帯粒子加速に重要な役割をしている可能性がある。そこで、ダイポール磁場を仮定し経度方向に非対称な変位に対して、ピッチ角が 90 度の粒子のエネルギー増減を第一不変量保存の元で求め、全空間で正味の断熱加速が生じるかを明らかにする。正味の断熱加速が起こる場合、電離層駆動と圧力駆動のどちらが放射線帯粒子の断熱加速においてより重要かを明らかにする。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (C), 課題名「非回転及び回転する磁気圏プラズマ中に於ける磁気流体不安定性の理論的研究」, 平成 20-24 年度 (2008-2012), 総額 2,600 千円。

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Miura, A., A magnetospheric energy principle extended to include neutral atmosphere, *Physics of Plasmas*, 18 (3), 032904, 2011.
2. Miura, A., Pressure-driven and ionosphere-driven modes of magnetospheric interchange instability, *J. Geophys. Res.*, 114, A02224, doi:10.1029/2008JA013668, 2009.
3. Miura, A., Single-fluid stability of stationary plasma equilibria with velocity shear and magnetic shear, *Physics of Plasmas*, 16, 102107, 2009.
4. Miura, A., A magnetospheric energy principle for hydromagnetic stability problems, *J. Geophys. Res.*, 112, A06234, doi:10.1029/2006JA011992, 2007.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

(2) 国内会議

1. 三浦 彰, 「磁気流体安定性問題のための磁気圏のエネルギー原理」, 日本地球惑星科学連合大会・日本地球惑星科学連合, 2006年5月14日-18日, 幕張メッセ国際会議場, 「一般」.
2. 三浦 彰, 「非軸対称な磁気圏モデル中における圧力駆動と電離層駆動の交換型不安定」, 地球電磁気地球惑星圏学会講演会・地球電磁気地球惑星圏学会, 2008年10月9日-12日, 仙台, 「一般」.

他7回.

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数; 外国人研究者数:
- (2) 派遣
学生数; 研究者数:
- (3) 海外からの来訪者数:

山本 隆

I. 略歴

氏名： 山本 隆

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1972年（昭和47年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1974年（昭和49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

1977年（昭和52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

1977年（昭和52年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1977年（昭和52年）4月—1978年（昭和53年）3月 日本学術振興会奨励研究員
東京大学大学院理学系研究科地球物理学専攻

1983年（昭和58年）6月—1985年（昭和60年）6月 ポストドクトラルフェロー
アメリカ合衆国アラスカ大学地球物理研究所

1981年（昭和56年）10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
(助手)

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

磁気圏・電離圏結合系における沿磁力線電流の発生およびオーロラ形成の理論的解明が基本的テーマである。

オーロラオーバルに入出流する巨視的沿磁力線電流系は、地球磁気圏内のプラズマ対流を支配する意味において極めて重要である。山本は「磁気ドリフト方向に対するプラズマ分布の歪み」[JGR 1996,2004;APUAR 1999,2002](歪みは究極的には太陽風との相互作用で生まれ、太陽風のエネルギー解放の要因として作用する)によって巨視的沿磁力線電流発生が説明されると主張している。低緯度境界層に発生する沿磁力線電流については、(太陽風圧力で変形された)磁気圏界面によって磁気ドリフト軌道が遮断された形になり、圏界面から侵入する太陽風プラズマが分極する事実から電流の発生が説明できる。夜側のプラズマシートでは、太陽風によって変形された磁気圏内の磁場分布が断熱/非断熱境界線を歪ませ、非断熱加速されたプラズマを分極することから、領域1の電流が発生する。実際、磁気圏-電離圏結合系粒子シミュレーションでは、断熱/非断熱境界面の歪を境界条件に取り入れて、夜側プラズマシート上に領域0,1,2の沿磁力線電流系を再現した。プラズマシートに観測される Ω バンドやブライトスポットの発生を理解する上で、ケルビンヘルムホルツ(KH)不安定やレーリーテイラー(RT)不安定は重要である。Tsyganenkoモデルを使って、磁気圏

の慣性容量を計算した結果、静電的KH不安定は磁気圏電離圏結合効果で通常抑制される事が判った(JGR 2008). この事実は、「オーロラ変形がいかなる場所でも起こるわけではない」という観測事実に符合する. 領域1電流系上の波動形成は、多くの場合KH/RT混成不安定によるものであると推測される(JGR 2009). Ω バンドやperiodic distortionの形成は、その代表的事例で、数値シミュレーションの結果は観測事実と良く一致する(Ω バンド発生の数値シミュレーション:JGR 2011; periodic distortionの数値シミュレーション:JGR).

3. 特に優れた論文5編

1. Yamamoto, T., and S. Inoue (2004), Numerical simulation of the combined system of nighttime region 0, region 1, and region 2 field-aligned currents, *J. Geophys. Res.*, 109, A12223, doi:10.1029/2003JA010272.

領域0,1,2の沿磁力線電流分布を数値シミュレーションで初めて再現した.

2. Yamamoto, T., and M. Ozaki (2005), A numerical model of the dayside aurora, *J. Geophys. Res.*, 110, A05215, doi:10.1029/2004JA010786.

昼側の特異的形狀のオーロラ分布を数値モデルで初めて再現した.

3. Yamamoto T. (2006), A theoretical model for the distribution of latitudinal extents of field-aligned electron acceleration, *J. Geophys. Res.*, 111, A11217, doi:10.1029/2006JA011693.

オーロラ電子加速領域緯度幅の準指数関数的出現頻度分布を初めて理論的に解釈した.

4. Yamamoto T. (2009), Hybrid Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor instability in the plasma sheet, *J. Geophys. Res.*, 114, A06207, doi:10.1029/2008JA013760.

プラズマシートの長波長オーロラ波動の成因が、Kelvin-Helmholtz不安定ではなく、Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor混成不安定である事を見出した.

5. Yamamoto, T. (2011), A numerical simulation for the omega band formation, *J. Geophys. Res.*, 116, A02207, doi:10.1029/2010JA015935.

領域1の沿磁力線電流系の準安定状態を初めてシミュレーションで実現. オメガバンドやNSオーロラが、Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor混成不安定によって形成されることを初めて示した.

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

今後の磁気圏電離圏結合静電的シミュレーションは、離散的オーロラ形成を対象とする予定である. この場合でも、沿磁力線電流発生の確かなモデルが構築されることが不可欠であり、研究の進展に応じて絶えず現モデルの改善に努めていく.

最初に、オーロラ円、サブストーム成長期オーロラを取り上げる. オーロラの形成に係る物理はおおよそ次のように予測される. これらのオーロラの基本的成因は、オーロラ粒子のエネルギー密度が大きく変わる場所で効果的に働く、磁力線に垂直な面内でのイオン異常拡散による電荷分離であると考えられる. 磁力線の開閉境界を横切

る人工衛星によって観測される降下粒子分布から、この境界付近では粒子エネルギー密度は十分大きな勾配を持つと予測され、オーロラ円はその境界付近で先に述べた物理過程によって生成されるであろう。他に、エネルギー密度勾配の大きくなる場所は、磁気圏尾部型の磁力線領域と双極子型磁力線領域の境界面付近である。これは、断熱加速によって後者の領域で粒子温度が高くなる事によるものであり、特にサブストーム成長期ではこの効果は著しい。このようにして、サブストーム成長期オーロラは、尾部型-双極子型境界面付近にイオン異常拡散によって発生、維持されることになろう。

さらに、寿命の比較的短い(15分以下)のオーロラアークは、磁力線の開閉境界から入射してくる粒子群のエネルギー密度の揺らぎによって発生すると予測され、ここでもまた、イオン異常拡散による電荷分離が効率的に沿磁力線電流を生み出す役割を演じるであろう。エネルギー密度揺らぎの究極的原因が太陽風磁場の不規則変化であるとすれば、この離散型オーロラ形成機構は、オーロラ電子加速領域緯度幅の準指数関数的出現頻度分布という観測事実と良く調和する。

6. 競争的資金獲得状況

- (1) 科研費
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

- (1) 査読付き原著論文
 1. Yamamoto T. (2006), A theoretical model for the distribution of latitudinal extents of field-aligned electron acceleration, *J. Geophys. Res.*, 111, A11217, doi:10.1029/2006JA011693.
 2. Yamamoto T. (2008), A linear analysis of the hybrid Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor instability in an electrostatic magnetosphere-ionosphere coupling system, *J. Geophys. Res.*, 113, A06206, doi:10.1029/2007JA012850.
 3. Yamamoto T. (2009), Hybrid Kelvin-Helmholtz/Rayleigh-Taylor instability in the plasma sheet, *J. Geophys. Res.*, 114, A06207, doi:10.1029/2008JA013760.
 4. Yamamoto, T. (2011), A numerical simulation for the omega band formation, *J. Geophys. Res.*, 116, A02207, doi:10.1029/2010JA015935.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
- (4) 著書等
- (5) 特許

8. 学会発表など

- (1) 国際会議
- (2) 国内会議

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数; 外国人研究者数 :
- (2) 派遣
学生数; 研究者数 :
- (3) 海外からの来訪者数 :

地球惑星システム科学講座

茅根 創

I. 略歴

氏名： 茅根 創

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1982年（昭和57年）3月 東京大学理学部地学科地理学課程 卒業

1984年（昭和59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（昭和63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（平成元年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1987年（昭和62年）4月 日本学術振興会特別研究員 東京大学大学院理学系研究科

1988（昭和63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（平成4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（平成7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（平成12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（平成19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（平成19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

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

サンゴ礁は、生物が地形を作り、群集代謝を通じて炭素循環にも関わっている点で、大気—海洋—陸—生物の相互作用が活発に働いている地形・生態系である。こうした相互作用を通じて、サンゴ礁は地球温暖化にもっとも敏感に応答している。私の研究室では、地球温暖化に対するサンゴ礁の応答について、炭素循環と群集代謝、温暖化・海面上昇に対するサンゴ礁・環礁の応答、古環境変動復元の3つの視点から研究を進めてきた。

群集代謝とCO₂について、石垣島白保サンゴ礁においてCO₂濃度変動と群集代謝の通年観測に成功し、サンゴ礁が高い光合成生産によってCO₂吸収の場になっていること、温暖化による白化に伴って呼吸が光合成を上回って放出に変わることを示した(Kayanne et al., 2005)。さらに、夜間の呼吸によってCO₂濃度が上昇すると溶解が起こっていることを見出し、これがサンゴ礁堆積物に広く分布するマグネシウムに富んだ石灰質堆積物の溶解によるものであることを、室内実験によって実証した。

温暖化による白化について、1998年以降14年間にわたるサンゴ群集の長期モニタリングによって、繰り返し起こる白化と栄養塩や土砂の流入などローカルな環境負

荷によって、サンゴ群集の被度が減少していることを示した。さらに外部ストレスによっても、ストレスを受けるサンゴの種によっても、ストレス応答とその後の回復過程が異なることを明らかにした。

サンゴ礁とその上に作られる州島は、海面変動に応答して作られた。このうち環礁上に分布する環礁州島は標高が1–2 mと低平で、今世紀の海面上昇によって水没の危機にある。マジュロとツバルの環礁州島の形成史を復元して、完新世中期の海面低下をトリガーとして、サンゴ礁上にサンゴ礫と有孔虫砂が堆積して形成されることを明らかにした (Kayanne et al., 2011)。さらに、有孔虫の砂生産と沿岸漂砂ポテンシャルを組み合わせた砂収支モデルを構築して、環礁がすでに海面上昇によって水没しているという見方を排し、現在起こっている問題は主に海岸の地形改変や生態系破壊などのローカルな問題であり、それが将来起こるグローバルな環境変動に対して環礁州島が自然に持っていた復元力を損ねているという視点を提案した。こうした視点に基づいて、生態系の再生・修復によって、州島の復元力を再生して地球温暖化に対応する方策の検討を進めている (Nakamura et al., 2011)。

サンゴ礁が温暖化に敏感であることは、温暖化とそれに伴う気候・海面変動を敏感に記録していることになる。サンゴ年輪の ^{18}O 解析によって、ENSOやIOD（インド洋ダイポールモード変動）、モンスーンなどの変動を月単位で復元し気候モードの変調を議論した。 ^{18}O から水温を差し引くことによって、塩分変動を復元する手法を確立し、これによってENSOと温暖化に伴う太平洋の塩分変動や、完新世中期の冬季モンスーン強化に伴う高塩分化を復元した。ケニアのサンゴ年輪の ^{18}O 解析から過去115年間のIODを復元し、温暖化に伴って周期と規模が強化していることを示した (Nakamura et al., 2009)。また、現生サンゴの水深分布とコア中のサンゴの同定によって、サンゴ化石やサンゴ礁コアから0.1mの精度で、その誤差も含めて海面高度を推定する手法を確立して、完新世の海面変動や地殻変動史を復元した (Kayanne et al., 2007)。

3. 特に優れた論文5編

1. Nakamura, R., W. Ando, H. Yamamoto, M. Kitano, A. Sato, M. Nakamura, H. Kayanne, and M. Omori (2011), Corals mass-cultured from eggs and transplanted as juveniles to their native, remote coral reef, *Marine Ecol. Progr. Ser.*, 436, 161-168.

沖ノ鳥島において63000株のサンゴの種苗に成功し、それまで100株規模だった種苗技術を飛躍的に高め、世界で劣化しつつあるサンゴ礁の保全・修復に道を拓いた

2. Kayanne, H., T. Yasukochi, T. Yamaguchi, H. Yamano, and M. Yoneda (2011), Rapid settlement of Majuro Atoll, central Pacific, following its emergence at 2000 years CalBP, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L20405, doi:10.1029/2011GL049163.

マジュロ環礁の州島形成後100年以内に人間居住が始まったことを明らかにして、太平洋における先史時代のヒトの移動に実証的なデータを与えた、文理融合研究

3. Nakamura, N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. K. Behera, and T. Yamagata (2009), Mode shift in the Indian Ocean climate under global warming stress, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L23708, doi: 10.1029/2009GL040590.

ケニアのサンゴ年輪の解析によって、インド洋ダイポールモード現象(IOD)を過去115

年にわたって長期復元し、西インド洋の温暖化によって10年周期だったIODが2年前後に短周期化し ENSO に代わってインド洋気候を支配していることを発見した。AGU journal highlight に選出され、国内の全国紙だけでなく海外のメディアでも報道された

4. Kayanne, H., Y. Ikeda, T. Echigo, M. Shishikura, T. Kamataki, K. Satake, J. N. Malik, S. R. Basir, G. K. Chakraborty, and A. K. Ghosh Roy (2007), Coseismic and postseismic creep in the Andaman Islands associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L01310, doi: 10.1029/2006GL028200.

2004年スマトラ島沖地震によって離水したサンゴ化石の調査から、同地震断層北部のアンダマン諸島における隆起量とその後の沈降を復元し、地震断層モデルを提案した。AGU journal highlight に選出され、国内の全国紙だけでなく海外のメディアでも報道された

5. Kayanne, H., H. Hata, S. Kudo, H. Yamano, A. Watanabe, Y. Ikeda, K. Nozaki, K. Kato, A. Negishi and H. Saito (2005), Seasonal and bleaching-induced changes in coral reef metabolism and CO₂ flux, *Global Biogeochemical Cycles*, 19 (3) GB3015, doi:10.1029/2004GB002400 (2005).

サンゴ礁海水のCO₂変動を通年で測定し、高い光合成生産によってサンゴ礁上ではCO₂吸収に働くこと、白化により呼吸が増え放出に傾くことを明らかにして、群集代謝とCO₂の関係を理解する基盤を築いた

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

これまでの研究で、サンゴ礁がCO₂濃度上昇による酸性化、温暖化による白化、海面上昇による水没と、地球温暖化のシナリオの各要因と密接に関わっていることが明らかになった。地球規模の環境変化に、ローカルな環境ストレスが重なって、サンゴ礁は複合的なストレスを受けて、サンゴ群集から藻類群集へのシフトが進行している。この群集シフトは、相互作用するシステムにおけるストレスに対する非線形応答、フェイズシフトではないかと推測されている。

今後の研究の目標は、複合ストレスに対するサンゴ礁のフェイズシフトを、地球システム科学の視点から解析して、安定した系の状態や、ストレスに対するレジリエンス（復元力）を様々なレベルで検証して、一般的なモデルを構築することである。安定した系の状態として、サンゴと藻類以外の解はないのだろうか。高CO₂条件下では、石灰化量の少ないソフトコーラルが安定解を取り得る可能性を見出した。どのような条件で、藻場ではなくソフトコーラル群集にシフトするのか、ストレスの種類や大きさを変えたフィールドと実験によって検証する。

生態系-地球環境をシステムの的に理解するためにも、生態系の維持・修復のためにも、レジリエンスを定量的に理解することが重要である。ストレスの増加に対してレジリエンスが低下し、ある閾値を越えると急激に劣化・死滅してしまう。一方で、ストレスに適応してレジリエンスが強化する適応過程も示唆されている。サンゴ礁の高い群集代謝（光合成／呼吸、石灰化／溶解）は海洋の炭酸系を通じて正負のフィー

ドバックでつながっている。このうち、負のフィードバックがサンゴ礁のレジリエンスを、正のフィードバックがフェイズシフトをもたらすという仮説を、フィールドと実験によって検証する。また、光合成と溶解が大気 CO₂ 濃度上昇に対してレジリエンスとして働くことを、実証する。

生態系スケールでは、景観の不均質性と海草など他の生物群集との関わりがレジリエンスを維持する機構を評価する。さらにサンゴ礁や環礁州島などの地形も、生物過程や物理過程を通じて、海面上昇や温暖化などの外部ストレスに対するレジリエンスをもっており、それが人為ストレスによって失われている。生態系のレジリエンスの概念を地形にも適用して、より一般的に展開したい。

こうした成果をまとめて、ストレス増加に伴うレジリエンス低下と急激な劣化の非線形応答とその閾値、適応過程を、生物、群集、生態系の間で一貫した機構として解明する。最後に、レジリエンスの高いサンゴ、サンゴ礁のデザインやストレスに対する適応過程に基づいて、レジリエンスを強化し、サンゴ礁保全・修復に活用する具体策を提案する。

現在まさに地球温暖化によって群集シフトを起こしているサンゴ礁で起こっている現象を、システムモデルとしてまとめることによって、地球環境変化に対する生態系応答にも一般的に適用できるモデルを構築する。1998年に起こった地球規模の白化は、温暖化の影響が生態系スケールで現れた初めての例とされ、サンゴ礁は地球温暖化の生態系影響の研究の重要な対象の一つになっている。サンゴ礁において得られた成果は、地球温暖化に対する生態系応答のモデルとして、他の生態系にも適用することができる。さらにレジリエンスの概念やそれに基づくその強化策によって、大量絶滅に匹敵する現在の生態系の危機を救うための理論的基盤を築く。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 新学術領域研究（研究領域提案型）、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-、H20-H24、686,844 千円（うち東大配分額 131,700 千円）（領域代表者）
- ・ 科学研究費基盤研究(A) (海外)、パラオ巨大サンゴ年輪による過去 450 年間の水温・塩分変動復元、H18-H21 年度、26,420 千円（研究代表者）
- ・ 科学研究費基盤研究(A)、高濃度 CO₂、高圧海水での石灰岩溶解実験（CO₂ 中和隔離のための基礎実験）、H16-H19 年度、22,100 千円（研究代表者）

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 建設技術研究開発助成制度（国土交通省）、サンゴ礁州島形成モデルの開発、H23-H25、26,700 千円（研究代表者）
- ・ 地球規模課題対応国際科学技術協力事業（JST-JICA）、海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持、H21-H25 年度、366,866 千円（うち東大配分額 119,950 千円）（研究代表者）

- ・ 環境省地球環境研究総合推進費，環礁上に成立する小島嶼国の地形変化と水資源変化に対する適応策に関する研究，H20-22，19,401千円（研究分担者）
- ・ 環境省地球環境研究総合推進費，環礁州島からなる島嶼国の持続可能な国土の維持，H15-H19年度，137,206千円（うち東大配分額57,190千円）（研究代表者）

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kayanne, H., H. Iijima, N. Nakamura, T. R. McClanahan, S. Behera, and T. Yamagata (2006), Indian Ocean Dipole index recorded in Kenyan coral annual density bands, *Geophys. Res. Lett.*, *33*, L19709, doi:10.1029/2006GL027168.
2. Yamano, H., H. Shimazaki, T. Matsunaga, A. Ishoda, C. McClennen, H. Yokoki, K. Fujita, Y. Osawa, and H. Kayanne (2006), Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands, *Geomorphology*, *82*, 398-411.
3. Watanabe, A., H. Kayanne, H. Hata, S. Kudo, K. Nozaki, K. Kato, A. Negishi, Y. Ikeda, and H. Yamano (2006), Analysis of the seawater-CO₂ system in the barrier reef-lagoon system of Palau using total alkalinity-dissolved inorganic carbon diagrams, *Limnol. Oceanogr.*, *51*, 1614-1628.
4. 織田志保, 茅根 創, 白井厚太郎, 高畑直人, 佐野有司 (2006), サンゴ骨格中の Sr/Ca, Mg/Ca 比測定-ICP-AES, SIMS, EPMA 分析法の評価-, 地球化学, *40*, 231-238.
5. Miyajima, T., H. Hata, Y. Umezawa, H. Kayanne, and I. Koike (2007), Distribution and partitioning of nitrogen and phosphorus in a fringing reef lagoon of Ishigaki Island, Northwest Pacific, *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, *341*, 45-57.
6. Miyajima, T., Y. Tanaka, I. Koike, H. Yamano, and H. Kayanne (2007), Evaluation of spatial correlation between nutrient exchange rates and benthic biota in a reef-flat ecosystem by GIS-assisted flow tracking method, *J. Oceanogr.* *63*, 643-659.
7. Yamano, H., H. Kayanne, T. Yamaguchi, Y. Kuwahara, H. Yokoki, H. Shimazaki, and M. Chikamori (2007), Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu, *Global Planet. Change*, *57*, 407-416.
8. Morimoto, M., H. Kayanne, O. Abe, and M. T. McCulloch (2007), Intensified mid-Holocene Asian monsoon recorded in corals from Kikai Island, subtropical northwestern Pacific, *Quaternary Res.*, *67*, 204-214.
9. Kayanne, H., Y. Ikeda, T. Echigo, M. Shishikura, T. Kamataki, K. Satake, J. N. Malik, S. R. Basir, G. K. Chakraborty, and A. K. Ghosh Roy (2007), Coseismic and postseismic creep in the Andaman Islands associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L01310, doi: 10.1029/2006GL028200.
10. Tanaka, Y., and H. Kayanne (2007), Relationship of species composition of tropical seagrass meadows to multiple physical environmental factors, *Ecol. Res.*, *22*, 87-96.
11. Tokoro, T., A. Watanabe, H. Kayanne, K. Nadaoka, H. Tamura, K. Nozaki, K. Kato, and

- A. Negishi (2007), Measurement of air-water CO₂ transfer at four coastal sites using a chamber method, *J. Mar. Systems*, 66, 140-149.
12. 中山裕郎, 飯嶋寛子, 中村修子, 茅根 創 (2008), GSJ 炭酸塩標準物質 (JCp-1, Jct-1) の炭素および酸素安定同位体比, 地質調査研究報告, 59, 461-466.
 13. Tokoro, T., H. Kayanne, A. Watanabe, K. Nadaoka, H. Tamura, K. Nozaki, K. Kato, and A. Negishi (2008), High gas-transfer velocity in coastal regions with high energy-dissipation rates, *J. Geophys. Res.*, 113, C11006, doi:10.1029/2007JC004528.
 14. 桑原祐史, 横木裕宗, 佐藤大作, 山野博哉, 茅根 創 (2008), ツバル国フナフチ環礁における沿岸域土地被覆変化の解析, 沿岸域学会誌, 21(2), 21-32.
 15. Murase, T., M. Tanaka, T. Tani, Y. Miyashita, N. Ohkawa, S. Ishiguro, Y. Suzuki, H. Kayanne, and H. Yamano (2008), A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74, 1129-1136.
 16. Uchida, A., M. Nishizawa, K. Shirai, H. Iijima, H. Kayanne, N. Takahata, and Y. Sano (2008), High sensitivity measurements of nitrogen isotopic ratios in coral skeletons from Palau, western Pacific: Temporal resolution and seasonal variation of nitrogen sources, *Geochem. J.*, 42, 255-262.
 17. Nakamura, N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. K. Behera, and T. Yamagata (2009), Mode shift in the Indian Ocean climate under global warming stress, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L23708, doi: 10.1029/2009GL040590.
 18. Yamaguchi, T., H. Kayanne, and H. Yamano (2009), Archaeological investigation of the landscape history of an oceanic atoll: Majuro, Marshall Islands, *Pacific Sci.*, 63, 537-565.
 19. Hongo, C., and H. Kayanne (2009), Holocene coral reef development under windward and leeward locations at Ishigaki Islands, Japan, *Sediment. Geol.*, 214, 62-73.
 20. Fujita, K., Y. Osawa, H. Kayanne, Y. Ide, and H. Yamano (2009), Distribution and sediment production of large benthic foraminifers on reef flats of the Majuro Atoll, Marshall Islands, *Coral Reefs*, 28, 29-45.
 21. Baioumy, H. M., H. Kayanne, and R. Tada (2010), Reconstruction of lake-level and climate changes in Lake Qarun, Egypt, during the last 7000 years. *J. Great Lake Res.*, 36, 318-327.
 22. Hongo, C., and H. Kayanne, (2010), Holocene sea-level record from corals: Reliability of paleodepth indicators at Ishigaki Island, Ryukyu Islands, Japan, *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, 287, 143-151.
 23. Hongo, C., and H. Kayanne (2010), Relationship between species diversity and reef growth in the Holocene at Ishigaki Island, Pacific Ocean, *Sediment. Geol.*, 223, 86-99.
 24. Osawa, Y., K. Fujita, Y. Umezawa, H. Kayanne, Y. Ide, T. Nagaoka, T. Miyajima, and H. Yamano (2010), Human impacts on large benthic foraminifers near a densely populated area of Majuro Atoll, Marshall Islands, *Mar. Pollution Bull.*, 60, 1279-1287.
 25. Nakamura, N., H. Kayanne, H. Iijima, T. R. McClanahan, S. K. Behera, and T. Yamagata (2011), Footprints of IOD and ENSO in the Kenyan coral record, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L24708, doi:10.1029/2011GL049877.
 26. Baioumy, H. M., H. Kayanne, and R. Tada (2011), Record of Holocene aridification (6000-7000 BP) in Egypt (NE Africa): Authigenic carbonate minerals from lake Qarun. *Quaternary International*, 245, 170-177.

27. Kayanne, H., T. Yasukochi, T. Yamaguchi, H. Yamano, and M. Yoneda (2011), Rapid settlement of Majuro Atoll, central Pacific, following its emergence at 2000 years CalBP, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L20405, doi:10.1029/2011GL049163.
 28. Inoue, S., H. Kayanne, N. Matta, W. S. Chen, and Y. Ikeda (2011), Holocene uplifted coral reefs in Lanyu and Luta Islands to the southeast of Taiwan, *Coral Reefs*, 30, 581-592.
 29. Nakamura, R., W. Ando, H. Yamamoto, M. Kitano, A. Sato, M. Nakamura, H. Kayanne, and M. Omori (2011), Corals mass-cultured from eggs and transplanted as juveniles to their native, remote coral reef, *Marine Ecol. Progr. Ser.*, 436, 161-168.
 30. Malik, J. N., M. Shishikura, T. Echigo, Y. Ikeda, K. Satake, H. Kayanne, Y. Sawai, C. V. R. Murty, and O. Dikshit (2011), Geologic evidence for two pre-2004 earthquakes during recent centuries near Port Blair, South Andaman Island, India, *Geology*, 39, 559-562.
 31. Hongo, C., and H. Kayanne, (2011), Key species of hermatypic coral for reef formation in the northwest Pacific during Holocene sea-level change, *Marine Geology*, 279, 162-177.
 32. 佐藤大作, 横木裕宗, 藤田和彦, 桑原祐史, 山野博哉, 島崎彦人, 渡邊真砂夫 (2006), 海面上昇後のマーシャル諸島マジュロ環礁における地形維持過程のシミュレーション. 海岸工学論文集, 53, 1291-1295.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Ikeda, Y., H. Hata, K. Nozaki, M. Tsuda, and H. Kayanne (2006), Construction of coral reef ecosystem in the balanced aquarium, Monaco Aquarium, *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.*, 1680-1683.
- (3) レビュー論文・総説
1. 茅根 創 (2006), 地球規模変動に対するサンゴ礁の応答. *Japan Geoscience Letters*, no. 2, 3-5. (査読無し)
 2. 茅根 創 (2007), 沖ノ鳥島再生に向けて. *Ship & Ocean Newsletter*, 174. (査読無し)
 3. 茅根 創 (2007), サンゴが語る過去の気候変動. *天気*, 54, 429-435 (2007). (査読無し)
 4. 茅根 創 (2008), 島嶼国における環礁州島の現状と課題. *海岸*, 48(1), 27-32. (査読無し)
 5. 茅根 創 (2008), サンゴ年輪年代学. *遺伝*, 62(6), 95-100. (査読無し)
 6. 茅根 創 (2008), サンゴの白化と地球温暖化. *みんぱく*, 2008年9月号, 4. (査読無し)
 7. 茅根 創 (2010), 環礁州島の地形形成維持に関わる生態プロセス. *水環境学会誌*, 33, 245-248. (査読有り)
 8. 茅根 創 (2011), サンゴ礁・州島の生態工学的保全・創成-生物が造る島の生態工学的保全・創成技術-. *土木技術*, 66(11), 53-58. (査読無し)
- (4) 著書等
1. Kleypas, J. A. et al. eds. (2006), "Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers: A Guide for Future Research", NSF, NOAA and USGS, 88p.

2. フィールドワーク事故災害対策WG編 (2006), 『野外活動における安全衛生管理・事故防止指針』 東京大学環境安全本部, 68p.
3. Yamano, H., H. Shimazaki, T. Murase, K. Itou, S. Sano, Y. Suzuki, N. Leenders, W. Forstreuter, and H. Kayanne (2007), Construction of digital elevation models for atoll islands using digital photogrammetry. In: Woodroffe, C.D., E. Bruce, M. Puotinen, and R. A. Furness eds. "GIS for the Coastal Zone: A Selection of Papers from CoastGIS 2006 (Wollongong Papers on Maritime Policy, No. 16)". Australian National Centre for Ocean Resources & Security, University of Wollongong, Wollongong, Australia, pp. 165-175. (査読あり)
4. 中村和郎, 谷内 達, 大塚和夫, 荒井良雄, 佐藤哲夫, 加賀美雅弘, 茅根 創, 小島泰雄, 友澤和夫 (2007), 『高等学校世界地理B』 帝国書院, 231p.
5. Kayanne, H., M. Omori, F. Katharina, E. Veheji, P. Colin, Y. Golbuu, and H. Yukihiro eds. (2007), "Coral Reefs of Palau" Palau International Coral Reef Center, 231p. (査読あり)
6. 茅根 創 (2009), サンゴとサンゴ礁. 日本第四紀学会編『デジタルブック最新第四紀学』 日本第四紀学会.
7. 茅根 創 (2009), サンゴ礁の分布. 国立天文台編『環境年表 平成 21・22 年』 172-173, 丸善.
8. Kayanne, H., and C. Hongo (2011), Sea level change and its effect on reef growth. In:Hopley, D. ed. "Encyclopedia of Modern Coral Reefs. Structure, Form and Process" pp966-973, Springer. (査読あり)
9. 茅根 創 (2011), サンゴ礁と地球温暖化. 日本サンゴ礁学会編 (2011) 『サンゴ礁学』 第 10 章, 239-258, 東海大学出版会.
10. 茅根 創 (2011), 地球表面の炭素循環と地球温暖化. 日本表面学会編 (2011) 『ひとの暮らしと表面科学』 現代表面科学シリーズ 5, 第 2 章 宇宙と地球の表面科学, 2.2 地球, 72-85, 共立出版.

(5) 特許

1. 特願2008-135204 (平成20 年5 月23 日) 所 立樹・嘉藤 徹・野崎 健・加藤 健・根岸 明・茅根 創「二酸化炭素の中和」産業技術総合研究所・国立大学法人東京大学. (国内)
2. 特願2009-178987 (平成21 年7 月31 日1) 所 立樹・田中洋平・嘉藤 徹・野崎 健・加藤 健・根岸 明・茅根創「二酸化炭素の浅帯水層貯留」産業技術総合研究所・国立大学法人東京大学. (国内)
3. 特許第 4481938 号 (平成 22 年 3 月 26 日) 井手陽一・茅根 創「有孔虫類の増養殖装置及び生産方法」海洋プランニング株式会社・国立大学法人東京大学 (2006 年 1 月 30 日 特願 2006-20092). (国内)

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Kayanne, H., T. Yasukouchi, T. Yamaguchi, H. Yamano and M. Yoneda, Island formation and early settlement in Majuro Atoll, Marshall Islands, 21st Pacific Science

Congress (Okinawa, 2007.6). (招待)

2. Kayanne, H., T. Yasukouchi, H. Yamano and M. Yoneda, Island formation and early settlement induced by sea level fall in Majuro Atoll, the Marshall Islands, International Symposium on Quaternary Environmental Changes and Humans in Asia and the Western Pacific. (Tsukuba, 2007.11).
3. Kayanne, H., Coral Reef Science, 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium, 2010年6月, タイ・プーケット, セッション基調講演 (招待)

ほか 10 件.

(2) 国内会議

16 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 平成 14-24 年度 10 年間の指導学生の, 博士学位 7 名 (東工大助教, 名古屋大特任研究員, 理化学研究所技術支援職員, ジャパンエナジー, 港湾空港研特任研究員, 琉球大特任研究員, 東京大特任研究員), 修士学位 13 名.
- ・ 平成 7 年より顧問を続けている東京大学海洋調査探検部が, 指導学生を隊長とする「40 年にわたる海洋調査・探検活動と硫黄島遠征の調査の成功」によって, 平成 21 年度総長賞を受賞. のち笹川科学研究奨励賞を受賞.
- ・ 平成 7 年より継続して, 教養学部全学ゼミ「海岸環境を学ぶ」, 平成 21 年からは「サンゴ礁学」を開講して, のべ 100 名の文理の教養学部学生に海岸, サンゴ礁の現地実習を指導.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 日本サンゴ礁学会事務局長, 評議員

(3) 国際会議等

- ・ 2nd Asia Pacific Coral Reef Symposium (2010 年 6 月, タイ・プーケット), セッション主催.

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ H19 年度より, 海洋アライアンスイニシャチブによって「沖ノ鳥島勉強会」を主宰して, 遠隔離島の維持・管理について, 地球生態工学的方策をとることを提案する

とともに、大学、研究機関と、省庁（国土交通省、水産庁、東京都）、民間による政策提言、情報交換の場を維持している。

- ・ ツバルとの共同研究に基づいて、海面上昇によって水没の危機にある環礁の島々の生態工学的対策の必要性、沖ノ鳥島など我が国の遠隔離島の維持とも問題を共有することもあわせ、外務省、国土交通庁、水産庁に、政策提言。一般向け、関係者向けのセミナーでレクチャーするとともに、あわせて 20 回以上新聞、ラジオ、テレビ、海外メディアに報道されている。
- ・ スマトラ沖地震の地殻変動（2006 年 9 月）、インド洋ダイポールモードの長期復元（2009 年 12 月）、硫黄島における酸性化海域の発見（2010 年 9 月）など、重要な成果発見の度にプレスリリースし、すべて全国紙 3 紙（朝日、毎日、読売）に取り上げられ、ほか地方紙や海外のメディアでもとりあげられた。

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 東京大学理学部・理学系研究科教務委員会・委員長、研究科長補佐、H20-H2 年度
- ・ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻科教務委員会・委員長、H23-24 年度
- ・ 東京大学総合研究博物館運営委員会・委員、地理資料部門・部門長、H7 年度-
- ・ 東京大学環境安全本部フィールドワーク事故災害対策WG・委員、H17 年度-
- ・ 防衛省普天間飛行場代替施設建設事業に係る環境影響評価に関する有識者研究会・座長代理、H23-24 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）・委員
- ・ （社）水産土木建設技術センター サンゴ増養殖技術開発実証検討委員会（水産庁委託事業）・委員
- ・ 海洋政策研究財団 島と海の保全・管理研究委員会・委員

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数 修士 1 名（パラオ）修士取得。

外国人研究者数 ポスドク研究員 2 名（エジプト）

(2) 派遣

学生数 博士 1 名（米国）

研究者数 ポスドク研究員 2 名（オーストラリア、フランス）

(3) 海外からの来訪者数 ツバル国技術者トレーニング のべ 4 名。インド共同研究カウンターパート 2 名。

近藤 豊

I. 略歴

氏名： 近藤 豊

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1972年（昭和47年3月）東京大学理学部地球物理学科 卒業

1974年（昭和49年3月）東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程修士課程
修了

1976年（昭和51年9月）東京大学大学院理学系研究科地球物理学専門課程博士課程
退学

1977年（昭和52年4月）理学博士（東京大学）

職歴

1976年（昭和51年）10月名古屋大学空電研究所助手

1979年～1980年（昭和54～55年）環境科学研究所（ドイツ）研究員

1989年（平成1年）4月 名古屋大学太陽地球環境研究所 助教授

1992年（平成4年）4月 名古屋大学太陽地球環境研究所 教授

1995年（平成7年）4月 名古屋大学太陽地球環境研究所・附属母子里観測所所長
（併任）

2000年（平成12年）4月 東京大学先端科学技術研究センター 教授

2011年（平成23年）4月 東京大学理学系研究科地球惑星科専攻 教授

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

I 対流圏オゾンの化学・輸送過程の研究

対流圏(高度 0-10 km)のオゾンは大気の酸化能に大きな影響を与えると同時に、高濃度下では人間の健康に悪影響を与え、森林・農作物などの植生に被害を及ぼすなど、大気質を決定する役割を果たしている。このオゾンの大気中での生成速度は窒素酸化物濃度により基本的に支配されている。そのため航空機搭載用の超高感度の窒素酸化物測定器を開発し、アメリカ航空宇宙局（NASA）や他機関と共同して実施した西太平洋、東アジア他での観測に基づき、窒素酸化物の発生源とオゾンの化学過程を中心に研究を行った。NASA との共同研究では、それまで測定に大きな不確定性があった「総窒素酸化物」の高精度な測定方法を初めて確立した。この総窒素酸化物の高精度観測により太平洋・大西洋において、窒素酸化物の収支や反応系全体を統一的に把握する知見を初めて与え、対流圏オゾンの化学過程の研究において画期的な貢献をした。

II エアロゾルの気候影響の研究

エアロゾルは太陽放射を散乱・吸収し地球の放射収支に大きく寄与する。またその一部は雲凝結核として作用し、雲生成過程・降水過程に大きな影響を与える。このため、エアロゾルの動態の解明は気候変動の理解にとって重要な課題となっている。これに対し、強い大気加熱効果をもつ点で特に重要な黒色炭素粒子（ブラックカーボン、BC）の粒径分布・混合状態を高精度で測定する装置を世界に先駆けて開発した。この装置を使った東アジアの発生源やその下流域でのBC観測（地上・航空機）から、BC粒径分布およびBCの被覆過程やBCの降水による除去過程を定量的に解明した。これらの観測データから東アジアにおけるBCの光学特性や、その気候影響を推定した。このために、韓国との国際共同航空機観測A-FORCEを2009年に実施した。特に鹿児島―ソウル間の往復飛行を初めて行い、BCの最大発生源である中国から太平洋への輸送・沈着過程を解明することに初めて成功した。北極の雪氷面に沈着したBCは雪氷面の反射率を低下させることにより北極を温暖化させる可能性がある。2008年にはNASAと共同で、北極でのBCの航空機観測を実施し、アジアから北極へのBCの輸送過程も初めて明らかにした。

またこれまで、東アジアにおけるBCの発生源の推定値は大きな不確定性を持っていた。このために高精度のBC連続測定器を開発し、アジアの下流域である沖縄で長期間の観測データを取得した。精密な3次元モデル計算と観測されたBC濃度を比較し放出量推定値を検証するという新たな方法論を確立した。

エアロゾルの中でも最も質量割合が大きい有機エアロゾルの化学組成・雲凝結核特性の解明はエアロゾルの気候影響を評価する上で重要である。このため、これらの量を連続測定する装置を新たに開発した。これらを用いた観測を日本・韓国・中国で実施し、人為起源の有機エアロゾルの化学的生成過程や物理化学特性を解明した。また数値モデルにより、広域的な有機エアロゾルの化学・輸送過程の理解を格段に進展させた。

3. 特に優れた論文5編

1. Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, D. Kodama, S. Deguchi, M. Nogami, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, M. Koike, H. Sakurai, and K. Ehara (2006), Temporal variations of elemental carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 111, D12205, doi:10.1029/2005JD006257.

東京におけるブラックカーボンエアロゾルの信頼性のある時間変化を初めて詳細に示した。また、ブラックカーボンの規制による長期変動を調べるための重要なデータともなっている。引用回数も多い。

2. Kondo, Y., Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop (2007) Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, 112, D01203, DOI:10.1029/2006JD007056

エアロゾルの中でも有機エアロゾルは主要な成分である。酸化された有機エアロゾルと水溶性有機エアロゾルとが極めて同一のものに近いということを初めて示した。引用回数も多い。

3. Kondo, Y., L. Sahu, N. Moteki, F. Khan, N. Takegawa, X. Liu, M. Koike, T. Miyakawa (2011), Consistency and traceability of black carbon measurements made

by laser-induced incandescence, thermal-optical transmittance, and filter-based photo-absorption techniques, *Aerosol Sci. Tech.*, 45, 295-312, DOI: 10.1080/02786826.2010.533215

ブラックカーボンの正確な測定法として、誘起白熱法の絶対的な校正基準を確立し、国際的なブラックカーボンのレビュー論文やIPCC報告書の重要な部分となっている。

4. Kondo, Y., H. Matsui, N. Moteki, L. Sahu, N. Takegawa, M. Kajino, Y. Zhao, M. J. Cubison, J. L. Jimenez, S. Vay, G. S. Diskin, B. Anderson, A. Wisthaler, T. Mikoviny, H. E. Fuelberg, D. R. Blake, G. Huey, A. J. Weinheimer, D. J. Knapp, and H. Brune (2011), Emissions of black carbon, organic, and inorganic aerosols from biomass burning in North America and Asia in 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, D08204, doi: 10.1029/2010JD015152.

北極においてバイオマス燃焼により発生するエアロゾルの気候影響に関わる特性をはじめ観測から明らかにした。NASAの北極プロジェクトの成果として高い評価を得ている。

5. Kondo, Y., N. Oshima, M. Kajino, R. Mikami, N. Moteki, N. Takegawa, R. L. Verma, Y. Kajii, S. Kato, and A. Takami (2011), Emissions of black carbon in East Asia estimated from the observations at a remote site in the East China Sea, *J. Geophys. Res.*, 116, D16291, doi: 10.1029/2011JD015637.

東アジアにおけるブラックカーボンの発生量を観測から高精度で測定した。これは、AGUや他の国際学会での発表において高い評価を得た。又、ここで使われたデータ利用の要求が諸外国から寄せられている。

4. 受賞等

- ・ 昭和 61 年 10 月 1 日 日本地球電気磁気学会 田中館賞
- ・ 平成 2 年 10 月 25 日 日本気象学会 堀内基金奨励賞
- ・ 平成 13 年 5 月 9 日 日本気象学会 日本気象学会賞
- ・ 平成 21 年 5 月 1 日 アメリカ地球物理学連合 (AGU) Fellow
- ・ 平成 24 年 11 月 13 日 紫綬褒章
- ・ 平成 24 年 12 月 1 日 地球化学研究協会学術賞 三宅賞

5. 研究の将来計画

概要：エアロゾル・雲・降水過程は、将来の気候変動予測における最大の不確定要因の一つである。本研究では、エアロゾルの数濃度・粒径分布を中心軸として、雲粒の数・粒径、雲粒の衝突併合により生成する降水を、素過程に基づき統合的に理解する。鍵となるプロセスを正確に表現した数値モデルを開発し、各要素を段階的に検証し、エアロゾルの雲・降水への影響を高精度で推定する。仮説の域を出ていないエアロゾルの大気加熱効果（準直接効果）も、観測と数値モデルにより正確な評価をする。このために最先端の計測技術を用いてエアロゾル・雲の航空機・地上観測を行い、鍵となるプロセスの理解を格段に進展させる。気候変動を予測し対策を講ずるための基盤

となる科学的方法論を確立する。

研究の背景：最新の IPCC 報告書でも明確に述べられているように、地球温暖化を引き起こす放射強制力の最大の不確定要因は、エアロゾルの雲への影響（エアロゾルの間接効果）に関わるものである。エアロゾル数の増加は、エアロゾルを核として生成する雲粒数の増加を引き起こし、雲の太陽光反射率を増加させ（アルベド効果）、降水を抑制/助長し雲の寿命を変化させることが予測されている。特に東アジアは人間活動によるエアロゾルの増大が世界的に見ても著しく、エアロゾルの間接効果が大きいと考えられる。しかし従来の気候モデルによるエアロゾルの間接効果の評価では、計算機資源の制約からエアロゾルの数・粒径、あるいは雲物理過程を極めて簡易的に表現してきた。この結果、個々のプロセスの表現やそれを用いた計算結果は十分に検証されてこなかった。

光吸収性のブラックカーボン（BC）エアロゾルは太陽光を強く吸収して大気を加熱する一方、光散乱性エアロゾル（硫酸塩・有機化合物）および BC は太陽光を減光し地表面を冷却する。これらのプロセスは、大気の安定度を増加/減少させ、対流活動の変化を通して、雲・降水過程に影響を及ぼす（準直接効果）。この効果は、活発なバイオマス燃焼の影響が大きいアマゾンやインド洋などで顕著である可能性が示唆されているものの、その効果の正確な評価は極めて不十分であり、いわば仮説段階にある。

このように世界の研究の現状は、エアロゾル・雲・降水を統合的かつ実証的に理解する研究の必要性を強く示している。第一に、エアロゾルの間接効果の鍵となるエアロゾルの数濃度と粒径分布、また準直接効果の鍵となるエアロゾルの混合状態や単位質量あたりの光吸収率などを直接観測により把握し、それらを支配する要因（生成される全エアロゾル数に対する BC の相対的寄与など）を理解することが必要である。第二に、観測と比較でき、かつアジアスケールでのエアロゾルの雲・降水への影響を詳細に評価できる領域スケールモデルを開発し、エアロゾルからの雲粒生成や湿性沈着など、鍵となるプロセスを表現したモジュールを新たに導入することが必要である。このように一段階ずつ着実に実証的な研究を積み上げていくことにより、エアロゾルの雲・降水への影響（感度）が初めて評価可能となる。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤 A 「エアロゾル-雲粒子相互作用の物理化学過程の研究」 H18 年度 17,810 千円
- ・ 基盤 S 「航空機観測に基づくアジアのブラックカーボンの気候影響の解明」 H19～H22 年度 110,630 千円
- ・ 基盤 S 「アジアのエアロゾル・雲・降水システムの観測・モデルによる総合研究」 H23 年度 86,190 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 環境省 環境研究総合推進費「革新的手法によるエアロゾル物理化学特性の解明と気候変動予測の高精度化」 H20～H22年度 300,686千円
- ・ 環境省 環境研究総合推進費「地球温暖化対策としてのブラックカーボン削減の有効性の評価」 H23年度 58,660千円
- ・ J S T・戦略的国際科学技術協力推進事業「北東アジア域のブラックカーボンの発生、輸送過程の解明と気候変動に関する研究」H22年度 総額：6,700千円，H23年度 総額：7,500千円，H24年度 総額：5,000千円

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Irie, H., T. Sugita, H. Nakajima, T. Yokota, H. Oelhaf, G. Wetzal, G. C. Toon, B. Sen, M. L. Santee, Y. Terao, N. Saitoh, M. K. Ejiri, T. Tanaka, Y. Kondo, H. Kanzawa, H. Kobayashi, and Y. Sasano (2006), Validation of stratospheric nitric acid profiles observed by Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS)-II, *J. Geophys. Res.*, *110*, D11S03, doi:10.1029/2005JD006115.
2. Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, D. Kodama, S. Deguchi, M. Nogami, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, M. Koike, H. Sakurai, and K. Ehara (2006), Temporal variations of elemental carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *111*, D12205, doi:10.1029/2005JD006257.
3. Takegawa, N., T. Miyakawa, Y. Kondo, J. L. Jimenez, D. R. Worsnop, and M. Fukuda (2006), Seasonal and diurnal variations of submicron organic aerosol in Tokyo observed using the Aerodyne Aerosol Mass Spectrometer, *J. Geophys. Res.*, *111*, D11206, doi:10.1029/2005JD006515.
4. Kita, K., Y. Morino, Y. Kondo, Y. Komazaki, N. Takegawa, Y. Miyazaki, J. Hirokawa, S. Tanaka, T. L. Thompson, R.-S. Gao, and D. W. Fahey (2006), A chemical ionization mass spectrometer for ground-based measurement of nitric acid, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, *23*, 1104-1113.
5. Takegawa, N., T. Miyakawa, Y. Kondo, D. R. Blake, Y. Kanaya, M. Koike, M. Fukuda, Y. Komazaki, Y. Miyazaki, A. Shimono, and T. Takeuchi (2006), Evolution of submicron organic aerosol in polluted air exported from Tokyo, *Geophys. Res., Lett.*, *33*, L15814, doi:10.1029/2006GL025815.
6. Morino, Y., Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, K. Kita, Y. Komazaki, M. Fukuda, T. Miyakawa, N. Moteki, and D. R. Worsnop (2006), Partitioning of HNO₃ and particulate nitrate over Tokyo: Effect of vertical mixing, *J. Geophys. Res.*, *111*, D15215, doi:10.1029/2005JD006887.
7. Koike, M., N. B. Jones, P. I. Palmer, H. Matsui, Y. Zhao, Y. Kondo, Y. Matsumi, and H. Tanimoto (2006), Seasonal variation of carbon monoxide in northern Japan: FTIR measurements and source-labeled model calculations, *J. Geophys. Res.*, *111*, D15306, doi:10.1029/2005JD006643.

8. Voigt, C., H. Schlager, H. Ziereis, B. Karcher, B. P. Luo, C. Schiller, M. Kramer, P. J. Popp, H. Irie, and Y. Kondo (2006), Nitric acid in cirrus clouds, *Geophys. Res. Lett.*, *33*, L05803, doi:10.1029/2005GL025159.
9. Rose, W. I., G. A. Millard, T. A. Mather, D. E. Hunton, B. Anderson, C. Oppenheimer, B. F. Thornton, T. M. Gerlach, A. A. Viggiano, and Y. Kondo (2006), The atmospheric chemistry of a 33-34 hour old volcanic cloud from Hekla Volcano (Iceland): insights from direct sampling and the application of chemical box modeling, *J. Geophys. Res.*, *111*, D20206, doi:10.1029/2005JD006872.
10. Gamblin, B., O. B. Toon, M. A. Tolbert, Y. Kondo, N. Takegawa, H. Irie, M. Koike, J. O. Ballentine, D. E. Hunton, T. M. Miller, A. A. Viggiano, B. E. Anderson, M. Avery, G. W. Sachse, J. R. P. Podolske, K. Guenther, C. Sorenson, and M. J. Mahoney (2006), Nitric acid condensation on ice: 1. Non-HNO₃ constituent of NO_y condensing on upper tropospheric cirrus particles, *J. Geophys. Res.*, *111*, D21203, doi:10.1029/2005JD006048.
11. Mochida M., M. Kuwata, T. Miyakawa, N. Takegawa, K. Kawamura, and Y. Kondo (2006), Relationship between hygroscopicity and cloud condensation nuclei activity for urban aerosols in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *111*, D23204, doi:10.1029/2005JD006980.
12. Miyazaki, Y., Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Komazaki, M. Fukuda, K. Kawamura, M. Mochida, K. Okuzawa, and R. J. Weber (2006), Time-resolved measurements of water-soluble organic carbon in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *111*, D23206, doi:10.1029/2006JD007125.
13. Bae, M.-S., C.-S. Hong, Y. J. Kom, J.-S. Han, K.-J. Moon, Y. Kondo, Y. Komazaki, and Y. Miyazaki (2007), Intercomparison of two different thermal-optical elemental carbons and optical black carbon during ABC-EAREX2005, *Atmos. Env.*, *41*, 2791-2803.
14. Kondo, Y., Y. Miyazaki, N. Takegawa, T. Miyakawa, R. J. Weber, J. L. Jimenez, Q. Zhang, and D. R. Worsnop (2007), Oxygenated and water-soluble organic aerosols in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *112*, D01203, doi:10.1029/2006JD007056.
15. Moteki, N. and Y. Kondo (2007), Effects of mixing state on black carbon measurements by laser-induced incandescence, *Aerosol Sci. Technol.*, *41*, 398-417.
16. Takegawa, N, T. Miyakawa, K. Kawamura, and Y. Kondo (2007), Contribution of selected dicarboxylic and ω-oxocarboxylic acids in ambient aerosol to the *m/z* 44 signal of an Aerodyne aerosol mass spectrometer, *Aerosol Sci. Technol.*, *41*, 418-437.
17. Moteki, N., Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, Y. Komazaki, G. Kurata, T. Shirai, D. R. Blake, T. Miyakawa, and M. Koike (2007), Evolution of mixing state of black carbon particles: Aircraft measurements over the western Pacific in March 2004, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L11803, doi:10.1029/2006GL028943.
18. Kuwata, M., Y. Kondo, M. Mochida, N. Takegawa, and K. Kawamura (2007), Dependence of CCN activity of less volatile particles on the amount of coating observed in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *112*, D11207, doi:10.1029/2006JD007758.
19. Zhang, Q., J. L. Jimenes, M. R. Canagaratna, J. D. Allan, H. Coe, I Ulbrich, M. R. Alfarra, A. Takami, A. M. Middlebrook, Y. L. Sun, K. Dzepina, E. Dunlea, K. Dcherty, P. F. DeCarlo, D. Salcedo, T. Onasch, J. T. Jayne, T. Miyoshi, A. Shimono, S. Hatakeyama, N. Takegawa, Y. Kondo, J. Schneider, F. Drewnick, S. Borrmann, S. Weimer, K. Demerjian, P. Williams, K. Bower, R. Bahreini, L. Cottrell, R. J. Griffin, J. Rautianen, J. Y. Sun, Y. M. Zhang, and D. R. Worsnop (2007), Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced Northern Hemisphere midlatitudes, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L13801, doi:10.1029/2007GL029979.

20. Miyakawa, T., N. Takegawa, and Y. Kondo (2007), Removal of sulfur dioxide and formation of sulfate aerosol in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *112*, D13209, doi:10.1029/2006JD007896.
21. Shiraiwa, M., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, Y. Miyazaki, and D.R. Blake (2007), Evolution of mixing state of black carbon in polluted air from Tokyo, *Geophys. Res., Lett.*, *34*, L16803, doi:10.1029/2007GL029819.
22. Gamblin, B., O.B. Toon, M.A. Tolbert, Y. Kondo, N. Takegawa, H. Irie, M. Koike, P.K. Hudson, J.O. Ballenthin, D.E. Hunton, T.M. Miller, A.A. Viggiano, B.E. Anderson, M. Avery, G.W. Sachse, K. Guenther, C. Sorenson, and M.J. Mahoney (2007), Nitric acid condensation on ice: 2. Kinetic limitations, a possible “cloud clock” for determining cloud particle lifetime, *J. Geophys. Res.*, *112*, D12209, doi:10.1029/2005JD006049.
23. Koike, M., Y. Kondo, K. Kita, N. Takegawa, N. Nishi, T. Kashiwara, S. Kawakami, S. Kudoh, D. Blake, T. Shirai, B. Liley, M. Ko, Y. Miyazaki, Z. Kawasaki, and T. Ogawa, (2007) Measurements of reactive nitrogen produced by tropical thunderstorms during BIBLE-C, *J. Geophys. Res.*, *112*, D18304, doi:10.1029/2006JD008193.
24. Miyazaki, Y., Y. Kondo, S. Han, M. Koike, D. Kodama, Y. Komazaki, H. Tanimoto, and H. Matsueda (2007) Chemical characteristics of water-soluble organic carbon in the Asian outflow, *J. Geophys. Res.*, *112*, D22S30, doi:10.1029/2007JD009116.
25. Tanskanen, A., A. Lindfors, A. Määttä, N. Krotkov, J. Herman, J. Kaurola, T. Koskela, K. Lakkala, V. Fioletov, G. Bernhard, R. McKenzie, Y. Kondo, M. O'Neill, H. Slaper, P. den Outer, A. F. Bais, J. Tamminen (2007), Validation of daily erythemal doses from Ozone Monitoring Instrument with ground-based UV measurement data *J. Geophys. Res.*, *112*, D24S44, doi:10.1029/2007JD008830.
26. Shirai, T., Y. Yokouchi, D.R. Blake, K. Kita, K. Izumi, M. Koike, Y. Komazaki, Y. Miyazaki, M. Fukuda, and Y. Kondo (2007), Seasonal variation of atmospheric C₂-C₇ nonmethane hydrocarbons in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *112*, D24305, doi:10.1029/2006JD008163.
27. Kanaya, Y., R. Cao, H. Akimoto, M. Fukuda, Y. Komazaki, Y. Yokouchi, M. Koike, H. Tanimoto, N. Takegawa, and Y. Kondo, (2007), Urban photochemistry in central Tokyo: 1. Observed and modeled OH and HO₂ radical concentrations during the winter summer of 2004, *J. Geophys. Res.*, *112*, D21312, doi:10.1029/2007JD008670.
28. Moteki, N., and Y. Kondo, Method to measure time-dependent scattering cross sections of particles evaporating in a laser beam, *J. Aerosol Sci.*, *39*, 348-364, 2008.
29. Kuwata, M., Y. Kondo, Y. Miyazaki, Y. Komazaki, J. H. Kim, S. S. Yum, H. Tanimoto, and H. Matsueda (2008), Cloud condensation nuclei activity at Jeju Island, Korea in spring 2005, *Atmos. Chem. Phys.* *8*, 2933-2958.
30. Mochida, M., T. Miyakawa, N. Takegawa, Y. Morino, K. Kawamura, and Y. Kondo (2008), Significant alteration in the hygroscopic properties of urban aerosol particles by the secondary formation of organics, *Geophys. Res. Lett.*, *35*, L02804, doi:10.1029/2007GL031310.
31. Kanaya, Y., M. Fukuda, H. Akimoto, N. Takegawa, Y. Komazaki, Y. Yokouchi, M. Koike, and Y. Kondo (2008), Urban photochemistry in central Tokyo: 2. Rates and regimes of oxidant (O₃ + NO₂) production, *J. Geophys. Res.*, *2008*, *113*, D06301, doi:10.1029/2007JD008671.
32. Hua, W., Z. M. Chen, C. Y. Jie, Y. Kondo, A. Hofzumahause, N. Takegawa, K. D. Lu, Y. Miyazaki, K. Kita, H. L. Wang, Y. H. Zhang, and M. Hu (2008), Atmospheric hydrogen

- peroxide and organic hydroperoxides during PRIDE-PRD's06, China: their concentration, formation mechanism and contribution to secondary aerosols, *Atmos. Chem. Phys. Discuss*, *8*, 10481-10530.
33. Miyakawa, T., N. Takegawa, and Y. Kondo (2008), Photochemical evolution of submicron aerosol chemical composition in the Tokyo megacity region in summer, *J. Geophys. Res.*, *113*, D14304, doi:10.1029/2007JD009493.
 34. Kondo, Y., R. C. Hudman, K. Nakamura, G. Chen, Y. Miyazaki, N. Takegawa, M. Koike, M. Ko, K. Kita, D. R. Blake, T. Shirai, and S. Kawakami (2008), Mechanism that influence the formation of high-ozone regions downwind of the Asian continent in winter and spring, *J. Geophys. Res.*, *113*, D15304, doi:10.1029/2007JD008978.
 35. Kuwata, M., and Y. Kondo (2008), Dependence of size-resolved CCN spectra on the mixing state of non-volatile cores observed in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *113*, D19202 doi:10.1029/2007JD009761.
 36. McKenzie, R. L., C. Weinreis, P. V. Johnston, B. Liley, H. Shiona, M. Kotkamp, D. Smale, N. Takegawa, and Y. Kondo (2008), Effects of urban pollution on UV spectral irradiance, *Atmos. Chem. Phys.* *8*, 5683–5697.
 37. Miyazaki, Y., Y. Kondo, L. K. Sahu, J. Imaru, N. Fukushima, and A. Kanno (2008), Performance of a newly designed continuous soot monitoring system (COSMOS), *J. Env. Monit.*, *10*, 1195-1201, DOI: 10.1039/b806957c.
 38. Garland, R. M., Yang, H., Schmid, O., Rose, D., Nowak, A., Achtert, P., Wiedensohler, A., Takegawa, N., Kita, K., Miyazaki, Y., Kondo, Y., Hu, M., Shao, M., Zeng, L. M., Zhang, Y. H., Andreae, M. O., and Pöschl (2008), U., Aerosol optical properties in a rural environment near the mega-city Guangzhou, China: Implications for regional air pollution, radiative forcing and remote sensing, *Atmos. Chem. Phys.* *8*,:5161-5186, doi:10.5194/acp-8-5161-2008.
 39. Choi, I. J., S. W. Kim, J. Kim, S. C. Yoon, M. H. Kim, N. Sugimoto, Y. Kondo, Y. Miyazaki, K. J. Moon, J. S. Han (2008), Characteristics of the transport and vertical structure of aerosols during ABC-EAREX2005, *Atmos. Environ.*, *42*, 8513-8523.
 40. Kondo, Y., Y. Morino, Fukuda, M. Y. Miyazaki, N. Takegawa, Y. Kanaya, H. Tanimoto, R. McKenzie, P. Johnston, D.R. Blake, and T. Murayama (2008), Formation and transport oxidized reactive nitrogen, ozone, and secondary organic aerosol in Tokyo, *J. Geophys. Res.*, *113*, D21310, doi:10.1029/2007JD010134.
 41. Hua, W., Z. M. Chen, C. Y. Jie, Y. Kondo, A. Hofzumahause, N. Takegawa, K. D. Lu, Y. Miyazaki, K. Kita, H. L. Wang, Y. H. Zhang, and M. Hu (2008), Atmospheric hydrogen peroxide and organic hydroperoxides during PRIDE-PRD' 06, China: their concentration, formation mechanism and contribution to secondary aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, *8*, 6755-6773.
 42. Shiraiwa, M., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, A. Takami, S. Hatakeyama, S. Yonemura, and D. R. Blake (2008), Radiative impact of mixing state of black carbon aerosol in Asian outflow, *J. Geophys. Res.*, *113*, D24210, doi:10.1029/2008JD010546.
 43. Takegawa, N., T. Miyakawa, M. Watanabe, Y. Kondo, Y. Miyazaki, S. Han, D. van Pinxteren, E. Brüggemann, T. Gnauk, H. Herrmann, R. Xiao, Z. Deng, M. Hu, T. Zhu, and Y. Zhang (2009), Performance of an Aerodyne mass spectrometer (AMS) during intensive campaigns in China in the summer of 2006, *Aerosol Sci. Tech.*, *43*, 1-16.

44. Sahu, L. K., Y. Kondo, Y. Miyazaki, M. Kuwata, M. Koike, N. Takegawa, H. Tanimoto, H. Matsueda, S.C. Yoon, and Y. J. Kim (2009), Anthropogenic aerosols observed in Asian continental outflow at Jeju Island, Korea, in spring 2005, *J. Geophys. Res.*, 114, D03301, doi:10.1029/2008JD010306.
45. Garland, R. M., O. Schmid, A. Nowak, P. Achtert, A. Wiedensohler, S. S. Gunthe, N. Takegawa, K. Kita, Y. Kondo, M. Hu, M. Shao, LM Zeng, T. Zhu, MO Andreae, and U. Pöschl (2009), Aerosol optical properties observed during CAREBeijing-2006: Characteristic differences between the inflow and outflow of Beijing city air, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G04, doi:10.1029/2008JD010780.
46. Matsui, H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, R. J. Griffin, Y. Miyazaki, Y. Yokouchi, and T. Ohara (2009), Secondary organic aerosol formation in urban air: Temporal variations and possible contributions from unidentified hydrocarbons, *J. Geophys. Res.*, 114, D04201, doi:10.1029/2008JD010164.
47. Kuwata, M., and Y. Kondo (2009), Measurements of particle masses of inorganic salt particles for calibration of cloud condensation nuclei counters, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 5921-5932.
48. Oshima, N. M. Koike, Y. Zhang, Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, and Y. Miyazaki (2009), Aging of black carbon in outflow from anthropogenic sources using a mixing state resolved model: 1. Model development and evaluation, *J. Geophys. Res.*, 114, D06210, doi:10.1029/2008JD010680.
49. Song, C. H., M. E. Park, E. J. Lee, J. H. Lee, B. K. Lee, D. S. Lee, J. S. Han, K. J. Moon, and Y. Kondo (2009), Possible particulate nitrite formation and its atmospheric implications from the observations in Seoul, Korea, *Atmos. Environ.*, 43, 2168-2173.
50. Takegawa, N., T. Miyakawa, M. Kuwata, Y. Kondo, Y. Zhao, S. Han, K. Kita, Y. Miyazaki, Z. Deng, R. Xiao, M. Hu, D. van Pinxteren, H. Hermann, A. Hofzumahaus, F. Holland, A. Wahner, D. R. Blake, N. Sugimoto, and T. Zhu (2009), Variability of submicron aerosol observed at a rural site in Beijing in the summer of 2006: Implications for regional processing, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G05, doi:10.1029/2008JD010857.
51. Achtert, P., W. Birmili, A. Nowak, A. Wiedensohler, B. Wehner, N. Takegawa, Y. Kondo, Y. Miyazaki, T. Zhu, M. Hu (2009), Hygroscopic growth of tropospheric number size distributions over the North China Plain, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G07, doi:10.1029/2008JD010921.
52. Wiedensohler, Y. F. Cheng, A., A. Nowak, B. Wehner, P. Achtert, M. Berghof, W. Birmili, M. Hu, T. Zhu, N. Takegawa, K. Kita, Y. Kondo, S. R. Lou, A. Hofzumahaus, F. Holland, A. Wahner, S. S. Gunthe, D. Rose, and U Pöschl (2009), Rapid aerosol particle growth and increase of cloud condensation (CCN) activity by secondary aerosol formation: a case study for regional air pollution in north-eastern China, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G08, doi:10.1029/2008JD010884.
53. Kondo, Y. L. Sahu, M. Kuwata, Y. Miyazaki, N. Takegawa, N. Moteki, J. Imaru, S. Han, N. Takegawa, N. T. Kim Oanh, M. Hu, Y. J. Kim, and K. Kita (2009), Stabilization of the mass absorption cross section of black carbon for filter-based absorption photometry by the use of a heated inlet, *Aerosol Sci. Tech.*, 43, 741-756.
54. Lin, P., M. Hu, Z. Deng, J. Slanina, S. Han, Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, Y. Zhao, and N. Sugimoto (2009), Seasonal and diurnal variations of organic carbon in PM_{2.5} in Beijing and the estimation of secondary organic carbon, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G11, doi:10.1029/2008JD010902.

55. Hofzumahaus, A., F. Rohrer, K. Lu, B. Bohn, T. Brauers, C. C. Chang, H. Fuchs, F. Holland, K. Kita, Y. Kondo, X. Li, S. Lou, M. Shao, A. Wahner and Y. Zhang (2009), Amplified trace gas removal in the troposphere, *Science*, *324*, 1702-1704.
56. Xiao, R., N. Takegawa, Y. Kondo, Y. Miyazaki, T. Miyakawa, M. Hu, M. Shao, L.M. Zeng, A. Hofzumahaus, N. Sugimoto, Y. Zhao and Y.H. Zhang (2009), Formation of submicron sulfate and organic aerosols in the outflow from Pearl River Delta region of China, *Atmos. Environ.*, *43*, 3754-3763.
57. Miyazaki, Y., Y. Kondo, M. Shiraiwa, N. Takegawa, T. Miyakawa, S. Han, K. Kita, M. Hu, Z. Q. Deng, Y. Zhao, N. Sugimoto, D. R. Blake, and R. J. Weber (2009), Chemical characterization of water-soluble organic carbon aerosols at a rural site in the Pearl River Delta, China, in the summer of 2006, *J. Geophys. Res.*, *114*, D14208, doi:10.1029/2009JD011736.
58. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, K. Kita, Y. Miyazaki, M. Hu, S-Y Chang, J. D. R. Blake, J. D. Fast, R. A. Zaveri, D. G. Streets, Q. Zhang, and T. Zhu (2009), Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in the summer 2006: 1. Model evaluation and source apportionment, *J. Geophys. Res.*, *114*, D00G13, doi:10.1029/2008JD010906.
59. Moteki, N., Y. Kondo, N. Takegawa, and S. Nakamura (2009), Directional dependence of thermal emission from nonspherical carbon particles, *J. Aerosol Sci.*, *40*, 790-801.
60. Oshima, N. M. Koike, Y. Zhang, and Y. Kondo (2009), Aging of black carbon in outflow from anthropogenic sources using a mixing state resolved model: 2. Aerosol optical properties and condensation nuclei activities, *J. Geophys. Res.*, *114*, D18202, doi:10.1029/2008JD11681.
61. Kuwata, M., and Y. Kondo (2009), Measurements of particle masses of inorganic salt particles for calibration of cloud condensation nuclei counters, *Atmos. Chem. Phys.*, *9*, 5921-5932.
62. Kuwata, M., Y. Kondo, and N. Takegawa (2009), Critical condensed mass for activation of black carbon as cloud condensation nuclei, *J. Geophys. Res.*, *114*, D20202, doi:10.1029/2009JD012086.
63. Parrish, D. D., W. C. Kuster, M. Shao, Y. Yokouchi, Y. Kondo, P. D. Goldan, J. A de Gouw, M. Koike, and T. Shirai (2009), Comparison of air pollutant emissions among mega-cities, *Atmos. Environ.*, *43*, 6435-6441.
64. Han, S. Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, N. Oshima, M. Hu, P. Lin, Z. Deng, Y. Zhao, and N. Sugimoto (2009), Temporal variations of elemental carbon aerosol in Beijing, China, *J. Geophys. Res.*, *114*, D23202, doi:10.1029/2009JD012027.
65. Jimenez, J. L., M. R. Canagaratna, N. M. Donahue, A. S. H. Prevot, Q. Zhang, J. H. Kroll, P. F. DeCarlo, J. D. Allan, H. Coe, N. L. Ng, A. C. Aikin, K. D. Docherty, I. M. Ulbrich, A. P. Grieshop, A. L. Robinson, J. Duplissy, J. D. Smith, K. R. Wilson, V. A. Lanz, C. Hueglin, Y. L. Sun, A. Laaksonen, T. Raatikainen, J. Rautiainen, P. Vaattovaara, M. Ehn, M. Kulmala, J. M. Tomlinson, D. R. Collins, M. J. Cubison, E. J. Dunlea, J. A. Huffman, T. B. Onasch, M. R. Alfarra, P. I. Williams, K. Bower, Y. Kondo, J. Schneider, F. Drewnick, S. Borrmann, S. Weimer, K. Demerjian, D. Salcedo, L. Cottrell, R. Griffin, A. Takami, T. Miyoshi, S. Hatakeyama, A. Shimono, J. Y. Sun, Y. M. Zhang, K. Dzepina, J. R. Kimmel, D. Sueper, J. T. Jayne, S. C. Herndon, A. M. Trimborn, L. R. Williams, E. C. Wood, C. E. Kolb, U. Baltensperger, and D. R. Worsnop (2009), Evolution of organic aerosols in the atmosphere: A new framework connecting measurements to models, *Science*, *326*, 1525-1529.

66. Koch, D., M. Schulz, S. Kinne, G. Schuster, T. C. Bond, A. Clarke, D. W. Fahey, S. Freitag, C. McNaughton, J. R. Spackman, Y. Kondo, N. Moteki, L. Sahu, H. Sakamoto, N. Takegawa, Y. Zhao, Y. Balkanski, Susanne Bauer, T. Berntsen, T. Berglen, O. Boucher, M. Chin, F. Dentener, T. Diehl, R. Easter, H. Feichter, D. Fillmore, S. Ghan, P. Ginoux, S. Gong, A. Grini, L. Horowitz, T. Iversen, A. Kirkevåg, M. Krol, X. Liu, R. Miller, V. Montanaro, G. Myhre, J. Penner, J. Perlwitz, G. Pitari, S. Reddy, Ø. Seland, P. Stier, T. Takemura, C. Textor, Z. Klimont, J. A. van Aardenne (2009), Evaluation of black carbon estimations in global aerosol models, *Atmos. Chem. Phys.* 9, 9001-9026.
67. Shiraiwa, M., Y. Kondo, T. Iwamoto, and K. Kita (2010), Amplification of light absorption of black carbon by organic coating, *Aerosol Sci. Tech.*, 44, 46-54.
68. Nakayama, T., Y. Kondo, N. Moteki, L. K. Sahu, T. Kinase, K. Kita, and Y. Matsumi, (2010), Size-dependent correction factors for absorption measurements using filter-based photometers: PSAP and COSMOS, *J. Aerosol Sci.*, 41, 333-343.
69. Lu, K., Y. Zhang, H. Su, T. Brauers, C. C. Chou, A. Hofzumahaus, S. C. Liu, K. Kita, Y. Kondo, M. Shao, A. Wahner, J. Wang, X. Wang, and T. Zhu (2010), Oxidant (O₃ + NO₂) production processes and formation regimes in Beijing, *J. Geophys. Res.*, 115, D07303, doi:10.1029/2009JD012714.
70. Moteki, N., Y. Kondo, T. Nakayama, K. Kita, L. K. Sahu, T. Ishigai, T. Kinase, and Y. Matsumi (2010), Radiative transfer modeling of filter-based measurements of light absorption by particles: Importance of particle size dependent penetration depth, *J. Aerosol Science*, 41, 401-412.
71. Moteki, N., Y. Kondo, and S. Nakamura (2010), Method to measure refractive indices of small nonspherical particles: Application to black carbon particles, *J. Aerosol Sci.*, 41, 513-521.
72. Nakayama, T., R. Hagino, Y. Matsumi, Y. Sakamoto, M. Kawasaki, A. Yamazaki, A. Uchiyama, R. Kudo, N. Moteki, Y. Kondo and K. Tonokura (2010), Measurements of aerosol optical properties in the central Tokyo during summertime using cavity ring-down spectroscopy: Comparison with conventional techniques, *Atmos. Environ.*, 44, 3034-3042, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.05.008.
73. Verma, R. L., L. K. Sahu, Y. Kondo, N. Takegawa, Jin Sang Jung, Y. J. Kim, Shaojia Fan, N. Sugimoto, H. Shamma, Y. H. Zhang, and Y. Zhao (2010), Temporal variations of black carbon in Guangzhou, China, in summer 2006, *Atmos. Phys. Chem.*, 10, 6471-6485.
74. Moteki, N., and Y. Kondo (2010), Dependence of laser-induced incandescence on physical properties of black carbon aerosols: Measurements and theoretical interpretation, *Aerosol Sci. Tech.*, 44, 663-675.
75. Kondo, Y., N. Takegawa, H. Matsui, T. Miyakawa, M. Koike, Y. Miyazaki, Y. Kanaya, M. Mochida, M. Kuwata, Y. Morino, and M. Shiraiwa (2010), Formation and transport of aerosols in Tokyo in relation to their physical and chemical properties -A review-, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 88, 597-624.
76. Lou, S., F. Holland, F. Rohrer, K. Lu, B. Bohn, T. Brauers, C. C. Chang, H. Fuchs, R. Häseler, K. Kita, Y. Kondo, X. Li, M. Shao, L. Zeng, A. Wahner, Y. Zhang, W. Wang, and A. Hofzumahaus (2010), Atmospheric OH reactivities in the Pearl River Delta-China in summer 2006: Measurement and model results, *Atmos. Chem. Phys.* 10, 11243-11260.
77. Yue, D. L., M. Hu, Z. J. Wu, S. Guo, M. T. Wen, A. Nowak, B. Wehner, A. Wiedensohler, N. Takegawa, Y. Kondo, X. S. Wang, Y. P. Li, L. M. Zeng, and Y. H.

- Zhang (2010), Variation of particle number size distributions and chemical compositions at the urban and downwind regional sites in the Pearl River Delta during summertime pollution episodes, *Atmos. Chem. Phys.*, *10*, 9431–9439.
78. Singh, H. B., B. E. Anderson, W. H. Brune, C. Cai, J. H. Crawford, R. C. Cohen, E. P. Czech, L. Emmons, H. E. Fuelberg, G. Huey, D. J. Jacob, J. L. Jimenez, Y. Kondo, A. Kaduwela, J. Mao, J. R. Olson, G. W. Sachse, S. A. Vay, A. Weinheimer, P. O Wennberg, A. Wisthaler, and ARCTAS Science Team (2010), Pollution influences on atmospheric composition and chemistry at high northern latitudes: Boreal and California forest fire emissions, *Atmos. Environ.*, *44*, 4553-4564.
 79. Matsui, H. M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, J. D. Fast, U. Pöschl, R. M. Garland, M. O. Andreae, A. Wiedensohler, N. Sugimoto, and T. Zhu (2010), Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in summer 2006: 2. Local and column aerosol optical properties, *J. Geophys. Res.*, *115*, D22207, doi:10.1029/2010JD13895.
 80. Kondo, Y., L. Sahu, N. Moteki, F. Khan, N. Takegawa, X. Liu, M. Koike and T. Miyakawa, (2011), Consistency and traceability of black carbon measurements made by laser-induced incandescence, thermal-optical transmittance, and filter-based photo-absorption techniques, *Aerosol Sci. Tech.*, *45*, 295-312, DOI: 10.1080/02786826.2010.533215.
 81. Kajino, M, Y. Kondo (2011), EMTACS: Development and regional scale simulation of a size, chemical, mixing state and shape resolved atmospheric particle model, *J. Geophys. Res.*, *116*, D02303, doi:10.1029/2010JD015030.
 82. McNaughton, C. S., A. D. Clarke, S. Freitag, V. N. Kasputin, Y. Kondo, N. Moteki, L. Sahu, N. Takegawa, J. P. Schwarz, J. R. Spackman, L. Watts, G. Diskin, J. Podolske, J. S. Holloway, A. Wisthaler, T. Mikoviny, J. de Gouw, C. Warneke, L. Jimenez, M. Cubison, S. G. Howell, A. Middlebrook, R. Bahreini, B. E. Anderson, E. Winstead, K. L. Thornhill, D. Lack, J. Cozic, J, and C. A. Brock (2011), Absorbing aerosol in the troposphere of the Western Arctic during the 2008 ARCTAS/ARCPAC airborne field campaigns, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, *11*, 1543-1459, doi:10.5194/acpd-11-1543-2011.
 83. Tilmes, S., L. K. Emmons, K. S. Law, G. Ancellet, H. Schlager, J.-D. Paris, H. E. Fuelberg, D. G. Streets, C. Wiedinmyer, G. S. Diskin, Y. Kondo, J. Holloway, J. P. Schwarz, J. R. Spackman, T. Campos, P. N'ed'elec, and M. V. Panchenko (2011), Source contributions to Northern Hemisphere CO and black carbon during spring and summer 2008 from POLARCAT and START08/preHIPPO observations and MOZART-4, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, *11*, 5935-5983, 10.5194/acpd-11-5935-2011.
 84. Matsui, H, Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, D. R. Blake, A. Wisthaler, and M. Koike (2011), Seasonal variation of the transport of black carbon aerosol from the Asian continent to the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign, *J. Geophys. Res.*, *116*, D05202, doi:10.1029/2010JD015067.
 85. Rose, D., Gunthe, S. S., Su, H., Garland, R. M., Yang, H., Berghof, M., Cheng, Y. F., Wehner, B., Achtert, P., Nowak, A., Wiedensohler, A., Takegawa, N., Kondo, Y., Hu, M., Zhang, Y., Andreae, M. O., and Pöchl, U. (2011), Cloud condensation nuclei in polluted air and biomass burning smoke near the mega-city Guangzhou, China . Part 2: Size-resolved aerosol chemical composition, diurnal cycles, and externally mixed weakly CCN-active soot particles, *Atmos. Chem. Phys.*, *11*, 2817-2836, doi:10.5194/acp-11-2817-2011.

86. Kondo, Y., H. Matsui, N. Moteki, L. Sahu, N. Takegawa, M. Kajino, Y. Zhao, M. J. Cubison, J. L. Jimenez, S. Vay, G. S. Diskin, B. Anderson, A. Wisthaler, T. Mikoviny, H. E. Fuelberg, D. R. Blake, G. Huey, A. J. Weinheimer, D. J. Knapp, and H. Brune (2011), Emissions of black carbon, organic, and inorganic aerosols from biomass burning in North America and Asia in 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, D08204, doi:10.1029/2010JD015152.
87. Moteki, N., N. Takegawa, K. Koizumi, T. Nakamura and Y. Kondo (2011), Multiangle polarimetry of thermal emission and light scattering by individual particles in airflow, *Aerosol Sci. Tech.*, 45, 1184-1198.
88. Ohata, S., N. Moteki, and Y. Kondo (2011), Evaluation of a Method for Measurement of the Concentration and Size Distribution of Black Carbon Particles Suspended in Rainwater, *Aerosol Sci. Technol.*, 45, 1326-1335.
89. Gunthe, S. S., D. Rose, H. Su, R. M. Garland, P. Achtert, A. Nowak, A. Wiedensohler, M. Kuwata, N. Takegawa, Y. Kondo, M. Hu, M. Shao, T. Zhu, M. O. Andreae, and U. Pösch (2011), Cloud condensation nuclei (CCN) from fresh and aged air pollution in the megacity region of Beijing, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 11,023-11,039.
90. Wang, Q., D. J. Jacob, J. A. Fisher, J. Mao, P. L. Sager, E. M. Leibensperger, C. C. Carouge, Y. Kondo, J.-L. Jimenez, M. J. Cubison, and S. J. Doherty (2011), Sources of carbonaceous aerosols and deposited black carbon in the Arctic in winter-spring: implications for radiative forcing, *Atmos. Chem. Phys.* 11, 12453-12473.
91. Vay, S. A., Y. Choi², K. P. Vadrevu³, D. R. Blake, S. C. Tyler⁵, A. Wisthaler⁶, A. Hecobian, Y. Kondo⁸, G. S. Diskin, G. W. Sachse, J.-H. Woo, A. J. Weinheimer, E. T. Olsen, A. Stohl, J. F. Burkhart, and P. O. Wennberg (2011), Patterns of CO₂ and Radiocarbon across High Northern Latitudes during IPY 2008, *J. Geophys. Res.*, D14301, doi:10.1029/2011JD015643.
92. Sahu, L. K., Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. T. Kim Oanh (2011), Prapat Pongkiatkul, Seasonal and diurnal variations of black carbon and organic carbon aerosols in Bangkok, *J. Geophys. Res.*, D15302, doi:10.1029/2010JD015563.
93. Kondo, Y. N. Oshima, M. Kajino, R. Mikami, N. Moteki, N. Takegawa, R. L. Verma, Y. Kajii, S. Kato, and A. Takami (2011), Emissions of black carbon in East Asia estimated from the observations at a remote site in the East China Sea, *J. Geophys. Res.*, 116, D16291, doi:10.1029/2011JD015637.
94. Xiao, R., N. Takegawa, M. Zheng, Y. Kondo, Y. Miyazaki, T. Miyakawa, M. Hu, M. Shao, L. Zeng, Y. Gong, K. Lu, Z. Deng, Y. Zhao, and Y. H. Zhang (2011), Characterization and source apportionment of submicron aerosol with aerosol mass spectrometer during the PRIDE-PRD 2006 campaign, *Atmos. Chem. Phys.*, 11 (14), 6911-6929 DOI: 10.5194/acp-11-6911-2011.
95. Matsui, H, M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R.A. Zaveri (2011), Impact of new particle formation on the concentrations of aerosols and cloud condensation nuclei around Beijing, *J. Geophys. Res.*, 116, D19208, doi:10.1029/2011JD016025.
96. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, M. Koike, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, B. E. Anderson, D. R. Blake, A. Wisthaler, M. J. Cubison, and J. L. Jimenez (2011), Accumulation mode aerosol number concentrations in the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign: Long-range transport of polluted and clean air from Asia, *J. Geophys. Res.*, 116, D20217, doi:10.1029/2011JD016189.

97. Verma, R. L., Y. Kondo, N. Oshima, H. Matsui, K. Kita, L. K. Sahu, S. Kato, Y. Kajii, A. Takami, and T. Miyakawa (2011), Seasonal variations of the transport of black carbon and carbon monoxide from the Asian continent to the western Pacific in the boundary layer, *J. Geophys. Res.*, 116, D21307, doi:10.1029/2011JD015830.
98. Wang, Y., X. Wang, Y. Kondo, M. Kajino, J. W. Munger, and J. Hao, Black (2011), carbon and its correlation with trace gases at a rural site in Beijing: Top-down constraints from ambient measurements on bottom-up emissions, *J. Geophys. Res.*, 116, D24304, doi:10.1029/2011JD016575.
99. Jung, J., Y. J. Kim, K. Y. Lee, K. Kawamura, M. Hu, and Y. Kondo (2011), The effects of accumulated refractory particles and the peak inert mode temperature on semi-continuous organic carbon and elemental carbon measurements during the CAREBeijing 2006 campaign, *Atmos. Environ.*, 45, 7192-7200.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 著書等

1. 第5版 実験化学講座, 環境化学, 3.1.1. 窒素酸化物 丸善 2007

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. IGBP Congress 地球圏-生物圏国際協同研究計画の各プロジェクトの成果発表, 2008/5/6-9, Cape Town, 南アフリカ, 招待講演, Formation, transport, and deposition of oxidized species over the Tokyo Metropolitan Area.
2. NASA ARCTAS workshop NASA ARCTAS 航空機ミッションの成果発表会議 2009-1/26-28 USA 招待講演 Evolution of physical and chemical properties of black carbon emitted from biomass burning and fossil fuel combustion
3. AGU 2009 Fall meeting アメリカ地球物理学会秋の年会 2009/12/14-18 San Francisco, USA, 招待講演 合同発表 (Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, N. Oshima, and L. Sahu) The mixing state of black carbon in Asian outflow

他, 9回

(2) 国内会議

1. 近藤豊, 極域の気候に関するエアロゾル研究の新たな展開, 極地研究所シンポジウム, 国立極地研究所, 2006年11月16日. 東京 招待講演
2. 近藤豊, 静止衛星による大気化学観測の有効性, 2007年度日本気象学会秋季大会, 日本気象学会, 2007年10月14日~16日. 北海道 招待講演
3. 近藤豊, L. Sahu, 茂木信宏, 竹川暢之, バイオマス燃焼により生成されるエアロゾルの物理化学特性と気候影響, 日本地球惑星科学連合大会, 日本地球惑星科学連合, 2009年5月16日~21日. 千葉幕張 招待講演
4. 近藤豊, 茂木信宏, Lokesh Sahu, 竹川暢之, 松井仁志, 坂本弘美, バイオマ

ス燃焼による北極域のエアロゾル生成量・物理化学特性・輸送過程, 2009年度日本気象学会秋季大会, スペシャル・セッション「国際極年 (IPY) 2007-2008 の成果と将来展望」, 日本気象学会, 2009年11月25日. 福岡 招待講演

他, 19回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 受賞: 白岩学 2012年6月15日 マックスプランク協会 オットー・ハーン・メダル
- ・ 指導学生の就職先: 気象庁, 国立極地研究所, 国立環境研究所, 北海道大学, 東京大学, 名古屋大学, 早稲田大学, カリフォルニア工科大学, ハーバード大学, 富士通(株), (株)日立ソリューションズ, (株)IHI, ヒューレットパッカート, コニカミノルタ, NEC, 栗田工業(株), 三井住友信託銀行, ゆうちょ銀行, 新日鉄住金ソリューションズ(株), 昭和シェル石油(株),

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 平成19年5月1日～21年4月30日, 「Journal of Atmospheric Chemistry」編集委員
- ・ 平成22年7月1日～平成24年6月30日, 「日本気象学会第36期 SOLA 編集委員会」運営委員

(2) 学会等

- ・ 平成19年7月1日～22年6月30日, World Meteorological Organization (WMO)/Global Atmosphere Watch (GAW) Science Committee メンバー
- ・ 平成22年5月1日～現在に至る, Atmospheric Brown Cloud (ABC)-Asia Science Team (UNEP)メンバー
- ・ 平成23年1月1日～現在に至る, The National Center for Atmospheric Research (NCAR)の Chemistry and climate over Asia プログラム共同研究者
- ・ 平成22年7月1日～現在に至る, 日本気象学会 (第36期・第37期) 常任理事

(3) 国際会議等

- ・ 2009/11/7-9 「Fourth China-Korea-Japan Joint Conference on Meteorology 第4回日中韓気象学会による東アジアの大気科学の最新の成果発表 (つくば市) 組織委員長

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2006年12月15日 California (Davis)大学で, Black Carbon Aerosol in Asia - From Local Pollution to Regional/Global Climate というセミナーを行い, 教員・研究者らと終日議論した.

- ・ 2007年8月1日 Harvard 大学では Black Carbon Aerosol in Asia というセミナーを行い、Harvard 大学の大学院生の研究について一日議論した。
- ・ 2008年7月17日 高松市の四国電力株式会社の四国電力グループ「第45回研究発表会特別講演」に招待され社員の研修のため講演（エアロゾルと地球温暖化）を行った。
- ・ 2009年5月22日 2009年度第2回東京大学 AGS サステナビリティ戦略セミナーに招待され、講演（エアロゾルと地球温暖化）を行い、参加された企業や東大関係者との懇談を行った。
- ・ 2009年に行われた気象海洋夏の学校に招待され、講演を行い（エアロゾルの気候影響研究の最前線）、院生と議論した。
- ・ 2009年9月3日 第27回レーザーセンシングシンポジウムでは基調講演（新たなエアロゾルの気候影響研究に向けて）を行い、今後の研究の方向を関連研究者と議論した。
- ・ 2010年6月28日 経済同友クラブの第26回新世紀懇談会に招待され、講演（地球温暖化の解明とその対応策 —エアロゾルと温暖化との関わり— The crisis of our planet）と懇談を行った。分かりやすい説明をしたこともあり、講演はいずれも好評であった。

12. 学内外の委員会等

- ・ 平成21年2月1日～23年1月31日、文部科学省科学技術・学術審議会専門委員（技術・研究基盤部会）
- ・ 平成22年1月1日～23年12月31日まで、独立行政法人日本学術振興会 科学研究費委員会専門委員
- ・ 平成23年2月8日～現在に至る、文部科学省科学技術・学術審議会専門委員（技術・研究基盤部会）
- ・ 平成22年5月26日～平成22年8月31日まで、環境省・平成22年度成層圏オゾン層保護に関する検討会科学分科会委員

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数：博士 2人（韓国1人，インド1人）

外国人研究者数：4人（韓国1人，インド2人，中国1人，英国1人）

(2) 派遣

学生数：博士 2人（ドイツ1人，米国1人）

研究者数：1人（米国1人）

(3) 海外からの来訪者数：25人；中国 5人 スイス 1人， アメリカ 11人， ドイツ 4人， フランス 3人， ノルウェー 1人

多田 隆治

I. 略歴

氏名： 多田 隆治

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1976年（昭和51年）3月 東京大学理学部地学科進学 卒業

1978年（昭和53年）3月 東京大学大学院理学系研究科地質学専門課程修士課程 修了

1981年（昭和56年）3月 東京大学大学院理学系研究科地質学専門課程博士課程 修了
理学博士（東京大学）

職歴

1981年（昭和56年）4月 日本学術振興会 奨励研究員

1981年（昭和56年）9月 東京大学理学部 助手

1983年（昭和58年）3月 日本学術振興会 海外特別研究員

～1985年（昭和60年）2月 米国ハーバード大学 客員研究員

1991年（平成3年）4月 東京大学理学部 講師

1992年（平成4年）11月 東京大学理学部 助教授

1993年（平成5年）4月 東京大学大学院理学系研究科 助教授に配置換

2000年（平成12年）6月 東京大学大学院理学系研究科 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、1989年のODP（国際深海掘削計画）第127次航海に参加して、日本海第四紀堆積物に見られる神秘的な明暗の縞模様を魅了されて以来、その成因と堆積メカニズムに興味を持った。そして、1993年にグリーンランド氷床の酸素同位体比記録に記録された数百～数千年間隔で起こる急激な気候変動ダンスガードーオシュガー・サイクル(DOC)の存在が発表され、それが日本海第四紀堆積物に見られる明暗の縞模様と同調している事を見出してから(Tada and Irino, 1995)、北大西洋の気候変動がどの様にして日本海に伝わったのか、それがどの様に明暗の縞模様として記録されたのか、と言う問題を追及してきた。そして、それが、東シナ海を通じて日本海に流入する揚子江からの淡水流出を通じて、南中国における夏季モンスーン降水を反映したとする仮説を立てた(Tada et al., 1999)。更に、北太平洋における気候変動が偏西風を通じて伝播したとする仮説も提示した (Tada, 2005)。2006-2010年にかけての科研費基盤Sの研究では、これらの仮説の検証を行うと共に、更にオホーツク海、ベーリング海にも調査を展開し、DOCに連動した気候変動が、北太平洋の海洋循環にどの様に伝播してゆくかについても研究を行った。その結果、①揚子江の夏の河川流出量がDOCに連動して変動していた事(Kubota et al., 2011)、②偏西風ジェットが、DOCに連動して南

北に振動していた事(Nagashima et al., 2007, 2011), ⊕氷期の日本海においては, 表層での生物生産や深層水循環が DOC に連動して大きく変動していた事(Kido et al, 2007; Watanabe et al., 2007; Fujine et al., 2009), ⊕氷期のベーリング海においては, DOC の亜氷期において, 北太平洋中層水が形成されていた事(Rella et al., 2011), などを明らかにした. 更に, 間氷期において DOC の様な急激な気候変動が起こりうるかの検証を試み, ⊖完新世における揚子江の河川流出量が, 北大西洋の気候変動と連動していたこと(Kubota et al., 2010), ⊖偏西風は, 氷期と逆位相で北大西洋の気候変動と連動していた事 (Nagashima et al., submitted), などを明らかにした. 2011 年から始まった新規の基盤 S では, 特に完新世後半について, 高い時間解像度で, 揚子江の河川流出量変動と偏西風変動, そして黒潮変動のリンケージを追及している.

また, 2003-2007 年まで, IGCP-476 "Monsoon evolution and tectonics-climate linkage in Asia"を主宰し, その一環として, 新第三紀におけるアジア内陸部の乾燥史とヒマラヤーチベット隆起とのリンク解明のために, 中国研究者と中国内陸部の調査を開始し, タクラマカン砂漠(Tada et al., 2010; Zheng et al., 2010)やゴビ砂漠(Sun et al., 2006, 2007, 2008)乾燥化過程およびテクトニクスとの関係を明らかにした. そして, 2009 年からは, IGCP-581 "Evolution of Asian River Systems"を南京師範大の Zheng 教授と共宰し, 揚子江デルタ掘削の為の予備調査を開始している.

更に, 2007 年以来, 愛知県犬山地域に分布する中生代の層状チャートの詳細な地層分布図を作成して, 連続堆積記録を編集する作業を続け (Ikeda et al., 2010; Sakuma et al., 2012), 堆積リズムが, ミランコビッチ・サイクルに起因することを明らかにした (Ikeda et al., 2010). そして, こうした層状チャートのリズムが, ミランコビッチ・サイクルに同調した夏季モンスーン強度の変化, それに伴う化学風化速度の変動に起因している可能性を示した(Ikeda, 2012).

3. 特に優れた論文 5 編

1. Tada, R., Irino, T., and Koizumi, I., Land-ocean linkage in orbital and millennial timescales recorded in Late Quaternary sediments of the Japan Sea, *Paleoceanography*, 14, 236-247, 1999.

ODP 第 127 次航海の成果を発展させた研究. 被引用件数が 144 と一番多く, その後の第四紀日本海古海洋研究の流れを作った.

2. Tada, R., *Paleoceanographic evolution of the Japan Sea, Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 108, 487-508, 1994.

同じく ODP 第 127 次航海の成果を発展させた研究. 被引用件数が 76 と比較的高く, 日本海形成以来の古海洋環境変動に関する包括的研究として, 今も引用され続けている.

3. Tada, R., and R. Siever, Pressure solution during diagenesis, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 17, 89-118, 1989.

ハーバードでのポストドクの時の Pressure solution に関する一連の研究背景のレビュー. 被引用件数が 109 と二番目に多い.

4. Tada, R., Origin of rhythmical bedding in middle Miocene siliceous rocks of the Onnagawa Formation, northern Japan, *Jour. Sedim. Petrol.*, 61, 1123-1145, 1991.

被引用件数は 23 とそれほど高くないが、東北日本の中新世珪質堆積物に見られる堆積リズムの成因と形成メカニズムを詳細な定量的データに基づいて詳しく議論した研究。

5. Nagashima, K., Tada, R., Matsui, H., Irino, T., Tani, A., and Toyoda, S., Millennial-scale variations in Asian winter monsoon and westerly during the last 150 kys deduced from eolian grain size, Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology, 247, 144-161, 2007.

被引用件数 27. ESR 強度と結晶化度を利用したダストの供給源推定を日本海堆積物に初めて適用した研究。

4. 受賞等

- ・ 2010 年度 日本第四紀学会賞「日本海堆積物を用いた第四紀東アジアモンスーンに関する一連の研究」
- ・ 1995 年度 第 40 回石油技術協会論文賞「我が国における石油根源岩堆積環境の再検討」

5. 研究の将来計画

現在、基盤 S 「完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン」(H23 年～H27 年)の研究の一環として、下記の 3 つのプロジェクトを計画している。

1) 揚子江河口の碎屑物が主にどの支流からもたらされたか、河川流出量は、現在に比べ、どの程度だったかを推定し、その時代変化を復元することにより、完新世において、揚子江のどの流域に雨が降ったかを復元する。そのために、既に揚子江全流域での堆積物、河川水の試料採取を H23, 24 年でほぼ終わると共に、H25 年春には、南京師範大 Zheng 教授らと共同で、揚子江デルタの掘削を計画している。これにより、東アジア夏季モンスーンフロントの動きを高い時間解像度(～10 年程度)で復元できると期待される。

2) 最近の気象観測データから、偏西風ジェットが東アジア夏季モンスーンフロントの位置を制御している事が明らかになってきた。そこで、日本に飛来する風成塵の供給源やフラックス、粒径変動を高時間解像度で復元することを目的として、H24 年 7-8 月に福井県水月湖の掘削を行い、最終氷期～完新世の年縞堆積物を回収した。この堆積物を分析することにより、完新世における偏西風ジェットの軸位置の変動を高い時間解像度で復元できると期待される。また、水月湖集水域からの碎屑物フラックス変動を復元することにより、集水域での降水量変動も復元できると期待される。これらの結果を、1) の結果と比較することにより、東アジア夏季モンスーンフロントの位置と偏西風ジェット軸の位置のリンケージを 10～1000 年のタイムスケールで調べることが出来る。また、中国南部での降水量変動と本州日本海側での降水量変動の関係についても明らかにしたい。

3) 黒潮強度は、太平洋高気圧の位置や強度、偏西風軸の位置や強度の影響を受けると言われており、それらを介して東アジア夏季モンスーンや ENSO とリンクしている可能性がある。従って、完新世における黒潮と東アジア夏季モンスーンの関係

様々な時間スケールで見るとは、ENSO-黒潮-東アジア夏季モンスーン-偏西風のリンクやそれらをつなぐメカニズムの理解に重要である。しかし、これまで、過去の黒潮強度とその変動を復元する良い指標が存在しなかった。そこで、我々は、黒潮に直交する断面での温度躍層の傾きが黒潮の流速と正相関することに着目して、完新世における黒潮強度変動の復元を計画している。この復元により、10~1000年の時間スケールでアジアモンスーンと ENSO がどうリンクしていたか、それを支配するメカニズムは何か、を明らかに出来ると期待される。

更に、昨年末になって、2003年に私(多田)が筆頭提案者としてIODPに提案書を提出し、それが2005年秋に承認された後、航海スケジュールが組まれるのを6年間待ち続けていた、日本海-東シナ海北部深海掘削計画(IODP Expedition 346)が、2013年8-9月に実施される運びとなった。Exp. 346では、私およびボストン大学のMurray教授が主席研究員となり、日本人8名、米国人9名をふくむ、世界7か国から約30名の乗船研究者が参加し、2か月間で8地点の掘削を予定している。この掘削計画により、過去1000万年間に渡る、東アジアモンスーンと偏西風ジェットの変動過程-特にDOCに連動した東アジア夏季モンスーンや偏西風ジェットの軸位置変動がいつから始まり、どう変化してきたか-が明らかにされると期待される。また、そうしたモンスーン変動や海水準変動に対する日本海海洋循環の応答メカニズムも明らかに出来ると期待される。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤S：タイトル:近未来予測のための古海洋学：温暖化に伴う気候モードジャンプの可能性, 研究期間: H18~H22年, 研究費金額: H18年 総額: 38,220千円, H19年 総額: 37,180千円, H20年 総額: 11,960千円, H21年 総額: 11,960千円, H22年 総額: 9,880千円
- ・ 基盤S：タイトル: 新完世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン, 期間:H23年~H27年, 研究費金額: H23年 総額: 88,660千円
- ・ 基盤C：岡山理科大・豊田分担金, タイトル: 石英の格子欠陥及び結晶化度を物質移動指標として用いるための物理的基礎の確立, 研究期間: H23~H25年, 研究費金額: 315千円

(2) 共同研究

- ・ 相手先機関名: NFSC 中国二国間交流事業共同研究, 研究題目: 東アジア夏季モンスーン変動に伴う水循環の様式および変動度変化, 研究期間:H23年4月1日~H25年12月31日, 研究費金額: H23年 1,500千円

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 助成金申込者:三菱財団 (H18年度) 助成金目的: タクマラカン砂漠西南縁のチベット高原北縁斜面麓に分布する河川堆積物, 斜面中腹の山岳風成堆積物, 黄土高原の風成堆積物の調査, 試料採取を過去1000万年間に渡って行い, それらに含まれる

石英の ESR 信号強度，結晶度を測定することにより，風成塵および河川堆積物の供給源とその時代変遷を復元する．そして，黄土高原レス堆積物との比較を通じて風成塵の起源とチベットの隆起，それに伴うモンスーン強化との関係の解明を目指す．助成金額: 4,000,000 円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Koizumi, I., Tada, R., Narita, H., Irino, T., Aramaki, T., Oba, T. and Yamamoto, H., (2006), Paleooceanographic history around the Tsugaru Strait between the Japan Sea and the Northwest Pacific Ocean since 30 cal kyr BP, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 232, 36-52.
2. Kido, Y., Koshikawa, T., Tada, R., (2006), Rapid and quantitative major element analysis method of wet sediment samples using a XRF microscanner,(2006) *Marine Geology*, 229, 209-225.
3. Yokoyama, Y., Naruse, T., Ogawa N. O., Tada, R., Kitazato, H., and Ohkouchi, N., (2006), Dust influx reconstruction during the last 26,000 years inferred from a sedimentary leaf wax record from the Japan Sea, *Global and Planetary Change*, 54, 239-250.
4. Fujine K., Yamamoto M., Tada R., and Kido Y., (2006), A salinity-related occurrence of a novel alkenone and alkenoate in Late Pleistocene sediments from the Japan Sea, *Organic Geochemistry*, 37, 1074-1084,
5. Sun, Y., Chen, J., Clemens, S. C., Liu, Q., Ji, J., and Tada, R., (2006), East Asian monsoon variability over the last seven glacial 2 cycles recorded by a loess sequence from the northwestern 3 Chinese Loess Plateau, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Q12Q02, doi:10.1029/2006GC001287.
6. Clift, P. D, Tada, R., Zheng, H. B., (2006), Preface to the IGCP 476 "Monsoons and Tectonics" Special edition of palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 241, 1-3.
7. Nagashima, K., Tada, R., Tani, A., Toyoda, S., Sun, Y., and Isozaki, Y., (2007), Contribution of aeolian dust in Japan Sea sediments estimated from ESR signal intensity and crystallinity of quartz, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Q02Q04, doi:10.1029/2006GC001364.
8. Tada, R., Oba, T., Jordan, R., (2007), A tribute to Hiroshi Ujiie: a pioneer of paleoceanographic research of the Japan Sea, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 247, VII-IX.
9. Tada, R., Oba, T., Jordan, R. W., (2007), Preface for Special Volume: "Quaternary Paleooceanography of the Japan Sea and its linkage with Asian Monsoon", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 247, 1-4.
10. Nagashima, K., Tada, R., Matsui, H., Irino, T., Tani, A., and Toyoda, S., (2007), Millennial-scale variations in Asian winter monsoon and westerly during the last 150 kys deduced from eolian grain size, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 247, 144-161.

11. Watanabe, S., Tada, R., Ikehara, K., Fujine, K., and Kido, Y., (2007), Changes in the bottom water oxygenation condition and possible causes of dark layers deposition in the Japan Sea during the last 160 kys, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, *247*, 50-64.
12. Kido, Y., Minami, I., Tada, R., Fujine, K., Irino, T., Ikehara, K., Chun, J.H., (2007), Orbital-scale stratigraphy and high-resolution analysis of biogenic components and deep water oxygenation conditions in the Japan Sea during the last 640 kys using XRF microscanner, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, *247*, 32-49.
13. Yokoyama, Y., Kido, Y., Tada, R., Minami, I., Finkel, R. C., and Matsuzaki, H., (2007), Japan Sea oxygen isotope stratigraphy and global sea-level changes for the last 50,000 years recorded in sediment cores from the Oki Ridge, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, *247*, 5-17.
14. Ohkushi, K., Uchida, M., Aoki, K., Yoneda, M., Ikehara, K., Minoshima, K., Kawahata, H., Tada, R., Murayama, M., Shibata, Y., (2007), Radiocarbon marine reservoir in the subarctic region off north Japan during the last deglacial period, *Radiocarbon*, *49*, 963-968.
15. Baioumy, H.M., Tada, R., and Gharaie, M. H. M., (2007), Geochemistry of Late Cretaceous phosphorites in Egypt: Implication for their genesis and diagenesis, *Journal of African Earth Sciences*, *49*, 12-28.
16. Kashiyama, Y., Shiro, M., Tada, R., Ohkouchi, N., (2007), A novel vanadyl alkylporphyrins from geological samples: A possible derivative of divinylchlorophylls or bacteriochlorophyll a?, *Chemistry Letters*, *36*, 706-707.
17. Sun, Y., Tada, R., Chen, J., Chen, H., Toyoda, S., Tani, A., Isozaki, Y., Nagashima, K. J., (2007), Distinguishing the sources of Asian dust based on electron spin resonance signal intensity and crystallinity of quartz, *Atmospheric Environment*, *41*, 8537-8548.
18. Goto, K., Tada, R., Tajika, E., Iturralde-Vinent, M. A., Matsui, T., Yamamoto, S., Nakano, Y., Oji, T., Kiyokawa, S., Delgado, D. E. G., Otero, C. D., and Consuegra, R. R., (2008), Lateral lithological and compositional variations of the Cretaceous/Tertiary deep-sea tsunami deposits in northwestern Cuba, *Cretaceous Research*, *29*, 217-236.
19. Kashiyama, Y., Ogawa, N.O., Kuroda, J., Shiro, M., Nomoto, S., Tada, R., Kitazato, H., and Ohkouchi, N., (2008), Diazotrophic cyanobacteria as the major photoautotrophs during mid-Cretaceous oceanic anoxic events: Nitrogen and carbon isotopic evidence from sedimentary porphyrin, *Organic Geochemistry*, *39*, 532-549.
20. Kashiyama, Y., Ogawa, N.O., Shiro, M., Tada, R., Kitazato, H., and Ohkouchi, N., (2008), Reconstruction of the biogeochemistry and ecology of photoautotrophs based on the nitrogen and carbon isotopic compositions of vanadyl porphyrins from Miocene siliceous sediments, *Biogeosciences*, *5*, 797-816.
21. Sun, Y., Tada, R., Chen, J., Liu, Q., Toyoda, S., Tani, A., Ji, J., Isozaki, Y., (2008), New constraints on the provenance of fine-grained dust deposited on the central Chinese Loess Plateau, *Geophys. Res. Lett.*, *35*, L01804, doi:10.1029/2007GL031672.
22. Nakano, Y., Goto, K., Matsui, T., Tada, R., and Tajika, E., (2008), PDF orientations in shocked quartz grains around the Chicxulub crater, *Meteoritics and Planetary Science*, *43*, 745-760.
23. Hasegawa, H., Tada, R., Ichinnorov, N., and Minjin, C., (2009), Lithostratigraphy and depositional environments of the Upper Cretaceous Djadokhta Formation, Ulan Nuur basin, southern Mongolia, and its paleoclimatic implication, *Journal of Asian Earth*

- Science*, 35, 13-26.
24. Khim, B.K., Tada, R., Park, Y.H., Bahk, J.J., Kido, Y., Itaki, T., and Ikehara, K., (2009), Correlation of TL layers for the synchronous paleoceanographic events in the East Sea (Sea of Japan) during the Late Quaternary, *Geosciences Journal*, 13, 113-120.
 25. Fujine, K., Tada, R., and Yamamoto, M., (2009), Paleotemperature response to monsoon activity in the Japan Sea during the last 160 kyrs, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 280, 350-360.
 26. Itaki, T., Uchida, M., Kim, S., Shin, H.S., Tada, R., and Khim, B.K., (2009), Late Pleistocene stratigraphy and palaeoceanographic implications in northern Bering Sea slope sediments: evidence from the radiolarian species *Cycladophora davisiana*, *Jour. of Quat. Sci.*, 24, 856-865.
 27. Baïoumy, H.M., Kayanne, H., and Tada, R., (2010), Reconstruction of lake-level and climate changes in Lake Qarun, Egypt, during the last 7000 years, *Jour. Great Lakes Res.*, 36, 318-327.
 28. Sekine, Y., Tajika, E., Ohkouchi, N., Ogawa, O. N., Goto, K., Tada, R., Yamamoto, S., and Kirschvink, J.L., (2010), Anomalous negative excursion of carbon isotope in organic carbon after the last Paleoproterozoic glaciations in North America, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Q08019, doi:10.1029/2010GC003210.
 29. Tada, R., Zheng, H., Sugiura, N., Isozaki, Y., Hasegawa, H., Sun, Y., Yang, W., Wang, K., and Toyoda, S., (2010), Desertification and dust emission history of the Tarim Basin and its relation to the uplift of northern Tibet, in Clift, P., Tada, R., and Zheng, H. (eds.) "Monsoon evolution and tectonic-climate linkage in Asia", *Special Publication of Geological Society of London*, 342, 45-65.
 30. Zheng, H., Tada, R., Jia, J., Lawrence, C., and Wang, K., (2010), Cenozoic sediments in the southern Tarim Basin: implications for the uplift of northern Tibet and evolution of the Taklimakan Desert, in Clift, P., Tada, R., and Zheng, H. (eds.) "Monsoon evolution and tectonic-climate linkage in Asia", *Special Publication of Geological Society of London*, 342, 67-78.
 31. Yamamoto, S., Hasegawa, T., Tada, R., Goto, K., (2010), Rojas-Consuegra, R., Diaz-Otero, D. E., Yamamoto, S., Sakuma, H., Matsui, T., Environmental and vegetational changes recorded in sedimentary leaf wax n-alkanes across the Cretaceous-Paleogene boundary at Loma Capiro, Central Cuba, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 295, 31-41.
 32. Kubota, Y., Kimoto, K., Tada, R., Oda, H., Yokoyama, Y., Matsuzaki, H., (2010), Variations of East Asian summer monsoon since the last deglaciation based on Mg/Ca and oxygen isotope of planktic foraminifera in the northern East China Sea, *Paleoceanography*, 25, PA4205, doi:10.1029/2009PA001891.
 33. Ikeda, M., Tada, R., and Sakuma, H., (2010), Astronomical cycle origin of bedded chert; a middle Triassic bedded chert sequence, Inuyama, Japan, *Earth Planet Sci. Lett.*, 297, 369-378.
 34. Ikeda, M., Tada, R., Karasuda, A., Sakuma, H., (2010), Long-period Astronomical Cycles from the Upper Triassic to Lower Jurassic Bedded Chert sequence: Implications for Jurassic Cyclostratigraphy, *Earth Science Frontiers, Elsevier*, 17, 112-113.
 35. Nagashima, K., Tada, R., Tani, A., Sun, Y., Isozaki, Y., Toyoda, S., Hasegawa, H., (2011), Millennial-scale oscillations of the westerly jet path during the last glacial period, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 1214-1220.

36. Tsukamoto, S., Nagashima, K., Murray, A. S., Tada, R., (2011), Variations in OSL components from quartz from Japan sea sediments and the possibility of reconstructing provenance, *Quaternary International*, 234, 182-189.
37. Sekine, Y., Tajika, E., Tada, R., Hirai, T., Goto, K. T., Kuwatani, T., Goto, K., Yamamoto, S., Tachibana, S., Isozaki, Y., Kirschvink, J.L., (2011), Manganese enrichment in the Gowganda Formation of the Huronian Supergroup: A highly oxidizing shallow-marine environment after the last Huronian glaciations, *Earth Planet Sci. Lett.*, 307, 201-210.
38. Sekine, Y., Suzuki, K., Senda, R., Goto, K.T., Tajika, E., Tada, R., Goto, K., Yamamoto, S., Ohkouchi, N., Ogawa, N.O., and Maruoka, T., (2011), Osmium evidence for synchronicity between a rise in atmospheric oxygen and Palaeoproterozoic deglaciation, *Nature Communications*, 2:502 | DOI: 10.1038/ncomms1507.
39. Kossler, A., Tarasov, P., Schlolaut, G., Nakagawa, T., Marshall, M., Brauer, A., Staff, R., Ramsey, C.B., Bryant, C., Lamb, H., Demske, D., Gotanda, K., Haraguchi, T., Yokoyama, Y., Yonenobu, H., Tada, R., (2011), Onset and termination of the late-glacial climate reversal in the high-resolution diatom and sedimentary records from the annually laminated SG06 core from Lake Suigetsu, Japan, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology*, 306 3-4, 103-115 DOI: 10.1016/j.palaeo.2011.04.004.
40. Kim, S., Khim, B.K., Uchida, M., Itaki, T., Tada, R., (2011), Millennial-scale paleoceanographic events and implication for the intermediate-water ventilation in the northern slope area of the Bering Sea during the last 71 kyrs, *Global and Planetary Change*, 79, 89-98, DOI: 10.1016/j.gloplacha.2011.08.004.
41. Ferrat, M., Weiss, D.J., Dong, S.F., Chen, H.Y., Najorka, J. Sun, Y.B., Gupta, S., Tada, R., Sinha, R., (2011), Improved provenance tracing of Asian dust sources using rare earth elements and selected trace elements for palaeomonsoon studies on the eastern Tibetan Plateau, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 6374-6399, DOI: 10.1016/j.gca.2011.08.025.
42. Baioumy, H., Kayanne, H., Tada, R., (2011), Record of Holocene aridification (6000-7000 BP) in Egypt (NE Africa): Authigenic carbonate minerals from laminated sediments in Lake Qarun, *Quaternary International*, 245, 170-, DOI: 10.1016/j.quaint.2010.05.021.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Toyoda, S., Hosogi, K., Nagashima, K., Isozaki, Y., Sun, Y., Tada, R., (2008), Paramagnetic defects in quartz as the proxies for provenance of aeolian and fluvial sediments, Proceedings for Third International Conference on Luminescence and Its Applications.

(3) レビュー論文・総説

1. Nagashima, K., Tada, R., Tani, A., Sun, Y., Isozaki, Y., Toyoda, S. Provenance study of eolian dust using electron spin resonance signal intensity of quartz, *SOLAS NEWS*, 2009.

(4) 著書等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Tada, R., T. Itaki, Y. Sun, K. Ikehara, T. Nakajima, J. J. Bahk, S. H. Lee, H. Zheng, and S. Gorbarenko, "Outline of #605 Full2: Onset and evolution of millennial-scale variability of Asian monsoon and its possible relation with Himalaya and Tibetan uplift", Workshop on Climate-Tectonic Drilling in Southeast Asia, Sponsored by InterMARGINS, June 5-7th 2006, Kochi, Japan. (Invited)
2. Tada, R., "Onset and propagation of millennial-scale abrupt climatic changes", ESF-JSPS Frontier Science Conference for Young Researchers -Climate Change- r, ESF&JSPS, July 24-29, 2006, Nynashamn, Sweden. (Invited)
3. Tada, R., Y. Sun, K. Nagashima, Y. Isozaki, S. Toyoda, A. Tani, and H. Hasegawa, "Provenance Changes of Eolian Dusts in East Asia on various Time Scales", Session "Aeolian dust as a player and recorder of environmental change", EGU General Assembly, April 19, 2007, Vienna, Austria. (Invited)
4. Tada, R., Zheng, H., Sun, Y., Isozaki, Y., Sugiura, N., Toyoda, S., and Nagashima K., "Formation and expansion of Taklimakan Desert and its relation to Tibet and Tian Shan uplift during Plio-Pleistocene", 3rd Alexander von Humboldt International Conference on the East Asian Monsoon, Past, Present and Future, IGGCAS & EGU, 27-30 August, 2007. Beijing, China. (Invited)
5. Tada, R., "Orbital- and suborbital-scale changes of Asian monsoon and their impact on paleoceanography of East Asian marginal seas", 100 year Anniversary Symposium of Geological Society of Korea, April, 2007, Seoul, Korea. (Invited)
6. Tada, R., Isozaki, Y., Nagashima, K., Kubota, Y., Sun, Y., Zheng, H., Toyoda, S., Provenance of eolian dust and reconstruction of millennial-scale atmospheric circulation changes in East Asia during the last glacial to the Holocene, 1st PAGES ADOM Workshop on "High-mid latitude northern hemisphere atmospheric circulation", November 1 to 4, 2009, Hyeres, France. (Invited)
7. Tada R., Yoshida T., Toyoda S., Zheng, H., "Provenance of quartz in sand fraction of river sediments along the Yangtze River drainage: A preliminary result", The 1st Symposium of IGCP Project-581, May 8, 2010, Nanjing University, Nanjing, China (Invited)
8. Tada, R., Millennial-scale Asian monsoon dynamics, its tele-connection, and possible linkage with solar activity, PAGES Regional Workshop, June 5, 2010, Nagoya University, Nagoya, Japan. (Invited)
9. Tada, R., Nagashima, K., Kubota, Y., "Millennial-scale tele-connection of monsoon in northern hemisphere through westerly jet/ITCZ and its relation with solar activity", PAGES 2nd Global Monsoon Symposium, September 14, 2010, Tongji University, Shanghai, China. (Invited)
10. Tada, R., Nagashima, K., Kubota, Y., "Change in millennial-scale tele-connection of E. Asian Monsoon and N. Atlantic climate between glacial and interglacial boundary conditions", Kochi International symposium on Paleoceanography and Paleoenvironment in East Asia, March 2, 2011, Kochi, Japan.

他11件（本人が筆頭の発表）

(2) 国内会議

1. 多田隆治「急激なアジア・モンスーン変動の開始，北部チベットの隆起（と海洋環境へのインパクト）」日本第四紀学会2006年大会，2006年8月5日，首都大，東京（招待講演）
 2. 多田隆治，長谷川 精 「近未来予測のための古環境学」 IGBP PAGES 国内WS，2008年7月25日，北海道大学，札幌（招待講演）
 3. 多田隆治 「日本海堆積物を用いた第四紀東アジアモンスーンに関する研究」，日本第四紀学会2010年大会，2010/8/21 ，東京学芸大学（東京都）（招待講演）
- 他11件（本人が筆頭の発表）

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

(1) 指導学生の受賞歴

- ・ 久保田好美：学生ポスター賞：第18回国際第四紀学連合（INQUA）大会，2011年7月21日～27日，ベルン，スイス。
- ・ 池田昌之：日本地質学会表彰「地球惑星・地球進化ニューイヤースクールの活動」：日本地質学会第116回学術大会，2010年9月18日，富山大学。
- ・ 池田昌之：The Best Student Poster Award：Masayuki Ikeda, Sakuma, H., and Tada R., “Milankovitch cycles detected from the sedimentary rhythms of bedded chert and its relation to diversity dynamics of radiolarian fossils,” The 12th Meeting of the International Association of Radiolarian Paleontologists the Micropalaeontological Society, 2009年9月17日，南京大学，中国。
- ・ 池田昌之：東京大学理学系研究奨励賞（修士）： 修士研究「美濃帯犬山地域中部三畳系層状チャートの堆積リズムにみられたミランコビッチサイクルと古気候変動の関連性」，2009年3月22日，東京大学，東京。
- ・ 池田昌之：日本地質学会優秀ポスター賞： 池田昌之，佐久間広展，多田隆治，「層状チャートの堆積リズムはミランコビッチ・サイクルに起因したか？：中部三畳系犬山地域の例」，日本地質学会第115回学術大会，2008年9月22日，秋田大学，秋田県。
- ・ 長谷川 精：日本堆積学会2008年弘前大会，最優秀講演賞（SSJ Best Talk Award）：長谷川精，多田隆治，Jiang Xinsheng，菅沼悠介，Suvapak Imsamut，Punya Charusiri，Niiden Ichinnorov，Yondon Khand，「アジア内陸の砂漠堆積物から見る白亜紀“温室期”における大気循環システムの変動」，日本堆積学会2008年弘前大会，2008年4月，弘前，青森県。
- ・ 長谷川 精：American Geophysical Union (AGU) 2008 Fall Meeting, Outstanding Student Paper Award: Hasegawa H., Tada R., Jiang X., Suganuma Y., Imsamut S., Charusiri P., Ichinnorov N., & Khand Y., “Drastic shrinking of the Hadley circulation during the mid-Cretaceous supergreenhouse”, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, December 2008, San Francisco, USA.
- ・ 後藤和久：日本堆積学会 第一回最優秀講演賞： 後藤和久，多田隆治，田近英一，松井孝典，「チチュルブ衝突と白亜紀/第三紀境界の同時性-クレーター内掘削試料を

用いた検討-」，第三回日本堆積学会，2005年4月24日，福岡。

- ・ 長島佳菜：日本第四紀学会論文賞，過去14万年間のアジアモンスーン・偏西風変動-日本海堆積物中の黄砂粒径・含有量からの復元-，2005年，日本第四紀学会。
- ・ 長島佳菜：Best Student Poster Prize, East Asian Monsoon/westerly intensity variations during the last 150 kyr based on eolian dust grain size and its N-S contrast in the Japan Sea, XVI INQUA Congress, July, 2003, Reno, USA.

(2) 学生の卒業後の進路：

博士課程：

- ・ 池田昌之（2011年度卒）： 学術振興会 PD（愛媛大学）
- ・ 佐久間広展（2010年度卒）： JX 日鉱日石開発
- ・ 長谷川 精（2008年度卒）： 名古屋大学博物館 特任助教（5年任期）
- ・ 柏山祐一郎（2006年度卒）： 独立行政法人日本科学技術振興機構 さきがけ研究者（専任）
- ・ 木戸芳樹（2005年度卒）： （株）マリンワーク・ジャパン
- ・ 長島佳菜（2004年度卒）： 海洋研究開発機構，研究員
- ・ 後藤和久（2003年度卒）： 東北大学災害科学国際研究所，准教授
- ・ 藤根和穂（2003年度卒）： 理化学研究所，研究支援員

修士課程：

- ・ 吉田知紘（2011年卒）： SMBC 日興証券
- ・ 西澤槇人（2009年卒）： 東京海上日動火災保険株式会社
- ・ 堀内大嗣（2009年卒）： 海上保安庁，海洋情報部
- ・ 杉浦なおみ（2008年卒）： モンベル
- ・ 野上孝也（2004年卒）： 株式会社日本政策金融公庫
- ・ 渡部哲子（2004?年卒）： 石油資源開発（株）
- ・ 安河内 貫（2003年卒）： 国際石油開発帝石ホールディングス(株)
- ・ 南 育絵（2003年卒）： 法務省，横浜保護観察所

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Guest Editor of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology Special Issue “Monsoon and Tectonics of Asia” edited by Clift, Tada and Zheng (2006)
- ・ Guest Editor of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology Special Issue “Quaternary Paleooceanography of the Japan Sea and its Linkage with Asian Monsoon” edited by Tada, Oba and Jordan (2007)
- ・ Guest Editor of Special Publication 342 of Geological Society “Monsoon Evolution and tectonic-Climate Linkage in Asia” edited by Clift, Tada and Zheng (2010)

- ・ Associate Editor of *Paleoceanography* (2008-present)

(2) 学会等

- ・ A member of Science Steering Committee of Past Global Changes [PAGES] project of International Geosphere Biosphere Program [IGBP] (2001-2006)
- ・ A project leader of International Geoscience Programme [IGCP] no. 476 “Monsoon evolution and tectonics-climate linkage in Asia” (2003-2007)
- ・ Co-chair of Science Steering and Evaluation Panel [SSEP] of Integrated Ocean Drilling Program [IODP] (2006-2008)
- ・ A member of Steering Committee of INVEST, IODP (2008-2010)
- ・ A project co-leader of International Geoscience Programme [IGCP] no. 581 “Evolution of Asian River Systems Linking to Cenozoic Tectonics, Climate and Global Geochemical Cycles” (2009-2013)
- ・ 日本地球惑星科学連合代議員 (2010–2011)
- ・ 日本地球惑星科学連合国際学術委員会委員 (2011–present)

(3) 国際会議等

- ・ Organizing Committee Member of 4th Annual Symposium of IGCP-476 “Monsoon, Tectonics, and Paleoclimate/Paleoceanography in East Asia and its Marginal Seas”, September 3-6, 2006, Busan, Korea.
- ・ Organizing Committee Chair of 5th Annual Symposium of IGCP-476 “Monsoon evolution and tectonics-climate linkage in Asia”, December 6-8, 2007, Koshiba Hall, University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Tokyo, Japan.
- ・ Scientific Committee Member of PAGES 2nd Global Monsoon Symposium “Global Monsoon and Low-Latitude Processes: Evolution and Variability”, September 13-15, 2010, Tongji University, Shanghai, China.
- ・ Organizing Committee Member of 2nd Annual Symposium of IGCP-581 “Evolution of Asian River Systems: Tectonics and Climates”, June 11-14, 2011, Hokkaido University, Japan.

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

(1) 公開講演会

- ・ 2006年4月21日(金) 東京大学理学部講演会「巨大天体衝突による環境擾乱と生物絶滅」, 東京大学駒場キャンパス, 東京.
- ・ 2007年10月6日(土) 日本科学未来館講演「巨大隕石衝突による環境擾乱と生物絶滅」, 日本科学未来館, 東京.
- ・ 2008年12月6日(土) スペースガードシンポジウム「小惑星衝突による環境変動」, 海老名市中央公民館.
- ・ 2010年2月19日(金) 第256回 地学クラブ講演会「タクラマカン砂漠は、いつどのようにしてできたか?」, 東京地学協会, 東京.
- ・ 2010年2月22日~24日 第10回 森羅万象学校(支笏湖)「太陽の変動性と地球・

惑星」～気候変動と太陽活動～，北海道 千歳市.

- ・ 2011年2月23日(水) 日立環境財団サイエンスカフェ第1回「気候変動の科学・その1」～地球の気候はどのように制御されてきたか?～, サロン・ド・富山房 Folio, 東京.
- ・ 2011年4月27日(水) 日立環境財団サイエンスカフェ第2回「気候変動の科学・その2」～地球は回り気候は変わる:ミランコビッチ・サイクルと氷期—間氷期～, サロン・ド・富山房 Folio, 東京.
- ・ 2011年6月22日(水) 日立環境財団サイエンスカフェ第3回「気候変動の科学・その3」～大気中のCO₂濃度はどう制御されてきたか?:深層水循環と生物ポンプ～, サロン・ド・富山房 Folio, 東京.
- ・ 2011年10月26日(水) 日立環境財団サイエンスカフェ第4回「気候変動の科学・その4」～Day After Tomorrow の世界:急激な気候変動とそのメカニズム～, サロン・ド・富山房 Folio, 東京.
- ・ 2011年8月31日(水) 日立環境財団サイエンスカフェ第5回「気候変動の科学・その5」～太陽活動と気候変動:太陽から黒点が消えた日～, サロン・ド・富山房 Folio, 東京.

(2) 展示協力

- ・ 2011年4月1日(土)～6月12日(日) 第51回企画展「46億年の旅路の果てに—隕石がみてきたもの—」, 茨城自然博物館, 茨城県.

(3) マスメディア対応

- ・ 2008年6月16日発行の日経BPムック「リガクル」の中で, 「過去から知る未来—過去の痕跡が語る激しい気候変動」として語っている.
- ・ 2008年12月6日の読売新聞夕刊「ふしぎ科学館」の中で過去のアジア・モンスーンに関して, 取材に答えて説明している.

12. 学内外の委員会等

- ・ 学内:放射性炭素測定室運営委員会委員(2008-2010) 日本・アジアに関する教育研究ネットワーク(ASNET)運営委員会委員(2008-present)

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数, 学部:アメリカ=1, 修士:中国=1, フランス=1, 博士:中国=1, オーストリア=1

外国人研究者数, 中国=2, エジプト=1

(2) 派遣

学生数, 修士:中国=6, アメリカ=3, カナダ=2, 博士:中国=4, アメリカ=2, キューバ=2, 韓国=1, メキシコ=1

研究者数, ポスドク:中国=2, アメリカ=2, 韓国=1, キューバ=1, メキ

シコ = 1

(3) 海外からの来訪者数：中国 = 12, 韓国 = 8, アメリカ = 5, イギリス = 3, インド = 3, 台湾 = 2, ロシア = 1, スリランカ = 1, タイ = 1, カナダ = 1

永原 裕子

I. 略歴

氏名： 永原 裕子

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴：

1974年（昭和49年）3月 早稲田大学理工学部資源工学科 卒業

1976年（昭和51年）3月 早稲田大学大学院理工学研究科資源工学専攻修士課程
修了

1980年（昭和55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

1983年（昭和58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

1983年（昭和58年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴：

1983年（昭和58年）4月 日本学術振興会特別研究員（東京大学理学部）

1984年（昭和59年）5月 東京大学大学院理学部 助手

1992年（平成4年）12月 東京大学理学系研究科地質学専攻 助教授

2001年（平成13年）7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

(1) 原始惑星系円盤における化学分化に関する実験的・理論的研究

原始惑星系円盤進化は系外惑星の発見により、地球型惑星・ハビタブルプラネットの形成条件の解明は、惑星科学における超一級の問題となった。すなわち、物理進化に化学進化を統合させることが急務となった。そのため、主要鉱物の凝縮・蒸発カイネティクス係数を実験的に研究してきた。固体惑星素材としてもっとも主要な、金属鉄・フォルステライトの蒸発/凝縮係数、フォルステライトとSiO₂ガスの反応によるエンスタタイト形成速度、最高温凝縮物であるコランダムの凝縮係数を決定した。それらを用い、固体惑星形成成分に関する分化モデルを開発した。モデルは冷却しつつあるガス中で固体粒子成長とガスとの化学反応を取り込んでおり、系の開放の程度による化学分別を予測することが可能である。多様なパラメータ空間においてそれらを検討し、隕石に観測される小天体の化学分別を説明しうる条件を推定した。物理と化学を統合したモデルの開発を続行中である。

(2) 晩期星周における固体物質形成進化に関する研究

太陽系の材料物質となる晩期星周の膨張・冷却ステージにおける固体物質の形成と進化を、実験・理論・観測により統合的に検討した。実験により凝縮したアルミナ粒子には異方性が存在し、その特徴と大きさは冷却条件に依存することを示した。天文観測による晩期星周のダストの特徴と比較した結果、星周ガスの膨張速度の推定が可

能となった。さらに、隕石中に含まれるアルミナ粒子の分析により、晩期星起源の粒子は星間空間において非晶質化し、原始太陽系星雲において円盤ガスとの同位体交換がおきたことを明らかにした。

(3) 惑星形成過程に関する物理化学的研究

惑星系進化の一例として、月-地球系は最大の情報量を持ち、地球形成の最終段階で巨大衝突がおり、マグマオーシャンを経て月高地が形成されたと考えられている。マグマオーシャンは物理と化学がカップルして進化したため、従来の研究ではすべてが整合的に解かれていない。そこであらゆる観測事実を制約とし、月マグマオーシャンの組成を理論的に推定した。その結果、月マグマオーシャンの化学組成は、地球の岩石成分より 1.3 倍程度鉄に富み、それと当程度かやや低い程度に難揮発性成分 (Al など) に富むことが明らかとなった。この結果、地球形成最終段階で、地球より酸化的で FeO の多い天体の衝突が必要であることが明らかになった。

(4) コンドリュールの成因に関する研究

コンドリュールは初期太陽系において形成されたケイ酸塩メルト急冷産物であり、メルトの存在は熱力学的に予想されないことからその成因は長く惑星科学の第一級問題の一つである。化学組成・同位体組成の分析を行い、その結果に蒸発・凝縮物理化学モデルを適用することで、前駆物質の蒸発により作られたガスからメルトが直接凝縮したことを初めて示した。さらに、前駆物質と形成環境で酸素同位体組成が変化したこと、酸素同位体進化の時間は円盤進化の 200-300 万年に相当することを明らかにした。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Young, E. D., Galy, A., and Nagahara, H. (2002): Kinetic and equilibrium mass-dependent isotope fractionation laws in nature and their geochemical and cosmochemical significance. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66, 1095-1114.

天然における質量依存同位体分別の物理学的意味を示した。引用数 229 (2012 年 11 月 7 日現在)

2. Kita, N. T., Nagahara, H., Togashi, S. and Morishita, Y (2000): A short duration of chondrule formation in the solar nebula: evidence from ^{26}Al in Semarkona ferromagnesian chondrules. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 3913-3922.

コンドリュール形成が初期太陽系進化の 200 万年くらいに渡っていたことを初めて示した。引用数 124 (2012 年 11 月 7 日現在)

3. H. Nagahara and K. Ozawa (1996): Evaporation of forsterite in H_2 gas. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 1445-1459.

星周環境における蒸発過程は全圧 (水素圧) に支配されることを初めて実験的に示した。引用数 55 (2012 年 11 月 7 日現在)

4. H. Nagahara (1984): Matrices of type 3 ordinary chondrites -- primitive nebular records. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 2581-2595.

始原的コンドライトマトリクスは、非平衡な関係にある初期太陽系星雲における低温の反応生成物の集合体であることを初めて示した。引用数 74 (2012 年 11 月 7 日現在)

5. H. Nagahara (1981): Evidence for the secondary origin of chondrules. *Nature*, 292, 135-136.

コンドリュールが太陽系における二次的生成物であることを初めて示した．引用数 104 (2012 年 11 月 7 日現在)

4. 受賞等

- ・ 永原裕子, 山崎賞, 1986 年
- ・ 永原裕子, 猿橋賞, 2001 年

5. 研究の将来計画

(1) 物理と化学を統合した原始惑星系円盤進化モデルの構築

原始惑星系円盤進化は従来力学過程により理論が構築されてきた．しかし系外惑星科学の爆発的進展にともない，地球型惑星・ハビタブルプラネットの形成条件の研究が自然科学の最大課題の一つとなった．とりわけ，星のタイプにともなう惑星系の化学組成分布と，地球型（岩石）惑星の存在領域，炭素を含む分子の存在領域を明確に示すことが重要である．この問題に答えるためには，物理と化学を *internally consistent* に解き，時間発展に伴う円盤内の物質分布・化学組成を示すことが求められる．従来の惑星形成論は物理のみで枠組みが構築されてきたが，化学をここに連立させなくてはならない．これを実現するため，熱力学とこの 15 年間に進めてきた主要物質の蒸発/凝集実験結果を合わせ，物質の存在様式を温度・圧力・ガス組成の関数として定式化する．それを，円盤物理モデルと統合することで，円盤初期進化の統括的モデルを構築する．この研究に関してはすでに，東工大の物理モデル研究者との共同研究を開始しており，それをテーマとする大学院生の共同指導も進めている．大学間連携も含め，日本の惑星科学が世界のトップを開くことを目指している．

(2) 初期惑星系円盤における無機-有機-氷共進化の理論的考察

惑星系における生命存在可能性は系外惑星研究の一端をなし，自然科学のトップテーマである．その問題の理解のためには，まず，太陽系における生命起源・進化の理論的研究が必要となる．隕石中からはアミノ酸が発見されており，原始太陽系円盤において，有機分子がどこまで進化したかを解明する必要がある．このテーマについてはすでに科研費基盤研究(S) を用い国内の 10 名近い共同研究者を組織して総合的な研究を進めている．南極最高地点付近から採取された超新鮮な雪中に存在する彗星由来の微量なちりを多様な分析手法で分析するバックワードなアプローチと，円盤環境を模した条件での反応実験と熱力学-化学反応速度論を用いたモデルの融合によるフォワードなアプローチをすすめ，無機-有機-水の相互作用の実態を解明する．この研究の結果は，想定されている“はやぶさ 2”計画により採取される試料分析への技術開発・チームワーク作り，結果の解釈への基礎情報提供などの役割も果たす予定である．

(3) 惑星形成過程に関する物理化学的研究

惑星の進化を支配するのはその初期にあり，惑星初期進化解は惑星科学のエッセンスの一つである．しかし初期条件は残されて折らず，地質学のようなバックワードの手法でも解明することはできない．この問題のアプローチの開拓のため，月-地球

系に着目している。地球形成の最終巨大衝突によりマグマオーシャンが形成され、その結果月高地が形成されたと考えられている。従来の研究では既存のデータのすべてが整合的に解かれていない。そこであらゆる観測事実を制約とし、月マグマオーシャンの組成と初期分化過程を理論的に推定することを進めている。すでに、月マグマオーシャン組成の推定にほぼ成功しており、今後その物理条件推定を行う予定である。同様な手法を試料が手にはいる小天体に適用し、惑星の初期組成・初期分化を統一的に理解する方法を確率する。この研究に関しては現在院生が取り組んでいるほか、来年度さらに1名が研究を開始する予定である。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (S) , 星の進化とシリケートダスト進化の关系的実験的解明, 2004~2008年度, 81,300 千円
- ・ 萌芽研究, 星周におけるダスト形成:核形成速度推定の試み, 2005~2006年度, 1,400 千円
- ・ 特定領域研究, 若い星の周りにおけるダストの化学進化:実験によるアプローチ, 2005~2006年度, 2,600 千円
- ・ 基盤研究 (S) , 初期太陽系における鉱物—水—物相互作用:惑星と生命起源物質初期進化, 2010~2015年度, 166,800 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ 日本学術振興会・学術動向に関する調査研究, 地球惑星科学分野に関する学術動向の調査研究, 2009-2011年度, 5,880 千円

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Laurretta, D. S., H. Nagahara, and C. M. O'D. Alexander (2006), Petrology of ferromagnesian silicate chondrules, in *Meteorites and the Early Solar System II*, ed. D. S. Laurretta, and H. Y. McSween, Univ. Arizona Press, 431-459.
2. Yamada, M., S. Tachibana, H. Nagahara, and K. Ozawa (2006), Anisotropy of Mg isotopic fractionation during evaporation and Mg self-diffusion of forsterite in vacuum. *Planetary and Space Science*, 54, 1096-1106.
3. 瀧川晶, 横山聖典, 橘省吾, 永原裕子, 小澤一仁 (2007), 原始惑星系円盤におけるフォルステライト蒸発の赤外スペクトルへの影響, *遊星人*, 16, 128-134.
4. Kurahashi, E., N. T. Kita, H. Nagahara, and Y. Morishita (2008), 26Al-26Mg systematics of chondrules in a primitive CO chondrite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 72, 3865-3882.

5. Nagahara, H., N. T. Kita, K. Ozawa, and Y. Morishita (2008), Condensation of major element during chondrule formation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 72, 1442-1465.
6. Odashima, N., T. Morishita, K. Ozawa, H. Nagahara, A. Tsuchiyama, and R. Nagashima (2008), Formation and deformation mechanisms of pyroxene-spinel symplectite in an ascending mantle, the Horoman peridotite complex, Japan: A EBSD (electron backscatter diffraction) study, *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 103, 1-15.
7. Nagahara, H., K. Ozawa, R. Ogawa, S. Tachibana, and H. Chiba (2009), Laboratory condensation and reaction of silicate dust. *ASP Conf. Ser.*, 414, 403-410.
8. Takigawa, A., S. Tachibana, H. Nagahara, K. Ozawa, and M. Yokoyama (2009), Anisotropic evaporation of forsterite and its implication for dust formation conditions in circumstellar environments. *Astrophys. J.* 707, L97-101.
9. Kita, N. T., H. Nagahara, S. Tachibana, S. Tomomura, M. Spicuzza, J. H. Fournelle, and J. W. Valley (2010), High precision SIMS oxygen three isotope study of chondrules in LL3 chondrites: Role of ambient gas during chondrule formation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 6610-6635.
10. 酒井理沙, 久城育夫, 永原裕子, 小澤一仁, 橘省吾 (2010), 月地殻形成条件を用いたマグマオーシャン化学組成制約への試み, *日本惑星科学会誌* 19, 82-88.
11. 瀧川晶, 橘省吾, 永原裕子, 小澤一仁, 宮田隆 (2010), コランダム成長異方性を用いた星周ダスト形成条件の推定, *日本惑星科学会誌* 19, 148-156.
12. Tachibana, S., H. Nagahara, K. Ozawa, Y. Ikeda, R. Nomura, K. Tatsumi, and Y. Joh (2011), Kinetic condensation and evaporation of metallic iron and implications to metallic iron dust formation, *Astrophys. Jour.* L736, doi: 10.1088/0004-637X/736/1/16.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

1. 永原裕子 (2007), 人類の住む宇宙 (シリーズ 現代の天文学 1) (編集) 日本評論社.

(5) 特許

8. 学会発表など

[国際学会]

1. Nagahara, H., Evaporation and condensation kinetics for minerals and silicate melt, 19th General Meeting. *Intnatl. Mineral. Assoc.* (Kobe, 2006.7). 招待公演
2. Nagahara, H., Laboratory condensation and reaction of silicate dusts, Workshop "Cosmic dust: Near and Far" (Heidelberg, 2008.9). 招待講演
3. Nagahara, H., Link between experiments and modeling in condensation and fractionation in the protoplanetary disc, Workshop "Experimentation and modeling in cosmochemistry" (Nancy, France, 2009.7). 招待講演
4. Nagahara, H., What does bulk composition of chondrules tell us?, Symposium "Chondrules" (New York, 2010.7) 招待講演

5. Nagahara, H., S. Tachibana, and K. Ozawa, Kinetic Condensation of Minerals in Protoplanetary Discs, Workshop on Gas-Grain Interactions in Interstellar Clouds (Tokyo, 2011.10). 招待講演

他 65 回

[国内学会]

全 85 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 2009-現在, グローバル COE プログラム「地球から地球たちへ」, 東大統括
- ・ 2012- , リーディング大学院数物科学, 担当者
- ・ 瀧川晶, 日本学術振興会育志賞 2012/3
- ・ 瀧川晶, 東京大学大学院理学系研究科研究奨励賞 (博士) 2012/3
- ・ 瀧川晶, 日本学術振興会特別研究員 (SPD) 2012/4
- ・ 酒井理紗, 日本学術振興会博士研究員 (DC1) 2011/4
- ・ 瀧川晶, 日本惑星科学会発表賞, 2010/10
- ・ 瀧川晶, 日本学術振興会博士研究員 (DC1) 2009/4
- ・ 瀧川晶 日本科学協会・笹川科学研究奨励賞 2009/4
- ・ 倉橋絵里香, 日本学術振興会海外研究員, 2008/ 4
- ・ 倉橋絵里香, 日本惑星科学会発表賞, 2005/11
- ・ 倉橋絵里香, 日本学術振興会博士研究員 (DC1) 2004/4

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 1998-2007, Associate Editor, *Meteoritics and Planetary Science*
- ・ 2006-現在, Associate editor, *Geochimica et Cosmochimica Acta*
- ・ 2011-現在, Advisory board, *Earth and Planetary Science Letters*

(2) 学会等

- ・ 2000-2005, Meteoritical Society, Leonard Medal Committee
- ・ 2003-2004, Meteoritical Society, Nominating Committee
- ・ 2006, Meteoritical Society, Nomenclature Committee member
- ・ 2006-2007, Meteoritical Society, Vice President

- ・ 2006-2008, 日本惑星科学会, 副会長
- ・ 2008-2009, The Meteoritical Society, President
- ・ 2008-2012, 日本地球惑星科学連合, 宇宙惑星セクション・プレジデント
- ・ 2010-2011, The Meteoritical Society, Past President
- ・ 2010-現在, 日本惑星科学会学会・運営委員

(3) 国際会議等

- ・ 2003 Convener, Goldschmidt Conference
- ・ 2008 Organizer, Workshop “Silicate Dust in Protostars : Astrophysical, Experimental, and Meteoritic Link”
- ・ 2010 Convener, Symposium “Chondrules”
- ・ 2011 Organizer, Workshop “Mineral-water-organics in the early solar system”
- ・ 2012 Organizer, Workshop “Mineral-water-organics in the early solar system 2”

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2006, 東大ビデオ（東京大学案内）, 東京大学
- ・ 2006, 東京大学理学部, 日経 BP ムック
- ・ 2007/9, 真空実験でさぐる太陽系と星たち, 真空展講演会
- ・ 2010/6, 小惑星が解き明かす惑星と生命の起源物質, 宇宙少年団宇宙講演会
- ・ 2011/6, 初期太陽系における鉱物－水－有機物, 第 11 回自然科学研究機構シンポジウム
- ・ 2011/12, 宇宙鉱物学, 大阪府立大学セミナー

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 2006-現在, 日本学術会議, 会員
- ・ 2008-2012, 日本学術振興会, 学術システム研究センター・専門研究員
- ・ 2009-現在, 国立天文台, 運営会議委員
- ・ 2008-現在, 宇宙航空研究開発機構, 宇宙科学評議会・評議員
- ・ 2007-現在 北海道大学低温研究所, 運営協議会委員
- ・ 2007-2011, 文部科学省, 宇宙開発委員会推進部会・委員
- ・ 2008-現在, 文部科学省, 極地域観測統合推進本部委員会・委員
- ・ 2007-2008, 科学技術・学術審議会, 専門委員会・委員
- ・ 2007-2008, 科学技術・学術審議会, 学術研究推進部会委員会・委員
- ・ 2006, 大学評価・学位授与機構, 専門委員

- ・ 2007, 日本学術振興会, 世界トップレベル研究拠点プログラムレビュー
- ・ 2006-2010, 日本宇宙フォーラム, 公募地上研究推進委員会・委員
- ・ 2007, 宇宙研究開発機構, 外部評価委員
- ・ 2009-現在, 神戸大学惑星科学研究センター・協力研究員

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数 :

外国人研究者数 :

(2) 派遣

学生数 :

研究者数 :

(3) 海外からの来訪者数 : 10 名 (4 カ国)

阿部 豊

I. 略歴

氏名： 阿部 豊

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1982年（昭和57年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1984年（昭和59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

1987年（昭和62年）1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

1987年（昭和62年）1月 理学博士取得（東京大学）

職歴

1987年（昭和62年）4月 日本学術振興会特別研究員

1987年（昭和62年）4月 カリフォルニア工科大学地球惑星科学科研究員

1989年（平成元年）4月 名古屋大学水圏科学研究所 助手

1992年（平成4年）5月 東京大学理学系研究科地球惑星物理学専攻 助教授

2007年（平成19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

私は、水を中心として揮発性物質の挙動に注目しつつ、個々の地球型惑星の特徴の起源と進化の解明をめざして、惑星初期進化、惑星気候学などの分野を研究してきた。

惑星初期進化は惑星の基本構造を規定する過程である。原始大気・海洋の物理的・化学的性質は惑星表層環境の初期条件を与えている。マグマオーシャンの進化は惑星内部構造の起源と同時にテクトニクスの初期条件ともなる。原始大気とマグマオーシャン形成に関する一連の研究 (Abe and Matsui, 1985, 1986, 1988; Matsui and Abe, 1986a, b など), マグマオーシャンの化学進化に関する一連の研究 (Abe, 1997 など) を受けて、最近の惑星形成理論の進展を取り入れ、また、より詳しく物理・化学過程を検討する研究を進めてきた。

原始惑星系円盤は従来考えられてきたより低温で、地球軌道付近でも氷が凝縮していた可能性がある。氷微惑星が昇華しながら原始惑星へ集積する過程を検討し、乾燥したものから数十%も水を含むものまで、条件次第で多様な原始惑星が生成されることを示した(Machida and Abe, 2010)。

惑星形成末期の原始惑星同士の巨大衝突がそれ以前の大気も内部もすべてリセットすると考えられてきた。Genda and Abe (2003, 2005) では巨大衝突以前の大気の一

部が残るのみならず，巨大衝突以前の惑星環境が決定的な影響を及ぼしうることを示した．Sasaki and Abe (2007) ではマントルやコアの組成にも影響が残り得ることを示した．

衝突脱ガス大気の組成を検討した (Hashimoto et al., 2007) は10年以上かけて刊行された論文で，原始大気は酸化的である，という従来の常識を覆して，還元的大気は固体惑星材料物質からの脱ガスで生じる可能性を示した．

Hamano and Abe (2010)では，天体衝突による大気はぎ取りと，揮発性物質の供給の兼ね合いを検討して，天体衝突による大気の変質を議論した．

この他，散逸しつつある希薄な原始惑星系円盤ガスの温度推定と捕獲大気形成問題 (Sakamoto and Abe, 2006)，複数の主成分気体が含まれる場合の流体力学的大気散逸 (Sasaki and Abe, 2007)，などの研究を行った．これらの結果を踏まえて初期進化・原始大気についてまとめたものが Abe (2011) である．

惑星気候学の研究は，原始惑星大気のように現在の大気とは著しく異なる大気を取り扱うための原理的問題の検討として始めた．最近では生物の生存可能条件の一つの指標とされる液体の水に注目し，表面に液体の水を持つ固体惑星，水惑星，の研究を進めている．特に，比較的水に乏しく，水の分布が大気循環で支配されている場合を陸惑星 (Abe et al., 2005)と呼んで検討を進めた．地球のように水が多い海惑星では，射出限界を超える入射に対して暴走温室状態が発生する(Nakajima et al., 1992)．しかし，陸惑星では全球平均で入射するエネルギーが射出限界を超えたとしても高緯度には水が存在できる(Abe et al., 2011)．結果として水が少ない惑星の方が水が多い惑星よりも液体の水が存在できる軌道範囲が広がる．Abuku and Abe, 2008 は海惑星と陸惑星をわける条件を推定した．また，大気大循環モデルを用いて，軌道離心率や自転軸傾斜などの軌道要素，表面状態を系統的に変えた実験を行い，気候への影響を調べた (Tsuihiji and Abe, 2006,2007)．

3.特に優れた論文5編

1. Genda, H. and Y. Abe: Enhanced atmospheric loss on protoplanets at the giant impact phase in the presence of oceans. *Nature*, **433** (7028), 842-844, 2005

惑星形成末期の巨大衝突が，それ以前の惑星大気を完全にリセットするという，当時の「常識」を覆し，むしろ巨大衝突時の表層環境がその後の惑星大気に大きな影響を持つことを示した．被引用数 40 {うち 2006 年以降 39}，

2. Abe, Y.: Thermal and chemical evolution of the terrestrial magma ocean. *Phys., Earth Planet. Int.*, **100**, 27-39, 1997.

マグマオーシャンの冷却と化学分化について理論的検討を行った論文で，マグマオーシャン進化の基本論文として近年引用が増えている．被引用数 84 {うち 2006 年以降 66}．

3. Abe, Y.: Physical state of very early Earth, *Lithos*, **30**, 223-235, 1993.

地球初期進化について当時の知見を理論的にまとめた論文で，海洋形成条件についてのダイアグラムをふくむ．現在も引用される．被引用数 46 {うち 2006 年以降 17}

4. Nakajima, S., Y.-Y. Hayashi and Y. Abe: A study on the 'runaway greenhouse effect' with a one dimensional radiative convective equilibrium model, *J. Atmos. Sci.*, 49, 2256-2266, 1992.

射出限界の概念を導入して、暴走温室効果のメカニズムを整理した論文で、暴走温室効果研究の基本論文となっている。被引用数 40 {うち 2006 年以降 12}

5. Matsui, T. and Y. Abe: Evolution of an impact-induced atmosphere and magma ocean on the accreting Earth, *Nature*, 319, 303-305, 1986.

惑星形成と同時形成される大気の効果によってマグマオーシャンが形成され、マグマオーシャンと大気の相互作用によって大気が影響を受ける、という大気海洋の形成モデルを提案した論文で、現在もたびたび引用される。被引用数 102 {うち 2006 年以降 30}

4.受賞等

- ・ 阿部豊・松井孝典, 昭和 63 年度堀内基金奨励賞, 「大気・海洋の起源に関する新理論の提唱」(日本気象学会), 1988 年 10 月.

5.研究の将来計画

私の今後の主要な研究課題は、地球型惑星の多様性の起源と生存可能惑星の形成条件の解明である。宇宙において地球のような生存可能な地球型惑星が普遍的な存在か、特殊な存在か、このような問いに答えることを究極の目標にして、地球や惑星の様々な性質・特徴、特に生命が存在できる環境を惑星の個性の一つの尺度として、異なる性質を持つ地球型惑星の「作り分け」について、物理学を基礎にした理論的な手法で検討していきたい。

現在、候補までいれれば、すでに数千の惑星が太陽系外に見いだされている。系外惑星に関しては観測量が極めて限られているが、多くの対象が見いだされて一般化された議論が展開可能になるという意味で、システムとしての地球惑星科学を発展させる上で非常に重要な局面である。

私はひきつづき水を中心として揮発性物質の挙動に注目しながらこの問題に取り組みたい。揮発性物質に注目する理由はいくつかある。揮発性物質は大気や海洋の主成分であり、惑星表層環境の支配要因である。一方で、地球型惑星内部のダイナミクスに大きな影響を与えている。揮発性物質に注目することによって、地球型惑星全体に関する一つの統一的な視点を与えることができる。さらに、今後次々と発見されるであろう太陽系外の地球型惑星に於いては大気成分は初めに観測されるであろう量である。したがって、揮発性物質の挙動を解明することによって、観測量と対応する形で、惑星内部を含めて地球型惑星の挙動の一般論を展開することができる可能性があると考えられる。

研究方針の一つの特徴は、惑星の集積段階を含む惑星の形成進化の問題として、大気と固体惑星の相互作用の結果としてとらえることにある。生存可能性は惑星の表層環境の問題ととらえられることが多い。表層環境が直接的に重要であることは確か

である。しかし、表層環境の決定要因の一つは固体惑星の挙動であり、大気の起源である。例えば陸惑星気候は地球のような海惑星気候とは大きく異なるが (Abe et al., 2005, 2011), 陸惑星と海惑星を分ける条件は惑星に供給される水量と地形起伏で決まっている (Abuku and Abe, 2008)。すなわち、大気形成と固体惑星の挙動が重要と考えられる。

私は地球型惑星の全体を捉えるために、惑星形成段階から一貫して大気と固体惑星の両方について地球型惑星の進化を検討することが必要だと考えている。今後もその立場を堅持して研究を進めたい。とりわけ、惑星形成段階からの大気形成惑星内部進化の理論構築をめざし、まずは現在手がけている、揮発性物質供給 (Machida and Abe, 2010), 円盤ガス捕獲 (Sakamoto and Abe, 2006), 天体衝突の影響 (Hamano and Abe, 2010), 大気散逸 (Sasaki and Abe, 2007), 混合原始大気などが当面の課題である。

また、地球型惑星気候の多様性の検討もすすめたい。特に海惑星と陸惑星の違いは観測によって系外惑星でも区別できる可能性があり、観測と理論の対応、惑星の総合的な特性の表れ、という意味でも、陸惑星の概念を自ら定義した、という意味でも、今後系統的な研究を進めたい課題である。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 C, 大きな離心率を持つ惑星の気候と生物生存可能性の検討 (18540430), 2006-2007年度, 3,400千円
- ・ 基盤研究 B, 衝突脱ガス水蒸気大気の分子組成と水素散逸効率の推定 (23340168), 2011年度, 800千円
- ・ 新学術領域研究, 系外惑星大気の数値モデリングと形成進化理論 (23103003), 2011年度, 4,615千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Abe, Y., A. Abe-Ouchi, N. H. Sleep, and K. J. Zahnle: Habitable zone limits for dry planets, *Astrobiology*, **11**, 443-460, doi: 10.1089/ast.2010.0545, 2011.
2. Abe, Y.: Protoatmospheres and Surface Environment of Protoplanets, Earth, Moon, and Planets, **108**, 9-14, doi: 10.1007/s11038-010-9368-x, 2011.
3. Hamano, K., and Y. Abe: Atmospheric loss and supply by an impact-induced vapor cloud: Its dependence on atmospheric pressure on a planet. *Earth Planets Space*, **62** (7), 599-610, doi:10.5047/eps.2010.06.002, 2010.

4. Machida, R., and Y. Abe: Terrestrial Planet Formation through Accretion of Sublimating Icy Planetesimals in a Cold Nebula. *Astrophysical Journal*, **716**, 1252-1262, 2010.
5. Sasaki, T. and Y. Abe: Rayleigh-Taylor Instability after Giant Impacts: Imperfect equilibration of Hf-W system and its effect on the core formation age. *Earth Planets Space*, **59**, 1035-1045, 2007
6. Hashimoto, G. L., Y. Abe and S. Sugita: The chemical composition of the early terrestrial atmosphere: Formation of a reducing atmosphere from CI-like material. *Journal of Geophysical Research*, **112**, E05010, doi:10.1029/2006JE002844; 2007

(2) 学会プロシーディングス等

1. Kamata, S., S. Sugita, and Y. Abe; A new scheme for the calculation of viscoelastic deformation in a planet with time-dependent viscosity structure. *Proceedings of the 42nd ISAS Lunar and Planetary Symposium*, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2009.
2. Abuku, K., and Y. Abe, The Condition Dividing "Aqua Planets" and "Land Planets", *Proceedings of the 41st ISAS Lunar and Planetary Symposium*, 43-47, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2008.
3. Tsuihiji, D. and Y. Abe, Toward the understanding of the orbital effects on planetary climate, *Proceedings of the 40th ISAS Lunar and Planetary Symposium*, 158-162, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2007.
4. Sasaki, T. and Y. Abe, Hydrodynamic Escape of Planetary Atmospheres, *Proceedings of the 40th ISAS Lunar and Planetary Symposium*, 170-173, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2007.
5. Sakamoto, A. and Y. Abe, 1. The gas temperature in the dissipating solar nebula around protoplanets: effects on the formation of solar-type atmospheres, *Proceedings of the 39th ISAS Lunar and Planetary Symposium*, Kato, M. and S. Tanaka, 150-153, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2006
6. Tsuihiji, D. and Y. Abe, 6. Effects of Obliquity on the Climate of Planets with High Eccentricities, *Proceedings of the 39th ISAS Lunar and Planetary Symposium*, Kato, M. and S. Tanaka, 170-173, Japan Aerospace Exploration Agency, Sagamihara, 2006

(3) レビュー論文・総説

1. 阿部 豊: ハビタブルプラネットの起源と進化 第3回, *遊星人*, **19**, 190-210, 2010. (査読あり)
2. 阿部 豊: ハビタブルプラネットの起源と進化 第2回, *遊星人*, **19**, 112-135, 2010. (査読あり)
3. 阿部 豊: ハビタブルプラネットの起源と進化 第1回, *遊星人*, **18**, 194-215, 2009. (査読あり)
4. 倉本圭・阿部豊・はしもとじょーじ・林祥介・関根康人・佐藤光輝: ハビタブル惑星の起源進化, 多様性, *天文月報*, **102**, 184-189, 2009. (査読なし)
5. 阿部 豊: 1. 地球環境の変遷: 比較惑星学の視点から, *天気*, **54(5)**, 409-414, 2007. (査読なし)
6. 阿部 豊: 生存可能惑星としての地球の普遍性, *科学*, **77(2)**, 148-149, 2007. (査読なし)

7. 阿部 豊・田近 英一: 大気の進化, 天気, 54(1), 5-8, 2007. (査読なし)

(4) 著書等

1. 阿部 豊: 「太陽系と惑星」 (8.2 初期惑星環境), シリーズ 現代の天文学 9, 渡部潤一・井田茂・佐々木晶編, 日本評論社, 261-268, 2008.
2. 阿部 豊: 「人類の住む宇宙」 (5.1 水惑星の形成と進化), シリーズ 現代の天文学 1, 岡村定矩・池内了・海部宣男・佐藤勝彦・永原裕子編, 日本評論社, 212-235, 2007.

(5) 特許

8.学会発表など

(1) 国際会議

1. Abe, Y., A. Abe-Ouchi, K. J. Zahnle, N. H. Sleep: Habitable zone limits for dry planets, 25th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, JM07 Atmospheres and ices on terrestrial planets, Melbourne, Australia, July 1, 2011. (招待)
2. Abe, Y., How to Make a Habitable Planet, CPS 6th International School of Planetary Sciences, Planetary Atmospheres, Kobe, Japan, January 8, 2010. (招待)
3. Abe, Y., Behavior of Volatile Material During Accretion of Terrestrial Planets, American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, V24: Volatiles in the Earth - From Past to Present, San Francisco, California, U.S.A., December 14, 2009. (招待)
4. Abe, Y., Thermal state and surface environment of protoplanets, Origin and Evolution of Planets 2008, Ascona, Switzerland, July 2, 2008 (招待)
5. Abe, Y., Behavior of Water during Terrestrial Planet Formation, 17th Goldschmidt Conference - "atoms to planets", S-63: Keynote "Water in the Early Earth", Cologne, Germany, August 21, 2007 (招待)

他 9 件

(2) 国内会議

1. 阿部豊, Variety of water planets, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 千葉市, 幕張メッセ, 2010.5.28. (一般)

他 40 件

III. 教育

9.教育における特筆すべき実績

- ・ 玄田英典 {当時博士課程 3 年} が惑星科学会の第 1 回最優秀発表賞を受賞 (2003 年)
- ・ 玄田英典, 学術振興会特別研究員 P D, 2003
- ・ 濱野景子, 学術振興会特別研究員 D C1, 2004
- ・ 佐々木貴教, 学術振興会特別研究員 D C1, 2005

- ・ 佐々木貴教, 学術振興会特別研究員 P D, 2008

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
 - ・ Member of the International Commission on Planetary Atmospheres and their Evolution of the International Association of Meteorology and Atmospheric Science, 2003-2009
 - ・ 日本惑星科学会運営委員 2005-2006
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

- ・ バリアフリー支援室員 (学内) 2008～

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
 - 外国人学生数：オーストリア 博士 1
 - 外国人研究者数：なし
- (2) 派遣
 - 学生数：オーストラリア 博士 1
 - 研究者数：なし
- (3) 海外からの来訪者数：1

生駒 大洋

I. 略歴

氏名： 生駒 大洋

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1996年（平成8年）3月 東京工業大学理学部地球惑星科学科 卒業

1998年（平成10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（平成13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（平成13年）3月 博士（理学）取得（東京工業大学）

職歴

2001年（平成13年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻

2002年（平成14年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD 東京工業大学大学院理工学研究科理学研究流動機構

2004年（平成16年）11月 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻 特任助教

2007年（平成19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

2012年（平成24年）2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

私はこれまで、太陽系内および系外の主に巨大惑星の形成過程と内部構造、さらに地球型惑星の大気と海の獲得過程に関する研究を行って来た。以下、内容を簡単に示す。

木星型惑星の形成過程と多様性

木星型惑星の特徴は、中心に氷や岩石を由来とするコアがあり、それを大量の水素とヘリウムから成るエンベロープが取り囲んでいることである。その起源として最も有力な説であるコア集積モデルでは、微惑星の集積によってコアが成長し、ある臨界質量に到達すると、その強力な重力によって周囲の原始惑星系円盤ガスを暴走的に獲得し、大質量エンベロープを形成する。私は、臨界質量の値と最終的な木星型惑星の質量について網羅的にパラメータスタディを行った。結果として、太陽系の木星と土星の形成時間が長すぎるという問題を軽減し、さらに太陽系外で確認されている木星型惑星の多様性の1つの原因を特定した。

巨大惑星の内部構造

太陽系の巨大氷惑星（天王星と海王星）や日本のグループによって初めて検出された系外巨大惑星 HD149026b, 欧州宇宙望遠鏡によって検出された人類初のスーパーアース CoRoT-7b について, 惑星半径や赤外放射量, 重力モーメント等の観測値と整合する内部構造を理論的に推定した. さらに, 形成理論から予言される内部構造と比較することで, 惑星の起源に制約を与えた.

一方, 巨大ガス惑星の内部構造を知る上で特に重要な超高压水素の状態方程式を決定するため, 高強度レーザー誘起衝撃波実験を行い, 先行研究よりも高压での圧力・密度関係を得た. なお, この研究は, 私が研究代表者を務める阪大レーザー研共同利用研究『大規模レーザーを用いた超高压下での水素の状態方程式実験と惑星内部構造への応用』(2006年度~)のプロジェクト研究である.

太陽系内および系外の地球型惑星の大気および海の形成過程

太陽系だけでなく系外惑星系も視野に入れた地球型惑星の海および大気の形成過程の研究を行ってきた. まず, 原始惑星系円盤の水素/ヘリウムを起源とする大気の獲得過程および水生成の可能性を系統的に調べ, 地球型惑星の多様性に制約を与えた. そして, 現代的な太陽系形成論の観点から地球の海水の起源を再検討した. その上で, 海水 D/H 比の 46 億年の進化を理論化し, コンドライト起源説の課題を示すと同時に, 円盤ガス起源説の再検討の必要性を示した.

中質量赤色巨星まわりの惑星系の起源と進化

惑星系の多様性を理解するために, 中質量(太陽質量の約 1.5 倍から 3 倍)の赤色巨星まわりの系外惑星検出グループに加わり, 検出された惑星系の特徴とその起源の理論化を行った. また, 恒星進化とそれに伴う惑星軌道進化の数値シミュレーションによって, 確認された惑星の軌道の特性が, 赤色巨星への進化時の変化ではなく, 原始星時の形成過程に起因することを定量的に示した.

3. 特に優れた論文 5 編

1. Ikoma, M., Nakazawa, K., and Emori, H. (2000), Formation of giant planets: dependences on core accretion rate and grain opacity. *Astrophys. J.*, 537, 1013-1025.

木星型惑星の形成過程に関する系統的な研究. 引用数は 100 を超える (Web of Science より).

2. Inaba, S. and Ikoma, M. (2003), Enhanced collisional growth of a protoplanet that has an atmosphere, *Astron. Astrophys.*, 410, 711-723.

大気による微惑星の捕獲断面積を初めて定式化した論文.

3. Ikoma, M., Guillot, T., Genda, H., Tanigawa, T., and Ida, S. (2006), On the Origin of HD 149026b, *Astrophys. J.*, 650, 1150-1159.

日本初の系外惑星の内部構造を推定. 形成過程に制約も与えた.

4. Valencia, D., Ikoma, M., Guillot, T., and Nettelmann, N. (2010), Composition and fate of short-period super-Earths: The case of CoRoT-7b, *Astron. Astrophys.*, 516, A20.

世界初のスーパーアースの内部構造推定.

5. Sano, T., and 21 colleagues (2011), Laser-shock compression and Hugoniot measurements of liquid hydrogen to 55 GPa, Physical Review B 83, 054117.

研究代表者として高強度レーザー衝撃波実験を率い、先行研究より高い圧力で水素の圧力・密度関係を調べた。

4. 受賞等

- ・ 生駒大洋, 2007 年度最優秀研究者賞, 日本惑星科学会, 2008 年 (平成 20 年) 11 月 02 日
- ・ 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「巨大惑星の起源と内部構造の研究」, 2012 年 (平成 24 年) 04 月 17 日

5. 研究の将来計画

系外惑星研究によって、惑星および惑星系の多様性とその起源を解明し、さらに生命惑星としての地球の特殊性・一般性を理解することを目標とする。そして、将来の太陽系外生命探査計画に寄与していきたいと考えている。そのために、従来まで行ってきた惑星形成理論の一般化だけでなく、系外惑星のキャラクタリゼーションに力を注いで行く。また、地球の起源および初期進化（特に表層環境進化）の問題にも取り組み、それによって得た知見を系外に応用する。したがって、専攻内の多様な研究者と分野横断的な共同研究を行いたいと考えている。

これまでの系外惑星研究の主なターゲットは中心星に非常に近い（すなわち短周期の）巨大ガス惑星であった。また、観測的に測られる質量と軌道要素に基づいた力学的な議論が中心であった。しかし最近では、観測技術の発達によって、太陽系の木星や土星のように中心星から離れた巨大惑星を検出できるようになり、短周期惑星については惑星サイズや表面温度、放射量、大気組成などの情報が得られるようになってきた。日本においても、大型観測プロジェクト（SEEDS や IRD など）が立ち上がり、数年内にさまざまな観測的成果が期待される。しかし一方、得られる観測データに対して理論的解釈を行える人材が圧倒的に不足しており、私はそこに貢献するつもりである。また、そうした理論研究の底上げが緊急に必要であるため、人材育成にも重点を置く。

具体的には、トランジット観測（惑星が中心星の前面/後面を通過する際の食の観測）にまず注目する。トランジット観測の最大の利点は惑星のサイズが分かることである。それによって、系外惑星の組成を議論できる。特に、大気存在を議論できるという点で、惑星形成過程に対する理解が大幅に進むと期待される。そこで、惑星の構造と進化の理論モデリングによって惑星の質量とサイズの関係から、惑星の組成を理論的に推定し、そこから短周期惑星の起源を解明する。また、複数の波長でトランジット観測を行うことによって、大気組成を知ることができる。そのために、観測の研究者と共同し、多波長同時観測装置を既存の望遠鏡に設置しトランジット観測を行う予定である。さらに、大気構造の理論モデリングによって、得られたスペクトルから惑星の組成を解読する。

一方、系外惑星探査のもう1つの大きな流れは、中心星から離れた惑星の放射光や反射光の検出である。つまり、より太陽系に似た惑星系が検出されると期待される。木星型に関しては、近赤外の放射スペクトルが得られる。それを利用して、木星型惑星形成の最終ステージの履歴を知る。それは、衛星形成過程に直接のインパクトがあるだけでなく、太陽系の小惑星帯の形成過程、さらに地球への揮発性物質の運搬過程の理解へフィードバックできると考えている。

また、10年後には、反射光を利用した地球型惑星の直接観測が可能になる可能性が純分にある。それに向けて、系外への応用を念頭に置いて、地球型惑星の大気や海の形成、表層環境進化をより広い視野でとらえ地球型惑星の表層環境の多様性を明らかにする。そして、生命発生・進化をもたらした表層環境は何か、またどういう特徴をもつ惑星系にそうしたハビタブル惑星が形成されうるかを明らかにし、系外生命探査への指針を作りたいと考えている。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 新学術領域研究（研究領域提案型）、「太陽系外惑星の新機軸：地球型惑星へ」、H23年度、1,000千円
- ・ 特定領域研究「太陽系外惑星科学の展開」公募研究、「系外惑星系における惑星大気の多様性の解明」、H18年度、1,000千円

(2) 共同研究

- ・ 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター他、「大規模レーザーを用いた超高压下での水素の状態方程式実験と惑星内部構造への応用」、H18年度～H24年度、3,330千円

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ 平成23年東工大挑戦的研究賞、「M型星を回る系外惑星の大気と内部構造の理論モデリング」、H23年度、1,000千円
- ・ 文部科学省海外先進教育研究実践支援、コート・ダジュール天文台滞在のため、H20年度、3,000千円

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Hori, Y. and Ikoma, M. (2011), Gas giant formation with small cores triggered by envelope pollution by icy planetesimals. *Mon. Not. Royal Astron. Soc.*, 416, 1419-1429.
2. Kunitomo, M., Ikoma, M., Sato, B., Katsuta, Y., and Ida, S. (2011), Planet engulfment by ~1.5-3 Msun red giants. *Astrophys. J.*, 737, 66.
3. Fortney, J. J., Ikoma, M., Nettelmann, N., Guillot, T., and Marley, M. S. (2011),

- Self-consistent model atmospheres and the cooling of the solar system's giant planets. *Astrophys. J.*, 729, 32.
4. Sano, T., and 21 colleagues (2011), Laser-shock compression and Hugoniot measurements of liquid hydrogen to 55 GPa. *Physical Review B* 83, 054117.
 5. Valencia, D., Ikoma, M., Guillot, T., and Nettelmann, N. (2010), Composition and fate of short-period super-Earths: The case of CoRoT-7b. *Astron. Astrophys.* 516, A20.
 6. Hori, Y. and Ikoma, M. (2010), Critical core masses for gas giant formation with grain-free envelopes. *Astrophys. J.*, 714, 1343-1346.
 7. Ozaki, N., and 24 colleagues (2009), Shock Hugoniot and temperature data for polystyrene obtained with quartz standard. *Physics of Plasmas*, 16, 062702.
 8. Sato, B., and 13 colleagues (2008), Planetary companions around three intermediate-mass G and K giants: 18 Delphini, ξ Aquilae, and HD 81688. *Pub. Astron. Soc. J.* 60, 539.
 9. Genda, H. and Ikoma, M. (2008), Origin of the ocean on the Earth: Early evolution of water D/H in a hydrogen-rich atmosphere. *Icarus* 194, 42-52.
 10. 生駒大洋 (2008), 原始惑星による原始惑星系円盤ガスの獲得, 日本惑星科学会誌 (遊星人), 17, 214-222.
 11. 玄田英典, 生駒大洋 (2008), 地球の海の起源～現状整理と D/H の初期進化～, 日本惑星科学会誌 (遊星人), 17, 238-243.
 12. Tanigawa, T. and Ikoma, M. (2007), A systematic study of the final masses of gas giant planets. *Astrophys. J.*, 667, 557-570.
 13. Sato, B., and 13 colleagues (2007), A planetary companion to the Hyades giant ϵ Tauri. *Astrophys. J.*, 661, 527-531.
 14. Ikoma, M., Guillot, T., Genda, H., Tanigawa, T., and Ida, S. (2006), On the origin of HD 149026b. *Astrophys. J.*, 650, 1150-1159.
 15. Ikoma, M. and Genda, H. (2006), Constraints on the mass of a habitable planet with water of nebular origin. *Astrophys. J.*, 648, 696-706.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Ikoma, M. (2011), On the protoplanetary-disk origin of the atmospheres of hot super-Earths. Proceedings of Molecules in the Atmospheres of Extrasolar Planets, ASP Conference Series (J.P. Beaulieu, S. Dieteres, and G. Tinetti, eds., San Francisco: Astronomical Society of the Pacific), Vol. 450, p.105.
- (3) レビュー論文・総説
1. 生駒大洋 (2012), トランジット惑星の内部構造と組成, 天文月報 105 巻 1 号 (2012 年 1 月号) p.16-21. (査読無し)
 2. 生駒大洋 (2010), 系外惑星学の最近の展開, 日本地球惑星科学連合ニュースレター JGL. Vol. 6, No. 4 (Nov. 2010) (査読無し)
 3. 生駒大洋, 井田茂 (2010), 系外惑星探査の最近の進展, 日本物理学会誌第 65 巻第 4 号 (2010 年 4 月号), 232-238. (査読有り)
 4. 生駒大洋, 佐野孝好, 境家達弘, 重森啓介 (2008), 高強度レーザーで木星の内部を覗く～数百ギガパスカルの水素の状態方程式～, プラズマ・核融合学会誌第

84 卷第 2 号 p.93-99. (査読無し)

5. 生駒大洋, 玄田英典 (2007), 地球の海水の起源, 地学雑誌 116, 196-210. (査読有り)
6. 生駒大洋 (2007), 木星の由来, 科学, 第 77 卷第 2 号, 186-187. (査読無し)

(4) 書籍等

1. 生駒大洋 (2008), 木星型惑星の形成, シリーズ現代の天文学 9 太陽系と惑星 (渡部潤一・井田茂・佐々木晶編, 日本評論社), 6.4 節 (pp. 210-216).

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Ikoma, M. and Hori, Y., Accumulation of hydrogen-rich atmospheres of nebular origin on short-period super-Earths: Implications for Kepler-11 Planets, 1st Kepler Science Conference (NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA. 2011.12.5-9) 「一般」
2. Ikoma, M. Accumulation of Hydrogen-rich atmospheres onto the Earth and exo-Earths, ExoClimes 2010: Exploring the Diversity of Planetary Atmospheres (University of Exeter, Exeter, UK, 2010.9.10) 「一般」
3. Ikoma, M., Orbital Evolution of Planets around Evolving Low- and Intermediate-Mass Stars, The 4th Workshop on Extrasolar Planet Search with Accurate Radial Velocity Measurements (定山溪ビューホテル, 北海道, 2009.10.7) 「招待」
4. Ikoma, M., Accretion of exoplanets atmospheres, International Workshop on “Thermal Models for Planetary Science” (Beaulieu, France, 2008.9.15) 「招待」
5. Ikoma, M. and Genda, H., On the nebular origin of water on the Earth, Goldschmidt conference 2007 (Cologne, Germany. 2007.8.19-24) 「招待」

他 9 回

(2) 国内会議

1. 生駒大洋, 系外惑星科学の新展開: スーパー地球, 日本進化学会 2010 東京大会 (東京工業大学, 2010 年 8 月 5 日) 「招待」
2. 生駒大洋, Composition, Interior Structure, and Evolution of Short-Period Super-Earths and Hot-Neptunes: The Mass-Radius Relationships for Transiting Low-Mass Exoplanets, 第 7 回太陽系外惑星大研究会 (国立天文台三鷹, 2011 年 3 月 9 日) 「招待」
3. 生駒大洋, 巨大惑星の起源と内部構造, 日本惑星科学会 2009 年秋季講演会 (東京大学, 2009 年 9 月 29 日) 「招待」
4. 生駒大洋, D. Valencia, T. Guillot, 短周期スーパー地球の理論的解剖: CoRoT-7b の質量と組成の推定, 日本天文学会 2009 年秋季年会 (山口大学, 2009 年 9

月 16 日)「一般」

5. 生駒大洋, 惑星形成論における高圧下での水素・ヘリウム混合状態方程式の重要性, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 (幕張メッセ, 千葉, 2006 年 5 月 17 日)「招待」

他 7 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 日本惑星科学会学会誌編集委員会委員

(2) 学会等

- ・ 日本惑星科学会総務専門委員会委員
- ・ 日本惑星科学会学会賞選考委員会委員

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 公開講演会『スーパーアースってなに?～巨大地球型惑星の謎にせまる!～』(NPO 法人すみだ学習ガーデン したまち天文学, 墨田区ユートリア・プラネタリウム, 2010 年 6 月 12 日)
- ・ サイエンスカフェ(第 2 回東京国際科学フェスティバル science talk live, WaMuse, 吉祥寺, 2010 年 9 月 26 日)
- ・ カルチャースクール『137 億光年宇宙紀行: スーパーアース』(朝日カルチャースクール新宿校, 2010 年 1 月 30 日)
- ・ 公開講演会『宇宙にある様々な惑星系』(筑波大学, 2009 年 7 月 4 日)
- ・ 出張授業『わたしたちが住んでいるところ』(コート・ダジュール日本語補習授業校, Sophia-Antipolis, France, 2009 年 1 月 31 日)
- ・ カルチャースクール『天文学最前線: 見えてきた系外惑星の姿』(朝日カルチャーセンター横浜校, 2007 年 2 月 17 日)
- ・ 公開講演会『我々の太陽系と別の惑星系』(杉並区立科学館, 2006 年 11 月 4 日)

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

高橋 聡

I. 略歴

氏名： 高橋 聡

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

2006年（平成18年）3月 東北大学地圏環境科学学科 卒業

2008年（平成20年）3月 東北大学理学研究科地学専攻修士課程 修了

2011年（平成23年）3月 東北大学理学研究科地学専攻博士課程 修了

2011年（平成23年）3月 博士（理学）取得（東北大学）

職歴

2006年（平成20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（平成23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. 岩手県北東部，北部北上帯の地質学的研究(平成18年～)

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；高橋ほか投稿準備中)．

2. 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(平成20年～)

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．

(1)ペルム紀三畳紀境界層の研究(岩手県北部，北部北上帯)安家森セクションにおいて放散虫とコノドントの化石を検出し，後期ペルム紀—前期三畳紀と前期三畳紀 Smithian 期の地層セクションを見出した．同セクションの分析により，ペルム紀末の全岩有機炭素量の増加と放散虫化石の極端な減少が同時に起き，Smithian 期では有機炭素量は減少するも放散虫化石数の回復はそれよりも遅れることを明らかにした(Takahashi et al., 2009a)．また，同セクションの連続的な有機炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$)を示し，ペルム紀末大量絶滅時のシグナルである炭素同位体比の減少(2‰)をとらえた．この変動記録には浅海域で報告されてきた嫌気性細菌などの増殖が原因と考えられる $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ の増加がみられず，遠洋域においては大量絶滅期前後も通常の光合成による一次生産が続いていたと考えられる (Takahashi et al., 2010)．さらに，この $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ の減少

とともに硫化物硫黄同位体比が 10%減少することを明らかにし、大量絶滅時の遠洋海域においても硫化水素の大量酸化が起きた可能性を示した(Takahashi et al., in review). さらに、詳細な酸化還元環境の変動記録復元のため、同セクションの元素組成の分析を進行中である。

(2)前期中期三疊紀境界層の研究(愛知県西部, 美濃帯)桃太郎神社セクションの化石年代を、前期三疊紀 Spathian 期から中期三疊紀 Anisian 期に確定した。同セクションの堆積物から可溶性有機物を抽出し、前期三疊紀末に起きた藍藻類の生産量と放散虫の多様性の減少をとまなう無酸素海洋発達の証拠を得た(Takahashi et al., 2009b).

3. ニューゼーランドに位置するペルム紀—三疊紀の深海堆積物の研究(平成 20 年～)

ニューゼーランド北島に分布する南半球高緯度遠洋域ペルム紀—三疊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っている(Hori et al., 2011; Takahashi et al., in review).

3. 特に優れた論文 5 編

1. Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, Noritoshi Suzuki, Kunio Kaiho, Masayuki Ehiro, 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, 2009.

被引用件数 14 回(web of science 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, Masahiro Oba, Kunio Kaiho, Satoshi Yamakita, Susumu Sakata, Panthalassic oceanic anoxia at the end of the Early Triassic: a cause of delay in the recovery of life after the end-Permian mass extinction, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, 274, 185-195, 2009.

被引用件数 6 回(web of science 調べ), 中生代前期三疊紀末の無酸素水塊発達事象の発生を示した先駆的論文である。

3. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Takeshi Kakegawa, A smooth negative shift of organic-carbon isotope ratios at an end-Permian mass extinction horizon in central pelagic Panthalassa, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, 292, 532-539, 2010.

被引用件数 1 回, 深海相古生代中生代境界地層から得られた連続的安定炭素同位体比層序記録としてはじめて報告されたもの。以後の他地域研究によって研究精度の確からしさが確認され, 深海相層序の基準として認識されはじめている。

4. Yuichiro Nishikane, Kunio Kaiho, Satoshi Takahashi, Charles M. Henderson, Noritoshi Suzuki, Mizuho Kanno The Guadalupian–Lopingian boundary (Permian) in a pelagic sequence from Panthalassa recognized by integrated conodont and radiolarian biostratigraphy, *Marine Micropaleontology* 78, 84-95, 2011.

被引用件数 1 回(web of science 調べ), 深海層序ではじめて中期ペルム紀グアダルピアン-ローピンジアン期境界層をコノドント化石によって認定したもの。今後の深海相層序の地質年代基準となる重要な基礎資料となる。

4. 受賞等

- ・ 高橋 聡, 日本古生物学会「日本古生物学会優秀ポスター賞」受賞, 平成 20 年 7 月 4 日
- ・ 高橋 聡, 東北大学青葉理学振興会「平成 21 年度青葉理学振興会奨励賞」受賞, 平成 22 年 3 月 19 日
- ・ 高橋 聡, 日本有機地球化学会 研究奨励賞 (田口賞), 平成 24 年 8 月 22 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釈・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.

小目的: 近年の放射虫化石の研究成果によると, 史上最大の大量絶滅が起きたペルム紀末の高緯度遠洋域における大量絶滅の影響は小さく, その生産量が回復する時期は低緯度海域に比べて 500 万年以上も早い. この大量絶滅が起きた後期ペルム紀末-前期三畳紀とその回復期である前期三畳紀-中期三畳紀の遠洋域の低緯度遠洋域 (日本の深海堆積物) と高緯度遠洋域 (ニュージーランドの深海堆積物) における表層一次生産と海底の溶存酸素の環境変動記録を解明し, 両者の結果を比較して, 2 つの海域の間で大量絶滅の規模と絶滅後の回復開始時期に差が生じた環境要因を明らかにする.

小目的の研究を想定した研究計画

1. 野外地質調査・分析試料採取

日本(北上山地, 西南日本等), ニュージーランド(北島・南島)のペルム系三畳系において調査を行う.

2. コノドント化石の処理・同定→化石年代の決定

堆積物試料の剥離面よりコノドント化石を見出し, 化石年代層序を明らかにする.

3. 堆積性有機物の抽出分析→特定生物の有機分子化石の検出, 環境指標有機物の検出

堆積物サンプルに残された可溶性有機物(ビチュメン)と非可溶性有機物(ケロジェン)を用いて, 海洋表層の一次生産生物に由来した有機分子化石や海底の無酸素環境下で合成された有機物を検出・定量する.

4. 堆積物の元素組成分析→海洋の酸化還元環境の解明

堆積物の多量・微量の元素組成を分析する(XRF・ICPMS分析).

5. 堆積物中元素の同位体比分析→海洋の還元環境の発達範囲の規模の解明

堆積物から抽出した微量元素(モリブデン, ウラン)の安定同位体比組成を分析する(MC-ICPMS分析). 得られた値より, 現在の海洋に比べて貧酸素あるいは還元的海洋が海洋底の何割を占めていたのか明らかにする.

6. 低緯度-高緯度遠洋域における環境変動の比較検討→海洋の大量絶滅と回復の遅れの要因の解明

得られた分析データをもとに, 低緯度遠洋域と高緯度遠洋域の後期ペルム紀末-

前期三畳紀において、海洋表層環境の変動を反映すると予想される、主要一次生産生物を特定し、その変動時期と持続期間を解明する。また、海底における無酸素海洋の発達時期と持続期間とその規模を明らかにする。得られた海洋環境データを、化石年代と炭素同位体比変動曲線を用いて同時間軸に対比し、低緯度域に起きて高緯度域に生じなかった環境異変や、各海域の海洋環境の広がり解明し、海洋生物の大量絶滅と回復の遅れの環境要因を明らかにする。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 日本学術振興会科学研究補助金 (DC1), パンサラッサ海遠洋域におけるペルム紀末～前期三畳紀の海洋環境変動の研究, 平成20年4月-平成23年3月, 1,800千円
- ・ 日本学術振興会科学研究補助金 (若手スタートアップ), 史上最大の大量絶滅時に発生した還元的海洋の発達規模の解明平成23年10月-平成24年3月, 3,250千円
- ・ 日本学術振興会科学研究費補助金 (若手研究B), 低緯度・中緯度遠洋域における史上最大の大量絶滅発生時とその回復過程の環境変動 平成24年4月-平成26年, 2,210千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ Satoshi Takahashi, Financial support for Ph.D. student award, 700 Australia dollars, IGCP 572, 4 June 2011.
- ・ 高橋 聡 藤原ナチュラルヒストリー振興財団第20回学術研究助成 750千円, 平成24年4月-平成25年3月

(5) その他

- ・ 高橋聡, 組織的若手研究者支援プログラム (ニュージーランド核科学研究所滞在研究), 平成23年2月-5月

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. 鈴木 紀毅・山北 聡・高橋 聡・永広 昌之, 北部北上帯(葛巻-釜石亜帯)大鳥層中の炭酸マンガノジュールより産出した中期ジュラ紀放射虫化石, 地質学雑誌, 日本地質学会, 113号, 247-277, 2007.
2. 永広 昌之・山北 聡・高橋 聡・鈴木 紀毅, 安家-久慈地域の北部北上帯ジュラ紀付加体, 地質学雑誌, 日本地質学会, 114号, 121-139, 2008.
3. Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, Noritoshi Suzuki, Kunio Kaiho, Masayuki Ehiro, 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, 2009.

4. Satoshi Takahashi, Masahiro Oba, Kunio Kaiho, Satoshi Yamakita, Susumu Sakata, Panthalassic oceanic anoxia at the end of the Early Triassic: a cause of delay in the recovery of life after the end-Permian mass extinction, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, 274, 185-195, 2009.
 5. Masahiro Oba, Masahiro Nakamura, Yoshihiko Fukuda, Masatoshi Katabuchi, Satoshi Takahashi, Masataka Haikawa, Kunio Kaiho, Benzohopanes and diaromatic 8(14)-secohopanooids in some Late Permian carbonates. *Geochemical Journal*, The Geochemical Society of Japan, 43, 29-35, 2009.
 6. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Takeshi Kakegawa, A smooth negative shift of organic-carbon isotope ratios at an end-Permian mass extinction horizon in central pelagic Panthalassa, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, 292, 532-539, 2010.
 7. Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Satoshi Takahashi, Yoshihiko Fukuda, Seiji Koga, Zhong-Qiang, Chen, Satoshi Yamakita, An abrupt decrease in atmospheric oxygen by massive release of hydrogen sulfide during the end-Permian mass extinction. *Journal of Earth Science* 21, Special Issue, 141-142, 2010.
 8. Yuichiro Nishikane, Kunio Kaiho, Satoshi Takahashi, Charles M. Henderson, Noritoshi Suzuki, Mizuho Kanno The Guadalupian–Lopingian boundary (Permian) in a pelagic sequence from Panthalassa recognized by integrated conodont and radiolarian biostratigraphy, *Marine Micropaleontology* 78, 84-95, 2011.
 9. Rie S. Hori, Satoshi Yamakita, Minoru Ikehara, Kazuo Kodama, Yoshiaki Aita, Toyosaburo Sakai, Atsushi Takemura, Yoshihito Kamata, Noritoshi Suzuki, Satoshi Takahashi, K. Bernhard Spörli, Jack A. Grant-Mackie, Early Triassic (Induan) Radiolaria and carbon-isotope ratios of a deep-sea sequence from Waiheke Island, North Island, New Zealand, *Palaeoworld* 20, 2011, 168-178.
 10. Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Yoshihiko Fukuda, Kosuke Ito, Shun Ariyoshi, Paul Gorjan, Yuqing Riu, Satoshi Takahashi, Zhong-Qiang Chen, Jinnan Tong, Satoshi Yamakita, 2012 in press, Changes in depth-transect redox conditions spanning the end-Permian mass extinction and their impact on the marine extinction: Evidence from biomarkers and sulfur isotopes. *Global and Planetary Change*, in press.
 11. Ryosuke Saito, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Satoshi Takahashi, Zhong-Qiang Chen, Jinnan Tong, A terrestrial vegetation turnover in the middle of the Early Triassic, *Global and Planetary Change*, in press.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Takeshi Kakegawa, A smooth negative shift of organic-carbon isotope ratios at an end-Permian mass extinction horizon in central pelagic Panthalassa, *Journal of Earth Science* 21, Special Issue, 165-166, 2010.
- (3) レビュー論文・総説
1. 高橋 聡・永広 昌之・鈴木 紀毅, 岩泉町安家西方地域のジュラ紀付加複合体, 北部北上帯の地質(概報), 岩手の地学, 岩手県地学教育研究会, 35-36号, 65-70, 2006. 査読なし
 2. 高橋 聡・山北 聡・鈴木 紀毅・海保 邦夫・永広 昌之, ペルム紀末大量絶滅事変: 北部北上帯で確認されたペルム紀/三疊紀境界層の意義, 岩手の地学, 岩手県地学教育研究会, 39号, 1-11, 2009. 査読無し
- (4) 書籍等

1. 高橋 聡・鈴木 紀毅, コノドント:5.4 深海地層の年代を求めて, In: 谷村好洋・辻 章洋 (編著), 微化石 顕微鏡で見るプランクトン化石の世界, 国立科学博物館叢書 13, 東海大学出版会, 273-275.
2. 高橋 聡・鈴木 紀毅・西金裕一郎, 4.1.6 コノドント, In: 谷村好洋・辻 章洋 (編著), 微化石 顕微鏡で見るプランクトン化石の世界, 国立科学博物館叢書 13, 東海大学出版会, 125-133.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Takeshi Kakegawa, A smooth negative shift of organic-carbon isotope ratios at an end-Permian mass extinction horizon in central pelagic Panthalassa, International Geobiology Conference, Wuhan, China, June, 2010. (口頭発表 査読あり, 一般講演)
2. Satoshi Takahashi, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Satoshi Yamakita, Noritoshi Suzuki, Masayuki Ehiro, Takeshi Kakegawa, Shin-ichi Yamasaki, Yasumasa Ogawa, Kazuhiko Kimura, Takahiro Watanabe, Takeyoshi Yoshida, Noriyoshi Tsuchiya, Paleontological and Geochemical Studies of the Latest Permian-Early Triassic Deep-Sea Sedimentary Rocks, B3-06, G-COE symposium 2012 Achievements of GCOE Program for Earth and Planetary Dynamics and the Future Perspective, Sendai, Japan, 27 September, 2012 (口頭発表, 査読無し 招待講演)

ほか一般講演 15 件

(2) 国内会議

1. 高橋 聡・海保 邦夫・山北聡・大庭 雅寛・掛川 武・渡邊 隆広・山崎 慎一・小川 泰正・木村 和彦・土屋 範芳・吉田 武義・坂田 将・鈴木 紀毅・永広 昌之, ペルム紀末の大量絶滅とその回復期の遠洋環境の復元, 1D13(Invited)日本地球化学会, 北海道大学, 札幌, 2011年9月, (口頭発表, 査読無し, 招待講演).
2. 高橋 聡, 北部北上山地におけるペルム紀/三疊紀境界層の研究成果, 地学団体研究会第65回総会学術シンポジウム「東北地方の地質の到達点」, 弘前大学, 弘前, 2011年8月, (口頭発表, 査読無し, 招待講演).

ほか一般講演 60 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 日本地質学会選挙管理委員，平成 23 年 4 月-平成 24 年 3 月

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

(1) 貢献活動

- ・ 岩手県立博物館にペルム紀三疊紀境界層の研磨標本を寄贈(県土の誕生コーナーに展示)，2009 年 6 月
- ・ 岩手県立博物館第 59 回地質観察会講師，2010 年 7 月 4 日
- ・ 交詢社地球環境研究会講師，2011 年 6 月 2 日
- ・ 大柏小学校キャリアアップ授業，2011 年 2 月 9 日
- ・ 諏訪台中学校キャリアアップ授業，2012 年 6 月 30 日
- ・ 奈良市北部会館虹のコンサート講師，2012 年 10 月 13 日

(2) メディア掲載記事

- ・ 生物大絶滅時の地層を岩泉で確認 東北大のチーム，岩手日報，2 月 7 日日刊 1 面トップ
- ・ 地層研究の成果発表 北上出身の高橋さん，岩手日報，2 月 8 日 20 面
- ・ 生物大絶滅探る鍵 研究の高橋さんに聞く，岩手日報（夕刊） 2 月 16 日 4 面
- ・ 生物大絶滅期の地層確認，朝日新聞宮城県版朝刊，3 月 14 日 12 面トップ
- ・ 太古の東北 海に爬虫類，朝日新聞朝刊，2011 年 9 月 19 日

1 2. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

玄田 英典

I. 略歴

氏名： 玄田 英典

現職： 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

学歴

1999年（平成11年）3月 慶應義塾大学物理学科 卒業

2001年（平成13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

2004年（平成16年）3月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程 修了

2004年（平成16年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2004年（平成16年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD 東京工業大学地球惑星科学専攻

2007年（平成19年）4月 東京工業大学理工学系研究科地球惑星科学専攻 COE 研究員 (PD)

2008年（平成20年）4月 東京工業大学理工学系研究科地球惑星科学専攻 COE 特任助教

2009年（平成21年）10月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 GCOE 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

惑星の特徴や多様性がいかにしてつくられたのかを明らかにしたいと考え、これまで研究を行ってきた。現在までに、地球の水の起源に関する研究（平成18～19年）、惑星形成・天体衝突に関する研究（平成20年～）、惑星のハビタビリティに関する研究（平成21年～）などを行ってきた。

地球の水の起源に関する研究

惑星重力によって捕獲したネビュラ大気から水が生成されるという地球への新しい水供給プロセスを提案した。この研究によって、現在の地球にもネビュラ起源の大量の水が容易に作られるということと、系外の地球型惑星にも、大量の水が存在する可能性が高いことが初めて定量的に示された。また、形成直後の地球の海の D/H が同位体交換や散逸によって上昇することを初めて示した。この研究により、地球の海の D/H が 46 億年間変化しないことを暗黙の了解としてきたこれまでの一連の研究を再評価する必要性が出てきた。

惑星形成・天体衝突に関する研究

天体衝突現象は惑星形成において基本的なプロセスであり、その激しい現象ゆえに、惑星そのものの特徴や多様性を作るうるプロセスである。天体衝突コードを自ら作成し、これまでにさまざまな問題に取り組んできた。その一つに、地球型惑星形成の最

終ステージで頻繁におこる巨大天体衝突に関する研究である。原始惑星同士の衝突は、必ずしも合体するとはかぎらないことを初めて示した。また、衝突実験グループとの共同研究で、タイタン大気の起源に関する研究も行い、*Nature Geoscience* で発表した。

惑星のハビタビリティに関する研究

これまでに太陽系外の惑星が沢山発見されてきている。いずれ、地球のように海をもち、生命を宿す太陽系外の惑星が発見されるかもしれない。しかしながら、地球サイズの惑星が、必ずしも、地球と同じような量の海や表層環境を持っているとは限らない。そこで、そのような地球とは条件が微妙に異なる惑星のハビタビリティに関する研究を、大気大循環モデルや、簡単な解析モデルを用いて研究を行っている。

3. 特に優れた論文5編

1. Genda, H., and Y. Abe (2003) Survival of a proto-atmosphere through the stage of giant impacts: the mechanical aspects, *Icarus*, 164, 149-162

被引用数 37. *Nature* の News and Views で紹介された

2. Genda, H., and Y. Abe (2005) Enhanced atmospheric loss on protoplanets at the giant impact phase in the presence of oceans, *Nature*, 433, 842-844.

Nature 誌での発表

3. Genda, H., and M. Ikoma (2008) Origin of the ocean on the Earth: Early evolution of water D/H in a hydrogen-rich atmosphere, *Icarus*, 194, 42-52.

海の起源として革新的な研究

4. Sekine, Y., H. Genda, S. Sugita, T. Kadono, and T. Matsui (2011) Replacement and late formation of atmospheric N₂ on undifferentiated Titan by impacts, *Nature Geoscience*, 4, 359-362.

Nature Geoscience 誌での発表

5. Genda, H., E. Kokubo, and S. Ida, Merging Criteria for Giant Impacts of Protoplanets. *Astrophysical Journal* 744, 137(8pp) (2012).

巨大天体衝突における革新的な研究

4. 受賞等

- ・ 玄田英典, 最優秀発表賞, 日本惑星科学会, 2003年10月9日

5. 研究の将来計画

太陽系の地球以外の惑星を調べることで地球の特徴を深く理解するという「比較惑星学」という考え方を、系外惑星にまで拡張し、地球についてさらに深く理解するという「系外比較惑星学」を展開していきたい。この研究を通じて、地球の特殊性・一般性を明らかにし、最終的には「なぜ生命が地球上に発生し、進化できたのか」という問いの答えを明らかにしたいと考えている。そのためには、我々が一番よく知っ

ている地球から系外惑星までの広い分野をカバーする学際的な研究を進めることが必須であると考えている。

近年、系外惑星の観測が量的にも質的にも飛躍的に進展していることを受けて、私は、系外惑星の特徴を多次的に理解したいと考えている。特に惑星形成時に必然的に起こる天体衝突に注目する。天体衝突は、惑星の様々な特徴（惑星の個数、サイズ、組成、自転速度、衛星の有無、大気組成、など）を決定づける重要なプロセスである。そこで、私がこれまでに作成してきた惑星形成ハイブリッドコードを系外惑星系に応用することを計画している。惑星の軌道要素や質量だけでなく、惑星の密度・組成の特徴や、将来的に観測可能な様々な特徴（大気量・組成、自転、衛星の有無など）も含めて系外惑星系の議論を多次的に展開する。このような検討を通して最終的には、地球という惑星の特徴が、必然的に作られたものなのか、偶然に作られたものなのかを理解することが可能となる。

同様に、ハビタブル惑星の形成条件についても検討していきたい。地球を詳細に検討していき、生命が発生し進化するために必要であった決定的な条件を抽出する。そして、そのような条件が、系外惑星系でどのような確率で満たされるのかを明らかにする。例えば、最近の地球史の研究から、極めて少ない絶妙な量の水が地球の生命の発生と進化にとって重要であったということがわかってきている。現在の惑星形成理論では、地球型惑星に供給される水量には相当のバラエティーがありそうだといいところまでは定性的にわかっているが、それを定量的に明らかにする必要がある。そのためには、水供給プロセスを考慮した惑星形成モデルを構築し、系外惑星系で考えられる様々なパラメータ（巨大ガス惑星の位置や質量など）で水の供給量の確率分布を求める必要がある。

また、初期1億年の惑星形成史とその後45億年の地球史をリンクする研究もやりたい。野望としては、時間軸を対数でとって、地球形成から現在までの統一的な地球の理解をしたい。現在、私は地球型惑星形成の最終ステージで必然的にかつ頻繁に起こったとされる巨大天体衝突で大量にばらまかれた物質が、地球の様々な特徴（円軌道・レイトベニア・初期還元大気）を説明するのではないかというアイデアを検討している。この研究は、天文学、惑星科学、地球化学、地質学などを専門とする研究者らと議論して生まれた惑星形成史と地球史をリンクする1例であるが、このような分野横断的な研究をさらに進めることを計画している。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 特別研究員奨励費 PD, 地球型惑星の大気形成：惑星形成過程における混合大気の寄与, 平成 16～18 年度, 3,400 千円
- ・ 若手研究(B), 衝突過程を考慮した地球型惑星形成の研究, 平成 20～21 年度, 2,700 千円
- ・ 若手研究(B), GPU を用いた衝突計算コードの開発, 平成 22 年～平成 23 年度, 2,000 千円

(2) 共同研究

- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Genda, H., and M. Ikoma (2008) Origin of the ocean on the Earth: Early evolution of water D/H in a hydrogen-rich atmosphere, *Icarus*, 194, 42–52.
2. Ikoma, M., T. Guillot, H. Genda, T. Tanigawa, and S. Ida (2006) On the origin of HD149026b, *The Astrophysical Journal*, 650, 1150–1159.
3. Genda, H., and M. Ikoma (2008) Origin of the ocean on the Earth: Early evolution of water D/H in a hydrogen-rich atmosphere, *Icarus*, 194, 42–52.
4. Genda, H., M. Ikoma, T. Guillot, and S. Ida (2008) Formation of heavy element rich giant planets by giant impacts, In: Sun, Y.-S., Ferraz-Mello, S. and Zhou, J.-L. (Eds), *Exoplanets: Detection, Formation and Dynamics*, IAU Symposium No. 249, 267-270.
5. Fukuzaki, S., Y. Sekine, H. Genda, S. Sugita, T. Kadono, and T. Matsui (2010) Impact-induced N₂ production from ammonium sulfate: Implications for the origin and evolution of N₂ in Titan's atmosphere, *Icarus*, 209, 715-722.
6. Kokubo, E., and H. Genda (2010) Formation of terrestrial planets from protoplanets under a realistic accretion condition, *The Astrophysical Journal Letter*, 714, L21-L25.
7. Sekine, Y., H. Genda, S. Sugita, T. Kadono, and T. Matsui (2011) Replacement and late formation of atmospheric N₂ on undifferentiated Titan by impacts, *Nature Geoscience*, 4, 359-362.
8. Hong, P. K., S. Sugita, N. Okamura, Y. Sekine, H. Terada, N. Takatoh, Y. Hayano, T. Fuse, T. Pyo, H. Kawakita, D. H. Wooden, E. F. Young, P. G. Lucey, K. Kurosawa, H. Genda, J. Haruyama, R. Furusho, T. Kadono, R. Nakamura, S. Kamata, T. Hamura, T. Sekiguchi, M. Soma, H. Noda, and J. Watanabe (2011) A ground-based observation of the LCROSS impact events using the Subaru Telescope, *Icarus*, 214, 21-29.
9. Sekine, Y., and H. Genda (2012) Giant impacts in the Saturnian System: A possible origin of diversity in the inner mid-sized satellites, *Planetary and Space Science*, 63-64, 133-138.
10. Genda, H., E. Kokubo, and S. Ida, Merging Criteria for Giant Impacts of Protoplanets. *Astrophysical Journal* 744, 137(8pp) (2012).

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

1. 生駒大洋, 玄田英典 (2007) 地球の海水の起源, *地学雑誌*, 116, 196–210. (査読有)
2. 倉本圭, 玄田英典, 荒井朋子, 岡田達明, 杉田精司 (2007) 月の熱進化の謎, *遊星人*, 16, 197–207. (査読有)
3. 玄田英典 (2010) 徹底比較! 月の起源, *遊星人*, 13, 94-98. (査読有)

(4) 書籍等

1. 玄田英典 (2008) 大気の起源 (第 6 章 5 節), シリーズ現代の天文学 第 9 巻 「太陽系と惑星」, 渡部潤一 他編, 日本評論社 (2008).

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Genda, H., Giant impacts and terrestrial planet formation, Asia Oceania Geosciences Society 6th Annual Meeting, Suntec, Singapore, 2009. 「招待」
2. Genda, H., and M. Ikoma, Nebular origin of water on Earth - Impact origin of water, Origins of Water Workshop, Hawaii, February, 2008. 「招待」

他 24 回

(2) 国内会議

1. 玄田英典, 『水の取り込み』, 第 6 回 宇宙における生命の総合的考察とその研究戦略, 高等研究所, 2011 年. 「招待」
2. 玄田英典, 『月形成衝突のレビュー』, 衝突研究会, 北海道大学低温科学研究所, 2011 年. 「招待」
3. 玄田英典, 『ハビタブルプラネットの形成と進化』, 天文・天体物理若手夏の学校, 愛知県西浦温泉, 2011 年. 「招待」
4. 玄田英典, 『太陽組成大気の捕獲と水の散逸』, 第 4 回 宇宙における生命の総合的考察とその研究戦略, 高等研究所, 2010 年. 「招待」
5. 玄田英典, 『徹底比較! 月の起源』, RISE 研究会, 国立天文台, 2010 年. 「招待」
6. 玄田英典, 『巨大天体衝突による月の生成』, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2009 年. 「招待」
7. 玄田英典, 『太陽系の惑星形成に関するレビューと未解決問題』, 第 21 回理論天文学宇宙物理学懇談会シンポジウム, 国立天文台 (三鷹), 2009 年「招待」

他 33 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 玄田英典，一般講演，太陽系と惑星系の形成，戸田市市民大学「天文」～宇宙の謎にせまる～，2009年12月
- ・ 玄田英典，取材協力，NHK BSプレミアム，番組「コズミックフロント」3話分，2011年

1 2. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

茂木 信宏

I. 略歴

氏名： 茂木 信宏 (もてき のぶひろ)

現職： 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

学歴

2003年(平成15年)3月 東京工業大学第一類(理学部)化学科 卒業

2005年(平成17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(平成20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(平成20年)3月 理学博士(東京大学)

職歴

2005年(平成17年)4月 日本学術振興会特別研究員 DC1 (平成20年3月まで)

2008年(平成20年)4月-平成23年3月 東京大学・先端科学技術研究センター・地球大気
環境科学分野 助教

2011年(平成23年)4月 東京大学大学院・理学系研究科・地球惑星科学専攻・地球惑星
システム科学講座 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

1. 大気エアロゾルの計測・地球大気環境の理解 (論文 2, 7, 8, 9~23)

地球大気のエアロゾル(固体・液体の浮遊微粒子)の濃度, またサイズ分布・組成・混合状態について, 観測的手法により明らかにしてきた(論文 7, 9~23). 大気中のエアロゾルは非常に複雑な計測対象であるので, 如何なる測定原理でも複雑な要因による系統誤差が伴う. 私は大気エアロゾルの測定原理の理論的・実験的な誤差評価も精力的に行なってきた(論文 2, 8). 近年, 化石燃料やバイオマスの燃焼で放出される黒色炭素エアロゾルはメタンに匹敵する正の放射強制力をもつと推定されており, 大気中におけるその実態の詳細な理解が気候変動予測の観点から必要とされている. 私は特に, 近年世界的に広まりつつあるレーザー誘起白熱・光散乱法という新しい黒色炭素エアロゾルの測定原理について, 系統誤差の要因とその大きさを理論・実験によって先駆的に明らかにしてきた(論文 2, 8). またその測定原理を用いた地上・航空機観測を東アジア域・北アメリカ域・北極域にて行い, これまでに観測例のない詳細な黒色炭素エアロゾルのサイズ分布・混合状態の実態や, その変容過程を明らかにしてきた(論文 9,10). また, これらの観測データで新しいエアロゾル動力学過程を組み込んだ大気環境モデルの検証もしてきた(論文 16).

2. 微粒子の光学 (論文 1, 3, 5, 6)

微粒子の光学的特性を理論・数値計算・実験によって解明し、微粒子計測のための新原理の開拓を行ってきた。これまでの主な成果として、レーザー中で蒸発する粒子の光散乱特性を評価する方法の発明・実験的検証(論文 6)、粒子の屈折率を測定する方法の発明・実験的検証(論文 3)、微粒子から放出される熱輻射光の方位依存性・偏光状態の解明(論文 1, 5)が挙げられる。

量子論の黎明期に導入された古典的なキルヒホッフの法則では、熱輻射の波長よりも十分に大きな物体についてしか、「吸収率＝射出率」の等式は保証されていない。その後 Rytov (1953)により、波長と物体の大きさの大小関係によらず「吸収率＝射出率」が演繹される一般化キルヒホッフの理論が、古典電磁気学と揺動散逸定理に基づいて構築された。理論の構築以来 60 年近くに渡り、一般化キルヒホッフの理論が波長よりも十分大きくはない物体に対して成立するかどうか、という自明でない命題を、実験的に確かめた研究は報告されていなかった。私は、現在の大气物質科学の発展に必須なエアロゾルの物理計測の高度化・多様化の潮流の中で、波長よりも小さな物体についての一般化キルヒホッフの理論の実験的検証が重要であることに気づいた。そして数年の準備期間の後、検証実験に成功し肯定的な結論をだした。一般化キルヒホッフの理論が検証された今、微粒子から放出される熱輻射光の方位別偏光状態の測定から、粒子の形状を推定することが可能になる。これはエアロゾルの物理計測として世界的に革新的でかつ実用性も期待できる原理であり、自身のこれまで研究成果の中では最も長期的波及効果があると思われる(論文 1)。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Moteki, N., N. Takegawa, K. Koizumi, T. Nakamura, and Y. Kondo, Multi-angle polarimetry of thermal emission and light scattering by individual particles in airflow, *Aerosol Science and Technology*, 45, 1184-1198, 2011. 被引用回数 0.

微粒子の熱輻射光の方位依存性・偏光状態に関する基礎理論の検証実験に世界で初めて成功した。微粒子の光計測や放射伝達について本質的かつ独創的な仕事と考えている。

2. Moteki, N., and Y. Kondo, Dependence of laser-induced incandescence on physical properties of black carbon aerosols: Measurements and theoretical interpretation, *Aerosol Science and Technology*, 44, 663-675, 2010. 被引用回数 26.

黒色炭素エアロゾルのレーザー計測法の基礎理論を見直し、それを実験によって検証し、系統誤差の要因とそれを低減する方法を初めて明らかにした。

3. Moteki, N., and Y. Kondo, Method to measure time-dependent scattering cross section of particles evaporating in a laser beam, *Journal of Aerosol Science*, 39, 348-364, 2008. 被引用回数 17.

微粒子のレーザー計測において、粒子がレーザー中で光吸収し蒸発する場合について、レーザー中におけるエアロゾルの散乱断面積の時間変化を測定するアルゴリズムを提唱し、か

つ実験的に検証した。このアルゴリズムにより、黒色炭素粒子の揮発性成分の被覆量をレーザー計測できるようになった。

4. Moteki, N., Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, Y. Komazaki, G. Kurata, T. Shirai, D. R. Blake, T. Miyakawa, and M. Koike, Evolution of mixing state of black carbon particles: Aircraft measurement over the western Pacific in March 2004, *Geophysical Research Letters*, 34, L11803, doi:10.1029/2006GL028943, 2007. 被引用回数 51.

黒色炭素エアロゾルの他の成分による被覆の進行速度を、初めて観測的に明らかにした。この観測結果は領域モデル・全球気候モデルにおける黒色炭素エアロゾルの除去過程のパラメタリゼーションに利用されている。

5. Moteki, N., and Y. Kondo, Effects of mixing state on black carbon measurements by laser-induced incandescence, *Aerosol Science and Technology*, 41, 398-417, 2007. 被引用回数 61.

世界に先駆けて黒色炭素エアロゾルのレーザー計測法の基礎実験と理論モデリングを行った仕事。

被引用回数は 2012 年 10 月 15 日現在 google scholar によるもの。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

自らが当面精力を注ぐテーマは「微粒子の光学特性」に関わる問題に重点を置きたいと考えている。微粒子の光学特性のテーマは大気環境科学分野だけではなく、天文学、工学、医学にも関わる一般的なニーズがある。私はこれまで、微粒子の光学特性に関わる論文をいくつか出版してきたが、その過程で本質的な未解決問題を明確にすることができた。それは下記の 2 つの課題である。まず 1 つ目の課題は、非球形粒子の光学計算の精度保証である。大気中のエアロゾルは一般に非常にいびつな形をした非球形であり、光学的な測定や放射効果の見積もりのためには精度の保証された非球形粒子の光学計算法が必要不可欠である。一般の形状の非球形粒子の電磁波の散乱・吸収特性を計算する理論的方法で、一般性の高いものは **Volume Integral Equation Method(VIEM)** である。VIEM は、粒子体積内の場を入射場と無矛盾な積分方程式の数値解として求める方法である。VIEM の現状の問題の一つは、吸収性の強い粒子では計算精度が実用的に問題となる程度に悪化することである。近年この問題を改善するために、数値的に離散化した粒子の体積素片の光学応答理論を改良する試みがなされているが、有効性が証明されているのは球形粒子の場合に限定されている。さらに、VIEM のもう一つの問題として、表面積/体積の比が大きいいびつな形状の粒子の場合、離散体積素片の光学応答が表面付近で異なることの影響が大きくなり精度が悪化するということである。近年、表面付近の体積素片の光学応答を改善する試みがなされ

ているが、その有効性の検証はまだ特殊な場合にとどまっている。このように、形状がいびつなほど、また吸収が強いほど、精度が悪化してしまう傾向がある。大気中には、鉱物粒子、ブラックカーボン、氷雲（赤外では強い吸収を示す）など、そのような条件に該当する粒子が非常に多く存在する。VIEMの理論的基礎を見直し、与えられた条件下での計算精度を保証する方法を発展させたい。このためには精度保証数値計算の理論がこれまでにない新しい強力なツールの一つとなると考えている。次に2つ目の課題は、非球形微粒子の複素屈折率の測定である。エアロゾルの放射影響を計算したり、リモートセンシングでエアロゾルを計測したり、レーザーで個々のエアロゾルを直接検出して粒子径等を測定するためには、エアロゾルの屈折率の値を仮定する必要がある。特にブラックカーボンや鉱物粒子などの吸収性粒子においては、その複素屈折率の仮定値に依存してその気候影響（放射強制力）の大きな影響（最大で数倍程度の違い）を及ぼす。しかし現在用いられている吸収性粒子の複素屈折率の値は誤差評価法が明らかでない実験法によって得られた値であり、文献によって値のばらつきが非常に大きいという問題がある。これは、吸収性エアロゾルによる気候変動が提唱されてから現在まで数十年解決できていない問題である。現在まで、吸収性の微粒子の複素屈折率を誤差評価付きで測定する実験法は現在のところまだ提示されていない。私は、レーザー光の散乱・吸収の測定結果を微粒子の光学理論で解釈する方法によって、吸収性の非球形微粒子の屈折率を波長ごとに誤差評価可能な方法で測定する実験アイデアをもっている。これが実現できれば、世界初の精度の保証された非球形吸収性粒子（鉱物粒子やブラックカーボンも含める）の標準的屈折率測定法を確立することができる。この方法に必要な光学理論は1つ目の課題の研究成果に依存するので、まず課題1、次に課題2の順で解決してゆく方針である。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手研究（スタートアップ）、白熱偏光を用いた煤粒子の形状測定法の開発、2008年度～2009年度、総額 3,081 千円
- ・ 若手研究(B)、熱輻射光の方位・偏光特性による黒色炭素粒子の形状推定法の開発、2010年度～2011年度、総額 4,420 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

(筆頭)

1. Moteki, N., N. Takegawa, K. Koizumi, T. Nakamura, and Y. Kondo, Multi-angle polarimetry of thermal emission and light scattering by individual particles in airflow, *Aerosol Science and Technology*, 45, 1184-1198, 2011.
2. Moteki, N., and Y. Kondo, Dependence of laser-induced incandescence on physical properties of black carbon aerosols: Measurements and theoretical interpretation, *Aerosol Science and Technology*, 44, 663-675, 2010.
3. Moteki, N., Y. Kondo, and S. Nakamura, Method to measure refractive indices of small nonspherical particles: Application to black carbon particles, *Journal of Aerosol Science*, 41, 513-521, 2010.
4. Moteki, N., Y. Kondo, T. Nakayama, K. Kita, L. K. Sahu, T. Ishigai, T. Kinase, Y. Matsumi, Radiative transfer modeling of filter-based measurements of light absorption by particles: Importance of particle size dependent penetration depth, *Journal of Aerosol Science*, 41, 401-412, 2010.
5. Moteki, N., Y. Kondo, N. Takegawa, and S. Nakamura, Directional dependence of thermal emission from nonspherical carbon particles, *Journal of Aerosol Science*, 40, 790-801, 2009.
6. Moteki, N., and Y. Kondo, Method to measure time-dependent scattering cross section of particles evaporating in a laser beam, *Journal of Aerosol Science*, 39, 348-364, 2008.
7. Moteki, N., Y. Kondo, Y. Miyazaki, N. Takegawa, Y. Komazaki, G. Kurata, T. Shirai, D. R. Blake, T. Miyakawa, and M. Koike, Evolution of mixing state of black carbon particles: Aircraft measurement over the western Pacific in March 2004, *Geophysical Research Letters*, 34, L11803, doi:10.1029/2006GL028943, 2007.
8. Moteki, N., and Y. Kondo, Effects of mixing state on black carbon measurements by laser-induced incandescence, *Aerosol Science and Technology*, 41, 398-417, 2007.

(共著)

9. Ohata, S., N. Moteki, Y. Kondo, Evaluation of a method for measurement of the concentration and size distribution of black carbon particles suspended in rainwater, *Aerosol Science and Technology*, 45, 1326-1336, 2011.
10. McNaughton, C. S., A. D. Clarke, S. Freitag, V. N. Kapustin, Y. Kondo, N. Moteki, ... and C. A. Brock, Absorbing aerosol in the troposphere of the Western Arctic during the 2008 ARCTAS/ARCPAC airborne field campaigns. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 7561-7582, 2011.
11. Kondo, Y., H. Matsui, N. Moteki, L. Sahu, N. Takegawa, Y. Zhao, M. J. Cubison, J. L. Jimenez, S. Vay, G. S. Diskin, B. Anderson, A. Wisthaler, T. Mikoviny, H. E. Fuelberg, D. R. Blake, G. Huey, A. J. Weinheimer, D. Knapp, and H. Brune, Emissions of black carbon, organic, and inorganic aerosols from biomass burning in North America and Asia 2008, *Journal of Geophysical Research*, 116, D08204, doi:10.1029/2010JD015152, 2011.
12. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, D. R. Blake, A. Wisthaler, and M. Koike, Seasonal variation of the transport of black carbon aerosol from the Asian continent to the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign, *Journal of Geophysical Research*, 116, D05202, doi:10.1029/2010JD015067, 2011.
13. Kondo, Y., L. Sahu, N. Moteki, F. Khan, N. Takegawa, X. Liu, M. Koike, and T. Miyakawa, Consistency and traceability of black carbon measurements made by

- laser-induced incandescence, thermal-optical transmittance, and filter-based photo-absorption techniques, *Aerosol Science and Technology*, 45, 295-312, 2011.
14. Nakayama, T., R. Hagino, Y. Matsumi, Y. Sakamoto, M. Kawasaki, A. Yamazaki, A. Uchiyama, R. Kudo, N. Moteki, Y. Kondo and K. Tonokura, Measurements of aerosol optical properties in the central Tokyo during summertime using cavity ring-down spectroscopy: Comparison with conventional techniques, *Atmos. Environ.*, 44, 3034-3042, 2010.
 15. Nakayama, T., Y. Kondo, N. Moteki, L. K. Sahu, T. Kinase, K. Kita, Y. Matsumi, Size-dependent correction factors for absorption measurements using filter-based photometers: PSAP and COSMOS, *Journal of Aerosol Science*, 41, 333-343, 2010.
 16. Kondo, Y. L. Sahu, M. Kuwata, Y. Miyazaki, N. Takegawa, N. Moteki, J. Imaru, S. Han, T. Nakayama, N. T. Kim Oanh, M. Hu, Y. J. Kim, K. Kita, Stabilization of the mass absorption cross section of black carbon for filter-based absorption photometry by the use of a heated inlet, *Aerosol Science and Technology*, 43, 741-756, 2009.
 17. Koch, D. Schulz, M. Kinne, S., McNaughton, C., Spackman, J. R., Balkanski, Y., Bauer, S., Berntsen, T., Bond, T. C., Boucher, O., Chin, M., Clarke, A., de Luca, N., Dentener, F., Diehl, T., Dubovik, O., Easter, R., Fahey, D. W., Feichter, J., Fillmore, D., Freitag, S., Ghan, S., Ginoux, P., Gong, S., Horowitz, L., Iversen, T., Kirkevåg, A., Klimont, Z., Kondo, Y., Krol, M., Liu, X., Miller, R., Montanaro, V., Moteki, N., Myhre, G., Penner, J. E., Perlwitz, J., Pitari, G., Reddy, S., Sahu, L., Sakamoto, H., Schuster, G., Schwarz, J. P., Seland, Ø., Stier, P., Takegawa, N., Takemura, T., Textor, C., van Aardenne, J. A., Zhao, Y., Evaluation of black carbon estimations in global models, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 2009, 9001-9026, 2009.
 18. Oshima, N., M. Koike, Y. Zhang, Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, and Y. Miyazaki, Aging of black carbon in outflow from anthropogenic sources using a mixing state resolved model: Model development and evaluation, *Journal of Geophysical Research*, 114, D06210, doi:10.1029/2008JD010680, 2009.
 19. Shiraiwa, M., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, A. Takami, S. Hatakeyama, S. Yonemura, and D. R. Blake, Radiative impact of mixing state of black carbon aerosol in Asian outflow, *Journal of Geophysical Research*, 113, D24210, doi:10.1029/2008JD010546, 2008.
 20. Shiraiwa, M., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, Y. Miyazaki, and D. R. Blake, Evolution of mixing state of black carbon in polluted air from Tokyo, *Geophysical Research Letters*, 34, L16803, doi:10.1029/2007GL029819, 2007.
 21. Morino, Y., Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, K. Kita, Y. Komazaki, M. Fukuda, T. Miyakawa, N. Moteki, and D. R. Worsnop, Partitioning of HNO₃ and particulate nitrate over Tokyo: Effect of vertical mixing, *Journal of Geophysical Research*, 111, D15215, doi:10.1029/2005JD006887, 2006.
 22. Kondo, Y., Y. Komazaki, Y. Miyazaki, N. Moteki, N. Takegawa, D. Kodama, S. Deguchi, M. Nogami, M. Fukuda, T. Miyakawa, Y. Morino, M. Koike, H. Sakurai, and K. Ehara, Temporal variation of elemental carbon in Tokyo, *Journal of Geophysical Research*, 111, D12205, doi:10.1029/2005JD006257, 2006.
- (2) 学会プロシーディングス等
 - (3) レビュー論文・総説
 - (4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Moteki, N., Optical properties, including refractive index of BC, International Workshop “Frontiers of Black Carbon Studies”, RCAST, Univ. Tokyo, Tokyo, Japan on January 25, 2010. 「招待」

(2) 国内会議

1. 茂木信宏, 竹川暢之, 小泉和裕, 中村貴之, 近藤豊, 微粒子から放出される熱輻射光の方位・偏光依存性の検証実験, 気象学会春季大会, 2011年5月, 渋谷, 「一般」
2. 茂木信宏, 竹川暢之, 小泉和裕, 中村貴之, 近藤豊, 光学的手法による浮遊エアロゾルの形状分析法の開発, 第16回大気化学討論会, 2010年11月, 南大沢, 「一般」
3. 茂木信宏, 近藤豊, 竹川暢之, 散乱光と白熱光強度の方位依存性を用いた炭素エアロゾルの形状判定法, 第15回大気化学討論会, 2009年10月, つくば, 「一般」
4. 茂木信宏, 近藤豊, 中山智喜, L. Sahu, 北和之, 石谷拓也, 木名瀬健, 松見豊, フィルター光吸収法 (PSAP, COSMOS) の応答特性を解釈するための物理モデル, 第15回大気化学討論会, 2009年10月, つくば, 「一般」

他5回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 学部生の演習&実習, 大学院生の研究&論文指導を精力的に行ってきた。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 茂木信宏, 2011/8, マクロな視点からの光学現象の探求～気象光学現象コロナ光環を事例に～, 平成23年サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト, (群馬県立前橋高校)

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

松井 仁志

I. 略歴

氏名： 松井 仁志

現職： 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

学歴

2004年（平成16年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学科 卒業

2006年（平成18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

2009年（平成21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

2009年（平成21年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2009年（平成21年）4月 東京大学先端科学技術研究センター地球大気環境科学分
野特任助教

2011年（平成23年）7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

・エアロゾルの数・粒径・混合状態を詳細に表現した領域3次元モデルの開発と検証

エアロゾルの放射（直接効果）や雲・降水過程（間接効果）に対する影響は、将来の気候変動予測における最大の不確定要因の1つである。しかしながら現状の多くの全球気候モデルでは、エアロゾルは簡易的にしか表現されておらず、その影響評価の不確定性を減らすことは容易ではない。特にエアロゾルの数・粒径・混合状態（各エアロゾル粒子の化学組成）は、エアロゾルの直接・間接効果を評価する上で重要なパラメータであるにもかかわらず、十分に表現されているモデルはほとんどない。本研究では、これらのパラメータを支配する新粒子生成（微量気体成分からの超微小粒子の生成）や混合状態を物理化学法則に基づいて表現する領域3次元エアロゾルモデルを開発し、実大気観測による詳細な検証を行った。

a) 新粒子生成を物理・化学法則に基づいて表現するエアロゾルモデルを開発し、新粒子生成の起こるタイミングやエアロゾルの数濃度・粒径分布の推定精度を大幅に向上させることに成功した。

b) ブラックカーボンエアロゾル(BC)の混合状態を表現したエアロゾルモデルを開発した。モデル計算と観測との比較から、大気中での凝縮・凝集過程に伴う混合状態の変化を理論的に計算すれば、実大気のBCの混合状態を再現できることを示した。また、BCの混合状態が放射や雲・降水過程に及ぼす影響を感度実験から定量的に明らかにした。

これらの結果は、直接・間接効果や汚染物質の削減対策効果を正しく評価する上で重要な知見となる。

・ブラックカーボンエアロゾルの北極域への輸送・除去過程に関する研究

北極域の BC は、大気加熱や氷床融解を通して温暖化の加速に寄与していると考えられている。本研究では、2008 年の春季・夏季に北極域で行われた航空機観測で得られた BC 質量・数濃度のデータを用い、アジア大陸から北極域への BC の輸送過程（輸送経路・メカニズム）および輸送効率（輸送中の降水による除去率）などについて解析を行った。その結果、春季のロシアの森林火災起源の BC が特に効率的に北極域へ輸送されることを明らかにした。一方、中国など東アジアの人為起源の BC は、輸送中の降水過程によって北極域に到達するまでにほとんど除去されていることが明らかとなった。

これらの研究の他、都市域のエアロゾル濃度とその光学特性の変動に関する数値モデル研究、エアロゾルの発生源領域・除去領域などを追跡するタグモデルの開発、2 次有機エアロゾルの生成過程に関する数値モデル研究を行ってきた。

上にあげたそれぞれの研究成果を、JGR などの国際誌に発表した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R. A. Zaveri (2011), Impact of new particle formation on the concentrations of aerosols and cloud condensation nuclei around Beijing, *J. Geophys. Res.*, 116, D19208, doi:10.1029/2011JD016025.

大気エアロゾルの粒子生成過程（新粒子生成）を理論的に表現したエアロゾルモデルを開発し、観測による詳細な検証を通して、モデル計算の妥当性を示した。また、将来のエアロゾルの排出削減が、エアロゾルや雲の数濃度を必ずしも減少させない可能性について示した。

2. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, D. R. Blake, A. Wisthaler, and M. Koike (2011), Seasonal variation of the transport of black carbon aerosol from the Asian continent to the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign, *J. Geophys. Res.*, 116, D05202, doi:10.1029/2010JD015067.

北極域の航空機観測のデータを用い、アジア大陸から北極域へのブラックカーボンエアロゾルの輸送過程（輸送経路・メカニズム）および輸送効率（輸送中の降水による除去）などについて、初めて定量的に明らかにした。

3. Matsui, H., and M. Koike, New source and process apportionment method using a three-dimensional chemical transport model: Process, age, and source region chasing algorithm (PASCAL) (2012), *Atmos. Environ.*, 55, 399 – 409.

微量気体成分およびエアロゾルの発生源領域・輸送時間・物理化学過程の寄与・生成除去率を追跡する新たな計算方法を開発した。

4. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, K. Kita, Y. Miyazaki, M. Hu, S-Y. Chang, D. R. Blake, J. D. Fast, R. A. Zaveri, D. G. Streets, Q. Zhang, and T. Zhu (2009), Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in summer 2006: Model evaluation and source apportionment, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G13, doi:10.1029/2008JD010906.

東アジアの大都市である北京周辺域において、エアロゾルの質量濃度と光学特性の変動を明らかにした。エアロゾルの発生源分布や濃度蓄積の時定数について、総観規模の気象場との対応において体系的に明らかとした。

5. Matsui, H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, R. J. Griffin, Y. Miyazaki, Y. Yokouchi, and T. Ohara (2009), Secondary organic aerosol formation in urban air: Temporal variations and possible contributions from unidentified hydrocarbons, *J. Geophys. Res.*, 114, D04201, doi:10.1029/2008JD010164.

観測とモデルの詳細な比較から、最先端のモデルでも2次有機エアロゾルの質量濃度を大幅に過小推定することを示した。その原因として、観測でも未同定の高分子炭化水素からの生成過程が重要であることを定量的に示した。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

・エアロゾルの微物理・化学過程の統合モデルの開発

今後は、エアロゾルの気候影響評価において未だに不確定性の大きい2次有機エアロゾルについて、最新の知見に基づいた新たなスキームを開発する。そして、「現在までの主な研究成果」で述べた新粒子生成やBCの混合状態スキームと結合し、これらのスキームを単一のモデル内で同時に計算できる、世界的にも最も詳細なエアロゾル微物理・化学過程の統合モデルを開発する。

このような微物理・化学過程を統合的に表現したエアロゾルモデルを用いることで、エアロゾルの質量・数・粒径・混合状態の推定精度が大幅に向上し、エアロゾルの直接・間接効果の不確定性も大きく改善されることが期待される。

・統合モデルのアジア域への適用

この統合モデルをアジア域に適用し、実大気の観測結果との詳細な比較・検証を行う。特に新たに開発する2次有機エアロゾルの検証を詳細に行う。

次に、エアロゾルの発生源寄与や時空間分布を明らかにする。アジア域には人為起源だけでなく、森林火災・植生・海洋・土壌などからも多くのエアロゾルとその前駆気体が放出される。これらの各発生源から放出・生成されるエアロゾルの寄与や発生源間の相互作用を感度実験などから明らかにする。また、エアロゾルの緯度・高度分布やその季節変動・年々変動を明らかにし、アジア域におけるエアロゾルの放射や雲・降水過程への影響を定量的に評価する。

さらに、気象場や大気汚染物質の排出量の将来予測データを用い、将来のエアロゾルの時空間分布やその気候・大気質への影響に着目した解析を行う。開発する統合モデルでは詳細な物理・化学プロセスを考慮しているため、気象場（気温・湿度、大気循環など）やエアロゾルの排出量の変化に対する大気エアロゾルの非線形な応答を計算することが可能である。このような効果を含め、アジア域の長期的なエアロゾルの動態を体系的に理解すると共に、その放射効果や雲・降水過程への影響を定量的に評価する。

・統合モデルの北極域への適用

北極域におけるエアロゾルの時空間分布の推定は最も不確定性が大きく、観測との比較に基づく実証も不十分である。そこで、開発した統合モデルを用いて北極域におけるエアロゾルの時空間分布を計算し、地上・航空機観測との詳細な比較・検証を行う。十分に検証されたモデルを用いて、北極域全体のエアロゾルの動態とその変動メカニズムを解析し、エアロゾルの放射・雲過程への効果を定量的に明らかにする。このような最新モデルと実証的な研究により、北極域の温暖化へのエアロゾルの影響とその要因（エアロゾルの発生源地域など）の定量的理解が飛躍的に進むと考えられる。

6. 競争的資金獲得状況

・ 雇用財源の専従義務があり、競争的資金に応募することができず、獲得はない。

- (1) 科研費
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Koike, M., N. B. Jones, P. I. Palmer, H. Matsui, Y. Zhao, Y. Kondo, Y. Matsumi, and H. Tanimoto (2006), Seasonal variation of carbon monoxide in northern Japan: Fourier transform IR measurements and source-labeled model calculations, *J. Geophys. Res.*, 111, D15306, doi:10.1029/2005JD006643.
2. Matsui, H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, R. J. Griffin, Y. Miyazaki, Y. Yokouchi, and T. Ohara (2009), Secondary organic aerosol formation in urban air: Temporal variations and possible contributions from unidentified hydrocarbons, *J. Geophys. Res.*, 114, D04201, doi:10.1029/2008JD010164.
3. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, K. Kita, Y. Miyazaki, M. Hu, S-Y. Chang, D. R. Blake, J. D. Fast, R. A. Zaveri, D. G. Streets, Q. Zhang, and T. Zhu (2009), Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in summer 2006: Model evaluation and source apportionment, *J. Geophys. Res.*, 114, D00G13, doi:10.1029/2008JD010906.
4. Kondo, Y., N. Takegawa, H. Matsui, T. Miyakawa, M. Koike, Y. Miyazaki, Y. Kanaya, M. Mochida, M. Kuwata, Y. Morino, M. Shiraiwa, Formation and transport of aerosols in Tokyo in relation to their physical and chemical properties – A review –, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, #09048, 2010.
5. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, J. D. Fast, U. Pöschl, R. M. Garland, M. O. Andreae, A. Wiedensohler, N. Sugimoto, and T. Zhu (2010), Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in summer 2006: 2. Local and column aerosol optical properties, *J. Geophys. Res.*, 115, D22207, doi:10.1029/2010JD013895.
6. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, Y. Zhao, H. E. Fuelberg, W.

- R. Sessions, G. Diskin, D. R. Blake, A. Wisthaler, and M. Koike (2011), Seasonal variation of the transport of black carbon aerosol from the Asian continent to the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign, *J. Geophys. Res.*, 116, D05202, doi:10.1029/2010JD015067.
7. Matsui, H., Y. Kondo, N. Moteki, N. Takegawa, L. K. Sahu, M. Koike, Y. Zhao, H. F. Fuelberg, W. R. Sessions, G. Diskin, B. E. Anderson, D. R. Blake, A. Wisthaler, M. J. Cubison, and J. L. Jimenez (2011), Accumulation-mode aerosol number concentrations in the Arctic during the ARCTAS aircraft campaign: Long-range transport of polluted and clean air from the Asian continent, *J. Geophys. Res.*, 116, D20217, doi:10.1029/2011JD016189.
 8. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R. A. Zaveri (2011), Impact of new particle formation on the concentrations of aerosols and cloud condensation nuclei around Beijing, *J. Geophys. Res.*, 116, D19208, doi:10.1029/2011JD016025.
 9. Kondo, Y., H. Matsui, N. Moteki, L. Sahu, N. Takegawa, M. Kajino, Y. Zhao, M. J. Cubison, J. L. Jimenez, S. Vay, G. S. Diskin, B. Anderson, A. Wisthaler, T. Mikoviny, H. E. Fuelberg, D. R. Blake, G. Huey, A. J. Weinheimer, D. J. Knapp, and W. H. Brune (2011), Emissions of black carbon, organic, and inorganic aerosols from biomass burning in North America and Asia in 2008, *J. Geophys. Res.*, 116, D08204, doi:10.1029/2010JD015152.
 10. Verma, R. L., Y. Kondo, N. Oshima, H. Matsui, K. Kita, L. K. Sahu, S. Kato, Y. Kajii, A. Takami, and T. Miyakawa (2011), Seasonal variations of the transport of black carbon and carbon monoxide from the Asian continent to the western Pacific in the boundary layer, *J. Geophys. Res.*, 116, D21307, doi:10.1029/2011JD015830.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, A. Wiedensohler, J. D. Fast, and R. A. Zaveri, Impact of new particle formation on the concentrations of aerosols and cloud condensation nuclei around Beijing, 10th AeroCom Workshop, October 2011, Fukuoka, Japan. 「一般」
2. Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, Y. Miyazaki, Modeling study on aerosols and their optical properties around Beijing in summer 2006, International Workshop "Frontiers of Black Carbon Studies", January 2010, Tokyo, Japan. 「一般」
3. Matsui H., M. Koike, Y. Kondo, N. Takegawa, K. Kita, Y. Miyazaki, M. Hu, S.-Y. Chang, D. R. Blake, J. D. Fast, R. A. Zaveri, D. G. Streets, Q. Zhang, and T. Zhu, Spatial and temporal variations of aerosols around Beijing in summer 2006: Model evaluation and source apportionment, AGU Fall Meeting 2009, December 2009, San Francisco, CA, USA. 「一般」

4. Matsui H., M. Koike, N. Takegawa, Y. Kondo, R. J. Griffin, Y. Miyazaki, Y. Yokouchi and T. Ohara, Secondary organic aerosol formation in urban air: Temporal variations and possible contributions from unidentified hydrocarbons, IGAC 10th International Conference, September 2008, Annecy, France. 「一般」

他 5 件

(2) 国内会議

5. 松井仁志, 小池真, 近藤豊, 竹川暢之, 新粒子生成のエアロゾル数濃度および雲凝結核濃度への影響: 北京周辺域における数値モデル計算, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年 5 月, 幕張, 「一般」
6. 松井仁志, 近藤豊, 茂木信宏, 竹川暢之, 小池真, アジア大陸から北極域へのブラックカーボンの長距離輸送とその季節変動, 第 16 回大気化学討論会, 2010 年 11 月, 南大沢, 「一般」
7. 松井仁志, 近藤豊, 坂本弘美, 茂木信宏, Lokesh K. Sahu, 竹川暢之, ARCTAS 航空機観測による北極圏のブラックカーボンの発生源と変動・除去過程に関する研究, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010 年 5 月, 幕張, 「一般」

他 12 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 学部演習や研究活動を通して大学生・大学院生の教育活動を行ってきた。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ 外国人学生数; 外国人研究者数:
- (2) 派遣 学生数; 研究者数:
- (3) 海外からの来訪者数:

固体地球科学講座

小澤 一仁

I. 略歴

氏名： 小澤 一仁

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1978年（昭和53年）3月 東京大学理学部地学科 卒業

1980年（昭和55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（昭和58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（昭和58年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1983年（昭和58年）5月 東京大学理学部地質学教室 助手

1991年（平成3年）5月 ウッズホール海洋研究所 客員研究員

1991年（平成3年）12月 エール大学地質地球物理学教室 客員研究員

1993年（平成5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（平成9年）5月 岡山大学固体地球研究センター 教授

2000年（平成12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

これまでの研究成果は大きく二つに分けられる。第一は、地球の形成に至るまでの初期太陽系の諸過程に、第二は、地球形成後の地球の進化過程に関するものである。地球進化に関しては、マントルでのマグマ生成・分離過程、マントル流動過程、地殻内マグマ分化過程について以下のような成果を出した。

(1) 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を導いた (Ozawa and Shimizu, 1995; Ozawa, 2001)。このモデルをスプレッドシートとウェブ計算ツールを作成し、これまでも多くの研究者に利用されている。これを微量元素に適用し、中央海嶺下の融解過程 (Ozawa, 2001)、背弧に上昇したマントルダイアピルの融解過程 (Sakuyama et al., 2009)、島弧下マントルでの融解過程 (Ozawa, 2001; Yoshikawa and Ozawa, 2006) を検討し、開放的融解が様々なテクトニック環境で起きていることを明らかにした。また、火山岩の主成分組成からマントルでの融解条件を推定する手法を開発した (荻津・小澤, 2007; Sakuyama et al., 2009)。

(2) マントルに関する直接的情報を持つかんらん岩体は、マントルから地殻への上昇を経て地表に至るが、この過程で冷却変形し、マントルに滞在していた時の情

報を少なからず失うため、かんらん岩体からマンツルの直接情報を得るためには、上昇時の記録を完全に読み解き、マンツル滞在時の情報のみを抽出する必要がある。この考えに従って、実際にマンツルかんらん岩体について上昇に伴う温度・圧力・変形履歴の解析を行い上昇前のリソスフェアの地温勾配を推定すると同時に (Ozawa and Takahashi, 1995; Ozawa, 1997; Ozawa, 2006; Ueda et al., 2008), 新しい解析ツールの開発を行った (Odashima et al., 2008; Suzuki, et al., 2008; 上條他, 2008; Obata and Ozawa, 2011).

(3) 地殻内マグマ溜まりは、マンツル由来マグマが分化や同化過程を経て地殻の化学的多様性を作り出す場である。マグマ溜まり内でのマグマ分化機構の一つとして、周縁境界層内でできた分化メルトの組成対流による境界層分化がある。それが実際に天然系で起きていることを示し、その支配要因として下部沈積層形成の重要性を明らかにした (Simura and Ozawa, 2006; 2011; Takada and Ozawa, 2011).

初期太陽系の諸過程については、ガス、メルト、鉱物間の相転移の非平衡反応過程について、実験、理論、隕石の研究に基づいて以下のような成果が出ている。

(1) 初期太陽系で最も普遍的な鉱物である Fe-metal と forsterite の凝縮と蒸発のカイネティクスを明らかにした (Nagahara and Ozawa, 1996; Ozawa and Nagahara, 2000; Yamada et al., 2006; Takigawa et al., 2009; Nagahara et al., 2009; Tachibana et al., 2011; Ozawa et al., 2012).

(2) 普通コンドライト隕石中のコンドリュールの生成機構として、ガスからのメルトの直接凝縮が重要な役割を果たしていることを明らかにした (Nagahara et al., 2005; Nagahara et al., 2008).

3. 特に優れた論文 5 編

1. Ozawa, K. (1983), Evaluation of olivine-spinel geothermometry as an indicator of thermal history for peridotites, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 82, 52-65.

強い温度依存性のある、かんらん石とスピネル結晶間の Mg-Fe 元素分配の拡散律速カイネティクスを解析し、冷却速度計として使える可能性を示した論文で、総引用数 80.

2. Ozawa, K. (1984), Olivine-spinel geospeedometry: analysis of diffusion-controlled Mg-Fe exchange, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 2597-2611.

上記の 1984 年論文の成果をさらに発展させ、かんらん石とスピネル結晶間の Mg-Fe 元素分配を地質速度計として使えるようにした論文。マグマ学の英文教科書 Dosseto, A.他編, "Timescales of Magmatic Processes"で、1984 年論文と共に引用されている。総引用数 48.

3. Ozawa, K., and N. Shimizu (1995), Open-system melting model in the upper mantle: constraints from the Hayachine-Miyamori ophiolite, northeastern Japan, *Jour. Geophys. Res.*, 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。総引用数 51.

4. Ozawa, K. (1989), Stress-induced Al-Cr zoning of spinel in deformed peridotites. *Nature*,

Al-Cr スピネルが拡散クリープによって変形する際に自己拡散係数の差によって多極累帯構造が発達することを天然と合成系含めて、世界で初めて実証した論文. *Nature* の *News and Views* で紹介された. また、地球惑星物質のレオロジーに関する二つの英文教科書 S. Karato 著 "Deformation of Earth Materials: An Introduction to the Rheology of Solid Earth" の 134 頁と C. W. Passchier and R. A. J. Trouw 著 "Microtectonics" の 42 頁で拡散クリープの証拠として引用されている. 総引用数 26.

5. Ozawa, K. (2001), Mass balance equations for open magmatic systems: Trace element behavior and its application to open system melting in the upper mantle. *Jour. Geophys. Res.*, 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.

4. 受賞等

- ・ 小澤一仁, アメリカ鉱物学会フェロー, アメリカ鉱物学会, 2003 年 11 月 15 日
- ・ 小澤一仁他共著者, 2008 年度日本鉱物科学会論文賞, 日本鉱物科学会, 2009 年 9 月 9 日

5. 研究の将来計画

これまで行ってきた、地球の形成に至る初期太陽系と地球形成後の地球の進化にかかわる諸過程に関する研究をさらに発展させ、地球惑星の熱史に焦点を当てるようにして研究を進める. このために以下の三つのアプローチを採用する.

(1) 海洋地殻とマントルが保存されているオフィオライトの地殻の厚さ、解け残りマントルの厚さ、噴出岩の化学組成の同時解析を行い、水の役割をきちんと評価したうえで、高精度でマントルポテンシャル温度の経年変化をできるだけ過去に遡って決定する. 高精度で推定することによって、現在と同様のプレートテクトニクス、あるいはそれに類似したテクトニクスによって形成された海洋地殻とマントル断面が残っている原生代を中心的に調べる. 特に、上昇マントルの由来がどこにあるのかを明らかにするために、融解を引き起こした断熱上昇が受動的なのか能動的なのかを明らかにし、能動的である場合には、地球化学的情報等で有効なものを見出し上昇開始深度の推定を行う. この場合、地球内部の化学的層構造とその経年変化の理解が不可欠であり、地球熱史の問題とあわせてその解明に取り組む.

(2) マントルゼノリスと大規模かんらん岩体の岩石が辿った熱・圧力・変形履歴を解析し、リソスフェアの地温勾配とその変動を明らかにすることで、地温勾配の経年変化をできるだけ過去に遡って決定する. マントルゼノリスを用いて過去に遡るためには、活動期が 12-14 億年、~6 億年、~1 億年前のキンバーライト中のゼノリ

スを対象として、高精度で熱・圧力・変形履歴解析を行い大陸リソスフェアの熱的狀態とその変動の経年変化を明らかにする。一方で、大規模かんらん岩体を対象とする場合には、まず、上昇過程に伴う温度、圧力、変形履歴を解析して、上昇前のリソスフェアの構造を明らかにする。このためには、岩体内部での温度・圧力・変形履歴解析手法の確立が必要であり、幌満かんらん岩体で成功した手法を、異なるテクトニクスに関係している Ronda, Lanzo, Pyrenees のかんらん岩体を対象としてさらに発展させる。以上のアプローチを、原生代のマントルかんらん岩体に、形成場を特定した上で適用し、地温勾配の経年変化を明らかにする。

(3) 初期太陽系において形成されていた隕石母天体の情報を隕石から抽出し、地球を形成する源物質の熱と化学的狀態を明らかにする。そのために、母天体内部の情報が必要であり、分化隕石（エコンドライト、隕鉄、パラサイト）に焦点をあて、その母天体のサイズ、熱構造、水を含めた化学組成を明らかにする。普通コンドライト隕石や炭素質コンドライトは、隕石母天体の浅所に位置していたと考えられ、天体の平均化学組成の情報を持ってはいるものの、天体内部からの水の輸送経路に位置し、天体内部の水の量や熱に関する正確な情報は持っていない。分化隕石は、天体内部での分化を経験し表層に上昇したマグマが固結したもの、あるいは天体内部で固化したものなので、マグマ起源の分化隕石については、親マグマの化学組成から形成場である天体内部の化学組成と融解温度を推定し、分化隕石一般から微細構造や累帯構造に基づいて冷却速度や重力を推定し、天体のサイズと熱物質構造を明らかにする。また、天体の進化が太陽からどの距離で起きたのか、地球集積天体との関係についても物質科学的証拠を見出すよう試みる。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (B) (一般), 平成 21 年度～平成 23 年度, 「上部マントルの化学進化: 欧州の主要かんらん岩体の温度・圧力履歴からの制約」, 研究代表者, 研究経費: 18,440 千円
- ・ 基盤研究 (B) (海外学術), 平成 21 年度～平成 23 年度, 「島弧深部熟成過程: アルバニア・オフィオライトの地殻-マントル境界時空変動」研究分担者, 研究経費: 600 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Simura, R., and K. Ozawa (2006), Mechanism of crystal redistribution in a sheet-like

- magma body: constraints from the Nosappumisaki and other shoshonite intrusions in the Nemuro Peninsula, Northern Japan, *Jour. Petrol.*, *47*, 1809-1851.
2. Yoshikawa, M., and K. Ozawa (2006), Rb-Sr and Sm-Nd isotopic systematics of the Hayachine-Miyamori ophiolitic complex: melt generation process in the mantle wedge beneath an Ordovician island arc, *Gondwana Res.*, *11*, 234-246.
 3. Yamada, M., S. Tachibana, H. Nagahara, and K. Ozawa (2006), Anisotropy of Mg isotopic fractionation during evaporation and Mg self-diffusion of forsterite in vacuum, *Planet. Space. Sci.*, *54*, 1096-1106.
 4. Odashima, N., T. Morishita, K. Ozawa, H. Nagahara, A. Tsuchiyama, and R. Nagashima (2008), Formation and deformation of pyroxene-spinel symplectite in ascending mantle: An EBSD (electron backscatter diffraction) study in the Horoman peridotite complex, Japan, *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, *103*, 1-15.
 5. Nagahara, H., N. Kita, K. Ozawa, and Y. Morishita (2008), Condensation of major elements during chondrule formation and its implication to the origin of chondrules, *Geochim. Cosmochim. Acta*, *72*, 1442-1465.
 6. Suzuki A., Y. Yasuda, and K. Ozawa (2008), Cr and Al diffusion in chromite spinel: experimental determination and its implication for diffusion creep, *Phys. Chem. Minerals*, *35*, 433-445.
 7. Ueda, T., M. Obata, G. Di Toro, K. Kanagawa, and K. Ozawa (2008), Mantle earthquakes frozen in mylonitized ultramafic pseudotachylytes of spinel-lherzolite facies, *Geology*, *36*, 607-610.
 8. Sakuyama, T., K. Ozawa, H. Sumino, and K. Nagao (2009), Progressive melt extraction from upwelling mantle constrained by the Kita-Matsuura basalts in NW Kyushu, SW Japan, *Jour. Petrol.*, *50*, 725-779.
 9. Takigawa, A., S. Tachibana, H. Nagahara, K. Ozawa, and M. Yokoyama (2009), Anisotropic evaporation of forsterite and its implication for dust formation conditions in circumstellar environments, *The Astrophysical Journal*, *707*, L97-L101.
 10. Nagahara, H., K. Ozawa, R. Ogawa, S. Tachibana, and H. Chiba (2009), Laboratory condensation and reaction of silicate dust, *ASP Conf. Ser.*, *414*, 403-410.
 11. 酒井理沙・久城育夫・永原裕子・小澤一仁・橘省吾 (2010), 月地殻形成条件を用いたマグマオーシャン化学組成制約への試み. *日本惑星科学会誌*, *19*, 82-88.
 12. Obata, M., and K. Ozawa (2011), Topotaxial relationships between spinel and pyroxene in kelyphite after garnet in mantle-derived peridotites and their implications to reaction mechanism and kinetics, *Mineralogy and Petrology*, *101*, 217-224, doi:10.1007/s00710-011-0145-y.
 13. Simura, R., and K. Ozawa (2011), Magmatic fractionation by compositional convection in a sheet-like magma body: constraints from the Nosappumisaki Intrusion, northern Japan, *Jour. of Petrol.*, *52*, 1887-1925, doi:10.1093/petrology/egr034.
 14. Tachibana, S., H. Nagahara, K. Ozawa, Y. Ikeda, R. Nomura, K. Tatsumi, and Y. Joh (2011), Kinetic condensation and evaporation of metallic iron and implications for metallic iron dust formation, *Astrophysical Journal*, *736*, 16, doi: 10.1088/0004-637X/736/1/16.
 15. Takada, Y., and K. Ozawa (2011), Cooperation of upper and lower boundary layer fractionations in a sheet-like intrusion: Composition and microstructure of the Aosawa dolerite sill in Yamagata prefecture, northeastern Japan, *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, *106*,

277-298, doi:10.2465/jmps.100306.

(2) 学会プロシーディングス等

1. 荻津達・小澤一仁 (2007), 島弧火山岩主成分組成から推定する島弧下マントルでのマグマ発生条件 —H₂O 量, 温度, 圧力—, *月刊地球*, **29**, 33-40.
2. 柵山徹也・中井俊一・小澤一仁 (2007), ダイアピル状上昇マントルの融解履歴九州北西部, 北松浦玄武岩の時間空間変化による制約, *月刊地球*, **29**, 588-596.
3. 上條裕久・小澤一仁・金川久一 (2008), 単斜輝石から読み解くマントルかんらん岩の変形履歴, *月刊地球*, **30**, 78-85.
4. 鈴木彩子・安田敦・小澤一仁 (2008), スピネル: 上部マントルかんらん岩の変形指標, *月刊地球*, **30**, 55-60.

(3) レビュー論文・総説

1. 小澤一仁 (2008), 海洋モホ面形成におけるダナイトの役割, *地学雑誌*, **117**, 146-167. (査読有り)
2. 森下知晃・小澤一仁・小畑正明 (2010), マントル科学研究の最近の動向—特に再肥沃化, レオロジー, オフィオライト問題: 第 5 回国際レルゾライト会議報告, *岩石鉱物科学*, **39**, 85-103. (査読有り)

(4) 書籍等

1. 小澤一仁 (2011), 理科年表平成 24 年度版 地質および鉱物 監修, 国立天文台編, 丸善出版, pp. 644-676..

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Ozawa, K., Ueda, T., Obata, M., Di Toro G., and Kanagawa, K., Frictional Melting and Deformation in the Upper Mantle: Constraints from Cr-Al Spinel in Ultramafic Psuedotachylyte from Balmuccia, 33rd, International Geological Congress, (Oslo., Norway, 2008.8) (一般)
2. Ozawa, K., Origin of refractory dunite bodies in harzburgite, AGU Chapman Conference on Shallow Mantle Composition & Dynamics, 5th International Orogenic Lherzolite Conference, (Mount Shasta, California, USA, 2008.9) (一般)
3. Ozawa, K., Two-dimensional distribution of trace elements in a reaction texture in plagioclase lherzolite from the Horoman complex, northern Japan, and its implication in ascent processes of the upper mantle, American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, (San Francisco, 2009, 12) (一般)
4. Ozawa, K., Nagahara, H., Morioka, M. and Matsumoto, N. Kinetics of anisotropic evaporation of forsterite, International Mineralogical Association General Meeting in Budapest, (Hungary, 2010, 8) (一般)
5. Ozawa, K., J-L. Bodinier, C. J. Garrido, H. Nagahara New approach for decoding P-T-d history based on Al distribution in orthopyroxene: garnet pyroxenite/peridotite from the

Bestiac mass, French Pyrenees, American Geophysical Union, 2010 Fall Meeting, (San Francisco, 2010, 12) (一般)

他 15 回

(2) 国内会議

1. 小澤一仁 The origin of dunite: constraints from major exchange component, and incompatible and compatible trace elements. 地球惑星科学関連学会 2006 年合同大会 (幕張, 千葉, 2006.5) (一般)
2. 小澤一仁 2007: マルチスケール構造に基づく岩石成因論に向けて: EBSD/FE-SEM による微細構造の解析, 日本鉱物科学会 2007 年会鉱物科学会特別シンポジウム, (東京大学, 2007.9) (招待)
3. Ozawa, K., Ueda, T., Obata, M., Di Toro, G., Kanagawa, K., Nagahara, H., Frictional Melting and Deformation in the Upper Mantle: Constraints from Cr-Al Spinel in Ultramafic Psuedotachylyte from Balmuccia, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, (幕張, 2008, 5) (一般)
4. 小澤一仁 幌満岩体斜長石かんらん岩に含まれる斜長石—かんらん石集合体中の Sr の 2 次元分布: 変形速度指標としての評価, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, (幕張, 2010, 5) (一般)
5. 小澤一仁・ボディニエ ジャンルイ・ガリド カルロス・永原裕子 輝石内部の化学・組織パターンから読み解くマントルかんらん岩の変形史, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, (幕張メッセ, 2011.5.24) (一般)
6. 小澤一仁 地球惑星分化を駆動する熱輸送: マントルかんらん岩から地球熱史を読む, マントル過程に関する研究集会, (東京大学, 2012.3.28-29). (招待)

他 35 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 栗谷豪, 大阪市立大学理学部地球学科准教授
- ・ 志村玲子, 東北大学金属材料研究所助教
- ・ 小田島庸浩, 2008 年度日本鉱物科学会論文賞, 日本鉱物科学会, 2009 年 9 月 9 日
- ・ 柵山徹也, 海洋研究開発機構, IFREE 研究員

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Geochemistry, Geophysics, Geosystems, Associate editor, 2006-2009

(2) 学会等

- ・ 日本岩石鉱床鉱物学会，評議委員会・評議員，2006
- ・ 日本鉱物科学会，評議委員会・評議委員，2007-2011
- ・ 日本鉱物科学会，奨励賞選考委員会・委員長，2009

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 「固体地球微細構造の形成機構を EBSD から探る：マントル進化の理解をめざして」，Oxford Instruments 第6回 EBSD セミナー，2010年6月
- ・ 「石と岩のボーダーラインは？」，フジテレビ「百識王」，2011年5月25日
- ・ 「私の進んできた理学への道：運命の受入と開拓」，進学情報センターシンポジウム，東京大学駒場キャンパス，2011年4月25日
- ・ 「地球科学の魅力」，高校生のための模擬講義，東京大学本郷キャンパス，2012年11月10日

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 地球惑星科学専攻教務委員長 2005-2006
- ・ 地球惑星科学専攻副教務委員長 2007-2008
- ・ 地球惑星科学専攻会計委員長 2009-2010
- ・ 地球惑星環境学科長 2011
- ・ 地球惑星科学専攻専攻長 2012~
- ・ 東京大学教育運営委員会教職課程・学芸員等部会 理学部委員 2010-2011
- ・ 東京大学教育運営委員会学部前期課程部会 理学部委員 2010-2011
- ・ 教職課程の在り方に関するWG 理学部委員 2011
- ・ 静岡大学理学部地球科学科非常勤講師 2010年12月
- ・ 岡山大学地球物質科学研究センター運営・勧告委員会委員 2011~

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：博士 スペイン2

外国人研究者数：フィンランド1

派遣

学生数：韓国 博士1

研究者数：4 フランス2，スペイン2，イタリア1

海外からの来訪者数：アメリカ合衆国 4，オーストラリア 1，フランス 1

木村 学

I. 略歴

氏名： 木村 学

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1974年（昭和49年）3月 北海道大学理学部地質学鉱物学科 卒業

1976年（昭和51年）3月 北海道大学理学研究科地質学鉱物学専攻修士課程 修了

1981年（昭和56年）3月 北海道大学理学研究科地質学鉱物学専攻博士課程 修了

1981年（昭和56年）3月 博士（理学）取得（北海道大学）

職歴

1981年（昭和56年）4月 日本学術振興会奨励研究員（北海道大学地質学鉱物学学科）

1982年（昭和57年）5月 香川大学教育学部 講師

1984年（昭和59年）10月 香川大学教育学部 助教授

1994年（平成6年）4月 大阪府立大学総合科学部 教授

1997年（平成9年）8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

研究の目的，焦点をプレート沈み込み帯におけるプレート境界過程，特に地震発生過程の研究においた．研究は，陸上部に露出するかつてのプレート境界岩の分析と南海トラフにおけるプレート境界への掘削を通じて実施した．

具体的な研究対象は，西南日本の四国に分布する白亜-第三系の四万十帯，中部日本に分布するジュラ紀付加体の美濃帯，九州の延岡衝上断層である．これらがかつて経験した温度圧力条件は，研究の結果， 150°C ～ 320°C の範囲にあったことが分かり，それらは沈み込み帯において地震発生帯として推定されてる温度領域（約 150°C ～ 350°C 程度）に一致する．研究の結果，地震性すべりを示唆する多様な断層すべり現象（摩擦熔融によるシェードタキライト，断層に沿う発熱記録の検出，動的版籍流体反応など）が発見され，動的な間隙流体圧の変化が，すべりの強度に影響を与えることが示唆された．

2007年以降，統合国際深海掘削計画（IODP）により，南海トラフ地震発生帯掘削プロジェクトが開始された．木村はこの掘削計画の共同首席提案者，プロジェクト管理国際チームの構造地質学専門コーディネーター，第316次航海共同首席研究者を勤めた．第316次航海の重要な成果は，分岐断層と南海トラフ近傍のプレート境界断層から断層の回収に成功，それが津波発生を起こす高速滑りを示すことが検証されたことである．

2011. 3.11東北沖地震・津波に関して、なぜプレート境界に沿って破壊とすべりが海溝にまで達したかが科学的には大きな問題であり、それに関する研究はいまでも続いている。木村らは、それらは沈み込む堆積物と海洋基盤からの化学的脱水作用がプレート境界における間隙水圧の上昇を徐々にもたらし弱めたことにあるのではないかと仮説を提案し、研究を継続している。

IODP316 次航海の結果と東北沖地震の結果は、南海トラフにおける地震規模、津波規模の最大リスクを見直すことにつながった。

3. 特に優れた論文5編

1. Kimura, G. (1986), Oblique Subduction and Collision: Forearc Tectonics of the Kuril Arc, *Geology*, 14, 404-407.

千島弧と北海道テクトニクス of 総括論文。千島沈み込み帯テクトニクスの古典として評価されている。

2. Kimura, G., and A. Mukai (1991), Underplated units in an accretionary complex: melange of the Shimanto Belt of eastern Shikoku, southwest Japan, *Tectonics*, 10, 31-50.

メランジュが一般的には堆積性と考えられている時に、構造解析を基にテクトニック（剪断起源）であることを示した論文。以降、メランジュの多くは沈み込みプレート境界の断層岩と考えられるようになってきた。

3. Kimura, G., Y. Kitamura, Y. Hashimoto, A. Yamaguchi, T. Shibata, K. Ujiie, and S. Okamoto (2007), Transition of accretionary wedge structures around the up-dip limit of the seismogenic subduction zone, *Earth and Planetary Science Letters*, 255, 471-484.

南海前弧域の形状と内部構造、プレート境界過程についての総括論文。臨界 尖形理論が適用され、場所により静的摩擦が変化し、それは沈み込む堆積物の相と間隙水圧比の違いが原因との議論を展開した。

4. Kimura, G., G. F. Moore, M. Strasser, E. Screaton D. Curewitz, C. Streiff, and H. Tobin (2011), Spatial and Temporal evolution of the megasplay fault in the Nankai Trough, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q0A008, doi:10.1029/2010GC003335.

IODP316 次航海は南海トラフ分岐断層浅部の層序を明らかにした。活動開始は1.95Ma, 1.05Ma 以降減速しているが引き続き活断層と認定される。ただし南西部は既に活動を停止していることが明らかとなった。

5. Kimura, G., A. Yamaguchi, M. Hojo, Y. Kitamura, J. Kameda, K. Ujiie, Y. Hamada, M. Hamahashi, and S. Hina (2012), Tectonic mélangé as fault rock of subduction plate boundary, *Tectonophysics*, 568-569, 25-38, doi:10.1016/j.tecto.2011.08.025.

これまでの陸上四万十帯に見られるメランジュ、徳島県牟岐メランジュについて、温度圧力条件、変形メカニズム、歪みの定量的評価、岩石流体反応の化学、断層滑りメカニズムなどの検討を総括し、地震発生沈み込み帯における1つのプレート境界過程を示唆した。

4. 受賞等

- ・ 木村 学, 奨励賞, 日本地質学会, 1981年9月

- ・ 木村 学, 日本地質学会賞, 日本地質学会, 2012年9月15日

5. 研究の将来計画

私は、2015会計年度末で定年の予定であるので、将来計画は定年までのものとして記す。これまでの研究の目的を継続する。すなわち「プレート沈み込み帯におけるプレート境界過程、とくに地震発生プロセスの解明」に置く。この研究は陸上部に露出している過去のプレート境界岩分析と現世プレート境界、特に南海トラフの掘削による断層岩回収を含むプレート境界の研究を通じて実施する。

陸上部の具体的研究対象は、九州北部四万十帯の延岡衝上断層である。2011年度に掘削によって断層コア回収、検層、反射法探査などを実施し、データの取得は終えているので、今後これらのデータを解析、いわゆる地震探査、検層、コア分析統合研究を実施し、かつて地下深部(10-30km)程度のプレート境界にあった時の断層物性、すべりのメカニズム、すべりに伴うダイナミックな物性変化、すべりに伴う岩石—流体反応などを解明する。この研究は、科学研究費基盤Aによって2014年度まで支援されている。

2007年に開始され、これまで掘削を繰り返して来たIODP南海地震発生帯掘削研究(IODP-NanTroSEIZE)は2014年、最終ターゲットであるプレート境界断層でかつ分岐断層の深部(海底下5200m程度)に到達、掘削予定である。断層の回収と検層、掘削孔ないでの鉛直地震反射探査などを計画している。生きているプレート境界断層および近傍の応力状態、間隙流体圧などの状態と物性の直接観測、断層岩および間隙流体の物性と化学組成の直接分析などを実施する予定である。観測時は地震間震期であり、かつ準備過程にあると想定されるが、同時に地震津波発生時の記録分析なども可能であろう。それらを通じて地震発生プレート境界の断層滑りメカニズムと準備過程の解明につながることを、本研究によって筆者に与えられたアカデミーの期間を完了できることを期待したい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(B)(一般)、付加体形成のダイナミクスと沈み込み帯地震発生断層解剖, H18~20, 研究代表者, 19,630千円
- ・ 基盤研究(C)(企画調査)、全地球物質循環と付加オロゲンの形成・進化に関する国際共同研究企画, H18, 研究代表者, 4,420千円
- ・ 新学術領域研究(研究領域提案型)、超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描像, H21~25, 研究代表者, 47,580千円
- ・ 新学術領域研究(研究領域提案型)、巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明, H21~25, 研究代表者, 126,360千円
- ・ 研究基盤(A)、沈み込み帯地震発生分岐断層の断層メカニズムとその進化, H23~26, 研究代表者, 40,820千円

- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. 氏家恒太郎, 山口飛鳥, 木村 学, 久光敏夫, 平朝彦 (2006), プレート境界断層が海溝から地震発生深度にかけて発達する際の流体挙動, *地学雑誌*, *115*, 353-366.
2. Hashimoto, Y., T. Nakaya, M. Ito, and G. Kimura (2006), Tectonolithification of sandstone prior to the onset of seismogenic subduction zone: Evidence from tectonic mélange of the Shimanto Belt, Japan, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, *7*, Q06013, doi:10.1029/2005GC001062.
3. Tsuji, T., G. Kimura, S. Okamoto, F. Kono, H. Mochinaga, T. Saeki, and H. Tokuyama (2006), Modern and ancient seismogenic out-of-sequence thrusts in the Nankai accretionary prism: Comparison of laboratory-derived physical properties and seismic reflection data, *Geophys. Res. Lett.*, *33*, L18309, doi: 10.1029/2006GL027025.
4. Okamoto, S., G. Kimura, S. Takizawa, and H. Yamaguchi (2006), Earthquake fault rock indicating a coupled lubrication mechanism, *eEarth*, *1*, 23-28.
5. Kimura, G., Y. Kitamura, Y. Hashimoto, A. Yamaguchi, T. Shibata, K. Ujiie, and S. Okamoto (2007), Transition of accretionary wedge structures around the up-dip limit of the seismogenic subduction zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *255*, 471-484.
6. Takada, Y., Y. Fukahata, A. Hashima, T. Terakawa, K. Fukui, T. Yanagisawa, Y., Ikeda, G. Kimura, and M. Matsu'ura (2007), Development of three-dimensional basement structure in Taiwan deduced from past plate motion: Consistency with the present seismicity, *Tectonics*, *26*, TC3004, doi: 10.1029/2006TC001957.
7. Kawabata, K., H. Tanaka, and G. Kimura (2007), Mass transfer and pressure solution in deformed shale of accretionary complex: Examples from the Shimanto Belt, southwestern Japan, *J. Struct. Geol.*, *29*, 697-711.
8. Harold, T., H. Ito, J. Behrmann, S. Hickman, and G. Kimura (2007), Joint IODP-ICDP Workshop Examines Challenges of Fault Zone Drilling, *Scientific Drilling Special Issue*, *1*, 5-16.
9. Okamoto, S., G. Kimura, A., Yamaguchi, H. Yamaguchi, and Y. Kusaba (2007), Generation Depth of the Pseudotachylyte from an Out-of-Sequence Thrust in Accretionary Prism – Geothermobarometric Evidence, *Scientific Drilling Special Issue*, *1*, 47-50.
10. Ujiie, K., A. Yamaguchi, G. Kimura, and S. Toh (2007), Fluidization of granular material in a subduction thrust at seismogenic depths, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *259*, 307-318, doi: 10.1016/l.epsl.2007.04.049.
11. Hugues, R., T. Toyoshima, Y. Harima, and G. Kimura (2007), Grain-size reduction mechanisms and rheological consequences in high-temperature gabbro mylonites of

- Hidaka, Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *267*, 637-653, doi: 10.1016/j.epsl.2007.12.012.
12. Kimura, G., E. J. Screaton, and D. Curewitz (2007), NanTroSEIZE Stage 1: NanTroSEIZE shallow megasplay and frontal thrusts, *IODP Scientific Prospectus*, *316*, doi:10.2204/iodp.sp.316.2007.
 13. Kimura, G., E. J. Screaton, and D. Curewitz (2007), NanTroSEIZE Stage 1: NanTroSEIZE shallow megasplay and frontal thrusts addendum, *IODP Scientific Prospectus*, *316 addendum*, doi:10.2204/iodp.sp.316add.2007.
 14. Kimura, G., Y. Kitamura, A. Yamaguchi, and H. Raimbourg (2008), Links among mountain building, surface erosion, and growth of an accretionary prism in a subduction zone- An example from southwest Japan, *GSA Special Paper*, *436*, 391-403.
 15. Shibata, T., Y. Orihashi, G. Kimura, and Y. Hashimoto (2008), Underplating of mélangé evidenced by the depositional ages: U-Pb dating of zircons from the Shimanto accretionary complex, southwest Japan, *Island Arc*, *17*, 376-393.
 16. Hashimoto, Y., A. Nikaizo, and G. Kimura (2009), A geochemical estimation of fluid flux and permeability for a fault zone in Mugi mélangé, the Cretaceous Shimanto Belt, SW Japan, *J. Struct. Geol.*, *31*, 208-214.
 17. Hugues, R., T. Shibata, A. Yamaguchi, H. Yamaguchi, and G. Kimura (2009), Horizontal shortening versus vertical loading in accretionary prisms, *Geochem., Geophys., Geosyst.*, *10*, Q04007, doi:10.1029/2008GC002279.
 18. Michael, S., F. M. Gregory, G. Kimura, Y. Kitamura, J. K. Achim, L. Siegfried, J.-O. Park, J. S. Elizabeth, S. Xin, B. U. Michael, and Z. Xixi (2009), Origin and evolution of a splay fault in the Nankai accretionary wedge, *Nature Geoscience*, *2*, 648-652, doi: 10.1038/NGEO609.
 19. Byrne, T. B., W. Lin, A. Tsutsumi, Y. Yamamoto, J. C. Lewis, K. Kanagawa, Y. Kitamura, A. Yamaguchi, and G. Kimura (2009), Anelastic strain recovery reveals extension across SW Japan subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, *L23310*, doi:10.1029/2009GL040749.
 20. Screaton, E., G. Kimura, D. Curewitz, G. Moore, F. Chester, O. Fabbri, C. Fergusson, F. Girault, D. Goldsby, R. Harris, F. Inagaki, T. Jiang, Y. Kitamura, M. Knuth, C.-F. Li, L. C. Liljedahl, L. Louis, K. Milliken, U. Nicholson, N. Riedinger, A. Sakaguchi, E. Solomon, M. Strasser, X. Su, A. Tsutsumi, A. Yamaguchi, K. Ujiie, and X. Zhao (2009), Interactions between deformation and fluids in the frontal thrust region of the NanTroSEIZE transect offshore the Kii Peninsula, Japan: Results from IODP Expedition 316 Sites C0006 and C0007, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, *10*, Q0AD01, doi: 10.1029/2009GC002713.
 21. Kameda, J., Y. Yamamoto, and G. Kimura (2010), Smectite swelling in the Miura-Boso accretionary prism: Possibly cause for incipient decollement zone formation, *Tectonophysics*, *494*, 75-84.
 22. Ide, S., K. Shiomi, K. Mochizuki, T. Tonegawa, and G. Kimura (2010), Split Philippine Sea plate beneath Japan, *Geophys. Res. Lett.*, *37*, L21304, doi:10.1029/2010GL044585.
 23. Yamaguchi, A., S. F. Cox, G. Kimura, and S. Okamoto (2011), Dynamic changes in fluid redox state associated with episodic fault rupture along a megasplay fault in a subduction zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *302*, 369-377.
 24. Kimura, G., G. F. Moore, M. Strasser, E. Screaton, D. Curewitz, C. Streiff, and H. Tobin (2011), Spatial and Temporal evolution of the megasplay fault in the Nankai Trough,

Geochem. Geophys. Geosyst., 12, Q0A008, doi:10.1029/2010GC003335.

25. Sakaguchi, A., F. Chester, D. Curewitz, O. Fabbri, D. Goldsby, G. Kimura, C.-F. Li, Y. Masaki, E. J. Sreaton, A. Tsutsumi, K. Ujiie, and A. Yamaguchi (2011), Seismic slip propagation to the updip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores, *Geology*, 39, 395-398, doi: 10.1130/G31642.1.
26. Kameda, J., H. Raimbourg, T. Kogure, and G. Kimura (2011), Low-grade metamorphism around the down-dip limit of seismogenic subduction zones: Example from an ancient accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan, *Tectonophysics*, 502, 383-392, doi:10.1016/j.tecto.2011.02.010.
27. Kameda, J., K. Ujiie, A. Yamaguchi, and G. Kimura (2011), Smectite to chlorite conversion by frictional heating along a subduction thrust, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 305, 161-170, doi:10.1016/j.epsl.2011.02.051.
28. Strasser, M., G. F. Moore, G. Kimura, A. J. Kopf, M. B. Underwood, J. Guo, and E. J. Sreaton (2011), Slumping and mass transport deposition in the Nankai fore arc: Evidence from IODP drilling and 3-D reflection seismic data, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q0AD13, doi:10.1029/2010GC003431.
29. Sakaguchi, A., G. Kimura, M. Strasser, E. J. Sreaton, D. Curewitz, and M. Murayama, Episodic seafloor mud brecciation due to great subduction zone earthquakes, *Geology*, 39, 919-922, doi:10.1130/G32043.1.
30. Yamaguchi, A., A. Sakaguchi, T. Sakamoto, K. Iijima, J. Kameda, G. Kimura, K. Ujiie, F. M. Chester, O. Fabbri, D. Goldsby, A. Tsutsumi, C.-F. Li, and D. Curewitz (2011), Progressive illitization in fault gouge caused by seismic slip propagation along a megasplay fault in the Nankai Trough, *Geology*, 39, 995-998, doi:10.1130/G32038.1.
31. Kameda, J., A. Yamaguchi, S. Saito, H. Sakuma, K. Kawamura, and G. Kimura (2011), A new source of water in seismogenic subduction zones, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L22306, doi:10.1029/2011GL048883.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Kimura, G., J. S. Elizabeth, C. Daniel, and the Expedition 316 Scientists (2008), NanTroSEIZE Stage 1A: NanTroSEIZE Shallow Megasplay and Frontal Thrusts, *IODP 316 Preliminary Report*, doi:10.2204/iodp.pr.316.

(3) レビュー論文・総説

1. 木下正高, 芦寿一郎, 木村 学, 金松敏也, 倉本真一 (2009), 紀伊半島沖南海トラフ地震発生帯から採取された浅部分岐断層, *地質学雑誌*, 115, XV-XVI, 査読無.

(4) 書籍等

1. 木村 学, 木下正高編 (2009), 付加体と巨大地震発生帯 南海地震の解明に向けて, 東大出版会, pp.1-296.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Kimura, G., Mountain building processes of Japan- present and past, European Geosciences Union, 2006.4.2-7, Vienna, Austria, 招待
2. Kimura, G., Nankai Trough Seismogenic Zone Drilling- a frontier project in earth sciences, 韓国地質学会, 2006.10.25-27, 仁川, 韓国, 招待
3. Kimura, G., Mélange as a plate boundary fault rock- earthquake and slow slip, GSA Meeting, Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurashia-Africa-Arabia, 2010.10.4-8, Ankara, Turkey, 招待
4. Kimura, G., S. Hina, Y. Hamada, J. Kameda, T. Tsuji, M. Kinoshita, and A. Yamaguchi, A runaway slip to the trench due to breaking through abnormally pressurized megathrust under the middle trench slope- The tsunami genesis of the 2011 Tohoku earthquake-, AGU Fall Meeting, 2011-12.5-9, San Francisco, USA, 一般.

他 8 回

(2) 国内会議

1. 木村 学, Results and expected dating research for the Nankai Trough megasplay and frontal thrusts, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 2009.5.16-21, 千葉幕張メッセ, 招待
2. 木村 学, 超深度掘削が拓く海溝型巨大地震の新しい描像, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011.5.22-27, 千葉幕張メッセ, 招待

他 34 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 濱田洋平・日本地球惑星科学連合 2011 年大会固体地球科学セクション学生優秀発表賞受賞
- ・ 橋本 善孝・高知大学教育研究部自然科学系, 准教授
- ・ 山口 飛鳥・東京大学大気海洋研究所, 助教
- ・ 北村 有迅・海洋研究開発機構 IFREE, 研究員
- ・ Hugues Raimbourg・日本学術振興会外国人特別研究員プログラムを終え, フランスオルレアン大学准教授

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Island Arc 編集顧問, 2011

(2) 学会等

- ・ 2006.5-2008.5 日本地質学会会長

- ・ 2008.12-2012.5 公益社団法人日本地球惑星科学連合会長

(3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2007.3.25 牟岐町生涯学習推進大会「牟岐で見つけた地下1万メートルの世界」
- ・ 2007.5.13 地質学会北海道支部総会「地質学と地質学界の未来」
- ・ 2008.9.5 筑波大学 IODP 普及キャンペーン地球の記憶を掘り起こせ！
「NanTroSEIZE Stage 1 航海成果について」
- ・ 2010.3.27 掘削で明らかになる地球の姿～統合国際深海掘削計画普及講演会 in AKIBA 『ちきゅう』が切り開く新たな地震科学」
- ・ 2011.1.17 北海道高等学校教育研究大会理科部会全体会「地球を知る 地球の巣を掘る」
- ・ 2011.8.23 宮崎県立延岡高等学校講演会「海溝型巨大地震の解明のために過去のプレート境界分岐断層を掘る！！」
- ・ 2011.11.23 公益財団法人日立環境財団環境サイエンスカフェ講演「新しい地震の科学」

1 2. 学内外の委員会等

- ・ 2004.4-現在 東京大学地震研究所協議会協議委員
- ・ 2005.3-現在 日本学術会議連携会員
- ・ 2006.6-2009.3 科学諮問組織執行委員会 (SASEC) 委員
- ・ 2008.2-2012.3 『ちきゅう』運用管理委託検討委員会委員
- ・ 2008.6-現在 東海・東南海・南海地震の連動性評価研究推進委員会委員

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：0

外国人研究者数：2

派遣

学生数：1

研究者数：1

海外からの来訪者数：4

ゲラー ロバート

I. 略歴

氏名： ゲラー ロバート

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴：

1973年（昭和48年）6月 カリフォルニア工科大学地球物理学専攻卒業

1975年（昭和50年）6月 カリフォルニア工科大学地球物理学専攻修士課程修了

1977年（昭和52年）6月 カリフォルニア工科大学地球物理学専攻博士課程修了

1977年（昭和52年）6月 PhD取得（カリフォルニア工科大学）

職歴：

1977年（昭和52年）6月 カリフォルニア工科大学 博士研究員

1978年（昭和53年）7月 スタンフォード大学 助教授

1984年（昭和59年）8月 東京大学理学系研究科（当時理学部）地球惑星科学専攻
助教授

1999年（平成11年）7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

1. 深層海洋大循環モデルの高精度化に向けた深海乱流強度のグローバルな空間分布の解明

私の主な研究は地震波形データを用いて地球内部構造推定を行うことである。2006年以前は理論的な手法開発の研究を行った。とくに逆問題の一般的な定式化 (Geller and Hara, GJI, 1993), および正確かつ効率的な理論波形計算手法の開発 (Geller and Takeuchi, 1995, GJI, およびその関連論文)を行った。

2006年以降, 波形インバージョンの研究において大きな進展があった。まず, 理論波形計算手法の拡張を行い (Kawai et al., GJI, 2006), 理論波形計算の無料ソフトウェアを公開した。次に, 波形インバージョン法を実際のデータに適用して最下部マントル(D"領域)のS波速度の深さ依存性を推定した。従来の研究に比べて, はるかに詳細な地震波速度構造を推定することができた。以降, 中米下, 北極下, 太平洋下などの複数の地域に適用し, その結果を報告した (Kawai et al., GRL, 2007ab; Konishi et al., EPSL, 2009, etc.). これらの結果は, Kawai and Tsuchiya (PNAS, 2009)による核・マントル境界の温度の制約のための基礎となるデータを与え, 固体地球科学全体に大きな貢献をした。

上記の等方媒質の地震波速度構造推定の研究に加えて, 異方性構造および非弾性減衰構造を波形インバージョンによって推定を行った。その結果, 太平洋下の上昇流に起因すると解釈できる異方性構造 (Kawai and Geller, EPSL, 2010) やスラブの沈み込

みによって運び込まれたと考えられる非弾性減衰構造の推定(Fuji et al., PEPI, 2010)を行った。

上記の研究のようなグローバルな規模での構造推定に使われる理論波形計算は周波数領域によって行われているが、その手法を時間領域における理論波形計算に適用した。そして、時間領域における安定かつ正確な理論波形計算手法に成功し、日本のみならずアメリカ、イギリス、カナダ、およびノルウェーにおいて特許を申請中である。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震以降、日本における地震の直前予知および長期予想に対する取り組みに問題があることが明らかになった。また、地震および津波対策の不足も非情にも明白になった。そこで私はいくつかの論文において、その問題点を指摘し、改善策を提案した(Geller, Nature, 2011; Nöggerath et al., Bull. Atom. Sci., 2011; Stein et al., Seismol. Res. Lett., 2011)。私は科学者が問題点に対処するために意思疎通を行うことが重要であると主張する。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Geller, R. J. (1976), Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 66, 1501-1523. 被引用数: 314

巨大地震の表面波マグニチュードがその大きさにかかわらず約 8.5 で飽和してしまうことを示すモデルを提唱した。

2. Geller, R. J., D. D. Jackson, Y. Y. Kagan, and F. Mulargia (1997), Earthquakes cannot be predicted, *Science*, 275, 1616-1617. 引用数: 237

近接未来に決定論的な短期的な地震予知が不可能であることを主張した。予知問題に関して大きな影響を与えた。

3. Geller, R. J. and C. S. Mueller (1980), Four similar earthquakes in central California (1980), *Geophys. Res. Lett.*, 7, 821-824. 引用数: 131

それまで報告されていなかった相似地震（繰り返し地震とも呼ばれる）という現象を報告した。相似地震とはほぼ同一の波形を発生させるほとんど同一の位置の断層での滑りによって生じるものである。

4. Geller, R. J. (1997) Earthquake prediction: a critical review, *Geophys. J. Int.*, 131, 425-450. Times Cited: 110

1880年から執筆当時までの地震予知研究の総括を行い、該当研究分野の不成功を示した。

5. Geller, R. J., and T. Ohminato (1994), Computation of synthetic seismograms and their partial derivatives for heterogeneous media with arbitrary natural boundary conditions using the Direct Solution Method, *Geophys. J. Int.*, 116, 421-446. 引用数: 75

固層・液層における弾性体運動方程式の弱形式の定式化を行った。これは私たちの研究グループが直接解法(DSM)によって理論波形を計算するときの基礎となる論文である。また、地震学分野に対して弱形式の有効性を示した。

4. 受賞等

- ・ ARCO Outstanding Young Faculty Award, 1978
- ・ Guggenheim Fellowship, 1984-85
- ・ 1982 年の法律成立によって日本国籍を有しない者が日本の国立大学の教職員になることが可能となって以降, 東京大学初の日本国籍を有しない任期なしの教職員である.

5. 研究の将来計画

既に述べたように, 2006 年までは地球内部地震波速度構造のための手法開発を行い, それ以降それを観測波形に適用して, 複数の領域の最下部マンツルの地震波速度構造の深さ依存性の推定を行った. また, 等方媒質のみならず異方性および非弾性減衰構造の深さ依存性の推定を行った.

現在, それらを発展させ, 3 次元地震波速度構造推定に取り組んでいる. すでに見通しのある結果が得られつつあり, その一部は小西健介君の博士課程での貢献によるものである. 我々はそれらの結果に関する論文を複数投稿中である. また, 2012 年 AGU 秋季大会にて招待講演一件を含む複数の口頭発表および一件のポスター発表を行う. 目下, 大規模な 3 次元構造推定に向けて鋭意取り組んでいる. 得られる結果は地球科学の理解に貢献するであろう.

私たちは最適化演算子を用いた理論波形計算手法を物理探査分野への応用している. 現在, 業務用ソフトウェアの開発を行い, さらにその球座標系への適用を行う予定である. 近いうちに, 物理探査における波形インバージョンを始めるつもりである.

2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震以降, 日本は地震予知研究に傾倒していた国家の地震研究を改革しているが, その際に多くの困難に直面している. 地震や津波に対する原子力発電所の安全性の重要な問題である. 私は 2012 年の 10 月に行われた日本地震学会主催の地震予知研究計画の 50 周年記念の特別シンポジウムの大会委員長を務めた.

私は地震災害予想地図の問題点(Stein et al., Tectonophysics, 2012), 固有地震説の不備(Kagan et al., Seismol. Res. Lett., 2012), および一般人に対して自然災害予想の伝達する際の不確実性(Stein and Geller, Eos, 2012)について指摘を行った.

私は上記純粋地球科学と政策問題の間にある問題点に関しても取り組むつもりである.

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤 C, 広帯域地震波形データを用いた波形インバージョンによる異方性構造の詳細化, 2010-2012 年度, 4,290 千円

(2) 共同研究

・ Schlumberger, K.K., 2008 年度, 450 千円

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

・ Schlumberger, K.K., 2006-2010 年度, 4,950 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kawai, K., N. Takeuchi, and R. J. Geller (2006), Complete synthetic seismograms up to 2 Hz for transversely isotropic spherically symmetric media, *Geophys. J. Int.*, *164*, 411-424.
2. Kawai, K., N. Takeuchi, R. J. Geller, and N. Fuji (2007), Possible evidence for a double crossing phase transition in D'' beneath Central America from inversion of seismic waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L09314, doi:10.1029/2007GL029642.
3. Kawai, K., R. J. Geller, and N. Fuji (2007), D'' beneath the Arctic from inversion of shear waveforms, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L21305, doi:10.1029/2007GL031517.
4. Konishi, K., K. Kawai, R. J. Geller, and N. Fuji (2009). MORB in the lowermost mantle beneath the western Pacific: Evidence from waveform inversion, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *278*, 219-225.
5. Kawai, K., S. Sekine, N. Fuji, and R. J. Geller (2009), Waveform inversion for D'' structure beneath northern Asia using Hi-net tiltmeter data, *Geophys. Res. Lett.*, *36*, L20314, doi:10.1029/2009GL039651.
6. Fuji, N., K. Kawai, and R. J. Geller (2010), A methodology for inversion of broadband seismic waveforms for elastic and anelastic structure and its application to the mantle transition zone beneath the Northwestern Pacific, *Phys. Earth Planet. Int.*, *180*, 118-137.
7. Kawai, K., and R. J. Geller (2010), Waveform inversion for localized seismic structure and an application to D'' structure beneath the Pacific, *J. Geophys. Res.*, *115*, B01305, doi:10.1029/2009JB006503.
8. Kawai, K., and R. J. Geller (2010), The vertical flow in the lowermost mantle beneath the Pacific from inversion of seismic waveforms for anisotropic structure, *Earth Planet. Sci. Lett.*, *297*, 190-198.
9. Kawai, K., R. J. Geller, and N. Fuji (2010), Waveform inversion for S-wave structure in the lowermost mantle beneath the Arctic: Implications for mineralogy and chemical composition, *Geophys. Res. Lett.*, *37*, L16301, doi:10.1029/2010GL043654.
10. Kawai, K., and R. J. Geller (2010), Inversion of seismic waveforms for shear wave velocity, structure in the lowermost mantle beneath the Hawaiian hotspot, *Phys. Earth Planet. Int.*, *183*, 136-142.
11. Geller, R. J. (2011), Shake-up time for Japanese seismology, *Nature*, *472*, 407--409. (Commentary article).

12. Stein, S., R. J. Geller, and M. Liu (2011), Bad assumptions or bad luck: Why earthquake hazard maps need objective testing, *Seismological Research Letters*, 82, 623-626. (Opinion article)
13. Nöggerath, J., R. J. Geller, and V. K. Gusiakov (2011), Fukushima: The myth of safety, the reality of geoscience, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 67(5), 37-46.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

1. ゲラー・ロバート, (2011)日本人は知らない「地震予知」の正体・双葉社, ISBN-13: 978-4575303438.

(5) 特許

1. Geller, R. J., H. Mizutani, N. Hirabayashi, and N. Takeuchi, Numerical operators synthesizing method, involves generating stiffness matrix using spatial first-order difference operators, where difference approximation of first-order differentiation is obtained by smearing out operators in directions,” Patent Number(s): WO2010058865-A2; JP2010123056-A, Patent Assignee: UNIV TOKYO, Patent applications pending in Japan, U.S.A., U.K., Canada, and Norway.

(6) ソフトウェア

1. Public Free Software for computing synthetic seismograms in spherically symmetric transversely isotropic (TI) media using the Direct Solution Method (DSM), written principally by K. Kawai, with assistance from other members of my laboratory. Available for download from “<http://www-solid.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~dsm>.”

8. 学会発表など

[国際学会]

一般講演 22 回

[国内学会]

他一般講演 19 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ スタンフォード大学において博士課程指導学生である川勝均氏は, 現在東京大学地震研究所教授である.
- ・ 東京大学において修士課程指導学生である大湊隆雄氏は, 現在東京大学地震研究所准教授である.
- ・ 東京大学において修士および博士課程指導学生である竹内希氏は, 現在東京大学地震研究所准教授である.
- ・ 最近では, 博士課程指導学生である河合研志氏(2006 年修了)および富士延章氏(2010 年修了)はそれぞれ東京工業大学の GCOE 助教およびパリ大学の任期なし助

教授(2012年9月より)となった。

- ・ 竹内および河合両氏(後者は 2012 年)は, 日本地震学会より若手学術奨励賞を受賞した。
- ・ 2004 年より本専攻からの「科学英語」の講義の設立および監督の依頼を受けた。現在実際の講義は専門の講師によってなされているが, 私はその講義の担当者である。私たちは実践的かつ有益な英語教授法を考えてきた。講義の詳細については次の URL を参照。 <http://w3-englishlab.eps.s.u-tokyo.ac.jp/english/en/index.shtml>
- ・ 私は現在文学部の西村教授(言語学)と共に日本人の英語学習者が直面する様々な障壁を考慮して, それを元に日本の英語教育を改善するプロジェクトを立ち上げた。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
 - ・ 日本地震学会代議員
- (3) 国際会議等
 - ・ WPGM(Taipei)セッションコンビーナー

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2011年3月11日東北太平洋沖地震発生以降, 国内外の主要新聞社, 通信社, および出版社より多くの取材を受けてきた。私は日本語で 2 つの主要政策評論誌(世界および中央公論)に評論記事を寄稿した。私は日本の主要テレビ局(フジテレビ・日本テレビ・読売テレビ)および国際ニュース局(CNN, Bloomberg, Al Jazeera-English)から複数回取材を受けた。私は日本の地震予知研究の問題点についての本を執筆した。これらの活動を通じて, 地震予知, 長期的な地震災害予想および原子力発電所の安全性についての重要な政策問題を解決するための貢献を行っている。

12. 学内外の委員会等

- ・ 2009 から 2010 年度に地球惑星物理学科の教務委員長
- ・ 固体地球科学グループにおいて教授(2009)および准教授(2008)の選考委員長

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数: 2名; 学部: 1名(インド1名) 修士: 1名(ウズベキスタン 1名)
博士: 0名

外国人研究者数：0名

(2) 派遣

学生数：2名 修士：0名 博士：2名（フランス1名，アメリカ1名）

研究者数：0名

(3) 海外からの来訪者数：7名（フランス1名，イギリス1名，ドイツ1名，アメリカ4名）

池田 安隆

I. 略歴

氏名： 池田 安隆

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1975年（昭和50年）3月 東京大学理学部地学科地理学課程 卒業

1977年（昭和52年）3月 東京大学大学院理学系研究科地理学専攻修士課程 修了

1980年（昭和55年）8月 東京大学大学院理学系研究科地理学専攻博士課程単位取得退学

1989年（平成1年）6月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1980年（昭和55年）8月 東京大学理学部地理学教室 助手

1991年（平成3年）3月 東京大学理学部地理学教室 講師

1992年（平成4年）5月 東京大学理学部地理学教室 助教授

1993年（平成5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（平成12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

本研究グループは、断層（とくにプレート内およびプレート境界逆断層）の挙動と随伴する地表変形と地質構造発達過程を研究してきた。2006～2011年度における主な研究成果は以下の通りである。

（1）日本列島のなかで最も活動的な断層の一つである糸魚川-静岡構造線を対象として反射法地震探査と重力探査を行い、この断層帯の地下構造を解明することを試みた。その結果、同断層帯中部は、横ずれが卓越するにもかかわらず低角度であり、現在の広域応力場と著しく非調和であることが分かった。これは、同断層帯が中新世における張力場で発生し、鮮新世以降に再活動していることに起因すると解釈される。

（2）我々は過去の研究によって、糸魚川-静岡構造線南部や伊那谷断層帯が極めて大きな逆断層すべり速度を揺ることを明らかにしていた。これらの断層帯を横切る地下構造探査を実施し、その結果、高速で地表に沿って前進した上盤岩体が幅数kmのナップを形成していることが分かった。すべり速度が小さい他の逆断層にはナップ構造が認められないことから、すべり速度が約10 mm/yrを越えると、浸食による後退を上回って断層フロントの成長が始まることが分かった。この結果に基づき、日本列島と同様な気候下にあるヒマラヤ南面におけるナップの成長と後退の歴史を考察した。

（3）反射法地震探査から得られる地下の地質構造から、東北日本弧の背弧域に

おける地殻水平短縮量を求めた；その結果この地域の鮮新世以降における地殻短縮速度は2~4 mm/yrとなる。前弧域の短縮速度をおよそ1 mm/yr程度と見積もれば、東北日本弧全体で水平短縮速度は3~5 mm/yrとなる。この結果は、(a) 東北日本弧における非弾性歪みの蓄積速度が、測地学的に観測される歪み速度に比べておよそ一桁小さく、(b) したがって過去100年間以上にわたって東北日本弧に蓄積された大きな歪みの大部分が弾性歪みであること、および(c) その弾性歪みはプレート境界で起こる巨大な decoupling event にともなって解消されるという我々が従来から提唱してきた予想を裏付けた。

3. 特に優れた論文5編

1. Ikeda, Y., Thrust-front migration and its mechanism (1983), Evolution of intraplate thrust fault systems, *Bull. Dept. Geogr., Univ. Tokyo*, 15, 125-159.

逆断層帯の変形フロントが前進する現象を説明する地下構造モデルを初めて提示し、それが観測された内陸地震のメカニズムと適合することを示した。

2. Ikeda, Y., Y. Suzuki, E. Herece, F. Saroglu, A. M. Isikara, and Y. Honkura (1991), Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian fault zone in the Mudurnu Valley, western Turkey, *Tectonophysics*, 193, 335-345.

トルコ北部のプレート境界・北アナトリア断層における世界初の古地震学的研究

3. Kayanne, H., Y. Ikeda, T. Echigo, M. Shishikura, T. Kamataki, K. Satake, J. N. Malik, S. R. Basir, G. K. Chakraborty, and A. K. Ghosh Roy (2007), Coseismic and postseismic creep in the Andaman Islands associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L01310, doi:10.1029/2006GL028200.

2004年の地震直後に行った海岸地形とサンゴ礁の調査によって、超巨大地震を起こした破壊面が、地震後数ヶ月かけて浅部に伝播したことを示す証拠を得た。

4. Ikeda Y., T. Iwasaki, K. Kano T. Ito, H. Sato, M. Tajikara, S. Kikuchi, M. Higashinaka, T. Kozawa, and T. Kawanaka (2009), Active nappe with a high slip rate: Seismic and gravity profiling across the southern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, *Tectonophysics*, 472, 72-85, doi:10.1016/j.tecto.2008.04.008.

地震・重力探査によってアクティブなナップ構造をイメージングした。その結果を基に、ナップの発達と浸食速度との関係、および低ヒマラヤにおけるナップの発達過程を論じた。

5. Okada, S., and Ikeda, Y. (2012), Quantifying crustal extension and shortening in the back-arc region of Northeast Japan, *J. Geophys. Res.*, 117, B01404, doi:10.1029/2011JB008355.

東北日本弧の中新世における引張量と鮮新世以降の短縮量を地震探査データを用いてもとめた結果、前者が後者を大きく上回ることが分かった。

4. 受賞等

- ・ 活断層調査研究グループ（池田安隆・石山達也・今泉俊文、ほか27名）：日本地理学会特別賞，日本地理学，2005年3月

- ・ 田力正好・池田安隆：日本第四紀学論文賞，日本第四紀学会，2006年8月

5. 研究の将来計画

地形学の研究を志して以来長い間暖めてきたヒマラヤ-チベット研究を今後数年間の主要な研究テーマとする。

ヒマラヤ-チベット造山帯の進化に関して多くのモデルが提唱されているが，未だに定説がない。この造山帯では，衝突開始（約 50 Ma）以後およそ 30 Myr の間は地殻水平短縮とそれに伴う地殻厚化・アイソスタティック隆起によって成長したが，20 Ma 以降は上方への成長が頭打ちとなり，代わって水平方向への山体の拡大が始まった。特筆すべき事は，この山体の拡大が，過去数億年以上無変形であった周囲の大陸リソスフェアを造山帯に取り込むことによって起こっているという点にある。約 20 Ma 頃，ヒマラヤ-チベット山塊の南縁は，Indus-Tsampo Suture Zone から Main Central Thrust へと約 200 km 以上ジャンプし，その結果南へと拡大した。これ以降，大規模横ずれ断層群の活動を伴う山塊の側方移動 (lateral escape) が活発になったらしい。この Lateral escape と連動してヒマラヤ-チベット山塊の東方への拡大が始まったらしい。

現在最も活潑に拡大が生じているのは，チベット高原の東縁部である。本研究では，チベット高原東縁のツァイダム盆地から雲南に至る地域における地表変形を地形・地質学的方法と宇宙線生成核種を用いた年代測定法によって明かし，それによってヒマラヤ-チベット造山帯の進化モデルに観測的拘束を与えることを試みる。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(C)，大規模横ずれ活断層の発生過程に関する研究（代表），2006～2007年度，4,050 千円
- ・ 特別研究促進費，2008 年中国四川省の巨大地震と地震災害に関する総合的調査研究（分担），2008 年度，2,400 千円
- ・ 新学術領域研究，高精度地形探査と湧水観測による断層活動と流体移動の解明（分担），2009～2011 年度，2,700 千円
- ・ 基盤研究(B)，チベット高原の拡大過程に関する研究（代表），2010～2011 年度，10,530 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ 地震・火山噴火予知研究計画事業費，沈み込み帯のマグマ発生と地殻変動のダイナミクス（分担），2009～2011 年度，1,100 千円

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Malik, J.N., Shishikura, M., Echigo, T., Ikeda, Y., Satake, K., Kayanne, H., Sawai, Y., Murty, C.V.R., and Dikshit, O. (2011), Geologic evidence for two pre-2004 earthquakes during recent centuries near Port Blair, South Andaman Island, India, *Geology*, *39*, 559–562; doi:10.1130/G31707.1.
2. Inoue, S., Kayanne, H., Matta, N., Chen, W.S., and Ikeda, Y. (2011), Holocene uplifted coral reefs in Lanyu and Lutao Islands to the southeast of Taiwan, *Coral Reefs*, *30*, 581-592; doi:10.1007/s00338-011-0783-x.
3. Ikeda Y., T. Iwasaki, K. Kano T. Ito, H. Sato, M. Tajikara, S. Kikuchi, M. Higashinaka, T. Kozawa, and T. Kawanaka (2009), Active nappe with a high slip rate: Seismic and gravity profiling across the southern part of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, *Tectonophysics*, *472*, 72-85, doi:10.1016/j.tecto.2008.04.008.
4. 田力正好, 池田安隆, 野原壮 (2009), 河成段丘の高度分布から推定された岩手・宮城内陸地震の震源断層, *地震*, 第2輯, *62*, 1-11.
5. 下山正一, 磯望, 千田昇, 岡村真, 松岡裕美, 池田安隆, 松田時彦, 竹中博士, 石村大輔, 松末和之, 松山尚典, 山盛邦生 (2008), 福岡平野東縁部に位置する宇美断層の特徴について, *活断層研究*, *29*, 59-70.
6. He, H., and Y. Ikeda (2007), Faulting on the Anninghe fault zone, Southwest China in Late Quaternary and its movement model, *Acta Seismologica Sinica*, *20*, 571-583.
7. 何 宏林, 池田安隆 (2007), 西寧河断裂帯晩第四紀運動特性及模式的討論, *地震学報*, *29*, 537-548.
8. 越谷信, 森下裕介, 野田賢, 佐藤比呂志, 蔵下英司, 荻野スミ子, 武田哲也, 加藤直子, 平野信一, 加藤一, 池田安隆, 井川猛, 村上文俊, 北上低地帯西縁断層帯研究グループ (2007), 奥羽脊梁山脈東縁部, 北上低地帯西縁断層帯花巻地域の反射法地震探査, *地震研究所彙報*, *82*, 3-12.
9. 岡田真介, 池田安隆, 小田晋, 越後智雄, 戸田茂, 鈴木規眞, 河合陽平, 加藤 一, 佐藤比呂志, 木村治夫, 田力正好, 石山達也, 今泉俊文, 楮原京子, 松多信尚, 内田拓馬, 宇野知樹, 河村知徳 (2007), 伊那谷断層帯小黒川測線における浅層反射法地震探査: データ取得と処理, *地震研究所彙報*, *82*, 13-24.
10. 松多信尚, 池田安隆, 佐藤比呂志, 今泉俊文, 東郷正美, 柳 博美, 三ヶ田均, 戸田 茂, 堤 浩之, 蔵下英司, 越谷 信, 野田 賢, 加藤 一, 平川一臣, 八木浩司, 宍倉正展, 越後智雄, 石山達也, 原口 強, 荻野スミ子, 新井慶将, 河村知徳, 田力正好, 加藤直子, 井川 猛, 神城反射法地震探査グループ (2007), 糸魚川-静岡構造線活断層系神城断層の浅層および極浅層反射法地震探査, *地震研究所彙報*, *82*, 25-36.
11. 松多信尚, 池田安隆, 佐藤比呂志, 今泉俊文, 田力正好, 蔵下英司, 河村知徳, 加藤直子, 戸田茂, 谷美由起, 加藤一, 東郷正美, 中村洋介, 越後智雄, 田中淳彦, 井川猛, 大町反射法地震探査グループ (2007), 糸魚川-静岡構造線活断層系

北部大町地域の浅層反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 37-44.

12. 松多信尚, 池田安隆, 東郷正美, 今泉俊文, 佐藤比呂志, 戸田茂, 田力正好, 加藤一, 石山達也, 井川猛, 松本反射法地震探査グループ (2007), 糸魚川-静岡構造線活断層系北部, 松本地域における反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 45-56.
13. 松多信尚, 池田安隆, 佐藤比呂志, 今泉俊文, 東郷正美, 河村知徳, 戸田茂, 宮内崇裕, 加藤一, 越後智雄, 田力正好, 石山達也, 新井慶将, 井川猛, 富士見反射法地震探査グループ (2007), 糸魚川-静岡構造線活断層系中部, 富士見地域における反射法地震探査, 地震研究所彙報, 82, 57-64.
14. Kayanne, H., Y. Ikeda, T. Echigo, M. Shishikura, T. Kamataki, K. Satake, J. N. Malik, S. R. Basir, G. K. Chakraborty, and A. K. Ghosh Roy (2007), Coseismic and postseismic creep in the Andaman Islands associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L01310, doi:10.1029/2006GL028200.
15. Takada, Y., Y. Fukahata, A. Hashima, T. Terakawa, K. Fukui, T. Yanagisawa, Y. Ikeda, G. Kimura, and M. Matsu'ura (2007), Development of three-dimensional basement structure in Taiwan deduced from past plate motion: Consistency with the present seismicity, *Tectonics*, 26, TC3004, doi:10.1029/2006TC001957.
16. He, H., Ran, H., and Ikeda, Y. (2006), Uniform strike-slip rate along the Xianshuihe-Xiaojiang Fault System and its Implications for active tectonics in Southeastern Tibet, *Acta Geologica Sinica*, 80, 376-386.
17. 佐藤比呂志, 池田安隆, 今泉俊文, 三ヶ田均, 戸田茂, 堤浩之, 越谷信, 野田 賢, 伊藤谷生, 宮内崇裕, 八木浩司, 東郷正美, 岩崎貴哉, 坂 守, 平田直, 松多信尚, 河村知徳, 石丸恒存, 井川猛, 千屋 96 反射法地震探査グループ (2006), 千屋断層 (花岡) を横断する浅層反射法地震探査: データ取得と処理について, 東京大学地震研究所彙報, 81, 97-106.
18. 楮原京子, 内田拓馬, 宮内崇裕, 今泉俊文, 佐藤比呂志, 越後智雄, 池田安隆, 越谷信, 野田賢, 松多信尚, 石山達也, 戸田茂, 加藤一, 岡田真介, 加藤直子, 荻野スミ子, 木村治夫, 渡邊勇二, 宇野知樹, 田中環, 小島淳, 市川史大, 小畑一馬, 乗田康之, 今村朋裕, 野田克也, 井川猛 (2006), 横手盆地東縁断層帯・太田断層を横断する浅層反射法地震探査(2003年): データ取得と処理について, 東京大学地震研究所彙報, 81, 107-118.
19. 蔵下英司, 佐藤比呂志, 越谷信, 野田賢, 加藤一, 荻野スミ子, 武田哲也, 平野信一, 池田安隆, 井川猛 (2006), 北上低地帯西縁断層系における浅層反射法地震探査, 東京大学地震研究所彙報, 81, 139-147.
20. 佐藤比呂志, 八木浩司, 池田安隆, 今泉俊文, 荻野スミ子, 宮内崇裕, 戸田茂, 平野信一, 松多尚信, 越後智雄, 田力正好, 井川猛, 酒井隆太郎, 新庄 97 反射法地震探査グループ (2006), 新庄盆地東部活褶曲群を横切る反射法地震探査, 東京大学地震研究所彙報, 81, 157-170.
21. 岡田真介, 池田安隆, 越後智雄, 戸田茂, 木村治夫, 加藤一, 石山達也, 楮原京子, 森下信人, 奥田里奈, 渡邊太樹, 小田晋 (2006), 長野盆地西縁断層帯における反射法地震探査: データ取得と処理, 東京大学地震研究所彙報, 81, 171-180.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Ikeda, Y., T. Iwasaki, K. Kano, T., Ito, S. Abe, and S. Kikuchi (2010), Structure and behavior of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, as revealed by tectonic geomorphology, seismic reflection surveys, and gravity analyses, *Hokudan International Symposium on Active Faulting*, pp. 30-31.
2. Okada, S., Tajikara, M., Ikeda, Y. and Y. Shirahama (2010), Mid-crustal detachment controls the tectonic evolution in the back-arc region of Northeast Japan, *Hokudan International Symposium on Active Faulting*, pp. 69-70.

(3) レビュー論文・総説

1. 池田安隆・岡田真介 (2011), 島弧-海溝系における長期的歪み蓄積過程と超巨大地震, *科学*, 81, 1071-1076. (査読無し)
2. 池田安隆 (2011), 東北日本島弧-海溝系における歪みの蓄積-解放過程と超巨大歪解放イベントの可能性, *地震予知連絡会会報*, 86, 687-698 (査読無し)
3. 池田安隆 (2011), 東北日本島弧-海溝系における長期的歪み蓄積過程と 2011 年東北地方太平洋沖地震, *地震予知連絡会会報*, 86, 103-111. (査読無し)
4. Ikeda, Y., H. He, K. Kano, W. Lin, T. Ishiyama, H. Zhang, Z. Wei, and F. Shi (2009), Geological reconnaissance of the source area of the Wenchuan, Sichuan Province, earthquake of May 12, 2008. In: Konagai, K. (ed.), *Investigation Report of the May 12th 2008, Wenchuan Earthquake, China*, pp. 243-274, <http://shake.iis.u-tokyo.ac.jp/wenchuan/> (査読無し)
5. 宍倉正展, 池田安隆, 越後智雄, 茅根 創, 佐竹健治, Javed N. Malik, Shaikh R. Basir, Gautam K. Chakraborty (2009), 2004 年スマトラ島沖地震で沈降したアンダマン諸島南部での掘削調査-過去のスマトラ級イベントを求めて-, *月刊地球*, 31, 158-164. (査読無し)
6. 池田安隆 (2008), 2008 年 5 月 12 日中国四川省の地震について, *日本地質学会 News*, 11 (6), 6-7. (査読無し)
7. 池田安隆 (2006), 薄皮褶曲断層帯における地震発生のパラドックス, *地球号外*, 54, 26-35. (査読無し)
8. 宍倉正展, 池田安隆, 越後智雄 (2006), インド・アンダマン諸島における古地震調査, *活断層研究センターニュース*, 63, 6. (査読無し)
9. 池田安隆 (2006), 2004 年中越地震と活構造との関係, *地球 号外*, 53, 208-216. (査読無し)

(4) 書籍等

1. 箕浦幸治, 池田安隆 (2011), *地球のテクトニクス 1: 堆積学・変動地形学*, 現代地球科学入門シリーズ 9, 共立出版. 202 頁.
2. 田力正好・池田安隆 (2009), 島弧規模の大地形, および島弧内の山地・盆地の形成-特に東北日本弧を中心として-, 「デジタルブック最新第四紀学」, 第四紀学会, 196-200.
3. 野津憲治・池田安隆 (2009), 地震予知連絡会構成機関等の活動 (この 10 年を振り返って): 東京大学理学系研究科, 「地震予知連絡会 40 年の歩み」, 国土地理

院, 40-42.

4. 岡田篤正, 中田高, 池田安隆 (2007), 1:25,000 都市圏活断層図・境峠-神谷断層帯とその周辺, 「梓湖」「塩尻」「木曾駒高原」, 国土地理院技術資料 D・1-No.495.
5. 松田時彦, 池田安隆 (2006), 木曾山脈, 「日本の地形 5, 中部」, 164-168, 東京大学出版会.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Ikeda, Y. (2011), Long-term and short-term rates of crustal deformation and their implications for the Tohoku, Northeast Japan, earthquake (Mw 9.0) of March 11, 2011, Asia Oceania Geoscience Society 2011 Annual Meeting, Taipei, August 8-12, 2011. (招待講演)
2. Goldfinger, C., Ikeda, Y., and Yeats, R.S. (2011), Superquakes and supercycles: Implications for the GEM seismic hazard model, The Global Earthquake Model (GEM) Outreach Meeting 2011, Beijing, June 6-9, 2011. (招待講演)
3. Ikeda, Y. (2011), Long-term strain budget in the Northeast Japan arc, and its implications for the gigantic decoupling event in (and after) 2011, Special Lecture at the Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing, China, June 8, 2011. (招待講演)
4. Ikeda, Y., T. Iwasaki, K. Kano, T., Ito, S. Abe, and S. Kikuch (2010), Structure and behavior of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, as revealed by tectonic geomorphology, seismic reflection surveys, and gravity analyses, Hokudan International Symposium on Active Faulting, Awaji City, January 2010. (招待講演)
5. Ikeda, Y., K. Kano, T. Iwasaki, and T. Ito (2009), Seismic Hazards from a large fault zone with complex history: An example from the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, The Second China-Japan Science Forum “The 2008 Wenchuan Earthquake and Natural Disaster Mitigation”, Beijing, March 2009. (招待講演)
6. Ikeda, Y. (2006), Long-term and short-term rates of crustal deformation over the northeast Japan arc, and their implications for gigantic earthquakes at the Japan Trench, International Workshop on Tectonics of Plate Convergence Zones, University of Tokyo, September 2006. (招待講演).

他 28 件

(2) 国内会議

1. 池田安隆 (2011), 島弧-海溝系の長期的歪み蓄積過程から見た 2011 年東北地方太平洋沖地震, 平成 23 年東北地方太平洋沖地震に関する成果報告シンポジウム: 地震及び火山噴火予知のための観測研究, 仙台, 2011 年 8 月 20 日. (招待講演)

2. 池田安隆, 狩野謙一, 岩崎貴哉, 伊藤谷生 (2009), 反射法地震探査と重力探査によってわかった糸魚川-静岡構造線の地下構造, シンポジウム「フォッサマグナ地域の地殻変動現象と中部地方の最新情報」, 地質学会中部支部, 甲府, 2009年6月. (招待講演)
3. 池田安隆 (2007), 島弧における地殻歪みの蓄積・開放過程と地形発達, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2007年5月. (招待講演)
4. 池田安隆, 茅根創, 越後智雄, 宍倉正展, 鎌滝孝信 (2005), スマトラアンダマン地震に伴う地殻変動, 北淡活断層シンポジウム 2006, 北淡町, 2006年1月. (招待講演)

他 58 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 田力正好 (2004年3月博士課程修了): 日本第四紀学会 2006年度論文賞受賞 (2006年8月).
- ・ 白濱吉起 (博士課程在学中): 日本地震学会 2010年度学生優秀発表賞受賞 (2010年10月)

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
 - ・ 活断層研究会, 編集委員会・学術雑誌編集委員, 2006~2011
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 池田 安隆 (2011), 島弧-海溝系の長期的歪み蓄積過程から見た 2011年東北地方太平洋沖地震, 海洋アライアンスシンポジウム第6回東京大学の海研究「震災を科学する」, 東京大学, 2011年7月14日.
- ・ 池田 安隆 (2012), 下北半島沖の大陸棚外縁断層を無視する原子力安全委員会: 六ヶ所再処理工場や東通原発の耐震性は大丈夫なのか, *Actio*, 2012年3月号, 8-11頁.

12. 学内外の委員会等

- ・ 地球惑星環境学科教務委員会・委員長, 2008
- ・ 文部科学省地震調査研究推進本部, 「糸魚川-静岡構造線断層帯」重点的調査観測推

進委員会・委員, 2006~2007

- ・ 文部科学省地震調査研究推進本部, 調査観測データ流通公開推進専門委員会・委員, 2006~2007
- ・ 国土交通省国土地理院, 地震予知連絡会・委員, 2006~現在
- ・ 国土交通省国土地理院, 主要活断層調査検討委員会・委員, 2006~現在
- ・ 内閣府, 原子力安全委員会原子炉安全審査会・審査委員, 2006~2012
- ・ 内閣府, 原子力安全委員会核燃料安全審査会・審査委員, 2006~2012

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：1人（内訳：中国1）

外国人研究者数：0人

派遣

学生数：5人（内訳：中国へ修士2, 中国へ博士3）

研究者数：13人（内訳：インドへ3, 中国へ10）

海外からの来訪者数：34人（内訳：中国13, 台湾8, インド6, イギリス3, アメリカ2, カナダ2）

井出 哲

I. 略歴

氏名： 井出 哲

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1992年（平成4年）3月 東京大学理学部地球物理学科卒業

1994年（平成6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（平成9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（平成9年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1994年（平成6年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC1）

1997年（平成9年）4月 東京大学地震研究所 助手

2000年（平成12年）12月～2001年（平成13年）11月 スタンフォード大学
Department of Geophysics Visiting Scholar

2002年（平成14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（平成20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
現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

当研究室では地震および関連する諸現象の総合的理解を目指して研究を行っている。H18-H23の研究成果は主に「ゆっくり地震」に関するものと巨大地震、特に「東北沖地震」に関するものに大別できる。

2000年以来世界各地で発見が続いている不思議な現象、深部微動、低周波地震、スロースリップについて、それらがひとまとまりの現象「ゆっくり地震」と考えられることを明らかにしてきた。主に地震波記録の解析から代表的なものとして以下のような成果を挙げた。

- (1) 深部低周波地震は沈み込むプレート境界で発生していることを示す(Nature 誌)
- (2) 深部低周波地震は低角逆断層のメカニズムを持つことを示す(GRL 誌ハイライト)
- (3) 深部微動は多数の深部低周波地震の重ね合わせであることを示す(Nature 誌)
- (4) 深部低周波地震やスロースリップに独特なスケール法則を導く(Nature 誌)
- (5) 深部微動がブラウン運動的確率過程で表現できることを示す(GRL 誌ハイライト)
- (6) 深部微動の分布に過去のプレート運動の履歴を表す線状構造を発見(Nature 誌)

このほかにも、ゆっくり地震については低周波地震の詳細な震源決定法の開発や、独自観測による超長周期イベントの検出、火山性低周波地震の分析など、様々な研究

を行っている。これらの成果についての短いレビューを *Science* 誌に掲載すると共に、長めのレビューを *Annual Review* 誌に掲載している。ここまでの研究は主に国内の地震波記録を用いて行ってきたが最近では世界の様々な地域の類似の現象について研究を進めている。

2011 年 3 月の東北沖地震は世界の様々な研究者によって研究されたが、その実体が初めての論文という形で明らかにされたのは 5 月に当研究室が *Science* 誌に発表した論文によってであった。この論文で東北沖地震が海溝近傍での大きなすべりを伴ったこと、それはおそらく海溝の破壊によるダイナミックオーバーシュートによるものであることを示した。また地震の振る舞いが沈み込み帯の浅部と深部で異なることを指摘した。この成果は発表と同時に多くのメディアによって報道された。この 2 点はその後の多くの研究によって確認されている。さらに最近では東北沖地震の複雑な破壊プロセスが階層性を持つ不均質構造で説明できることを示した。

上記研究以外にも地震波のエネルギーに関するスケージングの再検討を行ったり、小地震から大地震までを直接比較できるマルチスケールすべりインバージョン法を開発したりしてきた。その結果、地震は微小地震から巨大地震まで、階層的不均質構造の破壊で近似できることがわかってきた。実際に自己相似的な不均質構造における破壊の伝播や応力の蓄積についての研究も進めている。やや変わった成果として沈み込むフィリピン海プレートの断裂形状に関する研究をまとめた。これは *GRL* 誌に掲載されたが、特に西日本の地震発生リスクに関わるこの成果は多くのメディアによって報道された。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Ide, S., and M. Takeo (1997), Determination of constitutive relations of fault slip based on seismic wave analysis, *Journal of Geophysical Research*, 102, 27379-27391.

被引用数 184 回(2012/10/26 現在)。地震波の解析から断層の摩擦構成法則を推定可能であることを示し、その後の摩擦構成則研究に強い影響を与えた論文。兵庫県南部地震についての代表的研究の一つでもある。関連研究で AGU 招待講演。

2. Ide, S., and G. C. Beroza (2001), Does apparent stress vary with earthquake size? *Geophysical Research Letters*, 28, 3349-3352.

被引用数 158 回(2012/10/26 現在)。地震のエネルギーに関するスケージングが約 20 桁で成り立っている可能性を示した論文。議論を引き起こし地震のエネルギーに関する 2005 年の AGU Chapman Conference の開催動機と成った。

3. Ide, S., G. C. Beroza, D. R. Shelly and T. Uchide (2007), A scaling law for slow earthquakes, *Nature*, 447, 76-79, doi:10.1038/nature05780.

被引用数 120 回(2012/10/26 現在)。過去 10 年ほど世界各地で発見されている「ゆっくり地震」。それらはプレート境界のすべりプロセスだが普通の地震と全く異なるスケール法則を持つことを示した。報道多数。AGU ユニオンセッションでの招待講演。

4. Ide, S. (2010), Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, *Nature*, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251.

被引用数 24 回(2012/10/26 現在)。世界中で見られる深部微動について、微動発生領域

での線状の不均質性構造を発見，さらにそれが過去のプレート運動の履歴を記録している可能性を指摘した．報道多数．AGU ほか招待講演．

5. Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza (2011), Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake, *Science*, 332, 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020.

被引用数 72 回(2012/10/26 現在)．東北沖地震の震源過程とその背景の物理メカニズムをいち早く解明した論文．海溝近傍で大きなすべりが起きたこと，深部と浅部の破壊が異なる特徴を持つことを明らかにした．報道多数．一般講演多数．

4. 受賞等

- ・ 2005年（平成17年） 5月23日 平成16年度日本地震学会若手学術奨励賞「地震波形解析による動的破壊過程の研究」
- ・ 2006年（平成18年） 4月18日 平成18年度文部科学大臣表彰若手科学者賞「地震物理学分野における震源動的破壊過程の研究」

5. 研究の将来計画

現在，中期（5-10 年程度）的な目標として，「巨大地震とゆっくり地震の関係解明」「世界中の沈み込み帯の個性の理解」を進めている．世界に先行しているゆっくり地震の理解を手がかりに，沈み込み帯で発生する巨大地震を沈み込みプロセス全体の中で理解することが目標である．その前半段階として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」を実施中（平成 27 年度まで）である．その中の短期（数年以内）的課題として

- ・ 世界中の沈み込み帯における深部微動の存在調査と特徴の抽出
- ・ 世界中の沈み込み帯における微小繰り返し地震の同定と特徴の抽出
- ・ 深部微動の時空間発展の詳細解明
- ・ 深部微動，スロースリップ，巨大地震の空間配置の解明
- ・ 内陸における低周波地震の発生メカニズムと応力場の関係解明
- ・ 巨大地震動的破壊時の断層幾何構造の影響の推定
- ・ 巨大地震動的破壊時の断層周辺の非弾性変形の評価法開発
- ・ 世界中の沈み込み帯における地震活動の特徴解明
- ・ 巨大地震動的破壊時の階層不均質構造と地震活動の関係解明

などを遂行する予定である．

研究手段としてはデータ解析と数値シミュレーションが軸となる．現在世界中で地震観測が実施され，大量のデータが公開されている．その効率的な収集，管理，処理法を開発し，大量データによって多角的に地震の性質を明らかにしていく．一方数

値シミュレーションでは特に空間的不均質の表現法に注意を払う予定である。これまでの研究で階層的な不均質構造が地震発生の理解に重要であることが明らかになってきた。これらの研究を発展させて内陸の地震まで含めた地震現象の総理解に迫りたい。

今後の研究には地質学や地球化学の知見も柔軟に取り入れる必要がある。当研究グループは新学術領域研究「超深度掘削」（領域代表：木村学教授）に参加し、広い分野の研究者と交流を深めてきた。新学術領域研究はあと1年半で完了するが、その後も弾性体力学だけではない地震の理解のために様々な分野の研究者と共同研究を企画していく。理学系研究科はそのような共同研究に適切な場所であるが、必ずしも学内にこだわらず、国内外の諸機関と協力関係を築けるように努める。

地震研究は社会との接点を常に意識させられる。現時点で、また近未来に地震の確実な予測法が開発できる見込みはあまりないが、現象を正しく理解することは確率的予測の精度を増す。できることとできないことを適切に社会に伝えていくことは本研究分野では特に重要である。これまでも報道を通して研究成果を発表してきたが、今後はいっそう丁寧な説明を心がけたい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・平成17～19年度 科学研究費補助金 若手研究(B), 数値シミュレーションと地震波インバージョンによる地震の不均質階層構造の研究, 研究経費 3,500千円
- ・平成20～22年度 科学研究費補助金 基盤研究(B), 広帯域観測データの精密解析に基づくゆっくり地震の物理過程解明, 研究経費 14,500千円
- ・平成20～25年度 科学研究費補助金 新学術領域研究「超深度掘削」計画研究, 海溝型巨大地震の準備・発生過程のモデル構築, 研究経費 36,890千円
- ・平成23～27年度 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, 研究経費 36,900千円

(2) 共同研究

- ・平成20～21年度 日本学術振興会日米共同研究 相手先:スタンフォード大学他, 南海沈み込み帯とサンアンドレアス断層におけるゆっくり地震と普通の地震の比較研究, 研究経費 4,900千円
- ・平成23～24年度 震災関連研究を対象とした国際緊急共同研究・調査支援プログラム 相手先:パリ高等師範学校他, 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, 研究経費 5,000千円

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Shelly, D. R., G. C. Beroza, S. Ide, and S. Nakamura (2006), Low-frequency earthquakes in Shikoku, Japan and their relationship to episodic tremor and slip, *Nature*, *442*, 188-191.
2. Shelly, D. R., G. C. Beroza, H. Zhang, C. H. Thurber, and S. Ide (2006), High-Resolution Subduction Zone Seismicity and Velocity Structure in Ibaraki, Japan, *Journal of Geophysical Research*, *111*, B06311, doi:10.1029/2005JB004081.
3. Venkataraman A., G. C. Beroza, S. Ide, K. Imanishi, H. Ito, and Y. Iio (2006), Measurements of spectral similarity for microearthquakes in western Nagano, Japan, *Journal of Geophysical Research*, *111*, B03303, doi:10.1029/2004JB003834.
4. Shelly, D. R., G. C. Beroza, and S. Ide (2007), Non-volcanic tremor and low-frequency earthquake swarms, *Nature*, *446*, 305-307.
5. Ide, S., D. R. Shelly, and G. C. Beroza (2007), The mechanism of deep low frequency earthquakes: Further evidence that deep non-volcanic tremor is generated by shear slip on the plate interface, *Geophysical Research Letters*, *34*, L03308, doi:10.1029/2006GL028890.
6. Yamada, T., J. J. Mori, S. Ide, R. E. Abercrombie, H. Kawakata, M. Nakatani, Y. Iio, and H. Ogasawara (2007), Stress drops and radiated seismic energies of microearthquakes in a South African gold mine, *Journal of Geophysical Research*, *112*, B3305, doi:10.1029/2006JB004553.
7. Ide, S. (2007), Dynamic rupture propagation on a 2D fault with fractal frictional properties, *Earth Planets Space*, *59*(10), 1099-1109, 2007.
8. Shelly, D. R., G. C. Beroza, and S. Ide (2007), Complex evolution of transient slip derived from precise tremor locations in western Shikoku, Japan, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, *8*, Q10014, doi:10.1029/2007GC001640.
9. Uchide, T., and S. Ide (2007), Development of multiscale slip inversion method and its application to the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake, *Journal of Geophysical Research*, *112*, B06313, doi:10.1029/2006JB004528.
10. Ide, S., G. C. Beroza, D. R. Shelly and T. Uchide (2007), A scaling law for slow earthquakes, *Nature*, *447*, 76-79, doi:10.1038/nature05780.
11. Yamada, T., and S. Ide (2008), Limitation of the Predominant-Period Estimator for Earthquake Early Warning and the Initial Rupture of Earthquakes, *Bulletin of Seismological Society of America*, *98*, 2739-2745.
12. Ide, S. (2008), A Brownian walk model for slow earthquakes, *Geophysical Research Letters*, *35*, L17301, doi:10.1029/2008GL034821.
13. Ohta, K., and S. Ide (2008), A precise hypocenter determination method using network correlation coefficients and its application to deep low-frequency earthquakes, *Earth Planets Space*, *60*, 877-882.

14. Ide, S., K. Imanishi, Y. Yoshida, G. C. Beroza, and D. R. Shelly (2008), Bridging the gap between seismically and geodetically detected slow earthquakes, *Geophysical Research Letters*, 35, L10305, doi:10.1029/2008GL034014.
15. Aochi, H., and S. Ide (2009), Complexity in earthquake sequences controlled by multiscale heterogeneity in fault fracture energy, *Journal of Geophysical Research*, 114, B03305, doi:10.1029/2008JB006034.
16. Uchide, T., S. Ide, and G. C. Beroza (2009), Dynamic high-speed rupture from the onset of the 2004 Parkfield, California, earthquake, *Geophysical Research Letters*, 36, L04307, doi:10.1029/2008GL036824.
17. Brown, J. R., G. C. Beroza, S. Ide, K. Ohta, D. R. Shelly, S. Y. Schwartz, W. Rabbel, M. Thorwart, and H. Kao (2009), Deep low-frequency earthquakes in tremor localize to the plate interface in multiple subduction zones, *Geophysical Research Letters*, 36, L19306, doi:10.1029/2009GL040027.
18. Uchide, T., and S. Ide (2010), Scaling of earthquake rupture growth in the Parkfield area: Self-similar growth and suppression by the finite seismogenic layer, *J. Geophys. Res.*, 115, B11302, doi:10.1029/2009JB007122.
19. Ide, S. (2010), Quantifying the time function of nonvolcanic tremor based on a stochastic model, *J. Geophys. Res.*, 115, B08313, doi:10.1029/2009JB000829.
20. Ide, S. (2010), Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, *Nature*, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251.
21. Baltay, A., S. Ide, G. Prieto, and G. Beroza (2011), Variability in earthquake stress drop and apparent stress, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L06303, doi:10.1029/2011GL046698.
22. Ohta, K., and S. Ide (2011), Precise hypocenter distribution of deep low-frequency earthquakes and its relationship to the local geometry of the subducting plate in the Nankai subduction zone, Japan, *J. Geophys. Res.*, 116, B01308, doi:10.1029/2010JB007857.
23. Tamura, S., and S. Ide (2011), Numerical study of splay faults in subduction zones: The effects of bimaterial interface and free surface, *Journal of Geophysical Research*, 116, B10309, doi:10.1029/2011JB008283.
24. Aochi, H., and S. Ide (2011), Conceptual multi-scale dynamic rupture model for the 2011 Tohoku earthquake, *Earth Planets and Space*, 63, 761-765, doi:10.5047/eps.2011.05.008.
25. Nakata, R., R. Ando, T. Hori, and S. Ide (2011), Generation mechanism of slow earthquakes: Numerical analysis based on a dynamic model with brittle-ductile mixed fault heterogeneity, *Journal of Geophysical Research*, 116, B08308, doi:10.1029/2010JB008188.
26. Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza (2011), Shallow dynamic overshoot and energetic deep rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake, *Science*, 332, 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020.
27. Okutani, T., and S. Ide (2011), Statistic analysis of swarm activities around the Boso Peninsula, Japan: Slow slip events beneath Tokyo Bay?, *Earth Planets Space*, 63(5), 419-426, doi:10.5047/eps.2011.02.010.
28. Aso, N., K. Ohta, and S. Ide (2011), Volcanic-like low-frequency earthquakes beneath Osaka Bay in the absence of a volcano, *Geophysical Research Letters*, 38, L08303, doi:10.1029/2011GL046935.

29. Ide, S. (2012), Variety and spatial heterogeneity of tectonic tremor worldwide, *Journal of Geophysical Research*, 117, B03302, doi:10.1029/2011JB008840.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Ide, S. (2007), Dynamic rupture propagation modeling, *Scientific Drilling Journal*, 1, 24-26.

(3) レビュー論文・総説

1. Beroza, G. C. and S. Ide (2009), Deep tremors and slow quakes, *Science*, 324, 1025-1026. (査読有り)

2. 井出哲 (2009), 地震発生過程のスケール依存性, *地震 2*, 61(60 周年特集号), S329-S338. (査読有り)

3. Beroza, G., and S. Ide (2011), Slow earthquakes and non-volcanic tremor, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39. (査読有り)

(4) 書籍等

1. Ide, S. (2007), Slip inversion, Volume 4 Earthquake Seismology in *Treatise on geophysics*, 193-223, Elsevier.

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Ide, S., Episodic tremor and slip in Japan, 2008 IRIS Workshop, Stevenson, WA, USA, 2008/06/06, Invited.

2. Ide, S., G. C. Beroza, D. R. Shelly, K. Ohta, J. R. Brown, and K. Imanishi, Are slow slip events more than the cumulative sum of slip in tremor?, AGU Fall Meeting, U31B-03, San Francisco CA, USA, 2008/12/17, Invited.

3. Ide, S., Characteristics & Interpretation of Seismic Slow Earthquakes, Brinson Lecture Series Carnegie Institution of Washington, DTM, Washington DC, USA, 2009/03/04, Invited.

4. Ide, S., Characteristics and interpretation of slow earthquakes, French-Japanese International Workshop on Earthquake Source, Paris-Orleans, France, 2009/10/05, Keynote.

5. Ide, S., Geometrical constraints on world deep tremor, JpGU Meeting 2011, U002-04, Chiba, 2011/05/25, Invited.

6. Ide, S., Interplate and intraplate low-frequency earthquakes in western Japan, Geofliud 2012, Misasa, 2012/03/19, Invited.

7. Ide, S., Rupture dynamics of the 2011 Tohoku earthquake, International Scientific Meeting "Frontiers of Source Studies for the 2011 Tohoku Earthquake", Tokyo, 2012/04/05, Invited.

他 19 回

(2) 国内会議

1. 井出哲・内出崇彦, すべりインバージョンの現在と可能性, 日本地球惑星科学連合大会, S204-002, 千葉, 2006/05/18, Invited.
2. 井出哲・D. R. Shelly, G. C. Beroza, 深部低周波地震, 微動, スロースリップのメカニズム, 日本地球惑星科学連合大会, S229-018, 千葉, 2007/5/19, Invited.
3. 井出哲・汐見勝彦・望月公廣・利根川貴志・木村学, 西南日本下の断裂したフィリピン海プレート, 日本地質学会第 117 年学術大会, C13, 富山, 2010/09/19, Invited.
4. 井出哲, 深部微動の線状構造・継続時間・移動様式・潮汐応答, 日本地震学会秋季大会, B22-08, 広島, 2010/10/28, Invited.
5. 井出哲・汐見勝彦・望月公廣・利根川貴志・木村学, 西南日本下の断裂したフィリピン海プレート, 日本地球惑星科学連合, SCG063-06, 千葉, 2011/05/26, Invited.
6. 井出哲, 深部微動は確率的地震予測にどう役立つか?, 日本地震学会秋季大会, C31-01, 静岡, 2011/10/14, Invited.
7. 井出哲, 地震のスケーリングと不均質性, 日本物理学会第 67 回年次大会, 25pBD-2, 西宮, 2012/03/25, Invited.

他 6 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 内出崇彦 2008 年度理学系研究科研究奨励賞 (博士), 日本学術振興会特別研究員 (DC) 2008-2010
- ・ 太田和晃 2008 年度理学系研究科研究奨励賞 (修士), 日本学術振興会特別研究員 (DC1) 2009-2011
- ・ 麻生尚文 日本学術振興会特別研究員 (DC1) 2012-

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Journal of Geophysical Research, Associate Editor, 2010-現在

(2) 学会等

- ・ 日本地震学会 代議員 2006-2011
- ・ 日本地球惑星科学連合 代議員 2010, プログラム委員長 2010, 同副委員長 2009, 2011.

(3) 国際会議等

- ・ French-Japanese International Workshop on Earthquake Source, Paris-Orleans, France,

2009/10, Organizing Committee Chair.

- ・ KANAME International Conference on a New Perspective of Great Earthquakes along Subduction Zones, Kochi, 2012/02, Organizing Committee Member.

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2007/5/7, プレスリリース, ゆっくり地震のスケール法則
- ・ 2007/5/30, 講演会, 巨大地震発生領域の下で進行している未知の地震的現象, 地球惑星科学公開シンポジウム・地球惑星科学と社会
- ・ 2008/5/10, 講演会, 地震を支配する法則の探究, 第 13 回東京大学理学部公開講演会
- ・ 2010/7/15, プレスリリース, 深部微動の時空間的発生パターンの解明
- ・ 2011/5/20, プレスリリース, 東北沖地震の二面性
- ・ 2011/12/23, 講演会, 東北沖地震はどのような現象だったのか, 東京大学オープンキャンパス

1 2. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：サマープログラム（博士）2名 ともに米国； インターンシップ（修士）1名 フランス

外国人研究者数：

派遣

学生数：博士 3名 すべて米国

研究者数：

海外からの来訪者数：毎年 5～10 名程度

船守 展正

I. 略歴

氏名： 船守 展正

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1991年（平成3年）3月 東京大学理学部地球物理学科 卒業

1993年（平成5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

1995年（平成7年）9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

1995年（平成7年）9月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1994年（平成6年）4月 日本学術振興会特別研究員 DC2 東京大学物性研究所

1995年（平成7年）10月 日本学術振興会特別研究員 PD（資格変更）東京大学
物性研究所

1996年（平成8年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD 東京大学物性研究所

1996年（平成8年）8月 カリフォルニア大学バークレー校ミラー基礎科学研究所
ミラー研究員

1998年（平成10年）4月 慶應義塾大学工学部物理学科 助手

1999年（平成11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 講師

2000年（平成12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

2004年（平成16年）3月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教授

2007年（平成19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

私の研究グループは、「高圧」と「放射光」の組み合わせによる新技術の開発に軸足を置き、様々な組成の試料（元素、鉱物、岩石）の様々な形態（結晶、ガラス、メルト）に対して、高圧下における振る舞いを明らかにしてきた。この数年は、超高圧条件下におけるケイ酸塩ガラスの振る舞いに関する研究を重点的に進めている。主な研究成果は以下の通りである。

（1）非晶質物質に対する超高圧下その場測定技術の開発： ダイヤモンドアンビル装置のガasket材として、高強度で知られる立方晶窒化ホウ素を用いることで、試料室の容積（試料厚み）を従来の5倍程度まで増加させることに成功した。これを利用し、軽元素から構成される非晶質物質の密度と構造を正確に測定するための放射光X線実験技術の開発を行った。これにより、（2）および（3）の測定が可能にな

った。

(2) SiO_2 ガラスの構造の圧力変化の測定： SiO_2 ガラスの構造の圧力変化を 100GPa 領域まで測定することに成功した。直接的な測定から SiO_2 ガラス中の Si の配位数の圧力変化を初めて報告し、4 配位 \leftrightarrow 6 配位の構造変化が 20GPa から 35GPa の圧力範囲で起こることを明らかにした。

(3) 6 配位 SiO_2 ガラスの状態方程式の決定： SiO_2 ガラスの密度の圧力変化を 50GPa 領域まで測定することに成功した。密度測定の結果とブリルアン散乱測定 of 文献データを組み合わせることで、50GPa における SiO_2 ガラスの体積弾性率を求め、6 配位相の状態方程式（圧縮曲線）を決定した。

(4) 高密度化 SiO_2 ガラスの状態方程式の決定： 4 配位のまま中距離ネットワーク構造が高密度化した状態の SiO_2 ガラス（高密度化 SiO_2 ガラス）の圧力応答が弾性的であることを明らかにし、高密度化相の状態方程式を光学顕微鏡測定により決定した。

(5) SiO_2 ガラスへのヘリウムの大量溶解の発見： SiO_2 ガラスをヘリウム中で加圧した場合の体積の圧力変化が通常に比べて極めて小さいことが光学顕微鏡測定によって明らかになった。構造中の空隙にヘリウムが大量に溶解したためと考えられる。溶解量は SiO_2 ガラス 1 モルに対してヘリウム 1 モル程度以上と見積もられた。

(6) SiO_2 ガラスの偏差歪の測定と巨大残留異方性の発見： 一軸加圧された SiO_2 ガラスのミクロな偏差歪を 60GPa 領域まで X 線回折測定した。4 配位 \leftrightarrow 6 配位の構造変化に伴う偏差歪の急激な減少は見られなかった。また、回収試料には、応力に換算すると 3GPa にも達する大きな偏差歪が残ることが明らかになった。

(7) 地球マントル深部におけるマグマの浮沈に関する考察： SiO_2 ガラスに関する知見に基づき、現在までに報告されているケイ酸塩に関する鉱物物理学的なデータから、地球マントル深部におけるマグマの浮沈についての考察を行った。マグマ（液体）が周囲（固体）よりも高密度になるためには、これまで考えられていたよりも多くの FeO 成分が、部分融解の際に液体側に分配されることが必要であると結論された。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Funamori, N., T. Yagi, W. Utsumi, T. Kondo, T. Uchida, and M. Funamori (1996), Thermoelastic properties of MgSiO_3 perovskite determined by in situ x-ray observations up to 30 GPa and 2000 K, *J. Geophys. Res.*, 101, 8257-8269.

選定理由： 地球下部マントル条件下において初めて MgSiO_3 ペロフスカイトの X 線回折測定を成功させた研究に引き続き、 MgSiO_3 ペロフスカイトの状態方程式を正確に測定して報告した論文。被引用回数は 150 回を超える。

2. Funamori, N., T. Yagi, N. Miyajima, and K. Fujino (1997), Transformation in garnet from orthorhombic perovskite to LiNbO_3 phase on release of pressure, *Science*, 275, 513-515.

選定理由： 高圧下その場 X 線回折測定と回収試料に対する透過型電子顕微鏡観察の組み合わせにより、 Al_2O_3 成分を多く含むケイ酸塩ペロフスカイトが減圧時に別の構造に変化することを発見して報告した論文。二つの手法を組み合わせることの有効性を示した点が重要。

3. Funamori, N., and K. Tsuji (2002), Pressure-induced structural change of liquid silicon, *Phys. Rev. Lett.*, 88, 255508.

選定理由： 液体の構造の X 線回折測定が可能な圧力範囲を 20GPa 領域まで拡大し、それをシリコンに適用した結果を報告した論文。その後、多くの試料に対して同様の測定が行われ、液体の構造変化の系統性と多様性が明らかになってきている。

4. Sato, T., and N. Funamori (2010), High-pressure structural transformation of SiO₂ glass up to 100 GPa, *Phys. Rev. B*, 82, 184102.

選定理由： 超高压条件下におけるガラスの密度と構造を測定するための技術開発を行い、それを SiO₂ ガラスに適用し、シリコン-酸素間の結合距離や配位数の圧力変化を 100GPa 領域まで報告した論文。エディターズ・サジェスションに選ばれている。

5. Funamori, N., and T. Sato (2010), Density contrast between silicate melts and crystals in the deep mantle: An integrated view based on static-compression data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 295, 435-440.

選定理由： 研究グループとして取り組んでいるガラスやメルトに関する研究から得られた知識を基に、文献から入手可能な各種実験データを詳細に吟味して地球マントル深部におけるマグマの浮沈を考察した論文。実験の専門家が、実験を行うのではなく、文献データの精査を行って原著論文としてまとめた点が重要。

4. 受賞等

- ・ 船守展正, 1995 Outstanding Student Award in Mineral and Rock Physics, American Geophysical Union, 1995 年 12 月 11 日
- ・ 船守展正, 奨励賞, 日本高圧力学会, 2001 年 11 月 21 日

5. 研究の将来計画

この先の 10 年間、全力を挙げて取り組もうと考えているのが、次世代放射光施設における高圧専用ビームラインの建設である。日本に最初の放射光施設である Photon Factory (第二世代) が建設されて 30 年になる。この間、SPring-8 (第三世代) も建設され、両施設を利用した高圧実験は、地球や惑星の内部状態や内部ダイナミクスの理解に大きな役割を果たしてきた。現在、国内外で第四世代の計画が進められており、日本では、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) が KEK-ERL の 2020 年度の供用運転を目指している。第三世代までが、輝度の向上に重点を置いていたのに対し、第四世代では、輝度の向上に加え、コヒーレンスの向上に重点を置いている。簡単に言えば、これまでの放射光には十分な秩序性がなかったため、試料の秩序性に基づく情報が空間平均として測定されていたのに対し、次世代の放射光には秩序性があるため、試料の秩序性は前提とされず、試料のありのままの情報が平均化されずに測定されるようになると期待される。そうした測定は、ガラスやメルトなど、非晶質物質の 3 次元構造の直接的な観察を可能にする他、結晶粒の状態や元素の分布の不均一性の時間変化の測定などにも有効であり、地球惑星科学的に極めて重要である。

これまでの研究の中で形成された高圧コミュニティと放射光コミュニティにお

ける人脈をもとに次世代放射光施設における高圧専用ビームラインの建設に向けた取り組みを開始している。2012年1月には、先端性と汎用性を併せ持った高圧実験用ビームラインの建設を実現するためのワーキンググループを日本高圧力学学会内に立ち上げてその代表を務めている。ビームラインの建設には10億円程度の予算が必要とされることから、そこで展開される科学が魅力的なものでなければ実現は難しい。ワーキンググループでは、放射光コミュニティの関連諸分野（高圧以外）の研究者による招待講演の企画などを通じて、新しい科学を展開するための議論を進めている。放射光コミュニティにおいては、高圧分野の代表として、高圧科学の将来展望についての招待講演やKEK-ERL計画のDesign Reportの高圧科学の章の取りまとめなどを行い、高圧科学の魅力を伝えるとともに、第四世代の計画自体がより良いものとなるように提案を行っている。さらに、第四世代への準備という位置づけも兼ねて、従来の高圧実験には利用されていない、小角X線散乱やX線位相イメージングといった手法について、具体的な取り組みも開始している。前者については、従来から行っているガラスやメルトの研究の延長線上のものであり、研究グループの独力で進めている。後者については、それを専門とする東北大多元物質研のグループとの共同研究として、岩石の部分融解や変形をターゲットとした実験を開始したところである。

この他、KEK物質構造研のグループとの共同研究として、ミュオン（ μ 粒子）を利用して、ケイ酸塩中の水素の振る舞いを明らかにするための研究を行っている。これまでに、RAL（イギリス）、PSI（スイス）、J-PARC（日本）、TRIUMF（カナダ）の世界の4大施設の全てにおいて実験を行い、その第一報となる論文を準備中である。現在までのところ、高圧装置で合成した試料に対する測定を室温（および低温）で行っているのみであるが、今後、高圧高温条件下におけるその場実験を目指す計画である。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究（B） 高温高圧下その場ラマン分光法による地球惑星内部物質の化学結合状態の研究，平成15年度～平成18年度，14,200千円（平成18年度：3,100千円）
- ・ 萌芽研究 顕微高速分光法を利用した超高压条件下における地球惑星物質の熱物性測定技術の開発，平成19年度～平成20年度，3,400千円
- ・ 基盤研究（B） 超高压条件下におけるケイ酸塩ガラスの密度と構造のその場測定，平成20年度～平成23年度，17,420千円
- ・ 挑戦的萌芽研究 超高压下その場小角エックス線散乱法による地球深部物質のナノ不均質構造の解析，平成23年度～平成24年度，3,770千円（平成23年度：2,600千円）

(2) 共同研究

- ・ 独立行政法人物質・材料研究機構，SiO₂高圧相の大型試料の合成，平成22年度～平成23年度，研究経費は双方が負担

- ・ 独立行政法人理化学研究所，シリカ高圧相中の水素の振る舞い，平成 23 年度～平成 24 年度，研究経費は双方が負担

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Funamori, N., and T. Sato (2006), Heating in a diamond-anvil cell using relaxation oscillations of a Q-switched Nd:YAG laser, *Rev. Sci. Instrum.*, 77, 093903.
2. Yamada, A., T. Inoue, S. Urakawa, K. Funakoshi, N. Funamori, T. Kikegawa, H. Ohfuji, and T. Irifune (2007), In-situ x-ray experiment on the structure of hydrous Mg-silicate melt under high pressure and high temperature, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L10303.
3. Funamori, N., and T. Sato (2008), A cubic boron nitride gasket for diamond-anvil experiments, *Rev. Sci. Instrum.*, 79, 053903.
4. Sato, T., and N. Funamori (2008), High-pressure in situ density measurement of low-Z noncrystalline materials with a diamond-anvil cell by an x-ray absorption method, *Rev. Sci. Instrum.*, 79, 073906.
5. Sato, T., and N. Funamori (2008), Sixfold-coordinated amorphous polymorph of SiO₂ under high pressure, *Phys. Rev. Lett.*, 101, 255502.
6. Funamori, N., and T. Sato (2009), Comment on “Sixfold-coordinated amorphous polymorph of SiO₂ under high pressure” Sato and Funamori reply, *Phys. Rev. Lett.*, 102, 209604.
7. Sato, T., N. Funamori, and T. Kikegawa (2010), High-pressure in situ structure measurement of low-Z noncrystalline materials with a diamond-anvil cell by an x-ray diffraction method, *Rev. Sci. Instrum.*, 81, 043906.
8. Sato, T., and N. Funamori (2010), High-pressure structural transformation of SiO₂ glass up to 100 GPa, *Phys. Rev. B*, 82, 184102.
9. Funamori, N., and T. Sato (2010), Density contrast between silicate melts and crystals in the deep mantle: An integrated view based on static-compression data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 295, 435-440.
10. Sato, T., N. Funamori, and T. Yagi (2011), Helium penetrates into silica glass and reduces its compressibility, *Nature Commun.*, 2, 345.
11. Yamada, A., T. Inoue, S. Urakawa, K. Funakoshi, N. Funamori, T. Kikegawa, and T. Irifune (2011), In situ x-ray diffraction study on pressure-induced structural changes in hydrous forsterite and enstatite melts, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 308, 115-123.
12. Wakabayashi, D., N. Funamori, T. Sato, and T. Taniguchi (2011), Compression behavior of densified SiO₂ glass, *Phys. Rev. B*, 84, 144103.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Funamori (invited), N., T. Sato, and T. Matsuo (2007), A c-BN gasket in diamond-anvil experiments (in Japanese), *KEK proceedings 2007-7*, 36-39.

2. Funamori (invited), N. (2011), High-pressure planetary science with x-ray nanobeam of ERL (in Japanese), KEK proceedings, 2011-1, 65-69.

(3) レビュー論文・総説

1. Funamori (invited), N. (2010), Study of the Earth's mantle with synchrotron radiation (in Japanese), KEK Summer Challenge Lecture Notes, 4, 47-51. 「査読無し」
2. Funamori (invited), N., and T. Sato (2010), Buoyancy of magma in the Earth's deep mantle: Implications from high-pressure in-situ x-ray observations of SiO₂ glass (in Japanese), Photon Factory News, 28-2, 25-29. 「査読無し」
3. Sato (invited), T., and N. Funamori (2010), High-pressure transformation of SiO₂ glass, Photon Factory Activity Report 2009 (Part A: Highlight and Facility Report #27), 44-45. 「査読無し」
4. Yagi, T., T. Sato, and N. Funamori (2011), Anomalously low compressibility of silica glass in helium, ISSP Activity Report 2010 (Part A: Highlights), 2. 「査読無し」
5. Sato (invited), T., N. Funamori, and T. Yagi (2011), Helium prevents compaction of voids in silica glass under high pressure, Photon Factory Activity Report 2010 (Part A: Highlight and Facility Report #28), 44-45. 「査読無し」

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Funamori, N., T. Sato, T. Matsuo, Search for a new gasket for laser-heated diamond-anvil experiments, The 7th High Pressure Mineral Physics Seminar, May 8 – 12, 2007, Matsushima, Japan. 「招待」
2. Funamori, N., Measurement of density and structure of disordered materials under high pressure, Gordon Research Conference 2010, High pressure research at, June 27 – July 2, 2010, Holderness, USA. 「招待」
3. Sato, T., N. Funamori, T. Kikegawa, and T. Yagi, High-pressure behavior of SiO₂ glass, IUCr Commission on High Pressure 2010 Meeting, September 19 – 23, 2010, Gatlinburg, USA. 「招待」

「他 4 回」

(2) 国内会議

1. 船守展正, 佐藤友子, 松尾俊彦, ダイヤモンドアンビル装置用 c-BN ガスケットの開発とその応用, PF 研究会「放射光高圧研究における実験技術の新展開」, 2007 年 11 月 8 日–9 日, つくば市. 「招待」
2. 船守展正, 高圧下における SiO₂ ガラスの振る舞い: 研究成果と計画, 2010 年度構造物性研究センター全体会議, 2010 年 12 月 6 日, つくば市. 「招待」
3. 船守展正, ナノビームによる極高圧下における惑星科学, PF 研究会「ERL サイエンスワークショップ II」, 2011 年 4 月 27 日–28 日, つくば市. 「招待」

「他 19 回」

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 佐藤友子 (D1) 日本学術振興会特別研究員 (DC1) 採用 (2006 年 4 月)
- ・ 佐藤友子 (D3) 第 49 回高圧討論会ポスター賞受賞 (2008 年 11 月)
- ・ 佐藤友子 (卒業生) 広島大学大学院理学研究科助教着任 (2011 年 2 月)
- ・ 若林大佑 (D1) 日本学術振興会特別研究員 (DC1) 採用 (2012 年 4 月)
- ・ 若林大佑 (D1) 日本高圧力学会学生海外発表奨励金受領 (2012 年 7 月)
- ・ 若林大佑 (D1) 第 53 回高圧討論会ポスター賞受賞 (2012 年 11 月)

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 日本高圧力学会 評議員 2006 年度, 2011 年度
- ・ 日本高圧力学会 庶務幹事 2011 年度
- ・ 日本高圧力学会 法人化検討特別委員会委員 2011 年度
- ・ 日本高圧力学会 研究作業グループ「コヒーレント放射光を利用した新しい高圧力科学」代表 2011 年度
- ・ PF 懇談会 (現 PF-UA) 運営委員 2010 年度, 2011 年度
- ・ PF 懇談会 (現 PF-UA) 教育用ビームタイム検討委員会委員 2010 年度, 2011 年度
- ・ 高エネルギー加速器研究機構 PF-UG 運営ステーション BL-18C 運営委員 2009 年度, 2010 年度, 2011 年度

(3) 国際会議等

- ・ 国際高圧力学会 AIRAPT-22 プログラム委員 2008 年度, 2009 年度

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：ルーマニア 1（国費留学大学院研究生）

外国人研究者数：

派遣

学生数：

研究者数：

海外からの来訪者数：アメリカ 1 ドイツ 1

飯塚 毅

I. 略歴

氏名： 飯塚 毅

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師

学歴

2001年（平成13年）3月 東京工業大学地球惑星科学科 卒業

2003年（平成15年）3月 東京工業大学理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程
修了

2006年（平成18年）3月 東京工業大学理学系研究科地球惑星科学専攻博士課程
修了

2006年（平成18年）3月 博士（理学）取得（東京工業大学）

職歴

2006年（平成18年）4月 日本学術振興会特別研究員 東京大学 地震研究所

2007年（平成19年）4月 客員研究員 オーストラリア国立大学 地球科学研究所

2009年（平成21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 地球科学研究所

2010年（平成22年）1月 Australian Research Council Australian PD fellow
オーストラリア国立大学 地球科学研究所

2011年（平成23年）4月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 講師

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、地質学・同位体年代学・地球化学を用いて、固体地球の進化、特に大陸地殻成長史と初期地殻進化過程を理解しようと努めてきた。具体的には、世界主要河川の川砂ジルコンの U-Pb 年代及び Hf 同位体組成を用いて、大陸地殻成長史に制約を与えてきた。ジルコンは、花崗岩質地殻に普遍的に含まれており、その U-Pb 年代は母岩の結晶化年代を、Hf 同位体組成は、母岩が リワーキングを被っている（古い大陸地殻起源）かを、それぞれ反映する。また、巨大河川は幅広い範囲の上部大陸地殻を浸食しているため、川砂ジルコンの U-Pb 年代及び Hf 同位体組成を調べることで、広範囲の上部大陸地殻の形成年代及びその起源を調べることが可能となる。これまでも川砂ジルコン用いた研究手法の有用性は指摘されてきたが、従来の研究ではジルコンを溶融分析していたため、その分析処理能力は低く、大陸地殻の性質を議論するのに、十分な量の高精度データを得るのは困難だった。そこで、レーザーアブレーション ICP 質量分析法を改良することにより、迅速且つ高精度な局所 U-Pb 年代・微量元素同時分析及び Hf 同位体分析を可能とした。Hf 同位体分析法開発に際しては、 ^{176}Hf 測定を妨害する ^{176}Lu の同重体干渉補正法を確立し、この補正法は ICP 質量分析計を用いた研究で、近年幅広く用いられている。これらの開発した分析手法

を川砂ジルコンに適用した結果は、次のことを明らかにした: 1) 花崗岩の形成は大陸地殻の成長ではなく分化に大きな役割を果たしてきた; 2) 初生的な地殻の生成は、おおよそ 33 及び 13 億年前頃に間欠的に起こった; 3) 安定な大陸は約 33 億年前に誕生した; 4) 堆積岩の量は 33-13 億年前にかけて成長した。

安定な大陸が誕生する 33 億年前以前にも、地殻形成が起こっていたことは明らかになっているが、その初期地殻の性質・進化過程については、理解があまり進んでいない。これは、主に地球史最初 10 億年間の地質学試料が限られていることに起因している。特に、40 億年前に形成されたカナダ アカスタ片麻岩よりも古い岩石は、まだみつかっておらず、西オーストラリア ナリヤー岩体堆積岩中の碎屑性ジルコンが、これまでに確認されている唯一の >40 億年前(冥王代)地球地殻物質であった。数少ない古い初期地殻物質が、全て変成を被っていることも、初期地殻性質の理解を困難にしている。そこで、地質学及び開発した年代・地球化学・同位体分析手法を用いて、世界最古の岩石(アカスタ片麻岩)及び鉱物(ナリヤー碎屑性ジルコン)が経てきた変成履歴及び地質構造発達史を明らかにした。また、アカスタ片麻岩中から、42 億年前の捕獲結晶ジルコンを発見し、その微量元素組成から、その母岩が(広義での)花崗岩質であったことを示した。この発見は、西オーストラリア以外の場所で、初めて冥王代(>40 億年前)地殻物質の存在を明らかにしたもので、地球形成の約 3 億年後には、広範囲で花崗岩形成が進んでいたことを示す。42 億年前に花崗岩が広範囲で形成されていたにも関わらず、大陸誕生は 33 億年前と遅くなった理由として、地球初期においては、形成された花崗岩が、大規模な地殻ではなく島弧を形成していたため、マンテルへ効率良くリサイクルすることができ、その結果、大陸地殻の収支成長率が低かったことが考えられる。さらに、アカスタ片麻岩を含む地球初期の岩石試料について、W 同位体分析を行い、それらの岩石が ^{182}W 同位体異常を示さないことから、地球の最初の地殻形成(マグマオーションの固化)が ~45.3 億年前以降に起こったことを示した。この他にも、共同研究を通して、地殻-マンテル進化に関する様々な国内及び国際研究プロジェクトの推進に貢献してきている。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Iizuka T., O. Nebel, and M. T. McCulloch (2011), Tracing the provenance and recrystallization processes of the Earth's oldest detritus at Mt. Narryer and Jack Hills, Western Australia: An in situ Sm-Nd isotopic study of monazite, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 308, 350–358.

地球最初期の地殻の性質に重要な制約を与えた。

2. Iizuka T., T. Komiya, S. Rino, S. Maruyama, and T. Hirata (2010), Detrital zircon evidence for Hf isotopic evolution of granitoid crust and continental growth, *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 2450–2472.

大陸地殻の形成におけるリワーキング過程の重要性を明らかにした。

3. Iizuka T., K. Horie, T. Komiya, S. Maruyama, T. Hirata, H. Hidaka, and B. F. Windley (2006), 4.2 Ga zircon xenocryst in an Acasta gneiss from northwestern Canada: Evidence for early continental crust, *Geology* 34, 245–248.

42 億年前には花崗岩質地殻が広範囲で形成されていたことを明らかにした。Nature の Research Highlight で取り上げられた。

- Iizuka T., T. Hirata, T. Komiya, S. Rino, I. Katayama, A. Motoki, and S. Maruyama (2005), U-Pb and Lu-Hf isotope systematics of zircons from the Mississippi River sand: Implications for reworking and growth of continental crust, *Geology* 33, 485–488.

北米大陸地殻の成長率を推定した。

- Iizuka T., and T. Hirata (2005), Improvements of precision and accuracy in *in-situ* Hf isotope microanalysis of zircon using the laser ablation-MC-ICPMS technique. *Chem. Geol.* 220, 121–137.

LA-ICPMS における新しい同重体補正法を提案した。被引用数 127 回。

4. 受賞等

- ・ 日本地球化学会 奨励賞, 2009 年 9 月 16 日
- ・ 日本地質学会 論文賞受賞, 2008 年 9 月

5. 研究の将来計画

これまでの研究を踏まえた上で、地殻進化が地球惑星システム全体の進化の中で果たす役割・意義を理解するために、次のように研究を展開していきたい。

1) 下部大陸地殻の進化: マントルダイナミクスとの関連性理解に向けて

地殻形成は、マントルの部分溶融によって起こる事を考えると、大陸地殻の成長史は、マントルダイナミクスを反映すると考えられる。近年の花崗岩質地殻の放射性同位体組成に基づいた研究により、その成長は定常的ではなく、間欠的に起こってきたということが、明らかになりつつある。しかし、その間欠的な成長の正確な時期や、それを引き起こした過程については、依然として良く分かっていない。これは主に、大陸地殻の研究に主に用いられる入手し易い花崗岩質地殻が、初生的な大陸地殻ではなく、その再溶融によってできた二次的な地殻であるために、初生的な大陸地殻進化の理解が乏しいことに起因している。下部大陸地殻の平均組成が、マフィックであることを考えると、初生的な大陸地殻は主に下部地殻に存在していると考えられる。したがって、下部大陸地殻の性質を理解することは、初生的な大陸地殻の成長、及びそのマントルダイナミクスとの関連性を理解する上で重要となる。

まず下部大陸地殻試料の系統的な年代分析を行っていく。マフィックな下部大陸地殻試料は、花崗岩質地殻試料に比べ限られているものの、捕獲岩などとして数多く入手可能である。下部大陸地殻起源の捕獲岩の結晶化年代は、変成により Rb-Sr などの同位体系を用いた鉱物アイソクロン法が適用できないこと、変成に強いジルコンが欠如していることから、これまで殆どの試料について決定されていなかった。しかし、近年マフィック岩石に含まれている高い閉鎖系温度をもつ副成分鉱物の年代分析法が開発されてきており(ジルコノライトやアラナイトの U/Pb 年代分析法 [Rasmussen & Fletcher *Geology* 2004; Gregory et al. *Chem. Geol.* 2007]), これらの手法を適用すれば、下部大陸地殻の形成年代を決定しうる。この手法を、様々な地域 of 捕獲岩試料に適用することにより、初生的な大陸地殻成長がいつ起きたのかについて、考察していく。さらに、稀に存在するマフィック下部地殻-花崗岩質上部地殻の連続露頭を含む島弧地質体について(北海道 日高地域やパキスタン コヒスタン地域、地質学・地球化学・鉱物学を適用することにより、下部大陸地殻の成因及び上部大

陸地殻との関係を明らかにしていく。

2) 初期地殻-マントル分化の性質:小惑星との比較

地球上において、45.3-44 億年前には地殻-マントル分化が起こっていたことが示されてきた。今後、初期地球の熱史に制約を与えるためには、その地殻形成がマグマオーシャン固化の際に起こったのか、或はプレートテクトニクスの結果によるものなのかを議論していく必要がある。本研究では、この問題を冥王代ジルコンの Hf 及び Zr 同位体組成を用いて議論する。Hf 及び Zr 同位体組成は、地殻-マントル分化の際に起こった Lu/Hf 及び Nb/Zr の分別をそれぞれ反映する。したがって、冥王代ジルコンから得られた同位体分析の結果と、高压実験により決定された様々な鉱物の Lu, Hf, Nb, Zr の分配係数を比較することにより、地球初期の地殻-マントル分化がどのような鉱物の存在下(圧力)で起こったのかを、検証することができる。

ジルコンは、地球岩石だけでなく、ユークライト隕石にも少量ながら含まれている。ユークライト隕石は、直径数百 km の母天体の初期地殻が起源であることが知られており、量が多く入手が比較的容易である。しかし、多くのユークライト隕石は激しい変成を被っているため、未だにその初期地殻の正確な形成年代や性質については、議論が分かれている。そこで、申請者は、初生的な情報を保持しているユークライトジルコンの高精度年代測定及び Hf-Zr 同位体分析を行う。これまでも、ユークライトジルコンの年代及び同位体分析は試みられたが、その分析は隕石薄片中の微小(<30 μm)ジルコンについて行われたため、十分な精度のデータが得られていなかった。これに対し、本研究では、ジルコンを大量($\sim 200\text{g}$)のユークライト隕石から直接鉱物分離することにより回収し、分析していく(これまでに、2つのユークライト隕石から、 $\sim 200 \mu\text{m}$ のジルコン粒子を回収した)。本研究で得られた結果は、小惑星における初期地殻進化過程に制約を与え、さらに、地球の冥王代ジルコンの地球化学的特徴と比較することで、惑星サイズと初期地殻性質の関係の議論を可能とする。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 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』, 平成 23~24 年度, 3,250 千円
- ・ 特別研究員奨励費, 『アカスタ花崗岩のタングステン及びクロム同位体分析-後期隕石重爆撃説の検証』, 平成 18~21 年度, 9,000 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ Australian Research Council, Discovery Project, 『Deciphering the early Solar System Chronology and planetary chemistry using isotope systematics of meteoritic zircon』, 2010-2013 年, 326,000 AU\$, (2011 年に中断)

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Iizuka T., O. Nebel, and M. T. McCulloch (2011), Tracing the provenance and recrystallization processes of the Earth's oldest detritus at Mt. Narryer and Jack Hills, Western Australia: An in situ Sm-Nd isotopic study of monazite, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 308, 350–358.
2. Iizuka T., S. M. Eggins, M. T. McCulloch, L. P. J. Kinsley, and G. E. Mortimer (2011), Precise and accurate determination of $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ in monazite using laser ablation-MC-ICPMS, *Chem. Geol.*, 282, 45–57 (2011).
3. Nebel O., P. Z. Vroon, W. van Westrenen, T. Iizuka, and G. R. Davies (2011), The effect of sediment recycling in subduction zones on the Hf isotope character of new arc crust, Banda arc, Indonesia, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 303, 240–250 (2011).
4. Amelin Y., A. Kaltenbach, T. Iizuka, C. H. Stirling, T. R. Ireland, M. Petaev, and S. B. Jacobsen (2010), U-Pb chronology of the Solar System's oldest solids with variable $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 300, 343–350.
5. Iizuka T., M. T. McCulloch, T. Komiya, T. Shibuya, K. Ohta, H. Ozawa, E. Sugimura, and K. D. Collerson (2010), Monazite geochronology and geochemistry of meta-sediments in the Narryer Gneiss Complex, Western Australia: Constraints on the tectonothermal and provenance, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 160, 803–823.
6. Iizuka T., S. Nakai, Y. V. Sahoo, A. Takamasa, T. Hirata, and S. Maruyama (2010), The tungsten isotopic composition of Eoarchean rocks: Implications for early silicate differentiation and core-mantle interaction on Earth, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 291, 189–200.
7. Iizuka T., T. Komiya, S. Rino, S. Maruyama, and T. Hirata (2010), Detrital zircon evidence for Hf isotopic evolution of granitoid crust and continental growth, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 74, 2450–2472.
8. Sawaki Y., T. Shibuya, T. Kawai, T. Komiya, S. Omori, T. Iizuka, T. Hirata, B. F. Windley, and S. Maruyama (2010), Imbricated ocean-plate stratigraphy and U-Pb zircon ages from tuff beds in cherts in the Ballantrae complex, SW Scotland, *Geol. Soc. Am. Bullet.*, 122, 454–464.
9. Iizuka T., T. Komiya, S. P. Johnson, Y. Kon, S. Maruyama, and T. Hirata (2009), Reworking of Hadean crust in the Acasta gneisses, northwestern Canada: Evidence from in-situ Lu-Hf isotope analysis of zircon, *Chem. Geol.*, 259, 230–239.
10. Jagoutz O. E., J. P. Burg, S. Hussain, H. Dawood, T. Pettke, T. Iizuka, and S. Maruyama (2009), Construction of the granitoid crust of an island arc part I: geochronological and geochemical constraints from the plutonic Kohistan (NW Pakistan), *Contrib. Mineral. Petrol.*, 158, 739–755.
11. Sato K., O. Siga Jr., J. A. Silva, I. McReath, L. Dunyi, T. Iizuka, S. Rino, T. Hirata, W. Sproesser, and M. A. S. Basei (2009), In situ analyses of U and Pb in zircon by remotely operated SHRIMP II, and Hf by LA-ICP-MS: an example of dating and genetic evolution of zircon by $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ from the Ita Quarry in the Atuba Complex, SE Brazil, *Geologia USP: Série Científica*, 9, 61–69.
12. Johnson S.P., B. De Waele, F. Tembo, C. Katongo, K. Tani, Q. Chang, T. Iizuka, and D. Dunkley (2007), Geochemistry, geochronology and isotopic evolution of the Chewore-Rufunsa Terrane, southern Irumide Belt: A mesoproterozoic, continental

margin arc, *J. Petrol.*, 48, 1411–1441.

13. Aoki K., T. Iizuka, T. Hirata, S. Maruyama, and M. Terabayashi (2007), Tectonic boundary between the Sanbagawa belt and the Shimanto belt in central Shikoku, Japan, *J. Geol. Soc. Jap.*, 113, 171–183.
14. Iizuka T., T. Komiya, Y. Ueno, I. Katayama, Y. Uehara, S. Maruyama, T. Hirata, S. P. Johnson, and J. D. Dunkley (2007), Geology and zircon geochronology of the Acasta Gneiss Complex, northwestern Canada: New constraints on its tectonothermal history, *Precambrian Res.*, 153, 179–208 (2007).
15. Yamamoto H., S. Yamamoto, Y. Kaneko, M. Terabayashi, T. Komiya, and T. Iizuka (2007), Imbricate structure of the Luobusa Ophiolite and surrounding rock units, southern Tibet, *J. Asian Earth Sci.*, 29, 296–304 (2007).
16. Iizuka T., K. Horie, T. Komiya, S. Maruyama, T. Hirata, H. Hidaka, and B. F. Windley (2006), 4.2 Ga zircon xenocryst in an Acasta gneiss from northwestern Canada: Evidence for early continental crust, *Geology* 34, 245–248.
17. Kusuhashi N., A. Matsumoto, M. Murakami, T. Tagami, T. Hirata, T. Iizuka, T. Handa, and H. Matsuoka (2006), Zircon U-Pb ages from tuff beds of the upper Mesozoic Tetori Group in the Shokawa district, Gifu Prefecture, *Island Arc*, 15, 378–390.
18. Shi R., J. Yang, C. Wu, T. Iizuka, and T. Hirata (2006), Island arc volcanic rocks in the north Qaidam UHP belt, northern Tibet plateau: Evidence for ocean-continent subduction preceding continent-continent subduction, *J. Asian Earth Sci.*, 34, 245–248.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

1. Iizuka T., T. Komiya, and S. Maruyama (2007), The early Archean Acasta Gneiss Complex: Geological, geochronological and isotopic studies and implications for early crustal evolution. In: *Earth's Oldest Rocks* (eds. Van Kranendonk, M.J., Smithies, H.M., and Bennett, V.). Elsevier, pp. 127–147 (2007).

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Iizuka T., I. H. Campbell, and C. M. Allen, Evolution of the African continental crust from Pb-Hf-O isotope systematics of detrital zircons, *21st VM Goldschmidt Conference*, Prague, Czech, Aug. 2011 (一般).
2. Iizuka T., and M. T. McCulloch, U-Pb age, trace element and Nd isotopes of monazites from metasediments in Mt. Narryer, Western Australia, *5th International Archean Symposium*, Perth, Australia, Sep. 2010 (一般).

他 9 回

(2) 国内会議

1. 飯塚毅, NEBEL Oliver, MCCULLOCH T. Malcolm. モナザイトから得られた冥王代大陸地殻の否定的証拠, *地球惑星科学関連学会連合大会*, 2011年5月 幕張メッセ

セ（一般）.

2. 飯塚毅 Hf 及び W 同位体比を用いた地球初期地殻進化の研究, 日本地球化学会年会, 2009 年 9 月 広島大学 (奨励賞受賞記念講演).

他 6 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ *Proceedings of the National Academy of Sciences, Geology, Geochimica et Cosmochimica Acta* などの国際学術雑誌のレビューを行った.

(2) 学会等

(3) 国際会議等

- ・ 22nd Goldschmidt Conference 2012 のセッション『The first billion years: Assessing the geologic record』のコンビナーを勤めた.

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 2011 年 1 月に, 東京大学駒場において, 高校生・大学生のための地球科学公開シンポジウム「太古の地球～大地・水・生命～」で講演を行った.
- ・ 2009 年 2 月にはオーストラリア キャンベラ日本人会にて, 大陸地殻の成長についての一般向け講演を行った.

12. 学内外の委員会等

- ・ 学内男女共同参画委員 (H23 年度)

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数 : 0

外国人研究者数 : 0

派遣

学生数 : 0

研究者数 : 1 人 (オーストラリア国立大学)

海外からの来訪者数 : 0

田中 秀実

I. 略歴

氏名： 田中 秀実

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師

学歴

1988年（昭和63年）3月 早稲田大学大学院理工学系研究科資源及び金属工学専攻
前期博士課程修了

1992年（平成4年）3月 早稲田大学大学院理工学系研究科資源及び材料工学専攻
後期博士課程修了

職歴

1991年（平成3年）4月 早稲田大学教育学部地学専修 助手

1994年（平成6年）4月 愛媛大学理学部生物地球圏科学科 助手

2001年（平成13年）6月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星物理学専攻 講師
現在に至る

1997年（平成9年）4月～1998年（平成10年）3月 科学技術庁防災科学技術研究所
客員研究員

1997年（平成9年）4月～1998年（平成10年）3月 通商産業省工業技術院地質調査
所 客員研究員

1998年（平成10年）4月～2006年（平成18年）3月 陸域地震フロンティア研究プ
ロジェクト 研究員

1999年（平成11年）4月～2000年（平成12年）3月 米国地質調査所 Earthquake Hazard
Team 客員研究員

2000年（平成12年）4月～2003年（平成15年）3月 独立行政法人産業技術総合研
究所地質調査所 客員研究員

2000年（平成12年）4月～2003年（平成15年）3月 独立行政法人防災科学技術研
究所 客員研究員

2000年（平成12年）6月～2001年（平成13年）5月 台湾車籠埔断層掘削プロジェ
クト 研究統括

2000年（平成12年）9月～2001年（平成13年）3月 高知大学 集中講義

2001年（平成13年）9月～2002年（平成14年）3月 大阪大学 集中講義

2002年（平成14年）4月～2006年（平成18年）3月 核燃料サイクル機構（現日本原
子力研究開発機構）客員研究員

2004年（平成16年）5月～2005年（平成17年）10月 台湾国立中央大学地球物理
学研究所 招聘客員副教授

2006年（平成18年）4月～2007年（平成19年）3月 台湾国立中央大学地球物理学
研究所 招聘客員副教授

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

大学院博士課程より一貫して、天然の断層帯を観察することに基本を置く脆性的な断層破砕帯の固体物質科学的な研究を行なってきた。1995年の兵庫県南部地震の際に地表に現れた活断層、野島断層の掘削プロジェクトをきっかけに、断層の物質科学は次第に認知されるようになり、活断層破砕帯の構造の震源深度から地表に至る全深度物質プロファイルの復元に尽力した。その結果、地震断層の、中深度（深度約4～7 km）で破砕帯の幅は、最大10倍まで広がっていること、またその領域では、大量の空隙が生じており、その大部分は水で満たされていることを突き止めた。この結果は、原因の考察を含めて、Tanaka et al. (2007) JGR に詳述されている。しかし、この論文を書いた段階で、上記の手法を繰り返しても地震断層の研究の本質的な部分については大きな進歩が望めないと感じた。すなわち断層岩全深度プロファイルは、地震断層挙動の理解に対してその背景理解として一定の重要度があるにしても、地震断層の動的挙動の理解に対して必要かつ十分な知識を供給できる研究カテゴリーではないと考えた。1999年の台湾の集集地震に伴って、地表に車籠埔断層が現れ、この活断層において地震直後に断層面を貫通する掘削を行なう研究を主導した。野島断層で行き詰まった研究を打開すべく、断層岩のプロファイル解析とともに、活断層断層面の高速度の地震滑りに伴う物理化学的な挙動、およびエネルギー収支の復元に注力した。2006年～2008年の主著・共著の論文の多くは、このプロジェクトの成果である。Tanaka et al., (2006) GRL, Tanaka et al., (2007) GRL では、残留摩擦熱と考えられる掘削孔内の熱異常に基づき、集集地震の熱エネルギーの散逸量を推定した。同時に地震波として散逸した波動エネルギーと対比を行い、本地震の波動エネルギーは地震の総散逸エネルギーの数% 以下であることを明らかにした。Ma et al., (2007)で行なった、高速滑りの際の粉碎エネルギーの復元では、車籠埔断層の深部掘削コアを用い、滑り面を特定するとともに粉碎粒子の表面積を測定し、粉碎エネルギーの定量化を担当した。本掘削プロジェクトが終了した後、断層帯の物質科学、特に固体を用いた物質科学は、「大地震の地震断層はどのように滑ったのか？」に対して一定の成果を出したし、野島断層の時よりも進歩はしたと総括したものの、同時に「地震断層は大地震の際、断層面やそれを取り囲む地殻がどのような状態になったとき、どのように滑り始めるのか？」という重大な問題には貢献度が低いことも認識した。また活断層掘削という著しく高額なコストが非常に気になった。

上記の問題点を打開すべく、断層近傍の地殻状態を検知する目的で、2008年以後、研究ターゲットを断層内の地殻流体に大変更した。地殻流体中のガス組成、および同位体組成を連続観測することにより、断層近傍の地殻の物理化学的状态を検知することを第一目標に、質量分析計の製作、改良を続行している。機器製作で生じた種々のアイデアは、特許申請行ない、受理されている。数年の試行錯誤の歳月を経て、安定した連続観測データが取得され始めたところである。

3. 特に優れた論文5編

1. 田中秀実・原 崇 (1990) 中央構造線の中新世初期以前の右横ずれ運動 -断層破砕

岩の検討から-, 地質学雑誌, 96, 331 - 334.

現在は大きな組織で海溝震源域掘削をはじめ, 盛んに行なわれるようになった断層岩研究であるが, 本論文は, 我が国における断層破砕帯研究の創始論文の一つである. それまで脆性層域での挙動が不明であった, 中央構造線について脆性断層岩に発達する非対称な剪断組織から, 中央構造線のずれセンスについて明らかにした.

2. Tanaka, H., K. Fujimoto, T. Ohtani, H. Ito, (2001) Structural and chemical characterization of shear zones in the freshly activated Nojima fault, Awaji Island, southwest Japan, *Journal of Geophysical Research*, **106**, 8789-8810.

世界で初めて活断層を掘削して物質回収する研究手法を用いた論文である. 1995年の兵庫県南部沖地震の際に淡路島北西岸の地表に現れた野島断層の掘削プロジェクト地質調査所掘削コアを用い, 野島断層の断層岩の構造形成シーケンスとその化学的環境を主に論じた.

3. Ma, K. F., H. Tanaka, S. R. Song, C. Y. Wang, J. H. Hung, Y. B. Tsai, J. Mori, Y. F. Song, E. C. Yeh, H. Sone, L. W. Kuo, H. Y. Wu, (2006) Slip Zone and Energetics of a Large Earthquake: Results from the Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project (TCDP), *Nature*, **444**, doi:10.1038/nature05253.

主著者の KF Ma と私の仕事で主要な部分が構成されている論文であるため, 共著者ながら代表作の一つに数えた. 1999年に台湾中部で発生した集集地震の活断層である車籠埔断層を地下 1 km で貫通したコアから, 厚さ 1cm の滑り面を特定し, その内部に分布する粉碎粒子の総表面エネルギーから地震の際に破壊に分配されたエネルギー量の定量を行なった.

4. Tanaka, H., W. M. Chen, C. Y. Wang, K. F. Ma, N. Urata, J. Mori, M. Ando, (2006) Frictional Heat from Faulting of the 1999 Chi-Chi, Taiwan Earthquake. *Geophysical Research Letters*, **33**, L16316, doi:10.1029/2006GL026673.

地震発生から短い時間の後に車籠埔断層の北部で断層面を貫通した掘削孔から検出された熱異常を地震時の高速摩擦に伴う発熱の残留熱であると認定し, 集集地震の地震滑りの際に散逸した総熱エネルギー量を見積もった論文. 天然の地震断層から残留摩擦発熱を検知した世界初の論文である. 地震波動として散逸したエネルギーとの対比により, 波動エネルギーに分配されるエネルギー比率はわずか数パーセント以下であるを見積もった.

5. Tanaka, H., W. M. Chen, K. Kawabata, N. Urata, (2007) Thermal properties across the Chelungpu fault zone and evaluations of positive thermal anomaly on the slip zones - Are these residual heat from faulting? *Geophysical Research Letters*, **34**, L01309, doi:10.1029/2006GL028153.

車籠埔断層の活動から数年後, 同断層のトレース中央部で地下 1100 m で断層面を貫通する深部掘削孔が穿たれた. 同孔内でも再び精密温度計測がなされ, 断層面近傍で 0.06 °C の残留熱と思われる正の熱異常が検知された (Kano et al., 2006). 筆者らは断層帯を物質の熱属性の揺らぎが原因と考え, Kano et al., のデータを用いてモデルを立て検証した結果, 確かに熱伝導率の揺らぎを主因とした見かけの揺らぎであることを確かめた. 同時に Tanaka et al (2006) の結果は, 熱属性の揺らぎを越えた温度異常であることを確認した.

4. 受賞等

- ・ Outstanding research and education Prize, National Central University, Taiwan, 2007, 6/10

5. 研究の将来計画

2で述べたように、活断層の掘削プロジェクトを通して、断層破砕帯の固体物質科学が地震研究に対してどの程度貢献できるか、について限界点が見えたと感じたことを述べた。各所の活断層で同種の手法を反復すれば、帰納法的に新たな発見があるかもしれない。しかしそれより本質的な問題を克服したいと考えた。そして私は現在、活断層近傍の応力蓄積に伴う物理化学的状態の変動検知の研究を進めており、将来この手法と診断学を完成させ、地震研究の一石となることを望んでいる。これまでの活断層掘削プロジェクトの成果によって、活断層の破砕帯は、その周囲の母岩と比して透水率が著しく高いことが明らかにされている。このことは、活断層近傍の地殻流体が選択的に断層破砕帯を流通する可能性が高いことを示していると考えられる。

地殻流体の起源の大部分は天水であり、天水は一旦地下に入ると、接触する母岩と化学反応を起こして平衡となる。震源深度、あるいはマントル由来の深部流体も地殻流体に混在するが、一般にその量比はきわめて小さい。したがって、活断層から湧出する地殻流体は、主に近傍に胚胎する母岩あるいはマグマの種類、あるいは流通経路によって多様な性質を示すのが普通である。しかし、一方では地殻流体に含まれる各種の同位体をトレーサーとして、地殻流体の流通経路を探る研究は地殻化学の一分野として古くから行なわれてきており、深部起源の流体の混合量を確認するための指標も提案されている。ただし、地殻変動を検知する目的で行なわれてはいなかったため、ほとんどがスポット測定の結果からの考察になっている。屋外に長期間設置でき、自動精製を行いつつ一定の精度で安定稼働を保證できる質量分析計は、存在しなかった。

近年の技術革新に伴う質量分析管(特に四重極管)の精度向上は目覚ましく、年々高精度小型化、低価格化が進んでいる。従来、高額で貴重品であり屋外での設置など考えられなかった分析管であるが、現在の小型高性能管を用いて自動精製系を確立し、断層破砕帯に設置してその場での連続観測することを目指せる時代になったと判断した。

全自動で質量分析をし続ける装置を開発すること、その装置を活断層に設置し、湧出する流体の連続かつ安定な同位体分析を達成すること、および流量、水位、水温、pH、電気伝導度等の従来の測定項目に加え、同位体組成の変動の診断学を確立することを目指している。この全自動現地計測型の質量分析計は、その設計において国内特許を取得し数年の歳月の後に昨年度安定稼働を果たした。我々は、この研究を機器に与えた名称(GROWDAS)を冠して、GROWDASプロジェクトと呼んでいる。

現状では、安定稼働を達成したとはいえ、跡津川断層に一台稼働しているだけである。安定稼働を達成してから半年の間に酸素、窒素、二酸化炭素の時系列変動とともに、ヘリウムにおける数 ppm のなだらかな変動を捉えることができた。次のステージでは観測点を増設し、地殻変動に伴う同位体変動であることを確認するとともに、変動の診断学を確立していく必要があると考えている。この研究を通して「断層帯は現

在どのような物理化学的事状態にあるのか？」また「断層帯における大地震の準備とはどのようなものか？」といった、地震研究におけるより本質的な疑問に答えたいと考えている。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 (B) 2 跡津川断層における地震性破壊反応流体のニアフィールド観測、- 破壊ラジカル反応の実証- 2004 - 2006 16,700 千円
- ・ 基盤研究 (B) 2 大地震の断層滑り帯のダイナミクス-集集地震における滑り帯物質からの逆解析 2007 - 2009 14,300 千円
- ・ 基盤研究 (A) 摩擦が作る超微粒子-物質地震学の新展開- 2008 - 2010 33,670 千円 分担

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 相手先機関名：住鉱コンサルタント株式会社，研究題目：断層帯における破碎岩のボーリング技術の検討及びボーリング孔，その周辺のガス・水質の観測手法の研究，研究期間：2006年7月1日～2007年3月31日，研究費金額：110千円

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」実施計画 地殻流体のフラックス測定に基づいた化学的地震先行現象発現機構の解明 2009～ 5年間 約 17,000千円

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kadono, T., K. Saruwatari, J. Kameda, H. Tanaka, S. Yamamoto, and A. Fujiwara (2006) Surface roughness of alumina fragments caused by hypervelocity impact. *Planetary and Space Science*, **54**, 212-215.
2. Nohara, T., H. Tanaka, K. Watanabe, N. Furukawa, A. Takami (2006) In-situ hydraulic tests in the Active Fault Survey Tunnel, Kamioka Mine, excavated through the active Mozumi-Sukenobu fault zone and their hydrogeological significance. *The Island Arc*, **15**, 537-545.
3. Tanaka, H., W. M. Chen, C. Y. Wang, K. F. Ma, N. Urata, J. Mori, M. Ando, (2006) Frictional Heat from Faulting of the 1999 Chi-Chi, Taiwan Earthquake. *Geophysical Research Letters*, **33**, L16316, doi:10.1029/2006GL026673.
4. Ma, K. F., H. Tanaka, S. R. Song, C. Y. Wang, J. H. Hung, Y. B. Tsai, J. Mori, Y. F. Song, E. C. Yeh, H. Sone, L. W. Kuo, H. Y. Wu, (2006) Slip Zone and Energetics of a Large Earthquake: Results from the Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project (TCDP), *Nature*, **444**, doi:10.1038/nature05253.

5. Tanaka, H., W. M. Chen, K. Kawabata, N. Urata, (2007) Thermal properties across the Chelungpu fault zone and evaluations of positive thermal anomaly on the slip zones - Are these residual heat from faulting? *Geophysical Research Letters*, **34**, L01309, doi:10.1029/2006GL028153.
6. Tanaka, H., T. Ito, T. Nohara, M. Ando (2007) Descriptions of meso- and microscopic structures of fault zone rocks obtained from penetrating tunnel across the Mozumi-Sukenobu fault, central Japan, M. Ando Eds.; in “*Geodynamics of Atotsugawa Fault System*”, pp.103-121, TERRAPUB.
7. Kawabata, K., H. Tanaka, G. Kimura (2007) Mass transfer and pressure solution in deformed shale of accretionary complex: Examples from the Shimanto Belt, southwestern Japan, *Journal of Structural Geology*, **29**, 697-711.
8. Tanaka, H., K. Omura, T. Matsuda, R. Ikeda, K. Kobayashi, M. Murakami, K. Shimada (2007) Architectural evolution of the Nojima fault and identification of the activated slip layer by Kobe earthquake, *Journal of Geophysical Research*, **112**, B07304, doi:10.1029/2005JB003977.
9. Saito, T., H. Tanaka, (2007) Experimental study on gas emission using fault rock core penetrating Atotsugawa fault, central Japan, *Geochimica Cosmotica Acta*. **71**, 15, p867.
10. Tanaka, H., F.M. Chester, J.J. Mori, C.Y. Wang (2007) Drilling into fault zones, *Tectonophysics*, **443**, doi:10.1016/j.tecto.2007.03.003 123-125.
11. Fujimoto, K., A. Ueda, T. Ohtani, M. Takahashi, H. Ito, H. Tanaka, A.M. Boullier, (2007) Borehole water and hydrologic model around the Nojima Fault, SW Japan, *Tectonophysics*, **443**, doi:10.1016/j.tecto.2007.01.015 174-182.
12. Sakaguchi, A., A. Yanagihara, K. Ujiie, H. Tanaka, M. Kameyama, (2007) Thermal maturity of a fold-thrust belt based on vitrinite reflectance analysis in the Western Foothills complex, western Taiwan, *Tectonophysics*, **443**, doi:10.1016/j.tecto.2007.01.017 220-232.
13. Hashimoto, Y., K. Ujiie, A. Sakaguchi, H. Tanaka, (2007) Characteristics and implication of clay minerals in the northern and southern parts of the Chelung-pu fault, Taiwan, *Tectonophysics*, **443**, doi:10.1016/j.tecto.2007.01.024, 233-242.
14. Chen, W. M., H. Tanaka, H. J. Huang, C. B. Lu, C. Y. Lee, C. Y. Wang, (2007) Fluid infiltration associated with seismic faulting: Examining chemical and mineralogical compositions of fault rocks from the active Chelungpu fault, *Tectonophysics*, **443**, doi:10.1016/j.tecto.2007.01.025, 243-254.
15. Shimada, K., H. Tanaka, T. Saito (2008) Rapid and Simple Measurement of H₂ Emission from Active Faults Using Compact Sampling Equipments, *Resource Geology* **58**, 196- 202.
16. Kawabata, K., H. Tanaka, Y. Kitamura, and Ma K-F, (2009) Apparent activation energy and rate-limiting process estimation from natural shale deformed by pressure solution in shallow subduction zone, *Earth and Planetary Science Letters*, **287**, 57-63,
17. Shigematsu, N, Fujimoto, K, Ohtani, T, Shibazaki, B, Tomita, T, Tanaka, H, Miyashita, Y, (2009) Localisation of plastic flow in the mid-crust along a crustal-scale fault: Insight from the Hatagawa Fault Zone, NE Japan, *Journal of Structural Geology*, **31**, 601-614, Doi: 10.1016/j.jsg.2009.04004
18. Lockner, D. A., H. Tanaka, H. Ito, R. Ikeda, K. Omura, H. Naka, (2009) Geometry of the Nojima Fault at Nojima-Hirabayashi, Japan - I. A Simple Damage Structure Inferred

from Borehole Core Permeability *Pure and Applied Geophysics*, **166**, 1649-1667, doi: 10.1007/s00024-009-0515-0

19. Moore, D. E., D. A. Lockner, H. Ito, R. Ikeda, H. Tanaka, K. Omura, (2009) Geometry of the Nojima Fault at Nojima-Hirabayashi, Japan - II. Microstructures and their Implications for Permeability and Strength *Pure and Applied Geophysics*, **166**, 1669-1691, Doi: 10.1007/s00024-009-0513-2.

(2) 学会プロシーディングス等

1. 日本の温泉分布様式およびそれらの化学的な特徴 (2012) 田中秀実, 杉本雅明, 照沢秀司, 村上雅紀, 角森 史昭, 日本地球惑星連合 2012 連合大会, SCG70-P04

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

1. Hidemi Tanaka, Tanio Ito, Tsuyoshi Nohara, Masataka Ando, 2007, Descriptions of meso- and microscopic structures of fault zone rocks obtained from penetrating tunnel across the Mozumi-Sukenobu fault, central Japan, in “Geodynamics of Atotsugawa Fault System”, TERRAPUB, 103-122

(5) 特許

1. 特許第4805680号「地中の気液混合流体観測装置」23年8月11日. 国内

8. 学会発表など

- (1) 国際会議
- (2) 国内会議

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ Kuniyo Kawabata (PhD student of Dr Tanaka)
- ・ Student Awards American Geophysical Union 2007

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
 - ・ Tectonophysics special issue “Drilling penetrating the fault zone”2007, 446, H. Tanaka, F.M. Chester, J.J. Mori, and C.Y. Wand (Guest Editors), J.P. Burg (Acting Editor-in-Chief)
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 記者発表 台湾チェルンプ断層掘削で明らかにされた大地震のすべり帯のエネルギー散逸 田中秀実 2006年11月22日

1 2. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数 :

(2) 派遣

学生数; 研究者数 :

(3) 海外からの来訪者数 :

桜庭 中

I. 略歴

氏名： 桜庭 中

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1995年（平成7年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学専攻 卒業

1997年（平成9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（平成12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（平成12年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1998年（平成10年）7月 日本学術振興会特別研究員 DC2
（東京大学大学院理学系研究科 地球惑星物理学専攻）

2000年（平成12年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD
（東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻）

2002年（平成14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（平成19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

過去5年間では、低粘性の地球ダイナモモデルをもちいて、金属コア対流と地磁気生成過程を数値シミュレーションで再現する研究を主としておこなった。それまでの多くのモデルでは、計算機性能の問題から、粘性パラメータを地球のコアの値にくらべて著しく高く設定せざるをえなかったが、地球に似た磁場やその変動をある程度再現することに成功していた。その後、並列計算機の台頭により、徐々に地球に近いパラメータ領域での計算が報告されはじめたが、得られる数値解は、双極子が卓越しない (Kageyama et al., *Nature*, 2008), 磁場強度が弱い (Christensen & Aubert, *Geophys. J. Int.*, 2006; Takahashi et al., *Phys. Earth Planet. Int.*, 2008) など、パラメータを地球に近づけたのにも関わらず、むしろ地球磁場の特徴を失う傾向がみられた。わたしは Sakuraba & Roberts (*Nature Geosci.*, 2009) において、このパラドキシカルな状況が、金属コア熱対流の温度境界条件の取り方に起因するものであり、物理的に適切な境界条件をとれば、双極子の卓越する大規模磁場構造と、それをつくる大規模渦構造が再現されることを、数値実験により示した。これまでのコア対流モデルでは、伝統的なベナール対流と同様に表面温度一様の境界条件をもちいる場合が多かった。しかしこの条件はコア対流には不適切であり、熱輸送効率に乏しいマントルと接する境界では、むしろ熱フラックスの値を境界条件として与えるべきである。論文ではもっとも単純な熱フラックス一様のモデルを、それまで多くの研究者が採用していた温度一様モデルと比較し、流れ場の空間構造に劇的な変化があらわれることを発見した。低粘性ダ

イナモにおける温度境界条件の重要性については Sakuraba & Roberts (in "*The Earth's magnetic interior*", 2011) で議論し, 熱フラックス一様モデルではコア表面の極と赤道間に温度差が許され, それによって低粘性のパラメータ領域に特有の強い温度風と子午面循環が駆動され, そしてそのオメガ効果によって強いトロイダル磁場が生成されることで, コア対流が, 高波数の渦で特徴づけられる弱磁場解から, 大規模渦で特徴づけられる強磁場解に移ることができたから, と説明した.

このような低粘性の地球ダイナモモデルは, 比較的短時間 (1000 年程度よりも短いスケール) の地磁気変動をよく再現する可能性があり, とくに地磁気西方移動のメカニズムに関する研究をおこなった. モデル計算は, 赤道域に卓越する地磁気西方移動の性質を再現したが, コア表面磁場の低波数成分にはむしろ東方移動のシグナルも弱いながらもみられるなど, 西向き温度風による移流効果だけでなく, むしろ波動的な解釈も妥当であることを示唆した. そこで最近では, 回転する磁気流体球に生じる遅い波の線形解析をおこない, モデル計算や地磁気観測データと比較している. またこのような短時間スケールの双極子強度の変動には, 周波数空間でのあきらかなベキ乗分布がみられ, これがコア対流の乱流スペクトルを示していると考えられている. Sakuraba & Hamano (2007) は, 双極子の周波数スペクトルとコア表面の流れの波数スペクトルとのあいだになりつつ関係を理論的に提示し, それを数値シミュレーションで確認した. ただしこの数値シミュレーションは比較的粘性が高いパラメータ領域のものであり, それを低粘性領域での計算で確認しているところである.

3. 特に優れた論文 5 編

1. Sakuraba, A., and P. H. Roberts (2009), Generation of a strong magnetic field using uniform heat flux at the surface of the core, *Nature Geosci.*, 2, 802-805.

引用 33 件: エクマン数 10^7 のオーダーの低粘性領域ではじめて双極子の卓越する強磁場解を得たこと, そのような強磁場解を得る上で, これまで見過ごされていたコア表面の温度境界条件が重要であることを示したことで, 評価されている

2. Sakuraba, A. and Y. Hamano (2007), Turbulent structure in Earth's fluid core inferred from time series of geomagnetic dipole moment, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L15308.

引用 4 件: 双極子変動の周波数スペクトルとコア表面の乱流スペクトルとの間になりつつべき関係式を提示し, 古地磁気データからコアダイナミクスをさぐるための一つの方策を示した

3. Sakuraba, A. (2002), Linear magnetoconvection in rotating fluid spheres permeated by a uniform axial magnetic field, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, 96, 291-318.

引用 7 件: 一様磁場のもとでの回転磁気流体の熱対流不安定を線形解析した初例であり, ひろいパラメータ領域内での系のふるまいを境界条件を変えて系統的におこなっている

4. Sakuraba, A., and M. Kono (2000), Effect of a uniform magnetic field on nonlinear magnetoconvection in a rotating fluid spherical shell, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, 96, 291-318.

引用 8 件: 一様磁場のもとでの回転磁気流体の熱対流が, 磁場強度の増大にともなって, 弱磁場モードから強磁場モードへと不連続的に遷移するようすを明瞭に示した

5. Sakuraba, A., and M. Kono (1999), Effect of the inner core on the numerical solution of the magnetohydrodynamic dynamo, *Phys. Earth Planet. Int.*, 111, 105-121.

引用 76 件：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ておこなったということで評価されている。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

地磁気は金属コアに流れる電流を直接的に反映する物理量であり，地磁気の空間構造やその時間変動のメカニズムをあきらかにすることは，液体金属コアのダイナミクスのみならず，その境界条件としてのマントル最下部の構造，物性，熱力学状態などにも制約を与える可能性があり，地球深部科学の発展に大きく寄与する．とくに古地磁気学的なデータの存在により，過去のコアの状態が制約される可能性があり，地球内部ダイナミクスの進化や熱史を議論する上でも有用である．地球深部科学としての地球電磁気学は，他の地震学，測地学，高圧物質科学などの分野と相補的に，今後研究をすすめる必要があると考えている．以下，箇条書きで研究の計画をまとめる．

(1) 地球ダイナモ数値シミュレーションの高度化： 計算機は年々高速化と大規模化が進んでおり，10 万コアを超えるような超並列計算機も今後普及していくであろう．現在わたしは JAMSTEC の地球シミュレータセンターにおいて 10 テラフロップ程度の計算資源を活用しているが，今後その 10 倍，100 倍の計算性能を有する計算機システムをもちいた地球ダイナモ研究をおこなうことを想定しており，これを実現するために，計算アルゴリズムの改良と大規模データ解析の環境整備をおこなう計画である．

(2) 金属コア対流の状態の推定： 現在の地磁気の空間構造を数値シミュレーションで再現し，それを可能ならしめるコア対流の状態を推定する．そのためには，現在よりも低い粘性パラメータにおいて，より高い磁気レイノルズ数，より高い磁気／運動エネルギー比をもった乱流の数値解を得る必要があり，モデルの高解像度化によってこれを実現する．地磁気の空間構造とマントル・内核の水平不均質性とのあいだの関連をあきらかにする．

(3) 地磁気短時間変動のメカニズムの解明： 現在の地磁気の空間構造のみならず，その変動を再現することによってはじめて，地球ダイナモモデルが真に地球を模擬しているのかどうかを判断することができ，さらに地球深部の構造や熱力学的状態等を議論することができる．現在，人工衛星による地磁気観測がおこなわれ，グローバルな地磁気永年変化のようすが徐々にあきらかになりつつある．解明すべきターゲットとしては，地磁気ジャーク，磁気西方移動，双極子変動などがあげられ，わたしはこれまでこうした観測データをモデルによって再現する研究をおこなってきた．今後もこうしたシミュレーション研究を，より低粘性の，地球に近いパラメータ領域でおこない，1000 年程度よりも短い時間スケールでの地磁気変動の起源を理解するとともに，地球深部科学への貢献をおこないたい．

(4) 地磁気逆転メカニズムの解明：地磁気の極性の逆転は、地球で起こるもっともグローバルでドラスティックな現象であり、そのメカニズムと逆転発生頻度の変化の起源をあきらかにすることは、地球科学上の第一級の問題である。これまでの数値実験では、粘性パラメータが著しく大きいため、それが本当に地球に適用できるかどうかには疑問の余地がある。低粘性ダイナモの長時間数値積分は計算科学的にきわめて難しい課題であるが、今後 10 年以内にこの問題に挑戦し、これまで蓄積されている古地磁気データとの比較をおこない、固体地球の進化について情報を得ることを目標としている。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手 B 地磁気短時間変動のシミュレーション 2011 年度-2012 年度 4,300 千円
- ・ 若手 B 非粘性 MHD ダイナモの数理とコア対流の基本構造 2008 年度-2009 年度 3,500 千円
- ・ 基盤 A 地球ダイナモのエネルギー散逸量の決定 2009 年度-2011 年度 ※ただし分担者として (代表者 浜野洋三)
- ・ 基盤 A 地球流体核の乱流運動を知る 2006 年度-2008 年度 ※ただし分担者として (代表者 浜野洋三)

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ 山田科学振興財団 長期間派遣援助 回転電磁流体乱流に関する研究 派遣先：アメリカ, カリフォルニア大学ロサンゼルス校 2006 年 10 月～2007 年 9 月 1,000 千円

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Sakuraba, A., P. H. Roberts (2009), Generation of a strong magnetic field using uniform heat flux at the surface of the core, *Nature Geosci.*, 2, 802-805.
2. Sakuraba, A. and Y. Hamano (2007), Turbulent structure in Earth's fluid core inferred from time series of geomagnetic dipole moment, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L15308.
3. Sakuraba, A. (2007), A jet-like structure revealed by a numerical simulation of rotating spherical-shell magnetoconvection, *J. Fluid Mech.*, 573, 89-104.
4. Oishi, Y., A. Sakuraba, and Y. Hamano (2007), Numerical method for geodynamo simulations based on Fourier expansion in longitude and finite difference in meridional plane, *Phys. Earth Planet. Int.*, 164, 208-220.
5. Oishi, Y., A. Sakuraba, and Y. Hamano (2007), Implementation of the Fourier Transform Method for Geodynamo Simulation on the Earth Simulator, *J. Earth*

Simulator, 7, 9-15.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

1. 櫻庭 中 (2010), コア表面の温度境界条件が地球ダイナモにあたえる影響, 月刊地球, 32, 287-293. (査読なし)
2. 櫻庭 中 (2006), 地磁気と地球ダイナモ, サイエンスネット, 数研出版, 28, 14-15. (査読なし)

(4) 書籍等

1. Sakuraba, A., and P. H. Roberts (2011), On thermal driving of the geodynamo, in “The Earth’s Magnetic Interior”, edited by E. Petrovsky, E. Herrero-Bervera, T. Harinarayana, D. Ivers, Springer, pp. 117-129.

(5) 特許

1. 国内：特開 2011-107916 「球面調和関数変換を行う並列計算機システム, 並列計算機システムの制御方法及び制御プログラム」 ※ただし発明者として

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Sakuraba, A., Numerical simulations of geomagnetic field variations: from jerks to superchrons, AGU Fall Meeting (San Francisco, USA, 2011.12). 招待
2. Sakuraba, A., Characteristics of low-viscosity models for planetary dynamos, AGU Fall Meeting (San Francisco, USA, 2009.12). 招待
3. Sakuraba, A., Y. Hamano, Turbulent structure in the Earth’s core inferred from paleomagnetic power spectrum of the dipole moment, IUGG General Assembly (Perugia, Italy, 2007.7). 一般

他, 12 件

(2) 国内会議

1. 櫻庭中, 非粘性・磁気地衡流ダイナモの非線形解, 地球惑星科学連合 2011 年大会 (幕張メッセ, 2011.5). 一般
2. Sakuraba, A., Critical effect of thermal boundary condition at the core-mantle interface on generation of a strong dipole magnetic field, 地球惑星科学連合 2009 年大会 (幕張, 2009.5). 一般
3. Sakuraba, A., A mechanism of a jet-like flow in rotating spherical magnetoconvection, JpGU Meeting (Makuhari, 2006.5). 一般

他, 12 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数; 外国人研究者数 :
- (2) 派遣
学生数; 研究者数 :
- (3) 海外からの来訪者数 :

清水 以知子

I. 略歴

氏名： 清水 以知子

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1984年（昭和 59年）3月 京都大学理学部地質学鉱物学科 卒業

1986年（昭和 61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

1989年（平成元年）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（平成元年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1989年（平成元年）4月 東京大学地球物理学科 日本学術振興会特別研究員

1991年（平成3年）5月 東京大学理学部地質学教室 助手

1993年（平成5年）4月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 助手

2008年（平成20年）4月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

現在に至る

この間

1999年（平成6年）4-5月 アメリカ合衆国カリフォルニア大学バークレー校
ロスアラモス国立研究所 客員研究員

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

2002-2011年の期間、岩石レオロジーと微細構造の発達過程についての以下の研究を行なった。

(1) 石英の動的再結晶による古応力計

高温下の転位クリープの下で起きる動的再結晶についての Shimizu (1998) の理論に基づいて石英の定常再結晶粒径の差応力および温度依存性を評価し (Shimizu, 2008), 粒界エネルギーの効果も考慮して新しい石英の再結晶粒径応力計を提案した (Shimizu, 2012).

(2) 縞状鉄鉱床における変成・変形作用と縞状構造の成因

カナダの Yellowknife Greenstone Belt で採取した太古代縞状鉄鉱床の連続サンプルを蛍光 X 線などによる元素マッピングで解析し、変成分離作用を詳細に明らかにするとともに、メソバンドとマイクロバンドの成因を議論した (Katsuta et al., 2012).

(3) 高温高压変形実験における技術開発

既存の固体圧式変形試験機をもちいて固体圧媒体の内部摩擦を評価し、高温高压下で差応力を精密に決定する方法を開発した (清水ほか, 2006). また、新たな固体圧試験機 (住友重機械工業株式会社, 100 トンプレス) を設計開発した. 装置は東京大学

に設置され、封圧～1.5 GPa までの条件でキャリブレーションテストを行なっている。

(4) 中深発地震のメカニズム

沈み込むスラブの中深発地震のメカニズムとして有力な考えのひとつが蛇紋岩の脱水脆性化である。そこでアンチゴライト蛇紋岩の高温高压変形実験をガス圧および固体圧変形試験機を用いて行なった。封圧 100 MPa における摩擦実験では剪断によってアンチゴライトの脱水反応が促進されるとともに摩擦強度が増大した (Takahashi et al., 2011)。一方、封圧 800 MPa におけるインタクト蛇紋石の圧縮試験では 700°C 以上で著しい脱水軟化を起こした (清水, 2010)。現在、実験回収試料を走査電子顕微鏡 (SEM-EDS, EBSD), X 線回折法 (XDR), X線吸収分光法 (XAS) などで解析している。

(5) 摩擦における石英の非晶質化

断層の真実接触面での物理化学素過程を知るために石英ピンと石英円盤を使った摩擦試験を行なった。石英円盤の顕微ラマンスペクトルでは主要バンドのブロードニングとコーサイト様ピークの出現が観察された。このことから、すべり速度弱化が石英の圧力および歪誘起非晶質化に起因すると推察した (Nakamura et al., 2012)。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Shimizu, I., 1992, Nonhydrostatic and nonequilibrium thermodynamics of deformable materials, *Journal of Geophysical Research*, 97, 4587–4597.

30 年以上論争になっていた非静水圧応力下の熱力学の問題に終止符を打った。この理論は圧力溶解モデル [Shimizu, 1995] の熱力学的基礎を与えている。

2. Shimizu, I., 1995, Kinetics of pressure solution creep in quartz: Theoretical considerations, *Tectonophysics*, 245, 121–134.

圧力溶解-沈殿作用は地殻で最も重要な変形メカニズムのひとつである。本論文により石英岩の圧力溶解クリープの流動則が確立された。

3. Shimizu, I., 1998, Stress and temperature dependence of recrystallized grain size: A subgrain misorientation model, *Geophysical Research Letter*, 25, 4237–4240.

転位クリープにおける差応力と結晶粒径の間に普遍的に成り立つ関係を導出した。この結果は岩石レオロジーにおいて重要な意味をもつ。

4. Takei, Y. and I. Shimizu, 2003, The effects of liquid composition, temperature, and pressure on the equilibrium dihedral angles of binary solid-liquid systems inferred from a lattice-like model, *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 139, 225–242.

この論文と、つづく 2 編の論文 [Shimizu & Takei, 2005, *Physica B*, 362, 169–179; Shimizu & Takei, 2005, *Acta Materialia*, 53, 811–821] により、固液界面を記述する統計熱力学モデルを構築した。最近、実験的に確かめられたアセノスフェア条件でのオリビンの濡れはこの理論予測と調和的である。

5. Shimizu, I., 2008, Theories and applicability of grain size piezometers: The role of dynamic recrystallization mechanisms, *Journal of Structural Geology*, 30, 899–917. doi:10.1016/j.jsg.2008.03.004.

動的再結晶理論 [Shimizu, 1998] を発展させ、地殻応力の推定のための石英の再結晶粒径応力計を提案した)

4. 受賞等

- ・ 日本地質学会研究奨励賞受賞, 受賞者: 清水以知子, 受賞対象論文: Shimizu, I., 1988, Ductile deformation in the low-grade part of the Sambagawa metamorphic belts in the northern Kanto Mountains, Central Japan, *Journal of Geological Society of Japan*, **94**, 609–628. 授与団体: 日本地質学会, 1990年(平成2年)4月3日.

5. 研究の将来計画

地震発生帯における物理化学過程を解明するために以下の研究を計画している。特に H₂O 流体が沈み込み帯岩石の脆性-延性挙動に及ぼす影響に焦点をあてる。

(a) スラブ内地震の発生メカニズム

これまでの研究 2-(4) の蛇紋岩の脱水不安定性についての実験を継続し, スラブ内地震の発生過程をモデル化する。高圧力領域には, 新規に開発した固体圧試験機を用いる。

(b) プレート境界逆断層の強度

この研究では, 地殻・マントルにおける深度と物質に依存するレオロジーに基づいて沈み込み帯巨大逆断層の強度断面を作成し, プレート境界面の地震学的アスペリティの特徴を明らかにする。地球惑星科学連合では東北地方沖のプレート境界逆断層について予察的モデルを提示した(清水, 2012, JpGU)。今後, 以下の研究の結果も考慮して沈み込み帯の断層モデルを精密化する。

(i) 地下深部における間隙圧効果

蛇紋岩やタルクをもちいて様々な封圧と間隙圧で摩擦実験を行ない, 高間隙圧下のウェッジマントルの摩擦強度を評価する。実験は広島大学のガス圧試験機(封圧・間隙圧 ~200 MPa)と東京大学地震研の油圧試験機(封圧 ~450 MPa, 間隙圧 ~400 MPa)を用いる。すでに室温での予察的な実験により, 「有効応力の法則」が高圧では成り立たなくなるを見いだしている。

(ii) 地震発生帯下限の剪断応力

石英の再結晶粒径応力計(Shimizu, 2012)を三波川変成帯の低変成部の珪質岩に適用することにより, 過去のプレート境界逆断層における延性領域の応力状態を評価する。石英の変形微細構造と含水量は SEM-EBSD と顕微 FTIR により解析する。変成温度を決定するために炭質物温度計を用いる。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 日本学術振興会 科学研究費

- ・ 基盤研究 (B) 「高温高圧変形実験による蛇紋岩のレオロジー解明」(代表: 清水以知子, 課題番号 22340148), 平成 22-24 年度 交付総額 19,890 千円
- ・ 基盤研究 (B) 「沈み込みプレート境界の地震発生における脱水反応の役割」(代表: 清水以知子, 課題番号 19340147), 平成 19-21 年度, 交付総額 19,370 千円
- ・ 基盤研究 (B) 「地殻変形と流体の相互作用に関する実験的研究」(代表: 清水以知子,

課題番号 16340150), 平成 16-18 年度, 交付総額 16,700 千円

(2) 文部省

- ・ 新学術研究「地殻流体の形態と物性」(分担研究者, 課題番号 21109005) 平成 21–25 年度, 配分額 26,058.5 千円
- ・ 地震および火山噴火予知のための観測研究計画, 平成 21–25 年度 「沈み込み帯のマグマ発生と地殻変動のダイナミクス」, 配分額 2,260 千円 (H21023)
- ・ 地震予知のための観測研究計画(第2次), 平成 16–20 年度 「地震発生の素過程」, 配分額 2,400 千円 (H18-20)

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. 清水以知子・道林克禎・渡辺悠太・増田俊明・熊澤峰夫, 2006, 固体圧変形実験装置 MK65S の設計と性能: 内部摩擦の評価. 構造地質, No. 49, 15–26.
2. Shimizu, I., 2008, Theories and applicability of grain size piezometers: The role of dynamic recrystallization mechanisms, *Journal of Structural Geology*, 30, 899–917. doi:10.1016/j.jsg.2008.03.004.
3. 清水 以知子, 2010, 深部 H₂O 流体の連結性と界面の熱力学, 岩石鉱物科学, 39, 208–219.
4. Shimizu, I., 2011, Erratum to “Theories and applicability of grain size piezometers: The role of dynamic recrystallization mechanisms” [J Struct Geol 30 (2008) 899–917], *Journal of Structural Geology*, 33, 1136–1137.
5. Tatakahashi, M., Uehara, S., Mizoguchi, K., Shimizu, I., Okazaki, K. and Masuda, K., 2011, On the transient response of serpentine (antigorite) gouge to stepwise changes in slip velocity under high-temperature conditions, *Journal of Geophysical Research*, 116, B10405, doi:10.1029/2010JB008062.
6. Shimizu, I., 2012, Steady-state grain size in dynamic recrystallization of minerals, In: "Recrystallization", edited by Krzysztof Sztwiertnia, InTech, ISBN 978-953-51-0122-2, pp. 371–386.
7. Katsuta N., I. Shimizu, H. Helmstaedt, M. Takano, S. Kawasaki, S., and M. Kumazawa, 2012, Major element distribution in Archean banded iron formation (BIF): Influence of metamorphic differentiation, *Journal of Metamorphic Geology*, 30, 457–472. doi: 10.1111/j.1525-1314.2012.00975.x.
8. Noguchi N., Abduriyim A., Shimizu, I., Kamegata, N., Odake, S. and Kagi, H., 2012, Imaging of internal stress around a mineral inclusion in a sapphire crystal: Application of micro-Raman and photoluminescence spectroscopy, *Journal of Raman Spectroscopy*, 43, doi: 10.1002/jrs.4161
9. Nakamura Y., J. Muto, H. Nagahama, I. Shimizu, T. Miura, and I. Arakawa, 2012, Amorphization of quartz by friction: Implication to silica-gel lubrication of fault surfaces, *Geophysical Research Letter*, 39. doi:10.1029/2012GL053228

(2) 学会プロシーディングス等

1. Shimizu I., Watanabe Y., Michibayashi K., Takahashi, M. Uehara, S. and Katsuta, N., 2011, Dehydration softening of serpentinite and its roles in the intermediate-depth earthquakes. *Proceedings of First International Symposium on Geofluids*, "Geofluid Processes in Subduction Zones and Mantle Dynamics", p. 25, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan.
 2. Uehara, S., Shimizu I., and Okazaki K., 2012, Effects of pore pressure on fault mechanics at brittle-plastic transition zones. *Proceedings of Joint Symposium of Misasa-2012 and Geofluids-2*, "Dynamics and Evolution of the Earth Interior: special emphasis on the role of fluids", p. 34, Misasa, Japan.
- (3) レビュー論文・総説
1. 熊澤峰夫・清水以知子, 2006, 日本における固体圧変形実験装置の開発と研究の系譜. 構造地質, No. 49, 5-14. (査読あり)
 2. 清水 以知子, 2006, 構造地質学における実験技術. 構造地質, No. 49, 1-4. (査読なし)
 3. 清水 以知子, 2010, 沈み込みスラブの二重震発面と蛇紋岩の脱水不安定性, 月刊地球, 32, 162-166. (査読なし)
- (4) 書籍等
- (5) 特許

8. 学会発表など

- (1) 国際会議
1. Shimizu I., Watanabe Y., Michibayashi K., Takahashi, M. Uehara, S. and Katsuta, N., Dehydration softening of serpentinite and its roles in the intermediate-depth earthquakes. *First International Symposium on Geofluids*, "Geofluid Processes in Subduction Zones and Mantle Dynamics", Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, 2011年5月1日. (招待)
 2. Shimizu, I., Y. Watanabe, K. Michibayashi, S. Uehara M. Takahashi and N. Katsuta, 2011, Dehydration softening of serpentinite as a trigger of intermediate-depth earthquakes, *American Geophysical Union Fall Meeting*, (San Francisco, U.S.A., 2011年12月15日. (一般)
 3. Uehara, S., Shimizu I., and Okazaki K., Effects of pore pressure on fault mechanics at brittle-plastic transition zones *Joint Symposium of Misasa-2012 and Geofluids-2*, "Dynamics and Evolution of the Earth Interior: special emphasis on the role of fluids", Misasa, Japan, 2012年3月18-21日. (招待)
- その他 2 件
- (2) 国内会議
1. 清水 以知子・道林克禎・渡辺悠太, 蛇紋岩の脱水軟化と沈み込みスラブにおける地震発生過程, 地球惑星科学連合大会, 千葉県幕張メッセ, 2009年5月16日. (招待)
 2. 高橋 美紀・清水 以知子, アンチゴライトガウジの変形構造とその温度・速度依存性, 地球惑星科学連合大会, 千葉県幕張メッセ, 2011年5月. (招待)

その他28件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 2006年度（平成18年度） 構造地質研究会「構造地質」49号, 「構造地質学における実験技術」特集号編集

(2) 学会等

- ・ 2007-2009年度（平成19-21年度） 日本地質学会代議員

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

- ・ 2007-2008年度（平成19-20年度） 日本学術振興会 科学研究費委員会 審査委員

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数:

(2) 派遣

学生数; 研究者数:

(3) 海外からの来訪者数:

並木 敦子

I. 略歴

氏名： 並木 敦子

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1996年（平成8年）3月 東北大学地球惑星物質科学科 卒業

1998年（平成10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（平成14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

2002年（平成14年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1998年（平成10年）4月 (株)セイコーエプソン 社員

2000年（平成12年）4月 日本学術振興会特別研究員 DC2
（東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻）

2002年（平成14年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD, SPD 金沢大学理学部
地球学科, カリフォルニア大学地球惑星科学科

2005年（平成17年）4月 日本学術振興会海外特別研究員 カリフォルニア大学
地球惑星科学科

2006年（平成18年）10月 独立行政法人産業技術総合研究所 契約職員

2007年（平成19年）10月 金沢大学理学部地球学科 研究協力員, 技術補佐員,
非常勤講師, 博士研究員

2010年（平成22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

近年、私は火山の噴火様式を決めるメカニズムを理解する為の流体実験を主に行い、実験に基づき簡単な理論を作る研究を行っている。火山は色々な噴火の仕方をする。同じ組成をもつマグマに限っても、静かに流れる噴火をする時があれば、爆発的に噴火する時もある。今後どのタイプの噴火が起きるかを予測する為には噴火様式を決めるメカニズムを理解し、そのメカニズムを表す観測方法を確立しなければならない。

Namiki and Manga (2005)ではマグマ中に気泡が存在する事が火山が爆発的噴火をする為に必要な事を実験的に示した。マグマにはあまり圧縮性がなく、周囲の圧力が変わっても爆発的に膨張する事はない。しかし、マグマ中の気泡に含まれる火山ガスには圧縮性があり、周囲の圧力が変化すれば爆発的に膨張できる。つまり、火

山ガスが作る気泡の有無が爆発的噴火が起こるか否かを決めている。この事実は申請者がこれまで行った研究の中で得られた最も重要な結果の1つである。ただし、気泡が存在しても他の条件によって火山が爆発的噴火を起こさない場合もある。気泡を含むマグマが山体崩壊などにより、十分速く減圧された場合には、爆発的噴火が起こり得るが、減圧速度が遅い場合には爆発的噴火は起こらない(Namiki and Manga, 2006)。また、マグマの粘性率によっても爆発的噴火の有無が変わる(Namiki and Manga, 2008)。これら一連の研究はポストドクターとして UC Berkeley にて行った。

一方、気泡を含むマグマの膨張の理論を実験に基づき作っても、その現象がどのように観測されるかを理解し実際に観測されなければ、実在する火山の噴火メカニズムの理解にはつながらない。そこで、観測を意識した実験を金沢大学にて学生と一緒に始めた。まずは1つの気泡が膨張した結果、破裂した気泡がどのような空振を起こすかを実験的に検証した。火山の噴火に伴う空振(音波)は精力的に観測されている。実験の結果、これまで考えられてきた瞬間的な気泡膜の破裂では実際の気泡の破裂が起こす空振は説明できない事がわかった。気泡膜が破裂により消える為には特定の時間が必要であり、この時間を考慮すると、気泡の破裂が起こす空振の周波数はこれまで考えられてきたものよりも低くなる。この結果を巨大気泡の破裂が起こすと考えられているストロンボリ式噴火に応用した。その結果、これまで謎とされてきた、ストロンボリ式噴火に伴う低い周波数の空振を説明する事に成功した(Kobayashi et al. 2010)。

一方、火山が巨大噴火を起こす準備過程についても学生と一緒に研究を進めている。巨大噴火に至る為には固まりかけた巨大なマグマ溜りを再び活性化させる必要がある事がわかっている。しかし、この過程を理解する為には固体密度の高い粉粒体の振る舞いを理解しなければならない。その物理は物理分野でもいまだ確立していない。そこで固まりかけたマグマ溜りの下部に玄武岩溶岩が貫入した場合に相当する実験を行った。その結果、液体密度の高い部分が一定速度で層の形状を維持したまま上昇するという新しい現象を発見し、実際に固まりかけたマグマ溜りでこの現象が起きている可能性を示した(Shibano et al. 2012)。

学生の希望に応じてマントルダイナミクスの研究も行っている (Matsumoto et al. 2006)。

3. 特に優れた論文5編

1. Namiki, A. (2012), An empirical scaling of shear-induced outgassing during magma ascent: Intermittent magma ascent causes effective outgassing, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 353–354, 72–81.

上述のようにマグマ中の気泡含有量はその後の噴火様式を決める極めて重要な要素である。しかし、その量の決まり方はわかっていない。本論文は世界で初めて火道壁でのせん断変形による気泡量の変化を定式化した。定式化した事により、これまで不明とされてきた効果を数値計算に直接的にとりこむ事が可能となった。この成果は大きい。

2. Kobayashi, T., A. Namiki, and I. Sumita (2010), Excitation of airwaves caused by bubble bursting in a cylindrical conduit: Experiments and a model, *J. Geophys. Res.*, 115,

B10201, doi:10.1029/2009JB006828.

火山の噴火メカニズムを理解する為には理論と観測の連携が必要である。本論文は室内流体実験によりストロンボリ式噴火において観測される低い周波数を説明した。この研究は高い関心を集め、529回ダウンロードされAGU journalのMost Popular Journal Articles 第2位となった。

3. Namiki, A., and M. Manga (2008), Transition between fragmentation and permeable outgassing of low viscosity magmas, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 169, 48-60.

気泡を含むマグマの減圧の結果、気泡が膨張するモードと気泡どうしが連結して気泡中のガスが大気中に逃げ、気泡が萎むモードがある事を発見した。この境界条件を定量的な式で示した。火山の噴火が爆発になるか否かの分岐を説明する極めて重要な結果である。

4. Namiki, A. and M. Manga (2005), Response of a bubble bearing viscoelastic fluid to rapid decompression: Implications for explosive volcanic eruptions, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 236, 269-284.

火山の爆発的噴火にはマグマ中に気泡が必要である事を実験により示し、必要条件を定量的な式で示した。

5. Namiki, A., T. Hatakeyama, A. Toramaru, K. Kurita, I. Sumita (2003), Bubble size distributions in a convecting layer, *Geophys. Res. Lett.*, 30, No. 15, 1784
10.1029/2003GL017156.

噴出したマグマの気泡サイズ分布から、噴火前の状態を推測する方法を牛乳とクリームを沸かす事で示した。大規模なプロジェクト研究がもてはやされる昨今において、研究費がなくてもアイデア次第で身近な物を使って地球を理解できる事を示した貴重な論文である。

4. 受賞等

- ・ 並木敦子：気泡を含む粘弾性流体アナログ物質を用いたマグマの発泡・破碎・噴火過程の研究：日本火山学会研究奨励賞：2007年5月

5. 研究の将来計画

今年度（H23年度）から若手研究A「気泡と斑晶を含むマグマの噴火様式決定メカニズムをモデル実験で理解する」が採択され、この研究計画にそって現在研究を進めている。

噴火様式の決まり方を理解する為の未解決問題

気泡と斑晶を含む流体の粘弾性：現在までの研究成果においても述べたように、気泡の有無は噴火様式を大きく左右する。しかし、どこにどれだけの気泡があるのかを観測により推定する方法は確立していない。一方、気泡の存在はマグマの平均密度を下げ、浮力を与え、マグマの上昇を促す。上昇速度は粘性抵抗との釣り合いで定まるが、気泡はマグマの粘弾性に変化を与え、上昇速度に影響を変える。マグマの粘弾性は気泡だけでなく斑晶の存在にも強く依存する。しかし、気泡と斑晶を含むマグマの粘弾性を定量的に記述する式は未だ完成していない。

マグマ中の気泡量の決まり方：マグマが地下深くにおいて生成される時には火山ガスがマグマ中に溶解込んでいる。しかし、マグマの上昇に伴い周囲の圧力が下がるとマグマ中に溶解できる火山ガスの量が減少し、気泡が生成する。火山ガスが溶けきれなくなって気泡を生成し、これが噴火様式を決定するならば、同じ組成のマグマは同量の気泡を生成し、同じ様に噴火する筈である。しかし、上述の様に同じ組成のマグマが多様な噴火をする。これは、火道内で気泡中のガスがマグマから分離（脱ガス）する事があり、その分離の仕方が多様である為と考えられている。しかし、気泡と斑晶を含むマグマがせん断変形した時の脱ガス量を記述する式は未だ完成していない。

爆発的噴火の圧力源：脱ガスしきれなかった火山ガスは爆発的噴火を起こす可能性がある。しかし、如何にして高い圧力を保持したまま火口に到達するのか明らかではない。一方、桜島やエクアドルの Tungurahua 火山において爆発前に火口から数 km の深さで膨張が確認された後、爆発的噴火が発生する事が確認されている（為栗, 2002, 火山, Kumagai et al., 2011 Geophys. Res. Lett.）。深さ数 km における圧力変化がどの様に火口まで伝播し、高圧力源として爆発を起こすのか、わかっていない。

地震が火山の噴火を誘発するメカニズム：統計的にみて、地震は火山の噴火を誘発しているように見える。東北地方太平洋沖地震以降に地震が活発化した火山は、北は秋田焼山から南は九州の鶴見岳・伽藍岳まで、広範囲にわたる（気象庁発表 H23.6 .7）。しかし、地震が火山の噴火を誘発するメカニズムはわかっていない。

そこで特に以下の4点について研究する。

- ・ 気泡と斑晶を含む流体の高周波・低周波粘弾性測定を行い、その気泡・斑晶含有量依存性を明らかにする。これにより火道内のマグマのせん断（上昇）速度に制約を与える。高周波測定の結果から観測により火道中の気泡の分布を明らかにする方法を確立する。
- ・ 粘弾性の測定結果とせん断変形実験から、気泡と斑晶を持つマグマが実際に火道内で脱ガスする量を見積もる。
- ・ 同様に粘弾性の測定結果を用い、火口より数 km 深い所の膨張が伝播し爆発的噴火を起こすメカニズムをモデル実験から明らかにする。
- ・ これらの知見に基づき地震が噴火を誘発するメカニズムを解明する。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手研究 B:アナログ実験による脱ガス機構の解明：H19-20 年度： 3,540 千円
- ・ 若手研究 B:アナログ実験による新たな火山脱ガスモデルの提出：H21-22 年度： 4,420 千円
- ・ 挑戦的萌芽：モデル実験によるスローアースクエイクの直観的理解：H23-H24 年度：3,770 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

・ 公益財団法人日本科学協会 笹川科学研究助成 科学の振興 H19 年度

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kobayashi, T., A. Namiki, and I. Sumita (2010), Excitation of airwaves caused by bubble bursting in a cylindrical conduit: Experiments and a model, *J. Geophys. Res.*, *115*, B10201, doi:10.1029/2009JB006828.
2. Namiki, A., and M. Manga (2008), Transition between fragmentation and permeable outgassing of low viscosity magmas, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, *169*, 48-60.
3. Namiki, A., and M. Manga (2006), Influence of decompression rate on the expansion velocity and expansion style of bubbly fluids, *J. Geophys. Res.*, *111*, B11208, doi:10.1029/2005JB004132.
4. Matsumoto, N., A. Namiki, and I. Sumita (2006), Influence of a basal thermal anomaly on mantle convection. *Phys. Earth Planet. Int.*, *157*, 208-222.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Namiki, A., T. Kobayashi, and I. Sumita, Excitation of airwaves caused by bubble bursting in a cylindrical conduit: Experiments and a model, IUGG (2011) July, Melbourne. 一般

他 3 回

(2) 国内会議

1. 鹿児島 涉悟, 並木 敦子, 上昇中マグマ内部の気泡からの脱ガスに関するアナログ実験, 地球惑星科学連合 2011 年大会, 幕張 一般

他 5 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

・ H14-21 年の間, 金沢大学にて学生と共同研究を行った. その結果, 3 編の論文を出版できた.

- ・ H22 年以降，東京大学にて学部 4 年生の演習（他大学における卒業論文）を 6 人担当した．そのうち 2 人分に関しては論文として出版するに足る成果を得た．現在投稿準備中である．

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生：数 0；外国人研究者数：0
- (2) 派遣
学生数：0；研究者数：1
- (3) 海外からの来訪者数：1

亀田 純

I. 略歴

氏名： 亀田 純

現職： 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

学歴

1998年（平成10年）3月 東京大学理学部地学科 卒業

2000年（平成12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（平成16年）6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（平成16年）6月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2002年（平成14年）4月 日本学術振興会特別研究員 DC2 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

2004年（平成16年）7月 学術研究支援員 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

2006年（平成18年）4月 日本学術振興会特別研究員 PD 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

2009年（平成21年）7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

X線回折法や電子顕微鏡法などの鉱物学的手法を用いて、1) 沈み込み帯に発達する地震・津波断層の物質解析や、2) 沈み込み帯に持ち込まれる物質の続成・脱水作用と海溝型地震発生との関連性について研究を進めてきた。

1) 断層岩の鉱物分析による地震性断層すべりパラメータの推定

これまでに、東南海地震を引き起こしたと考えられている南海トラフ先端部の断層コア試料（IODP, Exp. 316）や、陸上の付加体に発達する過去の地震・津波断層の分析を行い、断層内に特異的に見られる様々なタイプの鉱物相転移反応（スメクタイト→イライト化反応やスメクタイト→緑泥石化反応）を見出した。これらの反応は、断層運動により断層すべり面上で温度上昇が起こったこと（摩擦発熱）を示唆している。反応速度論に基づく反応進行度の定量化や地質温度計を用いた解析により、断層運動時のすべりパラメータの推定を行った。

2) 海洋地殻上部物質の続成・脱水作用と地震発生

海洋プレートを構成する基盤玄武岩の分析を行い、沈み込み帯内部における脱水作用について考察した。南海トラフのレファレンスサイト（IODP, Exp. 322）で採取された海洋底玄武岩のコア試料の分析を行い、低温変質作用により大量の含水サポナ

イトが形成されていることを明らかにした。このようなサポナイトは沈み込み帯内部の続成作用により緑泥石化すると考えられ、それに伴い大量の流体を吐き出すと予想される。玄武岩の脱水作用は地震発生領域において特に顕著であり、巨大地震の発生に関連した水源問題に迫る成果と考えられる。また 2011 年に発生した東北地震震源域に相当する陸上物質と考えられる岐阜県犬山地域の珪質岩の鉱物学的分析を行い、シリカの続成反応の進行（オパール-石英反応に伴う脱水作用）が低温型沈み込み帯の地震発生領域の形成に重要な役割を果たしていることを明らかにした。

このほか昨年度に実施された IODP Exp. 334, コスタリカ沖海洋掘削調査 (CRISP, IODP Exp. 334) や九州四万十帯の深部断層陸上掘削調査 (Nobell), および本年度実施された東北地方太平洋沖地震調査掘削 (JFAST, IODP Exp. 344) に乗船研究者・協力研究員として参加し、現在サンプルの分析を進めている。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Kameda, J., A., Yamaguchi, S., Saito, H., Sakuma, K., Kawamura, G., Kimura, 2011. A new source of water in seismogenic subduction zones. *Geophysical Research Letters*, L22306, doi:10.1029/2011GL048883.

南海トラフに沈み込む直前の基盤玄武岩の鉱物分析を行い、大量の含水サポナイトが形成されていることを明らかにした。沈み込み帯地震発生域の水源問題を解き明かすための重要な成果と考えられる。

2. Yamaguchi, A., A. Sakaguchi, T. Sakamoto, K. Iijima, J. Kameda, G. Kimura, K. Ujiie, F.M. Chester, O. Fabbri, D. Goldsby, A. Tsutsumi, C.F. Li, D. Curewitz, 2011. Progressive illitization in fault gouge caused by seismic slip propagation along a megasplay fault in the Nankai Trough. *Geology* 39, 995–998.

南海トラフ先端部断層内でスメクタイト-イライト反応が進行していることを明らかにした。摩擦発熱の証拠と考えられ、津波性の断層運動の実態解明につながる成果と考えられる。

3. Kameda, J., K. Ujiie, A. Yamaguchi, G. Kimura, 2011. Smectite to chlorite conversion by frictional heating along a subduction thrust. *Earth and Planetary Science Letters*, 305, 161-170.

断層内で進むスメクタイト-緑泥石化反応について報告した。摩擦発熱による温度上昇量の定量化につながる方法と考えられ、多くの断層に適用可能な手法を提案した。

4. Kameda, J., Y. Yamamoto, G. Kimura, 2010. Smectite swelling in the Miura-Boso accretionary prism: Possible cause for incipient décollement zone formation. *Tectonophysics*, 494, 75-84.

均質岩相中においてプレート境界の初期発達・進化がどのように起こるか、一つの可能性を提示した。

5. Kameda, J., R. Inoguchi, T. Kogure, 2007. Morphological analysis of minute crystals by combining electron back-scattered diffraction (EBSD) and stereographic scanning electron microscopy (SEM). *Journal of Microscopy*, 228, 358-365.
6. EBSD と SEM 観察を組み合わせた簡便で汎用性の高い結晶形態解析手法を提案した。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

1) 沈み込み帯プレート境界域における続成作用の総合的理解

プレート境界域を構成する堆積物や基盤岩は、プレートの沈み込みに伴う続成作用を受けて物性や鉱物相などを徐々に変えながら、巨大地震を引き起こすような地震断層へと発達していく。堆積物や基盤岩は様々な鉱物種からなるため、続成作用によって進む鉱物相転移反応も多様である。これまで、スメクタイトやオパール等に注目して反応の定量化、またそれに伴う脱水作用と地震発生との関連性について議論してきたが、これまで検討できなかった長石類、ゼオライト類、有機物等についても考察し、プレート境界で起こる物質・流体循環を含めた続成作用の全貌の解明を目指したい。

また、プレート境界で進む続成作用は、物質の変形が関与することで既存の速度論からの予測よりも早く反応が進行していることが示されつつあり、このようなテクトニックな環境に適用可能な反応速度論の構築も試みたい。

2) 地震発生帯における含水鉱物の水和構造及び安定性についての検討

沈み込み帯プレート境界域における含水鉱物の脱水挙動は、海溝型巨大地震発生の直接の要因となっている可能性がある。中でも、オパールの石英化に伴う脱水作用とスメクタイトの緑泥石化に伴う脱水作用は特に重要な反応であることが分かってきた。しかしながら、これらの含水相の高温高压下での安定性や脱水挙動についてはよく分かっていない。掘削コア試料や標準物質を用いた水熱加圧試験を行い、地震発生帯温度圧力領域におけるこれら含水相の水和構造や安定相を明らかにするとともに、これらの実験データを数値計算に組み込むことで、より高精度のプレート境界域続成・脱水作用モデルを描き出したい。

3) 「玄武岩の脱水が引き起こす海溝型地震」仮説の検証

これまでの研究により、付加型沈み込み帯で発生するプレート境界地震では、海洋地殻玄武岩の破壊がその引き金になっている可能性が高いことがわかってきた。さらにこのような玄武岩の破壊は、玄武岩の脱水作用とそれに伴う玄武岩内部の強度弱化により説明されうることを示してきた。来年度から始まる南海トラフ超深度掘削計画では、巨大分岐断層深部の断層試料回収が大きな目標となっており、震源域における続成作用の実態を直接手に取って調べることができる可能性がある。コア試料や流体組成の分析を行い、「玄武岩の脱水が引き起こす海溝型地震」仮説の検証に挑みたい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- 科学研究費補助金研究活動スタート支援、「メカノケミストリーを応用した断層内鉱物相転移反応に関する研究」2010～2011年度、研究経費 3,120 千円

- ・ 科学研究費補助金特別研究員奨励費 PD, 「カオリナイトのキラル識別とその端面のキラル選択性に関する研究」, 2006~2008 年度, 研究経費 3,400 千円
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Kameda, J., A., Yamaguchi, S., Saito, H., Sakuma, K., Kawamura, G., Kimura, (2011), A new source of water in seismogenic subduction zones, *Geophys. Res. Lett.*, L22306, doi:10.1029/2011GL048883.
2. Kimura, G., A., Yamaguchi, M., Hojo, Y., Kitamura, J., Kameda, K., Ujiie, Y., Hamada, M., Hamahashi, S., Hina (2011), Tectonic mélange as fault rock of subduction plate boundary, *Tectonophys.*, 568–569, 25–38.
3. Yamaguchi, A., A. Sakaguchi, T. Sakamoto, K. Iijima, J. Kameda, G. Kimura, K. Ujiie, F.M. Chester, O. Fabbri, D. Goldsby, A. Tsutsumi, C.F. Li, D. Curewitz (2011), Progressive illitization in fault gouge caused by seismic slip propagation along a megasplay fault in the Nankai Trough, *Geology* 39, 995–998.
4. Watanabe, K., M. Sekiya, J. Kameda, S. Wada, T. Kogure, (2011), Mineralogical characterization of Asian dust collected in Fukuoka, southwest Japan, *Clay Sci.*, 15, 43-51.
5. Kameda, J., K. Ujiie, A. Yamaguchi, G. Kimura, (2011), Smectite to chlorite conversion by frictional heating along a subduction thrust, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 305, 161-170.
6. Kameda, J., H. Raimbourg, T. Kogure, G. Kimura, (2011) Low-grade metamorphism around the down-dip limit of seismogenic subduction zones: Examples from an ancient accretionary complex in the Shimanto Belt, Japan, *Tectonophys.*, 502, 383-392.
7. Kameda, J., A. Okamoto, T. Mikouchi, R. Kitagawa, T. Kogure, (2010) The occurrence and structure of vermiform chlorite, *Clay Sci.*, 14, 155-161.
8. Kameda, J., Y. Yamamoto, G. Kimura, (2010) Smectite swelling in the Miura-Boso accretionary prism: Possible cause for incipient décollement zone formation, *Tectonophys.*, 494, 75-84.
9. Suzuki, M., J. Kameda, T. Sasaki, K. Saruwatari, H. Nagasawa, T. Kogure, (2010) Characterization of the multilayered shell of a limpet, *Lottia kogamogai* (Mollusca: Patellogastropoda), using SEM-EBSD and FIB-TEM. *Jour. Struct. Biol.*, 171, 223-230.
10. Kudo, M., J. Kameda, K. Saruwatari, N. Ozaki, K. Okano, H. Nagasawa, T. Kogure, (2010) Microtexture of larval shell of oyster, *Crassostrea nippona*: A FIB-TEM study, *Jour. Struct. Biol.*, 169, 1-5.
11. Kameda, J. T. Murakami and H. Sugimori, (2009) Modification to the crystal structure of chlorite during early stage of its dissolution, *Phys. Chem. Miner.*, 36, 537-544.
12. Kogure, T., J. Kameda and V.A. Drits, (2008) Stacking faults with 180 degrees layer

- rotation in celadonite, an Fe- and Mg-rich dioctahedral mica, *Clay. Clay Miner.*, 56, 612-621.
13. Sato, H., J. Kameda, Y. Fukuda, MA Haga, A Yamagishi, (2008) Chiral bead-like trimer of tris(2,4-phenanedionato)ruthenium(III), *Chem. Lett.*, 37, 716-717.
 14. Kameda, J., K. Saruwatari, D. Beaufort, T. Kogure, (2008) Structure and polytypes in vermiform kaolins of diagenetic origin; FIB-TEM analyses, *Eur. Jour. Miner.*, 20, 199-204.
 15. Kogure, T., J. Kameda, (2008) Stacking disorder in dioctahedral 2:1 phyllosilicates revealed by high-resolution TEM and XRD simulation, *Zeit. Krist.*, 223, 69-75.
 16. Kameda, J., R. Inoguchi, T. Kogure, (2007) Morphological analysis of minute crystals by combining electron back-scattered diffraction (EBSD) and stereographic scanning electron microscopy (SEM). *Jour. Microscopy*, 228, 358-365.
 17. Kameda, J., R. Miyawaki, V.A. Drits, T. Kogure, (2007) Polytype and morphological analyses of gumbelite, fibrous magnesium-rich illite, *Clay. Clay Miner.*, 55, 453-466.
 18. Kameda, J. R. Miyawaki, R. Kitagawa, T. Kogure, (2007) XRD and HRTEM analysis of the stacking structure in sudoite, di-trioctahedral chlorite, *Am. Miner.*, 92, 1586-1592.
 19. Okamoto, K., H. Sato, K. Saruwatari, K. Tamura, J. Kameda, T. Kogure, Y. Umemura, A. Yamagishi, (2007), Persistent phenomena in photocurrent of Niobate nanosheet, *Jour. Phys. Chem. B*, 34, 12827-12833.
 20. Kogure, T., J. Kameda, V.A. Drits, (2007), Novel 2:1 structure of phyllosilicates formed by annealing Fe³⁺, Mg-rich dioctahedral mica, *Am. Miner.*, 92, 1531-1534.
 21. Kudoh, Y., J. Kameda and T. Kogure, (2006), Dissolution of brucite on the (001) surface around neutral pH: in-situ AFM observation. *Clay. Clay Miner.*, 54, 598-604.
 22. Yoshida, J., K. Saruwatari, J. Kameda, H. Sato, A. Yamagishi, L.S. Sun, M. Corriea, G. Villemure, (2006), Electron transfer through clay monolayer films fabricated by the Langmuir-Blodgett technique, *Langmuir*, 22, 9591-9597.
 23. Kogure, T., J. Kameda, T. Matsui, R. Miyawaki, (2006), Stacking structure in disordered talc: interpretation of its X-ray diffraction pattern by using pattern simulation and high-resolution transmission electron microscopy, *Am. Miner.*, 91, 1363-1370.
 24. Kogure, T., M. Jige, J. Kameda, A. Yamagishi, R. Kitagawa, (2006) Stacking structures in pyrophyllite revealed by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), *Am. Miner.*, 91, 1293-1299.
 25. Kadono, T., J. Kameda, K. Saruwatari, H. Tanaka, S. Yamamoto and A. Fujiwara, (2006), Surface roughness of alumina fragments caused by hypervelocity impact, *Planet. Space Sci.*, 54, 212-215.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
- (4) 書籍等
1. Ujiie, K., A. Tsutsumi, J. Kameda, (2011), Reproduction of thermal pressurization and fluidization of clay-rich fault gouges by high-velocity friction experiments and implications for seismic slip in natural faults, *Geology of the earthquake source*, The Geological Society of London Special Publication, 359, 267-285.

2. Clay Handbook, 3rd edition, II. 2.6, Chlorite, 54-60.
 3. Clay Handbook, 3rd edition, III. 1.3.10, Electron Backscattered Diffraction, 54-55.
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Kameda, J., S., Hina, K., Kobayashi, A., Yamaguchi, Y., Hamada, Y., Yamamoto, M., Hamahashi, G., Kimura, Silica diagenesis and its effect on interplate seismicity in cold subduction zones, American Geophysical Union Fall Meeting, 20111205, San Francisco, 一般.

他 3 回

(2) 国内会議

1. Kameda, J., Y., Yamamoto, Y., Hamada, G., Kimura, Prograde clay minerals reactions along an ancient frontal thrust, 連合大会, 20110526, 千葉, 一般.

他 4 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 2004 年度の一年間、北里大学の非常勤講師として、農学部 1 年生を対象に地球科学一般についての講義を行った。また夏季課外講義として秩父長瀬での野外巡検や集中講義などを行った。本年度、筑波大学で非常勤の講義を担当した。
- ・ また 2009 年度より特任助教として研究室所属の学部生・院生の研究や論文執筆の指導教育にあっている。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

鈴木 岳人

I. 略歴

氏名： 鈴木 岳人

現職： 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

学歴

2002年（平成14年）3月 東京大学理学部地球惑星物理学科 卒業

2004年（平成16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

2007年（平成19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

2007年（平成19年）3月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

2005年（平成17年）4月 日本学術振興会特別研究員（DC2）

2007年（平成19年）4月 東京大学地震研究所 研究機関研究員（山下研究室）

2008年（平成20年）4月 東京大学地震研究所 特任研究員（山下研究室）

2008年（平成20年）12月 東京大学地震研究所 特任研究員（加藤研究室）

2010年（平成22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
（井出研究室）

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

動的地震破壊の多様な側面を統一的に説明することを目的に、解析的・数値的な研究を行ってきた。特に主要なテーマとしてきたのは熱・流体圧及び非弾性な空隙生成の効果である。一口に「動的地震破壊」と言ってもその振る舞いは多種多様である。一例を挙げれば、地震波を放出する通常の地震もあれば非常にゆっくりとした地震もある。このように地震現象は多くの様相を見せるが、これまではそのそれぞれについてモデルを作り説明することが多かった。しかしこれらはいずれも「地震」という一つの現象として捉えることが可能なはずである。単純な弾性体を仮定するだけでは決して説明できないこれらの現象を、まず上に挙げた三つの効果の相互作用を取り入れることで、一つの枠組みの中で説明しようと試みた。そのために導入したのが2つの無次元数である。一次元断層の仮定の下、発熱の効果基準とした非弾性な効果の強さを S_u とし、同じく発熱の効果基準とした流体の流れの効果の強さとして S'_u を導入した。これら2つのパラメータ及び初期剪断応力 σ_s^0 の違いによって、動的地震破壊過程に見られる振る舞いの多様な側面が単一の枠組みで理解された。 S_u は滑りづらさを表し、 S'_u は相互作用の効果によりゆっくりと効かせるイメージである。それゆえ、例えば上記の通常の地震は相対的に小さめの S_u と S'_u が要求され、ゆっくりとした地

震では相対的に大きめの S_u と S'_u が必要である、と結論付けられる。

これに引き続き、非弾性な空隙生成の概念を拡張して損傷（微小亀裂の生成）というテーマに取り組んだ。特に損傷テンソルの動的地震破壊過程への応用が大きな特徴である。これまでの地震学ではスカラー変数で損傷を考えるのが一般的であった。しかし微小亀裂は数密度・向き等の情報を含んだ物理量であり、スカラー量では完全には表現できない。テンソル量を導入することによって、先の相互作用モデルでは考えていなかった断層周囲の振る舞いに関わる多くの観点をも簡単に、包括的に理解できるようになった。特に損傷の向きや二次破壊の多様性を簡単に理解できたことが重要である。二次元問題における損傷テンソルの2つの固有値の比（最小/最大）を取ると、これは等方的な損傷分布の時1、全ての損傷が同じ方向を向く（強い非等方性がある）時0、それ以外のときはその間の値をとる。これを用いて、天然断層における最大多数の損傷の向きや二次破壊の振る舞いの違い（完全に破碎してしまうのか、分岐が起こるのか）を説明できた。例えば後者においては、固有値の比が大きいほど等方的な損傷であるから破碎を導き、小さいほど固有の向きが現れて分岐を誘発することになる。

3. 特に優れた論文5編

1. Suzuki, T. and T. Yamashita (2010), Nondimensional control parameters governing the behavior of one-dimensional fault slip: Effects of shear heating, inelastic pore creation, and fluid flow, *J. Geophys. Res.*, *115*, B02303, doi:10.1029/2009JB006557
2つの無次元数を導き、系の振る舞いをそれだけで理解した。熱・流体・空隙生成の相互作用に関する研究を統一した論文。
2. Suzuki, T. and T. Yamashita (2009), Dynamic modeling of slow earthquakes based on thermoporoelastic effects and inelastic generation of pores, *J. Geophys. Res.*, *114*, B00A04, doi:10.1029/2008JB006042
ゆっくりした地震には流体の存在が関わっているとされてきたが、それを定量的に証明した論文。
3. Suzuki, T. and T. Yamashita (2008), Nonlinear effects of temperature, fluid pressure, and inelastic porosity on dynamic fault slip and fault tip propagation: Emergence of slip strengthening and pulse-like fault slip, *J. Geophys. Res.*, *113*, B07304, doi:10.1029/2008JB005581
無次元数を2次元問題に応用し、パルス型の滑り等の特徴を再現することに成功した。
4. Suzuki, T. and T. Yamashita (2007), Understanding of slip-weakening and -strengthening in a single framework of modeling and its seismological implications, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L13303, doi:10.1029/2007GL030260
熱・流体・空隙生成の相互作用に関して、拡散を無視した上で単一の無次元数を導き、それに基づいて系の振る舞い、特に滑り強化と弱화를簡単に理解した。
5. Suzuki, T. and T. Yamashita (2006), Nonlinear thermoporoelastic effects on dynamic earthquake rupture, *J. Geophys. Res.*, *111*(B3), B03307, doi:10.1029/2005JB003810
熱と流体圧の相互作用が固有のスケールを生み出し、実験室での結果と天然断層観察の比較は単純にはできないことを示した。

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

(1) まず、損傷に基づき、地震開始から二次破壊までの統一的理解を完成する、ということが重要なテーマとなる。研究成果で述べてきたように、損傷テンソルを用いることで、破碎と分岐を同じ現象の中のパラメータの違いとして理解できた。ただしそこでは系は均一と仮定してきたので、実際に分岐や破碎ではなくその「傾向」を示すにとどまっていた。今後はそれらを実際に計算機上で再現する必要がある、分岐する場合は新たにできる分岐面上で応力降下量を与えることになる。すなわち、先に分岐や破碎が起こることを仮定するのではなく、そのどちらが起こるか、どちらも起こらないか、あるいは両方起こるのかまでをモデルの中の自由度に含めるわけである。そしてここに過去の分岐を仮定した研究、あるいは破碎を仮定した研究で得られた結果を組み入れることも必要である。特に亀裂端の伝播が自発的に止まるかどうか、あるいは破壊伝播速度がどう下がるかというテーマが関わる。加えて、分岐・破碎に伴う地震波の放出についての研究も、防災の点から重要である。

(2) 地震サイクルを考えることも必要である。この問題の解決のために有効なのが、熱・流体・空隙生成の相互作用である。これまでは一定の速度でたまる歪が固着強度に達するまでを周期と考えてきたが、それだけでは地震サイクルの多様性を説明できず、かつ地殻を構成する岩石は完全な弾性体ではないからである。「現在までの主な研究成果」で詳述したように、この効果自体は、一回の地震に対し、筆者の一連の研究の中で詳しく調べられてきた (Suzuki and Yamashita, 2007-2010)。これを地震の準備期間 (間震期) についても導入し、地震サイクルの振る舞い決定のメカニズムを明らかにする必要がある。

ところで、ここで述べた内容を数理解物理学的観点から眺めてみると趣が変わってくる。特に反応拡散系との対比は重要である。反応拡散系が生み出す複雑な系の振る舞いに関しては、膨大な量の知識の積み重ねがある。そして実は、熱・流体・空隙生成相互作用モデルはこれとほぼ同じ形の支配方程式系を持つのである。それにもかかわらず、これまでそういった系との比較・検討はまったくなされてこなかった。加えて、地震時 (動的) と間震期 (準静的) というように定性的振る舞いがまったく異なる2つの過程を繰り返す反応拡散系は、実際に観察され理解が必要なにもかかわらず取り扱いの例が少ない。一般の反応拡散系として物理的成果も狙っていきたい。

6. 競争的資金獲得状況

- (1) 科研費
- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Yamashita, T. and T. Suzuki (2011), Dynamic modeling of slow slip coupled with tremor, *J. Geophys. Res.*, *116*, B05301, doi:10.1029/2010JB008136
2. Suzuki, T. and T. Yamashita (2010), Nondimensional control parameters governing the behavior of one-dimensional fault slip: Effects of shear heating, inelastic pore creation, and fluid flow, *J. Geophys. Res.*, *115*, B02303, doi:10.1029/2009JB006557
3. Suzuki, T. and T. Yamashita (2009), Dynamic modeling of slow earthquakes based on thermoporoelastic effects and inelastic generation of pores, *J. Geophys. Res.*, *114*, B00A04, doi:10.1029/2008JB006042
4. Yamashita, T. and T. Suzuki (2009), Quasi-static fault slip on an interface between poroelastic media with different hydraulic diffusivity: A generation mechanism of afterslip, *J. Geophys. Res.*, *114*, B03405, doi:10.1029/2008JB005930
5. Suzuki, T. and T. Yamashita (2008), Nonlinear effects of temperature, fluid pressure, and inelastic porosity on dynamic fault slip and fault tip propagation: Emergence of slip strengthening and pulse-like fault slip, *J. Geophys. Res.*, *113*, B07304, doi:10.1029/2008JB005581
6. Suzuki, T. and T. Yamashita (2007), Understanding of slip-weakening and -strengthening in a single framework of modeling and its seismological implications, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L13303, doi:10.1029/2007GL030260
7. Suzuki, T. and T. Yamashita (2006), Nonlinear thermoporoelastic effects on dynamic earthquake rupture, *J. Geophys. Res.*, *111(B3)*, B03307, doi:10.1029/2005JB003810

(2) 学会プロシーディングス等

1. Suzuki, T. (2010), Effect of Off-fault Damage Evolution on Dynamic Earthquake Slip Behavior in Terms of Energy Change, *Proceedings of 7th ACES International Workshop*, pp. 26
2. Suzuki, T. and T. Yamashita (2009), Nondimensional Control Parameters Governing Dynamic Fault Slip Behavior, *Proceedings of French-Japanese Workshop on Earthquake Source*, pp. 59
3. Suzuki, T. and T. Yamashita (2007), Diversity of dynamic earthquake slip controlled by a single nondimensional parameter, *Proceedings of the Workshop on Numerical Modeling of Earthquake Source Dynamics*, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics Comenius University and Geophysical Institute Slovak Academy of Sciences, pp. 46

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Suzuki, T. (2011), Modes of Microcracks Generated by Dynamic Fault Tip Growth and their Implication for the Secondary Faulting, *2011 AGU Fall Meeting*, 5-9 December, San Francisco, USA (一般)
2. Suzuki, T. (2011), Understanding of dynamic Fault Slip behavior in Terms of Damage and Energy Release Tensors, *8th Annual Meeting of AOGS*, 8-12 August, Taipei, Taiwan (一般)

他全 13 回

(2) 国内会議

1. 鈴木岳人, 非弾性な効果の観点による地震破壊過程の動的枠組みの構築, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 20-25 日, 千葉 (招待)
2. 鈴木岳人・山下輝夫, 動的断層滑りの振る舞いを支配する単一の無次元パラメータ, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008 年 5 月 25-30 日, 千葉 (招待)

他全 14 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 身分上修士・博士の学生は取れないので学部 4 年生の演習のみ担当経験があります

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 研究内容の新聞への掲載 (2009 年 11 月 29 日 日本経済新聞朝刊 11 ページ) (当時の受け入れ教員である山下輝夫教授の名前のみが掲載されたが, 内容としては当人と共同研究である)

12. 学内外の委員会等

- ・ 文部科学省委託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」運営委員会・研究推進委員会合同委員会への (加藤尚之委員の代理としての) 出席・議論 (2009 年 10 月 14 日)

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数；外国人研究者数：

(2) 派遣

学生数；研究者数：

(3) 海外からの来訪者数：

地球生命圈科学講座

浦辺 徹郎

I. 略歴

氏名： 浦辺 徹郎

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1971年（昭和46年）6月 東京大学地質鉱物学科 卒業
1973年（昭和48年）3月 東京大学理学系研究科地質学専攻修士課程 修了
1976年（昭和51年）3月 東京大学理学系研究科地質学専攻博士課程 修了
1976年（昭和51年）3月 理学博士号取得（東京大学）

職歴

1976年（昭和51年）4月 東京大学理学部地質学教室 助手
1979年（昭和54年）4月 カナダトロント大学地質学科 訪問研究員
1981年（昭和56年）4月 東京大学理学部地質学教室 助手復職
1985年（昭和60年）4月 工業技術院地質調査所 鉱床部 主任研究官に転任
1992年（平成04年）4月 地質調査所 鉱物資源部 実験鉱床課長
1996年（平成08年）4月 地質調査所 首席研究官
2000年（平成12年）7月 東京大学大学院理学系研究科 教授
2007年（平成19年）7月 放送大学客員教授
2008年（平成20年）7月 東京大学機構「海洋アライアンス」副機構長
2011年（平成23年）8月 大陸棚限界委員会委員（国連海洋法条約）
2011年（平成23年）8月 外務省参与
現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

私は日仏共同研究として1987-1992年にSTAMER計画を、日米共同研究として1993-1998年にリッジフラックス計画を、そして2000-2005年に「アーキアン・パーク計画：海底熱水系における生物・地質相互作用の解明に関する国際共同研究」を、いずれも科学技術振興調整費総合研究課題の研究代表者として進めてきました。さらに、それらの計画の集大成として、2008-2012年に文部科学省科学研究費新学術領域研究（研究領域提案型）「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」を領域代表として実施しています。

これらの研究は、我が国における海底熱水活動研究が始まり、多くの分野を巻き込んで広まって行き、世界の第一線となるまでに成熟した時期に重なっており、文字通りこの新しい分野の研究をリードしてきました。いずれの研究計画も、海洋底科学

にかかわる地球物理学，海洋地質学，地球化学，地球微生物学，海洋生物学の広い分野を統合した学際的研究として計画され，以下に挙げたような科学的な成果のみならず，社会に深海底鉱物資源の可能性を示すなど，幅広い波及効果をもたらしました。

「海底下の大河」計画では，大河生態系の一次生産者である化学合成独立栄養微生物がエネルギー獲得に用いる化学反応は，主として酸化還元反応であり，それらの無機化学的反応速度が遅いために生じる非平衡状態を利用して生育しています (Edwards et al., 2005). よって(1)化学エネルギー源たる「鉄」「イオウ」「メタン」「水素」という代表的な還元物質の供給，および(2)酸素，硫酸塩，硝酸塩などの酸化物質を含む海水の循環，をもたらす海底下の大河の存在様式が，その流域や河口域に生息する(微)生物生態系を規定し得るという新たな作業仮説を提唱しました。研究の結果，「海底下の大河」の化学組成(化学エネルギー量)とそこに見られる化学合成微生物群集構造との間に明解な相関があることが検証され，大河モデルに従って，世界の海底下微生物圏の全貌を推定しうることを示されました(たとえば Takai & Nakamura, 2010, 2011)。これは熱力学的計算に基づいた McCollom and Shock (1997) の先駆的な“予言”を証明する重要な結果となりました。これ以外にもインド洋水素の大河の成因論(Nakamura et al. 2010)，沖縄トラフ全域にわたるメタンの大河の地下構造推定(Kawagucci et al. 2010)などの成果が上がっています。

さらに，熱水性鉱物に対して ^{230}Th - ^{234}U 放射非平衡年代測定法と電子スピン共鳴(ESR)年代測定法を合わせて適用する手法を開発し，熱水活動に時間軸を入れることが可能となりました。得られた年代値は大型生物の遺伝子時計を用いて推定された年代と比較することで，熱水活動と大型生物の移住の関係が分かりつつあります。

「科学者の社会の福利への強力な関わり的重要性」を述べたブダペスト宣言にあるように，21世紀の科学像は現在地球惑星科学専攻で行われている20世紀科学とは異なったものになるでしょう。そのため，私は東京大学海洋アライアンスの副機構長として幅広い専門の研究者と協働して新鉱業法の策定に寄与した他，海底資源の開発にむけた提言を行ってきました。また，国連海洋法に関わる「大陸棚の限界に関する委員会」委員として，地球科学が果たしうる役割について積極的に活動しています。

3. 特に優れた論文5編

1. Kawada, Y., N.Seama and T.Urabe (2011) The role of seamounts in the transport of heat and fluids: Relations among seamount size, circulation patterns, and crustal heat flow, *Earth. Planet. Sci. Lett.*306,55-65. (引用数 2)

堆積物に覆われた大洋底は透水率がきわめて低いが，そこからそびえている海山が煙突の役割を果たして，海洋地殻に海水を供給／海水中に熱水を放出しているのはいかという仮説をモデルで検証した。

2. Higashi Y, Sunamura M, Kitamura K, Nakamura K, Kurusu Y, Ishibashi J, Urabe T, Maruyama A (2004) Microbial diversity in hydrothermal surface to subsurface environments of Suiyo Seamount, Izu-Bonin Arc, using a catheter-type in situ growth chamber, *FEMS Microbiol. Ecol.*, 47 (3): 327-336 (引用数 26)

アーキアンパーク計画により水曜海山で掘削孔や自然の噴出孔にカテーテル型の培

養器を挿入して現場培養を行ったところ、その中にアーキア（古細菌）の多様な増殖が見られた。この研究は新たな手法の提案であると共に、地下における群集構造も明らかにした。

3. Urabe, T., E. T. Baker, J. Ishibashi, R. A. Feely, K. Marumo, G. J. Massoth, A. Maruyama, K. Shitashima, K. Okamura, J. E. Lupton, A. Sonoda, T. Yamazaki, M. Aoki, J. Gendron, R. Greene, Y. Kaiho, K. Kisimoto, G. Lebon, T. Matsumoto, (1995), The Effect of Magmatic Activity on Hydrothermal Venting Along the Superfast-Spreading East Pacific Rise, *Science*, 269, 1092-1095. (引用数 56)

超高速拡大軸における熱水活動の分布を熱水ブルームを用いて 500km にわたってサーベイし、熱水による物質フラックスと拡大速度との線形関係を明らかにすると共に、ブルーム中の微生物細胞数と熱水化学組成との密接な関係を明らかにした。

4. Urabe, T. and Kusakabe, M. (1990) Barite silica chimneys from the Sumisu Rift, Izu-Bonin arc. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 100, 283-290. (引用数 43)

伊豆弧のスミスリフトにおいて、硫化物以外の熱水活動があることを示し、伊豆弧の多様な熱水活動の可能性について初めて示した。

5. Urabe, T. (1985) Aluminous granite as a source magma of hydrothermal ore deposits: an experimental study. *Economic Geology*, 80, 148-157. (引用数 68)

高温高压実験により、花こう岩質マグマと熱水間の重金属の分配実験を行い、アルカリ/アルミ比 < 1 の花こう岩のみがマグマ水中に高濃度の重金属を放出することから、熱水鉱床を生成するポテンシャルを持つことを世界で初めて証明した。

4. 受賞等

- ・ 1986 年 1 月 日本鉱山地質学会賞（研究奨励賞）論文名”花崗岩マグマから分離した熱水溶液と銅・鉛・亜鉛鉱床の生成”
- ・ 1994 年 7 月 研究立国・日本の 100 人（工業技術院ニューパワーの人と研究）
- ・ Resource Geology Journal Best Article Award 2008/3 (Marumo, K., T.Urabe, A.Goto, Y.Takano, and M.Nakaseama (2008) Mineralogy and isotope geochemistry of active submarine hydrothermal field at Suiyo seamount, Izu-Bonin Arc, West Pacific Ocean, *Resource Geol.*, 58, 220-248.)

5. 研究の将来計画

私は 2013 年 3 月末で定年退職の予定であり、本専攻での研究は、現在領域代表をしている「海底下の大河」計画の成果取りまとめが主たるものとなる。特に、終了領域に対して公募が行われている科研費に応募しており、オープンアクセスの e-Book の出版を計画している。本専攻に関わる研究について述べることは、今回の調書の趣旨に合わないので省略する。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 文部科学省科学研究費新学術領域研究（研究領域提案型）「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」，研究期間：2008-2012 年度，総額約 950,000 千円。
- ・ 二国間交流事業[日本・ニュージーランド海底資源ワークショップ](2010 年), 3,000 千円。

(2) 共同研究

- ・ 上記新学術領域研究により，東京大学大気海洋研究所，東京大学地震研究所，（独）海洋研究開発機構，岡山大学大学院自然科学研究科，大阪市立大学大学院理学研究科，九州大学大学院理学研究院，東京薬科大学，横浜国立大学大学院工学府，千葉大学，神戸大学大学院理学研究科，専修大学経営学部，国立極地研究所，岡山理科大学理学部，北海道大学大学院水産科学院，広島大学大学院理学研究科等と 5 カ年（2008-2012 年度）の共同研究を行っている。

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 本専攻を通してではないが，海洋アライアンスの副機構長として，日本財団より 2 つの助成金を頂いている。なお，財団側の希望により，いずれも助成先名は東京大学総長である。

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Nitahara, S., S.Kato, T.Urabe, A.Usui, and A.Yamagishi (2011) Molecular characterization of the microbial community in hydrogenetic ferromanganese crusts of the Takuyo-Daigo Seamount, northwest Pacific, *FEMS Microbiol. Lett.*, V.321, 121–129, DOI: 10.1111/j.1574-6968.2011.02323.x
2. Mori, K., K. Suzuki, T. Urabe, M. Sugihara, K. Tanaka, M. Hamada and S. Hanada (2011) *Thiopfundum hispidum* sp. nov., an obligately chemolithoautotrophic sulfur-oxidizing gammaproteobacterium isolated from the hydrothermal field on Suiyo Seamount, and proposal of *Thioalkalispiraceae* fam. nov. in the order Chromatiales, *Intern. Jour. Syst. Evol. Microbiol.* (2011), 61, 2412–2418 DOI 10.1099/ijs.0.026963-0
3. Kawada, Y., N. Seama and T. Urabe (2011) The role of seamounts in the transport of heat and fluids: Relations among seamount size, circulation patterns, and crustal heat flow, *Earth. Planet. Sci. Lett.* 306, 55–65.
4. Yanagawa, K., M. Sunamura, M.A. Lever, Y. Morono, A. Hiruta, O. Ishizaki, R. Matsumoto, T. Urabe, and F. Inagaki (2011) Niche Separation of Methanotrophic Archaea (ANME-1 and -2) in Methane-Seep Sediments of the Eastern Japan Sea Offshore Joetsu, *Geomicrobiology Journal*, 28: 2, 118–129 (DOI: 10.1080/01490451003709334).
5. Nishizawa, M., S. Maruyama, T. Urabe, N. Takahata and Y. Sano (2010) Micro-scale

- (1.5mm) sulphur isotope analysis of contemporary and early Archean pyrite, *Rapid Commun. Mass Spectrom.* ; 24: 1397–1404, DOI: 10.1002/rcm.4517
6. 浦辺徹郎・沖野郷子・砂村倫成・石橋純一郎・高井研・鈴木勝彦(2009)海底下の大河—海洋地殻内熱水循環の多様性と生物地球化学プロセス, *地学雑誌*, 118(6), 1027-1036.
 7. Mori, K., Yamaguchi, K., Sakiyama, Y., Urabe, T., and Suzuki, K. (2009) *Caldisericum exile* gen. nov., sp nov., an anaerobic, thermophilic, filamentous bacterium of a novel bacterial phylum, *Caldiserica* phyl. nov., originally called the candidate phylum OP5, and description of *Caldisericaceae* fam. nov., *Caldisericales* ord. nov and *Caldisericia* classis nov., *Internat. Jour. Syst. Evol. Microbiol.*, 59, 2894-2898.
 8. Kato, S., Yanagawa, M., Sunamura, Y., Takano, J., Ishibashi, T., Kakegawa, M., Utsumi, T., Yamanaka, T., Toki, T., Noguchi, K., Kobayashi, A., Moroi, H., Kimura, Y., Kawarabayasi, K., Marumo, T., Urabe and A. Yamagishi (2009) Abundance of *Zetaproteobacteria* within crustal fluids in back-arc hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough, *Environmental Microbiol.*, 11, 3210-3222. doi: 10.1111/j.1462- 2920.2009.02031.x
 9. Kato, S., Hara, K., Kasai, H., Teramura, T., Sunamura, M., Ishibashi, J., Kakegawa, T., Yamanaka, T., Kimura, H., Marumo, K., Urabe, T., and Yamagishi, A. (2009a) Spatial distribution, diversity and composition of bacterial communities in sub-seafloor fluids at a deep-sea hydrothermal field of the Suiyo Seamount, *Deep-Sea Res., Pt.I* , 56(10), 1844-1855.
 10. Yanagawa, K., Sunamura, M., Morono, Y., Futagami, T., de Beer, D., Urabe, T., Boetius, A., Inagaki, F. (2009) Distribution of metabolically active microbial communities in CO₂-rich marine sediments, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 73, A1472-A1472 (Abstr.)
 11. 石原舜三・浦辺徹郎・Vo Tien DUNG(2009)ベトナム北部の鉛亜鉛鉱床のインジウム含有量—予察調査, *資源地質*, 59(1), 73～81
 12. Mori, K., Sunamura, M., Yanagawa, K., Ishibashi, J., Miyoshi, Y., Iino, K., Suzuki, K., and Urabe, T. (2008) First cultivation and ecological investigation of a bacterium affiliated with the candidate phylum OP5 from hot springs, *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 6223-6229.
 13. Marumo, K., Urabe, T., Goto, Y., Takano, J., and Nakaseama, M. (2008) Mineralogy and isotope geochemistry of active submarine hydrothermal field at Suiyo seamount, Izu-Bonin Arc, West Pacific Ocean, *Resource Geol.*, 58, 220-248 (Best Article Award).
 14. Urabe, T., Chiba, H., and Kato, Y. (2008) IMA Kobe 2006 Special Issue: Seafloor hydrothermal deposits of arc-backarc systems in western Pacific, *Resource Geol.*, 58, 205 (Preface).
 15. Mori, K., Maruyama, T., Urabe, T., Suzuki, K., and Hanada, S. (2008) *Archaeoglobus infectus* sp. nov. a novel thermophilic, chemolithoautotrophic archaeon isolated from a deep-sea rock collected at Suiyo Seamount, Izu-Bonin Arc, western Pacific Ocean, *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 58, 810-816.
 16. 石原舜三・浦辺徹郎・渡辺 寧(2008)ベトナムの非鉄金属鉱物資源の概要, *資源地質*, 58(1), 27-36.
 17. 浦辺徹郎(2007)海底火山の噴火と熱水活動, *科学*, 77(12), 1297-1299
 18. Tanaka, A., Rosat, S., Kisimoto, K., and Urabe, T. (2007), High-resolution bathymetry

using Alvin scanning sonar at the Southern East Pacific Rise and its implication to the formation of collapsed lava lakes, *Earth Planets and Space*, 59, 245-249.

19. Ishibashi, J., K.Marumo, A.Maruyama, and T. Urabe(2007) Direct access to the sub-vent biosphere by shallow drilling, *Oceanography*, 20,(1), 24-25.
20. Kinoshita M, Kawada Y, Tanaka A, Urabe T(2006) Recharge/discharge interface of a secondary hydrothermal circulation in the Suiyo Seamount of the Izu-Bonin arc, identified by submersible-operated heat flow measurements, *Earth. Planet.Sci. Lett.*, 245, 498-508.
21. Takano, Y., K. Kobayashi, Y. Edazawa, T. Urabe, and K. Marumo (2006), Sub-vent biosphere: Phosphatase activities in 308 deep-sea hydrothermal systems at Suiyo Seamount, Izu-Bonin Arc, Western Pacific Ocean, *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 36, 316-318.

(2) 学会プロシーディングス等

1. Urabe, T. (2011) Big rivers (TAIGA) beneath the seafloor - What did we learn from Project TAIGA on sub-seafloor aquifer and biosphere?, *Conference Proc.* 111-141, KOFST, Korea, 282pp. 2011 Dasan Conference “Restless Earth and Life on the Edge”

(3) レビュー論文・総説

1. 浦辺徹郎(2012)大陸棚の延長と我が国にとっての意味, *港湾*, 2012・7, 16-19, 「査読無し」
2. 浦辺徹郎(2011)深海底の資源, *MilSil(ミルシル)*, No.3, 22-25,国立科学博物館発行. 「査読無し」
3. 浦辺徹郎(2011) 海底エネルギー・鉱物資源の開発推進と環境保全, 「*海洋白書 2011*」 第3章第2節, 71-76, 海洋政策研究財団発行, 231pp. 「査読有り」
4. 浦辺徹郎(2011)大陸棚の限界に関する委員会 (CLCS) 委員への就任について, *Ship & Ocean Newsletter*, No. 271 (2011.11.20) 海洋政策研究財団(OPRF), http://www.sof.or.jp/jp/news/251-300/271_1.php 「査読無し」
5. 浦辺徹郎(2010)海洋資源の利用促進に向けた基盤ツールの開発, 「*海洋白書 2010*」 第3章第1節, 38-41, 海洋政策研究財団発行, 222pp. 「査読有り」
6. 浦辺徹郎・飯笹幸吉・石橋純一郎(2009) Modern Analogy としての海底熱水鉱床, *資源地質*, 59(1), 43~72 「査読有り」
7. 浦辺徹郎(2008)海底熱水鉱床開発のリスクとベネフィット, *Ship & Ocean Newsletter*, No.196, (2008,10,5),海洋政策研究財団 「査読無し」
8. 浦辺徹郎(2006) 海洋資源大国・日本, *Ship & Ocean Newsletter*, No.146,2-3. 「査読無し」

(4) 書籍等

1. 松本良・浦辺徹郎・田近英一(2007) 「惑星地球の進化」放送大学学園'07 印刷教材, 254pp.日本出版放送協会
2. 浦辺徹郎(2007)総論：希少金属材料の資源問題と我が国の戦略, ブッカーズ社編

「貴金属・レアメタルのリサイクル技術集成」571pp.,(NTS 社刊), p.1-15

3. Behrmann, J.H., Yang, J. & CoZone Working Group (2007) Convergent Plate Boundaries and Collision Zones. In: Harms, U., Koeberl, C. & Zoback, M.D. (eds.): Continental Scientific Drilling; a decade of progress and challenges for the future. Springer, Heidelberg, pp. 289-334.
4. 編集 : R.H. Sillitoe (2010) “Exploration and Discovery of Base- and Precious-Metal Deposits in the Circum-Pacific Region - A 2010 Perspective” Volume editor. by T.Urabe, Resource Geology Special Issue No. 22, 139p., 2010 (2011年03月)
5. 浦辺徹郎 (2009)「東大式現代科学用語ナビ」 キーワードでわかるサイエンスの「いま」, 東京大学理学系研究科編, 化学同人, 235pp.分担執筆
6. 松本 良・浦辺徹郎・田近英一・大路樹生・池田安隆(分担執筆)「惑星地球の進化」(2012改訂版), 放送大学

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Urabe, T., Anhydrite zone as an indicator of hydrothermal reservoir beneath Kuroko-type deposits as observed at Suiyo Seamount, Izu-Bonin Arc, Western Pacific, 33th Intern. Geol. Congress, (Oslo, 2008/8) 「一般」
2. Urabe, T., Hydrothermal activity on Arc Volcanism observed at Suiyo Seamount, Izu-Bonin Arc, Western Pacific, (Tongji University, China, 2009.10) 「招待」
3. Urabe, T., “An overview of seafloor massive sulfide deposits in island-arc setting; their origin, exploration and development” Symposium of Korean Society of Economic & Environmental Geology, (Daegu, Korea; 2010年4月) 「招待」
4. Urabe, T., “Is mining of Seafloor Massive Sulfide deposits economically feasible?”(KORDI symposium, Korea) (2010.4.30) 「招待」
5. Urabe, T., “Various styles of hydrothermal mineralization in Izu-Bonin-Mariana arc and Okinawa Trough, Japan-New Zealand Symposium on Seafloor Mineral Resources, Tokyo (2010年11月) 「一般」
6. Urabe, T. (2011) Big rivers (TAIGA) beneath the seafloor - What did we learn from Project TAIGA on sub-seafloor aquifer and biosphere?, 2011 Dasan Conference “Restless Earth and Life on the Edge” 「招待」

(2) 国内会議

1. 浦辺徹郎, 深海底鉱物資源開発の展望, 全国鉱山・製錬所現場担当者会議特別講演 (東京, 2008/6) 「招待」
2. 浦辺徹郎, 海底鉱物資源開発の現状と将来展望, 海洋資源・産業ラウンドテーブル設立集会(東京, 2009.12) 「招待」
3. 浦辺徹郎, 海底熱水鉱床は将来の資源枯渇への切り札となりうるか, 海洋調査技術学会 20周年記念講演 (東京, 2008/11) 「招待」

4. 浦辺徹郎, 「「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」と海底熱水鉱床の開発, 海洋工学会招待講演(東京, 2009.8) 「招待」
5. 浦辺徹郎, 海底熱水鉱床の開発はいつ可能になるか, 海洋理工学会平成 21 年度春季大会シンポジウム特別講演 (東京, 2009.5) 「招待」
6. 浦辺徹郎, 海底鉱物資源開発の現状と将来展望, 日本土木工業協会講演会, (東京, 2010.3) 「招待」
7. 浦辺徹郎 “現世海底熱水鉱床の現場から振り返ってみた黒鉱鉱床成因論” 日本地質学会年会(富山) 2010年9月19日「招待」
8. 浦辺徹郎 2011年12月3日(土)地球化学研究協会「環境講座」演題:レアアース(希土類)資源:その実態と将来 「招待」
9. 浦辺徹郎, 2008/12, 海底熱水鉱床は陸上資源の救世主たりうるか, 日本技術士会 資源工学部会 「招待」

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 年平均 2-3 名の卒論生, 2-3 名の修士院生を指導してきた. 博士学生は合計 3 名.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Resource Geology および資源地質 編集委員

(2) 学会等

- ・ 資源地質学会・会長, 評議員, 編集委員
- ・ 日本地球掘削科学コンソーシアム(J-DESC), 陸上掘削部会・委員
- ・ 日本地球惑星科学連合, 固体地球セクションボード・メンバー
- ・ 日本海洋政策学会評議員
- ・ 日本地質学会, 代議員

(3) 国際会議等

- ・ International Mineralogical Association, 19th General Meeting Program Committee, vice chairperson
- ・ 日本・ニュージーランド海底資源ワークショップ(2010)主催者

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

マスメディア対応(新聞等)

- ・ 2008/1 海底金属掘り当てろ, 日本近海, 英社が触手 日本経済新聞

- ・ 2008/2 日本の未来を握る海底熱水鉱床 ネイチャーダイジェスト2月号
- ・ 2008/3 海洋基本計画に満足 産業新聞
- ・ 2008/3 期待わく海底熱水鉱床 東京新聞浦辺徹郎
- ・ 2008. 1. 25, 海底金属掘り当てろ, 日本経済新聞
- ・ 2008. 9. 21, サイエンス 島国日本 そこにある資源, 日本経済新聞
- ・ 2008. 4. 7, 生命 38 億年の起源に挑む 海底下の大河は命のゆりかご, 朝日新聞
- ・ 2009. 2. 2. 海底熱水鉱床 10 年計画で研究開発 日経産業新聞
- ・ 2010. 8. 15. 日本経済新聞 “今を読み解く” 欄 書評「海底鉱物資源に熱い視線」
- ・ 2010. 4. 13. 日刊建設工業新聞 「海洋資源の開発, どう進める？」

マスメディア対応(テレビ等)

- ・ 2008. 2. 19, 黄金の国ジパング再び, ワールドビジネスサテライト, テレビ東京
- ・ 2008. 7. 21, 資源特集, ワールドビジネスサテライト, テレビ東京
- ・ 2009. 8. 17 NHK おはよう日本 レアメタル再生最前線の現場
- ・ 2010. 10. 18. TBS テレビ News23 海底資源特集
- ・ 2012.1.7. NHK-E テレ「サイエンス ZERO」 “深海でゴールドラッシュ！熱水が生んだ夢の金属資源”

出前授業等

- ・ 2008/4, 深海底に生命の起源を探す, 静岡北高校スーパーサイエンスハイスクール授業.
- ・ 2007/11 深海底に生命の起源を探る 埼玉県立大宮高校出前授業
- ・ 2009. 6. 11. 出前授業 葛飾区青戸小学校
- ・ 2009. 10. 28 出前授業 取手市取手第1高等学校
- ・ 2011. 9. 24. 都立大泉学園附属中学校
- ・ 2012. 9. 29. 都立大泉学園附属中学校

社会連携講座

- ・ 2008/7, 海底熱水鉱床問題に取り組む今日的意義, 第3回海洋アライアンスシンポジウム【海と人類の新たな接点】
- ・ 2008/12, 海底熱水鉱床の探査方針についての一考察, 海洋産業研究会
- ・ 2011年7月21日 国際治療談話会「海底熱水活動と海底下微生物生態圏」 「招待」

12. 学内外の委員会等

(学内)

- ・ 海洋アライアンス機構・副機構長, 特別審議委員長, 運営委員
- ・ 東京大学教員懲戒委員会・委員, 教育学生懲戒委員会・委員
- ・ 理学系研究科入試実施委員・副委員長

(行政・その他)

- ・ 大陸棚の限界に関する委員会(CLCS) 委員(国連海洋法会議, 2011年8月11日～)
- ・ 内閣府大陸棚延伸審査助言者会議, 委員
- ・ 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 委員, 鉱業分科会長
- ・ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 大水深基礎調査技術検討委員会, 委員
- ・ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC) 外部評価委員
- ・ 文部科学省, 海洋開発分科会 海洋資源の有効活用に向けた検討委員会 副主査
- ・ 文部科学省/海洋研究開発機構, ICDP 国内実施委員会・委員
- ・ 日本学術会議・特任連携会員
- ・ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 海底熱水鉱床開発促進化技術検討委員会・委員
- ・ 大阪市立大学大学院理学研究科外部評価委員
- ・ 国土交通省 海洋マネジメントビジョン検討委員会 委員
- ・ 国土交通省 海洋政策懇談会 委員

(提言)

- ・ 前田 正史・安達 毅・浦辺徹郎・中村 崇・山富 二郎ほか6名, 提言「鉱物資源の安定確保に関する課題とわが国が取り組むべき総合的対策」, 日本学術会議 総合工学委員会「持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会資源基礎調査小委員会」

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数 (受け入れていない)

外国人研究者数 (受け入れていない)

派遣

学生数 学生 2(ベトナム), 修士 6(ベトナム, グアム, カナダ, アメリカ), 博士 4(グアム, オーストリア, ドイツ)

研究者数 2 (アメリカ, ドイツ)

海外からの来訪者数 20

遠藤 一佳

I. 略歴

氏名： 遠藤 一佳

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1985年（昭和60年）3月 東京大学地学科 卒業

1987年（昭和62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（平成4年）7月 グラスゴー大学理学研究科地質学専攻博士課程 修了

1992年（平成4年）7月 PhD取得（連合王国グラスゴー大学）

職歴

1992年（平成4年）4月 日本学術振興会海外特別研究員 東京大学地質学専攻

1993年（平成5年）4月 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻 助教

2002年（平成14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（平成19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（平成22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

私はこれまで地質学、古生物学をベースにしつつ、現在の生物のDNAに刻まれた情報を重要な情報源として、「カンブリア爆発」という地質時代で最大級の境界事変を中心に、地球と生物の相互作用の歴史を読み解くことを主要な研究課題としてきました。これまでの研究成果は、(1)動物門の起源や骨格形成機構の進化など生物の大構造の形成に関する生命地球科学的研究と、(2)種、属など比較的低位分類群レベルでの進化に関する自然史科学的研究という相補的な二つのカテゴリーに分けることができます。

(1) 生命地球科学的研究

a) 門レベルの分子系統推定：腕足動物2種のミトコンドリアゲノムの全塩基配列の決定を行い、保存された遺伝子配置とランダム化された遺伝子配置を統計的に区別する方法を確立しました。また、遺伝子配置の比較から、腕足動物、軟体動物、環形動物の3者の間に（腕足、環形）、軟体の関係が推定されることを明らかにしました。これらの研究を通じてシャミセンガイ（腕足動物）が動物としては異常なサイズと構造を示すミトコンドリアゲノムを持ち、ミトコンドリアDNAでは見られないと言われていた組替えによる分子進化が起きている証拠を見つけました。

b) 貝殻タンパク質の構造、機能、進化：貝殻形成で重要な役割を果たすとされな

から 30 年以上正体が不明であった貝殻の酸性基質タンパク質をホタテガイより単離し、そのアミノ酸配列を世界で初めて解明しました。また、その配列をもとに、アスパラギン酸が全体の 60%を占める超酸性貝殻タンパク質をアコヤガイで発見し、その発見・機能解析を通じて、これらの酸性タンパク質が生体鉱物学最大の難問とされる「カルサイトーアラゴナイト問題」の解明につながる性質を持つことを示しました。また、アミノ酸配列の種間比較により、機能的に重要な領域を推定するとともに、その配列がダイナミックに進化してきたことを明らかにしました。さらに、貝殻タンパク質の分子進化学的研究から巻貝類の貝殻タンパク質が中生代以降の遺伝子重複によって独立に 2 回進化したこと、そしてカンブリア爆発の際にも硬組織形成が独立に何回も進化したことを示しました。

c) ボディプラン形成の進化発生学: 棘皮動物と軟体動物の Hox 遺伝子のクラスター構造を推定し、Hox 遺伝子の数と体制の複雑さには直接の関係がないことを明らかにしました。また、軟体動物と腕足動物において発生遺伝学の実験系を確立し、Dpp 遺伝子が貝殻のらせん成長に関与していることを発見しました。また、b)と c)の今後の研究の基盤となるアコヤガイゲノムの概要配列を明らかにし、形態形成や貝殻形成に関与する遺伝子を網羅的に同定しました。

(2) 自然史科学的研究

生命の一つの本質はその多様性にあります。その一端を理解するため、現世の腕足動物の分類、生態、分子系統の研究を進め、特にシャミセンガイ類については、個体群レベルの遺伝構造、染色体数、発生過程などの研究を行い、従来同一種とされてきた北太平洋の個体群中に複数の隠蔽種が含まれることを見出しました。また、爬虫類、貝形虫類、放散虫類など古生物学的に重要な分類群の分子系統学的研究も行っています。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Shimizu, K., I. Sarashina, H. Kagi, and K. Endo (2011), Possible functions of Dpp in gastropod shell formation and shell coiling, *Dev. Genes Evol.* 221, 59–68. (被引用回数: 1)

巻貝の貝殻らせん成長をコントロールする遺伝子を初めて実験的に同定しました。

2. Endo, K., Y. Noguchi, R. Ueshima, and H. T. Jacobs (2005), Novel Repetitive Structures, Deviant Protein-encoding Sequences and Unidentified ORFs in the Mitochondrial Genome of the Brachiopod *Lingula anatina*, *J. Mol. Evol.* 61, 36-53. (被引用回数: 14)

動物としては異例な大きさと配列を示すシャミセンガイのミトコンドリアゲノム全塩基配列を解読し、組換えによる進化の証拠を示しました。

3. Tsukamoto, D., I. Sarashina, and K. Endo (2004), Structure and expression of an unusually acidic matrix protein of pearl oyster shells, *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 320, 1175-1180. (被引用回数: 85)

アコヤガイの稜柱層に含まれる超酸性貝殻タンパク質アスペインの全一次配列を解明し、その結果に基づきカルサイトーアラゴナイトのつくり分けの仮説を提唱しました。

4. Saito, M., S. Kojima, and Endo, K. (2000), Mitochondrial COI sequences of brachiopods: genetic code shared with protostomes and limits of utility for phylogenetic reconstruction, *Mol. Phyl. Evol.*, 15, 331-344. (被引用回数: 20)

腕足動物の分子系統解析を行い、ミトコンドリア DNA の塩基置換が飽和する時系列パターンを良好な化石記録を用いて初めて詳細に明らかにしました。

5. Sarashina, I., and K. Endo (1998), Primary structure of the soluble matrix protein of scallop shell: Implications for calcium carbonate biomineralization, *Am. Mineral.*, 83, 1510-1515. (被引用回数: 62)

軟体動物の酸性貝殻基質タンパク質のアミノ酸配列を世界で初めて明らかにしました。

4. 受賞等

- ・ 遠藤一佳, 無脊椎動物の分子生物学・生体鉱物学的研究, 学術賞, 日本古生物学会, 2006年(平成18年)6月23日
- ・ 斎藤道子・遠藤一佳, 腕足動物ラクエウス科の分子系統と形態進化, 論文賞, 日本古生物学会, 2002年(平成14年)6月21日

5. 研究の将来計画

現在は、軟体動物や腕足動物の形態形成や貝殻形成に關与する遺伝子・タンパク質の同定や構造・機能解析を進める一方で、軟体動物の分子系統解析の研究を行っています。これらの研究を通じて、アコヤガイ(二枚貝)、モノアラガイ(巻貝)、シャミセンガイ(腕足動物)などを発生進化研究のモデル生物として確立し、これまで進化生物学的にほとんど顧みられてこなかった冠輪動物の発生プログラムとその進化過程を明らかにします。それにより、動物進化研究の空白地帯を埋め、化石記録と合わせて立体的にカンブリア爆発の内実を明らかにする計画です。

また、貝殻基質タンパク質が化石中にも保存されていることを、私たちは抗体を用いた研究で示しました。そのアミノ酸配列を質量分析計による解析で明らかにする研究に現在取り組んでいます。それにより、化石タンパク質の一次構造解析技術を確立し、絶滅種の系統解析、分子進化過程の直接解読、分子タフオノミー等の研究を行い、さらに将来的には考古学、人類学等の試料に応用することも計画中です。

バイオミネラリゼーションの機構と進化に關連しては、生体鉱物中に含まれる基質タンパク質の *in vivo* (生体外での) 機能解析がこの分野全体に大きな影響を及ぼす最重要課題であると認識しており、ゲノム解読が進んでいる上述の軟体動物、腕足動物を用いて、体系的に遺伝子ノックダウン・ノックアウトによる解析を進める計画です。さらに、カンブリア紀に進化した有孔虫、放散虫などの殻体を持った原生生物についても、ゲノム解読を進め、殻体形成機構の解明に取り組む予定です。

以上述べた研究計画を組織的に展開し、さらに地球環境変遷との因果関係を考究するために、「古代ゲノム学」と題する科研費の新学術領域研究を、領域代表者として約50名の仲間とともに計画し、昨年より申請を開始しました。この研究計画は、地

球環境変遷研究, メタロミクス研究, 有機地球化学とゲノム研究を統合し, 生命と地球の共進化プロセスを明らかにすることを目的とするものです. 具体的には, 現在の生物が持つゲノムの比較と化石に残された古代 DNA の直接解読を組み合わせ, 地球史の大イベントを考慮した古代ゲノムの復元手法を開発し, 復元された古代ゲノム情報から推定される生物機能をもとに, 地球生命の進化史の解明に取り組む計画です. この研究計画により, 無酸素時代の生命, 光合成の起源, 全球凍結と後生動物出現, カンブリア爆発, 四足動物と人類の進化の理解を深め, 地球科学と生命科学を融合した古代ゲノム学, 化学古生物学や地球メタロミクスなどの新しい学術領域の創成に貢献することが期待されます.

個人レベルの研究では, 「生きた化石」として重要でありながら分類が混乱している現生シャミセンガイ類の系統, 分類, 進化的な研究を進める計画です. これまでに日本近海で行ってきた調査を, ハワイ, オーストラリア, インドネシア, インド洋沿岸, 西アフリカなど現生シャミセンガイ類の全生息域に広げ, さらに化石記録を吟味することで, 古生代の出現以降ほとんど形態を変化させなかったその進化史の謎に迫りたいと考えています. 上に述べたさまざまな研究を通じて, 「理論やメカニズム重視」の地球惑星科学的な分野と「観察やモノ重視」の自然史科学的な分野をつないでいくことが長期的な目標です.

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 挑戦的萌芽研究「質量分析による化石タンパク質の一次構造解析」(研究代表) 2011年度～月～2013年度(予定), 3,640千円
- ・ 基盤研究(A)「トランスジェニック技術を用いた軟体動物貝殻形成遺伝子の機能解析」(研究代表) 2011年度～2015年度(予定), 49,660千円
- ・ 基盤研究(B)「カメ類の卵殻タンパク質の系統学的・生体鉱物学的研究」(研究代表) 2008年度～2010年度, 17,810千円
- ・ 基盤研究(S)「貝殻形成に関わる遺伝子の網羅的探索・軟体動物ゲノムプロジェクトに向けて」(研究代表) 2003年度～2007年度, 106,210千円
- ・ 基盤研究(A)(海外学術)「巻貝左右性の生態機能と長期動態」(研究分担) 2012年度～2017年度(予定) 9,490千円(2012年度)
- ・ 基盤研究(B)「氷室地球と温室地球の海洋環境に対する軟体動物の生活史形質の応答様式の精密解析」(研究分担) 2011年度から2013年度(予定) 17,680千円(2011年度と2012年度)
- ・ 基盤研究(B)「巻貝左右性の動的平衡と適応進化」(研究分担) 2008年度～2011年度(総額 14,430千円)
- ・ 基盤研究(B)「現生・化石貝類の微細成長縞を用いた生物・環境相互作用の高時間精度復元」(研究分担) 2008年度～2010年度(総額 18,590千円)
- ・ 基盤研究(B)(海外学術)「巻貝における左右二型の共存機構と系統進化」(研究分担) 2004年度～2007年度(総額 14,080千円)

- (2) 共同研究
- (3) 受託研究
- (4) 研究助成金
- (5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Shimizu, K., I. Sarashina, H. Kagi, and K. Endo (2011), Possible functions of Dpp in gastropod shell formation and shell coiling. *Development, Genes and Evolution*, 221, 59–68.
2. Nishizawa, A., I. Sarashina, Y. Tsujimoto, M. Iijima, and K. Endo (2010), Artificial fertilization, early development and chromosome numbers in the brachiopod *Lingula anatina*. Special Papers in *Palaeontology*, 84, 309-316.
3. Ando, H., Y. Kunitomo, I. Sarashina, M. Iijima, K. Endo, and K. Sashida (2009) Intraspecific variations in the ITS region of Recent radiolarians. *Earth Evolution Sciences*, 3, 37-44.
4. Nishi, M., I. Sarashina, M. Iijima, R. Hirayama, and K. Endo (2009), Phylogenetic position of turtles among reptiles: evidence from immunological comparisons of eggshell matrices. *Earth Evolution Sciences*, 3, 45-51.
5. Sarashina, I., Y. Kunitomo, S. Chiba, M. Iijima, and K. Endo (2008), Preservation of the shell matrix protein Dermatopontin in 1500-year-old land snail fossils from the Bonin islands. *Organic Geochemistry*, 39, 1742-1746.
6. Iijima, M., I. Sarashina, T. Takeuchi, and K. Endo (2008), Expression patterns of engrailed and dpp in the gastropod *Lymnaea stagnalis*. *Development, Genes and Evolution*, 218, 237–251.
7. Takeuchi, T., I. Sarashina, M. Iijima, and K. Endo (2008), In vitro regulation of CaCO₃ crystal polymorphism by the highly acidic molluscan shell protein Aspein. *FEBS Letters*, 582, 591-596.
8. Reyment, R. A., K. Endo, and Y. Tsujimoto (2007), A note on heterogeneity in northern Pacific populations of the brachiopod species *Lingula anatina* Lamarck. Science Report, *Earth Evolution Sciences*, University of Tsukuba, 1, 33-36.
9. Kunitomo, Y., I. Sarashina, M. Iijima, K. Endo, and K. Sashida (2006), Molecular phylogeny of acantharian and polycystine radiolarians based on ribosomal DNA sequences, and some comparisons with data from the fossil record. *European Journal of Protistology*, 42, 143-153.
10. Iijima, M., N. Akiba, I. Sarashina, S. Kuratani, and K. Endo (2006), Evolution of Hox genes in molluscs: a comparison among seven morphologically diverse classes. *Journal of Molluscan Studies*, 72, 259-266.
11. Suzuki, S., R. E. Kopp, T. Kogure, A. Suga, K. Takai, S. Tsuchida, N. Ozaki, K. Endo, J. Hashimoto, Y. Kato, C. Mizota, T. Hirata, H. Chiba, K. H. Neilson, K. Horikoshi, and J. L. Kirschvink, (2006), Sclerite formation in the hydrothermal-vent “scaly-foot” gastropod—possible control of iron sulfide biomineralization by the animal. *Earth & Planetary Science Letter*, 242, 39-50.

12. Sarashina, I., H. Yamaguchi, T. Haga, M. Iijima, S. Chiba, and K. Endo (2006), Molecular Evolution and Functionally Important Structures of Molluscan Dermatopontin: Implications for the Origins of Molluscan Shell Matrix Proteins. *Journal of Molecular Evolution*, 62, 307-318.
 13. Takeuchi, T. and K. Endo (2006), Biphasic and dually coordinated expression of the genes encoding major shell matrix proteins in the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Marine Biotechnology*, 8, 52-61.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
1. 遠藤一佳(2011)歩くサボテンと節足動物の起源. 遺伝 vol.65, no.6, 14-16. (査読なし)
 2. 遠藤一佳(2011)ネアンデルタール人のゲノム配列. 遺伝, vol.65, no.1,1-4. (査読なし)
 3. 遠藤一佳・更科功 (2010) バイオミネラリゼーションの起源と進化. 遺伝,vol.64, no.4, 23-28. (査読なし)
 4. 遠藤一佳 (2008) 「カルサイトーアラゴナイト問題」に挑む～分子生物学で迫る生体鉱物学最大の難問～. JGL, vol.4, no.4, 6-7. (査読なし)
 5. 国友良樹・更科功・遠藤一佳(2008) 硬組織に含まれる基質タンパク質の in vivo における機能解析. 月刊地球号外 no. 59,96-102. (査読なし)
 6. 更科功・遠藤一佳(2008) 軟体動物の貝殻タンパク質の進化. 月刊地球号外 no. 59, 103-109. (査読なし)
 7. 遠藤一佳(2007) 腕足動物の起源とボディプラン進化, 化石, no.81, 57-66. (査読あり)
 8. 遠藤一佳・更科功 (2007) 貝殻形成におけるパラダイムとしての有機基質鋳型説, BioIndustry, vol. 24, no. 12, 21-28. (査読なし)
 9. 更科功・遠藤一佳 (2007) 動物のバイオミネラリゼーションに関わる分子の収斂進化, 遺伝, vol. 61, no. 6, 65-69. (査読なし)
 10. 遠藤一佳・更科功 (2007) 生体鉱物に含まれる基質タンパク質の構造と機能, 地質ニュース. no. 632, 41-45. (査読なし)
 11. Sarashina, I. and Endo, K. (2006) Skeletal matrix proteins of invertebrate animals: Implication for the origin of metazoan biomineralization. *Paleontological Research*, 10, 311-336. (査読あり)
- (4) 書籍等
1. 遠藤一佳・更科功 (2010) (共訳) サイモン・コンウェイモリス著「生命の選択」, 講談社.
 2. 遠藤一佳 (2007) (共著) カンブリア紀の爆発 - 生物進化の物語, 宮本久雄・金泰昌編「シリーズ物語り論 3 彼方からの声」253-272, 東京大学出版会, 東京.
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Endo, K. Artificial fertilization in *Lingula anatina*: a portal to brachiopod developmental genetics. 6th International Brachiopod Congress, Melbourne, 5 February 2010. 「招待」
2. Endo, K.: Hypotheses surrounding the calcite-aragonite problem. Gordon Research Conference on Biomineralization, 17 August 2010, Colby-Sawyer College, NH, USA. 「招待」
3. Endo, K., Multiple origins of animal skeletons and dynamic adaptive evolution documented by molluscan shell matrix proteins. Palaeontological Association Annual Meeting half-day symposium 'Biomineralisation – the Hard Part of Palaeontology', Glasgow, U.K., 19 December 2008. 「招待」
4. Endo, K. and I. Sarashina: Multiple origins of animal skeletons and dynamic adaptive evolution documented by molluscan shell matrix proteins. International Symposium "From Genome to Snowball Earth, Metazoan Evolution and Habitable Planets: Multidisciplinary Relations", MIRAikan, Odaiba, Tokyo, 29 September -3 October 2008. 「招待」
5. Shimizu, K., I. Sarashina, T. Kudoh and K. Endo, Molecular mechanisms and evolution of shell coiling in gastropods, 5th East Asian Federation of Ecological Societies International Congress, (Otsu, Shiga, 2012.3). 「一般」
6. Shimizu, K., I. Sarashina, H. Kagi and K. Endo, Possible functions of Dpp in gastropod shell formation and shell coiling, The 13th European Society for Evolutionary Biology conference (Tubingen, German, 2011.8). 「一般」
7. Isowa, Y, I. Sarashina and K. Endo, Molecular evolution of the shell matrix protein Aspein in pteriod bivalves, The International Symposium on Pearl Research (Tokyo, Japan, 2011.10). 「一般」
8. K. Endo, I. Sarashina, S. Chiba, and T. Takao: Phylogeny estimation based on fossil protein sequences: a case of extinct land snails from the bonin islands. International Palaeontological Congress 2 July 2010 London, Royal School of Mines, Imperial College. 「一般」
9. Yukinobu Isowa, Isao Sarashina and Kazuyoshi Endo, Molecular evolution of the shell matrix protein Aspein in pteriod bivalves, International Symposium on Biodiversity Sciences 2010, (Nagoya, Japan, 2010. 8). 「一般」
10. Kazuyoshi Endo, Takeshi Takeuchi, Yukinobu Isowa and Isao Sarashina, Structure, function and evolution of shell matrix proteins in the pearl oyster *Pinctada fucata* Marine International Symposium on Marine Genomics. Hotel Kaiho, Naha, Okinawa, 16 December 2009. 「一般」

(2) 国内会議

1. 遠藤一佳 2007.6.30. 分子古生物学の現状と展望. 日本古生物学会 2007 年年会・古生物学会学術賞受賞記念特別講演 (大阪市立大学) 「招待」

他 38 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 筑波大学在職中の8年間では、7名の卒論指導をしたほか、7名の修士課程と2名の博士課程の院生の指導をしました。このうち博士号を取得した1名は、現在沖縄科学技術大学院大学の研究員として研究を続けています。2年前に東大に異動になってからは、1名の修士課程と6名の博士課程の院生の指導を行っており、そのうちの3名が、2012年6月の日本古生物学会年会の優秀ポスター賞を独占するという快挙を成し遂げました。また、そのうちの1名は、2012年3月の日本生態学会第59回大会第5回東アジア生態学会連合大会においても Evolution 分野での Excellent Poster Award を受賞し、別の1名は、2012年6月の日本堆積学会2012年大会で最優秀ポスター賞を受賞しています。

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Paleontological research (日本古生物学会欧文誌) 副編集長, 編集長
- ・ 「生物の科学 遺伝」((株) エヌ・ティー・エス) 編集委員

(2) 学会等

- ・ 日本古生物学会, 評議員
- ・ 日本古生物学会, 常務委員
- ・ 日本進化学会, 評議員
- ・ 日本進化学会, 学会賞審査委員会・委員
- ・ 日本地球惑星科学連合, 代議員
- ・ 日本地球惑星科学連合, 国際学術委員会・委員
- ・ 日本地球惑星科学連合, 地球生命科学セクションサイエンスボード・メンバー

(3) 国際会議等

- ・ IPC5 (国際古生物学会議) 招致検討委員会委員長

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ プレスリリース 2012/2 世界に先駆けアコヤガイのゲノムを解読
- ・ 企業との連携 2011年 (株) ミキモトとアコヤガイゲノムに関する共同研究
- ・ 公開講演会 2009/11/9 貝殻をつくる遺伝子 (杉並区立科学館)
- ・ 公開討論会発題 2007/1 カンブリア紀の爆発～生物進化の物語～ (第60回京都フォーラム)

12. 学内外の委員会等

- ・ 日本学術会議，地球惑星科学委員会 IUGS 分科会 IPA 小委員会・委員
- ・ 日本学術振興会，科研費第1段審査員（ゲノム科学）

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：学部0名，修士0名，博士1名（中国）

外国人研究者数 4名（スウェーデン，ドイツ，中国，インドネシア各1名）

派遣

学生数：博士1名（英国2回）

研究者数：1名（米国）

海外からの来訪者数：2名（英国，南アフリカ各1名）

村上 隆

I. 略歴

氏名： 村上 隆

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1975年（昭和50年）3月 東京大学理学部地学科 卒業
1977年（昭和52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
1980年（昭和55年）3月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻博士課程 修了
1980年（昭和55年）3月 博士（理学）取得（東京大学）
1981年（昭和56年）3月 東京大学理学部地学科研究生修了

職歴

1981年（昭和56年）4月 日本原子力研究所 研究員
1985年（昭和60年）7月 米国ニューメキシコ大学地質学部 ポスドク
1987年（昭和62年）7月 日本原子力研究所 研究員
1989年（平成元年）3月 豪州オーストラリア核科学技術機構 客員研究員
1990年（平成2年）4月 日本原子力研究所 副主任研究員
1993年（平成5年）4月 愛媛大学理学部地球科学科 助教授
1995年（平成7年）4月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 助教授
1999年（平成11年）6月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 教授
2000年（平成12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

我々は鉱物-水-大気反応の解析を通じて、後期始生代/初期原生代の大気進化、特に酸素進化を解明する研究を行ってきた。室内実験、古土壌（過去に風化を受け現在岩石となっている土壌化石）分析、地球化学モデリングが主なアプローチであった。

（1）異なる酸素条件下での鉱物溶解のプロセス、速度の室内実験：現在のような酸化的环境では、鉱物の溶解により放出された Fe(II)はすぐに酸化され Fe(III)酸化物として沈殿、同時に二次鉱物として Fe を含まない smectite (or vermiculite)が形成する。Fe(II)は系から流出しない。一方、非酸化的环境では（酸素分圧約 10^{-5} 気圧）、Fe(II)は酸化されず、その一部は Mg 等と同様に smectite を形成し、残りの Fe(II)は系から流出する。溶解速度は、酸素濃度に依存しないことがわかった。

（2）低酸素条件下での天然での風化プロセス：現代風化であるが非酸化的环境の地下約 400 m のコア試料から、（1）の実験で予想した通り Fe(II)に富む smectite を見だし、後期始生代/初期原生代の風化でも実験で予想した風化プロセスが起こることがわかった。非酸化的环境であった 25 億年前の古土壌から chlorite に少量含まれ

る biotite を発見した。これは当時の風化で一次鉱物であった chlorite が Fe(II)を含む smectite に変質し、その後の K を含む熱水で smectite が biotite に変質したものであることを示した。当時の一次鉱物がどのような過程を経て、現在の鉱物になったのかを示す最初の記述である。

(3) 酸素濃度の Fe(II)酸化速度への影響：酸素濃度をコントロールできるグローブボックスを用い、溶存 Fe(II)の酸化の経験速度則を決定した。酸素分圧が約 10^{-3} 気圧以下になると、Fe(II)酸化速度が従来の速度則より早くなる。我々は新しい速度則とその機構を提唱した。これは 60 年前に示された有名な速度則(Stumm & Lee)を変更するものであった。

(4) 古土壌化学組成と大気酸素：古土壌化学組成を詳細に解析し、Fe(II)酸化速度に適用可能なパラメータ ϕ (一次鉱物から溶出した Fe(II)のうち、酸化した Fe(III)の割合)を古土壌から抽出できることを見いだした。Huronian 氷河期を除く 25–20 億年前では、長期的には酸素分圧の log unit で、年代と共にほぼ線形的に酸素が上昇していたことがわかった。

(5) 異なる酸素条件下、開放系での鉱物の溶解による Fe の固液分配とモデル化：開放系で鉱物の溶解実験を行い、系から流出する Fe(II)を測定し、鉱物の溶解に伴う Fe の固液分配を求めた。まず、鉱物の溶解速度、Fe(II)酸化速度、流水速度による Fe の固液分配の速度論的モデルを作成し、大気下で、pH、温度、溶存酸素濃度を変化させた実験データに適用し、モデルの正確さを確認した。また、上記 ϕ が溶解系の酸化状態を定量的に反映することを確認した。さらに異なる酸素条件下で溶解実験を行った結果、 ϕ と酸素分圧の関係がモデルと一致を示し、天然への応用が可能なことを明らかにした。

(6) 風化モデルから明らかになった大気酸素進化：天然の風化での Fe の固液分配を、鉱物の溶解速度、Fe(II)酸化速度、地下水流速でモデル化し、それを数式化した。その結果、風化帯での ϕ と酸素分圧の定量的関係を導いた。これを古土壌の ϕ に適用し、長期的な大気酸素上昇パターンが(4)で示したものとほぼ同じであることがわかり、この仮説を確認した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Murakami, T., B. Sreenivas, S. Das Sharma, H. Sugimori (2011), Quantification of atmospheric oxygen levels during the Paleoproterozoic using paleosol compositions and iron oxidation kinetics, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 75, 3982-4004.

鉱物-水-大気反応と Fe の酸化速度より、初期原生代の長期的な大気酸素上昇を初めて定量的に示した。

2. Murakami, T., S. Utsunomiya, Y. Imazu, N. Prasad (2001), Direct evidence of late Archean to early Proterozoic anoxic atmosphere from a product of 2.5 Ga old weathering, *Earth Planet Sci. Lett.*, 184, 523-528.

25 億年前に風化を受けた岩石から Ce^{3+} を含むリン酸塩鉱物を発見し、当時の大気が還元であったことを示した。Science の Editor's Choice 欄で紹介された。

3. Finch, R., T. Murakami (1999), Systematics and paragenesis of uranium minerals, *Rev. Miner.*, 38, 91-179.

ウラン鉱物の分類，共生，変質のレビュー論文．被引用数は 200 を超える．

4. Murakami, T., T. Ohnuki, H. Isobe, T. Sato (1997), Mobility of uranium during weathering, *Am. Miner.*, 82, 888-899.

地球表層での元素移動は，従来，吸着がコントロールすると考えられたきたが，鉱物に対して不飽和な地下水でも長期間ではナノ鉱物化が移動をコントロールすることをウランを例に示した．post adsorption という概念を導入し，その重要性を提案した．被引用数は 100 を超える．

5. Murakami, T., B. C. Chakoumakos, R. C. Ewing, G. R. Lumpkin, W. J. Weber (1991), Alpha-decay event damage in zircon, *Am. Miner.*, 76, 1510-1532.

微量の放射性元素の壊変により鉱物構造がどのような過程と機構で非晶質化していくかを包括的に示した．世界で最も使用される鉱物学の教科書で紹介されている．被引用数は 200 を超える．

4. 受賞等

- ・ 村上隆， Fellow, The Mineralogical Society of America, 2002 年 11 月
- ・ 村上隆， 日本鉱物学会賞，日本鉱物学会，2004 年 9 月 22 日
- ・ 村上隆， 日本粘土学会学会賞，日本粘土学会，2005 年 8 月 27 日

5. 研究の将来計画

引き続き，鉱物－水－大気反応の解析を通じて，後期始生代／初期原生代の大气酸素および二酸化炭素の進化の研究を行う．さらに地球表層で，ナノ鉱物が元素の移動に果たす役割についても研究する．

(1) 古土壌化学組成と大気二酸化炭素進化：後期始生代／初期原生代では太陽の光度が現在より小さいにもかかわらず，一時期を除き，比較的温暖であり，当時の地球がどのように温度を維持してきたかは，paradox である (Kasting, 1987)．温室効果ガスの存在で弱い太陽を補っていたと考えられ，その代表が CO₂ である．しかし，気候モデルからは 100 PAL 以上 (1 PAL：現在の CO₂ 濃度) (Haqq-Misra et al., 2008) とされ，古土壌の分析からは 100 PAL 以下とされてきた (Rye et al., 1995; Sheldon, 2006)．また，Huronian などの氷河期では，これらのガスの濃度が大きく変化した (Bekker et al., 2005)．我々は，古土壌化学組成から当時の間隙水の陽イオン濃度を計算し，それと接触する大気 CO₂ 濃度を推定することで，より正確な CO₂ 濃度を求める．また，Cooper Lake と Pronto 古土壌は形成が 24.5 億年前で，Huronian 氷河期の開始と時期が近く，その時期の CO₂ 濃度も推定できるはずである．

(2) 微量元素濃度の年代変化から推定する大気酸素進化：大陸から海洋へ供給される Cr, Co, Ni, Cu, Zn, W, V, Mo, Cd 等の微量元素濃度は，大気酸素濃度進化と密接な関係を持っている (Anbar, 2006)．海洋での Mo や Cr 濃度の増加は (Kendall et al., 2010; Konhauser et al., 2011)，酸化的大陸風化で起こったとされている．我々は上記微量元素濃度の年代変化を古土壌から分析すると共に，海洋堆積物でも分析し，大陸と海洋の微量元素がどのように関連してきたか，またその濃度変化は酸素進化とどのように結

びついているか調べ、後期始生代／初期原生代の地球表層環境の変化と酸素進化を明らかにする。また、上記微量元素の多くは pyrite に含有されているので、pyrite の溶解の速度とそれに伴う微量元素の固液分配を酸素濃度の関数として、グローブボックスで実験し、上記で測定された大陸と海洋の微量元素濃度が大陸風化で説明できるかどうか検証する。

(3) 希土類元素からの大気酸素進化の推定：現代風化では、風化に伴い、軽希土はリン酸塩鉱物として、しかし Ce のみは、Ce(IV)酸化物として、分配する(Braun et al., 1990)。一方、非酸化的風化ではすべての軽希土はリン酸塩鉱物として分配する(Murakami et al., 2001)。Ce は低酸素条件では、Ce(III) として溶存し、Ce(IV)に酸化されないからである。我々は、28-18 億年前の古土壌を分析し、古土壌中のリン酸塩鉱物の Ce の含有量により、大気酸素進化を推定する。

(4) 地球表層で元素の移動に及ぼすナノ鉱物の影響：鉱物－水－大気反応の結果として形成するナノ鉱物は、地球表層に普遍的に存在し、高い吸着能を持ち、一般に準安定である。Ferrihydrite は数年－数十年で安定相である hematite, goethite に相転移する代表的なナノ鉱物である。Pu を吸着したまま数十年地下水中を移動したり(Novikov et al., 2006)、吸着した U を相転移時に鉱物化し(post-adsorption)、移動を遅延させる(Murakami et al., 2001)。微量元素 (Cr, Cu, Zn, Mo, Cd, Pb) を吸着させた ferrihydrite を実験室で相転移させて、吸着した微量元素の挙動の変化を相転移速度の関数として定量化し、微量元素の移動をモデル化する。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究(C), 鉄の酸化速度と黒雲母の溶解:大気酸素進化と低酸素分圧下での鉱物風化の関連, 平成 18-19 年度, 3,820 千円
- ・ 基盤研究(B), 初期原生代の大气酸素上昇の定量的予測:極低酸素環境下での Fe の挙動, 平成 21-23 年度, 17,940 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 津留崎裕, 研究発展, 1,000 千円
- ・ 永瀬昭典, 研究発展, 500 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Murakami, T., Kasama, T., Utsunomiya, S. (2011) Early Proterozoic weathering processes under low O₂ conditions reconstructed from a 2.45-Ga paleosol in Pronto, Canada, *American Mineralogist*, 96, 1613-1623.

2. Yokoyama, T., Nakashima, S., Murakami, T., Mercury, L., Kirino, Y. (2011) Solute distribution in porous rhyolite as evaluated by sequential centrifugation, *Applied Geochemistry*, 26, 1524-1534.
3. Murakami, T., Sreenivas, B., Das Sharma, S., Sugimori, H. (2011) Quantification of atmospheric oxygen levels during the Paleoproterozoic using paleosol compositions and iron oxidation kinetics, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75, 3982-4004.
4. Sugimori, H., Kanzaki, Y., Yokota, K., Murakami, T. (2011) Nonlinear dependence of the oxidation rate of Fe(II) on dissolved oxygen under low O₂ conditions in aqueous solutions, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 142-152.
5. Tsukimura, K., Suzuki, M., Suzuki, Y., Murakami, T. (2010) Kinetic theory of crystallization of nanoparticles, *Crystal Growth & Design*, 10, 3596-3607.
6. Tanaka, K., Takahashi, Y., Horie, K., Shimizu, H., Murakami, T. (2010) Determination of the oxidation state of radiogenic Pb in natural zircon using X-ray absorption near-edge structure, *Physics and Chemistry of Minerals*, 37, 249-254.
7. Sugimori, H., Yokoyama, T., Murakami, T. (2009) Kinetics of biotite dissolution and Fe behavior under low O₂ conditions and their implications for Precambrian weathering, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73, 3767-3781.
8. Kameda, J., Sugimori, H., Murakami, T. (2009) Modification to the crystal structure of chlorite during early stages of its dissolution, *Physics and Chemistry of Minerals*, 36, 537-544.
9. Ichimura, K., Murakami, T. (2009) Formation of rare earth phosphate minerals in 2.45-Ga paleosol, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 86-91.
10. Sugimori, H., Iwatsuki, T., Murakami, T. (2008) Chlorite and biotite weathering, Fe²⁺-rich corrensite formation, and Fe behavior under low PO₂ conditions and their implication for Precambrian weathering, *American Mineralogist* 93, 1080-1089.

(2) 学会プロシーディングス等

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. 村上隆・B. Sreenivas・S. Das Sharma : Relation of Redox-Sensitive Elements in Precambrian Paleosols to Atmospheric Oxygen Evolution , the International Mineralogical Association, 2006, Kobe 「招待」
2. 村上隆 : Controlling Factors of Long-Term U(VI) Transport in Field, American Geophysical Union, 2006, Baltimore, MD 「招待」

他 19 回

(2) 国内会議

1. 村上隆・B. Sreenivas: 初期原生代の地球酸素上昇, 地球惑星科学連合学会, 2009,

東京 「招待」

2. 村上隆：低酸素条件下での鉱物の溶解速度と Fe の酸化速度，日本地球化学会，2009，広島 「招待」
3. 村上隆：鉱物－水境界の鉱物と溶液の構造と化学，日本地球化学会，2008，幕張「招待」

他 30 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 指導した学生のうち，国立大学准教授 2 名，ヨーロッパの大学准教授 1 名，国立大学助教 1 名

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Journal of Mineralogical and Petrological Sciences ; 編集委員長
- ・ Elements ; Advisory Board 委員

(2) 学会等

- ・ 日本鉱物科学会 ; 評議員
- ・ 日本鉱物科学会 ; 副会長
- ・ 日本鉱物科学会 ; 将来企画委員会委員長
- ・ 日本粘土学会 ; 評議員
- ・ 日本地球惑星科学連合 ; 学術出版委員会委員

(3) 国際会議等

- ・ The 19th General Meeting of the International Mineralogical Association ; 財務委員会委員長

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

- ・ 日本学術振興会 ; 鉱物新活用第 111 委員会委員
- ・ 日本原子力研究開発機構 ; 評価委員会委員

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：1名（博士，チリ）

外国人研究者数：1名（ポスドク，インド）

派遣

学生数：博士2名

研究者数：2名

海外からの来訪者数：数名程度

小暮 敏博

I. 略歴

氏名： 小暮 敏博

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1981年（昭和56年）3月 東京大学理学部地学科 卒業

1983年（昭和58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（平成8年）10月 博士（理学）取得（東京大学）

職歴

1983年（昭和58年）4月 日本板硝子株式会社入社

1987年（昭和62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（昭和63年）12月 日本板硝子株式会社（復職）

1996年（平成8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（平成10年）7月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻 助教授

2000年（平成12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（平成19年）4月 准教授に名称変更）

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

1) 生物がつくる無機物質(生体鉱物)の形成機構

地球表層の生命圏では、生物がその生命活動を通して無機物質（生体鉱物，biominerals）を大量に生産している．この生体鉱物あるいは生体鉱化作用（biomineralization）は、地球表層の物質循環に関与する一方，“化石”として古生物学や古環境研究の主要な研究対象となる．さらに常温常圧で形成され、高度に制御されたその構造は、物質・材料科学にとっても魅力的な研究対象である．我々は、このような生体鉱物やその制御された構造がどのような機構で形成されるかを、鉱物学結晶学的な手法によって解析する研究を2001年から続けている．特に2005-2009年の間、「有機・無機相互作用解析によるバイオミネラリゼーションの制御機構の解明」が科研費の学術創成研究として採択され、特定の微小領域からTEM観察用の超薄膜試料が形成できる集束イオンビーム（FIB）装置の導入を始めとする研究環境の整備が大きく進展した．これにより2006-2011年の間に主に軟体動物貝殻の微細構造やその形成機構に関する多くの知見・成果が得られ、この期間に国際誌上に23報の原著論文を出版した．その主要な成果はi) 軟体動物貝殻の真珠層（nacreous layer）の詳細な構造とその形成メカニズム，ii) 軟体動物の幼殻（larval shell）の多層構造の解析，iii) その他の貝殻微細構造（稜柱層，交差板など）を形成する炭酸カルシウムの結晶学的解析などが含まれる．また農学・生命研究科の分子生物学を専門とする研究

室と共同でバイオミネラルから抽出されたタンパク質の機能解析を積極的に進めた。

2) 粘土鉱物及び関連する層状物質の微細構造

地球表層では、酸化的雰囲気と水の存在によって主に火成起源の岩石・鉱物が風化・変質することで粘土鉱物と呼ばれる鉱物群が大量に形成される。粘土鉱物はその大きな比表面積等により、地球表層の物質移動に重要な役割を演じる。しかしながら粘土鉱物の構造は、その微細なサイズなどのために未知な部分が多く、その説明は遅々として進んでいない。我々は卓越した電子顕微鏡技術を用いて、このような粘土鉱物中の未知な構造を明らかにする研究を続けている。2005-2007年の「地球表層で形成される無機高分子の構造とその集合組織の解明」(科研費基盤(B))などの補助金を用いて研究環境の整備に努め、今まで誰も成し得なかった粘土鉱物中の微細構造の解析結果を報告してきた。2006-2011年の間もこの研究を継続し、主に米国、ロシア、フランス等の研究者との共同研究を含め、この期間に16報の原著論文を国際誌上で出版した。特にこの期間では、粘土鉱物のX線回折図形の特徴が、電子顕微鏡観察から得られる微細構造といかに対応するかを明らかにするため、これまでの高分解能TEM観察法とともに積層不整をもつ構造の回折パターンシミュレーションを活用し多くの成果を出すことができた。

3) 電子線を用いた新しい研究手法の開発

電子顕微鏡の最新技術である磁界レンズの球面収差補正による超高分解能観察が珪酸塩鉱物の構造観察にいかにも有効であることを示した(Kogure & Okunishi, 2010)。またEBSDとFIBを組み合わせた新しいTEM試料作製法を提案し、塑性変形を受けた変成岩中の輝石内に見られる小角粒界の特徴を明らかにした(Raimborg et. al., 2011)。

3. 特に優れた論文5編

1. Kogure, T. and J. F. Banfield (1998), Direct identification of the six polytypes of chlorite characterized by semi-random stacking, *Am. Mineral.*, 83, 925-930.

高分解能TEM法で層状珪酸塩のb軸方向からの観察によって緑泥石の多形が識別可能であることを示した最初の論文。被引用数19

2. Kogure, T. and A. Inoue (2005), Determination of defect structures in kaolin minerals by High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM), *Am. Mineral.*, 90, 85-89.

最も普遍的に存在する粘土鉱物であるカオリナイト中の積層欠陥の本質を高分解能TEMで初めて明らかにした。被引用数22

3. Kogure, T., M. Jige, J. Kameda, A. Yamagishi, and R. Kitagawa (2006), Stacking structures in pyrophyllite revealed by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), *Am. Mineral.*, 91, 1293-1299.

高分解能TEMと回折図形のシミュレーションを用いてpyrophylliteの真の積層構造を明らかにしたもの。被引用数11

4. Suzuki, M., K. Saruwatari, T. Kogure, Y. Yamamoto, T. Nishimura, T. Kato, and H. Nagasawa (2009), An acidic matrix protein, Pif, is a key macromolecule for nacre formation, *Science*, 325, 1388-1390.

アコヤガイ真珠層から取り出した新規タンパク質の構造とその機能解析を詳細に行

った研究. 被引用数 84

5. Saruwatari, K., T. Matsui, H. Mukai, H. Nagasawa, and T. Kogure (2009), Nucleation and growth of aragonite crystals at the growth front of nacre in pearl oyster, *Pinctada fucata*, *Biomaterials*, 30, 3028-3034.

FIB 法による TEM 試料作製, EBSD 等を用いて真珠層の形成機構を提唱した. 被引用数 15

4. 受賞等

- ・ 小暮敏博, 日本鉱物学会賞 (高分解能電子顕微鏡による層状ケイ酸塩鉱物の研究), 日本鉱物学会, 2007 年 (平成 19 年)
- ・ 小暮敏博, 日本粘土学会賞 (透過型電子顕微鏡を用いた粘土鉱物中の微細構造の解析), 日本粘土学会, 2007 年 (平成 19 年)
- ・ 猿渡和子, 赤井純治, 小暮敏博, 第 7 回日本鉱物科学会論文賞 (Crystal orientation analyses of biominerals using Kikuchi patterns in TEM. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 103, 16-22.), 日本鉱物科学会, 2009 年 (平成 21 年)
- ・ 小暮敏博, Jackson Mid-Career Clay Scientist Award, 米国粘土鉱物学会, 2010 年 (平成 22 年)

5. 研究の将来計画

1) 粘土鉱物及び関連する層状物質の微細構造

地球表層物質を代表する粘土鉱物の基本的な構造やその特性の解明は, ライフワークとして今後もその研究を推進する. 最近では生命の起源との関連や地球外惑星物質としても粘土鉱物は注目を集め, また沈み込み帯における粘土鉱物の巨大地震発生への関与も話題となっている. さらに後述べる原発事故による土壌汚染の問題など, 人類の粘土鉱物への理解はますます重要なものとなりつつある. これまでの高分解能 TEM 観察による粘土鉱物の局所構造の解析は, 電子線照射による試料損傷が大きな障害となっていた. しかし 2011 年度からの大阪大学との共同研究において, 新しい電子線損傷軽減装置を備えた TEM を用いて halloysite の積層構造を世界で初めて捉えることに成功するというブレイクスルーができた(Kogure et al., 2011). また最近液体ヘリウムなどの極低温で電子損傷がかなり軽減される可能性も見出され, これまで解析が困難であった粘土鉱物へのこれらの新手法の応用が考えられる.

2) 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

今回の福島原発事故で生じた放射性物質による広域汚染の問題をいかに解決していくかは, 我が国の科学技術が真摯に向き合い, 解決しなくてはならない最も重要な問題である. そのためには, 短期的な対処療法の方策とは別に, 放射性セシウム (Cs) などの重金属イオンを, 土壌などを構成する様々な物質がどのような相互作用によって吸着・固定化していくかを, 原子レベルで解明していくような基礎科学を進展させ

なくてはならない。またこれらの放射性物質に限らず、鉛(Pb)、砒素(As)、カドミウム(Cd)などの人体に有害な重金属イオンによる土壌汚染が、その汚染の人為的・非人為的区別を問わず国内外で大きな社会問題となっている。さらにはレア・メタルと呼ばれる金属資源は現代の技術・産業において極めて重要であるが、その鉱床の中には吸着型、つまり風化生成土壌などに高濃度に吸着した金属イオンを採掘するものがある。しかしながら、これら金属イオンが実際土壌中のどのような物質に、どのように吸着しているのかなどは、実際のところほとんど解明されていない。これは粘土鉱物に代表される風化生成物質があまりに微細でその詳細は未だに十分に解明されておらず、試料中の局所的な領域を調べる高度な分析・解析技術が必要なこともその一因である。我々は15年以上の間、主にTEMを用いて、粘土鉱物などの微細な物質の局所構造の解明等に従事し、多くの成果を報告してきた。そして、実験施設の整備とともに様々な知識とノウハウを蓄積してきた。最近新しい電子顕微鏡試料作製技術を使って、風化生成土壌にPbイオンを吸着させ、その濃集箇所を電子顕微鏡で詳細に解析する研究で、今まで報告されてこなかった新しいPbイオンの吸着・固定物質が存在することを明らかにしている。これらの研究を発展させ、微細な地球表層物質中の重金属イオンを現状よりも遙かに高い空間分解能で分析・解析する手法を確立し、より詳細で正確な吸着・固定機構の解明を目指していきたい。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 基盤研究 B, 地球表層で形成される無機高分子の構造とその集合組織の解明(代表), H17-H19, 16,060 千円
- ・ 学術創成研究, 有機・無機相互作用解析によるバイオミネラリゼーションの制御機構の解明(分担), H17-H21, 86,400 千円
- ・ 基盤研究 B, 現生・化石貝類の微細成長縞を用いた生物-環境相互作用の高時間精度復元 (分担), H20-H21, 500 千円
- ・ 基盤研究 B, 外部場誘起構造変化を利用した無機-有機ハイブリッドゲル膜の表面高機能化(分担), H20-H22, 1,560 千円
- ・ 基盤研究 B, 構造不斉を有する粘土鉱物の探索と同定(分担), H20-H22, 780 千円
- ・ 新学術領域研究, 巨大地震断層の物質科学的研究によるすべりメカニズムの解明(分担), H21-H23, 5,540 千円
- ・ 基盤研究 C, マイロナイト細粒化と粒界発達の機構解明(分担), H21-23, 3,086 千円
- ・ 基盤研究 B, 初期原生代の大气酸素上昇の定量的予測: 極低酸素風化環境下でのFeの挙動(分担), H21-H23, 700 千円
- ・ 基盤研究 A, 地球環境保全を目指した海洋生物における石灰化の分子機構の解明(分担), H22, 491 千円
- ・ 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(分担), H22-H23, 19,800 千円

- ・ 基盤研究 B, 無機固体酸ナノ複合体と芳香族ポリマーをベースとする中温作動燃料電池電解質膜の創製(分担), H22-H23, 715 千円

(2) 共同研究

- ・ 日本学術振興会・二国間交流事業 (韓国), 透過電子顕微鏡による微生物により鉄還元された粘土鉱物 (スメクタイト) の構造の解明, H21-H23, 2,273 千円

(3) 受託研究

- ・ (独) 科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST) - 省エネルギー電子デバイスの開発, H18-H19, 2,730 千円
- ・ (独) 科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST) - キラル金属錯体ネットワーク膜の製造と VCD/RAS コンカレント測定法の開発, H18-H19, 2,366 千円
- ・ (独) 物質・材料研究機構, 透過型電子顕微鏡 (TEM) によるナノシート状に成長させた結晶薄膜の解析, H21, 980 千円
- ・ (独) 産業技術総合研究所, 核燃料サイクル施設安全対策技術調査 - 高分解能コロイド電子顕微鏡観察, H22-H23, 11,550 千円
- ・ (独) 科学技術振興機構, 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST) - 電子ビーム技術によるナノシート/薄膜界面の解析, H22-H23, 2,730 千円

(4) 研究助成金

- ・ (株)広瀬, 粘土および土壌の評価方法に関する指導, 100 千円
- ・ (株)アステック, 汚染土壌改良のための分析・技術指導, 2,500 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Suzuki, Y., R.E. Kopp, T. Kogure, A. Suga, K. Takai, S. Tsuchida, N. Ozaki, K. Endo, J. Hashimoto, Y. Kato, C. Mizota, T. Hirata, H. Chiba, K.H. Neelson, K. Horikoshi, and J.L. Kirschvink (2006), Sclerite formation in the hydrothermal-vent "scaly-foot" gastropod - possible control of iron sulfide biomineralization by the animal, *Earth Plan. Sci. Lett.*, 242, 39-50, doi: 10.1016/j.epsl.2005.11.029.
2. Kogure, T., M. Jige, J. Kameda, A. Yamagishi, and R. Kitagawa (2006), Stacking structures in pyrophyllite revealed by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), *Am. Mineral.*, 91, 1293-1299, doi: 10.2138/am.2006.1997.
3. Kogure, T., J. Kameda, T. Matsui, and R. Miyawaki (2006), Stacking structure in disordered talc: interpretation of its X-ray diffraction pattern by using pattern simulation and high-resolution transmission electron microscopy, *Am. Mineral.*, 91, 1363-1370, doi: 10.2138/am.2006.2196.
4. Matsuda, A., M. Sakai, T. Kogure, Tadanaga, and M. Tatsumisago (2006), External-field hot-water treatments of sol-gel derived SiO₂-TiO₂ coatings for surface nanostructure control - A review, *J. Ceram. Soc. Jpn*, 114, 26-35, doi: 10.2109/jcersj.114.26.

5. Madhusoodana, C.D., K. Kameshima, A. Nakajima, K. Okada, T. Kogure, and K.J.D. MacKenzie (2006), Synthesis of high surface area Al-coating mesoporous silica from calcined and acid leached kaolinites as the precursors, *J. Colloid Interface Sci.*, 297, 724-731, doi: 10.1016/j.jcis.2005.10.051.
6. Katagiri, K., G. Harada, A. Matsuda, T. Kogure, H. Muto, and M. Sakai (2006), Effects of addition of supramolecular assembly on the anatase nanocrystalline precipitation of sol-gel derived SiO₂-TiO₂ coating films by hot-water treatment, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, 6, 1802-1806, doi: 10.1166/jnn.2006.218.
7. Sato, K., Y. Kumagai, T. Kogure, K. Watari, and J. Tanaka (2006), Polymorph and orientation control of calcium carbonate crystals achieved by organic matrices, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 114, 754-759, doi: 10.2109/jcersj.114.754.
8. Kudoh, Y., J. Kameda, and T. Kogure (2006), Dissolution of brucite on the (001) surface around neutral pH: *in-situ* AFM observation, *Clays Clay Miner.*, 54, 598-604, doi: 10.1346/CCMN.2006.0540506.
9. Suzuki, M., H. Nagasawa, and T. Kogure (2006), Synthesis and structure of hollow calcite particles, *Cryst. Growth Des.*, 6, 2004-2006, doi: 10.1021/cg0602921.
10. Sugawara, A., A. Oichi, H. Suzuki, Y. Shigesato, T. Kogure, and T. Kato (2006), Assembled structure of nanoparticles in polymer/calcium carbonate thin-film composites formed by the cooperation of chitosan and poly(aspartate), *J. Polym. Sci. Pol. Chem.*, 44, 5153-5160, doi: 10.1002/pola.21604.
11. Saruwatari, K., N. Ozaki, H. Nagasawa, and T. Kogure (2006), Crystallographic alignments in coccolith (*pleurochrysis carterae*) revealed by electron back-scattered diffraction (EBSD), *Am. Mineral.*, 91, 1937-1940, doi: 10.2138/am.2006.2391.
12. Okamoto, K., H. Sato, K. Saruwatari, K. Tamura, J. Kameda, T. Kogure, Y. Umemura, and A. Yamagishi (2007), Persistent phenomena in photocurrent of niobate nanosheets, *J. Phys. Chem. C*, 111, 12827-12833, doi: 10.1021/jp073380k.
13. Kogure, T. (2007), Imaging of dioctahedral 2:1 layers by high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM): possibility of recording the dehydroxylate, *Am. Mineral.*, 92, 1368-1373, doi: 10.2138/am.2007.2539.
14. Kameda, J., R. Miyawaki, R. Kitagawa, and T. Kogure (2007), XRD and HRTEM analyses of stacking structure in sudoite, di-trioctahedral chlorite, *Am. Mineral.*, 92, 1586-1592, doi: 10.2138/am.2007.2410.
15. Kogure, T., J. Kameda, and V.A. Drits (2007), Novel 2:1 structure of phyllosilicates formed by annealing Fe³⁺, Mg-rich dioctahedral mica, *Am. Mineral.*, 92, 1531-1534, doi: 10.2138/am.2007.2667.
16. Kameda, J., R. Miyawaki, V.A. Drits, and T. Kogure (2007), Polytype and morphological analyses of gumbelite, fibrous magnesium-rich illite, *Clay Clay Miner.*, 5, 453-466, doi: 10.1346/CCMN.2007.0550501.
17. Kameda, J., R. Inoguchi, D.J. Prior, and T. Kogure (2007), Morphological analyses of minute crystals by using stereo-photogrammetric scanning electron microscopy and electron back-scattered diffraction, *J. Microscopy*, 228, 358-365, doi: 10.1111/j.1365-2818.2007.01854.x.
18. Shibata, T., K. Fukuda, Y. Ebina, T. Kogure, and T. Sasaki (2008), One-nanometer-thick seed layer of unilamellar nanosheets promotes oriented growth of oxide crystal films, *Adv. Mater.* 20, 231-235, doi: 10.1002/adma.200701381.

19. Kogure, T. and J. Kameda (2008), High-resolution TEM and XRD simulation of stacking disorder in 2:1 phyllosilicates, *Zeit. Kristallogr.*, 223, 69-75, doi: 10.1524/zkri.2008.0004.
20. Saruwatari, K., J. Akai, Y. Fukumori, N. Ozaki, H. Nagasawa, and T. Kogure (2008), Crystal orientation analyses of biominerals using Kikuchi patterns in TEM, *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 103, 16-22, doi: 10.2465/jmps.070611.
21. Matsuda, A., K. Kobayashi, T. Kogure, M. Sakai, T. Tadanaga, T. Minami, and M. Tatsumisago (2008), Characterization of ramiform precipitates formed on SiO₂-TiO₂ gel coatings by electric field hot water treatment, *J. Non-Cryst. Solids*, 354, 1263-1266, doi: 10.1016/j.jnoncrysol.2006.12.126.
22. Zhang, H., H. Kikuchi, T. Kogure, and E. Kusano (2008), Growth of carbon with vertically aligned nanoscale flake structure in capacitvity coupled rf glow discharge, *Vacuum*, 82, 754-759, doi: 10.1016/j.vacuum.2007.11.001.
23. Sato, H., K. Okamoto, K. Tamura, H. Yamada, K. Saruwatari, T. Kogure, and A. Yamagishi (2008), A heterojunction photodiode operating at inorganic nanosheet interfaces, *Appl. Phys. Express*, 1, 035001, doi: 10.1143/APEX.1.035001.
24. Kameda, J., K. Saruwatari, D. Beaufort, and T. Kogure (2008), Textures and polytypes in vermiform kaolins diagenetically formed in a sandstone reservoir: a FIB-TEM investigation, *Euro. J. Mineral.*, 20, 199-204, doi: 10.1127/0935-1221/2008/0020-1806.
25. Johnston, C., J.E. Kogel, D. Bish, T. Kogure, and H. Murray (2008), Low-temperature FTIR study of kaolin-group minerals, *Clays Clay Miner.*, 56, 470-485, doi: 10.1346/CCMN.2008.0560408.
26. Saruwatari, K., N. Ozaki, H. Nagasawa, and T. Kogure (2008), Comparison of crystallographic orientations between living (*Emiliana huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica*) and fossil (*Watznaueria barnesiae*) coccoliths using electron microscopes, *Am. Mineral.*, 93, 1670-1677, doi: 10.2138/am.2008.2924.
27. Kogure, T., J. Kameda, and V.A. Drits (2008), Stacking faults with 180° layer rotation in celadonite, iron and magnesium-rich dioctahedral mica, *Clays Clay Miner.*, 56, 612-621, doi: 10.1346/CCMN.2008.0560602.
28. Matsuda, A., T. Kikuchi, R. Murayama, T. Kogure, K. Katagiri, H. Muto, and M. Sakai (2009), Formation of photocatalytic novel oxide crystallites with Al:Ti=1:1 in Al₂O₃-TiO₂ gels by mechanochemical treatment, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, 9, 342-349, doi: 10.1166/jnn.2009.J052.
29. Saruwatari, K., T. Matsui, H. Mukai, H. Nagasawa and T. Kogure (2009), Nucleation and growth of aragonite crystals at the growth front of nacres in pearl oyster, *Pinctada fucata*, *Biomaterials*, 30, 3028-3034, doi: 10.1016/j.biomaterials.2009.03.011.
30. Suzuki, M., K. Saruwatari, T. Kogure, Y. Yamamoto, T. Nishimura, T. Kato and H. Nagasawa (2009), An acidic matrix protein, Pif, is a key macromolecule for nacre formation, *Science*, 325, 1388-1390, doi: 10.1126/science.1173793.
31. Prastomo, N., Y. Daiko, T. Kogure, H. Muto, M. Sakai and A. Matsuda (2009), Formation mechanism of titania nanosheet cryatallites on silica-titania gel films by vibration hot-water treatment, *Mat. Sci. Eng. B-Solid*, 161, 170-174, doi: 10.1016/j.mseb.2008.11.028.
32. Kikkawa, N., T. Ohno, Y. Nagata, M. Shiozuka, T. Kogure, and R. Matsuda (2009), Ectopic calcification is caused by elevated serum inorganic phosphate in mdx mouse,

Cell Struct. Funct., 34, 77-88.

33. Shibata, T., T. Ohnishi, I. Sakaguchi, M. Osada, K. Takada, T. Kogure, and T. Sasaki (2009), Well-controlled crystal growth of zinc oxide films on plastics at room temperature using 2D nanosheet seed layer, *J. Phys. Chem. C*, 113, 19096-19101, doi: 10.1021/jp9074288.
34. Tohse, H., K. Saruwatari, T. Kogure, H. Nagasawa, and Y. Takagi (2009), Control of polymorphism and morphology of calcium carbonate crystals by a matrix protein aggregate in fish otoliths, *Cryst. Growth Des.*, 9, 4897-4901, doi: 10.1021/cg9006857.
35. Rozhdestvenskaya, I. V., T. Kogure, E. Abe and V.A. Drits (2009), A structural model for charoite, *Miner. Mag.*, 73, 883-890, doi: 10.1180/minmag.2009.073.2.883.
36. Suzuki, Y., R. Matsunaga, H. Sato, T. Kogure, A. Yamagishie, and J. Kawamata (2009), Non-centrosymmetric behavior of a clay film ion-exchanged with chiral metal complexes, *Chem. Commun.*, 45, 6964-6966, doi: 10.1039/b908806g.
37. Kudo, M., J. Kameda, K. Saruwatari, N. Ozaki, K. Okano, H. Nagasawa, and T. Kogure (2010), Microtexture of larval shell of oyster, *Crassostrea nippona*: a FIB-TEM study, *J. Struct. Biol.*, 169, 1-5, doi: 10.1016/j.jsb.2009.07.014.
38. Kogure, T., C.T. Johnston, J.E. Kogel, and D. Bish (2010), Stacking disorder in a sedimentary kaolinite, *Clays Clay Miner.*, 58, 63-72, doi: 10.1346/CCMN.2010.0580106.
39. Kogure, T. and E. Okunishi (2010), Cs-corrected HAADF-STEM imaging of silicate minerals, *J. Electron Microsc.*, 59, 263-271, doi: 10.1093/jmicro/dfq003.
40. Suzuki, M., J. Kameda, T. Sasaki, K. Saruwatari, H. Nagasawa, and T. Kogure (2010), Characterization of the multilayered shell of a limpet, *Lottia kogamogai* (Mollusca: Patellogastropoda), using SEM-EBSD and FIB-TEM techniques, *J. Struct. Biol.*, 171, 223-230, doi: 10.1016/j.jsb.2010.04.008.
41. Okumura, T., M. Suzuki, H. Nagasawa, and T. Kogure (2010), Characteristics of biogenic calcite in the prismatic layer of a pearl oyster, *Pinctada fucata*, *Micron*, 41, 821-826, doi: 10.1016/j.micron.2010.05.004.
42. Kogure, T. and V.A. Drits (2010), Structural change in celadonite and *cis*-vacant illite by electron radiation in TEM, *Clays Clay Miner.*, 58, 522-531, doi: 10.1346/CCMN.2010.0580407.
43. Kameda, J., A. Okamoto, T. Mikouchi, R. Kitagawa, and T. Kogure (2010), The occurrence and structure of vermiform chlorite”, *Clay Science*, 14, 155-161.
44. Wahle, M.V., T.J. Bujnowski, S. Guggenheim, and T. Kogure (2010), Guidottiite, the Mn-analogue of cronstedtite: A new serpentine group mineral from South Africa, *Clays Clay Miner.*, 58, 364-376, doi: 10.1346/CCMN/2010.0580307.
45. Mukai, H., K. Saruwatari, H. Nagasawa, and T. Kogure (2010), Aragonite twinning in gastropod nacre, *J. Cryst. Growth*, 312, 3014-3019, doi: 10.1016/j.jcrysgro.2010.07.002.
46. Kawamura, G., S. Sato, T. Kogure, Y. Daiko, H. Muto, M. Sakai, and A. Matsuda (2010), Photoinduced reduction and heat-induced oxidation of silver in transparent RSiO_{3/2} and RSiO_{3/2}-TiO₂ films, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 12, 6859-6863, doi: 10.1039/b924330e.
47. Shibata, T., Y. Ebina, T. Ohnishi, K. Takada, T. Kogure, and T. Sasaki (2010), Fabrication of Anatase Thin Film with Perfect c-Axis Orientation on Glass Substrate Promoted by a Two-Dimensional Perovskite Nanosheet Seed Layer, *Cryst. Growth Des.*,

- 10, 3787-3793, doi: 10.1021/cg1006204.
48. Prastomo, N., K. Kimata, Y. Daiko, H. Muto, T. Kogure, M. Sakai, and A. Matsuda (2010), Effect of external fields applied during hot-water treatment on the aspect ratio of nanocrystallites formed on SiO₂ center dot TiO₂ coatings derived from sol-gel techniques, *J. Sol-Gel Sci. Tech.*, 3, 345-352, doi: 10.1007/s10971-010-2312-8.
 49. Watanabe, K., M. Sekiya, J. Kameda, S. I. Wada, and T. Kogure (2011), Mineralogical characterization of asian dust collected in Fukuoka, southwest Japan, *Clay Sci.*, 15, 43-51.
 50. Kogure, T. (2011), Stacking disorder in kaolinite revealed by HRTEM: A review, *Clay Sci.*, 15, 3-11.
 51. Sato, A., S. Nagasaka, K. Furihata, S. Nagata, I. Arai, K. Saruwatari, T. Kogure, S. Sakuda, and H. Nagasawa (2011), Glycolytic Intermediates Induce Amorphous Calcium Carbonate Formation in Crustaceans, *Nat. Chem. Biol.*, 7, 197-199, doi: 10.1038/nchembio.532.
 52. Kayano, K., K. Saruwatari, T. Kogure, and Yoshihiro Shiraiwa (2011), Effect of Coccolith Polysaccharides Isolated from the Coccolithophorid, *Emiliana huxleyi*, on Calcite Crystal Formation in In Vitro CaCO₃ Crystallization, *Marine Biotechnology*, 13, 83-92, doi: 10.1007/s10126-010-9272-4.
 53. Yokoo, N., M. Suzuki, K. Saruwatari, H. Aoki, K. Watanabe, H. Nagasawa, and T. Kogure (2011), Microstructures of the larval shell of a pearl oyster, *Pinctada fucata*, investigated by FIB-TEM technique, *Am. Mineral.*, 96, 1020-1027, doi: 10.2138/am.2011.3657.
 54. Kameda, J., H. Raimbourg, T. Kogure, and G. Kimura (2011), Low-grade metamorphism around the down-dip limit of seismogenic subduction zone: An example from an ancient accretionary complex, the Shimanto Belt, Japan, *Tectonophysics*, 502, 383-392, doi: 10.1016/j.tecto.2011.02.010.
 55. Raimbourg, H., T. Kogure, and T. Toyoshima (2011), Crystal bending, subgrain boundaries development and recrystallization in orthopyroxene during granulite-facies deformation, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 162, 1093-1111, doi: 10.1007/s00410-011-0642-3.
 56. Kogure, T., K. Mori, Y. Kimura, and Y. Takai (2011), Unraveling the stacking structure in tubular halloysite using a new TEM with computer-assisted minimal-dose system, *Am. Mineral.*, 96, 1776-1780, doi: 10.2138/am.2011.3907.
 57. Saruwatari, K., Y. Tanaka, H. Nagasawa, and T. Kogure (2011), Crystallographic variability and uniformity in Cretaceous heterococcoliths, *Eur. J. Mineral.*, 23, 519-528, doi: 10.1127/0935-1221/2011/0023-2129.
 58. Hayashi A., N. Yokoo, H. Nagasawa, T. Nakamura, T. Watanabe, and T. Kogure (2011), Crystallographic characterization of the crossed lamellar structure in the bivalve *Meretrix lamarckii* using electron beam techniques, *J. Struct. Biol.*, 176, 91-96, doi: 10.1016/j.jsb.2011.06.011.
 59. Okudaira K., T. Kato, T. Isobe, S. Matsushita, T. Kogure, and A. Nakajima (2011), Wettability conversion and surface friction force variation of polycrystalline rutile ceramics under UV illumination, *J. Photoch. Photobio. A*, 222, 64-69, doi: 10.1016/j.jphotochem.2011.05.002.
 60. Suzuki M., A. Iwashima, N. Tsutsui, T. Ohira, T. Kogure, and H. Nagasawa (2011),

- Identification and characterization of a calcium carbonate-binding protein, Blue Mussel Shell Protein (BMSP), from the nacreous layer, *ChemBioChem*, 12, 2478-2487, doi: 10.1002/cbic.201100317.
61. Suzuki M., T. Kogure, S. Weiner, and L. Addadi (2011), Formation of aragonite crystals in the crossed lamellar microstructure of limpet shells, *Cryst. Growth Des.*, 11, 4850-4859, doi: 10.1021/cg2010997.
 62. Ohno, Y., K. Tomita, Y. Komatsubara, T. Taniguchi, K. Katsumata, N. Matsushita, T. Kogure, and K. Okada (2011), Pseudo-cube shaped brookite (TiO₂) nanocrystals synthesized by an oleate-modified hydrothermal growth method, *Cryst. Growth Des.*, 11, 4831-4836, doi: 10.1021/cg2006265.
 63. Suzuki, M., T. Okumura, H. Nagasawa, and T. Kogure (2011), Localization of Intracrystalline Organic Macromolecules in Mollusk Shells, *J. Cryst. Growth*, 337, 24-29, doi: 10.1016/j.jcrysgro.2011.10.013.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
1. Kogure, T. (2008), Application of optimum HRTEM noise filters in mineralogy and related sciences, *Microscopy and Analysis Nanotechnology Supplement, November*, S11-S14. (査読有)
 2. 小暮敏博, 向井広樹, 横尾直樹, 奥村大河, 藤井英子 (2010), バイオミネラル写真館, 遺産, 7月号, 2-8. (査読無)
 3. 小暮敏博 (2010), バイオミネラルの鉱物・結晶学的特徴, 遺産, 7月号, 29-35. (査読無)
 4. 鈴木道生, 小暮敏博, 長澤寛道 (2010), アコヤガイの真珠形成の分子メカニズム - アラゴナイト結晶形成の鍵物質, 酸性基質タンパク質 Pif を同定, *化学と生物*, 48, 310-312. (査読有)
 5. 鈴木道生, 小暮敏博, 長澤寛道 (2010), 真珠形成におけるバイオミネラリゼーション - 貝殻内タンパク質 Pif の発見とその役割 -, *バイオサイエンスとバイオインダストリー*, 68, 102-108. (査読有)
 6. 鈴木道生, 小暮敏博, 長澤寛道 (2010), 真珠を輝かせる構造はどのように形成されるのか - 関与するタンパク質 Pif の発見から -, *科学*, 岩波出版, 80, 125-127. (査読有)
 7. 小暮敏博 (2010), 高分解能透過電子顕微鏡による charoite の構造解析 - 30年の時を経て明らかになった宝石中の原子配列, *未来材料*, 12月号, 1-5. (査読無)
 8. 小暮敏博 (2011), 高分解能TEMとX線回折シミュレーションによって明らかにされる層状珪酸塩鉱物中の積層不整, *日本結晶学会誌*, 53, 52-57. (査読有)
- (4) 書籍等
1. 小暮敏博, 猿渡和子 (2007), バイオミネラルの構造解析技術-炭酸カルシウムの最近の研究例より-, *バイオミネラリゼーションとそれに倣う新機能材料の創製*, 加藤隆史監修, pp. 172-181, シーエムシー出版.
 2. 小暮敏博 (2011), 走査電子顕微鏡 (SEM), 透過電子顕微鏡 (TEM), *改訂六版分析化学便覧*, 日本分析化学会編, pp. 194-197, 丸善出版(株).

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. T. Kogure, Determination of Stacking Structures in Kaolin and Other Beam-sensitive Phyllosilicate Minerals by High-Resolution Transmission Electron Microscopy (HRTEM), 16th International Microscopy Congress (IMC), September 3-8, 2006, Sapporo, Japan. (招待)
2. T. Kogure, Applications Electron Back-Scattered Diffraction (EBSD) in clay mineralogy, 43rd Annual Meeting of The Clay Minerals Society with the Annual Meeting of the Groupe Français des Argiles (French Clay Group), June 3-7, 2006, Oleron Island, France. (招待)
3. T. Kogure and E. Okunishi, Application of Cs-corrected high-resolution STEM to silicate mineralogy, 9th Asia-Pacific Microscopy Conference (APMC9), November 2-7, 2008, ICC Jeju, Jeju island, Korea. (招待)
4. T. Kogure, High-resolution electron microscopy of silicates; its history and future", "Investigation of layered materials using HRTEM and XRD simulations, invited lectures in International Graduate School under the Elitenetzwerk Bayern Structure, Reactivity and Properties of Oxide Materials, April 2-6, 2009, Bayerisches GeoInstitut (BGI), Bayreuth, Germany. (招待)
5. T. Kogure, Visualization of Stacking disorder in kaolinite by HRTEM, 14th International Clay Conference, June 14-20, 2009, Castellaneta Marina, Italy. (招待)
6. T. Kogure, Novel 2:1 layers formed by dehydroxylating (Fe³⁺, Mg)-rich dioctahedral mica, 25th European Crystallographic Meeting (ECM), August 16-21, 2009, Istanbul, Turkey. (招待)
7. T. Kogure, Clays in TEM, 2010 CMS Jackson Award lecture, 2010 SEA-CSSJ-CMS Trilateral Meeting on Clays, June 8-10, 2010, Seville, Spain. (招待)
8. T. Kogure, J. Kameda, K. Watanabe, Structural Nanoanalyses of Specified Regions in Clay and Soil Using FIB Technique, Asian Clay, September 6, 2010, Nagoya, Japan. (招待)
9. T. Kogure, J. Kameda, D. Beaufort, H. Raimbourg, Structure Nanoanalyses of Specified Regions in Minerals, Rocks and Soils through SEM-FIB-TEM Sequence, The 17th IFSM International Microscopy Congress, September 19-24, 2010, Rio de Janeiro, Brazil. (招待)
10. T. Kogure, M. Suzuki, N. Yokoo, T. Okumura, H. Nagasawa, Distribution and role of intracrystalline organic macromolecules in molluscan shells, The International Symposium on Pearl Research, Oct 5, 2011, The University of Tokyo, Tokyo, Japan. (招待)

以上招待講演 10 回, 一般講演 20 回

(2) 国内会議

1. 小暮敏博, 貝殻中の炭酸カルシウム結晶成長, 無機マテリアル学会第 18 回講習会, 2008.12, 工学院大学. (招待)

2. 小暮敏博, 鈴木道生, 横尾直樹, 奥村大河, 長澤寛道, 貝殻に見る炭酸カルシウム-生体高分子ハイブリッド構造, 日本セラミックス協会第 24 回秋期シンポジウム, 2011.9.7, 北海道大学, 北海道. (招待)

以上招待講演 2 回, 一般講演 68 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ Clays and Clay Minerals Associate Editor H19-H23
- ・ 岩石鉱物科学編集委員 H18-H23
- ・ Clay Science 編集委員 H18-H23

(2) 学会等

- ・ 日本鉱物学会評議員 H18
- ・ 日本鉱物科学会評議員 H19-H20, H22-H23
- ・ 日本粘土学会評議員 H19-H22
- ・ 日本顕微鏡学会評議員 H18-H23
- ・ AIPEA Nomenclature Committee Member (日本代表) H19-H23
- ・ 日本顕微鏡学会主催電子顕微鏡大学 実行委員長 H22-H23

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 小暮敏博 2012/2 サイエンス ZERO 「シリーズ原発事故6 汚染を取り除けるか 水と土の放射性物質」 NHK 教育テレビ

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数: 修士 1 名 (韓国)

外国人研究者数: 0 名

派遣

学生数： 修士 2 名（米国，デンマーク） 博士 2 名（イスラエル，米国）

研究者数： 1 名（イスラエル）

海外からの来訪者数： 4 名（ロシア，スペイン，韓国，フランス）

鈴木 庸平

I. 略歴

氏名： 鈴木 庸平

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 准教授

学歴

1996年（平成8年）3月 早稲田大学理工学部資源工学科卒業

1998年（平成10年）3月 東京大学大学院理学系研究科鉱物学専攻（現地球惑星科学専攻）修士課程修了

2002年（平成14年）5月 ウィスコンシン大学マディソン校 地質・地球物理学科博士課程修了

2002年（平成14年）8月 ウィスコンシン大学特別博士号取得（地球微生物学）

職歴

2002年（平成14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（平成17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（平成19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（平成24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

ウランの物質循環における微生物の影響

ウランの酸化還元反応は地球表層におけるウランの物質循環を支配する主要因子である。微生物の反応への関与の有無，反応に関与する微生物種および反応生成物の物質科学的特性を明らかにすることを目的として，鉱物学，地球化学，微生物学手法を駆使して研究を行った。アメリカ，ワシントン州の休廃止ウラン鉱山の露天採掘場跡地のウランに富む流入水と堆積物を調べた結果，微生物作用により6価から4価への還元反応が起きていることを明らかにし，自然界で初めての証明となった。また，DNAを用いた群集構造解析により，ウラン還元に関与する微生物種を特定し，その微生物種がウランの還元能を有することを単離培養により確認した。また，微生物によるウラン還元反応の産物が数ナノメートルオーダーの結晶であることを，放射光を用いた分光学的手法および高分解能透過型電子顕微鏡観察により明らかにした。

深海底熱水噴出域生態系の鉱物学・安定同位体化学・分子生物学的研究

深海底熱水噴出域は還元的な流体と酸化的な海水が混合することにより様々な鉱物-水-生命相互作用が生じる場である。鉱物—生命相互作用に着目し，金属硫化物鉱物チムニー中に生息する微生物種を特定する共に，インド洋から発見された硫化鉄

の鱗を持つスケーリーフット巻貝のナノ鉱物学的特性を明らかにした。また、化学合成生物（化学独立栄養細菌を細胞内共生させて、食生を共生細菌の一次生産に依存する生物）に関して、炭素安定同位体を用いた共生細菌の炭素固定経路の特定と分子生物学的手法による共生細菌の系統分類を行った。これまで知られていたカルビン-ベンソン回路以外の炭素固定経路に基づく新たな細胞内共生様式を発見した。

陸域地下生命環境における鉱物-水-生命相互作用の研究

広大な地下環境に微生物が生息し、巨大な生命圏を形成している可能性が指摘されている。しかし、地下深部の微生物調査を行う上での問題点として、研究試料を表層の微生物および大気中の酸素から隔離して採取・保存する必要がある。この技術的課題を解決するために、主要な汚染源である掘削流体を無菌・無酸素処理して掘削することを世界に先駆けて行った。コア解析の結果、日本列島および周辺海域の地下深部に広く分布する第三紀堆積岩の地下300メートル以深に硝酸で呼吸する微生物が生息することを明らかにした。また、瑞浪超深地層研究所の地下1150メートルから揚水した地下水中の微生物調査を行い、難分解性の有機物をエネルギー源とする微生物が生息することを明らかにした。これらの結果から、我が国の地下環境は微生物から成る生命圏であり、物質循環に影響を及ぼしていることを示唆した。

3. 特に優れた論文5編

1. Suzuki, Y., T. Suko, H. Yoshioka, M. Takahashi, K. Nanba, U. Tsunogai, N. Takeno, K. Ito (2009), Biogeochemical profiles in deep sedimentary rocks in an inland fore-arc basin, Central Japan. *Chemical Geology*, 259, 107-119.

引用件数 2 件：地下深部の微生物生態系の調査手法を確立。

2. Suzuki, Y., R.E. Kopp, T. Kogure, A. Suga, K. Takai, S. Tsuchida, N. Ozaki, K. Endo, J. Hashimoto, Y. Kato, C. Mizota, T. Hirata, H. Chiba, K.H. Nealson, K. Horikoshi, J.L. Kirschvink (2006), Sclerite formation in the hydrothermal-vent "scaly-foot" gastropod - possible control on iron sulfide biomineralization by the animal. *Earth and Planetary Science Letters*, 242, 39-50.

引用件数 19 件：硫化鉄の生体鉱物化作用と黄鉄鉱ナノ粒子の存在を証明した。

3. Suzuki, Y., T. Sasaki, M. Suzuki, Y. Nogi, T. Miwa, K. Takai, K.H. Nealson, K. Horikoshi (2005), Novel Chemoautotrophic Endosymbiosis Between a Member of the *Epsilonproteobacteria* and the Hydrothermal-Vent Gastropod *Alviniconcha* aff. *hessleri* (Gastropoda:Provannidae) from the Indian Ocean. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 5440-5450

引用件数 33 件：カルビンベンソン回路以外の細胞内共生を世界で初めて証明した。

4. Suzuki, Y., S.D. Kelly, K.M. Kemner, J.F. Banfield (2003), Microbial populations stimulated for hexavalent uranium reduction in uranium contaminated sediment. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 1337-1346.

引用件数 110 件：微生物学と鉱物学の手法を組み合わせるウランを還元沈殿する微生物を明らかにした。

5. Suzuki Y., S.D. Kelly, K.M. Kemner, J.F. Banfield (2002), Nanometer-size products of uranium bioreduction. *Nature*, 419, 134.

引用件数 183 件 : Nanogeoscience と呼ばれる新しい学問領域を立ち上げる要因になった。

4. 受賞等

- ・ 第 6 回鉱物科学会研究奨励賞, 「地球生命環境における鉱物-水-生命相互作用の研究」, 日本鉱物科学会, H22 年 9 月 24 日.

5. 研究の将来計画

現在の地球生命圏は光合成の一次生産を土台とし, 太陽光エネルギーに依存する. これまで生命が存在しないと考えられた, 太陽光が届かない深海および地殻内にも生命圏が存在し, 実態解明が行われている. 生命が誕生した 40 億年前から光合成生物が主要な一次生産を担うまでは, 現在とは異なる原核生物の生命圏であった. 特に地殻内は, 光合成の産物である有機物や酸素が届かない点で, 初期地球の表層環境と類似すると考えられる. 地殻内原核生物の分子系統と代謝様式および棲息場の酸化還元状態を明らかにし, 酸化還元状態が類似した時代に形成した岩石試料中に記録される生命活動の痕跡 (鉱物や脂質バイオマーカー等) と比較し, 当時の大気・海洋・地殻・生態系の復元を行う.

ナノテクノロジーの進歩により, ナノメートルスケール (直径 5 nm 未満) での現象を把握する手法が飛躍的に進歩しつつある. 地球表層環境では, ナノスケールの準安定物質が物質循環のフロントを構成しており, ナノ物質研究は地球表層環境の理解を深める上で重要である. 特に着目するのが, 天然での存在が近年確認された黄鉄鉱ナノ粒子で, 次世代の太陽光発電素子としてナノ化技術が開発されている. 黄鉄鉱は, 光合成色素であるクロロフィルと同様に光を電気エネルギーに変換して, 生命誕生時に表面触媒だけでなく還元剤としての役割を果たした可能性が考えられる. 生命誕生におけるナノ黄鉄鉱粒子の役割を, 初期地球を模擬した室内実験により明らかにする.

DNA 配列は, 従来の形態や生理特性等の形質で区別できなかった生物種の同定を可能にし, ドメイン古細菌 (アーキア) の発見に繋がった. DNA 配列は現存だけでなく, 絶滅した生物にも保存状態によるが適用可能である. シリカゲルは高塩分濃度で DNA を強く結合するために, DNA の精製や固相抽出に用いられる. 堆積岩中はシリカ鉱物が豊富で, DNA 抽出を妨げるため, シリカ鉱物を溶解して DNA を抽出する手法を開発した. シリカ鉱物には, 堆積時からの DNA が保存されている可能性がある. これまで特定の生物分類群のみに適用可能であったバイオマーカーや化石の形態に基づく情報と, 化石 DNA の情報を組み合わせてより詳細な古生態や古環境の復元を目指す.

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 挑戦的萌芽研究, 深海底堆積物環境における C1 化合物分布とその微生物地球化学的循環の解明, H23~H24, 900 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

- ・ IODP 乗船後研究委託・海洋研究開発機構 (H23~H25) Exp.329 による南太平洋環流下の地殻内生命圏に関する研究 (鈴木庸平) 2,500 千円.

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Nakagawa, S., F. Inagaki, Y. Suzuki, O.S. Steinsbu, M.A. Lever, K. Takai, B. Engelen, Y. Saka, C.G. Weat, K. Horikoshi and Integrated Ocean Drilling Program Expedition 301 Scientists (2006), Microbial community in black rust exposed to hot ridge flank crustal fluid. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 6789-6799.
2. Suzuki, Y., S. Kojima, H. Watanabe, M. Suzuki, S. Tsuchida, T. Nunoura, H. Hirayama, K. Takai, K.H. Nealson, K. Horikoshi (2006), Single host and symbiont lineages of hydrothermal-vent gastropods, *Ifremeria nautili* (Provannidae): Biogeography and evolution. *Marine Ecology-Progress Series*, 315, 167-175.
3. Suzuki, Y., S. Kojima, T. Sasaki, M. Suzuki, H. Watanabe, T. Utsumi, H. Urakawa, S. Tsuchida, T. Nunoura, H. Hirayama, K. Takai, K.H. Nealson, K. Horikoshi (2006), Host-symbiont relationships in hydrothermal gastropods of the genus *Alviniconcha* from the South West Pacific. *Applied and Environmental Microbiology* 72, 1388-1393.
4. Suzuki, Y., R.E. Kopp, T. Kogure, A. Suga, K. Takai, S. Tsuchida, N. Ozaki, K. Endo, J. Hashimoto, Y. Kato, C. Mizota, T. Hirata, H. Chiba, K.H. Nealson, K. Horikoshi, J.L. Kirschvink (2006), Sclerite formation in the hydrothermal-vent "scaly-foot" gastropod - possible control on iron sulfide biomineralization by the animal. *Earth and Planetary Science Letters* 242, 39-50.
5. Nunoura, T., H. Oida, M. Miyazaki, Y. Suzuki, K. Takai, K. Horikoshi (2007), *Desulfothermus okinawensis* sp. nov., a thermophilic and heterotrophic sulfate-reducing bacterium isolated from a deep-sea hydrothermal field. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 2360-2364.
6. Nunoura, T., H. Oida, M. Miyazaki, Y. Suzuki, K. Takai, K. Horikoshi (2007), *Marinitoga okinawensis* sp. nov., a novel thermophilic and anaerobic heterotroph isolated from a deep-sea hydrothermal field, Southern Okinawa Trough. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57, 467-471.
7. Nunoura, T., M. Miyazaki, Y. Suzuki (2008), *Thermosulfidibacter takaii* gen. nov., sp. nov., a thermophilic sulfur-oxidizing chemoautotroph isolated from a deep-sea hydrothermal field, Southern Okinawa Trough. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58, 676-681.

8. Nunoura, T., M. Miyazaki, Y. Suzuki, K. Takai, K. Horikoshi (2008), *Hydrogenivirga okinawensis* sp. nov., a thermophilic hydrogen-oxidizing, sulfur-reducing chemoautotroph isolated from a deep-sea hydrothermal field in the Southern Okinawa Trough. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 58, 659-665.
 9. Takai, K., T. Nunoura, J. Ishibashi, J. Lupton, R. Suzuki, H. Hamasaki, Y. Ueno, S. Kawagucci, T. Gamo, Y. Suzuki, H. Hirayama, K. Horikoshi K (2008), Variability in the microbial communities and hydrothermal fluid chemistry at the newly discovered Mariner hydrothermal field, southern Lau Basin. *Journal of Geophysical Research*, 113, G02031
 10. Suzuki, Y., T. Suko, H. Yoshioka, M. Takahashi, K. Nanba, U. Tsunogai, N. Takeno, K. Ito (2009), Biogeochemical profiles in deep sedimentary rocks in an inland fore-arc basin, Central Japan. *Chemical Geology*, 259, 107-119
 11. Suzuki, Y., M. Suzuki, S. Tsuchida, K. Takai, K. Horikoshi, A.J. Southward, W.A. Newman, T. Yamaguchi T (2009), Molecular investigations of the stalked barnacle *Vulcanolepas osheai* and the epibiotic bacteria from the Brothers Caldera, Kermadec Arc, New Zealand. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89, 727-733.
 12. Tsukimura, K., Y. Suzuki, M. Suzuki, T. Murakami (2010), Transformation of ferrihydrite to goethite or hematite: kinetic theory. *Kinetic Theory of Crystallization of Nanoparticles. Crystal Growth & Design*, 10, 3596-3607.
 13. Reynolds, K., H. Watanabe, E. Strong, T. Sasaki, K. Uematsu, H. Miyake, S. Kojima, Y. Suzuki, K. Fujikura, S. Kim, C. Young (2010), New Molluscan Larval Form: Brooding and Development in a Hydrothermal Vent Gastropod, *Ifremeria nautiliei* (Provannidae). *Biological Bulletin*, 219, 7-11.
 14. Fukuda, A., Hagiwara, H., T. Ishimura, M. Kouduka, S. Ioka, Y. Amano, U. Tsunogai, Y. Suzuki, T. Mizuno (2010) Geomicrobiological properties of ultra-deep granitic groundwater from the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU), central Japan. *Microbial Ecology*, 60, 214-225.
 15. Tsuchida, S., Y. Suzuki, Y. Fujiwara, M. Kawato, K. Uematsu, T. Yamanaka, C. Mizota, H. Yamamoto (2011), Ebibiotic association between filamentous bacteria and the vent-associated galatheid crab, *Shinkai crosnieri* (Decapoda: Anomura). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92, 23-32.
 16. Hirayama, H., Y. Suzuki, M. Abe, M. Miyazaki, H. Makita, F. Inagaki, K. Uematsu, K. Takai (2011), *Methylothermus subterraneus* sp. nov., a moderately thermophilic methanotrophic bacterium from a terrestrial subsurface hot aquifer in Japan. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 61, 2646-2653.
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Suzuki, Y., T. Suko, N. Takeno, K. Ito (2008), Biogeochemical and microbiological site-characterization of deep geological environments. *Proceedings of 12th International High-Level Radioactive Waste Management Conference*, 179-183
 2. Ito, K., Y. Suzuki, T. Suko, N. Takeno (2008), Conceptual groundwater flow modeling from non-disturbing in sedimentary rocks. *Proceedings of 12th International High-Level Radioactive Waste Management Conference*, 165-171.
- (3) レビュー論文・総説

1. Suzuki, Y., T. Suko (2006), Geomicrobiological factors that control uranium mobility in the environment: Update on recent advances in the bioremediation of uranium-contaminated sites. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 101, 299-307. 「査読有り」
 2. 鈴木庸平(2011) 我が国の陸域地下微生物生態系の解明に向けた取り組み. 極限環境生物学会誌 第 10 巻, 77-82 「査読無し」
- (4) 書籍等
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Suzuki Y., S.D. Shelly, K. Kemner, J.F. Banfield (2006), Geomicrobiological factors controlling uranium mobility in natural systems. 19th General Meeting of the International Mineralogical Association, Kobe. (招待講演)
2. Suzuki, Y. (2007), Diverse endosymbioses in *Alviniconcha* gastropods. Workshop on biogeochemical interaction at deep-sea vents. Woods Hole, MA. (招待講演)
3. Suzuki, Y. (2009), Microbiological depth profiles of subterranean sedimentary rocks revealed by an aseptic drilling procedure. ICDP Workshop: Integration of Deep Biosphere Research into ICDP. Potsdam, Germany. (招待講演)
4. Suzuki, Y. (2009), Microbial diversity in inactive chimney structures from deep-sea hydrothermal systems. Workshop on deep-sea mining of seafloor massive sulfides: a reality for science and society in the 21st century. Woods Hole, MA. (招待講演)

他 4 回

(2) 国内会議

1. 鈴木庸平, 地下環境を制御する微生物と腐植物質との関係, 日本腐植物質学会第 27 回講演会, 2011 年 11 月, 石川県金沢市 (招待講演)
2. 鈴木庸平, 地球生命環境における鉱物-水-生命相互作用の研究, 日本鉱物科学会 2010 年年会, 2010 年 10 月, 島根県松江市 (招待講演)
3. 鈴木庸平, 硫化鉄の鎧をまとう深海底熱水噴出孔巻貝-カンブリア大爆発との接点, 第 5 回深海バイオフィオーラム, 2006 年 11 月, 東京都港区 (招待講演)

他 10 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

(3) 国際会議等

- ・ 2008 International Symposium on Subsurface Microbiology (ISSM)運営委員, セッションコンビーナー.
- ・ 2008 Goldschmidt Geochemistry Conference セッションコンビーナー.

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

- ・ 統合国際深海掘削(IODP)の科学提案評価パネル(SSEP)委員 (H21～H23)
- ・ 統合国際深海掘削(IODP)の科学提案評価パネル(PEP)委員(H23～)
- ・ 日本地球掘削科学コンソーシアム IODP 部会執行部会委員(H23～)
- ・ 平成24年度「海洋鉱物資源関連事業」公募選定委員会委 (H23)

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数:

(2) 派遣

学生数; 研究者数:

(3) 海外からの来訪者数:

對比地 孝亘

I. 略歴

氏名： 對比地 孝亘

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師

学歴

1996年（平成8年）3月 東京大学理学部生物学科（動物学）卒業

1998年（平成10年）3月 東京大学理学部地学科（地質学鉱物学）卒業

2004年（平成16年）5月 アメリカ合衆国イエール大学大学院博士課程（地質学地球物理学専攻）修了

2004年（平成16年）5月 博士（Ph. D.）取得（イエール大学）

職歴

2004年（平成16年）9月 アメリカ合衆国フィールド自然史博物館動物研究部両生類爬虫類部門ポストドクトラル研究員

2006年（平成18年）2月 日本学術振興会海外特別研究員 アメリカ合衆国オハイオ大学生物医学科

2007年（平成19年）4月 日本学術振興会特別研究員 国立科学博物館地学研究部

2010年（平成22年）8月 国立科学博物館地学研究部 非常勤研究員

2012年（平成24年）2月 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 講師

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

2006年から2011年の間に私は、大別して（1）恐竜類を含めた爬虫類、鳥類の首の形態の進化に関する研究、（2）モンゴル・ゴビ砂漠産の恐竜に関する研究、及び（3） μ CTスキャナーを用いた研究を行った。これら全てに共通する点は、解剖学などの生物学的な手法とフィールドワークを通して得られる化石標本のデータとを組み合わせてマクロな形態進化に迫ろうとしている点である。

まず（1）の研究対象である首は、四足動物のキー・イノベーションの一つで、感覚器官や摂食器官を含包する頭部の動きの自由度を高めることにより、より俊敏な刺激への対応や捕食活動を可能にした部位という点で重要である。まず私は、一見首が無いようなボディプランをもつヘビ類について、その進化上頸部と胴部とがどのように変化したのかを、現生標本の筋肉解剖学的観察から明らかにした。具体的には、ヘビ類は筋肉系により区別できる頸部を保持している一方で、伸長した体幹部の大部分は胴部からなるという結果が得られた。また、周飾頭類と獣脚類という恐竜類の2つのクレードについて、その後頭部における首の筋肉の付着部位を復元し、その機能形態学的意義について考察した。さらに、恐竜類の頸椎の形態進化についても研究を続け、例えば角竜類に特徴的な融合した前部頸椎である cervical bar と他の恐竜類

の頸椎との相同性を明らかにした。

次に(2)に関しては、ゴビ砂漠における地質学調査に参加し、これを通して採集された標本を元に、特に白亜紀の獣脚類恐竜の研究をおこなってきた。特に

ティラノサウルス類 *Tarbosaurus* の幼若個体の詳細な形態学的研究を行うとともに、成長に伴う骨格の形態変化が系統解析に及ぼす影響を調べた。また(3)のCTスキャンとデジタル3D構築技術を用いて、これらゴビ砂漠産恐竜の脳や内耳の形態の解析を行ってきた。これらの構造は、外界からの刺激に対する感度やそれを統合解析する能力を反映するため、行動など通常化石種では推測するのが難しい生物学的側面を知る手がかりになる。その例としては、獣脚類 *Avimimus* において、脳や内耳の構造は飛行の進化以前から鳥類型の形態をすでに獲得していた事がわかった。(3)に関してはさらに、翼竜の一種 *Anhanguera* の全身の骨をスキャンすることにより、その内部構造の解析をおこなった。さらに、日本の下部白亜系産出の *Albalophosaurus* の頭骨の3Dデジタル復元もおこなった。

以上のような研究に加えて、日本の中生代陸成層とその産出化石の調査、研究を開始した。具体的には鹿児島県下甕島に分布する上部白亜系化石産地の調査に参加し、そこから産出した獣脚類恐竜の単離歯の研究および記載をおこなった。

3. 特に優れた論文5編

1. Tsuihiji, T., M. Kearney, and O. Rieppel (2006), First report of a pectoral girdle muscle in snakes, with comments on the snake cervico-dorsal boundary, *Copeia* 2006(2), 206-215.

ヘビ類において、完全に消失されていたとされる肩帯に関わる筋肉の存在を初めて示した。

2. Tsuihiji, T. and P. J. Makovicky (2007), Homology of the neoceratopsian cervical bar elements, *J. Paleontol.*, 81(5), 1132-1138.

あるクレードの恐竜類を特徴づけるカギとなる構造の相同性と進化様式を明らかにした。

3. Tsuihiji, T. (2007), Homologies of the *longissimus*, *iliocostalis*, and hypaxial muscles in the anterior presacral region of extant Diapsida, *J. Morphol.*, 268(11), 986-1020.

爬虫類間の胴体と首の筋肉の相同性を初めて詳細に決定し、古生物学への応用の道を開いた。

4. Tsuihiji, T. (2010), Reconstructions of the axial muscle insertions in the occipital region of dinosaurs: evaluations of past hypotheses on Marginocephalia and Tyrannosauridae using the Extant Phylogenetic Bracket approach, *Anat. Rec.*, 293(8), 1360-1386.

過去に行われていた復元を科学的に妥当な方法で検証した。

5. Tsuihiji, T., M. Watabe, K. Tsogtbaatar, T. Tsubamoto, R. Barsbold, S. Suzuki, A. H. Lee, R. C. Ridgely, Y. Kawahara, and L. M. Witmer (2011), Cranial osteology of a juvenile specimen of *Tarbosaurus bataar* (Theropoda: Tyrannosauridae) from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Bugin Tsav, Mongolia, *J. Vert. Paleontol.*, 31(3), 497-517.

この号の Featured Article として掲載され、表紙も飾った。

4. 受賞等

- ・ 2003年（平成15年）5月，米イェール大学大学院より，地球科学分野における優秀な大学院生に対する Philip M. Orville Prize 受賞
- ・ 2004年（平成16年）5月，米イェール大学ピーボディー自然史博物より，進化と化石記録に関する優秀論文に対する George Gaylord Simpson Prize 受賞（論文タイトル：The ligament system in the neck of *Rhea americana* and its implication for the bifurcated neural spines of sauropod dinosaurs）

5. 研究の将来計画

今後の研究としては以下の2つの計画を進める予定である。

（1）現生爬虫類・鳥類における頸部の筋肉系の形態データと，化石種の頸部や後頭部の骨学形質の進化シーケンスを基に，鳥類やワニ類などを含むクレードである主竜類における頸部の筋骨格系の進化パターンへの復元を行う。主竜類の首の形態は，現生のワニ類に見られるような短い原始的な状態から，多くの頸椎からなり可動性の高い鳥類の派生的な状態にいたるまで，大きな変化を遂げている。この変化は，絶滅した主竜類，特に恐竜類の系統において徐々に起きたと考えられるため，その理解のためには，化石記録における骨学形質の進化を追う必要がある。同時に，現生種から得られる筋肉の付着部位など，骨格と筋肉系の関連を示す形質に特に着目してその進化パターンを復元することにより，筋肉系も含めた頸部の解剖学的進化の様式を解明していく予定である。

（2）モンゴル・ゴビ砂漠産出の恐竜類に関する研究を進める。まず，マイクロCT スキャナーなどを用いることにより，これらの恐竜類の脳や内耳のエンドキャスト形態の解析を継続する。例えば，草食性のハドロサウルス類などでは同一種内で成長段階の異なる個体の頭骨が発見されているため，これらの種に関して脳や内耳形態の成長パターンの解析を行う。この結果得られる，これらの構造の各部位の大きさの変化に関するデータを基に，個体成長に伴う感覚や他の神経機能の発達の過程が推測できると期待される。また現生の恐竜類である鳥類（ニワトリ）の胚からの成長段階の標本を作成しマイクロCT スキャン撮影することにより，同様な脳や内耳の成長パターンのデータを得る。これと化石の恐竜類における成長データを比較することにより，これらの構造の個体成長パターンの系統進化様式を推定したい。

次に，これら脳や内耳の形質や体の他の部位の新たな形態データを加えた分岐分析を行なうことにより，これまで提唱されていた恐竜類の系統仮説を検証して行く。特に鳥類に近縁なコエルロサウルス類・獣脚類の間の詳細な系統関係に関してはいまだに研究者間で見解の一致を見ていないが，いままでの分岐分析においてほとんど利用されていなかった脳や内耳の形質のデータを加えることにより，系統仮説が見直されると考えられる。また，ゴビ砂漠での調査では保存状態の良い白亜紀のコエルロサウルス類の新しい標本が数多く発見されており，これらの新標本から得られる新たな形態データは系統関係を明らかにする上で重要な役割を果たすと期待される。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 特別研究費奨励費，平成 19 年–平成 21 年，各年度 1,100 千円

(2) 共同研究 なし

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Tsuihiji, T., M. Kearney, and O. Rieppel (2006), First report of a pectoral girdle muscle in snakes, with comments on the snake cervico-dorsal boundary, *Copeia*, 2006(2), 206-215.
 2. Tsuihiji, T. and P .J. Makovicky (2007), Homology of the neoceratopsian cervical bar elements, *J. Paleontol.*, 81(5), 1132-1138.
 3. Tsuihiji, T. (2007), Homologies of the *longissimus*, *iliocostalis*, and hypaxial muscles in the anterior presacral region of extant Diapsida, *J. Morphol.*, 268(11), 986-1020.
 4. Watabe, M., T. Tsuihiji, S. Suzuki, and K. Tsogtbaatar (2009), The first discovery of pterosaurs from the Upper Cretaceous of Mongolia, *Acta Palaeontol. Pol.*, 54(2), 231-242.
 5. Shimada, K., T. Tsuihiji, T. Sato, and Y. Hasegawa (2010), A remarkable case of a shark-bitten elasmosaurid plesiosaur, *J. Vert. Paleontol.*, 30(2), 592-597.
 6. Tsuihiji, T. (2010), Reconstructions of the axial muscle insertions in the occipital region of dinosaurs: evaluations of past hypotheses on Marginocephalia and Tyrannosauridae using the Extant Phylogenetic Bracket approach, *Anat. Rec.*, 293(8), 1360-1386.
 7. Tsuihiji, T., M. Watabe, K. Tsogtbaatar, T. Tsubamoto, R. Barsbold, S. Suzuki, A. H. Lee, R. C. Ridgely, Y. Kawahara, and L. M. Witmer (2011), Cranial osteology of a juvenile specimen of *Tarbosaurus bataar* (Theropoda: Tyrannosauridae) from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Bugin Tsav, Mongolia, *J. Vert. Paleontol.*, 31(3), 497-517.
 8. Noro, M., H. Yuguchi, T. Sato, T. Tsuihiji, S. Yonei-Tamura, H. Yokoyama, Y. Wakamatsu, and K. Tamura, K (2011), Role of paraxial mesoderm in limb/flank regionalization of the trunk lateral plate, *Dev. Dyn.*, 240(7), 1639-1649.
 9. Miyake, Y., M. Aramaki, T. Komatsu, T. Tsuihiji, M. Manabe, and R. Hirayama (2011), Depositional facies containing non-marine vertebrate fossils in the Upper Cretaceous Himenoura Group on the Koshikijima Islands, Kagoshima, Japan, *J. Sedimentol. Soc. Jap.* 70(2), 62.
- ### (2) 学会プロシーディングス等
- ### (3) レビュー論文・総説

1. 對比地孝亘. 2009. “恐竜進化の読み解き方” 自然と科学の情報誌 ミルシル (国立科学博物館) 2巻2号, p.12-14. (査読なし)
2. 對比地孝亘. 2010. “恐竜から鳥類へ-脳の進化, 首の進化” 科学 (岩波書店) 80巻11号, p.1109-1113. (査読なし)

(4) 書籍等

査読あり

1. 『古生物学事典』(2010年, 朝倉書店. 日本古生物学会編集. 執筆分“曲竜類” “堅頭類” “剣竜類” “周飾頭類” “装盾類” “鳥盤類” “角竜類” “マイアサウラ” “モリソン層” “竜盤類” “竜脚類” “両生類” 計12項目)

査読なし

2. 『第34回企画展 BONES 図録』(2009年, 群馬県立自然史博物館. 姉崎智子他7名と共著. 執筆分“現生動物の情報を基にした絶滅動物の解剖学的な復元” p.22-23)
3. 『恐竜学博 2011 ガイドブック』(2011年, 朝日新聞社. 真鍋真他17名と共著. 執筆分一標本解説: “エオドロマエウス” “エオラプトル” “プラテオサウルス” “カマラサウルス” “ハプロケイルス” “リムサウルス” “ティラノサウルス” “ニジェールサウルス”. コラム: “最近の知見を加えた羽毛の起源と進化の概要” “ティラノサウルス類の進化” “羽毛をまとったティラノサウルス” “見えない部分を復元する: CTスキャンと3Dイメージング”)

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Tsuihiji, T., Watabe, M., Tsogtbaatar, K., Barsbold, R., Suzuki, S. A sauropod (Dinosauria: Saurischia) braincase from the Lower Cretaceous of the eastern Gobi Desert in Mongolia. 71th Annual Meeting, Society of Vertebrate Paleontology, 2011年11月2-5日, Las Vegas, Nevada, U.S.A. (一般)

他11回

(2) 国内会議

1. 對比地孝亘, 真鍋真. 2011. マイクロCTスキャンデータを基にした翼竜 *Anhanguera piscator* の3Dデジタルアトラス制作の試み. 日本古生物学会第160回例会, 2011年1月28-30日, 高知大学 (一般)

他2回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

- (1) ジャーナル
- (2) 学会等
- (3) 国際会議等

- ・ 4th International Symposium of the International Geoscience Programme Project No. 507 (2009年12月) 組織委員

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

公開講演会：

- ・ “解剖学的復元から探る恐竜類の環境適応” (杉並区区民科学講座・自然科学ワークショップ“化石で学ぶ気候変動 2 温室地球”於杉並科学館, 2009年2月28日)
- ・ “ステゴサウルスとその仲間たち” (於静岡科学館る・く・る, 2011年2月6日)
- ・ “恐竜の生物学～軟組織の復元から成長と進化まで” (恐竜化石シンポジウム in たんば 於四季の森生涯学習センター, 2011年10月22日)

12. 学内外の委員会等 なし

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

- (1) 受け入れ
外国人学生数; 外国人研究者数 : 0
- (2) 派遣
学生数; 研究者数 : 0
- (3) 海外からの来訪者数 : 4

荻原 成騎

I. 略歴

氏名： 荻原 成騎

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1984年（昭和59年）3月 東北大学地学科 卒業

1986年（昭和61年）3月 東北大学理学研究科地学専攻修士課程 修了

1989年（平成元年）3月 東京大学理学系研究科地質専攻博士課程 修了

1989年（平成元年）3月 理学博士取得（東京大学）

職歴

1989年（平成元年）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
（現職名は助教）

現在に至る

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

1) 続成作用における沸石化作用の研究

凝灰岩中の火山ガラスは、続成作用（石化作用）における埋没深度の増加に伴う温度上昇によって、火山ガラス→斜プチロル沸石（clinoptilolite）→方沸石（analcime）へ変化する。この研究では、斜プチロル沸石から方沸石への相変化メカニズムを明らかにした。すなわち、まずNaとKを主要陽イオンとする斜プチロル沸石が、間隙水との陽イオン交換反応によってNa型斜プチロル沸石へ変化する。その後、Na型斜プチロル沸石は、一旦溶解し、この解け跡に方沸石が沈殿する。このように、Na型斜プチロル沸石から方沸石への相変化は microdissolution-precipitation モデルで説明することができることをSEMによる観察、EDSによる組成分析などから明らかにした。

2) 裏日本新第三系におけるリン酸塩岩の発見とその成因についての研究

我国の石油第三系（女川層，船川層）と、太平洋を挟んで同じ時代に堆積した米国 Monterey 層を比較した場合の大きな相違点は、女川層船川層におけるリン酸塩層の欠如である。他の岩相は一致するのにも関わらず、リン酸塩層の欠如することは裏日本地質を研究する地質学者の長年の謎であった。荻原は、船川層からリン酸塩ノジュールの多出する層準を単独で発見した。当該地域の詳細な地質調査を行い、地質図を作成した上で、種々の炭酸塩ノジュールとリン酸塩ノジュールの分布を明らかにした。また、リン酸塩ノジュールについて、主要/微量化学組成、バイオマーカー組成の分析を行い、堆積物中でのリンの濃集過程におけるバクテリアの果たした役割の重要性を指摘した。

3) 冷湧水石灰岩形成場における化学合成群集についての研究

北海道の白亜紀地質（古生物）研究者にとって、長年の謎であった複数の石灰岩体について、炭酸塩炭素酸素同位体分析、バイオマーカー分析を行い、これらが冷湧

水石灰岩であることを認定/証明した。さらに、嫌氣的メタン酸化を行なった嫌氣的メタン古細菌 (ANME) の群集を特定し、時代変化について考察した。

バイオマーカーによる冷湧水石灰岩の認定には、嫌氣的メタン酸化古細菌の膜脂質起源である crocetane, pentamethylcosane(PMI), およびエーテル結合性 C40-isoprenoid が用いられる。これらの化合物は、嫌氣的メタン酸化古細菌によって利用したメタンの同位体を著しく分別するため、異常に軽い炭素同位体組成を持つことが特徴である。この研究では、北海道の二つの冷湧水石灰岩体から、これまで報告がなかったケトンから炭素同位体組成の軽い化合物を検出した。これらのケトンは、いずれも isoprenoid 鎖を持ち、炭素数 13, 14 および 18 であった。これらの化合物の起源について、炭素同位体組成から嫌氣的メタン酸化古細菌の膜脂質起源である可能性を示した。また、これらの化合物が嫌氣的メタン酸化認定に用いることができる化合物であること提唱した。

3. 特に優れた論文 5 編

1. S. Oghihara and A. Iijima (1989), Clinoptilolite to heulandite transformation in burial diagenesis, In "Zeolite Facts, Figures, Future" Jaobs, P.A. & Santen, R.A. eds. Elsevier, Amsterdam, 491-500.
2. S.Oghihara (1996), Diagenetic transformation of clinoptilolite to analcime in silicic tuffs of Hokkaido Japan, *Minerallium Deposita*, 30, 548-553.

これら二編の論文によって、続成作用による火山ガラスから斜プチロル沸石、斜プチロル沸石から方沸石への相転移が、それぞれ microdissolution-precipitation とそれに先立つ陽イオン交換反応から生じることを示した。

3. S. Oghihara (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.

秋田県南部の女川層船川層よりリン酸塩ノジュールを発見し、無機有機分析によって元素農集に微生物が関与したことを明らかにした。リン酸塩ノジュールの新第三系からの発見はこれまでになく、生成時の微生物関与は、新知見である。

4. 荻原成騎 (2005), 冷湧水炭酸塩岩形成場における化学合成群集の進化, 化石, 78, 40-46.

この論文は、冷湧水炭酸塩、化学合成群集化石を研究する初学者が最初に読む論文として執筆したレビュー的論文であり、地質学微生物学的に嫌氣的メタン酸化のメカニズム、冷湧水石灰岩形成についての入門的テキストとして利用されている。

5. S, Oghihara. (2008), An organic geochemical investigation of cold seep carbonates from central Hokkaido, northern Japan. *Geochemical Journal*, 42, 421-427.

ANME (嫌氣的メタン酸化古細菌) の膜脂質マーカーとしては, croctane や PMI などの炭化水素とアーケオール, ヒドロキシアーケオール(もしくは脂質部品としての C40 ビフィタン) が用いられる. この論文では, 比較的分析が容易なケトン画分から, C13 および C18 イソプレノイドケトンを検出し, 個別炭素同位体組成などから, 膜脂質起源であることを明らかにした. この研究によって, 新たに有効なマーカーが提唱された.

4. 受賞等

- ・ S. Yamakita, N. Kadota, R. Tada, S. Ogihara, E. Tajika and Y. Hamada, 日本地質学会 小藤賞 平成 12 年度

5. 研究の将来計画

1) 日本海のメタンハイドレートに関する研究

本年 10 月に, 研究共同体「表層ガスハイドレート研究コンソーシアム Research Consortium for the Study of Shallow Gas Hydrates: RC-SGH」が, 立ち上がった. 本人は, 堆積物の分析, 特に有機地球化学分析を担当する. メタン湧出に特徴的なバイオマーカーを定量することによって, メタン湧出の時代変化を明らかにすることが研究目的である. 大量の試料を迅速に分析する必要があるため, 炭化水素画分の不規則イソプレノイド炭化水素, すなわち croctane および PMI を中心とした迅速分析を行う. これら化合物の三次元的な分布を明らかにし, メタンの大量噴出による地形の変化などと総合して, メタン湧出の歴史の変遷を明らかにする.

また, ハイドレートの移動メカニズム解明のため, ハイドレートそのものを分析し, どのような化合物といっしょに移動しているかを明らかにする. 日本海のハイドレートは白色を呈している. 石油と共に移動していれば黄色(茶色)になるはずであり, たとえばマッケンジーデルタ産と比較して大きく異なる. これまで得られた他地域のデータと比較して議論を行う.

さらに, ハイドレート試料と同時に採取される日本海表層堆積物を用いて, 日本海的环境変動をテーマとしたバイオマーカー分析を行う. 特に, 堆積物に頻繁に挟まれる暗色層(TL層)は, 日本海的环境変動を記録した特徴的堆積物である. これらについて, 無機有機地球化学分析を行い, 共同研究者が確立した時代論と合わせて, 日本海的环境変動について議論する.

2) 化石化学合成群集と共生細菌の古生態の進化についての研究

硫酸還元菌と共生してメタン酸化を行っているメタン酸化古細菌は, 遺伝子情報から, ANME-1 と ANME-II (および ANME-III) に分類される. バイオマーカー分析によっても, これらを分類することは可能であり, 特に地質試料についてはバイオマーカー分析に限られる. これまでの研究では, ANME-1 は古い時代から検出されるが, ANME-II については, 始新世以降にその分布を広げたという説が一般的である. 私は, 長年北海道白亜系の冷湧水炭酸塩岩を分析することによって, ANME-II の拡散

はアプチアン／アルビアン境界における海洋無酸素事変時によるものという考えを
発案した。この説を詳細な分析に基づいて証明していく。

研究に用いる試料は、20年以上に渡る現地調査と、近年、国立科学博物館との共
同研究によって、サハリンを含めた白亜紀の異常石灰岩、イノセラムス試料である。
これらの試料から、メタン酸化古細菌の膜脂質を分析することによって ANME 種を特
定する。分析結果と、試料の年代とを合わせることによって、ANME-II が北海道の白
亜系にて分布を広げた時代を特定する。これまでの研究では、微生物の古生態、特に、
その分布の拡大が行われた時代と海洋無酸素事変との関連について詳細な議論を行
う。

ここで分析試料の一つとしたイノセラムスの古生態については、謎が多い。小型
種が突然大型に進化する種があること、密集して生息している生態などである。本研
究では、イノセラムスが化学合成群集であるという仮説に基づいて、イノセラムスか
ら検出された微生物マーカーについて詳細に検討を加える

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 科研費基盤 C 古環境変動に伴う微生物の進化と拡散 平成 18～19 年度
3,700 千円
- ・ 科研費基盤 C バイオマーカーによって明らかにするイノセラムスの古生態 平
成 23 年～25 年 3,620 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 平成 19 年度 東大基金研究助成 海山燐灰土形成における海鳥糞の役割 2,000
千円
- ・ 平成 22 年度 東京地学協会研究助成 チリ硝石の有機地球化学的研究 500 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. 荻原成騎, 角和善隆 (2007), 縞状チャートと互層する黒色泥岩中のダイヤモンド
ドイド組成, *Res. Org. Geochem.*, 22, 19-30.
2. 荻原成騎 (2007), 中国青海湖堆積物中の高分岐イソプレノイド炭化水素,
Res. Org. Geochem., 22, 57-64.
3. Ogiwara, S., R. Matsumoto and Y. Chen (2007), An organic geochemical study
of KP-2 core on the mud volcano at Nankai Trough, *J. of Geochemical
Exploration.*, 95, 81-87.

4. Takeuchi, R., R. Matsumoto, S. Ogihara and H. Machiyama (2007), Methane-induced dolomite “chimneys” on the Kuroshima Knoll, Ryukyu island, Japan, *J. of Geochemical Exploration*, 95, 16-28.
5. S. Ogihara (2008) An organic geochemical investigation of cold seep carbonates from central Hokkaido, northern Japan, *Geochemical Journal*, 42, 421-427.
6. 荻原成騎・平澤達矢(2008), C10-C13 直鎖アルキルベンゼンの GC/MS による解析, *Res. Org. Geochem.*, 23, 131-138.
7. 杉山和正・荻原成騎(2008), 天然鉱物シリーズ(1) clinoptilolite と heulandite, *Zeolite*, 25, 155-161.
8. 荻原成騎 (2009), バイオマーカー分析によるメタン酸化古細菌の群集推定, 月刊地球, 31 (9), 520-514.
9. 荻原成騎 ・石崎 理・松本 良(2009), なつしま NT-06-19 航海 (直江津沖海鷹海脚および上越海丘) によって採取された堆積物柱状試料の有機地球化学分析, 地学雑誌, 119, 128-135.
10. 荻原成騎 (2010), 日本近海のメタン湧出点における嫌氣的メタン酸化細菌の群集組成, *Res. Org. Geochem.*, 26, 129-138.
11. 荻原成騎 (2011), 層状チャート中に挟在する黒色頁岩中のダイヤモンドイドの GC/MS による解析, *Res. Org. Geochem.*, 27, 149-154.

(2) 学会プロシーディングス等

1. 日本地球惑星連合学会 2011 年会

(3) レビュー論文・総説

(4) 書籍等

(5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. S. Ogihara, The role of bacteria in the formation of phosphorite nodules from Late Pleistocene Kusu Basin, northern Kyushu, Japan. 17 th International Sedimentary Congress 8/28-9/1 2006, Hukuoka. 一般

(2) 国内会議

1. 荻原成騎 五浦海岸に分布するメタン起源炭酸塩の地球化学的研究 日本有機地球化学会 第27回シンポジウム 8/5-8/7 2009 松江 一般

その他 9 回

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 大学院機器分析実習の結果を論文としてまとめた.
- ・ 荻原成騎・平澤達矢(2008), C10-C13 直鎖アルキルベンゼンの GC/MS による解析
Res.Org. Geochem., 23, 131-138.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 2003-2004 年度 有機地球化学会事務局長
- ・ 2005-2006 年度 有機地球化学会事務局長補佐
- ・ 2011 年度 炭酸塩コロキウム 幹事

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

12. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

13. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数;

外国人研究者数 : 2

(2) 派遣

学生数;

研究者数 : 6

(3) 海外からの来訪者数 :

砂村 倫成

I. 略歴

氏名： 砂村 倫成

現職： 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 助教

学歴

1992年（平成4年）3月 東京大学水産学科 卒業

1994年（平成6年）3月 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物学専攻
修士課程修了

1997年（平成9年）3月 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物学専攻
博士課程修了

1997年（平成9年）3月 博士（農学）取得（東京大学）

職歴

1997年（平成9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（平成13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（平成15年）4月 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻 助手

2010年（平成19年）4月 東京大学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

微生物生態系は、栄養、酸素、微小環境、生物間相互作用など様々な要因に影響を受けている。同時に、微生物は、長い歴史の中で地球環境や地球で生じる反応過程に多大な影響を及ぼしている。環境中微生物の大部分は分離培養が困難であるため、微生物生態学では環境中微生物の直接測定が重要である。私の研究目標は、地球と微生物生態系の相互作用の解明である。より具体的には、微生物群集が地球の環境要因とどのように関係し、どのように制御されているのかを明らかにし、微生物群集のコントロールと微生物群集変動を通じた環境要因変動を推定すること、また微生物群集の活動が引き起こす可能性のある環境変動を予測することにある。特に深海海底熱水系や深海を中心とした水圏の微生物生態系の制御要因を解明することであり、ここ数年は1.) 微生物定量化技術の開発、2.) 熱水・冷湧水系の微生物群集構造解析と微生物の定量化、3.) 熱水・冷湧水系の生物地球化学作用と元素循環、の研究を行っている。

環境中微生物の直接検出・定量方法には様々な手法が考案されており、近年は遺伝子解析を通じた方法が主流であるが、私は特に蛍光 *in situ* hybridization 法 (FISH 法) をはじめとした細胞レベルでの解析と定量化を軸に研究を行っている。特に近年では、次世代シーケンサーや情報処理技術の発展により大量の遺伝子データの解析が行われており、細胞レベルでの活性や定量化技術およびそのハイスループット解析が重要性を増すと考えている。そのために、CARD-FISHやGold-labelling-FISH,

SEM-EDS-FISH, MAR-FISHなど新規手法の導入に努めるとともに、他種類の同時解析を可能にするRainbow-FISH法を開発した。また、ハイスループット解析のためフローサイトメトリーによる細胞解析を導入した。

これらの顕微鏡による細胞定量解析手法と、微生物遺伝子を用いた定性的な系統解析を組み合わせ、2004年に我々が水曜海山深海プルームで発見し、命名したSUP05グループ微生物の西太平洋熱水域全体での分布解析、細胞定量解析、増殖活性評価、メタゲノム解析を行っている。石垣島珊瑚礁の海底温泉における硫黄酸化微生物の優占、南マリアナ海域海底熱水噴出域の鉄酸化微生物の優占、沖縄トラフ熱水系での液体二酸化炭素分布と微生物の関連、日本海メタンハイドレート胚胎域における嫌気性メタン酸化古細菌の分布、震源地の断層帯における水素酸化微生物の優占や放射性同位元素を用いた微生物活性測定などの調査研究を実施した。

海底下—海洋の熱、物質フラックスの多くは、熱水やメタン湧水系を通じて行われていると考えられており、地球上の物質循環や深海生態系に大きく寄与している。この物質フラックスは、実測が困難であったことから、主にモデリングによる熱量の収支から見積もられている。これらの物質フラックスの実測に向け、自律型潜水艇（海洋研究開発機構、東京大学生産技術研究所が開発）を用いた深海の高密度 3D 観測を高知大学や海洋研究開発機構とともに世界に先駆け南部マリアナトラフ熱水域で実施し、微生物定量技術を用いて熱水域での微生物フラックスを見積もった。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Sunamura, M., Y. Higashi, C. Miyako, J. Ishibashi, and A. Maruyama (2004), Two Bacteria phylotypes are predominant in the Suiyo Seamount hydrothermal plume, *Applied and Environmental Microbiology*, 70(2), 1190-1198.

Total citation in Web of Science: 53. First finding of most abundant sulfur oxidizer SUP05 in the seawater.

2. Sunamura, M., A. Maruyama, T. Tsuji, and R. Kurane (2003), Spectral imaging detection and counting of microbial cells in marine sediment, *J. Microbiol. Meth.*, 53, 57-65.

Total citation in Web of Science: 11. Development of detection method for sediment microbes using fluorescent spectrum.

3. Mori, K., M. Sunamura, K. Yanagawa, J.-i. Ishibashi, Y. Miyoshi, T. Iino, K.-i. Suzuki, and T. Urabe (2008), First Cultivation and Ecological Investigation of a Bacterium Affiliated with the Candidate Phylum OP5 from Hot Springs, *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 6223-6229.

Total citation in Web of Science: 12. First finding and isolation of microbe at a novel phylum level.

4. Hirayama, H., M. Sunamura, K. Takai, T. Nunoura, T. Noguchi, H. Oida, Y. Furushima, H. Yamamoto, T. Oomori, and K. Horikoshi (2007), Culture-Dependent and -Independent Characterization of Microbial Communities Associated with a Shallow Submarine Hydrothermal System Occurring within a Coral Reef off Taketomi Island, Japan, *Applied and Environmental Microbiology*, 73, 7642-7656.

Total citation in Web of Science: 31. Community structure analysis in shallow water hydrothermal system in photosynthetic zone.

5. Yanagawa, K., Morono, Y., de Beer, D., Haeckel, M., Sunamura, M., Futagami, T.,

Hoshino, T., Terada, T., Nakamura, K., Urabe, T., Rehder, G., Boetius, A. and Inagaki, F. (2012), Metabolically active microbial communities in marine sediment under high-CO₂ and low-pH extremes, *ISME J.*, in press

Total citation in Web of Science: 0. Microbial adaptation and ecological signatures in liquid CO₂ containing marine sediment for future CO₂ storage plan beneath the seafloor.

4. 受賞等

5. 研究の将来計画

次世代シーケンサーの登場や新しい微生物分離株の増加に伴い、地球上の微生物機能が遺伝子レベルで網羅的に解析されつつある。これらの情報を地球科学の発展に生かすためには、従来の定性的な微生物機能情報だけでなく、機能と物質循環系を結びつけるより定量的な解析が重要である。地球と微生物生態系の相互作用のうち、特に海底面近傍での物質フラックス、微生物フラックスを対象に調査研究を実施したい。

(1) 高精度・高解像度海洋観測：AUVなどの自律型潜水艇をもちいた海洋の高解像度、高密度、広範囲な調査方法の確立をめざす。そのためには、1.1.センサー類の迅速なデータ処理方法、1.2.高密度採水システムの利用とハイスループット微生物解析手法の開発、1.3.高密度データ取得に対応する現場微生物センサーの開発、1.4.音波を利用した高精度なAUVによる水塊構造の解明を目指す。これらの実現のために、AUV研究航海への応募と乗船を実施予定である。また、現場微生物センサーの開発にむけ、高知大学などと共同で科研費などの資金に応募中である。

(2) 深海海底熱水系や深海を中心とした水圏微生物生態系制御要因の解明：深海海底熱水域や酸素極小層や貧酸素水塊中微生物の群集変動や活性などの測定を通じて、エネルギー変換効率や炭素、窒素、硫黄循環の定量化を目指す。また、日本近海に特徴的に存在する水深6000mを超える超深海の微生物群集機能や活性評価と圧力との関係の調査を海洋研究開発機構のグループと共同で実施し、超深海生命圏の光合成生物圏や地震や地滑りとの関連の解明を目指す。

(3) 深海域での微生物フラックスおよび微生物が関与する物質循環の見積もり：高精度・高解像度海洋観測手法と微生物調査の結果をあわせ、深海域の海底下—海洋における微生物が果たす炭素・窒素・硫黄の軽元素物質循環への影響を評価する。

(4) 岩石と微生物の関係：岩石風化と微生物群集の関係を調査する。風化過程の異なる、さまざまな岩石を東工大と共同で採取し、岩石風化に関わる微生物群集を特定し、風化に関わるメカニズムを探る。

6. 競争的資金獲得状況

(1) 科研費

- ・ 若手研究(B)・代表, 深海冷湧水・熱水噴出域における化学合成微生物群集制御要因の解明に関する研究, H17-18, 3, 500 千円
- ・ 基盤(B)・分担, 熱水性鉱物表面へ付着することによる原核生物の温度耐性に関する影響の解明(浦辺徹郎)平成 18-19 年度
- ・ 基盤(A)・分担, 海洋中深層における非極限性古細菌の分子生態学的研究(木暮一啓), 平成 18-20 年度, 1, 500 千円
- ・ 基盤(C)・分担, 古環境変動に伴う微生物の進化と拡散(荻原成騎), 平成 18-20 年度
- ・ 基盤研究(A)・分担, 日本海東縁の海底メタンハイドレートと大規模メタン湧出に関する総合的研究(松本良), 平成 19-22 年度
- ・ 新学術領域研究「海底下の大河」計画研究 A02 班・代表, 海洋に流れ込む大河の地球生物化学的影響, 平成 20-24 年度, 127, 000 千円
- ・ 挑戦的萌芽研究・分担, 微生物による岩石風化とその地球物質循環への影響(岩森光)(平成 24-26 年度), 1, 170 千円

(2) 共同研究

(3) 受託研究

- ・ 産業技術総合研究所(委託元:環境省), 環境微生物群集を対象とした解析・計測手法の検討, 平成 20-21 年度, 2, 500 千円

(4) 研究助成金

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Sunamura, M., and A. Maruyama (2006), A digital imaging procedure for seven-probe-labeling FISH (Rainbow-FISH) and its application to estuarine microbial communities, *FEMS Microb. Ecol.*, 55, 159-166.
2. Kitazawa, K., Oji, T., and Michinari Sunamura. (2007) Food composition of crinoids (crinoidea: echinodermata) in relation to stalk length and fan density: their paleoecological implications. *Mar. Biol.*, 152, 959-968
3. Hirayama, H., M. Sunamura, K. Takai, T. Nunoura, T. Noguchi, H. Oida, Y. Furushima, H. Yamamoto, T. Oomori, and K. Horikoshi (2007), Culture-Dependent and -Independent Characterization of Microbial Communities Associated with a Shallow Submarine Hydrothermal System Occurring within a Coral Reef off Taketomi Island, Japan, *Applied and Environmental Microbiology*, 73, 7642-7656.
4. Mori, K., M. Sunamura, K. Yanagawa, J.-i. Ishibashi, Y. Miyoshi, T. Iino, K.-i. Suzuki, and T. Urabe (2008), First Cultivation and Ecological Investigation of a Bacterium Affiliated with the

- Candidate Phylum OP5 from Hot Springs_, *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 6223-6229.
5. Kato, S., K. Hara, H. Kasai, T. Teramura, M. Sunamura, J. Ishibashi, T. Kakegawa, T. Yamanaka, H. Kimura, K. Marumo, T. Urabe, and A. Yamagishi (2009), Spatial distribution, diversity and composition of bacterial communities in sub-seafloor fluids at a deep-sea hydrothermal field of the Suiyo Seamount, *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 56(10), 1844-1855.
 6. Kato, S., K. Yanagawa, M. Sunamura, Y. Takano, J. i. Ishibashi, T. Kakegawa, M. Utsumi, T. Yamanaka, T. Toki, T. Noguchi, K. Kobayashi, A. Moroi, H. Kimura, Y. Kawarabayasi, K. Marumo, T. Urabe, and A. Yamagishi (2009), Abundance of Zetaproteobacteria within crustal fluids in back-arc hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough, *Environ Microbiol*, 11, 3210-3222.
 7. Yanagawa, K., M. Sunamura, M. A. Lever, Y. Morono, A. Hiruta, O. Ishizaki, R. Matsumoto, T. Urabe, and F. Inagaki (2011), Niche Separation of Methanotrophic Archaea (ANME-1 and -2) in Methane-Seep Sediments of the Eastern Japan Sea Offshore Joetsu, *Geomicrobiol. J.*, 28, 118-129.
 8. 浦辺徹郎, 沖野郷子, 砂村倫成, 石橋純一郎, 高井研, 鈴木勝彦 (2009) 海底下の大河—海洋地殻内熱水循環の多様性と生物地球化学プロセス, *地学雑誌*, 118, 1027-1036
 9. 砂村倫成・野口拓郎・山本啓之・岡村 慶(2009) 熱水活動が海洋環境と深海生態系にもたらす影響, *地学雑誌*, 118, 1160-1173.
- (2) 学会プロシーディングス等
- (3) レビュー論文・総説
1. 砂村 倫成, 最古の後生生物微化石の正体は：卵？胚？細菌？(2007) *遺伝*, 61(4), 6-7 「査読なし」
 2. 砂村 倫成, 海洋環境の化学合成微生物群集とその役割(2009) *Ship & Ocean News letter*, 204, 4-5 「査読なし」
 3. 砂村倫成, (2009) 鉄の酸化還元反応に伴う微生物活動, 鉄展2009, 東京大学総合研究博物館 「査読なし」
 4. 山本啓之, Dhugal Lindsay, 砂村倫成 (2010) 深海熱水噴出域の生物多様性, 海底下からの熱水プルームを通じた海洋への影響. *海洋と生物*, 32: 143-149 「査読あり」
 5. 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. 「査読なし」
- (4) 書籍等
1. 砂村倫成, 「微生物ってなに？」, 4章.3項 極限環境の微生物(高温), 日本微生物生態学会教育研究部会編, 日科技連, (2006) pp.204
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Michinari Sunamura, Microbial population fed on deep-sea hydrothermal plumes , Okazaki Biology Conferences, Okazaki, Sep 2006 (Invited)
2. Michinari Sunamura, Takroh Noguchi, Kei Okamura, and Hiroyuki Yamamoto, Close correlation between Microbe and Geochemical composition in North-Western Pacific hydrothermal plume, 2010 InterRidgeJ Symposium, Kashiwa, Japan, Nov. 2010 (Invited)

他 7 件

(2) 国内会議

1. 砂村 倫成 「地球を食べる微生物」に迫る-バイオイメーキングによるアプローチ-, 2007 年度バイオイメーキング学会, 東京理科大学, 2007 年 11 月, (招待講演)
2. 砂村倫成, 深海の雲と微生物, 第 5 回海の研究シンポジウム, 東大小柴ホール, 2010 年 7 月 1 2 日 (招待講演)

他 27 件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

- ・ 2007 年度バイオイメーキング学会ポスター賞, 柳川 勝紀, 石橋 純一郎, 浦辺 徹郎, 砂村 倫成, FISH 法による深海熱水活動域微生物群集構造の解明

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

(2) 学会等

- ・ 日本微生物生態学会, 第 22 回大会大会運営委員 (2006)
- ・ 日本地球掘削科学コンソーシアム, 科学推進専門部会・地下微生物圏分科会・委員 (2006-2009)
- ・ 日本地球惑星科学連合, 選挙管理委員会・委員(2008, 2011)
- ・ 日本微生物生態学会, 評議員 (2008-2011)
- ・ InterRidge Stcomm 委員(2010-)

(3) 国際会議等

11. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 平成 19, 20, 21, 23 年高校生, 東京大学教養学部生 (1, 2 年生) 向けの地球惑星

科学関連のシンポジウム実行委員.

- ・ 平成 18 年理学部若手シンポジウムの企画および実行委員.
- ・ 平成 21 年度, 日本微生物生態学会にて教育用ビデオの監修

1 2. 学内外の委員会等

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

(1) 受け入れ

外国人学生数; 外国人研究者数:

(2) 派遣

学生数; 研究者数:

(3) 海外からの来訪者数:

棚部 一成

I. 略歴

氏名： 棚部 一成

現職： (2012年3月31日定年退職；名誉教授) 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 教授

学歴

1970年(昭和45年)6月 横浜国立大学教育学部地学科 卒業

1973年(昭和48年)3月 九州大学大学院理学研究科地質学専攻修士課程 修了

1976年(昭和51年)3月 九州大学大学院理学研究科地質学専攻博士課程 修了

1976年(昭和51年)3月 理学博士取得(九州大学)

職歴

1976年(昭和51年)4月 九州大学理学部地質学科 助手

1980年(昭和55年)4月 愛媛大学理学部地球科学科 助教授

1986年(昭和61年)10月 東京大学理学部地学科助 教授

1991年(平成3年)3月～12月 アメリカ自然史博物館およびオハイオ大学客員研究員
(文部省在外研究)

1992年(平成4年)5月 東京大学理学部地学科 教授

1993年(平成5年)4月 東京大学理学系研究科地質学専攻 教授

2000年(平成12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

II. 学術研究

2. 現在までの主な研究成果

1. 現生・化石貝類の微細成長縞を用いた生物－環境相互作用の高時間精度復元

東京湾の干潟環境に生息する軟体動物二枚貝類のカガミガイ (*Phacosoma japonicum*) とムラサキイガイ (*Mytilus galloprovincialis*) を対象として、貝殻内部に残された微細成長縞を用いた成長の時系列解析と貝殻の微量元素・酸素・炭素安定同位体比の分析を行い、ミクロからマクロレベルにわたる貝殻の成長を支配する生態的、環境学的要因を日レベルの高時間精度で抽出した。さらに、この研究成果を東京湾周辺の考古遺跡から産出した化石カガミガイに適用し、第四紀完新世(過去1万年間)における日本列島の浅海環境のダイナミクスとそれに対する生物の生活史形質の応答様式を日から季節レベルの時間精度で明らかにした。これらの研究成果は、国際誌 *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, *Marine Ecology Progress Series*, *Aquatic Ecology* などに公表した。

2. 北米太平洋岸に分布する海成白亜系の高時間精度年代層序と海生生物群の時空変遷

米国カルフォルニア州北部、アラスカ州南部、およびカナダのバンクーバー島の海成

白亜系を対象に共同研究者と野外地質調査を実施し、古地磁気層序、大型・微化石層序の解析を行った。その結果、カルフォルニア州北部 North Folk Cottonwood Creek に露出する下部-中部白亜系(オーテリビアンからチューロニアン)の総合年代層序を明らかにした(Fernando et al. 2011; Island Arc)。この層序は北米太平洋域の基準層序として認定できる。底生有孔虫が示す古水深は、バレミアン階では Upper neritic を示すが、チューロニアン階では Upper bathyal となり、時代とともに深化することがわかった。また、セノマニアン/チューロニアン境界部の炭質物安定炭素同位体比、有機炭素量、黄鉄鉱化指数の変動解析から、白亜紀中期の海洋無酸素事変(OAE2)当時の北太平洋の深層域は、テチス浅海域と異なり酸化環境が卓越していたことが示唆された(Takashima et al. 2011: Nature Communications)。さらに、上記学術調査で得られた化石資料の中から、北海道やカナダ、バンクーバー島産のイカ・タコ類(鞘形類)の顎化石を記載報告し、これまで化石記録が不完全であった現代型鞘形類の起源が少なくとも白亜紀中期まで遡ることを明らかにした(Tanabe et al. 2008: Jour. Paleontology; Iba et al. 2011: Geology ほか)。このほか、北海道の上部白亜系から産した大型海生爬虫類の遺骸(骨)に伴われる化学合成貝類を世界で初めて報告した(Kaim et al. 2008: Acta Palaeont. Polonica)。

3. アンモノイド類の初期発生に関する研究

北海道、ロシア、米国、ポーランドの海成ジュラー白亜系から産した初生的な鉱物組成(アラゴナイト)と殻体構造を保存した発達段階の異なるアンモノイド類の胚殻化石の外部形態、微細構造、元素組成を SEM と EDS により詳細に調べ、胚殻の形成過程を明らかにするとともにアンモノイド類の繁殖生態について考察した(Tanabe et al. 2009: Amer. Mus. Novitates; Tanabe et al. 2010: Tokai Univ. Press)。

3. 特に優れた論文 5 編

1. Tanabe, K., 1979: Palaeoecological analysis of ammonoid assemblages in the Turonian Scaphites facies of Hokkaido, Japan. *Palaeontology*, 22, 609-630.

北海道中軸帯の白亜紀前弧海盆堆積体である蝦夷層群チューロニアン階に産するアンモノイド群集を対象にして産状、分布、種多様度を定量的に解析し、その結果と群集を産した堆積相の特徴と比較・検討した。その結果、陸棚浅海相から大陸斜面上部相に移行するにつれて、各種の分布様式、群集の組成、種多様度が変化することが明らかになった。この事実から、白亜紀アンモノイド類の生息場は種ごとに異なり、生活様式も浮遊性、遊泳性、底生性と多様であったことが強く示唆された。この論文は出版から 30 年以上を経過した現在でも古生態学分野の論文や教科書に広く引用されている (ISI 登録雑誌被引用件数 47 (オンライン出版論文の被引用件数 3 を含む))。

2. Tanabe, K., N. H. Landman, R. H. Mapes, and C. J. Faulkner, 1993: Analysis of a Carboniferous embryonic ammonoid assemblage from Kansas, U.S.A.- Implications for ammonoid embryology. *Lethaia*, 26, 215-224.

アンモノイド類の初期発生や発達様式については、現生二枚貝類や腹足類同様に孵化後に浮遊幼生期があったとする説(幼生発達説)と、幼生期を経ずに卵から直接親のミニチュアが孵化するとする説(直達発生説)に意見が分かれていたが、これまで両説を支持する具体的な証拠は示されていなかった。著者らは、米国カンザス州の石炭系からアンモノイド類の幼殻の密集した産状を報告するとともに、幼殻の内部構造や外部形態の SEM 観察から、それらが卵塊として生み出され、孵化する前に大量死した

胚殻群集であることを明らかにするなど、アンモノイド類の直接発生説を裏付ける証拠を世界で初めて提示した。これらの胚殻は直径が 1mm 以下と小さいことから、アンモノイド類は小卵多産型の繁殖戦略を持っていたことが強く示唆された (ISI 登録雑誌被引用件数 25)。

3. Landman, N. H., J. K. Cochran, D. M. Rye, K. Tanabe, and J. M. Arnold, 1994: Early life history of Nautilus: evidence from isotopic analysis of aquarium-reared specimens. *Paleobiology*, 20, 40-51.

オウムガイ類は現存する唯一の外殻性頭足類で、その起源はカンブリア紀に遡ることや原始的な体制を持つことから、「生きた化石」の好例とみなされている。しかし、オウムガイ類は南西太平洋の亜深海 (水深 120-650 m) に生息するため、生活史や生態は長らく不明であった。筆者らは水族館で産卵・孵化した個体の貝殻の酸素同位体比と保育環境との比較から、オウムガイ類は孵化以前、孵化後ともに海水と同じ同位体分別作用で貝殻を形成することを明らかにした。従って、自然環境下で捕獲された個体の貝殻に普遍的に認められる 8~10 番目以降の隔壁の酸素同位体比の急激に濃くなる現象は、比較的水温の高い浅場 (水深 100 m 付近) に卵として産み付けられ孵化した個体が比較的低水温の亜深海域 (水深約 150~600 m) に垂直移動した結果生じたことと結論づけられた。この研究により、化石オウムガイ類やアンモノイド類についても貝殻酸素同位体比の解析に基づき初期生活史や生息場を推定する道が開拓された (ISI 登録雑誌被引用件数 36)。

4. Landman, N. H., K. Tanabe, and Y. Shigeta, 1996: Embryonic development, in *Ammonoid Paleobiology*, edited by N. H. Landman, K. Tanabe, and R. A. Davis, Plenum Press, New York, pp. 343-405, 1996.

この論文は、筆者が編集者として加わり、Plenum Press から出版されたアンモノイド類生物学の教科書に掲載された。先行研究やオリジナル資料に基づきデボン紀から白亜紀末までに繁栄を遂げたアンモノイド類の胚殻の外部形態、サイズ、表面装飾、内部構造の分類学的多様性や共通性を記載するとともに、アンモノイド類の初期発生や繁殖戦略について考察した (ISI 登録雑誌被引用件数 42)。

5. Schöne, B.R., K. Tanabe, D.L. Dettman, and S. Sato, 2003: Environmental controls on shell growth rates and $\delta^{18}\text{O}$ of the shallow-marine bivalve mollusk *Phacosoma japonicum* in Japan. *Marine Biology*, 142, 473-485, doi: 10.1007/s00227-002-0970-y.

日本列島沿岸の潮間帯や潮下帯に広く分布するマルスダレガイ科二枚貝の 1 種カガミガイをモデル生物として、貝殻成長編年学と安定酸素同位体比解析を併用して貝殻形成に関与する環境要因を検討した。その結果、本種では表層水温の年次変動や夏期モンスーンの強度が年間を通じての貝殻形成期間や朔望日輪の付加パターンに大きな影響を与えていることが明らかになった。この研究によって、過去の海洋環境変動に対する生物の応答様式を時系列的に解析する道が開拓された (ISI 登録雑誌被引用件数 56)。

4. 受賞等

- ・ 棚部一成 日本古生物学会論文賞 1975 (S50)年 1月 31日
- ・ 棚部一成 日本古生物学会学術賞 1982 (S57)年 1月 29日
- ・ 棚部一成 日本古生物学会賞(横山賞) 2010 (H22)年 6月 12日

- ・ 棚部一成 米国古生物学会フェロー 2011(H23)年 10月2日

6. 競争的資金獲得状況（代表者分のみ記載）

(1) 科研費

- ・ 基盤研究（C）第7回国際頭足類シンポジウム(2007)の企画調査. 平成18年度 研究課題番号 18634009 計 2,400 千円
- ・ 基盤研究（B）北米太平洋岸に分布する海成白亜系の高時間精度年代層序と海生生物群の時空変遷. 平成18年-22年度 研究課題番号 18403013 計 16,580 千円
- ・ 基盤研究（B）現生・化石貝類の微細成長縞を用いた生物-環境相互作用の高時間精度復元. 平成20年-22年度 研究課題番号 20340143 計 18,590 千円
- ・ 基盤研究（B）氷室地球と温室地球の海洋環境に対する軟体動物の生活史形質の応答様式の精密解析. 平成23年-25年度 研究課題番号 23340157 計 15,900 千円

(2) 共同研究

- ・ 日本学術振興会二国間共同研究（ドイツ，マインツ大学との共同研究）二枚貝類の成長縞編年学と生物地球化学に基づく北半球の海洋気候変動の精密解析. 平成22年-23年度 計 4,870 千円

(3) 受託研究

(4) 研究助成金

- ・ 井上科学振興財団. 2007(H18)年度井上科学振興財団国際研究集会開催助成 会議名：第7回国際頭足類シンポジウム 助成金額 700 千円
- ・ 花王財団 2007 (H18)年度国際研究集会助成 会議名：第7回国際頭足類シンポジウム. 助成金額 100 千円
- ・ 東京地学協会 2007 (H18)年度国際研究集会助成 会議名：第7回国際頭足類シンポジウム. 助成金額 300 千円

(5) その他

7. 論文・特許リスト

(1) 査読付き原著論文

1. Tanabe, K., Y. Hikida, and Y. Iba, 2006: Two coleoid jaws from the Upper Cretaceous of Hokkaido, Japan. *Journal of Paleontology*, 80(1), 135-147.
2. Landman, N.H., C.J. Tsujita, W.A. Cobban, N.L. Larson, K. Tanabe, and R. L. Flemming, 2006: Jaws of Late Cretaceous placenticeratid ammonites: how preservation affects the interpretation of morphology. *American Museum Novitates*, 3500, 1-48.
3. Hayashida, N. and K. Tanabe, 2006: The mode of life and taxonomic relationship of a Japanese Miocene pectinid bivalve *Nanaochlamys notoensis*. *Paleontological Research*, 10(1), 1-10.
4. Landman, N.H., K. Polizzotto, R.H. Mapes and K. Tanabe, 2006: Cameral membranes in

- prolecanitid ammonoids from the Permian Arcturus Formation, Nevada. *Lethaia*, 39(4), 365-379, doi: 10.1080/002411601008395.
5. Miyaji, T., K. Tanabe and B.R. Schöne, 2007: Environmental controls on daily shell growth of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 336, 141-150.
 6. Jenkins, R., Y. Hikida, Y., A. Kaim, and K. Tanabe, 2007: Methane-flux-dependent lateral faunal changes in a Late Cretaceous chemosymbiotic assemblage from the Nakagawa area of Hokkaido, Japan. *Geobiology* 5, 127-139, doi:10.1111/j.1472-4669.2007.00106.x.
 7. Kulicki, C., K. Tanabe, and N.H. Landman, 2007: Primary structure of the connecting ring of ammonoids and its preservation. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (4), 823-827.
 8. Zakharov, Y.D., Y. Shigeta, K. Tanabe, Y. Iba, O.P. Smyshlyava, A.M. Popov, T.A. Velivetskaya and T.B. Afanasyeva, 2007: Campanian climatic change: isotopic evidence from Far east, North America, North Atlantic and Western Europe. *Acta Geologica Sinica*, 81, 1049-1069.
 9. Tanabe, K., P. Trask, R. Ross, Y. Hikida, 2008: Late Cretaceous octobrachiata coeloid jaws from the circum-North Pacific regions. *Journal of Paleontology*, 82, 2, 429-439.
 10. Ubukata, T., K. Tanabe, Y. Shigeta and H. Maeda, 2008: Piggyback whorls: a new theoretical morphologic model reveals constructional linkages among morphological characters in ammonoids. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53 (1), 113-128.
 11. Kaim, A., Y. Kobayashi, H. Echizenya, R.G. Jenkins and K. Tanabe, 2008: Chemosynthesis-based associations on Cretaceous plesiosaurid carcasses. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53(1) 53(1), 97-104.
 12. Jenkins, R.G., Y. Hikida, Y. Chikaraishi, N. Ohkouchi, and K. Tanabe, 2008: Microbially induced formation of coated grains in the Late Cretaceous methane-seep deposits of the Nakagawa area, Hokkaido, northern Japan. *Island Arc*, 17, 261-269, doi: 10.1111/j.1440-1738.2008.00616.x.
 13. Tanabe, K., C. Kulicki, and N.H. Landman, 2008: Development of the embryonic shell structure of Mesozoic ammonoids. *American Museum Novitates*, 3621, 1-19.
 14. Gupta, N.S., D.E.G. Briggs, N.H. Landman, K. Tanabe and R.E. Summons, 2008: Molecular structure of organic components in cephalopods: evidence from oxidative cross linking in fossil marine invertebrates. *Organic Geochemistry*, 39, 1405-1414, doi: 10.1016/j.orggeochem.2008.06.008.
 15. Nemoto, T. and K. Tanabe, 2008: New record of a rhyncholite (cephalopod upper jaw element) from the Maastrichtian of Hokkaido, Japan. *Paleontological Research*, 12(3), 303-306.
 16. Iba, Y., S. Sano, P.W. Skelton, H. Kagi, and K. Tanabe, 2009: First record of Late Albian canaliculated rudist from northern California and re-assessment of *Durania? californica* Anderson, 1958. *Cretaceous Research*, 30, 540-546, DOI: 10.1016/j.cretres.2008.10.001.
 17. Yamamoto, A., K. Tanabe, and Y. Isozaki, 2009: Lower Cretaceous fresh-water stromatolites from northern Kyushu, Japan. *Paleontological Research*, 13, 139-149.
 18. Kruta, I., I. Rouget, N.H. Landman, K. Tanabe, and F. Cecca, 2009: Aptychi microstructure in Late Cretaceous Ancyloceratina (Ammonoidea). *Lethaia*, 42, 312-321, doi: 10.1111/j.1502-3931.2009.00154.x, 2.

19. Tada, Y., K. Fujikura, K. Oguri, H. Kitazato, and K. Tanabe, 2010: In situ fluorochrome calcein marking of deep-sea mollusks using a new growth chamber. *Aquatic Ecology*, 44, 217-222. doi: 10.1007/s10452-009-9290-3.
 20. Miyaji, T., K. Tanabe, Y. Matsushima, S. Sato, Y. Yokoyama, H. Matsuzaki, 2010: Response of daily and annual shell growth patterns of the intertidal bivalve *Phacosoma japonicum* to Holocene coastal climate change in Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 286, 107-120. doi: 10.1016/j.palaeo.2009.11.032.
 21. Ubukata, Y., K. Tanabe, Y. Shigeta, H. Maeda, and R.H. Mapes, 2010: Eigenshape analysis of ammonoid sutures. *Lethaia*, 43, 266-277. doi:10.1111/j.1502-3931.2009.00191.x.
 22. Mapes, R.H., L.A. Doguzhaeva, H. Mutvei, N.H. Landman, and K. Tanabe, 2010: The oldest known (Lower Carboniferous-Namurian) protoconch of a rostrum-bearing coleoid (Cephalopoda) from Arkansas, USA: phylogenetic and paleobiogeographic implications. *Ferrantia*, 59, 114-125.
 23. Tanabe, K. and Y. Hikida, 2010: Jaws of a new species of *Nanaimoteuthis* (Coleoidea: Vampyromorphida) from the Turonian of Hokkaido, Japan. *Paleontological Research*, 14, 145-150. doi:10.2517/1342-8144-14.2.145.
 24. Shigeta, Y., K. Tanabe, and M. Izukura, 2010: *Gaudryceras izumiense* Matsumoto and Morozumi, a Maastrichtian ammonoid from Hokkaido and Alaska and its biostratigraphic implications. *Paleontological Research*, 14, 196-201. doi:10.2517/1342-8144-14.3.202.
 25. Okaniwa, Y., T. Miyaji, T. Sasaki, and K. Tanabe, 2010: Shell growth and reproductive cycle of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* in Tokyo Bay. *Plankton and Benthos Research*, 5(Supplement), 44-50.
 26. Tanabe, K., 2011: The feeding habits of ammonites. *Science*, 331, 37-38. doi 10.1126/science.1201002.
 27. Takashima, R., H. Nishi, T. Yamanaka, T. Tomosugi, A. G. Fernando, K. Tanabe, K. Moriya, F. Kawabe, and K. Hayashi, 2011: Prevailing oxic environments in the Pacific Ocean during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2 *Nature Communications*, 2:21x, doi:10.1038/ncomms1233.
 28. Iba, Y., J. Mutterlose, K. Tanabe, S. Sano, A. Misaki, and K. Terada, 2011: Belemnite extinction and the origin of modern cephalopods 35 my prior to the K-P event. *Geology*, 39; 483-486; doi:10.1130/G31724.1
 29. Fernando, A.G. S., H. Nishi, K. Tanabe, K. Moriya, Y. Iba, K. Kodama, M.A. Murphy, and H. Okada, 2011: Calcareous nannofossil biostratigraphic study of forearc basin sediments: The Lower to Upper Cretaceous Budden Canyon Formation (Great Valley Sequence), northern California, USA. *Island Arc*, 20, 346-370, doi:10.1111/j.1440-1738.2011.00770.x
 30. Iba, Y., S. Sano, and K. Tanabe, 2011: A Tethyan bivalve, *Neithea* (Cretaceous pectinid) from northern California. *Paleontological Research*, 15, 79-84; doi:10.2517/1342-8144-15.2.079
- (2) 学会プロシーディングス等
1. Tanabe, K., C. Kulicki, N.H. Landman, and A. Kaim, 2010: Tuberculate micro-ornamentation on embryonic shells of Mesozoic ammonoids: Microstructure, taxonomic variation, and morphogenesis. In Tanabe, K., Y. Shigeta, T. Sasaki, and H.

- Hirano (eds.) Proceedings of the 7th International Symposium, Cephalopods-Present and Past. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 105-121.
2. Sasaki, T., S. Shigeno, and K. Tanabe, 2010: Anatomy of living *Nautilus*: Reevaluation of primitiveness and comparison with Coleoidea. In Tanabe, K., Y. Shigeta, T. Sasaki, and H. Hirano (eds.) Cephalopods-Present and Past. Proceedings of the 7th International Symposium. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 35-66.
 3. Kashiyama, Y., N.O. Ogawa, Y. Chikaraishi, N. Kashiyama, S. Sakai, K. Tanabe, and N. Ohkouchi., 2010: Reconstructing the life history of modern and fossil nautiloids based on the nitrogen isotopic composition of shell organic matter and amino acids. In Tanabe, K., Y. Shigeta, T. Sasaki, and H. Hirano (eds.) Cephalopods-Present and Past. Proceedings of the 7th International Symposium. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 67-75.
 4. Fuchs, D. and K. Tanabe, 2010: Re-investigation of the shell morphology and ultrastructure of the Late Cretaceous spirulid coleoid *Naefia matsumotoi*. In Tanabe, K., Y. Shigeta, T. Sasaki, and H. Hirano (eds.) Cephalopods-Present and Past. Proceedings of the 7th International Symposium. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 195-207.
- (3) レビュー論文・総説
(すべて査読無し)
1. Takahashi, A., Y. Hikida, R.G. Jenkins, and K. Tanabe, 2007: Stratigraphy and megafauna of the Upper Cretaceous Yezo Supergroup in the Teshionakagawa area, northern Hokkaido, Japan. Excursion Guidebook, The 7th International Symposium, Cephalopods-Present and Past. Bull. Mikasa City Mus., 11, 25-59.
 2. Ito, Y., R. Jenkins, T. Ichikawa, T. Sasaki, and K. Tanabe, 2008: Catalogue of type and cited specimens in the Department of Historical Geology and Paleontology of the University Museum The University of Tokyo, Part 5. The University Museum, The University of Tokyo, Material Reports, no. 74, 1-179.
 3. 宮地 鼓・棚部一成, 2008: 二枚貝の貝殻成長縞に残された高時間精度の生態情報。遺伝, 62, (6), 101-105.
 4. 宮地 鼓・棚部一成, 2008: 成長縞を用いた二枚貝の成長と環境情報の高時間精度復元, 月刊地球 号外, 59, 2-12.
 5. 北里 洋・棚部一成, 2008: 酸化還元境界の変動と生物進化。月刊地球, 30, (8), 363-366.
 6. 長谷川 卓・棚部一成・西 弘嗣, 2008: 温室地球期の海洋鉛直循環の解読—OAE堆積物を利用する新視点—。月刊地球, 30, (8), 372-377.
- (4) 書籍等
1. Tanabe, K., Y. Shigeta, T. Sasaki, and H. Hirano (eds.), 2010. Cephalopods-Present and Past. Proceedings of the 7th International Symposium. Tokai Univ. Press, Tokyo
 2. 日本古生物学会 (編; 編集責任者: 棚部一成, 北里 洋), 2010. 古生物学事典 第2版, 朝倉書店, 東京.
- (5) 特許

8. 学会発表など

(1) 国際会議

1. Tanabe, K., C. Kulicki, and N. H. Landman, Development of the embryonic shell structure in Mesozoic Ammonoidea. Seventh International Symposium, Cephalopods—Present and Past 2007(H19)年9月15日. Hokkaido University Conference Hall, Sapporo. 「招待」
2. Tanabe, K., P. Trask, R. Ross, and Y. Hikida, Late Cretaceous large octobrachiata coleoid jaws from the circum-North Pacific regions. Seventh International Symposium, Cephalopods—Present and Past. 2007(H19)年9月16日. Hokkaido University Conference Hall, Sapporo. 「一般」
3. Miyaji, T., Tanabe, K., Matsushima, M., Sato, S., Yokoyama, Y. and Matsuzaki, H., Response of daily and annual shell growth patterns of a shallow marine bivalve to Holocene coastal climate change in Japan: a case study on *Phacosoma japonicum* (Veneridae). 2nd International Sclerochronology Conference. 2010(H22)年7月26日. University of Mainz, Mainz, Germany. 「一般」(口頭発表者 棚部)
4. Tanabe, K., Comparative morphology of modern and fossil coleoid jaw apparatuses. 4th International Symposium on Coleoid Cephalopods. 2011(H23)年9月7日. State Museum of Stuttgart, Stuttgart, Germany. 「招待」

他7件

(2) 国内会議

1. Tanabe, K., Development of the embryonic shell structure in Mesozoic Ammonoidea, 第3回バイオミネラルリゼーションワークショップ. 2008(H20)年12月. 東京大学農学部 「一般」
2. 棚部一成, N.H. Landman, I. Kurta, and Gupta, N.S., タフオニミーを考慮したアンモノイド類顎器の復元 日本古生物学会 158 回例会 2009(H21)年1月31日. 琉球大学(那覇市) 「一般」

他15件

III. 教育

9. 教育における特筆すべき実績

(1) 過去10年間で指導した課程博士院生(学位取得者)

氏名	修了年	現在の所属
・ 守屋 和佳	2002(H14)年	金沢大学理学部特任研究員
・ ジェンキンズ ロバート	2005(H17)年	日本学術振興会特別研究員(PD)
・ 伊庭 靖弘	2008(H20)年	北海道大学理学院特任助教
・ 勝野 志保	2008(H20)年	株式会社エーザイ研究員
・ 宮地 鼓	2008(H20)年	北海道大学大学院理学院助教

- ・ 久保 泰 2008(H20)年 福井県立恐竜博物館研究員
- ・ 清家 弘治 2009(H21)年 東京大学大気海洋研究所助教
- ・ 多田 洋平 2009(H21)年 (株)日本同位体分析研究所職員
- ・ 椎野 勇太 2009(H21)年 東京大学総合研究博物館特任助教

(2) 指導した学生・院生, PD の受賞

- ・ 清家弘治：日本古生物学会優秀ポスター賞． 2005(H17)年 6 月
- ・ 多田洋平：日本古生物学会優秀ポスター賞． 2005(H17)年 6 月
- ・ ジェンキンズ ロバート：日本古生物学会優秀ポスター賞． 2007(H19)年 1 月 (特任研究員として在籍中に受賞)
- ・ 清家弘治：日本堆積学会最優秀講演賞． 2007(H19)年 3 月
- ・ 椎野勇太：日本古生物学会論文賞． 2008(H20)年 6 月
- ・ 中島保寿：日本古生物学会優秀ポスター賞． 2008(H20)年 1 月
- ・ 伊庭靖弘：東京大学大学院理学系研究科研究奨励賞(博士)． 2008(H20)年 3 月
- ・ 伊庭靖弘：井上研究奨励賞． 2009(H21)年 1 月 (特任研究員として在籍中に受賞)
- ・ 椎野勇太：The Award of the Alwyn Williams Fund. The 6th International Brachiopod Congress, Melbourne, Australia, 2010(H22)年 2 月 (学振 PD として在籍中に受賞)
- ・ 泉賢太郎：東京大学大学院理学系研究科研究奨励賞(修士)． 2012(H24)年 3 月

(3) 海外研究者の学位審査委員担当歴

- ・ Christian Klug (スイス, チューリッヒ大学古生物学教室) 教授資格申請論文(habilitation) (2007) Palaeobiology of Palaeozoic and Early Mesozoic Ammonoidea.
- ・ René Hoffmann (ドイツ, ベルリン自由大学地質科学教室) 博士論文(自然科学博士) (2009) New insights on the phylogeny of the Lytoceratoidea (Ammonitina) from septal lobe and its functional interpretation.

IV. 社会連携

10. 学会関係の貢献

(1) ジャーナル

- ・ 2006(H18) – 2008(H20) The Island Arc, Editorial Advisory Board
- ・ 2006 (H18) – 2011(H23) Paleontological Research, Associate editor

(2) 学会等

- ・ 2006 (H18) – 2011(H23) 日本古生物学会評議員
- ・ 2006 (H18) – 2011(H23) 日本地球惑星科学連合総務委員会委員
- ・ 2010 (H22) International Palaeontological Association, Nominations Committee member for 2011-2012

(3) 国際会議等

- ・ 2007年(H19) 7th International Symposium, Cephalopods—Present and Past (Hokkaido University, Sapporo, Japan, Sept. 14-17, 2007), Organizing Committee and Scientific Committee members.
- ・ 2010年(H22) 8th International Symposium, Cephalopods — Present and Past (University of Burgundy and CNRS, Dijon, France, Aug. 30-Sept. 3, 2010), Scientific Committee member.
- ・ 2010年(H22) 2nd International Sclerochronology Conference (ISC2010) (University of Mainz, Mainz, Germany, July 24-28, 2010), Organizing Committeemember
- ・ 2011年(H23) 4th International Symposium “Coleoid Cephalopods Through Time” (State Museum of Stuttgart, Stuttgart, Germany, Sept. 6-9, 2011), Scientific Board member
- ・ 2011年(H23) 9th International Symposium, Cephalopods—Present and Past (Universität Zürich, Switzerland, Sept. 4-14, 2014), Scientific Committee member

1 1. アウトリーチなど社会連携・貢献活動

- ・ 中川町の自然とアンモナイト. 北海道中川町講演会. 2007(H19)年9月
- ・ アンモナイトの古生物学. 東京都杉並区立科学館講演会. 2008(H20)年3月
- ・ 二枚貝の成長縞に記録された高時間精度の生態・環境情報. 国立科学博物館教育ボランティア普及講演会. 2010(H22)年11月
- ・ Dinosaur-Era animal’s last meal found in its mouth . Discovery News, USA. 2011(H23)年1月
- ・ アンモナイトはどのような生物であったか? 北海道開拓記念館普及講演会 2011(H23)年11月
- ・ アンモナイトの古生物学. 深田地質研究所深田淳夫名誉会長追悼シンポジウム. 2011(H23)年12月

1 2. 学内外の委員会等

学内

- ・ 2006(H18)年度～2011(H23)年度 総合博物館協議会委員
- ・ 2008(H20)年度 理学部地球惑星環境学科長
- ・ 2009(H21)年度 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻長

学外

- ・ 2007(H19)年度 日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員
- ・ 2010(H22)年度 科学研究費委員会審査第二部会数物系科学小委員会委員

V. 国際化対応

1 3. 外国人受け入れ・派遣状況

受け入れ

外国人学生数：博士2名(スウェーデン1名，ドイツ1名)

外国人研究者数：6名(ドイツ2名，ポーランド2名，スウェーデン2名)

派遣

学生数：

研究者数：3名(博士：21世紀COE海外派遣 伊庭靖弘，PD：組織的若手研究者

海外派遣：宮地 鼓，学術振興会若手派遣 白井厚太郎)

海外からの来訪者数：3名 (ドイツ1名，米国2名)