

## 物 理

以下の 1 から 29 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 地球を半径  $R$ 、質量  $M$  の静止した一様な球とみなし、地球の重力の影響を受けた質量  $m$  の小物体の運動を考察する。万有引力定数を  $G$  とし、空気抵抗は無視する。また、小物体の質量  $m$  は  $M$  に比べて十分小さい。

- (1) 小物体が地球の赤道の地表すれすれに円運動している。万有引力が円運動の向心力となるから、その速さ  $V_1$  は、1  $\times \sqrt{\frac{GM}{R}}$  であり、第一宇宙速度と呼ばれる。このときの運動エネルギーと重力の位置エネルギーの和（力学的エネルギー）は 2  $\times \frac{GMm}{R}$  である。ただし、無限遠における重力の位置エネルギーを0とする。また、面積速度は 3  $\times \sqrt{GMR}$  である。

次に、地表から鉛直方向に打ち上げた小物体が、無限の遠方まで飛び去ってしまう場合を考える。力学的エネルギーが保存されることから、このときの最小の初速度の大きさ  $V_2$  は、4  $\times \sqrt{\frac{GM}{R}}$  である。 $V_2$  は第二宇宙速度と呼ばれる。

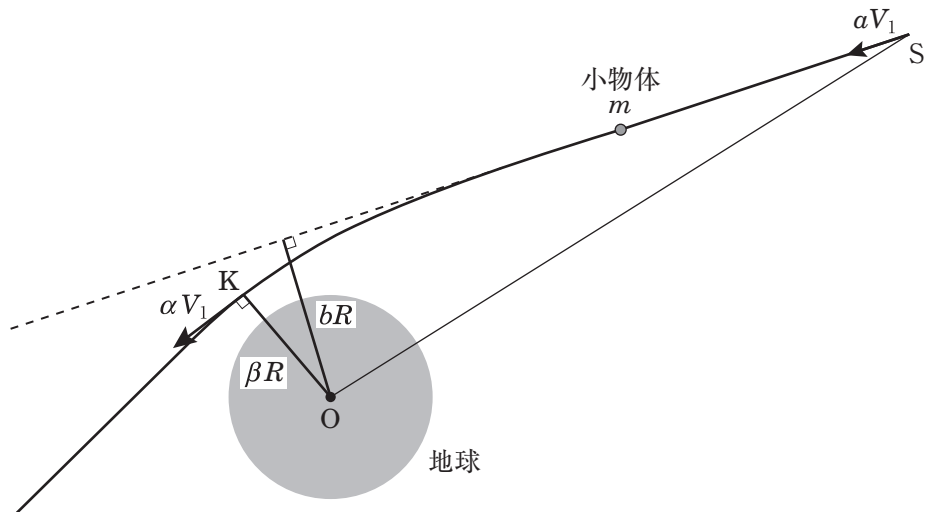
1 ～ 4 の解答群

- |                 |        |                  |              |
|-----------------|--------|------------------|--------------|
| ① $-\sqrt{2}$   | ② $-1$ | ③ $-\frac{1}{2}$ | ④ $0$        |
| ⑤ $\frac{1}{2}$ | ⑥ $1$  | ⑦ $\sqrt{2}$     | ⑧ $\sqrt{3}$ |

- (2) 図のように、小物体が遠方から地球に向かって運動している。地球からの重力の位置エネルギーを0と考えることができる遠く離れた点Sにおいて、この小物体の速さは  $aV_1$  であった。この  $V_1$  は、(1)で議論した第一宇宙速度である。点Sでの小物体の力学的エネルギーは、5  $\times \frac{GMm}{R}$  である。点Sでの小物体の軌道を延長した直線と地球の中心Oとの距離を、 $bR$  とする。ただし、 $b > 1$  である。点Sにお

ける面積速度は、 $\boxed{6} \times \sqrt{GMR}$  である。

小物体が地球に近づくと、地球の中心  $O$  の方向に曲げられる。地球に最も近づいた位置を点  $K$  とする。距離  $KO$  を  $\beta R$  (ただし、 $\beta > 1$ )、点  $K$  における小物体の速さを  $\alpha V_1$  とする。点  $K$  での面積速度は  $\boxed{7} \times \sqrt{GMR}$  である。また点  $K$  での力学的エネルギーは、 $\boxed{8} \times \frac{GMm}{R}$  である。小物体が地球をかすめるように通り過ぎる ( $\beta = 1$  と近似できる) 場合を考えよう。力学的エネルギーと面積速度は保存されるので、 $a$  と  $b$  には  $\boxed{9} = 2$  の関係がある。



$\boxed{5}$  と  $\boxed{6}$  と  $\boxed{9}$  の解答群

- |  |  |                   |                  |                   |
|--|--|-------------------|------------------|-------------------|
| ① $\left(\frac{a^2}{2} + \frac{1}{b}\right)$ | ② $\left(\frac{a^2}{2} - \frac{1}{b}\right)$ | ③ $a^2$           | ④ $ab$           | ⑤ $b^2$           |
| ⑥ $\left(\frac{a^2}{2} + \frac{2}{b}\right)$ | ⑦ $\left(\frac{a^2}{2} - \frac{2}{b}\right)$ | ⑧ $\frac{a^2}{2}$ | ⑨ $\frac{ab}{2}$ | ⑩ $\frac{b^2}{2}$ |
| Ⓐ $a^2(b^2 + 1)$                             | Ⓑ $a^2(b^2 - 1)$                             | Ⓒ $2a^2$          | Ⓓ $2ab$          | Ⓔ $2b^2$          |
| Ⓕ $b^2(a^2 + 1)$                             | Ⓖ $b^2(a^2 - 1)$                             | Ⓗ $3a^2$          | Ⓘ $3ab$          | Ⓙ $3b^2$          |

$\boxed{7}$  と  $\boxed{8}$  の解答群

- |   |   |                        |                           |                       |
|---|---|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| ① $\left(\frac{\alpha^2}{2} + \frac{1}{\beta}\right)$ | ② $\left(\frac{\alpha^2}{2} - \frac{1}{\beta}\right)$ | ③ $\alpha^2$           | ④ $\alpha\beta$           | ⑤ $\beta^2$           |
| ⑥ $\left(\frac{\alpha^2}{2} + \frac{2}{\beta}\right)$ | ⑦ $\left(\frac{\alpha^2}{2} - \frac{2}{\beta}\right)$ | ⑧ $\frac{\alpha^2}{2}$ | ⑨ $\frac{\alpha\beta}{2}$ | ⑩ $\frac{\beta^2}{2}$ |

Ⅱ 真空中に、図1のようにOを原点として紙面上に $x$ 軸と $y$ 軸をとる。この $xy$ 平面上には、閉回路がある。この閉回路は、何本かの直線電線からできており、一本の長さは $l$  [m]、抵抗は $R$  [ $\Omega$ ]である。閉回路の黒丸は直線電線の接続箇所をあらわす。この閉回路が回転せずに一定の速さ $v$  [m/s]で $x$ 軸の正の向きに移動する。

図1の網掛け領域( $x$ 座標が0 m以上 $3l$ 以下)にのみ、紙面に垂直で裏から表向きの一様な磁場が存在し、その磁束密度は $B$  [T]である。この網掛け領域を磁場領域と呼ぶ。

また、閉回路の右端が磁場領域に接した瞬間を $t=0$  sとし、紙面表面からみて左回りを電流の正の向きとする。以下では、電線の太さ、電線の接続部の抵抗、閉回路の自己誘導は無視する。

- (1) 最初に考える閉回路は直線電線4本でできている正方形であり、図1のように配置されている。 $0 < t < \frac{l}{v}$ において、微小時間 $\Delta t$  [s]の間に閉回路を貫く磁束は   $\times \Delta t$  [Wb]だけ増える。したがって、誘導起電力によって閉回路に流れる電流の大きさは  [A]であり、閉回路で消費される電力は  [W]である。また、閉回路が磁場領域を完全に通過するまでに電線の抵抗によって発生する総熱量は  [J]となる。

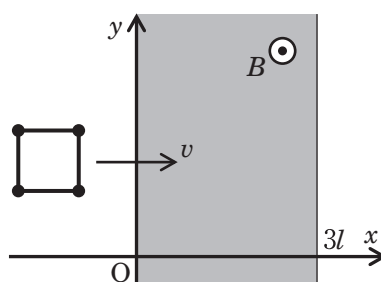


図1

～  の解答群

- |                    |                      |                        |                          |                        |
|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| ① $vBl$            | ② $vBl^2$            | ③ $vB^2l^2$            | ④ $v^2B^2l^2$            | ⑤ $vB^2l^3$            |
| ⑥ $\frac{vBl}{R}$  | ⑦ $\frac{vBl^2}{R}$  | ⑧ $\frac{vB^2l^2}{R}$  | ⑨ $\frac{v^2B^2l^2}{R}$  | ⑩ $\frac{vB^2l^3}{R}$  |
| Ⓐ $\frac{vBl}{2R}$ | Ⓑ $\frac{vBl^2}{2R}$ | Ⓒ $\frac{vB^2l^2}{2R}$ | Ⓓ $\frac{v^2B^2l^2}{2R}$ | Ⓔ $\frac{vB^2l^3}{2R}$ |
| Ⓕ $\frac{vBl}{4R}$ | Ⓖ $\frac{vBl^2}{4R}$ | Ⓗ $\frac{vB^2l^2}{4R}$ | Ⓙ $\frac{v^2B^2l^2}{4R}$ | ⓫ $\frac{vB^2l^3}{4R}$ |

(2) 図2のように、(1)の閉回路を45度傾けた。

$0 < t < \frac{l}{\sqrt{2}v}$  では、時刻  $t$  に閉回路を貫く磁束

は 14 である。時刻  $t + \Delta t$  に閉回路を貫く磁束と 14 の差を考え、 $\Delta t$  が微小な

時間であることから  $\Delta t$  の2乗の項を無視することで、 $\Delta t$  の間に閉回路を貫く磁束は

15  $\times \Delta t$  だけ増えることがわかる。した

がって、時刻  $t$  に閉回路で消費される電力  $P$  は、 $P = \text{16} \times \frac{1}{R}$  である。また、

閉回路が磁場領域を完全に通過するまでの  $P$  の時間変化は 17 となる。

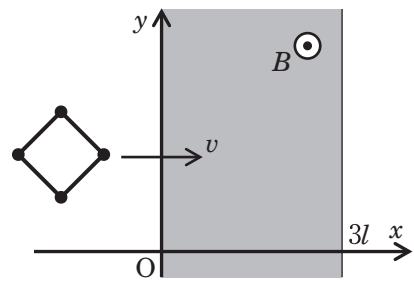
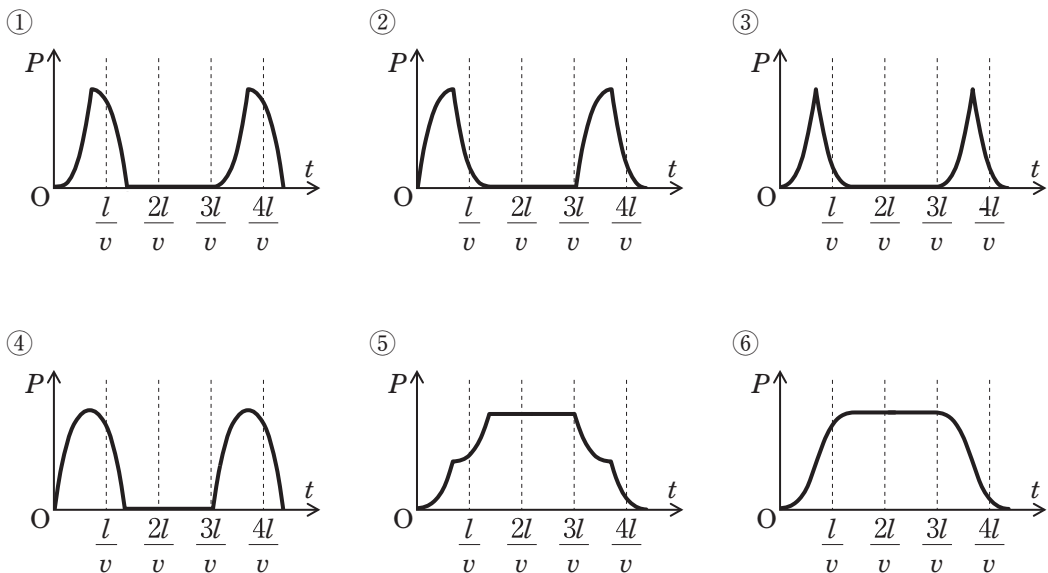


図2

14 ~ 16 の解答群

- ①  $2v^2tB$     ②  $2vt^2B$     ③  $2v^2t^2B$     ④  $2v^4t^2B^2$     ⑤  $2v^2t^4B^2$     ⑥  $2v^4t^4B^2$   
 ⑦  $v^2tB$     ⑧  $vt^2B$     ⑨  $v^2t^2B$     ⑩  $v^4t^2B^2$     a  $v^2t^4B^2$     b  $v^4t^4B^2$   
 c  $\frac{v^2tB}{2}$     d  $\frac{vt^2B}{2}$     e  $\frac{v^2t^2B}{2}$     f  $\frac{v^4t^2B^2}{2}$     g  $\frac{v^2t^4B^2}{2}$     h  $\frac{v^4t^4B^2}{2}$

17 の解答群



(3) 直線電線を追加して別の閉回路を作成した。

前問までと同様に,  $xy$  平面上を  $x$  軸の正の向きに一定の速さ  $v$  で動かす。その結果, 閉回路で消費される電力  $P$  の時間変化は, 図3のようになった。このとき, 閉回路の形および向きとして考えられるものは 18 である。

また, この閉回路に流れる電流  $I$  の時間変化を表すグラフは 19 である。

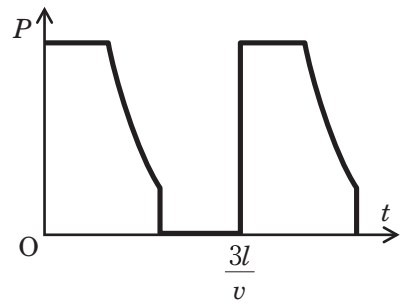
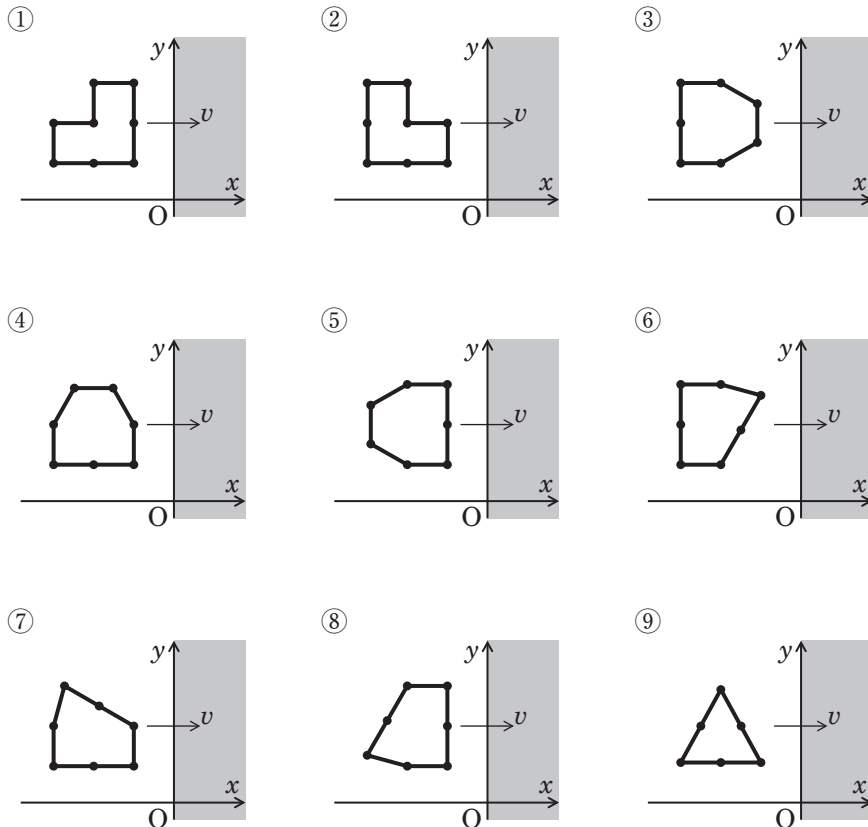


図3

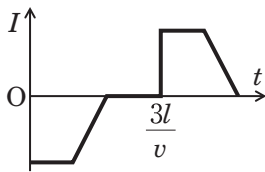
18 の解答群



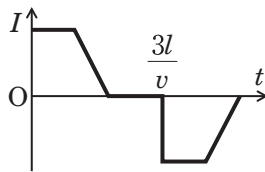
19

 の解答群

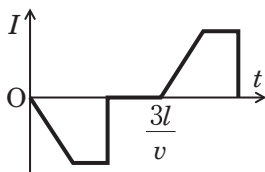
①



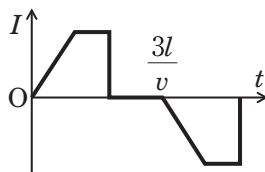
②



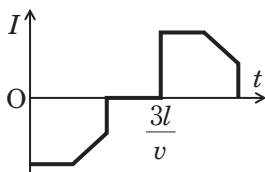
③



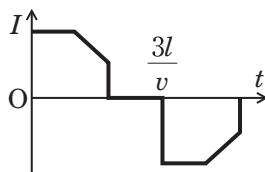
④



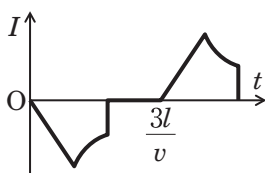
⑤



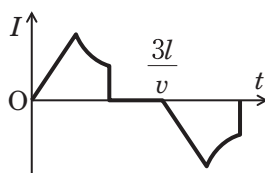
⑥



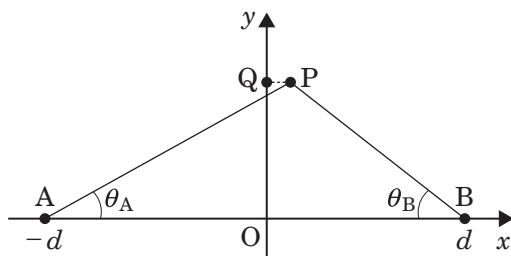
⑦



⑧



- Ⅲ  $xy$  座標上の点  $A(-d, 0)$  と点  $B(d, 0)$  (ただし,  $d > 0$ ) に周波数が  $f$  で同位相の音を出す音源がある。これらの音を  $xy$  平面上の観測者が観測する。音速は  $c$ , 波長は  $\lambda$  で,  $d$  は  $\lambda$  より十分大きい。移動しながら観測した際に, 前後よりも音が大きく観測される位置を音が強めあう位置と呼ぶ。また, 風はない。



- (1) 観測者が原点  $O$  から  $\frac{\lambda}{4}$  だけ移動する。位置  $(\frac{\lambda}{4}, 0)$  と  $(0, \frac{\lambda}{4})$  で観測される音の大小を比較する。 20 。
- (2)  $x$  軸上で観測した場合について考える。観測者が原点  $O$  から  $x$  軸上を  $B$  に向かってドップラー効果が無視できるほどゆっくり進んだところ音の大きさが変化した。原点を離れてから最初に音が強めあう位置は  $(\text{ 21 } \times \lambda, 0)$  で, 3 度目に音が強めあう位置は  $(\text{ 22 } \times \lambda, 0)$  である。
- 原点に戻ってから, 次はドップラー効果が無視できない一定の速さ  $V$  で,  $x$  軸の正の向きへ移動した。観測された音には, 周波数 23  $\times \frac{V}{c} f$  のうなりが聞こえた。
- (3) 観測者が一定の速さ  $V$  で移動中に, 点  $P(x_0, y_0)$  で観測を行う場合について考える。ただし,  $d > x_0 > 0$  かつ  $y_0 > 0$  である。図のように  $\angle PAO = \theta_A$ ,  $\angle PBO = \theta_B$  とする。移動が  $x$  軸の正の向きの場合には, 周波数 24  $\times \frac{V}{c} f$  のうなりが聞こえた。また, 移動が  $y$  軸の正の向きの場合には, 周波数 25  $\times \frac{V}{c} f$  のうなりが聞こえた。
- (4) 観測者が一定の速さ  $V$  で移動中に, 点  $Q(0, y_0)$  で観測を行う場合について考える。移動が  $x$  軸の正の向きの場合には, 周波数 26  $\times \frac{Vd}{c\sqrt{d^2 + y_0^2}} f$  のうなりが

聞こえた。また、移動が  $y$  軸の正の向きの場合には、27。

- (5)  $x$  軸から離れ  $y > 0$  の位置で観測を行った。 $y$  軸に平行な直線  $x = \frac{21}{\lambda}$  上 (ただし,  $y > 0$ ) で音が強めあう位置の数は 28 個, 直線  $x = \frac{22}{\lambda}$  上 (ただし,  $y > 0$ ) で音が強めあう位置の数は 29 個である。

20 の解答群

- ① 位置  $\left(\frac{\lambda}{4}, 0\right)$  の方が大きい      ② 位置  $\left(0, \frac{\lambda}{4}\right)$  の方が大きい  
③ 音の大きさに違いはない

21 ~ 23 と 26 と 28 と 29 の解答群

- ① 0      ②  $\frac{1}{4}$       ③  $\frac{1}{2}$       ④  $\frac{3}{4}$       ⑤ 1      ⑥  $\frac{3}{2}$       ⑦  $\frac{7}{4}$   
⑧ 2      ⑨  $\frac{9}{4}$       ⑩  $\frac{5}{2}$       a  $\frac{11}{4}$       b 3      c  $\frac{7}{2}$       d 4

24 と 25 の解答群

- ①  $2|\cos \theta_A - \cos \theta_B|$       ②  $2|\cos \theta_A + \cos \theta_B|$       ③  $2|\cos \theta_A - \sin \theta_B|$   
④  $2|\sin \theta_A - \sin \theta_B|$       ⑤  $2|\sin \theta_A + \sin \theta_B|$       ⑥  $2|\sin \theta_A - \cos \theta_B|$   
⑦  $|\cos \theta_A - \cos \theta_B|$       ⑧  $|\cos \theta_A + \cos \theta_B|$       ⑨  $|\cos \theta_A - \sin \theta_B|$   
⑩  $|\sin \theta_A - \sin \theta_B|$       a  $|\sin \theta_A + \sin \theta_B|$       b  $|\sin \theta_A - \cos \theta_B|$

27 の解答群

- ① 周波数 23  $\times \frac{V}{c}f$  のうなりが聞こえた  
② 周波数 24  $\times \frac{V}{c}f$  のうなりが聞こえた  
③ 周波数 26  $\times \frac{Vd}{c\sqrt{d^2 + y_0^2}}f$  のうなりが聞こえた  
④ うなりは聞こえなかった

# 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。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。 $\sqrt{3}=1.73$ , 円周率  $\pi=3.14$  とする。

(1) ケイ素は地殻中で  番目に存在量の多い元素であり、天然ではケイ酸塩や二酸化ケイ素として存在している。単体のケイ素は、炭素により二酸化ケイ素を  して得ることができる。ケイ素原子は  個の価電子を持ち、単体のケイ素の結晶では、隣接するケイ素原子が  結合により結びついている。

(2) ケイ素の結晶は、図のような立方体の単位格子をもつ。この単位格子の一辺の長さを  $a$  としたとき、隣接するケイ素原子どうしの中心間の距離は、  と表すことができる。

(3) 図のケイ素の結晶の充填率は、  %である。

(4) 図のケイ素の結晶の密度  $[\text{g}/\text{cm}^3]$  は、アボガドロ定数  $N_A$   $[/math>mol], ケイ素のモル質量  $M$   $[\text{g}/\text{mol}]$ , 単位格子の一辺の長さ  $a$   $[\text{cm}]$  を用いて表すと   $[\text{g}/\text{cm}^3]$  となる。また、純粋なケイ素の結晶で作製した真球の重さが  $1.0 \text{ kg}$ , 体積が  $429 \text{ cm}^3$  であった。このとき、ケイ素のモル質量  $M$  を 28, アボガドロ定数  $N_A$  を  $6.0 \times 10^{23}$  とすると、図のケイ素の結晶の単位格子の体積は、   $\text{cm}^3$  と算出できる。$

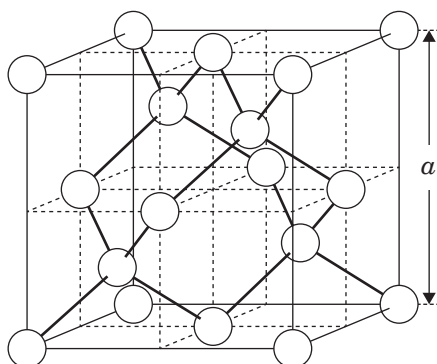


図 ケイ素の結晶の単位格子

丸印はケイ素原子を示し，太い黒線で結ばれたケイ素原子は互いに接しているものとする。

解答群

,

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 5

⑥ 6

⑦ 7

⑧ 8

⑨ 9

① 中 和

② 水 和

③ 脱 水

④ 脱 硫

⑤ 電 解

⑥ 縮 合

⑦ 重 合

⑧ 酸 化

⑨ 還 元

① アミド

② イオン

③ エステル

④ エーテル

⑤ 共 有

⑥ 金 属

⑦ グリコシド

⑧ 水 素

⑨ 配 位

5

- |                         |                         |                         |                          |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{\sqrt{3}}{2a}$ | ② $\frac{\sqrt{3}}{4a}$ | ③ $\frac{\sqrt{3}}{8a}$ | ④ $\frac{\sqrt{3}}{16a}$ |
| ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ | ⑥ $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ | ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{8}a$ | ⑧ $\frac{\sqrt{3}}{16}a$ |
| ⑨ $\frac{\sqrt{2}}{2a}$ | ⑩ $\frac{\sqrt{2}}{4a}$ | Ⓐ $\frac{\sqrt{2}}{8a}$ | Ⓑ $\frac{\sqrt{2}}{16a}$ |
| Ⓒ $\frac{\sqrt{2}}{2}a$ | Ⓓ $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ | Ⓔ $\frac{\sqrt{2}}{8}a$ | Ⓕ $\frac{\sqrt{2}}{16}a$ |

6

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 22 | ② 28 | ③ 34 | ④ 37 |
| ⑤ 41 | ⑥ 48 | ⑦ 54 | ⑧ 59 |
| ⑨ 62 | ⑩ 68 | Ⓐ 70 | Ⓑ 74 |

7

- |                        |                        |                        |                       |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| ① $\frac{M}{a^3N_A}$   | ② $\frac{2M}{a^3N_A}$  | ③ $\frac{4M}{a^3N_A}$  | ④ $\frac{8M}{a^3N_A}$ |
| ⑤ $\frac{16M}{a^3N_A}$ | ⑥ $\frac{N_A}{a^3M}$   | ⑦ $\frac{2N_A}{a^3M}$  | ⑧ $\frac{4N_A}{a^3M}$ |
| ⑨ $\frac{8N_A}{a^3M}$  | ⑩ $\frac{16N_A}{a^3M}$ | Ⓐ $\frac{Ma^3}{N_A}$   | Ⓑ $\frac{Ma^3}{2N_A}$ |
| Ⓒ $\frac{Ma^3}{4N_A}$  | Ⓓ $\frac{Ma^3}{8N_A}$  | Ⓔ $\frac{Ma^3}{16N_A}$ |                       |

8

- |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $1.6 \times 10^{-23}$ | ② $3.5 \times 10^{-23}$ | ③ $5.2 \times 10^{-23}$ |
| ④ $6.8 \times 10^{-23}$ | ⑤ $8.1 \times 10^{-23}$ | ⑥ $9.4 \times 10^{-23}$ |
| ⑦ $1.6 \times 10^{-22}$ | ⑧ $3.5 \times 10^{-22}$ | ⑨ $5.2 \times 10^{-22}$ |
| ⑩ $6.8 \times 10^{-22}$ | Ⓐ $8.1 \times 10^{-22}$ | Ⓑ $9.4 \times 10^{-22}$ |
| Ⓒ $1.6 \times 10^{-21}$ | Ⓓ $3.5 \times 10^{-21}$ | Ⓔ $5.2 \times 10^{-21}$ |
| Ⓕ $6.8 \times 10^{-21}$ | Ⓖ $8.1 \times 10^{-21}$ | Ⓗ $9.4 \times 10^{-21}$ |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 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。なお、原子量は  $H=1.0$ ,  $Cl=35.5$ , 塩化水素の溶解エンタルピーは  $-75 \text{ kJ/mol}$ , 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和エンタルピーは  $-56 \text{ kJ/mol}$  とする。

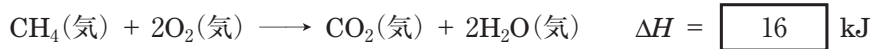
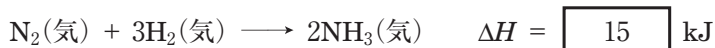
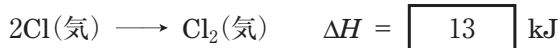
(1)  $25.0^\circ\text{C}$  の水酸化ナトリウム水溶液  $500 \text{ mL}$  に塩化水素  $0.10 \text{ mol}$  を溶解したところ、温度が  $30.0^\circ\text{C}$  となり、水溶液は酸性となった。このとき、塩化水素の溶解で生じた熱量は   $\text{kJ}$ , 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和で生じた熱量は   $\text{kJ}$  であると求められる。ただし、水溶液の比熱を  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ , 密度を  $1.0 \text{ g/mL}$  とし、容器と外部との熱の出入りや容器の熱容量は無視するものとする。この結果より、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は   $\text{mol/L}$  と求められる。

(2) 分子内の共有結合を切断するのに必要なエネルギーを、その結合の結合エネルギーといい、一般に気体分子内の結合  $1 \text{ mol}$  あたりの値で表される。

表 結合エネルギー [ $\text{kJ/mol}$ ]

H-H	436	O=O	498	N-H	391
Cl-Cl	242	N $\equiv$ N	945	O-H	463
H-Cl	432	C-H	415	C=O	802

表に示された結合エネルギーの値を用いると、以下の化学反応式におけるエンタルピー変化  $\Delta H$  は、それぞれ  ～   $\text{kJ}$  と求められる。



解答群

9 , 10

- |        |                     |                     |                     |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① -75  | ② -56               | ③ -7.5              | ④ -5.6              |
| ⑤ 0.31 | ⑥ 2.5               | ⑦ 3.1               | ⑧ 5.6               |
| ⑨ 7.5  | ⑩ 11                | Ⓐ 18                | Ⓑ 21                |
| Ⓒ 30   | Ⓓ 38                | Ⓔ 50                | Ⓕ 56                |
| Ⓖ 75   | Ⓗ $3.0 \times 10^2$ | Ⓖ $2.1 \times 10^3$ | Ⓙ $2.5 \times 10^3$ |

11

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.011 | ② 0.022 | ③ 0.033 | ④ 0.044 |
| ⑤ 0.055 | ⑥ 0.066 | ⑦ 0.077 | ⑧ 0.088 |
| ⑨ 0.099 | ⑩ 0.11  | Ⓐ 0.12  | Ⓑ 0.13  |
| Ⓒ 0.14  | Ⓓ 0.15  | Ⓔ 0.17  | Ⓕ 0.18  |
| Ⓖ 0.19  | Ⓗ 0.20  | Ⓖ 0.21  | Ⓙ 0.22  |

12 ~ 16

- |         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| ① -1000 | ② -872 | ③ -800 | ④ -600 |
| ⑤ -484  | ⑥ -436 | ⑦ -242 | ⑧ -186 |
| ⑨ -93   | ⑩ -47  | Ⓐ 47   | Ⓑ 93   |
| Ⓒ 186   | Ⓓ 242  | Ⓔ 436  | Ⓕ 484  |
| Ⓖ 600   | Ⓗ 800  | Ⓖ 872  | Ⓙ 1000 |

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  $H=1.0$ ,  $C=12$ ,  $O=16$ ,  $S=32$ ,  $Cl=35.5$  とする。ただし気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。

溶液中に存在する溶質の割合を濃度といい、その表し方にはいろいろな方法がある。以下の問題に答えよ。

- (1) 分子量  $M$  の化合物を水に溶かしたところ水溶液の密度は  $\rho \text{ [g/cm}^3\text{]}$  であった。この水溶液のモル濃度が  $a \text{ [mol/L]}$  であるとする、この水溶液の質量パーセント濃度は  [%] と表すことができる。
- (2) 密度が  $1.29 \text{ g/cm}^3$ 、質量パーセント濃度が 38% の硫酸水溶液がある。この水溶液のモル濃度を求めると  mol/L である。
- (3) 質量パーセント濃度が 20% の塩酸がある。これを水で希釈して  $0.44 \text{ mol/L}$  の塩酸を  $1.0 \text{ L}$  作りたい。必要な 20% 塩酸の体積は  mL である。ただし 20% 塩酸の密度は  $1.1 \text{ g/cm}^3$  とする。
- (4) 密度が  $1.8 \text{ g/mL}$  の質量パーセント濃度が 90% の硫酸水溶液  $100 \text{ mL}$  と密度が  $1.6 \text{ g/cm}^3$  の質量パーセント濃度が 70% の硫酸水溶液  $300 \text{ mL}$  を混合すると質量パーセント濃度が  % の硫酸水溶液が得られる。
- (5) 乾燥した塩化水素  $24.9 \text{ L}$  ( $27.0^\circ\text{C}$ ,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) 全量を  $100 \text{ mL}$  の水に溶解して塩酸を作製した。水の密度を  $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、塩化水素は理想気体として考えると、この塩酸の質量パーセント濃度は  % である。つぎに、この塩酸  $1.0 \text{ mL}$  の重さを測定すると  $1.13 \text{ g}$  であった。この塩酸を希釈して pH 3.0 の水溶液にするためには水で  倍に希釈すればよい。水溶液中の塩化水素の電離度は 1.00 とする。

(6) 水 50.5 mL にメタノールを加えてよく混合し、正確に 100 mL とした。この得られた溶液の密度は  $0.90 \text{ g/cm}^3$  であった。このことから混合に用いたメタノールの体積は 23 mL である。また、水とメタノールの物質量の比は水を 1 としたとき 24 である。ただし、水の密度は  $1.0 \text{ g/cm}^3$ 、メタノールの密度は  $0.79 \text{ g/cm}^3$  とする。また、水とメタノールを混合した際の温度変化はないものとする。

解答群

17

- |                        |                        |                          |                         |                        |
|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| ① $\frac{\rho M}{10a}$ | ② $\frac{10a}{M+\rho}$ | ③ $\frac{1000\rho M}{a}$ | ④ $\frac{1000aM}{\rho}$ | ⑤ $\frac{\rho aM}{10}$ |
| ⑥ $\frac{aM}{10\rho}$  | ⑦ $\frac{10\rho}{M+a}$ | ⑧ $\frac{10}{\rho aM}$   | ⑨ $\frac{\rho M}{100a}$ | ⑩ $\frac{aM}{100\rho}$ |

18

- |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.3   | ② 0.5   | ③ 1.0   | ④ 1.6   | ⑤ 2.0   |
| ⑥ 2.5   | ⑦ 3.2   | ⑧ 3.8   | ⑨ 4.0   | ⑩ 4.4   |
| ① a 5.0 | ② b 5.5 | ③ c 5.8 | ④ d 6.2 | ⑤ e 6.6 |

19 ,

20

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 38   | ② 44   | ③ 50   | ④ 52   | ⑤ 67   |
| ⑥ 73   | ⑦ 75   | ⑧ 78   | ⑨ 80   | ⑩ 83   |
| ① a 85 | ② b 88 | ③ c 90 | ④ d 92 | ⑤ e 95 |

21 ,

23

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 16   | ② 18   | ③ 20   | ④ 24   | ⑤ 27   |
| ⑥ 28   | ⑦ 33   | ⑧ 38   | ⑨ 40   | ⑩ 44   |
| ① a 47 | ② b 50 | ③ c 51 | ④ d 56 | ⑤ e 60 |

- |                     |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $8.3 \times 10$   | ② $8.6 \times 10$   | ③ $8.8 \times 10$   | ④ $9.3 \times 10$   | ⑤ $9.7 \times 10$   |
| ⑥ $8.3 \times 10^2$ | ⑦ $8.6 \times 10^2$ | ⑧ $8.8 \times 10^2$ | ⑨ $9.3 \times 10^2$ | ⑩ $9.7 \times 10^2$ |
| ① $8.3 \times 10^3$ | ② $8.6 \times 10^3$ | ③ $8.8 \times 10^3$ | ④ $9.3 \times 10^3$ | ⑤ $9.7 \times 10^3$ |
| ⑥ $8.3 \times 10^4$ | ⑦ $8.6 \times 10^4$ | ⑧ $8.8 \times 10^4$ | ⑨ $9.3 \times 10^4$ | ⑩ $9.7 \times 10^4$ |

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.12 | ② 0.19 | ③ 0.23 | ④ 0.26 | ⑤ 0.31 |
| ⑥ 0.33 | ⑦ 0.37 | ⑧ 0.39 | ⑨ 0.41 | ⑩ 0.44 |
| ① 0.49 | ② 0.53 | ③ 0.54 | ④ 0.55 | ⑤ 0.58 |
| ⑥ 0.63 | ⑦ 0.65 | ⑧ 0.67 | ⑨ 0.70 | ⑩ 0.77 |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 次の [25] ～ [37] 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。気体定数は  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、水のモル凝固点降下は  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ 、水の密度は  $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  とする。

アミノ酸は、分子中に酸性の [25] 基と塩基性の [26] 基をもつ。タンパク質を構成するアミノ酸の中で、[27] 以外の  $\alpha$ -アミノ酸には不斉炭素があるため [28] が存在する。タンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は約 [29] 種類存在する。そして、タンパク質は  $\alpha$ -アミノ酸が互いの [25] 基と [26] 基との間で脱水縮合してできた、[30] 結合により連なった構造の高分子化合物である。

タンパク質には次のような性質がある。たとえば、卵白水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると [31] 色になる。さらに冷却してからアンモニア水を加えて塩基性になると橙 [31] 色になる。この反応を [32] 反応という。これは卵白に含まれるタンパク質に [33] などのアミノ酸が含まれ、それらが [34] 化されるために起こる。

次に、タンパク質の分子量の測定について、浸透圧を利用する方法および凝固点降下を利用する方法について考えてみる。

溶液のモル濃度  $c$  [ $\text{mol}/\text{L}$ ]、絶対温度を  $T$  [ $\text{K}$ ]、気体定数を  $R$  とすると、浸透圧  $\Pi$  [ $\text{Pa}$ ] は式①で表すことができる（ファントホッフの法則）。

$$\Pi = cRT \cdots \cdots \textcircled{1}$$

一方で、凝固点降下度  $\Delta t$  [ $\text{K}$ ] は、モル凝固点降下を  $K$  [ $\text{K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$ ]、質量モル濃度を  $m$  [ $\text{mol}/\text{kg}$ ] とすると式②で表すことができる。

$$\Delta t = Km \cdots \cdots \textcircled{2}$$

非電解質とみなすことができるあるタンパク質  $0.132 \text{ g}$  を純水に溶解し  $100 \text{ mL}$  にした。その溶液の浸透圧を測定したところ、 $27^\circ\text{C}$  において  $49.8 \text{ Pa}$  であった。ファントホッフの法則から、このタンパク質の分子量は [35] であると考えられる。このタンパク質  $72.6 \text{ mg}$  を  $1.0 \text{ mL}$  の純水に加え完全に溶解させたのち、凝固点を測定すると凝固点降下度は [36]  $\text{K}$  になると予想される。このように、(ア)を利用する方法では予想される数値変化が非常に (イ) なるため、測定の精度を考慮にいと、タンパク質など分子量が大きい高分子化合物の分子量測定には、(ウ)を用いた方法が適し

ていると考えられる。ここで、(ア)～(ウ)の正しい組み合わせは 37 である。

### 解答群

2526

- |         |         |         |       |
|---------|---------|---------|-------|
| ① アミノ   | ② カルボキシ | ③ カルボニル | ④ ニトロ |
| ⑤ ヒドロキシ | ⑥ スルホ   | ⑦ ホルミル  | ⑧ メチル |

2733

- |         |          |           |        |
|---------|----------|-----------|--------|
| ① アラニン  | ② アスパラギン | ③ アスパラギン酸 | ④ グリシン |
| ⑤ グルタミン | ⑥ グルタミン酸 | ⑦ システイン   | ⑧ セリン  |
| ⑨ チロシン  | ⑩ メチオニン  | ① リシン     | ② ロイシン |

28

- |         |              |
|---------|--------------|
| ① 同位体   | ② 鏡像異性体      |
| ③ 構造異性体 | ④ シス-トランス異性体 |

29

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ① 1  | ② 2  | ③ 3  | ④ 8  |
| ⑤ 9  | ⑥ 10 | ⑦ 14 | ⑧ 20 |
| ⑨ 27 | ⑩ 32 | ① 64 | ② 81 |

30

- |        |          |         |        |
|--------|----------|---------|--------|
| ① 水素   | ② ジスルフィド | ③ ペプチド  | ④ イオン  |
| ⑤ エーテル | ⑥ 金属     | ⑦ グリコシド | ⑧ エステル |

31

- |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 黒 | ② 褐 | ③ 黄 | ④ 赤 |
| ⑤ 白 | ⑥ 青 | ⑦ 緑 | ⑧ 紫 |

32

- |             |          |          |
|-------------|----------|----------|
| ① キサントプロテイン | ② 銀 鏡    | ③ ヨードホルム |
| ④ 中 和       | ⑤ ビウレット  | ⑥ 酸化還元   |
| ⑦ 加水分解      | ⑧ ニンヒドリン |          |

34

- |       |         |       |        |
|-------|---------|-------|--------|
| ① ニトロ | ② スルホン  | ③ ジアゾ | ④ エステル |
| ⑤ 塩 素 | ⑥ アセタール | ⑦ メチル | ⑧ 臭 素  |

35

- |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① $1.1 \times 10^4$ | ② $2.2 \times 10^4$ | ③ $4.4 \times 10^4$ | ④ $6.6 \times 10^4$ |
| ⑤ $8.8 \times 10^4$ | ⑥ $1.1 \times 10^5$ | ⑦ $2.2 \times 10^5$ | ⑧ $4.4 \times 10^5$ |
| ⑨ $6.6 \times 10^5$ | ⑩ $8.8 \times 10^5$ | ⑨ $1.1 \times 10^6$ | ⑩ $2.2 \times 10^6$ |

36

- |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.0 \times 10^{-1}$ | ② $2.0 \times 10^{-1}$ | ③ $4.0 \times 10^{-1}$ | ④ $8.0 \times 10^{-1}$ |
| ⑤ $1.0 \times 10^{-2}$ | ⑥ $2.0 \times 10^{-2}$ | ⑦ $4.0 \times 10^{-2}$ | ⑧ $8.0 \times 10^{-2}$ |
| ⑨ $1.0 \times 10^{-3}$ | ⑩ $2.0 \times 10^{-3}$ | ⑨ $4.0 \times 10^{-3}$ | ⑩ $8.0 \times 10^{-3}$ |

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	浸透圧	大きく	凝固点降下
②	浸透圧	大きく	気体の状態方程式
③	浸透圧	小さく	凝固点降下
④	浸透圧	小さく	気体の状態方程式
⑤	凝固点降下	大きく	浸透圧
⑥	凝固点降下	大きく	気体の状態方程式
⑦	凝固点降下	小さく	浸透圧
⑧	凝固点降下	小さく	気体の状態方程式
⑨	気体の状態方程式	大きく	凝固点降下
⑩	気体の状態方程式	大きく	浸透圧
㉑	気体の状態方程式	小さく	凝固点降下
㉒	気体の状態方程式	小さく	浸透圧

# 生 物

( 解答番号  ～  )

I 系統樹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。

系統樹の作成において、現在は形態形質よりもっぱら DNA の塩基配列が用いられる。それは、DNA の塩基配列を用いるほうが、生物の系統をより正確、かつ詳細に推定できるからである。形態形質の違いは環境の影響によって生じやすいのに対し、DNA の塩基配列は時間の長さに応じて変化しやすく、環境の影響を比較的受けにくい。例えば、2 種が大昔に種分化して近縁でないにもかかわらず、進化の過程で形態があまり変化しなかった場合や、同じような環境への適応としてよく似た特徴をもつ  が起こった場合（例、フクロオオカミとオオカミなど）に、形態が似ているから近縁であると誤解する危険性が、DNA の塩基配列を使うことで回避できる。

もうひとつの理由として、塩基配列の情報が比較的簡単に得られることがあげられる。DNA は、生物が共通してもっている物質であり、<sup>(A)</sup>適切な遺伝子を選べば、動物と植物など、形態が大きく異なる生物間でも系統を推定することができる。<sup>(B)</sup>1990年に新たな分類階級としてドメインを設定する説が提唱されている。

問 1 文中の  に当てはまるものを 1 つ選べ。

に対する解答群

- |             |        |
|-------------|--------|
| ① 収れん（収束進化） | ② 相変異  |
| ③ 間接効果      | ④ 相利共生 |

問2 下線部（A）に関する次の文章を読み、以下のa～fの各問いに答えよ。

DNAの塩基配列をもとに系統樹を作成する方法のひとつに最節約法がある。最節約法は、複数考えられる系統樹のうち、系統樹全体で、塩基の置換が起こった回数が最も少なくなる系統樹を作成する方法である。表1は、種1～3とその祖先がもつDNAのある部分の塩基配列の違いである。

表1 祖先と種1～3のDNA塩基配列の一部（①～④）

	塩 基			
	①	②	③	④
祖 先	A	G	T	T
種 1	A	T	A	C
種 2	C	G	A	C
種 3	C	T	T	T

この表をもとに考えられる系統樹は、次の図の3通り（系統樹X～Z）となる。最節約法では、塩基の置換が起こった回数が最も少ない系統樹が最も適切なものとして選択される。

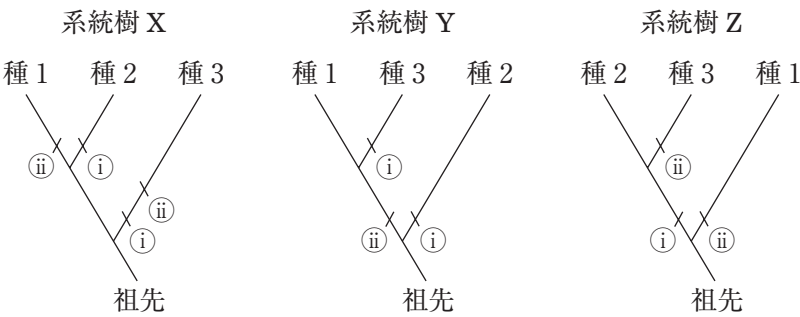


図 表1から考えられる3つの系統樹の候補と  
塩基①と②の塩基置換が起きたと考えられるタイミング

塩基①に注目すると、系統樹 X と Y の場合では  回の塩基の置換、系統樹 Z の場合では  回の塩基の置換が必要となる。同様に、塩基②に注目すると、系統樹  と  では2回の塩基の置換、系統樹  では1回の塩基の置換が必要となる。引き続き、塩基③と塩基④にも注目し、変化の場所を図の系統樹に書き込んでいくと、塩基③においては、系統樹 X, Y, Z でそれぞれ  回,  回, および  回の塩基の置換が必要となり、塩基④においては、系統樹 X, Y, Z でそれぞれ  回,  回, および  回の塩基の置換が必要となる。ここで、それぞれの系統樹で何回の塩基の置換が必要かを数えてみると、系統樹 X, Y, Z は、それぞれ  回,  回, および  回必要である。

したがって、最節約法においては、最も少ない塩基の置換が起こった回数で説明できる系統樹  が、最も適切な系統樹として選択される。

a. 文中の 

ア
---

 ～ 

オ
---

 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。 

2
---

2
---

 に対する解答群

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	1	2	X	Y	Z
②	1	2	X	Z	Y
③	1	2	Y	Z	X
④	2	1	X	Y	Z
⑤	2	1	X	Z	Y
⑥	2	1	Y	Z	X
⑦	3	4	X	Y	Z
⑧	3	4	X	Z	Y
⑨	3	4	Y	Z	X
⑩	4	3	X	Y	Z
Ⓐ	4	3	X	Z	Y
Ⓑ	4	3	Y	Z	X

b. 文中の 

カ
---

 ～ 

ク
---

 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。 

3
---

3
---

 に対する解答群

	カ	キ	ク
①	1	2	2
②	2	1	2
③	2	2	1
④	3	4	4
⑤	4	3	4
⑥	4	4	3

c. 文中の 

ケ
---

 ～ 

サ
---

 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。 

4
---

4
---

 に対する解答群

	ケ	コ	サ
①	1	2	2
②	2	1	2
③	2	2	1
④	3	4	4
⑤	4	3	4
⑥	4	4	3

d. 文中の シ ～ セ 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。 5

5 に対する解答群

	シ	ス	セ
①	6	7	7
②	7	6	7
③	7	7	6
④	8	10	10
⑤	10	8	10
⑥	10	10	8

e. 文中の ソ に当てはまる系統樹として最も適当なものはどれか。1つ選べ。 6

6 に対する解答群

- ① X                      ② Y                      ③ Z

(問 f は次ページから始まる)

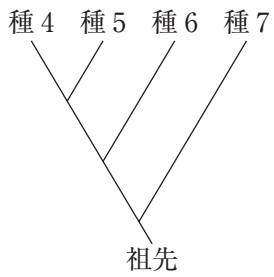
- f. 表 2 の DNA の塩基配列を比較し，最節約法で作成される最適な系統樹を 1 つ  
 選べ。ただし，種 4 が他の種（5 ～ 7）と系統的に最も遠く離れているものとする。7

表 2 祖先と種 4 ～ 7 の DNA の塩基配列の一部 (㉠～㉦)

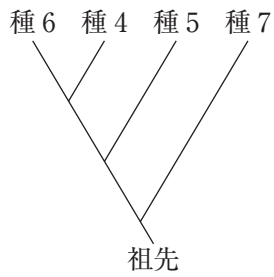
	塩 基					
	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤	㉥
祖 先	C	T	G	A	C	A
種 4	C	T	G	A	C	T
種 5	C	C	G	A	G	T
種 6	C	C	G	G	G	T
種 7	C	C	T	A	C	T

7 に対する解答群

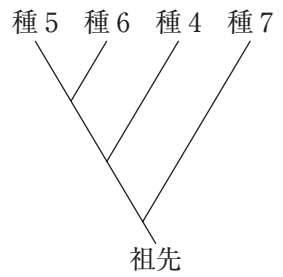
①



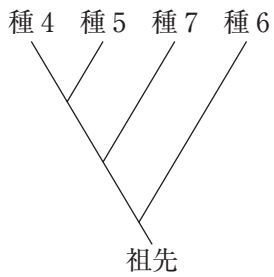
②



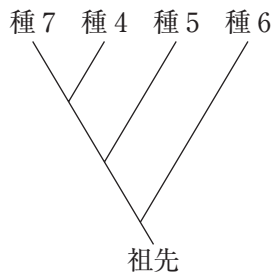
③



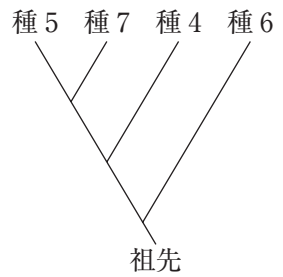
④



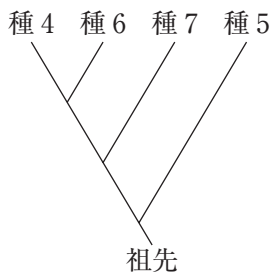
⑤



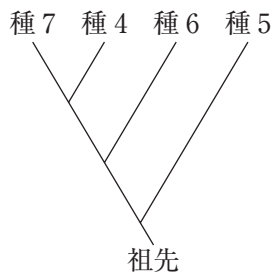
⑥



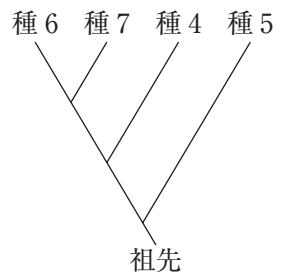
⑦



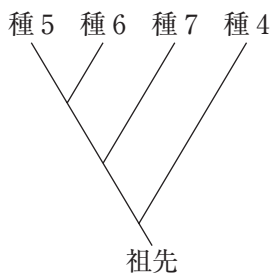
⑧



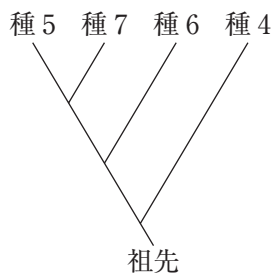
⑨



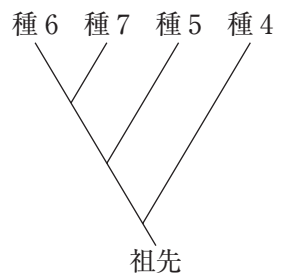
⑩



a



b



問3 下線部（B）に関して，以下のa～cの各問いに答えよ。

- a. 生物を細菌，アーキア（古細菌），真核生物に分ける3ドメイン説を提唱した人物として正しいものはどれか。1つ選べ。 8

8 に対する解答群

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| ① ウーズ           | ② ホイッタカー（ホイタッカー） |
| ③ マーグリス（マーギュリス） | ④ ミラー            |
| ⑤ リンネ           | ⑥ ダーウィン          |

- b. 3ドメイン説に関する記述として正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。 9

ア. ドメインは，界より上位の分類階級である。

イ. ドメインは，rRNAの塩基配列を用いて，さまざまな生物の系統関係を調べた結果を踏まえて提唱された。

ウ. 細菌ドメインと真核生物ドメインの細胞の細胞膜は，エステル脂質と呼ばれる脂質で構成されるのに対して，アーキア（古細菌）ドメインの細胞の細胞膜は，エーテル脂質と呼ばれる脂質で構成されている。

エ. アーキア（古細菌）ドメインに分類される好塩菌は，細菌ドメインに分類されるネンジュモよりも，真核生物ドメインに分類される変形菌と系統的に近縁である。

9 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   | ① アとイとウ   | ② アとイとエ |
| ③ アとウとエ | ④ イとウとエ | ⑤ アとイとウとエ |         |

c. 次の生物とその生物が分類されるドメインの関係として正しい組みあわせはどれか。1つ選べ。

10

10 に対する解答群

	根粒菌	菌根菌	メタン菌 (メタン生成菌)
①	細菌	アーキア (古細菌)	真核生物
②	細菌	真核生物	アーキア (古細菌)
③	アーキア (古細菌)	細菌	真核生物
④	アーキア (古細菌)	真核生物	細菌
⑤	真核生物	細菌	アーキア (古細菌)
⑥	真核生物	アーキア (古細菌)	細菌

Ⅱ 神経とその興奮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。

神経系を構成する基本単位はニューロン（神経細胞）である。ニューロンは、核のある細胞体と多数の突起からなり、長く伸びた突起を [ 11 ]，多数の枝分かれした短い突起を [ 12 ] 突起という。[ 11 ] の多くはシュワン細胞でできた神経鞘と呼ばれる薄い膜でおおわれて神経繊維をつくる。また、シュワン細胞が [ 11 ] に何重にも巻きついてできた [ 13 ] と呼ばれる構造がみられる神経繊維を [ 14 ] 神経繊維、[ 13 ] のみられない神経繊維を [ 15 ] 神経繊維という。脊椎動物の神経は [ 14 ] 神経繊維が多く、[ 15 ] 神経繊維は少ない。[ 14 ] 神経繊維には、[ 13 ] が一定の間隔で欠落した部分があり、この部分を [ 16 ] といい、興奮は [ 16 ] を飛び飛びに伝導する。このような伝導を跳躍伝導という。

ひとつのニューロンの [ 11 ] や [ 12 ] 突起のように細胞膜が連続しているところでは、興奮は細胞膜に沿って発生する活動電流<sup>(A)</sup>によって伝導される。一方、[ 11 ] の末端は、わずかな隙間を隔てて、ほかのニューロンや効果器と接している。この部分をシナプス<sup>(B)</sup>という。シナプスでは細胞膜が連続していないので、活動電流が隣接する細胞に流れることはなく、興奮が伝導することはない。

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。

[ 11 ] ～ [ 16 ] に対する解答群

- |           |           |        |
|-----------|-----------|--------|
| ① 樹 状     | ② 髓 鞘     | ③ 無 髓  |
| ④ 介在ニューロン | ⑤ 有 髓     | ⑥ 中 枢  |
| ⑦ 軸 索     | ⑧ 感覚ニューロン | ⑨ 末 梢  |
| ⑩ ランビエ絞輪  | Ⓐ 受容器     | Ⓑ ネフロン |

問2 下線部（A）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合わせを1つ選べ。

17

ア. ニューロンの細胞膜を隔てた膜の内外での電位差を膜電位といい，細胞が刺激されていないとき（静止状態）の膜電位を静止電位という。

イ. ニューロンが刺激を受けて細胞膜に電位変化が生じると，その部分でナトリウムチャネルが開き，ナトリウムイオンが細胞外へ流出することで，膜電位は急速に上昇する。

ウ. 刺激を受けた細胞膜は，カリウムチャネルが開き，カリウムイオンが細胞膜内に流入することでカリウムチャネルの一次構造が変化する。

エ. 静止電位に達したあとも，電位依存性カリウムチャネルが開いているため，静止電位よりもさらに負の方向に分極が進むことがあり，この状態のことを脱分極という。

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3 下線部（B）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合わせを1つ選べ。

18

- ア. 隣り合うニューロンの興奮は、シナプスを介して両方向に伝達される。
- イ. シナプス前細胞の末端にはシナプス小胞という小胞がたくさん存在しており、ここには神経伝達物質が包みこまれている。
- ウ. シナプスには、隣接するニューロンを興奮させる興奮性シナプスと、興奮を抑える抑制性シナプスがある。
- エ. 興奮性シナプスでは、アセチルコリンやノルアドレナリンなどが神経伝達物質として機能する。

18 に対する解答群

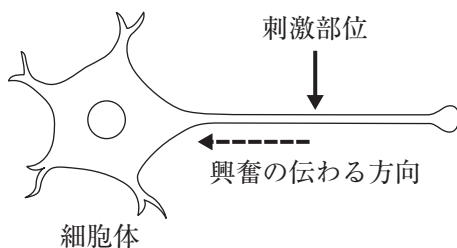
- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| ① アのみ   | ② イのみ   | ③ ウのみ     | ④ エのみ   |
| ⑤ アとイ   | ⑥ アとウ   | ⑦ アとエ     | ⑧ イとウ   |
| ⑨ イとエ   | ⑩ ウとエ   | ㉐ アとイとウ   | ㉑ アとイとエ |
| ㉒ アとウとエ | ㉓ イとウとエ | ㉔ アとイとウとエ |         |

問4 ニューロンのある一点に実験的な操作で電気刺激を与えたときの興奮の伝わり方として正しいものはどれか。1つ選べ。

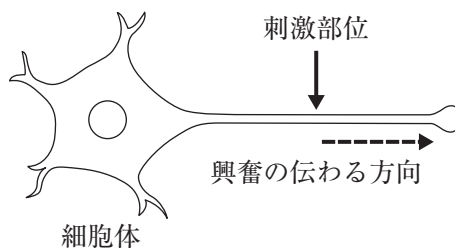
19

19 に対する解答群

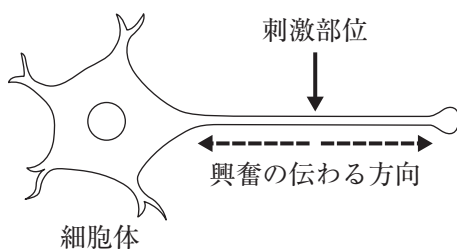
① 細胞体の方向にのみ伝わる。



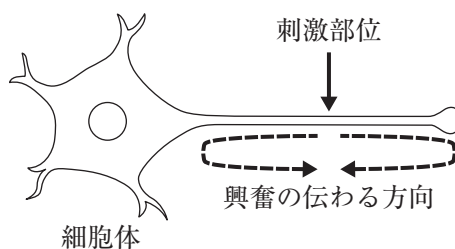
② 細胞体と反対の方向にのみ伝わる。



③ 両方向に伝わる。



④ 刺激部位に戻るよう伝わる。



問5 神経がつながったカエルの足の筋肉（神経筋標本）を用いて，以下の実験をおこなった。それに関する次の文章を読み，以下の a， b の各問いに答えよ。ただし，電気刺激の興奮は一定の速さで伝達されるものとする。

### 実験1

筋肉と神経の付着部から 40 mm 離れた神経上の A 点に電気刺激を 1 回与えると，12 ミリ秒後に筋肉が収縮した。

### 実験2

筋肉と神経の付着部から 60 mm 離れた神経上の B 点に電気刺激を 1 回与えると，14 ミリ秒後に筋肉が収縮した。

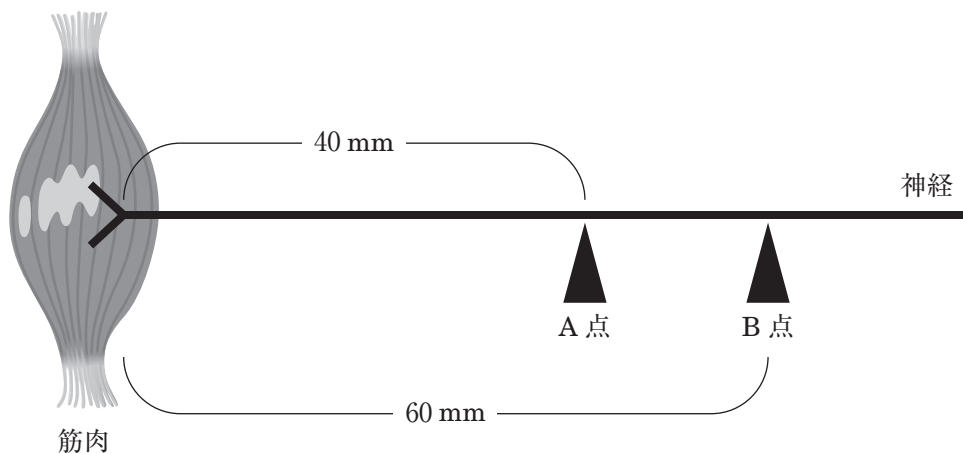


図 神経筋標本による電気刺激の伝導速度実験

a. この電気刺激の伝導速度 (m/秒) として, 正しいものはどれか。1 つ選べ。

m/秒

に対する解答群

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 1.0  | ② 1.4  | ③ 1.7  | ④ 2.3  |
| ⑤ 2.9  | ⑥ 3.3  | ⑦ 4.3  | ⑧ 5.0  |
| ⑨ 10.0 | ⑩ 29.0 | Ⓐ 33.0 | Ⓑ 43.0 |

b. 電気刺激の興奮が神経の付着部に届いてから筋肉が収縮するまでの時間 (秒) として, 正しいものはどれか。1 つ選べ。  秒

に対する解答群

- |         |        |       |       |
|---------|--------|-------|-------|
| ① 0.003 | ② 0.03 | ③ 0.3 | ④ 3.0 |
| ⑤ 0.004 | ⑥ 0.04 | ⑦ 0.4 | ⑧ 4.0 |
| ⑨ 0.008 | ⑩ 0.08 | Ⓐ 0.8 | Ⓑ 8.0 |

Ⅲ 植物の環境応答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。

植物が光や重力などの環境の変化にさらされると、その情報は、オーキシンや ジベレリン などの植物ホルモンによって細胞内外に伝えられ、環境への応答が起こる。植物にとって重要な光は、いくつかの光受容体によって感知される。植物の光受容体には赤色・遠赤色光を受容する 22，青色光を受容する 23 とクリプトクロムがある。レタスなど発芽に光を必要とする 光発芽種子 では、22 が光を受容する役割を果たしている。また、22 は 花芽形成 にも関与している。

ジベレリンは、種子の休眠を解除して発芽を促進する機能をもつ。ジベレリンは胚乳の外側の 24 に作用し、25 遺伝子の発現量を増加させる。25 によって分解されたデンプンはグルコースへ変換され、胚の成長に利用される。26 とジベレリンは拮抗的にはたらき、種子の休眠と発芽は、これらのバランスによって調節されている。

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。

22 ～ 26 に対する解答群

- |          |          |              |
|----------|----------|--------------|
| ① 糊粉層    | ② 胚乳     | ③ 果皮         |
| ④ アブシシン酸 | ⑤ フィトクロム | ⑥ フォトリピン     |
| ⑦ フロリゲン  | ⑧ エチレン   | ⑨ アクチンフィラメント |
| ⑩ アミラーゼ  | Ⓐ トリプシン  | Ⓑ グルタミン酸     |

問2 下線部（A）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合わせを1つ選べ。

27

ア. 器官によって、成長が促進されるオーキシンの最適濃度は異なり、根は茎に比べて低い濃度で成長が促進される。

イ. オーキシンの極性移動は、細胞内にオーキシンを取り込む輸送タンパク質と、細胞外にオーキシンを排出する輸送タンパク質のはたらきによって起こる。

ウ. 茎の光屈性では、クリプトクロムが光を受容し、光があたっている側でオーキシン濃度が高くなることにより屈曲が生じる。

エ. 根を水平に置くと、根冠の細胞に存在するアミロプラストが重力方向へ移動し、オーキシンが根の下側へ輸送される。

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   | Ⓐ 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3 下線部（B）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合わせを1つ選べ。 28

ア．乾燥状態になると、ジベレリンが合成され、気孔の閉鎖を促進する。

イ．ジベレリンは、子房の成長を促進する。

ウ．ジベレリンは、茎の伸長成長を促進する。

エ．葉が老化すると、ジベレリンは離層の形成を促進する。

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   | Ⓑ 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、十分に吸水させたレタスの種子を、発芽に適した一定温度の暗所において、図に示す条件1～5の光条件で生育させ、48時間後に発芽しているかどうかを調べた。以下に示す光条件において、種子が発芽する条件を2つ選べ。なお、照射した赤色光と遠赤色光の波長は、それぞれ660 nmと730 nmとし、発芽に適した条件であれば、種子は必ず発芽するものとする。なお、解答の順序は問わない。 29 , 30

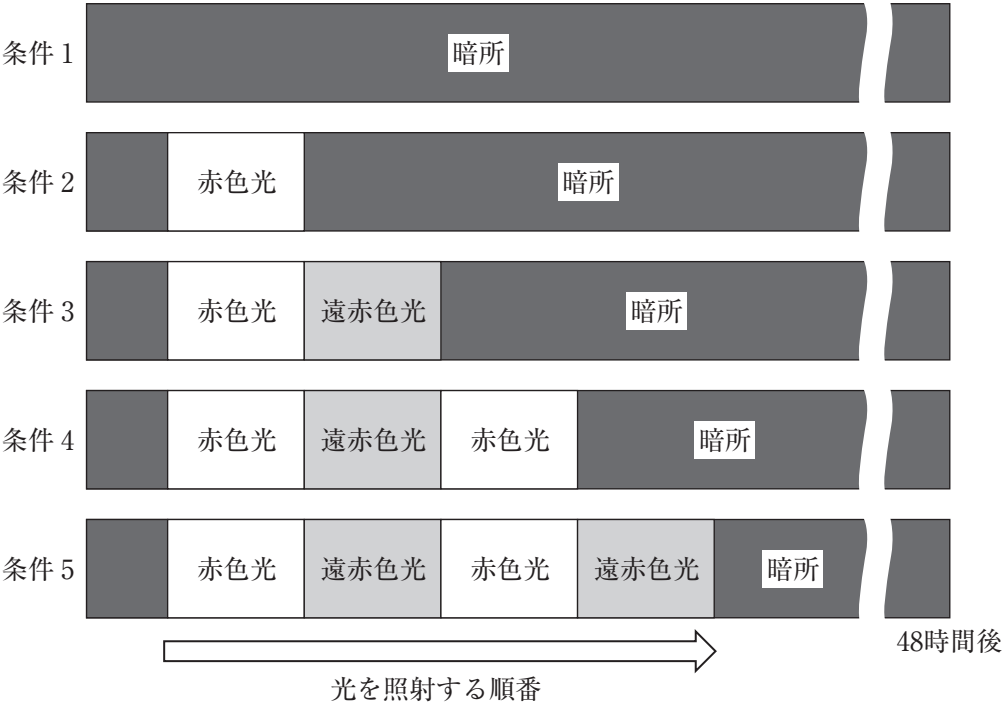


図 レタスの発芽に対する光の効果を調べた実験

29 , 30 に対する解答群

- ① 条件1

② 条件2

③ 条件3

④ 条件4

⑤ 条件5

問5 下線部(D)に関して、植物は1日の明期の長さや暗期の長さの変化を受容して花芽の形成を調節している。次の記述のうち、花芽が形成されるものはどれか。正しい記述をすべて含む組み合わせを1つ選べ。なお、明期の長さや暗期の長さの変化以外の条件は一定で、それぞれの植物の花芽形成に適した環境下で生育させたものとする。

31

- ア. キクを限界暗期より短い連続暗期で生育させた。  
イ. アサガオを限界暗期より長い連続暗期で生育させた。  
ウ. アブラナを限界暗期より長い暗期で生育させ、暗期の間に一時的に光を照射する光中断を行った(光照射前後の連続暗期は限界暗期よりも短いものとする)。  
エ. コムギを限界暗期より長い暗期で生育させ、暗期の間に一時的に光を照射する光中断を行った(光照射前後の連続暗期は限界暗期よりも長いものとする)。

31 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 |         |

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 動物の行動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。

動物は、外部からの刺激に対してさまざまな行動をとる。特定の刺激（32）に対する遺伝的にプログラムされた行動は、生得的行動と呼ばれる。例えば、カモのなかまであるハイイロガンが、卵が巣から転がり出たときに、くちばしを使って卵を転がして巣に戻す行動などの例が挙げられる。その他にも、刺激源に向かって近づいたり、遠ざかったりする走性のような単純なものから、長距離移動を伴うサケの遡上など、動物は食物や快適な環境などを求めて、環境中の刺激を目印にして特定の方向を定める行動（定位行動）なども生得的行動の例として挙げられる。一方、ウグイスの雄は、繁殖期には練習によって身に付けた独特なさえずりをするようになる。このような経験や学習などによって生じる行動は習得的行動と呼ばれる。

問1 文中の 32 に当てはまるものを1つ選べ。

32 に対する解答群

- ① かぎ刺激      ② 活性部位      ③ 触 媒      ④ 閾 値

問2 下線部に関して，以下の a～f の各問いに答えよ。

a. カイコガの雄が雌に対して示す探索行動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。

33

ア. カイコガの雄の探索行動は，雌の発する性フェロモンが引き金になる。

イ. カイコガの雄は，雌の発する性フェロモンを触角で受容する。

ウ. カイコガの雄は，性フェロモンを受容している間は性フェロモンが漂ってきた方向に直進歩行するが，性フェロモンを受容できなくなると，ジグザグターン・回転歩行を行う。

エ. カイコガの雄の探索行動は，定位が関係している。

33 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. ショウジョウバエの一連の求愛行動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合わせを1つ選べ。 34

ア. フルートレス遺伝子が関与している。

イ. 一連の求愛行動は、雌と雄のそれぞれの求愛行動が互いの次の行動を引き起こす刺激となって進行する行動の連鎖により進んでいる。

ウ. 一連の求愛行動において、雄が雌を見つけ、からだの向きを合わせる行動は定位行動である。

エ. 発生過程において、一連の求愛行動を引き起こす神経回路が形成される。

34 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 |         |

c. 鳥類のもつ生得的行動として、正しいものはどれか。正しい記述をすべて含む  
組み合わせを1つ選べ。

35

ア. 伝書バトは、空が雲におおわれて太陽の位置がわからないときには、地磁気  
の情報をもとにして移動する方角を決めることができる。

イ. 渡り鳥は、定位に関わる行動によって、目的地に向かって長距離移動する。

ウ. ホシムクドリは、太陽コンパスを利用して渡りの方向を決めることができる。

エ. アヒルのひなは、ふ化後間もない時期に見た、ある程度の大きさをもった動  
く物体を親鳥と認識する。

35 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 |         |

d. ミツバチのダンス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。

36

ア. 蜜源が巣から近い場合は、円形ダンスによって蜜源の場所をなかまに伝える。

イ. 蜜源が巣から遠い場合は、8の字ダンスによって蜜源の場所をなかまに伝える。

ウ. 円形ダンスでは、蜜源の場所の正確な方角をなかまに伝えられない。

エ. 8の字ダンスでは、太陽の位置を利用して蜜源の場所をなかまに伝える。

36 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 |         |

e. 繁殖期のイトヨ（トゲウオの一種の淡水魚）の雄の求愛行動と攻撃行動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合わせを1つ選べ。

37

ア. イトヨの雄は、繁殖期になると縄張りに巣をつくる。

イ. イトヨの雄がジグザクダンスをはじめる刺激は、雌の膨れた腹である。

ウ. イトヨの雄は、かたちがそっくりではなくとも腹部が赤い同程度の大きさの別の魚の模型に対して、攻撃行動を示す。

エ. イトヨの雄は、腹部が赤くない同程度の大きさの精巧なイトヨの模型に対して、攻撃行動を示さない。

37 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 |         |

f. 小型の甲殻類アルテミアには、光に対して一定の方向に移動する正の光走性がある。図のビーカーを用いて次の i ~ iii の実験をしたとき、ビーカーの中のアルテミアの分布はどのようなになっていると考えられるか。ビーカーを上からみたときのアルテミアの分布として、正しいものをそれぞれ1つ選べ。ただし、ビーカーに開けている窓は図と同じ場所で、窓以外は完全に遮光されており、光源 A ~ C においてあてられる白色 LED 光の強さは同じとする。また、水温など白色 LED 光以外の条件は変化せず、光の反射等は考慮しないものとする。

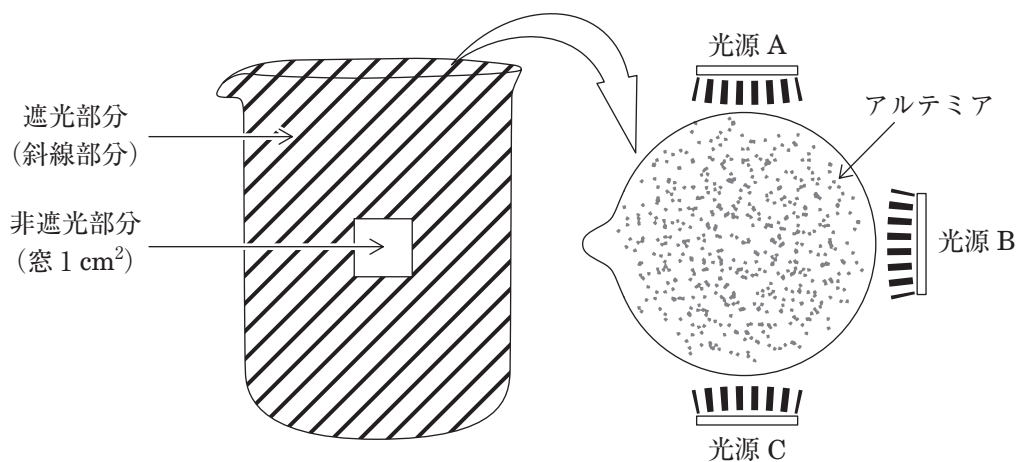


図 アルテミアの光走性を調べる実験をするビーカー（左）と、ビーカーを上からみたときのアルテミアの分布（右）。例として、ビーカー（左）には、光源 C から白色 LED 光をあてる場合の窓を示し、アルテミアの分布（右）は白色 LED 光をあてる前の均一に分布している状態を示している。

i. 光源 A 側のみに窓を開け，光源 A の白色 LED 光をあてる。 38

ii. 光源 A 側と光源 C 側のみに窓を開け，光源 A と光源 C の白色 LED 光をあてる。 39

iii. 光源 A 側，光源 B 側，光源 C 側のすべてに窓を開け，すべての光源の白色 LED 光をあてる。 40

38 ~ 40 に対する解答群

