

令和3年度入学試験問題

理 科

ページ

物 理…………… 1～14

物理については、問題 **1** から問題 **3** までは必ず解答し、問題 **4** と問題 **5** はいずれか一方を選択し、解答用紙のマーク欄に○を記入して解答すること。

化 学…………… 15～30

化学については、問題 **1** から問題 **4** までは必ず解答し、問題 **5** と問題 **6** はいずれか一方を選択し、解答用紙のマーク欄に○を記入して解答すること。

生 物…………… 31～48

生物については、問題 **1** から問題 **3** には選択問題が存在するので、よく読んで注意して解答すること。

地 学…………… 49～58

地学については、問題 **1** と問題 **2** は必ず解答し、問題 **3** と問題 **4** はいずれか一方を選択し、解答用紙のマーク欄に○を記入して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

I 図1のように，2本の同じ長さ L [m] の軽い糸に，それぞれ質量 M [kg] の小球 A と質量 m [kg] ($m < M$) の小球 B が，薄い板の右端 O からつるされている。小球 A は，糸と O を通る鉛直線のなす角が θ_1 [rad] ($0 < \theta_1 < \frac{\pi}{2}$) となるところまで，糸がたるまないように持ち上げられ，小球 B は O を通る鉛直線上の位置 P に静止している。

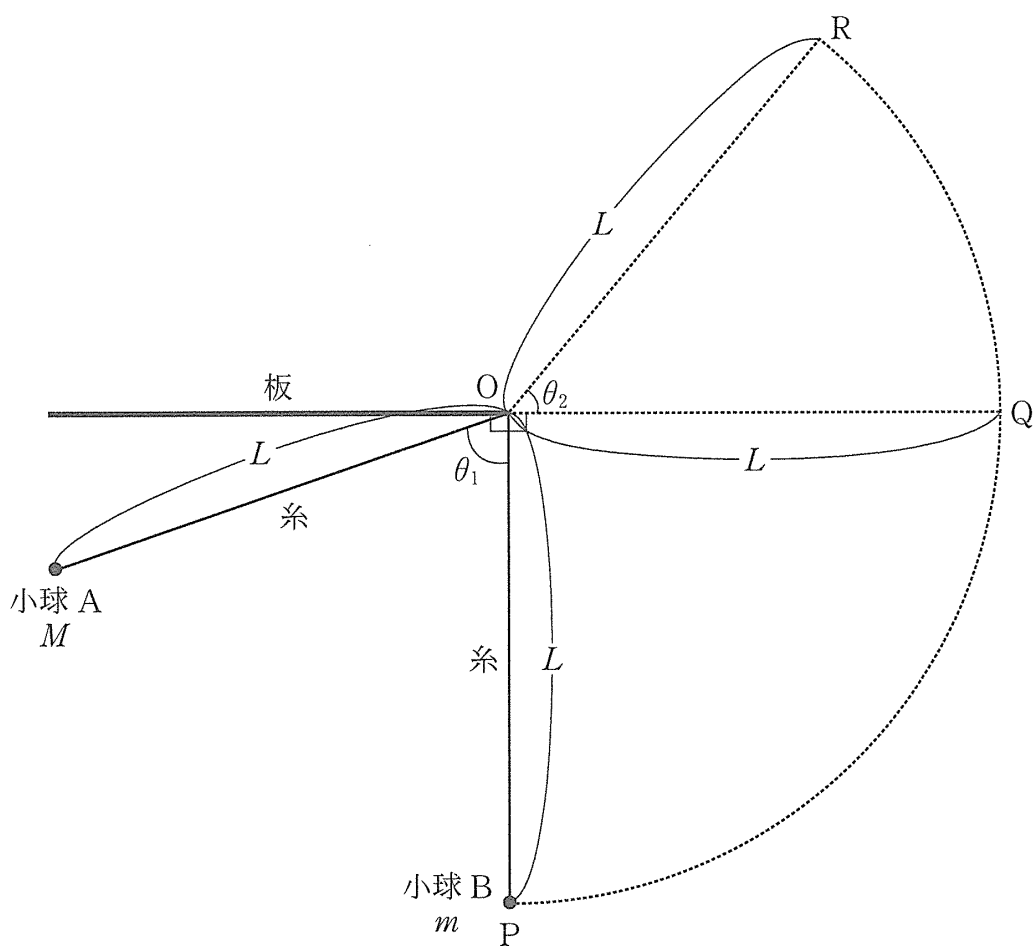


図1

小球 A を静かにはなすと、小球 B に衝突した。なお、小球 B は小球 A の運動と同じ平面内で運動する。また、小球 A と小球 B の反発係数（はね返り係数）を e ($0 < e < 1$)、重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

(1) 小球 B に衝突する直前の小球 A の速さ w_0 [m/s] を、 L , M , θ_1 , g のうち、必要なものを用いて表せ。

(2) 小球 A と小球 B が衝突した直後の小球 B の速さ v_1 [m/s] を、 w_0 , m , M , e を用いて表せ。

小球 B は小球 A と衝突した後、板と同じ高さの位置 Q を通り、水平線（直線 OQ）と角 θ_2 [rad] ($0 < \theta_2 < \frac{\pi}{2}$) をなす位置 R を速さ v_2 [m/s] (> 0) で通過した瞬間に糸は張力を失った。

(3) $\sin \theta_2$ を、 v_1 , L , g のうち、必要なものを用いて表せ。

小球 B は位置 R を通過したのち、時間 T [s] 後に板の上に着地した。

(4) T の最小値を、 v_2 , L , θ_2 を用いて表せ。

II 図2のように、摩擦のある水平な床の上に置かれた質量 m [kg]、長さ L [m] の密度が一様な棒の片方に重さの無視できるワイヤーをたるみの無いように結び、棒よりも右側の天井につるした滑車を介してモーターとつなぐ。棒の左端を O 端、右端を A 端、ワイヤーと鉛直線のなす角度を α [rad]、棒と床との間の静止摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、棒の太さや滑車の摩擦は無視できるものとする。

図2の状態より、モーターを使ってワイヤーを引っ張ると、棒は O 端を中心として回転を始める。

(5) ワイヤーに加える張力の大きさが T_0 [N] を超えると、棒の A 端が床より持ち上がる。 T_0 を μ 、 L 、 m 、 g 、 α のうち、必要なものを用いて表せ。

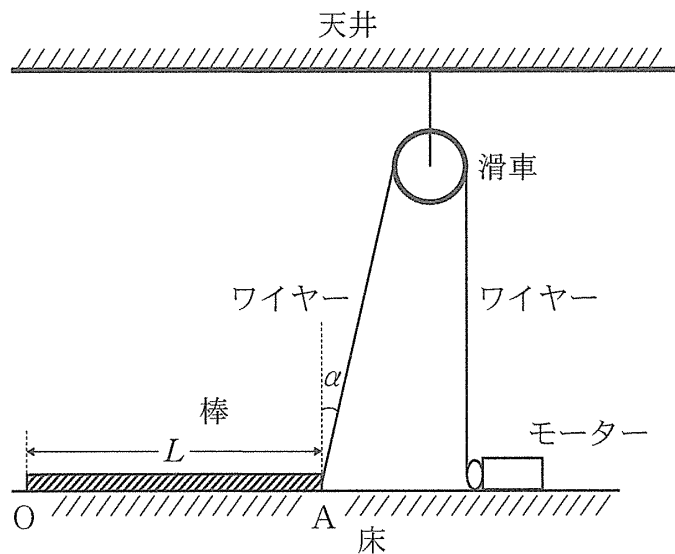


図2

- (6) 棒が右方向に滑らずに O 端を中心として回転を始めるための μ の条件を, α を用いた不等式で示せ。

さらにモーターでワイヤーを引っ張って, 図 3 のように A 端を床から持ち上げ, ワイヤーと鉛直線のなす角度が, 棒と床とのなす角度と同じ θ [rad] となったところで静止させた。

- (7) 図 3 の状態において, 棒にはたらく力をすべて解答用紙の図中に矢印 (→) で示し, あわせて力の種類 (名称) を記載せよ。ただし, 力のはたらく向きと作用点に注意すること。なお, 力の大きさは問わない。

- (8) 図 3 の状態で, ワイヤーに加わる張力の大きさを T_1 [N] としたとき, 棒にはたらく重力による O 端を中心とした時計回りの力のモーメントの大きさ M_1 [N·m] を L, m, g, θ を用いて表せ。また, 棒にはたらくワイヤーの張力による O 端を中心とした反時計回りの力のモーメントの大きさ M_2 [N·m] を T_1, L, θ を用いて表せ。

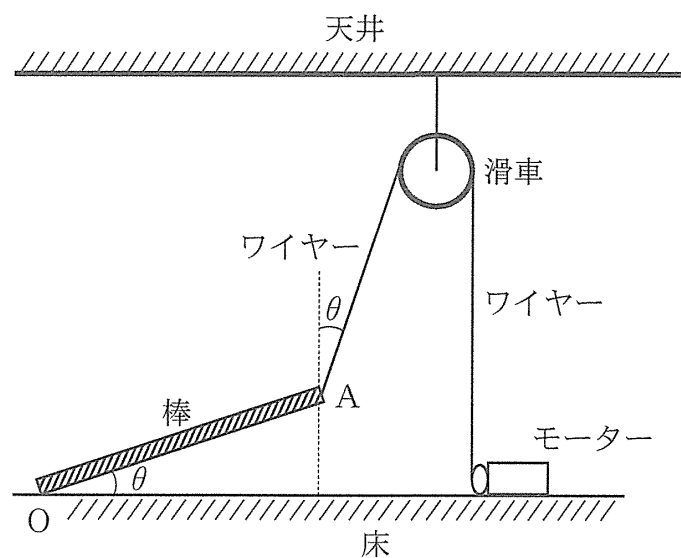


図 3

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1のような一辺の長さ w [m] の正方形の薄い金属平板2枚を用いた間隔 d [m] の2組の平行板コンデンサー C_1 , C_2 がある。平板の空間は真空（真空の誘電率 ϵ_0 [F/m]）であるが、コンデンサー C_2 には図の右側から平板と平行に x [m] だけ比誘電率 ϵ_r の誘電体をゆっくりと挿入していく。誘電体は $w \times w \times d$ [m³] の直方体で、挿入された部分は平板間に隙間なく埋まる。ただし、コンデンサーの周辺部の影響は無視できるものとする。

(ア) コンデンサー C_1 の電気容量（静電容量） C_1 [F] を w , d , x , ϵ_0 , ϵ_r のうち、必要なものを用いて表せ。

(イ) 誘電体を x だけ挿入したときのコンデンサー C_2 の電気容量 C_2 [F] を w , d , x , ϵ_0 , ϵ_r のうち、必要なものを用いて表せ。

C_1 と C_2 を図2のように並列接続する。最初に、コンデンサー C_2 に誘電体を挿入しない状態 ($x = 0$) でスイッチ S を閉じて電荷を蓄えたところ、 C_1 , C_2 ともに電荷が q_0 [C] となった。その後、スイッチ S を開いて、誘電体を挿入していく。

(ウ) C_2 に誘電体を x だけ挿入したとき、コンデンサー C_1 に蓄えられている電荷 q_1 [C] を C_1 , C_2 , q_0 を用いて表せ。

(エ) C_2 に誘電体を x だけ挿入したときのコンデンサー C_1 に蓄えられている電荷 q_1 を x の関数で表し、横軸 x , 縦軸 q_1 とした関係を表すグラフを $0 \leq x \leq w$ の範囲で作図せよ。ただし、 $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$, $\epsilon_r = 5.0$, $w = 0.5$, $d = 0.1$, $q_0 = 2.0 \times 10^{-3}$ とする。グラフは概形が判別できればよいが、 $x = 0$, $x = 0.2$, $x = 0.5$ のときの q_1 の値を、点線の補助線を用いて図中に示すこと。

次に、誘電体をコンデンサーから取り出し、再びスイッチ S を閉じて 2 つのコンデンサーの電荷をそれぞれ q_0 とした。

(オ) スイッチ S を閉じた状態のままでコンデンサー C_2 に誘電体を x だけ挿入したとき、 C_1 の電荷 q_1 および C_2 の電荷 q_2 は、 q_0 と比べてそれぞれどのように変化するかを理由も含めて説明せよ。

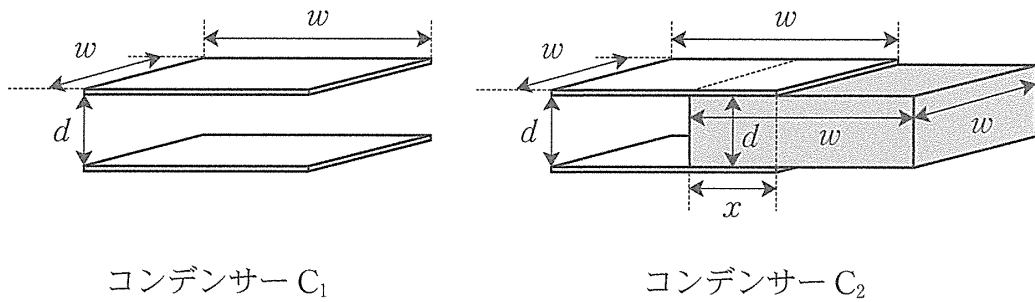


図 1

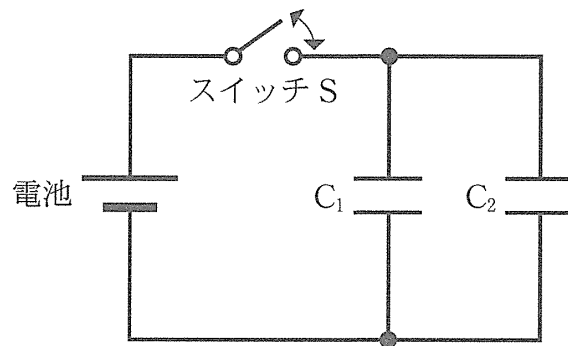


図 2

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、上下の最大変位の大きさがそれぞれ1 mの正弦波で表される波形が図の左から右に移動している。図には時刻 $t = 0$ sにおける波形を実線で、それから0.2 s経過した時の波形を破線で表している。この間、図にA点として示している波の山Aは1 m右方向に移動して見える。また、実線で表している $t = 0$ の時の波において変位が0となる隣り合う点の間の距離は3 mである。

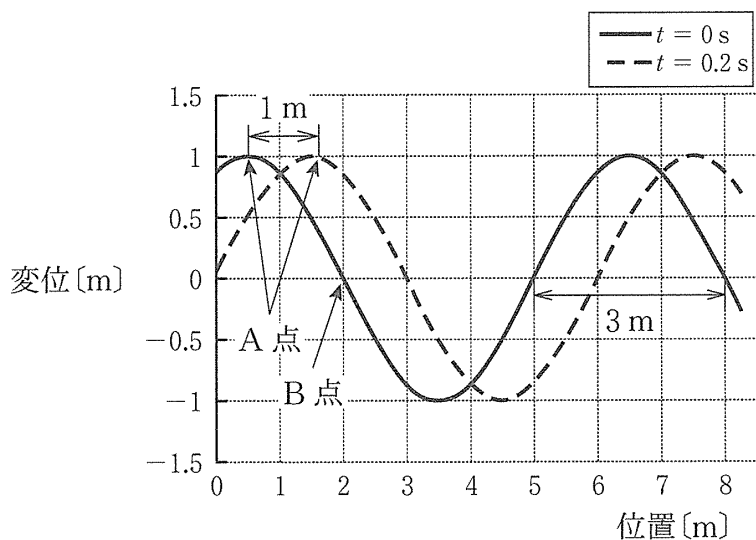


図1

- (a) 波の速さ v [m/s]、波長 λ [m]、周期 T [s]、振動数 f [Hz] の値を答えよ。
- (b) 図1のB点における媒質の上下運動について考える。縦軸に上下の変位 y [m] を取り、横軸に時間 t [s] を取った場合をグラフにした。以下の図2の(A)~(D)より適当なものの一つを選べ。

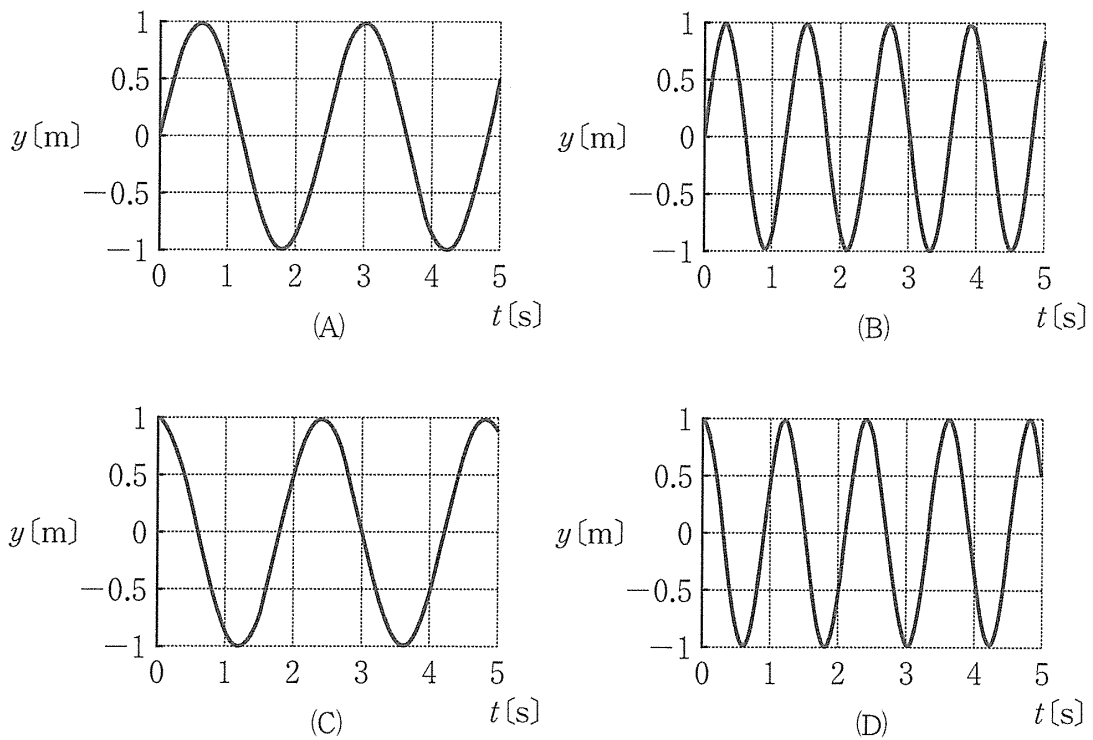


図 2

(c) (b)の運動を数式で示す。以下の(A)~(D)より適当なものを一つ選べ。

(A) $y = \sin \frac{v\pi}{\lambda} t$

(B) $y = \sin \frac{2v\pi}{\lambda} t$

(C) $y = \cos \frac{v\pi}{\lambda} t$

(D) $y = \cos \frac{2v\pi}{\lambda} t$

(d) B点の上下運動における最大の速さのうち、以下の(A)~(D)より最も適当なものを一つ選べ。

(A) 1.3 m/s

(B) 2.6 m/s

(C) 5.2 m/s

(D) 10.4 m/s

II 真空中に置かれた真っすぐな円柱状のガラス内部を、光（単色光）が全反射を繰り返しながら減衰せずに伝わる様子を考える。ガラスの両端は、ガラスの中心軸に垂直な平面で切り取られており、その断面の半径を r [m]、ガラスの絶対屈折率を n とする。図 3 に示すように、光は、角 θ [rad] でガラス左端の断面の中心点 O を通って入射した後、ある角度で屈折してガラス内部を伝わり、境界上の点 P で全反射した。なお、真空中を伝わる光の速さを c [m/s] とする。

(e) ガラス中を伝わる光の速さを、 n と c を用いて表せ。

(f) OP 間の距離を、 n , r , θ を用いて表せ。さらに、光が OP 間を進むのに要する時間を、 c , n , r , θ を用いて表せ。

(g) 中心軸に沿ったガラス内部の長さが L [m] であるとき、光がガラス内部を通過するのに要する時間を、 L , c , n , θ を用いて表せ。ただし、光は、ガラスの右端では全反射せず外に出るものとする。

(h) 光の全反射の性質が利用されている器具として、最も当てはまるものを、以下の【選択群】から一つ選べ。

【選択群】 凸レンズ, クインケ管, 光ファイバー,
偏光板, 発光ダイオード, 誘導コイル

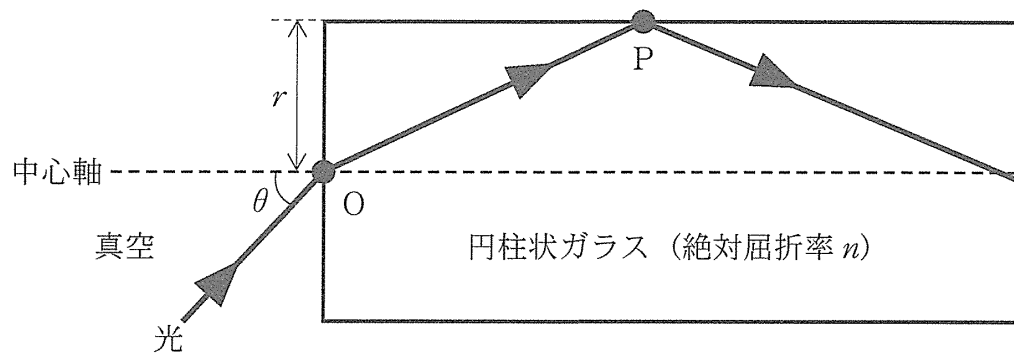


図 3

問題 **4**, **5** は選択問題である。いずれかを選択して解答し、選択した問題番号の解答用紙のマーク欄に○を記入すること。両方にマークしたり、マークしていない解答は無効となる。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1のように、断熱材で覆われた円筒容器が鉛直に置かれている。容器内部の高さは h [m] である。この容器内には、内部をなめらかに動く断面積 S [m²] のピストンが備わっており、ピストン下部の斜線の空間は、質量 m [g] の物質 A からなる液体ですき間なく満たされている。ピストン下部の空間は、底面に設置された小型の熱交換器を用いて加熱もしくは冷却することができる。ピストンは断熱材でできており、ピストンの厚みと質量は無視できる。大気圧を p_0 [Pa]、大気圧のもとでの物質 A の沸点を T_b [K] とし、物質 A の気体は単原子分子理想気体としてふるまうものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、次の問いに答えよ。

(a) ピストン下部の物質 A (液体) をゆっくりと加熱すると、図2のように、すべてが温度 T_b [K] の気体へと変化した。加熱前の物質 A (液体) の温度を t [K] ($< T_b$)、物質 A (液体) の比熱を c [J/(g·K)]、蒸発熱を q [J/g] としたとき、物質 A (液体) がすべて温度 T_b [K] の気体になるあいだに吸収した熱量 Q_1 [J] を、 S , h , m , p_0 , T_b , t , g , c , q のうち、必要なものを用いて表せ。

ピストン下部の物質 A (液体) がすべて気体になった直後、ピストン上部に一定の密度 ρ [kg/m³] の液体 F をピストンから高さ l [m] ($< h$) のところまで注いだ。同時に、熱交換器を用いてピストン内をゆっくりと冷却したところ、図3のように、気体はすべて液体へと変化した。物質 A (液体) の体積と液体 F の蒸発は無視できるものとする。

(い) 図3の状態から加熱によってふたたびすべての物質 A (液体) を蒸発させたとき、図4のように、ピストンは底面からちょうど $\frac{1}{5}h$ [m] の位置にあった。再び物質 A が蒸発を始めてから終わるまでに、物質 A がピストンにした仕事 W_1 [J] を、 $S, h, m, p_0, T_b, t, g, \rho, l$ のうち、必要なものを用いて表せ。

(う) さらに加熱して物質 A (気体) を膨張させたところ、図5のように、ピストンは底面からちょうど $\frac{4}{5}h$ [m] の位置に移動した。図4の状態から図5の状態に変化する間に、物質 A (気体) が吸収した熱量 Q_2 [J] を、 $S, h, m, p_0, T_b, t, g, \rho, l$ のうち、必要なものを用いて表せ。

図5の状態から加熱を止め熱交換器の機能を停止させたあと、さらに液体 F をゆっくりと注ぎ、容器上部を液体 F で満たし、図6のような状態となった。このとき、液体 F の高さは $\frac{9}{10}h$ [m] となった。

(え) 図5から図6にかけての体積変化にともない、物質 A (気体) の圧力は何倍になるか。ただし、断熱変化における物質 A (気体) の圧力 p と体積 V の関係は、ポアソンの法則 ($pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$) に従うものとする。

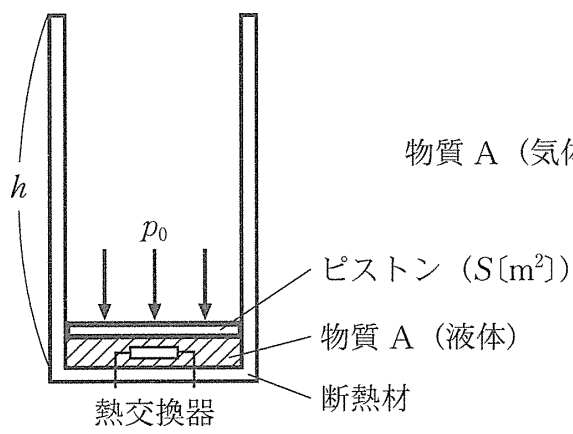


図 1

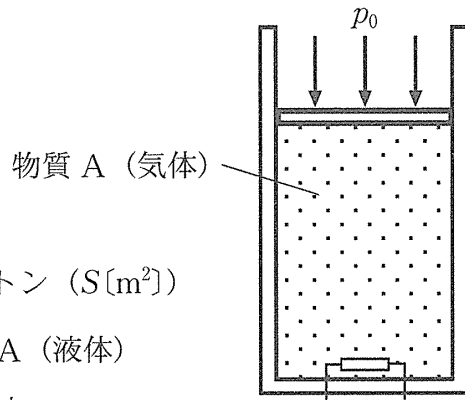


図 2

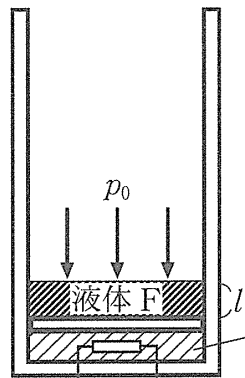


図 3

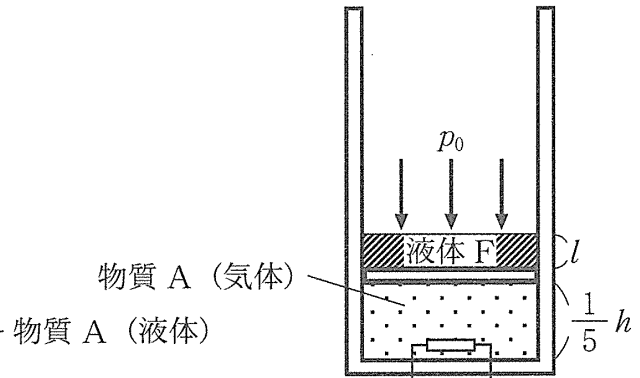


図 4

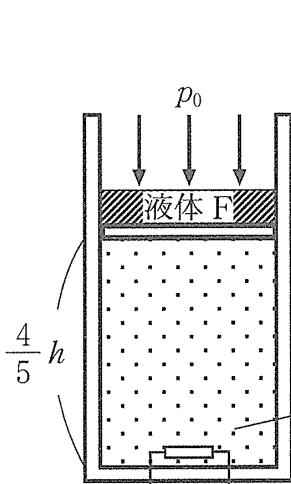


図 5

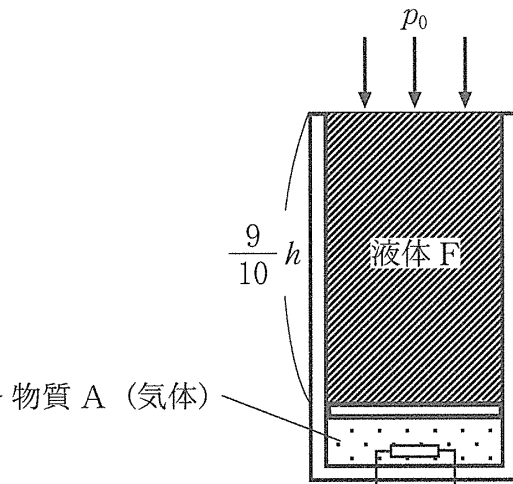


図 6

問題 4, 5 は選択問題である。いずれかを選択して解答し、選択した問題番号の解答用紙のマーク欄に○を記入すること。両方にマークしたり、マークしていない解答は無効となる。

5 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

セシウム 137 は半減期 30 年の放射性同位体である。天然に存在する同位体ではないが、近年では 2011 年 3 月の福島第一原発事故で原子炉から漏洩し環境中へ拡散された。このセシウム 137 の原子核の数と放射能について考える。ただし、1 年は 3.15×10^7 s とし、計算の過程において必要ならば $2 \div 1.26^3$ を用いてよい。

- (A) 初めに存在したセシウム 137 の原子核の数を N_0 としたとき、任意の時間 t [s] が経過した後のセシウム 137 の原子核の数 N を、 N_0 , t を用いて表せ。
- (B) 環境省によると、福島第一原発事故で放出されたセシウム 137 の原子核の数は 2.00×10^{25} 個^{*}である。事故から 10 年経過した時点のセシウム 137 の原子核の数はいくつか、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、事故で放出されたセシウム 137 は時間経過によってのみ減少するものとする。
- (C) 放射能の強さ [Bq] は 1 秒間に崩壊する原子核の数として定義され、原子核の数に比例する。またこの際の比例定数は半減期を T [s] とした場合 $0.693 \times T^{-1}$ で与えられる。事故から 10 年経過した時点のセシウム 137 の放射能の強さを求めよ。

※ 環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」より改変

化 学

問題 **5** と問題 **6** については、どちらか一方を選択して解答すること。

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Ar = 40.0。気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。

気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

地球上の大気の主成分は、窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素、水蒸気である。このほかの微量成分としては、ネオン、ヘリウム、メタン、クリプトン、水素、オゾン、キセノンなどがある。^①近年では、さらにオゾン層の破壊を促すフロン類、光化学スモッグの発生および酸性雨の原因となる窒素酸化物 NO_x 、温室効果を示す六フッ化硫黄も大気中に見出されている。これら大気中の成分のうち、水蒸気である水の成分量は不定とされている。水とその他の微量成分を除いた大気の成分組成は表 1 の数値とする。^②

表 1 水とその他の微量成分を除いた大気の成分組成

成分	体積比 (%)	質量比 (%)
窒素	78.09	75.52
酸素	20.95	23.15
アルゴン	0.93	1.28
二酸化炭素	0.03	0.05

また、水が温度と圧力の違いによってどのような状態をとるかを表した状態図が図 1 である。この図を見れば、水が条件によって気体、液体あるいは固体の状態をとりうるということがわかる。境界線(曲線)上では、複数の状態が共存している。

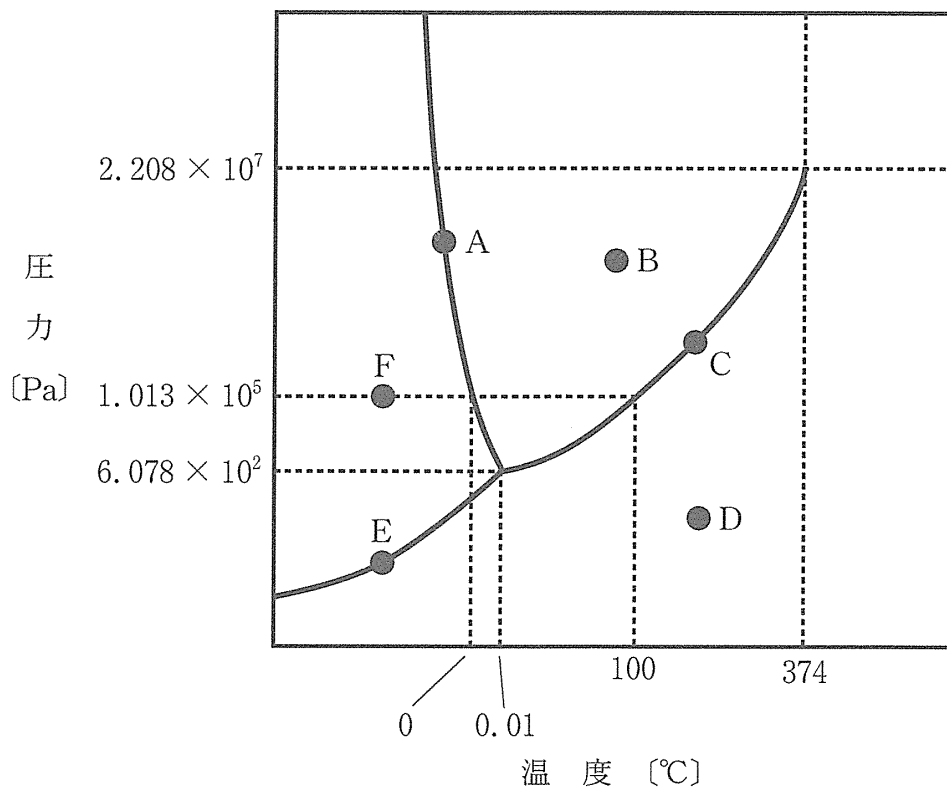


図1 水の状態図

問 1 下線部①の物質に関する記述(あ)~(う)のうち、正しいものに○，誤りを含むものに×を解答欄の正誤欄に書け。また、誤りを含む記述については、解答用紙の解答例を参考にして、下線の語句のいずれか一か所を正しい語句に書き直せ。

- (あ) 貴ガス(希ガス)の価電子の数は2あるいは8で安定な電子配置をとっているため、他の原子と結合しにくく、化合物をつくりにくい。
- (い) 同温、同圧の条件下で同体積を占める気体のうち、最も質量の大きい気体はキセノンであり、原子の数が最も多い気体はメタンである。
- (う) 水素は、貴ガス(希ガス)以外のほとんどすべての元素と共有結合あるいは水素結合により水素化合物をつくる。

(問題は、次ページに続く。)

問 4 図 1 の点 A ~ F では、水がそれぞれの状態にあるか。次の(あ)~(き)のうち最も適するものを 1 つ選び記号で答えよ。

- (あ) 気体 (い) 液体 (う) 固体 (え) 気体と液体
(お) 液体と固体 (か) 気体と固体 (き) 気体と液体と固体

問 5 液体の水に気体は溶解するが、その溶解度は気体の種類によって異なる。気体の水への溶解に関する次の記述(あ)~(お)のうち、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (あ) アンモニアと塩化水素は、 0°C で一定量の水に溶ける体積には限界がある。
- (い) 塩化水素が 0°C で一定量の水に溶ける物質量は、塩化水素の分圧が 2 倍になれば 2 倍になる。
- (う) 温度一定下で一定量の水に溶ける窒素や酸素の体積は、窒素と酸素を含む気体全体の全圧に反比例する。
- (え) 温度一定下で一定量の水に溶ける窒素や酸素の質量は、窒素や酸素それぞれの分圧に比例する。
- (お) 一般に温度を高くすると気体分子の運動が活発になり、気体は水の中に溶け込みやすくなる。

2

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

プロパンは、液化石油ガス(LPG)の主成分であり、家庭用燃料やタクシーの燃料などに幅広く用いられている。通常プロパンは、加圧されて一部が液化した状態でボンベ内に充填されている。これは、気体と液体のプロパンを比較したとき、^①同じ質量ならば、体積は液体の方が小さく、運搬や保管に都合がよいためである。一方で、使用時には、蒸発熱により温度が下がるため、^②大量に使うとボンベのまわりに水滴がつくといった特徴もある。

プロパンなどの燃焼熱は、図1に示す装置を用いることにより、熱媒体の温度の上昇度から求めることができる。発熱量および温度の上昇度を試算するために、次の実験を想定した。

< 想定した実験 >

耐圧性の密閉容器(内容積 0.50 L)に 27.0 °C で 1.2×10^5 Pa の酸素(気)を充填する。さらに注射器を用いて、中の気体が漏れないように、27.0 °C、 1.0×10^5 Pa のプロパン(気)を 0.10 L 注入する。密閉容器を断熱容器に入れ、熱媒体として 1.0 L の水を注ぎ、密閉容器を完全に水中に沈ませる。断熱容器の蓋をして、静かに磁気式の攪拌装置かくはんと回転子で熱媒体かくはんを攪拌する。反応前の熱媒体の温度は、27.0 °C とする。その後、自動点火装置により点火し、密閉容器内のプロパンを完全燃焼させる。反応熱は熱媒体の温度の上昇のみに用いられるとする。

解答には、必要ならば以下の値を用いること。

生成熱	プロパン(気) : 105 kJ/mol,	水(液) : 286 kJ/mol,
	二酸化炭素(気) : 394 kJ/mol	
密度	プロパン(液) : 0.50 g/mL,	水(液) : 1.0 g/mL
蒸発熱	プロパン : 19 kJ/mol,	水 : 41 kJ/mol
比熱	水(液) : 4.2 J/(g·K)	

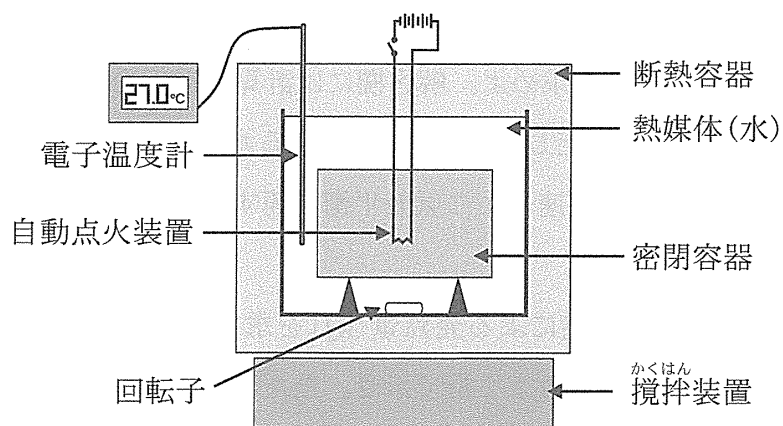


図1 実験に用いる装置の概略図

問 1 下線部①について、1.0 L の液体のプロパンがすべて蒸発したとき、発生する気体のプロパンの体積 [L] を求め、有効数字 2 桁で示せ。ただし、液体のプロパンの密度は温度や圧力の違いにより変化しないものとする。気体のプロパンの温度、圧力はそれぞれ $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ とする。

問 2 下線部②について、1.0 L の液体のプロパンがすべて蒸発したとき、周囲から吸収する熱量 [kJ] を求め、有効数字 2 桁で示せ。

問 3 次の(1)および(2)の場合のプロパンの燃焼反応を熱化学方程式で記せ。ただし、熱量 [kJ] は整数で示せ。

- (1) 生成物の水が液体の場合。
- (2) 生成物の水が気体の場合。

問 4 反応前に密閉容器内に存在するプロパンの分圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で示せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 5 反応後に密閉容器内に存在する水のうち、 27.0°C において液体として存在する比率(%)を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。ただし、 27.0°C における水の飽和蒸気圧を $3.2 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、生成した水は速やかに気液平衡に達するものとする。

問 6 プロパンの燃焼による発熱量[kJ]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。ただし、温度上昇に伴う、水の飽和蒸気圧の変化は無視できるとする。

問 7 反応後に、熱媒体の温度がどれだけ上昇したか、その値[K]を求め、有効数字2桁で示せ。

3

次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

(文章Ⅰ)

11族元素であるX、Yの単体は、貨幣金属と呼ばれ、加工がしやすく、硬貨やオリンピックのメダル、装飾品だけでなく、様々な工業製品にも利用されている。X、Yの単体の粉末は、硝酸を加えると反応して溶けるが、塩酸や希硫酸とは反応しない。Xのイオンを含む水溶液を食塩水に加えると白色の沈殿を生じるが、
① さらにアンモニア水を加えると無色の水溶液に変化する。一方、Yのイオンを含む水溶液に塩基の水溶液を加えると青白色の沈殿が生じ、
② その青白色の沈殿に過剰のアンモニア水を加えると深青色の水溶液が得られる。

(文章Ⅱ)

X、Yの単体と硝酸との反応では、どちらも使用する硝酸の濃度(希硝酸と濃硝酸)の違いにより、2種類の気体AまたはBが生成する。気体Aは赤褐色で水に溶けやすく、水と反応して水溶性の化合物Cを生じる。一方、気体Bは無色で水に溶けにくい、空気中では不安定で、気体Dと反応して気体Aを生じる。

問1 下線部①の反応を化学反応式で記せ。

問2 下線部①の反応で生じる化合物中のXのイオンと同じ酸化数をもつYのイオンを含む化合物の例を1つ化学式で記せ。

問3 下線部②の反応を化学反応式で記せ。

問 4 下線部①および②の反応で生成した錯イオンの形として適切なものを、次の(あ)~(か)のうちから選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 正八面体形 (い) 正四面体形 (う) 正方形
(え) 正三角形 (お) 折れ線形 (か) 直線形

問 5 気体 A, B, D および化合物 C を化学式で記せ。

問 6 下線部③において, Y の単体と希硝酸との反応を化学反応式で記せ。

問 7 気体 A および B の捕集法を答えよ。

問 8 文章Ⅱに記述されているように, X, Y の単体と硝酸との反応性には大きな差は見られない。X, Y の単体の化学反応性の違いを見分けるために, それぞれを空気中で 900 °C および 1100 °C で加熱した。この操作で化学反応が起こる場合には, 生成する化合物を化学式で記せ。また, 化学反応が起こらない場合には, 「変化なし」と記せ。

4 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。解答を構造式で示す場合には次ページの図1の構造式にならって記せ(点線や矢印等は不要)。ただし、鏡像異性体(光学異性体)がある場合は区別する必要はない。

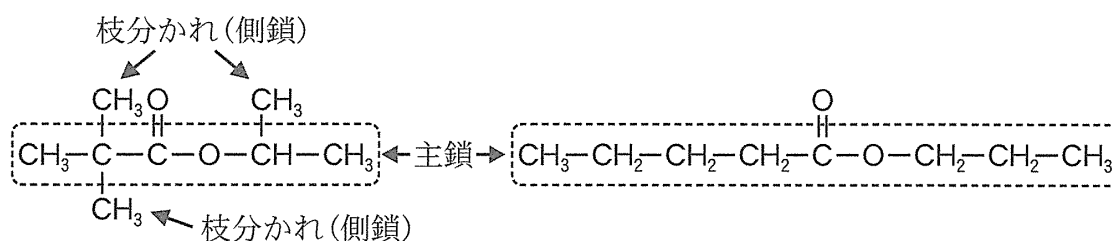
同じ炭素数の鎖式飽和炭化水素では、炭素鎖の枝分かれが多いほど分子同士の接触面積が減少し、分子間にはたらく引力が小さくなる。また、鎖式飽和炭化水素の水素原子をヒドロキシ基に置換した1価のアルコールで、炭素原子の数が3以上の場合に存在する構造異性体を比べると、第一級アルコールよりも第二級アルコールの方が、第二級アルコールよりも第三級アルコールの方がヒドロキシ基の周辺がアルキル基で混み合うため水素結合が形成されにくくなる。このような分子間力の違いは物質の沸点に影響する。

エステルの構造異性体について枝分かれの数と沸点との関係を考える。表1は、炭素数3以上の6種類のアルコールA～Fと3種類のカルボン酸X～Zが結合した、分子式 $C_7H_{14}O_2$ の8種類のエステルの沸点を示している。各エステルの構造はカルボン酸とアルコールの記号を組み合わせで示されている。例えば記号X-Aは、カルボン酸XとアルコールAからなるエステルである。アルコールAとBは互いに構造異性体であり、アルコールC、D、E、Fも互いに構造異性体である。このうちアルコールEは、不斉炭素を持ち、ヨウ素と水酸化ナトリウムとを反応させると特異臭をもつ黄色沈殿が生成する。アルコールFは酸化されにくく、アルコールDよりも沸点が低い。アルコールDとFの分子内脱水反応では同じアルケンJができる。また、カルボン酸X、Y、Zは、それぞれアルコールD、C、Aを酸化することで得られる。

表1 分子式 $C_7H_{14}O_2$ のエステルの沸点

エステル	X-A	X-B	Y-A	Y-B	Z-C	Z-D	Z-E	Z-F
沸点[°C]	135	121	143	131	146	137	133	118

これら 8 種類のエステルはいずれもアルキル基の枝分かれが異なる構造異性体である。ここでのエステル分子中の枝分かれの数え方については、図 1 に示すように、エステル結合とその両側の最も長い炭素のつながりを主鎖とし、主鎖から分枝したアルキル基の数を数えることとする。



側鎖の数 = 枝分かれの数 : 3

側鎖の数 = 枝分かれの数 : 0

図 1 エステルの枝分かれの数え方

問 1 アルコール E の構造式を記せ。

問 2 アルコール F とアルケン J の構造式を記せ。

問 3 4 種類のエステル X-A, Y-B, Z-C および Z-D の構造式を記せ。

問 4 8 種類のエステルについて、枝分かれの数に対する沸点(表 1 の値)を、解答欄にあるグラフの対応する位置にそれぞれプロットしなさい(エステル 1 つにつき 1 つの ● 印を記入する)。8 種類のエステルすべてについてプロットした後、枝分かれの数と沸点の関係を最もよく表す直線を 1 本引きなさい(数学的処理はしなくてよく、直線はフリーハンドでかまわない)。その直線の傾きから読み取れることを 40 字以内で記せ。

(5 か 6 のどちらか一方を選択して解答せよ。 5 を選択した場合は、
 解答用紙の 5 の下のマーク欄に○を記入せよ。両方に○を記入したり、
 どちらにもマークしていない答案は無効となる。)

5 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

単糖類であるグルコース $C_6H_{12}O_6$ は、常温で白色の結晶であり、5 個の炭素原子と 1 個の酸素原子が環状につながった六員環構造をとる。結晶を水に溶かすと、
 図 1 に示すように環を構成する炭素原子 (C^1) と酸素原子との間の結合が開裂した鎖状構造体と、それが再び環化して生じる環状構造体 1 または 2 の平衡状態となる。
 ① 鎖状構造体のホルミル基(アルデヒド基)の還元性により、グルコースの水溶液をフェーリング液と混合して加熱すると赤色の沈殿を生じる。
 ②

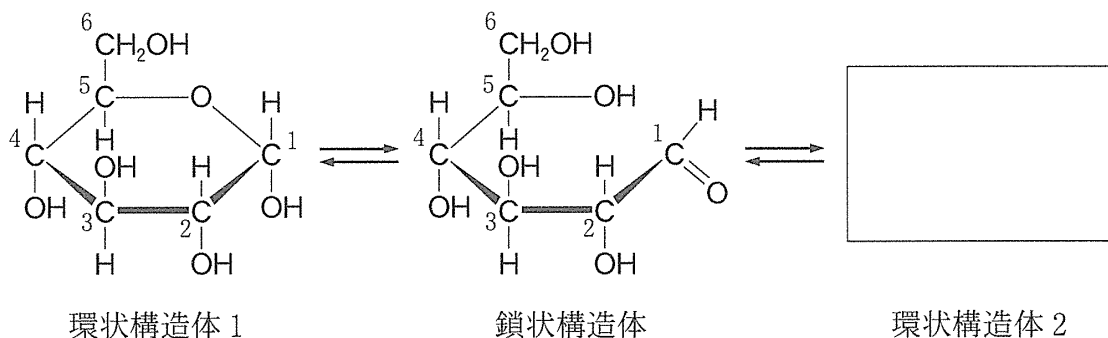


図 1

水あめの主成分であるマルトースは、環状構造体 1 のグルコース 2 分子が、一方の 1 位の炭素原子 (C^1) に結合したヒドロキシ基 ($-OH$) ともう一方の 4 位の炭素原子 (C^4) に結合した $-OH$ の間で脱水 **ア** してつながったものである。このように糖類どうし、あるいは糖類と他の有機化合物との連結に使われるエーテル結合を特に **イ** 結合という。また一般に、単糖 2 分子が脱水 **ア** してできた分子を二糖類と呼ぶ。

天然には、さらに多数の糖が **ア** 重合した高分子化合物が存在する。例えばじゃがいもなど植物の地下茎や種子に多く含まれるデンプン粒は、冷水には

溶けにくいですが、80℃以上の温水に浸しておくと、可溶性成分と不溶性成分に分かれる。可溶性成分は、図1の環状構造体1のグルコースがマルトースと同様にC¹に結合する-OHとC⁴に結合する-OHの間の **イ** 結合で直鎖状につながった分子量数万から数十万の高分子で、 **ウ** と呼ばれる。不溶性成分は、 **ウ** 分子の末端にあるグルコース単位のC¹に結合する-OHと、別の **ウ** 分子中のグルコース単位のC⁶に結合する-OHとの間でさらに結合することによって分枝したものであり、 **エ** と呼ばれる。

植物の細胞は、細胞壁と呼ばれる硬い構造物で囲まれているが、その主成分もグルコースが連結した高分子化合物であり、セルロースと呼ばれる。デンプンの成分である **ウ** と同じくグルコースがC¹とC⁴に結合する-OHの間で重合したものであるが、図1の環状構造体2のグルコースで構成されているため、となり合うグルコース単位が環平面の向きを交互に反転して連なっている。このためセルロースは特に直線状の構造を取り、分子内および分子間で多数の水素結合を形成することが可能になる。分子量も数千万に達し、水に溶けず強い繊維のような性質を示す。一方 **ウ** では、隣り合うグルコース単位がすべて同じ方向で連結し、セルロースとは異なるグルコース単位の間で水素結合が形成されるため、グルコース単位6個で1回転するらせん構造を保持している。以上のように、モノマー単位でのわずかな立体構造の違いが、高分子としての物理的性質に著しい違いを生ずる。

問1 文章中の **ア** ~ **エ** に入る適切な語句を記せ。

問2 下線部①に関して、環状構造体2の構造を、図1の環状構造体1の表記にならって記せ。ただし、炭素原子に付記した1~6の番号はつけなくてよい。

(問題は、次ページに続く。)

問 3 図 2 の A ~ D は、それぞれある二糖類の構造を示したものである。これらのうち、水溶液が下線部②のような反応を 示さないもの をすべて選び、記号で答えよ。

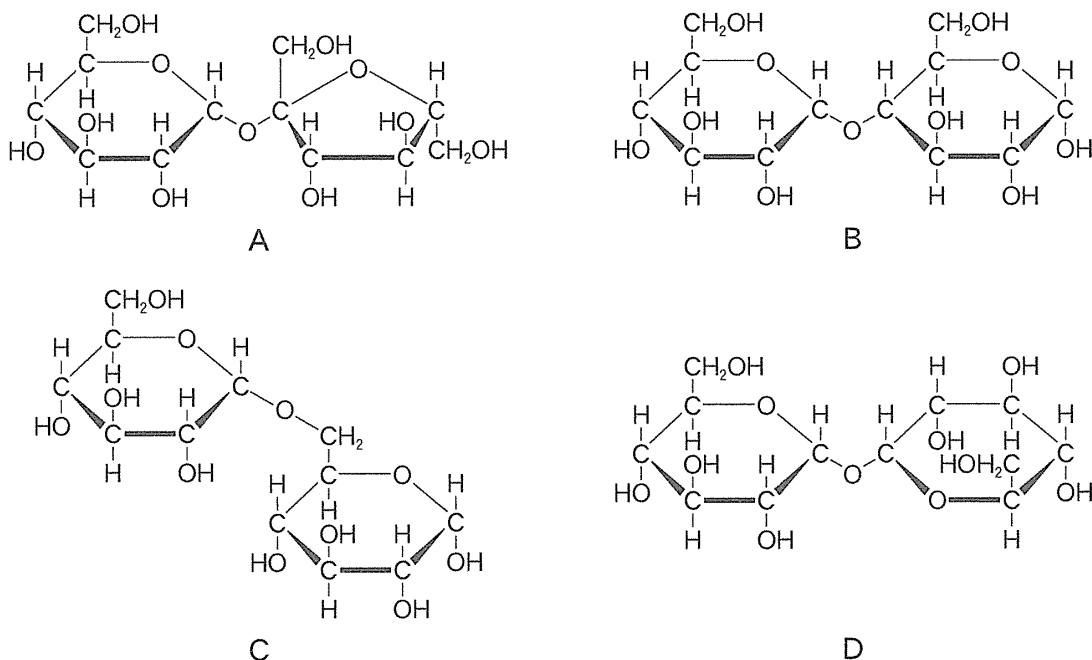
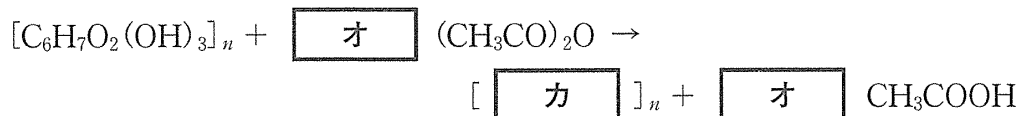


図 2

問 4 下線部③の物質を無水酢酸と反応させるとグルコース単位内のすべてのヒドロキシ基がアセチル化される。この反応について、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 次の式の オ に係数を入れ、カ にあてはまる物質を示性式で表し、反応式を完成させよ。



(2) (1)の反応で 40.5 g の出発原料をすべて完全にアセチル化するのに必要な無水酢酸の質量[g]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 5 デンプンの水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると青紫色を呈する。この混合液を 50 ~ 60 °C に加熱すると色が消え、冷却すると再び呈色する。この可逆的変化が起こるしくみについて、下線部④の語句を用いて説明せよ。

(5 か 6 のどちらか一方を選択して解答せよ。 6 を選択した場合は、
解答用紙の 6 の下のマーク欄に○を記入せよ。両方に○を記入したり、
どちらにもマークしていない答案は無効となる。)

6 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

高校生の妹が、大学で化学を勉強している兄にポリマーについて質問している。以下は、二人の会話の内容である。

妹：ペットボトルのペットって何？

兄：ペットボトルのペットは、原料として使われるポリマーの英語表記の略称で、PETと書くよ。正式には、ポリエチレンテレフタレートだね。

妹：そうか。それなら、ポリエチレンテレフタレートは何からできているか知ってる？

兄：もちろん。ポリエチレンテレフタレートは2価アルコールの **ア** と2価カルボン酸のテレフタル酸からつくられるんだよ。重合するとき水分子が放出されるから **イ** 重合ってよばれているよ。

妹：だから、ポリマーの名前がポリエチレンテレフタレートなのか。ポリマーの名前って原料由来が多いよね。ポリエチレンの原料はエチレンだし、ポリスチレンの原料はスチレンだもんね。

兄：では問題です。ポリビニルアルコール、PVAの原料は何？

妹：ビニルアルコール。

兄：ブブー。これ、よく間違うんだ。PVAは・・・・・・・・。

妹：へー、そうなんだ。あ、^①そういえば、確かPVAから繊維が合成できるよね。

兄：よく知ってるね。 **ウ** という繊維で、PVAを常温、硫酸存在下、ホルムアルデヒド水溶液で処理してできるんだ。この処理のことを **エ** 化っていうよ。

妹：そうなんだね。ところで、PVAのすべてのヒドロキシ基がホルムアルデヒドによって処理されるのかな？

兄：いいや。通常は紡糸して、さらに熱処理した PVA 繊維をホルムアルデヒド水溶液で処理するんだ。このため、ホルムアルデヒドと反応することにより^②
エ 化されるヒドロキシ基の割合は、すべてのヒドロキシ基の 30 ~ 40 %
程度っていわれているよ。

問 1 文章中の ア ~ エ に入る化合物名、もしくは適切な語句を記せ。

問 2 平均分子量が 3.4×10^4 のポリエチレンテレフタラートを 1.0 mol つくるのに必要なテレフタル酸の質量 [g] を求めよ。解答欄には計算の過程も含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。なお、ここでの平均分子量は、高分子化合物を構成する分子の分子量の総和を分子の総数で割ったものである。

問 3 ビニルアルコールは不安定であるため、アセチレンと水との反応ではビニルアルコールを得ることはできなかった。アセチレンと水との反応の化学反応式を構造式を用いて記せ。また、生成物の名称を記せ。

問 4 下線部①で、兄は妹に PVA の合成方法を説明している。PVA の合成方法を、次の 2 つの語句を使って説明せよ。

(語句) 付加重合, 加水分解

問 5 PVA 繊維は結晶部分と無定形部分(非結晶部分)が入り混じった構造をもつ。この PVA 繊維を適切に熱処理すると、結晶部分の割合が増加する。熱処理をしていない PVA 繊維は、常温の水を吸収して膨らみ、ついには溶解してしまう。一方、熱処理をした PVA 繊維では、水の吸収が抑えられ膨らみにくくなる。

このことを踏まえ、熱処理した PVA 繊維を、十分な量のホルムアルデヒド水溶液で、十分な時間(数時間程度)処理しても、下線部②のように、一部のヒドロキシ基しか反応していない理由を説明せよ。説明には、次の 3 つの語句を使うこと。

(語句) 結晶部分, 無定形部分, ホルムアルデヒド水溶液

生 物

注意 大問 **1** ~ **3** には選択問題が存在するので、よく読んで注意して解答すること。

1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。問7と問8については、いずれかを選択し解答すること。

DNA が複製されるときには、まず初めに複製起点とよばれる特定の塩基配列の部分で、塩基間の水素結合が切れ、そこから **1** という酵素が DNA の **2** ^① 構造をほどく。次に、1本鎖になった鋳型鎖の塩基に相補的な塩基を持つヌクレオチドが結合し、DNA ポリメラーゼがそれらを結びつけることで DNA の合成が進行する。DNA の2本鎖は互いに逆向きなので、一方の鎖での DNA の合成方向ともう一方の鎖での合成方向が逆になる。DNA ポリメラーゼはヌクレオチドの5'末端から3'末端の方向にだけヌクレオチド鎖を伸長させる ^② ことから、DNA の **2** 構造がほどこれていく方向と同じ方向に合成される DNA 鎖は連続して合成できる。一方、それと逆向きに合成される DNA 鎖では不連続に DNA の断片を合成して、その断片を **3** ^④ という酵素がつなぐ。DNA ポリメラーゼによる DNA の複製は正確におこなわれ、もとの DNA の ^⑤ 2本のヌクレオチド鎖がそれぞれ鋳型鎖となって、相補的な塩基配列をもつヌクレオチド鎖が新しくつくられることで、まったく同じ DNA の2本鎖が複製される。このような複製の方法を **4** 複製という。1958年に、メセルソンとスタールが この複製のしくみを DNA の塩基に含まれる窒素の同位体を用いて ^⑥ 証明した。

問 1 文章中の 1 ~ 4 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 下線部①について、DNA の塩基である A(アデニン)、C(シトシン)、G(グアニン)、T(チミン)が形成する塩基対のなかで、塩基間の水素結合が多い組み合わせを、以下の(ア)~(カ)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|-----------|-----------|
| (ア) A と C | (イ) A と G |
| (ウ) A と T | (エ) C と G |
| (オ) C と T | (カ) G と T |

問 3 下線部②について、図 1 はヌクレオチドの構造を模式的に示したものである。ヌクレオチドどうしが結合してヌクレオチド鎖が伸長するとき、リン酸基は隣接する糖のどの炭素原子と結合するか、図中の(ア)~(オ)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

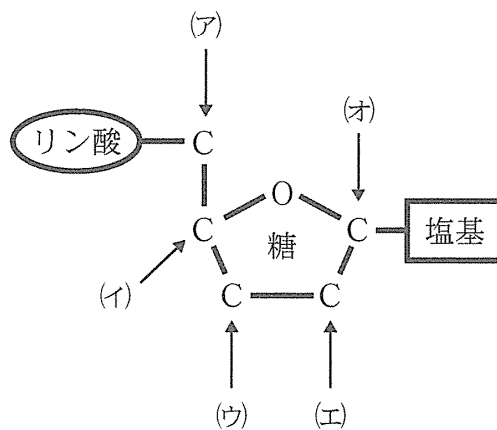


図 1 ヌクレオチドの構造

問 4 下線部③のように連続して合成される DNA 鎖を何とよぶか、また下線部④のように不連続に DNA 鎖が合成されるときにつくられる DNA 断片を何とよぶか、それぞれ最も適当な名称を記せ。

問 5 下線部⑤について、DNA ポリメラーゼはある機能を持つおかげで、DNA 複製のときの誤りを大幅に減らすことができる。DNA ポリメラーゼが持つその機能を「DNA ポリメラーゼは」からはじまる文章で、「ヌクレオチド」という語句を用いて、60 字以内で説明せよ。

問 6 下線部⑥について、メセルソンらは以下のような実験をおこなった。

大腸菌を質量が大きい窒素 (^{15}N) を含む培地で培養して、DNA のすべての窒素原子が ^{15}N に置き換わった大腸菌 (第 0 世代) の DNA を抽出した。次に、この大腸菌を通常の質量の窒素 (^{14}N) を含む培地で培養し、1 回分裂したもの (第 1 世代) から 2 回分裂したもの (第 2 世代) までの各世代の大腸菌から DNA を抽出した。これらの DNA を遠心分離にかけると、図 2 のように軽いもの (a)、中間の重さをもつもの (b)、重いもの (c) に分かれ、その比を調べると、第 0 世代では (a) : (b) : (c) が 0 : 0 : 1、第 1 世代 0 : 1 : 0、第 2 世代 1 : 1 : 0 となった。第 5 世代ではどのような重さの DNA がどのような割合で含まれるか。(b) を 1 として、(a) と (c) の比を数字で答えよ。

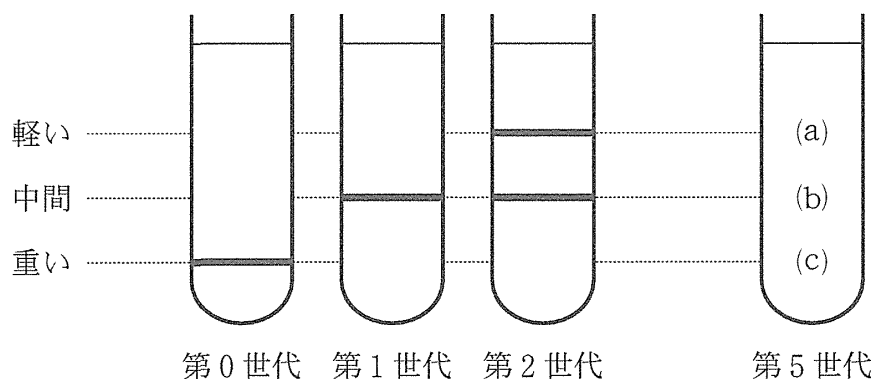


図 2 メセルソンとスタールの実験

問 7(選択) 遺伝子発現の流れを示した図 3 について、以下の問に答えよ。

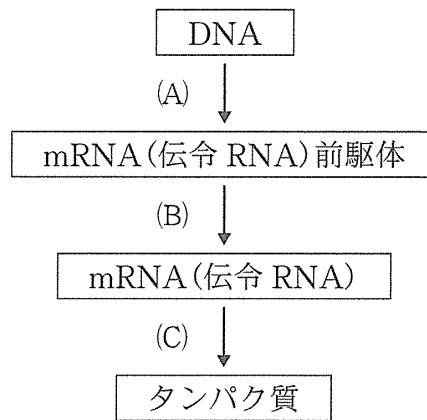


図 3 遺伝子発現の流れ

- (1) 図 3 において、細胞の核の中で起きる反応を図中の(A)~(C)からすべて選び、記号で答えよ。

- (2) タンパク質の発現量は、おもに mRNA の合成量の調節によっておこなわれるが、合成された mRNA に対しても調節がおこなわれる例がある。mRNA, tRNA(転移 RNA), rRNA(リボソーム RNA)以外にも合成される RNA があり、タンパク質と結合して mRNA を分解したりする。この機構を何とよぶか、その名称を記せ。

問 8(選択) バイオテクノロジーとその応用について、以下の問に答えよ。

- (1) 以下の(i)~(iii)の手順によって、細胞や組織で発現している遺伝子を網羅的に調べる方法を何とよぶか、その名称を記せ。
 - (i) 細胞や組織から単離した mRNA(伝令 RNA)をもとに、蛍光色素で標識した相補的な DNA(cDNA)を作製する。
 - (ii) 塩基配列がわかっている多数の 1 本鎖 DNA を貼り付けたチップを準備する。
 - (iii) (i)で作製した cDNA をチップにのせてチップ上の 1 本鎖 DNA と反応させた後に、蛍光強度を測定する。

- (2) 個人の遺伝情報をもとにして、その人にあった治療薬や遺伝子治療などの治療方法を選択したり、また遺伝子診断により効率的に病気を予防したりすることを何とよぶか、最も適切な名称を記せ。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。問4と問5については、いずれかを選択し解答すること。

多くの動物では雌と雄が存在する。動物の配偶子である卵と精子は、成熟した雌と雄の生殖巣である卵巣と精巣でそれぞれつくられる。卵巣では卵原細胞、精巣では精原細胞が体細胞分裂を繰り返して、配偶子のもととなる細胞を増やしている。卵巣内では、卵原細胞の一部が発生に重要な栄養分を蓄えた一次 となり、減数分裂第一分裂によって大きな二次 と小さな第一 となる。^②続く減数分裂第二分裂によって小さな第二 と大きな卵を形成する。一方、精巣内では精原細胞の一部が一次 となり、減数分裂第一分裂によって二次 となる。さらに、減数分裂第二分裂によって となる。この結果、1個の一次 から、4個の を形成する。この がそれぞれ形態変化することで精子を形成する。

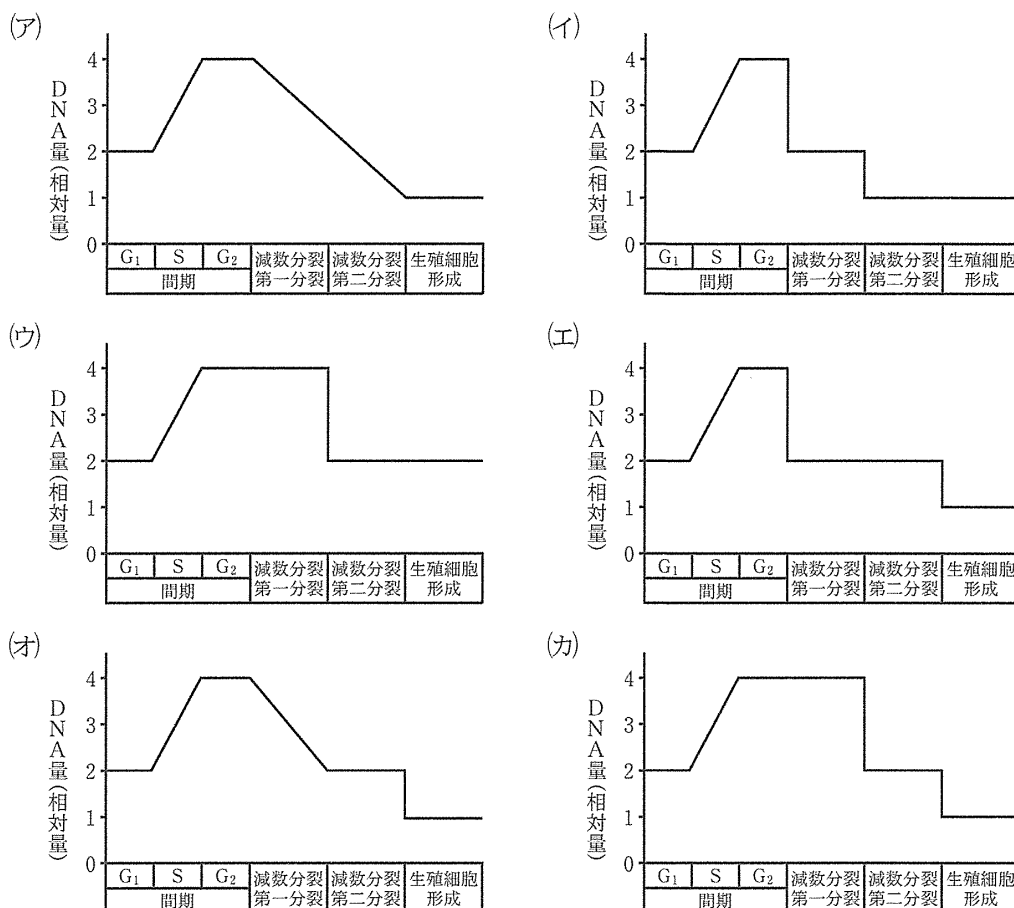
卵と精子から新たな個体が誕生するには、^③受精が重要となる。受精は、単に卵と精子が融合するだけでなく、その過程で様々な反応が起こっている。動物の卵は、細胞膜の外側に をもつ。ウニの場合、その の外側にゼリー層がある。ウニの精子が卵に接すると、精子の先端にある先体の内容物がゼリー層へ放出される。さらに、細胞膜の先端が糸状に伸びて先体突起を形成する。精子はゼリー層の下にある を通過して、卵の細胞膜と接触する。^⑥その後、精子と卵の細胞膜が融合し、卵細胞の細胞膜直下にある表層粒の内容物が放出されて細胞膜と が分離する。表層粒の内容物の作用により が硬くなり となる。卵に進入した精子の核は、卵細胞の中に入ると膨らんで、普通の核に近い大きさの精核となる。ウニでは2つの核が出会うと直ちに融合が始まって1つの核(融合核)になることで受精卵が完成する。すると、受精卵は細胞分裂を開始する。

問1 文章中の ～ にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問2 下線部①について、卵巣や精巣などができるより前の胚発生の段階で、卵や精子などの配偶子のおおもとになる細胞が存在している。この細胞を何とよぶか、その名称を記せ。

問 3 下線部②について，以下の問に答えよ。

(1) 減数分裂前から減数分裂が終了して生殖細胞を形成するまでの，細胞あたりの DNA 量の変化を表すグラフとして，以下の(ア)～(カ)から最も適当なものを1つ選び，記号で答えよ。



(2) 正常に減数分裂がおこなわれることで，受精可能な精子や卵が形成される。正常な減数分裂で起こる現象について正しく説明しているものを，以下の(ア)～(オ)から1つ選び，記号で答えよ。

- (ア) 減数分裂第一分裂の前期に核膜が形成される。
- (イ) 減数分裂第二分裂の中期に紡錘体の消失が起こる。
- (ウ) 減数分裂第二分裂の終期に初めて細胞質分裂が起こる。
- (エ) 減数分裂第一分裂の中期に中心体と二価染色体が赤道面に集まる。
- (オ) 減数分裂第一分裂の後期に二価染色体が分かれて両極へ移動する。

問 4(選択) 下線部③について、以下の問に答えよ。

- (1) ヒトの精子の構造を図1に示す。精子は、卵のところまで泳いで移動する必要があるため、運動能を有する。精子が運動能を発揮するには、図1中の と が重要な役割を担っている。 と にあてはまる最も適当な語句を、以下の(ア)~(オ)からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- (ア) 軸索
- (イ) 繊毛
- (ウ) 小胞体
- (エ) べん毛
- (オ) ミトコンドリア

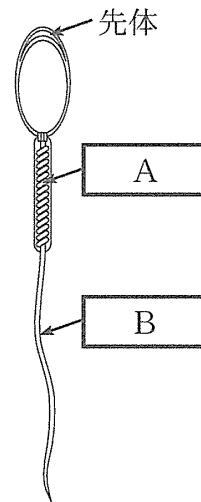


図1 ヒトの精子の構造

- (2) 動物だけでなく、植物にも精子をつくる種が存在する。精子をつくる植物を以下の(ア)~(カ)から すべて選び、記号で答えよ。

- | | | |
|----------|----------|-------------|
| (ア) イネ | (イ) ワラビ | (ウ) イチョウ |
| (エ) エンドウ | (オ) ゼニゴケ | (カ) シロイヌナズナ |

問 5(選択) 下線部④について、以下の問に答えよ。

- (1) 水中に産卵する動物の多くは陸上で生活する動物と異なる受精様式をもつ。その2つの異なる受精様式の名称を記せ。
- (2) $2n = 8$ の染色体数をもつ生物において、精子と卵の受精によって生まれる個体における染色体の組み合わせ数は何通りあるか、数字を記せ。なお、染色体では乗換え、変異、化学修飾などが起こることはないとは仮定する。

問 6 下線部⑤について，精子の先体から放出される内容物の役割を以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

- (ア) 他の精子を攻撃する。
- (イ) 他の精子を誘引する。
- (ウ) 卵内部の Ca^{2+} 濃度を高める。
- (エ) 卵表層のゼリー層を分解する。
- (オ) 卵表層のゼリー層内の Ca^{2+} 濃度を高める。

問 7 下線部⑥について，先体突起は細胞骨格の一種であるアクチンフィラメントにより構成される。このアクチンフィラメントは，様々な細胞運動に関係している。その一つに植物細胞で見られる原形質流動(細胞質流動)という現象がある。この原形質流動はどのようにして起こるのか，「ATP」と「アクチンフィラメント」という 2 つの語句を用いて，65 字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。問1と問2については、いずれかを選択し解答すること。

生体内での化学反応全体を代謝という。代謝のうち、単純な物質から複雑な物質を合成する過程を同化、複雑な物質を単純な物質に分解する過程を異化とよぶ。無機物だけを材料として同化をおこない、有機物を生成して生きていくことができる生物を独立栄養生物という。光エネルギーを使って同化をおこなう植物や、化学エネルギーを使って同化をおこなう化学合成細菌などが独立栄養生物である。^①体外から取り入れた有機物を や発酵などを通じてエネルギーに変換することにより生きている生物を、従属栄養生物といい、動物、菌類、多くの細菌が含まれる。

生態系における有機物とエネルギーの流れの起点となる独立栄養生物を生産者とよぶ。生産者によって生成された有機物は、食う食われるの関係を通じて従属栄養生物である消費者へと受け渡されていく。^②その関係を食物連鎖とよび、生きている植物から始まる関係を生食連鎖、植物や動物の遺体や排泄物から始まる関係を腐食連鎖という。消費者のうち、腐食連鎖において有機物を無機物に変換する過程にかかわる菌類・細菌などの生物を とよび、生態系の物質循環において重要な役割を果たしている。

食物連鎖の起点となる独立栄養生物が同化する有機物の総量を、生産者の同化量もしくは という。生産者が生成した有機物が利用される経路に注目すると、次の式になる。

$$\text{生産者の同化量} = \text{成長量} + \text{2} + \text{3} + \text{4}$$

は生食連鎖に、 は腐食連鎖に利用される。

生態系における物質とエネルギーの取り込みに注目すると、消費者の同化量は、次の式になる。

$$\text{消費者の同化量} = \text{摂食量} - \text{5}$$

一方、消費者が同化した有機物が利用される経路に注目すると、次の式になる。

$$\text{消費者の同化量} = \text{成長量} + \text{2} + \text{4} + \text{6} + \text{老廃物排出量}$$

問 1(選択) 下線部①について、表 1 は生息場所の異なる化学合成細菌の特徴をまとめたものである。

表 1 土壤中と深海熱水噴出孔付近に生息する化学合成細菌の比較

生息場所	土壤中	深海の熱水噴出孔付近
名称(総称)	(ア)	硫黄細菌
化学エネルギー源となる物質	NH_4^+ NO_2^-	(イ)
生態系における役割	(ウ)	太陽光の届かない深海底において消費者に栄養を提供し、独特な生態系を形成する。

以下の問に答えよ。

- (1) 表 1 の(ア)に該当する化学合成細菌の名称を記せ。
- (2) 表 1 の(イ)の物質の化学式を記せ。
- (3) 表 1 の(ウ)の生態系における役割について、40 字以内で記せ。

問 2(選択) 下線部②について、次の文章を読み、以下の問に答えよ。

寒冷な海の沿岸にすむラッコは、ウニを好んで食べるので、ウニは大発生せず、ウニの食物である海藻類が豊かに生育することができる。海藻類は、他の生物の隠れ場所や産卵場所になる複雑な空間を作り、多種の共存を可能にしている。

- (1) ラッコがウニを食べることによって海藻類に及ぼす影響を、一般に何とよぶか。その名称を記せ。
- (2) ラッコのように、食う食われるの関係を通じて生態系に大きな影響を及ぼす生物種を、何とよぶか。その名称を記せ。
- (3) 一般に、多様な生物種の共存をもたらすメカニズムとして、捕食者のほかに嵐や山火事、土砂崩れなどのかく乱の影響が指摘されている。中規模かく乱説では、中程度のかく乱がある一定の頻度で発生する状態に比べ、かく乱がまったくない状態の方が共存できる種が少ないと考えられている。その理由について、50字以内で説明せよ。

問 3 文章中の と にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 4 文章中の ～ にあてはまる最も適当な語句を、以下の(ア)～(ケ)からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|----------|----------|------------|
| (ア) 純生産量 | (イ) 総生産量 | (ウ) 再生産量 |
| (エ) 枯死量 | (オ) 被食量 | (カ) 死亡量 |
| (キ) 呼吸量 | (ク) 現存量 | (ケ) 不消化排出量 |

問 5 表 2 は、湖沼 A と森林 B の生態系における、主要な生産者である植物のエネルギー収支を表している。表 2 について、湖沼 A における植物の枯死量 X を求め数値を記せ。単位は $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$ とする。

表 2 湖沼 A と森林 B における植物のエネルギー収支

	湖沼 A	森林 B
入射太陽エネルギー量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	4,990,000	5,250,000
現存量 kJ/m^2	約 20,000	299,000
総生産量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	4,683	43,492
呼吸量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	983	23,900
被食量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	622	172
枯死量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	X	14,400
成長量 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$	2,960	5,020

問 6 表 2 の 2 つの生態系における，エネルギーや物質の流れに関する説明として正しいものを，以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

- (ア) 湖沼 A は森林 B に比べ呼吸量が小さく，生産者のエネルギー効率が高い。
- (イ) 森林 B において，一次消費者が摂食するエネルギー量は枯死量よりも大きい。
- (ウ) 純生産量は，湖沼 A の方が森林 B よりも大きい。
- (エ) 総生産量に占める純生産量の割合は，湖沼 A の方が森林 B よりも大きい。
- (オ) 一次消費者の摂食効率は，湖沼 A の方が森林 B よりも低い。

問 7 表 2 の森林 B では，生産者の現存量と総生産量が，湖沼 A に比べて大きいにもかかわらず，被食量は湖沼 A よりも小さい。その理由について，各生態系の主要な生産者である植物プランクトンと樹木の構造の違いに言及しながら，75 字以内で説明せよ。

4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

湖や池のような安定的な淡水環境に比べ、降雨の後にできる水たまりや水田のような一時的な水域は、限られた期間に出現する不安定な環境である。その不安定な環境にも様々な水生動物が生息し、食う食われるの関係が存在する。一時的に出現する水域では魚類が生息できないため、ゲンゴロウやトンボの幼虫(ヤゴ)のような捕食性昆虫が上位の捕食者となる。一般に、水の量が多い水域ほど、存続期間が長く、その中に生息する捕食性昆虫の個体数や種数が多い。反対に、水量が少なく乾きやすい水域では、捕食性昆虫は生息できない。このような物理的および生物的環境の違いが、そこに生息する水生動物の行動にも影響することが知られている。

高校の生物部のNさんたちは、身近な水生生物であるカ(蚊)の幼虫(ボウフラ)の生態について研究することにした。蚊は交尾を済ませた雌が水辺に産卵し、幼虫、さなぎを経て成虫になる昆虫で、一時的な水域を繁殖場所としている。Nさんたちが着目したのは、高校の周りで採集できるコガタアカイエカとヒトスジシマカの2種の蚊である。蚊は種によってさまざまな淡水環境で繁殖するが、前者は水田や雨上がりにできる水たまりの水面に船の形のように固めた卵塊で産卵し、後者は植木鉢の皿や竹の切り株などにわずかにたまった水の水面付近の壁などに産卵することが知られている。また、前者は産卵した1～2日後に卵から幼虫が^{ふか}孵化するが、後者は耐久卵(乾燥状態で卵が孵化する能力を維持できる卵)を産み、乾燥にも適応した習性があるなど、それぞれの蚊で繁殖生態が異なることもわかり(表1)、Nさんたちはこの2種の生態に興味を持った。

表1 2種の蚊の繁殖生態の違い

	コガタアカイエカ	ヒトスジシマカ
繁殖水域	水田、水たまり	植木鉢の皿や竹の切り株にたまった水
産卵の特徴	約200卵を水面上に卵塊として産卵	耐久卵を水面より数mm上の壁面にまばらに産卵
卵が孵化するまでの期間	1～2日	2日～数か月(卵が水に浸かってから孵化)

Nさんたちは野外からそれぞれの種のボウフラを採集してきて、飼育して行動を観察することにした。小びんにボウフラを入れて観察すると、主な行動パターンは図1の3つに分けられた。胴体部末端の呼吸管を水面に出して静止、水中を泳ぐ行動(遊泳)、そして小びんの底(水底)に口を当てて餌(えさ)を探す行動(採餌行動)である。また、2種のボウフラとも、金魚の餌を粉末にしたものを与えれば、成長することが分かっている。

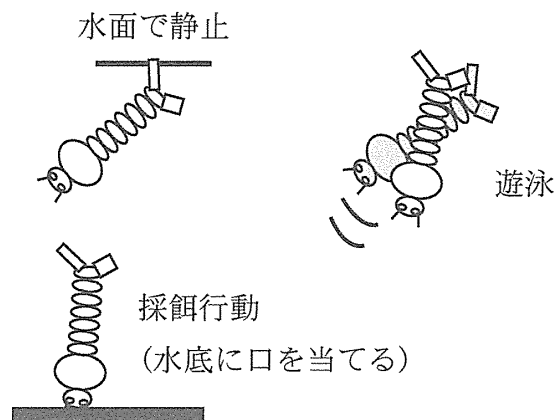


図1 ボウフラの3つの行動パターン

実験I：Nさんたちは、2種のボウフラで採餌行動に費やす時間が異なることに気づいた。そこで、実験前に給餌したグループ(給餌直後グループ)と、実験前に24時間絶食させたグループ(24時間絶食後グループ)の2つに分け、それぞれの30分間の採餌行動を観察した(表2)。

表2 ボウフラが30分間に水中で採餌行動に費やしていた時間(分)

	コガタアカイエカ	ヒトスジシマカ
給餌直後	0.3	9.0
24時間絶食後	5.1	9.3

(それぞれ30匹のデータの平均を示す)

湿地や水田に生息するハイロゲンゴロウ(以下、ゲンゴロウ)がボウフラの代表的な捕食者であり、水底で餌をとらえることが多い。Nさんたちは、水田という環境でゲンゴロウと共存しているコガタアカイエカは、どのようにしてゲンゴロウの捕食を回避しているのかをヒトスジシマカとの比較から調べることにした。1日汲み置いた水道水でゲンゴロウを24時間飼育した水(A水)と、2日間汲み置いただけの水道水(B水)の2種類の水を準備して、以下の実験をおこなった。

実験Ⅱ：Nさんたちは下線部①で示した2種類のいずれかの水を小びんに入れ、24時間絶食させたボウフラの採餌行動を30分間観察した(表3)。

表3 ボウフラが30分間に水中で採餌行動に費やしていた時間(分)

	コガタアカイエカ	ヒトスジシマカ
A水	1.5	10.5
B水	5.1	9.9

(それぞれ30匹のデータの平均を示す)

実験Ⅲ：育てたボウフラがさなぎを経て蚊の成虫になった。その後、Nさんたちは産卵ができる状態の雌100匹を飼育容器に入れて、下線部①で示した2種類の水それぞれを入れたカップを同時において、どちらに産卵するのかを観察した(表4)。

表4 蚊の雌成虫がそれぞれの水に産卵した割合(%)

	コガタアカイエカ	ヒトスジシマカ
A水	8	49
B水	92	51

- 問 1 実験Ⅰの結果(表2)から、ボウフラの採餌行動について、給餌直後と24時間絶食後の空腹度の異なるグループ間と種間の違いに注目して読み取れることを述べよ。
- 問 2 Nさんたちは、なぜ下線部①で示した2種類の水を準備したか。Nさんたちが立てた仮説を答えよ。
- 問 3 実験Ⅱの結果(表3)から、ゲンゴロウを飼育した水の中でコガタアカイエカの採餌行動に費やす時間が短くなる理由を考察せよ。また、その理由を確かめるための実験を考え、その手順を示せ。なお、下線部①で示した2種類の水にはバクテリアのようなその他の生物は混入せず、ボウフラの雌雄の違いも考慮しないものとする。
- 問 4 実験Ⅲの結果(表4)から、コガタアカイエカの産卵場所選択が進化した背景を、「変異」と「遺伝」という語句を用いて自然選択説で説明せよ。ただし、メスの産卵場所選択に関する行動は遺伝するものとする。
- 問 5 実験Ⅱの結果(表3)から、A水の中でボウフラを飼育すると、B水で飼育したときと比べてコガタアカイエカの成長はどのような影響を受けると予想されるか述べよ。ただし、飼育する際に与える餌の量は、下線部①で示した2種類の水の間で同じものとする。
- 問 6 Nさんたちは、コガタアカイエカに比べ、ヒトスジシマカでは下線部①で示した2種類の水の間でボウフラの採餌行動に費やしていた時間に変化がほとんどないことに気づいた。実験Ⅰでゲンゴロウではなく、ヤゴやその他の捕食性昆虫に変えた実験でも結果は同様であった。コガタアカイエカとヒトスジシマカそれぞれの生態(表1)とこれまでの実験結果(表2～4)より、2種の蚊の繁殖場所の違いに注目し、ヒトスジシマカでこのような結果になる要因を考察せよ。

地 学

1 次の文章を読み、下の各問に答えよ。文章中の **ア** ~ **オ** は、
図1中の **ア** ~ **オ** に対応する。

海洋は、地球表面の約 **X** % を占め、海洋に存在する海水の量は、地球上に存在する水の約 **Y** % である。海洋には様々な塩類が溶け込んでおり、
海水の塩分は場所や深さで変化するものの、平均すると塩分はおよそ 35 **Z**
① である。

海洋と大気は互いに影響を与えあっている。図1は、太平洋とその周辺における大気の循環を模式的に示している。赤道周辺地域では、海洋が太陽によって効率的に暖められ、上昇気流が定常的に発生する。これにより赤道周辺に形成される低気圧帯は **ア** と呼ばれる。ここで発生する上昇気流は、上空で冷やされ緯度 30° 付近に下降する。この低緯度地方から中緯度地方に向かう大気循環は **イ** 循環と呼ばれている。下降域では、高気圧が带状に並ぶ **ウ** が形成される。下降した大気は、地表に沿って高緯度地方および低緯度地方に流れていく。この中緯度地方から低緯度地方に吹き出す風が **エ** 風である。
ウ から高緯度地方に吹く西よりの風が **オ** 風である。

エルニーニョ現象は、赤道太平洋において大気と海洋が相互に影響を及ぼしあって、数年に一度発生する。平年状態の赤道太平洋では、**エ** 風によって、表層付近の暖水が西側に吹き寄せられている。一方で、エルニーニョ現象が発生しているときの状態では、平年状態とくらべて **エ** 風が弱まることで
赤道太平洋の東西で海水温が変化し、雲の発達する場所も移動する。
②

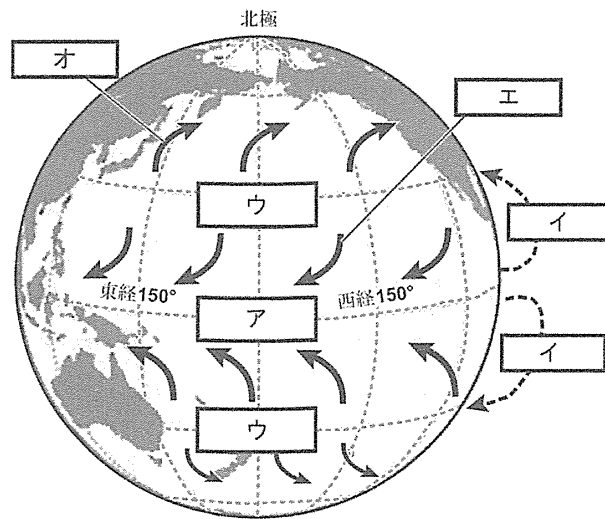


図1 地球表面付近における典型的な大気の流れ（実線矢印），および地球表面と対流圏界面との間における大気の流れの一部（破線矢印）の模式図

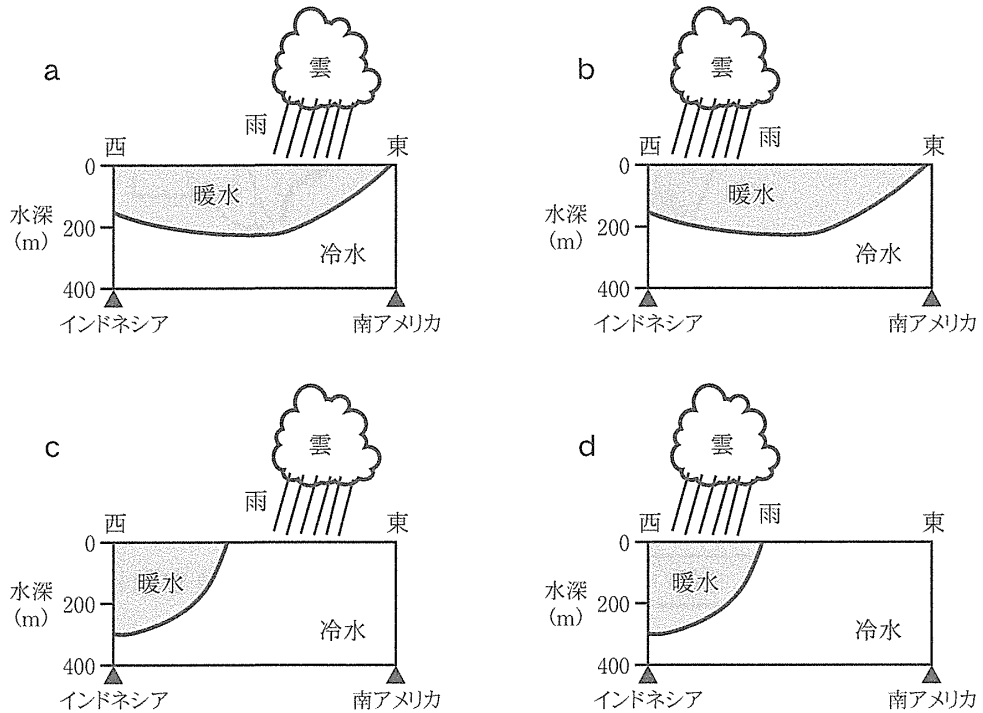
問1 文章中の ～ に入る適当な数値または語について，それぞれ次の語群から一つ選び答えよ。

空欄	語群				
X	40	50	60	70	80
Y	57	67	77	87	97
Z	g/m ²	g/m ³	ppm	‰	%

問2 文章中，および図1中の ～ に入る適切な語を答えよ。

問3 下線部①に関連して，海洋表層の塩分濃度が亜熱帯域で高く，それに比べて熱帯域では低い理由を110字以内で述べよ。

問 4 下線部②に関連して、エルニーニョ現象が発生しているときの状態を示す
 模式図として最も適当なものを、次の a ~ d の中から一つ選び記号で答えよ。



2 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

恒星は星間雲の中で誕生している。かつて、太陽が星間雲の中から原始太陽と^①して誕生したとき、その中心温度は現在の太陽の中心温度よりも **ア**、原始太陽は **イ** することでエネルギーを解放していた。また、原始太陽に取り込まれなかった物質からは惑星が形成された。

現在、^②太陽系の惑星は太陽の周囲を公転しており、^③惑星の太陽からの平均距離の3乗と公転周期の2乗との比は、^④惑星によらず一定である。

問 1 **ア** と **イ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の a～dのうちから一つ選び記号で答えよ。

	ア	イ
a	低く	重力によって収縮を
b	低く	中心部の水素が核融合を
c	高く	重力によって収縮を
d	高く	中心部の水素が核融合を

問 2 下線部①に関して、次の図1の白い矢印で示された星間雲について述べた文として最も適当なものを、下のa～dのうちから一つ選び記号で答えよ。

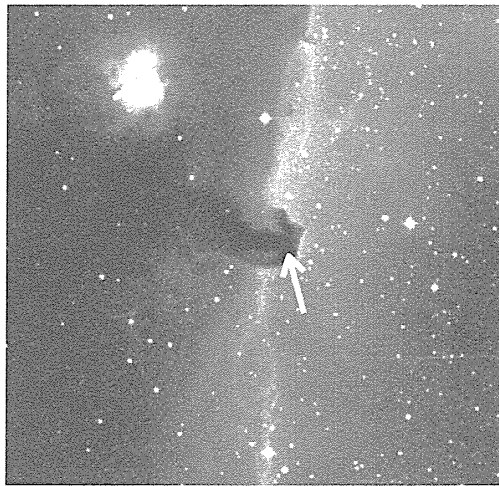
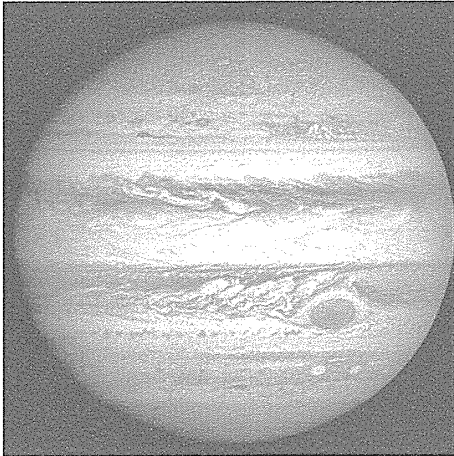


図1 星間雲

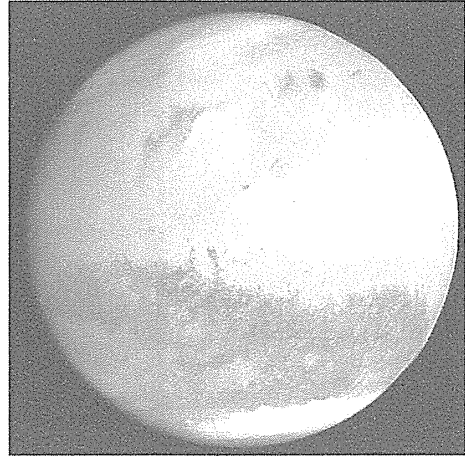
- a オールトの雲と呼ばれている。
 - b 遠方からくる天体の光を遮^{さえぎ}っている。
 - c 密度が星間物質の平均的な値より小さい。
 - d 元素組成を原子の個数で比較すると炭素が一番多い。
- 問 3 下線部②に関連して、太陽系の惑星の形成に関わった微惑星について述べた文として適当でないものを、次のa～dのうちから一つ選び記号で答えよ。
- a 固体微粒子（塵）が集まって形成された。
 - b 太陽の周りを円盤状に分布していた。
 - c 太陽に近いものほど氷を多く含んでいた。
 - d 衝突と合体をくり返して原始惑星へと成長した。

問 4 下線部③に関して、次の画像AおよびBに示された太陽系の惑星について述べた文として最も適当なものを、下のa～dのうちからそれぞれ一つずつ選び記号で答えよ。

A



B



- a 質量が太陽系の惑星の中で最も大きい。
- b 温室効果のため表面温度が 400 °C を超えている。
- c 公転面に垂直な方向に対して自転軸が 90° 近く傾いている。
- d 表面にかつて液体の水が存在したことを示唆する地形がある。

問 5 仮に太陽系に新しい惑星が発見され、下線部④の関係を満たしていたとする。その惑星の太陽からの平均距離が地球の太陽からの平均距離の 700 倍であったとき、新しく発見された惑星の公転周期は何年と推定されるか。地球の公転周期は 1 年、 $\sqrt{7} = 2.65$ とし、有効数字 2 桁で求めよ。最後に得られる数値のみでなく、その数値に至るまでの計算過程も説明すること。

問 6 太陽系に関して述べた文として最も適当なものを、次の a～d のうちから一つ選び記号で答えよ。

- a 太陽系は、銀河系中央部にあるバルジとよばれる膨らんだ部分に位置している。
- b 惑星は太陽系のみで確認されており、太陽以外の恒星の周りでは確認されていない。
- c 太陽系には、太陽系が誕生する前に恒星の中心部で生成された元素が存在している。
- d 太陽はいずれ超新星爆発を起こし、太陽系の物質を星間空間に戻すと考えられている。

問題 **3** と問題 **4** のいずれかを選択し、解答用紙のマーク欄に○を記入すること。
両方にマークしたり、どちらにもマークしていない解答は無効になる。

3 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

岩石が高温高压の状態に長くおかれると、固相状態のままに鉱物どうしが化学反応をおこしたり、化学組成は同じで結晶構造のみが変化したりして他の種類の^①鉱物に変わり、別の岩石になることがある。これを変成作用と呼び、この作用で形成された岩石を変成岩と呼ぶ。ある一連の変成作用によって形成された地質帯のことを変成帯と呼び、西南日本地域には、中央構造線を境とした内帯に領家変成帯が、外帯に三波川変成帯が分布する。領家変成帯は高温低压型の変成帯、三波川変成帯は低温高压型の変成帯^②であり、これらの変成帯には、主に白亜紀に形成された片麻岩と結晶片岩^③がそれぞれ広く分布する。

問 1 下線部①に示す鉱物の関係を何と呼ぶか。また珪線石^{けいせん}とこの関係にある鉱物の名称を一つ答えよ。さらに、これらの鉱物の化学式を示せ。

問 2 下線部②に関連して、高温低压型と低温高压型の変成作用の一般的な特徴について述べた文として、最も適当なものを、次の a～d のうちから一つ選び記号で答えよ。

- a 低温高压型の変成帯では、ひすい輝石が変成鉱物として形成する条件に達することがある。
- b 低温高压型の変成帯には、ホルンフェルスや結晶質石灰岩が広く分布する。
- c 沈み込み帯地域では、低温高压型の変成帯は火山弧の直下で形成される。
- d 沈み込み帯地域では、高温低压型の変成帯は、低温高压型の変成帯よりも海溝側で形成される。

- 問 3 領家変成帯には，高温低圧型の変成岩とともに花こう岩が広く分布する。
このような花こう岩を形成するデイサイト質～流紋岩質マグマは，一般的に
どのようにして形成されると考えられているのか。130 字以内で説明せよ。
- 問 4 下線部③に関連して，片麻岩と結晶片岩は見た目の特徴で区別することが
できる。それぞれの岩石の特徴と区別の方法を 130 字以内で述べよ。

問題 3 と問題 4 のいずれかを選択し、解答用紙のマーク欄に○を記入すること。
両方にマークしたり、どちらにもマークしていない解答は無効になる。

4 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

マントルは、地殻との境である ア 不連続面から地下約 2900 km までの部分であり、地球全体の体積の約 X % を占める。マントルは深さ約 660 km を境に上部マントルと下部マントルに大きく分けられ、上部マントルは イ ① 岩質岩石でできている。下部マントルは、上部マントルと化学組成は似ているが構成鉱物の組み合わせが異なり、高圧で安定な結晶構造をもつ鉱物に変わっている。

マントルは固体であるが、長い時間をかけてゆっくりと流動している。その流れは、上昇流と下降流、およびそれらをつなぐ水平方向の流れにより循環しており、この循環をマントル ウ とよぶ。地表で見られる エ 運動はこの循環の一部である。

マントル ウ の様子は地震波等の解析によって調べられている。多くの ② 地点で地震波を観測してその伝わり方を解析し、地球内部の地震波速度の 3 次元的な分布を明らかにする手法の発展により、マントルの内部構造や動きがわかるようになった。この手法により明らかとなった、マントル内を上昇する円筒状の流れは オ とよばれる。

問 1 ア ～ オ に適切な語を入れよ。

問 2 X に入る数値として適切なものを次の a ～ e のうちから一つ選び記号で答えよ。

a 53 b 63 c 73 d 83 e 93

問 3 下線部①に関して，深さ約 400 ～ 660 km の上部マントルと下部マントルの境界付近では，深度が増すことによる地震波の速さの変化の仕方にどのような特徴があるか，簡潔に述べよ。

問 4 下線部②に関して，次の各問に答えよ。

- (1) この解析手法は何と呼ばれるか。
- (2) この解析により，周囲より地震波速度の速い部分が見つかった場合，周囲との比較において，その部分の岩石のかたさや温度についてどのようなことがいえるか，簡潔に述べよ。

問 5 下線部③に関して，日本列島周辺の下部マントルにおける地震波速度の周囲との違いを述べよ。また，その速度の違い（周囲との温度の違い）が生じている原因，およびそれより推定されるマントルの動きについて，130 字以内で説明せよ。

問題訂正紙

地学

注意事項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙を開いてはいけません。
「解答はじめ。」の指示の後に開きなさい。
2. 問題訂正がある問題の番号は、です。
3. 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰りなさい。

問題訂正

「地学」

修正箇所	50ページ 第1問 問3 1行目
誤	……，海洋表層の <u>塩分濃度</u> が亜熱帯域で高く，……
正	……，海洋表層の <u>塩分</u> が亜熱帯域で高く，……