



理 科

(120 分)

環境科学部・工学部・人間文化学部

物理(1～8 ページ) 化学(9～20 ページ) 生物(21～30 ページ)

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子および解答冊子の中を見てはいけません。
2. 問題は物理 4 題、化学 4 題、生物 4 題です。
3. 環境科学部(環境生態学科)を受験する者は、物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択しなさい。ただし、物理は物理問題Ⅰ・Ⅱ、化学は化学問題Ⅰ・Ⅱ、生物は生物問題Ⅰ・Ⅱを解答しなさい。その他の問題を解答しても採点しません。
4. 環境科学部(環境建築デザイン学科)を受験する者は、物理のみ、全 4 題を解答しなさい。
5. 環境科学部(生物資源管理学科)を受験する者は、物理、化学、生物のうちから 1 科目を選択し、全 4 題を解答しなさい。
6. 工学部(材料科学科)を受験する者は、物理、化学のうちから 1 科目を選択し、全 4 題を解答しなさい。
7. 工学部(機械システム工学科・電子システム工学科)を受験する者は、物理のみ、全 4 題を解答しなさい。
8. 人間文化学部(生活栄養学科)を受験する者は、化学、生物のうちから 1 科目を選択し、全 4 題を解答しなさい。
9. 解答開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に受験番号、氏名をはっきり記入しなさい。表紙にはこれら以外のことを書いてはいけません。選択しなかった科目の解答冊子は、試験終了 20 分前に回収します。
10. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入しなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
11. 解答冊子は、どのページも切り離してはいけません。解答のための下書き・計算などには、解答冊子の下書き用ページを使いなさい。
12. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。選択した科目の解答冊子を持ち帰ってはいけません。

平成25年度 一般選抜試験（前期日程）
出題誤り（理科）

下記のとおり出題誤りがありましたので、お詫びいたします。

記

1. 科目
「化学」

2. 出題誤りの内容

化学問題Ⅰ問3エ（理科問題冊子10ページ）

設問：「～触媒に関する次のア～エについて、正しいものに○，誤っているものに×を解答欄に記せ。」

エ 生物の体内における酵素のはたらきは，触媒の作用とはいえない。

上記の設問の解答に影響を与える記述が以下の生物の問題文中に含まれていました。

生物問題Ⅰ 上から4行目の文章（理科問題冊子21ページ）

文章：「体内の代謝反応は，酵素が触媒としてはたらくこととなされている。」

平成25年度 一般選抜試験（前期日程）
問題訂正（理科）

- 物理問題Ⅲ 図1、図2（理科問題冊子5、6ページ）
（誤）回折格子 → （正）回折格子
- 化学問題Ⅳ 上から9行目（理科問題冊子17ページ）
（誤）乳酸の発酵は → （正）乳酸への発酵は

物 理

物理問題 I (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式をそれぞれの解答欄に記入せよ。また、問1および問2に答えよ。問1の解答には導出過程も示せ。ただし、水平右向きを正の向きとする。空気の抵抗は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

- (1) 図1に示すように、水平な床の上に質量 $2m$ [kg]、長さ L [m] の台車が置かれている。台車と床の間には摩擦はない。台車の上の左端に大きさの無視できる質量 m [kg] の物体が置かれている。はじめ、台車はストッパーで固定されており動くことはできない。また、台車と物体との動摩擦係数は μ' である。

物体に水平な右向きの力 F [N] を加え続けると、物体は台車の上をすべりながら移動した。物体の加速度は ア [m/s²] であり、物体は力を加えはじめてから イ 秒後に台車の右端のストッパーに到達した。物体が台車の上をすべっているとき、台車が物体から受ける水平方向の力は ウ [N] である。

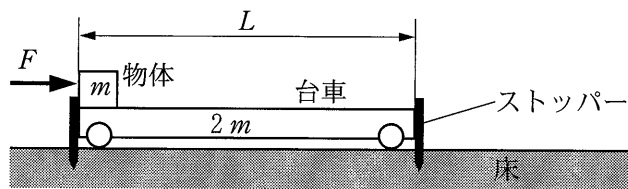


図1

- (2) 図2に示すように、ストッパーをはずして、物体に水平に右向きの力 F を加え続けると、物体が台車の上をすべりながら台車と物体が右に移動した。力を加えている間の台車および物体の水平方向の運動を考える。床に対する台車および物体の加速度をそれぞれ a_A [m/s²] および a_B [m/s²] とすると、台車の運動方程式は

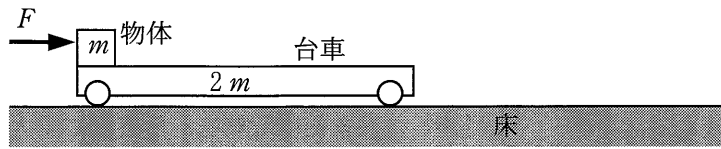


図 2

, 物体の運動方程式は となる。

力を加えはじめた時刻を 0 とすると、力 F を加えはじめてから t_1 秒後、すなわち時刻 t_1 に力を加えることをやめた。このとき、物体は台車の上にあった。時刻 t_1 における、床に対する台車の速度は [m/s]、床に対する物体の速度は [m/s] である。力を加えることをやめた後、しばらく物体は台車の上をすべったが、時刻 t_2 に物体は台車の上をすべらなくなった。その後も、物体が台車から落ちることなく、台車と物体は運動しつづけた。

時刻 t_1 (力を加えることをやめた時刻) から時刻 t_2 (物体が台車の上をすべらなくなった時刻) の間の台車および物体の運動方程式を考えると、この間の、床に対する台車の加速度 a_A は [m/s²]、床に対する物体の加速度 a_B は [m/s²] となることがわかる。時刻 t_1 から T ($t_1 + T < t_2$) 秒後の床に対する台車および物体の速度を、 a_A および a_B を用いずに表すと、台車の速度は [m/s]、物体の速度は [m/s] となる。

問 1 台車と物体の相対速度に着目して、時刻 t_1 から時刻 t_2 までに要する時間を求めよ。さらに、時刻 t_2 における台車の速度を求めよ。ただし、求める時間と速度は a_A 、 a_B および t_2 を用いずに表せ。

問 2 力を加えはじめた時刻 $t = 0$ から $t > t_2$ までの、床に対する台車の速度の時間変化をグラフに描け。

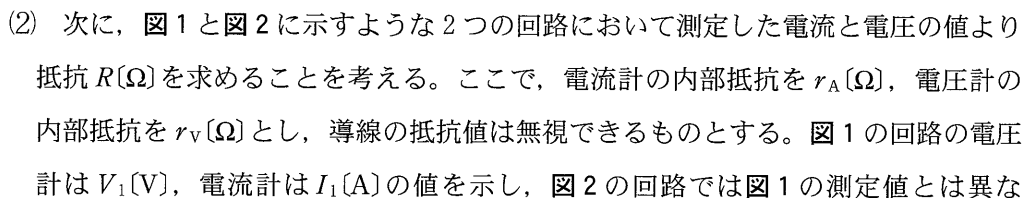
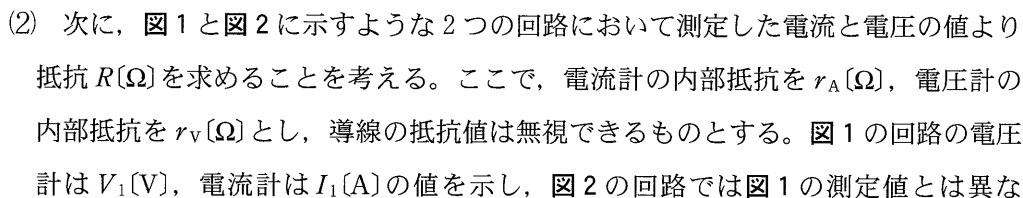
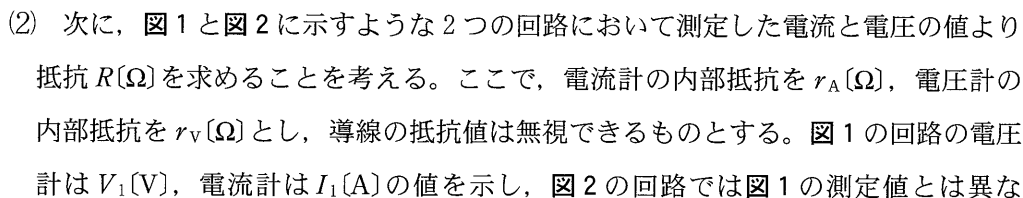
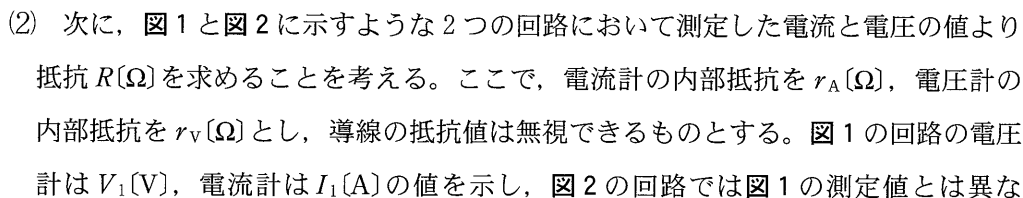
物理問題 II (環境科学部・工学部)

次の文を読んで、 に適した式または数値を、解答欄に記入せよ。また、
{ } には最も適した語句を、本問題末の語群から選んで、解答欄に記入せよ。
さらに、問に答えよ。

- (1) 電流計と電圧計を用いて電流・電圧を測定することを考える。回路のある部分の電流を測定するには、測定したい部分に電流計を { ア } 接続する。また、回路中のある2点間の電圧を測定するためには、測定したい部分に電圧計を { イ } 接続する。しかし、実際には電流計や電圧計には内部抵抗があるため、回路全体の抵抗が変化して、測定したい部分の電流や電圧が変わってしまう。したがって、電流計の内部抵抗は { ウ } ことが、電圧計の内部抵抗は { エ } ことが望まれる。

電流計に流すことのできる電流には限度があるが、より大きな電流を測定する場合は、電流計に抵抗を並列に接続することで、測定範囲が広げられる。ここで、内部抵抗が $2\ \Omega$ 、最大 $200\ \text{mA}$ まで測れる電流計を用いて、最大 $1\ \text{A}$ の電流を測定する装置を考える。そのためには、並列に接続した抵抗に $1\ \text{A}$ の % の電流が流れるように、 Ω の抵抗を接続すればよい。このような抵抗を、分流器と呼ぶ。このとき、電流計と分流器の合成抵抗は Ω である。また、この電流計に加えることのできる電圧は、最大 V である。

問 電流計と同じ内部構造をもつ電圧計は、電流計から作製することができる。そこで、内部抵抗が $2\ \Omega$ 、最大 $200\ \text{mA}$ まで測れる電流計を用いて、最大 $10\ \text{V}$ の電圧を測定できる電圧計を作製することを考える。このとき、何 Ω の抵抗を、電流計に対してどのように接続すればよいか説明せよ。

- (2) 次に、 に示すような2つの回路において測定した電流と電圧の値より抵抗 $R(\Omega)$ を求めることを考える。ここで、電流計の内部抵抗を $r_A(\Omega)$ 、電圧計の内部抵抗を $r_V(\Omega)$ とし、導線の抵抗値は無視できるものとする。 の回路の電圧計は $V_1(\text{V})$ 、電流計は $I_1(\text{A})$ の値を示し、 の回路では の測定値とは異なる

り、電圧計は V_2 [V]、電流計は I_2 [A] の値を示した。図 1 の回路で、 $\frac{V_1}{I_1}$ は ケ と求められる。したがって、図 1 の回路で測定した V_1 と I_1 を用いて R を求めた場合、その値には { コ } 計の内部抵抗の影響が含まれる。図 2 の回路では、 $\frac{V_2}{I_2}$ は サ と求められ、その値は R よりも常に { シ }。以上の結果より、測定する R の値が非常に大きい場合は、{ ス } の回路が適切となる。

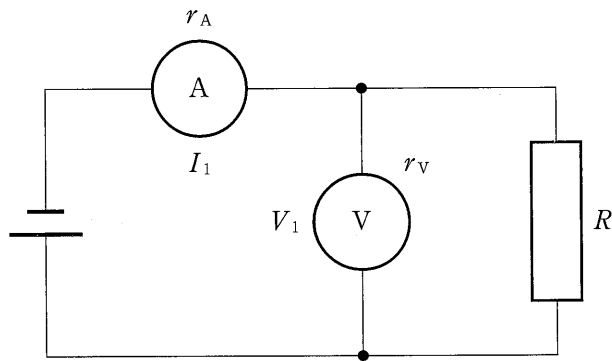


図 1

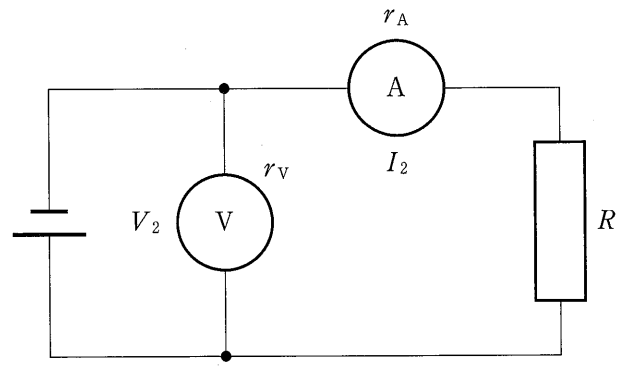


図 2

[語群]

大きい	小さい	並列	直列	電流	電圧	直流
交流	単独	多重	抵抗に等しい	図 1	図 2	

物理問題 Ⅲ (環境科学部環境建築デザイン学科, 生物資源管理学科・工学部)

次の文を読んで, に適した式を解答欄に記入せよ。また, 問1～問3に答えよ。ただし, 問3には導出過程も示せ。なお, 空気の屈折率は1.0とする。

- (1) 図1のように, 空気中において回折格子に垂直に波長 λ (m)の単色光を入射すると, 回折格子がスリットの役割をするため, 光の干渉が生じ, 回折格子に平行に置かれたスクリーン上には等間隔の明線の縞模様が観測される。以下で, この明線の間隔から λ を求めることを考える。

図1のように回折格子の格子定数を d (m), 回折格子とスクリーンの距離を L (m), 中央のスリットを通る入射光に平行な光とスクリーンとの交点を O , スクリーン上に映し出されたある明線の位置(点 P)と点 O との距離を x (m)とする。ここで, L は d および x に比べてじゅうぶん大きいとする。このとき, 回折格子の各スリットを通り, 点 P に向かう光は平行とみなせるので, これらの光が, 回折格子へ入射する光の方向となす角を θ ($^\circ$)とすると, 隣りあうスリットを通り点 P に向かう光の経路差は ア となる。ここで, θ はじゅうぶん小さいので, $\sin \theta \approx \tan \theta =$ イ が成り立つため, 光の経路差は d , L および x を用いて ウ と表せる。さらに, 点 P 上で明線が観測される条件は λ および整数 $m(=0, 1, \dots)$ を用いて ウ = エ であるので, 隣りあう明線の間隔 Δx は d , L および λ を用いて オ と表せる。したがって, 光の波長 λ は d , L および Δx を用いて カ と表せる。

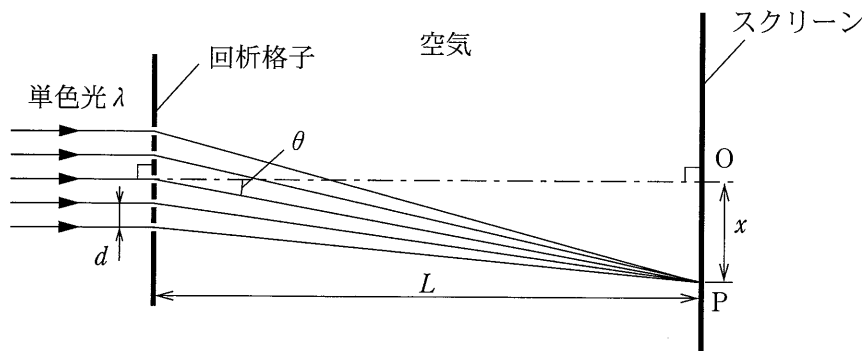


図1

問 1 隣りあうスリットを通り，点 P に向かう光の経路差 ア を，解答欄の図に必要な線を描き加えて，図示せよ。

問 2 単色光の波長を λ' ($< \lambda$) [m] に変えたとき，明線の間隔は大きくなるか，それとも小さくなるか，理由を示して答えよ。

(2) 次に，図 1 の回折格子を利用して，ガラスの屈折率 n を求めることを考える。

図 2 のように，厚みが L' [m] でじゅうぶん大きい直方体のガラスをスクリーンに接するように配置すると，スクリーンに映し出されたある明線の位置は，光の屈折によりガラスを配置する前の点 P から点 P' に変化した。このとき，回折格子から出て点 P' にむかう光が，ガラス中において回折格子へ入射する光の方向となす角度を θ' [°] とすると， $\sin \theta'$ は屈折の法則より n および θ を用いて キ と表される。また，点 O と点 P' との距離を x' [m] とすると， x' は L' ， L ， θ および θ' を用いて ク と表される。ここで， $\tan \theta =$ イ $\cong \sin \theta$ が成り立ち，また， θ' がじゅうぶん小さいとすると， $\tan \theta' \cong \sin \theta' =$ キ も成り立つので， x' は L' ， L ， n および x を用いて ケ と表せる。したがって，ガラスの屈折率 n は L ， L' ， x および x' を用いて コ と表すことができる。

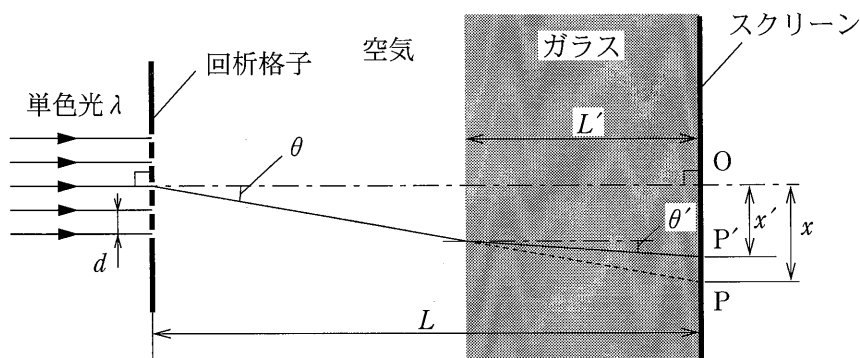


図 2

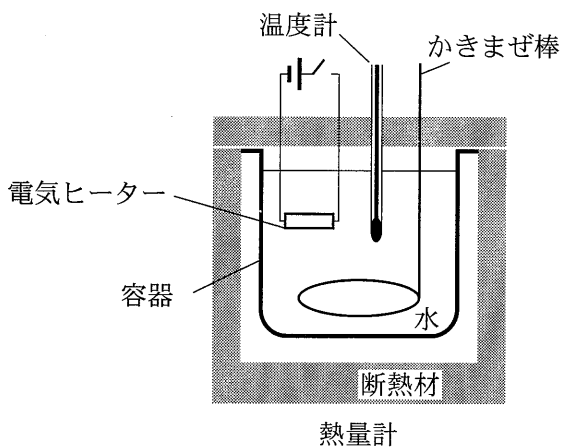
問 3 $L' = 0.3L$ のとき， $x' = 0.9x$ になった。このとき，ガラスの屈折率 n を求めよ。

物理問題 IV (環境科学部環境建築デザイン学科, 生物資源管理学科・工学部)

次の文を読んで, { } には適切な語句を には適した式を解答欄に記入せよ。また, 問1～問5に答えよ。ただし, 問3および問4には導出過程も示して答えよ。

図のような熱量計を用いて水の比熱を測定する実験を行う。熱量計は容器, かきまぜ棒, 温度計および電気ヒーターを含む装置である。

まず, 図に示す装置における電気ヒーターに電流を流すと { ア } 熱が発生し, 容器内の水の温度が上昇する。いま, 電気ヒーターに電圧 V (V) を時間 t (s) だけ加えたところ, 電流 I (A) が流れた。このとき, 発生する { ア } 熱は (J) である。熱量計の中の水の質量を m (g), この間の水温上昇を ΔT (K) とすれば, 水の加熱に使われた熱量は, 水の比熱を C_w (J/(g·K)) とすると (J) である。実際の実験では, さらに熱量計等の温度上昇を考慮する必要があるが, ここでは熱量計等の熱容量が無視できるとすると $C_w =$ (J/(g·K)) となる。



問1 この実験を行う上では, かきまぜ棒を用いてよく水をかきまぜる必要があるが, 激しくかきまぜてはいけない。この理由を「摩擦熱」, 「力学的エネルギー」という語を用い, 句読点を含めて20字以上, 45字以下で説明せよ。

問 2 電気ヒーターに電流を流し始めてからの時間と水温の測定結果が表に示す通りとなった。水の比熱を求める時、エのように通電時間とその前後での水の温度変化がわかればよいが、実際の実験では表のように、ある一定の時間間隔で複数個のデータを測定し、できる限り広い範囲のデータから時間と水温の間の関係を求める必要がある。この理由を説明せよ。

問 3 表に示すデータを用いて、横軸に電流を流しはじめてからの時間[s]、縦軸に水温 T [$^{\circ}\text{C}$]としたグラフを作成せよ。ただし、解答欄に示すグラフには、目盛の数字をつけるとともに測定結果のデータを●で示すこと。さらに、問 2 を考慮して、グラフ中にデータの全体を通る直線を描くとともに、その直線の傾きとして最も適当なものを、下記の解答群の中から選び解答欄に番号を記せ。

[解答群]

- ① 0.9×10^{-3} [K/s] ② 0.9×10^{-2} [K/s] ③ 1.2×10^{-3} [K/s]
 ④ 1.2×10^{-2} [K/s] ⑤ 1.5×10^{-3} [K/s] ⑥ 1.5×10^{-2} [K/s]
 ⑦ 1.8×10^{-3} [K/s] ⑧ 1.8×10^{-2} [K/s]

問 4 問 3 で求めた結果を利用して、水の比熱 C_w [J/(g \cdot K)] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、電圧 $V = 14.0$ V、電流 $I = 1.50$ A、 $m = 300$ g とする。

問 5 本実験で水の比熱をより正確に求めるためには、熱量計等の熱容量を考慮する必要がある。熱量計等の熱容量を考慮しない場合、エで求めた水の比熱は、正確な値に対して過大に見積もることになるか、それとも過小に見積もることになるか、理由とともに、句読点を含めて 40 字以上、75 字以下で説明せよ。

表

時間[s]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
水温 T [$^{\circ}\text{C}$]	16.0	16.3	16.9	17.4	18.0	18.4	18.7	19.3	19.7	20.1	20.5

化 学

化学問題 I (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問8に答えよ。必要であれば、気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。また、気体はすべて理想気体とする。

化学反応における反応の速さを知ることは、反応の仕組みを理解し、その反応を制御するために重要である。化学反応の速さを、過酸化水素 H_2O_2 の分解反応を例にあげて調べよう。 H_2O_2 は式1にしたがって分解し、水 H_2O と酸素 O_2 になる。



H_2O_2 水溶液における H_2O_2 の分解反応の速さは、単位時間あたりの H_2O_2 のモル濃度の減少量として表される。このように表された反応の速さのことを反応速度という。一般に、反応速度は時間とともに変化するので、反応速度を求めるときには、一定時間あたりの平均の反応速度を求める。例えば、時刻 t_1 における H_2O_2 のモル濃度を X_1 、時刻 t_2 における H_2O_2 のモル濃度を X_2 としたとき ($t_1 < t_2$)、時刻 t_1 から時刻 t_2 までの間の平均の反応速度 \bar{v} は、 \bar{v} が正の値になると考えると、 t_1 、 t_2 、 X_1 、 X_2 を用いて式2で表される。

$$\bar{v} = \boxed{\text{A}} \quad \text{式2}$$

H_2O_2 の分解反応の反応速度を調べるために、 H_2O_2 水溶液を用いて次の実験を行った。

実 験

濃度 0.151 mol/L の H_2O_2 水溶液 60.0 mL に少量の酸化マンガン(IV) MnO_2 を加え、発生した酸素 O_2 を水上置換で捕集し、その体積を60秒ごとに測定した。実験は大気圧 $1.03 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで行い、温度は 27°C で一定とした。測定した O_2 の体積を物質質量に換算し、 O_2 の物質質量から分解した H_2O_2 の物質質量を求め、 H_2O_2

水溶液のモル濃度を決定した。その結果を表1に示した。表1に示した平均のモル濃度と平均の反応速度は、60秒間ごとの平均値を表している。また、実験中にH₂O₂水溶液の体積は変化しないものとする。

表1 H₂O₂水溶液のモル濃度の時間変化(27℃)

経過時間 [s]	H ₂ O ₂ 水溶液の モル濃度 [mol/L]	H ₂ O ₂ 水溶液の 平均のモル濃度 [mol/L]	分解反応の 平均の反応速度 [mol/(L·s)]
0	0.151	0.14	3.8×10^{-4}
60	0.128		
120	0.108	0.12	3.3×10^{-4}
180	0.091	0.10	2.8×10^{-4}
240	0.077	0.084	2.3×10^{-4}
300	0.065	0.071	B

問1 式2の空欄 に適切な式を入れよ。

問2 表1の空欄 に適切な数値を有効数字2桁で入れよ。

問3 下線部(a)について、MnO₂はH₂O₂の分解反応の反応速度を大きくする触媒である。触媒に関する次のア～エについて、正しいものに○、誤っているものに×を解答欄に記せ。

ア ある反応に触媒を用いると、その反応熱を低下させることができる。

イ 酸やイオンは触媒として作用しない。

ウ 触媒は、反応の前後でそれ自身に変化しない。

エ 生物の体内における酵素のはたらきは、触媒の作用とはいえない。

問 4 下線部(b)について、発生した酸素 O_2 の体積が 50.0 mL のとき、この O_2 の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、27 °C での水蒸気圧を 3.00×10^3 Pa とし、 O_2 の水への溶解や、水圧が捕集気体の圧力に与える影響は考慮しなくてよい。

問 5 下線部(c)について、発生した酸素 O_2 の物質量が 3.00×10^{-3} mol のとき、 H_2O_2 水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、発生した O_2 は、式 1 の反応によるもののみとする。

問 6 表 1 の結果から、 H_2O_2 の分解反応の平均の反応速度(\bar{v})と H_2O_2 の平均のモル濃度(\bar{X} とする)の関係式(反応速度式)として、最も適切なものはどれか。次の①~⑤から一つ選び解答欄に記せ。ただし、以下の式で k は定数である。

① $\bar{v} = \frac{k}{\bar{X}}$

② $\bar{v} = k\bar{X}^2$

③ $\bar{v} = \frac{k}{\bar{X}^2}$

④ $\bar{v} = k\bar{X}$

⑤ $\bar{v} = \bar{X} + k$

問 7 問 6 で選んだ反応速度式と表 1 の結果から、定数 k を有効数字 1 桁で求めよ。単位も記せ。

問 8 下線部(a)のような物質を加えるだけでなく、反応物の温度を上げることによっても多くの場合に反応速度を大きくすることができる。この理由を、活性化エネルギーという言葉を用いて 50 字以内で述べよ。

(下書き用紙)

化学問題 II (環境科学部・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問4に答えよ。ただし、解答の構造式は図1の例にならって答えよ。なお、光学異性体は区別しなくてよい。

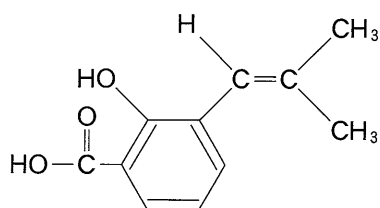


図1 構造式の例

身近な果物に含まれているヒドロキシ酸 A はさわやかな酸味を有しており、分子式 $C_4H_6O_5$ で表される。加熱するとヒドロキシ酸 A の分子内で水 1 分子の脱水反応が起こり、幾何異性体の関係であるカルボン酸 B とカルボン酸 C が得られる。酸 B と酸 C のそれぞれをさらに加熱すると、酸 B のみが分子内で脱水して酸無水物 D となる。この酸無水物 D は水 2 分子と反応してヒドロキシ酸 A に戻る。また、酸 B と酸 C に水素を付加することで得られる酸 E は分子式 $C_4H_6O_4$ で表される。この酸 E も加熱によって分子内で脱水されて、酸無水物 F を生成する。

問 1 問題文中に出てくる化合物 A～F の構造式を記せ。

問 2 酸 B、酸 C の化合物名を答えよ。

問 3 1 分子の酸 C と 2 分子のメタノールとをエステル化して得られる化合物の構造式を記せ。また、その化合物をモノマー(単量体)として、付加重合した場合に生成するポリマー(重合体)の構造式を記せ。ただし高分子の末端の構造は無視してよい。

問 4 酸 E とヘキサメチレンジアミンの縮合重合によって高分子が得られるならば、どのようなものになるか。得られる高分子の構造式を記せ。ただし高分子の末端の構造は無視してよい。

(下書き用紙)

化学問題 III (環境科学部生物資源管理学科・工学部・人間文化学部)

次の文を読んで、問1～問7に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $K = 39.0$, $Mn = 55.0$ を用いよ。解答の数値は有効数字2桁で記せ。

湖や河川の汚濁の程度を表す指標として、化学的酸素要求量(COD)が用いられることがある。CODは水中の有機物の量を表す指標であり、1Lの水中に存在する有機物を酸化するために必要な酸化剤の量を酸素量に換算したもので、単位として mg/L が用いられる。この値は滴定によって決定され、日本においては酸化剤として過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ が用いられる。この酸化還元反応は、酸性水溶液中において進行しやすいため、水溶液を酸性に保ちながら滴定を行う。

実験

酸化される物質としてシュウ酸ナトリウム $Na_2C_2O_4$ だけを含み、硫酸で酸性とした水溶液1.0Lを用意した。この水溶液を、0.010 mol/Lの $KMnO_4$ 水溶液を用いて滴定したところ、酸化還元反応が完了するまでに10.0 mLを要した。

問1 MnO_4^- 中におけるMnの酸化数を記せ。

問2 硫酸で酸性とした水溶液中で MnO_4^- が酸化剤として作用する場合、 MnO_4^- は還元されて Mn^{2+} と水を生成する。電子を含むイオン反応式で、この反応を記せ。

問3 硫酸で酸性とした水溶液中で、ある物質A 1.0 molを完全に酸化するためには、 $KMnO_4$ 2.0 molが必要であった。 $KMnO_4$ の代わりに酸素 O_2 を酸化剤として使用する場合、1.0 molの物質Aを完全に酸化するために必要となる酸素 O_2 の物質量を求めよ。導出過程も記せ。

問 4 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ が完全に酸化される場合を考える。硫酸で酸性とした水溶液中で、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 8.0 mol を酸化するために必要な KMnO_4 の物質量を求めよ。導出過程も記せ。ただし、 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 1.0 mol が酸化されるとき、2.0 mol の CO_2 を生じる。

問 5 グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ が完全に酸化される場合を考える。硫酸で酸性とした水溶液中で $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 3.0 mol を過不足なく酸化できる量の KMnO_4 を用いて、どれだけの物質量の $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ が酸化できるかを求めよ。導出過程も記せ。

問 6 実験に用いた $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液の COD を計算せよ。導出過程も記せ。

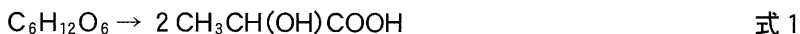
問 7 水溶液が中性の場合、 MnO_4^- は Mn^{2+} を生成せず、代わりに MnO_2 の沈殿と OH^- を生じる。電子を含むイオン反応式で、中性水溶液におけるこの反応を記せ。

化学問題 IV (環境科学部生物資源管理学科・工学部・人間文化学部)

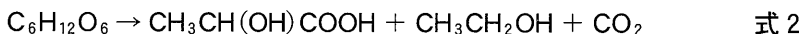
次の文を読んで、問1～問5に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $S = 32.1$, $Cl = 35.5$ を、気体定数として $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ を用いよ。

ほ乳動物の筋肉組織は、グルコース $C_6H_{12}O_6$ やグルコースの重合体であるグリコーゲン $(C_6H_{10}O_5)_n$ を種々の酵素のはたらきにより分解することで運動に必要なエネルギーを獲得する。その分解の結果生じる乳酸 $CH_3CH(OH)COOH$ は、1分子中に1個の不斉炭素原子をもち、酢酸の電離定数と近い値を示す弱酸である。また乳酸は一部の細菌の発酵作用によってもグルコースから生産される。乳酸の発酵は式1に示すホモ型または式2に示すヘテロ型に分類されるが、いずれも嫌気的条件下(酸素を利用できない条件下)でのエネルギー獲得の重要な手段となっている。

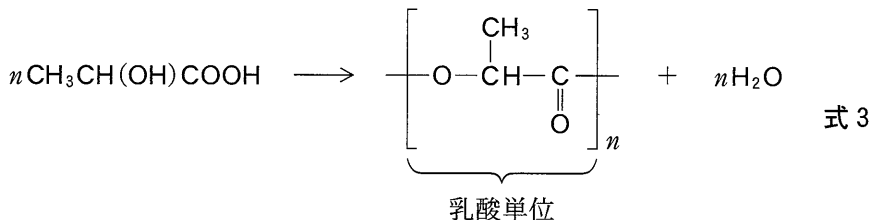
ホモ型：



ヘテロ型：



乳酸を分子間で縮合重合することで、式3のように、乳酸単位がエステル結合により連なった重合体であるポリ乳酸が生じる。重合法の違いにより、生じるポリ乳酸の分子量は異なり、高分子量のポリ乳酸は生分解性の材料として食器類、ゴミ袋や手術用の縫合糸などに利用されている。



問 1 乳酸を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えたとき、気体を発生した。このときの化学反応式を示せ。

問 2 2種類の濃度の乳酸水溶液(水溶液 X:約 0.02 mol/L, 水溶液 Y:約 0.2 mol/L)を水酸化ナトリウム水溶液(0.100 mol/L)でそれぞれ中和滴定するとき、用いる pH 指示薬の選び方として最も適切なものは、次の①~⑤のうちどれか。番号で答えよ。

- ① X, Y ともメチルオレンジのみ
- ② X, Y ともフェノールフタレインのみ
- ③ X にはメチルオレンジ, Y にはフェノールフタレイン
- ④ X にはフェノールフタレイン, Y にはメチルオレンジ
- ⑤ X, Y ともメチルオレンジ・フェノールフタレインいずれでもよい

問 3 式 1 に示すホモ型の発酵で 9.0 g の乳酸を生じたときと同じ質量のグルコースを用いて、式 2 に示すヘテロ型の発酵を行った。ヘテロ型の発酵では乳酸およびエタノールはそれぞれ何グラム生じるか。解答の数値は有効数字 2 桁で記せ。

問 4 下線部(a)および下線部(b)について、2分子の乳酸から水1分子が取れて結合した構造のエステル A は1分子中に2個の不斉炭素原子をもつ。エステル中の乳酸単位(式 3)の光学異性体の一方を R, また R と鏡像の関係にある異性体を L, エステル結合を「—」で表すと、このエステル A には R—R, R—L, L—R, および L—L の4種類の光学異性体が存在することになる。6分子の乳酸がすべてエステル結合した直鎖状の化合物には、何種類の光学異性体が存在するか答えよ。

問 5 希薄溶液の浸透圧 Π (Pa) は、溶液のモル濃度 c (mol/L) と絶対温度 T (K) を用いて式 4 で与えられ、気体の状態方程式と同じ形の式となる。

$$\Pi = cRT \quad \text{式 4}$$

希薄溶液の浸透圧を測定することで、溶質の分子量を簡便かつ精度よく求めることができることから、この方法は高分子化合物の分子量測定にもよく利用されている。以下の i) ~ iii) に答えよ。

i) 同じ質量の乳酸、グルコース、塩化ナトリウム、および硫酸ナトリウム Na_2SO_4 のそれぞれを水に完全に溶かして、いずれも全量を正確に 100 mL とし 4 種類の異なる希薄水溶液を調製した。この 4 種類の水溶液：

- ア 乳酸水溶液
- イ グルコース水溶液
- ウ 塩化ナトリウム水溶液
- エ 硫酸ナトリウム水溶液

について、浸透圧の高いものから並べ、記号で示せ。乳酸の電離は無視してよい。

ii) 下線部(b)について、ポリ乳酸 0.800 g を適当な溶媒に完全に溶かし、0.100 L の希薄溶液とした。この溶液の 27.0 °C における浸透圧は 5.54×10^2 Pa であった。このポリ乳酸の分子量を求めよ。有効数字 2 桁で記し、計算過程も記せ。ただし、このポリ乳酸はすべて等しい分子量をもつとする。またポリ乳酸の電離は無視してよい。

iii) ii) で求めた分子量より、このポリ乳酸について、単量体が繰り返し結合している数を表す重合度 n を求めよ。有効数字 2 桁で記せ。計算過程も記せ。ただし、このポリ乳酸の末端の構造は無視してよい。

(下書き用紙)

生 物

生物問題 I (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

体内の代謝反応は、酵素が触媒としてはたらくことでなされている。酵素はタンパク質である。タンパク質は20種類のアミノ酸が様々な配列で結合し成り立っている。このアミノ酸の配列は、DNAの連続した3つの塩基の配列によって決定される。この配列から写し取られた伝令RNAの塩基配列をコドンと呼ぶ。遺伝子と酵素の関係を示す研究例として、ビードルとテータムの実験がある。

かれらはアカパンカビの野生株(最少培地で生育する)にX線照射し、最少培地では生育しないが、ある物質を培地に添加すると生育できる株を多数得た。この中に、アミノ酸のアルギニンを要求する株が含まれていた。さらに詳しく検討すると、アルギニン要求株の中には、アルギニン以外のアミノ酸であるシトルリンやオルニチンでも生育する株が含まれていた。最少培地にこれらのアミノ酸を添加した時の生育結果から、アルギニン要求株は3通りの株に分類でき、アルギニンの合成経路が、オルニチン → シトルリン → アルギニンの順であることが分かった。彼らは、これらの実験から一遺伝子一酵素説を唱えた。

問1 次の問に答えよ。

- (1) 酵素の特徴は、特定の物質に作用することにある。この性質を何と呼ぶか。
- (2) 下線部(a)について、コドンを構成する3つの塩基を何と呼ぶか。
- (3) 下線部(d)について、このような株を何と呼ぶか。

問2 下線部(b)について、最少培地とは何か。30字以内で答えよ。

問 3 下線部(c)について、X線照射によって何が起こったと考えられるか。30字以内で答えよ。

問 4 下線部(e)でどのような実験が行なわれ、どのような結果と解釈が得られたのか。図や表を使って、説明せよ。3通りの株を、A、B、Cとして答えよ。

問 5 下線部(f)について、一遺伝子一酵素説に替わって、現在では一遺伝子一ポリペプチド説が信じられるようになった。一遺伝子一酵素説との違いは何か。100字以内で答えよ。

生物問題 II (環境科学部・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

発芽が光によって促進される種子のことを **ア** と呼ぶ。発芽の促進にはとくに **(a)** **A** が有効であり、逆に発芽を阻害するのは **B** である。この現象に関係しているのは **イ** と呼ばれる色素タンパク質である。

一方、光合成にとってとくに有効な光は **(b)** **A** と **C** である。それは **ウ** や **エ** などの光合成色素がそれらの光をよく吸収するからである。ただし、光合成の過程は光が直接関係する反応と、光は直接関係しない反応の2つの段階からなっているため、光の強さが常に光合成速度を決めるわけではない。それは **(c)** 環境要因のうちもっとも不足した要因によって決定される。
(d)

問1 **ア** ～ **エ** に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に当てはまる植物を以下から2つ選べ。

イネ キュウリ レタス カボチャ タバコ

問3 **A** ～ **C** に適当な光の名前を入れよ。また、それらを波長の長い順に並べ、記号で答えよ。

問4 **イ** によって発芽が誘導される際にはたらく植物ホルモンを挙げよ。また、種子の休眠維持にとって重要な植物ホルモンを挙げよ。さらに、それら2種の植物ホルモンの他の作用をそれぞれ1つずつ挙げよ。

問5 異なる波長の光照射による下線部(b)の変化について100字以内で述べよ。

問 6 下線部(c)について、以下の問いに答えよ。

- (1) 光合成にかかわる反応を明らかにするため、過去には同位体元素を用いた実験も行われている。そのうちの1つについて、実験を行った研究者の名前を答えよ。
- (2) その実験の概要と結果を120字以内で述べよ。
- (3) その実験の結果から何が明らかとなったのかを40字以内で述べよ。

問 7 下線部(d)のことを何と呼ぶか答えよ。また、光の強さ以外に光合成速度を決定する環境要因を2つ挙げよ。

生物問題 III (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

「目は口ほどにものを言う」という言葉がある。とくに瞳孔(ひとみ)の大きさはいろいろな状況で変化し、感情を映す鏡のように考えられてきた。

瞳孔の大きさは、第一に、入ってくる光の量を調節するために変化する。目に急に光が入ってくると、瞳孔は縮小する。この反応は反射の一種で、対光反射と呼ばれている。反射の全経路を一般的に **ア** というが、これは **イ** — 感覚神経 — 中枢 — 運動神経 — **ウ** の経路からなる。対光反射の基本的な経路は、簡略化して言うと、網膜 — 視神経 — ^(a) 中枢 — ^(b) 副交感神経 — 瞳孔括約筋(瞳孔収縮筋)である。通常、^(c) 脊髄反射とは異なり、対光反射では、中枢からの情報が左右の副交感神経に伝えられる。したがって、片方の瞳孔に光を照射すると、両側の瞳孔が縮小することになる。今、右側の副交感神経に病変がある人の場合を考えてみよう。この人の視神経には異常がないので、どちらの瞳孔に光を照射しても、その情報は中枢に伝えられる。しかし、右側の副交感神経に病変があるので、右側の瞳孔は収縮しない。したがって、この人の瞳孔反応は表1のようになる。同様に、副交感神経には異常がないが右側の視神経に病変がある人の場合、瞳孔反応は表2のようになる。

表1 右側の副交感神経に病変がある人の瞳孔反応

	右瞳孔	左瞳孔
右眼に光照射	収縮しない	収縮する
左眼に光照射	収縮しない	収縮する

表2 右側の視神経に病変がある人の瞳孔反応

	右瞳孔	左瞳孔
右眼に光照射	エ	オ
左眼に光照射	カ	キ

瞳孔の大きさは近くの物体を見る時にも変化する。近くの物体を見る時には調節作用が働いて水晶体の厚さが変化する。この時、^(d) 瞳孔の大きさがどのように変化するかを調べるために、次の実験を行った。図1のように、被験者の左右の瞳孔を結ぶ線分

の中点をO点とした。O点からこの線分に垂線を引き、この垂線上を物体が一定の速度で往復運動する。この時、被験者に左右の眼で物体を見つけてもらって、視標の運動、眼球の運動、瞳孔の大きさ(瞳孔の直径)を同時に記録した。O点から視標までの距離を x ($14\text{ cm} < x < 50\text{ cm}$)、O点から瞳孔までの距離を y (右側を正、左側を負の方向とする)、瞳孔の直径を z とした。結果は図2のようになった。右眼と左眼の瞳孔径はほぼ同じ変化を示した。

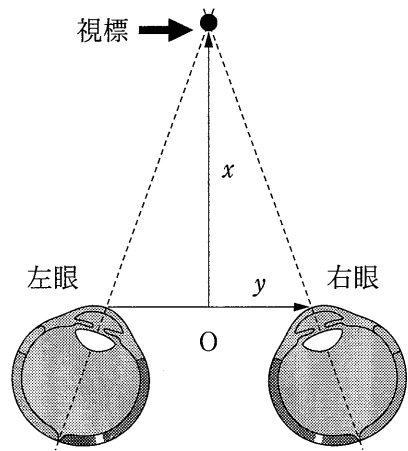


図 1

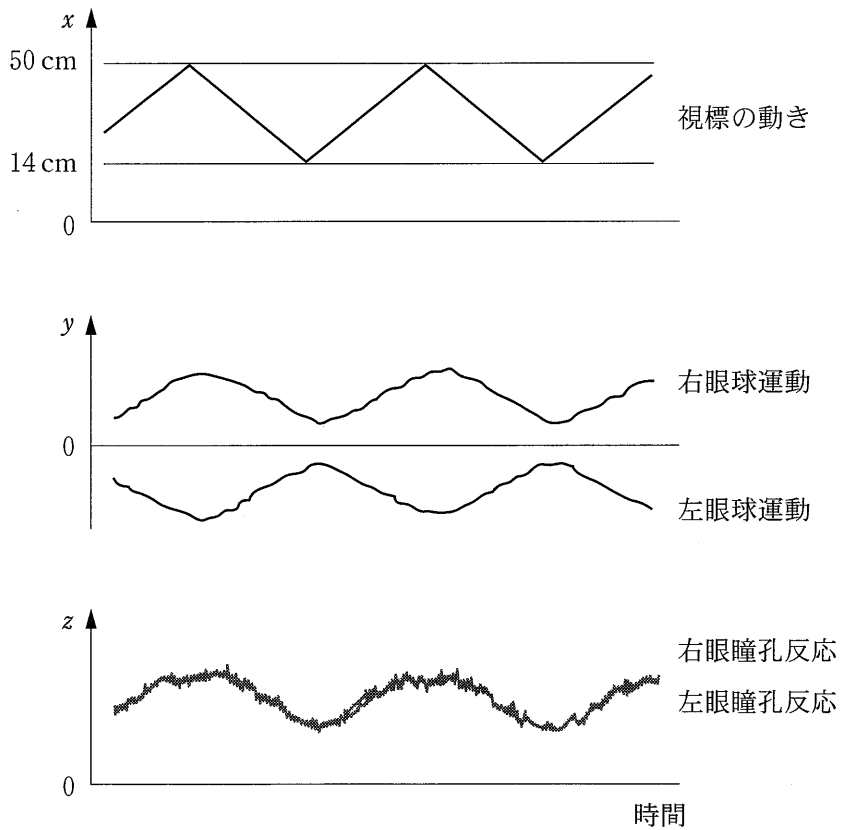


図 2

問 1 ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)について，対光反射の中枢はどこにあるか。大脳，間脳，中脳，橋，延髄，小脳のうちから一つ選んで記せ。

問 3 下線部(b)の神経伝達物質を答えよ。

問 4 下線部(c)の例を一つ挙げよ。

問 5 表 1 にならって，表 2 のエ～キに(収縮する)または(収縮しない)を入れて，表を完成させよ。

問 6 下線部(d)のしくみを，毛様筋，チン小帯，水晶体という語句を使って簡潔に説明せよ。

問 7 図 2 の結果から，近くを見るとき，眼球の運動と瞳孔の大きさはどのように変化するか。簡潔に述べよ。

問 8 この実験の結果から，毛様筋を支配するのは体性運動神経，交感神経，副交感神経のどれと考えられるか。神経名を答えたうえ，そう考えられる理由を述べよ。

(下書き用紙)

生物問題 IV (環境科学部生物資源管理学科・人間文化学部)

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生体内タンパク質の多くは、細胞内小器官である ア 内で多数のアミノ酸が連なったポリペプチド鎖の形で合成されるが、このままではその機能を発揮することができない。そこで、タンパク質が機能するためには、このポリペプチドが適切に折りたたまれ、それぞれのタンパク質に特有な立体構造が形成される必要がある。タンパク質研究の歴史の中で、アンフィンゼンらは試験管内での実験で、あるタンパク質^(a)を高濃度の尿素中で還元剤によって変性(ポリペプチドの状態)させた後に、尿素と還元剤を透析で除去すると元と同じ立体構造と機能を持ったタンパク質が再生することを発見した(図1)。これらの実験結果を基に、タンパク質の立体構造の形成について^(b)のドグマ(ルール)が導かれた。一方、細胞内のように多数のタンパク質が存在する状況では、ポリペプチド同士の相互作用によってできる凝集のため折りたたみに不都合が起き、タンパク質は自身の力だけでは再生できなくなる。この時、シャペロンと呼ばれる一群のタンパク質による介添え機能によって再生が行われる。

図1 タンパク質

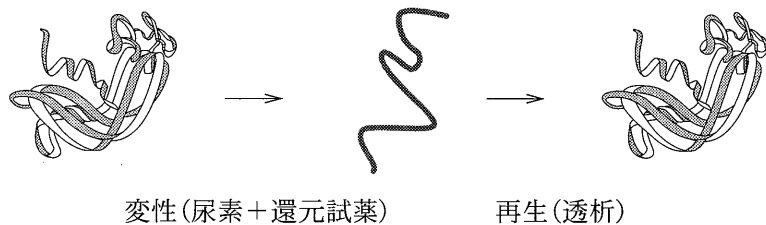


図1は試験管内で行われた実験結果を示したものである。最初に、あるタンパク質を高濃度の尿素中で還元剤によって処理することで、タンパク質は図のように変性した状態となる。その後、透析を行い尿素と還元剤を除去すると、元と同じ立体構造と機能を持ったタンパク質が再生されてくることが明らかとなった。

問 1 文中の空欄 ア に適切な語句を入れよ。

問 2 文中の下線部(a)について、次の各問いに答えよ。

- (1) タンパク質の立体構造維持に必要で、尿素中で還元剤によって切断される結合は何と呼ばれているか。
- (2) 尿素以外にもタンパク質の変性を引き起こす条件を2つ挙げよ。

問 3 アンフィンゼンらが実験に用いたタンパク質は酵素であった。なぜ、酵素を用いたのか。その理由について40字以内で答えよ。

問 4 文中の下線部(b)について、この実験結果から導かれるタンパク質の立体構造の形成についてのドグマ(ルール)とは何か。30字以内で答えよ。