

令和7年度後期日程入学試験学力検査問題

令和7年3月12日

理 科

物 理……4～19 ページ，化 学……20～43 ページ
生 物……44～65 ページ，地 学……66～74 ページ

志望学部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部	物理，化学，生物， 地学のうちから2科 目選択	14：00～16：30 (150分)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子，解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は，74 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし，冊子の留め金を外したり，ページを切り離しては使用しないこと。なお，ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は，必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1枚につき2か所)には，忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は，必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

物 理

1 図1のように、水平面に対し角度 θ の傾きをもつ斜面 AC がある。ばね(自然長 L 、ばね定数 k)の一端が斜面の頂点 A に取り付けられており、ばねの他端には小物体(質量 m)が取り付けられている。小物体は、斜面 AC と平行でなめらかなガイドに沿って運動する。斜面 AC は十分に長いものとする。重力加速度の大きさを g とし、小物体の大きさ、ばねの質量、空気による抵抗、ばねと斜面との間の摩擦は無視できるものとする。なお、斜面に沿って下向きの力を正とする。また、斜面に沿って下向きを正として x 軸をとり、ばねが自然長のときの小物体の位置を原点 O ($x = 0$) とする。以下の問(1)~(3)に答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

問(1) はじめに、小物体と斜面との間の摩擦が無視できる場合について考える。

- (a) 小物体が $x = d_0$ の位置で静止していた。 d_0 を、 m 、 g 、 k 、 θ を用いて表せ。
- (b) ばねが自然長の位置まで小物体を移動させて静かに手をはなしたところ、小物体は単振動をはじめた。小物体の単振動の周期 T を、 m 、 g 、 k 、 θ の中から必要なものを用いて表せ。

問(2) 図2のように、問(1)の斜面を摩擦のある斜面に変更した。小物体と斜面との間の静止摩擦係数 μ および動摩擦係数 μ' が $0 < \mu' < \mu$ の場合について考える。

- (a) 小物体が $x = d_1$ の位置で静止していた。このとき、小物体にはたらく摩擦力 F を、 m, g, k, d_1, θ を用いて表せ。
- (b) 小物体が静止したままの状態を維持するとき、 d_1 がとり得る値の範囲を、 $m, g, k, \theta, \mu, \mu'$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 問(1)(a)で求めた d_0 よりも斜面下向きに小物体を $x = d_2$ ($d_2 > d_0$)の位置まで移動して、静かに手をはなしたところ、小物体は動き出した。小物体が動き出してから $x = d_0$ の位置に最初に到達したとき、小物体は静止した。 d_2 を、 $m, g, k, \theta, \mu, \mu'$ の中から必要なものを用いて表せ。

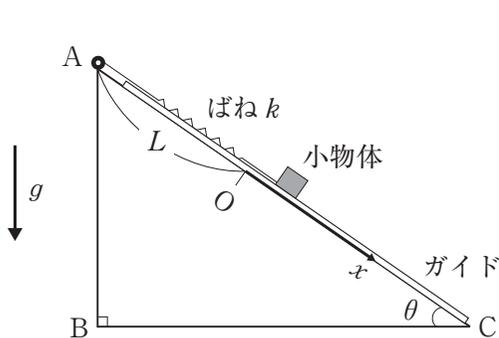


図1

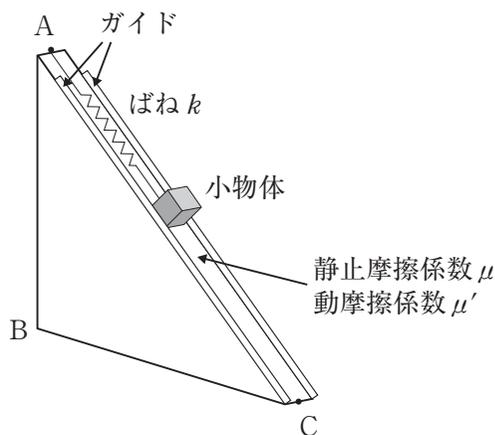


図2

問(3) 図3のように、鉛直軸 AB を回転軸として一定の角速度 ω ($\omega > 0$) で斜面を回転させた場合を考える。なお、角速度 ω が十分大きいと小物体は浮き上がることもある。

- (a) 斜面を、問(1)と同じ摩擦が無視できる斜面にした場合を考える。小物体が $x = d_3$ の位置で、遠心力により斜面から浮き上がらないために角速度 ω が満たすべき条件を、 ω についての不等式として、 d_3, g, L, θ を用いて表せ。
- (b) 問(3)(a)と同じ斜面を考える。小物体は浮き上がらないものとして、ばねが斜面下向きに伸び続けないうえに角速度 ω が満たすべき条件を、 ω についての不等式として、 m, k, θ を用いて表せ。
- (c) 問(3)(a), (b) で求めた条件のもと、小物体が $x = d_4$ の位置で静止していた。 d_4 を、 $m, g, k, L, \theta, \omega$ を用いて表せ。
- (d) 斜面を、問(2)と同じ摩擦のある斜面に変更した場合について考える。小物体が浮き上がることも、ばねが伸び続けることもない角速度 ω で斜面が回転しているものとする。小物体が $x = d_5$ ($d_5 \geq d_4$) の位置で静止しているとき、 d_5 がとり得る最大の値を、 $m, g, k, L, \theta, \omega, \mu, \mu'$ の中から必要なものを用いて表せ。

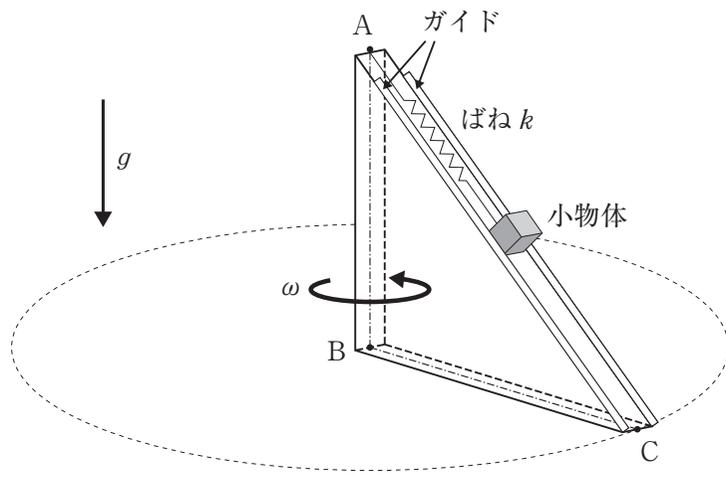


図 3

- 2** 回路に関する以下の問(1)～(3)に答えよ。ただし、導線の抵抗および電磁波の発生は無視できるものとする。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

問(1) 図1のように、2つの平行板コンデンサー1, 2, 自己インダクタンス L のコイル, 抵抗値がそれぞれ R_1, R_2 の抵抗1, 2, 電圧 V_0 の直流電源, およびスイッチ1, 2が接続された回路がある。コンデンサー2は極板の間隔を変えることができ、極板の間隔が d のとき電気容量は C で与えられる。また、コンデンサー1の電気容量は C とする。はじめにスイッチ1は開いており、スイッチ2は端子 a, b のいずれにも接しておらず、コンデンサー1, 2に電荷は蓄えられていないものとする。

- (a) コンデンサー2の極板の間隔を $\frac{d}{2}$ に固定した。コンデンサー2の電気容量 C_2 を, d, C の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 次に、スイッチ2を端子 a につなぎ、スイッチ1を閉じた。その後、十分に時間が経過したとき、コンデンサー1, 2それぞれに蓄えられている静電エネルギー U_1, U_2 を, d, C, R_1, L, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

問(2) 問(1)(b)に引き続き、スイッチ2を端子 a から外し、端子 a, b のいずれにも接しないようにした後、スイッチ1を開いた。そして、コンデンサー2の極板の間隔を $2d$ に広げ、固定した。この状態を状態1と呼ぶ。

- (a) 状態1におけるコンデンサー2の極板間の電位差 V_{C2} を, d, C, R_1, L, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 状態1からスイッチ2を端子 b につなぎ、十分に時間が経過すると回路に電流が流れなくなった。この状態を状態2と呼ぶ。状態2においてコンデンサー1, 2それぞれに蓄えられている電気量 q_1, q_2 を, d, C, R_1, R_2, L, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

- (c) 状態1から状態2にいたるまでの間に抵抗2で発生したジュール熱 Q を, d, C, R_1, R_2, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (d) 再び状態1にある回路を考える。スイッチ2を端子 a につないだところ, 電気振動が生じた。コイルを流れる電流の最大値 I_M を, d, C, R_1, R_2, L, V_0 の中から必要なものを用いて表せ。

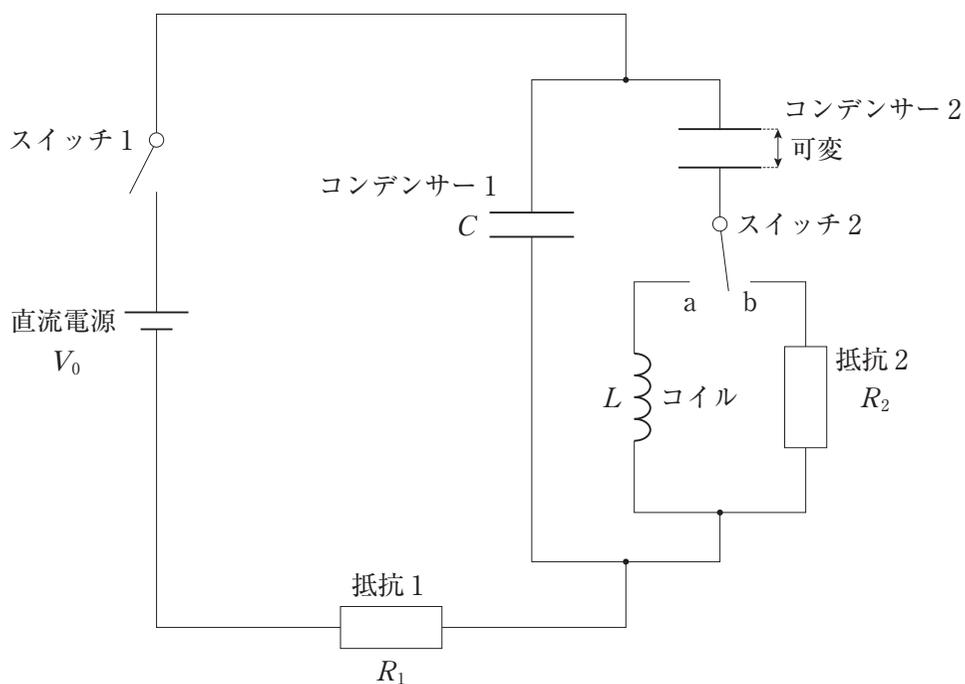


図1

問(3) 図2のように、平行板コンデンサー、自己インダクタンス L のコイル、抵抗値が R の抵抗と角周波数 ω の交流電源からなる回路がある。コンデンサーは問(1)で用いたコンデンサー2と同じコンデンサーであり、極板の間隔を変えることができ、極板の間隔が d のときに電気容量は C で与えられる。図2の矢印の向きにコイルおよびコンデンサーに流れる電流をそれぞれ I_1 , I_2 とする。交流電源によって与えられる電圧(点 z に対する点 w の電位)は時刻 t において $V_1 \sin \omega t$ で表される。ただし、 V_1 は電圧の最大値である。はじめにコンデンサーの極板の間隔を kd に固定した。ここで、 k は正の定数である。時刻 t においてコンデンサーに流れる電流 I_2 は $I_2 = I_0 \sin(\omega t + \theta)$ と表すことができる。ここで、 I_0 は電流の最大値、 θ は I_2 と交流電源の電圧との位相差である。

- (a) 時刻 t におけるコンデンサーにかかる電圧 V_C (点 y に対する点 x の電位) を、 k , C , R , I_0 , ω , t , θ , L の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 時刻 t においてコイルに流れる電流 I_1 を、 k , C , R , I_0 , ω , t , θ , L の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) コンデンサーの極板の間隔を D にしたところ、回路に共振が生じ、回路で消費される平均の消費電力が0となった。 D を、 d , C , R , I_0 , ω , L の中から必要なものを用いて表せ。
- (d) コンデンサーの極板間隔が問(3)(c)で求めた値のとき、 I_0 および θ を、 d , C , R , ω , L , V_1 の中から必要なものを用いて表せ。

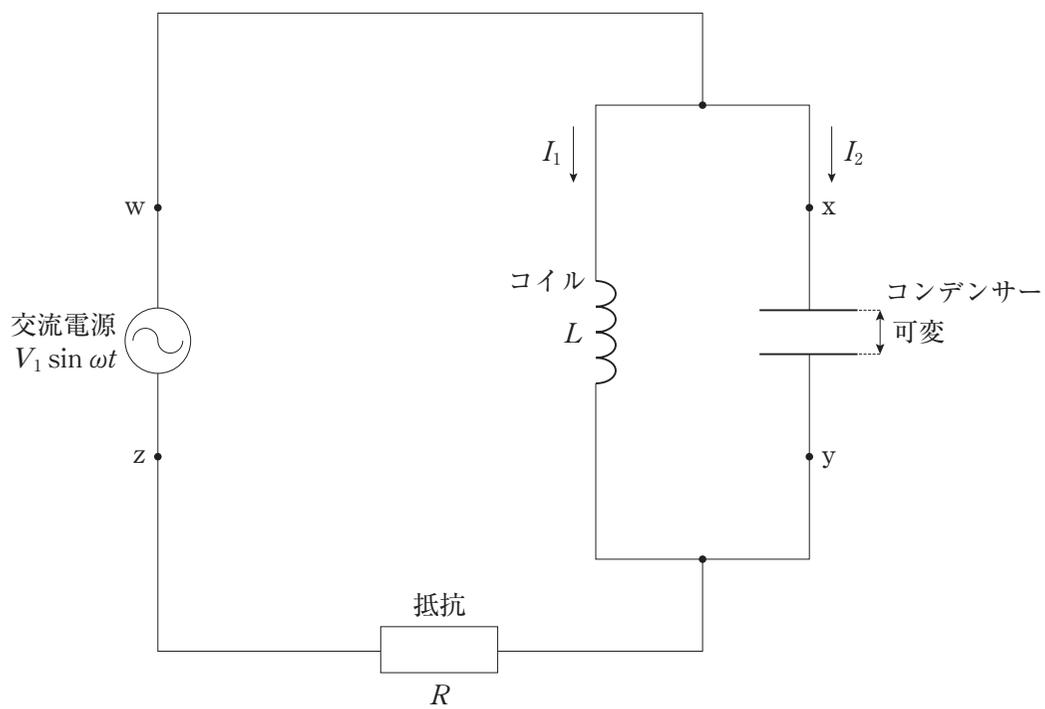


図 2

3

プリズムに関する以下の問(1)~(3)に答えよ。ただし、光の反射は考えない。

解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も説明せよ。

角度の単位はラジアンとする。必要があれば、 $|\theta|$ が十分小さいときに成り立つ近似式 $\tan \theta \doteq \theta$ および $\sin \theta \doteq \theta$ を用いよ。

問(1) 図1のように、空気中に置かれた直角三角形のプリズムを考える。プリズムの屈折率を $n(n > 1)$ 、空気の屈折率を1とする。空気とプリズムの境界面を S_1 と S_2 とする。面 S_1 は x 軸に垂直であり、プリズムの頂点から x 軸におろした垂線の足を O とする。プリズムの頂角は α 、高さは H である。 x 軸上の点 A から出た光が面 S_1 上の点 P でプリズムに入射し、面 S_2 上の点 Q で空気中に出射し、 x 軸上の点 B に到達した。点 P は面 S_1 の中心にあり、 x 軸からの距離は $\frac{H}{2}$ である。 OA 、 OB の距離はそれぞれ a 、 b である。 $\angle PAO$ 、 $\angle QBO$ をそれぞれ θ_1 、 θ_4 、点 P における光の屈折角を θ_2 、点 Q における光の入射角を θ_3 とする。

- (a) 屈折率 n を、 θ_1 、 θ_2 を用いて表せ。
- (b) 角度 α を、 θ_2 、 θ_3 を用いて表せ。
- (c) 角度 α が十分小さくプリズムが薄いとき、 PQ 間の距離は a 、 b に比べて無視することができる。また、 x 軸から点 Q までの距離は点 P と同じ $\frac{H}{2}$ とみなせる。 $\frac{H}{2}$ が a 、 b に比べて十分小さいとき、 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ の値を、 n 、 H 、 α を用いて表せ。

図2のように、頂角が異なる直角三角形のプリズム1~5を x 軸に対して垂直な方向にすきまなく順番に並べた。プリズム1~5の高さはいずれも h である。屈折率は、図1のプリズムと同じ n である。

- (d) 点 A を出てプリズム1~5のそれぞれの入射面の中心を通った光は、すべて点 B に到達した。1番目のプリズム1の頂角を α_1 としたとき、

m 番目 ($m = 2, 3, 4, 5$) のプリズムの頂角 α_m を, α_1, m を用いて表せ。ただし, α_m は十分小さく, mh も a, b に比べて十分小さいとする。

- (e) 図 2 のそれぞれのプリズムの入射面の中心を通る光はすべて点 B に集まるので, レンズにならって焦点距離に相当する値 f を定義することができる。このとき, f は $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ の関係式を満たす。このプリズム 1 ~ 5 を水中で使ったところ, 焦点距離に相当する値が 3 倍になった。水の屈折率を $\frac{4}{3}$ としたとき, プリズムの屈折率 n を求めよ。

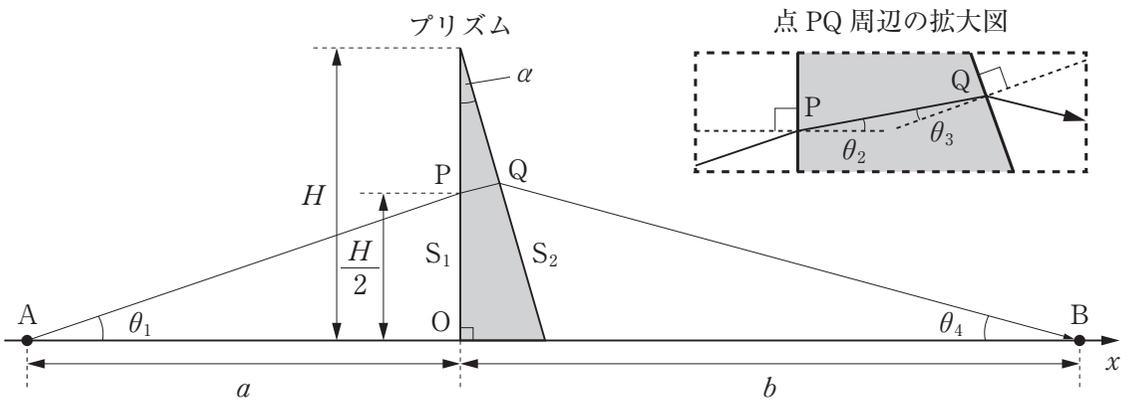


図 1

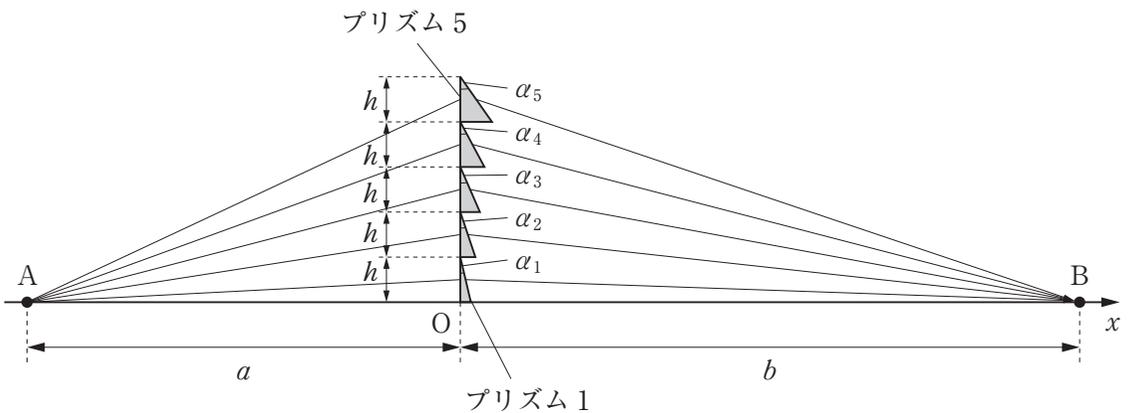


図 2

問(2) 図3のように、図2のプリズム1を x 軸に対して上下対称に2個置いた。それぞれのプリズムの入射面側には、気体を入れることができる透明な容器1, 2を置いた。容器1, 2の x 軸方向の長さは d であり、気体を入れても長さは変わらない。気体の屈折率は真空の屈折率より大きく、真空の屈折率との差は気体の数密度(単位体積あたりの気体分子の数) ρ に比例し、この比例定数を c とする。 x 軸に平行に進む波長 λ の平面波の光を入射したところ、プリズムで屈折した光と x 軸がなす角は δ_1 であった。上下のプリズムそれぞれの入射面の中心を通った光は x 軸上の点Rに到達した。点Rを通り x 軸に垂直な面上にスクリーンを置き、プリズムの高さ方向に y 軸をとった。スクリーンには $-\frac{h}{2} < y < \frac{h}{2}$ の範囲に明暗が変化する干渉縞^{じま}が観察された。以下では、この干渉縞について考える。

- (a) 容器1, 2が真空のとき、上下のプリズムからの光が強め合う位置 y_j を、 λ , δ_1 , および整数 j を用いて表せ。
- (b) 上側のプリズムの前に置いた容器1に、圧力 p で温度 T の理想気体を入れた。ボルツマン定数を k とするとき、容器に入れた理想気体の屈折率 n_G を、 c , k , T , p を用いて表せ。
- (c) 問(2)(b)の状態のとき、上下のプリズムからの光が強め合う位置 y'_j を、 λ , j , δ_1 , d , n_G を用いて表せ。

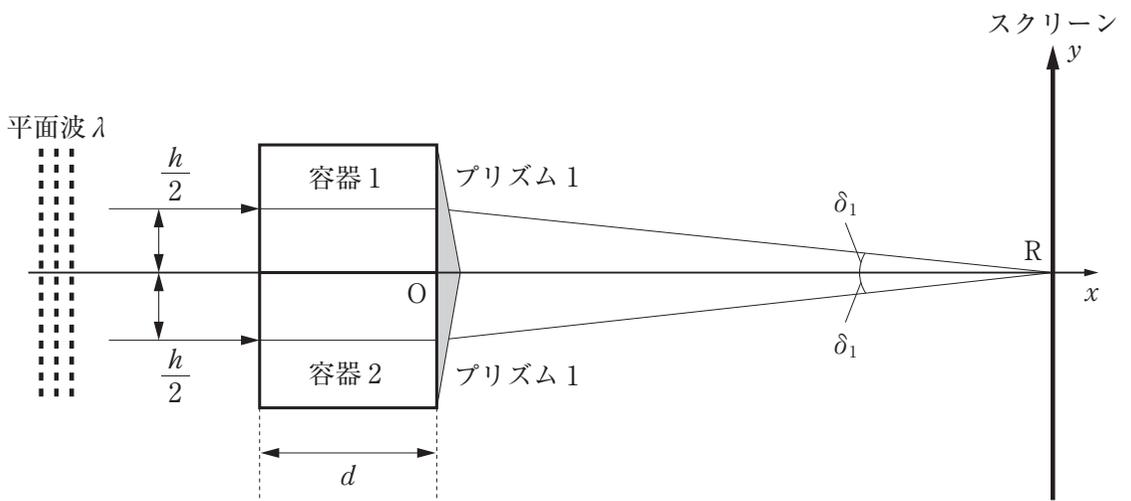


図 3

問(3) 図4のように，図2のプリズムのうちプリズム1，2をそれぞれ2個ずつ x 軸に対して上下対称に並べた。問(2)と同じ位置にスクリーンを置き， x 軸に平行に進む波長 λ の平面波の光を入射してスクリーン上の光を観察した。4個のプリズムの入射面の中心を通った光はすべてスクリーンの x 軸上の点 R に到達しており，すべてが強め合っていた。このときのスクリーン上の光の強さ I を表すグラフとして最も適切なものを，図5の(あ)～(か)の中から1つ選び，記号で答えよ。また，その記号を選んだ理由を説明せよ。ただし，グラフの破線は問(2)(a)で観測された2個のプリズムによる光の強さであり，4個のプリズムによる光の強さ(実線)と最大値を同じにして示してある。

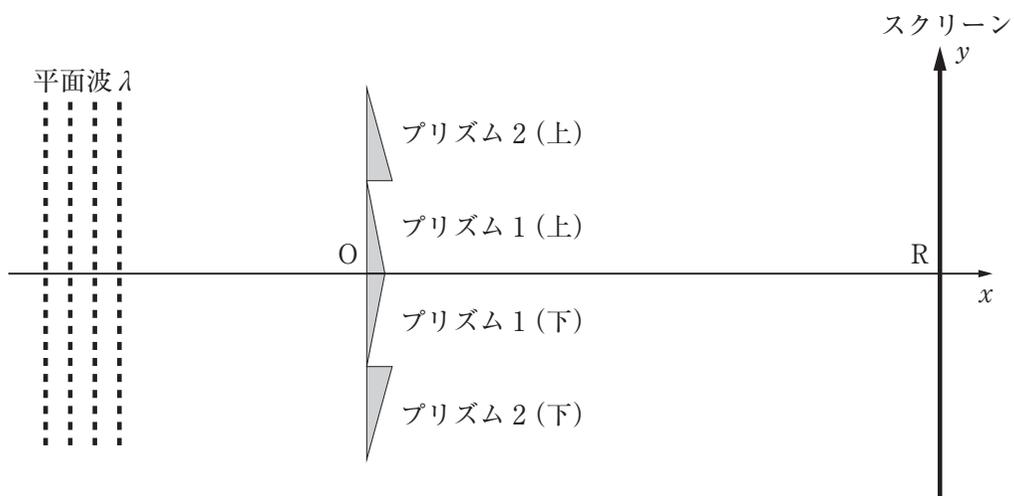
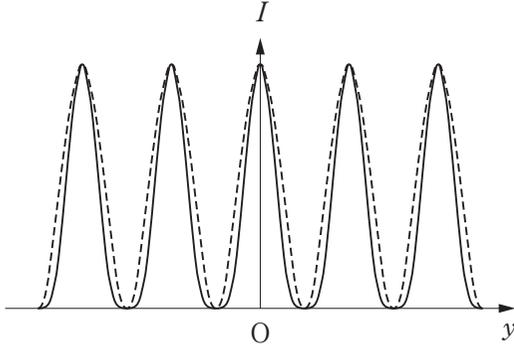
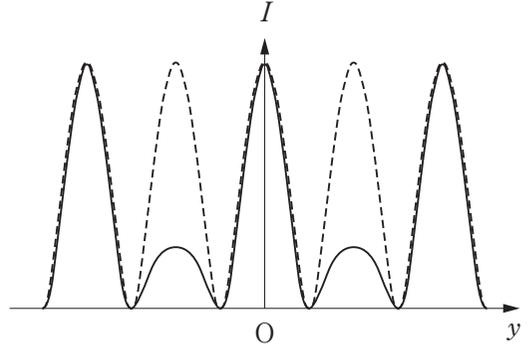


図4

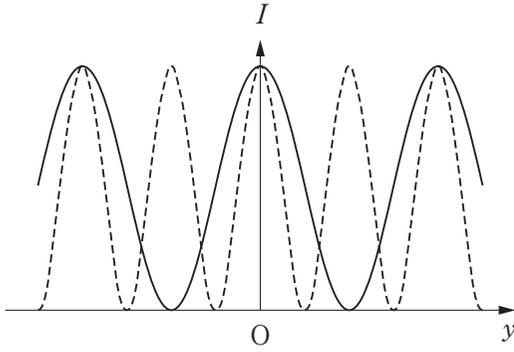
(あ)



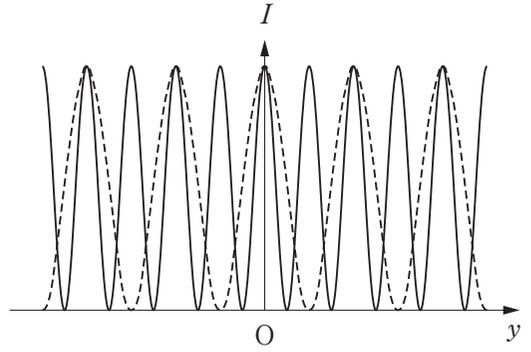
(い)



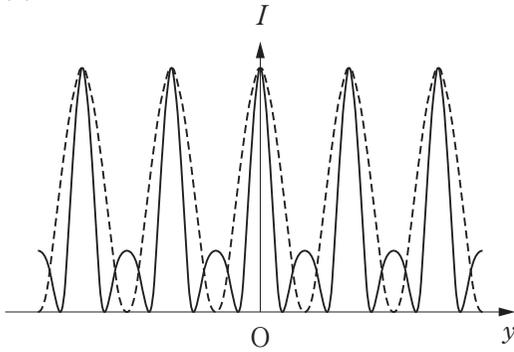
(う)



(え)



(お)



(か)

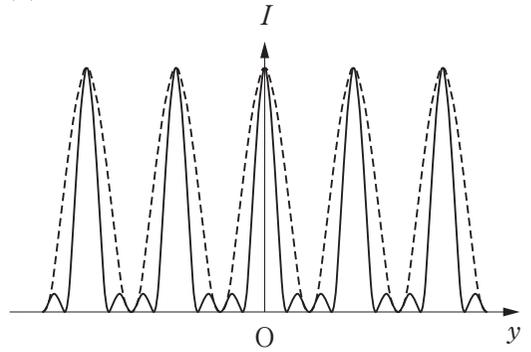


図 5

——このページは白紙——

——このページは白紙——

化 学

計算のために必要な場合には、以下の数値を使用せよ。

原子量 H = 1.0 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Ag = 108

Au = 197 Pb = 207

気体定数 $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

絶対零度 $-273 \text{ }^\circ\text{C}$

1 次の文章〔Ⅰ〕から〔Ⅲ〕を読み、問1から問10に答えよ。

〔Ⅰ〕 図1に示すピストンで密閉された容器に体積 v_w [L] の液体の水と物質質量 n [mol] の気体の窒素を入れ、気体部分の体積が v_g [L] となるようにピストンの位置を調整して固定し、容器全体の温度を T [K] にして平衡状態になるまで放置した。この間に水の一部は蒸発したが、蒸発による v_w の減少は無視できるほど小さく、 v_w は変わらないものとする。ここで、標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) を p_0 [Pa] とし、水の T [K] における蒸気圧は p_w [Pa] とする。また、温度 T [K]、窒素分圧 p_0 [Pa] において、1 L の水に溶ける窒素の物質質量は a [mol/L] であるとする。気体は理想気体としてふるまい、気体の水への溶解度はヘンリーの法則に従うものとする。

図1の容器内の窒素の分圧を p_N [Pa] とすると、容器内の窒素の全物質質量 n は v_w 、 v_g 、 a 、 T 、 p_0 、 p_N 、および気体定数 R [Pa·L/(mol·K)] を用いて、

$$n = p_N \left(\frac{\boxed{\text{ア}}}{p_0} + \frac{\boxed{\text{イ}}}{RT} \right)$$

と表すことができる。

次に、図1の状態からピストンの固定を外してピストンが自由に動けるようにし、外部の圧力 p_0 [Pa] および温度 T [K] の下で十分に放置したところ、図2に示す平衡状態に達した。このとき、水に溶けている窒素の物質質量 n' [mol] は v_w , a , p_0 , p_w を用いて、

$$n' = \frac{\boxed{\text{ウ}}}{p_0}$$

と表すことができる。

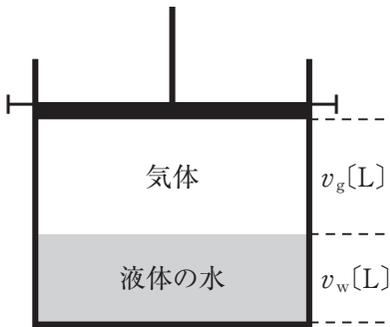


図1

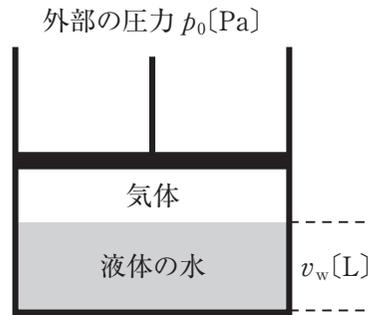


図2

問1 空欄 から にあてはまる文字式をそれぞれ書け。

〔Ⅱ〕 液体を冷却すると、ある温度で固体へと変化する。これを凝固といい、凝固が起こる温度を凝固点という。しかし、条件によっては凝固が開始する温度は変化する。たとえば、冷却を穏やかに行うと、凝固点より低い温度になっても凝固しないことがある^{a)}。このような状態を過冷却という。過冷却状態にある液体は不安定であり、振動などが加えられたりすると凝固が進む。また、溶媒に溶質を溶かし、溶液とすると、その溶液の凝固点は純溶媒の凝固点^{b)}よりも低くなる。この現象は凝固点降下とよばれている。

凝固点降下を利用して、溶液中の溶質の状態を調べることができる。例としてベンゼン中の酢酸分子を考える。酢酸をベンゼンに溶かすと酢酸の一部が二量体を形成するため、この溶液の凝固点降下は酢酸の質量モル濃度から求められる凝固点降下よりも小さくなる。この凝固点降下を利用し酢酸がベンゼン中で二量体を形成している割合 β を計算することができる。ベンゼン 1.0 kg に n [mol] の酢酸を加えることを考える。加えた酢酸のうち、二量体を形成する酢酸の割合 β を

$$\beta = \frac{\text{二量体を形成した酢酸の物質質量}}{\text{ベンゼンに加えた酢酸の物質質量}}$$

とする。ここで、 $0 \leq \beta \leq 1$ である。二量体を形成していない酢酸の質量モル濃度は [mol/kg] となり、二量体の質量モル濃度は [mol/kg] となり、合計の質量モル濃度は [mol/kg] となる。凝固点降下度は二量体を形成していない酢酸の質量モル濃度と二量体の質量モル濃度の合計に比例する。したがって、ベンゼンのモル凝固点降下を K_f [K·kg/mol] とすると、凝固点降下度 Δt は、

$$\Delta t = K_f \times \text{カ}$$

と表せる。これを β について解くことで、二量体を形成する酢酸の割合がわかる。

問 2 下線部 a) に関連し，純水と食塩水を冷却する実験を行ったところ，それぞれ図 3 のような冷却曲線が得られた。

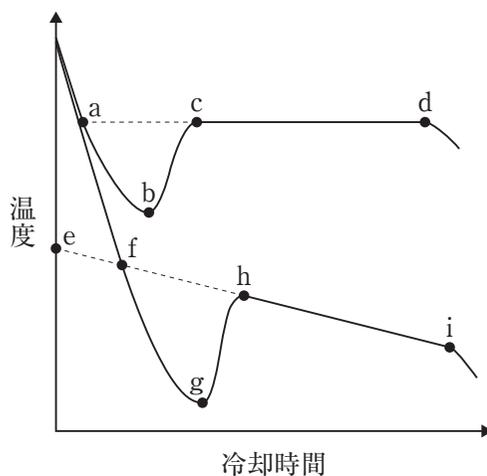


図 3

(1) 図 3 において，食塩水の凝固点降下度はどの 2 点の温度の差に対応するか。正しい組み合わせを，①から⑤の中から 1 つ選び，解答欄の記号を○で囲め。

- ① a と e ② a と f ③ a と h ④ b と e
 ⑤ b と g

(2) 純水の凝固が始まる点と，食塩水の凝固が始まる点の組み合わせとして正しいものを，①から④の中から 1 つ選び，解答欄の記号を○で囲め。

	純水の凝固が始まる点	食塩水の凝固が始まる点
①	a	f
②	b	g
③	c	h
④	d	i

(3) 図3の点hと点iを結ぶ線が傾いている理由について、最も適切なものを①から④の中から選び、解答欄の記号を○で囲め。

- ① 発熱を伴う食塩の析出が起こり、熱を放出するため。
- ② 点hの時点で全ての水が凝固し、氷の温度が冷却とともに低くなるため。
- ③ 溶液中の水が凍ることで溶液濃度が上がり、凝固点降下度が大きくなるため。
- ④ 食塩の析出が起こることで溶液濃度が下がり、凝固点降下度が大きくなるため。

問3 下線部b)に関連し、文中の空欄 エ から カ に入る文字式の組み合わせとして、正しいものを下の①から⑥の中から1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

	エ	オ	カ
①	$n\beta$	$2n\beta$	$3n\beta$
②	$n\beta$	$\frac{1}{2}n\beta$	$\frac{3}{2}n\beta$
③	$n\beta$	$2n(1 + \beta)$	$n(2 + 3\beta)$
④	$n(1 - \beta)$	$\frac{1}{2}n\beta$	$n\left(1 - \frac{1}{2}\beta\right)$
⑤	$n(1 - \beta)$	$2n(1 + \beta)$	$n(3 + \beta)$
⑥	$n(1 - \beta)$	$\frac{1}{2}n(1 + \beta)$	$\frac{1}{2}n(3 - \beta)$

問4 1.0 kgのベンゼンに、12 gの酢酸を溶かした溶液の凝固点降下度は0.56 Kであった。このときの二量体を形成している酢酸の割合 β を求め、その数値を有効数字2桁で書け。ベンゼンのモル凝固点降下は5.1 K・kg/molとする。

〔Ⅲ〕 タンパク質は、生物の生命活動を支える重要な物質の1つである。生体内で起こる化学反応の多くは有機化合物が反応物であり、共有結合の組み換えが起こるにもかかわらず、体温程度の温度で速やかに反応が進行する。これは、ある種のタンパク質が触媒としてはたらいっているからである。特に、触媒反応に関わるタンパク質は酵素とよばれる。タンパク質の立体構造は、 α -ヘリックスや β -シートなどの 構造によって安定化される。 構造は、NH基とCO基の間で 結合によって形成される。酵素の触媒作用では一般的に、40℃近くまでは温度が上がると反応速度も大きくなるが、それ以上では逆に反応速度は急に低下する。60℃以上では、ほとんどの酵素は触媒作用を完全に失う(失活する)。この現象が起きる理由は、酵素が熱変性するためである。酵素が触媒としてはたらくとき、反応速度が最大になる温度を という。

ここで、図4に示す酵素の触媒反応を考えてみよう。なお、温度は一定とする。

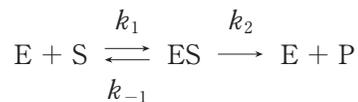


図4

E, S, ES, P はそれぞれ酵素, 基質, 酵素-基質複合体, 生成物を表す。 k_1, k_{-1}, k_2 は、図4の各反応における反応速度定数である。反応開始からある程度時間がたつと、生成物Pが増え、基質Sが少なくなるため、生成物Pが生成する反応速度が小さくなる。ここでは、基質Sが酵素Eより十分に多い、反応の初期を考える。図4の各反応における反応速度は、反応速度定数と濃度の積とする。生成物Pが生成する反応の速度 v_0 は、反応速度定数と酵素-基質複合体の濃度[ES]を用いて式(1)で表せる。

$$v_0 = \text{ } \quad (1)$$

ここで、酵素-基質複合体の濃度[ES]に着目する。酵素-基質複合体 ES が生成する速度は、反応速度定数、酵素の濃度[E]および基質の濃度[S]を用いて、サ と表せる。一方、酵素-基質複合体 ES が分解する速度は、反応速度定数と酵素-基質複合体の濃度[ES]を用いて、シ と表せる。酵素反応では、酵素-基質複合体の濃度[ES]はほぼ一定に保たれるため、酵素-基質複合体 ES の生成と分解の速度が等しいとすると、式(2)が成り立つ。

$$\text{サ} = \text{シ} \quad (2)$$

酵素は E または ES の形をとるため、酵素の全濃度[E]₀ は式(3)で表せる。

$$[E]_0 = [E] + [ES] \quad (3)$$

式(1)から式(3)を用いて、反応の速度 v_0 は、基質の濃度[S]の関数として以下の式で表せる。

$$v_0 = \frac{k_2[E]_0}{1 + \frac{K_M}{[S]}} \quad (4)$$

K_M はミカエリス定数とよばれ、酵素 E と基質 S の親和性に関連する定数である。

式(4)は、縦軸を反応の速度 v_0 、横軸を基質の濃度[S]として、反応速度定数、酵素の全濃度[E]₀、ミカエリス定数 K_M をそれぞれある値にしたとき、図5のようにプロットされる。基質の濃度[S]がミカエリス定数 K_M より十分に大きいとき、反応の速度 v_0 は ス と近似することができ、最大速度 V_{\max} とよばれる。基質の濃度[S]が セ と等しくなるとき、反応の速度 v_0 は最大速度 V_{\max} の半分になる。反応の速度 v_0 が最大速度 V_{\max} に近い条件では、生物が、基質の濃度[S]によらず、酵素の全濃度[E]₀ を制御するだけで生体内の反応速度を制御できる。そのため、さまざまな機能を容易に調整でき、体内の恒常性を保つことができる。

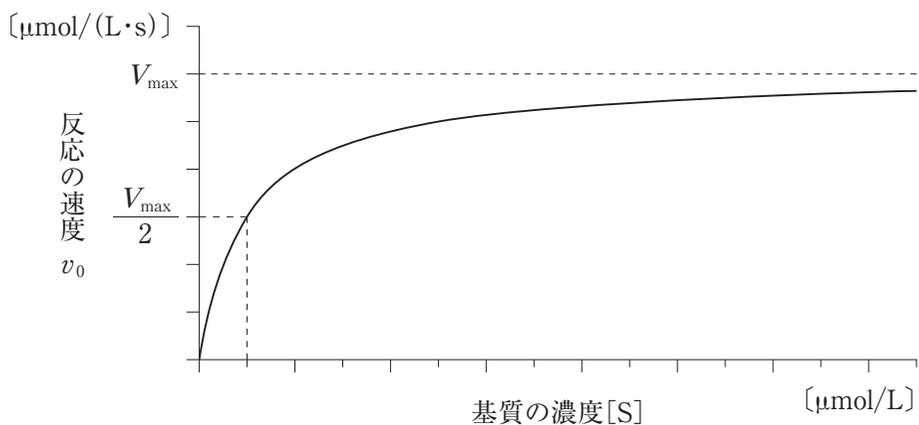


図 5

問 5 空欄 にあてはまる語句を, (a) から (d) の中から 1 つ選び, 解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 一次 (b) 二次 (c) 三次 (d) 四次

問 6 空欄 と にあてはまる最も適切な語句を書け。

問 7 空欄 から にあてはまる式を書け。

問 8 下線部 c) について, ミカエリス定数 K_M を, 反応速度定数 k_1 , k_{-1} , k_2 の中から必要なものを用いて書け。

問 9 空欄 と にあてはまる式を, k_1 , k_{-1} , k_2 , K_M , $[E]_0$ の中から必要なものを用いて書け。

問10 酵素 A と酵素 B は、図 4 の反応に従い、同じ基質から同じ生成物を生成する。この 2 つの酵素の性質を調べるため、さまざまな基質の濃度 $[S]$ で酵素 A と酵素 B の反応の速度 v_0 を測ったところ、図 6 のグラフを得た。この結果から、酵素 B のミカエリス定数 K_M は酵素 A の K_M の何倍かを計算し、その数値を有効数字 1 桁で書け。

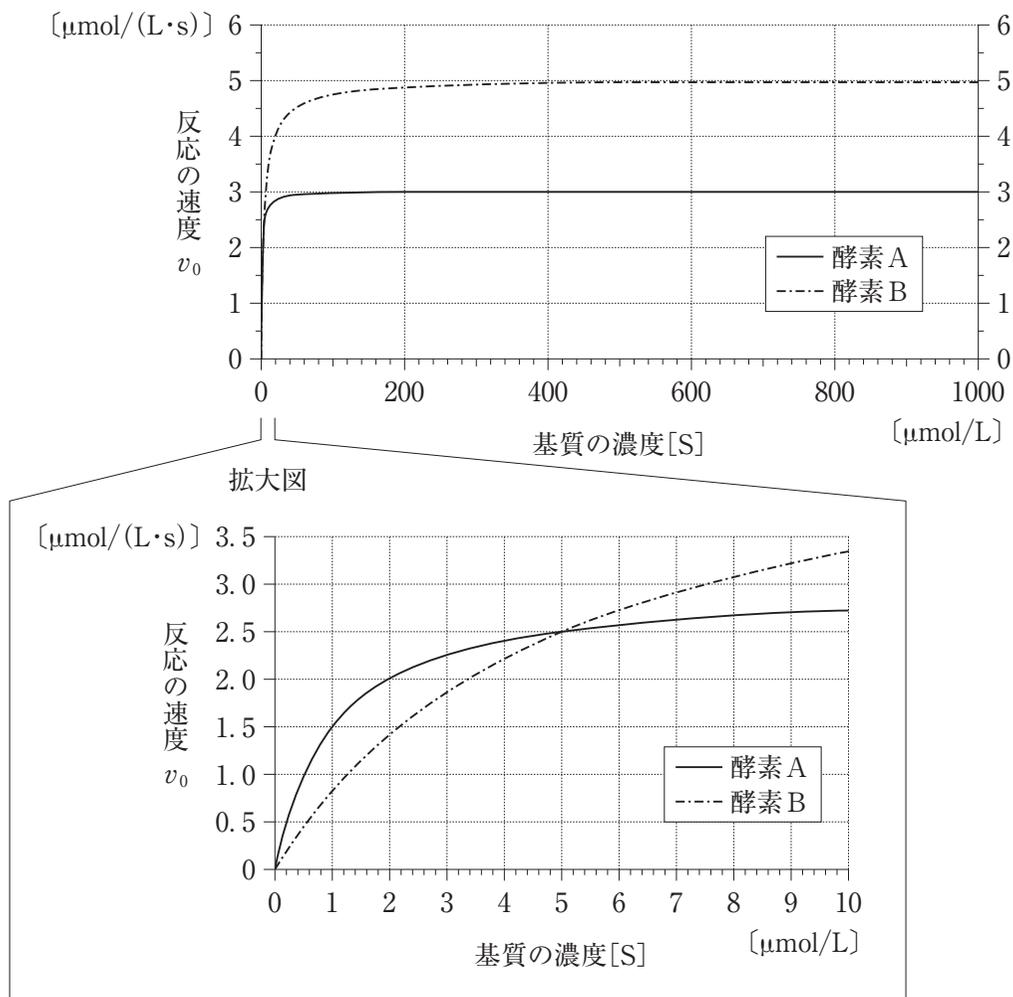


図 6

——このページは白紙——

2 次の文章〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕を読み、問 1 から問 11 に答えよ。

〔Ⅰ〕 窒素・リン・カリウムは肥料の三要素とよばれ、植物にとって重要な元素である。

窒素 N_2 は、空気中に体積で約 78 % 含まれる。窒素分子は 2 個の窒素原子が 重結合しており、反応性が低い。 法によりアンモニア NH_3 合成が工業化されたことにより窒素肥料生産量は増大し、人口の爆発的な増加につながった。窒素肥料は主に硫酸アンモニウム $(NH_4)_2SO_4$ として用いられ、 $(NH_4)_2SO_4$ は 土壌を中和する目的でも用いられる。

リンには黄リン(白リン)や赤リンなどの同素体が存在する。黄リン(白リン)は反応性が高いため水中で保存する。リンを過剰の乾燥空气中で燃焼させると の白色結晶が生成し、 は乾燥剤として用いることができる。リン肥料には、リン酸カルシウム $Ca_3(PO_4)_2$ を主成分とするリン鉱石と硫酸を反応させることで得られる過リン酸石灰が主に用いられる。

カリウムはアルカリ金属元素に分類され、主に塩化カリウム KCl 、硫酸カリウム K_2SO_4 の形で肥料として用いられる。

問 1 文中の空欄 にあてはまる最も適切な漢数字を書け。

問 2 (1) 文中の空欄 にあてはまる最も適切な語句を書け。

(2) 法で NH_3 が生成する反応は、以下の化学反応式①で表される。



N_2 10 mol と H_2 30 mol を図 1 の反応容器内に入れ、触媒を用いて①の反応を進行させたところ、投入した N_2 の 40 % が反応し平衡に達した。この混合気体を体積一定の分離器に移して冷却したところ、ある温度・圧力に達したとき NH_3 が凝縮を開始した。

凝縮が始まった温度において，分離器内の圧力は 1.0×10^7 Pa であり，気液平衡が成り立っていたとする。図 2 に示すアンモニアの蒸気圧曲線から， NH_3 が凝縮を始める温度 $^{\circ}\text{C}$ を整数で求め，その数値を解答欄に書け。ただし，気体はすべて理想気体とみなし， N_2 ， H_2 は図 2 に示す温度範囲において常に気体であるとする。

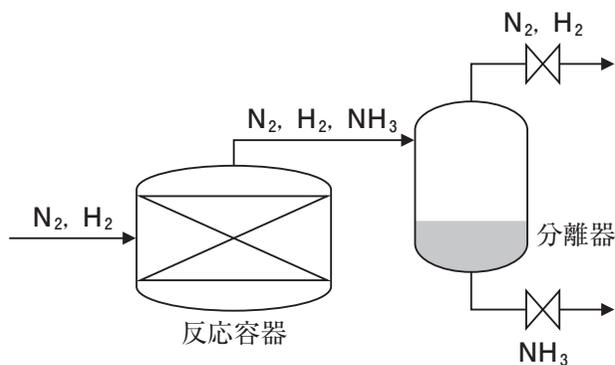


図 1

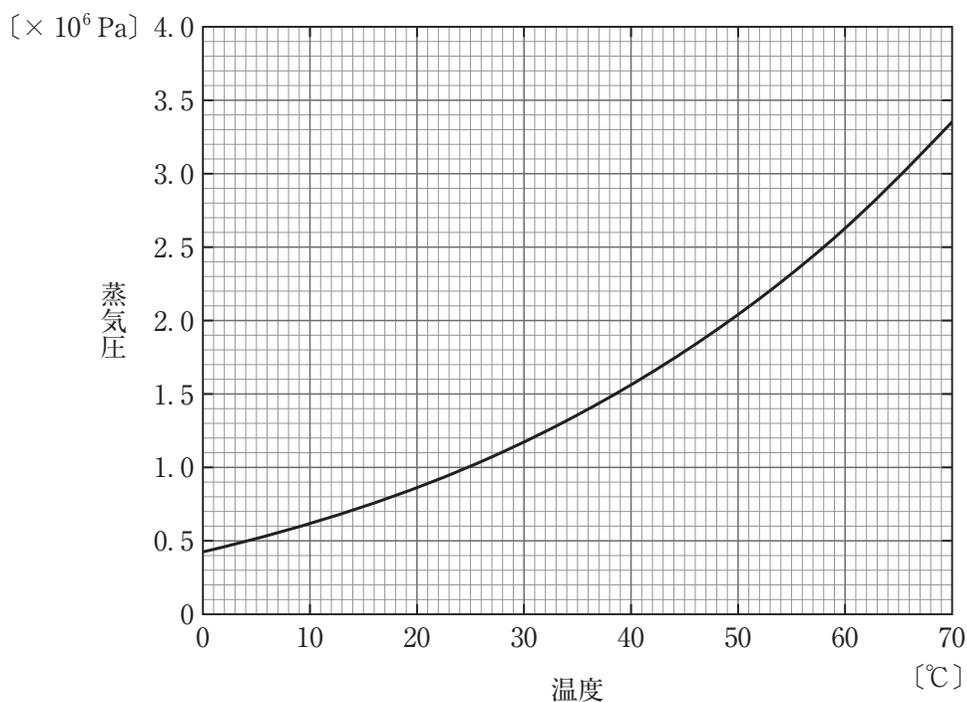


図 2

- 問 3 (1) 25℃における1.84 mol/Lの硫酸アンモニウム水溶液のpHを求め、その数値を小数点第2位まで解答欄に書け。なお、25℃における水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、アンモニアの電離定数は $K_b = 2.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。また、必要に応じて下記の近似値を用いてもよい。

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$$

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

- (2) 文中の空欄 にあてはまる土壌の性質を(a)から(c)の中から1つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 酸性 (b) 中性 (c) 塩基性

- 問 4 (1) 文中の空欄 にあてはまる物質の分子式を書け。

- (2) 物質 による乾燥に適さない気体を(a)から(d)の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) アンモニア (b) 酸素 (c) 二酸化硫黄
(d) 二酸化炭素

- 問 5 (1) 硫酸カリウム K_2SO_4 と硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ を物質量の比1:1で混合した水溶液を沸騰するまで加熱した後、室温まで冷却すると結晶(水和物)が得られた。得られた水和物の組成式を書け。

- (2) 得られた結晶を再び水に溶解させた後、下記の①、②の水溶液をそれぞれ加えたときに沈殿が生じる反応を、イオン反応式で解答欄①、②にそれぞれ書け。

- ① 塩化バリウム
② アンモニア

——このページは白紙——

〔Ⅱ〕 周期表において オ 族に属する金 Au, 銀 Ag, 銅 Cu は, 装飾品から電子デバイスまで, 我々の生活に広く用いられている。

金は安定で他の物質とほとんど反応しないため, 多くのものは地殻中において単体で存在する。そのため, 人類は金を紀元前から使用してきた。東北地方でも玉山金山などで鉱石が産出された。金および銀を含む鉱石から金のみを抽出する方法の1つとして, 以下に示す灰吹法が用いられてきた。

操作1 金および銀を含む鉱石を粉砕する。水の中でゆすると, 金および銀はそれ以外の鉱石成分(主に SiO_2)よりも比重が大きいため, 金および銀を含む鉱石粉末とそれ以外に分離回収できる。

操作2 酸化鉛(Ⅱ), 溶剤(例えば炭酸ナトリウム Na_2CO_3)および還元剤と一緒に, 操作1で分離回収した金および銀を含む鉱石粉末を加熱融解する。

金および銀以外の鉱石成分は溶剤と反応し, スラグとなる。一方, ^{a)}酸化鉛(Ⅱ)は還元剤により還元され, 金属鉛となる。金および銀は鉛^{b)}との親和性が高いため, 液体状の金属鉛の中に溶け込む。冷却後, 金および銀を含む金属鉛はスラグから分離する。

操作3 金および銀を含む金属鉛を十分な量の灰の上へのせ, 大気中で加熱融解する。このとき, 金属鉛は蒸発もしくは酸化されて酸化鉛(Ⅱ)となるが, 酸化鉛(Ⅱ)は表面張力が小さいため灰に吸収される。一方, 金および銀は酸化せず, 灰の上に合金粒として残る。

操作4 合金粒を酸に浸漬し, 銀のみを溶解させることで金を得る。^{c)}

問 6 文中の空欄 に入る最も適切な数値を解答欄に書け。

問 7 下線部 a) について、鉍石成分は SiO_2 のみ、溶剤は Na_2CO_3 のみとして、ケイ酸ナトリウム Na_4SiO_4 (スラグ) が生成する反応の化学反応式を解答欄に書け。なお、副生成物として二酸化炭素のみが発生したとする。

問 8 下線部 b) について、江戸時代には還元剤として小麦粉を用いていた。

(1) 小麦粉の主成分はデンプンであるとする。デンプンは近似的に $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ と表すことができる。デンプンによる酸化鉛(II)の還元化学反応式を解答欄(1)に書け。なお、用いた還元剤は酸化鉛(II)の還元反応にのみ用いられたものとし、金属鉛、二酸化炭素および水のみが生成したとする。また、デンプンの化学式は $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ を用いよ。

(2) 1.00 g のデンプンによって生成する金属鉛の質量 [g] を求め、その数値を有効数字 3 桁で解答欄(2)に書け。

問 9 下線部 c) について、金および銀から構成される合金粒から銀のみを溶解するのに適した酸を、以下の(a)から(d)の中から 1 つ選び、解答欄の記号を○で囲め。

- (a) 希硫酸 (b) 濃硝酸 (c) 濃塩酸
(d) 王水(濃硝酸と濃塩酸を体積比 1 : 3 で混合した溶液)

問10 金は歴史的にカラット(K)という単位で品位(純度)を表記してきた。純粋な金を 24 カラット(K 24)とし、質量割合で 24 分率で表記されるものである。例えば K 12 は、質量割合で $\frac{12}{24}$ 、すなわち 50 % が金であり、残りの 50 % は他の金属が含まれることを意味する。操作 3 で得られた合金粒が金と銀のみから構成される K 18 であったとして、この合金粒中の金のモル分率を求め、その数値を有効数字 2 桁で解答欄に書け。

問11 銅は地殻中で CuFeS_2 を主成分とする黄銅鉱として存在する。黄銅鉱を SiO_2 と共に溶鉱炉内で燃焼させることで、硫化銅(I)、二酸化硫黄およびスラグが生成する。得られた硫化銅(I)を加熱しながらさらに燃焼させると、二酸化硫黄と不純物を含む粗銅が得られる。この粗銅と高純度銅を電極として硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液中で電気分解すると、純銅が得られる。このとき、粗銅に含まれていた不純物の一部は、粗銅側電極の下に沈殿する。

(1) 下線部 d) および下線部 e) の反応の化学反応式を、解答欄 d) および e) にそれぞれ書け。ただし、下線部 d) の反応におけるスラグは FeSiO_3 であったとする。

(2) 下線部 f) について、粗銅を用いる電極として正しいものを選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 陽極 (b) 陰極

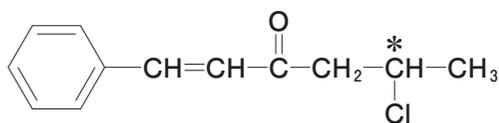
(3) 以下の不純物を含む粗銅を低電圧(0.3 V)で電気分解した場合、粗銅側電極の下に沈殿する元素を、(a) から (f) の中からすべて選び、解答欄の記号を○で囲め。

(a) 亜鉛 (b) 金 (c) 銀 (d) 鉄 (e) 鉛
(f) ニッケル

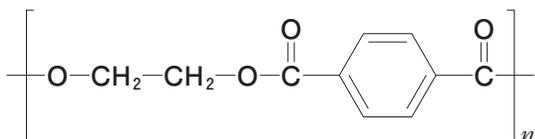
——このページは白紙——

3 カマキリの卵の殻から、卵の殻を硬化させる成分の一つとして化合物 A を取り出し、下記の実験 1 から実験 6 により、その性質や構造を調べた。化合物 A は、様々な酵素反応を経てフェノール性ヒドロキシ基をもつ架橋重合体を形成し、昆虫のメラニン色素形成や羽および外骨格の硬化にも関わっている。また、化合物 A と同じ分子式をもつ化合物 D について、実験 7 から実験 11 を行った。実験 1 から実験 11 の文章を読み、問 1 から問 11 に答えよ。特に指定のない限りシス-トランス異性体ならびに鏡像異性体を区別しない。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合は、(例 1) にならって書け。また、高分子化合物の構造式は、(例 2) にならって書け。

(例 1)



(例 2)



実験 1 炭素、水素、酸素および窒素原子のみからなる化合物 A 195 mg を完全に燃焼させたところ、440 mg の二酸化炭素と 117 mg の水が生じた。また、化合物 A 195 mg 中には窒素 14 mg が含まれることがわかった。

実験 2 構造解析から、化合物 A は分子量が 300 以下でベンゼン環を含むことがわかった。

実験 3 化合物 A を塩酸で加水分解したところ、芳香族化合物 B の塩酸塩と化合物 C が得られた。化合物 B の塩酸塩と化合物 C は、いずれも水に溶解することがわかった。化合物 C の水溶液は酸性を示した。

実験4 化合物 B は、同じ官能基をたがいにオルト位にもつことがわかった。また、化合物 B は、アミノ酸 L-チロシン(図1)に

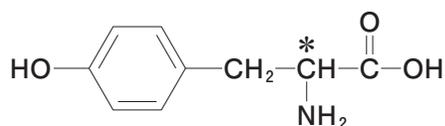


図1 L-チロシンの構造式

適切な2種類の酵素(脱炭酸反応(注1)を触媒する酵素とヒドロキシ基を導入する反応(注2)を触媒する酵素)を作用させることでも得られた。

実験5 化合物 C は、 を酸化することからも得られた。 は、銀鏡反応とヨードホルム反応のいずれも示したが、化合物 C はいずれも示さなかった。

実験6 化合物 A および化合物 B にそれぞれ塩化鉄(Ⅲ)の希薄な水溶液を加えるといずれも呈色した。また、構造解析により化合物 B はアミノ基(-NH₂)をもつが、化合物 A はもたないことがわかった。

実験7 化合物 A と同じ分子式をもつ化合物 D を塩酸で加水分解したところ、化合物 E の塩酸塩と分子式 C₄H₈O₃ の化合物 F が得られた。化合物 E に、さらし粉の水溶液を加えると呈色したが、化合物 D は呈色しなかった。

実験8 化合物 E の構造を分析装置を用いて調べたところ、パラ位にたがいに異なる官能基をもつ芳香族化合物であることがわかった。

実験9 化合物 F は、不斉炭素原子をもつヒドロキシ酸であることがわかった。化合物 F は酸化反応により、化合物 G を生じた。化合物 G は、加熱すると脱炭酸反応(注1)によりアセトンと二酸化炭素に分解することが知られている。

実験10 化合物 F から脱水縮合反応により、生分解性を示すポリエステルである高分子化合物 H が生じた。

問 2 化合物 A の分子式を書け。

問 3 化合物 B の構造式を書け。

問 4 空欄

ア

 にあてはまる化合物名を書け。

問 5 化合物 C の構造式を書け。

問 6 化合物 A の構造式を書け。

問 7 化合物 F の構造式を書け。不斉炭素原子に*を付けよ。

問 8 化合物 G の構造式を書け。

問 9 化合物 D の構造式を書け。不斉炭素原子に*を付けよ。

問10 高分子化合物 H の構造式を書け。不斉炭素原子に*を付けよ。

問11 高分子化合物 H の溶液の浸透圧から、高分子化合物 H の (1) 平均分子量と (2) 平均重合度を計算し、それらの値を有効数字 2 桁で書け。なお、重合度は大きいとため末端の影響は無視できる。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)~(8)に答えよ。

真核生物のDNAは、ヒストンなどのタンパク質とともに核内でクロマチンと^(a)いう構造を形成し、それが高度に折りたたまれることで染色体という棒状の構造になっている。このDNAからRNAが合成される過程を転写といい、DNAに存在するプロモーターとよばれる領域に という酵素が結合しRNAの合成が起こる。真核生物の遺伝子発現は原核生物と異なり、 は単独で^(b)はプロモーターに結合できず、 とよばれるタンパク質と複合体を形成して結合する。プロモーターや遺伝子から離れた位置にも 領域があり、この領域に結合した複数の調節タンパク質が転写複合体に作用することで、細胞の状態に応じた遺伝子の発現調節が行われる。

これらの遺伝子発現機構を利用し、解析対象となる遺伝子やその発現を調節する領域を連結し、ゲノムDNAに組み込んだ生物をトランスジェニック生物とよぶ。これらの生物は、特定の遺伝子の機能を解析する基礎研究や、有用な形質を付与した食料を生産する応用研究に幅広く利用されている。

多細胞生物では個々の細胞が機能分化したことで、遺伝子発現のパターンは器官や細胞種で大きく異なる。この性質を利用し、遺伝子の発現を指標に細胞種を識別することが可能である。例えば、識別したい細胞でのみ発現する遺伝子を選択し、その発現を調節する領域と緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子を連結してトランスジェニック生物を作製すれば、識別したい細胞でのみGFPが発現するため、蛍光顕微鏡による観察が可能となる。この遺伝子組換えの実験では、遺伝子を含むDNA断片を に組み込んで対象の生物へと導入することが多く、植物では とよばれる細菌を用いて遺伝子組換えが行われている。これらの遺伝子を導入する技術を用いて以下の実験を行った。

【実験】

魚類の生殖細胞を GFP で可視化するため、トランスジェニック生物を作製する実験を図 1 の手順で行った。まず、生殖細胞で特異的に発現する遺伝子 X の翻訳領域を GFP 遺伝子の翻訳領域で置き換えた DNA 断片を準備し、微細ガラス針で 1 細胞期の受精卵の細胞質に注入した。この受精卵を 15 個作製し、No.1~15 の番号を付し成体になるまで飼育して遺伝子組換えした親世代(P_1)とした。続いて、 P_1 個体のヒレおよび配偶子(精子または卵)の染色体に GFP 遺伝子が組み込まれているかを PCR により判定した。その結果、PCR により配偶子から GFP 遺伝子が検出された 3 個体の P_1 個体について、野生型とそれぞれ交配して雑種第一代(F_1)を得た。その後、得られたすべての F_1 個体の生殖腺を蛍光顕微鏡で観察したところ、一部の F_1 個体の生殖細胞で GFP を発現する個体が確認された。遺伝子組換えした P_1 個体と、交配から得られた F_1 個体の解析結果を表 1 に示す。

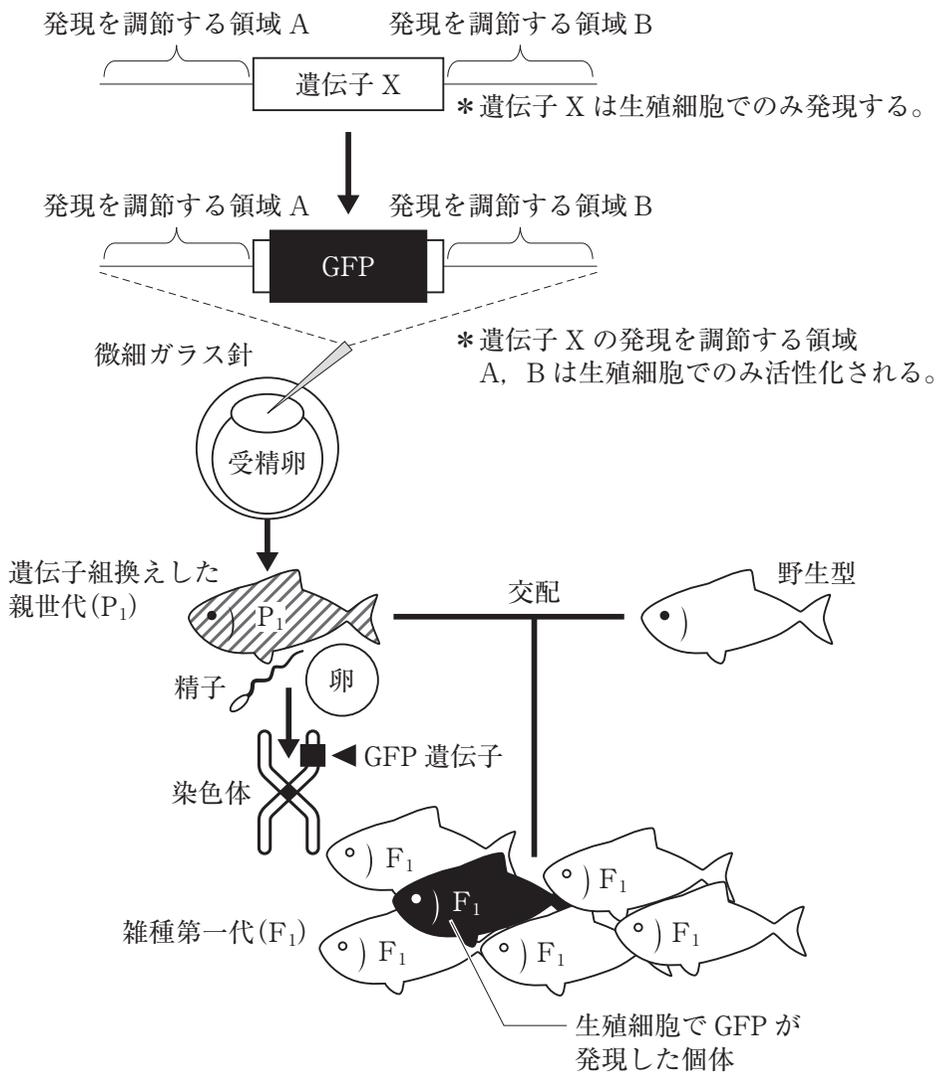


図 1

表 1

遺伝子 組換えした 親世代(P ₁)	成熟の 状態	性別	PCRによる GFP 遺伝子の検出		生殖細胞で GFP が 発現した個体の数(F ₁)
			ヒレ	配偶子	
No.1	成熟	オス	—	—	未解析
No.2	成熟	メス	—	—	未解析
No.3	成熟	メス	+	—	未解析
No.4	(死亡)	未解析	未解析	未解析	未解析
No.5	成熟	オス	+	+	49(196 個体を解析)
No.6	成熟	オス	+	+	2(192 個体を解析)
No.7	成熟	オス	+	—	未解析
No.8	(死亡)	未解析	未解析	未解析	未解析
No.9	成熟	メス	—	—	未解析
No.10	成熟	メス	—	—	未解析
No.11	成熟	メス	—	—	未解析
No.12	成熟	メス	—	—	未解析
No.13	成熟	オス	+	—	未解析
No.14	成熟	メス	+	+	13(208 個体を解析)
No.15	成熟	オス	—	—	未解析

(注 1) PCR による GFP 遺伝子の検出の欄の記号は、+が陽性、—が陰性を示す。

(注 2) 生殖細胞で GFP が発現した個体の数(F₁)の欄の数字は、P₁ 個体と野生型との交配から得られた F₁ 個体のうち、生殖細胞で GFP が発現した個体の数を示す。

問(1) 文章内の ～ に適切な語句を記入せよ。

問(2) 下線部(a)について、ヒストンにアセチル基($-\text{COCH}_3$)が付加されることをヒストンのアセチル化といい、遺伝子の発現を促進する方向に働く。この理由として正しい記述を、以下の①～④の中から1つ選び、その番号を記せ。

- ① アセチル化によりヒストンの正電荷が増加し、正電荷を帯びた DNA との相互作用が減少することでクロマチン構造が緩むため。
- ② アセチル化によりヒストンの負電荷が減少し、負電荷を帯びた DNA との相互作用が強固になることでクロマチン構造が緩むため。
- ③ アセチル化によりヒストンの負電荷が減少し、負電荷を帯びた DNA との相互作用が減少することでクロマチン構造が緩むため。
- ④ アセチル化によりヒストンの正電荷が減少し、負電荷を帯びた DNA との相互作用が減少することでクロマチン構造が緩むため。

問(3) 下線部(b)について、原核生物の遺伝子発現を説明した以下の文章内の ～ に適切な語句を記入せよ。

大腸菌は を分解するため、ある遺伝子を発現させることでβガラクトシダーゼという酵素を合成する。この酵素により は大腸菌の細胞内で代謝され、代謝産物は と結合する。代謝産物が結合した は に結合できなくなり転写の が される。

問(4) 表1の「PCRによるGFP遺伝子の検出」の結果から、一部の個体でGFP遺伝子が染色体に組み込まれたことがわかる。しかしこれらの個体では、同一個体内のヒレと配偶子でPCRの検出結果が必ずしも同じとはならなかった。この理由を、「ヒレ」、「始原生殖細胞」、「分化」という3つのキーワードを用い5行以内で記せ。

問(5) この実験において、仮に DNA 断片が 1 細胞期の染色体に組み込まれた場合は、すべての細胞の染色体が GFP 遺伝子をもつこととなり、減数分裂を経ることで配偶子の 50 % が GFP 遺伝子を染色体にもった状態となる。このような状態の P_1 個体と野生型との交配から得られる F_1 個体では、約半分の個体の生殖細胞で GFP が発現する。しかし表 1 の「生殖細胞で GFP が発現した個体の数(F_1)」の結果から、この実験では 1 細胞期の染色体へ DNA 断片の組み込みは起こらなかったことがわかる。これらをふまえると、表 1 の No.14 の個体では、何細胞期の 1 つの割球の染色体に DNA 断片が組み込まれたと考えられるか、その細胞期を記せ。ただし、DNA 断片は 1 つの割球内の染色体の 1 箇所には組み込まれず、その組み込みは胚発生の期間において 1 度しか起こらないものとする。また、始原生殖細胞は初期胚のすべての割球由来の細胞集団から、同じ割合で生じるものとする。

問(6) 図 1 において生殖細胞で GFP が発現した F_1 個体のオスとメスを選抜し、これらを交配することで雑種第二代(F_2)を得た。この F_2 個体のうち、生殖細胞で GFP が発現する個体が全体に占める割合をパーセント(%)で答えよ。GFP 遺伝子はメンデルの法則にしたがって遺伝するものとする。

問(7) 問(6)で得られた F_2 個体のオスの中から、GFP の蛍光が観察される精巣と蛍光が観察されない精巣をそれぞれ摘出した。それぞれの精巣からタンパク質を抽出し、電気泳動法によりすべてのタンパク質を分子量にしたがって分離した。その結果、GFP の蛍光が観察された精巣から抽出したサンプルにのみ存在するタンパク質の短い帯(バンド)が確認された。このタンパク質の分子量に最も近い数値を、以下の①～⑧の中から選び、その番号を記せ。ただし、遺伝子 X の翻訳領域は 1,944 塩基対、GFP 遺伝子の翻訳領域は 720 塩基対とする。

- ① 2,600
- ② 7,200
- ③ 12,000
- ④ 26,000
- ⑤ 72,000
- ⑥ 120,000
- ⑦ 260,000
- ⑧ 720,000

問(8) 図1で受精卵に注入したDNA断片を改変し、発現を調節する領域Aと発現を調節する領域Bについて方向性は維持したままその位置を入れ替えた。その後、発現を調節する領域Bのみを取り除いたDNA断片を作製した。このDNA断片を用いて図1と同様の実験を実施した。その結果、PCRによるGFP遺伝子の検出において、配偶子で「陽性」となるP₁個体を得ることができた。さらに、これらの「陽性」と判断されたP₁個体と野生型を交配し、得られたF₁個体を解析したが生殖細胞でGFPが発現する個体はなかった。この理由として正しいものを、以下の①～⑥の中から2つ選び、その番号を記せ。

- ① 発現を調節する領域Aにプロモーター領域が存在しなかったため。
- ② 発現を調節する領域Aがヒストンとともに折りたたまれていたため。
- ③ 発現を調節する領域Aの制御下にGFP遺伝子が存在しなかったため。
- ④ GFP遺伝子のmRNAにtRNAが結合できず、翻訳が起こらなかったため。
- ⑤ GFP遺伝子の開始コドンが認識されず、翻訳が起こらなかったため。
- ⑥ プロモーター領域の位置が適切でなく、GFP遺伝子の転写が起こらなかったため。

2

次の〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕の文章を読み、以下の問(1)～(8)に答えよ。

〔Ⅰ〕 1992年に採択された国際条約である「生物多様性条約(生物の多様性に関する条約)」では、生物多様性を3つのレベル(階層)の多様性として説明している。

人類は、生物多様性によってさまざまな恩恵を受けており、その恩恵は4つのサービスに大別して理解されている。しかしながら、現代ではさまざまな人間活動がその損失を招いている。一例として、人間によって他の地域から意図的あるいは非意図的に移入されて定着した外来生物は、移入先における生物多様性およびそのサービスの重大な損失につながることがある。

問(1) 下線部(a)の3つの多様性を記せ。

問(2) 下線部(b)について、以下の①～⑩の中から適切なものを4つ選び、その番号を記せ。

- ① 需要サービス
- ② 農林水産業サービス
- ③ 基盤サービス
- ④ 個体群サービス
- ⑤ 倫理サービス
- ⑥ 供給サービス
- ⑦ 社会サービス
- ⑧ 調節サービス
- ⑨ 経済サービス
- ⑩ 文化的サービス

問(3) 下線部(c)に関する説明として、外来生物が在来生物に影響を与えて、在来生物の多様性を低下させる可能性がある両者間の関係の例を3つあげ、それぞれ1行で簡潔に記せ。

〔Ⅱ〕 生物多様性の低下を招く人間活動として、土地利用の改変による生物の生息地の分断は、その地域に深刻な悪影響を及ぼすことがある。すなわち、個体群間の構造への影響としては各個体群の が考えられ、個体群内への影響としては各個体群の縮小が考えられる。このような変化は、各個体群において出生率や生存率などの偶発的な変動(人口学的確率性)やアリー効果への影響を招くほか、遺传的にも近交弱勢や遺传的浮動などによる影響を招く可能性がある。

そのほかにも、農業生産活動による過剰な環境負荷が、河川や湖、海の富栄養化をもたらし、その影響として生物多様性の低下につながる例などが知られている。

問(4) 文章内の に当てはまる語句として、以下の①～⑥の中から最も適切なものを選び、その番号を記せ。

- ① 環境汚染
- ② 孤立化
- ③ 遺传的かく乱
- ④ 乾燥化
- ⑤ 階層の単純化
- ⑥ ドーナツ化現象

問(5) 下線部(d)で説明されている影響の具体例を2つあげ、それぞれ1行で簡潔に記せ。

問(6) 下線部(e)の説明として、ある遺伝子座において同一遺伝子型のヘテロ接合(Aa)である近縁個体間の交配を例に用い、近交弱勢が生じるしくみを3行以内で記せ。

問(7) 下線部(f)について、縮小した個体群における遺伝的浮動が生物多様性の低下をもたらす可能性がある例を説明せよ。ただし、図1の模式図に示した遺伝子プールの個体群を例として用い、遺伝的浮動の結果として起こりうる将来世代の遺伝子頻度の構成を記述した上で3行以内で記せ。



(図中のアルファベットは対立遺伝子名)

図1

問(8) 下線部(g)の説明として、どのような農業生産活動による環境負荷が、どのようにして水界の生物多様性を低下させる可能性があるのかを、その原因となる物質の流れと因果関係がわかるように10行以内で記せ。

——このページは白紙——

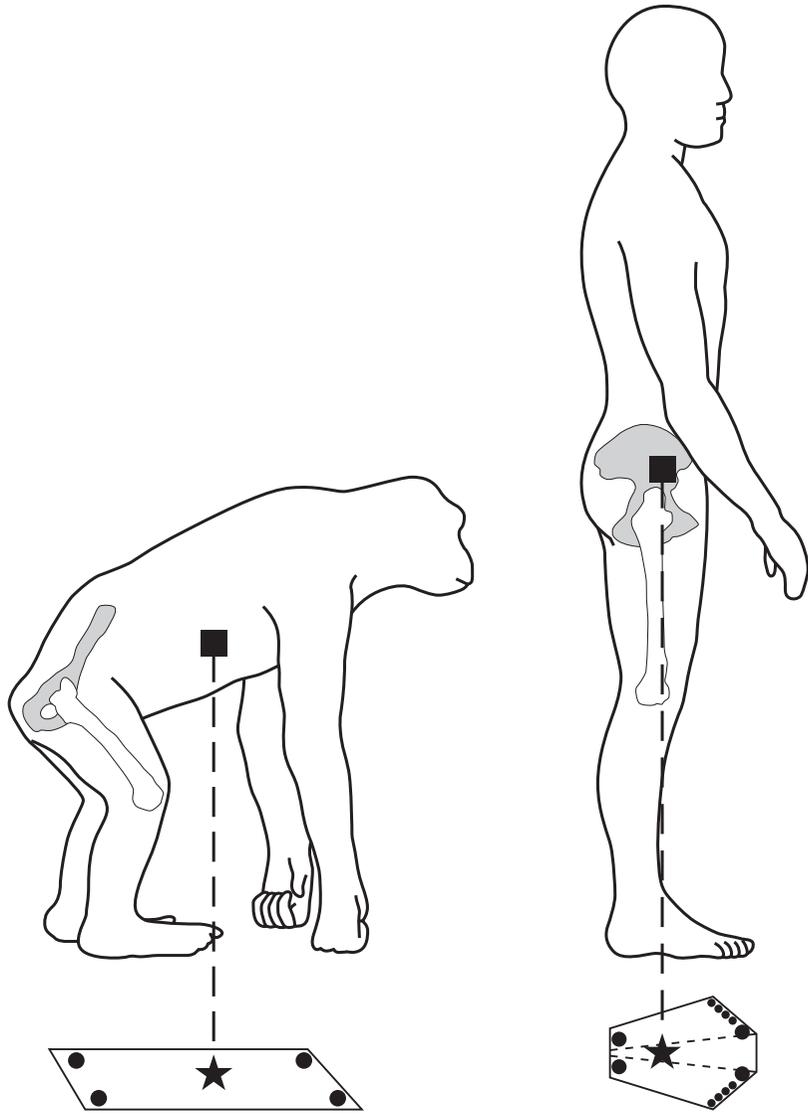
3

次の〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕の文章を読み、以下の問(1)～(9)に答えよ。

〔Ⅰ〕 動物が脚で身体を支えるためには、身体の重心が、身体を支持する脚の接地面で形成される多角形(支持基底面)の領域の真上にあることが必要である(図1)。四足歩行の動物の場合には4本の脚で形成される長方形が比較的大きいため、身体のバランスを保ちやすい。他方、直立二足歩行のヒトは、両足で形成される多角形が小さいため、重心が少しずれるだけで身体のバランスが崩れやすい。しかし、いったんバランスが保てる状態を作り上げられれば、立位姿勢を維持するのに必要な筋肉の活動はわずかで済む。

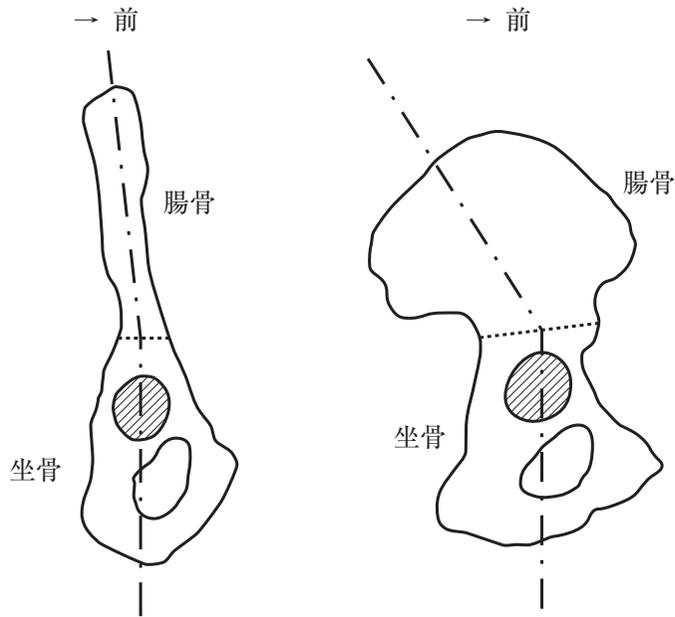
(a) 動物も二足歩行を行えば筋肉の活動量が少なくなるように思われる。しかしチンパンジーが2本脚で直立する際の筋肉の活動量は、直立二足歩行のヒトよりもはるかに多い。ヒトは股関節(骨盤と大腿骨(太ももの骨)とでつくられる関節)と膝関節(大腿骨と脛骨(すねの骨)とでつくられる関節)を伸ばした状態で直立できるが、チンパンジーは股関節を伸ばすことができない。それは、チンパンジーの骨盤を横から見ると、骨盤の上半分(腸骨)と下半分(坐骨)とが直線的であるため(図2)、股関節を伸ばしてしまうと骨盤と後肢の骨を結ぶ筋肉の収縮力が股関節に対して作用しにくくなってしまうからである。この筋肉は歩いたり走ったりする時の推進力の主体となる重要な筋肉であり、この筋肉の収縮力を効率良く発揮させるためには常に股関節を曲げて坐骨の後方部分を股関節から後ろに遠ざけなければならない(図3)。そうすると身体のバランスを取るために膝関節を曲げる必要があり、さらに身体にはたらく重力によってこれらの関節が曲がり過ぎないようにするための筋肉を持続的に収縮させておかなければならず、総じて筋肉の活動量が多くなってしまう。

ヒトの骨盤を横から見ると、チンパンジーよりも腸骨が坐骨よりも後方に倒れ込み、また坐骨の前後の長さが長くなっている。このため坐骨と大腿骨との関係に影響を与えることなく脊椎を直立に保つことが可能となっている。(d)



(注) 立っている時に身体が床と接する中心点(●)を囲むような多角形(支持基底面)を模式的に示した図。■は身体の重心, 破線は重心を通る鉛直線(水平面に対して垂直な線)で, ★は重心が支持基底面に投影された点をそれぞれ示す。

図1



(注) チンパンジーの骨盤(左の図)とヒトの骨盤(右の図)を横から見た模式図(縮尺は同じではない)。いずれも図の右方が身体の前を示す。点線(.....)は骨盤の上部と下部との境界を示し、腸骨と坐骨の軸を鎖線(- · -)で示す。斜線部分(⊗)は骨盤に大腿骨の上端がはまり込み、股関節を作る部分である。

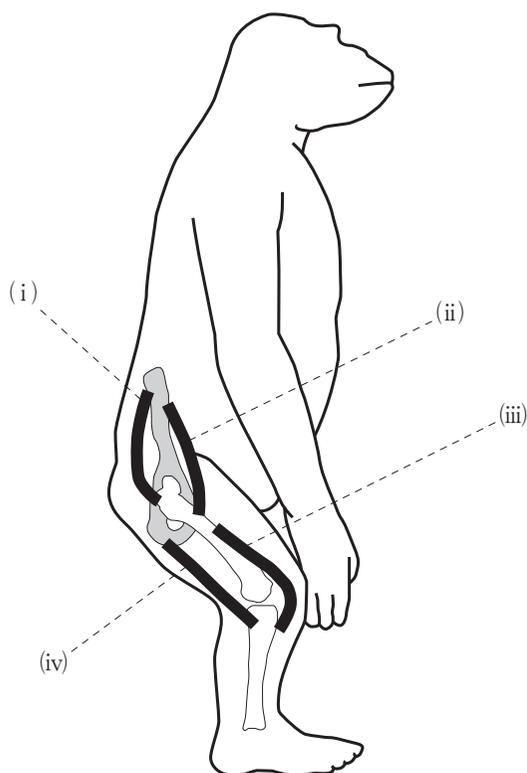
図 2

問(1) 下線部(a)について、活動を開始した骨格筋には、収縮するために必要なATPを産生するしくみとして、1. 呼吸、2. 解糖、および3. クレアチンリン酸を利用する方法、の3つが備わっている。筋細胞におけるATP産生の3つのしくみの違いについて、ATP産生効率の差を対比させてそれぞれ3行以内で記せ。

問(2) 下線部(b)の筋肉は図3で示した筋肉(i)~(iv)のどれと考えられるか。1つ選んで記号を記せ。ただし、問(2)と問(3)に関しては、筋肉が関節を上下前後方向に動かすはたらきだけを考慮し、左右方向に動かすはたらきは無視するものとする。

問(3) 下線部(c)の筋肉は図3で示した筋肉(i)~(iv)のうちのどれと考えられるか。その組み合わせとして最も適切なものを①~⑥の中から1つ選び、その番号を記せ。

- ① (i) と (ii) ② (i) と (iii) ③ (i) と (iv)
④ (ii) と (iii) ⑤ (ii) と (iv) ⑥ (iii) と (iv)



(注) 二足歩行のチンパンジーを横から見た模式図。

- (i)の筋肉は、腸骨の後面と大腿骨とを結び、股関節の後を通る。
(ii)の筋肉は、腸骨の前面と大腿骨とを結び、股関節の前を通る。
(iii)の筋肉は、大腿骨と脛骨とを結び、膝関節の前を通る。
(iv)の筋肉は、坐骨と脛骨とを結び、膝関節の後を通る。

図3

問(4) 下線部(d)に関しては、脊椎と下肢との関係だけでなく、脊椎と頭部との関係にも構造的な変化が生じた。頭部自体に起こった形態の変化、脊椎と頭部との位置関係の変化、脊椎自体に起こった形態の変化に分けて、変化のようすとその理由として考えられることをそれぞれ3行以内で記せ。

〔Ⅱ〕 現在地球上に生きている現生人類は、すべて という学名で表される単一種である。しかし現生人類に至る進化の過程では、さまざまな化石人類がいたことが知られている。

最古の化石人類の出現はおよそ700万年前にさかのぼると推測されており、さらに と同一の属に分類される初期のヒト属は、およそ300万～200万年前に東アフリカで から分岐したと考えられている。またおよそ40万年前に祖先から分岐したとされるネアンデルタール人は、およそ3万年前までヨーロッパや西アジアに分布していた。^(e) 一方、約35万～20万年前にアフリカに出現した現生人類は、およそ10万年前にはアフリカ大陸を出て世界中へ拡散を始めた。

問(5) 文章内の に当てはまる学名を、二名法を用いて記せ。

問(6) 文章内の に当てはまる化石人類の名称を記せ。

問(7) 図4は現生人類(ヒト)の進化を示した系統樹である。図中のa, d, e, fに当てはまるものを下の①~④の中から1つずつ選び, その番号を記せ。ただし図は分岐の順番だけを示しており, 分岐の年代は反映されていない。

- ① チンパンジー ② キツネザル ③ メガネザル ④ ツパイ

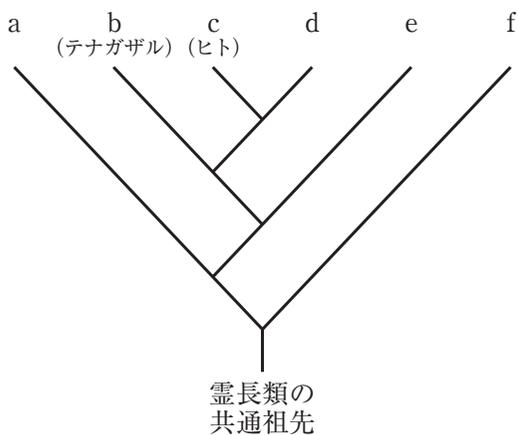


図4

問(8) 図5は図4の系統樹を描き直したものである。図4と図5とが同じ系統関係を表すように, ~ に図4のa~fを当てはめ, その記号を記せ。

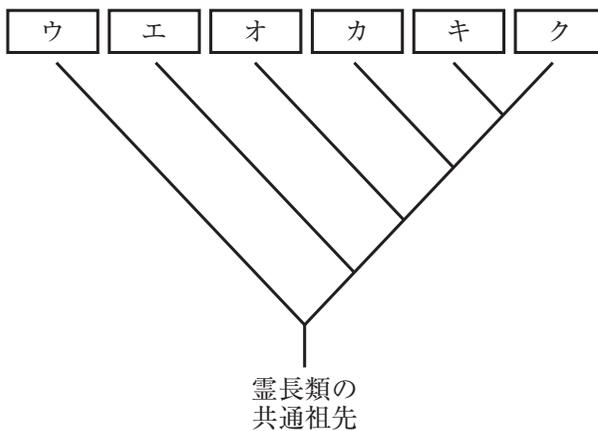


図5

問(9) 下線部(e)に関し，ネアンデルタール人は，現生人類と系統的にどのような関係にあったとされるか，3行以内で記せ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——

地 学

1 次の文章を読み、以下の問1～6に答えよ。

今から138億年前、宇宙は特異点からの急激な膨張によって誕生した(ビッグバン)。宇宙誕生から10万分の1秒後、宇宙の温度は1兆Kで、陽子や中性子が生まれた。3分後、宇宙の温度は Kで、陽子(水素の原子核)と中性子からヘリウムの原子核が作られた。約38万年後、宇宙の温度は3000Kで、電子と陽子、また電子とヘリウム原子核が結合して、それぞれ水素原子やヘリウム原子となった。これ以降の宇宙は、電磁波を使って観測可能になった。この現象を ^(a) という。このときに宇宙のあらゆる方向から放出された電磁波がわれわれのところに届いて観測されるのが、 であり、約3Kの ^(b) 温度に相当する放射として観測される。このようにして誕生直後の初期宇宙で水素、ヘリウム、リチウム、ベリリウムなどの軽元素が生成された。およその存在比率は、個数比で水素が %、ヘリウムが % である。

しかし、それらより重い元素である、炭素、窒素、酸素、ケイ素、鉄などの重元素は、全て恒星の内部や大質量星の最後である超新星爆発によって合成された。恒星の中心部は非常に高温で、 Kを超えると核融合によって水素がヘリウムに合成され、さらに Kを超えるとヘリウムが炭素や酸素に合成される。恒星進化の末期に、質量放出や超新星爆発によって恒星内部の重元素が外に放出され、星間ガスと混ざる。重元素に汚染された星間ガスが重力収縮して、次世代の恒星が生まれるため、恒星の重元素含有率(重元素量)は少し大きくなる。それらの恒星はまた内部で新たに重元素を合成し、進化末期に金属を星間ガスに吐き出す。これらの過程を繰り返すことで、銀河内の星間ガスとそこ ^(c) から生まれる恒星の重元素量は時間とともに増加していく。これを銀河の化学進化という。

宇宙全体の構成要素を見ると、陽子、中性子、電子から作られる元素などの物質の質量割合は % であり、ダークマターが % である。残りがダークエネルギーとなっている。

問 1 , に適切な語句を入れよ。

問 2 ~ に、それぞれ最も適切な温度の値を、次の中から選んで解答欄に記入せよ。

{ 1 万, 10 万, 100 万, 1000 万, 1 億, 10 億, 100 億, 1000 億 }

問 3 ~ に、それぞれ最も適切な割合の値を、次の中から選んで解答欄に記入せよ。

{ 2, 5, 8, 16, 27, 34, 45, 55, 66, 76, 84, 92, 98 }

問 4 下線部(a)に関して、誕生後約 38 万年までの宇宙は、どうして電磁波での観測が不可能であったのか、2 行以内で説明せよ。

問 5 下線部(b)に関して、本来の温度である 3000 K よりもずっと低い 3 K の温度に相当する放射として観測されるのはなぜか、2 行以内で説明せよ。

問 6 下線部(c)に関して、太陽近傍の主系列星を分光観測し、重元素量を測定すると、B ~ A 型星と、G ~ K 型星とでは、重元素量の平均値に違いが見られる。どのような違いが見られるか、その理由とともに 5 行以内で説明せよ。

2

次の問1～4に答えよ。

問1 地球の形をジオイドとよばれる球形に近い曲面で表すことがある。地球全体のジオイドはどのように定義される面か，3行以内で述べよ。

問2 ジオイドの形に最も近い回転^{だえん}楕円体を地球楕円体とよぶ。地球楕円体の赤道半径を a ，極半径を b ，それらの平均値(平均半径)を R ，偏平率を f とする。次の問(1)～(3)に答えよ。

(1) 地球楕円体の偏平率に最も近い値を次の中から選んで解答欄に記入せよ。

{1/500, 1/400, 1/300, 1/200}

(2) a と b それぞれを， R と f を用いて表せ。

(3) 地球の自転の角速度が小さくなった場合，偏平率 f はどのようなになるか，2行以内で説明せよ。

問3 日本付近において測定した重力にフリーエア補正を行い，重力異常を調べると，海溝に沿って帯状に顕著な負の重力異常が見られる。その理由を3行以内で説明せよ。

問4 地球深部の3次元的な構造を推定する方法の一つとして，地震波トモグラフィーがあげられる。地震波トモグラフィーの原理について，3行以内で説明せよ。

——このページは白紙——

3 次の文章を読み、以下の問1～5に答えよ。

海嶺軸でつくられた海洋プレートは水平方向へ移動し、収束境界にて地球内部へと沈み込んでいく。^(a)沈み込んだ海洋プレートは直上のマントル領域でのマグマの発生を促し、そのマグマが地表へ噴出することで火山が形成される。そのため、沈み込み帯では海溝と平行に火山が帯状に分布し、その分布の海溝側の限界線を という。沈み込んだ海洋プレートを構成している岩石や堆積物は沈み込み境界の深部まで持ち込まれ、広域変成作用により 型の変成岩がつくられる。また、地下で生じたマグマがゆっくりと冷えることで下部地殻がつくられる。下部地殻が部分溶融(部分融解)することでできたマグマが結晶分化作用をくり返すと流紋岩質マグマとなり、このマグマが冷却・固化することで大陸地殻の主体をなす花こう岩がつくられる。^(b)

問1 , に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、次の問(1), (2)に答えよ。

(1) 海洋プレートの厚さとして最も適切な数値を次の中から選んで解答欄に記入せよ。ただし、単位は km である。

{ 50, 200, 300, 500 }

(2) 海洋プレートは、地殻とマントル最上部からなるリソスフェアに対応する。リソスフェアの下層はアセノスフェアとよばれる。リソスフェアとアセノスフェアの境界は何が異なる境界か、1行で説明せよ。

問 3 プレートが沈み込む境界では広い範囲にわたって変成作用が起こることがあり、その変成作用を広域変成作用とよぶ。これに対して、非常に狭い範囲でホルンフェルスなどが形成されるような変成作用を何というか、その名称を解答欄に記入し、そのような変成作用が起こる原因を2行以内で説明せよ。

問 4 下線部(b)に関して、次の問(1)、(2)に答えよ。

(1) 花こう岩に含まれる無色鉱物を3つ、解答欄に記入せよ。

(2) 花こう岩の化学組成の特徴を1行で説明せよ。

問 5 西南日本の基盤岩の構造の特徴について、次の語句をすべて用いて3行以内で説明せよ。

{ 海洋プレート, 東西, 付加体 }

4

次の文章を読み、以下の問1～4に答えよ。

地球に入射する太陽放射のうち、約30%は大気圏外へ反射され、約20%は大気や雲に吸収され、約50%は地表に吸収されると見積もられている。入射量に対する反射量の比をアルベド(反射率)という。アルベドは、値が大きいほど反射率が高く、地表の状態によって異なる。

大気圏下層の温室効果ガスは、赤外線を主とする波長の長い地球放射をよく吸収し、地表から放出された地球放射エネルギーを地表と大気圏外の双方向に再度放出することにより、対流圏下層の気温を高く保つはたらきをしている。原始地球の大気に多量に含まれていた温室効果ガスの二酸化炭素は、現在では大気中のわずか0.04%である。これは、大気中の二酸化炭素が長期間にわたって大気圏・水圏・岩石圏を循環する間に、岩石圏に固定されたためである。近年のハワイ島マウナロア山での観測によると、大気中の二酸化炭素濃度には、経年変化と季節変化がみられる。

問1 下線部(a)に関して、北半球では、第四紀に何度か訪れた氷期に、中緯度まで広く氷床に覆われていたことが知られている。氷期において、地表に吸収される太陽放射は現在と比較してどうであったか、また、そのような変化は地表面温度にどのように作用したか、理由を含め、次の語句をすべて用いて2行以内で説明せよ。

{アルベド, 面積}

問2 地球温暖化の進行によって熱帯～亜熱帯の温暖湿潤な地域が現在よりも拡大した場合、化学的風化の進みややすさはどのように変化し、その結果、地球上の炭素の循環にどのような影響を及ぼすか、2行以内で説明せよ。

問3 下線部(b)に関連して、原生代の初期に海水や大気中の酸素濃度が急激に増加した。その要因を、次の語句をすべて用いて3行以内で説明せよ。

{有機物, 光合成, 分離, 消費}

問 4 下線部(c)に関して，北半球の大気中の二酸化炭素濃度は1年の中でどのような季節変化を示すか，その主な要因を含め，4行以内で説明せよ。

5 次の問1～4に答えよ。

問1 地球は太陽系のハビタブルゾーン内に存在する惑星である。地球に生命が誕生し、存在できている理由について、次の語句をすべて用いて6行以内で説明せよ。

{ 距離, 質量, 太陽 }

問2 白亜紀の気温は現在よりも高かったと考えられている。現在よりも気温が高くなった理由について、2行以内で説明せよ。

問3 かんらん石などの造岩鉱物は固溶体である。固溶体について、次の語句をすべて用いて3行以内で説明せよ。

{ 化学組成, 温度, 圧力 }

問4 彗星にはイオン(ガス)の尾と塵(ダスト)の尾があり、それぞれが太陽と反対の方向にのびる。彗星の2種類の尾のそれぞれが太陽と反対の方向にのびる理由について、あわせて5行以内で説明せよ。

