

# 平成30年度入学試験問題（前期日程）

## 理 科

物 理	1 ページから	8 ページまで
化 学	9 ページから	14 ページまで
生 物	15 ページから	22 ページまで
地 学	23 ページから	27 ページまで

### 注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所または2か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

# 物 理

1 以下の文章中の ① ~ ⑩ に最も適切な数値、数式、語句、または選択肢の記号を記入せよ。(40点)

問1 水平な地面から質量  $m$  の小球を速さ  $v$  で鉛直上方に投げ上げる。重力加速度を  $g$  とし、空気の抵抗を無視すると、小球を投げ上げてから地面に戻るまでにかかる時間は ① となる。その後、小球は地面と衝突して、鉛直上方にはね返った。小球と地面の反発係数を  $e$  ( $0 < e < 1$ ) とすると、はね返った小球の最高点の地面からの高さは ② となる。

問2 図1-Iのように、水平面上のまっすぐな線路をなめらかに走れる質量  $M_1$  の貨車に、質量  $M_2$  の人が乗っている。人は貨車の上を滑らずに歩ける。

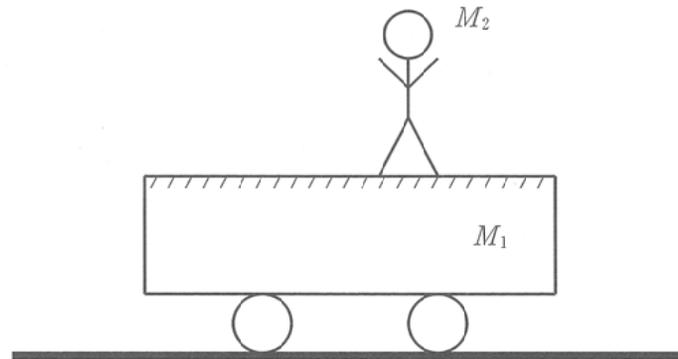


図1-I

- (1) 初めに、人と貨車は静止しているとする。人が線路と平行に、貨車に対して加速度  $a$  で歩き始めると、貨車も水平面に対して加速度を持つ。このとき、人と貨車は互いに作用・反作用を及ぼし合うが、その力の大きさは ③ となる。
- (2) 次に、貨車は一定の速さ  $V$  で線路上を走っているとする。貨車の上で立ち止まっている人が、貨車の進行方向と反対方向に質量  $m$  のボールを水平に投げたところ、ボールは人から見て速さ  $v$  で遠ざかって行った。人がボールを投げた後の貨車の速さは ④ となる。

問3 容器の中に1モルの単原子分子理想気体が入っている。この気体の圧力  $p$  と体積  $V$  を図1-IIのようにゆっくりと変化させる。以下では、気体定数を  $R$  とする。また、必要ならば、 $a \leq x \leq b$  の範囲で、関数  $\frac{1}{x}$  と  $x$  軸との間で囲まれる面積は積分  $\int_a^b \frac{1}{x} dx = \log \frac{b}{a}$  ( $\log$  は自然対数) で求まることを利用して良い。

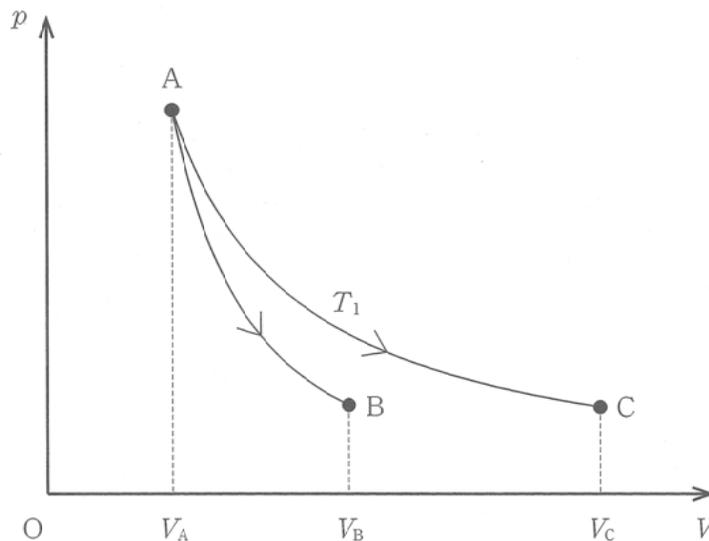


図1-II

- (1) 図1-IIの  $A \rightarrow B$  の過程のように、気体を体積  $V_A$  から  $V_B$  まで断熱膨張させると、気体の温度は  $T_1$  から  $T_2$  になった。このとき、気体が外部にした仕事は ⑤ となる。
- (2) 容器を熱源に接触させて、図1-IIの  $A \rightarrow C$  の過程のように、気体の温度を  $T_1$  に保ちながら、気体の体積を  $V_A$  から  $V_C$  に膨張させた。このとき、気体に外部から加えられる熱量は ⑥ となる。

問4 図1—Ⅲのように、単スリットS、複スリット $S_1$ 、 $S_2$ と、さらに離れたところにスクリーンを平行に置く。複スリット $S_1$ 、 $S_2$ は単スリットSから等距離にあるものとする。光源から出た単色光を左から単スリットSに垂直に入射させると、スクリーン上にはほぼ等間隔の明暗の縞模様ができる。

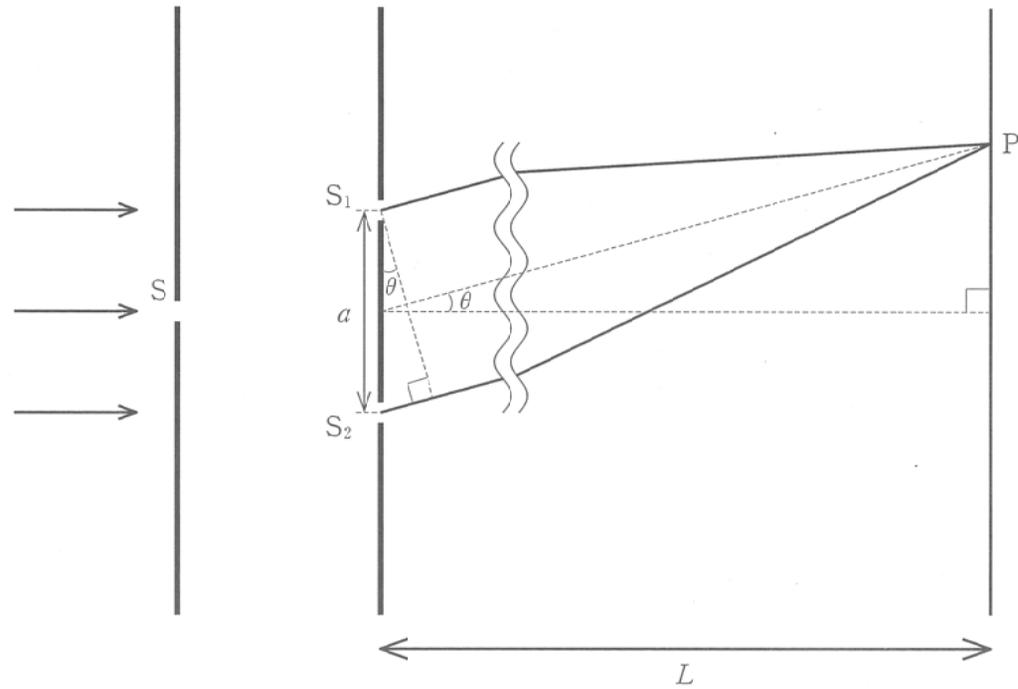


図1—Ⅲ

- (1) 単スリットSを通った光がスリット $S_1$ と $S_2$ に到達するのは、光が単スリットSにおいて  するからである。
- (2) スクリーン上に明暗の縞模様ができるのは、複スリット $S_1$ 、 $S_2$ を通過した光がスクリーンにおいて  するからである。
- (3)  $m$ を整数とすると、複スリット $S_1$ 、 $S_2$ からスクリーン上の点Pまでの距離の差が光の波長の半分の  (ア)  $m$  (イ)  $m + \frac{1}{2}$  (ウ)  $m + 1$  (エ)  $2m$  (オ)  $2m + 1$  倍  
ならば点Pは明るく、光の波長の半分の  (ア)  $m$  (イ)  $m + \frac{1}{2}$  (ウ)  $m + 1$  (エ)  $2m$  (オ)  $2m + 1$  倍  
ならば点Pは暗くなる。
- (4) 複スリット $S_1$ 、 $S_2$ とスクリーンの距離を $L$ 、複スリット $S_1$ と $S_2$ の間隔を $a$ 、スクリーン上での隣り合う明線(または暗線)の間隔を $\Delta x$ とし、 $a$ と $\Delta x$ は $L$ にくらべて十分小さいものとする。このとき、 $S_1$ と $S_2$ からスクリーン上の点Pまでの2本の光の経路はほぼ平行となる。図1—Ⅲに示したように、光の入射方向と点Pに向かう光の方向のなす角 $\theta$ が十分小さいことに注意すると、光の波長は $a$ 、 $\Delta x$ 、 $L$ を用いて  と表すことができる。

問5 図1—IVのように、抵抗、コイル、コンデンサーを並列に交流電源に接続する。

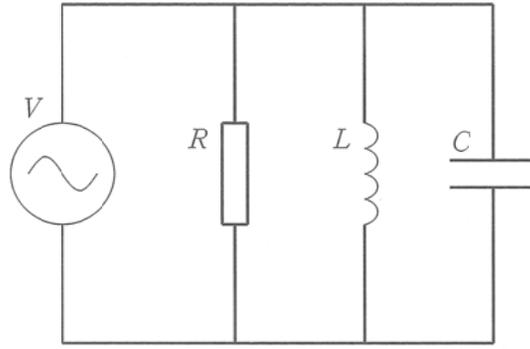


図1—IV

抵抗の抵抗値、コイルの自己インダクタンス、コンデンサーの電気容量をそれぞれ  $R[\Omega]$ 、 $L[H]$ 、 $C[F]$  とし、時刻  $t$  で交流電源の電圧を  $V = V_0 \sin \omega t [V]$  とする。抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流の最大値が同じになるようにするには、 $L$  の値を  $R = \text{⑫}$ 、 $C$  の値を  $R = \text{⑬}$  をみたすようにそれぞれ取ればよい。また、抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流をそれぞれ  $I_R$ 、 $I_L$ 、 $I_C$  とする。このとき、これらの電流の時間変化の様子を交流の周期を  $T = 2\pi/\omega$  としてグラフに表すと、図1—Vの  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  は

- ⑭
- (ア)  $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_C$
  - (イ)  $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_L$
  - (ウ)  $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_C$
  - (エ)  $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_R$
  - (オ)  $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_L$
  - (カ)  $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_R$

である。

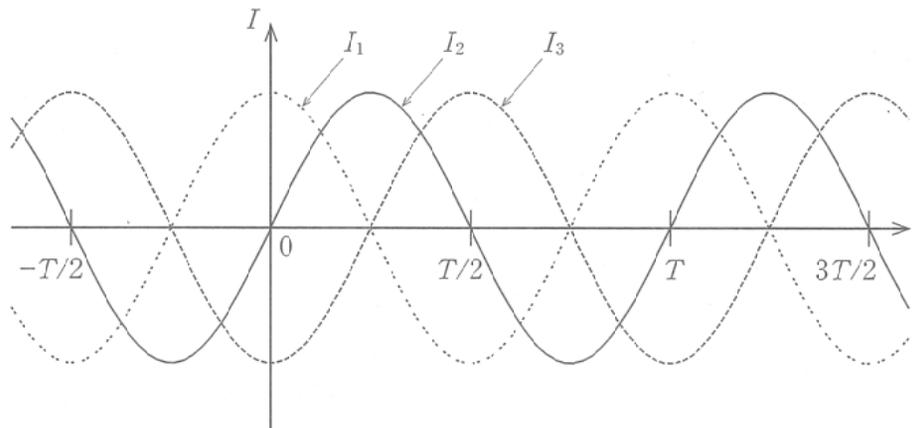


図1—V

問6 電場(電界)と磁場(磁界)が時間的に変化すると、相互に誘導しあって真空中や物質中を波として伝播して行く。この波を ⑮ という。真空中を伝播する ⑮ の速さは光速  $c (= 3 \times 10^8 \text{ m/s})$  に等しく、真空中の誘電率  $\epsilon_0$  と真空中の透磁率  $\mu_0$  を用いて

- ⑯ (ア)  $\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$  (イ)  $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  (ウ)  $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$  (エ)  $\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}$

と表される。例えば、携帯電話が送受信する極超短波(マイクロ波)の周波数帯は、300 MHz ~ 3 GHz であるが、周波数 1 GHz の極超短波の波長はおよそ ⑰ m となる。

問7 放射性物質が出す放射線には、主なものとして  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線の3種類がある。3つの放射線に磁場をかけた場合、曲げられないのは ⑱ である。また、磁場中の曲がり方より、正電荷をもつ放射線は ⑲ であることがわかる。放射性物質は放射線を放出することによって、別の元素に変わることができる。 $\beta$  線を出して変わる場合は  $\beta$  崩壊と呼ばれるが、 $\beta$  崩壊では ⑳ は変わらず、原子番号が1だけ増加する。

- 2 図2-Iのように、ばね定数 $k$ の軽いばねの一端を空の水槽の底面に固定した。このばねの他の一端に、質量 $M$ で断面積 $S$ 、高さ $L$ の柱状の物体Aを取り付けた。このとき、ばねの長さが自然長から $l$ だけ縮み、水槽の底面から物体Aの上面までの高さが $h$ になった。以下では、ばねの長さはばねの伸び縮みより十分に大きいとし、物体Aは鉛直方向にのみ変位するものとする。重力加速度を $g$ として、以下の各問に答えよ。(30点)

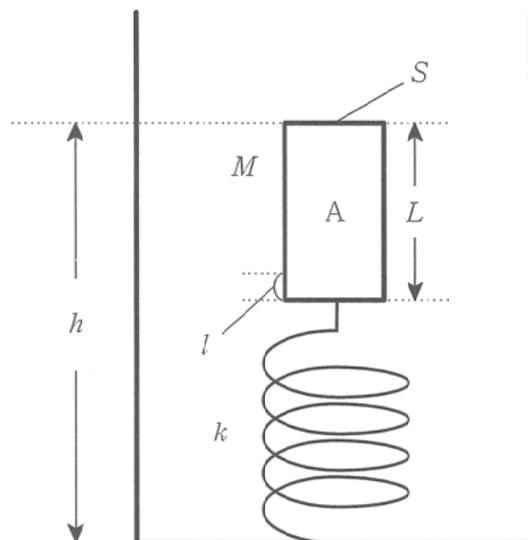


図2-I

問1 ばねの縮み $l$ を $k$ 、 $M$ 、 $g$ を用いて表せ。

質量 $\frac{M}{6}$ の小物体を、物体Aの上面に速さ $v$ で鉛直に1回だけ衝突させた。衝突の反発係数は $\frac{3}{4}$ であった。衝突直後の物体Aの速さを $V$ とする。

問2  $V$ は $v$ の何倍か。

問3 小物体の衝突後、図2-Iに示したつり合いの状態からのばねの縮みの最大値 $l_{\max}$ を、 $V$ を用いて表せ。

図2-Iに示した高さ $h$ まで密度 $\rho$ の液体を注ぎ入れたところ、図2-IIのように、物体Aはその上部が液面から $\frac{L}{4}$ だけ出た状態で静止した。

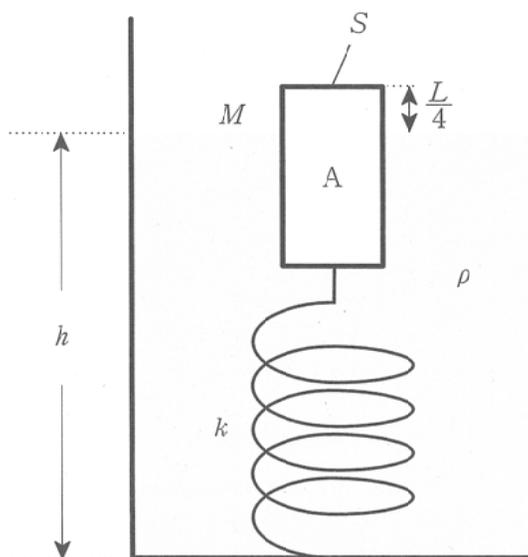


図2-II

問4 物体Aにはたらく浮力の大きさ $f$ を $\rho$ 、 $S$ 、 $L$ 、 $g$ を用いて表せ。

問5 物体Aにはたらく力のつり合いから、ばね定数 $k$ を浮力の大きさ $f$ を用いて表せ。ただし、ばねにはたらく浮力は無視できるものとする。

問6 物体Aの上面を大きさ $F$ の力でゆっくりと押したときに、物体Aが図2—IIの状態から沈む長さを $x$ とする。 $x$ と $F$ の関係は図2—IIIのどれになるか、記号(a)~(e)で答えよ。ただし、物体Aを沈めたときの液面の高さの変化は無視できるものとする。

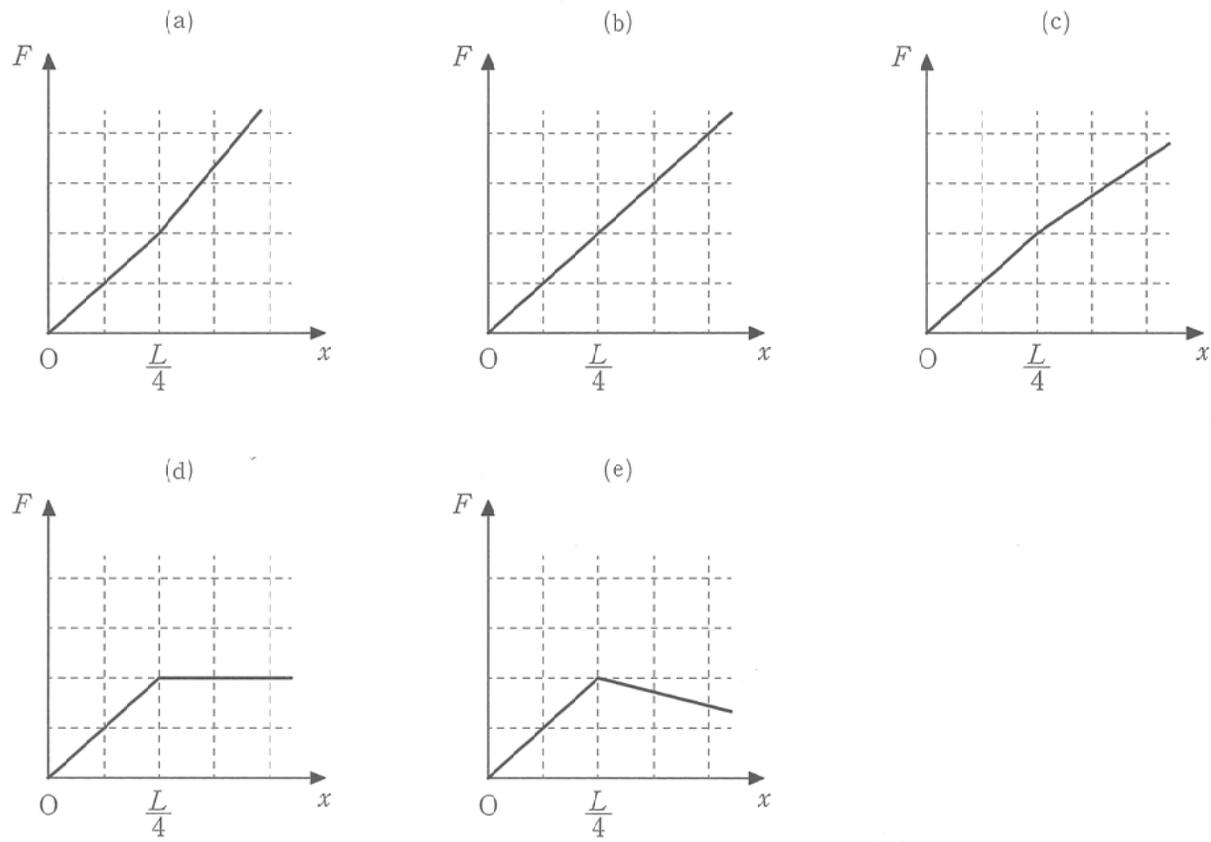


図2—III

問7 物体Aを $x = \frac{L}{4}$ だけ沈めるのに必要な力の大きさ $F$ は、図2—IIの状態( $x = 0$ )で物体Aにはたらく浮力の大きさ $f$ の何倍か。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(30点)

A 図3-Iのように, 起電力  $V$  の電池, 抵抗値  $R$  の抵抗, 極板間が真空のときの電気容量がそれぞれ  $C$  と  $2C$  の2つのコンデンサー, そしてスイッチ  $S_1$  と  $S_2$  からなる回路を考える。電池の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるとする。はじめに  $S_1$  と  $S_2$  は切っており, コンデンサーは真空中に置かれ, 電荷は蓄えられていないとする。

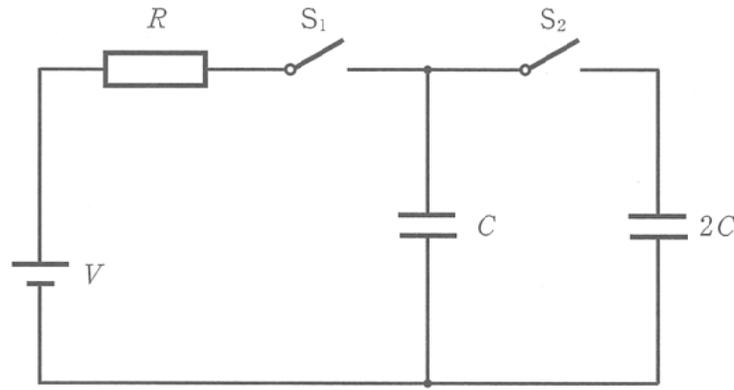


図3-I

問1 スイッチ  $S_1$  を入れた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。

問2 スイッチ  $S_1$  を入れて十分に時間が経過する間に抵抗で発生する熱量(ジュール熱)を求めよ。

次に, 図3-IIのように, コンデンサーの極板間になめらかにすきまなく入る比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体を用意する。

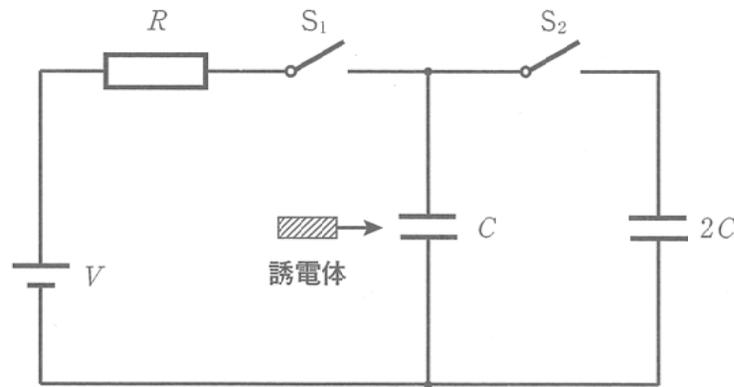


図3-II

問3 スイッチ  $S_1$  を入れて十分に時間が経過した後に  $S_1$  を切り, 図3-IIのように  $C$  のコンデンサーの極板間に誘電体を外力を加えながらゆっくり挿入した。挿入後のコンデンサーの静電エネルギーを求めよ。

問4 再びスイッチ  $S_1$  を入れた。  $S_1$  を入れた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。

問5 スイッチ  $S_1$  を入れて十分に時間が経過したのち,  $S_1$  を入れたまま誘電体を外力を加えながらゆっくり抜き出した。抜き出すのに必要な仕事を求めよ。ただし, ゆっくり抜き出すので, 回路に流れる電流は小さく, 抵抗で発生するジュール熱は無視できる。

問6 誘電体を抜き出した時点で  $C$  のコンデンサーに蓄えられている電気を  $Q$  とする。スイッチ  $S_1$  を切り, スイッチ  $S_2$  を入れて十分に時間が経過した。このとき, 電気容量が  $2C$  のコンデンサーに蓄えられている電気を  $Q$  を用いて表せ。

B 図3—Ⅲのように、 $xy$ 平面上に一辺 $l$ の正方形の閉回路KLMNがあり、辺LMには起電力 $E$ をもつ電池が挿入されている。電池の大きさは $l$ に比べて十分に小さく、電池の内部抵抗を含む閉回路全体の電気抵抗は $R$ である。電池を含む回路の各辺の質量は等しいものとする。 $xy$ 平面は水平であり、辺NK, MLが $x$ 軸に、辺KL, NMが $y$ 軸に平行になる配置を保ったまま、回路は $xy$ 平面上を $x$ 軸方向になめらかに動くことができる。辺KLの $x$ 座標を $x_K$ とする。 $x > 0$ の領域には、紙面に垂直で裏から表に向かう方向に、磁束密度 $B$ の一様な磁場(磁界)がかかっている。回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視することができる、回路は変形しないものとする。

回路全体が磁場の外にあるとき( $x_K < 0$ )、回路は一定の速さ $v_0$ で $x$ 軸の正方向に動いていた。その後も回路は $x$ 軸の正方向に進み、最初に辺KLが、次に辺NMが磁場の中に入った。

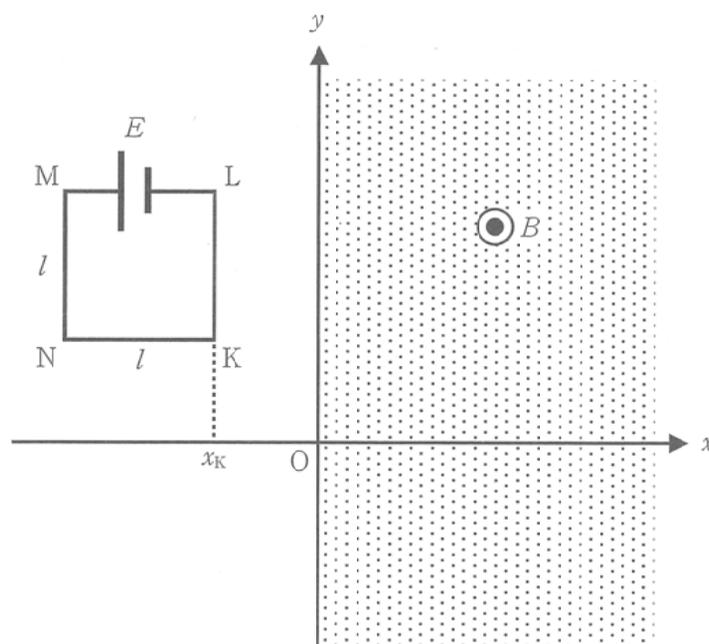


図3—Ⅲ

まず  $x_K < 0$  のときを考える。

問7 回路を流れる電流の大きさ $I_1$ を $E, R$ を用いて表せ。

次に、辺KLが磁場の中に、辺NMが磁場の外にあるとき( $0 < x_K < l$ )を考える。ある時刻に回路が速さ $v$ で $x$ 軸の正方向に動いており、辺KLをKからLに向かう向きに大きさ $I_2$ の電流が流れていたとする。このときKL間に生じた誘導起電力の大きさを $V_1$ とする。

問8  $V_1$ を $v, B, l$ を用いて表せ。

問9  $I_2$ を $E, V_1, R$ を用いて表せ。

問10 辺KLにはたらく力の大きさ $F$ を $I_2, B, l$ を用いて表せ。また、この力の向きを答えよ。向きは $x$ 軸の正方向、 $y$ 軸の負方向のように答えよ。

磁束密度 $B$ と $x_K < 0$ のときの速さ $v_0$ を任意に選べるとすると、 $0 < x_K < l$ のとき回路が減速するか、加速するか、あるいは等速で進むかは、 $B$ と $v_0$ に依存する。

問11 等速で進む場合、 $B$ と $v_0$ はどのような条件を満たすか。この条件を $E, B, v_0, l$ を含む等式の形で表せ。

最後に、任意の  $B$  と  $v_0$  を考え、回路全体が磁場の中に入ったとき ( $x_R > l$ ) を考える。

問12 回路を流れる電流と回路の運動について、次の(ア)~(エ)の中から正しいものを一つ選び、その記号で答えよ。

- (ア) 回路に電流は流れず、回路には全く力ははたらかないので、回路は一定の速さで  $x$  軸の正方向に進む。
- (イ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は加速しながら  $x$  軸の正方向に進む。
- (ウ) 回路に電流が流れるが、回路の各辺にはたらく力が釣りあうので、回路は一定の速さで  $x$  軸の正方向に進む。
- (エ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は減速しながら  $x$  軸の正方向に進む。

# 化 学

1 以下の各問に答えなさい。(16点)

問1 水素  $\text{H}_2$  と一塩化ヨウ素  $\text{ICl}$  が反応してヨウ素  $\text{I}_2$  を生じる気体反応 A は、以下の二つの反応 B と反応 C が順次段階的に進行する二段階反応である。反応 B と反応 C の反応速度はそれぞれの反応物の濃度に比例すること、およびヨウ化水素  $\text{HI}$  は生成速度に比べ消失速度がかなり大きいことが実験により知られている。

一般に多段階反応の反応速度は、その多段階反応に含まれる反応のうち遅い反応の反応速度に一致する。



- (1) 反応 A の反応式を答えなさい。
- (2) 反応 A について  $\text{ICl}$  の濃度を 3 倍にすると反応速度は何倍になるか答えなさい。

問2 容積 1.0 L の密閉容器内で 10.0 mol の黒鉛  $\text{C}$  と 1.0 mol の酸素  $\text{O}_2$  を反応させると、一酸化炭素  $\text{CO}$  と二酸化炭素  $\text{CO}_2$  が生じ、 $\text{O}_2$  は完全に消失した。密閉容器内の温度を  $670^\circ\text{C}$  に保つと、式①で表される平衡状態に達した。



- (1) 黒鉛  $\text{C}$  の燃焼熱は  $394 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{CO}$  の燃焼熱は  $283 \text{ kJ/mol}$  である。  
式①の正反応について  $\text{CO}$  1 mol あたりの反応熱を答えなさい。
- (2) 平衡状態の平衡定数は  $2.0 \text{ mol/L}$  である。平衡状態における  $\text{CO}$  の物質量を求めなさい。有効数字 2 桁とし 3 桁目を四捨五入して答えなさい。
- (3) 平衡状態に以下の操作(ア)と操作(イ)を行った。  
(ア)  $\text{CO}$  を加える                      (イ) 温度を下げる  
それぞれの操作によって平衡はどうか。次の(a)~(c)の中から選んで記号で答えなさい。  
(a) 正反応が進行する      (b) 逆反応が進行する      (c) 変わらない

2 以下の各問に答えなさい。(18点)

問1 酸化還元反応を原子の授受の立場からみてみよう。ある物質が  $\boxed{1}$  と化合したり、ある物質から  $\boxed{2}$  がうばわれたりしたとき、その物質は酸化されたという。しかしながら、 $\boxed{1}$  と  $\boxed{2}$  の授受が関わらない酸化還元反応も決してめずらしくはない。例えば、熱した銅 Cu は塩素  $\text{Cl}_2$  中で激しく反応して  $\text{CuCl}_2$  を生じる。この反応で Cu 原子は  $\boxed{3}$  を失い、Cl 原子は  $\boxed{3}$  を受け取っている。  
このように  $\boxed{1}$  や  $\boxed{2}$  が直接関係しない反応に対しても、 $\boxed{3}$  の授受によって酸化・還元を統一的に説明することができる。

上の文章中の  $\boxed{1}$  ~  $\boxed{3}$  の中に入る最も適切な語句をそれぞれ答えなさい。

問2 次の(ア)~(オ)の中から酸化還元反応であるものを全て記号で選び、対応する化学反応式をかきなさい。

- (ア) 金属ナトリウムは水と激しく反応する。
- (イ) 炭酸カルシウムを高温に熱すると酸化カルシウムに変化する。
- (ウ) 炭酸カルシウムに塩酸を加えると激しく反応し、気体を発生する。
- (エ) 硝酸銀水溶液に食塩水を加えると白色沈殿を生じる。
- (オ) 金属アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。

問3 シュウ酸マグネシウム  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を求めるために次の実験を行った。

操作1: 2.0 g の  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  を水 100 mL に加えて充分攪拌したあと静置し、溶けなかった  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  が全て沈殿するまで待った。

操作2: 操作1の透明な上澄み水溶液 10 mL を正確にはかりとり、これをコニカルビーカーに移し、1.0 mol/L 硫酸 20 mL を<sub>(a)</sub>  
加えた後 60℃程度に加熱した。

操作3: 操作2の水溶液に対して  $X$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定し、 $Y$  mL を滴下したところで反応の完結を<sub>(b)</sub>  
確認した。

(1) この反応における還元剤はなにか。下の(ア)~(カ)の中から選んで記号で答えなさい。

- (ア)  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$     (イ)  $\text{Mg}^{2+}$     (ウ)  $\text{MnO}_4^-$     (エ)  $\text{K}^+$     (オ)  $\text{SO}_4^{2-}$     (カ)  $\text{H}^+$

(2) 下線部(a)の操作に関し、1.0 mol/L 硫酸 20 mL ではなく 40 mL を加えて実験を行なった時、滴定量は何 mL になるか。

次の(ア)~(オ)の中から選んで記号で答えなさい。

- (ア)  $2Y$     (イ)  $\frac{1}{2}Y$     (ウ)  $Y$     (エ)  $\frac{3}{5}Y$     (オ)  $\frac{5}{3}Y$

(3) 下線部(a)の操作に関し、硫酸ではなく 1.0 mol/L 塩酸 20 mL を加えて実験を行なった。その時、滴定量は  $Y$  mL よりも多くなるか、少なくなるか、もしくは変わらないか。その理由も含めて 30 字以内で答えなさい。

(4) 下線部(b)の操作に関し、どのようにして反応の完結を知ることができるか。30 字以内で答えなさい。

(5)  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を  $X$ ,  $Y$  を含む式で表しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造式をかくときは、図 I の記入例にならってかきなさい。(16 点)

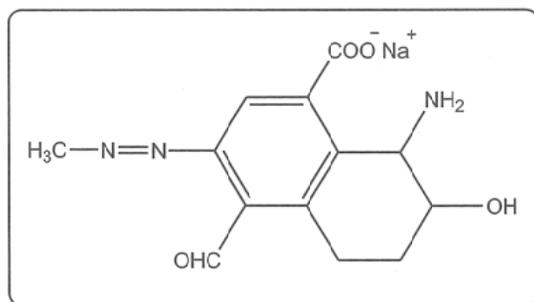


図 I

ベンゼンの水素原子 1 個をメチル基で置換した化合物には構造異性体は存在しないが、2 個の水素原子をメチル基で置換した場合、メチル基が結合する位置の違いによって 3 種類の構造異性体が存在する。(a) 一方、ナフタレンの水素原子 1 個をメチル基で置換した化合物には構造異性体が存在する。(b) ナフタレンの 2 個の水素原子をメチル基で置換すると構造異性体の数は増大する。

ベンゼンやナフタレンを原料にして、染料・着色料・指示薬として広く用いられる芳香族アゾ化合物がつくられる。アニリンを希塩酸に溶かし、5℃以下で亜硝酸ナトリウムと反応させるとジアゾニウム塩の塩化ベンゼンジアゾニウムが生成する(ジアゾ化)。また、*p*-アミノベンゼンスルホン酸ナトリウムをジアゾ化すると化合物 A が得られる。

ジアゾニウム塩にフェノール類や芳香族アミンを反応させるとアゾ化合物を生じる。たとえば、化合物 A とアニリンのアミノ基の水素原子 2 個をメチル基で置換した化合物 B を反応させると、化合物 B のパラ位水素が置換されたアゾ化合物が生成する。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えると酸塩基指示薬として知られる色素が得られる。(c) また、2-ナフトールを水酸化ナトリウム水溶液に溶かし、(d) それに塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を加えると、2-ナフトールの 1 位(ヒドロキシ基が結合した炭素と水素が結合していない炭素の両方に隣接する炭素)の水素が置換され、芳香族アゾ化合物の一種が生成する。

問 1 下線部(a)の構造異性体のうち、2 個のメチル基を酸化するとポリエチレンテレフタレート(PET)の原料になる異性体の化合物名と構造式をかきなさい。

問 2 下線部(b)について、2 個のメチル基の距離が最も遠い構造異性体の構造式をかきなさい。

問 3 下線部(b)の各構造異性体の 2 個のメチル基のみを酸化して得られる分子式  $C_{12}H_8O_4$  の各化合物を加熱すると、そのうちの 3 つは分子式が  $C_{12}H_6O_3$  の酸無水物を生じることが予想される。当てはまる酸無水物の構造式を全てかきなさい。

問 4 下線部(c)の色素名とナトリウム塩の構造式をかきなさい。

問 5 下線部(d)の化学反応式を、構造式を使ってかきなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(16点)

元素を原子番号の順に配列し、性質の似た元素を縦の列に配列した表を元素の周期表と呼ぶ。横の行は周期と呼ばれる。縦の列は族と呼ばれ、1族から18族で構成される。一般に、水素を除く1族は  , 17族は  , 18族は  と呼ばれる。

原子が他の原子と結びつくときに重要な働きをする最外殻電子を  と呼ぶ。原子が電子を取り入れて陰イオンになるとき、一般にエネルギーが放出される。このエネルギーを  という。

問1 上の文章中の  ~  に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 フッ素原子の電子式を元素記号と点(•)を用いてかきなさい。

問3 17族の元素の単体のうち、常温・常圧で液体のものは何か。化学式で答えなさい。

問4 ある理想気体について考える。27℃において体積が6.0Lであった。圧力一定で、体積を18Lにするには温度を何℃にするればよいか。その温度を答えなさい。

5 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(18点)

A～Gは第3周期の元素の酸化物であり、それらの性質は以下の通りである。

(酸化物A) 吸湿性をもつ白色粉末で、強力な乾燥剤として用いられる。水に溶かして加熱すると三価の酸を生じる。

(酸化物B) 刺激臭のある有毒な気体であり、水と反応して弱い酸を生じる。その水溶液には還元性がある。

(酸化物C) 酸化数+7の元素を含み、水と反応すると強酸を生じる。

(酸化物D) 水には不溶であるが、酸性水溶液にも強塩基性の水溶液にも反応して溶ける。

(酸化物E) 酸化数+1の元素を含む。水との反応により強塩基性の水溶液を与える。

(酸化物F) 塩基性酸化物であり、水には溶けにくいですが、酸と反応して塩を生じる。

(酸化物G) 水や強塩酸には溶けないが、フッ化水素酸とは反応する。また、酸化物Gと水酸化ナトリウムを混合して高温で融解すると塩を生じる。この塩に水を加えて加熱すると、粘性の大きい無色透明な液体が得られ、これを水ガラスという。

問1 酸化物A～Gをそれぞれ化学式で答えなさい。

問2 下線部(a)および(b)について、それぞれ化学反応式をかきなさい。

6 次の文章を読んで、各問に答えなさい。(16点)

自然界には、分子量が1万を超える高分子化合物が存在する。植物の種子などに存在するデンプンは、多数の  が  により結合して生成した重合体である。デンプンを酵素などでわずかに分解したものをデキストリンといい、デンプンよりもやや分子量が小さな多糖の混合物で、水に溶けやすく、粘着力が強いため接着剤(糊)に利用される。 の水溶液には還元性があり銀鏡反応を示すが、デキストリンの水溶液は還元性をほとんど示さない。<sup>(a)</sup> デキストリンの水溶液は  で、チンダル現象を示す。<sup>(b)</sup>

問1 上の  に当てはまる物質は何か。次の(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) スクロース                      (イ) フルクトース                      (ウ) グルコース                      (エ) ガラクトース

問2 上の  に当てはまる適切な語句は何か。次の(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 付加重合                      (イ) 脱水縮合                      (ウ) 付加縮合                      (エ) 開環重合

問3 下線部(a)の理由を50字以内で答えなさい。

問4 上の  に当てはまる適切な語句は何か。次の(ア)~(ウ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 会合コロイド                      (イ) 分子コロイド                      (ウ) 疎水コロイド

問5 下線部(b)はどのような現象か。30字以内で答えなさい。

問6 分子量が180の単糖0.18gを溶解した水溶液1000mLの浸透圧が $2.5 \times 10^3$  Paであった。同じ温度で、デキストリン2.0gを溶解した水溶液1000mLの浸透圧を測定したところ、500 Paであった。デキストリンの平均分子量を答えなさい。

## 生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

遺伝子の転写調節機構は、大腸菌における糖の利用の研究を通して初めて解明された。大腸菌は、グルコース(ブドウ糖)が含まれている通常の培地では、グルコースを優先的に代謝してエネルギー源としている。この時、ラクトース(乳糖)を分解して利用するための $\beta$ -ガラクトシダーゼ(ラクターゼ)などの酵素群は細胞内で作られていないため、大腸菌はラクトースを利用できない。一方、ラクトースを含むがグルコースは含まない培地で大腸菌を培養すると、細胞内で $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が速やかに合成され、結果的に大腸菌はラクトースを利用できるようになる。1961年、フランスの生物学者フランソワ・ジャコブとジャック・モノーは、この現象を説明する「 説」を提唱した。 とは、いくつかの酵素などの遺伝子とその発現を調節する遺伝子とを、ひとまとまりの単位として捉えたものである。ラクトース利用に関連する では、リプレッサー(抑制因子)と呼ばれる調節タンパク質が常に合成されている。ラクトース非存在下では、リプレッサーは 内の と呼ばれる特定の塩基配列と結合する。 は、転写を進行する酵素 が結合する塩基配列である と部分的に重なり合っている。そのため、リプレッサーが に結合した状態では、リプレッサーが障害物となって が に結合できない。その結果として、 内の $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が起こらず、それらの酵素が合成されない。一方、ラクトース存在下では、リプレッサーとラクトース代謝産物(アロラクトース)との結合が起こる。アロラクトースと結合したリプレッサーは分子の立体構造が変化してしまうため、 と結合することができない。障害物がなくなったことにより、 は に結合することができる。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が進み、ラクトースを利用するための一群の酵素が合成されることになる。

説は、原核生物である大腸菌についての研究に基づいて提唱されたが、基本的には真核生物の遺伝子の転写調節についても当てはまる。ただし、真核生物の転写調節はより複雑である。通常、真核生物の核のDNAは、 と呼ばれるタンパク質に巻きつけられており、全体の形としては糸でつなげたビーズのようになる。このビーズ状構造(ヌクレオソーム)のつながりが密に折りたたまれて 繊維と呼ばれる構造を形成する。細胞分裂中期において見られる染色体構造は、通常は核内に広がっている 繊維が一時的に高度に凝縮したものである。DNAが 繊維中でできつく折りたたまれた状態では、 がDNAに結合できないため、遺伝子の転写の際には、 繊維中のその遺伝子を含む領域がゆるくほどかかれなければならない。このような 繊維の折りたたみ・ゆるみの局所的な制御が、真核生物の遺伝子の転写調節に重要な役割を果たしている。また、真核生物の核内では、 と呼ばれるタンパク質が による転写の開始に必要とされる。 と とは複合体を形成して、転写する遺伝子の に結合する。

問1 文章中の ～ に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 イソプロピル- $\beta$ -チオガラクトピラノシド(IPTG)は、アロラクトースと類似した分子構造をもつ物質であり、アロラクトースと同様にリプレッサーと結合することができる。IPTGはラクトースとは異なり、 $\beta$ -ガラクトシダーゼによる分解は受けない。グルコース培地(グルコースを含むが、ラクトースは含まない培地)で大腸菌を培養し、培養の途中で菌をラクトース培地(ラクトースを含むが、グルコースは含まない培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は増加する。その後、細胞内で合成された $\beta$ -ガラクトシダーゼによってラクトースが使い尽くされるため、アロラクトースも減少し、リプレッサーの機能が回復する。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は減少に転じ、最終的には転写されなくなる。

では、グルコース培地で培養した大腸菌をIPTG培地(グルコースおよびラクトースを含まず、IPTGを含む培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は時間経過とともにどのように変化すると推定されるか。そのように推定される理由も含めて100字以上150字以内で説明しなさい。

問3 ラクトースの有無に関係なく、常に $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されてしまう大腸菌の突然変異株が得られた。この突然変異株のリプレッサーをコードしている遺伝子の領域を調べたところ、突然変異は見られなかった。突然変異は大腸菌ゲノム中のどの領域内にあると推定されるか、答えなさい。また、その突然変異はどのような性質のもので、なぜそれによってラクトースが無くても $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されるのか、100字以上150字以内で説明しなさい。

問4 多細胞の真核生物では、細胞の種類に応じて選択的に発現する遺伝子が多数存在する。このような選択的遺伝子発現に関して、以下の文の  ,  に入る語句の組み合わせとして適切なものを(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

「ヒトの  (細胞の種類)では、  (タンパク質)の遺伝子が選択的に発現する。」

記号	A	B
(ア)	筋細胞(筋繊維)	ミオシン
(イ)	赤血球	ペプシン
(ウ)	リンパ球のB細胞	クリスタリン
(エ)	すい臓のランゲルハンス島B細胞	インスリン
(オ)	血小板	免疫グロブリン

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

沖縄の海岸を歩いていると、岩にたくさんの穴があいていることに気がつく。その穴をのぞいて見ると、それぞれの穴には硬いトゲを持ったナガウニが潜んでいることに気がつく。ナガウニは、夏になると一斉に海水中に多量の精子と卵を放出する。海水中に放出された精子は、鞭毛を動かして、一斉に卵に向かって泳ぎだす。そのうち精子が卵の表面に到達すると、精子の頭部が突起状に伸びて、その突起の中身が放出される。さらに、精子は卵の [ 1 ] 層の下にある [ 2 ] 膜を通過し、 [ 3 ] 膜に接する。すると [ 2 ] 膜と [ 3 ] 膜の間に表層粒の中身が放出され、 [ 2 ] 膜は [ 3 ] 膜から離れて硬くなり、受精膜となる。その後、卵内に侵入した精子の核は、卵の核と融合した後、細胞分裂が開始される。8細胞期になると、動物極側の細胞では [ 4 ] <sup>(d)</sup>、植物極側では [ 5 ] <sup>(e)</sup> が起き、16細胞期へと発生が進む。さらに原腸胚期になると、植物極側の細胞が陥入し、原腸が形成される。

問1 文章中の [ 1 ] ~ [ 5 ] に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部(a)および(b)の反応を何と呼ぶか、それぞれ答えなさい。

問3 下線部(c)の膜の機能を20字以内で説明しなさい。

問4 下線部(d)にある精子を20個と卵を20個得るには、第一次精母細胞および第一次卵母細胞は、それぞれ何個必要か答えなさい。ただし、すべての細胞は発生の過程で死亡しないと仮定する。

問5 第一次卵母細胞の染色体数が $2n = 20$ である時、卵は何通りの異なる染色体の組み合わせを持つ可能性があるか、正しい答えを(ア)~(カ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。ただし、今回は染色体間の組換えは起こらないと仮定する。

(ア)  $2^{10}$     (イ)  $10^2$     (ウ)  $20^2$     (エ)  $2^{20}$     (オ)  $5^2$     (カ)  $5^{10}$

問6 下線部(e)について、以下の4つの実験を行った。これら4つの実験結果をもとに(1)~(3)の問いに答えなさい。

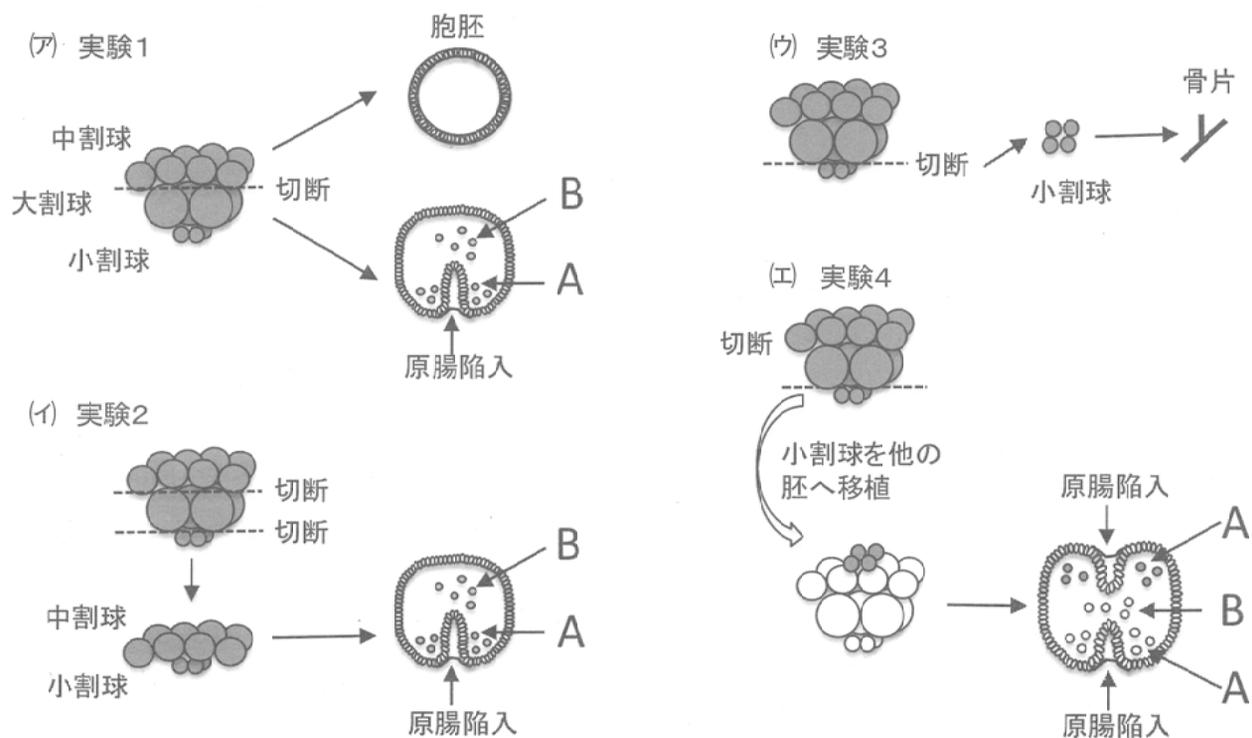
【実験1】 通常、16細胞期胚の8個の中割球からは表皮や神経、4個の大割球からは消化管や筋肉、4個の小割球からは骨片が形成される。この16細胞期胚の中割球と大割球との間で胚を切断し、それぞれの部分胚を発生させた(図I(ア))。その結果、8個の中割球を含む部分胚は、外胚葉のみからなる胞胚期で発生が停止した。一方、4個の大割球と4個の小割球を含む部分胚では、植物極側に小割球由来の細胞Aが生じた。さらに内胚葉由来の原腸が陥入した後、原腸の先端から細胞Bが生じた。

【実験2】 16細胞期胚の中割球と大割球との間、さらに大割球と小割球との間で胚を切断し、中割球8個に4個の小割球をくっつけた(図I(イ))。この胚を発生させたところ、原腸の陥入が観察された。また細胞AとBがともに観察された。

【実験3】 16細胞期胚の小割球と大割球との間で胚を切断し、小割球を発生させたところ、骨片が形成された(図I(ウ))。

【実験4】 16細胞期胚の植物極側の小割球を実験的に切断し、他の胚の動物極側にある中割球上に小割球を移植した(図I(エ))。この胚を発生させたところ、通常は植物極側でのみ見られる原腸陥入が動物極側でも見られた。また細胞AとBがともに観察された。

- (1) 実験1の図I(ア)で示す細胞Aおよび細胞Bの名称をそれぞれ答えなさい。
- (2) 細胞Aおよび細胞Bが分類される胚葉の名称をそれぞれ答えなさい。
- (3) 実験1, 2, 3, 4の結果をもとに、実験4では動物極側においても原腸陥入が起こった理由を60字以内で説明しなさい。



図I ウニの16細胞期胚を用いた実験

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

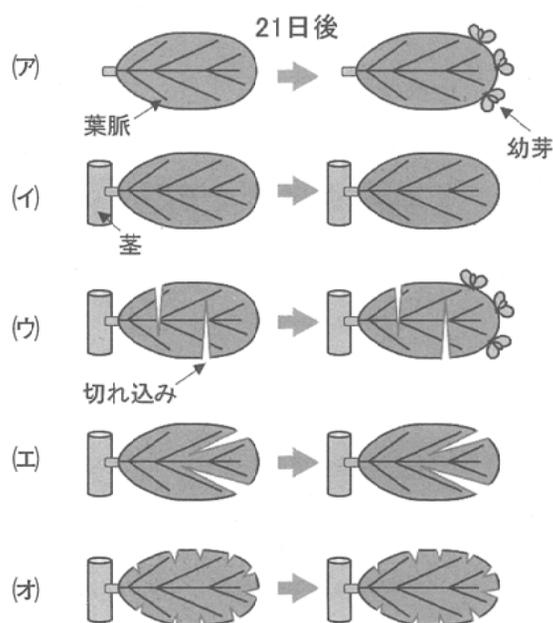
光合成の最初のステップでは、葉緑体の反応中心である [ 1 ] がチラコイド膜上で光を吸収し、エネルギーを得た電子によって酸化還元反応が起こる。この [ 1 ] が関与する一連の反応を [ 2 ] 反応という。電子伝達に伴った [ 3 ] 輸送でチラコイド膜内腔に濃縮された [ 3 ] の濃度勾配により、ATPが生産される。このATP生産の過程は [ 4 ] と呼ばれる。一連の反応によって生成されたNADPHとATPは葉緑体内部の [ 5 ] へ運ばれ、カルビン・ベンソン回路での二酸化炭素の固定に利用されると、最終的に糖が合成される。

カルビン・ベンソン回路で二酸化炭素固定を触媒する酵素である [ 6 ] は、二酸化炭素の代わりに酸素と結合する反応も同時に触媒するため(光呼吸)、低い二酸化炭素濃度下では [ 6 ] の二酸化炭素固定能力が低下し、光合成効率が下がる。一般に、植物は高温・乾燥環境下の日中は気孔を閉じることが多く、植物内の二酸化炭素濃度の低下に伴う光合成効率の低下が著しい。しかし高温・乾燥地域に多く生育するC<sub>4</sub>植物は、高温・乾燥環境下でも有効に二酸化炭素を濃縮するC<sub>4</sub>回路を発達させている。この回路では、まずホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼという酵素が二酸化炭素を [ 7 ] 細胞で固定し、C<sub>4</sub>化合物であるオキサロ酢酸に変える。このオキサロ酢酸から変換されたリンゴ酸が [ 8 ] 細胞へ運ばれ、リンゴ酸からピルビン酸が生成されると同時に二酸化炭素の放出が起こる。放出された二酸化炭素は [ 8 ] 細胞のカルビン・ベンソン回路で [ 6 ] によって再度固定される。一方、ピルビン酸は [ 7 ] 細胞へ戻り、ATPを消費する反応によって、ホスホエノールピルビン酸に再生される。

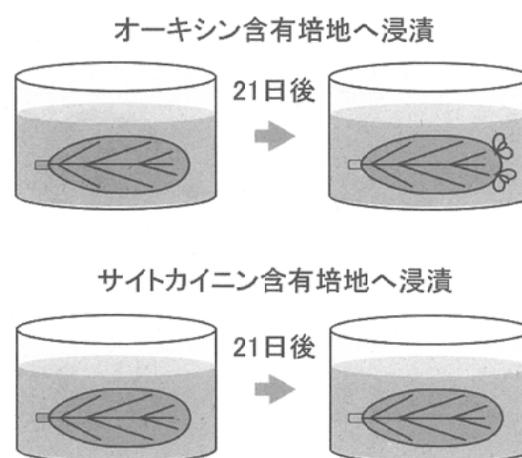
C<sub>4</sub>植物と並んで高温・乾燥条件に適応した植物としてCAM植物があり、その代表的な種であるセイロンベンケイが近年、沖縄で野生化している。この種は「ハカラメ(葉から芽)」という俗称が示す通り、ある条件下では葉から無性的に幼芽が形成される。そこでセイロンベンケイを用いて、以下の2つの実験を行った。

【実験1】 葉だけを植物本体から切り離すと21日後には葉の周縁部に幼芽を形成するが(図Ⅱ(ア))、茎と葉を併せて切り出した場合には幼芽の形成が起こらなかった(図Ⅱ(イ))。さらに茎を伴う葉に様々な切れ込みを入れてみると、切れ込みのパターンによって幼芽形成の有無に変化が見られた(図Ⅱ(ウ)~(オ))。

【実験2】 茎から切り離した葉をそれぞれオーキシシンとサイトカイニンを含む培地に浸けたところ、オーキシシン含有培地では図Ⅱ(ア)と同様に幼芽が形成されたのに対し、サイトカイニン含有培地では図Ⅱ(イ)と同様に幼芽の形成が見られなかった(図Ⅲ)。



図Ⅱ 実験1



図Ⅲ 実験2

\*これらの実験は Kulka (2006) を参考にした。

問1 文章中の 1 ~ 8 に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部(a)の理由を20字以内で説明しなさい。

問3 C<sub>4</sub>植物とCAM植物を(ア)~(キ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。

- |           |            |         |          |
|-----------|------------|---------|----------|
| (ア) ダイズ   | (イ) サツマイモ  | (ウ) イネ  | (エ) サボテン |
| (オ) サトウキビ | (カ) ホウレンソウ | (キ) コムギ |          |

問4 C<sub>4</sub>植物ではなぜ大気中からの二酸化炭素の取りこみとカルビン・ベンソン回路による二酸化炭素の固定が異なる細胞で行われるのか。正しいと思われる文章を(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 有機物の輸送を簡便にするため。
- (イ) 大気から流入する酸素による光呼吸を防ぐため。
- (ウ) 強光による酵素のダメージを防ぐため。
- (エ) ATPの消費を抑えるため。
- (オ) 2つの炭素固定酵素を競合させないため。

問5 CAM植物の特徴であるベンケイソウ型代謝(CAM)について、誤りと思われる文章を(ア)~(エ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 水の損失を最小限にすることを目的とした代謝である。
- (イ) 二酸化炭素は一時的にC<sub>4</sub>化合物として貯蔵される。
- (ウ) 二酸化炭素の固定と還元は別々の細胞で行われる。
- (エ) 夜間に気孔を開いて二酸化炭素を吸収する。

問6 下線部(b)について、実験1の図II(ウ)でのみ幼芽が形成された理由を30字以内で説明しなさい。

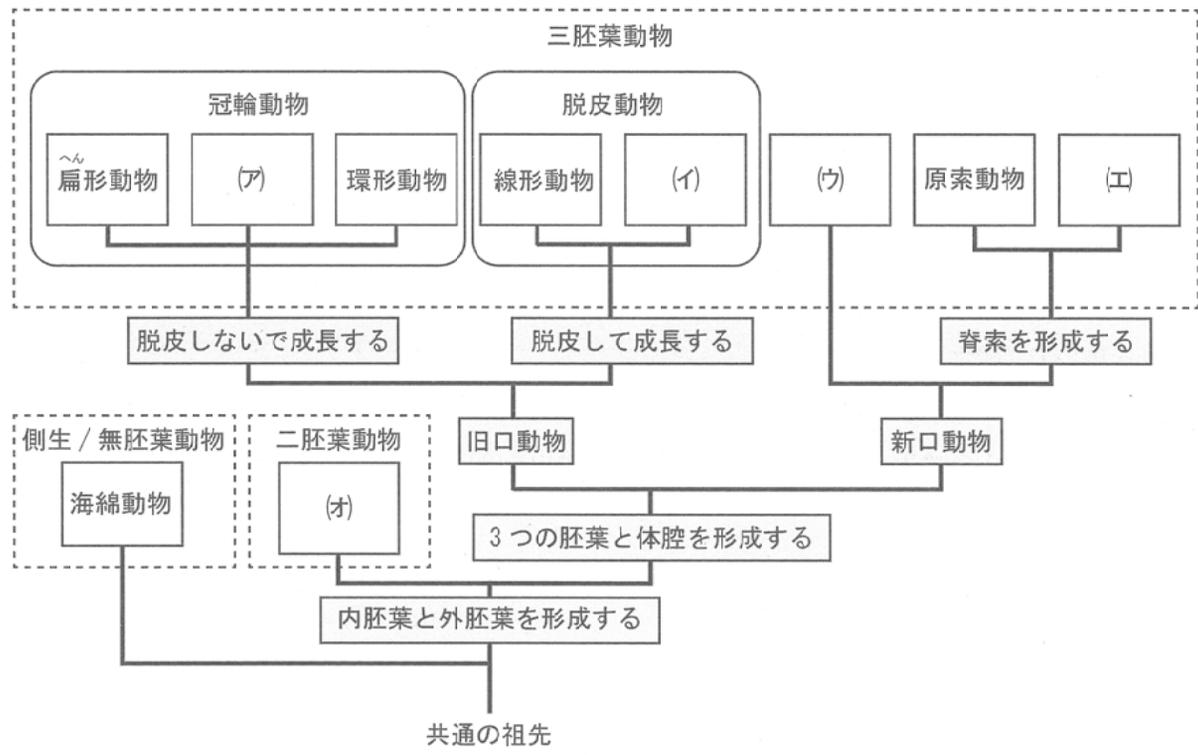
問7 実験1および実験2から考えられる幼芽の形成開始の仕組みを50字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

家族旅行で沖縄にきたミチオ君は、サンゴ礁の海に潜ってみることにした。海底に固着したカイメン、<sup>(a)</sup>イソギンチャクとその触手の間を泳ぐ<sup>(b)</sup>クマノミ、そして大きな魚の体表面を忙しく動き回っている小さな<sup>(c)</sup>エビなどがいた。砂の上には細長い<sup>(d)</sup>ナマコが横たわっていた。目線を上に向けるとイカ<sup>(e)</sup>の群れがいた。

ミチオ君は、浅瀬に住んでいる生物の色彩を楽しんだ後、少し深いところに潜ってみた。彼は、<sup>(f)</sup>浅瀬でみられた生物の色が深場では青みがかったことに気づいた。赤い光は水に吸収されやすく、青い光は吸収されにくい性質があるので、同じ生物でも深度によって見え方が変わってくるのである。ミチオ君は海の中の洞窟に入ってみた。最初は暗く感じて何も見つけられなかったが、目が慣れるにしたがっていろいろな生物<sup>(g)</sup>を見つけれられるようになってきた。洞窟で見られる生物の色の判別は明るいところよりも難しくなっているようだ。ミチオ君はサンゴ礁でのダイビングを満喫したが、<sup>(h)</sup>長く潜っていると寒くなってきた。サンゴ礁は生物多様性のパラダイスだと実感して、今日のダイビングを終えることにした。<sup>(i)</sup>

問1 文章中の下線部(a)~(e)の動物は図IVの系統樹上のどこに属するのか。分類される最も適切な記号を図IVの(ア)~(オ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。また、それぞれの分類群の名前を答えなさい。



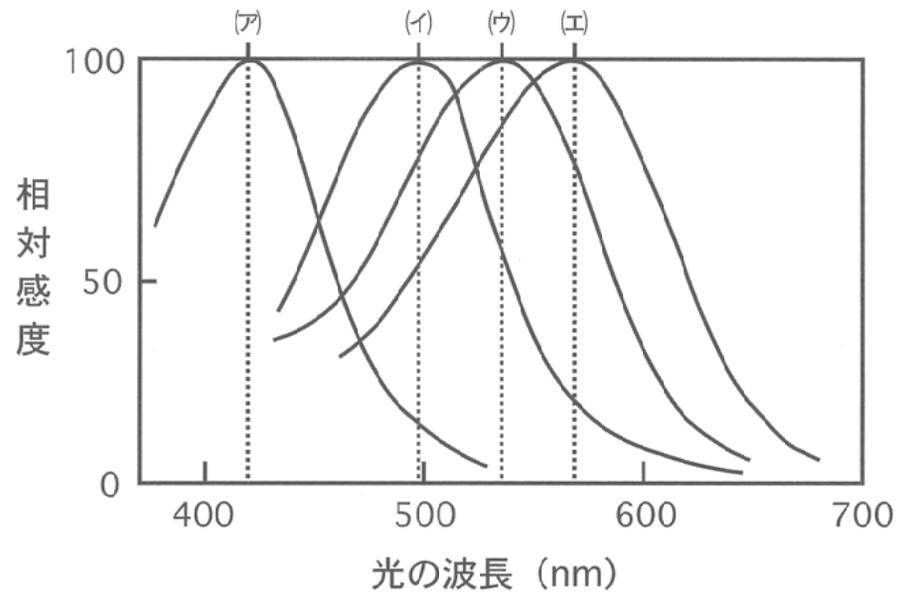
図IV 動物の系統樹

問2 下線部(f)について、(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 次の文章中の [ 1 ] ~ [ 5 ] に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

ヒトの眼でカメラのレンズに相当するのが [ 1 ] で、フィルムに相当するのが [ 2 ] である。[ 2 ] には錐体細胞と桿体細胞の2種類の視細胞があり、これらの視細胞で光刺激を受容する。ヒトは赤色、緑色、青色を識別する3種類の錐体細胞を持っている。ヒトが識別できる色は、これらの錐体細胞がどのような割合で反応するかによって決定される。桿体細胞は視物質として [ 3 ] をもっている。[ 3 ] は [ 4 ] と呼ばれるタンパク質に、ビタミンAの一種である [ 5 ] が結合したものである。[ 3 ] に含まれる [ 5 ] は光を受けると化学構造が変化し、これが [ 4 ] の立体構造の変化をもたらして脳へと興奮が伝えられる。

(2) ヒトの赤色、緑色、青色の錐体細胞に相当する相対感度を図Vの(ア)~(エ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。



図V ヒトの視物質と相対感度

問3 下線部(g)と(h)について、(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) 下線部(g)のような現象を何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 下線部(g)のような現象が起こる仕組みを、視細胞の性質を考慮して70字以内で説明しなさい。
- (3) 下線部(h)のような現象が起こる理由を、視細胞の性質を考慮して50字以内で説明しなさい。

問4 下線部(i)について、ヒトなどの恒温動物では体温がほぼ一定に保たれている。寒いときに起こる体温調節の仕組みについて150字以内で説明しなさい。

# 地 学

1 図 I は、ある地域の地質平面図である。図中の数値は標高(m)を示している。この図について以下の各問に答えなさい。(25 点)

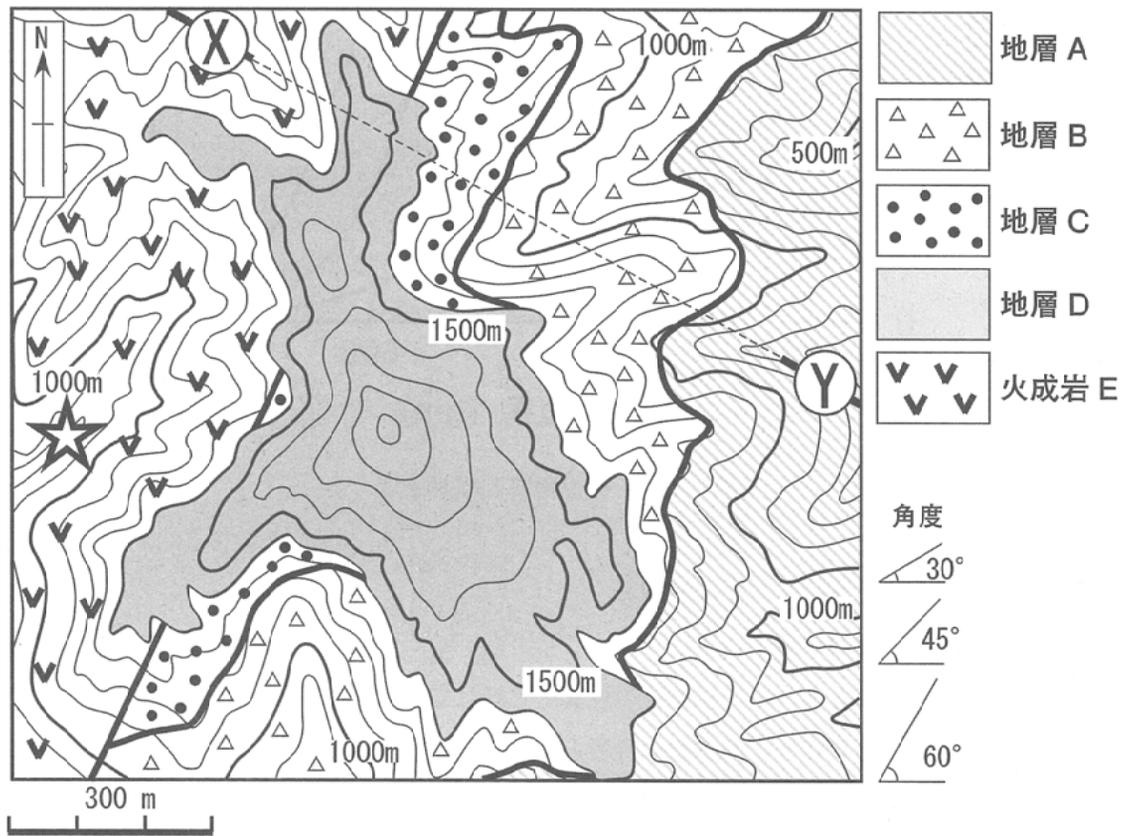


図 I

- 問1 地層 A と地層 B の地層境界の走向と傾斜を答えなさい。
- 問2 地層 A には片理の発達した結晶片岩が含まれていた。偏光顕微鏡で観察すると石英、ひすい輝石、らん晶石、白雲母などが確認され、低温高压型変成作用を受けたことが明らかになった。このような岩石は一般にどのような場所で形成されるか答えなさい。
- 問3 地層 B には変成したチャートや枕状溶岩が、片理の発達した泥岩中にブロックまたはレンズ状に包有されていた。これらの岩石は海洋プレート上で形成された可能性が高い。チャートと枕状溶岩はそれぞれどのような過程を経て形成されたのか答えなさい。
- 問4 地層 C は砂岩と泥岩が交互に積み重なった混濁流(もしくは乱泥流)堆積物であることが明らかになった。この堆積物はどのような場所で、どのように形成されたのか答えなさい。
- 問5 地層 D の最下部には地層 A ~ C 及び火成岩 E を起源とする礫が含まれていたが、軽石、火山灰から構成された火砕流堆積物であった。この火砕流とはどのような現象か、答えなさい。またそのマグマの特徴についても答えなさい。
- 問6 火成岩 E は岩床であり、図中の星印(☆)の川の下流から上流に向かって、かんらん石と斜長石を含む火成岩、斜方輝石と斜長石を含む火成岩、角閃石と斜長石を含む火成岩へと連続的に変化していく様子が観察された。このような岩石の変化から予想されるマグマの分化について説明しなさい。また、斜長石の組成の変化についても答えなさい。
- 問7 図 I の X-Y 間の地質断面図を作図しなさい。また、断面図に基づいて、この地域の地史について 200 字程度で説明しなさい。なお、地層 A の結晶片岩に含まれる白雲母からは 7000 万年前の K-Ar 年代、地層 B および C からペルム紀からジュラ紀の放散虫化石、火成岩 E の角閃石からは 3000 万年前の K-Ar 年代がそれぞれ得られている。

2 次のAおよびBの各問に答えなさい。(25点)

A. 次の文について各問に答えなさい。

1年は、地球が公転運動によって太陽の周囲を一周する時間、言い換えれば地球から見て、太陽が天球上の黄道を1周する時間と定義される。一方、1日の長さは、平均太陽が南中してから次に南中するまでの時間と定義される。<sup>(1)</sup>

1年と1日をこのように定義すると、1年の長さは365.2422日であり、1日の長さで割り切れない。すなわち、太陽が春分点を通過してから365日経過しても、太陽はまだ春分点に到達せず、春分点に到達するまでにはあと  $a$  日を要する。4年(365日を4回)を経過すると、そのずれは  $b$  日となる。そこで、暦と実際の季節とがかけ離れることを防ぐために、4年に1回うるう年を設け、1年を366日として調節することとした。

しかしそのようにすると、1年目のある日に太陽が春分点を通過してから、暦の上での4年後(365日を3回、366日を1回)に太陽が春分点に到達するまでの間に、 $c$  日のずれが生じる。このずれは、暦の上での400年で約  $A$  日に相当する。そこで、このずれを解消するために、暦の上での400年で  $A$  回うるう年を減らす工夫をしている。具体的には、西暦年の数が100の倍数でない年と、100の倍数の年に分け、100の倍数でない年の場合は4で割り切れる年をうるう年とし、100の倍数の場合は400で割り切れない年を平年とし、400で割り切れる年をうるう年と定めている。このような現行の暦はグレゴリオ暦と呼ばれている。

ここで、グレゴリオ暦の誤差を見積もってみることにする。グレゴリオ暦での400年間の日数は  $I$  日であり、地球が軌道上を400回公転する日数は  $d$  日である。従って、軌道上で暦に従った位置と実際の地球の位置が1日分ずれるのに約  $U$  年かかることがわかる。

問1  $A$ ～ $U$ に当てはまる整数、および  $a$ ～ $d$ に当てはまる数を答えなさい。なお、 $I$ 、 $U$ 、 $d$ については、計算の過程も記すこと。

問2 下線部(1)について、平均太陽は天の赤道上一様な速さで1年間に1周する仮想的な太陽であり、見かけの太陽の運動とは一致しない。その理由を2つ述べなさい。

B. 木星の四大衛星(ガリレオ衛星)は5～6等級の明るさであり、小型望遠鏡でも観察が可能である。いずれも円に近い軌道で木星のまわりを公転し、その公転周期は表Iのとおりである。また、これらの衛星の軌道面は木星の赤道面にほぼ一致している。これらの衛星について、次の各問に答えなさい。

衛星名	木星をまわる公転周期(日)
イオ	1.77
エウロパ	3.55
ガニメデ	7.16
カリスト	16.7

表I

問3 カリストの軌道長半径はガニメデの軌道長半径の何倍か。次の中から最も近いものを選び、記号で答えなさい。

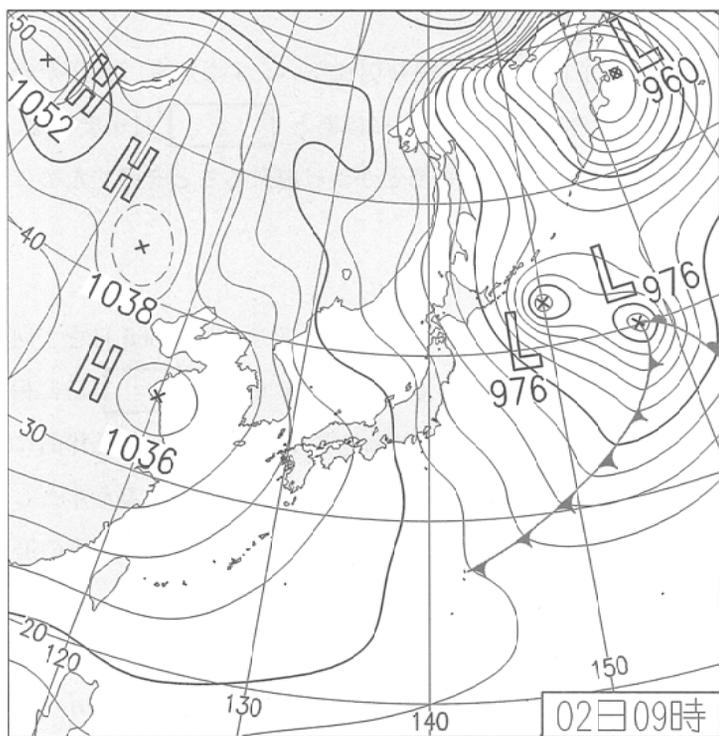
- a 約1.3倍                      b 約1.8倍                      c 約2.3倍                      d 約2.8倍

問4 木星中心・エウロパ・カリストの位置関係が、この順に一直線に並んでから次に同様に一直線に並ぶまでの日数について、次の中から最も近いものを選び、記号で答えなさい。計算の過程も記すこと。

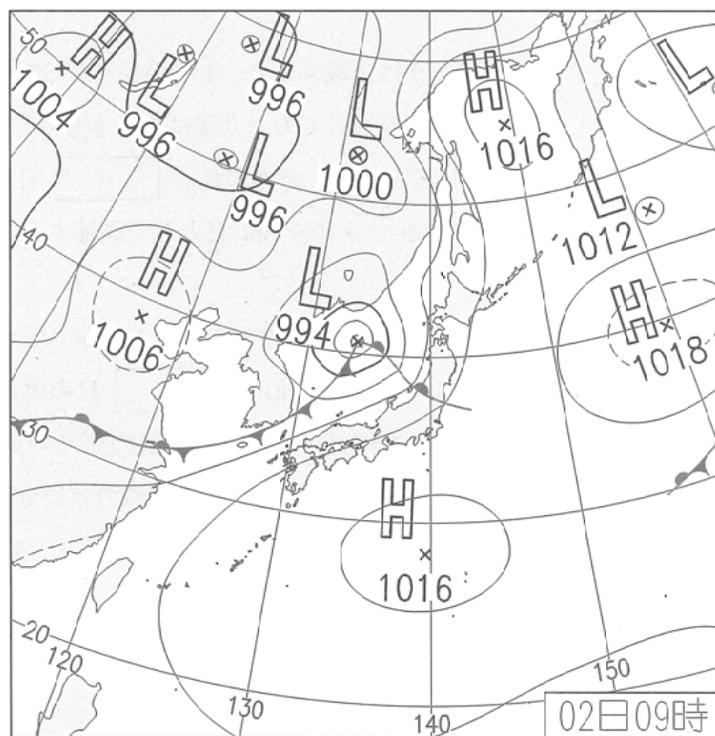
- a 約2.0日                      b 約3.5日                      c 約4.5日                      d 約12.5日

3 次のA、BおよびCの各問に答えなさい。(25点)

A. 図Ⅱ、Ⅲは、気象庁による平成28年7月2日と平成29年2月2日の日本付近の地上天気図である。これらの図について、以下の各問に答えなさい。



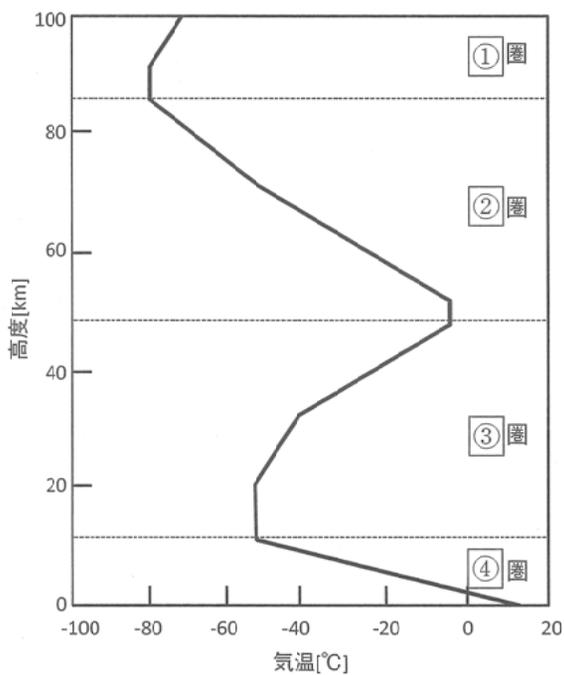
図Ⅱ



図Ⅲ

- 問1 図Ⅱ、図Ⅲは、それぞれ上記のどちらの年月日のものであるか答えなさい。また、そのように判断した理由を答えなさい。  
 問2 温帯低気圧は、しばしば温暖前線や寒冷前線をともなうが、熱帯低気圧はこれらの前線をともなわない。その理由を答えなさい。

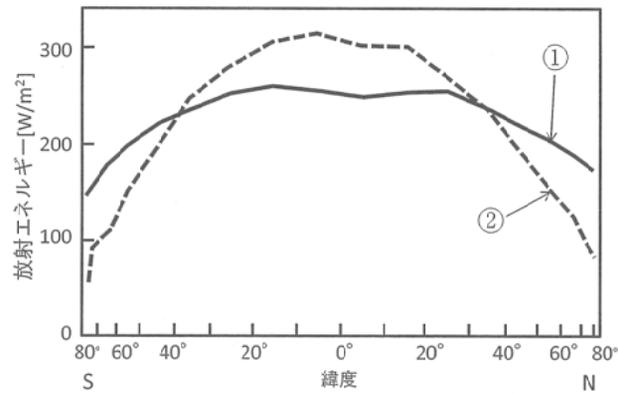
B. 図Ⅳは、大気の高さと気温の関係を表している。この図について、以下の各問に答えなさい。



図Ⅳ

- 問3 ①～④に当てはまる語句を記入しなさい。  
 問4 ③において高度の上昇とともに気温が上昇している理由を答えなさい。

C. 図Vは緯度と太陽放射の吸収量および地球放射の放射量の関係を表している。この図について、以下の各問に答えなさい。



図V

問5 図Vの①と②は、太陽放射の吸収量と地球放射の放射量を表している。①、②はそれぞれどちらか答えなさい。また、そのように考えた理由を答えなさい。

問6 放射収支について次の空欄に適切な語句を記入しなさい。

「熱収支が図Vのような放射収支だけで決まるとすれば、極側の気温は  続けることとなる。その偏りを是正するように、大気には低緯度での南北循環である  循環と中～高緯度での  が存在し、赤道域から極域への  が行われる。」

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

宇宙は今から約137億年前に、無の状態から急激に膨張して、1と呼ばれる爆発によって始まった。1により、素粒子、陽子や中性子、2原子核ができた。その後、宇宙の晴れ上がりが起こり、宇宙は水素と2のガスで満たされた。その後も、①宇宙は冷却・膨張し続け、銀河が誕生し、星の誕生と消滅が繰り返された。

そして46億年前になると、天の川銀河の一端で、水素と2を主成分とするガスや固体の塵からなる星間雲が収縮し、中心部に原始太陽が誕生した。②中心部の温度が1000万ケルビン以上になると、水素の核融合反応が始まった。中心の原始太陽に取り込まれなかった周りのガスや塵は回転して収縮しながら、薄い円盤状に集積していき、直径1～10キロメートル程度の微惑星が多数誕生した。これらの微惑星が衝突と合体を繰り返し、より大きな原始惑星が形成された。特に太陽に近いところでは原始地球を含む3型惑星が、遠いところには4型惑星が形成された。

原始地球では、その後も微惑星の衝突が続いた。この衝突で生じた熱により、地球の表面が溶けてマグマになり地表を覆った。この状態を5と呼ぶ。5の中で③重い金属成分は中心に沈んで核となり、その周りを軽い岩石成分(マントル)が取り囲む層構造が形成された。また、気体となる成分は内部から抜け出て原始大気を形成した。そのため、④原始大気の組成は現在の組成とは大きく異なっていた。微惑星の衝突が少なくなり、地表が冷えると、表面は地殻に覆われた。地球上に存在する最古の岩石は40億年前の変成岩である。この原始地球誕生から40億年前までを6代と呼ぶ。

その後、38億年前には原始海洋が誕生した。この原始海洋の中で、遅くとも35億年前には生命が誕生したと考えられる。この生命の材料として必要な7は多くの起源からなると考えられている。そして、27億年前にシアノバクテリアが誕生した。その痕跡はドーム型で断面が層状構造を示す8という化石に残されている。⑤このシアノバクテリアの活動により海洋環境が大きく変わり、その後の25～20億年前に縞状鉄鉱層が形成された。このような初期の生命が発生した40億年前から25億年前までを9代と呼ぶ。

25億年前から5.42億年前までを10代と呼ぶ。10代には何度か地球表層が極端に寒冷化し、地球のほぼ全体が氷に覆われた事象が起きた。これを11という。最初の11は23～22億年前に起きた。その後、12億年前に真核生物が進化した。また7.5～6億年前にも11が起きて、その後⑥大型のかたい組織をもたない多細胞生物が出現した。このため、11と初期生物の進化との関係が議論されている。

問1 空欄 1 ～ 12 に当てはまる語句または数字をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部①について、宇宙が冷却・膨張している証拠として不適當なものを(ア)～(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(ア) ハッブルの法則 (イ) 3K宇宙背景放射 (ウ) 赤方偏移 (エ) フラウンホーファー線

問3 下線部②について、この段階に達した恒星を何というか答えなさい。また、どのような状態にあるのか、以下の語句をすべて用いて100字以内で答えなさい。

重力 圧力 収縮 膨張

問4 下線部③について、核とマントルを構成する主要な元素をそれぞれ2つ答えなさい。

問5 下線部④について、原始大気と現在の大気との組成の違いを50字以内で答えなさい。

問6 下線部⑤について、シアノバクテリアの誕生によって、海洋環境がどのように変わり、そのことが縞状鉄鉱層の形成にどのように関与したのか、100字以内で答えなさい。

問7 下線部⑥について、代表的な生物群(化石群)は何か、答えなさい。

問8 地球に生命が誕生した条件の一つとして、液体の水(海洋)の存在が挙げられる。地球に液体の水が存在する理由について50字以内で答えなさい。

1

- ①  $2\frac{v}{g}$       ②  $\frac{(ev)^2}{2g}$       ③  $\frac{M_1M_2}{M_1+M_2}a$       ④  $V + \frac{m}{M_1+M_2+m}v$
- ⑤  $\frac{3}{2}R(T_1 - T_2)$       ⑥  $RT_1 \log \frac{V_C}{V_A}$       ⑦ 回折      ⑧ 干渉
- ⑨ エ      ⑩ 才      ⑪  $\frac{a}{L}\Delta x$       ⑫  $\omega L$
- ⑬  $\frac{1}{\omega C}$       ⑭ 才      ⑮ 電磁波      ⑯ イ
- ⑰ 0.3      ⑱  $\gamma$ 線      ⑲  $\alpha$ 線      ⑳ 質量数

2

- 問1  $l = \frac{Mg}{k}$       問2  $\frac{1}{4}$  倍      問3  $l_{\max} = \sqrt{\frac{M}{k}}V$
- 問4  $f = \frac{3}{4}\rho SLg$       問5  $k = \frac{4}{L}f$       問6 c
- 問7  $\frac{4}{3}$  倍

3

- A 問1  $\frac{V}{R}$       問2  $\frac{1}{2}CV^2$       問3  $\frac{1}{2\epsilon_r}CV^2$
- 問4  $\frac{V}{R}\left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right)$       問5  $\frac{1}{2}(\epsilon_r - 1)CV^2$       問6  $\frac{2}{3}Q$
- B 問7  $I_1 = \frac{E}{R}$       問8  $V_1 = vBl$       問9  $I_2 = \frac{E - V_1}{R}$
- 問10 大きさ  $F = I_2Bl$       向き  $x$ 軸の正方向
- 問11  $v_0Bl = E$       問12 (ウ)

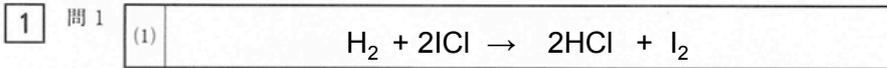
得 点

物 理

# 化 学 解 答 用 紙

受験番号

(注意 この解答用紙は表裏3ページになっている。)



(2) 3 倍

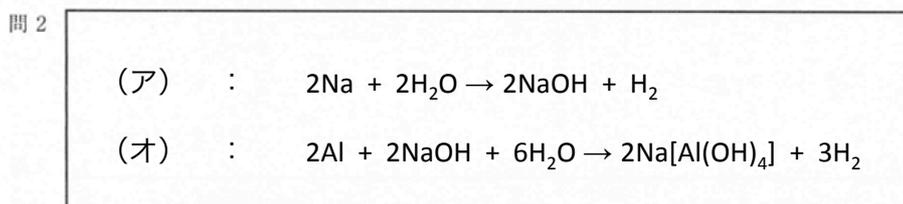
問2 (1) -86 kJ

(2) 1.0 mol

(3) (ア) (b) (イ) (b)

小 計

2 問1 1 酸素 2 水素 3 電子



問3 (1) (ア) (2) (ウ)

(3) 塩化物イオンも酸化されるため、Y mL よりも多くなる。 30

(4) 過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなったら反応が完結。 30

(5)  $K_{sp} = \left(\frac{1}{4} XY\right)^2$

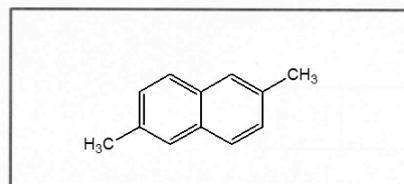
小 計

3

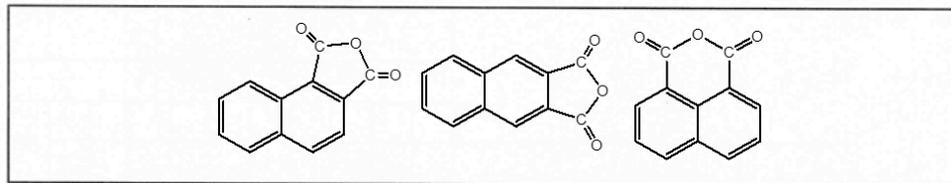
問 1

化合物名	構造式
p-キシレン	

問 2



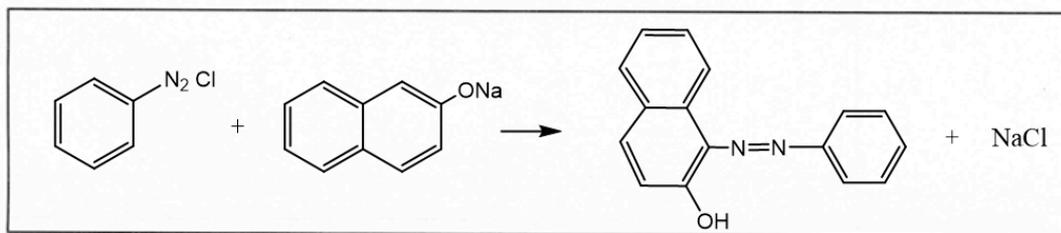
問 3



問 4

色素名	構造式
メチルオレンジ	

問 5



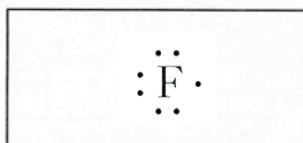
小 計

4

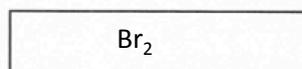
問 1

1	アルカリ金属	2	ハロゲン	3	希ガス
4	価電子	5	電子親和力		

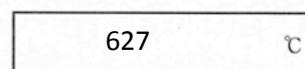
問 2



問 3



問 4

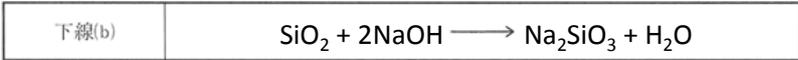
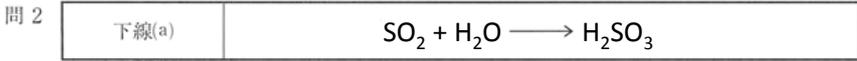


小 計

# 化 学 解 答 用 紙

受験番号	
------	--

<b>5</b>	問 1	酸化物 A	酸化物 B	酸化物 C	酸化物 D
		$P_4O_{10}$	$SO_2$	$Cl_2O_7$	$Al_2O_3$
		酸化物 E	酸化物 F	酸化物 G	
		$Na_2O$	$MgO$	$SiO_2$	



小 計	
-----	--

6 問 1 <span style="margin-left: 100px;">ウ</span>	問 2 <span style="margin-left: 100px;">イ</span>
--	--

問 3

グルコースの還元性を示す部分が結合に使わ れているので、アルデヒド基の含有率が非常 に低いため	50
---	----

問 4

イ
---

問 5

光線を当てるとコロイド粒子に光が散乱され 光の通路が見えること	30
------------------------------------	----

問 6

$1.0 \times 10^4$
-------------------

(10000と答えてもよい)

小 計	
-----	--

採点欄	1	2	3	4	5	6	得 点

# 生物解答用紙

受験番号	
------	--

注意 この解答用紙は表裏4ページになっている。

1

問1

1	オペロン	2	オペレーター	3	RNAポリメラーゼ
4	プロモーター	5	ヒストン	6	クロマチン
7	基本転写因子				

問2

I	P	T	G	培	地	に	移	す	と	,	I	P	T	G	が	リ	プ	レ	ッ	サ	ー	の	機	能
を阻害することにより,転写量は増加する。IPTGは																								
β-ガラクトシダーゼによる分解を受けないため,時間																								
が経過してもリプレッサーの機能を阻害し続ける。その																								
結果,転写が高レベルで起こり続ける。																								

問3

領域	オペレーター
----	--------

説明

リ	プ	レ	ッ	サ	ー	は	,	オ	ペ	レ	ー	タ	ー	の	特	定	の	塩	基	配	列	を	認	識
して結合する。オペレーター内の塩基配列に変異が起こ																								
り,リプレッサーと結合できないようになると,RNA																								
ポリメラーゼとプロモーターとの結合が常に可能になる																								
ため,ラクトースが無い条件でも酵素の合成が起こる。																								

問4

ア,エ
-----

	得点
生 物	

2

問1

1	ゼリー	2	卵黄	3	細胞
4	等(経)割	5	異(緯)割、不等割		

問2

a	先体反応	b	表層反応
---	------	---	------

問3

多数の精子が卵に侵入することを防ぐ。 20

問4

第一次精母細胞	5個	第一次卵母細胞	20個
---------	----	---------	-----

問5

ア

問6

(1)			
細胞A	一次間充織	細胞B	二次間充織

(2)			
細胞A	中胚葉	細胞B	中胚葉

(3)

移植された小割球が、通常外胚葉しか形成しない中割球を内胚葉へと誘導し、内胚葉組織である原腸を分化させた。

60

3

問1

1	クロロフィル	2	光化学	3	プロトン(H <sup>+</sup> )
4	光リン酸化	5	ストロマ	6	ルビスコ
7	葉肉	8	維管束鞘		

問2

蒸散による水分の損失を防ぐため。 20

問3

C <sub>4</sub> 植物	オ	CAM植物	エ
-------------------	---	-------	---

問4

イ, オ

問5

ウ

問6

葉脈が分断されて茎との連絡が絶たれたから。 30

問7

葉脈を経由した茎からのサイトカイニンの供給が止まると、幼芽形成が開始される。 50



# 地学 解答例

1	問 1	AとBの境界	走向	N30E	傾斜	60N(W)
---	-----	--------	----	------	----	--------

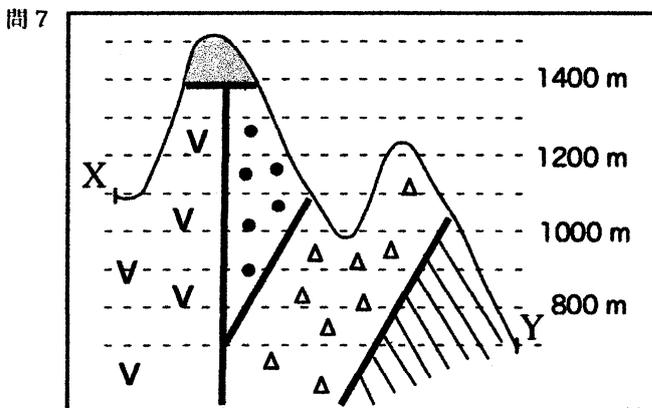
問 2  
海溝近傍の海洋プレートが沈み込む場所で、地殻熱流量や地温勾配が小さく、圧力が増加しても温度が増加しない場所。

問 3  
チャート： 遠洋域の深海に放散虫の殻(ケイ質の生物の遺骸)が堆積し、それらが固結して形成した。  
枕状溶岩： 玄武岩質のマグマが海底で噴出し水中で固結して形成した。

問 4  
大陸棚の末端や大陸斜面上部に堆積した不安定な土砂が、海底地滑りや土石流を起こすことがある。これに伴い大陸斜面下部や深海底のような場所で、泥、砂、礫などの碎屑粒子を含む高密度の液体が重力により流れ下り、再堆積して形成した

問 5  
火砕流： 高温の火山ガスや火山碎屑物からなる噴煙が山腹や地表を流れ下る現象。  
マグマの特徴： 粘性の高いマグマ、デーサイト質～流紋岩質マグマ

問 6  
マグマの分化： 結晶分化作用により、玄武岩質マグマから苦鉄質鉱物が結晶化することで、残液の組成が変化したことが予想される。  
斜長石の組成： Caに富む斜長石からCaに乏しい斜長石へ変化する



構造的低位より、A、B、Cの順に累重するが、BとCは海溝近傍および海洋プレート上で形成された岩石であり、ジュラ紀の付加体と考えられる。Aについては地下深部で変成作用を受けた後に白亜紀末に上昇し現在の位置に定置したことが推定される。その後、新生代に玄武岩質マグマが貫入し固結した。基底礫の存在からこの地域は、水中に没した後陸化し、火山噴火により火砕流が発生したため火山碎屑物が堆積した。

小計	
----	--

## A. 問1

ア	3	イ	146097	ウ	3333
---	---	---	--------	---	------

a	0.2422	b	0.9688	c	0.0312
d	146096.88				

イの計算の過程

うるう年は400年間に97回あるため、  
 $365 \times (400 - 97) + 366 \times 97 = 146097$  (日)

ウの計算の過程

400年で  $146097 - 146096.88 = 0.12$  日のずれのため、  
 $1 \div (0.12 \div 400) \doteq 3333$  (年) 約3333年で1日のずれとなる。

dの計算の過程

1年は365.2422日であるから、 $365.2422 \times 400 = 146096.88$  (日)

## 問2

地球の軌道が楕円軌道であるため。

黄道上の太陽の位置を天の赤道上に投影すると、太陽の動きが一定にならないため。

B. 問3

b

問4

c

問4の計算の過程

一直線に並んでから次に一直線に並ぶまでの日数をS日とし、有効数字3桁で計算すると、

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{3.55} - \frac{1}{16.7} \quad S = 4.51 \text{日}$$

A. 問 1	①	2月	②	7月
(理由)図 II は冬の典型的な「西高東低」の気圧配置である。図 III は夏の気圧配置の特徴である太平洋高気圧が張り出している。以上より図 II が 2 月、図 III が 7 月と判断できる				

問 2 温帯低気圧は南の暖かい大気と北の冷たい大気が混ざり合う際に上昇気流が生じることにより発生する。そのため、温帯低気圧では、西に寒冷前線、東に温暖前線が形成される。一方、熱帯低気圧は、熱帯・亜熱帯において暖かい大気の上昇により発生するために前線は形成されない。

B. 問 3	①	熱	②	中間
	②	成層	④	対流

問 4 成層圏にはオゾン層があり、それが太陽放射の紫外線を吸収するため温度が上昇する。

C. 問 5	①	地球放射の放出量	②	太陽放射の吸収量
(理由) どちらも赤道で大きく、両極で小さいが、①の方が赤道と極との差が小さい。そのため①を地球放射の放出量と考えた。 ②から①を引いた値を考えた時、両極ではマイナス、赤道ではプラスとなっている。そのため①を「地球放射の放出量」②を「太陽放射の吸収量」と考えた。				

問 6	①	下がり	②	ハドレー
	③	偏西風波動	④	熱輸送

問1	1	2	3
	ビッグバン	ヘリウム	地球
	4	5	6
	木星	マグマオーシャン	冥王
	7	8	9
	アミノ酸	ストロマトライト	始生
	10	11	12
	原生	全球凍結	19

問2 

エ
---

問3 

主系列星
------

重力によって収縮しようとする力と、内部からのエネルギーによる高い圧力のために膨張しようとする力が釣り合った安定した状態 (63字)

問4 

核	鉄	ニッケル
マントル	酸素	マグネシウム

 (コバルトも可。元素記号でも可)  
(ケイ素も可。元素記号でも可)

問5 現在の大気は窒素や酸素が多いが、原始地球の大気は水(水蒸気)や二酸化炭素が多かった。(46字)

問6 シアノバクテリアが光合成を開始したことにより、海水中に酸素分子が増加していった。その結果、海水中の鉄イオンが酸素と反応して酸化鉄が形成され、海底に大量に沈殿していった。(84字)

問7 

エディアカラ生物群
-----------

問8 太陽からの距離が液体の水が存在できる温度を保つのに適した距離であるため (36字)  
地球の適度な大きさと質量により生じる重力が大気や液体の水をとどめておくことができるため (43字)

小計	
----	--