

2024 年度 4 月入学

愛媛大学大学院理工学研究科 博士前期課程

理工学専攻 自然科学基盤プログラム

地球科学分野

入学試験問題

解答時間 9 : 00 – 12 : 00

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子（8 問）の中から 4 問を選択して解答しなさい。
3. 決められた番号の解答用紙に解答し、4 枚を提出のこと。
4. 提出するすべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。

1

以下の問いに答えよ。

問1 日本列島の基盤の多くは付加体から構成されている。海洋プレートの沈み込みに伴って形成される付加体の層序を復元する時には、海洋プレート層序がよく使われる。海洋プレート層序について、構成岩石とその形成と形成場（環境）について説明せよ。

問2 地層の層序区分には、岩相層序区分、生層序区分、古地磁気層序区分などがある。

- (1) それぞれの区分について説明せよ。
- (2) 古地磁気層序区分の長所・短所について説明せよ。

問3 地質時代区分は、時間を表す時と、地層を表す時とで、表記を変えて示す事が知られている。以下の文章の空欄に入る語句を①から⑤に記入せよ。

「中生代は、古い順から（ ① ）、（ ② ）、（ ③ ）と区分されており、その終わりは今から約（ ④ ）年前である。ユカタン半島周辺や東部太平洋海底に分布する中生代最後の地層は、上部（ ⑤ ）と呼ばれ、その最上部には、マイクロスフェリユールと呼ばれる微小隕石や地殻が再溶融して形成された微小球粒や地球外物質に多い白金族元素のイリジウムが濃集しているのが報告されている。」

2

古生物学に関連する以下の述語の中から 5 項目を選んで、それぞれ 100 文字以内で説明せよ。

- Pedomorphosis
- 適応地形（適応景観）
- Paralectotype
- ジュラ紀
- 棘皮動物
- 標準偏差と標準誤差（生物統計学における）
- 印象化石
- 適格名（available name）と有効名（valid name）

3

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

スカルン鉱床は、石灰岩などの炭酸塩岩が花崗岩などの火成岩の貫入による接触変成作用を受けることで形成される鉱床である。接触変成作用を受けた部分には、花崗岩を由来とする や , 石灰岩を由来とする をもとに、① 灰礬石榴石-灰鉄石榴石、② 透輝石-灰鉄輝石、珪灰石といったスカルン鉱物が形成される。さらに、花崗岩由来の熱水を介した交代作用を受けることで、③ 銅 や ④ タングステン、モリブデン、金などの元素が濃集し、鉱床が形成される。

問1 から に入る最も適切な元素名を答えよ。

問2 下線部①に関連して、石榴石は立方晶系点群 $m3m$ に属し、軸方向には四回回転軸、 $[111]$ 方向には三回反軸を持つ。スカルン鉱床から産出するものでは一般的である $\{110\}$ からなる石榴石の結晶形において、 $[001]$ 方向に垂直な法線ベクトルを持つ面をすべて挙げ、面指数で答えよ。

問3 下線部②について、透輝石-灰鉄輝石間では連続固溶体をなすのに対して、透輝石-灰鉄輝石と珪灰石との間となるような化学組成の輝石は存在しない。その理由を輝石の結晶構造をもとに説明せよ。

問4 下線部③に関連して、広域変成作用を受けた岩石中に見られる銅の鉱床の例を1つ挙げ、その成因について説明せよ。

問5 下線部④に関連して、スカルン鉱床中には灰重石 CaWO_4 が一般的に産出するが、ときにパウエル石 CaMoO_4 組成のものや、その中間組成となる含モリブデン灰重石が産出する。これら組成の異なる試料をX線回折実験の手法を用いることで見分けることが可能かどうか理由と共に答えよ。なお灰重石とパウエル石は連続固溶体を形成するものとする。

4 以下の問いに答えよ。

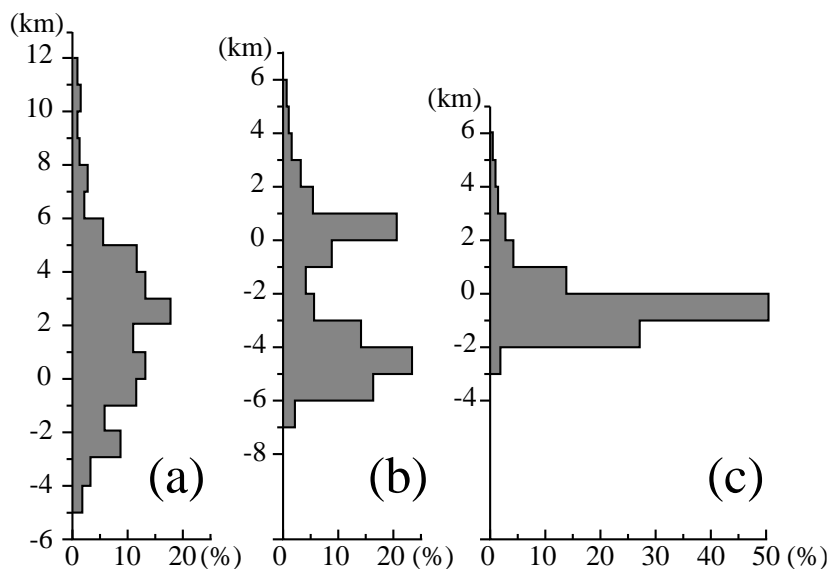
問1 岩石学に関係する以下の語句についてそれぞれ説明せよ。必要であれば図を用いてもかまわない。

- (1) 変成分帯 (2) 成熟島弧 (3) 不適合元素

問2 ある岩石が部分溶融を起こしている。固相について鉱物の量比と、それぞれの鉱物についての微量元素*i*の分配係数が以下のように与えられている。この固相について、微量元素*i*の全岩分配係数を求めなさい。なお、計算過程が分かるようにすること。

鉱物	量比(%)	分配係数
斜長石	55	0.01
単斜輝石	24	0.005
直方輝石	18	0.15
かんらん石	3	0.01

問3 下の図は、金星、地球、火星の表面地形高度の頻度分布を示したものである。地球について示したものは(a), (b), (c)のうちのどれか答えよ。また、その特徴について述べるとともに、なぜ地球がそのような高度分布を示すのかを説明せよ。



5

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

下部マントルの最も主要な構成鉱物は、 MgSiO_3 端成分を主成分とした化学組成をもつ (ア) である。(ア) はマントル最下部においてポストペロブスカイト (PPv) 相に相転移する。この PPv 相を主要構成鉱物とするマントル最下部の領域は (イ) 層とよばれている。(イ) 層ではその上の層に比べて (1) S 波速度が (A) ほど (B) する。また、水平方向に振動する横波 (SH 波) と鉛直方向に振動する横波 (SV 波) の速度が異なる S 波の (ウ) 異方性が観測されていることも地震学的特徴のひとつである。

P 波速度 (v_P)・S 波速度 (v_S) および (エ) (v_Φ) はそれぞれ次の式で表される。

$$v_P = \sqrt{\frac{K_S + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad v_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad v_\Phi = \sqrt{\frac{K_S}{\rho}}$$

ここで K_S は (C) 体積弾性率、 μ は剛性率、 ρ は密度である。(C) 体積弾性率は (D) 体積弾性率 (K_T) と次の関係がある。

$$K_S = K_T(1 + \alpha\gamma T)$$

α は熱膨張率、 γ は (オ) パラメータ、 T は温度である。物質の状態方程式からは (D) 体積弾性率 (K_T) と密度 ρ を求めることができるため、上記の関係式を用いて K_T と K_S の変換を行えば、 K_S と ρ をもとにして v_Φ が得られる。

問1 (ア) ~ (オ) に入る適切な語句を答えよ。

問2 (A) ~ (D) に入る語句の組み合わせとして適切なものはどれか、下記の選択肢①~④の中から選べ。

選択肢	(A)	(B)	(C)	(D)
①	数%	低下	等温	断熱
②	数 10%	低下	断熱	等温
③	数%	上昇	断熱	等温
④	数 10%	上昇	等温	断熱

問3 以下の (1) ~ (8) に答えよ。計算問題は途中経過を記述すること。必要に応じて下の表の数値を用いてよい。

(1) 下の図はある温度における PPv 相および物質 X と物質 Y の圧縮曲線を表している。物質 X と物質 Y の体積弾性率はどちらが大きいかわせよ。ここで、 P は圧力 [GPa]、 V は圧力 P における体積 [\AA^3]、 V_0 は $P=0$ における体積 [\AA^3] である。

(2) 次の式であらわされる状態方程式は 3 次の (カ) 状態方程式とよばれている。

(カ) に入る名称を答えよ.

$$P = \frac{3}{2} K_{T,0} \left[\left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{7}{3}} - \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{5}{3}} \right] \left\{ 1 + \frac{3}{4} (K'_0 - 4) \left[\left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{2}{3}} - 1 \right] \right\}$$

ここで, $K_{T,0}$ は $P=0$ における (D) 体積弾性率[GPa], K'_0 は $K_{T,0}$ の圧力微分である.

- (3) 図の点 A において PP_v 相の規格化体積は $V/V_0 = 0.72$ である. このとき, 圧力値 P_A を計算せよ. ただし次の値を用い, 単位を GPa として小数点以下を四捨五入して整数で答えること.

$$\{(0.72)^{-7/3} - (0.72)^{-5/3}\} = 0.423, K_{T,0} = 200 \text{ GPa}, K'_0 = 4$$

- (4) ある圧力 P における体積弾性率 K_T は以下の式で表される.

$$K_T = -V \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T \approx -V \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

ここで, ΔP と ΔV はそれぞれ圧力と体積の微小変化分を表す. いま, 状態方程式より図の点 A の状態から体積 V を $1.0 \times 10^{-5} \text{ \AA}^3$ だけ微小に減少させると, 圧力値が $5.57 \times 10^{-5} \text{ GPa}$ だけ増加することがわかった. このとき点 A における体積弾性率 K_T を計算せよ. ただし $V/V_0 = 0.72$, $V_0 = 160 \text{ \AA}^3$ とし, 単位を GPa として小数点以下を四捨五入して整数で答えること.

- (5) (4) で求めた K_T を用いて K_S を計算せよ. ただし, $\alpha = 1.0 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $\gamma = 1.5$, $T = 2000 \text{ K}$ とし, 小数点以下を四捨五入して整数で答えよ.

- (6) 点 A における密度が $\rho = 5.46 \text{ g/cm}^3$ であるとき, v_Φ を計算せよ. ただし, 以下の単位の関係があることを考慮し, 単位を km/s として小数点以下を四捨五入して整数で答えること.

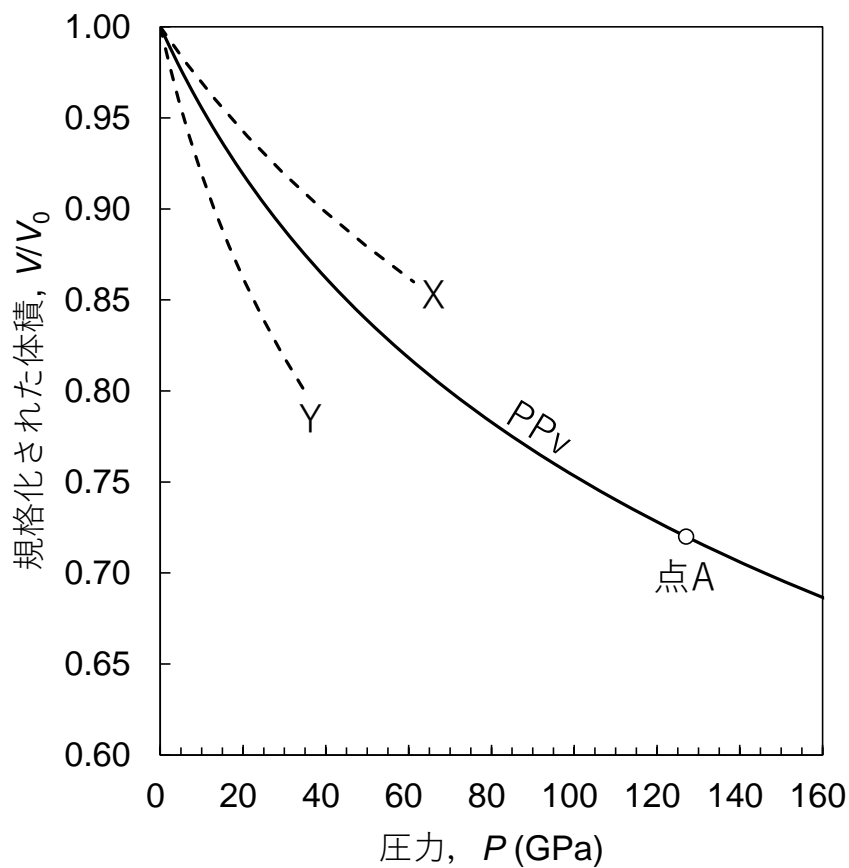
$$\text{km/s} = \sqrt{\frac{\text{GPa}}{\text{g/cm}^3}}$$

- (7) v_Φ を v_p と v_s を用いて表せ.

- (8) v_p がほとんど変化せず, v_s だけが下線部(I)のように変化するとき, v_Φ はどう変化すると予想されるか, またその理由について考察せよ.

(次ページに続く)

図



表

x	x^2	x	x^2	x	x^2	x	x^2	x	x^2
6.0	36.0	8.0	64.0	10.0	100.0	12.0	144.0	14.0	196.0
6.2	38.4	8.2	67.2	10.2	104.0	12.2	148.8	14.2	201.6
6.4	41.0	8.4	70.6	10.4	108.2	12.4	153.8	14.4	207.4
6.6	43.6	8.6	74.0	10.6	112.4	12.6	158.8	14.6	213.2
6.8	46.2	8.8	77.4	10.8	116.6	12.8	163.8	14.8	219.0
7.0	49.0	9.0	81.0	11.0	121.0	13.0	169.0	15.0	225.0
7.2	51.8	9.2	84.6	11.2	125.4	13.2	174.2	15.2	231.0
7.4	54.8	9.4	88.4	11.4	130.0	13.4	179.6	15.4	237.2
7.6	57.8	9.6	92.2	11.6	134.6	13.6	185.0	15.6	243.4
7.8	60.8	9.8	96.0	11.8	139.2	13.8	190.4	15.8	249.6

6

以下の問いに答えよ。

- 問1 地球マントルの化学的不均質構造は、惑星形成期に生じたと考えられているマグマオーシャンの結晶分化過程を強く反映していると考えられている。マグマから晶出した結晶による化学分別には平衡結晶作用と分別結晶作用がある。両者について説明せよ。必要があれば絵を用いても良い。
- 問2 固相、液相における対象元素の質量濃度をそれぞれ C^S 、 C^L とする。この元素の分配係数 D を C^S 、 C^L を用いて表せ。
- ※ 問3 問2の固相、液相を合わせた系全体における対象元素の質量濃度を C とおき、固相と液相の質量割合をそれぞれ F^S 、 F^L とする。平衡結晶作用を仮定したとき、 C^S 、 C^L は分配係数 D と C を用いてどのように表されるか答えよ。ただし、 $F^S = 1 - F^L$ とし、導出の経過も記述せよ。
- 問4 地球マントルで最も豊富に存在すると考えられている鉱物について、 $Mg_{0.90}Fe_{0.05}Al_{0.10}Si_{0.95}O_3$ という化学式が得られた。この鉱物の式量(g/mol) を求めよ。ただし、小数点以下は四捨五入し、整数で答えよ。計算の途中経過も記述すること。
- 問5 問4の鉱物について、 170 \AA^3 ($\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$) という単位格子体積が得られた。この鉱物の密度 (g/cm^3) を計算せよ。ただし、単位格子あたりの化学式数を4とし、アボガドロ定数には $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ を使用すること。解答は小数点以下第2位までとし、計算の途中経過も記述せよ。
- ※ 問3は出題時には、問題文に誤りが含まれていたため、適切に対処した。ここでは、修正済みの問題文を掲載する。

7

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

問1 下記の文章で（ア）から（ク）に入る適切な語句を答えよ。

1998年以降、地球温暖化は停滞している。その原因を考える。太平洋には（ア）、いわゆる（イ）と呼ばれる気候変動が存在する。これは、（ウ）間隔で（エ）分布を変える現象であり、その（エ）変化は、ENSOよりも高緯度に及ぶ。（イ）負位相では、熱帯から東部太平洋にかけて海水温が（オ）し、これが大気を（カ）するため、温室効果による（キ）を抑える役割を果たしている。さらに、亜熱帯セルと呼ばれる熱帯から亜熱帯にかけて海洋内部にできる海洋循環によって、大気から受け取った熱を亜熱帯域の（ク）へと運ぶ。近年続いてきた温暖化の停滞は、（イ）負位相におけるこれらの大気・海洋プロセスによって生じたと考えられる。

問2 海洋の一次生産力の空間変動を決める要因に関する下記の文章で（ア）から（シ）に入る適切な語句を答えよ。

ペルー・チリ沖沿岸は、（ア）に起因する一次生産力の高い海域の一つである。南米西岸に南からの海上風が吹くと、（イ）により沖合に向かう表層水輸送が起こるため、補償する下層から陸棚斜面に沿った（ア）が起こる。これが表層への（ウ）を高め、この海域の一次生産力を高めている。温帯・亜寒帯は、（エ）の形成と消滅が起こる海域で、それが高い一次生産力を支えている。冬季にかけて表層で（オ）が起こり、下層の（カ）を取り込むことで、夏季に使われた表層の（キ）が回復する。春には日射量が増加し、（ク）が形成されはじめると（ケ）に植物プランクトンが留まることができ、豊富な（カ）を使って植物プランクトンの（コ）が起こる。赤道付近は（サ）によって一次生産力の低い海域であるが、南北の貿易風に挟まれる海域では極に向かう表層水の（イ）によって（シ）が起こり、下層からの（カ）が供給される。これによって一次生産力が高くなっている。

問3 地球が氷期に向かう条件を二つあげ、今後氷期に向かう可能性について200字程度で述べよ。

8

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

- 問 1 生物地球化学分野における化学トレーサーについて、その概要を 200 字程度で解説せよ。
- 問 2 海洋における深層循環の追跡に使われる具体的な化学トレーサーを挙げ、なぜ追跡できるのかの理由と深層循環について始点と終点を挙げて 200 字程度で解説せよ。
- 問 3 海洋における最近数十年の海洋循環の追跡に使われる具体的な化学トレーサーを挙げ、なぜ追跡できるのかの理由と気候変動に伴う最近の深層水形成量について 200 字程度で解説せよ。
- 問 4 海底からの物質供給の追跡に使われる具体的な化学トレーサーを挙げ、なぜ追跡できるのかの理由と、沿岸域における海底からの地下水湧出の影響について 200 字程度で解説せよ。