

注 意

問題の文中の ア , イウ などには、特に指示のないかぎり、数値または符号（－）が入る。これらを次の方法で解答用紙の指定欄にマークせよ。

- (1) ア, イ, ウ, …の一つ一つは、それぞれ0から9までの数字、または－の符号のいずれか一つに対応する。それらをア, イ, ウ, …で示された解答欄にマークする。

〔例〕 アイ に－8と答えたいとき

ア	☒ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
イ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☒ 8	☐ 9

- (2) 分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答える。分数の符号は分子につけ、分母につけてはならない。

〔例〕 $\frac{\text{ウエ}}{\text{オ}}$ に $-\frac{4}{5}$ と答えたいとき

ウ	☒ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
エ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
オ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9

- (3) 根号を含む形で解答する場合は、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答える。

例えば、 $\sqrt{\text{カキ}}$ に $4\sqrt{2}$ と答えるところを、 $2\sqrt{8}$ のように答えてはならない。

- (4) 根号を含む分数形で解答する場合は、例えば $\frac{\text{ク} + \frac{\text{ケ}}{\text{サ}} \sqrt{\text{コ}}}{\text{サ}}$

に $\frac{3 + 2\sqrt{2}}{2}$ と答えるところを、 $\frac{6 + 4\sqrt{2}}{4}$ や $\frac{6 + 2\sqrt{8}}{4}$ のように答えてはならない。

- (5) 選択肢から一つを選んで、番号を答える場合もある。

I (1) 数列 $-17, -14, -11, -8, -5, -2, 1, 4, 7, 10, 13$ を考える。

(i) この数列の和は $\boxed{\text{アイウ}}$ である。

(ii) この数列の各項の 2 乗の和は $\boxed{\text{エオカキ}}$ である。

(iii) この数列から異なる 2 つの項を取り出して積を作るとき、このようにしてできた 55 個の積の和は $\boxed{\text{クケコサ}}$ である。

(2) 集合 U とその部分集合 A, B, C に対して、 $U = A \cup B \cup C$, $n(U) = 11$, $n(A) = 6$, $n(B) = 5$, $n(A \cap B) = 2$, $n(B \cap C) = 3$, $n(C \cap A) = 4$, $n(A \cap B \cap C) = 1$ とする。ただし、 U の部分集合 S に対して、 $n(S)$ は S の要素の個数を表し、 $\overline{S}$ は U に関する S の補集合を表す。

(i) $n(A \cup B) = \boxed{\text{シ}}$ である。

(ii) $n(C) = \boxed{\text{ス}}$ である。

(iii) $n((A \cap C) \cup \overline{B}) = \boxed{\text{セ}}$ である。

(iv) $n(B \cap \overline{A \cup C}) = \boxed{\text{ソ}}$ である。

(3) $\angle BAC = 20^\circ$ であり、 $AB = AC = 3$ である二等辺三角形 ABC を考える。

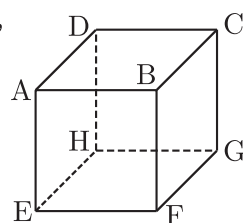
辺 AC 上に $AP = BC$ となる点 P をとる。 $\triangle ABC$ と $\triangle DPA$ が合同となる点 D を、辺 AB と辺 DP が交わるようにとる。このとき、 $\angle BAD = \boxed{\text{タチ}}^\circ$, $\angle BDP = \boxed{\text{ツテ}}^\circ$, $BD = \boxed{\text{ト}}$, $\angle BPC = \boxed{\text{ナニ}}^\circ$ である。

(計 算 用 紙)

II 1 辺の長さが 1 の立方体 ABCD-EFGH の辺 AB 上に点 P, 辺 BC 上に点 Q, 辺 BF 上に点 R, 辺 AE 上に点 S を

$$BP = BQ = BR = ES = t \quad (\text{ただし } 0 < t < 1)$$

となるようにとる。



(1) 3 点 P, Q, R を含む平面で立方体を切ったとき, 切り口の図形の周の長さ

は t を用いて $\boxed{\text{ア}} \sqrt{\boxed{\text{イ}}} t$ と表され, 切り口の図形の面積は t を用い

て $\frac{\sqrt{\boxed{\text{ウ}}}}{\boxed{\text{エ}}} t^2$ と表される。

(2) $t = \frac{1}{3}$ のときについて考える。3 点 P, Q, E を含む平面で立方体を切った

とき, 切り口の図形の周の長さは $\frac{\boxed{\text{オ}} \sqrt{\boxed{\text{カキ}}} + \boxed{\text{ク}} \sqrt{\boxed{\text{ケ}}}}{\boxed{\text{コ}}}$

であり, 切り口の図形の面積は $\frac{\boxed{\text{サ}} \sqrt{\boxed{\text{シス}}}}{\boxed{\text{セ}}}$ である。

(3) $0 < t < 1$ のときについて考える。3 点 P, Q, S を含む平面で立方体を切っ

たとき, 切り口の図形の周の長さは $\boxed{\text{ソ}} \sqrt{\boxed{\text{タ}}}$ であり, 切り口の図形の面積は t を用いて

$$-\sqrt{\boxed{\text{チ}}} t^2 + \sqrt{\boxed{\text{ツ}}} t + \frac{\sqrt{\boxed{\text{テ}}}}{\boxed{\text{ト}}}$$

と表される。また, その面積の最大値は $\frac{\boxed{\text{ナ}} \sqrt{\boxed{\text{ニ}}}}{\boxed{\text{ヌ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

III (1) 関数 $y = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^{2x} - 4\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^x + 7$ ($-4 \leq x \leq 0$) は, $x =$ アイ のと

き最大値 ウ をとり, $x =$ エオ のとき最小値 カ をとる。

(2) x, y は等式 $y = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^{2x} - 4\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^x + 7$ と不等式 $-4 \leq x \leq 0$ を満たすとする。

(i) $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^{2x} + y$ の最大値は キク, 最小値は ケ であり, 最小値をとるとき x の値は コ である。

(ii) $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^x + y$ の最大値は サシ, 最小値は $\frac{\text{スセ}}{\text{ソ}}$ であり, 最小値をとるとき x の値は タ $\left(1 - \log_2 \text{チ}\right)$ である。

(iii) $\frac{y-1}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^x + 2}$ の最小値は ツ $\sqrt{\text{テ}} - \text{ト}$ であり, 最大値は ナ である。

(計 算 用 紙)

物 理

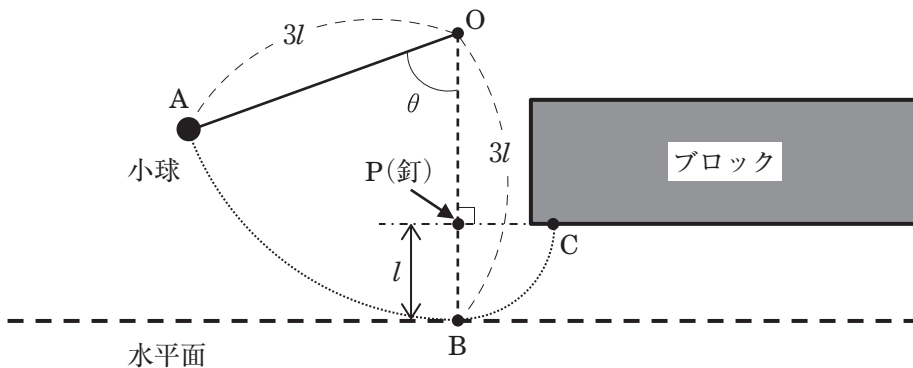
(解答番号 1 ~ 20)

I 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図のように、水平面からの高さが $3l$ の点 O に、長さが $3l$ の軽い糸の一端を固定し、他端に質量 m の小球をつける。点 O の真下の水平面上の点を B とし、 OB 上で点 B からの高さが l の点 P に、表面がなめらかな細い釘が固定されている。また、点 P の右側に同じ高さ l で鉛直下向きに水平な面をもつブロックが固定されている。

糸がたるまないように小球を図の点 A まで持ち上げ、静かにはなしたところ、小球は点 B を(紙面に向かって)左から右に速さ v_B で通り、その瞬間に糸は釘に触れ、そのあと小球は点 P を中心とする円運動をはじめ、ブロックの水平な面に点 C で垂直に衝突し、はねかえった。衝突する直前の小球の速さを v_C とする。はねかえった後、小球は点 B を逆向きに(右から左に)通過した。その後、小球を手でつかんで運動を停止させた。

鉛直方向と OA とのなす角($\angle AOB$)を θ 、小球とブロックの面との間の反発係数(はねかえり係数)を e (>0)、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗力は考えないものとして、以下の問いに答えよ。



(1) 小球が点 A から点 B まで運動する間に重力がする仕事に等しいものは次のどれか。

1

- ① $3mgl(1 + \sin \theta)$ ② $3mgl(1 - \sin \theta)$
③ $3mgl(1 + \cos \theta)$ ④ $3mgl(1 - \cos \theta)$

(2) 点 B を左から右に通る瞬間に小球がもっている運動エネルギーはいくらか。

2

- ① $\frac{1}{2}mv_B^2$ ② mv_B^2 ③ $\frac{3}{2}mv_B^2$ ④ $2mv_B^2$

(3) 点 B を左から右に通る瞬間の小球の速さ v_B に等しいものは次のどれか。

3

- ① $\sqrt{gl(1 - \sin \theta)}$ ② $\sqrt{2gl(1 - \sin \theta)}$
③ $\sqrt{3gl(1 - \cos \theta)}$ ④ $\sqrt{6gl(1 - \cos \theta)}$

(4) 小球が点 B を左から右に通る直前において、糸が小球を引く力の大きさに等しいものは次のどれか。

4

- ① $m \left(g + \frac{v_B^2}{3l} \right)$ ② $m \left(g - \frac{v_B^2}{3l} \right)$
③ $m \left(g + \frac{v_B^2}{6l} \right)$ ④ $m \left(g - \frac{v_B^2}{6l} \right)$

(5) 小球が点 B を左から右に通る直後において、糸が小球を引く力の大きさに等しいものは次のどれか。

5

- ① $mg(5 - 4 \sin \theta)$ ② $mg(6 - 5 \sin \theta)$
③ $mg(7 - 6 \cos \theta)$ ④ $mg(8 - 7 \cos \theta)$

(6) 小球がブロックの水平な面に点 C で垂直に衝突する直前の速さ v_C に等しいものは次のどれか。

6

- ① $\sqrt{2gl(1 - \sin \theta)}$ ② $\sqrt{2gl(1 - 2 \sin \theta)}$ ③ $\sqrt{2gl(2 - 3 \sin \theta)}$
④ $\sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$ ⑤ $\sqrt{2gl(1 - 2 \cos \theta)}$ ⑥ $\sqrt{2gl(2 - 3 \cos \theta)}$

(7) 小球が点 C ではね返ったあと，点 B を逆向きに（右から左に）通る瞬間の速さに等しいものは次のどれか。

7

① $\sqrt{ev_B^2 + (1-e)gl}$

② $\sqrt{ev_B^2 + 2(1-e)gl}$

③ $\sqrt{ev_B^2 + 3(1-e)gl}$

④ $\sqrt{e^2v_B^2 + (1-e^2)gl}$

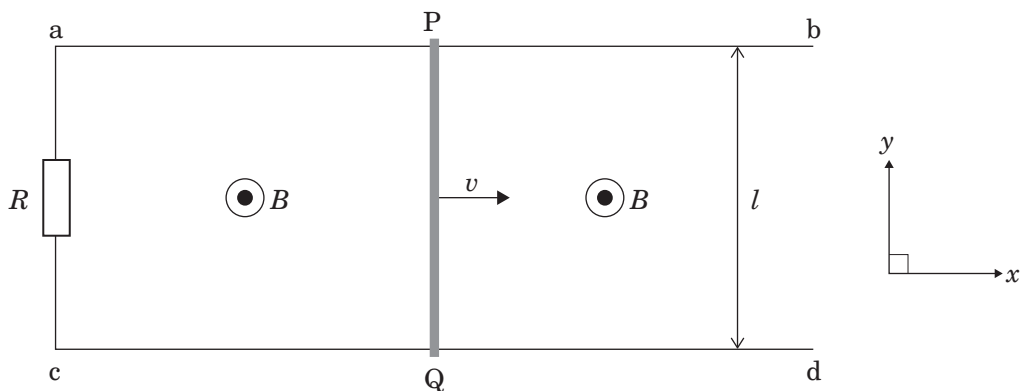
⑤ $\sqrt{e^2v_B^2 + 2(1-e^2)gl}$

⑥ $\sqrt{e^2v_B^2 + 3(1-e^2)gl}$

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 次の各問いの答えとして最も適当なものを，それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図のように，水平な紙面 ($x-y$ 平面) に垂直で裏から表に向かう磁束密度 B の一様な磁場 (磁界) がある。2本の導線レール ab と cd を x 軸と平行に間隔 l で $x-y$ 平面上に置いた。さらに ac 間を抵抗値 R の抵抗でつなぎ，レールの上に導体棒 PQ を y 軸と平行にのせた。導体棒に x 軸の正の向きの外力を加え，導体棒を一定の速さ v で動かすとき，以下の問いに答えよ。ただし導体棒はレールと垂直を保ち，なめらかに動くものとする。



(1) 回路 $acQP$ を貫く磁束が時間 t の間に増加する量に等しいものは次のどれか。

8

- ① $\frac{1}{2} vBl t$ ② $\frac{1}{2} v^2 Bl t$ ③ $\frac{1}{2} vBl t^2$
 ④ $vBl t$ ⑤ $v^2 Bl t$ ⑥ $vBl t^2$

(2) 導体棒の運動によって生じる誘導起電力の大きさに等しいものは次のどれか。

9

- ① $\frac{1}{2} vBl$ ② $\frac{1}{2} v^2 Bl$ ③ vBl
 ④ $v^2 Bl$ ⑤ vBl^2 ⑥ $2vBl$

(3) 導体棒に流れる電流の大きさに等しいものは次のどれか。

10

$$\textcircled{1} \quad \frac{vBl}{2R}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{v^2 Bl}{2R}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{vBl}{R}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{v^2 Bl}{R}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{vBl^2}{R}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{2vBl}{R}$$

(4) 導体棒中における自由電子の移動の向きと、導体棒に流れる電流の向きに関する説明として、最も適当なものは次のどれか。

11

① 自由電子の移動の向きは $Q \rightarrow P$ ，電流の向きも $Q \rightarrow P$ である。

② 自由電子の移動の向きは $P \rightarrow Q$ ，電流の向きも $P \rightarrow Q$ である。

③ 自由電子の移動の向きは $Q \rightarrow P$ ，電流の向きは $P \rightarrow Q$ である。

④ 自由電子の移動の向きは $P \rightarrow Q$ ，電流の向きは $Q \rightarrow P$ である。

(5) 抵抗で消費される電力に等しいものは次のどれか。

12

$$\textcircled{1} \quad \frac{vB^2l}{R}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{vBl^2}{R}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{v^2 Bl}{R}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{v^2 B^2 l}{R}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{vB^2 l^2}{R}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{v^2 B^2 l^2}{R}$$

(6) 導体棒を一定の速さ v で動かし続けるのに必要な外力の大きさに等しいものは次のどれか。

13

$$\textcircled{1} \quad \frac{vB^2l}{R}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{vBl^2}{R}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{v^2 Bl}{R}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{v^2 B^2 l}{R}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{vB^2l^2}{R}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{v^2 B^2 l^2}{R}$$

(7) 導体棒に沿った自由電子の平均移動速度の大きさに等しいものは次のどれか。ただし自由電子1個がもつ電気量の大きさを e 、導体棒中の自由電子の単位体積当たりの数を n 、導体棒の断面積を S とする。

14

$$\textcircled{1} \quad \frac{Bl}{envSR}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{B^2 l^2}{en\nu SR}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{vB^2 l^2}{enSR}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{v^2 Bl}{enSR}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{vBl}{enSR}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{v^2 B^2 l^2}{enSR}$$

Ⅲ 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

絶対温度 300 K の酸素分子からなる理想気体が容器の中に閉じこめられている。この酸素分子の2乗平均速度を $4.8 \times 10^2 \text{ m/s}$ として、次の問いに答えよ。ここで、容器の体積は一定、酸素分子 1 mol の質量は $3.2 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 、気体定数は $8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

(1) 酸素分子1個の質量は何 kg か。

15

- ① 2.7×10^{-26} ② 5.3×10^{-26} ③ 2.7×10^{-23}
④ 5.3×10^{-23} ⑤ 2.7×10^{-20} ⑥ 5.3×10^{-20}

(2) 気体に熱を加えて絶対温度を 300 K より高くすると、この気体の圧力はどうなるか。

16

- ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

(3) 気体に熱を加えて絶対温度を 300 K より高くすると、この酸素分子の2乗平均速度はどうなるか。

17

- ① 大きくなる ② 小さくなる ③ 変わらない

(4) 絶対温度 300 K における窒素分子の2乗平均速度は、300 K における酸素分子の2乗平均速度と比べて大きい、小さい、変わらないか。ただし、窒素分子 1 mol の質量は $2.8 \times 10^{-2} \text{ kg}$ とする。

18

- ① 大きい ② 小さい ③ 変わらない

(5) 気体に熱を加えて絶対温度を 600 K にすると、この酸素分子の2乗平均速度は何 m/s になるか。

19

- ① 2.4×10^2 ② 3.4×10^2 ③ 4.8×10^2
④ 6.8×10^2 ⑤ 9.6×10^2 ⑥ 1.4×10^3

(6) 速さ $4.8 \times 10^2 \text{ m/s}$ の酸素分子 1 個が、容器の壁に垂直に弾性衝突したとする。この分子が壁に与える力積の大きさは何 $\text{N} \cdot \text{s}$ か。

20

① 2.6×10^{-26}

② 5.1×10^{-26}

③ 2.6×10^{-23}

④ 5.1×10^{-23}

⑤ 2.6×10^{-20}

⑥ 5.1×10^{-20}

化 学

(解答番号 ～)

I 次の文章 1) ～ 4) 中の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$ とする。また、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

1) 原子から電子 1 個を取り去ってイオン化する際、原子が するエネルギーを第 1 イオン化エネルギーとよび、その値は 原子が最も大きい。第 1 周期から第 4 周期の元素に属する原子のうち、最も陽性の強い 原子が電子を失ってイオン化すると 原子と同じ電子配置になる。

2) 原子が共有電子対を引き寄せる強さを相対的な数値で表したものを電気陰性度という。その値は、貴ガスを除き 原子が最も大きい。 と水素の化合物の希薄水溶液は 。アンモニア分子の $N-H$ 結合では、窒素原子と水素原子の電気陰性度の差により、共有電子対が 原子の方に偏っているので、 形のアンモニア分子は極性分子となる。分子の極性の程度は、物質の混ざりやすさ（溶けやすさ）にも影響する。例えば、分液ろうと中で水に等量のアセトン混ぜ合わせると ことが予想できる。

3) 水素やナトリウムのように、1 種類の元素からなる純物質を単体という。また、 や酸素とオゾンのように同じ元素でできていながら、性質の異なる単体を互いに同素体という。

4) 固体の塩化ナトリウムは、多数の Na^+ と Cl^- が で結びついている。このような物質は 。また、水 1.00 kg に塩化ナトリウム 5.85 g を溶解して調製した水溶液の大気圧下における凝固点は $^{\circ}\text{C}$ になる。ただし、水溶液中で塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。

1 に対する解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 生 成 | ② 吸 収 | ③ 放 出 |
| ④ 励 起 | ⑤ 発 光 | ⑥ 崩 壊 |

2 ～ **5** に対する解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① H | ② He | ③ Li | ④ Be | ⑤ C |
| ⑥ N | ⑦ O | ⑧ F | ⑨ Ne | ⑩ Na |
| ⑪ Mg | ⑫ Al | ⑬ P | ⑭ S | ⑮ Cl |
| ⑯ Ar | ⑰ K | ⑱ Ca | ⑲ Br | ⑳ Kr |

6 に対する解答群

- ① 弱酸であり，その保存はポリエチレン製の容器で行う
- ② 弱酸であり，その保存は二酸化ケイ素やガラス製の容器で行う
- ③ 強酸であり，その保存はポリエチレン製の容器で行う
- ④ 強酸であり，その保存は二酸化ケイ素やガラス製の容器で行う
- ⑤ 弱塩基であり，その保存はポリエチレン製の容器で行う
- ⑥ 弱塩基であり，その保存は二酸化ケイ素やガラス製の容器で行う
- ⑦ 強塩基であり，その保存はポリエチレン製の容器で行う
- ⑧ 強塩基であり，その保存は二酸化ケイ素やガラス製の容器で行う

7 に対する解答群

- | | |
|-------|-------|
| ① 水 素 | ② 窒 素 |
|-------|-------|

8 に対する解答群

- | | | | |
|--------|-------|--------|---------|
| ① 正八面体 | ② 正 方 | ③ 正四面体 | ④ 折れ線 |
| ⑤ 正六角 | ⑥ 直 線 | ⑦ 三角錐 | ⑧ 正十二面体 |

9 に対する解答群

- ① 水は無極性分子であり，アセトンは無極性分子であるため二層に分離する
- ② 水は無極性分子であり，アセトンは無極性分子であるため混ざり合う
- ③ 水は極性分子であり，アセトンは無極性分子であるため二層に分離する
- ④ 水は極性分子であり，アセトンは無極性分子であるため混ざり合う
- ⑤ どちらも極性分子であるため二層に分離する
- ⑥ どちらも極性分子であるため混ざり合う
- ⑦ どちらも無極性分子であるため二層に分離する
- ⑧ どちらも無極性分子であるため混ざり合う

10 に対する解答群

- ① ガラスとダイヤモンド
- ② 一酸化炭素と二酸化炭素
- ③ ダイヤモンドと二酸化炭素
- ④ 黒鉛とカーボンナノチューブ

11 に対する解答群

- ① クーロン力
- ② 分子間力
- ③ 水素結合
- ④ 励起エネルギー

12 に対する解答群

- ① 一般に軟らかく，融点が低い
- ② 一般にきわめて硬く，融点が高く，また，水に溶けにくい
- ③ 結晶状態では電気伝導性は低い，水溶液や融解状態では電気を伝導する
- ④ 展性や延性があり，電気伝導性がよい

13 に対する解答群

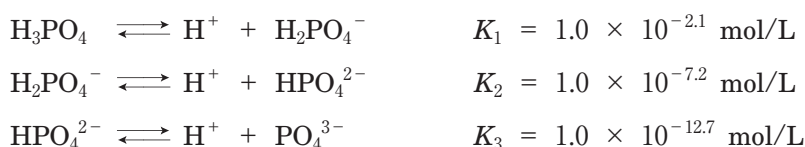
- ① -3.70
- ② -1.85
- ③ -0.370
- ④ -0.185
- ⑤ -0.0370
- ⑥ -0.0185
- ⑦ 0.00
- ⑧ 0.0185
- ⑨ 0.0370
- ⑩ 0.185
- ⑪ a 0.370
- ⑫ b 1.85
- ⑬ c 3.70

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ リンに関する次の文章中の空欄 14 ～ 22 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。

赤リンは、化学式 14 の物質で、医薬品や農薬の原料、マッチの箱の側薬に利用されており、二硫化炭素に 15 。また、リンは肥料の三要素の一つであり、リン鉱石を硫酸と反応させて得られる 16 が肥料として用いられる。リンを空気中で燃焼させると酸性酸化物の 17 となる。 17 と同じ酸性酸化物に分類されるものは、 Na_2O 、 MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Cl_2O_7 のうち 18 である。

リン酸は3価の酸であり、水溶液中で次のように3段階に電離する。1段階目として、 H_3PO_4 から H_2PO_4^- を生じる（第1電離）。次に、 H_2PO_4^- から HPO_4^{2-} を生じ（第2電離）、そして HPO_4^{2-} から PO_4^{3-} を生じる（第3電離）。また、このときのリン酸の電離定数をそれぞれ K_1 、 K_2 、 K_3 とする。



電離定数 K_1 は、 $K_1 =$ 19 と表すことができる。同様に、 K_2 、 K_3 の電離定数を考えると、 $K_1 \sim K_3$ すべてに 20 が含まれていることから、20 が決まれば、各物質の濃度比を求めることができる。例えば、水溶液の pH 2.1 のときの各物質の濃度比は、

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] : [\text{H}_2\text{PO}_4^-] : [\text{HPO}_4^{2-}] : [\text{PO}_4^{3-}] = \text{ 21 } \text{ となる。}$$

また、リン酸二水素ナトリウムは水溶液中で次のように電離する。



さらに、 H_2PO_4^- には次のような 2 つの平衡が常に成り立っているので、これらの平衡定数を使うと、リン酸二水素ナトリウム水溶液の pH は 22 となる。



14 に対する解答群

- ① P ② P_2 ③ P_3 ④ P_4

15 に対する解答群

- ① 溶ける ② 溶けない

16 に対する解答群

- ① 消石灰 ② 生石灰 ③ 過リン酸石灰
④ 硫酸カルシウム ⑤ 亜リン酸 ⑥ 次亜リン酸
⑦ ヒドロキシアパタイト

17 に対する解答群

- ① PO_2 ② PO_4 ③ P_2O_6 ④ P_2O_8 ⑤ P_3O_8
⑥ P_3O_{10} ⑦ P_4O_8 ⑧ P_4O_{10} ⑨ P_6O_9 ⑩ P_6O_{12}

18 に対する解答群

- ① Na_2O のみ ② MgO のみ ③ Al_2O_3 のみ
④ SiO_2 のみ ⑤ Cl_2O_7 のみ ⑥ Na_2O と MgO のみ
⑦ Al_2O_3 と SiO_2 のみ ⑧ SiO_2 と Cl_2O_7 のみ

19 に対する解答群

- ① $\frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$ ② $\frac{[\text{H}^+][\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$ ③ $\frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$
- ④ $\frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$ ⑤ $\frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$ ⑥ $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}$
- ⑦ $\frac{[\text{H}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$ ⑧ $\frac{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{PO}_4^{3-}]}$ ⑨ $\frac{[\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{H}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}$

20 に対する解答群

- ① $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ ② $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ ③ $[\text{HPO}_4^{2-}]$
- ④ $[\text{PO}_4^{3-}]$ ⑤ $[\text{H}^+]$

21 に対する解答群

- ① $1 : 1 : 10^{-2.1} : 10^{-10.6}$ ② $1 : 1 : 10^{-5.1} : 10^{-15.7}$
- ③ $1 : 1 : 10^{-5.1} : 10^{-17.7}$ ④ $1 : 1 : 10^{-9.3} : 10^{-12.7}$
- ⑤ $1 : 10^{-2.1} : 10^{-5.1} : 10^{-15.7}$ ⑥ $1 : 10^{-2.1} : 10^{-7.2} : 10^{-10.6}$
- ⑦ $1 : 10^{-2.1} : 10^{-9.3} : 10^{-17.7}$ ⑧ $1 : 10^{-2.1} : 10^{-10.6} : 10^{-12.7}$
- ⑨ $1 : 10^{-5.1} : 10^{-7.2} : 10^{-10.6}$ ⑩ $1 : 10^{-5.1} : 10^{-7.2} : 10^{-12.7}$
- ⑪ $1 : 10^{-5.1} : 10^{-9.3} : 10^{-12.7}$ ⑫ $1 : 10^{-5.1} : 10^{-9.3} : 10^{-15.7}$

22 に対する解答群

- ① 1.3 ② 2.1 ③ 3.5 ④ 4.7
- ⑤ 5.9 ⑥ 6.3 ⑦ 7.1 ⑧ 8.6

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 次の問1および問2中の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$ とする。また、ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。

問1 Ag, Au, Cu, Mg, Na, Ni および Zn のいずれかに該当する金属 A～G について、ア)～オ) のような実験を行った。

ア) A および C は希硝酸に溶解し水素を発生したが、希硫酸とは反応しなかった。

イ) D, E, F, G は塩酸や希硫酸に溶解し水素を発生した。

ウ) D は常温の水と激しく反応し水素を発生した。F は常温の水とはほとんど反応しなかったが、熱水とは反応し水素を発生した。

エ) B および E は濃硝酸に溶解しなかった。

オ) A の硝酸塩の水溶液に C を入れると、C の表面に A が析出した。

1) 実験エ) において、B が溶解しない理由は B が ためである。また、E が溶解しない理由は E が ためである。

2) (削除)

3) D は , F は である。

4) A～G のうち、イオン化傾向が最も大きいのは であり、最も小さいのは である。

5) (削除)

問2 電解質の水溶液に2つの電極を浸し、外部電源(電池)で直流電圧をかけると、電気分解が起こる。炭素電極を用いて塩化銅(Ⅱ)水溶液を電気分解すると、外部電源の負極につないだ電極では 。一方、白金電極を用いる薄い水酸化ナトリウム水溶液の電気分解で $1.93 \times 10^5 \text{ C}$ の電気を流すとき、陽極では の反応が起こる。また、陰極では の が生じる。

23 および 24 に対する解答群

- ① 濃硝酸では酸化されない
- ② 濃硝酸では還元されない
- ③ 濃硝酸により不動態になる

25 および 26 に対する解答群
(削除)

27 および 28 に対する解答群
(削除)

29 および 30 に対する解答群

- ① Ag ② Au ③ Cu ④ Mg
- ⑤ Na ⑥ Ni ⑦ Zn

31 ~ 33 に対する解答群 33 の解は選択肢にありません

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E ⑥ F ⑦ G

34 に対する解答群

- ① H_2 が発生する ② O_2 が発生する
- ③ Cl_2 が発生する ④ Cu が析出する

35 に対する解答群

- ① $\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$
- ② $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$
- ③ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- ④ $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
- ⑤ $4\text{OH}^- \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$

36 に対する解答群

- ① 5.75 g ② 8.50 g ③ 11.5 g ④ 17.0 g ⑤ 23.0 g
- ⑥ 34.0 g ⑦ 46.0 g ⑧ 68.0 g ⑨ 92.0 g ⑩ 136 g
- Ⓐ 標準状態で 4.48 L Ⓑ 標準状態で 5.60 L Ⓒ 標準状態で 11.2 L
- Ⓓ 標準状態で 22.4 L Ⓔ 標準状態で 44.8 L Ⓕ 標準状態で 56.0 L
- Ⓖ 標準状態で 67.2 L Ⓗ 標準状態で 89.6 L

37 に対する解答群

- ① Na ② H_2 ③ O_2 ④ H_2O_2

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 次の文章 1) ～ 8) で述べた有機化合物 A～J に関する文章中の空欄 38 ～

48 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $N=14.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$, $Cl=35.5$, $K=39.0$, $I=127$ とする。

1) 2-プロパノールと濃硫酸の混合物を加熱して分子内脱水したときに、化合物 A が生成した。共有結合の回転を考慮すると化合物 A には、同一平面に並ぶ可能性のある原子は最大で 38 個ある。

2) 炭化カルシウムに水を加えると、化合物 B が生成した。化合物 B 13.0 g をシアン化水素との 39 反応で全てアクリロニトリルに変化させるためには、少なくともシアン化水素が 40 g 必要である。

3) 酢酸ナトリウム 1 モルと水酸化ナトリウム 1 モルを加熱すると、完全に化合物 C に変化した。このとき、常温・常圧で理論上 41 g の固体がフラスコに残る。

4) 酢酸カルシウムを乾留すると、化合物 D が生成した。化合物 D を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させたときと同じ有機化合物の塩が生成するものは 42 である。

5) 化合物 E を、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液と加熱して反応させたところ、アセトンとプロピオン酸が生じたので、化合物 E の構造は 43 と考えられた。

6) ナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を大気圧下で通じると、化合物 F が生成した。この反応と同じものに分類される反応例は 44 である。

7) 酢酸エチルと水の混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、化合物 G と H が生成した。化合物 G にエタノールと触媒量の濃硫酸を加えた後、加熱すると、常温・

常圧下で 45 性質をもつ 46 が生成する。一方、化合物 H を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液に加え、湯浴で加熱すると化合物 I が気体（沸点 20℃）となって発生した。化合物 I は、工業的に PdCl_2 と CuCl_2 を触媒にして 47 から合成されている。

8) 油脂 J を構成する脂肪酸は、ステアリン酸（分子量 284）、オレイン酸（分子量 282）、リノール酸（分子量 280）、リノレン酸（分子量 278）のいずれかである。油脂 J のけん化価が 191 で、ヨウ素価が 174 であった。油脂 J のけん化の際に、グリセリンとステアリン酸の塩が検出されたので、その他に 48 はずである。

38 に対する解答群

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |
| ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 | ⑪ a | ⑫ b |

39 に対する解答群

- | | | | |
|-------|-------|--------|-------|
| ① 置 換 | ② 酸 化 | ③ 還 元 | ④ 中 和 |
| ⑤ 付 加 | ⑥ 脱 水 | ⑦ 加水分解 | |

40 に対する解答群

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 2.70 | ② 5.40 | ③ 8.10 | ④ 10.8 | ⑤ 13.5 |
| ⑥ 16.2 | ⑦ 18.9 | ⑧ 21.6 | ⑨ 27.0 | ⑩ 27.3 |

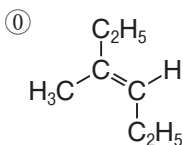
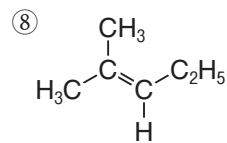
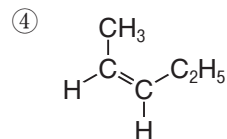
41 に対する解答群

- | | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|-------|
| ① 41 | ② 53 | ③ 82 | ④ 106 | ⑤ 123 | ⑥ 159 |
|------|------|------|-------|-------|-------|

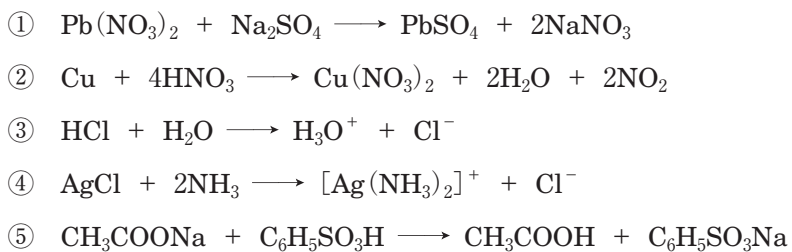
42 に対する解答群

- | | |
|--------------|------------|
| ① ホルムアルデヒド | ② アセトアルデヒド |
| ③ プロピオンアルデヒド | ④ エタノール |
| ⑤ 2-プロパノール | ⑥ 2-ブタノール |

43



44



45

- ① 液体で水に浮く
 - ② 液体で水に沈む
 - ③ 固体で水に浮く
 - ④ 固体で水に沈む
 - ⑤ 気体で空気より軽い
 - ⑥ 気体で空気より重い

46

- ① カルボン酸 ② アルデヒド ③ ケトン
④ エステル ⑤ アミド ⑥ アミン

47 に対する解答群

- | | |
|---------------|---------------|
| ① エタンと酸素 | ② エタンと水 |
| ③ エタンと一酸化炭素 | ④ エタンと二酸化炭素 |
| ⑤ エチレンと酸素 | ⑥ エチレンと水 |
| ⑦ エチレンと一酸化炭素 | ⑧ エチレンと二酸化炭素 |
| ⑨ アセチレンと酸素 | ⑩ アセチレンと水 |
| Ⓐ アセチレンと一酸化炭素 | Ⓑ アセチレンと二酸化炭素 |

48 に対する解答群

- ① オレイン酸の塩も検出される
- ② リノール酸の塩も検出される
- ③ リノレン酸の塩も検出される
- ④ オレイン酸の塩とリノール酸の塩も検出される
- ⑤ オレイン酸の塩とリノレン酸の塩も検出される
- ⑥ リノール酸の塩とリノレン酸の塩も検出される
- ⑦ 脂肪酸の塩は検出されない

生 物

(解答番号 ～)

I 細胞を構成する物質とその機能に関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 生物の基本単位である細胞は、水、タンパク質、核酸、炭水化物、脂質など、さまざまな物質から構成される。動物細胞と植物細胞のどちらにおいても、質量%で最も多くを占める構成要素は水であり、次に多いものは動物細胞では（ア）、植物細胞では（イ）である。ここで、（ア）と（イ）の正しい組み合わせは である。

1

に対する解答群

	(ア)	(イ)
①	タンパク質	タンパク質
②	タンパク質	核 酸
③	タンパク質	炭水化物
④	タンパク質	脂 質
⑤	核 酸	タンパク質
⑥	核 酸	核 酸
⑦	核 酸	炭水化物
⑧	核 酸	脂 質
⑨	炭水化物	タンパク質
⑩	炭水化物	核 酸
㉑	炭水化物	炭水化物
㉒	炭水化物	脂 質
㉓	脂 質	タンパク質
㉔	脂 質	核 酸
㉕	脂 質	炭水化物
㉖	脂 質	脂 質

細胞をすりつぶして遠心分離機にかけ、細胞小器官を分け取る方法を細胞分画法という。ホウレンソウの緑葉を用いて細胞分画法を行った。まず、ホウレンソウの緑葉を、i) スクロースを加えた緩衝液に入れ、乳鉢と乳棒を用いて破碎し、細胞破碎液を調製した。その後、図 I - 1 に示した手順および表記の条件で、遠心分離を繰り返して細胞破碎液から細胞小器官の分離を行った。このとき、細胞破碎液の調製と遠心分離は ii) 低温条件下 で行った。

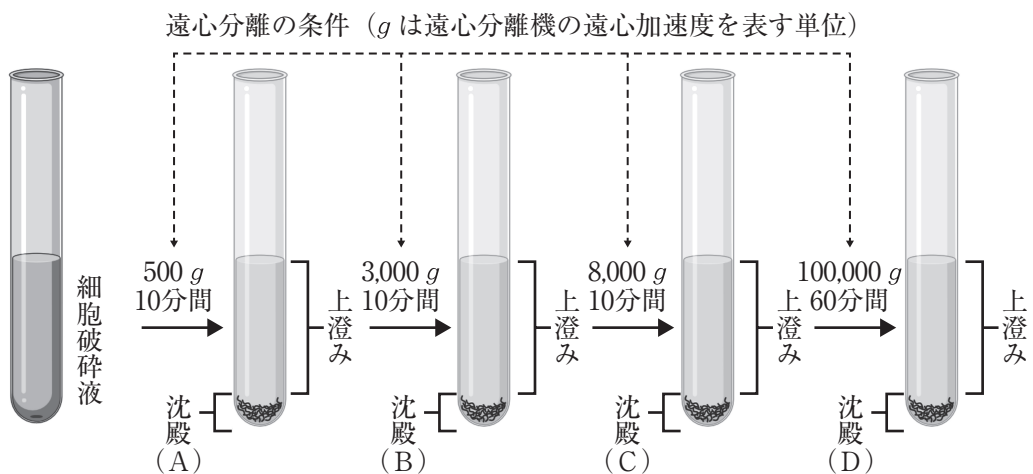


図 I - 1

下線部 i) のようにスクロースを加えて操作を行った理由として最も適切なのは

2

であり、下線部 ii) の条件で操作を行った理由として最も適切なのは

3

である。

2

および

3

に対する解答群

- ① 溶液と細胞内液を等張にするため
- ② 細胞質基質中の pH が大きく変化することを防ぐため
- ③ 緑葉に含まれる酵素のはたらきを抑えるため
- ④ 緑葉に含まれる酵素のはたらきを促すため

分離の結果、沈殿（A）には細胞壁断片や核が、沈殿（B）には図 I - 2 で示す細胞小器官が、沈殿（C）には図 I - 3 で示す細胞小器官が、沈殿（D）にはタンパク質の合成や輸送に関わる細胞小器官がそれぞれ含まれていた。



図 I - 2



図 I - 3

沈殿（B）に含まれていた図 I - 2 で示す細胞小器官が有する特徴は 4 であり、沈殿（C）に含まれていた図 I - 3 で示す細胞小器官が有する特徴は 5 である。

4 に対する解答群

- ① 小胞体から受け取ったタンパク質を加工し、細胞外へ分泌すること
- ② 二酸化炭素と水から有機物を合成すること
- ③ 染色体を 2 つの娘細胞に均等に分配すること
- ④ セルロースを合成すること

5 に対する解答群

- ① 電子の受け渡しによって最終的に水が生成されること
- ② 細胞内で不要になった物質を分解すること
- ③ 発酵によってグルコースからエネルギーを作り出し、エタノールを生じること
- ④ クロロフィルやカロテンが含まれること

2) 細胞どうしの接着を細胞接着といい、大きく分けて（ウ）結合、（エ）結合、（オ）結合の3種類がある。（ウ）結合は、細胞内の細胞骨格につながったタンパク質どうしによる細胞の結合である。（ウ）結合に関わるタンパク質である 6 はカルシウムイオンの存在下で細胞どうしを接着させる分子であり、神経胚の発生の過程における細胞層のつなぎかえにも重要である。（エ）結合では、膜タンパク質が、隣接する細胞の膜間に孔を設けて、細胞質どうしをつないでいる。この結合では、ⁱⁱⁱ 低分子の物質が細胞間を直接移動することができる。（オ）結合は、となり合う細胞の細胞膜どうしが、タンパク質によってすき間がなくなるようにふさがれた結合である。（オ）結合は腸の上皮細胞にも見られ、体内と体外を隔てるはたらきをしている。ここで、（ウ）～（オ）の正しい組み合わせは 7 である。

6 に対する解答群

- | | | |
|----------|----------|---------|
| ① ミオシン | ② サイトカイン | ③ カドヘリン |
| ④ グリコーゲン | ⑤ オーキシン | ⑥ ユビキチン |

7 に対する解答群

	（ウ）	（エ）	（オ）
①	固 定	ギャップ	密 着
②	固 定	密 着	ギャップ
③	ギャップ	固 定	密 着
④	ギャップ	密 着	固 定
⑤	密 着	固 定	ギャップ
⑥	密 着	ギャップ	固 定

下線部iii) に関して，以下の物質 a～c のうち，直接移動することができるのは

8 である。

a グルコース

b ナトリウムイオン

c グルタミン

8 に対する解答群

① a のみ

② b のみ

③ c のみ

④ a, b のみ

⑤ a, c のみ

⑥ b, c のみ

⑦ a, b, c

- 3) iv) 食事から摂取されたデンプンは、グルコースにまで分解され、小腸で吸収される。グルコースの体内への吸収には、小腸の上皮細胞にある膜タンパク質 (x), (y) および (z) が重要なはたらきを担う。これらの膜タンパク質は、図 I - 4 に示したようなマウスの小腸の上皮細胞において、腸管内腔と接する頂端面側の細胞膜、もしくは基底面側の細胞膜のどちらか一方にのみ存在しており、それぞれ以下のような特徴をもつ。

膜タンパク質 (x) : Na^+ がその濃度勾配にしたがって輸送されるときに、 Na^+ の輸送と同じ方向にグルコースを輸送する

膜タンパク質 (y) : グルコースを、その濃度勾配にしたがって輸送する

膜タンパク質 (z) : ATP を利用して Na^+ を能動輸送する

ここで、膜タンパク質 (x), (y) および (z) が小腸の上皮細胞の頂端面側または基底面側のどちら側の細胞膜に発現しているかを調べるために、図 I - 4 に示した実験系を作製した。まず、酸素で飽和させた、 Na^+ を 25 mmol/L の濃度で含む等張の緩衝液 (以下、緩衝液) を内部に隙間なく満たした容器 1 と容器 2 からなるユニットをつくった。次に、小腸の一部から上皮細胞の組織片の一片を調製し、組織片の上下を考慮せず、ただちにユニット内に密閉した。このとき、組織片のねじれや左右の隙間、気泡の発生も生じないように設置し、さらに、測定点 A (容器 1 側の細胞膜付近)、測定点 B (上皮細胞内)、測定点 C (容器 2 側の細胞膜付近) においてのみ、グルコースおよび Na^+ の濃度を同時に計測した。

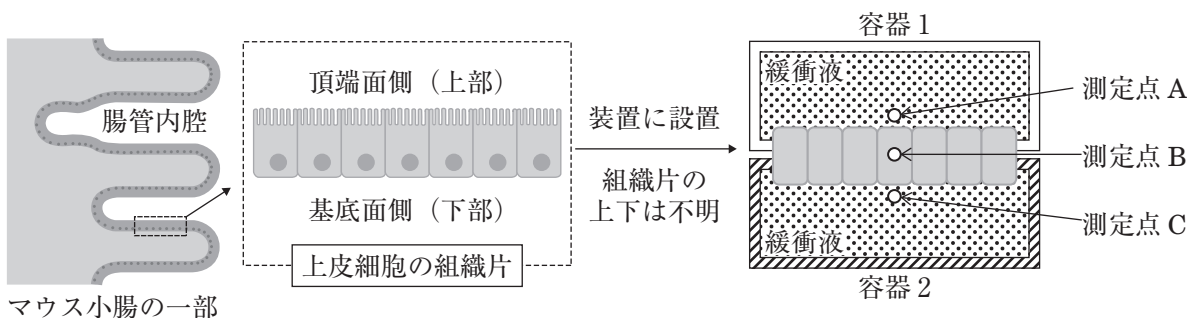


図 I - 4

この実験系を用いて、以下の各実験を生体内と同等な適切な環境下でそれぞれ実施し、結果を得た。ただし、容器1と容器2の容量は上皮細胞の組織片の体積に比べて十分に確保されており、物質の出入りが生じて、それぞれの容器内にある他の物質濃度の変化には影響を与えないものとする。なお、すべての実験において、組織片の向きは同一とする。

(実験1) 容器1内の緩衝液にのみグルコース (1 mmol/L) を添加した。すると、測定点Cのグルコース濃度の上昇は見られず、 Na^+ 濃度は、すべての測定点のうち、測定点Bで最も低くなった。

(実験2) 容器2内の緩衝液にのみグルコース (1 mmol/L) を添加した。すると、測定点Aと測定点Bのグルコース濃度は顕著に上昇し、 Na^+ 濃度は、すべての測定点のうち、測定点Bで最も低くなった。

(実験3) 容器1と容器2内の緩衝液に試薬(P)を添加して、実験2と同様の実験を行った。すると、測定点Aと測定点Bのグルコース濃度の上昇は見られず、すべての測定点で Na^+ 濃度に差はなかった。なお、試薬(P)はATPに似た構造をもつ物質で、ATPのかわりに酵素に結合するが分解されないため、ATPのはたらきを阻害し、細胞膜を通過することができる。

(実験4) 容器1内の緩衝液にのみ試薬(Q)を添加して、実験2と同様の実験を行った。すると、測定点Aと測定点Bのグルコース濃度の上昇は見られず、すべての測定点で Na^+ 濃度に差はなかった。なお、試薬(Q)は膜タンパク質(z)のはたらきを特異的に阻害し、細胞膜を通過しない。

(実験5) 容器1と容器2内の緩衝液に試薬(P)を添加し、同時に容器2内の緩衝液の Na^+ のみを5倍の濃度に濃くして、実験2と同様の実験を行った。すると、測定点Aと測定点Bのグルコース濃度は顕著に上昇し、測定点Cの Na^+ 濃度は低下した。

(実験6) 容器1と容器2内の緩衝液に試薬(P)を添加して、同時に上皮細胞内にのみグルコース (1 mmol/L) を注入した。すると、測定点Aのみでグルコース濃度が上昇した。

ここで、実験1～6の結果から、設置された小腸上皮細胞の組織片において、膜タンパク質（x）は容器（カ）側、膜タンパク質（y）は容器（キ）側、膜タンパク質（z）は容器（ク）側の細胞膜に存在することがわかった。つまり、この実験系で用いた小腸上皮細胞の組織片は、容器1側の緩衝液に（ケ）側が向いている状態で設置されていたことがわかった。ここで、（カ）～（ケ）の正しい組み合わせは

9

 である。

9

 に対する解答群

	（カ）	（キ）	（ク）	（ケ）
①	1	1	1	頂端面
②	1	1	1	基底面
③	1	1	2	頂端面
④	1	1	2	基底面
⑤	1	2	1	頂端面
⑥	1	2	1	基底面
⑦	1	2	2	頂端面
⑧	1	2	2	基底面
⑨	2	1	1	頂端面
⑩	2	1	1	基底面
①	2	1	2	頂端面
②	2	1	2	基底面
③	2	2	1	頂端面
④	2	2	1	基底面
⑤	2	2	2	頂端面
⑥	2	2	2	基底面

さらに、試薬 (R) がどの膜タンパク質を阻害するかを調べるため、以下の追加実験を実施し、結果を得た。なお、試薬 (R) は、膜タンパク質 (x), (y), (z) のいずれか 1 つのみを特異的に阻害し、細胞膜を通過しないものとする。

(実験 7) 容器 1 内の緩衝液に試薬 (R) を添加して、実験 2 と同様の実験を行った。すると、測定点 A と測定点 B のグルコース濃度は顕著に上昇し、 Na^+ 濃度は、すべての測定点のうち、測定点 B で最も低かった。

(実験 8) 容器 2 内の緩衝液に試薬 (R) を添加して、実験 2 と同様の実験を行った。すると、測定点 A と測定点 B のグルコース濃度の上昇は見られず、 Na^+ 濃度は、すべての測定点のうち、測定点 B で最も低かった。

ここで、実験 1 ～ 8 のすべての結果を考慮すると、試薬 (R) は膜タンパク質 10 を特異的に阻害することがわかる。

10 に対する解答群

- ① (x) ② (y) ③ (z)

下線部 iv) において、食事から摂取されたデンプンは、アミラーゼと 11 により分解され、最終的にグルコースとなる。

11 に対する解答群

- ① ペプシン ② マルターゼ ③ トリプシン
④ カタラーゼ ⑤ リパーゼ ⑥ リゾチーム

Ⅱ ニューロンの膜電位とシナプス伝達に関する以下の文章中の [12] ～ [24] に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の [] に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 細胞膜を隔てた電位差を膜電位という。ニューロンの膜電位は細胞が刺激を受けると変化する。細胞が刺激されていないときの膜電位を [12] といい、細胞外を基準電位として 0 mV とすると、細胞内は多くの場合、 [13] 付近の値を示す。

[12] は、細胞内外のイオンの濃度差と細胞膜の機能性タンパク質のはたらきで生じる。細胞内と細胞外では、イオンの濃度が異なり、(ア) イオンは細胞内の濃度が高く、(イ) イオンは細胞外の濃度が高い。これらのイオンの細胞内外の濃度差は、主に(ウ)のはたらきによって生じている。細胞膜には常に開いているチャネルがあり、[14] イオンはこのチャネルを通り濃度勾配に従って細胞外へ拡散しようとする。[14] イオンの細胞外への移動に伴って、細胞内は電氣的に(エ)になり、[14] イオンを引き戻そうとする力が生じる。ある程度 [14] イオンが細胞外に出ると、拡散しようとする力と引き戻そうとする力が釣り合い、見かけ上 [14] イオンの移動が止まる。この状態の膜電位が [12] である。

ニューロンが刺激されて一定の大きさの(オ)が起これると、その影響で膜電位が [15] 程度の時間で大きく変化し元の [12] に戻る。この膜電位の [15] 程度の大きな変化を [16] といい、[16] が生じることを(カ)という。[16] を生じるのに必要な最小の刺激の強さを [17] という。[16] は、膜電位の変化で開閉が制御される電位依存性チャネルのはたらきによって生じる。刺激により膜電位が [17] に達すると、多数の電位依存性 [18] チャネルが一斉に開いて細胞内に [18] イオンが移動し、膜電位は急激に上昇して最大値を示すようになる。これに遅れて電位依存性 [19] チャネルが開き、[19] イオンが細胞外に移動する。電位依存性 [18] チャネルはすぐに閉じはじめ、細胞外への [19] イオンの移動による影響が強くなって、膜電位は急激に下降する。やがて電位依存性 [19] チャネルも閉じて、膜電位は [12] に戻る。ここで、(ア)～(ウ)の正しい組み合わせは [20] ，(エ)～(カ)の正しい組み合わせは [21] である。

12 , **16** , および **17** に対する解答群

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 活動電位 | ② 静止電位 |
| ③ 受容器電位 | ④ 鋭敏化 |
| ⑤ 臨界期 | ⑥ 閾 値 |
| ⑦ 興奮性シナプス後電位 | ⑧ 抑制性シナプス後電位 |
| ⑨ かぎ刺激 | ⑩ 強 縮 |

13 に対する解答群

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| ① 120 mV | ② 70 mV | ③ 20 mV |
| ④ -20 mV | ⑤ -70 mV | ⑥ -120 mV |

14 , **18** , および **19** に対する解答群

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① カリウム | ② マグネシウム | ③ カルシウム |
| ④ ナトリウム | ⑤ リチウム | ⑥ 銀 |
| ⑦ 亜 鉛 | ⑧ 銅 | |

15 に対する解答群

- | | | |
|-----------|------------|-------------|
| ① 1 マイクロ秒 | ② 10 マイクロ秒 | ③ 100 マイクロ秒 |
| ④ 1 ミリ秒 | ⑤ 10 ミリ秒 | ⑥ 100 ミリ秒 |
| ⑦ 1 秒 | ⑧ 10 秒 | ⑨ 100 秒 |

20

に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	ナトリウム	カリウム	アクアポリン
②	ナトリウム	カリウム	ロドプシン
③	ナトリウム	カリウム	ナトリウムチャネル
④	ナトリウム	カリウム	ナトリウムポンプ
⑤	ナトリウム	カリウム	プロトンポンプ
⑥	ナトリウム	カリウム	クロライドチャネル
⑦	カリウム	ナトリウム	アクアポリン
⑧	カリウム	ナトリウム	ロドプシン
⑨	カリウム	ナトリウム	ナトリウムチャネル
⑩	カリウム	ナトリウム	ナトリウムポンプ
㉑	カリウム	ナトリウム	プロトンポンプ
㉒	カリウム	ナトリウム	クロライドチャネル

21

に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	正	脱分極	興 奮
②	正	脱分極	抑 制
③	正	過分極	興 奮
④	正	過分極	抑 制
⑤	負	脱分極	興 奮
⑥	負	脱分極	抑 制
⑦	負	過分極	興 奮
⑧	負	過分極	抑 制

(第Ⅱ問の 2)は次ページから始まる)

2) ニューロンの軸索の末端（神経終末）は、他のニューロンなどの細胞と20～50 nmの細胞外空間をおいてシナプス接続している。シナプスを介して情報を送る側の細胞をシナプス前細胞、受け取る側の細胞をシナプス後細胞という。神経終末には、神経伝達物質と呼ばれる化学物質を含むシナプス小胞が存在する。シナプス前細胞の神経終末まで興奮が伝導すると、神経終末に存在する（キ）依存性の 22 チャンネルが開き、22 イオンが神経終末の細胞内に移動する。細胞内に移動した 22 イオンにより、シナプス小胞が細胞膜に融合し、シナプス小胞から細胞外に神経伝達物質が放出される。ニューロンどうしのシナプスの場合、神経伝達物質は（ク）を横切ってシナプス後細胞である別のニューロンに到達する。シナプス後細胞の細胞膜には、神経伝達物質と特異的に結合するイオンチャンネルがある。イオンチャンネル自身が神経伝達物質の受容体であり、神経伝達物質の結合により、このイオンチャンネルが開いてシナプス後細胞の膜電位に変化が生じる。この一連の現象を情報の（ケ）という。

神経伝達物質の結合で開くイオンチャンネルを（コ）依存性イオンチャンネルという。あるシナプスでは神経伝達物質がシナプス後細胞のナトリウムチャンネルに結合してチャンネルが開くと、シナプス後細胞の細胞膜が（サ）する。このときの電位を（シ）シナプス後電位といい、神経伝達物質として（ス）がかかわる。また、別のシナプスでは神経伝達物質がシナプス後細胞のクロライドチャンネルに結合してチャンネルが開くと、シナプス後細胞の細胞膜が（セ）する。このときの電位を（ソ）シナプス後電位といい、神経伝達物質として（タ）がかかわる。ここで、（キ）～（コ）の正しい組み合わせは 23 , （サ）～（タ）の正しい組み合わせは 24 である。

22 に対する解答群

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① カリウム | ② マグネシウム | ③ カルシウム |
| ④ ナトリウム | ⑤ リチウム | |

23

に対する解答群

	(キ)	(ク)	(ケ)	(コ)
①	電 位	終 板	跳躍伝導	リガンド
②	電 位	終 板	伝 達	リガンド
③	電 位	シナプス間隙	跳躍伝導	リガンド
④	電 位	シナプス間隙	伝 達	リガンド
⑤	リガンド	終 板	跳躍伝導	電 位
⑥	リガンド	終 板	伝 達	電 位
⑦	リガンド	シナプス間隙	跳躍伝導	電 位
⑧	リガンド	シナプス間隙	伝 達	電 位

24

に対する解答群

	(サ)	(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)	(タ)
①	脱分極	抑制性	γ -アミノ酪酸	過分極	興奮性	グルタミン酸
②	脱分極	抑制性	グルタミン酸	過分極	興奮性	γ -アミノ酪酸
③	脱分極	興奮性	γ -アミノ酪酸	過分極	抑制性	グルタミン酸
④	脱分極	興奮性	グルタミン酸	過分極	抑制性	γ -アミノ酪酸
⑤	過分極	抑制性	γ -アミノ酪酸	脱分極	興奮性	グルタミン酸
⑥	過分極	抑制性	グルタミン酸	脱分極	興奮性	γ -アミノ酪酸
⑦	過分極	興奮性	γ -アミノ酪酸	脱分極	抑制性	グルタミン酸
⑧	過分極	興奮性	グルタミン酸	脱分極	抑制性	γ -アミノ酪酸

Ⅲ 動物の細胞分裂に関する以下の文章中の 25 ～ 34 に最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) 細胞分裂を繰り返している細胞では、分裂期とそれ以外の間期の周期が反復している。分裂期の前期では、核内に分布していた染色体が折りたたまれて太くなり、棒状の染色体となる。これらの染色体を観察すると、細胞内には形や大きさの等しい染色体が2本ずつ含まれている。この対になった染色体のセットを 25 とよぶ。分裂期の前期の終わりには核膜が消失し、複製された 26 が2つに分かれて細胞の両極に移動して紡錘体が形成される。分裂期はその後、中期、後期を経て終期に入る。終期には核分裂に引き続き細胞質分裂が起こり、細胞は2つの娘細胞になる。細胞分裂では、娘細胞へ正確に染色体を分配するために細胞骨格のはたらきが重要であり、紡錘体形成には(ア)、細胞質分裂には(イ)が関与する。ここで、(ア)と(イ)の正しい組み合わせは 27 である。

25 に対する解答群

- | | |
|---------|---------|
| ① 唾腺染色体 | ② 性染色体 |
| ③ 二価染色体 | ④ 相同染色体 |

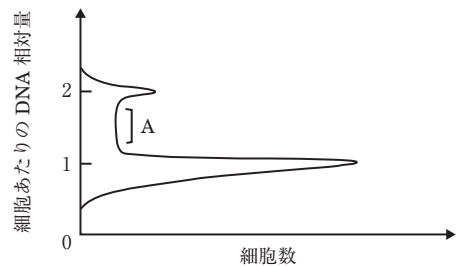
26 に対する解答群

- | | | |
|-------|--------|-------|
| ① 中心体 | ② ゴルジ体 | ③ 小胞体 |
| ④ 細胞体 | ⑤ 水晶体 | |

	(ア)	(イ)
①	微小管	中間径フィラメント
②	微小管	アクチンフィラメント
③	中間径フィラメント	微小管
④	中間径フィラメント	アクチンフィラメント
⑤	アクチンフィラメント	微小管
⑥	アクチンフィラメント	中間径フィラメント

2) 細胞周期における間期は、 G_1 期 (DNA 合成準備期) ・ S 期 (DNA 合成期) ・ G_2 期 (分裂準備期) から構成される。間期は分裂期に備えて DNA を複製する期間であり、細胞あたりの DNA 量は 2 倍となる。これを確かめるために、ある種の動物細胞を用いて以下のような実験をおこなった。

【実験】 さかんに細胞分裂をくり返し、細胞周期がそろっていない動物細胞の集団を全て採取し、細胞に含まれる DNA 量を測定した。細胞あたりの DNA 相対量と細胞数の関係をグラフに示すと、右の図Ⅲのようになった。なお、各細胞周期の時期の長さは、実験に用いた動物細胞間で一定であった。



図Ⅲ

実験の結果から、図Ⅲのグラフ中 A の部分には 28 の時期の細胞が主に含まれることがわかる。また、この動物細胞においては、29 の時期の長さが最も長いことがわかる。

28 および 29 に対する解答群

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① G_0 期 | ② G_1 期 | ③ G_2 期 |
| ④ S 期 | ⑤ M 期 | |

- 3) ある細胞集団を観察すると、全細胞の10%が分裂期の細胞であった。分裂期の細胞をさらに詳しく観察すると、そのうちの25%が前期の細胞であった。観察した時と同じ条件下で培養した細胞の数を調べると、20時間で細胞数が2倍に増加していた。すべての細胞が一定速度で分裂をくり返していたと仮定すると、これらの細胞が前期に費やした時間はおよそ 30 分と計算できる。

30 に対する解答群

- ① 10 ② 30 ③ 50
④ 70 ⑤ 90 ⑥ 110
- 4) 多くの多細胞生物では、卵や精子などの生殖細胞である配偶子を通じて、次世代に遺伝情報が受け継がれる。配偶子は、形成過程での減数分裂により、染色体数が半減する。減数分裂は、第一分裂と第二分裂の連続する2回の分裂からなる。減数分裂中の 31 の時期には遺伝子の組換えが起こり、多細胞生物の多様性を生み出す1つの要因となる。

31 に対する解答群

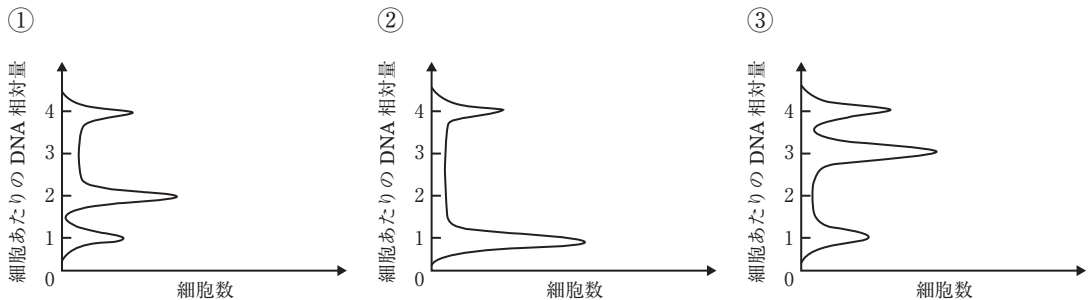
- ① 第一分裂前期 ② 第一分裂中期 ③ 第一分裂後期
④ 第一分裂終期 ⑤ 第二分裂前期 ⑥ 第二分裂中期
⑦ 第二分裂後期 ⑧ 第二分裂終期

ある動物の染色体の構成が $2n=74$ であった場合、この動物の精子内の染色体数は、
 32 本であると考えられる。この動物の雄の、減数分裂に向かう生殖細胞の
 集団について、細胞あたりの DNA 相対量と細胞数の関係をグラフに示すと、
 33 のグラフになる。

32 に対する解答群

- ① 23 ② 37 ③ 46 ④ 74 ⑤ 111

33 に対する解答群



染色体の構成が $2n = 8$ の母細胞が減数分裂を行なって生じる 1 つの娘細胞における染色体の組み合わせは、染色体の乗換えが全く起こらないと仮定すると、

34

 通りの可能性が考えられる。

34

 に対する解答群

- | | | | | |
|------|-------|-------|-------|--------|
| ① 2 | ② 4 | ③ 8 | ④ 16 | ⑤ 32 |
| ⑥ 64 | ⑦ 128 | ⑧ 256 | ⑨ 512 | ⑩ 1024 |

Ⅳ 植生とバイオームに関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 火山が噴火し、溶岩が流れた土地は、高温にさらされて（ア）を含まない荒原（裸地）となってしまう。このような場所で始まる遷移を（イ）遷移という。この場所にはじめて侵入するのは、貧栄養および乾燥した場所でも生息できる（ウ）植物に限られる。

活発な活動を続ける火山は、噴出年代の異なるいくつもの溶岩流の跡地があることから、（イ）遷移の様子を調べるのに適している。一般的な例として、鹿児島県の桜島で、溶岩上の生態系を比較した研究を取り上げる。桜島では、噴火から20年経過した溶岩上で最初に（エ）が出現し、50年経過すると多年草のうち生育の早い（オ）や（カ）が出現した。100年経過すると（キ）やクロマツの林が成立した。さらに、150年以上経過した溶岩上では（ク）やタブノキからなる常緑広葉樹林に遷移し、最後に（ケ）の林が形成されて、全体として大きな変化が見られない状態となった。

一方、東京都の三宅島では、噴火後固まった溶岩の上には初期に（エ）や（オ）は出現せず、最初に（カ）および樹木の種類である（キ）が出現していた。この理由として、溶岩には植物の生育に必要な（コ）化合物がほとんど含まれておらず、これを固定するための（サ）と共生する（キ）が最初に出現したためと考えられる。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは , （エ）～（カ）の正しい組み合わせは , （キ）～（ケ）の正しい組み合わせは , （コ）と（サ）の正しい組み合わせは である。

35

に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	無機物	一 次	パイオニア
②	無機物	一 次	クライマックス
③	無機物	二 次	パイオニア
④	無機物	二 次	クライマックス
⑤	有機物	一 次	パイオニア
⑥	有機物	一 次	クライマックス
⑦	有機物	二 次	パイオニア
⑧	有機物	二 次	クライマックス

36

に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	クロモ	イタドリ	ヨ シ
②	クロモ	イタドリ	ススキ
③	クロモ	サ サ	ヨ シ
④	クロモ	サ サ	ススキ
⑤	ウメノキゴケ	イタドリ	ヨ シ
⑥	ウメノキゴケ	イタドリ	ススキ
⑦	ウメノキゴケ	サ サ	ヨ シ
⑧	ウメノキゴケ	サ サ	ススキ

37 に対する解答群

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	ヤブツバキ	アラカシ	カラマツ
②	ヤブツバキ	アラカシ	スダジイ
③	ヤブツバキ	アカシア	カラマツ
④	ヤブツバキ	アカシア	スダジイ
⑤	ヤシャブシ	アラカシ	カラマツ
⑥	ヤシャブシ	アラカシ	スダジイ
⑦	ヤシャブシ	アカシア	カラマツ
⑧	ヤシャブシ	アカシア	スダジイ

38 に対する解答群

	(コ)	(サ)
①	窒 素	根粒菌
②	窒 素	硝酸菌
③	窒 素	乳酸菌
④	フッ素	根粒菌
⑤	フッ素	硝酸菌
⑥	フッ素	乳酸菌
⑦	ヨウ素	根粒菌
⑧	ヨウ素	硝酸菌
⑨	ヨウ素	乳酸菌

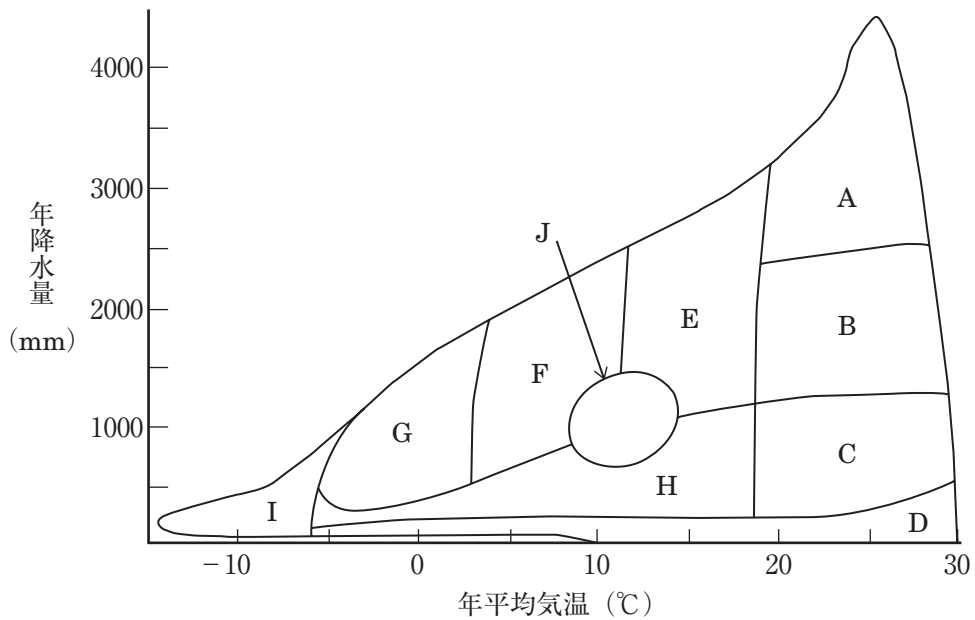
三宅島の溶岩では、(キ)などの(ウ)植物が定着することで、溶岩の(シ)が起
こり、さらに(コ)化合物が供給されることで徐々に(ス)が形成され、他の植物種
の侵入や定着が可能となっていた。ここで、(シ)と(ス)の正しい組み合わせは

39 である。

39 に対する解答群

	(シ)	(ス)
①	凝 固	砂 鉄
②	凝 固	土 壤
③	結晶化	砂 鉄
④	結晶化	土 壤
⑤	風 化	砂 鉄
⑥	風 化	土 壤

- 2) 図Ⅳは、年平均気温および年降水量と、成立するバイオームとの関係を図示したものである。このうち森林が形成されるのは A と B と であり、荒原が形成されるのは D と である。



図Ⅳ

に対する解答群

- | | | |
|--------------|-----------------|--------------|
| ① C | ② E | ③ C, E |
| ④ C, E, F | ⑤ E, F, G | ⑥ C, E, F, J |
| ⑦ E, F, G, J | ⑧ C, E, F, G, J | |

に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① C | ② H | ③ I | ④ C, H |
| ⑤ C, I | ⑥ H, I | ⑦ C, H, I | |

年平均気温の高い A と B の森林を比較すると、年降水量の多い A では（セ）が優占し、代表的な植物として 42 がある。B では（ソ）が優占し、代表的な植物として 43 がある。ここで、（セ）と（ソ）の正しい組み合わせは 44 である。

42 および 43 に対する解答群

- ① カラマツ ② ミズナラ ③ タブノキ ④ フタバガキ
⑤ チーク ⑥ アカシア

44 に対する解答群

	（セ）	（ソ）
①	常緑広葉樹	落葉広葉樹
②	常緑広葉樹	常緑針葉樹
③	常緑広葉樹	落葉針葉樹
④	落葉広葉樹	常緑広葉樹
⑤	落葉広葉樹	常緑針葉樹
⑥	落葉広葉樹	落葉針葉樹
⑦	常緑針葉樹	常緑広葉樹
⑧	常緑針葉樹	落葉広葉樹
⑨	常緑針葉樹	落葉針葉樹
⑩	落葉針葉樹	常緑広葉樹
㍑	落葉針葉樹	落葉広葉樹
㍒	落葉針葉樹	常緑針葉樹

Eで優占する植物として 45 などがある。Eでは夏に比べて冬に雨が（タ）、冬の寒さがおだやかで、落葉せず光合成が可能な植物が優占したと考えられる。他方、Jで優占する植物として 46 などがある。Jで優占する植物は、夏に雨が（チ）環境に耐えるため、葉表面の（ツ）が厚い。ここで、（タ）～（ツ）の正しい組み合わせは 47 である。

45 および 46 に対する解答群

- | | |
|---------------|-------------|
| ① オリーブやゲッケイジュ | ② オリーブやシイ |
| ③ オリーブやカシ | ④ ゲッケイジュやシイ |
| ⑤ ゲッケイジュやカシ | ⑥ シイやカシ |

47 に対する解答群

	（タ）	（チ）	（ツ）
①	多 く	多 い	クチクラ
②	多 く	多 い	チラコイド
③	多 く	少ない	クチクラ
④	多 く	少ない	チラコイド
⑤	少なく	多 い	クチクラ
⑥	少なく	多 い	チラコイド
⑦	少なく	少ない	クチクラ
⑧	少なく	少ない	チラコイド