

平成 23 年度(2011 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 群 (地圏進化学・環境動態論分野)

B 群 (環境地理学・環境動態論分野)

C 群 (地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野)

平成 22 年 9 月 2 日 13:00～15:00 実施

注意事項

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置いてはいけません。
2. 合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
3. 試験時間は 13:00 から 15:00 までです。
4. 問題は A 群 3 問 (問題 A 1～A 3: 地圏進化学・環境動態論分野)、B 群 3 問 (問題 B 1～B 3: 環境地理学・環境動態論分野)、C 群 5 問 (問題 C 1～C 5: 地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野) の計 11 問が出題されています。受験生はこのうちから 3 問を選択して解答します。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 2 問は志望分野を含むいずれの問題群から選択しても構いません。
5. 解答はすべて解答用紙に記入します。解答は大問 1 題ごとに 1 枚の解答用紙を使います。表面に書ききれないときは裏面も使います。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します。
6. 試験終了後、受験生には入学後の抱負などについて 20 分間で作文してもらいます。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みは不可です。地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野を志望する受験生は志望研究室の調査があります。

問題 A1 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

地球の形は楕円体に近似され、赤道半径は極半径よりも大きく、地球の扁平率を $1/298$ とすると、赤道半径と極半径との差は km である。

地表での重力は、地球の引力と地球の自転による遠心力との合力である。引力は極よりも赤道に近づくほど なる。遠心力は地球の自転軸からの距離に比例するので、極よりも赤道に近づくほど なる。したがって、重力は極で であり、赤道で である。

ある地点で測定された重力の値から地形や高度の影響を取り除き、その地点における を差し引いた値を (a) ブーゲー異常 (重力異常) という。これは、仮想的な平均海面である より深部の密度分布の偏りを示す。つまり、地下に周囲よりも密度の 物質があれば、 の重力異常が現れる。日本列島は中部山岳地帯に大きな の重力異常が知られている。これは、(b) アイソスタシー (地殻の均衡) が成立しているためと解釈されている。また、北上山地に の重力異常が知られているので、北上山地ではアイソスタシーが成立していない。

問1 ～ に適切な語句、数値を答えよ。ただし、数値は整数で記せ。

問2 下線部 (a) のブーゲー異常は、一般に陸上ではフリーエア異常よりも低い値をとる。その理由を述べよ。

問3 日本列島の中部山岳地帯のある部分は、第四紀のはじまりから現在までに約 1600 m 隆起している。下線部 (b) に関連させ、地殻とマントルの密度をそれぞれ $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ と $3.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とし、アイソスタシー (地殻の均衡) が成り立っていたとすると、地殻の厚さはこの間に約何 km 厚くなったか。有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。答案には計算過程も示すこと。

問題A2 地球生物の歴史と地質年代表を図1に示す。これをみて、問1～問7に答えよ。

問1 地質年代区分では、時間が単位となり、代、紀、世、期と区分されている、AとBはのうち、どの単元の区分にあたるか答えよ。また、年代層序区分では単元が別となっている。この代、紀、世、期に相当する単元を答えよ。

問2 Bの区分に関して、①から⑬までの名称を答えよ。

問3 Aの区分に関して、⑭から⑲までの名称を答えよ。

問4 ⑪は3つ、⑫は2つ、⑬は2つにさらに区分されている。その区分を各々古い方から順に答えよ。

問5 CおよびDは地球生命にとって重要な進化が起きたと考えられている。その進化を述べよ。

問6 ハ虫類の出現、恐竜の出現は、①から⑬のいつの時期に起きたか、それぞれ番号で答えよ。

問7 図中にあるバージェス動物群とはどのような動物群か、エディアカラ生物群との違いを含めて、5行程度で述べよ。

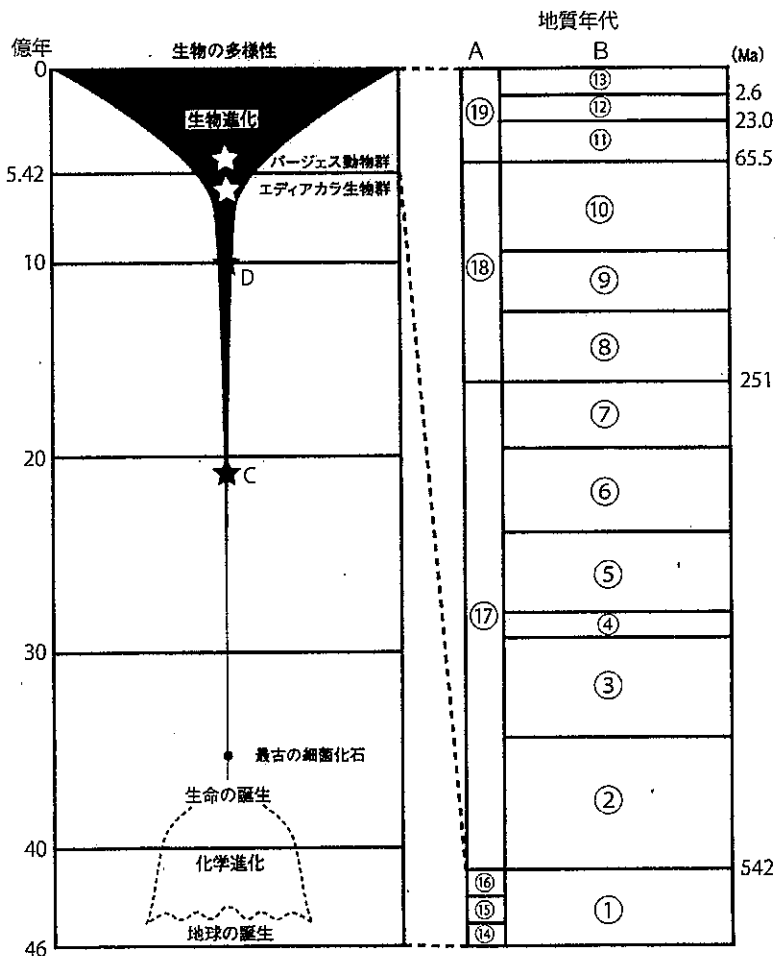


図1 地球生物の歴史年表と地質年代表（池谷・北里「地球生物学」による。但し、年代値は2009年に改訂されたものになっている）。

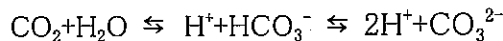
問題A3 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

陸から離れた遠洋域には、^(a)プランクトンの殻を多く含む石灰質軟泥や珪質軟泥、あるいは風成塵からなる遠洋性粘土が堆積している。大西洋と太平洋では堆積物の種類が大きく異なっており、大西洋では石灰質軟泥が広く分布するのに対し、太平洋では珪質軟泥や遠洋性粘土が卓越している。このような堆積物の違いには、海洋表層に生息するプランクトンの種類だけでなく、深層水の化学的性質が影響している。図1に海洋深層水におけるリン酸塩濃度と全溶存無機炭素の関係を示す。図1によると、^(b)リン酸塩濃度と全溶存無機炭素は、大西洋深層水からインド洋深層水、太平洋深層水と次第に増加している。リン酸塩は栄養塩として、また、全溶存無機炭素は二酸化炭素として生物活動と関係している。このうち、^(c)大西洋と太平洋の深層水的全溶存無機炭素の違いは、両海洋の堆積物の違いの原因となっている。

問1 下線部(a)の石灰質軟泥と珪質軟泥に多いプランクトンの種類をそれぞれ2つ記せ。

問2 下線部(b)に示すように、各海洋で深層水の性質が異なる原因を5行程度で説明せよ。

問3 下線部(c)に関して、二酸化炭素が水にとけると、以下の化学反応が進む。



ここで、全溶存無機炭素を $\Sigma \text{CO}_2 = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$ とする。これらのことを考慮し、大西洋と太平洋の堆積物に違いが生じる原因を5行程度で説明せよ。

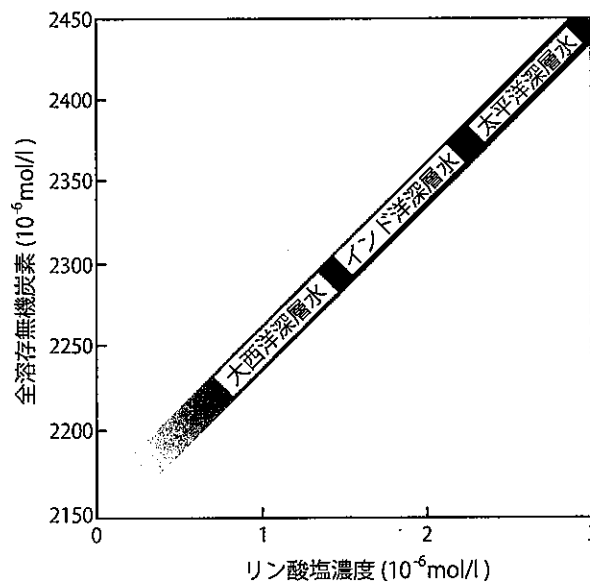


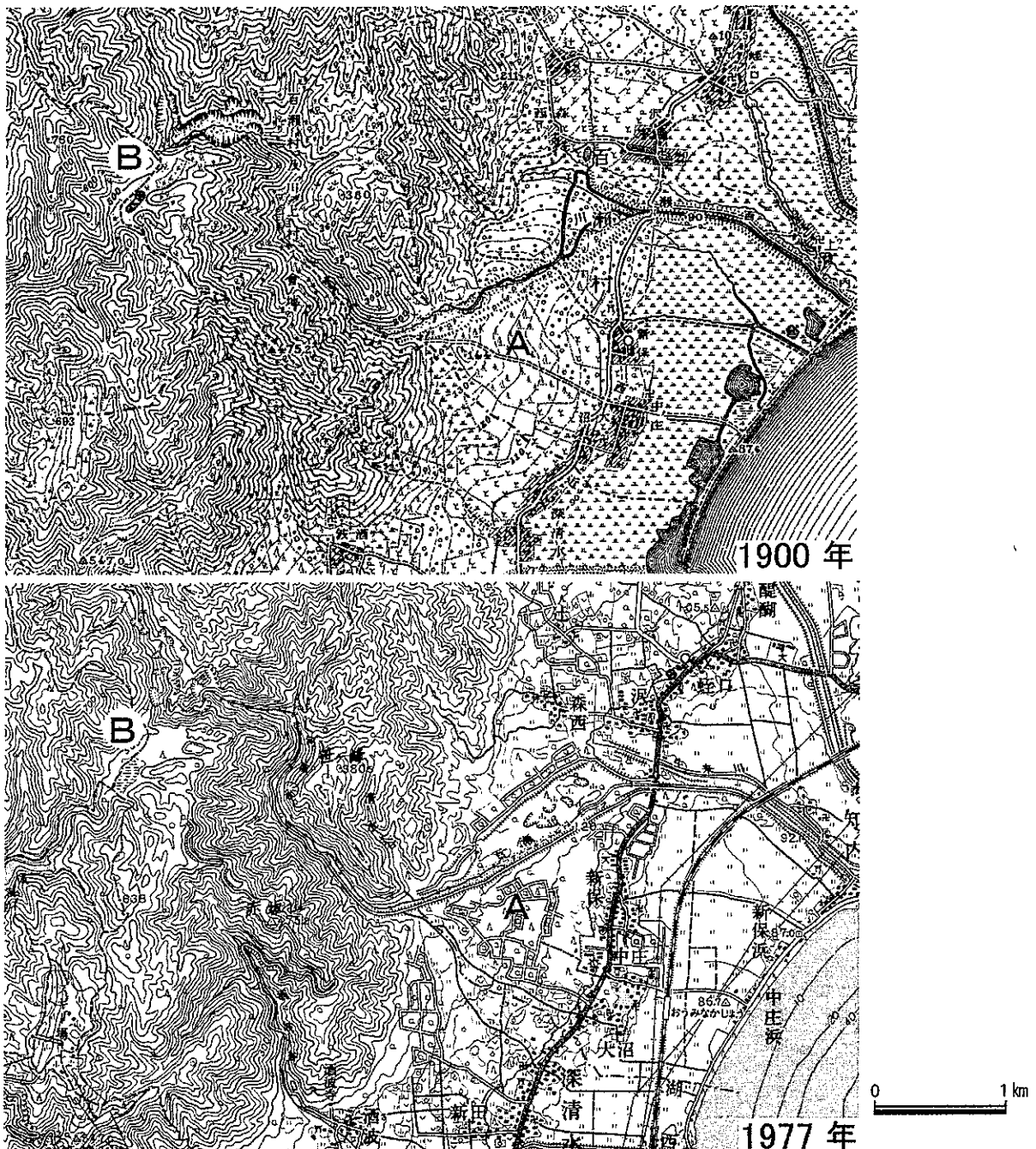
図1 深層水におけるリン酸塩濃度と全溶存無機炭素
(野村訳『海洋堆積学の基礎』、1998、愛智出版より改変)

問題B 1 下図は1900年と1977年に発行された琵琶湖西岸の5万分の1地形図（一部；原寸）である。図をみて問1～問3に答えよ。

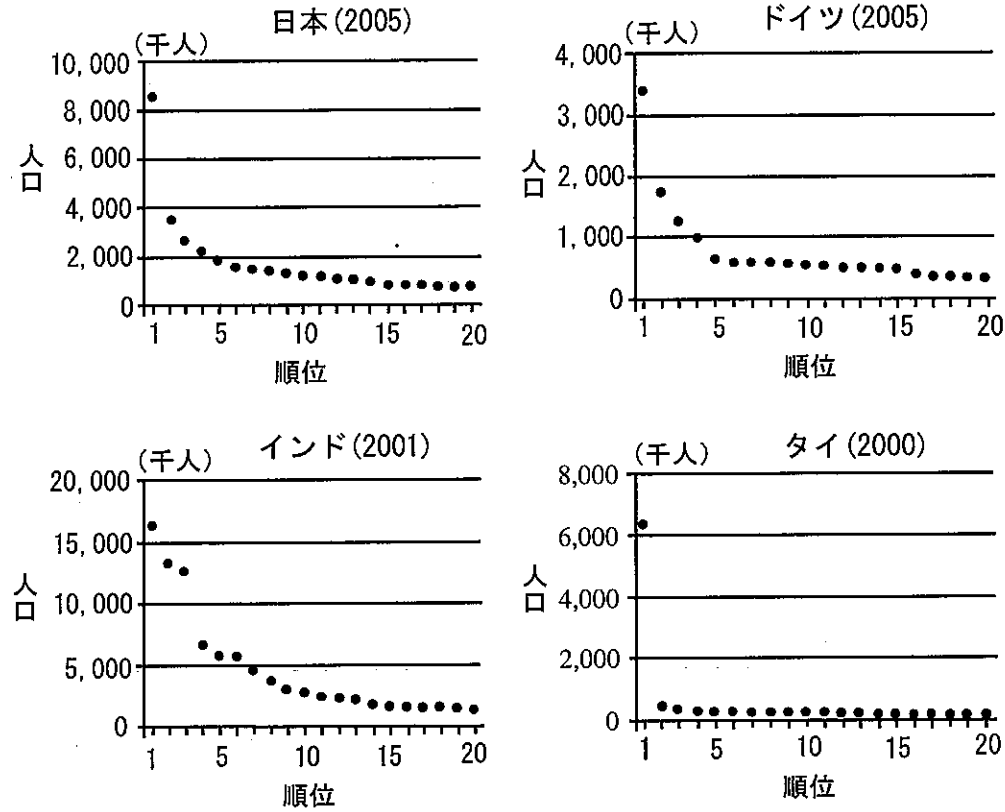
問1 図中の“A”の地点を含む河成の地形を示す用語を記せ。また、この地域の2時期の土地利用の変化と、その変化をもたらした背景について考えられることを5行程度で述べよ。

問2 図中の百瀬川は天井川になっている。どうしてそのようにいえるか3行程度で説明せよ。また、そのでき方について2行程度で述べよ。

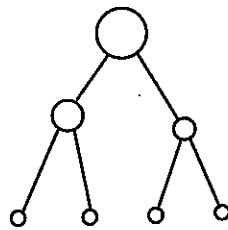
問3 図中の“B”の南東には2時期のいずれの図にも山地内に平坦地が広がっている。この形成に関して、周囲の地形からどのようなことが考えられるか、3行程度で述べよ。



問題B2 下図は日本、ドイツ、インド、タイ 4か国の人口規模の大きい上位20都市を、人口規模を縦軸、順位を横軸とする座標系に描いたものである。図をみて問1～問3に答えよ。



問1 日本の都市の結合を特徴づけるパターンとして、下の概念図が描かれる。これを参考にして、タイの都市間結合の概念図を描け。



問2 ドイツと日本の都市の順位規模分布を両軸ともに対数目盛の座標系に描くと直線状を呈する。そこで、近似直線の傾きの絶対値を比較すると、どちらが大きくなるかを上図から判断して答えよ。また、これは何を意味するかを1行程度で答えよ。

問3 インドにはデリーのほかにムンバイ (ボンベイ)、コルカタ (カルカッタ)、チェンナイ (マドラス) などの巨大都市が存在する。上記3都市の都市発達に共通する点を2行程度で述べよ。

問題B3 河川に関する下の問1～問3に答えよ。

問1 図1の河系模様は、ある地域の水系網を示している。同じ次数の谷が合流するとき合流点から下流の谷を1次だけ高い次数の谷とする、という方法に基づいて、河川Aの次数を求めよ。ただし、最上流の谷は1次谷とする。

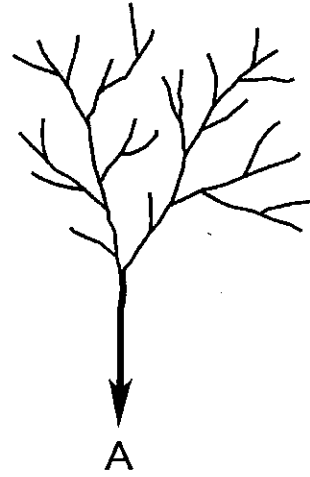


図1

問2 図1の河系模様は、その形状から樹枝状パターンと呼ばれている。一般にはこの模様の他にどのような河系模様がみられるか、図1を参考にして具体的な模様を1つ描いて、どうしてそのような模様になるか2行程度で説明せよ。

問3 川は上流から掃流や浮流という形で運搬してきた礫・砂・粘土を条件次第で堆積させる。図2は、ユルストロームが多く資料から描いたもので、A(太い帯)は粒子(礫・砂・粘土)が動き始める流速(初動速度)を示し、B(実線と破線)は沈降速度を示している。A、Bで分けられる(1)～(3)の領域にふさわしい流水の地形営力を指す用語を記入せよ。

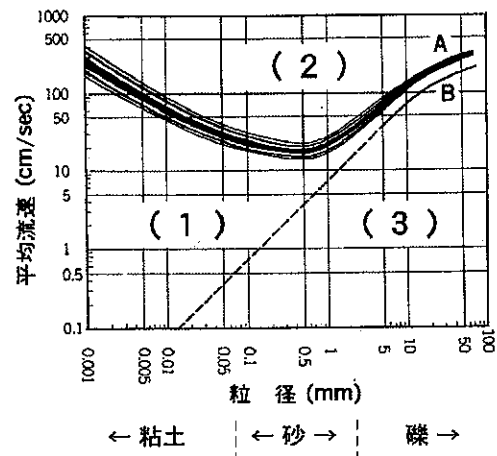


図2

また、この図で説明される地形現象について、一例を3行程度で説明せよ。

問題C1 以下の問1～問5に答えよ。

図1は1 atmにおける $Mg_2Si_2O_6$ - $CaMgSi_2O_6$ 系の相平衡状態図である。 $Mg_2Si_2O_6$ 側では、およそ1000°Cまで空間群アの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、 $CaMgSi_2O_6$ 側にはおよそ1400°Cまで空間群イの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[A]を共有してつらなるウで特徴づけられる。CaやMgはM1およびM2席に入るが、エ席の方が大きいため、Caは主にエ席を占める。

$Mg_2Si_2O_6$ 系では、2GPa以上の圧力下では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正方晶系のオ構造や斜方晶系のカ構造に相転移する。このうち、カ構造の相ではSiの周囲にOがキ配位している。

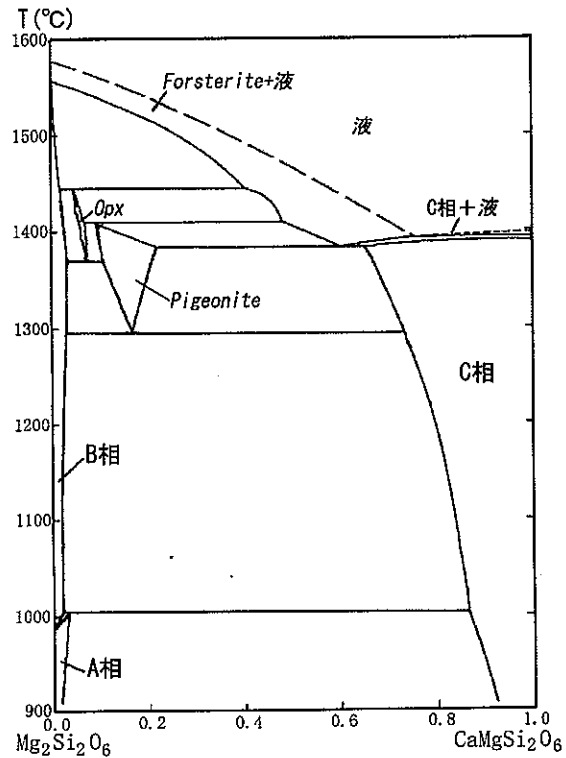


図1 (Carlson 1988 を改変)

図中の Opx は A 相および B 相とは異なる

問1 A相、B相、C相の名称を書け。ただし、単斜輝石(Clinopyroxene)、斜方輝石(Orthopyroxene)は不可とする。

問2 本文中の ア～キ に適切な語句を下の語群から選べ。

【Fd3m, P4/mmm, Pbcn, C2/c, P1, 4つ, 5つ, 6つ, 鎖状構造, 層状構造, フレームワーク構造, M1, M2, ルチル, ザクロ石, スピネル, ペロブスカイト】

問3 $Mg_2Si_2O_6$ - $CaMgSi_2O_6$ 系以外の輝石あるいは準輝石から2種類を選び、鉱物名と端成分の化学式を書け。

問4 $Mg_2Si_2O_6$ 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何というか書け。

問5 文中の[A]に該当する語句を記せ。

問題C2 以下の問1および問2に答えよ。

問1 次の文章を読んで、以下の(1)～(7)に答えよ。

地球上のマグマの活動は主に、(a)プレートの発散境界、(b)プレートの収束境界、(c)ホットスポットで行われている。このうち、現在の地球上のマグマ生成総量において最も盛んなものは である。火山の噴火様式は、噴火する環境が陸上か海底かによって大きく異なる。海底で玄武岩溶岩が流出すると、マグマが急冷され溶岩の外殻から冷えて固まる。そして固まっていない内部の溶岩が外殻の割れ目から再び流出し、最終的には海底に流出した溶岩は、(d)独特の形状を示す。更に海底で急冷された溶岩流は壊れやすいため、角礫状に破碎された溶岩も多い。このような溶岩は と呼ばれる。一方、火山活動が浅海で生じた場合、溶岩が海水と接し、噴火の勢いは空中にも達するため爆発的な噴火を起こす。このような噴火様式を と呼ぶ。同様の噴火様式は、マグマと氷河が接する地点でも生じる。今年 4 月にヨーロッパの各空港を閉鎖に追い込んだ、(e)エイヤフィヤトラヨークトル火山の噴火が良い例である。

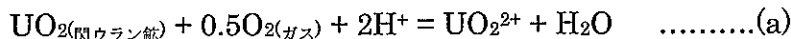
- (1) 現在(b)に属する火山が多い国名を3つ挙げよ
- (2) 現在(c)の火山がある地名を2つ挙げよ。
- (3) 文中の に入るものは(a)、(b)、(c)のうちどれか答えよ。
- (4) (d)のような溶岩は何と呼ばれるか、答えよ。
- (5) 文中の に入る語句を答えよ。
- (6) 文中の に入る語句を答えよ。
- (7) (e)の火山がある国名を答えよ。

問2 次の地学用語から 3つ 選び、それぞれ 3 行以内で説明せよ。各解答の最初に選択した番号と用語を記すこと。

- | | | |
|--------------|---------------|----------------|
| (1) バソリス(底盤) | (2) ウェッジ・マントル | (3) スーパープルーム |
| (4) 層状貫入岩体 | (5) カルクアルカリ系列 | (6) バイモーダル火山活動 |

問題C3 以下の問1～問3に答えよ。

問1 閃ウラン鉱(UO₂)が、水溶液中で以下の反応を起こすとする。



それぞれの化学種に対するギブスの自由エネルギー(標準状態)が以下の値であったとする。単位は全て kJ/mol である。

$$\text{UO}_2^{2+} = -952.61, \text{H}_2\text{O} = -237.14, \text{UO}_2 = -1031.82, \text{O}_2 = 0, \text{H}^+ = 0$$

- (1) 標準状態での反応式 (a) の反応の自由エネルギーを計算せよ。
- (2) 仮に閃ウラン鉱を含む土壌が存在し、それが現在の雨水にさらされ、土壌中で閃ウラン鉱の溶解と沈殿を繰り返したとする。(1)の計算結果を考慮し、溶解と沈殿を起こす要因を以下の語句を含めて6行以内で述べよ。

【酸化的、有機物、溶存酸素、地下水】

問2 CO₂ガスと CH₄ガスが共存する時の炭素安定同位体比の違い(同位体分別効果)は、図1で示すような温度の関数で表されるとする。今、300℃で CO₂の δ¹³C が-7‰であった場合、CH₄の δ¹³C は、どのような値をとるか。また CO₂と CH₄の δ¹³C が、それぞれ-5‰と-22‰の値を保ちながら共存できる温度は何度か、図1から読み取れ。

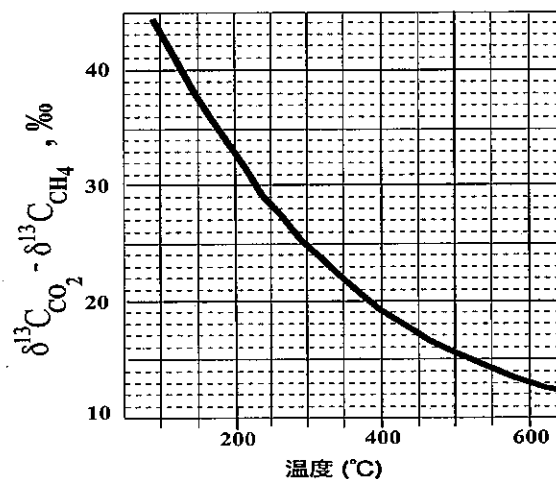


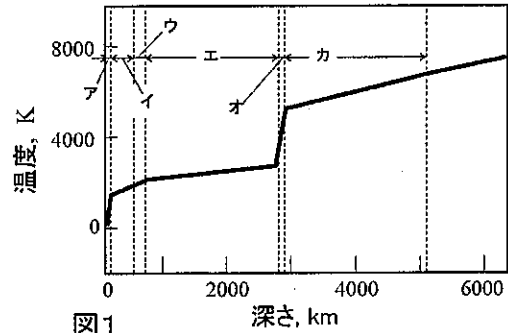
図1

問3 以下の文章を読み、ア～オに適切な語句を記せ。

大気中の CO₂が生物活動を介して有機物に変えられる。こうした有機物が海洋堆積物に取り込まれると、初期のア作用の間に微生物活動によってメタンガスが生成される。このメタンガスは有機物に比べ、安定同位体であるイをより多く濃集させる。ア作用が継続する過程で有機物はピチュメンとウに別れ、ウが選択的に地層に残る。更に温度圧力が増すと堆積物中で石油が生成される。石油を地層中に蓄えるためには、エや断層などの形成が重要である。更に変成作用の段階に入ると残された有機物のオ化が進行するため、変成作用を被った堆積岩にはウよりもオが多く見られる。

問題C4 以下の問1および問2に答えよ。

問1 図1は地球内部の温度分布を表している。地球内部における熱の輸送の様式には熱伝導、輻射、対流の3つ存在する。地球内部の構造とそこでの熱の輸送様式に関する以下の設問に答えよ。



- (1) 地球内部の区分において図中のエ、オ、カの領域は、何と呼ばれる領域か記せ。
- (2) 熱伝導が主要な熱輸送メカニズムとなっている領域（境界）を図中のア～オから2つ示せ。それぞれ、何と呼ばれている領域か記せ。
- (3) 断熱温度勾配に従っていると考えられるのは、図のア～オのうちどの領域か、その領域の記号をア～オから2つ示せ。またそれらの名称を記せ。
- (4) (3)の2つの領域では、なぜ断熱温度勾配に従っているのかその理由を、それぞれ2行以内で説明せよ。

問2 地震パラメータ $\Phi(r) = K/\rho$ と密度 ρ 、体積弾性率 K 、重力加速度 $g(r)$ の間には、以下の (ア) のような関係がなりたつ場合がある。

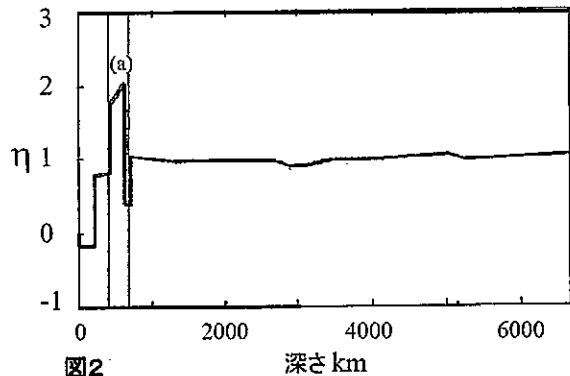
$$d\Phi(r)/dr = -\rho(r)g(r)/\Phi(r) \text{ ----- (ア)} \quad \text{ここで } r \text{ は地球中心からの距離である。}$$

実際の地球内部では、(ア) 式は成り立たないが、 η というパラメーターを導入すると以下の (イ) 式で表すことができる。

$$d\Phi(r)/dr = -\eta\rho(r)g(r)/\Phi(r) \text{ ----- (イ)}$$

図2に、 η の地球内部における分布を示す。

- (1) (ア) の関係式をアダムス・ウィリアムソンの式と言う。この式が成り立つための条件を3つ挙げよ。



- (2) (イ) の関係式の η は何を意味するか2行以内で説明せよ。また、このパラメーター η は何と呼ばれているか。
- (3) $V_b = \sqrt{\Phi(r)}$ と表すと V_b を何と呼ぶか。 V_b は縦波速度 V_p および横波速度 V_s とどのような関係にあるか示せ。
- (4) 図2の(a)では η は1からずれている。図中の(a)は地球内部の区分において何と呼ばれる領域か。また、そこで η が1からずれる原因を2行以内で説明せよ。

問題C5 以下の問1～問4に答えよ。

問 1 岩石を構成する光学的異方体の結晶とそのバイリフリンゼンス（複屈折）について述べた次の（1）～（6）の文のうち、正しいものには○を、誤っているものは修正すべき箇所を例えば「白→黒」のように解答欄に記入せよ。なるべく修正箇所が少なく、正しくて意味のある内容の文になるように工夫すること。

- (1) 一軸性結晶の光軸は必ず結晶軸 a の一つと一致する。
- (2) 一軸性結晶で光軸に垂直な方向に進む光の複屈折の値はゼロである。
- (3) 一軸性の正号結晶は、正常光の屈折率が異常光の屈折率よりも大きい。
- (4) 方解石の結晶を通して字が二重に見えるのは二軸性結晶だからである。
- (5) 二軸性でも一軸性でも、ある方向に振動する光の屈折率は1つしかない。
- (6) 同じ二軸性結晶の光軸角は、薄片の厚さにより変化する。

問 2 次の図1と図2の岩石薄片の顕微鏡スケッチを見て、鉱物組合せと岩石組織から岩石名を答え、読み取れる岩石の形成過程をそれぞれ3行以内で述べよ。

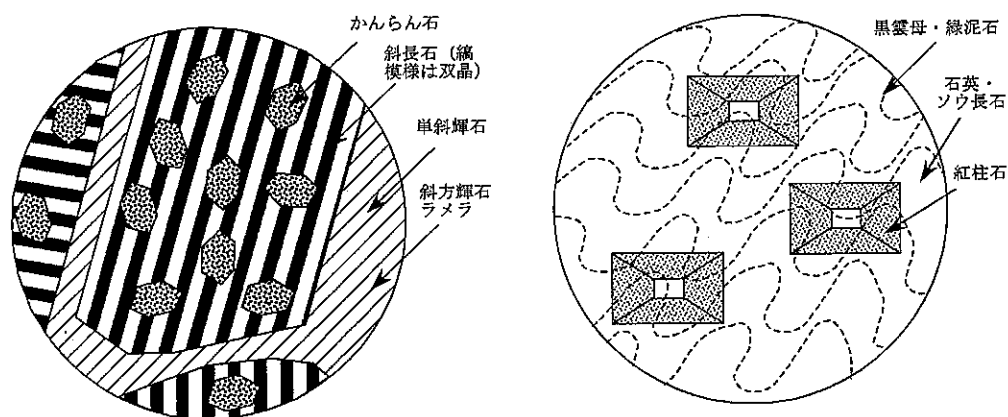


図1 (視野の直径は5 mm) 図2

問 3 近年、日本の火山岩から微細なダイヤモンドが発見されて話題になった。ダイヤモンドやコーサイトを含む地球上の岩石（隕石や天体衝突によってできた岩石を除く）としてよく知られている（1）火山岩と（2）変成岩について、それぞれ1つずつ岩石名を挙げ、各岩石の産状、性質、成因についてそれぞれ3行以内で説明せよ。

問 4 玄武岩マグマの化学組成や同位体組成は、（1）マンツルの部分溶融度の違い、（2）マグマの結晶分化程度の違い、（3）マンツル中の起源物質の違い、といった要因で変化する。どの元素（元素群または元素比でもよい）・同位体（または同位体比）が、どのようにこれらの違いを反映しているか、上の（1）～（3）の各要因について、具体的な例を挙げ、それぞれ3行以内で説明せよ。