

2024年度

## 理科問題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～13ページ	解答用紙4枚
化学：14～27ページ	解答用紙5枚
生物：28～47ページ	解答用紙4枚
地学：48～52ページ	解答用紙3枚

## 注意事項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 **現代システム科学域の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 **理学部の受験者は**、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
  - (1) **数学科・生物学科・地球学科・生物化学科**を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
  - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 **工学部の受験者は**、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 **農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 **生活科学部食栄養学科の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。



(余 白)

# 物 理

## 第 1 問 (35点)

図1のように、水平な床と角度  $30^\circ$  をなす十分に長いなめらかな斜面がある。斜面の最下点の位置  $O$  に自然長  $l$  のばねの左端を固定し、ばねの右端に質量  $m$  の小さな物体  $A$  を取り付けたところ、ばねは自然長から  $d$  だけ縮んだ位置でつり合って静止した。このつり合いの位置から斜面に沿って距離  $s$  の位置に質量  $m$  の小さな物体  $B$  を置き、物体  $B$  を静かにはなしたところ、物体  $B$  は斜面に沿って落下し、物体  $A$  と衝突した。なお、物体  $A$  と物体  $B$  は完全非弾性衝突をするとし、衝突後は斜面に沿って運動するものとする。斜面に沿って  $x$  軸をとり、 $x$  軸の原点を斜面の最下点の位置  $O$ 、斜面の右上方向を正とする。重力加速度の大きさを  $g$ 、円周率を  $\pi$  とし、物体  $A$  および物体  $B$  の大きさ、空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。ただし、問3以外は導出過程も含めて答えよ。

問1 ばね定数を求めよ。

距離  $s$  がある値より小さいとき、図2に示すように、物体  $A$  と物体  $B$  は衝突後に離れることなく一体となり、斜面に沿って単振動をした。ここで、一体となった2つの物体を1つの物体として考える。

問2 物体  $B$  が物体  $A$  と衝突した直後における、一体となった物体の速さを求めよ。

問3 一体となった物体の位置を  $x$ 、斜面に沿った加速度を  $a$  として、この一体となった物体の斜面に沿った運動方程式を書け。

問4 一体となった物体の単振動の中心の位置および周期を求めよ。

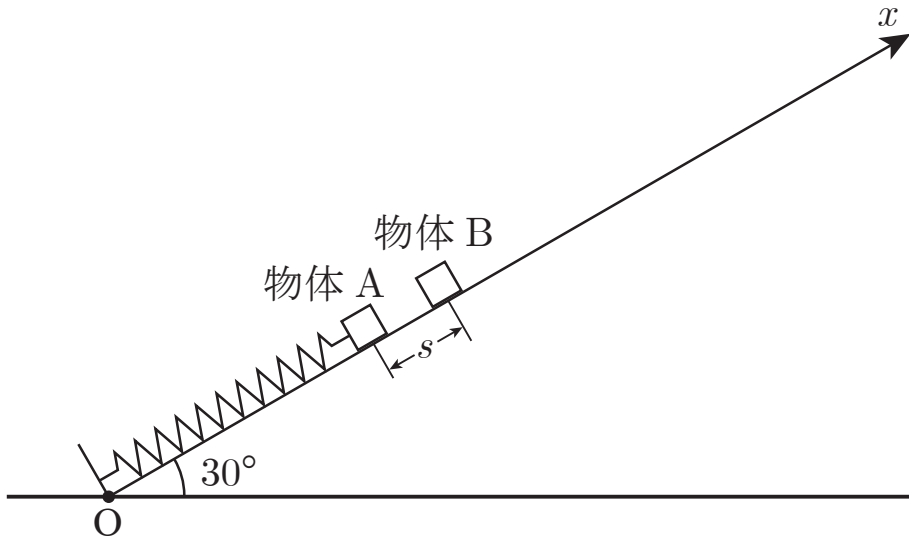


図 1

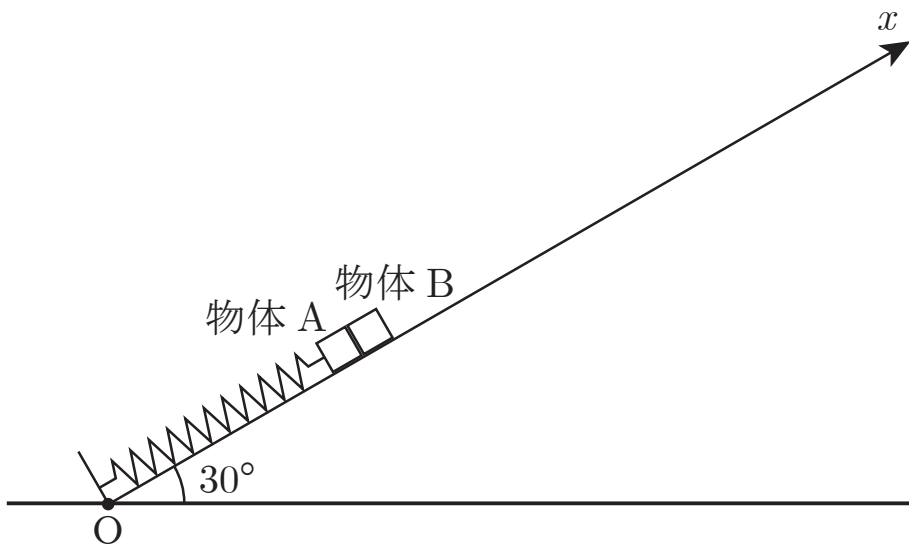


図 2

(つづく)

距離  $s$  がある値より大きいとき、物体 B は物体 A と衝突し、一体となって斜面に沿って運動した後、物体 B は物体 A から離れる。以下では、物体 A と物体 B が一体となって運動し、離れるまでの間の運動を考える。

問 5 一体となった物体の位置を  $x$ 、斜面に沿った加速度を  $a$  として、物体 A と物体 B の斜面に沿った運動方程式を、それぞれ書け。ただし、物体 A が物体 B におよぼす力を  $F$  とする。

問 6 問 5 の  $F$  を  $m, l, d, s, x, g, \pi$  のうち必要なものを用いて表せ。

問 7 物体 B が物体 A から離れる瞬間における物体 B の位置および速さを求めよ。

問 8 物体 B が物体 A から離れるための  $s$  の条件を、不等式を用いて表せ。

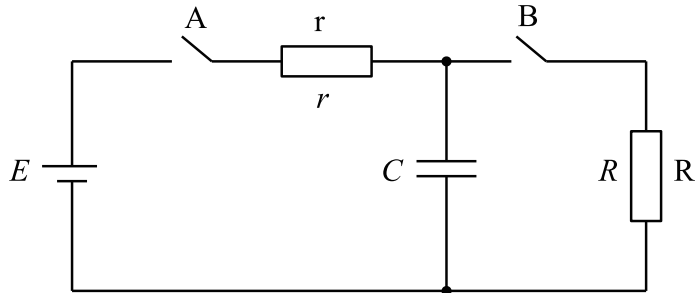
(余 白)

# 物 理

## 第 2 問 (35点)

抵抗とコンデンサーを含む回路に流れる電流について考える。

起電力  $E$  の直流の電源と電気容量  $C$  のコンデンサー，抵抗値  $R$  の抵抗  $R$  と抵抗値  $r$  の抵抗  $r$ ，およびスイッチ 2 個を用いて図のような回路を構成する．導線の抵抗は無いものとして以下の問いに答えよ．ただし，問 3 以降は導出過程も含めて答えよ．



図

最初，スイッチ A，スイッチ B は開いており，コンデンサーには電荷が蓄えられていない状態であった．この状態からスイッチ A を閉じ，コンデンサーが充電される過程を考える．

問 1 コンデンサーの充電について説明した以下の文を，空欄を埋めて完成させよ．ただし，空欄 ，空欄  には次のページの①～④ から，空欄  には次のページの①，② から，それぞれ適切なものを選び，空欄  ～  には適切な式，記号または数値を答えよ．

スイッチ A を閉じる前，コンデンサーには電荷が蓄えられていないため，極板間の電位差は  である．スイッチ A を閉じると，抵抗  $r$  とコンデンサーの直列回路には電位差  $E$  が与えられるが，スイッチ A を閉じた瞬間，コンデンサーの極板間の電位差は  であるため，この瞬間に抵抗  $r$  を流れる電流の大きさは  である．電流が流れてコンデンサーの極板に電荷が蓄えられ始めると，蓄えられた電気量に比例してコンデンサーの極板間の電位差は大きくなるため，抵抗  $r$  の両端間の電位差は  なる．それにともな



い、オームの法則により、抵抗  $r$  を流れる電流の大きさは  なる。十分に時間がたつと、コンデンサーの極板間の電位差は  となる。

電流の大きさは、導体の断面を単位時間あたりに通過する電気量の大きさであるので、抵抗の値が  場合には、単位時間あたりに抵抗を通過する電気量が大きくなり、コンデンサーの充電が完了するまでの時間は  なる。

空欄 ア	① 0 に	② 小さく	③ 大きく	④ 無限大に
空欄 イ	① 小さい	② 大きい		
空欄 ウ	① 0 に	② 短く	③ 等しく	④ 長く

問 2 スイッチ A を閉じてから十分に時間がたったあとにコンデンサーに蓄えられた電気量  $Q_0$  を示せ。

続いて、コンデンサーが放電する過程を考える。スイッチ A を開けてから、時刻  $t = 0$  でスイッチ B を閉じた。

問 3 スイッチ B を閉じた瞬間に抵抗  $R$  と抵抗  $r$  を流れる電流の大きさを、それぞれ示せ。

その後、電流の大きさは変化する。以下では、電流の大きさが一定とみなせる程度に短い時間を  $\Delta t$  と表す。この  $\Delta t$  の間に抵抗を通過する電気量の大きさを  $\Delta Q$  とすると、電流の大きさ  $I$  は  $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$  と表される。

問 4 時刻  $t = 0$  から時刻  $t = \Delta t$  までの間に抵抗  $R$  を通過する電気量の大きさ  $\Delta Q_0$  を  $E$ ,  $R$ ,  $\Delta t$  を用いて示せ。

スイッチ B を閉じた後、時刻  $t = t_1$  でコンデンサーに蓄えられている電気量  $Q_1$  が  $Q_1 = \frac{2}{3}Q_0$  となった。

問 5 時刻  $t = t_1$  に抵抗  $R$  を流れる電流の大きさを  $E$  と  $R$  を用いて示せ。

(つづく)

問 6 時刻  $t = t_1$  から時刻  $t = t_1 + \Delta t$  までの間に抵抗  $R$  を通過する電気量の大きさ  $\Delta Q_1$  は,  $\Delta Q_0$  の何倍となったかを求めよ. ただし, この  $\Delta t$  は問 4 で用いた  $\Delta t$  と等しいものとする.

問 7 スイッチ B を閉じた後, 時刻  $t = t_2$  では, コンデンサーに蓄えられている電気量が  $Q_2$  となった. また, 時刻  $t = t_2$  から時刻  $t = t_2 + \Delta t$  までの間に抵抗  $R$  を通過する電気量の大きさは  $\Delta Q_2$  であった.  $\frac{\Delta Q_2}{Q_2}$  を,  $R, C, \Delta t$  を用いて示せ.

(余 白)

# 物 理

## 第 3 問 (30点)

気体の圧力と内部エネルギーについて、気体分子の運動の観点から考える。

図1のように、ピストン付きの片側の閉じた容器に、質量  $m$  の単原子分子  $N$  個からなる気体を閉じ込めた。この容器と外部との間における熱の出入りは無視できる。容器の内壁に沿って  $x, y, z$  軸をとり、気体と接するピストンの面を面 A とする。面 A は各辺の長さが  $L$  の正方形で  $y$  軸に垂直であり、ピストンは  $y$  軸に平行な向きになめらかに動かせるとする。最初、ピストンは面 A が  $y = L$  の位置にあるように固定されていた。容器の内壁および面 A と分子の衝突は弾性衝突であるとする。また、分子と分子の間には力ははたらいしていないものとし、重力は無視できるとする。以下の問いに導出過程も含めて答えよ。

まず、1つの分子と面 A の衝突について考える。面 A に衝突する直前の分子の速度の  $y$  成分を  $v_y$  とする。分子同士の衝突は生じないとしてよい。

問 1 この分子と面 A の 1 回の衝突において、面 A が分子から受ける力積の大きさを求めよ。

問 2 この分子が時間  $t$  の間に面 A と衝突する回数を求めよ。

問 3 面 A が時間  $t$  の間に、この分子から受ける平均の力の大きさを求めよ。

次に、 $N$  個の分子全体を考える。 $N$  個の分子について、速さの 2 乗の平均を  $\overline{v^2}$ 、速度の  $x, y, z$  成分の 2 乗の平均をそれぞれ  $\overline{v_x^2}$ ,  $\overline{v_y^2}$ ,  $\overline{v_z^2}$  とする。分子の運動はどの方向にも均等で偏りがないため、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$  と考えることができる。よって、 $\overline{v_y^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}$  としてよい。

問 4 面 A が時間  $t$  の間に、 $N$  個の分子から受ける平均の力  $F$  を求め、その結果を利用して、この気体の圧力  $p$  を求めよ。ただし、どちらも  $N, m, L, \overline{v^2}$  を用いて表すこと。

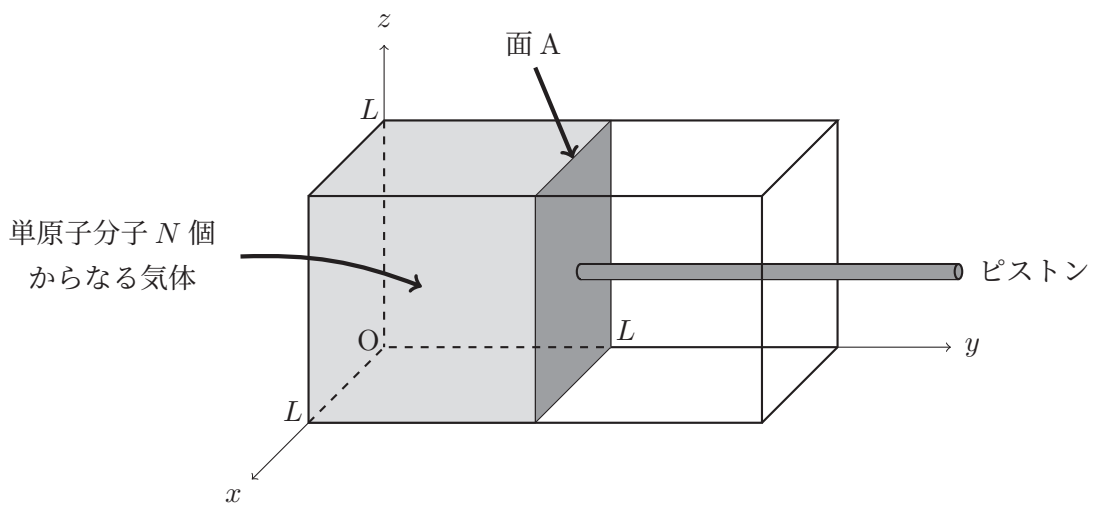


図 1

(つづく)

続いて、ピストンを動かしたときの気体の内部エネルギーの変化について考える。ピストンの固定を外した後、ピストンを一定の速さで  $y$  軸の負の向きにゆっくりと動かし、図 2 のように、面 A が  $y = L - \Delta L$  の位置に到達したときにピストンを再び固定した。ただし  $\Delta L$  は  $L$  に比べて十分に小さいとする。ピストンを動かしていた時間を  $T$  とし、ピストンを動かす前後での気体の内部エネルギーの変化を  $\Delta U$  とする。

まず、1つの分子について、ピストンを動かす前後での運動の変化を考える。ピストンを動かし始めた後、面 A と初めて衝突する直前の分子の速度の  $y$  成分を  $v_y$  とする。

問 5 ピストンを動かし始めた後、面 A と初めて衝突した直後の分子の速度の  $y$  成分を求めよ。

問 6 ピストンを動かし終えた後の、分子の速度の  $y$  成分の大きさを求めよ。ただし  $\Delta L$  が十分に小さいため、ピストンを動かしていた時間  $T$  の間に分子と面 A が衝突する回数は、問 2 の答えで  $t$  を  $T$  としたものに等しいとしてよい。

次に、 $N$  個の分子全体について考える。

問 7  $N$  個の分子の運動エネルギーの総和は、ピストンを動かす前は  $\frac{N}{2}m(\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2})$  であったが、ピストンを動かし終えた後には  $\boxed{\text{ア}}$   $\times \Delta L$  だけ増加した。ただし  $\frac{\Delta L}{L}$  が十分に小さいため、近似式  $\left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right)^2 \doteq 1 + 2\frac{\Delta L}{L}$  が成り立つものとする。  
 $\boxed{\text{ア}}$  に入る適切な式を  $N$ ,  $m$ ,  $L$ ,  $\overline{v^2}$  を用いて表せ。

問 8 ピストンの移動によりこの気体が外部からされた仕事  $W$  を求め、断熱変化における熱力学第 1 法則  $\Delta U = W$  が成り立っていることを示せ。ただし  $\Delta L$  が十分に小さいため、気体の圧力  $p$  は問 4 の答えに等しいとしてよい。

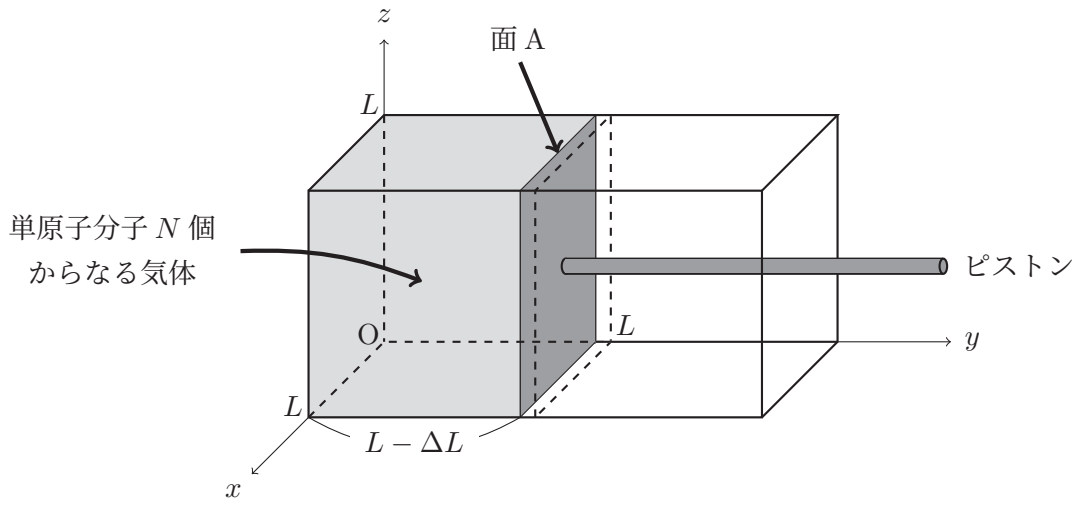


図 2

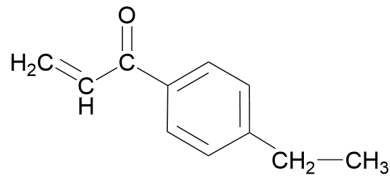
# 化 学

## 第 1 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。必要であれば次の原子量を用いよ。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0

構造式は下の例にならって記せ。



問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

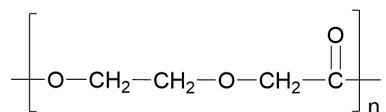
合成高分子化合物は、我々の生活を支える重要な有機化合物である。ポリ酢酸ビニルは、酢酸ビニルの重合によって得られる合成高分子化合物である。原料となる酢酸ビニルは、触媒の存在下で化合物①に酢酸を付加させることで得られる。ただし、酢酸ビニル<sup>[1]</sup>は、水が存在すると徐々に加水分解し、酢酸と化合物②となる。ポリ酢酸ビニルを完全に加水分解すると高分子Xが得られる。高分子Xをホルムアルデヒドと反応させると、Xのヒドロキシ基が部分的にアセタール化された高分子Yとなる。ポリスチレン<sup>[3]</sup>は、スチレンの付加重合によってつくられ、容器や包装材料として用いられている。

(1) 化合物①の名称を答えよ。

(2) 下線部 [1] について、化学反応式を答えよ。化学反応式中の有機化合物は、構造式で記せ。なお化合物②は、フェーリング液に加えて加熱することで赤色沈殿を生じる。



- (3) 下線部 [2] について、重合体を構成する繰り返し単位の数  $n$  として、下の例にならって高分子  $X$  の構造式を答えよ。



- (4) 20 g の高分子  $X$  より  $Y$  を得た。その後、無水酢酸を用いて  $Y$  に含まれるすべてのヒドロキシ基をアセチル化したところ、34 g の高分子  $Z$  を得た。この実験で  $X$  のヒドロキシ基のうち、アセチル化された割合 (%) はいくらか。最も近い値を (あ) ~ (こ) の中から選び記号で答えよ。

- |          |          |         |
|----------|----------|---------|
| (あ) 2.4% | (い) 8.3% | (う) 11% |
| (え) 15%  | (お) 19%  | (か) 24% |
| (き) 31%  | (く) 37%  | (け) 45% |
| (こ) 56%  |          |         |

- (5) ヒドロキシ基のアセチル化 (エステル化) には、酢酸と硫酸を作用させる方法が知られている。例えば、分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  のアルコールと酢酸をフラスコに入れ、そこに少量の濃硫酸を加えて加熱すると、エステルが反応溶液中に生じる。溶液中で起こっている反応を化学反応式で答えよ。化学反応式中の有機化合物は、構造式で記せ。なお、この反応は可逆反応である。また生成したエステルには不斉炭素原子が 1 つ含まれている。

- (6) 下線部 [3] について、付加重合反応の生成物の一つとして図 1 に示すスチレン 4 分子からなる重合体を得られた。この重合体に含まれる鏡像異性体の数は、最大でいくつか答えよ。

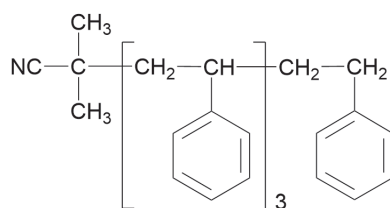


図 1

問2 次の文章を読み、問いに答えよ。

アミド結合をもつ天然高分子としてポリペプチドが知られている。ポリペプチドは生命の機能維持に重要な役割を果たしている。ペプチドPは、図2に示すように8個のアミノ酸がアミド結合でつながったものである。次ページの(i)～(ix)をもとに、ペプチドPを構成する、AA1からAA8にあてはまるアミノ酸を表1から選び、略号で答えよ。

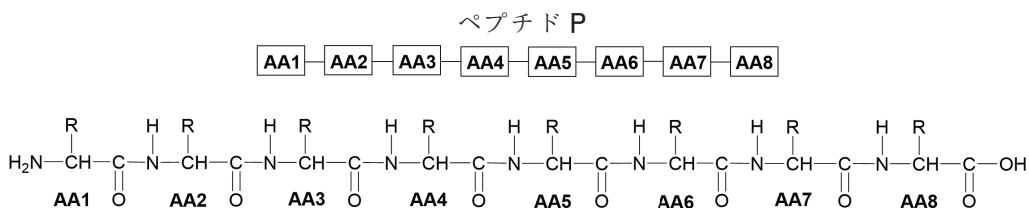
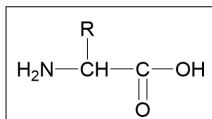


図2

表1

アミノ酸の基本構造式



名称	略号	-R	等電点
グリシン	<b>Gly</b>	-H	5.97
アラニン	<b>Ala</b>	-CH <sub>3</sub>	6.00
ロイシン	<b>Leu</b>	-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>3</sub>	5.98
イソロイシン	<b>Ile</b>	-CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	6.02
セリン	<b>Ser</b>	-CH <sub>2</sub> -OH	5.68
フェニルアラニン	<b>Phe</b>	-CH <sub>2</sub> -	5.48
チロシン	<b>Tyr</b>	-CH <sub>2</sub> -	5.66
メチオニン	<b>Met</b>	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -S-CH <sub>3</sub>	5.74
グルタミン酸	<b>Glu</b>	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -C(=O)-OH	3.22
リシン	<b>Lys</b>	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -NH <sub>2</sub>	9.74

- (i) ペプチド **P** を完全に加水分解すると、7 種類のアミノ酸が得られた。
- (ii) 加水分解で得られた 7 種類のアミノ酸を pH 4 の緩衝液に溶解して電気泳動を行ったところ、移動したアミノ酸が陽極側、陰極側の双方で検出された。
- (iii) ペプチド **P** のカルボキシ基をもつ側の末端アミノ酸には、不斉炭素原子が存在しない。
- (iv) ペプチド **P** のアミノ基をもつ側の末端アミノ酸は、乳酸のヒドロキシ基をアミノ基に置換したものと同じであった。
- (v) 酵素 **I** は、ペプチドに含まれる芳香族アミノ酸のカルボキシ基側のアミド結合 (図 3) を選択的に加水分解する。酵素 **I** を用いてペプチド **P** を加水分解したところ、トリペプチド **B**、ジペプチド **C**、トリペプチド **D** とともに、6 つのアミノ酸からなるペプチド **E** (酵素切断が不完全な生成物) が得られた。また、図 4 に示すようにペプチド **E** のアミノ基をもつ側の末端アミノ酸 (**AAn**) から 3 つ目までのアミノ酸の配列 [**AAn**–**AA(n+1)**–**AA(n+2)**] は、トリペプチド **D** と一致した。
- (vi) **B** ~ **D** のうち、トリペプチド **B** と **D** は、キサントプロテイン反応により呈色した。
- (vii) トリペプチド **D** を完全に加水分解し、三種類のアミノ酸を得た。そのうちのひとつについて元素分析を行ったところ、炭素 59.66%、水素 6.12%、窒素 7.73% となった。トリペプチド **B** には、上記の組成のアミノ酸は含まれていなかった。
- (viii) ジペプチド **C** には、2 つの不斉炭素原子をもつアミノ酸が 1 つ含まれていた。
- (ix) 酵素 **II** は、ペプチドに含まれる塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のアミド結合 (図 3) を選択的に加水分解する。酵素 **II** を用いてペプチド **P** を加水分解したところ、トリペプチド 2 つとジペプチド 1 つが得られた。

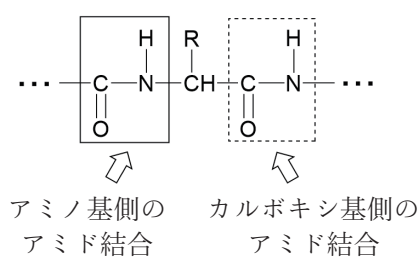


図 3

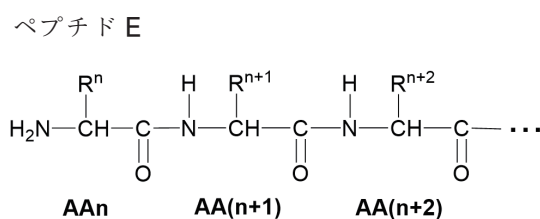


図 4

# 化 学

## 第 2 問 (34点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 2つの電解槽(I)と電解槽(II)を図1のように並列につなぎ、太陽電池を直流電源に用いて10.0 A (アンペア) で1時間電気分解したところ、電極(あ)で13.5 gの金属が析出した。各電解槽に一定の電流が流れたとして、(1)～(6)の問いに答えよ。必要であれば次の原子量を用いよ。H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Na = 23.0, Ag = 108, Fe = 56.0, Pt = 195

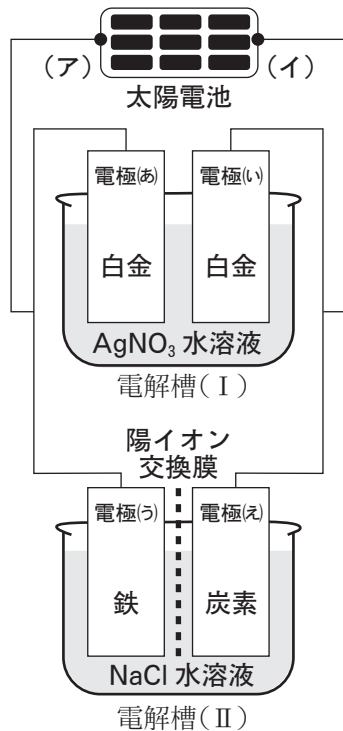


図1

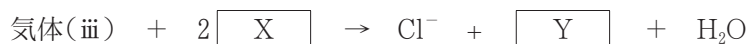
- (1) 用いた太陽電池の正極は (ア), (イ) のどちらか。記号で答えよ。
- (2) 電極(あ)で起こる反応を、電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で答えよ。

(3) 電極(い)と電極(う)では，気体(i)と気体(ii)がそれぞれ発生する．発生する気体の体積は，27.0℃， $1.00 \times 10^5$  Paにおいてそれぞれ何Lか．有効数字三桁で答えよ．ただし気体(i)と気体(ii)は，すべて理想気体とみなし，電解液には溶解しないものとする．必要であれば次の数値を用いよ．ファラデー定数  $9.65 \times 10^4$  C/mol，気体定数  $8.31 \times 10^3$  Pa・L/(mol・K)

(4) 電解槽(II)で水酸化ナトリウムが生成するのは電極(う)側と電極(え)側のどちらか．記号で答えよ．

(5) 次の文章を読み，気体(iii)， と  に該当する化学式を答えよ．

電解槽(II)の陽イオン交換膜を取り外すと，電極(え)で発生する気体(iii)の一部と電極(う)で生成する  が，以下の反応を起こして消費されるため，陽イオン交換膜がある場合と比較して生成する水酸化ナトリウムの量が減少する．この反応を化学反応式で表すと，以下のようになる．



(6) 図2のように白金触媒をつけた多孔質の電極を正極板と負極板に用いた固体高分子型燃料電池を考える．この燃料電池の正極活物質および負極活物質として，気体(i)と気体(ii)を用いたところ，電球が点灯した．正極板および負極板で起こる化学反応を電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で答えよ．

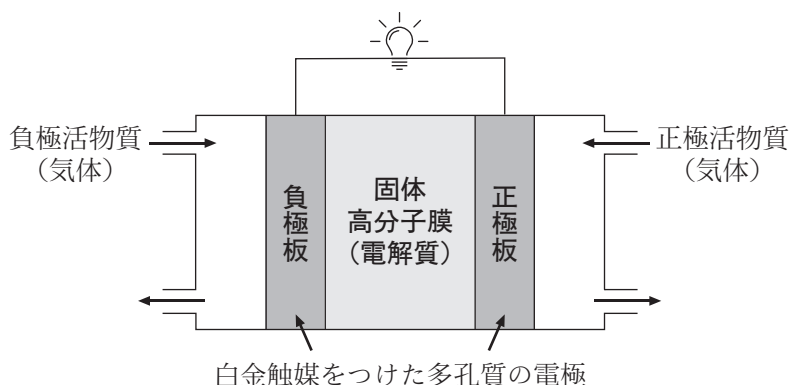


図2

問2 次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 次の文章を読み、(i)～(iv)の問いに答えよ。

水は大気圧下でわずかに電離しており、以下に示す電離平衡状態にある。



この電離反応は吸熱反応である。25℃における水のイオン積 $K_w$ を $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、水の分子量を18、25℃における水の密度を $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。

(i) 水の温度が25℃よりも高い場合、 $K_w$ は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ と比較してどのようになるか。以下の選択肢から適切なものを選び記号で答えよ。

(ア) 大きくなる            (イ) 変化しない            (ウ) 小さくなる

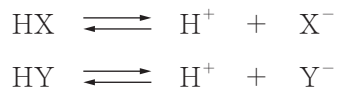
(ii) ある温度における純水のpHは6.5であった。この温度における純水中の水酸化物イオンのモル濃度は、 $1.0 \times 10^n \text{ mol}/\text{L}$ である。10の指数 $n$ を数値で答えよ。

(iii) 25℃における純水の電離度を有効数字二桁で答えよ。

(iv) 25℃における $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}/\text{L}$ 酢酸水溶液中の水の電離度を有効数字二桁で答えよ。ただし、酢酸の電離度は $1.6 \times 10^{-2}$ とし、用いた酢酸水溶液中の水の物質量は、同じ体積の純水の物質量と同じとしてよい。

(2) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。

二種類の弱酸 HX と HY の混合水溶液がある。HX と HY の一部は、水溶液中で以下のように電離している。



HX と HY の電離定数は、それぞれ  $K_X$  および  $K_Y$ 、電離前の HX と HY の濃度は、それぞれ  $c_X$  および  $c_Y$  とする。また、水の電離は無視できるものとする。

(i)  $[\text{X}^-]$  および  $[\text{Y}^-]$  を用いて混合水溶液中における水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を表す数式を答えよ。

(ii)  $K_X$ ,  $[\text{HX}]$ ,  $[\text{H}^+]$  を用いて  $[\text{X}^-]$  を表す数式を答えよ。また、 $K_Y$ ,  $[\text{HY}]$ ,  $[\text{H}^+]$  を用いて  $[\text{Y}^-]$  を表す数式を答えよ。

(iii) 混合水溶液中における HX と HY の電離度を  $\alpha_X$  および  $\alpha_Y$  とする。 $\alpha_X$ ,  $\alpha_Y$ ,  $c_X$ ,  $c_Y$ ,  $K_X$ ,  $K_Y$  を用いて  $[\text{H}^+]$  を表す数式を答えよ。

# 化 学

## 第 3 問 (33点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

原子を構成する電子は、原子核を取り巻く電子殻とよばれる複数の層に分かれて存在している。電子殻は、原子核に近い内側から、K殻、L殻、M殻、N殻、・・・とよばれる。それぞれの電子殻に存在できる電子の最大数は決まっており、内側からn番目の電子殻には最大  個の電子が入る。

一般に、電子は内側の電子殻から順に入っていくが、周期表の第4周期1族の  原子から遷移元素のCu原子にかけては、M殻中の電子数が最大値に達する前にN殻に1あるいは2個の電子が入る。表1に第4周期の遷移元素について、M殻とN殻の電子配置を示した。例えば、Scの場合、M殻に11個の電子が入るよりも、表1に示した電子配置をとる方がエネルギー的に安定である。

表1

元素	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
M殻	9	10	11	13	13	14	15	16	18
N殻	2	2	2	1	2	2	2	2	1

原子中の陽子と電子の数は等しく、電氣的に中性である。しかし、原子が電子を放出したり、受け取ったりして、陽子の数と電子の数が異なるようになると、電荷をもつようになる。このような粒子をイオンという。第4周期の遷移元素が2価以上の陽イオンになるとき、N殻中の電子はすべて放出される。

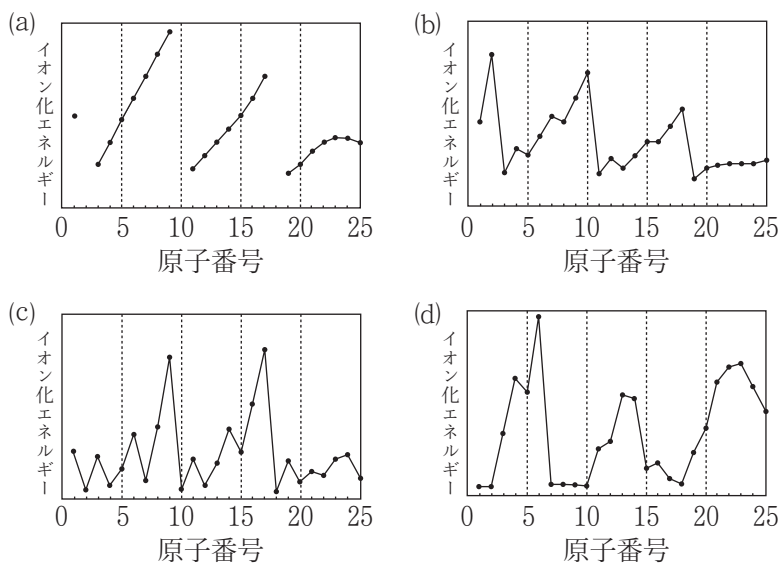
(1) 文章中の  に当てはまる数式をnを用いて答えよ。



- (2) 下表は、イ 原子に関して、元素記号、原子番号、電子配置 (K ~ N 殻に配置される電子の数) をまとめたものである。(イ) にあてはまる元素記号、(ウ) ~ (キ) にあてはまる整数を答えよ。

元素記号	(イ)	原子番号	(ウ)	電子配置	K(エ)	L(オ)	M(カ)	N(キ)
------	-----	------	-----	------	------	------	------	------

- (3) イ は、原子が規則的に配列した結晶を形成する。その結晶格子は、体心立方格子である。原子半径を  $r$  [cm]、結晶の密度を  $d$  [g/cm<sup>3</sup>] としたとき、原子一個あたりの質量 [g] を表す数式を  $d$  および  $r$  を用いて答えよ。ただし、結晶内で最近接する原子は互いに接触しているものとする。
- (4) 原子から電子を1つ取り去って、1価の陽イオンにするために必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。下図(a)~(d)のうち、イオン化エネルギーと原子番号との関係を正しく表したものはどれか。一つ選んで記号で答えよ。



(5) 過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  は、酸性水溶液中で強い酸化作用を示し、マンガンイオンは  $\text{Mn}^{2+}$  に還元される。以下の (i) と (ii) の問いに答えよ。

(i)  $\text{KMnO}_4$  による酸化還元滴定を行う場合、 $\text{KMnO}_4$  の酸化作用を強めるために強酸を用いて溶液を酸性にする。強酸には、硫酸が用いられるが塩酸は使用されない。その理由を 15 字以内で答えよ。

(ii) 下記 (a) ~ (f) の金属イオンのうち、①  $\text{Mn}^{2+}$  の M 殻中の電子数と同じ数の電子を M 殻に有するものはどれか。また、②  $\text{Mn}^{3+}$  の M 殻中の電子数と同じ数の電子を M 殻に有するものはどれか。①、②それぞれについて、当てはまるものを全て選び、(a) ~ (f) の記号で答えよ。

(a)  $\text{Fe}^{2+}$

(b)  $\text{Co}^{2+}$

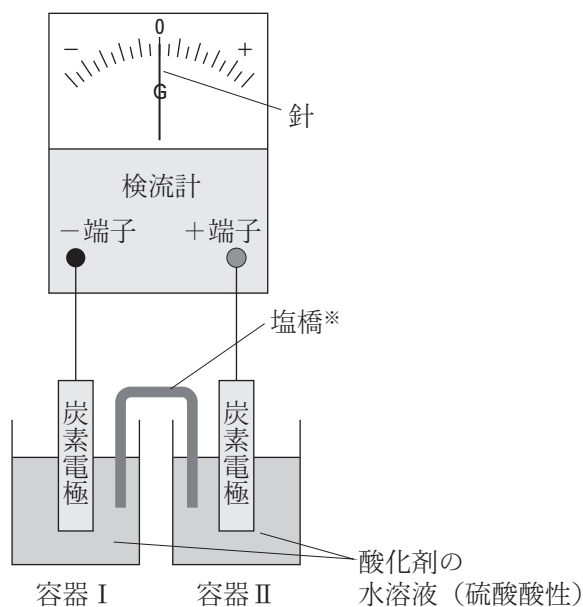
(c)  $\text{Cr}^{3+}$

(d)  $\text{Fe}^{3+}$

(e)  $\text{Ni}^{2+}$

(f)  $\text{Cr}^{2+}$

(6) 三つの化合物  $\text{KMnO}_4$ 、二クロム酸カリウム  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  について、それぞれの硫酸酸性溶液を調製し、図1に示す装置を用いて酸化剤としての強さを比較した。三通りの組み合わせについて実験を行ったところ、表2に示す実験結果が得られた。この結果をもとに  $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  を酸化力が強い順番に並べて答えよ。なお、検流計の中を+端子から-端子側に電流が流れる場合は針が右に振れ、逆方向の場合は左に振れる。



\*塩橋とは、電解質の水溶液を寒天などで固めて入れた管であり、塩橋により両側の電解液が電氣的に接続される。

図1

表2

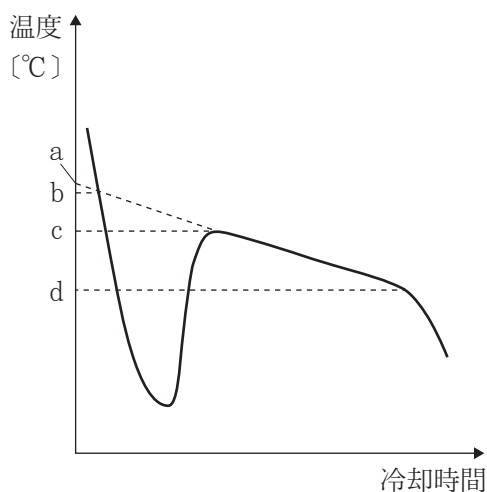
実験	容器 I の水溶液	容器 II の水溶液	検流計の針の向き
1	0.1 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0.1 mol/L $\text{KMnO}_4$	右
2	0.1 mol/L $\text{H}_2\text{O}_2$	0.1 mol/L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	右
3	0.1 mol/L $\text{KMnO}_4$	0.1 mol/L $\text{H}_2\text{O}_2$	左

( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  水溶液は微量の  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{KMnO}_4$  水溶液は微量の  $\text{MnSO}_4$  を含む)

問2 以下の文章を読み、次の(1)～(4)の問いに答えよ。

純水に分子量  $M_w$  の非電解質 A を溶解させて質量モル濃度  $c_0$  [mol/kg] の水溶液(I) を調製し、以下の実験 1, 2 に用いた。

(実験1) 水溶液(I)を大気圧下でゆっくりとかく拌しながら冷却した。この際、下図に示す冷却曲線が得られた。この曲線より、水溶液(I)の凝固点は  $T_1$  [°C] と求められた。



冷却曲線

(実験2) 内容物の温度を均一に調整できる容器を用意し、 $w$  [kg] の水溶液(I)，さらに純水で作った氷を加えてから、溶液温度を  $T_2$  [°C] に調整し、平衡状態になるまでゆっくりとかく拌した。平衡状態において氷は残っており、非電解質 A は、すべて溶解したままであった。続いて溶液を  $T_2$  [°C] から、ゆっくりとかく拌しながら徐々に加熱したところ、 $T_3$  [°C] に達したところで残っていた氷がすべて融解した。この実験では、加えた氷は常に水溶液中に完全に浸った状態を保った。純粋な水の凝固点を  $0.0$  °C とする。

- (1) 水溶液(I)の凝固点  $T_1$  [°C] を, 図中の a ~ d の中から適切なものを選んで答えよ.
- (2) 実験 2 において,  $w$  [kg] の水溶液(I)に溶けている非電解質 A の物質量  $m$  [mol] を  $c_0$ ,  $w$ ,  $M_W$  を用いて数式で答えよ.
- (3) 実験 2 において, 水溶液(I)に加えた氷の質量 [kg] を  $c_0$ ,  $m$ ,  $M_W$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  から必要なものを用いて数式で答えよ.
- (4) 実験 2 において, 溶液温度が  $T_2$  [°C] のとき, 水溶液に残った氷の質量 [kg] を  $c_0$ ,  $m$ ,  $M_W$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  から必要なものを用いて数式で答えよ.

# 生 物

## 第 1 問 (25点)

免疫に関する次の文1と文2を読み、以下の問いに答えよ。

### 文1

免疫は、ウイルスや細菌などの病原体に対する生体防御として重要な役割をもつ。ヒトの獲得免疫（適応免疫）には、抗体（免疫グロブリン）による防御である（ア）免疫と、（イ）細胞が感染細胞を認識して除去する防御である（ウ）免疫の2つのしくみが存在する。①樹状細胞などが病原体を取り込んで分解し、分解された病原体がこれらの細胞上に抗原として提示される。その提示を（エ）細胞が認識し、同じ抗原を認識したB細胞を活性化する。

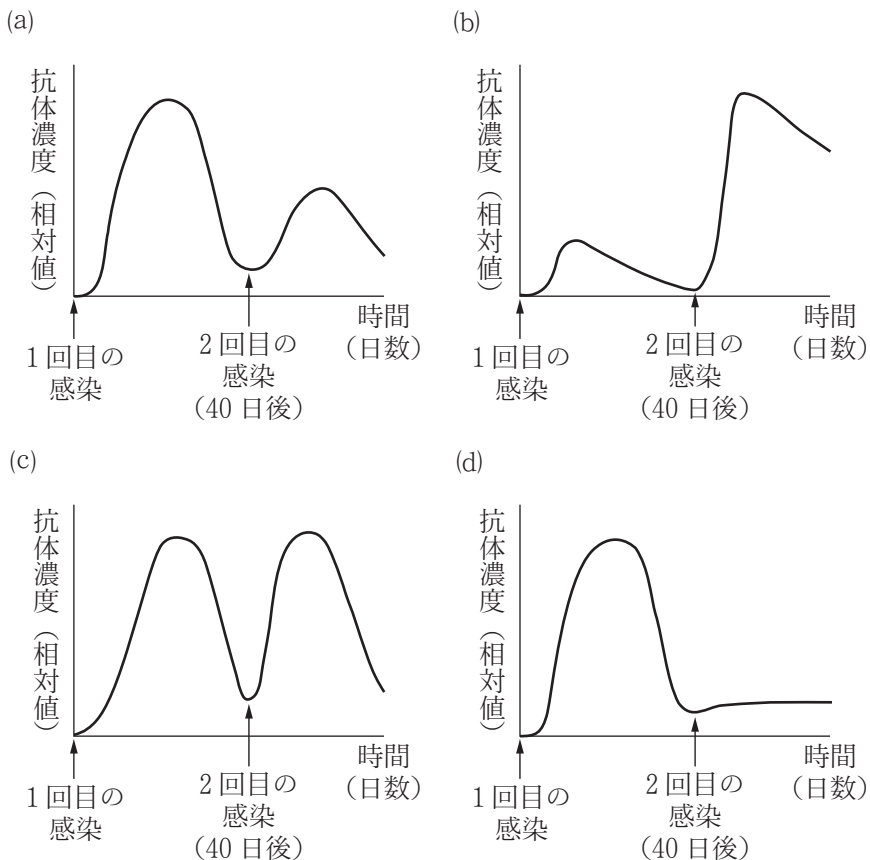
B細胞は、骨の中の（オ）でつくられ、活性化したB細胞は（カ）細胞となり、抗体をつくる。B細胞が増殖し、抗体をつくることのできる（カ）細胞に分化するためには、活性化された（エ）細胞が必要である。増殖したB細胞の一部は、②記憶細胞となり体内に残る。また、（イ）細胞も抗原を認識した（エ）細胞によって増殖を促され、③ウイルスや細菌などに感染した細胞を認識して攻撃する。

問1 文章中の空欄（ア）～（カ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、ヒトの細胞が病原体を取り込み、分解する過程について、以下の4つの語をすべて用いて、70字以内（句読点を含む）で説明せよ。

酵素      細胞小器官      細胞膜      受容体

問3 下線部②に関して、ヒトが同じ病原体に2回感染した際の血液中の抗体濃度と経過時間との関係について、最も適切な図を、次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。



問4 下線部③に関して、ウイルスの特徴として適切なものを、次の(a)~(d)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) ウイルスは細胞膜をもつ。
- (b) ウイルスは分裂して増殖する。
- (c) ウイルスは内部に核酸をもつ。
- (d) ウイルスはタンパク質をもたない。

文 2

重症筋無力症は、④神経細胞の活動に関わる受容体に対して抗体ができることで、筋肉の収縮が起こりにくくなる難病である。また、(キ)病は、すい臓の⑤ランゲルハンス島のB細胞に対して抗体ができ、すい臓の細胞が障害を受け、インスリンの分泌量が不足することが病気の原因となる。これらのような、免疫によって自分自身の細胞やタンパク質が攻撃されることで引き起こされる病気の総称を(ク)疾患という。また、過敏な免疫反応の症状として、花粉症やじんましん、ぜんそくなどが知られ、このような反応を(ケ)という。さらに急激な血圧低下や、呼吸困難などの強い全身性ショック症状を引き起こし、生命に関わる危険な状態におちいる急性(ケ)反応を(コ)という。

問 5 文章中の空欄(キ)～(コ)に入る最も適切な語を答えよ。

問 6 下線部④に関して、神経系の説明として最も適切なものを、次の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 末梢<sup>しょう</sup>神経系は、脳と脊髄のみからなる神経系である。
- (b) 運動神経は自律神経系として、からだの各部分から送られる信号を、脳に伝える。
- (c) 中枢神経系は、体性神経系と自律神経系で構成される。
- (d) 視床下部は、自律神経系の中核としてはたらく。

問 7 下線部⑤に関して、ランゲルハンス島で分泌されるグルカゴンの性質として、次の(a)～(d)の文のうち、正しいものには○、誤りがあるものには×を記せ。

- (a) グルカゴンは、ランゲルハンス島において、B細胞が分泌する。
- (b) グルカゴンの分泌には、交感神経が関わる。
- (c) グルカゴンは、血糖値を下げる作用をもつ。
- (d) グルカゴンは、血液で運ばれない。



(余 白)

# 生 物

## 第 2 問 (25点)

植物ホルモンに関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物ホルモンの1つであるオーキシンは、光屈性や重力屈性における茎や根の屈曲に関与している。光屈性では、(ア)色光受容体である(イ)が(ア)色光を含む光を受容し、オーキシンの輸送に変化が生じることで、①茎は(ア)色光を含む光の方向に屈曲する。重力屈性では、植物は茎の内皮細胞内や根の根冠細胞内にある(ウ)の重力方向への移動によって重力の方向を感知し、オーキシンの輸送に変化が生じることで、茎は重力と反対方向に、根は重力の方向に屈曲する。

②オーキシンと(エ)の2つの植物ホルモンは頂芽優勢に関与している。また、オーキシンと(エ)は植物の組織培養にも利用されている。たとえば、ニンジンから組織片を切り出して高濃度のオーキシンと高濃度の(エ)を含む培地で培養すると、細胞は未分化な状態になって増殖し、(オ)とよばれる細胞塊をつくる。

オーキシンや(エ)以外の植物ホルモンもさまざまな反応に関わっている。(カ)は果肉の軟化や果皮の変色など果実の成熟を促す主要な植物ホルモンであり、(キ)は③乾燥時に気孔を閉鎖するはたらきを担う主要な植物ホルモンである。また、④ジャスモン酸は昆虫などによる食害に応答するはたらきを担う。

問1 文章中の空欄(ア)～(キ)に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して，図1は右側から照射した光に向かって屈曲している茎の屈曲部位を示している．表皮細胞におけるオーキシンの濃度と細胞の縦方向（長径）の長さをX領域とY領域とで比較すると，それぞれどのような結果になるか，説明せよ．

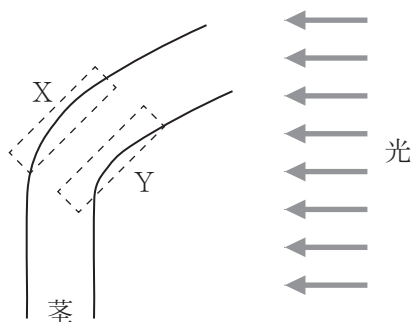


図1

問3 下線部②に関して、頂芽優勢を示す植物の茎の中腹にオーキシンの輸送を止める阻害剤を塗布したところ（図2）、塗布部位の上側と下側の側芽のうち一方の側芽が成長した。この現象の説明として最も適切なものを次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。なお、オーキシンの輸送を止める阻害剤は処理部位からは移動しない。

- (a) 塗布部位より上側の側芽周辺で（エ）の合成が阻害され、上側の側芽が成長する。
- (b) 塗布部位より上側の側芽周辺で（エ）の合成が誘導され、上側の側芽が成長する。
- (c) 塗布部位より下側の側芽周辺で（エ）の合成が阻害され、下側の側芽が成長する。
- (d) 塗布部位より下側の側芽周辺で（エ）の合成が誘導され、下側の側芽が成長する。

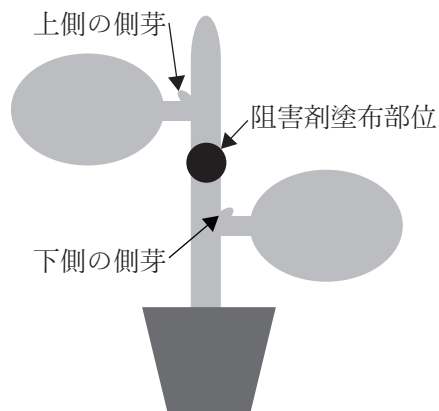


図2

問4 下線部③に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 植物が生きていく上で、乾燥時に気孔を閉鎖する意義を説明せよ。
- (2) 気孔が閉鎖する過程について、以下の3つの語をすべて用いて説明せよ。

浸透圧      膨圧      水

問5 下線部④に関して、次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

昆虫の食害によって葉などに傷を受けたこと（食害刺激）を植物が受容すると、ジャスモン酸が急激に合成される。合成されたジャスモン酸は防御物質の合成を促進し、その結果、食害の拡大が抑えられる（食害拡大抑制）。ある植物の突然変異体を調べていると、食害への応答に関わる突然変異体 i ~ iii が見つかった。表1は、野生型、および、それぞれの突然変異体における、食害を受けたときの食害拡大抑制の有無とジャスモン酸の合成量、そして、食害を受けた植物にジャスモン酸を与えたときの食害拡大抑制の有無を示している。

表1

	食害を受けたときの 食害拡大抑制の 有無	食害を受けたときの ジャスモン酸の 合成量	食害を受けた植物に ジャスモン酸を与えたときの 食害拡大抑制の有無
野生型	有	多い	有
突然変異体 i	無	わずか	無
突然変異体 ii	無	わずか	有
突然変異体 iii	無	多い	無

(1) 突然変異体 i ~ iii は次の(a)~(c)のどの変異体にあたるか、それぞれ記号で答えよ。

- (a) 食害刺激を受容できないが、ジャスモン酸によって合成が促進される防御物質の合成はできる変異体
- (b) 食害刺激を受容できるが、ジャスモン酸によって合成が促進される防御物質の合成はできない変異体
- (c) 食害刺激の受容と防御物質の合成の両方ができない変異体

- (2) ジャスモン酸からは揮発性物質が合成されることが知られている。ジャスモン酸から合成される揮発性物質が食害への応答に関わることを、複数の植物個体とそれを食害する昆虫を使って示すためには、どのような実験を行ってどのような結果が得られればよいか、答えよ。

(余 白)

# 生 物

## 第 3 問 (25点)

生物の個体群に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

カナダに生息するガの1種は、30年周期で大発生することが知られている。このガの雌の成虫は、7月から8月にかけて、針葉樹の葉に、1回の産卵で平均して20の卵を産みつける。雌の成虫は、場所を変えて産卵を繰り返し、一生を終えるまでに平均して200の卵を産む。卵からふ化した1齢幼虫は、花のつぼみの内側や樹皮の下などに越冬巣を作り、その中で摂食せずに2齢幼虫になり、そのまま越冬する。越冬後の2齢幼虫は5月初旬に越冬巣から出て、針葉樹の葉を食べて成長し、7月初旬に蛹化する。蛹は10日間ほどで成虫に羽化する。

このガの個体群中の個体数は、環境条件が整っていれば、指数的に増加する。しかし、実際の個体数は、初期には指数的な増加を示すが、やがて個体数の増加にともなって増える周囲の環境からの負の効果によって、個体数の増加、すなわち、個体群の成長はとまる。一般に、個体群の密度が増加するにつれて、個体の発育、形態、生理、死亡率、産卵数などに変化が生じてくることを（ア）とよぶ。

このガの個体群は、同じ地域に生息する異なる種の個体群と、さまざまに関係し合いながら生活している。食物や生息場所をめぐる競争を（イ）といい、また、他の生物を捕らえて食べることを捕食という。このように互いに関係し合いながら、ある地域に生活している異なる種の個体群の集まりを（ウ）という。

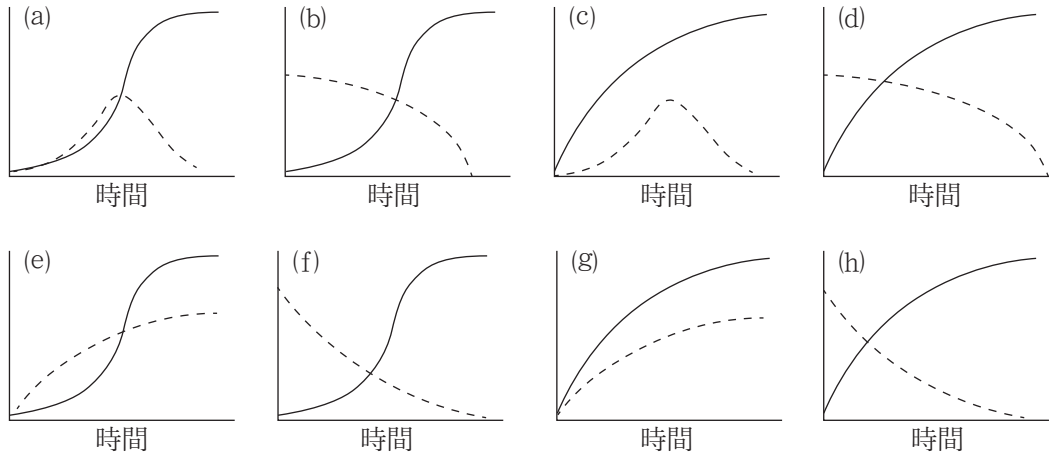
問1 文章中の空欄（ア）～（ウ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 個体群の成長を妨げる要因として天敵の存在があるが、天敵が存在しない場合でも個体群の成長が抑制されることがある。天敵が存在しない場合において、個体群の成長を抑制する代表的な要因を2つ答えよ。



(2) 動物の個体群の個体数と個体群の成長速度を示したグラフとして、最も適切なものを、次の(a)~(h)から1つ選び、記号で答えよ。なお、グラフ中の実線は個体群の個体数を、破線は個体群の成長速度を示す。



問3 下線部②に関して、植物の個体群では、個体群密度が増加すると、各個体の成熟時の重さが減少する。成熟時において、個体群密度が高いときの単位面積あたりの個体群全体の重さは、個体群密度が低い時と比べてどのようになるか、そのようになる理由とともに40字以内（句読点を含む）で答えよ。

問4 表1は、このガのある個体群における生命表である。この生命表に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

表1

発育段階	期間最初の生存数	期間内の死亡数	死亡要因
卵	3,620	308	ふ化の失敗
1 齢幼虫	3,312	1,358	クモによる捕食
越冬幼虫	1,954	195	越冬の失敗
2 齢幼虫	1,759	1,020	クモによる捕食
3～4 齢幼虫	739	666	鳥による捕食
蛹	73	21	鳥による捕食
成虫	52		

(1) 次の(a)～(d)の文について、正しいものには○、誤りがあるものには×を記せ。

- (a) このガでは、卵のふ化の失敗による死亡数が越冬の失敗による死亡数より多く、卵の段階での死亡率は越冬幼虫の段階での死亡率より高い。
- (b) このガの越冬幼虫には、冬の寒さに対する耐性はあるが、それでも死亡する個体は存在する。
- (c) このガの死亡数を最も多くしている天敵はクモだが、発育段階間で死亡率を比較した場合に、死亡率を最も高めている天敵は鳥である。
- (d) このガの生存曲線は、発育段階初期の死亡率が非常に高い早死型である。

(2) 成虫になった個体のうち 80.0 %が交尾し，交尾個体のうちの 75.0 %が産卵したとすれば，この個体群の次世代の卵の数は，表 1 の卵の数と比較してどのようになるか．次の(a)~(e)から 1 つ選ぶとともに，選んだ根拠となった計算過程を記せ．ただし，雄と雌の比率は 1 : 1 である．20 %以上の増減を「大きく」，20 %未満の増減を「小さく」，5 %未満の増減を「変化なし」と判断する．

- (a) 大きく増加する      (b) 小さく増加する      (c) 変化なし  
(d) 小さく減少する      (e) 大きく減少する

# 生 物

## 第 4 問 (25点)

進化に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物の進化は、①突然変異によって生じた個体レベルの遺伝的変異が、集団全体に広がることで起こる。また、一般に個体の形質は、各遺伝子座における対立遺伝子の組み合わせ(遺伝子型)で決まる。有性生殖を行う生物では、子の遺伝子型は親と同じであるとは限らない。そのため、②交配が可能な集団がもつ遺伝子全体における対立遺伝子の割合(遺伝子頻度)の変化によって進化を考えることが有効である。

問1 下線部①に関して、ある双子葉植物の種子に突然変異を誘発したところ、図1に示した胚の(ア)～(エ)の各組織の細胞で突然変異が生じた。生じた突然変異が次世代に遺伝する可能性が最も高い組織を1つ選び、記号で答えよ。また、そのように考えられる理由を50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

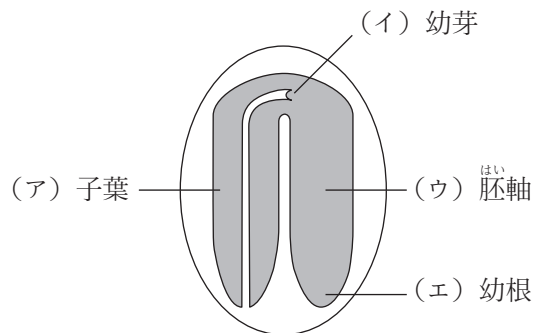


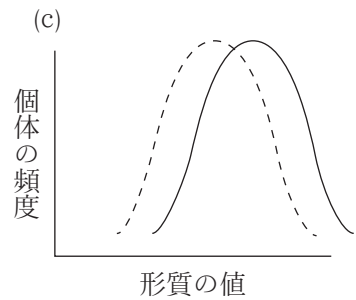
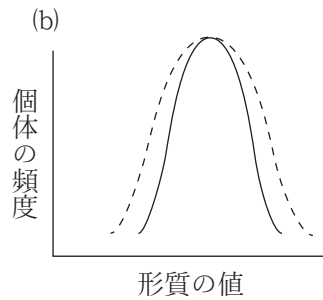
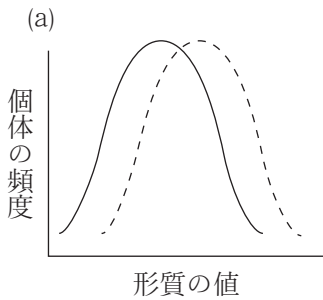
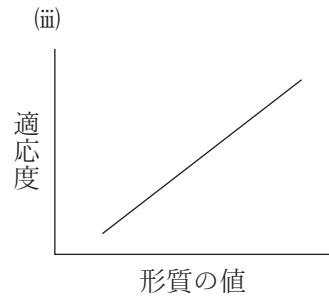
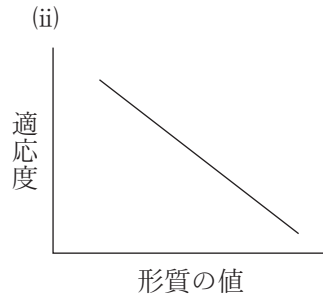
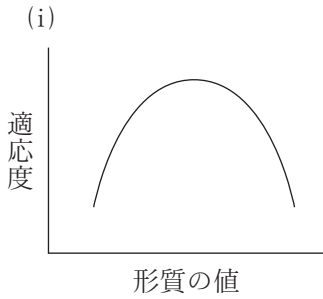
図1

問2 下線部②に関する次の文章を読み、(1)~(3)の問いに答えよ。

ある植物において、花卉の色が対立遺伝子 A と a によって決まっており、A は顕性（優性）で花卉が赤くなり、a は潜性（劣性）で花卉が白くなるとする。この植物のある集団 2,500 個体について花卉の色を調べたところ、赤い個体は 1,600 個体、白い個体は 900 個体であった。

- (1) ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っている場合、この集団における対立遺伝子 A および a の遺伝子頻度を答えよ。
  
- (2) この集団から 50 個体が隔離されたとする。隔離された集団を集団 i、残りの集団を集団 ii とすると、集団 i は、赤い花卉をもつ個体が 32 個体、白い花卉をもつ個体が 18 個体であった。その後、集団 i の大きさは 2,500 個体まで回復したが、回復した後に花卉の色を調べたところ、すべて白い個体であった。集団 i の花卉の色がすべての個体で白くなった理由として考えられることを 50 字以内（句読点を含む）で説明せよ。ただし、隔離直後の集団 i と集団 ii の対立遺伝子 A と a の遺伝子頻度は隔離前の集団と等しく、集団 i と集団 ii との間に生育環境の違いはない。また、対立遺伝子 A および a は自然選択に対して中立であり、突然変異は起こらないものとする。
  
- (3) (2)の隔離から時間がたち、集団 i だけでなく集団 ii も 2,500 個体で安定した。その後、集団 i と集団 ii は再び任意交配が可能な 5,000 個体の 1 つの集団になった。1 つになった後の集団における、対立遺伝子 A および a の遺伝子頻度を答えよ。ただし、もとの集団 ii と 1 つになった後の集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているとする。

問3 自然選択のはたらきに関して、花の大きさや種子の数などの形質の値と適応度との関係が次の(i)~(iii)のグラフで表される場合、自然選択がはたらく前後の形質の値と個体の頻度を示したグラフとして最も適切なものを、それぞれ(a)~(c)から1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、(a)~(c)の破線は自然選択がはたらく前の形質の分布、実線は自然選択がはたらいた後の形質の分布を示す。



(余 白)

問4 分子系統樹に関して、次の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) 表1は、5つの種A~Eに共通するある遺伝子の塩基配列を比較し、塩基の相違数を示したものである。この表をもとに分子系統樹を作成したところ、図2の結果が得られた。(ア)~(ウ)に当てはまる最も適切な種を1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、この遺伝子の塩基数は種A~Eで等しく、遺伝子の変化の速度は一定であり、図2の縦の線(枝)の長さは塩基の相違数を反映していない。

表1

	種 A	種 B	種 C	種 D	種 E
種 A		2	14	6	14
種 B	—		14	6	14
種 C	—	—		14	4
種 D	—	—	—		14
種 E	—	—	—	—	

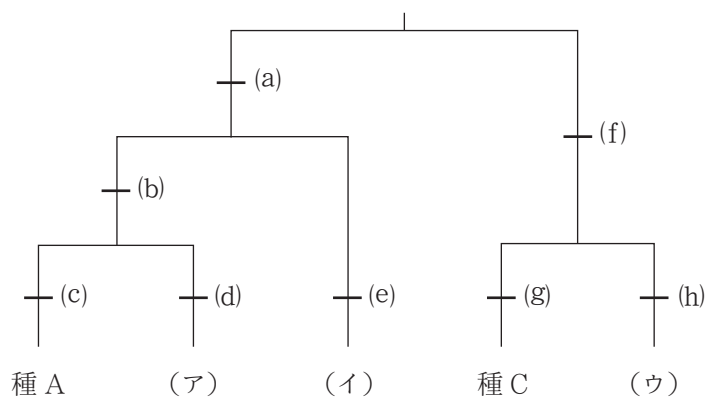


図2



- (2) 表2は、ある形質 i ~ iii について、種 A ~ E がもつ場合を「+」、もたない場合を「-」で示したものである。各形質が獲得された系統樹上の位置として最も適切なものを、それぞれ図2の(a)~(h)から1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、種 A ~ E の共通祖先は形質 i ~ iii をもっておらず、各形質は獲得後に失われることはない。

表2

	種 A	種 B	種 C	種 D	種 E
形質 i	-	+	-	-	-
形質 ii	+	+	-	+	-
形質 iii	-	-	+	-	+

- (3) 図2の種 A と (ア) の共通祖先と (イ) の祖先とが分岐した年代が 60 万年前であったとする。このとき、種 A の祖先と (ア) の祖先が何万年前に分岐したのかを表1の塩基の相違数から推定して答えよ。ただし、この遺伝子の塩基数は種 A ~ E で等しく、遺伝子の変化の速度は一定である。

# 地 学

## 第 1 問 (34点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

岩石の風化には、物理的（機械的）風化と化学的風化がある。物理的風化とは、岩石が機械的に割れて細粒化する現象である。岩石は温度や圧力の変化によって膨張・収縮を繰り返す。その程度は岩石を構成する鉱物の種類によって異なるため、岩石内部に微小なひび割れが生じる。また、① 気温が氷点を前後する地域では、物理的風化が進みやすい。

化学的風化とは、岩石と水が反応して、鉱物の一部が溶け出したり、他の鉱物に変化したりする現象である。例えば、大気中の（ア）を含んで弱酸性となっている② 雨水は、石灰岩を構成する炭酸カルシウムと反応し炭酸水素イオンを生成する。このような作用を溶食作用とよぶ。また熱帯地方では、花こう岩の主な構成鉱物である（イ）の化学的風化によって生じたカオリンが、さらに水と反応して水酸化アルミニウムになることがある。これはアルミニウムの原料である（ウ）の主成分である。

中国地方から近畿地方には、主に③ 中生代に形成された花こう岩が広く分布している。これらの花こう岩が風化したものは（エ）とよばれ、もろい粒子状になっている。このような地域では、地震や大雨をきっかけとして④ 斜面災害が起きやすい。

問1 文章中の空欄（ア）から（エ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①について、気温が氷点を前後するような地域では、なぜ物理的風化が進みやすいのかを説明せよ。

問3 下線部②の化学反応式を示せ。

問4 下線部③の年代は、放射性年代測定法の1つであるK-Ar法で調べられる。K-Ar法について、次の語をすべて用いて説明せよ。ただし、同じ語を2回以上使用してもよい。

放射性同位体  $^{40}\text{K}$   $^{40}\text{Ca}$   $^{40}\text{Ar}$

問5 放射性年代測定法の1つとして、放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 法がある。この方法によって、ある木片から1140年前の年代が得られた。この木片中の $^{14}\text{C}$ の量は、もとの量の何倍かを有効数字2桁で答えよ。なお、 $^{14}\text{C}$ の半減期は5700年とする。必要であれば次の数値を用いよ。

$$2^{0.1} = 1.07, 2^{0.2} = 1.15, 2^{0.5} = 1.41$$

問6 下線部④には、土石流や崖崩れがけくずなどによるものがある。土石流と崖崩れとはどのような現象かをそれぞれ説明せよ。

# 地 学

## 第 2 問 (34点)

次の文章を読み、問1から問7に答えよ。

地球の内部は、地震波の解析により、表面から中心に向かって地殻、マントル、核に大きく分けることができる。さらに、マントルは上部マントルと下部マントルに、核は外核と内核に分けられる。

地殻の構造は、大陸と海洋で大きく異なる。大陸地殻は厚さ30～60 kmであるのに対し、海洋地殻は厚さ5～10 kmである。さらに大陸地殻は上部地殻と下部地殻に分けられる。地殻の岩石を構成する主要な鉱物はケイ酸塩鉱物である。これらのケイ酸塩鉱物は、 $\text{SiO}_4$ 四面体がくさり状、シート状、立体的な網目状などにつながった構造をもつ。海嶺下の上部マントルで生じたマグマが上昇して海洋地殻を形成するが、その海洋地殻の化学組成は上部マントルとは異なる。

問1 下線部①に関連して、図1は地球の層構造と地震波(P波)の伝わり方を簡略化して示したものである。この図のAの範囲にP波は直接伝わらない。その理由を説明せよ。

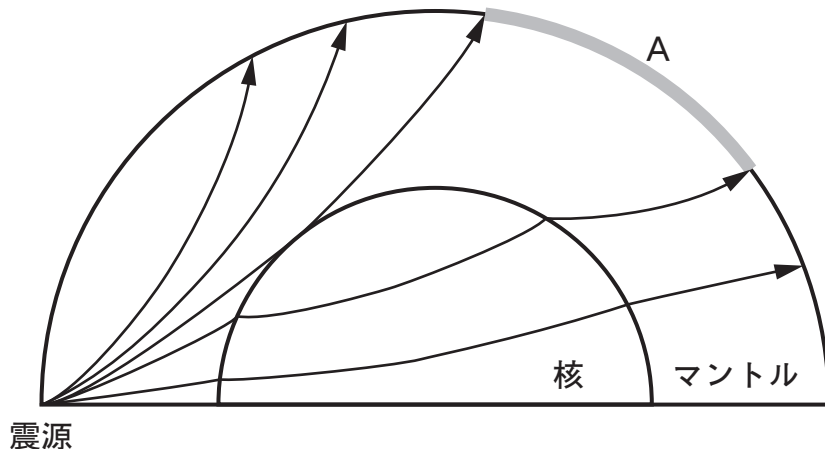


図1 地球の層構造と地震波(P波)の伝わり方

問2 下線部②を構成する主な鉱物2つを、次の中から選び答えよ。

<sup>かくせんせき</sup>  
角閃石 黒雲母 かんらん石 輝石 石英

問3 下線部③は活発に対流している。その対流と関連している現象として、最も適切なものを次の中から選び答えよ。

<sup>ちようせき</sup>  
潮汐 地磁気 偏西風 深発地震 ホットスポット

問4 下線部④を構成する岩石を答えよ。

問5 下線部⑤～⑦に該当する鉱物を、次の中からそれぞれ選び答えよ。

黒雲母 かんらん石 輝石 石英

問6 下線部⑧について、海嶺下の上部マントルでマグマが生じる理由を説明せよ。

問7 下線部⑨について、上部マントルと海洋地殻の化学組成が異なるのはどのような現象によるのかを説明せよ。

# 地 学

## 第 3 問 (32点)

次の文章を読み、問1から問6に答えよ。

太陽系では、8個の惑星と、小惑星や彗星を含む多数の①小天体が、太陽のまわりを公転している。惑星のまわりを公転している天体を（ア）という。惑星は、その構成物質の特徴などから、地球型惑星と②木星型惑星に分けられる。地球型惑星は岩石や（イ）を主成分とするため、平均密度が木星型惑星よりも大きい。小惑星は不規則な形をした小天体である。彗星は太陽に近づくと③太陽とは反対側に細長くのびた尾をつくる。

今から約46億年前に（ウ）が収縮し、その中心部に原始太陽が誕生した。その後、原始太陽のまわりのガスや塵が④集積し、（エ）が形成された。さらに岩石主体の（エ）の衝突・合体が繰り返されて原始地球が誕生した。これらの衝突の際に揮発性成分が放出され、原始大気が形成された。原始地球の成長にともない地表面の温度が上昇し、ついに地表はマグマにおおわれた。地球が現在の大きさに近づくと、地表は徐々に冷却し、地表のマグマが固化するとともに大気中の水蒸気が凝結して原始海洋が形成された。海洋中では生命が誕生し、原生代になるまでに酸素発生型光合成をおこなう原核生物が出現した。その後、地球表層で酸素が増大し、真核生物が出現した。

問1 文章中の空欄（ア）～（エ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①のうち、海王星軌道以遠のものを何とよぶか。その名称を答えよ。

問3 下線部②の大気の主成分を2つ答えよ。

問4 下線部③ができる理由を説明せよ。

問5 下線部④について、考えられる理由を説明せよ。

問6 下線部⑤の中の原核生物の名称を答えよ。