

平成 30 年度(2018 年度)
東北大学大学院理学研究科 地学専攻
博士課程前期 2 年の課程 入試問題

専門科目

- A 分野(地圏進化学・自然史科学・環境動態論・自然災害学)
- B 分野(環境地理学・環境動態論・自然災害学)
- C 分野(地球惑星物質科学・岩石地質学・自然史科学・比較固体惑星学)

平成 29 年 8 月 1 日 13:00～14:30 実施

注意事項

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置かないこと。
2. 携帯電話や音の出る機器などは、電源を切ってかばんの中に入れること。
3. 合図があるまで問題冊子を開かないこと。
4. 試験時間は 13:00 から 14:30 までである。
5. 問題は A 分野 2 問(問題 A1、A2)、B 分野 2 問(問題 B1、B2)、C 分野 3 問(問題 C1～C3)の計 7 問が出題される。このうちから 2 問を選択して解答すること。選択にあたっては、志望分野から少なくとも 1 問を選択し、残り 1 問は志望分野を含まない問題群から選択しても構わない。
6. 解答はすべて解答用紙に記入すること。解答は大問 1 題ごとに 1 枚の解答用紙を使うこと。オモテ面に書ききれないときはウラ面も使うこと。解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・志望分野および問題記号番号を記入すること。
7. 試験終了後、受験生には入学後の抱負などについて 20 分間の作文を課す。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みはできない。C 分野を志望する受験生には、志望研究室の調査を行う。

問題 A1 次の文章を読み、以下の問 1～問4に答えよ。

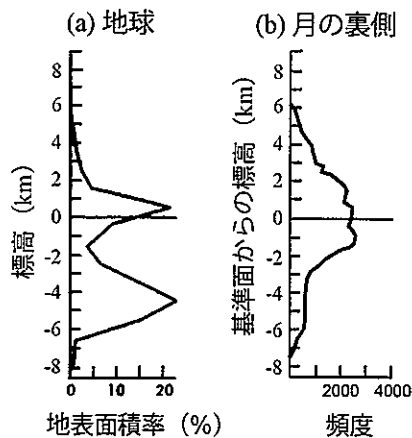
地球の表面は何十枚のプレートと呼ばれる硬い岩盤で覆われ、(A) 他の惑星や衛星に比べて特徴的な地形を形成している。また地形と地下の構造は、様々な重力観測からも知ることができる。例えば、中央海嶺は大規模な地形の高まりであって、異常は小さく、異常は著しい負の異常を示す。また、(B) 日本海溝周辺は著しい負の異常を示し、中部山岳地域は負の異常を示す。重力異常を知れば、アイソスタシーが成立しているかどうかを調べることができる。

一般に地質学的な長い時間では、マントルは液体のように流動性を示す。地殻はマントルよりも密度が小さいので、マントルの上に浮かんでいると考えることができる。特に (C) 大規模な山脈ではアイソスタシーにより、地下深くまで地殻の根が存在することが知られている。ただし、地震波のが伝播することからマントルは液体でないことが確かめられる。マントルの流動はおもにマントルを構成する物質がしていることに起因する。

問 1 ～に入る適切な語句を下記の選択肢から選べ。

- 弾性変形 塑性変形 脆性変形 フリーエア プーゲー
 縦波 横波 ジオイド モホ面 リソスフェア アセノスフェア
 メソスフェア

問 2 下線部 (A) に関して、図 1 (a) は地球の、図 1 (b) は月の裏側の地表高度分布のプロファイルである。地球ではピークが 2 つあるにも関わらず、月ではそうならない。何故このような分布を示すのか、その考えられる要因を 5 行程度で説明せよ。



((a) は Masurky et al. 1980 を改変、(b) は Lucey et al. 1994 を改変)
 (注：図 1 (b) の「頻度」とは、検討対象範囲の地表を 2 度角の正方グリッドに分割し、各標高を示すグリッドの個数を数えた値を示す)

図 1
 1

問3 下線部 (B) の地域において、アイソスタシーは成立しているかどうか、理由とともに3行程度で説明せよ。

問4 下線部 (C) に関して、地殻の短縮によって図2 (a) の状態から図2 (b) の状態へと変化し山脈が形成されたとする2次元モデルを考える。ここでは、マントルのみが高い流動性を示すものと仮定する。地殻の厚さを h_c [km]、短縮後の山脈の高さを h [km]、地殻がマントル内に入り込んだ深さを b [km] とする。図2から、短縮前に幅 w_0 [km] をもつ領域 A は、短縮により幅 w_{mb} [km] の領域 B になったとする。アイソスタシーが成立しているとして、以下の小問 (1)、(2) に答えよ。なお、地殻の密度を ρ_c [kgm⁻³]、マントルの密度を ρ_m [kgm⁻³] とせよ。

(1) この山脈の形成の前後で領域 A と B の面積は変わらないとして、地殻の短縮率を $\beta = w_0/w_{mb}$ としたとき、山脈の高さは以下の式で与えられることを示せ。

$$h = h_c(\beta - 1) \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_m}$$

(2) 短縮前の地殻の厚さ $h_c = 35$ [km]、短縮率 $\beta = 1.8$ として、山脈地域の地殻の全体の厚さならびに山脈の高さをそれぞれ有効数字2桁で答えよ。答えだけでなく、計算の過程も示せ。なお、地殻の密度は 2800 [kgm⁻³]、マントルの密度は 3500 [kgm⁻³] とする。

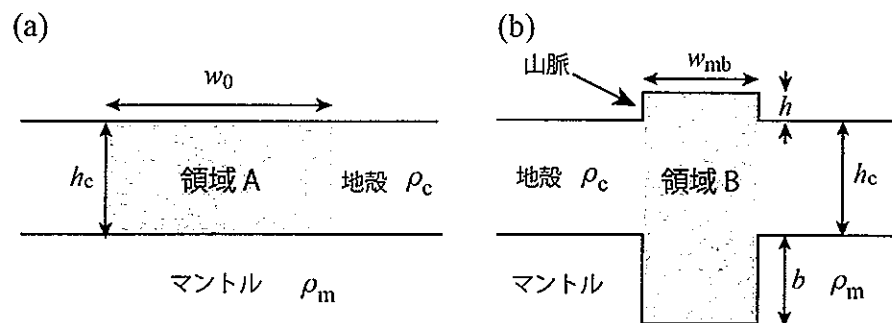


図2

問題 A2 以下の問1～問4に答えよ。

問1 図は、Lisiecki and Raymo (2005) がコンパイルした大洋底の底生生物が形成した石灰質殻の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ 値) の変動曲線である。酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ 値) は、どのように定義されているか。式を示して説明せよ。

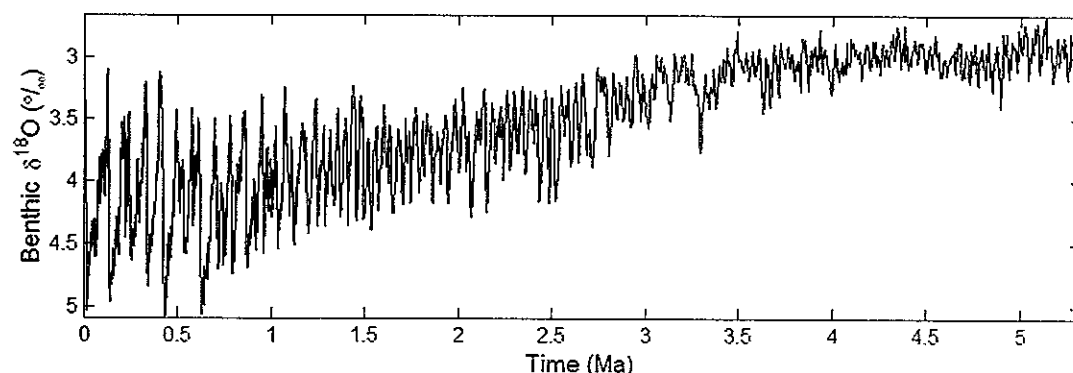
問2 石灰質の生物殻の酸素同位体比を変動させる要因を複数挙げよ。そのうち、下の図に示した、大洋底の底生生物が形成した石灰質殻の酸素同位体比を変動させる主要因は、どれに相当するか。理由を挙げて特定せよ。

問3 図を参考にして、第四紀の気候の成立過程と特徴について、以下の用語をすべて用いて、6行程度で説明せよ。

ミランコビッチサイクル 北半球 湾流

問4 湾流の成立は、深層水の形成にも大きな影響を与えたと考えられている。それでは、現在の海洋において、深層水はどのようにして形成されているか。以下の用語をすべて用いて、4行程度で説明せよ。

南極海 北大西洋 海氷



図

余白

問題 B1 図を見て、以下の問1～問5に答えよ。

問1 氷河作用による堆積地形を1例あげ、その形態と堆積物の層相に見られる特徴を2行程度で説明せよ。

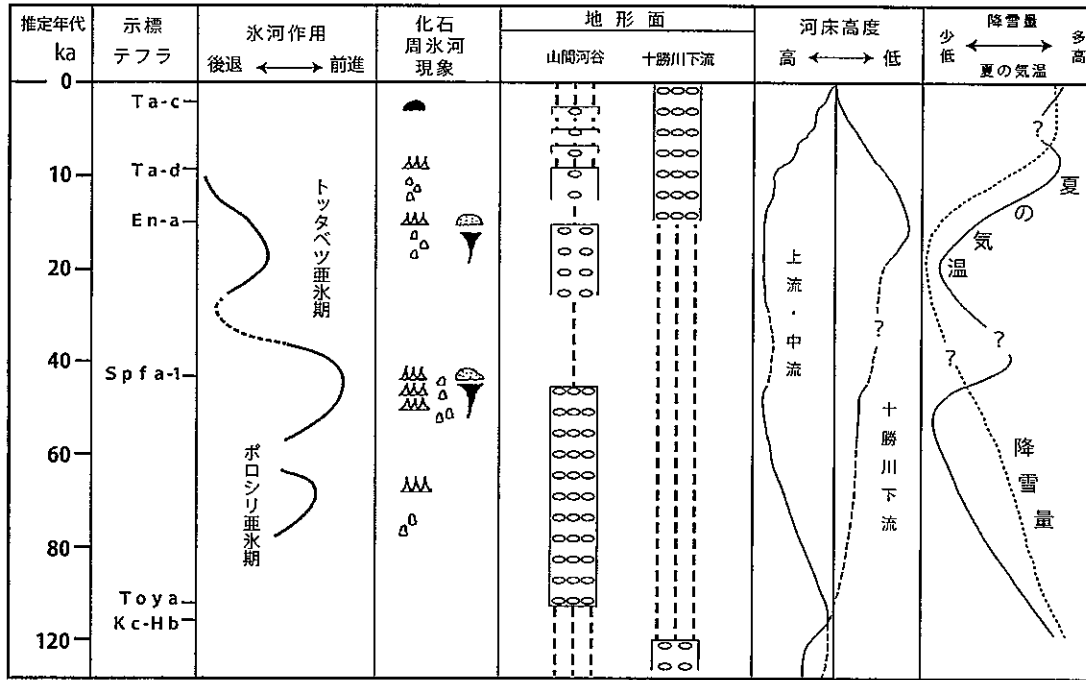
問2 インボリューション、アイスウェッジとは何か、それぞれ2行程度で説明せよ。

問3 周氷河環境におかれた斜面に働く侵食作用と、それにより形成される地形形状の特徴を4行程度で説明せよ。

問4 侵食段丘について、その成因を含め3行程度で説明せよ。

問5 最終間氷期以降現在までの河床変動について、十勝川上・中流域を含む山間河谷と十勝川下流に分け、以下の用語をすべて用いて、7行程度で説明せよ。

周氷河作用 斜面 気温 降雪量



化石周氷河現象 (▲▲ インボリューション ▲ アースハンモック ○ 礫の立ち上がり ▲ 砂丘 ▼ アイスウェッジなど)
 河成段丘の形成期と堆積速度 ([階状段丘] > 5m/1万年, [階状段丘] < 1m/1万年, [侵食段丘])
 河川の下刻と速度 ([下刻] 5~30m/1万年, [下刻] < 1m/1万年)

(小崎ほか編 (2003) 「日本の地形2」 より一部変更)

図

問題 B2 以下の問1、問2に答えよ。

問1 次の①～③の用語について、それぞれ3行程度で説明せよ。

- ① 反都市化
- ② 都心回帰
- ③ フードデザート

問2 経済基盤モデルに関する次の文章を読み、以下の小問（1）、（2）に答えよ。

地域の産業は、地域外からの需要を対象に移出品を生産する産業（基盤産業）と、地域内の需要に応じる域内産業（非基盤産業）に二分することができる。経済基盤モデルによると、地域の所得はその地域の地域外への財やサービスの販売によって決定されると考えられる。なお、地域の産業を基盤産業と非基盤産業に二分するには、地域の産業別従業者数の特化係数が用いられる。

- （1）経済基盤モデルにおいて、基盤産業従事者数と非基盤産業従事者数および全産業従業者数の関係はどのようになっていると考えられているか。4行程度で説明せよ。
- （2）表は全国、仙台市、石巻市の産業別従業者率である。特化係数に着目して、仙台市と石巻市の産業構造の違いについて5行程度で説明せよ。

表 産業別従業者率（出典：平成 21 年経済センサス）

産業大分類	全国	仙台市	石巻市
A 農業，林業	0.54%	0.09%	1.17%
B 漁業	0.08%	0.00%	0.69%
C 鉱業，採石業，砂利採取業	0.05%	0.00%	0.02%
D 建設業	6.87%	7.96%	9.18%
E 製造業	15.63%	3.76%	16.24%
F 電気・ガス・熱供給・水道業	0.48%	0.91%	0.85%
G 情報通信業	2.74%	3.87%	0.62%
H 運輸業，郵便業	5.75%	6.56%	5.77%
I 卸売業，小売業	20.20%	24.60%	23.76%
J 金融業，保険業	2.53%	3.17%	2.46%
K 不動産業，物品賃貸業	2.47%	3.13%	2.20%
L 学術研究，専門・技術サービス業	3.02%	3.67%	1.63%
M 宿泊業，飲食サービス業	9.13%	9.28%	7.57%
N 生活関連サービス業，娯楽業	4.38%	4.12%	3.91%
O 教育，学習支援業	4.91%	5.79%	4.39%
P 医療，福祉	10.16%	8.88%	9.67%
Q 複合サービス事業	0.65%	0.39%	0.98%
R サービス業（他に分類されないもの）	7.45%	10.43%	5.97%
S 公務（他に分類されるものを除く）	2.97%	3.37%	2.92%
A～S 全産業	100.00%	100.00%	100.00%

問題 C1 次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

図は常圧における $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ – $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 系の相平衡状態図である。 $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 側では、およそ 1000°C まで空間群 の A 相が安定である。また、およそ 1000°C からおよそ 1550°C までは、空間群 $Pbcn$ の B 相が安定である。一方、 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 側にはおよそ 1400°C まで空間群 の C 相の安定領域が広がっている。

輝石の構造は SiO_4 四面体が 2 つの酸素を共有してつらなる で特徴づけられる。Ca や Mg は M1 および M2 席に入るが、 席の方が大きいいため、Ca は主に 席を占める。

$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 系では、 2GPa 以上の圧力において B 相は不安定になり、高温でも A 相が安定になる。さらに高圧力下ではザクロ石構造やイルメナイト構造、ペロブスカイト構造（鉱物名は ）の高圧相に転移する。ペロブスカイト構造の相において Si は 配位である。

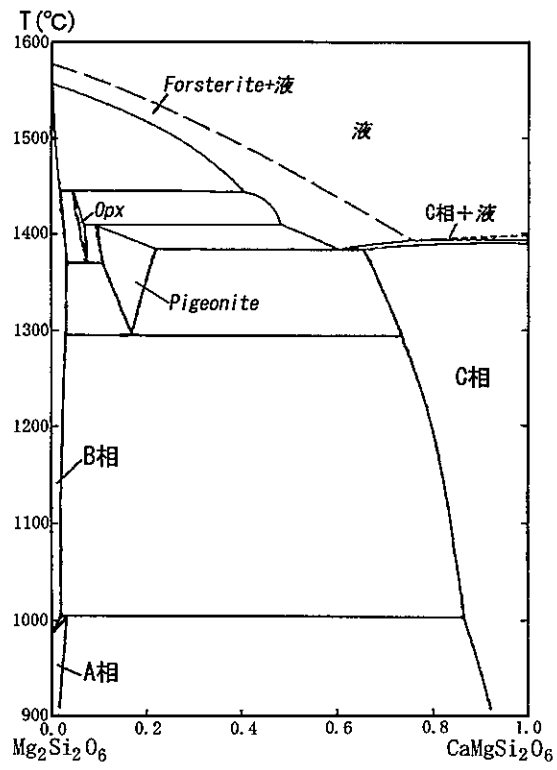
問1 ～ に入る適切な語句を下記の選択肢から選べ。

$Fd\bar{3}m$	$P4/mnm$	$Pbca$	$C2/c$	$P1$	三	四	五	六
ダイヤモンド構造	鎖状構造	層状構造	フレームワーク構造					
T1	M1	T2	M2	アキモトアイト	リングナイト			
ブリッジマナイト	メージャライト	リングウッドイト						

問2 $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ – $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 系以外の鉱物を輝石族から 2 種類をあげ、鉱物名と端成分の化学式を記せ。

問3 マントルの岩石に適用できる輝石温度計および圧力計について、2 行程度で説明せよ。

問4 $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 系でみられるように、同一の化学組成で複数の構造の相が存在する現象を多形という。 SiO_2 の多形を 3 つ選び、それぞれの鉱物名と晶系を記せ。



(Carlson 1988 を改変)

図

(注) 図中の *Opx* は A 相、B 相、C 相とは異なる相である。

問題 C2 次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

太陽系の始原物質であるコンドライト隕石は、直径 0.1～1 mm程度のコンドリュール、CaとAlに富む直径 0.1～10 mm程度の包有物(CAIs)、および細粒なマトリックスで構成されている。CAIsは原始太陽近傍で、コンドリュールは原始惑星系円盤の広い範囲で、それぞれ高温過程を経て形成したと考えられている。コンドリュールの形成年代を決定するには、 ^{26}Al - ^{26}Mg 放射壊変系による年代測定法が広く用いられている。 ^{26}Al は、半減期約72万年の ア放射性核種であり、イ崩壊（および電子捕獲崩壊）を経て ^{26}Mg に壊変する。壊変定数を λ (1/年)とすると、 N_0 個の ^{26}Al は t 年後に $N = N_0 \exp(-\lambda t)$ 個に減少する。あるコンドリュールが形成した際の $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比を $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ とする。 ^{27}Al は安定核種であるので $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比は時間と共にウする。コンドリュール内部には、 ^{26}Al が崩壊して形成された ^{26}Mg (= $^{26}\text{Mg}^*$ とする)が蓄積されていく。したがって、現在そのコンドリュールに含まれる ^{26}Mg の総数は、コンドリュールが形成された際に既に含まれていた $^{26}\text{Mg}_0$ と $^{26}\text{Mg}^*$ の和であるので、

$$^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg} = (^{26}\text{Mg}_0 + ^{26}\text{Mg}^*)/^{24}\text{Mg} = ^{26}\text{Mg}_0/^{24}\text{Mg} + (^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0 \times ^{27}\text{Al}/^{24}\text{Mg}$$

となる。図のように、 $^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$ を縦軸、 $^{27}\text{Al}/^{24}\text{Mg}$ を横軸に取ったグラフを描くと、同時期に形成した物質は同一の直線上にプロットされる。この直線をエという。その直線の傾きからそのコンドリュールが形成された際の $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ の値が得られ、コンドリュールの $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ とCAIsのそれを比較することにより、コンドリュールのCAIsに対するオ年代を求めることができる。

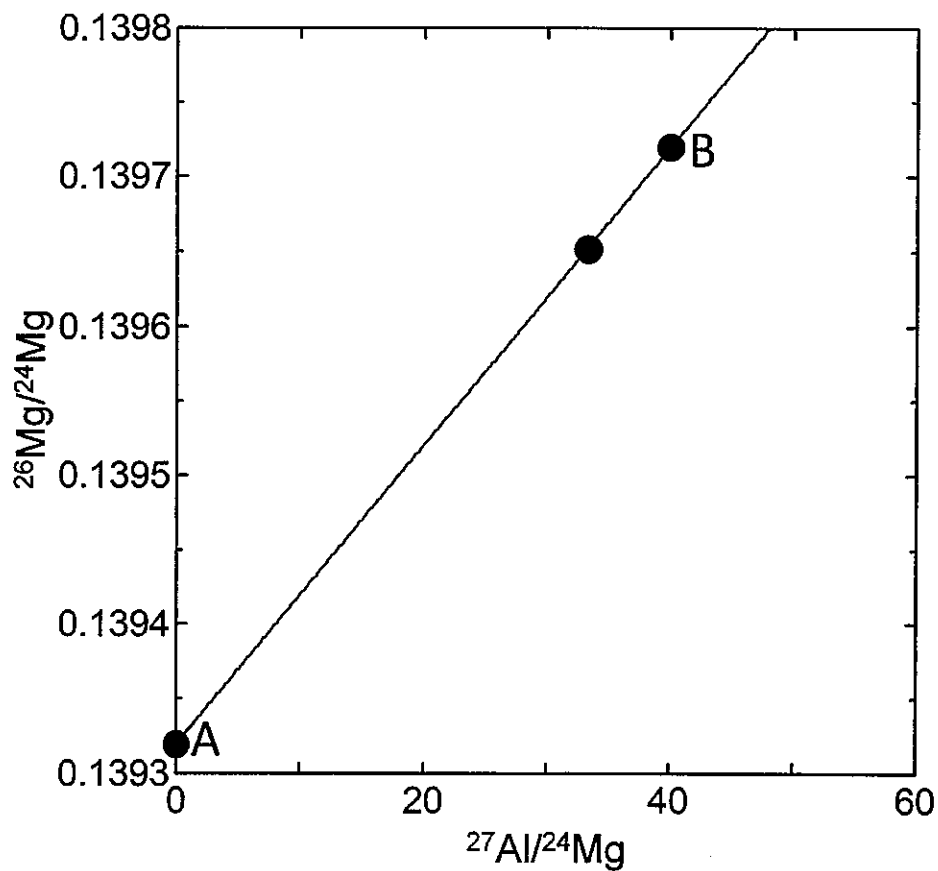
問1 上記文章のア～オに入る適切な語句を下記の選択肢から選べ。

長寿命	α	β^+	β^-	γ	相対	短寿命	減少
アイソクロン	増加	ディスコーディア	絶対				

問2 カンラン石と斜長石はコンドリュールの主要構成鉱物である。これらの鉱物のAl-Mg同位体比測定を行った場合、カンラン石と斜長石のAl-Mg同位体比データはそれぞれ図のAとBどちらにプロットされるか、理由と共に1行程度で説明せよ。なお、カンラン石は鉄に乏しい組成とする。

問3 Al-Mg 同位体比測定の結果、CAIs の $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ は 5.0×10^{-5} であり、コンドリュールの $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ は 1.0×10^{-5} であることがわかった。このコンドリュールは CAI 形成から何万年後に形成されたか。有効数字2桁で答えよ。計算過程も記せ。ただし、 $\log_e 2 = 0.693$ 、 $\log_e 5 = 1.609$ とする。

問4 問3で示された CAIs とコンドリュールの間での $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ の違いが形成年代の違いであると言うためには、CAI 形成領域とコンドリュール形成領域で $(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0$ が同一時間において同じであったという仮定が必要である。この仮定が正しいかどうかを検証するには、どのような方法が考えられるか、2行程度で説明せよ。



図

問題 C3 以下の問1～問3に答えよ。

問1 図1は、海洋地域から採取された2種類の玄武岩 A、B の全岩化学組成について、マントル代表組成で規格化したものである。この図で示されている各元素は、マグマ形成時においてどのような挙動を示す元素群か。これら元素群の名称をあげ、次の2つの用語をすべて用いて2行程度で説明せよ。

マントル マグマ

問2 マントル代表組成と同じ元素組成のマントルが部分熔融し、図1の玄武岩 A や B が形成した場合を考える。玄武岩 A、B を形成した後に溶け残った各マントルをそれぞれ C、D とすると、マントル C、D は、構成鉱物が異なっていたと考えられる。次の小問(1)～(3)に答えよ。なお、マントルの主要鉱物は、カンラン石、単斜輝石、および斜方(直方)輝石であり、付随鉱物はザクロ石、クロムスピネル、または斜長石のいずれかで構成されているとする。

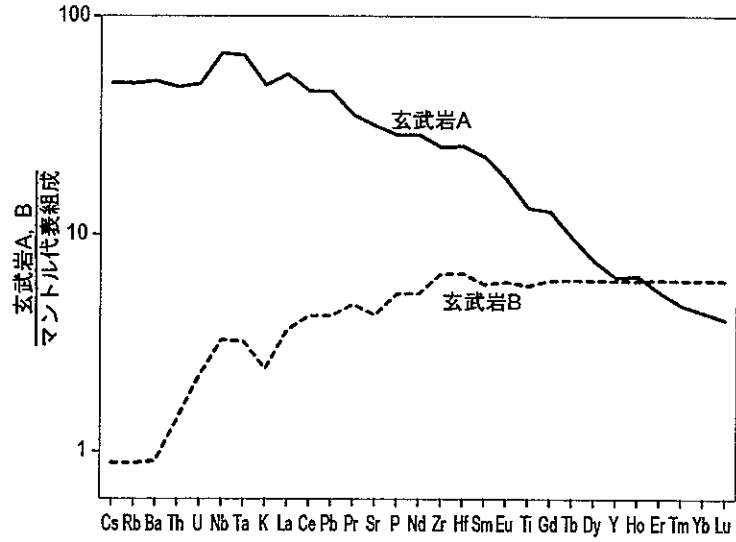
(1) マントル C、D の構成鉱物の違いを、図2を参考に4行程度で説明せよ。

(2) マントル C、D はどちらが深いか。理由とともに1行程度で説明せよ。

(3) 玄武岩 A、B が形成した際の部分熔融度は、どちらが高いか。根拠とともに1行程度で説明せよ。

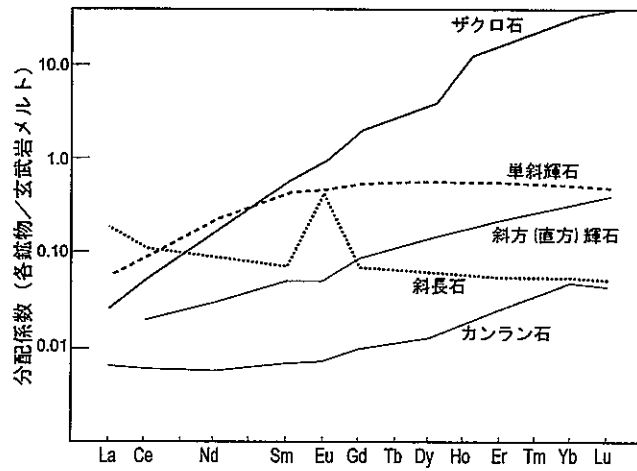
問3 図3は、海洋地域で産する各地の中央海嶺玄武岩 (MORB)、および Hawaii や Kerguelen など各地の海洋島玄武岩 (OIB) の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比および $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比の組成範囲を示している。この図では、MORB が最も $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位体比が低く $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位体比が高い。この原因として考えられる理由を、以下の用語をすべて用いて5行程度で説明せよ。

Rb Sm $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
枯渇マントル リサイクル物質 地殻



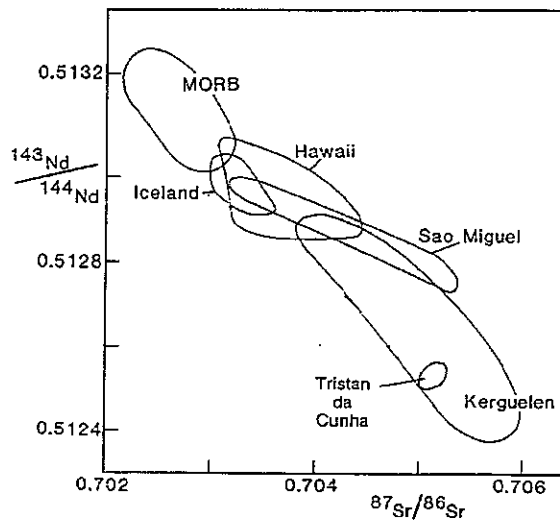
(Sun & McDonough 1989 を改変)

図 1



(Rollinson 1993 を改変)

図 2



(Norry & Fitton 1983 を改変)

図 3

