2024（令和 6）年度
地球惑星科学専攻　大学院修士課程入学試験
試　験　問　題

基　礎　科　目

1. 解答始めのアナウンスがあるまで，筆記用具を持たないこと．また，この問題冊子の中を見てはいけません．
2. 試験時間は2時間．
3. 試験終了時刻前の退出は不可．
4. 問題冊子は，表紙を含めて22頁．
5. **問題1～7**の７題のうちから２題を選択して解答すること．
6. 解答は，問題毎にそれぞれ別の解答用紙に記入すること．
それぞれの解答用紙の上部の所定欄に，受験番号，氏名，問題番号（１～７)を記入すること．
7. 解答用紙が不足する場合には，解答用紙裏面に解答を続けて記入してよい．その場合は解答が続くことを明示すること．追加の解答用紙を希望する場合は，試験時間中に挙手し，監督者に申し出ること．
8. 解答用紙は，白紙の場合も，すべてを提出すること．
9. 黒鉛筆または黒い芯のシャープペンシルを使用すること．
10. 時計類、定規類、電卓類の持ち込みは禁止．
11. 解答は日本語で行うこと．

---

1. Do not have a pencil in your hand and do not turn the cover page before you are told to begin the examination.
2. The examination takes two hours.
3. You may not leave the hall before the end of the examination.
4. The examination booklet has 22 pages including the cover page.
5. From Problem 1–7 choose two problems to answer.
6. Use a separate answer sheet for each problem.
Write your examination ID, name and the problem number (1–7) in the designated columns at the top of the answer sheets.
7. You may continue your answer on the back side of the answer sheet by clearly stating so on the front side. If needed, ask an examiner for additional sheets by raising your hand.
8. Submit all the answer sheets including any blank ones.
9. Use a black pencil or an automatic pencil in black.
10. You may not bring watches, rulers, or calculators.
11. Answers should be given in Japanese.

基礎科目（問題１）

以下の問［１］～［５］に答えよ．導出過程も示すこと．

［１］ xyz 直交座標系において, 向きが z 軸の正方向で大きさが ω のベクトル $\boldsymbol{\omega} = (0, 0, \omega)$ と, 位置ベクトル $\boldsymbol{r} = (x, y, z)$ を考える．ただし，ω は定数とする．このとき，次の(i)，(ii)で定義される $\boldsymbol{p}$，$\boldsymbol{q}$ のそれぞれについて，その発散と回転の両方を求めよ．

$$\text{(i)}\quad \boldsymbol{p} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$

$$\text{(ii)}\quad \boldsymbol{q} = \frac{\boldsymbol{r}}{|\boldsymbol{r}|^3}$$

ただし，$\boldsymbol{r} \neq 0$ とする．

［２］ 関数 $f(t)$ に関する微分方程式

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + \frac{df}{dt} + \frac{17}{4} f = 0$$

について，$t = 0$ で以下の条件を満たす解を求めよ．

$$f(0) = 1$$

$$\left.\frac{df}{dt}\right|_{t=0} = 0$$

また，解の概形を $0 \le t \le 2\pi$ の範囲で図示せよ．

［３］ 次の関数 $g(x)$ をフーリエ級数展開せよ．

$$g(x) = \begin{cases} 0 & ((2n-1)\pi < x \le 2n\pi) \\ \sin x & (2n\pi < x \le (2n+1)\pi) \end{cases}$$

ここで n は整数である（$n = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$）．

［４］ 対角成分が 1，非対角成分が x である，$n \times n$ の正方行列 $\mathbf{D}$ が逆行列を持つための，x に対する条件を求めよ．ただし，n は 2 以上の整数とする．

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 1 & x & x & \cdots & x \\ x & 1 & x & \cdots & x \\ x & x & 1 & \cdots & x \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x & x & x & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

（問題１　次ページに続く）

［５］ 次の行列 $\mathbf{A}$ の固有値が全て正となる a の範囲を求めよ.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2a & 1 & 2 \\ 1 & a & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

（問題１　終わり）

基礎科目（問題２）

以下の問［１］～［３］に答えよ．導出過程も示すこと．

［１］ 位置 x, 時刻 t における波の変位量を $u(x,t)$ とするとき, vを定数として, 任意の関数 f, g を用いて表される $u(x,t) = f(x - vt) + g(x + vt)$ が以下の波動方程式を満たすことを示せ.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

また，ここで定数 v は波の何を表すか答えよ.

［２］ 水平な氷面上に質量 M, 半径 R の均質な平たい円板が静止している．質量 m の弾丸を水平方向に速さ v で円板に撃ち込むとする．ただし，円板は氷の上を摩擦なしに滑るとし，弾丸を質点とみなす．また，弾丸が撃ち込まれることによって生じる円板の変形は考えなくてよい.

まず, 図１のように円板の中心を通るように弾丸を撃ち込む場合を考える．下の小問（１），（２）に答えよ.

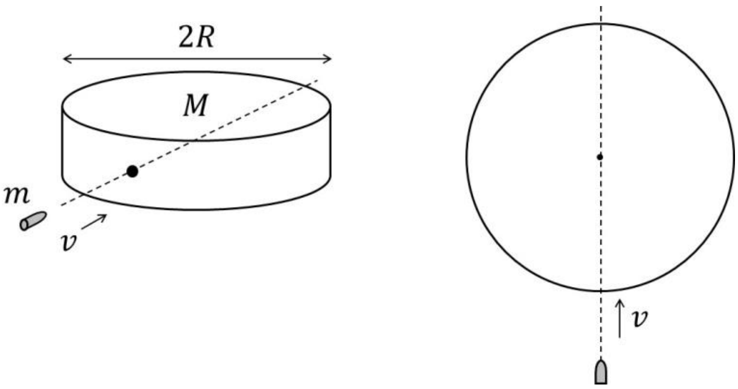

図１

（１） 弾丸が円板をまっすぐ貫通し，$v/2$ の速さで外に飛び出した．このとき，弾丸が貫通した後の円板の速さを求めよ.

（２） 弾丸が円板に当たった所でわずかにめり込んで止まった場合，合体後の円板の速さを求めよ.

（問題２　次ページに続く）

次に，図２のように円板の端に十分近い所に弾丸を撃ち込んだところ，弾丸は円板に当たったところでわずかにめり込んで止まった．弾丸と円板の合体後の運動について，下の小問（３），（４）に答えよ．

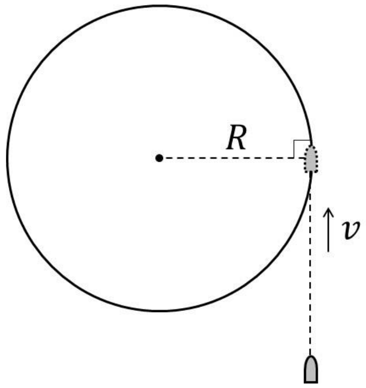

図２

（３） 並進運動の速度（大きさと向き）を求めよ．

（４） 回転運動の角速度を求めよ．合体した弾丸と円板の重心を通る鉛直方向周りの慣性モーメントを I とする．

（問題２　次ページに続く）

［３］次の文章を読み，下の小問（１）～（５）に答えよ．

円軌道で近似できる軌道で地球を周回する人工衛星の運動について考える（図３）．人工衛星の軌道半径を r，地球の質量を M，人工衛星の質量を m，人工衛星の速さを $v(t)$，万有引力定数を G とする．ここで地球は完全な球形とし，その密度分布は球対称とする．

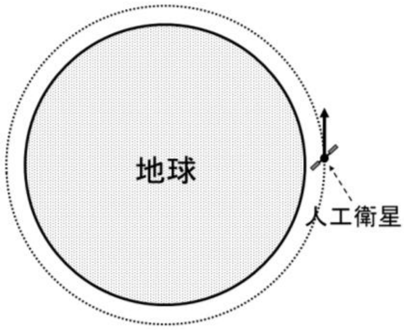

図３

（１） 人工衛星に働く力の鉛直方向の釣り合いを表す式を示せ．また，軌道半径が徐々に小さくなる場合，人工衛星の速さはどのように変化するか答えよ．

（２） 力学的エネルギー E と運動エネルギー K の間に

$$E = -K \qquad ①$$

の関係が成り立つことを示せ．ここで位置エネルギー U は地球から無限遠方で 0 とする．

（３） 人工衛星に空気抵抗が働く場合を考える．空気抵抗力の大きさを F_d としたとき，空気抵抗力の大きさ F_d と運動エネルギー K の時間変化の関係を示せ．このとき（２）で示した①式を用いよ．

（４） 人工衛星は地球を一周する間に，空気抵抗により高度を ε だけ下げた．人工衛星に働く空気抵抗力の大きさ F_d が，人工衛星の形状によって決まる定数 c と大気質量密度 ρを用いて，$F_d = c\rho v^2$ で与えられる場合，大気質量密度 ρ が

$$\rho = \frac{1}{4\pi c}\frac{m}{r^2}\varepsilon \qquad ②$$

と表せることを示せ．なお，高度の低下 ε は地球半径 R に比べて十分小さく，人工衛星が地球を一周する間の大気質量密度 ρ は一定と考える．

（５） 高度 130 km の人工衛星が地球を一周する間に，高度を 100 m だけ下げた．この高度における大気質量密度 ρ を（４）で示した②式を用いて，有効数字 2 桁で求めよ．ここで人工衛星の質量 m は 400 kg， 定数 c は 0.20 m^2，地球の半径 R は 6370 km とする．

（問題２　終わり）

基礎科目（問題３）

以下の問［１］～［３］に答えよ．すべての問では真空中を考え，誘電率および透磁率はそれぞれ ε_0，μ_0 とする．

［１］ 以下の小問（１），（２）に答えよ．

（１） 電気量 q の点電荷が $(x, y, z) = (0, 0, d/2)$ の位置に置かれている（$d > 0$）．原点から距離 r，z 軸の正の方向から角度 θ の位置において，この点電荷が作る静電ポテンシャルを示せ．

（２） （１）の点電荷に加えて電気量 $-q$ の点電荷が $(x, y, z) = (0, 0, -d/2)$ の位置に置かれているとする．距離 r，角度 θ の位置において，これら２つの点電荷が作る電場を，球座標 (r, θ, φ) の成分で求めよ．導出過程も示すこと．ただし，r は d に対して十分大きいものとする．

（問題３　次ページに続く）

［２］ 半径 a の２個の円形コイル（巻き数１）を，図１のようにコイルの中心が x 軸上にあり，コイル面が x 軸に垂直となるように置く．コイルの中心の位置を $x=+b$ および $x=-b$（$b>0$）とする．両コイルに同じ向きに定常電流 I を流すとき，電流によって x 軸上に生じる磁場に関して，以下の小問（１），（２）に答えよ．導出過程も示すこと．ただし，コイルの線の太さは無視できるものとする．

（１） 原点 O（$x=0$）における磁束密度の大きさを求めよ．

（２） x 軸上の点 P の位置を $x=\delta$ と表し，点 P は原点 O の近傍（$|\delta| \ll b$）において x 軸上を動くものとする．δ の２次までの項を考慮したとき，δ を変化させても点 P における磁束密度の大きさが変化しないとみなせる a と b の関係は $a=2b$ であることを示せ．

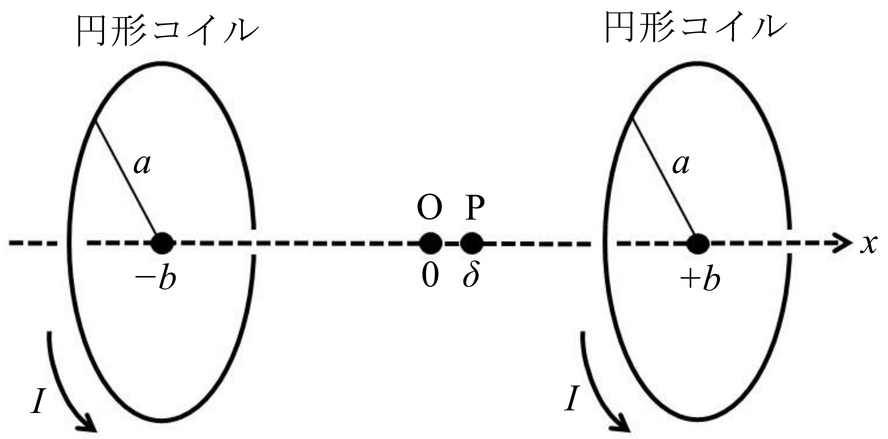

図１

（問題３　次ページに続く）

［３］ xyz 直交座標系において，位置ベクトル $\boldsymbol{r}$，時刻 t で以下のように表される電場 $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t)$ と磁束密度 $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r},t)$ をもつ電磁波が伝播しているとする．

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t) = \boldsymbol{e}_1 E_0 \sin(\omega t - \boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r})$$
$$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r},t) = \boldsymbol{e}_2 B_0 \sin(\omega t - \boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r})$$

ここで，$\boldsymbol{e}_1$，$\boldsymbol{e}_2$ は，それぞれ単位ベクトルで，位置，時刻によらず一定とする．電場の振幅 E_0，磁束密度の振幅 B_0，角周波数 ω は，いずれも定数とする．また，波数ベクトル $\boldsymbol{k}$ は定ベクトルとする．以下の小問（１）～（５）に答えよ．

（１） 電荷の存在しない媒質中でのガウスの法則を示し，それを用いて，任意の位置，時刻において成り立つ，ベクトル $\boldsymbol{k}$ と $\boldsymbol{e}_1$ の間の関係式を示せ．

（２） ファラデーの法則を示し，それを用いて，任意の位置，時刻において成り立つ，ベクトル $\boldsymbol{k}$ と $\boldsymbol{e}_1$，$\boldsymbol{e}_2$ の間の関係式を示せ．また，単位ベクトル $\boldsymbol{e}_3$ を用いて，$\boldsymbol{k} = k\boldsymbol{e}_3$ と表すとき，k，ω，E_0，B_0 の間に成り立つ関係式を示せ．

（３） この電磁波のエネルギー密度 $u(\boldsymbol{r},t)$ を，E_0 と B_0 を使って表せ．

（４） 電磁波が伝播する速さが $1/\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$ であることを用いて，$u(\boldsymbol{r},t)$ を B_0 を使わずに表せ．

（５） この電磁波のポインティングベクトル $\boldsymbol{S}(\boldsymbol{r},t)$ を，$u(\boldsymbol{r},t)$，ε_0，μ_0，および適当な単位ベクトルを使って表せ．また，ポインティングベクトルの大きさは，電磁波のエネルギーのどのような物理量を表すのかを答えよ．

（問題３　終わり）

基礎科目（問題４）

以下の問［１］,［２］に答えよ．必要ならば，$\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$, $\log_{10}5 = 0.70$ を用いよ．また，物質 M の濃度は [M] と表記してよい．

［１］次の文章を読み，下の小問（１）～（３）に答えよ．

地球大気において CO_2 が雨に溶ける現象を考えよう．CO_2 が水に溶ける過程は，以下のような化学反応により平衡状態にあるとして扱える．

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \qquad \text{(A)}$$

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \qquad \text{(B)}$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-} \qquad \text{(C)}$$

ただし，大気中では (C) は無視してよく，(A) と (B) を考えればよい．一般に，一定温度で一定量の液体に溶解する揮発性気体の量は，その気体の分圧に比例する．これは $\boxed{\text{ア}}$ の法則と呼ばれている．よって，化学反応 (A) の平衡定数 K_A は，大気中の CO_2 の分圧 P_{CO2}，雨水中の H_2CO_3 濃度を用いて，$\boxed{\text{イ}}$ と書くことができる．一方，化学反応 (B) の電離平衡定数 K_B は $\boxed{\text{ウ}}$ と書くことができる．ゆえに，雨水中の水素イオン濃度は，K_A，K_B，P_{CO2} を用いて，$\boxed{\text{エ}}$ と書くことができる．平衡定数は $K_A = 4.0 \times 10^{-7}$ mol L^{-1} Pa^{-1} および $K_B = 2.5 \times 10^{-7}$ mol L^{-1} であり，大気中に含まれる CO_2 の分圧を近似的に 40 Pa とすると，CO_2 が溶解した雨水の pH 値は $\boxed{\text{オ}}$ と算出される．

（１）空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{オ}}$ に入る適切な字句や式，数値を答えよ．ただし，数値は有効数字 2 桁で答えよ．

（２）過去およそ 20 年の間，日本各地で観測された降水の pH 値は，4.6 ～ 5.0 程度に分布していたことが知られている．この観測値と，空欄 $\boxed{\text{オ}}$ の値を比較し，差異を生じる理由として考えられることを簡潔に説明せよ．

（３）炭酸イオン CO_3^{2-} は平面構造をとる．この理由を混成軌道の考え方で説明せよ．

（問題４　次ページに続く）

［２］以下の小問（１）～（５）に答えよ．

（１）4 種類のイオン Mg^{2+}，Na^{+}，F^{-}，O^{2-}について，イオン半径の最も小さいものから大きいものへ順に並べよ．そのように判断した理由も答えよ．

（２）温度 298 K における，1-プロパノールの純液体の蒸気圧は 2.8 kPa であり，2-プロパノールの純液体の蒸気圧は 6.0 kPa である．298 K で両者の混合溶液における 1-プロパノールのモル分率が 0.25 であるとき，混合溶液と平衡にある蒸気の組成を答えよ．導出過程も記せ．ただし，この混合溶液は理想溶液とみなしてよい．

（３）濃度 0.01 mol L^{-1} に調整された 3 種類のカリウム塩 KX，KY，KZ の各々の水溶液がある．これらの pH 値を測定したところ，それぞれ 7.4，9.2，11.0 であった．酸 HX，HY，HZ を，酸性が最も弱いものから強いものへ順に並べよ．そのように判断した理由も答えよ．

（４）気相反応 $A + B \rightarrow 2C$ は，温度を一定に保った反応容器内において，A のモル濃度だけを 3 倍にすると C の生成速度が 3 倍になり，B のモル濃度だけを 1/2 倍にすると C の生成速度が 1/4 倍になった．温度を一定に保った反応容器を圧縮して全圧を 2 倍にすると，C の生成速度は何倍になるか，理由とともに答えよ．

（５）実在気体と理想気体の振る舞いの違いは，

$$Z = \frac{P\bar{V}}{RT}$$

によって定義される圧縮率因子 Z を用いて表すことができる．ただし，P は圧力，$\bar{V}$ は物質 1 mol の体積，R は気体定数，T は温度を表す．図 1 に示した実線は，ある温度 T_1 における，ある実在気体の Z を P の関数として示したものである．破線は $Z = 1$ を示している．実在気体の Z が 1 からずれる理由を答えよ．また，温度が T_1 よりも低いときに Z の圧力依存性がどうなるか，解答用紙に図 1 を描き写し，グラフ上に図示せよ．

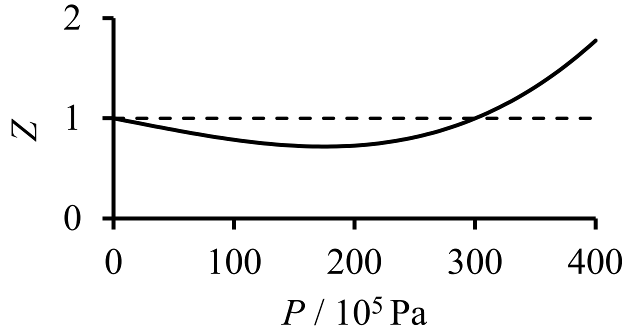

図 1

（問題４　終わり）

基礎科目（問題５）

以下の問［１］,［２］に答えよ．

［１］次の文章を読み，小問（１）～（４）に答えよ．

地球表面は複数枚のプレートに覆われている．個々のプレートは球殻の一部を成し，それらは剛体的に互いに相対運動している．個々のプレート間の相対運動は，地球の中心とオイラー極を通る軸まわりの回転として記述することができる．そのため，相対運動速度ベクトルの方向はオイラー極を極とする［　ア　］と平行である．オイラー極の位置は，相対運動速度ベクトルの方向と直交する［　イ　］を複数の観測地点について作図することで［　イ　］の交点として推定することができる．①オイラー極の位置が決まれば，相対運動速度ベクトルの大きさとオイラー極を北極とした場合の観測地点の緯度との間に成り立つ関係を利用することで，観測地点で得られた相対運動速度データから回転運動の角速度を推定することができる．

隣接するプレートの境界は，収束型，発散型，横ずれ型に分類される．三つのプレート境界が集まる点を②三重会合点と呼ぶ．沈み込み型の収束境界では，剥ぎ取りや③底付けなどの作用により付加体が形成される場合がある．

（１）文章中の［　ア　］，［　イ　］に適切な語を，以下の語群からそれぞれ選べ．

【語群】　大円，　小円，　赤道，　基円

（２）下線部①について，オイラー極周りの回転の角速度を ω (rad/年)，オイラー極を北極とした場合の観測地点の緯度を θ (rad)，相対運動速度ベクトルの大きさを v (mm/年)，地球の半径を r (km) とする．v を θ, ω および r の関数として示せ．

（問題５　次ページに続く）

（３）下線部②について，次の文章を読み，下の小問(i)〜(iii)に答えよ．

図１に示すような海嶺―海嶺―海嶺型の三重会合点 J1 において，三つのプレートが接している．プレート A 上には，○印で示した位置のホットスポット上の火山活動により，▲印の配列で示された海山列が形成されている．プレート B に対するプレート A の相対運動速度ベクトルを $\mathbf{V}_{AB}$，プレート C に対するプレート B の相対運動速度ベクトルを $\mathbf{V}_{BC}$，プレート A に対するプレート C の相対運動速度ベクトルを $\mathbf{V}_{CA}$ とする．今，それぞれのベクトルの大きさが等しい状況を考える．プレート A とプレート B の境界は南北方向で，各プレートの相対運動の方向は海嶺軸に直交しているものとする．また，海嶺での海洋底拡大は左右対称であり，ホットスポットの位置は J1 の位置に対して不動であるものとする．

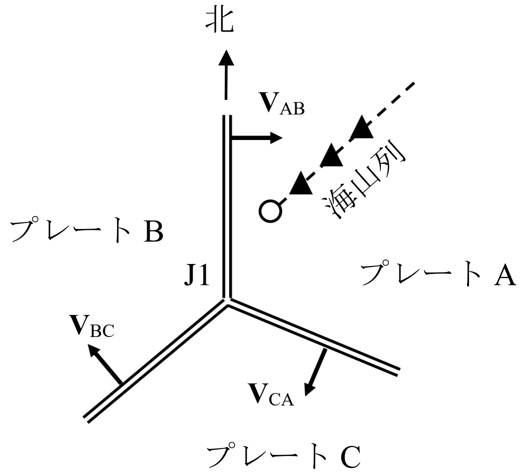

図１

(i)　この海山列の配列の方向を述べよ．そのように方向を予想する理由も示すこと．

(ii)　ホットスポットを基準としたこの海山列の移動速度の大きさを，$\mathbf{V}_{AB}$ の大きさ v_{AB} を用いて示せ．

(iii)　地磁気異常の縞模様が形成される場合，どのようなパターンになると予想されるか．縞模様の概要を海嶺の方位配置と共に解答用紙に描き示せ．

（４）下線部③について，底付け作用あるいはアンダープレーティング（underplating）とよばれる付加体成長の過程について，以下の語群の用語を全て用いながら 150 字程度で説明せよ．

【語群】　デュープレックス，海洋地殻，デコルマ

（問題５　次ページに続く）

［２］右横ずれの脆性剪断帯（brittle shear zone; 脆性変形の集中域）には，図２に模式的に示したような面構造（R_1 面, R_2 面, T 面, Y 面, P 面, X 面）が形成されることがある．図２の上下の太い矢印は剪断帯がうけた剪断変形のセンスを示す. Y 面は最大剪断応力の方向に沿って発生した剪断面とする．また，Y 面の上下にある小矢印は，Y 面における変位センスを示す.下の小問（１）～（３）に答えよ.

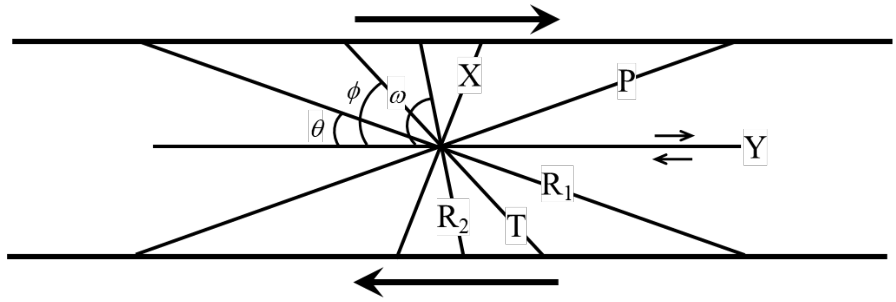

図２　剪断帯に垂直で剪断方向に平行な面で描いた模式図

（１）R_1 面, R_2 面, T 面はどのような機構で形成されるか，簡潔に説明せよ.

（２）図２に示す脆性剪断帯の外側から採取した未変形の母岩試料を完全に乾燥させたものを用いて破壊実験を行った．得られた破壊開始時の剪断応力 τ（MPa）と垂直応力 σ（MPa）との関係を図３に示す．これらのデータは$\tau = 10 + \sigma \tan 40°$の関係を示す直線で回帰される．この結果を利用した場合，Y 面と R_1 面とのなす角度 θ，Y 面と T 面とのなす角度 ϕ，および Y 面と R_2 面とのなす角度 ω の値は何度になると予測されるか.

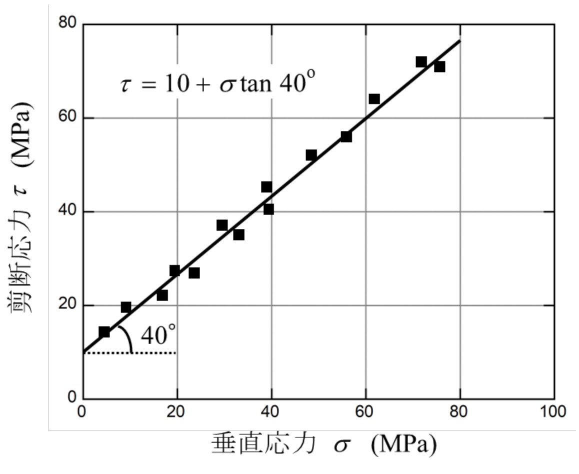

図３

（３）断層または剪断帯に伴うシュードタキライトの産出は世界各地から報告されている．シュードタキライトの形成過程について 100 文字程度で簡潔に説明せよ.

（問題５　終わり）

基礎科目（問題６）

以下の問［１］～［４］に答えよ．

［１］酸素原子が形成する四面体中に，主としてケイ素原子が入る SiO_4 四面体を基本構造とするのがケイ酸塩鉱物である．以下の小問（１）～（４）に答えよ．

（１） 架橋酸素とは何か説明せよ．

（２） SiO_4 四面体は４価の錯陰イオンとみなせるが，三次元的なフレームワーク構造となることで，他の陽イオンがなくても電気的に中性を保つことができる．このような状態をもつ鉱物の鉱物名と化学組成を答えよ．

（３） あるケイ酸塩鉱物は，次のような構造をもつ．構造中の半分の SiO_4 四面体は架橋酸素と非架橋酸素が２つずつ，残り半分の SiO_4 四面体は架橋酸素が３つで非架橋酸素が１つからなる構造である．このような鉱物の例を１つあげ，鉱物名（もしくは鉱物グループ名）を答えよ．また，その SiO_4 四面体の結合様式を示した模式的な図を描け．

（４） 構造中のすべての SiO_4 四面体が独立している鉱物グループ名を２つあげよ．

（問題６　次ページに続く）

［２］ある直方（斜方）晶系の結晶 A について X 線回折実験を行ったところ，観測された回折線の格子面間隔と回折指数 *hkl* について，表１の結果が得られた．下の小問（１）～（３）に答えよ．

表１

格子面間隔 (Å)	*hkl*	格子面間隔 (Å)	*hkl*
4.98	001, 110	1.895	231
3.87	020	1.848	140
3.31	200, 120	1.667	003, 400
2.69	121	1.603	113
2.63	211	1.542	050, 411
2.50	002, 220	1.510	322
2.443	130	1.480	203, 142
2.399	102	1.451	340
2.099	022	1.431	151
1.990	202, 122		

Williamson & Glasser (1966)の Table 1 を一部改変

（１） 一般に直方晶系の結晶がとりうる空間群を，以下から全て選べ.

【空間群】 $P1$, $P222$, $Pbca$, $P2$, $P2/m$, $Pbcn$, $P4mm$, $Pccn$, $Pmmm$, $Pca2_1$, $P432$, $P23$, $Pmmn$, $P4bm$

（２） この結晶 A が，*a* 軸に垂直な *b* 映進面を持つかどうか答えよ.

（３） （１）で答えた空間群のうち，この結晶 A の空間群として考えられるものをすべて答えよ．また，その理由を述べよ.

（問題６　次ページに続く）

［３］図１は固溶体をつくらない固相 A，B，C を含む３成分共融系の液相面（リキダス面）を投影した，圧力一定の相平衡図である．破線は液相面の等温線であり，破線に添えた数字は温度（℃）を表す．点 a，b，c は２成分系の共融点，点 d は３成分系の共融点（750 ℃）である．下の小問（１）～（３）に答えよ．

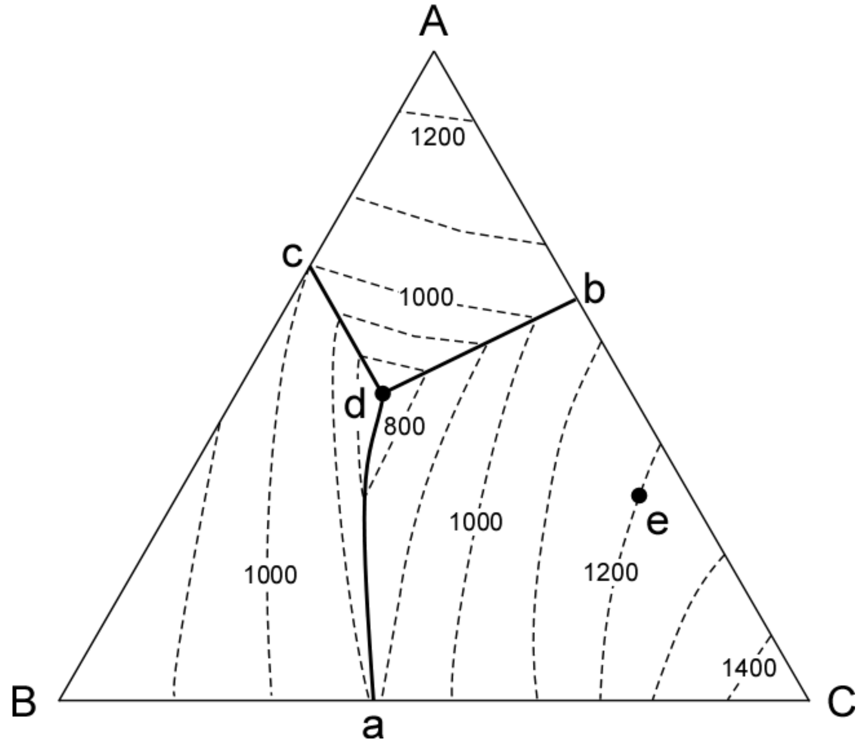

図１

（１）　曲線 cd 上（点 c，点 d は除く）で共存する相は何か答えよ．また，そのときの自由度の求め方をギブスの相律を明示して説明せよ．

（２）　点 e で表される組成の物質が, 1400 ℃から 700 ℃まで各温度で化学平衡を保ちながら徐冷され，結晶化していく過程を考える．このとき，結晶の晶出過程とそれに伴うメルト組成の変化経路を説明せよ. ただし, 等温線を省略した図１を解答用紙に描き写し，それを用いて説明すること.

（３）　点 e で表される組成の物質が, 700 ℃から 1400 ℃まで各温度で化学平衡を保ちながらゆっくり加熱され，融解していく過程を考える．できたメルトは系からすぐに取り去られるとするとき，この物質はどのような融解過程をたどるか. 固相とメルトの組成変化経路を説明せよ．ただし，等温線を省略した図１を解答用紙に描き写し，それを用いて説明すること．必要に応じて図１以外の相平衡図を描いて説明しても良い.

（問題６　次ページに続く）

［4］ 以下の小問（1）～（3）に答えよ．

（1） 岩石薄片中のある鉱物粒を偏光顕微鏡のオープンニコルで観察したところ光を通したが，クロスニコルで観察しステージを 360 度回したところ，ずっと消光したままであった．このように見えるのはなぜか，考えられる可能性を 2 つ簡潔に述べよ．

（2） 地質温度計の例を 1 つ挙げ，その原理について 100 字程度で説明せよ．

（3） 変成作用の過程で起きる連続反応と不連続反応の違いについて，50 字程度で説明せよ．

（問題 6　終わり）

基礎科目（問題７）

以下の問［１］,［２］に答えよ.

［１］ 次の文章を読み，下の小問（１）～（９）に答えよ.

次ページの図１はある地域の地質図である．破線は地形等高線を表す．**Ａ層**，**Ｂ層**，**Ｃ層**はすべて堆積岩から成り，地層の逆転はない．**断層Ｆ**のほかに断層は存在しない．

断層Ｆの姿勢は，地点Ｐおよび地点Ｒの付近ではほぼ［　ア　］，地点Ｑの付近ではおよそ［　イ　］である．①<u>**Ａ層**と**Ｂ層**は，地点Ｑ付近から地点Ｒ付近にかけて褶曲（しゅうきょく）を成している</u>．②<u>この褶曲は**断層Ｆ**の運動によって形成された</u>可能性がある．

（１） 空欄［　ア　］に当てはまる語を以下の語群から選べ.

語群：　水平，　鉛直，　単斜

（２） 空欄［　イ　］に当てはまる走向・傾斜を以下の語群からそれぞれ選べ.

語群（走向）：　N0°E，　N25°E，　N55°E，　N25°W，　N55°W
語群（傾斜）：　10°E，　10°W，　30°E，　30°W，　60°E，　60°W

（３） **Ａ層**，**Ｂ層**，**Ｃ層**を堆積年代の古い順に答えよ.

（４） 断層や褶曲によって変形する前の**Ａ層**の厚さとして適切なものを，以下の数値群から選べ．ただし，地層の圧密の効果は考えないものとする.

数値群：　80 m，　130 m，　220 m，　270 m，　330 m

（５） 地点Ｑ付近の**断層Ｆ**では，正断層成分と逆断層成分のどちらが卓越しているか答えよ.

（６） 下線部①の褶曲が，背斜または向斜のいずれであるか答えよ.

（問題７　次ページに続く）

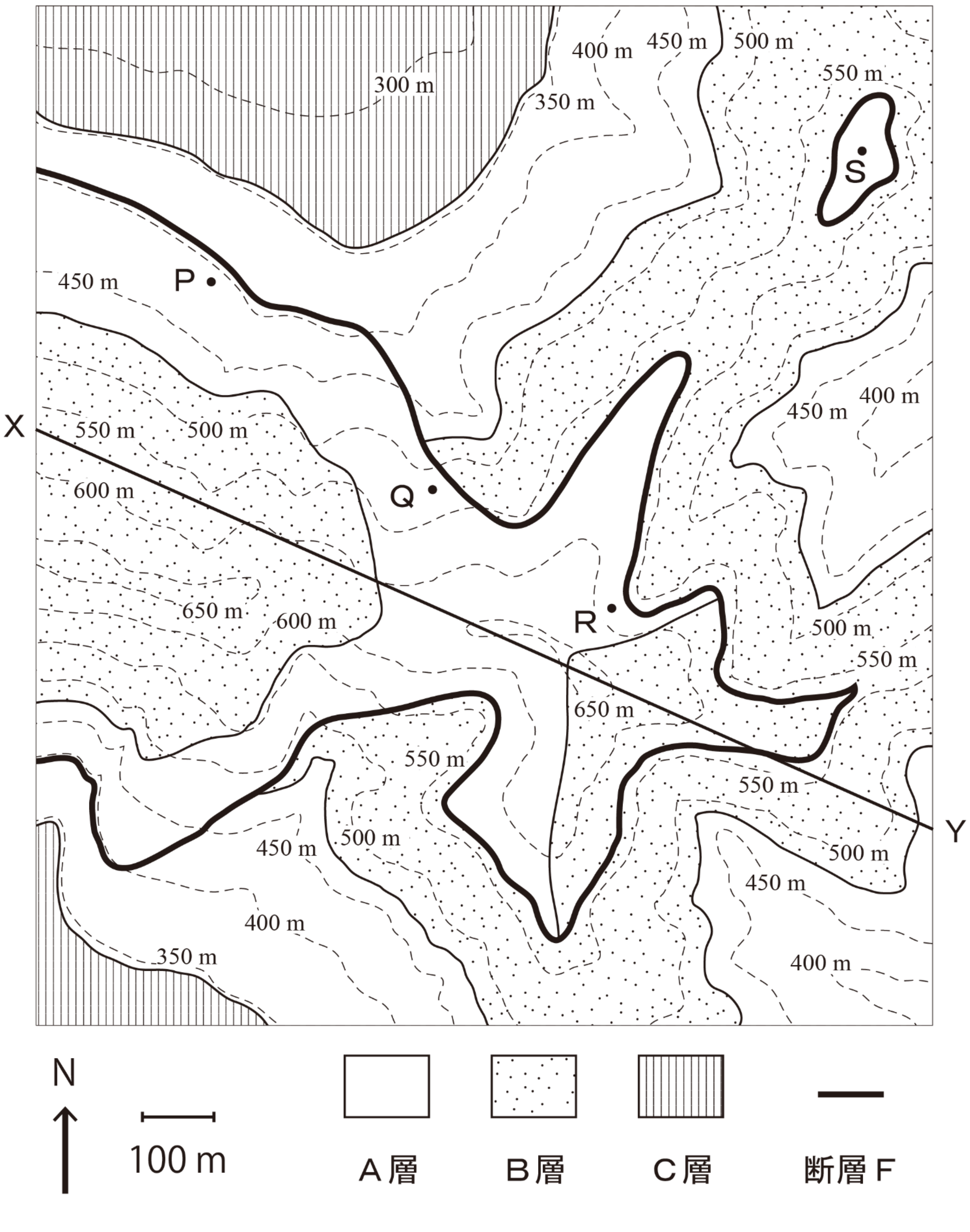

図 1

（問題 7　次ページに続く）

（７） 断面線Ｘ−Ｙに沿う鉛直地質断面図の概略を描け.

（８） 図１のような断層について, 変位量が数 km 以上に及ぶ場合を考える. 以下の問 (i), (ii) に答えよ.

(i) このような断層の上盤を指す地質学用語を答えよ.

(ii) 地点Ｓ付近のように，(i) の一部が孤立して現れたものを指す地質学用語を答えよ.

（９） 下線部②に関連して，断層伝播褶曲と断層折れ曲がり褶曲がそれぞれどのように形成されるか，合計 150 字程度で説明せよ．図を併用してもよい.

［２］ 次の文章を読み，下の小問（１）～（４）に答えよ.

絶滅した古生物の生息環境を知るためには，いくつかのアプローチがある．①生息環境が既知の生物種を含む化石群集の解析から，共産する絶滅種の生息環境を推定できる．化石や地層・岩石そのものから，②炭素・酸素の安定同位体比を分析して，環境を復元することもある. また, ③古地磁気を記録した残留磁化からは, 地塊の大まかな地史を知ることができる.

（１） 下線部①に関連して，以下の問 (i) ～ (iii) に答えよ.

(i) 古環境の指標とされる化石のことを意味する地質学用語を答えよ.

(ii) ある地層から，一般に環境指標性が高いとされる生物の化石が産出したとする．この化石からその地層が堆積した当時の古環境を推定する際，フィールド（化石産地）においてどのようなことに注意して観察したらよいか. 簡潔に答えよ.

(iii) 実際に化石に基づいて古環境が推定されている地層の具体例を１つ挙げよ．解答では，地名・地層名（累層ないし部層レベル）・地質時代とともに，古環境およびその根拠の生物を明示すること.

（問題７　次ページに続く）

（２） 下線部②に関連して，第四紀の氷期–間氷期サイクルの詳細な解明には，深海底の掘削試料から有孔虫の化石を取り出し，その酸素同位体比（$^{18}O/^{16}O$）の変動パターンを追う研究が大きく貢献した．酸素同位体比を用いて氷期–間氷期サイクルを復元する研究に関する以下の文 a〜e の正誤を答えよ．

a. 有孔虫の大多数の種は炭酸カルシウム（$CaCO_3$）の殻を持っており，その酸素同位体比が測定される．
b. もし化石が堆積物中に豊富に含まれるならば，イルカ（海生哺乳類）の歯の化石の方が有孔虫よりも適している．
c. 氷期に発達する大陸氷床の酸素同位体比は，同時期の海水の酸素同位体比よりも小さな値を示す．
d. 現在の平均的な海水の酸素同位体比は，約 2 万年前のものよりも大きな値を示す．
e. 分析に用いられる標準物質のひとつに，ベレムナイトの化石がある．

（３） 第四紀の氷期–間氷期サイクルの背景にあると考えられている，天体運動に関する３つの変動現象を答えよ．

（４） 下線部③に関連する以下の文章を読み，下の問 (i)，(ii) に答えよ．

地磁気ベクトルの向きは [ア] と [イ] で表現される．岩石の残留磁化を測定すると，磁化獲得時の地磁気ベクトルの [ア] を推定できる場合がある．[ア] が高角ならばその地塊は当時高緯度地域に存在したと考えられる．2020 年の日本列島において磁北は，北海道本島の北部では [ウ] ，近畿では [エ] ，沖縄県では [オ] 真北からずれている．しかし，地質学的時間スケールにわたって平均すれば磁北と真北はほぼ一致すると考えられ，残留磁化から磁化獲得時以後に起こった地塊の回転を復元できる．④中新世における日本海拡大期の地塊の回転説は，このような古地磁気の研究により提唱された．

(i) 空欄 [ア] ～ [オ] に当てはまる適切な語句を答えよ．ただし，[ウ] ～ [オ] については以下の語句群から選ぶこと．

語句群： 東へ約 10°， 東へ約 8°， 東へ約 5°， 東へ約 2°，
西へ約 10°， 西へ約 8°， 西へ約 5°， 西へ約 2°

(ii) 下線部④の一時期，日本列島に出現した亜熱帯性の絶滅海生軟体動物を１属挙げよ．

（問題７　終わり）