

# 地球科学

## 【第10問】

I 次ページの表1は、地球の上部マントルを構成し、かつ、天然の岩石として実際に入手可能な2つの物質の化学組成を、酸化物重量%で示したものである。この表に関する次の問いに答えよ。

- (1) Aの化学組成を持つ物質が、十分に粒径の大きい鉱物の集合体の岩石になった場合にどのような鉱物から構成されるか。存在量の多い上位3つの鉱物名をあげよ。
- (2) (1)の岩石名を答えよ。
- (3) Bの化学組成はAのものに近いが、いくつかの元素濃度の系統的な違いから、BはAが部分溶融しメルト成分が分離した残渣であると推定できる。なぜそのような推定が可能なのか、それぞれの元素の特性を考慮して、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の濃度の大小関係から100字以内で説明せよ。
- (4) 閉鎖系において、Aが部分溶融してメルトが生成し固体残渣Bが形成されたと仮定する。液相濃集微量元素であるTiを用いて、その溶融度を次のステップを踏んで推定してみよう。
  - (4-1) メルトと固体物質間の $\text{TiO}_2$ の分配係数が0.20であるとする。固体残渣Bと平衡共存しているメルト中の $\text{TiO}_2$ 濃度を計算せよ。
  - (4-2) 部分溶融度（生成されたメルトの重量分率）を $f$ とし、溶融前の固体A、溶融で生成されたメルト $m$ 、固体残渣Bのそれぞれの $\text{TiO}_2$ 含有量を $C_A$ 、 $C_m$ 、 $C_B$ として、 $\text{TiO}_2$ に関する質量保存式を書け。
  - (4-3) 表1と(4-1)の結果を(4-2)に代入し $f$ について解き、部分溶融度を有効数字2桁で求めよ。

(5) 液相濃集元素である Na や K についても (4) に従って  $f$  を推定し、同じ値が得られるかどうかで、(4) で考えた閉鎖系部分溶融モデルを検討してみよう。

(5-1)  $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$  のメルトと固体物質の分配係数がそれぞれ 0.05, 0.01 であるとして  $f$  の値を推定し、閉鎖系部分溶融モデルの妥当性を 100 字程度で検討せよ。

(5-2) (5-1) の結果を考慮して (4) で求めた部分溶融度の値の妥当性について 150 字程度で評価せよ。

表 1 上部マントルを構成する物質の化学組成

成分	A	B
$\text{SiO}_2$	44.90	44.20
$\text{TiO}_2$	0.20	0.13
$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.50	2.05
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0.38	0.44
$\text{FeO}$	8.05	8.29
$\text{NiO}$	0.25	0.28
$\text{MnO}$	0.14	0.13
$\text{MgO}$	37.80	42.20
$\text{CaO}$	3.54	1.92
$\text{Na}_2\text{O}$	0.36	0.27
$\text{K}_2\text{O}$	0.03	0.06
合計	100.15	99.97

## II 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

膨大な数にのぼる鉱物を結晶化学的に分類する場合、イオン結合性の鉱物はまずその陰イオンの種類によって分類される。例えば陰イオンがイオウである鉱物は（ア）と呼ばれ、その代表的なものとして（X）（組成  $\text{FeS}_2$ ）が挙げられる。（ア）は金属などの資源鉱物として重要である。

酸素を陰イオンとする酸化鉱物の多くは、結晶構造中で独立な（イ）を形成するため、この（イ）による分類が行われる。例えば  $\text{CO}_3^{2-}$  を含む鉱物は（ウ）と呼ばれ、その代表的なものは、貝殻などを形成する<sup>(A)</sup> $\text{CaCO}_3$  である。また、生物の骨などには大量の（Y）が含まれるが、これは（エ）に分類される。

すべての鉱物の中で（オ）は、地球上で最も多量で種類の多い類（class）である。これらは、 $\text{SiO}_4$  四面体の結合様式によって、6つの亜類に分類される。その中で（P）は、結晶構造中に（カ）がまったく無いものであり、その代表的なものは（キ）族やざくろ石族などを挙げることができる。

（Q）は、 $\text{SiO}_4$  四面体が3つの酸素を共有して、シート状に広がっている。典型的なものは（ク）族、緑泥石族などがある。また代表的な（ケ）で、風化生成物でもある kaolin 鉱物などもこれに分類される。これらの鉱物の多くでは、四面体シートに平行な（コ）が顕著に見られる。

結晶構造中で、1つの陽イオンを囲んでいる陰イオンの数をその陽イオンの配位数という。配位数を決める要因として考えられるのは、<sup>(B)</sup>陽イオンと陰イオンのイオン半径の比である。（オ）では、Siは4配位で、（R）は4配位と6配位の両方が見られる。6配位の配位多面体の形は八面体となり、6配位の陽イオンとして（S）と（T）などがその代表的なものである。

- (1) 文中の（ア）から（コ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 文中の（X）、（Y）に入る適切な鉱物名を答えよ。
- (3) 文中の（R）、（S）、（T）に入る適切な元素もしくはイオン名を答えよ。

- (4) 文中の ( P ), ( Q ) に入る  $\text{SiO}_4$  四面体の結合様式による分類名を次の語群から選んで答えよ.

inosilicates, tectosilicates, sorosilicates, phyllosilicates, cyclosilicates, nesosilicates

- (5) 下線部(A)において, この組成をもつ代表的な鉱物を 2 つ答え, 次にその熱力学的な安定関係について知るところを 50 字程度で述べよ.
- (6) 下線部(B)において, 配位多面体が正八面体で陽イオンと陰イオンが接する場合, 陽イオンの半径 ( $r_+$ ) と陰イオンの半径 ( $r_-$ ) の比  $r_+/r_-$  の値を有効数字 2 桁で答えよ.

# 地球科学

## 【第11問】

I 以下の文章を読んで、(1) から (5) の問いに答えよ。

地球の内部がおおむね<sup>(A)</sup>球殻状の構造をしていることは、主に地震学的手法による研究から分かってきた。球殻構造の一番外側は<sup>(B)</sup>プレート(リソスフェアの断片)からなり、現在の地球の火成活動の大半はプレート境界で起こっている。例外的に、<sup>(C)</sup>地球深部に起源を持ち、比較的長期間にわたってプレート内火成活動が継続している  ア  と呼ばれるところがあり、代表的な例としてはハワイや  イ  などが挙げられる。

(1) 文中の  ア  と  イ  に入る適切な語句を記せ。

(2) 下線 (A) の地球の内部構造について、組成と物性それぞれからみた層構造と相互の対応を、以下の語句を全て使って 150 字程度で説明せよ。

地殻 マントル 核 リソスフェア アセノスフェア 粘性 ケイ酸塩

(3) 下線 (B) のプレートの厚さについて考察する。地球の熱構造の観点からは、プレートはマントル対流の上部熱境界層にあたる。すなわち、表面での冷却により、温度勾配が急で、熱が伝導によって運ばれている層である。

(3-1) 簡単のため、中央海嶺における地下の温度構造が図 1 a で表されるとする。その後、時間が経ち、中央海嶺から離れてプレートが厚さ  $d$  (m) になった時の温度分布は図 1 b に示すように線形であると仮定する。この時に鉛直上向きに流れる地殻熱流量  $q$  ( $\text{W m}^{-2}$ ) はいくらか、図中に示す変数および熱伝導率  $K$  ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ) を使って答えよ。ただし、図 1 a, b において、海洋プレートの上面の深さを 0 m とし、堆積物の影響は無視できるものとする。

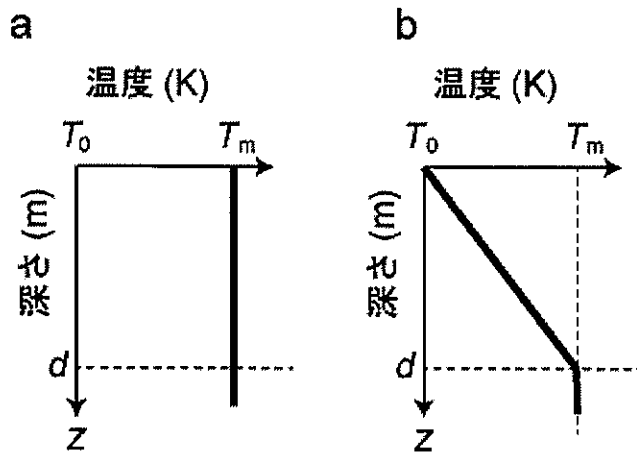


図 1

(3-2) プレート内で底面が単位面積の柱を考えたとき、この柱が図 1 b の温度構造を持つに至るまでに失われる熱  $\Delta H$  (J) を答えよ。定圧比熱  $C_p$  ( $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ), 密度  $\rho$  ( $\text{kg m}^{-3}$ ) とする。

(3-3) (3-1) および (3-2) で求めた  $q$  と  $\Delta H$  から、図 1 b の状態になるまで (熱が失われるまで) の時間  $t$  を求めよ。また、この結果から、中央海嶺からの距離とプレートの厚さとの関係を述べよ。ただしプレート内部の熱源は無視できるものとする。

(4) 下線 (C) について、ア の火山の起源が地球深部にあることを示す証拠を得るためにどのような観測・分析をしたらよいか、手法と期待される結果を 2 種類、それぞれ 100 字以内で述べよ。

(5) 図 2 と表 1 は、それぞれハワイとそれに連なる海山の分布および形成年代である。

(5-1) これらの図表から、過去およそ 4000 万年間の太平洋プレートの運動について推定できることを 50 字程度で述べよ。

(5-2) Daikakuji 海山付近で海山列は大きく向きを変える。この事実を説明するための仮説を 2 つ考え、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

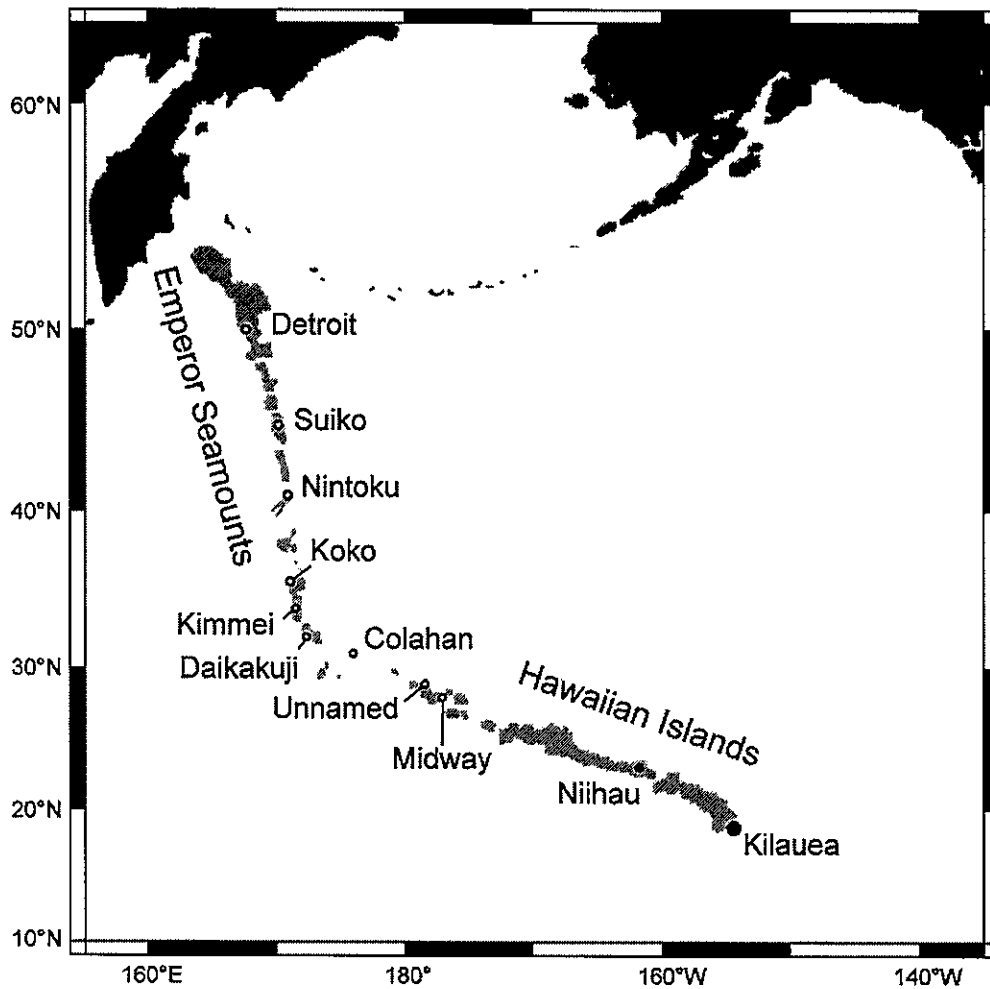


図2 (Sharp *et al.*, 2006 を改変)

表1

海山名	年代 (Ma)*	Kilauea からの距離 (km)
Suiko	$60.9 \pm 0.3$	4860
Koko	$52.6 \pm 0.8$	3812
Kimmei	$47.9 \pm 0.2$	3668
Daikakuji	$46.7 \pm 0.1$	3493
Colahan	$38.7 \pm 0.2$	3128
Unnamed	$31.0 \pm 0.2$	2600
Midway	$27.0 \pm 0.6$	2448

\* Ma: 百万年

II 下に示した地域（南北 1000 m，東西 600 m）の簡略化した地質図（図 3 a）と柱状図（図 3 b）について，（1）から（7）の問いに答えよ．なお，図 3 において 3 層の凝灰岩 ア，イ，ウ は同じ走向傾斜を持つ．凝灰岩の年代は図 3 b の括弧の中に示してある．数値年代の Ma は百万年を示す．

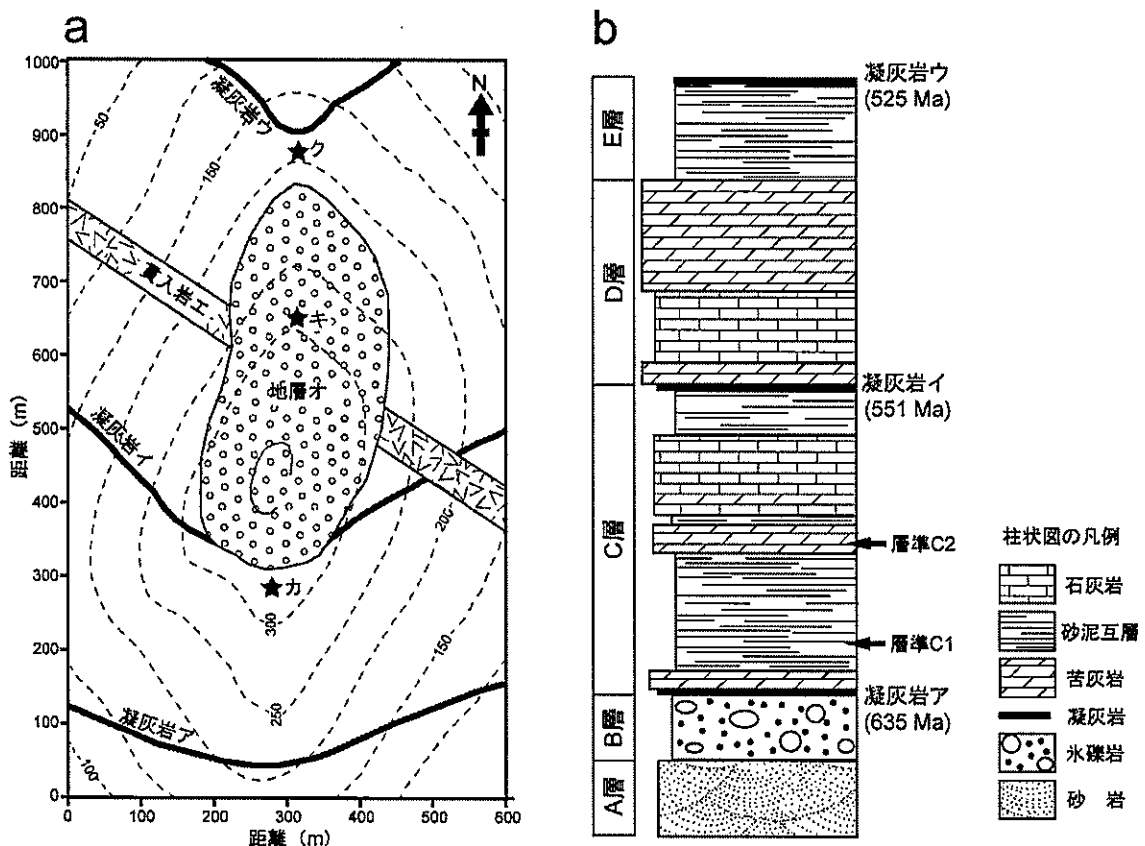


図 3

(1) 凝灰岩の走向および傾斜を求めよ．なお，図 3 a において等高線 (m) は細破線で示してある．

(2) 図 3 b に示される C 層の層厚として最も適切なものを下の①から⑧の中から選択せよ．

- ① 200 m, ② 250 m, ③ 300 m, ④ 350 m, ⑤ 400 m,  
 ⑥ 450 m, ⑦ 500 m, ⑧ 550 m



(3) 層準 C1 にはハンモック状斜交層理が観察された。この堆積構造の特徴と形成プロセスについて 100 字程度で記述せよ。

(4) 層準 C2 の苦灰岩には石膏仮像が見られた。層準 C1 からの堆積環境の変化について 100 字程度で述べよ。

(5) 貫入岩 エ の年代は 100 Ma と測定された。これが貫入した時代と凝灰岩 ウ が堆積した時代をそれぞれ紀で答えよ。

(6) B 層は氷礫岩であり、世界中の同じ時代の地層から広く報告されている。この礫岩の特徴、形成プロセスとその時代的背景について 150 字程度で記述せよ。

(7) 図 3a の星印 (★) カ, キ, クからは化石が得られた。3 地点からの産出化石の組み合わせとして可能なものを、下の①から⑥の中から全て選択せよ。

① カ：藻類, キ：カヘイ石, ク：アンモナイト

② カ：藻類, キ：恐竜, ク：三葉虫

③ カ：三葉虫, キ：フズリナ, ク：アンモナイト

④ カ：三葉虫, キ：恐竜, ク：腕足動物

⑤ カ：エディアカラ化石群, キ：カヘイ石, ク：腕足動物

⑥ カ：エディアカラ化石群, キ：フズリナ, ク：三葉虫