

# 入 学 試 験 問 題

## 理 科



(配点 120 点)

令和 2 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

### 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 この問題冊子は全部で 89 ページあります(本文は物理 4～27 ページ, 化学 28～45 ページ, 生物 46～69 ページ, 地学 70～89 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された( )内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分のみ 1 箇所をミシン目に沿って正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。



# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 物 理

第1問  $xy$  平面内で運動する質量  $m$  の小球を考える。小球の各時刻における位置、速度、加速度、および小球にはたらく力のベクトルをそれぞれ

$$\vec{r} = (x, y), \vec{v} = (v_x, v_y), \vec{a} = (a_x, a_y), \vec{F} = (F_x, F_y)$$

とする。また小球の各時刻における原点  $O$  からの距離を  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 、速度の大きさを  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  とする。以下の設問に答えよ。なお小球の大きさは無視できるものとする。

- I (1) 以下の文中の ア から カ に当てはまるものを  $v_x, v_y, a_x, a_y$  から選べ。

各時刻において原点  $O$  と小球を結ぶ線分が描く面積速度は

$$A_v = \frac{1}{2}(xv_y - yv_x)$$

で与えられる。ある時刻における位置および速度ベクトルが

$$\vec{r} = (x, y), \vec{v} = (v_x, v_y)$$

であったとき、それらは微小時間  $\Delta t$  たった後にそれぞれ

$$\vec{r}' = (x + \text{ア} \Delta t, y + \text{イ} \Delta t),$$

$$\vec{v}' = (v_x + \text{ウ} \Delta t, v_y + \text{エ} \Delta t)$$

に変化する。このことを用いると、微小時間  $\Delta t$  における面積速度の変化分は

$$\Delta A_v = \frac{1}{2}(x \text{オ} - y \text{カ}) \Delta t$$

で与えられる。なお  $(\Delta t)^2$  に比例した面積速度の変化分は無視する。

- (2) 設問 I(1)の結果を用いて、面積速度が時間変化しないためには力  $\vec{F}$  の成分  $F_x, F_y$  がどのような条件を満たせばよいか答えよ。ただし小球は原点  $O$  から離れた点にあり、力は零ベクトルではないとする。

- (3) 設問 I (2) の力  $\vec{F}$  を受けながら、小球が図 1—1 の半径  $r_0$  の円周上を点 A から点 B を通って点 C まで運動したとする。このとき、力  $\vec{F}$  が点 A から点 B までに小球に行う仕事と点 A から点 C までに小球に行う仕事の大小関係を、理由を含めて答えよ。

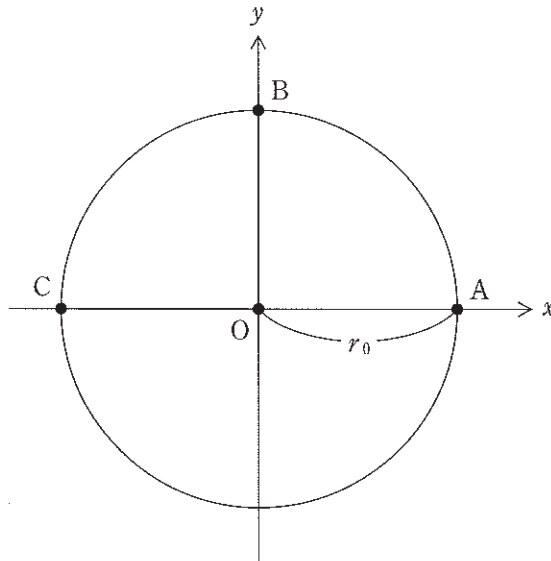


図 1—1

II (1) 小球の原点  $O$  からの距離  $r$  の時間変化率は

$$v_r = \frac{xv_x + yv_y}{r}$$

で与えられる。これを動径方向速度とよぶ。このとき、小球の運動エネルギーと

$$K_r = \frac{1}{2}mv_r^2$$

との差を  $m$ 、 $r$  および面積速度  $A_0$  を用いた式で表せ。

(2) 面積速度が一定になる力  $\vec{F}$  の例として万有引力を考える。原点  $O$  に質量  $M$  の物体があるとする。このとき万有引力による小球の位置エネルギーは

$$U = -G \frac{mM}{r} \quad (\text{式1})$$

で与えられる ( $G$  は万有引力定数)。ただし物体の質量  $M$  は小球の質量  $m$  と比べてはるかに大きいため、物体は原点  $O$  に静止していると考えてよい。小球の面積速度  $A_0$  が  $0$  でないある定数値  $A_0$  をとるとき、力学的エネルギーが最小となる運動はどのような運動になるか答えよ。また、そのときの力学的エネルギーの値を  $m$ 、 $M$ 、 $A_0$ 、 $G$  を用いて表せ。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

Ⅲ ボーアの原子模型では電子の円軌道の円周  $2\pi r$  とド・ブROI波長  $\lambda$  の間に量子条件

$$2\pi r = n\lambda \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

が成り立つ。以下で考える小球の円運動に対しても同じ量子条件が成り立つと仮定する。

(1) 設問Ⅱ(2)の(式1)に対応する万有引力がはたらく小球の円運動を考える。各  $n$  について、量子条件を満たす円軌道の半径  $r_n$  を  $n$ ,  $h$ ,  $m$ ,  $M$ ,  $G$  を用いた式で表せ。ただし小球のド・ブROI波長  $\lambda$  は、小球の速度の大きさ  $v$  を用いて  $\lambda = \frac{h}{mv}$  で与えられる ( $h$  はプランク定数)。

(2) 宇宙には暗黒物質という物質が存在し、銀河の暗黒物質は銀河中心からおおよそ  $R = 10^{22}$  m の半径内に集まっていると考えられている。暗黒物質が未知の粒子によって構成されていると仮定し、設問Ⅲ(1)の結果を用いてその粒子の質量に下限を与えてみよう。暗黒物質の構成粒子を、(式1)に対応する万有引力を受けながら円運動する小球として近似する。設問Ⅲ(1)で考えたボーアの量子条件を満たす小球の軌道半径のうち  $n = 1$  としたものが  $R = 10^{22}$  m と等しいとしたときの小球の質量を求めよ。

なお銀河の全質量は銀河中心に集まっていて動かないと近似し、その値を  $M \doteq 10^{42}$  kg とする。また、 $G \doteq 10^{-10}$  m<sup>3</sup>/(kg・s<sup>2</sup>),  $\frac{h}{2\pi} \doteq 10^{-34}$  m<sup>2</sup>・kg/s と近似してよい。この設問で求めた質量が暗黒物質を構成する 1 粒子の質量のおおまかな下限となる。



# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問

I 図2—1のように、水平面上に置かれた2本の長い導体のレール上に、質量  $m$  の導体棒が垂直に渡してある。磁束密度の大きさ  $B$  の一様な磁場が全空間で鉛直方向(紙面に垂直方向)にかけられている。導体棒とレールの接点を  $X$ ,  $Y$  と呼ぶ。また、導体棒はレール方向にのみ動けるものとし、摩擦や空気抵抗、導体棒の両端に発生する誘導電荷、および回路を流れる電流が作る磁場の影響は無視できるものとする。

図2—1のように、間隔  $d$  の平行なレールの端に電池(起電力  $V_0$ )、抵抗(抵抗値  $R$ )、スイッチを取り付け、導体棒を静止させる。スイッチを閉じた後の様子について、以下の設問(1)~(5)に答えよ。

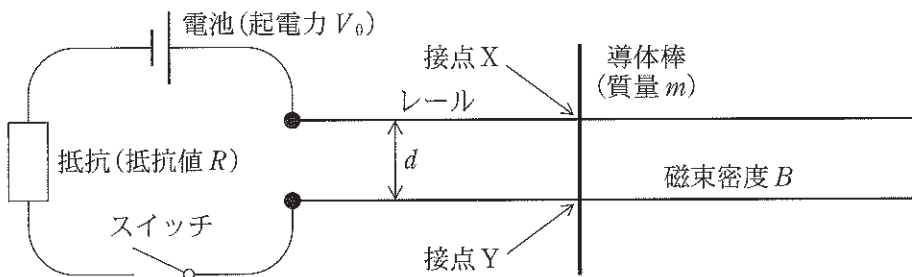


図2—1 (上から見た図)

- (1) 以下の文中の ア ~ オ の空欄を埋めよ。ただし ア , エ , オ には式を記入し, イ , ウ にはそのあとの括弧内から適切な語句を選択せよ。

スイッチを閉じると、回路に電流が流れ、導体棒は右向きに動きはじめた。ある瞬間の電流を  $I$  とすると、導体棒には大きさ ア の力が働き加速されるからである。このことから磁場の向きは、鉛直 イ (上, 下) 向きであることがわかる。導体棒が動くと、接点  $X$ ,  $Y$  間には ウ ( $X$ ,  $Y$ ) 側を正とする誘導起電力  $V$  が発生し、導体棒を流れる電流は小さくなる。電池の起電力  $V_0$  と誘導起電力  $V$  の間に エ の関係が成り立つと、電流は流れなくなり、導体棒の速さは一定になる。この一定の速さを以下では「到達速さ」と表記する。この場合の到達速さは オ で与えられる。

- (2) 導体棒に電流  $I$  が流れているとき、微小時間  $\Delta t$  の間に、導体棒の速さや接点 X, Y 間の起電力はどれだけ変化するか。速さの変化量  $\Delta s$ 、起電力の変化量  $\Delta V$  を、 $B, d, I, m, R, \Delta t, V_0$  のうち必要なものを使ってそれぞれ求めよ。
- (3) スイッチを閉じてから導体棒が到達速さにいたるまでの間に、導体棒を流れる電気量を、 $B, d, m, R, V_0$  のうち必要なものを使って求めよ。
- (4) 設問(2), (3)より、導体棒に流れる電流や電気量と接点 X, Y 間に発生する起電力との関係が、コンデンサーを充電する際の電流や電気量と電圧の関係と類似していることがわかる。スイッチを閉じてから導体棒が到達速さにいたるまでの間に、接点 X, Y 間の起電力に逆らって電荷を運ぶのに要する仕事はいくらか。設問(1)で求めた到達速さを  $s_0$  として、 $B, d, m, R, s_0$  のうち必要なものを使って求めよ。
- (5) 設問(3)で求めた電気量を  $Q$  とすると、スイッチを閉じてから導体棒が到達速さにいたるまでに電池がした仕事は  $QV_0$  で与えられる。この電池がした仕事は、どのようなエネルギーに変わったか、その種類と量をすべて答えよ。

II 設問 I の設定のもとで、導体棒が間隔  $d$  の平行なレール上を到達速さで右に移動している状態から、図 2—2 のように、導体棒は間隔  $2d$  の平行なレール上に移動した。以下の文中の  ~  の空欄を埋めよ。

この間スイッチは閉じたままであった場合を考える。このとき、間隔  $2d$  のレール上での到達速さは、間隔  $d$  のレール上での到達速さに比べ、 倍になる。また、それぞれの到達速さで移動しているときの接点 X, Y 間の起電力は、レール間隔が 2 倍になるのにもない、 倍になる。

次に、導体棒が間隔  $d$  のレール上を到達速さで移動しているときにスイッチを切り、その後スイッチを切ったままの状態、導体棒が間隔  $2d$  のレール上に移動した場合を考える。このときは、レール間隔が 2 倍になるのにもない、速さは  倍になり、接点 X, Y 間の起電力は  倍になる。

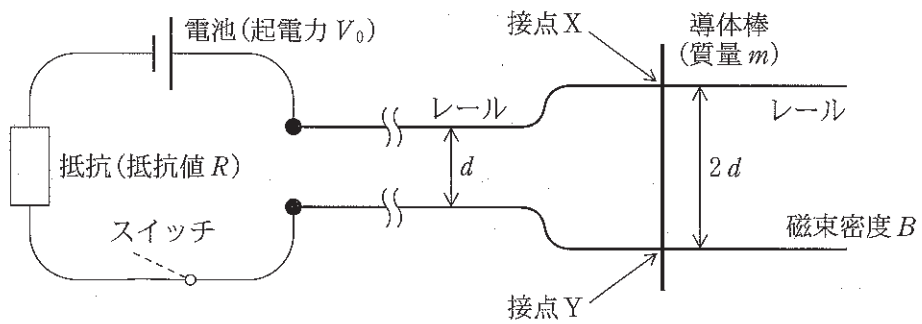


図 2—2

Ⅲ 図 2—3 に示すように、間隔  $d$  の平行なレールと間隔  $2d$  の平行なレールを導線をつなぎ、設問 I と同様に、電池、抵抗、スイッチを取り付けた。磁場も設問 I と同じとする。スイッチを切った状態で、図 2—3 のように質量  $m$  の 2 つの導体棒 1, 2 をそれぞれ間隔  $d$ 、間隔  $2d$  のレール上に垂直に置き静止させたのち、スイッチを閉じたところ、導体棒 1, 2 はともに右向きに動き始めた。十分に時間が経ったのち、導体棒の速さは一定と見なせるようになった。このときの導体棒 1, 2 の速さを  $B, d, m, R, V_0$  のうち必要なものを使ってそれぞれ求めよ。



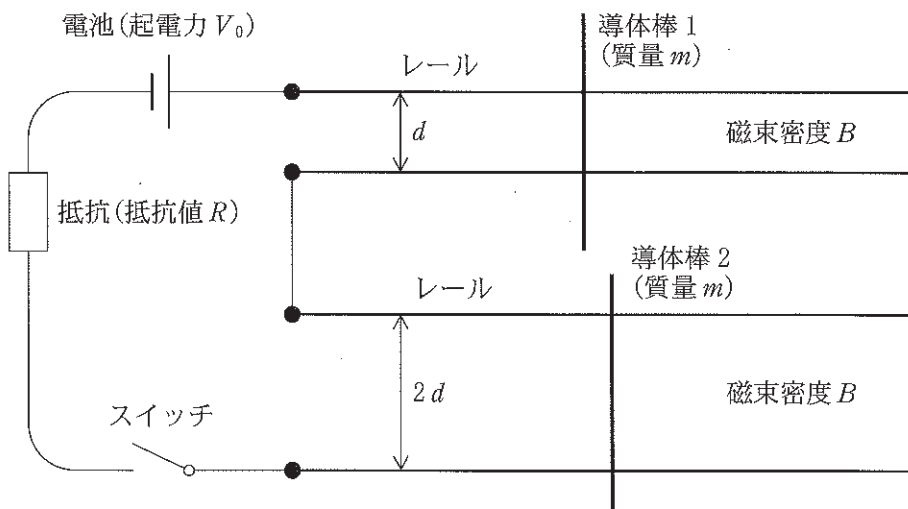


図 2—3

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 図3—1に示すように、容器X、Yにそれぞれ1モルの単原子分子理想気体が入っている。容器Xの上部は滑らかに動くピストンで閉じられており、ピストンの上にはおもりが載せられている。ピストンの質量は無視できる。容器Yの体積は一定である。容器の外は真空であり、容器Xと、容器Yまたは物体Zが接触した場合にのみ熱のやりとりが行われ、外部の真空や床などとの熱のやりとりは常に無視できるものとする。容器の熱容量は無視できる。また、物体Zの温度は常に $\frac{4}{5}T_A$ に保たれているものとする。

はじめ、容器Xは容器Yと接触しており、ピストンの上には質量 $a^5m$  ( $a > 1$ )のおもりが載せられている。容器X内の気体の圧力は $p_A$ である。容器X、Y内の気体の温度はともに $T_A$ である。このときの容器X内の気体の状態を状態Aと呼ぶことにする。続いて、図3—1に示すように、以下の操作①～④を順番に行い、容器X内の気体の状態を、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ と変化させた。これらの操作において、気体の状態変化はゆっくりと起こるものとする。気体定数を $R$ とすると、状態A～Dにおける容器X内の気体の圧力、温度、体積、内部エネルギーは表3—1のように与えられる。

操作①(A → B) 容器Xを、容器Y、物体Zのいずれとも接触しない位置に移動させた。次に、ピストン上のおもりを質量が $m$ になるまで徐々に減らした。

操作②(B → C) 容器Xを物体Zに接触させ、容器X内の気体の温度が $\frac{4}{5}T_A$ になるまで放置した。

操作③(C → D) 容器Xを、容器Y、物体Zのいずれとも接触しない位置に移動させた。次に、ピストン上のおもりを質量が $a^5m$ になるまで徐々に増やした。この操作後の容器X内の気体の温度を $T_D$ とする。

操作④(D → E) 容器Xを容器Yと接触させ、容器X、Y内の気体の温度が等しくなるまで放置した。このときの温度を $T_E$ とする。

以下の設問に答えよ。

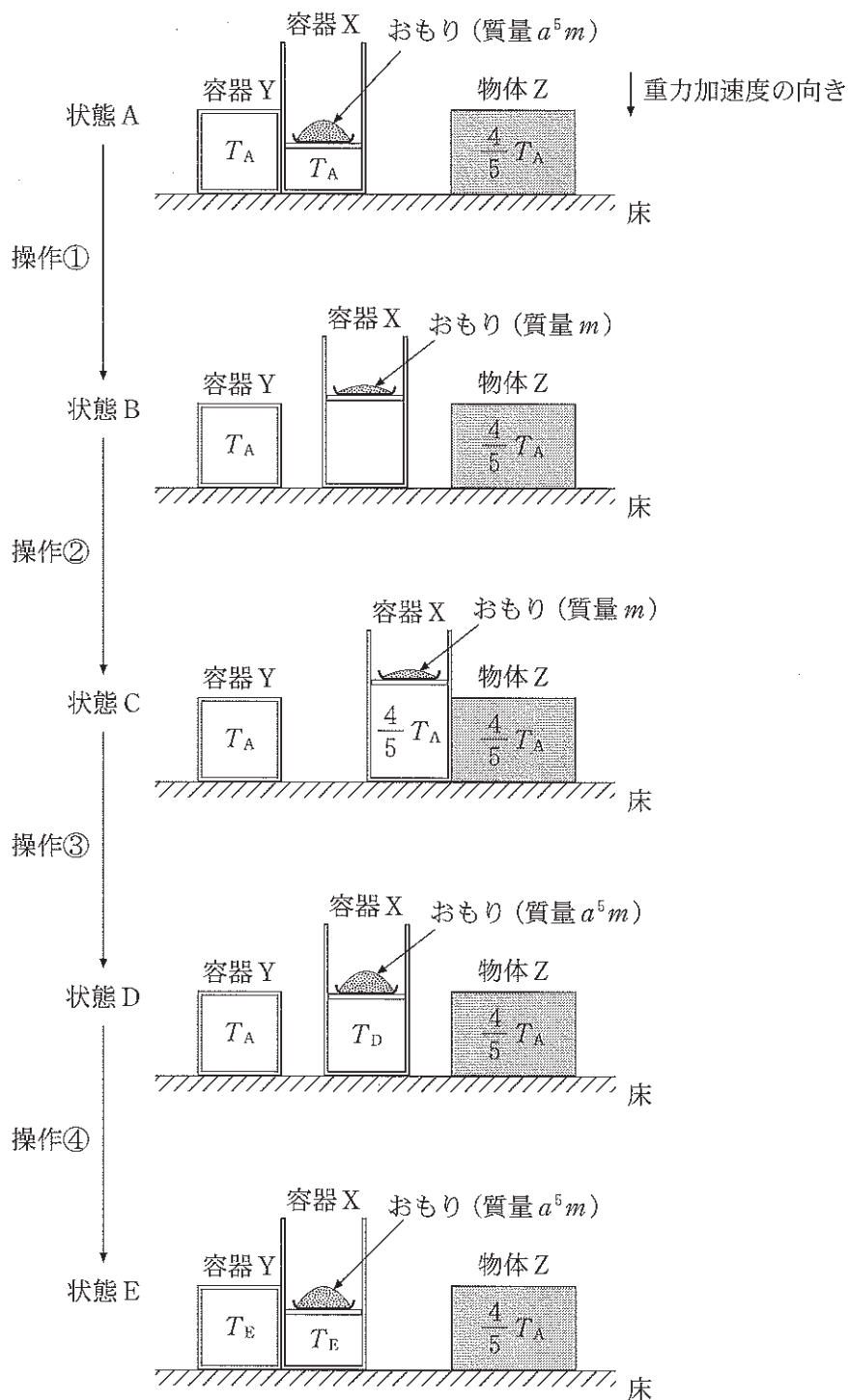


図 3—1

I 操作①～③において，容器 X 内の気体がされた仕事をそれぞれ  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  とする。 $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  を,  $R$ ,  $T_A$ ,  $a$  を用いて表せ。

II 操作④による容器 X 内の気体の状態変化(D → E)について，以下の設問に答えよ。

(1) 操作④による容器 X 内の気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U_4$  を,  $R$ ,  $T_D$ ,  $T_E$  を用いて表せ。

(2) 操作④において，容器 X 内の気体がされた仕事  $W_4$  を,  $R$ ,  $T_D$ ,  $T_E$  を用いて表せ。

(3) 状態 E における容器 X 内の気体の温度  $T_E$  を,  $T_A$ ,  $T_D$  を用いて表せ。

表 3—1

	圧力	温 度	体 積	内部エネルギー
状態 A	$p_A$	$T_A$	$\frac{RT_A}{p_A}$	$\frac{3}{2} RT_A$
状態 B	$\frac{p_A}{a^5}$	$\frac{T_A}{a^2}$	$a^3 \frac{RT_A}{p_A}$	$\frac{3}{2 a^2} RT_A$
状態 C	$\frac{p_A}{a^5}$	$\frac{4}{5} T_A$	$\frac{4}{5} a^5 \frac{RT_A}{p_A}$	$\frac{6}{5} RT_A$
状態 D	$p_A$	$\frac{4}{5} a^2 T_A (= T_D)$	$\frac{4}{5} a^2 \frac{RT_A}{p_A}$	$\frac{6}{5} a^2 RT_A$

Ⅲ  $a$  の値がある条件を満たすとき、操作①～④は、容器 X 内の気体に対して仕事を行うことで、低温の物体 Z から容器 Y 内の高温の気体に熱を運ぶ操作になっている。操作④による容器 Y 内の気体の内部エネルギーの変化を  $\Delta U_Y$  として、以下の設問に答えよ。

(1) 操作④によって容器 Y 内の気体の内部エネルギーが増加する ( $\Delta U_Y > 0$ ) ととき、操作①～④における容器 X 内の気体の圧力  $p$  と体積  $V$  の関係を表す図として最も適切なものを、図 3—2 のア～カの中から一つ選んで答えよ。

(2)  $\Delta U_Y > 0$  となるための  $a$  に関する条件を答えよ。

(3) 操作①～④の間に容器 X 内の気体がされた仕事の総和を  $W$ 、操作②において容器 X 内の気体が物体 Z から受け取る熱量を  $Q_2$  とする。 $\Delta U_Y$  を、 $W$  と  $Q_2$  を用いて表せ。

(4) 状態 E からさらに引き続き、操作①～④を何度も繰り返すと、容器 Y 内の気体の温度は、ある温度  $T_F$  に漸近する。 $T_F$  を、 $T_A$  と  $a$  を用いて表せ。



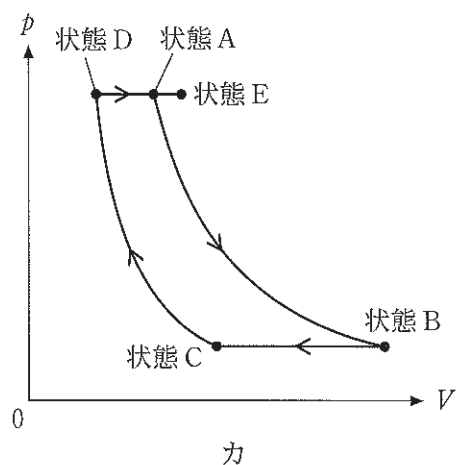
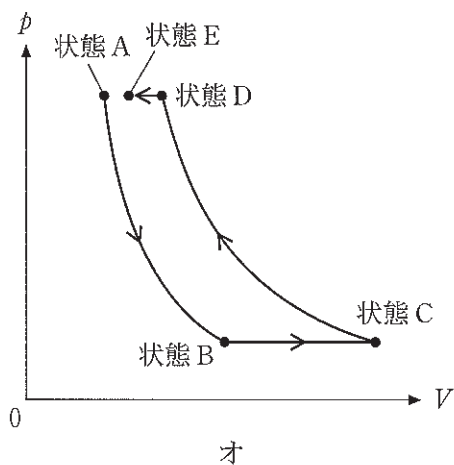
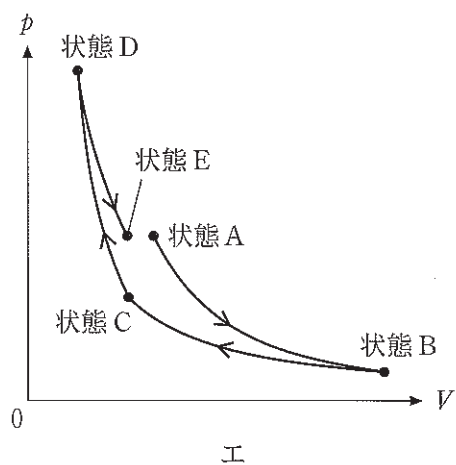
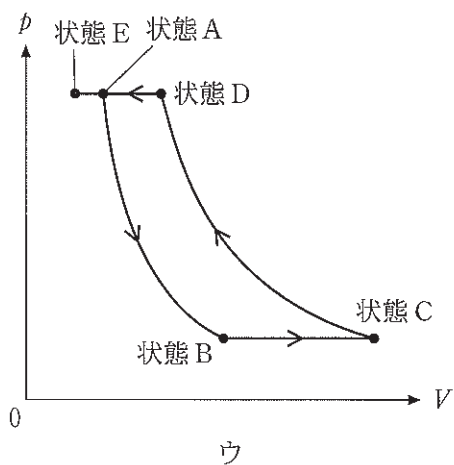
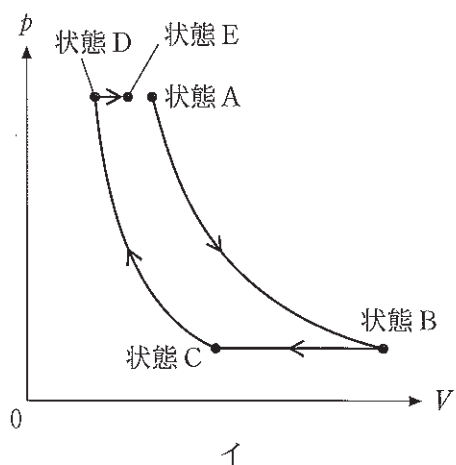
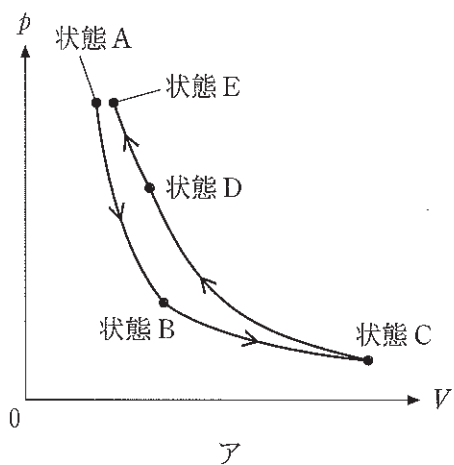


図 3—2

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

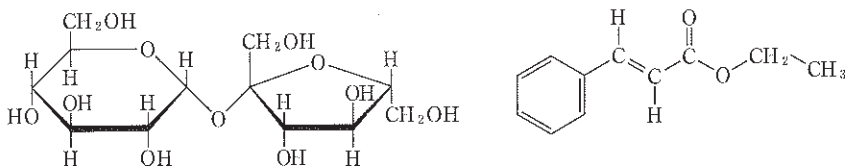
# 化 学

## 第1問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。構造式は例にならって示せ。

元 素	H	C	O	I
原子量	1.0	12.0	16.0	126.9

(構造式の例)



Ⅰ 次の文章を読み、問ア～カに答えよ。

天然化合物 A は、分子量 286 で、炭素、水素、酸素の各原子のみからなる。71.5 mg の A を完全燃焼させると、143 mg の二酸化炭素と、40.5 mg の水が生じた。A を加水分解すると、等しい物質量の化合物 B と化合物 C が得られた。B の水溶液をフェーリング液に加えて加熱すると赤色沈殿が生じたが、A の水溶液では生じなかった。C に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると特有の呈色反応を示したが、A では示さなかった。

セルロースやデンプンは、多数の B が縮合重合してできた多糖である。セルロースを酵素セルラーゼにより加水分解して得られるセロビオースと、デンプンを酵素アミラーゼにより加水分解して得られるマルトースは、上の構造式の例(左側)に示したスクロースと同じ分子式で表される二糖の化合物である。

これらの二糖は酵素 X, または, 酵素 Y によって単糖に加水分解できる。X はセロビオースを, Y はマルトースを加水分解して, いずれにおいても B のみを生成したが, X はマルトースを, Y はセロビオースを加水分解できなかった。スクロースは X により加水分解されなかったが, Y により加水分解され, 等しい物質量の B と化合物 D が生成した。A は X により加水分解され, B と C が生成したが, Y による加水分解は起こらなかった。

C を酸化することにより化合物 E が得られた。E は分子内で水素結合を形成した構造を持ち, E に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生した。E と無水酢酸に濃硫酸を加えて反応させると, 解熱鎮痛剤として用いられる化合物 F が得られた。

[問]

- ア 化合物 A の分子式を示せ。
- イ 化合物 B, D, F の名称を記せ。
- ウ 化合物 B には鎖状構造と六員環構造が存在する。それぞれの構造における不斉炭素原子の数を答えよ。
- エ セロビオース, マルトース, スクロースの中で, 下線部①で示した反応により赤色沈殿を生じる化合物をすべて答えよ。また, その理由を述べよ。
- オ 化合物 C の構造式を示せ。
- カ 化合物 A の構造式を示せ。

## II 次の文章を読み、問キ～サに答えよ。

セルロースは地球上に最も多く存在する有機化合物であり、石油資源に頼らない次世代の化学工業を担う重要化合物と考えられている。セルロースを濃硫酸中で加熱すると、最終的に糖ではない化合物 G が主として得られる。G は炭素、水素、酸素の各原子のみからなり、バイオ燃料、生分解性高分子、医薬品合成の原料として広く利用可能である。G を生分解性高分子 H などの化合物に変換するため、以下の実験 1～3 を行った。

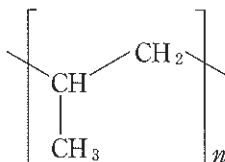
実験 1：水中でアセトンに過剰量の水酸化ナトリウムとヨウ素を反応させると、特有の臭気を有する黄色の化合物 I が沈殿し、反応液中に酢酸ナトリウムが検出された。アセトンの代わりに G を用いて同じ条件で反応させたところ、I が沈殿した。続いて、I を除いた反応液を塩酸を用いて酸性にすると、ともに直鎖状化合物である J と K の混合物が得られた。分子式を比較すると J と K の炭素原子の数は、いずれも G より一つ少なかった。K は不斉炭素原子を有していたが、J は有していなかった。58.0 mg の G を水に溶かし、0.200 mol/L の炭酸水素ナトリウム水溶液で滴定したところ、2.50 mL で中和点に達した。一方、67.0 mg の K を水に溶かし、0.200 mol/L の炭酸水素ナトリウム水溶液で滴定したところ、5.00 mL で中和点に達した。

実験 2：J とエチレングリコール(1,2-エタンジオール)を混合して縮合重合させたところ、物質質量 1：1 の比でエステル結合を形成しながら共重合し、平均重合度 100、平均分子量  $1.44 \times 10^4$  の高分子 H が得られた。

実験 3：K を加熱すると分子内で一分子の水が脱離し、化合物 L が得られた。L に光照射すると、その幾何異性体 M が生成した。L と M はともに臭素と反応した。L と M をそれぞれ、より高温で長時間加熱すると、M のみ分子内で脱水反応が起こり、化合物 N を与えた。

[問]

- キ 化合物 I の分子式を示せ。
- ク 実験 2 の結果から、化合物 J の分子量を求めよ。
- ケ 下の例にならい、高分子 H の構造式を示せ。



- コ 化合物 K, L, N の構造式をそれぞれ示せ。ただし、鏡像異性体は考慮しなくてよい。
- サ 化合物 G の構造式を答えよ。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)



# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

## 第2問

次の I, II の各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

元 素	H	C	N	O	Cl	Ar
原子量	1.0	12.0	14.0	16.0	35.5	39.9

アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$

I 次の文章を読み、問ア～カに答えよ。

空気は  $\text{N}_2$  と  $\text{O}_2$  を主成分とし、微量の希ガス(貴ガス)や  $\text{H}_2\text{O}$ (水蒸気),  $\text{CO}_2$  などを含んでいる。レイリーとラムゼーは、空気から  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  を除去して得た気体の密度が①化学反応で得た純粋な  $\text{N}_2$  の密度より大きいことに着目し、② Ar を発見した。

空気中の  $\text{CO}_2$  は、緑色植物の光合成によって還元され、糖類に変換される。この反応に着想を得て、光エネルギーによって  $\text{CO}_2$  を  $\text{CH}_3\text{OH}$  や  $\text{HCOOH}$  などの有用な化合物に変換する③人工光合成の研究が行われている。

(問)

ア 希ガスに関する以下の(1)~(5)の記述から、正しいものをすべて選べ。

- (1) He を除く希ガス原子は 8 個の価電子をもつ。
- (2) 希ガスは、放電管に封入して高電圧をかけると、元素ごとに特有の色に発光する。
- (3) He は、全ての原子のうちで最も大きな第 1 イオン化エネルギーをもつ。
- (4) Kr 原子の電子数はヨウ化物イオン  $I^-$  の電子数と等しい。
- (5) Ar は、HCl より分子量が大きいため、HCl よりも沸点が高い。

イ 空気に対して、以下の一連の操作を、操作 1 → 操作 2 → 操作 3 の順で行い、下線部①の気体を得た。各操作において除去された物質をそれぞれ答えよ。ただし、空気は  $N_2$ 、 $O_2$ 、Ar、 $H_2O$ 、 $CO_2$  の混合気体であるとする。

操作 1 : NaOH 水溶液に通じる

操作 2 : 赤熱した Cu が入った容器に通じる

操作 3 : 濃硫酸に通じる

ウ 問イの実験で得た気体は、同じ温度と圧力の純粋な  $N_2$  よりも密度が 0.476% 大きかった。問イの実験で得た気体中の Ar の体積百分率、および、実験に用いた空気中の Ar の体積百分率はそれぞれ何%か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、空気中の  $N_2$  の体積百分率は 78.0% とする。

エ 問イの実験で、赤熱した Cu の代わりに赤熱した Fe を用いると、一連の操作後に得られた気体の密度が、赤熱した Cu を用いた場合よりも小さくなった。その理由を、化学反応式を用いて簡潔に説明せよ。

オ 下線部②について、 $NH_4NO_2$  水溶液を加熱すると  $N_2$  が得られる。この反応の化学反応式を記せ。また、反応の前後における窒素原子の酸化数を答えよ。

カ 下線部③について、 $CO_2$  と  $H_2O$  から  $HCOOH$  と  $O_2$  が生成する反応を考える。この反応は、 $CO_2$  の還元反応と  $H_2O$  の酸化反応の組み合わせとして理解できる。それぞれの反応を電子  $e^-$  を用いた反応式で示せ。

II 次の文章を読み、問キ～コに答えよ。

多くの分子やイオンの立体構造は、電子対間の静電的な反発を考えると理解④  
④ できる。例えば、 $\text{CH}_4$  分子は、炭素原子のまわりにある四つの共有電子対間の反発が最小になるように、正四面体形となる。同様に、 $\text{H}_2\text{O}$  分子は、酸素原子のまわりにある四つの電子対(二つの共有電子対と二つの非共有電子対)間の反発によって、折れ線形となる。電子対間の反発を考えると、二重結合や三重結合を形成する電子対を一つの組として取り扱う。例えば、 $\text{CO}_2$  分子は、炭素原子のまわりにある二組の共有電子対(二つの  $\text{C}=\text{O}$  結合)間の反発によって、直線形となる。

多数の分子が分子間力によって引き合い、規則的に配列した固体を分子結晶とよぶ。例えば、 $\text{CO}_2$  は低温で図 2—1 に示す立方体を単位格子とする結晶となる。図 2—1 の結晶中で、 $\text{CO}_2$  分子の炭素原子は単位格子の各頂点および各面の中心に位置し、酸素原子は隣接する  $\text{CO}_2$  分子の炭素原子に近づくように位置⑤  
⑤ している。

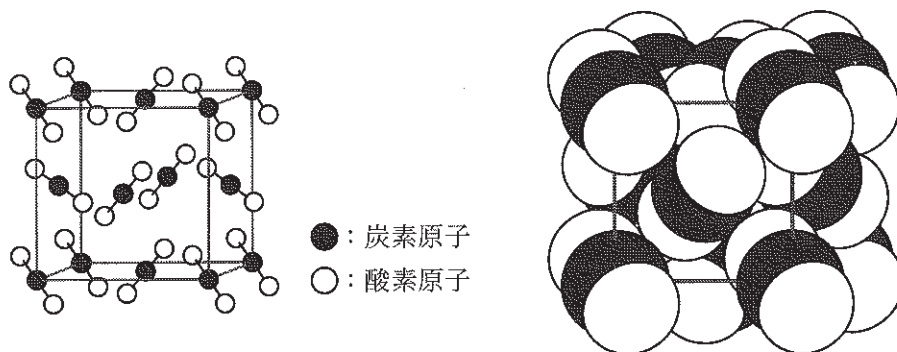
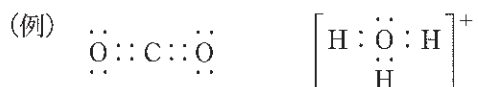


図 2—1 (左)  $\text{CO}_2$  の結晶構造の模式図。(右) 分子の大きさを考慮して描いた  $\text{CO}_2$  の結晶構造。

[問]

- キ いずれも鎖状の HCN 分子および亜硝酸イオン  $\text{NO}_2^-$  について、最も安定な電子配置(各原子が希ガス原子と同じ電子配置)をとるときの電子式を以下の例にならって示せ。等価な電子式が複数存在する場合は、いずれか一つ答えよ。



- ク 下線部④の考え方に基づいて、以下にあげる鎖状の分子およびイオンから、最も安定な電子配置における立体構造が直線形となるものをすべて選べ。



- ケ 図 2—1 に示す  $\text{CO}_2$  の結晶について、最も近くにある二つの炭素原子の中心間の距離が 0.40 nm であるとする。このとき、 $\text{CO}_2$  の結晶の密度は何  $\text{g}/\text{cm}^3$  か、有効数字 2 桁で答えよ。答えに至る過程も記せ。
- コ 下線部⑤について、 $\text{CO}_2$  の結晶中で、隣り合う  $\text{CO}_2$  分子の炭素原子と酸素原子が近づく理由を、電気陰性度に着目して説明せよ。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

### 第3問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

元 素	H	C	O	Na	S	Cl
原子量	1.0	12.0	16.0	23.0	32.1	35.5

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

Ⅰ 次の文章を読み、問ア～オに答えよ。

アメリカやアフリカにある塩湖の泥中に存在するトロナ鉱石は、主に炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、水和水からなり、炭酸ナトリウムを工業的に製造するための原料や洗剤として用いられる。

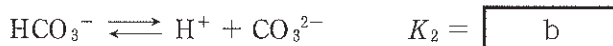
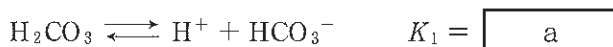
トロナ鉱石 4.52 g を 25℃ の水に溶かし、容量を 200 mL とした。この水溶液①にフェノールフタレインを加えてから、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、変色するまでに 20.0 mL の滴下が必要であった(第一反応)。次に、メチルオレンジを加えてから滴定を続けたところ、変色するまでにさらに 40.0 mL の塩酸の滴下が必要であった(第二反応)。以上の滴定において、大気中の二酸化炭素の影響は無視してよいものとする。また、ここで用いたトロナ鉱石は炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、水和水のみからなるものとする。



〔問〕

- ア 第一反応および第二反応の化学反応式をそれぞれ記せ。
- イ 第一反応の終点における pH は、0.10 mol/L の炭酸水素ナトリウム水溶液と同じ pH を示した。この pH を求めたい。炭酸水素ナトリウム水溶液に関する以下の文章中の  ~  にあてはまる式、 にあてはまる数値を答えよ。ただし、水溶液中のイオンや化合物の濃度は、例えば  $[\text{Na}^+]$ 、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$  などと表すものとする。

炭酸の二段階電離平衡を表す式とその電離定数は



である。ただし、25℃において、 $\log_{10} K_1 = -6.35$ 、 $\log_{10} K_2 = -10.33$  である。

炭酸水素ナトリウム水溶液中の物質量の関係から

$$[\text{Na}^+] = \text{  }$$

の等式が成立する。また、水溶液が電氣的に中性であることから

$$\text{  }$$

の等式が成立する。以上の式を、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  が  $[\text{Na}^+]$  に比べて十分小さいことに注意して整理すると、 $[\text{H}^+]$  は  $K_1$ 、 $K_2$  を用いて、

$$[\text{H}^+] = \text{  }$$

と表される。よって、求める pH は  となる。

- ウ 下線部①のトロナ鉱石に含まれる炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、水和水の物質量の比を求めよ。
- エ 下線部①の水溶液の pH を求めよ。
- オ 健康なヒトの血液は中性に近い pH に保たれている。この作用は、二酸化炭素が血液中の水に溶けて電離が起こることによる。血液に酸 ( $\text{H}^+$ ) を微量加えた場合と塩基 ( $\text{OH}^-$ ) を微量加えた場合のそれぞれについて、血液の pH が一定に保たれる理由を、イオン反応式を用いて簡潔に説明せよ。

II 次の文章を読み、問カ～コに答えよ。

火山活動は、高温高圧の地下深部で溶融した岩石(マグマ)が上昇することで引き起こされる。マグマは地下深部では液体であるが、上昇して圧力が下がると、マグマ中の揮発性成分が気体(火山ガス)になり、マグマは液体と気体の混合物となる(図3-1)。このとき、マグマのみかけの密度は、気体ができる前のマグマの密度より小さくなる。この密度減少がマグマの急激な上昇と爆発的噴火を引き起こす。

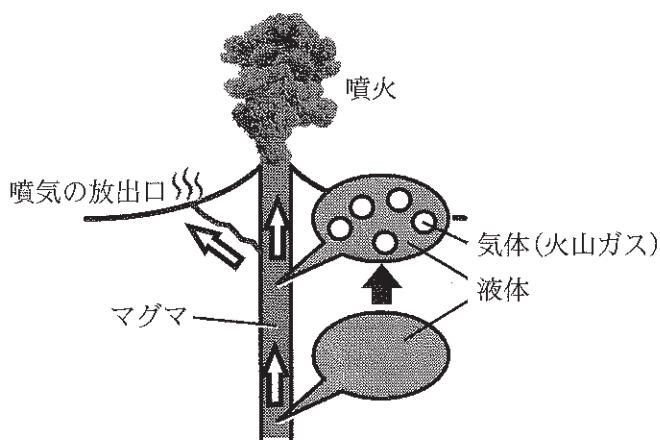


図3-1 火山活動の模式図

火山ガスの一部は、マグマから分離して地中の割れ目などを通して上昇し、地表で噴気として放出される(図3-1)。火山ガスの組成(成分とモル分率)は、マグマから分離した時点で表3-1に示すとおりであり、上昇とともに式1の平衡が移動することで変化するものとする。噴気の放出口では、単体の硫黄の析出がしばしば観察される。その理由の一つとして、式1において、ほぼ正反応のみが進行することが考えられる。



表3-1 火山ガスの組成

成分	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	H <sub>2</sub>	その他
モル分率[%]	97.80	0.34	0.87	0.04	0.39	0.45	0.11

(問)

- カ 下線部②に関して、地中の深さ 3 km 付近でマグマの質量の 1.00% に相当する  $\text{H}_2\text{O}$  のみが気体になる場合を考える。1.00 L のマグマから生じた  $\text{H}_2\text{O}$  (気) の体積を有効数字 2 桁で求めよ。答えに至る過程も記せ。ただし、このときの圧力は  $8.00 \times 10^7 \text{ Pa}$ 、温度は  $1047^\circ\text{C}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  (気) ができる前のマグマの密度は  $2.40 \times 10^3 \text{ g/L}$  とし、 $\text{H}_2\text{O}$  (気) は理想気体とみなしてよいものとする。
- キ 下線部③に関して、問カの条件で液体と気体の混合物となったマグマのみかけの密度は、気体ができる前のマグマの密度の何倍か、有効数字 2 桁で求めよ。ただし、液体と気体からなるマグマのみかけの密度は、(液体の質量 + 気体の質量) / (液体の体積 + 気体の体積) で表される。また、気体が生じたときの液体の体積変化は無視できるものとする。
- ク 式 1 の正反応の常温常圧における反応熱は正の値をもつ。必要な熱化学方程式を記し、この値を求めよ。常温常圧における  $\text{SO}_2$  (気)、 $\text{H}_2\text{S}$  (気)、 $\text{H}_2\text{O}$  (液) の生成熱は、それぞれ  $296.9 \text{ kJ/mol}$ 、 $20.2 \text{ kJ/mol}$ 、 $285.8 \text{ kJ/mol}$  とし、 $\text{H}_2\text{O}$  (液) の蒸発熱は  $44.0 \text{ kJ/mol}$  とする。
- ケ 式 1 の平衡の移動に関する以下の文章中の  ~  にあてはまる語句を答えよ。ただし、 と  には「正」または「逆」のいずれかを答えよ。
- 圧力一定で温度が下がると、一般に  反応の方向に平衡が移動するため、式 1 の  反応がより進行する。また、温度一定で圧力が下がると、一般に気体分子の総数を  させる方向に平衡が移動するため、式 1 の  反応がより進行する。
- コ 下線部④の結果として、なぜ単体の硫黄を析出する反応が起こるのか、表 3-1 に示した成分のモル分率を参考にして、簡潔に述べよ。ただし、「その他」の成分は考慮しなくてよい。また、この硫黄が析出する反応の化学反応式を記せ。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 生 物

## 第1問

次の I，II の各問に答えよ。

I 次の文章を読み，問A～Eに答えよ。

遺伝的変異は突然変異によって生み出される。突然変異には，DNA の塩基配列に変化が生じるものと，染色体の数や構造に変化が生じるものがある。たとえば④において，ある遺伝子上で塩基の挿入や欠失が起こると， がずれてアミノ酸配列が変化することがある。これによってアミノ酸の配列が大幅に変わってしまった場合は，タンパク質の本来の機能が失われることが多い。それ以外に塩基が他の塩基に入れ替わる変異もあり，これを置換変異と呼ぶ。置換変異の中で，アミノ酸配列の変化を伴わない変異を  ，アミノ酸配列の変化を伴う場合を非  と呼ぶ。

④の一例として，染色体相互転座という現象がある。これは異なる2つの染色体の一部がちぎれた後に入れ替わって繋がる変化で，がん(癌)でしばしば認められる染色体異常のひとつである。図1—1に示したのはある種の白血病で見られる染色体相互転座の例で，2つの異なる染色体の一部が入れ替わることで，本来は別々の染色体に存在している遺伝子XとYが繋がり，融合遺伝子X-Yができる。この融合遺伝子X-Yから転写・翻訳されてできるX-Yタンパク質が，血球細胞をがん化(白血病化)させることが知られている。正常なYタンパク質の本来の働きは酵素であり，アミノ酸のひとつであるチロシンをリン酸化するというリン酸化酵素活性を持つ。この酵素活性は，X-Yタンパク質のがん化能力にも必須であることがわかっている。一方で，もう片方の染色体にできた融合遺伝子Y-Xには，がん化など細胞への影響はないものとする。

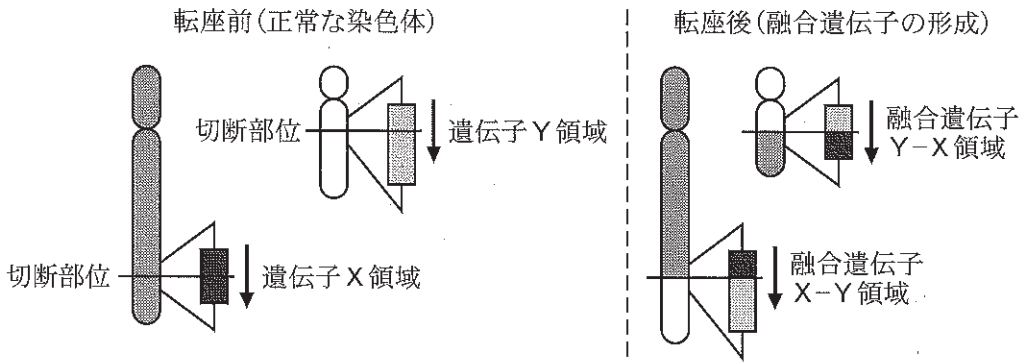


図 1—1 染色体相互転座による融合遺伝子 X-Y と Y-X の形成  
矢印は遺伝子が転写される方向を表す。

実験 1 正常な遺伝子 X と遺伝子 Y は、X の 4 番目のエキソンと、Y の 2 番目のエキソンがそれぞれ途中(破線部)で切れたのち融合することで、融合遺伝子 X-Y となる(図 1—2)。この融合遺伝子 X-Y の性質をより詳しく調べるために、人工的な融合遺伝子 1~4 を作製した(図 1—3)。それらの遺伝子から発現したタンパク質の大きさや性質を実験的に調べたところ、図 1—3 に示すような結果が得られた。

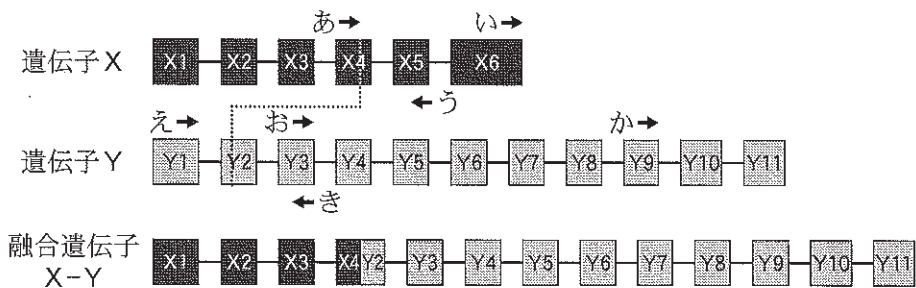


図 1—2 正常な遺伝子 X と遺伝子 Y, 融合遺伝子 X-Y のエキソン・イントロン構造

■ は遺伝子 X のエキソン, □ は遺伝子 Y のエキソン, 四角内の数字はエキソンの番号, エキソン間の直線はイントロンを表す。

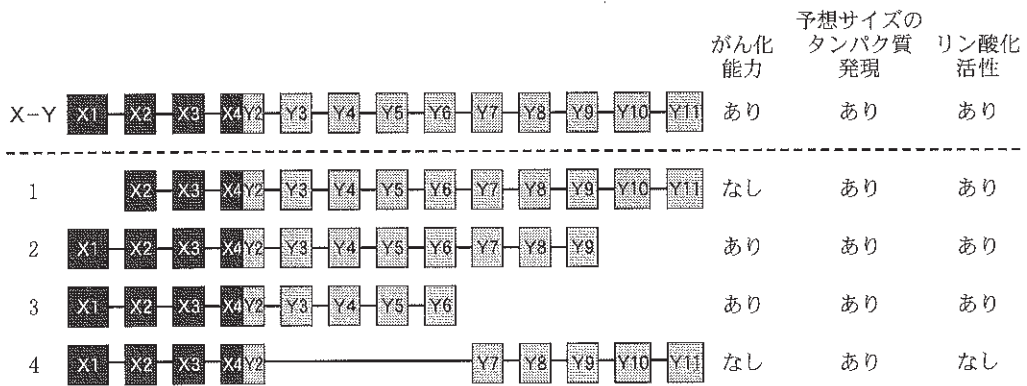


図1—3 人工的に作製した4種類の融合遺伝子1～4と実験結果  
 最上段のX-Yは、図1—2に示した融合遺伝子X-Yと同一である。「予想サイズのタンパク質発現」の予想サイズとは、図示している全てのエキソンがタンパク質に翻訳された場合のサイズ、という意味である。

[問]

A Iの問題文の1と2に入る適当な語句を、それぞれ答えよ。

B 白血病細胞中に存在する融合遺伝子X-YをPCR法で検出するために、図1—2のあ～きの中から、最も検出に優れたプライマーの組み合わせを書け(例：あ—い)。



C 図1—3に示した結果から言えることとして不適切なものを、以下の選択肢から全て選べ。

- (1) 融合遺伝子のエキソンは、遺伝子Xと遺伝子Yに由来するものがそれぞれ最低1個あり、かつ合計が最低8個あれば、その組み合わせに関わらずがん化能力を有する。
- (2) 融合遺伝子1にがん化能力がないのは、最初のエキソンであるX1がないために、融合遺伝子の転写・翻訳が起こらないからである。
- (3) エキソンY10とY11はがん化に必要ではない。
- (4) 融合遺伝子4にがん化能力がないのは、エキソンY2とY7の間で、RNAポリメラーゼによる転写が停止するからである。
- (5) タンパク質Yのリン酸化活性には、Y3からY6に相当する領域が必要である。

D 問Bで選択したプライマーを用いてPCRを行う際に、実験手技が正しく行われていることを確認するため、陽性対照(必ず予想サイズのPCR産物が得られる)と陰性対照(PCR産物が得られることはない)を設置することにした。陽性対照および陰性対照に用いるPCRの鋳型の組み合わせとして適切なものを、下の表から全て選んで番号で答えよ。

番号	陽 性 対 照	陰 性 対 照
1	融合遺伝子1の配列を含むプラスミド	融合遺伝子3の配列を含むプラスミド
2	融合遺伝子2の配列を含むプラスミド	融合遺伝子4の配列を含むプラスミド
3	融合遺伝子3の配列を含むプラスミド	融合遺伝子2の配列を含むプラスミド
4	融合遺伝子X-Yの配列を持つ白血病細胞から抽出したRNA	融合遺伝子X-Yの配列を持たない白血病細胞から抽出したRNA
5	融合遺伝子X-Yの配列を持つ白血病細胞から抽出したタンパク質	融合遺伝子X-Yの配列を持たない白血病細胞から抽出したタンパク質
6	融合遺伝子X-Yの配列を持つ白血病細胞から抽出したDNA	融合遺伝子X-Yの配列を持たない白血病細胞から抽出したDNA

E 図1—4に示した融合遺伝子5は、実験の準備過程でできた予想外の融合遺伝子である。エキソン—イントロン構造は融合遺伝子X—Yと同じであるが、そのタンパク質は図1—3に示した融合遺伝子3から発現するタンパク質よりも小さく、さらになんがん化能力を有していなかった。そこでこの融合遺伝子5のDNA配列を調べた結果、X4とY2のつなぎ目に予期しなかった配列の変化が見つかった。融合遺伝子5に起こったDNAの変化として考えられる4つの候補a~dを図1—4に示す。この中から融合遺伝子5として適切なDNA配列を下記の選択肢1~4から選び、その理由を3行以内で述べよ。

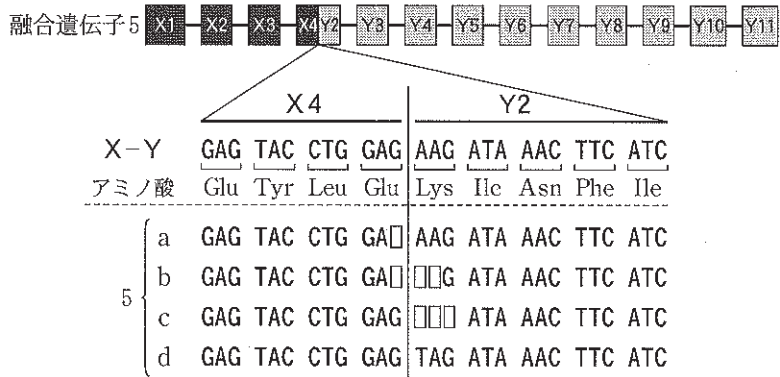


図1—4 融合遺伝子5に起こった変化の候補a~dとその塩基配列  
 変化前の融合遺伝子X—Yの塩基配列とアミノ酸配列を上記、変化後の塩基配列の候補a~dを下に示す。□はその部分の塩基が欠失していることを示す。

- 1) aとd
- 2) aとbとd
- 3) bのみ
- 4) aとc

# 草 稿 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

II 次の文章を読み、問F～Lに答えよ。

融合遺伝子 X-Y によって発症する白血病 (X-Y 白血病) の治療には分子標的薬 Q が使用される。X-Y 融合タンパク質に対しては、分子標的薬 Q が X-Y 融合タンパク質のチロシンリン酸化活性 (以下「リン酸化活性」と称する) 部位に結合し、その機能を阻害する。X と融合していない正常な Y タンパク質もリン酸化活性を持つが、正常な Y タンパク質のリン酸化活性部位は全く異なる構造をしているため、分子標的薬 Q は X-Y 融合タンパク質にしか作用しない。

一方で、この分子標的薬 Q は近年、X-Y 白血病以外にも、消化管にできる S タイプと呼ばれるがんの治療にも効果があることが分かった。このがん S では、R という遺伝子に変異が見られる。正常な遺伝子 R から転写翻訳された R タンパク質は Y タンパク質と同じくリン酸化活性を有する受容体であるが、R 遺伝子に変異が起こった結果、がん S では R タンパク質が異常な構造に変化して、3 非依存的に活性化されることが分かっている。

実験 2 分子標的薬 Q が X-Y 白血病細胞の増殖に与える効果を実験的に確認した。約 1,000,000 個の X-Y 白血病細胞を用意し、治療に適切な濃度の分子標的薬 Q を加えて 4 週間培養し、経時的に細胞数を数えた。この濃度では、X-Y 白血病細胞の数は 3 日毎に 10 分の 1 に減ることが知られていたことから、図 1—5 に示した黒線のようなグラフが予想された。しかし実際には X-Y 白血病細胞は死滅せず、28 日目に 500 個の細胞が残っていた。これらの生き残った細胞が持つ融合遺伝子 X-Y の配列を調べたところ、これらの細胞ではもれなく、エキソン Y 5 内に存在する塩基の置換変異により、特定のアミノ酸が 1 つ変化していることがわかったが、そのリン酸化活性は保たれていた。

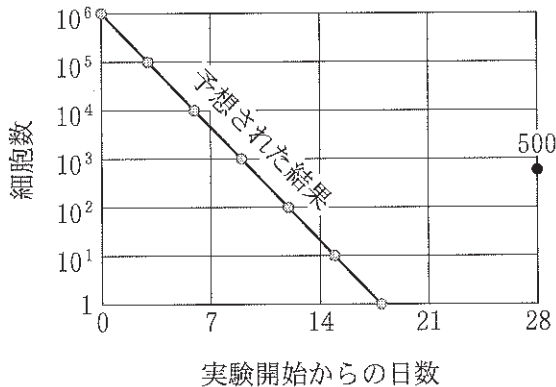


図 1—5 分子標的薬 Q が X-Y 白血病細胞の増殖に与える効果

[問]

F 下線部(ア)に関して、がん治療における分子標的薬全般の説明として最も適切なものをひとつ選べ。なおこの場合の「分子」とは、核酸やタンパク質をさす。

- (1) 分子標的薬は RNA ポリメラーゼの分解を介して、細胞全体の転写活性を阻害する薬である。
- (2) 分子標的薬はがん細胞の増殖や転移などの病状に関わる特定の分子にのみ作用するように設計されている。
- (3) 分子標的薬はがん細胞の表面を物理的に覆い固めることで、がん細胞の分裂・増殖を阻害する薬である。
- (4) 分子標的薬は細胞表面に出ている受容体にしか効果がない。
- (5) 分子標的薬は標的分子が十分に大きくないと結合できないため、小さい分子には効果がない。

G 下線部(イ)について、一般に酵素の活性部位はそれぞれの酵素に特有の構造をしており、特定の物質のみに作用する性質を持つ。この性質を酵素の何と呼ぶか。下記の選択肢からひとつ選べ。

基質交叉性、基質反応性、基質指向性、基質特異性、基質決定性、  
基質排他性

H 

3
---

 に入る適当な語句を、下の選択肢からひとつ選べ。  
ビタミン、リガンド、ペプチド、シャペロン、チャネル、ドメイン

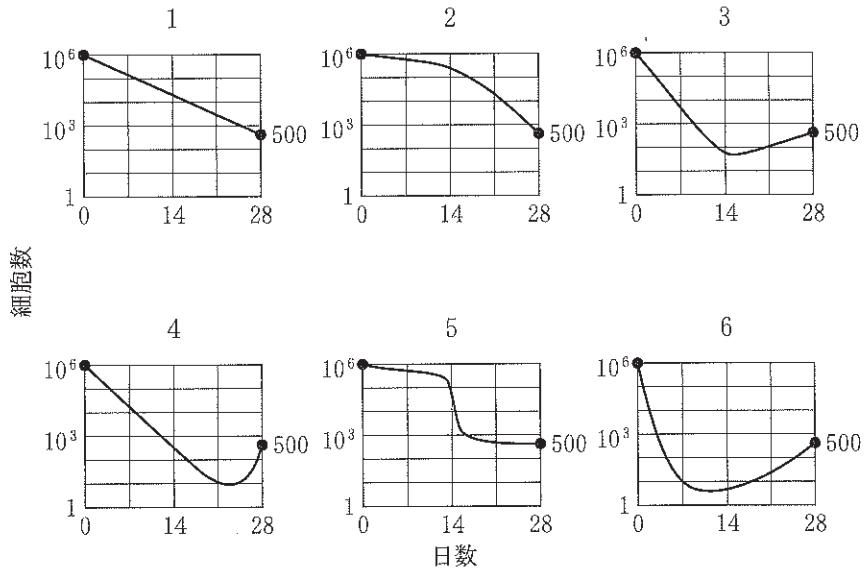
I IIの問題文の内容に関する記述として、以下の説明から不適切なものを2つ選べ。

- (1) X-Y 白血病細胞が消化管の細胞を誤って攻撃することで遺伝子 R の変異が誘導され、がん S が起こる。
- (2) X-Y 融合タンパク質のリン酸化活性部位との結合力を高めれば、より治療効果の高い分子標的薬を作ることができる。
- (3) あるがんにおいて、遺伝子 R の変異がなくても、その発生部位ががん S と同じく消化管であれば、分子標的薬 Q の効果が期待できる。
- (4) X-Y 融合タンパク質のリン酸化活性部位と、がん S で見られる変異 R タンパク質のリン酸化活性部位は、タンパク質の構造が類似している。

J 実験 2 で述べたアミノ酸の置換によって、なぜ分子標的薬 Q が効かなくなったと考えられるか。「構造」、「結合」という単語を使って 2 行程度で述べよ。

K 実験 2 においてこのアミノ酸置換を持つ細胞は実験途中で融合遺伝子 X-Y に変異が起こって出現したのではなく、もともとの細胞集団の中に存在しており、分子標的薬 Q の影響を全く受けずに、4 日毎に 2 倍に増殖すると仮定した場合、最初(0 日目)に何個の細胞が存在していたか計算せよ(小数第一位を四捨五入した整数で答えよ)。

L Kの仮定を考慮すると、図1—5の実際の細胞数の増減パターンは下記  
 1～6のどれが最も近いか。X軸、Y軸の値は、図1—5と同じとする。



## 第2問

次の I, II の各問に答えよ。

### I 次の文章を読み、問 A～D に答えよ。

アフリカを中心とした半乾燥地帯における貧栄養土壌での作物栽培に、大きな被害をもたらす寄生植物に、ストライガ(図 2—1)というハマウツボ科の一年草がある。ストライガは、自身で光合成を行うものの、その成長のためには宿主への寄生が必須となる。実際に、土壌中で発芽したストライガは、数日のうちに宿主へ寄生できなければ枯れてしまう。ストライガは、ソルガムやトウモロコシといった現地の主要な作物に、どのようなしくみで寄生するのだろうか。その理解のためには、まず、これらの作物と菌根菌との関係を知る必要がある。

ソルガムやトウモロコシは、土壌中のリン酸や窒素といった無機栄養が欠乏した環境において、菌根菌を根に定着させる。菌根菌は、土壌中から吸収したリン酸や窒素の一部をソルガムやトウモロコシへ与える代わりに、その生育や増殖に必須となる、光合成産物由来の糖や脂質をこれらの作物から受け取っている。

ソルガムやトウモロコシは、菌根菌を根に定着させる過程の初期において、化合物 S を土壌中へ分泌し、周囲の菌根菌の菌糸を根に誘引する。化合物 S は、不安定で壊れやすい物質であり、根から分泌された後、土壌中を数 mm 拡散する間に短時間で消失する。このような性質により、根の周囲には化合物 S の濃度勾配が生じ、菌根菌の菌糸はそれに沿って根に向かう。

ストライガは、宿主となるソルガムやトウモロコシのこのような性質を巧みに利用し、それらへ寄生する。直径が 0.3 mm ほどのストライガの種子は、土壌中で数十年休眠することが可能であり、化合物 S を感知して発芽する。その後、発芽したストライガの根は、宿主の根に辿り着くと、その根の組織を突き破り内部へ侵入する。最終的に、ストライガは自身と宿主の維管束を連結し、それを介して宿主から水分や無機栄養、光合成産物を奪い成長する。そのため、ストライガに寄生されたソルガムやトウモロコシは、多くの場合、結実することなく枯れてしまう(図 2—1)。



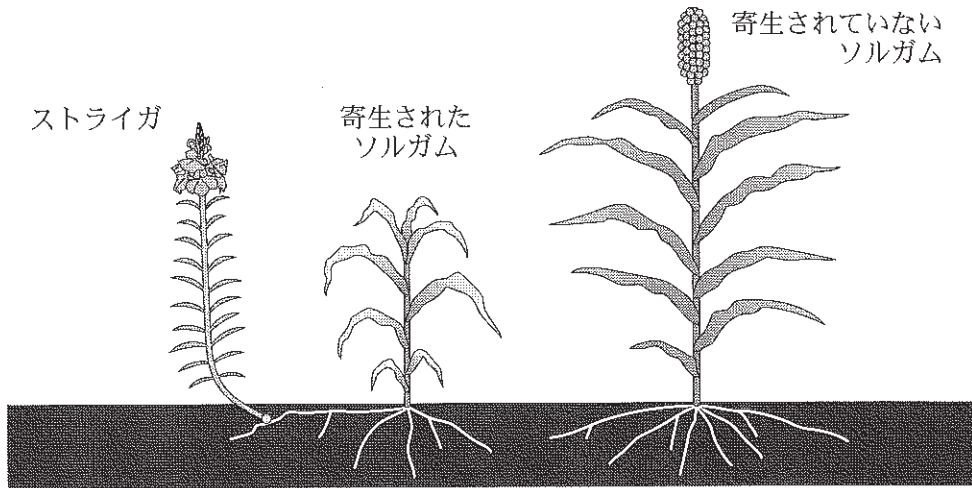


図 2—1 ソルガムに寄生するストライガ

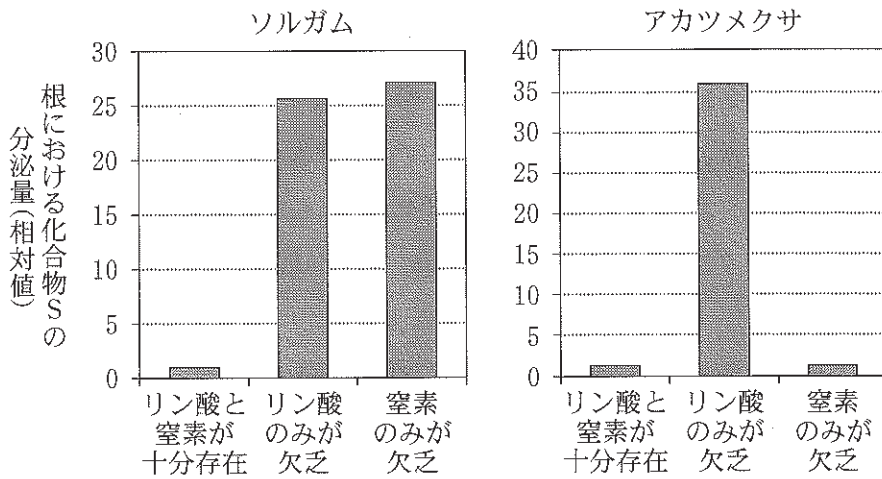


図 2—2 無機栄養の欠乏が根における化合物 S の分泌量に及ぼす影響  
 グラフは、根の単位重量当たりの化合物 S の分泌量を、リン酸と窒素が十分存在する条件での値を 1 として示している。

(問)

A 下線部(ケ)について。菌根菌の宿主は、その光合成産物のかなりの量を、菌根菌に糖や脂質を与えるために消費している。ここでは、リン酸のみが欠乏した畑地でソルガムを栽培し、根に菌根菌が定着した後に、土壌へ十分な量のリン酸を与える場合を考える。このとき、菌根菌とソルガムには、リン酸を与える前後で、それぞれどのような種間相互作用がみられるか。以下の選択肢(1)～(6)から、適切な種間相互作用を全て選べ。解答例：与える前—(1) 与えた後—(2) (3)

- (1) 同じ容器内で飼育したゾウリムシとヒメゾウリムシにみられる種間相互作用
- (2) シロアリとその腸内に生息しセルロースやリグニンを分解する微生物にみられる種間相互作用
- (3) ナマコとその消化管を外敵からの隠れ家として利用するカクレウオにみられる種間相互作用
- (4) イヌとその体の表面に付着して吸血するダニにみられる種間相互作用
- (5) ハダニとそれを食べるカブリダニにみられる種間相互作用
- (6) アブラムシとその排泄物を餌にするアリにみられる種間相互作用

B 下線部(イ)について。土壌中のリン酸や窒素の欠乏が、ソルガムやマメ科牧草のアカツメクサの根における化合物Sの分泌量に及ぼす影響をそれぞれ調べ、その結果を図2—2にまとめた。根における化合物Sの分泌様式が、両者の間で異なる理由について、無機栄養の獲得戦略の観点から、3行程度で述べよ。

C 下線部(ウ)について。このような化合物Sの性質は、ストライガが宿主に寄生するうえで、どのような点で有利にはたらくか。1行程度で述べよ。

D 下線部(エ)について。ストライガの種子が存在する土壌において、宿主が生育していない状況で、化合物Sを散布すると、ストライガは発芽するものの、宿主への寄生が成立しないため枯死する。そこで、ストライガの種子が拡散している無機栄養の欠乏した畑地において、作物を栽培していない時期にストライガを枯死させるため、化合物Sの土壌での安定性を高めた類似化合物を開発した。さらに、作物の無機栄養吸収に影響を与えず、ストライガを効率よく、より確実に枯死させるため、この類似化合物を改良したい。以下2つの活性を個別に改変できるとした場合、それらを化合物Sの活性と比較してどのように改変することが望ましいか。2つの活性について、その理由を含め、それぞれ3行程度で述べよ。

【改変可能な活性】ストライガの発芽を誘導する活性，菌根菌を誘引する活性

II 次の文章を読み、問E～Hに答えよ。

ストライガは、どのようにして宿主から水分を奪うのだろうか。自身の根の維管束を宿主のそれに連結したストライガは、蒸散速度を宿主より高く保つことで、宿主から自身に向かう水分の流れを作り出す。この蒸散速度には、葉に存在する気孔の開きぐあいが大きく影響する。土壌が乾燥して水不足になると、多くの植物では、体内でアブシシン酸が合成され、その作用によって気孔が閉じる。このとき、体内のアブシシン酸濃度の上昇に応じ、気孔の開きぐあいは小さくなっていく。一方、ストライガでは、タンパク質Xのはたらきにより、気孔が開いたまま維持される。このタンパク質Xは、陸上植物に広く存在するタンパク質Yに、あるアミノ酸変異が起こって生じたものである。シロイヌナズナのタンパク質Yは、体内のアブシシン酸濃度の上昇に応じ、その活性が変化する。ここでは、タンパク質Xやタンパク質Yの性質を詳しく調べるため、以下の実験を行った。

実験1 遺伝子工学の手法により、タンパク質Xを過剰発現させたシロイヌナズナ形質転換体を作製した。次に、この形質転換体を野生型シロイヌナズナとともに乾燥しないよう栽培し、ある時点で十分な量のアブシシン酸を投与した。しばらく時間をおいた後、サーモグラフィー(物体の表面温度の分布を画像化する装置)を用いて、葉の表面温度をそれぞれ計測し、その結果を図2—3にまとめた。

実験2 遺伝子工学の手法により、タンパク質Yを過剰発現させたシロイヌナズナ形質転換体とタンパク質Yのはたらきを欠失させたシロイヌナズナ変異体とを作製した。次に、これらの形質転換体や変異体を、野生型シロイヌナズナやタンパク質Xを過剰発現させたシロイヌナズナ形質転換体とともに、乾燥しないよう栽培した。その後、ある時点から水の供給を制限し、土壌の乾燥を開始した。同時に、日中の決まった時刻における葉の表面温度の計測を開始し、その経時変化を図2—4にまとめた。この計測と並行し、タンパク質Xやタンパク質Yの発現量を測定したところ、各種のシロイヌナズナの葉におけるそれらの発現量に、経時変化は見られなかった。

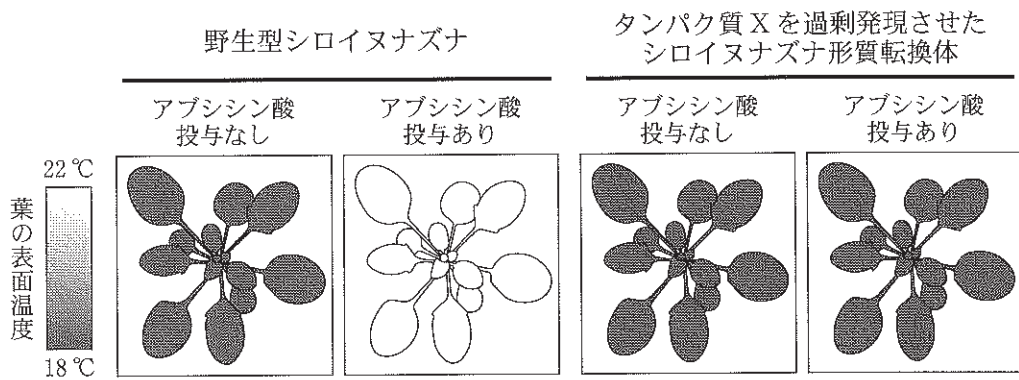


図 2—3 野生型シロイヌナズナとタンパク質 X を過剰発現させたシロイヌナズナ形質転換体の上からのサーモグラフィー画像

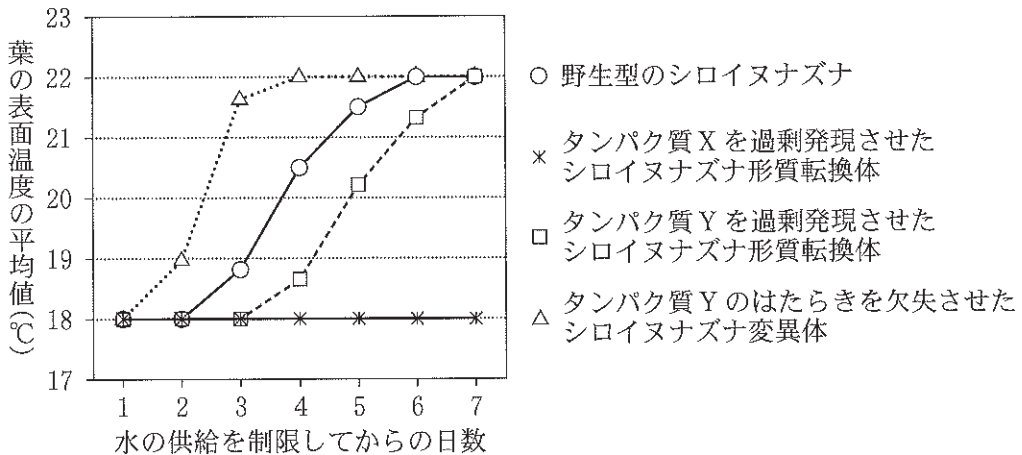


図 2—4 各種のシロイヌナズナにおける水の供給を制限した後の葉の表面温度の経時変化

[問]

- E 実験1において、十分な量のアブシシン酸を投与した後に、野生型シロイヌナズナの葉の表面温度が上昇した理由を、1行程度で述べよ。
- F 実験1、実験2の結果をふまえて、タンパク質Xやタンパク質Yのはたらきを述べた文として最も適切なものを、以下の選択肢(1)～(8)から一つ選べ。
- (1) タンパク質Xやタンパク質Yは、アブシシン酸の合成を促進する。
  - (2) タンパク質Xやタンパク質Yは、アブシシン酸の合成を抑制する。
  - (3) タンパク質Xは、アブシシン酸の合成を促進する。一方、タンパク質Yは、アブシシン酸の合成を抑制する。
  - (4) タンパク質Xは、アブシシン酸の合成を抑制する。一方、タンパク質Yは、アブシシン酸の合成を促進する。
  - (5) タンパク質Xやタンパク質Yは、気孔に対するアブシシン酸の作用を促進する。
  - (6) タンパク質Xやタンパク質Yは、気孔に対するアブシシン酸の作用を抑制する。
  - (7) タンパク質Xは、気孔に対するアブシシン酸の作用を促進する。一方、タンパク質Yは、気孔に対するアブシシン酸の作用を抑制する。
  - (8) タンパク質Xは、気孔に対するアブシシン酸の作用を抑制する。一方、タンパク質Yは、気孔に対するアブシシン酸の作用を促進する。
- G 下線部(オ)について。実験2の結果をふまえると、タンパク質Yとそれにアミノ酸変異が起こって生じたタンパク質Xとの間には、どのような性質の違いがあるか。体内のアブシシン酸濃度の上昇に伴うタンパク質の活性の変化に着目し、2行程度で述べよ。

H 実験2の7日間の計測期間中、4種類のシロイヌナズナはどれも葉の萎れを示さなかった。このとき、最も早く葉の光合成活性が低下したと考えられるものは4種類のうちどれか。また、その後も、水の供給を制限し続けたとき、最も早く萎れると考えられるものはどれか。その理由も含め、それぞれ3行程度で述べよ。

### 第3問

次のⅠ，Ⅱ，Ⅲの各問に答えよ。

Ⅰ 次の文章を読み，問A～Dに答えよ。

ヒトも含めた多細胞動物は，後生動物と呼ばれ，進化の過程で高度な体制を獲得してきた。動物が進化して多様性を獲得した過程を理解するためには，現生の動物の系統関係を明らかにすることが非常に重要である。動物門間の系統関係は未だ議論の残る部分もあるが，現在考えられている系統樹の一例を図3—1に示す。この系統関係を見ると，どのようにして動物が高度な体制を獲得するに至ったのか，その進化の過程を見てとることができる。動物進化における重要な事象として，多細胞化，口(消化管)の獲得，神経系・体腔の獲得，左右相称性の進化，旧口/新口(前口/後口)動物の分岐，脱皮の獲得，脊索の獲得などが挙げられる。

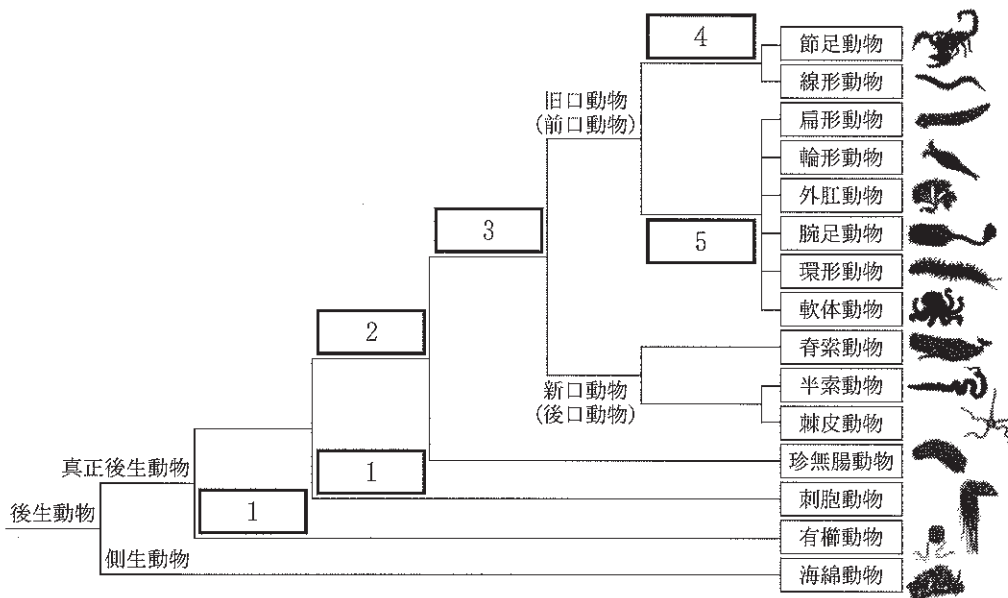


図3—1 動物門間の系統関係



〔問〕

A 図3—1の1～5に入る語句として最も適切な組み合わせを下記の(1)～(4)から選べ。

- (1) 1：放射相称動物, 2：体腔の獲得, 3：左右相称動物,  
4：脱皮動物, 5：冠輪動物
- (2) 1：放射相称動物, 2：左右相称動物, 3：体腔の獲得,  
4：脱皮動物, 5：冠輪動物
- (3) 1：左右相称動物, 2：放射相称動物, 3：体腔の獲得,  
4：冠輪動物, 5：脱皮動物
- (4) 1：体腔の獲得, 2：左右相称動物, 3：放射相称動物,  
4：冠輪動物, 5：脱皮動物

B 動物の初期発生が進行する過程で、一様であった細胞(割球)が複数の細胞群(胚葉)へと分化する。後生動物は、外胚葉と内胚葉からなる二胚葉性の動物と、外胚葉・中胚葉・内胚葉からなる三胚葉性の動物に大別される。下記にあげた動物はそれぞれ、二胚葉性・三胚葉性のどちらに分類されるか。〔(1)二胚葉性〕のように記せ。

- (1) イソギンチャク      (2) カブトムシ      (3) ゴカイ  
(4) ヒト      (5) クシクラゲ      (6) イトマキヒトデ

C 旧口動物と新口動物は、初期発生の過程が大きく異なることが特徴である。どのように異なるのか、2行程度で記せ。

D ウニやヒトデなどの棘皮動物は、五放射相称の体制を有するにもかかわらず、左右相称動物の系統に属する。このことは、発生過程を見るとよくわかる。それは、どのような発生過程か、2行程度で記せ。

II 次の文章を読み、問E、Fに答えよ。

動物の系統関係を明らかにする場合、その動物が持つ様々な特徴から類縁関係を探ることができ、古くから形態に基づく系統推定は行われてきた。しかし、形態形質は研究者によって用いる形質が異なるなど、客観性にとぼしい。近年では、様々な生物種からDNAの塩基配列情報を容易に入手できるようになり、これに基づいて系統関係を推定する分子系統解析が、系統推定を行う上で主流となっている。

1949年に「珍渦虫(ちんうずむし)」と呼ばれる謎の動物が、スウェーデン沖の海底から発見された(図3—2)。この動物は、体の下面に口があるが、肛門はないのが特徴である。珍渦虫がどの動物門に属するかは長らく謎であり、最初は扁形動物の仲間だと考えられていた。1997年に、珍渦虫のDNA塩基配列に基づく分子系統解析が初めて行われて以来、現在までに様々な仮説が提唱されている。当初、軟体動物に近縁だと報告されていたが、これは餌として食べた生物由来のDNAの混入によるものだと判明した。その後、分子系統解析が再度行われた結果、珍渦虫は新口動物の一員であるという知見が発表された。

(ア)

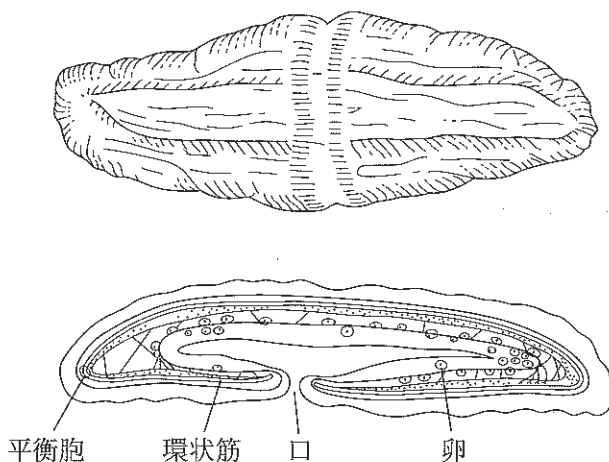


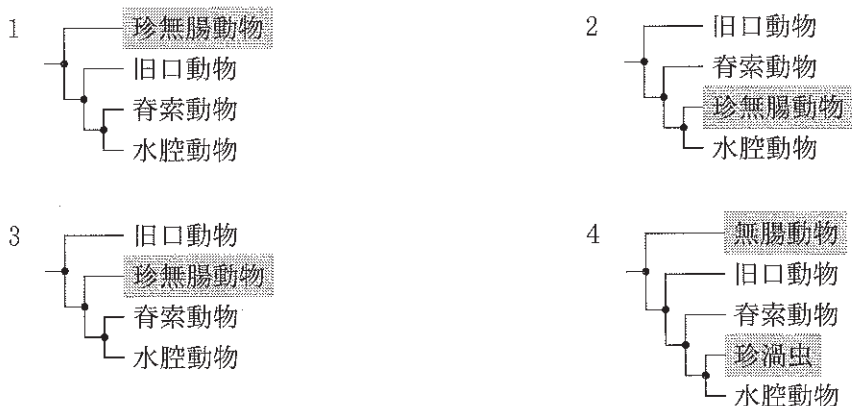
図3—2 珍渦虫の体制。上から見た図(上)と正中断面(下)

さらにその後、扁形動物の一員と考えられていた無腸動物が珍渦虫に近縁であることが示され、両者を統合した珍無腸動物門が新たに創設された。しかし、その系統学的位置については、新口動物に近縁ではなく、「旧口動物と新口動物が分岐するよりも前に出現した原始的な左右相称動物である」<sup>(イ)</sup>という新説が発表された。また、珍渦虫と無腸動物は近縁でないとする説<sup>(ウ)</sup>も発表されるなど、状況は混沌としてきた。

2016年、珍渦虫と無腸動物は近縁であり(珍無腸動物)<sup>(エ)</sup>、これらは左右相称動物の最も初期に分岐したグループであることが報告された。しかし、2019年に発表された論文では、珍無腸動物は水腔動物(半索動物と棘皮動物を合わせた群)<sup>(オ)</sup>にもっとも近縁であるという分子系統解析の結果が発表された。そのため珍無腸動物の系統学的位置は未解決のままである。

〔問〕

- E 下線部(ア)~(オ)の仮説を適切に説明した系統樹を次の1~4から選び、(ア)~1のように記述せよ。それぞれの仮説に当てはまるものはひとつとは限らない。



- F 図3-2下の断面図にあるように、珍渦虫には口はあるが肛門はない。下線部(ア)が正しいとすると、その分類群の中ではかなり不自然な発生過程をたどることになると考えられる。それはなぜか、3行程度で記せ。

Ⅲ 次の文章を読み、問G～Iに答えよ。

多細胞体である後生動物は、単細胞生物からどのような過程を経て進化してきたのだろうか。この点についてはかなり古くから議論があり、これまでに様々な仮説が提唱されている。主として支持されてきたのが、ヘッケルの群体鞭毛虫仮説(群体起源説、ガストレア説)とハッジの多核体繊毛虫仮説(繊毛虫類起源説)である(図3—3)。

ヘッケルの唱えた群体鞭毛虫仮説では、単細胞の鞭毛虫類が集合して、群体を形成し、多細胞の個体としてふるまうようになったものが最も祖先的な後生動物であるとしている。この仮定の祖先動物は「ガストレア」と呼ばれ、多くの動物の初期胚に見られる原腸胚(囊胚)のように原腸(消化管のくぼみ)を有するとしている。この説では、6 から 7 が生じたとしている。

一方、ハッジの唱えた多核体繊毛虫仮説では、繊毛を用いて一方向に動く単細胞繊毛虫が多核化を経て多細胞化したとする。つまりこの説では、8 から 9 が派生したとしている。

近年の分子系統学的解析から、後生動物は単系統であることや、その姉妹群が襟鞭毛虫であることが示されている。襟鞭毛虫は群体性を示すことや、後生動物の中で最も早期に分岐した海綿動物には、襟鞭毛虫に似た「襟細胞」が存在することから、現在ではヘッケルの群体鞭毛虫仮説が有力と考えられている。

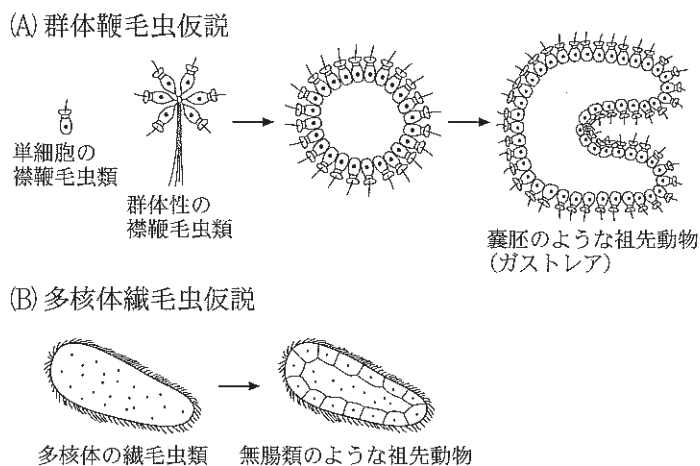


図3—3 ヘッケルの群体鞭毛虫仮説(A)とハッジの多核体繊毛虫仮説(B)

〔問〕

G 文中の空欄 6～9 に当てはまる語句として最も適切な組み合わせを下記の

(1)～(4)から選べ。

- (1) 6：放射相称動物, 7：左右相称動物, 8：左右相称動物,  
9：放射相称動物
- (2) 6：左右相称動物, 7：放射相称動物, 8：左右相称動物,  
9：放射相称動物
- (3) 6：放射相称動物, 7：左右相称動物, 8：放射相称動物,  
9：左右相称動物
- (4) 6：左右相称動物, 7：放射相称動物, 8：放射相称動物,  
9：左右相称動物

H 動物の中には、外肛動物(コケムシ)のように、個体が密着して集団がまるで1個体であるかのように振る舞う「群体性」を示すものが存在している。群体性を示す動物の中には、異なる形態や機能を持つ個体が分化したり、不妊の個体が存在する種も知られる。このように同種の血縁集団として生活し、その中に不妊個体を含む異なる表現型を持つ個体が出現する動物は他にも存在している。その例として最も適切なものを下記からひとつ選べ。

- (1) アブラムシの翅多型
- (2) ミジンコの誘導防御
- (3) クワガタムシの大顎多型
- (4) 社会性昆虫のカースト
- (5) ゾウアザラシのハーレム

I ヘッケルの唱えた「ガストレア」が後生動物の起源だとすると、現生の動物門の中で「ガストレア」の状態に最も近い動物門は何か。動物門の名称とその理由を3行程度で記せ。

# 地 学

第1問 現在、太陽以外の恒星のまわりにも惑星が発見されている。このような惑星の中に地球によく似た環境の惑星があれば、人類の移住が可能かもしれない。2つの惑星X1, X2を持つ恒星Sを考える。これらの惑星は同一平面上で恒星Sを中心とする円軌道を同じ方向に運動し、惑星X1の軌道半径 $a_1$ は惑星X2の軌道半径 $a_2$ より小さいとする。惑星X1と惑星X2の公転周期をそれぞれ $P_1, P_2$ とする。惑星X2に人類が移住したとして、次の問い(問1~3)に答えよ。ただし、光速 $c = 3.0 \times 10^8$  m/s, 1天文単位 $a_E = 1.5 \times 10^{11}$  mとし、必要であれば、 $1.5^{1/2} = 1.22$ ,  $1.5^{1/3} = 1.14$ という近似を使ってよい。

問1 惑星X1と惑星X2が最接近したときに、惑星X2にいる人が惑星X1に向けて電波を射出し、惑星X1の表面で反射して戻ってくるまでの時間を測定した。この往復の時間(エコ-時間)は $\Delta t$ であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 電波が光速 $c$ で進むとして、 $a_1, a_2, \Delta t$ の関係式を求めよ。ただし、エコ-時間の間の惑星の位置の変化は無視でき、惑星半径は軌道半径に比べて無視できるとする。
- (2) 惑星X2の軌道半径 $a_2$ を、 $P_1, P_2, a_1$ を用いて表せ。
- (3) 測定結果は $\Delta t = 330$ 秒であった。 $P_1$ が1.0年、 $P_2$ が1.5年である時、 $a_2$ は何天文単位になるか。計算の過程とともに、有効数字2桁で答えよ。

問 2 惑星 X 2 にいる人が恒星 S と惑星 X 1 の天球上の位置を継続的に観測した。

ある時刻  $t_1$  で惑星 X 1 と恒星 S の間の離角が最大となった(最大離角)。次の最大離角は時刻  $t_2$  で見られた。時刻  $t_1$ ,  $t_2$  で惑星 X 1 のスペクトルを測定したところ、 $t_2$  でのスペクトル線の波長の方が  $t_1$  でのものより短かった。このスペクトル線の波長の変化は惑星の公転によるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 最大離角  $\theta_{\max}$  と  $a_1$ ,  $a_2$  の間に成り立つ関係式を書け。
- (2) 惑星 X 1 と惑星 X 2 が単位時間あたりに公転する角度の差を  $P_1$ ,  $P_2$  を用いて表せ。
- (3) 時間差  $t_2 - t_1$  を、 $P_1$ ,  $P_2$ ,  $\theta_{\max}$  を用いて表せ。計算の過程も示すこと。

問 3 地球大気最上端で太陽光線に垂直な単位面積が単位時間あたりに受ける太陽からの全放射エネルギーを太陽定数という。惑星 X 2 が受ける恒星 S からの全放射エネルギーを同様に測定したところ、地球における太陽定数と同じ値であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 恒星 S の光度は太陽の光度の何倍か、 $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_E$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 恒星 S は主系列星であり、 $a_2 > a_E$  であるとする。惑星 X 2 の大気最上端で、恒星 S からの光線に垂直な単位面積が単位時間あたりに受ける紫外線の放射エネルギーは、地球が太陽から受ける紫外線の放射エネルギーと比べて大きいと考えられるか、小さいと考えられるか、理由を含めて 2 行程度で答えよ。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)



# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問 大気と海洋の現象に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

近年、人間活動によって大気中の温室効果ガス濃度が上昇し、その結果として地上気温が上昇していることが、<sup>(I)</sup>地球環境問題として認識されている。この地球規模の温暖化は、地球上のどこでも同じ速さで進んでいるわけではなく、<sup>(II)</sup>特に北極域で温度上昇が大きいことが報告されている。北極海には海氷が浮遊しているが、海氷が融解し海面を覆っている面積が減少することによって、さらに温暖化が進む<sup>(III)</sup>ことが知られている。また、極域の温暖化にともなって、氷晶と過冷却の水滴が共存している雲の量<sup>(IV)</sup>がどう変化するのか注目されている。海氷の融解が直接的に世界の平均海面水位に与える影響はないが、陸上にある<sup>(V)</sup>山岳氷河や氷床の減少は海面上昇を引き起こす。

- (1) 下線部(I)に該当する気体の名称を二酸化炭素のほかに2つ挙げよ。
- (2) 下線部(II)とは別に、大都市域では地域的な気温の上昇(ヒートアイランド現象)も見られる。その原因として考えられるものを1つ挙げよ。
- (3) 下線部(III)の理由として考えられるしくみを3行程度で説明せよ。
- (4) 下線部(IV)の氷晶や過冷却の水滴の成長には飽和水蒸気圧が重要な要素の1つとなる。
  - (a) 飽和水蒸気圧とは何か、3行程度で説明せよ。
  - (b) 氷晶と過冷却の水滴が共存するとき、片方がもう片方よりも成長しやすい。その理由を、「飽和水蒸気圧」という語を用いて3行程度で述べよ。ただし、温暖化の影響は考えなくてよい。

- (5) 下線部(V)の理由をアルキメデスの原理に基づき 3 行程度で説明せよ。図を用いてもよい。ただし、塩分の効果は考えなくてよい。

問 2 大気と海洋の間では、二酸化炭素のやり取りが行われており、海洋から大気へと二酸化炭素が放出されている海域と、大気から海洋へと二酸化炭素が吸収されている海域が存在する。この海洋による二酸化炭素の吸収や放出は、水温、生物活動など様々な影響を受けて大きく変動することが知られているが、湧昇も重要な要因の1つである。具体的には、二酸化炭素を多く含む下層の海水が湧昇すると、海洋による二酸化炭素放出量が増大する。以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部であげられている2つの要因が、海洋による二酸化炭素の吸収や放出に影響を与える理由について、それぞれ2行程度で述べよ。
- (2) 東太平洋赤道域における大気海洋間の二酸化炭素のやり取りについて述べた以下の文章の①～③に入る適切な語句を選択せよ。

東太平洋赤道域では、① 東・西風の貿易風が吹いているため、両半球の海洋で② 極・赤道向きのエクマン輸送が生じている。その結果、赤道上で湧昇が起きるため、東太平洋赤道域は主に二酸化炭素が放出される海域となっている。また、エルニーニョ現象に伴う湧昇の③ 弱化・強化などによって、東太平洋赤道域における大気海洋間の二酸化炭素のやり取りは、年によって大きく変動することが知られている。

(3) 図 2—1 は、インド洋西部周辺の地上 10 m における風の季節変動の様子を示している。

(a) この海域では、モンスーンが卓越する。図 2—1 の(A)と(B)のどちらが北半球の夏の図であるかを答えよ。

(b) インド洋西部のアフリカ大陸沖やアラビア半島沖(赤道～北緯 20 度)では、湧昇の季節変動に伴って、大気海洋間の二酸化炭素のやり取りも大きく季節変動する。北半球の夏と冬のどちらの方が海洋からの放出量が多いか、その理由とともに 3 行程度で述べよ。ただし、「エクマン輸送」, 「湧昇」という語句を必ず用いること。

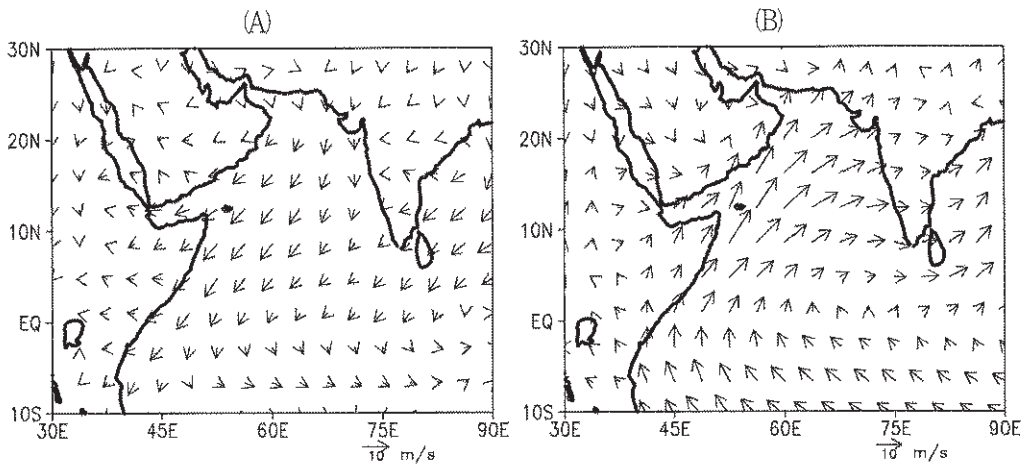


図 2—1 インド洋西部周辺(東経 30 度～東経 90 度, 南緯 10 度～北緯 30 度)の地上 10 m の風(矢印)。(A)と(B)は、それぞれある季節(夏または冬)の風を示している。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 地震と地質に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

- (1) 海嶺から離れた場所で海底面を強くたたいて地震波を発生させ、様々な震央距離  $x$  に対する P 波の走時を観測し、走時曲線(図3—1)を取得した。海洋底下は2つの層から構成され、浅い層を第1層、深い層を第2層と呼ぶ。各層の厚さは水平方向に一定であり、層内を伝わる P 波速度は各層中で一定であるとする。図3—1の実線は直接波の走時曲線、一点鎖線は第1層と第2層の境界で屈折して海洋底に到達する波の走時曲線を示す。直接波と屈折波が同時に到達する震央距離  $x_1$  は、第1層の厚さ  $d$ 、第1層の P 波速度  $v_1$ 、第2層の P 波速度  $v_2$  を用いて、次の式で表される。

$$x_1 = 2d \sqrt{\frac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}}$$

- (a) 図3—1の走時曲線から  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $d$  を有効数字2桁で求めよ。計算の過程を示すとともに、単位も明記せよ。
- (b)  $x \geq x_1$  における屈折波の走時  $T_H$  を  $x$ 、 $d$ 、 $v_1$ 、 $v_2$  を用いて式で表せ。
- (c) 実際には直接波と屈折波に加えて、第1層と第2層の境界で反射して海洋底に戻る反射波と呼ばれる P 波が観測されることがある。任意の震央距離  $x$  の地点における反射波の走時  $T_R$  は  $x$ 、 $d$ 、 $v_1$  を用いて次の式で表される。

$$T_R = \frac{2}{v_1} \sqrt{d^2 + \frac{x^2}{4}}$$

直接波と屈折波の走時曲線に対して、反射波の走時曲線を示すもつとも適切な概念図を図3—2の①～④から1つ選び、その理由を2行程度で述べよ。



(2) 図 3—3 に示すように、海嶺軸で発生した地震による P 波を、海嶺軸に直交する測線 AA' に沿って観測した。

(a) 測線 AA' に沿う各観測地点での地面の最初の動き(初動)に着目すると、図 3—3 のように押し波の領域と引き波の領域の分布が得られた。また、この地震の断層面は、走向 N 0°E、傾斜 45°W の面で代表されることがわかった。この地震の断層運動は、①右横ずれ、②左横ずれ、③正断層、④逆断層のいずれであるか、東西方向の断面図を描いて 2 行程度で説明せよ。

(b) 下の文章を読み、ア～ウの空欄にあてはまる語句をそれぞれ答えよ。

上記の断層運動は、大西洋中央海嶺のようなプレート発散境界で発生しやすい。なぜなら、海嶺では地殻を水平方向に  力がはたらいているからである。また、類似の断層運動は、海溝付近でも起こりやすい。 力は、海洋プレートが沈み込む前に曲げられることによっても生じるからである。

海嶺のように、マントル物質が深部から高温を保ったまま上昇してくる場所では、 の低下によってマントル物質が融解してマグマが生じる。マントル物質が融けはじめる温度は、 などが加わると大きく低下する。

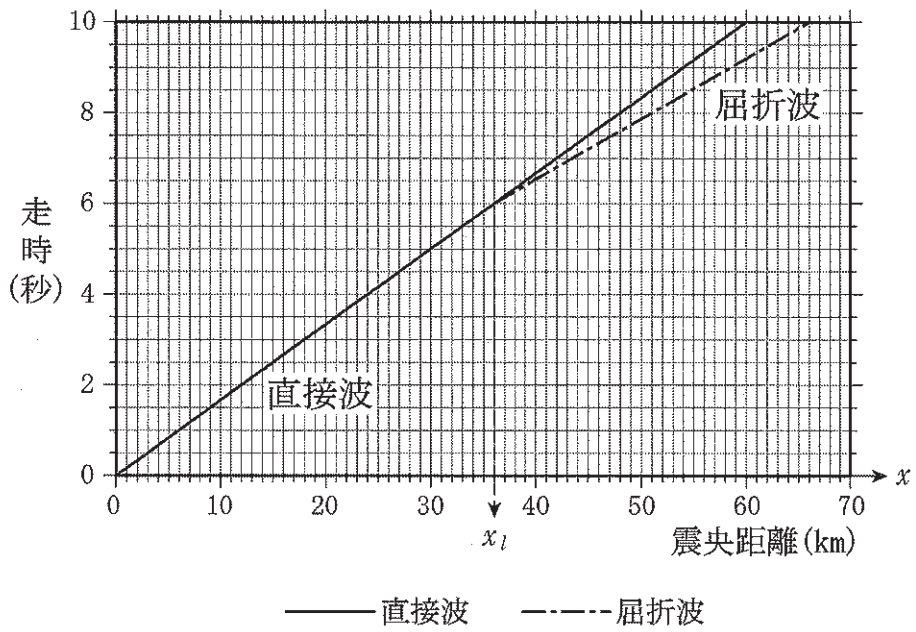


図 3—1 観測された走時曲線。 $x$  は震央距離を表す。

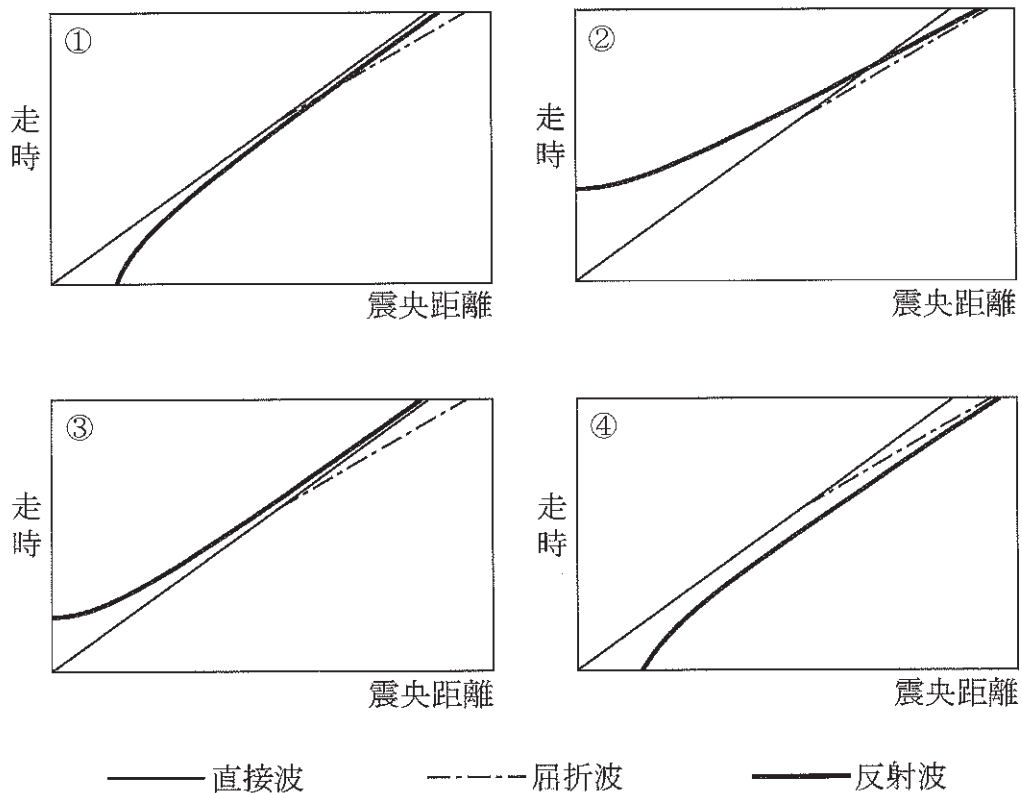


図 3—2 直接波，屈折波，反射波の走時曲線を示す概念図

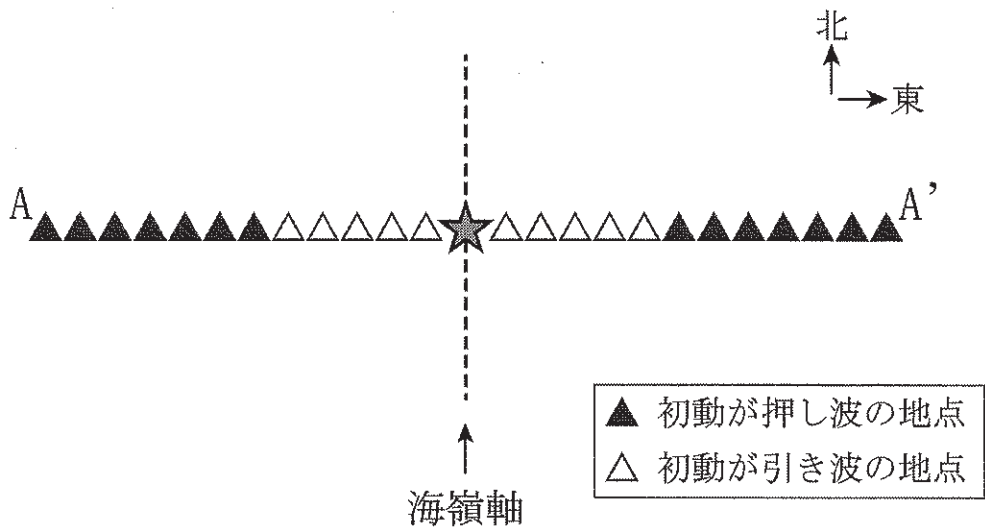


図 3—3 測線 AA' の位置を示す平面図。地震の震央を星印で、各地点の初動の押し引き分布を▲印と△印で示す。

# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

問 2 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

ある海域で採取された未固結堆積物について、その一部をスライドガラス上に薄く塗布して封入したスライド試料(スマアスライド)を偏光顕微鏡で観察した。開放ニコル(平行ニコル)で観察したある視野でのスケッチを図3—4に示す。図3—4中の粒子A~Dについて、顕微鏡下での観察記録を以下に示す。

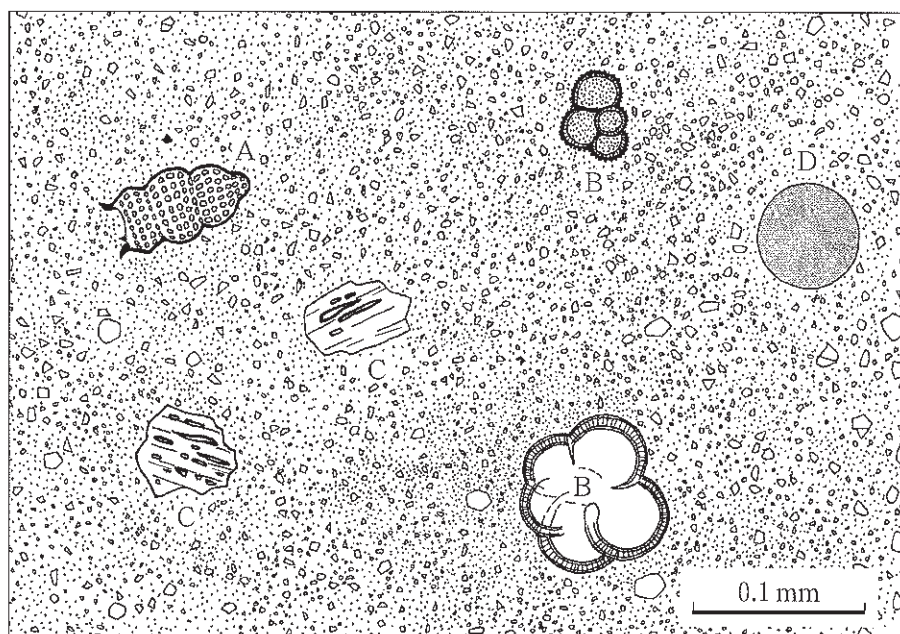


図3—4 ある海域で採取された未固結堆積物から作成したスマアスライドの開放ニコル(平行ニコル)での顕微鏡観察のスケッチ

- A. 粒径が0.3 mm以下のケイ素からなる動物プランクトンの微化石。直交ニコルでの観察では、試料ステージを回転させても常に暗い。
- B. 粒径が0.5 mm以下の微化石で、内部は複数の隔壁により分けられている。直交ニコルでの観察では、炭酸カルシウムの結晶である方解石に特徴的な高い干渉色を示す。
- C. さまざまな粒径で、発泡によってできたと思われる多様な形態の穴を含む。直交ニコルでの観察では、試料ステージを回転させても常に暗い。

D. 粒径が 0.3 mm 以下のケイ素からなる植物プランクトンの微化石で、網目状の微細な組織を持つ。直交ニコルでの観察では、試料ステージを回転させても常に暗い。

(1) A～Dの粒子は何か。それぞれについて以下の①～④の中から選べ。

- |              |       |
|--------------|-------|
| ① 放散虫        | ② ケイ藻 |
| ③ 軽石(火山ガラス)片 | ④ 有孔虫 |

(2) 顕微鏡観察により、この堆積物に含まれる粒子の量比を体積%として見積もったところ、以下のようになった。

碎屑粒子(石英, 長石類, 粘土鉱物)78 %

有孔虫 15 %      放散虫 3 %      ケイ藻 2 %      軽石片 2 %

次に、碎屑粒子(石英, 長石類, 粘土鉱物)の粒径を測定し、その量比を体積%として見積もったところ、以下のようになった。

粒径 1/256 mm 未満の粒子	65 %
粒径 1/256 mm 以上で 1/16 mm 未満の粒子	32 %
粒径 1/16 mm 以上で 2 mm 未満の粒子	3 %
粒径 2 mm 以上の粒子	0 %

この堆積物の名前として、適切なものを以下の中から1つ選び、そのように判断した理由を1行程度で説明せよ。

含礫砂質シルト      火山礫      シルト質粘土

(3) (2)の情報をふまえ、この堆積物が採取された場所として適切なものを、以下の①～④の中から1つ選び、そのように判断した理由を2行程度で説明せよ。

- ① 大洋中央部の中央海嶺で水深 2500 m の地点
- ② 大陸周辺部に位置する海盆で水深 1600 m の地点
- ③ 沈み込み帯の海溝で水深 8000 m の地点
- ④ 大洋中央部の深海平原で水深 5800 m の地点

(4) 図3—4に見られる微化石を含め、堆積物中に多産する生物の化石は示準化石あるいは示相化石として利用されることがある。顕生累代を通じて生物の大量絶滅イベントは繰り返し起きてきた。このような大量絶滅イベントの存在は、各生物グループの示準化石としての有用性を高める反面、示相化石としての利用を困難にすると考えられる。これはなぜか、有用性を高める理由と利用を困難にする理由をあわせて3行程度で説明せよ。



# 計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)