

北海道大学 入試問題の利用について

北海道大学学務部入試課

本学では、入試問題の使用については特に制限を設けておりませんが、以下の条件に留意の上、適切にご使用願います。

- ① 本学入試問題の著作権は、北海道大学に帰属します。
- ② 入試問題を利用する団体等が、出典を明示すること、責任の所在を明確にすることが必要です。
- ③ 本学試験問題を原本どおり使用できない場合には、改変したことを必ず明示願います。
- ④ 二次利用する場合において、問題に引用されている作品等がある場合には、使用する団体等が責任をもって、本学に対してではなくそれぞれの著作権者（作品の著者等）に対して、著作権処理を行っていただく必要があります。
- ⑤ 解答・解説等を掲載するに当たっては、閲覧される方が、「本学が公表している解答例・解説」と誤解してしまわないよう、掲載方法等についてご配慮願います。

【問い合わせ先】

北海道大学学務部入試課

〒060-0817 札幌市北区北17条西8丁目

TEL : 011-706-7484 FAX : 011-706-7488

理 科

理科を1科目受験する者 9：30～10：45

理科を2科目受験する者 9：30～12：00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は61ページある。このうち、「物理」は2～11ページ、「化学」は12～25ページ、「生物」は26～50ページ、「地学」は51～61ページである。
3. 各学部・学科・分野の指定にもとづきあらかじめ届け出た科目について解答せよ。各学部・学科・分野の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・学科・分野 科 目	理 学 部					薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	数 学 科	物 理 学 科	化 学 科	生物科学科 生物学専修分野	地球惑星科学科 高専修分 分子機能学 分野		応用理工系学科	情報エレクトロニクス学	機械知能工学	環境社会工学				
物 理	○	◎	◎	○	○	○	○	◎	◎	○	○	○	○	
化 学	○		◎	○	○	○	○			○	○	○	○	
生 物	○			◎	○	○	○				○	○	○	
地 学	○			○	○						○		○	
受験科目数	1	1	2	2	1～2	1～2	2	1	1	1	1	2	2	2

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

物 理

- 1 以下の文中の (1) ~ (10) に適切な数式を入れよ。また、(あ), (い) には図2に示す選択肢 a から h の中から適切な記号を選択し記入せよ。

図1のような、一端を固定されたばねから打ち出された質量 m (kg) の小球の運動を考える。ばねおよび台が置かれている床面は水平で同じ高さであり、それを高さの基準とする。水平面上に傾斜角 θ (rad), 高さ h (m), 質量 M (kg) の台が置かれている。点 A の前後で傾斜角はともに θ であり、なめらかに接続されている。小球はばねと台を含む鉛直平面内を、床もしくは台から離れることなく運動するものとする。また、空気の抵抗、小球と床との摩擦、小球の大きさは無視できるとし、重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。

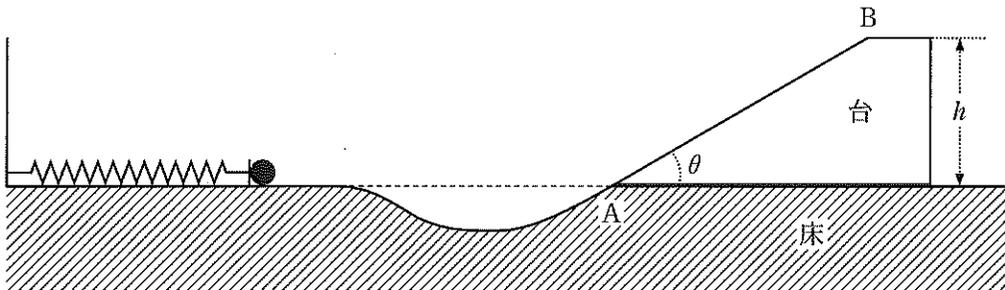


図 1

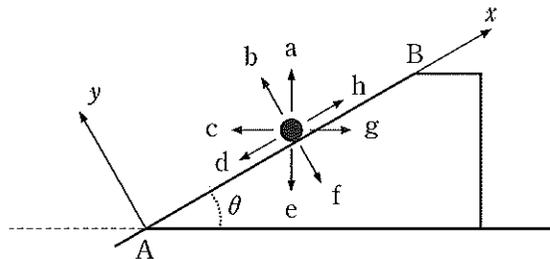


図 2

問 1 最初に、台と小球との摩擦が無視でき、台が床に固定されている場合を考える。ばねを自然長から台の高さの4分の1すなわち $\frac{h}{4}$ 縮め、小球を打ち出したところ、小球は台の最上部 B に到達したところで速さが 0 になった。このばねのばね定数は $\boxed{(1)}$ [N/m] であり、点 A を通過した時の小球の速さは $\boxed{(2)}$ [m/s] である。小球が台の斜面を運動している間、小球の加速度の大きさは $\boxed{(3)}$ [m/s²] である。小球が点 A を通過してから、点 B に初めて到達するまでにかかる時間は $\boxed{(4)}$ [s] となる。また、台の斜面にある小球が受ける垂直抗力は、向きが $\boxed{(あ)}$ 、大きさが $\boxed{(5)}$ [N] である。

問 2 つぎに、床と台および台と小球との間の摩擦が無視でき、台が水平に自由に動ける場合を考える。台は最初、床に対して静止していたが、問 1 と同様に打ち出した小球が台の斜面にのると台は動き始めた。図 2 に示す様に、台の下端 A を原点とし x 軸、 y 軸をとる。台に対する小球の加速度の x 成分を α [m/s²]、水平右向きを正の方向としたときの床に対する台の加速度を β [m/s²] とする。小球が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさを N [N] とすると、台の水平方向の運動方程式は N 、 θ を用いて $M\beta = \boxed{(6)}$ と表される。台に乗った座標系から見ると、小球には向きが $\boxed{(い)}$ の慣性力が働いているので、台から見たときの小球の x 軸方向の運動方程式は m 、 g 、 β 、 θ を用いて $m\alpha = \boxed{(7)}$ となる。 α 、 β について解くと垂直抗力 N を使わずに $\alpha = \boxed{(8)}$ [m/s²] となる。このことは、台が床に対して等加速度運動をしていることを意味している。また、小球が最高点に達したときの高さは $\boxed{(9)}$ [m] である。

問 3 最後に、床と台との間の摩擦は無視できるが台と小球との間に動摩擦係数 μ' の摩擦力が働き、台が水平に動ける場合を考える。台は最初、床に対して静止していたが、問 2 と同様に打ち出した小球が台の斜面にのると台は動き始めた。このとき、台の床に対する加速度の大きさは $\boxed{(10)}$ [m/s²] である。

2 以下の文中の (1) ~ (9) に適切な数式または数値を入れよ。また、(a) ~ (b) ではグラフを作図し、(あ) ~ (う) には選択肢から最も適切なものを一つ選べ。

問 1 図1のように、一辺の長さが l (m) の正方形の2枚の極板 A, B からなるコンデンサーに金属板を挿入することを考える。極板に垂直な方向を y 軸とする。A は $y = 0$ に位置し、2枚の極板は $3d$ (m) の間隔で平行に固定されており、極板面に垂直な方向から見て正確に重なっている。はじめ、極板 A, B と金属板は帯電していないものとする。また、極板の厚さと極板の端での電場の歪みは無視できるとする。

はじめに金属板を挿入しない状態でスイッチを閉じ、コンデンサーを電圧 V (V) の電池で充電し、十分に時間が経った後にスイッチを開くとする。つぎに、この極板の間に、一辺の長さが l の正方形の面を持ち、厚さ d の金属板を面が極板と平行になるように、また紙面に垂直な方向に金属板が極板からはみ出さないように、外力をかけて一方向からゆっくりと挿入する。ここで金属板と A の距離は d である。

金属板の挿入前の、AB間の領域の A から測った電位を y の関数としてグラフに描くと (a) となり、 $y = \frac{3d}{2}$ における電場の大きさは (1) [V/m] となる。また、金属板を完全に挿入した後の、AB間の領域の A から測った電位を y の関数としてグラフに描くと (b) となり、 $y = \frac{3d}{2}$ における電場の大きさは (2) [V/m] である。

つぎに、金属板を x (m) だけ極板間に挿入した状態を考える。 x および $l-x$ は $3d$ に比べて十分大きく、電場の歪みは無視できるとする。挿入前の電気容量を C (F) とする。 C を用いると、 x だけ挿入された状態の電気容量は (3) [F] となり、このときにコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーは (4) [J] である。ここで、 Δx (m) が x に比べて十分小さいとして、金属板を x から $x + \Delta x$ まで動かすときに外力のする仕事の大きさは、 Δx に比例し (5) $\times \Delta x$ [J] となる。したがって、金属板には (あ) に力が働く。

(あ) の選択肢：

- (ア) 金属板をコンデンサーの中に引き込む方向
- (イ) 金属板をコンデンサーから押し出す方向

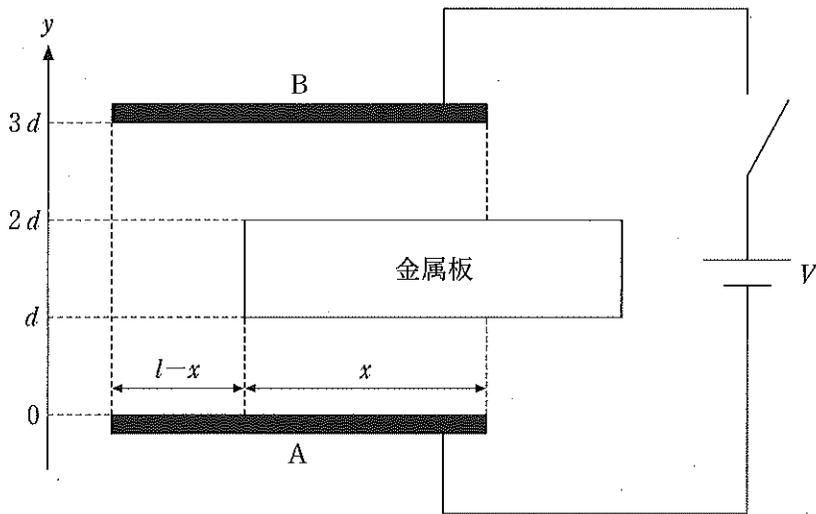


図 1

問 2 図 2 のように、真空中に xyz 軸をとる。 y 軸に沿った導線には正の方向に電流 I [A] が流れている。ABCD を頂点とする長方形の一巻きコイルが、AB を y 軸に、AD を x 軸に平行にして、 x - y 面内で x 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s] で動いている。AD の長さを a [m]、AB の長さを b [m]、コイルの抵抗を R [Ω] とし、真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とする。

y 軸と A の距離が r [m] のとき、AB 間に生じる起電力の大きさは [V] となる。また、コイル全体に生じる起電力の大きさは [V] となる。したがって、コイルには i [A] = [A] の電流が に流れる。コイルが導線を流れる電流により作られる磁場から受ける力は各辺が受ける力の合力なので、電流 i を用いてその力の大きさは [N] であり、向きは の方向である。

の選択肢：

(ア) A→B→C→D→A

(イ) B→A→D→C→B

の選択肢：

(ア) x 軸正

(イ) x 軸負

(ウ) y 軸正

(エ) y 軸負

(オ) z 軸正

(カ) z 軸負

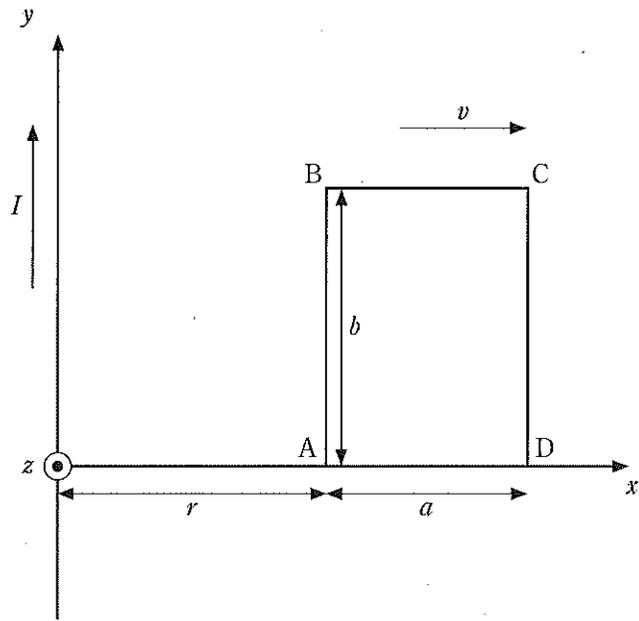


图 2

3 離れたところにある気体の温度を測る方法について考える。以下の文中の

(1) ~ (2) に適切な数式を入れよ。

問 1 図 1 のように、静止しているときに波長 λ_0 [m] の音波を発生させている音源がある。この音源が音速 c [m/s] よりも十分遅い速さ u [m/s] で静止した観測者に近づいている。風の影響は無視できるものとする。ある瞬間に音源から発された音は時間 t [s] 後には距離 ct [m] 進み、その時に音源も ut [m] だけ観測者に近づいている。距離 $ct - ut$ [m] の間に (1) 個の波がある。以上より、観測者が聴く音波の波長は (2) [m] になる。これをドップラー効果という。

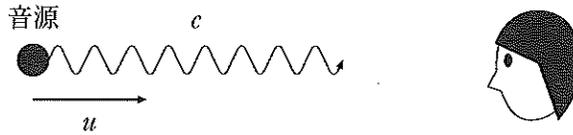


図 1

つぎに、直交する xyz 軸で定義される空間中の気体分子の熱運動について考える。物質質量 1 mol の単原子分子理想気体が一定の圧力と体積のもとで温度 T [K] に保たれている。気体定数を R [J/(mol·K)] とすると、この気体の持つ内部エネルギーは R , T を用いて $U =$ (3) [J] である。この内部エネルギーは、熱運動によりいろいろな速さで飛んでいる質量 M [kg] の各分子の運動エネルギーの総和と等しいことから、アボガドロ定数を N_A [1/mol] とすると分子の速さの 2 乗の平均値 $\overline{V^2}$ [m²/s²] を用いて $U = \frac{1}{2} N_A M \overline{V^2}$ と表すこともできる。熱運動による分子の速度分布は方向に依存しないことから、 x 軸方向の速度成分 V_x の 2 乗の平均値 $\overline{V_x^2}$ は T , M , R を用いて $\overline{V_x^2} =$ (4) [m²/s²] である。

問 2 水素原子から放射される光の振動数を求める。以下、光速を c (m/s), プランク定数を h (J·s), 真空中のクーロンの法則の比例係数を k (N·m²/C²) とする。図 2 のように水素原子は電気量 $-e$ (C) の電子と電気量 $+e$ (C) の陽子から成る。電子の質量 m (kg) は陽子の質量と比べ十分に小さいので, 電子は陽子を中心に速さ v (m/s), 半径 r (m) で等速円運動しているとする。この電子の半径方向の運動方程式は m, r, v, k, e を用いて (5) と書ける。量子条件より, 円軌道の半径 r は, 電子のド・ブロイ波長 λ_e と自然数 n を用いて, $r =$ (6) (m) となる。また電子のド・ブロイ波長は, m, v, h を用いて, $\lambda_e =$ (7) (m) と表される。運動エネルギーと無限遠点を基準とする電気力による位置エネルギーの和で与えられる電子のエネルギー準位は, h, m, k, e と n を用いて $E_n =$ (8) (J) と表される。このことから, 電子はとびとびのエネルギー値を持つ状態のみをとることがわかる。自然数 l で表されるエネルギー E_l (J) の定常状態からより低いエネルギー E_n を持つ定常状態に移るときに放出される光の振動数は E_l, E_n, h を用いて $\nu_0 =$ (9) (Hz) と表される。

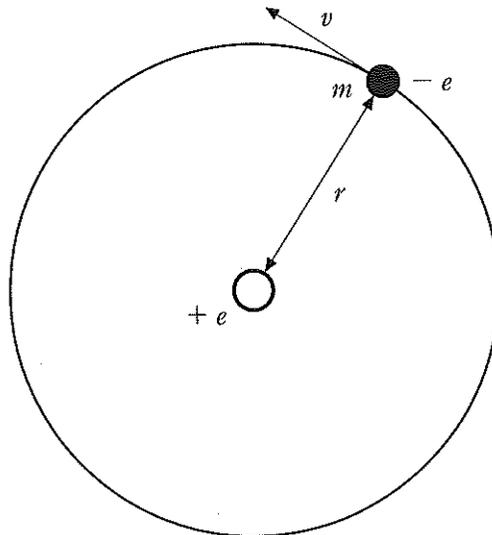


図 2

つぎに、静止している観測者に向かって動いている水素原子が放出する光の振動数の変化を考えよう。図3のように、はじめに質量 M (kg) の水素原子が速さ V_1 (m/s) で飛んでおり、このとき水素原子中の電子はエネルギー E_1 の状態であった。その後、この水素原子は進行方向に観測者から見て振動数 ν [Hz] の光を放した。その結果、電子のエネルギーは E_2 に、水素原子の速さは V_2 (m/s) になった。この振動数 ν は、 ν_0 から変化する。これについて考察する。エネルギー保存則の式 (I) と運動量保存則を組み合わせると、 ν_0 と ν の間には c , M , V_1 を用いて $\nu_0 =$ (II) ν の式が成り立つ。よって、光のエネルギーが原子の静止質量エネルギー Mc^2 より十分小さければ、問1で示した音のドップラー効果を表す式と似ていることがわかる。

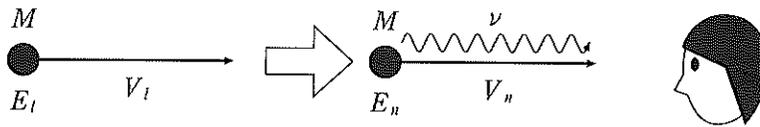


図3

問 3 観測者から見て x 軸方向に遠く離れた場所にある 1 種類の単原子分子からなる温度 T (K) の理想気体を考える。以下、光速を c (m/s)、気体定数を R (J/(mol·K))、アボガドロ定数を N_A (1/mol)、気体分子の質量を M (kg) とする。この分子は静止時に振動数 ν_0 (Hz) に対応する波長 $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ (m) の光を出す。しかし、実際には図 4 に示されているような λ_0 のまわりに幅を持ったスペクトルが観測される。これは、各分子が熱運動していることによるドップラー効果と考えられる。以下では、光のエネルギーは原子の静止質量エネルギーより十分小さいとする。観測者に 2 乗平均速度 $\sqrt{V_x^2}$ (m/s) で近づく分子と遠ざかる分子の出す光の波長の差を $\Delta\lambda$ とすると、問 1、問 2 の結果より $\Delta\lambda$ の 2 乗 $\Delta\lambda^2$ は $\frac{\Delta\lambda^2}{\lambda_0^2} = \boxed{\text{(12)}}$ を満たし、気体の温度 T と質量 M に依存していることがわかる。速度分布を考慮することにより、図 4 から $\Delta\lambda$ を求めることができる。

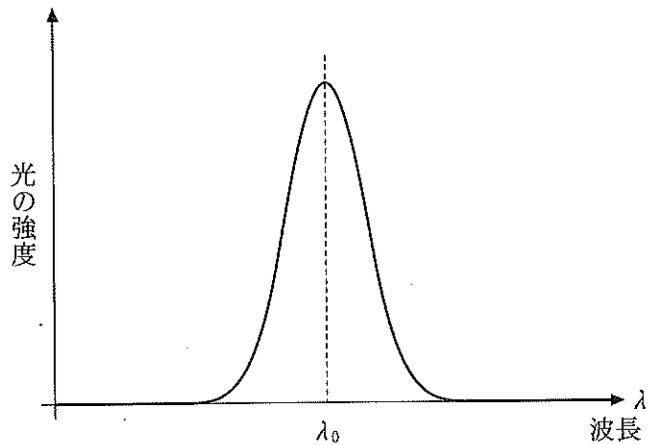


図 4

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, He = 4.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0,

F = 19.0, Ne = 20.2, Mg = 24.3, Cl = 35.5, Ar = 40.0,

Ca = 40.1, Fe = 55.9, Br = 79.9

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数： $9.6 \times 10^4 \text{ C}/\text{mol}$

水のイオン積(25℃)： $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol}/\text{L})^2$

$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477, \log_{10} 5 = 0.699$

1 I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

原子番号が等しく、質量数が異なる原子を同位体と呼ぶ。例えばマグネシウムは天然において²⁴Mg, ²⁵Mg, ²⁶Mgの3つの同位体⁽ⁱ⁾が存在する。この同位体は放射線を出さず安定に存在するため、安定同位体と呼ばれる。

一方、同位体の中には放射線を放出して他の原子に変化するものがあり、放射性同位体と呼ばれる。炭素にはわずかに放射性同位体¹⁴Cが含まれる。たとえば植物はCO₂として¹⁴Cを取り込むので、植物内の炭素全体に対する¹⁴Cの存在比は大気中と同程度となる。植物が枯れると外界からの炭素の供給が途絶え、植物内の¹⁴Cは一定の割合で壊変し、存在比が減少する。このことを用いてその植物が生きていた年代を推測することができ、古代遺跡の植物が生育していた年代の推測などに用いられる。測定においては減少開始時点(植物が枯れた時点)の植物内での¹⁴Cの存在比が必要であるが、これは現在の植物内における¹⁴Cの存在比と同等であったと仮定し、そこからの存在比の減少の度合いから年月の経過を推測する。

問 1 下線部(i)に関して次の(1)(2)に答えよ。

- (1) ^{25}Mg の自然界における存在比率は 10.0 % とする。各同位体の相対質量はその質量数と等しい整数であるとするとき、 ^{24}Mg の存在比率 [%] を有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) 塩素原子には ^{35}Cl と ^{37}Cl が安定な同位体として存在する。1 個の Mg 原子と 2 個の Cl 原子で構成される物質を MgCl_2 と表す。構成する原子の質量数の総和をその物質の質量数とすると、 MgCl_2 には数種類の異なる質量数が存在する。 MgCl_2 の最も大きな質量数の値を答えよ。また何種類の異なる質量数の MgCl_2 が存在するか答えよ。

問 2 ^{14}C の減少はベータ壊変(ベータ崩壊)によるものであり、原子核内から電子を一つ放出する。 ^{14}C が壊変した結果、生成する原子の元素記号を、質量数、陽子数とともに解答例にならって記せ。解答例) ^4_2He

問 3 ある古代遺跡の植物に含まれる炭素中の ^{14}C の存在比を測定したところ、現在の植物における存在比の 12.5 % であったため、17000 年前に生育していた植物であると推測された。 ^{14}C の半減期 [年] を有効数字 2 桁で答えよ。なお、この 17000 年前の植物内の ^{14}C の存在比は現在と同じであるとする。

問 4 図 1 は CO₂ の状態図の概略である。次の(1), (2)に答えよ。

(1) 図中の空欄 ~ にあてはまる状態として最も適切な組み合わせを(あ)~(か)から一つ選び記号で答えよ。

- (あ) (ア) 固体 (イ) 液体 (ウ) 気体
- (い) (ア) 固体 (イ) 気体 (ウ) 液体
- (う) (ア) 液体 (イ) 気体 (ウ) 固体
- (え) (ア) 液体 (イ) 固体 (ウ) 気体
- (お) (ア) 気体 (イ) 固体 (ウ) 液体
- (か) (ア) 気体 (イ) 液体 (ウ) 固体

(2) 図中の点 O の名称を答えよ。また、大気圧での温度上昇による状態変化に対応する矢印として最も適切なものを(き)~(し)から一つ選び記号で答えよ。

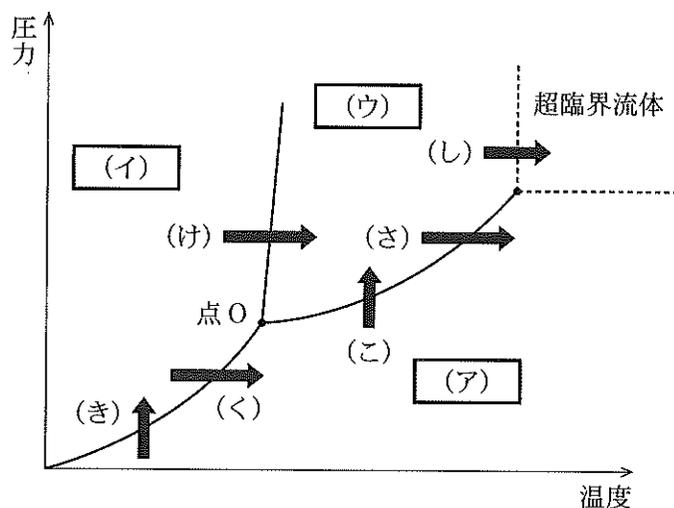


図 1 CO₂ の状態図の概略

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

以下の図2は、水の電気分解(水電解)によってNaCl水溶液の濃縮を行う場合の電解槽を模式的に示したものである。この電解槽にはNaCl水溶液が満たされ、炭素電極X、Yが複数のイオン交換膜A～Dによって隔てられている。
(ii)
 隔てられた電解槽中のNaCl水溶液をそれぞれNaCl水溶液E～Iとする。炭素電極Xを (エ) 極とした場合、電極表面では (オ) によって水素発生が進行する。また炭素電極Yは、 (カ) 極として作用し、主に (キ) が進行する。電解の際に特定のイオンを選択的に移動させることによって、NaClの濃度がNaCl水溶液F、Hでは減少し、NaCl水溶液Gでは上昇し、NaClの濃縮液を得ることができる。

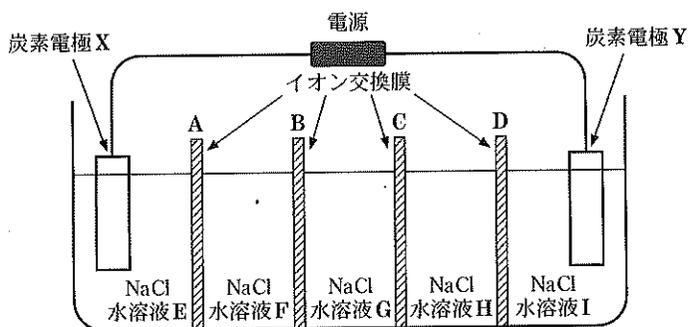


図2

水電解技術は種々の応用が可能である。例えばNaCl水溶液の電解で進行する (キ) によって発生する気体 (ク) は水に少し溶け、水と反応して (ケ) と (コ) を生じるが、その (コ) を殺菌・消毒剤として利用可能である。また、再生可能エネルギーを用いて水電解を行い、発生した水素を運搬貯蔵可能なエネルギー源として用いることができる。例えばこの水素
(iii)
を用いて燃料電池で電力を発生させることができる。

問 1 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語句を以下の(す)~(に)から選び記号で答えよ。

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| (す) 陽 | (せ) 陰 |
| (そ) 正 | (た) 負 |
| (ち) 水の酸化反応 | (つ) 水の還元反応 |
| (て) Na^+ の酸化反応 | (と) Na^+ の還元反応 |
| (な) Cl^- の酸化反応 | (に) Cl^- の還元反応 |

問 2 空欄 ~ にあてはまる物質の化学式を記せ。

問 3 下線部(ii)について、イオン交換膜 A~D の中から、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜をすべて選び記号で答えよ。

問 4 図 2 の電解槽を用いて二つの異なる実験 I, II を行った。次の(1), (2)に答えよ。なお、NaCl 水溶液 E~I は、温度 25℃、NaCl 濃度 0.50 mol/L とする。またこのときイオン交換膜を透過するイオンは、 Na^+ もしくは Cl^- のいずれかのみとし、水溶液の浸透圧と体積変化は考慮しないこととする。

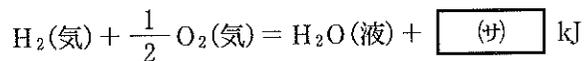
実験 I : 電解操作を行い、炭素電極 X から 2.0×10^{-9} mol 水素が発生したところで電解を止めた。

(1) 実験 I で得られた NaCl 水溶液 E の pH を小数点第 1 位まで答えよ。なお、NaCl 水溶液 E の体積は 100 mL とする。

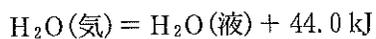
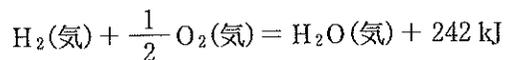
実験 II : 電流 0.60 A にて 4800 秒間電解を行った。

(2) 実験 II で得られた NaCl 水溶液 G の NaCl 濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で答えよ。なお、NaCl 水溶液 G の体積は 50 mL とする。

問 5 下線部(Ⅲ)にある燃料電池では水素と酸素を反応させて電力を発生し、エネルギーを得ることができる。燃料電池を 75 °C にて作動させた。このとき以下の熱化学方程式で示される反応が進行した。以下の空欄 にあてはまる生成熱を整数で答えよ。



なお、反応は全て圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の場合を考え、他の反応は起こらないこととする。また、25 °C での熱化学方程式は以下で示されるとする。



モル比熱(物質 1 mol の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量)については、気体の水素は $28.8 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、気体の酸素は $29.4 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、液体の水は $75.3 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とする。

2

I, IIに答えよ。

I. 物質 a~h に関する以下の文章を読み、問 1~問 7 に答えよ。

物質 a~h は室温、大気圧下でいずれも気体である。気体 a, b, d, e, f は無色無臭の気体である。気体 c と g は刺激臭があり、極めて水に溶けやすい。気体 a は乾燥空気中に 3 番目に多く含まれている気体であり、主に電球や蛍光灯の封入ガスとして利用されている。また、気体 a は電離してプラズマ化させることで、レーザーの発振源としての利用が可能である。気体 b は強い紫外線をあてることによって、同素体の気体を生成する。この同素体は淡青色で特異臭のする気体である。気体 a, b, d は工業的には液体空気から沸点の違いを利用して各成分に分離することによって生産される。気体 c は気体 d と気体 e との反応により得られる。この合成プロセスは、(ア) 法と呼ばれ (イ) の原理を化学工業に応用し、大きな成功を収めた例である。気体 d と e の混合気体を反応容器内で、一定温度、一定圧力に保つことによって気体 c が生成する。このとき、アルミナに担持した (ウ) が還元されて生成した (エ) が触媒として働くことで、反応速度が大きくなる。気体 c をシアン酸と反応させた溶液を 60 °C 程度の温度で加熱濃縮すると尿素が得られる。尿素水溶液を 90 °C 程度まで加熱すると、加水分解反応が起こり、気体 c とともに気体 f が発生する。気体 f は気体 c と比べて水への溶解度が低く、90 °C では水溶液から速やかに脱離するので水溶液の pH が上昇する。気体 f は地球温暖化の主要因であると考えられており、近年その固定化技術に注目が集まっている。この固定化技術の一つとして、鉄鋼スラグや廃セメントから抽出したアルカリ土類金属塩を気体 f と反応させて固体として回収する方法が検討されている。この反応で得られた固体に気体 g の水溶液を加えると、再び気体 f が発生する。また、酸化マンガン(IV)に気体 g の水溶液を加えて加熱すると黄緑色の気体 h が発生する。

問 1 下線部(i)の操作の名称を答えよ。

問 2 空欄 , にあてはまる適切な語句と, 空欄 , に入る物質の化学式を答えよ。

問 3 下線部(ii)について, 反応が平衡に達した後の気体 c のモル分率が最も高くなる条件を次の(あ)~(え)から選び記号で答えよ。

(あ) 高温・高圧

(い) 高温・低圧

(う) 低温・高圧

(え) 低温・低圧

問 4 下線部(iii)の化学反応式を書け。

問 5 日本国内のセメントの製造による気体 f の排出量は年間約 4000 万トン (1 トン = 10^3 kg) であると報告されている。下線部(iv)の反応に CaO の飽和溶液を用いるとすると, 4000 万トンの気体 f を回収するのに必要な CaO 飽和溶液の体積 (L) を, 有効数字 3 桁で求めよ。ただし CaO の飽和溶液 1.00 L に含まれる CaO の質量を 1.19 g とし, 反応は完全に進行するものとする。

問 6 気体 a~h のうち, 単体である気体をすべて選び記号で答えよ。

問 7 気体 a~h のうち, 室温, 大気圧において重いもの上位 4 つを選び, 化学式で答えよ。ただし, 解答の順序は問わない。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ある金属原子Aのイオン A^{2+} 、ある金属原子Bのイオン B^{4+} 、酸化物イオン O^{2-} からなる、あるイオン結晶の結晶構造を、 A^{2+} 、 B^{4+} 、 O^{2-} を模した球を用いて組み立てる。以下、これらの球をそれぞれ A^{2+} 、 B^{4+} 、 O^{2-} と呼ぶ。なお、球は変形しないものとする。図1に示すように、まず、第1層として、4個の A^{2+} と1個の O^{2-} を置いた。ここで、4個の A^{2+} の中心点を結ぶ四角形は正方形であり、 A^{2+} と O^{2-} は接しているが、 A^{2+} どうしは接していない。次に、第2層として、第1層の上に1個の B^{4+} と4個の O^{2-} を置いた。ここで、 B^{4+} と O^{2-} は接しているが、 O^{2-} どうしは接していない。最後に、第3層として、第1層と同じく4個の A^{2+} と1個の O^{2-} を、第1層の配置の直上にくるように第2層の上に置き、立方格子の単位格子を完成させた。第1層、第2層いずれの場合においても、イオンを模した球の中心は各層における同一平面内にあるとする。

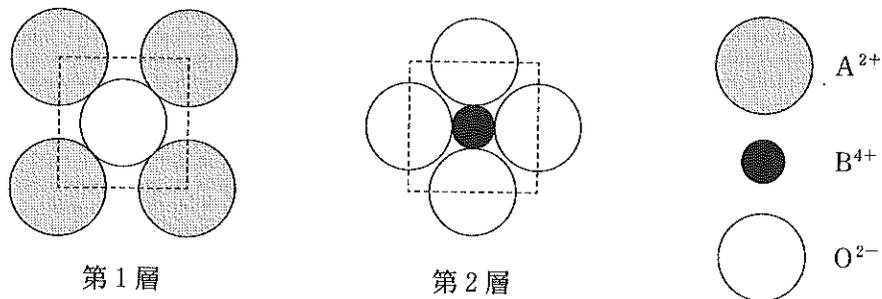


図1 あるイオン結晶の結晶構造。点線の正方形の一辺は単位格子の一辺の長さと同じ。

問1 次の(お)～(こ)からイオン結晶をすべて選び記号で答えよ。

- | | |
|----------------|----------------|
| (お) SiC | (か) CaF_2 |
| (き) H_2O (氷) | (く) NaCl |
| (け) CsCl | (こ) 黒鉛(グラファイト) |

問 2 下線部(v)のイオン結晶の金属 A, 金属 B として, 適切な組み合わせを次の(さ)~(そ)から一つ選び記号で答えよ。

記号	金属 A	金属 B
(さ)	Na	K
(し)	Ca	Cu
(す)	Sr	Ti
(せ)	Ba	Ag
(そ)	Mg	Al

問 3 下線部(v)のイオン結晶の組成式 $A_n B_m O_x$ における, n, m, x の数値を答えよ。

問 4 下線部(v)のイオン結晶の結晶構造における A^{2+}, B^{4+}, O^{2-} の配位数を答えよ。

問 5 A の原子量を M_A , B の原子量を M_B , O の原子量を M_O , 単位格子の一辺の長さを L , アボガドロ定数を N とする。下線部(v)のイオン結晶の密度を M_A, M_B, M_O, L および N を使って表せ。

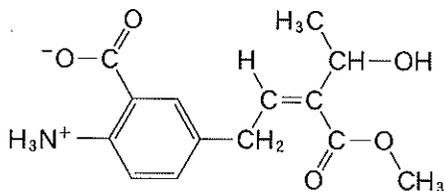
問 6 下線部(v)のイオン結晶に関する, 次の(1), (2)に答えよ。なお, A^{2+}, B^{4+}, O^{2-} を模した球の半径を, それぞれ R_A, R_B, R_O とする。

(1) $R_O < R_A$ のとき, A^{2+} どうしが接すると, この結晶構造は不安定になる。 A^{2+} どうしが接するときの半径比 R_O/R_A (限界半径比) を答えよ。ただし, 平方根は開平しないこと(そのままよい)。

(2) この結晶構造において, 単位格子が各辺の長さのすべて等しい立方格子として保たれるためには, R_A, R_B, R_O にある関係が成り立つ必要がある。この関係を表す式を R_A, R_B, R_O をすべて使って記せ。ただし, 平方根は開平しないこと(そのままよい)。

3 I, IIに答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。

(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

アルケンを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、二重結合の部分で切断され、カルボニル基をもつ化合物が生じる。このときアルデヒドが生じる場合は、さらに酸化が進行しカルボン酸となる。

化合物Aは、分子式 C_8H_{16} で表される環構造をもたない有機化合物である。Aを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に加えて酸化したところ、分子式 $C_5H_{10}O$ で表される化合物Bと、分子式 $C_3H_6O_2$ で表される化合物Cが得られた。Cに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生した。⁽ⁱ⁾化合物Bをヨウ素とともに水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、⁽ⁱⁱ⁾特有の臭気のある黄色の沈殿が生じた。Aに対して白金触媒を用いて水素を反応させると、⁽ⁱⁱⁱ⁾不斉炭素原子をもたない化合物Dが得られた。

問1 下線部(i)のように、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生する物質を、以下の(あ)～(か)の中からすべて選び記号で答えよ。

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| (あ) アニリン | (い) フェノール | (う) サリチル酸 |
| (え) ギ酸 | (お) 酢酸エチル | (か) エタノール |

問2 下線部(ii)の沈殿の分子式を記せ。

問 3 下線部(iii)について、不斉炭素原子と鏡像異性体に関する次の記述(き)～

(さ)のうち、誤っているものをすべて選び、記号で答えよ。

- (き) 鏡像異性体の関係にある分子どうしは、回転によって互いに重ね合わせるができない。
- (く) 鏡像異性体どうしは、沸点や融点のような物理的性質は同じであり、また一般に、においや味、薬としての働きなども同じである。
- (け) 鏡像異性体どうしは、それらの溶液に直線偏光(平面偏光)を通過させたときに、左右どちらに向かってその偏光面を回転させるかが異なる。
- (こ) C_5H_{12} で表されるアルカンの異性体の中には、不斉炭素原子をもつものは存在しない。
- (さ) グルコースとフルクトースは互いに鏡像異性体の関係にある。

問 4 化合物 C の構造式を記せ。

問 5 化合物 D の構造式を記せ。

II 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

米国のカロザース博士らが開発したナイロン66は強じんな繊維の原料となる高分子である。繊維としての強さは、高分子鎖間のアミド基の に基づく。この高分子は、6個の炭素を含む二価カルボン酸であるアジピン酸(分子式 $C_6H_{10}O_4$)と6個の炭素を含む二価アミンであるヘキサメチレンジアミン(分子式 $C_6H_{16}N_2$)の により合成され、ナイロン66の名称は原料化合物のもつ炭素の数に由来する。この合成反応は加熱を必要とする。他方、日本では^(iv) ϵ -カプロラクタムの によるナイロン6の合成法が開発された。

問1 空欄 にあてはまる語句を次の(し)～(ち)から一つ選び記号で答えよ。

- | | | |
|----------|------------|-----------|
| (し) 単結合 | (す) 二重結合 | (せ) 三重結合 |
| (そ) 水素結合 | (た) ペプチド結合 | (ち) イオン結合 |

問2 空欄 および にあてはまる語句を次の(つ)～(ぬ)から一つずつ選び、記号で答えよ。

- | | |
|----------|--------------|
| (つ) 縮合重合 | (て) ニンヒドリン反応 |
| (と) 付加縮合 | (な) 開環重合 |
| (に) 付加重合 | (ぬ) 乳化作用 |

問 3 下線部(iv)の記述について、その理由として最も適切なものを次の(ね)～

(へ)から一つ選び記号で答えよ。

- (ね) アミド基の加水分解を促進するため。
- (の) ナイロンの熱可塑性を利用して反応を加速するため。
- (は) 副生する水を除去するため。
- (ひ) ナイロンの熱硬化性を利用して反応を加速するため。
- (ふ) アジピン酸からの二酸化炭素の発生を促進するため。
- (へ) アミド結合のビウレット反応を促進するため。

問 4 ナイロン 66 の合成に関する次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) アジピン酸の構造式を記せ。
- (2) アジピン酸 2 分子とヘキサメチレンジアミン 2 分子から、ナイロン 66 の合成と同じ種類の反応で生成し得る最長の鎖状化合物の分子量を有効数字 3 桁で答えよ。
- (3) アジピン酸 1 分子とヘキサメチレンジアミン 1 分子からナイロン 66 の合成と同じ種類の反応で生成し得る化合物のうち、最も分子量の小さいものについて、その分子量を有効数字 3 桁で答えよ。

問 5 ポリエチレンテレフタレートは、二価のカルボン酸であるテレフタル酸(分子量 166)と二価のアルコールであるエチレングリコール(分子量 62)から合成されるポリエステルであり、飲料容器等の原料として広く利用されている。ポリエチレンテレフタレートの合成について次の(1)、(2)に答えよ。

- (1) テレフタル酸 2 分子とエチレングリコール 2 分子がすべて反応して、ベンゼン環以外には環構造をもたない鎖状の生成物を生じた。この化合物の構造式を記せ。
- (2) テレフタル酸 1.00 mol とエチレングリコール 1.00 mol をすべて反応させてポリエチレンテレフタレートを合成したところ 1.80 mol の水が生成し、ベンゼン環以外には環構造をもたない鎖状の高分子が得られた。この反応の生成物の平均分子量を有効数字 3 桁で答えよ。

生 物

1 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間に答えよ。

Ⅰ 免疫は、病原体などの異物からからだを守る仕組みであり、大きく自然免疫と (ア) 免疫に分けられる。自然免疫は、さまざまな異物に対して幅広くはたらく。まず第一線で皮膚や粘膜が異物の侵入を防ぎ、次に、侵入した異物を一部の白血球が食作用により排除する。微生物に特有の分子パターンを認識したマクロファージはサイトカインを分泌し、炎症を引き起こす。一方、樹状細胞は (イ) へ移動し、抗原提示によって異物の情報をヘルパーT細胞に伝えることで、 (ア) 免疫の活性化が開始される。抗原を認識したヘルパーT細胞は活性化して増殖するとともに、他のリンパ球にはたらきかけて活性化を促す。ヘルパーT細胞との相互作用により活性化したB細胞は (ウ) 細胞(抗体産生細胞)へと分化し、抗体を産生する。抗体は抗原と特異的に反応し、異物の排除に寄与するが、細胞内に存在する病原体に対して抗体は効果を示さない。そこで、感染細胞の排除には (エ) T細胞が重要な役割を果たす。

問 1 文中の (ア) ~ (エ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部aに関連し、異物に対する化学的防御として間違っているものを、次の(A)~(E)から2つ選び、記号で答えよ。

- (A) 胃壁から分泌される胃酸
- (B) 気管支の上皮細胞がもつ繊毛
- (C) 小腸の粘膜に含まれる抗体
- (D) 鼻汁に含まれるリゾチーム
- (E) 皮脂腺の弱酸性分泌物

問 3 下線部 b を示す白血球の組み合わせを、次の(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) マクロファージ, 血小板
- (B) NK(ナチュラルキラー)細胞, マクロファージ
- (C) 好中球, 肥満細胞
- (D) 好中球, 樹状細胞
- (E) B細胞, 肥満細胞

問 4 下線部 c に関連し、ヘルパー T 細胞の活性化に伴って見られる現象として適切なものを、次の(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 認識できる抗原決定基(エピトープ)の種類が増加する。
- (B) T細胞受容体の一部が切り離されて血液中を循環する。
- (C) 病原体を取り込んで分解する。
- (D) 遺伝子再構成により T細胞受容体の構造が変化する。
- (E) 自ら産生したサイトカインの作用を受けて増殖する。

問 5 下線部 d について、ある抗原を認識して活性化したヘルパー T 細胞は、それと同一の抗原に特異的な B 細胞の活性化を補助する。このとき、ヘルパー T 細胞はどのような仕組みで、同じ抗原に特異的な B 細胞を認識するのか。次の語句をすべて使って 80~120 字(句読点を含む)で説明せよ。

使用する語句：抗原, T細胞受容体, B細胞受容体, MHC

II ノードマウスは胸腺を欠損し、免疫不全^eの状態にあることから、免疫やがんの研究で広く使用される。近交系マウスは、近親交配を繰り返すことで遺伝的にほぼ均一にしたマウスである。同系統の近交系マウスの間では、移植による拒絶反応が起こらない。正常な免疫系をもつ系統 X および系統 Y の近交系マウスに加え、系統 X のノードマウスを用いて、以下の実験結果を得た。

実験 1 : 正常な系統 X に系統 Y の皮膚を移植したところ、移植片は 10 日で脱落した。

実験 2 : 実験 1 で拒絶反応が生じたのちの系統 X に、再び系統 Y の皮膚を移植したところ、移植片は 5 日で脱落した。

実験 3 : 系統 X のノードマウスに系統 Y の皮膚を移植したところ、移植片は生着した。

問 6 下線部 e について、免疫不全には遺伝子の異常による先天性のものと、エイズ(後天性免疫不全症候群)のような後天性のものがある。以下の問に答えよ。

問 6-1 エイズの原因となるウイルスの名称をアルファベット 3 文字で答えよ。

問 6-2 このウイルスが感染する免疫細胞を、次の(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) キラー T 細胞
- (B) ヘルパー T 細胞
- (C) B 細胞
- (D) マクロファージ
- (E) 樹状細胞

問 6-3 免疫不全の患者では、健康なら感染しても発症することのない病原体によって病気が引き起こされることが多い。このような感染をなんとよぶか、答えよ。

問 7 ヌードマウスに対してある処置を行ったのちに系統 Y の皮膚を移植したところ、実験 2 と同様に、移植片は 5 日ほどで脱落した。以下の問に答えよ。

問 7-1 「ある処置」として考えられる可能性を、次の(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) 正常な系統 X から胸腺を摘出し、ヌードマウスに移植した。
- (B) 正常な系統 X から造血幹細胞を分離し、ヌードマウスの静脈内に投与した。
- (C) 実験 1 で拒絶反応が生じたのちの系統 X から血清を分離し、ヌードマウスの静脈内に投与した。
- (D) 実験 1 で拒絶反応が生じたのちの系統 X のひ臓から B 細胞を除去し、残りの細胞集団をヌードマウスの静脈内に投与した。
- (E) 実験 1 で拒絶反応が生じたのちの系統 X のひ臓から T 細胞を除去し、残りの細胞集団をヌードマウスの静脈内に投与した。

問 7-2 問 7-1 で、その選択肢が適切である理由を、「MHC」という語句を使用して 60 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

2 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

生物の細胞内には、細胞の活動に必要なさまざまな化学物質が存在する。例えば、ポリアミンとよばれる化学物質は原核細胞にも真核細胞にも存在し、細胞分裂、DNA複製、タンパク質合成などに関与することが知られている。ポリアミンにはいくつかの種類があり、動物細胞や植物細胞に含まれる主要なポリアミンはプトレシンやスペルミジンなどである。そのうちのスペルミジンはタンパク質合成において重要な役割を担っており、動物や植物の生育に必須である。植物では図1に示す経路によりこれらのポリアミンが合成され、アルギニンからプトレシンが合成される経路は3つ存在する。そのうちの1つの経路では、アルギニンからまずオルニチンが作られ、オルニチンからプトレシンが作られる。それ以外の経路では、アルギニンからまずアグマチンが作られる。アグマチンからプトレシンが合成される経路は2つ存在し、そのうちの1つの経路ではアグマチンから直接的にプトレシンが作られる。もう1つの経路では、アグマチンからN-カルバモイルプトレシンを経てプトレシンが作られる。プトレシンと脱炭酸S-アデノシルメチオニン(脱炭酸SAM)が反応することによってスペルミジンが作られる。脱炭酸SAMは、メチオニンから合成されるS-アデノシルメチオニン(SAM)を基質とした脱炭酸反応^aによって作られる。SAMからは植物ホルモン^bであるエチレンの前駆体の1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸(ACC)も作られる(図1)。

このポリアミン合成経路の各反応を触媒する酵素の中で、酵素1は阻害剤1によって阻害され、酵素5は阻害剤2によって阻害される(図1)。イネの変異系統x, y, zでは互いに異なる染色体の1ヶ所に変異が生じており、それらの変異によってそれぞれポリアミン合成経路で働く酵素の1つが完全に機能を失っている。そのうちの変異系統zは酵素4の機能を欠くことがわかっている。変異系統xと変異系統y^cでは、それぞれ酵素1~7のいずれか1つの機能が失われている。変異系統xと変異系統yがどの酵素の機能を欠くかを調べるために、植物の生育に必要な栄養分を含む培地(植物栽培用培地)にこれらの系統の種子をまいて発芽させた後、阻害剤1または阻害剤2を添加した植物栽培用培地に幼植物

表1 イネ幼植物の生育へのポリアミン合成酵素阻害剤の影響

系統 \ 阻害剤	なし	阻害剤 1	阻害剤 2
野生型系統	0	0	0
変異系統 x	0	0	0
変異系統 y	0	100	0
変異系統 z	0	0	0
変異系統 x と変異系統 z の F ₁	0	0	0
変異系統 y と変異系統 z の F ₁	0	0	0
変異系統 x と変異系統 z の F ₂	0	0	6
変異系統 y と変異系統 z の F ₂	(ア)	(イ)	(ウ)

表中の数字は生育が阻害された幼植物の割合(%)を示す。

問 1 下線部 a の脱炭酸反応では、反応生成物の一つとして二酸化炭素が生じる。そのような二酸化炭素の生成は、細胞内のさまざまな反応でみられる。次の(A)~(D)のうち、二酸化炭素を生成するものには「○」、生成しないものには「×」を解答欄に記入せよ。

- (A) エタノール発酵
- (B) 乳酸発酵
- (C) カルビン・ベンソン回路
- (D) クエン酸回路

問 2 下線部 b に関する次の文章の (i) および表 2 の (ii) ~ (v) に入る適切な語句を答えよ。ただし、表 2 の (ii) ~ (v) には、「縦」または「横」のいずれかを入れることとする。なお、ここでいう「縦」とは植物の茎の頂端—基部軸に沿った方向、「横」とは茎の頂端—基部軸と垂直の方向のことである。

エチレンは植物ホルモンとしてさまざまな作用を持つが、その一つは細胞の伸長方向の調節である。エチレンは茎の細胞においてセルロース繊維が形成される方向を調節することにより、細胞の伸長方向を決定する。エチレン以外にセルロース繊維の形成方向を調節する植物ホルモンとしては、ジベレリンなどがある。エチレンやジベレリンなどによってセルロース繊維の方向が決められた後、別の植物ホルモンである (i) の作用によって細胞は伸長する。以下の表 2 は、植物ホルモンとセルロース繊維の形成方向および細胞の伸長方向の関係をまとめたものである。

表 2 植物ホルモンとセルロース繊維の形成方向および細胞の伸長方向の関係

植物ホルモン	セルロース繊維の形成方向	細胞の伸長方向
エチレン	(ii)	(iii)
ジベレリン	(iv)	(v)

問 3 下線部 c に関する以下の問に答えよ。

問 3-1 変異系統 x, y のうちの 1 つについては、表 1 の結果からどの酵素の機能が失われているかを特定することができる。変異系統 x, y のいずれの系統が酵素 1 ~ 7 のうちのどの酵素の機能を欠くと考えられるか。変異系統の記号と酵素の番号をそれぞれ答えよ。

問 3-2 表 1 の ~ に当てはまる、理論上期待される適切な数値を整数で答えよ。小数点以下の値が算出された場合は、小数点第一位を四捨五入すること。

問 3-3 変異系統 x, y のうちの 1 つについては、表 1 の結果のみからはどの酵素の機能が失われているかを特定することはできなかった。そこで、この系統で機能が失われている酵素を特定するために、以下のような実験を行うことにした。

<実験>

機能を欠く酵素を特定できなかった系統の種子を植物栽培用培地にまいて発芽させた後、 を添加した植物栽培用培地に幼植物を移し、植物の生育の様子を観察する。幼植物が生育できた場合は、この系統では の機能が失われていると考えられる。幼植物の生育が阻害された場合は、この系統では の機能が失われていると考えられる。

~ に当てはまる語句として適切なものを、 については【選択肢 I】から、 と については【選択肢 II】から選び、記号で答えよ。ただし、 については、複数種類の化学物質の添加が必要であれば、それらすべての化学物質の記号を答えること。

【選択肢 I】

- | | |
|-----------|---------------------------|
| (A) 阻害剤 1 | (B) 阻害剤 2 |
| (C) アルギニン | (D) オルニチン |
| (E) アグマチン | (F) <i>N</i> -カルバモイルプトレシン |
| (G) プトレシン | (H) スベルミジン |
| (I) SAM | (J) 脱炭酸 SAM |

【選択肢 II】

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| (K) 酵素 1 | (L) 酵素 2 | (M) 酵素 3 | (N) 酵素 4 |
| (O) 酵素 5 | (P) 酵素 6 | (Q) 酵素 7 | |

問 4 下線部dに関して、スプライシングによる発現調節の仕組みの一つとして、同一遺伝子から作られる mRNA の配列を選択的スプライシングによって変化させ、それによって1つの遺伝子から異なる種類のタンパク質を作るという仕組みが存在する。選択的スプライシングに関する次の問に答えよ。

問 4-1 図2の遺伝子 *R* の mRNA 前駆体からは、選択的スプライシングにより mRNA *R*-1 と mRNA *R*-2 の2種類の mRNA が作られる。mRNA *R*-1 と mRNA *R*-2 のいずれも4番目のエクソン(E4)に相当する領域を含むが、mRNA *R*-1 から作られるタンパク質と mRNA *R*-2 から作られるタンパク質では4番目のエクソン(E4)に由来する領域のアミノ酸配列が大きく異なる。その理由としてどのような可能性が考えられるか、説明せよ。

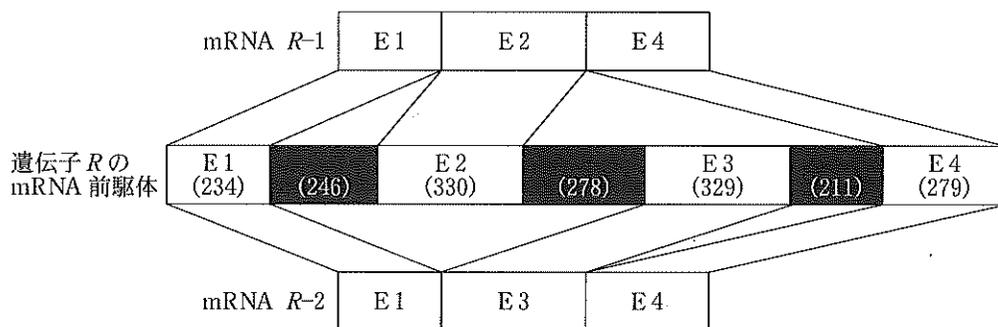


図2 遺伝子 *R* の選択的スプライシング。mRNA 前駆体の白い四角はエクソン、黒い四角はイントロンを表す。カッコ内の数字は、各エクソンと各イントロンに含まれる塩基の数である。

問 4-2 図3の遺伝子SのmRNA前駆体からは、選択的スプライシングにより mRNA S-1 と mRNA S-2 の2種類の mRNA が作られる。mRNA S-1 よりも mRNA S-2 の方が長いが、mRNA S-1 から作られるタンパク質の方が mRNA S-2 から作られるタンパク質よりもアミノ酸の数が多い。その理由としてどのような可能性が考えられるか、説明せよ。

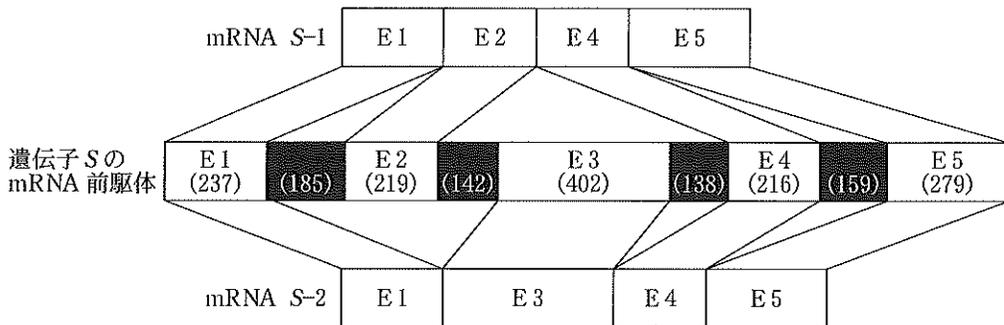


図3 遺伝子Sの選択的スプライシング。mRNA前駆体の白い四角はエクソン、黒い四角はイントロンを表す。カッコ内の数字は、各エクソンと各イントロンに含まれる塩基の数である。

問 5 下線eに関して、スベルミジンに応答して翻訳段階で酵素7の合成量を調節することは、転写段階での発現調節と比べて、細胞内のスベルミジンの濃度を一定に保つ上でどのような利点があると考えられるか、説明せよ。

3 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間に答えよ。なお文章Ⅰ・Ⅱに登場する植物名は、いずれも架空のものである。

Ⅰ 生物の個体が属する分類群^aを特定することを同定という(例えば種名^bの特定)。札幌博士はある島に生息する植物種を明らかにするため、多数の植物^cを採集し、標本を作製した。大学に戻った札幌博士は、採集した植物の同定を試みた。

生物の種を調べるために検索表とよばれる表が使われることがある。多くの検索表では選択肢を選ぶと、次の選択肢か種名が示され、選択肢を順に選ぶことで最終的に種名が絞り込める。札幌博士は、採集したホクダイゴケ属の1種(植物X)を同定するために、表1の検索表^dを用いた。

植物Xの花は赤く、おしべは5本あったことから、植物Xはアカバナホクダイゴケであると同定された。この同定は、図鑑に載っているさまざまな特徴からも裏付けられた。

表1 ホクダイゴケ属の検索表

1. 花弁は赤い	2. おしべは5本	アカバナホクダイゴケ
	2. おしべは10本以上	モジャモジャホクダイゴケ
1. 花弁は黄色い		キバナホクダイゴケ

問1 下線部aに関連して、以下の間に答えよ。

問1-1 分類階層を上位から下位に向かって並べたとき、次の(ア)～(エ)に入る適切な語を、次の括弧の中から選び、答えよ。

(科, 綱, 属, 門)

界 (ア) (イ) 目 (ウ) (エ) 種

問 1-2 生物の分類に関する次の(A)~(C)の文について、適切なものには「○」、間違っているものには「×」と答えよ。

- (A) 五界説では界の一つとして菌界を認めているが、3ドメイン説ではその一部が古細菌ドメインおよび細菌ドメインに移された。
- (B) 3ドメイン説では、既知のすべての生物を古細菌ドメイン・細菌ドメイン・真核生物ドメインのいずれかに分類する。
- (C) 3ドメイン説によると、真核生物ドメインは細菌ドメインと近縁で、古細菌ドメインはより古い時代に他のドメインから分かれた。

問 2 下線部bに関連して、生物の学名・和名に関する次の(A)~(E)の文のうち間違っているものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 学名とは、科学で用いられる世界共通の名前である。
- (B) 学名には、一般に、国際的に通用する英語が用いられている。
- (C) 種の学名を見れば、常に属の学名もわかる。
- (D) すべての生物には学名が付けられている。
- (E) 正式な和名は、属名と種小名をつなげて作られる。

問 3 下線部cに関連して、コケ植物・シダ植物・種子植物の違いをまとめた表2の、 ~ に入る適切な語句を答えよ。

表2 コケ植物・シダ植物・種子植物の比較

	コケ植物	シダ植物	種子植物
維管束	発達しない	<input type="text" value="(オ)"/>	<input type="text" value="(カ)"/>
組織が分化した葉や根	<input type="text" value="(キ)"/>	<input type="text" value="(ク)"/>	ある
通常目にする世代	<input type="text" value="(ケ)"/>	孢子体	<input type="text" value="(コ)"/>
孢子体	<input type="text" value="(サ)"/>	形成する	<input type="text" value="(シ)"/>

問 4 下線部 d に関連して、以下の問に答えよ。

問 4-1 ホクダイゴケ属の属する分類群として適切なものを、表 1 中の記述に基づいて、次の(A)~(D)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) コケ植物 (B) シダ植物
(C) 裸子植物 (D) 被子植物

問 4-2 表 3 はカイダイソウ属 4 種の形質を比較したものである。この表に基づいて作成した検索表(表 4)の (ス) ~ (ト) に入る適切な語句を答えよ。ただし、(ツ) ~ (ト) には種名が入る。また、表 4 の検索表は、得られた試料が 1 個体でも同定できるように作られたものとする。

表 3 カイダイソウ属 4 種の形質

	植物体の高さ	生息地	葉の形	果実の形
ウミカイダイソウ	1 ~ 5 cm	海岸	個体により楕円形 または円形	不明
オオカイダイソウ	5 cm 以上	高山	楕円形	角ばる
コカイダイソウ	3 cm 以下	高山	楕円形	角ばる
ニセカイダイソウ	2 ~ 6 cm	高山	個体により楕円形 または円形	角ばらない

表 4 カイダイソウ属の検索表

1. (ス)	2. (ソ)	3. 植物体の高さは 5 cm 以上	オオカイダイソウ
		3. (チ)	(ツ)
	2. (タ)		(テ)
1. (セ)			(ト)

II 次に札幌博士は、採集したキタバナ属の1種(植物Y)の同定を試みた。キタバナ属にはこれまでに3種(クラークキタバナ・サトウキタバナ・ニトベキタバナ)が知られており、検索表に従うと植物Yはクラークキタバナと同定された。しかし、検索表で使われていないさまざまな特徴も比べてみると、いくつかの形質がクラークキタバナと異なっていて、ニトベキタバナと一致していた。そこで札幌博士は、植物Yがクラークキタバナとニトベキタバナのどちらに近縁なのか、分子系統樹を作成して明らかにしようと考えた。

札幌博士は植物Yの標本からDNAを抽出し、PCR法を用いて *rbcL* 遺伝子^eの一部を増幅した。続いて、増幅したDNAの塩基配列をサンガー法を用いて解析した。解析した *rbcL* 遺伝子配列の一部を、他のキタバナ属3種の配列と、キタバナ属に近縁なミナミバナ属の1種(カトウミナミバナ)の配列と比較し、分子系統樹を作成したところ、図1のような系統樹が得られた。

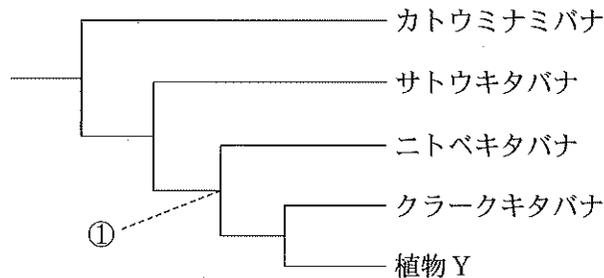


図1 キタバナ属とその近縁種の分子系統樹

問 5 下線部 e について、分子系統解析を行う際には、解析に用いる遺伝子の特徴を理解しておくことが重要である。*rbcL* 遺伝子は、真核生物では葉緑体の DNA 上に存在する。*rbcL* 遺伝子から合成されるポリペプチドは、リブローズニリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(ルビスコ)という酵素の一部を構成し、ルビスコは二酸化炭素とリブローズニリン酸の結合反応を触媒する。これを踏まえて、次の(A)~(D)の文のうち間違っているものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) *rbcL* 遺伝子に基づいて作成した系統樹は、他の遺伝子に基づいて作成した系統樹と常に一致する。
- (B) *rbcL* 遺伝子の中でも、ルビスコの機能に必須のアミノ酸配列を指定する塩基配列は、近縁な種の間で変化することはなく、系統解析に用いることができない。
- (C) 系統解析の際には、植物における *rbcL* 遺伝子のように、対象とする分類群が広く持っている遺伝子を利用するとよい。
- (D) 原核生物にもルビスコを持つものが存在する。

問 6 下線部 f について、以下の間に答えよ。

問 6-1 図 1 の系統樹からいえることとして適切なものを次の(A)~(E)の文からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) クラークキタバナの祖先とサトウキタバナの祖先が分かれたのは、ニトベキタバナの祖先とサトウキタバナの祖先が分かれたよりも最近である。
- (B) サトウキタバナは、キタバナ属に含めるべきではない。
- (C) 植物 Y はキタバナ属の 1 種から進化した。
- (D) 植物 Y とクラークキタバナおよびニトベキタバナからなる生物群は、系統解析に含めた種に限れば、同一の祖先に由来するすべての子孫を含む。
- (E) ニトベキタバナから見たとき、クラークキタバナとサトウキタバナは、同程度に近縁である。

問 6-2 植物 Y の分類について考察した札幌博士は、次にキタバナ属における花の進化について考えた。キタバナ属およびカトウミナミバナの花が、表 5 のような形質を持つとき、図 1 の①に相当する祖先植物はどのような形質を持っていたと推定されるか、図 1 に基づいて、それぞれ以下の選択肢から選び、記号(A)または(B)で答えよ。なお、形質の進化は最小限しか起こらなかったものとする。

- (ナ) : (A) 白, (B) 黄
- (ニ) : (A) 5 枚, (B) 10 枚以上
- (ヌ) : (A) 1 cm 以上, (B) 5 mm 以下
- (ネ) : (A) 5 本, (B) 10 本

表 5 キタバナ属とその近縁種の形質

	花の色	花弁の枚数	めしべの長さ	おしべの本数
カトウミナミバナ	黄	5 枚	5 mm 以下	5 本
サトウキタバナ	黄	5 枚	5 mm 以下	10 本
ニトベキタバナ	黄	10 枚以上	1 cm 以上	10 本
クラークキタバナ	白	5 枚	1 cm 以上	5 本
植物 Y	白	5 枚	1 cm 以上	10 本
祖先植物①	<input type="checkbox"/> (ナ)	<input type="checkbox"/> (ニ)	<input type="checkbox"/> (ヌ)	<input type="checkbox"/> (ネ)

4 次のⅠとⅡの文章を読み、それぞれの間に答えよ。

Ⅰ ある地域にすむ同種の個体の集まりを個体群といい、個体群の全個体数が増加して個体群密度が上昇することを (ア) という。資源に制限がなく、 (ア) を妨げる要因がなければ、個体群密度は (イ) 的に上昇する。しかし実際には資源は有限で、個体群密度が高くなるほど、競争が激化したり生活環境が悪化したりするため、個体数の増加が抑制される。このときの個体数の増加曲線はS字型を示し、その最大の個体数を (ウ) とよぶ。一方、生息地の面積縮小や分断化が生じると、個体群における個体数の減少が進む。個体数の減少によって絶滅の渦とよばれる過程が繰り返されると個体群の絶滅リスクが高まっていく。^a

個体群密度の変化は、個体の形態や生理、行動なども顕著に変化させることがある。その例として、昆虫でよくみられる (エ) という現象があり、低密度で出現する性質の型を (オ) 、高密度で出現する型を群生相という。これは、個体群密度という環境の変化にさらされた個体が、その環境変化に反応して生涯のうちに形質を変化させるものである。このような個体の形質の変化は (エ) だけではない。さまざまな生物において、気温や季節、餌資源、捕食者などの環境要因に対応して個体の形質が変化する。 (エ) を示すことで有名なトビバッタの仲間(以下、バッタ)には、捕食者であるクモが存在するとき、以下のように行動を変化させるものがある。^b このバッタは餌としてもっぱら単子葉植物を食べ、その植物上に主に生息する。しかし、そこにクモが存在する場合、バッタは単子葉植物から餌として好まない双子葉植物の所に逃避し、隠れながら双子葉植物を食べるようになる。

北海道にエゾアカガエル(以下、カエル)とエゾサンショウウオ(以下、サンショウウオ)という両生類が生息しているが、このカエルも環境条件に反応して個体の形質を変化させる性質がある。カエル幼生にとってサンショウウオ幼生は天敵であるが、両種はしばしば同じ池で幼生期を過ごす。しかし、サンショウウオ幼生の存在を感知したカエル幼生の個体は、その頭幅が大きくなる。^c という形質変化を示すことがある。この形質変化にはサンショウウオ幼生による丸飲み捕食を回避する防御としての適応的意義がある。

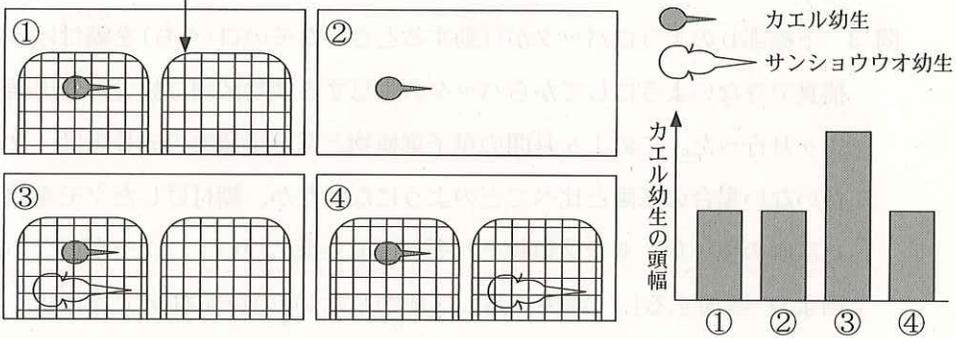
問 1 文中の (ア) ~ (オ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a の過程に対して、「劣性(潜性)の有害対立遺伝子」はどのように関連するか。「」内の語句を必ず用いて、下線部 a に対して働く機構について 70 字以内(句読点を含む)で述べよ。劣性・潜性のどちらを用いても良い。

問 3 下線部 b のようにバッタが行動するとき、クモの口(くち)を糊付けして捕食できないようにしてからバッタの生息する植物区画に放つ野外実験を 1 ヶ月行った。この 1 ヶ月間の単子葉植物と双子葉植物の成長量は、クモがいない場合の区画と比べてどのようになったか。糊付けしたクモを放った区画の単子葉・双子葉植物それぞれの成長量について、クモがいない区画より「増加する」、「減少する」、「変わらない」のいずれかで答えよ。なお、植物間の競争は無かったとし、この糊付けによりクモの生存に影響はないとする。

問 4 下線部 c について、頭幅の変化の要因を調べるために、下の①～④の 4 タイプの飼育水槽を用意した。しばらく飼育した後にかエル幼生の頭幅を測定した結果、その頭幅の大きさは図の棒グラフのようになった。このグラフから読み取ることができる説明として適切なものを次の(A)～(E)からすべて選び、記号で答えよ。

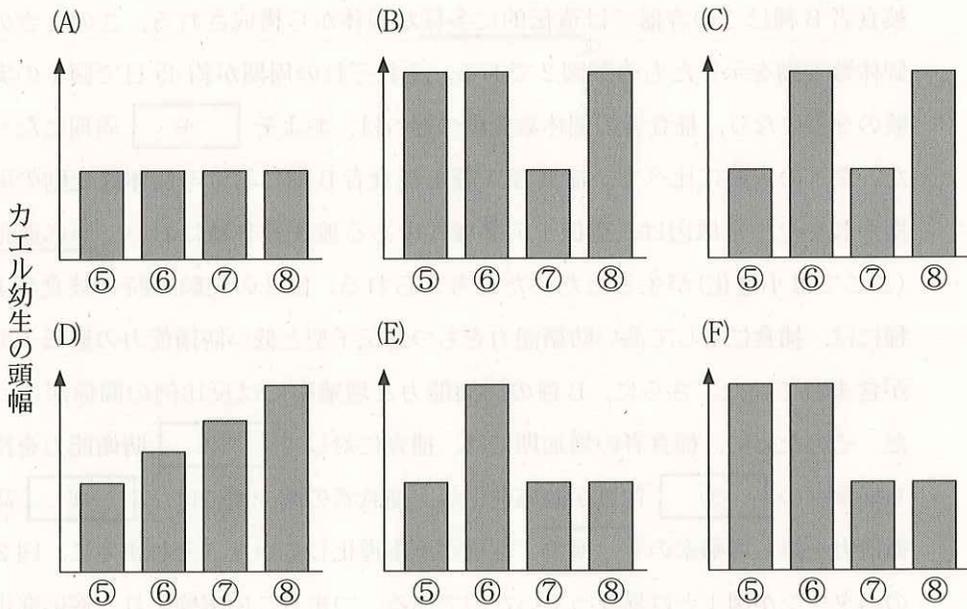
幼生が通過できない粗い目のカゴ



- (A) カエル幼生は成長とともに頭幅が大きくなる。
 (B) カゴの有無はカエル幼生の頭幅の変化に影響しない。
 (C) サンショウウオが水槽にいてもカエル幼生の頭幅は変化しないことがある。
 (D) サンショウウオの体表からとけた化学成分によりカエル幼生の頭幅が変化する。
 (E) サンショウウオとの接触によりカエル幼生の頭幅が大きくなる。

問 5 北海道本島にはカエルとサンショウウオが生息しているが、その周辺にはサンショウウオが現在まで長期間にわたって生息せずカエルのみが生息する X 島がある。北海道本島と X 島のそれぞれでカエルの卵を採集して実験室で孵化させ、以下の⑤~⑧の 4 タイプの組合せの水槽で飼育した。

⑤本島のカエル幼生のみ、⑥本島のカエル幼生とサンショウウオ幼生、⑦ X 島のカエル幼生のみ、⑧ X 島のカエル幼生と本島のサンショウウオ幼生。このとき、サンショウウオに反応してカエル幼生が頭幅を大きくさせる性質の維持には、生存と繁殖への負の影響もあるとすると、カエル幼生が示す頭幅の大きさのグラフとしてもっとも適切なものを次の(A)~(F)から 1 つ選び、記号で答えよ。



II 生物群集では、被食者—捕食者相互関係や、寄生、共生などの相互関係が存在し、そのつながりの中で、個体群の個体数の増減が生じる。

図1は、捕食者A種と被食者B種を、培養液を入れた容器内で共に飼育(培養)した実験時の個体数変動を示す。捕食者A種は原生動物、被食者B種は細胞分裂によって増殖する単細胞藻類である。この実験では、被食者B種の個体はすべて同じ遺伝子をもったクローンから構成されている。このとき、それぞれの個体数は、1周期約5日の周期的変動を繰り返し、捕食者A種は被食者B種の変動に比べ、およそ (カ) 周期遅れて追いかける変動を示した。

次に、別の容器の実験では、捕食者A種は同じ条件のまま、被食者B種は異なるクローンから培養された個体を混在させて飼育を行った。すなわち、被食者B種はこの容器では遺伝的に多様な個体から構成される。このときの個体数変動を示したものが図2である。それぞれの周期が約45日で図1の実験の9倍になり、捕食者の個体数変動の遅れは、およそ (キ) 周期になった。図1の実験に比べて、捕食者A種と被食者B種における個体数変動の周期が長くなった原因は、遺伝子の多様性のある被食者B種において適応進化 (ここでは小進化)が生じたためだと考えられる。図2の実験の時の被食者B種には、捕食に対して高い防衛能力をもつ遺伝子型と低い防衛能力の遺伝子型が含まれていた。さらに、B種の防衛能力と増殖率には反比例の関係があった。そのために、捕食者の増加期には、捕食に対して (ク) 防衛能力を持ち増殖率の (ケ) 性質が適応進化し、捕食者の減少期には、(コ) 防衛能力を持ち増殖率の (サ) 性質が適応進化していた。それゆえに、図2のパターンが図1とは異なっていたのである。つまりこの実験より、適応進化が個体数変動に影響を与えることがわかる。

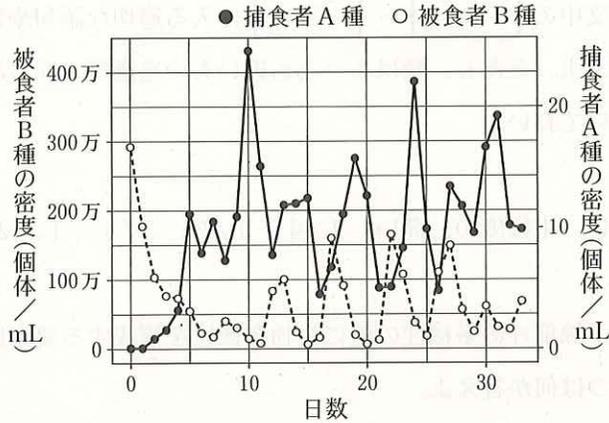


図1 被食者—捕食者の個体数変動。被食者B種の個体群はすべて同一の遺伝子をもつクローンから構成される。個体数の計測は1日ごとである。

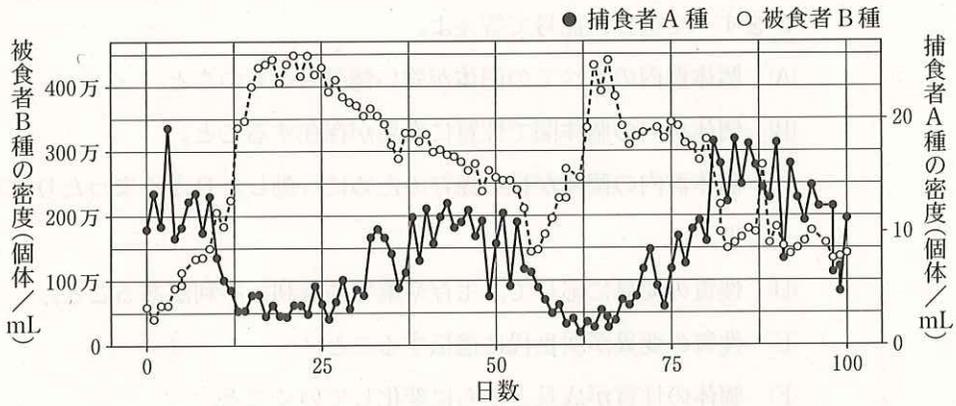


図2 被食者—捕食者の個体数変動。被食者B種の個体群には異なるタイプのクローンが混在し、遺伝子の多様性を有する。個体数の計測は1日ごとである。

(出典：Yoshida, Jones, Ellner, Fussmann, and Hairston, *Nature*, 2003年7月17日号, 一部改変)

問 6 文中の (カ) ~ (サ) に入る適切な語句や数を以下から選び、答えよ。ただし、数はもっとも近いものを選び、同じ語句や数を繰り返し用いて良い。

低い、中程度の、高い、 $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$ 、1、2、3、4

問 7 下線部 d の多様性の他に生物多様性を構成する要素は、種多様性ともう一つは何か答えよ。

問 8 下線部 e について、以下の問に答えよ。

問 8-1 下線部 e の現象をもたらす要因は何か答えよ。

問 8-2 下線部 e の現象がおこる条件を説明したものとして 間違っているもの をすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 個体群内のすべての個体が強い競争力をもつこと。
- (B) 個体群内の個体間で性質に変異が存在すること。
- (C) 個体群内の個体が種の保存のために行動したりふるまったりすること。
- (D) 性質の変異に応じて、生存や繁殖に有利・不利があること。
- (E) 性質の変異が次世代に遺伝すること。
- (F) 個体の性質が成長とともに変化していくこと。

問 9 図 2 の実験中の容器から捕食者 A 種と被食者 B 種の個体をいずれもごく少数含む培養液を取り、別の容器に移して実験を再開した。その結果、図 2 の変動はみられなくなり、図 1 のような変動に戻った。その理由を 100 字以内(句読点を含む)で述べよ。

地 学

1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

固体地球の表層は10数枚のプレートに分かれて運動している。プレート運動はマントル内部の対流運動と密接に関係する。またプレート同士の衝突や沈み込みに伴って、高い山脈や深い海溝の形成など、様々な地学的現象が生じる。

プレート(リソスフェア)の構造には、大陸域と海洋域で大きな違いが見られる。海嶺で生成された海洋プレートは水平に移動したのち、海溝からマントル深部へと沈み込む。海洋域のプレートの厚さは最大でも100 km程度である。海嶺^aや海溝のようなプレート境界では、その地域の特徴を反映した地震活動が生じる。海底地形^bには、海洋プレートが生成してから沈み込むまでの成長過程や、その間に受けた火山活動等の影響が反映されている。海洋底の年齢は、太平洋西部にみられる最も古い場所でも2億年までで、これは地質年代では [ア] 代の [イ] 紀にあたる。

一方、大陸域のプレートの厚さは100~250 kmに達する。大陸の地形的特徴は主に二つに分類され、プレートの沈み込みや衝突によって高い山脈が形成される地域を [ウ] といい、長期にわたりプレート運動による変動をほとんど受けず、ほぼ平坦な地形を示す地域を [エ] という。大陸は数十億年にわたって地球の表層を漂い、 [オ] の形成や分裂を繰り返す。そのため大陸内には太古の地球の歴史を調べる上で有益な情報が残されている。現在^c、世界に分布する大陸は、約3億年前に形成された [オ] である [カ] から分裂したものである。

問1 文章中の空欄 [ア] ~ [カ] にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a について、図 1 の(I)~(Ⅲ)は、プレートの沈み込み帯での震源分布(上空から見た図)を示している。(I)~(Ⅲ)に該当する地域を、地図中の A~E から一つずつ選び、記号で答えよ。また(I)~(Ⅲ)のそれぞれの地域において、沈み込むプレートの名称を答えよ。

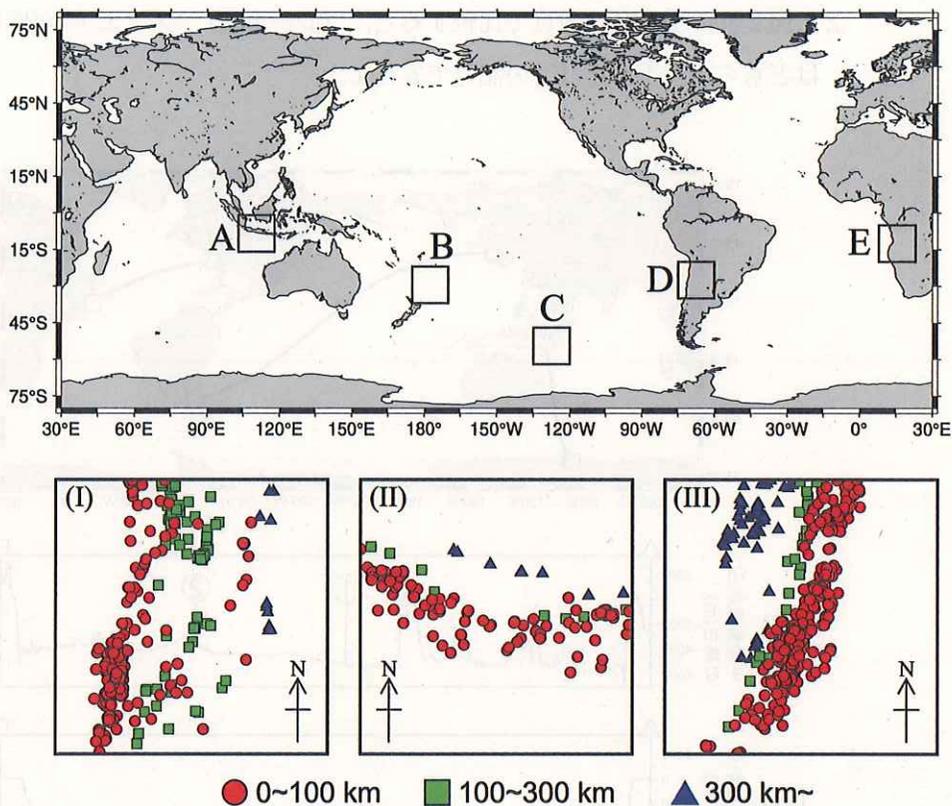


図 1 地図中の A~E のいずれかの地域における、ある 5 年間に発生したマグニチュード 5 以上の震源分布。プロットの色と形状は震源の深さで分けられている。

問 3 下線部bについて、図2はインド洋、太平洋、大西洋の海洋域を横断する測線(△と□をつなぐ経路)とそれに沿った海底地形断面図を示している。以下の設問に答えよ。

- (1) それぞれの海洋域の海底地形断面図として適切なものを、(A)~(C)から一つずつ選び、記号で答えよ。
- (2) 図2(A)の①と②の地点で比較すると、プレート(リソスフェア)が厚いのはどちらか、①または②の記号で答えよ。

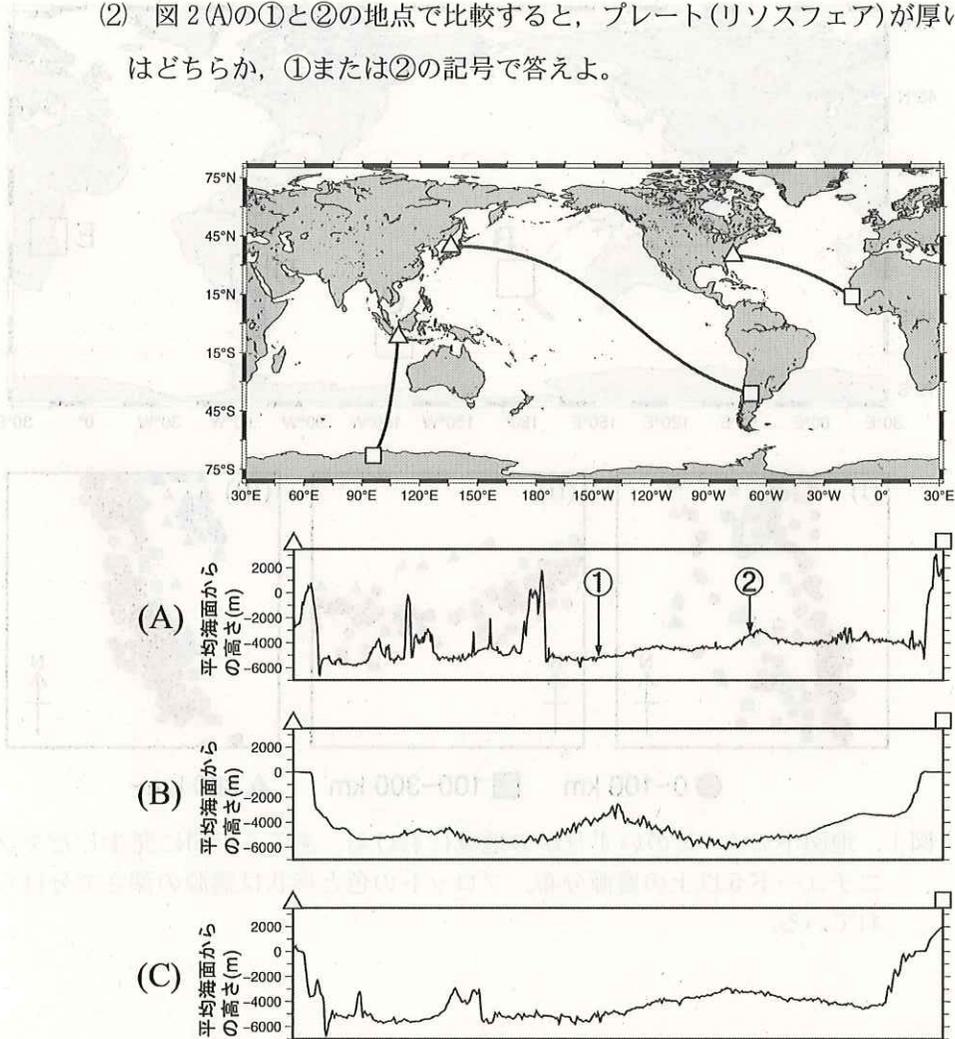


図2 地図中の三つの測線(△と□をつなぐ経路)のいずれかに沿った海底地形断面図。(A)~(C)の横軸のスケールは同一幅になるよう、拡大または縮小されている。

問 4 下線部 c について、図 3 はオーストラリア大陸と南極大陸との間の海洋底の年代を示す。二つの地点 A—B 間での海洋底の年代のグラフに関して、以下の設問に答えよ。

- (1) 4 千万年前から現在まで、南極大陸に対してオーストラリア大陸が移動する平均的な速さ (cm/年) を、整数値で答えよ。なお、解答には計算過程も示せ。
- (2) 過去 8 千万年間の二つの大陸間の相対的なプレート運動の変化について 60 字以内で説明せよ。

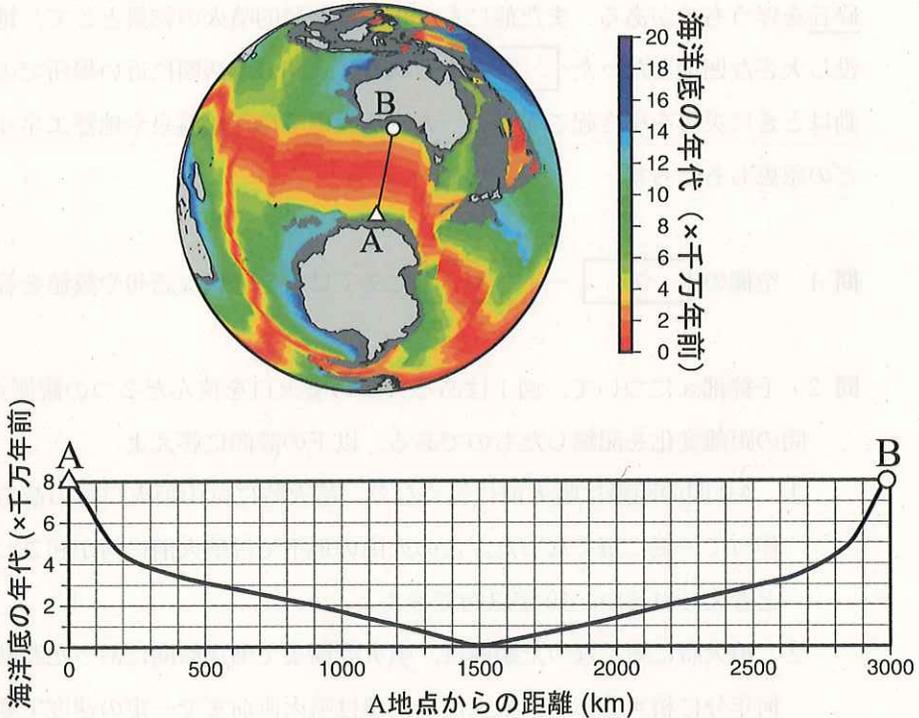


図 3 上：南半球からみた海洋底の年代分布。下：地図中の A—B 間の海洋底の年代のグラフ。横軸は A 地点から測った距離。A—B 間の測線はプレートの拡大方向とほぼ平行であり、また、A 地点は南極大陸とともに、B 地点はオーストラリア大陸とともに移動しているものとする。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

島弧-海溝系である日本列島には海溝に平行する帯状の火山分布がみられ、その海溝側の端をつなぐ線は (ア) とよばれる。それらの火山の中でも過去およそ (イ) 年以内に噴火、または現在活発な噴気活動のあるものは活火山と定められており、現在日本の活火山の数は110を超える。また、そのうち約4割の火山では、地震や地殻変動の観測、画像撮影などによる常時監視が行われている。北海道にも多くの火山があり、それらの多くは溶岩と火山砕屑物が交互に積み重なってできた (ウ) 火山で、そのなかには山頂や山麓に溶岩ドームや火砕丘を伴うものがある。また他にも大規模な爆発的噴火の結果として、地表が陥没し大きな凹地となった (エ) もある。人間の生活圏に近い場所での火山活動はときに災害を引き起こすが、一方で活火山の存在は温泉や地熱エネルギーなどの恩恵ももたらす。

問1 空欄の (ア) ~ (エ) にあてはまる適切な語句や数値を答えよ。

問2 下線部aについて、図1はある火山の噴火口を挟んだ2つの観測点A、B間の距離変化を記録したものである。以下の設問に答えよ。

- (1) AB間の距離は噴火前に長くなり、噴火時には山頂火口での溶岩噴出に伴って一気に短くなった。この火山の地下では噴火前に何が起こっていたと考えられるか。10字以内で答えよ。
- (2) 噴火時に短くなった距離は、噴火直前まで増加傾向にあった距離変化の何年分に相当するか。噴火前の距離は噴火直前まで一定の速度で変化したと仮定して、有効数字2桁で答えよ。なお、解答には計算過程も示せ。
- (3) 噴火から3年たつと、この距離はまた一定の速度で変化するようになった。この距離は噴火から何年で噴火直前の長さになるか。有効数字2桁で答えよ。なお、解答には計算過程も示せ。

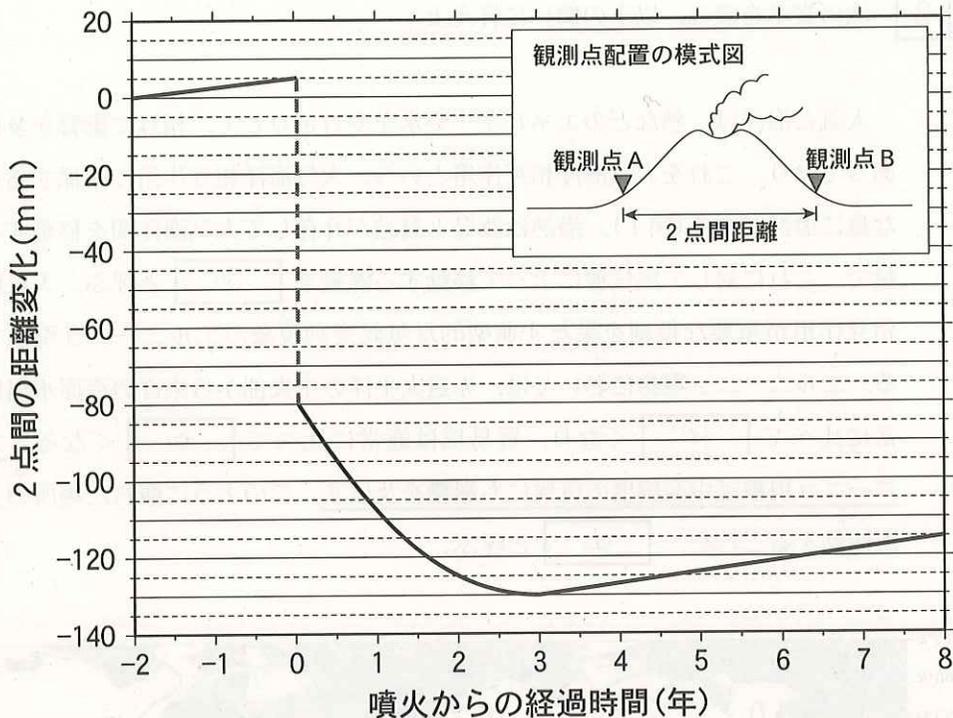


図1 ある火山の噴火口を挟んだ2つの観測点A, B間の距離変化。観測を開始した噴火2年前の距離を基準(0 mm)としている。噴火時は距離が急激に短くなったため、破線で噴火前後をつないでいる。

問3 下線部bについて、以下の設問に答えよ。

- (1) 一般に火山地形の形成はマグマの粘性と関係があり、その粘性は二酸化ケイ素(SiO_2)の量で異なる。溶岩ドームを形成するマグマの粘性と SiO_2 の量は、火砕丘の場合に比べてどう違うか。20字以内で答えよ。
- (2) ある火山がブルカノ式やプリニー式の噴火をする場合、溶岩ドームと火砕丘の、どちらを伴う可能性が高いと考えられるか、答えよ。

3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

大気と海洋は、熱などのエネルギーや水をやりとりして、相互に影響を及ぼしあっており、これを大気海洋相互作用という。大気海洋相互作用に関係する重要な量に潜熱がある(図1)。潜熱は蒸発と凝結が介在して大気海洋間を移動する熱量で、これに対して熱伝導によって移動する熱量を [ア] と呼ぶ。大気海洋相互作用が重要な役割を果たす典型的な気候変動現象がエルニーニョ現象である。エルニーニョ現象においては、赤道太平洋の中央部から東部の海面水温は通常に比べて [イ] くなり、貿易風は通常に比べて [ウ] くなる。エルニーニョ現象は中高緯度の気候にも影響を及ぼす。このように離れた場所の気候が連動することを、 [エ] と呼ぶ。

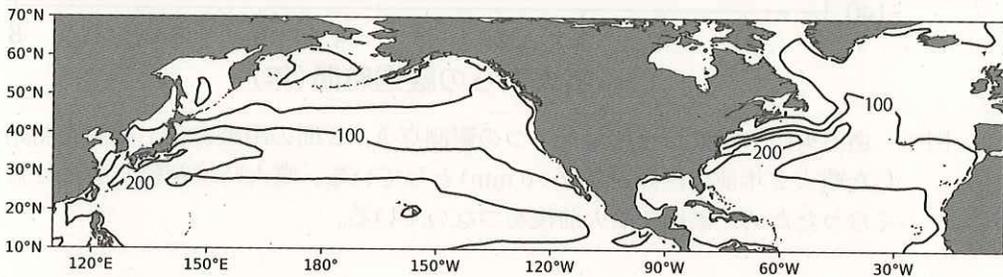


図1 北太平洋と北大西洋における、海洋から大気へ移動する潜熱の単位面積当たりの年平均値 (W/m^2)。

問1 文章中の空欄 [ア] ~ [エ] にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2 図1において、北太平洋と北大西洋それぞれの西岸付近で潜熱が大きく、その原因は大気と海洋の両方に存在する。海洋側の原因は、そこを流れる海流が低緯度域から熱を輸送するためである。各大洋についてその海流の名前を一つずつ答えよ。

問3 問2の海域で潜熱が大きいことの大気側の原因は、特に冬季に重要である。この原因を、風と気温に着目して、40字以内で答えよ。

問 4 エルニーニョ現象に密接に関係する熱帯太平洋域に生じる大気現象に、南方振動がある。南方振動とはどのような現象であるか、60字以内で答えよ。

問 5 下線部aについて、エルニーニョ現象が発生すると、日本の夏の気温と冬の気温は、平年に比べてそれぞれどのように変わる傾向があるか、30字以内で答えよ。

4 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

およそ 46 億年前、収縮する星間雲の中心部に原始太陽が誕生し、その原始太陽のまわりを回転する円盤状の (ア) が形成された。その中で塵どうしが付着して大きくなり、円盤中央面に集まって層が形成された。円盤中央面に塵が十分集まると、自身の重力によって層が分裂し、多数の (イ) と呼ばれる直径 1～10 km の固体の塊ができた。(イ) は、衝突・合体をくり返して成長し、原始惑星となった。やがて、太陽に近い領域では地球型惑星^aが、太陽から遠い領域では木星型惑星^bが形成された。^c

問 1 文章中の空欄 (ア) と (イ) にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a について、地球に落下した隕石には、太陽系初期の原始惑星の中心部を起源とするものがある。それは何という種類の隕石か答えよ。

問 3 下線部 b について、正しい記述を以下の(I)～(Ⅳ)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (I) 表面に液体の水の海が存在する衛星を持つ
- (II) 木星型惑星に比べて半径が小さく平均密度が大きい
- (Ⅲ) 岩石の表面と環を持つ
- (Ⅳ) 小惑星帯の外側に存在する

問 4 表 1 は、下線部 b および c に属する惑星について、赤道半径が小さい順に
まとめたものである。以下の設問に答えよ。

表 1 太陽系の惑星の諸量(数値は主として理科年表 2022 年版に基づく)

惑星名	A	B	C	地球	D	E	F	G
赤道半径(km)	2439.4	3396.2	6051.8	6378.1	24764	25559	60268	71492
衛星の数	0	2	0	1	> 10	> 20	> 60	> 60
赤道傾斜角(度)	0.03	25.19	177.36	23.44	28.35	97.77	26.73	3.12
公転周期(年)	0.240	1.88	0.615	1.00	165	84.0	29.5	11.9

- (I) 以下の(I)~(IV)は、表 1 の惑星 A~G のいずれかに関する記述である。
(I)~(IV)が説明する惑星を A~G より一つずつ選び、記号と惑星の名称をそれぞれ答えよ。
- (I) 水素やヘリウムを主成分とする大気の流れによってできた縞模様や、
大赤斑と呼ばれる巨大な渦が存在する
- (II) 氷とドライアイスからなる極冠が存在し、季節によってその大きさが
変化する
- (III) 約 90 気圧もの二酸化炭素を主成分とする大気温室効果により、地
表面温度は約 460 °C に達する
- (IV) 大気にはメタンが多く含まれ、大気活動は活発で黒斑の出現や消失が
見られる

- (2) 図1は、外惑星と内惑星の公転軌道を表す模式図である。西方最大離角はどれか、図中のa~fより一つ選び、記号で答えよ。また、西方最大離角が最小の惑星を表1のA~Gより一つ選び、記号と惑星の名称を答えよ。

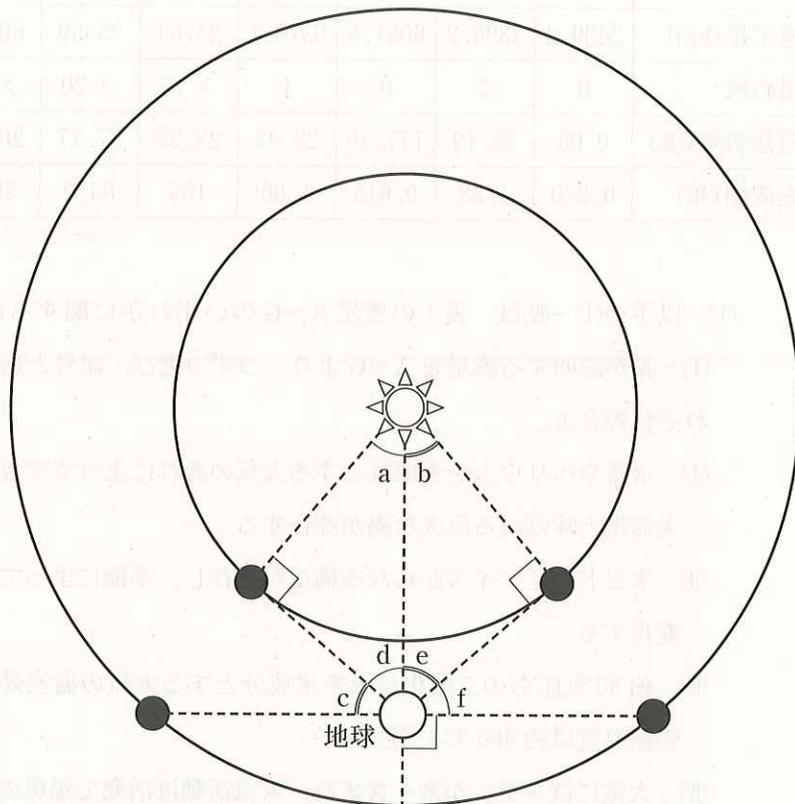


図1 地球の北半球上空から太陽系を見下ろした模式図

- (3) 設問(2)で選んだ惑星の最大離角を28度とすると、その惑星が東方最大離角から西方最大離角まで移動するのにかかる時間は何年か、計算過程とともに有効数字2桁で答えよ。ただし、惑星の公転軌道は円であり、公転速度は一定とする。

問 題 訂 正

試験開始後、速やかに受験者に「地学の問題に訂正があります。」と
告げ、下枠の内容を黒板に一字一句正しく書き写してください。
なお、問題訂正の内容は、読み上げないでください。

令和5年度 一般選抜

後期日程

教科・科目名 理科・地学

記

教科・科目名 理科・地学

問題紙 59ページ 大問4

問題文4～5行目

誤) 直径1～10kmの

正) 直径1～10km 程度の

R-5 (B)

受 番	号	B							
--------	---	---	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
物理 0—1

51—0—1

採点記入欄

理科 解答用紙 (物理)

3枚の解答用紙と1枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

座 番	席 号		
--------	--------	--	--

(下の座席番号欄にも) 記入すること。

注意
※採点記入欄
には何も記
入しないこ
と。

1

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(あ)		(5)	

(1)~(5), (あ)

--

問 2

(6)		(い)	
(7)		(8)	
(9)			

(6)~(9), (い)

--

問 3

(10)			
------	--	--	--

(10)

--

※採点欄

--

選 抜 区 分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0—1

51—0—1

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 1
0

13 14 15

R—5 (B)

受験番号	B						
------	---	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
物理 0—2

51—0—2

採点記入欄

理科 解答用紙 (物理)

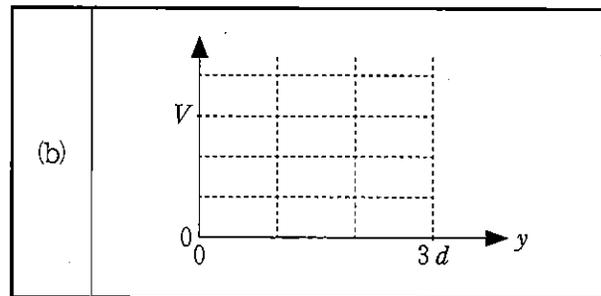
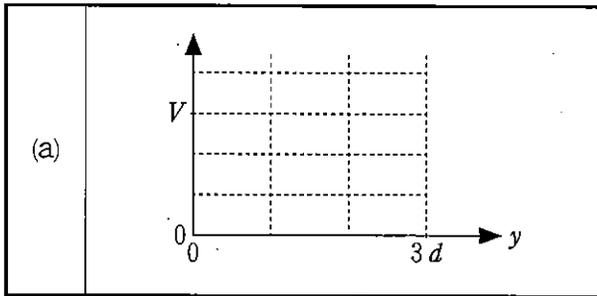
座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

問 1



(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(あ)

(1)~(5), (a), (b), (あ)

--

問 2

(6)

(7)

(8)

(い)

(9)

(う)

(6)~(9), (い), (う)

--

※採点欄

--

選抜区分
B

R—5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0—2

51—0—2

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 2
0

13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B						
------	---	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
物理0-3

51-0-3

採点記入欄

理科解答用紙 (物理)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも) 記入すること。

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	

(1)~(4)

--

問 2

(5)		(6)	
(7)		(8)	
(9)			
(10)			
(11)			

(5)~(11)

--

(12)

--

問 3

(12)	
------	--

※採点欄

--

選抜区分
B

R-5 (B)

注意

1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理0-3

51-0-3

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 3
0

13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B						
------	---	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
化学0-1

52-0-1

採点記入欄

理科解答用紙 (化学)

3枚の解答用紙と1枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

座席番号		
------	--	--

(下の座席番号欄にも)
記入すること。

注意
※採点記入欄
には何も記
入しないこ
と。

1

I 問1

(1)		%
-----	--	---

(2)	最大の値		MgCl ₂ の質量数の種類	
-----	------	--	---------------------------	--

問2

--

問3

	年
--	---

問4

(1)	
-----	--

(2)	点Oの名称		矢印の記号	
-----	-------	--	-------	--

問1～問2

問3～問4

II 問1

エ		オ		カ		キ	
---	--	---	--	---	--	---	--

問2

ク		ケ		コ	
---	--	---	--	---	--

問3

陽イオン交換膜	
---------	--

陰イオン交換膜	
---------	--

問4

(1)	pH =	(2)		mol/L
-----	------	-----	--	-------

問5

サ	
---	--

問1～問2

問3～問5

※採点欄

選抜区分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学0-1

52-0-1

座席番号

10 11 12

※採点表
問題1
0

13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
化学0-2

52-0-2

採点記入欄

理科解答用紙 (化学)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

I 問 1

--

問 2

(ア)		(イ)	
(ウ)		(エ)	

問 3

--

問 4

--

問 5

	L
--	---

問 6

--

問 7

--	--	--	--

II 問 1

--

問 2

--

問 3

<i>n</i>		<i>m</i>		<i>x</i>	
----------	--	----------	--	----------	--

問 4

A^{2+}		B^{4+}		O^{2-}	
----------	--	----------	--	----------	--

問 5

--

問 6

(1)		(2)	
-----	--	-----	--

問 1 ~ 問 3

--

問 4 ~ 問 7

--

問 1 ~ 問 3

--

問 4 ~ 問 6

--

※採点欄

--

選抜区分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学0-2

52-0-2

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 2
0

13 14 15

R—5 (B)

受 番	験 号	B							
--------	--------	---	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
化学0—3

52—0—3

採点記入欄

理科解答用紙 (化学)

座 番	席 号		
--------	--------	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3

I 問 1

問 2

問 3

問 4

問 5

問 1 ~ 問 3

問 4 ~ 問 5

II 問 1

問 2

	(イ)		(ウ)
--	-----	--	-----

問 3

問 4 (1)

(2)

(3)

問 5 (1)

(2)

問 1 ~ 問 3

問 4

問 5

※採点欄

選抜 区分
B

R—5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学0—3

52—0—3

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 3
0

13 14 15

R-5 (B)

受験 番号	B								
----------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
生物0-1

53-0-1

採点記入欄

理科 解答用紙 (生物)

4枚の解答用紙と2枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

座 番	席 号		
--------	--------	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

1

問 1

(ア)		(イ)		(ウ)		(エ)	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

問 1

問 2

問 2

問 3

問 3

問 4

問 4

問 5

10										20									

問 5

問 6-1

問 6-2

問 6-3

問 6

問 7-1

問 7-2

10										20									

問 7

※採点欄

--	--	--

選抜 区分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物0-1

53-0-1

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 1
0
13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
生物0-2

53-0-2

採点記入欄

理科解答用紙 (生物)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも) 記入すること。

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

問 1

(A)		(B)		(C)		(D)	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

問 1

問 2

(i)					
(ii)		(iii)		(iv)	
				(v)	

問 2

問 3-1

変異系統		酵素	
------	--	----	--

問 3-1

問 3-2

(ア)		(イ)		(ウ)	
-----	--	-----	--	-----	--

問 3-2

問 3-3

(エ)		(オ)		(カ)	
-----	--	-----	--	-----	--

問 3-3

問 4-1

--

問 4-1

問 4-2

--

問 4-2

問 5

--

問 5

※採点欄

選抜区分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物0-2

53-0-2

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 2
0

13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
生物0-3

53-0-3

採点記入欄

理科解答用紙 (生物)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3	問 1-1	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
---	-------	-----	-----	-----	-----

問 1-1

問 1-2	(A)	(B)	(C)
-------	-----	-----	-----

問 1-2

問 2	
-----	--

問 2

問 3	(オ)	(カ)
	(キ)	(ク)
	(ケ)	(コ)
	(サ)	(シ)

問 3

問 4-1	
-------	--

問 4-1

問 4-2	(ス)	(セ)
	(ソ)	(タ)
	(チ)	(ツ)
	(テ)	(ト)

問 4-2

問 5	
-----	--

問 5

問 6-1	
-------	--

問 6-1

問 6-2	(フ)	(ニ)	(ヌ)	(ネ)
-------	-----	-----	-----	-----

※採点欄

R-5 (B)

選抜区分
B

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物0-3

53-0-3

座席番号

10 11 12

※採点表
問題 3
0

13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
生物0-4
53-0-4

採点記入欄

理科解答用紙 (生物)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

4

問 1

(ア)		(イ)		(ウ)	
(エ)		(オ)			

問 1

問 2

10										20									

問 2

問 3

単子葉植物		双子葉植物	
-------	--	-------	--

問 3

問 4

問 4

問 5

問 5

問 6

(カ)		(キ)		(ク)	
(ケ)		(コ)		(サ)	

問 6

問 7

問 7

問 8-1

問 8-1

問 8-2

問 8-2

問 9

10										20									

問 9

※採点欄

R-5 (B)

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号	座席番号
生物0-4	
53-0-4	10 11 12

※採点表
問題 4
0
13 14 15

R-5 (B)

受験番号	B								
------	---	--	--	--	--	--	--	--	--

解答用紙番号
地学0-4

54-0-4

採点記入欄

理科解答用紙 (地学)

座席番号			
------	--	--	--

(下の座席番号欄にも) 記入すること。

注意 ※採点記入欄には何も記入しないこと。

4 問1 (ア)

(イ)

問2

問3

問4

(I) 記号	名称
--------	----

(II) 記号	名称
---------	----

(III) 記号	名称
----------	----

(IV) 記号	名称
---------	----

(2) 西方最大離角

西方最大離角が最小の惑星
記号 名称

(3)

※採点欄
<input type="text"/>

選抜区分
B

R-5 (B)

注意

- この欄の座席番号も必ず記入すること。
- ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
地学0-4

54-0-4

座席番号
<input type="text"/>

10 11 12

※採点表
問題4
0

13 14 15