

平成 26 年度(2014 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 25 年 9 月 2 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 問は志望分野を含むいずれの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。表面に書ききれないときは裏面も使うこと。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 地磁気とプレートテクトニクスに関する次の文章を読み、下の問 1～問 5 に答えよ。

地球の磁場(地磁気)は外核の流体運動による発電作用によって生成され、双極子磁場に近似できる。この近似において、赤道および北極点での伏角は、それぞれ [ア]、[イ] となる。また、赤道での全磁力は北極点に比べて [ウ]。地磁気の方法(極性)は過去に何度も逆転を繰り返しており、地質時代を通して磁極と地理上の極はほぼ一致している。

ウェゲナーは現在の大陸を移動させることで、異なる大陸間において、海岸線の凹凸や氷床、[エ] の分布が一致するため、大陸移動説をとらえた。その後、北アメリカ大陸とヨーロッパに分布する岩石の残留磁気の測定から、見かけの [オ] の軌跡が判明し、両大陸を一つに集めるとそれぞれの [オ] の軌跡が一致することから、大陸や海洋底が移動していることが明らかになった。一方、地震波の詳しい観測によって、海洋プレートの地下深さ約 80 km～200 km の領域に [カ] が存在することが判明した。[カ] およびその下の層は [キ] という。プレートテクトニクスにおいて [カ] の存在は、プレートを滑らせるための潤滑層としての役割を果たしている。図 1 は、ハワイ諸島-天皇海山列での海山の線状配列を示している。これらの海山はホットスポットを起源とする古い火山島のなごりで、その頂上部には [ク] が堆積していることもある。

問 1 [ア]～[ク]に入る適切な数値または語句を答えよ。

問 2 下線部について、プレートが変形しないで同一岩体(剛体)として地球の球面にそって相対運動するとき、プレートは球面上のある回転軸を中心に運動する。この回転軸の名称を解答し、さらにプレート境界で起こるプレートのずれの方向と回転軸との関係を3行程度で説明せよ。

問 3 ハワイ諸島-天皇海山列は大覚寺海山付近で海山の配列が折れ曲がっている(図 1)。ホットスポットがプレート運動に対して静止していると仮定する場合、この折れ曲りから読み取れる太平洋プレートの運動の特徴について3行程度で説明せよ。

問 4 図 1 より、デトロイト海山から大覚寺海山まで海山列が形成されたときのプレートの平均的な移動速度(cm/年)を有効数字2桁で求めよ。ただし、これらの海山列は同一経線に並んでいるものとし、また地球を完全な球体とし、地球の半径を 6370 km、円周率を 3.14 とする。解答には結果だけでなく、計算過程も記せ。

問5 ホットスポットがプレート運動に対して静止せず、マントル中を動くことができると仮説を立てた場合、この仮説を検証するためには何をどのように調べればよいか、5行程度で説明せよ。

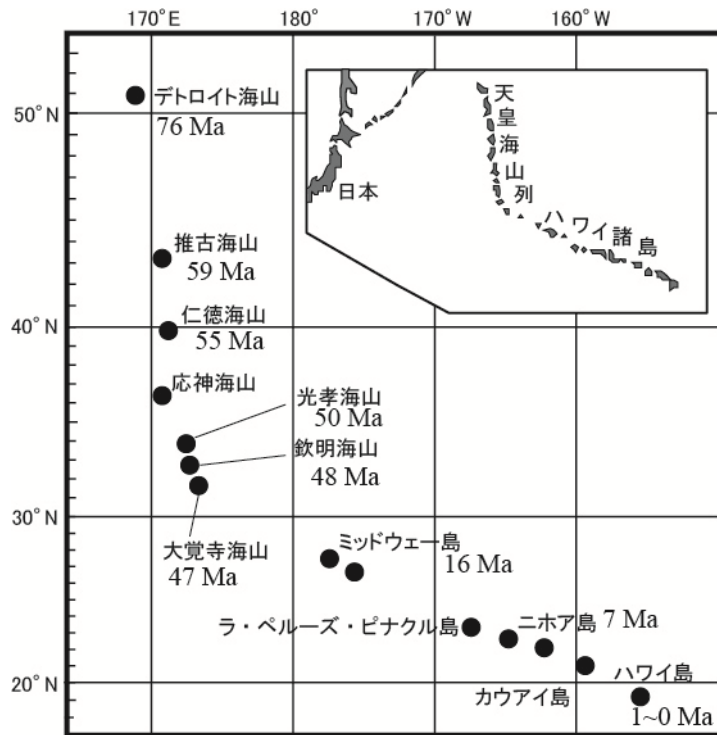


図1 ハワイ諸島-天皇海山列の海山の位置(黒丸)とその形成年代

問題 A2 層序学・古環境学に関する以下の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 図 1 は、国際地質科学連合 (IUGS) 国際層序委員会 (ICS) により作成された国際年代層序表の一部を抜粋したものである。この図においては、系と系もしくは階と階の境界に (1) 釘の記号が示されているところ、(2) 時計の記号が示されているところ、(3) 両者とも示されていないところがある。これら 3 つの表示は、どのような違いに基づくのか、5 行以内で説明せよ。

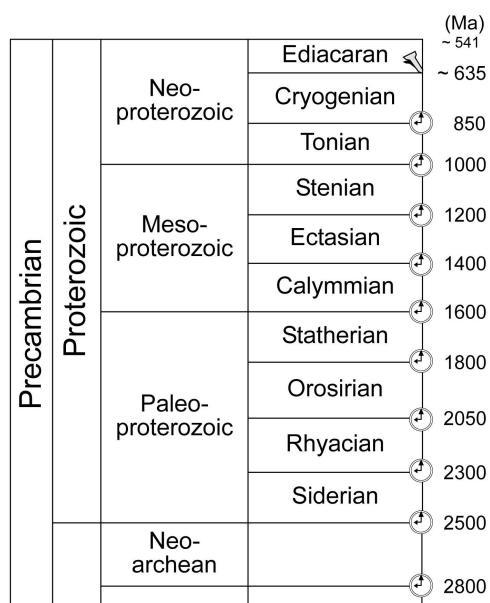
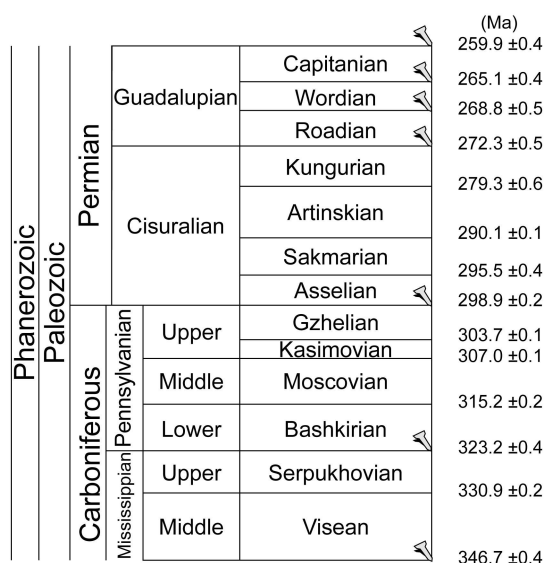


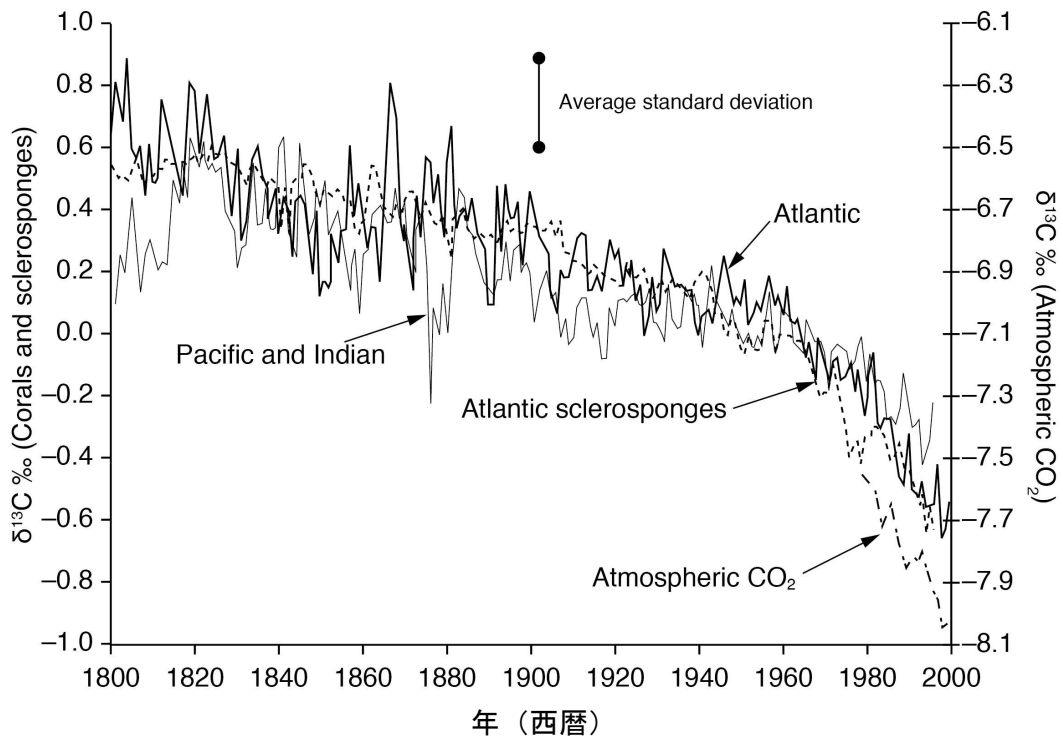
図 1 国際年代層序表の一部抜粋

問 2 2009 年に、国際層序委員会により第四紀の定義が変更された。新たな定義では、第四紀は北半球氷床が形成され、氷期・間氷期サイクルが顕著になった時代と位置づけられた。第四紀になり北半球氷床が形成された理由を、以下の用語をすべて用いて、3行以内で説明せよ。

【湾流、パナマ地峡、氷床】

問 3 図 2 は、西暦 1800 年～2000 年における、サンゴや硬骨海綿の骨格を形成する炭酸カルシウムおよび大気二酸化炭素の炭素同位体組成 ( $\delta^{13}\text{C}$  値) の変化をそれぞれ異なる線で示している。図 2 では  $^{13}\text{C}$  Suess 効果と呼ばれる、1800 年から 2000 年にかけて  $\delta^{13}\text{C}$  値の減少傾向がみられる。その減少する理由を以下の用語をすべて用いて、3行以内で説明せよ。

【化石燃料、 $^{12}\text{C}$ 】

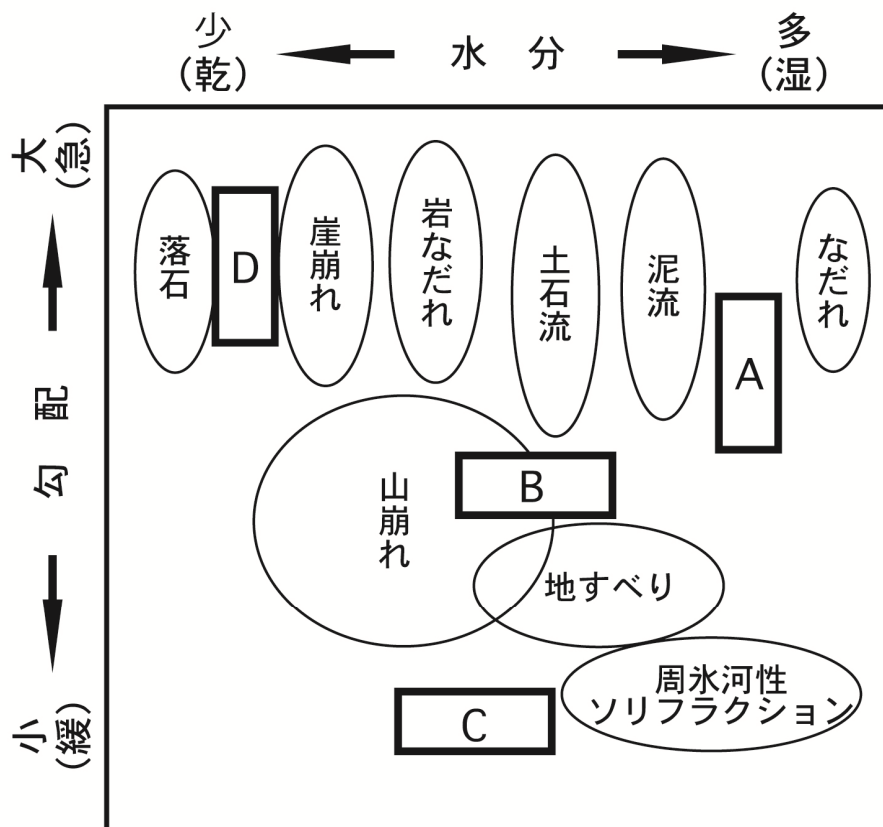


(Swart ほか(2010)より引用)

図 2 サンゴおよび硬骨海綿の骨格を形成する炭酸カルシウムおよび大気二酸化炭素の炭素同位体組成 ( $\delta^{13}\text{C}$  値) の変化

問題 B1 地盤災害に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 図 1 は地表上の物質が重力により移動する現象を模式化して示したものである。図中の楕円は各種の移動現象のおおよその位置、太枠の長方形は物質移動の形式を表している。また、縦軸は地表の勾配、横軸は水分条件をそれぞれ示す。



貝塚 (1998) を一部変更

図 1

- (1) 物質移動の形式には一般に流動、滑動、落下、匍行がある。太枠の長方形(AからD)に該当する形式を記せ。
- (2) 土石流を発生域、流動域、定着域の3つの領域に分けて、各領域の地形的特徴をそれぞれ2行程度で記せ。
- (3) 過去に国内外で発生した山地斜面(火山斜面も含む)の崩壊による災害の事例を一つ取り上げ、その概要を5行程度で記せ。



問2 図2は1858年にある河谷で発生した急速な地形変化とその後の河床変化の様子を示したものである。

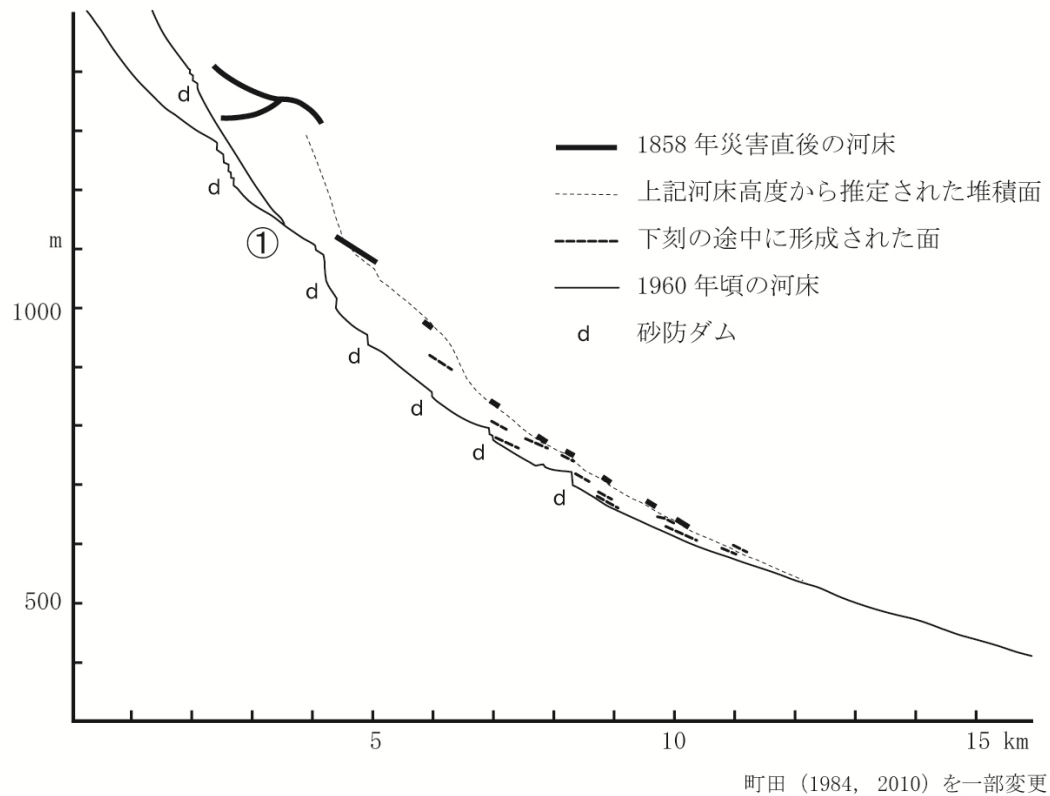


図2

- (1) 二つの河川合流部①付近では、1858年埋積直後の河床が、流下方向とは逆傾斜を示す現象が見られた。このような形状は、どのようにして発生したと考えられるか、2行程度で記せ。
- (2) 1858年埋積直後の河床は、1960年頃の河床に至るまで、どのような変化過程をたどったか、“侵食力の復活”の用語を用いて3行程度で説明せよ。
- (3) 砂防ダムの役割について“河床勾配”の用語を用いて3行程度で記せ。

## 問題 B2 都市化と人口移動に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読んで、下の(1)～(3)に答えよ。

欧米先進国が経験した都市化は、都市への人口集中および都市圏内の人口分布の特徴から段階区分される。人口が農村から都市へ大量に移動し、市街地に密集する「集中」段階、都市内交通手段の発達により人口が郊外に急速に分散する「離心」段階、都市化を牽引した製造業などが地方さらには外国へ移動して、 が衰退し、一方で非大都市圏の人口が増加する  段階、経済の  や都市の産業構造の変化により大都市の都心および都心周辺部で再開発が進み、大都市が人口・雇用の回復をみる「再都市化」段階である。再開発された地区では、<sup>(a)</sup>居住者が大きく入れ替わる  と呼ばれる現象が起こった。日本の場合は、1990 年代後半以降少子高齢化のなかで都市圏の拡大が停止し、人口の  が認められる。

一方、発展途上国では、20 世紀後半以降、人口爆発と呼ばれる人口の急増とともに、首都などの限られた大都市に農村部から職を求めて人口が集中した。流入人口は都市が必要とする労働力需要をはるかに超えたものであった。そのため大都市に流入した多くの人々は  に分類される仕事につくしかなく、土地を不法に占有した  と呼ばれる居住環境の劣悪な場所に集住した。そのため、発展途上国の都市化は  と概念化されてきた。しかし、1980 年代後半以降の東南アジアの大都市では、 では説明できない現象が現れた。郊外に  による <sup>(b)</sup>大規模な工場が多数立地し、中等教育機関の新規学卒者を大量に雇用し、都心部では高層ビルが林立し、オフィス従業者が急増した。また、モータリゼーションの急速な進展と相まって都市圏が広域化し、 と呼ばれるまでになった。

(1) 文中の空欄  ～  にあてはまる、もっとも適切な用語を下から選び、記号で答えよ。

- a) 郊外、 b) スラム、 c) インナーシティ、 d) サービス化、 e) 反都市化、
- f) グローバリゼーション、 g) 都心回帰、 h) セグリゲーション、 i) 過剰都市化、
- j) 超郊外化、 k) インフォーマルセクター、 l) 周辺化、 m) FDI、 n) メガシティ、
- o) ドーナツ化、 p) 連鎖移動、 q) スコッター、 r) ジェントリフィケーション

(2) 下線部 (a) の現象が発生する理由を、新旧住民の特徴を含めて2行程度で述べよ。

(3) 下線部 (b)の工場は大量生産を行っている。大量生産が可能な理由を1行程度で述べよ。

問2 下の表は 8 都府県間の 2005-2010 年間の人口移動数を示したものである。この表について、下の (1)~(6) に答えよ。なお、A~Fの都府県のうち、D、E、F は地方中枢都市を擁する県である。

表 都府県間人口移動数(単位:千人)

5年前の 常住都府県	現住都府県							
	A	B	C	D	E	新潟県	F	鹿児島県
A	-	30.9	163.7	21.7	10.3	14.8	15.6	6.8
B	48.5	-	13.8	15.1	11.8	1.9	2.5	6.4
C	130.0	10.6	-	7.5	3.2	6.7	7.4	2.0
D	29.9	16.1	9.3	-	10.3	0.8	1.5	13.0
E	14.2	13.9	4.1	10.7	-	0.4	0.8	1.3
新潟県	17.5	1.8	10.2	0.9	0.5	-	2.8	0.2
F	21.4	3.0	11.5	1.8	0.9	2.8	-	0.3
鹿児島県	7.5	5.1	2.2	17.8	1.9	0.2	0.3	-

(出典：平成 22 年国勢調査人口移動集計)

- (1) Aの新潟県に対する転入超過数を答えよ。
- (2) 表中で、A は C を除くすべての都府県に対して転入超過となっている。A の都府県名を答え、その判断理由を1行程度で述べよ。
- (3) Cの都府県名を次の中から選び記号で答え、その判断理由を1行程度で述べよ。  
 ① 秋田県    ② 大阪府    ③ 埼玉県    ④ 滋賀県    ⑤ 東京都
- (4) D の県名を答え、その判断理由を1行程度で述べよ。
- (5) F の県名を答え、その判断理由を1行程度で述べよ。
- (6) E の県名を答え、その判断理由を1行程度で述べよ。

問題 C1 鉱物ならびに地球内部の相転移と構造に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 マントル鉱物の相転移について、以下の図をみて、(1)~(3) に答えよ。

図1は、 $Mg_2SiO_4$ - $Fe_2SiO_4$ 系の1600°Cにおける相平衡状態図である。ただし、B+E+Fの領域の22 GPa 以下かつ  $Fe_2SiO_4$  組成に富む側の相平衡状態は省略してある。

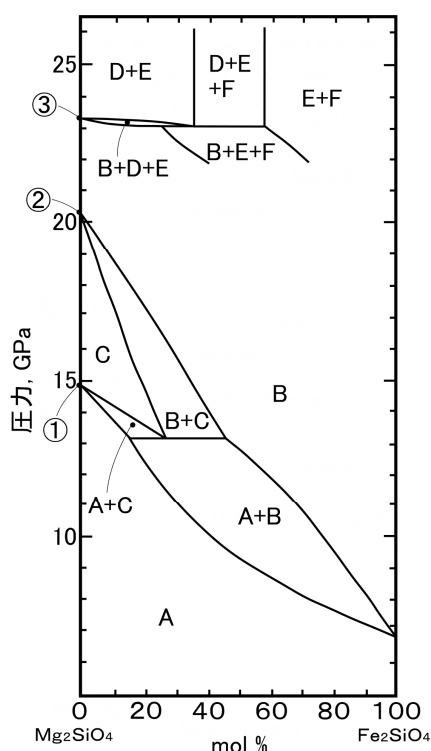


図1  $Mg_2SiO_4$ - $Fe_2SiO_4$ 系の相平衡状態図 (出典:Presnall (1995)より改変)

- (1) A、B、C、D、F の構造中における Si の配位数をそれぞれについて答えよ。
- (2) 図1に示した  $Mg_2SiO_4$  組成の相転移境界である①、②、③の圧力は温度が変わるとどのように変化するか。クラウジウス-クラペイロンの式にもとづいて、それぞれ1行程度で説明せよ。
- (3) A 相の固溶体において Fe および Mg の固溶量によって体積弾性率 ( $K$ ) と剛性率 ( $G$ ) が変化しない場合、A 相を伝播する縦波と横波の速度 ( $V_p$ ,  $V_s$ ) はそれぞれどのように変化するかを1行程度で説明せよ。 $V_p$  と  $V_s$  を  $K$  と  $G$  と密度 ( $\rho$ ) で表す式も書くこと。

問2 鉱物の結晶構造に関する以下の問いに答えよ。

同一の大きさを持つ剛体球を平らな底を持つ箱に詰め込むとき、ひとつの剛体球が6個の剛体球に囲まれるように配置する剛体球の層をつくり、このような層を積み重ねると、最も効率よく充填させることができる。上下の層を含めて、ひとつの剛体球が12個の剛体球に囲まれるとき最も密な充填となり、その重ね方は2通りある。一つは図2に示す六方最密充填であり、もう一つは立方最密充填である。

(図2、3: Klein 著 Minerals and Rocks より改変)

- (1) 図3に剛体球を2層目まで積み上げた状態を積層方向から見た図を示す。立方最密充填をさせるとき3層目をどのように積み上げればよいか、図3を基にして3つの層を重ねた状態を図示せよ。ただし、1層目を白丸、2層目を白丸と三本斜線、3層目を黒丸とする。

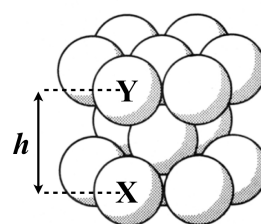


図2

- (2) どちらの最密充填の場合でも空間を完全に満たすことはできず、剛体球のみで囲まれる間隙が2種類存在している。それらの間隙はそれぞれ幾つもの剛体球に囲まれているか答えよ。

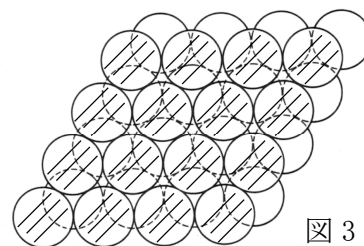


図3

- (3) 図2の六方最密充填において、剛体球Xと剛体球Yの中心-中心間距離(高さ  $h$ )は、剛体球の半径を  $r$  とした時に、どのような式で示されるか答えよ。導出過程も示すこと。
- (4) 立方最密充填において、正しく単位格子を設定したとき、単位格子の一辺の大きさ( $a$ )は、剛体球の半径( $r$ )を用いてどのような式で示されるかを答えよ。導出過程も示すこと。
- (5) 六方最密充填ならびに立方最密充填において、それぞれ正しく単位格子を設定したとき、単位格子中に含まれる剛体球の数は、それぞれ幾つになるか答えよ。

## 問題 C2 火山活動に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、以下の(1)～(3)に答えよ。

火山活動に伴う地表への炭素の放出は、地質学的な時間スケールでは地球大気の形成や地球内部の炭素循環などに大きな影響を与える。火山活動にともなって二酸化炭素が放出されるのは、主に  ア  イ  ホットスポットなどの火山活動が活発な場所である。二酸化炭素はマグマに溶解し地表へと運搬され、火山活動によって地表へと放出される。そのためマグマ供給率の高い  ア からの二酸化炭素放出量が多いと考えられている。ただし、火山活動が比較的静穏な時期でも、二酸化炭素は  ウ などの他の揮発性成分とともに火山ガスとして放出されていて、正確な放出量見積りのためには今後も研究を進める必要がある。

(1)  ア  イ  ウ に入る適切な語を記せ。

(2) 文中の  ア からは、年間約  $20 \text{ km}^3$  のマグマが噴出する。炭素を 200 ppm (二酸化炭素に換算した質量分率) 含むマンツルの部分融解によってマグマが生成されるとし、 ア から放出される年間の二酸化炭素量を計算せよ。ただし、マンツルの熔融度は 5%、炭素はマンツルを構成する固相に対して完全な不適合元素であり、すべての炭素が地表へ運搬されるとする。さらに、マグマは珪酸塩メルトの一相からなり、そのメルトの密度は  $2600 \text{ kg/m}^3$  (一定) とする。計算過程も記し、有効数字 2 桁で答えよ。

(3) メルトに溶解した二酸化炭素は、マグマが地表へ向けて上昇し減圧されると、その飽和溶解度に達するため気相として析出する。その結果形成された気泡は、マグマ中を相対的に上昇していく。この時、気泡のサイズやマグマの密度以外で、気泡の上昇速度を決定するマグマの物性は何か。一つあげよ。

問2 下の写真は、チリの Puyehue-Cordón Caulle 火山群の噴火で形成された噴煙柱を、2011年6月5日に航空機から撮影したものである。この噴火では、噴煙柱が高度10 km にまで達したというが、ほぼ真横から撮影されたことで、噴煙柱が矢印の高度で水平に広がっている様子がよくわかる。これを踏まえ、次の(1)～(3)に答えよ。



出典：<http://www.theatlantic.com/infocus/2011/06/chiles-puyehue-volcano-erupts/100081/>  
に加筆

- (1) 噴煙が火砕流とならずに上昇し、さらに矢印の高度で水平に広がった仕組みを、5行程度で述べよ。
- (2) 日本では、降下火砕物は火口から見てどちらの方位に厚く堆積する傾向にあるか。東西南北で答えよ。またその理由は何か。1行程度で答えよ。
- (3) このような、火山灰や軽石を噴き上げるタイプの噴火で生じる堆積物の特徴のうち、次の(ア)～(エ)は、A 降下火砕物、B 火砕流 のいずれに当てはまるか。A、B で答えよ。また、その判断理由を、特徴の成因に基づいて3行程度で答えよ。
  - (ア) 堆積物の構成物(軽石など)は、角張ったものが多い。
  - (イ) 火口から遠ざかるに従って規則的に細粒になる。
  - (ウ) 火口から遠方でも溶結していることがある。
  - (エ) 原地形を一様に覆って堆積する。

### 問題 C3 地球惑星化学に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 初期太陽系の天体形成について、以下の図1をみて、(1)～(4) に答えよ。

太陽系形成期に存在していた原始惑星系円盤内部において、固体微粒子が集積し、太陽系で最初の微小天体を形成した。早期に大きく成長した天体では天体内部が溶融し、分化作用が起こったと考えられる。エコンドライトに分類され斜長石とピジョン輝石を主成分とするユークライトは、そのような太陽系初期に分化した小惑星から飛来した隕石である。図 1 はユークライトの全岩組成と太陽系の元素存在度を比較したグラフである。

(1) エコンドライトとコンドライトの違いを3行程度で説明せよ。

(2) ユークライトの飛来元の天体の一つは小惑星 4 ベスタであると考えられている。このように隕石とその飛来元の小惑星を結びつけるには、どのような点に注目すればよいか、3行程度で説明せよ。

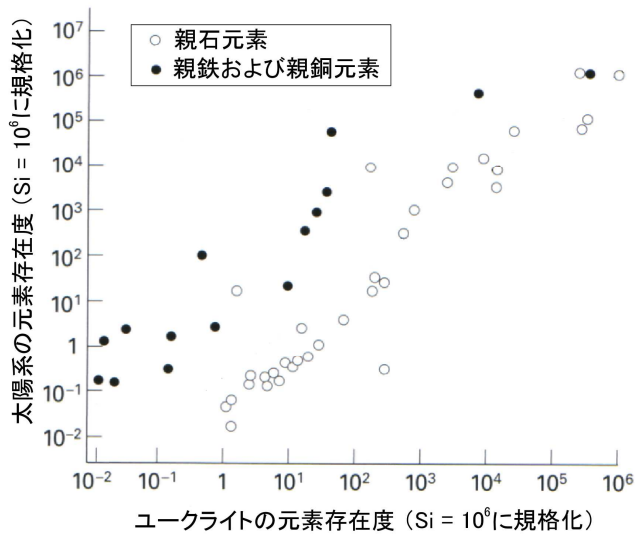


図1

(3) 図 1 を参照し、太陽系の元素存在度とユークライトの元素存在度の違いを3行程度で説明せよ。

(4) ユークライトの元素存在度と構成鉱物を考慮すると、ユークライトは分化した天体のどの部分(地殻、マントル、コア)の物質であると考えられるか。理由とともに5行程度で説明せよ。



問2 安定同位体について、以下の(1)~(3)に答えよ。

酸素の安定同位体組成は、次の式で計算される $\delta^{18}\text{O}$ 値として千分率(‰)で表される。

$$\delta^{18}\text{O} = \left[ \frac{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{試料}}}{\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}\right)_{\text{標準物質}}} - 1 \right] \times 1000 \text{ (‰)}$$

酸素同位体の国際標準物質は  である。試料の $\delta^{18}\text{O}$ 値が正の場合、試料が国際標準物質よりも  を相対的に多く含んでいることになる。ある同位体比をもつ水の一部が蒸発し、平衡状態に達したと仮定すると、残った液体の水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は蒸発前のものより高くなっている。このような質量差に起因する同位体分別の大きさは温度に依存し、高温で蒸発が起こった場合は、気相-液相間の同位体分別の大きさは低温で蒸発した場合よりも 。

(1) 上述の説明文中の  ~  に入る適切な語句を記せ。

(2) ある天水の酸素同位体比を測定したところ、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = 1.997 \times 10^{-3}$ であった。この天水の酸素同位体比の $\delta^{18}\text{O}$ 値を有効数字2桁で答えよ。なお、国際標準物質の同位体比は $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = 2.005 \times 10^{-3}$ とする。

(3) 文中の下線部で示した現象が起こる理由について2行程度で答えよ。

余白