

令和8年度
一般選抜（前期）

14時30分～17時00分

理 科

科目名	問 題 冊 子 頁
物 理	1 ～ 9 頁
化 学	12 ～ 18 頁
生 物	20 ～ 30 頁

科目名	解 答 用 紙 頁
物 理	1 ～ 2 頁
化 学	1 ～ 2 頁
生 物	1 ～ 3 頁

注 意 事 項

1. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図〔チャイム〕があるまで、問題冊子は表紙を上、解答用紙は裏面を上にして置き、問題冊子は開かないこと。
3. 試験開始の合図〔チャイム〕の後に問題冊子の表紙ならびに解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答は定められた解答用紙を用い、はっきり読みやすく記入すること。
また解答欄以外には何も書かないこと。
5. 解答用紙のホチキスはずさないこと。
6. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、途中退場を認めない。
7. 途中退場、質問、トイレ、体調不良等で用件がある場合は、挙手のうえ監督者の指示に従うこと。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは、挙手のうえ交換を求めること。
9. 試験終了の合図〔チャイム〕があったときは、ただちに筆記用具を置くこと。
10. 試験終了の合図〔チャイム〕の後は、解答用紙は裏返しにして、通路側に置くこと。
なお、途中退場の場合は解答用紙を裏返しにして、問題冊子の上に置くこと。
11. 問題冊子は持ち帰ること。ただし、途中退場する場合は問題冊子を持ち帰ることはできない。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入しなさい。解答の過程は示さなくてよい。

1 以下の文章の (①) から (⑫) に適切な数値または語句を入れなさい。ただし、必要なら円周率は 3.14 を用いなさい。

- [1] 質量 m の小球 A と質量 $3m$ の小球 B を同じ高さから地面に向かって自由落下させる。空気抵抗は無視できるものとする。小球 B にはたらく重力の大きさは、小球 A にはたらく重力の大きさの (①) 倍である。小球 B が地面に達する直前の運動エネルギーは、小球 A が地面に達する直前の運動エネルギーの (②) 倍である。小球 B が地面に達する直前の運動量の大きさは、小球 A が地面に達する直前の運動量の大きさの (③) 倍である。
- [2] 10 V に充電された $9.0\ \mu\text{F}$ のコンデンサーに、抵抗の無視できる $4.0\ \text{H}$ のコイルを接続したところ、電気振動が生じた。この電気振動の角周波数は (④) rad/s 、接続してからコンデンサーに蓄えられた電気量がはじめて 0 になるまでの時間は (⑤) ミリ秒、流れる振動電流の最大の値は (⑥) mA である。
- [3] 白色光をプリズムに通すと、波長によって屈折率が異なるために光のスペクトルが現れる。このようにスペクトルが生じる現象を (⑦) という。光がその波長よりも小さな粒子に当たると、その粒子を中心に球面波が生じて周囲に広がっていく。この現象を (⑧) という。自然光が結晶などを通ると特定の方向にだけ振動する光になる。この光を (⑨) という。
- [4] α 線、 β 線、 γ 線の各実体の電気量を電気素量 e の整数倍で表すと、それぞれ (⑩) e 、(⑪) e 、(⑫) e である。

2 小物体 Q を地点 O から発射し、壁の向こう側にある目標地点 T に落下させることを考える。
 OT 間は水平であり、その距離は D である。壁は十分に薄く、 OT 間の中間地点に立っている。重力
 加速度の大きさを g とし、空気抵抗の影響はないものとする。以下の各問に答えなさい。

<イ> 図1のように、 Q を水平より角度 θ 傾
 いた方向に速さ v_1 で地点 O から投射したとこ
 ろ、 Q は壁を越えて地点 T に落下した。

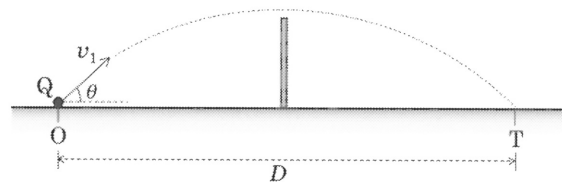


図1

- [1] Q が投射された直後、 Q が単位時間に水
 平方向に進む距離を v_1 、 θ を用いて表し
 なさい。
- [2] Q が投射されてから地点 T に落下するまでの時間を v_1 、 θ 、 g を用いて表しなさい。
- [3] v_1 を g 、 D 、 θ を用いて表しなさい。
- [4] Q が壁を飛び越えるためには、壁はある高さより低くなければならない。その高さを D 、 θ
 を用いて表しなさい。

<ロ> 図2のように、地点 O に発射台を設置
 した。発射台の斜面の傾斜角は 45° であり、斜
 面の最高点 A の高さは $\frac{D}{4}$ である。発射台の斜面
 には摩擦があり、 Q と斜面の間の動摩擦係数は
 $\frac{1}{8}$ である。 Q を速さ v_2 で地点 O から発射し、斜
 面に沿って滑らせたところ、 Q は点 A から飛び
 出し、壁を越えて地点 T に落下した。

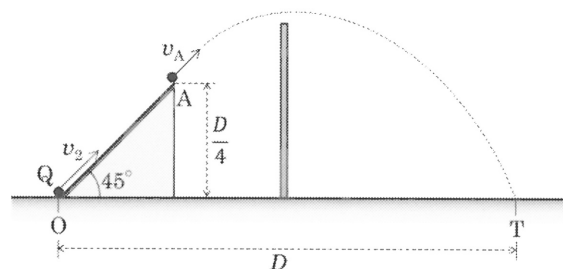
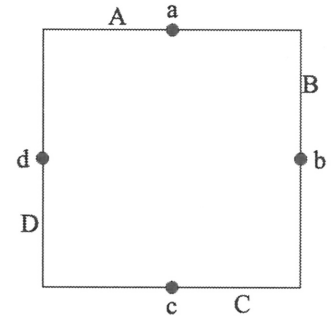


図2

- [5] Q が点 A に達した瞬間の Q の速さを v_A とするとき、 v_A を v_2 、 g 、 D を用いて表しなさい。
- [6] Q が点 A を通過した瞬間から地点 T に落下するまでの時間を v_A 、 D を用いて表しなさい。
- [7] v_2 を g 、 D を用いて表しなさい。
- [8] Q が壁を飛び越えるためには、壁はある高さより低くなければならない。その高さを g 、 D
 のうち必要なものを用いて表しなさい。

3 磁場中または電場中での荷電粒子の運動を考える。図の正方形の一边の長さは L 、各辺を A、B、C、D、各辺の中点を a、b、c、d とする。また、粒子 Z とは、正の電気量 Q をもつ荷電粒子を指す。以下の各問に答えなさい。



〔実験 1〕 正方形の内側には、紙面に垂直な一様な磁場のみが存在する。正方形の内側を貫く磁束を Φ とする。粒子 Z を点 d から正方形の内側へ速さ v で辺 D に垂直に入射させたところ、点 a に達した。

- 〔1〕 点 a での粒子 Z の速度を ac 方向と bd 方向に分解したとき、ac 方向の成分の大きさと bd 方向の成分の大きさとをそれぞれ答えなさい。
- 〔2〕 粒子 Z が磁場から受ける力の大きさを答えなさい。また、磁場の向きは紙面の、(あ) 裏から表、(い) 表から裏、のどちらの向きかを記号で答えなさい。
- 〔3〕 粒子 Z の比電荷を答えなさい。

〔実験 2〕 正方形の内側には、辺 B に平行な一様な電場のみが存在する。その電場の大きさを E とする。粒子 Z を点 b から正方形の内側へ〔実験 1〕と同じ速さ v で辺 B に垂直に入射させたところ、点 a に達した。必要なら〔実験 1〕の結果を解答に用いなさい。

- 〔4〕 点 b を基準とした点 a の電位を、 v を用いずに答えなさい。
- 〔5〕 粒子 Z が電場から受ける力の大きさを、 v を用いずに答えなさい。また、電場の向きは、(あ) 点 a から点 c、(い) 点 c から点 a、のどちらの向きかを記号で答えなさい。
- 〔6〕 粒子 Z が点 b から点 a に到達するまでに電場から受ける仕事を、 v を用いずに答えなさい。
- 〔7〕 粒子 Z が点 b から点 a に到達するまでの時間を、 v を用いずに答えなさい。
- 〔8〕 点 a での粒子 Z の速度を ac 方向と bd 方向に分解したとき、ac 方向の成分の大きさと bd 方向の成分の大きさとを、 v を用いずにそれぞれ答えなさい。

4 1 気圧、 $t[^\circ\text{C}]$ の乾燥した空気中の音速 $V[\text{m/s}]$ は、 $-20^\circ\text{C} < t < 40^\circ\text{C}$ のとき、近似的に①式で表される。

$$V = 331.5 + 0.6t \quad \dots \text{①}$$

以下の各問に答えなさい。

- [1] ①式を用いて音速 V が 340 m/s となる温度を $^\circ\text{C}$ 単位で、有効数字 3 桁で求めなさい。
 [2] 1 気圧、 -48°C の乾燥した空気中の音速を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、①式が成立すると仮定しなさい。

一般的に、空気中の音速 v は、空気の比熱比 γ 、空気の密度 ρ 、空気の圧力 p を用いて②式で表されることが知られている。

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} \quad \dots \text{②}$$

①式は②式を以下に示す近似によって導出された式である。1 気圧、 0°C の標準状態のときの音速、空気の密度、空気の圧力をそれぞれ v_0 、 ρ_0 、 p_0 とすると③式が成り立つ。

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma p_0}{\rho_0}} \quad \dots \text{③}$$

③式の γ 、 ρ_0 、 p_0 にそれぞれ該当する物理量を代入すると $v_0 = 331.5 \text{ m/s}$ を得る。標準状態のときの空気の温度 $T_0 [\text{K}]$ を用い、②式、③式に対してボイル・シャルルの法則を適用すると、温度 $T [\text{K}]$ の乾燥した空気中の音速 v は④式で表される。

$$v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \dots \text{④}$$

ここで $T = T_0 + t$ と書き換え、 $|x|$ が十分に小さい場合に成り立つ近似式 $(1+x)^n \doteq 1+nx$ を用いると、④式は A 、 B を定数として $v = A + Bt$ と書ける。ただし、 $T_0 = 273 \text{ K}$ とする。

- [3] A を有効数字 4 桁の数値で答えなさい。
 [4] B を有効数字 3 桁の数値で答えなさい。

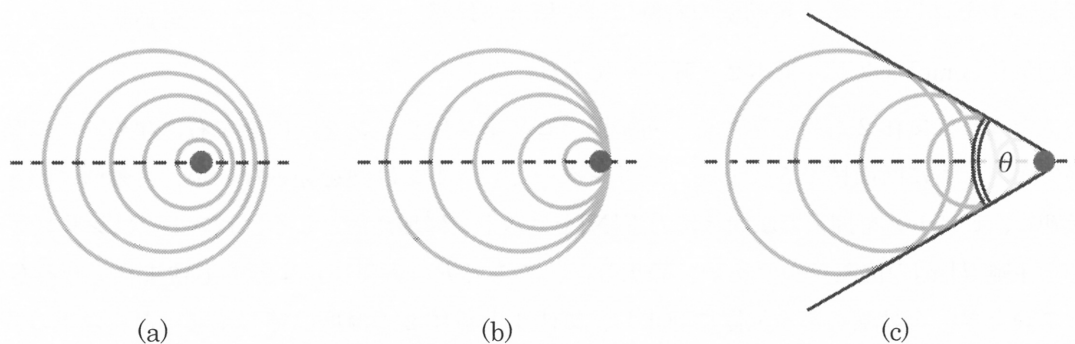
次に、 $\frac{v_0}{\sqrt{T_0}}$ の v_0 、 T_0 にそれぞれ該当する物理量を代入すると⑤式を得る。

$$\frac{v_0}{\sqrt{T_0}} = 20.06 \text{ m}/(\text{s} \cdot \sqrt{\text{K}}) \quad \dots \text{⑤}$$

④式、⑤式を用いると、近似式を用いずに音速を求める式が得られる。

- [5] ④式、⑤式を用いて、 -48°C の乾燥した空気中の音速を有効数字 3 桁で求めなさい。

下図は黒丸で示した音源が、球面波を発しながら、破線上を右方向に移動する様子を表した模式図である。灰色の線は波面を表す。音源は -48°C の乾燥した空気中を移動している。図(a)は、音源の右側では波長が短くなり、左側では波長が長くなる様子を表している。



- [6] 図(b)は各瞬間に生じた球面波の波面が、音源の位置で重なり合っている様子を表している。
このときの音源の速さを有効数字3桁で求めなさい。
- [7] 図(c)は音源が音速を超えて移動し、黒線で示したような円錐形の衝撃波を形成している様子
を表している。円錐の頂点角 θ が 60° のとき、音源の速さを有効数字3桁で求めなさい。

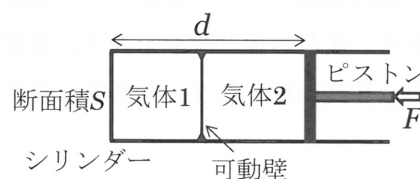
5 気体定数を R [J/(mol・K)] とする。図のように、断面積

S [m²] のシリンダーに定積モル比熱 $\frac{3}{2}R$ の理想気体 5 mol

(以下、気体 1 と呼ぶ) を入れ、厚さの無視できる薄い可動壁を用いて気体 1 を封じ込める。可動壁の右側には定積モル比熱

$\frac{5}{2}R$ の理想気体 3 mol (以下、気体 2 と呼ぶ) を入れ、さら

にピストンを入れて気体 2 も封じ込める。可動壁とピストンはシリンダー内を左右になめらかに動くことができ、ともに断面積が S である。シリンダーとピストンは熱を通さないが、可動壁は熱を通す。最初に、ピストンを押して左向きに力 F [N] をピストンに加えたところ、ピストンはシリンダーの左端から距離 d [m] の位置でつりあい、静止した。ここで F は大気圧による力も含まれているものとする。このとき、可動壁もある位置に静止し、気体 1 と気体 2 の温度は等しくなった。以下の各問に答えなさい。



- 〔1〕 気体 1 と気体 2 の定圧モル比熱をそれぞれ答えなさい。
- 〔2〕 気体 1 の圧力を求めなさい。
- 〔3〕 シリンダーの左端から可動壁までの距離を求めなさい。
- 〔4〕 気体 1 の温度を求めなさい。

さらにピストンをゆっくり押して $\frac{7}{8}d$ だけ左へ移動させ、シリンダーの左端から距離 $\frac{d}{8}$ の位置にした。これにより可動壁も移動し、ある位置に静止した。ピストンを $\frac{7}{8}d$ だけ左に移動させたことによる、気体 1 と気体 2 がされた仕事の和は $15Fd$ であった。

- 〔5〕 可動壁は〔3〕の位置からどれだけ移動したかを求めなさい。ただし、左へ移動したときの移動量を正とする。
- 〔6〕 気体 1 の温度を求めなさい。
- 〔7〕 気体 1 の圧力を求めなさい。

以 上

化 学

[注意] 原子量は次の値を用いよ。

H=1.00 C=12.0 N=14.0 O=16.0

1 以下の問いの答えを【選択肢】から各々選び、記号で記せ。

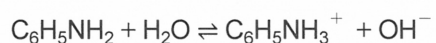
〔1〕 原子 $^{23}_{11}\text{Na}$ に含まれる陽子・中性子・電子の数の組み合わせを一つ選べ。

【選択肢】	陽子の数	中性子の数	電子の数
1	11	11	12
2	11	12	11
3	11	23	11
4	12	11	12
5	23	11	23

〔2〕 純物質をすべて選べ。

- 【選択肢】
1. 塩酸
 2. 塩素
 3. 空気
 4. 青銅
 5. 塩化アンモニウム

〔3〕 アニリン $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ は弱塩基であり、水に溶解すると水と反応して次のように電離する。



アニリンの塩基電離定数は $K_b = 4.0 \times 10^{-10}$ である。

0.40 mol/L のアニリン水溶液の pH の値として最も近いものを一つ選べ。

ただし、 $\sqrt{1.6} \approx 1.3$ 、 $\log_{10}(1.3) \approx 0.11$ を用いてよい。

- 【選択肢】
1. 4.9
 2. 7.2
 3. 8.1
 4. 8.9
 5. 9.1

〔4〕 酢酸の組成式を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. CH_2O
 2. CH_3COOH
 3. CH_4O
 4. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
 5. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

〔5〕 塩化鉄(III)水溶液による呈色反応を示さない化合物を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. アセチルサリチル酸
 2. *o*-クレゾール
 3. *p*-クレゾール
 4. サリチル酸メチル
 5. フェノール

〔6〕 デンプンと同じ分子式 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ で表される多糖類 ($n > 3$) をすべて選べ。

- 【選択肢】
1. グリセリン
 2. グリコーゲン
 3. セルロース
 4. デキストリン
 5. トレハロース

〔7〕 水溶液が酸性を示す塩を一つ選べ。

- 【選択肢】
1. CH_3COONa
 2. NH_4Cl
 3. NaCl
 4. Na_2CO_3
 5. Na_2SO_4

〔8〕ある純粋な気体 X の密度を測定したところ、温度 27°C、圧力 1.5×10^5 Pa において 2.4 g/L であった。理想気体と仮定した場合、X と推定されるものを一つ選べ。

ただし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa · L / (mol · K) とする。

- 【選択肢】
1. 窒素
 2. 酸素
 3. 二酸化炭素
 4. ネオン
 5. アルゴン

〔9〕コバルト (Co、原子番号 27) と、その次の原子番号をもつ元素であるニッケル (Ni、原子番号 28) の平均原子量を比較すると、コバルトの方がニッケルよりも大きい。この理由の一つとして最も適切なものを一つ選べ。

- 【選択肢】
1. コバルトは陽子数が異常に少ないため。
 2. コバルトは質量数の大きい同位体比が高いため。
 3. コバルトは天然に ^{59}Co という 1 種類の同位体しか存在しないため。
 4. ニッケルは放射性同位体を多く含むため。
 5. ニッケルは電子が多く、電子の質量が原子量を増加させるため。

〔10〕ある反応 $A \rightarrow B$ の速度式は、 $v = k[A]$ で表される。

さらに、速度定数 k は温度 T に依存し、

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

で表される (アレニウス式。 E_a は活性化エネルギーを表す)。

この反応に関して正しい記述を一つ選べ。

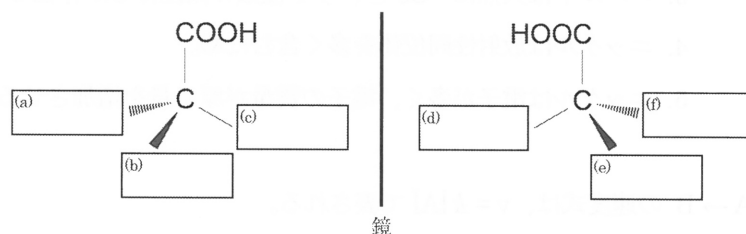
- 【選択肢】
1. 一次反応の半減期は A の初濃度 $[A]_0$ に比例する。
 2. A の初濃度 $[A]_0$ を 2 倍にすると、半減期も 2 倍になる。
 3. 一次反応の速度定数の次元は mol / (L · s) である。
 4. 温度を上げると、 E_a が減少するため、反応は速くなる。
 5. 縦軸を $\ln k$ 、横軸を $1/T$ としてグラフに表すと、傾きは $-E_a/R$ になる。
($\ln$ は自然対数を表す)

2 以下の問いに答えよ。

〔1〕カルボン酸は、分子中にカルボキシ基をもつ化合物である。また、カルボキシ基 1 個をもつ鎖式の 1 価カルボン酸は脂肪酸ともよばれる。

- 1) 脂肪酸のうち、分子量が最も小さいものを示性式で記せ。
- 2) 前問 1) の脂肪酸と炭酸水素ナトリウムを混合したときに起こる反応を化学反応式で示せ。
ただし、分子は示性式で記せ。
- 3) 前出 1) の脂肪酸が還元性をもつのはなぜか。理由を 1 行で説明せよ。

〔2〕ヒドロキシ基をもつカルボン酸はヒドロキシ酸とよばれる。グルコースの乳酸発酵で得られる乳酸 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (分子量 90) はヒドロキシ酸である。乳酸は不斉炭素原子を 1 個もった四面体構造をとるため、鏡像異性体が存在する。空欄(a)～(f)を埋め、乳酸の鏡像異性体の構造を完成させよ。
ただし、(a)～(c)の解答は、構成する原子の原子量の総和が小さい順に書くこと。



〔3〕カルボン酸とアルコールが縮合すると、エステルが生じる。酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を少量加えて加熱したところ、無色のエステルが生じた。

- 1) この反応を化学反応式で示せ。ただし、分子は示性式で記せ。
- 2) 前問 1) の反応に、酸素原子を同位体 ^{18}O で標識したエタノールを用いた。反応で得られた生成物のうち、 ^{18}O をもつ分子の名称を記せ。

〔4〕 エステルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、エステルが加水分解され、カルボン酸の塩とアルコールが生じる。

一価のカルボン酸とエタノールが縮合して生成したエステル X がある。エステル X 1.74 g をとり、0.500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 40.0 mL と加熱して反応させたところ、エステル X は完全に加水分解された。続いて、加水分解後の溶液を 0.200 mol/L の塩酸で滴定したところ、中和に 25.0 mL を要した。

- 1) エステル X の分子量を整数で求めよ。
- 2) カルボン酸の炭素鎖が枝分かれ構造をもつ場合、エステル X を示性式で記せ。

〔5〕 硫酸や硝酸などのオキソ酸も、アルコールと縮合することができる。(a) 1-ドデカノール $C_{12}H_{26}O$ と濃硫酸が縮合すると、硫酸水素ドデシルが得られる。(b) これを水酸化ナトリウムで中和すると、硫酸ドデシルナトリウムが得られる。

- 1) 下線(a)および(b)を化学反応式で示せ。ただし、分子は示性式で記せ。
- 2) 以下の文中の下線①～⑤について、【 】内から正しいものをそれぞれ一つ選び、記号で記せ。

硫酸ドデシルナトリウムは強酸と強塩基の塩であるため、水溶液は①【(A) 酸性・(B) 中性・(C) 塩基性】を示す。分子内に疎水性と親水性の両方の部分をもっている②【(D) 陰イオン・(E) 陽イオン・(F) 両性・(G) 非イオン】界面活性剤であり、セッケンと似た作用があることから合成洗剤として用いられている。

タンパク質の電荷は、そのアミノ酸組成や溶液の pH などにより異なる。硫酸ドデシルナトリウムの水溶液とタンパク質を混合すると、硫酸ドデシルナトリウムの③【(H) 炭化水素基・(I) 硫酸基・(J) ナトリウムイオン】がタンパク質の疎水領域に付着する。その結果、タンパク質の元々の電荷がほとんど打ち消され、タンパク質全体がほぼ均一に④【(K) 正・(L) 負・(M) 無】電荷を帯びる。そのため、硫酸ドデシルナトリウムと反応させたタンパク質の水溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、水溶液中のタンパク質は⑤【(N) 正電極側に移動する・(O) 負電極側に移動する・(P) 移動しない】。

3

表1に示す組成の混合塩水溶液について、以下の実験を行った。次の問いに答えよ。ここでは各塩は無水物として組成を算出し、溶液中では完全に電離しているものとする。また計算の簡略化のために、溶液 100 g の体積は 100 mL (溶液の密度 1.00 g/mL) として計算する。温度は 25°C とし、この溶液にはファンツ・ホッフの法則を適用できるものとする。必要に応じて、

$$RT = 2.48 \times 10^6 \text{ [Pa} \cdot \text{L/mol]}$$

を用いてよい。物質量の算出には、モル質量 M の逆数である換算質量 k (mol/g) ($k = 1/M$) として、NaCl 0.0171、MgCl₂ 0.0105、MgSO₄ 0.00833、CaSO₄ 0.00735、KCl 0.0134、KBr 0.00840 を用いてよい。

表1. 実験に用いた混合塩水溶液の組成

物質名	質量濃度 (%)
水	96.5
塩化ナトリウム	2.72
塩化マグネシウム	0.380
硫酸マグネシウム	0.170
硫酸カルシウム	0.130
塩化カリウム	0.0700
臭化カリウム	0.0300

〔1〕 表1の混合塩水溶液に関する以下の問いに答えよ。

- この溶液に含まれる金属イオンを物質量が多い順に記せ。なお、解答はイオン式で記せ。
- この溶液の浸透圧 π [MPa] を有効数字2桁で記せ。
- この混合塩水溶液を加熱したところ、水が徐々に蒸発して濃縮が進み、ある種類の塩の二水和物が析出した。この塩の二水和物を化学式で記せ。

〔2〕前問〔1〕で加熱濃縮した溶液を室温まで冷ましてからろ過を行い、析出した結晶を完全に除去して溶液①を調製した。溶液①の一部を試験管に取り、塩素ガスを通じたあと、ヘキサンを添加し、よく振り混ぜて静置した。この時、ヘキサン層に抽出される物質を分子式で記せ。

〔3〕前問〔2〕で調製した溶液①の残りの部分（塩素ガスを通じなかった部分）をさらに加熱し続けると、水の蒸発により塩化ナトリウムが析出し始めた。溶液が熱いうちにろ過を行い、析出した結晶を完全に除去して溶液②を調製した。溶液②を冷却しても、塩化ナトリウムの結晶はほとんど析出しなかった。

1) 下線部の理由を1行で説明せよ。

2) 溶液②から塩化ナトリウムを析出させたい。以下の問いに答えよ。

i) 溶液②から塩化ナトリウムを析出させるために、最も有効な物質はどれか。a～jの中から一つ選び、記号で記せ。

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| a. アンモニア | b. 一酸化窒素 | c. 塩化水素 | d. 酸素 |
| e. 水素 | f. 窒素 | g. 二酸化硫黄 | h. 二酸化炭素 |
| i. メタン | j. 硫化水素 | | |

ii) 前問 i) のように、ある物質を使って塩化ナトリウムを析出させることができるのは、用いた物質により溶解度が低下して析出が起こるためである。このような現象を何というかを記せ。

iii) この現象は、塩だけでなく酸・塩基にもあてはまる。例えば、酢酸に酢酸ナトリウムを加えると、酢酸の電離が抑えられ、外から酸や塩基を加えても pH がほぼ一定に保たれる。この働きの名称を漢字四文字で記せ。

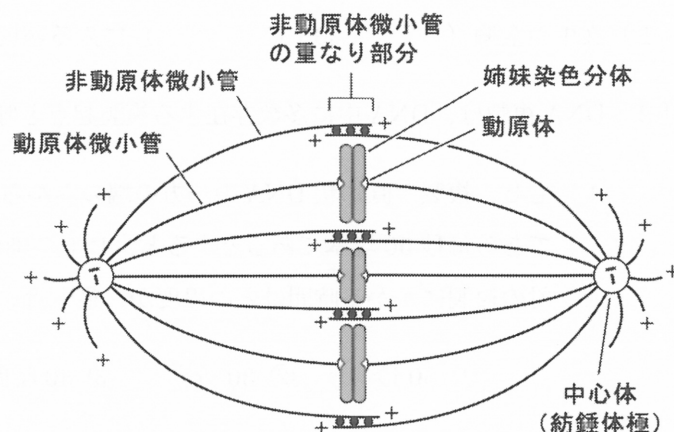
以 上

生 物

1 次の文章を読んで質問に答えなさい。

身体の成長や、大きさ・機能の維持には、細胞の増殖が伴う。身体のほとんどを占める体細胞における通常の細胞分裂は、配偶子形成に特有な（ア）分裂と区別して体細胞分裂という。体細胞分裂の目的は、もとの細胞と同じ性質をもつ 2 つの細胞を生み出すことである。そのため細胞には、1 回の細胞周期の中で DNA 複製を正確に一度だけ行い、複製した DNA を娘細胞に等しく分配する仕組みが整えられている。真核生物のゲノムは大部分が核に、ごく一部がミトコンドリアに、植物などでは葉緑体にも存在する。核ゲノムは直鎖状の DNA から構成され、DNA が（イ）というタンパク質に巻き付いたクロマチンを基本構造とする。クロマチンは細胞周期の各段階において凝縮の程度が様々に変化する。分裂期にクロマチンが強く凝縮して染色体を形成する際には、さらにコンデンシンなど特殊なタンパク質を必要とする。また、複製された DNA どうし（姉妹染色分体）は、後述するように、娘細胞への等分配の過程が開始されるまで、コヒーシンというタンパク質によってつなぎ留められている。

複製した DNA を娘細胞へ分配する際に中心的な役割を果たすのは、微小管を主成分とする紡錘体^{ぼうすいたい}と呼ばれる構造である。動物細胞の場合、体細胞には通常 1 個の中心体があり、DNA 複製の際にこれが 2 個に複製される。これらの中心体を極として微小管が形成され、紡錘体が構築される（図 1-1）。微小管は、チューブリンというタンパク質が中心体を極として一定の方向性をもって重合する（次々と結合する）ことで形成されるため、その構造には方向性（極性）があり、微小管の中心体（紡錘体極）側をマイナス端、これと反対側



+ 微小管の「プラス端」

● 逆向きの非動原体微小管をつなぐタンパク質

（参考）非動原体微小管は実際には複数の微小管の断片が特殊なタンパク質を介してつながっているが、この図では非動原体微小管を簡略化してそれぞれ 1 本の微小管として描いた。

図 1-1

をプラス端と呼ぶ。分裂期の染色体にはそれぞれ一箇所にくびれがあり、そこに動原体と呼ばれる構造が形成される。紡錘体を構成する微小管の一部はここに結合し、これを動原体微小管と呼ぶ。一方、紡錘体の 2 つの極は、逆向きの微小管どうしが特殊なタンパク質を介して間接的に繋がった状態にある。このような微小管を非動原体微小管と呼ぶ。非動原体微小管は、プラス端でチューブリンが重合して伸長することにより、赤道面付近で対向する微小管どうしの重なり部分を維持している。さらに、この重なり部分に存在する特殊なタンパク質（図 1-1 の●）のはたらきによって、2 つの紡錘体極を

互いに遠ざける力がはたらいている。

紡錘体が形成され、姉妹染色分体を分離する準備が整うと、① コヒーシンの分解による姉妹染色分体の解離、② チューブリンの脱重合（重合していたチューブリンが解離すること）による動原体微小管の短縮、および ③ 非動原体微小管による 2 つの紡錘体極どうしを遠ざけ合う作用とが相まって、姉妹染色分体はそれぞれ反対の紡錘体極へと分かれてゆく（図 1-2）。

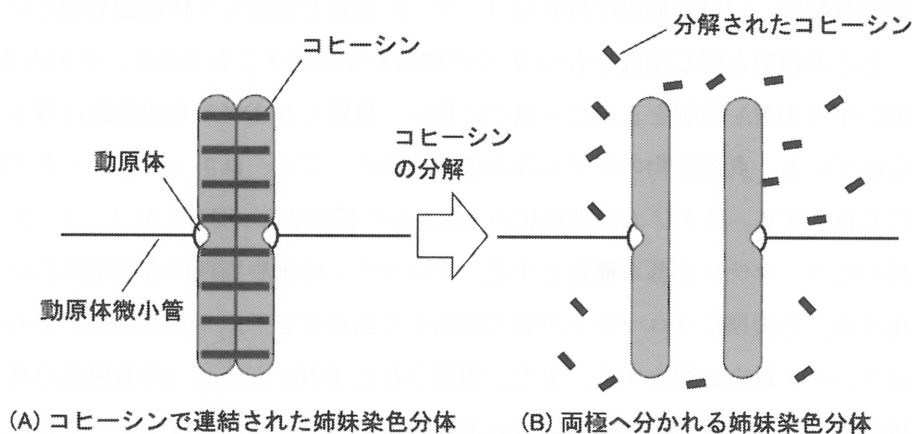


図 1-2

〔1〕文中の空欄（ア）および（イ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕DNA 複製は、DNA 中に多数存在する複製起点と呼ばれる特定の部位から開始される。

1) もし、複製が直鎖状 DNA の一方の端のみから始まり、複製速度が真核生物の平均的な値である毎秒 50 塩基であるとする、ヒトの染色体 1 本の平均的な長さ 1 億 3000 万塩基対の複製にかかる時間はどの程度か、最も近いものを下の①～⑤から選びなさい。

- ① 30 秒 ② 30 分 ③ 30 時間 ④ 30 日 ⑤ 30 か月

2) 1) の結果を踏まえ、真核生物において複製起点が多数（ヒトゲノムでは数万箇所に達する）存在する利点を 2 行以内で述べなさい。

〔3〕DNA 複製の様子を模式的に示す（図 1-3）。DNA 複製に際しては、まず塩基対が解離して二重らせん構造がほどけ、一本鎖

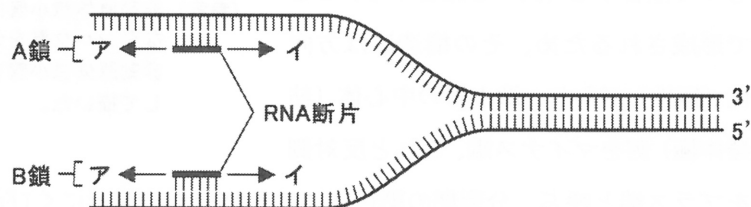


図 1-3

になったヌクレオチド鎖を鋳型にして、短い RNA 断片が合成される。次いで、その RNA 断片を起点に DNA ポリメラーゼによるヌクレオチド鎖の合成が行われる。DNA ポリメラーゼによるヌクレオチド鎖の合成は、一方の鎖では連続的に進み、他方では不連続に進む。

1) 図中の A 鎖と B 鎖の複製方向は、それぞれア、イのどちらか。また、不連続にヌクレオチ

ド鎖の合成が進行するのはA鎖、B鎖のどちらか。

2) RNA断片の名称を答えなさい。

3) 複製において、不連続に合成される個々のヌクレオチド鎖の断片を特に何と称するか。

[4] チューブリンの脱重合による動原体微小管の短縮が、微小管のどの領域で起こるかを解明する目的で、次のような実験を行った。

[実験] ブタ腎臓の細胞に、微小管に結合する蛍光色素を導入して、生きたままの細胞で微小管を観察できるようにした(図1-4A)。ただし、図には動原体微小管以外の微小管は示していない。また、この色素は微小管の機能を妨げないことが分かっている。次に局所的にレーザー光線を当てて、微小管の機能を妨げることなく微小管の一定の領域のみ蛍光を消失させた(図1-4Bの「印」(破線))。この細胞をしばらく観察したところ、中心体(紡錘体極)側の微小管(図1-4Bア)と蛍光を消失させた領域(図1-4Bイ)は短縮せず(図1-4Cアとイ)、消光した領域よりも染色体側の微小管(図1-4Bウ)が短縮していた(図1-4Cウ')。

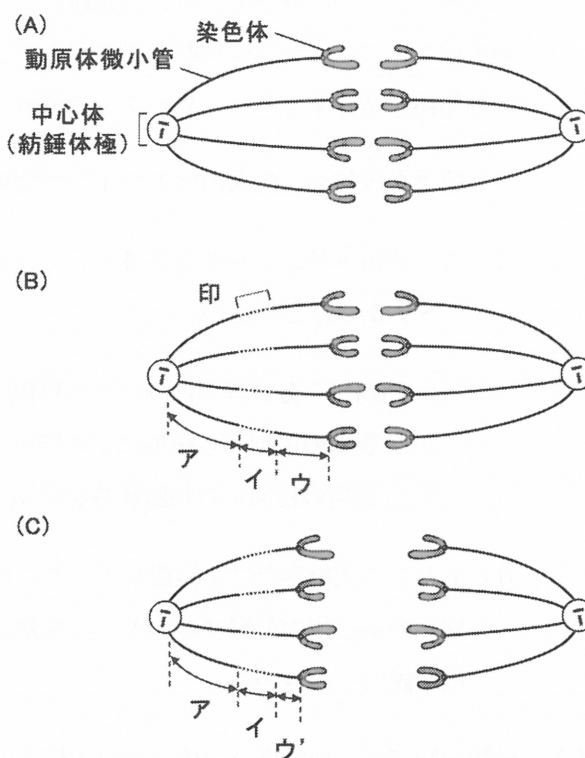


図1-4

この実験結果から推定される、ブタ腎臓細胞の動原体微小管におけるチューブリン脱重合の概要として適当なものを下の①～④から1つ選びなさい。

- ① 脱重合は主に動原体微小管のマイナス端で起こる。
- ② 脱重合は主に動原体微小管のプラス端で起こる。
- ③ 脱重合は動原体微小管のマイナス端とプラス端の両端で同程度に起こる。
- ④ 脱重合は動原体微小管上の様々な位置で同程度に起こる。

[5] 姉妹染色分体が解離するときは動原体微小管が短縮するのに対し、非動原体微小管では対向する微小管どうしが一定の重なり(図1-1)を維持しつつ、お互いを遠ざけるような作用を示す。これに基づくと、紡錘体における微小管が重合するか、脱重合するかの制御について、最

- ① 動原体微小管と非動原体微小管とで、重合・脱重合は同じように起こる。
- ② 動原体微小管と非動原体微小管とで、重合・脱重合は全く不規則、無制御に起こる。
- ③ 動原体微小管か非動原体微小管かによって、別々に重合・脱重合が起こる。

- 1) 酵素とは何か、酵素の定義を 1 行で説明しなさい。
- 2) この仕組みがブレーキ役を果たしているのは分裂期のどの段階か、最も適当なものを下の①～⑤から選びなさい。

- 3) もしこの仕組みだけが機能せず、その後の細胞分裂の過程が進行したと仮定すると、娘細胞への染色体の分配にどのような異常が生じると予想されるか、例を 1 つ挙げて 2 行以内で説明しなさい。

1) 骨格筋において、相互のすべりにより筋収縮の力を生じさせる 2 種類のフィラメントを構成するタンパク質の名称を 2 つ答えなさい。

① 紡錘体極 ② 紡錘体の全体
③ 赤道面に配置された染色体 ④ 細胞膜全体
⑤ 細胞膜のうち紡錘体の赤道面が通る領域

2 次の文章を読んで質問に答えなさい。

光合成は、光エネルギーを用いて ATP や NADPH を合成し、これらを利用して有機物を合成する反応である。植物が行う光合成は、a葉緑体で行われ、チラコイド膜で起こる反応による ATP や NADPH の合成と、(ア) で起こる有機物の合成に分けられる。

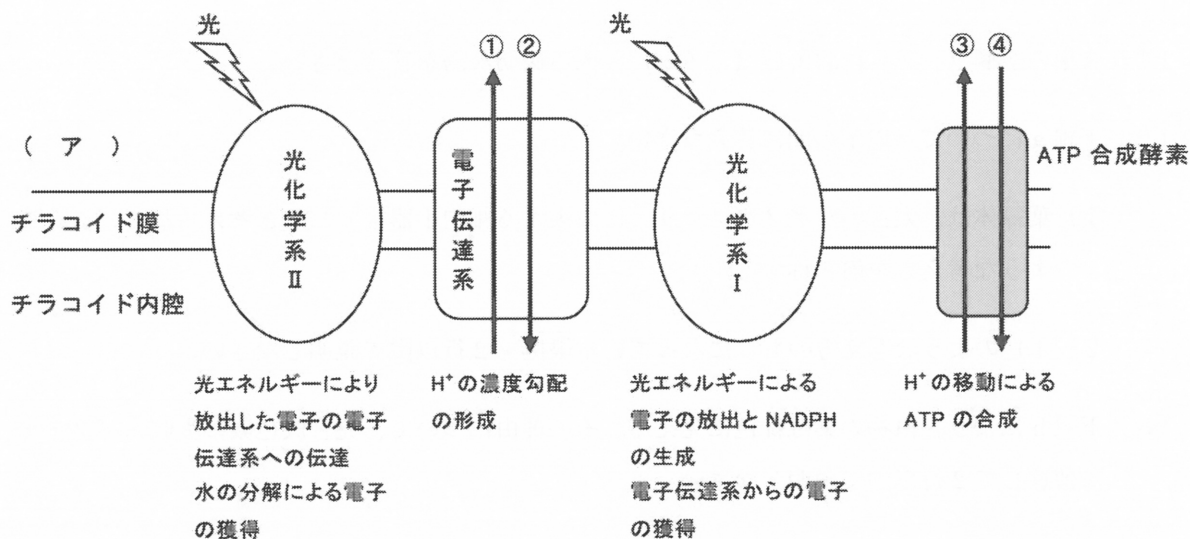
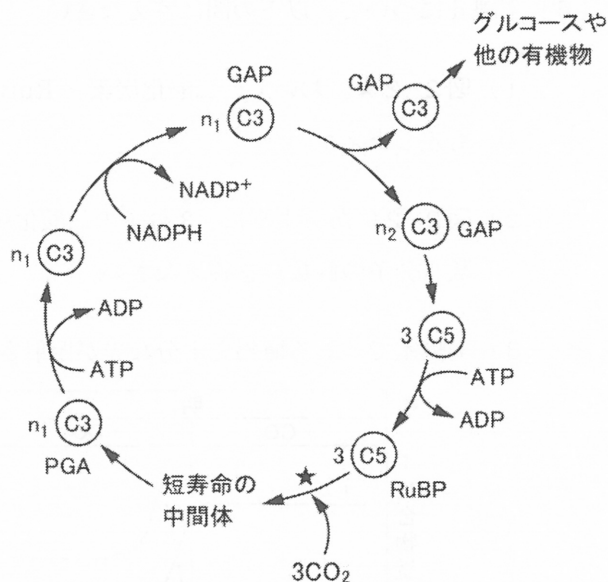


図 2-1

葉緑体における ATP や NADPH の合成は、b光合成色素によって吸収された光エネルギーが、光化学系 I、II の反応中心の光合成色素である (イ) に集められるところから始まる。エネルギーを受け取った (イ) は活性化し、電子を放出する (光化学反応)。電子を失った (イ) は、光化学系 II では水の分解によって生じた電子を、また光化学系 I では光化学系 II から電子伝達系を経て伝達されてきた電子を受けとってそれぞれ活性化前の状態に戻る (図 2-1)。光化学系 I では、放出された電子が NADP⁺ に渡り、NADPH が生成される。また、c光化学系 II から放出された電子が電子伝達系を移動する際に H⁺ が輸送され、水の分解による H⁺ の生成と併せて、チラコイド膜の内外に H⁺ の濃度勾配が生じる。この濃度勾配を利用して、ATP 合成酵素が ATP を合成する。

(ア) では、二酸化炭素が還元されて有機物が合成される。この反応経路を dカルビン回路 (カルビン・ベンソン回路) と称する (図 2-2)。イネやダイズなどでは、e気孔から取り入れた大気中の二酸化炭素をそのままカル



C3, C5 はその分子の炭素数を示す。
それぞれの分子の左側の数字、n₁、n₂ は分子数を示す。
ATP、NADPH の分子数、H₂O は省略されている。

図 2-2

ビン回路に取り入れて有機物を合成する。まず、二酸化炭素とリブローズ 1,5-ビスリン酸(RuBP)が結合し、中間体を経てホスホグリセリン酸(PGA)ができる。PGAは多くの酵素のはたらきでグリセルアルデヒド 3-リン酸(GAP)を経て RuBP になる。これで回路は一回りする。

GAP は解糖系において生成される中間産物と同じ物質であり、この GAP からグルコースなどの有機物が合成される。

〔1〕文中の空欄（ア）および（イ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕下線 a について、以下の間に答えなさい。

1) 葉緑体は、太古のシアノバクテリアに由来する細胞小器官であると考えられている。このような考え方を何と称するか。

2) 1) のような考え方のもとになっている根拠を 2 行以内で説明しなさい。

〔3〕下線 b により、植物の葉は緑色に見える。その理由について、光合成色素の吸収スペクトルに留意して 2 行以内で説明しなさい。

〔4〕下線 c について、以下の間に答えなさい。

1) 電子伝達系、ATP 合成酵素における H^+ の移動方向として適切なのは、それぞれ図 2-1 の①～④のどれか。

2) このような、光エネルギーに依存した ATP 合成を特に何と称するか。

〔5〕下線 d について、以下の間に答えなさい。

1) 図 2-2 ★において、二酸化炭素と RuBP を結合させる酵素の名称を答えなさい。略称でも差し支えない。

2) 図 2-2 にあるように、3 分子の二酸化炭素が回路に取り込まれたとき、図中の n_1 、 n_2 の数（分子の個数）を答えなさい。

3) 実験室で、ある植物を十分な光が照射された環境に置いた。なお、温度、水、栄養、二酸

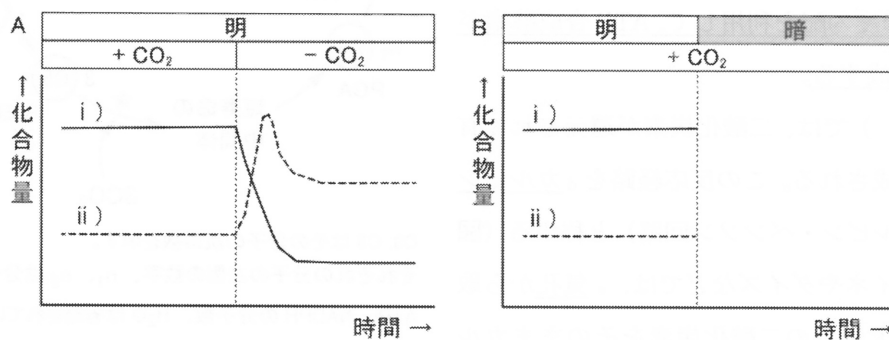


図 2-3

化炭素の条件も適切に保たれていた。そこから、二酸化炭素濃度だけを人為的に下げ、PGA と RuBP の量の変化を調べた (図 2-3A)。PGA の量の変化を示しているのは i) および ii) のどちらか。また、そのように判断した根拠を 3 行以内で説明しなさい。

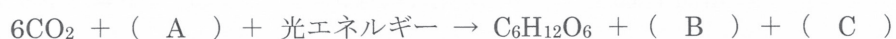
- 4) 3) のように、ある植物を十分な光が照射された環境に置いた (温度、水、栄養、二酸化炭素の条件も適切である)。そこから、二酸化炭素濃度は変えずに、光照射を停止して、PGA と RuBP の量の変化を調べた (図 2-3B)。ただし、図には暗条件に切り替えてからの変化は描かれていない。暗条件に切り替え後、PGA と RuBP の量はどのように変化し始めると予想されるか、「増加する」、「減少する」、「変化しない」のいずれかをそれぞれ答えなさい。

〔6〕下線 e について、以下の問に答えなさい。

- 1) 気孔の開閉は、孔辺細胞がある光を受容すると起こる。孔辺細胞がもつ光受容体の名称と受容する光の色を答えなさい。
- 2) 気孔の開閉に関与する植物ホルモンの名称を答えなさい。

〔7〕光合成は一部の細菌でも行われる。

- 1) 紅色硫黄細菌がもつ光合成色素は何か。
- 2) 紅色硫黄細菌とシアノバクテリアの光合成について、以下の (A) ~ (C) に入る化学式の組み合わせとして正しいのはどれか。下の (あ) ~ (た) からそれぞれ選びなさい。



	A	B	C
(あ)	6H ₂ S	6S	6H ₂ O
(い)	6H ₂ S	6S	12H ₂ O
(う)	6H ₂ S	12S	6H ₂ O
(え)	6H ₂ S	12S	12H ₂ O
(お)	12H ₂ S	6S	6H ₂ O
(か)	12H ₂ S	6S	12H ₂ O
(き)	12H ₂ S	12S	6H ₂ O
(く)	12H ₂ S	12S	12H ₂ O

	A	B	C
(け)	6H ₂ O	6O ₂	6H ₂ O
(こ)	6H ₂ O	6O ₂	12H ₂ O
(さ)	6H ₂ O	12O ₂	6H ₂ O
(し)	6H ₂ O	12O ₂	12H ₂ O
(す)	12H ₂ O	6O ₂	6H ₂ O
(せ)	12H ₂ O	6O ₂	12H ₂ O
(そ)	12H ₂ O	12O ₂	6H ₂ O
(た)	12H ₂ O	12O ₂	12H ₂ O

3

次の文章を読んで質問に答えなさい。

生体には、異物の侵入を防いだり、侵入した異物を除去したりする、免疫という生体防御の仕組みがある。この免疫は、大きく自然免疫と獲得免疫（適応免疫）に分けられる。しかし、免疫は常に適切に機能するとは限らず、免疫の不全や過剰な防御反応が体調不良や疾患の原因となることもある。また、免疫の仕組みは病原体への予防や治療の基礎となるだけでなく、研究手法としても利用されている。

〔1〕以下の1)～4)は、自然免疫と獲得免疫（適応免疫）、どちらを説明したものか。解答欄には、自然免疫であれば「A」、獲得免疫であれば「B」、両方に当てはまる場合は「O」、どちらにも当てはまらない場合は「×」と記入しなさい。

- 1) 白血球が関わる。 2) ウイルスなどが感染した細胞を認識して除去する。
3) 血液中のグルコース濃度を一定に保つ。 4) ワクチンを接種した直後に最初に働く。

〔2〕ラットの生体において、皮膚の下に墨汁を注入し、一定時間後にその組織を取り出してプレパラート標本作製した。これを光学顕微鏡にて観察したところ、一部の細胞の中に墨汁の粒子が取り込まれている像が得られた。これは、異物を細胞の内部に取り込む仕組みが働いた結果である。これについて以下の問に答えなさい。

- 1) 墨汁の粒子を細胞内に取り込んでいた細胞を2つ挙げなさい。
2) 細胞が異物を取り込んだ後、これを分解・処理する際に主要な役割を果たす加水分解酵素を含む細胞小器官として最も適切なのはどれか。

- ① 核 ② リソソーム ③ リボソーム
④ 滑面小胞体 ⑤ 粗面小胞体 ⑥ ミトコンドリア

〔3〕皮膚や臓器の移植を受けた個体が、移植された皮膚や臓器を攻撃し、定着させないようにする拒絶反応を示すことがある。拒絶反応が起きない（あるいは起きにくくなる）のはどれか、下の①～⑤から全て選びなさい。ただし、どれも該当しない場合は「無し」と答えなさい。

- ① B細胞が欠損しているマウスに別の個体の皮膚を移植した場合
② ノードマウス（胸腺を欠損したマウス）に別の個体の皮膚を移植した場合
③ 免疫抑制剤を投与したマウスに別の個体の皮膚を移植した場合
④ 自身の皮膚を自身の体の別の部位に移植した場合
⑤ 自身の体細胞から作製したiPS細胞由来の心筋細胞を自身に移植した場合

〔4〕ヒト免疫不全ウイルス（HIV）について以下の問に答えなさい。

- 1) HIVに感染した人の免疫機能が著しく低下した状態を何というか。アルファベット4文字で答えなさい。
- 2) HIV感染者では免疫力が低下するため、健康な人では通常発症しない感染症にかかることがある。このような感染症を何というか。
- 3) 2)の現象が起こる理由を2行以内で説明しなさい。説明に際しては以下の語を必ず用い、用いた語に下線を付すこと。

語群： ヘルパーT細胞 キラーT細胞 B細胞

〔5〕花粉症は、スギやヒノキなどの花粉を原因とするアレルギー反応の1つである。初めて花粉の成分が体内に侵入すると、免疫系はこれを抗原（アレルゲン）として認識し、抗体の一種である免疫グロブリンE（IgE）を産生する。IgEは肥満細胞（マスト細胞）の表面に結合して備えられる。再び花粉成分が侵入すると、IgEを介して肥満細胞が刺激され、ヒスタミンなどの化学伝達物質が放出される。放出されたヒスタミンは、血管の透過性を高めたり、知覚神経を刺激したりする作用を持ち、その結果として鼻水、くしゃみ、鼻づまり、目のかゆみなどの花粉症の典型的な症状を引き起こす。

以下のアレルギーに関する説明のうち正しいのはどれか、下の①～⑥から全て選びなさい。ただし、どれも該当しない場合は「無し」と答えなさい。

- ① 花粉症の症状は自然免疫が主に働くことにより起こる。
- ② 花粉症の症状は細胞性免疫が主に働くことにより起こる。
- ③ アレルギー反応は全て生まれつき決まっており、後天的には起こらない。
- ④ アレルゲンとは毒性物質であり、毒性の強さに応じて症状が現れる物質である。
- ⑤ 急激な症状を局所的（鼻や目など）に呈することをアナフィラキシーショックという。
- ⑥ アレルギーはアレルゲンがナチュラルキラー細胞（NK細胞）に取り込まれ、抗原提示されることで起こる。

〔6〕ヒトの様々な培養細胞におけるタンパク質Xの細胞内局在を特定するために、抗原抗体反応を利用した免疫染色実験を行った。このタンパク質Xは、ヒトの細胞内に局在しているタンパク質であり、膜タンパク質として細胞表面には存在していない。また免疫染色とは、抗原抗体反応を利用し、組織や細胞内における特定の分子（抗原）の存在や局在を検出・可視化する手法である。その手順を以下に示す。

① タンパク質Xに対する抗体（抗X抗体）の作製

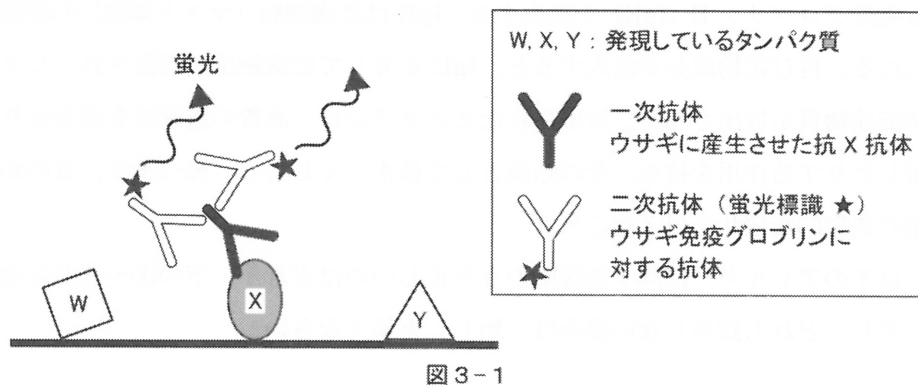
異種動物（ウサギ）にヒトのタンパク質Xを抗原として投与することで、抗X抗体の産生を

誘導した。タンパク質 X の投与を一定の間隔で複数回行い、その後にウサギの血液を採取し、血清から抗 X 抗体を精製した。

② 免疫染色によるタンパク質 X の検出・可視化

転写されている mRNA の解析などによってタンパク質 X を発現していることが分かっているヒトの培養細胞 a をホルムアルデヒドで固定し、タンパク質を化学的に架橋した（この操作により、細胞構造を保ち、タンパク質を不溶化する）。次いで低濃度の界面活性剤を用い、細胞膜を部分的に破壊した。

このようにして得られた試料に、まず抗 X 抗体を一次抗体として作用させた（図 3-1）。さらにその一次抗体を認識する抗体（ここでは、別の動物で作製した「ウサギ免疫グロブリンに対する抗体」を蛍光標識したもの）を二次抗体として作用させた。これを蛍光顕微鏡で観察することで、二次抗体に由来する蛍光シグナルに基づき、培養細胞 a におけるタンパク質 X の細胞内局在を可視化することができた（図 3-1）。



- 1) 上の手順①において、ウサギにタンパク質 X の投与を複数回行っている。この理由として考えられることを 1 行で説明しなさい。
- 2) 上の手順②において、細胞に抗体を作用させる前に細胞膜を部分的に破壊した理由を 1 行で説明しなさい。
- 3) 免疫染色の手法においては、実際には、作製した抗体が目的の抗原以外の分子にも弱く結合する場合がある。これを非特異的結合という。

他の解析により、ヒトのタンパク質 Y を発現していることが分かっているヒトの培養細胞 b、タンパク質 Y を発現していないことが分かっているヒトの培養細胞 c、およびタンパク質 Y の発現が不明なヒトの培養細胞 d を用意した。タンパク質 Y に対する抗体（抗 Y 抗体）を作製し、上の手順と同様に免疫染色を行った。また、二次抗体のみを用いた免疫染色も併せて行った。

下の表に示した①～⑧のうち、細胞 d においてタンパク質 Y の局在が観察できたと主張できるものとして最も相応しいのはどれか。なお、表中の「+」は二次抗体に由来する蛍光が確認されたことを示し、「-」は蛍光が確認されなかったことを示している。

	細胞 b (Y を発現している)		細胞 c (Y を発現していない)		細胞 d (Y の発現が不明)	
	一次抗体 + 二次抗体	二次抗体のみ	一次抗体 + 二次抗体	二次抗体のみ	一次抗体 + 二次抗体	二次抗体のみ
①	+	+	+	+	+	+
②	+	-	+	-	+	-
③	+	-	+	+	+	+
④	+	-	-	-	+	-
⑤	+	-	-	-	+	+
⑥	-	-	-	-	+	-
⑦	-	-	+	+	+	+
⑧	-	-	+	-	+	-

以 上