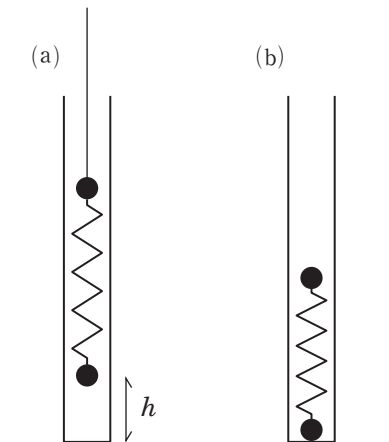


## 物 理

以下の  から  にあてはまる最も適切な答えを各解答群から1つ選び、解答用紙（マークシート）にマークせよ。ただし、同じ番号をくり返し選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

- I 自然長  $L$ 、ばね定数  $k$  の軽いばねの両端に、質量  $m$  の大きさが無視できる小球が取り付けられている。図のように、このばねが入るぎりぎりの径の摩擦のない鉛直に立てた筒の中で、小球とばねは動く。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

- (1) 最初、図(a)のようにばねとふたつの小球は軽い糸でつり下げられ、下側の小球が筒の底からの高さ  $h$  の位置にあった。全体は静止している。このときのばねの長さは  である。この状態から、静かに糸を下ろしてばねと小球を下方へ移動させ、糸の張力がなくなったところで糸を切り離した。上下の小球は静止していて、図(b)のようになった。そのときのばねの長さは  である。



図(a)から図(b)の過程で糸が行った仕事を、以下の3段階に分けて考えよう。図(a)の位置から、下側の小球が筒の底につくまでに糸が行った仕事は  である。下側の小球が筒の底についてから、ばねが自然長になるまでに糸が行った仕事は  である。ばねが自然長の状態から、図(b)の状態になるまでに糸が行った仕事は  である。したがって、図(a)から図(b)の過程で糸が行った仕事は  である。

(2) 図(b)の状態から、上側の小球を  $\Delta X$  だけ下方へ押して時刻  $t=0$  に静かに放した。

ただし、 $\Delta X > 0$  である。下側の小球は底から離れることなく、上側の小球が単振動した。振動の周期は 7 である。上向きを正の向きとすると、下側の小球に作用する底からの垂直抗力は 8 ので、9 でなければならない。

1 と 2 の解答群

- |                       |                       |                        |                        |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| ① $L + \frac{mg}{k}$  | ② $L - \frac{mg}{k}$  | ③ $-L + \frac{mg}{k}$  | ④ $-L - \frac{mg}{k}$  |
| ⑤ $L + \frac{2mg}{k}$ | ⑥ $L - \frac{2mg}{k}$ | ⑦ $-L + \frac{2mg}{k}$ | ⑧ $-L - \frac{2mg}{k}$ |

3 ～ 6 の解答群

- |                              |                                |                         |                          |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ① $mgh + \frac{m^2 g^2}{k}$  | ② $2mgh + \frac{2m^2 g^2}{k}$  | ③ $mgh$                 | ④ $-mgh$                 |
| ⑤ $mgh - \frac{m^2 g^2}{k}$  | ⑥ $2mgh - \frac{2m^2 g^2}{k}$  | ⑦ $2mgh$                | ⑧ $-2mgh$                |
| ⑨ $-mgh + \frac{m^2 g^2}{k}$ | ⑩ $-2mgh + \frac{2m^2 g^2}{k}$ | a $\frac{m^2 g^2}{2k}$  | b $-\frac{m^2 g^2}{2k}$  |
| c $-mgh - \frac{m^2 g^2}{k}$ | d $-2mgh - \frac{2m^2 g^2}{k}$ | e $\frac{3m^2 g^2}{2k}$ | f $-\frac{3m^2 g^2}{2k}$ |

7 の解答群

- |                            |                            |                                      |                                      |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{m}{k}}$     | ② $\sqrt{\frac{k}{m}}$     | ③ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ④ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| ⑤ $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ⑥ $\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ⑦ $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$          | ⑧ $2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$          |

8 の解答群

- ① 負にならない    ② 常に0である    ③ 正にならない    ④ 正負が変化する

9 の解答群

- |                                  |                                  |                                 |                                 |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ① $\Delta X \leq \frac{mg}{2k}$  | ② $\Delta X \geq \frac{mg}{2k}$  | ③ $\Delta X \leq \frac{mg}{k}$  | ④ $\Delta X \geq \frac{mg}{k}$  |
| ⑤ $\Delta X \leq \frac{3mg}{2k}$ | ⑥ $\Delta X \geq \frac{3mg}{2k}$ | ⑦ $\Delta X \leq \frac{2mg}{k}$ | ⑧ $\Delta X \geq \frac{2mg}{k}$ |

## Ⅱ 交流回路を考える。

(1) 抵抗値  $R$   $[\Omega]$  の抵抗  $R$  とインダクタンス値  $L$   $[\text{H}]$  のコイル  $L$  が図 1 のように直列に接続されている。角振動数  $\omega$   $[\text{rad/s}]$  の交流に対する抵抗のインピーダンスは  $\boxed{10}$   $[\Omega]$  で、コイルのインピーダンスは  $\boxed{11}$   $[\Omega]$  である。この抵抗とコイルを直列接続した全体のインピーダンスは  $\boxed{12}$   $[\Omega]$  となる。

(2) 図 1 に電気容量  $C$   $[\text{F}]$  のコンデンサー  $C$  を直列に接続し、図 2 をつくった。全体のインピーダンスが  $\boxed{10}$   $[\Omega]$  のとき、 $C$  は  $\omega C = \boxed{13}$  の関係を満たしている。

(3) 図 3 のように、時刻  $t$   $[\text{s}]$  のときに起電力が  $V \cos \omega t$   $[\text{V}]$  である交流電源 ( $V$  は正) と抵抗値が  $R_0$   $[\Omega]$  の抵抗  $R_0$  を図 2 に接続し回路をつくった。ただし、 $\omega C = \boxed{13}$  を満たしている。抵抗  $R$  に流れる電流の最大値は  $\boxed{14} \times V$   $[\text{A}]$  で、抵抗  $R$  の両端の電圧の最大値は  $\boxed{15} \times V$   $[\text{V}]$  である。また、抵抗  $R$  で消費される電力の実効値は  $\frac{RV^2}{2(R+R_0)^2}$   $[\text{W}]$  である。

$R$  を変化させると、抵抗  $R$  で消費される電力が変化する。図 4 で示された  $f(x) = \frac{x}{(1+x)^2}$  のグラフを参考にする、抵抗  $R$  で消費される電力の実効値が最大になるのは  $\frac{R}{R_0} = \boxed{16}$  のときで、その値は  $\boxed{17} \times \frac{V^2}{R_0}$   $[\text{W}]$  である。



図 1



図 2

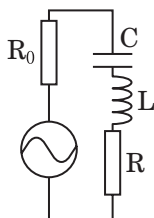


図 3

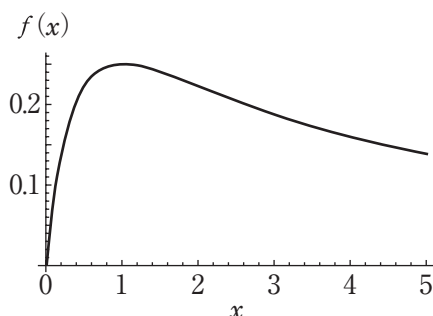


図 4

10 ~ 15 の解答群

- |                            |                            |   |   |
|----------------------------|----------------------------|---|---|
| ① $R$                      | ② $L$                      | ③ $R + \omega L$                        | ④ $R + R_0$                             |
| ⑤ $\omega R$               | ⑥ $\omega L$               | ⑦ $\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$           | ⑧ $\sqrt{R^2 + R_0^2}$                  |
| ⑨ $\frac{1}{\omega R}$     | ⑩ $\frac{1}{\omega L}$     | ① $\frac{1}{R + \omega L}$              | ② $\frac{1}{R + R_0}$                   |
| ③ $\frac{R}{R + \omega L}$ | ④ $\frac{R + \omega L}{R}$ | ⑤ $\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega L)^2}}$ | ③ $\sqrt{\frac{1}{R^2} + (\omega L)^2}$ |
| ⑤ $\frac{R}{R + R_0}$      | ⑥ $\frac{R + R_0}{R}$      | ⑥ $\frac{R_0}{R + R_0}$                 | ④ $\frac{R + R_0}{R_0}$                 |

16 と 17 の解答群

- |                  |                 |                 |                 |       |       |       |       |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| ① $\frac{1}{16}$ | ② $\frac{1}{8}$ | ③ $\frac{1}{4}$ | ④ $\frac{1}{2}$ | ⑤ $1$ | ⑥ $2$ | ⑦ $4$ | ⑧ $8$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|

### Ⅲ 原子核について考えよう。

- (1) 質量数  $A$ ，原子番号  $Z$  の原子核  ${}_Z^AX$  の陽子数は 18 個であり，中性子数は 19 個である。原子核を構成する核子を引き離してばらばらの核子の状態にしたときの質量よりも，原子核として結合しているときの質量の方が小さい。この質量の差  $\Delta m$  を質量欠損という。光の速さを  $c$  とすると，原子核をばらばらの核子の状態にするには 20 のエネルギーを外から与えなければならない。質量欠損に相当するエネルギーのことを原子核の結合エネルギーと呼ぶ。

原子核  ${}_Z^AX$  の質量を  $M$ ，陽子の質量を  $m_p$ ，中性子の質量を  $m_n$  とすると，質量欠損  $\Delta m$  は 21 で与えられる。

18 と 19 の解答群

- ①  $A$     ②  $Z$     ③  $A+Z$     ④  $A-Z$     ⑤  $Z-A$     ⑥  $Z \times A$     ⑦  $\frac{Z}{A}$     ⑧  $\frac{A}{Z}$

20 の解答群

- ①  $\Delta m$     ②  $\frac{1}{2} \Delta mc^2$     ③  $\Delta mc^2$     ④  $(\Delta m)^2 c$     ⑤  $\frac{1}{2} (\Delta m)^2 c^2$     ⑥  $(\Delta m)^2 c^2$

21 の解答群

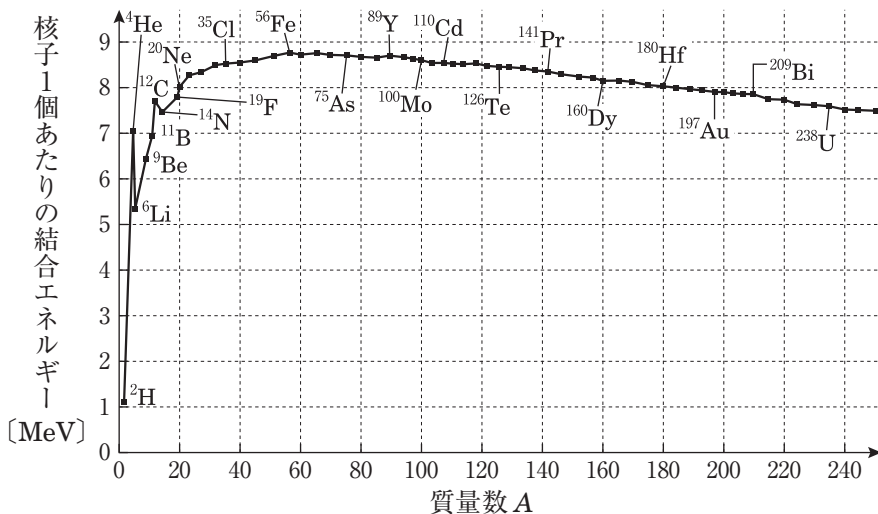
- ①  $Zm_p + Am_n + M$                       ②  $Zm_p + Am_n - M$   
③  $Zm_p + (A-Z)m_n + M$             ④  $Zm_p + (A-Z)m_n - M$   
⑤  $(A-Z)m_p + Zm_n + M$             ⑥  $(A-Z)m_p + Zm_n - M$

- (2) アインシュタインの相対性理論による質量とエネルギーの等価性をもちいると，質量をエネルギーに換算することができる。電子の質量をエネルギーに換算すると 22 MeV である。ただし，電子の質量  $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$  kg，光の速さ  $c = 2.998 \times 10^8$  m/s， $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19}$  J とする。

22 の解答群

- ① 0.13                      ② 0.51                      ③ 0.63                      ④ 0.81  
⑤ 1.62                      ⑥ 1.99                      ⑦ 2.01                      ⑧ 2.22

図は、核子 1 個あたりの結合エネルギーの実測値を図示したものである。



- (3) 原子核  $^{16}\text{O}$  の核子 1 個あたりの結合エネルギーは 8 MeV である。原子核  $^{16}\text{O}$  の結合エネルギーは  MeV である。

の解答群

- ① 4    ② 8    ③ 16    ④ 32    ⑤ 64    ⑥ 128    ⑦ 256    ⑧ 512

- (4) 原子核  $^4\text{He}$ ,  $^{20}\text{Ne}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{209}\text{Bi}$ ,  $^{238}\text{U}$  の中で、最も安定な原子核は、 である。

の解答群

- ①  $^4\text{He}$     ②  $^{20}\text{Ne}$     ③  $^{56}\text{Fe}$     ④  $^{209}\text{Bi}$     ⑤  $^{238}\text{U}$

- (5) 静止した 1 個の  $^{235}\text{U}$  の原子核に速さが非常に小さい中性子 1 個が入射した。この原子核は  $^{141}\text{Ba}$  の原子核と  $^{92}\text{Kr}$  の原子核に分裂し、3 個の中性子を放出した。図から、これらの原子核の核子 1 個あたりの結合エネルギーを見積もって、失われた質量から発生するエネルギーを計算すると、 MeV がもっとも近い。

の解答群

- ① 2    ② 20    ③ 200    ④ 400    ⑤ 600    ⑥ 800    ⑦ 1000    ⑧ 1200

- (6) 放射性原子核は放射線を放出して、安定な原子核に変化する。 ${}^{232}_{90}\text{Th}$  が  $\alpha$  崩壊と  $\beta$  崩壊を複数回繰り返して鉛（原子番号 82）の同位体になった。この一連の放射性崩壊で 4 回の  $\beta$  崩壊がおこる。 $\alpha$  崩壊は  $x$  回おこるとし、この鉛の同位体の質量数を  $A_f$  とする。一連の崩壊の前後で質量数は保存されるので、26 が成り立つ。同様に電荷に関する保存則を考慮すると、 $x =$ 27 で、 $A_f =$ 28 であることがわかる。

26 の解答群

- |                     |                     |                    |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| ① $232 = A_f + 4x$  | ② $232 = 4A_f - 2x$ | ③ $232 = 4A_f + x$ |
| ④ $232 = 2A_f + 2x$ | ⑤ $232 = 2A_f - 4x$ | ⑥ $232 = A_f - 4x$ |

27 と 28 の解答群

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 1   | ② 2   | ③ 3   | ④ 4   |
| ⑤ 5   | ⑥ 6   | ⑦ 7   | ⑧ 8   |
| ⑨ 204 | ⑩ 205 | Ⓐ 206 | Ⓑ 207 |
| Ⓒ 208 | Ⓓ 209 | Ⓔ 210 | Ⓕ 211 |

# 化 学

( 解答番号  ～  )

I 次の  ～  に入れる最も適当なものを，それぞれの解答群から一つ選び，解答欄にマークせよ。

図1および図2は，様々な温度および圧力において二酸化炭素  $\text{CO}_2$  と水  $\text{H}_2\text{O}$  がどのような状態であるかを示した図であり，状態図と呼ばれる。状態図において，領域Ⅰでは  ，領域Ⅱでは  ，領域Ⅲでは  の状態である。また，曲線AYを  ，曲線BYを  ，曲線CYを  といい，3本の曲線の交点Yを三重点という。図1に示すように，二酸化炭素の曲線BYは正の傾きをもつのにに対し，図2に示すように水の曲線BYは負の傾きをもつ。

一方， は無限に伸びることなく途中で途切れる。この点Aは  と呼ばれ，二酸化炭素では  $31.0^\circ\text{C}$ ， $7.28 \times 10^6 \text{ Pa}$ ，水では  $374.2^\circ\text{C}$ ， $2.18 \times 10^7 \text{ Pa}$  である。

これらをふまえて，以下の問いに答えよ。

(1) 圧力を自由に調節できる容器を用いて液体の二酸化炭素をつくるために必要な圧力は，最低  Pa である。

(2) 気体の二酸化炭素に圧力を加えれば液化できる。しかし，少なくとも   $^\circ\text{C}$  以上ではいくら圧力を加えても液化できない。

(3) 固体の二酸化炭素に圧力を加えていくと，二酸化炭素の融点は  。

(4) いま，点Xで表される状態の水を容積可変の容器に入れて密封し，圧力を  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ったまま温度をゆっくりと下げていった。このときの水の体積変化の概略図は  である。ただし， $100^\circ\text{C}$ での液体の水の密度は



0.959 g/mL, 0℃での液体の水の密度は 0.999 g/mL, 容器内には他の物質は存在しないものとする。

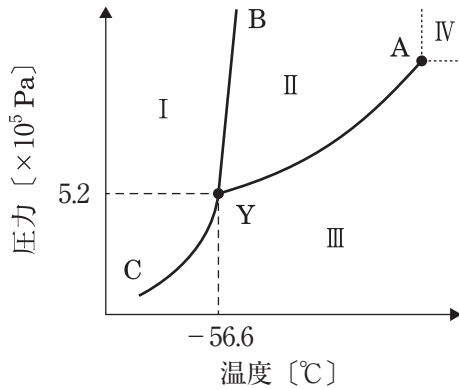


図1 CO<sub>2</sub>の状態図

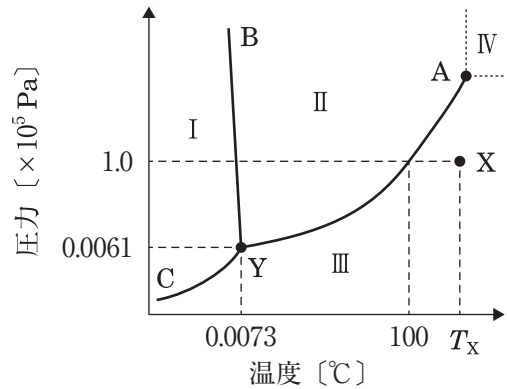


図2 H<sub>2</sub>Oの状態図

### 解答群

1 ~ 3

① 固体

② 液体

③ 気体

4 ~ 6

① 溶解度曲線

② 融解曲線

③ 冷却曲線

④ 滴定曲線

⑤ 昇華圧曲線

⑥ 蒸気圧曲線

7

① 凝固点

② 融点

③ 沸点

④ 臨界点

⑤ 大気圧

⑥ 飽和蒸気圧

⑦ 気液平衡

⑧ 絶対温度

⑨ 中和点

8

①  $6.1 \times 10^2$

②  $1.0 \times 10^5$

③  $4.9 \times 10^5$

④  $5.2 \times 10^5$

⑤  $5.3 \times 10^5$

⑥  $7.28 \times 10^5$

⑦  $2.18 \times 10^7$

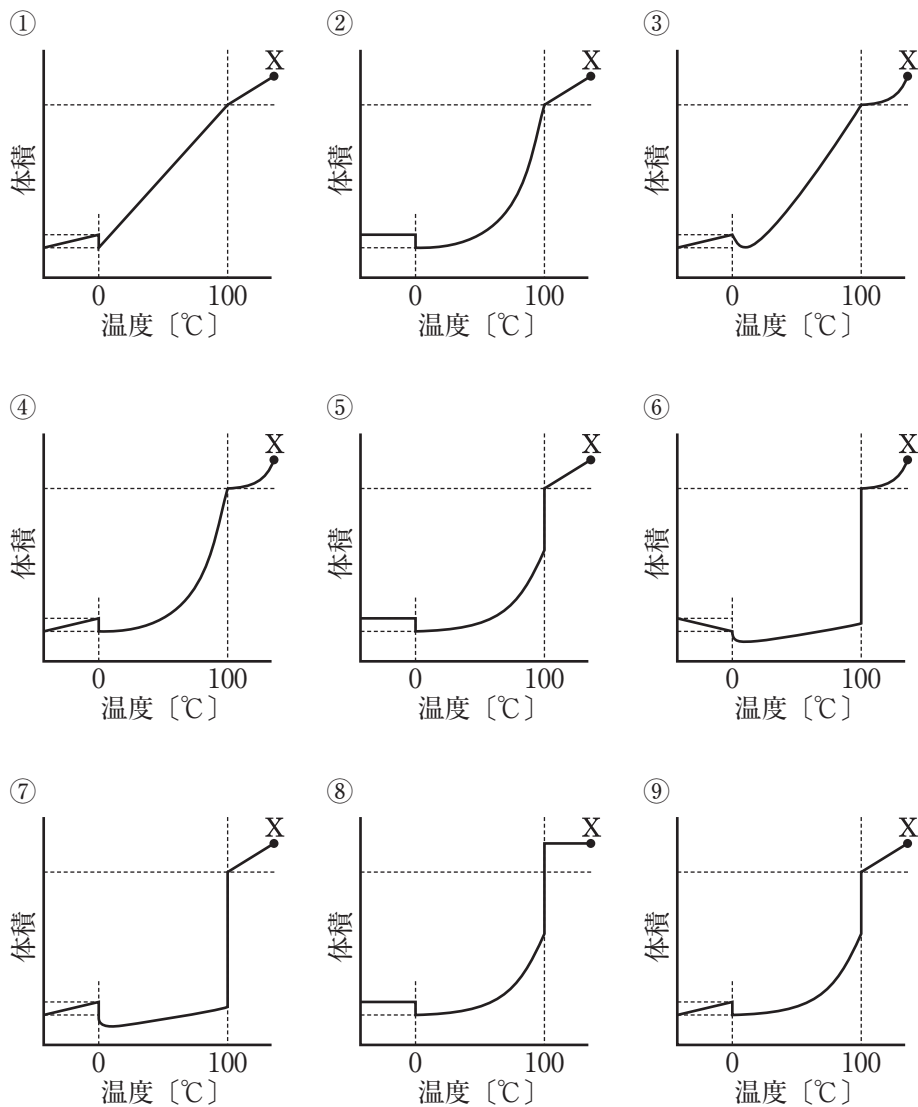
9

- ① -56.6      ② 0.0073      ③ 31.0      ④ 100      ⑤ 374.2

10

- ① 低くなる      ② 変わらない      ③ 高くなる

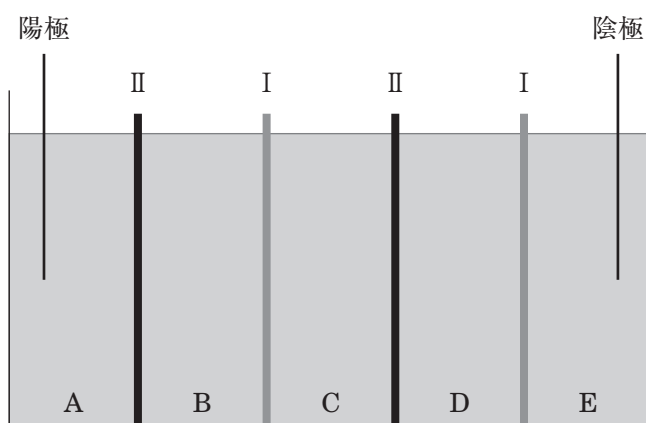
11



(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 次の 12 ～ 21 に入れる最も適当なものを，それぞれの解答群から一つ選び，解答欄にマークせよ。解答群からは同じものをくり返し選んでもよい。ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ，気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。

イオン交換膜を用いて電気透析（電気分解）をすることにより，海水の淡水化を行うことができる。図は，陽イオン交換膜（Ⅰ）と陰イオン交換膜（Ⅱ）を交互に配置して，小室 A，B，C，D，E が仕切られた電気分解装置の概要を示している。装置の A 室に炭素電極（陽極），E 室に鉄電極（陰極）を装着し以下の実験を行った。



図

〔実験 1〕 5 つすべての小室に  $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液をそれぞれ  $2.0 \text{ L}$  ずつ入れ，電流を 12 A で  $7.72 \times 10^3$  秒間通電する間に E 室で発生した 13（気体）の全体積を測ったところ， $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $0^\circ \text{C}$  で， $0.90 \text{ L}$  であった。またこのとき，B 室の塩化ナトリウム水溶液濃度は 14。C 室の塩化ナトリウム水溶液濃度は 15。D 室の塩化ナトリウム水溶液濃度は 16。ただし E 室で発生した気体は塩化ナトリウム水溶液には溶けないものとする。

〔実験 2〕 A 室と E 室に  $9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の塩化ナトリウム水溶液をそれぞれ  $2.0 \text{ L}$  ずつ，B 室，C 室，D 室に  $9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  酢酸ナトリウム水溶液をそれぞれ  $2.0 \text{ L}$  ずつ入れた。 $9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  酢酸ナトリウム水溶液の pH は，酢酸の電離定数を  $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ，水のイオン積を  $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ ，溶液中の酢酸の濃度は酢酸

イオンの濃度に比べて十分に小さいとすると 17 と計算できる。ここで、装置に電流を通電したあとの B 室の pH は 18。C 室の pH は 19。D 室の pH は 20。また装置に電流を 1.0 A で 8685 秒間通電したあとの C 室の pH は、水素イオンと水酸化物イオンの膜透過量を無視できるとすると 21 と計算できる。必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$  を用いてもよい。

### 解答群

12

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.11 | ② 0.22 | ③ 0.45 | ④ 0.75 | ⑤ 0.89 |
| ⑥ 1.0  | ⑦ 1.3  | ⑧ 1.7  | ⑨ 2.0  | ⑩ 2.9  |

13

- |       |         |       |
|-------|---------|-------|
| ① 酸 素 | ② 塩 素   | ③ 水 素 |
| ④ 酢 酸 | ⑤ ナトリウム |       |

14 ~ 16 , 18 ~ 20

- |         |        |        |
|---------|--------|--------|
| ① 変化しない | ② 低下する | ③ 上昇する |
|---------|--------|--------|

17 , 21

- |        |        |        |        |         |
|--------|--------|--------|--------|---------|
| ① 8.14 | ② 8.40 | ③ 8.57 | ④ 8.70 | ⑤ 8.76  |
| ⑥ 8.85 | ⑦ 9.00 | ⑧ 9.15 | ⑨ 9.22 | ⑩ 9.43  |
| ① 9.60 | ② 9.73 | ③ 9.79 | ④ 9.85 | ⑤ 10.00 |

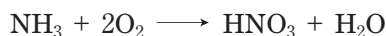
Ⅲ 次の  ～  に入れる最も適当なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は  $H=1.0$ ,  $N=14.0$ ,  $O=16.0$ ,  $Cu=63.5$  とする。0℃,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で気体 1 mol が占める体積は 22.4 L とする。

窒素  $N_2$  は空気中に体積比で  % 存在している気体であり、 である。窒素の水素化合物の一つにアンモニア  $NH_3$  があり、アンモニアは 1 個の窒素原子が 3 個の水素原子と  の構造をとる。

実験室においてアンモニアは、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して得られる。この反応で発生する水蒸気は、 に通じることで除去する。得られた乾燥したアンモニアは  置換でフラスコに捕集する。アンモニアがフラスコに満たされたことは、 をつけたガラス棒をフラスコの口に近づけた際に、白煙を生じることで確認できる。

異なる 1 種類の金属イオンを含む 3 種類の水溶液のそれぞれにアンモニア水を加えると、(ア) を含む水溶液においては、少量の添加では沈殿が生じたが、過剰量の添加では沈殿が溶解した。(イ) を含む水溶液においては、少量の添加で沈殿が生じ、過剰量の添加でも沈殿は溶解しなかった。(ウ) を含む水溶液においては、アンモニア水の添加により沈殿は生じなかった。ここで、(ア) と (イ) と (ウ) の正しい組み合わせは  である。

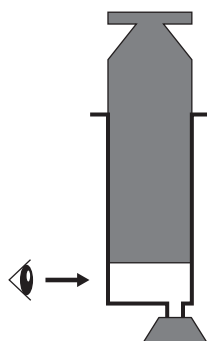
硝酸  $HNO_3$  はアンモニアを原料としてオストワルト法により工業的に製造される。この方法では、まず、アンモニアと空気を混合し、800℃で白金網に通じることで、アンモニアが酸化され、 が生成される。 を冷却後、さらに酸素と反応させて  とする。 を吸収塔で水に溶かして硝酸とする。以上の反応は次式のようにまとめることができる。



この方法において、質量パーセント濃度 63% の濃硝酸を 100 kg 合成するには、0℃,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  L のアンモニアが必要である (ただし、反応は完全に進行するものとし、生成した硝酸はすべて回収できるものとする)。

銅  $Cu$  は濃硝酸と反応し、主に  を発生しながら溶解する。銅 6.35 g の溶

解に必要な質量パーセント濃度 63% の濃硝酸（密度  $1.38 \text{ g/cm}^3$ ）は、少なくとも 33 mL である。この反応で発生する 32 は赤褐色の気体であるが、この気体を注射器で採取し、先端を密栓した後に注射器を氷水に浸すと、赤褐色が薄くなった。これは、無色の気体である 34 が生じる向きに平衡が移動したためである。このことから、32 から 34 が生じる反応は 35 反応であるとわかる。また、温度一定で、この注射器のピストンを押し、加圧した。この様子を図の矢印の方向から見たところ、注射器内の気体の色は 36 。



図

### 解答群

22

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 8  | ② 18 | ③ 28 | ④ 38 | ⑤ 48 |
| ⑥ 58 | ⑦ 68 | ⑧ 78 | ⑨ 88 | ⑩ 98 |

23

- ① 1 組の共有電子対で結ばれた極性分子
- ② 1 組の共有電子対で結ばれた無極性分子
- ③ 2 組の共有電子対で結ばれた極性分子
- ④ 2 組の共有電子対で結ばれた無極性分子
- ⑤ 3 組の共有電子対で結ばれた極性分子
- ⑥ 3 組の共有電子対で結ばれた無極性分子
- ⑦ 4 組の共有電子対で結ばれた極性分子
- ⑧ 4 組の共有電子対で結ばれた無極性分子

24

- ① 共有結合した正三角形      ② 配位結合した正三角形  
 ③ 共有結合した三角錐形      ④ イオン結合した三角錐形  
 ⑤ 共有結合した正方形      ⑥ 配位結合した正方形  
 ⑦ 配位結合した正四面体形      ⑧ イオン結合した正四面体形  
 ⑨ 共有結合した正八面体形      ⑩ イオン結合した正八面体形

25

27

- ① 十酸化四リン      ② 濃塩酸      ③ 炭酸ナトリウム  
 ④ 塩化カルシウム      ⑤ 濃硫酸      ⑥ 炭酸カルシウム  
 ⑦ 塩化ナトリウム      ⑧ リン酸      ⑨ ソーダ石灰

26

- ① 下 方      ② 水 上      ③ 上 方

28

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	$\text{Na}^+$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Pb}^{2+}$
②	$\text{Na}^+$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
③	$\text{Na}^+$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
④	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Pb}^{2+}$
⑤	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Na}^+$
⑥	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Na}^+$
⑦	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Zn}^{2+}$
⑧	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Na}^+$
⑨	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Pb}^{2+}$
⑩	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Zn}^{2+}$
a	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{Cu}^{2+}$
b	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Na}^+$



29 , 30 , 32 , 34

- |                           |                        |                          |                  |
|---------------------------|------------------------|--------------------------|------------------|
| ① $\text{HNO}_3$          | ② $\text{O}_2$         | ③ $\text{HNO}$           | ④ $\text{NO}$    |
| ⑤ $\text{NO}_2$           | ⑥ $\text{CO}$          | ⑦ $\text{H}_2$           | ⑧ $\text{CO}_2$  |
| ⑨ $\text{H}_2\text{CO}_3$ | ⑩ $\text{N}_2\text{O}$ | ① $\text{N}_2\text{O}_4$ | ② $\text{HNO}_2$ |

31 , 33

- |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 1.8               | ② 4.5               | ③ 7.2               | ④ $1.2 \times 10$   |
| ⑤ $1.4 \times 10$   | ⑥ $1.8 \times 10$   | ⑦ $2.2 \times 10$   | ⑧ $2.9 \times 10$   |
| ⑨ $4.0 \times 10$   | ⑩ $5.5 \times 10^2$ | ① $1.0 \times 10^3$ | ② $2.2 \times 10^4$ |
| ③ $3.6 \times 10^4$ | ④ $5.6 \times 10^4$ | ⑤ $1.4 \times 10^6$ | ⑥ $8.9 \times 10^7$ |

35

- |      |      |      |
|------|------|------|
| ① 中和 | ② 発熱 | ③ 酸化 |
| ④ 吸熱 | ⑤ 水和 | ⑥ 還元 |

36

- ① 加圧した瞬間から濃くなり、その後の色の変化はなかった
- ② 加圧した瞬間は濃くなるが、やがて少し薄くなった
- ③ 加圧した瞬間は変化はなかったが、やがて濃くなった
- ④ 加圧した瞬間は変化はなかったが、やがて薄くなった
- ⑤ 加圧した瞬間から薄くなり、その後の色の変化はなかった
- ⑥ 加圧した瞬間は薄くなるが、やがて少し濃くなった

Ⅳ 次の  ～  に入れる最も適当なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は  $H=1.0$ ,  $C=12.0$ ,  $O=16.0$  とする。

(1) アンモニア性硝酸銀水溶液に  を加えて穏やかに加熱すると、アンモニア性硝酸銀水溶液中に含まれる  が還元されて  として析出する。この反応は、 反応と呼ばれる。 反応では  は酸化されて  となる。

(2) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液と、酒石酸カリウムナトリウム塩を水酸化ナトリウム水溶液に溶かした溶液の混合水溶液に  を加えて穏やかに加熱すると、 が還元されて  の  を生じる。この反応を  の還元反応という。

(3) グルコース  $1.8\text{ g}$  を水に溶かして  $50\text{ mL}$  にした水溶液を  に加えて穏やかに加熱すると、 の  を生じた。この実験で、グルコースの水溶液の濃度を段階的に薄めたところ、最初の濃度の  $720$  分の  $1$  になるまで沈殿の生成が確認された。次にグルコースの代わりに、重合度  $n$  のアミロース  $1.8\text{ g}$  を水に溶かして  $50\text{ mL}$  にした水溶液を用いて同様の実験により沈殿の生成を観察すると、 $n$  が  以上になると沈殿が確認できなくなると考えられる。

#### 解答群

,

- |         |        |         |         |
|---------|--------|---------|---------|
| ① ケトン   | ② エーテル | ③ アルデヒド | ④ エステル  |
| ⑤ アルコール | ⑥ アミン  | ⑦ ジオール  | ⑧ アルカン  |
| ⑨ アルケン  | ⑩ アルキン | ⑨ フェノール | ⑩ カルボン酸 |

38

42

- |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\text{Ag}^+$    | ② $\text{Na}^+$    | ③ $\text{Ca}^{2+}$ | ④ $\text{Cu}^{2+}$ |
| ⑤ $\text{Zn}^{2+}$ | ⑥ $\text{Pb}^{2+}$ | ⑦ $\text{Cd}^{2+}$ | ⑧ $\text{Fe}^{2+}$ |
| ⑨ $\text{Mn}^{2+}$ | ⑩ $\text{Mg}^{2+}$ | ① $\text{Fe}^{3+}$ | ② $\text{Al}^{3+}$ |

39

- |      |      |       |      |
|------|------|-------|------|
| ① Ag | ② Na | ③ Ca  | ④ Cu |
| ⑤ Zn | ⑥ Pb | ⑦ Cd  | ⑧ Fe |
| ⑨ Mn | ⑩ Mg | ① は削除 | ② Al |

40

- |           |          |             |
|-----------|----------|-------------|
| ① 加水分解    | ② 中和     | ③ 銀鏡        |
| ④ 重合      | ⑤ ビウレット  | ⑥ 脱水縮合      |
| ⑦ 置換      | ⑧ ニンヒドリン | ⑨ ヨードホルム    |
| ⑩ ヨウ素デンプン | ① 付加     | ② キサントプロテイン |

43

- |                   |                   |                            |                   |
|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| ① $\text{CaCO}_3$ | ② $\text{BaSO}_4$ | ③ $\text{Al}(\text{OH})_3$ | ④ $\text{PbCl}_2$ |
| ⑤ $\text{PbSO}_4$ | ⑥ $\text{CuSO}_4$ | ⑦ $\text{Cu}_2\text{O}$    | ⑧ $\text{AgCl}$   |

44

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 黒色沈殿 | ② 青色沈殿 | ③ 緑色沈殿 | ④ 赤色沈殿 |
| ⑤ 銀色沈殿 | ⑥ 白色沈殿 | ⑦ 紫色沈殿 | ⑧ 灰色沈殿 |

45

- |                |           |
|----------------|-----------|
| ① フェノールフタレイン溶液 | ② BTB 溶液  |
| ③ メチルオレンジ溶液    | ④ フェーリング液 |
| ⑤ ニンヒドリン溶液     | ⑥ ヨウ素溶液   |
| ⑦ コロイド溶液       |           |

① 120

⑤ 330

⑨ 780

③ 1020

⑦ 2000

② 150

⑥ 440

⑩ 800

④ 1100

⑧ 2060

③ 200

⑦ 560

① 990

⑤ 1450

⑨ 2300

④ 300

⑧ 620

② 1000

⑥ 1800

⑩ 2450

# 生 物

( 解答番号  ～  )

Ⅰ 血糖濃度を調節するしくみに関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

生体において血液に含まれるグルコースの濃度（血糖濃度）は、自律神経系と内分泌系が協調することにより調節されている。この調節の中心となるのが間脳の  である。血糖濃度の上昇は  で感知され、その情報が  神経を介してすい臓のランゲルハンス島の B 細胞に伝達され、インスリンの分泌が促進される。インスリンは、肝臓や筋肉においてグルコースから  の合成を促進することにより血糖濃度を低下させる。一方、激しい運動や飢餓などで血糖濃度が低下すると、 からの情報が  神経を介して副腎髄質に伝達され、副腎髄質での  の分泌が促進される。また血糖濃度が低下すると、すい臓のランゲルハンス島の A 細胞からのグルカゴンの分泌も促進される。 やグルカゴンは肝臓や筋肉において  の分解を促進することにより血糖濃度を上昇させる。このほかにも、脳下垂体前葉からは副腎皮質刺激ホルモンが分泌され、それにより副腎皮質から  が分泌される。 は、アミノ酸などからのグルコースの合成を促進することにより血糖濃度を上昇させる。このとき、血液中の  濃度が高くなりすぎると、それに反応して  や脳下垂体前葉は副腎皮質刺激ホルモンの分泌を抑制するようにはたらくことで  の分泌が低下する。このように血糖濃度は、各種ホルモン、ならびに  神経や  神経などの自律神経のはたらきによって一定の範囲内に維持されている。しかし、これらの機能が十分にはたらかなくなると健康が害される。例えば、すい臓から分泌されるインスリンの量が減少する、あるいはうまくはたらかなくなると、糖尿病になる。

(A)

(B)

問1 文中の 1 ～ 4 に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

1 に対する解答群

- ① 視床下部                      ② 延 髄                      ③ 脊 髄                      ④ 脳 幹

2 に対する解答群

- ① グリコーゲン              ② セルロース              ③ リボース              ④ デンプン

3 , 4 に対する解答群

- ① アドレナリン              ② 成長ホルモン              ③ 糖質コルチコイド  
④ バソプレシン              ⑤ チロキシン              ⑥ 鉱質コルチコイド  
⑦ パラトルモン

問2 文中の ア , イ に入る組みあわせとして正しいものはどれか。1つ選べ。 5

5 に対する解答群

	ア	イ
①	交 感	副交感
②	副交感	交 感
③	中 枢	末 梢
④	末 梢	中 枢
⑤	感 覚	運 動
⑥	運 動	感 覚

問3 下線部（A）に関して，以下の問いに答えよ。

体内環境を一定に保とうとする調節のしくみを「恒常性（ホメオスタシス）」という。次の記述のうち，「恒常性」が関係すると考えられる生理現象はどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

6

ア．暑い日に激しい運動をすると，汗をかく。

イ．寒いときに，体が震える。

ウ．指先に熱いものが触れると，思わず手を引っ込める。

エ．運動をすると，心拍数が増加する。

6 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | Ⓐ アとイとウ   | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ |         |

問4 下線部（B）に関して、図は食事前後の血糖濃度とインスリン濃度の変化を表したものである。健康なヒトあるいは糖尿病患者の血糖濃度とインスリン濃度との組み合わせのうち、正しいものはどれか。1つ選べ。なお、ここで述べる糖尿病患者とは、何らかの原因によりインスリンの分泌量が低下した2型糖尿病患者のことをさす。

7

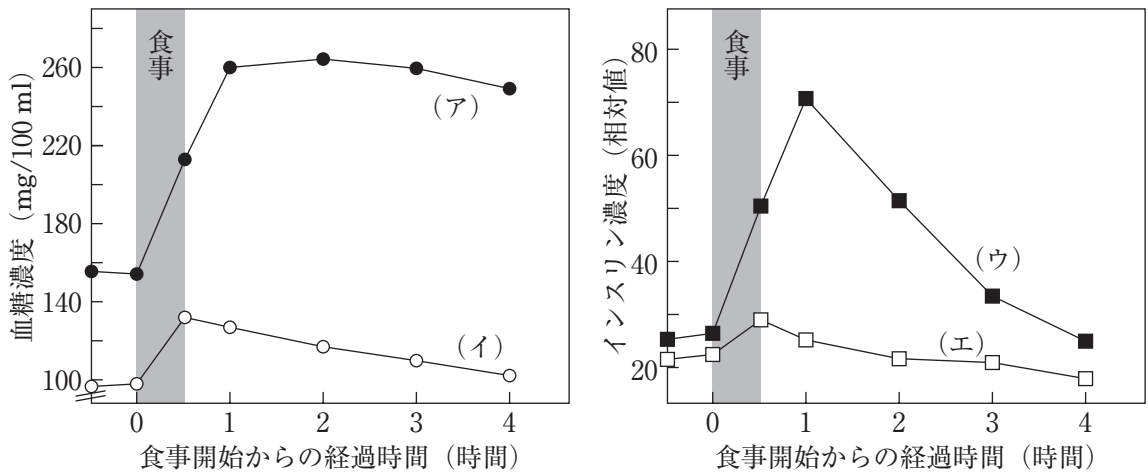


図 健康なヒトあるいは糖尿病患者の食事前後における血糖濃度とインスリン濃度

7

に対する解答群

	健康なヒトの 血糖濃度	健康なヒトの インスリン濃度	糖尿病患者の 血糖濃度	糖尿病患者の インスリン濃度
①	ア	ウ	イ	エ
②	イ	エ	ア	ウ
③	イ	ウ	ア	エ
④	ア	エ	イ	ウ



Ⅱ 遺伝子を扱う技術に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

DNA の複製は、複製起点という特定の場所から起こる。複製が始まるとき、複製起点周辺部の相補的に結合している塩基間の水素結合が切られ、そこに 8 という酵素が結合すると、DNA の二重らせん構造がほどかれる。ほどけて 1 本鎖になった鋳型 DNA（鋳型鎖）と相補的な塩基配列をもつ短い RNA 断片（プライマー）が合成される。DNA ポリメラーゼがプライマーの 9 末端に鋳型 DNA に相補的な塩基をもつ DNA のヌクレオチドを結合することで、新しい DNA 鎖が伸長していく。DNA ポリメラーゼの基質となるデオキシリボヌクレオシド三リン酸は、10 個のリン酸基をもつが、11 個のリン酸基が切り離され、伸長中の新しい DNA 鎖の 9 末端に結合する。新しい DNA 鎖には、二重らせんがほどけていく方向と同じ方向に向かって連続的に合成される 12 鎖と、二重らせんがほどけていく方向の逆向きに不連続に合成される 13 鎖がある。

外来遺伝子を人為的に導入した生物をトランスジェニック生物という。その生物が植物の場合は、トランスジェニック植物と呼ぶ。植物に外来遺伝子を導入する際には、土壌細菌であるアグロバクテリウムを用いた方法がよく使われる。アグロバクテリウムがもつプラスミド（Ti プラスミド）には、T-DNA という領域が存在する。T-DNA は植物細胞の染色体 DNA に組み込まれる部分であり、安定して目的の外来遺伝子が組み込まれる。この方法を用いて、ある遺伝子 X をイネに導入するために、次の実験 1 から 3 を行った。

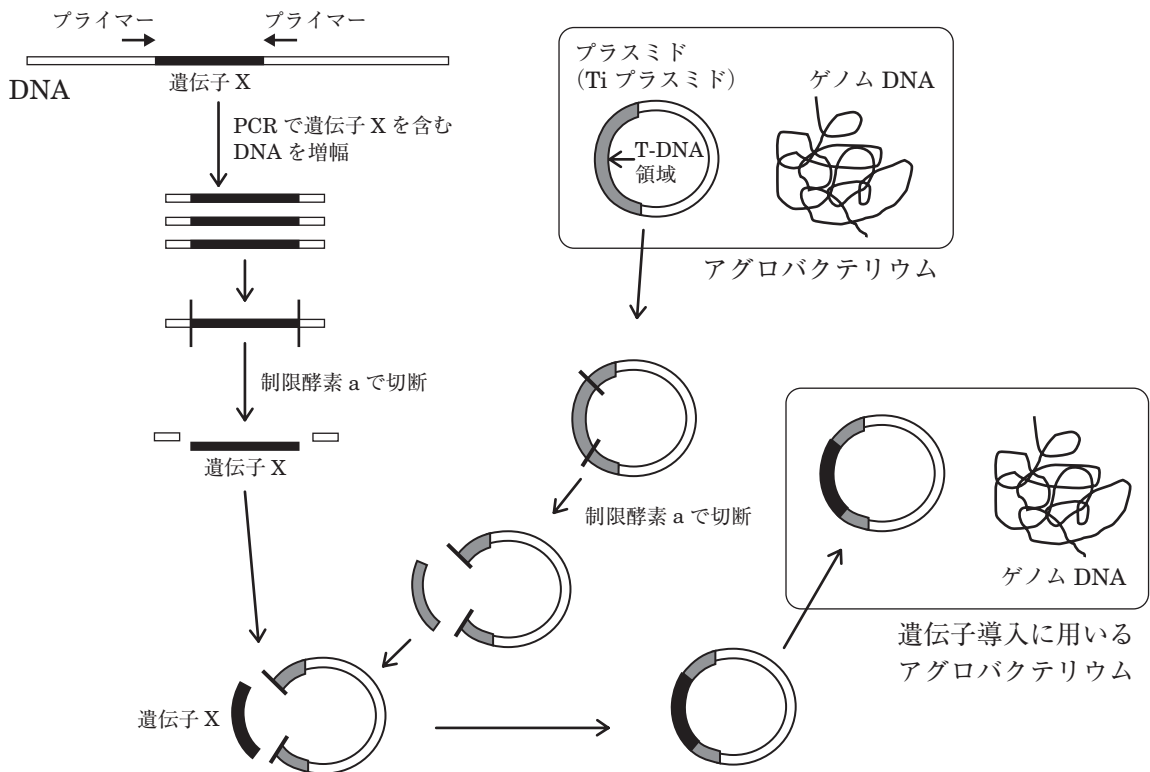


図 遺伝子導入に用いるアグロバクテリウムの調製

実験 1 遺伝子導入に用いるアグロバクテリウムを調製した (図参照)。ポリメラーゼ連鎖反応法 (PCR 法)<sup>(A)</sup>を用いて、遺伝子 X を含む DNA を増幅した。PCR 法は増幅したい遺伝子 X を含む DNA と、14 種類のヌクレオチド、2 種類の短い 15 本鎖 DNA 断片であるプライマー (プライマーの 5' 側には、制限酵素 a が認識する塩基配列が含まれている)、および DNA ポリメラーゼを用いて適切な反応条件で行った。増幅した DNA に対して、制限酵素 a と反応させることで特定の塩基配列の部分を切断し、遺伝子 X を含む DNA 断片を得た。(B) 次に、アグロバクテリウムからプラスミドを取り出し、制限酵素 a と反応させることでその一部分の DNA 配列を取り除き、そこに遺伝子 X を含む DNA 断片を DNA リガーゼを用いて組み込んだ。このようにして得られた遺伝子 X を有するプラスミドをアグロバクテリウムに導入し、寒天培地<sup>ア</sup>上で増殖させた。その後、寒天培地上からアグロバクテリウムを回収し、それらを感染用の溶液に懸濁することでアグロバクテリウム懸濁液を調製した。

実験2 イネの種子を殺菌し、オーキシシンを含む寒天培地<sup>イ</sup>に静置した。その結果、胚の細胞が増殖し、約2週間後に多数のカルス（分化していない状態の植物細胞の塊）の形成が認められた。次に、それらのカルスを回収し、実験1で調製したアグロバクテリウム懸濁液に数分間浸し、滅菌水で洗浄後、アセトシリンゴンを含む培地上で3日間培養することによってカルスにアグロバクテリウムを感染させた。

#### 注1

アセトシリンゴンとは、アグロバクテリウムのイネカルスへの感染を促進し、形質転換効率を高める作用をもつフェノール化合物である。

実験3 実験2で得たアグロバクテリウムを感染させたカルスをオーキシシンを含む寒天培地<sup>ウ</sup>で約2週間培養したところ、カルスに特に変化は認められなかった。しかし、カルスをオーキシシンとサイトカイニンを含む寒天培地<sup>エ</sup>に移植したところ、約2週間で緑色に変わった周辺から多くの芽が形成された。次に、この芽を含む組織を植物ホルモンを含まない寒天培地に移植したところ、芽および根が伸長し、やがて完全な植物体までに成長した。この植物のDNAを調べたところ、遺伝子Xの導入が確認できたことから、作出した植物はトランスジェニックイネであること<sup>(C)</sup>が明らかになった。

#### 注2

サイトカイニンとは、植物の組織形成および細胞の増殖・分化において中心的な役割を果たす植物ホルモンである。

問1 文中の  に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

8 ,  9 ,  12 ,  13 に対する解答群

- |             |              |
|-------------|--------------|
| ① DNA ヘリカーゼ | ② DNA プライマーゼ |
| ③ プロモーター    | ④ テロメラーゼ     |
| ⑤ リーディング    | ⑥ ラギング       |
| ⑦ テロメア      | ⑧ ポリ A テール   |
| ⑨ 3'        | ⑩ 5'         |

10 ,  11 ,  14 ,  15 に対する解答群

- |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4  |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 8 | ⑧ 10 |

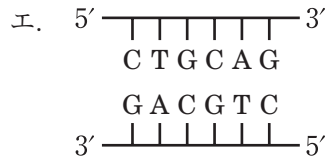
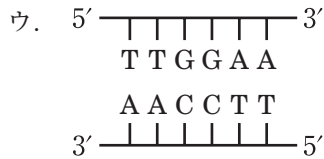
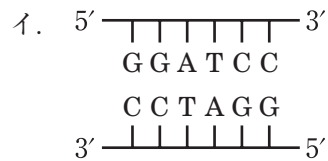
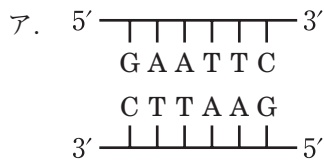
問2 下線部 (A) に関して、PCR に用いられる DNA ポリメラーゼの酵素特性として正しいものはどれか。1つ選べ。  16

16 に対する解答群

- ① PCR に用いられる DNA ポリメラーゼの最適温度は、ヒト DNA ポリメラーゼの最適温度よりも高い。
- ② PCR に用いられる DNA ポリメラーゼの最適温度は、ヒト DNA ポリメラーゼの最適温度と変わらない。
- ③ PCR に用いられる DNA ポリメラーゼの最適温度は、ヒト DNA ポリメラーゼの最適温度よりも低い。
- ④ PCR に用いられる DNA ポリメラーゼは、ヒト DNA ポリメラーゼと同様に高温になればなるほど反応速度が大きくなるので、最適温度は見られない。

問3 下線部（B）のうち、典型的なものは4～8塩基からなる回文配列（回転対称となっている配列）を認識する。制限酵素が認識可能な回文配列として、正しいものはどれか。正しいものをすべて含む組み合わせを1つ選べ。ただし、ここでは実験1に用いた制限酵素aが認識した部位に限定していない。

17



17 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | Ⓐ アとイとウ   | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ |         |

問4 下線部(C)に関して、目的の遺伝子Xが導入された植物個体を効率よく選別するために、実験1で遺伝子Xを含むDNA断片を組み込んだプラスミドのT-DNA領域には、抗生物質Kに対して耐性となる遺伝子が組み込まれていた。実験1～3で用いた寒天培地ア～エのどれに、抗生物質Kを添加したと考えられるか。正しいものをすべて含む組み合わせを1つ選べ。ただし、抗生物質Kはイネの生育を阻害するものとする。

18

18 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | ㉐ アとイとウ   | ㉑ アとイとエ |
| ㉒ アとウとエ | ㉓ イとウとエ | ㉔ アとイとウとエ |         |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 光合成に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

(A) 光合成の過程は、 で起こる反応と  で起こる反応に大きく分けることができる。 では光エネルギーを利用して、NADPH と ATP を合成する。NADPH と ATP の合成過程では、 が酸化されて（電子を失って）酸素が発生し、 から奪われた電子は、光化学系Ⅱの反応中心のクロロフィルに渡される。光化学系Ⅰの反応中心のクロロフィルも光エネルギーを吸収して活性化され、電子が放出される。最終的に  $\text{NADP}^+$  がこの電子を受け取って（還元されて）NADPH が合成される。これら NADPH と ATP は  で起こる反応、すなわち、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) を還元して有機物を合成する反応に利用される。この反応経路は、長い間、光に依存しない反応と考えられていたが、<sup>(B)</sup>実際は光によって制御される酵素の存在が判明している。

細菌には、光エネルギーを用いずは無機物を酸化する際に得られる化学エネルギーを用いて有機物を合成できる独立栄養生物が存在する。土壤中に生息している亜硝酸菌は  を  に、硝酸菌は  を  に酸化してエネルギーを得ている。これらの細菌は、このエネルギーを用いて ATP や有機物を合成している。このような反応は化学合成と呼ばれ、化学合成を行う細菌は化学合成細菌と呼ばれる。地球に現れた初期の化学合成細菌のなかから、太陽の光エネルギーを利用して光合成を行う <sup>(C)</sup>光合成細菌が現れたと考えられている。これらのうち、シアノバクテリアは光合成色素として植物と同じ  をもっており、また、光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱ、および電子伝達系も備えている。したがって、シアノバクテリアは植物と同様のしくみで  $\text{CO}_2$  を固定し、有機物を合成する。



問1 文中の ア ～ ウ に入る組みあわせとして正しいものはどれか。1つ選べ。ただし、同じ文字は同じものを示す。 19

19 に対する解答群

	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ア</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">イ</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">ウ</span>
①	ストロマ	チラコイド	酸 素
②	チラコイド	ストロマ	酸 素
③	ストロマ	チラコイド	糖
④	チラコイド	ストロマ	糖
⑤	ストロマ	チラコイド	水
⑥	チラコイド	ストロマ	水
⑦	ストロマ	チラコイド	NADH
⑧	チラコイド	ストロマ	NADH
⑨	ストロマ	チラコイド	NAD <sup>+</sup>
⑩	チラコイド	ストロマ	NAD <sup>+</sup>
㉑	ストロマ	チラコイド	ADP
㉒	チラコイド	ストロマ	ADP

問2 文中の 20 ～ 23 に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。

20 ～ 23 に対する解答群

- |              |             |          |
|--------------|-------------|----------|
| ① 硝酸イオン      | ② アンモニウムイオン | ③ 亜硝酸イオン |
| ④ 硫化水素       | ⑤ 窒 素       |          |
| ⑥ バクテリオクロフィル | ⑦ クロロフィル a  |          |

問3 下線部（A）について，以下の a， b の各問いに答えよ。

a.  $C_3$  植物の光合成の過程に関する記述のうち，正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

24

ア. 気孔から取り込まれた  $CO_2$  は，リブロース二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼという酵素のはたらきによって， $C_5$  化合物であるリブロース二リン酸と結合する。

イ. ホスホグリセリン酸は，ATP のエネルギーと NADPH による還元作用によって  $C_5$  化合物のグリセルアルデヒドリン酸（GAP）になる。

ウ. カルビン回路に6分子の  $CO_2$  が取り込まれると，12分子の GAP が得られる。

エ. カルビン回路の途中で生成する GAP の一部から合成されたデンプンは，一時的に細胞質基質（サイトゾル）に貯蔵される。

24 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | Ⓐ アとイとウ   | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ |         |

b.  $C_4$  植物と CAM 植物の光合成の過程に関する記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

25

ア.  $C_4$  植物では、取り込んだ  $CO_2$  が最初に固定される反応は葉肉細胞で行われる。

イ.  $C_4$  植物において、 $CO_2$  が固定されて最初にできる物質はピルビン酸である。

ウ.  $C_4$  植物では、カルビン回路は維管束鞘細胞の葉緑体内に存在する。

エ. CAM 植物において、夜間に取り込まれた  $CO_2$  はオキサロ酢酸として固定され、オキサロ酢酸のまま同じ細胞の液胞に貯えられる。

25 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | Ⓐ アとイとウ   | Ⓑ アとイとエ |
| Ⓒ アとウとエ | Ⓓ イとウとエ | Ⓔ アとイとウとエ |         |

問4 下線部（B）に関する次の文章を読み、以下の a， b の各問いに答えよ

酵素 X は、植物の葉緑体内のみに存在する。酵素 X の活性は光によって生成する還元物質（還元作用）によって制御されるが、その制御機構について調べるために、実験 1 と 2 を行った。なお、酵素 X 中には 2 つのシステインが存在し、これらは図 1 に示すとおり、三次構造上、接近している。2 つのシステインの側鎖の SH 基は、酸化されると図 1（Ⅰ）のようにジスルフィド結合（S-S 結合）を形成するが、還元されると図 1（Ⅱ）のように元の SH 基に戻る。

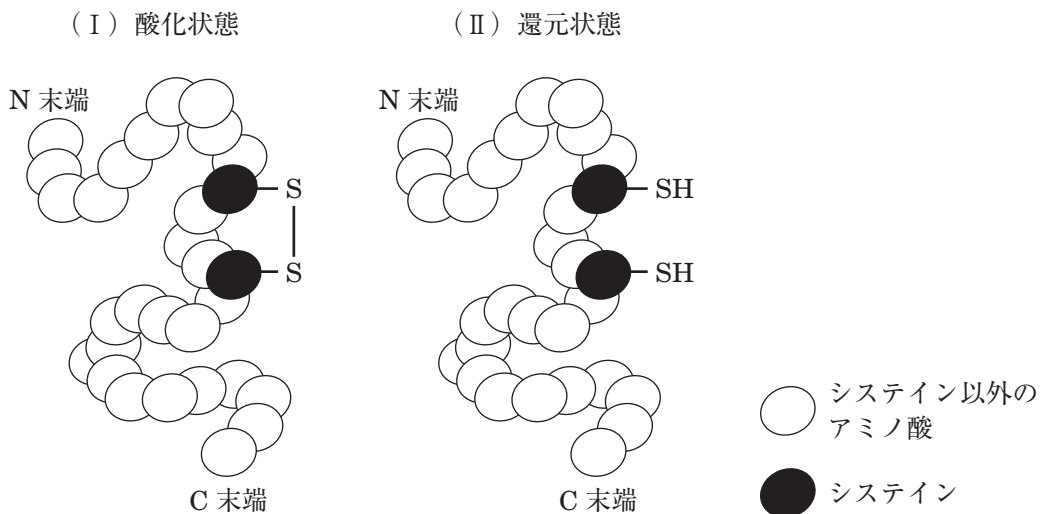


図1 酵素 X の三次構造

#### 実験 1

十分な光を照射したホウレンソウの葉から葉緑体を単離し、葉緑体を等張液に浸した。次に、葉緑体が壊れないよう注意しながら暗処理と光照射を繰り返すと、酵素 X の活性は図 2 のように変化した。ただし、実験の間、単離された葉緑体の機能は劣化しないものとする。

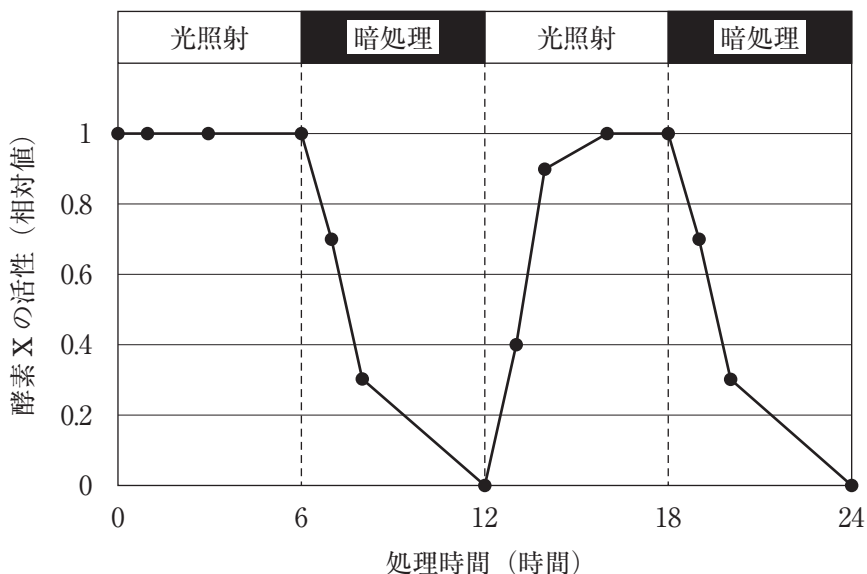


図2 酵素 X の活性に及ぼす光照射の影響

## 実験 2

実験 1 で単離した葉緑体をジスルフィド結合誘導剤，あるいは薄い過酸化水素水 (0.0034%) で 3 分間処理したところ，酵素 X の活性は図 3 (a) のようになった。同様に，葉緑体から酵素 X だけを取り出し，ジスルフィド結合誘導剤，あるいは薄い過酸化水素水で 3 分間処理したところ，いずれの場合も酵素 X の活性 (相対値) は図 3 (b) のようにゼロであった。

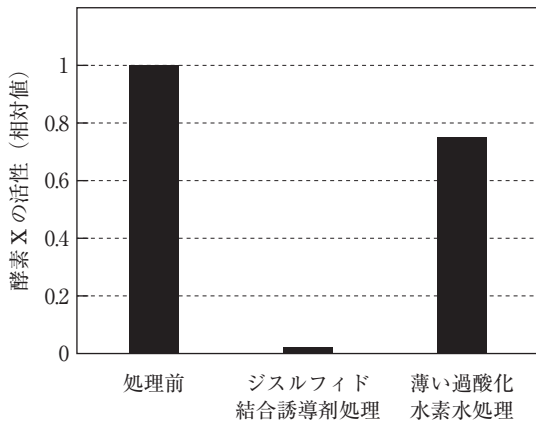
## 注 1

ジスルフィド結合誘導剤および薄い過酸化水素水は，葉緑体の外膜と内膜を通過できる。

## 注 2

ジスルフィド結合誘導剤および薄い過酸化水素水の濃度と処理時間は，酵素 X 以外の酵素タンパク質および脂質などの生体分子に影響しない。

(a) 葉緑体をジスルフィド結合誘導剤あるいは薄い過酸化水素水でそれぞれ処理



(b) 葉緑体から単離した酵素 X をジスルフィド結合誘導剤あるいは薄い過酸化水素水でそれぞれ処理

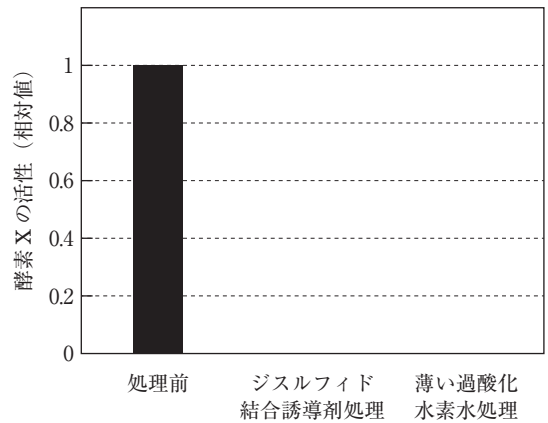
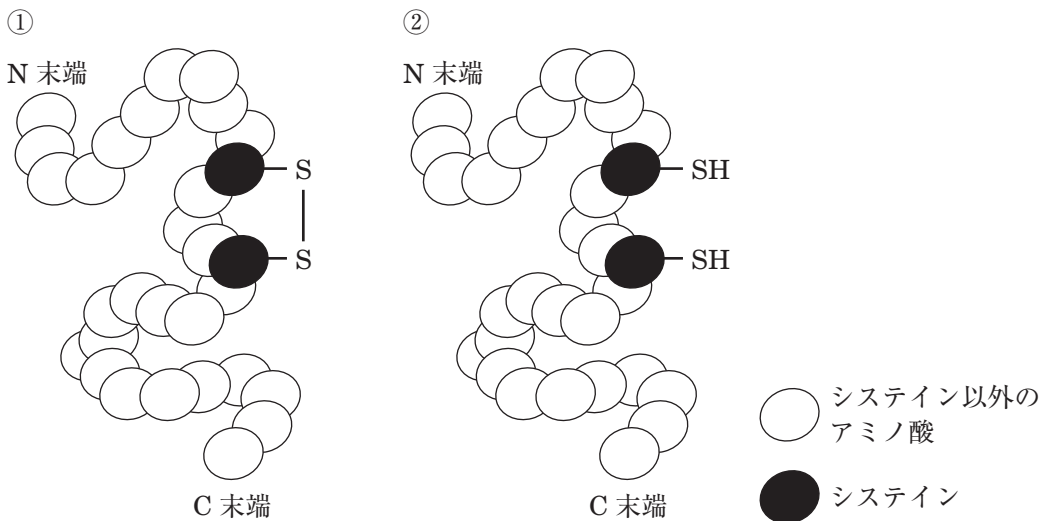


図3 葉緑体 (a) あるいは酵素 X (b) をジスルフィド結合誘導剤あるいは薄い過酸化水素水でそれぞれ処理したときの酵素 X の活性

a. 光が十分に照射されている葉における酵素 X の2つのシステインの状態として正しいのはどちらか。1つ選べ。

26

26 に対する解答群



b. 2つの実験結果から考察できる記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

27

ア. 光エネルギーに依存して生成する NADPH などによる還元作用が、酵素 X の還元状態の維持に重要である。

イ. 暗条件では、光エネルギーに依存して生成する NADPH などによる還元作用が減少するため、酵素 X を還元状態に保つことが難しくなる。

ウ. 実験 2 で用いた薄い過酸化水素水はジスルフィド結合誘導剤と異なり、葉緑体内に取り込まれても還元作用によりほとんど分解されるため、酵素 X の活性の約 75% は維持される。

エ. 酵素 X を実験 2 で用いた薄い過酸化水素水で直接処理すると、ジスルフィド結合誘導剤と同様に、薄い過酸化水素水は SH 基を酸化することで酵素 X のジスルフィド結合の形成を促進する。

27 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | ㉑ アとイとウ   | ㉒ アとイとエ |
| ㉓ アとウとエ | ㉔ イとウとエ | ㉕ アとイとウとエ |         |

問5 下線部（C）について，緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌に関する次の記述のうち，正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

28

- ア．緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は，水から電子を得て有機物を合成する。
- イ．緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は，いずれも光化学系Ⅰと光化学系Ⅱの両方をもっている。
- ウ．緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌の光合成には，光エネルギーを利用したATP合成反応が存在する。
- エ．緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は，硫化水素を含む場所に生育する。

28 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | ㉐ アとイとウ   | ㉑ アとイとエ |
| ㉒ アとウとエ | ㉓ イとウとエ | ㉔ アとイとウとエ |         |



(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 生態系と物質生産に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。答えは各問いの下の解答群から最も適当なものを選び、解答欄にマークせよ。

生態系を構成する生物群集と非生物的環境とは、互いに影響を及ぼしあっている。また、生態系を構成する生物群集は、大きくは生産者と消費者に分けられ、それぞれの生物の間には、捕食・被食の関係がみられる。このような関係を通じて、生態系内では常に物質やエネルギーの移動が起こっている。

表1は、地球上の主要な生態系（荒原、森林、草原、農耕地（耕作地）、海洋）における生産者の現存量と純生産量（推定値）を表している。地球全体の1年間の純生産量のうち、地球の全面積のほぼ  %を占める陸地での純生産量は約  %である。このことから、陸地と海洋の生産力を比べると、  の方が高い生産力をもっていることがわかる。

表1の各生態系について、現存量1kg当たりの年間の純生産量を計算すると、各生態系の現存量に対する純生産量を比較することができる。陸地の生態系に比べて、海洋生態系では現存量1kg当たりの年間の純生産量が  理由は、海洋生態系の生産者は  がほとんどないためである。陸上生態系内では、森林を他の陸地の生態系と比べたとき、現存量も純生産量ともに  。しかし、森林生態系の現存量1kg当たりの年間の純生産量を他の生態系と比較すると、その値は比較的  。これは、森林では葉を支える大きな幹や根を持つ木本が多く、草原などに比べて、  の現存量が大きくなるためである。

表1 地球上の主要な生態系における生産者の現存量と純生産量（推定値）

生態系		面積 ( $10^6 \text{ km}^2$ )	現存量		純生産量	
			平均値 ( $\text{kg/m}^2$ )	世界全体 ( $10^{12} \text{ kg}$ )	平均値 ( $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ )	世界全体 ( $10^{12} \text{ kg/年}$ )
陸地	ア	41.6	28.6	1191.1	1.74	72.4
	イ	45.4	5.0	226.7	1.07	48.7
	荒原	33.3	0.8	26.7	0.27	8.9
	ウ	13.5	0.7	8.9	0.67	9.1
	合計*	149.3	9.7	1453.4	0.93	139.1
海洋		360.7	0.01	2.2	0.28	100.0

\*なお、陸地の合計は、表中に示した主要な生態系以外の生態系の値も含まれる。

問1 文中の  に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ番号は同じものを示す。なお、  32 ,  34 ,  35 は同じ番号を繰り返し選んでもよい。

29 ,  30 に対する解答群

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 50 |
| ⑤ 60 | ⑥ 70 | ⑦ 80 | ⑧ 90 |

31 に対する解答群

- |       |       |
|-------|-------|
| ① 陸 地 | ② 海 洋 |
|-------|-------|

32 ,  34 ,  35 に対する解答群

- |       |       |
|-------|-------|
| ① 大きい | ② 小さい |
|-------|-------|

33 に対する解答群

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| ① 同化器官（光合成器官） | ② 気 孔           |
| ③ 水 分         | ④ 非同化器官（非光合成器官） |

問2 表1の 

ア
---

 ～ 

ウ
---

 に当てはまる生態系の組みあわせとして正しいものはどれか。1つ選べ。 

36
----

36
----

 に対する解答群

	<div>ア</div>	<div>イ</div>	<div>ウ</div>
①	森 林	草 原	農耕地（耕作地）
②	森 林	農耕地（耕作地）	草 原
③	草 原	森 林	農耕地（耕作地）
④	草 原	農耕地（耕作地）	森 林
⑤	農耕地（耕作地）	森 林	草 原
⑥	農耕地（耕作地）	草 原	森 林

問3 下線部に関する次の文を読み、以下の a, b の各問いに答えよ。

表2は、ある湖沼におけるエネルギー収支を示したものである。なお、この湖沼の生態系に入射した光エネルギー（太陽エネルギー）は  $499262.4 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$  とする。

表2 ある湖沼におけるエネルギー収支の例（単位： $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{年})$ ）

栄養段階	総生産量 (同化量)	純生産量	成長量	被食量	呼吸量	枯死・ 死滅量
生産者	467.9	37	295.6	62.2	98.3	11.8
一次消費者	62.2	43.7	38	13.0	18.5	1.3
二次消費者	13.0	5.5	5.5	0.0	7.5	0.0

表2の各栄養段階において、それぞれのエネルギー効率を計算すると、エネルギー効率が最も高い栄養段階は エ となり、最も低い栄養段階は オ となる。この湖沼における栄養段階とエネルギー効率の関係と カ，一般に、エネルギー効率は キ 高くなる傾向がみられる。

a. 表2中の  に当てはまるものをそれぞれ1つ選べ。

,

に対する解答群

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 84.0  | ② 109.7 | ③ 110.1 | ④ 160.5 |
| ⑤ 171.9 | ⑥ 172.3 | ⑦ 357.8 | ⑧ 369.6 |
| ⑨ 405.7 | ⑩ 456.1 | Ⓐ 467.9 |         |

に対する解答群

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 10.9 | ② 18.5 | ③ 19.8 | ④ 29.4 |
| ⑤ 30.7 | ⑥ 31.5 | ⑦ 32.8 | ⑧ 42.4 |
| ⑨ 47.8 | ⑩ 49.2 | Ⓐ 60.9 |        |

- b. エ ～ キ に当てはまる組みあわせとして正しいものはどれか。  
1つ選べ。 39

39 に対する解答群

	エ	オ	カ	キ
①	生産者	一次消費者	同様に	下位の栄養段階ほど
②	生産者	二次消費者	同様に	下位の栄養段階ほど
③	一次消費者	生産者	同様に	中位の栄養段階で最も
④	一次消費者	二次消費者	同様に	中位の栄養段階で最も
⑤	二次消費者	生産者	同様に	上位の栄養段階ほど
⑥	二次消費者	一次消費者	同様に	上位の栄養段階ほど
⑦	生産者	一次消費者	異なり	上位の栄養段階ほど
⑧	生産者	二次消費者	異なり	上位の栄養段階ほど
⑨	一次消費者	生産者	異なり	下位の栄養段階ほど
⑩	一次消費者	二次消費者	異なり	下位の栄養段階ほど
㉑	二次消費者	生産者	異なり	下位の栄養段階ほど
㉒	二次消費者	一次消費者	異なり	下位の栄養段階ほど