

令和 8 年度 入学試験問題

理 科

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 解答はすべて別紙解答用紙に記入ください。
3. 解答用紙は全科目を組み合わせてあるので、その中から自分が選択した科目だけを取り出して解答ください。
4. 解答用紙は、物理4枚、化学4枚、生物4枚、地学4枚です。
5. 選択していない科目を解答した場合は無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所あります。すべて記入ください。
7. 試験終了後、選択した科目の解答用紙のみ回収します。
8. 問題冊子及び選択しなかった問題の解答用紙は持ち帰りください。

理 科 問 題

物	理	1	～	7	ページ	化	学	8	～	14	ページ
生	物	15	～	21	ページ	地	学	22	～	30	ページ

物 理

I 図1のように、なめらかな水平面上にともに質量 m の2つの物体 A と B がある。水平方向右向きを x 軸の正方向とし、それぞれの物体の位置を x_A, x_B と表す。物体 A, B は x 軸上を運動するものとする。最初、それぞれの物体は距離 L を保ちながら、 x 軸の負の方向に一定の速さ v_0 で運動していた。その後、物体 A は水平面に垂直な壁と衝突した。その時刻を $t = 0$ とする。なお、物体 A と壁および物体 A と物体 B との間の衝突は瞬間的に起こるものとし、すべて完全弾性衝突とする。物体の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとして、以下の各問いに答えよ。

問 1 壁と衝突した直後の物体 A の速さと向きを答えよ。

問 2 物体 A が壁と衝突した後、物体 A が物体 B に衝突するまでの時間 t_1 を求めよ。計算過程も記せ。

問 3 $0 \leq t \leq 3t_1$ において、物体 A から見た物体 B の相対位置 $x_B - x_A$ の時間変化を解答用紙のグラフに書け。

次に、図2のように、物体 A と物体 B を重さの無視できるばね定数 k のばねの両端に接続し、ばねを自然の長さ L に保ったまま、全体を x 軸の負の方向に一定の速さ v_0 で運動させた。物体 A, B は x 軸上を運動するものとする。やがて物体 A が壁と衝突した。その時刻を $t = 0$ とする。その後、 $t = T_1$ で物体 A と物体 B の間の距離 $|x_B - x_A|$ は最も小さくなり、その値は d であった。衝突の際、ばねの力の影響は無視できるものとして、以下の各問いに答えよ。

問 4 壁と衝突した直後の物体 A の速さと向きを答えよ。

問 5 距離 d を m, k, v_0, L を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 6 $0 < t \leq T_1$ において、物体 A と物体 B の加速度をそれぞれ a_A , a_B としたとき、物体 A から見た物体 B の相対加速度 $a_B - a_A$ を m , k , L , x_A , x_B を用いて表せ。

問 7 $0 < t \leq 2T_1$ において、物体 A から物体 B の運動を見ると単振動となる。この単振動の角振動数 ω および物体 A と物体 B が最接近した時刻 T_1 を m , k , L , x_A , x_B から必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問 8 時刻 $t = 2T_1$ における物体 B の速度を求めよ。

問 9 $0 \leq t \leq 3T_1$ において、物体 A から見た物体 B の相対位置 $x_B - x_A$ の時間変化を解答用紙のグラフに描け。

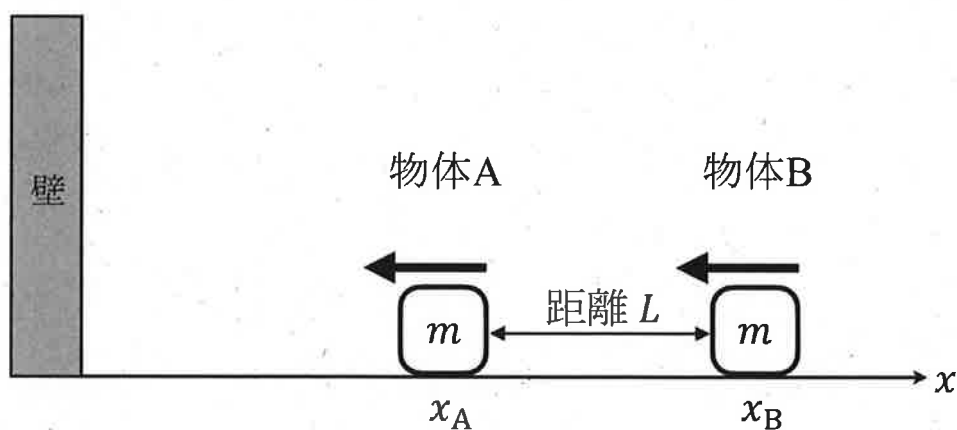


図 1

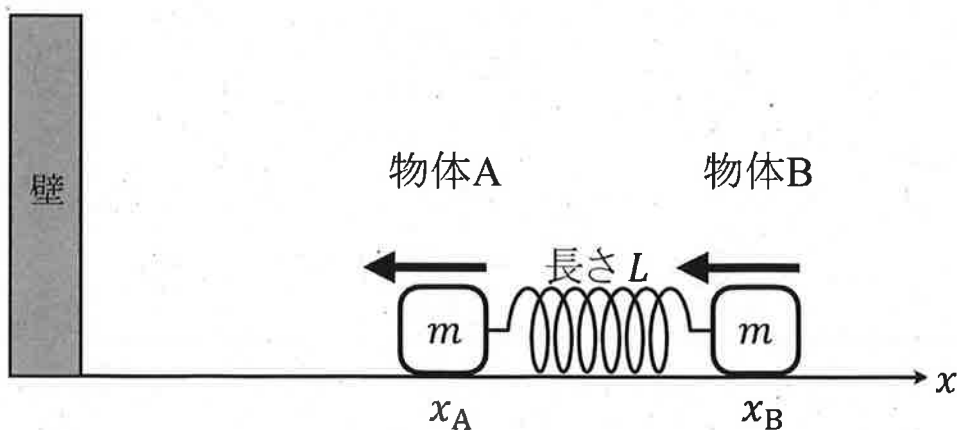


図 2

II 図1のように、鉛直上向きの一様な磁束密度 B の磁場内に、間隔 L で平行な2本の導線レールを水平に置く。次に、レールの左端同士を、内部抵抗の無視できる起電力 V の電池と抵抗値 R の抵抗器とスイッチ S を挿入してつなぎ、レールの上に質量 m の導体棒 PQ を置く。スイッチ S を閉じると、はじめ静止していた導体棒は右向きにすべり出した。導体棒はレールと垂直を保ちながら、空気抵抗の影響を受けずになめらかにすべるものとする。また、導体棒とレールの電気抵抗、電流がつくる磁場の効果はすべて無視できるものとする。以下の各問いに答えよ。ただし、問1～問3については、導体棒 PQ の速さを v として解答せよ。

問1 導体棒 PQ 間に生じる誘導起電力の大きさを、 B, L, V, m, R, v のうち必要なものを用いて表せ。

問2 導体棒 PQ 間に流れる電流の大きさ I を、 B, L, V, m, R, v のうち必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問3 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力 F の大きさを、 B, L, v, I のうち必要なものを用いて表せ。

問4 スイッチ S を閉じてからしばらくすると、導体棒は一定の速さ v_1 に達した。このとき、 PQ 間に流れる電流の大きさ I_1 および v_1 を求め、 B, L, V, m, R のうち必要なものを用いて表せ。

問5 スイッチ S を閉じてから導体棒が一定の速さ v_1 に到達するまでに、力 F がした仕事を、 B, L, V, m, R のうち必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

次に、図2のように、図1と同じ実験装置を用いて導線レールを水平面から角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) をなすように配置する。導体棒 PQ はレール上に取り付けられた絶縁体のストッパーにより支えられている。スイッチを閉じると、静止していた導体棒はレールを上方にすべり出した。しばらくすると導体棒は一定の速さ v_2 に到達して、このとき導体棒 PQ 間に流れる電流の大きさは I_2 であった。重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。

問 6 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力と重力のつり合いの条件から、導体棒 PQ 間に流れる電流の大きさ I_2 を、 B , L , V , m , R , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問 7 導体棒の速さ v_2 を、 B , L , V , m , R , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。計算過程も記せ。

問 8 導体棒の位置エネルギーの単位時間あたりの増加量を、 V , R , I_2 を用いて表せ。

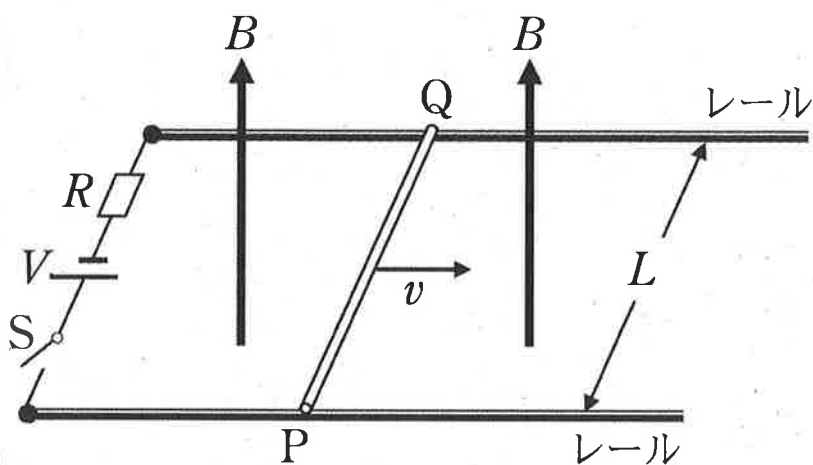


図 1

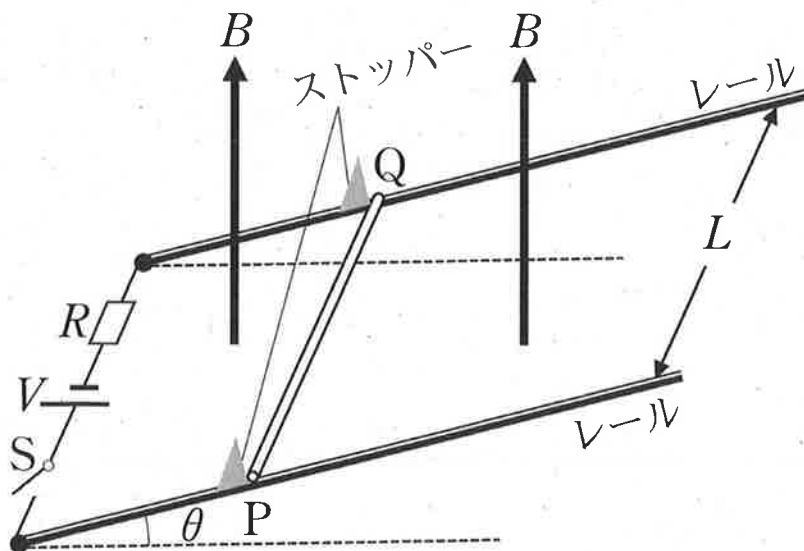


図 2

Ⅲ 単原子分子からなる理想気体に関する次の文章(A・B)を読み、後の問いに解答せよ。ただし、温度はすべて絶対温度を表すものとし、気体定数を R 、定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ とする。また、気体が外部にした仕事の符号は、その気体が外部に仕事をした場合は正、外部から仕事をされた場合は負とする。

A 単原子分子からなる理想気体 1 mol が状態 A(体積 V_0 、圧力 P_0 、温度 T_0)にある。温度を一定に保ったままゆっくりと状態 A から状態 B(体積 V_1 、圧力 P_B)まで膨張させた場合と、断熱的にゆっくりと状態 A から状態 C(体積 V_1 、圧力 P_C)まで膨張させた場合について、以下の各問いに答えよ。ただし、単原子分子からなる理想気体の断熱変化では、気体の圧力 P と気体の体積 V との間に、 $[PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}]$ の関係が成立する。

問 1 気体の圧力 P_B 、 P_C を、 P_0 、 V_0 、 V_1 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 2 状態 A から状態 B と、状態 A から状態 C の 2 つの状態変化の様子を表す曲線を、解答用紙にある横軸が体積、縦軸が圧力のグラフに描け。ただし、状態変化の向きを示す矢印も記入し、問 1 で求めた状態 B、C の気体の圧力も縦軸に書き入れよ。

問 3 状態 C における気体の温度 T_C を、 T_0 、 V_0 、 V_1 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 4 状態 A から状態 C の過程において、気体が外部にした仕事 W_{AC} を R 、 T_0 、 V_0 、 V_1 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 5 状態 A から状態 B の過程において、気体が外部にした仕事を W_{AB} とするとき、 W_{AB} と W_{AC} の大小関係を示せ。また、その理由も記せ。

B なめらかに動くピストンを備えたシリンダー内部に、単原子分子からなる理想気体 1 mol が状態 a (体積 V_0 , 圧力 P_0 , 温度 T_0) にある。図 1 はこの気体の状態変化を示したもので、横軸は体積、縦軸は圧力を表し、原点 O は体積と圧力がともに 0 である。状態 a から始まる 4 つの過程で状態を変化させ、最初の状態 a に戻る 1 サイクルを行う。過程 a → b は体積一定でゆっくりと圧力を $2P_0$ にする変化、過程 b → c は圧力一定でゆっくりと体積を $2V_0$ にする変化、過程 c → d は体積一定でゆっくりと圧力を P_0 にする変化、過程 d → a は圧力一定でゆっくりと体積を V_0 にする変化である。以下の各問いに答えよ。

問 6 状態 b, c および d におけるそれぞれの温度 T_b , T_c および T_d を, T_0 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 7 1 サイクルの過程において、気体が外部にした正味の仕事 W を, R , T_0 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 8 1 サイクルの過程において、気体は外部から熱を吸収したり放出したりする。このうち気体が吸収した熱量 Q ($Q > 0$) を, R , T_0 を用いて表せ。計算過程も記せ。

問 9 1 サイクルを熱機関とした場合、この熱機関の熱効率 e を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も記せ。

問10 過程 a → b → c → d → a の 1 サイクルの状態変化の様子を、解答用紙にある横軸が体積、縦軸が温度のグラフに描け。ただし、グラフの原点 O は体積と温度がともに 0 である。また、状態変化の向きを示す矢印も記入し、状態 a, b, c, d における温度を縦軸に書き入れよ。

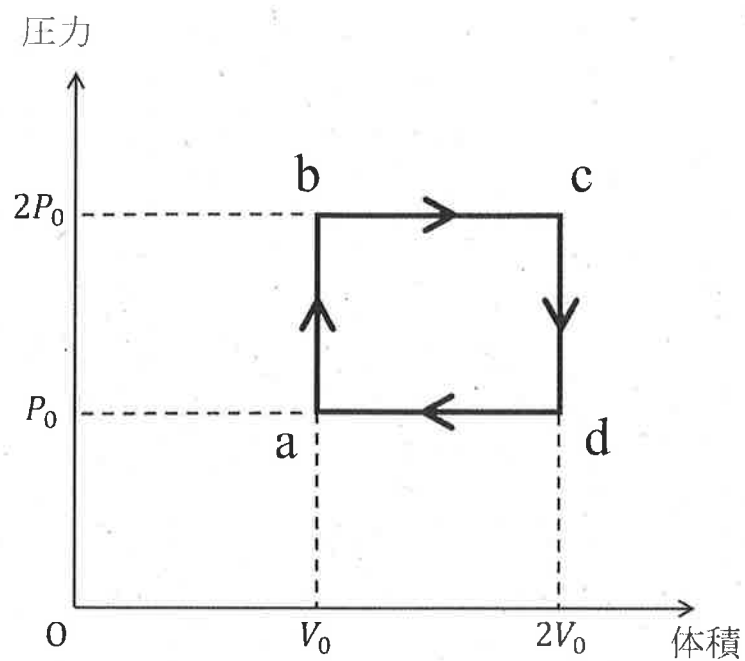


图 1

化 学

以下の問題で原子量の値が必要ならば、次の数値を用いよ。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.5,
Ca = 40.0

I 以下の各問いに答えよ。

問 1 ある金属 **M** (仮の元素記号) の酸化物は組成式が M_2O_3 で表されることが分かっている。この酸化物中に含まれる **M** の含有率(質量百分率)を調べたところ、 α [%]であった。金属 **M** の原子量、および酸化物 M_2O_3 の式量を、 α を用いた文字式で表せ。

問 2 炭酸ナトリウム十水和物 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ を純水に溶かして、質量パーセント濃度が 1.00 % の炭酸ナトリウム水溶液をちょうど 100 mL 作りたい。このとき、何 g の $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ を、何 mL の純水に溶かせばよいか。有効数字 3 桁で求めよ。計算の過程も示すこと。ただし、1.00 % の炭酸ナトリウム水溶液の密度は 1.01 g/cm^3 であり、純水の密度は 1.00 g/cm^3 である。

問 3 質量パーセント濃度が 98.0 % の濃硫酸を純水で希釈して、モル濃度 1 mol/L の希硫酸をちょうど 1 L 作りたい。このための実験手順を、必要な試薬の分量、使用する実験器具の名称、および実験上の注意点も含めて記述せよ。ただし、98.0 % の濃硫酸の密度は 1.84 g/cm^3 である。また、ここで使用する液体の体積を測るための実験器具では、体積を 0.1 mL 単位で測定できるものとする。

Ⅱ 二酸化炭素の発生に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

炭酸カルシウムと塩酸を反応させると二酸化炭素が発生する。この化学反応の量的関係を調べるために、以下の実験を行った。実験はすべて空気中で行った。

500 mL のビーカーに、濃度が不明な塩酸 200 mL を入れ、そのビーカーの質量を量ったところ m_1 [g] であった。次いで、不純物を含み純度が不明な炭酸カルシウムの粉末 a [g] を正確に量り取り、その全量を少しずつ塩酸の中に投入し、二酸化炭素を発生させた。その後、二酸化炭素の発生が収まり、反応が完了したことを確認した。二酸化炭素は空気より重いため、発生した二酸化炭素の一部はビーカー内に溜まっていると考えられる。そこで、ビーカーの上からビーカー内部に向かって静かに空気を送り込み、ビーカー内に溜まっている二酸化炭素をすべてビーカーの外へ追い出した。このときのビーカーの質量を量ったところ m_2 [g] であった。ここで、水溶液に溶解する二酸化炭素の量および水の蒸発量は少ないため、無視できるものとする。また、炭酸カルシウムに含まれる不純物は、水溶液中のいずれの物質とも反応しないものとする。

純度不明の炭酸カルシウムの質量 a [g] を 20.0 g から 120.0 g の範囲で変えて上述の実験を 6 回行ったところ、 m_1 [g] と m_2 [g] に対して下表のような結果が得られた。

実験	a [g]	m_1 [g]	m_2 [g]
①	20.0	350.0	364.5
②	40.0	350.0	379.0
③	60.0	350.0	393.5
④	80.0	350.0	408.0
⑤	100.0	350.0	428.0
⑥	120.0	350.0	448.0

問 1 下線部の反応を化学反応式で記せ。

問 2 発生した二酸化炭素の質量を、 m_1 、 m_2 、 a のうち必要な文字を用いて、文字式で記せ。また、その式はどのような法則に基づいて導かれたものであるか。法則の名前を答えよ。

問 3 表に示した実験①から実験⑥までの結果に基づいて、横軸に塩酸中に投入した純度不明の炭酸カルシウムの質量 a [g] を、縦軸に発生した二酸化炭素の質量 [g] をとったグラフを示せ。グラフの縦軸と横軸には、適当な数値を記入して明示せよ。

問 4 実験で用いた塩酸のモル濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記せ。

問 5 実験で用いた炭酸カルシウムの純度 [%] を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も記せ。

Ⅲ 気体 A～C に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

陽極に炭素棒を用い、陰極に鉄を用いて塩化ナトリウム水溶液を電気分解したところ、陽極に A が発生した。A を臭化カリウム水溶液に通じたところ、液の色が赤褐色になった。また、A を水に溶かした溶液は、漂白・殺菌作用を示す。

白金電極を用いて水酸化ナトリウム水溶液を電気分解したところ、一方の電極から酸素が $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 11.2 L 発生し、他方の電極から B が発生した。B を A と混合して光をあてたところ、爆発的に反応して C が得られた。

問 1 文中の気体 A～C を実験室で発生させる反応を、以下の 1)～6)の中から選び、番号で答えよ。

- 1) 塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱する。
- 2) 硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸を加える。
- 3) 塩酸に酸化マンガン(Ⅳ)を加えて加熱する。
- 4) 銅に濃硫酸を加えて加熱する。
- 5) 鉄に希硫酸を加える。
- 6) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。

問 2 下線部(ア)に示す変化が起こったのはなぜか。化学反応式を示して説明せよ。

問 3 気体 A を水に溶かしたときに起こる反応の化学反応式を示し、A から生成した、下線部(イ)の性質を示す化合物の名称を記せ。

問 4 下線部(ウ)に示した電極とは陽極と陰極のどちらであるか答えよ。また、この電極で起こった反応をイオン反応式で示せ。

問 5 下線部(ウ)に示した電極に流れた電気量は、電子何 mol に相当するか答えよ。計算式も示せ。

問 6 酸素を電気分解以外の化学反応によって発生させ、捕集するとしたら、どのような方法があるか。そのための実験装置を図示し、必要な薬品名を図中に示せ。また、酸素を $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ で 11.2 L 発生させるのに必要な薬品の量(物質質量)を求めよ。計算に用いた化学反応式と計算式も示せ。

IV 有機化合物に関する以下の問いに答えよ。なお、構造式で解答する場合、すべての価標(結合をあらわす線)を明記すること。

問 1 分子式 C_4H_6 で表される鎖状の炭化水素である化合物 **A**, **B**, **C** がある。これらの構造を決定するために次の実験を行った。

(実験 1) 化合物 **A**, **B**, **C** の 1 分子にそれぞれ白金触媒の存在下で水素 2 分子を付加させたところ、化合物 **D** が得られた。

(実験 2) 白金触媒とは異なる触媒を用いて 1 分子の水素を付加させたところ、化合物 **A** の 1 分子からは化合物 **E** が得られ、化合物 **B** の 1 分子からは化合物 **F** が得られた。

(実験 3) ある試薬を用いて 1 分子の水素を付加させたところ、化合物 **A** の 1 分子からは化合物 **G** が得られ、化合物 **B** の 1 分子からは化合物 **F** が得られた。

(実験 4) 化合物 **E**, **F**, **G** の 1 分子にそれぞれ白金触媒の存在下で水素を 1 分子付加させたところ、化合物 **D** が得られた。

(実験 5) ある原子間のつながりを決定することができる装置で分析を行ったところ、化合物 **A**, **B**, **C** には $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} = \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$ の部分構造が存在しないこと、化合物 **C** にはメチル基が存在しないことが分かった。

- 1) 化合物 **A**, **B**, **C**, **D**, **F** の構造式を記せ。
- 2) 化合物 **E** と **G** の関係と、同様の関係にある 2 つの化合物を次の中から選び、それらの化合物名と構造式を記せ。

エタノール, サリチル酸, フタル酸, ペンタン, 1-ブタノール,
マレイン酸, ギ酸エチル, ジメチルエーテル, フマル酸, 酢酸メチル,
2-ブタノール, 2-メチルブタン, 安息香酸

問 2 問 1 の化合物 **C** の水素原子 1 個がメチル基に置換された構造をもつ化合物 **H** がある。この化合物 **H** に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生ゴムは、化合物 **H** が付加重合した構造をもつ。生ゴムの構造には炭素-炭素二重結合があり、空気中ではこの部分が酸素によってゆっくりと酸化され、生ゴムは劣化する。生ゴムに を 5~8% 加え、約 140℃ に加熱すると、その弾性は大きくなり、化学的にも機械的にも強くなって弾性ゴムが得られる。この操作を という。生ゴムに を 30~40% 加えて の操作を行うと、 と呼ばれる硬い物質になる。

- 1) 化合物 **H** の構造式を記せ。
- 2) 文中の空欄ア~ウに最も適切な用語または物質名を記せ。

生 物

I 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

私たち人間の体には、外部環境と接する様々な部分において、病気などを引き起こす病原体の侵入を物理的・化学的に防御する仕組みが備わっている。

^(ア)物理的に防御する方法として、皮膚の表面を形成する の仕組みがある。また、化学的な防御方法の中には、細胞壁を分解する という酵素が働いて排除する仕組みがある。

しかし、ケガや体調不良によって、上記の防御をかいくぐって病原体が体内に侵入することがある。その場合、免疫という仕組みが働くことによって防がれる。

免疫に関わる細胞としては を代表とする食細胞や、^(イ) などを代表とするリンパ球が知られている。

^(ウ)一般に前者の免疫を と呼び、後者の免疫を と呼ぶ。

後者においては、インフルエンザなどの感染症の防御が知られている。体内に侵入したウイルスは、細胞の働きによって として認識される。

に対して、特異的に結合する によって が起こる。 では に対してのみ反応することでウイルスが排除される。この免疫では、十分なリンパ球が増殖する必要があるため、一週間程度時間がかかることが知られている。また、感染症にかからないよう予防接種が勧められる。^(オ)

免疫に関わる私たちの身近な事例として、アレルギーが知られており、鼻炎などの軽症の他、^(カ)血圧低下など生命に関わる重篤な症状を示すこともある。

問 1 文中の ~ にあてはまる適当な語句を答えよ。

問 2 下線部(ア)に関して、私たちに影響する病原体として、ウイルス以外のものを2つあげよ。

問 3 下線部(イ)に関して、食細胞によって行われる排除の仕組みについて説明せよ。

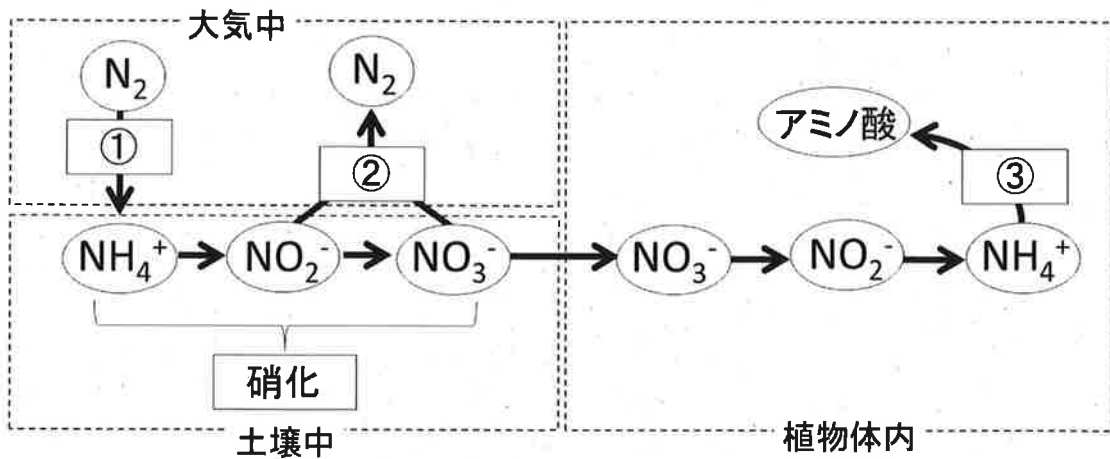
問 4 下線部(ウ)に関して、体内のどこで産出され、体内のどの部位を移動し、どの部位に集合するか、それぞれの部位について答えよ。

問 5 下線部(エ)に関して、インフルエンザ以外で知られているものを答えよ。

問 6 下線部(オ)に関して、予防接種として用いられるワクチンとはどのようなもので、体内でどのような働きをするか説明せよ。

問 7 下線部(カ)に関して、アレルギーを引き起こす原因物質を何と呼ぶか答えよ。また、アレルギーのうち、生命に関わる重篤な症状を示すことを何と呼ぶか、また、その原因となるものの例をあげよ。

Ⅱ 下の図は、生態系における窒素循環の一部を示した模式図であり、楕円には物質名が、四角には作用の名称が入る。この図に関して、下の問いに答えよ。



問 1 図中の空欄①～③にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2 を行う生物のうち、植物の根に侵入して共生するものを答えよ。
また、この共生により、植物はどのような利益を受けるか、説明せよ。

問 3 問 2 で述べた共生は相利共生と呼ばれ、自然界にはこれ以外にも多くの例が知られている。そうした生物種間の相利共生関係の具体例を 1 つあげて、そこに見られる相互作用について詳しく説明せよ。

問 4 は、植物が利用できる硝酸イオンを減少させるため、植物にとっては負の影響があるようにも見えるが、実際には生態系の中で重要な役割を果たしており、人間もその恩恵を受けている。そうした例を 1 つあげて、説明せよ。

問 5 の過程で有機物として生物体内に取り込まれた窒素原子は、アミノ酸をはじめ、生物体内の様々な物質に利用される。下にあげた各物質(a～e)のうち、窒素原子を含むものをすべて選び、記号で答えよ。

a : ヌクレオチド, b : ヘモグロビン, c : グルコース, d : 脂肪酸,
e : ATP

問 6 ③ や光合成を経て生産された有機物は、様々な栄養段階の生物を介して生態系の中を移動する。以下の4つの文はこの過程に関するものだが、一部に誤りを含んでいる。それぞれどのように誤っているか、説明せよ。

1. 消費者の摂食量のうち、消化されずに排出される分を不消化排出量と呼び、具体的には糞や尿がこれに相当する。
2. 消費者の同化量から被食量と死亡量をさし引いたものを成長量と呼ぶ。
3. 二次消費者は通常、生態系の頂点に位置するため、これより上位の栄養段階が存在することはまれである。
4. 森林の遷移の初期段階では純生産量は急激に増加するが、極相に転じて以降はやがて減少に転じる。これは、森林の呼吸量が、極相に達して以降は減少していくためである。

問 7 冒頭の図のように窒素は単体のままではアミノ酸として取り込むことが難しい。このため生命の起源に先立つ化学進化を実験下で検証したミラーは、窒素源としてアンモニアを利用した。これは彼が原始大気の成分の1つとしてアンモニアがあると考えていたためであるが、現在では原始大気の主成分は二酸化炭素と窒素、水蒸気であったと考えられている。

- (1) 地球上で化学進化が起こったとすれば、そこでは原始大気中ではまれなアンモニアが大量に供給されていた可能性がある。そうした環境の候補としてどのようなものが考えられるか、現在有力な仮説をあげよ。
- (2) (1)で答えた環境条件では、水とアンモニア以外にも化学進化に有用な物質が供給されていた可能性がある。そうした物質の候補として位置づけられるものを2つ以上あげよ。
- (3) (1)で答えた環境条件では、物理的な要因も化学進化に寄与していた可能性がある。これについて説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

進化という言葉は日常的に使われているが、その科学的な意味、特に進化が「どのようにして」起こるのかというメカニズムについては、いろいろな説がある。18世紀末から19世紀初頭にかけて、フランスの博物学者ラマルクは、進化に関する理論として「用不用説」を提唱した。その後、19世紀半ば、イギリスの博物学者チャールズ・ダーウィンは、進化のメカニズムに関する画期的な理論「自然選択説」^(ア)を提唱した。1859年に出版された著書『種の起源』は、生物学に革命をもたらした。ダーウィンの自然選択説は、進化の主要なメカニズムを提示したが、変異がどのようにして生じ、どのように遺伝するのかという具体的な仕組みは不明なままであった。20世紀初頭、オランダの植物学者ド・フリースは、オオマツヨイグサの栽培実験中に、親とは明らかに異なる形質を持つ個体が突然出現することを発見した。彼はこれを「突然変異」と名付け、この突然変異こそが新しい種を生み出す主要な現象であるとする「突然変異説」を提唱した。

現代の進化論において、進化を考える際の基本的な単位は、個々の生物ではなく「集団」である。集団とは、ある地域に生息する同種個体の集まりを指し、その内部の個体は一般的に互いに交配して子孫を残すことができる。そして、この集団が持つ全ての遺伝子を「遺伝子プール」と呼ぶ。遺伝子プールの中には、例えば体色を濃くする遺伝子や薄くする遺伝子、特定の病気に対する抵抗性に関わる遺伝子など、様々な種類の対立遺伝子が含まれている。進化とは、この遺伝子プール内のある特定の対立遺伝子(アレル)が占める割合、すなわち「遺伝子頻度」が、世代を経るにつれて変化していくことである。自然選択は、様々な形で生物に起きている。例えばイギリスの工業地帯で起きた、オオシモフリエダシャクの工業暗化や擬態^(イ)、性選択^(ロ)などがある。

ダーウィンの自然選択説は、生物の適応進化を説明する上で非常に強力な理論であるが、進化の全てが自然選択によって説明できるわけではない。特に分子レベルでの進化の研究が進むにつれて、自然選択以外の要因の重要性も認識されるようになってきた。これに関して、日本の集団遺伝学者である木村資生は、①を提唱した。また、小さな集団は大きな集団に比べて遺伝子の頻度の変化しやすい。

この遺伝子頻度の変化を ② という。また個体数が少ない時期が数世代続き、② の作用が強くなり、遺伝子頻度の変動が大きくなる現象をびん首効果という。

進化において新しい種が分化することを種分化と呼ぶ。種分化とは、元々は1つの種であった生物集団から、③ が途絶えた複数の新しい種が形成されていくプロセスである。これが積み重なることで、地球上に生物多様性がもたらされている。種分化の鍵となるのは、集団間に生殖的隔離が確立されることである。異なる集団の個体間で③ が妨げられる最も一般的なシナリオは、地理的隔離が起きることである。それによって種分化が起こることを④ という。このように進化のメカニズムが長い時間をかけて働くことで、地球上には驚くほど多様な生物が進化し、適応放散や収れんという現象がそれに寄与してきた。
(エ) (オ)

問 1 文章中の ① ~ ④ に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)のダーウィンの進化に関する理論「自然選択説」を「変異」、「生存競争」の語句を用いて説明し、具体的例をあげよ。

問 3 下線部(イ)のイギリスの工業地帯で起きた、オオシモフリエダシャクの工業暗化について具体的に説明せよ。

問 4 下線部(ウ)の擬態について、具体的な例を1つあげよ。

問 5 生物多様性は3つの階層で説明される。3つの階層を示し、それぞれ説明せよ。

問 6 下線部(エ)の適応放散とはどのような現象か、「共通祖先」という語句を用いて説明せよ。

問 7 下線部(オ)の収れんとはどのような現象か説明せよ。

Ⅳ 「遺伝子」は、世代から世代へ遺伝情報を伝達する役割を果たすと考えられてきたが、そもそも保持している情報をどのように伝達するのか、という問いは、長年、生物学者を悩ませてきた。しかし、1953年にワトソンとクリックによって、DNAの二重らせん構造モデルが提唱されると、DNAは膨大な情報を保持し、自己複製を行うのに非常に理にかなった構造をしていることが示唆された。

これらを踏まえて、DNAの構造を模式図で示し、その構造が「遺伝子」としての条件をどのように満たすのか、「半保存的複製」、「相補性」、「コドン」という語句を用いて、文章で説明せよ。ただし、模式図ではDNAを構成する3対のヌクレオチドの構造を示すものとし、ヌクレオチドの主要な構成要素がわかるように描くこと。

地 学

I 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

夜空に輝く恒星は、星間雲から原始星の段階を経たのちに、主系列星や として進化したものである。原始星は星間雲に^(a)取り囲まれている間は可視光線で見えないが、 として発見されている。主系列星では、その中心部で水素がヘリウムに変わる核融合反応が起こる。主系列星の段階は、発生したエネルギーが内部を高温高压に保ち自身の重力と釣り合うことで、恒星の一生の大部分を占める安定な期間となる。質量が大きい恒星は、燃料である水素の量が多いので主系列星である期間も長そうだが、実際の期間は質量が小さい恒星と比べて短い。^(b)

水素の核融合反応が進むと恒星の中心部にはヘリウムが溜まってくる。中心部の水素が消費されヘリウムの中心核が成長すると、中心部の温度は上昇し星は全体として膨張する。これに伴い表面温度は(エ)、表面積当たりのエネルギー放出は(オ)、光度は(カ)。

その後、恒星は次の段階に進む。太陽質量程度の恒星の場合、ヘリウムが核融合反応を起こして^(c)重い元素が生成される。太陽質量の10倍程度以上の恒星の場合、核融合反応がさらに進み、最後には中心部にが作られる。は安定した元素であり、これ以上の核融合反応には進まない。やがて恒星は中心に向かって押しつぶされ、その反動で外層部のガスは激しく吹き飛ばされる。この重い^(d)元素を含むガスはやがて星間雲と混ざり、次の世代の恒星の誕生へと繋がっていく。

問1 上の文章中の空欄～に入れる最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)に関連して、この天体が輝くためのエネルギー源について説明せよ。

問 3 下線部(b)に関連して、質量が太陽の 10 倍の恒星の寿命は太陽の寿命の何倍になるか答えよ。また、その理由について説明せよ。ただし、単位時間に反応する水素の量は恒星の光度に比例し、恒星の光度は質量の 4 乗に比例するものとする。

問 4 上の文章中の空欄(エ)~(カ)に入れる最も適当な語の組み合わせを次の A~H から 1 つ選び、記号で答えよ。

	(エ)	(オ)	(カ)
A	上がり	増え	増す
B	上がり	増え	減る
C	上がり	減り	増す
D	上がり	減り	減る
E	下がり	増え	増す
F	下がり	増え	減る
G	下がり	減り	増す
H	下がり	減り	減る

問 5 下線部(c)に関連して、生成される主な元素を 2 つ答えよ。

問 6 下線部(d)に関連して、次の問い(1)と(2)に答えよ。

(1) この現象は何と呼ばれるか答えよ。

(2) 中心部にはどのような天体が形成されるか答えよ。また、それはどのような特徴をもつか説明せよ。

II 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

北太平洋西部で発生した熱帯低気圧のうち、10分間の平均風速の最大が約17 m/s以上となったものを、日本では台風とよぶ。台風は、特徴的な構造および発達メカニズムを持っている。台風の発達メカニズムでは、^(a)気圧・風と水蒸気・雲が密接に相互作用している。台風の進路は、気圧配置や風の影響を受ける。亜熱帯で発達した台風は、によって西に移動する。夏の後半から秋にかけて、台風は北太平洋高気圧の西縁に沿って北上することが多く、中緯度に入ると、に流されて進路を北東に変える。

一部の台風は、日本列島に接近・上陸して災害をもたらす。たとえば、台風による^(b)降雨は大きな被害をもたらすことがあるが、一方では貴重な水資源となる。また、^(c)台風が通過すると、高潮が発生することがある。一方、台風が日本の南海上にあるとき、日本の太平洋沿岸で、風がないにもかかわらず高い波が打ち寄せることがある。このような波をという。

台風と気象学的には同じ種類の低気圧であるが、メキシコ湾やカリブ海・太平洋北東部などの強い熱帯低気圧は、アラビア海やベンガル湾・南太平洋などのものはとよばれている。

問 1 上の文章中の空欄～に入れる最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)に関連して、台風の発達メカニズムについて説明せよ。

問 3 下線部(a)に関連して、下層のある高度において、ある台風の中心気圧が p_1 [hPa]から p_2 [hPa]に低下した。この気圧低下に伴って、台風中心のその高度の水平面(面積は 1 m^2)より上にある空気の質量はどれだけ増加あるいは減少したか答えよ。ただし、気圧は、その地点より上にある空気の重さによる圧力である。重力加速度を g [m/s²]とする。

問 4 下線部(a)に関連して、北半球の水平面において、同心円状の等圧線分布を持つ低気圧と高気圧を考える(図1)。この低気圧周辺の傾度風とこの高気圧周辺の傾度風を比較するとどちらの風速が大きいか答えよ。また、解答用紙中の図を用いて、その理由を説明せよ。

ただし、着目する空気塊は同じ緯度にあり、低気圧中心あるいは高気圧中心から同じ距離にあるものとする。また、両空気塊に働く気圧傾度力の大きさは等しいものとする。傾度風は低気圧のまわりでは反時計回りに吹くものとする。

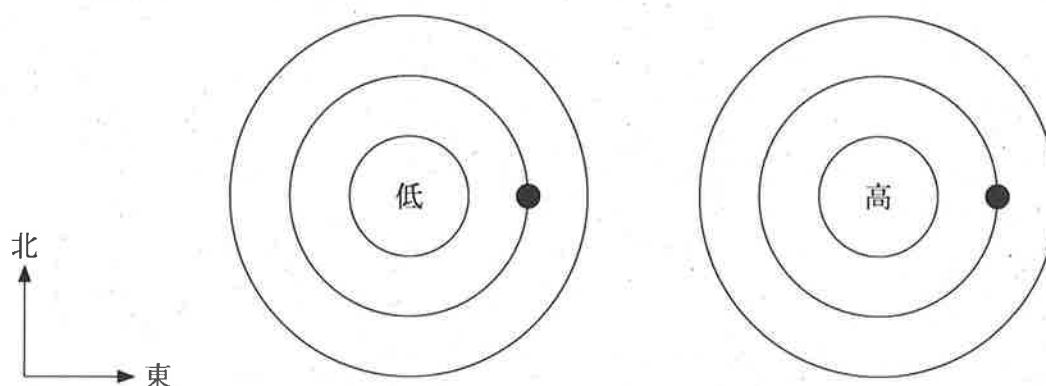


図1：北半球の水平面において、同心円状の等圧線分布を持つ低気圧と高気圧の模式図。図中の●印は、着目する空気塊を表す。

問 5 下線部(b)に関連して、気象衛星からの雲画像を用いて台風を昼夜とおして監視する場合、赤外画像を用いることはできるが、可視画像を用いることはできない。両者が何を画像化しているかという点に着目して、その理由を説明せよ。

問 6 下線部(c)に関連して、台風が通過すると、どのようにして高潮が発生するか説明せよ。

問 7 次の①～⑤のそれぞれについて、正しいければ○印、誤っていれば×印を記せ。

- ① 熱帯低気圧は、赤道付近ではほとんど発生しない。
- ② 熱帯低気圧は、寒冷前線や温暖前線をしばしば伴う。
- ③ 台風の目のなかでは、強い上昇流と強い雨が観測される。
- ④ 台風の目のまわりには、発達した層雲が広い範囲で観測される。
- ⑤ 台風の進行方向に向かって右側の地域では、地上付近で風が強くなることが多い。

Ⅲ 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

日本列島周辺は、4つのプレートが互いに押し合っている地域で、地球上でもっとも地震活動が活発な地域のひとつとして知られている。日本列島周辺で発生する地震を大別するとプレート(a)の境界で発生する地震、大陸プレート(b)内で発生する地震、沈み込む海洋プレート(c)内で発生する地震となる。

2024年8月8日16時42分に宮崎県沖合の日向灘の深さ約30kmでマグニチュード7.1の地震が発生した。この地震に対して気象庁は緊急地震速報(d)を発表した。この地震で最大震度6弱の揺れと津波(e)を観測した。また地震の規模を表すマグニチュードから気象庁は初めて「南海トラフ地震臨時情報(巨大地震注意)」を発表した。

問1 下線部(a)に関連して、図2のA—B間のプレートの鉛直断面図を描け。また、断面図にプレートの名称も記せ。

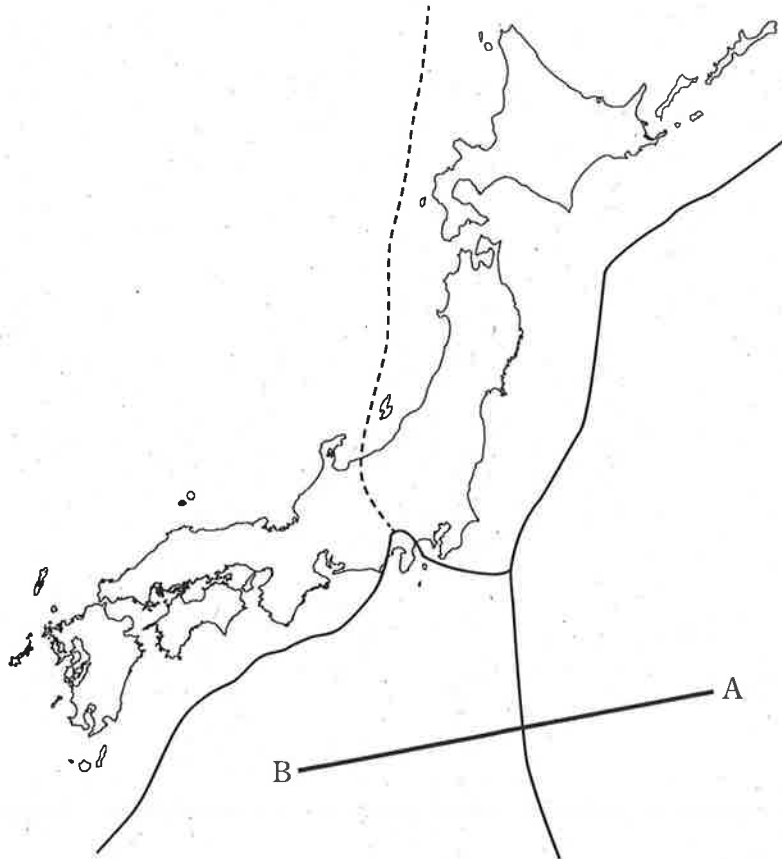


図2 日本列島周辺のプレート境界(伊豆諸島・小笠原諸島・南西諸島等の島々は省略)

問 2 下線部(a)と(b)に関連して、次の5つの地震のそれぞれについて、「プレートの境界で発生する地震」と「大陸プレート内で発生する地震」のどちらに属するか、記号で答えよ。

- イ) 1891年濃尾地震 ロ) 1923年関東地震 ハ) 1995年兵庫県南部地震
ニ) 2011年東北地方太平洋沖地震 ホ) 2016年熊本地震

問 3 下線部(c)に関連して、同じ年に発生した令和6年能登半島地震のマグニチュードは7.6であった。この令和6年能登半島地震は、2024年8月8日16時42分に日向灘で発生したマグニチュード7.1の地震の何倍の規模に相当するか、最も適当なものを1つ選び、記号で答えよ。

- a) 約1.1倍 b) 約1.4倍 c) 約1.8倍 d) 約3.2倍 e) 約5.6倍

問 4 下線部(d)に関連して、緊急地震速報は、震源付近で検知されたP波から揺れの強さを予測し、発表基準に達した場合、予測震度・到達時刻等を知らせる発表である。しかし、この緊急地震速報はすべての場所で有効とは限らず、大きな揺れが到達した後に緊急地震速報が届くことがある。緊急地震速報が間に合わないのはどのような場合か、簡潔に説明せよ。

ただし、必要なシステムがすべて正常に動作しているものとする。

問 5 2024年8月8日に16時42分に日向灘で発生した地震(震源の深さ30 km)をある観測点で記録した。ある観測点でのP波およびS波の到達時刻を表1に示す。この地震の震源とある観測点との間の震源距離および震央距離をそれぞれ求めよ。ただし、この地域の地下構造は均質で、P波速度およびS波速度はそれぞれ8.0 km/secと4.0 km/secとする。

表1 2024年8月8日16時42分に日向灘で発生した地震のある観測点におけるP波およびS波の到達時刻

P波の到達時刻	16時43分03.75秒
S波の到達時刻	16時43分10.00秒

問 6 下線部(e)に関連して、次の①～⑥の津波の説明のそれぞれについて、正しければ○印を、誤っていれば×印を記せ。

- ① 津波を発生させる地震は、深さ 100 km よりも深い場所で多く発生する。
- ② 津波は、水深が浅くなるほど伝わる速度が速くなり波高は高くなる。
- ③ 津波の波長は、水深と関係なく一定である。
- ④ 津波は、何度も押し寄せる場合があり、後からくる波の波高が大きくなることもある。
- ⑤ リアス式海岸では、津波のエネルギーが入江の奥に集中するために波高が高くなる傾向がある。
- ⑥ 1960 年チリ地震(M 9.5)によって発生した津波は、東北地方太平洋岸にも到達し、被害をもたらした。

IV 次の文章を読み、下の問いに答えよ。

図3に示すように、まわりを垂直な崖で取り囲まれた標高がほぼ一定の島がある。崖の高さは島の面積に対して無視できるほど低い。崖には礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩の地層が見られ、これらの岩石が島の土地をつくっている。柱状図はこれらの岩石の積み重なるの順序を示したもので、地層は逆転しておらず、断層もない。礫岩にはチャートと玄武岩の礫が含まれる。砂岩には貨幣石(カヘイセキ、ヌムリテス)の化石が含まれる。地層の層理面の走向・傾斜はどこでも一定で、走向はN45°E、傾斜は30°SEである。

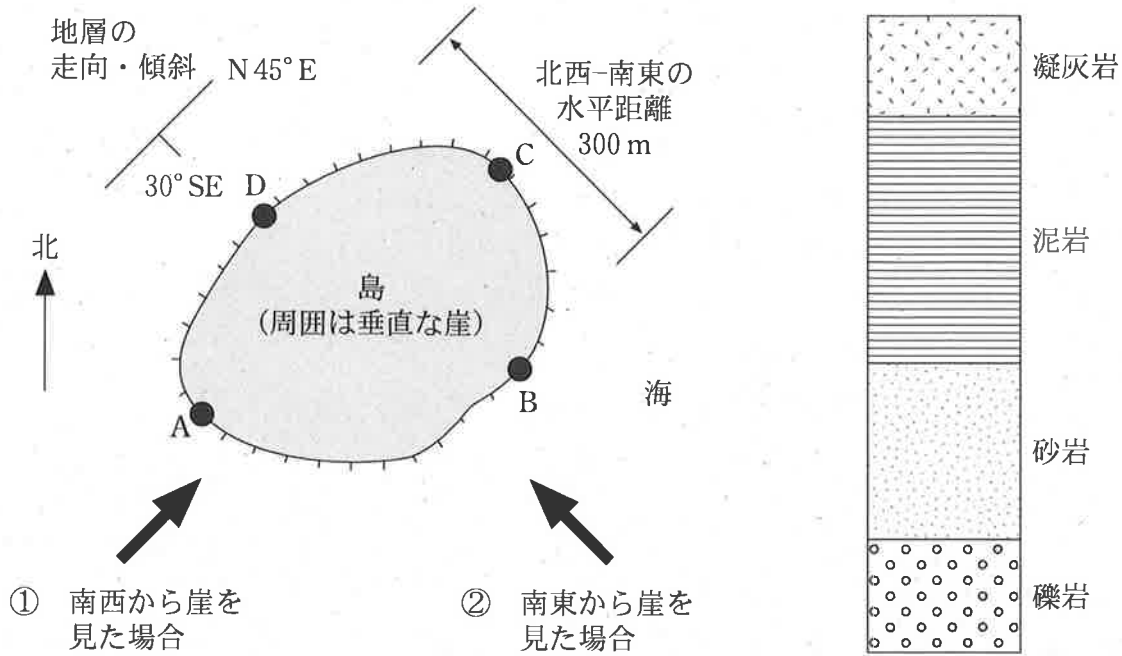


図3 島の平面図(左)、および島の土地をつくる地層の柱状図(右)。

問1 この島を海上から見たとき、「①南西から崖を見た場合」と「②南東から崖を見た場合」に地層のしま模様(層理)はどのように見えるか、それぞれ30字程度で説明せよ。必要なら補助的に図を描き、図に語句や角度を書き込んでよい。

問2 平面図の地点A~Dのうち、凝灰岩が分布すると考えられる地点を一つ答えよ。

問 3 島の北西—南東方向の水平距離は 300 m である。崖の高さを無視し、この島の地層全体の厚さを求めよ。また、どのように考えて求めたかがわかるように 50~100 字程度で説明せよ。必要なら補助的に図を描いてよい。

問 4 下線部(a)に関連して、砂のやわらかい堆積物が砂岩のような硬い堆積岩に変化する一連の作用の名称を答えよ。また、その作用ではどのようにしてやわらかい堆積物が硬い堆積岩に変化するか、詳しく説明せよ。

問 5 下線部(b)と(c)に関連して、凝灰岩とチャートはどのような岩石か。それぞれ 30 字程度で説明せよ。

問 6 下線部(d)に関連して、玄武岩に含まれることが多い鉱物として適当なものを次の①~⑤のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- ① 珪線石 ② Ca に富む斜長石 ③ Na に富む斜長石
④ 石英 ⑤ 黒雲母

問 7 下線部(d)に関連して、玄武岩が形成された地質年代として可能性のないものを次の①~⑤のうちから一つ選び、番号で答えよ。また、選択した理由を 100 字程度で説明せよ。

- ① 三疊紀 ② シルル紀 ③ 新第三紀
④ 白亜紀 ⑤ 先カンブリア時代