

## 2019 年度一般入学試験(前期)

## 理 科 (問 題)

## 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 33 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。
  - ・ 一般入試のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
  - ・ 併用入試のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
  - ・ 一般入試と併用入試の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。  
また、\*印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

# 物 理 (前期)

I らせんの直径と傾斜角がそれぞれ図1の  $d$ ,  $\theta$  であるネジを、穴の内側に同じらせん状の溝があるネジ穴に鉛直に立て、工具で締めたり(下向きに進めたり)、緩めたり(上向きに進めたり)する動きについて考える。ネジ穴を傾斜角  $\theta$  の斜面、ネジを質量  $m$  の物体 P とすると、ネジを締める動きは、斜面に沿って物体 P を押し下げる運動に、ネジを緩める動きは、斜面に沿って物体 P を押し上げる運動に相当する。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えよ。途中の考え方も記せ。

問 1 静止しているネジを締めるため、工具を使って斜面上の物体 P に、図2の矢印の向きに力を徐々に加えた。物体 P に加えられた力の大きさが  $F_1$  を超えたところでネジが締まり始めた。斜面と物体 P の間の静止摩擦係数を  $\mu$  として、 $F_1$  を求めよ。

問 2 静止しているネジを緩めるため、工具を使って斜面上の物体 P に、図3の矢印の向きに力を徐々に加えた。物体 P に加えられた力の大きさが  $F_2$  を超えたところでネジが緩み始めた。斜面と物体 P の間の静止摩擦係数を  $\mu$  として、 $F_2$  を求めよ。

問 3 材質と表面の状態が斜面と同じである板の上に、材質と表面の状態が物体 P と同じである物体を置く。板の一端を持ち上げ、傾斜角を徐々に大きくしたところ、水平からの傾斜角が  $\phi$  のとき板の上の物体が滑り始めた。斜面と物体 P の間の静止摩擦係数  $\mu$  を  $\phi$  を用いて表せ。

問 4 図1のような工具を使って、ネジの中心から距離  $L$  の端に大きさ  $W$  の力を水平かつ持ち手に垂直に加える。ネジを締め始めるために必要な  $W$  と緩め始めるために必要な  $W$  はどちらがどれだけ大きいか、 $\mu$  を用いずに答えよ。

問 5 ネジに関する以下の①～⑦の文のうち、正しいものをすべて選び記号で答えよ。正しいものがなければ「該当なし」とせよ。

- ①  $\phi > \theta$  ならば、ネジを締めようとするとき、ネジの重さだけで締まってしまう。
- ②  $\phi < \theta$  ならば、ネジを締めようとするとき、ネジの重さだけで締まってしまう。
- ③  $\phi > \theta$  ならば、ネジを緩めようとするとき、ネジの重さだけで緩んでしまう。
- ④  $\phi < \theta$  ならば、ネジを緩めようとするとき、ネジの重さだけで緩んでしまう。
- ⑤ 油などの潤滑剤をネジの表面に塗布することで  $\phi$  を大きくできる。
- ⑥ 異なる材質のネジでも、表面の状態と  $\theta$  が同じならば、同じネジ穴で締め始めるのに必要な力  $W$  は同じである。
- ⑦ 工具の  $L$  を短くすることで、 $F_1$  や  $F_2$  は変えられる。

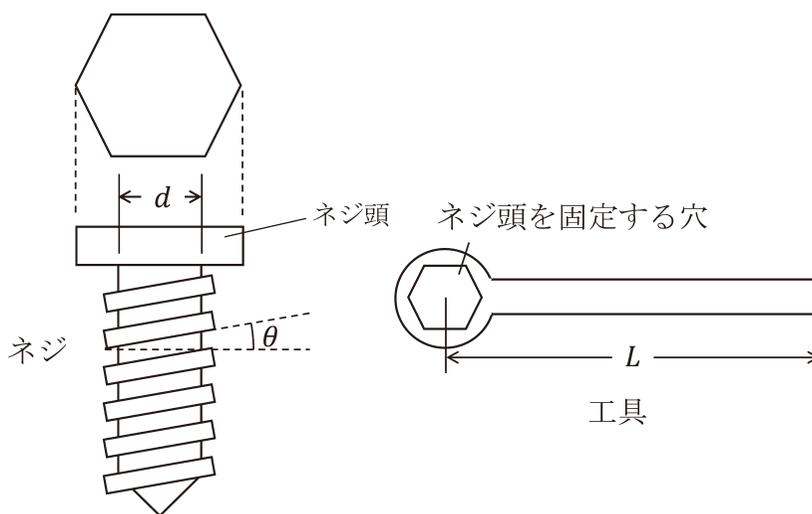


図 1

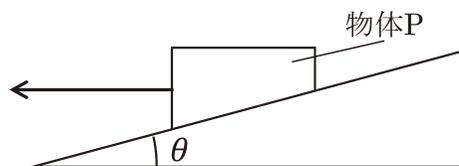


図 2

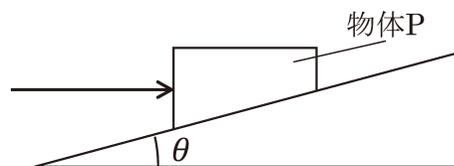


図 3

II 図1の電気容量  $C$  のコンデンサーと、起電力  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  の電池および抵抗値  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  をもつ抵抗からなる回路  $Z$  について、以下の問に答えよ。途中の考え方も記せ。点  $Q$  の電位を  $0$  とする。また全ての問はスイッチの操作後、じゅうぶんに時間がたった状態に関するものとする。

問 1 スイッチ  $S$  が接点  $X$  にも接点  $Y$  にもつながっていないとき、コンデンサーに蓄えられている電気量はいくらか。

問 2 次にスイッチ  $S$  を  $X$  につないだ。点  $P$  の電位はいくらになるか。また抵抗値  $R_B$  の抵抗を流れる電流の大きさはいくらか。

問 3 さらにスイッチ  $S$  を  $X$  から  $Y$  につなぎ替えた。このスイッチ操作の前後で、コンデンサーに蓄えられる電気的なエネルギーの変化はいくらか。

問 4 図1の回路  $Z$  を2つ並べ、図2のように抵抗値  $R_G$  の2つの抵抗でつないだ。それぞれの回路のスイッチ  $S$  を  $X$  と  $Y$  のどちらにもつないでいない状態から、 $X$  に同時につないだところ、点  $P$  の電位は  $50 \text{ mV}$  になった。次にそれぞれのスイッチ  $S$  を同時に  $Y$  につなぎ替えたところ、点  $P$  の電位は  $-80 \text{ mV}$  になった。 $V_A = 70 \text{ mV}$ ,  $V_B = 100 \text{ mV}$ ,  $V_C = 100 \text{ mV}$ ,  $R_C = 30 \Omega$ ,  $R_G = 50 \Omega$  とし、抵抗値  $R_A$  と  $R_B$  を求めよ。

図3のように神経細胞の細胞膜には様々なタンパク質(イオンチャンネル)があり、細胞内外のイオンの流入を制御している。イオンチャンネルは抵抗に相当し、細胞膜内外の  $\text{Na}^+$  および  $\text{K}^+$  の濃度差が起電力を生む。 $\text{Na}^+$  および  $\text{K}^+$  の起電力を図1の回路  $Z$  の  $V_B$  と  $V_C$  に、それぞれのイオンチャンネルの抵抗値を  $R_B$  と  $R_C$  に対応させることで回路  $Z$  を膜の一部のモデルとみなそう。 $V_B$  と  $V_C$  は一定とする。 $C$ ,  $V_A$ ,  $R_A$  は膜のもつ性質から決まるとする。

問 5 図1のスイッチ  $S$  を  $X$  につないだ。 $X$  を通過する電流は  $\text{Na}^+$  が担っている。単位時間に  $X$  を通過する  $\text{Na}^+$  は何 mol か。1 mol の  $\text{Na}^+$  がもつ電気量を  $F$  とする。

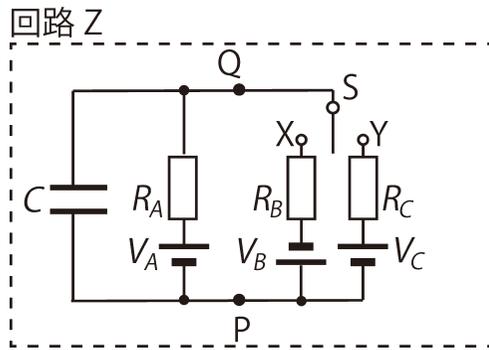


図 1

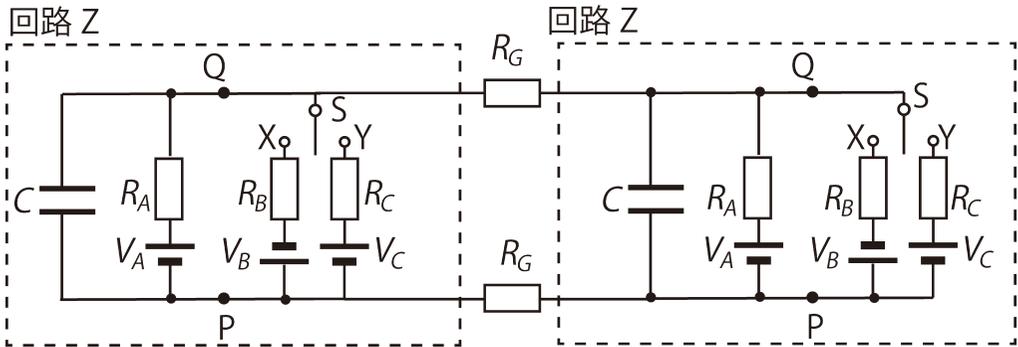


図 2

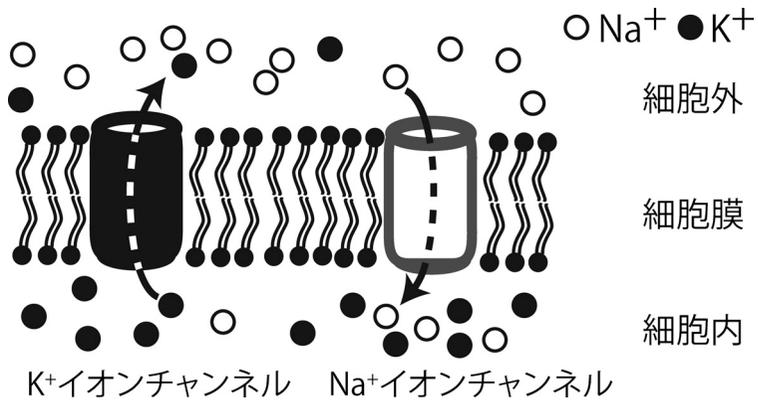


図 3

Ⅲ 図1のように、大気中に置かれた頂角 $\theta$ のくさび型薄膜(屈折率 $n(>1)$ )に、単色光(大気中での波長 $\lambda$ )を入射角 $i$ で入射させ、薄膜で反射した光を観察したところ等間隔の干渉縞が見えた。空気の屈折率を1として、以下の間に答えよ。

点Aを通り薄膜の上面の点Bで反射する光aと、点Eと薄膜の上面の点Dを通り薄膜の下面上の線分OT上の点Cで反射し点Bを通る光bについて考える。点Bから線分OTへ下した垂線と線分OTとの交点を点P、点Dから線分ABへ下した垂線と線分ABとの交点を点Qとすると、光aと光bの光路差 $\Delta$ は、

$\Delta = n(\text{ア} + \text{イ}) - \text{BQ}$ となる。ここで、点Bから線分CDへ下した垂線と線分CDとの交点R、線分CDの延長線と線分BPの延長線との交点Sを用いると、 $\Delta = n(\text{ウ} + \text{エ} + \text{オ}) - \text{BQ}$ となる。点Dで

の屈折角を $r$ とすると、 $\triangle DBQ$ において $BD = \frac{\text{BQ}}{\text{1}}$ 、 $\triangle DBR$ において $BD = \frac{\text{ウ}}{\text{2}}$ となる。屈折の法則を用いると、 $\text{BQ} = \text{3} \times \text{ウ}$

となり、

$$\Delta = \text{4} \times \text{RS}$$

となる。

$\triangle BRS$ において、 $\text{RS} = \text{5} \times \text{カ}$ であり、B点での膜厚(BP)を $t$ とすると、

$$\Delta = \text{6}$$

となる。よって、光aと光bは同位相、すなわち、

$$\Delta = \text{7} \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

の関係のとき強め合って明るくなり、逆位相のとき弱め合って暗くなる。

真上から観察したときの線分OT上での $m$ 番目の明線と $m+1$ 番目の明線の間隔 $\Delta X$ について考える。点Oと $m$ 番目の明線点Pまでの距離を $X_m$ とすると、 $t = \text{8}$ と与えられるので、これを用いると $X_m = \text{9}$ となる。よって、点Oと $m+1$ 番目の明線までの距離を $X_{m+1}$ とすると、明線の間隔 $\Delta X$ は、

$$\Delta X = X_{m+1} - X_m = \text{10}$$

として求まる。



IV 高い熱効率を実現できる熱機関の1つであるスターリングエンジンを、以下のよう  
に単純化して考える。一般に、 $n$  mol の理想気体が一定温度  $T$  のもとで体積を  
 $V_1$  から  $V_2$  まで変えるとき、外部に  $nRT \log_e \frac{V_2}{V_1}$  の仕事をする事が知られている。  
 $R$  は気体定数である。

図1のように、断面積  $S$  のシリンダーに理想気体を 1 mol 入れ、なめらかに動く  
ピストンで封入する。シリンダーの底からの距離  $x$  が  $x = L_1$  となる位置にピスト  
ンを固定し、気体の温度を  $T_1$  にする。このときの気体の状態を状態 A とする。

問 1 状態 A での気体の圧力はいくらか。途中の考え方も記せ。

続いて、図2の(ア)~(エ)の手順で気体の状態を変化させる。

- (ア) シリンダーを温度  $T_1$  の恒温槽に入れ、 $x = L_2$  ( $L_2 > L_1$ ) となる状態 B ま  
でピストンをゆっくり動かす。
- (イ) ピストンを  $x = L_2$  で固定し、気体の温度が温度  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ ) になる状態  
C まで冷却する。
- (ウ) シリンダーを温度  $T_2$  の恒温槽に入れ、 $x = L_1$  となる状態 D までピスト  
ンをゆっくり動かす。
- (エ) ピストンを  $x = L_1$  で固定し、気体の温度が温度  $T_1$  になる状態 A まで加  
熱する。

問 2 A→B→C→D→A のサイクルでの気体の状態変化の様子を、体積を横軸、圧  
力を縦軸として、解答欄中のグラフに図示せよ。状態 A~D の各場所を示  
し、それぞれの体積と圧力の値もグラフの軸に明示すること。

問 3 A→B の過程で気体が吸収する熱量はいくらか。途中の考え方も記せ。

問 4 A→B→C→D→A のサイクルを 1 回行う間に、この気体が外部にする仕事は  
いくらか。途中の考え方も記せ。

問 5 この熱機関の熱効率を、 $L_1$ 、 $L_2$  を含まない式で表せ。ただし、 $D \rightarrow A$  の過程で気体を加熱するのに必要な熱量のうち、 $B \rightarrow C$  の過程で気体が放出する熱量を利用できる分は、サイクルの吸熱量に含めなくてよい。また、この熱効率を 1 にできるだけ近づけるにはどうすればよいかを述べよ。

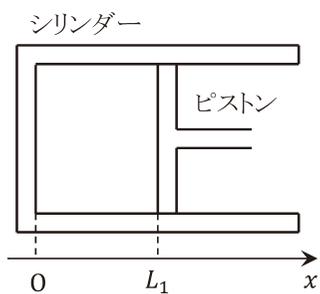


図 1

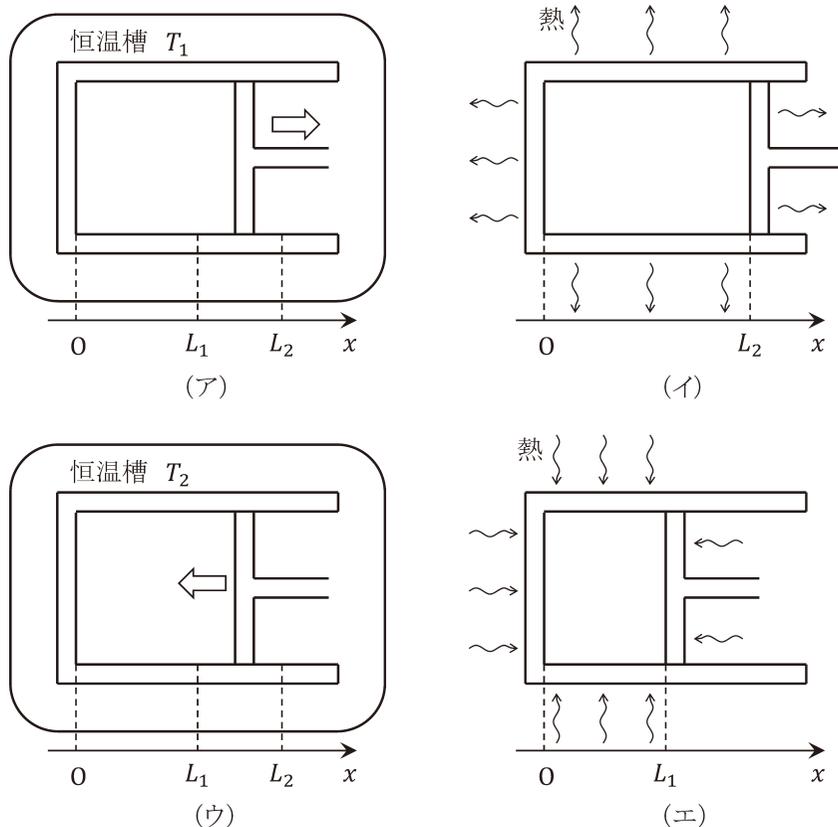


図 2

# 化 学 (前期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.1, Cu = 63.6,

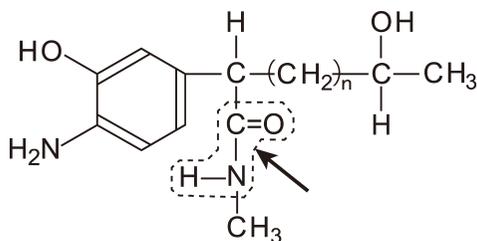
Ag = 107.9, Au = 197.0

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477$

有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

水銀はその単体が唯一常温常圧で(ア)体の金属であり、周期表では(イ)族に分類される。水銀は他の金属と容易に合金を作るので貴金属の精製などに古くから利用されてきた。<sup>①</sup>単体の水銀の蒸気や昇汞(昇コウ)等の水銀化合物は強い毒性を示す。しかし、古くは高松塚古墳の壁画の彩色や、そして近年に至るまで神社・仏閣の塗料や漆器の赤色顔料の朱として広く用いられてきた。

化学工業が発達した近代以降、様々な化学物質が大規模に製造されるようになった。炭化水素のエチンも製造原料の一つとしてよく用いられている。このエチンに硫酸水銀を触媒として水を付加させると、(ウ)が生じる。<sup>②</sup>この(ウ)は不安定なので速やかに同じ分子式のアセトアルデヒドに変化する。このアセトアルデヒドは酸化または還元されて、種々の化学物質の製造に利用されている。しかし、こ

の過程で生じる廃液が原因で、甚大な環境汚染と健康被害をもたらされたため、現在ではアルケンである(エ)を酸化してアセトアルデヒドを得ている。この反応においては(オ)と(カ)が触媒として使用される。

水銀は身の回りにおいても、その単体が温度計や⑤血圧計、あるいは電池などに利用されてきた。これらは適切な使用の下ではその危険性は少ないが、破損や廃棄の際に水銀が環境へ放出されると、その後微生物による代謝などでより毒性の強い有機水銀へと形を変えることがわかり、現在水銀を使用しない製品、技術への移行が進められている。

問 1 (ア)~(エ)に入る最も適切な語句と(オ)と(カ)には化学式を解答欄(ア)~(カ)に答えなさい。(オ)と(カ)の順は区別しない。

問 2 下線部①の合金を何というか。解答欄に答えなさい。

問 3 下線部②の主成分である化合物名とその化学式を解答欄(i), (ii)にそれぞれ答えなさい。

問 4 下線部③の反応を化学反応式で表しなさい。その際、それぞれの有機化合物はすべて構造式を用いて解答欄に答えなさい。

問 5 下線部④について、このような二者を何と呼ぶか。最も適当な語句を解答欄に答えなさい。

問 6 下線部⑤について、現在でもヒトの血圧は水銀血圧計で測定したと仮定して水銀柱の高さ(mmHg)で表示している。今、水銀(密度  $13.5 \text{ g/cm}^3$ )に替えて1,2,3-プロパントリオール(密度  $1.25 \text{ g/cm}^3$ )を用いて血圧計を作製したとすると、水銀血圧計で収縮期血圧  $110 \text{ mmHg}$  であったヒトの血圧を測った際に1,2,3-プロパントリオールの柱の高さは何 mm となるか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

ニッケル、亜鉛、金、銀の混入が確認されている純度不明の銅(粗銅)板100gと純度100%の銅(純銅)からなる板100gを、0.0500 mol/Lの硫酸で溶解した0.0500 mol/L硫酸銅(II)溶液に浸し、一方を直流電源の正極に、他方を負極につ<sup>①</sup>ないだ。電圧を低く保ちながら一定の大きさの電流を通じ、正確に48時間後に通<sup>②</sup>電を停止した。容器内を観察したところ、片方の電極(銅板)の下に集中して沈殿物<sup>③</sup>が確認された。その後、取り外したそれぞれの銅板の質量を測定したところ、粗銅板は78.6g、純銅板は121.2gであった。

銅は、水素と比べてイオン化傾向が(ア)ので、塩酸や希硫酸などの酸には溶けない。しかし、硝酸のように(イ)の強い酸には溶解する。希硝酸に銅板を入れた場合は、(ウ)色の気体が発生して溶け、溶液は(エ)色となるが、濃硝酸に銅板を入れた場合は、(オ)色の気体を発生して溶解する。また、銅板を濃<sup>④</sup>硫酸に浸した場合も気体を発生し溶解する。<sup>⑤</sup>

問1 (ア)～(オ)にあてはまる最も適切な語句を解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。

問2 下線部①において、粗銅板、純銅板のどちらを電源の正極につないだか。解答欄に答えなさい。

問3 下線部②の電流の大きさは何Aか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問4 下線部②の通電時、溶液に浸された純銅板の表面で進んでいる反応をイオン反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問5 下線部③の通電停止時に溶液中に存在している全てのイオンについて、イオン式を用いて解答欄に答えなさい。ただし、 $H^+$  ( $H_3O^+$ )、 $OH^-$  は記述しなくてよい。

問 6 下線部④の沈殿物を何というか。解答欄(i)に答えなさい。また、この沈殿に含まれる全ての金属を解答欄(ii)に元素記号で答えなさい。

問 7 下線部⑤の反応を化学反応式で答えなさい。

Ⅲ 以下の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

天然ゴムはイソプレンを単量体とする高分子化合物と考えることができ、分子中の二重結合はシス形の構造となっている。天然ゴムに数%の(ア)を加えて加熱①すると、分子内に(ア)原子による架橋構造が生じ、弾性、強度、耐久性などが向上する。この操作を(イ)という。

フェノールと(ウ)を反応させると、(エ)反応と縮合反応を繰り返して重合が進む。これにシュウ酸などの酸を触媒として重合させると(オ)と呼ばれる中間生成物が生じる。これに硬化剤を加えて加熱すると立体的な網目構造をもつ(カ)が得られる。

問1 (ア)～(カ)に入る適切な語句を解答欄(ア)～(カ)に答えなさい。

問2 天然ゴムの構造式を解答欄に答えなさい。ただし、重合度を $n$ として例に従い点線と矢印で下線部①に対応する箇所がわかるように示しなさい。

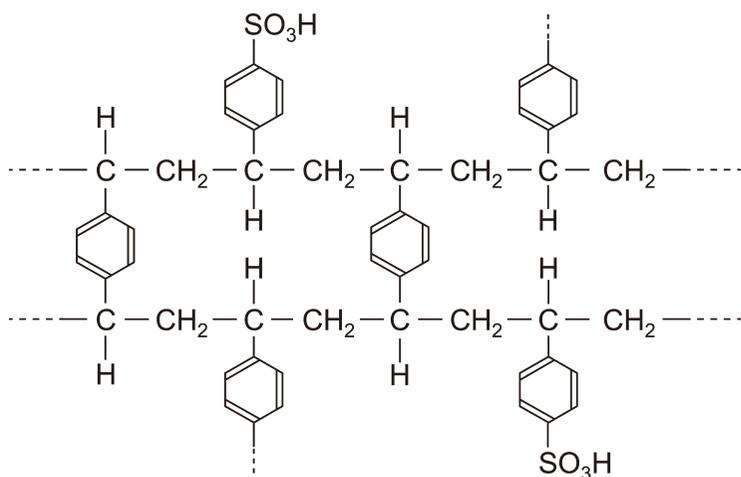
問3 アルキド樹脂を合成する際に、原料となる単量体を下の語群からすべて選び、解答欄に(A)～(I)の記号で答えなさい。

[語群]

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (A) 酢酸          | (B) ジクロロジメチルシラン |
| (C) 無水フタル酸      | (D) グリセリン       |
| (E) ヘキサフルオロプロペン | (F) メラミン        |
| (G) 無水酢酸        | (H) トリクロロメチルシラン |
| (I) ホルムアルデヒド    |                 |

問4 フェノール $a$  mol を水に溶解させて500 mLにした。温度一定の条件下で系が平衡に達したのを確認したのち、溶液中の水素イオン濃度を測定したところ $b$  mol/Lであった。この時の酸の電離定数 $K_a$ と、電離度 $\alpha$ をそれぞれ $a$ 、 $b$ を用いて表し、解答欄(i)および(ii)に答えなさい。

問 5 スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させたのち、スルホン化すると機能性樹脂 X が得られる。次に示す図は、その構造の一部を示したものである。以下の(i), (ii)について、解答欄(i)および(ii)に答えなさい。



(i) X は一般に何と呼ばれるか。

(ii) X におけるスルホ基の割合を調べると重量比で 8.0% であった。ここで、X の粉末 8.11 g を  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L の食塩水 1.00 L に入れ、十分に攪拌した後に静置すると溶液の pH はいくらになるか。小数第 1 位まで求め、解答欄に答えなさい。ただし、粉末を加えた事による食塩水の体積変化は無視でき、すべてのスルホ基が反応に用いられたものとする。

IV 次の実験 1～実験 3 についての文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

実験 1 脱脂綿に無水酢酸、水酢酸および少量の濃硫酸を作用させると(ア)化  
が起こり、分子式( X )<sub>n</sub>の化合物が生成された。この化合物の一部を穏  
やかに加水分解し、アセトンに溶解した。その溶液を細孔から温かい空気中  
に押し出し乾燥させたところ(イ)が得られた。

実験 2 硫酸銅(II)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を攪拌しながら少しずつ加え  
ると沈殿が生じた。この沈殿を吸引ろ過によって集め、蒸留水で数回洗浄した  
のちビーカーに移した。そこへ濃アンモニア水を少量ずつ加え沈殿を完全に  
溶解し、この溶液を試薬 A とした。次に、脱脂綿を少量ずつ試薬 A に加  
え、ガラス棒でよく混ぜて溶かした。得られた溶液を注射器で吸い込み、細  
孔から希硫酸中に押し出すと(ウ)が得られた。

実験 3 エタノールに濃硫酸を加えて 160～170℃ で熱することで得た気体 B を酸  
化させたのち、水と反応させて加水分解したところ化合物 C が得られた。  
この化合物 C にテレフタル酸を加えて縮合重合させ(エ)を合成した。

問 1 (ア)～(エ)に入る適切な語句を解答欄(ア)～(エ)に答えなさい。

問 2 下線部①の X に入る適切な分子式を解答欄に答えなさい。

問 3 下線部②の反応をイオン反応式で答えなさい。

問 4 化合物 C の化合物名を解答欄(i)に、下線部③の反応における生成物  
(エ)の構造式を重合度を  $n$  として解答欄(ii)に答えなさい。ただし、構造  
式は例にならって記述しなさい。

問 5 下線部③で得られた(エ)6.00 gをヘキサフルオロイソプロピルアルコールに溶かしたのち1.00 Lにした。この溶液の浸透圧を27℃で測定したところ7.50 hPaであった。このときの(エ)の平均分子量と、1分子に存在するエステル結合の平均の数を解答欄(i), (ii)にそれぞれ有効数字3桁で答えなさい。なお、この溶液はファントホッフの法則に従うものとする。

# 生 物 (前期)

I 次の(1)~(8)の問に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

(1) 1個のヒトの皮膚の細胞において、 $G_1$ 期の核の中にDNAは何分子存在するか答えなさい。

(2) 生態系を世界全体での純生産量(kg/年)が多いものから順に並べた時、1番目、3番目、5番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- A 草原                      B 海洋(全海洋)              C 農耕地  
D 森林                      E 湖・沼・河川・湿地

(3) 共生関係にあるものをすべて選び記号で書きなさい。

- A アリとアブラムシ                      B ミトコンドリアと肝臓の細胞  
C クマノミとイソギンチャク              D カエルとタカ  
E イヌとカイチュウ(回虫)              F 該当なし

(4) 哺乳類に至る進化の過程で起きたことがらを早いものから順に並べた時、2番目、4番目、6番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- A 原口とは別の部位での口の形成              B 胎盤の形成  
C 脊索の形成                      D 中胚葉の形成  
E 羊膜(胚膜)の形成                      F 外胚葉と内胚葉の形成

(5) 地質時代の生物の変遷における出来事を早い順番に並べた時、1番目、3番目、5番目にくるものはどれか順に記号で書きなさい。

- |             |           |
|-------------|-----------|
| A アンモナイトの繁栄 | B シダ植物の出現 |
| C 三葉虫の絶滅    | D 両生類の出現  |
| E 被子植物の出現   |           |

(6) 正常なヒトの体液およびその関連物の中で、基本的に免疫グロブリンが存在しないものをすべて選び記号で書きなさい。

- |        |        |      |
|--------|--------|------|
| A 血液   | B 血しょう | C 血清 |
| D 原尿   | E 胆汁   | F 尿  |
| G リンパ液 | H 該当なし |      |

(7) 肝臓で作られ、血液中に分泌/排出される物質をすべて選び記号で書きなさい。

- |          |          |         |
|----------|----------|---------|
| A アルブミン  | B グリコーゲン | C グルカゴン |
| D グルコース  | E 尿素     | F ヒストン  |
| G ヘモグロビン | H 該当なし   |         |

(8) 交感神経の働きによるものをすべて選び記号で書きなさい。

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A 気管支が収縮する。    | B 腸の働きが活発になる。  |
| C 瞳孔が拡大する。     | D 立毛筋が収縮する。    |
| E インスリンを分泌させる。 | F グルカゴンを分泌させる。 |
| G 該当なし         |                |

II 脂肪(脂質)の代謝についての下記の文章を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

脂肪は A に3つの脂肪酸がエステル結合したもので、食物に含まれるほか、生体内では脂肪組織に貯蔵されている。食物に含まれる脂肪は、消化管内で消化酵素によって消化された後、吸収される。

脂肪酸は細胞内で活性化された後、 $\beta$ 酸化という反応を経てエネルギーを生み出す。1回の $\beta$ 酸化で脂肪酸の炭素鎖の端の炭素2個ずつが切り取られ、1分子のアセチル CoA(活性酢酸)を生じ、同時に1分子の NADH と1分子の  $FADH_2$  が生じる(以下の図を参照)。酸素存在下でアセチル CoA はミトコンドリアのクエン酸回路に入り代謝される。各過程で生じた還元型補酵素は電子伝達系で ATP を産生するのに使用される。炭素16個からなる脂肪酸であるパルミチン酸( $C_{15}H_{31}COOH$ )は、図のように $\beta$ 酸化ができなくなるまで何回かの $\beta$ 酸化が繰り返されることによって完全に分解されて、エネルギーを生み出す。

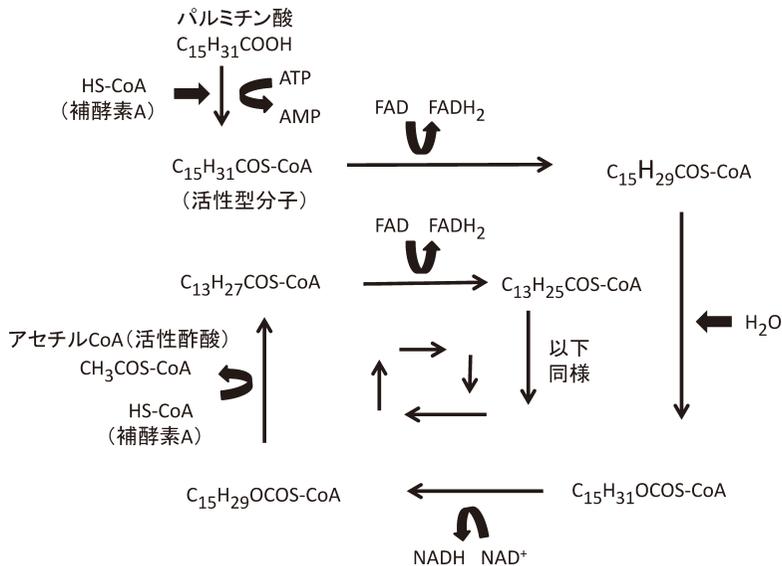


図  $\beta$ 酸化によるパルミチン酸の分解

問 1 A に入る語句を答えなさい。

問 2 下線部 a の反応について、以下の(1)~(4)に答えなさい。ただし、ここでは NADH と  $\text{FADH}_2$  からは電子伝達系においてそれぞれ 2.5 ATP と 1.5 ATP が合成されるものとする。また、1 分子の ATP から AMP ができる反応は 2 分子の ATP を消費するものとして計算しなさい。

- (1) 完全な  $\beta$  酸化によって、1 分子のパルミチン酸から何分子の  $\text{FADH}_2$  が合成されるか答えなさい。
- (2) またその時、アセチル CoA は合計何分子合成されるか答えなさい。
- (3) 1 分子のアセチル CoA からクエン酸回路と電子伝達系の反応を経て合計何分子の ATP が合成されるか答えなさい。
- (4) 1 分子のパルミチン酸が活性化され、完全に  $\beta$  酸化されて呼吸基質として使用された場合、それらの過程で生じた還元型補酵素による酸化リン酸化を含めて最終的に合計何分子の ATP が合成されるか答えなさい。

問 3 パルミチン酸が呼吸基質として使用された時の理論的な呼吸商はいくらになるかを答えなさい。ただし、小数点第 4 位を四捨五入しなさい。

問 4 脂質に関して誤っている記述をすべて選びなさい。

- 1 胆汁に含まれるリパーゼにより、脂肪が分解される。
- 2 脂肪の呼吸商は、タンパク質の呼吸商より大きい。
- 3 リン脂質は細胞膜の主成分である。
- 4 生体膜は脂質の二重層とタンパク質からなり、流動的である。
- 5 大腸の柔毛で吸収された脂肪は、主にリンパ管に入る。
- 6 哺乳類の細胞を構成する物質では脂質が 2 番目に多い。

Ⅲ 筋収縮についての下記の文章を読み、以下の問1～問5に答えなさい。

骨格筋の収縮は、神経細胞から筋繊維への興奮の伝達によって起こる。神経から分泌された神経伝達物質  が筋繊維の細胞膜上の受容体に結合し、イオンチャンネルが開くことで活動電位が発生する。活動電位は、細胞内部へ伸びる  と呼ばれる管を伝わる。筋小胞体は細胞膜が脱分極したという情報を受けると内部に蓄積していた  を放出する。 と結合した  により、アクチンフィラメントとミオシンとの結合(相互作用)を阻害していた  の構造が変化する。それによってアクチンフィラメントとミオシンとの結合が可能になり、筋が収縮する。

問1  ～  にあてはまる適当な語句を答えなさい。

問2 骨格筋の収縮について、誤っている記述をすべて選び、1～8で答えなさい。

- 1 骨格筋が収縮すると、サルコメアの長さが短くなる。
- 2 骨格筋が収縮すると、サルコメアの数が増加する。
- 3 骨格筋が収縮しても、ミオシンフィラメントの長さは変化しない。
- 4 骨格筋が収縮すると、アクチンフィラメントの長さが短くなる。
- 5 骨格筋が収縮すると、明帯の長さが短くなる。
- 6 骨格筋の収縮は、ミオシンがATPを分解する時に生じるエネルギーを使用している。
- 7 骨格筋の収縮は、自律神経系に支配されている。
- 8 骨格筋の筋繊維の単収縮は、全か無かの法則にしたがう。

問 3 骨格筋の弛緩について、誤っている記述をすべて選び、1～6で答えなさい。

- 1 ATPの不足によって骨格筋の弛緩が起こる。
- 2 骨格筋の弛緩は、筋原繊維の周りの $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が減少することによって起こる。
- 3 骨格筋の弛緩時にミオシンフィラメントはアクチンフィラメントと結合していない。
- 4 骨格筋の弛緩時にミオシン頭部はATPがあればアクチンフィラメントと結合できる。
- 5 骨格筋の弛緩時にミオシンフィラメントは分解される。
- 6 骨格筋が弛緩しても、暗帯の長さは変化しない。

問 4 カエルの骨格筋から1本の筋繊維を取り出し、張力を測定した。次のグラフは1つのサルコメアの長さとの相対的な張力の関係を示した結果である。以下の(1)～(2)に答えなさい。ただし、aはミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの重なりがなくなり、張力が0になる点である。また、収縮によってサルコメア内のアクチンフィラメントどうしがぶつかると、張力が減衰する事が知られている。

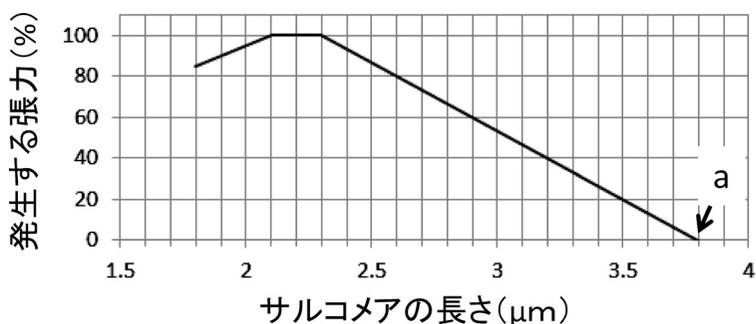


図 サルコメアの長さとの張力の関係を調べたグラフ

- (1) アクチンフィラメント(A)とミオシンフィラメント(M)のそれぞれ1本の長さを求めなさい。
- (2) 張力が60%の時の1つのサルコメアにおける明帯の長さを求めなさい。

問 5 筋繊維には、構造などの特徴の違いから大別して2種類の型(I型, II型)がある。2種類の筋繊維の特徴を次の表に示した。以下の(1)~(3)に答えなさい。なお、ミオグロビンは、筋繊維で酸素を供給するタンパク質である。

表 2種類の筋繊維の特徴の比較

	I 型	II 型
ミトコンドリア含有量	多 い	少ない
ミオシンのATP分解活性	低 い	高 い
酸化的リン酸化酵素活性	高 い	低 い
グリコーゲン含有量	少ない	多 い
ミオグロビン含有量	多 い	少ない
主なエネルギー獲得方法	(あ)	(い)
収縮の強さ	弱 い	強 い
収縮速度	(う)	(え)
筋肉の疲労	(お)	(か)

- (1) I型, II型の筋繊維は、それぞれの細胞の持つ性質から主なエネルギーの獲得方法が異なることが知られている。それぞれの筋繊維の主なエネルギー獲得方法は何であると考えられるか。(あ), (い)にあてはまる方法をそれぞれ書きなさい。ただし、ここではクレアチンリン酸によるATPの再生は除く。
- (2) 筋繊維の収縮速度はATPの産生速度に相関があり、またリン酸, ADP, クレアチン, 乳酸などが蓄積し、エネルギーが枯渇することにより疲労することが知られている。I型, II型の筋繊維の収縮の特徴として、(う)~(か)に適している組み合わせを選んで答えなさい。

- |   |         |         |           |           |
|---|---------|---------|-----------|-----------|
| 1 | (う) 遅 い | (え) 遅 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 2 | (う) 遅 い | (え) 速 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 3 | (う) 速 い | (え) 遅 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |
| 4 | (う) 速 い | (え) 遅 い | (お) 疲れにくい | (か) 疲れやすい |
| 5 | (う) 遅 い | (え) 速 い | (お) 疲れにくい | (か) 疲れやすい |
| 6 | (う) 速 い | (え) 速 い | (お) 疲れやすい | (か) 疲れにくい |

- (3) 次のグラフは、運動開始からの筋繊維内部の pH の変化を測定したグラフである。A と B では、どちらがⅡ型の筋繊維であると考えられるか。記号で答えなさい。また、その理由を一行で答えなさい。

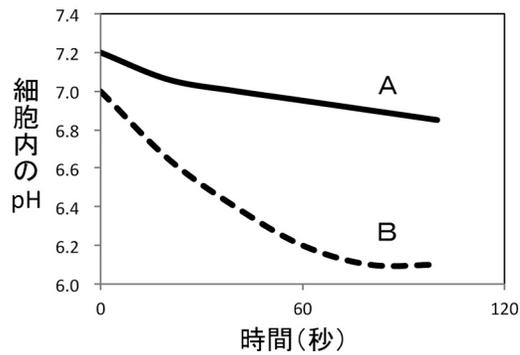


図 筋繊維内部の pH と運動開始からの時間の関係を示すグラフ

IV PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)について、以下の問1～問3に答えなさい。

問1 PCR法の反応に関して次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 以下の中からPCR法の1つのサイクルで起こっている反応をすべて選び、サイクル内での反応の順番に記号を並べなさい。

- A DNAを切断する。                      B DNAを合成する。  
C 2本鎖DNAを1本鎖に分ける。      D プライマーを合成する。  
E プライマーを鋳型鎖DNAに結合させる。  
F 2本鎖DNAどうしを結合させる。

(2) 標準的なPCR法の1つのサイクル内の反応で使われる温度をすべて選び、サイクル内での温度変化の順に記号を並べなさい。

- ア 約4℃              イ 約20℃              ウ 約37℃  
エ 約60℃              オ 約72℃              カ 約95℃

(3) 1分子の2本鎖DNAを鋳型にして10サイクルのPCR反応を行った。反応が終わった溶液中には、目的領域を含んだ2本鎖DNAが原理的に何分子存在しているかを答えなさい。

問 2 下記の文章を読んで、(1)~(4)に答えなさい。

ある生物のゲノム DNA を鋳型に用いて、PCR 法により特定の領域を増幅する実験を計画した。次の図は、増幅予定領域付近の 2 本鎖 DNA の模式図であり、点線で示した部分(目的領域)を含んだ DNA を増幅することを目的とする。ア、イは 2 本鎖 DNA のそれぞれの鎖であり、3' はアの鎖の方向性を示している。PCR 法の反応は、増幅予定部分をはさんだ 1 組のプライマー DNA を用いて行われるが、1 本鎖 DNA であるプライマー DNA の塩基配列は実験者が設計し、専門の会社に発注して化学合成してもらうのが一般的である。

実際に PCR の反応を行わせてみると、設計したプライマーによっては増幅効率が良くなかったり、目的の領域を含む DNA だけではなく、それとは全く異なる別の領域も増幅されてしまうことがあるので、念のために計 6 種類のプライマー DNA を設計した。図中の短い線 1 ~ 6 は、示された位置で鋳型 DNA 鎖に結合する 6 種類のプライマー DNA である。プライマー 1 の矢印は、1 のプライマー DNA の 5' → 3' の方向を示している。プライマー 1 ~ 3 の中から 1 つ、4 ~ 6 の中からもう 1 つを選んで組み合わせると、どの組み合わせでも目的領域を含んだ部分が増幅されるよう設計されている。



図 PCR の鋳型鎖に対するプライマーの結合部位

(1) 鋳型 DNA 上において、各プライマーが目的の位置に正確に結合できる理由はなぜか。プライマーに関する以下の特徴や記述の中から最も適当なものを1つ選び、記号で答えなさい。

ア 1本鎖

イ 5' → 3' の方向性

ウ DNA 合成の起点

エ リガーゼの基質

オ DNA 合成酵素の基質

カ ランダムな塩基配列

キ 相補的な塩基配列

(2) プライマー 1 ~ 6 の中で図のアの鎖に結合するものをすべて選び、番号で答えなさい。

(3) 合成される 2 本鎖 DNA の長さは、プライマーの組み合わせによって少しずつ異なる。すべての組み合わせの中で最も短い 2 本鎖 DNA の合成が予想されるプライマーの番号の組み合わせを答えなさい。可能性が複数存在する場合はそのすべてを答えなさい。

(4) 設計したプライマーによっては、説明文中の下線部 A で述べたようなことが実際に起こりうる。なぜそのようなことになるのか、プライマーと鋳型の関係から考えられる理由を一行で答えなさい。

問 3 下記の文章を読んで、(1)~(3)に答えなさい。

問2で立てた計画に従ってPCR反応を行う予定でいたところ、アクシデントが起って各プライマーの入っていた容器のラベルが読めなくなり、5個の容器に関しては、1~6のどのプライマーが入っているのか全く不明になってしまった。残った1つの容器に関しては、プライマー1~3のいずれかが入っていることは確実だが、それ以上のことはわからない。そこで各容器にあらためてA~Fの記号を付け直し(中身がプライマー1~3のいずれかであるとわかっている容器にAの記号を付けた)、A~Fに入っているプライマーが1~6のどれなのかを実験によって調べることにした。

A~Fの容器から2つを選んで組み合わせでPCR反応を行うという操作を、A~Fのすべての組み合わせで行い、各反応物を電気泳動にかけて調べたところ、ある一定の長さのDNAのバンドが見える場合と、見えない場合があった。なお、ここでは正しいプライマーの組み合わせの時だけ予想されるDNA領域のみが増幅され、バンドとして見えるものとする。バンドが見えたものに関して、DNA鎖の長さ(塩基対数)を正確に決定した。バンドが見えた反応のプライマー容器の組み合わせと、合成された2本鎖DNAの塩基対数をまとめたのが次の表である。表中の(x)の部分は、数値を伏せてある。

表 PCR 反応で一定の長さのバンドが合成されたプライマー容器の組み合わせと PCR 産物の長さ(塩基対数)

		もう一方のプライマー容器		
		B	C	F
片容器 の プライマー	A	1210	1350	1267
	D	1368	(x)	1425
	E	1305	1445	1362

- (1) 表のデータから考えて，B，D，Fの容器に入っているプライマーはそれぞれどれか，1～6の番号で答えなさい。
- (2) 表の(x)の部分にあてはまる数値を答えなさい。
- (3) 表にはない組み合わせの容器のプライマーでPCR反応を行った時，2つのプライマーはどのような状態にあったのか，以下の中であてはまるものをすべて選び番号で答えなさい。
- 1 問2の図で5' → 3'の向きが同じになった。
  - 2 問2の図で5' → 3'の向きが背中合わせ(矢印が互いに外側を向く関係)になった。
  - 3 問2の図で5' → 3'の向きが向かい合わせ(矢印が互いに内側を向く関係)になった。
  - 4 一方のプライマーの3'末端に，もう一方のプライマーの5'末端が連結した。
  - 5 2つのプライマーが鋳型DNAの同じ一方の鎖だけに結合した。
  - 6 2つのプライマーが鋳型DNAのそれぞれ異なる鎖に結合した。

V アフリカツメガエルの発生に関する下記の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

動物の発生過程において、受精卵のどの部分が将来どの組織に分化するかが、あらかじめ決まっているかのように見える例がいくつも知られている。これは個体による違いがなく、発生の予定運命とよばれる。アフリカツメガエルの卵における発生予定運命の模式図を図1に示す。分化の運命が決まっているかのように見える発生の各過程においても、近接する細胞間や組織間での誘導が次々と連続して起こる場合が多い。それは、実験的に細胞や組織を分離したり、組織を切り分けて相互の位置を変えたりして、発生予定運命が変わるかどうかを検証することで明らかにされてきた。

アフリカツメガエルの発生における誘導のしくみを調べるために、次の実験を行った。アフリカツメガエルの複数の前期胞胚から、動物極側の組織片(アニマルキャップ)と植物極側の組織片とを切り出した(図2 A)。まず、2つの植物極側の組織片でアニマルキャップをはさんで培養すると(図2 B)、アニマルキャップの細胞には、筋肉の主要なタンパク質である筋肉型アクチンの遺伝子から転写された mRNA が検出された。それに対して、切り出したアニマルキャップまたは植物極側の組織片を、それぞれ単独で培養した場合には、筋肉型アクチンの遺伝子の mRNA は検出されなかった。次に、アニマルキャップを細胞ひとつひとつに解離し(図2 A)、この解離した細胞どうしが互いに接触しないようにまばらな密度で配置して、植物極側の2つの組織片ではさんで培養したところ(図2 C)、解離した細胞には筋肉型アクチンの遺伝子の mRNA は検出されなかった。

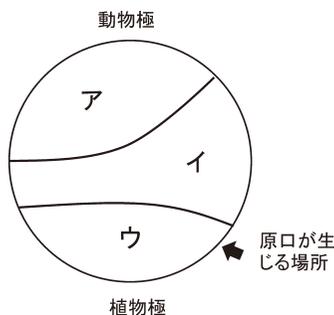


図1 アフリカツメガエル卵における発生予定運命の模式図(横から見たところ)

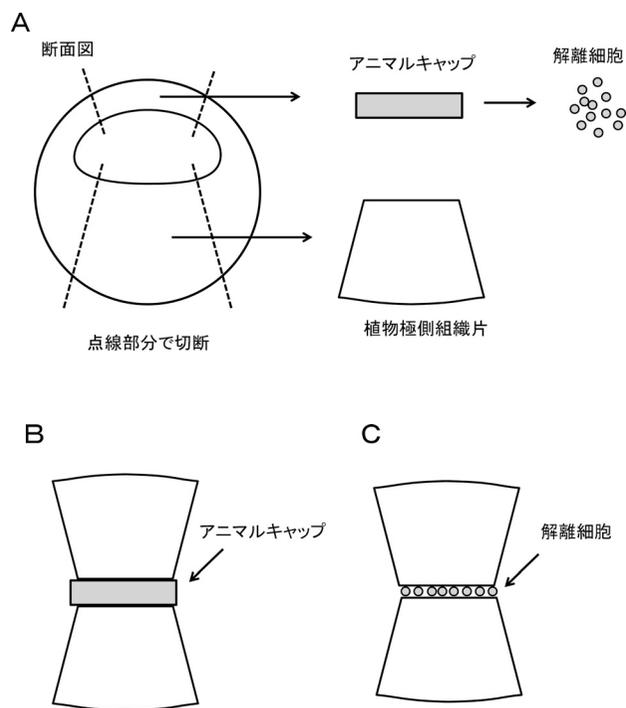


図2 実験の概略の模式図

Aは組織の処理方法，BとCはそれぞれの実験を示す。

問1 図1に示したア，ウの各領域は将来，外胚葉，中胚葉，内胚葉のいずれに分化するか答えなさい。

問2 図2の実験結果から，アニマルキャップの細胞が筋肉型アクチンの遺伝子を発現するように分化するためには，植物極側組織からの誘導以外にどのような細胞間の相互作用があると考えられるか，最も適当なものを下の選択肢の中から選び記号で答えなさい。

- A 片側の植物極側組織片の中の細胞どうしの相互作用
- B 2つの植物極側組織片の細胞どうしの相互作用
- C アニマルキャップの中の細胞どうしの相互作用
- D アニマルキャップの細胞と一方の植物極側の細胞との相互作用
- E アニマルキャップの細胞と2つの植物極側組織片の細胞との相互作用

問 3 問 2 で最も適当だと考えられる仮説をより確かなものとするためにはどのような実験を追加したらよいか、最も適当なものを下の選択肢の中から選び記号で答えなさい。

- A アニマルキャップ由来の解離細胞を再集合させて、そのまま培養する。
- B アニマルキャップ由来の解離細胞を再集合させて、植物極側組織片にはさんで培養する。
- C アニマルキャップ由来の解離細胞と植物極側組織片由来の解離細胞を混合して、培養する。
- D 植物極側組織片由来の解離細胞をアニマルキャップに接触させて培養する。
- E 植物極側組織片を植物極側組織片の組織にはさんで培養する。

問 4 図 2 B の状態で培養を続けると、アニマルキャップから筋肉などの細胞が分化した。同様の実験で、細胞が通ることができない小さな穴が無数にあいている膜をアニマルキャップと植物極側組織片の間にはさんで培養しても筋肉の細胞に分化した。この結果から、筋肉の分化を誘導する分子の性質についてどのようなことが考えられるか一行で説明しなさい。

問 5 下の語群の中から、誘導分子がアニマルキャップの細胞に作用するところから筋肉型アクチンタンパク質が合成されるまでの過程で働くものをすべて選び、それらが作用していく順番に記号を書きなさい。なお、ここでは細胞の増殖は起こらないものとする。

< 語群 >

- |              |             |
|--------------|-------------|
| a 制限酵素       | b リボソーム     |
| c RNA ポリメラーゼ | d 小胞体       |
| e 受容体        | f 転写調節タンパク質 |
| g DNA ポリメラーゼ | h ゴルジ体      |
| i プライマー      |             |

問 6 アニマルキャップの部分は，正常発生では主に表皮と神経に分化する。しかし，図 2 B の実験では，アニマルキャップの細胞は神経に分化しなかった。その理由を一行で答えなさい。

問 7 問 6 で解答した考えを確かめるためにはどのような実験を行ったらよいか一行で答えなさい。

出典：

生物：

大問 V は 2009 年度 お茶の水女子大学 前期 生物学科 生物 2  
の問題を改変。