前期日程

令和7年度個別学力試験問題

理　　科

（医　学　科）

解答時間　120分

配　点　各100点

科　目	ページ
物　理	1ページ～ 8ページ
化　学	9ページ～14ページ
生　物	15ページ～25ページ

問題冊子には上記の3科目の問題が載っていますが，2科目を選択して解答してください。

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで，この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い，選択する科目の解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入してください。
3. 監督者の指示に従い，選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入してください。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認してください。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入してください。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明，ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

前期日程

令和７年度個別学力試験問題

理　　科

（医　学　科）

試験時間　　120分

配　点　各100点

科　目	ページ
物　理	1ページ～3ページ
化　学	4ページ～14ページ
生　物	15ページ～23ページ

問題冊子には上記の３科目の問題が載っています。２科目を選択して解答してください。

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 解答者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の所定の欄に受験番号を正しく記入してください。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の裏表紙の注意事項欄にも記入してください。
4. 解答開始後、問題冊子のページを確認してください。解答は無効とすることがあります。
5. 解答はすべて点数した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入してください。
6. 解答冊子のページを切り離してはいけません。
7. 問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び乱丁の場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 問題冊子及び解答冊子は持ち帰ってください。

物　理

1. 物理は全部で４問題あり，合計８ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は表紙を除いて１ページあります。
4. 問題中の物理量は特にことわらない限り国際単位系(SI)を使って表されています。

1 図1—1に示すように，箱に車輪を取り付けた台車を考える。図のように箱の天井の点Aを支点とし先端が質量mのおもりで他は質量を無視できる棒振子を設置した。支点では摩擦はなく，振子は鉛直面内を自由に回転でき，空気抵抗はないものとする。振子の長さはl_0で，鉛直軸からの傾き角は反時計まわりを正，時計まわりを負とする。支点Aから長さl_1の位置で棒に糸を接続し，糸の反対側を天井に固定した。そのとき，図に示すように，振子の傾き角は$\theta_1(>0)$，糸の天井からの角度の大きさはϕ_1であった。振子の傾き角は十分小さく，糸は伸びないとし，糸の張力をT，重力加速度の大きさをg，円周率をπとする。以下の問いに答えなさい。

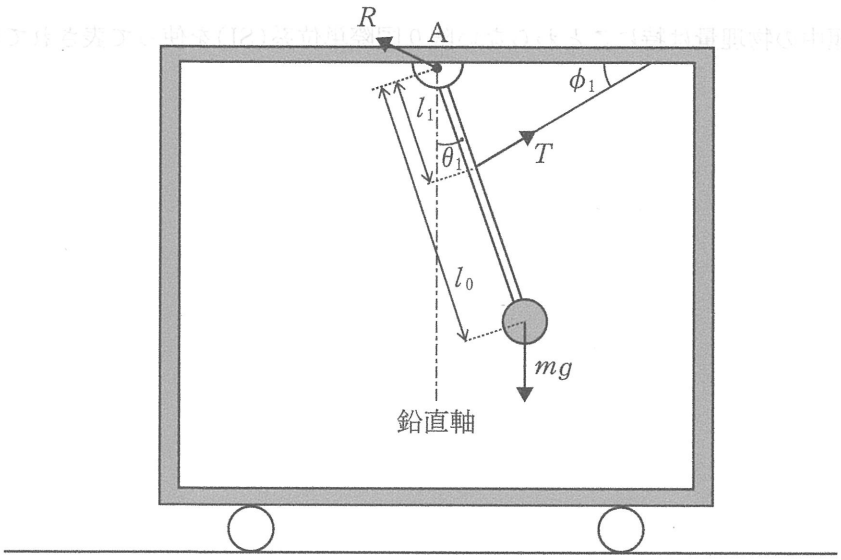

図1—1

問 1 台車の車輪が動かないように固定し，台車を静止させた。

(1) このときの支点Aまわりの力のモーメントのつり合いを表す式をT，m，g，l_0，l_1，θ_1，ϕ_1のうち，必要なものを用いて示しなさい。

(2) 支点Aで支える力Rの水平成分と垂直成分をそれぞれ，R_xおよびR_yとする。振子に働く力の水平成分と垂直成分のつり合いの式をそれぞれT，m，g，R_x，R_y，θ_1，ϕ_1のうち，必要なものを用いて示しなさい。

問 2 続いて，台車を一定の加速度で右向きに動かした。その加速度の大きさをaとする。以下では，箱の中から観測しているとする。

(3) このときの糸の張力Tをm，g，a，l_0，l_1，θ_1，ϕ_1のうち，必要なものを用いて求めなさい。

(4) このときの支点Aで支える力Rの水平成分R_xと垂直成分R_yをT，m，g，a，θ_1，ϕ_1のうち，必要なものを用いて求めなさい。

問 3　台車が**問 2** で示した一定の加速度で移動中，突然糸が切れ，**図 1 — 2** の実線に示す状態になった。この後，振子は破線で示す位置 B まで振れ，周期 τ で往復運動を始めた。ただし，このときの振れ角は十分小さいとする。おもりに加わる重力と台車の加速度による慣性力の合力を f とし，f と鉛直軸のなす角の大きさを ϕ_2 とする。以下の各問いに答えなさい。

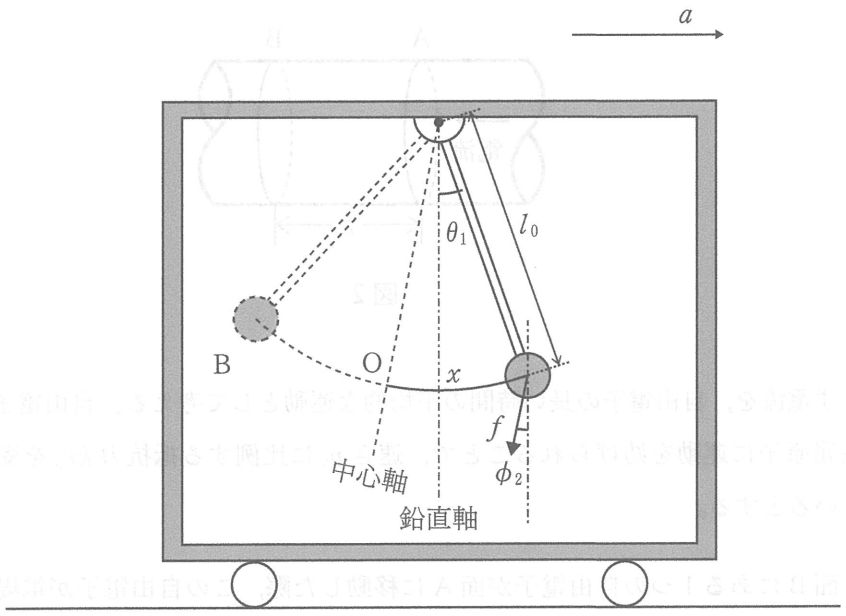

図 1 — 2

(5)　$\tan\phi_2$ の大きさを m，g，a，l_0，π のうち，必要なものを用いて求めなさい。

(6)　図に示すように周期 τ の往復運動の中心軸とおもりの円運動の円弧との交点 O からおもりまでの円弧に沿った距離を x とする。おもりの円運動の接線方向に作用する力 F を $F = Kx$ と表したとき，比例係数 K の値を m，g，a，l_0，π のうち，必要なものを用いて求めなさい。

(7)　おもりの振動の周期 τ を m，g，a，l_0，π のうち，必要なものを用いて求めなさい。

2 図2に示すように太さが一様な金属の導体に，時間によって変化しない一定の直流電流が流れている。この電流により導体中の距離 L 離れた面Aと面Bの間に電位差 V が生じている。電流は自由電子の運動により生じており，また自由電子は一様に分布して断面に対して垂直に運動している。自由電子の電気量を $-e\,(e>0)$，質量を m とする。

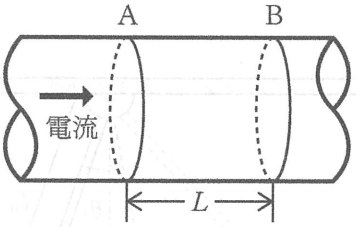

図2

問1 まず電流を，自由電子の長い時間の平均的な運動として考える。自由電子は熱運動している金属原子に運動を妨げられることで，速さ v_a に比例する抵抗力 kv_a を受けて等速運動をしているとする。

(1) 面Bにある1つの自由電子が面Aに移動した際，この自由電子が電場よりされた仕事の大きさを L，V，e，m，k の中から必要なものを用いて表しなさい。

(2) 速さ v_a を L，V，e，m，k の中から必要なものを用いて表しなさい。

(3) 1つの自由電子が1秒間に電場よりされた仕事の大きさを L，V，e，m，k の中から必要なものを用いて表しなさい。

問2 つぎに，自由電子の運動をより短い時間で観察すると，電場により加速されるが，金属原子と衝突して速度を失っていることがわかる。ここで，全ての自由電子は一定の時間間隔 T で金属原子と衝突し，衝突により速さは0に戻ると仮定する。

(4) 電場により自由電子が受ける加速度の大きさを L，V，e，m，T の中から必要なものを用いて表しなさい。

(5) 金属原子に衝突する直前の自由電子の速さ v_b を L，V，e，m，T の中から必要なものを用いて表しなさい。

問3 定常電流状態では，**問1**，**2**で述べたように自由電子は電場より仕事をされるが，衝突により運動エネルギーを失うことで運動エネルギーは増加していないとみなすことができる。

(6) 金属原子に衝突する直前の自由電子の速さ v_b を L，V，e，m，k の中から必要なものを用いて表しなさい。

次のページにも問題があります。

3 図3—1のように，弦を滑車に通し，質量Mのおもりを用いて張った。ただし，弦はどこも均質でその密度は位置によらず一定であるとする。また，弦を伝わる波の速さは，弦を張る力の$\frac{1}{2}$乗に比例するものとする。2つの支点PとQの間の距離をlとするとき，以下の問いに答えなさい。

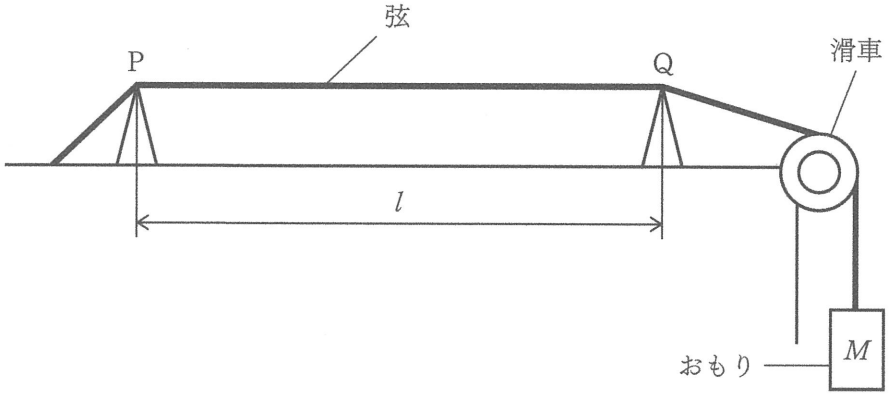

図3—1

問1 この弦を弾くと，PQ間に振動数fの基本振動が観測された。以下の設問(1)から(4)に答えなさい。

(1) この弦に伝わる波の速さをlとfを用いて表しなさい。

(2) つぎに，弦のある点を指で軽く触れながら弦を弾くと，PQ間に3個の腹が観測された。この波の振動数をfを用いて表しなさい。

(3) さらに，質量M'のおもりにかえて，設問(2)と同様にして弦を弾くと，PQ間に3個の腹が観測されて，振動数が$2f$になった。このときの弦に伝わる波の速さをlとfを用いて表しなさい。

(4) 上の設問(3)のおもりの質量M'と元のおもりの質量Mの比$\frac{M'}{M}$を求めなさい。ただし，分数になる場合は約分すること。

問2 つぎに，弦に定常波が生じる仕組みを考える。図3—2に示すようなPQ間を進むある波S_1について，点Pから$x(0 \leqq x \leqq l)$だけ離れた点の時刻tにおける変位y_1がつぎのように表されるものとする。

$$y_1 = A\sin\left(\frac{\pi n x}{l} - ct\right)$$

ただし，πは円周率であり，$A > 0$，$c > 0$，$n > 0$は定数である。なお，nは自然数とし，この波の速さをvとする。以下の設問(5)から(7)までの文章中と数式内にある空欄①から⑦までを，適切な数およびπ，c，l，nの中から必要なものを用いた数式で答えなさい。

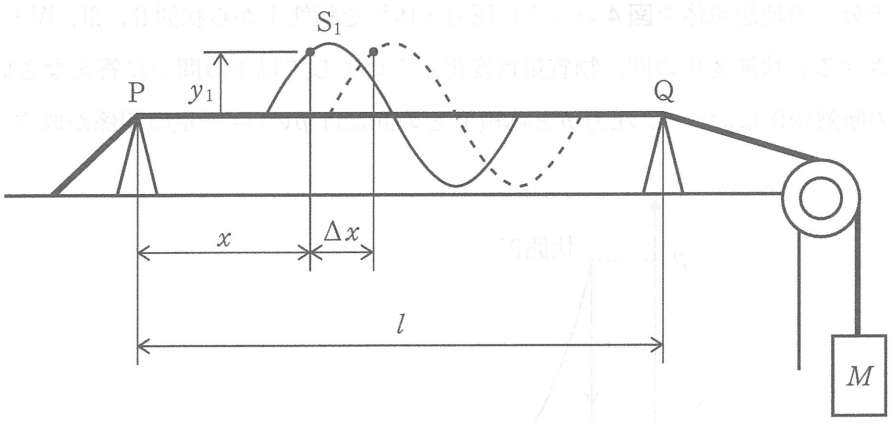

図3—2

(5) 時間が $\Delta t > 0$ だけ経過すると，波 S_1 は $\Delta x > 0$ だけ進み，**図3—2**の破線のような状態になった。このとき，時刻 $t + \Delta t$ での点 $x + \Delta x$ の変位 y_1' は，$\Delta x = v\Delta t$ より，

$$y_1' = A\sin\left\{\frac{\pi n x}{l} - ct + \left(\boxed{\quad ① \quad}\, v - c\right)\Delta t\right\}$$

となる。$y_1' = y_1$ が Δt について恒等的に成り立つためには，$\boxed{\quad ① \quad}\, v - c = 0$ であればよい。よって，この波の速さは $v = \boxed{\quad ② \quad}$ と表される。なお，この波の周期は $T = \boxed{\quad ③ \quad}$ である。

(6) つぎに，波 S_1 の反射波 S_2 について考える。波 S_2 の点Pから x だけ離れた点の時刻 t における変位 y_2 をつぎのように表す。

$$y_2 = A\sin\left(\frac{\pi n x}{l} + ct\right)$$

2つの波 S_1 と S_2 は，振幅と周期が同じで，波の進む向きが互いに逆である。よって，2つの波を合成してできる波 S_3 は定常波を形成する。実際，2つの波を重ね合わせると，点Pから x だけ離れた点の時刻 t における波 S_3 の変位 y_3 はつぎのように表される。

$$y_3 = y_1 + y_2 = \boxed{\quad ④ \quad}\, A\sin\left(\frac{\pi n x}{\boxed{\quad ⑤ \quad}}\right)\cos(ct)$$

これは時間が経過しても進行しない定常波を表している。

(7) ところで，この定常波の波長は n の値によって決まる。PQ間を3：4に内分する点に節の一つがある定常波のうち，2番目に長い波長 λ_2 をもつ波が観測されるのは，$n = \boxed{\quad ⑥ \quad}$ のときであり，そのときの波長は $\lambda_2 = \boxed{\quad ⑦ \quad}$ である。

4 単原子分子の理想気体を**図4**のように圧力・体積を状態Ⅰから状態Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ（そしてⅠ）の順に変化させる。状態変化の間，物質量は変化しないとして以下の問いに答えなさい。ただし，この場合の断熱変化において，圧力 p と体積 V との間には $pV^{\frac{5}{3}}=$ 一定の関係が成立するものとする。

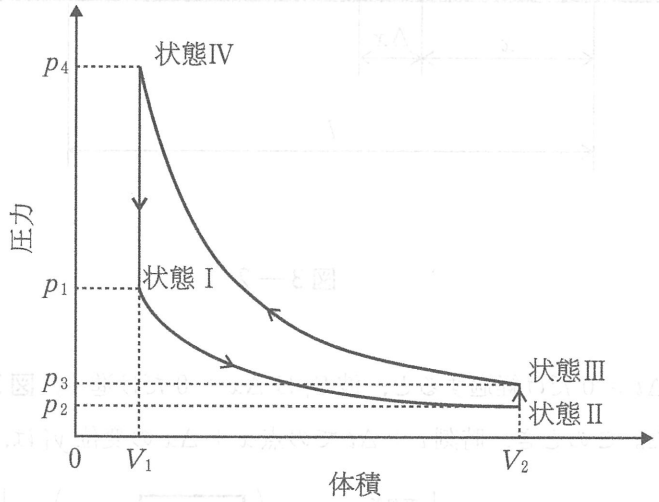

図4

問1 状態Ⅰにおける理想気体の圧力を p_1，体積を V_1，温度を T_1 とする。この気体が断熱膨張により圧力 p_2，体積 V_2 の状態Ⅱになったとする。

(1) 状態Ⅱの気体の温度 T_2 を V_1，V_2，T_1 を用いて表しなさい。

(2) この過程における内部エネルギーの増加 ΔU_{12} を p_1，V_1，V_2 を用いて表しなさい。

問2 次に理想気体の体積は V_2 で一定のまま外部から熱を吸収し，圧力 p_3 になった（状態Ⅲ）。

(3) 状態Ⅲにおける理想気体の温度 T_3 を p_2，p_3，T_2 を用いて表しなさい。

(4) この過程で理想気体が外部から吸収した熱量 Q_{23} を p_2，p_3，V_2 を用いて表しなさい。

問3 さらに理想気体は体積 V_1 まで断熱圧縮され，圧力は p_4 となった（状態Ⅳ）。その後，蓄えていた熱を外部に放出して状態Ⅰに戻った。

(5) 状態Ⅳの理想気体の温度 T_4 を p_1，p_4，T_1 を用いて表しなさい。

(6) 状態Ⅲから状態Ⅳの過程の間で理想気体が外部からされた仕事 W_{34} を p_4，V_1，V_2 を用いて表しなさい。

(7) 状態Ⅳから状態Ⅰの過程で理想気体が放出した熱量を Q_{41} とする。特別に $p_3=p_1$ の場合を考えれば，$\dfrac{Q_{41}}{W_{34}}$ は V_1，V_2 のみで表すことができる。このときの式を表しなさい。また V_1 が V_2 の $\dfrac{1}{8}$ に圧縮されるとしたとき，$\dfrac{Q_{41}}{W_{34}}$ の値を四捨五入して小数点以下第2位まで求めなさい。

化　学

1. 化学は全部で3問題あり，合計6ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ，合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入してください。

1 下記の問いに答えなさい。計算値はすべて有効数字2桁で答えなさい。必要ならば，次の数値を使いなさい。原子量 H = 1.0，C = 12，N = 14，O = 16，S = 32，アボガドロ定数 6.0×10^{23}/mol。

問 1 次の(ア)～(カ)の気体がそれぞれ 10 g ずつあるとき標準状態(0 ℃(273 K)，1.013×10^5 Pa)における体積が最小のものと最大のものはどれか，記号で答えなさい。同じ体積になるもの2つを記号で答えなさい。

(ア) H_2　(イ) SO_2　(ウ) C_2H_6　(エ) C_3H_8　(オ) CO_2　(カ) NH_3

問 2 次の問いに答えなさい。

(1) 39.2 g の硫酸の物質量を答えなさい。硫酸の純度は 100 % とし，計算過程を示しなさい。

(2) (1)の硫酸を水に溶解させた。硫酸は水溶液中では完全に電離するものとした場合，この水溶液中の水素イオンと硫酸イオンの個数の合計数を答えなさい。また，計算過程を示しなさい。

(3) 硫酸と水酸化ナトリウムを過不足なく中和させた場合に得られる塩は，塩の組成による分類では何とよぶか，答えなさい。また，同じ物質量の硫酸と水酸化ナトリウムの中和によって得られた塩は，塩の組成による分類では何とよぶか，答えなさい。

問 3 次の未完成の反応式について，あとの問いに答えなさい。

① $H_2S + O_2 \rightarrow H_2O + SO_2$

② $KMnO_4 + H_2SO_4 + (COOH)_2 \rightarrow MnSO_4 + H_2O + CO_2 + K_2SO_4$

③ $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO$

④ $BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + HCl$

⑤ $Fe^{2+} + MnO_4^- + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+} + H_2O$

(1) ①～⑤の反応式で記載が必要な係数を求め，反応式を完成させなさい。

(2) 反応式③において，酸化された原子と還元された原子について，酸化数の変化をそれぞれ答えなさい。酸化数の変化は，「+4 から +2 に変化」の形式で記載しなさい。

問 4 固体の溶解度は一般に溶媒 100 g に溶けうる溶質の限界の量であり，質量〔g〕の値で表される。硝酸カリウム(KNO_3)，塩化ナトリウム(NaCl)，硫酸銅(Ⅱ)($CuSO_4$)の水への溶解度と温度の関係を表1—1に示した。固体の水への溶解度に関して，あとの問いに答えなさい。

表1—1　固体の水への溶解度と温度の関係

溶質	溶解度(水 100 g に溶けうる固体の質量〔g〕の数値)				
	0 ℃	20 ℃	40 ℃	60 ℃	80 ℃
硝酸カリウム	13.3	31.6	63.9	109	169
塩化ナトリウム	37.6	37.8	38.3	39.0	40.0
硫酸銅(Ⅱ)	14.0	20.2	28.7	39.9	56.0

(1) 60 ℃の水 100 g に溶解する硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g か，計算過程を示し，答えなさい。(式量：$CuSO_4$ = 160)

(2) 硝酸カリウム 70 g がある。実験に 35 g の硝酸カリウムを使用したいが，不純物として塩化ナトリウムが 10 % 含まれていることがわかった。そのため，再結晶によって精製することにした。表1—1の情報を参考にして，どのようにすれば精製することができるか，方法の概要を説明しなさい。

2 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。ただし，1.0g/cm^3 は 1.0g/mL，$\log_{10}6 = 0.78$，原子量は H = 1.0，O = 16.0，P = 31.0，Na = 23.0，Cl = 35.5 とする。

電解質を水に溶かすと電離してイオンを生じ，電離していない元の物質と平衡状態となる。純粋な水もわずかに電離し，(式1)のような平衡状態になっている。

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \quad (式1)$$

また，水が平衡状態になるときの電離定数を K mol/L とする。

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} \quad (式2)$$

ここで水の密度を 1.0 g/cm^3 とすると，電離する前の水のモル濃度は約 [(1)] mol/L であり，$[H^+]$や$[OH^-]$と比べて非常に大きいため一定とみなして良い。

したがって，(式2)より(式3)が導ける。

$$[H^+][OH^-] = K[H_2O] = K_W \quad (式3)$$

この K_W を [(2)] といい，[(3)] が変わらなければ一定である。

水が電離する反応は [(4) ① 発熱反応 ② 吸熱反応] である。

したがって，[(3)] が上昇すると平衡が移動する。

このため 40 ℃の純水の pH は [(5) ① 7 である ② 7 よりも大きい ③ 7 よりも小さい]。

また，リン酸は下記のように三段階で電離している。K_1, K_2, K_3 はそれぞれの電離定数である。

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \quad K_1 = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]} = 7.00 \times 10^{-3}\ \text{mol/L} \quad (式4)$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-} \quad K_2 = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = 6.00 \times 10^{-8}\ \text{mol/L} \quad (式5)$$

$$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-} \quad K_3 = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} = 4.00 \times 10^{-13}\ \text{mol/L} \quad (式6)$$

一方，リン酸の塩であるリン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4 やリン酸二水素ナトリウム NaH_2PO_4 は水によく解け，水溶液中では完全に電離している。

$$NaH_2PO_4 \longrightarrow Na^+ + H_2PO_4^- \quad (式7)$$

$$Na_2HPO_4 \longrightarrow 2Na^+ + HPO_4^{2-} \quad (式8)$$

これらの電離によって生じた陰イオンは(式4)～(式6)で示した反応を経て，各分子やイオンとの間で平衡状態となる。

問 1　文中の(1)にあてはまる数字，(2)，(3)にあてはまる語句を記入しなさい。(4)は①と②の中から，(5)は①～③の中から，それぞれあてはまる番号を選びなさい。

問 2　pH が 3.00 のときのリン酸水溶液の濃度は何 mol/L か。有効数字 2 桁で答えなさい。なお，計算過程も示しなさい。ただし，平衡定数 K_2 と K_3 は K_1 に比べ極めて小さいので，(式 4)のみを考慮すればよいものとする。

問 3　pH が 3.00 のときのリン酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えていき，平衡時の HPO_4^{2-} イオンと PO_4^{3-} イオンの濃度の比が 2.5：1.0 となった。この時の水素イオンの濃度 $[H^+]$ を求めなさい。なお，計算過程も示し，有効数字は 2 桁で求めなさい。

問 4　リン酸二水素ナトリウム水溶液中の $H_2PO_4^-$ イオンは(式 9)の平衡が成立している。

$$2H_2PO_4^- \rightleftharpoons H_3PO_4 + HPO_4^{2-} \qquad K_6 = \frac{[H_3PO_4][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]^2} \qquad \text{(式 9)}$$

この時の平衡定数 K_6 を有効数字 2 桁で求めなさい。なお，計算過程も示しなさい。

問 5　リン酸二水素ナトリウム 1.00×10^{-3} mol とリン酸水素二ナトリウム 6.00×10^{-3} mol を水に溶かして 50 mL とした。この混合液の平衡時の pH を求めなさい。ただし，平衡時の K_1 は極めて大きく，K_3 は極めて小さいので，(式 5)のみを考慮すればよいものとする。また，平衡時の水素イオン濃度は，リン酸二水素ナトリウムおよびリン酸水素二ナトリウムの初期濃度に比べ十分小さいものとする。なお，計算過程も示しなさい。

問 6　上記**問 5** の問題で調製した混合液に 1.0 mol/L の塩酸を加えて pH を 7.00 とした。加えた塩酸の体積は何 mL か。有効数字は 2 桁で求めなさい。なお，計算過程も示しなさい。

3 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。

アンモニアの水素原子を炭化水素基で置き換えた構造の化合物を総称して（　ア　）という。ベンゼン環をもつ（　ア　）を（　イ　）といい，代表的なものはアニリンである。アニリンにAを加えるとアセトアニリドを生じる。この反応では，アセトアニリド以外に酸性(a)のBが得られる。アニリンからアセトアニリド(b)を合成したときに新たにできる結合を（　ウ　）結合と呼ぶ。この結合は蛋白質の基本構造にもみられ，この場合は（　エ　）結合とも呼ばれる。アセトアニリドは解熱作用を示すが，赤血球を溶解させるなどの副作用が強く，現在は使用されていない。アセトアミノフェン(c)は副作用の少ない解熱剤として，かぜ薬に配合されている。このように，医薬品の分子構造の一部を化学的に変化させて副作用を抑え，効能を高める方法が開発されている。

アセトアニリドの異性体であるCはベンゼン環および（　ウ　）結合をもつことがわかった。酸でCを加水分解すると，酸性のDが生じた。Dの元素分析をしたところ，炭素：68.8 %，水素：5.0 % で，Dは窒素を含んでいなかった。

サリチル酸は，ナトリウムフェノキシドにEを高温・高圧下で反応させたのちにFを作用させてつくられる。サリチル酸にAおよびFを作用させると，アセチルサリチル酸が生じる。また，サリチル酸にGおよびFを作用させると，サリチル酸メチルが得られる。

問 1 文中の（　ア　）～（　エ　）に適当な語句を書きなさい。

問 2 下線部(a)の変化を，化学反応式で書きなさい。ただし，化合物は構造式で示し，構造式は簡略化して良いものとする。

問 3 下線部(b)と(c)の構造式を書きなさい。ただし，構造式は簡略化して良いものとする。

問 4 E，F，Gの名称を書きなさい。

問 5 CとDの構造式を書きなさい。ただし，構造式は簡略化して良いものとする。

問 6 アニリン，アセトアニリド，アセトアミノフェンのいずれか1つが入れられた3種類の試験管があるが，試験管には化合物名が書かれていない。呈色反応により，これらの3種類の化合物を識別する方法を答えなさい。

生　　物

1. 生物は全部で4問題あり，合計11ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ，合計4ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入してください。

1 次の文章を読んで，あとの問いに答えなさい。

体内環境の調節にホルモンという化学物質がはたらく。ホルモンは，内分泌腺(a)でつくられ，血液中に放出され，血液の循環とともに全身に行き渡り，特定の器官(標的器官)や細胞(標的細胞)に作用する物質である。標的細胞はホルモンと結合する受容体をもち，ホルモンが標的細胞の受容体と結合することで，その細胞に作用する。例えば，アドレナリンは副腎の髄質から分泌されるホルモンで，アドレナリン受容体をもつ肝臓の細胞(b)に作用を及ぼす。内分泌腺には，他に脳下垂体，甲状腺，すい臓の(　ア　)などがあり，さまざまなホルモンがつくられている。

ホルモンは微量でも作用するので，血液中のホルモン濃度は厳密に調節されている。調節の中枢は(　イ　)の視床下部にある。視床下部にはホルモンを分泌する神経細胞(神経分泌細胞)があり，神経分泌細胞(c)にもホルモン濃度を調節する機能がある。

問 1 文章中の空欄(　ア　)と(　イ　)に入る適語を書きなさい。

問 2 下線部(a)に関し，分泌腺には内分泌腺と外分泌腺がある。内分泌腺と外分泌腺の構造上の違いについて説明しなさい。

問 3 下線部(b)に関し，あとの問いに答えなさい。

(1) アドレナリンが肝臓に及ぼす作用について説明しなさい。

(2) 肝臓の細胞で，アドレナリンとアドレナリン受容体についての記述として，適切なものを次の①～⑥の中からすべて選び，番号で答えなさい。

① アドレナリンとアドレナリン受容体の結合の間には特異性がない。

② アドレナリンは水溶性ホルモンで，アドレナリン受容体はタンパク質でできている。

③ アドレナリン受容体におけるアドレナリンの結合部位は細胞外にある。

④ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合すると細胞膜にある酵素を活性化する。

⑤ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合した後の細胞内の情報伝達にATPが必要である。

⑥ アドレナリンがアドレナリン受容体に結合しても，受容体の立体構造に変化は起こらない。

問 4　下線部(c)に関し，あとの問いに答えなさい。

(1)　視床下部からの情報が神経を通じて副腎髄質に伝わると，アドレナリンの分泌が促進される。その神経の名称を答えなさい。

(2)　視床下部には副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンやバソプレシンを生成する神経分泌細胞がある。ホルモンを生成する細胞体はいずれも視床下部内にあるが，分泌する部位である突起末端は視床下部外の異なる毛細血管にまで伸びている。これらの神経分泌細胞の突起末端が分布している毛細血管として，適切なものを次の①～⑥の中からそれぞれ1つ選び，番号で答えなさい。また，副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンとバソプレシンのはたらきについて説明しなさい。

①　副腎皮質内にある毛細血管

②　脳下垂体前葉内にある毛細血管

③　脳下垂体前葉に向かう毛細血管

④　脳下垂体後葉内にある毛細血管

⑤　脳下垂体後葉に向かう毛細血管

⑥　腎臓の集合管の周りにある毛細血管

(3)　甲状腺から分泌されるホルモンにチロキシンがある。チロキシンの分泌量が視床下部や脳下垂体によって調節されるしくみを説明しなさい。

2 次の文章を読んで，あとの問いに答えなさい。

体細胞分裂では，分裂期(M 期)とそれ以外の間期を繰り返す。(a)分裂期は前期，中期，後期，終期に分かれる。また間期はさらに DNA 合成準備期(G_1 期)，DNA 合成期(S 期)，分裂準備期(G_2 期)に分かれる。間期から分裂期までの一連の過程を細胞周期とよび，細胞は細胞周期を繰り返して増殖する。

細胞周期の中のそれぞれの長さを測定する方法はいくつか知られている。1 つ目は，細胞をとりだし，核を染色して顕微鏡で観察する方法である。例えば発芽したタマネギの根の先端部を(b)エタノール：氷酢酸＝3：1 の液に 10 ～ 15 分間浸し，よく水洗した後，(c)60 ℃に温めた 4 % 塩酸に 1 ～ 3 分間浸す。水洗し，スライドガラスに載せて酢酸オルセイン液を 1 滴加える。カバーガラスをかけて細胞を押し広げる。染色体を観察し，(d)1 つの視野の中の全細胞数と，間期あるいは分裂期の細胞数を数える。

2 つ目は細胞を培養して，DNA 量に比例して蛍光を発する試薬で染色する方法である。フローサイトメーターとよばれる特別な装置を必要とする。(e)蛍光の強さと細胞の数を測定することで，細胞周期それぞれのおおよその長さを計算できる。

細胞周期を進めるには，特別のタンパク質が必要であることが知られているが，そのタンパク質のひとつの情報となる遺伝子 X は，(f)酵母で見つかった。正常の酵母 A と比較して細胞分裂に異常がある酵母 A′ があり，酵母 A の遺伝子 X-a が変異していることがわかった。遺伝子 X-a に変異がある酵母 A′ は，細胞分裂を正しく行うことができない。しかし正常な酵母 A から取り出した(g)変異のない酵母 A の遺伝子 X-a を酵母 A′ に導入すると，酵母 A′ は正常な細胞分裂ができるようになった。また別の種類の酵母 B から取り出した変異のない遺伝子 X-b を酵母 A′ に導入したところ，酵母 A′ は正常な細胞分裂ができるようになった。さらに変異のないヒトの遺伝子 X-h を酵母 A′ に導入したところ，同様に酵母 A′ は正常な細胞分裂ができるようになった。

問 1 下線部(a)について，以下のことが起きるのはどの時期か，あてはまるものをすべて書きなさい。ただし分裂期であれば前期，中期，後期，終期を，また間期であれば G_1 期，S 期，G_2 期を書きなさい。

(1) 染色体が赤道面に並ぶ。

(2) DNA の複製が行われる。

(3) 紡錘体(紡錘糸)が形成されはじめる。

問 2 下線部(b)について，この溶液はどのような目的で使用するのか，簡単に説明しなさい。

問 3　下線部(c)について，この溶液はどのような目的で使用するのか，簡単に説明しなさい。

問 4　下線部(d)について，細胞周期の全体の長さは同じで50時間であることがわかっているとき，分裂期の細胞が30％を占めていた。間期の長さは何時間か，数字で答えなさい。ただし，細胞の数は十分に多く，細胞周期の時期の分布に偏りはないものとする。

問 5　下線部(e)について，図1に示すグラフが得られた。

(1)　図1の(i)，(ii)，(iii)それぞれは細胞周期のどの時期に相当するか，M期，G_1期，S期，G_2期の中であてはまるものをすべて書きなさい。

(2)　図1から，M期，G_1期，S期，G_2期の中で最も長いと考えられるのはどれか，1つ選んで書きなさい。ただし，細胞集団内のすべての細胞で細胞周期の長さは等しく，細胞集団内の細胞は同じタイミングで分裂していないものとする。

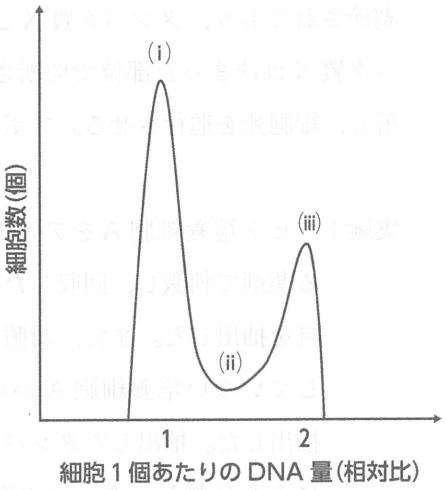

図1

問 6　下線部(f)について，あとの問いに答えなさい。

(1)　以下の文章の空欄(　ア　)～(　ウ　)に適当な語句をいれて文章を完成させなさい。

酵母では，解糖系で生じた(　ア　)が脱炭酸酵素のはたらきによってアセトアルデヒドになる。(　イ　)はアセトアルデヒドにより酸化されて(　ウ　)にもどり，解糖系が継続する。一方，アセトアルデヒドは(　イ　)によって還元され，最終的にエタノールとなる。有機物の分解産物としてエタノールができる発酵をアルコール発酵という。アルコール発酵によって生じた二酸化炭素とエタノールは細胞外に出される。

(2)　酵母が48 gの酸素を吸収し，110 gの二酸化炭素を放出したとき，以下の問いに答えなさい。原子量はC = 12.0，O = 16.0，H = 1.0とする。

①　アルコール発酵で発生した二酸化炭素は何gか。

②　アルコール発酵で消費したグルコースは何gか。

③　このときATPはすべて合わせて最大で何mol得られるか。

問 7　下線部(g)について，遺伝子X-a，X-b，X-hに関してどのようなことがいえるか，以下の語句をすべて用いて考察しなさい。

［酵母A　　酵母B　　ヒト　　配列　　保存］

3 次の文章を読んで，あとの問いに答えなさい。

多細胞生物は，プログラム細胞死という自発的に細胞を死に向かわせる遺伝的プログラムを持つ。プログラム細胞死のひとつであるアポトーシスは，生体内でさまざまな生物学的過程(a)に関与していることが分かっている。アポトーシスをおこした細胞は，細胞全体が萎縮して断片化するとともに，核の濃縮，染色体の凝集，DNAの断片化が見られる。アポトーシスの過程は厳密に調節されており，タンパク質Xというタンパク質分解酵素が重要な役割を果たしている。タンパク質Xは決まった部位で切断されることで活性化し，基質となるさまざまなタンパク質を分解し，細胞死を進行させる。アポトーシスの過程を調べるため，以下の実験を行った。

実験1　ヒト培養細胞Aをアポトーシスを誘導する薬剤で刺激し，回収した細胞からタンパク質を抽出した。また，対照群として何も刺激していない培養細胞Aからもタンパク質を抽出した。抽出したタンパク質を電気泳動法により分離し，タンパク質Xに特異的な抗体を用いて適切な方法でタンパク質Xの活性化を解析した結果，アポトーシスを誘導した細胞において，切断されて分子量が小さくなった活性化したタンパク質Xを検出した(図1)。図中のバンドの太さは，電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

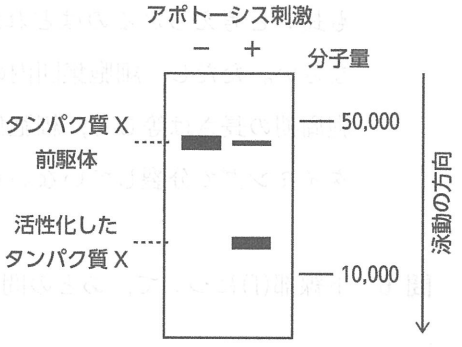

図1

実験2　実験1で用いたヒト培養細胞Aにタンパク質Yを過剰に発現させたヒト培養細胞A′を作製した。培養細胞Aと培養細胞A′それぞれにおいて，実験1と同様の方法でアポトーシスを誘導した細胞と何も刺激していない細胞からタンパク質を抽出し，タンパク質Xの活性化を解析した(図2)。図中のバンドの太さは，電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

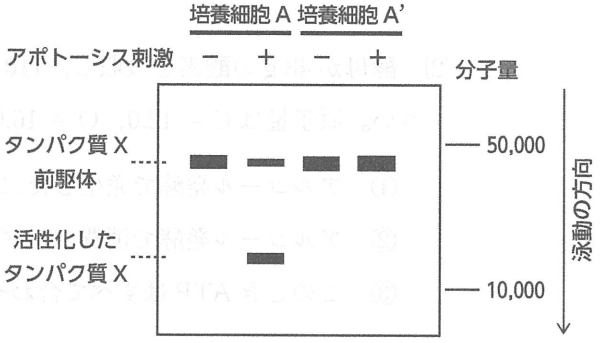

図2

実験３　この薬剤によるアポトーシスにおいて，タンパク質Ｘの活性化に関わる因子を調べたところ，シトクロムｃ(b)を同定した。そこで，アポトーシス誘導時におけるシトクロムｃの局在変化を調べるために，培養細胞Ａと培養細胞Ａ′にアポトーシスを誘導した後，何も刺激していない細胞(未処理群)と薬剤で刺激した細胞(アポトーシス誘導群)を破砕し，それぞれ細胞分画法を用いて細胞質基質のみを含む溶液中のタンパク質(細胞基質タンパク質)とミトコンドリア(c)のみを含む溶液中のタンパク質(ミトコンドリアタンパク質)を調製した。タンパク質を電気泳動で分子量の違いにより分離し，適切な方法でシトクロムｃを検出した(図３)。図中のバンドの太さは，電気泳動を用いて検出したタンパク質の量に比例するものとする。

ｉ）未処理群・細胞質基質タンパク質
ii）アポトーシス誘導群・細胞質基質タンパク質
iii）未処理群・ミトコンドリアタンパク質
iv）アポトーシス誘導群・ミトコンドリアタンパク質

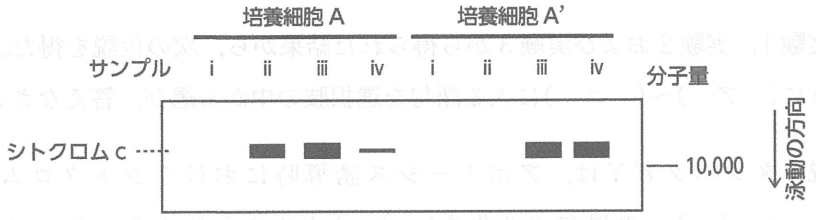

図３

実験４　タンパク質Ｚは，細胞膜を構成するリン脂質のひとつであるホスファチジルセリンと結合する性質を持つ。この性質を用いて，アポトーシス誘導時のホスファチジルセリンの局在の変化を観察するために，次の実験を行った。培養細胞Ａを用いて，何も処理していない群(未処理群)，アポトーシスを誘導する薬剤で刺激した群(アポトーシス誘導群)，固定し細胞膜に穴をあけることにより物質が細胞内と細胞外を自由に透過できるようにした群(膜透過処理群)の３つの細胞群を調製した。これらの細胞群を蛍光標識したタンパク質Ｚおよび核酸に結合する蛍光色素と混合し，それぞれの細胞群が(1)タンパク質Ｚにより染色されるか，また(2)核酸が染色されるかどうか調べた(表１)。ただし，タンパク質Ｚを標識した蛍光色素と核酸に結合する蛍光色素は異なったもので，同時に染色しても区別できるものとする。また，蛍光標識したタンパク質Ｚと核酸に結合する蛍光色素は，ともに細胞膜に穴をあける処理をしなければ細胞膜を透過しない。

表１

	(1)タンパク質Ｚによる染色	(2)核酸の染色
未処理群	−	−
アポトーシス誘導群	＋	−
膜透過処理群	＋	＋

染色が陽性のとき「＋」，陰性のとき「−」とする

実験5　アポトーシスにおけるDNA断片化を可視化するために次の実験を行った。培養細胞Aをアポトーシスを誘導する薬剤で刺激し，回収した細胞からゲノムDNAを抽出してアガロースゲル電気泳動を行い，DNAを検出した(図4)。ただし，1.0kbは1,000塩基対である。

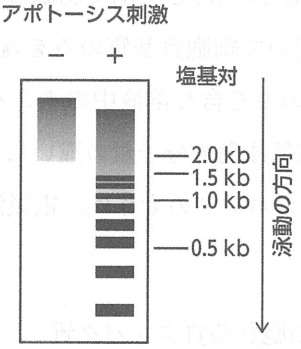

図4

問1　下線部(a)に関して，多細胞生物においてアポトーシスが関わる事例を2つあげなさい。

問2　実験1，実験2および実験3から得られた結果から，次の仮説を得た。正しい記述となるように(　ア　)〜(　エ　)に入る語句を選択肢の中から選び，答えなさい。

仮説：タンパク質Yは，アポトーシス誘導時におけるシトクロムcの(　ア　)から(　イ　)への局在の変化を(　ウ　)することにより，タンパク質Xの活性化を(　エ　)する。

選択肢

(　ア　)　細胞質　ミトコンドリア　核

(　イ　)　細胞質　ミトコンドリア　核

(　ウ　)　促進　抑制

(　エ　)　促進　抑制

問3　下線部(b)に関して，シトクロムcは電子伝達系に関わるタンパク質である。電子伝達系がどのようにしてATPを合成するか，「電子伝達系のタンパク質」という語句を必ず用いて，160字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4　下線部(c)に関して，次の文はミトコンドリアに関する記述である。正しい記述を①～⑦の中からすべて選び，番号で答えなさい。

① ミトコンドリアは内部に独自のDNAをもつ。

② ミトコンドリアは核や小胞体のように二重の生体膜を持っている。

③ ミトコンドリアは原生生物には存在しない。

④ ミトコンドリアの起源については，細胞内共生説が有力である。

⑤ クエン酸回路の反応はミトコンドリアの膜間腔で行われる。

⑥ ミトコンドリアは分裂・融合を繰り返している。

⑦ ヒトの精子はミトコンドリアを持っていない。

問 5　実験4の結果から，アポトーシスによって，細胞膜に存在するホスファチジルセリンの局在にどのような変化が生じたか，実験結果をもとに考察しなさい。

問 6　実験5の結果から，アポトーシス誘導によって，ゲノムDNAが約180塩基対の整数倍の断片として検出されることが分かる。これはタンパク質Xによって活性化されたDNA切断酵素がDNAを切断したために生じる。なぜ断片化したDNAのサイズが一定の長さの整数倍となるのか，染色体の構造に着目して考察しなさい。

4 次の文章を読んで，あとの問いに答えなさい。

海洋における生産者は，主にさまざまな浮遊性藻類からなる植物プランクトンであり，その生活の場は(　ア　)に必要な光が十分に届く表層に限られている。植物プランクトンの純生産量(a)が0になる深さを(　イ　)といい，沿岸よりも外洋で深く，約100 mにまで達する。海洋での生産者の被食量(b)は陸上に比べて大きいことが多く，純生産量の大半が動物によって利用されることもある。

海洋では植物プランクトンの増殖に必要な栄養塩類が不足しやすい。そのため，純生産量は光の量よりも栄養塩類の量に大きく依存している場合が多い。沿岸域で純生産量が多いのは，陸から河川によって栄養塩類が供給されることがその一因である。また，高緯度地方の海では栄養塩類が供給されやすい(c)ため，光量が少ないにも関わらず純生産量は多い。それに対し，熱帯の外洋は光量が多いにもかかわらず，栄養塩類の不足によってプランクトンの量が少ない。

河川や湖沼では，生活排水のような有機物や栄養塩類を多く含む汚水が流入して生態系がかく乱されることがある。通常は，生物のはたらきなどによって，水質はやがてもとにもどる(d)。このようなはたらきを(　ウ　)という。しかし，生活排水などが大量に流入すると，(　ウ　)のはたらきだけではもとにもどらなくなることがある。栄養塩類などが蓄積して濃度が高くなることを富栄養化という。富栄養化が進行した湖沼ではプランクトンが異常に増殖し，(　エ　)が発生することがある。(　エ　)が発生すると，水面が植物プランクトンでおおわれて水中に光が届かなくなり，水生植物などが生育できなくなってしまう。

東京湾や瀬戸内海などの内湾・内海では，河川から栄養塩類が流入して富栄養化することで特定のプランクトンが異常に増殖し，赤潮が発生することがある。赤潮が発生すると魚などの大量死を招き(e)，それまでの生態系がくずれることがある。

問 1　文中の(　ア　)～(　エ　)に適当な語句を入れなさい。

問 2　下線部(a)について，純生産量は総生産量とどのように異なるか，50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 3　下線部(b)について，陸上の生産者で被食量とならない部分はどのようになるのか，30字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4　下線部(c)について，高緯度地方で栄養塩類が供給されやすいのはなぜか，80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 5　下線部(d)について，水質をもとにもどすはたらきには，生物によるはたらきのほかに，どのようなはたらきがあるか，2つ答えなさい。

問 6　下線部(e)について，赤潮の発生が魚などの大量死を招くのはなぜか，40字以内(句読点を含む)で説明しなさい。