

ク ラ ス		受験番号	
出席番号		氏 名	

# 2014 年度

## 第2回 全統記述模試問題

### 理 科

2014年 8 月実施

( 1 科目 60分)

試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かず、下記の注意事項をよく読むこと。

#### 注 意 事 項

1. 問題冊子は57ページである(物理 1～8ページ、化学 9～21ページ、生物 23～38ページ、地学 39～57ページ)
2. 解答用紙は別冊になっている(解答用紙冊子表紙の注意事項を熟読すること)
3. 本冊子に脱落や印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れ等があれば、試験監督者に申し出ること
4. 試験開始の合図で解答用紙冊子の理科の解答用紙を切り離し、下段の所定欄に **氏名・在・卒高校名・クラス名・出席番号・受験番号** (受験票の発行を受けている場合のみ) を明確に記入すること。なお、氏名には必ずフリガナも記入のこと
5. 解答には、必ず黒色鉛筆を使用し、解答用紙の所定欄に記入すること。解答欄外に記入された解答部分は、採点対象外となる
6. 試験終了の合図で上記 4. の事項を再度確認し、試験監督者の指示に従って解答用紙を提出すること



# 物 理

## 1 (配点 33点)

図1のように、長さ  $l$  [m] の変形しない棒の一端を支点  $O$  に固定する。棒は支点  $O$  のまわりを鉛直面内でなめらかに回転できる。棒の他端は、コの字型になっており、質量  $M$  [kg] の板が取り付けられている。また、図2のように、板の上に小物体をのせて運動させることもできる。コの字型の部分、板および小物体の大きさはいずれも無視できるものとする。図1の破線は点  $O$  を中心とした半径  $l$  [m] の円、点  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  はこの円周上の点で、 $COA$  は鉛直、 $DOB$  は水平である。棒の質量、空気抵抗は無視でき、棒が板に及ぼす力は棒に沿った方向(円の半径方向)のみである。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として、以下の間に答えよ。

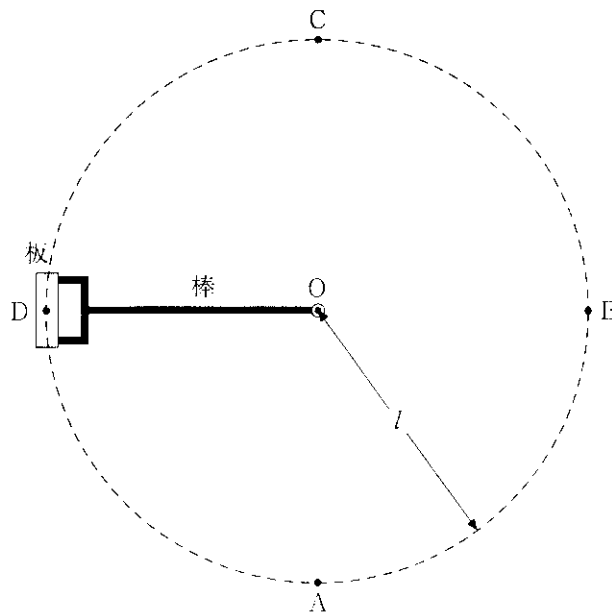


図1

まず、板に小物体をのせず、板のみを運動させる。

問1 板を点Dで静かに放す。

- (1) 板が点Aを通過するときの速さはいくらか
- (2) 板が点Aを通過するとき、板が棒から受ける半径方向の力の大きさはいくらか。

問2 板が点Cまで達するためには、点Dで板に初速度を与えなければならない。このときに必要な初速度の大きさの最小値 $v_1$  [m/s]はいくらか。

次に、図2のように、板の上に質量 $m$  [kg]の小物体を置き、点Aで板と小物体に初速度 $v_0$  [m/s]を水平方向に与えた。このとき、小物体は板に対してすべることなく、板と小物体は一体となって円運動した。

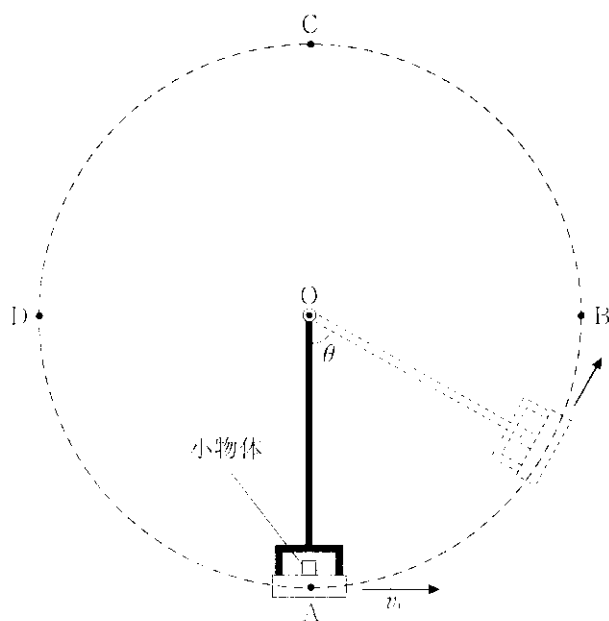


図2

問3 棒と鉛直線OAとのなす角が $\theta$  [rad]となったときを考える

- (1) 一体となって運動している板と小物体の速さはいくらか
- (2) 小物体が板から受ける垂直抗力の大きさはいくらか
- (3) 小物体が板から受ける摩擦力の大きさはいくらか

問4 小物体が板から離れず、板が点Cを通過するためには、 $v_0$ はある値  $v_2$  [m/s] より大きくなければならない。 $v_2$ はいくらか。

次に、図3のように、板に小物体をのせ、点Aに静止させる。板に円軌道の接線方向に外力を加え続け、小物体が板に対してすべらないようにして、接線方向の加速度が一定値  $a$  [m/s<sup>2</sup>] となるように外力を調整しながら円運動させる。

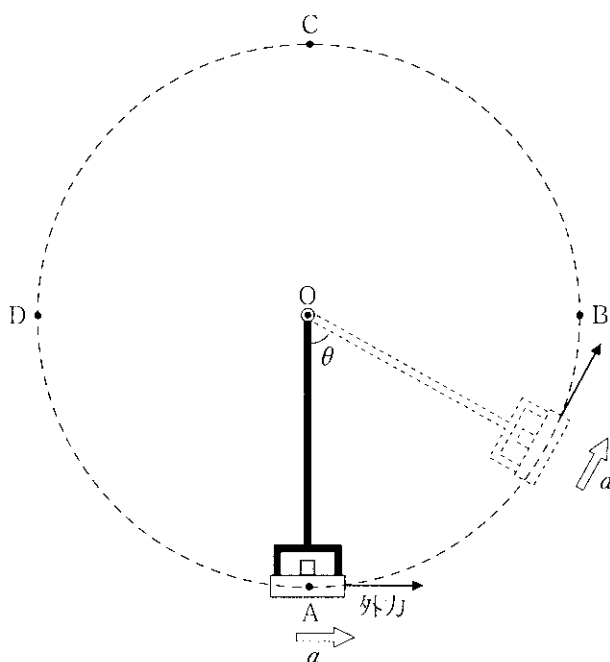


図3

問5 棒と鉛直線OAとのなす角が  $\theta$  [rad] となったときを考える。

- (1) 板に加えている外力の大きさはいくらか。
- (2) 一体となって運動している板と小物体の速さはいくらか。
- (3) 小物体が板から受ける摩擦力の大きさ  $f$  [N] と垂直抗力の大きさ  $N$  [N] の比  $\frac{f}{N}$  はいくらか。

物理の問題は次のページに続く。

## 2 (配点 34点)

図1のように、絶縁体の水平面上に金属板Aを固定し、その上方の距離 $d$ 離れた位置に同形の金属板Bを固定し、A、Bを極板としたコンデンサーをつくる。金属板の面積はともに $S$ である。金属板はスイッチ、抵抗を通して、起電力が $V$ の電池に接続されている。はじめ、各極板に電荷は蓄えられていない。空気の誘電率は真空と等しく $\epsilon_0$ とする。極板間には一様な電場(電界)が生じるものとして、以下の問に答えよ。

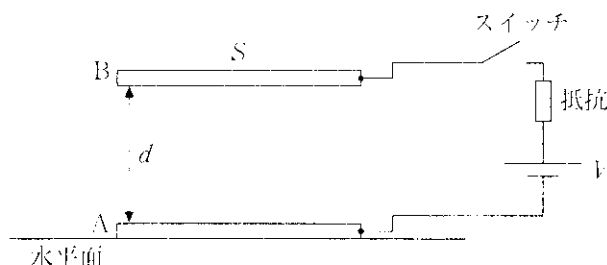


図1

問1 次の文章の空欄に適切な式を入れよ。

スイッチを閉じて十分に時間がたった後にスイッチを開く。コンデンサーの電気容量は (a) であるので、コンデンサーに蓄えられている電気量 $Q$ は (b)、静電エネルギー $U$ は $Q$ 、 $\epsilon_0$ 、 $S$ 、 $d$ を用いて (c) となる。また、金属板AB間の電場の強さ $E$ は、 $V$ 、 $d$ を用いて (d) である。

この状態から金属板Bの固定を外し、距離 $\Delta d$ だけ上方に移動させる。このときの静電エネルギーの変化量 $\Delta U$ は、 $Q$ 、 $\epsilon_0$ 、 $S$ 、 $\Delta d$ を用いて (e) と表される。この静電エネルギーの変化量と静電気力の仕事の関係から、金属板Bにはたらく静電気力の大きさは、 $Q$ 、 $\epsilon_0$ 、 $S$ を用いて (f) と表される。金属板Aにはたらく静電気力の大きさも同様となり、この静電気力の大きさを $Q$ 、 $E$ を用いて表すと  $\frac{1}{2}QE$  となる。

**問 2** 問 1 の状態から金属板 A の固定を外したとき、金属板 A が水平面から離れないための  $V$  の条件を求めよ。ただし、金属板 A の質量を  $m$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。答だけでなく、計算欄に導出の過程も記せ。

次に図 2 のように、金属板 B に厚さ  $\frac{1}{2}d$ 、比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体を取り付け、金属板 A の上に乗せて A、B の間隔を  $\frac{1}{2}d$  とする。スイッチを閉じて十分に時間がたった後にスイッチを開いた。その後金属板 B をゆっくりと持ち上げ、図 3 のように A、B の間隔を  $d$  とした。このとき、金属板 A は水平面に固定されていないにもかかわらず、水平面から離れなかった。

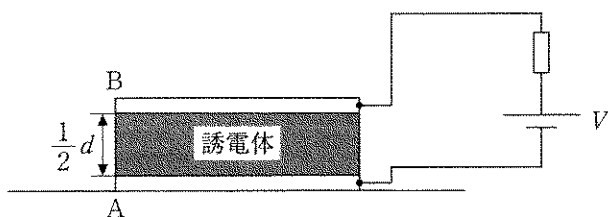


図 2

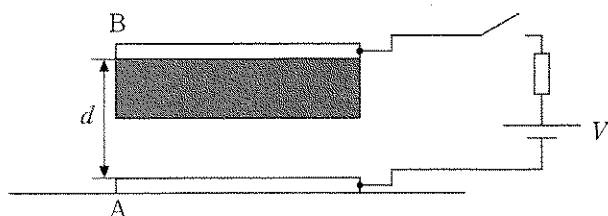


図 3

**問 3** 金属板 A、B による、図 2 でのコンデンサーの電気容量  $C_a$ 、および図 3 での電気容量  $C_b$  はそれぞれいくらか。

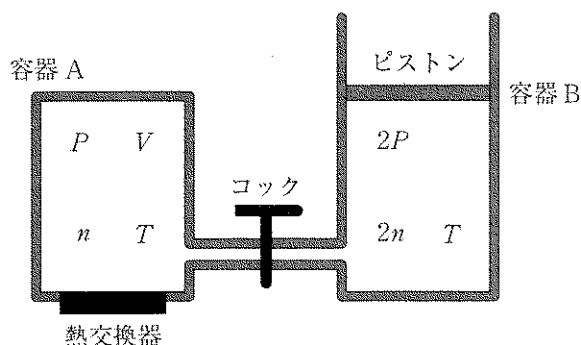
**問 4** 図 3 の状態について考える。

- (1) 金属板 A に蓄えられている電気量はいくらか。
- (2) AB 間の空気の部分の電場の強さはいくらか。

**問 5** 金属板 A が水平面から離れないための  $V$  の条件を求めよ。金属板 A の質量を  $m$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

**3** (配点 33点)

図のように、体積  $V$  の容器 A と、断面積  $S$  の鉛直なシリンダーとなめらかに動く水平なピストンで構成された容器 B を、コックの付いた細管でつなぐ。これらは断熱材でできており熱を通さないが、容器 A に取り付けられた熱交換器によって、外部と熱のやり取りができる。大気圧を  $P$  とする。はじめ、コックは閉じられていて、容器 A には  $n$  [mol] の気体が入れられており、圧力は  $P$ 、温度(絶対温度)は  $T$  である。また、容器 B のピストンは固定されておらず、容器 B 内には  $2n$  [mol] の気体が入れられており、圧力は  $2P$ 、温度は  $T$  である。これをはじめの状態とする。気体は単原子分子の理想気体であるとして、以下の問に答えよ。



**問 1** 容器 B のピストンの質量を、 $P$ 、 $S$  および重力加速度の大きさ  $g$  を用いて表せ。

**問 2** はじめの状態からコックを閉じたまま熱交換器を用いて気体に熱量  $Q_1$  を与えたところ、容器 A 内の気体の圧力が  $2P$  となった(容器 B 内の気体は変化していない)。この状態を状態 1-1 とする。その後、コックをゆっくりと開き十分に時間がたった。この間容器 B のピストンは動かないままであった。この状態を状態 1-2 とする。

- (1) 状態 1-1 での容器 A 内の気体の温度を、 $T$  を用いて表せ。
- (2) はじめの状態から状態 1-1 になるまでの間に気体に与えた熱量  $Q_1$  を、 $P$ 、 $V$  を用いて表せ。
- (3) 状態 1-2 での気体の温度を、 $T$  を用いて表せ。



**問 3** はじめの状態から容器 B のピストンを固定し、コックをゆっくりと開き十分に時間がたった。この状態を状態 2-1 とする。さらにこの状態から熱交換器を用いて気体に熱量  $Q_2$  を与えた。その後ピストンを自由にしたところ、ピストンは動かなかった。この状態を状態 2-2 とする。

- (1) 状態 2-1 での気体の圧力を、 $P$  を用いて表せ。
- (2) 状態 2-1 から状態 2-2 になるまでの間に気体に与えた熱量  $Q_2$  を、 $P$ 、 $V$  を用いて表せ。

**問 4** はじめの状態からコックをゆっくりと開いたところ、ピストンはゆっくりと移動し、容器 B の体積が  $V'$  となった。この状態を状態 3-1 とする。さらにピストンを自由にしたまま熱交換器を用いて気体に熱量  $Q_3$  を与え、容器 B の体積をはじめの状態に戻した。この状態を状態 3-2 とする。

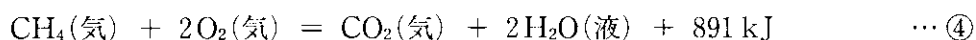
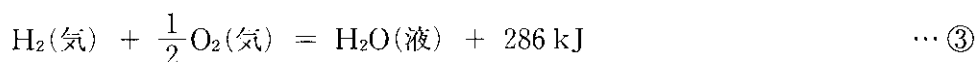
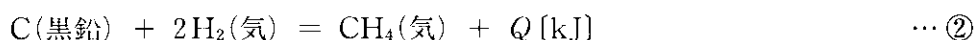
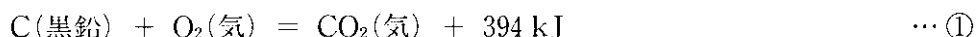
- (1)  $V'$  を、 $V$  を用いて表せ。
- (2) 状態 3-1 での気体の温度を、 $T$  を用いて表せ。
- (3) 状態 3-1 から状態 3-2 になるまでの間に気体に与えた熱量  $Q_3$  を、 $P$ 、 $V$  を用いて表せ。

# 化 学

## 1 (配点 30点)

次の I，II に答えよ。

I 次の ① 式～④ 式の熱化学方程式について、問 1～問 4 に答えよ。



問 1 次の文中の空欄 あ，い に最も適する語を記せ。

① 式は，C(黒鉛)の あ 熱が 394 kJ/mol であること，および，CO<sub>2</sub>(気)の

い 熱が 394 kJ/mol であることを表している。

問 2 ② 式中の  $Q$  の値を求め，四捨五入により整数で記せ。

問 3 O<sub>2</sub> 分子中の O=O 結合，H<sub>2</sub>O 分子中の O-H 結合の結合エネルギーは，それぞれ 498 kJ/mol，463 kJ/mol である。また，水の蒸発熱は 44 kJ/mol である。これらの値と ③ 式から，H<sub>2</sub> 分子中の H-H 結合の結合エネルギー [kJ/mol] の値を求め，四捨五入により整数で記せ。

問 4 メタンの完全燃焼で生じる熱によって，10.0 °C の水 1.0 kg の温度を 39.7 °C まで上昇させたい。このとき必要なメタンの体積は標準状態において何 L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。ただし，燃焼で生じる熱はすべて水の温度上昇に使われるものとする。また，水の比熱を 4.2 J/(g・K) とし，標準状態における気体のモル体積を 22.4 L/mol とする。

II 次の文を読み、問5～問10に答えよ。

窒素は、周期表の う 族に属する元素である。その化合物であるアンモニアは、ハーバー・ボッシュ法で窒素と水素から直接合成されている。また、硝酸は、次に示す3つの工程からなるオストワルト法で合成されている。

(工程1) 触媒を用いてアンモニアと酸素を高温で反応させ、一酸化窒素をつくる。

(工程2) 冷却して、一酸化窒素を酸素で酸化し、二酸化窒素にする。

(工程3) 二酸化窒素を温水と反応させて硝酸にする。このとき硝酸とともに生成する一酸化窒素は、再び(工程2)で用いられ、最終的に二酸化窒素はすべて硝酸に変えられる。

問5 空欄 う に適する数字を記せ。

問6 窒素の化合物に関する次の(ア)～(エ)の記述のうちから誤りを含むものを一つ選び、その記号を記せ。

(ア) アンモニアは刺激臭のある無色の気体で、空気より軽い。

(イ) 一酸化窒素は無色の気体で、水に溶けやすい。

(ウ) 二酸化窒素は赤褐色の気体で、水に溶けやすい。

(エ) 硝酸は強い酸化力をもつため、銅を溶かすことができる。

問7 (工程1)で起こる反応を化学反応式で記せ。

問8 オストワルト法により、アンモニア 10 mol から硝酸 10 mol をつくるのに必要な酸素の物質量は何 mol か。整数で記せ。

リンと窒素は同族元素であり、リンの単体には、黄リンや赤リンなどがある。リンの単体を空气中で燃焼させると十酸化四リンが生じる。十酸化四リンに水を加えて熱するとリン酸が生成する。リンは植物の成長に必要な元素であり、リン酸カルシウムと硫酸を反応させて得られるリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物は、過リン酸石灰とよばれ、リン酸肥料として重要である。

**問 9** リンの単体に関する次の (ア) ～ (オ) の記述のうちから正しいものを二つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 黄リンと赤リンは互いに同位体の関係にある。
- (イ) 黄リンは空气中で自然発火する。
- (ウ) 黄リンは水に溶けやすい。
- (エ) 赤リンは分子式  $P_4$  で表される。
- (オ) 赤リンは黄リンより毒性が低い。

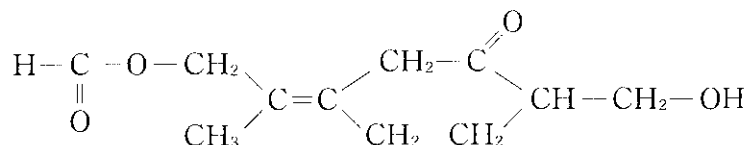
**問10** 下線部の反応によって、リン酸カルシウムから、リン酸二水素カルシウム  $Ca(H_2PO_4)_2$  (無水物) と硫酸カルシウム  $CaSO_4$  (無水物) のみからなる混合物 (物質質量比  $Ca(H_2PO_4)_2 : CaSO_4 = 1 : 2$ ) を 10 kg つくりたい。このとき必要なリン酸カルシウムの質量は何 kg か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。ただし、原子量は  $H=1.0$ ,  $O=16$ ,  $P=31$ ,  $S=32$ ,  $Ca=40$  とする。

化学の問題は次のページに続く。

**2** (配点 25点)

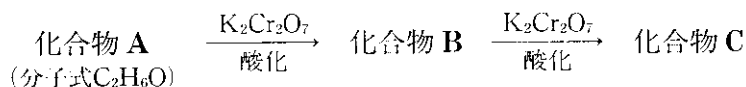
次の I, II に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。

(構造式の例)



I 次の文を読み、問 1 ～ 問 4 に答えよ。

化合物 A の分子式は  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  であり、金属ナトリウムと反応して水素を発生する。A を二クロム酸カリウムで酸化すると、還元性を示す中性の化合物 B を経て、酸性の化合物 C が生成する。



問 1 化合物 A, B の名称をそれぞれ記せ。

問 2 化合物 C がもつ官能基の名称として最も適当なものを次の (ア) ～ (オ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) アミノ基                      (イ) アルデヒド基                      (ウ) カルボキシ基  
(エ) ヒドロキシ基                      (オ) ニトロ基

問 3 化合物 A, B に該当する記述として最も適当なものを次の (ア) ～ (オ) のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

- (ア) 臭素水を加えると、臭素水の赤褐色が脱色される。  
(イ) アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると、銀が析出する。  
(ウ) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体が発生する。  
(エ) エチレンに水を付加させると得られる。  
(オ) 酢酸カルシウムを乾留すると得られる。

問 4 化合物 A と C を混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱すると、芳香のある有機化合物が生成する。この化合物の構造式を記せ。

II 次の文を読み、問 5 ～ 問 7 に答えよ。

化合物 **D** の分子式は  $C_6H_{14}O$  である。**D** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると黄色沈殿が生成した。 また、**D** に濃硫酸を加えて加熱した場合に生成するアルケンは 1 種類のみであった。

化合物 **E** の分子式は  $C_5H_8O_3$  であり、不斉炭素原子を 1 個もっている。**E** は炭素原子 4 個と酸素原子 1 個からなる五員環構造をもつエステルであり、金属ナトリウムと反応して水素を発生した。

**E** のエステル結合を加水分解すると、分子式が  $C_5H_{10}O_4$  で、不斉炭素原子を 1 個もつヒドロキシ酸 **F** のみが得られた。**F** に濃硫酸を加えて加熱すると、分子内で脱水して、**E** とともに、六員環構造をもつエステル **G** が得られた。

問 5 下線部について、次の (1) ～ (3) に答えよ。

(1) 黄色沈殿の化学式を記せ。

(2) 化合物 **D** と同様に下線部の反応を示す化合物を次の (ア) ～ (エ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) プロペン      (イ) 1-プロパノール      (ウ) グリセリン      (エ) アセトン

(3) 分子式  $C_6H_{14}O$  の化合物のうち、下線部の反応を示す化合物は **D** を含めて何種類あるか。ただし、立体異性体を区別しないものとする。

問 6 化合物 **D** の構造式を記せ。ただし、立体異性体を区別して記す必要はない。

問 7 化合物 **E** の構造式を記せ。ただし、立体異性体を区別して記す必要はない。

**3** (配点 24点)

次の文を読み、問1～問6に答えよ。ただし、以下で $[X]$ は $X$ のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を表す。また、必要があれば、次の値を用いよ。

原子量； $H = 1.0$ ,  $N = 14$

アンモニアの電離定数； $K_b = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

水のイオン積； $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

$\sqrt{2.3} = 1.52$ ,  $\sqrt{23} = 4.80$ ,  $\log_{10} 2.3 = 0.36$

アンモニアは、水溶液中では次の①式で表される平衡状態となっている。



①式の平衡定数を $K$ とすると、次式が成り立つ。

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_2\text{O}]}$$

ここで、溶媒である水のモル濃度は一定とみなすことができるので、アンモニアの電離定数 $K_b$ は次の②式のように定義される。

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots \text{②}$$

$C [\text{mol/L}]$ のアンモニア水におけるアンモニアの電離度を $\alpha$ とすると、平衡時における $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{OH}^-$ のモル濃度は、 $C$ と $\alpha$ を用いてそれぞれ次のように表される。

$$[\text{NH}_3] = \boxed{\text{ア}}$$

$$[\text{NH}_4^+] = C\alpha$$

$$[\text{OH}^-] = C\alpha$$

これらを②式に代入すると、次式が得られる。

$$K_b = \boxed{\text{イ}}$$

アンモニアは弱塩基であるから、通常の濃度であれば、 $\alpha$ は1に比べて十分に小さく $1 - \alpha \approx 1$ と近似できるため、 $K_b$ は次式のように表すことができる。

$$K_b = C\alpha^2$$

問1 空欄  $\boxed{\text{ア}}$ ,  $\boxed{\text{イ}}$  に適する文字式を、それぞれ $C$ と $\alpha$ を用いて記せ。



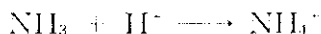
問2 0.10 mol/L のアンモニア水について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 濃アンモニア水(質量パーセント濃度 28 %, 密度 0.90 g/cm<sup>3</sup>) を水で希釈して、0.10 mol/L のアンモニア水を 1.0 L つくりたい。このとき必要な濃アンモニア水の体積は何 mL か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。
- (2) 0.10 mol/L のアンモニア水におけるアンモニアの電離度  $\alpha$  はいくらか。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。なお、このときの  $\alpha$  は 1 に比べて十分に小さい。
- (3) 0.10 mol/L のアンモニア水の pH はいくらか。四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

一般に、弱酸とその塩の混合溶液や、弱塩基とその塩の混合溶液は、少量の酸または塩基を加えても pH がほとんど変化しない。このような性質を示す溶液を ウ 液という。

ここで、アンモニアと塩化アンモニウムの混合溶液について考えてみる。この混合溶液中では、塩化アンモニウムは完全に電離し、 $\text{NH}_3$  と  $\text{NH}_4^+$  の間に ① 式の平衡が成立している。

この混合溶液に酸( $\text{H}^+$ )を加えると、次の反応が起こるため  $\text{H}^+$  の濃度の増加が抑えられる。



また、塩基( $\text{OH}^-$ )を加えると、次の反応が起こるため  $\text{OH}^-$  の濃度の増加が抑えられる。

エ

このように、アンモニアと塩化アンモニウムの混合溶液は、少量の酸や塩基を加えても pH がほとんど変化しない。

次に、この混合溶液における水酸化物イオンのモル濃度を求めてみる。

アンモニアが  $C_b$  [mol/L]、塩化アンモニウムが  $C_s$  [mol/L] の濃度の混合溶液では、 $C_b$  [mol/L] のアンモニア水に比べてアンモニアの電離が著しく抑えられているため、 $\text{NH}_3$  および  $\text{NH}_4^+$  のモル濃度は次のように近似できる。

$$[\text{NH}_3] \approx C_b$$

$$[\text{NH}_4^+] \approx C_s$$

これらと ② 式より、この混合溶液において次式が成り立つ。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b$$

問 3 空欄 

ウ
---

 に適する語を漢字 2 字で記せ。

問 4 空欄 

エ
---

 に適するイオン反応式を記せ。

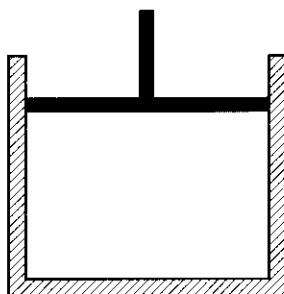
問 5 1 L 中にアンモニアと塩化アンモニウムが 0.10 mol ずつ溶けている混合溶液の pH はいくらか。四捨五入により小数第 1 位まで記せ。

問 6 0.10 mol/L のアンモニア水 100 mL に 0.10 mol/L の塩酸を加えて、pH 9.00 の水溶液をつくりたい。このとき必要な塩酸の体積は何 mL か。四捨五入により整数で記せ。

化学の問題は次のページに続く。

**4** (配点 21点)

図のような温度と体積が可変の容器を用いて、(操作1)～(操作5)を行った。これについて、問1～問7に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。また、液体の水の体積および、液体の水へのアルゴンの溶解は無視できるものとする。必要ならば、水の飽和蒸気圧は下の表の値を用いよ。



図

表 水の飽和蒸気圧

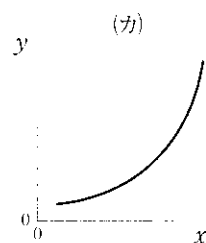
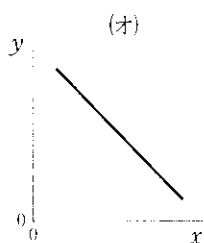
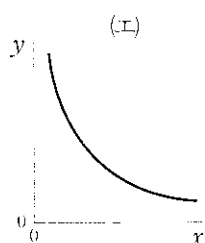
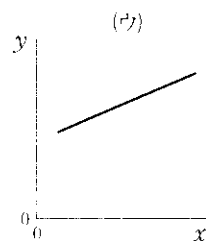
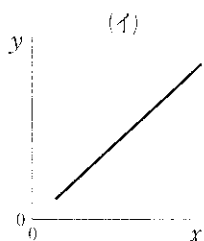
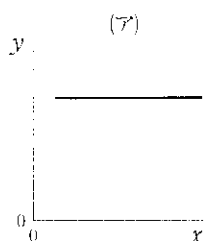
温度 [°C]	47	67	100
水の飽和蒸気圧 [Pa]	$1.0 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$

(操作1) 容器内を真空にしたのち、 $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$  のアルゴンを入れ、容器内の温度や体積を変化させた。

問 1 操作 1 について、次の (1)、(2) の  $x$  と  $y$  の関係を表すグラフの概形として最も適当なものを、下の (ア) ~ (カ) のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

(1) 圧力を一定に保って、温度を変化させたときの絶対温度  $x$  [K] と体積  $y$  [L]

(2) 温度を一定に保って、体積を変化させたときの体積  $x$  [L] と圧力  $y$  [Pa]



(操作 2) 操作 1 に続いて、温度を  $67^{\circ}\text{C}$ 、体積を  $4.15\text{ L}$  に保った。

問 2 このとき、容器内の圧力は何 Pa か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(操作 3) 容器内を真空にしたのち、 $5.0 \times 10^{-2}\text{ mol}$  の水を入れて、温度を  $67^{\circ}\text{C}$ 、体積を  $4.15\text{ L}$  に保った。

問 3 このとき、容器内の圧力は何 Pa か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(操作 4) 容器内を真空にしたのち、 $5.0 \times 10^{-2}\text{ mol}$  のアルゴンと  $5.0 \times 10^{-2}\text{ mol}$  の水を入れ、温度を  $100^{\circ}\text{C}$ 、圧力を  $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$  に保った。

問 4 このとき、容器内の水蒸気分圧は何 Pa か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

(操作 5) 操作 4 に続いて、容器内の圧力を  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保ちながら、温度を  $100^\circ\text{C}$  から  $47^\circ\text{C}$  まで変化させた。

問 5 操作 5 で温度を  $47^\circ\text{C}$  にしたとき、容器内に液体として存在する水の物質量は何 mol か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。ただし、水がすべて気体として存在している場合には 0 と記せ。

問 6 操作 5 で温度を  $47^\circ\text{C}$  にしたとき、容器内の体積は何 L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問 7 操作 5 における温度 [ $^\circ\text{C}$ ] とアルゴンの分圧 [ $\text{Pa}$ ] の関係を表すグラフを解答欄に実線で描け。ただし、解答欄の破線のグラフは水の蒸気圧曲線である。

生物の問題は次ページから始まる。

# 生 物

**1** 染色体と遺伝に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

A 多細胞生物が行う細胞分裂には、体細胞分裂と減数分裂がある。細胞分裂の際には太く短いひも状の染色体が出現し、体細胞分裂では母細胞と同数の染色体が娘細胞に分配される。一方、減数分裂では、相同染色体のうち片方がランダムに生殖細胞に分配されて染色体数が半減するが、その後、受精によって染色体数はもとの数にもどる。

このような細胞分裂時の染色体の動きと、1 がエンドウを用いた研究により見いだした遺伝の法則との関係から、遺伝子は染色体に存在するという染色体説が提唱された。染色体説は、ショウジョウバエの突然変異体を用いたモーガンによる遺伝学的研究などから実証されていった。現在では、真核生物においては、遺伝子の本体である DNA が 2 と呼ばれるタンパク質に巻き付いてヌクレオソームという構造をつくり、さらにヌクレオソームが積み重なってクロマチン繊維を形成しており、分裂時にはこれらが凝縮して太く短いひも状の染色体となることが明らかになっている。

図1は、キイロショウジョウバエの体細胞分裂中期に観察される染色体の模式図である。

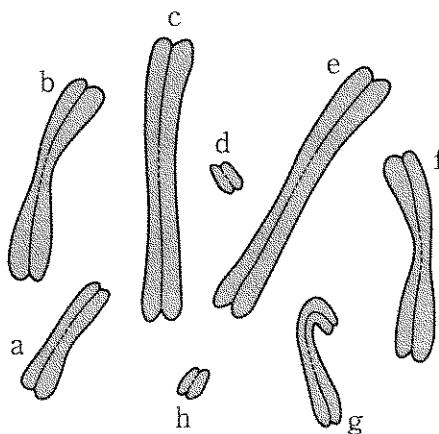


図1



問 1 文章中の 1 ・ 2 に入る適当な人名や語を記せ。

問 2 光学顕微鏡によって染色体の観察を行うときに用いる染色液として適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア ナイル青      イ アントシアン      ウ 酢酸カーミン      エ ヤヌスグリーン

問 3 ヒトの体細胞の染色体構成は「 $2n=46$ 」である。キイロショウジョウバエの体細胞の染色体構成を、図 1 を参考に、ヒトの例にならって答えよ。

問 4 図 1 より、この染色体をもつ個体が雌か雄かを判断することができる。これについて、次の (1)・(2) に答えよ。

(1) 図 1 において性染色体はどれか。図 1 の a～h からすべて選び、記号で答えよ。

(2) この個体は雌か雄かを答えよ。

問 5 図 1 の個体が配偶子形成を行う過程で、二次卵母細胞あるいは二次精母細胞に染色体 b が含まれていた。このとき、同じ細胞に染色体 f が含まれることはない。その理由を、減数分裂の過程に着目して 50 字以内で述べよ。

B キイロショウジョウバエの体色、翅<sup>はね</sup>の形、眼色に関する3対の対立形質について、交配実験を行った。純系の野生型(褐体色・正常翅・赤眼)の雌と純系の黒檀<sup>こくたん</sup>体色・そり翅・紫色眼の雄を交配して得られた雑種第1代(F<sub>1</sub>)の表現型は、すべて野生型であった。このF<sub>1</sub>の雌に黒檀体色・そり翅・紫色眼の雄を交配したところ、次の表1のように、①～⑧の8種類の表現型の個体が得られた。なお、これらの形質に関する遺伝子はすべて常染色体上に存在する。

表1

	体色	翅の形	眼色	個体数
①	褐体色	正常翅	赤眼	103
②	褐体色	正常翅	紫色眼	98
③	褐体色	そり翅	赤眼	23
④	褐体色	そり翅	紫色眼	26
⑤	黒檀体色	正常翅	赤眼	24
⑥	黒檀体色	正常翅	紫色眼	27
⑦	黒檀体色	そり翅	赤眼	102
⑧	黒檀体色	そり翅	紫色眼	97
合計				500

問6 下線部のような交配を何と呼ぶか、記せ。

問7 表1の結果から、3対の対立遺伝子の関係についての記述として適当なものを次のア～カから3つ選び、記号で答えよ。

- ア 体色の遺伝子と翅の形の遺伝子は同一の染色体上に存在する。
- イ 体色の遺伝子と眼色の遺伝子は同一の染色体上に存在する。
- ウ 翅の形の遺伝子と眼色の遺伝子は同一の染色体上に存在する。
- エ 体色の遺伝子と翅の形の遺伝子は異なる染色体上に存在する。
- オ 体色の遺伝子と眼色の遺伝子は異なる染色体上に存在する。
- カ 翅の形の遺伝子と眼色の遺伝子は異なる染色体上に存在する。

**問 8** 3 対の対立遺伝子について、連鎖しているものがあればそれらの遺伝子間の組換え価を求め、小数第一位を四捨五入して整数で答えよ。なお、連鎖しているものがないときには「なし」と答えよ。

**問 9** キイロショウジョウバエの雄では乗換えが起こらないことが知られている。このことをふまえて、次の(1)・(2)に答えよ。

(1)  $F_1$  の雄と黒檀体色・そり翅・紫色眼の雌を交配すると、次世代にはどのような表現型の個体がどのような割合で出現すると考えられるか。出現する表現型とその分離比を、表 1 の番号を用いて、番号順に、たとえば「①：②：③＝1：1：1」のように最も簡単な整数比で答えよ。

(2)  $F_1$  の雌雄を交配して雑種第 2 代( $F_2$ )をつくると、⑧と同じ表現型の個体は  $F_2$  全体のうちの何 % 出現すると考えられるか、小数第一位を四捨五入して整数で答えよ。

**2** 光合成に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

A 光合成の過程では、無機物である二酸化炭素から有機物が合成される。このような反応は一般に 1 同化と呼ばれ、植物では葉緑体で行われる。葉緑体は2枚の膜に包まれた細胞小器官で、内部に扁平な袋状の構造であるチラコイドが多数存在している。チラコイド膜上には、図1に示すように、光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱ、タンパク質複合体(電子伝達系)、およびATP合成酵素が存在している。光化学系Ⅰと光化学系Ⅱには <sup>a</sup> クロロフィルなどの光合成色素が含まれている。光化学系Ⅰが光エネルギーを吸収すると電子( $e^-$ )が放出され、電子は $\text{NADP}^+$ に渡されてNADPHが生成される。光化学系Ⅰから放出された電子は、タンパク質複合体から移動した電子で補われる。同様に、タンパク質複合体から放出された電子は、光化学系Ⅱから移動した電子で補われる。光エネルギーを吸収した光化学系Ⅱでは、2 が分解されて酸素が発生し、電子が取り出されて、タンパク質複合体に渡される。また、生成されたNADPHとATPは、葉緑体の 3 に存在する <sup>b</sup> 反応系に渡される。

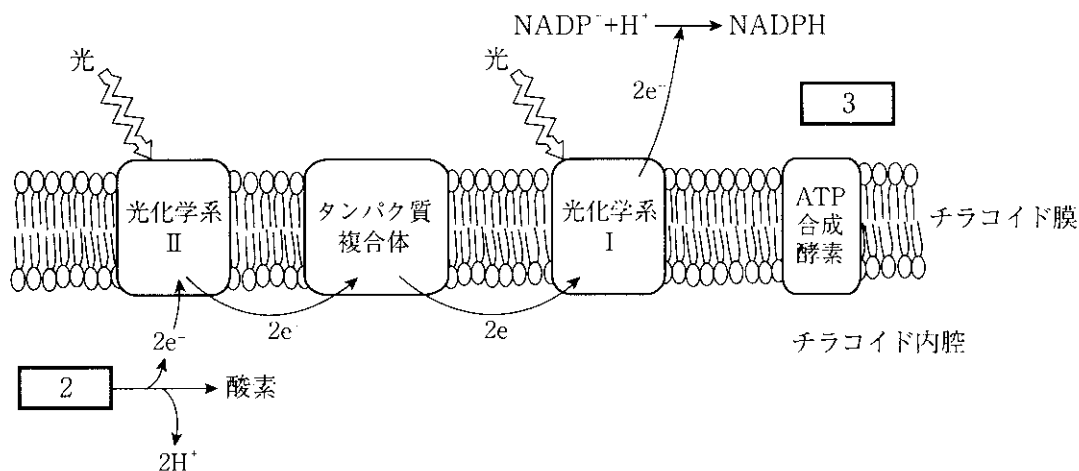


図1

問 1 文章中の 1 ～ 3 に入る適当な語を記せ。ただし、図 1 の 2 および 3 には、文中の 2 および 3 と同一の語が入る。

問 2 葉緑体における ATP 合成のしくみに関する記述として適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 受動輸送によってチラコイド内腔へ  $H^+$  が輸送され、能動輸送によってチラコイド外へ  $H^+$  が輸送される際に ATP が合成される。

イ 受動輸送によってチラコイド外へ  $H^+$  が輸送され、能動輸送によってチラコイド内腔へ  $H^+$  が輸送される際に ATP が合成される。

ウ 能動輸送によってチラコイド内腔へ  $H^+$  が輸送され、受動輸送によってチラコイド外へ  $H^+$  が輸送される際に ATP が合成される。

エ 能動輸送によってチラコイド外へ  $H^+$  が輸送され、受動輸送によってチラコイド内腔へ  $H^+$  が輸送される際に ATP が合成される。

問 3 下線部 a について、次の (1)・(2) に答えよ。

(1) 光化学系において中心的にはたらくクロロフィル a がよく吸収する光の色として最も適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア 赤色と緑色    イ 赤色と青色    ウ 赤色と黄色    エ 緑色と青色

(2) 緑色植物に含まれるクロロフィル以外の光合成色素の名称を 1 つ記せ。

問 4 下線部 b について、次の (1)・(2) に答えよ。

(1) 二酸化炭素から有機物を合成するこの反応系の名称を記せ。

(2) この反応系で、二酸化炭素はある物質と結合する。この物質の炭素数を答えよ。

問 5 光合成細菌の一種である紅色硫黄細菌による光合成では、酸素は発生しない。この理由を 25 字以内で説明せよ。

**B** ある藻類の懸濁液をつくり、最初は暗黒状態においた。この状態から2種類の異なる波長(波長Pと波長Q)の光を用いて、波長Pの光を照射→波長Pの光に加えて波長Qの光を照射→波長Qの光の照射のみを停止→波長Pの光の照射を停止、の順に光の照射を変化させ、Aの図1に示したタンパク質複合体の酸化・還元状態を調べたところ、図2のような結果を得た。ただし、ある物質が電子を失うことを酸化されるといい、電子を受け取れることを還元されるという。

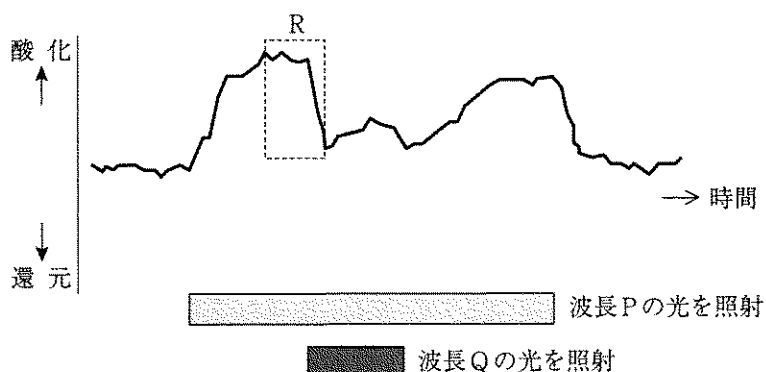


図2

**問6** (1)波長Pの光、および(2)波長Qの光は、光化学系Iおよび光化学系IIのうち、おもにどちらの光化学系で吸収されるか。それぞれ、光化学系Iの場合は「I」、光化学系IIの場合は「II」と答えよ。

**問7** 波長Pの光だけを照射した状態から波長Pに加えて波長Qを照射した状態に変えたとき、タンパク質複合体の酸化・還元状態が、光照射の変化によって図2中の破線の枠Rで囲まれた部分のように変化する理由を80字以内で説明せよ。

**問8** 波長Pの光と波長Qの光を同時に照射した場合、波長Pの光だけを照射した場合に比べてタンパク質複合体を流れる電子の量、および光合成による酸素発生速度はどのように変化すると考えられるか。適当なものを次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。

- ア 流れる電子の量が少なくなり、酸素発生速度が低下する。
- イ 流れる電子の量が少なくなり、酸素発生速度が上昇する。
- ウ 流れる電子の量が多くなり、酸素発生速度が上昇する。
- エ 流れる電子の量が多くなり、酸素発生速度が低下する。

生物の問題は次のページに続く。

**3** 両生類の発生に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

A 両生類の受精卵は、<sup>a</sup> 卵割と呼ばれる体細胞分裂をくり返して細胞数を増やす。このとき、卵割によって生じた細胞を **1** という。やがて32～64細胞期をすぎると、胚は **2** 胚と呼ばれる胚になる。さらに発生が進むと、細胞数の増加に伴って胚の表面がなめらかになり、内部に腔所が発達した胞胚になる。やがて、胚は原腸胚、**3** 胚、尾芽胚を経てふ化し、幼生になる。図1は、両生類の中期原腸胚の縦断面の模式図であり、図2は尾芽胚の縦断面の模式図である。

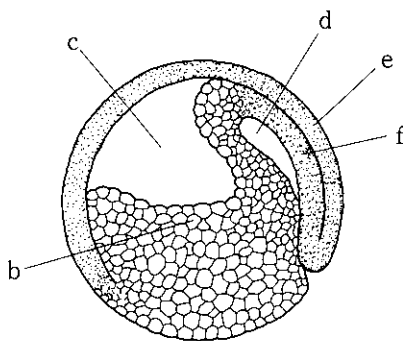


図1

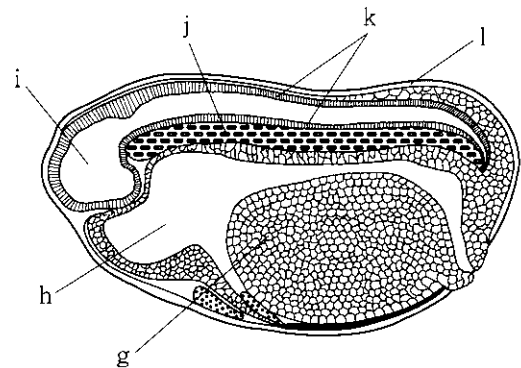


図2

問1 文章中の **1** ～ **3** に入る適当な語を記せ。

問2 下線部aについて、両生類の卵割に関する文章として誤っているものを次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。

ア 分裂後に細胞が速やかに成長するため、分裂速度が速い。

イ 初期の卵割では、分裂が同調している。

ウ 卵黄は卵割を妨げるので、動物極側の細胞に比べて植物極側の細胞のほうが大きくなる。

エ 第一卵割と第二卵割は等割であるが、第三卵割は不等割である。



**問 3** 図 1 と図 2 について、次の (1) ～ (3) に答えよ。

- (1) 図 1 の c および d の名称を、それぞれ記せ。
- (2) 図 2 の g ～ l の中で中胚葉に由来する構造を 1 つ選び、その記号と名称を記せ。
- (3) 図 2 の g ～ l の構造のうちのいくつかは、図 1 の b ～ f のいずれかの部分に由来する。由来する部分とそこから生じた構造の組合せとして適当なものを次のア～クから 2 つ選び、記号で答えよ。ただし、解答の順序は問わない。

ア b と j            イ c と h            ウ c と i            エ d と h  
オ d と i            カ e と k            キ e と l            ク f と l

**B** 近年になって、両生類における神経誘導の分子レベルでのしくみが明らかになってきた。外胚葉の細胞は本来神経に分化する予定運命をもっているが、胚全体の細胞間に存在する BMP と呼ばれる分泌性のタンパク質が外胚葉の細胞の神経への分化を阻害し、表皮への分化を促進する。一方、形成体の細胞からノギンやコーディンなどのタンパク質が分泌され、BMP と結合してそのはたらきを抑制すると、形成体に隣接した背側の外胚葉域で BMP のはたらきが弱まり、その領域の外胚葉の細胞は本来の予定運命である神経へと分化すると考えられている。このしくみを確かめるために、以下の**実験 1 ～ 3**を行った。

**実験 1** アフリカツメガエル(以下、カエルとする)の後期胞胚から図 3 に示す動物極周囲の予定外胚葉域の一部(以下、この領域を**アニマルキャップ**と呼ぶ)を切り出し、単独で培養したところ、アニマルキャップの細胞は表皮に分化した。

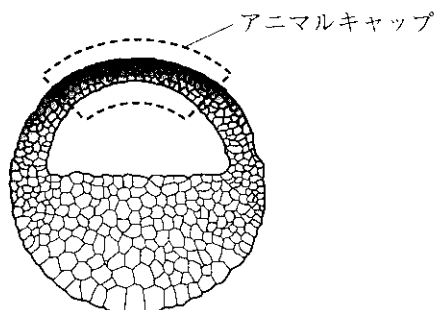


図 3

**実験 2** 実験 1 と同様に、カエルの後期胞胚からアニマルキャップを切り出し、別の胚の原口背唇部と接触させて培養したところ、アニマルキャップの細胞は神経に分化した。

**実験 3** カエルの後期胞胚からアニマルキャップを切り出し、細胞どうしの接着を低下させる処理によって細胞をばらばらにした。これらの細胞を培養液でよく洗浄した後、ばらばらのままで培養したところ、アニマルキャップの細胞は神経に分化した。

**問 4** 実験 1・実験 2 の結果から、カエルの原口背唇部は神経を誘導する形成体としてはたらくと考えられる。実験 3 において、形成体である原口背唇部が存在しないにもかかわらず、アニマルキャップの細胞が神経に分化した理由を 25 字以内で説明せよ。

**問 5** BMP は、細胞膜上に存在する BMP 受容体に結合して、細胞内へ情報を伝達する。BMP 受容体は、細胞膜を貫通する I 型と II 型の 2 種類の受容体から構成されており、図 4 a のように I 型と II 型で複合体を形成して BMP と結合することで、はじめて細胞内に BMP 受容のシグナルを伝えることができる。遺伝子組換えによって、図 4 b のように細胞内領域を欠く I 型受容体(以下、変異型受容体とする)の遺伝子を作製し、この遺伝子から転写された mRNA(以下、変異型 mRNA とする)を大量に合成した。この変異型 mRNA から合成された変異型受容体は細胞内領域を欠くため、BMP と結合しても細胞内にシグナルを伝えることができない。これについて、次の (1)・(2) に答えよ。

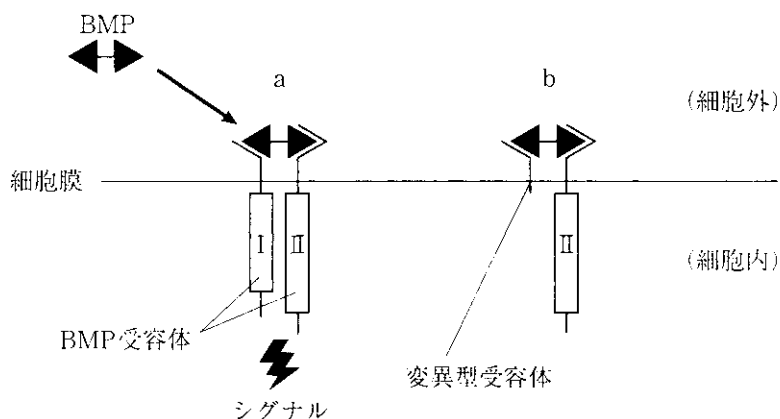


図 4

- (1) 細胞内に変異型 mRNA を注入して変異型受容体を過剰に発現させると、BMP の細胞内へのシグナル伝達を抑制することができる。細胞自身がもともとからもつ正常な I 型と II 型の受容体が存在するにもかかわらず、変異型受容体を過剰に発現させることで正常な受容体の機能を抑制することができる理由を、BMP 受容体が BMP を受容するときの構造に着目して、60 字以内で説明せよ。なお、細胞外には十分量の BMP が存在するものとする。
- (2) カエルの 4 細胞期胚は将来腹側になる 2 つの細胞と背側になる 2 つの細胞で色が異なるため、背側と腹側を判別できる。カエルの 4 細胞期胚の 2 つの細胞に、ある遺伝子の mRNA を注入してタンパク質を過剰に発現させて発生を続けさせたところ、腹側にも背側の構造(神経)が形成され、二次胚が生じた。このとき注入した mRNA と、mRNA を注入した細胞の組合せとして適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、BMP の mRNA は、正常な BMP 遺伝子から転写されたものとする。

	注入した mRNA	mRNA を注入した細胞
ア	BMP の mRNA	背側
イ	BMP の mRNA	腹側
ウ	変異型 mRNA	背側
エ	変異型 mRNA	腹側

**4** 免疫に関する次の文章(A・B)を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

A ヒトは病原体などの異物の侵入を <sup>a</sup> 物理的、化学的防御によって阻止するしくみをもつ。また、体内に異物が侵入すると、<sup>b</sup> 食細胞による食作用によって異物が取り込まれ、分解されて排除されるが、このようなしくみは生体が生まれつきもっている免疫であり、自然免疫と呼ばれる。これに対して、リンパ球がそれぞれの抗原と特異的に反応することによって起こる免疫は、獲得免疫と呼ばれる。リンパ球には  でつくられて  で成熟するB細胞と、 でつくられた後に  に移動して成熟するT細胞がある。異物が樹状細胞などに取り込まれると、抗原の情報がT細胞に提示される。抗原提示を受けたT細胞は活性化され、増殖する。一方、B細胞も細胞表面で異物を認識し、抗原提示を受けたT細胞から放出された物質による刺激で増殖したのち、抗体産生細胞となって抗体を放出する。その結果、抗原と抗体が結合して複合体をつくり、抗原が不活性化される。このような免疫を  免疫と呼ぶ。一方、ウイルスに感染した細胞などに対してT細胞が直接作用して排除する免疫を  免疫と呼ぶ。これらの獲得免疫において、<sup>c</sup> 一度抗原の侵入を受けた個体が、再び同じ抗原の侵入を受けた場合には、一度目より速やかで強い免疫反応が起こることが知られている。

問1 文章中の  ～  に入る適当な語を記せ。

**問 2** 下線部 a について、物理的、化学的防御に関する次のア～エの記述のうち誤っているものを 1 つ選び、記号で答えよ。

ア だ液や涙には、細菌の細胞壁を分解するリゾチームや、細菌の細胞膜を破壊するディフェンシンなどのタンパク質が含まれている。

イ 体外へ分泌される涙や汗などは弱酸性、胃液は強アルカリ性であり、これらは細菌の増殖を抑える化学的な防御機構としてはたらいっている。

ウ 表皮の基底層で分裂した細胞が表層へ押し出されて形成された角質層は、外界の病原体が体内に侵入するのを物理的に防いでいる。

エ 気管支の内面の細胞は、粘液を分泌して表面をおおい、異物が細胞に付着するのを防ぐとともに繊毛の動きによって異物を体外に排出している。

**問 3** 下線部 b について、ヒトの体内に存在する樹状細胞以外の食細胞の例を 1 つあげよ。

**問 4** 下線部 c について、再び同じ抗原の侵入を受けた場合に一度目より速やかで強い免疫反応が起こる理由を、抗体産生による免疫の場合について 80 字以内で説明せよ。

**B** 抗原に対して特異的な獲得免疫のしくみに対し、食作用が主体となる自然免疫は、長い間、単純なしくみであると考えられてきた。しかし近年になって、出会った病原体を取り込むだけであると思われていた食細胞が、ある種の受容体タンパク質を備えており、これを使って病原体の種類を認識していることが明らかになってきた。食細胞が備えている受容体タンパク質はトル様受容体(TLR)と呼ばれ、ヒトでは、細菌の細胞壁に含まれる成分を認識するもの、細菌のぺん毛に含まれる成分を認識するもの、病原体のもつ核酸を認識するものなど 10 種類の TLR (TLR1～TLR10) が見いだされている。

TLR のはたらきについて調べるため、TLR4 あるいは TLR9 の遺伝子を完全に破壊した 2 種類のノックアウトマウス、および野生型マウスを用いて、次の**実験 1～3**を行った。

**実験 1** 野生型マウス, TLR4 ノックアウトマウス, および TLR9 ノックアウトマウスを多数用意し, それぞれのマウスに細菌の DNA を注射した。その後, リンパ球や抗原提示細胞を含む臓細胞を各マウスから取り出して培養し,  $^3\text{H}$ -チミジン(チミンに糖が結合した化合物の H(水素) を放射性同位体である  $^3\text{H}$  で置きかえたもの)を添加して一定時間あたりに細胞が取り込んだ  $^3\text{H}$ -チミジンの量を測定した。図 1 は, 注射した細菌の DNA の濃度と臓細胞に取り込まれた  $^3\text{H}$ -チミジン量との関係を示したものである。

**実験 2** 実験 1 と同様の実験を, それぞれのマウスに哺乳類の DNA を注射して行った。図 2 は, 注射した哺乳類の DNA の濃度と臓細胞に取り込まれた  $^3\text{H}$ -チミジン量との関係を示したものである。

**実験 3** 実験 1 と同様の実験を, それぞれのマウスに細菌の細胞壁成分を注射して行った。図 3 は, 注射した細菌の細胞壁成分の濃度と臓細胞に取り込まれた  $^3\text{H}$ -チミジン量との関係を示したものである。

なお, 図 1 ~ 3 の □——□ は野生型マウス, ○-----○ は TLR4 ノックアウトマウス, ▲-----▲ は TLR9 ノックアウトマウスの結果をそれぞれ示している。

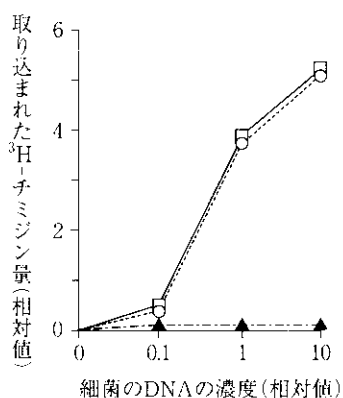


図 1

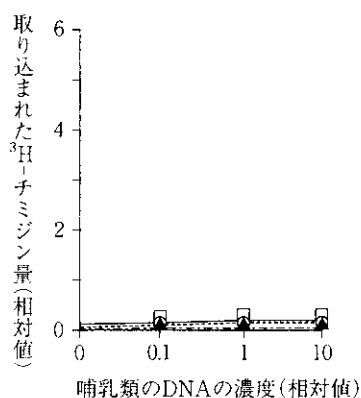


図 2

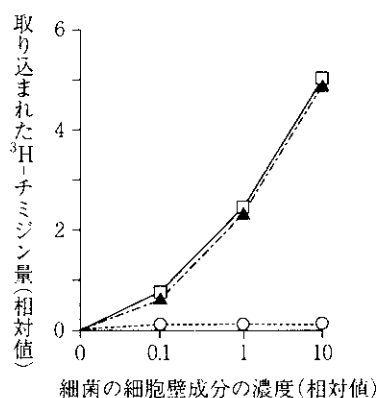


図 3

図 1 ~ 3 において, □——□ は野生型マウス,  
○-----○ は TLR4 ノックアウトマウス,  
▲-----▲ は TLR9 ノックアウトマウスの結果を示す。

**問 5** 下線部 d について、TLR の多くは食細胞の細胞膜上に発現しているが、細菌の DNA やウイルスのもつ DNA および RNA などの核酸を認識する TLR は、下の図 4 に示す食細胞のエンドソーム(細菌やウイルスを分解する細胞小器官)の膜上に発現している。核酸を認識して受容する TLR が食細胞の細胞膜上には存在せず、エンドソームの膜上に存在する意味を 80 字以内で説明せよ。

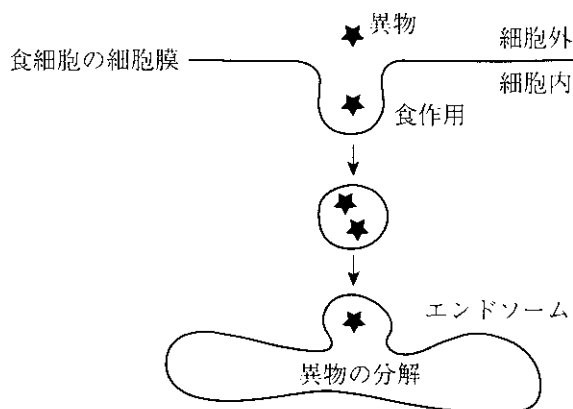


図 4

**問 6 実験 1 ～ 3 について、次の(1)・(2)に答えよ。**

(1)  $^3\text{H}$ -チミジンの取り込み量が多い細胞で起こっていることとして最も適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア mRNA がさかんに合成されている。
- イ タンパク質がさかんに合成されている。
- ウ 細胞分裂がさかんに起こっている。
- エ アポトーシスがさかんに起こっている。

(2) (i) TLR4 および (ii) TLR9 は何を認識する受容体タンパク質として機能していると考えられるか。最も適当なものを次のア～ウからそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- ア 細菌の DNA
- イ 哺乳類の DNA
- ウ 細菌の細胞壁成分

# 地 学

**1** 地球内部の構造に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

地球内部は地震波速度の変化から、地殻・マントル・外核・内核の4層より構成されていることがわかった。

大陸地殻は上部が花こう岩質岩石、下部が玄武岩質岩石からなる二層構造、海洋地殻は玄武岩質岩石からなる一層構造をしている。地殻とその下層のマントルとの境界をモホロビチッチ不連続面と呼ぶ。花こう岩と玄武岩の密度を比較すると花こう岩の方が  く、モホロビチッチ不連続面までの深さは、大陸地殻の方が海洋地殻より  い。

マントルは 地震波速度が急変する深さ約700 km で上部マントルと下部マントルに区分され、<sup>(a)</sup> 上部マントルはかんらん岩質岩石などから構成されていると考えられている。

外核は金属より構成されており、最も多い成分が  , 次いで  が多い。その下層の内核もほぼ同じ化学組成であるが、外核・内核境界で地震波速度が急変することから、<sup>(b)</sup> 外核とは状態が異なっていると推定できる。

問1 文章中の空欄  ・  にはあてはまる適切な語を、 ・  には元素記号を一つずつ入れよ。



問2 次の図1は、ある地域で発生した震源が浅い地震のP波の走時曲線を表したものである。この走時曲線から、以下の(1)～(3)の値をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。ただし、 $\sqrt{5}=2.2$ とする。

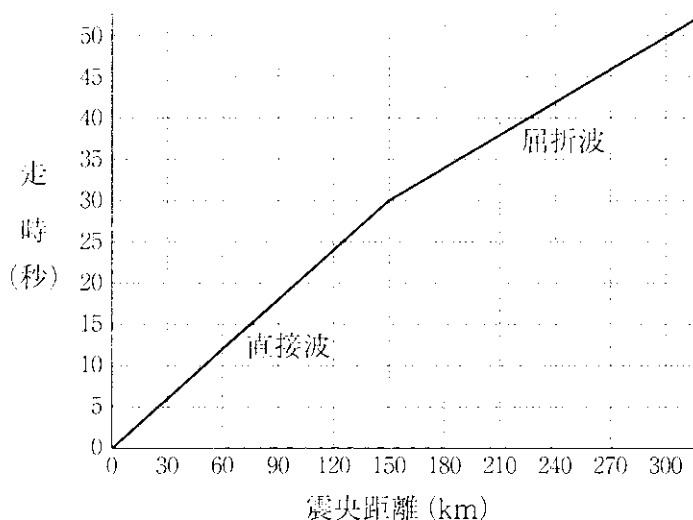


図1 走時曲線

- (1) 直接波の速度(km/s)
- (2) 屈折波の速度(km/s)
- (3) この地域の地殻とマントルの境界の深さ(km)

問3 文章中の下線部(a)に関連して、上部マントルと下部マントルの境界で、地震波速度が変化する原因を述べた文として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア マントル物質が、深さ700 km付近で部分溶融している。

イ マントルを構成する鉱物の結晶構造が、深さ約700 kmで不連続的に変化する。

ウ 上部マントルを構成するかんらん岩質岩石が、深さ約700 kmで金属に変化する。

エ 上部マントルは液体、下部マントルは固体から構成されている。

**問 4** 次の図 2 のように地球内部はマントルと核から構成されているものとする。地球内部を伝わる地震波速度は一定であると仮定し、S 波は核の中を伝わらないものとする。このとき震央角距離が最大となる S 波の経路を、解答欄の震源(×)から矢印(→)を用いて地球表層まで描け。

また、作図によって求まる震央角距離の最大値は、実際に S 波がマントル中を伝わって届く震央角距離より大きいか小さいか答えよ。

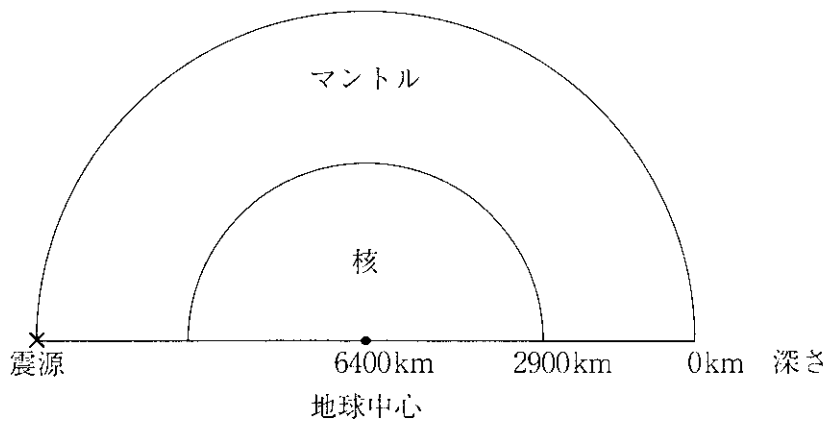


図 2 マントルと核

**問 5** 文章中の下線部(b)に関連して、外核と内核の境界は、地震波についてのどのような観測事実によって発見されたか答えよ。

地学の問題は次のページに続く。

**2** 鉱物と岩石に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

火成岩の造岩鉱物の多くは原子が規則正しく配列した結晶である。火成岩は、含まれる鉱物の量比や組織によって分類することができる。

ある火成岩 A を観察すると、比較的粒の大きさのそろった粗粒の斜長石、輝石、角閃石、少量の<sup>(a)</sup>黒雲母が見られた。この組織と鉱物組成から火成岩 A は  岩に分類される。岩石全体に対して有色鉱物の占める体積％を  と呼び、火成岩 A の  は 、 $\text{SiO}_2$  質量％は  程度と推定できる。

堆積岩は、堆積物が  作用を受けて形成される岩石である。堆積岩を構成している物質から、<sup>(b)</sup>堆積岩の分類ができる。

変成岩は、既存の岩石が高温や高圧の環境下で別の岩石に変化したものである。<sup>(c)</sup>変成岩中に見られる鉱物の種類から、変成岩が形成された温度や圧力の条件を推定することができる。

問 1 文章中の空欄  ～  にあてはまる適切な語を答えよ。

問 2 文章中の空欄  ・  にあてはまる適切な数値の組合せとして最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

	X	Y
ア	5	60
イ	5	70
ウ	30	60
エ	30	70

問3 文章中の下線部(a)に関連して、黒雲母について以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 黒雲母は、次の図1に示される  $\text{SiO}_4$  四面体を骨格とする結晶構造のケイ酸塩鉱物である。図2は図1の矢印の方向から見た  $\text{SiO}_4$  四面体であり、図3は黒雲母における  $\text{SiO}_4$  四面体のつながり方を示す平面図である(ケイ素原子は省略)。図3中の点線で囲まれた領域が基本的な構成要素で、これらが並んで結合することで黒雲母の結晶がつくられている。黒雲母に含まれるケイ素原子と酸素原子について、点線で囲まれた1領域あたりの個数をそれぞれ求めよ。

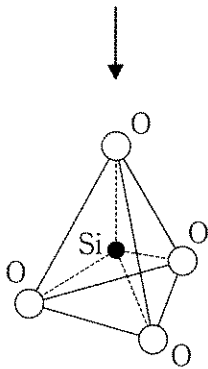


図 1

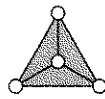


図 2

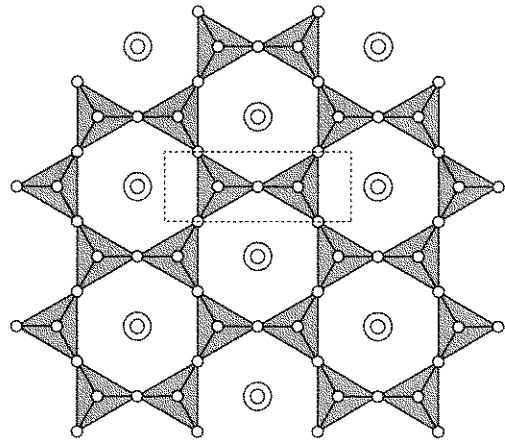


図 3

○は酸素原子を表す。

⊙はその他の元素を表す。

- (2) 黒雲母を偏光顕微鏡で観察した場合、得られる観察結果として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 開放(平行)ニコル下では、暗褐色から黄緑色の強い多色性を示す。直交ニコル下では、直消光を示す。

イ 開放ニコル下では、常に黒色で多色性を示さない。直交ニコル下でも、常に黒色である。

ウ 開放ニコル下では、無色透明で多色性を示さない。直交ニコル下では、しま状の消光を示す。

エ 開放ニコル下では、無色透明で多色性を示さない。直交ニコル下では、波状消光を示す。

(3) 黒雲母は特定の方向に割れやすい性質をもつ。鉱物がもつこのような性質を何というか答えよ。また、黒雲母はどのような割れ方を示すか答えよ。

問4 文章中の下線部(b)について、堆積岩のうち、生物の遺骸から形成される生物岩に分類される岩石として石灰岩やチャートがある。このうち、石灰岩の起源となる石灰質の殻をもつ生物を、次のア～オのうちからすべて選び、記号で答えよ。

ア フズリナ(紡錘虫) イ 放射虫 ウ 貝 エ 珪藻 オ 造礁サンゴ

問5 文章中の下線部(c)について、含まれる鉱物の組合せを手がかりとして変成岩の形成された条件を推定することができる。次の図4は、 $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ 組成の鉱物の温度・圧力の違いによる安定領域を示している。この図中の三つの鉱物のうち、一般に接触変成岩に含まれない鉱物はどれか。理由を含めて、1行程度で述べよ。

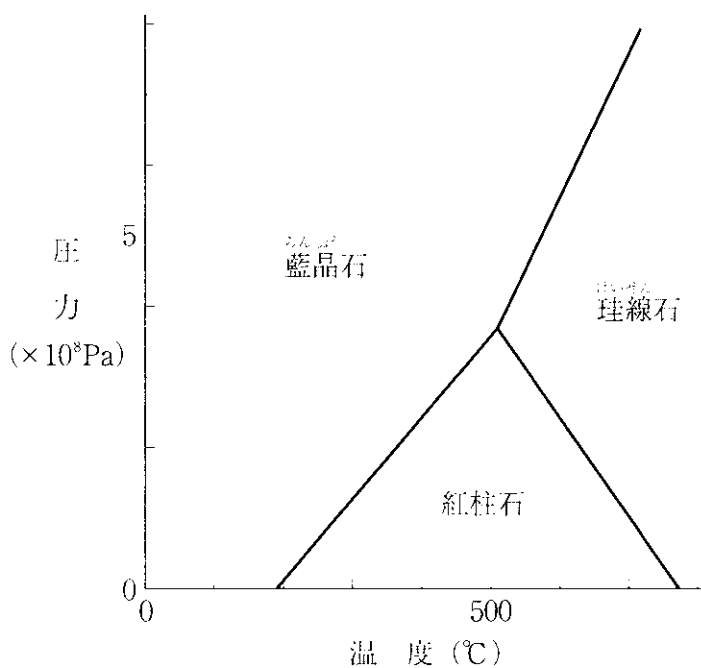


図4  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ 組成の鉱物の安定領域

地学の問題は次のページに続く。

**3** 地質図に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。(配点 20点)

次の図1は、ある地域の地質図である。A層～C層は砂岩を主とする地層であり、C層基底の礫岩<sup>れき</sup>には、F岩体の礫が含まれている。また、A層からアンモナイト、C層からイノセラムスの化石が産出した。D層は砂岩、E層は泥岩と凝灰岩からなり、D層とE層はともに褶曲<sup>しゅうきよく</sup>した地層である。G層は礫岩と砂岩、H層は砂岩とシルト岩の互層であり、G層の砂岩からはデスモスチルスの歯の化石が産出した。F岩体は、絶対年代が3億年前の花こう岩である。

この地域には断層<sup>きつこん</sup> f-f'があり、擦痕<sup>すり</sup>(断層運動による擦り傷)は、走向と直交する方向についていた。なお、この地域には f-f' 以外の断層はなく、地層は逆転していないことがわかっている。

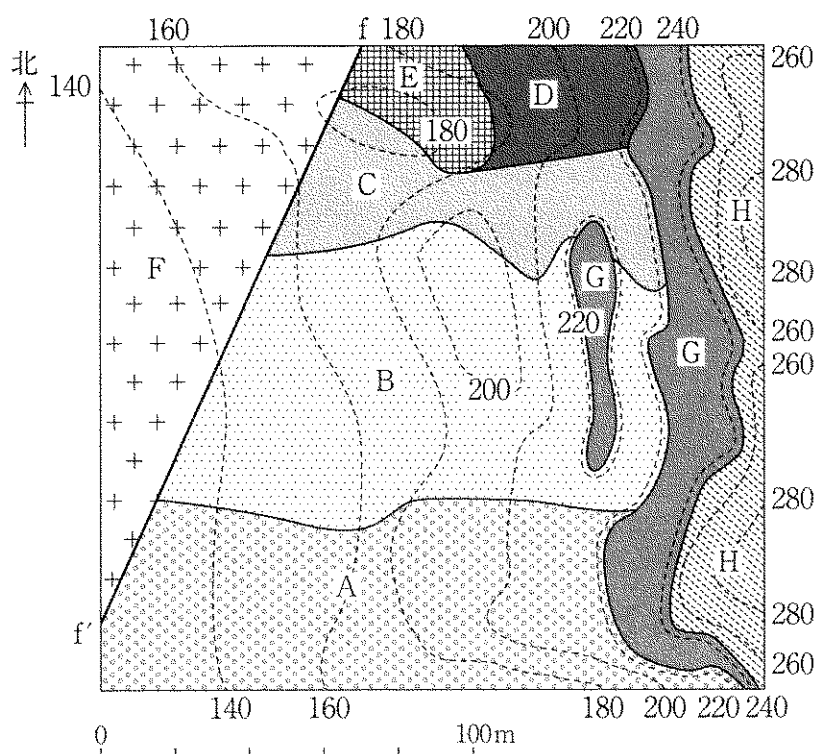


図1 ある地域の地質図

図中の破線は等高線、細実線は地層境界線、太実線は断層線を示す。また、数値は標高(m)を示す。



問1 C層の走向・傾斜の組合せとして最も適当なものを、次のア～クのうちから一つ選び、記号で答えよ。

	走 向	傾 斜
ア	N10° W	54° NE
イ	N10° W	54° SW
ウ	N30° E	54° SE
エ	N30° E	54° NW
オ	N45° E	54° SE
カ	N45° E	54° NW
キ	N60° W	54° NE
ク	N60° W	54° SW

問2 G層の走向・傾斜を記号を用いて表せ。

問3 C層、G層およびF岩体の相対年代をそれぞれ答えよ。

問4 C層とD層の関係を何というか答えよ。

問5 断層f-f'について、以下の(1)・(2)に答えよ。

- (1) この断層の種類は何か。その名称を答えよ。
- (2) この断層が活動した確実な時期として最も適当なものを、次のア～カのうちから一つ選び、記号で答えよ。

- ア A層堆積以前
- イ A層堆積以後
- ウ D層堆積以前
- エ F岩体形成以前
- オ G層堆積以前
- カ G層堆積以後

**問 6** 問題文中の下線部に関連して、地層が逆転しているかいないかを調査によって確認する方法として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 一枚の砂岩層中に見られる粒子の大きさの変化を調べる。

イ 凝灰岩の鉱物組成を調べる。

ウ 泥岩に含まれる塩分の量を調べる。

エ 一枚一枚の地層の厚さを調べる。

**問 7** アンモナイトが示準化石として用いられる理由を、1行程度で述べよ。

地学の問題は次のページに続く。

**4** 日本列島の天気に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

日本列島は高緯度側の寒気と低緯度側の暖気の境界付近に位置し、その上空には西から東へ向かって  1  が吹いている。地球をめぐる  1  は高緯度と低緯度の間で振動することが多く、この振動は  1  波動と呼ばれる。 1  波動は、高層天気図における等圧面の等高線の形状が波形を呈することからその存在を確認できる。 1  波動で、等高線が低緯度に向かって凸状に張り出しているところを気圧の  2  という。気圧の  2  では高緯度から寒気が入り込み、一方、等高線が高緯度に向かって張り出す気圧の  3  では低緯度から暖気が入り込む。これにより、 1  波動を通じて南北間の熱のやり取りが行われている。

寒気と暖気の境界部の地上付近では、温帯低気圧が発生・発達し、上空の  1 <sup>(a)</sup>に流されて西から東へと移動していく。日本列島付近では温帯低気圧は年間を通じて現れるが、冬季はシベリア高気圧、夏季は北太平洋高気圧(小笠原高気圧)の影響を強く受けるため、<sup>(b)</sup>これら二つの高気圧の影響が弱い春季や秋季に、温帯低気圧と移動性高気圧が日本付近を通過する頻度が高くなる。

また、温帯低気圧に伴う前線は性質の異なる二つの気団の境界に形成されるものであるが、特に勢力が拮抗する二つの気団の間につくられ、一定期間にほぼ同じ位置にとどまっている前線を<sup>(c)</sup> 4  前線という。梅雨前線は  4  前線の代表例である。

問1 文章中の空欄  1  ～  4  にあてはまる適切な語を答えよ。

問2 文章中の下線部(a)に関連して、温帯低気圧の発生・発達に関わるエネルギー源として適当なものを、次のア～オのうちから二つ選び、記号で答えよ。

- ア 大気中の水滴が蒸発する際に、周囲から吸収する蒸発エネルギー。
- イ 大気中の水蒸気が凝結する際に、周囲に放出する凝結エネルギー。
- ウ 寒気が暖気の下に潜り込むときに解放される位置エネルギー。
- エ 暖気が寒気の下に潜り込むときに解放される位置エネルギー。
- オ 地表面を通じて接している大気に与えられる地球内部のエネルギー。

**問 3** 文章中の下線部(b)に関連して、次の図1は、ある年の1月、4月、7月における東京の日平均気圧を示したものである。図中の折れ線 a～c は、それぞれ何月の気圧を表したものであるか答えよ。

ただし、図1では便宜上31日のデータは除いてあり、図で示した月には台風や熱帯低気圧による気温・気圧への影響は見られない。また、図1で示された年の東京(関東甲信地方)の梅雨明けは7月6日で、その後、数日間、日本列島は北太平洋高気圧に覆われて天気は安定していた。

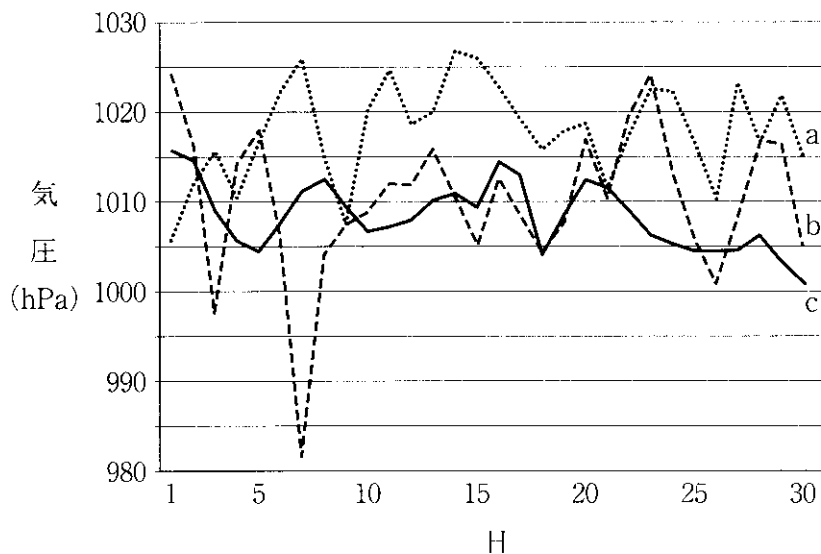


図1 ある年の1月、4月、7月における東京の日平均気圧

問4 文章中の下線部(c)に関連して、次の図2は日本列島に梅雨前線がかかっている日の午前9時の地上天気図である。以下の(1)～(3)に答えよ。

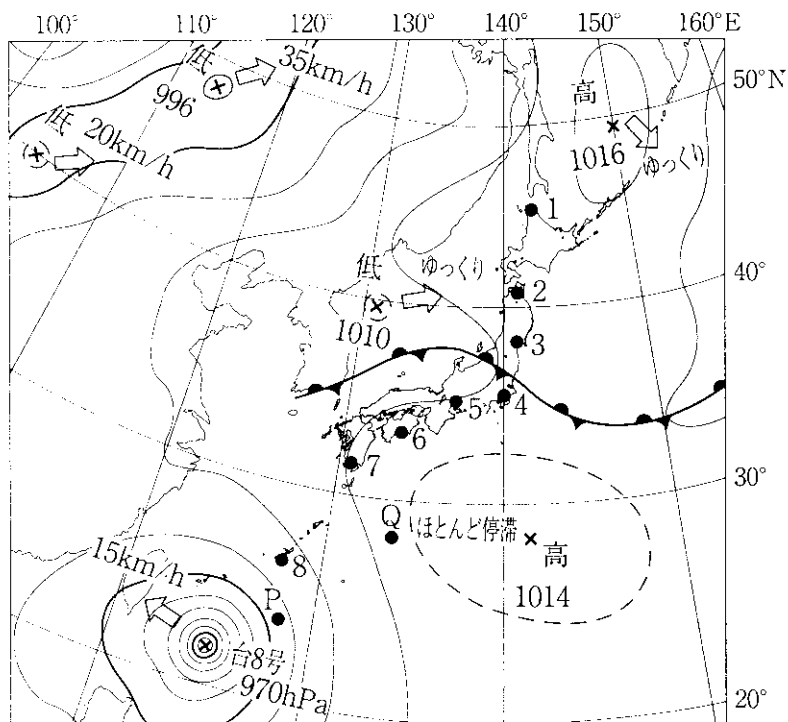


図2 ある日の地上天気図

- (1) 図2において、北海道・東北地方を覆っている高気圧(1016 hPa)は、その南側にある高気圧(1014 hPa)との間に梅雨前線を形成している。この北海道・東北地方を覆っている高気圧の名称を答えよ。

また、その高気圧をつくる気団の性質を簡潔に答えよ。

- (2) 図2中のP点・Q点付近で吹く風の風速を比べたとき、P点の風速はQ点の風速のおよそ何倍になるか。整数値で答えよ。

ただし、P点・Q点で吹く風に摩擦力や遠心力は作用しないものとし、コリオリの力(偏向力)に及ぼす2地点の緯度の違い、風速に及ぼす台風の進行速度の影響は考えないものとする。

また、気圧傾度力については、P点、Q点それぞれの地点を挟んで隣り合う2本の等圧線から読み取るものとする。

- (3) 次の表ア～エは、図2中の1～8の都市について、それぞれ異なる日の最大瞬間風速(m/s)、日中(6時～18時)の天気概況を示したものである。図2で示された日に該当する表として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア				イ			
番号	都市名	最大瞬間風速(m/s)	日中の天気概況	番号	都市名	最大瞬間風速(m/s)	日中の天気概況
1	わづかない 稚内	17.8	くもり時々雪、 あられを伴う	1	稚内	18.6	くもり時々霧雨
2	青森	11.1	雪時々くもり	2	青森	12.6	くもり時々雨
3	仙台	11.2	雨一時みぞれ	3	仙台	10.9	くもり
4	東京	13.4	快晴	4	東京	8.0	晴
5	名古屋	14.9	晴	5	名古屋	8.8	快晴
6	高知	10.2	晴	6	高知	6.4	快晴
7	鹿児島	8.8	快晴	7	鹿児島	8.3	晴
8	なは 那覇	11.2	くもり後晴	8	那覇	8.3	晴

ウ				エ			
番号	都市名	最大瞬間風速(m/s)	日中の天気概況	番号	都市名	最大瞬間風速(m/s)	日中の天気概況
1	稚内	9.3	快晴	1	稚内	14.4	晴後くもり
2	青森	9.2	くもり時々晴	2	青森	20.6	雨
3	仙台	7.7	霧雨後くもり	3	仙台	23.2	大雨
4	東京	12.4	くもり後一時雨	4	東京	36.0	暴風雨
5	名古屋	15.0	くもり時々晴後 一時雨、雷を伴う	5	名古屋	22.0	大雨
6	高知	7.1	晴	6	高知	14.5	くもり時々晴
7	鹿児島	9.5	晴	7	鹿児島	13.7	くもり
8	那覇	17.8	くもり時々雨	8	那覇	15.7	くもり時々晴 一時雨

**5** 恒星に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

恒星の明るさは等級で表されるが、その起源は紀元前にさかのぼる。

紀元前、ギリシャの 1 は、全天で最も明るい星 20 個ほどを 1 等星、肉眼で見える最も暗い星を 6 等星とし、星の明るさを等級で表した。

19 世紀、イギリスのボグソンは、1 等星の明るさが 6 等星の明るさのおよそ 100 倍の明るさであることに着目し、(a) 5 等級差が厳密に 100 倍の明るさの違いとなる定義を提案した。これをボグソンの定義という。等級の定義がこのように定められると、肉眼では見ることができない星の明るさも、1 等星よりはるかに明るい太陽の明るさも等級で表すことができるようになった。

恒星の明るさは恒星自身が放射するエネルギーと地球からの距離によって決まる。地球から見たときの天体の明るさを見かけの等級といい、恒星を一定の距離においたと仮定したときの明るさを絶対等級という。(b) 絶対等級と見かけの等級がわかると、その恒星までの距離を求めることができる。

恒星の性質は、縦軸に絶対等級、横軸にスペクトル型をとった、図 1 のような HR 図で表されることがある。スペクトル型は、恒星のスペクトルに現れる 2 によって分類されており、HR 図の横軸上では左から O 型、B 型、3 型、4 型、G 型、K 型、M 型の順に並ぶ。

HR 図上にプロットされた恒星はその分布領域によって大きく三つに分類される。このうち太陽が分布している領域にある恒星は主系列星と呼ばれ、恒星はその一生のほとんどを主系列星として過ごす。



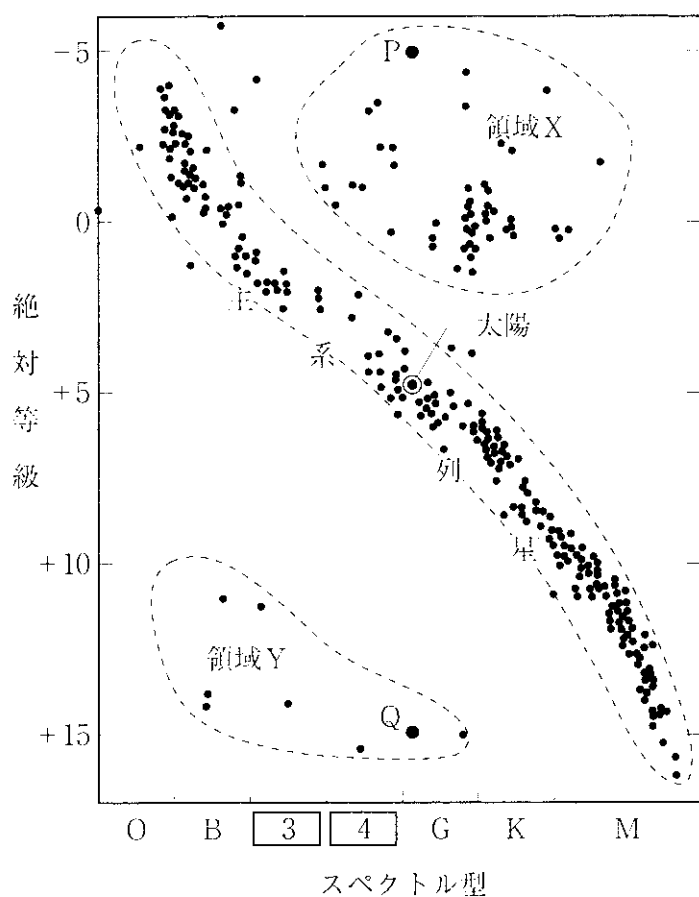


図1 HR図

問1 文章中、および図1中の空欄  ～  にあてはまる適切な語または記号を答えよ。

問2 文章中の下線部(a)に関連して、等級が  $m_1$ 、 $m_2$  の星の明るさをそれぞれ  $I_1$ 、 $I_2$  とすると、ポグソンの定義は

$$\frac{I_1}{I_2} = 10^{2.5(m_2 - m_1)}$$

と表すことができる。

見かけの等級 27 等の太陽は、見かけの等級約 0.5 等のベテルギウスの何倍の明るさであるか、有効数字 1 桁で答えよ。

**問 3** 文章中の下線部 (b) に関連して、恒星の絶対等級を  $M$  (等級)、見かけの等級を  $m$  (等級) とおくと、その差  $M - m$  と恒星までの距離  $d$  (パーセク) との間には一定の関係がある。以下の (1)・(2) に答えよ。

(1)  $M - m$  の値を距離  $d$  で表す式を答えよ。

(2)  $M - m$  の値と距離  $d$  について述べた次のア～オのうちから、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

ア  $M - m = 0$  のとき、 $d$  は 1 である。

イ  $M - m > 0$  のとき、 $d$  は 100 より大きい。

ウ  $M - m < 0$  のとき、 $d$  は 10 より大きい。

エ  $M - m$  が大きいほど、 $d$  は小さい。

オ  $M - m$  が大きいほど、 $d$  は大きい。

**問 4** 図 1 の HR 図上の主系列星の特徴として最も適当なものを、次のア～カのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 左上ほど質量が小さく、表面温度は高く、光度は小さい。

イ 左上ほど質量が小さく、進化は速く、密度は小さい。

ウ 左上ほど質量が小さく、表面温度は高く、寿命は短い。

エ 左上ほど質量が大きく、表面温度は高く、光度は小さい。

オ 左上ほど質量が大きく、光度は大きく、進化は遅い。

カ 左上ほど質量が大きく、表面温度は高く、寿命は短い。

**問 5** 図 1 の HR 図について、以下の (1)～(3) に答えよ。

(1) 太陽と同じスペクトル型である恒星 P と恒星 Q の性質のうち、太陽と同じ値をとる物理量を一つあげよ。

(2) 恒星 P の半径は、恒星 Q の半径の何倍か。有効数字 1 桁<sup>りた</sup>で答えよ。

(3) 太陽は今後どのような進化をするか、図 1 中の領域 X、Y に分布する恒星の種類(分類名)を用いて、1 行程度で述べよ。











