

2020年2月12日

令和2年度
北海道大学大学院理学院自然史科学専攻
(地球惑星ダイナミクス講座, 地球惑星システム科学講座,
および 地震学火山学講座)
博士前期(修士)課程入学試験

専門科目試験問題
試験時間 13:00 ~ 16:00

以下の注意事項をよく読むこと.

1. 問題冊子1冊(この冊子), 解答用紙7枚, 草案紙2枚を配布する.
2. 専門科目試験の問題は, I 数学, II 物理学, III 化学, IV 地球科学I (地球史・テクトニクス・堆積学), および V 地球科学II (岩石学・鉱物学・火山学) の5分野から出題される. (なお今回は, III 化学の出題はない.) このうち, 出願時に申請した2分野を必ず選択して解答せよ.
3. 各分野の出題は, 例えば II-1, II-2 のように, いくつかの問題からなる. 解答の方法については, 各分野の問題に与えられている指示をよく読むこと.
4. 解答は, II-1, II-2 などの問題ごとに別々の解答用紙(1枚)を用い, 指定された欄に, 数学などの科目名, II-1 のように問題番号, そして受験番号を記入すること. 氏名は記入しないこと.
5. 解答は解答用紙の裏面に及んでもよい.
6. 解答用紙, 草案紙が足りないときは, 試験監督者に申し出ること.
7. 解答用紙は選択した分野ごとに回収する. 回収する解答用紙の枚数は, V 地球科学II は4枚, その他の分野は3枚ずつである. 解答の如何に関わらず受験番号を記入し, これらの枚数の解答用紙を必ず提出すること. なお, 3分野以上にわたって提出しないこと.
8. 問題冊子と草案紙, および余った解答用紙は持ち帰ってもよい.

I 数学

以下の3問 (I-1, I-2, I-3) すべてに解答せよ. 解答にあたっては, 結果だけでなく導出過程も記せ.

I-1 (必須)

以下の問題に解答せよ.

問題1 次の常微分方程式について以下の問いに答えよ.

$$\frac{d^2f}{dx^2} - \frac{df}{dx} - 2f = g(x) \quad (1)$$

ここで, $f(x)$ および $g(x)$ は変数 x の関数とする.

問1 $g(x) = 0$ のとき, 方程式(1)の一般解を求めよ.

問2 $g(x) = 10 \sin x$ のとき, a および b を定数として $f(x) = a \cos x + b \sin x$ となる解を求めよ.

問3 $g(x) = 10 \sin x$ のとき, $f(0) = 0$ かつ $\frac{df}{dx}(0) = 0$ を満たす解を求めよ.

問題2 関数 $h(x)$ に関する次の方程式について考える. 以下の問いに答えよ.

$$h \frac{d^2h}{dx^2} + 2 \left(\frac{dh}{dx} \right)^2 = 0 \quad (2)$$

問1 $p = \frac{dh}{dx}$ に対して, $\frac{d^2h}{dx^2} = p \frac{dp}{dh}$ が成り立つことを示せ.

問2 方程式(2)について, 問1で定義した p は h^2 に反比例することを示せ.

問3 問2の結果を用いて, $h(0) = 0$ かつ $h(1) = 3$ を満たす方程式(2)の解を求めよ.

I - 2 (必須)

以下の問題に解答せよ。ただし、 i は虚数単位である。

問題 1 $3e^{\frac{\pi}{2}i}$ の実部と虚部を求めよ。

問題 2 $|e^{2+3i}|$ を求めよ。

問題 3 複素数 z を実数 x と y を用いて $z = x + iy$ と表す。 $\cos z = 2$ となるとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $\cos z = \cos x \cosh y - i \sin x \sinh y$ である。

また、 $\cosh y = \frac{e^y + e^{-y}}{2}$, $\sinh y = \frac{e^y - e^{-y}}{2}$ である。

問 1 $\sinh y \neq 0$ を示せ。

問 2 整数 n を用いて $x = n\pi$ となることを示せ。また、このとき n は偶数となることを示せ。

問 3 次の方程式が成立することを示せ。

$$e^{2y} - 4e^y + 1 = 0$$

問題 4 以下の方程式の解を求めよ。ただし、 s は実数とする。

$$e^{2s} - 4e^s + 1 = 0$$

I - 3 (必須)

行列 **A** および行列 **B** が次の式で与えられるとき、以下の問題に解答せよ。ここで角度 α, β は実数とする。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \beta & -\cos \beta \end{bmatrix}$$

問題 1 行列 **A** の逆行列 \mathbf{A}^{-1} を求めよ。

問題 2 行列 **B** の固有値をすべて求めよ。

問題 3 問題 2 で求めたそれぞれの固有値に対する固有ベクトルを求めよ。

問題 4 $\beta = \frac{\pi}{3}$ のとき、以下の問いに答えよ。

問 1 $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{A}$ が対角行列となる α の値を求めよ。ただし、 $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ とする。

問 2 行列 **B** を用いて、 xy 平面上の点 (x, y) を $\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \mathbf{B} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ と線形変換する。この変換は $y=ax$ を軸とした対称移動となる。この a の値を求めよ。

II 物理学

以下の3問(II-1, II-2, II-3)すべてに解答せよ. 解答にあたっては, 結果だけでなく導出過程も記せ.

II-1 (必須) 以下の問題に解答せよ. ただし, 人の大きさは板に比べて十分小さく, 板の厚みは無視できる.

問題1 図1のように, 摩擦のない水平な地面の上に質量 M , 長さ l の平板を置き, その左端に質量 m の人が立つ. その後, 右端まで歩くとする. これにより, 板の重心は x_1 から x_2 まで移動する. ここで原点 O は地面上にある点で, x は地面に沿う方向の座標とする. 以下の問いに答えよ.

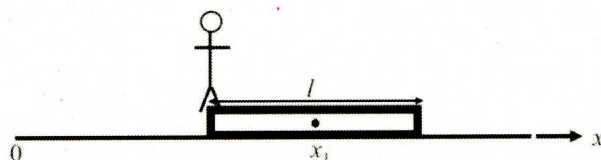


図1

問1 左端に人が立った時(図1), 全体(人と板)の重心の位置を x_1, m, M, l で示せ.

問2 人が右端に移動した時の全体の重心の位置を x_2, m, M, l で示せ.

問3 人が移動しても全体の重心は変化しないことを用いて, 人が右端に移動した時の板の移動距離を m, M, l で示せ.

問題2 水平となす角 θ の摩擦のない斜面上に質量 M , 長さ l の平板を置き, その右端に質量 m の人が立ち, さらに左端まで移動する(図2). 原点 O は斜面上にある点で, x は斜面上に沿う方向の座標とし, 人の重心を x_1 , 板の重心を x_2 とする. 外力は重力のみで, 重力加速度を g とする. また, 初期に, 人と板は静止していたとする. 以下の問いに答えよ.

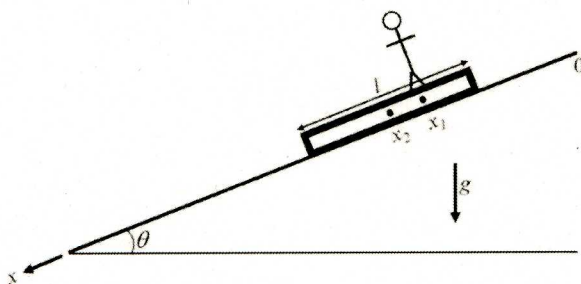
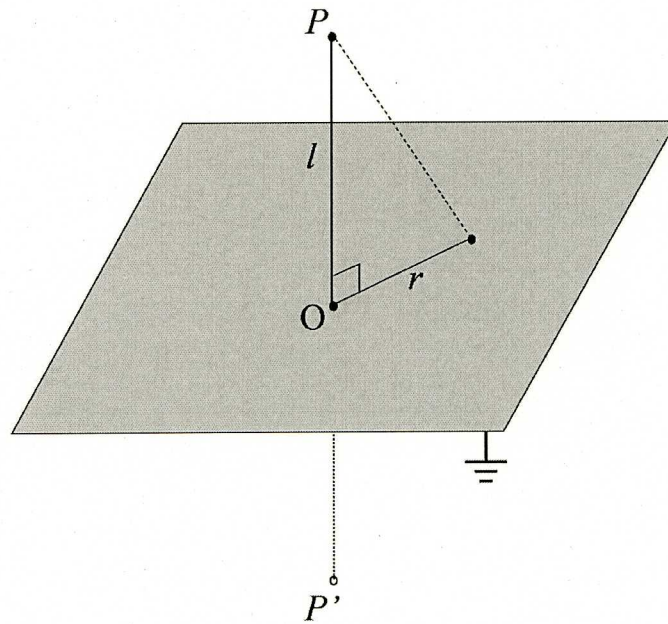


図2

- 問1 人と板を合わせた系全体の運動方程式を示せ.
- 問2 板が斜面に対し動かないようにするには, 人はどのように動けば良いか示せ.
- 問3 問2のように人が動いた場合, 人が右端から左端に達するまでの時間を示せ.

II-2 (必須)

真空中に、図のように、接地された無限に広く薄い導体の平板から距離 l だけ離れた位置 P に正の点電荷 Q があるとする。真空中の誘電率は ϵ_0 とする。以下の問題に解答せよ。



図

問題1 正の点電荷 Q が導体から受けるクーロン力を求めたい。接地されているため導体平板の表面の電位は である。したがって電場は 法を用いると、平板が無く、点電荷 $-Q$ を位置 P と反対側の位置 P' に置いた場合と等価になる。よって点電荷 Q が導体から受けるクーロン力は から受ける力に等しくなる。以下の問いに答えよ。

問1 空欄 (ア) から (ウ) に当てはまる語句や数値を答えよ。

問2 正の点電荷 Q が導体の平板から受けるクーロン力の大きさを Q , l の関数として示せ。

問題2 以下の問いに答えよ。

問1 図のように原点 O から距離 r の位置で、導体平板が無い場合に位置 P の点電荷 Q が作る電場の大きさを r , Q , l の関数として示せ。

- 問2 導体平板がある場合には，表面上の電場は平板と垂直になることを示せ.
- 問3 導体平板の表面上における電場の大きさを原点Oからの距離 r の関数として示せ.
- 問4 導体平板の表面上における電荷の面密度を r , Q , I の関数として示せ.

II-3 (必須) 以下の問題に解答せよ。

問題1 ある系の内部エネルギーの変化を dU , その系に外部から与えられる熱量を dQ , 外部からなされる仕事を dW として, 熱力学第一法則を表せ。

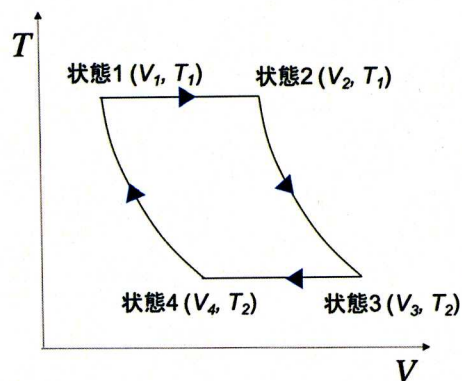
問題2 1モルの理想気体の系に熱力学第一法則を適用する。ただしこの系における体積 V , 温度 T , 圧力 p は, 気体定数 R を用いて状態方程式 $p=RT/V$ で与えられるとする。以下の問いに答えよ。

問1 準静的に外部からなされる仕事 dW を理想気体の圧力 p と体積変化 dV を用いて表せ。

問2 理想気体の内部エネルギーは体積によらず, 定数 c を用いて $U=cRT$ で与えられる。この系に与えられる熱量 dQ を体積変化 dV と温度変化 dT を用いて表せ。

問3 この系の断熱過程における体積 V と温度 T の関係が $T^cV=一定$ となることを示せ。

問題3 問題2の1モルの理想気体のカルノーサイクル(下図)を考える。すなわち, 状態1から2は温度 T_1 での等温膨張, 状態2から3は断熱膨張, 状態3から4は温度 T_2 での等温圧縮, 状態4から1の断熱圧縮で元に戻る。ただし, すべての過程は準静的であるとする。以下の問いに答えよ。



問1 状態1から2は, 一定温度 T_1 で, 体積が V_1 から V_2 に増加する。このとき系が受ける仕事 dW と吸収する熱量 dQ を求めよ。

問2 状態2から3は, 断熱過程で, 温度は T_1 から T_2 , 体積は V_2 から V_3 に変化する。このとき系が受ける仕事 dW を求めよ。

IV 地球科学 I

以下の3問 (IV-1, IV-2, IV-3) すべてに解答せよ。

IV-1 (必須) 図は顕生代における大気中の2つの成分(1), (2)の濃度変化および陸上植物の多様性変動を示している。以下の問題に解答せよ。

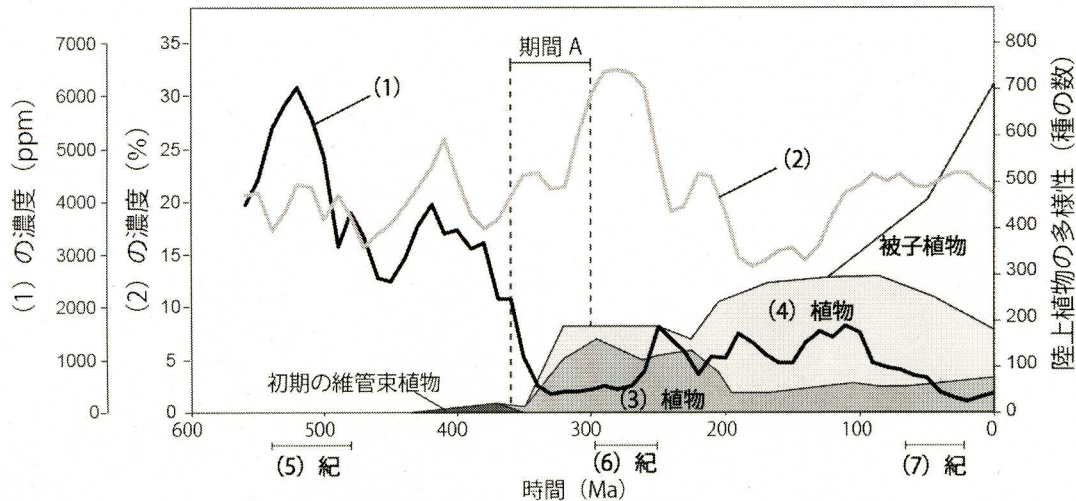


図 顕生代を通じた環境変動と陸上植物の多様性変動 (Haworth et al. (2011)を改変)。

問題1 図中の(1)～(7)にあてはまる適切な語句を答えよ。

問題2 植物の体化石は動物に比べて細胞・組織レベルの形態を保存していることが多い。この理由を両者の細胞を比較しながら50字程度で述べよ。

問題3 被子植物の最古の化石記録の地質年代を紀で答えよ。

問題4 約1億年前以降、現在まで被子植物が多様化している。この理由について以下の語句を用いて80字程度で述べよ。

「ゴンドワナ大陸」, 「花」

問題5 図中の期間Aには顕著な(1)の濃度低下と(2)の濃度上昇がみられる。この要因について図を参考に50字程度で述べよ。

問題6 図中の期間Aに今日人類が利用している重要な燃料資源が地球史を通じて最も多量につくられた。それは何か、答えよ。

IV-2 (必須) 以下の文章を読み、問題に解答せよ。

図は平坦な地域における 1 つのルートマップを示す。本地域は主として堆積岩層で構成され、地層は整合一連で重なる。堆積岩層の走向は南北で一定である。一方、地層の傾斜方向は南北方向の測線XYで逆転するが、どちらの傾斜角も 35° で一定である。また、堆積構造に基づき傾斜方向に上位層が重なりと判断される。さらに、本地域東部に分布する砂岩泥岩互層中に安山岩岩脈が層理面に平行に貫入している。ルートの南方に走向が東西で北に 30° 傾斜する断層が存在する。

問題 1 この地域の堆積岩層の層序で正しいものを以下より選び、記号で答えよ。ただし、/ は左側の地層が右側の地層の上位に重なることを示す。

- a. 礫岩層 / 砂岩泥岩互層 / 凝灰岩層 / 泥岩層
- b. 砂岩泥岩互層 / 泥岩層 / 礫岩層 / 凝灰岩層
- c. 泥岩層 / 凝灰岩層 / 砂岩泥岩互層 / 礫岩層
- d. 砂岩泥岩互層 / 礫岩層 / 泥岩層 / 凝灰岩層

問題 2 砂岩泥岩互層はその堆積構造の特徴からタービダイトと判断された。地層の上下判定に用いることが出来る、タービダイトの堆積構造を 2 つ答えよ。

問題 3 調査地域の堆積岩層は褶曲していると考えられる。調査地域に分布する地層は褶曲のどの部分を構成しているか、その名称を答えよ。

問題 4 図の断層は断層面上の条線方位から、純粋な縦ずれ断層であることが明らかとなった。さらに、断層の南側の地点Xで掘削されたボーリングで凝灰岩層と泥岩層の境界は地表から 350 m の深度に位置していた。本断層は正断層であるか逆断層であるか答えよ。また、この断層の条線方向に沿う真の変位量 (ネットスリップ) を答えよ。ただし、図に示すように測線XYの東側と西側に分布する本地層境界間の距離は 500 m である。なお、 $\tan 35^\circ = 0.7$ とせよ。

問題5 泥岩層の中からビカリアの化石が発見された。この事実に基づき、泥岩層の地質年代を紀で答えよ。

問題6 より詳しい調査により、安山岩岩脈は図に示すように断層を越えて本地域南部にも露出していることが明らかとなった。この事実も踏まえ、本地域における下記①～④の地質事変を古いもの順に並べかえよ。

- ① 断層の形成
- ② 安山岩岩脈の貫入
- ③ 褶曲の形成
- ④ 碎屑物の堆積（堆積岩層の形成）

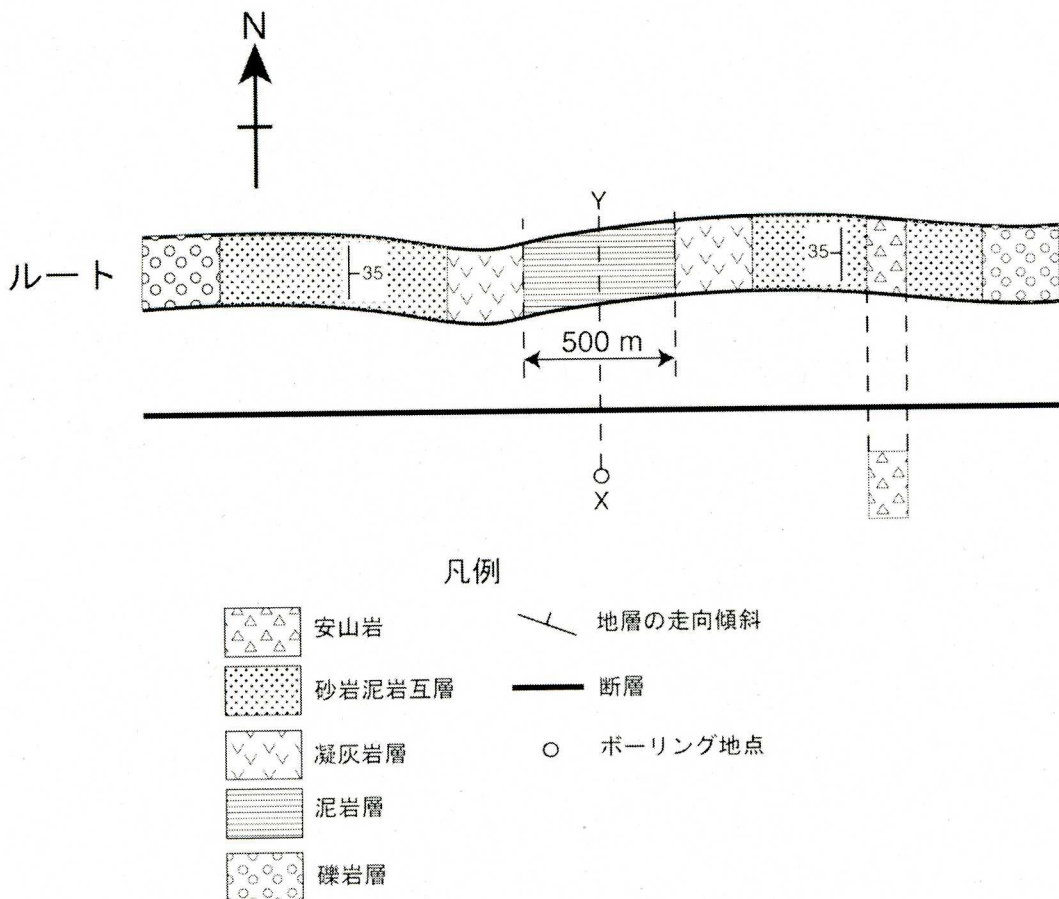
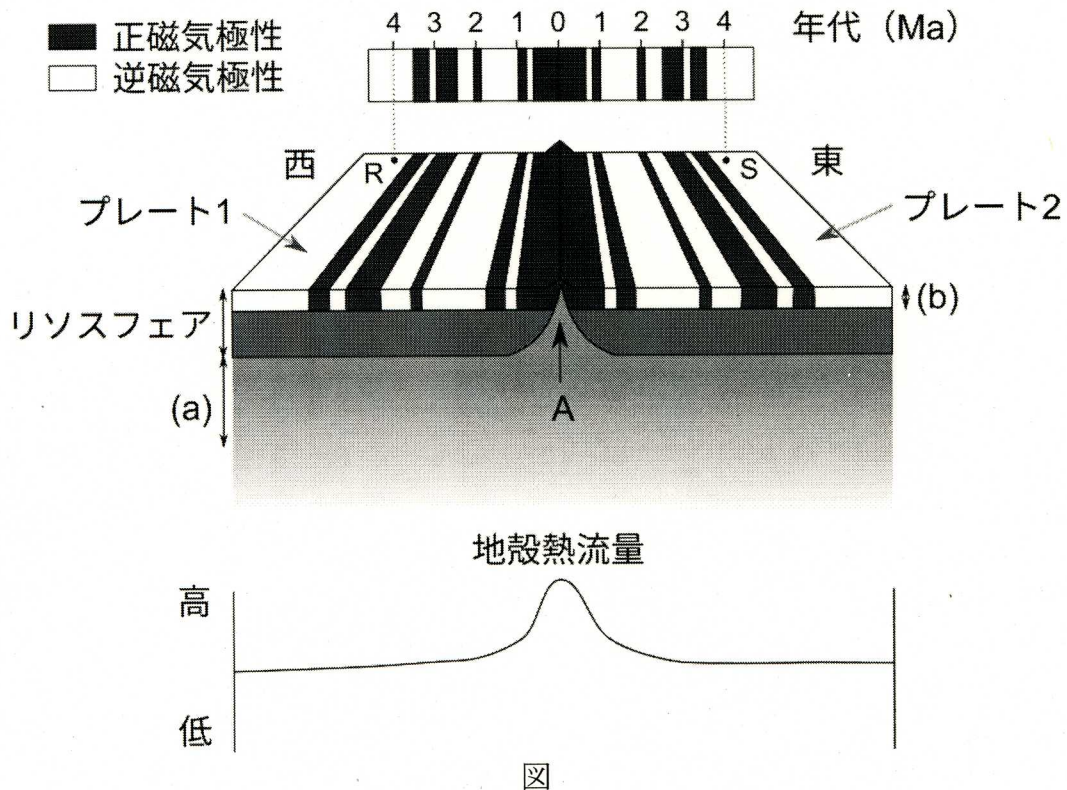


図 ある地域のルートマップ

IV-3 (必須) 図は、南北のプレート境界 A で接する2つのプレート (プレート1とプレート2) と、その断面を模式的に示したものである。図中の白黒縞模様は岩石の磁気極性の分布を表し、図上部はこの地域の地磁気極性年代尺度を示す。また図下部には、この地域の地殻熱流量を模式的に示す。図を参考にして、以下の問題に解答せよ。



問題1 (a)および(b)の部分の名称を答えよ。

問題2 プレート境界 A のタイプおよび特徴的な地形の名称を答えよ。

問題3 プレート境界 A 以外の地球表層にあるプレート境界の2つのタイプを答えよ。

問題4 プレート境界 A で地殻熱流量が高い理由を 50 字程度で答えよ。

問題5 図の点 R と S 間の距離は 800km である。プレート1に対するプレート2の運動の東西成分の向きおよび年間あたりの速さを答えよ。

問題6 図に示す地磁気の縞模様はどのような過程で形成されるか、100 字程度で答えよ。

V 地球科学 II

以下の4問 (V-1, V-2, V-3, V-4) すべてに解答せよ。

V-1 (必須) 以下の文章を読み, 問題に解答せよ。

玄武岩質マグマの噴火活動では, (a)灼熱したマグマが液体の状態を保ったまま勢いよく噴出し, 火口から数 100 m の高度まで吹き上げられる現象がしばしば観察される。液体の一部は飛沫状になって瞬時に固化し, (b)様々な種類の火砕物として周囲に堆積する。一方, 大部分は滝のように落下し, 火口の窪地に溜まって溶岩湖を形成することが多い。溶岩湖の液面は徐々に冷却され, 岩石層が形成される。(c)岩石層の厚さは, 冷却時間とともに増加する。

溶岩湖から溢れた玄武岩質溶岩が低地へ流れる際, 途中で溶岩トンネルや溶岩チューブを形成することがある。(d)これらの構造が作られると, 溶岩が遠方数 km まで流れることが可能になる。また, 溶岩流は, 表面形態に基づきアア溶岩とパホイホイ溶岩に分類される (図 1)。(e)どちらの形態になるかは, 溶岩の粘性係数 (粘度) と変形速度に依存し, 図 2 のような形成領域図にまとめられている。流下中に (f)領域の境界をまたぐような変化が起こると, 溶岩の形態は途中で変化する。

(図 1 と図 2 は, うしろのページの問題 5 のところにある)

問題 1 下線部(a)の名称として適当なものを以下の語群から 1 つ選び, 答えよ。

水蒸気爆発 溶岩ドーム 崩落型火砕流 岩屑なだれ
ペグマタイト形成 温泉湧出 軽石流 溶岩噴泉

問題 2 下線部(b)のうち, 繊維状のガラス質物質の名称として適当なものを以下の語群から 1 つ選び, 答えよ。

アスベスト 繊維亜鉛鉱 毛鉄鉱 毛鉱 ペレーの毛
砂漠のバラ 星の砂 テクタイト バードオリビン

問題3 下線部(c)について、溶岩湖が熱伝導のみによって冷却する場合、岩石層の厚さ h [m] と冷却時間 t [s] の間には、以下の関係が成り立つ：

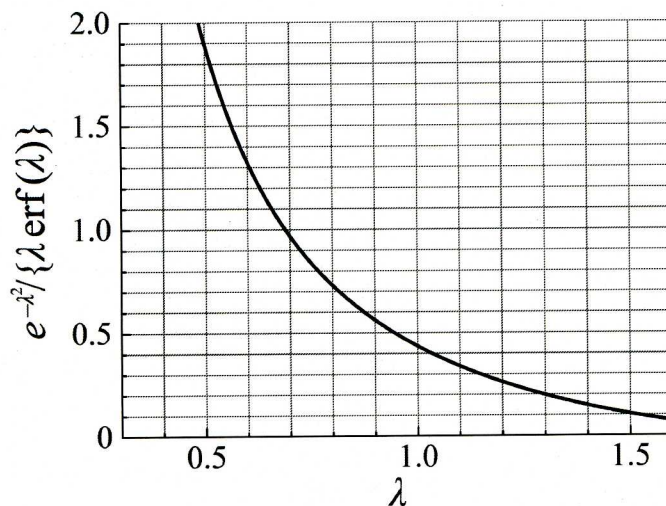
$$h = 2\lambda\sqrt{\kappa t} \quad (1)$$

ここで、 κ は溶岩中の熱拡散率 ($7.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) である。 λ は無次元の定数であり、以下の関係がある：

$$\frac{L\sqrt{\pi}}{c(T_m - T_0)} = \frac{e^{-\lambda^2}}{\lambda \operatorname{erf}(\lambda)} \quad (2)$$

左辺の L は玄武岩質マグマの融解潜熱 (400 kJ kg^{-1})、 c は比熱 ($1.0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$)、 T_m は溶岩湖の初期温度 (1423 K とする)、 T_0 は溶岩湖最上面の温度 (373 K とする) である。右辺の $\operatorname{erf}(\lambda)$ は誤差関数である。右辺全体は λ のみの関数となっており、問1のグラフで表される。なお、岩石層とは、温度が T_m より低い領域のことを示すものとする。

問1 (2)式と下のグラフから λ のおおよその値を求め、答えよ。
ただし、 $\sqrt{\pi} = 1.77$ を用いてよい。



問2 この溶岩湖が冷却され、 10^5 s (およそ1日に相当) 経過した時点では、岩石層の厚さはいくらになるか、問1の λ の値と(1)式を用いて有効数字2桁で答えよ。ただし、 $\sqrt{7} = 2.65$ を用いてよい。

問題4 下線部(d)の理由を50字以内で答えよ。

問題5 下線部(e)について、図1と図2の空欄㉗～㉝に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを(1)～(4)から1つ選び、答えよ。

- (1): ㉗ パホイホイ ㉘ アア ㉙ パホイホイ ㉚ アア
 (2): ㉗ パホイホイ ㉘ アア ㉙ アア ㉚ パホイホイ
 (3): ㉗ アア ㉘ パホイホイ ㉙ パホイホイ ㉚ アア
 (4): ㉗ アア ㉘ パホイホイ ㉙ アア ㉚ パホイホイ

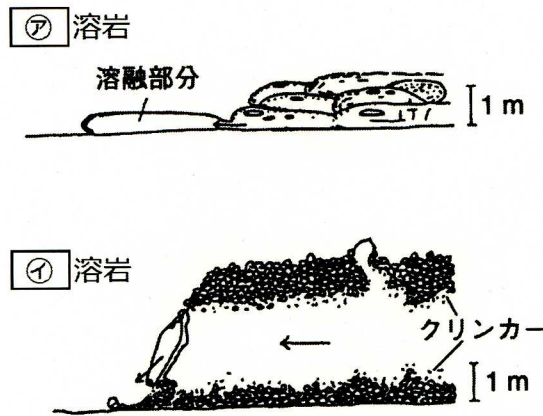


図1. 玄武岩質の溶岩流の典型的な形態
(吉田ほか, 2017 を改変)

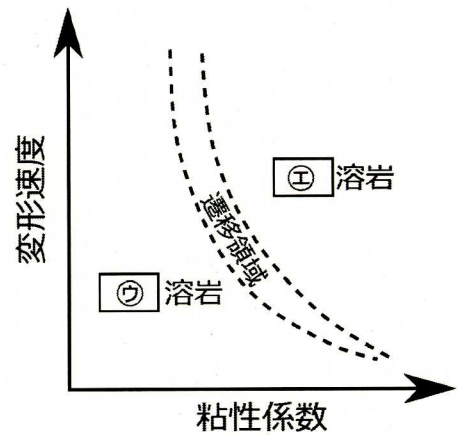
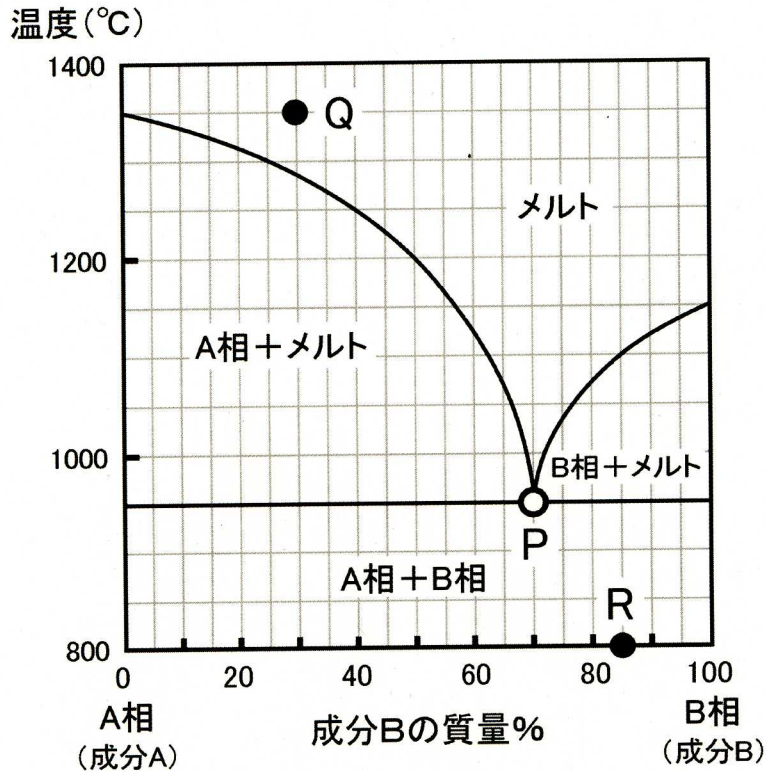


図2. 溶岩流の形態の形成領域図
(Schmincke, 2013 を改変).

問題6 下線部(f)のような変化の1つに、溶岩の粘性の増加がある。粘性の増加には複数の原因があるが、そのうち2つを挙げ、答えよ。

V-2 (必須) 以下の図は、それぞれ成分 A と B から構成される A 相と B 相の、1 気圧における状態を示した相図である。下の問題に解答せよ。

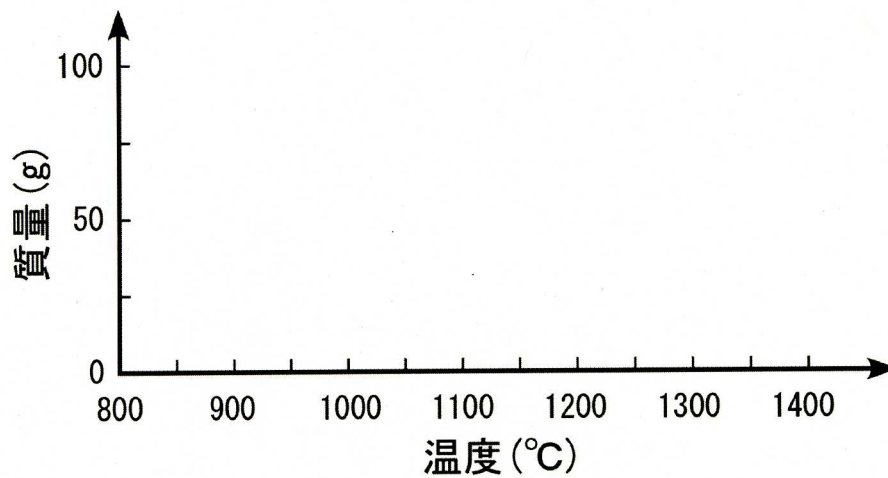


- 問題 1 点 P は何とよばれるか、名称を答えよ。
- 問題 2 点 P において、A 相、B 相、メルトの 3 相が平衡共存する状態での自由度について、相律の観点から 100 字程度で説明せよ。
- 問題 3 点 Q で示される温度と組成をもつメルトが、平衡結晶作用を経ながら冷却するとき、1200°C における結晶量 (質量%) を答えよ。
- 問題 4 点 Q で示される温度と組成をもつメルトが、平衡結晶作用を経ながら 800°C まで冷却するとき、最終的に形成される岩石における A 相と B 相の質量比を答えよ。
- 問題 5 問題 4 の岩石を観察したところ、自形結晶と他形結晶の両方が見られた。A 相と B 相では、どちらの方が他形結晶の割合が高いと考えられるか、理由とともに答えよ。

問題 6 A 相のみからなる岩石を加熱した際、メルトができ始める温度を答えよ。

問題 7 点 R で示される温度と全岩組成をもつ岩石が、平衡融解作用を経ながら加熱されるとき、融解が完了する温度、およびその際のメルトの組成（成分 B の質量%）を答えよ。

問題 8 点 R で示される温度と全岩組成をもつ 100 g の岩石が、完全な分別融解作用を経ながら加熱されるとき、温度の上昇に伴う岩石の質量の変化について、以下のようなグラフを解答用紙に写し、そのグラフ上に示せ。



V-3 (必須) 以下の文章を読み、問題に解答せよ。

低温型石英は、常温常圧で最も安定な(a)SiO₂の多形であり、SiO₄四面体の結合様式による分類では、(b)テクトケイ酸鉱物に属する。テクトケイ酸塩の構造においては、(c)SiO₄四面体中のSi⁴⁺がAl³⁺に置換することがあり、その場合、構造中にさらに陽イオンを含むことで、電荷のバランスが保たれている。

問題1 下線部(a)のSiO₂の多形について、以下の問いに答えよ。

問1 図1は、SiO₂多形の相関係を示したものである。図中の空欄(ア)に当てはまる鉱物を答えよ。

問2 スティショバイトは、高压で安定なSiO₂の多形である。この鉱物のSi⁴⁺の配位数は、下部マントルにおいて最も存在量が多いと考えられている組成(Mg,Fe)SiO₃の鉱物と同じである。スティショバイトのSi⁴⁺の配位数を答えよ。

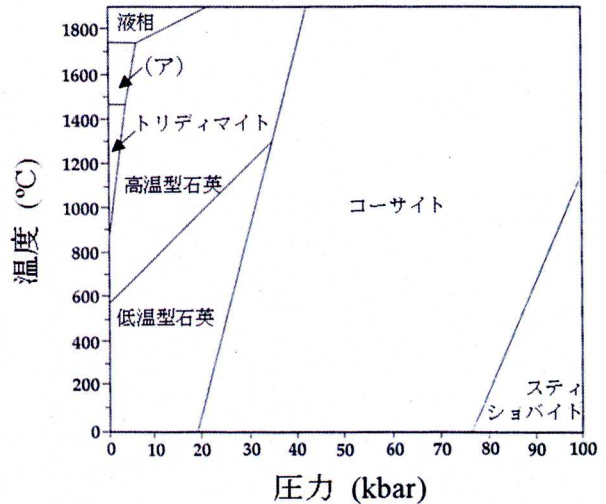
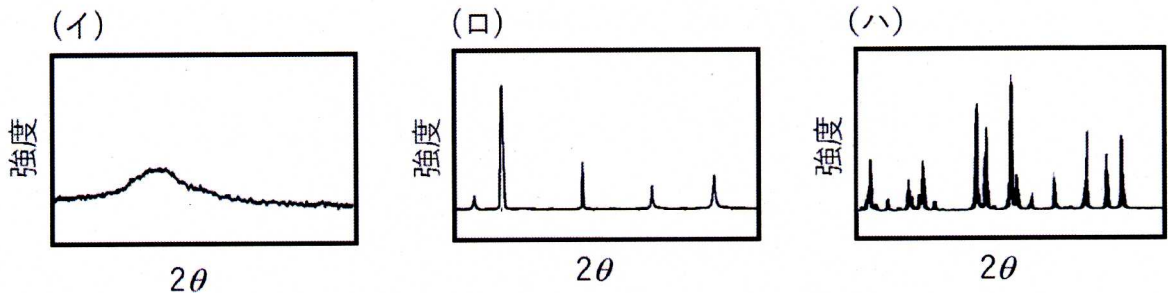


図1 SiO₂多形の相関係 (Hearny, 1994 を改変)

問3 SiO₂は、不定量のH₂Oを含んで非晶質のオパールとなることがある。非晶質物質とはどのようなものか、30字程度で説明せよ。また、非晶質物質を粉末にしてX線回折実験を行った場合、どのような回折パターンが得られるか、下の図の中から選んで記号で答えよ。



問題2 下線部(b)のテクトケイ酸鉱物は、 SiO_4 の結合様式がどのような特徴をもつか、30字程度で説明せよ。

問題3 下線部(c)について、以下の問いに答えよ。

問1 下記のように原子が置換された鉱物 A, B, C は、一連の鉱物グループを形成する。

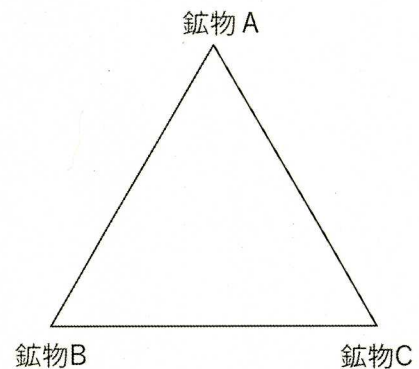
鉱物 A : 4つの SiO_2 のうち、1つの Si^{4+} が Al^{3+} に置換され、 K^+ を含む。

鉱物 B : 4つの SiO_2 のうち、1つの Si^{4+} が Al^{3+} に置換され、 Na^+ を含む。

鉱物 C : 4つの SiO_2 のうち、2つの Si^{4+} が Al^{3+} に置換され、 Ca^{2+} を含む。

鉱物 B および C の鉱物名および化学組成を答えよ。ただし、鉱物名は和名で答えても英語名で答えてもよい。

問2 図2は、問1の鉱物 A, B, C を頂点とする三角ダイヤグラムである。この図を解答用紙に写し、火山岩中で形成する場合のような高温において固溶体が存在する範囲を斜線で示せ。



問3 鉱物 A, B, C における Al^{3+} の配位数を答えよ。

図2 鉱物 A, B, C を頂点とする三角ダイヤグラム

V-4 (必須) 以下の文章を読み、問題に解答せよ。

偏光顕微鏡を用いると、薄片にした透明鉱物の光学的性質を調べることができる。偏光顕微鏡には(a)下方ニコルと上方ニコルの2枚の偏光板が組み込まれており、下方ニコルのみが光路にある状態を(ア)、下方ニコルと上方ニコルの両方が光路にある状態をクロスニコルと呼ぶ。白色光源を用いて観察すると、(ア)では鉱物の形、色、多色性、屈折率、(b)へき開などが観察できる。クロスニコルで(c)光学的異方体を観察すると一般に(d)干渉色が見られる。また、ステージを360度回転させる間に(イ)回消光が見られる。

問題1 空欄(ア)、(イ)に入る語句または数字を答えよ。

問題2 下線部(a)に関して、下方ニコルと上方ニコルの偏光方向にはどのような関係があるか、答えよ。

問題3 下線部(b)に関して、黒雲母と輝石のへき開に関する以下の説明を読み、空欄(ウ)に当てはまるミラー指数、(エ)に当てはまる結晶軸、(オ)に当てはまる数字を答えよ。

黒雲母: (ウ)面に平行にへき開が見られる。

輝石: (エ)に平行な2つの方向のへき開面があり、その2つの間の角度は約(オ)度である。

問題4 下線部(c)に関して、直線偏光が光学的異方体に入った時、異なる2つの偏光に分かれる。この現象を何と呼ぶか答えよ。また、2つの偏光の速度の関係および振動方向の関係を答えよ。

問題5 光学的異方体は結晶系の違いによって、さらに光学的一軸性結晶と光学的二軸性結晶に分類される。以下の鉱物のうち、光学的一軸性結晶を1つ選び、答えよ。

かんらん石、単斜輝石、方解石、蛍石

問題 6 下線部(d)に関して、干渉色はレタレーションによって定義される。同一の結晶構造、化学組成を持つ鉱物を観察する場合、レタレーションの値が変化する要素は鉱物片の方位の他に何があるか、答えよ。

問題 7 クロスニコル下で、ある特定の方角から光学的異方体を観察すると、ステージを回転させても常に消光している場合がある。どのような方向から観察した時か、40 字程度で説明せよ。