

# 2026（令和8）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24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 are not permitted to leave the hall before the end of the examination.
4. The examination booklet consists of 24 pages, including the cover page.
5. From Questions 1–7, choose two questions to answer.
6. Use a separate answer sheet for each question. Write your examination ID, name, and the question 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 are not permitted to bring watches, rulers, or calculators.
11. Answers should be given in Japanese.

## 基礎科目（問題1）

以下の問 [1] ~ [4] に答えよ。導出過程も示すこと。

[1] 関数  $f(x, y) = x^3 - 3xy + y^2 + 3x - y$  に極値が存在する場合、その値を全て求めよ。

[2] 次の行列  $\mathbf{A}$  について、下の小問 (1), (2) に答えよ。

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 3 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

(1) 行列  $\mathbf{A}$  の行列式  $|\mathbf{A}|$  の値を求めよ。

(2) 行列  $\mathbf{A}$  の逆行列  $\mathbf{A}^{-1}$  を求めよ。

[3]  $xyz$  直交座標系において、以下のベクトル場を考える。

$$\mathbf{E} = xy\mathbf{i} + yz\mathbf{j} + zx\mathbf{k}$$

ここで  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{k}$  はそれぞれ  $x$ ,  $y$ ,  $z$  方向の単位ベクトルである。この座標系の点  $\mathbf{A}(1, 2, 3)$  から点  $\mathbf{B}(3, 4, 1)$  に至る線分  $C$  を経路とする線積分  $\int_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$  を求めよ。ただし、 $d\mathbf{r}$  は  $C$  上の線素ベクトルである。

[4] 次の連立微分方程式を、条件  $f(0) = 1$ ,  $g(0) = 4$  のもとで解け。

$$\begin{cases} \frac{df(t)}{dt} = 2f(t) - g(t) + e^{-t} \\ \frac{dg(t)}{dt} = 4f(t) - 3g(t) + e^{-t} \end{cases}$$

(問題1 終わり)

## 基礎科目（問題2）

以下の問 [1], [2] に答えよ. 空気抵抗は無視する.

[1] 次の文章を読み, 下の小問 (1) ~ (3) に答えよ. 導出過程も示すこと.

図1のような, 水平面からの傾斜角が  $30^\circ$  のなめらかな斜面上において, ばね定数  $k$ , 自然長  $l$  の質量が無視できるばねで繋がれた, ともに質量が  $M$  の質点1と質点2の運動について考える. 斜面の傾斜方向下向きに  $x$  軸を取り, 質点1と質点2の位置を  $x_1, x_2$  とする.  $x_1 = 0$  に質点1を固定し, 質点2をつりあいの位置に静止させて静かに手を離した. ただし, 重力加速度の大きさは  $g$  とし, 斜面は  $x$  軸方向に無限に広がっている.

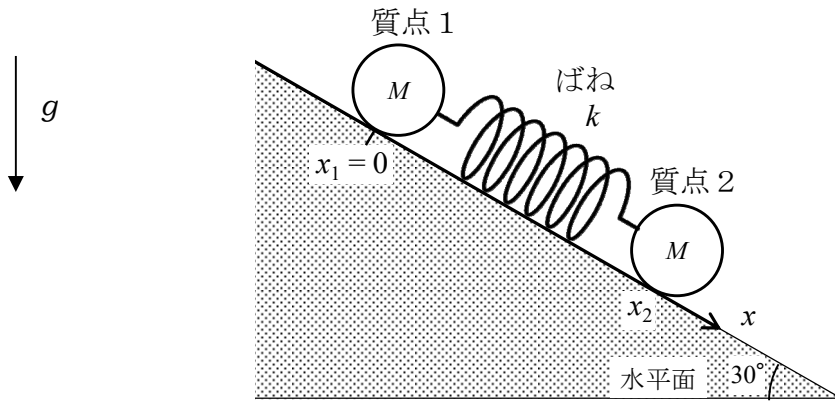


図1

- (1) 文中の下線部について, 質点2のつりあいの位置を求めよ.
- (2) 文中の下線部の状態から, 時刻  $t = 0$  で質点1の固定を解除したところ, 質点1と質点2はばねに繋がれたまま斜面をすべり落ち始めた. 時刻  $t \geq 0$  での, 質点1と質点2の重心の運動方程式, および, 質点1の運動方程式を導け.
- (3) 時刻  $t \geq 0$  における  $x_1$  と  $x_2$  を求めよ.

(問題2 次ページに続く)

[2] 剛体の軸の周りの回転運動について、次の小問(1)、(2)に答えよ。

(1) 次の文章を読んで空欄 [ア] から [ウ] までに当てはまる数式をそれぞれ答えよ。

図2のような理想化したコマを考える。このコマは、密度が均一で軸対称な円盤型の剛体と質量を無視できる軸から成り、軸は円盤の重心  $G$  を通っており、円盤に垂直である。軸の一方の端である  $O$  点の位置は動かず、コマはこの軸を回転軸として外力を受けずに回転している。

コマの質量が  $M$ 、軸に関する慣性モーメントが  $I$ 、コマの回転の角速度が  $\vec{n}$  であるとき、角運動量は  $\vec{L} =$  [ア] である。

この系に、外力のモーメント  $\vec{N}$  を作用させ、軸の方向を角速度  $\vec{\omega}$  で変化させることを考える。このとき、 $\vec{L}$  の時間変化率は、 $d\vec{L}/dt = \vec{\omega} \times \vec{L}$  である。

一方、剛体の運動方程式により、 $\vec{L}$  と  $\vec{N}$  の関係は、[イ] と表わされる。これらの関係から、 $\vec{L}$ 、 $\vec{N}$ 、 $\vec{\omega}$  の関係は [ウ] となる。

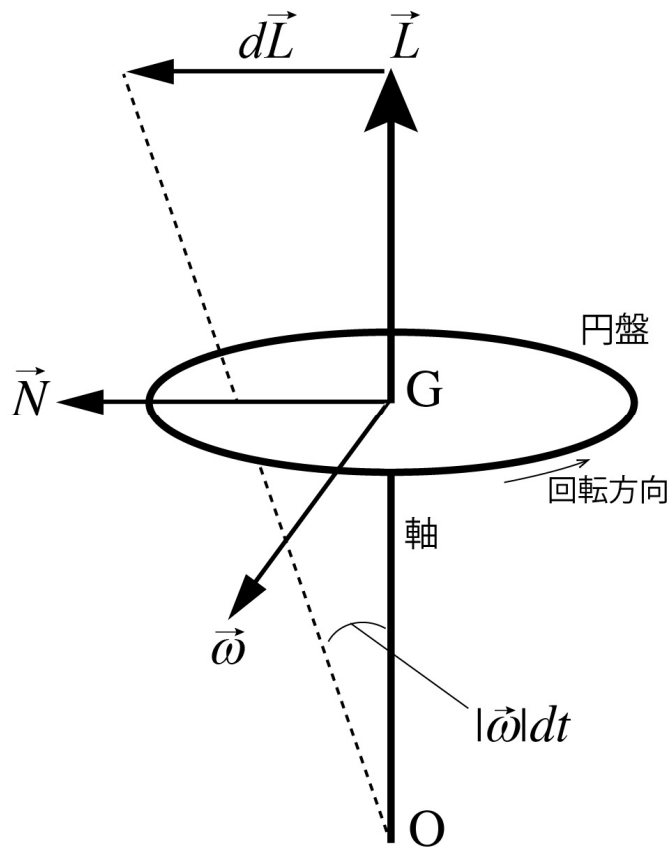


図2

(問題2 次ページに続く)

(2) 図3のように、図2のコマが、地上において回転している状況を考える。ここでは、軸の下端  $O$  が地面に接して、鉛直方向から  $\theta$  だけ傾いて角速度  $\vec{n}$  で軸の周りを回転している。 $O$  を通る鉛直線が、軸  $OZ$  の  $Z$  点 (軸頭) を含む水平面と交差する点を  $C$  とする。ここで、コマを引き倒そうとする重力のモーメントにより、軸の方向が角速度  $\vec{\omega}$  で変化しているとする。このとき、微小時間  $\delta t$  の間に軸頭  $Z$  点は  $Z'$  点に移動し、 $C$  点を中心として角速度  $\vec{\omega}'$  で水平面上で円を描く運動 (歳差運動) をする。ここで、 $OZ$  と  $OZ'$  のなす角度は  $|\vec{\omega}|\delta t$ 、 $CZ$  と  $CZ'$  のなす角度は  $|\vec{\omega}'|\delta t$  である。このとき、コマの質量  $M$ 、軸に関する慣性モーメント  $I$ 、コマの回転の角速度  $\vec{n}$  などを用いて、円運動の角速度の絶対値  $|\vec{\omega}'|$ 、および、周期  $T$  を求めよ。ただし、コマの角速度  $\vec{n}$  は十分大きく、歳差運動のみを考える。また、 $O$  点からコマの重心  $G$  までの距離を  $h$ 、重力加速度を  $g$  とする。軸は、 $O$  点で地面と1点で接触しており、 $O$  点から動かず、接触点での摩擦は無視できるものとする。なお、導出過程も示すこと。

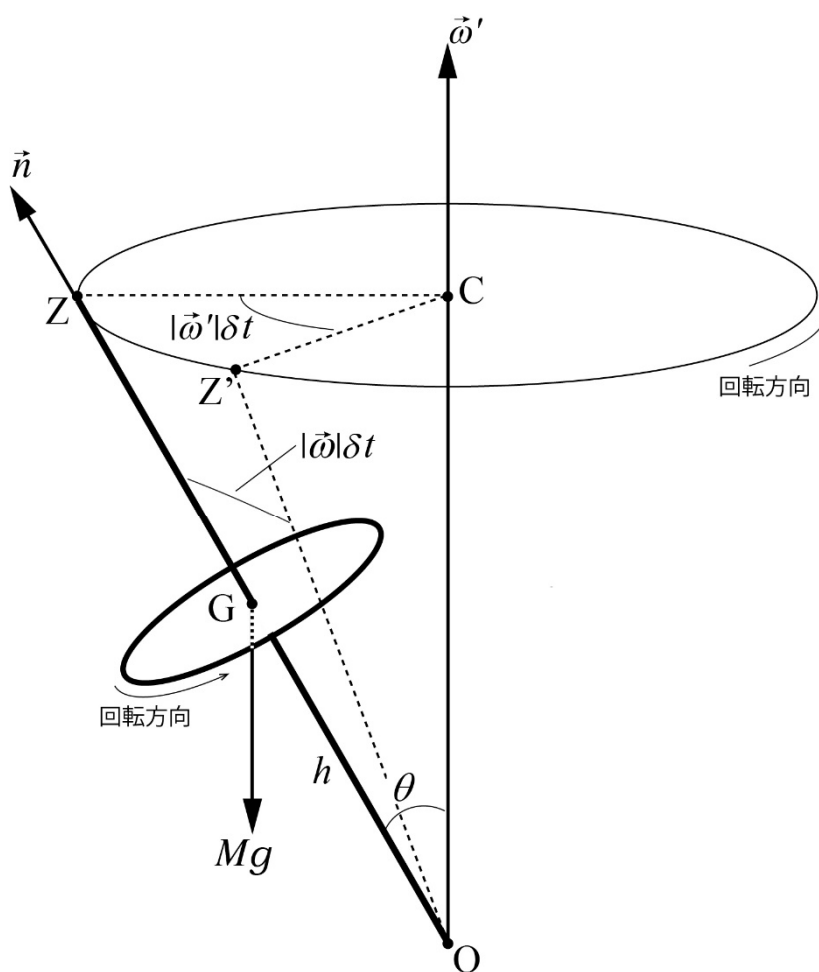


図3

(問題2 終わり)

## 基礎科目（問題3）

以下の問 [1] ~ [3] に答えよ。導出過程も示すこと。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定数  $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$  とする。

[1] 極板の面積が  $S$ 、極板間の距離が  $L$  である中空平行板コンデンサーを、図1(A)のように抵抗値  $R$  を持つ抵抗とスイッチに接続した回路がある。極板の面積は十分に広く、端の影響は無視できるものとする。次の小問 (1) ~ (3) に答えよ。

(1) スイッチを切り、両極板にそれぞれ  $+Q$ ,  $-Q$  の電荷を与えたとき、極板間の電位差は

$$\frac{QL}{\epsilon_0 S}$$

となることを、ガウスの法則を用いて示せ。

(2) (1) の状態において、コンデンサーの極板に比べて十分に広く一様な厚さ  $h$  ( $h < L$ ) の、電荷を持たない導体の平板を、絶縁した状態でコンデンサーの極板間に極板に平行に挿入した (図1(B))。このときの極板間の電位差を求めよ。

(3) 導体の平板を除いて (1) の状態に戻し、時刻  $t = 0$  にスイッチを接続した。極板間の電位差の時間変化を時刻  $t$  ( $t \geq 0$ ) の関数として表せ。

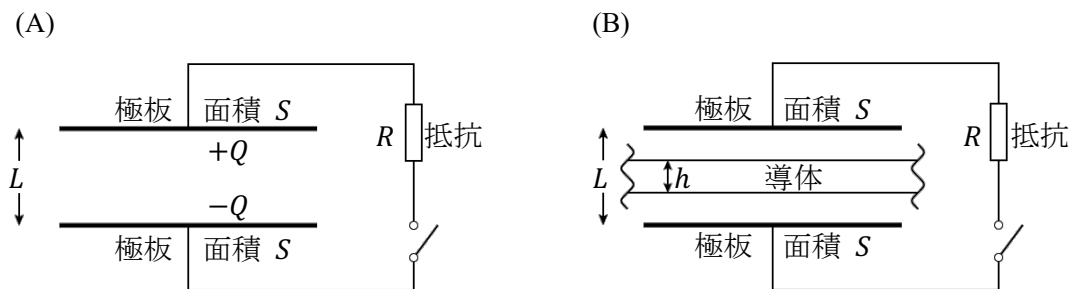


図1

(問題3 次ページに続く)

- [2]  $xyz$  直交座標系の空間の  $y \geq 0$  の領域および  $y < 0$  の領域に、磁束密度の大きさがそれぞれ  $B_1$  と  $B_2$  の一様な静磁場が  $z$  軸方向にかかっている。

$$\mathbf{B} = \begin{cases} (0, 0, B_1) & (y \geq 0) \\ (0, 0, B_2) & (y < 0) \end{cases}$$

ただし  $0 < B_1 < B_2$  とする。電荷  $q$  ( $q > 0$ )、質量  $m$  の質点とみなせる粒子を原点  $O$  から射出することを考える。射出後の粒子の運動について、次の小問 (1), (2) に答えよ。射出後の粒子は、ここで与えられた磁場による力以外の力は受けていないものとする。

- (1) 粒子を原点  $O$  から速さ  $v_y$  で、 $y$  軸の正の向きに射出した。粒子が原点  $O$  の次に  $y = 0$  を通るときを 1 回目として、6 回目に  $y = 0$  を通過するまでの軌道の概要を図示せよ。また、射出後の経過時間  $t$  を横軸にとり、粒子が  $y = 0$  を 2 回目、4 回目、6 回目に通過するときのみの  $x$  座標の値を縦軸にとったグラフをかけ。
- (2) 粒子を原点  $O$  から速さ  $v_0$  で、 $xy$  平面内の  $y \geq 0$  かつ  $x$  軸と角度  $\theta$  ( $0 < \theta < \pi$ ,  $\pi$  は円周率) をなす方向に射出した。粒子が  $y = 0$  を  $2N$  回目 ( $N$  は正の整数) に通過するときの  $x$  座標の値を、射出後の経過時間  $t$  を用いて表せ。

- [3] 図 2 のように半径  $a$ 、抵抗値  $R$  の円形のコイルによる閉回路が、その直径を回転軸として一定の角速度  $\omega$  でまわっている。磁束密度の大きさが  $B$  である一様な静磁場が回転軸に垂直にかかっているとき、円形回路で発生するジュール熱の時間平均値を求めよ。コイルの線の太さは無視できるものとする。

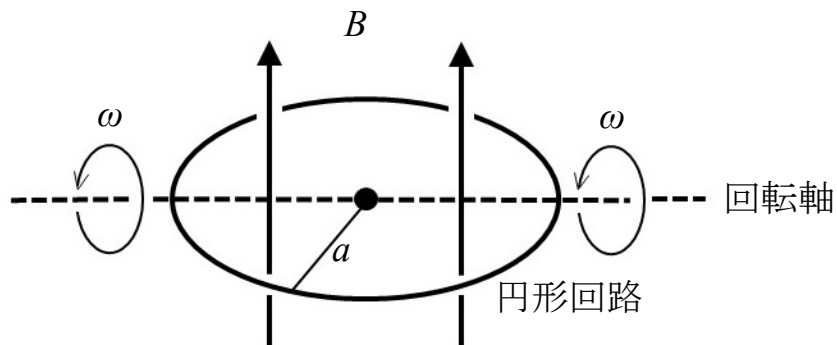


図 2

(問題 3 終わり)

## 基礎科目（問題4）

以下の問 [1], [2] に答えよ.

[1] 次の小問 (1) ~ (6) に答えよ.

(1) 次の原子 (a) ~ (c) の基底状態における電子配置を, 例にならって示せ.

例: リチウムの電子配置  $1s^2 2s^1$

(a) フッ素

(b) カルシウム

(c) 臭素

(2) ナトリウム原子とマグネシウム原子の第二イオン化エネルギーを比べると, どちらが大きいのか. 理由とともに答えよ.

(3) 次の化合物の炭素の酸化数をそれぞれ示し, 酸化数の高い順に並べよ.

【化合物】  $\text{HCHO}$ ,  $\text{HCO}_2\text{H}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CO}_2$

(4)  $25^\circ\text{C}$ におかれた  $0.10 \text{ mol L}^{-1}$ の酢酸水溶液の電離度と pH を有効数字1桁で求めよ. なお,  $25^\circ\text{C}$ における酢酸の電離定数は,  $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ とする.

必要ならば,  $\log_{10} 1.8 = 0.26$ ,  $\sqrt{1.8} = 1.3$ を用いよ.

(問題4 次ページに続く)

(5)  $\text{NO}_2$  とその二量体である  $\text{N}_2\text{O}_4$  の気相平衡反応に関して、次の問 (i) ~ (iii) に答えよ。

(i)  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離反応 ( $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ ) について、標準状態 ( $25^\circ\text{C}, 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) における反応エンタルピー、反応エントロピー、反応ギブス自由エネルギーを有効数字 2 桁で求めよ。

なお、 $\text{N}_2\text{O}_4$  および  $\text{NO}_2$  の標準生成エンタルピーはそれぞれ  $9.08 \text{ kJ mol}^{-1}$  および  $33.1 \text{ kJ mol}^{-1}$  とし、 $\text{N}_2\text{O}_4$  および  $\text{NO}_2$  の標準モルエントロピーはそれぞれ  $304 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  および  $240 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。

(ii)  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離反応は発熱反応、吸熱反応のいずれか、理由とともに答えよ。

(iii) 標準状態において  $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  のどちらが安定か、理由とともに答えよ。

(6) 反応速度に関する次の問 (i), (ii) に答えよ。

(i) 反応次数とは何か、80 字程度で説明せよ。

(ii) 一次反応の例として放射性核種の壊変がある。放射性核種である  $^3\text{H}$  (トリチウム) は、ベータ壊変により  $^3\text{He}$  へ壊変する。この反応速度定数 (壊変定数) を  $k$  とするとき、トリチウムの半減期を  $k$  を用いて表せ。なお、導出過程も示すこと。

(問題 4 次ページに続く)

[2] 太陽系の元素組成を図1に示した. 次の小問(1), (2)に答えよ.

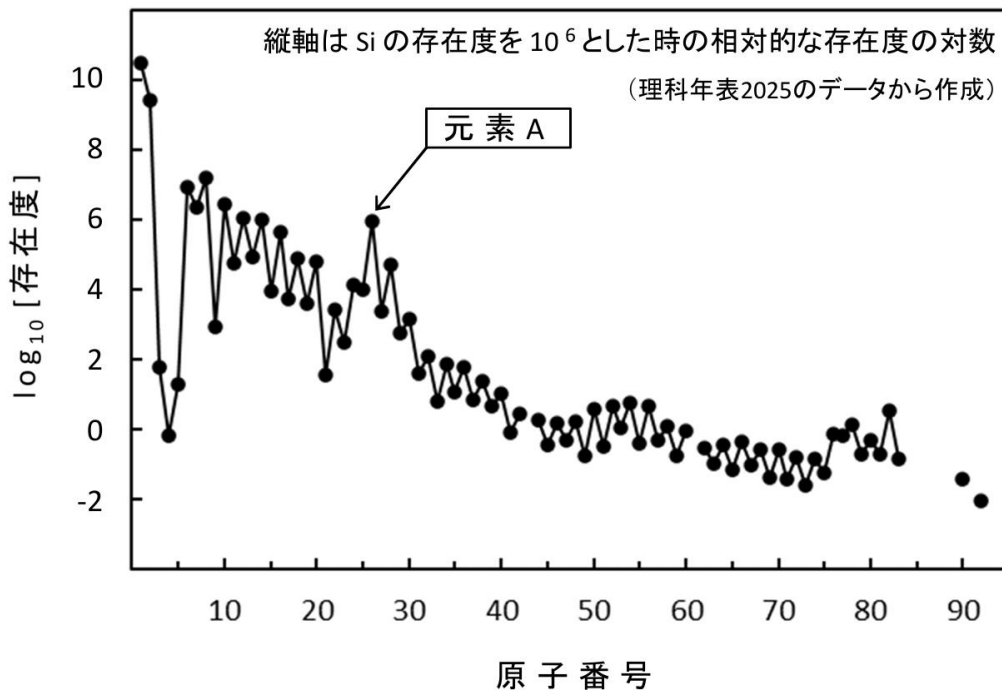


図1

- (1) 太陽系の元素組成は, 主に太陽光のスペクトル分析から見積もられている. この手法について, 次の語群の語をすべて用いて 150 字程度で説明せよ.

【語群】 波長, 吸収, フラウンホーファー線, 電子, エネルギー準位

- (2) 図1の元素Aの元素名を答えよ. また, 元素Aの存在度が原子番号の近い元素の存在度と比較して高くなる理由を 50 字程度で説明せよ.

(問題4 終わり)

## 基礎科目（問題5）

以下の問〔1〕～〔3〕に答えよ。

〔1〕 次の文章を読み、下の小問（1）～（5）に答えよ。

地震観測等に基づいて推定された地球の1次元構造モデルによると、①地震波の速度と密度は、いくつかの特定の深さにおいて不連続に変化する。地球の内部構造は、この地震学的不連続面によって地殻、マントル、核に区分される。地殻の厚さは大陸部分と海洋部分とで異なる。マントルは地表から約  km の深さで上部マントルと下部マントルにさらに区分される。下部マントルと核の境界に相当する不連続面は、約  km の深さにある。核はさらに、約  km の深さで外核と内核に区分される。

大陸地殻の上部は主に花崗岩質の岩石から構成される。海洋地殻は主に  質岩石から成る。上部マントルは主として  で構成されると考えられている。核は鉄やニッケルを主成分とする合金からなり、外核部分は液体状態であると考えられている。このような層状構造の区分の他に、変形のしやすさ、即ち力学的な性質に基づいて層状の構造を区分する場合がある。層状構造の力学的な区分においては、地球表層は固く変形しにくい  で覆われ、その下には変形しやすい  が存在する。

（1）空欄  ～  に入る適切な値を次の数値群から選べ。

【数値群】 50, 100, 220, 660, 1200, 2900, 4200, 5100

（2）空欄  ,  に入る一般的な岩石名として最も適切な語を答えよ。

（3）空欄  ,  に入る適切な語を次の語群から選べ。

【語群】 テクトスフェア, アセノスフェア, メソスフェア, リソスフェア

（4）下線部①に関連して、上部マントルと下部マントルの境界を定義する不連続面を境にして、P波速度と密度はそれぞれ深さ方向に増加するかあるいは減少するかを答えよ。

（5）下線部①に関連して、マントルと核の境界を定義する不連続面を境にして、P波速度と密度はそれぞれ深さ方向に増加するかあるいは減少するかを答えよ。

（問題5 次ページに続く）

[2] 次の文章を読み、下の小問（1）～（3）に答えよ。

任意のプレート間の相対運動は、地球の中心を通る軸の周りの回転運動とみなすことができる。回転軸が地表と交わる点をオイラー極とよぶ。回転運動は、回転軸に平行で地球の中心から見て右ネジの方向にすすむ回転ベクトル（角速度ベクトル）を用いて記述される。

図1に、仮想的な3つのプレートA, B, C間のプレート境界（太線）と、相対運動のオイラー極  $E_1, E_2, E_3$ , および回転ベクトル  $\omega$  が描かれている。相対回転ベクトル  ${}^A\omega_B, {}^C\omega_B, {}^C\omega_A$  はそれぞれ、プレートAに対するプレートBの運動、プレートCに対するプレートBの運動、プレートCに対するプレートAの運動をあらわす。点線はオイラー極を中心とする小円を表す。オイラー極  $E_1$  と  $E_3$  はともに赤道上にあり、 $E_1, E_3$  の経度はそれぞれ  $0^\circ$  および東経  $90^\circ$  であるとする。また、相対回転ベクトル  ${}^C\omega_A$  の大きさを  $1.0^\circ/100$  万年とする。なお、地球の半径は  $6400$  km とする。

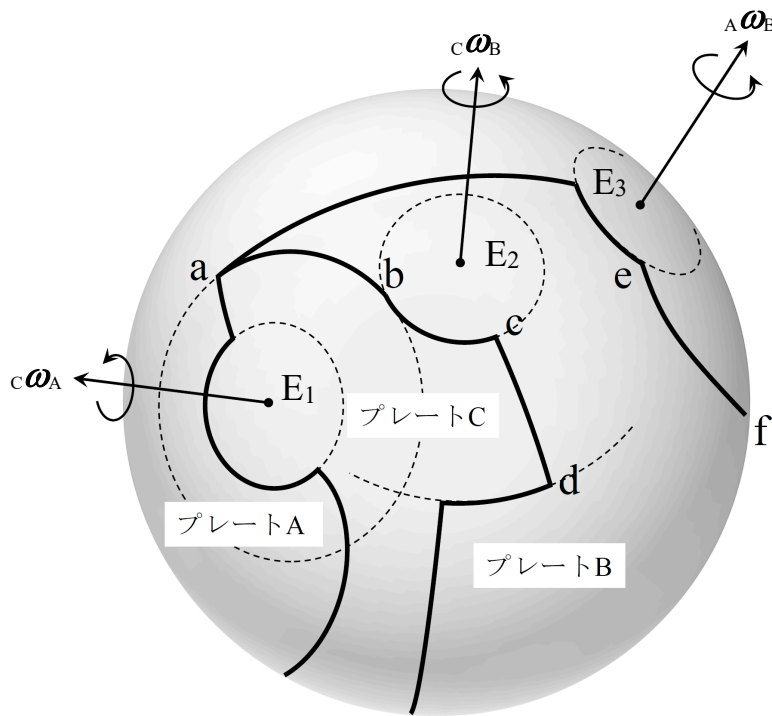


図1

(問題5 次ページに続く)

- (1) プレート境界には収束型, 発散型, トランスフォーム型の3つの種類がある. 図1のプレートBをとりまく境界部分 a-b, b-c, c-d, e-f について, それぞれどの型のプレート境界であるかを答えよ.
- (2) オイラー極  $E_3$  の地点におけるプレートCに対するプレートAの相対運動速度の大きさと運動の向きを求めよ. 有効数字は1桁とし, 運動速度の大きさの単位は mm/年とする. 導出過程を記述すること. 解答に図を用いてもよい.
- (3) 相対回転ベクトル  ${}_C\boldsymbol{\omega}_A$  と  ${}_A\boldsymbol{\omega}_B$  の大きさの比が  $|{}_C\boldsymbol{\omega}_A| : |{}_A\boldsymbol{\omega}_B| = 1 : \sqrt{3}$  であった. このときの, オイラー極  $E_2$  の緯度・経度と, 相対回転ベクトル  ${}_C\boldsymbol{\omega}_B$  の大きさを求めよ. 有効数字は1桁とし, 回転ベクトルの大きさの単位は  $^\circ/100$  万年とする. 導出過程を記述すること. 解答に図を用いてもよい.

(問題5 次ページに続く)

[3] 次の文章を読み、下の小問(1)～(3)に答えよ。

クーロンの破壊条件に従う岩石の破壊を考える。図2は破壊面に作用する垂直応力  $\sigma$  とせん断応力  $\tau$  との関係を表す。図2の灰色のモールの応力円は、完全に乾燥させた異方性の無い岩石の応力状態を示すものとする。この岩石の間隙に水が注入されて間隙水圧が正の値まで上昇したとき、灰色のモールの応力円は半径を変えずに  の方向に移動する。モールの応力円が移動するとクーロンの破壊条件との距離が  になり、破壊しやすくなる。

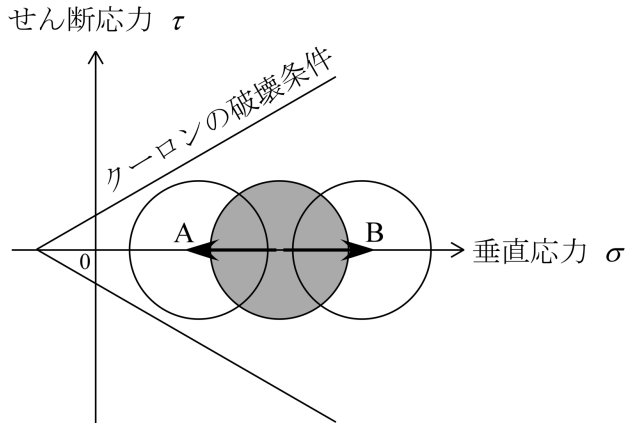


図2

(1) 空欄  に適切な方向は図2のAまたはBのどちらか答えよ。

(2) 空欄  に適切な語を、以下の語群から選べ。

【語群】 近く、 遠く

(3) 次の文章を読み、下の問(i), (ii)に答えよ。有効数字を2桁とし、導出過程も示すこと。必要に応じて、 $\sqrt{3} = 1.73$ を用いてよい。

力を加えた岩石への水の注入を考える。図2において水を注入する前の岩石に作用する最大主応力  $\sigma_1$  および最小主応力  $\sigma_3$  の値はそれぞれ、 $\sigma_1 = 60 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_3 = 20 \text{ MPa}$ であった。この岩石の間隙に水を注入したところ、間隙水圧が  $P_f$  の時に破壊した。ただし、この岩石のクーロンの破壊条件は  $\tau = 4\sqrt{3} + \sigma \tan 30^\circ$  (単位は MPa) であり、中間主応力  $\sigma_2$  の方向は破壊面に平行であるものとする。

(i) 破壊の瞬間に破壊面に作用する垂直応力  $\sigma_f$  およびせん断応力  $\tau_f (> 0)$  の値を求めよ。

(ii)  $P_f$  の値を求めよ。

(問題5 終わり)

## 基礎科目（問題6）

以下の問 [1] ~ [3] に答えよ。

- [1] 次の文章を読み、下の小問 (1) ~ (9) に答えよ。必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sin 18.6^\circ = 0.319$ 、 $\sin 37.2^\circ = 0.605$  を用いること。

多くの酸化鉱物において、酸素イオンは最密充填構造かそれに近い状態をとり、陽イオンはその間隙を埋めるように位置する。最密充填構造には六方最密充填構造や立方最密充填構造があるが、どの場合であっても、間隙には2種類、すなわち四面体間隙と八面体間隙が存在する。

スピネル構造（空間群  $Fd\bar{3}m$ ）は代表的な酸化物構造の1つである。酸素イオンは立方最密充填構造をとり、陽イオンは酸素イオンによる四面体間隙や八面体間隙の一部を占める。1個の酸素イオンから見てその周囲に隣接するのは、四面体間隙に入る陽イオン1個と、八面体間隙に入る陽イオン3個である。

スピネル構造をとる鉱物のうち、たとえばクロム鉄鉱 ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) では、 $\text{Fe}^{2+}$ が四面体間隙を、 $\text{Cr}^{3+}$ が八面体間隙を占める。また、組成式が  とあらわされるマグネシウムケイ酸塩スピネル（リングウッドイト）は、地球の  の下部を特徴づける主な構成鉱物の1つと考えられている。

(1) 空欄  に入る適切な化学式を答えよ。

(2) 空欄  に入る最も適切な語を次の語群から選べ。

【語群】 地殻、 上部マントル、 下部マントル

(3) リングウッドイトと多形の関係にある鉱物を1つ答えよ。

(問題6 次ページに続く)

- (4) 酸素の六方最密充填構造を基本構造とする鉱物を1つ答えよ。
- (5) 六方最密充填構造の単位格子の長さ  $a, c$  を図1のようにとったとき,  $c/a$  の値を有効数字2桁で求めよ。導出過程も示すこと。

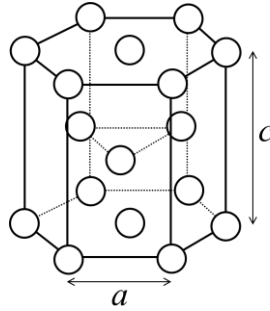


図1

- (6) 酸素の立方最密充填構造を模式的に描き, 四面体間隙を1つ図示せよ。
- (7) スピネル構造の空間群に関連して,  $\bar{3}$  (3回反軸) がどのような対称要素であるか, 図を用いて簡単に説明せよ。
- (8) ある産地のクロム鉄鉱について, 波長  $0.154 \text{ nm}$  の X 線を用いて粉末 X 線回折実験をおこなったところ, 結晶面  $\{222\}$  による回折線が得られ, その回折角  $2\theta$  は  $37.2^\circ$  であった。このクロム鉄鉱の  $(100)$  面の面間隔を有効数字2桁で求めよ。
- (9) クロム鉄鉱とリングウッドイトについて, それぞれポーリングの第2規則 (静電原子価則) を満足することを示せ。

(問題6 次ページに続く)

[2] 次の文章を読み，下の小問（1）～（3）に答えよ．

図2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．A 相初晶領域の中に不混和領域（2 液相部）が存在する．点 M は臨界点とよばれ，2 つの液相の組成が同一になる点，すなわち 1 液相となる点を示す．破線は液相面の等温線である．破線に添えた  $T_1 \sim T_9$  は温度を表し，温度は  $T_1$  から  $T_9$  に向かって等間隔で低くなるものとする．点 a, b, c は 2 成分系の共融点，点 d は 3 成分系の共融点である．

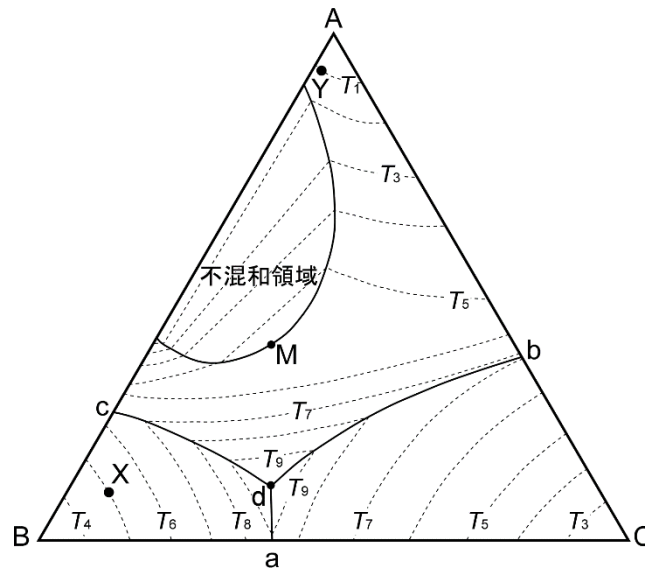


図 2

- (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) 組成 X の液が温度  $T_1$  から化学平衡を保ちながら徐冷され，液が全て結晶化する過程を考える．このとき，結晶の晶出とそれに伴う液の組成の変化経路を説明せよ．ただし，図2の必要箇所を解答用紙に描き写し，それを用いて説明すること．
- (3) 組成 Y の液が温度  $T_1$  から化学平衡を保ちながら徐冷され，液が全て結晶化する過程を考える．このとき，結晶の晶出とそれに伴う液の組成の変化経路を説明せよ．ただし，図2の必要箇所を解答用紙に描き写し，それを用いて説明すること．

(問題 6 次ページに続く)

[3] ある変成岩は、片麻状構造を持ち、主として石英、斜長石、カリウムに富むアルカリ長石、黒雲母、ザクロ石、珪線石からなり、副成分鉱物として石墨、ジルコン、ルチルを含む。次の小問（1）～（6）に答えよ。

（1）この変成岩の全岩化学組成が原岩の化学的特徴を保存している場合、原岩として最も適切と考えられるものを、次の語群から1つ選べ。

【語群】超苦鉄質岩、苦鉄質岩、泥岩、石灰岩、チャート

（2）この変成岩中には、組成累帯構造や双晶が見られない斜長石が含まれる。このようなとき、偏光顕微鏡を用いてどのような点に着目した観察をおこなえば、結晶光学的に斜長石と石英を区別できるか答えよ。ただし、その観察をおこなう際の、偏光顕微鏡の各部位の名称を含めた操作方法を記すこと。

（3）この変成岩の主要構成鉱物について、鉱物組み合わせをトンプソンの AFM 図を用いて示せ。

（4）（3）で解答した AFM 図上の鉱物組み合わせについて、変成度が上昇するときに起こる連続反応を答えよ。

（5）この変成岩の構成鉱物が全て平衡共存していたと判断できる場合、適用可能な地質圧力計の例を1つ挙げよ。

（問題6 次ページに続く）

(6) この変成岩の構成鉱物 A は内側から外側にかけて 3 つの成長段階 A1, A2, A3 となり, 構成鉱物 B も同様に内側から外側にかけて 3 つの成長段階 B1, B2, B3 となる. 図 3 は各鉱物の包有関係を模式的に示したものである. このとき, 各鉱物の形成順序として可能性のあるものを次の (ア) ~ (オ) から全て選べ.

- (ア) A1 = B1 → A2 → B2 = A3 → B3
- (イ) A1 = B1 → A2 = B2 → A3 → B3
- (ウ) A1 → B1 → A2 = B2 → A3 → B3
- (エ) B1 → A1 → A2 = B2 → A3 → B3
- (オ) B1 → A1 → B2 → A2 → B3 → A3

ただし, X → Y は成長段階 X が終了した後に成長段階 Y が開始したことを, X = Y は 2 つの成長段階 X と Y に重複期間が存在したことを表すものとする.

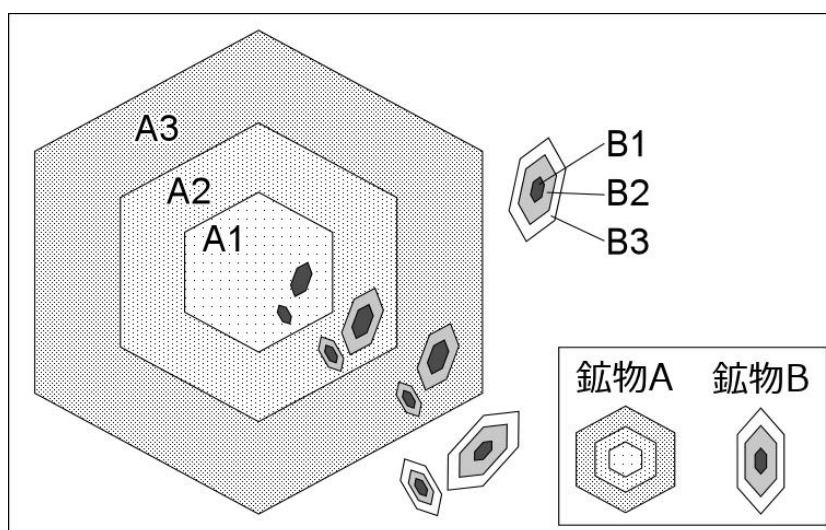


図 3

(問題 6 終わり)

## 基礎科目（問題7）

以下の問 [1] ～ [5] に答えよ。

[1] 次の文章を読み、下の小問（1）～（4）に答えよ。

次の図1は、ある地域の等高線間隔40mの地形図上に描かれた地質図である。この地域の地層は、泥岩からなるA層および砂岩からなるB層、礫岩からなるC層よりなり、貫入岩Dも観察される。この地域には走向方向の変位（横ずれ）のない断層Fが存在する。さらに、この地域には褶曲が存在するが、地層の逆転はなく、褶曲の両翼側で地層境界の傾斜はそれぞれ一定となっている。

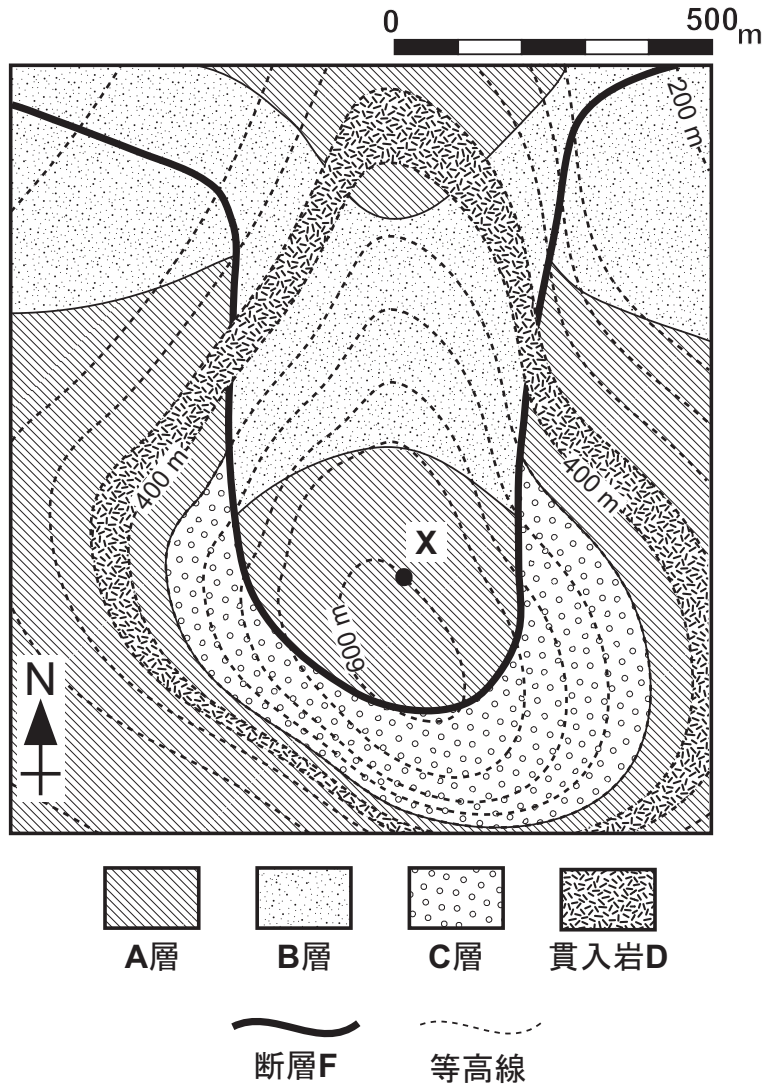


図1

(問題7 次ページに続く)

- (1) 図 1 から判断して、この地域にみられる褶曲の種類を答えよ。また、判断した理由も簡潔に示せ。
- (2) 断層 **F** の種類を答えよ。また、判断した理由も簡潔に示せ。
- (3) この地域で **A**～**C** 層の堆積、貫入、断層 **F** の運動、褶曲が起こった順序を図 1 から読み取り、理由と共に答えよ。
- (4) 図 1 の等高線 600 m 上にある **X** 地点から鉛直方向へ 280 m 掘削したところ、コア試料にいくつかの層や貫入岩の境界および断層が観察された。地層の境界および断層が現れた層準を、すべて **X** 地点からの深度で答えよ。その際に、境界が不整合もしくは断層であると推定される場合は明記すること。解答には図を用いてもよい。

(問題 7 次ページに続く)

[2] 次の文章を読み、下の小問 (1), (2) に答えよ。

砕屑物粒子の沈降速度を決定する要因について考える。いま、粒子が球体であると仮定し、その直径を  $D$ 、密度を  $\rho_s$  としよう。また、水の密度を  $\rho_f$ 、動粘性係数は  $\nu$  とし、重力加速度は  $g$  とする。移動する粒子が周囲の静止した水から受ける抗力は、水の動圧  $\frac{1}{2}\rho_f w_s^2$  と粒子の投影面積  $\frac{1}{4}\pi D^2$ 、そして抵抗係数  $C_D$  との積となる。ここで、 $\pi$  は円周率であり、 $w_s$  は粒子の沈降速度である。なお、抵抗係数  $C_D$  はレイノルズ数  $Re = w_s D / \nu$  と呼ばれる無次元数の関数であることが知られている。 $\rho_s > \rho_f$  であるとき、水中の粒子は浮力とともに重力を受けて沈降する。沈降し始めたときは水の抗力が小さいため、沈降速度は次第に増加していく。しかし、やがて沈降速度が増加することで水の動圧が増し、抗力・浮力・重力が釣り合うようになって、粒子は一定の速度で沈降するようになる。このときの粒子の沈降する速度を終端沈降速度とよぶ。

(1) レイノルズ数が 1 より小さいとき、抵抗係数  $C_D$  は一定ではなく以下の式に従う。

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

このとき、粒子の終端沈降速度は粒径  $D$  の何乗に比例するか、導出過程とともに答えよ。

(2) レイノルズ数が 1000 よりも大きいとき、抵抗係数  $C_D$  はほぼ一定の値になる。このとき、粒子の終端沈降速度は水温にほとんど影響されなくなる。この理由を説明せよ。

[3] 次の図 2 に示されたベッドフォームに関する下の小問 (1), (2) に答えよ。

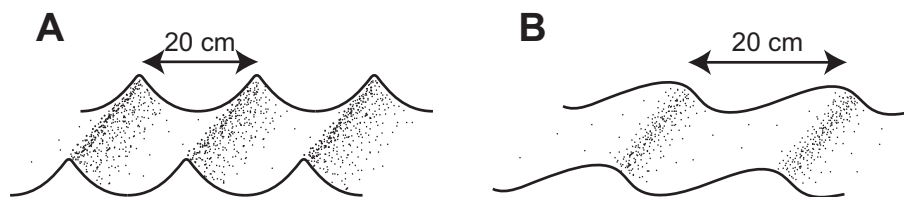


図 2

(1) これら **A, B** のベッドフォームの名称と形成プロセスはそれぞれ何か、判断した理由も含めて答えよ。

(2) これら 2 つのベッドフォームが作る堆積構造はどのように異なっているか説明せよ。

(問題 7 次ページに続く)

[4] 次の文章を読み、下の小問(1)～(4)に答えよ。

古環境の変動史を研究する上では、生物骨格中の酸素や炭素の同位体組成の分析が有用である。①酸素同位体比の変動は、過去の全球的な気候変動を反映していると考えられている。一方、安定炭素同位体比は、地質時代の②炭素循環を復元する手掛かりとなる。また、③放射性炭素同位体は、絶対年代の推定に用いられている。化石試料から炭素同位体比を測定する場合には、おもに④炭酸塩骨格を持つ生物が対象となる。

- (1) 下線部①に関連して、第四紀のように氷期と間氷期が繰り返す時代には、氷期になると間氷期に比べて海洋の $^{18}\text{O}$ の割合は大きくなるか、小さくなるか、理由とともに100字程度で答えよ。
- (2) 下線部②に関連して、大陸の岩石が風化すると、大気圏・水圏の炭素の一部が岩石圏に固定される。その理由を100字程度で説明せよ。
- (3) 下線部③を利用して化石試料の絶対年代を測定する場合を考える。ある測定系では、元の放射性炭素同位体の1/1000以上の量が残っていないと測定できないとする。このとき、この測定系で測れる絶対年代の古さの限界値を有効数字1桁で答えよ。導出過程も示すこと。必要であれば、 $\log_{10} 2 \approx 0.30$ を使用せよ。
- (4) 下線部④に関連して、貝形虫、珪藻、コノドント、円石藻(ハプト藻の仲間)、放散虫、浮遊性有孔虫のそれぞれについて、その骨格(殻や歯も含む)を構成する主要な化合物を炭酸塩、珪酸、リン酸塩の中からひとつずつ選べ。

(問題7 次ページに続く)

[5] アンモノイド (広義のアンモナイト), 珪藻, コノドント類, 三葉虫, ヌンムリテス (貨幣石), フズリナ (紡錘虫), フデイシ (筆石) について, それぞれの化石産出の年代範囲を図3に, それらの系統関係を示した分岐図を図4に示す. 図3の (a)~(g) および図4の (あ)~(き) に入る生物名として適当なものを, 上記7つの生物の中からそれぞれ1つ選べ. ただし, 図3, 4は, 現在最も広く支持されている分類体系と系統仮説に基づく.

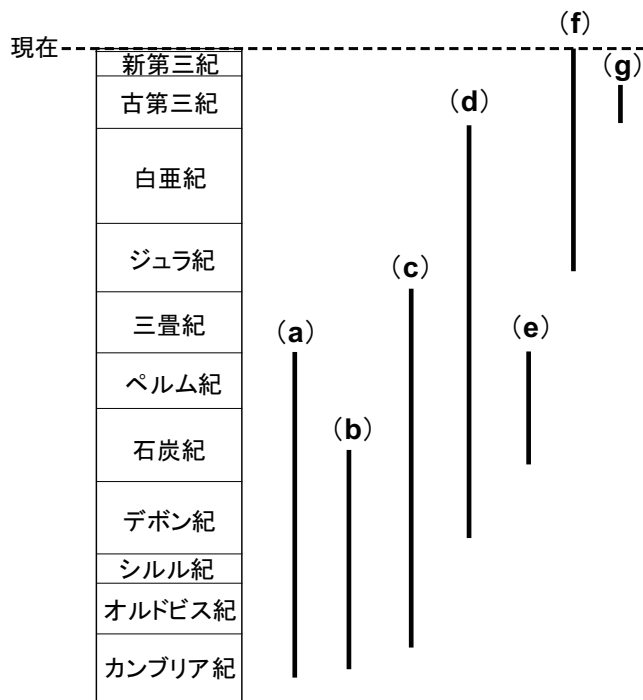


図3

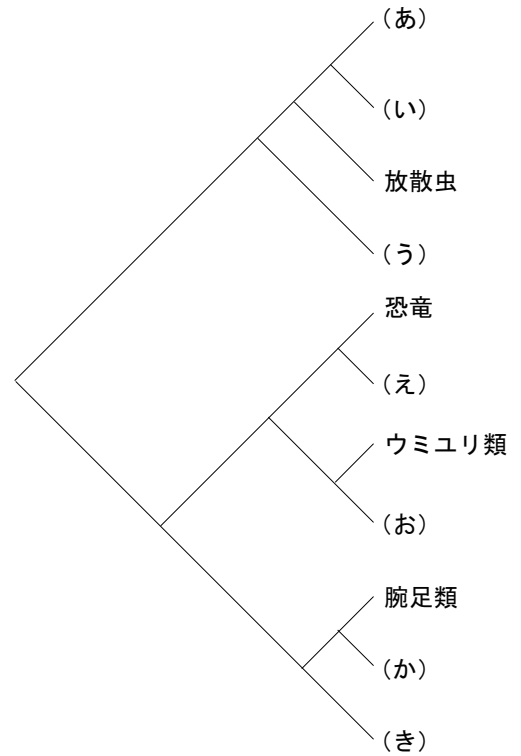


図4

(問題7 終わり)