

令和7年度
一般選抜（後期）

14時30分～17時00分

理 科

科目名	問 題 冊 子 頁
物 理	1 ～ 10 頁
化 学	12 ～ 16 頁
生 物	18 ～ 26 頁

科目名	解 答 用 紙 頁
物 理	1 ～ 4 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. 解答はかならず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をはずさないこと。
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。なお、途中退場する場合は問題冊子を持ち帰れない。
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	
------	--	-----	--

◇M3(807—19)

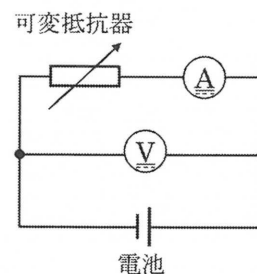
物 理

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) に適切な数値を入れなさい。

- 〔1〕 密度の分からない液体中で、体積 200 cm^3 、質量 140 g の一様な密度の物体を静かに放したところ、物体は加速度 140 cm/s^2 で上昇を始めた。このとき、物体に対しては浮力と重力のみが作用しているとする。これより、浮力は (①) N 、液体の密度は (②) g/cm^3 である。物体は液面に達して静止した。液面よりも上にある物体の体積は全体の (③) % である。必要なら重力加速度の大きさ 980 cm/s^2 を用いなさい。

- 〔2〕 図のように、電池に可変抵抗器と電流計、電圧計を接続した。電流計の内部抵抗は十分に小さく、電圧計の内部抵抗は十分に大きいものとする。可変抵抗器の抵抗値を変えながら電流計と電圧計の値を読み取ったところ、電流計の値が 0.20 A のとき電圧計の値は 1.40 V であり、電流計の値が 0.40 A のとき電圧計の値は 1.20 V であった。このことから、この電池の起電力は (④) V であり内部抵抗は



(⑤) Ω であることがわかる。可変抵抗器の抵抗値を 15Ω にするとき、電流計の値は (⑥) A である。

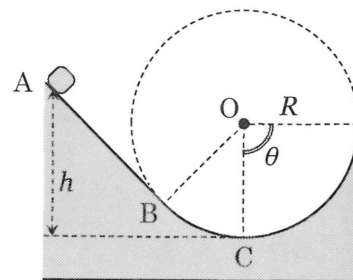
- 〔3〕 真空、媒質 1、媒質 2 における光速をそれぞれ $3.0 \times 10^8\text{ m/s}$ 、 $2.0 \times 10^8\text{ m/s}$ 、 $1.5 \times 10^8\text{ m/s}$ とする。真空中で波長 $6.0 \times 10^{-7}\text{ m}$ の光が媒質 1 へ入射すると、この光の媒質 1 での波長は (⑦) m 、媒質 1 での振動数は (⑧) Hz である。また、媒質 2 に対する媒質 1 の相対屈折率は (⑨) である。

- 〔4〕 水の融点は 0°C 、水の融解熱は 334 J/g 、液体の水の比熱は $4.22\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ である。いま、 0°C の氷の上を速さ 1.00 m/s ですべる質量 60.0 kg の物体が、摩擦により停止した。このときの仕事がすべて熱に変わるとすると、発生する熱量は (⑩) J である。この発生する熱量のすべてを使ってすべての氷がとけて液体の水になった。とけた後の水の温度が 0°C のとき、とけた水の質量は (⑪) g 、とけた後の水の温度が 1°C のとき、とけた水の質量は (⑫) g である。

- 2** 次の文章は物理の問題に取り組む生徒（マリオさんとアンナさん）と ^{ひじり} 聖先生の会話である。
 （①）から（⑨）に入るもっとも適切な式または数値を答えなさい。また、下線部（あ）、（い）に入る適切な語句を選びなさい。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

聖先生「今日は全部で 3 つの問題に取り組めます。まずは〔1〕を考えてみましょう」

- 〔1〕 図のように、なめらかな斜面 AB が点 B で、点 O を中心としたなめらかな円形のレールに接続されている。円形のレールは、図に示すように、鉛直下方向から測った角度で θ まで敷かれている。円形レールの最下端 C から高さ h の位置 A で質量 m の小物体を静かに放したところ、小物体は斜面をすべり下り、円形レールにしたがって移動した。小物体がレールの端に到達してもなお運動エネルギーをもっている場合、小物体はレールの接線方向に投射される。 $\theta = 90^\circ$ の場合、小物体が到達する最高点の C からの高さはいくらか。また $\theta = 45^\circ$ の場合はどうか。



マリオ「小物体の運動は簡単にイメージできますね。これは円運動の問題かな？」

聖先生「円形のレールに惑わされないように！」

アンナ「文中に『運動エネルギー』という用語があるのがヒントかしら？」

聖先生「よい着眼点ですね。 $\theta = 90^\circ$ の場合、レールから投射される小物体の速さ v を g 、 h 、 R で表すとどうなりますか？」

マリオ「 $v =$ （①）です。そうか。小物体がこの速さで投射されたと考えればよいのか」

アンナ「そうね。そうすると、 $\theta = 90^\circ$ の場合、小物体が到達する最高点の C からの高さ h_1 は $h_1 =$ （②）です」

聖先生「これは簡単だったね。では $\theta = 45^\circ$ の場合、レールから投射される小物体の速さ v を g 、 h 、 R で表してみてください」

アンナ「 $\theta = 90^\circ$ と同じように考えればよいので、 $v =$ （③）となります」

マリオ「レールの端からこの速さで投射されたと考えればよいので $\theta = 90^\circ$ と同じ計算をすると…」

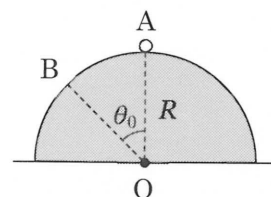
聖先生「ちょっと待って。 $\theta = 45^\circ$ の場合の投射をちゃんとイメージしてね！」

マリオ「ああ、そうか。 $\theta = 45^\circ$ の場合の最高点の C からの高さを h_2 とすれば…」

アンナ「 $h_2 =$ （④）です」

聖先生「よろしいと思います。では〔2〕はどうか？今度は円の外側をすべりますよ」

- 〔2〕 図のように点 O を中心とした半径 R の球の半分（半球）を水平な床に伏せて固定し、最上点 A に質量 m の小物体を置き、静かに放したところ、小物体はなめらかな球面上をすべり下りて鉛直方向からの角度 θ_0 の位置 B で半球から離れた。 θ_0 はいくらか。



マリオ「すべり下りるのか。なんとなく 45° くらいで球面から離れそうだ」
 聖先生「小物体が球面をすべり下りている状況を想像できたようですね。では、小物体が速さ v で、鉛直方向からの角度が θ の位置をすべり下りているときの、中心方向の運動方程式を書いてみましょう」

アンナ「小物体は円運動をしているのね。そうすると、速さ v の他に、垂直抗力も設定しておかなくては！垂直抗力の大きさを N として、小物体が球面上をすべり下りているときの運動方程式を m 、 v 、 R 、 N 、 θ 、 g を用いて表すと（⑤）となります」

聖先生「では、小物体が球面から離れる条件式を、 v 、 R 、 θ_0 、 g を用いて表すとどうなりますか？」

マリオ「これは簡単だ！（⑥）です」

聖先生「マリオさんの求めた条件式の中には求まっていない物理量がありますね。その物理量を求めるために、小物体が A 点にあるときと B 点にあるときについて、力学的エネルギー保存の法則を書いてみましょう」

マリオ「重力による位置エネルギーを計算するために基準面が必要になるな。床を基準面にしよう。」

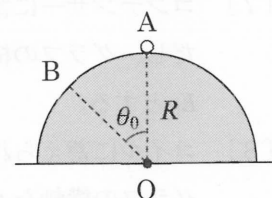
力学的エネルギー保存の法則は、床を基準面として $mgR =$ （⑦）となります」

聖先生「よろしいようです。運動方程式と力学的エネルギー保存の法則から、離れる瞬間の θ_0 が求まりますね。でもここでは計算機が使えませんか $\cos\theta_0$ を求めておきましょう」

アンナ「 $\cos\theta_0 =$ （⑧）です！たしかに θ_0 はおよそ 45° くらいだけれども、正確には 45° よりも（あ）大きい／小さい ですね」

聖先生「イメージどおりでしたね！では〔3〕に挑戦してみましょう」

〔3〕 図のように点 O を中心とした半径 R の半球を水平な床に伏せて固定し、最上点 A に質量 m の小球を置き、静かに放したところ、小球は球面上をすべることなく転がり下りて鉛直方向からの角度 θ_0 の位置 B で半球から離れた。 θ_0 はいくらか。



マリオ「すべることなく転がり下りる？」

アンナ「現象はイメージできました。でも…」

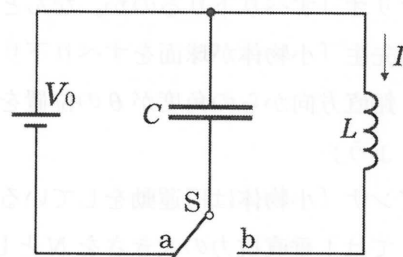
マリオ・アンナ「小球が転がる状況を式で表すことは学習していません！」

聖先生「ああ、そうでした。この問題はヒントなしでは解けませんね。球がすべらずに転がる場合について説明します。回転する球は回転によるエネルギーをもっています。これを回転エネルギーと呼びます。小球が速さ v で球面上を転がり下りているときの小球の運動エネルギーは、〔2〕の運動エネルギーに回転エネルギーを加えた式で表されます。このときの回転エネルギーをみなさんに分かるように表すと $\frac{1}{5}mv^2$ となります。そして、小球が十分小さければ、この問題でも、小球が球面から離れる条件式は（⑥）になります。それでは〔2〕と同様に θ_0 ではなく $\cos\theta_0$ を求めてみてください」

マリオ「おお、それなら計算できるぞ！ $\cos\theta_0 =$ （⑨）です！」

アンナ「この角度は〔2〕の場合よりも（い）大きい／小さい のですね！」

3 図のように、直流電源に平行板コンデンサーとコイルを並列に接続し、さらにスイッチ S を接続した。直流電源の電圧を V_0 、コンデンサーの電気容量を C 、コイルの自己インダクタンスを L とする。また、コイルや導線の電気抵抗は無視できるものとする。以下の各問に答えなさい。必要であれば円周率は π を用いなさい。



スイッチを a に接続して十分に時間を経過させた。

〔1〕 コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーを答えなさい。

次に、時刻 $t = 0$ にスイッチを b に接続すると、コンデンサーとコイルの回路に振動電流が流れた。つまり、電気振動が起こった。

〔2〕 コンデンサーとコイルの回路の固有周波数（固有振動数）を答えなさい。

〔3〕 振動電流の周期 T を答えなさい。

〔4〕 コイルに蓄えられるエネルギーの最大値を V_0 、 C 、 L 、 π のうち必要なものを用いて答えなさい。

〔5〕 コンデンサーの極板間の電圧 V の時間変化を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を t 、縦軸を V とし、時刻 $t = 0$ におけるコンデンサーの極板間の電圧を V_0 とする。

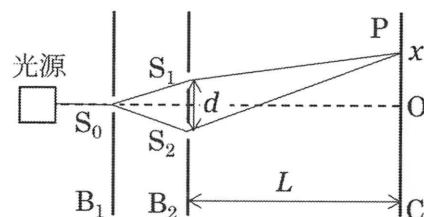
〔6〕 コイルを流れる電流 I の時間変化を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、コイルを流れる電流 I の正の向きを図の矢印の向きとする。また、グラフの横軸を t 、縦軸を I とし、コイルを流れる電流の最大値を I_0 とする。

〔7〕 コンデンサーに蓄えられるエネルギー E_C の時間変化を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を t 、縦軸を E_C とし、コンデンサーに蓄えられるエネルギーの最大値を E_0 とする。

〔8〕 コイルに蓄えられるエネルギー E_L の時間変化を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を t 、縦軸を E_L とする。

〔9〕 $E = E_C + E_L$ とする。 E の時間変化を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を t 、縦軸を E とする。

4 光の波動性に関する以下の実験を考える。図のように、光源から出た波長 λ の単色光がスリット S_0 と、スリット S_1 もしくはスリット S_2 を通りスクリーン C に到達する。 S_1 と S_2 の間隔は d で、 S_1 と S_2 はともに S_0 から等距離の位置にある。 S_0 のある平板 B_1 、 S_1 と S_2 のある平板 B_2 、および C はすべて平行で、 B_2 と C の間の距離は L である。 C 上の点 O は S_0 と、 S_1 と S_2 の中点とを通る直線が C と交わる点である。 O を原点として、 C 上で図の上向きを x 軸にとり、座標 x (≥ 0) の点を P とする。 d と x は L に比べて十分小さいものとする。光速を c 、円周率を π として以下の各問に答えなさい。



- [1] S_0 から出た光が S_1 と S_2 に同時に同位相で到達した後、 S_1 と S_2 から出た光は様々な方向に進み、 C に明暗の縞模様ができる。縞模様ができる原因となる、波としての光の主な性質は 2 つあり、1 つは回折である。もう 1 つの性質の名称を漢字 2 文字で答えなさい。
- [2] 光の経路 S_1P の長さを、近似を用いずに求めなさい。
- [3] P に到達する 2 つの光の経路差 $S_2P - S_1P$ を、十分小さい $|y|$ に対して $\sqrt{1+y} \doteq 1 + \frac{y}{2}$ の近似式が成り立つことを用いて求めなさい。以下、 $S_2P - S_1P$ にはこの結果を用いなさい。
- [4] $x \geq 0$ の範囲で、 O から数えて 3 番目の C 上の明線の x 座標を求めなさい。ただし、 O の位置が明線の場合はそれを 1 番目とする。
- [5] C 上の明線の位置における光の強さを考える。次の文章の (①) から (⑤) に入るもっとも適切な式を答えなさい。ただし、位相には 2π の整数倍を加える不定性があるが、そのような余分な定数項を加えないこと。必要であれば $\sin p + \sin q = 2 \sin \frac{p+q}{2} \cos \frac{p-q}{2}$ を用いなさい。

ここでは、光源を出て S_1 および S_2 を通過した光を振幅 A 、波長 λ の正弦波として扱う。 t を時刻として S_1 を出た光が P に初めて到達したときを $t=0$ とする。 S_1 を出た光の、 $t \geq 0$ における P での正弦波の変位 z_1 が、初期位相 ($t=0$ における位相) α の単振動であった場合、

$$z_1 = A \sin[(\text{①})t + \alpha]$$

と表すことができる。ここで (①) は t によらない正の量である。一方、 S_2 を出た光が P に初めて到達したときの時刻は $t = (\text{②})$ である。 S_2 を出た光の、 $t \geq (\text{②})$ における P での正弦波の変位 z_2 も単振動であり、

$$z_2 = A \sin[(\text{①})t + (\text{③}) + \alpha]$$

と表すことができる。ここで (③) は t によらない量である。これらの変位の和を

$$z_1 + z_2 = (\text{④}) \sin[(\text{①})t + \frac{1}{2}(\text{③}) + \alpha]$$

と表したとき、 P での光の強さは (④) の 2 乗に比例定数 k をかけた量で与えられる。これにより、[4] で求めた明線の位置における光の強さは (⑤) となる。

5 次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

元素の種類は原子核中の陽子の数で決まる。同じ元素でも中性子の数が異なる原子があり、これらの原子を互いに同位体（アイソトープ）という。同じ元素の同位体の化学的性質はほとんど同じであるが、それらの物理的性質は大きく異なることがある。たとえば、中性子の数によって安定な同位体と不安定な同位体が存在し、不安定な同位体は自然に放射線を出して別の原子核に変わっていく。この現象を（ ① ）といい、自然に放射線を出す性質を（ ② ）という。（ ② ）をもつ同位体を（ ③ ）、（ ② ）をもつ物質を（ ④ ）という。（ ① ）には、アルファ線を放出して別の原子核に変わるアルファ崩壊、ベータ線とニュートリノを放出して別の原子核に変わるベータ崩壊がある。崩壊後の原子核が励起状態にあるときにはさらにガンマ線を放出し、最終的に原子核は基底状態となる。（ ③ ）のうち、半減期が長いものは自然界に存在し、その一つに A 半減期が 139 万年でベータ崩壊するベリリウムの同位体 ^{10}Be があり、堆積物の年代測定などに利用されている。

放射線が物質を通過すると、B 放射線は運動エネルギーをつかって物質中の原子から電子を弾き飛ばすことがある。この現象は放射線がもつ電気量が大きいのほど強く現れる。この現象のため、物質を通過する放射線は徐々に運動エネルギーを失い、最終的に放射線のエネルギーはその物質にすべて吸収される。この現象が分子を構成している原子に対して起こる場合、その分子が破壊されることがある。放射線が人体を通過するときには、この現象は DNA や細胞を構成する分子の破壊につながる場合があり、その影響が人体に悪影響を及ぼすことがある。人体が放射線にさらされることを被曝というが、C 被曝には、人体の外側からの被曝と、体内に取り込んだ（ ④ ）による人体の内側からの被曝の 2 つがある。放射線は人体に悪影響を与えることがあるため基本的には放射線から人体を防護することが必要である。一方で、医療・医学の分野では放射線を適切に管理することで、D 放射線の透過力を利用した診断や下線部 B の現象を利用した治療などを行っているように、放射線は人体の健康を保つことにも役立っている。

- [1] 文中に現れる粒子または電磁波を示す語から、レプトンに属する語をすべて選び、その語を答えなさい。
- [2] 文中の (①) から (④) に入るもっとも適切な語句を答えなさい。
- [3] 下線部 A について、以下の各問に答えなさい。
- (1) この同位体のベータ崩壊後の原子核の陽子数と中性子数をそれぞれ答えなさい。
 - (2) 物質中のこの同位体の数が、はじめの数の $\frac{1}{1000}$ になるまでの年数を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.301$ とする。
- [4] 下線部 B について、以下の各問に答えなさい。
- (1) 放射線が示すこの現象の名称を答えなさい。
 - (2) 放射線が X 線の場合、電子を弾き飛ばした後の X 線のエネルギーは、弾き飛ばす前の X 線のエネルギーより小さくなる。X 線が起こすこの現象の名称を答えなさい。
- [5] 放射線に関する以下の単位について、単位記号をアルファベット 2 文字で表し、その読み方を答えなさい。
- (1) 物質が 1 kg あたりに吸収する放射線のエネルギー量の単位。
 - (2) 人体に対する影響を加味した線量の単位。
- [6] 下線部 C について、以下の各問に答えなさい。
- (1) 外側からの被曝と内側からの被曝の名称をそれぞれ漢字 4 文字で答えなさい。
 - (2) 外側からの被曝を低減するための 3 つの原則を答えなさい。
- [7] 下線部 D について、以下の各問に答えなさい。
- (1) 透過力がもっとも小さい放射線を、アルファ線、ベータ線、X 線、ガンマ線、中性子線のうちから 1 つ選び、その語を答えなさい。
 - (2) 透過力が小さくなる理由は、文章の内容から読み取ることができる。(1) の解答の理由を、文章の内容をもとにして、2 行以内で答えなさい。

以 上

化 学

[注意] 気体定数と原子量は次の値を用いよ。また、元素記号はブロック体を用いること。

気体定数 $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

原子量 $\text{H}=1.00 \quad \text{C}=12.0 \quad \text{N}=14.0 \quad \text{O}=16.0 \quad \text{Na}=23.0 \quad \text{Cl}=35.5$

1 問いに答えよ。

[1] 直径が $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$ 程度で典型的な分子やイオンよりも大きい粒子が、ほかの物質に均一に分散しているものをコロイドといい、分散している粒子をコロイド粒子という。コロイドは、コロイド粒子の構造や水分子との親和性などによってさまざまな種類に分類することができる。(a) 疎水コロイドの溶液に少量の電解質溶液を加えるとコロイド粒子の沈殿が生じるが、(b) 親水コロイドの溶液に少量の電解質溶液を加えても沈殿を生じない。

1) コロイドに関する記述 (ア) ~ (オ) について、下線部が正しいものには丸 (○) を、間違っているものには正しい用語をそれぞれ記せ。ただし、「親水」および「疎水」という用語は使用しないこと。

(ア) 雲は水滴が分散媒のコロイドである。

(イ) 分散媒が液体のコロイドをゾルという。

(ウ) デンプン水溶液は会合コロイドである。

(エ) セッケン水中でセッケン分子が形成するコロイドは分子コロイドである。

(オ) 水酸化鉄(III)水溶液中で水酸化鉄(III)が形成するコロイドはミセルコロイドである。

2) 下線部(a)で観察される現象の名称を記せ。

3) 下線部(b)で沈殿を生じない理由を 2 行で記せ。

〔2〕ヒトの体液と浸透圧が等しい溶液を等張液とよび、注射に用いられる薬液や点眼薬は等張になるように調製されている。溶質と溶媒は蒸発しないものとし、有効数字は2桁で答えよ。

1) 希薄溶液の浸透圧に関する記述として正しいものを、次の(ア)～(オ)から二つ選び記号で記せ。

(ア) 溶液のセルシウス温度に比例する。

(イ) 単位体積あたりの溶媒に含まれる溶質の質量に比例する。

(ウ) ファントホッフの法則を用いて分子量の測定に利用できる。

(エ) 同じ環境下でモル濃度が等しい塩酸と酢酸溶液の浸透圧は等しい。

(オ) 溶媒と溶液を半透膜で仕切るとき、浸透圧とは溶媒の溶液側への浸透を防ぐのに必要な圧力である。

2) 0.9% NaCl 水溶液の浸透圧は等張液と等しい。等張液 (37°C) の浸透圧 [Pa] を求めよ。
ただし、この NaCl 水溶液の密度は 1.0 g/mL とし、NaCl は完全に電離しているものとする。

3) ある薬剤 1.0 g に水を加えて 100 mL とし、水のみを浸透する半透膜で仕切られた断面積 1.0 cm^2 の U 字管の一方に加えた。U 字管のもう一方に等量の純水を加えて 37°C で放置したところ、溶液側の液面が上昇し、^(c) 両液面の差が 20 cm になって停止した (図 1)。水溶液 1 cm の示す圧力を 98 Pa であるものとして次の問いに答えよ。ただし、薬剤はすべて水に溶解し、薬剤とグルコースは水溶液中で電離しないものとする。また、水溶液の体積はグルコースを加えても変化しない。

i) 下線部(c)のときの溶液の浸透圧 [Pa] を求めよ。

ii) この薬剤の分子量を求めよ。

iii) この薬剤 12 g に水を加えて 10 mL とした。この溶液の浸透圧を求めよ。また、この溶液を等張にするためにはグルコース (分子量 180) を何 g 加える必要があるか求めよ。

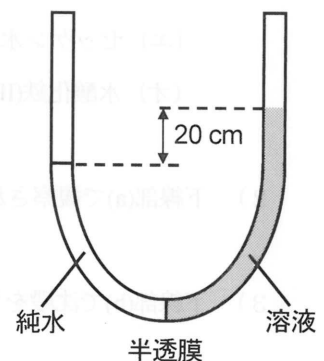


図 1

〔3〕腎臓の機能が低下すると血液中の尿素などの老廃物を除去できなくなるため、透析療法とよばれる治療が必要になる。透析療法には血液透析と腹膜透析の2種類の方法がある。前者は (d) 血液を透析器のなかで浸透圧以上の圧力を加え、半透膜を介して透析液と呼ばれる溶液に老廃物を浸透させて除去する方法である。後者は腹腔とよばれる身体内部の空間に半透膜でできた袋（透析バッグ）をあらかじめ入れておき、(e) 袋のなかの透析液に老廃物を浸透させて除去する方法である。透析療法で用いられる半透膜は、水や老廃物は浸透させるがタンパク質などの大きな分子は浸透させないものが用いられている。

- 1) 下線部(d)の、圧力を加えることによって溶媒分子が通常とは逆向きに浸透する現象の名称を記せ。
- 2) 下線部(e)では、老廃物は圧力によらず自然に散らばることにより透析バッグに浸透している。この現象の名称と、この現象を起こす分子の運動の名称をそれぞれ記せ。

2 問いに答えよ。

〔1〕単純タンパク質の水溶液を用いて実験 1～4 を行った。

実験 1・・・操作 1：沸騰石を入れ、穏やかに加熱した。

結果 1：タンパク質水溶液が白濁した。

実験 2・・・操作 2：水酸化ナトリウム NaOH を加えて熱した後、酢酸鉛(II) $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ 水溶液を加えた。

結果 2：黒色沈殿が生じた。

実験 3・・・操作 3－1：化合物①を加えて熱した。

結果 3－1：溶液が色②を呈した。

操作 3－2：結果 3－1 が得られた水溶液を放冷後、化合物③を加えた。

結果 3－2：溶液が橙黄色に変化した。

実験 4・・・操作 4： NaOH 水溶液を加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(II) CuSO_4 水溶液を少量加えた。

結果 4：溶液が呈色した。

【選択肢】(ア) アンモニア水 (イ) エタノール (ウ) 塩化ナトリウム (エ) 希塩酸
(オ) 炭酸 (カ) ニンヒドリン (キ) 濃硝酸 (ク) 淡桃色
(ケ) 黄色 (コ) 緑色 (サ) 青色 (シ) 赤紫色
(ス) 黒色 (セ) 白色 (ソ) 無色 (タ) アミノ基
(チ) カルボキシ基 (ツ) チオール基 (テ) ペプチド結合 (ト) ベンゼン環

1) 結果 1 はタンパク質が変性したためである。タンパク質の変性とは何か、1 行で説明せよ。

2) 結果 2 で得られた黒色沈殿を化学式で示せ。また、このタンパク質に含まれる、黒色沈殿の原因となる元素の名称を漢字で記せ。

- 3) 実験3で起こる一連の反応を「キサントプロテイン反応」という。
- i) 操作3-1および操作3-2で加えた化合物①および③にあてはまるものを選択肢から選び、それぞれ記号で記せ。
 - ii) 結果3-1において溶液が呈した色②を選択肢から選び、記号で記せ。
 - iii) 操作3-1では、タンパク質を構成するアミノ酸のどの構造に置換反応が起こったか。選択肢から選び、記号で記せ。
- 4) 結果4が得られる反応の名称を記せ。また、この反応において、 Cu^{2+} が配位結合するタンパク質中の構造および呈する色を選択肢から選び、それぞれ記号で記せ。

[2] タンパク質に濃硫酸 H_2SO_4 と触媒を加えて煮沸すると、タンパク質中の窒素 **N** はすべて硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ に変化する。(a) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ に強塩基である NaOH を充分量加えて溶液を塩基性にした後に加熱すると、弱塩基であるアンモニア NH_3 が気体となって遊離する。

ある質量 [mg] の単純タンパク質について上記の反応を行い、タンパク質に含まれる **N** をすべて $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ とした。これに NaOH 水溶液を加えて加熱し、(b) 発生した NH_3 を 0.020 mol/L の H_2SO_4 20 mL にすべて吸収させた。 その後、(c) 未反応の H_2SO_4 水溶液を 0.050 mol/L の NaOH 水溶液で滴定したところ、中和点までに 12 mL を要した。 以下の問いに答えよ。ただし、 NH_3 の吸収で H_2SO_4 の体積は変化しないものとし、有効数字は2桁で答えよ。

- 1) 下線部(a)を化学反応式で表せ。
- 2) 下線部(c)のモル濃度 [mol/L] を求めよ。
- 3) 下線部(b)で発生した NH_3 の、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積 [mL] を求めよ。
- 4) このタンパク質に含まれる **N** の質量 [mg] を求めよ。

以 上

生 物

1 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

真核生物の細胞は体細胞分裂により増殖する。この分裂では元と同じ細胞を2つ作る必要があるの
で、1回の分裂に先立ってDNA複製が正確に1回行われる。S期に複製されたDNA同士（後に凝縮
して姉妹染色分体となる）は、特殊なタンパク質（コヒーシンという姉妹染色分体結合タンパク質）
により結合している。M期に入るとクロマチンが凝縮して染色体が形成され、多くの場合で核膜の崩
壊が起こる。染色体のくびれた部分には動原体が
形成される。動物細胞の場合、紡錘体の2つの極
（中心体）を起点に多数の微小管が形成され、その
一部が中期までに動原体に結合し、染色体が赤道
面に整列する（図1-1）。後期に入ると姉妹染色分
体結合タンパク質が分解されて染色分体が解離
し、また動原体に結合した微小管が短縮して各染
色分体は紡錘体の両極へ移動してゆく。これによ
り複製されたDNAが均等に娘細胞に分配される。

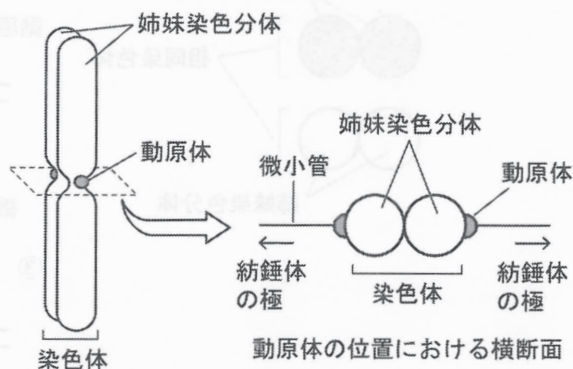


図1-1

私達のような有性生殖を営む複相（二倍体）の生物では、減数分裂という特別な細胞分裂によって
単相（一倍体）の配偶子を作り出す。従って減数分裂においては、全ての相同染色体を1本ずつ娘細
胞に分配することが課題となる。減数分裂では1回のDNA複製に続いて分裂が2回連続し、第一分
裂で相同染色体が、第二分裂で姉妹染色分体がそれぞれ娘細胞に分配される。第一分裂前期には相同
染色体の対合が起こる。このとき、姉妹染色分体同士は姉妹染色分体結合タンパク質で結合している
が、相同染色体同士は相同染色体間の乗換え（交叉）によって形成されるキアズマなどにより連結し
ている。対合に際しては相同染色体同士が相手を正しく見つけて近接する必要があるが、それがどの
ように実現しているのかについては、いまだ不明な点が残されている。

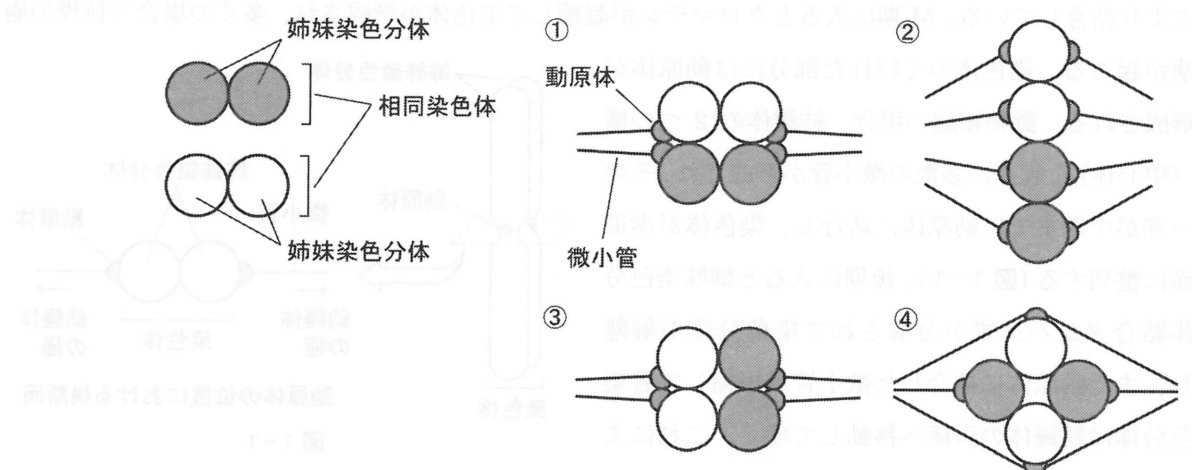
〔1〕 ヒトの体細胞において、姉妹染色分体同士と相同染色体同士で、塩基配列の大小関係
はどのようなものか（完全一致を100%とする）。最も適当なものを1つ選びなさい。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| ① 相同染色体同士 = 姉妹染色分体同士 | ② 相同染色体同士 < 姉妹染色分体同士 |
| ③ 相同染色体同士 > 姉妹染色分体同士 | ④ どちらも決まらない |

〔2〕 減数分裂について以下の問に答えなさい。

- 1) 乗換えは第一分裂において相同染色体を連結するほか、形成される配偶子の遺伝情報の組
成にも影響を及ぼす。それはどのようなものか、2行以内で説明しなさい。

- 2) 図 1-1 に示したように、体細胞分裂において紡錘体の中での染色体や動原体の配置は、姉妹染色分体を娘細胞へ分配するのに適したものとなる。それでは減数分裂の第一分裂中期における相同染色体、動原体および微小管の配置として適切なのはどれか、下の①～④から選びなさい。選択肢は図 1-1 と同じく動原体の位置での横断面であり、姉妹染色分体同士を同色で、相同染色体間を異色で表している。また紡錘体の極（中心体）は図 1-1 と同じく図の左右方向にあるものとする。なお、動原体の配置は、減数分裂の第一分裂と、体細胞分裂および減数分裂の第二分裂とでは異なる。



- 3) ヒトの減数分裂において、正常な数の染色体を持つ細胞から配偶子がつくられるとき、染色体の分配の仕方は何通り考えられるか。含まれる範囲を下の①～⑧から選びなさい。必要があれば $\log_{10} 2 = 0.30$ を用いなさい。なお乗換えは考慮しない。

- ① 100 以上 1000 未満 ② 1000 以上 1 万未満 ③ 1 万以上 10 万未満
 ④ 10 万以上 100 万未満 ⑤ 100 万以上 1000 万未満 ⑥ 1000 万以上 1 億未満
 ⑦ 1 億以上 10 億未満 ⑧ 10 億以上

〔3〕分裂酵母（単細胞の真核生物）は生育に適した環境では一倍体で増殖するが、窒素源が枯渇すると接合（細胞融合）と核融合を通じて二倍体核を生成し、減数分裂により胞子を形成する（図

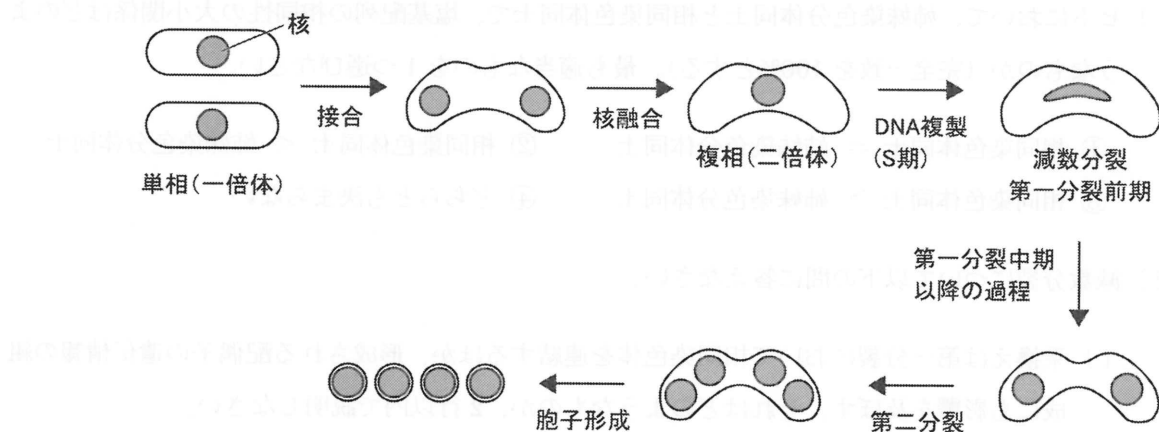


図 1-2

1-2)。減数分裂の第一分裂前期における相同染色体の対合に際しては、各染色体の両端（テロメア）が特殊なタンパク質を介して核膜の内面に結合し、テロメアが紡錘極体（動物細胞の中心体によく似た構造）近くに集合して染色体を花束のようにまとめたテロメアブーケという形状を示す（図 1-3、一对の相同染色体のみ示す）。相同染色体の対合について、分裂酵母で

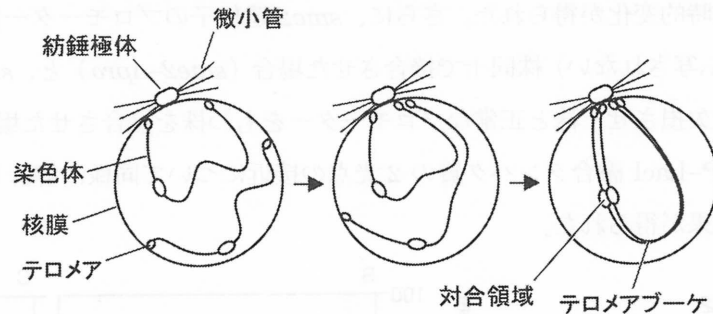


図 1-3

は 2 番染色体について研究が進んでいる。それによると、2 番染色体において *sme2* RNA という非翻訳 RNA (タンパク質の一次構造の情報を持たない RNA) を指定する DNA の領域が、まず互いに接近して対合領域を形成し（図 1-3）、2 番染色体の速やかな相互認識と対合が進むことが分かってきた。以下に、このことに関連した研究の一部を示す。なお、*sme2* 遺伝子の DNA 領域の接近、対合領域の形成そのものは乗換えを必要としないことが分かっている。

[実験 1] 2 番染色体の *sme2* 遺伝子座のすぐ上流、*sme2* RNA の転写を妨げない位置に、*lacO* という塩基配列（ラクトースオペロンに由来）の繰り返し配列を挿入した分裂酵母を作出した（図 1-4A）。個々の *lacO* には LacI というタンパク質が特異的に結合する。この酵母に、さらに緑色蛍光タンパク質（GFP）と LacI の融合タンパク質を発現させた。これにより、生きた細胞で *lacO* に結合した GFP-LacI 融合タンパク質を蛍光顕微鏡下で緑色の点として観察できるようになった。

この酵母を窒素源枯渇条件下で接合以降の過程を観察したところ、単相の核に 1 点ずつ緑色蛍光を認め、その 2 点が核融合を経て近付き、次第に 1 点として観察されるようになった（図

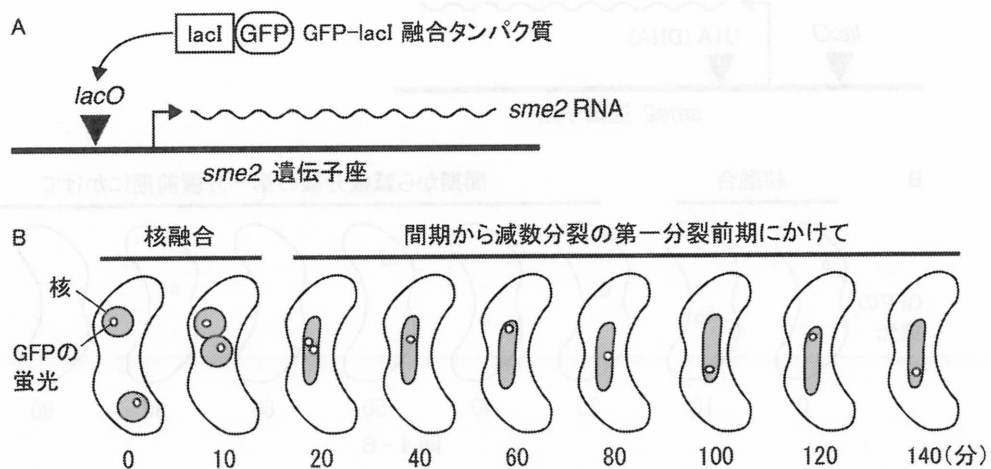


図 1-4

1-4B)。なお、GFP-LacI 融合タンパク質そのものに凝集する性質はない。2 光点が $0.35\ \mu\text{m}$ 以下に接近したものを対合成立と見なし、正常な *sme2* 遺伝子座をもつ株 (正常 *sme2*) (図 1-5A) 同士および *sme2* 遺伝子座を欠損させた株 (Δsme2) 同士で接合させ、GFP-LacI 融合タンパク質の 2 光点が $0.35\ \mu\text{m}$ 以下に接近しているものの割合を調べたところ、図 1-5B のような経時変化が得られた。さらに、*sme2* 遺伝子のプロモーター領域を欠損させた (*sme2* RNA が転写されない) 株同士で接合させた場合 (*sme2*- Δpro) と、*sme2* 遺伝子のプロモーター領域を欠損させた株と正常なプロモーターをもつ株を接合させた場合 (*sme2*- Δpro hetero) とで GFP-LacI 融合タンパク質の 2 光点の接近について同様に解析したところ、図 1-5C のような結果が得られた。

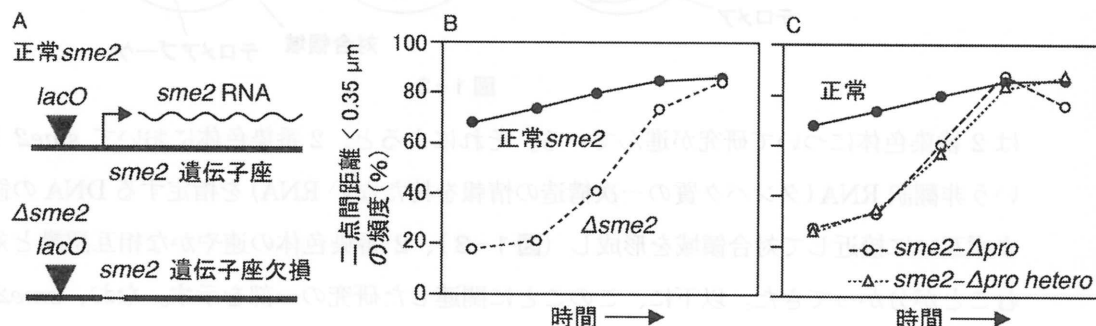


図 1-5

[実験 2] *sme2* RNA の 1 番目の塩基の直前に U1A という配列をもつ RNA が転写されるように、ゲノムに U1A の配列を挿入した分裂酵母を作出した。転写された U1A には U1Ap というタンパク質が特異的に結合する (図 1-6A)。この酵母に GFP-U1Ap 融合タンパク質を発現させて蛍光顕微鏡で観察したところ、間期から減数分裂の第一分裂前期に、GFP-U1Ap 融合タンパク質の集積を示す 2 点が次第に接近し、やがて 1 点となることが確認された (図 1-6B)。なお、GFP-U1Ap 融合タンパク質そのものに凝集する性質はない。

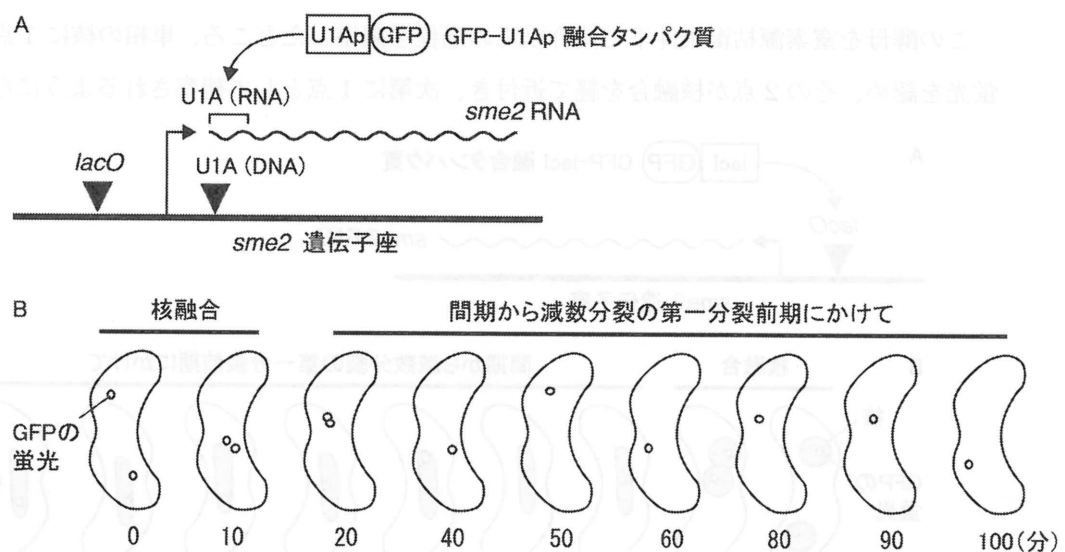


図 1-6

[実験 3] *sme2* RNA に相補的な塩基配列をもつ RNA を赤紫色の蛍光物質で標識した (以後

プローブと称する)。実験 1 で得られた、正常な *sme2* 遺伝子座の上流に *lacO* 配列をもつ分裂酵母に GFP-LacI 融合タンパク質(緑色)を発現させ、さらに間期から減数分裂の第一分裂前期に *sme2* RNA とプローブ間の塩基対を形成させ *sme2* RNA の局在を観察した。様々なタイミングで試料を作成し、時

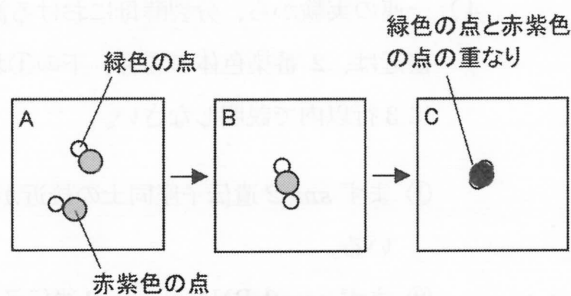


図 1-7

系列に沿って解析したところ、最初緑色の点とこれに近接した *sme2* RNA の集積を反映する赤紫色の点が細胞あたり 2 組観察された(図 1-7 A)。この 2 組は互いに接近し、やがて赤紫色の点は 1 つになり、緑色の 2 点がそれを挟む配置を示した(図 1-7 B)。最後に緑色の点と赤紫色の点が重なる様子が観察された(図 1-7 C)。

1) 光学顕微鏡の分解能(識別できる 2 点間の最小距離)に最も近いのはどれか。

- ① 2 mm ② 0.2 mm ③ 0.2 μ m ④ 0.2 nm

2) 実験 1 の解釈として適切なのはどれか、下の①～⑤から 2 つ選びなさい。

- ① *sme2* 遺伝子が存在しないと、元々この遺伝子が存在した領域における相同染色体間の接近は全く起こらない。
- ② *sme2* 遺伝子が存在しないと、元々この遺伝子が存在した領域における相同染色体間の接近は野生型よりも遅れるが、最終的には接近する。
- ③ 一方の *sme2* 遺伝子からの *sme2* RNA の転写があれば、この領域における相同染色体間の接近が促進される。
- ④ 両方の *sme2* 遺伝子からの *sme2* RNA の転写があれば、この領域における相同染色体間の接近が促進される。
- ⑤ *sme2* 遺伝子が存在すれば、*sme2* RNA の転写が無くてもこの領域における相同染色体間の接近が促進される。

3) 実験 2、3 から、*sme2* RNA は転写後どのように分布もしくは移動して機能するか、mRNA の場合と比較しつつ、両者の違いが明確に分かるよう 2 行以内で説明しなさい。

- 4) 一連の実験から、分裂酵母における減数分裂時の対合に先立つ相同染色体同士の速やかな接近は、2 番染色体の場合、下の①および②のいずれの説明が妥当か、判断の根拠とともに 3 行以内で説明しなさい。

- ① まず *sme2* 遺伝子座同士の接近が起こり、続いて *sme2* RNA が遺伝子座上に集積している。
- ② まず *sme2* RNA が *sme2* 遺伝子座に集積し、続いてそれらが 1 箇所に集まり、同遺伝子座同士の接近が起きている。

2 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

心臓は a 血液 を全身に送るポンプの役割をもつ。ヒトの心臓は 4 つの部屋に分かれており (図 2-1 A~D)、左右は中隔と呼ばれる壁により隔てられている。全身を巡り心臓に戻ってきた血液は、一旦肺に送られる。肺ではガス交換が行われ、酸素を含んだ血液が心臓に戻る。その血液はまた心臓から全身に送り出される。 b 心臓壁 は内側から心内膜、心筋層、心外膜の 3 層構造となっており、 c 心筋 は自動能 (意思とは関係なく拍動できる) をもち、収縮に適した固有心筋と、興奮の発生と伝導に適した特殊心筋とから成る。

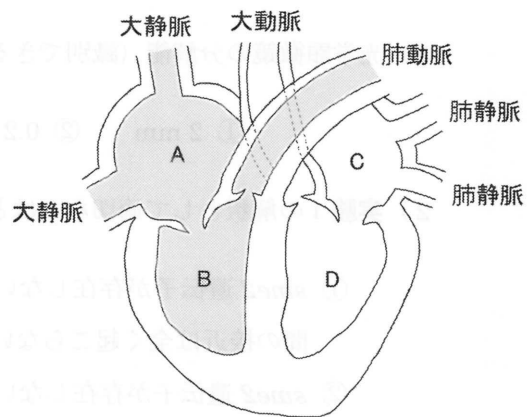


図2-1

a 胎児における血液循環 は出生後とは異なる点がある。母体と胎児の物質交換は胎盤で行われる。胎盤と胎児をつなぐ臍帯 (へその緒) には、胎児から胎盤に向かう臍動脈と、胎盤から胎児に戻る臍静脈が通る。胎児において不要となった物質などは、臍動脈を流れる血液を通じて胎盤へ送られ、母体へ渡される。反対に胎児が必要な栄養などは胎盤で母体から胎児の血液に渡され、その血液は臍静脈を通して胎児に戻る。臍静脈から心臓へ送られてきた血液は、図 2-1 A に入り、A と C の間の中隔にある卵円孔^{らんえんこう}と呼ばれる孔を通して C に流れる一方通行のルートを通る。他にも胎児では、心臓から肺に向かう血液が、動脈管というバイパス管を通して大動脈に合流するルートもある。胎児は出生後、産声とはほぼ同時に肺呼吸が始まり、臍帯が切られた後、通常それらのルートは閉鎖されていく。

〔1〕 図 2-1 A~D に入る適切な部位の名称を答えなさい。

〔2〕 図 2-1 A~D と下の選択肢の計 13 個について、血液が流れる順に A を 1 番目、肝臓を 11 番目として並べた替えたとき、3 番目、5 番目、10 番目はそれぞれどれか。ただし、A~D と下の選択肢はそれぞれ 1 回しか使用しないこととする。

大動脈・大静脈・肺動脈・肺静脈・肺・肝臓・小腸・肝門脈・肝静脈

〔3〕ヒトの心臓には弁が存在する。

- 1) 心臓には弁は何箇所に存在するか。
- 2) 弁の機能について1行で説明しなさい。

〔4〕下線部 a について、血液中には赤血球や白血球が存在する。赤血球の説明として正しい文はどれか、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」、全て該当する場合は「全て」と答えなさい。

- ① リンパ液に含まれない。
- ② 酸素は赤血球がもつヘモグロビンと結合する。
- ③ 健常な成人の血液中において白血球より数が多い。
- ④ 止血時は、まず損傷部位に赤血球が集まり栓をする。
- ⑤ 赤血球がフィブリンを溶かすことを線溶という。

〔5〕下線部 b について、健常な成人では図 2-1D の心臓壁が最も厚い。その理由を血液循環の観点から2行以内で説明しなさい。

〔6〕下線部 c について、正しい文はどれか、下の①～⑦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」、全て該当する場合は「全て」と答えなさい。

- ① 随意筋である。
- ② 横紋がみられない。
- ③ 運動神経に支配されている。
- ④ 核を持たない無核の細胞からなる。
- ⑤ 自動能のため、ATP を用いずに収縮できる。
- ⑥ アクチンフィラメントが短くなることで、収縮が起こる。
- ⑦ 筋小胞体から放出される Mg^{2+} がトロポニンと結合することで収縮が起こる。

〔7〕下線部 d について、以下の問に答えなさい。

1) 胎児において、酸素が最も豊富な血液が流れている血管は下の①～④のどれか。

- ① 肺動脈 ② 肺静脈 ③ 臍動脈 ④ 臍静脈

2) 1) で答えた血管を流れる血液が、その他の血管中の血液より酸素が豊富な理由について2行以内で説明しなさい。

3) 胎児期の血液循環において、本文中にある「卵円孔」がもたらすメリットを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： 酸素 肺 大動脈

3 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

生物は約 40 億年前に誕生して以来、様々な多様化しながら進化してきた。生物は最初水中で多様化し繁栄したが、シアノバクテリアなどの光合成生物による酸素の大量放出の結果、大気中の酸素濃度が増加し、やがて大気圏上層にオゾン層が形成されると、陸上へもその分布域を広げた。現生の生物は細胞の構造に着目すると原核生物と真核生物とに分けられるが、全ての生物がもつ（ア）の塩基配列を解析した結果をもとに、原核生物はさらに 2 群（図3-1イ、ウ）に分けられ、生物は大きく 3 つのドメインに分かれるとする考えがある。真核生物は、以前は五界説のもとで動物界、植物界、菌界、原生生物界に分けられていたが、近年は原生生物の系統関係について理解が進み、大きな系統群として幾つかのスーパーグループが認識されるようになってきた。それによると、動物、菌類、原生生物のネリベンモウチュウ襟鞭毛虫類などは、オピストコンタというスーパーグループにまとめることができると考えられている。オピストコンタは、遊泳細胞が 1 本の鞭毛を持ち、鞭毛とは反対の方向に（鞭毛を後方にして）泳ぐという特徴をもつ。図3-2は、オピストコンタ内の系統関係について動物を中心に簡略化して示したものである。

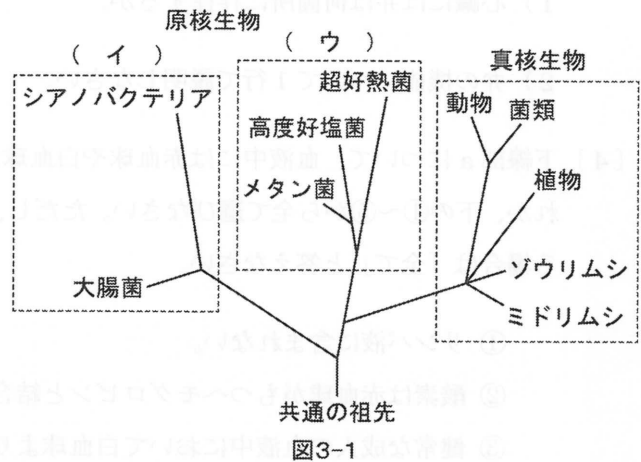


図3-1イ、ウ）に分けられ、生物は大きく 3 つのドメインに分かれるとする考えがある。真核生物は、以前は五界説のもとで動物界、植物界、菌界、原生生物界に分けられていたが、近年は原生生物の系統関係について理解が進み、大きな系統群として幾つかのスーパーグループが認識されるようになってきた。それによると、動物、菌類、原生生物のネリベンモウチュウ襟鞭毛虫類などは、オピストコンタというスーパーグループにまとめることができると考えられている。オピストコンタは、遊泳細胞が 1 本の鞭毛を持ち、鞭毛とは反対の方向に（鞭毛を後方にして）泳ぐという特徴をもつ。図3-2は、オピストコンタ内の系統関係について動物を中心に簡略化して示したものである。

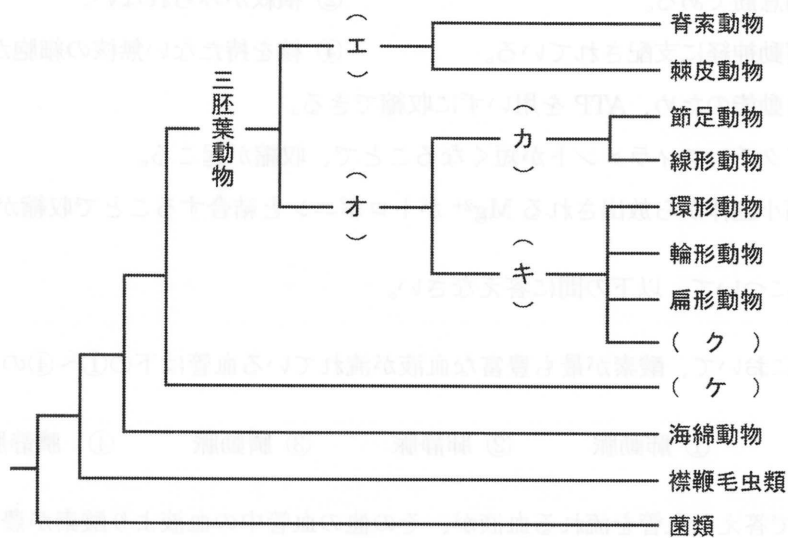


図3-2

〔1〕文および図の空欄（ア）～（ケ）に入る適切な語を答えなさい。なお（エ）および（オ）は三胚葉動物を発生の特徴によって分けたグループであり、また（カ）および（キ）は（オ）をさらに 2 つに分けたものである。（ク）にはタコ、二枚貝などが含まれ、（ケ）にはクラゲ、イソギンチャクなどが含まれる。

- 〔2〕 原核細胞と真核細胞の構造の違いについて、両者の特徴が分かるよう 4 行以内で簡潔に説明しなさい。
- 〔3〕 真核生物は、系統的に（ イ ）および（ ウ ）のどちらに近縁であるか、2 行以内で説明しなさい。
- 〔4〕 ヒトにおいて、オピストコンタとしての特徴を示す細胞を挙げなさい。
- 〔5〕 単細胞または群体性の襟鞭毛虫が海綿動物に近縁であるとする根拠に関して、海綿動物がもつ、襟鞭毛虫に形態が類似した細胞の名称を答えなさい。
- 〔6〕 棘皮動物は多くの場合、受精後プランクトン性の幼生となり、その後変態して成体となる。幼生および成体の体制（ボディプラン）の特徴について 1 行で述べなさい。「相称」という語を必ず用いること。
- 〔7〕 節足動物は外骨格をもつ。エビやカニが属する甲殻類では、外骨格に炭酸カルシウムが沈着・石灰化することで硬化することが知られている。一方昆虫類では、マルチ銅オキシダーゼ 2（MCO2）という酸化酵素のはたらきによって酸素を利用した硬化物質の合成が行われ、カルシウム非依存的に外骨格の硬化が起こる。進化の過程で昆虫が陸上に進出し、陸上生態系に適応放散した一方で、陸上から海洋への再進出が稀であることの理由として考えられることを、外骨格の硬化という観点から 5 行以内で説明しなさい。

以 上