

## 令和2年度・入学試験問題

# 理 科 (後)

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は24ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 問題選択に関する注意(重要)

**I** , **II** , **III** , **IV** , **V** , **VI** の6問の中から4問選択して解答しなさい。

選択しなかった2問の解答用紙は試験開始後、100分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

**I** , **II** , **III** , **IV** , **V** , **VI** の解答用紙はそれぞれ1枚とする。

試験開始後、**I** ~ **VI** の解答用紙6枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことが

令和2年度個別学力検査 後期日程

総合生命理部  
理科 問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

受験番号以外の文字、数字などは、絶対に  
**許可なしに転載、複製  
することを禁じます。**

## 理 科 問 題

物	理	I	3 ページ
”		II	6 ”
化	学	III	8 ページ
”		IV	12 ”
生	物	V	16 ページ
”		VI	21 ”

## 解 答 用 紙

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

# 物 理

## I

図1のように、摩擦のある水平な床の上に質量  $m$  の物体が置かれている。物体は左側にある壁と軽いばねでつながれている。水平右向きに  $x$  軸を取り、物体の左端の位置を  $x$  で表し、ばねが自然長のときを  $x = 0$  とする。ばね定数を  $k$ 、物体と床との間の静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$ 、重力加速度を  $g$  とする。物体は転がることはなく、物体が床に対して一瞬でも停止すれば、その瞬間は、物体と床の間には最大摩擦力が作用する。以下の問いに答えよ。

- (1)  $x = 0$  の位置に置かれていた物体を右向きに動かして静かに手を離れたところ、物体は静止した。このとき、ばねの伸び  $d$  の最大値  $d_{\max}$  を求めよ。
- (2) 次に、物体に力を加えて  $x > d_{\max}$  の位置まで動かした。この位置を  $x = x_0$  とする。物体から静かに手を離れたところ、物体は左右に何度か振動したのち、床に対して完全に停止した。手を離れたあと、物体の速さが一瞬でもゼロになった位置を順番に  $x = x_1, x_2, x_3, \dots$  とする。以下の四角で囲まれた文章の空欄に当てはまる式または数値を答えよ。

まず、摩擦がない場合について考えよう。

$x$  の位置にある物体に作用する力は、 $x$  を用いて  $F = \boxed{\text{ア}}$  と表される。物体に作用する復元力が  $x$  に比例することから、物体の運動は  $x$  軸の原点を中心とする単振動となることがわかる。よって、 $x_1 = -x_0, x_2 = +x_0, x_3 = -x_0, \dots$  となり、物体は床に対して完全に停止することはない。

次に、摩擦がある場合を考えよう。

物体が  $x = x_0$  から  $x = x_1$  に向かって左向きに動いているとき、物体に作用している力は  $x$  を用いて  $F = \boxed{\text{イ}}$  と表される。ここで、 $x$  軸と同じ向きを持ち、 $x = a$  の位置に原点を持つ  $x'$  軸を考えよう。 $x'$  軸上における物体の左

端の位置を  $x'$  で表すと、 $x$  と  $x'$  の間には  $x' = x - a$  という関係が成り立つ。ここで、この関係を(イ)に適用して変形することにより、物体に作用する力を  $F = -kx'$  と表すことができる。このとき、 $a =$   とすればよい。物体に作用する復元力が  $x'$  に比例することから、物体の運動は  $x'$  軸の原点を中心とする単振動(の一部)とみなすことができる。 $x_0$  と  $x_1$  の中点が振動の中心であることを用いると、 $x_1 =$   と求められる。これは、摩擦がないと仮定したときに物体が到達できる位置にくらべ、  $a$  だけ右の位置までしか物体が到達できないことを示している。

$x = x_1$  でいったん静止した物体は、その後、 $x = x_2$  に向かって右向きに動き始めたとしよう。このとき、物体に作用する力は  $x$  を用いて  $F =$   と表される。ここで、 $x$  軸と同じ向きを持つ別の座標軸  $x''$  軸を考えよう。物体の運動を  $x''$  軸の原点を中心とする単振動(の一部)とみなすためには、 $x''$  軸の原点を  $x =$    $a$  の位置に置けばよい。これより、 $x_2 = x_0 -$    $a$  と求められる。

- (3) 物体が  $x = x_0$  から  $x = x_1$  に向かって左向きに動いているとき、速さが最大になるときの  $x$  の値を答えよ。
- (4) 物体が  $x = x_1$  の位置にあるときのばねによる位置エネルギーは、 $x = x_0$  にあるときと比べて小さい。この減少分が、物体が  $x = x_0$  から  $x = x_1$  に向かって動いている間に摩擦が物体に対してした仕事の大きさに等しいことを示せ。
- (5) 物体から手を離れたあと、完全に停止するまでの往復回数  $n$  ( $0$  以上の整数)を求めたい。以下の四角で囲まれた文章に当てはまる式または数値を答えよ。なお、物体が左に移動したのち、右に移動して停止するまでを  $1$  往復と数える。往復の途中で物体が完全に停止した場合、それは往復回数に数えない。また、 $2$  つずつある(ケ)、(コ)の空欄にはそれぞれ同じ式または数値が入る。

$0 < (x_0 - d_{\max}) \leq 2a$  のときは、物体は左に動くが、右に戻ってくることはない。よって  $n = 0$  である。 $2a < (x_0 - d_{\max}) \leq$    $a$  のときは、左に動いて静止したのち、右に戻ってくるが、その後左に動くことはない。よって  $n = 1$  である。  $a < (x_0 - d_{\max}) \leq$    $a$  のときは、

1往復したあと、さらに左に動くが、その後は右に戻ってくることはない。よって  $n = 1$  である。  $\square$  (コ)  $a < (x_0 - d_{\max}) \leq \square$  (サ)  $a$  のときは、1往復したあと、さらに左に動いて、右に戻ってくるが、その後左に動くことはない。よって  $n = 2$  である。以上の考察より、 $n$  は  $\square$  (シ) を  $\square$  (ス) で割った値に満たない最大の整数として与えられることがわかる。

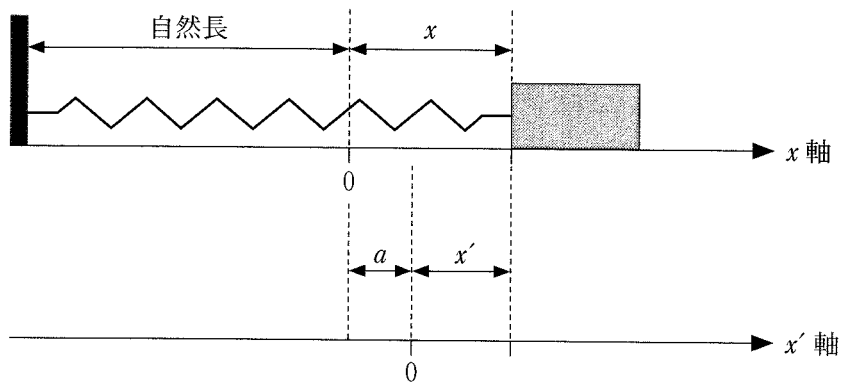


図 1

## 物 理

### II

図1のように、極板面積  $S$ 、極板間隔  $d$  で、極板間が真空の平行板コンデンサーがあり、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。極板間の電場は一様とみなしてよいものとする。

- (1) コンデンサーの一方の極板に電荷  $Q$ 、もう一方の極板に電荷  $-Q$  を与えたときの極板内の電場の強さを求めよ。
- (2) この時の極板間の電位差  $V$  と、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー  $U$  を、 $d$ 、 $\epsilon_0$ 、 $Q$ 、 $S$  のうち、必要なものを使って求めよ。
- (3) 図2のように、極板間隔を  $x$  だけ増した時のコンデンサーの電気容量  $C_1$  と極板間の電位差  $V_1$  を  $d$ 、 $\epsilon_0$ 、 $Q$ 、 $S$ 、 $x$  のうち、必要なものを使って求めよ。
- (4) さらに図3のように、面積  $\frac{S}{3}$ 、厚さ  $d+x$  の誘電体を極板間に挿入した。誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  とする。この時のコンデンサーの電気容量  $C_2$  と極板間の電位差  $V_2$ 、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギー  $U_2$  を  $d$ 、 $\epsilon_0$ 、 $\epsilon_r$ 、 $Q$ 、 $S$ 、 $x$  のうち、必要なものを使ってそれぞれ求めよ。

この状態のコンデンサーを、図4のようにスイッチと自己インダクタンス  $L$  のコイルに直列につないだ。はじめスイッチは開いており、回路中の抵抗は無視できるものとする。スイッチを閉じたところ、回路には一定の周期で向きが変わる振動電流が流れ続けた。

- (5) スイッチを閉じて、コイルに電流  $I$  が流れている時、コイルに蓄えられているエネルギー  $U_3$  とコンデンサーの電圧  $V_c$  の大きさを  $L$ 、 $I$ 、 $C_2$ 、 $V_2$  のうち、必要なものを使って求めよ。

- (6) 電流  $I$  の最大値  $I_{\max}$  を  $C_2$ ,  $L$ ,  $V_2$  のうち、必要なものを使って求めよ。
- (7) スイッチを閉じた時刻  $t$  を 0, 電流  $I$  が最初に  $I_{\max}$  になる時間を  $t = T_0$  として、コイルにかかる電圧と流れる電流について、それぞれ 1 周期分をグラフに記せ。ただし、電圧の最大値を  $V_{\max}$ , 電流  $I$  の最大値を  $I_{\max}$  とする。
- (8) 導線やコイルの抵抗が無視できない場合、回路に流れる電流  $I$  の最大値  $I_{\max}$  は時間とともに低下する。その理由を簡潔に述べよ。

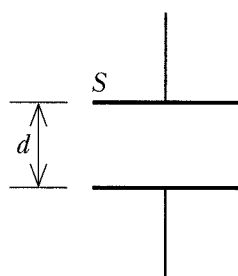


図 1

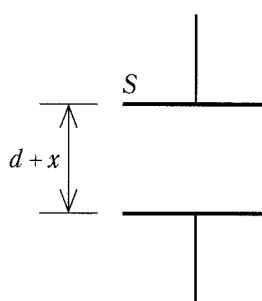


図 2

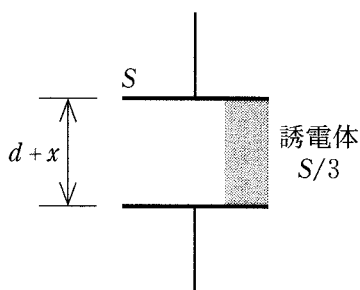


図 3

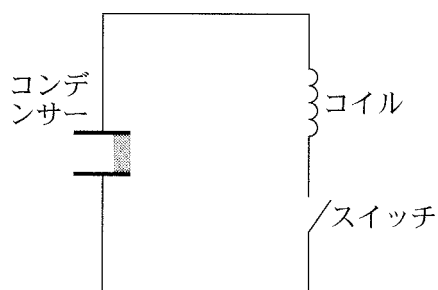


図 4

## 化 学

### Ⅲ

次の文章を読み、問1～問12に答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ，原子量：O = 16，S = 32，I = 127，Ba = 137

ヨウ素は、原子番号53の17族元素である。ヨウ素の同族元素は価電子を ア 個もつ。ほとんどのヨウ素原子は質量数が127であるが、放射線を出す性質を持つ質量数131のヨウ素原子もあり、このような原子を イ という。また、ヨウ素の単体(I<sub>2</sub>)は、常温では固体で分子結晶を形成する。<sup>①</sup>

昆布には、ヨウ化物や塩化物が他の食品よりも多く含まれている。細かく切った昆布を強熱してできた灰の中にはヨウ化ナトリウムが存在する。これに熱湯を加えてかき混ぜてろ過し、ろ液を加熱濃縮して濃硫酸と酸化マンガン(IV)を加え、おだやかに加熱するとヨウ素の気体が発生する。このヨウ素の気体から、ヨウ素の固体を得ることができる。<sup>②</sup><sup>③</sup>

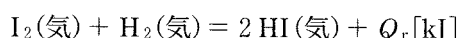
ヨウ素は、ヨウ化カリウムを含む水溶液に溶ける。ヨウ素のヨウ化カリウム水溶液に塩基性下でチオ硫酸イオン(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>)を加えると、溶けているヨウ素がヨウ化物イオンに還元され、チオ硫酸イオンはテトラチオン酸イオン(S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup>)になる。<sup>④</sup>濃度がわかっているチオ硫酸ナトリウム水溶液を用いて滴定を行い、試料溶液中のヨウ素の量を求める手法を、ヨウ素滴定という。ヨウ素滴定の終点を決定するための指示薬には、デンプン水溶液が用いられる。

火山から噴出するガスには、二酸化硫黄と硫化水素が含まれており、火山ガス中のこれらの化合物の量を、次のようにヨウ素滴定で求めた。まず、0℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積が10.0 Lの火山ガスを、ヨウ素2.54 gを溶かしたヨウ化カリウム水溶液100 mLに通して、ガス中の二酸化硫黄と硫化水素をすべて吸収させた。このとき、水溶液中のヨウ素は、二酸化硫黄を硫酸に酸化し、硫化水素を硫黄に酸化する。<sup>⑤</sup><sup>⑥</sup>次に、この火山ガスを吸収させた水溶液を水で薄めて体

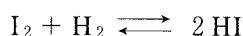


積を 1.0 L とし、その中から 100 mL ずつを 2 つのビーカーにとった。片方のビーカーに塩化バリウム水溶液を十分加えたところ沈殿が生じ、その質量は 93 mg であつた。もう片方のビーカーについて、濃度が  $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  のチオ硫酸ナトリウム水溶液でヨウ素滴定を行ったところ、デンプン指示薬が変色するまでに 40 mL を要した。

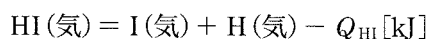
さて、気体のヨウ素と水素を断熱密閉容器の中に入れて高温に保つと、ヨウ化水素が生じる。この反応における熱化学方程式は、次のように表される。



この反応は次の式で表される可逆反応であり、はじめに、密閉容器にヨウ化水素のみを入れて一定温度に保った場合も同様に、平衡状態になる。



この平衡反応における化学エネルギーの変化は、下図の太線の曲線で示される。また、ヨウ化水素の結合エネルギーを  $Q_{\text{HI}}$  とすると、



であるので、原子状態の化学エネルギーの和もこの図の中に表すことができる。

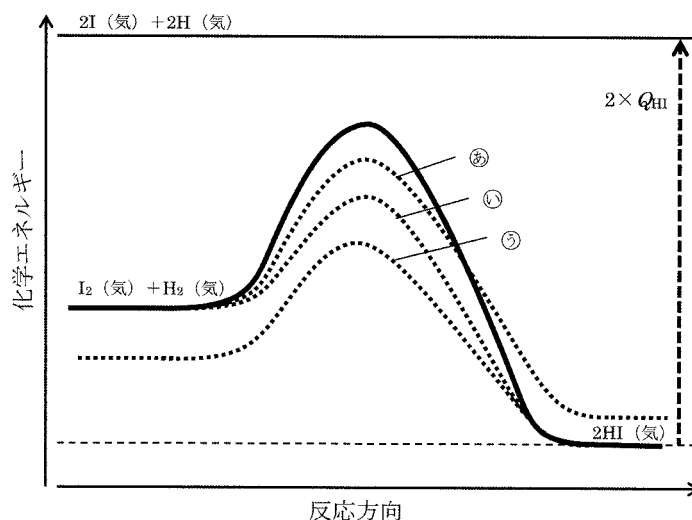


図 反応の進行における化学エネルギー変化

ここで、正反応(HIの生成反応)の反応速度  $v_1 = k_1[\text{I}_2][\text{H}_2]$  ( $k_1$ は正反応の速度定数)と逆反応の反応速度  $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$  ( $k_2$ は逆反応の速度定数)を考える。平衡状態では  $v_1 = v_2$  であり、見かけ上は反応が止まったように見える。このとき、温度一定の状態で密閉容器の体積を半分に圧縮すると、 $v_1$  はもとの反応速度の (ウ) 倍になる。

問 1. 空欄(ア)~(ウ)に最も適切な語句または数値を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、一般に分子結晶の物質はイオン結晶や共有結合結晶の物質と比べ融点が高い。その理由を、簡潔に述べよ。

問 3. 下線部②における、硫酸存在下でのヨウ化ナトリウムと酸化マンガン(IV)との反応を、化学反応式で書け。

問 4. 下線部③について、

- 1) この方法で純粋なヨウ素の固体が得られるのは、ヨウ素のように気体から液体を経ずに固体に変化する現象を利用している。この現象を何というか。漢字2字で答えよ。
- 2) この実験装置の概略図を描け。

問 5. 下線部④の反応を、イオン反応式で書け。

問 6. 下線部⑤の反応で、硫黄の酸化数は、いくつからいくつに変化したか。

問 7. 下線部⑥~⑦における反応を、化学反応式でそれぞれ書け。

問 8. 文中の火山ガス 10.0 L 中における二酸化硫黄の分圧を求めよ。ただし、気体は理想気体とし、有効数字2桁で答えよ。

問 9. 文中の火山ガス 10.0 L 中に含まれていた硫化水素の物質量を求めよ。ただし、有効数字は 2 桁とする。

問10. ヨウ化水素の生成反応(正反応)における活性化エネルギーを  $E_a$  とするとき、次の 1) ~ 4) の値を、 $Q_r$ 、 $Q_{HI}$ 、 $E_a$  を用いた式で示せ。

- 1) 逆反応の活性化エネルギー
- 2) 逆反応の反応熱
- 3) HI の生成熱
- 4)  $I_2$  と  $H_2$  の結合エネルギーの和

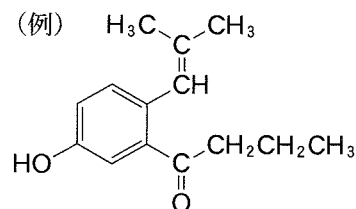
問11. 文中の図に書かれている破線の曲線㉔~㉕のうち、触媒として白金を密閉容器に入れた際の平衡反応における化学エネルギーの変化を示すものはどれか。記号で答えよ。

問12. 下線部㉔に関して、この平衡状態のときに、最初に封入したヨウ化水素の 20.0 % が分解してヨウ素と水素になったとする場合、正反応と逆反応の反応速度定数の比 ( $k_1/k_2$ ) を求めよ。

# 化 学

## IV

次の(1)および(2)の文章を読み、問1～問14に答えよ。構造式は右に示す例にならって描くこと。



(1) 化合物 A, B, C, D, E は互いに異性体であり、分子式  $C_7H_8O$  で表される芳香族化合物である。これらの化合物の構造を決定するために、以下の実験1～実験6を行った。

(実験1)

化合物 B, D, E の水溶液は弱酸性を示した。

(実験2)

化合物 A はナトリウムと反応しなかったが、化合物 B, C, D, E は、それぞれナトリウムと反応し、気体を発生した。

(実験3)

化合物 B, D, E を、それぞれ塩基性条件下で過マンガン酸カリウムにより酸化したところ、いずれの場合も黒褐色沈殿が生じ、反応が進行した。希硫酸を加えて、これらの反応溶液を酸性にしたところ、BからはFが、DからはGが、EからはHが白色固体として生じた。

(実験4)

化合物 F, G, H に、無水酢酸を反応させたところ、それぞれFからはIが、GからはJが、HからはKが得られた。化合物Kは、アスピリンと呼ばれる解熱鎮痛薬として用いられる化合物であった。

(実験5)

化合物 B および D に、過剰量の臭素水を反応させたところ、Bからは臭素原子を三つ含む化合物Lが、Dからは臭素原子を二つ含む化合物Mが主な生成物としてそれぞれ得られた。

(実験 6)

トルエンに、触媒を用いてプロペンを反応させた後、酸素で酸化した生成物を希硫酸で分解したところ、化合物 B、D、E の混合物とともに有機化合物 N が得られた。

問 1. 化合物 A~E の構造式を記せ。

問 2. 化合物 A~E のうち、塩化鉄(III)水溶液を加えた際に呈色する化合物をすべて選び、A~E の記号で答えよ。

問 3. 実験 2 について、化合物 C とナトリウムとの反応の反応式を書け。

問 4. 黒褐色沈殿は何か。化学式で記せ。

問 5. 化合物 H にエタノールと濃硫酸を加えて加熱したとき、生成する有機化合物の(i)名称と(ii)構造式を記せ。

問 6. 化合物 B に臭素水を加えて化合物 L が生じる反応の反応式を書け。

問 7. 化合物 M について、元素分析を行った場合の(i)炭素の割合および(ii)水素の割合を、それぞれ百分率(質量%)で、小数第二位を四捨五入して、小数第一位まで求めよ。ただし、原子量は  $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$ 、 $Br = 80$  とする。

問 8. 触媒として、最も適切なものを以下の①~⑤より 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 鉄    ② 塩化アルミニウム    ③ 沸騰石    ④ 白金    ⑤ スズ

問 9. 有機化合物 N の名称を記せ。

問10. 実験 6 について、トルエンのかわりにベンゼンを用いた同様の反応は、フェノールと有機化合物 N の工業的製造法の 1 つである。この反応の名称を答えよ。

(2)  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  の硝酸塩の混合物を含む水溶液について、以下の実験 7～実験 10 を行った。

(実験 7)

上記の水溶液に、希塩酸を加えたところ、白色沈殿が生じた。これをろ過により、ろ液(あ)と白色固体(い)に分離した。白色固体(い)を熱水に加え、熱水に溶けない白色沈殿 O をろ過により分離し、ろ液(う)を得た。ろ液(う)に、アンモニア水を加えたところ、白色沈殿 P が生じた。

(実験 8)

実験 7 で得られたろ液(あ)に硫化水素を通じたところ、硫黄と黄色固体 Q の混合物が沈殿した。沈殿をろ過により取り除いて得られたろ液(え)を煮沸し、残存する硫化水素を完全に除去した。<sup>(c)</sup>

(実験 9)

実験 8 で得られた水溶液に、十分な量の濃硝酸を加えたところ、黄褐色透明<sup>(d)</sup>の水溶液となった。この水溶液に過剰のアンモニア水を加えたところ、赤褐色沈殿 R が生じた。沈殿 R をろ過により取り除き、ろ液(お)を得た。

(実験 10)

ろ液(お)に硫化水素を通じたところ、沈殿 S が生じた。

問11. 沈殿 O, P, Q, R, S は何か。それぞれ化学式で示せ。

問12. 次の①～⑥のうち沈殿 O を溶かすことのできるものをすべて選び、その番号を記せ。

- |                |               |
|----------------|---------------|
| ① 希硫酸          | ② 水酸化ナトリウム水溶液 |
| ③ アンモニア水       | ④ 硫化水素水       |
| ⑤ チオ硫酸ナトリウム水溶液 | ⑥ クロム酸カリウム水溶液 |

問13. 実験 8 の下線部(c)について、硫化水素を完全に除去できたことを確認するために最も適した方法を次の①～⑤より 1 つ選び、番号を記せ。

- ① リトマス試験紙(赤)を、煮沸で生じた蒸気にさらす。
- ② 塩化コバルト紙を、煮沸で生じた蒸気にさらす。
- ③ 酢酸鉛試験紙を、煮沸で生じた蒸気にさらす。
- ④ ガスバーナーでよく加熱した銅線を、煮沸で生じた蒸気にさらす。
- ⑤ ヨウ化カリウムデンプン試験紙を、煮沸で生じた蒸気にさらす。

問14. 実験 9 の下線部(d)の操作で起こった反応をイオン反応式で示せ。

# 生 物

## V

次の文章を読み、問1～問10に答えよ。

一般に被子植物の花は、がく片、花弁、おしべ、めしべと呼ばれる花器官が外側から内側に向かって同心円状に配置されている。生殖器官である花は茎頂分裂組織が分化して形成されるが、シロイヌナズナではその形態形成に3クラス(A, B, C)に分類されるホメオティック遺伝子が関与していることが知られている。図1は、A, B, Cに分類される遺伝子が発現する茎頂分裂組織の領域(1～4)と、そこに分化する花器官を示している。Aクラスの遺伝子は領域1と領域2、Bクラスの遺伝子は領域2と領域3、そしてCクラスの遺伝子は領域3と領域4で各々はたらいっている。また、AクラスとCクラスの遺伝子は、相手のはたらきを互いに抑えている。その結果、各領域ではたらく遺伝子に違いが生じ、領域ごとに異なる花器官が分化する。このように、花器官の分化が3クラスの遺伝子の発現様式で決まるしくみは1991年にコーエンとマイエロピッツにより提唱され、ABCモデルと呼ばれている。現在では、3クラス(A, B, C)の遺伝子が茎頂分裂組織ではたらくためには、別のクラス(E)に属する遺伝子が共同ではたらく必要があることもわかっている。

茎頂分裂組織を上から見た図

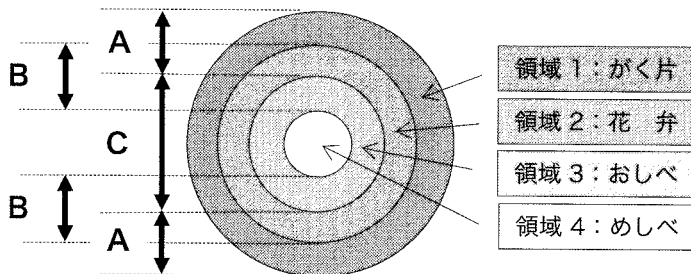


図1 各領域で発現する3クラス(A, B, C)の遺伝子と形成される花器官



4種類の花器官のうち、めしべとおしべは生殖に必要な配偶子を形成する(図2)。若いめしべの子房に形成される胚珠には1個の胚のう母細胞があり、それが細胞分裂して4個の娘細胞になる。そのうち3個は退化して1個のみが胚のう細胞として残る。その後、胚のう細胞は核のみが複数回の分裂を繰り返して合計8個の核を持つ胚のうが形成される。成熟した胚のうでは8個の核のうち6個が細胞膜で仕切られ、そのうち1個は卵細胞、そして2個は助細胞となり珠孔側に並ぶ。また、残りの3個は珠孔の反対側に移動して **ア** 細胞となる。細胞膜で仕切られなかった2個の核は胚のうの中央に集まり、極核になる。極核を持つ細胞は中央細胞と呼ばれる。一方、若いおしべの先端に形成される葯には数多くの花粉母細胞があり、それらは各々4個の細胞からなる **イ** になる。その後、各細胞は分離して不均等な細胞分裂を行い、大きな花粉管細胞の中に小さな **ウ** 細胞が取り込まれた花粉が形成される。成熟した花粉は、めしべの柱頭に受粉すると胚珠に向かって花粉管を伸ばす。その際、**ウ** 細胞が再び細胞分裂して2つの精細胞になり、それらは花粉管の伸長に伴って胚のうに運ばれる。胚のうに到達した精細胞の1つは卵細胞と融合して受精卵になる。また、もう1つは胚のうの中央細胞と融合して胚乳細胞になる。このような受精形式を **エ** 受精という。

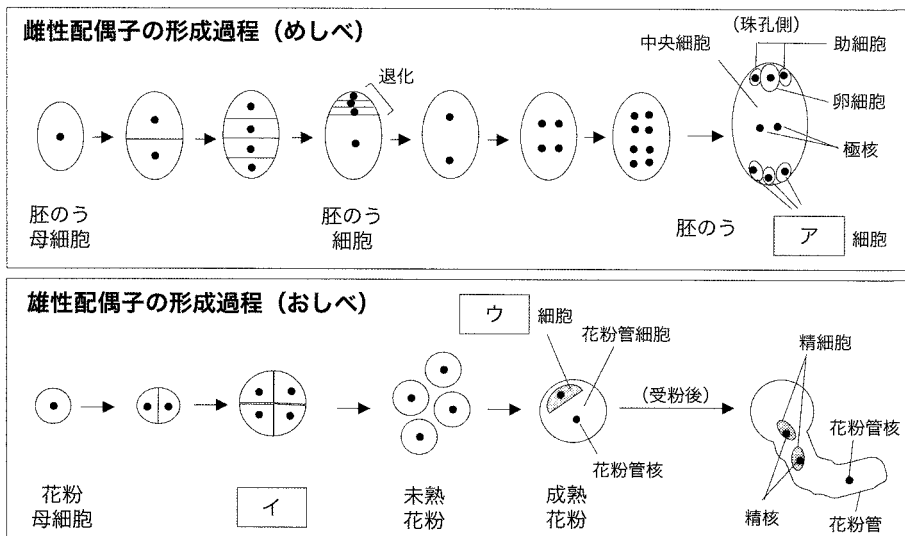


図2 被子植物の配偶子形成過程

受精卵は胚珠の中で細胞分裂を繰り返し、発芽後に植物体へと成長する胚になる。また、胚乳細胞も同様に分裂を繰り返し、胚乳へと成長する。種子の胚乳には炭水化物をはじめとする様々な養分が蓄えられ、発芽後は胚の成長に利用される。一般にイネをはじめとする穀物の種子は、胚乳が大きく発達する。しかし、ダイズやアサガオなどの植物では胚乳が退化し、代わりに種子の中で大きく成長する別の部位に養分を蓄える。胚乳が発達する種子を有胚乳種子<sup>E</sup>、そして胚乳が退化する種子を無胚乳種子と呼ぶ。野生の植物では、形成した種子の内部に特定<sup>F</sup>の植物ホルモンを蓄積し、休眠に入ることが多い。

問 1 下線部Aについて、変異のためにCクラスの遺伝子がはたらかないシロイヌナズナを栽培したら、通常とは異なる形の花が咲いた。その花の領域4に形成された花器官の名称を答えよ。また、その花の領域3ではたらくと考えられる遺伝子のクラスをすべて答えよ。

問 2 下線部Bについて、仮にEクラスの遺伝子が全く転写されないシロイヌナズナ(変異体と呼ぶ)をバイオテクノロジーで作出し、普通のシロイヌナズナ(野生型と呼ぶ)と共に花芽をつける長日条件で栽培したとする。その際に観察される2種類の植物の様子を説明する文として正しいものを下の(a)~(g)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 変異体は、野生型と同じ正常な花器官を分化する。
- (b) 変異体は、野生型とほぼ同じ時期に生殖成長に移行する。
- (c) 変異体は、野生型より長い時間をかけないと生殖成長に移行しない。
- (d) 変異体は、野生型と異なり花器官を分化しない。
- (e) 変異体は、野生型より明らかに早く生殖成長に移行する。
- (f) 変異体は、野生型と異なる異常な花器官を分化する。
- (g) 変異体は、野生型と異なり生殖成長に移行しない。

問 3 空欄  ~  に適切な用語を入れよ。

問 4 下線部Cについて、胚のう母細胞から胚のう細胞が形成される過程で起きる細胞分裂の名称と、そのような分裂を配偶子の形成過程で行うことの利点について説明せよ。また、胚のう母細胞から成熟した胚のうが形成されるまでに核の分裂が合計して何回起きるか答えよ。

問 5 下線部Dについて、助細胞が植物の受精において果たしている役割は、2001年に東山らにより報告されている。彼らはその後も研究を進め、より詳しい助細胞のはたらきまで明らかにした。以下の実験データは、彼らが一連の研究で明らかにした結果の抜粋(実際とは異なる名称や表現になっている)であるが、これらすべての実験データから考えられる助細胞のはたらきを100字程度で説明せよ。

(実験データ1)

受精前の胚珠にある2つの助細胞を特殊な方法で破壊すると、花粉管が胚のうに侵入できなくなる。また、1つだけ破壊した場合は胚のうへの花粉管の侵入はみられるが、その効率は低下する。

(実験データ2)

助細胞では、タンパク質Xが特別に作られている。

(実験データ3)

寒天培地上で発芽した花粉の近くにタンパク質Xを置くと、花粉管がタンパク質Xの置かれた方向に向かって伸長する。

問 6 下の表は、被子植物のおしべやめしべで形成される様々な細胞とその核相を示している。空欄になっている  ~  の核相を答えよ。

細胞の名称	核相
胚のう細胞	<input type="text" value="オ"/>
卵細胞	$n$
胚乳細胞	<input type="text" value="カ"/>
花粉母細胞	<input type="text" value="キ"/>

問 7 未熟な花粉母細胞から成熟花粉が形成される過程では、核内の DNA 量が何度も変動する。下の図 3 は、花粉母細胞の核 1 個当たりの DNA 量を 2 に設定して、その後の変動パターンを描きはじめたが、未完成である。太線のラインを伸ばして図を完成させよ。

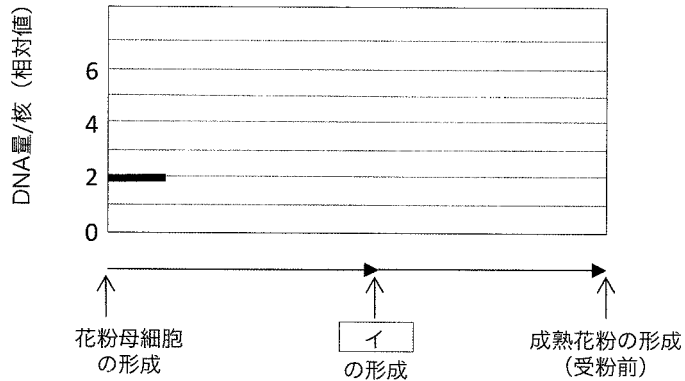


図 3 花粉形成に伴う核内の DNA 量変化

問 8 裸子植物も被子植物と同じ種子植物であるが、2つの植物種間では受精の過程が異なる。その違いを 100~150 字程度で説明せよ。

問 9 下線部 E について、養分が蓄積する部位の名称を答えよ。

問10 下線部 F について、種子の休眠に関わる植物ホルモンの名称を答えよ。

# 生 物

## VI

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物は、外界の環境に応じて特定の遺伝子の転写や翻訳を調節する。細菌の多くの代謝経路には、それぞれの反応を触媒するタンパク質(酵素)が必要であり、それらをコードする遺伝子をまとめて調節するしくみをもっている。大腸菌のラクトースをグルコースとガラクトースに分解する代謝経路において、基質であるラクトースがあるときにラクトースを分解する酵素などの遺伝子発現が(ア)される。大腸菌のトリプトファンを合成する代謝経路では、産物であるトリプトファンがあるときに、トリプトファン合成酵素などの遺伝子発現が(イ)される。いずれの代謝経路においても、(ウ)であるリプレッサーが、それぞれのプロモーター近くの(エ)に結合することによりその下流の遺伝子発現を調節する点は共通である(図1)。野生株とそれぞれのリプレッサー遺伝子を欠失した変異株におけるラクトース分解酵素およびトリプトファン合成酵素の遺伝子発現量を表1と表2に示している。

酵母では、糖 $\alpha$ を代謝するために必要な3つの酵素の遺伝子発現を調節するしくみがある。これらの遺伝子は糖 $\alpha$ があるときに発現する。3つの遺伝子は染色体上で近接するが、個々にプロモーターをもち、数百塩基対上流にある1つのUと呼ばれる配列で制御される(図2)。この配列Uの変異は、3つ全ての遺伝子の発現に影響する。配列Uには、遺伝子 $x$ から発現するタンパク質Xが結合して3つの遺伝子の転写を活性化することが生化学的な研究から明らかにされた。タンパク質Xは糖 $\alpha$ の有無にかかわらず配列Uに結合している。その後の研究から、糖 $\alpha$ がないときにも3つ全ての遺伝子が発現する突然変異株とその原因となる遺伝子 $y$ が見つけた。遺伝子 $y$ から発現するタンパク質Yは、リプレッサーとしてはたらくが、DNA結合活性を持たないことが分かった。

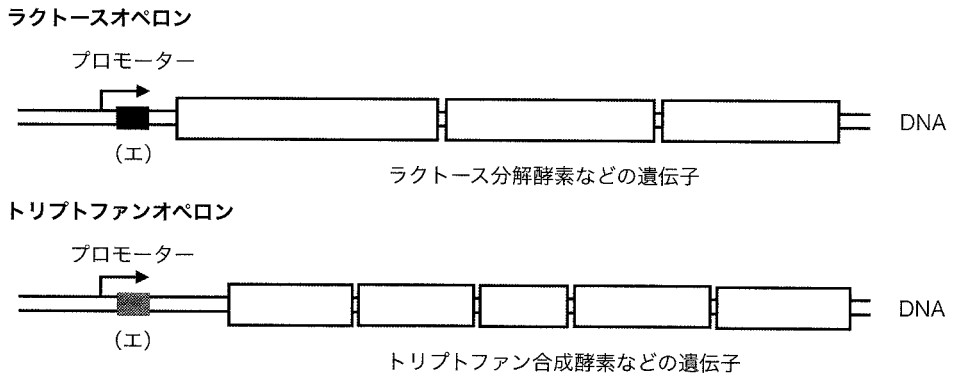


図1 大腸菌のラクトースオペロン，およびトリプトファンオペロンの模式図

表1

ラクトース分解酵素遺伝子の発現量(相対値%)

大腸菌株	培地にラクトースなし	培地にラクトースあり
野生株	5	100
ラクトースリプレッサー遺伝子欠失株	100	100

表2

トリプトファン合成酵素遺伝子の発現量(相対値%)

大腸菌株	培地にトリプトファンなし	培地にトリプトファンあり
野生株	100	5
トリプトファンリプレッサー遺伝子欠失株	100	33

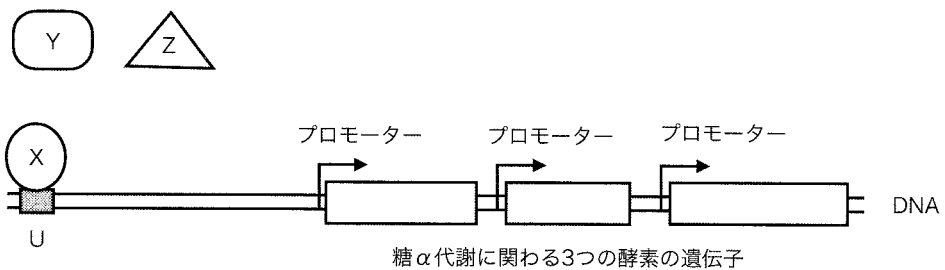


図2 酵母の糖 $\alpha$ 代謝遺伝子領域とタンパク質 X, Y, Z の模式図

問 1 文中の空欄ア～エにあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)のタンパク質(酵素)について、以下の問いに答えよ。

- 1) 一般に1つの酵素は1つの化学反応だけを進めることができる。酵素が特定の物質のみにはたらきかける性質の名称とその理由を簡潔に答えよ。
- 2) 酵素には、活性部位以外の部位に特定の物質が結合することで、活性が変化するものがある。このような酵素の名称を答えよ。
- 3) 図3は、ある酵素Aの反応速度をそれぞれの温度で測定した結果である。酵素Aの性質について、このグラフから読み取れることを50字程度で答えよ。

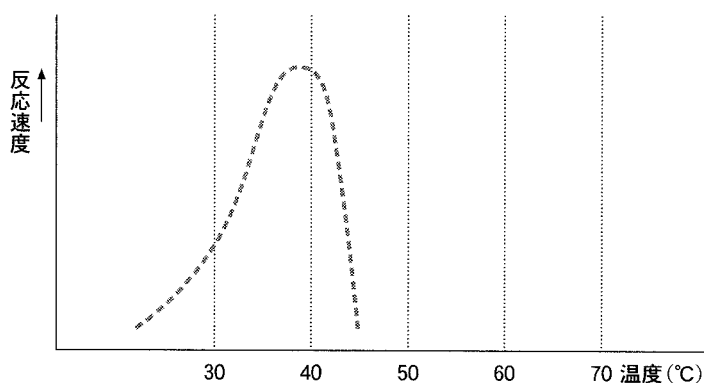


図3 酵素Aの反応速度

- 4) 酵素Aの反応液に、タンパク質のフォールディングを助けるシャペロンをATPとともに加えて3)と同様にそれぞれの温度で実験したところ、酵素Aの反応速度に変化が見られた。この時に考えられる酵素Aの反応速度を回答欄のグラフに実線で示し、その理由を簡潔に答えよ。

問 3 代謝は、エネルギーを吸収するものと放出するものに大別される。下線部(b)と下線部(c)はそれぞれどちらであるかを考え、その代謝を指す名称を答えよ。

問 4 下線部(d)について、以下の問いに答えよ。

- 1) このようなくみを使う利点は何であると考えられるか、50 字程度で簡潔に説明せよ。
- 2) 2つのリプレッサーによる調節の違いについて、表 1, 2 の結果に基づき 150 字程度で説明せよ。

問 5 下線部(e)について、以下の問いに答えよ。

- 1) 遺伝子  $x$  または遺伝子  $y$  を欠失した変異株 ( $x^-$  株または  $y^-$  株)、および遺伝子  $x$  と遺伝子  $y$  をともに欠失した変異株 ( $x^-$ ,  $y^-$  株) を作製して、糖  $a$  代謝酵素遺伝子の発現を調べたところ、表 3 のようになった。下線部(e)の記述とこの実験結果から導かれるタンパク質 Y のはたらきを、60 字程度で説明せよ。
- 2) 培地中に糖  $a$  があるとき、糖  $a$  はタンパク質 Z と結合する。糖  $a$  と結合したタンパク質 Z はタンパク質 Y と結合することで、タンパク質 X が転写を活性化できるようになる。タンパク質 X, Y, Z による転写調節のしくみについて、図などを適切に使って解答欄に論理的に記述せよ。

表 3

糖  $a$  代謝酵素遺伝子の発現量(相対値%)

酵母株	培地に糖 $a$ なし	培地に糖 $a$ あり
野生株	1	100
$x^-$ 株	1	1
$y^-$ 株	100	100
$x^-$ , $y^-$ 株	1	1



# 問題訂正

科目名：理科(後)

23ページ 下から 4行目

(誤) 速度を回答欄の …

(正) 速度を解答欄の …