



# 理 科 問 題 紙

工学部（生命工学科）

2024 年 2 月 11 日

11 : 50 ~ 12 : 50 (60分)

## 注 意 事 項

—— 注意事項は裏表紙にもある。問題紙を裏返して必ず読むこと。——

1. 理科の問題紙は全20ページである。解答は,  ,  ,  ,  ,  ,   
の6問から任意の2問を選んでおこなうこと。
2. 解答用紙は問題紙の中に折り込まれている。その他に計算用紙が1枚入っている。
3. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入すること。
4. 選択した問題番号を解答用紙上部の「選択した問題番号」欄に記入すること。  
ここに書かれた問題番号に対応する解答のみ採点されるので注意すること。
5. 試験開始の合図があるまで問題紙を開いてはいけない。  
試験終了まで退室してはいけない。
6. 受験番号の記入については裏表紙を参照すること。

I. 図 1 - a のように、水平な地面上の点から時刻  $t = 0$  に速さ  $v_0$  で鉛直上向きに小球 A を投げ上げた。小球 A は地面から高さ  $L$  の最高点に達し、その後、落下してきた。重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視するものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 小球 A が最高点に到達する時刻を  $v_0, g$  で表せ。
- (2)  $v_0$  を  $L, g$  で表せ。
- (3) 小球 A を投げ上げるのと同じ時刻  $t = 0$  に、小球 A と同じ質量の小球 B を地面から高さ  $2L$  の点より初速度 0 で自由落下させた。ただし、2 つの小球の水平方向の位置は離れており衝突はしないものとする。小球 A と B が地面に到着する時刻をそれぞれ  $t_A, t_B$  とすると、それらの間の関係として正しいものを次のうちから選び、記号で答えよ。  
{イ.  $t_A < t_B$ , ロ.  $t_A = t_B$ , ハ.  $t_A > t_B$ }
- (4) 小球 A と小球 B の少なくとも一方が地面に到着するまでの間に、小球 A の力学的エネルギーと小球 B の力学的エネルギーが等しくなる瞬間は存在するか、次のうちから選び、記号で答えよ。ただし、位置エネルギーの基準は地面とする。  
{イ. 存在する, ロ. 存在しない}

II. 図 1 - b のように、水平な床の上にある質量  $m$  の物体にばね定数  $k$  の軽いばねをつけ、ばねの他端を鉛直上向きに引き、ばねが自然の長さから  $d$  だけ伸びた状態で静止させた。このとき物体は床から離れていなかった。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。

- (5) 物体がばねから受ける力の大きさを求めよ。
- (6) 物体が床から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

III. 摩擦のない水平な床の上に、質量  $M$  の物体 C と質量  $m$  の物体 D が接して置いてある。図 1 - c のように物体 C に大きさ  $F$  の力を水平方向に加えたところ、2 つの物体は接したまま動き出した。

- (7) 物体 C と D の加速度の大きさを  $a$ 、物体 D が物体 C に及ぼす力の大きさを  $T$  として、物体 C の水平方向の運動方程式を書け。
- (8)  $a$  を  $F, M, m$  で表せ。
- (9) 物体 C が物体 D に及ぼす力の大きさを  $F, M, m$  で表せ。
- (10) 加える力の大きさ  $F$  を変えずに、物体 C と D の加速度の大きさを 2 倍にするには、2 つの物体の質量をともに何倍にすればよいか。

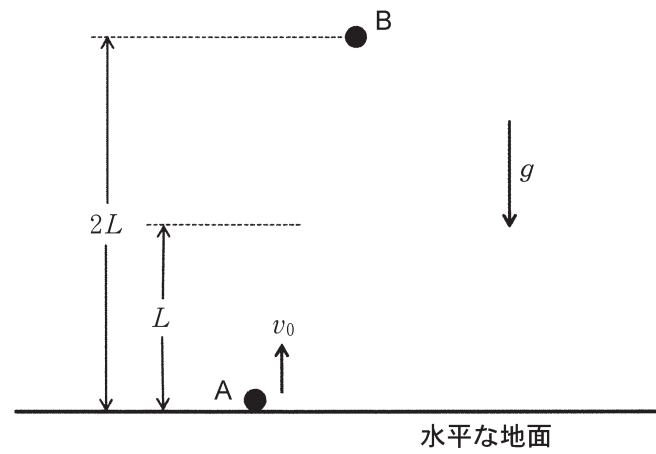


図 1 - a

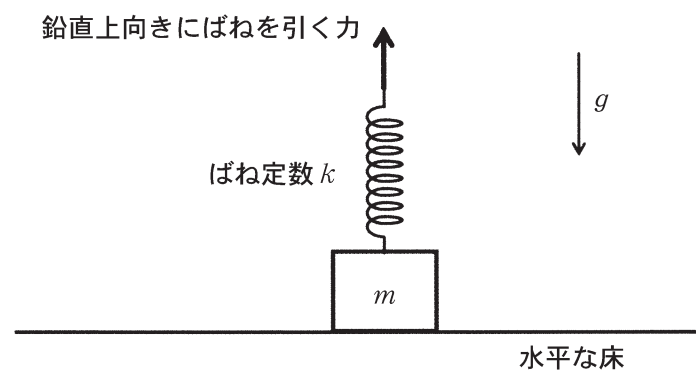


図 1 - b

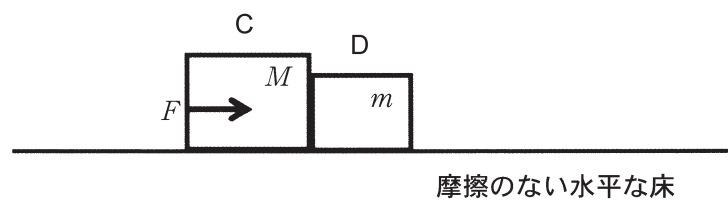


図 1 - c

図2のように、スイッチ、起電力  $E$  の電池、抵抗値  $R$  の抵抗1～3および自己インダクタンス  $L$  のコイルを接続した回路を考える。初めにスイッチは開いており、回路を流れる電流はゼロである。この状態からスイッチを閉じた。以下の問いに答えよ。ただし、スイッチ、導線およびコイルの抵抗と電池の内部抵抗をゼロとする。

- (1) コイルを流れる電流を変化させると、そのコイルには、電流の変化を妨げる向きに起電力（逆起電力）が発生する。この現象を何と呼ぶか。次の中から選び記号で答えよ。  
{イ. 自己誘導, ロ. 相互誘導, ハ. ホール効果}
  - (2) スwitchを閉じた直後の抵抗2と抵抗3を流れる電流の大きさをそれぞれ求めよ。
  - (3) スwitchを閉じた直後の抵抗2と抵抗3の両端の電圧の大きさをそれぞれ求めよ。
  - (4) スwitchを閉じてから十分に時間が経過した後でのコイルの両端の電圧の大きさを求めよ。
  - (5) スwitchを閉じてから十分に時間が経過した後での抵抗2と抵抗3を流れる電流の大きさをそれぞれ求めよ。
  - (6) スwitchを閉じてから十分に時間が経過した後でのコイルに蓄えられるエネルギーを求めよ。
- スswitchを閉じてから十分に時間が経過した後にスswitchを開いた。
- (7) スswitchを開いた直後のコイルを流れる電流の大きさを求めよ。
  - (8) スswitchを開いてから十分に時間が経過した後でのコイルを流れる電流の大きさを求めよ。

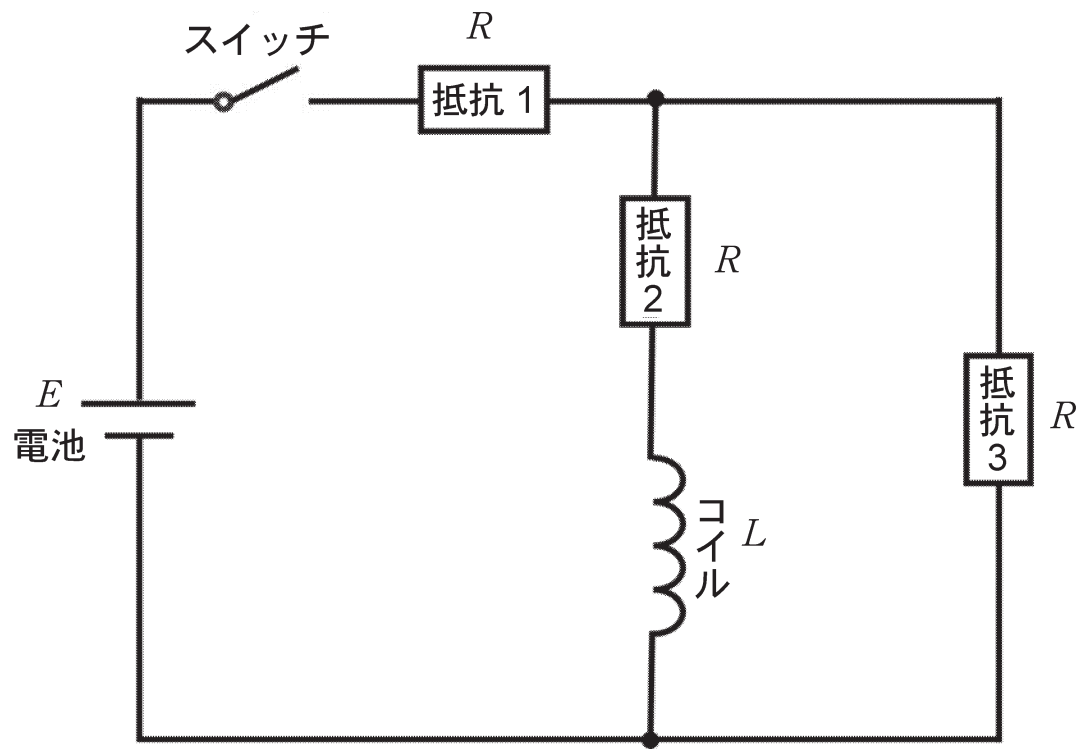


図 2

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(4)の各設問に記号で答えよ。

(1) 次の a ～ e の分子のうち、単結合のみからなるものを記号で答えよ。

a.  $\text{N}_2$     b.  $\text{O}_2$     c.  $\text{Cl}_2$     d.  $\text{CO}_2$     e.  $\text{C}_2\text{H}_4$

(2) 次の a ～ e の結晶のうち、**イオン結晶でないもの**を記号で答えよ。

a. 炭酸ナトリウム    b. 硫酸カルシウム    c. 炭酸水素ナトリウム  
d. 酸化カルシウム    e. 二酸化ケイ素

(3) 次の a ～ e の結晶のうち、分子結晶のものを記号で答えよ。

a. 黒鉛    b. ヨウ素    c. 金    d. ケイ素    e. 二酸化ケイ素

(4) 水溶液の  $25^\circ\text{C}$  における pH (水素イオン指数) と水素イオンのモル濃度  $[\text{H}^+]$  (mol/L) と水酸化物イオンのモル濃度  $[\text{OH}^-]$  (mol/L) の関係は表 1 のようになる。次の a ～ e の水溶液のうち、 $25^\circ\text{C}$  で pH が最も大きいものを記号で答えよ。

表 1 水溶液の pH,  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$  の関係 ( $25^\circ\text{C}$ )

| pH                         | 0          | 1          | 2          | 3          | 4          | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $[\text{H}^+]$<br>(mol/L)  | 1          | $10^{-1}$  | $10^{-2}$  | $10^{-3}$  | $10^{-4}$  | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ | $10^{-7}$ | $10^{-8}$ | $10^{-9}$ | $10^{-10}$ | $10^{-11}$ | $10^{-12}$ | $10^{-13}$ | $10^{-14}$ |
| $[\text{OH}^-]$<br>(mol/L) | $10^{-14}$ | $10^{-13}$ | $10^{-12}$ | $10^{-11}$ | $10^{-10}$ | $10^{-9}$ | $10^{-8}$ | $10^{-7}$ | $10^{-6}$ | $10^{-5}$ | $10^{-4}$  | $10^{-3}$  | $10^{-2}$  | $10^{-1}$  | 1          |

- a. 0.050 mol/L のアンモニア水 (電離度 0.020)  
b. 0.10 mol/L の塩酸 (電離度 1.0)  
c. 0.0050 mol/L の水酸化カルシウム水溶液 (電離度 1.0)  
d. 0.040 mol/L の酢酸水溶液 (電離度 0.025)  
e. 0.0010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 (電離度 1.0)

2. 原子番号が1～20の元素に関し、次の(1)～(3)の各設問に答えよ。

- (1) 最外殻電子がM殻にあり、価電子の数が4個のものはどれか。元素記号で答えよ。
- (2) 第3周期の元素のうち、イオン化エネルギー（第一イオン化エネルギー）が最も大きいものはどれか。元素記号で答えよ。
- (3) 2価の陽イオンになったとき、アルゴンと同じ電子配置をもつものはどれか。元素記号で答えよ。

3. 次の(1)～(4)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ , 標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) における気体 1 mol の体積を 22.4 L とする。

- (1) 窒素  $\text{N}_2$  と酸素  $\text{O}_2$  が 4:1 の物質量（分子の数）の割合で含まれる混合気体がある。標準状態でこの混合気体 22.4 L の質量は何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。
- (2) 標準状態で気体の体積が 0.84 L の塩化水素をすべて水に吸収させて 250 mL の水溶液にした。この塩化水素の水溶液のモル濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) 原子番号が  $a$ , 質量数が  $b$  である原子の陰イオンがある。この陰イオンの価数を  $c$  とするとき、この陰イオン 1 個に含まれる陽子, 中性子, 電子の数を  $a$ ,  $b$ ,  $c$  を使ってそれぞれ答えよ。
- (4) 分子量が  $M$  の物質を溶質とする密度  $d$  ( $\text{g/cm}^3$ ), モル濃度  $C$  (mol/L) の水溶液の質量パーセント濃度 (%) はいくらか。  $M$ ,  $d$ ,  $C$  を含む式で答えよ。

4. 次の(1)～(5)の物質を例にならってそれぞれ電子式で答えよ。

例) 水素  $\text{H}_2$



窒素  $\text{N}_2$



- (1) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$
- (2) シアン化水素  $\text{HCN}$
- (3) 過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$
- (4) アンモニア  $\text{NH}_3$
- (5) 酸素  $\text{O}_2$

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(7)の各設問に記号で答えよ。

(1) 次の a ～ e の気体のうち、淡青色で特異臭があり、湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を青色（青紫色）に変化させるものを記号で答えよ。

a.  $\text{NO}_2$     b.  $\text{CO}_2$     c.  $\text{O}_3$     d.  $\text{NH}_3$     e.  $\text{H}_2\text{S}$

(2) 次の a ～ e の金属イオンを含む塩基性の水溶液のうち、硫化水素を通じると、白色沈殿が生じるものを記号で答えよ。

a.  $\text{Na}^+$     b.  $\text{Pb}^{2+}$     c.  $\text{Zn}^{2+}$     d.  $\text{Cu}^{2+}$     e.  $\text{Ag}^+$

(3) 次の a ～ e の塩を溶かした水溶液のうち、水溶液の色が淡緑色のものを記号で答えよ。

a.  $\text{CaCl}_2$     b.  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$     c.  $\text{CuSO}_4$     d.  $\text{FeSO}_4$     e.  $\text{FeCl}_3$

(4) 次の a ～ e の銀の化合物のうち、化合物の色が赤褐色（暗赤色）であるものを記号で答えよ。

a.  $\text{Ag}_2\text{S}$     b.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$     c.  $\text{AgCl}$     d.  $\text{AgBr}$     e.  $\text{AgI}$

(5) 次の a ～ e の反応のうち、反応液が血赤色の水溶液になるものを記号で答えよ。

- a.  $\text{Fe}^{2+}$  を含む塩基性の水溶液に硫化水素を通じる。
- b.  $\text{Fe}^{2+}$  を含む水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液を加える。
- c.  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液にアンモニア水を加える。
- d.  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液にヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加える。
- e.  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加える。

(6) 次の a ～ e の反応のうち、付加反応が進行するものを記号で答えよ。

- a. ベンゼンに光（紫外線）を当てながら塩素を反応させる。
- b. ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物（混酸）を加えて加熱する。
- c. ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱する。
- d. フェノールの水溶液に臭素水を加える。
- e. フェノールに無水酢酸を加える。

(7) アニリン 9.30 g と無水酢酸 15.3 g からアセトアニリドを合成したい。アセトアニリドは最大で何g合成できるか。最も適当な質量を、次の a ～ e のうちから記号で答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.01$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$  とする。

a. 10.2 g    b. 13.5 g    c. 15.3 g    d. 19.5 g    e. 24.6 g

2. 水素  $H_2$  1.00 mol とヨウ素  $I_2$  1.00 mol を体積 1.00 L の密閉真空容器に入れ、427 °Cまで加熱し、温度を保ち続けたところ、 $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$  の反応が平衡状態となり、容器内にヨウ素が 0.213 mol 存在していることがわかった。これに関し、次の (1) ～ (5) の各設問に答えよ。ただし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  とし、平衡時におけるすべての物質は理想気体として振る舞うものとする。

(1) この反応の平衡状態におけるヨウ化水素の物質質量 (mol) を有効数字 3 桁で答えよ。

(2) この反応の平衡状態における混合気体の全物質質量 (mol) を有効数字 3 桁で答えよ。

(3) 427°Cにおけるヨウ化水素の生成反応の濃度平衡定数  $K_c$  を有効数字 2 桁で答えよ。

(4) この反応の平衡状態におけるヨウ化水素の分圧 (Pa) を有効数字 2 桁で答えよ。

(5) この反応の平衡状態における混合気体の全圧 (Pa) を有効数字 2 桁で答えよ。

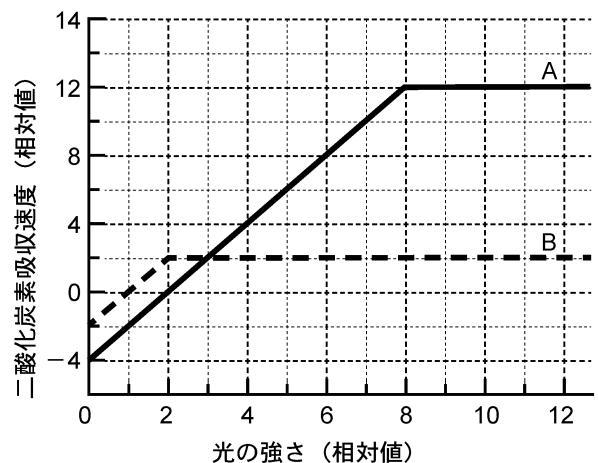
3. 次の (1) ～ (3) の分子式で表される化合物には、ベンゼン環をもつ構造異性体がそれぞれ何種類存在するか答えよ。

(1)  $C_8H_{10}$     (2)  $C_7H_9N$     (3)  $C_7H_8O$

次の文章を読み、下記の設問（問1～8）に答えよ。

生物は有機物を分解することでエネルギーを得ている。中でも酸素を用いて有機物を分解する過程のことを呼吸という。この呼吸で重要な役割を果たすのが細胞小器官のミトコンドリアである。呼吸で用いられる代表的な有機物の一つであるグルコースは、細胞質基質でおこる解糖系によってピルビン酸に分解され、この過程で放出されるエネルギーを用いて、ATPが合成される。得られたピルビン酸はミトコンドリア内に輸送される。<sup>1</sup>ミトコンドリアは内膜と外膜の2枚の膜構造からなり、内膜の一部はひだ状の突起となつて（ア）を形づくっている。内膜の内側の液体部分である（イ）と呼ばれる部分では、ピルビン酸が（ウ）という反応系に入り、電子と水素イオンが取り出される。取り出された電子と水素イオンは内膜上の（エ）に入り、ここで多数の<sup>2</sup>ATPが合成される。

一方、光合成では光のエネルギーを利用して、二酸化炭素と水から有機物と酸素が合成される。呼吸のように有機物を分解してエネルギーを取り出す過程を（オ）というのに対し、このようにエネルギーを利用して有機物など複雑な物質を合成する過程を（カ）という。<sup>3</sup>ある陽性植物と陰性植物に対して、光強度と葉面積100cm<sup>2</sup>あたりの1時間での二酸化炭素吸収速度を測定した。その結果を簡略化したものを右図に示す。



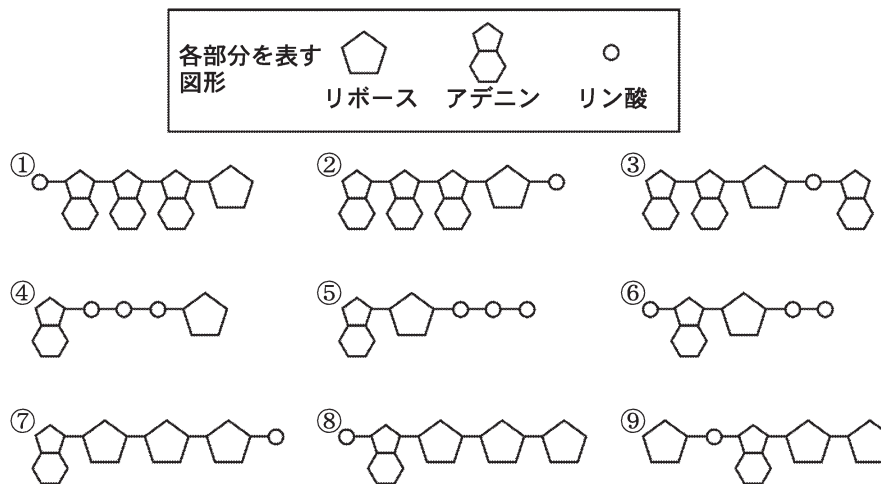
問1 (設問省略)

問2 下線部1に関して、ミトコンドリアは進化の過程で、ほかの生物が共生したと考えられている。これに関連した下記の設問(1)および(2)に答えよ。

- (1) ミトコンドリアには2枚の膜構造以外にも、他の細胞小器官では見られない特徴がいくつかある。  
2枚の膜構造以外の特徴のうち、ミトコンドリアが共生したと考えられる根拠になる特徴を2つ、簡潔に答えよ。
- (2) ミトコンドリアと同様に、ほかの生物が共生した結果生じたと考えられる細胞小器官の名称を答えよ。

問3 下線部2について下記の設問(1)および(2)に答えよ。

- (1) ATPはリボースとアデニン、リン酸からなるエネルギーを保持した物質である。ATPの構造を表した模式図として最も適切なものを次の①～⑨から1つ選び、番号で答えよ。



- (2) 生命活動のエネルギーは、ATPが2つの物質に分解されるときに、高エネルギーリン酸結合が切れることで放出される。この2つの物質の名称を答えよ。

問4 光補償点について、最も適切な説明を次の①～⑤から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 光合成による二酸化炭素の吸収が起こる最低限の光の強さ。  
 ② 光合成による二酸化炭素吸収速度が最大となる光の強さ。  
 ③ 呼吸による二酸化炭素放出速度が、光合成による二酸化炭素吸収速度を上回る光の強さ。  
 ④ 呼吸による二酸化炭素放出速度と光合成による二酸化炭素吸収速度が等しくなる光の強さ。  
 ⑤ 光合成による二酸化炭素吸収速度が、呼吸による二酸化炭素放出速度を上回る光の強さ。

問5 図の二酸化炭素吸収速度と同様に、植物において一般的に、光の強さに応じて増大し、ある一定以上の光の強さでは、一定になるのはどれか。最も適切なものを次の①～③から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 水の蒸散速度      ② 有機物の消費速度      ③ 酸素の放出速度

問 6 図中の植物 A, B それぞれの光飽和点の光の強さはいくらか, 図中の相対値で答えよ。

問 7 図の植物 A と B の二酸化炭素吸収速度は光合成速度を反映している。植物 A と B の同じ葉面積あたりの光合成速度に関する記述として, 最も適切なものを次の ①～④ から 1 つ選び, 番号で答えよ。なお, ここでの光合成速度は, 見かけの光合成速度ではなく, 見かけの光合成速度に呼吸速度を加えたものを指し, 光の強さは図中の相対値を指すものとする。また, 呼吸速度は光の強さによらず一定であるものとする。

- ① 光の強さ 6 の時の植物 A の光合成速度は, 光の強さ 4 の時の植物 A の光合成速度の 2 倍である。
- ② 光の強さ 8 の時の植物 A の光合成速度は, 光の強さ 4 の時の植物 A の光合成速度の 2 倍である。
- ③ 光の強さ 6 の時の植物 A の光合成速度は, 同じ光の強さの時の植物 B の光合成速度の 2 倍である。
- ④ 光の強さ 8 の時の植物 A の光合成速度は, 同じ光の強さの時の植物 B の光合成速度の 2 倍である。

問 8 下線部 3 について, 下記の設問 (1) および (2) に答えよ。

- (1) 図の A, B のうち, 陰生植物はどちらであるか, 記号で答えよ。
- (2) 陽生植物が生育できないような弱い光でも, 陰生植物が生存できる理由を句読点を含めて 25 字以内で説明せよ。

## 6

(生物)

酵素について述べた次の文章を読み、下記の設問（問1～4）に答えよ。

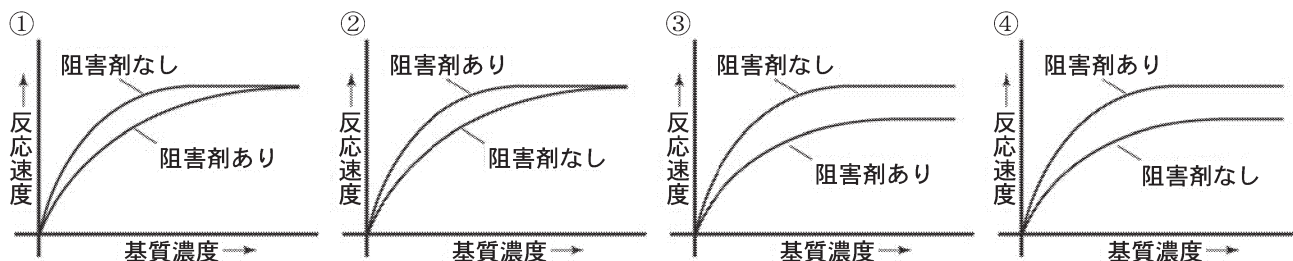
酵素とよばれるタンパク質は、生物の外部から取り込んだ薬や毒などの分解や、生物の内部で発生した有害物質の分解、内部に存在する物質を用いた必要な物質の合成、といった多様な過程において、化学反応を触媒する重要な役割を果たしている。

酵素が作用する物質を基質とよび、反応によって作られた物質を生成物とよぶ。また、酵素にはそれぞれの特有の立体構造をもつ（ア）とよばれる部分がある。酵素が触媒として反応を促進させるときには、まず酵素の（ア）に基質が結合し、（イ）を形成する。次に、（ア）に結合していた基質が生成物に変化して酵素から離れる。酵素反応が起こるときには、鍵と鍵穴のように酵素と基質の組み合わせが決まっており、この性質を酵素の（ウ）という。

酵素には、酵素の（ア）以外の部分に基質以外の特定の物質と結合することで、はたらきが変わるものがある。このような酵素を（エ）酵素とよび、基質以外の特定の物質と結合する部位を（エ）部位とよぶ。ある種類の（エ）酵素では、基質以外の特定の物質が（エ）部位に結合することにより、酵素活性が抑制される。これを非競争的阻害とよぶ。

問1 文章中の空欄（ア）～（エ）に適切な語句を記入せよ。

問2 下線部1と4に関して、外部からの薬や毒の分解を促進させるある薬物代謝酵素には、（エ）部位が存在し、その個所に結合する物質によって非競争的阻害を受けることが知られている。この酵素について、基質濃度を増加させた時の反応速度の変化を、非競争的阻害する物質を添加した場合（阻害剤あり）と添加しない場合（阻害剤なし）の条件下でそれぞれ調べた。反応速度を縦軸に基質濃度を横軸にとったグラフの組み合わせとして最も適切なものを以下の①～④から1つ選択し、番号で答えよ。ただし、酵素の量は等量かつ一定とする。



問3 下線部2に関して、カタラーゼとよばれる酵素は、生物内で発生する有害な過酸化水素( $\text{H}_2\text{O}_2$ )の分解に関わっている。カタラーゼは肝臓に多く含まれるため、ブタの肝臓片を用いて、カタラーゼがはたらく条件を調べる以下の実験を行った。各実験についての文章を読んだ上で、下記の設問(1)および(2)に答えよ。

※以下で登場する濃度の単位%は、全て質量パーセント濃度である。

<実験1>

37℃の温度条件下で3本の試験管A～Cを用意し、Aの底に肝臓片1.0g、Bの底に酸化マンガン(IV)1.0gをそれぞれ加え、Cには何も加えなかった。その後、試験管A～Cに37℃の4%過酸化水素水5mLをそれぞれ加えた。

<実験1の結果>

AとBでは気泡が発生し、Cでは気泡の発生は観察されなかった。AとBで発生した気泡に火が付いた線香を近づけた所、線香はより激しく燃焼していた。

<実験2>

肝臓片1.0gを底に加えた試験管3本(D～F)と、酸化マンガン(IV)1.0gを底に加えた試験管3本(G～I)を用意した。DとGは0℃、EとHは37℃、FとIは85℃にそれぞれ保ったビーカーに5分間浸した。その後、DとGには0℃、EとHには37℃、FとIには85℃の4%過酸化水素水5mLをそれぞれ加え、G～I間ならびにD～F間で気泡の出方を比較した。

更に、FとIを37℃に保ったビーカーに5分間浸した。それぞれに対して、改めて37℃の4%過酸化水素水5mLをそれぞれ加え、気泡の出方を観察した。

<実験2の結果>

酸化マンガン(IV)を加えた試験管G～Iでの気泡の出方を比較したところ、温度が高いほど気泡が多く発生していた。その一方で、肝臓片を加えた試験管D～Fでの気泡の出方を比較したところ、Eで最も気泡が発生していた。

また、37℃に移してから過酸化水素水を改めて加えたFとIでの気泡の発生を観察したところ、Fではほとんど気泡は発生しなかったが、Iでは気泡が発生した。

- (1) 実験1より、この化学反応で主に発生した気体は何か。物質名もしくは化学式で1つ答えよ。
- (2) 実験2に関して、試験管G～IにおいてIで最も気泡が発生した理由は温度の上昇に伴って分子の運動が活発になり反応が促進されたためである。その一方で、試験管EとFを比較した場合にFで気泡の発生量が減少したのはなぜか。その理由を句読点を含めて25字～40字の間で説明せよ。

問4 下線部3に関する以下の文を読み、下記の設問(1)～(4)に答えよ。

体内に存在するアミノ酸を別の種類のアミノ酸に変化させる反応を触媒する酵素が存在する。例えば、ある酵素(酵素Pとする)は、食物からの代謝物の一種であるフェニルアラニンが生じた際、フェニルアラニンからチロシンへの化学反応を促進させる。この酵素Pが正常に働かないと、本来ならばチロシンへと変換されるフェニルアラニンが余る。その結果、正常な場合はそれほど使われない反応経路によって、フェニルアラニンからフェニルケトンが大量につくられ、体に障害が発生する。この病気をフェニルケトン尿症という。フェニルケトン尿症は、酵素Pの全アミノ酸配列を指定する遺伝子Pの塩基配列のうち、幾つかの個所での変異によっても発症することが知られている。

- (1) 以下の文では、ゲノムDNAからタンパク質がつくられる過程の一部と、フェニルケトン尿症の患者における遺伝子異常の一例との関係性を説明している。下の文章の空欄(オ)～(ク)に該当する語句として最も適切なものを以下の語群から1つずつ選択し、答えよ。

ヒトなどの真核生物のDNAの塩基配列には、最終的にタンパク質に翻訳される領域の(オ)と、翻訳されない領域の(カ)がある。DNAから転写されたmRNA前駆体からmRNAがつくられる過程を(キ)とよぶ。この過程は細胞内の(ク)で行われる。

フェニルアラニンをチロシンに代謝する酵素Pの遺伝子Pが変化することによって、フェニルケトン尿症を発症することが知られている。この遺伝子の変化の一例が(キ)の異常である。遺伝子Pは13個の(オ)と12個の(カ)からなるが、12番目の(カ)のはじめにある塩基配列GTがATに変化すると、(キ)の際に12番目の(オ)が除かれてしまい、その分のアミノ酸が失われて正常な酵素Pが合成されない。その結果、フェニルアラニンはチロシンに代謝されなくなり、血液中に蓄積したフェニルアラニンはフェニルケトンに変化して尿中に排出される。

<語群>

|       |        |        |         |         |
|-------|--------|--------|---------|---------|
| エキソン  | イントロン  | テロメア   | 転写      | 翻訳      |
| 増幅    | オペレーター | ポリメラーゼ | スプライシング | プロモーター  |
| ヘリカーゼ | 核      | 細胞質    | リボソーム   | ミトコンドリア |

- (2) 前述(1)のように酵素Pに対応するmRNAの配列が大きく変化してフェニルケトン尿症となる場合もあるが、酵素Pに翻訳される領域内のDNAの一塩基変異でもこの病気の原因となることが知られている。図1は、酵素PのDNAの塩基配列のうち、タンパク質に翻訳される領域の一部を表している。健常者の塩基配列に対して、患者の塩基配列では突然変異が起こっており、その該当箇所を下線で示している。該当箇所における健常者のアミノ酸はアルギニンである。遺伝暗号表を参考にして、突然変異が起こっているアミノ酸の2つ前(5'末端側に数塩基分移動した個所)のアミノ酸の名称を答えよ。

|            |                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------|
| 健常者のDNAの配列 | 5' CTCGGCCCTTCTCAGTT <u>CG</u> CTACGACCCATACACCC 3' |
| 患者のDNAの配列  | 5' CTCGGCCCTTCTCAGTT <u>CC</u> CTACGACCCATACACCC 3' |

図1 フェニルケトン尿症患者の遺伝子の変化の例

- (3) 健常者でのこの酵素 P の mRNA の配列を調べたところ、開始コドンから終止コドンを含む塩基の数は1359であった。この酵素 P は何個のアミノ酸から成るか。最も適切なものを以下の ①～⑥ から1つ選択し、番号で答えよ。

① 451    ② 452    ③ 453    ④ 454    ⑤ 1358    ⑥ 1359

- (4) 図1に示されている健常者の塩基配列の範囲の中で1塩基の欠失が起きた際に、この範囲の中で終止コドンが出現し、酵素 P のポリペプチド鎖の長さが短くなる可能性がある。そのような塩基は全部で何か所存在するか。数字で答えよ。

遺伝暗号表（コドン表）

| 一番目の塩基 | 二番目の塩基 |        |     |       |     |         |     |         |
|--------|--------|--------|-----|-------|-----|---------|-----|---------|
|        | U      |        | C   |       | A   |         | G   |         |
| U      | UUU    | フェニル   | UCU | セリン   | UAU | チロシン    | UGU | システイン   |
|        | UUC    | アラニン   | UCC |       | UAC |         | UGC |         |
|        | UUA    | ロイシン   | UCA |       | UAA | (終止)    | UGA | (終止)    |
|        | UUG    |        | UCG |       | UAG |         | UGG | トリプトファン |
| C      | CUU    | ロイシン   | CCU | プロリン  | CAU | ヒスチジン   | CGU | アルギニン   |
|        | CUC    |        | CCC |       | CAC |         | CGC |         |
|        | CUA    |        | CCA |       | CAA | グルタミン   | CGA |         |
|        | CUG    |        | CCG |       | CAG |         | CGG |         |
| 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     |
|        | AUC    |        | ACC |       | AAC |         | AGC |         |
|        | AUA    |        | ACA |       | AAA | リシン     | AGA | アルギニン   |
|        | AUG    | メチオニン  | ACG |       | AAG |         | AGG |         |
| G      | GUU    | バリン    | GCU | アラニン  | GAU | アスパラギン酸 | GGU | グリシン    |
|        | GUC    |        | GCC |       | GAC |         | GGC |         |
|        | GUA    |        | GCA |       | GAA | グルタミン酸  | GGA |         |
|        | GUG    |        | GCG |       | GAG |         | GGG |         |

(こ の ペ ー ジ は 白 紙 で す)

(こ の ペ ー ジ は 白 紙 で す )

(こ の ペ ー ジ は 白 紙 で す )

### 《注 意》

採点・集計などのさいに受験番号の読み間違いが生じないように，受験番号はつぎの点に注意して記入すること。

1. 受験番号は2箇所に入力する。
2. HBの鉛筆・シャープペンシルを使って，1マス1字ずつはっきり書く。
3. ほかの数字とまぎらわしくないように書く。

|     |      |      |              |      |      |              |
|-----|------|------|--------------|------|------|--------------|
| 良い例 | 1    | 3    | 4            | 5    | 6    | 7            |
| 悪い例 | 1(7) | 3(8) | 4(6)<br>4(9) | 5(6) | 6(4) | 7(1)<br>7(9) |

それぞれ（ ）内の数字と誤解されやすい。