

令和5年度・個別学力検査

理 科 (後)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は25ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. 解答用紙は、二つ折りにしても差し支えありません。
6. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
8. 問題選択に関する注意(重要)

「物理」, 「化学」, 「生物」のうち1科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった2科目の解答用紙は試験開始後、40分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙6枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入し

令和5年度個別学力検査 後期日程

総合生命理部
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。
◇M13(825-128)

理 科 問 題

物 理 問題 1 3 ページ
 " 2 5 "

化 学 問題 1 8 ページ
 " 2 14 "

生 物 問題 1 18 ページ
 " 2 21 "

解 答 用 紙

理科 物理解答用紙 2 枚
理科 化学解答用紙 2 枚
理科 生物解答用紙 2 枚

物 理

物理問題 1

水平な地表上の点 P から鉛直方向に打ち上げた質量 M の小球(花火玉)が最高点 Q に達した瞬間、時刻 $t = 0$ で破裂して多数の小片に分裂した。各小片は点 Q から、同じ大きさ v_0 の初速度でさまざまな方向に飛び散った。図 1 は、点 P と点 Q を含む面内の模式図である。点 Q を原点として水平右向きに x 軸を、鉛直上向きに y 軸をとる。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視する。以下の問いに答えよ。

- (1) 点 P から点 Q までの距離を h とする。この小球を点 P から点 Q まで打ち上げるのに必要な力学的エネルギーと初速度の大きさをそれぞれ示せ。
- (2) 鉛直上向き (y 軸正の向き) に飛び散った小片 A が地表に落下した時刻を t_A 、鉛直下向き (y 軸負の向き) に飛び散った小片 B が地表に落下した時刻を t_B とする。 $t_A - t_B$ を求めよ。
- (3) 水平右向き (x 軸正の向き) に飛び散った小片 C が点 P から距離 R だけ離れた地表上の位置に落下した。 R を求めよ。
- (4) 点 Q から x 軸正の向きに L 離れた位置に、点 Q に向けてカメラを固定して各小片の運動を撮影する。飛び散った小片がカメラにぶつからないためには、 L はある距離 L_0 より大きくなければならない。 L_0 を求めよ。
- (5) 前問のカメラを、 $t = 0$ で固定を解除し、自由落下させながら各小片の運動を撮影する場合、各小片の運動はどのように観測されるか説明せよ。カメラの向きは一定で、落下中に変化しないものとする。

- (6) 前問のカメラが地表に落下するまでの間に、飛び散った小片がカメラにぶつからないためには L はどのような距離より大きい必要があるか、不等式を使って示せ。
- (7) xy 面内に飛び散ったある小片 D の初速度の x 成分を v_{x0} , y 成分を v_{y0} とする。この小片 D と前問の自由落下するカメラが同時に空中にはなれてあるとき、任意の時刻 t でのこの小片 D からカメラまでの距離を求めよ。
- (8) 前問の小片 D が地表に落下する前のある時刻 $t = t_s$ で、 x 軸に沿った速度ベクトルを持つ質量 m_1 の小片 D_1 と、 y 軸に沿った速度ベクトルを持つ質量 m_2 の小片 D_2 に自然に分裂した。自由落下するカメラから見た分裂直後の小片 D_1 の速さは v_1 、小片 D_2 の速さは v_2 であった。 m_1/m_2 を求めよ。
- (9) 地表上の静止した点から見た分裂直後の小片 D_2 の速さは v_2' であった。 v_2'/v_2 を求めよ。

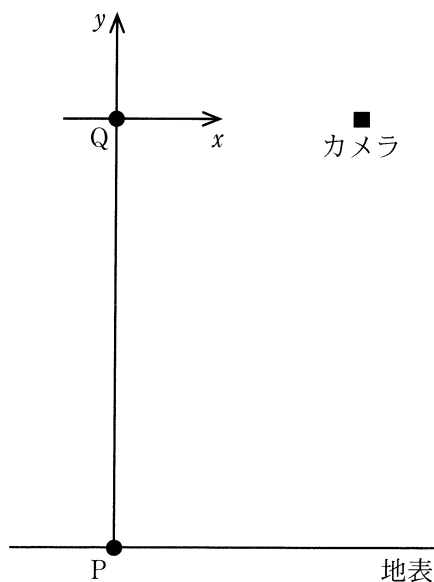


図 1

物理問題 2

半導体は、ダイオードやトランジスタなどの電子回路部品の材料として、現代の電子技術に欠かせない存在となっている。半導体の性質について、以下の問いに答えよ。

- (1) 半導体であるケイ素(Si)やゲルマニウム(Ge)に、不純物として微量のリン(P)やアルミニウム(Al)などを添加した半導体は不純物半導体と呼ばれる。不純物半導体は、不純物の量によって電気抵抗率が大きく変化する。不純物の量を増やすと不純物半導体の電気抵抗率は大きくなるか小さくなるか、その理由とともに答えよ。
- (2) 不純物半導体は n 型半導体と p 型半導体に分けられる。それぞれの電流の担い手は、n 型半導体では電子、p 型半導体では正孔である。Si に P を不純物として微量添加した不純物半導体は n 型半導体か p 型半導体か、その理由とともに答えよ。
- (3) 半導体ダイオードは、図 1 のように p 型半導体と n 型半導体を接合 (pn 接合) し両端に電極をつけた電子部品であり、一方向にのみ電流を流す整流作用をもつ。図 1 A および図 1 B のように直流電源を半導体ダイオードにつなげたとき、それぞれ電流が流れるかどうか、その理由とともに答えよ。

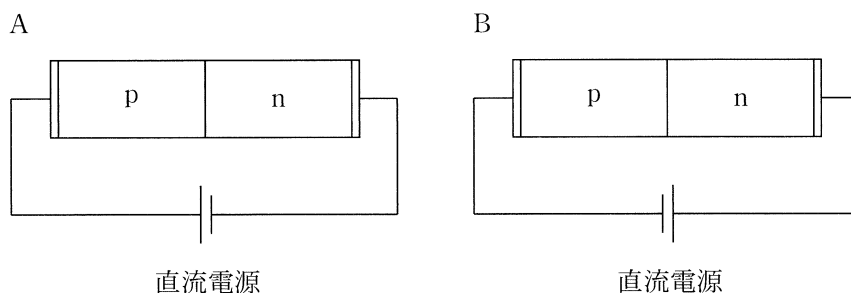


図 1

- (4) 図2Aは、起電力が E の直流電源、電気抵抗が R の抵抗器、半導体ダイオードを直列した電気回路である。半導体ダイオードによる電圧降下 V と、ダイオードに流れる電流 I の間には、図2Bに示す関係があり、 $V > V_0$ であるとき電流 $I = k(V - V_0)$ が流れる(k, V_0 は定数)。 I を E, R, V_0, k を用いて示せ。

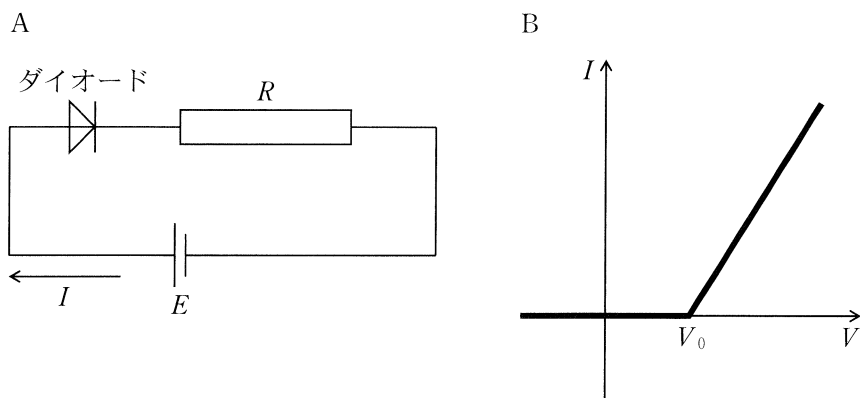


図2

- (5) 図2で用いた半導体ダイオードを4個組合わせて図3の回路を作った。電気抵抗が R の抵抗器に電流が流れるには、点Aの電位 V_A はどのような値でなければならないか、その条件を、不等式を使って示せ。
- (6) 図3で点Aの電位が $V_A > 0$ であり、かつ電気抵抗が R の抵抗器に電流が流れているとき、図中に示した各ダイオードに流れる電流 I_1, I_2, I_3, I_4 をそれぞれ示せ。
- (7) $V > V_0$ で電流が流れるとともに光を発する半導体ダイオードは発光ダイオードと呼ばれる。ここで V_0 は発光に必要な電位差であり、 V_0 の電位差によって電子または正孔が損失する電気的なエネルギーはすべて光のエネルギーに変換されると仮定する。1個の電子または正孔が V_0 の電位差によって損失する電気的なエネルギーの大きさを示せ。1電子の電荷を $-e$ とする。

(8) 光を粒子(光子)と考え、1個の電子または正孔が V_0 の電位差によって電気的なエネルギーを損失すると同時に、それに等しいエネルギーを持つ1個の光子が発せられるとする。このとき発せられる光の波長を示せ。プランク定数を h 、光速を c とする。

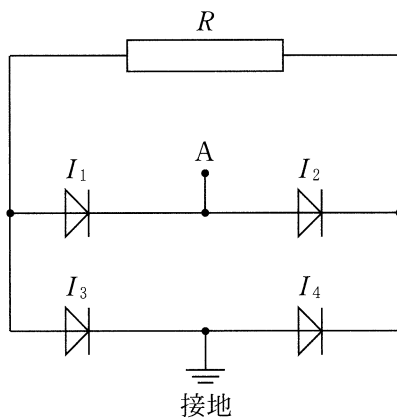


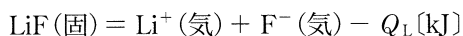
図 3

化 学

化学問題 1

- (1) 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。ただし、数値を答える場合には整数とする。

結晶を、その構成粒子である気体状の原子・分子・イオンまで、ばらばらにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。格子エネルギーを実験で直接求めることは難しい。そこで、ほかの知られている反応過程を組み合わせ、間接的にエネルギーを求める。この方法をボルン・ハーバーサイクルという。フッ化リチウム結晶の格子エネルギー Q_L [kJ/mol] は、次の熱化学方程式で表すことができる。



Q_L を求めるために必要な熱化学方程式を次に示す。



問 1. にあてはまる化学式を係数も含めて記せ。ただし，例にしたが
い，その状態もかっこを付して示せ。

例：2 Na (固)

問 2. と にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 3. 気体状態のまま，リチウム原子 1 mol からフッ素原子 1 mol へ，電子を受
け渡す反応の熱化学方程式を記せ。

問 4. フッ化リチウム結晶の格子エネルギー Q_L (kJ/mol) を求めよ。

(2) 次の文章を読み、問5と問6に答えよ。ただし、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ における揮発性物質 **X** の飽和蒸気圧： $1.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ ，大気圧： $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ， $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ での空気の密度： $1.15 \times 10^{-3} \text{ g/mL}$ とし，気体はすべて理想気体とする。また，揮発性物質 **X**の液体の体積は無視し，温度による容器の体積変化も無視する。有効数字は3桁とする。

室温で液体である揮発性物質 **X**の分子量を求めるため，図1で示される内容積 100 mL のピクノメーターとよばれる容器を用いた。細管により容器内部と外部が通じているために，内部の圧力は大気圧と同じに保たれ，内部の気体が乱されることなく，質量を計測することができる。次の手順で実験操作 **1**から実験操作 **3**を行った。

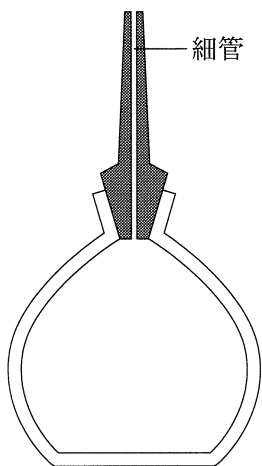


図1 ピクノメーター

実験操作 1 : 27 °C にて, 揮発性物質 **X** を入れる前のピクノメーター全体の質量を測定したところ, 100.1150 g であった。

実験操作 2 : ピクノメーターに揮発性物質 **X** の液体を約 1.5 g 入れ, 徐々に加温した。容器内部の温度が 87 °C になった時, 揮発性物質 **X** の液体が完全に蒸発し, 揮発性物質 **X** だけで容器は満たされた。

実験操作 3 : その後すぐに, 27 °C まで冷却し, ピクノメーター全体の質量を測定したところ 100.3940 g であった。

問 5. 実験操作 3 での冷却後, 容器内の揮発性物質 **X** がすべて液体になったと仮定した場合の, 揮発性物質 **X** の分子量を記せ。

問 6. 問 5 では容器内の揮発性物質 **X** がすべて液体になったと仮定した。しかし, 実際には実験操作 3 での冷却後, 容器内に気体の揮発性物質 **X** が存在する。この気体を考慮することで, より正確に分子量を求めることができる。

- (i) 実験操作 3 での冷却後, 容器内に存在している空気の質量(g)を記せ。
- (ii) 揮発性物質 **X** について, より正確な分子量を記せ。

(3) 次の文章を読み、問7～問12に答えよ。

リン、カリウム、窒素を土壌に供給するための肥料をそれぞれ、リン酸肥料、カリ肥料、窒素肥料という。

リン酸肥料には、リン鉱石を硫酸と反応させて作られる過リン酸石灰がある。リン鉱石には脊椎動物の骨や歯の成分でもある **エ** が多く含まれている。

カリ肥料には塩化カリウムや硫酸カリウムなどがある。植物はカリウムイオンを根から吸収する。^(a)

窒素肥料には硫酸アンモニウム、塩化アンモニウム、硝酸アンモニウムなどがある。これらの塩は、水素と窒素を直接反応させ合成されたアンモニアを、酸と中和することにより得られる。また、塩化アンモニウムはアンモニアソーダ法の一過程からも生産される。^(b)^(c)

窒素肥料中のアンモニウムイオンは、細菌のはたらきにより土壌中で、硝酸イオンや亜硝酸イオンになる。さらに、硝酸イオンや亜硝酸イオンは、細菌のはたらきにより窒素として大気中に放出されたり、植物に吸収されたりするが、放出や吸収されなかった分は雨水により地下へと浸透し、地下水が汚染される。^(d)

問7. **エ** にあてはまる化合物を化学式で記せ。

問8. 下線部(a)について、この吸収は電荷の正・負やイオン半径と関係がある。

カリウムイオンおよび、カリウムイオンと同じ電子配置をもつ硫化物イオン、塩化物イオン、カルシウムイオンをイオン半径の大きい順に並べよ。また、その理由を簡潔に説明せよ。ただし、例にしたがって、各イオンはイオン式に原子番号を付して記すこと。

例： ${}_1\text{H}^+$

問9. 下線部(b)について、実験室では、塩化アンモニウムを強塩基と反応させることにより、アンモニアを発生させることができる。反応例の1つを化学反応式で記せ。

問10. 問9で答えた方法を用い、アンモニアを乾燥した状態で捕集したい。実験装置を描き、試薬と乾燥剤の名称を、用いる場所がわかるように書き加えよ。さらに、捕集されたアンモニアを斜線により示すこと。ただし、ガラス器具を固定する用具は省略してよい。

問11. 下線部(c)について、この過程では塩化ナトリウム飽和水溶液にアンモニアを吸収させ、二酸化炭素を吹き込むことで、塩化アンモニウムを得ている。化学反応式を記せ。

問12. 下線部(d)について、ある細菌は生体内で硝酸イオンや亜硝酸イオンを窒素分子へ変換し、大気中に放出している。その反応は次の図2で示すように4段階の過程で進行する。

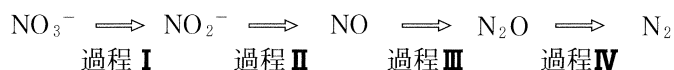


図2

(i) 過程IVの窒素原子の酸化数の変化を、例にしたがい、矢印を用いて記せ。

例： $-1 \rightarrow +6$

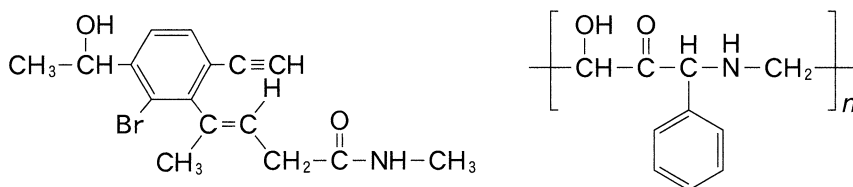
(ii) 過程Iを電子 e^- を用いたイオン反応式で記せ。

(iii) 1分子または1イオンを生成するのに2電子必要とする過程を、I~IVの中からすべて選べ。

化学問題 2

次の(1)に示す図3と(2)~(4)の文章に関する問1~問12に答えよ。構造式は、設問に指示がない場合、記入例にならって記せ。なお、重合度を n とする。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

(記入例)



(1)

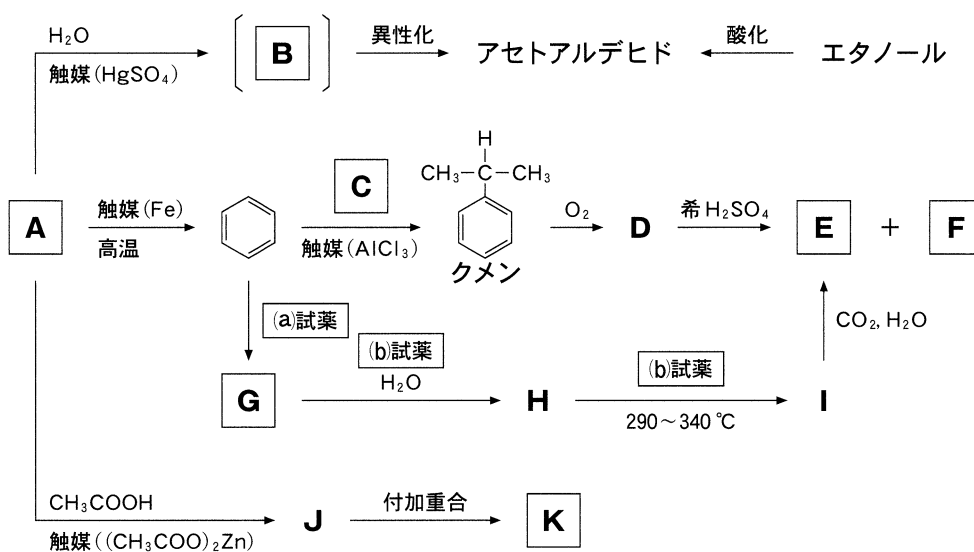


図3

問1. 化合物 **A**~**C**, **E**~**G**, **K** の構造式を記せ。

問2. 図3の(a)および(b)に最も適切な試薬を、次の中からそれぞれ1つ選べ。

【濃塩酸, 濃硝酸, 濃硫酸, 水酸化ナトリウム, 鉄粉】

問 3. 以下の実験により、エタノールからアセトアルデヒドを生成させ、銀鏡反応により確認した。空气中で銅線をバーナーで加熱すると黒色になった。
この銅線が熱^(あ)いうちにエタノールの蒸気を触れさせたところ、銅線の色は光
沢のある銅色に戻った。銀鏡反応のためのアンモニア性硝酸銀水溶液は、硝酸銀水溶液に過剰のアンモニア水を加え調製した。この際、酸化銀の沈殿がいったん生成したが、生じた酸化銀は過剰のアンモニア水と反応することで
錯イオンを形成し、溶けた。^(う)このアンモニア性硝酸銀水溶液に、集めたアセトアルデヒドの水溶液を加え穏やかに加熱すると銀鏡が生成した。

- (i) 下線部(あ)について、この黒色の化合物の化学式を記せ。
- (ii) 下線部(い)の反応について、化学反応式を記せ。
- (iii) 下線部(う)の反応について、イオン反応式を記せ。

問 4. x [mL] のベンゼンを過剰量の化合物 **C** と反応させたところ、 y [g] のクメンが得られた。ベンゼンの密度を d [g/mL] とし、クメンの収率を x , y , d を含む式として百分率 (%) で記せ。なお、収率とは、理論上得られる生成物の物質量に対する、実際に得られた生成物の物質量の割合を指す。

(2) 直鎖状アルカンにおいて、炭素数が増加すると沸点が上昇する。これは分子間力の 1 つである ① が大きくなるためである。

アルkanは安定なため他の物質と反応しにくい^(あ)が、光照射下で塩素と反応させると、水素原子が塩素原子に置き換わる反応が進行する。メタンに対して、この置換反応を行うと、最終的に四塩化炭素が生成する。

C_4H_8 の分子式で表される炭化水素のうち、ある異性体に暗所で臭素を反応させたところ、メチル基を 2 つもち、不斉炭素原子をもたない化合物 **L** が得られた。

問 5. ① にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 6. 下線部(え)について、以下の設問に答えよ。

- (i) 四塩化炭素の構造式を立体構造がわかるように立体的に記せ。また、各結合における電荷のかたよりがわかるように、構造式中に δ^+ および δ^- を全原子に記せ。
- (ii) (i)のように各結合において電荷がかたよる理由を簡潔に説明せよ。
- (iii) 四塩化炭素は、極性分子か無極性分子か答えよ。また、その理由を簡潔に説明せよ。

問 7. 下線部(お)について、考えられる異性体の数を記せ。

問 8. 化合物 **L** の構造式を記せ。

- (3) アミノ基とカルボキシ基を1つずつもつアミノ酸 A の水溶液では、陽イオン A^+ 、双性イオン A^\pm 、陰イオン A^- が電離平衡の状態にある。この電離平衡において、 A^+ 、 A^\pm 、 A^- 、水素イオン H^+ の濃度をそれぞれ $[A^+]$ 、 $[A^\pm]$ 、 $[A^-]$ 、 $[H^+]$ とする。また、 A^+ から H^+ を放出し A^\pm になる電離平衡の電離定数を K_1 、 A^\pm から H^+ を放出し A^- になる電離平衡の電離定数を K_2 とする。

問 9. $[A^+]$ を $[A^\pm]$ 、 $[H^+]$ 、 K_1 を含む式として記せ。

問10. 等電点の時、 $[H^+]$ を K_1 と K_2 を含む式として記せ。

(4) タンパク質のポリペプチド鎖は、ペプチド結合中の >N-H と別のペプチド結合中の >C=O との間で水素結合することにより、特徴的な立体構造をとることがある。例えば、ポリペプチド鎖が分子内の水素結合によりらせん状に巻いた 構造などがある。

ある種の親水性のタンパク質は、水中で親水コロイドの粒子である。このようなタンパク質を含む水溶液に多量の電解質を加えると、コロイド粒子が沈殿する。この現象は とよばれる。

問11. と にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ記せ。

問12. 下線部(か)について、コロイド粒子が沈殿する理由を簡潔に説明せよ。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み，問 1～問 5 に答えよ。

現在，地球上には確認されているだけで約 180 万種，未確認のものを含めると数百万種ともいわれる生物が生活している。生物はかくも多様であるが，全ての生物は細胞が基本単位であるという共通の特徴を持っている。細胞には，核を持たない原核細胞と，核を持つ真核細胞がある。^{a)}原核細胞からなる生物を原核生物と呼び，大腸菌やシアノバクテリアなどの細菌(バクテリア)とメタン菌などの古細菌(アーキア)に大きく分けられる。真核細胞からなる生物を真核生物(ユーカリア)と呼び，動物や植物，菌類などが含まれる。

かつては，生物をまず動物界と植物界に分けた。その後，さまざまな生物の観察が進み，いずれにも分類できないものの存在が明らかとなり，1969年にホイットカーは五界説を提唱した。1977年にウーズは，さまざまな生物の rRNA の塩基配列を解析して，その遺伝的な差異を比較した。^{b)}その結果，生物は，細菌と古細菌，真核生物の 3つのドメインに分けられることを示した。このような分類の考え方は 3ドメイン説と呼ばれる。その後の研究によって，古細菌は細菌よりも真核生物に近縁であることが明らかにされ，古細菌が真核生物の祖先であると考えられるようになった。^{c)}

細胞膜は細胞の内部と外部をしきっており，内部と外部の物質のやり取りは，細胞膜を介して行われる。細胞膜や細胞小器官の膜をまとめて生体膜といい，親水性の部分と疎水性の部分からなるリン脂質が主成分である。1枚の生体膜は，リン脂質の疎水性の部分が内側に向き合うようにしてできた厚さ 5～6 nm 程度の二重層からなり，その中にさまざまなタンパク質がモザイク状に分布している。

生体膜を介した物質の拡散は，基本的には濃度勾配にしたがう。酸素など非常に小さな分子や疎水性の低分子は，生体膜の主成分である脂質二重層を通過できる。

しかし、水などの極性分子やイオンのような電荷を持った物質は、脂質二重層をほとんど通過できない。これらの物質は、生体膜に存在する輸送タンパク質を介して通過することができる。^{d)}

輸送タンパク質を通過できないような大きな物質は、生体膜自体がそれらの物質を包み込んだ小胞で輸送される。真核細胞内で合成されたタンパク質が細胞外に分泌される場合もこの小胞輸送が使われる。^{e)}

問 1 下線部 a) について、以下の問いに答えよ。

- 1) 核の有無以外で、原核細胞と真核細胞の相違点を 3 つ挙げよ。
- 2) 細胞で構成される以外で、原核細胞と真核細胞の共通点を 3 つ挙げよ。

問 2 下線部 b) について、以下の問いに答えよ。

- 1) rRNA とはどのような RNA であるか、80 字程度で答えよ。
- 2) rRNA の塩基配列を比較することの利点は何か、簡潔に答えよ。

問 3 下線部 c) について、以下の問いに答えよ。

- 1) 真核生物が出現するとき、細胞膜が内側にくびれこんで細胞内膜系ができ、ゲノム DNA を包む核ができたと考えられている。一般的な細胞内膜系の利点として考えられることを 2 つ挙げよ。
- 2) 典型的な動物細胞について、生体膜構造が分かるように図示し、それぞれの細胞小器官の名称を記入せよ。
- 3) ミトコンドリアと葉緑体は細胞内共生して細胞小器官になったと考えられているが、どちらが先に共生したと考えられるか、理由とともに簡潔に答えよ。
- 4) 一般的に、細胞は肉眼で見えない程小さい。しかし、ダチョウの卵のように大きな細胞もある。なぜ一般的な細胞は小さいのだろうか、細胞膜のはたらきに着目して考察し、解答欄内に記述せよ。

問 4 下線部 d) について、以下の問いに答えよ。

- 1) 輸送タンパク質のチャンネルとポンプについて、それぞれの特徴を 50 字程度で簡潔に答えよ。
- 2) 図 1 は、特異的な物質 X と結合する担体(トランスポーター)による物質 X の輸送(実線)と単純拡散による輸送(点線)について、横軸に輸送される物質 X の濃度を取り、縦軸に輸送速度をとって示してある。このグラフから結論できることを 2 つ挙げ、200 字程度でそれらの理由とともに説明せよ。

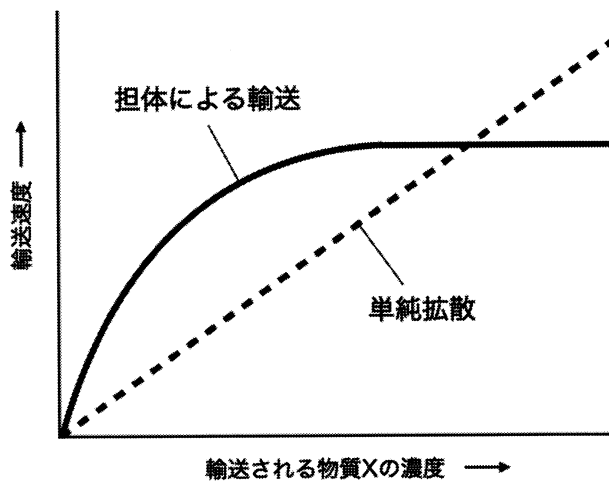


図 1 担体による輸送と単純拡散

問 5 下線部 e) の分泌性タンパク質の小胞輸送のしくみについて、リボソームでのタンパク質合成から細胞外への分泌の過程を適切な語句を用いて 150 字程度で詳しく説明せよ。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

細胞内に葉緑体を持つ植物や藻類は、光のエネルギーを利用して二酸化炭素(CO_2)を炭水化物に固定し、有機物を作り出す光合成を行っている。光合成は多段階の反応で進むが、葉緑体のチラコイドで進行する第1過程の反応と で進行する第2過程の反応に分けて考えることができる。

第1過程(図1)では、光のエネルギーを利用して還元型補酵素 NADPH と ATP が作られる。その際、光を捉えているのは光合成色素を含むタンパク質複合体(光化学系 I と光化学系 II)である。光のエネルギーが光合成色素を介して光化学系 I および II の反応中心に集められると、反応中心のクロロフィルが活性化されて電子(e^-)が放出される。光化学系 I から放出された電子は NADP^+ に渡り NADPH の合成に利用される。その結果、光化学系 I は電子を失って酸化状態となるが、その反応中心には光化学系 II から放出された電子(e^-)が を介して供給され、還元状態に戻る。また、同じく電子(e^-)を失って酸化した光化学系 II の反応中心には、水の分解によって生じた電子(e^-)が供給され、還元状態に戻る。それら一連の反応が進むと、チラコイドの膜を挟んで H^+ の濃度勾配が形成される。その濃度勾配を利用してはたらくのが ATP 合成酵素である。ATP 合成酵素は H^+ が濃度差を解消するためにチラコイドの内腔から に移動する駆動力を利用し、ADP をリン酸化して ATP を合成する。この過程は、 と呼ばれる。

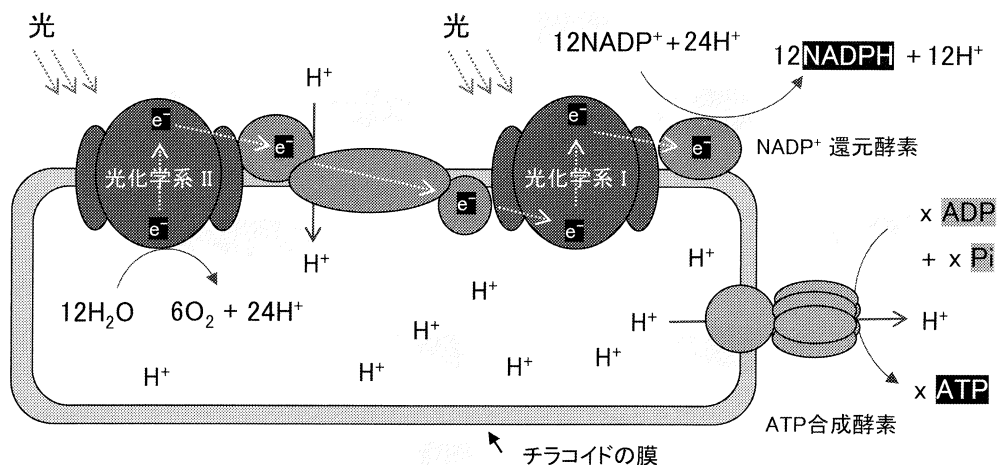


図1 光合成の第1過程

第2過程(図2)では、第1過程で作られたATPとNADPHを用いて、 CO_2 が炭水化物に固定される。この過程は、カルビン・ベンソン回路と呼ばれる複雑な酵素反応で進む。まず、**反応1**で CO_2 が取り込まれる。この反応は、リブローズビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(RubisCO：ルビスコ)と呼ばれる酵素が触媒する。 CO_2 はルビスコにより C_5 化合物のリブローズビスリン酸に渡され、 C_3 化合物のホスホグリセリン酸が生じる。そして、**反応2**でリン酸化されて同じ C_3 化合物のビスホスホグリセリン酸となり、さらに**反応3**で C_3 化合物のグリセルアルデヒドリン酸となる。グリセルアルデヒドリン酸の一部はカルビン・ベンソン回路から出て C_6 化合物のフルクトースビスリン酸となる。その後、多段階の反応を経てデンプンとなり、葉緑体内で一時的に貯蔵される。デンプンは必要に応じて^(ア) C_6 化合物のグルコースなどに分解され、細胞質に移動して様々な有機物へと代謝されていく。また、残りのグリセルアルデヒドリン酸は**多段階反応**を経て C_5 化合物のリブローズリン酸に変換される。そして、最終的に**反応4**でリン酸化されて CO_2 を受け取る C_5 化合物のリブローズビスリン酸に再生される。このように、気孔から取り入れた CO_2 を C_3 化合物のホスホグリセリン酸に直接取り込んで光合成を行う植物を、 C_3 植物と呼ぶ。一方で、一部の植物は CO_2 を C_4 化合物のオキサロ酢酸に取り込むしくみを備えており、^(イ)そのような植物を C_4 植物と呼ぶ。

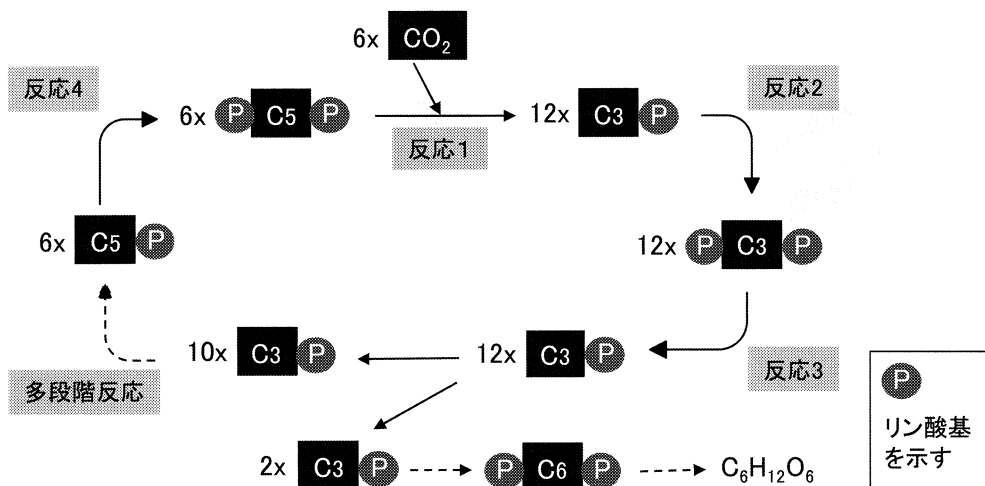


図2 光合成の第2過程

問1 空欄 (1) ~ (3) に適切な用語を入れよ。

問2 一般に、強光条件で植物を栽培すると、余剰な電子が細胞内にある酸素と結びついて活性酸素が増加する。その結果、葉緑体の光化学系IやIIが損傷し、光合成速度が大きく低下する。以下の小問1)~2)に答えよ。

- 1) 強い光で光合成が低下する上記の現象を何と呼ぶか、答えよ。
- 2) 活性酸素が増加するのは、第1過程における下記の反応(①~③)が、すべて同じ環境要因ではなく、異なる環境要因に影響を受けて進むためであることがわかっている。①~③の各反応について、最も影響を及ぼす環境要因を、温度、CO₂濃度、光、O₂濃度の中から1つ選択し、答えよ。
 - ① 光化学系Iにおける電子(e⁻)の放出
 - ② NADP⁺還元酵素によるNADPHの合成
 - ③ ATP合成酵素によるATPの合成

問 3 下記の文章(a～e)は第2過程(図2)で働くルビスコについての説明文である。正しい文を1つ選択し、記号で答えよ。

- a. ルビスコの基質親和性は、 CO_2 よりも O_2 の方が高い。
- b. ルビスコの酵素活性には、NADPHが必要である。
- c. ルビスコの酵素活性には、ATPが必要である。
- d. ルビスコの基質親和性は、 O_2 よりも CO_2 の方が高い。
- e. ルビスコの酵素活性には、ADPが必要である。

問 4 下線部(ア)について、細胞質に運ばれた C_6 化合物の一部は、スクロースなどの転流糖に代謝され、非光合成組織に維管束を通じて運ばれる。しかし、残りの C_6 化合物は、光合成組織の細胞内に残って様々な目的のために利用される。成長過程にある植物では、「炭酸同化で作られた C_6 化合物(図2)が、光合成組織の細胞内でどの様に利用されているのか」について考察し、解答欄に説明せよ。

問 5 下線部(イ)について、地球上に生育する植物の多くは C_3 植物であるが、高温・強光環境になる地域では、 C_3 植物よりも優位に生育できる C_4 植物が分布している。以下の小問1)～2)に答えよ。

- 1) C_4 植物が C_3 植物より高温・強光環境での生育に適している理由を解答欄に説明せよ。
- 2) 地球上に生育する植物が C_4 植物より C_3 植物が多い理由を推察し、解答欄に説明せよ。

問 6 図 3 は、ある C_3 植物の光合成速度について、光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係で示している。以下の小問 1)～3)に答えよ。

- 1) この植物に光飽和点よりも強い光を 14 時間照射し、その後暗所に移して 10 時間放置した。その際に、葉 (50 cm^2) に吸収される二酸化炭素 (CO_2) の量を計算し、考え方(計算式など)とともに記述せよ。
- 2) 上の条件で吸収された二酸化炭素 (CO_2) が、すべてグルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) に代謝されると仮定する。その際に作られるグルコースの量(小数点第二位を四捨五入した数値)を計算し、考え方(計算式など)とともに記述せよ。ただし、原子量は $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{H} = 1$ とする。
- 3) 日当たりを好む陽生植物と日陰を好む陰生植物を使って比較調査したら、光合成速度や葉の構造に明確な違いが見られた。2 つの植物にどのような違いがあったのかについて推察し、解答欄に説明せよ。

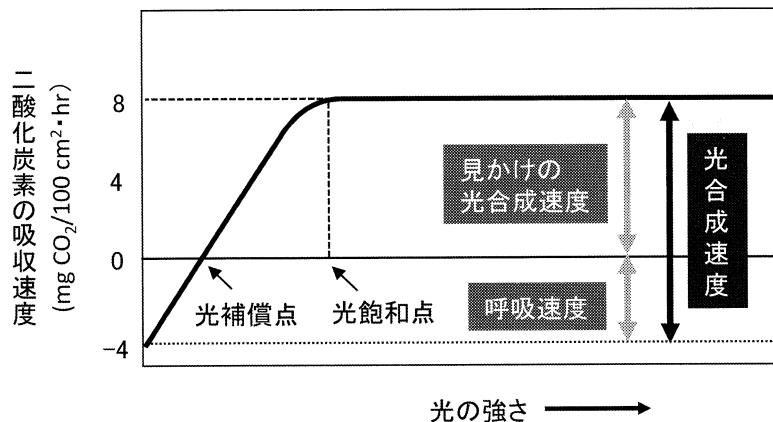


図 3 光の強さと二酸化炭素の吸収速度