

## 令和3年度一般選抜試験(前期)

## 理 科 ( 問 題 )

## 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で43ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4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。
  - ・ 一般選抜試験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。
  - ・ 併用試験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。
  - ・ 一般選抜試験と併用試験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で、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 重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えよ。

長さ  $L$  の一様な細い棒 AB (質量  $m$ ) を、AB の中点 O で、 $\angle AOB$  が直角になるように折り曲げた。この棒を、図のように、床に固定された棒の先端に取り付けられた球体にのせたところ、棒は球体と 2 点で接した状態で静止した。AO は水平で、AO の長さは球体の直径に等しい。棒と球体との静摩擦係数を  $\mu (< 1)$  とする。このとき棒と球体間に働く摩擦力について考えてみよう。

AO と球体間に働く摩擦力の大きさが  $F_1$ 、OB と球体間に働く摩擦力の大きさが  $F_2$  で、それぞれが図の矢印の方向に作用する場合について考える。AO が球体から受ける垂直抗力の大きさを  $N_1$ 、OB が球体から受ける垂直抗力の大きさを  $N_2$  とすると、水平方向の力のつり合いの式は  , 鉛直方向の力のつり合いの式は  と表される。

点 O のまわりの力のモーメントのうち、紙面上から見て時計回りの力のモーメントの大きさは  , 反時計回りの力のモーメントの大きさは  なので、力のモーメントのつり合いの式は  =  と表される。

$F_2$  の上限は、 $F_1$  を用いると

$$F_2 \leq \text{} \quad (1)$$

となる。

$F_1$  の上限は、 $F_2$  を用いると

$$F_1 \leq \text{} \quad (2)$$

となる。力のつり合いと力のモーメントのつり合いを考えると、 $F_2$  は  $F_1$  を用い

$$F_2 = \text{} \quad (3)$$

と表される。(3)式を(2)式に代入すると、 $F_1$  の上限は  $\mu$ 、 $m$ 、 $g$  だけを用いて表すことができ、

$$F_1 \leq \text{} \quad (4)$$

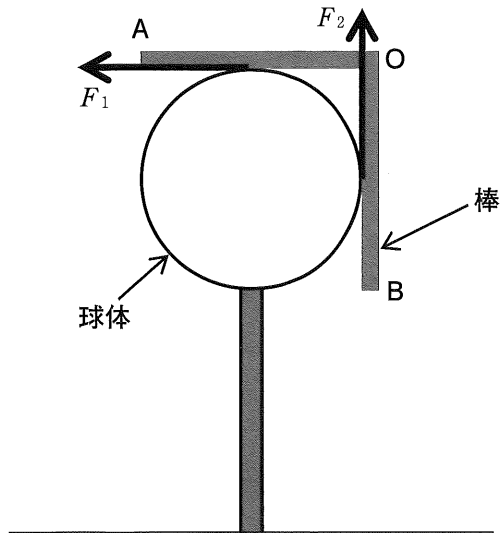
となる。

(1)式と(4)式を満たす  $F_1$  と  $F_2$  の範囲①を横軸  $F_1$ ，縦軸  $F_2$  のグラフ上に図示することができる。 $\mu$  がある値以上のとき，(3)式を満たす  $F_1$  と  $F_2$  がこの範囲に存在する②。

問 1 文中の 1～8 の空欄に最も適した文字式や関係式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

問 2 (1)式と(4)式を横軸  $F_1$ ，縦軸  $F_2$  のグラフに図示し，下線部①の範囲を斜線で示せ。

問 3 下線部②において， $\mu$  の最小値を求めよ。途中の考え方も記せ。



II 図のような起電力  $V$  の電池，電気容量  $C$  のコンデンサー  $C_1, C_2$ ，抵抗値  $R$  の抵抗およびスイッチ  $S$  からなる回路を考える。この回路を用いて以下の i)，ii)，iii) の操作を行った。i) の操作前には，2つのコンデンサーに電荷はなく，スイッチ  $S$  はどちらにも接続されていないとする。次の問に答えよ。問 2 から 4 は途中の考え方も記せ。

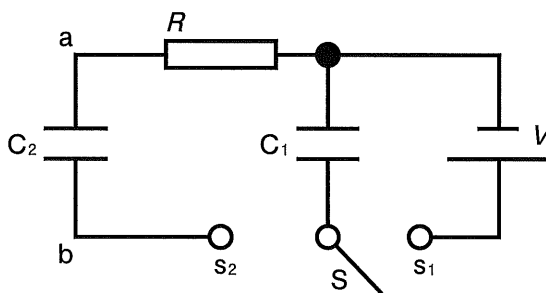
- i)  $S$  を  $s_1$  側に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。
- ii) 次に  $S$  を  $s_2$  側に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。
- iii) 再び  $S$  を  $s_1$  側にいれてから，じゅうぶんに時間がたった後，スイッチを  $s_2$  に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。

問 1 i) の操作の後， $C_1$  に蓄えられた電気量を求めよ。

問 2 ii) の操作において，抵抗で発生したジュール熱と，ii) の操作後の  $ab$  間の電位差を求めよ。

問 3 iii) の操作の後， $C_1$  に蓄えられた電気量を求めよ。

問 4 iii) の操作をじゅうぶんな回数繰り返すと， $ab$  間の電位差はある値になった。この値を求めよ。





Ⅲ フルートは管状の横笛で、図のように、吹き口部と管部からなる。奏者が吹き口に軽く唇を当て息を吹くことで吹き口部が音源となり、音源から出た音が管部で共鳴する。フルートの吹き口は奏者の口でふさがれることはないので、管部は両端が開いた開管とみなすことができる。管部の実効的な長さは、管部に設けられた指孔を開くことで短くすることができる。

音名は音の振動数を表す。音名は国際式音名表記を用いると表のようになる。指孔を全て閉じた状態のフルートで出すことができる最も低い音は国際式音名のC4の音である。以下の間に答えよ。問1以外は、途中の考え方も記せ。音速は340 m/sとする。開口端補正は考えなくてもよい。

問 1 音を特徴づける3つの要素(音の3要素)を答えよ。

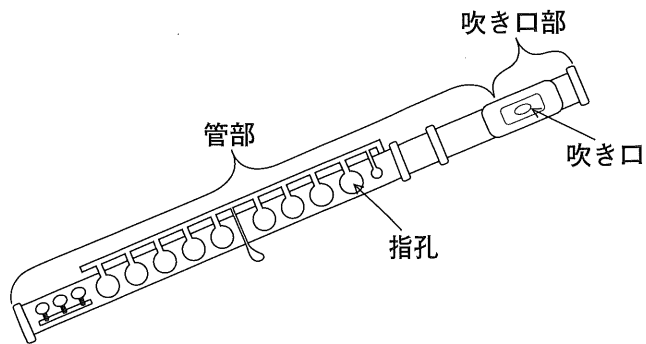
問 2 フルートの管部の長さを求めよ。

音の振動数が、国際式音名の音の振動数の $\pm 1\%$ の範囲であれば、その音名の音であるとする。

問 3 C4からC7の音を出すことができるフルート奏者が、指孔を開き、管部の実効的な長さを問2の長さの $\frac{2}{3}$ にしてフルートを吹いた。フルートから出る全ての音を、国際式音名を用いて答えよ。

クラリネットも音源となる吹き口部と管部からなる楽器である。音源であるリードと呼ばれる薄い板がついた吹き口は奏者の口で閉じられているので、管部は片端だけが閉じた閉管とみなすことができる。

問 4 管部の長さがフルートと同じであるクラリネットで出すことができる最も低く聞こえる音を、国際式音名を用いて答えよ。



国際式音名と振動数(Hz)の関係の表

順番	音名						
	C	D	E	F	G	A	B
0	16	18	21	22	25	28	31
1	33	37	41	44	49	55	62
2	65	73	82	87	98	110	124
3	131	147	165	175	196	220	247
4	262	294	330	349	392	440	494
5	523	587	659	699	784	880	988
6	1047	1175	1319	1397	1568	1760	1976
7	2093	2249	2637	2794	3136	3520	3951
8	4186	4699	5274	5588	6272	7040	7902
9	8372	9397	10548	11175	12544	14080	15804

表の見方 振動数が 147 Hz の音の国際式音名 D3

IV 発光ダイオード(LED)を用いプランク定数  $h$  を求める実験を行った。以下の間に答えよ。光速を  $c$ 、電気素量を  $e$  とする。問 2 と問 3 以外は途中の考え方も記せ。

LED は順方向に電圧を加えると発光する半導体素子である。LED は pn 接合に電圧を順方向にかけると、n 型層の正孔と p 型層の自由電子の密度が平衡状態よりも増加する。この増加した正孔と自由電子は平衡状態に戻ろうとし、空乏層で再結合し発光する。LED が発光するためには、ある大きさの電圧が必要であり、この電圧によるエネルギーは全て LED が放出する光子のエネルギーに変換されるとする。

内部抵抗が無視できる直流電源と抵抗と LED を用い、図 1 のような回路を組んだ。LED は取り換えることができる。

問 1 図 2 のような電流電圧特性を持つ LED を接続した。電源電圧が  $6.0 \text{ V}$ 、抵抗の抵抗値が  $20 \Omega$  であるとき、LED に流れる電流の大きさはいくらか。

電源電圧を徐々に大きくしながら、LED が発光し始めたときの LED の両端の電圧(発光開始電圧)を測定した。

問 2 LED 発光による波長  $\lambda$  の光の振動数を求めよ。

問 3 発光開始電圧を  $\lambda$  を用いて表せ。

異なる色で発光する LED を用い、発光開始電圧を測定し図 3 の結果を得た。

問 4 図 3 のグラフの傾きの大きさを求めよ。

問 5 この実験結果からプランク定数を求めよ。必要があれば、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  を用いてもよい。



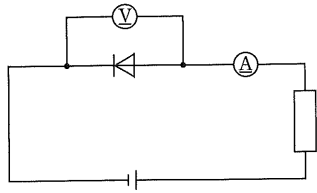


図 1

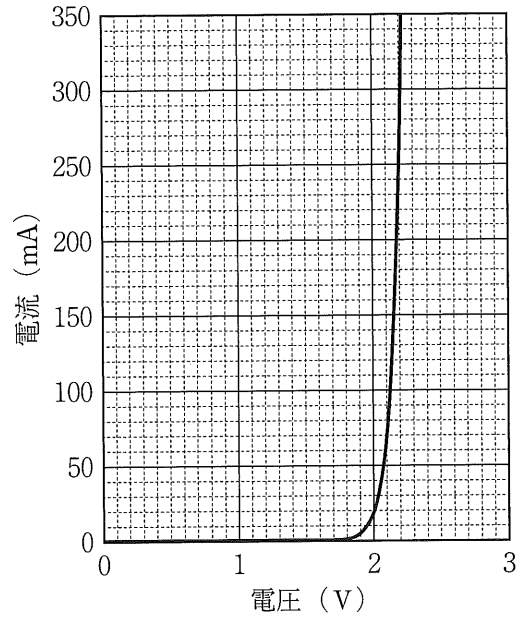


図 2

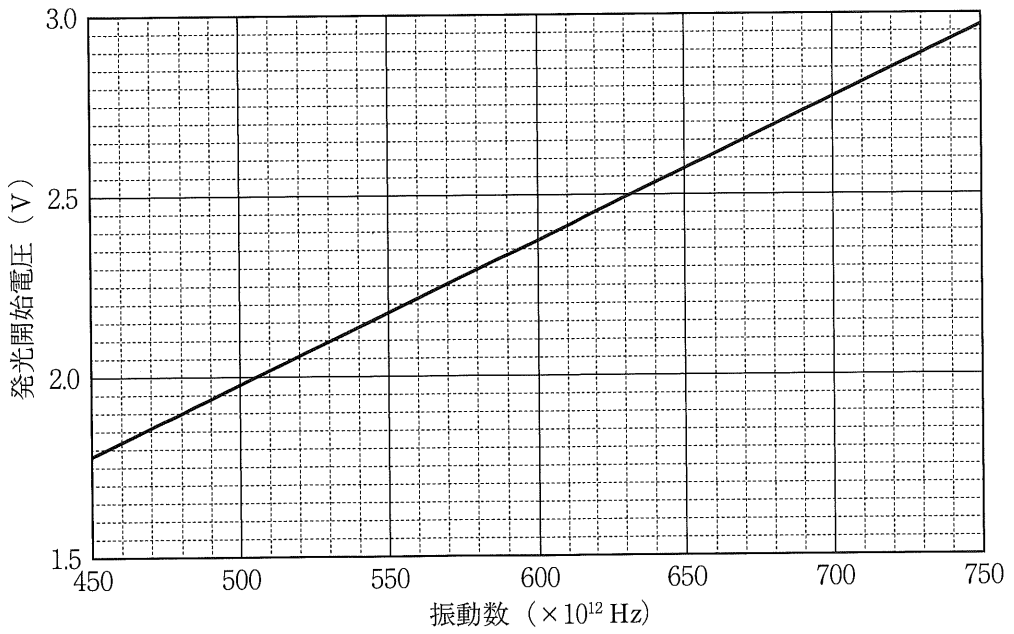


図 3

# 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, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

Na = 23.0, Cr = 52.0, Co = 58.9, Cu = 63.6, Ag = 107.9,

Au = 197.0

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

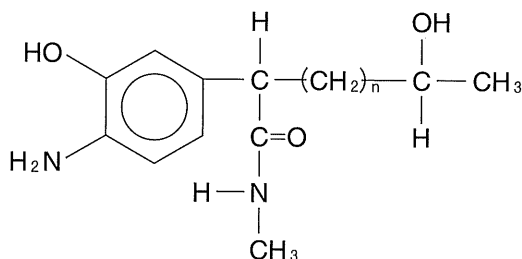
水のモル凝固点降下  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$

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

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

選択肢で答える問題においては、同じ選択肢を何度使っても構わない。

また、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5に答えなさい。

炭素と水素のみからなる化合物を一般に(ア)という。(ア)において、炭素間の結合に二重結合等の不飽和結合を含まない鎖式構造をしている一連の化合物を(イ)と総称している。(イ)の分子式は炭素数を $n$ とした場合、一般式(ウ)で表すことができる。このように共通の一般式で表される化合物を(エ)体という。(イ)のうち、炭素数 $n$ が4以下の化合物は常温・常圧(25℃,  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ )においては(オ)体として存在する。また炭素数 $n$ が4以上の(イ)には構造異性体が存在する。

(イ)の1つにメタンがある。メタンは石油等とともにガス田で採集される他、近年、メタンハイドレートと呼ばれる状態で地球上に多く存在することが確認されている。メタンハイドレートはメタンが水分子に囲まれ、結晶のような状態で海底などの低温・高圧下で存在している。このメタンハイドレートは常温・常圧におくとメタンが気体として遊離するので、これに火をつけると炎を出して燃える。この様子から燃える氷として表現されることもある。メタンはそれ自身が燃料物質として都市ガスに利用されている他、燃料電池用の水素を発生させる材料としても利用されている。

問 1 文章中の(ア)～(オ)に入る最も適切な語句を以下から選び、その記号を解答欄(ア)～(オ)に書きなさい。

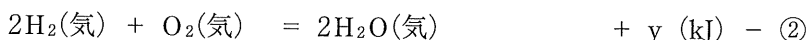
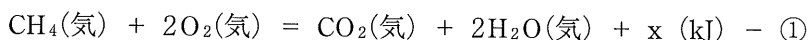
あ. アルカン	い. アルケン	う. アルキン
え. アルドン	お. アルゴン	か. 気
き. 液	く. 固	け. アモルファス
こ. 同素	さ. 同族	し. 同位
す. 炭水化物	せ. 炭化水素	そ. 炭酸
た. $C_nH_n$	ち. $C_nH_{2n}$	つ. $C_nH_{2n+2}$
て. $C_nH_{2n-2}$	と. $C_nH_{2n}O_n$	

問 2 下線部に関して、異性体には構造異性体の他に立体異性体が存在する。そして、立体異性体のうち鏡像異性体では、鏡像の関係にあるそれらの分子を重ね合わせることができない。このような鏡像異性体が存在しうる(イ)のうち、もっとも分子量の小さいものの分子量はいくらか。小数第一位まで求め、解答欄に答えなさい。

問 3 メタンハイドレートの固体 1.00 L から、メタン(気体)が温度 27.0℃、 $1.00 \times 10^5$  Pa の圧力で 162 L 得られた。その他には  $8.10 \times 10^2$  g の水のみが残った。実験に用いたメタンハイドレートにおいて、含まれていたメタンに対する水の物質量の比を解答欄(i)に有効数字 3 桁で答えなさい。またこの実験に用いたメタンハイドレートの密度は固体状態では何  $\text{g}/\text{cm}^3$  であったか、その値を解答欄(ii)に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 メタンは別のエネルギー物質である水素の製造にも利用されている。メタンの気体に水蒸気を反応させると一酸化炭素(気体)と水素(気体)が発生するが、生じた一酸化炭素はさらに水蒸気と反応して水素(気体)と二酸化炭素(気体)となる。

これら一連の反応を利用して 1 mol の水素(気体)を製造した際に発生する熱量は何 kJ か。以下の①式と②式を利用して求め、最も簡単な文字式で表しなさい。



問 5 燃料電池を用いると水素を利用して発電することができる。以下の燃料電池の概要を参考にして問に答えなさい。

「燃料電池の一方の極に燃料物質となる水素を入れ、反対側の極から酸素を通じると、電極が触媒となり水素から電子が遊離し、その電子は導線を通り反対側の極へと移動する。電子が遊離して生じた水素イオンは、電池内の電解質を通り反対側の極に移動し、導線から移動してきた電子と外部から供給された酸素分子とで化学反応が進み、結果として水が生じる。」

この燃料電池をエネルギー源としている自動車の燃料用水素ボンベ(容量 60.0 L)に、27℃で水素を充填したところ、その圧力は  $2.77 \times 10^7$  Pa であった。この状態の燃料電池から得られる電気量は最大何 C か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。



II 以下の実験1と実験2についての文章を読み、問1～問7に答えなさい。

【実験1】

操作1：ビーカーに0.500 mol/L塩酸を2.00 L入れると、その温度は $t$  Kであった。そこへ $t$  Kの0.800 mol/L水酸化ナトリウム水溶液0.500 Lをよくかき混ぜながら加えた。その際の温度変化を記録したところ図1のようになった。

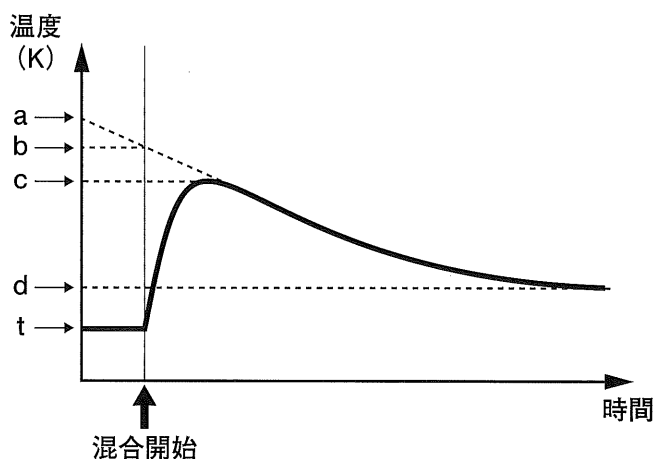


図1

操作2：操作1のあと、混合溶液の温度が再び $t$  Kになったことを確認後、28.0 gの固体の水酸化ナトリウムを加えてよくかき混ぜたところ、溶液の温度が再び上昇した。

これらの実験において、生じた熱エネルギーは全て溶液の温度変化に利用されるものとし、溶液の混合や固体の溶解、その他の化学反応によって生じる体積の変化は無視するものとする。また、水やその他すべての溶液について、それらの溶液の密度を $1.00 \text{ g/cm}^3$ とし、溶液 $1.00 \text{ g}$ の液温を $1.00 \text{ K}$ 上昇させるのに必要な熱量を $4.20 \text{ J}$ とする。

問 1 操作 1 の結果から反応熱を見積もる際の温度変化量( $\Delta T$ )をグラフから求める場合、どの値が最も適切か。以下のア～キから 1 つ選び、解答欄に記号で答えなさい。ただし、t, a, b, c, d のそれぞれはグラフで示した各温度である。

- ア. a-t          イ. b-t          ウ. c-t          エ. d-t  
オ. a-d          カ. b-d          キ. c-d

問 2 操作 1 における反応に伴う温度変化量( $\Delta T$ )は 2.10 K であった。塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱は何 kJ/mol か、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 3 操作 2 において、溶液の温度変化の測定から Q kJ のエネルギーが発生したことが分かった。水酸化ナトリウムと塩酸の中和熱を x kJ/mol とすると、この操作で固体の水酸化ナトリウムが溶液に溶解することで生じた熱量は水酸化ナトリウム 1 mol あたり何 kJ か。最も簡単な文字式を用いて解答欄に答えなさい。ただし、文字式には小数は用いないこと。

【実験 2】

7 種類の金属イオン( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ )を含む混合溶液を用意し、下の図 2 の手順に従い系統分析を行った。

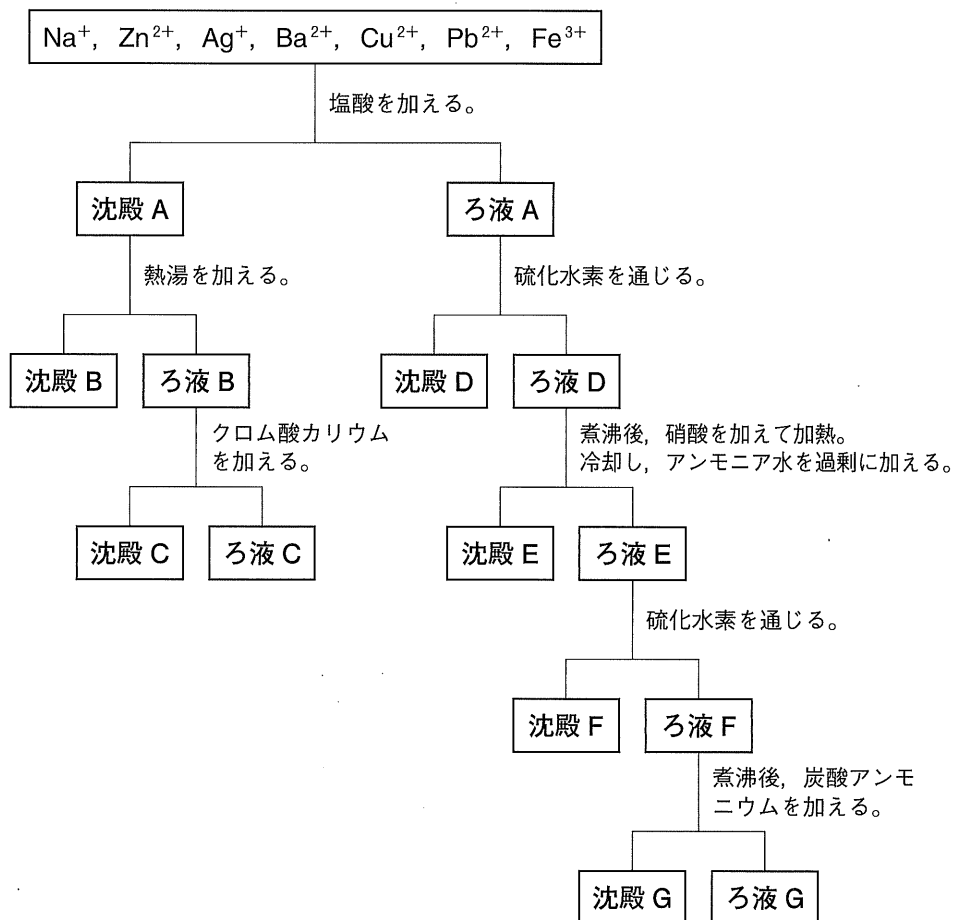


図 2

また、この系統分析で得られた沈殿や溶液を用いて、以下の 3 種類の分析を行った。

分析 1 : 沈殿 D に希硝酸を加えて加熱すると沈殿は無色の気体を発生して溶解、溶液には沈殿 D とは明らかに異なる淡い黄色の沈殿が生じた。

分析 2 : 分析 1 の反応後、沈殿を取り除いた溶液に水酸化ナトリウム水溶液を



加えていくと青白色の沈殿が生じた。そこへ過剰量のアンモニア水を加えてよく混ぜると、沈殿は全て溶けて溶液の色は深青色に変化した。

分析 3 : ろ液 G の少量を白金耳につけて、ガスバーナーの炎に入れたところ、発色が確認された。

問 4 沈殿 C、沈殿 F、沈殿 G の各化合物を化学式で表し、解答欄(ア)~(ウ)にそれぞれ答えなさい。

問 5 下線部①を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 6 下線部②の溶液の色を呈する原因となっているイオンの名称を解答欄に答えなさい。

問 7 下線部③の発色は何色か。解答欄に答えなさい。

Ⅲ 天然のタンパク質を加水分解して得られたペプチド X に関する以下の実験 1 ～ 7 の記述を読み、問 1 ～ 問 6 に答えなさい。

【実験 1】 ペプチド X の元素分析を行ったところ、質量比でそれぞれ炭素 59.4 %、水素 6.3 %、酸素 21.6 %、窒素 12.6 %であった。(これらの分析値は、それぞれ小数点以下第 2 位を四捨五入している関係でそれらの合計は 100 %とならない。)

【実験 2】 100 g の水に、4.40 g のペプチド X を溶解すると、凝固点が  $3.70 \times 10^{-1} \text{ K}$  下がった。

【実験 3】 ある機器分析により、ペプチド X は芳香族化合物であることがわかった。

【実験 4】 中性の緩衝液を浸したろ紙の中央に、加水分解したペプチド X を滴下し、両端をそれぞれ直流電源の正極および負極に接続して電気泳動を行った。電気泳動の終了後、アミノ酸検出用の発色溶液を作用させたところ、中央付近にのみ発色が確認され、電源の正極側や負極側に大きく移動した成分は確認されなかった。

【実験 5】 シリカゲルを充填したガラス管に、ペプチド X の加水分解物を流し込むと、シリカゲルへの吸着力などの違いで、ガラス管から出てくる時間の異なる 2 種類のアミノ酸が得られた。

【実験 6】 【実験 5】 で得られた 2 種類のアミノ酸をアミノ酸 A、アミノ酸 B とした。それぞれの溶液に偏光をあてて観察したところ、アミノ酸 A では変化が見られなかったが、アミノ酸 B は偏光を回転させたので、アミノ酸 B には光に対する性質の異なる異性体が存在することが明らかとなった。

【実験7】 ペプチドXを $\text{H}_2^{18}\text{O}$ を含む溶液中で加水分解したところ、 $^{18}\text{O}$ はアミノ酸Bにのみ確認された。

問1 【実験1】の結果から、このペプチドの組成式を答えなさい。

問2 【実験2】のデータをもとに、ペプチドXの分子量を求め、有効数字3桁で解答欄に答えなさい。

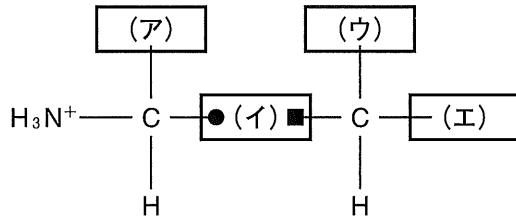
問3 【実験4】の下線部について、アミノ酸の発色に用いる溶液として最も適当なものを下表の行(i)から、それによる反応が陽性の場合には何色になるかを下表の行(ii)から、そしてその反応がペプチドのどのような構造によるものかを下表の行(iii)からそれぞれ選んで、解答欄に記号(ア)~(オ)で答えなさい。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(i)	フェーリング液	硝酸銀水溶液	ビウレット試薬	濃硝酸	ニンヒドリン溶液
(ii)	橙	黄	緑	紫	黒
(iii)	ヒドロキシ基	アミノ基	ペプチド結合	カルボキシ基	$\alpha$ -炭素

問4 【実験5】のような混合物の分離方法を何と言うか。

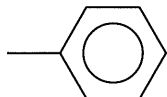
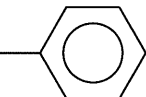
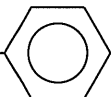
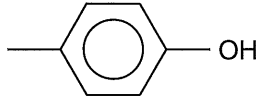
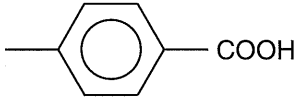
問5 【実験1】から【実験6】の結果を総合して、アミノ酸Aの名称を答えなさい。

問6 【実験1】から【実験7】の結果を総合して、ペプチドXの構造式を推定した。ペプチドXが中性の溶液中で最も多く存在する状態を表すように、次ページのペプチドXの構造式内の(ア)~(エ)にあてはまる原子や原子団を選択肢群より選び、解答欄(ア)~(エ)に書きなさい。ただし、(イ)には選択肢(た)~(な)から選ぶものとし、選択肢(わ)~(な)の価標先端にある●および■は、それぞれ構造式の(イ)欄の●と■に対応しているものとする。



推定したペプチド X

■原子および原子団の選択肢■

 (あ)	$-\text{CH}_2-$  (い)	$-\text{O}-$  (う)		
 (え)	 (お)	$-\text{H}$ (か)		
$-\text{CH}_3$ (き)	$-\text{OH}$ (く)	$-\text{SH}$ (け)	$-\text{NH}_2$ (こ)	$-\text{NH}_3^+$ (さ)
$-\text{CHO}$ (し)	$-\text{COOH}$ (す)	$-\text{COO}^-$ (せ)	$-\text{CONH}_2$ (そ)	
$\bullet - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \blacksquare$ (た)	$\bullet - \text{N} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \blacksquare$   H (ち)	$\bullet - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_2 - \text{N} - \blacksquare$   H (つ)		
$\bullet - \text{O} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \blacksquare$ (て)	$\bullet - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{N} - \blacksquare$   H (と)	$\bullet - \text{N} - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \blacksquare$   H (な)		



IV 以下の実験1～実験3についての文章を読み、問1～問6に答えなさい。

【実験1】 塩化コバルト(Ⅱ)六水和物( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )を水に溶解すると、コバルトイオン( $\text{Co}^{2+}$ )は溶媒の水分子と錯体を形成し、ヘキサアクアコバルト(Ⅱ)イオン( $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ , 赤色)となる。さらに、このヘキサアクアコバルト(Ⅱ)イオンは、塩化物イオンの存在下ではテトラクロリドコバルト(Ⅱ)酸イオン( $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ , 青色)の状態となる。そのため水に塩化コバルト(Ⅱ)六水和物を溶解した後、よくかき混ぜながら塩酸を加えていくと以下の式1の平衡が速やかに成立し、溶液の色が赤紫色になる。



また、エネルギー的には、この反応は以下の熱化学方程式で表される(ただし、 $Q > 0$ )。



いま、式1の平衡状態にある赤紫色の溶液を試験管に取り、よく混ぜながら濃塩酸を少しずつ加えたところ、溶液の色が( A )に変化した。また、別の試験管に平衡状態の赤紫色の溶液を入れて密閉した後、60℃の湯浴で加熱したところ、溶液の色は( B )になった。

問1 文章中の( A )と( B )に入る最も適切な溶液の色を次から選び解答欄

に(ア)～(オ)の記号で答えなさい。

(ア) 薄桃色

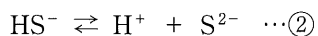
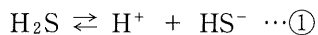
(イ) 赤紫色

(ウ) 赤色

(エ) 青色

(オ) 黒紫色

【実験2】 弱酸である硫化水素を水に溶かしたところ、次のような2段階の電離をした。



この時、第1段階の電離定数  $K_1$  は、

$$K_1 = \frac{[(\text{ア})][(\text{イ})]}{[(\text{ウ})]}$$

で求められる。同様にして、第2段階の電離定数  $K_2$  も求めることができる。

ある温度における  $K_1$ ,  $K_2$  は、それぞれ  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ,  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$  であるものとする。

問2 文章中の(ア)～(ウ)に入る最も適切な化学式を解答欄(ア)～(ウ)に答えなさい。

問3  $0.10 \text{ mol/L}$  の  $\text{H}_2\text{S}$  水溶液の pH はいくらか。その値を解答欄に小数第一位まで答えなさい。

問4  $\text{Xa}^{2+}$ ,  $\text{Xb}^{2+}$ ,  $\text{Xc}^{2+}$  で表される三種類の金属イオンがそれぞれ  $0.10 \text{ mol/L}$  ずつ含まれた水溶液に、pH を 2.0 に保ったまま  $\text{H}_2\text{S}$  を十分に通じた。その際に生じるすべての沈殿を化学式で解答欄に答えなさい。ただし、pH によらず水に溶解している  $\text{H}_2\text{S}$  の濃度は  $0.10 \text{ mol/L}$  で一定とし、 $\text{XaS}$ ,  $\text{XbS}$ ,  $\text{XcS}$  の溶解度積は、それぞれ  $2.5 \times 10^{-9} (\text{mol/L})^2$ ,  $2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$ ,  $6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$  とする。

【実験3】 濃度未知の塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )を含む水溶液 A がある。この水溶液 A に含まれる塩化物イオンの濃度をモール法にならって測定した。まず 10.0 mL の水溶液 A をビーカーに入れ、これに  $2.5 \times 10^{-2}$  mol/L のクロム酸カリウム水溶液 10.0 mL を加えて、よく混合した。この混合溶液に  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L の硝酸銀水溶液を少しずつ滴下していくと、溶液は生じた塩化銀の沈殿により白濁した。さらに滴下を続けると、溶液に赤褐色のクロム酸銀が沈殿し始めたのでそこで硝酸銀水溶液の滴下をやめて終点とした。この時点までに滴下した硝酸銀水溶液は 5.0 mL であった。

これらの実験において、溶液の混合などによる温度変化はないものとする。またこの実験時の温度における塩化銀とクロム酸銀の溶解度積はそれぞれ  $1.5 \times 10^{-10}$  (mol/L)<sup>2</sup> と  $9.0 \times 10^{-12}$  (mol/L)<sup>3</sup> とする。

問 5 モール法にならって求めた水溶液 A の塩化物イオンの濃度は何 mol/L か。

有効数字 2 桁で解答欄に答えなさい。

問 6 下線部において、赤褐色の沈殿が生じた時の溶液中の銀イオンの濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で解答欄に答えなさい。





# 生 物 (前期)

(解答上の注意)すべての選択問題について、複数回答で順番を問題にしていない場合は、選択した記号をそれぞれの順(アルファベット順、五十音順等)に並べて解答しなさい。該当するものがない場合にのみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

I 以下の各設問に答えなさい。

(1) リンパ球ではないものをすべて選びなさい。

- |        |        |           |
|--------|--------|-----------|
| A 好中球  | B 樹状細胞 | C T細胞     |
| D NK細胞 | E B細胞  | F マクロファージ |
| G 該当なし |        |           |

(2) 被子植物の胚のう細胞が胚のうを形成するまでの間に、核分裂は連続して何回起こるか答えなさい。

(3) ヘモグロビンについてあてはまらない記述をすべて選びなさい。

- A 酵素である。
- B ヘモグロビンのヘムに酸素が結合する。
- C 4種類の遺伝子から作られたポリペプチドが四次構造をつくっている。
- D ヘモグロビンによって運ばれた酸素は組織で直接水分子に変換される。
- E 二酸化炭素分圧が高いと酸素と結合しやすくなる。
- F 酸素ヘモグロビンは鮮紅色をしている。
- G 該当なし。

(4) 真核生物の転写が効率的に起こるために必要な条件を3つ選びなさい。

- A クロマチンが固く折りたたまれている。
- B クロマチンがほどけている。
- C RNAポリメラーゼがプロモーターに結合する。
- D RNAポリメラーゼがプロモーター以外の転写調節領域に結合する。
- E 基本転写因子がプロモーター以外の転写調節領域に結合している。
- F 基本転写因子がRNAポリメラーゼと複合体を形成する。

(5) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A アクアポリンによる水分子の輸送にはATPを必要とする。
- B キネシンは微小管上を+端側へ移動する。
- C 接着結合には、中間径フィラメントが結合している。
- D 解糖系と電子伝達系では、異なる種類の酵素がATPを合成する。
- E カエルの初期原腸胚ではオーガナイザー由来のBMPの阻害物質は主に腹側で作用している。
- F GFPタンパク質は、最初にミドリムシから発見された。
- G 該当なし。

(6) 冠輪動物をすべて選びなさい。

- |       |         |          |
|-------|---------|----------|
| A トンボ | B ゴカイ   | C クラゲ    |
| D ハエ  | E スルメイカ | F コウガイビル |
| G ワムシ | H カイチユウ | I 該当なし   |

(7) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A アゾトバクターやクロストリジウムは窒素固定をする根粒菌の一種である。
- B 亜硝酸菌は、 $\text{NH}_4^+$ を $\text{NO}_2^-$ に変換する。
- C 窒素固定細菌は、 $\text{N}_2$ を $\text{NH}_4^+$ に変換する。
- D 紅色硫黄細菌は、光エネルギーを用いて $\text{H}_2\text{S}$ を合成する。
- E 脱窒素細菌は、 $\text{NH}_4^+$ を $\text{N}_2$ に変換する。
- F 植物は、 $\text{NH}_4^+$ とグルタミン酸からグルタミンを合成する。
- G 該当なし。

(8) カエルの受精から神経胚までの胚発生の過程を観察する実験について、誤っている記述をすべて選びなさい。

- A 受精卵をホルマリンなどのアルデヒドで処理した後に発生させ、各発生期の胚を採取する。
- B アフリカツメガエルは実験動物として適している。
- C 実体顕微鏡で胚の外部形態を観察するときには、胚を薄い切片にする必要がある。
- D 生殖腺刺激ホルモン(ゴナドトロピン)を事前に注射することにより、交配や採卵のタイミングを調節することができる。
- E 受精卵を生理食塩水中で発生させる必要がある。
- F 該当なし。



## II

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

酵母は乳酸発酵に必要な遺伝子を欠くが、遺伝子組換え技術によってある2種類の遺伝子を細胞内に導入して発現させたところ、好気的な環境での培養を維持しながら、効率的に乳酸が得られるようになった。すなわち、定期的に培地を交換することで、酵母を集めて破碎することなく、生成された乳酸の大半を培養液から回収できるようになった。またその際、酵母は良好に増殖し、細胞死など異常は認められなかった。この遺伝子組換え酵母がどのような代謝経路を使ってグルコースを分解しているか調べるため、以下の1)～4)の手順で実験を行った。

- 1) 図1に示した容器を2つ用意し、一方の容器Aの副室には水、もう一方の容器Bの副室には水酸化カリウム溶液を入れた。なお、この実験で用いる水酸化カリウム溶液は発生した二酸化炭素を完全に吸収するのに十分な量である。また、ここではもともと空気に含まれていた二酸化炭素の量は無視できるものとする。
- 2) 炭素栄養源としてグルコースだけを含む培地に遺伝子組換え酵母を懸濁した。
- 3) この酵母懸濁液1 Lをよく混ぜてから、容器Aと容器Bの各主室に半量ずつ入れた。
- 4) 培養時の温度を25℃に制御した装置を利用して、密閉した両容器の酵母を同一の条件で同じ時間だけ培養した。

その結果、着色液の位置の移動から算出した容器内の気体の体積の変化は、容器Aでは28 mLの増加、容器Bでは50.4 mLの減少であった。また、培地のグルコースは両容器とも容器あたり254 mg消費された。

ただし、原子量はC=12、H=1、O=16、気体1 molの体積は25℃で22.4 Lとする。

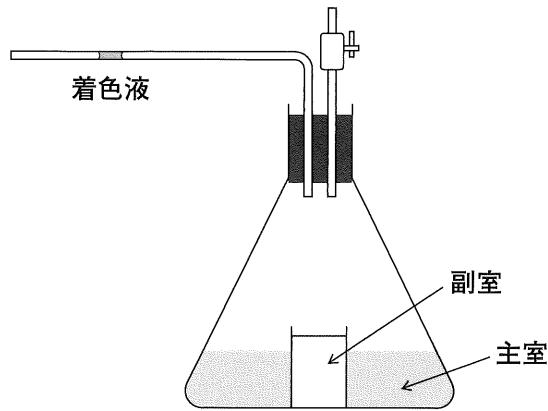


図1 実験に用いた容器

問1 ビール酵母やヒドラでみられる無性生殖の様式を答えなさい。

問2 下線部の2種類の遺伝子のうち、1つはピルビン酸を乳酸に代謝する酵素の遺伝子である。もう一方の遺伝子によってつくられるタンパク質の機能として最も適当なものを1つ選び、番号を答えなさい。

- 1 抗生物質を分解し、栄養に変える。
- 2 乳酸をグルコースに変換する。
- 3 乳酸を細胞内から細胞外へ輸送する。
- 4 電子を伝達することにより  $H^+$  の濃度勾配を形成する。
- 5 NADH を合成する。

問3 理想的な代謝が行われた場合、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵では、グルコース1分子あたり、それぞれ何分子の二酸化炭素が発生するか、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵の順番に数字を3つ続けて書きなさい。

(解答例：1, 10, 3)

問 4 この実験の培養条件下では、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵が酵母内で同時に起こっていると考えられるが、この培養で発生した二酸化炭素は容器あたり何 mg か答えなさい。

問 5 呼吸によって消費したグルコースは容器あたり何 mg か答えなさい。

問 6 培養後の培地の乳酸濃度は最大何 mmol/L か。小数第 3 位を四捨五入して答えなさい。





### III

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

バラ科のイチゴは古くは石器時代から食べられており、野生種はヨーロッパ、アジア、南北アメリカの温帯から亜寒帯に広く分布している。現在の栽培イチゴは、18世紀中頃にオランダにおいて北米原産の野生種とチリ原産の野生種を交配することによって作出された種間雑種に由来し、それらのほとんどは八倍体である。ひと昔前のイチゴは、酸味の強いものが多い傾向にあったが、近年は品種改良により、糖度が高く酸味が少ないものなど、様々な品種が市場に出回っている。通常、イチゴは 1 ランナー(走出枝)とよばれるツルの先に子苗を増やし栄養生殖する。そのため一度優れた新品種が作出されれば、直ちに子苗を増やすことができる。一方で、もし親株が 2 病害虫や病原体に感染しているとそれが子苗にも伝染してしまうというデメリットもある。近年、3 PCR法と制限酵素処理を併用することによって品種の特定や識別が容易になり、品種の改良や保護に利用されている。

問 1 下線部 1 に関して、次の生物種の中から栄養生殖が可能なものをすべて選び記号で答えなさい。

- |           |             |              |
|-----------|-------------|--------------|
| (あ) アメーバ  | (い) ウニ      | (う) シアノバクテリア |
| (え) ジャガイモ | (お) ゾウリムシ   | (か) チューリップ   |
| (き) ヒト    | (く) イソギンチャク | (け) メダカ      |

問 2 イチゴは栄養生殖だけでなく種子による繁殖も可能であり，生活環の中で世代交代を行っている。(1)有性生殖において配偶子の合体によりできる細胞を何というか。(2)また，イチゴ(A)およびイヌワラビ(B)において配偶体を何というか。それぞれについてあてはまるものを，下の語句(あ)~(つ)からすべて選び記号で答えなさい。

- |           |          |         |          |
|-----------|----------|---------|----------|
| (あ) おしべ   | (い) 前葉体  | (う) 花 粉 | (え) 造精器  |
| (お) 造卵器   | (か) 配偶子  | (き) 遊走子 | (く) 極 核  |
| (け) 種 子   | (こ) 胚 珠  | (さ) 接合子 | (し) 花粉管核 |
| (せ) 花粉四細胞 | (せ) 胚のう  | (そ) 精細胞 | (た) 卵細胞  |
| (ち) 胞 子   | (つ) 胞子のう |         |          |

問 3 下線部 2 に関して，以下の問に答えなさい。

- 1 植物は表皮の表面に硬い層を作り，内部の水分の蒸発や病原体の侵入を防いでいる。この層を何というか答えなさい。

2 植物は様々な外的要因によるストレスに応答する仕組みを持っている。  
a～dのストレスに対する植物の応答として最も適当なものを(あ)～(お)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

- a 乾燥に対するストレス応答
- b 昆虫による食害に対するストレス応答
- c 病原体に対するストレス応答
- d 低温に対するストレス応答

- (あ) 周囲の細胞で細胞死が起こる。
- (い) タンパク質分解酵素の阻害物質の合成を促進する。
- (う) 気孔が閉じる。
- (え) 糖質やアミノ酸などを細胞内へ蓄積したり、生体膜の流動性を高める物質を合成したりする。
- (お) 熱ショックタンパク質(シャペロン)を合成する。

3 2のaおよびbのストレス応答と最も関連がある植物ホルモンを(あ)～(く)からそれぞれ選び、解答欄に2つ続けて書きなさい。

(解答例：3 a b あ, い)

- |             |               |            |
|-------------|---------------|------------|
| (あ) アブシシン酸  | (い) エチレン      | (う) オーキシシン |
| (え) サイトカイニン | (お) ジベレリン     | (か) ジャスモン酸 |
| (き) フロリゲン   | (く) ブラシノステロイド |            |

問 4 下線部 3 に関して、以下の問に答えなさい。

上述のように栽培イチゴのほとんどは八倍体であり、染色体の数が多いため、二倍体の生物に比べてゲノムの解析をすることはより困難である。現在ではイチゴの品種の特定には以下のような PCR 法と制限酵素切断を組み合わせた方法が確立している。

第 1 段階として、まず抽出したイチゴの DNA を鋳型にして、特定のプライマーのセットを用いて PCR 法を行う。それにより 8 本の相同染色体の中から品種によって配列が異なる部分を含む DNA 断片の増幅が可能になる。第 2 段階として、増幅された DNA 断片を特定の制限酵素で処理し、電気泳動により切断できたかどうかを確認する。ただし、ここでは増幅可能な DNA 配列が存在した場合には PCR 法により必ず DNA が増幅されるものとし、適切な切断配列がある場合には制限酵素によって必ず切断されるものとする。これらの結果は下の 4 つのケースに分類する事ができる。

ケース 0 PCR 法で DNA 断片が増幅されない場合

ケース 1 PCR 法で増幅された DNA 断片のすべてに制限酵素の切断部位がある場合

ケース 2 PCR 法で増幅された DNA 断片の中に制限酵素の切断部位があるものとないものが混ざっている場合

ケース 3 PCR 法で増幅された DNA 断片のすべてに制限酵素の切断部位がない場合

このようなケース分類を複数の染色体部位で行う事で、調べたい品種の識別をする事ができる。表 1 は、品種 A~H のイチゴをプライマーセット I とプライマーセット II を用いた場合のケース分類を示している。PCR 法で DNA が増幅される場合には、それぞれ 400 塩基対(セット I)と 500 塩基対(セット II)の長さの断片が検出される。またそれらの断片が特定の制限酵素で切断される場合には 1 カ所のみで切れ、200 塩基対の長さの断片が生じる。これをもとに品

種がわからない6つのイチゴのサンプル(1~6)を識別する事を試みた。それぞれのサンプルについて一連の操作の後、電気泳動を行い、DNAを検出した(図1)。

表1 イチゴ品種A~Hのケース分類

品種	PCR法と制限酵素処理によるケース分類	
	プライマーセットI	プライマーセットII
A	ケース3	ケース0
B	ケース2	ケース1
C	ケース1	ケース1
D	ケース0	ケース2
E	ケース3	ケース3
F	ケース2	ケース3
G	ケース1	ケース2
H	ケース0	ケース1

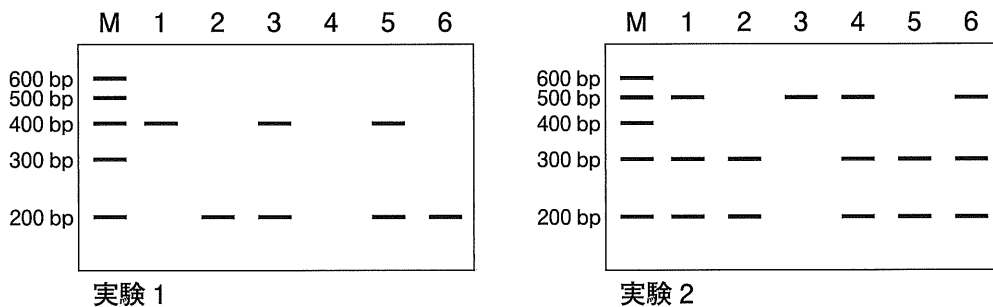


図1 サンプル1~6の電気泳動の結果

実験1：プライマーセットIと制限酵素で処理したサンプル

実験2：プライマーセットIIと制限酵素で処理したサンプル

左端のレーンMは分子量マーカーで、bpは塩基対数を示す。

- (1) 品種 B および品種 D に該当するサンプルはどれか，1～6の中からそれぞれ選び解答欄に順に2つ続けて書きなさい。該当するサンプルがない場合は，×印を書きなさい。(解答例：2，1)
- (2) 6つのサンプルの中には，この実験結果からは品種が特定できないものが含まれている。品種が特定できないサンプルをすべて選び，1～6で答えなさい。

## IV 以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

マウスの性染色体に存在する遺伝子は、常染色体に存在する遺伝子と同様に親から子へと受け継がれるが、形質の現れ方には違いが見られることもある。常染色体上の遺伝子では、劣性の形質は2つの対立遺伝子がともに劣性の場合にのみ現れる。一方、性染色体上の遺伝子では、同種類の性染色体が1つしか存在しないことがあり、その場合は対立遺伝子が1つでも劣性の形質が現れることが知られている。なお、この設問では、X染色体が2つある場合に1つのX染色体が不活性化される現象は考慮しないものとし、新たな変異は起こらないものとする。

X染色体に存在する遺伝子Aに変異をもつ純系のマウスとその遺伝子に変異をもたない純系のマウス(以下野生型とする)がいる。この変異マウスは野生型マウスとは隔離して、何十世代も小集団の中で繁殖させていたため、遺伝子A以外のゲノムの配列にも変異や一塩基多型が何カ所も存在する。この変異マウスの毛色は白色であるが、野生型マウスでは茶色である。なお、遺伝子Aはマウスの毛色とは関係ない遺伝子で、この変異はホモになっても致死性ではないことがわかっている。また、ここではマウスの毛色を決める遺伝子は、常染色体に存在するものとする。

問1 マウスの分類であてはまらないものをすべて選び、記号で答えなさい。

- |        |         |        |
|--------|---------|--------|
| A 脊椎動物 | B 真核生物  | C 前口動物 |
| D 哺乳類  | E 三胚葉動物 | F 該当なし |



問 2 マウスの染色体について誤っている記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A X染色体の有無によって性別は決まらない。
- B マウスの雄はX染色体とY染色体をもつ。
- C 染色体中でDNAはヒストンに巻き付いて存在している。
- D 体細胞分裂の中期には、染色体が赤道面に並ぶ。
- E 該当なし。

問 3 遺伝子Aに変異をもつ純系のマウスを野生型マウスと交配し、生まれた子マウスから遺伝子Aに変異をもった個体を塩基配列の決定により選び出し、再度野生型マウスと交配する。次の世代でも変異をもったマウスを選び出し、再び野生型マウスと交配し、遺伝子Aに変異をもったマウスを選び出すことを繰り返していく。このような交配と選別を繰り返すとどのようなことが起こると予想されるか、遺伝子Aの変異をもったマウスについてあてはまる記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A 変異をもったマウスの平均体重が野生型より減少する。
- B 変異をもったマウスの平均体重は野生型より増加する。
- C 両方の性染色体にこの変異遺伝子をもつマウスが出現する。
- D 変異をもったマウスは常に1本の性染色体のみにこの変異遺伝子をもつ。
- E 変異をもったマウスの中に茶色のマウスが出現する。
- F 変異をもったマウスは常に白色である。
- G 該当なし。

問 4 問 3 と同様に遺伝子 A に変異をもったマウスと野生型マウスの交配を 10 回繰り返した後の世代について、理論的に予想される記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雄である。
- B 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雌である。
- C 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものは雄と雌が半分ずつである。
- D 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雄である。
- E 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雌である。
- F 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものは雄と雌が半分ずつである。
- G 該当なし。

問 5 遺伝子 A の変異遺伝子をもつ雄マウスと雌の野生型マウスを交配し、得られた子供( $F_1$ )のうち変異をもったマウスと野生型マウスを交配させる。孫世代( $F_2$ )の任意の雄マウスと野生型の雌マウスを交配させると、確率的にひ孫世代( $F_3$ )のマウスの何%がこの変異を持っていると予想されるか答えなさい。

問 6 遺伝子 A の変異マウスとは別のマウスで、遺伝子 B の変異によってある形質の現れるマウスの系図がある(図 1)。この系図をもとに原因となる遺伝子 B について言えることを下記の選択肢からすべて選び、記号で答えなさい。ただし、図の破線で示した交配する相手は野生型か遺伝子 B に変異をもつかはわからないものとし、この系図の中では新たな変異は起こらないものとする。また、精子のミトコンドリアは受精の時に卵にほとんど入らないためここでは受精卵に含まれるミトコンドリアは 100 % 卵に由来するとともに、含まれるミトコンドリアはすべて同じ塩基配列の DNA をもつものとする。

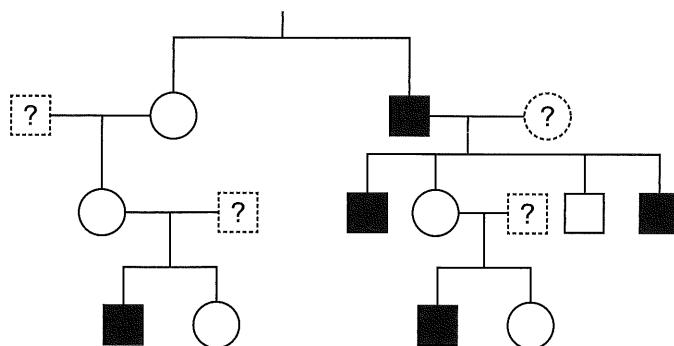


図 1 あるマウスの系図 □は雄，○は雌を示し，黒塗りは遺伝子 B の変異による形質が見られることを示している。ただし，遺伝子型および形質のわからない場合は [?] と (?) で示している。

- あ B 遺伝子は常染色体上に存在する可能性がある。
- い B 遺伝子は X 染色体上に存在する可能性がある。
- う B 遺伝子は Y 染色体上に存在する可能性がある。
- え B 遺伝子はミトコンドリア DNA 上に存在する可能性がある。
- お 該当なし。

問 7 DNA の変異は、DNA の複製のミスにより起こることがある。DNA ポリメラーゼが 2 本鎖 DNA の合成の過程で、誤った塩基をもつヌクレオチドを結合させるミスの頻度は片側の鎖ごとに 1000 万塩基に対して 1 回の割合である。しかし、細胞に存在する DNA 損傷の修復機構の作用によって、実際に変異として残るものはさらにその 1/100 であるものとする。ヒトのゲノムは 30 億塩基対の 2 本鎖 DNA からなり、ヒトの体の全細胞が 37 兆個でその 1/100 の数の体細胞が分裂すると仮定する。それらが DNA 複製を 1 回して修復が終わった後に、体細胞のみを考えた場合、体の中では何個の変異が生じているかを有効数字 2 桁で指数を用いて答えなさい。

出典

前期 生物 II

東京慈恵会医科大学 2017年度 生物 1 II 改変

## 2021年度一般入学試験（前期）

### 生物（問題）訂正

#### P26 13～14 行目

##### I (5)

(誤) E カエルの初期原腸胚ではオーガナイザー由来の BMP の阻害物質は主に腹側で作用している。



(正) E カエルの初期原腸胚ではオーガナイザー由来の BMP 阻害物質は主に腹側で作用している。

#### P41 1～3 行目

##### IV 問4

(誤) 問4 問3と同様に遺伝子 A に変異をもったマウスと野生型マウスの交配を 10 回繰り返した後の世代について、理論的に予想される記述をすべて選び、記号で答えなさい。



(正) 問4 問3と同様に遺伝子 A に変異をもったマウスと野生型マウスの交配を 10 回繰り返した後の 個体を用いて野生型の個体と交配させる場合、理論的に予想される記述をすべて選び、記号で答えなさい。

#### P42

IV 問6 問題文の末尾に以下の文を加える。

ここでは遺伝子 B の変異による形質は優性および劣性のいずれの場合も考慮すること。