

平成28年度
愛媛大学大学院理工学研究科博士前期課程
数理物質科学専攻
(地球進化学コース)

入学試験問題

専 門

解答時間 9 : 0 0 – 1 2 : 0 0

注意事項

1. 専門科目8問の中から4問(各50点)を選択して解答すること。4問を超えて解答した場合、すべて0点となるので注意すること。
2. ~ の問題を選択した場合は、解答用紙に問題番号と受験番号を必ず記入すること。記入の無い解答は、0点となるので注意すること。
3. の問題を選択した場合は、指定された解答用紙に受験番号を必ず記入すること。
4. 電卓の使用は、認めない。

1

地層に関する以下の問いに答えよ。

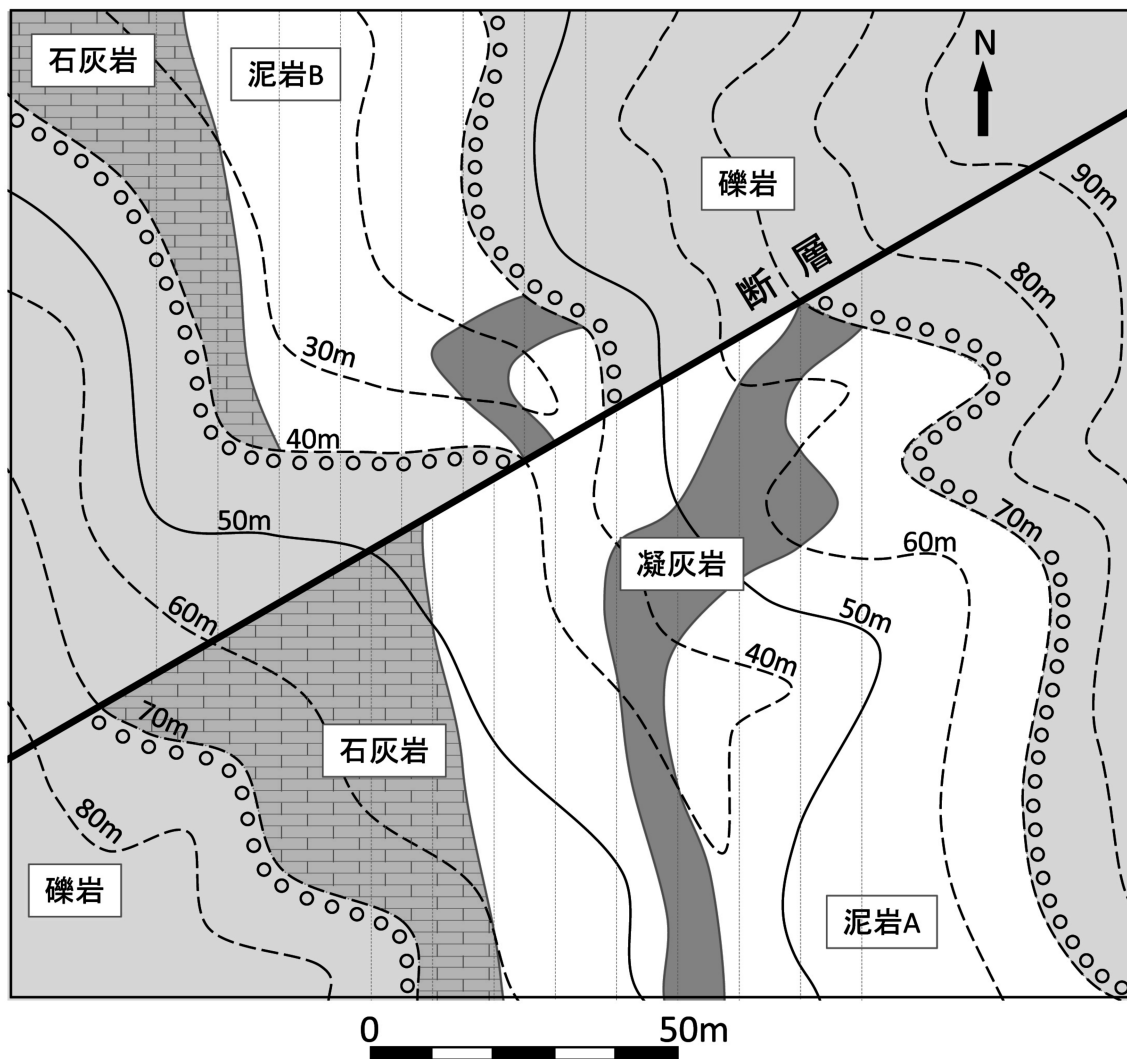
問1. 地層の基本法則に 1) 「地層累重の法則」と 2) 「初源水平（地層水平堆積）の法則」がある。1) および 2) の法則について説明し、各々の法則の例外事例を述べよ。

問2. 地層の上下判定をする場合、どのような方法を用いればよいか。上下判定の方法を少なくとも2つあげ説明せよ。図を用いて説明してもよい。

問3. 地層の層序区分を行う場合、1) 岩相に基づいた区分、2) 地層に含まれる化石に基づいた区分、3) 地層の物性（例えば、磁気極性など）に基づいた区分などがあげられる。3) の代表例をあげその区分について解説せよ。

下の図はある地域について作成された地質図である。以下の問いに答えよ。なお断層は $N60^{\circ}E$ の走向を持つ垂直な断層で、地史の上では一度だけ活動したものとする。地層の逆転はないものとする。図中の縦線は作図の際に使用した補助線である。

- 問1 礫岩層の下限の境界は、下位のいくつかの地層を覆っている。このような構造を何というか。
- 問2 凝灰岩層の走向・傾斜を求めよ。
- 問3 それぞれの地層（礫岩、石灰岩、泥岩 A、泥岩 B、凝灰岩）と断層について、形成された順序を古い順に示せ。
- 問4 断層の垂直変位は何 m か。
- 問5 断層は常に垂直方向に動くとは限らない。この断層は実際にはどのように動いたと考えられるか。また、その変位量も求めよ。



3

以下の問1～問2に答えよ。

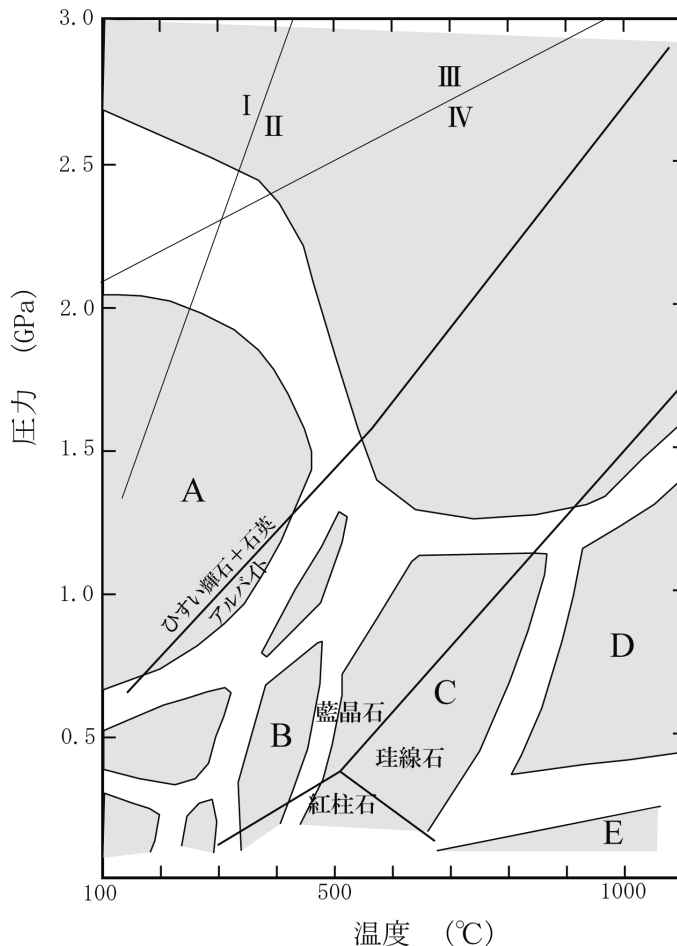
問1. 下記の文章を読み、以下の問いに答えよ。

マグマが冷却固結する際、マグマから晶出した鉱物を取り除かれることによって、マグマの組成が変化することを **ア** という。これは①火成岩の多様性を説明する要因の一つである。玄武岩質マグマの **ア** では **イ** や **ウ** が早期に晶出する。晶出した鉱物による **ア** が起これば、大きな元素分配係数 D (鉱物中の元素濃度 / **エ** 中の元素濃度) を持つ元素は、これらの鉱物に相対的に多く取り込まれる。そして、その元素は、マグマから取り除かれることによって、残りのマグマにおけるその濃度は低下する。一方、小さな D で特徴づけられる元素は、マグマに濃集する。前者を **オ** 元素、後者を **カ** 元素と呼ぶ。

- (1) **ア** ～ **カ** に適当な語句を入れよ。
- (2) 下線部①の「火成岩の多様性」の要因として、**ア** 以外にどのような要因が知られているか、その要因を3つ挙げよ。
- (3) **カ** 元素は大きく2つに分けられる。それぞれの名称およびその特徴を述べよ。

問2. 下の図は変成相区分図の1例である。この図を見て、以下の問いに答えよ。

- (1) 図中の各変成相のうち A から E の各変成相の日本語名を書きなさい。
- (2) 変成相 A および D における塩基性岩の代表的な鉱物組み合わせをそれぞれ書きなさい。
- (3) 図中の相平衡曲線の鉱物 I、II、III および IV の鉱物名を書きなさい。
- (4) 各変成相の境界には、ある幅を持ったいわゆる漸移帯が存在する。このように各変成相の境界に漸移帯が存在する理由を簡潔に述べよ。



4

以下の問いに答えよ。

問1 紅柱石、藍晶石および珪線石は、同じ化学組成を持つが、結晶構造が異なっている。このような関係にある鉱物の組は一般に何と呼ばれるか、答えよ。また、そのような関係にある鉱物の例を紅柱石、藍晶石および珪線石以外に1組答えよ。

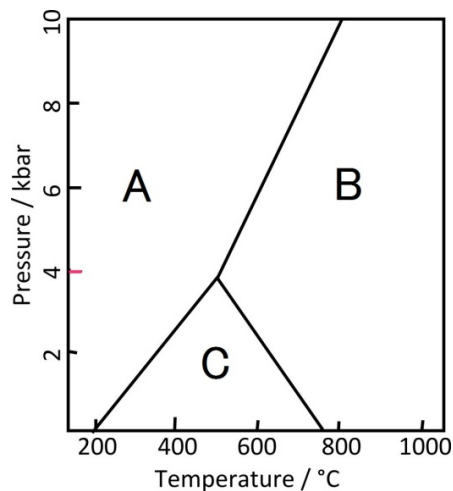
問2 紅柱石、藍晶石および珪線石は、ネソケイ酸塩に分類される。一般にネソケイ酸塩の結晶構造において SiO_4 四面体は互いにどのように繋がっているか、説明せよ。また、ネソケイ酸塩に属する鉱物の例を紅柱石、藍晶石および珪線石以外に2つ答えよ。

問3 次の図は紅柱石、藍晶石および珪線石の安定領域を示した相平衡図である。図中のA, B, Cの領域は、紅柱石、藍晶石および珪線石の内、いずれの安定領域を示しているか、以下に示した3種類の鉱物の産状を元に推論して答えよ。

紅柱石：日本では領家帯の結晶片岩、泥質岩起源の接触変成岩などに産する。ブラジルではペグマタイト中に宝石級の結晶が産出する。

藍晶石：日本では三波川帯の結晶片岩、エクロジャイトなどに産する。

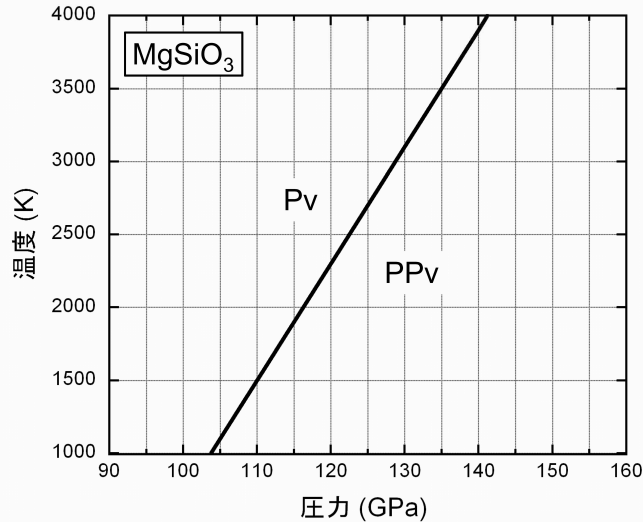
珪線石：片麻岩や比較的高温で生じた泥質岩起源の結晶片岩、接触変成岩などに産する。



問4 鉱物の熱力学において、示強性変数の自由度を f 、成分の数を c 、相の数を p とする時、ギブスの相律を表わす式を書け。また、上の図において三重点と相境界線を例にギブスの相律が成り立つことを説明せよ。

問5 紅柱石 (Al_2SiO_5) は斜方晶系に属し、 $a=0.78$, $b=0.79$, $c=0.56\text{nm}$ の格子定数を持つ。また、単位胞中に Al_2SiO_5 で表わされる基本単位構造が4個含まれている。紅柱石の理論密度を有効数字2桁で求めよ。解答は答えの数値だけでなく、計算の途中経過も示すこと。ただし、O, Al, Si の原子量としてそれぞれ 16, 27, 28 の値を用い、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とし計算せよ。

下の図は、 MgSiO_3 系でのペロブスカイト (Pv) -ポストペロブスカイト (PPv) 相平衡境界 (以降は相境界と呼ぶ) を示している。これに関連した以下の問いに答えよ。



問 1. 圧力 (P) -温度 (T) 平面上での、 MgSiO_3 系の Pv-PPv 相境界は直線で近似することができる。上の図の値を読み取り、この相境界を表す以下の式(1)中の A , B に当てはまる数値を求めよ。

$$P \text{ (GPa)} = A \times T \text{ (K)} + B \quad (1)$$

問 2. 相境界は近似的に以下の式(2)で表されることがある。

$$\Delta H^\circ - T\Delta S^\circ + (P - P_0)\Delta V = 0 \quad (2)$$

ここで ΔH° , ΔS° , ΔV はそれぞれ二相間の標準圧力 ($P_0 = 10^5 \text{ Pa}$) 下のエンタルピー差、標準圧力下のエントロピー差、体積差であり、いずれも定数である。この近似が MgSiO_3 系の Pv-PPv 相境界で成り立つとして、 ΔH° と ΔS° をそれぞれの単位を kJ/mol , J/mol/K として求めよ。

なお、 $P = 125 \text{ GPa}$, $T = 300 \text{ K}$ での体積 V は Pv が $19.3 \text{ cm}^3/\text{mol}$ 、PPv が $18.3 \text{ cm}^3/\text{mol}$ であり、 ΔV は温度や圧力に依存しないとしてよい。 ΔH° , ΔS° , ΔV は、いずれも PPv の値から Pv の値を引いた差とすること。また、 $\text{J} = \text{m}^2\text{kg s}^{-2}$, $\text{Pa} = \text{m}^{-1}\text{kg s}^{-2}$ である。

問 3. MgSiO_3 系における Pv から PPv への相転移は発熱反応、吸熱反応のいずれであるかをその理由とともに答えよ。

問 4. 地球の下部マントルでは MgSiO_3 を主要端成分とする Pv や PPv が大半を占めている。Pv-PPv 相転移はマントル上昇流と下降流に対してどのような効果を持つか、相転移のクラペイロン勾配と関連付けて説明せよ。

問 5. マントル中の Pv と PPv はいずれも純粋な MgSiO_3 ではなく、 FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 などの成分が固溶している。 MgSiO_3 以外の成分の固溶は Pv-PPv 相境界にどのような影響を与えると考えられるか答えよ。

6

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

冥王星は①太陽系外縁天体の一つである。今年7月14日にアメリカ航空宇宙局の②探査機が最接近し、人類史上はじめて③接近観測が行われた。この探査機が打ち上げられた2006年1月の時点では、冥王星は惑星の一つに分類されていたが、④現在では準惑星に分類されている。

問1 下線部①に関し、太陽系外縁天体とは何か、説明せよ。

問2 下線部②に関し、この探査機の名称を答えよ。

問3 下線部③に関し、今回の探査によりどのようなことが分かったか、成果の例を述べよ。

問4 下線部④に関し、冥王星が準惑星に分類されることになった理由を説明せよ。また冥王星以外の準惑星の例を一つ答えよ。

問5 太陽系の惑星軌道分布の規則性に関するティティウス=ボーデの法則について、ケプラーの第3法則

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$$

を用いて説明せよ (T : 惑星の公転周期、 a : 惑星の軌道長半径、 M : 主星の質量、 G : 万有引力定数)。

海洋物理学に関する以下の問1～問2に答えよ。

問1 以下の(a)～(j)の専門用語を簡単に説明せよ。

- (a) 慣性振動 (b) Sv (c) 静水圧近似 (d)ポテンシャル渦度 (e) 地衡流
(f) β 平面 (g)分潮 (h) 短波放射 (i) 西岸強化流 (j) 順圧流

問2 以下の(a)～(c)の海洋現象について、現象の周期を考慮して、コリオリ力の重要性を論述せよ。ここで、運動の代表速度を 1m s^{-1} 、コリオリパラメーターを 10^{-4}s^{-1} とする。

- (a) 風波 (b) 潮流 (c) 黒潮

動物は生命を維持し、また子を残すために餌を食べなければならない。良い餌と、それより劣る餌が入手可能な時に、良い餌のみを食べるスペシャリストと、どちらも食べるジェネラリストのどちらが効率が良いだろうか。この間に答えるために、以下のような最適餌選択モデルを考える。まず餌の価値は、その餌を食べることで得られるエネルギー量 g をその餌の処理に必要な時間 h で割ったものとして定義される。そうすると、ある動物Aの行動圏に餌生物1と餌生物2が生息しており、餌生物1の方が餌生物2より餌としての価値が高い時、 $g_1/h_1 > g_2/h_2$ と表すことができる。①動物Aが餌生物1と餌生物2に出会う頻度をそれぞれ x_1 、 x_2 とすると、餌生物1のみを利用するスペシャリストの効率は $w_1 = x_1 g_1 / (1 + x_1 h_1)$ 、どちらも利用するジェネラリストの効率は $w_2 = (x_1 g_1 + x_2 g_2) / (1 + x_1 h_1 + x_2 h_2)$ となる。

クレブスらはシジュウカラを用いて、良い餌と、それより劣る餌を様々な遭遇率となるように与えることで、実際観察される行動がこのモデルで予測される行動と一致するか確かめた。②その結果、良い餌が十分に与えられこのモデルでスペシャリストとなると予測される場合でも、シジュウカラは良い餌だけを食べることはなく、少量ながら劣る餌も食べる事が観察された。

問1 下線部①に関して、スペシャリストがジェネラリストよりも効率が良い時、 x_1 はどのような値をとりうるか。餌のエネルギー量 g とその餌を食べる際の処理時間 h の関数で示しなさい。

問2 この最適餌選択モデルより、スペシャリスト戦略がジェネラリスト戦略より適応的になる条件として予測されることを説明しなさい。

問3 下線部②に関して、シジュウカラで実際に観察された行動が最適餌選択モデルの予測と食い違った理由について、考えられることを説明しなさい。