

# 令和5年度入学試験問題

## 理 科

	ページ
物 理	1～15
化 学	16～27
生 物	28～44
地 学	45～55

### 注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

## 物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図 1 に示すように、水平でなめらかな床上に、角度  $\theta$  の粗い斜面を持つ斜面台 A が置かれており、斜面上に質量  $m$  の小物体 B が静止している。この小物体 B と斜面の間の静止摩擦係数は  $\mu$ 、重力加速度の大きさは  $g$  である。

(1) 小物体 B が斜面の垂直方向に及ぼす力の大きさ  $F_N$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$ 、 $\mu$  のうち必要なものを用いて表せ。

続いて、図 2 に示すように、斜面台 A にひもを取りつけて水平方向右向きに引っ張ると、斜面台 A に置かれた小物体 B と斜面台 A が一体となって、大きさ  $a$  の一定の加速度で運動した。

(2) 斜面台 A の斜面が小物体 B に及ぼす力のうち、斜面台 A が加速することによって小物体 B に生じる慣性力を解答欄の図に記入し、また、斜面に垂直な成分  $F_V$  および、斜面に平行な成分  $F_H$  に分解し、それぞれの成分を、 $a$ 、 $m$ 、 $\theta$ 、 $\mu$  のうち、必要なものを用いて表せ。

次に、 $a$  がある加速度の大きさ  $a_{\min}$  を超えた直後に小物体 B は斜面に沿って下向きに滑り出した。

(3) このときの  $a_{\min}$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$ 、 $\mu$  のうち必要なものを用いて表せ。



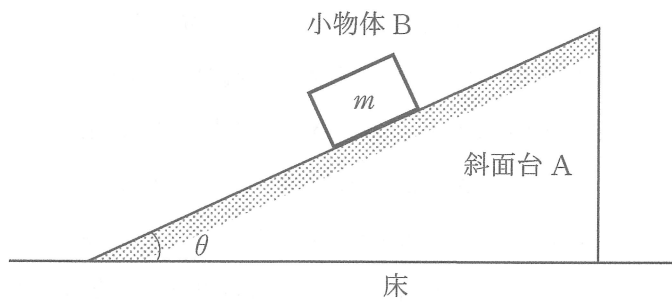


図 1

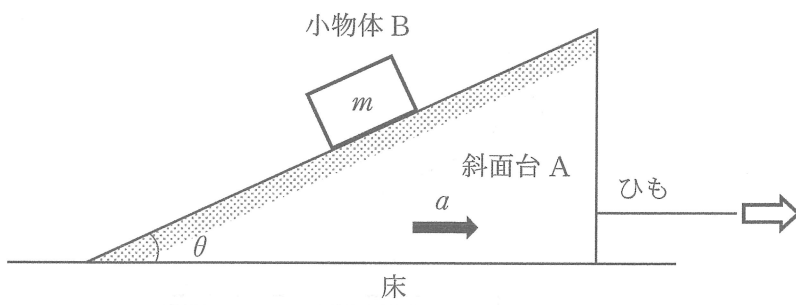


図 2

II 図3のように、長さ  $L$  の細くて変形しない真つすぐな棒 AB の一端 A を、鉛直な壁に固定されたちょうつがいにとめ、他端 B と壁の点 C を糸でむすび、棒が水平になるよう固定した。このときの糸と棒のなす角度を  $\theta$  とする。糸は軽く、ちょうつがいの大きさと質量は無視できるものとする。ちょうつがいは、鉛直面のみでなめらかに回転するものとする。また、棒は密度が一様で重さは  $W$  であり、ちょうつがい棒に与える力の鉛直成分を  $R$ 、水平成分を  $N$  とする。図3および図4では、鉛直方向上向きを正とし、かつ水平方向右向きを正とする。図中のすべての点は、同一鉛直面内にあるものとする。

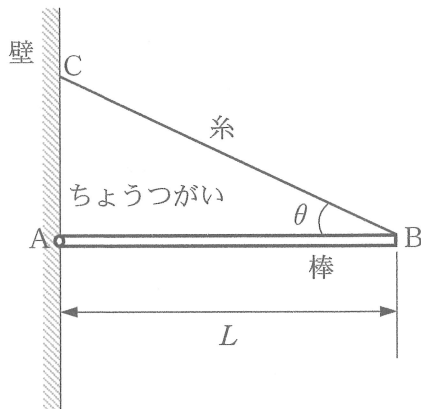


図3

(4) このときの糸の張力の大きさを  $T_1$  として、以下の(i)~(iii)に答えよ。

- (i) 棒に働く力の鉛直方向成分のつりあいの式を表せ。
- (ii) 棒に働く力の水平方向成分のつりあいの式を表せ。
- (iii) 点 A を中心に棒に働く力のモーメントのつりあいの式を表せ。

次に、糸と棒のなす角度が  $30^\circ$  の場合について考える。

(5) このときの糸の張力の大きさ  $T_2$  を  $W$  を用いて表せ。

(6) さらに、図4に示すように、点Aから水平距離  $x$  の位置に、重さ  $P$  のおもりを棒にひもでつり下げた。このときの糸の張力の大きさ  $T_3$  を  $W$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $x$  のうち、必要なものを用いて表せ。

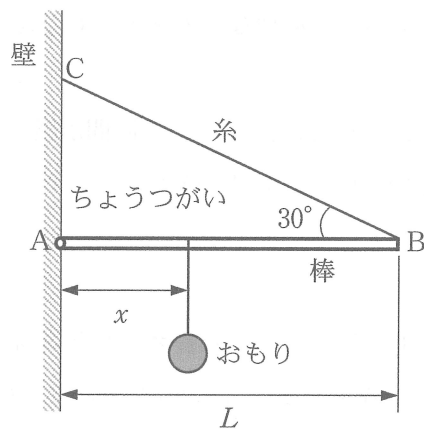


図4

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、内部抵抗が無視できる起電力  $E$  [V] の電池  $E$ 、電気容量（静電容量）  $C_1$  [F]、 $C_2$  [F] のコンデンサー  $C_1$ 、 $C_2$ 、抵抗値  $R_1$  [ $\Omega$ ]、 $R_2$  [ $\Omega$ ] の抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、スイッチ  $S$  からなる回路がある。コンデンサー  $C_1$ 、 $C_2$  が電荷を蓄えていない状態で、スイッチ  $S$  を  $a$  側に接続した。

(ア) スイッチ  $S$  を  $a$  側に接続した直後に抵抗  $R_1$  に流れる電流の大きさ  $I$  [A] を  $E$ 、 $C_1$ 、 $R_1$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(イ) スイッチ  $S$  を  $a$  側に接続して十分に時間が経過した後のコンデンサー  $C_1$  の電極間の電位差の大きさ  $V$  [V] を  $E$ 、 $C_1$ 、 $R_1$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(ウ) (イ)のときのコンデンサー  $C_1$  に蓄えられた電荷の量（電気量）  $Q$  [C]、静電エネルギー  $U$  [J] を  $C_1$ 、 $R_1$ 、 $V$  のうち、必要なものを用いてそれぞれ表せ。

次に、スイッチ  $S$  を  $b$  側に接続した。

(エ) スイッチ  $S$  を  $b$  側に接続した直後に抵抗  $R_2$  に流れる電流の大きさ  $I'$  [A] を  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $V$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(オ) スイッチ  $S$  を  $b$  側に接続して十分に時間が経過した後のコンデンサー  $C_1$  と  $C_2$  の静電エネルギーの和  $U$  [J] を  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $Q$  のうち、必要なものを用いて表せ。

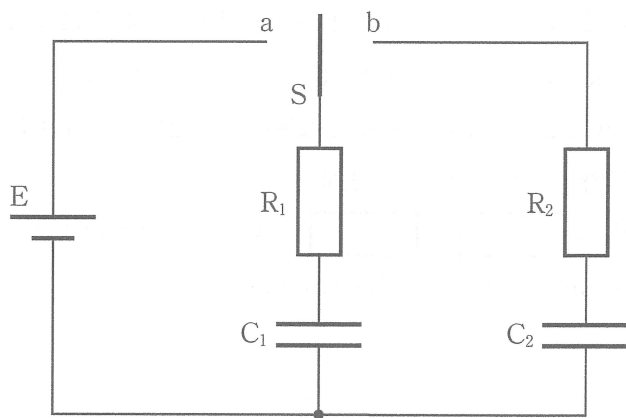


图 1

II 図2のような  $xyz$  の直交座標系で、図3のように電気量  $+Q$  [C] の点電荷  $Q_1$  を原点に固定した ( $Q > 0$ )。真空中のクーロンの法則の比例定数を  $k$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ] とし、電位の基準点は無限遠点とする。3次元空間は真空であり、重力の影響は無視できるものとする。

文章中の カ ~ ソ に入る適切な語句や式などを答えよ。式は  $Q, k, l, m, B_0$  のうち、必要なものを用いよ。

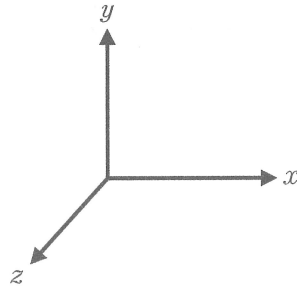


図2

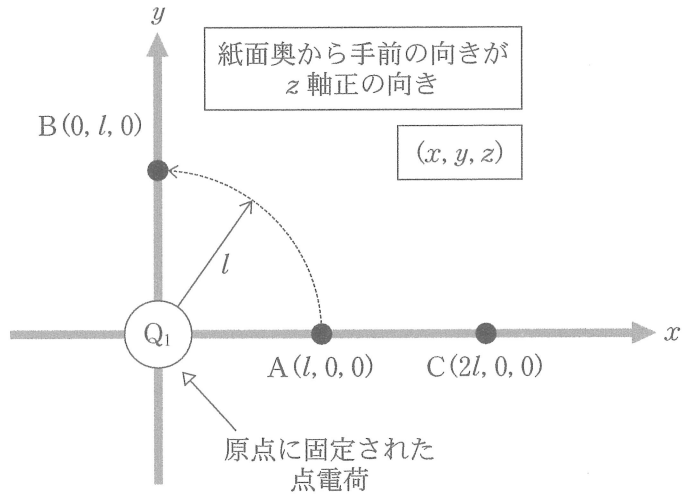


図3

原点から  $l$  [m] 離れた  $x$  軸上の点 A の電位は  [V] であり、 $y$  軸上の点 B における電場（電界）の大きさは  [N/C] となり、その向きは  である。

質量  $m$  [kg]、電気量  $-Q$  [C] の点電荷  $Q_2$  を原点から  $2l$  離れた  $x$  軸上の点 C に置いたのち、 $x$  軸に沿って点 A までゆっくりと動かす。点 C から点 A への移動により、 $Q_2$  の静電気力による位置エネルギーは  し、その変化量の大きさは  [J] となる。点 A に移動後、原点からの距離を  $l$  に保ったまま点 B までゆっくり移動させた。このとき、外力のした仕事は  [J] である。

$Q_2$  を点 C までゆっくり戻し、静止させたのち、自由に動ける状態にした。すると、 $Q_2$  は静電気力によって、点 A の向きへ動き出した。点 A を通過する際の  $Q_2$  の速さ  $v$  は  [m/s] となる。 $Q_2$  が点 A を通過すると同時に、 $z$  軸の正の向きに一樣な大きさの磁束密度を加えると、 $Q_2$  は磁場（磁界）から力を受ける。この力は  と呼ばれ、加えた磁束密度の大きさを  $B_0$  [T] とすると、点 A を通過する際に  $Q_2$  にはたらく  の大きさは  [N] となり、その向きは  である。

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

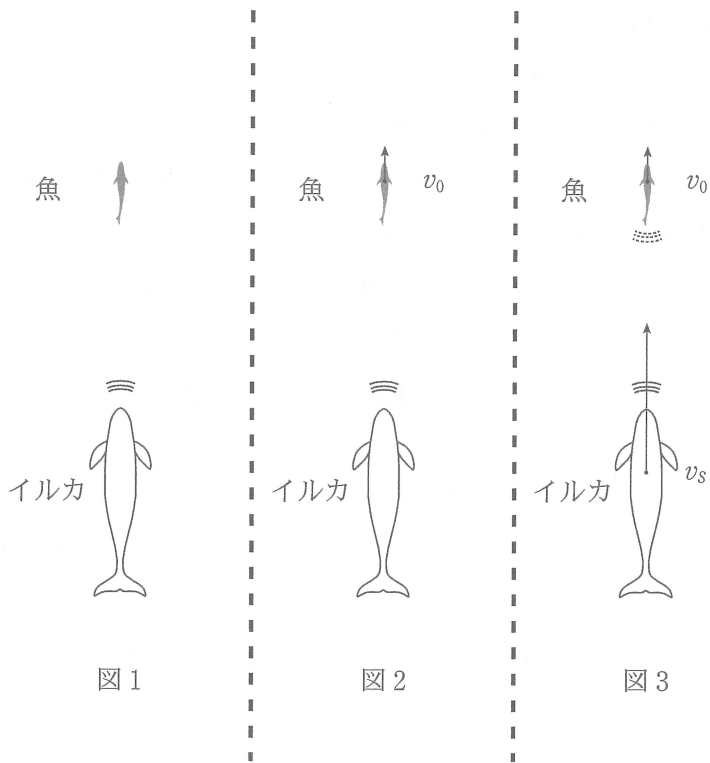
I イルカやコウモリが音を発し、反響した音によって物体までの距離や方向を識別するしくみはエコーロケーション（反響定位）と呼ぶ。イルカにとって、音はコミュニケーションや獲物（魚）を探するための重要な道具である。イルカは「クリック（click）音」と呼ぶ音でエコーロケーションを行っている。クリック音の周波数（振動数）を  $f_0$  [Hz]、海水中における音速を  $V$  [m/s] とする。なお、海水中においてもドップラー効果は生じ、空気中と同様に考えることができる。また、発したクリック音は減衰せず、魚は完全に音を反射する。魚とイルカは、同じ水深で同一直線上を運動し、魚とイルカの泳ぐ速さは音速より十分に小さいものとする。海水の運動や温度の変化は無視できるものとする。

(a) 最初に、図 1 に示すように、イルカと魚が静止した状態を考える。この状態で、イルカはクリック音を発する。このとき、クリック音の周期  $T$  [s] と波長  $\lambda$  [m] を、 $f_0$ 、 $V$  のうち、必要なものを用いて表せ。

(b) 次に、図 2 に示すように、イルカのみが静止してクリック音を発した状態を考える。同時に、魚は速さ  $v_0$  [m/s] でイルカから離れる向きに移動する。このとき、魚が受けたクリック音の周波数  $f_1$  [Hz] を、 $f_0$ 、 $V$ 、 $v_0$  を用いて表せ。

(c) 最後に、図 3 に示すように、イルカは海水中を速さ  $v_s$  [m/s] で魚に向かって泳ぎ、速さ  $v_0$  で動いている魚に向かってクリック音を発した状態を考える。魚が受けたクリック音の周波数を  $f_2$  [Hz]、魚に反射して再びイルカに戻ってきたクリック音の周波数を  $f_3$  [Hz] とする。このとき、 $f_3$  を、 $f_2$ 、 $V$ 、 $v_0$ 、 $v_s$  を用いて表せ。





II 図4のように、2枚の透明な平面ガラス板 A および B が端 O で接している。端 O から距離  $L$  [m] の位置の另一端に厚さ  $T$  [m] の薄い紙をはさんで、ガラス板の間にくさび形すきまの隙間を作った。このガラス板の上側から波長  $\lambda$  [m] の単色光をガラス板 B の垂直方向からあて、ガラス板の上方から観察すると等間隔の明線と暗線が並ぶ縞模様が観察された。この縞模様はガラス板 A の下面で反射する光とガラス板 B の上面で反射する光が干渉して生じる。空気の屈折率を 1 とし、ガラス板 B 上の点 P から端 O までの距離を  $x$  [m]、そこでのガラス板 B の上面とガラス板 A の下面との間の空気層の厚さを  $d$  [m] とする。

(d) 点 P の真上から反射光を観察するとき、ガラス板 A の下面で反射する光とガラス板 B の上面で反射する光の光路差を  $d$  を用いて表せ。

(e) 点 P において明線が観察される条件式を、 $x$ 、 $L$ 、 $T$ 、 $\lambda$ 、 $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ) を用いて表せ。

(f) 縞模様の隣り合う暗線と暗線の間隔  $\Delta x$  [m] を、 $L$ 、 $T$ 、 $\lambda$  を用いて表せ。

(g) ガラス板の上側より波長  $\lambda_B$  [m] の青色の単色光をガラス板 B の垂直方向からあて上側から縞模様を観察した。次に、同様に波長  $\lambda_R$  [m] の赤色の単色光を垂直にあてて縞模様を観察した。このとき、どちらの光をあてたときに隣り合う暗線の間隔は大きくなるかを答えよ。また、その理由を説明せよ。

(h) 次に、ガラス板 A と B の間を屈折率  $n$  の液体で満たした後、ガラス板の上側から波長  $\lambda$  の単色光をガラス板 B の垂直方向からあて、ガラス板の上方から観察して縞模様を観察した。このとき、隣り合う暗線の間隔  $\Delta x'$  [m] は(f)の  $\Delta x$  の何倍になるか。 $n$  を用いて答えよ。ただし、この液体の屈折率はガラス板の屈折率より小さく、1 より大きいものとする。

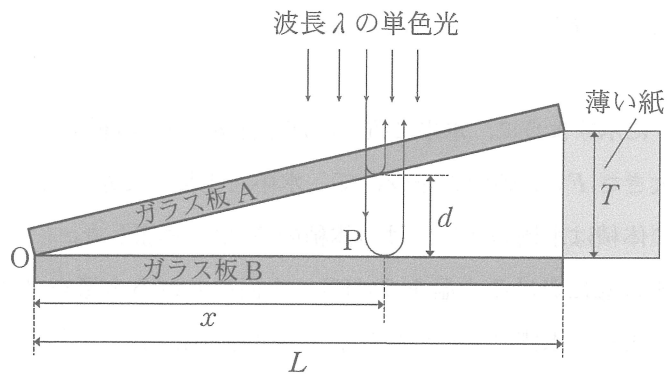


図 4

4

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、水平に置かれた水深  $h$  [m] の水槽の底に送りこまれた気泡が、大きさ  $F$  [N] の浮力を受けて、水中を上昇して水面まで浮かび出る直前、気泡の体積は水槽の底における体積の  $N$  倍に膨張した。

水槽の底における水温を  $T_1$  [K]、水面における水温を  $T_2$  [K] ( $T_2 > T_1$ ) とする。また、水槽に入れられた水の密度を  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、大気圧を  $P_0$  [Pa]、水槽の底における水圧（大気圧の大きさと水による圧力の和）の大きさを  $P$  [Pa]、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。ただし、気泡の体積は水槽と比べて十分に小さく、気泡は水に溶けず、気泡内の気体の温度は気泡周囲の水温と直ちに等しくなるものとし、水は状態変化せず、温度による水の密度変化は無視できるものとする。

(あ)  $N$  を、 $P_0$ 、 $P$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  を用いて表せ。

(い)  $P$  を、 $P_0$ 、 $h$ 、 $\rho$ 、 $g$  を用いて表せ。

続いて、水槽の全ての場所において水温が同じになるようにして、水槽の底に気泡を送りこむ。

(う) 気泡の体積が  $V$  [m<sup>3</sup>] のときの  $F$  を、 $\rho$ 、 $V$ 、 $g$  を用いて表せ。

(え) 鉛直方向上向きに  $y$  軸をとり、水槽の底を  $y = 0$  m、水面を  $y = h$  [m] とおく。 $y = 0$  における気泡の体積を  $V_0$  [m<sup>3</sup>] とするとき、水槽の底 ( $y = 0$ ) から気泡が  $Y$  [m] だけ上昇した場所 ( $y = Y$ ,  $0 < Y < h$ ) における浮力の大きさ  $F_Y$  [N] を、 $h$ 、 $Y$ 、 $P_0$ 、 $\rho$ 、 $V_0$ 、 $g$  を用いて表せ。

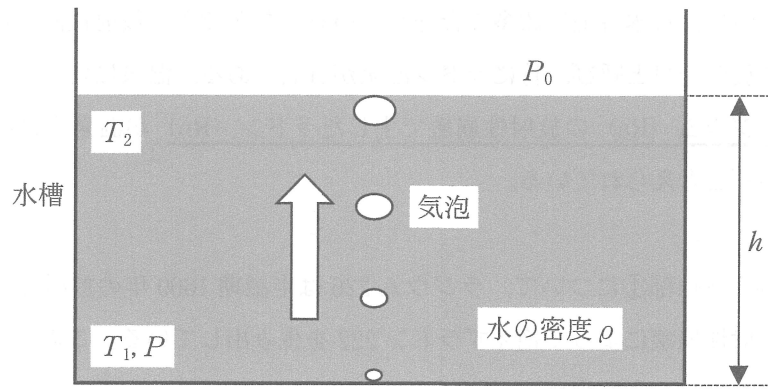


図 1

II 温泉は日本各地に数多く存在している。なかでも、放射性同位体を含む温泉を放射能泉と呼び、特にラドン温泉が有名である。温泉に含まれるラドンは、ラジウム (Ra) の放射性崩壊で生じたラドン (Rn) が温泉水に溶け込んだもの<sup>①</sup>のだと考えられている。

(お) 下線部①について、ラジウム 226 は半減期 1600 年の放射性同位体で、放射性崩壊によって絶えずラドン 222 を生み出している。この崩壊の反応式の空欄ア～エを埋めよ。



(か) 放射能泉は、「温泉水 1 kg 中にラドン 222 を 111 Bq 以上含有するもの」と定義されている。111 Bq のラドン 222 のモル数はいくつか。

ただし、放射能の単位 [Bq] は 1 秒間に崩壊する原子核の数として定義され、放射性同位体の原子数に比例する。またこの際の比例定数は半減期を  $T[\text{s}]$  とした場合  $0.693 \times T^{-1}$  で与えられる。ラドン 222 の半減期は 3.8 日、アボガドロ数は  $6.02 \times 10^{23}$  として計算せよ。

(き) ラジウム 226 から生じたラドン 222 も放射性同位体で、さらに  $\alpha$  崩壊と  $\beta$  崩壊を何度か繰り返した後に鉛 206 となる。このラドン 222 から鉛 206 への崩壊の過程で生じる  $\alpha$  崩壊と  $\beta$  崩壊はそれぞれ何回か。ただし、鉛の原子番号は 82 である。なお、 $\beta$  崩壊は  $\beta^-$  崩壊とも呼ばれる。

(く) ラドン温泉の温泉水 1 kg をペットボトルに汲み取って密閉した。ラドン 222 の放射能は時間経過によってどのように変化するだろうか。ペットボトルに汲み取った時点のラドン 222 の放射能の割合を 100% として、ラドン 222 の放射能の割合の時間経過をグラフに描け。ただし、ペットボトルに汲み取られた温泉水には、ラジウム 226 は含まれないものとする。

# 化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16。  
標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol とし、気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

周期表は原則的に、元素が左上から原子番号の順に並ぶよう作成されている。

原子番号とは、原子核の中にある **ア** の個数であり、電気的に中性な原子においては、原子中の電子の数に等しい。原子核は **ア** と中性子より構成され、その二つの数の和を質量数とよび、同じ元素でも質量数の異なる原子を<sup>①</sup>同位体という。

また、原子の最も外側の電子殻に存在する電子で原子間の分子結合などに用いられるものを価電子という。周期表の 1, 2 族, 12～18 族の **イ** 元素は、原子番号の増加とともに価電子の数が規則的に変化するため同族元素の性質がよく似ている。一方、3～11 族の **ウ** 元素は、原子番号が増加しても最外殻電子の数が 1 個もしくは 2 個である。

問 1 **ア** ～ **ウ** に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部①に関して、次の(1)と(2)に計算過程も含めて、有効数字 4 桁で答えよ。いずれの原子も相対質量は質量数と等しいものとする。

(1) 炭素の同位体  $^{12}\text{C}$  と  $^{13}\text{C}$  の存在比が、それぞれ 98.900%、1.100% であるとき、炭素の原子量を求めよ。

(2) 塩素の原子量が 35.45 のとき、塩素の同位体  $^{35}\text{Cl}$  と  $^{37}\text{Cl}$  の天然存在比(%)をそれぞれ求めよ。塩素は  $^{35}\text{Cl}$  と  $^{37}\text{Cl}$  以外は考慮しないものとする。

問 3 原子番号 11 ～ 17 までの範囲の原子のうち、原子半径が最も大きい原子を 1 つ選び、元素記号を記せ。

問 4 周期表の第 3 周期に属する元素に関する記述(あ)～(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 1 族元素は常温で水と激しく反応して酸素を発生する。
- (い) 13 族元素の酸化物は、両性酸化物である。
- (う) 14 族元素の単体は共有結合結晶で、金属光沢があり半導体の性質を示す。
- (え) 15 族元素の単体を空气中で燃焼させると、強い吸湿性を示す酸化物を生じる。
- (お) 16 族元素の酸化物を水に溶かすと、水溶液はアルカリ性を示す。

問 5 次の記述(あ)～(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 酸化還元反応では、反応過程において電子の授受が起こる。
- (い) 金属がさびるのは還元反応である。
- (う) 3 ～ 11 族の元素は全て気体である。
- (え) 金属単体が水溶液中で陰イオンになろうとする性質を、金属のイオン化傾向という。
- (お) イオン結合は陽イオンと陰イオンの間の静電的な引力による化学結合である。

問 6 鉄を亜鉛でめっきしたトタンは表面に傷がついて鉄が露出してもさびにくい。その理由を 40 字程度で述べよ。



2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

炭酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合水溶液に塩酸を加えると、まず、水酸化ナトリウムの中和反応が進み、その後、炭酸ナトリウムの中和が進行する。滴定曲線は図1のようになる。

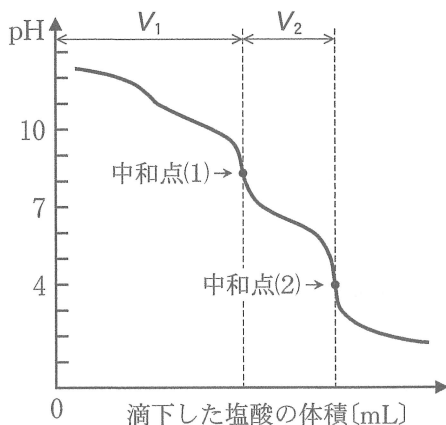


図1

この反応を利用して、酸素、窒素、二酸化炭素からなる混合気体に含まれる二酸化炭素量を次の手順で測定した。標準状態における体積が500 mLの混合気体を0.200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液25.0 mLに通じて二酸化炭素を完全に吸収させた。この溶液に、pH指示薬としてAを加え、0.200 mol/Lの塩酸を滴下したところ、ある量を加えた時に溶液が変色したので、中和点(1)に達したと判断した。続いて、pH指示薬としてBを加え、0.100 mol/Lの塩酸を滴下したところ、20.0 mLを加えた時に溶液が変色したので、中和点(2)に達したと判断した。

問1 図1の $V_1$ において生じる反応を化学反応式で記せ。

問2 図1の $V_2$ において生じる反応を化学反応式で記せ。

問 3 A および B として適切なものを次の(あ)~(え)からそれぞれ 1 つ選んで答えよ。

- (あ) 変色域が 3.1 ~ 4.4 の pH 指示薬
- (い) 変色域が 5.2 ~ 6.8 の pH 指示薬
- (う) 変色域が 6.0 ~ 7.6 の pH 指示薬
- (え) 変色域が 8.0 ~ 9.8 の pH 指示薬

問 4 水酸化ナトリウム水溶液に吸収された二酸化炭素の物質質量 [mol] を求め、有効数字 3 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

問 5 混合気体における二酸化炭素のモル分率を求め、有効数字 3 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

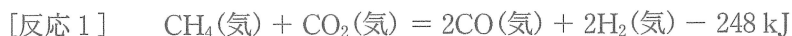
問 6 この実験で混合気体に含まれる二酸化炭素量を求めるための操作で用いた下線部①~③の水溶液について、正確な値を知っておく必要があるものを、次の(あ)~(お)からすべて選び、記号で答えよ。いずれも該当しない場合は、解答欄に「無し」と記せ。

- (あ) 下線部①の水酸化ナトリウム水溶液の濃度 [mol/L]
- (い) 下線部①の水酸化ナトリウム水溶液の体積 [mL]
- (う) 下線部②の塩酸の濃度 [mol/L]
- (え) 下線部②の塩酸の体積 [mL]
- (お) 下線部③の塩酸の濃度 [mol/L]

問 7 同じ混合気体 500 mL を 0.100 mol/L の水酸化バリウム水溶液 25.0 mL に通じて二酸化炭素を完全に吸収させた。生じた沈殿をろ過により取り除き、ろ液を得た。ろ液 20.0 mL を 0.100 mol/L の塩酸で中和滴定した。中和に要した 0.100 mol/L の塩酸の体積 [mL] を求めて、有効数字 2 桁で示せ。解答欄には計算過程を含めて記入せよ。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

地球温暖化による気候変動は、人間の生活や自然の生態系にさまざまな影響を与える。二酸化炭素や天然ガスの主成分であるメタンは、地球温暖化に影響している。地球温暖化を抑制する手段として、温室効果ガスの一種であるメタンを消費し、化学製品などの原料となる水素や一酸化炭素へと変換する以下の反応がある。



反応1～3のように化学反応式の矢印(→)を等号(=)に置きかえ、右辺に反応熱を書き加えた式を **ア** 方程式という。ここで、反応熱は常温・常圧(298 K,  $1.013 \times 10^5$  Pa)における値を示す。反応1のように反応熱の符号がマイナス(-)の反応を **A** 熱反応とよび、右辺の物質のもつエネルギーの和は左辺の物質のもつエネルギーの和よりも **B**。反応2のように反応熱の符号がプラス(+)<sup>①</sup>の反応を **C** 熱反応とよび、右辺の物質のもつエネルギーの和は左辺の物質のもつエネルギーの和よりも **D**。触媒は、反応の前後でそれ自身は変化せず、反応速度を大きくする物質であり、<sup>②</sup>反応1～3は、工業的には固体触媒を用いて行われる。

海洋は地球の表面積の約70%を占め、大気中に放出された二酸化炭素を吸収する役割をもつ。二酸化炭素の大気から海水中への吸収と海水から大気への放出は、大気と海洋表面との二酸化炭素の **イ** 差に依存する。**イ** は、混合気体中の各成分気体が単独で混合気体の体積を占めるときの圧力を指す。海水中の二酸化炭素濃度は、海水温度に影響を受けるが、大気中への二酸化炭素の<sup>③</sup>排出増加にともない、海洋表層における二酸化炭素濃度は、年々増加傾向にある。

問 1 文章中の **ア** と **イ** に入る適切な語句を答えよ。

問 2 文章中の **A** ~ **D** に入る適切な語句の組み合わせを次の (あ)~(え)から 1 つ選び、記号で答えよ。

	A	B	C	D
(あ)	発	高い	吸	低い
(い)	発	低い	吸	高い
(う)	吸	高い	発	低い
(え)	吸	低い	発	高い

問 3 下線部①について、次の記述の(あ)~(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 触媒を用いると反応熱の値が大きくなる。
- (い) 触媒を用いても反応熱の値は変化しない。
- (う) 触媒を用いると反応熱の値が小さくなる。
- (え) 触媒を用いると平衡が移動する。
- (お) 触媒を用いても平衡は移動しない。

問 4 触媒は大きく均一触媒と不均一触媒に分けられる。下線部②について、反応 1 ~ 3 に用いる固体触媒は、どちらに分類されるかを答えよ。

問 5 下の表 1 に示す結合エネルギーを用い、反応 3 の反応熱  $Q$  [kJ] の値を符号も含めて求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

表 1 298 K における結合エネルギー [kJ/mol] ( ) に物質の種類を示す。

結合	H—H	CO (一酸化炭素)	CO (二酸化炭素)	C—H (CH <sub>4</sub> )	O—H (H <sub>2</sub> O)	O=O
結合エネルギー	436	1076	804	416	463	498

(問題は、次ページに続く。)

問 6 下線部③について、図 1 を参考にし、次の(1)~(4)に答えよ。水の蒸気圧は無視できるものとし、水溶液の体積は変化しないものとする。二酸化炭素は、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のときに、 $27^\circ\text{C}$  の水  $1 \text{ L}$  に  $4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  溶けるものとし、 $57^\circ\text{C}$  の水  $1 \text{ L}$  に  $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  溶けるものとする。気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とし、 $0^\circ\text{C}$  は  $273 \text{ K}$  とする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

- (1) 容積  $2.5 \text{ L}$  の真空容器に水  $2 \text{ L}$  と二酸化炭素を入れ、密閉したまま  $27^\circ\text{C}$  に保持し、長い時間静置したところ、容器内の圧力は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で一定となった。密閉容器内の水に溶けている二酸化炭素の物質質量 [mol] を求めよ。
- (2) (1)において、容器に入れた二酸化炭素の全物質質量 [mol] を求めよ。
- (3) (1)の密閉容器を  $57^\circ\text{C}$  に温度を上げ、長い時間静置したところ圧力が一定となった。このときの容器内の圧力 [Pa] を求めよ。
- (4) (3)の状態を保持したまま、容器内に  $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の窒素を加えて長い時間静置すると、容器内の圧力が一定となった。このときの容器内の全圧 [Pa] を求めよ。二酸化炭素と窒素は容器内で反応しないものとする。窒素は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のときに、 $57^\circ\text{C}$  の水  $1 \text{ L}$  に  $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$  溶けるものとする。

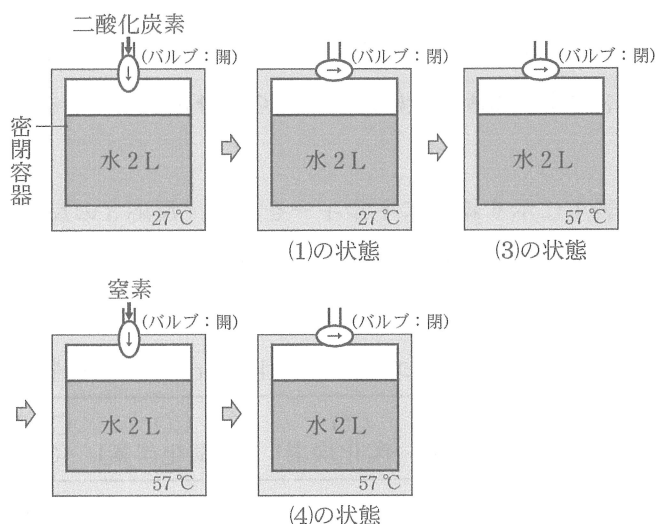
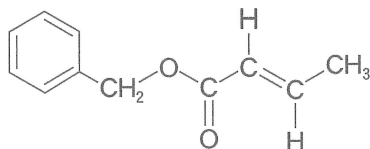


図 1 操作の概略図

- 4 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。

(例)



化合物A～Eは、いずれもヒドロキシ基を有する有機化合物である。化合物Aは、酵母がアルコール発酵によりグルコースを分解してエネルギーを得る際に、二酸化炭素<sup>①</sup>とともに生じる。この反応は、パンの製造過程など、人間の生活の中でも利用されている。化合物AとBに対して適切な酸化剤を用いて酸化を試みたところ、化合物Aのみが酸化され、化合物Bはほとんど酸化されなかった。化合物Aと濃硫酸の混合物を130～140℃で加熱すると、化合物Bの構造異性体である化合物Fを生じた。化合物Bと化合物Fの沸点は大きく異なっていた。<sup>②</sup>化合物CとDは、いずれも炭素C、水素H、酸素Oのみからなる化合物であり、不斉炭素原子を有する。化合物CとDをそれぞれ54.0mg量り取り完全燃焼させると、どちらからも二酸化炭素79.2mgと水32.4mgを生じた。化合物CとDをそれぞれ水に溶かすと、化合物Cの水溶液のみ弱酸性を示し、化合物Cを54.0mg含む水溶液を完全に中和するのに0.100mol/L水酸化ナトリウム水溶液6.00mLを要した。一方、化合物CとDにそれぞれアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱すると、化合物Dのみ銀が析出した。化合物Dは、核酸<sup>③</sup>の構成成分であった。また、化合物Eは、天然のタンパク質を加水分解することによって得られる成分の一種であり、pH4.0の水溶液を用いて電気泳動を行うと、陰極側へ移動した。化合物E54.0mgに対して適切な条件下でメタノールを作用させてエステル化を行い、完全に反応が進行するとき、エステルは61.2mg得られた。

問 1 下線部①について，反応式を記せ。

問 2 化合物 B と F の構造式を記せ。

問 3 下線部②について，沸点が高いのはどちらか答えよ。また，その理由を 40 字以内で記せ。

問 4 化合物 C の組成式を記せ。また，分子量を整数値で示せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 5 下線部③について，化合物 D の名称および分子式を記せ。

問 6 化合物 E の分子量を整数値で示せ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 7 化合物 C と E の構造式を記せ。ただし，鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。

(文章Ⅰ)

合成高分子の多くは、熱や圧力を加えると目的とする形に成形・加工することができる。このような性質を持つ高分子材料をプラスチック(合成樹脂)という。プラスチックと総称されるポリエチレンテレフタレートやフェノール樹脂は、高分子化合物の一種であり、<sup>①</sup>熱に対する性質から **ア** 樹脂と熱硬化性樹脂にそれぞれ分類される。**ア** 樹脂はペットボトルや食品用ラップなどで用いられ、熱硬化性樹脂は食器や接着剤などで用いられる。また近年、使用済みのプラスチックをリサイクルする技術も盛んに研究・開発され、実用化されている。

(文章Ⅱ)

水溶液中のアミノ酸は、水溶液を酸性にすると双性イオン中の **A** が水素イオンを受け取ることで電荷を失うため **イ** イオンとなる。一方、水溶液を塩基性にすると双性イオン中の **B** が水素イオンを放出することで電荷を失うため **ウ** イオンとなる。

1つのアミノ酸の  $-\text{COOH}$  と他のアミノ酸の  $-\text{NH}_2$  との間で脱水縮合が起こると、アミド結合  $-\text{CO}-\text{NH}-$  ができる。このように、アミノ酸どうしから生じたアミド結合を、特に、ペプチド結合という。ペプチド結合をもつ物質をペプチド<sup>②</sup>という。アミノ酸2分子が脱水縮合して結合したものを **エ** という。

タンパク質は、卵、肉、魚、大豆などに多く含まれている窒素を含む高分子化合物である。タンパク質を含む試料を濃硫酸と反応させると、タンパク質中の窒素は硫酸アンモニウムに変換される。この反応を利用して、食品中のタンパク質を定量することができる。<sup>③</sup>この方法はケルダール法とよばれており、開発されてから100年以上経つ現在においても、食品に含まれるタンパク質の代表的な分析方法として用いられている。



問 1 文章中の ア ～ エ に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部①に関して、原料であるエチレングリコール由来の炭素がポリエチレンテレフタレート中の全炭素に占める割合[%]を整数値で求めよ。なお、解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 3 文章中の A と B に入る適切なものを次の(あ)～(え)から選び、それぞれ記号で答えよ。

(あ)  $-\text{COOH}$       (い)  $-\text{COO}^-$       (う)  $-\text{NH}_2$       (え)  $-\text{NH}_3^+$

問 4 下線部②に関して、あるペプチド P およびペプチド Q がどのようなアミノ酸で構成されているか確かめるために実験を行い(a)～(f)に示す結果を得た。また、アミノ酸の名称と分子量との対応を表 1 にまとめた。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (a) ペプチド P およびペプチド Q に溶液 X を加え温めると、紫色を呈した。
- (b) 濃硝酸を加え加熱したところ、ペプチド Q のみが黄色を呈した。
- (c) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、ペプチド P のみが黒色沈殿を生じた。
- (d) ペプチド P の分子量は 230 以下であった。
- (e) ペプチド P およびペプチド Q はともに 1 分子あたり 2 個の不斉炭素原子を持っていた。
- (f) ペプチド P とペプチド Q を混ぜ合わせ、塩酸を加え加熱すると、表 1 に示す異なる 5 種類のアミノ酸が検出された。

表 1 ペプチド P およびペプチド Q を構成するアミノ酸の名称と分子量

名称	分子量	名称	分子量
グリシン	75	メチオニン	149
アラニン	89	チロシン	181
リシン	146		

(問題は、次ページに続く。)

- (1) 実験(a)で使用した溶液 X の名称を答えよ。
- (2) ペプチド P およびペプチド Q に含まれるすべてのアミノ酸の名称を答えよ。

問 5 下線部③に関して、乾燥魚肉中のタンパク質の質量パーセント濃度 [%] を求めるために以下に示す(a)~(e)の実験操作を行った。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (a) 丸底フラスコに乾燥魚肉 2.00 g を量り取り、濃硫酸 10.0 mL と少量の触媒(硫酸カリウムと硫酸銅を 9 : 1 で混合したもの)を加えた。その後、溶液が淡青色になるまでガスバーナーで加熱し、完全に反応させ、常温に戻るまで放置した。
- (b) メスフラスコを用いて、(a)で得られた試料溶液を正確に水で 100 mL に希釈した。
- (c) 希釈した試料溶液 10.0 mL に 30 % 水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えたところアンモニアが発生した。
- (d) 発生したアンモニアを 0.100 mol/L の硫酸水溶液 10.0 mL で捕集した。
- (e) 捕集後の溶液を 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、15.0 mL を要した。

- (1) (c)および(d)の実験操作における反応を化学反応式で示せ。
- (2) タンパク質が窒素を 16.0 % 含有するとして、乾燥魚肉中のタンパク質の質量パーセント濃度 [%] を求めよ。計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。なお、発生したアンモニアは、すべてタンパク質に由来するものとし、すべて 0.100 mol/L の硫酸水溶液に捕集されたものとする。

# 生 物

1 次の文章を読み、問 1～問 12 に答えよ。

真核細胞における膜タンパク質の合成は、転写された mRNA が核膜孔を通り細胞質に移動し、リボソームと結合することで開始される。リボソームが付着した  小胞体では合成されたタンパク質が内部に取り込まれ、小胞を介して  に輸送され糖鎖などの修飾を受け細胞膜などに運ばれる。細胞膜は主にリン脂質の二重層に膜タンパク質が埋め込まれた構成をしており、さまざまな種類の膜タンパク質が細胞膜の機能を担っている。それぞれの膜タンパク質は特定の働きをするために特異的な立体構造を形成する。

膜タンパク質は神経伝達や感覚の受容においても大切な役割をもつ。ヒトの神経系には、脳と  を中心とする中枢神経系と、それ以外の末梢神経系がある。後者は自分の意思で支配できる  と自分の意思では支配できない  に分けられる。それら神経の興奮は膜タンパク質である  チャネルによる活動電位の発生によって生じる。この興奮が神経終末まで伝わると  チャネルが開き、神経終末内の  イオン濃度が上昇する。これはシナプス小胞の外側に向かう小胞輸送を誘発し、シナプス間隙に神経伝達物質が放出される。神経伝達物質は標的細胞の細胞膜上にある受容体に結合し情報を伝える。放出された神経伝達物質は、分解されたり、シナプス前細胞に回収されたりして速やかに取り除かれる。例えば、運動神経終末から放出されたアセチルコリンは骨格筋にあるアセチルコリン(ニコチン)受容体に結合し筋収縮を引き起こす。シナプス間隙のアセチルコリンはコリンエステラーゼという酵素でコリンと酢酸に分解される。分解されたコリンはコリントランスポーターによって神経終末に取り込まれて再利用される。

一方、感覚の受容のうち、液体中の化学物質による刺激は味覚器によって感知される。舌には化学物質を感知できる受容体を持つ細胞があり、支持細胞、基底細胞などが集まって特徴的な構造をつくっている。ヒトの味覚は、古くから苦味・

甘味・塩味・酸味の4つの組合せと言われてきたが、日本人研究者によって5つ<sup>⑧</sup>めの味覚が追加された。この5つめの味覚を認識する受容体ファミリーは脳内にも存在し、記憶・学習にも関わることからアルツハイマー病の治療薬開発のため、近年盛んに研究がなされている。

問 1 セントラルドグマにおける下線部①の現象は何か、その名称を記せ。

問 2 文章中の  ~  にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 3 下線部②について、リン脂質は両親媒性である。両親媒性とはどのような意味か、50字以内で答えよ。

問 4 下線部③について、もし誤った立体構造が形成された場合に、生体はどのようなタンパク質を使ってどのような対応をするか、60字以内で説明せよ。

問 5 下線部③に関連して、以下の文章を読み、問に答えよ。

タンパク質の構造を調べるために、ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)ゲル電気泳動という方法がよく用いられる。SDSは強い負電荷をもち、タンパク質に負電荷を与える。そのため、SDSゲル電気泳動では、タンパク質はプラス電極へ移動する。したがって、タンパク質本来の電荷に影響されず、分子量で分離することができる。

次のような実験を行った。野生型タンパク質 A と変異型タンパク質 A' の構造を調べるために SDS ゲル電気泳動を行った。左端には既に分子量が明らかなマーカータンパク質と一緒に泳動した。マーカータンパク質の分子量は上から 120,000, 60,000, 40,000, 30,000, 20,000 であった。タンパク質 A は非還元状態で分子量 30,000 の位置にバンドが見られたが、変異型タンパク質 A' は非還元状態では分子量 60,000 であった。還元剤メルカプトエタノールを加えて泳動したところ、野生型タンパク質 A は分子量 30,000 であったが、変異型タンパク質 A' は還元状態では分子量 30,000 の位置にバンドが見られた(図 1)。その後の研究によって、変異型タンパク質 A' では 1 か所のグリシンが、別のアミノ酸に置換していたことがわかった(図 2)。

置換したアミノ酸は何か答えよ。また、なぜこのような電気泳動での移動度の差が見られたのか、その理由を 50 字以内で説明せよ。

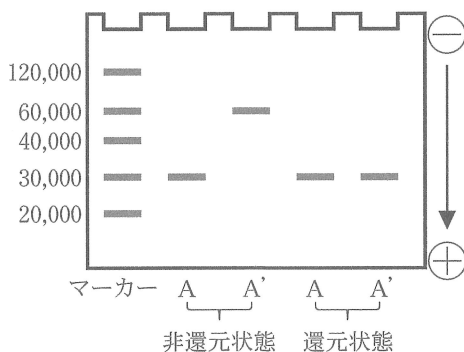


図 1 SDS ゲル電気泳動結果の模式図

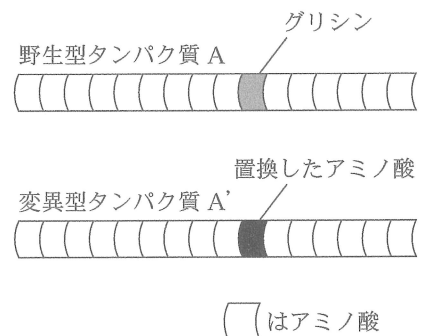


図 2 ポリペプチドの構造模式図

問 6 下線部④の名称を記せ。

問 7 下線部⑤について、筋収縮が強くなったり(増強)、弱くなったり(抑制)する原因や方法について、最も適切と思われる組み合わせを、以下の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

記号	増強	抑制
(ア)	ニコチン受容体遮断薬の投与	ニコチン受容体刺激薬投与
(イ)	コリンエステラーゼ阻害薬投与	ニコチン受容体遮断薬の投与
(ウ)	ニコチン受容体遮断薬の投与	コリン再取り込み阻害薬投与
(エ)	ニコチン受容体刺激薬投与	コリンエステラーゼ阻害薬投与
(オ)	コリン再取り込み阻害薬投与	ニコチン受容体に対する自己抗体産生

問 8 下線部⑥について、この細胞の名称を記せ。

問 9 下線部⑦について、この構造の名称を記せ。

問10 下線部⑧について、5つめの味覚とは何か答えよ。

問11 5つめの味覚を生じる化学物質は何か答えよ。

問12 人が5種類の味覚を区別できる理由を35字以内で記せ。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物の生殖機構には有性生殖と無性生殖があり、有性生殖と無性生殖の両方を行う例が多い。植物では被子植物は花で有性生殖を行うが、ある種においては葉・根・茎などにおいて栄養生殖と呼ばれる無性生殖を行う例が知られている。これらの植物の特性を活かして、挿し木などの無性生殖による品種の維持と人工<sup>①</sup>的な交雑などによる有性生殖を利用した品種改良が行われている。

生物は多くの場合、有性生殖では配偶子形成の際に減数分裂を行う。体細胞の<sup>②</sup>DNA合成準備期(G1期)の細胞あたりの相対的DNA量を2であるとする、生殖細胞の減数分裂の第一分裂中期と減数分裂の第二分裂中期の細胞のDNA量は各々、 と  になる。また、減数分裂時には相同染色体間で乗<sup>③</sup>換えにより、染色体上の遺伝情報の一部が交換される。ある動物の配偶子である卵や精子が11本の染色体を持っている場合、染色体数のみに着目すると、この動物の1個体の親から形成される配偶子中の染色体の組み合わせは、 通り存在すると考えられる。したがって、これらの卵と精子が接合して生じた子の細胞において、両親から受け継がれる染色体の組み合わせは  通り存在すると考えられる。

問 1 文章中の 1 と 2 に適切な数値を記入せよ。

3 と 4 には適切な数値を以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 11            (イ) 22            (ウ) 44            (エ) 88            (オ)  $11^2$   
(カ)  $11^4$         (キ)  $11^8$         (ク)  $11^{11}$         (ケ)  $2^{11}$         (コ)  $2^{22}$

問 2 下線部①について、美しい花が咲く品種を得たとする。その美しい花が咲く形質が 2 つの遺伝子により決定され、1 つの遺伝子は優性(顕性ともいう)形質が  $A$ 、劣性(潜性ともいう)形質が  $a$  で表され、もう 1 つの遺伝子は優性形質が  $B$ 、劣性形質が  $b$  で表されるとする。純系  $AABB$  の親と純系  $aabb$  の親を交配して作出された  $F_1$  が美しい花が咲く形質を示した時、その  $F_1$  同士の受粉による種子の中で美しい花が咲く形質を示すものの割合を以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。ただし、この 2 つの遺伝子は異なる染色体上に存在するものとする。

- (ア) 6.25 %        (イ) 18.75 %        (ウ) 25 %        (エ) 37.5 %  
(オ) 43.75 %        (カ) 50 %        (キ) 56.25 %        (ク) 62.5 %  
(ケ) 75 %        (コ) 100 %

問 3 下線部②について、多くの有性生殖の配偶子形成に減数分裂が必要である理由を 55 字以内で説明せよ。

問 4 下線部③の現象が起こることによって、生物にはどのような利点があると考えられるか、85 字以内で説明せよ。



問 5 キイロショウジョウバエには表 1 に示すように、眼を[赤眼]にする遺伝子  $W$  と、その対立遺伝子であり眼を[白眼]にする遺伝子  $w$  がある。さらに、体色を[正常体色]にする遺伝子  $B$  と、その対立遺伝子であり体色を[黒体色]にする遺伝子  $b$  がある。 $W$  と  $B$  はそれぞれ  $w$  と  $b$  に対して優性(顕性ともいう)であり、 $W$ ,  $w$  は X 染色体上に、 $B$ ,  $b$  は常染色体上に存在する。形質の違いが交配には影響を及ぼさず、雌雄は 1:1 で生じるものとして、以下の問に答えよ。

表 1 キイロショウジョウバエの遺伝子と形質の関係

	優性(顕性)	劣勢(潜性)	存在する染色体
眼色に関する 対立遺伝子	$W$ [赤眼]	$w$ [白眼]	X 染色体
体色に関する 対立遺伝子	$B$ [正常体色]	$b$ [黒体色]	常染色体

(1) 純系の[赤眼・正常体色]の雌と[白眼・黒体色]の雄を交配して  $F_1$  を得た。さらに  $F_1$  同士を交配して  $F_2$  を得た。 $F_2$  の中で、雌の[赤眼・黒体色] : 雄の[赤眼・黒体色]の比として最も適切なものを以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 1:2      (イ) 1:3      (ウ) 1:4      (エ) 2:1      (オ) 2:3  
 (カ) 3:1      (キ) 3:2      (ク) 3:4      (ケ) 4:1      (コ) 4:3

(2) [赤眼・正常体色]の雌と[白眼・正常体色]の雄を交配したところ、生じた次世代は雌雄とも[赤眼・正常体色] : [白眼・正常体色] : [赤眼・黒体色] : [白眼・黒体色] = 3:3:1:1 となった。交配に用いた[赤眼・正常体色]の雌と、[白眼・正常体色]の雄の遺伝子型として最も適切なものを以下の(ア)~(ク)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (ア)  $WWBB$       (イ)  $WwBB$       (ウ)  $WWBb$       (エ)  $WwBb$   
 (オ)  $wBb$       (カ)  $wBB$       (キ)  $wwB$       (ク)  $wB$

(3) キイロショウジョウバエの[黒体色]の遺伝子  $b$ ，紫眼の遺伝子  $pr$ ，痕跡ばねの遺伝子  $vg$  は図1のように同一の染色体に存在する。1,000個の配偶子を調べたところ， $b$ と $vg$ の組換えが起こった配偶子は185個， $b$ と $pr$ の組換えが起こった配偶子は60個であったとする。この場合， $pr$ と $vg$ との組換えが起こった配偶子の出現予想数として最も適切なものを以下の(ア)~(コ)から選び，記号で答えよ。

- |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| (ア) 1   | (イ) 3   | (ウ) 5   | (エ) 65  | (オ) 125 |
| (カ) 245 | (キ) 250 | (ク) 305 | (ケ) 360 | (コ) 365 |

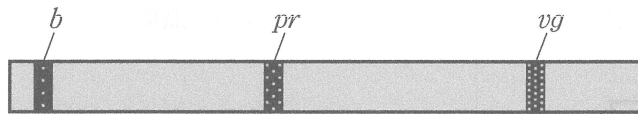


図1 染色体上における遺伝子  $b$ ， $pr$  および  $vg$  の位置関係

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ヒトの細胞のほとんどは、体外の環境に直接は接しておらず、体液に浸されている。ヒトにおいては、体外の環境が変化しても体内環境が一定に保たれる性質<sup>①</sup>があり、体液は体外の環境が変化してもほぼ一定に保たれている。体液は、血液、組織液、リンパ液に分けられ、細胞の正常な活動を維持するうえで最適な状態に保たれている。

血液の重さの約55%は液体成分の [ 1 ] であり、残りの約45%は [ 2 ] , [ 3 ] , [ 4 ] の有形成分が占める。

[ 1 ] は、絶えず血管の中を循環しており、アルブミン、免疫グロブリン、血液凝固に関わるタンパク質などのほかに無機塩類、グルコースなどが含まれる。

[ 2 ] は、生体防御を担う重要な役割を持つ免疫細胞であり、体内に侵入した病原体を食作用によって細胞内に取り込んで処理するマクロファージなどの食細胞や、T細胞、B細胞などのリンパ球が含まれる。

[ 3 ] は、核を持たない小さな細胞で、傷口に集合して血液凝固を引き起こし、出血による体内からの失血を防ぐ。その反応では、血液凝固因子のはたらきにより、血液中で水に溶けにくい繊維状のタンパク質が形成され、血球と絡み合っ  
て [ 5 ] を形成し、傷口をふさぐ。これらの細胞は骨髄にある [ 6 ] から分化する。

[ 4 ] は、内部のヘモグロビンが酸素と結合し、体内の各組織に酸素を運ぶ<sup>②</sup>。哺乳類の [ 4 ] は核やミトコンドリアを [ A ] 扁平な形の細胞であり、寿命は約 [ B ] である。

問 1 文章中の 1 ～ 6 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 文章中の A および B について、最も適当な語句の組み合わせを以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

記号	A	B
(ア)	持つ	4 日
(イ)	持つ	4 週間
(ウ)	持つ	4 ヶ月
(エ)	持たない	4 日
(オ)	持たない	4 週間
(カ)	持たない	4 ヶ月

問 3 血液の有形成分にはそれぞれ寿命があり、主に体内のある器官あるいは組織にて破壊される。そのある器官あるいは組織とはどこか。最も適当なものを以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

(ア) 肺            (イ) 腎臓            (ウ) 心臓            (エ) ひ臓            (オ) 骨髄

問 4 下線部①について、体内環境は、絶えず変動する体外環境の影響を受けるが、さまざまな変動を敏感に感知して、できるだけ体内環境を一定に保とうとする。この調節のしくみとは何か、その名称を記せ。

問 5 下線部①と関連するが、哺乳類は腎臓の働きによって、体液中のイオン濃度や水分量をほぼ一定に保つとともに、尿素などの老廃物を排出している。

図 1 はヒトの腎臓における尿の生成過程を示している。以下の問に答えよ。

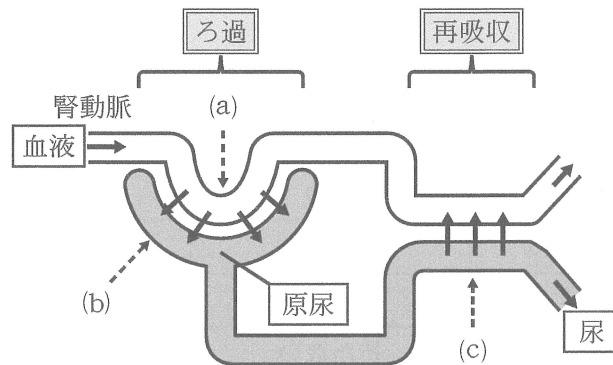


図 1 腎臓における尿の生成過程の模式図

(1) 図 1 の(a)~(c)の構造の名称を以下の(ア)~(オ)から選び、それぞれ記号で答えよ。また、(a)~(c)を合わせて何と呼ぶか、その名称を記せ。

- (ア) 尿管                      (イ) ボーマンのう              (ウ) 腎う  
(エ) 細尿管(腎細管)      (オ) 糸球体

(2) 図 1 (a)に入る腎動脈の血液量が 1,000 mL/分とした場合の 1 日の尿量(mL)を計算せよ。なお、腎動脈の血液量は一日中一定であると仮定し、血液が(a)から(b)へろ過される割合は 10 %、原尿が(c)で再吸収される割合は 99 %とする。求めた尿量(1 日あたり)を思考過程(計算式など)を含めて記せ。

(3) 腎臓の機能は図1(a)から(b)へとろ過される量(mL/分)によって表され、イヌリンと呼ばれる物質の血液中の値および尿中の値を用いることで求めることができる。腎臓での物質の再吸収の割合は、体液量などによって変わるが、なぜイヌリンは腎臓の機能評価に使用できるのか。考えられる理由を30字以内で記せ。

(4) 食事で塩分を多く摂取し、一時的に血液の塩類濃度が高まると、水の再吸収が促進される。逆に、多量の水分摂取により血液の塩類濃度が低下したときは、水の調節の他に、無機塩類の再吸収が促進される。腎臓に作用する塩分・水分の調整に関わるホルモン名を2つ挙げ、これらのホルモンがどのようにして水分および塩分を調整するのかを60字以内で記せ。

問6 下線部②について、図2(ヒトにおける酸素と結合したヘモグロビンの割合と酸素濃度の関係を表す酸素解離曲線)および図3(ヒトにおける一酸化炭素と結合したヘモグロビンの割合と一酸化炭素濃度の関係を表す一酸化炭素解離曲線)を参照して以下の問に答えよ。

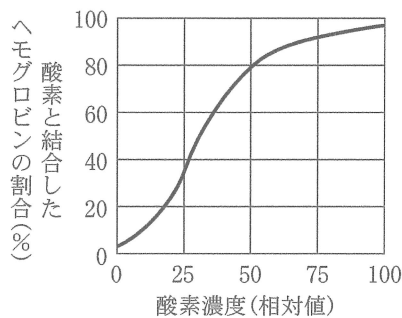


図2 ヒトにおける酸素解離曲線

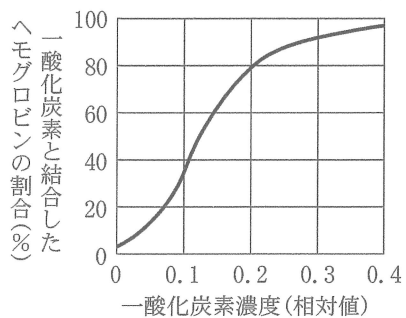


図3 ヒトにおける一酸化炭素解離曲線

- (1) 一酸化炭素と酸素のヘモグロビンとの結合のしやすさの違いについて言及した次の文中で  に当てはまる数字に最も近いものを整数で答えよ。

一酸化炭素は酸素のおよそ  倍の親和性でヘモグロビンと結合する。

- (2) 石油やガスを使った暖房器具の不完全燃焼などが原因で、一酸化炭素中毒により人が亡くなることがあるが、一酸化炭素中毒によってなぜ死にいたるのか。考えられる理由を「一酸化炭素」「酸素」「ヘモグロビン」「組織」の4つの語句を使い、90字以内で記せ。

4 次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

独立栄養生物は、様々なエネルギー源<sup>①</sup>を用いて有機物を合成することから、生態系において生産者とよばれる。また従属栄養生物は、食物網上の位置により、生産者を食べる一次消費者、それを食べる二次消費者などの栄養段階に区分される。各栄養段階を経るごとに物質やエネルギーの量は減少するため、食物連鎖<sup>②</sup>における栄養段階の数はある程度限られる。個体数や生物量、生産速度などについて、生産者からはじめて、より高次の栄養段階へと積み重ねると、ピラミッド型<sup>③</sup>になることが多い。栄養段階が高い種(高次捕食者)は、捕食により優占種を間引き、餌となる生物群集内での競争的排除<sup>④</sup>が生じるのを妨げるため、個体数は少ないものの、生物多様性を保つ働きを担うといわれる。捕食と同様に、台風や洪水<sup>⑤</sup>などといった物理的な外力も、優占種を間引くことから生物多様性を保つ働きがある。一方で、生物多様性を減少させる要因として生息地の減少<sup>⑥</sup>や分断化<sup>⑦</sup>、外来生物による在来生物の捕食などが挙げられる。

近年、生物多様性の減少が環境問題の一つとして注目されている。地球上に存在する生物は、形態、生態、生理などの様々な面で多様である。国際条約である「生物多様性条約」では、3つの階層(視点)<sup>⑧</sup>にそれぞれ多様性があるとしている。その条約の締結を受けて、わが国では生物多様性国家戦略が策定された。現在、次の改訂に向けた検討が進められている「生物多様性国家戦略2012-2020」の中で、生物の絶滅をもたらす4つの危機が挙げられている。そのうち地球温暖化<sup>⑨</sup>がもたらす生物多様性への影響は比較的最近になって問題になり始めたものである。



問 1 下線部①の具体例として、ふさわしいものはどれか。以下の(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) カビ                      (イ) 硫化水素                      (ウ) 光                      (エ) 亜硝酸  
(オ) 生分解性プラスチック                      (カ) 水

問 2 下線部②の減少率は、摂食効率、同化効率および生産効率によって決まる。ある生態系において、一次消費者と二次消費者の生産量がそれぞれ 26.8 と 1.2 (mg 乾燥重量 / (m<sup>2</sup> · 日)) であり、一次消費者の生産効率が 18 %、二次消費者の摂食効率と同化効率はそれぞれ 40 % と 60 % であることが明らかとなっている。この生態系の二次消費者の生産効率を算出せよ。数値は四捨五入して整数で記せ。

問 3 下線部③について、場合によってはピラミッドの形が逆転する可能性があるものを、以下の(ア)～(ウ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 個体数ピラミッド  
(イ) 生物量(現存量)ピラミッド  
(ウ) 生産速度(生産量)ピラミッド

問 4 下線部④は、どのようなことを指すのか、30 字以内で説明せよ。

問 5 一般に、下線部⑤のような現象の強さや頻度がどのような場合に生物群集中の種数が高まると言われているのか。最も適切な語句を以下の(ア)～(ウ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 小規模な場合                      (イ) 中規模な場合                      (ウ) 大規模な場合

問 6 下線部⑥のように、生息地の分断化により、それぞれの局所個体群の孤立が進むと、様々な要因により個体数が少なくなる。個体数が少ないこと自体が新たな要因を誘発し、個体群を「絶滅の渦」に巻き込むことがあるという。その場合、孤立した局所個体群がどのような過程を経て絶滅へ向かうのか、可能性が指摘されている様々な要因の中から、2つの要因を取り上げて、「個体数が減少すると」から始まる文章で130字以内で説明せよ。

問 7 下線部⑦について、わが国での具体例としてふさわしい組み合わせを以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) ウシガエルとブルーギル
- (イ) ホンモロコとゲンゴロウ
- (ウ) オオクチバスとホンモロコ
- (エ) アメリカザリガニとウシガエル
- (オ) オオクチバスとブルーギル

問 8 下線部⑧で述べている生物多様性の3つの階層(視点)とは何か、すべて答えよ。

問 9 下線部⑨で述べられた地球温暖化のように、地球規模での環境問題について述べられた以下の文章中の空欄 [ 1 ] ~ [ 6 ] に適切な語句を記せ。

人類は、化石燃料の燃焼などにより、 [ 1 ] ガスと呼ばれる種々の気体を大気中に増加させ続けている。 [ 1 ] ガスは、地球表面から放射される [ 2 ] を吸収し、再び地球表面に放射する。排出量を特定できるガスの中で、最も多く排出されて温暖化に寄与したのは [ 3 ] である。森林生態系の破壊などとあわせて、地球全体の [ 4 ] 循環のバランスを乱すようになり、地球規模で取り組むべき課題となっている。

人間活動により地球上の野生生物の種は減少し続けており、種の絶滅の回避は緊急の課題となっている。国際自然保護連合では、地球上の全生物を対象に絶滅の恐れを継続的に評価し、絶滅の恐れのある野生生物の種の一覧である [ 5 ] を公表している。最新の評価(2021年時点)によると、全評価種の27%以上が絶滅危惧種であり、両生類で41%と最も高いことが明らかにされている。

多様な生物を育む場として知られる干潟やマングローブのような様々な [ 6 ] は、水質を浄化する等の重要な役割を果たしている。そのため、それらの保全やワイズユースなどを柱としたラムサール条約が1971年に制定され、日本では50か所以上が重要な [ 6 ] として登録されている。

この問題については、著作権処理の  
関係上、掲載を省略しています。

2 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

現在、確認されている日本最古の岩石は2019年2月に報告された島根県津和野町の舞鶴帯から見つかった花崗片麻岩である。花崗片麻岩とは花崗岩が主に高温低圧型の **ア** 作用を受けることによって形成される片麻岩の一種で、この日本最古の岩石はジルコンを用いた **A** 年代測定法により、約25億年前に形成された花崗岩が18.3億年前に **ア** 作用を受けて形成したことが明らかにされている。

この日本最古の岩石が形成されたのは **イ** 代に相当し、この時代の初期、地球では **ウ** の誕生による酸素の爆発的な増大とともに縞状鉄鉱層の形成<sup>①</sup>や、**エ** 生物から **オ** 生物への進化が起きたとされる。また **イ** 代の初期と後期には、地球のほぼ全体が氷に覆われる **カ** と呼ばれる出来事が起こり、約6億年前の最後の **カ** の終焉<sup>えん</sup>により地表が温暖化すると、多細胞生物が急激に進化し大型無脊椎生物が出現したとされる。これらの生物は最初に化石として発見されたオーストラリアの丘陵にちなんで **キ** 生物群と呼ばれる。

現在の日本列島はアジア大陸と日本海によって隔たれた島弧であるが、この日本海は **ク** 紀にアジア大陸のプレートの東縁が裂かれることによって形成されたものである。すなわち日本海の形成以前の日本列島はアジア大陸の一部であり、日本列島はこうした大陸の一部であった時代の岩石や鉱物も多く産する。また **イ** 代までさかのぼる岩石の発見はアジア大陸東縁の地殻進化や、地球上に大陸地殻が出現して以来の地球史をひもとく鍵となる。

問1 文章中の **ア** ～ **ク** に入る適切な語を答えよ。

問 2 文章中の A に入る最も適切な語を、次の a～d のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- a K-Ar (カリウム-アルゴン)
- b Rb-Sr (ルビジウム-ストロンチウム)
- c U-Pb (ウラン-鉛)
- d  $^{14}\text{C}$  (放射性炭素)

問 3 文章中の下線部①に関して、縞状鉄鉱層の形成過程について 100 字以内で説明せよ。

**3** 次の文章を読み下の各問に答えよ。

図1は、太陽系にある8個の惑星と、月、および太陽について、それぞれの天体の質量と平均密度を示している。ここで、平均密度とは質量を体積で割ったものである。図に示されたA～Jの黒丸が、それぞれ、太陽系にある8個の惑星、月、太陽のいずれか一つに対応する。なお、質量は地球の値を1としたときの相対値で表されている。

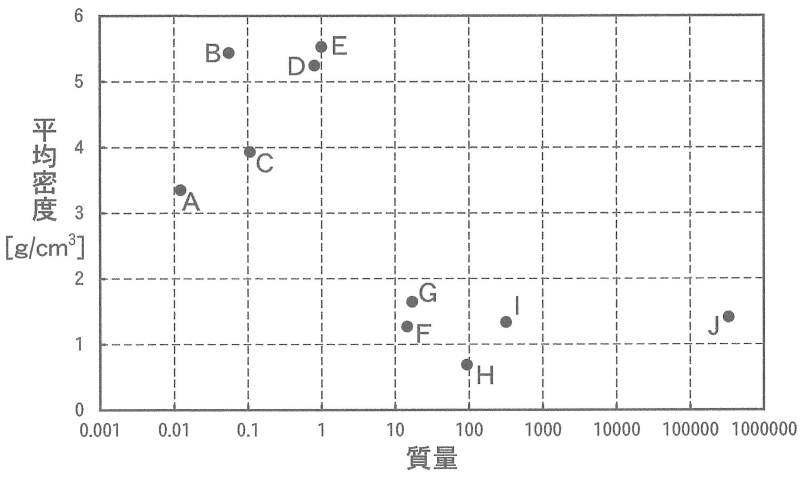


図1 太陽系にある8個の惑星と、月、および太陽の質量と平均密度  
質量は地球の値を1としたときの相対値で表されている。

問1 生命の存在が確認されている天体に対応するものを、図のA～Jのうちから一つ選べ。

問2 地球の周りを約27.3日の周期で公転している天体に対応するものを、図のA～Jのうちから一つ選べ。

問3 中心部で水素がヘリウムに変わる核融合が起きている天体に対応するものを、図のA～Jのうちから一つ選べ。

問 4 厚い氷の層が中心核を取り囲み巨大氷惑星と呼ばれている天体に対応するものを，図の A～J のうちから二つ選べ。

問 5 大気の主成分が二酸化炭素である天体に対応するものを，図の A～J のうちから二つ選べ。

問 6 太陽系の形成について述べた文として最も適切なものを，次の a～d のうちから一つ選べ。

- a 水素を主成分とする星間物質が収縮し，原始太陽とそのまわりを回る円盤が形成された。
- b 地球がつくられた領域では，岩石や鉄に加えて氷を多く含む微惑星が多数形成された。
- c 太陽から遠い領域では，太陽に近い領域よりも質量の小さい原始惑星が形成された。
- d 原始の地球に直径 10 km 程度の微惑星が衝突し，そのときに飛び散った物質が集まって月が形成された。

問 7 太陽系外で惑星が発見され，その半径が地球の 2 倍，質量が地球の 8 倍であった。このとき，その惑星の平均密度は地球の何倍になるかを求めよ。ただし，その惑星と地球の形状は球で近似できるものとする。最後に得られる結果のみでなく，計算の過程も説明すること。



4 次の文章は、放課後の地学クラブで生徒の A さんと顧問の W 先生の会話の様子である。この文章を読んで、下の各問に答えよ。

A さん「地球は他の地球型惑星といろいろな点で違うけど、なんと言っても、地球には海があることが一番の特徴ですね。でも、陸地の面積より海のア積の方が広いのに、どうして水球と言わないのかなあ。」

W 先生「そのわけはよく知らないけど、合点がいくよ。地球全体からすると海は膜のような薄さだし、体積で見ても固体地球と比べたら本当に微々たるものだからね。」

A さん「ということは、地球の組成を元素で見たら、H や O はごく微量なんです。」

W 先生「半分正解、半分不正解だね。図 1 に示す通り、地球を構成する元素を重量比で並べると、一番多いのは **ア** で、次いで O、**イ**、Mg の順なんだよ。この 4 種類の元素で地球全体の約 90% を占めているんだ。核は **ア** が圧倒的に多く、O と **イ** と Mg は地殻やマントル、つまり岩石中にたくさん含まれているよ。」

A さん「ところで、今日の地学の授業で『リソスフェア』と『アセノスフェア』という言葉が出てきましたけど、地殻、マントルと混同しちゃいそうで、今もすっきりしていません。」

W 先生「ハハハ、それは困ったね。リソスフェアとアセノスフェアは **ウ** の違いを視点にした分け方で、地殻とマントルは岩石の種類など化学的性質で分けた場合の境界だと説明していたら、もっとわかりやすかったかな。これら二つの境界は一致していないんだ。リソスフェアとアセノスフェアの境界は **エ** の内部にあるよ。」

A さん「よくわかりました。でも、もう一つすっきりしないことがあります。プレートとリソスフェアの違いがよくわかりません。」

W 先生「うん、実体としては、両者はほとんど同じものを指しているよ。プ

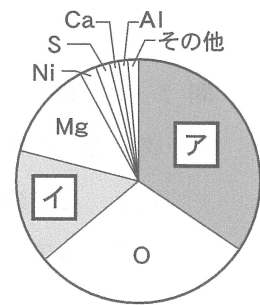


図 1 地球の組成 (元素の重量比)

プレートはリソスフェアを地域区分したものだと思えばいいね。だから、例えば『太平洋プレート』のように、プレートには固有名詞があるけど、リソスフェアは地球に一つしかないんだ。」

Aさん「太平洋プレートって、私たちには身近な存在ですけど、それを生成しているのは南太平洋の海底にある中央海嶺なんですよ。」

そこで造られたプレートがはるばる日本列島の近くまでやってくるなんて、なんだかロマンチックです。もしかして、太平洋プレート上に位置しているハワイ諸島も日本列島に近づいているんですか。」

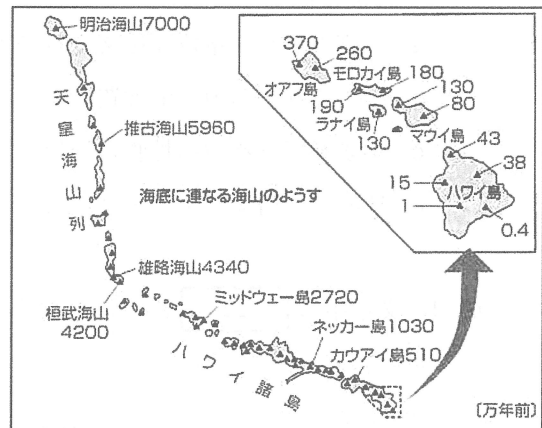


図2 天皇家海山列とハワイ諸島の年代

W先生「たぶんそうだろうね。でも、私がハワイと聞いてロマンチックに思えるのは、それがプレートよりも深いところにあったマグマが上昇してできた火山島であることだよ。そのことは図2からもうかがえるね。ハワイの下には **オ** があり、そしてそれは **カ** の<sup>あらわ</sup> 顕れでもあるよ。」

Aさん「それを聞いて、地学とハワイがますます好きになりました。私、長生きして、ハワイが日本列島に最接近するのを待ちます！」

W先生「ハハハ、何千万年か先の未来のことだけどね。」

問1 下線部①に関して、固体地球の平均半径と比べたとき、海洋の平均水深はどれくらいだろうか。最も適切と思われるものを次から一つ選び、a～dの記号で答えよ。

- a 16分の1      b 160分の1      c 1600分の1      d 16000分の1

問 2 文章中の **ア** と **イ** のそれぞれに入る適切な元素記号を答えよ。

問 3 文章中の **ウ** に入る最も適切な言葉を次から一つ選び、a～dの記号で答えよ。

- a 密度もしくは単位体積あたりの重量
- b かたさなどの力学的性質
- c 含まれている放射性物質の量
- d P波の伝播速度

問 4 文章中の **エ** に入る最も適切な言葉を次から一つ選び、a～dの記号で答えよ。

- a 上部地殻
- b 下部地殻
- c 上部マントル
- d 下部マントル

問 5 下線部②で述べている中央海嶺の説明として、適切でないものを次から二つ選び、a～fの記号で答えよ。

- a サンアンドレアス断層は東太平洋海嶺の北側延長であり、両者は同じ性質を持ったプレート境界でもある。
- b 中央海嶺から遠ざかるにつれて、海底は水深を増していく傾向があるが、このメカニズムにはアイソスタシーが関わっている。
- c 中央海嶺から遠ざかるほど、プレートの年齢は古くなっている。
- d 中央海嶺では、安山岩質の流動性の低いマグマが大量に噴出することによって枕状溶岩が生成される。
- e 中央海嶺と言いながらも、その軸部付近は地形的に低くなっている。
- f 中央海嶺は、地球上で最も火山活動の活発な場所である。

問 6 文章中の **オ** と **カ** にそれぞれ入る言葉の組み合わせとして、最も適切なものを次表から一つ選び、a～fの記号で答えよ。

	オ	カ
a	スラブ	コールドプルーム
b	スラブ	和達ーベニオフ帯
c	スラブ	過去のプレートの残骸
d	ホットスポット	アイソスタシー
e	ホットスポット	シャドーゾーン
f	ホットスポット	ホットプルーム

問 7 下線部③に関して、ハワイ（諸島）がプレートよりも深いところにあったマグマが上昇してできた火山島であると考えられることを、図2を参考にして180字以内で説明せよ。

# 問題訂正

## 化学

訂正箇所	16 ページ <input type="text" value="1"/> 問題文 6 行目
誤	・・・原子間の分子結合・・・
正	・・・原子間の結合・・・