

＊ ICU に入学を希望する受験生の学習のために公開している資料です。

ICU 公式の試験問題用紙ではありません。

(This is NOT the official Exam.)

No.000001

受験番号					
------	--	--	--	--	--

学習能力考査

自 然 科 学

資料及び問題

指示

係りの指示があるまでは絶対に中を開けないこと

0. (1997 年度以前は 4 分野に分かれておらず、自然科学全般を問う試験でした)
1. この考査は、高校で学習したことと、与えられている資料を読んで、あなたがその内容をどの程度理解し、分析し、また総合的に判断することができたかを調べるためのものです。
2. この冊子には、数学、物理、化学、生物の 4 分野の問題が含まれています。その中から 2 分野だけを選んで解答してください。3 分野以上選んで解答すると無効になります。
3. いずれの分野も資料と 13 の問題から成っています(数学:問題 1-13, 物理:問題 21-33, 化学:問題 41-53, 生物:問題 61-73)。分野によっては、資料と問題が混在している場合があります。
4. 考査時間は、「考査はじめ」の合図があってから正味 70 分です。
5. 解答のしかたは、問題の前に指示してあります。答えが指示どおりでないと、たとえそれが正解でも無効になりますから、解答のしかたをよく理解してから始めてください。
6. 選んだ分野と答えはすべて、解答用カードの定められたところに、指示どおり鉛筆を用いて書き入れてください。一度書いた答えを訂正するには、消しゴムできれいに消してから、あらためて正しい答えを書いてください。
7. もしなにか書く必要のあるときには、必ずこの冊子の余白を用い、解答用カードには絶対に書きいれないでください。この冊子以外の紙の使用は許されません。
8. 「考査やめ」の合図があったらただちにやめて、この冊子と解答用カードとを係りが集め終わるまで待ってください。集める前に退場したり用紙をもちだすことは、絶対に許されません。
9. 指示について質問があるときは、係りに聞いてください。ただし資料と問題の内容に関する質問はいっさい受けません。

「受験番号」を解答用カードの定められたところに忘れずに書き入れること

数 学

問題(1-13)には、それぞれ a, b, c, d の4つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, dの中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答用カードの相当欄にあたる a, b, c, dのいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$

I

次の6個の分数式

$$f_1(x) = x, \quad f_2(x) = 1 - x, \quad f_3(x) = \frac{1}{x}, \quad f_4(x) = \frac{x-1}{x}, \quad f_5(x) = \frac{x}{x-1}, \quad f_6(x) = \frac{1}{1-x}$$

について考えてみよう。

分数式 $g(x)$ の x に分数式 $h(x)$ を代入した $g(h(x))$ を $(g \circ h)(x)$ と表す。

$$(g \circ h)(x) = g(h(x))$$

このようにしてできた新しい分数式 $(g \circ h)(x)$ を $h(x)$ と $g(x)$ の合成、あるいは h と g の合成という。例えば、

$$\begin{aligned} (f_2 \circ f_3)(x) &= f_2(f_3(x)) = 1 - f_3(x) = 1 - \frac{1}{x} = \frac{x-1}{x} = f_4(x), \\ (f_3 \circ f_2)(x) &= f_3(f_2(x)) = \frac{1}{f_2(x)} = \frac{1}{1-x} = f_6(x) \end{aligned}$$

である。従って、合成の順番を変えると得られる分数式が等しくなるとは限らない。

特に同じ分数式 $g(x)$ 自身の何回かの合成を

$$\begin{aligned} (g \circ g)(x) &= g(g(x)) \\ (g \circ g \circ g)(x) &= g(g(g(x))) \\ (g \circ g \circ g \circ g)(x) &= g(g(g(g(x)))) \end{aligned}$$

などとする。例えば、 $g(x)$ を $f_3(x)$ とすると、

$$\begin{aligned} (f_3 \circ f_3 \circ f_3)(x) &= f_3(f_3(f_3(x))) \\ &= \frac{1}{f_3(f_3(x))} = \frac{1}{\frac{1}{f_3(x)}} = f_3(x) = \frac{1}{x} \end{aligned}$$

となる. $f_1(x)$ は何回合成しても $f_1(x)$ 自身である.

また, $f_1(x), f_2(x), \dots, f_6(x)$ はそれ自身との合成も含めどの2つを合成しても, 必ず6個の分数式のうちのどれかになっている. このような場合, 分数式の集まり, すなわち集合 $\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_6(x)\}$ は合成に関して 閉じている, と表現する.

1. $g(x)$ を $f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)$ のいずれかとするとき, $(g \circ g)(x) = f_1(x)$ と ならないもの は次のどれか.

- a. $f_2(x)$
- b. $f_3(x)$
- c. $f_4(x)$
- d. $f_5(x)$

2. $g(x)$ を $f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)$ のいずれかとするとき, $(f_6 \circ g)(x) = f_1(x)$ となる $g(x)$ は次のどれか.

- a. $f_2(x)$
- b. $f_3(x)$
- c. $f_4(x)$
- d. $f_5(x)$

3. 次の分数式の集まりのうち, 合成に関して閉じているものはどれか.

- a. $\{f_1(x), f_2(x), f_4(x)\}$
- b. $\{f_1(x), f_3(x), f_4(x)\}$
- c. $\{f_1(x), f_3(x), f_5(x)\}$
- d. $\{f_1(x), f_4(x), f_6(x)\}$

4. 次の関係式のうち, $g(x)$ が $f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x), f_6(x)$ のどれであっても成り立つものはどれか.

a. $(g \circ g \circ g \circ g)(x) = f_1(x)$

b. $(g \circ g \circ g \circ g \circ g)(x) = f_1(x)$

c. $(g \circ g \circ g \circ g \circ g \circ g)(x) = f_1(x)$

d. $(g \circ g \circ g \circ g \circ g \circ g \circ g)(x) = f_1(x)$

II

座標平面上の単位円周を6等分する点を $P_1, P_2, P_3, \dots, P_6$ とし, 点 P_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) の座標を (x_i, y_i) とする. また, x 軸の正方向と線分 OP_1 のなす角を θ とする.

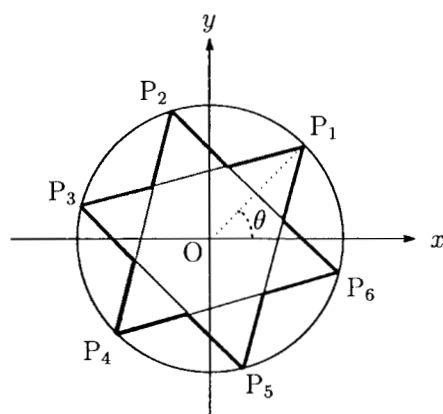


図 1

5. 点 P_2 の座標は次のどれか.

- a. $\left(\frac{1}{2} \cos \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta, \frac{1}{2} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta \right)$
- b. $\left(\frac{1}{2} \cos \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta, \frac{1}{2} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta \right)$
- c. $\left(\frac{1}{2} \cos \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta, -\frac{1}{2} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta \right)$
- d. $\left(-\frac{1}{2} \cos \theta + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta, -\frac{1}{2} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta \right)$

6. $x_1 + x_3 + x_5$ は次のどれか.

- a. 0
- b. $\cos \theta$
- c. $\sqrt{3} \sin \theta$
- d. $-\sqrt{3} \sin \theta$

7. $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2$ は次のどれか.

- a. 3
- b. $2\sqrt{3}$
- c. $3\sqrt{3}$
- d. 6

8. $\triangle P_1P_3P_5$ と $\triangle P_2P_4P_6$ をあわせた太線で囲まれた図形の面積は次のどれか.

- a. $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- b. $\sqrt{3}$
- c. $\frac{3\sqrt{3}}{2}$
- d. $2\sqrt{3}$

III

2 次関数 $y = ax^2 + bx + c$ ($a \neq 0$) のグラフは放物線とよばれる曲線を描く．ここでは放物線について、いくつかの性質をみていこう．

座標平面上の 1 点から等距離にある点の軌跡は円を描き、2 点から等距離にある点の軌跡は直線になる．一方、放物線は 1 点 P と P を通らない直線 ℓ から等距離にある点の軌跡として特徴づけられる．この点 P を放物線の焦点とよび、直線 ℓ を準線とよぶ．例えば、関数

$$y = ax^2 \quad (a \neq 0)$$

の場合、そのグラフ上の点 (x, y) は

$$x^2 + \left(y - \frac{1}{4a}\right)^2 = \left(y + \frac{1}{4a}\right)^2$$

をみたすから、 $y = ax^2$ のグラフの焦点は $\left(0, \frac{1}{4a}\right)$ で準線は $y = -\frac{1}{4a}$ となる (図 2)．

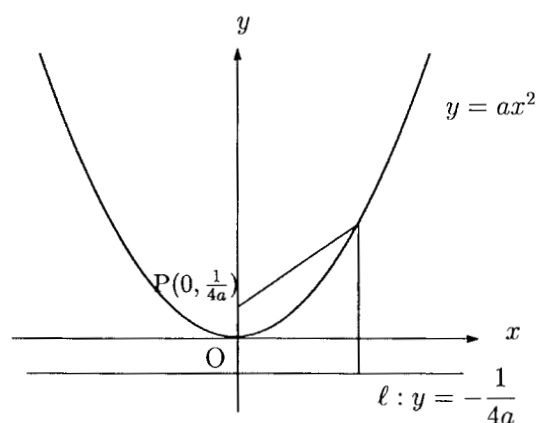


図 2 $a > 0$ の場合

9. 関数 $y = 2x^2 - 4x + 5$ のグラフの焦点 P の座標と準線 ℓ の方程式は次のどれか.

- a. $\left(-1, \frac{25}{8}\right), y = -\frac{25}{8}$
- b. $\left(1, \frac{25}{8}\right), y = -\frac{25}{8}$
- c. $\left(-1, \frac{25}{8}\right), y = \frac{23}{8}$
- d. $\left(1, \frac{25}{8}\right), y = \frac{23}{8}$

放物線上の点 Q における接線に直交し、点 Q を通る直線をその放物線上の点 Q における法線という.

10. 放物線 $y = ax^2 + b$ ($a > 0$) 上の点 $Q(p, q)$ ($p \neq 0$) における法線が y 軸と交わる点を R, 点 Q から y 軸に垂直におろした垂線の y 軸との交点を S とすると, 線分 RS の長さは点 Q によらない一定の値になる (図 3). この値は次のどれか.

- a. $2a$
- b. $4a$
- c. $\frac{1}{2a}$
- d. $\frac{1}{4a}$

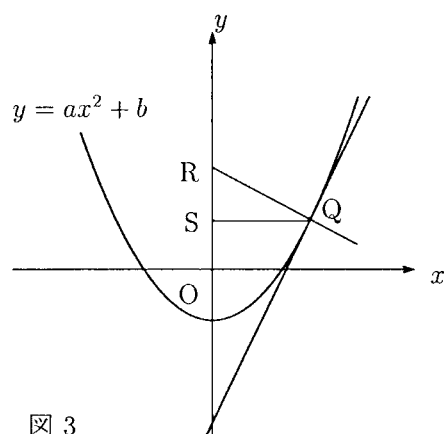


図 3

座標平面上の原点 O を焦点, x 軸に平行な直線 $y = -2q$ ($q \neq 0$) を準線とする放物線は

$$x^2 = 4q(y + q)$$

で与えられる. $y = \frac{x^2}{4q} - q$ とも表される. 2つの放物線

$$x^2 = 4q_1(y + q_1) \quad (q_1 > 0), \quad x^2 = 4q_2(y + q_2) \quad (q_2 < 0)$$

は2つの交点をもつ(図4).

逆に, x 座標が正の点 (x, y) を考えると, そのような点は q_1, q_2 を選ぶことによって, 上の形の2つの放物線の交点として一意的に表される.

そこで, 組 (q_1, q_2) を点 (x, y) ($x > 0$) の放物線座標とよぶことにする. 例えば点 $(2\sqrt{2}, 1)$ は2つの放物線

$$x^2 = 4(y + 1), \quad x^2 = -8(y - 2) = 4 \cdot (-2)(y + (-2))$$

の交点であるから, その放物線座標は $(1, -2)$ である.

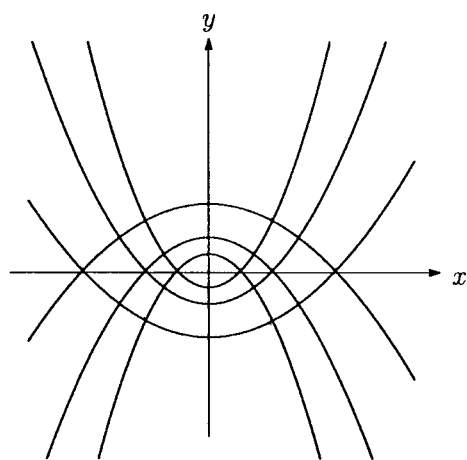


図 4

11. 点 $A(a, b)$ ($a > 0$) の放物線座標を (q_1, q_2) とするとき, (a, b) は次のどれか.
- $(2\sqrt{q_1 q_2}, q_1 + q_2)$
 - $(2\sqrt{-q_1 q_2}, q_1 + q_2)$
 - $(2\sqrt{q_1 q_2}, -(q_1 + q_2))$
 - $(2\sqrt{-q_1 q_2}, -(q_1 + q_2))$
12. 半円 $x^2 + y^2 = 1$ ($x > 0$) 上の点 (x, y) の放物線座標 (q_1, q_2) がみたす関係式は次のどれか.
- $q_1 + q_2 = 1$
 - $q_1 - q_2 = 1$
 - $q_1^2 + q_2^2 = 1$
 - $q_1^2 - q_2^2 = 1$
13. 2つの放物線 $x^2 = 4q_1(y + q_1)$ ($q_1 > 0$), $x^2 = 4q_2(y + q_2)$ ($q_2 < 0$) の交点のうち x 座標が正のものを A とし, 点 A におけるそれぞれの接線が y 軸と交わる点を B , C とする. 3点 A, B, C の関係で q_1, q_2 の値によらず成立するものは次のどれか.
- A, B, C は原点を中心とする半径 $q_1 - q_2$ の円上にある.
 - A, B, C は点 $\left(0, \frac{q_1 + q_2}{2}\right)$ を中心とする半径 $q_1 - q_2$ の円上にある.
 - A, B, C は原点を焦点, y 軸に平行な直線 $x = q_1 - q_2$ を準線とする放物線上にある.
 - A, B, C は点 $\left(0, \frac{q_1 + q_2}{2}\right)$ を焦点, y 軸に平行な直線 $x = q_1 - q_2$ を準線とする放物線上にある.

(このページは空白です)

(このページは空白です)

物 理

問題(21-33)には、それぞれ a, b, c, d の4つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, dの中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答用カードの相当欄にあたる a, b, c, dのいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 (34) ☐ a ☐ b ☒ c ☐ d

I

一般に物理学において、ある物体の位置を決めるということは、座標の原点に対して相対的な位置を求めることである。たとえば、ある物体が x 軸上の点 $x = +5$ [m] に位置するということは、この物体が x 軸上で原点に対して正方向に "5" 移動した位置に存在することを示す。また、位置 x_1 [m] から位置 x_2 [m] への変化分を変位とよび、通常 $\Delta x = x_2 - x_1$ [m] と表す。変位は、元の位置と現在の位置のみによって定義され、実際に物体がどれだけの距離を移動したかは考慮しない。

時刻 t における物体の位置 x を示すグラフを x - t グラフという。このグラフは、単に物体の位置を表すだけではなく、この物体がどの程度速く動くかに関する情報も含んでいる。実際には、ある時間間隔 Δt [s] で、物体の位置 x [m] を有限回測定することが多い。例として、 x - t グラフ上で $t_1 = 1$ [s] のとき $x_1 = -4$ [m] にいる物体が、 $t_2 = 4$ [s] になると $x_2 = 2$ [m] に移動している運動を考える。ここで、この2点 $(t_1, x_1) = (1, -4)$, $(t_2, x_2) = (4, 2)$ を結んだ直線の傾き

$$v_{ave} = \Delta x / \Delta t = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1) = 2 \text{ [m/s]}$$

を、"平均速度" と定義する。この "平均速度" は、日常生活に用いられる "速度" である場合が多いものの、物理学では、"平均速度" は必ずしも "速度" にはならない。

これは、上の二つの測定点の間にもう一つ別の測定点を取ったときに、その測定点が必ずしも2点 $(1, -4), (4, 2)$ を結んだ直線上にあるとは限らないからである。このため物理学では、平均速度を算出する二つの測定点の時間間隔をできるだけ小さくとした場合の瞬間速度を速度と定義する。すなわち、 Δt が徐々に小さくなると、平均速度はある値に近づく。この値を速度 v [m/s] と定義するということである。

速度の定義と同様に、ある時間間隔 Δt [s] における速度の変化分 Δv [m/s] を考えると、平均加速度 a_{ave} は

$$a_{ave} = \Delta v / \Delta t$$

のように定義できる。平均加速度を算出する二つの測定点の時間間隔をできるだけ小さくとした場合を、時刻 t における加速度 a [m/s²] と定義する。

21. 変位、速度、加速度に関する以下の記述のうち、不適當なものはどれか。

- a. 変位はベクトル量である。
- b. 平均速度の正負は、常に変位と同符号を持つ。
- c. 平均加速度の正負は、変位の正負とは必ずしも一致しない。
- d. 上述の運動で、 $(t, x) = (3, 0)$ を通れば、平均速度は常に速度に等しい。

22. 以下の条件のうちどれが成り立つとき、変位が

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

と表されるか。ただし v_0 は初速度とし、 a は0でないものとする。

- a. 速度が一定であること。
- b. 速度が正であること。
- c. 加速度が一定であること。
- d. 加速度が正であること。

つぎに、一階に停止しているエレベータが、時間経過とともに上昇し続け、24[m]上の階で停止する運動を考える。図1に、この運動に対する $x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフ、 $a-t$ グラフを示す。

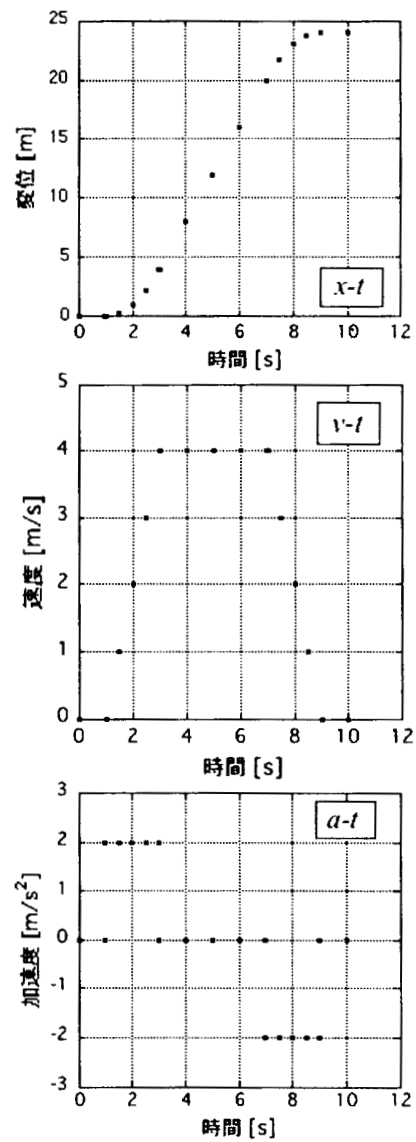


図 1

23. $x-t$ グラフに関して、以下の記述のうち不適当なものはどれか。
- a. $t=2$ [s] から 8 [s] までは、変位が一定の割合で増加する。
 - b. $t=0$ [s] から 1 [s] までと $t=9$ [s] から 10 [s] まではエレベータは静止している。
 - c. 変位を表す直線部分の傾きは、エレベータのこの区間の平均速度に等しい。
 - d. $t=3.5$ [s] のときに、エレベータが $x=6$ [m] にいるとは限らない。
24. $v-t$ グラフに関して、以下の記述のうち不適当なものはどれか。
- a. $t=1$ [s] から 3 [s] までの傾きは、平均加速度が $2 \text{ [m/s}^2\text{]}$ であることを表す。
 - b. 仮に $t=6$ [s] で減速が始まり、 $t=9$ [s] で 24 [m] に到達するとすると、この減速区間のグラフの傾きが必ずしも一定ではなくなる。
 - c. $t=1$ [s] から 9 [s] までのグラフおよび横軸で囲まれた部分の面積は変位を表す。
 - d. 仮に $t=8$ [s] で減速が始まるとすると、 $t=1$ [s] から 9 [s] までのグラフと横軸で囲まれた部分の面積は元の面積に比べ減少する。
25. $a-t$ グラフに関して、以下の記述のうち不適当なものはどれか。
- a. $t=1$ [s] から 3 [s] までは、エレベータ内部の人は床に押しつけられるように感じる。
 - b. 仮に $t=7.5$ [s] で減速が始まるとすると、急激な変化に伴い加速度は一定でなくなる。
 - c. $t=7$ [s] から 9 [s] までは、平均加速度が負であり、エレベータが減速したことを示している。
 - d. 仮に $t=6$ [s] で減速が始まり $t=9$ [s] で 24 [m] に到達するとしても、 $a-t$ グラフのマイナス部分のくぼみの面積に変化はない。

II

バネに力を加えて縮めると、元の長さに戻ろうとする弾性力が働く。力を加えないときのバネの長さ（自然長）と、力を加え縮んだときのバネの長さの差が小さい場合、弾性力はこの差に比例する。この比例関係をフックの法則といい、このときの比例定数をバネ定数 (k) とよぶ。バネにつながった物体が単振動する場合、その周期 T [s] は、物体の質量を m [kg] とすると、 $2\pi\sqrt{m/k}$ で与えられることが知られている。単振動では、任意の時刻 t における物体の変位 x は、三角関数の正弦関数 (sin 関数) あるいは余弦関数 (cos 関数) のグラフの形をしていることから、正弦波あるいは余弦波とよばれ、角度をラジアンで表す弧度法を用いると、

$$x = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad (A > 0)$$

あるいは

$$x = A \cos(2\pi f t + \theta) \quad (A > 0)$$

の形で表される。ここで A は振幅、 f は振動数、 θ は初期位相 (波がどこから始まるか) を表している。図 2 にその概形を示す。

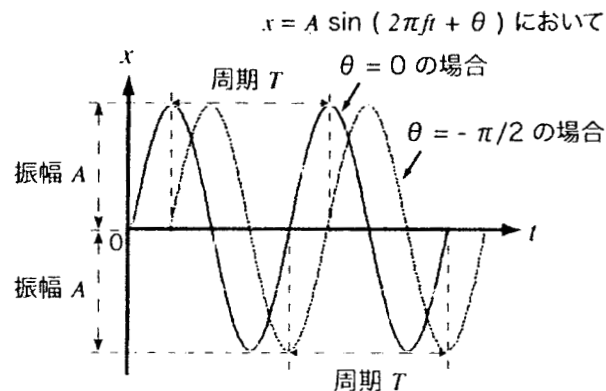


図 2

ここでは単振動の例として、図3に示すように、バネ定数 k を持つバネの一端を壁に固定し、他端に質量 m の物体をつける。この物体の底にはペンが付けられており、物体はこのペン先のみで記録紙と接し、記録紙上をなめらかに運動できるものとする。

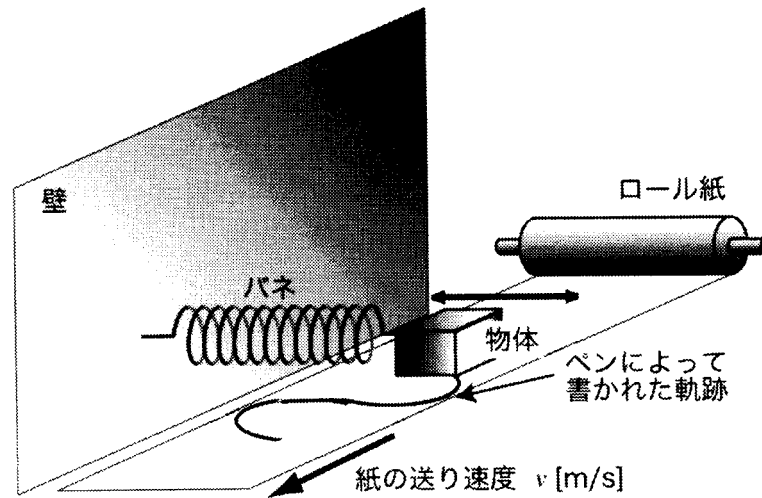


図3

26. 変位 x が $x = A \cos(2\pi ft + \theta)$ という式で表される場合、この式の中の初期位相 θ について、以下の記述のうちで不適当なものはどれか。
- a. バネが縮んだ状態から自然長になった時点を $t=0$ とした場合、 $\theta = 3\pi/2$ となる。
 - b. バネが伸びた状態から縮もうとする時点を $t=0$ とした場合、 $\theta = 2\pi$ となる。
 - c. バネが縮んだ状態から伸びようとする時点を $t=0$ とした場合、 $\theta = \pi$ となる。
 - d. バネが伸びた状態から自然長になった時点を $t=0$ とした場合、 $\theta = -\pi/2$ となる。

つぎに、記録紙を紙面に対して手前方向にある一定の速度 v [m/s] で動かす場合、物体の底に付けられているペンが描く図形について考える。

27. 描かれた波形の波長を λ [m] とするとき、この波形の周期は以下のうちどれか。

- a. $\lambda/(2v)$
- b. λ/v
- c. $(2\lambda)/v$
- d. v/λ

28. 仮に記録紙の送り速度を $2v$ [m/s] に変えたとなると、描かれる波形の周期はどのようなになるか。

- a. $1/2$ 倍になる。
- b. $1/\sqrt{2}$ 倍になる。
- c. 変わらない。
- d. $\sqrt{2}$ 倍になる。

29. 使用するバネのバネ定数を k から $2k$ に変えると、描かれる波形の周期はどのようなになるか。

- a. $1/2$ 倍になる。
- b. $1/\sqrt{2}$ 倍になる。
- c. 変わらない。
- d. $\sqrt{2}$ 倍になる。

ここまで説明してきたように、単振動では一定の振幅でいつまでも運動は続くことになるが、実際には摩擦や抵抗によって力学的エネルギーが熱に変わるために、振幅は時間とともに減衰していく。このように、外力によってエネルギーが供給されないときに、物体の速度に比例した抵抗がはたらき振幅が減衰していく運動を、減衰振動とよぶ。

30. 減衰振動に関する記述のうち、以下のうち不適当なものはどれか。

- a. 物体の速度に比例した抵抗を大きくすると、バネが伸びた位置から、自然長になった時点で物体が静止するように調整できる。
- b. ブランコを足でこぐ行為は、物体の速度に比例した抵抗に打ち勝ち、振動を続けるための外力を加えることと考えられる。
- c. 物体の速度に比例した抵抗を大きくしても、減衰振動の周期はこの抵抗がない場合の運動の周期と変わらない。
- d. 減衰振動は、空から雨粒が落ちてくる運動と物理的に共通する部分がある。

III

通常、半導体などの固体の電気抵抗を測るとき、二本の金属の探針（プローブ）を固体上に立て、この探針に電圧を加え、流れた電流を測定し、オームの法則から二本の探針間の抵抗を求めることが多い。この方法を二探針法とよぶ。二探針法では図4に示すように、探針と固体の間に "接触抵抗" とよばれる抵抗が存在し、この部分の抵抗を含めて測定を行うため、固体の純粋な抵抗値が求められないことがある。このような場合には、図5に示した四探針法とよばれる測定方法を用いる。四探針法では、中央の二本の探針と固体の間に接触抵抗が存在しても、この探針を流れる電流が小さいため、二探針法に比べ正確な測定ができる。その原理を考えてみる。

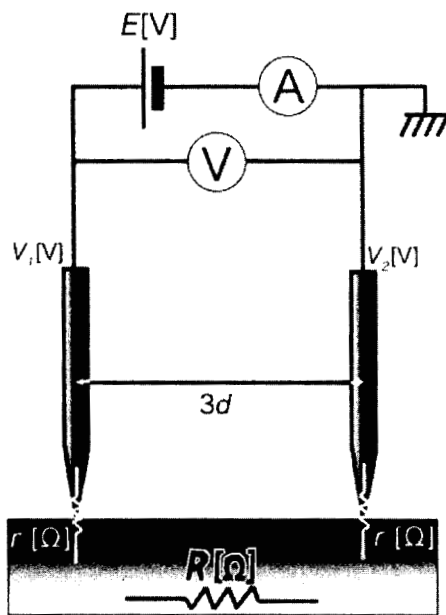


図4

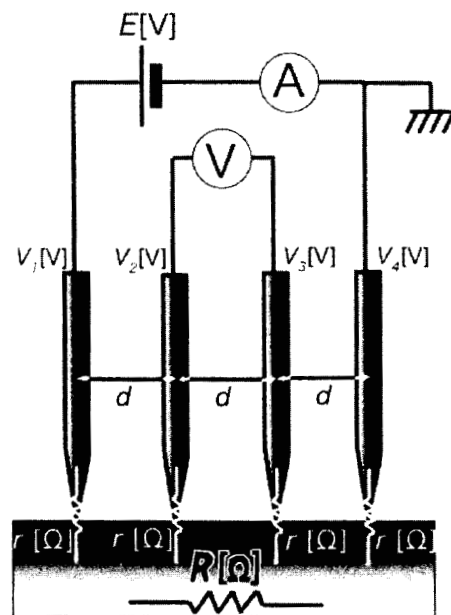


図5

ここでは、直流電源の電圧を E [V]、一直線に並べた四本の探針の間隔をそれぞれ d [m]、長さ $3d$ の固体の抵抗を R [Ω]、探針と固体の間の接触抵抗をそれぞれ r [Ω] とする。ただし、電流計の内部抵抗は無視でき、電圧計の内部抵抗は十分大きいものとし、電源のマイナス側の電位を 0 [V] とする。 V 、 I はそれぞれ図 5 に示した電圧計の読み値と電流計の読み値を表すものとするとき、以下の問いに答えよ。

31. 四探針法を用いて固体の抵抗を測定する場合、電圧計には全く電流が流れないものとするとき、両端にある二本の探針に流れる電流として適当なものはどれか。

- a. $E / (\frac{R}{2} + 2r)$
- b. $E / (\frac{R}{3} + 2r)$
- c. $E / (\frac{2R}{3} + 2r)$
- d. $E / (R + 2r)$

32. 図 5 の電圧計に流れる電流を i [A] とするとき、以下の関係式で適当なものはどれか。

- a. $V_2 = I \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right) + i \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right)$
- b. $V_2 = I \cdot \left(\frac{2R}{3} + r \right) + i \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right)$
- c. $V_2 = I \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right)$
- d. $V_2 = I \cdot \left(\frac{2R}{3} + r \right) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + r \right)$

33. 四探針法を用いて固体の抵抗を測定する場合，図5の電圧計の指示値として適当なものはどれか．

a. $\left(\frac{IR}{3}\right) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + 2r\right)$

b. $\left(\frac{2IR}{3}\right) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + 2r\right)$

c. $(IR) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + 2r\right)$

d. $(3IR) - i \cdot \left(\frac{R}{3} + 2r\right)$

ここまでの説明で，四探針法を用いる場合，電圧計に流れ込む電流が回路全体に流れる電流に比べて著しく小さいことにより，固体と探針の間に存在する接触抵抗の影響をほとんど受けずに固体の抵抗が測定できることがわかる．

化 学

問題(41—53)には、それぞれ a, b, c, d の 4 つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, d の中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答用カードの相当欄にあたる a, b, c, d のいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 (54) C a D C b D ☒ C c D C d D

化学における物質の研究は純粋な物質を得ることから始まる。ろ過や蒸留のような単純な方法によってすぐに分離ができるとは限らない。物質の物理的・化学的性質の違いを組み合わせ、目的の物質だけを分離して取り出し、その性質を調べることになる。

I

気体の混合物を成分に分離するには、混合物を低温にして沸点の違いを利用して分離する方法が多く用いられ、空気からの酸素、窒素、アルゴンの分離が工業的に行われている。また沸点の差は小さいが、化学的性質が大きく異なるときには、特定の成分だけを反応させて沸点の大きく異なる物質に変換する方法もある。

41. アルゴン（沸点 -186°C ）と一酸化炭素（沸点 -161°C ）の平均分子量 31 の混合気体がある。これを熱した酸化銅（ CuO ）の上を通して十分酸化して得られる気体の平均分子量にもっとも近いものは次のどれか。原子量は C : 12, O : 16, Ar : 40 を用いよ。

- a. 33
- b. 39
- c. 41
- d. 43

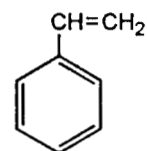
液体の混合物を成分に分離するには、蒸留を利用することが多い。しかし、液体は沸点より低い温度でも少しずつ蒸発するため、蒸留のみで成分を純度よく分離するためには、使用する器具を工夫したり蒸留を繰返したりする必要がある。とくに沸点の近い成分同士を分離するのは難しい。

42. 沸点 65 °C のメタノールと沸点 69 °C のヘキサンを蒸留だけによって純度よく分離することは容易ではない。そこで一方の成分を反応させて他方だけを得ることを計画した。以下の方法のうちメタノールとヘキサンの混合液体からどちらか一方を純粋に得る方法として適当なものはどれか。

- a. 混合物に臭素水を十分加え反応が終ったのち蒸留する。
- b. 混合物に金属ナトリウムを徐々に十分加えて反応が終ったのち蒸留する。
- c. 混合物にフェノールと濃硫酸を加えて十分に反応させたのち蒸留する。
- d. 混合物に白金を触媒として水素を十分反応させたのち蒸留する。

溶液中の成分を分離する方法として、分離したい成分の溶解度が小さな溶媒を加えて沈殿させる方法がある。

43. ベンゼン中でスチレンを重合させてポリスチレンを合成し、メタノールを加えて沈殿させ分離した。ポリスチレンに関する記述として適当なものはどれか。



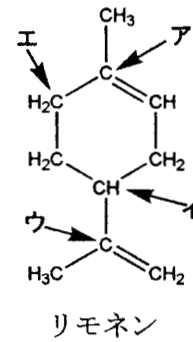
スチレン

- a. 空気中では燃えにくい。
- b. ベンゼン環同士の直接の化学結合がある。
- c. 水酸化ナトリウム水溶液に溶けやすい。
- d. 臭素水を脱色しない。

光学異性体は物理的性質も化学的性質もほとんど同じで、そのままでは容易には分離できない。

44. 発泡スチロールのリサイクルに利用されるリモネンには光学異性体があり、オレンジ油に含まれるのは *d* 体で、松葉などには *l* 体が含まれている。リモネンの光学異性の原因となる不斉炭素は、矢印で示されている炭素原子のうちどれか。

- a. ア
- b. イ
- c. ウ
- d. エ



II

同一の分子式 $C_4H_{10}O$ をもつ有機化合物のうち、AからDの4種類の化合物と *t*-ブチルアルコール（2-メチル-2-プロパノール、*tert*-ブチルアルコールとも書く）の合計5種類を蒸留によって分離した。下表はそれぞれの液体の沸点、水への溶解性および反応性の実験結果である。これに基づいて以下の問に答えよ。

化合物	沸点 (°C)	水への溶解度 (g/100 mL 水 20 °C)	ヨードホルム反応	硫酸酸性 $K_2Cr_2O_7$ 溶液による酸化反応
A	35	6.9	反応を示さない	酸化されない
<i>t</i> -ブチルアルコール	82	任意の割合で溶ける	反応を示さない	酸化されない
B	100	13	反応を示す	ケトンになる
C	108	11	反応を示さない	カルボン酸になる
D	117	8.3	反応を示さない	カルボン酸になる

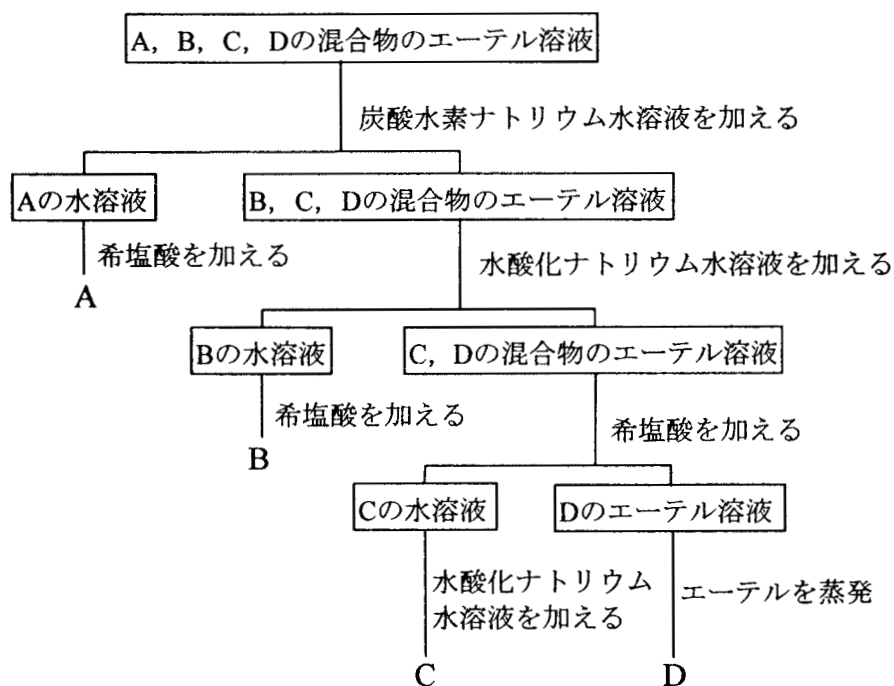
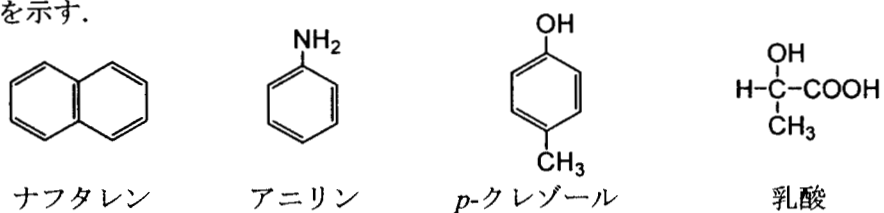
45. 上の5種類の有機化合物についての以下の記述のうち正しいものはどれか。
- 5種類の化合物はすべてアルコールである。
 - 5種類の化合物にはアルコールもアルデヒドも含まれている。
 - 5種類の化合物にはアルコールもエーテルも含まれている。
 - 5種類の化合物には環状化合物が1種類だけ含まれている。
46. 上の5種類の有機化合物に関する以下の記述のうち誤っているものはどれか。
- 金属ナトリウムを加えると水素ガスを発生する化合物が4種類存在する。
 - 化合物A以外は、無水酢酸と反応させるとエステルを生成する。
 - 不斉炭素原子を含む化合物が1種類存在する。
 - 第一級アルコールが3種類存在する。

47. 上の 5 種類の分子を比較して述べた以下の記述のうち誤っているものはどれか.

- a. ヒドロキシ基をもつ分子は沸点が高い.
- b. ヨードホルム反応を示さない分子はどれも炭素鎖が枝分かれしている.
- c. エーテル結合をもつ分子は水に対する溶解性が小さい.
- d. 一級アルコールは硫酸酸性 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液で酸化するとカルボン酸になる.

III

ナフタレン、アニリン、*p*-クレゾール、乳酸の4種類の有機化合物（A, B, C, D）を含むエーテル（ジエチルエーテル）溶液がある。この混合溶液から、それぞれの成分を分離して純粋な物質として取り出し、確認試験を行った。図に分離実験の流れを示す。



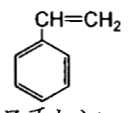
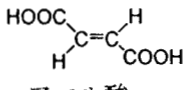
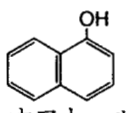
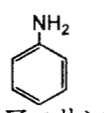
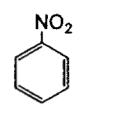
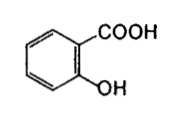
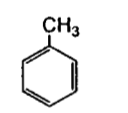
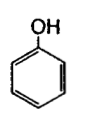
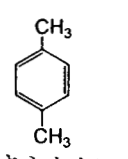
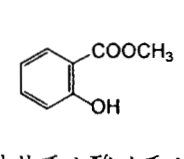
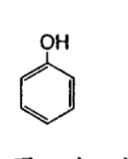
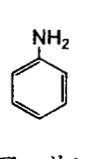
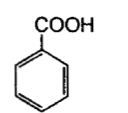
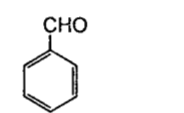
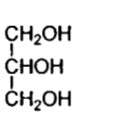
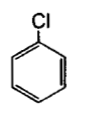
48. この分離実験に用いる主要な器具とこの分離に利用されている原理について、以下の記述にのうち最も正しいものはどれか。

- 主要な器具は枝付フラスコである。分離は4種類の物質の酸塩基反応生成物の揮発性の違いを利用している。
- 主要な器具はメスフラスコである。分離は4種類の物質のナトリウムイオンや塩化物イオンとの反応生成物の密度の違いを利用している。
- 主要な器具は分液ろうとである。分離は4種類の物質の酸塩基反応生成物の水への溶解度の違いを利用している。
- 主要な器具はビュレットである。分離は4種類の物質のナトリウムイオンや塩化物イオンとの反応生成物の分子量の違いを利用している。

49. 分離された化合物AからDについての定性反応について正しいものはどれか。

- Aにサラシ粉を加えると赤紫色に呈色する。
- Bに塩化鉄(III)の水溶液を加えると青色に呈色する。
- Cは無色の固体で昇華性がある。
- Dに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると気体が発生する。

50. 上に示した分離の手順を適用することによって同様に分離できる混合物の組み合わせとして正しいものはどれか。

- | | | | | |
|----|--|---|--|---|
| a. | 
スチレン | 
フマル酸 | 
1-ナフトール | 
アニリン |
| b. | 
ニトロベンゼン | 
サリチル酸 | 
トルエン | 
フェノール |
| c. | 
p-キシレン | 
サリチル酸メチル | 
フェノール | 
アニリン |
| d. | 
安息香酸 | 
ベンズアルデヒド | 
グリセリン | 
クロロベンゼン |

IV

難溶性の電解質の水溶液中で、沈殿を生成するイオンと沈殿が共存しているとき、溶液中のイオンの濃度は、溶解度積と呼ばれる一定値 (K_{sp}) になることが知られている。たとえば硫酸バリウムでは次のようになる。

$$[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = K_{sp} = 1.1 \times 10^{-10} (\text{mol/l})^2 \quad (25^\circ\text{C})$$

$[\text{Ba}^{2+}]$ と $[\text{SO}_4^{2-}]$ の積がこれより大きいときには、溶液中のイオンは硫酸バリウムとして沈殿してイオン濃度の積が K_{sp} になるまで減少して一定となる。逆にイオン濃度の積 $[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$ が K_{sp} より小さいときには、二つのイオンが溶液中で出会う頻度が少なく沈殿は生成しない。個々のイオンの濃度ではなく、濃度の積が、沈殿が生成するかしないかの目安となる。硫酸カルシウムも水に難溶性で 25°C での溶解度積は $[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 6.1 \times 10^{-5} (\text{mol/l})^2$ である。以下の問いに答えよ。

51. 以下のア～エのような二つの溶液を 100 ml ずつまぜあわせたときに、沈殿が生成する組み合わせはどれか。

- ア. $2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ BaCl_2 水溶液と $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ Na_2SO_4 水溶液
- イ. $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液と $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$ K_2SO_4 水溶液
- ウ. $2.0 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ CaCl_2 水溶液と $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ Na_2SO_4 水溶液
- エ. $3.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液と $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ K_2SO_4 水溶液

- a. アとウとエ
- b. イとエ
- c. ウのみ
- d. アとイ

52. 硝酸バリウムと硝酸カルシウムの混合水溶液で、 $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ に調製したものがある。この水溶液に希硫酸を加えていったときの変化として、以下の記述のうち正しいものはどれか。

- a. 濃度が $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ の希硫酸を使うと、まず硫酸カルシウムが沈殿し、さらに加えると硫酸バリウムが沈殿し始める。
- b. 濃度が $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ の希硫酸を使うと、加えた硫酸の量によらず硫酸カルシウムは沈殿しない。
- c. 濃度が $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ の希硫酸を使うと、硫酸バリウムは沈殿せず、硫酸カルシウムだけが沈殿する。
- d. 濃度が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ の希硫酸を使うと、硫酸バリウムが沈殿したあと、いったん硫酸カルシウムが沈殿するが、さらにその約 5 倍の量の希硫酸を加えると生成した沈殿が溶解する。

水溶液から電解質の沈殿が急速に生成するときに、溶解度からみて沈殿しないような濃度の溶液中の他の微量イオンが、沈殿に取り込まれてしまうことがある。この共同沈殿と呼ばれる現象を、水溶液中の微量イオンを沈殿させることに使うことができる。

53. 放射性元素であるラジウムを 1 ml あたり $3 \times 10^{-9} \text{ g}$ 含む濃度 0.01 mol/l の塩化バリウム水溶液がある。この水溶液 100 ml に、濃度 0.02 mol/l の硫酸ナトリウム水溶液を 200 ml 加えたところ、硫酸バリウムの沈殿が生じた。溶液の放射能測定から、元の溶液中のラジウムの 80% が沈殿に取り込まれたことがわかった。生成した硫酸バリウム 1 g 中のラジウムの質量にもっとも近いものはどれか。ただし BaSO_4 の式量を 233 とする。

- a. $2 \times 10^{-9} \text{ g}$
- b. $1 \times 10^{-8} \text{ g}$
- c. $2 \times 10^{-7} \text{ g}$
- d. $1 \times 10^{-6} \text{ g}$

(このページは空白です)

生 物

問題(61-73)には、それぞれa, b, c, dの4つの答えが与えてあります。各問題につき、a, b, c, dの中から、もっとも適切と思う答えを一つだけ選び、解答用カードの相当欄にあたるa, b, c, dのいずれかのわくの中を黒くぬって、あなたの答えを示しなさい。

例 (a) (b) (c) (d)

I

脊椎動物における刺激とその受容、内部環境の維持に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

動物は外界（外部環境）からの刺激を受容し、その刺激に対応した反応、行動を起こし、さらに体内の環境（内部環境）を適切な状態に維持するように調節を行っている。これらの反応・調節は、主として神経系と内分泌系によって行われている。たとえば、我々がいつも食べている食べ物を見たときに、その食べ物の存在は視覚刺激として眼で受容される。果物のリンゴを見た時、リンゴは視覚刺激として眼で受容され、____(1) を介して____(2) へと送られる。この情報を受け取った____(2) において「ある特定の色と形が見えた」という感覚を生じ、さらに____(2) では、これまでの経験をもとに見えた物質の意味づけを行い、それが「リンゴである」という知覚が行われる。

このリンゴという視覚刺激とその時点で受けている他の刺激、情報が統合され、リンゴを手にとって食べると決断した場合、____(3) を介して効果器である筋肉にその情報が伝えられ、手の筋肉を働かせてリンゴをつかみ、口に入れる。この刺激に対する一連の反応は、意識的に行われるが、刺激に対する反応には、意志によらず起こるものもある。たとえば目の前に物体が飛んできたときに思わずまぶたを閉じる反応は、無意識のうちに起こる。このように刺激に対して無意識に起こる短時間の反応を反射という。

61. 文中の空欄の (1), (2) および (3) にあてはまる適切な語を以下の語群から選べ.

- a. (1) 中枢神経, (2) 感覚神経, (3) 末梢神経
- b. (1) 感覚神経, (2) 中枢神経, (3) 運動神経
- c. (1) 末梢神経, (2) 感覚神経, (3) 運動神経
- d. (1) 交感神経, (2) 中枢神経, (3) 副交感神経

62. 文中にあげた反射とは異なるしくみで起こるものの組み合わせはどれか.

- A. 口の中に石粒を入れたら, 食べ物ではないのにだ液が出てきた.
- B. 以前に食べたことのある酸味の強い食べ物を見たら, その食べ物を口に入れなくてもだ液が出てきた.
- C. 指先が熱いものに触れたので, すばやく手を引いた.
- D. ひざ関節の下をかるくたたくと足がまえに跳ね上がった.
- E. 道で仲の悪い人が遠くに見えたので, ものの影にかくれた.

- a. A と C
- b. A と E
- c. B と E
- d. C と D

刺激に対して無意識に起こる反応は, 反射のようにすばやいものだけではない. たとえば, はげしい運動をしたときに, 心臓の拍動数は無意識に増加する. これは, 運動により血液中の____(4) が消費され, 血液中の____(5) の濃度が上昇すると, これが刺激となって中枢神経が興奮するからである. この興奮が交感神経を経て心臓に伝えられる. 交感神経終末からは____(6) が分泌されて心臓に作用する. ____ (6) の作用により拍動数が増加し, 血流量を増加させて____(4) の供給をはかる. 一方, 安静時には, ____ (4) 消費量が減少し, ____ (5) の濃度が減少すると副交感神経が作動して拍動数を減少させる. このとき副交感神経からは____(7) が分泌される.

63. 文中の空欄の (4), (5), (6) および (7) にあてはまる適切な語を以下の語群から選べ.

- a. (4) ブドウ糖, (5) 二酸化炭素, (6) アセチルコリン,
(7) ノルアドレナリン
- b. (4) 酸素, (5) 酸素ヘモグロビン, (6) アセチルコリン,
(7) ノルアドレナリン
- c. (4) ブドウ糖, (5) 酸素ヘモグロビン, (6) アドレナリン,
(7) アセチルコリン
- d. (4) 酸素, (5) 二酸化炭素, (6) ノルアドレナリン,
(7) アセチルコリン

II

植物の遺伝に関する以下の文章を読み、問いに答えよ.

生物は同種であっても個体によりさまざまな異なる性質をもつ変異がみられる. この個体間の変異は, 生息環境の違いによって生ずる環境変異と遺伝子の違いによって生ずる遺伝的変異がある. ある種の生物の遺伝的変異は, 無性生殖では基本的に増大しないが, 有性生殖では 2 個体の遺伝子が混ざり合うことによって変異が増大する. さらに生殖細胞の減数分裂時の染色体の乗換えにより, 遺伝子の組換えが起こり, 遺伝的変異はより増大する.

ある植物の 2 対の対立形質の遺伝子をそれぞれ A と a, B と b とする. A, B を優性, a, b を劣性とする. AAbb の親と aabb の親の雑種第一代 (F_1) の遺伝子型は AaBb となり, 表現型はどちらも優性の性質となる. この F_1 の自家受精によって生じた雑種第二代 (F_2) において, これらの遺伝子が異なる染色体に存在する場合は, メンデルの独立の法則に従い, 表現型は AB, Ab, aB, ab の性質を示す 4 種類となり, それらは 9 : 3 : 3 : 1 の比率で現れる. しかし, 遺伝子 A と B, 遺伝子 a と b がそれぞれ同一染色体に存在する場合, 連鎖が起こり, これらの遺伝子の分離はメンデルの独立の法則には従わない. この場合連鎖が完全であれば, F_2 の表現型は AB および ab の性質を示す 2 種類となり, AB : ab の分離比は____(1) となる. ところが, 実際には少数の Ab, aB の性質を示す個体が現れる. これは, 連鎖が完全では

なく、染色体の乗換えにより、遺伝子の組換えが起こっているからである。

ある植物において2対の対立形質の遺伝子をそれぞれCとc、Dとdとする。C、Dを優性、c、dを劣性とし、CCDDの親とccddの親のF₁を自家受精させて得られたF₂では、CD、Cd、cD、cdの性質を示す4種類の表現型がみられたが、その比率は、9 : 3 : 3 : 1ではなかった。このことから、この植物において遺伝子CとD、cとdは連鎖していて、また遺伝子の組換えが起こっていると考えられる。この植物のF₁と劣性ホモ接合体との間での検定交雑を行った結果、CD、Cd、cD、cdの性質を示す4種類の表現型の分離比が、9 : 1 : 1 : 9となったとする。この場合、この植物のF₂の4種類の表現型の分離比は、理論的には____(2)であると推測される。

64. 文中の空欄の(1)にあてはまる分離比はどれか。

- a. 1 : 1
- b. 1 : 3
- c. 3 : 1
- d. 9 : 1

65. 文中の空欄の(2)にあてはまる分離比はどれか。

- a. 226 : 17 : 17 : 64
- b. 226 : 19 : 19 : 64
- c. 281 : 19 : 19 : 81
- d. 281 : 21 : 21 : 81

III

動物の生殖に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

生物学の研究では、生き物のからだのつくりやしくみを明らかにすることだけでなく、生物が行う営みの意味を考えることも重要である。動物の生殖活動の意味は、その種族を維持するためであると考えられていたが、現在では種全体ではなく、個体を基準に考えるようになりつつある。ある個体がどれくらいその環境に適して

いるか、ということ「適応度」というが、この適応度というのは、その個体とその環境でどれだけの子孫を残せるか(繁殖成功)、ということの意味する。かつては、生殖はその動物種が絶えないようにその動物種の子孫を増やすための活動(種族維持)と考えられていたが、現在では、ある個体が自分の子孫を増やすための活動と考えられ、その活動により必ずしもその種全体の個体数が増えるとはかぎらない。

性転換魚類であるホンソメワケベラの生殖様式について考えてみよう。ホンソメワケベラは、サンゴ礁に生息する体長 10 cm ほどの魚で、雄が直径数十メートルのなわばりを持ち、この中に雌および幼魚がグループを形成して生息する。各グループの構成は、最も大きな魚が性的に成熟した雄(大型優位雄)で、常にグループの雄は1匹だけであり、他は数匹の性的に成熟した雌と数匹の性的に未成熟な幼魚からなる。雄はグループ内のすべての成熟雌と産卵行動を行う。また雄は自分のグループを守るために、他のグループの雄からの攻撃を排除するなわばり防御の行動を行う。グループ内の雄が死亡したり、何らかの理由でいなくなると、グループ内の最も大きな雌(最大雌)が性転換をして雄になる場合と、となりのグループの大きな雄がこのグループを併合する場合がみられる。雌から雄への性転換は、はじめに最大雌がなわばり防御の行動をとるようになり、さらに時間がたつとこの雌の生殖腺が卵巣から精巣に変化して、雄として他の雌と産卵行動を行うようになる。すなわちこの魚種の生活史においては、幼魚の時は雌雄が決まらず、成長後雌となり、一部の雌は雄に性転換する。

この魚種のグループ内には、なぜ小さい雄はいないのだろうか。なぜ雄より大きい雌はいないのだろうか。なぜ1番大きな雌が性転換するのだろうか。この魚種の社会構造と個体の適応度という観点から考えてみよう。

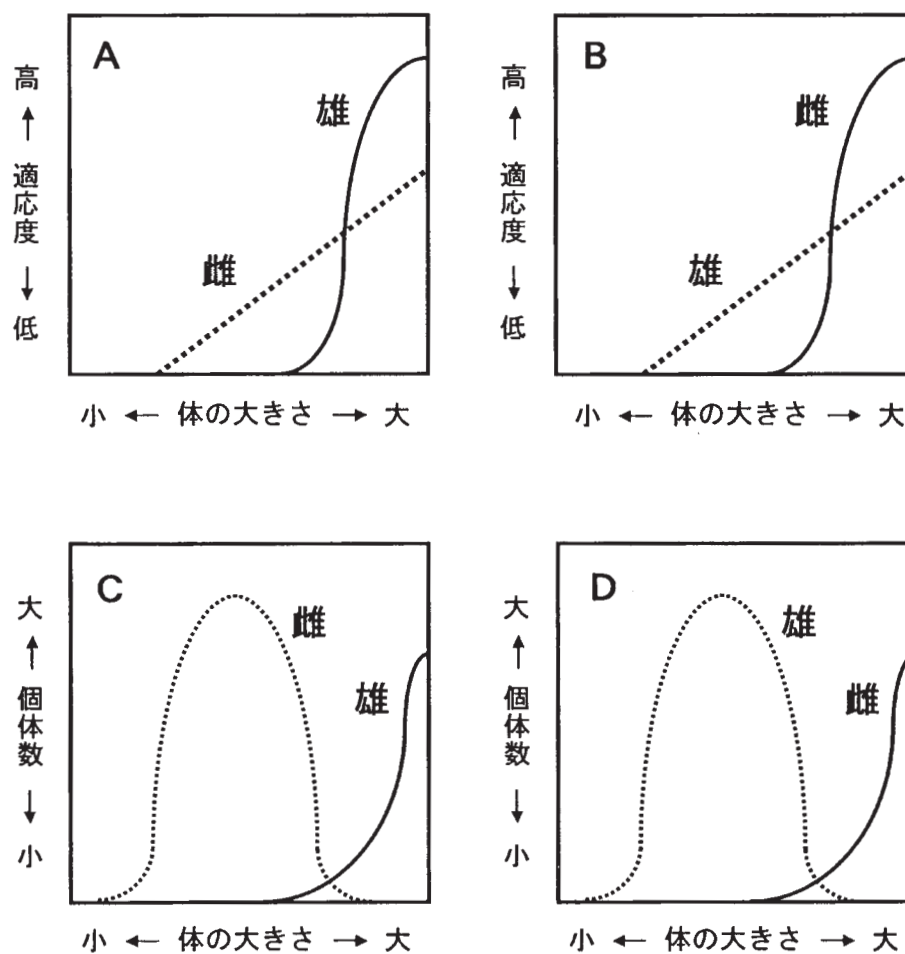
この魚種にみられる社会構造では、大型優位雄が雌との繁殖の機会を独占している。ここで仮に小型の雄がいたとしても劣位となり、雌との繁殖の機会は何れもないと考えられる。一方、小型の雌は大型優位雄と繁殖することが可能である。

またこの大型優位雄がいなくなると、最も体の大きな雌が性転換をして大型優位雄になるが、体の小さい雌は性転換して雄になっても大型優位雄にはなれないため、性転換をしないと考えられる。

66. この魚の生活史について個体の適応度という観点から考えたときの説明として、適切なものの組み合わせはどれか。
- A. 個体の体が小さいときは、雌でいるほうが雄でいるより適応度が高い。
 - B. 個体の体が小さいときは、雄でいるほうが雌でいるより適応度が高い。
 - C. 個体の体がグループのなかで最も大きいときは、雌でいるほうが雄でいるより適応度が高い。
 - D. 個体の体がグループのなかで最も大きいときは、雄でいるほうが雌でいるより適応度が高い。
- a. AとC
 - b. AとD
 - c. BとC
 - d. BとD
67. 大型優位雄がいなくなったときに、最大雌は、性転換して雄になる場合と雌のまま他のグループに併合される場合がある。この場合の最大雌の適応度の説明として適切なものの組み合わせはどれか。
- A. 最大雌は他のグループの雄の体の大きさにかかわらず、他のどの雌よりも多くの卵をつくれるので、雌のままでいることにより、より多くの子孫を残せる。
 - B. 他のグループの雄が自分より大きい場合、性転換して雄になっても繁殖の機会が得られないため、雌のままでいることにより、より多くの子孫を残せる。
 - C. 他のグループの雄による併合がない場合、雄に性転換することにより、複数の雌と産卵が可能となり、より多くの子孫が残せる。
 - D. 雄は1匹いれば多くの雌と産卵が可能であることから、雌として他のグループに加わることにより、種全体の子孫がより多く残せる。
- a. AとC
 - b. AとD
 - c. BとC
 - d. BとD

68. 次の図は、ホンソメワケベラの種全体について、体の大きさと個体数、適応度の関係を示した模式図である。適切なものの組み合わせはどれか。

- a. AとC
- b. AとD
- c. BとC
- d. BとD



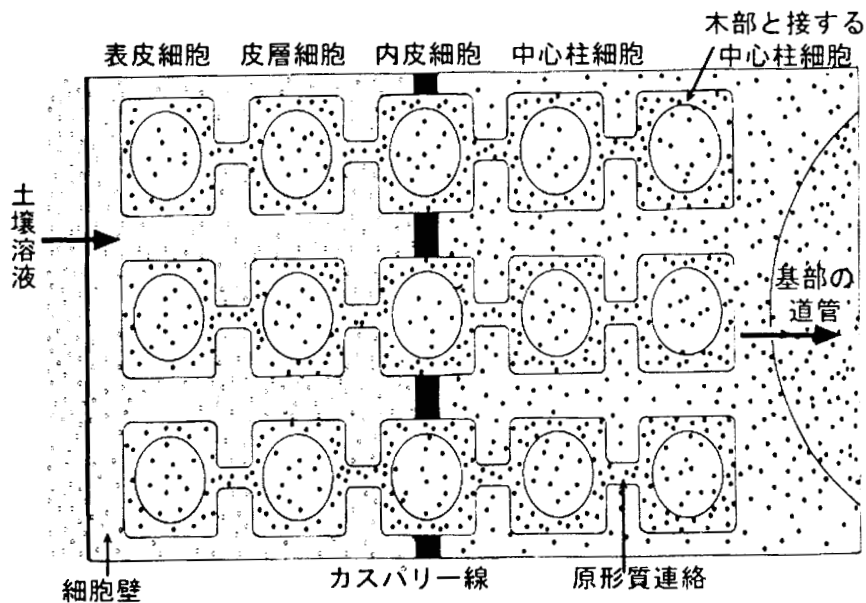
参考文献

魚類の繁殖戦略1, 桑村哲生・中嶋康裕編, 海游舎.
生命の意味, 桑村哲生, 裳華房.

IV

すべての生命体にとって、水は欠かすことのできない構成成分である。高等植物にとって、水は光合成の材料としても不可欠であるが、細胞壁を有する植物は、吸水によって生じる膨圧（細胞壁を細胞の内側から押す圧力）によりその形態を維持している。植物は根から土壤中の水分を吸収し、その大部分を葉や茎の表皮系にある気孔を通じて大気へと蒸散させている。世界で最も高い樹木と言われるセコイアは、120 mの高さに達することがある。根から吸収された水は、重力に逆らって汲み上げられていることになる。いったい、植物はどのようにして、水をその先端まで行きわたらせているのだろうか。そのしくみを考えてみよう。

植物は土壌からの水を、根毛や根の表皮細胞から吸収している。下の図は根の構造の模式図であるが、根の表皮細胞から吸収された水には、道管に至るまでに二通りの経路がある。



そのひとつの経路は、水およびイオンが表皮細胞、皮層細胞のそれぞれの細胞膜、細胞質を経て、さらに、内皮細胞から、中心柱細胞を通り、木部を形成する細胞、道管へと移動する。このようにそれぞれの細胞内に入って、細胞質を通過する経路をシンプラスト経路と呼ぶ。

もうひとつの経路はアポプラスト経路と呼ばれるものである。土壌から吸収された水とイオンが細胞質内を通過せずに、細胞壁内を移動する経路である。細胞壁はセルロースという高分子を主体とした網目構造を持っており、水は其中をほぼ自由に移動できると考えられる。土壌から吸収された水に溶けたイオンも、細胞壁をほぼ自由に拡散し、濃度の高い方から低い方へと移動して行く。ところが、皮層細胞のさらに内側にある内皮細胞には、蠟状^{ろう}の物質でできているカスバリー線と呼ばれる特別な構造があり、アポプラスト経路を自由拡散で通ってきた水やイオンはここでいったん止められ、シンプラスト経路を通らざるを得なくなる。すなわち、中心柱以降の細胞へのイオンの供給が制御されるしくみになっている。

ところで、植物が土壌から水を効率よく吸収できるのは、根の表皮細胞や根毛の浸透圧が、土壌溶液の浸透圧に比べて高い場合であり、両者の浸透圧の差が大きければ大きいほど、根の吸水速度は通常大きくなると考えられる。また、実際の植物の吸水量を測定してみると、多くの植物において、昼夜で吸水量の大きな変動が見られ、その変化は蒸散量に連動している。すなわち、一方で、吸水量は蒸散量に大きく依存していることになる。

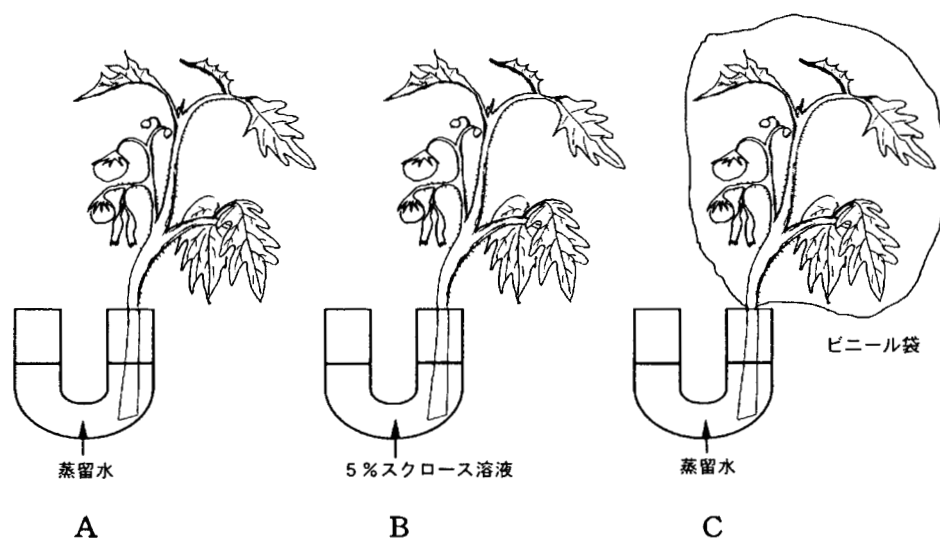
先に述べた、道管まで達した水はどのように植物体の先端まで運ばれるのだろうか。水は他の液体と比較して、分子同士の互いに引き合う力、凝集力が非常に強い。道管の中の水はその凝集力によって水柱のようにになっている。その先端の水分子は開口した気孔から蒸散して行く。気孔が接する大気の水蒸気圧と、気孔の内側の部分の水蒸気圧の差が大きければ大きいほど、蒸散は盛んに起こり、水柱は引き上げられて行く。多くの植物は通常、日中は気孔を開いており、夜は閉じている。

それでは、蒸散量の調節に直接関わっている気孔の開閉の制御はどのように行われているのだろうか。気孔の開閉のしくみについては今なおさまざまな研究がなされ、その制御因子についても数多くの知見が得られてきた。基本的に、孔辺細胞の液胞の吸水力が増大すれば、液胞は吸水した水によって容積を増加し、気孔は開くと考えられている。液胞の吸水力の増大のためには、液胞内の浸透圧を高くしなければならない。この浸透圧の調節にはカリウムイオン (K^+) が重要な役割を果たしている。孔辺細胞の細胞質、および液胞内のカリウムイオン濃度が高まると、気孔は開く。孔辺細胞の細胞膜には、カリウムイオンを特異的に出し入れするチャネル（通り道）があり、このチャネルのカリウムイオンの取り込みは、細胞質内のカルシウムイオン (Ca^{2+}) の濃度によって調節されている。カルシウムイオンの濃度が高くなると、カリウムイオンの孔辺細胞外への排出（外向きの働き）が促進され、

逆に低濃度では、カリウムイオンの孔辺細胞内への取り込み（内向きの働き）が促進される。

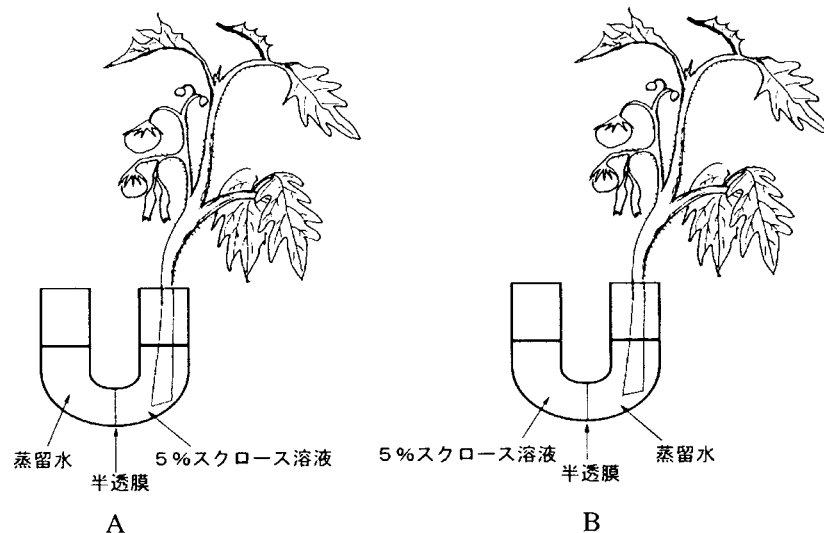
このように、植物における水の移動は、さまざまな要因が作用し合い、複雑な調節を受けていることがわかる。

69. トマトの茎や葉の細胞は 10 %スクロース溶液につけると、限界原形質分離を起こすことがわかっている。切り取ったトマトの枝を下図のように、(A) 蒸留水の入った U 字のガラス管 (U 字管) に入れる、(B) 5 %スクロース溶液の入った U 字管に入れる、(C) 蒸留水の入った U 字管に入れ、ビニール袋で覆う。そして 1 時間後に U 字管の水面の高さの変化を観察した。予想される結果として最も可能性の高いものはどれか。



- 液面の低下の度合いは A よりも B の方が小さい。また、A よりも C の方が小さい。
- 液面の低下の度合いは A よりも B の方が大きい。また、A よりも C の方が小さい。
- 風のあたる場所に移すと、A は液面の低下の度合いは増すが、B や C では液面の低下の度合いに変化はない。
- B を C と同様にビニール袋で覆うと液面の低下の度合いは、C より大きくなる。

70. 半透膜で仕切られた U 字管の一方には蒸留水を，もう一方には 5 %スクロース溶液を入れ，下の図のようにトマトの枝を差し込んだ． 1 時間後に予想される結果として最も可能性の高いものはどれか．



- U 字管の左側の水面は A も B も下がる．
 - A の U 字管の左側の水面の低下の度合いは，B の U 字管の右側の水面の低下の度合いより小さい．
 - A の U 字管の左側の水面の低下の度合いは，B の U 字管の右側の水面の低下の度合いより大きい．
 - A の U 字管の左側の水面は下がるが，B の U 字管の左側の水面の位置は変わらない．
71. 若い芽生え植物に十分に栄養素を供給しようと考えて，一度にかなり大量の肥料を与えたところ，芽生えはその後も成長し続けたものの，むしろその成長速度は，肥料を与える前よりも著しく低下した．成長速度が低下した原因の適切な説明はどれか．

- 根の表皮細胞や皮層細胞の膨圧が増加した．
- 根の表皮細胞や皮層細胞の吸水力が増加した．
- 根の表皮細胞や皮層細胞の細胞壁内の浸透圧が低下した．
- 根の表皮細胞や皮層細胞の細胞壁内の浸透圧が上昇した．

土壌中の水分の減少などにより、植物体が水不足の状態になると、植物ホルモンのひとつ、アブシシン酸が植物体内で合成され、気孔が閉じることが知られている。孔辺細胞の細胞膜にはアブシシン酸を特異的に認識して受容するタンパク質（受容体）があり、この受容体はアブシシン酸が結合すると、細胞膜のカルシウムイオンチャネルの働きを調節すると考えられている。

72. アブシシン酸の増加に伴って、孔辺細胞で起こると考えられる現象の組み合わせはどれか。

- A. カリウムイオンチャネルの内向きの働きが促進される。
- B. カリウムイオンチャネルの外向きの働きが促進される。
- C. カルシウムイオンチャネルの内向きの働きが促進される。
- D. カルシウムイオンチャネルの外向きの働きが促進される。

- a. A と C
- b. A と D
- c. B と C
- d. B と D

73. 突然変異によりアブシシン酸の受容体を作ることのできない変異株が得られた場合、この変異株と正常株を水不足の状態にしたとすると、これらの株に起こると予想される現象はどれか。

- a. 外から植物にアブシシン酸を与えたところ、変異株、正常株の両方の気孔が閉じた。
- b. 植物の葉の気孔の開閉度を比較したところ、変異株の方が気孔を閉じているものの割合が高かった。
- c. 植物の葉の気孔の開閉度を比較したところ、正常株の方が気孔を閉じているものの割合が高かった。
- d. 植物の葉の気孔の開閉度を比較したところ、両者に差はなかった。

參考資料

- H. Mohr and P. Schopfer. Lehrbuch der Pflanzen-physiologie. 5th ed. Springer-Verlag.
- L. Taiz and E. Zeiger. Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc.
- F. Salisbury and C. Ross. Plant Physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company.