

令和7年度  
一般選抜（前期）

14時30分～17時00分

## 理 科

科目名	問題冊子頁
物理	1 ～ 10 頁
化学	11 ～ 16 頁
生物	17 ～ 25 頁

科目名	解答用紙頁
物理	1 ～ 4 頁
化学	1 ～ 2 頁
生物	1 ～ 3 頁

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図 [チャイム] があるまで、この注意をよく読むこと。
2. 試験開始の合図 [チャイム] があるまで、問題冊子は表紙を上、解答用紙は裏面を上置き、問題冊子は開かないこと。
3. 試験開始の合図 [チャイム] の後に問題冊子ならびに解答用紙の全ページの所定の欄に受験番号と氏名を記入すること。
4. 解答はかならず定められた解答用紙を用い、はっきり読みやすく記入すること。  
また解答欄以外には何も書かないこと。
5. 解答用紙のホチキスはずさないこと。
6. 試験開始60分以内および試験終了前10分間は、途中退場を認めない。
7. 途中退場、質問、トイレ、体調不良等で用件がある場合は、挙手のうえ監督者の指示に従うこと。
8. 問題冊子に、落丁や乱丁があるときは、挙手のうえ交換を求めること。
9. 試験終了の合図 [チャイム] があったときは、ただちに筆記用具を置くこと。
10. 試験終了の合図 [チャイム] の後は、解答用紙は裏返しにして、通路側に置くこと。  
なお、途中退場の場合は解答用紙を裏返しにして、問題冊子の上に置くこと。
11. 問題冊子は持ち帰ること。なお、途中退場する場合は問題冊子を持ち帰れない。
12. 選択科目の変更は認めない。
13. その他、監督者の指示に従うこと。

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

◇M3(809—19)

# 物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入しなさい。解答の過程は示さなくてよい。

**1** 以下の文章の ( ① ) から ( ⑫ ) に適切な数値を入れなさい。ただし、必要なら円周率は 3.14 を用いなさい。

- [1] 自然の長さが 10 cm のばねに 100 N の力を加えたら 7.0 mm 伸びた。このばねのばね定数は ( ① ) N/m である。このばねに 140 N の力を加えるとき、ばねの伸びは ( ② ) mm であり、ばねに蓄えられた弾性エネルギーは ( ③ ) J である。
- [2] 十分に長い直線状の導線に 0.628 A の電流を流すとき、この導線から 0.025 m はなれた点に生じる磁場 (磁界) の強さは ( ④ ) A/m である。また、半径 0.010 m の円形の導線に 0.40 A の電流を流すとき、円の中心における磁場の強さは ( ⑤ ) A/m である。別な状況として、ソレノイド内部に生じる磁場の強さを考える。全巻き数 100 回、長さ 0.25 m のソレノイドに 0.030 A の電流を流すとき、ソレノイド内部に生じる磁場の強さは ( ⑥ ) A/m である。
- [3] 振動数 840 Hz の音を出す音源がある。音速を 340 m/s とする。静止している観測者から、音源が速さ 17.0 m/s で遠ざかると、観測者は振動数 ( ⑦ ) Hz の音を観測する。静止している音源に、観測者が速さ 17.0 m/s で近づくと、観測者は振動数 ( ⑧ ) Hz の音を観測する。観測者が速さ 17.0 m/s で直線上を移動し、音源が観測者と同じ速度で観測者を後方から追うと、観測者は振動数 ( ⑨ ) Hz の音を観測する。
- [4] 陽子の質量を  $2 \times 10^{-27}$  kg とする。電気素量を  $2 \times 10^{-19}$  C と定義すると、 $1 \text{ eV} =$  ( ⑩ ) J である。この式を用いると、静止した陽子が真空中において  $2 \times 10^8$  V の電圧で加速されるときに得られる運動エネルギーを電子ボルトで表すと ( ⑪ ) eV である。プランク定数を  $7 \times 10^{-34}$  J·s と定義すると、この加速された陽子の物質波の波長は ( ⑫ ) m である。

**2** 次の文章は物理の問題に取り組む生徒（マリオさんとアンナさん）と聖<sup>ひじり</sup>先生の会話である。  
（①）から（⑭）に入るもっとも適切な式または数値を答えなさい。また、下線部（あ）、（い）に入る適切な語句を選びなさい。ただし、滑車および糸の質量はゼロと近似できるものとする。重力加速度の大きさを  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  とする。有効数字は2桁とする。

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

〔1〕 軽い定滑車に通した軽い糸で、質量  $m_1 = 9.0 \text{ kg}$  の物体1と質量  $m_2 = 11.0 \text{ kg}$  の物体2が結ばれている。物体を静かに放した。両物体の加速度の大きさ  $a$  と、糸の張力の大きさ  $T$  を求めよ。

マリオ「滑車は中学生のときに習ったな。まず、それぞれの物体の運動を想像してみます！…当然、物体1が上昇して、物体2が下降しますね。物体1の進行方向を正の向きとして、 $m_1$ 、 $m_2$ 、 $T$ 、 $a$ 、 $g$  を用いてそれぞれの物体の運動方程式を書くと…」

$$\text{物体1の運動方程式：} m_1 a = (\text{①})$$

$$\text{物体2の運動方程式：} m_2 a = (\text{②})$$

アンナ「両辺を足せば加速度  $a$  がすぐに求まるわね。数値を代入すると、加速度の大きさ  $a$  は…」

$$a = (\text{③}) \text{ m/s}^2$$

マリオ「逆に、両辺を引けば糸の張力  $T$  が分かるぞ！数値を代入すると、糸の張力の大きさ  $T$  は…」

$$T = (\text{④}) \text{ N}$$

聖先生「大変よくできました！簡単だったかな。では〔2〕はどうかな？これも簡単だと思うけれど、設定に惑わされないようにしてね」

〔2〕 軽い滑車に通した軽い糸で、質量  $m_1 = 9.0 \text{ kg}$  の物体1と質量  $m_2 = 11.0 \text{ kg}$  の物体2が結ばれている。両物体が滑車に対して動かないように固定した。次に、この滑車を両物体とともに  $F = 196 \text{ N}$  の力で鉛直上向きに静かに引き上げた。糸はゆるむことはなかった。滑車の加速度  $A$  を求めよ。ただし、鉛直上向きを正の向きとする。

アンナ「これって、滑車と2つの物体、合計3つの物体を扱っているけれど、滑車と2つの物体は一体と考えてよいから、結局、1つの物体を上向きに引き上げたことと一緒よね？」

マリオ「そうだね。説明文がややこしい！そうすると、一体となった装置全体の運動方程式だけでいいね。糸の張力は関係ないから、 $m_1$ 、 $m_2$ 、 $A$ 、 $F$ 、 $g$  を用いて装置全体の運動方程式を書くと…」

$$\text{装置全体の運動方程式：} (\text{⑤})$$

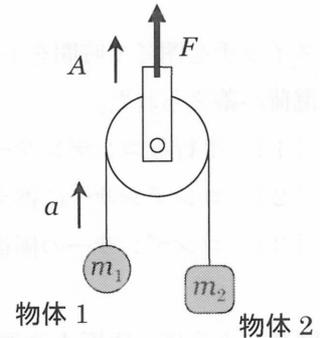
アンナ「数値を代入すると、滑車の加速度  $A$  は…」

$$A = (\text{⑥}) \text{ m/s}^2$$

聖先生「設定がややこしいけれど、ちゃんと見抜けましたね！では最後は〔3〕です。これも設定に惑わされないように気を付けて！」

[3] 軽い滑車に通した軽い糸で、質量  $m_1 = 9.0 \text{ kg}$  の物体 1 と質量  $m_2 = 11.0 \text{ kg}$  の物体 2 が結ばれている。この滑車を  $F = 196 \text{ N}$  の力で鉛直上向きに静かに引き上げた。糸はゆるむことはなかった。地上から見たときの滑車、物体 1、物体 2 の加速度をそれぞれ  $A$ 、 $A_1$ 、 $A_2$  とする。また、滑車から見たときの物体 1 の加速度を  $a$  とする。このとき、 $A$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、および  $a$  を求めよ。ただし、鉛直上向きを正の向きとする。

アンナ「これは [1] とどう違うのかしら？ [1] と同じような気が…」  
 マリオ「[1] と同じ？むしろ [2] と同じじゃないの？あれ、なんだか上手にイメージできないぞ。問題文にしたがって図を描いてみよう。(右図を作図した)」



聖先生「マリオさんの図でよろしいようです。この図で考えてみましょう。この設定は [1] と [2] とも違います。だから、例えば  $A$  は ( ⑥ )  $\text{m/s}^2$  ではありません。また、[1] では物体 1 の加速度の大きさと物体 2 の加速度の大きさは同じ値でしたが、 $A_1$  と  $A_2$  は同じ値ではありません。動きをイメージするのが難しいようなので、まず、糸の張力の大きさを  $T$  として滑車の運動方程式から糸の張力の大きさを求めてみましょうか」

マリオ「滑車の質量はゼロと近似できるから  $T$  の値は ( ⑦ )  $\text{N}$  ですね」

聖先生「次に、鉛直上向きを正として、地上から見たときの物体 1、物体 2 の運動方程式を  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $T$ 、 $g$  を用いて表してみましょう。ただし、物体がどのような運動をするのかが分からないので、両物体とも鉛直上向きに加速すると仮定してください」

アンナ「これは [1] を参考にすればよいのね。先生の言った仮定に注意して…。物体 1 の運動方程式は ( ⑧ )、物体 2 の運動方程式は ( ⑨ ) です」

聖先生「上出来です！これで加速度  $A_1$ 、 $A_2$  の値を求めることができますね」

マリオ「あ！本当だ。 $A_1 = ( ⑩ ) \text{m/s}^2$ 、 $A_2 = ( ⑪ ) \text{m/s}^2$  です！」

アンナ「つまり、物体 1 の加速度の向きは鉛直<sup>(あ)</sup> (上向き/下向き) で、物体 2 の加速度の向きは鉛直<sup>(い)</sup> (上向き/下向き) ということね」

マリオ「最後に  $A$  が残ったぞ。 $A$  を求めるには  $a$  がヒントになりそうだけれど、『滑車から見たときの加速度』という言い方が気になります。滑車って加速度運動していますよね？こんな量は習っていません」

アンナ「そうね。これが『滑車から見たときの速度』なら、相対速度として習ったけれど」

聖先生「ああ、そうか。等加速度直線運動している物体を、別の等加速度直線運動している物体から見た場合の加速度の表し方は学習していませんね。加速度はベクトルですから、相対速度と同じ考え方で計算できます。滑車から見たときの物体 1 の加速度と滑車の加速度とは同じ向きなので  $A_1 = a + A$  と表せます。一方、滑車から見たときの物体 2 の加速度は滑車の加速度に対して逆向きなので  $A_2$  を  $a$  と  $A$  で表すと  $A_2 = ( ⑫ )$  となります」

マリオ「なるほど！これで  $A$  の値を求められるぞ！ $A = ( ⑬ ) \text{m/s}^2$  だ！」

聖先生「ほら、[2] とは違うでしょう？最後に  $a$  の値を求めましょう」

アンナ「 $a = ( ⑭ ) \text{m/s}^2$  です。これも [1] とは違うのですね！」

**3** 図1のように、直流電源に極板Aと極板Bからなる平行板コンデンサーとスイッチを接続し、極板Aを接地した。直流電源の電圧を $V_0$ 、コンデンサーの極板の面積を $S$ 、極板間の距離を $5d$ 、空気の誘電率を $\epsilon$ とする。また、極板間は空気で満たされており、極板の端における電場（電界）の乱れは無視できるものとする。以下の各問に答えなさい。

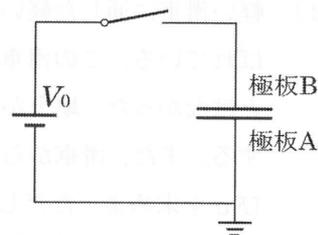


図1

スイッチを閉じて時間を十分に経過させたところ、コンデンサーに電荷が蓄えられた。

- [1] 平行板コンデンサーの電気容量を求めなさい。
- [2] コンデンサーに蓄えられた電気量を求めなさい。
- [3] コンデンサーの極板間に生じる電場の強さを求めなさい。

図2のように、極板Aを原点とした $x$ 軸を設定し、極板Aからの距離を $x$ とする。ただし、 $x$ 軸の向きは、極板A、極板Bのそれぞれに直交する向きである。

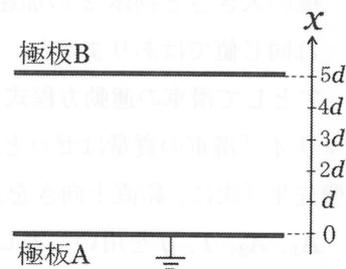


図2

- [4] 距離 $x$ に対する極板AB間の電位を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を $x$ 、縦軸を電位とする。
- [5] 距離 $x$ に対する極板AB間の電場の強さを表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、[3]で求めた電場の強さを $E_0$ とし、グラフの横軸を $x$ 、縦軸を電場の強さとする。

次にスイッチを開き、スイッチを開いたままの状態、図3のように極板AB間の $2d \leq x \leq 3d$ の領域に底面積 $S$ 、厚さ $d$ の誘電体を挿入した。誘電体の誘電率は $2\epsilon$ である。

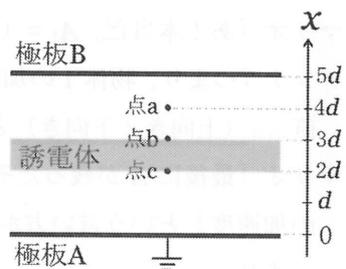


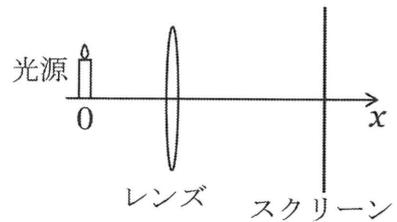
図3

- [6] 距離 $x$ に対する極板AB間の電場の強さを表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を $x$ 、縦軸を電場の強さとする。
- [7] 距離 $x$ に対する極板AB間の電位を表すグラフを解答欄に描きなさい。ただし、グラフの横軸を $x$ 、縦軸を電位とする。
- [8] 誘電体を挿入した後のコンデンサーの電気容量を $V_0$ 、 $S$ 、 $d$ 、 $\epsilon$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

その後、誘電体を挿入した状態でスイッチを閉じ、時間を十分に経過させた。

- [9]  $x=4d$ に位置する点aにおける電場の強さを $V_0$ 、 $S$ 、 $d$ 、 $\epsilon$ のうち必要なものを用いて表しなさい。
- [10]  $x=3d$ に位置する点bおよび $x=2d$ に位置する点cにおけるそれぞれの電位を $V_0$ 、 $S$ 、 $d$ 、 $\epsilon$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

**4** 図のように、焦点距離 $f$ の薄い凸レンズ（以下、レンズと呼ぶ）の光軸上に $x$ 軸をとり、 $x=0$ の位置に光源を $x$ 軸に垂直に置いて固定する。また、スクリーンも $x$ 軸に垂直に置くものとする。以下の各問に答えなさい。



まず、スクリーンを $x=L$  ( $>0$ )の位置に置き、レンズを $x=a$  ( $0 < a < L$ )の位置に置くと、レンズを通してスクリーン上に光源の像ができた。この像を像 I とする。

- [1] 像 I は( ① )立の( ② )像である。①と②に入るもっとも適切な語を【選択肢 1】のうちからそれぞれ1つずつ選び、その記号を答えなさい。
- [2]  $a$ と $f$ の関係としてもっとも適切なものを【選択肢 2】のうちから選び、その記号を答えなさい。
- [3] この場合のレンズの式（写像公式）を答えなさい。
- [4] 像 I の倍率を、 $a$ と $L$ を用いて表しなさい。

続いて、スクリーンの位置は変えずにレンズを動かして $x=b$  ( $a < b < L$ )の位置に置くと、再びスクリーン上に光源の像ができた。この像を像 II とする。

- [5] 像 II は( ③ )立の( ④ )像である。③と④に入るもっとも適切な語を【選択肢 1】のうちからそれぞれ1つずつ選び、その記号を答えなさい。
- [6] 像 II の倍率は[4]の倍率の何倍かを、 $a$ と $L$ を用いて表しなさい。
- [7] レンズが $x=a$ の位置でも $x=b$ の位置でもスクリーン上に像ができるために $L$ の満たすべき条件を、 $f$ を用いて不等式で表しなさい。

次に、 $x > 0$ を満たす別の位置にスクリーンを置き、レンズを光源とスクリーンの間で動かして像の有無を調べたところ、レンズが $x=c$ の位置のときにのみスクリーン上に光源の像ができた。この像を像 III とする。

- [8] 像 III は( ⑤ )立の( ⑥ )像である。⑤と⑥に入るもっとも適切な語を【選択肢 1】のうちからそれぞれ1つずつ選び、その記号を答えなさい。
- [9]  $f$ を用いて $c$ を表しなさい。

最後に、 $x > 0$ を満たす別の位置にレンズを置き、スクリーンを取り除いた。レンズを通して光源を見ると、倍率 $m$ の光源の像が見えた。この像を像 IV とする。

- [10] 像 IV は( ⑦ )立の( ⑧ )像である。⑦と⑧に入るもっとも適切な語を【選択肢 1】のうちからそれぞれ1つずつ選び、その記号を答えなさい。
- [11] レンズの位置を、 $f$ と $m$ を用いて表しなさい。



5 物質質量  $n$  の理想気体を考える。次の文章を読み、以下の各問に答えなさい。

ボイル・シャルルの法則とは、一定質量の理想気体の体積は圧力に ( ① ) し絶対温度に ( ② ) する、という法則である。つまり、この法則は、一定質量の理想気体の体積を  $V$ 、圧力を  $P$ 、絶対温度を  $T$  とすると、比例定数  $a$  を用いて  $V=a( ③ )$  と表すことができる。また、気体の体積は、絶対温度と圧力が一定の場合、物質質量  $n$  に比例することが知られているので、 $a$  を  $nR$  と置き換えることができる。以上より、この法則の式は  $PV=( ④ )$  と変形できる。この変形した関係式を理想気体の ( ⑤ ) といい、 $R$  は ( ⑥ ) と呼ばれる。(あ)  $PV$  の単位は、エネルギーの単位である。一方、理想気体の (い) 内部エネルギー は、理想気体の絶対温度と物質質量に比例することが知られているので、理想気体の内部エネルギーは ( ④ ) に比例することが分かる。

いま、理想気体として気体 X を考える。気体 X の内部エネルギーは ( ④ ) の  $A$  倍であるとする。気体 X にある熱量を加えたところ、絶対温度が  $\Delta T$  だけ変化し、外部に  $W$  の仕事をした。熱力学第一法則から、加えた熱量は ( ⑦ ) である。この状態変化における気体 X の (う) モル比熱 は ( ⑧ ) である。この状態変化が定積変化の場合  $W=( ⑨ )$  なので、定積変化における気体 X のモル比熱は ( ⑩ ) となる。この状態変化が定圧変化の場合  $W=( ⑪ )$  なので、定圧変化における気体 X のモル比熱は ( ⑫ ) となる。

- [1] ( ① ) から ( ⑫ ) に入るもっとも適切な語句、式、物理量または数値を答えなさい。
- [2] 下線部 (あ) に関して、体積、圧力、エネルギーのそれぞれの単位を、kg、m、s、K、A、mol の単位記号のうち必要な単位記号を用いて答えなさい。
- [3] 下線部 (い) に関して、一般に内部エネルギーとは、個々の原子・分子がもつ運動エネルギーと位置エネルギーをすべての原子・分子について足し合わせたエネルギーである。この運動エネルギーと位置エネルギーがそれぞれ何によるエネルギーか、もっとも適切な語句を【選択肢 1】のうちからそれぞれ 1 つずつ選び、その記号を答えなさい。
- [4] 下線部 (う) に関連して、比熱 (比熱容量) を説明する以下の文の [ A ] から [ D ] に入るもっとも適切な語句または物理量を【選択肢 2】のうちからそれぞれ 1 つずつ選び、その記号を答えなさい。

比熱とは、[ A ] の物質の [ B ] を [ C ] だけ変化させるのに必要な [ D ] である。

- [5] 容器に密封された気体 X の温度をさまざまに変えたところ、温度が上がるとともに体積が増加し、外部に仕事をした。一方、温度が下がるとともに体積が減少し、外部から仕事をされた。このような状態変化における気体 X のモル比熱は、気体 X の定積モル比熱よりつねに大きいことを簡潔に示しなさい。

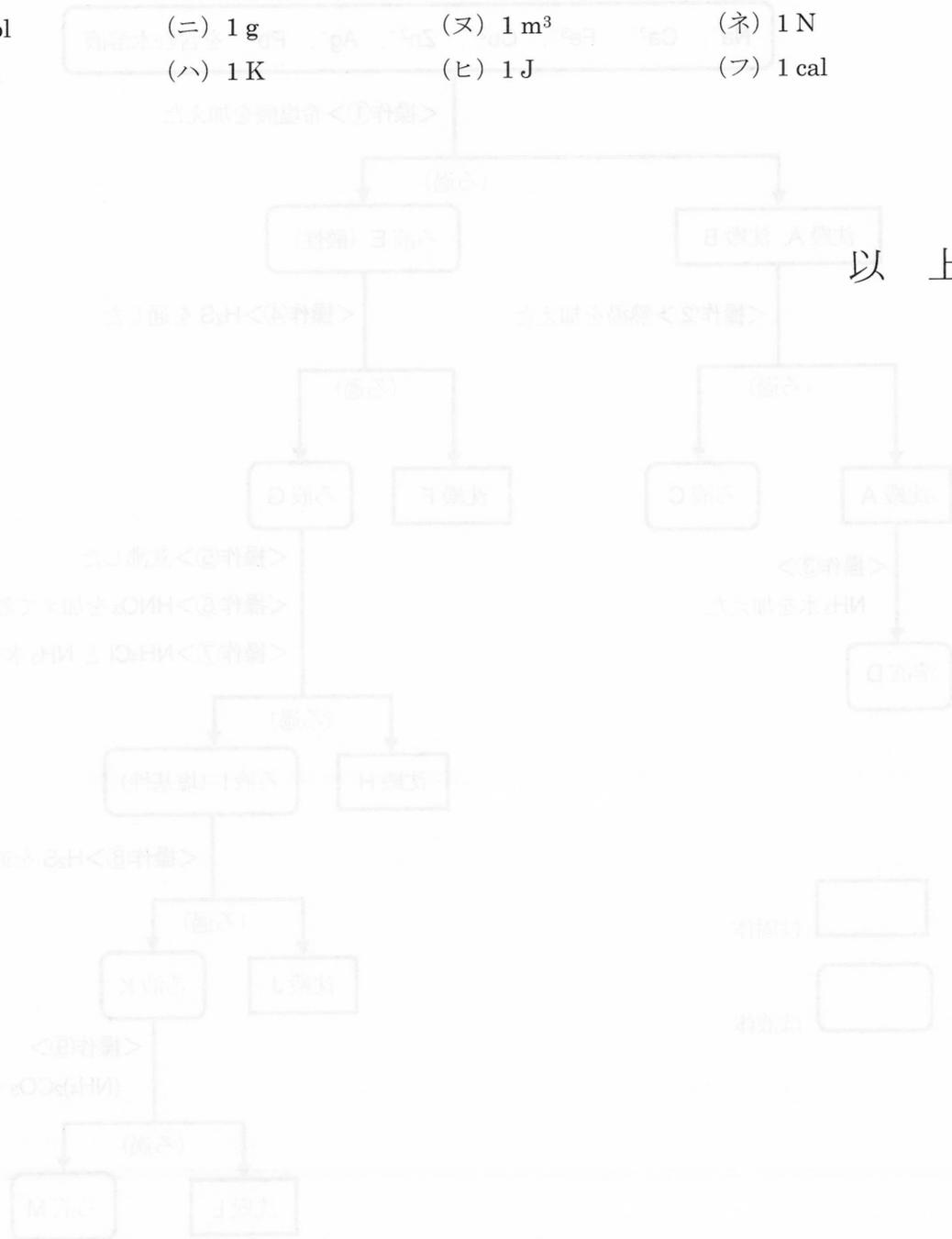
【選択肢 1】

- |        |          |           |             |
|--------|----------|-----------|-------------|
| (ア) 熱量 | (イ) 熱運動  | (ウ) 並進運動  | (エ) 分子間の力   |
| (オ) 潜熱 | (カ) 熱放射  | (キ) 気体の圧力 | (ク) ブラウン運動  |
| (ケ) 重力 | (コ) 回転運動 | (サ) 分子の力積 | (シ) 気体のする仕事 |

【選択肢 2】

- |           |             |                      |           |
|-----------|-------------|----------------------|-----------|
| (ス) 物質量   | (セ) 質量      | (ソ) 体積               | (タ) 圧力    |
| (チ) 絶対温度  | (ツ) 内部エネルギー | (テ) 外部にする仕事          | (ト) 熱量    |
| (ナ) 1 mol | (ニ) 1 g     | (ヌ) 1 m <sup>3</sup> | (ネ) 1 N   |
| (ノ) 1 Pa  | (ハ) 1 K     | (ヒ) 1 J              | (フ) 1 cal |

以上



# 化学

[注意] 元素記号はブロック体を用いること。

- 1 7種類の金属イオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) を含む水溶液から、これらのイオンを図1に示す手順にしたがって分離した。ただし、各操作で加えた試薬等は必要かつ十分な量を用いた。反応は理想的かつ完全に進行し、各段階の操作により各金属イオンは沈殿またはろ液のどちらか一方に分離されたものとする。

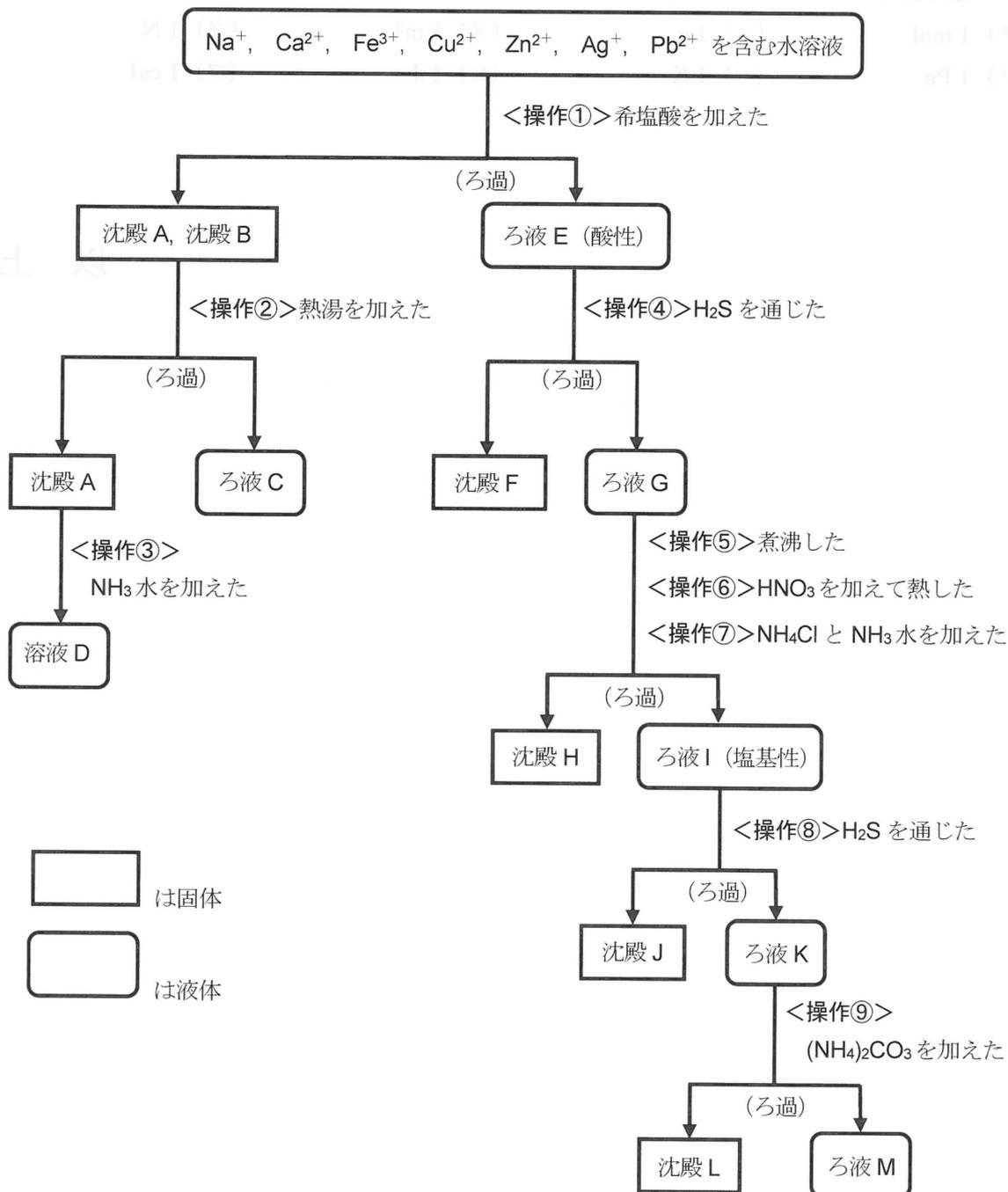


図1. 金属イオンの分離操作

〔1〕 操作①で生じた2種類の沈殿 A、沈殿 B をそれぞれ化学式で示せ。

〔2〕 操作③で形成された錯イオンを化学式で示せ。

〔3〕 溶液 D の色を【選択肢 1】から選び、記号で記せ。

〔4〕 沈殿 F、沈殿 H、沈殿 J、沈殿 L の名称をそれぞれ記せ。ただし、沈殿 F と沈殿 H は以下の記載例にならい、酸化数も併せて記せ。

記載例：塩化コバルト(II)、酸化マンガン(IV)

〔5〕 沈殿 F、沈殿 H の色を【選択肢 1】から選び、それぞれ記号で記せ。

〔6〕 操作⑤を行わない場合、沈殿 H のみを分離することはできない。操作⑤の目的を1行で示せ。

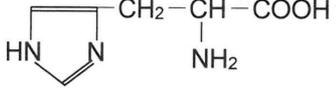
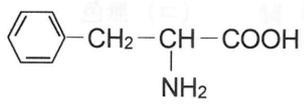
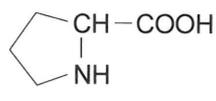
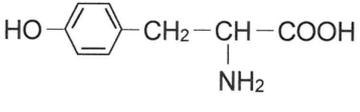
〔7〕 ろ液 M を白金線の先端につけて、ガスバーナーの外炎に入れた時の炎色反応の色を【選択肢 1】から選び、記号で記せ。

【選択肢 1】

- (ア) 青白 (イ) 黄 (ウ) 黒 (エ) 深青 (オ) 白 (カ) 赤褐 (キ) 淡桃  
 (ク) 紫 (ケ) 緑 (コ) 無色

2 α-アミノ酸の例とその構造を表1に示す。

表1. α-アミノ酸の例とその構造

アミノ酸の名称	構造式
アラニン	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
アルギニン	$\begin{array}{c} \text{HN}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad \qquad   \\ \text{C}=\text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
アスパラギン酸	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
グリシン	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
ヒスチジン	
イソロイシン	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad   \\ \text{CH}_3 \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
フェニルアラニン	
プロリン	
チロシン	
バリン	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \qquad \qquad   \\ \text{CH}_3 \qquad \text{NH}_2 \end{array}$



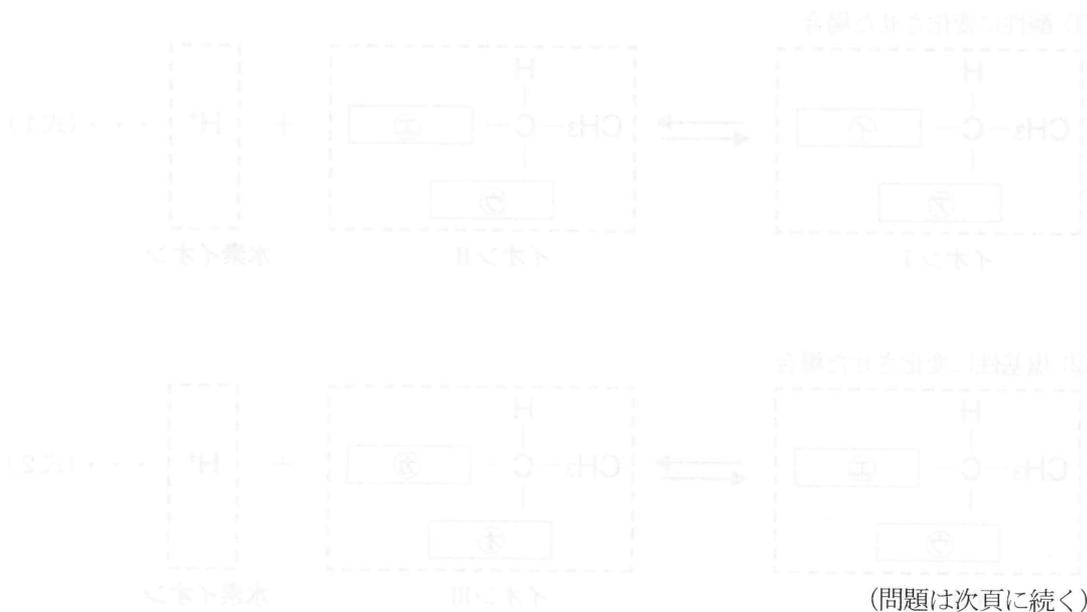
i) 式中の空欄㉑～㉒に当てはまる化学式をそれぞれ記せ。

ii) 式1の電離定数を  $K_1$ 、式2の電離定数を  $K_2$  として、 $K_1$ 、 $K_2$  を表す式をそれぞれ記せ。ただし、イオン化したアラニンの濃度については、[イオンⅠ]、[イオンⅡ]、[イオンⅢ]の表記を用いよ。

iii) アラニン水溶液の pH が等電点のとき、下に示したイオンⅠ～Ⅲの各組合せについて濃度の高低を等号または不等号の記号 (=、>、<) を用いて記せ。  
 [イオンⅠ]と[イオンⅡ]， [イオンⅡ]と[イオンⅢ]， [イオンⅠ]と[イオンⅢ]

iv) 電離定数  $K_1$  を  $5.0 \times 10^{-3}$  mol/L、電離定数  $K_2$  を  $2.0 \times 10^{-10}$  mol/L として、このアラニン水溶液の等電点を小数第1位まで記せ。

—以下、計算のための余白—



- 3) 左右のシャーレ（ペトリ皿）に電解質として硝酸カリウム水溶液を満し、炭素電極を浸した。一方のシャーレの電極に直流電源の負極を、もう一方のシャーレの電極に直流電源の正極を接続した電気泳動装置を図2に示す。ろ紙中央にアラニン水溶液を滴下後、12Vの電圧で10分間通電した。その後（㊸）水溶液をろ紙に噴霧してドライヤーで加熱し、呈色によりアラニンを検出した。ただし、ろ紙は表2に示すpHの緩衝液に浸したものを各々実験1～3で使用した。

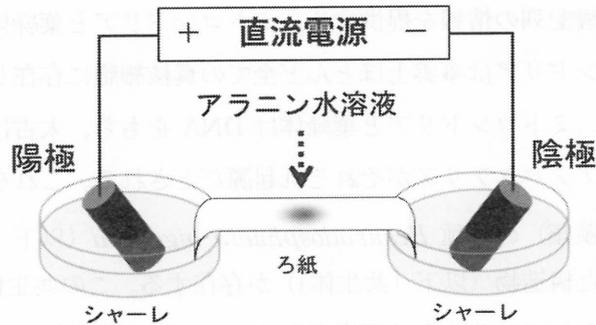


図2. アラニンの電気泳動に用いた装置

- i) (㊸)に入るアミノ酸の検出に用いられる試薬の名称を記せ。また、アラニンの呈色を【選択肢2】より選び記号で記せ。

【選択肢2】 (ア) 白 (イ) 黒 (ウ) 茶褐 (エ) 橙黄 (オ) 緑 (カ) 紫

- ii) 実験1～3の電気泳動によるアラニンの移動方向について、解答欄の中から正しいものを丸で囲め。

表2. 緩衝液のpHとアラニンの電気泳動結果

	緩衝液のpH	アラニンの移動方向
実験1	pH 4	陽極・陰極・移動しない
実験2	pH 9	陽極・陰極・移動しない
実験3	アラニンの等電点	陽極・陰極・移動しない

以上

# 生 物

1 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

真核生物の細胞は膜で囲まれた細胞小器官をもつ。二重の膜から成る核はクロマチンを収容する。DNA の塩基配列に基づいた mRNA の合成は核内で進行し、完成した mRNA は核外へ移行してタンパク質合成に際してアミノ酸配列の情報を提供する。ミトコンドリアと葉緑体も二重の膜で囲まれた細胞小器官である。ミトコンドリアは事実上ほとんど全ての真核細胞に存在し、一方葉緑体は光合成を行う真核細胞にみられる。ミトコンドリアと葉緑体は DNA をもち、太古に真核細胞の祖先細胞に住み着いた好気性細菌とシアノバクテリアがそれぞれ起源だとされる。これを細胞内共生説という。

海産の珪藻（単細胞性の藻類）の一種 *Braarudosphaera bigelowii*（以下「宿主」）の細胞内には、シアノバクテリアに類似した構造物（以下「共生体」）が存在する。この共生体は DNA をもち、窒素固定機能を有することが知られている。ある研究者らは、この共生体を細胞小器官とみなし得るかについて、以下の3つの観点から研究を行った。

- ① 共生体のゲノムサイズや遺伝子数は、起源となったシアノバクテリアと比較してどのように変化しているか。
- ② 共生体は、必要とするタンパク質などの物質の供給を宿主から受けているか。
- ③ 共生体の増殖は、宿主の増殖と関連しているか。

[実験1] 共生体もつタンパク質のアミノ酸配列を分析した。次いで、共生体および宿主のゲノムを参照し、それらのタンパク質が共生体のゲノム上の遺伝子に由来するものか、宿主のゲノム上の遺伝子に由来するものかを調べた。その結果をシロイヌナズナ（植物）の葉緑体、ビンカムリ（単細胞生物の一種）に見出される葉緑体様の色素体（いずれもシアノバクテリア由来）、およびシアノバクテリアの一種と比較し、共生を開始してからの推定経過年数、ゲノムサイズと共にまとめたのが表1-1である。

表 1-1

	a～cが共生を開始してからの推定経過年数	a～dのゲノムサイズ（塩基対数）	a～dのゲノムにあるタンパク質の遺伝子数	a～cに宿主が供給するタンパク質の遺伝子数
シロイヌナズナの葉緑体 <sup>a</sup>	20億	10万～20万	61～139	3561
ビンカムリの色素体 <sup>b</sup>	9000万～1億4000万	100万	867	443
本問の共生体 <sup>c</sup>	9100万	150万	1186	900
シアノバクテリアの一種 <sup>d</sup>	—	480万～550万	4444～5304	—

[実験2] この宿主を明期12時間、暗期12時間の周期で培養すると、明期には細胞分裂をせずに光合成を行い、暗期に入ると細胞分裂を行う。この培養条件下にある宿主を数時間ごとに回収し、固定（タンパク質などを架橋し、分解や変形を防ぐ薬品処理）した後、細いガラス管中で凍結した。次い

でX線によって核、共生体、葉緑体の形態と細胞内の配置を解析した（図1-1A、核、共生体、葉緑体以外は省略）。細胞が分裂していない段階（明期や、暗期に入ってからすぐ）では、常に球形に近い核と共生体が細胞あたり1個ずつ、細長い葉緑体が2個存在した。また暗期に採取した試料の解析から、宿主の分裂に際して核、共生体、葉緑体は図1-1B、左から右に示すような経過で倍加して娘細胞に均等に分配されることが確認された（各構造の表現法は図1-1Aと同じ）。分裂の経過は、様々なタイミングで複数回採取した試料全てにおいて図1-1Bと同様に観察された。

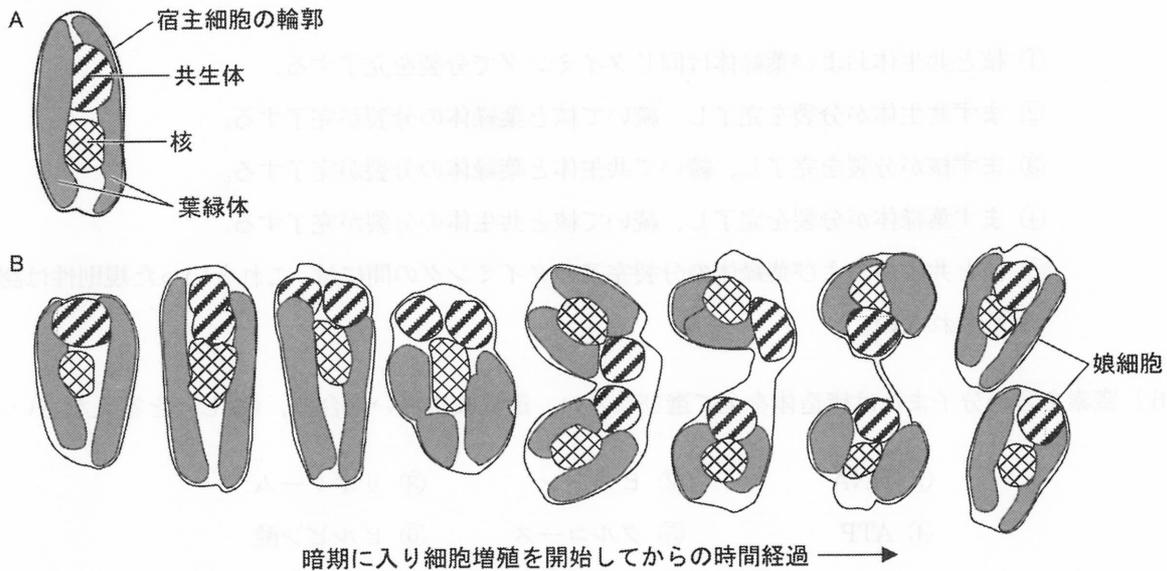


図1-1

- [1] 動物細胞と比較して植物細胞に特徴的な構造を葉緑体の他に2つ挙げなさい。
- [2] DNAの塩基配列に基づくRNA合成、およびmRNAの塩基配列に基づくタンパク質合成の過程をそれぞれ何と称するか。
- [3] 核内で必要とされるタンパク質は細胞質で合成された後、核内へ移行する。核膜を介するタンパク質などの移行は、核以外の膜で囲まれた細胞小器官とは異なった形で行われる。
- 1) 細胞質で合成されたタンパク質が核内へ移行する際に通り道になる構造を答えなさい。
  - 2) 核内へ移行するタンパク質を下の①～⑥から2つ選びなさい。
 

① アミラーゼ	② インスリン	③ コラーゲン
④ ヒストン	⑤ 免疫グロブリン	⑥ RNAポリメラーゼ
  - 3) 核以外の膜で囲まれた細胞小器官では、タンパク質の膜を介した移行は担体（輸送体、トランスポーターなどとも）と呼ばれる膜タンパク質によりなされる。担体が必要な理由を脂質二重層の性質を踏まえて1行で説明しなさい。

[4] 実験1について、表1-1に記載された葉緑体、色素体、共生体、シアノバクテリアのゲノムサイズ、およびそれらのゲノムにあるタンパク質の遺伝子数と、宿主に共生してからの推定経過年数との間にどのような関係を見出し得るか、3行以内で説明しなさい。

[5] 実験2について、図1-1Bから認められる、核、共生体、葉緑体の分裂について正しい説明はどれか。なお、「分裂を完了する」とは、その構造物が完全に2個に分かれることを意味する。

- ① 核と共生体および葉緑体は同じタイミングで分裂を完了する。
- ② まず共生体が分裂を完了し、続いて核と葉緑体の分裂が完了する。
- ③ まず核が分裂を完了し、続いて共生体と葉緑体の分裂が完了する。
- ④ まず葉緑体が分裂を完了し、続いて核と共生体の分裂が完了する。
- ⑤ 核と共生体および葉緑体の分裂完了のタイミングの間には、これといった規則性は認められない。

[6] 窒素を含む分子または構造体を全て選びなさい。選択肢に無い場合は、「なし」と答えなさい。

- |       |         |         |
|-------|---------|---------|
| ① DNA | ② ヒストン  | ③ リボソーム |
| ④ ATP | ⑤ グルコース | ⑥ ピルビン酸 |

[7] 図1-2に、生態系における窒素の循環を示す。窒素は生物に必須の元素であるが、窒素分子( $N_2$ )を直接利用できる生物は極めて少ない。

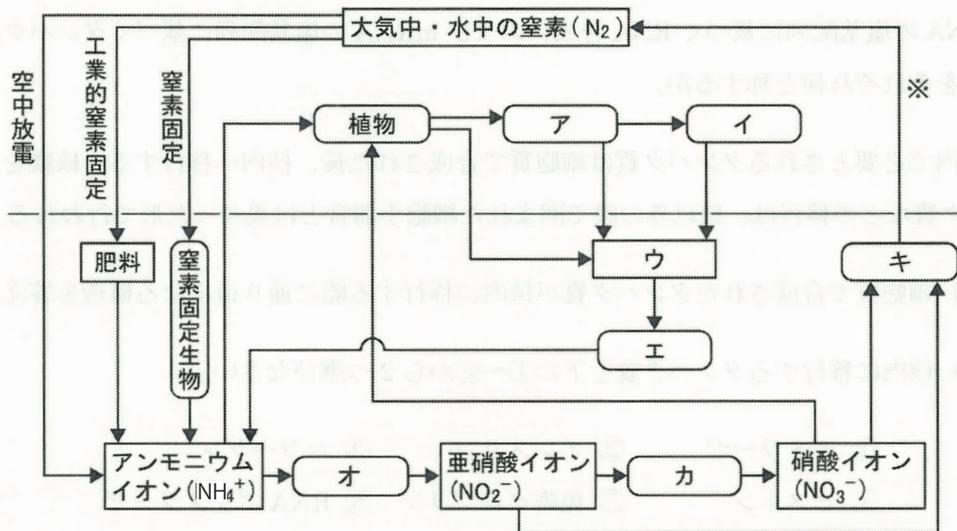


図1-2

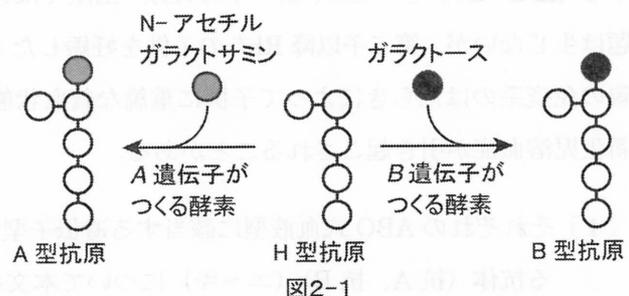
1) 図中の空欄ア～キに適する語を下の①～⑧から選び、記号で答えなさい。

- |              |         |         |         |
|--------------|---------|---------|---------|
| ① 枯死体・遺体・排出物 | ② 植食性動物 | ③ 肉食性動物 | ④ 菌類・細菌 |
| ⑤ 脱窒素細菌      | ⑥ 硝酸菌   | ⑦ 亜硝酸菌  | ⑧ 水     |

- 2) 図中※の経路は、空欄キに当てはまる生物による有機物を基質とする嫌氣的な呼吸の過程であり、硝酸イオンや亜硝酸イオンが電子の受け取り手の役目を果して最終的に窒素(N<sub>2</sub>)にまで還元されて環境中に放出されると考えられている。このことからこの過程は「硝酸呼吸」とも呼ばれる。これに対し、私たちが持つミトコンドリアの電子伝達系において最終的に電子を受け取る物質は何か、答えなさい。
- 3) 生態系において、窒素の大気への還流は図中※の経路でのみなされる。これは炭素循環とは非常に異なる点である。炭素循環における二酸化炭素の大気(または環境水)への還流の特徴を、窒素循環の場合との違いが明確になるように2行以内で説明しなさい。

2 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

ヒトの ABO 式血液型は、赤血球表面の糖鎖抗原の違いにより決まる。赤血球表面に A 型抗原を持つ場合を A 型、B 型抗原を持つ場合を B 型、A 型抗原と B 型抗原の両方を持つ場合を AB 型、A 型抗原、B 型抗原のいずれも持たず、H 型抗原(糖鎖)をもつ場合を O 型とする(図



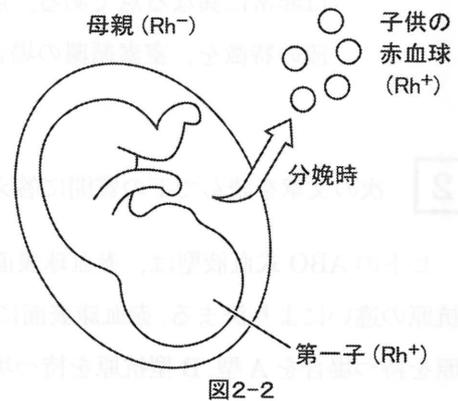
2-1)。ABO 式血液型を決定する遺伝子の遺伝子座は 9 番染色体にあり、その遺伝子座を 3 つのアレル(対立遺伝子)(A、B、O)のいずれかが占める(実際は A、B、O 以外にも稀な対立遺伝子が知られている)。A 遺伝子で作る酵素は、N-アセチルガラクトサミンという糖を赤血球表面の H 型抗原に転移して A 型抗原を形成する反応を触媒する(図 2-1)。一方 B 遺伝子は、A 遺伝子と比較すると塩基置換が起こっている箇所があり、そのため合成されるポリペプチドの数ヶ所でアミノ酸置換がある。その結果、この酵素は a N-アセチルガラクトサミンではなくガラクトースという糖を H 型抗原に転移して B 型抗原を形成する活性を有する。また b O 遺伝子では、A 遺伝子と比較すると 1 ヶ所で塩基の欠失があり、そのため O 遺伝子から作られるタンパク質はアミノ酸の数が少なく、酵素としての機能を持たない。よって O 遺伝子で作るタンパク質は H 型抗原に対して影響を及ぼさない。A 遺伝子と B 遺伝子に顕性(優性)・潜性(劣性)の関係はなく、両者が共存するヘテロ接合の場合いずれもが表現型として現れる。また O 遺伝子は、その遺伝子産物が酵素活性をもたないことから分かる通り、A 遺伝子、B 遺伝子どちらに対しても潜性(劣性)である。

A 型抗原、B 型抗原に対する抗体(抗 A 抗体、抗 B 抗体)は出生直後の新生児には存在しないが、数ヶ月もすると、自分が持たない ABO 式血液型の糖鎖抗原に反応する抗体を血しょう中に持つようになる。これは私たちの周りに存在する種々の細菌のためであると考えられている。即ち細菌の表面には、ヒト ABO 式抗原と類似の糖鎖構造を有するものがあり、このような糖鎖抗原の中で自分が持たない抗原に対する抗体が作られるようになると考えられている。そのため、血しょうと赤血球の組

み合わせによっては、赤血球の凝集が観察される。例えば抗 A 抗体は A 型抗原をもつ赤血球を凝集させる。なお H 型抗原は A 型、B 型抗原の前駆体なので（図 2-1）、自己の H 型抗原に対する抗体をもつことはない。

血液型には ABO 式以外にも様々なものがあり、Rh 式もその一つである。Rh 式血液型を決定する因子には D、E、C、c、e など幾つかあり、このうち D 因子（D 抗原）を赤血球表面に持つ場合を Rh<sup>+</sup>、持たない場合を Rh<sup>-</sup> とする。ABO 式血液型の場合とは異なり、Rh<sup>-</sup> の人の血しょう中に D 因子に対する抗体（抗 D 抗体）は元々存在しない。

Rh<sup>-</sup> の女性が Rh<sup>+</sup> の子供を妊娠することを Rh 式血液型不適合妊娠という。Rh 式血液型不適合妊娠では、第一子の分娩時などに子供の赤血球が母体内へ侵入した場合、何の対処もしなければこれによって母親に D 因子に対する免疫が成立する（図 2-2）。そのため、第一子の妊娠・出産では大きな問題は生じないが、第二子以降 Rh<sup>+</sup> の子供を妊娠したとき、母親の免疫系のはたらきによって子供に重篤な貧血状態となる新生児溶血症が引き起こされることがある。



〔1〕それぞれの ABO 式血液型に該当する遺伝子型（ア～ウ）、およびそれぞれの血しょうに含まれる抗体（抗 A、抗 B）（エ～キ）について本文を参考に答えなさい。なお、該当する遺伝子型、抗体が複数ある場合は全て答え、該当するものが無い場合は「なし」と答えなさい。ただし、ABO 式血液型を決定しているのは、本文で述べた 3 つの対立遺伝子（A、B、O）であり、例えば A 遺伝子と B 遺伝子をもつ場合の遺伝子型を AB と表記することとする。

血液型	遺伝子型	抗体
A 型	(ア)	(エ)
B 型	(イ)	(オ)
AB 型	AB	(カ)
O 型	(ウ)	(キ)

〔2〕下線部 a について、酵素が特定の物質にしか作用しない性質を何と称するか。

〔3〕下線部 b について答えなさい。

1) 欠失が起こった場合、コドンの読み枠にどのような影響が及ぼされ得るか、1 行で説明しなさい。

2) O 遺伝子からつくられるタンパク質を構成するアミノ酸の数が、A 遺伝子からつくられるタンパク質より少ないのは何故だと考えられるか、2 行以内で説明しなさい。

〔4〕次頁の図 2-3 は、ある家系における ABO 式血液型を示している。図中 1 ～ 5 の人について、それぞれ血液型を答えなさい。ただし、ABO 式血液型を決定しているのは、本文で述べた 3 つの対立遺伝子（A、B、O）とする。

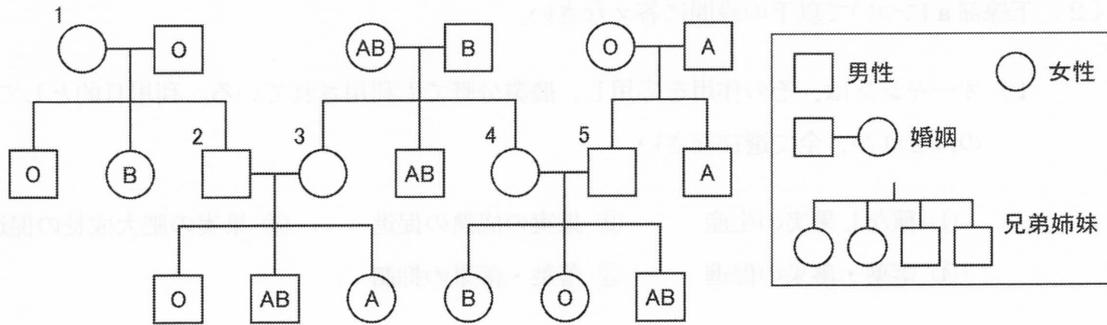


図2-3

- [5] 下線部 c について、自己がもつ抗原に対して免疫反応がみられない状態を何と称するか。
- [6] ある大学の学生 703 名について血液型を調べた。あらかじめ血液型が A 型、B 型と分かっている教員の血しょうを準備して凝集反応を観察したところ、A 型血液の教員から得た血しょうに対して 247 人の赤血球が凝集し、B 型血液の教員から得た血しょうに対しては 362 人の赤血球が凝集した。両方の血しょうに反応した学生とどちらにも反応しなかった学生の合計は 230 人であった。703 名の血液型の内訳を答えなさい。
- [7] Rh<sup>-</sup> の女性が第二子を妊娠した場合の新生児溶血症を防ぐために、主に第一子 (Rh<sup>+</sup>) の分娩直後 (72 時間以内) の母親に対して抗 D 抗体の投与が行われる。この治療法の主要な目的を 1 行で説明しなさい。

**3** 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

種子植物は、種子の発芽から成長、花芽の形成、果実の成長と成熟、そして老化に至るまで、一生を通して様々な環境の変化を感知し、それに対応する仕組みを備えている。環境変化のうち、特に重要なのは光であり、光は光受容体と総称されるタンパク質で感知される。環境変化の情報は、感知した細胞から応答する細胞へ伝達されるが、この伝達システムの一つは、植物ホルモンによる伝達である。植物ホルモンは応答する細胞の受容体に結合し、遺伝子発現を調節して様々な反応を引き起こす。植物ホルモンには a オーキシン、b ジベレリン、サイトカイニン、エチレン、アブシジン酸などが知られているが、いずれも低分子の有機化合物である。

多くの植物は 1 年のうちの決まった時期に花をつける。被子植物にとって花になる部分の形成、すなわち、花芽形成を適切に行うことは繁殖のために極めて重要である。花芽は茎の先端の (ア) の性質が変化することで出来るが、その過程に関与する物質をフロリゲンと称する。シロイヌナズナとイネを用いた研究により、フロリゲンは日長を感じた (イ) で合成され、(ウ) を通って (ア) に移動すること、フロリゲンには FT タンパク質 (シロイヌナズナ)、Hd3a タンパク質 (イネ) など幾つかの種類がある事が判っている。

- [1] 上の文中の空欄 (ア) ~ (ウ) に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕下線部 a について以下の設問に答えなさい。

1) オーキシンは、その作用を応用し、農業分野でも利用されている。利用目的として正しいのはどれか、全て選びなさい。

- ① 種なし果実の生産      ② 果実の成熟の促進      ③ 果実の肥大成長の促進  
④ 落葉・落果の促進      ⑤ 落葉・落果の抑制

2) オーキシンは、極性移動と称される方法で細胞間を移動する。この移動には 2 種類のタンパク質が関与している。茎において、それぞれがどのように働いてオーキシンを輸送しているのか、2 行以内で説明しなさい。

〔3〕下線部 b について、オオムギの種子に下の①～⑤の処理を行った場合、グルコースが増加するのはどれか、全て選びなさい。

- ① 種子を半分に切り、胚を含んだ側の種子に水を与える。  
② 種子を半分に切り、胚を含まない側の種子に水とジベレリンを与える。  
③ 糊粉層を取り出し、これに水とジベレリンを与える。  
④ 胚乳を取り出し、これに水とジベレリンを与える。  
⑤ 胚を取り出し、これに水を与える。

〔4〕植物によっては、光が発芽を調節する環境要因になっているものがある。

1) 発芽が光によって促進される種子 (i)、および発芽に光の作用を必要としない種子 (ii) をそれぞれ何と称するか。

2) 光によって発芽が促進されるレタスの種子を暗所に置き、給水後、波長の異なる光 A または B を単独で照射、あるいは A を照射後に B を、B を照射後に A を照射し、発芽の有無を調べた (表 3-1)。

照射した光	発芽の有無
なし	無
A	有
B	無
A → B	無
B → A	有

i) 光 A および B のおおよその波長はそれぞれどれか、下の①～⑥より選びなさい。

- ① 470 nm (青色光)      ② 525 nm (緑色光)      ③ 590 nm (黄色光)  
④ 605 nm (橙色光)      ⑤ 660 nm (赤色光)      ⑥ 730 nm (遠赤色光)

- ii) 光による発芽の促進にはフィトクロムが関わっている。この事について説明した以下の文中の空欄（ア）～（エ）に入る適切な語の組み合わせは下の選択肢①～⑧のどれか。

フィトクロムは、光 A が照射されると（ア）型から（イ）型へと分子構造が変化し、胚の細胞における休眠の打破に関与する遺伝子の発現を調節する。光 B が照射されるとフィトクロムは（ウ）型、光 A の直後に光 B が照射されるとフィトクロムは（エ）型になる。

	ア	イ	ウ	エ
①	Pr	Pr	Pr	Pfr
②	Pfr	Pfr	Pfr	Pr
③	Pr	Pfr	Pfr	Pr
④	Pfr	Pr	Pr	Pfr
⑤	Pr	Pr	Pfr	Pfr
⑥	Pfr	Pfr	Pr	Pr
⑦	Pr	Pfr	Pr	Pr
⑧	Pfr	Pr	Pfr	Pfr

- [5] 下線部 c について、花芽形成の開始には温度や日照量、日長などの環境要因が関わっている。特に日長は重要な要因であり、これにどう反応するかによって、植物は長日植物、短日植物、中性植物に分けられる。実際に植物が感知している日長は、光の当たる明期の長さではなく、光の当たらない暗期の連続した長さであることが分かっている。長日植物または短日植物が花芽形成に必要な最長または最短の暗期の長さを限界暗期と呼ぶ。

- 1) 長日、短日、および中性植物について、それぞれに該当する植物の正しい組み合わせは右の選択肢①～⑤のどれか。

	長日	短日	中性
①	ダイズ	アブラナ	トマト
②	ダイズ	トマト	アブラナ
③	アブラナ	ダイズ	トマト
④	アブラナ	トマト	ダイズ
⑤	トマト	ダイズ	アブラナ

- 2) 生物が日長に対して反応する性質を何と称するか。

- 3) アオウキクサは日本全国の水田や沼などに生息するサトイモ科アオウキクサ属の小さな植物である。春、田に水が張られると種子から発芽して分裂し、やがて水面全体を覆う程に増殖する。短日植物であるアオウキクサは、適切な明暗の長さになると小さな花をつけ、自家受粉により結実する。図 3-1A に示した 3 つの地点 a ~ c から採取したアオウキクサを用い、花芽形成と明・暗期の関係について調べた。明期 15 時間、暗期 9 時間の周期で栽培していたアオウキクサを、図 3-1B 横軸に示すような明・暗周期の条件下に移し、1 週間後の花芽形成率（全個体のうちで花芽形成を誘導された個体の占める割合）をプロットした。なお、明・暗周期以外の栽培条件は同一とする。

i) 実験結果から、アオウキクサの生息地の緯度と限界暗期にはどのような関係が成り立つと考えられるか。1行で説明しなさい。限界暗期は最大花芽形成率の50%となる暗期とする。

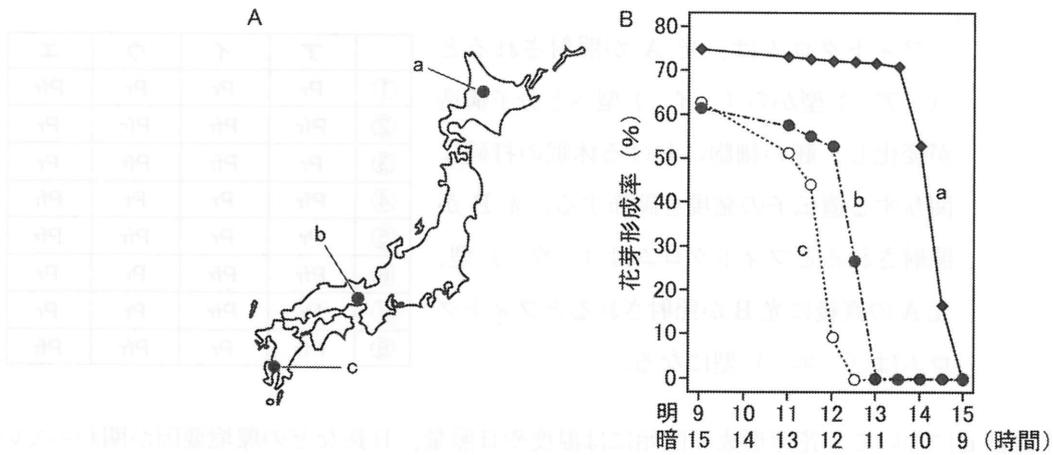


図3-1

ii) i) の性質は短日植物であるアオウキクサの生存にどのように有利に働くと考えられるか。図3-2に示した、地点a、cにおける、ある年の日長および平均気温の変化を踏まえ、地点aのアオウキクサについて3行以内で説明しなさい。

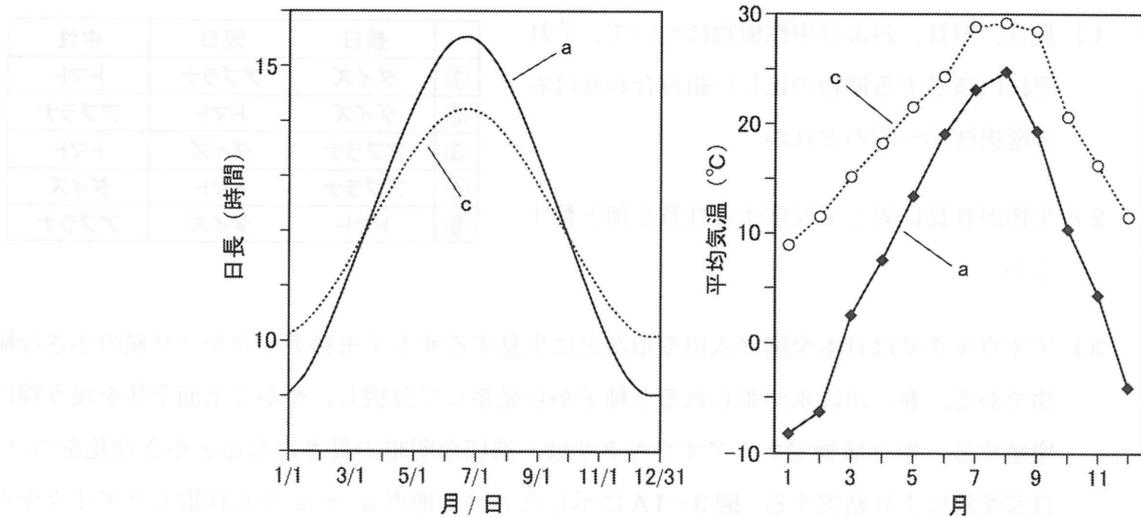


図3-2

以上