自 然 科 学

問 題 冊 子

指　　示

合図があるまでは絶対に中を開けないこと

1. この試験は，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る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 分野の問題がこの順序で掲載されています．その中から 2 分野を選んで解答して下さい．
3. 配点は各分野とも 40 点満点で，2 分野の合計で **80 点**満点です．
4. 解答のための時間は，「解答はじめ」の合図があってから正味 **80 分**です．
5. 使用する解答欄は，問題の前に指示してあります．解答欄は，多肢選択マークセンス方式のほか，一部に記述方式が含まれます．
6. 選んだ分野と答えは，解答カードの定められたところに指示どおりに鉛筆を用いて書き入れて下さい．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下さい．
7. メモにはこの冊子の余白を用い，ほかの紙は使用しないで下さい．
8. 「解答やめ」の合図があったら，ただちにやめて下さい．試験監督が問題冊子と解答カードを集め終わるまでは，退室できません．
9. この指示について質問があるときは，試験監督に聞いて下さい．ただし，問題の内容に関する質問はいっさい受けません．
10. **解答上の注意**が，裏表紙に記載してあるので，この問題冊子を裏返して必ず読んで下さい．ただし，問題冊子を開いてはいけません．

「受験番号」を解答カードの定められたところに忘れずに書き入れること

この冊子の全部または一部を許可なく転載することはご遠慮下さい。
©2018 International Christian University All rights reserved.

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

（余　白）

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

目　次

数　学 2
物　理 8
化　学 22
生　物 38

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

数　学

PART Ⅰ，PART Ⅱ の問題があります．マークセンス方式の解答欄ア～チを使って，あなたの答えを示しなさい．

PART Ⅰ

2次関数 $y = a - x^2$ について考える．ただし，a は実数とする．2点 P, Q を放物線 $y = a - x^2$ 上の点とし，2点 P, Q の x 座標をそれぞれ p, q とする．ただし，$pq \neq 0$ かつ $p < q$ とする．

1. この放物線上の点 P における接線の方程式は $y = -\boxed{ア}p(x - p) + a - p^2$ すなわち $y = -\boxed{ア}px + p^2 + a$ である．同様に，点 Q における接線の方程式は $y = -\boxed{ア}qx + q^2 + a$ である．

2. この2つの接線の交点の x 座標を r とすると，$r = \dfrac{1}{\boxed{イ}}(p + q)$ である．

以下では，この2つの接線が直交する場合を考えよう．

3. このとき，$pq = -\dfrac{1}{\boxed{ウ}}$ である．

4. この放物線とこの2つの接線とで囲まれた部分の面積を S とすると，

$$S = \frac{1}{\boxed{エ}}\left\{(r - p)^3 + (q - r)^3\right\} = \frac{1}{\boxed{オカ}}(q - p)^3 = \frac{1}{\boxed{オカ}}\left(q + \frac{1}{\boxed{ウ}q}\right)^3$$

が成り立つ．

5. この S は $q = \dfrac{1}{\boxed{キ}}$ のとき，最小値 $\dfrac{1}{\boxed{クケ}}$ をとる．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART II

まず, 平面上の円と直線について考えてみよう. ベクトル $\overrightarrow{\mathrm{OA}}, \overrightarrow{\mathrm{OB}}$ の長さがそれぞれ $2\sqrt{2}, \sqrt{3}$ であり, $\overrightarrow{\mathrm{OA}}, \overrightarrow{\mathrm{OB}}$ のなす角が $\dfrac{\pi}{3}$ とする. また, w, z を実数とし, 点 P を $\overrightarrow{\mathrm{OP}} = w\overrightarrow{\mathrm{OA}} + z\overrightarrow{\mathrm{OB}}$ で定める. ただし, 必要に応じて, 正弦, 余弦に関する加法定理

$$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$$
$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$$

を用いてよい.

6. 点 P が原点 O を中心に半径 1 の円を描くとき, w, z が満たす条件は次のどれか. 適切なものを解答欄 コ に記せ.

a. $8w^2 + 6\sqrt{2}wz + 3z^2 = 1$

b. $2\sqrt{2}w^2 + 6\sqrt{2}wz + \sqrt{3}z^2 = 1$

c. $8w^2 + 2\sqrt{6}wz + 3z^2 = 1$

d. $2\sqrt{2}w^2 + 2\sqrt{6}wz + \sqrt{3}z^2 = 1$

7. 点 A の座標が $(2, 2)$ のとき, 点 B の座標は次のどれか. 適切なものを解答欄 サ に記せ. ただし, 点 B の x 座標は負であるとする.

a. $\left(\dfrac{\sqrt{6}-3\sqrt{2}}{4}, \dfrac{\sqrt{6}+3\sqrt{2}}{4}\right)$

b. $\left(-\dfrac{\sqrt{6}+3\sqrt{2}}{4}, \dfrac{\sqrt{6}-3\sqrt{2}}{4}\right)$

c. $\left(\dfrac{\sqrt{6}-3\sqrt{2}}{4}, \dfrac{\sqrt{6}-3\sqrt{2}}{4}\right)$

d. $\left(\dfrac{\sqrt{6}-3\sqrt{2}}{4}, -\dfrac{\sqrt{6}+3\sqrt{2}}{4}\right)$

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

C を原点 O を中心とする半径 R の円とし, C′ を点 (a,b) を中心とする半径 R' の円とする. ただし, 点 (a,b) は原点 O とは異なるものとする.

8. いま $\sqrt{a^2+b^2} > R$ であるとき, C と C′ が接するための条件は次のどれか. 適切なものを解答欄 シ に記せ.

a. $\left|R' - 2\sqrt{a^2+b^2}\right| = R$

b. $\left|R' - \sqrt{a^2+b^2}\right| = R$

c. $\left|R - \sqrt{a^2+b^2}\right| = R'$

d. $2R' = 2R - \sqrt{a^2+b^2}$

9. ここで, $(a,b) = (3,4), R = 3, R' = 2^t$ とする. C と C′ が 2 点で交わるような t の値の範囲は, ス $< t <$ セ である.

10. c, d を実数とし, 1 次関数 $y = cx + d$ で表される直線を L とする. L と C が接するとき, R, c, d について一般に成り立つ関係は次のどれか. 適切なものを解答欄 ソ に記せ.

a. $R = \sqrt{c^2+d^2}$

b. $R = |d|\sqrt{1+c^2}$

c. $1 = R\sqrt{c^2+d^2}$

d. $|d| = R\sqrt{1+c^2}$

次に, 空間内の直線, 平面について考えてみよう.

ベクトルを使えば, 空間内の直線も平面上の直線と同様に表示される. すなわち, 点 P_0 を通り, ベクトル $\vec{\mathbf{v}}(\neq \vec{\mathbf{0}})$ に平行な直線 L 上の点 P について, $\overrightarrow{\mathrm{P_0P}}$ と $\vec{\mathbf{v}}$ は平行であるから, $\overrightarrow{\mathrm{P_0P}} = t\vec{\mathbf{v}}$ となる実数 t が存在する.

従って, 点 P_0 を通り, ベクトル $\vec{\mathbf{v}}$ に平行な直線 L は, 媒介変数 t を用いて

$$\overrightarrow{\mathrm{OP}} = \overrightarrow{\mathrm{OP_0}} + t\vec{\mathbf{v}}$$

と表示できる点 P の全体である.

次の直線 $\mathrm{L}_1, \mathrm{L}_2$ を考える. 直線 $\mathrm{L}_1, \mathrm{L}_2$ の媒介変数表示をそれぞれ

$$(x,y,z) = (1,0,0) + s(1,2,-1), \quad (x,y,z) = (0,1,f) + t(2,-1,0)$$

とする. ただし, f は実数とし, s, t は媒介変数とする.

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

11. L_1 と L_2 が交点をもつとき, $f = -\dfrac{1}{\boxed{タ}}$ である.

p, q, r を実数とし, 式 $px + qy - z + r = 0$ で定まる平面を H とする. ただし, $p^2 + q^2 \neq 0$ とする.

12. 直線 L_1 と 平面 H について 共有点がない ような p, q, r の組み合わせは次のどれか. 適切なものを解答欄 $\boxed{チ}$ に記せ.

a. $p = 1, q = -1, r = -1$

b. $p = 1, q = -1, r = 0$

c. $p = -1, q = 2, r = -1$

d. $p = -1, q = 2, r = 0$

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

（このページは空白です。）

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

物　理

PART Ⅰ，PART Ⅱ の問題があります．マークセンス方式の解答欄ア～シおよび記述方式の解答欄 A を使ってあなたの答えを示しなさい．

PART Ⅰ

物体の運動は，見る立場の違いによって，見かけが異なることがある．例えば，走っている電車内で物体を落下させた場合，車内にいる観測者にはこの物体はまっすぐ下向きに落下するように見えるが，車外で静止している観測者には電車の進行方向に進みながら落下するように見える．観測者が加速度運動しているとき，見かけの力を用いることによって，物体の運動の説明が容易になる場合がある．見かけの力の例として，加速度運動する容器内の水を考え，どのようなことが起きるのか調べてみよう．

図 1 に示すように，台車に固定された容器に水が入れられている．はじめに，台車は静止している．重力加速度を g [m/s^2]，水の密度を ρ [kg/m^3] とする．

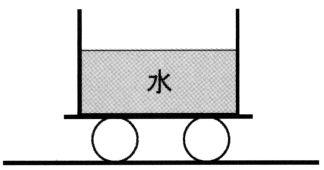


図 1　台車に固定された容器に入った水

1.　圧力 1 Pa は，基本単位 kg, m, s と，整数 A, B, C を用いて

$$1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{kg}^A/(\mathrm{m}^B \cdot \mathrm{s}^C)$$

と表される．各整数の和 $A+B+C$ を求め，解答欄 ア に記せ．

水中で小さな面を考えると，圧力は，面の向きによらず，その面に垂直方向にはたらき，また，その大きさは，容器が静止しているときには，面の深さだけで決まる．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

台車が水平方向右向き (x 軸の正の向きとする) に等加速度 a [m/s^2] で動いているとする ($a > 0$). このとき図 2(a) に示すように水面は水平方向から一定の傾きを保って傾いた．このとき水中の圧力変化がどのようになっているか，調べてみよう．

図 2(a) に示すように，傾いた水面から測った深さが h [m] の点で，一辺の長さ d [m] の立方体を考える．各面の面積は d^2 [m^2] ，立方体内部の水の質量 m [kg] は，$m = \rho d^3$ である．立方体は十分に小さく，各面にはたらく圧力の大きさは，各面ごとに一定であると考えることができる．

立方体は等加速度 a [m/s^2] で右向きに運動しているので，容器とともに運動する観測者からは，この立方体には大きさ $F_{\text{見かけ}} =$ (1) の見かけの力 (慣性力) が x 軸に沿って (2) 向きに，はたらいているように見える．

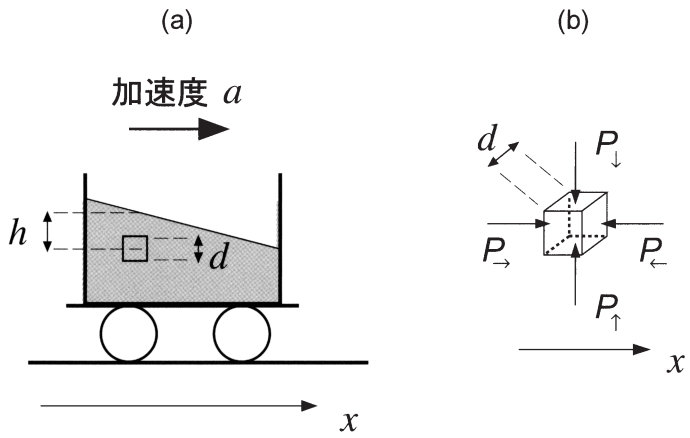


図 2 (a) 台車が x 軸に沿って正の向き（右向き）に一定の加速度 a [m/s^2] で運動すると，水面は傾くのでその高さは場所によって異なる．その水面から測った深さ h [m] の場所で，一辺の長さ d [m] の小さな立方体を考える．(b) 立方体には，周囲から圧力がはたらく．図では，x 軸方向および鉛直方向にはたらく圧力のみ記している．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

2. [(1)] に入る式および [(2)] に入る言葉の組み合わせとして適切なものを選び，解答欄 [イ] に記せ．

a. (1) mg　　(2) 右

b. (1) mg　　(2) 左

c. (1) ma　　(2) 右

d. (1) ma　　(2) 左

この小さい立方体にはたらく力のつり合いを考える．立方体にはたらく力としては，重力および問 2 で考えた見かけの力以外に，図 2(b) に示すように，立方体の各面にはたらく圧力を考える必要がある．

まず，鉛直方向の力のつり合いを考える．立方体の上面にはたらく圧力を $P_{\downarrow}$ [Pa]，下面にはたらく圧力を $P_{\uparrow}$ [Pa] とする．立方体内の水にはたらく重力も含めてなりたつ力のつり合い式から $P_{\uparrow} - P_{\downarrow} =$ [(3)] が得られる．

3. [(3)] に入る適切な式を解答欄 [A] に記せ．

この関係は，容器が静止しているときにも，水平方向に運動しているときにも，いずれにおいても成り立つ．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

次に，x 軸に平行な方向の力のつり合いを考える．図 2(b) のように，立方体の左面にはたらく圧力を $P_{\rightarrow}$ [Pa]，右面にはたらく圧力を $P_{\leftarrow}$ [Pa] とすると，見かけの力も含めて [(4)] というつり合いの式が成り立つ．

4. [(4)] に入る式として適切なものを選び，解答欄 [ウ] に記せ．ただし，$F_{\text{見かけ}}$ は見かけの力の大きさを表す．

a. $P_{\rightarrow}d^2 - P_{\leftarrow}d^2 + F_{\text{見かけ}} = 0$

b. $P_{\rightarrow}d^2 - P_{\leftarrow}d^2 - F_{\text{見かけ}} = 0$

c. $P_{\rightarrow}d^2 + P_{\leftarrow}d^2 + F_{\text{見かけ}} = 0$

d. $P_{\rightarrow}d^2 + P_{\leftarrow}d^2 - F_{\text{見かけ}} = 0$

つり合いの式から，[(5)] という関係が成り立ち，左側の圧力 $P_{\rightarrow}$ のほうが右側の圧力 $P_{\leftarrow}$ よりも [(6)] ことがわかる．

5. [(5)] に入る式および [(6)] に入る言葉の組み合わせとして適切なものを選び，解答欄 [エ] に記せ．

a. (5) $P_{\rightarrow} + P_{\leftarrow} = \rho d^2$　　(6) 低い

b. (5) $P_{\rightarrow} - P_{\leftarrow} = \rho d^2$　　(6) 低い

c. (5) $P_{\rightarrow} + P_{\leftarrow} = \rho a d$　　(6) 高い

d. (5) $P_{\rightarrow} - P_{\leftarrow} = \rho a d$　　(6) 高い

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

以上のように，x 軸に平行な方向および鉛直方向の，見かけの力も含む力のつり合いを考えることによって，水中の任意の点の圧力を求めることができる．図 3 のように，傾いた水面の中央の点を原点 O$(x=0, z=0)$ とし，鉛直上向きに z 軸をとる．水中の任意の点 (x, z) の圧力は，水面における圧力を P_0 [Pa] とすると，

$$P = P_0 - \rho g z - \rho a x$$

と与えられることがわかる．

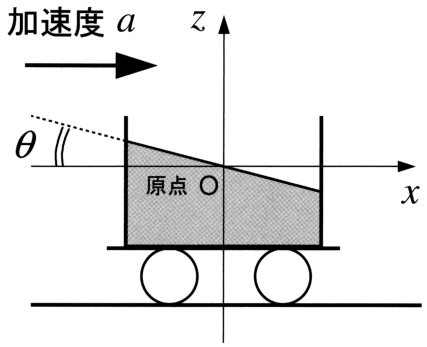


図 3 原点 O は容器とともに等加速度 a [m/s^2] で運動する．

6. 水面における圧力は，場所によらず P_0 [Pa] である．このことから，水面の傾きを表す角度の大きさ θ が満たす式として適切なものを選び，解答欄 オ に記せ．

a. $\sin\theta = \dfrac{a}{g}$

b. $\sin\theta = \dfrac{g}{a}$

c. $\tan\theta = \dfrac{a}{g}$

d. $\tan\theta = \dfrac{g}{a}$

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART II

発電所などからの長距離電力輸送では，例えば50万Vなどの高圧電圧を用いて送電される．まず，電力輸送に高電圧が用いられる理由を考えてみよう．

発電所から，電力 P [W] を電圧 V [V] で送電するときに，送電線を流れる電流 I [A] は，$I = P/V$ である．このとき，送電線の電気抵抗が R [Ω] であるとすると，送電線でジュール熱として毎秒消費されてしまう電力 W [W] は，$W =$ (7) である．このことから，一定の電力 Pを輸送する際には，送電電圧を大きくして，流れる電流を (8) するほど，途中におけるエネルギー損失を小さくすることができる．

7. (7) に入る式および (8) に入る言葉の組み合わせとして適切なものを選び，解答欄 カ に記せ．

a. (7) $\dfrac{RP^2}{V^2}$　　(8) 小さく

b. (7) $\dfrac{R^2P^2}{V}$　　(8) 小さく

c. (7) $\dfrac{RP^2}{V^2}$　　(8) 大きく

d. (7) $\dfrac{R^2P^2}{V}$　　(8) 大きく

電流や電圧が時間とともに変化する場合でも，これらの結果は各瞬間ごとに成り立つ．

このように電力輸送に限れば，高電圧を用いることによって送電途中におけるエネルギー損失を小さくすることができるという利点があるが，高電圧のままでは日常の使用には危険である．そこで，電圧を十分低い電圧まで下げる（変圧する）必要がある．交流が直流に比べて有利な点は，変圧が容易であることである．日本においては，通常，家庭用としては実効値100 Vの交流電源が用いられている．その周波数は，東日本では50 Hz，西日本では60 Hzである．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

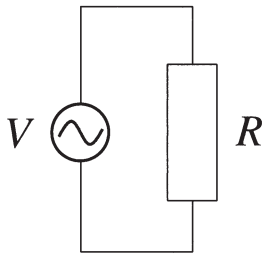


図 4　抵抗を接続した交流回路

図 4 のように抵抗値 R [Ω] の抵抗を交流電源に接続した回路を考える．交流電源の電圧 V [V] が次の式のように時間 t [s] に対して変化するとする．

$$V = V_0 \sin \omega t$$

交流電源の周波数が 50 Hz であるとすると，角周波数 ω [rad/s] は，およそ [(9)] rad/s である．

電圧が時間とともに変化する際にも，各瞬間ではオームの法則が成り立つ．このことから，抵抗における消費電力 P [W] は，$P =$ [(10)] と表される．

8. [(9)] に入る数値および [(10)] に入る式の組み合わせとして適切なものを選び，解答欄 [キ] に記せ．

a. (9) 300　　(10) $\dfrac{V_0^2}{R} \sin \omega t \cos \omega t$

b. (9) 150　　(10) $\dfrac{V_0^2}{R} \sin \omega t \cos \omega t$

c. (9) 300　　(10) $\dfrac{V_0^2}{R} \sin^2 \omega t$

d. (9) 150　　(10) $\dfrac{V_0^2}{R} \sin^2 \omega t$

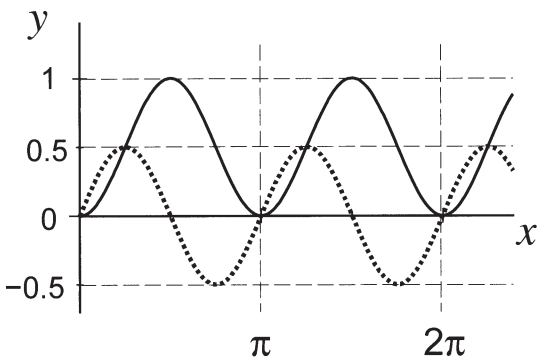
リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

以下で，必要であれば次の公式を参考にせよ．

$$\sin x \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x$$

$$\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x)$$

また，$y = \sin x \cos x$ (点線) および $y = \sin^2 x$ (実線) のグラフを以下に示す．



問 8 で求められた抵抗における消費電力 P [W] は時間とともに周期的に変化するが，P の時間平均を $\overline{P}$ とすると，

$$\overline{P} = \frac{V_e^2}{R}$$

と表すことができる．このとき V_e [V] は電圧の実効値とよばれる．$V_e = 100$ V であるとき，V_0 [V] は，およそ [(11)] V である．

9. [(11)] に入る数値として最も適切なものを選び，解答欄 [ク] に記せ．

a. 200

b. 140

c. 70

d. 50

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

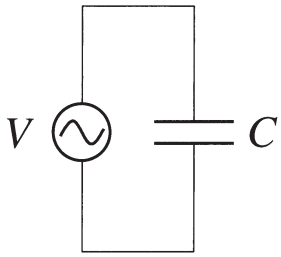


図 5　コンデンサーを接続した交流回路

コンデンサーやコイルを接続した交流回路を考える．抵抗のみが接続された交流回路では，電流の位相と電圧の位相は一致するが，回路にコンデンサーやコイルがあると，一般に電流と電圧の位相にずれが生じる．たとえば，図 5 のように，電気容量 C [F] のコンデンサーのみが接続された交流回路に交流電圧

$$V = V_0 \sin \omega t$$

を加えたときに流れる電流は

$$I = \omega C V_0 \cos \omega t = \omega C V_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

であり，電流の位相が電圧の位相よりも $\dfrac{\pi}{2}$ だけ進む．同様に，回路に自己インダクタンス L [H] のコイルのみが接続されているときに流れる電流は

$$I = -\frac{V_0}{\omega L} \cos \omega t = \frac{V_0}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

である．

これらの式から，コンデンサーやコイルによって電流と電圧の間に位相差が生じることがわかるが，それ以外にも重要なことを読みとることができる．たとえば，$\omega C V_0$ および $V_0/(\omega L)$ という量は，いずれも電流と同じようにアンペア (A) という単位で表される量であることがわかる．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

10. 以下の量の組み合わせの中で，電気抵抗と同じようにオーム（Ω）という単位で表されるものはどれか．適切なものを選び，解答欄 ケ に記せ．

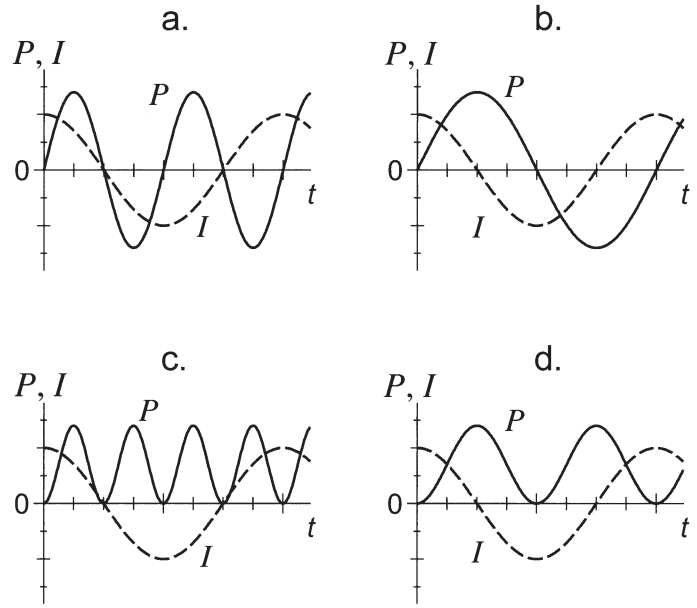
a. ωC と $\dfrac{1}{\omega L}$

b. $\dfrac{1}{\omega C}$ と $\dfrac{\omega}{L}$

c. ωC と $\dfrac{L}{\omega}$

d. $\dfrac{1}{\omega C}$ と ωL

11. 図5のようにコンデンサーのみが接続された交流回路における，回路を流れる電流 I [A] の時間変化と，電源がコンデンサーに供給する電力 P [W] の時間変化を表すグラフとして正しいものを選んで，解答欄 コ に記せ．なお，グラフにおいては，破線が電流 I を，実線が電力 P を表す．



リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

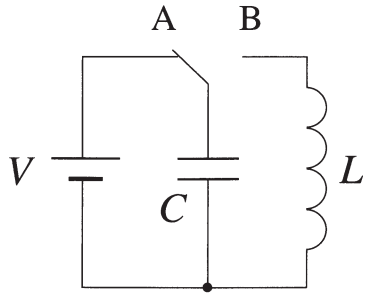


図 6　コンデンサーとコイルを接続した回路

図 6 に示す回路で，はじめにスイッチを A 側に入れてコンデンサーを直流電源によって充電する．その後，スイッチを B 側に入れると回路を流れる電流およびコイルの両端間の電圧は振動 (電気振動) を始める．回路には抵抗がないので，この振動は減衰することなく続く．コンデンサーの電気容量を C [F]，コイルの自己インダクタンスを L [H] とすると，この振動の周波数は，(12) という量の $1/(2\pi)$ 倍で与えられる．

12. 問 10 の解答のように，ある物理量 X，Y に関して，$1/(\omega X)$ と ωY が同じ単位（たとえば，オーム）で表される量であるとすると，$1/\sqrt{XY}$ は，ω と同じ単位 (rad/s) で表される量である．このことを参考にして，(12) に入る式として適切なものを選び，解答欄 サ に記せ．

a. $\sqrt{LC}$

b. $\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

c. $\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

d. $\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

13. スイッチをB側に入れた後に起きる現象と，物理量の時間変化という観点から同じであると考えられる現象の記述として，最も適切なものを選び，解答欄 シ に記せ．

a. 水平ばね振り子において，運動エネルギーとばねに蓄えられたエネルギーのそれぞれは時間変化するが，その和は一定に保たれる．

b. まさつを受けながら運動する質点は運動エネルギーを失うが，失われた運動エネルギーと同じ量のまさつ熱が発生する．

c. 質量の異なる2つの質点が衝突するとき，衝突が弾性衝突であっても非弾性衝突であっても，衝突前後の運動量の和は一定に保たれる．

d. 運動する質点にはたらく力の合計（合力）が0ならば，その質点は等速直線運動を続ける．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

（このページは空白です。）

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

化　学

PART I ～ PART III の問題があります．マークセンス方式の解答欄ア～シおよび記述方式の解答欄 A，B を使って，あなたの答えを示しなさい．

PART I

4 種類の物質(i)～(iv)がある．(i)～(iii)は単体，(iv)は化合物である．ただし，原子番号 19 以上の元素は含まれていない．(i)～(iv)に関する以下の問いに答えよ．

1. (i)は常温・常圧で固体であり，電気を通す．展性・延性があり，やわらかい結晶である．室温で水と反応して水素を発生する．(i)と塩素の化合物は，海水中の主要な溶解成分である．以下の①～④の記述のうち，(i)と塩素の化合物の水溶液の記述として正しい組み合わせを選び，解答欄 [ア] に記せ．

① 電気分解によって陽極から発生する気体は，空気より軽い．
② フェノールフタレイン溶液を加えて電気分解すると，陰極周辺がしだいに赤みを帯びる．
③ 臭素水を加えると塩素が遊離する．
④ 硝酸銀水溶液を加えると白色沈殿を生じる．

a. ①，③
b. ②，③
c. ②，④
d. ①，④

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

2. (ii)の元素は，岩石や鉱物の成分元素として，地殻中で酸素の次に多く存在する．(ii)の元素の二酸化物と水酸化ナトリウム水溶液を混合し加熱する．そこに，塩酸を加えると白色沈殿が生成する．生成した白色沈殿を加熱して脱水すると，(i)の水酸化物と共通の性質を持つ物質ができる．共通の性質とは何か．解答欄 [イ] に記せ．

a. 吸湿性
b. 酸化性
c. 腐食性
d. 疎水性

3. (iii)は常温・常圧で黒色の固体であり，電気を通す．赤熱した(iii)と水蒸気が反応すると，主に，水素と気体 Z が発生する．Z は極性を持ち，ヘモグロビンと強く結合する．Z の化学式を解答欄 [A] に記せ．

4. (iv)は第 2 周期の元素の酸化物であり，昇華点は−79°C である．(iv)を石灰水に通じると，白色沈殿を生じる．ここに，ある試薬を加えると，再び(iv)が得られる．その試薬として最も適切なものを次から選び，解答欄 [ウ] に記せ．

a. 水酸化ナトリウム水溶液
b. 塩酸
c. 四塩化炭素
d. 二酸化マンガン

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

5. 分子結晶でも，金属と同様に結晶格子を形成している．結晶格子を考えるときには，分子を球と仮定するとわかりやすい．(iv)の結晶は分子が面心立方格子を形成するように配列している．単位格子中に含まれる分子の数は 4 個である．単位格子 1 辺の長さを 6.0×10^{-10} mとして，(iv)の結晶の密度を kg/m^3 で表したものとして，最も近いものは次のうちどれか．解答欄 [エ] に記せ．ただし，この分子の分子量を M とする．

a. $7.8 \times M$ kg/m^3
b. $3.1 \times 10^1 \times M$ kg/m^3
c. $7.8 \times 10^3 \times M$ kg/m^3
d. $3.1 \times 10^4 \times M$ kg/m^3

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART II

配位結合とは，電子対が一方の原子からのみ提供されてできる共有結合である．電子対を供与する原子を，電子対ドナーとよぶ．電子対ドナーが非共有電子対を供与することにより，受容する原子との間に結合が生成する．錯イオンもこのような配位結合で成り立っている．電子対を受容する原子を，電子対アクセプターとよび，通常陽イオンであるが，それだけに限らない．ここでは，非共有電子対を受容することができる原子が，供与された電子対を受け入れた際に，最外殻電子の数が閉殻となる電子数を超えない場合を考える．

図 1 に配位結合の例を示す．アンモニア（NH_3）において，N 原子は電子対ドナーであり，電子対アクセプターである H^+との間に配位結合を形成し，アンモニウムイオン（NH_4^+）となる．NH_4^+では，N 原子の最外殻に 8 個電子があり，各々の H 原子の最外殻には 2 個の電子があるので，すべての原子の電子配置が希ガスと同じように閉殻となっている．

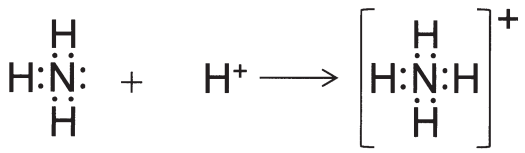


図1 NH_4^+ができる化学反応式

配位結合は，電子対を供与する原子から電子対を受け入れる原子の向きへの矢印で表すことがある．図2はAg^+にNH_3が2つ配位結合で結合しているジアンミン銀（I）イオン（$[Ag(NH_3)_2]^+$）である．

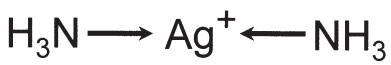
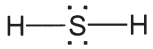


図2 配位結合を矢印で表した例（$[Ag(NH_3)_2]^+$）

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

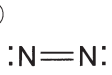
6. 閉殻について考える．以下の 4 つの構造式の中で，すべての原子が閉殻となっているものはどれか．組み合わせとして正しいものを選び，解答欄 [オ] に記せ．ただし，ここでは非共有電子対も省略せずに描いた．

①

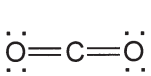


②

③



④



a. ①, ②
b. ②, ③
c. ③, ④
d. ①, ④

7. BF_3 のように閉殻構造となっていない原子を持つ化合物も存在する．そのような原子は，電子対アクセプターとなることができる．BF_3 に NH_3 が配位した NH_3BF_3 の化学結合について正しい記述の組み合わせを次から選び，解答欄 [カ] に記せ．

① 3 個の F が B とそれぞれ共有結合をしている．
② N が B へ非共有電子対を供与して，配位結合している．
③ H が電子対ドナーとして B と配位結合している．
④ N が F から非共有電子対を受容して，配位結合している．

a. ①, ②
b. ②, ③
c. ③, ④
d. ①, ④

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

8. 以下の化合物やイオンの組み合わせ a～d を考える. X 内の下線で示された原子を電子対ドナーとし, Y 内の下線で示された原子を電子対アクセプターとして, 配位結合を形成するものはどれか. 解答欄 [キ] に記せ.

	X	Y
a.	$\underline{C}Cl_4$	$H_2\underline{C}=CH_2$
b.	$\underline{B}F_3$	$\underline{P}H_3$
c.	$H_2\underline{O}$	$\underline{Cu^{2+}}$
d.	$\underline{Cl^-}$	$\underline{Ca^{2+}}$

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

電子対ドナーには，非共有電子対を2組以上持っているものもある．また電子対アクセプターには，2組以上の非共有電子対を受容するもある．$[Ag(NH_3)_2]^+$のAg^+はその例である．

原子Aと原子Dからなる三原子分子のAD_2は分子間で配位結合をしてポリマーとなる．Aは第2周期の元素の原子であり，2組の非共有電子対を受け入れることができる．Dは周期表の第3周期の元素の原子である．図3のように，Aは2つのDと共有結合，2つのDと配位結合で結びついており，Dは1つのAと共有結合，1つのAと配位結合で結びついている．この状態でAとDは閉殻となっている．

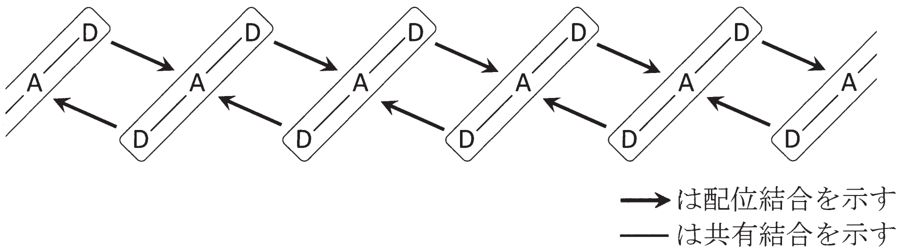


図3　AD_2のポリマー

9.　原子Aと原子Dの価電子の数はそれぞれいくつか．正しい組み合わせを選び，解答欄 ク に記せ．

	Aの価電子数	Dの価電子数
a.	2	4
b.	2	7
c.	4	4
d.	4	7

10.　AとDの元素記号を用いてAD_2の化学式を解答欄 B に記せ．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART III

結合の回転について考えてみることにしよう．有機化合物の中に含まれる炭素−炭素結合は，その結合次数によって，単結合，二重結合，三重結合に分類される．このうち，二重結合や三重結合は，通常の条件では結合の回転ができないが，単結合は通常，自由に回転できる．このような，単結合周りの回転によって生じる一時的な分子の形を分子の立体配座とよぶ．

立体配座を考える際には，特殊な構造式を使うことが多い．ここでそのひとつであるニューマン投影式を，エタンを例にして紹介する．ニューマン投影式では，図 4(a)における，目の方向から分子を見て，手前の CH_3 を図 4(b)のように表し，奥側の CH_3 を図 4(c)のように表している．手前の炭素は省略して記載しないが，奥側の炭素は大きな円で表される．図 4(b)を図 4(c)に重ね合わせると，図 4(d)のエタンのニューマン投影式となる．ここでは，手前側の炭素−水素結合と，奥側の炭素−水素結合が重なり合わないような位置関係にあり，お互いにぶつかり合うのを避けているのがわかる．これを，ねじれ型配座とよぶ．

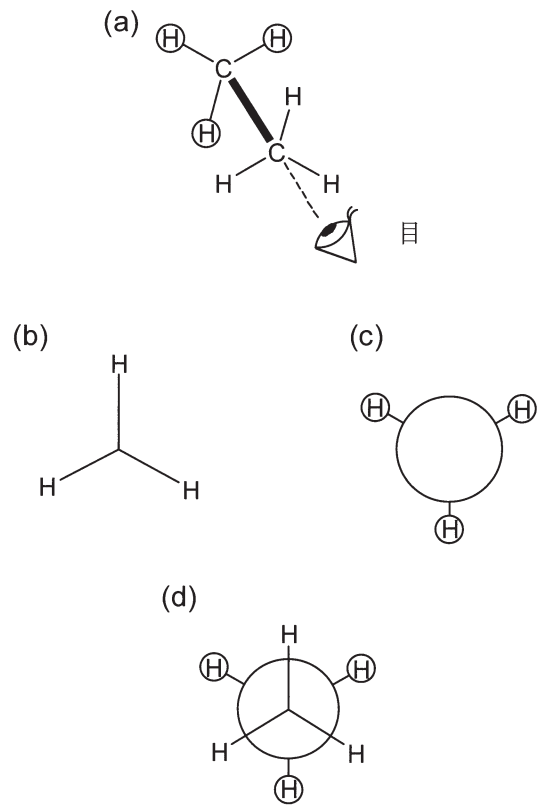
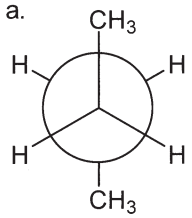


図 4　エタンの(a)立体構造, (b)手前の CH_3, (c)奥側の CH_3, (d)ニューマン投影式

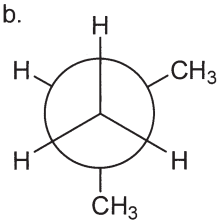
リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

11. ブタン（$CH_3CH_2CH_2CH_3$）の2番目の炭素と3番目の炭素の間の結合を軸として描いたニューマン投影式として正しいものはどれか．解答欄 ケ に記せ．

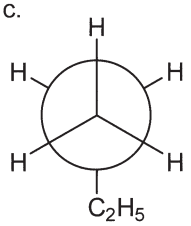
a.



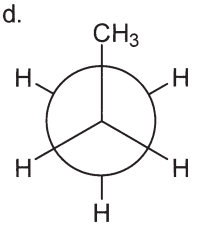
b.



c.



d.



リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

ニューマン投影式を用いると結合の回転によって変化する置換基同士の位置関係が理解しやすいという利点がある．結合が回転する際には，手前（もしくは奥側）の炭素を，炭素－炭素結合を軸として，軸回りに回転させればよい．エタンで炭素が回転すると，その炭素に結合している水素も共に回転する．図 5 にその様子を示す．手前側の 3 つの水素を，それぞれ Ha, Hb, Hc とし，奥側の下の水素を H*とする．図 5(a)の手前側の炭素を，炭素－炭素結合を軸として時計回りに 120°回転させると，図 5(b)となる．図 5(a)の状態では奥側の炭素についている水素 H*と反対の位置関係にあるのは水素 Ha であったが，結合の回転によって，水素 H*と反対の位置関係にあるのは水素 Hc へと変わっている．

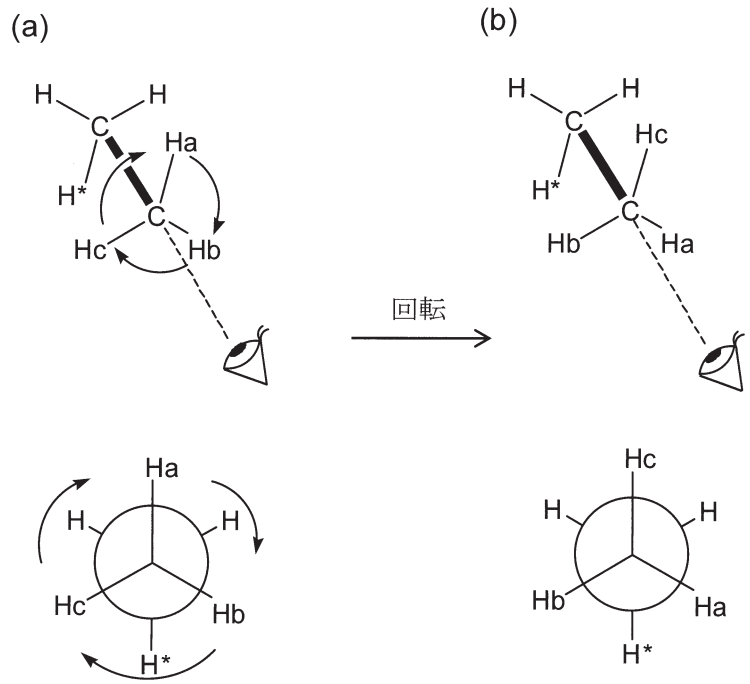


図 5　手前の水素を区別したエタンの分子の形とニューマン投影式

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

シクロヘキサン（C_6H_{12}）について考える．シクロヘキサンの 6 つの炭素は同一平面上にはなく，実際には図 6 のように，いす形の構造をしている．これをいす形配座とよぶ．シクロヘキサンのいす形配座は 2 種類あり，結合の回転によって，互いに入れ替わる．C2, C3, C5, C6 は同一平面上にあるが, C1, C4 はその平面の上下にある．

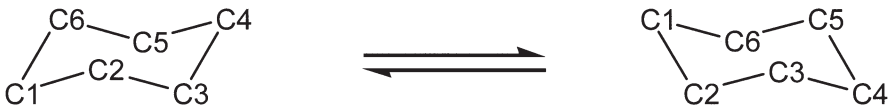


図 6　いす形配座のシクロヘキサン

シクロヘキサンをニューマン投影式を用いて表すためには，図 7(a)のシクロヘキサン分子を C2-C3 および C6-C5 の結合軸の方向から眺めるとよい．

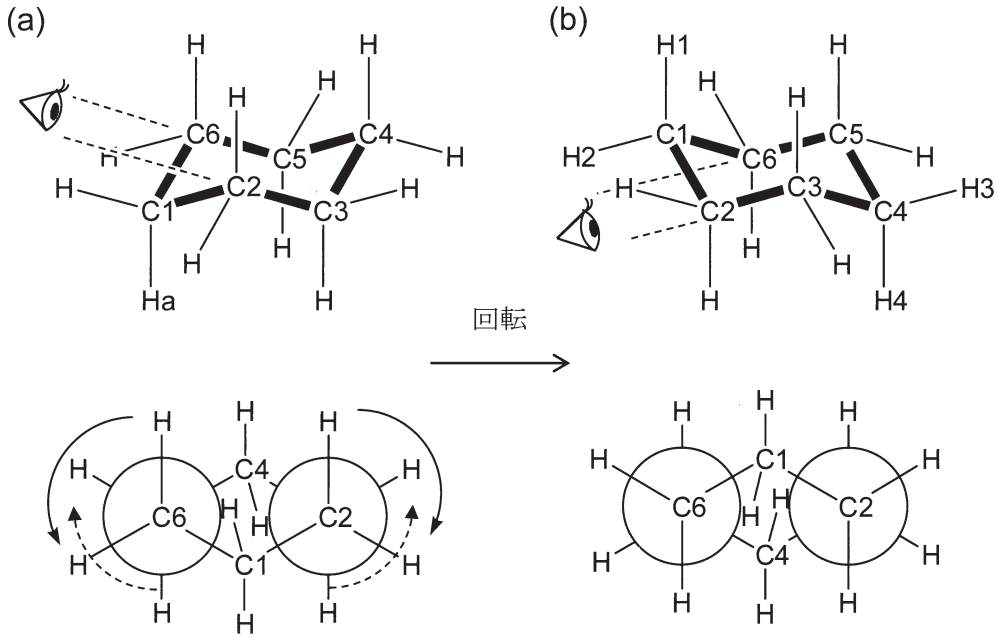


図 7 シクロヘキサンのニューマン投影式

2 つの立体配座の入れ替わりは, C2 と C6 が実線矢印（↷）の向きに回転すると同時に, C3 と C5（ニューマン投影式では奥側に描かれている）も点線矢印（⤿）の向きに回転すると，もう一方のいす形配座へと変換される．

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

12. 左記のシクロヘキサンの立体配座の入れ替わりによって図7(a)のC1に結合しているHaは図7(b)のH1からH4のうち，どの水素の位置へ移ったか．正しいものを選び，解答欄 コ に記せ．

a. H1
b. H2
c. H3
d. H4

続いて，シクロヘキサンに置換基が存在する場合について考えてみよう．まず，シクロヘキサンの置換基が存在する方向について，2 種類に分けることとする．図 8 を見るとシクロヘキサンの炭素原子が形成する 6 員環（太線）に対し，図 8 で上下方向に平行にのびる結合と，斜め方向にのびる 6 つの結合が存在することがわかる．上下方向にのびる置換位置をアキシアル位，斜め方向にのびる置換位置をエクアトリアル位とよぶ．

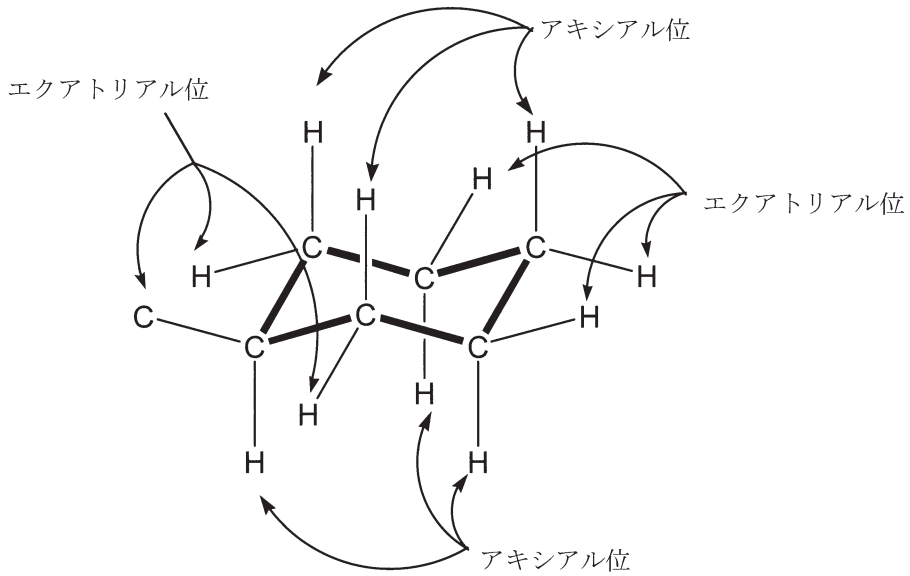


図 8　シクロヘキサンの置換基の方向

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

ここでエクアトリアル位に置換基が存在する場合，どのようなことが起こるか見てみよう．シクロヘキサンの水素原子の１つをメチル基で置換したものをメチルシクロヘキサンとよぶ．図９の通り，エクアトリアル位にメチル基が存在する場合は，メチル基が周りの水素とぶつかりあうことがない．

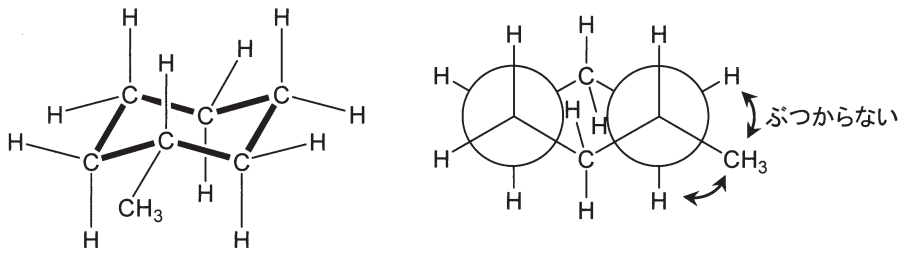
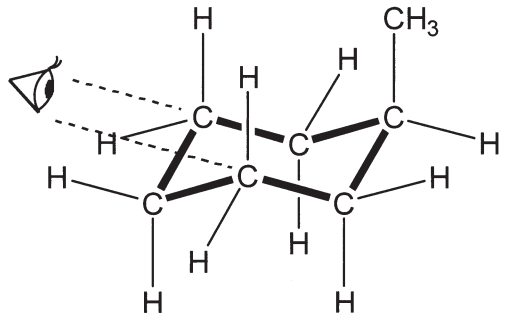


図９　エクアトリアル位に置換基が存在する場合のメチルシクロヘキサン

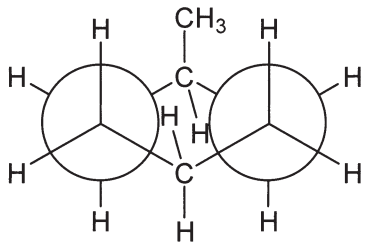
一方，アキシアル位に置換基が存在する場合，ニューマン投影式を用いて，どのようなことになるか，考えてみよう．この場合，２ つ隣の炭素原子のアキシアル位についている水素原子と近づきすぎてしまう．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

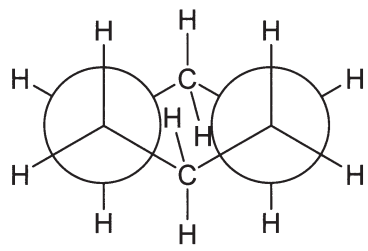
13. 下図に示すメチルシクロヘキサンのニューマン投影式として，適切なものを選び解答欄 サ に記せ．



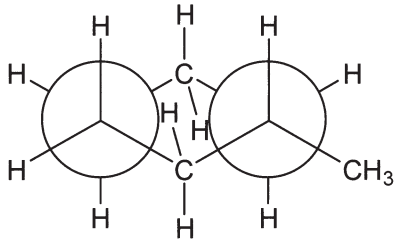
a.



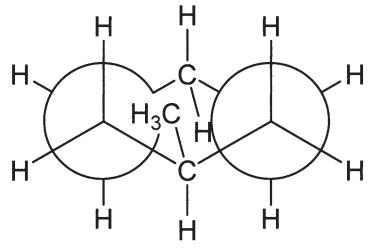
b.



c.

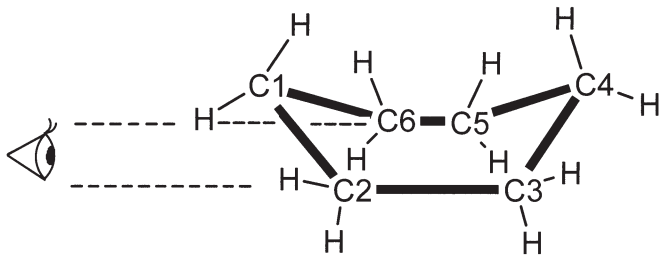


d.

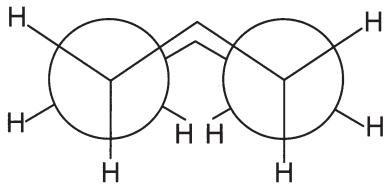


リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

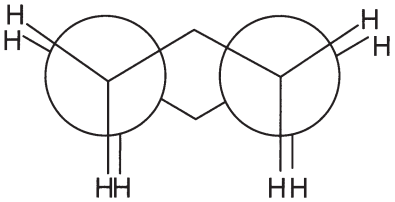
14. シクロヘキサンには，いす形配座の他に舟形配座とよばれる立体配座がある．舟形配座はいす形配座より不安定であるが，これらは単結合の回転によって入れ替わる．下図に示すシクロヘキサンのニューマン投影式として，適切なものを選び，解答欄 シ に記せ．ただし，ここでは C1 と C4 に結合している H は省略した．



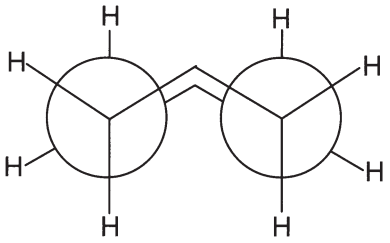
a.



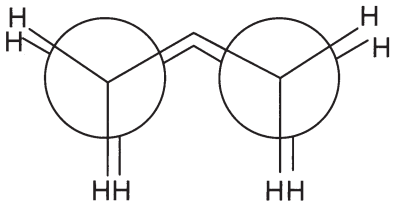
b.



c.



d.



不安定な配座から安定な配座へ入れ替わるときに結合が回転する．この回転を用いて移動する分子を作ることができる．このような極小分子自動車（ナノカー）のレースが 2017 年に開催された．

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

生　物

PART I ～ PART III の問題があります．マークセンス方式の解答欄ア～シおよび記述方式の解答欄 A ～ D を使って，あなたの答えを示しなさい．

PART I

大腸菌の DNA 複製・転写・翻訳に関する下記の文章を読み，問いに答えよ．

図 1 に示すように，DNA 複製はある特定の場所で二重らせんがほどかれてはじまる．ほどかれたそれぞれのヌクレオチド鎖の塩基配列を鋳型として，$\boxed{(1)}$ とよばれる相補的な短い $\boxed{(2)}$ 鎖が合成され，$\boxed{(2)}$ 鎖を足場にヌクレオチド鎖が伸長する．このとき，鋳型鎖に相補的に結合した次のヌクレオチドにおける 5'の炭素のリン酸とヌクレオチド鎖最後尾の糖の 3'末端が結ばれる．$\boxed{(3)}$ はこの反応を触媒する．このため DNA のヌクレオチド鎖は 5'から 3'の方向へのみ合成される．

二重らせんの開裂が進む方向と同じ方向に新しい鎖が合成される場合，DNA 合成は連続的に進行する．このときに生じる新生鎖をリーディング鎖とよぶ．一方，開裂の結果生じたもう一方のヌクレオチド鎖に対しては，開裂が進む方向と逆の方向に DNA 合成が進行する．二重らせんがほどけてある程度 1 本鎖の部分が長くなると，$\boxed{(3)}$ が 5'から 3'の向きに短い DNA 断片を合成し，それらを $\boxed{(4)}$ がつないで新生鎖を完成させる．このように不連続に複製される新生鎖をラギング鎖といい，この短い DNA 断片は岡崎フラグメントとよばれている．

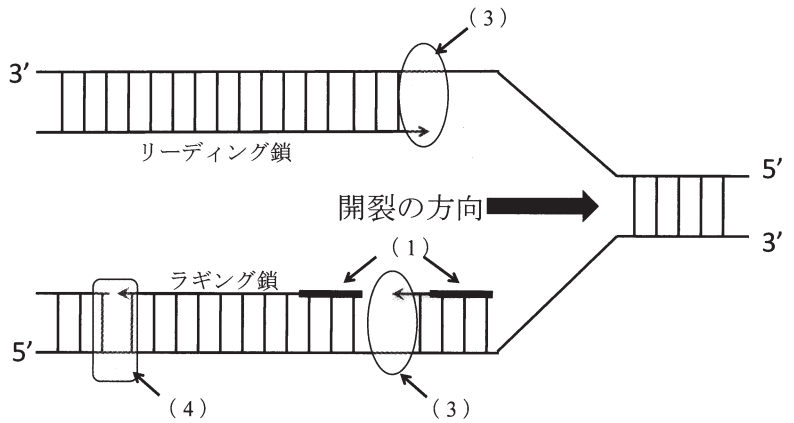


図 1　大腸菌の DNA 複製

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

1. 上の文章で, [(1)]と[(2)]に当てはまるものとして, 適切な組み合わせを選び, 解答欄 [ア] に記せ.

a. (1) プライマー, (2) RNA
b. (1) プロモーター, (2) RNA
c. (1) プライマー, (2) DNA
d. (1) プロモーター, (2) DNA

2. 上の文章で, [(3)]と[(4)]に当てはまる酵素名として, 適切な組み合わせを選び, 解答欄 [イ] に記せ.

a. (3) DNA ポリメラーゼ (DNA 合成酵素), (4) RNA ポリメラーゼ (RNA 合成酵素)
b. (3) RNA ポリメラーゼ (RNA 合成酵素), (4) DNA リガーゼ
c. (3) DNA ポリメラーゼ (DNA 合成酵素), (4) DNA リガーゼ
d. (3) RNA ポリメラーゼ (RNA 合成酵素), (4) DNA ポリメラーゼ (DNA 合成酵素)

DNA においてタンパク質の情報となる部分は遺伝子とよばれ, 遺伝子から RNA が合成される. 原核生物である大腸菌では, この RNA がそのまま mRNA としての役割をもち, 塩基配列の情報をもとにアミノ酸が指定され, タンパク質ができる.

3. 下線部について以下の問いに答えよ.

真核生物の遺伝子の場合, 原核生物と異なり DNA の塩基配列に(A)翻訳されない配列と(B)翻訳される配列があるため, 転写後の(C)重要な行程を経て(A)が切除され mRNA となる. A, B ,C を表す適切な言葉をそれぞれ解答欄 [A], [B], [C] に記せ.

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART II

哺乳動物の免疫に関する下記の文章を読み，問いに答えよ．

私たちヒトを含む哺乳動物はウィルスや病原菌など外界からの異物を排除するための高度なシステムを備えている．ひとつは自然免疫で，皮膚は物理的に体内への異物の侵入を防いでいるし，鼻腔や肺胞では異物の侵入に対して粘液を分泌することでそれを外界へ送り出している．一方，自然免疫で除去しきれなかった病原体に対しては，獲得免疫がはたらく．獲得免疫は応答するリンパ球によって細胞性免疫と体液性免疫に分類される．

ここでは細胞性免疫について考えてみよう．細胞性免疫は病原菌の除去に関わるだけでなく，分子レベルでの自己と非自己の認識に関わっている．通常，移植手術の際，他人の臓器を移植すると拒絶反応が起こるため臓器は生着しない．これはリンパ球の一種である T 細胞が他人の臓器を異物と認識して，免疫反応がはたらくためである．T 細胞は自己の物質と異物とを識別する．そのために，［ (5) ］とよばれる遺伝子がつくるタンパク質が重要な役割を果たす．つまり，［ (5) ］には非常に多くの型があり，互いに型が異なる人同士の臓器移植では拒絶反応が起こるが，似ている人同士の臓器移植では拒絶反応が小さい．T 細胞の前駆細胞は骨髄に存在し，未成熟 T 細胞として胸腺に取り込まれる．(a)未成熟 T 細胞は胸腺の内部で分化する．また，T 細胞はマクロファージの食作用を強化したり，インターロイキンを分泌して抗体産生を促すヘルパーT細胞と，抗原を提示している感染細胞を貪食することで排除するキラーT 細胞に分類されるが，(b)ヘルパーT 細胞およびキラーT 細胞への分化も胸腺内で起こり，成熟した T 細胞は胸腺を出て抹消組織ではたらく．

4. ［ (5) ］に当てはまる適切な語句を解答欄［ D ］に記せ．

5. 下線部(a)について，以下の問いに答えよ．

T細胞受容体タンパク質には多様性がある．この多様性はB細胞が分泌する抗体分子のように遺伝子の再構成によって作られる．T 細胞受容体はα鎖とβ鎖の２つのポリペプチドが結合してはたらくタンパク質である．α鎖とβ鎖の可変部に相当する遺伝子の配列が V 領域，J 領域という２つの領域に分断されており，それぞれの領域は多数の遺伝子断片から構成されている．T 細胞が胸腺内で分化する過程で，それぞれの領域から１つずつ遺伝子断片が選び出され，遺伝子の再構成が起こる．

α鎖の V 領域, J 領域には遺伝子断片がそれぞれ 70 種類, 60 種類，β鎖の V 領域, J 領域には遺伝子断片がそれぞれ 50 種類, 15 種類あるとする．今，ある人の可変部領域の遺伝子配列を調べたところ，α鎖の V 領域の遺伝子断片の 10 番目と 15 番目(それぞれ V_{10} と V_{15})について，一方の対立遺伝子に変異があることがわかった．この人の T 細胞は何種類の T 細胞受容体が生成可能か．ただし，これら２つの変異がある V_{10}, V_{15} 遺伝子断片が指定するアミノ酸配列はそれぞれ, α鎖 V 領域の他のどの遺伝子断片が指定するアミノ酸配列とも異なるとする．

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

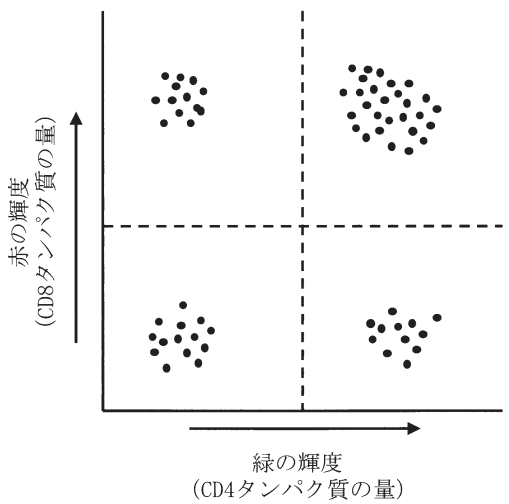
この計算結果を以下のように表したとき，［う］と［え］に入る適切な数字を解答欄［ウ］，［エ］にそれぞれ記せ．

［あ］．［い］［う］× 10^［え］

例えば，12,300 種類の場合は 1.23×10^4 と表す．ただし，［あ］は 0 ではない．

下線部(b)について以下の問いに答えよ．

T細胞の分化を観察するために，マウスを用いて以下の解析を行った．胸腺からT細胞(胸腺 T 細胞)を単離して，細胞表面に存在するタンパク質を調べる FACS 法という方法がある．ヘルパーT細胞の細胞表面にはCD4という膜タンパク質が，キラーT細胞の細胞膜表面にはCD8という膜タンパク質がそれぞれ発現する．胸腺内のT細胞でCD4とCD8両方のタンパク質を発現する細胞やどちらのタンパク質もほとんど発現していない細胞は分化途中の未成熟 T 細胞である．FACS 法では，まず，単離した T 細胞に対して CD4 を発現する細胞は緑色に光るように染色し，CD8 を発現する細胞は赤色に光るように染色する．その後，一つひとつの細胞の緑色・赤色の輝度を計測して，赤色の輝度を縦軸に，緑色の輝度を横軸にそれぞれ表すと，胸腺 T 細胞を解析することができる．野生型マウス(正常マウス)の胸腺に存在する T 細胞の解析結果は図２のようになった．図中の点（・）は１つの細胞を表している．緑・赤の輝度の強弱によって．４つのグループ(DN, DP, CD4SP, CD8SP)に分けられるのが見て取れる．



DN　　：CD4，CD8どちらのタンパク質の発現量も低い未成熟T細胞
DP　　：CD4，CD8どちらのタンパク質の発現量も高い未成熟T細胞
CD4SP：CD4タンパク質の発現量のみが高く，CD8タンパク質の発現量は低い成熟T細胞
CD8SP：CD8タンパク質の発現量のみが高く，CD4タンパク質の発現量は低い成熟T細胞

図２　FACS 法による野生型マウス胸腺 T 細胞の解析

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

また，図３はマウスの４種類の変異体(P, Q, R, S)の胸腺 T 細胞を同様に FACS 法で解析した結果を表している．

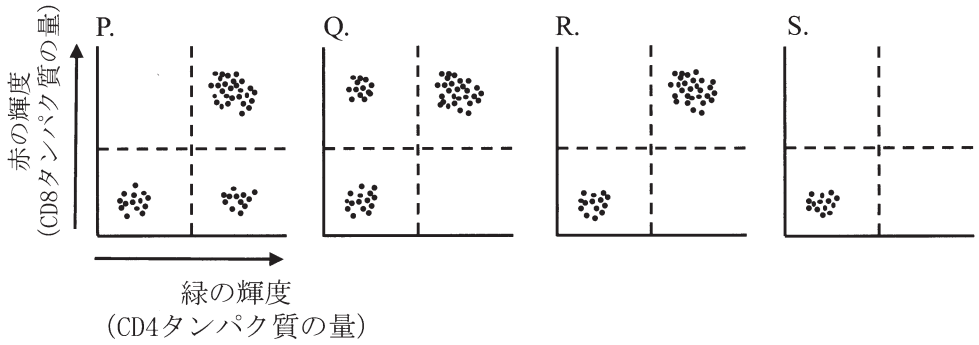


図３ FACS 法による変異体マウス胸腺 T 細胞の解析

6. それぞれの変異体の変異は胸腺 T 細胞の分化過程のある特定の１つ，または２つの行程を阻害することが知られている．これらの変異体の解析結果から胸腺の内部ではどのような経路をたどって T 細胞が成熟すると考えられるか．最も適切なものを解答欄 [オ] に記せ．

a. DN → DP → CD4SP / CD8SP

b. DP → DN → CD4SP / CD8SP

c. DN → CD4SP → DP → CD8SP

d. DN → CD4SP → DP → CD8SP / CD8SP → DP → CD4SP

7. これらの変異体の中で野生型と比べて B 細胞の活性化への影響が最も少ないと考えられる変異体はどれか．最も適切なものを解答欄 [カ] に記せ．

a. 変異体 P
b. 変異体 Q
c. 変異体 R
d. 変異体 S

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

8. 図３の変異体Pについて．以下の問いに答えよ．

成熟個体に，X線を照射することでT細胞の前駆細胞を死滅させることができる．X線を照射した野生型のマウスに，変異体Pの骨髄から単離したT細胞の前駆細胞を移植した．この個体の胸腺のT細胞を上記と同様の方法で解析したところ，図３の変異体Pのようになった．この実験とは逆に，X線を照射した変異体Pのマウスに，野生型マウスの骨髄から単離したT細胞の前駆細胞を移植した．このとき，胸腺のT細胞を同様に解析したところ，図２の野生型のようになった．以上の結果から得られる変異体Pに関する解釈として最も適切なものを選び，解答欄 キ に記せ．

a. 胸腺内のT細胞の分化を助ける細胞に異常がある．T細胞の前駆細胞に異常はない．
b. T細胞の前駆細胞に異常がある．胸腺内のT細胞の分化を助ける細胞に異常はない．
c. T細胞の前駆細胞と胸腺内のT細胞の分化を助ける細胞，両方に異常がある．
d. T細胞の前駆細胞にも，胸腺内のT細胞の分化を助ける細胞，どちらにも異常はなく，B細胞に異常がある．

9. 変異体Pの遺伝子を解析したところ，遺伝子gに変異があることがわかった．ノックアウトマウスとは特定の遺伝子の機能を失わせたマウスであるが，この遺伝子gに対するノックアウトマウスを作成して，同様にFACS法で胸腺T細胞の解析を行ったところ，図２の野生型のようになった．もし遺伝子gが変異体Pの異常の原因であると仮定した場合，以下のa〜dの記述の中で，この実験結果と矛盾するものはどれか，解答欄 ク に記せ．

a．変異体Pの遺伝子gから作られるタンパク質の活性は失われている．変異体Pの異常の原因は遺伝子gの変異ただ一つである．
b．変異体Pの遺伝子gから作られるタンパク質の活性は野生型と比べて向上している．変異体Pの異常の原因は遺伝子gの変異ただ一つである．
c．変異体Pの遺伝子gから作られるタンパク質の活性は失われている．変異体Pの異常の原因は二つの遺伝子の変異による．それらは遺伝子gの変異ともう一つの異なる遺伝子の変異である．
d．変異体Pの遺伝子gから作られるタンパク質の活性は野生型と比べて向上している．変異体Pの異常の原因は二つの遺伝子の変異による．それらは遺伝子gの変異ともう一つの異なる遺伝子の変異である．

注)実際にはもっと多くの種類のT細胞受容体が作られることが知られている

参考文献

Agui, et al. (1990) J Exp Med 172, 1615–1624.
Sakai, et al. (1993) Immunol Lett 38, 145–152.

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

PART III

遺伝子の転写調節に関する下記の文章を読み，問いに答えよ．

DNA の情報は転写・翻訳を経て，タンパク質を合成するための情報となる．生命体は環境の変化に応じて目的のタンパク質を必要な量だけ合成するが，大腸菌ではその調節は転写の段階で行われることが多い．オペロン説で知られるラクターゼの誘導はその一例である．以下に同様の例を見てみよう．

酸素は生物にとって必要不可欠な分子であるが，呼吸の過程で活性酸素（以下 ROS）とよばれるより反応性の強い物質が生じ，細胞内の核酸やタンパク質，膜を構成するリン脂質などが酸化障害を受けることが知られている．大腸菌は，生じた ROS を除去する酵素 A や酸化障害を受けた分子を修復する酵素 B などのはたらきによる防御機能をもつ．

実験１．これらの防御機能に関わる酵素 A と酵素 B は ROS の増加によって誘導されるとの仮説を検証するために，野生株と２種類の変異体を用いた．野生株を ROS 添加条件で培養すると，ある一定の割合の細胞が死滅する．これに対して，ROS 添加条件で感受性変異体は野生型と比べて死滅する細胞の割合が大きく，一方，抵抗性変異体は死滅する細胞の割合が小さい．これら３種類の大腸菌を ROS 無添加条件 (ROS 無), ROS 添加条件(ROS 有)で培養した．その後，細胞をすりつぶして，細胞内タンパク質溶液を調製して，その中に含まれる酵素 A と酵素 B の活性を測定した．複数回行った実験のうち，代表的な結果を表１に示す．

表１　実験１のまとめ

	酵素 A の活性		酵素 B の活性	
	ROS 無	ROS 有	ROS 無	ROS 有
野生株	0.12	0.65	8.2	49
感受性変異体	0.10	0.10	6.8	①
抵抗性変異体	②	0.65	49	50

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

10. 以下は，実験１の結果に関する記述である．これらを踏まえ，表１中の①，②に入る数値の組み合わせとして最も適切なものを解答欄 ケ に記せ．

(1) 野生株において，酵素 A，酵素 B の活性は ROS 添加により５～６倍上昇した．
(2) 感受性変異体において，酵素 A，酵素 B は ROS 添加によりほとんど変化がなかった．
(3) 抵抗性変異体の酵素 A，酵素 B の活性は ROS 無添加条件でも，野生株と比べて５～６倍の活性を示した．

a. ① 48, ② 0.63
b. ① 48, ② 0.11
c. ① 7.0, ② 0.63
d. ① 7.0, ② 0.11

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

実験２．酵素 A の遺伝子 a と酵素 B の遺伝子 b の転写調節の仕組みを調べたところ，図４のように調節にはタンパク質 X が関わっていること，遺伝子 a と遺伝子 b の発現調節には転写調節に関わる特定の DNA 領域(調節領域 z)が必要であることが判明した．

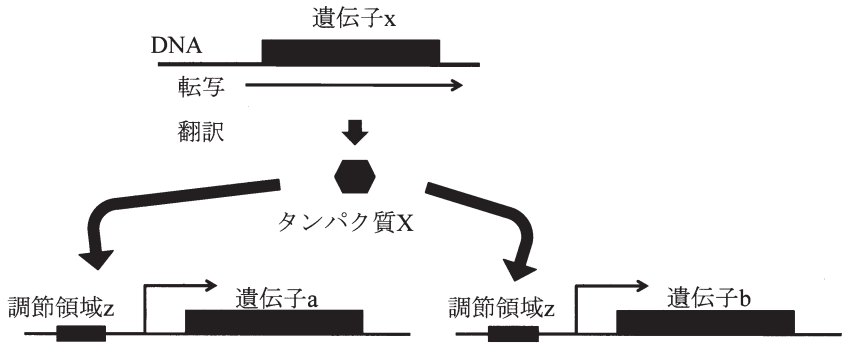
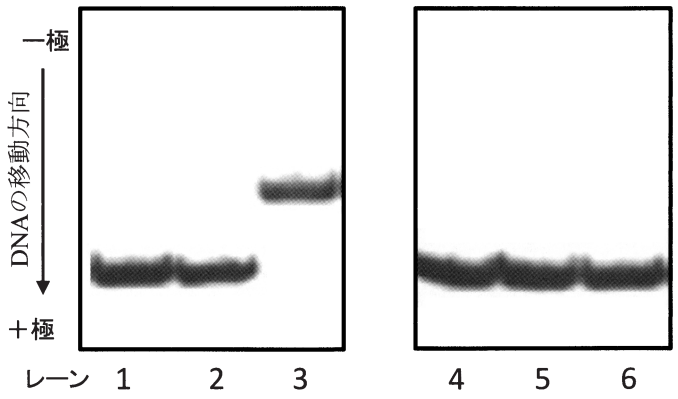


図４　遺伝子 a と遺伝子 b の発現調節の仕組み

そこでタンパク質 X が調節領域 z に結合することで遺伝子 a，遺伝子 b の転写が調節されると仮定して，精製したタンパク質 X が調節領域 z に結合するかゲル電気泳動法を用いて調べた．ゲル電気泳動法は DNA 断片を分離する方法の１つである．DNA 断片は負に荷電しているため，緩衝液中のゲルに電場をかけることにより，DNA 断片はゲルの中を+極に向かって移動する．この移動は DNA 断片のサイズが小さいほど速いが，その DNA 断片にタンパク質が結合すると，DNA 断片とタンパク質の複合体はより遅く移動する．

その結果を図５に示す．図５左は，精製したタンパク質 X に ROS を添加したもの (ROS 添加条件)，精製したタンパク質 X に ROS を添加していないもの(ROS 無添加条件)をそれぞれ遺伝子 a の調節領域 z を含む DNA 断片と混合後，ゲル電気泳動法により DNA 断片を検出した結果である．図５右は，図５左と同様の実験を遺伝子 a の調節領域 z の DNA 断片の代わりに，調節領域 z とサイズは同じだが配列が異なる DNA 断片(DNA 断片 y)を用いた実験結果である．

リベラルアーツ予備校FORUM-HCU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。



1: 調節領域zのDNA断片のみ
2: 調節領域zのDNA断片と精製したタンパク質X(ROS添加条件)を混合
3: 調節領域zのDNA断片と精製したタンパク質X(ROS無添加条件)を混合
4: DNA断片yのみ
5: DNA断片yと精製したタンパク質X(ROS添加条件)を混合
6: DNA断片yと精製したタンパク質X(ROS無添加条件)を混合

図５　タンパク質 X と調節領域 z の結合実験の結果

11. 実験２の結果の記述として正しくないもの１つを選び, 解答欄 [コ] に記せ.

a. 精製したタンパク質 X は, ROS 添加条件で調節領域 z の DNA 断片にも DNA 断片 y にも結合しない.
b. レーン３の DNA 断片は精製したタンパク質 X が結合したため, DNA 断片そのものサイズが大きくなった.
c. ROS 添加条件, ROS 無添加条件に関わらず, 精製したタンパク質 X は DNA 断片 y に結合しない.
d. 精製したタンパク質 X は ROS 無添加条件でのみ調節領域 z の DNA 断片に結合する.

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

実験３．　実験２の結果から，ROS 抵抗性変異体ではタンパク質 X に変異があるとの仮説を立てた．そこで，ROS 抵抗性変異体の遺伝子 x の塩基配列を調べるために，遺伝子 x を含む遺伝子領域（図６の #で示すアデニンから$で示すアデニンまで）をポリメラーゼ連鎖反応法（PCR 法）で増幅することにした．

12. PCR 法には２つのプライマーが必要である．１つは下に示すプライマー１である．下線で示した配列をもとにプライマー２として最も適切な塩基配列を選び，解答欄 [サ] に記せ．

プライマー １　5’-AACGAACTGAACACTGAAAAG- 3’

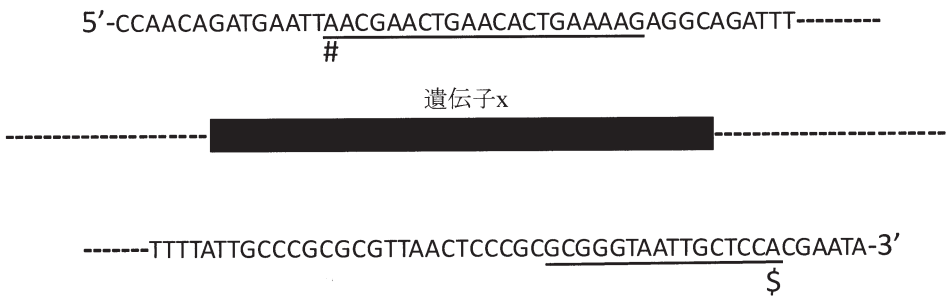


図６　PCR 法による遺伝子 x の増幅

a. 5’-GCGGGTAATTGCTCCA- 3’
b. 5’-ACCTCGTTAATGGGCG- 3’
c. 5’-TGGAGCAATTACCCGC- 3’
d. 5’-CGCCCATTAACGAGGT- 3’

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

続いて, ROS 抵抗性変異体の遺伝子 x の塩基配列を調べた. その結果, 下図の四角で囲ったように, 遺伝子 x に G から C への塩基置換変異が 1 カ所あり, ROS 抵抗性変異体が作るタンパク質 X に 1 つのアミノ酸置換が推定された.

遺伝暗号表

第1番目の塩基		第2番目の塩基 ウラシル(U)	第2番目の塩基 シトシン(C)	第2番目の塩基 アデニン(A)	第2番目の塩基 グアニン(G)		第3番目の塩基
U		UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U	U
		UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC システイン	C	C
		UUA ロイシン	UCA セリン	UAA (終止コドン)	UGA (終止コドン)	A	A
		UUG ロイシン	UCG セリン	UAG (終止コドン)	UGG トリプトファン	G	G
C		CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U	U
		CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン	C	C
		CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A	A
		CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン	G	G
A		AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U	U
		AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン	C	C
		AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン	A	A
		AUG (開始コドン)メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン	G	G
G		GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U	U
		GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン	C	C
		GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン	A	A
		GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン	G	G

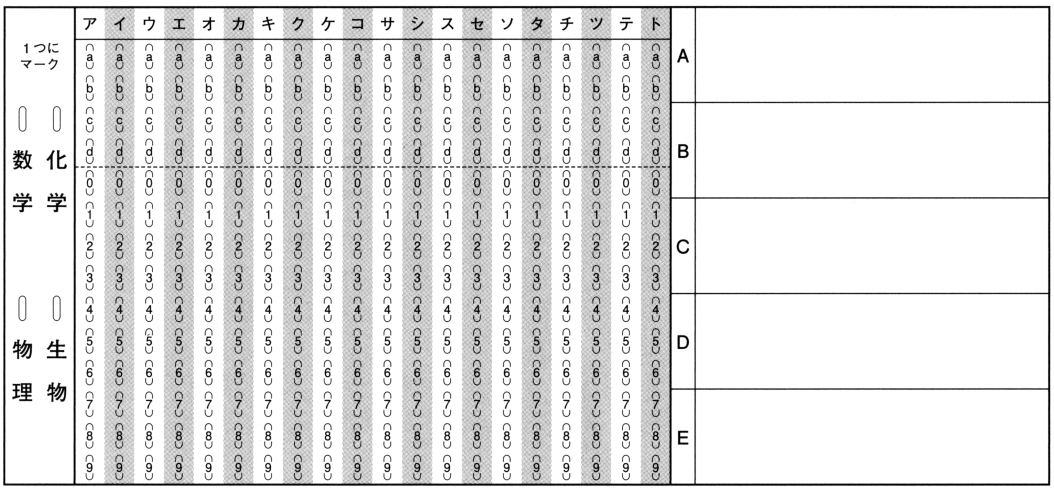
13. ROS 抵抗性変異体のタンパク質 X では, どのアミノ酸からどのアミノ酸に変化していると考えられるか. 遺伝暗号表を参考にし, 最も適切なアミノ酸変化を選び, 解答欄 [シ] に記せ.

a. ヒスチジン ⇒ アスパラギン酸
b. バリン ⇒ ロイシン
c. メチオニン ⇒ イソロイシン
d. システイン ⇒ セリン

リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。

解答上の注意

1. 問題の文中の［ア］，［イ］などには，特別の指示がない限り，文字（a～d）または数字（0～9）のいずれか一つが入ります．それらを解答カードの解答欄にマークして答えて下さい．
2. 問題の文中の［A］，［B］などには，記述式の解答が入ります．それらを解答カードの解答欄の枠からはみ出さないように，明瞭に記入して下さい．
3. 分数形で解答する場合は，それ以上約分できない形で答えて下さい．例えば，$\frac{2}{3}$ と答えるところを $\frac{4}{6}$ のように答えてはいけません．
4. 根号を含む形で解答する場合は，根号の中に現れる正の整数が最小となる形で答えて下さい．例えば，$6\sqrt{2}$，$\frac{\sqrt{17}}{3}$ と答えるところを，$3\sqrt{8}$，$\frac{\sqrt{68}}{6}$ のように答えてはいけません．



リベラルアーツ予備校FORUM-ICU：当塾は国際基督教大学から正式に許可を得て、この入試問題を公開／利用しています。