

注 意

問題の文中の ア , イウ などには、特に指示のないかぎり、数値または符号（－）が入る。これらを次の方法で解答用紙の指定欄にマークせよ。

- (1) ア, イ, ウ, …の一つ一つは、それぞれ0から9までの数字、または－の符号のいずれか一つに対応する。それらをア, イ, ウ, …で示された解答欄にマークする。

〔例〕 アイ に－8と答えたいとき

ア	☒ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
イ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☒ 8	☐ 9

- (2) 分数形で解答する場合は、既約分数（それ以上約分できない分数）で答える。分数の符号は分子につけ、分母につけてはならない。

〔例〕 $\frac{\text{ウエ}}{\text{オ}}$ に $-\frac{4}{5}$ と答えたいとき

ウ	☒ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
エ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9
オ	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9

- (3) 根号を含む形で解答する場合は、根号の中に現れる自然数が最小となる形で答える。

例えば、 $\sqrt{\text{カキ}}$ に $4\sqrt{2}$ と答えるところを、 $2\sqrt{8}$ のように答えてはならない。

- (4) 根号を含む分数形で解答する場合は、例えば $\frac{\text{ク} + \text{ケ}}{\text{サ}} \sqrt{\text{コ}}$

に $\frac{3 + 2\sqrt{2}}{2}$ と答えるところを、 $\frac{6 + 4\sqrt{2}}{4}$ や $\frac{6 + 2\sqrt{8}}{4}$ のように答えてはならない。

- (5) 選択肢から一つを選んで、番号を答える場合もある。

I (1) $a_1 = 2$, $a_2 = 5$, $a_3 = 10$ を満たす数列 $\{a_n\}$ の階差数列が等差数列であるとする。このとき, $a_{45} = \boxed{\text{アイウエ}}$ である。 $a_{k+3} = a_k + 111$ を満たす k は $\boxed{\text{オカ}}$ であり, $a_{k+3} + a_k = 1111$ を満たす k は $\boxed{\text{キク}}$ である。

(2) $\log_2 \sqrt{6}$, $\log_4 12$, $\frac{3}{2}$ のうち, 一番小さい数を a , 二番目に小さい数を b , 一番大きい数を c とする。このとき, $c - a = \frac{\boxed{\text{ケ}}}{\boxed{\text{コ}}}$ であり, $2^{(a+b+c)} = \boxed{\text{サシ}}$, $c - \log_2 \sqrt{3} = \boxed{\text{ス}}$ である。また, $a + b - c + 2 = \boxed{\text{セ}}$ である。

(3) $\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$ とする。 $\sin \theta + \cos \theta = \frac{2}{3}$ のとき, $\sin \theta \cos \theta = -\frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タチ}}}$ であり, $\sin \theta - \cos \theta = \frac{\sqrt{\boxed{\text{ツテ}}}}{\boxed{\text{ト}}}$ であり, $\sin^3 \theta + \cos^3 \theta = \frac{\boxed{\text{ナニ}}}{\boxed{\text{ヌネ}}}$ である。

(計 算 用 紙)

II グー・チョキ・パーと書かれた 3 種類のカードがある。グーはチョキに勝ち、チョキはパーに勝ち、パーはグーに勝ち、同じ種類なら勝負が決まらないというじゃんけんのルールに従って、A と B の 2 人が箱の中のカードを 1 枚ずつ取り出して勝負するゲームを行う。このゲームを勝負が決まるまで繰り返す。

(1) A と B はそれぞれ、3 種類のカードがそれぞれ 1 枚ずつ合計 3 枚入った箱を最初に持っていて、各自の箱から同時に 1 枚ずつカードを取り出す。

(i) 1 回目のゲームで勝負が決まる確率は $\frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$ である。

(ii) 1 回目で勝負が決まらず 2 回目で勝負が決まる確率は、2 回目のゲームを行う前に、1 回目で取り出したカードをそれぞれの箱に戻す場合は

$\frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{エ}}}$

であり、1 回目で取り出したカードを箱に戻さない場合は $\frac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}}$ である。

(2) 3 種類のカードがそれぞれ 2 枚ずつ合計 6 枚入った 1 つの箱から A と B が同時に 1 枚ずつカードを取り出す。

(i) 1 回目のゲームで勝負が決まる確率は $\frac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}}$ である。

(ii) 1 回目で勝負が決まらず 2 回目で勝負が決まる確率は、2 回目のゲームを行う前に、1 回目で取り出したそれぞれのカードを箱に戻す場合は

$\frac{\boxed{\text{ケ}}}{\boxed{\text{コサ}}}$ で

あり、1 回目で取り出したそれぞれのカードを箱に戻さない場合は $\frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{スセ}}}$

である。

(3) 3 種類のカードがそれぞれ n 枚ずつ合計 $3n$ 枚入った 1 つの箱から A と B が同時に 1 枚ずつカードを取り出すとき、1 回目のゲームで勝負が決まる確率は、

n を用いて $\frac{\boxed{\text{ソ}}}{\boxed{\text{タ}}} \frac{n}{n-1}$ と表される。

(計 算 用 紙)

III 座標平面において、円 $C_1 : x^2 + y^2 - \frac{3}{2}y + \frac{1}{2} = 0$ を考える。 C_1 の中心 P の座

標は $\left(\boxed{\text{ア}}, \frac{\boxed{\text{イ}}}{\boxed{\text{ウ}}} \right)$ であり、半径は $\frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}}$ である。 C_1 に外接し x 軸

に接する円の中心となりうるすべての点は曲線 $C_2 : y = \frac{\boxed{\text{カ}}}{\boxed{\text{キ}}}x^2 + \frac{\boxed{\text{ク}}}{\boxed{\text{ケ}}}$ 上にある。

(1) C_1 に外接し x 軸に接する円のうち、中心の x 座標が 1 であるものを C_3 と

する。 C_3 の半径は $\frac{\boxed{\text{コ}}}{\boxed{\text{サ}}}$ であり、 C_1 と C_3 の共通接線のうち、傾きが正で

あるものを l_1 とする。 C_3 の中心を Q とおき、 l_1 と直線 PQ の交点を A とす

る。このとき、 $AQ = \frac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}}$ であり、 l_1 の傾きは $\frac{\sqrt{\boxed{\text{セ}}}}{\boxed{\text{ソ}}}$ である。

(2) $t > 0$ とする。 x 座標が t である曲線 C_2 上の点を R とし、点 R における C_2

の接線と直交し点 R を通る直線を l_2 とする。 l_2 の方程式は t を用いて

$$y = -\frac{\boxed{\text{タ}}}{t}x + \frac{\boxed{\text{チ}}}{\boxed{\text{ツ}}}t^2 + \frac{\boxed{\text{テ}}}{\boxed{\text{ト}}}$$

と表される。 l_2 が円 C_1 と接するとき、 t^2 の値は $\frac{\sqrt{\boxed{\text{ナ}} - \boxed{\text{ニ}}}}{\boxed{\text{ヌ}}}$ である。

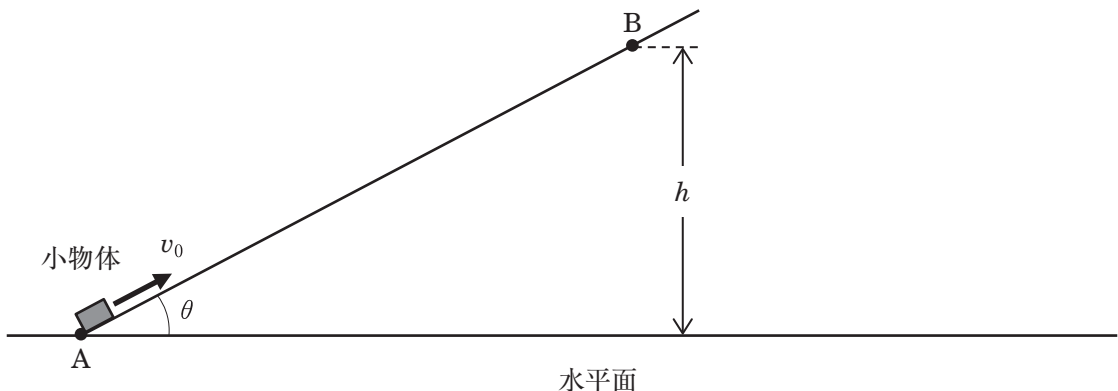
(計 算 用 紙)

物 理

(解答番号 1 ~ 21)

I 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図のように、水平となす角が θ の斜面があり、水平面上にある下端Aから斜面上に沿って右上の向きに質量 m の小物体を速さ v_0 で発射した。発射された小物体は斜面上を運動し、最高点Bに到達した後ただちに斜面をすべりおりて、下端Aに到達した。水平面からの最高点Bの高さを h 、小物体と斜面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗や小物体の大きさは無視できるものとして、以下の問いに答えよ。



(1) 下端Aから発射された直後に小物体がもつ運動エネルギーに等しいものは次のどれか。

1

- ① mv_0 ② $\frac{1}{2}mv_0$ ③ mv_0^2 ④ $\frac{1}{2}mv_0^2$

(2) 斜面上を運動しているときに小物体にはたらく動摩擦力の大きさに等しいものは次のどれか。

2

- ① $\mu' mg$ ② $\mu' mg \sin \theta$ ③ $\mu' mg \cos \theta$ ④ $\mu' mg \tan \theta$

- (3) 下端 A から発射されてから小物体が最高点 B に到達するまでにかかる時間を t_1 とする。 t_1 に等しいものは次のどれか。

3

① $\frac{v_0}{2g(\cos\theta + \mu' \sin\theta)}$ ② $\frac{v_0}{2g(\sin\theta + \mu' \cos\theta)}$ ③ $\frac{v_0}{2g(\sin\theta + \mu' \tan\theta)}$
 ④ $\frac{v_0}{g(\cos\theta + \mu' \sin\theta)}$ ⑤ $\frac{v_0}{g(\sin\theta + \mu' \cos\theta)}$ ⑥ $\frac{v_0}{g(\sin\theta + \mu' \tan\theta)}$

- (4) 最高点 B の高さ h に等しいものは次のどれか。

4

① $\frac{v_0^2 \sin\theta}{2g(\cos\theta + \mu' \sin\theta)}$ ② $\frac{v_0^2 \sin\theta}{2g(\sin\theta + \mu' \cos\theta)}$ ③ $\frac{v_0^2 \sin\theta}{2g(\sin\theta + \mu' \tan\theta)}$
 ④ $\frac{v_0^2 \sin\theta}{g(\cos\theta + \mu' \sin\theta)}$ ⑤ $\frac{v_0^2 \sin\theta}{g(\sin\theta + \mu' \cos\theta)}$ ⑥ $\frac{v_0^2 \sin\theta}{g(\sin\theta + \mu' \tan\theta)}$

- (5) 斜面をすべりおりて下端 A に到達する直前の小物体の速さに等しいものは次のどれか。

5

① $v_0 \sqrt{\frac{\sin\theta + \mu' \cos\theta}{\sin\theta + 2\mu' \cos\theta}}$ ② $v_0 \sqrt{\frac{\sin\theta + \mu' \cos\theta}{\sin\theta - \mu' \cos\theta}}$ ③ $v_0 \sqrt{\frac{\sin\theta - \mu' \cos\theta}{\sin\theta + \mu' \cos\theta}}$
 ④ $v_0 \sqrt{\frac{\cos\theta + \mu' \sin\theta}{\cos\theta + 2\mu' \sin\theta}}$ ⑤ $v_0 \sqrt{\frac{\cos\theta + \mu' \sin\theta}{\cos\theta - \mu' \sin\theta}}$ ⑥ $v_0 \sqrt{\frac{\cos\theta - \mu' \sin\theta}{\cos\theta + \mu' \sin\theta}}$

- (6) 下端 A から発射されてから小物体が最高点 B に到達するまでにかかる時間を t_1 とし、最高点 B から小物体が斜面をすべりおりて下端 A に到達するまでにかかる時間を t_2 とする。小物体と斜面との間の動摩擦係数が $\mu' = 0$ である場合、 t_1 と t_2 との大小関係として最も適当なものは次のどれか。

6

① $t_1 > t_2$ ② $t_1 = t_2$ ③ $t_1 < t_2$

- (7) 前問(6)において、小物体と斜面との間の動摩擦係数が $\mu' > 0$ である場合、 t_1 と t_2 との大小関係として最も適当なものは次のどれか。

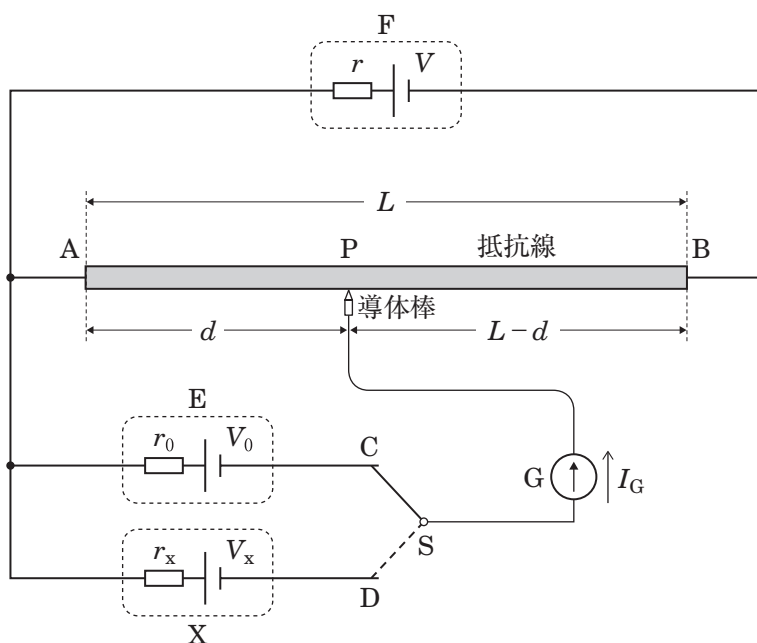
7

① $t_1 > t_2$ ② $t_1 = t_2$ ③ $t_1 < t_2$

Ⅱ 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

起電力 V_x と内部抵抗 r_x が未知の電池 X がある。図は、その起電力 V_x を測定するための回路である。電池 E の起電力を V_0 、内部抵抗を r_0 とし、電池 F の起電力を V 、内部抵抗を r とする。ただし V は、 V_0 、 V_x より大きいとする。抵抗線 AB の抵抗値を R とし、その長さは L で、断面積は一定とする。

また、検流計 G に接続された導体棒と抵抗線の接点を P とし、AP の長さを d とする。検流計 G は、スイッチ S を介して C 点または D 点に接続でき、検流計を流れる電流を I_G とする。はじめにスイッチ S は C 点と D 点のいずれにも接続されていないとし、以下の問いに答えよ。



(1) PB 間の抵抗値に等しいものは次のどれか。

8

- ① $\frac{L}{d}R$ ② $\frac{d}{L}R$ ③ $\frac{L-d}{L}R$
④ $\frac{L}{L-d}R$ ⑤ $\frac{L-d}{d}R$ ⑥ $\frac{d}{L-d}R$

(2) B 点を基準としたときの A 点の電位に等しいものは次のどれか。

9

- ① $\frac{r}{R}V$ ② $\frac{R}{r}V$ ③ $\frac{r}{R-r}V$
④ $\frac{r}{R+r}V$ ⑤ $\frac{R}{R+r}V$ ⑥ $\frac{R-r}{R+r}V$

(3) B 点を基準としたときの P 点の電位に等しいものは次のどれか。

10

- ① $\frac{d}{L}V$ ② $\frac{L-d}{L}V$ ③ $\frac{(L-d)r}{L(R+r)}V$
④ $\frac{(L-d)R}{L(R+r)}V$ ⑤ $\frac{Lr}{(L-d)(R+r)}V$ ⑥ $\frac{LR}{(L-d)(R+r)}V$

次に、スイッチ S を C 点に接続した。その後、導体棒を動かし、接点 P の位置を調整して、 $I_G=0$ となる位置で導体棒を固定した。このときの AP の長さ d を d_0 とする。

(4) d_0 に等しいものは次のどれか。

11

- ① $\frac{V_0}{V}L$ ② $\frac{V-V_0}{V}L$ ③ $\frac{(R+r)V_0}{rV}L$
④ $\frac{(R+r)V_0}{RV}L$ ⑤ $\frac{rV}{(R+r)V_0}L$ ⑥ $\frac{RV}{(R+r)V_0}L$

次に、スイッチ S を D 点に接続すると検流計に電流が流れたので、再び接点 P の位置を調整し、 $I_G=0$ となる位置で導体棒を固定した。このときの AP の長さ d を d_x とする。

(5) V_x に等しいものは次のどれか。

12

① $\frac{d_x}{L} V$

② $\frac{L-d_x}{L} V$

③ $\frac{d_x r}{L(R+r)} V$

④ $\frac{d_x R}{L(R+r)} V$

⑤ $\frac{Lr}{d_x(R+r)} V$

⑥ $\frac{LR}{d_x(R+r)} V$

(6) $\frac{V_x}{V_0}$ に等しいものは次のどれか。

13

① $\frac{d_0}{d_x}$

② $\frac{d_x}{d_0}$

③ $\frac{d_0 r}{d_x(R+r)}$

④ $\frac{d_0 R}{d_x(R+r)}$

⑤ $\frac{d_x r}{d_0(R+r)}$

⑥ $\frac{d_x R}{d_0(R+r)}$

(大問Ⅲは次ページから始まる)

Ⅲ 次の各問いの答えとして最も適当なものを、それぞれの解答群の中から1つ選びマークせよ。

図1のように、振動数を変えることのできる音源の左に長さ l の閉管Aを、右に長さ $2l$ の閉管Bを配置して、気柱の共鳴の実験を行った。音源の振動数を0から少しずつ大きくしていくと、共鳴する閉管(A, B)が替わっていく。音速を V とし、2つの管は互いに影響しないとし、開口端補正は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

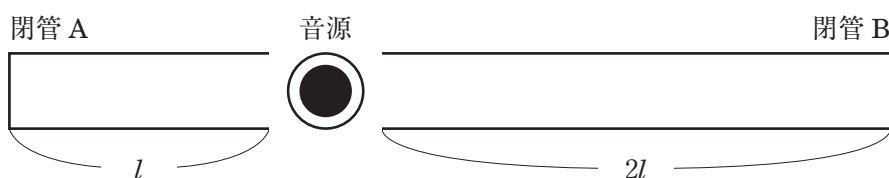


図1

(1) 閉管Aの基本振動の振動数と等しいものは次のどれか。

14

- ① $\frac{V}{8l}$ ② $\frac{V}{4l}$ ③ $\frac{V}{2l}$ ④ $\frac{V}{l}$ ⑤ $\frac{2V}{l}$ ⑥ $\frac{4V}{l}$

(2) 閉管Bの基本振動の振動数と等しいものは次のどれか。

15

- ① $\frac{V}{8l}$ ② $\frac{V}{4l}$ ③ $\frac{V}{2l}$ ④ $\frac{V}{l}$ ⑤ $\frac{2V}{l}$ ⑥ $\frac{4V}{l}$

(3) 音源の振動数を0から少しずつ大きくしていくとき、はじめに共鳴するのは閉管Aと閉管Bのどちらか。

16

- ① 閉管A ② 閉管B

(4) 共鳴する管の順番を考える。はじめに共鳴する管を1番目の管、つまり前問(3)で求めた管とすると、4番目に共鳴するのは、閉管Aと閉管Bのどちらか。

17

- ① 閉管A ② 閉管B

(5) 前問(4)で4番目の管が共鳴するとき、音源の振動数と等しいものは次のどれか。

18

- ① $\frac{V}{4l}$ ② $\frac{V}{2l}$ ③ $\frac{5V}{8l}$ ④ $\frac{3V}{4l}$ ⑤ $\frac{5V}{4l}$ ⑥ $\frac{8V}{5l}$

次に音源の振動数を0に戻し、図2のように閉管Bの右端の閉口端を開放して、開管B'とした。そして音源の振動数を再び0から少しずつ大きくしていった。

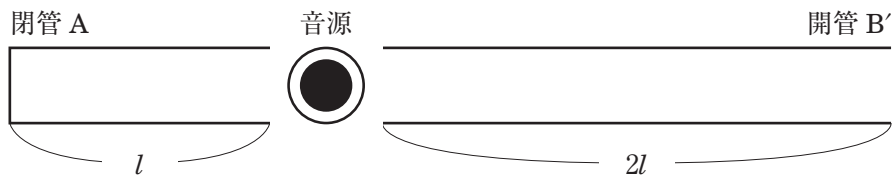


図2

(6) 開管B'の基本振動の振動数と等しいものは次のどれか。

19

- ① $\frac{V}{4l}$ ② $\frac{V}{3l}$ ③ $\frac{V}{2l}$ ④ $\frac{V}{l}$ ⑤ $\frac{2V}{l}$ ⑥ $\frac{3V}{l}$

(7) 音源の振動数を0から少しずつ大きくしていくとき、はじめに共鳴する管の説明として最も適当なものは次のどれか。

20

- ① 閉管Aのみが共鳴 ② 開管B'のみが共鳴
③ 閉管Aと開管B'は同時に共鳴

(8) 2本の管が2回目に同時に共鳴するとき、音源の振動数と等しいものは次のどれか。

21

- ① $\frac{V}{4l}$ ② $\frac{V}{2l}$ ③ $\frac{5V}{8l}$ ④ $\frac{3V}{4l}$ ⑤ $\frac{5V}{4l}$ ⑥ $\frac{8V}{5l}$

化 学

(解答番号 ～)

I 次の問 1 ～ 5 中の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを，それぞれの**解答群**から選び，解答欄にマークせよ。ただし，同じものを何度選んでもよい。

問 1 次の文章ア～エのうち， が正しい。

ア. NaF の結晶に含まれる陽イオンと陰イオンは，お互いに静電氣的な力で引き合っている。また，これらのイオンは，どちらも Ne 原子と同じ電子配置になっている。

イ. 「 ^{12}C 原子と ^{14}C 原子」あるいは「 ^1H 原子と ^3H 原子」は，原子核の中性子数が異なり，互いに同位体とよばれる。また， ^{14}C 原子や ^3H 原子は放射線を放出するので，ラジオアイソトープとよばれる。

ウ. 炭素には，ダイヤモンドやフラーレンのような同素体が存在する。また，水にも水蒸気や氷などの同素体が存在する。

エ. 水酸化物イオンには 4 組の電子対が，窒素分子には 3 組の電子対が，また，メタン分子には 4 組の電子対がある。

問2 次の文章ア～エのうち、 が正しい。

ア. O 原子の方が C 原子より電気陰性度が大きいので、二酸化炭素は極性のある C=O 結合をもつ。しかし、二酸化炭素は分子全体として無極性である。

イ. 一般に、分子結晶はやわらかく、外力によって割れやすい。また沸点や融点が低いものが多い。代表的なものに二酸化炭素が1気圧のもとおよそ -79°C 以下で凝華してできたドライアイスがある。

ウ. テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム、酢酸アンモニウム、ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウムのいずれにも配位結合でできた結合が存在する。

エ. ダイヤモンドの結晶では、1つの炭素原子が4個の炭素原子と共有結合しており、炭素原子の結合角(C-C-C)はおよそ 110° である。一方、黒鉛の結晶中では、1つの炭素原子が3個の炭素原子と共有結合した網目構造があり、その構造の炭素原子の結合角はおよそ 120° である。

問3 1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 420 mL を完全に中和するために、質量パーセント濃度 35.0% の塩酸 mL が必要である。ただし、この塩酸の密度を 1.20 g/cm^3 とする。また、塩化水素の分子量を 36.5 とする。

問4 標準状態で 30 cm^3 を占めるメタンとエチレンの混合気体を完全燃焼させたときに、標準状態で 40 cm^3 の二酸化炭素が生成した。したがって、混合気体中のメタンとエチレンの物質量の比は、メタン：エチレン = : 1 であることがわかる。また、反応には少なくとも標準状態で cm^3 の酸素が必要である。

問5 少量のアニリンが混じった安息香酸から純粋な安息香酸を分離するために次の操作を行った。アニリンを で除くために、混合物をジエチルエーテルに溶解し、その溶液に希塩酸を加えてよく攪拌後、静置して2層を分離した。次に、有機層のジエチルエーテルを で除き、安息香酸を残留物として得た。残留物を、水を用いる で精製して純粋な安息香酸を得た。なお、 には などが一般に用いられる。

1 および **2** 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, イのみ | ⑥ ア, ウのみ |
| ⑦ ア, エのみ | ⑧ イ, ウのみ | ⑨ イ, エのみ |
| ⑩ ウ, エのみ | ① ア, イ, ウのみ | ② ア, イ, エのみ |
| ③ ア, ウ, エのみ | ④ イ, ウ, エのみ | ⑤ ア, イ, ウ, エ |

3 に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 18.0 | ② 18.5 | ③ 24.0 | ④ 24.5 |
| ⑤ 36.0 | ⑥ 36.5 | ⑦ 48.0 | ⑧ 48.5 |

4 に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 |
| ⑨ 0.13 | ⑩ 0.14 | ① 0.17 | ② 0.20 |
| ③ 0.25 | ④ 0.33 | ⑤ 0.50 | ⑥ 0.75 |

5 に対する解答群

- | | | | |
|------|-------|-------|-------|
| ① 10 | ② 20 | ③ 30 | ④ 40 |
| ⑤ 50 | ⑥ 60 | ⑦ 70 | ⑧ 80 |
| ⑨ 90 | ⑩ 100 | ① 110 | ② 120 |

6 ～ **8** に対する解答群

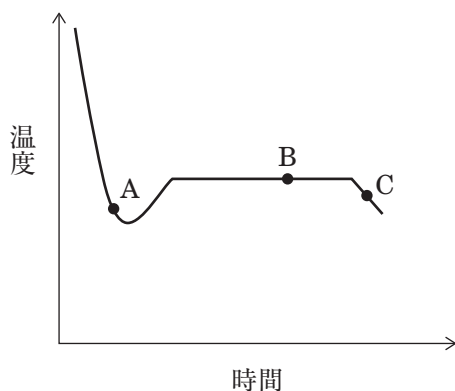
- | | | | | |
|------|-------|-------|------|------|
| ① 蒸留 | ② 再結晶 | ③ 昇華法 | ④ 抽出 | ⑤ ろ過 |
|------|-------|-------|------|------|

9 に対する解答群

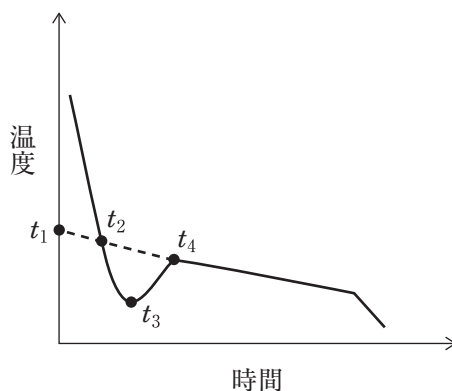
- ① 三角フラスコ, リービッヒ冷却器, 温度計
- ② 三角フラスコ, メスフラスコ, 沸騰石
- ③ 三角フラスコ, 分液ろうと, 蒸発皿
- ④ 丸底フラスコ, リービッヒ冷却器, 時計皿
- ⑤ 丸底フラスコ, メスフラスコ, 温度計
- ⑥ 丸底フラスコ, 分液ろうと, 沸騰石
- ⑦ 枝付フラスコ, リービッヒ冷却器, 蒸発皿
- ⑧ 枝付フラスコ, メスフラスコ, ろ紙
- ⑨ 枝付フラスコ, 蒸発皿, 沸騰石

Ⅱ 溶液と気体に関する問1および問2中の空欄 10 ～ 19 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、ベンゼンのモル凝固点降下を $5.10 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とし、気体定数を R とする。

問1 ベンゼンを溶媒として凝固点降下の実験を行った。はじめにベンゼンの冷却曲線を作成したところ図Ⅱ-1のようになり、ベンゼンの凝固点は 5.50°C と求められた。図Ⅱ-1においてベンゼンの状態は、点Aでは 10、点Bでは 11、点Cでは 12 である。次に、ベンゼン 10.0 g にある非電解質 0.100 g を溶かした溶液の冷却曲線を作成したところ図Ⅱ-2のようになり、 $t_1=5.23^\circ\text{C}$ 、 $t_2=5.06^\circ\text{C}$ 、 $t_3=4.50^\circ\text{C}$ 、 $t_4=4.80^\circ\text{C}$ であったので溶質の分子量は 13 と求められる。



図Ⅱ-1



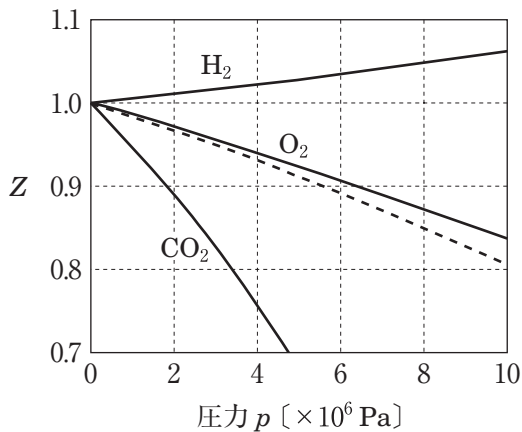
図Ⅱ-2

問2 理想気体では、物質質量と温度が一定のとき、気体の圧力 x と体積 y との関係を示すグラフは 14 のようになる。また、温度と圧力が一定のとき、気体の物質質量 x と体積 y との関係を示すグラフは 15 のようになる。さらに、物質質量と温度が一定のとき、気体の圧力 x と圧力と体積の積 y との関係を示すグラフは 16 のようになる。

一方、実在気体は理想気体とは異なる挙動を示す。図Ⅱ-3の実線は水素 (H_2)、

二酸化炭素 (CO_2), 酸素 (O_2) の3種類の気体各 1 mol を絶対温度 $T=300\text{ K}$ に保って, 圧力 p を増加させたときのモル体積 V を測定し, 横軸に圧力 p を, 縦軸に $Z=pV/RT$ をとったときのグラフである。このグラフから, $2\times 10^6\text{ Pa}$ において, CO_2 の実在気体は理想気体の約 17 倍の体積であることがわかる。また, このグラフの破線は 18 を $T=400\text{ K}$ で測定したものを示している。

なお, 一般に 19 分子からなる気体ほど理想気体に近くなる。



図Ⅱ-3

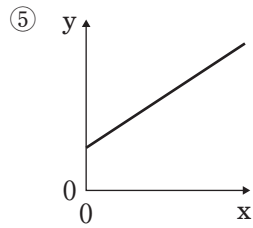
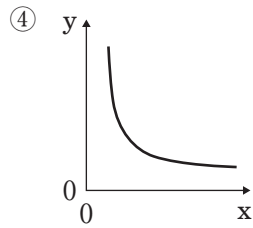
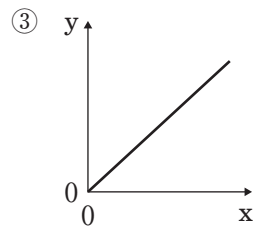
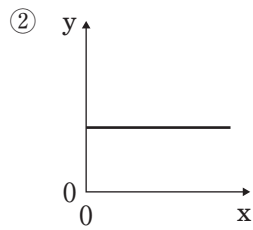
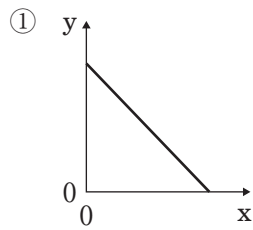
10 ~ 12 に対する解答群

- ① 固体のみ ② 液体のみ ③ 気体のみ
 ④ 固体と液体の共存 ⑤ 液体と気体の共存

13 に対する解答群

- | | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| ① 51.0 | ② 72.9 | ③ 97.5 | ④ 101 |
| ⑤ 106 | ⑥ 113 | ⑦ 116 | ⑧ 138 |
| ⑨ 189 | ⑩ 224 | Ⓐ 357 | Ⓑ 510 |

14 ~ **16** に対する解答群



17 に対する解答群

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.5 | ② 0.6 | ③ 0.7 | ④ 0.8 |
| ⑤ 0.9 | ⑥ 1.0 | ⑦ 1.1 | ⑧ 1.2 |
| ⑨ 1.3 | ⑩ 1.4 | ① 1.5 | ② 1.6 |
| ③ 1.7 | ④ 1.8 | ⑤ 1.9 | ⑥ 2.0 |

18 に対する解答群

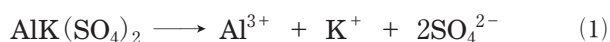
- | | | |
|----------------|----------------|-----------------|
| ① H_2 | ② O_2 | ③ CO_2 |
|----------------|----------------|-----------------|

19 に対する解答群

- ① 分子量が小さく，分子間力が弱い無極性
- ② 分子量が小さく，分子間力が弱い極性
- ③ 分子量が小さく，分子間力が強い無極性
- ④ 分子量が小さく，分子間力が強い極性
- ⑤ 分子量が大きく，分子間力が弱い無極性
- ⑥ 分子量が大きく，分子間力が弱い極性
- ⑦ 分子量が大きく，分子間力が強い無極性
- ⑧ 分子量が大きく，分子間力が強い極性

Ⅲ アルミニウムに関する次の文章中の空欄 20 ～ 32 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

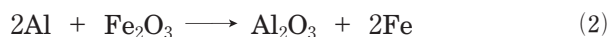
アルミニウム (Al) は 1 円硬貨やアルミ箔など様々な用途で使われ、我々の生活になくてはならないものである。また Al を含む化合物として食品添加物の焼きミョウバンが知られている。焼きミョウバンの組成式は $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ で表され、水に溶かすと式 (1) のように電離するため 20 とよばれる。また、ミョウバンの水溶液は 21 性を示す。



単体の Al は、ボーキサイトを精製して酸化アルミニウムを作り、酸化アルミニウムを 22 ために氷晶石 (Na_3AlF_6) を加えた後、炭素を電極として熔融塩電解で製造されている。この熔融塩電解の陰極で起こっている反応は 23 である。

Al の反応性を確認する実験を行った。塩酸を加えていくと、Al は 24 ガスの発生を伴って溶解した。しかし、濃硝酸には溶けなかった。このように濃硝酸に溶けない金属として Al の他に 25 が知られている。次に、Al に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、ガスの発生を伴って白いゲル状の沈殿 26 ができた。さらに、水酸化ナトリウム水溶液を追加すると 27 が生成し、均一溶液になった。このように酸にも塩基にも溶解する性質をもつ金属は Al の他に 28 が知られている。

Al の粉末と過剰の酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混合して点火すると、式(2)に示す化学変化が起こる。29 法とよばれるこの反応は、 3000°C 以上になり融解した鉄が生じるので、鉄道のレールなどの溶接に使われている。



この反応では、Al は 30 として作用し、酸化アルミニウムの生成エンタル

ピーが -1676 kJ/mol そして酸化鉄(Ⅲ)の生成エンタルピーが -824 kJ/mol であるとすると、この反応における Al の反応エンタルピーは 31 32 kJ/mol となる。

20 に対する解答群

- | | | |
|---------|--------|-------|
| ① アマルガム | ② 塩基性塩 | ③ 酸性塩 |
| ④ 複 塩 | ⑤ 分散質 | |

21 に対する解答群

- | | | |
|-----|-----|-------|
| ① 酸 | ② 中 | ③ 塩 基 |
|-----|-----|-------|

22 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|-----------|
| ① 乾燥させる | ② 溶解させる | ③ 洗浄する |
| ④ 脱水する | ⑤ 中和する | ⑥ 沸点上昇させる |

23 に対する解答群

- | | |
|---|---|
| ① $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$ | ② $\text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ |
| ③ $\text{C} + \text{e}^- \longrightarrow \text{C}^-$ | ④ $\text{C} \longrightarrow \text{C}^+ + \text{e}^-$ |
| ⑤ $\text{C} + \text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO} + 2\text{e}^-$ | ⑥ $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$ |
| ⑦ $\text{Na}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Na}$ | ⑧ $\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$ |
| ⑨ $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ | ⑩ $4\text{OH}^- \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ |

24 に対する解答群

- | | | |
|-------|---------|-------|
| ① 塩 素 | ② 酸 素 | ③ 水 素 |
| ④ 窒 素 | ⑤ 二酸化炭素 | |

25 および 28 に対する解答群

- | | | |
|--------|----------|--------|
| ① 亜 鉛 | ② カルシウム | ③ 銀 |
| ④ ニッケル | ⑤ マグネシウム | ⑥ リチウム |

26 および **27** に対する解答群

- ① Al ② Al^{3+} ③ AlO ④ Al_2O
⑤ Al_2O_3 ⑥ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ⑦ $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

29 に対する解答群

- ① オストワルト ② クメン ③ ソルベー
④ テルミット ⑤ ホール・エルー ⑥ モール
⑦ ワッカー ⑧ ハーバー・ボッシュ

30 に対する解答群

- ① 酸 ② 塩 基 ③ 酸化剤 ④ 還元剤

31 に対する解答群

- ① + ② -

32 に対する解答群

- ① 282 ② 412 ③ 426 ④ 838 ⑤ 852
⑥ 1250 ⑦ 1676 ⑧ 1704 ⑨ 2500 ⑩ 4500

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 有機化合物に関する次の文章中の空欄 ～ および問 1 ～ 6 の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

化合物 A に希硫酸を加えて加熱すると、化合物 B および C が生じた。さらに、化合物 B を適切な脱水剤と加熱すると、無色で刺激臭のある化合物 D が生じた。また、化合物 C の水溶液に臭素水を加えると白色沈殿が生じた。化合物 C はベンゼンにプロペンと触媒を加え反応させて得た物質を空气中で酸化後、 で分解することによって化合物 E とともに得られる。次に、化合物 C を水酸化ナトリウム水溶液に溶かすと化合物 F が生じた。化合物 F を加熱・加圧下で二酸化炭素と反応させると、化合物 G が生成し、引き続きこの反応液に希硫酸を作用させると化合物 H が生じた。化合物 H に化合物 D および少量の濃硫酸を加えると 反応が起こり、解熱鎮痛剤や抗血栓薬として知られている化合物 I が生じた。さらに、化合物 H に を加えて加熱すると、消炎鎮痛剤や香料として用いられる化合物 J が生じた。

問 1 以上の結果より、化合物 B は , 化合物 C は , 化合物 D は , 化合物 E は , 化合物 H は , 化合物 I は であることがわかる。

問 2 化合物 A は、 。

問 3 下線部と同様の反応に分類されるものは である。

問 4 化合物 E は、 を乾留することでも得られる。

問 5 化合物 F は、 を触媒にしてベンゼンと塩素の反応で得た化合物を、高温・高圧下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させることでも合成できる。

問 6 化合物 H, I, J の中で、塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって赤紫色を呈するものは化合物 である。

33 に対する解答群

- | | |
|----------------|---------------|
| ① 塩素水 | ② 希硫酸 |
| ③ 過酸化水素水 | ④ 塩化ナトリウム水溶液 |
| ⑤ 炭酸水素ナトリウム水溶液 | ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液 |

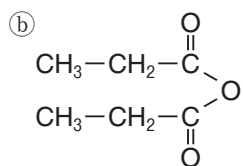
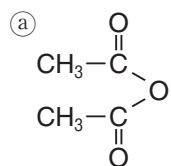
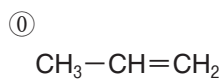
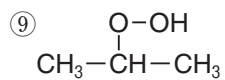
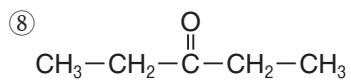
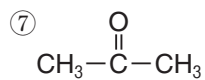
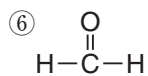
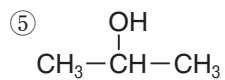
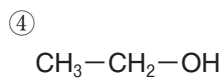
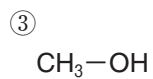
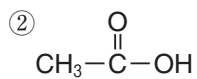
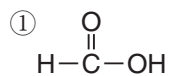
34 に対する解答群

- | | | |
|--------|----------|---------|
| ① ジアゾ化 | ② アルカリ融解 | ③ 酸 化 |
| ④ 還 元 | ⑤ 加水分解 | ⑥ アセチル化 |

35 に対する解答群

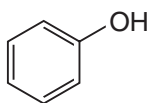
- ① メタノールと水酸化ナトリウム水溶液
- ② メタノールと炭酸カリウム水溶液
- ③ メタノールと濃硫酸
- ④ 酢酸と水酸化ナトリウム水溶液
- ⑤ 酢酸と炭酸カリウム水溶液
- ⑥ 酢酸と濃硫酸

36 , 38 および 39 に対する解答群

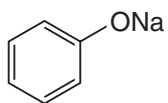


37 , 40 および 41 に対する解答群

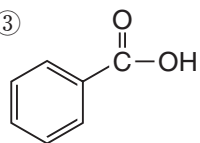
①



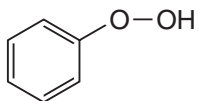
②



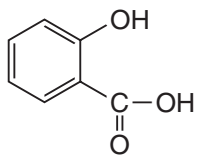
③



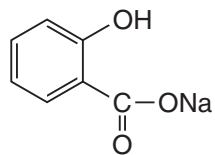
④



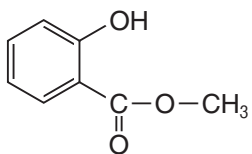
⑤



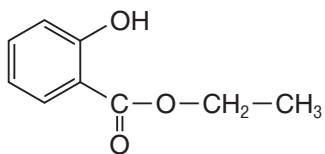
⑥



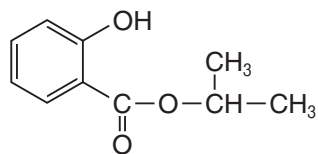
⑦



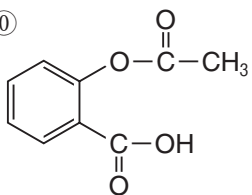
⑧



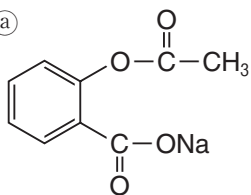
⑨



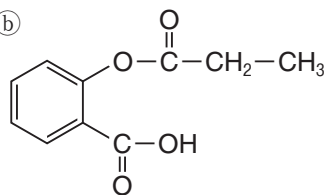
⑩



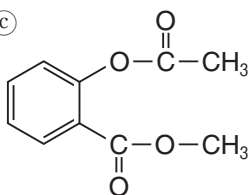
a



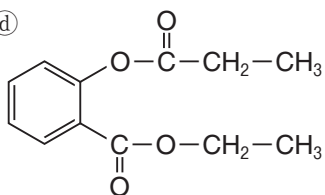
b



c



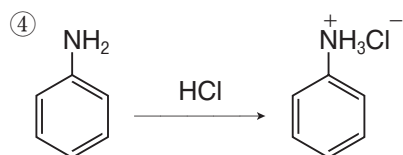
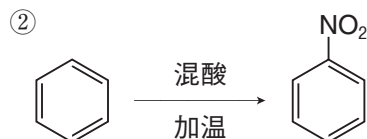
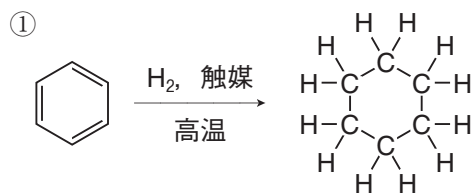
d



42 に対する解答群

- ① 有機溶媒よりも水に溶けやすく，強塩基の水溶液を加えて加熱すると加水分解される
- ② 有機溶媒よりも水に溶けやすく，強塩基の水溶液を加えて加熱しても安定である
- ③ 水よりも有機溶媒に溶けやすく，強塩基の水溶液を加えて加熱すると加水分解される
- ④ 水よりも有機溶媒に溶けやすく，強塩基の水溶液を加えて加熱しても安定である

43 に対する解答群



44 に対する解答群

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| ① 酢酸カルシウム | ② 炭酸カルシウム | ③ 酢酸鉛(Ⅱ) |
| ④ アセトアルデヒド | ⑤ エタノール | ⑥ 2-プロパノール |

45 に対する解答群

- | | | |
|-------|-------|-----------|
| ① 濃硫酸 | ② 濃硝酸 | ③ 白金 |
| ④ 鉄粉 | ⑤ 紫外線 | ⑥ 酸化バナジウム |

46 に対する解答群

- | | | |
|-----------|----------|----------|
| ① Hのみ | ② Iのみ | ③ Jのみ |
| ④ H, Iのみ | ⑤ H, Jのみ | ⑥ I, Jのみ |
| ⑦ H, I, J | | |

生 物

(解答番号 ～)

I 生物の進化に関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 現存する生物では、化学反応を触媒する (ア) や、遺伝情報をつかさどる (イ)、および膜構造を形成する脂質などが大きな役割を担っている。

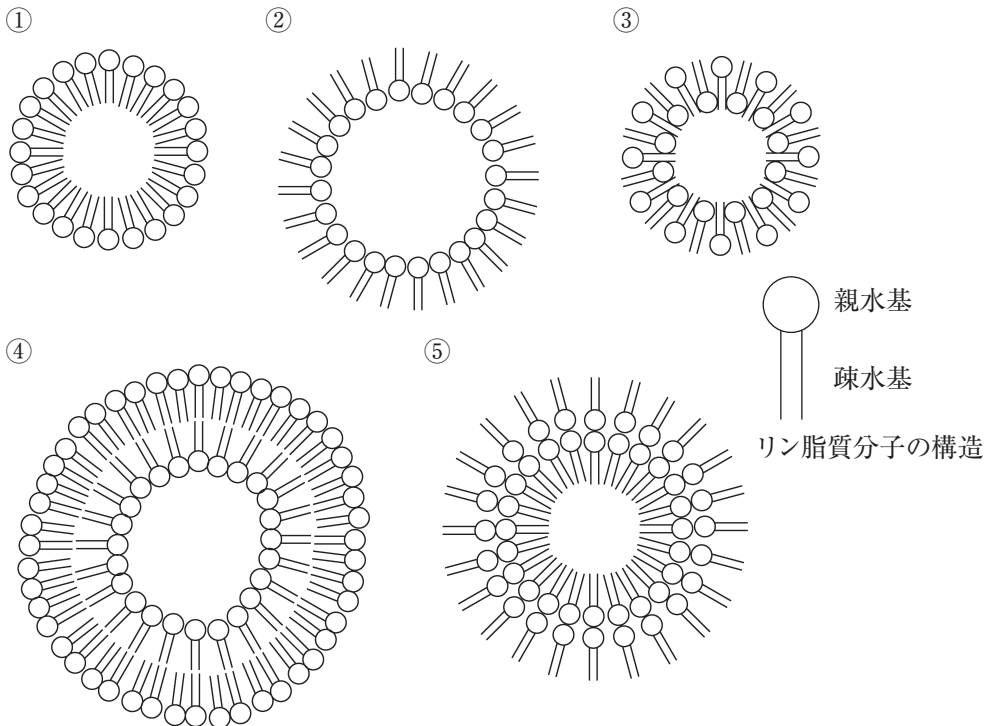
1980年頃、チェックらはテトラヒメナを用いた研究において、(イ) の一種である (ウ) に触媒としての作用があるものを発見した。このため、最初の生命は (ウ) が代謝と遺伝を担っていたと考えられている。ここで、(ア) ～ (ウ) の正しい組み合わせは である。

に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	核 酸	タンパク質	DNA
②	核 酸	タンパク質	RNA
③	核 酸	炭水化物	DNA
④	核 酸	炭水化物	RNA
⑤	タンパク質	核 酸	DNA
⑥	タンパク質	核 酸	RNA
⑦	タンパク質	炭水化物	DNA
⑧	タンパク質	炭水化物	RNA
⑨	炭水化物	核 酸	DNA
⑩	炭水化物	核 酸	RNA
a	炭水化物	タンパク質	DNA
b	炭水化物	タンパク質	RNA

(ア) や (イ) などの有機物が合成されて、代謝や自己複製ができるだけでは生物は誕生せず、さらに外界と自己を分ける膜構造（細胞膜）が必要である。原始地球では、リポソームとよばれる内部に水を含んだ構造に、触媒作用のある（ウ）が包み込まれて最初の細胞が生じたという説が提案されている。リポソームのような構造は、リン脂質を水に加えることで実験的に作り出すことができる。ここで、このリポソームの構造として正しいものは 2 である。

2 に対する解答群



2) 生命が生まれる前の地球には、大気中や水中に大量の二酸化炭素が存在し、酸素はほとんど存在しなかったと考えられている。初期の生物は、周囲の有機物を分解してエネルギーを得る（エ）栄養生物および、火山活動によって生じたメタンや硫化水素、水素などを用いて有機物を合成する（オ）栄養生物が主であったと考えられている。やがて、二酸化炭素と水を用いて効率よくエネルギーを産生する（カ）が出現してきたと考えられている。

（カ）の繁栄により海水中に大量の酸素が放出され、有機物も増加し始めたと考えられる。酸素ははじめ、海水の 3 イオンと結合して海底に沈殿した。酸素はさらに（カ）から放出され、水中や大気中に蓄積し始めた。蓄積した酸素により呼吸が可能な環境がつけられ、呼吸により効率よくエネルギーを産生する生物が出現し、次第に増えていったと考えられる。

このような痕跡は古生物学の研究からも調べられている。たとえば、約（X）の年代の地層からストロマトライトと呼ばれる岩石が大量に発見されたが、これは（カ）の死骸と泥粒などによって作られる層状の構造をもつ。ここで、（エ）～（カ）の正しい組み合わせは 4 である。

3 に対する解答群

- ① リチウム ② カリウム ③ ナトリウム ④ セシウム
⑤ 塩化物 ⑥ カルシウム ⑦ 鉄

4 に対する解答群

	（エ）	（オ）	（カ）
①	独 立	従 属	シアノバクテリア
②	独 立	従 属	乳酸菌
③	独 立	従 属	紅色硫黄細菌
④	独 立	従 属	クロストリジウム
⑤	従 属	独 立	シアノバクテリア
⑥	従 属	独 立	乳酸菌
⑦	従 属	独 立	紅色硫黄細菌
⑧	従 属	独 立	クロストリジウム

真核生物は、細胞内に核、(キ)、(ク)などの細胞小器官をもつ。マーグリスらの細胞内共生説によると、(キ)は好気性細菌、(ク)は(カ)が別の宿主細胞に取り込まれ、細胞小器官になったと考えられている。ここで、(キ)と(ク)の正しい組み合わせは

5

 である。

5

 に対する解答群

	(キ)	(ク)
①	ゴルジ体	ミトコンドリア
②	ゴルジ体	葉緑体
③	ゴルジ体	液 胞
④	ミトコンドリア	ゴルジ体
⑤	ミトコンドリア	葉緑体
⑥	ミトコンドリア	液 胞
⑦	葉緑体	ゴルジ体
⑧	葉緑体	ミトコンドリア
⑨	葉緑体	液 胞
⑩	液 胞	ゴルジ体
a	液 胞	ミトコンドリア
b	液 胞	葉緑体

図 I は地球環境での大気中の酸素濃度の推移を示している。図 I の A～G のうち、
下線部の (X) の年代に相当するのは 6 である。

6 に対する解答群

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E ⑥ F ⑦ G

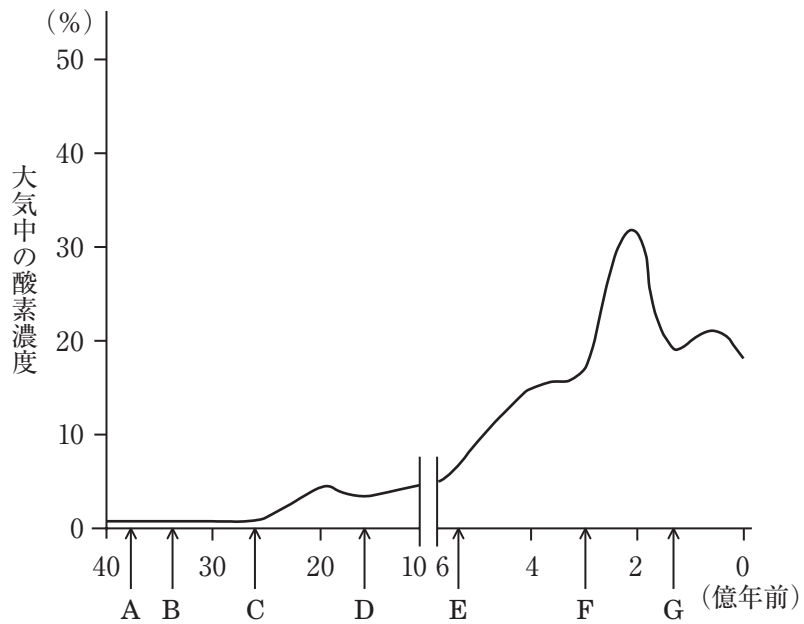


図 I

現生の生物は始原生物からバクテリア、アーキアおよび真核生物の3つに分かれたとされる。これらのうち細胞膜がエーテル脂質からなるのは 7 であり、エステル脂質からなるのは 8 である。また、遺伝子が核膜で覆われているのは 9 である。近年、分子系統解析の進歩により生物間の系統関係の詳細が解明され、真核生物は系統的には(ケ)よりも(コ)に近縁であることがわかってきた。また、メタン菌は(サ)に、大腸菌は(シ)に属する。ここで、(ケ)～(シ)の正しい組み合わせは 10 である。

7 ～ 9 に対する解答群

- ① バクテリアのみ ② アーキアのみ ③ 真核生物のみ
 ④ バクテリアとアーキア ⑤ バクテリアと真核生物
 ⑥ アーキアと真核生物 ⑦ バクテリアとアーキアと真核生物

10 に対する解答群

	(ケ)	(コ)	(サ)	(シ)
①	バクテリア	アーキア	バクテリア	バクテリア
②	バクテリア	アーキア	バクテリア	アーキア
③	バクテリア	アーキア	アーキア	バクテリア
④	バクテリア	アーキア	アーキア	アーキア
⑤	アーキア	バクテリア	バクテリア	バクテリア
⑥	アーキア	バクテリア	バクテリア	アーキア
⑦	アーキア	バクテリア	アーキア	バクテリア
⑧	アーキア	バクテリア	アーキア	アーキア

3) 異なる生物種間でヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較すると、類縁関係が遠い種間ほど違いが大きい。このアミノ酸置換数は共通祖先から分岐した後の時間に比例して大きくなる。このようなアミノ酸置換の速度は(ス)とよばれる。実際のアミノ酸置換の速度はタンパク質の種類によって異なり、ヘモグロビン α 鎖とヒストンH4では(セ)のアミノ酸置換の速度がより速い。一方、コドンの(ソ)番目の塩基で置換が起きても、アミノ酸の種類は変わらず進化に影響しないことが多い。ここで、(ス)～(ソ)の正しい組み合わせは

11

 である。

11

 に対する解答群

	(ス)	(セ)	(ソ)
①	中立進化	ヘモグロビン α 鎖	1
②	中立進化	ヘモグロビン α 鎖	2
③	中立進化	ヘモグロビン α 鎖	3
④	中立進化	ヒストンH4	1
⑤	中立進化	ヒストンH4	2
⑥	中立進化	ヒストンH4	3
⑦	分子時計	ヘモグロビン α 鎖	1
⑧	分子時計	ヘモグロビン α 鎖	2
⑨	分子時計	ヘモグロビン α 鎖	3
⑩	分子時計	ヒストンH4	1
㉑	分子時計	ヒストンH4	2
㉒	分子時計	ヒストンH4	3

Ⅱ 哺乳類のからだの調節のしくみに関する以下の文章中の 12 ～ 23 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) ヒトの体内では、体温や血糖値などを一定の範囲内に保つように調節されており、この性質を 12 という。この調節には、主に（ア）神経による調節と、（イ）分泌腺から血液中に分泌されるホルモンによる調節がある。（ア）神経は、交感神経と副交感神経からなり、意思とは無関係にはたらく。ホルモンは特定の受容体をもつ標的細胞に作用することで生理的な変化をもたらす。

心臓のポンプ機能は、（ウ）神経により促進的に、（エ）神経により抑制的に調節されるほか、（オ）から分泌されるホルモンである（カ）によっても促進的に調節される。眠たいときには、交感神経と副交感神経では、（キ）神経が優位にはたらく。ここで、（ア）と（イ）の正しい組み合わせは 13 ，（ウ）と（エ）と（キ）の正しい組み合わせは 14 ，（オ）と（カ）の正しい組み合わせは 15 である。

12 に対する解答群

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| ① スプライシング | ② アポトーシス | ③ セントラルドグマ |
| ④ アナフィラキシー | ⑤ ペースメーカー | ⑥ ホメオスタシス |
| ⑦ オートファジー | | |

13 に対する解答群

	（ア）	（イ）
①	自 律	内
②	自 律	外
③	体 性	内
④	体 性	外

14

に対する解答群

	(ウ)	(エ)	(キ)
①	交 感	副交感	交 感
②	交 感	副交感	副交感
③	副交感	交 感	交 感
④	副交感	交 感	副交感

15

に対する解答群

	(オ)	(カ)
①	甲状腺	アドレナリン
②	甲状腺	バソプレシン
③	甲状腺	成長ホルモン
④	副腎皮質	アドレナリン
⑤	副腎皮質	バソプレシン
⑥	副腎皮質	成長ホルモン
⑦	副腎髄質	アドレナリン
⑧	副腎髄質	バソプレシン
⑨	副腎髄質	成長ホルモン

体温が低下すると、間脳にある（ク）を起点とし、（ケ）神経を介して、皮膚の血管が（コ）することで体表面からの熱放散を抑制する。また、体温が上昇すると、皮膚の汗腺に対して（サ）神経がはたらき、汗を分泌することで体表面からの熱放散を促進する。高体温時の汗腺への（サ）神経を介した指令には、16 がはたらく。ここで、（ク）～（サ）の正しい組み合わせは 17 である。

16 に対する解答群

- ① パラトルモン ② アセチルコリン ③ チロキシン
④ ヒスタミン ⑤ ノルアドレナリン

17 に対する解答群

	（ク）	（ケ）	（コ）	（サ）
①	視 床	交 感	収 縮	交 感
②	視 床	交 感	収 縮	副交感
③	視 床	交 感	拡 張	交 感
④	視 床	交 感	拡 張	副交感
⑤	視 床	副交感	収 縮	交 感
⑥	視 床	副交感	収 縮	副交感
⑦	視 床	副交感	拡 張	交 感
⑧	視 床	副交感	拡 張	副交感
⑨	視床下部	交 感	収 縮	交 感
⑩	視床下部	交 感	収 縮	副交感
①a	視床下部	交 感	拡 張	交 感
①b	視床下部	交 感	拡 張	副交感
①c	視床下部	副交感	収 縮	交 感
①d	視床下部	副交感	収 縮	副交感
①e	視床下部	副交感	拡 張	交 感
①f	視床下部	副交感	拡 張	副交感

2) ヒトの血糖値はホルモンの作用によって調節されている。食後に血糖値が上昇すると、間脳の(シ)を起点とし、(ス)神経がすい臓のランゲルハンス島(セ)細胞に作用し、インスリンが分泌される。ここで、(シ)～(セ)の正しい組み合わせは

18 である。

18 に対する解答群

	(シ)	(ス)	(セ)
①	視 床	交 感	A
②	視 床	交 感	B
③	視 床	副交感	A
④	視 床	副交感	B
⑤	視床下部	交 感	A
⑥	視床下部	交 感	B
⑦	視床下部	副交感	A
⑧	視床下部	副交感	B

一方，血糖値が低下すると，いくつかのホルモンが血糖値を上昇させるためにはたらく。以下の組み合わせ a～d のうちで，血糖値を上昇させるホルモン名と分泌部位および主なはたらきとして正しいものは 19 である。

	ホルモン名	分泌部位	主なはたらき
a	グルカゴン	副腎髄質	グリコーゲンの分解促進
b	成長ホルモン	脳下垂体後葉	タンパク質の合成促進
c	糖質コルチコイド	副腎皮質	タンパク質の分解促進
d	鉱質コルチコイド	副腎皮質	グリコーゲンの分解促進

19 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ |
| ④ d のみ | ⑤ a, b のみ | ⑥ a, c のみ |
| ⑦ a, d のみ | ⑧ b, c のみ | ⑨ b, d のみ |
| ⑩ c, d のみ | Ⓐ a, b, c のみ | Ⓑ a, b, d のみ |
| Ⓒ a, c, d のみ | Ⓓ b, c, d のみ | Ⓔ a, b, c, d |

3) 血糖値の調節が正常にはたらかなくなることで慢性的な高血糖となる代謝の異常に、糖尿病がある。糖尿病は、主に1型糖尿病と2型糖尿病に分類される。

健常なヒトでは、食後に血糖値が上昇すると、インスリンが分泌される。インスリンが肝臓や筋肉の標的細胞にある受容体に結合すると、その細胞への(ソ)の直接の取り込みが促進される。この作用により、食後数時間で血糖値はほぼ食前の値に戻る。一方、1型糖尿病患者では、食後に血中インスリン濃度の上昇はほとんど見られず、血糖値は高いままである。これは、1型糖尿病患者ではインスリンを分泌する細胞が20によって破壊されていることが原因である。2型糖尿病患者では、食後に血中インスリン濃度の上昇は確認されるにもかかわらず、血糖値は高く保たれている。これは、2型糖尿病患者ではインスリンの標的細胞のインスリン受容体の感受性が(タ)することで、細胞への(ソ)の取り込みが十分に行われないことが一因である。ここで、(ソ)と(タ)の正しい組み合わせは21である。

20 に対する解答群

- ① 免疫寛容 ② 自己免疫反応 ③ 血液凝固反応
④ 免疫不全 ⑤ 拒絶反応

21 に対する解答群

	(ソ)	(タ)
①	デンプン	上 昇
②	デンプン	低 下
③	フルクトース	上 昇
④	フルクトース	低 下
⑤	グルコース	上 昇
⑥	グルコース	低 下
⑦	グリコーゲン	上 昇
⑧	グリコーゲン	低 下

4) 食後に血液中に分泌されるホルモン X がある。このホルモン X のはたらきを調べるために、以下の動物実験を行った。健常なマウスを 3 群に分け、表Ⅱ－1 に示した処置 (i) ～ (iii) の 3 つの条件で注射投与を行った。その 30 分後にすべてのマウスにブドウ糖を 2 g/kg 体重で経口投与した。ブドウ糖投与の直前と、ブドウ糖投与の 30 分、60 分および 120 分後に採血を行い、血糖値と血中インスリン濃度を測定した。その結果をまとめたものが表Ⅱ－2 である。なお、ホルモン X 受容体阻害剤は、ホルモン X の受容体のみに結合して、ホルモン X による受容体を介した作用を阻害するものとする。

表Ⅱ－1

	処置内容
処置 (i)	生理食塩水
処置 (ii)	生理食塩水 + ホルモン X
処置 (iii)	生理食塩水 + ホルモン X + ホルモン X 受容体阻害剤

表Ⅱ－2

	血糖値 (mg/dL)			血中インスリン濃度 (ng/mL)		
	処置 (i)	処置 (ii)	処置 (iii)	処置 (i)	処置 (ii)	処置 (iii)
ブドウ糖投与の直前	90	90	90	5	5	5
ブドウ糖投与の 30 分後	200	140	190	12	20	13
ブドウ糖投与の 60 分後	150	110	150	10	15	10
ブドウ糖投与の 120 分後	110	95	115	6	8	7

表Ⅱ－２の結果から、処置（ⅰ）のマウスでは、ブドウ糖投与の30分後には血糖値および血中インスリン濃度が上昇し、その後減少したことがわかった。処置（ⅱ）のマウスでは、ブドウ糖投与後の各時間における血糖値の値は、処置（ⅰ）のマウスに比べて（チ）、血中インスリン濃度は（ツ）ことが確認できた。また、処置（ⅲ）のマウスでは、ブドウ糖投与後の各時間における血糖値の値は、処置（ⅱ）のマウスに比べて（テ）、血中インスリン濃度は（ト）ことがわかった。表Ⅱ－２の結果から、ホルモンⅩは、ホルモンⅩの受容体に結合することでインスリンの分泌を（ナ）し、血糖値を（ニ）させる作用をもつと考えられる。ここで、（チ）～（ト）の正しい組み合わせは

22

，（ナ）と（ニ）の正しい組み合わせは

23

 である。

22

 に対する解答群

	（チ）	（ツ）	（テ）	（ト）
①	低 く	低 い	低 く	低 い
②	低 く	低 い	低 く	高 い
③	低 く	低 い	高 く	低 い
④	低 く	低 い	高 く	高 い
⑤	低 く	高 い	低 く	低 い
⑥	低 く	高 い	低 く	高 い
⑦	低 く	高 い	高 く	低 い
⑧	低 く	高 い	高 く	高 い
⑨	高 く	低 い	低 く	低 い
⑩	高 く	低 い	低 く	高 い
㉑	高 く	低 い	高 く	低 い
㉒	高 く	低 い	高 く	高 い
㉓	高 く	高 い	低 く	低 い
㉔	高 く	高 い	低 く	高 い
㉕	高 く	高 い	高 く	低 い
㉖	高 く	高 い	高 く	高 い

23

に対する解答群

	(ナ)	(ニ)
①	促 進	上 昇
②	促 進	低 下
③	抑 制	上 昇
④	抑 制	低 下

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 動物の発生に関する以下の文章中の 24 ～ 36 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

1) カエルの受精卵では、受精後に第二極体が放出された（ア）側とは反対側にあたる（イ）側の赤道部に、色調の異なる灰色三日月環とよばれる部位が現れる。背腹形成において、灰色三日月環が現れた側は将来の（ウ）側となる。受精卵はさらに卵割を繰り返し、桑実胚を経て胞胚となる。その後、灰色三日月環のあった部分では胚の内部に向かって陥入が起こり、やがて原腸が形成される。この時期の胚は原腸胚とよばれ、外胚葉、中胚葉、および内胚葉の区分が可能となる。さらに発生が進むと、これらの胚葉からさまざまな組織や器官などに分化する。

発生過程では、ある細胞群が周囲の細胞群にはたらきかけ、特定の組織や器官への分化を促す誘導という細胞間相互作用が生じる。たとえば、中胚葉は（エ）胚葉になる細胞が（オ）胚葉になる細胞にはたらきかけることで誘導される。カエルの胚にみられる原口背唇は、中胚葉由来の細胞群で構成されており、隣接する組織の誘導に関わる領域である 24 とよばれ、発生に重要な役割を果たしている。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは 25 ，（エ）と（オ）の正しい組み合わせは 26 である。

24 に対する解答群

- ① カルス ② イントロン ③ オーガナイザー
④ ホメオドメイン ⑤ ニッチ

25 に対する解答群

	（ア）	（イ）	（ウ）
①	動物極	植物極	背
②	動物極	植物極	腹
③	植物極	動物極	背
④	植物極	動物極	腹

26

に対する解答群

	(エ)	(オ)
①	外	中
②	外	内
③	中	外
④	中	内
⑤	内	外
⑥	内	中

下線部について，脳，肝臓，血管，甲状腺，心臓，および表皮を分類したとき，外胚葉由来のものは（カ），中胚葉由来のものは（キ），および内胚葉由来のものは（ク）に分類される。ここで，（カ）～（ク）の正しい組み合わせは

27

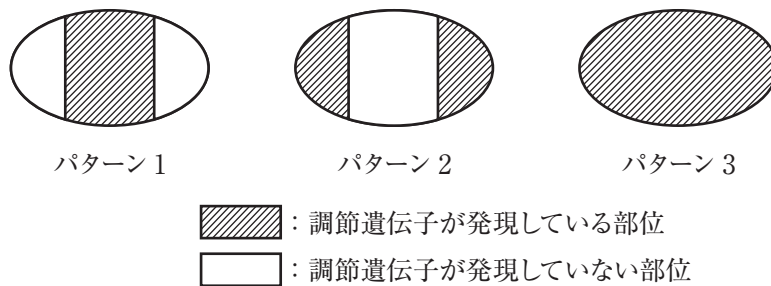
 である。

27

に対する解答群

	(カ)	(キ)	(ク)
①	肝臓と甲状腺	心臓と血管	脳と表皮
②	肝臓と甲状腺	脳と表皮	心臓と血管
③	心臓と血管	肝臓と甲状腺	脳と表皮
④	心臓と血管	脳と表皮	肝臓と甲状腺
⑤	脳と表皮	肝臓と甲状腺	心臓と血管
⑥	脳と表皮	心臓と血管	肝臓と甲状腺

2) ある昆虫の胚 X では、調節遺伝子 A, B および C がはたらくことがわかっている。また、図Ⅲに示した調節遺伝子の発現パターンのうち、胚 X の調節遺伝子 A および B の発現はパターン 1、調節遺伝子 C の発現はパターン 2 の様式であることもわかっている。ここで、調節遺伝子 A～C 間の制御のしくみについて調べるため、胚 X を用いて以下の実験をおこなった。ただし、調節遺伝子 A～C の発現には、これら以外の遺伝子や要因による発現制御への影響は全く起こり得ないものとする。また、各調節遺伝子の欠失体とは、胚 X 全体にその調節遺伝子が存在しないことを表すものとする。



図Ⅲ

【実験 1】 調節遺伝子 A の欠失体では，調節遺伝子 B の発現はまったく観察されなかった。

【実験 2】 調節遺伝子 B の欠失体では，調節遺伝子 A の発現は図Ⅲのパターン 1 の様式であった。

調節遺伝子 A と B の間の制御関係について考察したとき，実験 1 および実験 2 の結果から 28 ことがわかる。

28 に対する解答群

- ① 調節遺伝子 A の発現は調節遺伝子 B の発現によって誘導される
- ② 調節遺伝子 A の発現は調節遺伝子 B の発現によって抑制される
- ③ 調節遺伝子 B の発現は調節遺伝子 A の発現によって誘導される
- ④ 調節遺伝子 B の発現は調節遺伝子 A の発現によって抑制される

【実験 3】 調節遺伝子 A の欠失体では，調節遺伝子 C の発現は図Ⅲのパターン 3 の様式であった。

【実験 4】 調節遺伝子 C の欠失体では，調節遺伝子 A の発現は図Ⅲのパターン 1 の様式であった。

調節遺伝子 A と C の間の制御関係について考察したとき，実験 3 および実験 4 の結果から 29 ことがわかる。

29 に対する解答群

- ① 調節遺伝子 A の発現は調節遺伝子 C の発現によって誘導される
- ② 調節遺伝子 A の発現は調節遺伝子 C の発現によって抑制される
- ③ 調節遺伝子 C の発現は調節遺伝子 A の発現によって誘導される
- ④ 調節遺伝子 C の発現は調節遺伝子 A の発現によって抑制される

【実験5】 調節遺伝子 C の欠失体では、調節遺伝子 B の発現は図Ⅲのパターン 3 の様式であった。

【実験6】 調節遺伝子 C を正常な胚 X の全体に発現させたところ、調節遺伝子 B の発現はまったく観察されなかった。

調節遺伝子 B と C の間の制御関係について考察したとき、実験5および実験6の結果から

30

 ことがわかる。

30

 に対する解答群

- ① 調節遺伝子 B の発現は調節遺伝子 C の発現によって誘導される
- ② 調節遺伝子 B の発現は調節遺伝子 C の発現によって抑制される
- ③ 調節遺伝子 C の発現は調節遺伝子 B の発現によって誘導される
- ④ 調節遺伝子 C の発現は調節遺伝子 B の発現によって抑制される

さらに、全ての実験結果から、調節遺伝子 A を正常な胚 X の全体で発現させた実験を行った場合、調節遺伝子 B の発現は胚 X 内において（ケ）こと、さらに調節遺伝子 C の発現は胚 X 内において（コ）ことがわかる。ここで、（ケ）と（コ）の正しい組み合わせは

31

 である。

31

 に対する解答群

	（ケ）	（コ）
①	全体でみられる	全体でみられる
②	全体でみられる	部分的にのみみられる
③	全体でみられる	全くみられない
④	部分的にのみみられる	全体でみられる
⑤	部分的にのみみられる	部分的にのみみられる
⑥	部分的にのみみられる	全くみられない
⑦	全くみられない	全体でみられる
⑧	全くみられない	部分的にのみみられる
⑨	全くみられない	全くみられない

3) ショウジョウバエの発生過程において、胚の中で前後軸を決定するために特定のタンパク質が適切に濃度勾配を形成する必要がある。 32 タンパク質は胚の前端で最も濃度が高く、 33 タンパク質は後端で最も濃度が高い状態で存在する。これらの 32 と 33 の前後軸に沿った濃度勾配などによって、発現するタンパク質の種類や量が変化し、胚の前から順に先端部、頭部、胸部、腹部、尾部が形成され、さらにこれらの部位の分節化が進行し、 34 には触角、 35 には肢・翅など特徴的な器官が形成される。この器官形成の過程にもさまざまな調節遺伝子が関与している。調節遺伝子に変化が起こった場合、たとえば、触角が肢に置きかわるなど、からだの一部の器官が別の器官に転換する。このような突然変異は 36 突然変異とよばれ、その原因となる調節遺伝子は 36 遺伝子という。

32 , 33 および 36 に対する解答群

- | | | |
|-----------|---------|-----------|
| ① コーディン | ② ナノス | ③ ビコイド |
| ④ チューブリン | ⑤ ミオシン | ⑥ アクチン |
| ⑦ ホメオボックス | ⑧ ホックス | ⑨ ホメオティック |
| ⑩ ギャップ | Ⓐ ペアルール | |

34 および 35 に対する解答群

- | | | | | |
|-------|------|------|------|------|
| ① 先端部 | ② 頭部 | ③ 胸部 | ④ 腹部 | ⑤ 尾部 |
|-------|------|------|------|------|

(第Ⅳ問は次ページから始まる)

Ⅳ 植物の成長と環境応答に関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 被子植物の胚発生には、オーキシンとよばれる植物ホルモンが深く関わっている。植物の胚発生において球状胚期になると、基部側に比べ頂端側のオーキシン濃度が高くなり、頂端－基部軸が形成される。胚発生が進行し、球状胚期以降になると、頂端－基部軸方向のオーキシンの濃度分布が変化し、オーキシンの濃度が（ア）なった球状胚の茎頂側が（イ）組織へと分化しはじめる。一方、基部側ではオーキシン濃度が（ウ）なり、基部軸側が（エ）組織へと分化しはじめる。

オーキシンは、細胞壁に対する膨圧の調節にもかかわる。植物細胞の細胞壁は、主要な骨格として 繊維どうしが強固につながっている。オーキシンが植物細胞にはたらくと、 繊維どうしのつながりが弱まり、細胞壁が（オ）なることで、膨圧に対する抵抗力が（カ）、細胞の体積は（キ）する。

オーキシンは、植物の成長の調節にも関与している。たとえば、マカラスムギの幼葉鞘の先端部で合成されたオーキシンは、先端部から基部方向へ移動し、先端部より下側の茎や根の細胞の成長を調節している。このオーキシンの方向性を持った移動を極性移動といい、極性移動には細胞膜上のタンパク質が関与している。細胞内へのオーキシンの取り込みには タンパク質のはたらきが関与し、細胞内からの排出には タンパク質のはたらきが関与している。ここで、（ア）～（エ）の正しい組み合わせは ，（オ）～（キ）の正しい組み合わせは である。

37 に対する解答群

- ① アクチン ② アミロース ③ アミロペクチン
 ④ コラーゲン ⑤ サイトカイニン ⑥ セルロース
 ⑦ フィブリノーゲン ⑧ ペプチドグリカン

38 および **39** に対する解答群

- ① AUX ② BMP ③ FT ④ Hd3a ⑤ PIN ⑥ TLR

40 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	高 く	茎頂分裂	低 く	根端分裂
②	高 く	根端分裂	低 く	茎頂分裂
③	低 く	茎頂分裂	高 く	根端分裂
④	低 く	根端分裂	高 く	茎頂分裂

41 に対する解答群

	(オ)	(カ)	(キ)
①	固 く	強まり	増 大
②	固 く	強まり	減 少
③	固 く	弱まり	増 大
④	固 く	弱まり	減 少
⑤	柔らかく	強まり	増 大
⑥	柔らかく	強まり	減 少
⑦	柔らかく	弱まり	増 大
⑧	柔らかく	弱まり	減 少

植物体内におけるオーキシンの分布の変化は、茎の光屈性にも関与している。たとえば、マカラスムギの幼葉鞘の頂端－基部軸の頂端側が上になるように垂直におき、側面に光をあてると、幼葉鞘が光の（ク）側へ屈曲する。マカラスムギの幼葉鞘がこのような屈性を示すのは、オーキシンが光の（ケ）側から光が（コ）側へと移動し、光が（サ）側の細胞の成長が促進されるためである。ここで、（ク）～（サ）の正しい組み合わせは

42

 である。

42

 に対する解答群

	（ク）	（ケ）	（コ）	（サ）
①	あたる	あたる	あたらない	あたる
②	あたる	あたる	あたらない	あたらない
③	あたる	あたらない	あたる	あたる
④	あたる	あたらない	あたる	あたらない
⑤	あたらない	あたる	あたらない	あたる
⑥	あたらない	あたる	あたらない	あたらない
⑦	あたらない	あたらない	あたる	あたる
⑧	あたらない	あたらない	あたる	あたらない

2) 成長している細胞では、細胞壁が柔らかく、吸水による内側からの圧力により細胞壁が変形しながら伸びていく。細胞壁の伸びやすさが縦方向（茎が伸びる方向）と横方向で異なると、細胞壁が伸びやすい方向に細胞が成長する。

細胞の成長の方向は、細胞壁に合成される繊維の方向で決まる。細胞壁の縦か横のどちらの方向に繊維が合成されるしくみには、エチレンとジベレリンが関与している。エチレンがはたらくと（シ）方向の繊維が増え、ジベレリンがはたらくと（ス）方向の繊維が増える。このように、細胞の成長の方向は、細胞壁に合成される繊維の方向で決まり、これらの細胞にオーキシンがはたらくと、エチレンが作用した細胞に対しては（セ）細胞の形成が、ジベレリンが作用した細胞に対しては（ソ）細胞の形成が促進される。

植物の茎の伸長成長には、光の受容もかかわっており、フィトクロムがかかわっている。フィトクロムは赤色光と遠赤色光を受容し、赤色光を連続的に受容すると茎の伸長成長は（タ）され、遠赤色光を連続的に受容すると茎の伸長成長は（チ）される。そのため、植物を赤色光が少ない日陰に置くと茎を（ツ）。ここで、（シ）～（ソ）の正しい組み合わせは 43 , （タ）～（ツ）の正しい組み合わせは 44 である。

43 に対する解答群

	（シ）	（ス）	（セ）	（ソ）
①	横	縦	縦に細長い	横に膨らんだ
②	横	縦	横に膨らんだ	縦に細長い
③	縦	横	縦に細長い	横に膨らんだ
④	縦	横	横に膨らんだ	縦に細長い

44 に対する解答群

	（タ）	（チ）	（ツ）
①	促進	抑制	伸ばす
②	促進	抑制	伸ばさない
③	抑制	促進	伸ばす
④	抑制	促進	伸ばさない

3) 植物の種子では、水、温度、酸素などの環境条件がそろえば発芽する。発芽の過程は、ジベレリンによる（テ）と、アブシシン酸による（ト）のはたらきにより調節されている。たとえば、イネやオオムギの種子では、（ナ）がジベレリンを分泌し、そのジベレリンが（ニ）に作用し、45 を分解する酵素の遺伝子発現量を増加させる。このとき、45 を分解する酵素は（ヌ）の45 をグルコースに分解し、胚の成長に利用される。ここで、（テ）～（ヌ）の正しい組み合わせは46 である。

45 に対する解答群

- ① グリコーゲン ② セルロース ③ デンプン
④ ペクチン ⑤ マンナン

46 に対する解答群

	（テ）	（ト）	（ナ）	（ニ）	（ヌ）
①	促進	抑制	糊粉層	胚	胚乳
②	促進	抑制	糊粉層	胚乳	胚
③	促進	抑制	胚	糊粉層	胚乳
④	促進	抑制	胚	胚乳	糊粉層
⑤	促進	抑制	胚乳	糊粉層	胚
⑥	促進	抑制	胚乳	胚	糊粉層
⑦	抑制	促進	糊粉層	胚	胚乳
⑧	抑制	促進	糊粉層	胚乳	胚
⑨	抑制	促進	胚	糊粉層	胚乳
⑩	抑制	促進	胚	胚乳	糊粉層
a	抑制	促進	胚乳	糊粉層	胚
b	抑制	促進	胚乳	胚	糊粉層