

2023年度

理科問題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～7ページ	解答用紙4枚
化学：8～23ページ	解答用紙5枚
生物：24～41ページ	解答用紙4枚
地学：42～49ページ	解答用紙3枚

注意事項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 **現代システム科学域の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 **理学部の受験者**は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) **数学科・生物学科・地球学科・生物化学科**を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 **工学部の受験者**は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 **農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 **生活科学部食栄養学科の受験者**は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

2023年度 一般入試(前期日程)、私費外国人留学生特別選抜、帰国生徒特別選抜の理科問題「生物」における出題ミスについて

2023年3月1日

2023年2月25日(土)に実施いたしました2023年度 一般入試(前期日程)、私費外国人留学生特別選抜、帰国生徒特別選抜の理科問題「生物」において、以下の通り出題ミスがございました。

受験者の皆さまをはじめ、関係の皆さまに多大なご迷惑をおかけしましたことを深くお詫び申し上げます。出題にあたっては細心の注意を払い作成しておりますが、今後このようなことがないように、チェック体制を一層強化し再発防止に努めてまいります。

入試の概要

- (1)入試方法区分 一般入試 前期日程、私費外国人留学生特別選抜、帰国生徒特別選抜
- (2)試験実施日 2023年2月25日(土)
- (3)合格発表日 2023年3月9日(木)
- (4)試験科目名 理科問題「生物」
- (5)対象学部・学域 現代システム科学域(環境社会システム学類、心理学類、学域単位募集)、理学部(化学科以外)、農学部、獣医学部、医学部(医学科)、生活科学部(食栄養学科)
- (6)該当受験者数 476名

出題ミスの概要

第1問 問3において、本来は外胚葉由来の (b),(e),(g)を選択するのが正解として作成していたが問題文中で「皮膚の表皮の細胞」と記載すべき箇所を誤って「皮膚の細胞」と記載してしまったため、外胚葉由来のみの組織・器官を問う問題とならず、正答が絞り込めない問題となった。

該当箇所

理科問題「生物」の第1問 問3の問題文(P.25 下から4行)

<問題文>

問3 皮膚の細胞は、胚の発生中に見られる3つの胚葉のうちの1つに由来する。次の(a)~(h)の組織・器官の中で、皮膚と同じ胚葉由来のものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a)肝臓 (b)網膜 (c)脊椎骨 (d)腎臓
- (e)脊髄 (f)肺 (g)水晶体 (h)平滑筋

受験者に対する対応

第1問 問3について、受験者全員を正解として採点いたします。

配点(素点) 3点(科目の満点:100点)

本件に関する問い合わせ先

大阪公立大学 学務部入試課

問題訂正

科目名： 前期日程 理科問題（生物）

《訂正箇所》 36ページ 第3問 問6 (2) 2行目

誤 …選択的に結合し、イオンのはたらきを…

正 …選択的に結合し、Ca²⁺のはたらきを…

《訂正箇所》 40ページ 第4問 問5 (1) 選択肢

誤 (b) ザリガニの親個体

正 (b) チョウの成虫

(余 白)

物 理

第 1 問 (35点)

図のようになめらかで水平な表面をもつ板が、地面に対して常に一定の速さ V で鉛直上向きに上昇している。時刻 $t = 0$ に板の表面（上面）から質量 m の小球を地面に対して速さ v_0 ($v_0 > 2V$) で鉛直上向きに投げ上げた。地面にいる観測者から見た、この小球の運動を考えよう。小球は最高点に達した後、落下した。この最高点を「1 度目の最高点」と呼ぶ。その後、小球は板と衝突し、真上にはね返った。板と小球の間の反発係数（はねかえり係数）を 1 とする。鉛直上向きに地面に固定された z 軸をとり、時刻 $t = 0$ の板の表面（上面）の位置を原点 O とする。重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに導出過程も含めて答えよ。空気抵抗の影響は無視する。

問 1 1 度目の最高点の座標 z_1 を求めよ。

問 2 小球が板に衝突した時の、板の表面の座標 h_1 を求めよ。

問 3 衝突直後の小球の地面に対する速度 v_1 を求めよ。

衝突後、小球は再び上昇し、最高点に達した後、落下した。この最高点を「2 度目の最高点」と呼ぶ。その後、小球は板と 2 度目の衝突をした。

問 4 2 度目の最高点の座標 z_2 を v_0 , V , g を用いて表せ。

問 5 2 度目の衝突をした時の、板の表面の座標 h_2 を v_0 , V , g を用いて表せ。

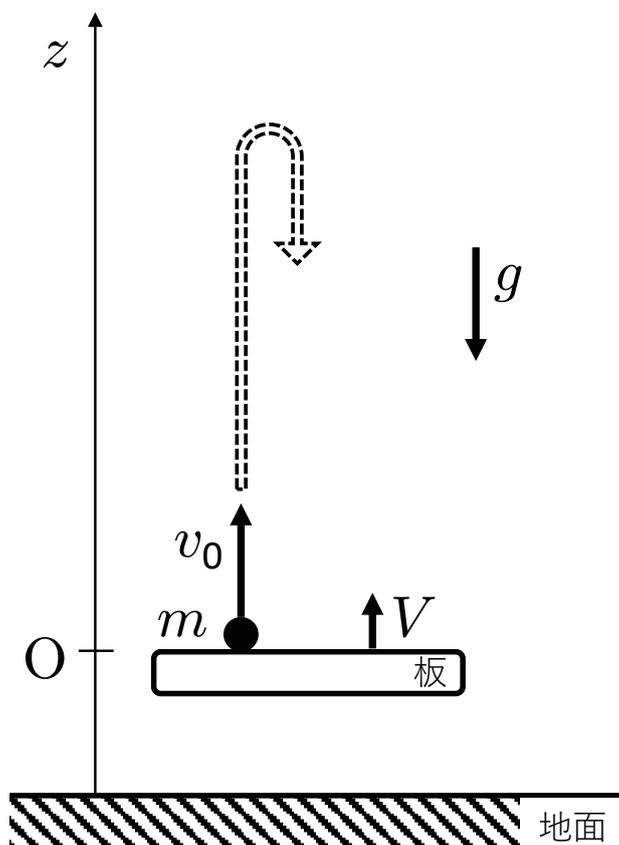
小球は板との衝突を繰り返しながら上昇する。以降 n を自然数として、 n 度目の衝突と $(n + 1)$ 度目の衝突の間に小球が到達した最高点を「 $(n + 1)$ 度目の最高点」とする。

問 6 n 度目の最高点の座標 z_n を n , v_0 , V , g を用いて表せ。

次に、同じ質量の別の小球を用いて再度、投げ上げの実験を行った。この小球と板の間の反発係数を e ($0 < e < 1$) とする。 $v_0 = 5V$ で投げ上げたところ、小球は 1 度目の最高点に達した後に落下し、板と衝突し、真上にはね返って 2 度目の最高点に達した後、落下した。このとき、1 度目の最高点と 2 度目の最高点の高さが同じであった。

問 7 1 度目の衝突直後の小球の地面に対する速度 v_1' を e , V を用いて表せ.

問 8 反発係数 e を求めよ.



図

物 理

第 2 問 (35点)

3枚の金属板 A, B, C を平行にかつ等間隔に配置し, コンデンサーとして用いる実験を考える. 3枚の板の面積はそれぞれ S であり, A と B の間隔, 及び B と C の間隔はいずれも a である. これらは真空中に設置してあり, 金属板の間に発生する電場は一様で, 端の影響は無視できるものとする. また真空の誘電率を ϵ_0 とする. 以下の問いに導出過程も含めて答えよ.

最初に, 全ての金属板に電荷が蓄えられていない状態にした後, 図1に示すように A と C の間に直流の電源をつないで一定の電圧 V をかけて十分に時間をおいた.

問 1 この回路は, A と B からなるコンデンサー, 及び B と C からなるコンデンサーの 2つのコンデンサーが接続された回路とみなすことができる. 該当する回路図を図2 (ア) ~ (エ) の中から選べ. また A, B, 及び C それぞれに蓄えられる電気量 Q_A , Q_B , Q_C と, 全体の電気容量 (合成容量) C_1 を求めよ.

次に電源を外し, 全ての金属板に電荷が蓄えられていない状態に戻した後, 今度は図3のように A と C を導線をつなぎ B との間に一定の電圧 V をかけて, スイッチを閉じた状態で十分時間をおいた.

問 2 この回路も, A と B 及び B と C からなる 2つのコンデンサーが接続された回路とみなすことができる. 該当する回路図を図2の (ア) ~ (エ) の中から選べ. ただしスイッチは回路図には表示していない. また, A, B, 及び C それぞれに蓄えられる電気量 Q_A , Q_B , Q_C , 合成容量 C_2 , 及びコンデンサー全体で蓄えられる静電エネルギー U を求めよ.

さらに, その後スイッチを開き, 図4に示すように A, B, C を平行に保ったまま B のみを C に近づける向きに距離 Δx ($0 < \Delta x < a$) だけゆっくり動かした.

問 3 このときの A と B 及び B と C からなる 2つのコンデンサーの合成容量 C_3 を求めよ.

問 4 AB 間と CB 間の電位差は同じである．この電位差 V' を求めよ．

問 5 B の位置が距離 Δx だけ変化するのに伴い，A と C をつなぐ導線を電荷が移動した．A から C に移動した電気量 ΔQ を求めよ．

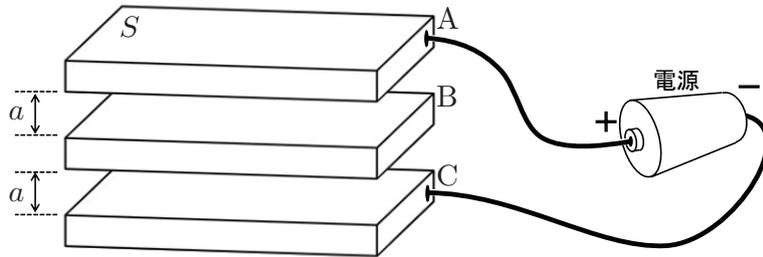


図 1

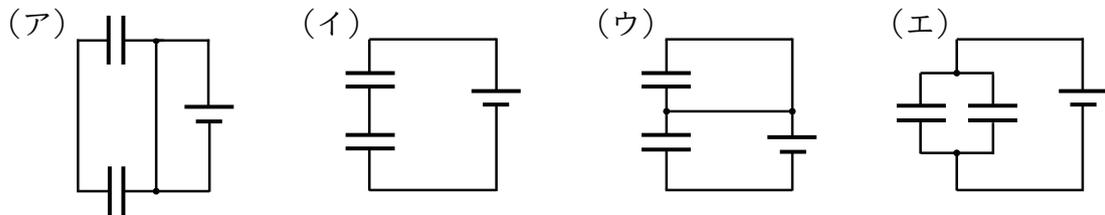


図 2

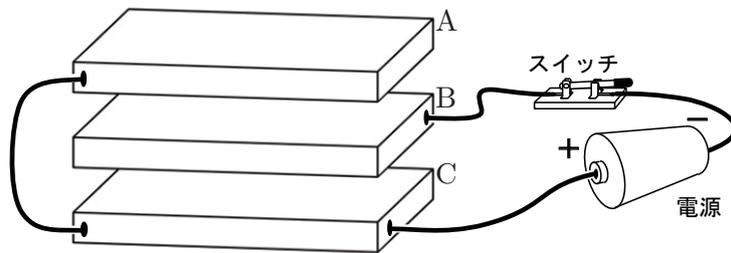


図 3

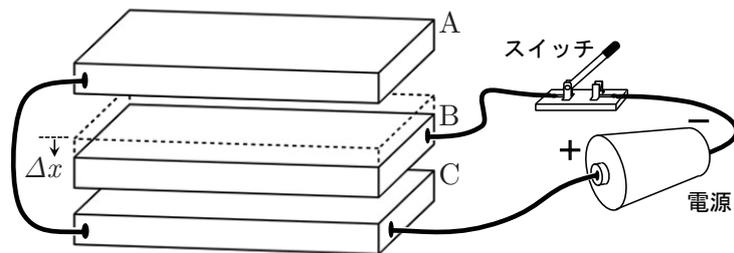


図 4

物 理

第 3 問 (30点)

振動数 f の音波を発する音源が運動するときのドップラー効果について考える。ただし、音の速さを V とし、風は吹いていないものとする。以下の問いに答えよ。問 1, 問 2, 問 5 以外は答えの導出過程も示すこと。

まず、図 1 のように、観測者が原点 O で静止しており、遠くにある音源が x 軸上を一定の速さ v ($v < V$) で観測者に近づいている状況を考える。

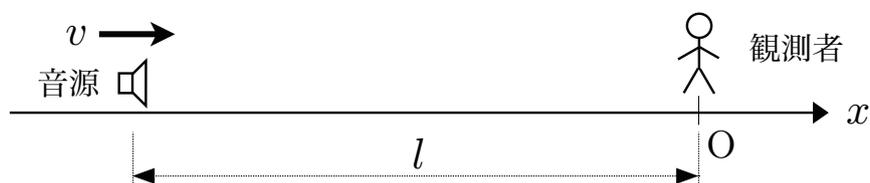


図 1

- 問 1 時刻 $t = 0$ に $x = -l$ にあった音源から出た音波が観測者に届く時刻 t_1 を求めよ。
- 問 2 音源が発する音波の周期 T と振動数 f の関係を式で表せ。
- 問 3 音源から時刻 $t = T$ に出た音波が観測者に届く時刻 t_2 を求めよ。
- 問 4 t_2 と t_1 の時間差から、観測者が観測する音波の振動数を V , v , f を使って表せ。

次に、図2のように音源の位置が $x = -L + A \sin \omega t$ ($A > 0$, $\omega > 0$) と表せる単振動をしている場合を考える。ただし、 A は L に比べて十分に小さく、 ω は f に比べて十分に小さいものとする。このとき、観測者が観測する音波の振動数は最小値 f_1 と最大値 f_2 の間で周期的に変化した。この観測結果から、音源の音波の振動数 f を以下の手順で求める。

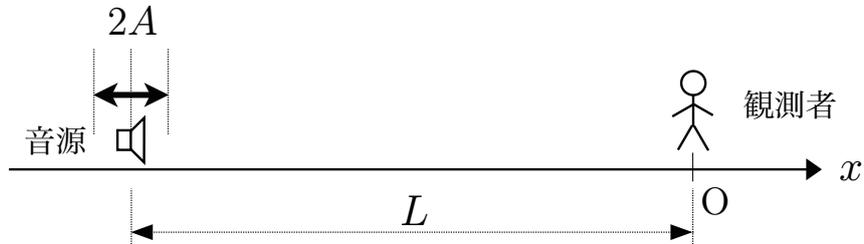


図2

問5 単振動をする音源の速さの最大値 u を A , ω を用いて表せ。

問6 f_1 , f_2 を f , V , u を用いて表せ。ただし、 $u < V$ であるとする。

問7 問6の結果を用いて、 f および u を f_1 , f_2 , V を用いて表せ。

さらに、観測者が x 軸に沿って一定の速度で動いたところ、観測者が観測する音波の振動数は最小値 f'_1 と最大値 f'_2 の範囲で周期的に変化するようになり、 f'_2 が問6で求めた f_1 と等しくなった。

問8 観測者の速度を V , u を用いて表せ。

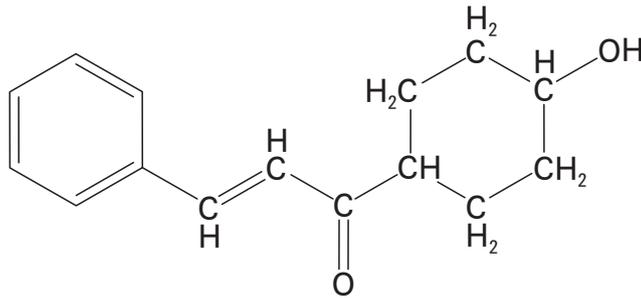
化 学

第 1 問 (33点)

次の文章を読み，(1)～(8)の問いに答えよ．必要であれば次の原子量を用いよ．

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

構造式は下の例にならって記せ．



五つの炭素原子からなる脂肪族炭化水素 C_5H_{12} には 3 種類の構造異性体 **A**, **B**, **C** が存在する．それらの水素原子一つあるいは二つをヒドロキシ基で置換した．**A**, **B**, **C** から生じるアルコールの構造異性体の数を下の表に示す．なお，各アルコール中の一つの炭素に複数のヒドロキシ基が結合していないものとし，鏡像異性体の数は含まれないものとする．

	A	B	C
水素原子一つをヒドロキシ基に置換した場合	3	ア	1
水素原子二つをヒドロキシ基に置換した場合	イ	ウ	1

化合物 **D** はベンゼン環を一つ有する．化合物 **D** 302 g を完全燃焼させたところ，二酸化炭素 792 g，水 198 g のみが生じた．化合物 **D** を加水分解したところ化合物 **E**, **F**, **G** が得られた．



化合物 E, F, G の構造と性質は次のとおりである。

- 化合物 E は、炭素と水素からなるベンゼン環を一つ有する芳香族炭化水素 H を過マンガン酸カリウムで酸化すると得られる。E を加熱すると分子内で脱水がおこる。
- 化合物 F と G はいずれも五つの炭素原子からなり、金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- 化合物 F には五つの炭素原子が環状につながった構造（五員環）が一つ存在する。
- 化合物 G には三つの炭素原子が環状につながった構造（三員環）が一つ存在する。
- 化合物 G には四つの炭素原子と結合している炭素原子が一つ存在する。
- 化合物 F と G には不斉炭素原子が存在しない。

- (1) 空欄ア～ウに当てはまる数字を答えよ。
- (2) 化合物 D の分子式を答えよ。
- (3) 化合物 D, F, G の構造式を答えよ。
- (4) 化合物 E と H の名称をそれぞれ答えよ。
- (5) 化合物 A, B, C のうち沸点が最も低いものはいずれか。記号で答えよ。

(6) 化合物 **B** の水素原子一つをヒドロキシ基で置換したアルコールを水酸化ナトリウムの存在下、ヨウ素 I_2 と反応させたところヨードホルムと化合物 **I** が生じた。化合物 **I** の構造式を答えよ。

(7) 化合物 **B** の水素原子二つをヒドロキシ基に置換した。なお、一つの炭素に複数のヒドロキシ基が結合していないものとする。それらのうち、不斉炭素原子をもたない化合物 **J** と **K** の構造式を答えよ。

また、不斉炭素原子をもつ構造異性体 **L** から水 2 分子を分子内で脱水させると化合物 **M** が生じる。化合物 **M** は天然ゴムの熱分解で得られる。化合物 **M** の構造式を答えよ。

(8) 化合物 **C** の四つの水素原子をヒドロキシ基で置換すると化合物 **N** となる。なお、一つの炭素に複数のヒドロキシ基が結合していないものとする。化合物 **N** の結晶を加熱すると、 $188\text{ }^\circ\text{C}$ 付近で結晶構造が変化し、 $260\text{ }^\circ\text{C}$ で融解した。 $188\text{ }^\circ\text{C}$ 付近で結晶構造が変化する理由を 20 字以内で説明せよ。

(余 白)

化 学

第 2 問 (33点)

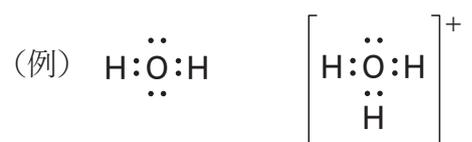
次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の (1) と (2) の問いに答えよ。

(1) ①～⑤について、次の (i) ～ (iii) の問いに答えよ。



(i) ①と②の電子式を例にならって答えよ。



(ii) 直線状および平面状分子を②～⑤からすべて選んで答えよ。

(iii) 分子全体として電荷の偏りがある極性分子を②～⑤からすべて選んで答えよ。

(2) 次の文章を読み，(i)～(v)の問いに答えよ．

必要であれば次の原子量を用いよ． $H = 1.0$ ， $C = 12.0$ ， $O = 16.0$ ， $Ca = 40.0$

(実験1) シュウ酸カルシウム一水和物 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ とシュウ酸カルシウム二水和物 $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ の混合物を，室温から $1000\text{ }^\circ\text{C}$ まで一定速度で加熱したところ，図1に示す段階的な質量の減少(①～③)が観測された．質量の減少はいずれも気体の脱離によるものであり，%で示された数値は加熱前の質量に対する減少率を示す．

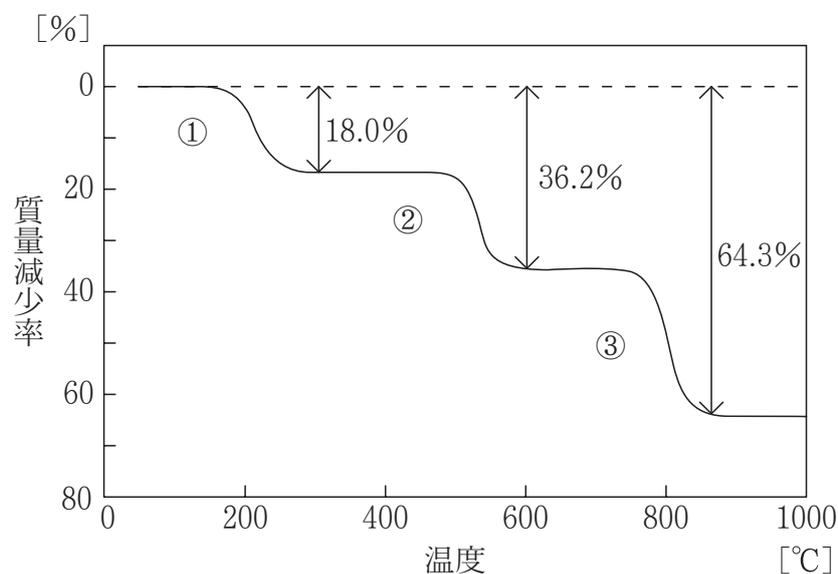


図1 シュウ酸カルシウム水和物の加熱による質量変化

(実験 2) 実験 1 で用いたものと同じシュウ酸カルシウム水和物を 1000 °C に加熱して気体 X, Y, Z の混合物を発生させた。各気体を捕捉あるいは捕集するための装置を組み立てた (図 2)。カラム 1 では充填剤 1 を用いて気体 X のみを捕捉した。カラム 2 では充填剤 2 を用いて気体 Y のみを捕捉した。カラム外に排出される気体 Z は適当な捕集法を用いて捕集した。

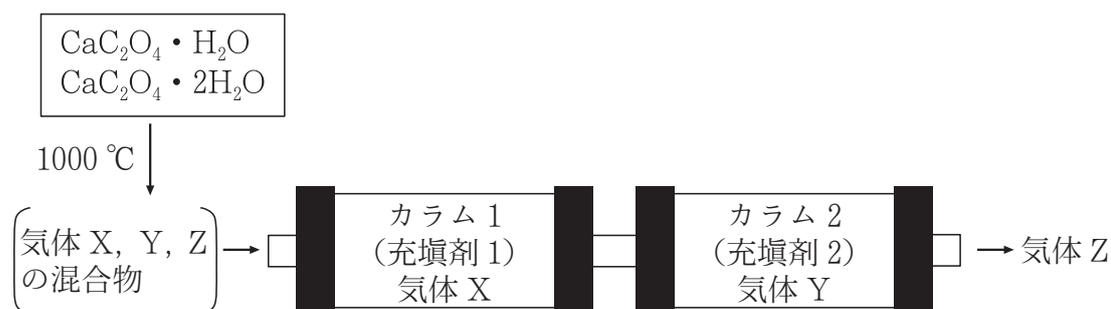


図 2 実験 2 で生じた気体の捕捉・捕集装置

- (i) 実験 1 において、①の質量減少率 (18.0%) をもとに、シュウ酸カルシウム一水和物 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の物質質量に対するシュウ酸カルシウム二水和物 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の物質質量の比を有効数字二桁で答えよ。
- (ii) 実験 2 において、気体 X と Y の捕捉に用いる最も適当な充填剤 1 と 2 を、次の (ア) ~ (オ) の中から選び、それぞれ記号で答えよ。
- (ア) Na_2CO_3 (イ) NaOH (ウ) BaSO_4
 (エ) P_4O_{10} (オ) MnO_2
- (iii) 実験 2 において、気体 X と Y が充填剤 1 と 2 でそれぞれ捕捉されるときに起こる化学反応を反応式で記せ。
- (iv) 実験 2 において、気体 Z を捕集するために用いる最も適当な方法を、次の (a) ~ (c) の中から選び記号で答えよ。
- (a) 上方置換法 (b) 下方置換法 (c) 水上置換法
- (v) 金属触媒の存在下、気体 Z と水素を反応させるとメタノールが得られる。このメタノールが生じる化学反応を反応式で記せ。

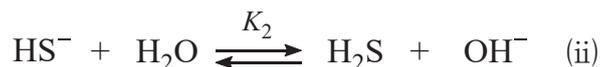
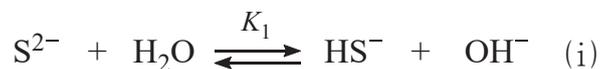
問2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

金属の硫化物は、一般に水に難溶であるが、溶液の pH が小さくなるにしたがって、その溶解度が上がる。この現象を考えてみる。

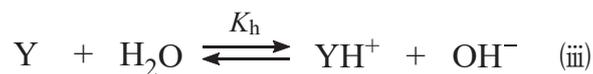
pH x の緩衝液 A 1 L に、固体の硫化カドミウム CdS を加えて、CdS の飽和溶液（溶液 B）を調製した。この実験では、次の (a)～(d) の条件を仮定する。

- (a) 溶液 B には、溶け残った CdS が常に存在する。
- (b) 溶液 B の pH と温度は、実験を通じて一定である。
- (c) 溶液 B に溶存するカドミウムイオン Cd^{2+} は、水和イオンのみとする。
- (d) 緩衝液 A には、水素イオン以外、今回の実験に影響を与えるイオンや分子は、含まれていない。

溶液 B では、固体の CdS から溶け出した硫化物イオン S^{2-} の一部が加水分解し、硫化水素イオン HS^- 、硫化水素 H_2S と式 (i)、(ii) に示す平衡状態にある。 K_1 、 K_2 [mol/L] は、それぞれの加水分解定数を示す。



水溶液中において式 (iii) の化学平衡が成り立つ場合、加水分解定数 K_h は式 (iv) のように表される。 $[\text{Y}]$ 、 $[\text{YH}^+]$ 、 $[\text{OH}^-]$ は、 Y、 YH^+ 、 OH^- のモル濃度 [mol/L] である。



$$K_h = \frac{[\text{YH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{Y}]} \quad (\text{iv})$$

溶液 B には、固体の CdS から溶け出して生成した S^{2-} 、 HS^- 、 H_2S のすべてが溶存するとし、そのモル濃度を $[S^{2-}]$ 、 $[HS^-]$ 、 $[H_2S]$ とすると、

$$K_1 = \boxed{\text{ア}}, K_2 = \boxed{\text{イ}} \text{ である.}$$

固体から緩衝液 A 1 L に溶け出した CdS の物質量を m [mol] とすると、

$$m = [S^{2-}] \times \boxed{\text{ウ}} \text{ となる.}$$

CdS の溶解度積を K_{sp} [mol^2/L^2] とすると、

$$K_{sp} = \boxed{\text{エ}} \text{ である.}$$

この式より、pH x の緩衝液 A 1 L に溶け出す CdS の物質量を求めることができる。

- (1) $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に当てはまる数式を、 $[S^{2-}]$ 、 $[HS^-]$ 、 $[H_2S]$ 、 x 、 K_w から必要なものを用いて記せ。ただし、 K_w は、水のイオン積 [mol^2/L^2] である。
- (2) $\boxed{\text{ウ}}$ 、 $\boxed{\text{エ}}$ に当てはまる数式を K_1 、 K_2 、 K_w 、 m 、 x から必要なものを用いて記せ。
- (3) pH 6.0 の緩衝液 A に溶解する CdS の物質量は、同じ体積の pH 8.0 の緩衝液 A に溶解する CdS の物質量の何倍か。有効数字二桁で答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。 $K_1 = 1.0 \text{ mol/L}$ 、 $K_2 = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、 $K_{sp} = 2.0 \times 10^{-20} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、 $\sqrt{10} = 3.16$

(余 白)

化 学

第 3 問 (34点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

相対質量とは、ある特定の物質の質量を基準として他の物質の質量を相対的に表したものである。質量数 12 の炭素原子一個の質量を基準として表した原子一個の相対質量を「原子の相対質量」という。ここで、 の数は同じであるが、 の数が異なるため、質量数の異なる原子どうしを互いに同位体という。原子を質量数も含めて表す場合は元素記号の左上に質量数を書き添える。たとえば質量数 35 の塩素原子は ^{35}Cl と表す。元素の原子量は自然界における同位体の存在比とその相対質量から求められた平均値であり、分子量とは分子を構成している元素の原子量の総和である。たとえば、塩素分子 Cl_2 の分子量は 70.9 である。一方、①分子を構成している原子の質量数の総和は整数となる。たとえば、 ^{35}Cl からなる塩素分子 $^{35}\text{Cl}_2$ の質量数の和は 70 である。自然界における水素、炭素、塩素の同位体の存在比は次の表のとおりとする。

元素	水素		炭素		塩素	
同位体	^1H	^2H	^{12}C	^{13}C	^{35}Cl	^{37}Cl
存在比	99.99%	0.01%	98.9%	1.1%	75.8%	24.2%

- (1) 文章中の と にあてはまる最も適切な語句を記せ。
- (2) 同位体組成の異なるメタン分子 CH_4 はいくつあるか。整数で答えよ。
- (3) 下線部①について、エタン分子 C_2H_6 を構成している原子の質量数の総和が異なるものはいくつあるか。整数で答えよ。
- (4) 自然界に存在する塩素分子 Cl_2 のうち、 $^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}$ は何%含まれているか。有効数字三桁で答えよ。

(5) 次の文章を読み、(i)～(iii)の問いに答えよ。

体積比が6対7のメタンとエタンの混合気体にアルゴンを加えて希釈し、さらに酸素100 Lを加えて468 Lとした。これを反応させたところ、全体積は409 Lになった。反応後に存在する物質を調べたところ、アルゴン、二酸化炭素、酸素、そして水(液体)のみであった。次に二酸化炭素を除去したところ、②体積は369 Lとなった。ただし、各気体の体積測定は標準状態(0 °C, 1.013×10^5 Pa, モル体積 22.4 L/mol)のもとで行われたものとする。また、水蒸気圧は無視できるものとし、水への気体の溶解はないものとする。

(i) はじめにあったエタンの物質量〔mol〕を有効数字二桁で答えよ。

(ii) 加えたアルゴンの体積〔L〕を有効数字三桁で答えよ。

(iii) 下線部②の気体中の酸素を消失させるために、プロパンを加えて燃焼させることにした。なお、燃焼後、プロパンは二酸化炭素と水に変化し、気体中には酸素とプロパンのいずれも残っていないものとする。必要となるプロパンの標準状態における体積〔L〕を有効数字二桁で答えよ。

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

イオン結晶には、水によく溶けるものが多い。水溶液中では陽イオンと陰イオンは、それぞれいくつかの水分子に囲まれる。各イオンは水分子と引き合って安定化される。このように、水溶液中でイオンや分子が水分子と結びつく現象を水和という。

① スクロース（ショ糖） $C_{12}H_{22}O_{11}$ は非電解質であるが水によく溶ける。これは、スクロース分子中のヒドロキシ基が水分子との間で 結合を形成して水和が起こるためである。非電解質であるエタノール C_2H_5OH が水と任意の割合で混ざるのも、水分子との間で 結合を形成して水和による安定化が生じるためである。エタノールのヒドロキシ基のように水和されやすい官能基は 性を持ち、エチル基のように水和されにくい部分は 性をもつ。

イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが静電気力（クーロン力）によるイオン結合を形成しており、中性の分子からできている結晶にくらべて、一般にかたく融点が高い。静電気力の大きさは、イオンの電荷の大きさに比例し、イオン間距離の2乗に反比例する。②ここでイオン間距離とは、隣接する陽イオンと陰イオンの中心間距離である。イオン結晶の安定性は、[1] 陽イオンと陰イオンはできるだけ多く接する、[2] 陽イオンどうし、陰イオンどうしは接しない、の二つの条件で決まる。陽イオンの半径がより小さいイオン結晶では、陽イオンと陰イオンの引力よりも、陰イオンどうしの反発力が大きくなって、結晶は不安定になる。その場合、配位数のより小さい別の結晶構造をとる。このように、安定な結晶構造は、陽イオンと陰イオンの半径比で決まる。③

(1) ～ にそれぞれ当てはまる最も適当な語句を記せ。

(2) 下線部①に関して、次の (i), (ii) の構造を解答欄の例にならって図示せよ。イオンまたは分子と水分子との間で引き合っている二つの原子を点線で結んで示せ。

(例) 一つの水分子と四つの水分子。

(i) 一つの塩化物イオンと三つの水分子。

(ii) 一つのエタノール分子と三つの水分子。

(3) 化合物群 (a) ~ (f) について、融点と結晶中のイオン間距離との関係を図 1 に示す。これら 6 種類の化合物では、結晶構造はすべて同じである。下線部②の内容に留意して、図中の (あ) ~ (か) に当てはまる化合物をそれぞれ選び記号で答えよ。

化合物群 (a) NaF (b) NaCl (c) NaBr
 (d) MgO (e) CaO (f) SrO

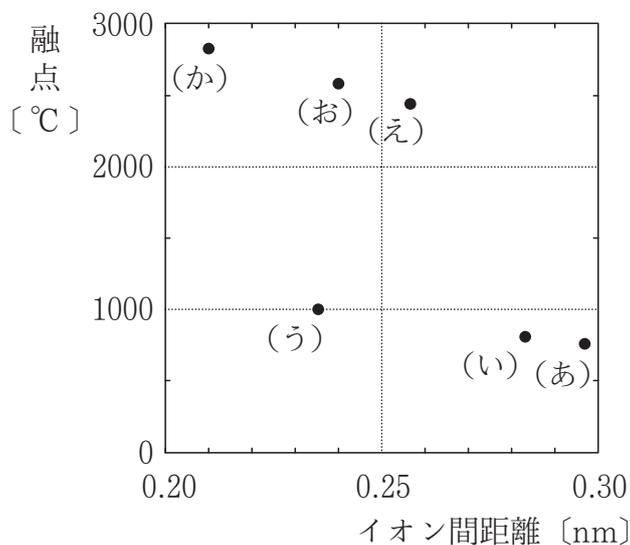


図 1 融点とイオン間距離との関係

(4) 下線部③について、塩化セシウム CsCl 型と塩化ナトリウム NaCl 型の結晶 (図 2) での陽イオンの半径 r_+ と陰イオンの半径 r_- との比 r_+/r_- を考える. $r_+ < r_-$ の場合について (i) ~ (iii) の問いに答えよ. 必要であれば次の値を用いよ. $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$

(i) CsCl 型の結晶で、半径 r_+ が CsCl (図 2a) で見られる値よりも小さくなり、ちょうど陰イオンどうしが接した場合 (図 2b) の比 r_+/r_- を X (CsCl 型) とする. X (CsCl 型) の値を答えよ.

(ii) NaCl 型の結晶で、半径 r_+ が NaCl (図 2c) で見られる値よりも小さくなり、ちょうど陰イオンどうしが接した場合 (図 2d) の比 r_+/r_- を X (NaCl 型) とする. X (NaCl 型) の値を答えよ.

(iii) 下の文中の ~ にそれぞれ当てはまる数値を記せ. また, ~ には, CsCl と NaCl のいずれかを記せ.

CsCl 型の結晶では、陽イオンと陰イオンはそれぞれ、単位格子に 個ずつ含まれ、陽イオンと陰イオンの配位数はいずれも である. NaCl 型の結晶では、単位格子中の陽イオンと陰イオンの数はそれぞれ 個ずつであり、配位数は である. これら二つの結晶構造をくらべると、半径比が X (型) $< r_+/r_- < 1$ の範囲では、配位数が の 型が安定である. 半径比が X (型) $< r_+/r_- < X$ (型) の範囲では、配位数が の 型が安定である. $r_+/r_- < X$ (型) の範囲では、 より小さい配位数をもつ別の結晶構造が安定になる.

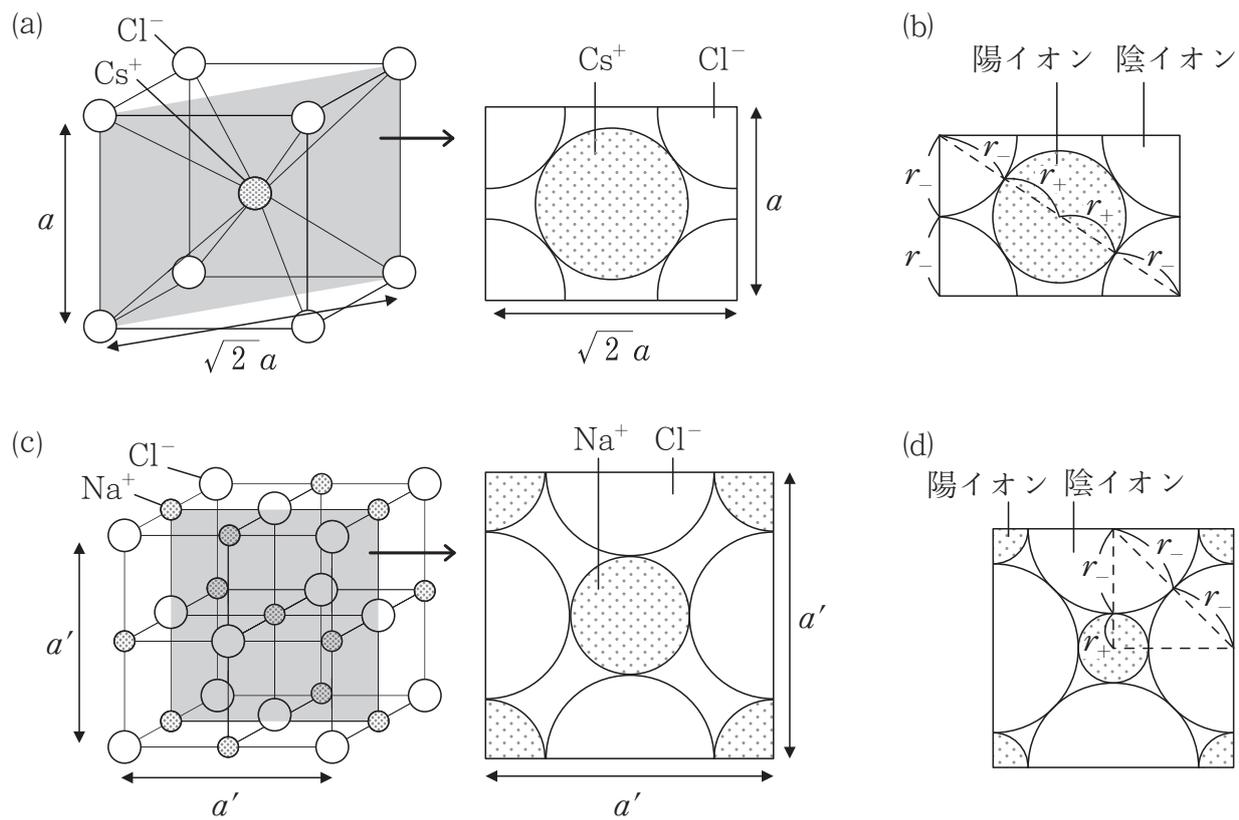


図2 (a) CsCl の単位格子 (b) CsCl 型結晶のイオン半径の関係 (c) NaCl の単位格子 (d) NaCl 型結晶のイオン半径の関係 a と a' はそれぞれ単位格子の一辺の長さを表す.

生 物

第 1 問 (25点)

動物の遺伝と発生に関する次の文1～文3を読み、以下の問いに答えよ。

文1

ゲノム中の塩基配列が変化すると、発生に異常が生じ正常な個体とは異なる形質が見られることがある。ニワトリの品種の1つである烏骨鶏^{ウコッケイ}を考えてみよう。

烏骨鶏は正常なニワトリとは異なり、「皮膚が黒色」で、前肢の先端に形成される指の数が多し「多指症」の形質を有する。これらの形質の遺伝のしくみを理解するために、以下の実験を行った。

烏骨鶏のオスを、正常なニワトリのメスと交配し、雑種第一代 (F_1) を得た。次に F_1 のオスと正常なニワトリのメスを交配し、雑種第二代 (F_2) を得た。 F_1 50 個体と、 F_2 80 個体における皮膚の色と前肢の指の数を観察し、表1の結果を得た。

表1

雑種第一代 (F_1)		皮膚の色	
		正常	黒色
前肢の指	正常	0	0
	多指症	0	50

雑種第二代 (F_2)		皮膚の色	
		正常	黒色
前肢の指	正常	20	20
	多指症	20	20

表の中の数字は、観察で見られた個体数を示す。

問1 烏骨鶏における「皮膚が黒色」という形質と、「多指症」という形質の遺伝のしくみについて、次の(a)~(d)から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 「皮膚が黒色」という形質と「多指症」という形質の遺伝子は、連鎖しており、両方の形質とも顕性（優性）である。
- (b) 「皮膚が黒色」という形質と「多指症」という形質の遺伝子は、連鎖しており、両方の形質とも潜性（劣性）である。
- (c) 「皮膚が黒色」という形質と「多指症」という形質の遺伝子は、独立しており、両方の形質とも顕性（優性）である。
- (d) 「皮膚が黒色」という形質と「多指症」という形質の遺伝子は、独立しており、両方の形質とも潜性（劣性）である。

問2 烏骨鶏の皮膚を採取し遺伝子の発現を調べた結果、黒色の色素を多く作るように働く遺伝子である *EDN3* 遺伝子の発現が、正常なニワトリと比較して増加していることが判明した。この遺伝子座を調べた結果、烏骨鶏では *EDN3* 遺伝子を含む第20染色体の一部の領域が、図1のように変異していることがわかった。このような染色体の突然変異を何というか答えよ。

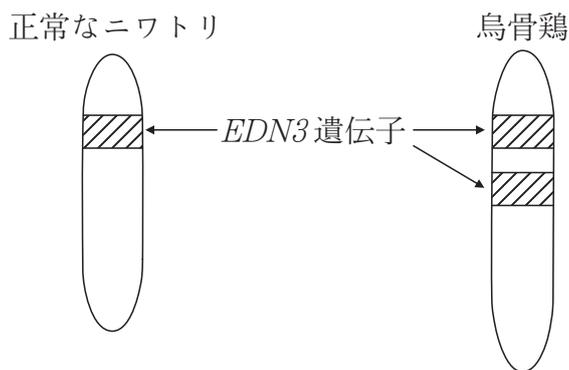


図1 染色体における *EDN3* 遺伝子を含む領域の位置

問3 皮膚の細胞は、胚の発生中に見られる3つの胚葉のうちの1つに由来する。次の(a)~(h)の組織・器官の中で、皮膚と同じ胚葉由来のものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 肝臓 (b) 網膜 (c) 脊椎骨 (d) 腎臓
- (e) 脊髄 (f) 肺 (g) 水晶体 (h) 平滑筋

文 2

前肢は発生の過程で体の側方から形成される^しが^がと呼ばれる膨らみから形成がはじまる。肢芽の発生が進むと、正常なニワトリ胚では前肢の先端に、前方から第1指、第2指、第3指の3本の指が形成される（図2）。

肢芽では *Shh* 遺伝子が発現しており、前肢の発生において重要な働きをしている。*Shh* 遺伝子の役割を調べるために、正常なニワトリ胚を用いて次の実験1～実験3を行った。



図2 正常なニワトリ胚における肢芽（左）と前肢に形成される骨の形（右）

実験1 *Shh* 遺伝子が発現している場所を調べるために、図3(A)で示した肢芽の前方①、中央②、後方③の組織を採取し、*Shh* 遺伝子から作られる mRNA の量を調べたところ、図3(B)の結果が得られた。

実験2 実験1と同様に組織を採取し、*Shh* 遺伝子から作られる Shh タンパク質の量を調べたところ、図3(C)の結果が得られた。

実験3 肢芽の前方①の組織の細胞で、*Shh* 遺伝子を人為的に発現させたところ、肢芽の前方に過剰な指が形成された（図3(D)）。

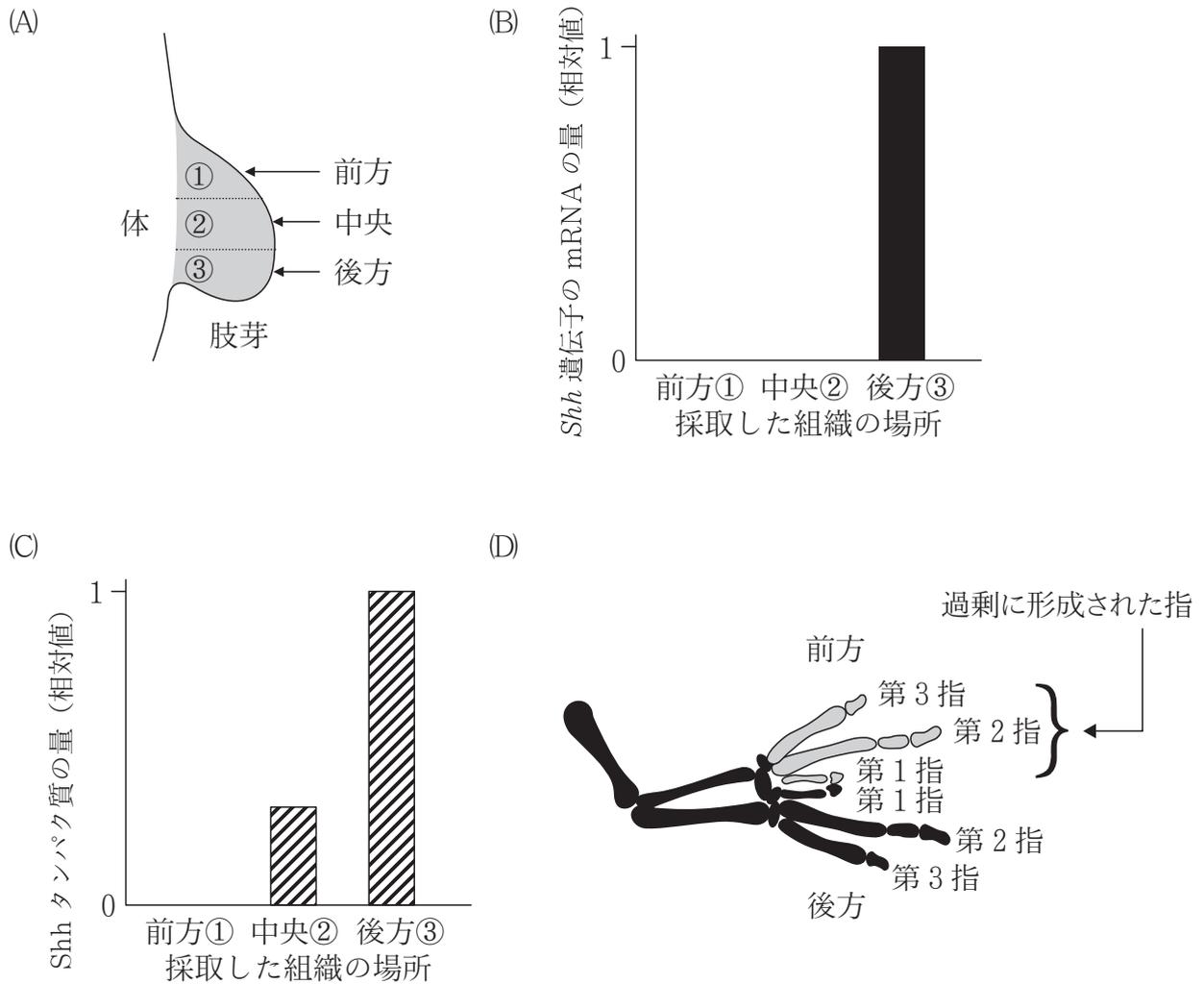


図3 採取した組織の場所と実験1～実験3の結果

問4 実験1～実験3の結果から推定されることを、次の(a)～(e)から3つ選び、記号で答えよ。

- (a) 肢芽の中央②の細胞でも *Shh* 遺伝子の mRNA が合成され、Shh タンパク質が作られる。
- (b) Shh タンパク質は、細胞外に分泌されるタンパク質である。
- (c) 正常なニワトリ胚において、*Shh* 遺伝子は前方①の細胞では発現していない。
- (d) 正常なニワトリ胚において、Shh タンパク質が多く作用する場所には第1指が形成される。
- (e) *Shh* 遺伝子は指の数の制御に関わる遺伝子である。

文 3

烏骨鶏が「多指症」を示す原因を調べるために、烏骨鶏のオスとメスを交配し、受精卵を得た。得られた烏骨鶏胚の肢芽の組織を図 3 (A)で示したように前方①、中央②、後方③に分けて採取し、*Shh* 遺伝子の mRNA の量を調べたところ、図 4 の結果が得られた。

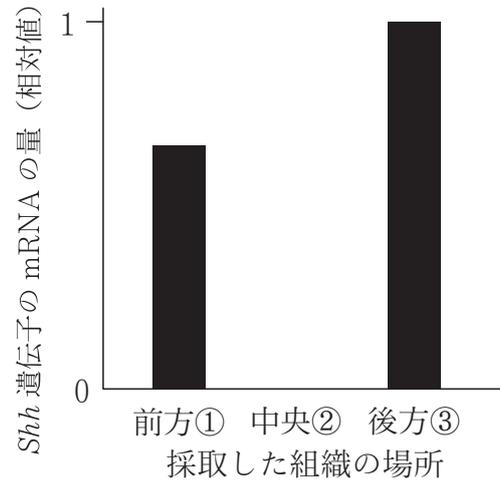


図 4 烏骨鶏胚の肢芽における *Shh* 遺伝子の mRNA の量

問 5 図 3 と図 4 の結果から推定される、烏骨鶏が「多指症」の形質を示すしくみを 80 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

問6 図4の結果が得られた遺伝的なしくみを調べるために、烏骨鶏の *Shh* 遺伝子の塩基配列を、正常なニワトリの *Shh* 遺伝子の塩基配列と比較した。その結果、烏骨鶏の *Shh* 遺伝子の転写調節配列（転写調節領域）に、1塩基の突然変異を発見した。研究の結果、この突然変異が原因で烏骨鶏が「多指症」となることが判明した。この突然変異によって、前肢の発生過程でどのような分子レベルの異常が生じたと推定されるか、最も適切なものを次の(a)~(e)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) *Shh* 遺伝子から転写された RNA の選択的スプライシングに異常が生じた。
- (b) *Shh* タンパク質のアミノ酸配列に異常が生じた。
- (c) *Shh* 遺伝子が転写される際に DNA の二重らせんをほどく DNA へリカーゼの反応に異常が生じた。
- (d) *Shh* 遺伝子の転写調節配列に調節タンパク質が結合する反応に異常が生じた。
- (e) *Shh* 遺伝子の転写調節配列に DNA ポリメラーゼが結合する反応に異常が生じた。

生 物

第 2 問 (25点)

植物の発生と種子発芽の環境応答に関する次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

被子植物では，動物の精子に相当する精細胞と動物の卵に相当する卵細胞が受精し受精卵が形成される。^①受精卵は細胞分裂を繰り返して胚を形成する。^②胚の発生・成熟とともに胚乳の発達または消滅が起き，胚珠が種子となる。

多くの植物では，完成した種子は，すぐには発芽せずに休眠に入る。^③ある程度の休眠期間を経ると，種子は休眠から目覚めて，発芽できるようになる。種子の休眠の維持・解除ならびに種子の発芽と芽生えの成長は，種子に含まれる植物ホルモンや周囲の環境に影響される。^④

問 1 下線部①に関して，胚のう細胞から卵細胞ができる過程を，以下の語群から最も適切な語を 1 つ用いて 60 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

減数分裂 核分裂 体細胞分裂

問 2 下線部②に関して，被子植物の受精卵から胚が形成されるまでの過程の特徴として適切なものを，次の(a)～(d)から 2 つ選び，記号で答えよ。

- (a) 胚の形成に伴ってやがて消失する胚柄がある。
- (b) 細胞の移動が形態形成の大きな要因である。
- (c) 器官を形成するための分裂組織が準備される。
- (d) 細胞が増えていくと，胚の内部に空所が生じる。

問 3 下線部③に関して，(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 種子が休眠する利点を 35 字以内（句読点を含む）で説明せよ。

(2) 種子の休眠を維持し発芽を抑制する植物ホルモンは、ほかの機能も担っている。この植物ホルモンが促進する現象を、次の(a)~(d)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 葉の老化 (b) 花芽形成 (c) 組織の脱分化 (d) 気孔の閉鎖

問4 下線部④に関して、次の文章を読み、(1)~(3)の問いに答えよ。

春に開花するアブラナの種子を、ろ紙を敷いて水を加えたペトリ皿にまいた。種子が吸水する前に、赤色光（波長 660 nm 付近）もしくは遠赤色光（波長 730 nm 付近）下に移し、実験終了まで同じ光環境下に 5 日間置いた。光の波長以外の環境条件は同じであった。5 日目に発芽率ならびに胚軸の長さの子葉 1 枚の重さを計測した。また、重さを計測した子葉のデンプンの蓄積を調べた。その結果を表 1 に示す。

表 1

光	発芽率 (%)	胚軸の長さ (mm)	子葉の重さ (mg)	デンプンの蓄積
赤色	95	(あ)	(Y)	あり
遠赤色	95	(い)	(Z)	なし

(1) 表 1 の胚軸の長さ (あ), (い) と子葉の重さ (Y), (Z) の値の大小関係の組み合わせとして、最も適切なものを、次の(a)~(f)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) あ > い, Y < Z (b) あ < い, Y < Z
(c) あ > い, Y > Z (d) あ < い, Y > Z
(e) あ > い, Y = Z (f) あ < い, Y = Z

(2) 芽生えがほかの植物の緑色の葉に覆われた場合、太陽光がその植物の葉を透過することで、芽生えに届く赤色光と遠赤色光の比率は変化する。この変化に関与する色素と、その色素によって芽生えに届く比率が高まる光の組み合わせとして、最も適切なものを、次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) カロテン, 赤色光 (b) クロロフィル a, 遠赤色光
(c) クロロフィル a, 赤色光 (d) カロテン, 遠赤色光

(3) クリプトクロム, フィトクロム, フォトトロピンのうち、いずれか1つの光受容体の機能を欠損したアブラナの突然変異体を用いて、青色光(波長 450 nm 付近)、赤色光および遠赤色光それぞれの光条件下での種子の発芽と芽生えの生育反応を調べた。その結果、いずれの光条件下においても、突然変異体の種子の発芽率と芽生えの胚軸の長さは、野生型と差がなかった。

この突然変異体の生育過程における光に対する反応として、適切なものを、次の(a)~(g)よりすべて選び、記号で答えよ。なお、それぞれの反応では光以外の要因は影響しないものとする。

- (a) 葉に青色光を当てても、気孔の孔辺細胞の膨圧は上昇しない。
(b) 葉に青色光を当てると、気孔の孔辺細胞の膨圧が上昇する。
(c) 芽生えに片側から青色光を当てると、細胞内でのオーキシン輸送タンパク質の分布が変化する。
(d) 芽生えに片側から赤色光を当てても、細胞内でのオーキシン輸送タンパク質の分布は変化しない。
(e) 芽生えに片側から青色光を当てても、細胞内でのオーキシン輸送タンパク質の分布は変化しない。
(f) 明期の光が太陽光の場合、24時間の明暗の周期が短日条件のとき花芽が形成される。
(g) 明期の光が太陽光の場合、24時間の明暗の周期が短日条件のとき暗期の途中で光中断を行うと花芽が形成される。

(余 白)

生 物

第 3 問 (25点)

骨格筋に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

骨格筋を構成する筋繊維の細胞質には、細長い円柱状の構造をもった（ア）が束になって存在している。（ア）の中には、ミオシンフィラメントと①アクチンフィラメントが長軸方向に規則正しく並んでいる。骨格筋を顕微鏡で観察すると、これらのフィラメントが規則正しく並ぶことによって、②やや暗く見える暗帯と明るく見える明帯が交互に並んだ横じまの模様が見られる。骨格筋や心筋は、このしま模様が見られることから（イ）筋と呼ばれる。筋収縮は、③ATPがADPに分解されるときにエネルギーを使い、それぞれのフィラメントを構成する④ミオシンとアクチンが相互作用することによって起こる。

問1 文章中の空欄（ア）と（イ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、アクチンフィラメントは、筋繊維以外の細胞にも細胞骨格として存在する。アクチンフィラメントが関与する現象として適切なものを、次の(a)~(d)から2つ選び、記号で答えよ。

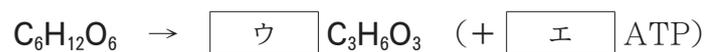
- (a) 細胞分裂時に染色体の分配で見られる紡錘体の形成
- (b) オオカナダモの葉の細胞で見られる細胞質流動
- (c) 細胞分裂の終期に細胞がくびれ、2個の娘細胞となる境界に生じる輪（収縮環）の形成
- (d) ミドリムシのべん毛の運動

問3 下線部②に関して、弛緩した骨格筋の暗帯を構成するフィラメントの説明として、最も適切なものを、次の(a)~(e)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) ミオシンフィラメントで構成され、アクチンフィラメントは含まれない。
- (b) ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが互いに重なった部分で構成される。
- (c) アクチンフィラメントのうちミオシンフィラメントと重なった部分と、ミオシンフィラメント全体で構成される。
- (d) ミオシンフィラメントのうちアクチンフィラメントと重なった部分と、アクチンフィラメント全体で構成される。
- (e) アクチンフィラメントで構成され、ミオシンフィラメントは含まれない。

問4 下線部③に関する次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

激しい運動をしている筋肉では、ATPが急速に消費される。急激な筋収縮によって酸素の供給が間に合わなくなると、筋肉では、酸素を使わずに、グルコースやグリコーゲンが分解される解糖によってATPが供給される。この解糖の反応をまとめると下記のように表すことができる。



(1) 空欄 $\boxed{\text{ウ}}$ と $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な数字と、解糖によって生じる $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ の物質名を答えよ。

(2) 十分な酸素の供給がある場合、ATPは呼吸によって合成される。電子伝達系において、NADH 1分子あるいは FADH_2 1分子あたり2分子のATPが合成されると仮定すると、呼吸と同じ量のATPを得るために、解糖では呼吸で消費される何倍のグルコース量が必要となるか答えよ。

問5 下線部④に関して、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの間で滑り運動が生じるためには、ミオシン分子の頭部に ATP が結合する必要がある。ミオシン頭部に ATP が結合したとき、ミオシン頭部はアクチンに結合するのか、それともアクチンから離れるのか、どちらか答えよ。

問6 骨格筋の筋繊維から細胞膜を取り除いたものをスキンドファイバーと呼ぶ。緩衝液中のスキンドファイバーに様々な物質を添加することにより、筋収縮のしくみを調べられる。スキンドファイバーは細胞膜がないので、添加した物質は細胞小器官に直接作用する。スキンドファイバーを用いた実験に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 緩衝液中のスキンドファイバーに、ATP を加えても収縮は起こらなかったが、ATP を加えた後に、 Ca^{2+} を加えると収縮が起きた。この理由を以下の2つの語をすべて用いて、100字以内（句読点を含む）で説明せよ。なお、「 Ca^{2+} 」は1字として扱う。

トロポニン トロポミオシン

(2) 緩衝液中のスキンドファイバーに、ATP と Ca^{2+} を加えて収縮を生じさせた。その後、Caキレート剤（ Ca^{2+} と選択的に結合し、イオンのはたらきを抑える化合物。なお、細胞小器官の膜は透過できない。）を加えると、スキンドファイバーは急激に弛緩した。次に、緩衝液を、ATP を含み、 Ca^{2+} を含まない新たなものに交換し、物質Aを加えると、スキンドファイバーは収縮し、弛緩した。再びCaキレート剤を加え、物質Aの添加を数回繰り返すと、スキンドファイバーは次第に収縮しなくなった。これらの実験結果から考えられる物質Aの作用の説明として、最も適切なものを、次の(a)~(e)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 直接ミオシンに作用し、ミオシンとアクチンの相互作用を活性化する。
- (b) 筋小胞体からのアセチルコリンの放出を促す。
- (c) ミトコンドリアからの Ca^{2+} の放出を促す。
- (d) 筋小胞体からの Ca^{2+} の放出を促す。
- (e) 筋小胞体における活動電位の発生を抑える。

(余 白)

生 物

第 4 問 (25点)

個体群に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

個体群を構成する個体の分布は、非生物的環境による影響やその生物の個体間相互作用を反映している。主な分布には、それぞれの個体が一定空間を占有する傾向があるときの一様分布 (図 1 (A))、各個体が他個体の位置と関係なく散らばるランダム分布 (図 1 (B))、個体が生息地の特定の場所にかたまった集中分布 (図 1 (C)) の 3 つがある。^①これらの分布の様式は、生物の種類によって異なる。また、^②時間の経過や生物の成長段階によって分布様式が変化する場合もある。

個体群を構成する個体数の推定法の 1 つに、^③標識再捕法がある。これは、捕獲したすべての個体に標識をつけてからもとの個体群にもどし、^④しばらく時間をおいて個体が十分に分散したあとに、再び同様の条件のもとで捕獲し、捕獲した個体に含まれる標識個体数から全体の個体数を推定する方法である。また、個体数の推定法には、生息地に一定面積の区画をいくつか定め、各区画内の個体数を数える ^⑤区画法が用いられる場合もある。区画法は、区画の面積と生息地全体の面積の比率をもとにして、数えた個体数から全体の個体数を推定する方法である。

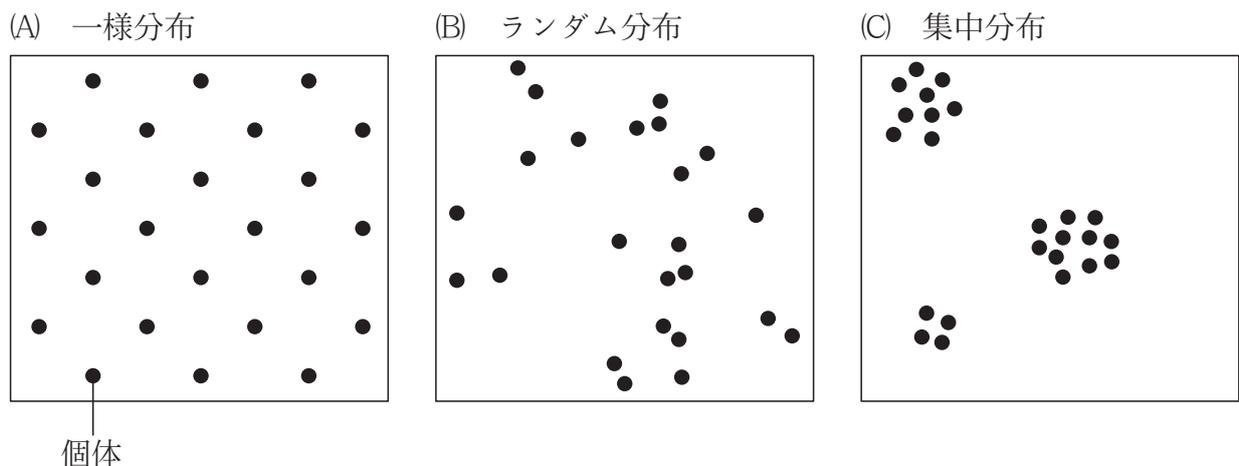


図 1 個体群のなかでの個体の分布

問1 下線部①に関して、動物では、一様分布は縄張りが形成されるときなどに見られる。縄張りは、それを守るために費やす労力（コスト）よりも、縄張りをもつことによって、食物や交配相手を確保できるなどの利益が大きい場合に成立する。動物が縄張りを守るための労力（コスト）として適切なものを、次の(a)～(f)から3つ選び、記号で答えよ。

- (a) 他者の子どもの世話
- (b) 他個体への警告
- (c) 縄張り内の見まわり
- (d) 食物の探索
- (e) 侵入者との闘争
- (f) 異性への求愛

問2 下線部②に関して、ある樹木の芽生えの分布様式は、ランダム分布であった。この個体群を調べたところ、時間の経過とともに枯死する個体が増え、生き残って成長した個体は特定の場所にかたまっ集中分布となった。これらの結果に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 分布様式がランダム分布から集中分布に変化した理由として最も適切なものを、次の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 資源をめぐる個体間の競争が激しかったため。
- (b) 密度効果の結果、自然に間引きが行われたため。
- (c) 成長に適した環境条件が局所的に存在していたため。
- (d) 各個体から他個体の成長を妨げる物質が分泌されていたため。

(2) 調査を始めた時には、芽生えの個体数は1000個体であったが、1年後には、このうちの500個体が枯死していた。1年間に枯死する個体の割合は毎年変わらないとすると、調査開始から2年後には何個体が生存していると推定されるか、個体数を答えよ。

問3 下線部③に関して、再捕獲を行う前に標識をつけられた個体の20%で標識が消えた場合、個体数の推定値は、標識が消えなかった場合の推定値の何倍になるか、答えよ。

問4 下線部④に関して、ある池の中のフナの個体数を標識再捕法により推定することにした。図2は、1回目の捕獲で標識をつけた個体を池にもどしてからの経過時間ともどした場所にいる個体の中で標識がついた個体の割合の関係を示している。1回目の捕獲からあまり時間をおかずに t_1 の時点で2回目の捕獲を行った場合、個体数の推定値は、十分に時間が経過した t_2 の時点で2回目の捕獲を行った場合の推定値の何倍になるか、答えよ。ただし、捕獲を行う場所ともどす場所は、同じであるとする。

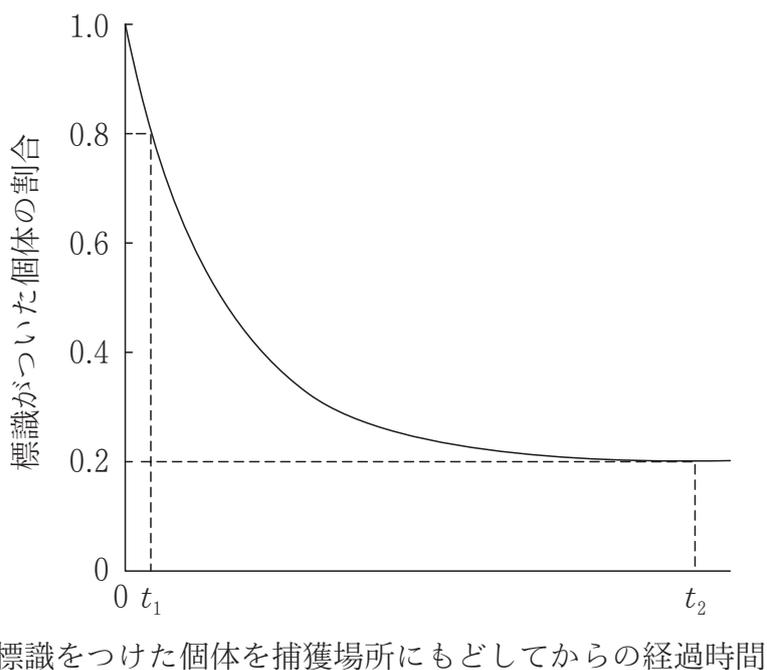


図2 もどした場所における標識がついた個体の割合の変化

問5 下線部⑤に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 個体数を推定するために、標識再捕法より区画法が適している生物を、次の(a)～(h)からすべて選び、記号で答えよ。

- | | |
|------------|--------------|
| (a) カエルの成体 | (b) ザリガニの親個体 |
| (c) シカの親個体 | (d) タンポポの親個体 |
| (e) トンボの成虫 | (f) フジツボの成体 |
| (g) ホヤの成体 | (h) ワラビの胞子体 |

- (2) ある生物の個体数を推定するために、生息地に n 個の区画をつくり、区画ごとに個体数を数えた。生息地全体の面積を A 、1 個の区画の面積を L 、 i 番目の区画の中の個体数を N_i 、生息地全体の推定個体数を T とすると、 T はどのような数式で計算できるか、数式を答えよ。ただし、 i は区画の番号を表す自然数で、例えば、 N_1 は 1 番目の、 N_2 は 2 番目の区画の中の個体数を表す。

地 学

第 1 問 (35点)

次の文章を読み，問 1 から問 5 に答えよ。

ある地域の地点 1，地点 2，地点 3 の 3 つの地点で鉛直に露出した露頭において地層が観察された。地点 1 では，近接する東西方向と南北方向の 2 つの露頭を観察し，地点 2 と地点 3 では，東西方向の露頭を観察した。それぞれの地点で観察された地層を図 1 に示す。A 層は泥岩，B 層は砂岩，C 層は礫岩^{れき}，D 層は砂岩，E 層は①石灰岩，F 層は②チャート，G 層は泥岩，H 層は礫岩，I 層は凝灰岩であり，それぞれの地層は異なっている。

地点 1 では A 層，B 層，C 層，D 層が観察された。③ B 層と C 層の関係は不整合であり，B 層の層理面と C 層の層理面は平行でない。C 層には，I 層の凝灰岩の礫が含まれる。また，地点 1 の東西方向の露頭では，走向が南北方向の断層が観察された。地点 2 では A 層，E 層，F 層，G 層が観察された。A 層と G 層の関係は不整合である。E 層と F 層の境界面および F 層と G 層の境界面の走向・傾斜を測定したところ，両方の境界面とも走向は東西方向で傾斜は南方向に 60° であった。地点 3 では H 層と I 層の地層が観察された。H 層には，B 層の砂岩の礫が含まれる。

不整合面を除いて，すべての地層の境界面は平面であり，各境界面の走向・傾斜は変化しない。また，この地域では地層の逆転は認められない。

問 1 A 層と B 層の境界面および C 層と D 層の境界面の走向と傾斜の方向について適当なものを，次の中からそれぞれ 1 つ選び答えよ。境界面が水平な場合は，走向と傾斜の方向の両方の解答欄に水平と答えよ。

走向： 北－南 北東－南西 東－西 北西－南東 水平

傾斜の方向： 北 北東 東 南東 南 南西 西 北西 水平

問 2 A 層，B 層，C 層，D 層，E 層，F 層，G 層，H 層，I 層を形成時期の古いものから順に並べよ。

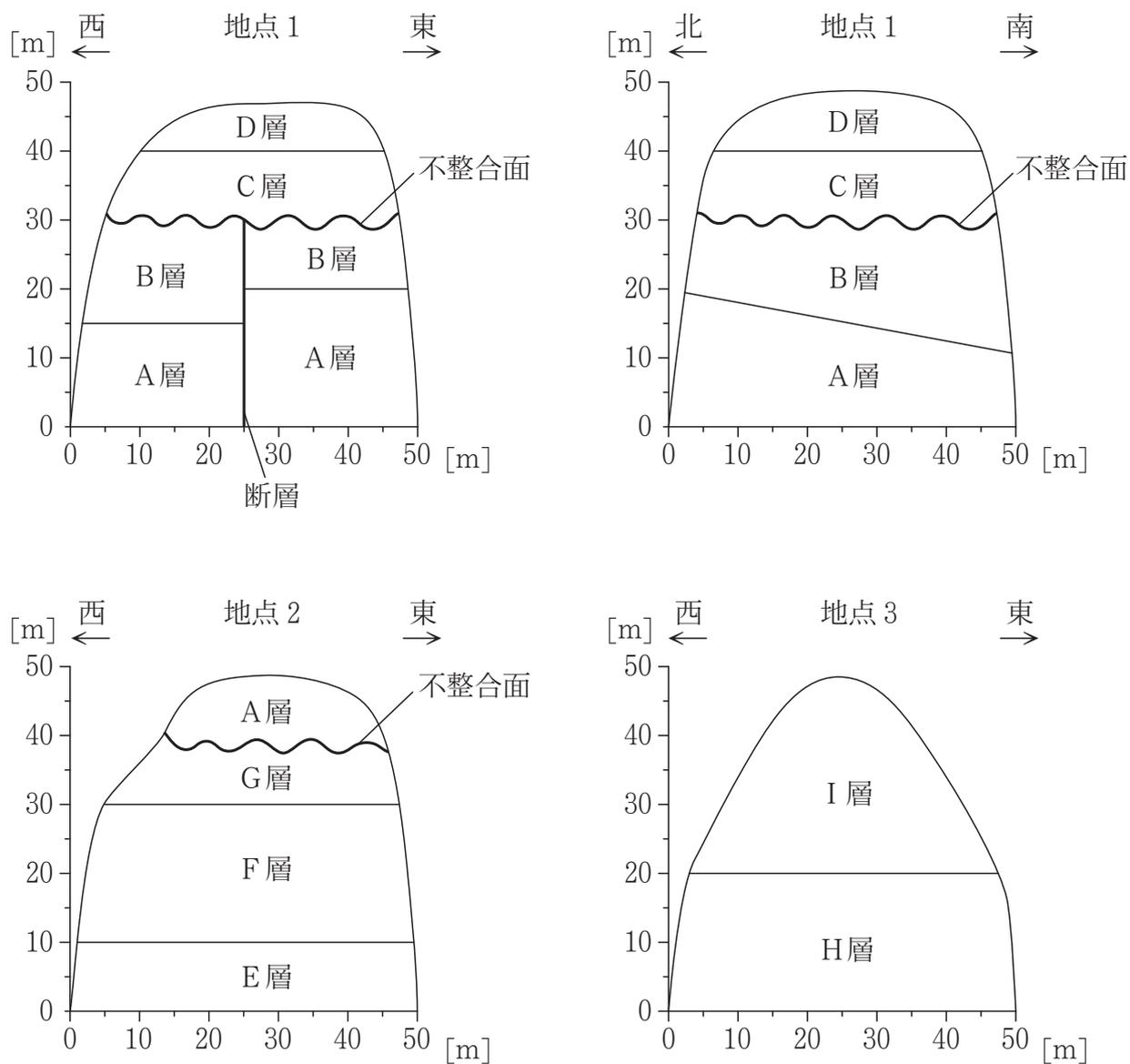


図1 ある地域の3つの地点で観察された地層

問3 F層の層厚（地層の境界面に対して垂直方向の地層の厚さ）をm単位で答えよ。
有効数字を2桁とする。必要であれば次の数値を用いよ。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65, \sqrt{10} = 3.16$$

問4 文章中の下線部①の石灰岩と下線部②のチャートについて、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) それぞれの岩石の主な化学成分について化学式を示して1つ答えよ。

(2) これらの岩石が生物岩である場合、どのような生物の遺骸^{いがい}が堆積して形成されるか。それぞれの岩石について代表的な生物の名前を1つ答えよ。

問5 文章中の下線部③のような不整合面の下位と上位の地層の層理面が平行でない不整合について、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) このような不整合を何と呼ぶかを答えよ。

(2) このような不整合の形成過程について説明せよ。

(余 白)

地 学

第 2 問 (35点)

次の文章を読み、問1と問2に答えよ。

火山活動はプレートの生成や移動と密接に関係していると考えられている。プレートは（ア）と呼ばれる地殻とマントル最上部からなる冷たくて硬い部分に対応し、その下にある流動しやすいマントルは（イ）と呼ばれている。中央海嶺^{かいれい}で生成された海洋プレートは、水平方向に移動する間に冷却し、海溝から地球深部に沈み込む。一方、マントル深部からの上昇流は（ウ）と呼ばれ、ホットスポットの火山を形成する。地球内部の熱源の一つは、地球形成時に（エ）によって発生した熱が内部に残されたものである。もう一つの熱源はウランやカリウムなどの元素の（オ）によって発生した熱である。地球内部から地表へ流出する熱量は（カ）と呼ばれ、単位面積を単位時間に流出する熱量で表される。

問1 空欄（ア）から（カ）に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部に関して、インド洋西部には図2のようなホットスポットの火山列が存在する。南端のレユニオン島では現在も活発な火山活動が継続しており、レユニオン島から離れるほど火山の形成時期は古い。このホットスポット火山について、次の(1)から(3)の問いに答えよ。

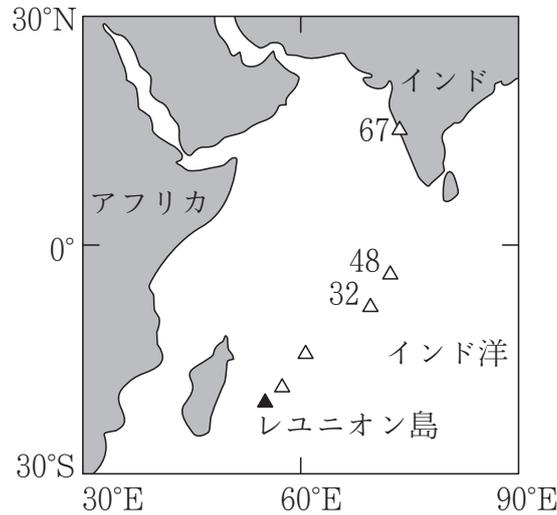


図2 インド洋西部のホットスポット火山列の分布

図中の黒三角(▲)はレユニオン島の火山、白三角(△)は過去に噴火した火山、数字は火山のおおよその噴火時期を示す(単位は百万年前)。

- (1) 火山が列をなして分布する原因を説明せよ。
- (2) 火山の配列方向が、約6700万年前から約4800万年前の間と、約4800万年前から約3200万年前までの間とで異なる理由を説明せよ。
- (3) レユニオン島の火山で採取した岩石からプレパラートを作製し偏光顕微鏡で観察したところ、かんらん石と輝石からなる斑晶と、斜長石、磁鉄鉱、ガラスからなる石基が含まれていた。この岩石の名称と、この岩石を開放ニコル(平行ニコル)で観察したときに見られる組織のスケッチを解答用紙に描け。図にはガラスを除き、各鉱物の名称を示し、各鉱物の特徴も図示せよ。なお、倍率は任意でよい。

地 学

第 3 問 (30点)

次の文章を読み、問1から問5に答えよ。

太陽を含む星の運動を考えるために、図3に北半球の天球を示す。円 ABCD は観測点 H に対する天の地平線であり、A は北、B は東、C は南、D は西、E は天の北極を示す。観測点 H の緯度は北緯 35° である。弧 BGD を含む面と直線 EH が垂直のとき、弧 BGD は (ア) と呼ばれる。また、弧 BFD を含む面が円 ABCD となす角が 78.4° であるとき、弧 BFD は (イ) と呼ばれる。見かけ上、地球から見た太陽はおよそ1年をかけて、天球上を1周し、これは (ウ) と呼ばれる。

また、太陽は水素を主成分とする巨大なガス球であり、(エ) 反応によって、^①膨大なエネルギーを宇宙空間に放出している。 太陽表面の厚さ約 $300 \sim 500 \text{ km}$ の大気層は (オ) と呼ばれ、その外側に位置する薄いガス層は (カ) と呼ばれる。さらにその外側には、コロナが存在する。

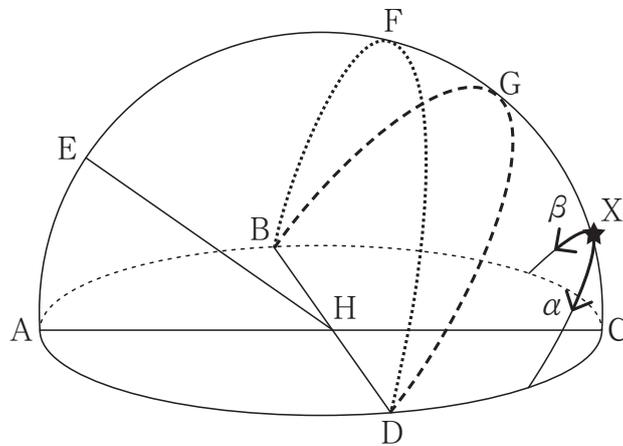


図3 北半球の天球

問1 文章中の (ア) から (カ) に入る最も適切な語句を答えよ。

問2 直線 AH と直線 EH がなす角度を答えよ。

問3 点 X における恒星の日周運動の向きは、 α 方向と β 方向のどちらかを答えよ。

問4 下線部①に関連して、太陽に存在する大気元素組成を地球上での観測から推定する方法を説明せよ。

問5 下線部②に関連して、太陽が放射する光の波長とエネルギーの関係において、太陽表面の温度を5800 Kとしたとき、ウィーンの変位則に基づき、エネルギーが最大となる波長を答えよ。有効数字を2桁とする。