

令和7年度個別学力検査（後期日程）

問題訂正

科目名 「物 理」

問題冊子 3ページ

大問

1

（問3） 問題文

（誤） m, g, θ, v_0, u_0 のうち

（正） $m, \underline{e}, g, \theta, v_0, u_0$ のうち

問題冊子 5ページ

大問

2

問題文

（誤） 質量 M [kg] の荷電粒子が一様に分布した円筒

（正） 内部に正電荷粒子が一様に分布し固定された
質量 M [kg] の円筒

（問1） 問題文

（誤） 透磁率を μ_0 とする

（正） 透磁率を μ_0 [N/A²] とする

令和 7 年度 理学部後期日程

入学者選抜学力検査問題

	ページ
数学.....	1 ～ 2
物理.....	3 ～ 8
化学.....	9 ～ 13
生物.....	14 ～ 21
地学.....	22 ～ 27

試 験 時 間 9：00～11：00

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 数学、物理、化学、生物、地学の2教科5科目の中から2科目を選択して解答しなさい。
3. 選択した科目の解答紙に必ず受験番号を記入しなさい。
なお、解答紙には、必要事項以外は記入してはいけません。
4. 解答は、必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
5. 試験開始後、この冊子または解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. この冊子の白紙と余白部分は、適宜下書きに使用してもかまいません。
7. 解答紙は、持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了後、この冊子は持ち帰りなさい。

※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

数 学

- 1 平面上の3つの点 A, B, C は, $|\overrightarrow{AB}| = 5$, $|\overrightarrow{AC}| = 3$ および $\angle BAC = 60^\circ$ を満たすとする。
 $\vec{b} = \overrightarrow{AB}$, $\vec{c} = \overrightarrow{AC}$ とおく。線分 AB 上の点 D は $\overrightarrow{AD} = \frac{7}{10}\vec{b}$ を満たし, 線分 AC 上の点 E は $\overrightarrow{AE} = k\vec{c}$ ($0 < k < 1$) を満たすとする。2つの線分 BE と CD の交点を F とする。

(問 1) $\overrightarrow{AF}$ を $\vec{b}$, $\vec{c}$ および k を用いて表せ。

(問 2) $|\overrightarrow{AF}| = |\overrightarrow{BF}|$ であるとき, k の値を求めよ。

(問 3) k を (問 2) で求めた値とするとき, $\triangle ABF$ の面積を求めよ。

- 2 1 枚のコインを n 回投げ, 整数 $a_0, a_1, \dots, a_n$ を次のように定める。

$a_0 = 0$ とし, $k = 1, 2, \dots, n$ のとき,

$$a_k = \begin{cases} a_{k-1}^2 & (k \text{ 回目に表が出たとき}) \\ a_{k-1} + 2 & (k \text{ 回目に裏が出たとき}) \end{cases}$$

とする。コインの表と裏が出る確率はそれぞれ $\frac{1}{2}$ とし, a_n を 3 で割った余りが, 0 となる確率を p_n , 1 となる確率を q_n , 2 となる確率を r_n とする。

(問 1) p_1, p_2 を求めよ。

(問 2) p_{n+1}, q_{n+1} および r_{n+1} を, p_n, q_n および r_n のうち必要なものを用いて表せ。

(問 3) $m = 1, 2, \dots$ のとき, p_{2m+1}, q_{2m+1} および r_{2m+1} を m の式で表せ。

3 a を正の実数, n を a より大きい正の整数とする。 e は自然対数の底であり, $e > 1$ である。

曲線 $y = x(a - x)e^{-x}$ を C とする。 C と x 軸とで囲まれた部分の面積を S_1 とし, C と x 軸, 直線 $x = a$ および直線 $x = n$ で囲まれた部分の面積を I_n とする。以下, 必要ならば $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^2}{e^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{e^n} = 0$ を用いてよい。

(問 1) S_1 を a の式で表せ。

(問 2) I_n を a と n の式で表せ。

(問 3) $\lim_{n \rightarrow \infty} I_n$ を S_2 とする。 S_2 を a の式で表せ。

(問 4) (問 3)で求めた S_2 に対して $S_1 = S_2$ となるとき, a の値を求めよ。

物 理

1 図のように、水平面に対して角度 θ [rad] $\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$ をなすなめらかな斜面に、上方から質量 m [kg] の大きさが無視できる小球を自由落下させた。小球は点 P_0 で斜面と衝突し、衝突する直前の速さを V [m/s] とする。その後、小球は点 $P_1, P_2, \dots, P_{n-1}, P_n$ ($n \geq 2$) で斜面と衝突を繰り返しながら下っていった。以下の問いに答えよ。ただし、 P_0 を原点とし、斜面に沿って下向きに x 軸、その垂直上向きに y 軸をとる。また、小球と斜面との間の反発係数を e ($0 < e < 1$)、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。なお、図に示した各点間の小球の軌跡は模式的に示したものである。

(問 1) 小球が P_0 で衝突した直後の速度の x 成分 u_0 [m/s] と y 成分 v_0 [m/s] を m, e, θ, V のうち必要なものを用いて表せ。

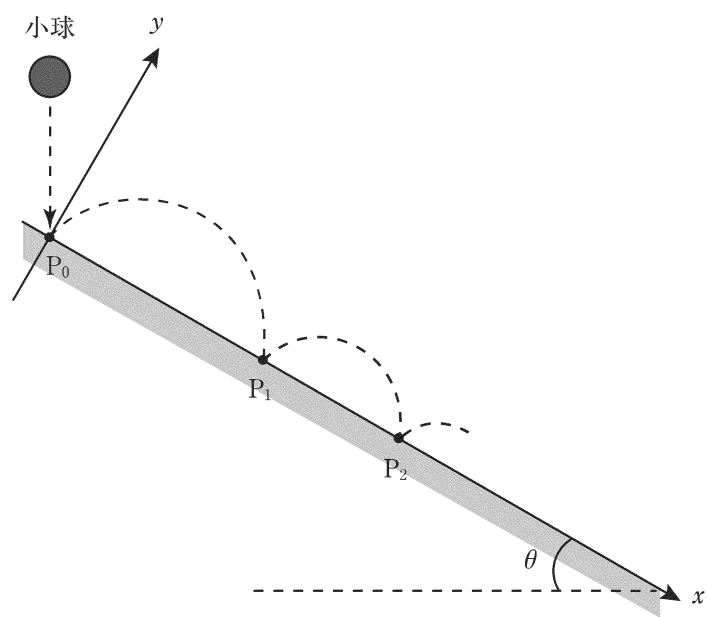
(問 2) 小球が P_0 で衝突後、 P_1 に到達するまで飛行した時間 t_1 [s] を m, g, θ, v_0, u_0 のうち必要なものを用いて表せ。

(問 3) 小球が P_1 で衝突した直後の速度の y 成分 v_1 [m/s] を m, g, θ, v_0, u_0 のうち必要なものを用いて表せ。

(問 4) 小球が P_{n-1} で衝突してから P_n に到達するまでの飛行時間 t_n [s] を m, e, g, θ, v_0, n のうち必要なものを用いて表せ。

(問 5) 小球が P_0 で斜面と最初に衝突してから、 P_n に到達するまでの飛行時間の合計 T_n [s] を m, e, g, θ, V, n のうち必要なものを用いて表せ。

(問 6) 小球は限りなく多くの衝突を繰り返した後、弾むことなく斜面をすべりおりはじめた。小球が P_0 で斜面と衝突してから、斜面をすべりおりはじめるまでに要する合計の飛行時間 T [s] を m, e, g, V のうち必要なものを用いて表せ。



2

半径 b [m], 単位長さあたり巻数 n [m⁻¹] の非常に長いソレノイドを考える。ソレノイドと同軸に半径 a [m] ($b > a$), 長さが L [m], 質量 M [kg] の荷電粒子が一様に分布した円筒と太さを無視してよい細い棒をソレノイドの中に入れ込む(図1)。円筒と棒はそれぞれ $+Q$ [C], $-Q$ [C] ($Q > 0$) に一様に帯電している。ソレノイドに電流を流し, 時間に対して一定の割合で増大させる。電流ゼロから I_0 [A] になるまで時間 T [s] を要した。この過程で円筒がその軸(細い棒)を中心になめらかに回転しはじめた。 n は十分大きく, L は a よりはるかに大きいとして, また, Q は十分小さく円筒の回転による電流は無視できるとして, 以下の問いに答えよ。

(問 1) ソレノイドを流れる電流 I [A] がつくる円筒内の磁束密度の大きさ B [T] を求め, 円筒を貫く磁束 Φ [Wb] を求めよ。ここで, 真空の透磁率を μ_0 とする。

(問 2) ソレノイドの電流が変化していることにより円筒に電場 E [N/C] が誘導される。

電流 I と同じ向きを正とするとき, E を I_0 を含む形で表せ。ここで, 円筒に誘導される起電力 V_i [V] は誘導電場 E により, $V_i = 2\pi a E$ で与えられる。

(問 3) ソレノイドの電流が変化しているとき, 円筒の回転方向にかかる力 F [N] を求め, 円筒の回転方向の加速度 α [m/s²] を I_0 を含む形で表せ。このとき, α は力 F を受けて運動する質量 M の質点の加速度と等しいことを用いよ。

(問 4) ソレノイドの電流が I_0 に達したときの円筒の回転の速さ v [m/s] を I_0 を含む形で表せ。

次に, 電荷や電流はそのまま一旦円筒の回転を手で止めて, この軸にある棒と円筒を質量の無視できる N 本のスポークでつなぐ。すぐに手を離し, 棒と円筒をスポークを通してゆっくりと放電させた(図2)。なお, 放電の際に棒と円筒の間で負電荷の流出入は可能とする。そのとき, スポーク 1 本に流れる電流は I' [A] と一定で, 時間 $T' = \frac{Q}{NI'}$ [s] 後には放電し終わる。

(問 5) スポーク 1 本に働く力 F' [N] を T' を含む形で表せ。

(問 6) N 本のスポークからの力を受けた円筒は回転する。このとき, スポークと接するのは軸付近の棒と円筒のみである。それゆえ, 円筒の回転方向にかかる力は F' の半分と考えて, 円筒の回転方向の加速度 α' [m/s²] を T' を用いて表せ。そして, 棒と円筒が放電し終えて, 電荷がゼロとなったときの円筒の回転方向の速さ v' [m/s] を I_0 を含む形で表せ。

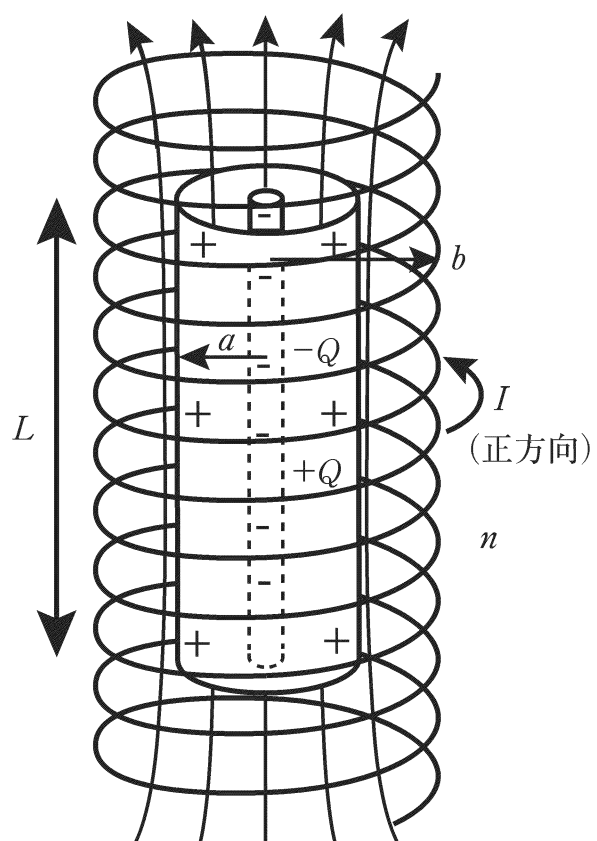


図 1

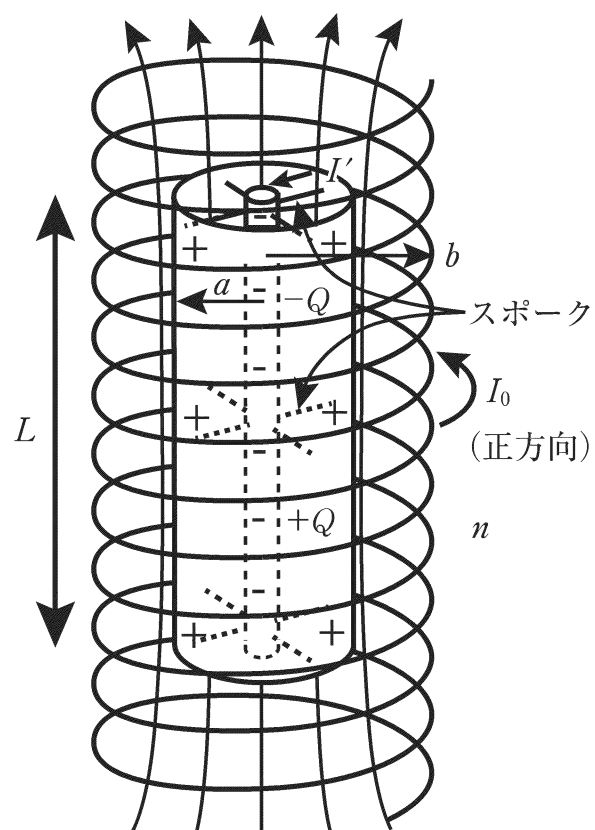
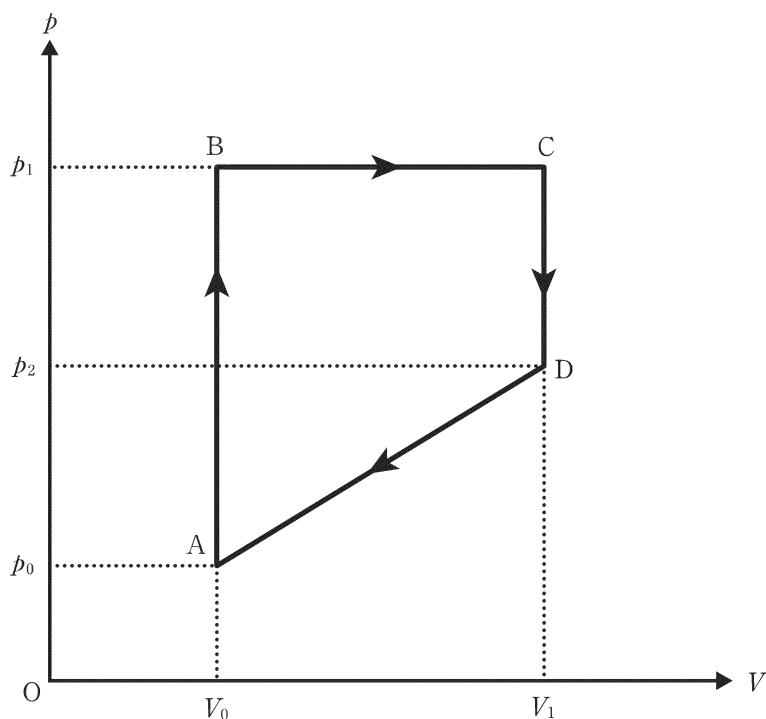


図 2

- 3 なめらかに動くピストンの付いた容器に物質 n [mol] の気体が封入されている。この気体は、温度 T [K]、体積 V [m³]、圧力 p [Pa]、気体定数 R [J/(mol·K)] のとき $pV = nRT$ が満たされ、定積モル比熱が $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱が $\frac{5}{2}R$ で与えられる。圧力 p_0 [Pa] で体積 V_0 [m³] の状態 A にあるこの気体を図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順でゆっくりと変化させた。ただし、気体の体積と圧力はそれぞれ、B では V_0 , p_1 [Pa]、C では V_1 [m³], p_1 , D では V_1 , p_2 [Pa] ($V_0 < V_1$, $p_0 < p_2 < p_1$) であり、すべての区間は図の直線に沿った変化であった。以下の問いに答えよ。



- (問 1) $A \rightarrow B$ の過程での気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{AB} [J] を V_0 , p_0 , p_1 を用いて表せ。
- (問 2) $B \rightarrow C$ の過程で気体が外部に対してした仕事 W_{BC} [J] と, 気体が吸収した熱量 Q_{BC} [J] を V_0 , V_1 , p_1 を使って表せ。
- (問 3) $D \rightarrow A$ の過程での気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{DA} [J], および気体が外部に対してした仕事 W_{DA} [J] を V_0 , V_1 , p_0 , p_2 を用いて表せ。
- (問 4) この装置を熱機関として利用したときの熱効率を V_0 , V_1 , p_0 , p_1 , p_2 を用いて表せ。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。

原子量：H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23, Mg = 24, S = 32, Ca = 40

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$, ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 305 K における 1 mol の水素の体積：25 L

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

元素は物質を構成する基本的な成分であり、原子は物質を構成する基本的な粒子である。原子番号が n で質量数が m の原子には、陽子が **ア** 個、中性子が **イ** 個、電子が **ウ** 個存在する。原子の中の電子は、電子殻とよばれる層に分かれて存在しており、内側から j 番目の電子殻に入ることのできる電子の最大数は **エ** 個である。また、原子が電子を放出すると陽イオンになり、原子が電子を受け取ると陰イオンになる。陽イオンと陰イオンがイオン結合によって規則正しく配列した結晶をイオン結晶という。

(問 1) 文章中の空欄 **ア** ～ **エ** に入る適切な個数を、文章中の記号 n , m , j のうちから必要なものを用いて表せ。

(問 2) 下線部 a) について、以下の各問に答えよ。

- (ア) アルミニウムは両性を示す金属元素である。単体のアルミニウムが両性金属であることを表す化学反応式を 2 つ記せ。
- (イ) 同じ族に属する典型元素の原子は互いに似た性質を示すことが多い。その理由を簡潔に説明せよ。
- (ウ) 金属の結晶は金属結合によって形成される。金属結合とはどのような結合のことか、簡潔に説明せよ。

(問 3) 下線部 b) に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 放射性同位体の中には、放射線として電子を放出するものがある。
- ② 酸化剤は相手の物質から電子を受け取る物質のことであり、酸性条件下、ヨウ化カリウムと過酸化水素からヨウ素と水が生成する反応において、過酸化水素は酸化剤としてはたらく。
- ③ 金属原子から電子を1個取り去り陽イオンにするときに必要なエネルギーの大きさを比較したものを、金属のイオン化傾向という。
- ④ 無極性分子には分子全体として電子の偏りが存在しないので、無極性分子間にはファンデルワールス力がはたらかないこともある。
- ⑤ 電気陰性度は、原子が非共有電子対を引きつける強さの度合いを表しており、その値はフッ素が最も大きい。

(問 4) 下線部 c) について、酸化マグネシウム MgO の結晶の結晶格子は塩化ナトリウム型である。これに関する以下の各問に答えよ。

(ア) マグネシウムイオン Mg^{2+} と酸化物イオン O^{2-} は同じ貴ガス(希ガス)型電子配置をもつ。イオン半径はどちらのイオンの方が小さいか。解答欄の化学式を丸で囲んで答えよ。また、そのように判断した理由を記せ。

(イ) この結晶中のある1つの Mg^{2+} を $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ と名付け、この $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ に対して、最も近い距離に存在するイオンならびに2番目に近い距離に存在するイオンをそれぞれ X_1 , X_2 とよぶ。 X_1 と X_2 は、それぞれ Mg^{2+} と O^{2-} のどちらであるか。解答欄の化学式を丸で囲んで答えよ。また、 X_1 と X_2 は、 $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ に対してそれぞれ何個ずつ存在するか。個数を解答欄に記せ。

(ウ) (イ) で定義した $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ と X_1 , X_2 に対して、 $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ と X_1 の中心間距離を L_1 , $\text{Mg}_{\text{center}}^{2+}$ と X_2 の中心間距離を L_2 とする。 Mg^{2+} と O^{2-} の半径をそれぞれ r_1 , r_2 として、これらの記号のうちから必要なものを用いて、 L_1 , L_2 をそれぞれ表せ。

(エ) MgO 結晶のモル質量、密度をそれぞれ $M[\text{g/mol}]$, $d[\text{g/cm}^3]$ とする。これらの記号ならびに(ウ)で定義した $r_1[\text{cm}]$, $r_2[\text{cm}]$ のうちから必要なものを用いて、アボガドロ定数 N_A $[\text{/mol}]$ を表せ。

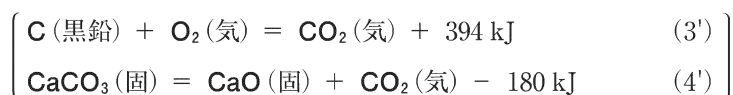
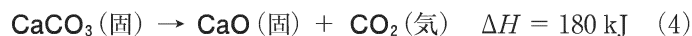
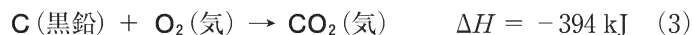
2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

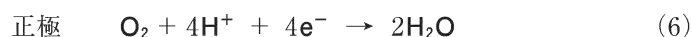
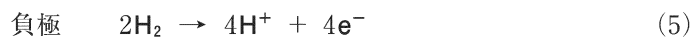
1 mol の理想気体の圧力 P 、体積 V 、温度 T について、気体の状態方程式より $\frac{PV}{RT} = 1$ の関係が得られる。しかし、実在気体 1 mol の $\frac{PV}{RT}$ 値は、圧力 P を高くするに従って変化する。例えば、400 K における二酸化炭素 1 mol の $\frac{PV}{RT}$ は、 200×10^5 Pa 程度までは圧力上昇とともに減少する^{a)}。二酸化炭素は、化石燃料の燃焼やセメントの生産にともなって大気中の濃度が上昇している。このため温暖化が進むと同時に、海水の酸性化が進行し海洋生態系への影響が懸念されている^{b)}。例えば、炭酸カルシウムを主成分とする殻をもつ海洋生物は、その殻ができにくくなり将来の存続が危惧されている。海水の炭酸溶存成分の主たる形態は HCO_3^- であり、海水中で以下の平衡関係にある。



一方、石灰石^{c)}からセメント材料である生石灰が得られる。生石灰の主成分は CaO である。黒鉛^{d)}の燃焼によって発生した 232 MJ の熱を利用して石灰石を処理したところ、28 kg の CaO が得られた。このときの反応は、エンタルピー変化 (ΔH) を付した化学反応式 (3) と (4) または熱化学方程式 (3') と (4') で示される。



熱は電気によって得ることもできる。例えば、燃料電池を用いると、式 (5) と (6) で示される電極反応^{e)}によって水素と酸素から電気エネルギーを取り出すことができ、それを外部抵抗のヒーターによってジュール熱に変換できる。



(問 1) 二酸化炭素分子の電子式を示せ。

(問 2) 下線部 a) について、400 K、 200×10^5 Pa における二酸化炭素 1 mol の $\frac{PV}{RT}$ 値は 1 より小さい。その理由を簡潔に述べよ。

(問 3) 下線部 b) について、海水の酸性化が進むと、殻の成分である炭酸カルシウムが生成しにくくなる理由を説明せよ。

(問 4) 下線部 c) について、石灰石に適当な試薬を作用させると化学反応が起こり、二酸化炭素が発生する。このときの化学反応式を記せ。

(問 5) 下線部 d) について、CaO が生成する間に放出された CO₂ の質量(kg)を有効数字 2 桁で求めよ。また、解答欄には計算過程も記すこと。なお、式(3)と(4)または式(3')と(4')で示す反応のみが起こり、その他の副反応は起こらないものとする。

(問 6) 下線部 e) について、燃料電池から 232 MJ の電気エネルギーを得るのに必要な水素ガスの量を、温度 305 K、圧力 1.013×10^5 Pa における体積(m³、有効数字 2 桁)で求めよ。解答欄には計算過程も記すこと。なお、電池の起電力は 1.2 V で一定とし、負極における水素の反応効率および燃料電池の効率はともに 100 % とする。また、電気エネルギー E [J] は起電力 V [V] と電気量 Q [C] の積で表される。

3 以下の実験ⅠとⅡに関する文章を読み、各問に答えよ。

実験Ⅰ

ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させると、ベンゼンの1つの水素原子がある官能基に置換した化合物 **A** が得られた。**A** にスズと濃塩酸を作用させると、水に良く溶ける化合物 **B** が得られた。また、ベンゼンに無水酢酸と塩化アルミニウムを作用させると、ベンゼンの1つの水素原子がある官能基に置換した化合物 **C** が得られた。**C** は水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応し、安息香酸ナトリウムを生じた。ある分析により、化合物 **C** には不斉炭素原子が存在しないことが明らかとなった。

実験Ⅱ

プロペン ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$) に酸触媒と水を作用させると化合物 **D** ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$) が得られ、それを酸化すると化合物 **E** ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) が生じた。化合物 **E** をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱しても銀の析出は観測されなかった。一方、プロペンに臭素 (Br_2) を作用させると化合物 **F** ($\text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2$) が得られた。また、プロペンと酢酸ビニル ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OCOCH}_3$) の付加重合によって、共重合体 **G** が得られた。その共重合体 **G** 204 g を完全燃焼した結果、水 135 g と二酸化炭素 429 g が生じた。

(問 1) 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式をそれぞれ記せ。

(問 2) 化合物 **D** と **F** の構造式をそれぞれ記せ。また、それらの構造式中に不斉炭素原子が存在する場合には、その炭素原子を丸で囲め。

(問 3) 下線部 a) に関して、 n 個のプロペンの付加重合で得られるポリプロピレンの構造式を記せ。

(問 4) 下線部 b) の結果から、共重合したプロペンと酢酸ビニルの物質量を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。

生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)と(問2)に答えよ。

生物はグルコースや脂肪を代謝して、化学エネルギーに変換する。また、^{a)}染色体を構成するDNAは^{b)}遺伝情報を含む。

(問1) 下線部a)に関して、以下の設問ア)～オ)に答えよ。

- ア) 健康なヒトで、グルコースの血液への再吸収を行う臓器の名称を答えよ。この臓器は、血液からの老廃物や余分な水分の濾過と排出を行って尿を生成するという、体液の恒常性の維持を行っている。
- イ) 健康なヒト、Ⅰ型糖尿病患者、Ⅱ型糖尿病患者の食事後の血糖値とインスリン濃度の変化を示したグラフとして適切なものを図1の①～⑥の中からそれぞれ1つ選んで、番号で答えよ。血糖値は実線(——)で、インスリン濃度は破線(----)で示してある。

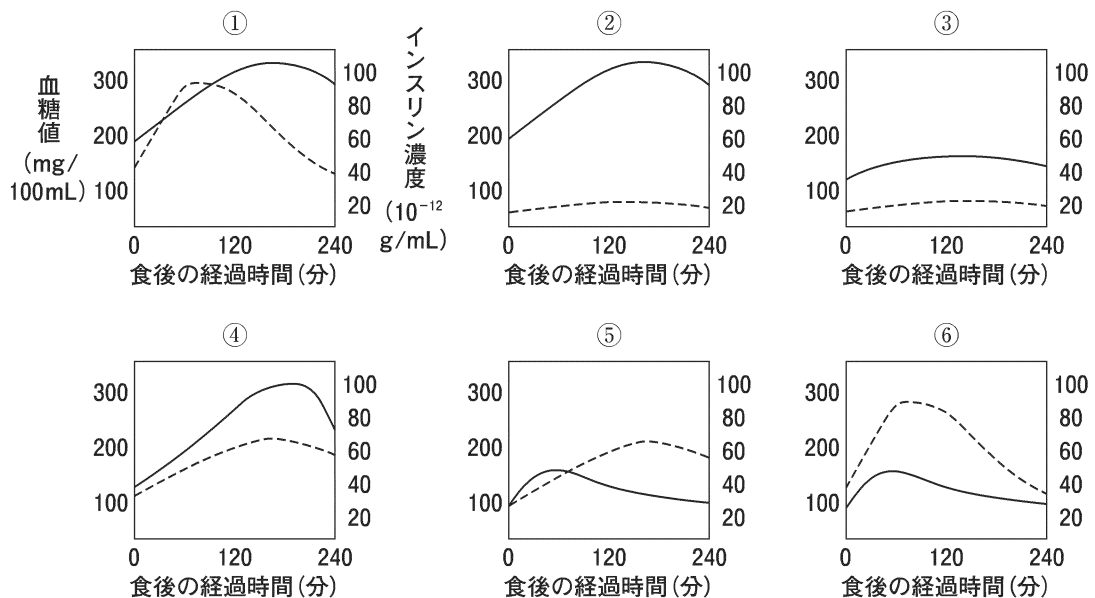


図1

- (ウ) 脂肪が呼吸基質となる場合、グリセリンと脂肪酸に分解される。グリセリンと脂肪酸の代謝経路を示す矢印の到達先として適切なものを、図2の①～⑦の中からそれぞれ1つ選び、番号で答えよ。

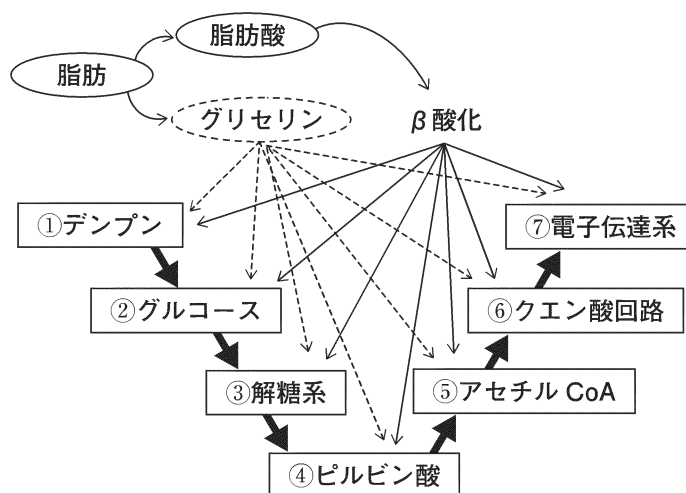


図2

- (エ) 解糖によって乳酸が生じる過程で、グルコースがピルビン酸に分解されるのに必要な NAD^+ は枯渇しない。その理由を説明せよ。
- (オ) 呼吸において、電子伝達系で ATP を生成する反応の名称を答えよ。

(問 2) 下線部 b) に関して、以下の設問(ア)～(エ)に答えよ。

- (ア) 次の文章を読み、 1 ～ 5 に入る適切な語句を答えよ。

一般的なヒト体細胞は、22 対 44 本の 1 染色体を持っている。一方、X 染色体や Y 染色体のように男女でその本数が異なるものは 2 染色体と呼ばれている。核内では、染色体の折りたたまりがゆるんで、繊維状の 3 を形成する。 3 は DNA とヒストタンパク質からなる 4 と呼ばれる規則的な構造を基本としている。染色体を形成する DNA の末端領域はテロメアと呼ばれ、ここにはテロメラーゼという酵素によって短い塩基配列が繰り返し付け加えられる。しかしながら、ヒト体細胞ではこの酵素が発現していないため、細胞分裂に伴い、DNA 5 を繰り返すごとに末端領域の長さが短くなることが知られている。

- (イ) 同じ染色体上に複数の遺伝子が存在すること，あるいはこれらの遺伝子が揃って配偶子に入る現象の名称を答えよ。
- (ウ) (イ)に対し，着目する2つの遺伝子が異なる染色体に存在し，互いに影響することなく配偶子に入る場合，この2つの遺伝子の関係を何と呼ぶか答えよ。
- (エ) 減数分裂第一分裂の過程において，相同染色体間の乗換えが起こることにより，遺伝子の組換えが起こる。この組換えの起こりやすさを示す組換え価は，以下の式で求められる。

$$\text{組換え価} = \frac{\boxed{6}}{\boxed{7}} \times 100$$

および に入る適切な語句を，次の選択肢から選び，番号で答えよ。

- 選択肢 ① 出生数 ② 全配偶子数 ③ 組換えの起こった配偶子数
 ④ 染色体数 ⑤ 遺伝子数 ⑥ 分裂回数

2

下記の(問1)と(問2)に答えよ。

(問1) 次の文章を読み、下記の設問(ア)～(エ)に答えよ。

オートファジーは、古くなったり機能を失ったりして不要となった細胞小器官やタンパク質を分解する過程である。図1にオートファジーのしくみの一部を示した。オートファジーでは、まず隔離膜と呼ばれる構造が細胞質に出現し、細胞質成分の一部を取り囲んだオートファゴソームと呼ばれる膜構造がつくられる。このオートファゴソームの外膜が または液胞の膜と融合し、オートファジックボディと呼ばれる小胞が または液胞の内部に生じる。オートファジックボディは または液胞の分解活性により分解される。このオートファジーは真核生物に広く保存されており、栄養飢餓などによって活性化される。

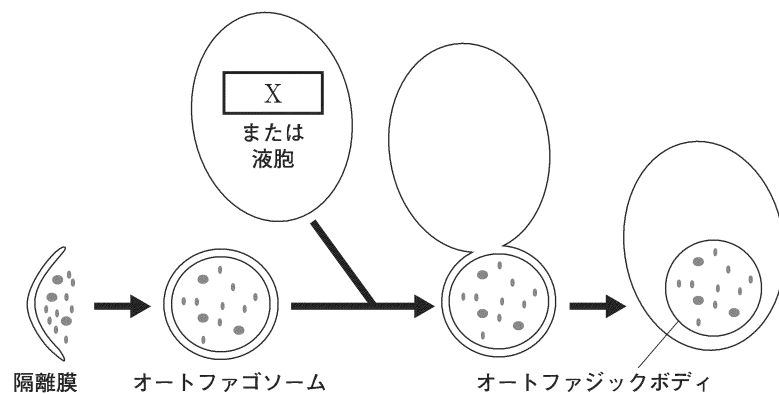


図1

ここで、植物の葉緑体がオートファジーによって分解されるか検証するため、以下の実験を行った。

実験：葉緑体のストロマに局在するように改変した緑色蛍光タンパク質(GFP)を発現する形質転換植物^{a)}の葉を2枚用意した。それぞれの葉に液胞の分解活性を抑制する薬剤Aを含む溶液と含^{b)}まない溶液を処理し、さらに24時間、暗所において栄養飢餓状態にした。その後、それぞれの葉の細胞を、細胞の構造が判別できる明視野顕微鏡とGFPが放つ蛍光を観察できる蛍光顕微鏡を用いて観察した。

結果：図2に示すように、薬剤Aを含まない溶液を処理した葉の細胞では、葉緑体のみがGFPによって観察された。一方、薬剤Aを含む溶液を処理した葉の細胞では、GFPによって葉緑体だけでなく葉緑体よりも小さな小胞が液胞内に多数観察された。

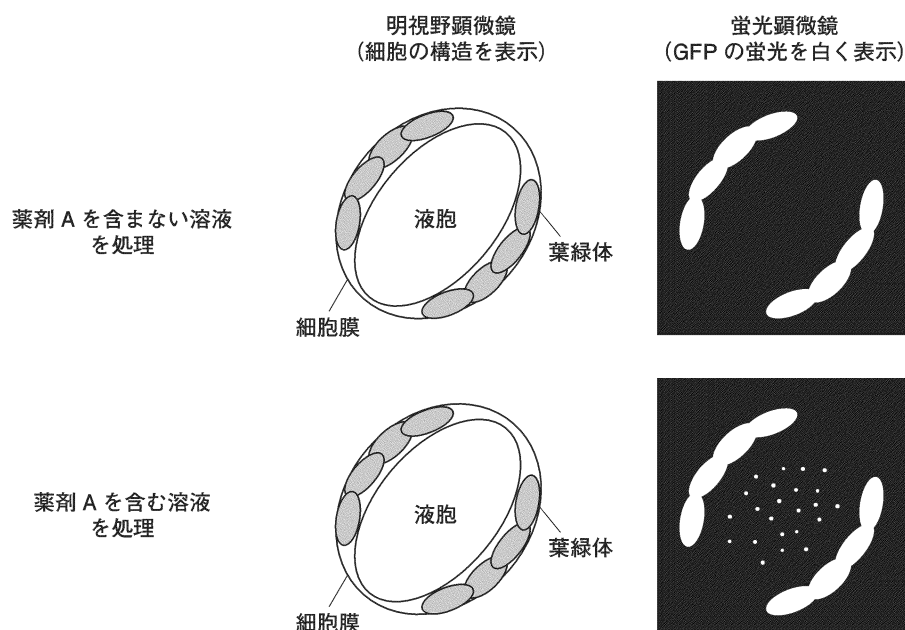


図 2

- (ア) に入る細胞小器官の名称を答えよ。
- (イ) 下線部 a) に関して、実験に用いられた形質転換植物は下記の方法によって作られた。
下記の文章中の と に入る最も適切な語句を答えよ。
はじめに、植物に導入したい遺伝子を と呼ばれる小さな環状 DNA に挿入した。次に、この組換え を と呼ばれる細菌に取り込ませた。この を植物細胞に感染させたところ、組換え は植物細胞へ移動し、目的の遺伝子が植物の DNA に組み込まれた。
- (ウ) 下線部 b) に関して、薬剤 A は、ATP のエネルギーを使って水素イオンを液胞内に輸送する膜タンパク質のはたらきを阻害することで、液胞の分解活性を抑制する。薬剤 A が阻害する膜タンパク質が行うような物質の濃度勾配に従わない物質輸送の名称を答えよ。
- (エ) 以下の文章①～④に関して、実験結果の考察として適切であれば○，不適切であれば×で答えよ。
- ① オートファジックボディは蛍光顕微鏡を用いても観察できない。
 - ② 薬剤 A を含まない溶液を処理した細胞では葉緑体のオートファジーは起きなかった。
 - ③ 薬剤 A を含む溶液を処理した細胞ではオートファジックボディの分解が抑制された。
 - ④ 葉緑体のストロマ成分を含む一部分が切り離されてオートファジーによって分解された可能性がある。

(問 2) 次の文章を読み、下記の設問(ア)～(エ)に答えよ。

動物の胚発生では、細胞分裂による細胞数の増大に加えて細胞の移動が形態形成の大きな原動力である。一方、植物の胚発生では、細胞の移動はほとんどみられず、細胞分裂と伸長方向の制御によって胚が形づくられる。また、胚の発生・成熟と並行して胚乳の発達または消失が起き、種子が形成される。イネ科やカキノキ科の植物では、胚乳が種子の完成まで発達して栄養分を蓄えて有胚乳種子をつくる。一方、マメ科やアブラナ科では、胚乳は種子の完成までに消滅し、栄養分を他の器官に蓄える無胚乳種子をつくる。

(ア) 下線部 a) に関して、一般に植物細胞の移動性が乏しい理由として細胞壁によって細胞が強固に接着されていることが挙げられる。細胞壁に関する以下の説明文①～④が正しいければ○、間違っていれば×で答えよ。

- ① 植物のほか、一般的な菌類や細菌も細胞壁をもつ。
- ② 細胞壁は半透性をもつ。
- ③ 一般的な植物細胞では、細胞壁を貫いて隣接する細胞の一部が連結する原形質連絡と呼ばれる構造がみられる。
- ④ 果実の成熟過程において、細胞壁分解酵素の遺伝子発現が誘導される。

(イ) 下線部 b) に関して、下記の文章中の 1 と 2 に入る適切な語句を答えよ。

いくつかの植物ホルモンは細胞壁の構造や性質を変化させて細胞の伸長方向を制御する。植物ホルモンであるジベレリンと 1 は細胞壁の 2 繊維の並び方を変える。ジベレリンは細胞の肥大を抑えて伸長を促し、反対に 1 は伸長を抑えて肥大を促す。これにより、ジベレリンは茎を細長くし、1 は茎を太く短くする。

(ウ) 下線部 c) に関して、下記の中から種子植物をすべて選び、番号で答えよ。

- ① イチョウ ② ゼニゴケ ③ スギゴケ ④ アブラナ
- ⑤ ツノゴケ ⑥ テッポウユリ ⑦ ヒカゲノカズラ ⑧ ワラビ

(エ) 下線部 d) に関して、無胚乳種子で栄養分を蓄える器官の名称を答えよ。

3 次の文章を読み、下記の(問1)～(問8)に答えよ。

時間の経過とともにある地域の 1 が移り変わっていく現象を遷移という。遷移には一
次遷移と二次遷移がある。森林では遷移の初期に 2 植物の性質をもつ樹木、陽樹^{a)}がよく
生育する。しかし陽樹によって林冠が形成され、林内に光^{b)}が十分に届かなくなると、陽樹の幼木^{c)}
は育たなくなる一方で、弱光下でも育つことができる 3 植物がみられるようになる。芽
生えや幼木の時期には 3 植物の特徴を示し、ある程度成長すると明るいほどよく育つ樹
木を陰樹という。さらに遷移が進むと陽樹と陰樹の混じった 4 林を経て陰樹林が形成さ
れる。陰樹の幼木は陰樹林の林床で育つことができるので、森林の構成種はもはや大きな変化を
示さない状態になる。この状態に達した森林を極相林^{d)}という。

(問 1) 1 ～ 4 に入る適切な語句を答えよ。

(問 2) 下線部 a) に関して、二次遷移は一次遷移よりも急速に進行する。その理由を答えよ。

(問 3) 下線部 b) に関して、以下の①～⑧のなかから陽樹をすべて選び、番号で答えよ。

- | | | | |
|--------|--------|----------|---------|
| ① アカマツ | ② アラカシ | ③ イタドリ | ④ ススキ |
| ⑤ スダジイ | ⑥ タブノキ | ⑦ トウモロコシ | ⑧ ヤシャブシ |

(問 4) 下線部 c) に関して、光合成速度、見かけの光合成速度、呼吸速度の関係をあらわした
等式を記せ。

(問 5) 下線部 d) に関して、森林生態系にかぎらず、生態系サービスは①基盤サービス、②供給
サービス、③調整サービス(調節サービス)、④文化的サービスに大別できる。以下の4つ
は①～④のうちのどのサービスに該当するか、番号で答えよ。

- | | |
|--------------|-------------------|
| ・洪水など自然災害の抑制 | ・植物による二酸化炭素の吸収 |
| ・土壌の形成 | ・ハイキングなどのレクリエーション |

(問 6) 下線部 d) に関して、森林における樹木の純生産量は「純生産量＝総生産量－呼吸量」と
いう等式で表せる。では、樹木の総生産量は等式でどのように表せるか答えよ。ただし、
等式に使用できる語句は以下のものに限る。

エネルギー効率 乾燥重量 現存量 呼吸量 枯死量 成長量
地球が太陽から受けとるエネルギー量 被食量 不消化排出量

(問 7) 下線部 d) に関して、森林にはいろいろな生物がすんでいる。以下の①～⑨の各生物を生産者、消費者、分解者のいずれかに分類し、番号で答えよ。

- ① ウサギ ② カエデ ③ クモ ④ シイタケ ⑤ シダ
⑥ バッタ ⑦ フクロウ ⑧ ブナ ⑨ ヘビ

(問 8) 下線部 e) に関して、極相に達した森林であっても陰樹と陽樹が混在した林冠が部分的にみられることがある。その理由を答えよ。

地 学

1 変成作用に関する以下の問いに答えよ。

(問 1) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

高温の地球内部から地表へ熱が流れている。地表に単位面積・単位時間あたりに流れ出るこの熱量を **A** という。地下の岩石が温度・圧力の変化に伴って、その条件で安定な新しい鉱物からなる岩石に変化する現象を変成作用という。岩石の温度は、地表から地下深くなるにつれて上昇する。この割合を **B** という。**B** は地球上で一定ではないため、様々なタイプの変成岩が形成される。

地殻内部の広範囲な領域の岩石が変成作用を受けることを **C** という。プレート境界などの変動帯で **C** が生じる場合、その場所での地殻応力によって変形作用を受け、薄くはがれる構造である **D** の発達した **E** などの岩石が形成される。**C** は、低温高压型、高温低压型に区分され、図 1 中のプレートの沈み込み境界や、火山帯の地下のような場所で生じる。

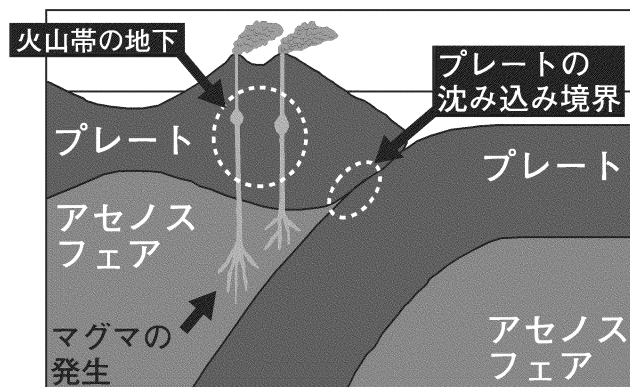


図 1 プレートの沈み込み境界の断面を示した模式図

(ア) **A** ～ **E** に入る最も適切な語を答えよ。

(イ) 下線部 a) で示される現象の地球内部の主要な熱源について 100 字以内で説明せよ。

(ウ) 下線部 b) のプレートの沈み込む場所の海底地形を何というか。

(エ) 図 1 の破線で囲まれた領域では **C** として低温高压型あるいは高温低压型のどちらの変成作用が生じるか、プレートの沈み込み境界と火山帯の地下についてそれぞれ答えよ。

(問 2) 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地殻では温度・圧力(深さ)の違いに応じて異なる鉱物が出現する。変成岩中にしばしば観察される紅柱石、らん晶石、けい線石という鉱物は、化学組成は同じ Al_2SiO_5 からなるが、変成条件(変成作用が生じる温度や深さの条件)が異なるため結晶構造が異なる。これらの鉱物が出現するか出現しないかで変成条件を推定することができる。図2は変成作用の温度や深さの変化に伴い、いずれの鉱物が安定的に生じるかを示している。

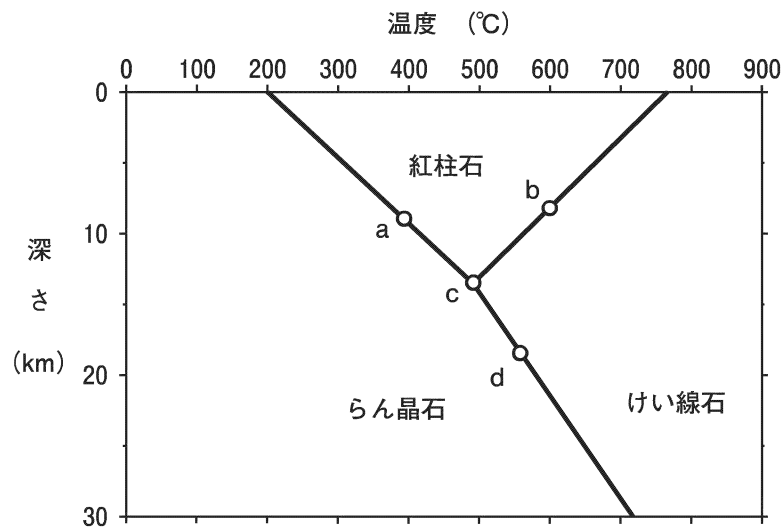


図2 Al_2SiO_5 鉱物の変化

(ア) 下線部 c) のような鉱物どうしの関係を何というか。

(イ) ある変成岩(I)は紅柱石、らん晶石とけい線石を含み、変成岩(II)は紅柱石とらん晶石を含み、変成岩(III)はらん晶石とけい線石を含む。変成岩(I)、変成岩(II)、変成岩(III)の変成条件はそれぞれ図2の a ~ d のどの条件に相当するか答えよ。

(ウ) プレーートの沈み込み境界では100 m 深くなるにつれ温度が0.7℃上昇し、火山帯の地下では100 m 深くなるにつれ温度が6℃上昇すると仮定する。地表の温度を0℃とすると、その場合の①深さ15 kmにあるプレート沈み込み境界の温度、②火山帯の地下12 kmの温度は何℃か答えよ。また、それぞれで出現する鉱物は紅柱石、らん晶石、けい線石のいずれか答えよ。

2

「水の惑星」と呼ばれる地球の表層では、水は固体、液体、気体と状態を変えながら循環している。水の循環に伴う現象に関する次の問いに答えよ。

(問 1) 次の図 3 は、地球表層での水の貯蓄量と移動量を示している。これに関する下の問いに答えよ。

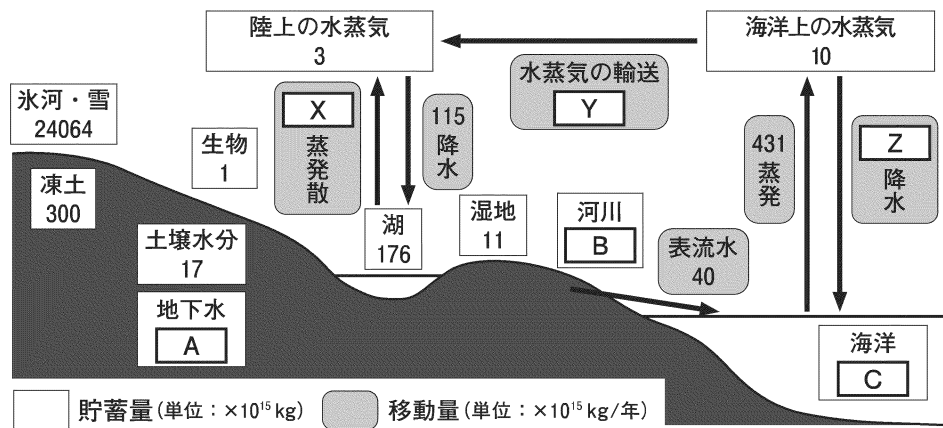


図 3 地球表層における水の貯蓄量と移動量
(キーワード気象の事典を一部改変)

(ア) 上の図 3 の空欄 **A** ~ **C** に入る貯蓄量として適切な数値を次の①~⑧の中から選び、空欄 **X** ~ **Z** に入る移動量として適切な数値を計算して答えよ。

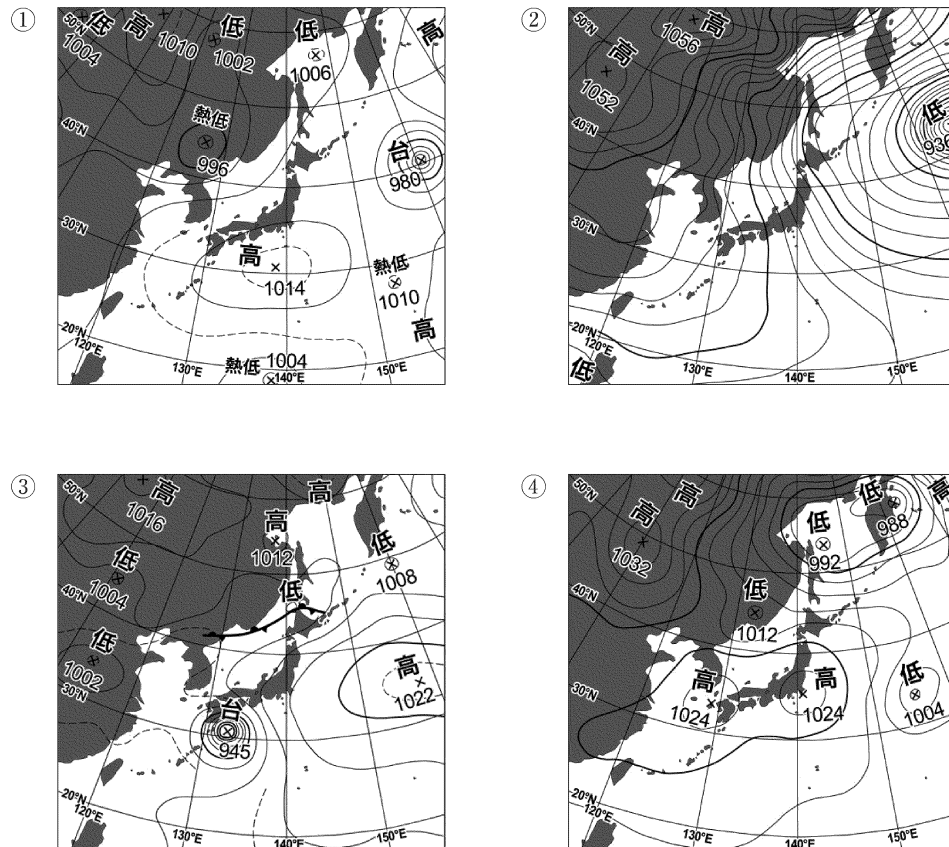
- ① 2 ② 220 ③ 6800 ④ 23400
⑤ 52900 ⑥ 234000 ⑦ 82590 ⑧ 1338000

(イ) 大気中の水に関する文として誤っているものを、次の①~④の中から一つ選べ。

- ① 大気中の水のほとんどは対流圏に存在し、地表付近では赤道域の水蒸気量は極域の 10 倍程度に達する。
② 近年の人間活動による二酸化炭素の増加により、大気中の二酸化炭素と水蒸気量はほぼ等しくなった。
③ 飽和水蒸気圧は温度の低下と共に低くなるため、大気中の水蒸気量が変わらずに気温が下がると相対湿度は高くなる。
④ 水の状態変化、赤外線吸収・放射、雲による可視光線の散乱などは地球のエネルギー収支に関わっている。

(問 2) 大気中に含まれる水の状態変化に関連した気象現象に関する次の問いに答えよ。

(ア) フェーン現象は、我が国でも見られる気象現象の一つである。日本海側の北陸地方でフェーン現象が起きている時の天気図として最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選べ。



各選択肢に使用した図は、気象庁ホームページに公開されていた図を一部改変した。

(イ) ある日、山脈Pの風下側にある都市Qではフェーン現象により、気温が41℃の猛暑日となった。一方、山脈Pの風上側にある都市Rの気温は31℃の真夏日であり、山脈Pの風上側の山麓では標高500mで雲が発生していた。都市Qと都市Rの間に位置する山脈Pの標高は何mか答えよ。なお、都市Qと都市Rの標高は0m、湿潤断熱減率は0.5℃/100m、乾燥断熱減率は1.0℃/100mとし、計算過程も示すこと。

(問 3) 水により運ばれた碎屑物は、やがて堆積して地層となる。地層に関する次の問いに答えよ。

(ア) 次の図4のA・B・Cの3地点で、砂岩層と泥岩層の同一の境界を観察した。この地層境界の走向・傾斜として最も適当なものを下の①～④の中から一つ選べ。なお地層に褶曲はなく、この地域に断層はないとする。図中の数字は標高(m)を表している。

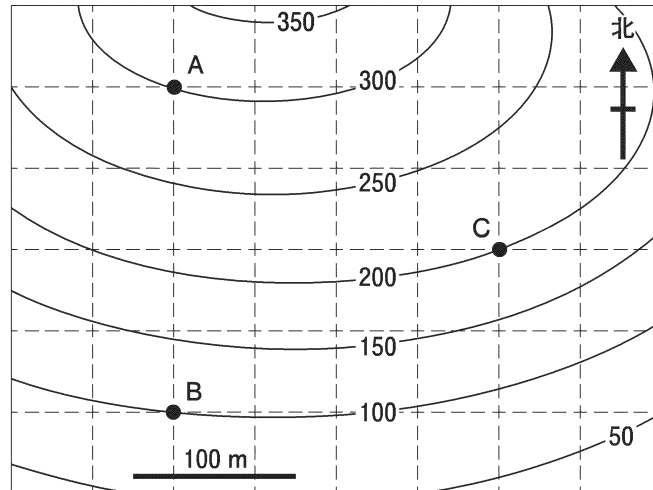


図4 ある地域の地形図と観察地点

(図中の点線は、補助のために、南北方向・東西方向に50m間隔で引かれている)

- | | | | |
|---------|----------|---------|----------|
| ① 走向－南北 | 傾斜－東へ45° | ② 走向－南北 | 傾斜－西へ45° |
| ③ 走向－東西 | 傾斜－北へ45° | ④ 走向－東西 | 傾斜－南へ45° |

(イ) 上の図4のA・B・Cの3地点で観察された砂岩層は、下部から上部に向け粗粒な粒子から細粒な粒子へと変化する。このような堆積構造を何というか答えよ。またその成因について50字程度で説明せよ。

(問 4) 海洋の水に関する次の問いに答えよ。

(ア) 海洋における水の運動・循環に関する文として正しいものを、次の①～④の中から選べ。複数選んでもよい。

- ① 海底での大きな地震によって起こる津波の速度は約 2,000 m/s に達する。
- ② 海洋表層の海流は貿易風と偏西風、これに転向力が加わり南半球では反時計回りで流れる。
- ③ 平年より貿易風が強く、赤道太平洋東部の海水温が低くなることをエルニーニョ現象と呼ぶ。
- ④ 海水温と塩分の違いによる海水の密度差から、平均約 100 年かかる深層循環が起きている。

(イ) 遠洋域の海底には陸由来の碎屑物はほとんど運ばれず、海洋表層に生息する放散虫や有孔虫の殻が沈積する。しかし、ある深度以上の海底には有孔虫の殻からなる堆積物は存在しない。この深度の名称を答え、有孔虫の殻からなる堆積物が存在しない理由を下記の語群の語をすべて用いて 150 字以内で説明せよ。

〔語群〕 二酸化炭素 水温 圧力 水深 溶解