

## 物 理

以下の 1 から 32 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 道路のカーブを車が横滑りや横転をおこすことなく走行できる条件を考える。ここで、横滑りや横転は路面に沿った方向、かつ車の進行方向に対して垂直におこるものとする。図1のように、車は一定の速さ  $v$  で半径  $r$  の円弧とみなせるカーブを走行しているとし、車の大きさにくらべて  $r$  は十分大きいとする。車は密度一定の直方体からなる質量  $m$  の物体とみなせるとし、タイヤを介して路面と接している。タイヤの質量は、 $m$  に比べて十分小さいものとする。図2は図1の車を後方から見た図であり、紙面の表から裏に向かって進行している。車の横幅を  $2d$  とし、重心は路面から高さ  $h$  の位置にあるとする。車とタイヤは変形せず、重力や遠心力は重心に作用するものとする。重力加速度の大きさを  $g$ 、タイヤと路面との間の静止摩擦係数を  $\mu_0$  とし、空気抵抗は無視できるものとする。また以下では、 $\mu_0 < 1$ 、 $d < h$  の条件が満たされている場合を考える。

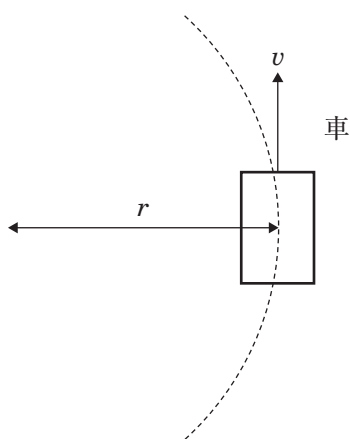


図1

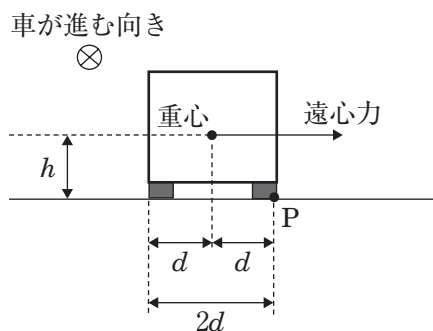


図2

(1) 図1のように、車は水平な道路のカーブを横滑りや横転することなく運動しているとする。車とともに動く観測者から見て、車にはたらく遠心力の大きさは 1 となる。

まず、車が横滑りしない条件のみを考えると、車にはたらく遠心力が最大静止摩擦力を超えなければよい。車がカーブを横滑りせずに通り抜けられる最大の速さは 2  $\times \sqrt{gr}$  である。

次に、車が横転しない条件のみを考える。遠心力が大きくなると、車は図2の点Pまわりに回転して傾き始める。車にはたらく重力と遠心力の点Pまわりの力のモーメントの和は反時計まわりを正として 3 とかける。よって、車が横転せずに走れる最大の速さは 4  $\times \sqrt{gr}$  となる。

車の重心の高さが  $h = 1.2d$ 、静止摩擦係数の値が  $\mu_0 = 0.6$  であるとき、図1のようなカーブを曲がる車に対して 5 ことがわかる。

1 の解答群

- |                  |                    |                    |                      |
|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| ① $mrv$          | ② $mrv^2$          | ③ $\frac{m}{r}$    | ④ $\frac{m}{r^2}$    |
| ⑤ $\frac{mv}{r}$ | ⑥ $\frac{mv^2}{r}$ | ⑦ $\frac{mv}{r^2}$ | ⑧ $\frac{mv^2}{r^2}$ |

2 の解答群

- |     |              |                  |                   |
|-----|--------------|------------------|-------------------|
| ① 0 | ② $\sqrt{2}$ | ③ $\mu_0$        | ④ $2\mu_0$        |
| ⑤ 1 | ⑥ $\sqrt{3}$ | ⑦ $\sqrt{\mu_0}$ | ⑧ $\sqrt{2\mu_0}$ |

3 の解答群

- |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{mv^2 h}{r} + mgd$  | ② $\frac{mv^2 h}{r} - mgd$  | ③ $-\frac{mv^2 h}{r} + mgd$ |
| ④ $-\frac{mv^2 h}{r} - mgd$ | ⑤ $\frac{mv^2 d}{r} + mgh$  | ⑥ $\frac{mv^2 d}{r} - mgh$  |
| ⑦ $-\frac{mv^2 d}{r} + mgh$ | ⑧ $-\frac{mv^2 d}{r} - mgh$ |                             |

4

の解答群

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

5

の解答群

- ① 横滑りしない最大の速さよりも横転しない最大の速さが大きくなる
- ② 横滑りしない最大の速さよりも横転しない最大の速さが小さくなる
- ③ 横滑りしない最大の速さと横転しない最大の速さは等しくなる
- ④ 横滑りも横転も絶対におこらない

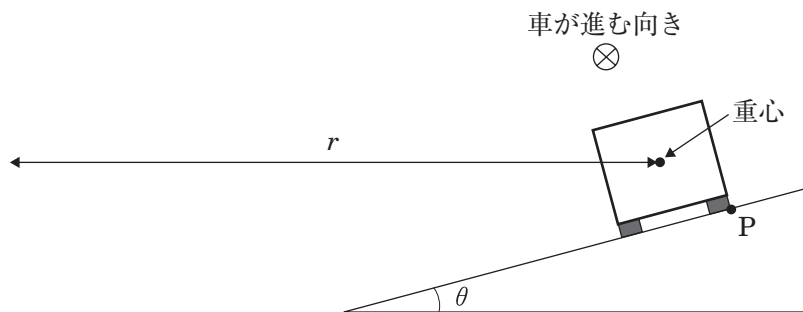


図 3

- (2) 車がカーブを安定して走行する最大の速さを大きくするために、路面をカーブ内側に傾斜させることを考える。図 3 のように進行方向に対して垂直な断面を考え、路面の水平に対する傾斜角を  $\theta$  とする。ここで  $\theta$  は、 $\tan \theta < \mu_0$ 、かつ  $\tan \theta < \frac{d}{h}$  を満たすものとし、それぞれ静止している車がカーブ内側に横滑りしない条件と横転をおこさない条件を与える。以下ではこれらの条件が満たされている傾斜で車が半径  $r$ 、速さ  $v$  の等速円運動をしている場合を考え、斜面に沿って上向きにおこる横滑りや図 3 の点 P まわりの横転を考える。

車が横滑りしない条件のみを考えると、車がこのカーブを横滑りせずに走行できる最大の速さは 6  $\times \sqrt{gr}$  である。次に、車が横転しない条件のみを考える。車にはたらく重力と遠心力の点 P まわりの力のモーメントの和を考えると、反時計まわりを正として 7 とかける。よって、車が横転せずに走れる最大の速さは 8  $\times \sqrt{gr}$  となる。

6 の解答群

- ①  $\sqrt{\frac{\mu_0 + \tan \theta}{1 + \mu_0 \tan \theta}}$       ②  $\sqrt{\frac{\mu_0 + \tan \theta}{1 - \mu_0 \tan \theta}}$       ③  $\sqrt{\frac{\mu_0 - \tan \theta}{1 + \mu_0 \tan \theta}}$       ④  $\sqrt{\frac{\mu_0 - \tan \theta}{1 - \mu_0 \tan \theta}}$
- ⑤  $\sqrt{\frac{1 + \mu_0 \tan \theta}{\mu_0 + \tan \theta}}$       ⑥  $\sqrt{\frac{1 - \mu_0 \tan \theta}{\mu_0 + \tan \theta}}$       ⑦  $\sqrt{\frac{1 + \mu_0 \tan \theta}{\mu_0 - \tan \theta}}$       ⑧  $\sqrt{\frac{1 - \mu_0 \tan \theta}{\mu_0 - \tan \theta}}$

7 の解答群

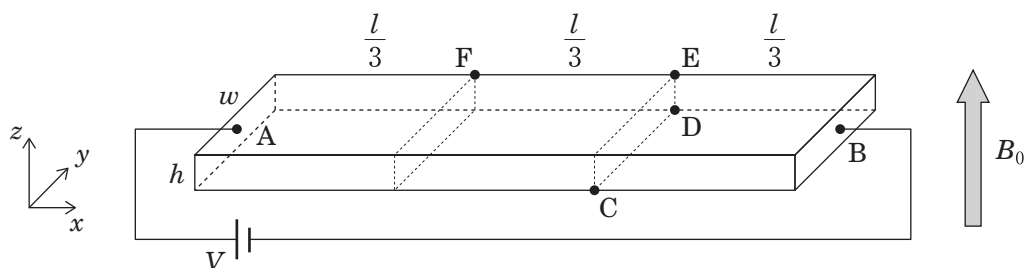
- ①  $\left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) h + \left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) d$
- ②  $\left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) h - \left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) d$
- ③  $-\left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) h + \left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) d$
- ④  $-\left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) h - \left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) d$
- ⑤  $\left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) h + \left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) d$
- ⑥  $\left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) h - \left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) d$
- ⑦  $-\left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) h + \left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) d$
- ⑧  $-\left( mg \cos \theta + m \frac{v^2}{r} \sin \theta \right) h - \left( mg \sin \theta - m \frac{v^2}{r} \cos \theta \right) d$

8 の解答群

- ①  $\sqrt{\frac{h+d \tan \theta}{d+h \tan \theta}}$       ②  $\sqrt{\frac{h-d \tan \theta}{d+h \tan \theta}}$       ③  $\sqrt{\frac{h+d \tan \theta}{d-h \tan \theta}}$       ④  $\sqrt{\frac{h-d \tan \theta}{d-h \tan \theta}}$
- ⑤  $\sqrt{\frac{d+h \tan \theta}{h+d \tan \theta}}$       ⑥  $\sqrt{\frac{d-h \tan \theta}{h+d \tan \theta}}$       ⑦  $\sqrt{\frac{d+h \tan \theta}{h-d \tan \theta}}$       ⑧  $\sqrt{\frac{d-h \tan \theta}{h-d \tan \theta}}$

(大問Ⅱは次ページから始まる)

Ⅱ 図のように、長さ  $l$ 、幅  $w$ 、厚さ  $h$  の直方体で様な抵抗率  $\rho$  をもつ金属を考え、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸を図中に示すようにとる。側面に端子 A、B があり、電圧  $V$  (ただし  $V > 0$ ) の電池の正極と負極がそれぞれ端子 A と B に導線で接続されている。また端子 C、D、E、F は、直方体の辺上で長さ  $l$  を三等分する点にあり、それぞれの位置は図に示すとおりである。この金属中のキャリアは自由電子であり、その数密度を  $n$  とする。いま、この金属は様な磁界中にあり、その磁界の磁束密度の大きさは  $B_0$  で、向きは  $z$  軸の正の向きである。以下では、自由電子の電荷を  $-e$  (ただし  $e > 0$ ) とし、金属中の電界や電流は様なであるとする。また、電池の内部抵抗、導線の抵抗、および、導線の接続による抵抗の変化は無視できるものとする。



- (1) 電池により、自由電子は金属中を  の向きに流れる。この電子の速さを  $v$  とすると、磁界により電子は大きさ   $\times vB_0$  のローレンツ力を  の向きに受ける。それにより自由電子の移動がおり、端子 CD 間にはホール電圧が生じる。このホール電圧の大きさを  $V_H$  とすると、定常状態では  $V_H =$    $\times vB_0$  である。

ここで、金属中を流れる電流の大きさ  $I$  は、電子の速さ  $v$  を用いて   $\times v$  とかける。一方、抵抗率  $\rho$  を用いると  $I =$    $\times \frac{V}{\rho}$  であるので、これらから  $v =$    $\times \frac{V}{\rho}$  とわかる。

,  の解答群

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| ① $x$ 軸の正 | ② $y$ 軸の正 | ③ $z$ 軸の正 |
| ④ $x$ 軸の負 | ⑤ $y$ 軸の負 | ⑥ $z$ 軸の負 |

10 , 12 , 13 の解答群

- |         |         |         |         |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| ① $e$   | ② $n$   | ③ $w$   | ④ $h$   | ⑤ $wh$   |
| ⑥ $en$  | ⑦ $ew$  | ⑧ $eh$  | ⑨ $nw$  | ⑩ $nh$   |
| Ⓐ $enw$ | Ⓑ $enh$ | Ⓒ $ewh$ | Ⓓ $nwh$ | Ⓔ $enwh$ |

14 , 15 の解答群

- |                    |                     |                   |                   |                    |
|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| ① $whl$            | ② $\frac{wh}{l}$    | ③ $\frac{l}{wh}$  | ④ $\frac{1}{whl}$ | ⑤ $enl$            |
| ⑥ $\frac{en}{l}$   | ⑦ $\frac{l}{en}$    | ⑧ $\frac{1}{enl}$ | ⑨ $enwhl$         | ⑩ $\frac{enwh}{l}$ |
| Ⓐ $\frac{l}{enwh}$ | Ⓑ $\frac{1}{enwhl}$ | Ⓒ $l$             | Ⓓ $\frac{1}{l}$   |                    |

(大問Ⅱ(2)は次ページから始まる)



- (2) 端子 CD 間に代わり，端子 CE 間の電圧を測定すると，その大きさは 16 である。また，端子 CF 間の電圧を測定すると，その大きさは 17 である。

16 , 17 の解答群

- |                  |                        |                                       |          |
|------------------|------------------------|---------------------------------------|----------|
| ① $\frac{V}{3}$  | ② $\frac{V}{3} + V_H$  | ③ $\left  \frac{V}{3} - V_H \right $  | ④ $V_H$  |
| ⑤ $\frac{2V}{3}$ | ⑥ $\frac{2V}{3} + V_H$ | ⑦ $\left  \frac{2V}{3} - V_H \right $ | ⑧ $2V_H$ |
| ⑨ $V$            | ⑩ $V + V_H$            | Ⓐ $ V - V_H $                         | Ⓑ $0$    |

- (3) 同じ様な抵抗率  $\rho$  の金属を用いて，長さ  $2l$ ，幅  $2w$ ，厚さ  $\frac{h}{4}$  の直方体をつくり，同様の測定を行った。このとき，この金属中を流れる電流の大きさは，(1) の  $I$  を用いて 18  $\times I$  とかける。また，測定されるホール電圧の大きさは，(1) の  $V_H$  を用いて 19  $\times V_H$  とかける。

18 , 19 の解答群

- |       |                  |                 |                 |                 |
|-------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① $0$ | ② $\frac{1}{16}$ | ③ $\frac{1}{8}$ | ④ $\frac{1}{4}$ | ⑤ $\frac{1}{2}$ |
| ⑥ $1$ | ⑦ $2$            | ⑧ $4$           | ⑨ $8$           | ⑩ $16$          |

(大問Ⅲは次ページから始まる)

Ⅲ 1 mol の単原子分子理想気体からなる 2 つの熱機関について考える。気体定数を  $R$  [J/(mol·K)], 比熱比を  $\gamma$  とする。

- (1) 熱力学第一法則によれば, 気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  [J], 気体が外部からされた仕事  $W$  [J], 気体が外部から受け取った熱量  $Q$  [J] の間には  $\Delta U =$  20 の関係が成り立つ。等温変化ではこの関係式で 21  $= 0$ , 断熱変化では 22  $= 0$ , 定積変化では 23  $= 0$  である。

20 の解答群

- |           |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|
| ① $Q$     | ② $W$           | ③ $Q + W$       |
| ④ $Q - W$ | ⑤ $-Q + W$      | ⑥ $-Q - W$      |
| ⑦ $QW$    | ⑧ $\frac{W}{Q}$ | ⑨ $\frac{Q}{W}$ |

21 ~ 23 の解答群

- |                      |                      |                             |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| ① $Q$                | ② $W$                | ③ $\Delta U$                |
| ④ $Q + \frac{3}{2}R$ | ⑤ $W + \frac{3}{2}R$ | ⑥ $\Delta U + \frac{3}{2}R$ |
| ⑦ $Q + \frac{5}{2}R$ | ⑧ $W + \frac{5}{2}R$ | ⑨ $\Delta U + \frac{5}{2}R$ |

(2) 気体の圧力  $p$  [Pa] と体積  $V$  [m<sup>3</sup>] の変化が、図 1 のような  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  を 1 サイクルとする熱機関を考える。過程  $A \rightarrow B$ ,  $C \rightarrow D$  は等温変化、過程  $B \rightarrow C$ ,  $D \rightarrow A$  は断熱変化である。

$A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$ ,  $C \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow A$  の各過程で気体が受け取る熱量を  $Q_{AB}$ ,  $Q_{BC}$ ,  $Q_{CD}$ ,  $Q_{DA}$  とする。熱量は気体が外部から受け取るときは正、外部へ与えるときは負とする。

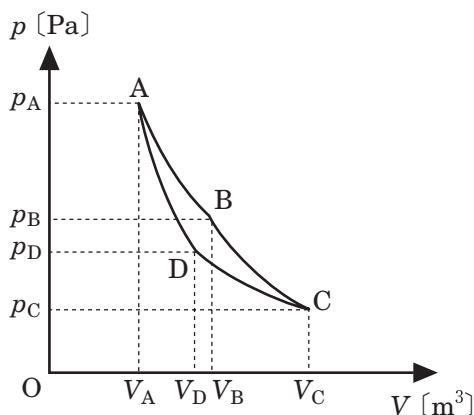
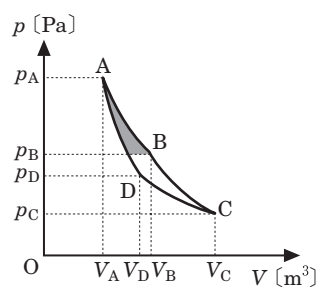


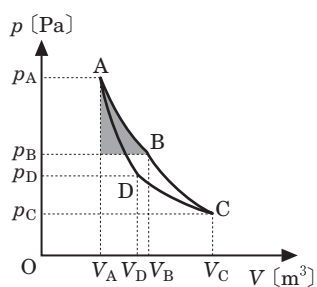
図 1

過程  $A \rightarrow B$  で気体が外部にする仕事は 24 の色付きの部分の面積に等しく、  
25 である。過程  $B \rightarrow C$  で気体が外部にする仕事は 26 である。  
 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の 1 サイクルで気体が外部にする仕事は 27 である。

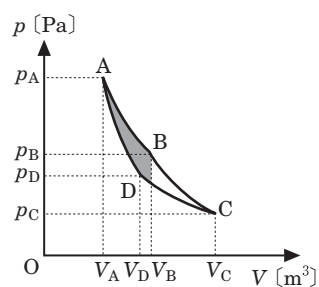
①



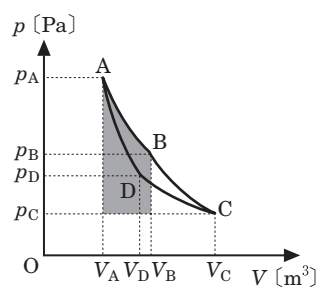
②



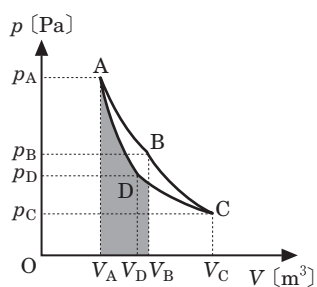
③



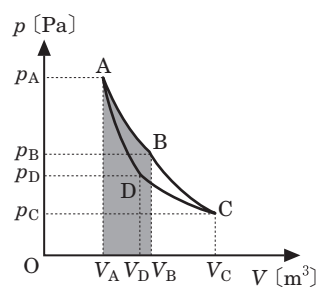
④



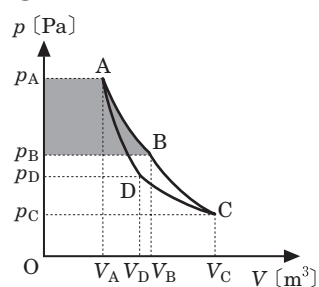
⑤



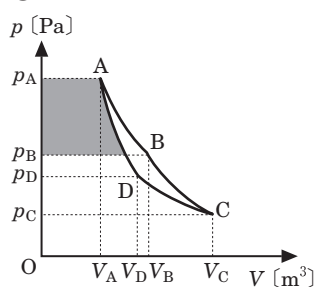
⑥



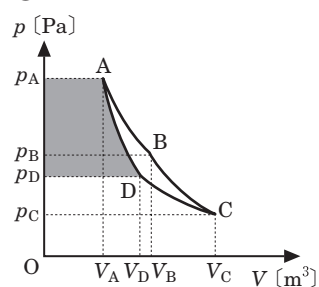
⑦



⑧



⑨



25 ~ 27 の解答群

- |                                    |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{3}{2}(p_A V_A - p_B V_B)$ | ② $\frac{3}{2}(p_B V_B - p_A V_A)$ | ③ $\frac{3}{2}(p_B V_B - p_C V_C)$ |
| ④ $\frac{3}{2}(p_C V_C - p_B V_B)$ | ⑤ $\frac{3}{2}(p_C V_C - p_D V_D)$ | ⑥ $\frac{3}{2}(p_D V_D - p_C V_C)$ |
| ⑦ $\frac{3}{2}(p_D V_D - p_A V_A)$ | ⑧ $\frac{3}{2}(p_A V_A - p_D V_D)$ | ⑨ $\frac{3}{2}(p_A V_A - p_C V_C)$ |
| ⑩ $\frac{3}{2}(p_C V_C - p_A V_A)$ | Ⓐ $\frac{3}{2}(p_B V_B - p_D V_D)$ | Ⓑ $\frac{3}{2}(p_D V_D - p_B V_B)$ |
| Ⓒ $Q_{AB}$                         | Ⓓ $Q_{BC}$                         | Ⓔ $Q_{CD}$                         |
| Ⓕ $Q_{DA}$                         | Ⓙ $Q_{AB} + Q_{CD}$                | Ⓚ $Q_{BC} + Q_{DA}$                |
| Ⓛ $0$                              |                                    |                                    |

(大問Ⅲの(3)は次ページから始まる)

- (3) 次に、図2のような  $A' \rightarrow B' \rightarrow C' \rightarrow D' \rightarrow A'$  を1サイクルとする熱機関を考える。  
過程  $A' \rightarrow B'$ 、 $C' \rightarrow D'$  は定積変化、過程  $B' \rightarrow C'$ 、 $D' \rightarrow A'$  は断熱変化である。

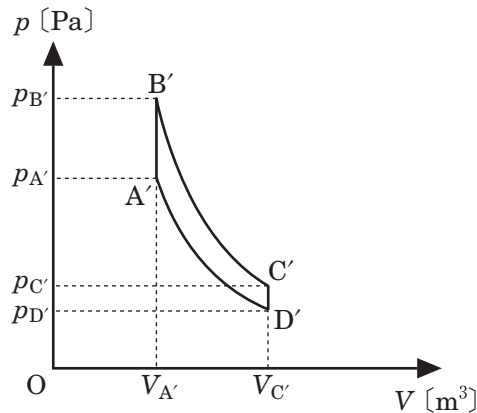


図2

過程  $A' \rightarrow B'$  で気体が外部にする仕事は 28，外部から受け取る熱量は

29 である。

過程  $B' \rightarrow C'$  で気体が外部にする仕事は 30 である。

1 サイクルで気体が外部にする仕事は 31，熱機関としての熱効率を  $V_{A'}$ ， $V_{C'}$  を用いて表すと 32 である。

28 ～ 30 の解答群

- |                                              |                                              |                                              |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| ① $\frac{3}{2}(p_{B'}V_{A'} - p_{C'}V_{C'})$ | ② $\frac{3}{2}(p_{C'}V_{C'} - p_{B'}V_{A'})$ | ③ $\frac{3}{2}(p_{D'}V_{C'} - p_{A'}V_{A'})$ |
| ④ $\frac{3}{2}(p_{A'}V_{A'} - p_{D'}V_{C'})$ | ⑤ $\frac{3}{2}(p_{A'}V_{A'} - p_{C'}V_{C'})$ | ⑥ $\frac{3}{2}(p_{C'}V_{C'} - p_{A'}V_{A'})$ |
| ⑦ $\frac{3}{2}(p_{B'}V_{A'} - p_{D'}V_{C'})$ | ⑧ $\frac{3}{2}(p_{D'}V_{C'} - p_{B'}V_{A'})$ | ⑨ $\frac{3}{2}(p_{A'} - p_{B'})V_{A'}$       |
| ⑩ $\frac{3}{2}(p_{B'} - p_{A'})V_{A'}$       | Ⓐ $\frac{3}{2}(p_{B'} - p_{C'})V_{C'}$       | Ⓑ $\frac{3}{2}(p_{C'} - p_{B'})V_{C'}$       |
| Ⓒ $\frac{3}{2}(p_{C'} - p_{D'})V_{C'}$       | Ⓓ $\frac{3}{2}(p_{D'} - p_{C'})V_{C'}$       | Ⓔ $\frac{3}{2}(p_{D'} - p_{A'})V_{A'}$       |
| Ⓕ $\frac{3}{2}(p_{A'} - p_{D'})V_{A'}$       | Ⓖ 0                                          |                                              |

31 の解答群

- |                                                                     |                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| ① $\frac{3}{2} [(p_{A'} - p_{B'})V_{A'} + (p_{C'} - p_{D'})V_{C'}]$ | ② $\frac{3}{2} [(p_{A'} - p_{B'})V_{A'} + (p_{D'} - p_{C'})V_{C'}]$ |
| ③ $\frac{3}{2} [(p_{B'} - p_{A'})V_{A'} + (p_{C'} - p_{D'})V_{C'}]$ | ④ $\frac{3}{2} [(p_{B'} - p_{A'})V_{A'} + (p_{D'} - p_{C'})V_{C'}]$ |
| ⑤ $\frac{3}{2} [(p_{B'} - p_{C'})V_{A'} + (p_{D'} - p_{A'})V_{C'}]$ | ⑥ $\frac{3}{2} [(p_{B'} - p_{C'})V_{A'} + (p_{A'} - p_{D'})V_{C'}]$ |
| ⑦ $\frac{3}{2} [(p_{C'} - p_{B'})V_{A'} + (p_{D'} - p_{A'})V_{C'}]$ | ⑧ $\frac{3}{2} [(p_{C'} - p_{B'})V_{A'} + (p_{A'} - p_{D'})V_{C'}]$ |
| ⑨ $\frac{3}{2} [(p_{C'} - p_{D'})V_{A'} + (p_{A'} - p_{B'})V_{C'}]$ | ⑩ $\frac{3}{2} [(p_{C'} - p_{D'})V_{A'} + (p_{B'} - p_{A'})V_{C'}]$ |
| ㉑ $\frac{3}{2} [(p_{D'} - p_{C'})V_{A'} + (p_{A'} - p_{B'})V_{C'}]$ | ㉒ $\frac{3}{2} [(p_{D'} - p_{C'})V_{A'} + (p_{B'} - p_{A'})V_{C'}]$ |
| ㉓ $\frac{3}{2} [(p_{D'} - p_{A'})V_{A'} + (p_{B'} - p_{C'})V_{C'}]$ | ㉔ $\frac{3}{2} [(p_{D'} - p_{A'})V_{A'} + (p_{C'} - p_{B'})V_{C'}]$ |
| ㉕ $\frac{3}{2} [(p_{A'} - p_{D'})V_{A'} + (p_{B'} - p_{C'})V_{C'}]$ | ㉖ $\frac{3}{2} [(p_{A'} - p_{D'})V_{A'} + (p_{C'} - p_{B'})V_{C'}]$ |

32 の解答群

- |                                                       |                                                       |                                                       |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ① $1 - \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma+1}$ | ② $1 + \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma+1}$ | ③ $1 - \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma+1}$ |
| ④ $1 + \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma+1}$ | ⑤ $1 - \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma}$   | ⑥ $1 + \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma}$   |
| ⑦ $1 - \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma}$   | ⑧ $1 + \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma}$   | ⑨ $1 - \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma-1}$ |
| ⑩ $1 + \left(\frac{V_{A'}}{V_{C'}}\right)^{\gamma-1}$ | ㉑ $1 - \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma-1}$ | ㉒ $1 + \left(\frac{V_{C'}}{V_{A'}}\right)^{\gamma-1}$ |



# 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。また、原子量は、 $H=1.0$ ,  $C=12$ ,  $O=16$ ,  $Cl=35.5$ ,  $Ca=40$ , 水のモル凝固点降下は  $1.85\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ , 水の凝固点を  $0^\circ\text{C}$  とする。なお、この問題の水溶液は、希薄溶液と考えてよいものとする。

周期表の2族の元素であるカルシウム  $Ca$  やストロンチウム  $Sr$ , , ラジウム  $Ra$  は、アルカリ土類金属とよばれる。カルシウムは、常温の水と反応して  を発生するとともに,  とよばれる水酸化カルシウム  $Ca(OH)_2$  を生じる。水酸化カルシウムの飽和水溶液に  を通じると,  の主成分である炭酸カルシウム  $CaCO_3$  を生じて白濁する。炭酸カルシウムは塩酸に溶けると塩化カルシウム  $CaCl_2$  を生じる。塩化カルシウムは凝固点降下の効果が大きいため、凍結防止剤として利用される。

水  $964\text{ g}$  に塩化カルシウム六水和物  $CaCl_2\cdot 6H_2O$  を  $73.0\text{ g}$  溶かした水溶液の凝固点を考える。この水溶液に含まれる塩化カルシウムの質量モル濃度は,   $\text{mol/kg}$  となる。塩化カルシウムは水溶液中で完全に電離しているとする, この水溶液の凝固点降下度は,   $\text{K}$  と算出される。次に, この塩化カルシウム水溶液を  $-5^\circ\text{C}$  まで冷却すると氷が析出した。このとき, 析出した氷は   $\text{g}$  と算出される。

## 解答群

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| ① カリウム $K$    | ② ゲルマニウム $Ge$ | ③ スカンジウム $Sc$ |
| ④ セシウム $Cs$   | ⑤ バナジウム $V$   | ⑥ バリウム $Ba$   |
| ⑦ フランシウム $Fr$ | ⑧ ポロニウム $Po$  | ⑨ ルビジウム $Rb$  |

2

4

① 酸 素

② 水 素

③ 窒 素

④ ヘリウム

⑤ メタン

⑥ 二酸化硫黄

⑦ 二酸化炭素

⑧ 四酸化二窒素

⑨ 硫化水素

3

5

① アマルガム

② 高度さらし粉

③ 紺 青

④ 重 曹

⑤ 消石灰

⑥ 生石灰

⑦ 石灰石

⑧ セッコウ

⑨ 水ガラス

6

7

① 0.215

② 0.333

③ 0.662

④ 0.824

⑤ 1.00

⑥ 1.32

⑦ 1.85

⑧ 2.58

⑨ 3.95

⑩ 4.21

① 5.38

② 6.25

③ 7.31

④ 8.74

⑤ 9.00

⑥ 10.7

⑦ 12.8

⑧ 15.8

8

① 11.2

② 35.7

③ 68.3

④ 125

⑤ 195

⑥ 208

⑦ 351

⑧ 418

⑨ 630

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。酸素の水への溶解と過酸化水素水溶液の体積変化は無視できるものとする。必要であれば、 $\log_e 2 = 0.693$  を用いること。

過酸化水素は水溶液中で、常温では分解が起こりにくい、酸化マンガン(Ⅳ)を少量加えると急激に分解が進む。この分解反応において酸化マンガン(Ⅳ)は  として働いており、反応速度が大きくなるのは、 ためである。この反応において過酸化水素濃度を大きくすると反応速度も大きくなる。これは、 ためである。また、反応温度を高くすると反応速度は大きくなるが、この主な理由は  ためである。また、この反応において、酸化マンガン(Ⅳ)は粒状のものよりも粉末状のものをを用いるほうが反応速度は大きくなるが、これは、 ためである。

少量の酸化マンガン(Ⅳ)の粉末に 1.0 mol/L の過酸化水素水溶液 5.0 mL を加え、一定の温度に保ったところ、過酸化水素が分解して酸素が生じた。発生した酸素を  により捕集したところ、2 分間で  $1.2 \times 10^{-3}$  mol の酸素が捕集された。したがって、この間の過酸化水素の分解速度は  mol/(L・min) と求められ、また、この間の過酸化水素の平均濃度は  mol/L と求められる。この分解反応の時間  $t$  [min] における反応速度  $v$  [mol/(L・min)] は、過酸化水素濃度を  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  [mol/L]、反応速度定数を  $k$  とすると、次式で表されることが分かっている。

$$v = - \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = k[\text{H}_2\text{O}_2] \cdots \textcircled{1}$$

したがって、上の結果を用いると、反応速度定数  $k$  は  $k =$   /min と求められる。

式①を変形して積分すると、次式が得られる。

$$\log_e [\text{H}_2\text{O}_2] = -kt + C \quad (C \text{ は定数})$$

ここで、 $t=0$ における過酸化水素の初濃度を $[\text{H}_2\text{O}_2]_0$ とすると、

$$\log_e [\text{H}_2\text{O}_2] = -kt + \log_e [\text{H}_2\text{O}_2]_0$$

よって、

$$\log_e \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} = -kt \quad \cdots \textcircled{2}$$

式②から、過酸化水素の濃度が反応開始時の1/2になる時間は 18 分であると求められる。

#### 解答群

9

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 酵 素 | ② 酸化剤 | ③ 緩衝液 | ④ 正 塩 |
| ⑤ 還元剤 | ⑥ 触 媒 | ⑦ 生成物 | ⑧ 基 質 |

10

～

13

- ① 化学反応によって生じるエンタルピー変化が増加する
- ② 化学反応によって生じるエンタルピー変化が減少する
- ③ 運動エネルギーの大きな分子の割合が増加する
- ④ 運動エネルギーの大きな分子の割合が減少する
- ⑤ 活性化エネルギーのより大きい反応経路で反応が進行する
- ⑥ 活性化エネルギーのより小さい反応経路で反応が進行する
- ⑦ 酸化マンガン(Ⅳ)との単位時間あたりの衝突回数が増加する
- ⑧ 酸化マンガン(Ⅳ)との単位時間あたりの衝突回数が減少する

14

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| ① 上方置換 | ② 下方置換 | ③ 水上置換 |
|--------|--------|--------|

|    |   |    |
|----|---|----|
| 15 | ~ | 18 |
|----|---|----|

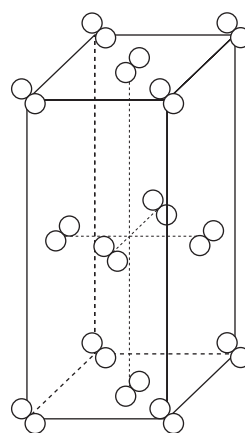
- |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $1.2 \times 10^{-2}$ | ② $2.2 \times 10^{-2}$ | ③ $2.4 \times 10^{-2}$ | ④ $3.2 \times 10^{-2}$ |
| ⑤ $4.6 \times 10^{-2}$ | ⑥ $6.0 \times 10^{-2}$ | ⑦ $1.2 \times 10^{-1}$ | ⑧ $2.2 \times 10^{-1}$ |
| ⑨ $2.4 \times 10^{-1}$ | ⑩ $3.2 \times 10^{-1}$ | Ⓐ $4.6 \times 10^{-1}$ | Ⓑ $6.0 \times 10^{-1}$ |
| Ⓒ $7.6 \times 10^{-1}$ | Ⓓ 1.2                  | Ⓔ 2.2                  | Ⓕ 2.4                  |
| Ⓖ 3.2                  | Ⓗ 4.6                  | Ⓘ 6.0                  | ⓵ 7.6                  |

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 次の 19 ～ 30 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。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。気体はすべて理想気体として扱う。また、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。

(1) アルミニウムは元素記号 Al で表され、第 19 周期 20 族に位置する典型金属元素であり、空气中で加熱すると酸化物である 21 となる。また、酸ともアルカリとも反応する両性の性質を示し、希硫酸と反応すると 22 と 23 が生成する。また、水酸化ナトリウム水溶液と反応すると 24 と 25 が生成する。

(2) ガリウムの結晶は、ガリウム原子を球とみなすと図のような単位格子を持つ。この結晶構造では、距離の近いガリウム原子 2 個ずつが比較的強く結合してガリウム原子対を形成している。この結晶構造では、ガリウム原子対の中心が、直方体の単位格子の頂点と各面の中心に位置しているとみなすことができる。この単位格子中には、26 個のガリウム原子が含まれている。ガリウム原子対においては、原子の中心間距離は 0.250 nm である。単位格子の体積が  $0.157 \text{ nm}^3$ 、円周率を 3.14 とすると、単位格子に含まれるガリウムの体積は 27  $\text{nm}^3$  であることから、充填率は 28 % となる。



図

(3) 近年進められている水素のエネルギー利用には、水素吸蔵材料を用いた水素貯蔵技術の開発が必須である。いま、面心立方格子の構造をもつ単体金属 M の結晶がある。この金属 M の結晶に、金属原子 1.00 mol あたり 1.00 mol の水素原子 H が取り込まれるとする。このとき、金属 M の結晶  $1.00 \times 10^3 \text{ cm}^3$  あたり 29 mol の水素原子 H が取り込まれるものと考えられる。したがって、金属 M の結晶  $1.00 \times 10^3 \text{ cm}^3$  が貯蔵できる水素  $\text{H}_2$  の体積は、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  において約

30 Lと考えられる。ただし、金属 M の単位格子の体積を  $1.20 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$  とし、水素原子が取り込まれた際に単位格子中の金属原子の数と単位格子の体積は変化しないものとする。

解答群

19 , 20 , 26

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 1  | ② 2  | ③ 3  | ④ 4  | ⑤ 5  |
| ⑥ 6  | ⑦ 7  | ⑧ 8  | ⑨ 9  | ⑩ 10 |
| Ⓐ 11 | Ⓑ 12 | Ⓒ 13 | Ⓓ 14 | Ⓔ 15 |
| Ⓕ 16 | Ⓖ 17 | Ⓗ 18 | Ⓘ 19 | ⓰ 20 |

21 , 22 , 24

- |                              |                                       |                   |                                |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| ① $\text{AlCl}_3$            | ② $\text{AlAs}$                       | ③ $\text{AlF}_3$  | ④ $\text{Al}_2\text{O}_3$      |
| ⑤ $\text{AlN}$               | ⑥ $\text{AlB}_2$                      | ⑦ $\text{AlP}$    | ⑧ $\text{AlPO}_4$              |
| ⑨ $\text{Al}_2\text{I}_6$    | ⑩ $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ | Ⓐ $\text{AlBr}_3$ | Ⓑ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ |
| Ⓒ $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ |                                       |                   |                                |

23 , 25

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

27

- |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.010 | ② 0.023 | ③ 0.036 | ④ 0.041 | ⑤ 0.059 |
| ⑥ 0.065 | ⑦ 0.077 | ⑧ 0.081 | ⑨ 0.092 | ⑩ 0.12  |
| Ⓐ 0.23  | Ⓑ 0.37  | Ⓒ 0.42  | Ⓓ 0.55  | Ⓔ 0.62  |



28

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 4  | ② 13 | ③ 19 | ④ 22 | ⑤ 28 |
| ⑥ 34 | ⑦ 36 | ⑧ 42 | ⑨ 47 | ⑩ 51 |
| Ⓐ 56 | Ⓑ 60 | Ⓒ 64 | Ⓓ 70 | Ⓔ 76 |

29

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 10.5 | ② 15.8 | ③ 24.3 | ④ 29.2 | ⑤ 36.6 |
| ⑥ 38.1 | ⑦ 42.0 | ⑧ 48.5 | ⑨ 52.3 | ⑩ 55.6 |
| Ⓐ 62.3 | Ⓑ 66.9 | Ⓒ 70.3 | Ⓓ 78.7 | Ⓔ 81.3 |

30

- |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 100  | ② 245  | ③ 366  | ④ 453  | ⑤ 563  |
| ⑥ 622  | ⑦ 728  | ⑧ 896  | ⑨ 932  | ⑩ 1000 |
| Ⓐ 1106 | Ⓑ 1234 | Ⓒ 1346 | Ⓓ 1456 | Ⓔ 1555 |

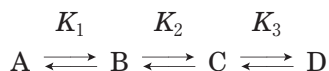
(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 次の 31 ～ 43 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。

タンパク質は、多数のアミノ酸が構成アミノ酸の 31 基と  $\alpha$  位の炭素原子に結合した 32 基の脱水縮合によって形成される 33 結合でつながった構造をしている。ポリペプチド鎖を形成する 34 結合を特に 33 結合とよぶ。

原核生物では、タンパク質の一次構造は、DNA のもつ遺伝情報に基づいて決まる。タンパク質中の秩序だった構造である二次構造は、33 結合間の 35 結合により形成される。二次構造のなかで、36 構造はポリペプチド鎖のアミノ酸が約 37 個ごとの周期でひと巻きするらせん状の構造をさし、38 構造は平行または逆平行に並んだ2つまたは3つ以上のポリペプチド鎖で構成されるジグザク状に折れ曲がった構造をさす。

タンパク質の三次構造や四次構造の形成において、39 の側鎖どうしで形成されるジスルフィド結合や、アミノ酸側鎖の 31 基や 32 基とヒドロキシ基、ヒドロキシ基どうしの間で形成される 35 結合や、酸性アミノ酸 40 と塩基性アミノ酸 41 の側鎖の間で形成される様なイオン結合が重要なはたらきをする。側鎖に 32 基を有する 41 は、水溶液中では pH の低い方から高い方へ順に A, B, C, D の4種類のイオンの形で存在し、図に示す電離平衡が成立する。このときの電離定数は  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  であり、 $pK_1$ ,  $pK_2$ ,  $pK_3$  (ここで  $pK_0 = -\log_{10} K_0$  を示す) がそれぞれ 2.2, 9.0, 10.5 のとき、41 の等電点は 42 である。したがって、 $pH=7.4$  で最も多く存在している形は 43 である。



図

解答群

31

32

- |         |         |         |       |
|---------|---------|---------|-------|
| ① カルボキシ | ② アミノ   | ③ ヒドロキシ | ④ メチル |
| ⑤ エチル   | ⑥ カルボニル | ⑦ ニトロ   | ⑧ スルホ |
| ⑨ アセチル  | ⑩ アゾ    |         |       |

33

35

- |          |       |      |        |
|----------|-------|------|--------|
| ① ペプチド   | ② 水素  | ③ アゾ | ④ エステル |
| ⑤ エーテル   | ⑥ アミド | ⑦ 金属 | ⑧ 配位   |
| ⑨ ジスルフィド | ⑩ イオン |      |        |

36

38

- |                   |                |      |        |
|-------------------|----------------|------|--------|
| ① $\alpha$ -ヘリックス | ② $\beta$ -シート | ③ 舟形 | ④ いす形  |
| ⑤ 二重らせん           | ⑥ 結晶           | ⑦ 高次 | ⑧ 六方最密 |

37

- |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5  |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 10 |

39

41

- |         |          |            |
|---------|----------|------------|
| ① グリシン  | ② アラニン   | ③ フェニルアラニン |
| ④ チロシン  | ⑤ セリン    | ⑥ システイン    |
| ⑦ リシン   | ⑧ グルタミン酸 | ⑨ メチオニン    |
| ⑩ トレオニン |          |            |

42

- |       |       |        |        |        |        |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| ① 2.2 | ② 4.4 | ③ 6.6  | ④ 7.2  | ⑤ 7.6  | ⑥ 8.2  |
| ⑦ 9.2 | ⑧ 9.8 | ⑨ 10.4 | ⑩ 11.0 | ① 12.0 | ② 13.2 |

(次ページに続く)

43

① A

② B

③ C

④ D

# 生 物

( 解答番号  ～  )

Ⅰ 生物の系統と分類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。

「生物は、大きくいくつかのグループに分けられるのか」という問いについては、これまでさまざまな説が唱えられてきた。階層的な分類を最初に提唱したのは  である。当時の最上位の分類は  であり、生物を動物と植物に分ける説が唱えられた。多様な単細胞生物の研究が進んだ20世紀以降になると、動物か植物に分類することが難しくなり、 が増やされていく。やがて、 や  らは  を提唱した（なお、 は 細胞内共生説を考えた人物としても知られる<sup>(A)</sup>）。 では、細菌は原核生物  （モネラ  ）に分類される。真核生物のうち、単細胞の生物や、多細胞であってもからだの構造が単純な藻類などは、組織の分化の程度などを指標に、原生生物  としてまとめられた。一方、より複雑なからだの構造をもつ多細胞の真核生物は、栄養分を摂取する方法の違いによって、植物  ，菌  ，動物  の3つに分類された。

DNA の情報が得やすくなった20世紀後半、 らは、rRNA の塩基配列の解析をもとに、 の上位に新たな分類階級をおき、生物を細菌、アーキア、真核生物<sup>(B)</sup>の大きなグループに分ける  <sup>(C)</sup>を提唱した。現在は、さまざまな生物の分子情報から、これまでの形態的・生理的特徴をもとにした分類の見直しが進められている。例えば、真核生物について、分子系統学的手法などを用いていくつかのグループに大別する  という階層が提唱されている。 では、これまで主要な分類群として扱われていた動物、菌類、植物は真核生物のごく一部の分類群でしかない。一方で、 の系統関係はいまだ不明な部分も多く、複数の仮説が存在する。

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。

1 ,  3 ,  4 ,  6 に対する解答群

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| ① アデル          | ② ホイッターカー/ホイタッカー |
| ③ マーグリス/マーギュリス | ④ ウーズ            |
| ⑤ ダーウィン        | ⑥ ラマルク           |
| ⑦ ミラー          | ⑧ アリストテレス        |
| ⑨ タンズリー        | ⑩ パスツール          |
| Ⓐ ヘッケル         | Ⓑ リンネ            |

2 ,  5 ,  7 ,  8 に対する解答群

- |          |         |            |
|----------|---------|------------|
| ① 門      | ② 界     | ③ 科        |
| ④ 種      | ⑤ ドメイン  | ⑥ スーパーグループ |
| ⑦ 3ドメイン説 | ⑧ 三界説   | ⑨ 五界説      |
| ⑩ 種分化    | Ⓐ 自然選択説 | Ⓑ 用不用説     |

問2 下線部（A）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. 真核細胞に含まれるミトコンドリアは、その細胞の分裂とは独立して分裂して増殖する。

イ. ミトコンドリアのDNAの塩基配列は、原核生物である好気性細菌のDNAの塩基配列によく似ている。

ウ. 真核細胞に含まれる葉緑体は、その細胞の分裂とは独立して分裂して増殖する。

エ. 葉緑体のDNAの塩基配列は、原核生物であるシアノバクテリアのDNAの塩基配列によく似ている。

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   | Ⓐ 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。

10

ア．1本鎖で存在し、リン酸基をもたない。

イ．糖として、リボースをもつ。

ウ．塩基として、アデニン、グアニン、シトシン、そしてウラシルの4種類がある。

エ．リボソームタンパク質とともに、リボソームを構成している。

10 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4 下線部（C）に関して，それぞれの生物の特徴として正しい組みあわせはどれか。  
 それぞれ1つ選べ。

変形菌

11

イシクラゲ

12

メタン菌/メタン生成菌

13

11 ～ 13 に対する解答群

|   | 核 膜 | 細胞膜の脂質 | 細胞壁のペプチドグリカン |
|---|-----|--------|--------------|
| ① | あ り | エステル脂質 | あ り          |
| ② | あ り | エステル脂質 | な し          |
| ③ | あ り | エーテル脂質 | あ り          |
| ④ | あ り | エーテル脂質 | な し          |
| ⑤ | な し | エステル脂質 | あ り          |
| ⑥ | な し | エステル脂質 | な し          |
| ⑦ | な し | エーテル脂質 | あ り          |
| ⑧ | な し | エーテル脂質 | な し          |

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 個体群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。

ある一定の場所に生活する異なる種の個体群の集まりを 14 という。

14 を構成している個体群どうしは、互いにさまざまな関係をもっており、この関係をまとめて種間相互作用という。種間相互作用の例として、<sup>(A)</sup>被食と捕食の関係や、<sup>(B)</sup>資源をめぐる関係などさまざまな関係がある。

(C) たとえば、資源をめぐる関係では、環境中のどの資源をどのように利用するかなど、各種が生態系内で占めている位置である 15 について考えることが重要である。15 の似た異なる種の個体群が同じ場所に存在すると、限られた資源をめぐって16 が起こり、その程度は 15 の重なりが大きいほど 17 なる。15 の重なりが大きい場合では、16 の結果、一方の種が同じ場所で共存できなくなり、その空間からいなくなることもある。このような現象を、18 という。

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。

14 ～ 16 に対する解答群

- |          |        |        |
|----------|--------|--------|
| ① 間接効果   | ② 種間競争 | ③ 種内競争 |
| ④ 群れ     | ⑤ 生物群集 | ⑥ 生産構造 |
| ⑦ 生態的同位種 | ⑧ ニッチ  | ⑨ コロニー |

17 に対する解答群

- |      |      |
|------|------|
| ① 弱く | ② 強く |
|------|------|

18 に対する解答群

- |         |         |         |        |
|---------|---------|---------|--------|
| ① 地理的隔離 | ② 競争的阻害 | ③ 競争的排除 | ④ 形質置換 |
| ⑤ 集中分布  | ⑥ 適応放散  |         |        |

問2 下線部（A）に関して，次の3組の生物の関係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あわせを1つ選べ。

19

19 に対する解答群

|   | マメ科植物と<br>根粒菌 | チョウの幼虫と<br>コマユバチ | ナマコと<br>カクレウオ |
|---|---------------|------------------|---------------|
| ① | 相利共生          | 相利共生             | 片利共生          |
| ② | 相利共生          | 相利共生             | 寄 生           |
| ③ | 相利共生          | 片利共生             | 相利共生          |
| ④ | 相利共生          | 片利共生             | 片利共生          |
| ⑤ | 相利共生          | 片利共生             | 寄 生           |
| ⑥ | 相利共生          | 寄 生              | 相利共生          |
| ⑦ | 相利共生          | 寄 生              | 片利共生          |
| ⑧ | 相利共生          | 寄 生              | 寄 生           |
| ⑨ | 片利共生          | 相利共生             | 相利共生          |
| ⑩ | 片利共生          | 相利共生             | 片利共生          |
| Ⓐ | 片利共生          | 相利共生             | 寄 生           |
| Ⓑ | 片利共生          | 片利共生             | 相利共生          |
| Ⓒ | 片利共生          | 片利共生             | 寄 生           |
| Ⓓ | 片利共生          | 寄 生              | 相利共生          |
| Ⓔ | 片利共生          | 寄 生              | 片利共生          |
| Ⓕ | 片利共生          | 寄 生              | 寄 生           |

問3 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。

被食者と捕食者の個体数の変動に関する実験を行った。

- (1) 植物食性のハダニの一種とこれを捕食するカブリダニの一種を同じ飼育容器に入れておくと、やがてカブリダニがハダニを食べつくし、食物がなくなったカブリダニも死滅した。
- (2) 容器にハダニしか入れない避難場所をつくると、両者の個体数は一定のずれをもって周期的に変動した（図1）。なお、(1)，(2) どちらの場合も、ハダニの餌は十分にあった。

図1に示すXとYのうち、どちらかがハダニを示し、もう一方がカブリダニを示している。XとYの個体数の変動を見ると、まず先に **ア** が増加して、それに続いて **イ** が増加している。次に、 **ウ** が先に減少して、それに続いて **エ** が減少している。また、縦軸を見ると **オ** の個体数の方がかなり多い。

個体数が変動しながらも、両者が長く共存するためには、 **カ** の個体数が十分に多いことも重要なかもしれない。

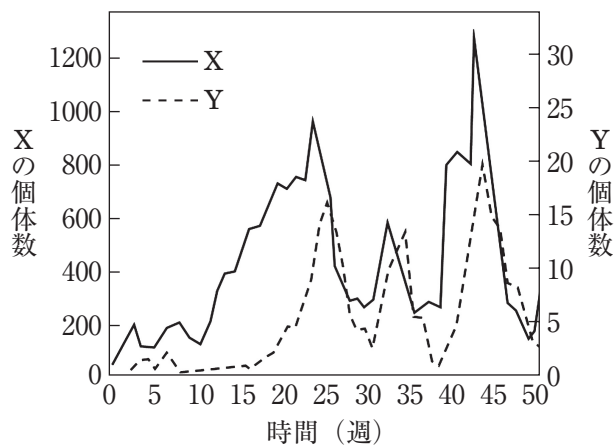


図1 (2)における、XとYの個体数の変動

- a. 文中のア～カに入る組みあわせとして正しいものはどれか。正しい組みあわせを1つ選べ。

20

20 に対する解答群

|   | ア | イ | ウ | エ | オ | カ   |
|---|---|---|---|---|---|-----|
| ① | X | Y | X | Y | X | 被食者 |
| ② | X | Y | X | Y | X | 捕食者 |
| ③ | X | Y | X | Y | Y | 被食者 |
| ④ | X | Y | X | Y | Y | 捕食者 |
| ⑤ | X | Y | Y | X | X | 被食者 |
| ⑥ | X | Y | Y | X | X | 捕食者 |
| ⑦ | X | Y | Y | X | Y | 被食者 |
| ⑧ | X | Y | Y | X | Y | 捕食者 |
| ⑨ | Y | X | X | Y | X | 被食者 |
| ⑩ | Y | X | X | Y | X | 捕食者 |
| Ⓐ | Y | X | X | Y | Y | 被食者 |
| Ⓑ | Y | X | X | Y | Y | 捕食者 |
| Ⓒ | Y | X | Y | X | X | 被食者 |
| Ⓓ | Y | X | Y | X | X | 捕食者 |
| Ⓔ | Y | X | Y | X | Y | 被食者 |
| Ⓕ | Y | X | Y | X | Y | 捕食者 |

- b. 図1で確認された被食者と捕食者の周期的な変動は、図2のように簡単なモデルで示すことができる。図2のi～ivの区画は被食者と捕食者が増加しているか減少しているかによって分かれている。i～ivの状態を正しく説明している図はどれか。正しい図を1つ選べ。

21

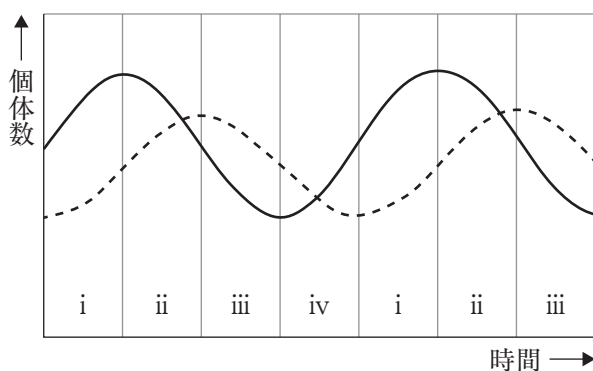
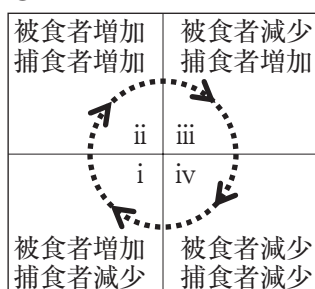


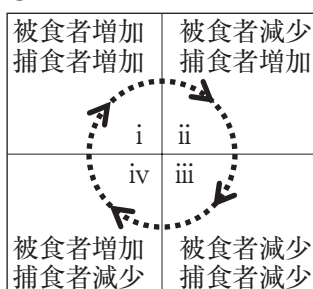
図2 捕食者と被食者の個体数変化のモデル

21 に対する解答群

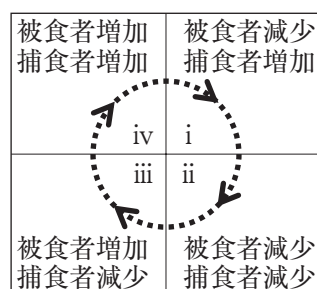
①



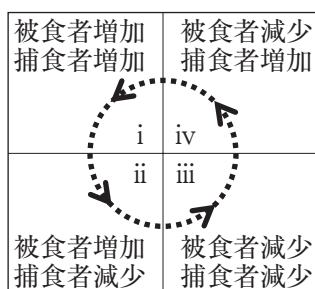
②



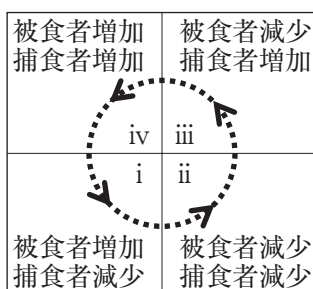
③



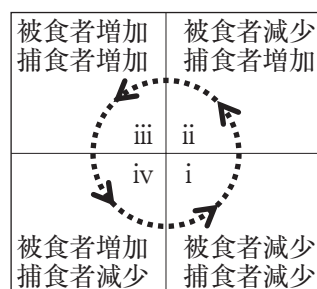
④



⑤



⑥





(第Ⅱ問の問4は次ページから始まる)

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

資源をめぐる 2 種の関係を明らかにするための実験として、3 種のゾウリムシ（ゾウリムシ，ヒメゾウリムシ，ミドリゾウリムシ）を用いて個体数の変化を調べた生態学者であるガウゼの有名な以下の実験がある。

[実験 A]

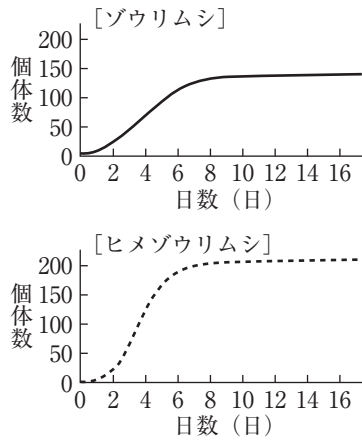
ゾウリムシとヒメゾウリムシが餌として共通して利用する細菌 A を毎日与えて、それぞれを単独で飼育すると、どちらの個体群も S 字型の成長曲線を描いて成長した（図 3 - A - 1）。この 2 種を単独飼育と同じ条件の容器と餌で混合して飼育すると、ゾウリムシは死滅した（図 3 - A - 2）。

[実験 B]

ゾウリムシとミドリゾウリムシを同じ条件の容器で単独（図 3 - B）および混合して飼育した。餌として、細菌 A と酵母との混合餌を単独および混合飼育時に同じ条件で毎日与えた。このとき、ゾウリムシは主に表層や中層で細菌 A を食べ、ミドリゾウリムシは主に下層や容器の側面で酵母を食べる傾向にあった。

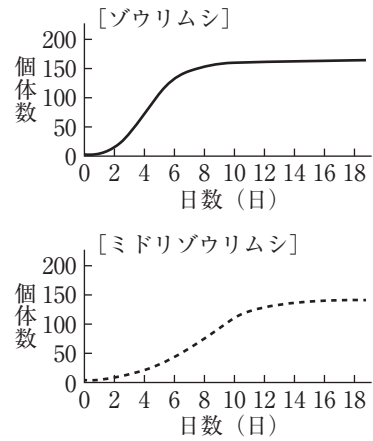
[A-1]

① 単独飼育



[B]

① 単独飼育



[A-2]

② 混合飼育

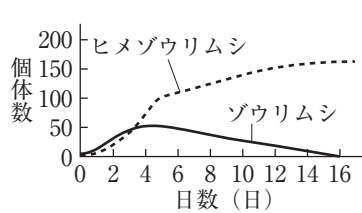


図3 ゾウリムシとヒメゾウリムシを単独 [A-1] および混合 [A-2] して飼育した場合と、ゾウリムシとミドリゾウリムシを単独で飼育した場合 [B] における個体数の変化

\* 個体数は、一定の体積当たりの数

a. 次の記述のうち、実験 A の結果の説明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あわせを 1 つ選べ。

22

ア. 混合飼育では、同じ資源をめぐって強い競争が起こったと考えられる。

イ. ヒメゾウリムシの方が競争に強い形質をもっていた。

ウ. 単独飼育では、6 日目までの 1 日当たりの個体数の増加量はヒメゾウリムシよりもゾウリムシの方が多かった。

エ. 単独飼育では、それぞれの種が環境収容力まで成長した。

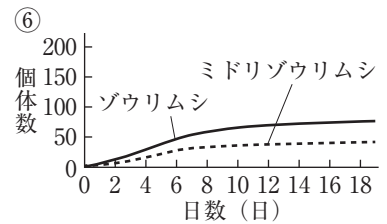
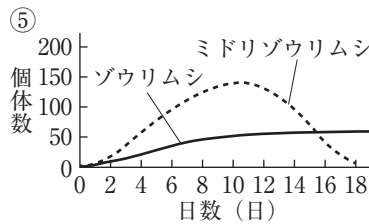
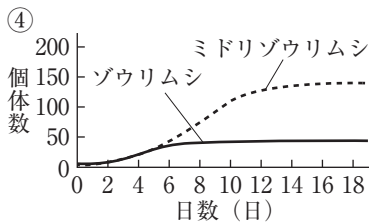
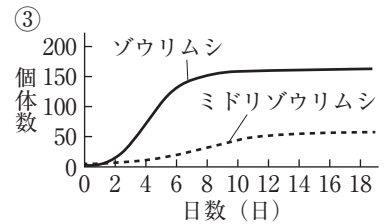
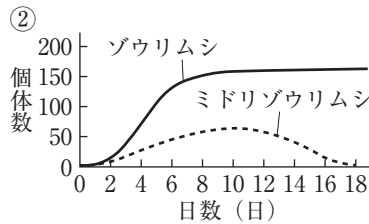
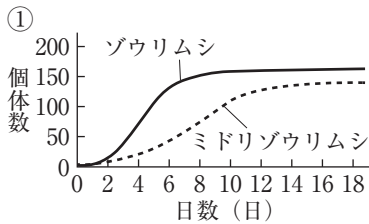
22 に対する解答群

- |         |         |           |         |
|---------|---------|-----------|---------|
| 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. 実験Bにおいて、ゾウリムシとミドリゾウリムシを混合飼育したときのゾウリムシとミドリゾウリムシの個体数変動を示す図として正しいものはどれか。正しいものを1つ選べ。ただし、図で示す個体数は、一定の体積当たりの数とする。

23

23 に対する解答群



(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 植物の生殖，発生および器官分化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。

被子植物の花では，おしべの葯<sup>やく</sup>の中で花粉がつくられ，めしべの胚珠内で胚のうが形成<sup>(A)</sup>される。胚のう内の卵細胞は，花粉管内に生じた精細胞と受精する。

葯の中では， が減数分裂を経て，4 個の細胞の集まった  になる。花が開くころになると， のそれぞれは，不均等な細胞分裂によって， とその中にある  に分かれ，やがて成熟した花粉となる。成熟した花粉がめしべの  につくと，発芽して花粉管<sup>(B)</sup>を生じ，花粉管の中の  が 1 回分裂して 2 個の精細胞となる。

花粉が同じ花，もしくは同一個体のめしべに受粉，受精することを自家受精という。自家受精は遺伝子の組みあわせの多様性（遺伝的多様性）が低い<sup>(C)</sup>ため，生存に不利になることが多い。そのため，植物のなかには，遺伝的に自家受精を防ぐ性質である自家不和合性<sup>(C)</sup>を示すものがある。

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。

～  に対する解答群

- |         |        |         |
|---------|--------|---------|
| ① 花粉管細胞 | ② 胚 乳  | ③ 果 皮   |
| ④ 花粉母細胞 | ⑤ 雄原細胞 | ⑥ 珠 孔   |
| ⑦ フロリゲン | ⑧ 錐体細胞 | ⑨ 支持細胞  |
| ⑩ 柱 頭   | Ⓐ 花 柱  | Ⓑ 花粉四分子 |

問 2 下線部（A）に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

花器官の形成は、3種類の家メオティック遺伝子（A クラス遺伝子、B クラス遺伝子、C クラス遺伝子）の組みあわせによって調節される。図1にA、B、C クラス遺伝子のいずれも欠損していないシロイヌナズナの野生型における花器官の形態を示した。A、B、C クラス遺伝子のいずれか1つの遺伝子が欠損したシロイヌナズナの突然変異体の各領域における花器官の配置として、正しいものはどれか。それぞれ1つ選べ。

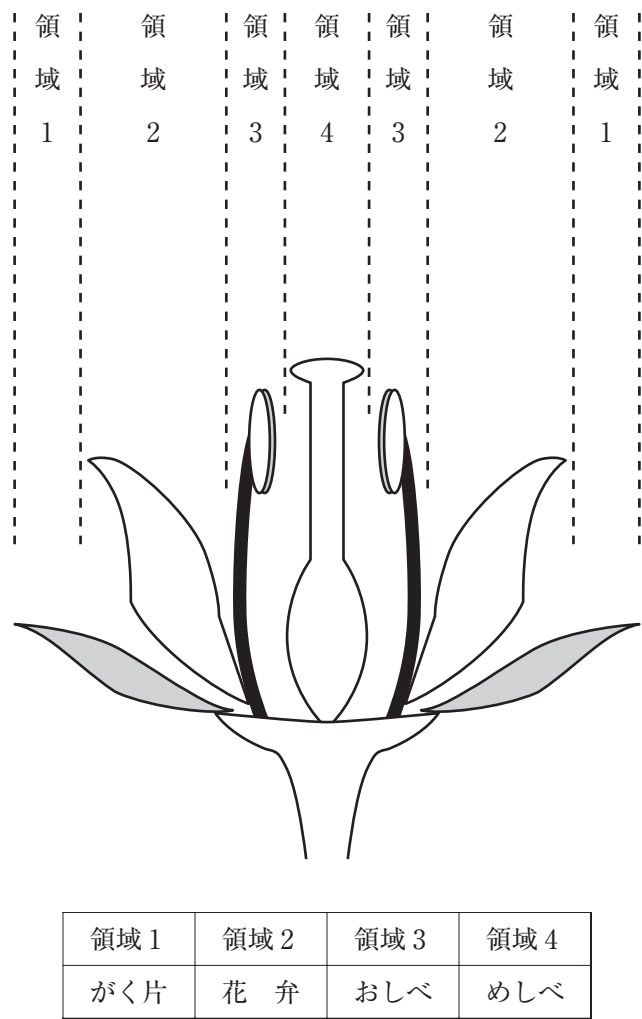


図1 シロイヌナズナ（野生型）の花における花器官の配置



|                    |    |
|--------------------|----|
| A クラス遺伝子が欠損した突然変異体 | 29 |
| B クラス遺伝子が欠損した突然変異体 | 30 |
| C クラス遺伝子が欠損した突然変異体 | 31 |

29 ～ 31 に対する解答群

|   | 領域 1 | 領域 2 | 領域 3 | 領域 4 |
|---|------|------|------|------|
| ① | おしべ  | めしべ  | めしべ  | おしべ  |
| ② | がく片  | がく片  | めしべ  | めしべ  |
| ③ | がく片  | 花 弁  | 花 弁  | がく片  |
| ④ | がく片  | 花 弁  | がく片  | がく片  |
| ⑤ | がく片  | がく片  | がく片  | めしべ  |
| ⑥ | めしべ  | おしべ  | おしべ  | めしべ  |
| ⑦ | 花 弁  | 花 弁  | おしべ  | おしべ  |
| ⑧ | がく片  | がく片  | おしべ  | おしべ  |
| ⑨ | めしべ  | 花 弁  | 花 弁  | がく片  |
| ⑩ | おしべ  | 花 弁  | おしべ  | おしべ  |
| Ⓐ | 花 弁  | 花 弁  | 花 弁  | おしべ  |
| Ⓑ | めしべ  | めしべ  | 花 弁  | がく片  |
| Ⓒ | 花 弁  | おしべ  | めしべ  | めしべ  |
| Ⓓ | おしべ  | 花 弁  | 花 弁  | がく片  |

問3 下線部（B）に関して，花粉管が胚のうへ誘引されるしくみを理解するために以下の実験を実施した。この実験に関する次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

花粉の伸長に適した一定の温度条件下において，レーザーを用いてトレニアの胚のうにある卵細胞，中央細胞，2つの助細胞のうち，1細胞または2細胞を破壊した。その後に花粉管の誘引を観察したところ，表に示す結果が得られた。実験結果についての次の記述のうち，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。

32

表 胚のう中の細胞の存在と花粉管の誘引頻度

| 胚のう<br>の状態 | 各細胞の状態 |      |     |     | 誘引頻度<br>(%) |
|------------|--------|------|-----|-----|-------------|
|            | 卵細胞    | 中央細胞 | 助細胞 | 助細胞 |             |
| 破壊なし       | ○      | ○    | ○   | ○   | 98          |
| 1細胞破壊      | ×      | ○    | ○   | ○   | 94          |
|            | ○      | ×    | ○   | ○   | 100         |
|            | ○      | ○    | ×   | ○   | 71          |
| 2細胞破壊      | ×      | ×    | ○   | ○   | 93          |
|            | ×      | ○    | ×   | ○   | 61          |
|            | ○      | ×    | ×   | ○   | 71          |
|            | ○      | ○    | ×   | ×   | 0           |

○は破壊しない，×は破壊したことを示す

- ア. 卵細胞が破壊されると、胚のうに花粉管は完全に誘引されなくなる。
- イ. 中央細胞が破壊されると、胚のうに花粉管は完全に誘引されなくなる。
- ウ. 2つある助細胞のうち1つが破壊されると、胚のうへの花粉管の誘引頻度は低下するが、完全に誘引されなくなるわけではない。
- エ. 2つある助細胞が共に破壊されると、花粉管は胚のうに完全に誘引されなくなる。

32 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）に関する次の文章を読み、以下の a～c の各問いに答えよ。

自家不和合性の性質をもつ植物では、花粉で発現する  $S$  遺伝子とめしべで発現する  $S$  遺伝子の対立遺伝子の組みあわせが特定の組みあわせになったときに自家不和合性を示す。バラ科植物の  $S$  遺伝子では、受粉した花粉の対立遺伝子とめしべの対立遺伝子が一致すると、花粉管の伸長が阻害され、受精が起こらず自家不和合性を示す。たとえば、対立遺伝子  $S_1$  をもつめしべに、同じ対立遺伝子  $S_1$  をもつ花粉が受粉すると、自家不和合性が生じる。

図 2 は自家不和合性を示すバラ科のナシ品種の系譜図とそれらの品種がもつ  $S$  遺伝子型を示している。なお、 $S$  遺伝子の対立遺伝子は  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  のみが存在するものとする。

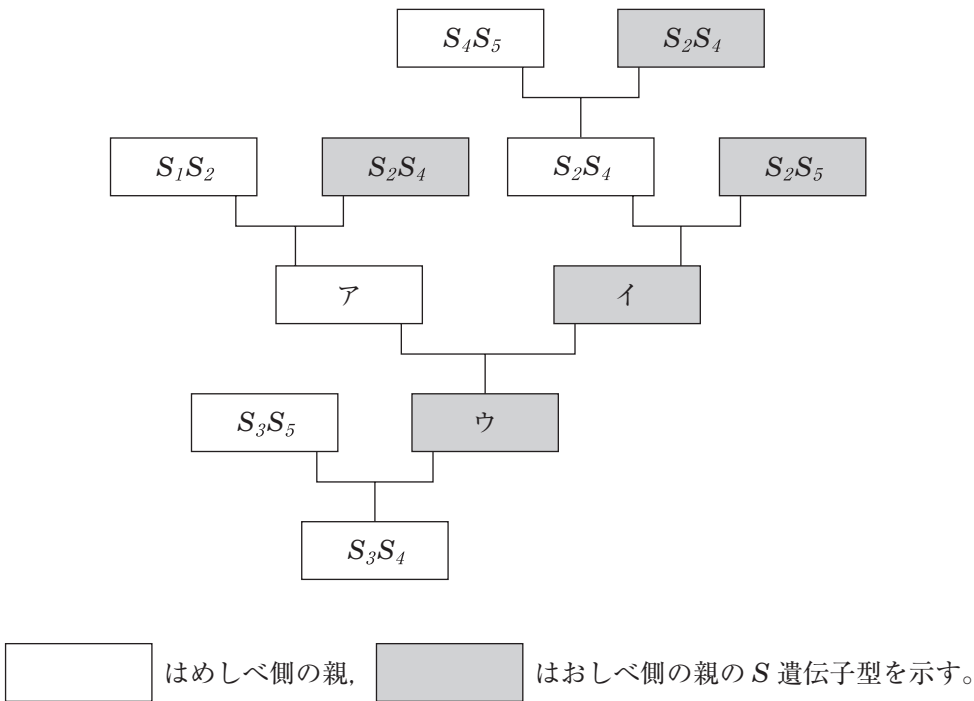


図 2 ナシ品種の系譜図とそれらの品種がもつ  $S$  遺伝子の対立遺伝子

- a. 図中の ア に入る可能性のある  $S$  遺伝子の遺伝子型として正しいものはどれか。1つ選べ。 33

33 に対する解答群

- ①  $S_1S_2$  のみ      ②  $S_1S_4$  のみ      ③  $S_2S_4$  のみ      ④  $S_1S_2$  と  $S_1S_4$   
 ⑤  $S_1S_2$  と  $S_2S_4$       ⑥  $S_1S_4$  と  $S_2S_4$       ⑦  $S_1S_2$  と  $S_1S_4$  と  $S_2S_4$

- b. 図中の イ に入る可能性のある  $S$  遺伝子の遺伝子型として正しいものはどれか。1つ選べ。 34

34 に対する解答群

- ①  $S_2S_4$  のみ      ②  $S_2S_5$  のみ      ③  $S_4S_5$  のみ      ④  $S_2S_4$  と  $S_2S_5$   
 ⑤  $S_2S_4$  と  $S_4S_5$       ⑥  $S_2S_5$  と  $S_4S_5$       ⑦  $S_2S_4$  と  $S_2S_5$  と  $S_4S_5$

- c. 図中の ウ に入る可能性のある  $S$  遺伝子の遺伝子型として正しいものはどれか。1つ選べ。 35

35 に対する解答群

- ①  $S_1S_2$  と  $S_1S_4$       ②  $S_1S_2$  と  $S_1S_5$       ③  $S_1S_2$  と  $S_2S_4$   
 ④  $S_1S_2$  と  $S_2S_5$       ⑤  $S_1S_2$  と  $S_4S_5$       ⑥  $S_1S_4$  と  $S_1S_5$   
 ⑦  $S_1S_4$  と  $S_2S_4$       ⑧  $S_1S_4$  と  $S_2S_5$       ⑨  $S_1S_4$  と  $S_4S_5$   
 ⑩  $S_1S_5$  と  $S_2S_4$       a  $S_1S_5$  と  $S_2S_5$       b  $S_1S_5$  と  $S_4S_5$   
 c  $S_2S_4$  と  $S_2S_5$       d  $S_2S_4$  と  $S_4S_5$       e  $S_2S_5$  と  $S_4S_5$   
 f  $S_1S_4$  と  $S_2S_4$  と  $S_4S_5$   
 g  $S_1S_2$  と  $S_1S_5$  と  $S_2S_4$  と  $S_4S_5$   
 h  $S_1S_2$  と  $S_1S_5$  と  $S_2S_4$  と  $S_2S_5$  と  $S_4S_5$   
 i  $S_1S_2$  と  $S_1S_4$  と  $S_1S_5$  と  $S_2S_4$  と  $S_2S_5$  と  $S_4S_5$

IV 原核生物における遺伝子の発現調節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。

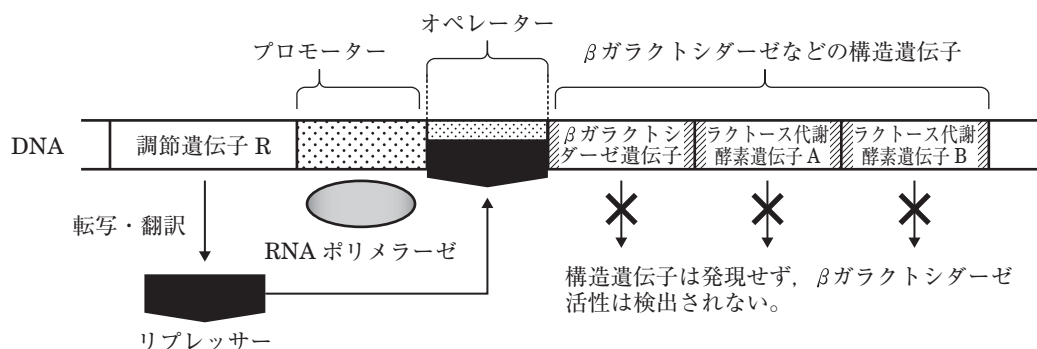
大腸菌などの原核生物の転写は、DNA の配列上のプロモーターと呼ばれる特定の塩基配列の部分に RNA ポリメラーゼ が結合することによって始まる。プロモーター周辺には、転写調節領域と呼ばれる部分があり、そこに調節タンパク質（転写調節因子）が結合したり、外れたりすることで遺伝子の発現が調節される。このような調節を受ける、酵素などのタンパク質をコードする\*遺伝子を構造遺伝子と呼び、遺伝子の発現を調節する調節タンパク質をコードする遺伝子を調節遺伝子という。

大腸菌は、培地中にグルコースが存在するとグルコースを栄養分として生育する。しかし、グルコースが存在しない培地中でもラクトースが存在すれば、大腸菌は、 $\beta$  ガラクトシダーゼなどラクトースの代謝に関わる 3 種類の酵素を合成するようになり、ラクトースのみでもラクトースを栄養分として生育できるようになる。これら 3 種類の酵素をコードする遺伝子群は、DNA 上で隣接して存在しており、これを ラクトースオペロ  
(B)  
ン という。

ラクトースオペロンのオペレーターに結合する調節タンパク質は、別の場所にある調節遺伝子から常につくられており、この調節タンパク質をラクトースオペロンのリプレッサーという。図 1 (a) に示すとおり、ラクトースが存在せずグルコースが存在する場合は、リプレッサーがオペレーターに結合するため、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できずに転写が起こらない。しかし、図 1 (b) に示すとおり、栄養分がラクトースだけの場合は、ラクトースに由来する物質がリプレッサーに結合し、リプレッサーは DNA に結合できなくなる。その結果、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合し、転写が始まって、 $\beta$  ガラクトシダーゼなどの構造遺伝子、すなわちラクトースオペロンの発現が誘導される。一方、グルコースとラクトースの両方が存在する場合は、ラクトースオペロンの転写を促進する働きをもつ調節タンパク質が合成されず、RNA ポリメラーゼのプロモーターへの結合は起こらない。

\*特定のタンパク質を合成するための遺伝情報をもつことを「コードする」と呼ぶ。

(a) ラクトースが存在せず、グルコースが存在する場合



(b) グルコースが存在せず、ラクトースが存在する場合

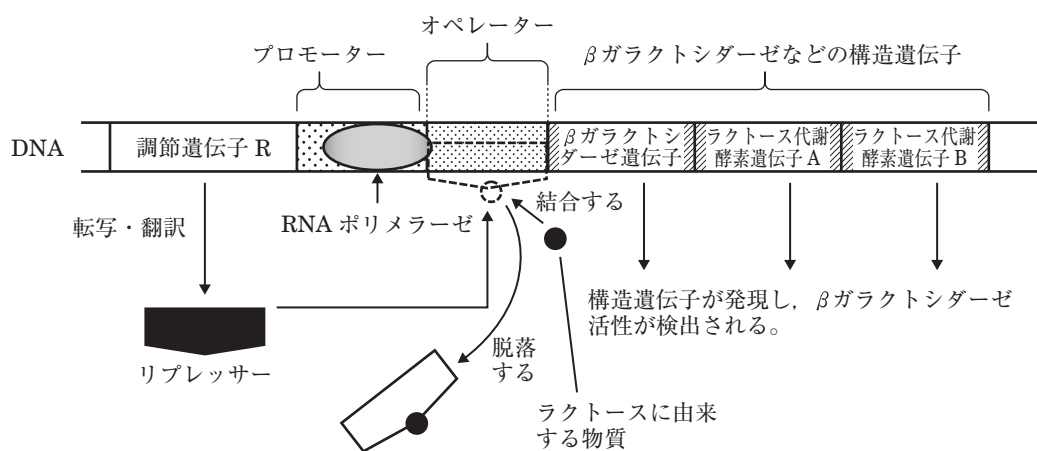


図1 ラクトースオペロンの調節のしくみ

問1 下線部（A）に関して，大腸菌において当てはまるものはどれか。正しい記述をすべて含む組みあわせを1つ選べ。

36

- ア．デオキシリボースを含むヌクレオチドを連結する反応を触媒する。
- イ．プロモーターとの結合に基本転写因子を必要としない。
- ウ．転写の開始にプライマーを必要としない。
- エ．核の内部ではたらく。

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                      a アとイとウ                      b アとイとエ
- c アとウとエ                      d イとウとエ                      e アとイとウとエ

問2 下線部（B）のような原核生物の転写調節のしくみを，最初に提唱した人物として正しい選択肢はどれか。1つ選べ。

37

37 に対する解答群

- ① ワトソンとクリック                      ② ウィルキンス
- ③ コーンバーグ                      ④ ジャコブとモノー
- ⑤ ニーレンバーグとコラナ                      ⑥ サンガー



問3 次の文章を読み、以下のa～cの各問いに答えよ。

ラクトースオペロンの調節のしくみを調べるために、大腸菌の野生株と変異株A、B、およびCを用いて実験1と2を行った。変異株A、B、およびCは、野生株の $\beta$ ガラクトシダーゼなどの構造遺伝子（図2のDNA領域X）、ラクトースオペロンのプロモーター（図2のDNA領域Y）やオペレーター（図2のDNA領域Z）、およびリプレッサーをコードする遺伝子（図2の調節遺伝子R）のDNA領域のどこか1か所に突然変異が生じたものである。

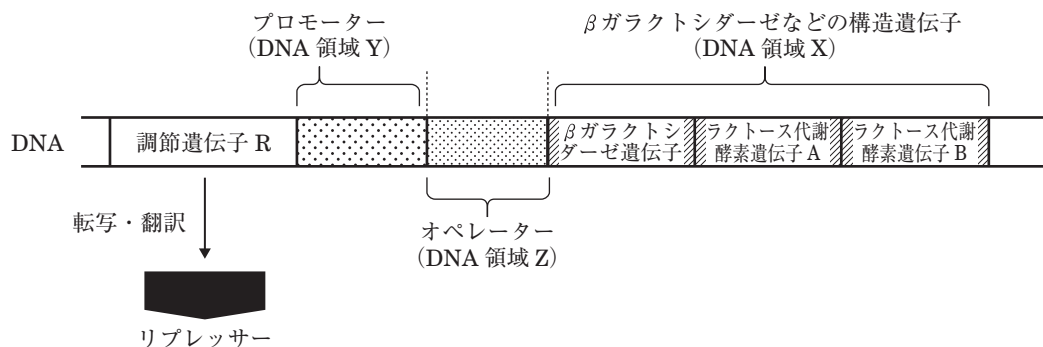


図2 野生株におけるラクトースオペロンの調節に関わる部位

## 実験 1

表 1 に示す 3 種類の寒天培地（培地ア～ウ）を作製した。大腸菌の野生株と変異株 A, B, および C をこれらの培地でそれぞれ培養した後，菌体を破碎して抽出液を得た。得られた抽出液中の  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性を測定したところ，表 2 の結果が得られた。

表 1 寒天培地の名称と添加した物質

|       | 培地ア | 培地イ | 培地ウ |
|-------|-----|-----|-----|
| グルコース | －   | ＋   | ＋   |
| ラクトース | ＋   | ＋   | －   |

＋はそれぞれの物質を添加したことを，－は添加しなかったことを表す。

表 2 各培地で培養した各変異株中の  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性

|       | 培地ア | 培地イ | 培地ウ |
|-------|-----|-----|-----|
| 変異株 A | ＋   | －   | ＋   |
| 変異株 B | ＋   | －   | ＋   |
| 変異株 C | －   | －   | －   |

＋は  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性が検出されたことを，－は検出されなかったことを表す。

## 実験 2

変異株 A と変異株 B の変異の原因となる突然変異の部位を明らかにするために、野生株由来の正常な  $\beta$  ガラクトシダーゼをコードする遺伝子（図 2 の  $\beta$  ガラクトシダーゼ遺伝子）、ラクトースオペロンのプロモーター（図 2 の DNA 領域 Y）やオペレーター（図 2 の DNA 領域 Z）、およびリプレッサーをコードする遺伝子（図 2 の調節遺伝子 R）の DNA 領域から、異なる領域の DNA 断片をそれぞれ切り出し、それらの DNA 断片を挿入した組換えプラスミドを作製した。そのなかから、ある特定の DNA 領域を含む組換えプラスミド（pDNA とする）を変異株 A と変異株 B にそれぞれ導入し、実験 1 で作製した培地アと培地ウで培養した。それぞれの菌体を破碎して得られた抽出液中の  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性を測定したところ、表 3 のようになった。ただし、pDNA に挿入した DNA 断片は培地アおよびウで培養した変異株の細胞内で常に転写される。

表 3 pDNA を導入した変異株 A および B 中の  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性

|                 | 培地ア | 培地ウ |
|-----------------|-----|-----|
| pDNA を導入した変異株 A | +   | -   |
| pDNA を導入した変異株 B | +   | +   |

+ は  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性が検出されたことを，  
- は検出されなかったことを表す。

a. 実験 1 の野生株において、最も高い  $\beta$  ガラクトシダーゼ活性を示したのは、どの培地で培養したときか。1 つ選べ。 38

38 に対する解答群

- ① 培地ア                      ② 培地イ                      ③ 培地ウ

- b. 実験1と実験2の結果より、変異株A、変異株B、および変異株Cを生じさせた突然変異として、考えられるものはどれか。変異株Aと変異株Bについてはそれぞれ1つずつ選べ。変異株Cについては2つ選べ。ただし、変異株Cについては解答の順序を問わない。

|       |    |
|-------|----|
| 変異株 A | 39 |
| 変異株 B | 40 |
| 変異株 C | 41 |
|       | 42 |

39 ~ 42 に対する解答群

- ① 突然変異はプロモーターに生じ、その結果、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できなくなった。
- ② 突然変異はオペレーターに生じ、その結果、リプレッサーがオペレーターに結合できなくなった。
- ③ 突然変異はリプレッサーをコードする調節遺伝子に生じ、その結果、リプレッサーが合成できなくなった。
- ④ 突然変異は $\beta$ ガラクトシダーゼをコードする構造遺伝子に生じ、その結果、 $\beta$ ガラクトシダーゼが合成できなくなった。

- c. 実験1と実験2の結果より、組換えプラスミド (pDNA) が含むある特定のDNA領域として考えられるものはどれか。1つ選べ。 43

43 に対する解答群

- ① プロモーター
- ② オペレーター
- ③ リプレッサーをコードする遺伝子
- ④  $\beta$ ガラクトシダーゼをコードする遺伝子