

令和5年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

数 学

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 問題は2ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督員に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚（計2枚）あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 数学①と数学②は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

□ 1 行列 $A = \begin{pmatrix} 0 & a & b \\ 1 & -a & 0 \\ a & 0 & a \end{pmatrix}$ について、以下の各問に答えよ。ただし、 a と b はともに実数とする。

問 1. $a = 1, b = 0$ のとき、行列 A の固有値と固有ベクトルをすべて求めよ。

問 2. 行列 A の階数 $\text{rank } A$ を求めよ。

問 3. \mathbf{R}^3 から \mathbf{R}^3 への写像 T を $T(\mathbf{x}) = A\mathbf{x}$ ($\mathbf{x} \in \mathbf{R}^3$) により定める。 $a \neq 0$ かつ $\text{rank } A = 2$ のとき、 T の像 $\text{Im}(T) = \{T(\mathbf{x}) \mid \mathbf{x} \in \mathbf{R}^3\}$ の 1 組の基底と、 T の核 $\text{Ker}(T) = \{\mathbf{x} \in \mathbf{R}^3 \mid T(\mathbf{x}) = \mathbf{0}\}$ の 1 組の基底を求めよ。

2 以下の各問に答えよ.

問1. xy 平面内の領域 D を $D = \{(x, y) \mid x + y > 0\}$ とする. D から \mathbf{R} への2変数関数

$$f(x, y) = \frac{x - y}{(x + y)^{3/2}}$$

について, 次の小問に答えよ.

(1) 偏導関数 $f_x(x, y)$ および $f_y(x, y)$ を求めよ.

(2) $\lim_{(x, y) \rightarrow (0, 0)} \{f_x(x, y) + f_y(x, y)\}$ が存在するかどうか調べ, 存在する場合にはその値を求めよ.

問2. xy 平面内の有界閉領域 $E = \{(x, y) \mid 0 \leq x \leq y, \frac{1}{2} \leq y \leq 1\}$ 上の2重積分

$$\iint_E \frac{x - y}{(x + y)^{3/2}} dx dy$$

を計算せよ.

問3. X, Y, Z を集合とし, 写像 $f: X \rightarrow Y$ と $g: Y \rightarrow Z$ の合成写像 $g \circ f: X \rightarrow Z$ を考える. このとき, 次の小問に答えよ.

(1) $g \circ f$ が全射ならば, g は全射であることを証明せよ.

(2) $g \circ f$ が全射であり, かつ g が単射ならば, f は全射であることを証明せよ.

令和5年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

物 理 学

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 問題は4ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督員に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 物理学 $\boxed{1}$ と物理学 $\boxed{2}$ は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 以下の問に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。

図1のように、水平面からの傾きが θ の粗い斜面の最大傾斜線に沿って、すべることなく転がる質量 M 、半径 a の一様な密度を持つ円板の運動を考える。斜面に沿って下向きに x 軸をとり、 x 軸方向に対する円板の中心の位置を x とする。また、円板が回転する角度を ϕ とする。ただし、時刻 t が0のとき、 $x = \phi = 0$ および $dx/dt = d\phi/dt = 0$ である。円板が斜面から受ける摩擦力の大きさを F 、重力加速度の大きさを g とする。

問1 円板の運動のうち、円板の中心の位置 x に関する運動方程式を示せ。

問2 円板がすべることなく転がるときに、 x と ϕ が満たす条件を示せ。

問3 円板の単位面積当たりの質量(面密度)は $M/(\pi a^2)$ である。これを用いて、円板の中心(回転の中心)を通り円板に垂直な軸のまわりの慣性モーメントは $\frac{1}{2}Ma^2$ であることを示せ。

問4 円板の運動のうち、円板が回転する角度 ϕ に関する運動方程式を示すことにより、 $d^2\phi/dt^2$ を F 、 a 、 M を用いて表せ。

問5 問1、問2、問4の結果を用いることにより、円板が斜面から受ける摩擦力の大きさ F を、 M 、 g 、 θ を用いて表せ。

問6 円板と斜面の間の静止摩擦係数を μ とするとき、円板が斜面をすべることなく転がるために必要な条件を、 μ および θ を用いて表せ。

問7 時刻 t における円板の中心の速度 dx/dt を、 g 、 θ 、 t を用いて表せ。

問8 円板が斜面をすべることなく転がるときの運動エネルギーに関して、 x 軸に沿った並進運動のエネルギーと回転運動のエネルギーの大きさの比を、整数比として求めよ。

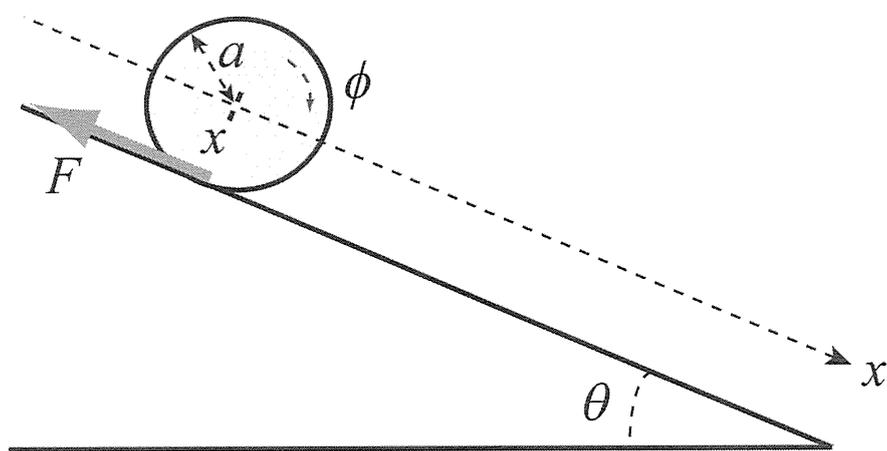


図 1: 斜面をすべることなく転がる円板

- 2 無限に広い真空中で、図2のように点 O を原点とする直交座標を設定し、 z 軸上の一様電荷分布と z 軸上を z 軸正方向に流れる定常電流を考える。電荷分布は、単位長さ当りの電荷密度が $\sigma (> 0)$ で、電流の大きさが I とする。ただし、 I/σ は真空中の光の速さ c と比較して十分に大きいとする。真空の誘電率と透磁率をそれぞれ、 ϵ_0 、 μ_0 とし以下に答えよ。

問1 電荷分布によってつくられる任意の点 $\mathbf{x} = (x, y, z)$ ($r = \sqrt{x^2 + y^2} \neq 0$) における電場 $\mathbf{E}(\mathbf{x})$ を求めよ。

問2 点 $P_0 = (a, 0, 0)$ ($a > 0$) を基準点として、任意の点 \mathbf{x} ($r \neq 0$) における電位 $\phi(\mathbf{x})$ を求めよ。

問3 電流によってつくられる任意の点 \mathbf{x} ($r \neq 0$) における磁束密度 $\mathbf{B}(\mathbf{x})$ を求めよ。

この電磁場の中を運動する質量 m 、電気量 $e (> 0)$ の点電荷を考える。重力の影響は無視できるものとする。

問4 時刻 t における点電荷の位置ベクトルを $\mathbf{x}(t) = (x(t), y(t), z(t))$ で表す。点電荷がしたがう運動方程式を書け。

問5 原点 O に関する点電荷の角運動量の z 成分が時間によらない保存量であることを示せ。

問6 点電荷の力学的エネルギー

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} m \dot{\mathbf{x}}^2(t) + e\phi(\mathbf{x}(t))$$

が保存されることを示せ。ただし、 $\dot{\mathbf{x}}(t) = \frac{d\mathbf{x}(t)}{dt}$ は点電荷の速度である。

問7 点電荷を点 P_0 において速度を与えずに放したところ、点電荷は xz 平面内で運動を始めた。その理由を簡潔に述べよ。

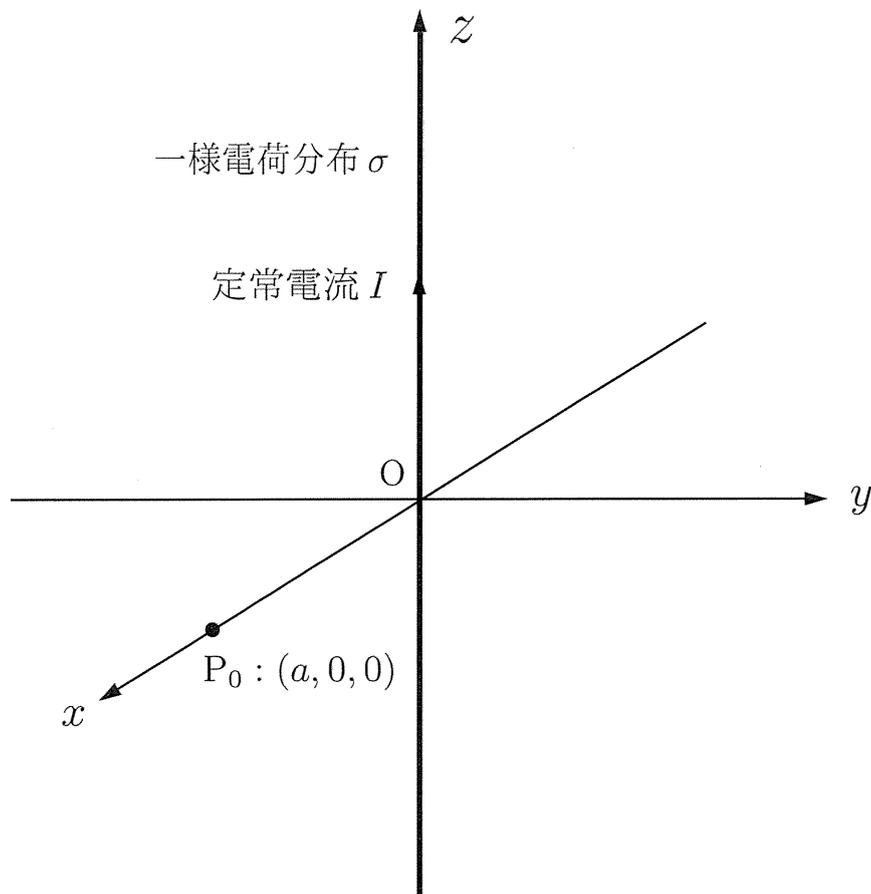


図 2

令和5年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

化 学

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 問題は3ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督員に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 化学 $\boxed{1}$ と化学 $\boxed{2}$ は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

必要であれば以下の数値を用いよ。

気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

原子量 H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0

1 以下の問1から問3に答えよ。

問1 以下の化合物の点電子式（ルイス構造式）を示せ。

- (1) メタン (CH_4) (2) 硫化水素 (H_2S) (3) ホスフィン (PH_3) (4) 過塩素酸 (HClO_4)
(5) 五塩化リン (PCl_5)

問2 以下の問いに答えよ。

- (1) 1 mol のベンゼン (C_6H_6) に水素を付加してシクロヘキサン (C_6H_{12}) を生成する反応の標準状態 (1 bar, 25°C) におけるエンタルピー変化を計算せよ。ただし、 C_6H_6 (液), C_6H_{12} (液) の標準生成エンタルピーはそれぞれ、 49.0 kJ mol^{-1} , -156 kJ mol^{-1} である。
- (2) (1)の反応の標準内部エネルギー変化を計算せよ。ただし、液体の体積は無視できるものとし、気体は理想気体とする。
- (3) シクロヘキセンの水素付加反応の標準エンタルピー変化は -120 kJ mol^{-1} である。この値を、ベンゼン中の二重結合1つあたりの水素付加のエンタルピー変化に等しいと仮定して計算されるベンゼンの水素化の標準エンタルピー変化の値を、(1)の値と比較し値が異なっている場合、その理由を考察せよ。

問3 理想気体および実在気体に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (大気圧) で、 20 dm^3 の密閉容器に窒素と液体の水 18 g を入れた後、 100°C まで加熱し温度を一定に保った。容器内の圧力を求めよ。ただし、気体は理想気体とし、液体の水の体積は無視できるものとする。
- (2) 理想気体の圧縮因子 $Z = \frac{PV}{nRT}$ は一定で $Z = 1$ である。一方、実在気体の Z は圧力に依存する。図は1 mol の理想気体、ヘリウム、メタンの Z の値を圧力に対してプロットしたものである。メタンでは Z が1より小さい領域と、 Z が1より大きい領域がある。それぞれの領域でメタンが理想気体からずれる要因を説明せよ。
- (3) 図においてヘリウムはメタンと異なり、圧力を増加させると Z の値が単調に増加する。その理由を答えよ。

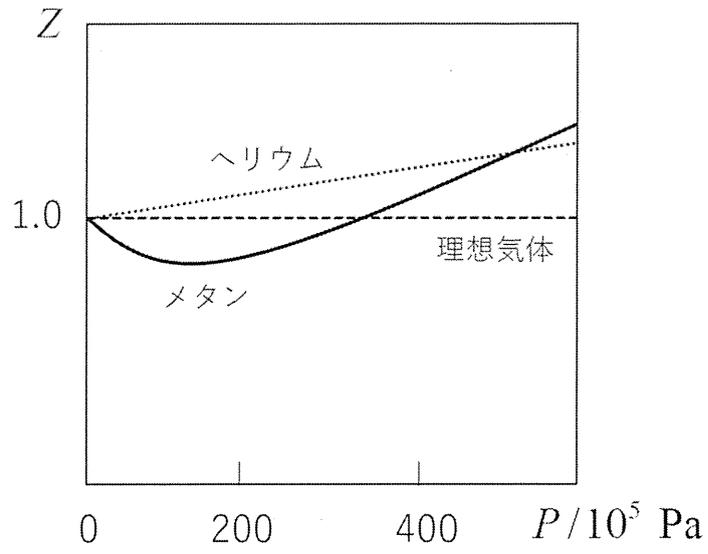


図. 圧縮因子 Z の圧力依存性

2 以下の問1から問2に答えよ。

問1 以下の問に答えよ。

(1) 次の化合物(a)~(d)の構造式をかけ。

(a) *trans*-2-ペンテン

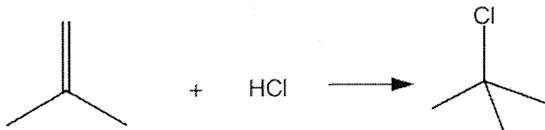
(b) 1-クロロ-2,2-ジメチルプロパン

(c) 4-ブロモ-2,6-ジニトロトルエン

(d) *m*-クロロベンズアルデヒド

(2) エタン， エチレン， アセチレンの立体構造の違いを混成軌道を用いて説明せよ。

(3) 次の反応における反応機構を電子の矢印を用いて示せ。



(4) 2,2,2-トリフルオロエタノールとエタノールのヒドロキシ基を比べると、どちらの酸性度が高いか。電気陰性度と関連づけて理由とともに答えよ。

問2 次の文章を読み、(1)~(4)の問に答えよ。

タンパク質は、筋肉や血管、毛髪などの組織を構成する成分である。生体における様々な反応の触媒として機能する〔ア〕も、タンパク質で構成されている。タンパク質は、約 20 種類の α -アミノ酸^①が、〔イ〕結合によって①多数連結した生体高分子である。

α -アミノ酸の構造は、酸性を示す〔ウ〕基と、塩基性を示す〔エ〕基と、側鎖が同一炭素原子に結合している。側鎖はアミノ酸の種類ごとに異なり、②側鎖がメチル基である α -アミノ酸の (ウ) と (エ) の酸解離定数 K_1 および K_2 は、それぞれ $K_1 = 1.0 \times 10^{-2.35}$ mol/L と $K_2 = 1.0 \times 10^{-9.87}$ mol/L である。

(1) (ア) ~ (エ) にあてはまる語句を答えよ。

(2) 下線部①に関して、あるタンパク質の分子量を以下の方法で求めた。濃度が 15 mg/mL のタンパク質の水溶液と純水を、中央部を半透膜で仕切った U 字管の左右に入れ 300 K に保った。その後、タンパク質水溶液側に 500 Pa の圧力をかけたところ、U 字管の左右の液面の高さが等しくなった。このタンパク質の分子量を計算し、有効数字 2 桁で答えよ。

(3) 下線部②で示したアミノ酸の名称を答えよ。

(4) (3)のアミノ酸の平衡混合物の電荷が全体として 0 となるときの pH を求めよ。

令和5年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

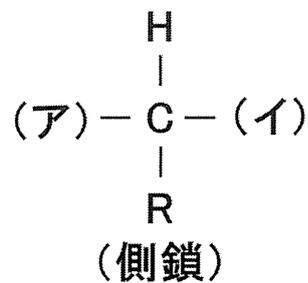
生 物 学

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 問題は3ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督員に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚（計2枚）あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 解答は解答用紙の指定の欄に記入しなさい。字数が指定されている場合には、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 アミノ酸およびタンパク質に関する以下の問1～5に答えよ。

問1 アミノ酸はタンパク質をつくる基本分子であり、以下に示すように、中心にある炭素原子に(ア)および(イ)の官能基、水素原子およびアミノ酸の性質を決定する側鎖によって構成されている。(ア)および(イ)に適切な官能基の構造を示せ。ただし、(イ)は炭素原子を含む官能基とする。



問2 生物にとって重要な役割を持つ高機能分子としてのタンパク質はアミノ酸が結合することで作られる。タンパク質をかたち作るためのアミノ酸同士の結合を何と呼ぶか答えよ。

問3 タンパク質を構成するアミノ酸配列の情報はタンパク質にとっての一次構造と呼ばれる。タンパク質の(ウ)二次構造、(エ)三次構造、(オ)四次構造、について、それぞれ50字以内で説明せよ。

問4 タンパク質溶液の濃度測定には280nmの波長の光に対する吸光度を用いることがある。280nm波長の光に対する吸光度によってタンパク質濃度が測定できる理由を50字以内で説明せよ。

問5 DNA ポリメラーゼ (DNA polymerase) は DNA 鎖を鋳型として新しい DNA 鎖を合成する酵素である。DNA ポリメラーゼは、DNA 鎖の 3' 末端に新しいヌクレオチドを付加することで、5' 末端側から 3' 末端の方向に DNA を合成する。
DNA ポリメラーゼによる DNA 合成の方向性が 5' → 3' に限定される理由を説明せよ。

2 以下の問1～4に答えよ。

問1 ある生物につけられている学名は、その後の研究によって変わる場合がある。その理由として、どのような場合があるか。50字以内で答えよ。

問2 生物学的種概念とは何か、100字以内で説明せよ。

問3 生物学的種概念は、種を定義するにあたって必ずしも万能な概念であるとは言えない。その理由を75字以内で説明せよ。

問4 以下の文章を読み、次の(1)～(3)に答えよ。

地球上のさまざまな環境に生息する生物はきわめて多様であり、このことを生物多様性という。A生物多様性は自然現象や人間活動によって、維持されたり変化したりすることがある。一般に、物理的な外力によって自然状態を著しく乱し、生物に影響を与えることはBかく乱と呼ばれ、台風、洪水、火山噴火などの自然かく乱と、森林伐採、農薬散布、外来生物の導入などの人為かく乱がある。かく乱の規模と生物多様性は関連しており、規模が大きすぎても小さすぎても生物多様性は低下すると考えられている。

- (1) 下線部 A について、生物多様性は大きく3つのレベルでとらえることができる。生物多様性の3つのレベルを記せ。
- (2) 下線部 B について、かく乱によって個体数が著しく減少した個体群では、絶滅の可能性が高くなる。その理由を生物多様性の観点から100字以内で説明せよ。
- (3) 下線部 B について、かく乱後に時間の経過とともに、植物群落や生物群集が変化する過程(ア)を何というか。また、過程の初期段階に現れ、一般的にかく乱環境に強い種(イ)を何というか。それぞれ記せ。

令和5年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

地球科学

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 問題は3ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督員に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚（計2枚）あり。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 解答は解答用紙の指定の欄に記入しなさい。字数が指定されている場合には、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 地球大気と地球内部の構造に関する次の問い (A・B) に答えなさい。

A 地球大気の構造に関する次の文章を読み、後の問い (問 1～3) に答えなさい。

地表から高度約 11 km までは、100 m 上昇すると、気温は平均して(a)約 0.65 °C ずつ低下する。この部分を [ア] とよぶ。大気中の水蒸気は、そのほとんどが [ア] に存在し、雲の発達や降水などはほぼ [ア] だけで発生する。

[ア] の上端は圏界面とよばれ、ここから高度約 50 km までは、高さとともに(b) 気温が少しずつ上昇する。この部分を成層圏とよぶ。成層圏内の高度約 15～30 km にかけてオゾン濃度が高い層があり、これをオゾン層という。オゾンは酸素分子に [イ] が作用して生成され、生物に有害な [イ] の大部分はオゾン層で吸収されている。

問 1 [ア] および [イ] に入れる適切な語を答えなさい。

問 2 下線部(a)に関連して、100 m 上昇または下降するごとに変化する気温は、水蒸気量と関係している。このことを参考にして、フェーン現象について 200 字以内で説明しなさい。ただし、下記の 4 つの用語をすべて用いること。

乾燥した空気塊, 乾燥断熱減率, 湿潤断熱減率, 潜熱

問 3 下線部(b)に関して、その原因を 30 字以内で説明しなさい。

B 地球内部の構造に関する次の文章を読み、後の問い(問4~7)に答えなさい。

構成する岩石の違い(化学的特徴)をもとに地球内部を分類すると、浅部から順に、・・外核・内核の4つに分けられる。このような地球の内部構造は、主に地震波の観測によって明らかになった。

地震波の速さは、波を伝える物質の密度や状態により変化する。および内のみを伝わる地震波が深部に向かって凸型になり、再び地表に戻ってくる理由は大きく2つある。一つ目の理由は地球がほぼ球形であることであり、もう一つの理由はである。

地球内部を伝わる地震波には、P波とS波がある。P波は縦波、S波は横波である。震源から観測点までの距離を角度で表したとき、(c)103°付近~180°の観測点ではS波が観測されず、この領域はS波の影とよばれる。また、103°付近から143°付近ではP波が観測されず、この領域はP波の影とよばれる。ただし、P波の影の中で(d)110°付近にのみ、弱いP波が観測される。これらの観測事実から、内核の半径が約1300 kmであることなどが明らかになった。

問4 および に入れる適切な語を答えなさい。

問5 に入れる適切な説明を、20字以内で答えなさい。

問6 下線部(c)の理由を50字以内で答えなさい。

問7 下線部(d)の理由を30字以内で答えなさい。

2

地球上における火山やマグマの多様性に関する以下の問い(問1~3)に答えなさい。

問1 地球上の火山の分布を見ると、A. プレーートの拡大(発散)境界、B. プレーートの収束境界、そしてC. プレート境界とは関係なく独立したところ、に形成されていることが分かる。下記の用語(1~9)に対し、最も関連が深いものを選び、各解答欄にA、B、Cのいずれかを記入しなさい。

1. ホットスポット、 2. ギャオ、 3. プルーム、 4. ハワイ-天皇海山列、
5. 島弧、 6. 海嶺、 7. 海溝、 8. 沈み込み帯、 9. 地溝帯

問2 さまざまな火山活動の場所で、多様なマグマが生成され、噴出する。マグマの粘性(粘り気)は、化学組成とともに変化し、その違いによって噴火の様式や形成される特徴的な火山地形が異なってくる。これら粘性、化学組成、噴火様式、火山地形の関連性について、下記の用語をすべて用いて125字以内で説明しなさい。同じ用語を何度用いてもよい。

SiO₂量、流紋岩質、玄武岩質、プリニー式、ハワイ式、楯状火山、カルデラ

問3 マグマの多様性を説明するプロセスのひとつに結晶分化作用がある。これは、単一の本源マグマが冷却するにつれて、徐々に化学組成が変化していく作用である。

(1) 結晶分化作用のプロセスにおいて、晶出する鉱物はどのように変わっていくか、以下の用語(8つの鉱物名)をすべて用いて125字以内で説明しなさい。その際、それぞれの鉱物について有色鉱物と無色鉱物の別を明記せよ。

Naに富む斜長石、Caに富む斜長石、角閃石、かんらん石、カリ長石、輝石、石英、黒雲母

(2) 結晶分化作用のプロセスにおいて、マグマの化学組成はどのように変化するか、以下の用語をすべて用いて100字以内で説明しなさい。

SiO₂量、MgO量、K₂O量、流紋岩質、玄武岩質、安山岩質、デイサイト質

(3) 結晶分化作用のプロセスにおいて、マグマの量は増えていくか、減っていくか、理由とともに50字以内で説明しなさい。