

平成 27 年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理	1～11
化 学	12～26
生 物	27～48
地 学	49～56

注 意 事 項

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

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、摩擦のある水平な床の上に置かれた質量 M [kg]、長さ $2L$ [m] の密度が一様な剛体の台の片方を重さの無視できるワイヤーで天井に固定してすべり台を作り、物体をすべらせる実験を行う。すべり台の左端を O 端、右端を A 端、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

ただし、図1の床に沿った方向を x 軸、それに垂直な方向を y 軸とし、すべり台は図のように x - y 平面内で原点 O を中心として回転するだけで、水平および鉛直方向の移動はないものとする。また、すべり台の厚さは無視できるものとする。

I 図1のように、ワイヤーによって A 端を床から持ち上げ、すべり台と床とのなす角度が θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) となったところで静止させた。このとき、すべり台につながれたワイヤーの張力の大きさ T [N] を次の(1)から(6)の手順にしたがって求めよ。ただし、すべり台の延長線とワイヤーのなす角度は α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) であり、 $0^\circ < \alpha + \theta < 90^\circ$ とする。

(1) A 端において、すべり台 OA に対して垂直な力の成分とすべり台 OA に対して平行な力の成分をそれぞれ T 、 α を用いて表せ。

(2) すべり台が O 端において床から受ける鉛直上向きの抗力を N [N] としたとき、すべり台にはたらく鉛直方向の力のつり合いの関係を考慮して、 N を T 、 L 、 M 、 g 、 θ 、 α のうち、必要なものを用いて表せ。

(3) O 端において、すべり台が床から受ける摩擦力の大きさ F [N] を T 、 θ 、 α を用いて表せ。また、摩擦力の向きは x 軸の正あるいは負、いずれの向きかを答えよ。

- (4) O 端を中心とした重力によるモーメントの大きさを L, M, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (5) O 端を中心としたワイヤーの張力 T によるモーメントの大きさを T, L, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (6) (4)と(5)から、ワイヤーに加わる張力の大きさ T [N] を L, M, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。

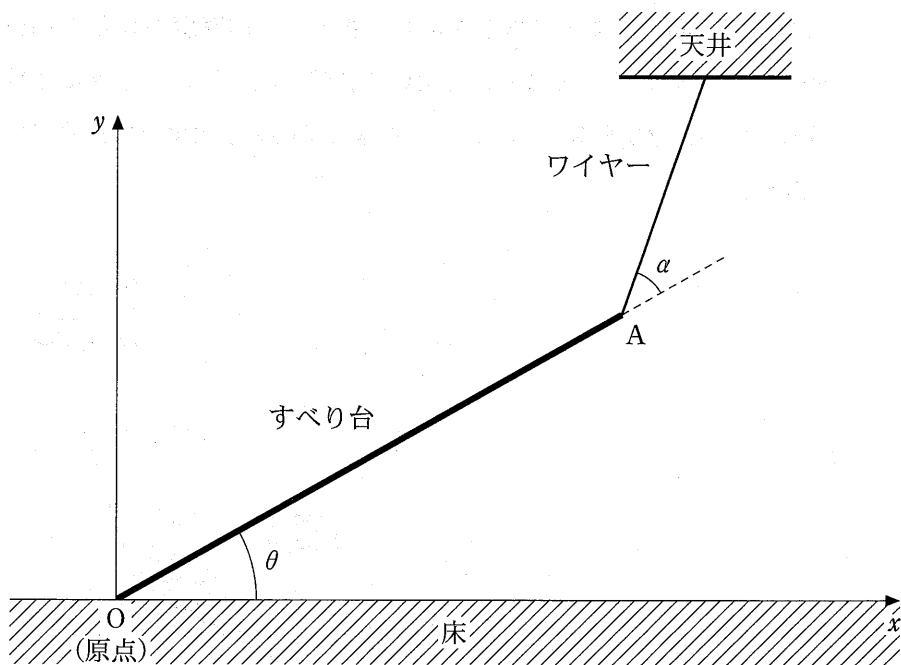


図 1

II 次に、図2に示すようにすべり台の傾きを θ に保ったまま、すべり台のA端側の斜面上に大きさの無視できる物体を静かにのせる実験を行った。

(7) 質量 m_1 [kg]の物体1をのせた場合には、物体は斜面上をすべらずそのまま静止し続けた。物体1とすべり台との間に働く静止摩擦係数を μ とした場合、物体1がすべり台の上で静止し続けるための μ の条件を θ を用いて表せ。

(8) 次に、物体1を斜面から降ろし、質量 m_2 [kg]の物体2をのせると、斜面に沿って下向きにすべり落ち始めた。物体2の加速度の大きさ a [m/s²]を m_2 、 g 、 θ 、 μ' から必要なものを用いて表せ。ただし、 μ' は物体2がすべり落ちる間の動摩擦係数であり、すべり落ちる間の空気抵抗は無視できるものとする。

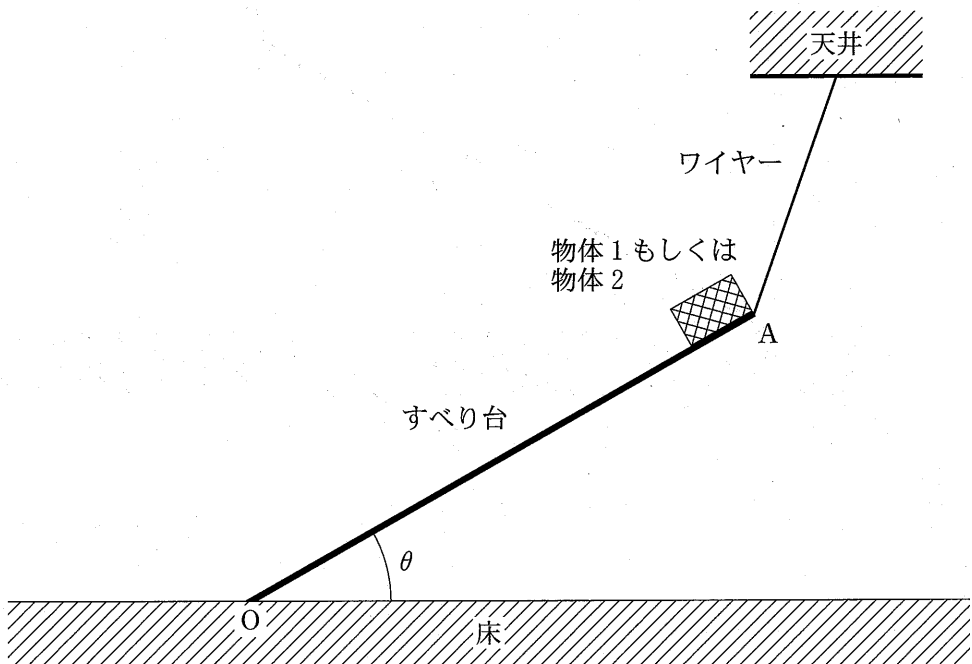


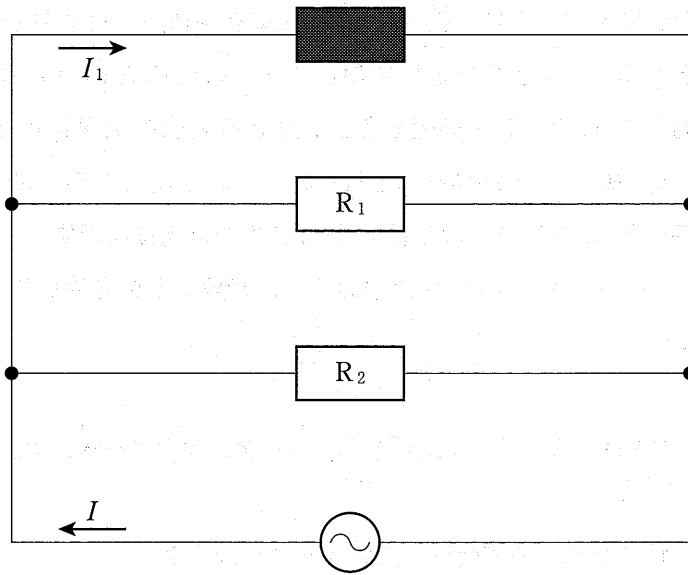
図2

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1は、抵抗 R_1 、 R_2 ならびに \blacksquare の箇所の一つの素子(抵抗、コンデンサーのいずれか一つ)と実効値 200 V、周波数 60 Hz の交流電圧を発生する電源から構成された回路である。ただし、 R_1 および R_2 の抵抗値はどちらも 2.0Ω であり、電源から流れ出る電流を I 、 \blacksquare の素子に流れる電流を I_1 とする。以下の (ア) から (ク) の空欄を適当な数値または語句で埋めよ。ただし、 $\sqrt{2}$ を 1.41、 $\sqrt{3}$ を 1.73、 π を 3.14 とする。 (ア) と (カ) には「遅れる」、「進む」、「等しい」のいずれかの語句を記入し、(オ) は、 $0^\circ \leq$ (オ) $\leq 180^\circ$ の範囲で解答せよ。

(1) \blacksquare に抵抗値 2.0Ω の抵抗を挿入する。交流電源の電圧の位相と比較して、電流 I_1 の位相は (ア) である。この時、電流 I 、 I_1 の最大値は、それぞれ (イ) A、(ウ) A であり、 \blacksquare の抵抗で消費される電力は (エ) W である。

(2) 次に、 \blacksquare の抵抗を外して、そのかわりに電気容量(静電容量) $3.0 \times 10^{-5} \text{ F}$ のコンデンサーを挿入する。交流電源の電圧の位相と電流 I_1 の位相のずれは (オ) であり、交流電源の電圧の位相と比較して、電流 I_1 の位相は (カ) である。また、コンデンサーに流れる電流の実効値は (キ) A であり、コンデンサーで消費される電力は (ク) W である。



交流電源

图 1

II 図2に示すように、正の荷電粒子(質量 m [kg], 電気量 q [C], $q > 0$)が、 x 軸上を真つすぐ正の向きに運動してきて原点 O を v_0 [m/s] の速さで通過したのち、点 A , B , C を通過した。 x 軸上の電位の様子は図3のように示される。 A , B , C の x 座標を、それぞれ x_A , x_B , x_C とする。また、原点 O を電位の基準とし、図3中の V_E は A から B までの電位を示す。

m , q , v_0 , x_A , x_B , x_C , V_E のうち、必要なものを用いて、以下の各問に答えよ。

(ケ) OA 間, AB 間, および BC 間の電界の大きさを求めよ。

(コ) 粒子が OA 間で受ける力の大きさを求めよ。

(サ) 粒子が A を通過するときの速さを求めよ。

(シ) 粒子が A から B まで進むのに要する時間を求めよ。

(ス) 粒子が C を通過するときの速さを求めよ。

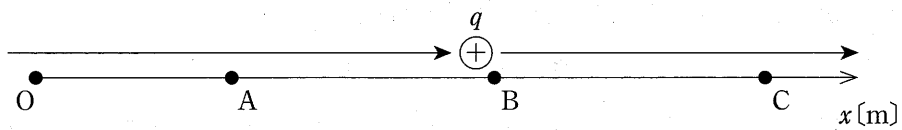


图 2

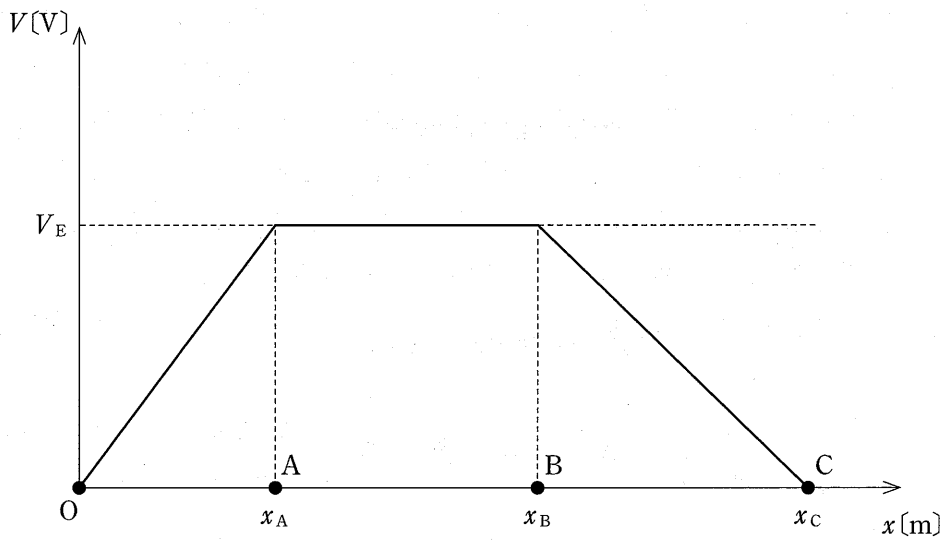


图 3

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

わずかに音の高さの異なる2つのおんさ(おんさAとおんさBとする)の音が太郎君に聞こえていて、うなりが生じていた。太郎君がうなりで音が大きくなる回数を数えたところ、その回数は毎秒1回であった。

太郎君は、「山と山の位置がぴったり重なって、だんだんずれて1秒後にまた山と山の位置がぴったり重なるということであなりが起きている。そうであれば1秒間に1個分山がずれたということなので、1秒間に到着する山の数に1個だけ異なる。1秒間に山から山までが何回到着するかが振動数なので、これは振動数が1 Hz異なるということを示している」と考えた。そこで太郎君は、「実際にはこんなに低い音は聞こえないが、原理を考えるためだ」と思って、おんさAからの音波は太郎君の耳のところで振動数が4 Hzの正弦波であるとして、その1秒分を図1の上段に描き、つぎに4 Hzよりも1 Hz低い3 Hzの正弦波を図1の下段に描いた。

ところが、図1では太郎君が考えたような山と山の位置がぴったりと重なるということは起こっておらず、太郎君の考えとは少し異なっている。

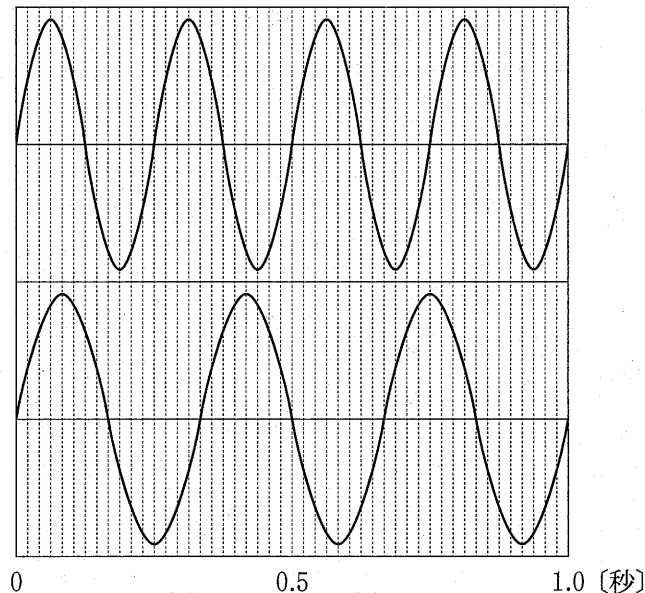


図1

- (a) 答案用紙に示した 4 Hz の正弦波の 1 つ目の山に、1 つ目の山の位置がぴったりと重なる 3 Hz の正弦波を $\frac{1}{3}$ 秒分、答案用紙に記せ。波形は山の位置、谷の位置、変位が 0 の位置については正確に、それ以外はおおよその形で構わないものとする。
- (b) 実際の音波でも図 1 のように、山と山の位置がぴったりと重なることがない場合があると考えられるが、そのときうなりは生じるか。「生じる」、「生じない」で答えよ。
- (c) 図 1 の上段の振動を引き起こした波の式を示せ。ただし、座標としては、おんさから太郎君の耳へ向かう x 軸のみを考え、太郎君の耳の位置を原点とする。時間は図 1 の左端の位置を原点とし、秒を単位とする。変位 y を、座標 x 、時間 t 、音速 v 、振幅 A の式で表すことにし、答案用紙の枠内を埋めよ。 π は円周率である。
- (d) 次に、急に風が吹いてきて、最終的に音速の $\frac{1}{100}$ の速度で空気が 2 つのおんさから太郎君の方向に移動している状態になった。うなりの数は毎秒何回となるか。ただし、2 つのおんさの実際の振動数はわかっていないものとし、2 つのおんさ間の距離は太郎君とおんさの間の距離に比べて十分小さいものとする。
- (e) 次に風はおさまり、空気の移動はなくなったが、今度は 2 つのおんさが移動をはじめ、両方とも音速の $\frac{1}{100}$ の速度で太郎君の方向に移動するようになった。このときのうなりの数は毎秒何回となるか、既約分数で答えよ。ただし、2 つのおんさの実際の振動数はわかっていないものとし、2 つのおんさ間の距離は太郎君とおんさの間の距離に比べて十分小さいものとする。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

120 万 kW を発電する火力発電所がある。この火力発電所では、燃焼によって発生した熱エネルギー Q_h のうち 14 % は煙突などから失われ、残りの熱エネルギー Q_1 が熱機関に伝えられる。熱機関では、受け取った熱エネルギー Q_1 の 47 % が仕事 W に変換され、残った熱エネルギー Q_2 は排熱として放出される。熱機関で得られた仕事 W は発電機で電気エネルギー E_e に変換され、その変換効率は 99 % である。また、この火力発電所で 120 万 kW を発電しているとき、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーを排熱として放出している。

(a) この火力発電所において、燃焼によって発生した熱エネルギー Q_h のうち、何%が電気エネルギー E_e へ変換されたか、小数点第 1 位まで求めよ。

(b) 下の文章は、この火力発電所で 120 万 kW を発電しているときに、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーが排熱として放出されることを説明している。 (a) および (b) に入る数字を整数で答えよ。ただし、排熱とは問題文中の Q_2 のことである。

問題文より、この火力発電所の熱機関からは 1 秒間あたり (a) 万 kJ の仕事を取り出される。一方、この発電所の熱機関は 1 秒間あたり (b) 万 kJ の熱エネルギーを受け取っており、熱力学の第一法則から、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーが排熱として放出される。

- (う) この火力発電所では、海水を海から取り込み、その海水で熱機関を冷却し、海に戻している。この熱機関が1秒間あたり137万kJの熱エネルギーを排熱として放出しているとき、冷却に用いられる海水の温度は、海から取り込まれて海に戻されるまでに5.90 K上昇していた。このとき、冷却のために取り込まれる海水の質量は毎秒何 kg か求めよ。ただし、熱機関の作業物質と海水は互いに混じり合うことはなく、排熱はすべて海水に伝えられ、海水の蒸発は起こらないものとする。また、海水の比熱は $3.93 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ とする。
- (え) (う)の問題で、十分な量の冷却水を海から取得できない場合に、水の蒸発を利用して、放出される排熱の冷却をおこなうことを考える。放出された排熱すべてが水の蒸発熱によって除去される場合、蒸発させる水の質量は毎秒何 kg か求めよ。ただし、この時の水の蒸発熱を $2.41 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ とする。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Cl = 35.5, K = 39.1, Mn = 54.9, Cu = 63.6, Zn = 65.4, Au = 197。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章Ⅰと文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

原子中の電子は、原子核の周りのいくつかの電子殻に分かれて存在している。原子核に最も近い電子殻を **ア** 殻とよぶ。各電子殻に収容される電子の数には限度があり、内側から n 番目の電子殻には最大 **A** 個の電子を収容できる。原子から電子1個を取り去って1価の陽イオンにするために必要な最小のエネルギーを **イ** という。一般に **イ** が小さい原子ほど陽イオンになりやすい。一方、原子が最外殻に電子1個を受け取って1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを **ウ** という。陽イオンと陰イオンがクーロン力により互いに引き合って結びつく化学結合をイオン結合という。一方、原子どうしが 価電子 を出し合い、共有してつくられる結合を共有結合という。原子の最外殻^①電子のうち、共有結合に使われない電子対を **エ** という。

(文章Ⅱ)

第3周期の元素の単体と水との反応を調べると、18族の元素を除き、周期表の両端側の元素が反応性に富み、中央部の元素は反応性に乏しいことがわかる。例えば、塩素は水に溶かすとその一部が反応して、**B** と **C** を生じる。^②**C** は弱酸であるが、強い酸化作用がある。一方、ケイ素やリンは水とは反応しにくい。リンは、植物の肥料の三要素の一つであり、リン肥料として使われる過リン酸石灰は、**D** と硫酸カルシウムの混合物である。

問 1 文章 I 中の ~ に入る適切な語句を記せ。

問 2 文章 I 中の に入る適切な電子数を整数 n を用いて表わせ。

問 3 文章 I 中の下線部①の価電子について、次の(a)~(c)の原子の価電子数を記せ。

(a) B (b) Ne (c) P

問 4 ネオン原子と同じ電子配置を持つ原子番号 8 から 13 までの原子のイオンで比べると、原子番号が大きくなるほどイオン半径は小さくなる。その理由を 60 字以内で述べよ。

問 5 文章 II 中の ~ に入る適切な化合物の化学式を記せ。

問 6 文章 II 中の下線部②の塩素は、さらし粉と塩酸、あるいは高度さらし粉と塩酸との反応により発生させることができる。どちらか一方の化学反応式を記せ。

2 市販のオキシドール中の過酸化水素の濃度を調べるために実験1と実験2を行った。問1～問9に答えよ。

(実験1) 過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液の調製と正確な濃度測定

シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を正確に 2.52 g はかりとり、純水に溶かして 200 mL の に移した。純水を標線まで加えてよく振り混ぜ、シュウ酸標準液とした。過マンガン酸カリウム約 0.6 g をはかりとり、約 200 mL の純水を加えて完全に溶かし、過マンガン酸カリウム水溶液とした。シュウ酸標準液 10.0 mL を を用いてコニカルビーカーにとり、3 mol/L 硫酸水溶液 20.0 mL と純水を加えて計 50.0 mL とし、80 °C に加温した。この溶液に を用いて 過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、薄い赤紫色が残って消えなくなったところで滴下量を読みとった。滴定操作を3回繰り返した結果、滴下量の平均値は 20.00 mL であった。

(実験2) 市販のオキシドール中の過酸化水素の濃度測定

市販のオキシドール 10.0 mL を を用いて にとり、純水を加えて 100 mL とした。この液 10.0 mL を を用いてコニカルビーカーにはかりとり、3 mol/L 硫酸水溶液 20.0 mL と純水を加えて計 50.0 mL とし、実験1で調製した過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。滴定操作を3回繰り返した結果、要した過マンガン酸カリウム水溶液の平均値は 18.00 mL であった。

問 1 文章中の **A** ~ **C** に入る適切な器具を，次の図 1 の(ア)~(オ)からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。また，それらの名称も答えよ。

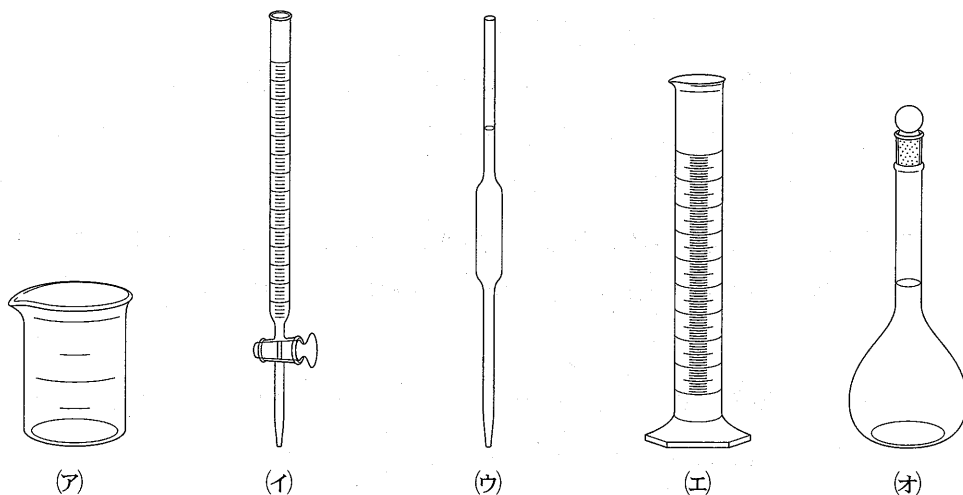


図 1

問 2 器具 **A** ~ **C** のうち，この実験において内部が純水でぬれたまま使用してもよいものをすべて選び，図 1 の(ア)~(オ)の記号で答えよ。また，その理由を 40 字以内で答えよ。

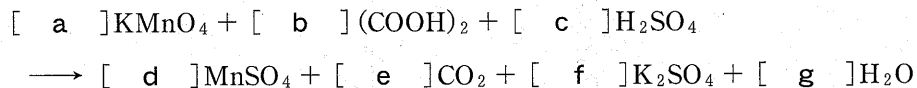
問 3 シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ の電子式を例にならって記せ。



問 4 下線部①のシュウ酸標準液の濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で求めよ。

(問題は，次ページに続く。)

問 5 下線部②の過マンガン酸カリウム水溶液とシュウ酸水溶液との酸化還元反応は、次式のように表わされる。[a]~[g]にそれぞれ適切な係数を入れよ。ただし、係数が1の場合は解答欄に1と記せ。



問 6 調製した過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度[mol/L]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。

問 7 下線部③における過マンガン酸イオンおよび過酸化水素の反応をそれぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

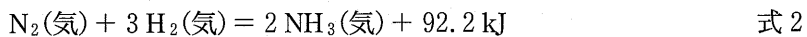
問 8 下線部③の反応を化学反応式で記せ。

問 9 実験2で用いた市販のオキシドール中の過酸化水素の質量パーセント濃度を求めよ。ただし、市販のオキシドールの密度は1.0 g/mLとする。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

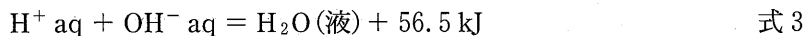
25℃の水のイオン積 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$, $\sqrt{2} = 1.4$,
 $\sqrt{2.3} = 1.5$, $\sqrt{23} = 4.8$ 。

アンモニアは、工業的にはハーバー・ボッシュ法で、**A** を主成分とする触媒を用いて窒素と水素から合成される。この反応は式1で示すように可逆反応であり、かつ、式2の熱化学方程式で表わされるように **ア** 反応である。



したがって、平衡状態でのアンモニアの生成量を多くするためには、反応温度をより **イ** し、気体の圧力をより **ウ** することが望ましい。一般に、可逆反応が平衡状態にあるとき、濃度、圧力、温度などの条件を変化させると、その変化の影響を和らげる向きに反応が進み、新しい平衡状態になる。これを **エ** の原理という。

また、水素イオンと水酸化物イオンの中和反応も、式3で表わされる **ア** 反応である。



アンモニアは、塩化アンモニウムと水酸化カリウムの混合物を加熱して発生させ、^①上方置換で捕集することでも得られる。アンモニアは水に非常によく溶け、その一部が水と式4のように反応するので、アンモニア水溶液(アンモニア水)は弱塩基性を示す。



なお、アンモニア水を利用すると、水溶液に含まれる種々の金属陽イオンの分
②
離と確認ができる。

問 1 文章中の **A** に入る適切な物質名を答えよ。ただし、化学式で答えてもよい。また、**ア** ~ **エ** に入る適切な語句を記せ。

問 2 窒素 2.5 mol と水素 2.0 mol を 1.0 L の密閉容器に入れ、温度 T (K) に保つと、アンモニアが 1.0 mol 生成して平衡状態になった。これに関して、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) この温度 T (K) における平衡定数 K (濃度平衡定数) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、解答は有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。
- (2) 触媒を用いていない条件で、密閉容器中のアンモニアの生成量の時間変化を測定すると、図 1 の(a)で示す結果が得られた。触媒を用いて同条件で実験を行うと、どのような結果が得られると予想されるか。最も確からしい結果を図 1 の(a)~(e)の中から選び、記号で答えよ。ただし、用いた触媒はごく微量で、その量は無視できる。

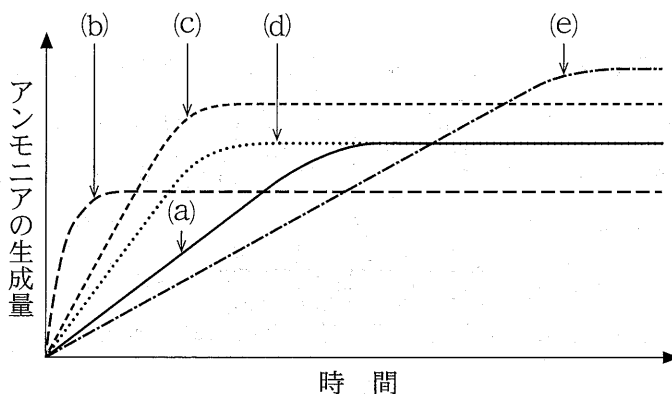


図 1 アンモニアの生成量の時間変化

(問題は、次ページに続く。)

問 3 式 2 の反応熱と表 1 の結合エネルギー [kJ/mol] の値を用いて、窒素の $\text{N}\equiv\text{N}$ の結合エネルギー [kJ/mol] を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

表 1 結合エネルギーの値

結合の種類	結合エネルギー [kJ/mol]
H—H	436
N—H (NH_3)	391

N—H (NH_3) は、 NH_3 中の N—H 結合を表わす。

問 4 式 3 を参考にして、水の pH について、次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 25 °C の水を 50 °C に温めたとき、その水の pH を説明する適切な文章を次の(a)~(c)の中から選び、記号で答えよ。
- (a) 50 °C の水の pH は 25 °C のときより大きい。
 - (b) 25 °C と 50 °C で水の pH は変わらない。
 - (c) 50 °C の水の pH は 25 °C のときより小さい。
- (2) 上記(1)の解答となる理由を 45 字以内で説明せよ。

問 5 下線部①に関して、塩化アンモニウム 5.35 g と水酸化カリウム 11.22 g を均一に混合して加熱し、一方を完全に反応させアンモニアを発生させた。発生したすべてのアンモニアを水に溶解させ、25 °C で 1.0 L のアンモニア水を得た。このアンモニア水中のアンモニアの電離度 α と水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。ただし、25 °C でのアンモニアの電離定数 K_b は 2.3×10^{-5} mol/L とする。

問 6 下線部②に関して、次の(1)および(2)の水溶液に、それぞれ少量のアンモニア水を加えたときと、さらに過剰のアンモニア水を加えたときの状態を観察した。最も適切な観察結果を表 2 の(a)~(i)の中から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (1) アルミニウムイオン Al^{3+} を含む無色の水溶液
 (2) 銀イオン Ag^+ を含む無色の水溶液

表 2 アンモニア水を加えたときの観察結果

記号	少量のアンモニア水の添加	過剰のアンモニア水の添加
(a)	変化なし(無色溶液のまま)	白色沈殿の生成
(b)	白色沈殿の生成	変化なし(白色沈殿のまま)
(c)	白色沈殿の生成	無色溶液(白色沈殿の溶解)
(d)	変化なし(無色溶液のまま)	青白色沈殿の生成
(e)	青白色沈殿の生成	変化なし(青白色沈殿のまま)
(f)	青白色沈殿の生成	無色溶液(青白色沈殿の溶解)
(g)	変化なし(無色溶液のまま)	(暗)褐色沈殿の生成
(h)	(暗)褐色沈殿の生成	変化なし[(暗)褐色沈殿のまま]
(i)	(暗)褐色沈殿の生成	無色溶液[(暗)褐色沈殿の溶解]

問 3 問 2 の電解精錬を，不純物金属として金のみを均一に含む粗銅（銅純度は 98.0 %）を陽極に，純銅（銅純度は 100 %）を陰極にし，硫酸酸性の硫酸銅（Ⅱ）水溶液中で，電圧 0.300 V，一定の電流で 193 分間連続して行ったところ，陰極（純銅電極）の質量が 3.18 g 増加した。これに関して，次の(1)と(2)に答えよ。ただし，流れた電流はすべて電気分解に利用され，気体は発生しないものとする。

- (1) このとき通じた電流 (A) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。
- (2) 陽極（粗銅電極）の質量が何 g 減少したか求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

問 4 下線部②に関して，アルミニウムの単体は，ボーキサイトから得られる酸化物を融解塩電解（熔融塩電解）すると得られる。この酸化物の化学式を記せ。

問 5 文章中の

ア

 ~

ウ

 に入る適切な語句または数字を記せ。

問 6 下線部③の反応を化学反応式で記せ。

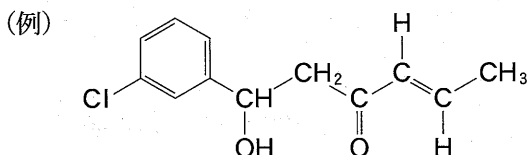
(問題は，次ページに続く。)

問 7 鉄は金属元素中でアルミニウムに次いで地殻中に多く存在する。鉄に関する次の(a)~(e)の記述のうち、正しいものを2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 鉄(II)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、赤褐色沈殿が生じる。
- (b) 鉄(II)イオンを含む水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム $K_3[Fe(CN)_6]$ 水溶液を加えると、濃青色沈殿が生じる。
- (c) 鉄(III)イオンを含む水溶液にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると、血赤色溶液になる。
- (d) アセチルサリチル酸のエタノール溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。
- (e) 鉄の単体は、赤鉄鉱を二酸化炭素で還元することにより得られる。

問 8 銅と亜鉛からできている合金がある。この合金 500 mg を酸の水溶液に完全に溶かし、新たな沈殿が生成しなくなるまで十分な量の硫化水素 H_2S を通じたところ、一方の金属の硫化物のみが沈殿した。この沈殿を水洗し、乾燥したところ 478 mg であった。この合金に含まれる亜鉛の含有率(%)を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。ただし、沈殿した硫化物は酸の水溶液には溶解しないものとする。

- 5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。ただし、特に記載のないかぎり実験は、室温 25℃、1気圧 (1.0×10^5 Pa)で行われたとする。



炭素、水素、酸素のみからなる有機化合物 A、B、C の混合物を、次の分離操作により精製を行った。混合物を水浴にて加熱して蒸留を行うと、無色の液体である有機化合物 A が沸点 56℃にて蒸留された。有機化合物 A に、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めて反応させると、黄色沈殿 CHI_3 が生じた。有機化合物 A は、酸化されにくく、銀鏡反応を示さない化合物であり、酢酸カルシウムの熱分解によっても得られる。

蒸留されずに残った有機化合物 B と C の混合物に、炭酸水素ナトリウム水溶液とジエチルエーテルを加え、分液漏斗を用いて振り混ぜた後、エーテル層と水層を分離した。エーテル溶液から、ジエチルエーテルを蒸発させると有機化合物 B が得られた。また、分離した炭酸水素ナトリウム水溶液に、塩酸を加えると有機化合物 C が固体として析出した。

分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ で表わされる有機化合物 B ア mg を完全燃焼させると、二酸化炭素が 110 mg と水が イ mg 生じた。有機化合物 B は、すべての炭素原子が同一平面上にあり、単体のナトリウムを加えると気体が発生した。有機化合物 B は、白金触媒の存在下で水素と反応し、光学異性体が存在しない有機化合物 D を与えた。

有機化合物 C は、分子量 136 の芳香族化合物であり、過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、ペットボトルなどの合成樹脂として使われている 合成高分子化合物 PET の製造原料である有機化合物 E に変換された。^③

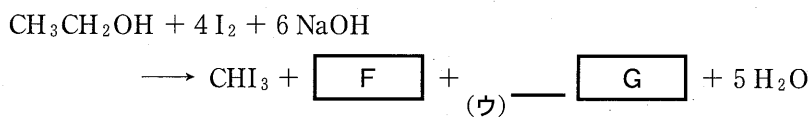
問 1 有機化合物 A~E の構造式を記せ。ただし、光学異性体がある場合は区別しなくてよい。

問 2 文章中の と に入る適切な数値を記せ。解答は有効数字 2 桁で示せ。

問 3 下線部①に関して、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めても黄色沈殿が生じない化合物はどれか。次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。ただし、すべて黄色沈殿が生じる場合は○を記せ。

- (a) メタノール (b) 2-ブタノール
(c) アセトアルデヒド (d) 酢酸
(e) 乳酸(CH₃CH(OH)COOH)

問 4 下線部①の黄色沈殿は、有機化合物 A の代わりにエタノールを用いても生じる。下記反応式の下線部(ウ)に適切な係数を、 と に化学式を記して、反応式を完成せよ。ただし、係数が 1 の場合は 1 と記せ。



問 5 下線部②の有機化合物 B と C の分離のために、ジエチルエーテルの代わりに用いることができる化合物を次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 酢酸エチル (b) メタノール
(c) エタノール (d) ブタン
(e) ナフタレン

(問題は、次ページに続く。)

問 6 光学異性体が存在する化合物を次の(a)~(f)からすべて選び、記号で答えよ。

(a) 1-ペンタノール

(b) 2-ペンタノール

(c) 3-ペンタノール

(d) 2-メチルプロパン

(e) グルコース

(f) グリセリン

問 7 下線部③の合成高分子化合物 PET は、2つの単量体(モノマー)の重合により合成されている。1つは有機化合物 E であるが、もう1つの有機化合物は何か。有機化合物名とその構造式を記せ。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

特定の遺伝子を解析する場合、ゲノムDNAから目的の遺伝子を単離したり、増幅したりする必要がある。目的の塩基配列のDNA鎖を短時間で大量に増幅させるにはPCR法が有効である。そこで、ある生物試料(サンプル)中のDNAをもとにしてPCR法の実験を行った。鋳型となるDNAを含むサンプル溶液、DNAの材料となる4種類のヌクレオチド、2種類の短い1本鎖DNA、DNAを複製させる酵素を混合した。それらの混合液を95℃、55℃、72℃に、その順で一定時間ずつさらし、その操作を一定の回数(サイクル数)繰り返して目的の配列のDNAを増幅させた。その後、寒天ゲルを用いた電気泳動法によって、目的の長さのDNA鎖が増幅されたかどうかを確認した。なお、図1はPCR法の原理を簡単に説明したものである。

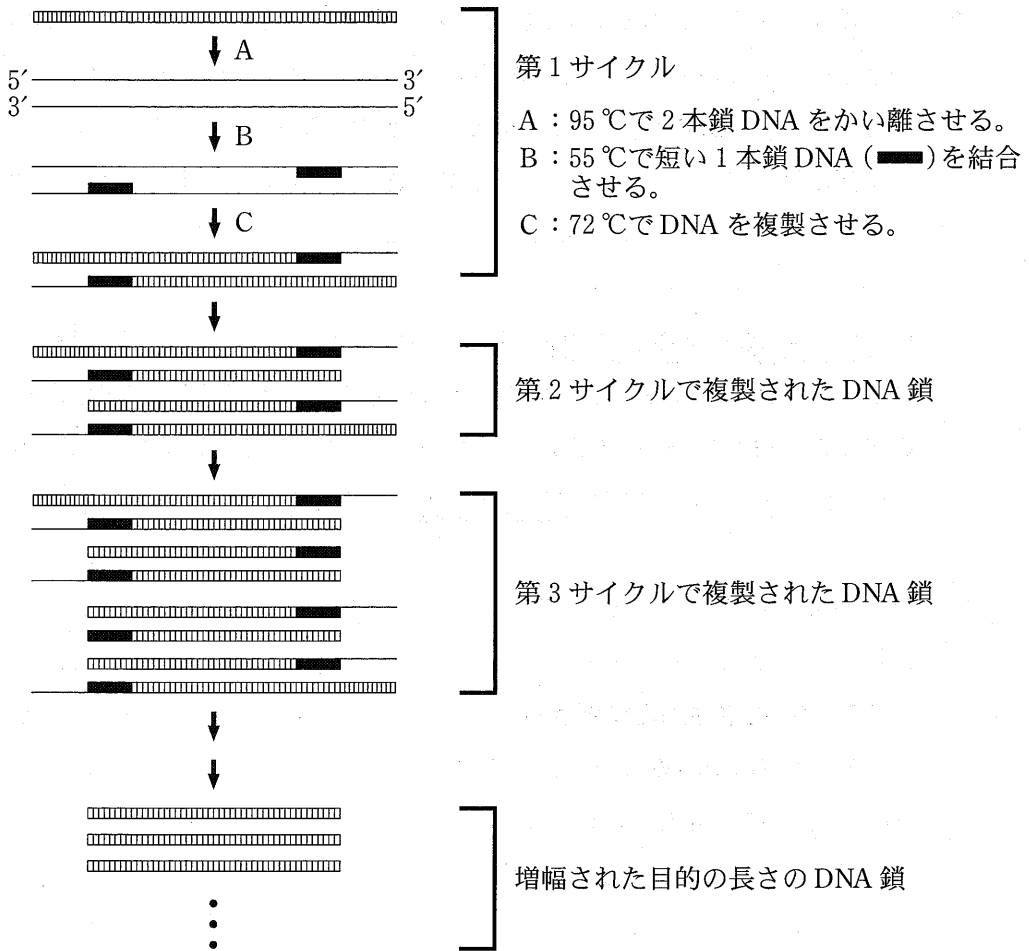


図1 PCR 法の原理

問 1 下線部①と②について、以下の問に答えよ。

(1) PCR 法に用いられる①の名称を答えよ。

(2) ②の名称を答えよ。

問 2 次の配列をもつ 2 本鎖 DNA を PCR 法で増幅させたい。ただし、2 本鎖のうち的一方の鎖の 5' 側からの配列のみを記してある。PCR 法を実行するためには、2 種類の短い 1 本鎖 DNA を、次の配列中に示した 2ヶ所の 2 重下線部に対して、それぞれ設計する必要がある。その設計として正しいものを以下の(ア)~(カ)から 2 つ選び、記号で答えよ。

5'-AGCAATCTCTCGATCTCGGGACAGCTAGCTGGGTTTATCTTTCAATT
GGATAGCTGAAATCTAGCTAGGGAGATCATGCTAGCTAGCTATTTTCGG
GCCGGTAATGCTAGCTGATCGATTGATCGTTAGCTAGCTGGTTGGGCCG
ATCGTAGGGTCGCTATCGATTTCGATCCGCTCTTG-3'

- (ア) 5'-AGCAATCTCTCGATCTCG-3'
- (イ) 5'-CGATTTCGATCCGCTCTTG-3'
- (ウ) 5'-CGAGATCGAGAGATTGCT-3'
- (エ) 5'-CAAGAGCGGATCGAATCG-3'
- (オ) 5'-TCGTTAGAGAGCTAGAGC-3'
- (カ) 5'-GCTAAGCTAGGCGAGAAC-3'

問 3 PCR 法における温度設定は、DNA 増幅の効率および正確性に大きく影響する要素である。上述のように 95℃、55℃、72℃で PCR 法を行ったところ、目的の長さの DNA 鎖とともに、その他の異なる長さの DNA 鎖も増幅されていた。そこで、各温度の一部を変更して再度 PCR 法を行い、電気泳動法によって PCR 法終了後の DNA を確認した。

- (1) 95℃を 85℃に変更したところ、DNA はまったく増幅されなくなった。その理由を 35 字以内で述べよ。
- (2) 55℃を 60℃に変更したところ、目的の長さの DNA 鎖のみが効率よく増幅された。その理由を 35 字以内で述べよ。

問 4 2本鎖 DNA に結合する蛍光色素を混合して PCR 法を行うと、その光を検出する機器によって増幅中の DNA 量を時間を追って測定することができる。A, B, C の 3 種類のサンプル溶液を用いて、目的の DNA が正確かつ効率的に増幅されるように調整された PCR 法を同時並行で実行した。その増幅中の DNA 量を経時的に測定した結果を図 2 に示す。A, B, C のサンプル溶液には、同一生物種由来の DNA が異なる濃度で入っているが、それ以外の条件はすべて同一である。また、この調整された PCR 法では、1 サイクルで DNA 量が 2 倍になることを確認している。

- (1) PCR 法の実行前に A に含まれていた目的の配列をもつ DNA の濃度は、B におけるその濃度の何倍であったかを記せ。
- (2) PCR 法の実行前に C に含まれていた目的の配列をもつ DNA の濃度は、A におけるその濃度の何倍であったかを記せ。

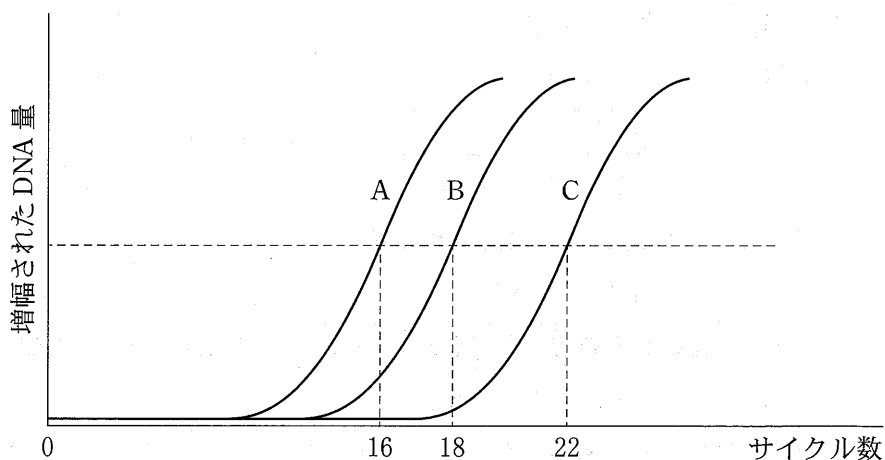


図 2 一定の DNA 量に達したときのサイクル数を A, B, C のそれぞれについて示す。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

脊椎動物の中樞神経系は、と脊髄からなり、多数の神経細胞から構成されている。神経細胞はシナプスを介して複雑なネットワークを形成し、多くの情報を統合し、どのような外界の刺激かを判断し、どのように行動するのかを決定する。情報を処理する中枢であり、高度な精神活動をつかさどっている大脳においては、ヒトの場合には特に新皮質と呼ばれる部分が発達している。この新皮質は、感覚野や運動野のほかに、^①思考、意思、認知、判断などに関連したなどからなる。

間脳はとからなる。は多くの感覚情報の中継の場であり、は自律神経系の中樞として、体温、水分、血糖値、血圧などを調節している。は姿勢を保つ中枢で、眼球運動、瞳孔の大きさなどを調節する。は運動を調節する中枢で、体の平衡を保つ上で重要な働きをもつ。そしては呼吸運動、心臓の拍動を調節する中枢である。また、脊髄は体の各部ととを連結しており、^②脊髄反射の中樞でもある。^③

問1 文章中の～にあてはまる語句を記せ。

問2 下線部①について、以下の問に答えよ。

(1) 下記の文章のとにあてはまる語句を記せ。

神経終末に興奮が伝わると、その中のに蓄えられた各種のがシナプス間隙に放出される。情報を受け取る側の細胞の細胞膜上にある受容体にが結合することで、情報が伝達される。

(2) 情報を受け取る側の細胞に情報が伝わった後、伝達をすみやかに終了させるための仕組みを簡潔に記せ。

問 3 下線部②について、以下の問に答えよ。

(1) 下線部②を主に構成するのはどれか、次の(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) ミエリン
- (イ) 髄 鞘
- (ウ) 神経細胞体
- (エ) 神経繊維

(2) 下線部②の肉眼的な特徴を示す語句を、次の(ア)~(エ)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 明 帯
- (イ) 暗 帯
- (ウ) 白 質
- (エ) 灰白質

問 4 下線部③について、以下の問に答えよ。

(1) 脊髓反射であるものを、次の(ア)~(ウ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 目の前にボールが飛んでくると、目をつぶる。
- (イ) 指先に熱いものが触れると、思わず手を引っ込める。
- (ウ) ひざ頭の下2 cm程度の部位を軽くたたくと、ひざから下の足がはねあがる。

(2) 刺激を受容して、反射によって反応が引き起こされるまでの興奮の伝わる神経の経路を何というか記せ。

問 5 次の文章(ア)~(エ)と図 1 (A)~(D)は、霊長類、鳥類、両生類、魚類のいずれかの脳のそれぞれの特徴について示したものである。鳥類および両生類の脳を説明する上で最も適切なものを、文章(ア)~(エ)ならびに図 1 (A)~(D)の中からそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (ア) 新皮質がほとんど発達しておらず、大脳は古皮質および原皮質(旧皮質)からなる。体の姿勢を保つ部位の割合が大きい。また体の平衡を保つ部位の占める割合も大きい。
- (イ) 新皮質がほとんど発達しておらず、大脳は古皮質および原皮質(旧皮質)からなる。体の姿勢を保つ部位に比べて、平衡を保つ部位はあまり発達していない。
- (ウ) 視覚の情報を処理する部位が比較的発達している。体の姿勢を保つ部位と、体の平衡を保つ部位が発達している。
- (エ) 大脳の中でも、新皮質が特に発達している。

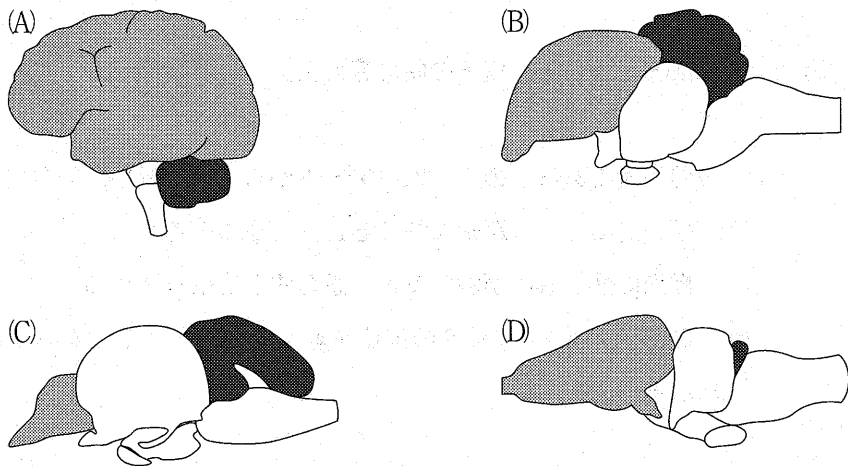




図 1 さまざまな脊椎動物の脳の模式図。動物間で脳の部位ごとの大きさの割合を比較できるように、それぞれの脳全体の大きさがほぼ同じになるように図の倍率を調整してある。また、部分と部分はそれぞれ同じ脳の部位であることを示している。

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

ヒトの腎臓は腹部の背側に左右1対あり、1 (腎単位)と呼ばれる構造が1個あたり100万個ほどある。1 は基本的な構造単位で、2 と腎細管(細尿管)からなる。2 は、毛細血管が糸球体のようにからまった糸球体をボーマンのうという袋が包みこむような構造になっており、ボーマンのうから続く腎細管は糸球体から続く毛細血管に取り巻かれている。このボーマンのうにこし出された液体は原尿と呼ばれる。赤血球、白血球などの血球や3 のような比較的大きな分子は、血管の壁を通り抜けられず、毛細血管内に残るため、原尿には含まれない。原尿に含まれる大部分の成分は、腎細管とそれに続く4 を通る間に、その壁を通して隣り合う毛細血管に再吸収されて血液に戻る。このとき、健康なヒトでは通常、水や無機塩類はそれぞれの大部分が再吸収され、^①グルコース(糖)はそのほぼすべてが再吸収される。一方で、尿素などの老廃物^②はあまり再吸収されない。このようにして、ろ過の後に再吸収されなかった成分が尿となる。

問1 文章中の1～4にあてはまる語句を記せ。

問2 腎機能を調べるために、ヒトの静脈にイヌリンを注射してから一定時間が経過した後、血しょう、原尿および尿におけるイヌリンとその他の3成分の濃度を測定したところ、表1のようになった。イヌリンは植物が作る多糖類の一種で、血しょう中のタンパク質と結合しない、糸球体からボーマンのうへ自由に透過するがその後は再吸収されない、生物学的活性がないなどの特徴があり、糸球体ろ過量の測定に使用される。また、尿は1分間に1mL生成されるものとする。以下の間に答えよ。

表1

成分	血しょう(質量%)	原尿(質量%)	尿(質量%)
イヌリン	0.1	0.1	12.5
成分A	7～9	0	0
成分B	0.3	0.3	0.35
成分C	0.03	0.03	2

- (1) 1分間あたりにこし出された血しょうの量(mL)を記せ。
- (2) ナトリウムイオンは成分A, 成分B, 成分Cのうちどれか。記号で答えよ。また, 血しょう中のナトリウムイオンのうち, 何パーセント(%)が再吸収されたか。四捨五入して小数第1位まで記せ。

問 3 下線部①について, 以下の問に答えよ。

- (1) 腎臓での水分量調節に直接働くホルモンの名称を1つ記せ。
- (2) (1)で答えたホルモンは体内のどこから分泌されるかを記せ。
- (3) (1)で答えたホルモンの働きとその分泌量が増したときの尿量の変化を25字以内で述べよ。

問 4 下線部②について, 以下の問に答えよ。

- (1) 糖尿病で尿中にグルコースが排出される原因とその仕組みについて45字以内で述べよ。
- (2) 下記の文章中の ~ にあてはまる語句を記せ。

糖尿病は, すい臓の にあるB細胞から分泌される の分泌量が不足したり, に対して標的細胞が反応しにくくなることによって起こる病気である。 は, グルコースの細胞内への取り込みや消費(分解)を促進するとともに, 肝臓でグルコースから への合成を促進する働きがある。

4

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

光合成を行う生物の葉緑体には様々な色素が含まれ、色素ごとに特定の波長(色)の光を吸収して、光エネルギーを化学エネルギーへと変換する。これまでの研究から、植物に含まれる緑色と青緑色の光合成色素の量は、色素に作用する変換酵素の働きによって調節されることがわかっている。また、水中に生息する①海藻は、この変換酵素の作用だけでなく海藻に特有の色素を合成することで、水中での光合成効率を高めていることも明らかにされている。光合成色素のうち、一定量の緑色、青緑色、赤色の色素が吸収する光の色と、それぞれの光の吸収の度合い(吸光度)を表1に示した。緑色素は主に紫色光と赤色光を吸収し、青緑色素は主に青緑色光と橙色光を吸収する。どちらの色素も黄緑色光はほとんど吸収しないが、赤色素は、青緑色光と黄緑色光の両方をよく吸収する。

表1 光合成色素が吸収する光の色と、それぞれの吸光度

光合成色素	吸収される光の色				
	紫	青緑	黄緑	橙	赤
緑	1.05	0.01	0.01	0.05	0.95
青緑	0.02	1.19	0.01	0.81	0.01
赤	0.01	0.70	1.30	0.03	0.01

問 1 下線部①の変換酵素が緑色素に作用すると、色素分子の構造が変化し、緑色素は青緑色素へと変換される。ただし、増加した青緑色素により変換酵素の作用は弱められるので、緑色素と青緑色素の葉緑体内での比率は一定に保たれる。

(1) 変換酵素が作用することで、光の吸収特性はどのように変化するか。30字以内で述べよ。

(2) 変換酵素と色素との間で認められる相互調節は、動物の生理代謝においても多くみられる仕組みである。変換酵素—青緑色素の関係と同様の相互調節の関係が成り立つものを、次の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) ナトリウムイオンチャンネル—細胞外ナトリウムイオン
- (イ) ヘモグロビン—酸素
- (ウ) 副甲状腺ホルモン(パラトルモン)—血中カルシウム
- (エ) トリプシン—塩酸

問 2 水中では水深と共に光の強さ(照度)が減少してだけでなく、光の色によって水中を透過する割合が違うため、水中でのそれぞれの光の色の照度に大きな差が生まれる。水面に照射されるそれぞれの光の色の照度を 100 % としたときの、ある水域の水深に応じた光の色の相対照度を図 1 に示した。

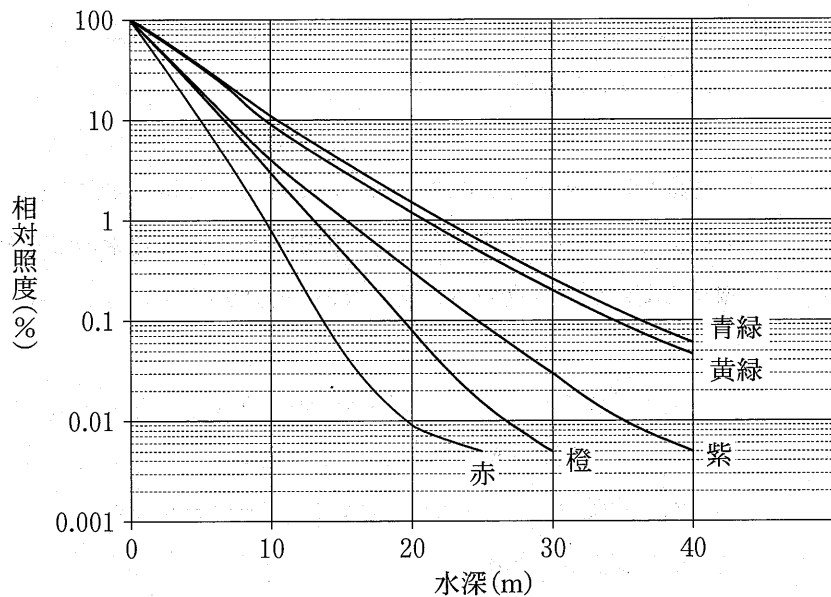


図 1 水深に応じた相対照度(水面での照度に対する割合)

(1) 緑色と青緑色の光合成色素による吸光度が表 1 の結果であるとき、水深 10 m の水中で、一定量の緑色素と青緑色素が吸収する光の量の比(緑色素 : 青緑色素)に最も近いものを次の(ア)~(オ)から 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、水面で計測した各光の色の照度は等しいものとする。

(ア) 1 : 1 (イ) 1 : 2 (ウ) 1 : 3 (エ) 2 : 1 (オ) 3 : 1

(2) 海藻は水深に応じて異なる種が生息する。赤色の色素をもつ紅藻と、緑色と青緑色の色素を多く含む緑藻とでは、どちらが水深の深い場所での生息に有利かを答え、表 1 と図 1 を参考にしてその理由を 50 字以内で述べよ。

問 3 光合成は照度の他に、温度などの環境要因の影響を受ける。そこで、光の強さや温度の変化と光合成との関係を調べる実験を行った。水槽にある海藻を一定量栽培し、水温を変化させて、それぞれの水温における 12 時間の水中の二酸化炭素変化量を測定した。その際、ある水域の水深 1 m, 5 m, 10 m, 15 m に相当する照度の光を当てると二酸化炭素は減少し、図 2 A に示す結果となった。また、同じ水槽を暗所に設置し、水温を変化させた際の二酸化炭素量の変化を図 2 B に示した。これらの実験結果は、海藻を栽培する前に測定した水中の二酸化炭素量に対する変化量を表している。

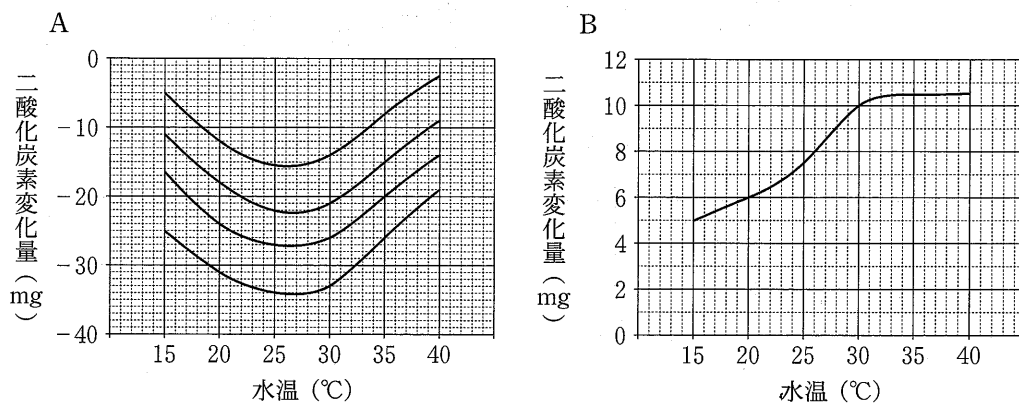


図 2 A : 水深 1 m, 5 m, 10 m, 15 m に相当する照度での二酸化炭素変化量
(4本の曲線は、1 m, 5 m, 10 m, 15 m での変化量のいずれかを示す。)
B : 暗所での二酸化炭素変化量

(1) この海藻の光合成速度が最大となる水温は何℃か。最も近いものを次の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 25℃ (イ) 30℃ (ウ) 35℃ (エ) 40℃

- (2) 実際的水中では、水深に応じて水温は低下する。この水域における水温の実測値を図3に示した。水深5 mにおいて、12時間の光合成によりこの海藻が吸収する二酸化炭素の総量は何 mg か。整数で答えよ。

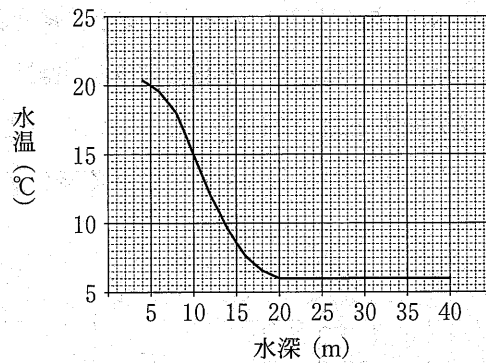


図3 水深と水温との関係

5

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

ヒトをはじめとする多くの動物では、母親と父親の一倍体の配偶子同士が受精した受精卵のみから個体が発生する。したがって、すべての個体が母親由来と父親由来の染色体を1セットずつもつ二倍体である。しかし、アリやハチなどの社会性昆虫では、受精卵からだけでなく未受精卵からも個体が発生するので、一倍体の個体も存在する。受精卵と未受精卵のどちらから発生するかによって雌雄が決まり、受精卵から発生する二倍体の個体が雌で、未受精卵から発生する一倍体の個体が雄である。このような遺伝システムは単数倍数性と呼ばれている。

アリでは、雌の羽アリと雄の羽アリが交尾をし、貯精のうという器官に雄の精子を貯めた雌が巣を作って女王アリになる。女王アリは、卵と貯精のうの精子から働きアリとなる不妊の雌を産み、巣を成長させていく。女王アリが自分の子を産むことに専念する一方で、働きアリは他の働きアリ(姉妹)の世話や巣の防衛などに専念する。巣が十分に成長すると、女王アリは働きアリだけでなく雌雄の羽アリ(次世代)を産むようになる。そして、羽アリはたくさんの巣から一斉に飛び立って交尾をし、新たな巣(新たな集団)を作る。単数倍数性生物では二倍体生物よりも姉妹間の遺伝子の共有度合(血縁度)が高いので、このような女王アリと姉妹の世話に専念する不妊の働きアリを中心とした社会性が発達したと考えられている。

問 1 下線部に関連する次の文章中の ~ に入る適切な数値を記せ。

通常の二倍体生物では、娘は母親と父親の遺伝子セットのそれぞれ半分を引きつぐので、娘の遺伝子セットの半分(0.5)は確実に(確率1で)母親由来である。この場合、母娘間での遺伝子の共有度合(血縁度)は、 $0.5 \times 1 = 0.5$ と計算される。姉妹間では、姉妹の遺伝子セットのそれぞれ半分(0.5)が母親由来であり、姉が引きついだ母親の遺伝子は確率0.5で妹にも引きつがれている。父親由来に関しても同様であるので、姉妹間の血縁度は母親由来と父親由来とを合わせて、 $(0.5 \times 0.5) + (0.5 \times 0.5) = 0.5$ となる。

アリのような単数倍数性生物では、母娘間の血縁度は であるが、姉妹間の血縁度については、母親由来に関しては となる一方、父親由来に関しては、父親が一倍体であることから となる。したがって、姉妹間の血縁度は母親由来と父親由来とを合わせて になる。このように、単数倍数性の生物においては姉妹間の血縁度が高く、姉妹を通じて自分の遺伝子をより多く残しやすいため、姉妹の世話をする行動が発達したと考えられている。

問 2 あるアリでは、遺伝子座 I によって頭部の色が決まり、遺伝子座 II によって腹部の色が決まる。遺伝子座 I と II は同じ染色体上にあり、遺伝子座 I の対立遺伝子 A (表現型：黒色) は a (表現型：赤色) に対して優性で、遺伝子座 II の対立遺伝子 B (表現型：黒色) は b (表現型：赤色) に対して優性であることがわかっている。また、遺伝子座 I と IIの間にはある一定の頻度で組換えが起こることもわかっている。

このアリの女王アリ Q_1 (遺伝子型 AABB) と雄の羽アリ M_1 (遺伝子型 ab) から生まれた雌の羽アリ (女王アリ Q_2) が、別の巣で生まれた雄の羽アリ M_2 (遺伝子型 aB) と交尾をして作った巣があるとする。この巣で生まれた羽アリ 100 頭を無作為に捕獲したとき、表 1 のような表現型の割合になった。さらに調べたところ、雌雄の羽アリそれぞれについての表現型の割合は、女王アリの配偶子の分離比の理論値 (期待値) と完全に一致していた。

表 1

頭部の色 \ 腹部の色	黒	赤
	黒	47 頭
赤	38 頭	12 頭

(1) 100 頭の羽アリのうちの雄の頭数を x とし、遺伝子座 I と II の間の組換え価 (%) を y とする。このとき、雄の頭部と腹部の色の各組み合わせの頭数 (期待値) は x と y によってどのように表されるか、4 通りの組み合わせすべてについて解答欄の表に記せ。

(2) (1) の雄の頭数 x と組換え価 y を求めよ。

問 3 あるアリが多くの巣を含む十分に大きな集団を形成している。このアリの遺伝子座Ⅲには、突然変異が起こらず、遺伝子型による繁殖上および生存上の有利不利もない。遺伝子座Ⅲの対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度は、この集団の女王アリでそれぞれ r_0 と s_0 ($r_0 + s_0 = 1$)、女王アリと交尾をした雄の羽アリでそれぞれ r'_0 と s'_0 ($r'_0 + s'_0 = 1$) である。集団外からの個体の移入や集団外への個体の移出がなく、雌雄の羽アリ同士は、遺伝子座Ⅲの遺伝子型によらず完全に任意に交尾を行い、1頭の雌は1頭の雄とだけ、1頭の雄は1頭の雌とだけ交尾をするものとする。

- (1) この集団の女王アリと、女王アリと交尾をした雄の羽アリを合わせた全体での対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度をそれぞれ R_0 と S_0 ($R_0 + S_0 = 1$) とする。このとき、 R_0 と S_0 は既知の遺伝子頻度 (r_0, s_0, r'_0, s'_0) によってそれぞれどのように表されるか、記せ。

- (2) この集団内の十分に成長した巣から雌雄の羽アリ(次世代)が生まれた。これらの羽アリのうちの雌の対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度をそれぞれ r_1 と s_1 ($r_1 + s_1 = 1$)、雄の対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度をそれぞれ r'_1 と s'_1 ($r'_1 + s'_1 = 1$) とする。このとき、 r_1, s_1, r'_1 、および s'_1 は既知の遺伝子頻度 (r_0, s_0, r'_0, s'_0) によってそれぞれどのように表されるか、記せ。

- (3) (2)の羽アリ同士が交尾をし、交尾に成功した雌雄の羽アリ全体での対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度をそれぞれ R_1 と S_1 ($R_1 + S_1 = 1$) とする。このとき、 R_1 と S_1 は既知の遺伝子頻度 (r_0, s_0, r'_0, s'_0) によってそれぞれどのように表されるか、記せ。ただし、(2)の羽アリの数は十分に多く、交尾に成功した羽アリと成功しなかった羽アリの間で対立遺伝子 C と c の遺伝子頻度に差はないものとする。

6 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

地質学的に見て長い歴史を有する琵琶湖には、ここだけにしかない固有種と国内の他の水域にも分布する普通種が生息しており、あわせて1つの生物群集を構成している。生物群集は、食物連鎖や食物網で表されるように、食う—食われるの関係で相互につながって存在している。生物の栄養分の摂りかたに着目して、各栄養段階における生物の個体数や全生物の量(現存量)を積み重ねると、栄養段階が高くなるにつれて数量が少なくなる傾向が認められる。

かつての琵琶湖岸にはヨシ(イネ科の多年草)が繁茂し、その群落は魚類の保育場^①として機能していた。しかし、近年の開発によって、湖岸のヨシ群落は大幅に減少している。また、アメリカからもち込まれたオオクチバス等の外来生物は、エビ類や稚魚を捕食し、^②在来生物を減少させる要因となっている。過度の外圧が加えられた生態系はバランスを損ない、もとの状態に戻ろうとする力が働かなくなってしまう。

問1 下記の文章の ～ にあてはまる語句を次の(ア)～(カ)から1つずつ選び、記号で答えよ。

生物が、生存や繁殖のために有利な形質を持っていることを という。同じ集団内で、生存や繁殖のために相対的に有利な対立遺伝子が広まったり、不利な対立遺伝子が消えていったりする過程を という。このように、世代を通して遺伝子頻度が変化していくことを と呼ぶ。

(ア) 調節

(イ) 小進化

(ウ) 大進化

(エ) 適応

(オ) 自然選択

(カ) 生殖的隔離

問 2 図1では、琵琶湖内の食物網について、食う—食われるの關係の一部が描かれている。図の 1 ~ 5 にあてはまる生物を次の(ア)~(オ)から1つずつ選び、記号で答えよ。なお、ゾウミジンコ、ゲンゴロウブナ、ピワマス、カワウは、それぞれミジンコ、フナ、マス(鱒)、ウ(鵜)の仲間である。また、アナンデルヨコエビとは、体長1 cm ほどになる琵琶湖固有のヨコエビの仲間で、湖底から水深 30 m 付近までの水中を日周移動する。

- (ア) ゾウミジンコ (イ) ゲンゴロウブナ (ウ) ピワマス
 (エ) ア ヨ (オ) アナンデルヨコエビ

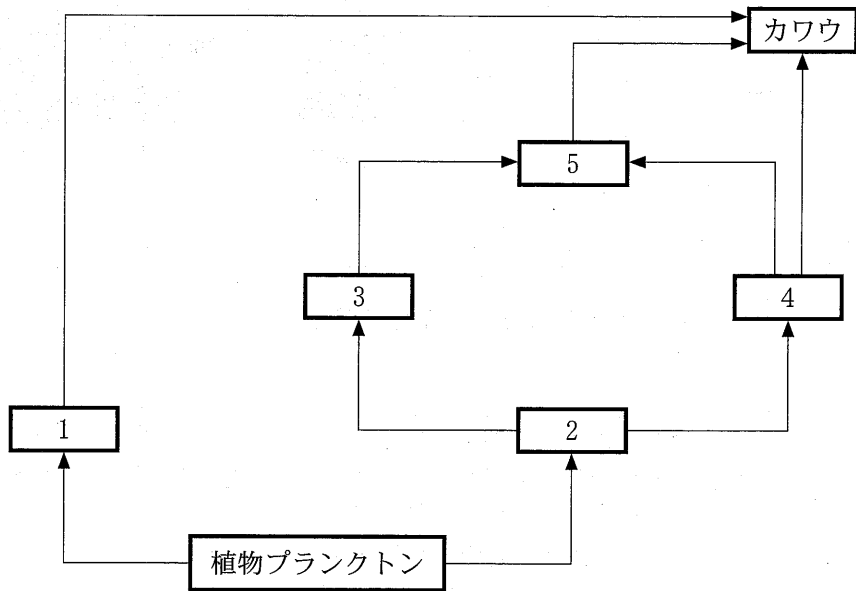


図 1

問 3 一般的に、各栄養段階の現存量の相対的な関係は、図 2 (右)のピラミッド型で示される。すなわち、栄養段階が低い植物プランクトンの現存量が最も多く、栄養段階の高い魚類の現存量が最も少なく、動物プランクトンの現存量は両者の中程度となる。ところが、水界の生態系では、図 2 (左)のように、動物プランクトンと植物プランクトンの現存量が逆転することがある。このような逆転状態が維持されるために必要な条件を 30 字以内で述べよ。

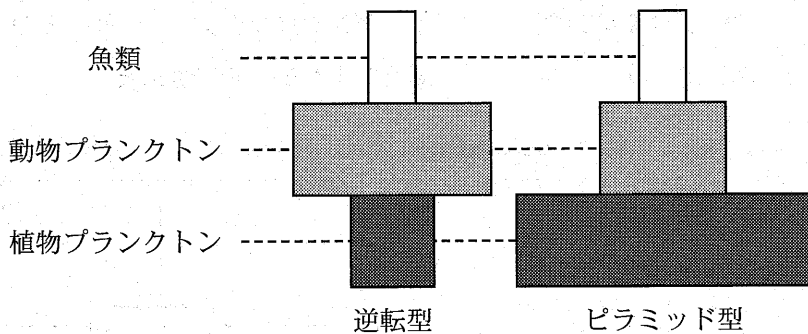


図 2

問 4 下線部①について、以下の問に答えよ。

- (1) 一般に湖岸では、場所に応じて異なるタイプの植生が発達する。ヨシの生息に最も適した場所を図 3 の(ア)~(オ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

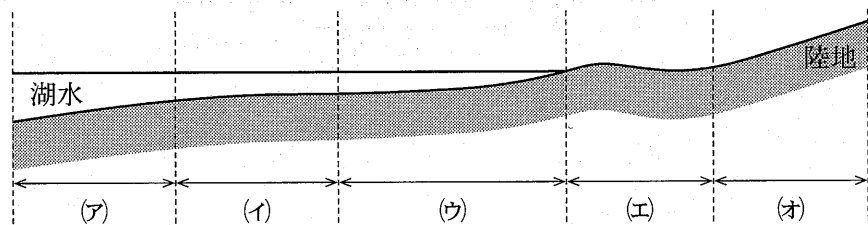


図 3

(2) ある場所の植生が時間とともに変化していく現象を遷移という。仮に琵琶湖のヨシ生息場所で遷移が進行した結果、それ以上は全体として大きな変化を示さない状態に達したとする。このとき、多く見られる種(極相種)として適当な植物を次の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) スダジイ (イ) クロモ (ウ) ソテツ
(エ) エゾマツ (オ) スイレン

(3) 外圧によって自然状態を乱し、生物に影響を与えることを攪乱という。ヨシ生息場所における遷移の進行に対して、攪乱による抑制効果があると考えられる項目を(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 枯死したヨシの地上部分を刈り取り、群落から除去する。
(イ) 琵琶湖在来のカイツブリやオオヨシキリ等の鳥類が、群落内で営巣する。
(ウ) コイやニゴロブナ等の魚類が、群落内で稚魚期まで過ごす。
(エ) ヨシを刈り取った跡に枯れ草を敷き、火を付けて焼き払う。
(オ) ヨシの栄養分となる窒素やリン等が陸域から流入する。

問 5 下線部②について、オオクチバスは、捕食を通じて琵琶湖の生物群集に対して著しく悪い影響を及ぼしている。一方、琵琶湖在来のビワコオオナマズは、オオクチバスと同じ捕食者の地位にありながら、生物群集のなかで被食者と共存している。在来の被食者が外来の捕食者とは共存できない理由を50字以内で述べよ。

地 学

1 地球大気の性質に関する以下の問いに答えよ。

問 次の文章のカッコ内の語群①～⑨について、選択肢の中から最もふさわしいものを選び記号で答えよ。また に当てはまる語句を答えよ。

地球大気を構成するのは、窒素・酸素・アルゴン・二酸化炭素などの気体であるが、窒素と酸素だけで(① a. 約6割 b. 約7割 c. 約8割 d. 9割以上)の体積を占めている。地表から高度(② a. 10 km b. 20 km c. 50 km d. 80 km)程度までは大気がよく混合されているのでその化学組成はほぼ変わらないが、地表付近の水蒸気量は変動が大きく、およそ(③ a. 1%以下 b. 0～4% c. 3～7% d. 5～10%)の範囲内で変わる。対流圏では一般に高度が上がると気温が下がることが知られているが、その割合は1 km ごとに約(④ a. 1.0℃ b. 5.0℃ c. 6.5℃ d. 10℃)である。

対流圏の上には成層圏があり、その境を と呼ぶ。 の高度は熱帯の方が極域よりも(⑤ a. 高く b. 低く)、夏の方が冬よりも(⑥ a. 高い b. 低い)。成層圏では主に(⑦ a. 水平 b. 鉛直)方向の運動が卓越する。成層圏の温度は下部よりも上部の方が高くなっており、その理由は、成層圏に存在するオゾンが太陽からやってくる紫外線を吸収するためである。紫外線は赤外線と同じく電磁波であるが、その波長は赤外線の波長よりも(⑧ a. 長い b. 短い)。また成層圏で温度が最大になる高度とオゾン量が最大となる高度は一致(⑨ a. している b. していない)。

2 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

岩石は雨や風による風化作用^①、河川や氷河による侵食作用^②により細かく砕かれた粒子になる。砕かれた粒子は、河川などにより低地に向かって運搬され、流れの弱まる場所で堆積^③し地層を形成する。堆積した粒子は長い年月をかけ続成作用^④により堆積岩になる。このような過程で形成された堆積岩のことを砕屑岩^⑤と言う。また、火山噴出物が堆積してできた岩石^⑥、放散虫^{ほうさんちゅう}や珊瑚^{さんご}などの生物^{せいぶつ}の死骸^{しがい}が堆積した岩石^⑦、深海や熱水噴出孔において海水中に溶けている成分が沈殿して形成された岩石^⑧も堆積岩に含まれる。

問 1 以下の説明文は下線部①に関連した一般的な花こう岩において想定される風化過程を指す。文中の ~ に適切な語句を入れよ。

花こう岩には圧力の解放にともなう割れ目(節理)が発達する。また、花こう岩は 状の複数の鉱物により構成され、それら鉱物は異なった膨張収縮率を持つため、日射による温度の上下に伴い、鉱物間、粒子間に隙間が生じやすい。 的風化は、このような節理や隙間に浸透した水が、凍結などにより膨張し、岩石を破壊していく現象である。一方、 的風化は、浸透した水が鉱物と反応することにより水酸化物や粘土鉱物に変化する現象である。

問 2 下線部②について、氷河の侵食作用によって形成される代表的な地形を2つ答えよ。

問 3 下線部③に示すような岩石が細かく砕かれて形成された粒子のことを何と呼ぶか答えよ。

問 4 下線部③について、粒子は粒径の大きいものから礫、砂、泥に区分される。それらのうち、礫に区分される粒子は、粒径何 mm 以上のものを指すか答えよ。

問 5 下線部④について、地層の形成にかかわる基本法則を 1 つあげ、10 字以内で答えよ。

問 6 以下は下線部⑤についての続成作用の説明文である。文中の ~ に適切な語句を入れよ。

堆積した粒子は、埋没により粒子間の間隙水が絞り出される 作用と、間隙水から炭酸カルシウムや二酸化ケイ素が沈殿し粒子同士を固着させる 作用により堆積岩になる。

問 7 下線部⑥、⑦、⑧に相当する堆積岩をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。

3 次の文章を読み、各問に答えよ。

天体が放射する光は、その表面の温度と密接に関係している。絶対温度 T (K) の物体から、もっとも強く放射される光の波長を λ_m (m) とすると、 $\lambda_m T = 2.90 \times 10^{-3}$ という関係式(ウィーンの変位則)^① が成り立つ。ここから、高温の物体からは波長が く、 い光が主に放射され、低温の物体からは波長が く、 い光が主に放射されることがわかる。太陽の表面温度は 5.8×10^3 K であり、黄色い光を主に出している。

また、表面温度 T (K) の物体が、1秒間にその表面 1 m^2 から放射する光のエネルギー E ($\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) は、 $E = 5.67 \times 10^{-8} T^4$ と書け、シュテファン・ボルツマンの法則^② と呼ばれている。

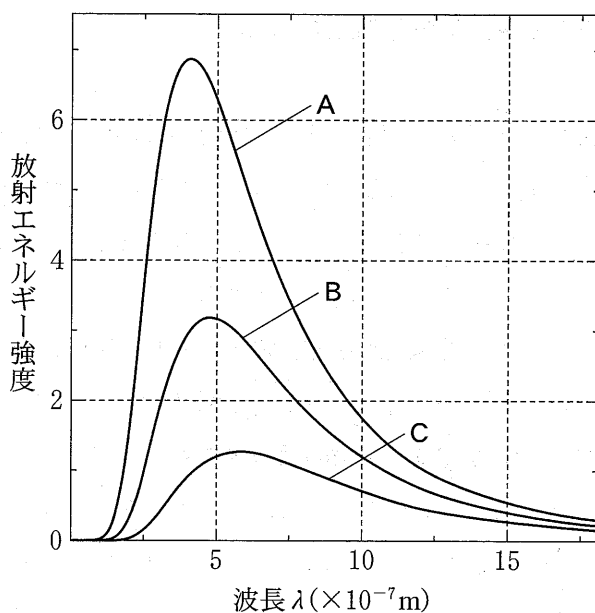
地球表面の平均温度は 288 K であるが、温室効果のために大気上層の気温 255 K よりも暖かくなっている。地球は大気上層より宇宙空間に向けて赤外線を放射している^③。

問 1 ~ に当てはまる語句を次の a ~ d より選び記号で答えよ。

a 長 b 短 c 赤 d 青

問 2 次ページの図は、温度を変えた時に、波長ごとにどれくらいの強度で光が放射されるかを表している。下線部①に関して、図中の A ~ C の線に相当する物体の温度(K)の組み合わせとして最もふさわしいものを a ~ d より1つ選び記号で答えよ。

	A	B	C
a	(5000,	6000,	7000)
b	(5000,	7000,	6000)
c	(7000,	6000,	5000)
d	(7000,	5000,	6000)



問 3 下線部②に関して，太陽の表面 1 m^2 から 1 秒間に放射される光のエネルギーを求めよ。答えの有効数字は 2 桁とし，計算の過程も記せ。

問 4 太陽の半径は $R = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$ であり，太陽の形を完全な球とすると表面積は $4\pi R^2$ と書ける。このとき，太陽が 1 秒間に放射する全エネルギーを求めよ。答えの有効数字は 2 桁とし，計算の過程も記せ。

問 5 太陽の表面には，黒点と呼ばれる黒く見える領域が存在する。黒点は周囲より温度が低いため，単位面積から放射される光のエネルギーが周囲より低く，黒く見える。黒点の温度が $4.0 \times 10^3 \text{ K}$ で，周囲の温度が $5.8 \times 10^3 \text{ K}$ のとき，黒点の E は周囲の E の何倍かを求めよ。答えの有効数字は 2 桁とし，計算の過程も記せ。

問 6 下線部③に関して，地球大気の上層が出す λ_m と E を求めよ。答えの有効数字は 2 桁とし，計算の過程も記せ。ただし， $255^4 = 4.23 \times 10^9$ とせよ。

4 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

地球表層は、十数枚のプレートで覆われていて、それぞれが別々の方向に数 **A** 程度の速さで移動している。日本列島は4つのプレートの境界にまたがっており、プレートテクトニクスの観点からは世界で最も活発な地域の一つと言える。^①

プレートには大陸をかたち造る大陸プレートと海洋底を構成する海洋プレートとがある。海洋プレートは **ア** で生産され、そこからしだいに離れて行き、やがて **イ** から地球内部へと沈み込んでいく。すなわち、海洋プレートは常に更新されているのだ。このため、**B** 年前よりも古い海洋プレートは現在の海底には残っていない。一方、大陸プレートは海洋プレートよりも **ウ** が小さいため、いったん生成すると半永久的に地球表層に留まる。ただし、大陸プレートは分裂と合体を繰り返しているらしい。現在の地球上に存在する大陸は **C** 年前頃から分裂し始めた超大陸 **エ** が分裂してできたものである。**エ** の分裂で生じた大陸片のひとつにインド大陸(インド・オーストラリアプレート)があり、これが **オ** プレートに衝突したことによって、ヒマラヤ山脈やチベット高原ができたと考えられている。インド大陸が **オ** プレートに衝突する少し前、両者の間には細長い海が存在していたことがわかっている。この海で生きていた生物の化石がヒマラヤ山脈から見つかっている。^②

ところで、現在の地球の海洋において、興味深い対照的事実がある。それは プレートテクトニクスの観点から比較したときの太平洋と大西洋の違いである。^③

問1 文中の **ア** ~ **オ** に適当な語句を入れよ。

問2 文中の **A** に入る最も適当な単位を次から1つ選び、記号で答えよ。

a mm/年 b cm/年 c m/年 d km/百年

問 3 文中の **B** に入る最も適当な数値を次から1つ選び、記号で答えよ。

- a 20 億 b 5 億 c 2 億 d 1 億 e 5000 万

問 4 文中の **C** に入る適当な数値を次から1つ選び、記号で答えよ。

- a 20 億 b 5 億 c 2 億 d 1 億 e 5000 万

問 5 下線部①に関して、日本列島およびその周辺のプレートの配置の説明として、正しくないものを次の a ~ i から3つ選んで記号で答えよ。

- a 伊豆・小笠原海溝は太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界にあたる。
- b 伊豆半島はフィリピン海プレートの一部である。
- c 中央構造線はユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界にあたる。
- d 佐渡島は北アメリカプレートに含まれる可能性がある。
- e 糸井川-静岡構造線は北アメリカプレートとフィリピン海プレートの境界ではない。
- f 沖縄トラフはフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界にあたる。
- g 北海道は北アメリカプレートの中に位置する。
- h 北アメリカプレートは日本海溝においても地球深部へ沈み込んでいる。
- i 南海トラフはフィリピン海プレートの収束境界にあたる。

問 6 下線部②に関して、ヒマラヤ山脈で見つかりうる生物化石の中で、最も可能性の高いものを次から1つ選び記号で答えよ。

- a 紡錘虫(フズリナ)
- b カッチュウ魚
- c アンモナイト
- d デスモスチルス
- e カヘイ石

問 7 下線部③に関して，プレートテクトニクスの観点から捉えたときの太平洋と大西洋の違いを 60 字以内で述べよ。

問題訂正 理科(地学)

平成27年度長崎大学一般入試(前期日程)の問題訂正について

P55 理科「地学」 4

問5 e

(誤) 糸井川-静岡構造線は北アメリカプレートと

(正) 糸魚川-静岡構造線は北アメリカプレートと