

平成 21 年度 (2009 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 20 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 A1 ~ A3 : 地圏進化学・環境動態論分野)、B 群 3 問 (問題 B1 ~ B3 : 環境地理学・環境動態論分野)、C 群 5 問 (問題 C1 ~ C5 : 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 題毎に 1 枚の解答用紙を使います。表に書ききれないときは裏も使います。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番号を記入します。
6. 試験終了後、受験生は入学後の抱負などについて 20 分程度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。

地球上のすべての物体は地球の と地球の自転による を受けている。
この二つの力の合力を重力という。

地球上の各地で測定された重力は、測定地点の海拔高度や海面からその高さまでに存在する物質や、^(a)周囲の地形の影響を受けている。これらの影響を補正した 上の値を求め、その値から、^(b)標準重力をさしひいたものをブーゲー異常といい、地下の構造を知るための重要な手がかりになる。世界各地で測定された結果によると、一般に大山脈ではブーゲー異常は の大きい値を示し、山地の下には密度の 物質があることがわかっている。一方大洋ではブーゲー異常は一般に の値を示す。また、地震波による研究では大山脈の下では、地殻とマントルとの境界である 面の深さが深く、大洋では浅くなっていることがわかっている。この結果を総合すると、かつてエアリーが提唱したように、一般に地殻は、海水に浮かぶ氷山のように、マントルの上に地殻の を保ってのっていると考えられる。地殻とマントル上部の密度をそれぞれ $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $3.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とすると、海拔高度 4.0 km の山地と海拔高度 0 km の 2 地点下での 面の深さの差は、地殻の が成り立っているとすると km と見積もられる。

問1 ～ に適切な数値・語句を記せ。

問2 下線部(a)で述べられている「周囲の地形の影響」に関して、測定点付近の地形の起伏が測定された重力に与える影響について5行程度で述べよ。

問3 下線部(b)で述べられている「標準重力」の値が、場所によって異なるのはなぜか。5行程度で述べよ。

問題A2 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

顕生代の地球上では、地殻-海洋-大気の相互作用によって物質循環が進行し、これらに陸上生物圏が深くかかわることにより地表環境が形作られてきた。ア紀始めに上陸した植物は乾燥した陸上環境に適応し、維管束を進化させイ紀後期には最初の森林を形成した。イ紀末からウ紀前半の気候は世界的に温暖湿潤で、(a)森林は急速に分布を拡大し、多量の植物遺体が分解されずに地層中に堆積した。エ紀になると気候の乾燥化が進み、(b)巨大なシダ植物が絶滅する一方で、裸子植物が繁栄を始め、古生代の終わりには森林の主要な構成要素となっていた。被子植物はオ紀始めに出現した。オ紀中期になると、(c)被子植物は裸子植物に代わって分布を拡大し、急速に多様化した。新生代に入ってしばらくは温暖な気候が続いたが、カ世からキ世にかけて寒冷化が始まると、高緯度地域では亜熱帯性植物に代わって針葉樹が広がり、中緯度地域は乾燥化が進み草原が形成され、しだいに現在みる多様な環境に適応した植生帯が成立していった。

問1 ア～キに適切な語句を記せ。

問2 下線部(a)に関連し、森林の分布が拡大し、多量の植物遺体が地層中に堆積したことの地球環境への影響を、以下の語句をすべて用いて10行以内で記述せよ。

【土壌、温室効果ガス、光合成】

問3 下線部(b)の巨大なシダ植物を次の語群から2つ選べ。

【モクレン、リンボク、イチョウ、フウインボク、メタセコイア、クックソニア】

問4 下線部(c)に関連し、被子植物が分布を拡大した原因について共進化という語句を用いて5行以内で記述せよ。

問題A3 次の文章を読み、問1および問2に答えよ。

GEOSECS II 計画による大規模な海洋調査が 1970 年夏に北大西洋で実施された。図1は、この調査により得られた、全炭酸 (ΣCO_2) 量と全炭酸の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) および溶存酸素 (O_2) 量と溶存酸素の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) の鉛直分布である。

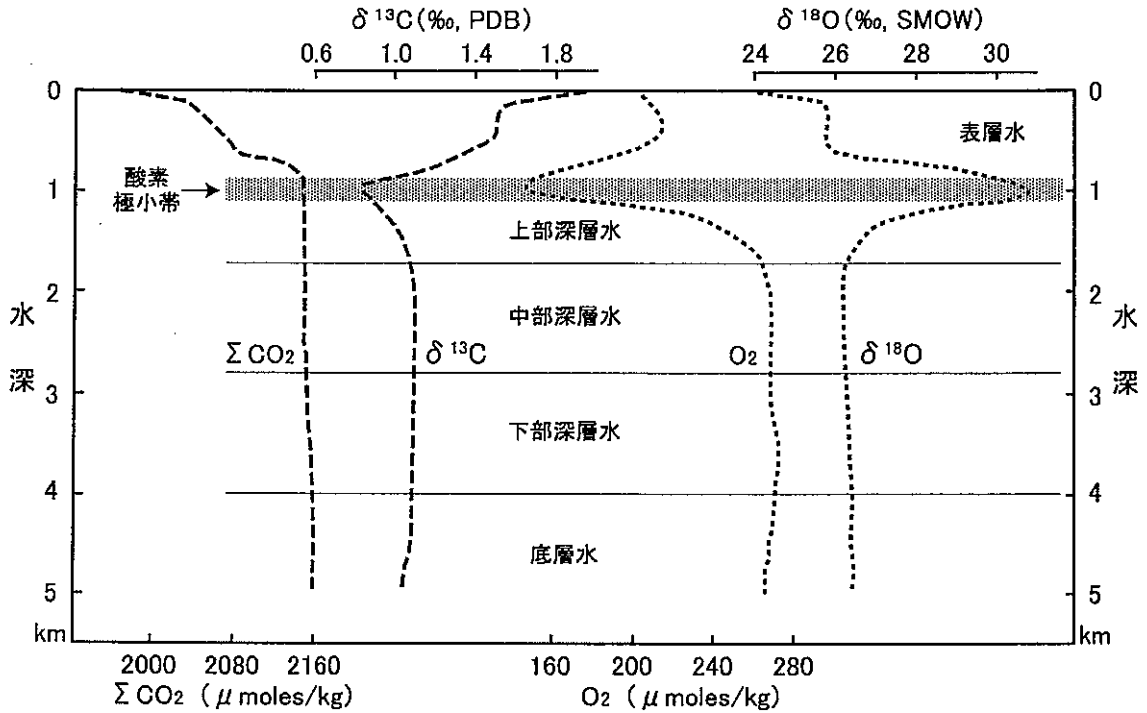


図1 溶存全炭酸 (ΣCO_2) 量と $\delta^{13}\text{C}$ および溶存酸素 (O_2) 量と $\delta^{18}\text{O}$ の鉛直分布
Kroopnick et al. (1972) に基づく。

問1 表層水中で水深が浅くなるにつれ、全炭酸 (ΣCO_2) 量が減少し、全炭酸の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) は逆に増大している。海洋表層生産が全炭酸に変動をもたらす事実注目し、全炭酸量が減少すると重い炭素 (^{13}C) が増加する観測結果を解釈し、以下の全ての語句を用いて10行以内で記述せよ。

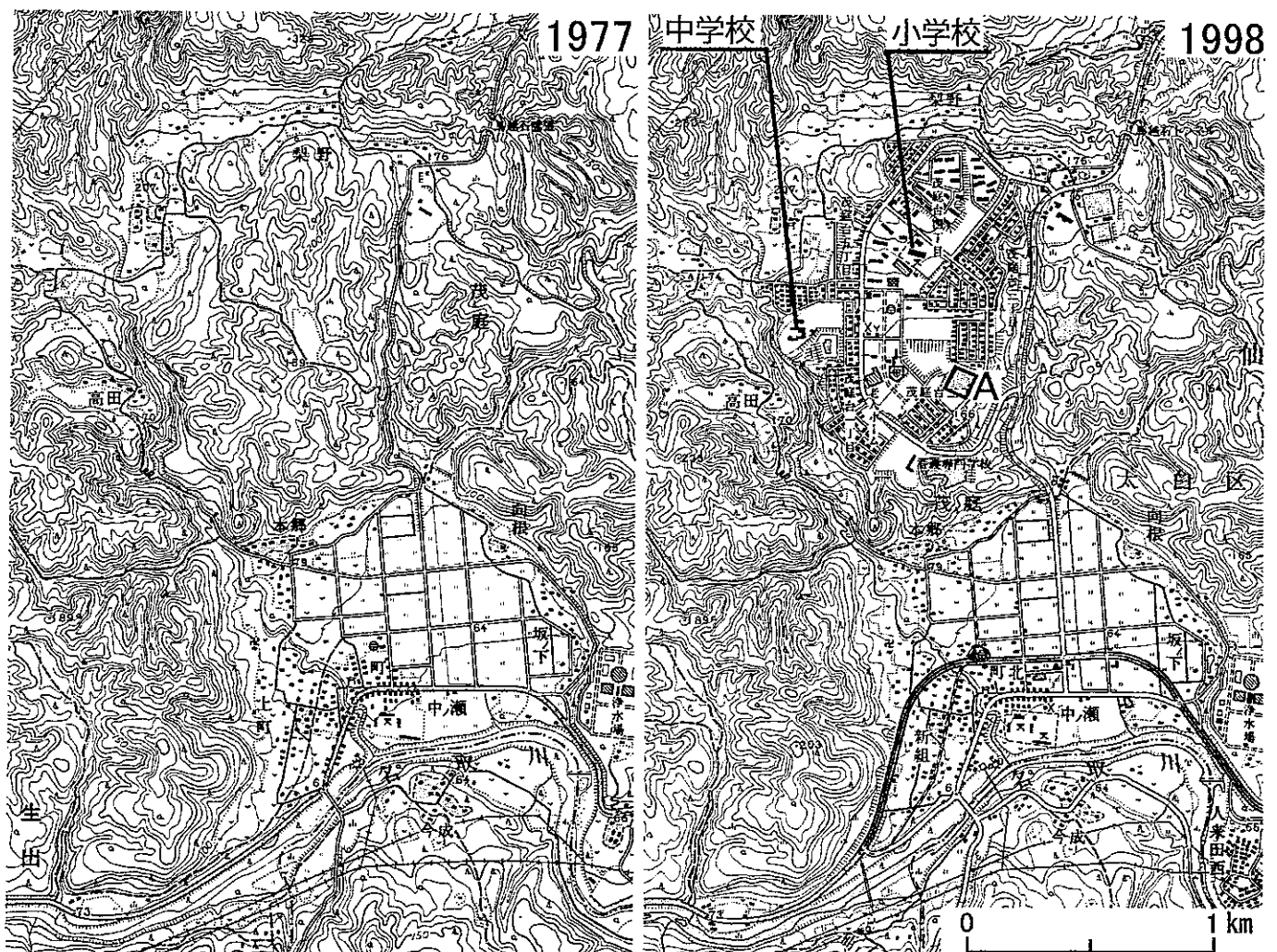
【有光層、無機栄養プランクトン、光合成、表層生産、炭素同位体分別】

問2 溶存酸素 (O_2) の量とその酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) の鉛直分布には、水深 500 m 以深の下部表層水～上部深層水中で顕著な鏡像対称性が認められる。海洋における炭素循環を考慮し、この鏡像対称分布の原因について、以下の全ての語句を用いて10行以内で記述せよ。

【生産循環、粒子沈降、酸素代謝、酸素極小帯、酸素同位体分別】

問題 B 1 下図は仙台市南西地域の1977年と1998年の地形図
 (1/25,000地形図、部分)である。本地域では、この期間に地すべ
 り地に茂庭台団地が造成された。図をみて次の問1～問5に答えよ。

- 問 1 茂庭台団地の南側に広がる低平な地形を表す一般的な用語は何かを解答せよ。
 問 2 茂庭台団地内の造成前の最高点はおおよそ標高何メートルであるか解答せよ。
 問 3 茂庭台団地内には2つの学校(1998年の地形図中の“小学校”と“中学校”)
 があるが、1977年当時はそれぞれどのような地形の所であったか解答せよ。
 問 4 茂庭台二丁目には調整池(1998年の地形図中の“A”)がある。団地造成以
 前にはこの場所はどのような地形であったか解答せよ。
 問 5 1977年の地形図から、茂庭台団地が地すべり地に造成されたと判断される地形
 的特徴をそれぞれ1行で2つ記せ。



国土地理院発行 1/25,000地形図「仙台西南部」図幅の一部を使用

問題B2 下図をみて、以下の設問に答えよ。

問1 図1に示したインドの百万都市の分布と図2の外国企業の資本提携先地の分布と対照して、外国企業の進出先の分布の特徴2点を、それぞれ2行程度で説明せよ。

問2 図3はインドに進出した外国企業の事例をモデルにして描いた全国スケールの販売網のパターンである。販売事業所の配置形態の特徴について5行程度で述べよ。

問3 図3に描かれた State Office は州によっては配置されていない。その理由を2行程度で述べよ。

問4 インドへの外国企業の進出が増加の一途をたどっているが、図2、図3の分布パターンが今後も一般的な傾向として継続するとした場合、予想されるインドの都市体系の変化2点を、それぞれ2行程度で述べよ。

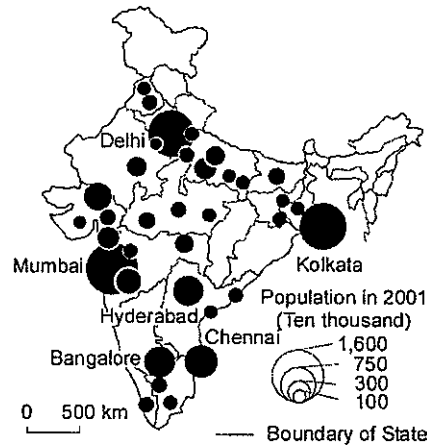


図1 インドの人口百万以上の都市

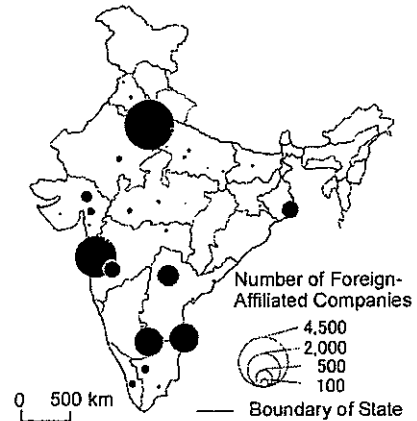


図2 外国企業の資本提携先地

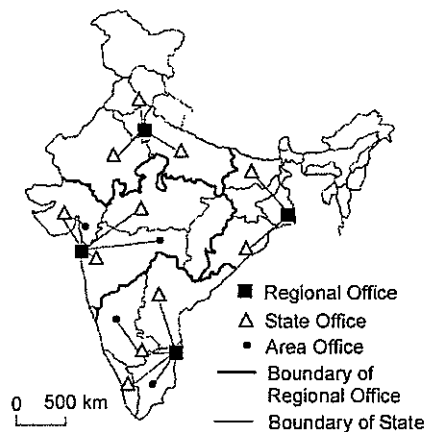


図3 外資系企業の販売網

問題B3 下の図1は、海面(海水準)変動と地殻変動によって形成される地形面(海成段丘面)の関係を模式的に示している。次の問1～問3に答えよ。

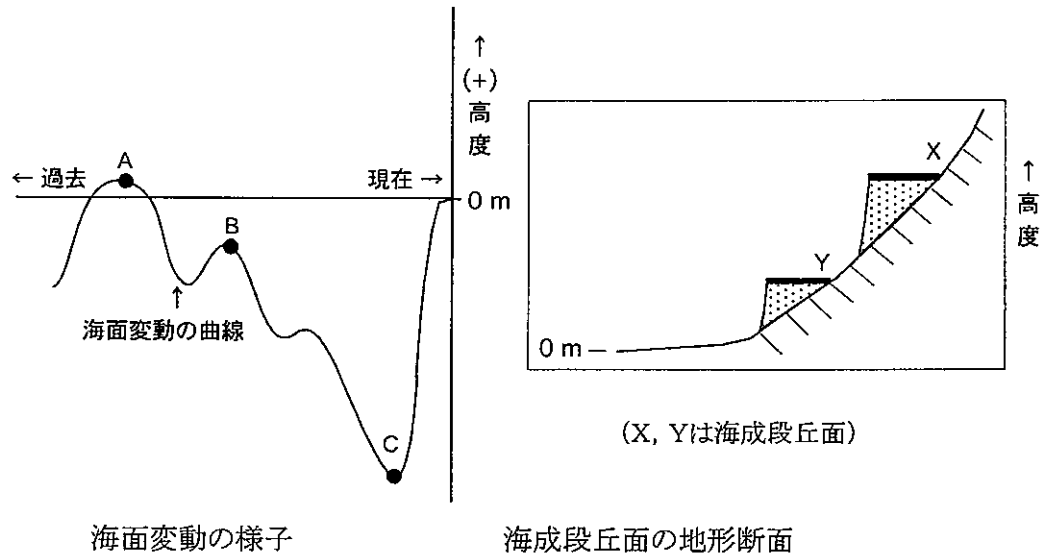


図1

問1 この地域が0.5 m/千年の速さで隆起を続けている時に、12 万年前の海面Aの位置で形成された海成段丘面Xと、8 万年前の海面Bの位置で形成された海成段丘面Yの(旧汀線)高度をそれぞれ求めよ。ただし、海面Aは現在の海面より5 m 高く、海面Bは現在の海面より15 m 低い位置とする。

問2 この地域がほとんど隆起していない場合には、海面がCの位置(現在より約100 m 低い位置)にある時に形成された地形は、現在の海岸付近では、どのような地形として認められるか。また、どのような方法でその地形を見いだす調査を行ったらよいか、それぞれ2行程度で説明せよ。

問3 この地域が0.5 m/千年の速さで沈降を続けているとしたら、海面Aと海面Bの時の地形はどのような関係で認められるか、図1の右側の図を参考にして、図を描いて3行程度で説明せよ。

問題C1 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

結晶の形態は成長条件に応じて千差万別の形をとる。その形態を決めるのは、結晶学的に異なる面の成長速度の比である。等軸晶系の結晶が溶液中で成長するときの、成長速度の過飽和度依存性を図1に示した。{100}面は低い過飽和度から成長することがわかる。一方、{111}面は臨界過飽和度 σ_1 で急に成長を始める。したがって、^(a)過飽和度の大小によって結晶の形態が異なることが分かる。

では、この{100}面がなぜ低い過飽和度から成長したのかを考察してみよう。分子レベルで完全に平坦な表面では、分子が取り込まれ成長に必要な成長ステップがない。そのため、結晶表面に「ア」が形成される必要がある。しかし、これには高い過飽和状態が必要なので、この{111}面のような臨界過飽和度が存在する。それに対して、この{100}面では「イ」が表面に現れており、そこから発生するらせんステップは消滅することはないので、結晶は低過飽和度でも成長する。この成長速度と過飽和度の関係から、{100}面では「ウ」、{111}面では「エ」のメカニズムによって結晶が成長したと考えられる。

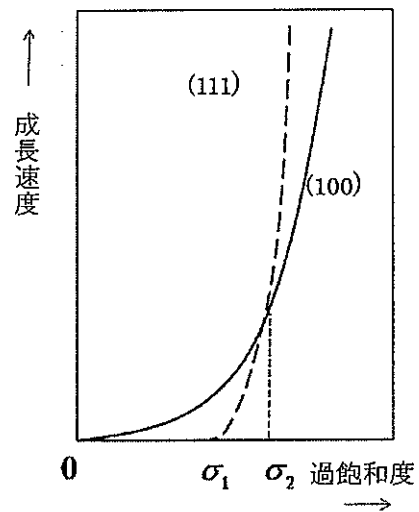


図 1

上記の説明は、低過飽和状態で結晶表面での分子の取り込みが律速となる場合である。さらに高過飽和状態では、^(b)溶液中での分子の拡散が律速過程となり、結晶の形態も結晶近傍の濃度分布により大きく変わる。

問1 本文中の「ア」～「エ」に適切な語句を下の語群から選べ。

【らせん成長、ガラス化、2次元核形成、2次元核、らせん転位、刃状転位、相転移】

問2 下線部(a)で予想される結晶形態を、 σ_1 以下、 $\sigma_1 \sim \sigma_2$ 、 σ_2 以上の過飽和度条件に分けて図示せよ。ただし、{100}面のみで囲まれた結晶を長時間成長させたとする。

問3 下線部(b)の場合、溶液の過飽和度が上昇するに従って、多面体、骸晶、樹枝状結晶、球晶へと変化する。このような変化がなぜ生じるかを、以下の語句を全て用いて8行以内で説明せよ。

【濃度分布、結晶の角や稜、樹枝状、骸晶、球晶、異方性】

問題C2 下図を参考にして、問1~3に答えよ。

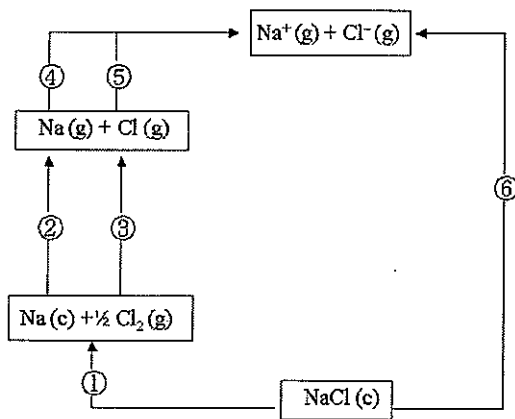


図1 Born-Harber サイクル

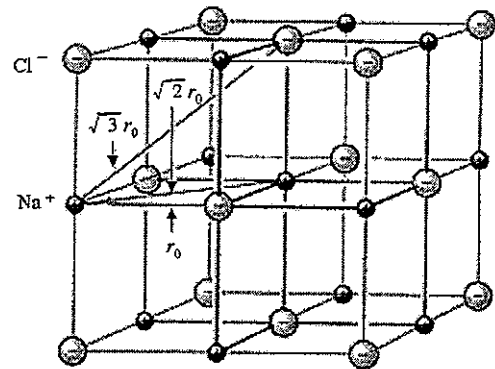


図2 岩塩(halite, NaCl)の結晶構造

問1 図1の①~⑥は次のア~カのどれに対応するか。解答用紙に、ア~カの記号で記せ。ただし、吸熱か発熱かによる符号や、気体が関与する場合の $PV (=nRT)$ は適宜付与して考えるものとする。

ア: 結晶エネルギー (格子エネルギー) $\Delta U_{m,latt}$ 、イ: Na の昇華エンタルピー $\Delta H_{m,f}^\circ(\text{Na,g}) = 107 \text{ kJ/mol}$ 、ウ: NaCl 結晶の標準生成エンタルピー $\Delta H_{m,f}^\circ(\text{NaCl,c})$ 、エ: Cl の解離熱 $\Delta H_{m,f}^\circ(\text{Cl}_2\text{g}) = 122 \text{ kJ/mol}$ 、オ: Na のイオン化エネルギー $IP(\text{Na,g}) = 495 \text{ kJ/mol}$ 、カ: Cl の電子親和力 $EA(\text{Cl,g}) = 349 \text{ kJ/mol}$

問2 NaClの結晶エネルギーを、図1に示すようなBorn-Harberサイクルで求めると782 kJ/molとなったとすれば、NaCl結晶の標準生成エンタルピーはどのような値でなければならないか。ただし、標準状態 $T=298 \text{ K}$ における RT の値を2.5 kJ/mol (R は気体定数)、固体の体積は無視できるとして計算せよ。

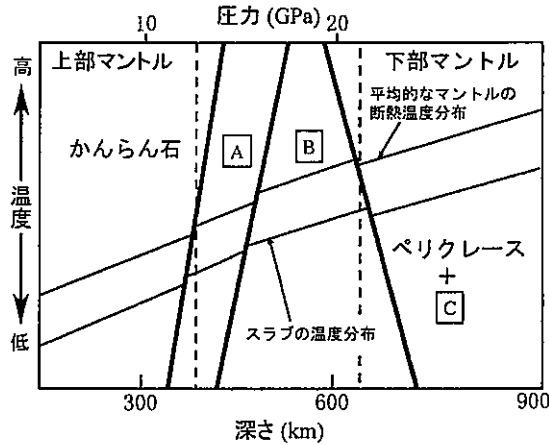
問3 次の(1)および(2)に答えよ。

(1) NaとClの結合距離を2.814 ÅとしてNaClの結晶エネルギーをBornの式から $U_0 = NA z^2 e^2 (1-1/n) / (4\pi\epsilon_0 r_0)$ を用いて計算すると755 kJ/molとなった。この値は、Born-Harberサイクルを用いて求めた値よりわずかに小さいが、この差は何に起因するか。ただし、 N : アボガドロ数、 A : マーデルング定数 $= 6 - 12/\sqrt{2} + 8/\sqrt{3} - 6/2 + 24/\sqrt{5} \dots = 1.748$ 、 n : ボルン指数、 ϵ_0 : 真空の誘電率、 r_0 : NaとClの原子間距離、 ze : 電荷。

(2) 結晶エネルギーは原子の対の結合エネルギーの和であると仮定し、図2を参考にしてNa-Clの結合エネルギーの値を求めよ。

問題C3 以下の問1および問2に答えよ。

問1 下の図は Mg_2SiO_4 の相平衡図に地球内部の平均的な温度分布と沈み込むスラブの温度分布を示している。この図について、以下の(1)~(3)に答えよ。



(1) 図はカンラン石の相平衡図である。図のA、Bの高圧相名を記せ。また、Bは下部マントルでペリクレーズとCに分解する。Cに示す高圧相名とその化学式を記せ。

(2) 以下の文章を読んで「ア」~「ケ」に適切な語句を記せ。

相境界の傾きは $dT/dP =$ 「ア」 であらわされる。この式は、「イ」と呼ばれている。カンラン石からA、AからBへの反応は正の勾配を持っている。すなわち圧力の増加に伴う反応によって体積は「ウ」し、エントロピーは「エ」する。また、Bからペリクレーズ+Cへの反応では、相境界は負の勾配を持つ。これは圧力の増加に伴って、体積が「オ」するのに対して、エントロピーは「カ」することを示している。マントルにおいては、カンラン石からAの相転移は「キ」面に対応し、Bからペリクレーズ+Cへの相転移は「ク」面に対応すると考えられている。これらの二つの不連続面の間の領域は「ケ」と呼ばれている。

(3) 図の相平衡図によると、沈み込む冷たいスラブにおいては、「ケ」の上下面をつくる「キ」面と「ク」面の深さは、まわりのマントルに比べてどのように変化するか2行以内で説明せよ。

問2 以下の式(1) $f = C - P + 2$ 、(2) $dT/dZ = \alpha g T / C_p$ 、(3) $V_p = a(M) + bp$ 、(4) $de/dt = d^n / \eta$ ただし $n \neq 1$ 、(5) $dp(r)/dr = -\rho g / \Phi$ の名称を以下の(ア)~(キ)から選んで記号を記せ。また、その意味を2行以内で説明せよ。

(ア)バークの法則、(イ)バーク・マーナハンの状態方程式、(ウ)自由度、(エ)アダムス・ウィリアムソンの式、(オ)リンデマンの式、(カ)断熱温度勾配、(キ)べき乗則クリープ

問題C4 以下の問1および問2に答えよ。

問1 以下の文章を読んで [ア]～[ク] に適切な語句を記せ。

マグマの活動はプレートが生産される場所でもっともさかんである。プレートが生成される [ア] で出現するマグマはほとんどが [イ] 岩系に属する玄武岩である。ここでは浅部は火砕岩が覆っているものの、その下にはマグマが急冷されてできた球状～半球状の [ウ] 溶岩が堆積している。更にその下には数 km から 10 km 程度の厚さの岩脈群や集積岩が存在し、その下は 300～400 km あたりまで一般的に [エ] といわれる岩石からなっている。 [ア] でつくられた海洋底は [オ] の最上部を構成し、徐々に移動してたとえば [カ] または [キ] のようなところで消費される。そこでは [ア] とは異なるタイプの火山活動が活発におきている。このようなプレート境界を [ク] という。

問2 以下の文章を読んで下の(1)および(2)に答えよ。

火山岩の分化の傾向や特徴などを見るためにいくつかのダイアグラムが提案されているが、そのうちもっとも古くから利用されてきたものの代表に、 [ケ] と [コ] がある。 [ケ] の基本形は横軸に SiO_2 をとり、縦軸に様々な酸化物含有量を示すものであるが、複雑なパラメーターをとることもある。このダイアグラムは [サ] に伴って、 SiO_2 以外の他の元素がどのように変化するかを示すと同時に、その変化の原因を推定しようとしたものであった。一方、 [コ] は [サ] の程度も示すが、 SiO_2 をパラメーターとしてはいない。このダイアグラムは、4元素の酸化物を用いて [サ] のトレンドを調べようとするものである。玄武岩質岩石の組成は [シ] と [ス] を結ぶ線の近くに表示され、 [サ] が進むにつれて多少 [ス] の点に近づき、その後 [セ] の頂点に向かって移動するのが [ソ] に特徴的な [サ] のトレンドであると考えられた。対照的に [ス] の点にほとんど向かわず [セ] の頂点に向かうマグマ系列があることが示され、これを [タ] とよんだ。これは、^(a)顕微鏡観察によって見つけられた違いと整合させることができる点もあり、マグマの [サ] と成因についての考え方に大きな影響を与えた。

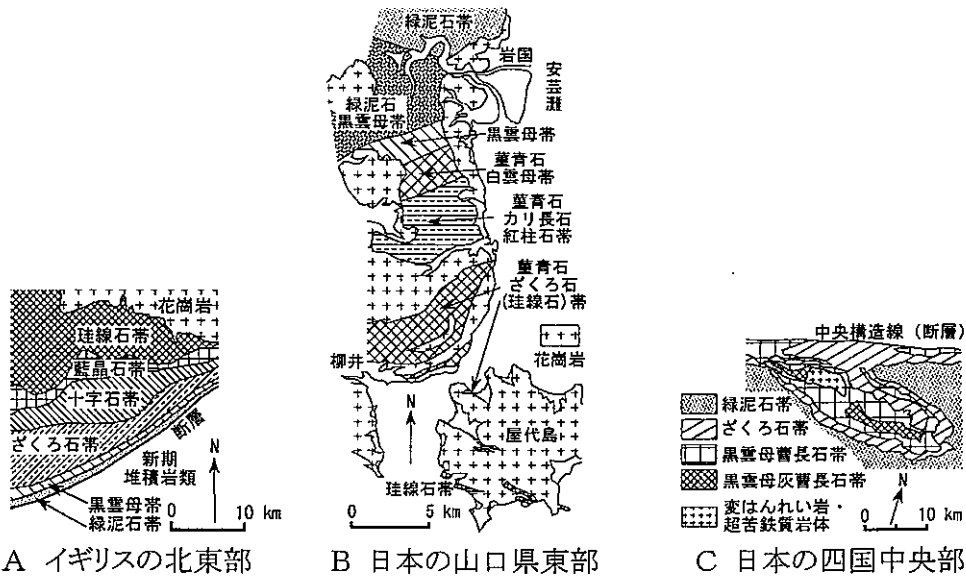
(1) [ケ]～[タ] に適切な語句を記せ。

(2) 下線部(a)の整合させることができる点について6行程度で説明せよ。

問題C5 以下の問1および問2に答えよ。

問1 下のA～Cの図は、世界の代表的な広域変成帯について、特徴的な変成鉱物の出現・消滅に基づいて定義された鉱物帯の分布を示している(〇〇帯としてある部分が変成岩分布域)。これを見て、変成岩と変成帯に関する次の質問に答えよ。

- (1) BとC各々について(ア)固有の変成帯名と(イ)変成作用の地質時代を答えよ。
- (2) A～Cの各鉱物帯は、すべてある共通の岩石を原岩とする変成岩の鉱物組合せに基づいている。(ア)その原岩の岩石名を答え、(イ)特定の原岩を用いる理由を2行以内で述べよ。
- (3) (ア)これらの変成帯の変成鉱物の中で、理想化学式が Al_2SiO_5 の鉱物を3つ答えよ。
(イ)また、このように化学式が同じで結晶構造が違う関係を何と呼ぶか、一語で答えよ。
- (4) AとBの変成帯では、対応する変成温度が等しい鉱物帯を比べた場合、変成作用の圧力が異なる。(ア)AとBでは、どちらの圧力が高いか答えよ。(イ)また、なぜそのように判断されるか、4行以内で理由を述べよ。
- (5) 地球上にA～Cのような圧力/温度比の異なる変成帯が存在する理由を4行以内で説明せよ。図を用いてもよいが、必ず文章で説明すること。



問2 次の①～⑨から4つの語を選び、それぞれについて、(ア)選択した番号と、対応する英語を記し、(イ)それがどんなものか、2行以内の日本語で説明せよ。

- ① オフィオライト、② ハイアロクラスタイト、③ エクロジャイト、④ コマチアイト、
⑤ ボニナイト、⑥ アダカイト、⑦ トーナライト、⑧ コンドライト、⑨ コーサイト