令和２年度入学試験問題（前期日程）

理　　科

物　理	1 ページから	7 ページまで
化　学	8 ページから	14 ページまで
生　物	15 ページから	22 ページまで
地　学	23 ページから	30 ページまで

注　意　事　項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄（1 か所または 2 か所）に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は，100 分である。

物　　理

1　以下の文章中の［　　］に最も適切な数値，数式，語句，または選択肢の記号を記入せよ。（40点）

問1　空気中を鉛直下方に落下する質量 m の小物体について考える。このとき，小物体には重力だけではなく速さ v に応じた空気抵抗が働く。空気抵抗による力の大きさを kv（k は正の比例定数）で表し，重力加速度を g とする。また，鉛直下方を正の向きとする。このとき，以下の各問に答えよ。

(1)　小物体の運動方程式は［　①　］となる。ただし，加速度の大きさを a とする。

(2)　十分時間が経過した後に，小物体は終端速度 v' で落下する。m，k，g を用いると $v' =$［　②　］と表せる。

問2　水平でなめらかな直線状の線路を動く電車がある。電車の天井からつるした長さ l の糸の一端に，質量 m のおもりをつけた単振り子を考える。おもりは電車の進行方向に平行な鉛直面内で小さな振幅で振動できるものとする。このとき，以下の文中の空欄にあてはまる式を求めよ。ただし，重力加速度を g とし，空気抵抗は無視するものとする。

静止した電車内で，単振り子のおもりを鉛直面内で小さな振幅で揺らしたときの周期は $2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$ である。電車が等加速度直線運動をはじめたところ，おもりは鉛直下方から角度 θ だけ後方に傾いたまま静止した。このとき，糸にかかる張力は［　③　］であり，おもりにかかる慣性力は［　④　］となる。さらに，おもりを鉛直面内で小さな振幅で揺らすと，その周期は［　⑤　］となる。

問3　図1－Iのように，直方体の形をした半導体に対して，上向きに磁場をかけ左向きに電流を流した。このとき，面Pと面Qの間に電位差が生じた。

この現象を［　⑥　(ア) 右ねじの法則　(イ) ホール効果　(ウ) 電磁誘導　(エ) 光電効果　］という。

キャリアが［　⑦　］である場合，面Pに対して面Qの電位が低くなる。

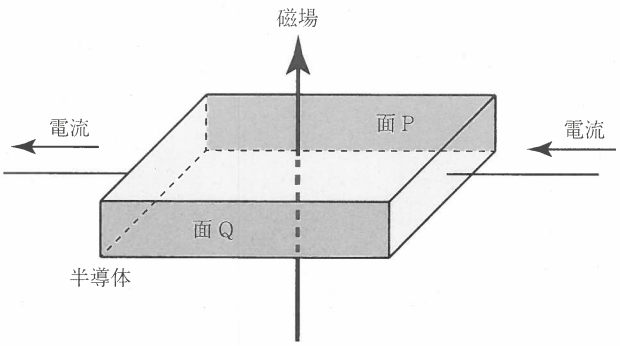


図1－I

問4　図1—Ⅱ(a)のような電流と電圧の関係を示す白熱電球と，50 Ωの抵抗，内部抵抗を無視できる電源を接続し，図1—Ⅱ(b)に示す回路を作る。電源を流れる電流は0.80 Aであった。このとき，電源の起電力は［⑧］Vであり，抵抗で消費される電力は［⑨］Wとなる。

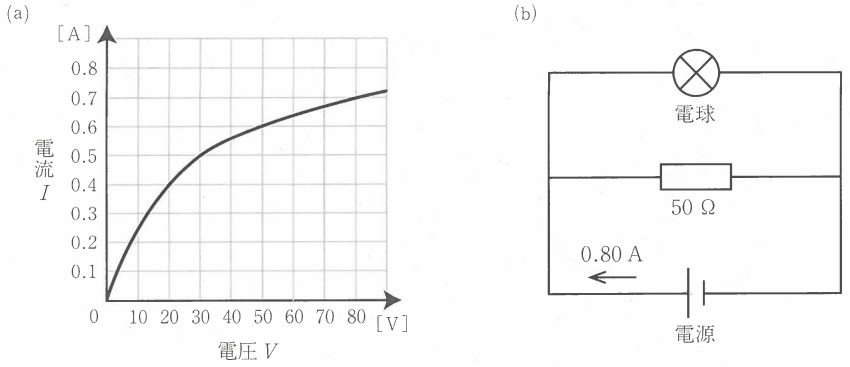


図1—Ⅱ

問5　密閉した容器の中に1モルの単原子分子理想気体が入っている。気体の圧力p_1[N/m^2]と体積V_1[m^3]の状態Aから図1—Ⅲのように，A→B→C→Aと変化させる。つまり，まず状態Aから体積V_1[m^3]のまま変化させて，圧力p_2[N/m^2]の状態Bにした。次に，状態Bから断熱膨張させて，圧力p_1[N/m^2]と体積V_2[m^3]の状態Cにした。最後に，状態Cから圧力一定のまま，もとの状態Aに戻した。ただし，気体定数をR[J/(mol·K)]，理想気体の定積モル比熱を$\frac{3}{2}R$[J/(mol·K)]，定圧モル比熱を$\frac{5}{2}R$[J/(mol·K)]とする。このとき，以下の各問に答えよ。

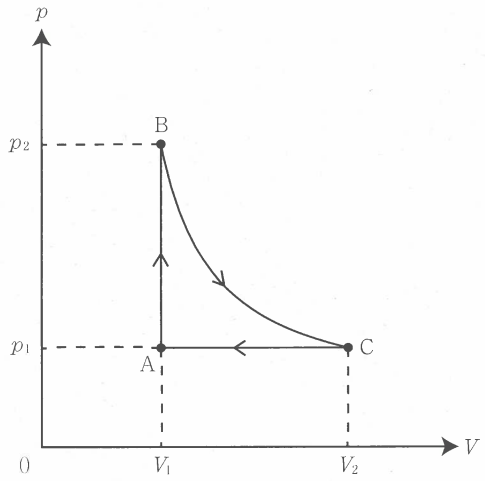


図1—Ⅲ

(1)　状態AからBにおいて気体が吸収した熱量Q_1を求めると，Q_1 = ［⑩］[J]となる。

(2)　状態CからAにおいて気体がされた仕事W_1を求めると，W_1 = ［⑪］[J]となる。

(3)　全過程において，理想気体が外にした全仕事をQ_1とW_1を用いて表すと，［⑫］[J]となる。

問6　図1—Ⅳ(a)は，x軸方向の正の向きに，振幅A，波長λ，周期Tで進む正弦波の時刻$t=0$における変位yを1波長分についてだけ描いたものである。以下の各問に答えよ。ただし，円周率はπとする。

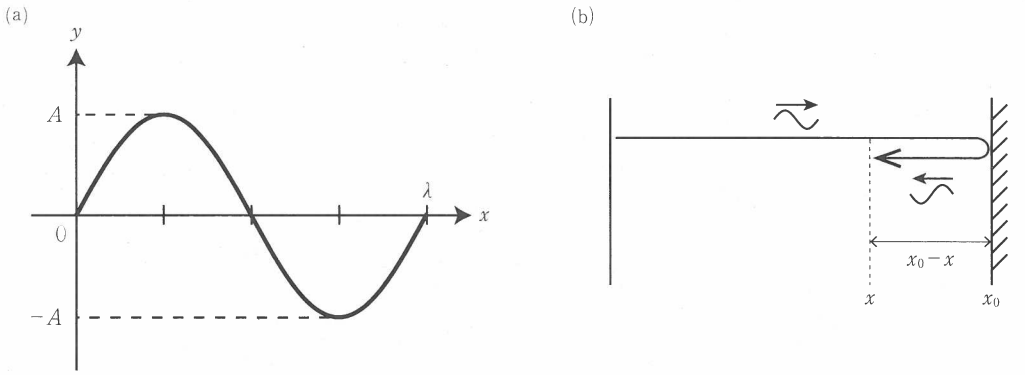


図1—Ⅳ

(1)　位置$x=0$での媒質の時刻tにおける変位yを表す式を求めると，$y=$ ⑬ となる。

(2)　位置xでの媒質の時刻tにおける変位yを表す式を求めると，$y=$ ⑭ となる。

(3)　図1—Ⅳ(a)の正弦波がx軸の負の向きに進んでいるとした場合，位置xでの媒質の時刻tにおける変位yを表す式は$y=$ ⑮ と表される。

(4)　上の(2)で表されるx軸の正の向きに進む波が位置x_0($x_0>0$)のところにある壁にぶつかり，位相がπだけずれる固定端反射をして，x軸の負の方向に進んだ。その様子を図1—Ⅳ(b)に示す。この反射波の位置xで，媒質の時刻tにおける変位yを表す式を求めると，$y=$ ⑯ となる。ただし，入射波と反射波の合成は考えない。

問7　ボーアの水素原子模型では，原子核のまわりを1個の電子が等速円運動していると考えられる。電子の質量をm[kg]，電気素量をe[C]，プランク定数をh[J·s]，クーロンの法則の比例定数をk_0[N·m^2/C^2]，光速をc[m/s]とする。ただし，電子の速さをv[m/s]，軌道半径をr[m]とすると，電子に働く向心力の大きさは，$m\dfrac{v^2}{r}$[N]と表されるものとする。以下の各問に答えよ。

(1)　電子に働く静電気力をk_0，e，rを用いて表すと，⑰ [N]となる。

(2)　水素原子の中で電子波が定常波をつくるためには，$2\pi r=n\lambda$(πは円周率，nは自然数，λは波の波長)の関係が成立しなければならない。このとき，軌道半径rをn，k_0，m，e，hを用いて表すと，⑱ [m]となる。ただし，ド・ブロイ波長の式$\lambda=\dfrac{h}{mv}$が成り立つものとする。

(3)　電子の全エネルギーは，運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和である。量子数nの電子のエネルギー準位E_n[J]をn，k_0，m，e，hを用いて表すと，⑲ [J]となる。ただし，位置エネルギーの基準は無限遠にとる。

(4)　電子がエネルギー準位E_n[J]からそれよりも低いエネルギー準位E_m[J]に移るとき，これらの差のエネルギーを持つ光子を放出する。放出される光の波長λをE_n，E_m，h，cを用いて表すと，⑳ [m]となる。

2 図2—Iのように，水平となす角θの固定された斜面がある。斜面上の点Aから点Bまではなめらかな面であり，点Bから点Cの間には摩擦がある。ここで，質量m_1の物体1と質量m_2の容器を軽い糸で結び，物体1を斜面上のAB間に置き，軽くてなめらかに回転する定滑車に糸をかけて容器をつるした。物体1と容器は，この状態で静止している。ただし，重力加速度をgとし，空気抵抗と物体の大きさは無視する。以下の各問に答えよ。(30点)

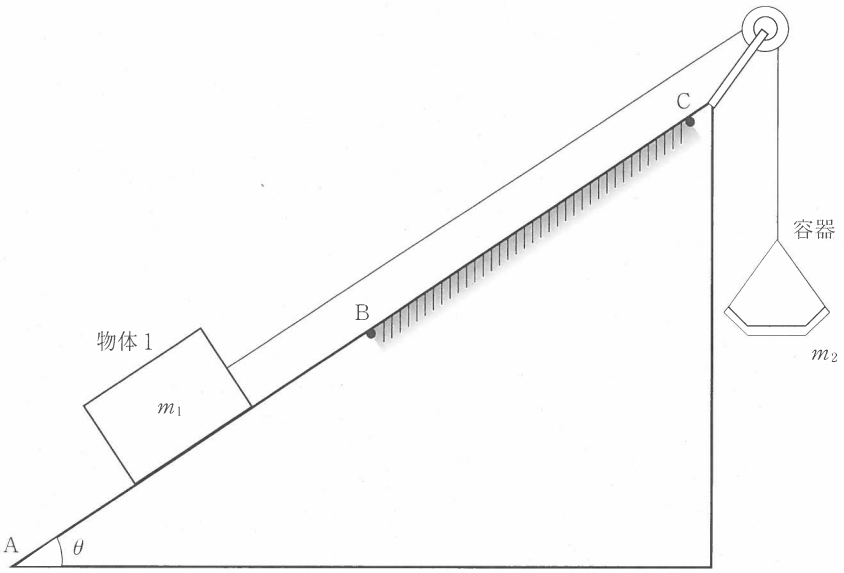


図2—I

問1　物体1が斜面から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

問2　糸の張力をTとして，物体1に作用する斜面に沿ったつりあいの式を求めよ。

容器に質量Mのおもりを置いたところ，物体1が斜面上方に，容器が下方に，加速度aでゆっくりと動き出した。ただし，斜面上方を加速度の正の向きとする。

問3　おもりをのせた容器がはじめの位置から高さhだけ下がったとき，重力がおもりと容器にした仕事の大きさを求めよ。

問4　糸の張力をT'として，物体1に関する斜面に沿った運動方程式を書け。

問5　加速度の大きさをθ，g，m_1，m_2，Mを用いて表せ。

その後，物体1が点Bを通過したときに糸を切った。物体1は動摩擦力を受けて点Bから斜面に沿って距離dだけ進んで，BC間で静止した。

問6　点Bを通過したときの物体1の速さをvとすると，物体1にはたらく動摩擦力のした仕事の大きさを求めよ。

問7　点Bを通過後の物体1の速さと移動した距離の時間変化を表す適切なグラフを図2—Ⅱの(ア)～(エ)の中から1つ選び，その記号で答えよ。

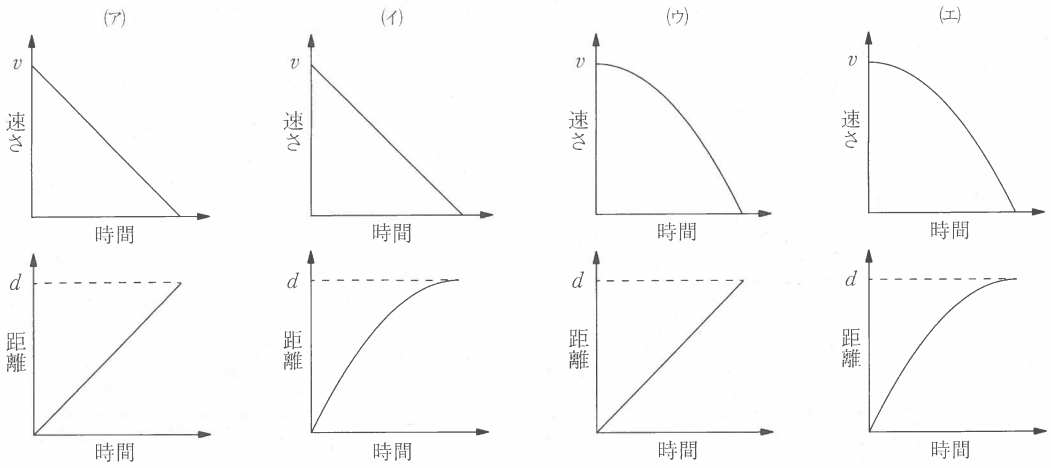


図2—Ⅱ

次に，図2－Ⅲのように，水平となす角θの固定された摩擦のない斜面がある。中心部に穴のあいた質量m_1の物体2に軽い糸を通し，質量m_1の物体1と質量m_2の容器をその糸の両端につないだ。ここで，物体1と物体2を斜面上に置き，軽くてなめらかに回転する定滑車に糸をかけて容器をつるした。物体1と容器は，この状態で静止している。また，物体2は物体1から斜面上方に距離Lだけ離れた場所に手で支えられて静止している。次に，物体2を静かにはなしたところ，斜面下方に運動を始めた。ただし，物体2と糸の間に摩擦力は働かないものとする。

問8　物体1に衝突する直前の物体2の速さv'を求めよ。

問9　衝突後，糸は切れずに物体1と物体2は一体となって斜面下方へ運動した。一体となった物体の衝突直後の速さはVであった。衝突時に物体2から物体1と容器へ与えられた力積の大きさを求めよ。

問10　衝突の前後において失われた力学的エネルギーの大きさをm_1，m_2，v'を用いて表せ。

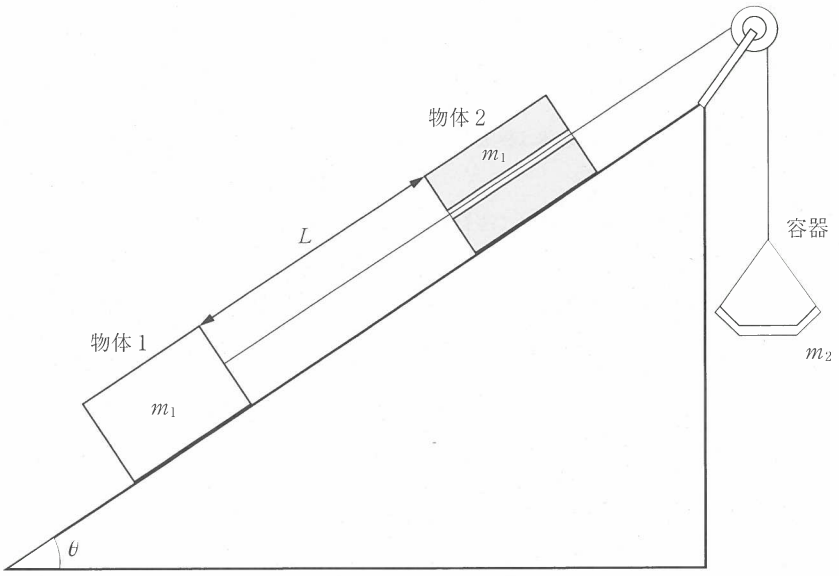


図2—Ⅲ

3 以下のA，Bの各問に答えよ。(30点)

A　図3—I(a)のように，極板の面積S，極板間の距離dの平行板コンデンサーが，内部抵抗の無視できる起電力Vの電池とスイッチSWに接続されている。これらは真空中にあり，真空の誘電率をε_0とする。また，極板の端における電場(電界)の乱れは無視できる。

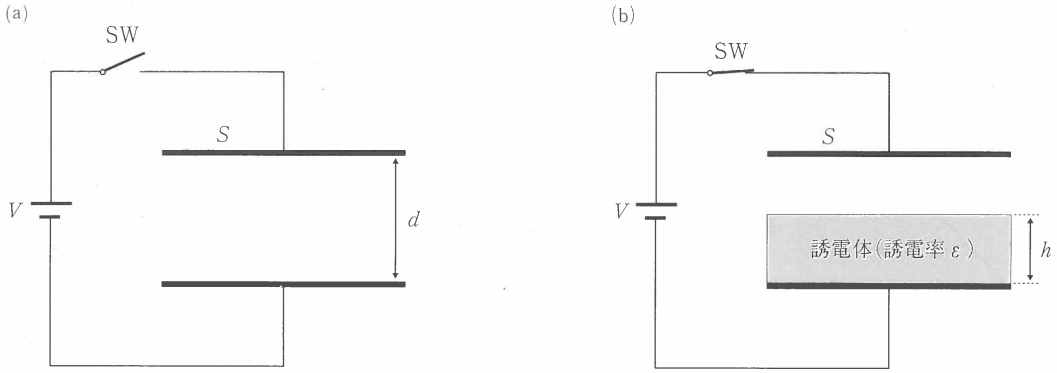


図3—I

図3—I(a)のスイッチSWを閉じて，平行板コンデンサーを充電した。

問1　平行板コンデンサーの電気容量(静電容量)C_0を求めよ。また，そのコンデンサーに蓄えられている電気量Q_0をε_0，d，S，Vを用いて表せ。

次に，スイッチSWを閉じたまま，平行板コンデンサーの極板と同じ形をした厚さh($h<d$)の誘電体(誘電率ε)を極板に沿ってゆっくりとなめらかに挿入し，図3—I(b)のようにコンデンサーの極板間に入れた。

問2　誘電体が挿入された平行板コンデンサーの電気容量Cをε_0，ε，d，h，Sを用いて表せ。

問3　誘電体の挿入によって生じたコンデンサーの電気量の変化ΔQをC_0，C，Vを用いて表せ。また，このとき電池のした仕事W_1をC_0，C，Vを用いて表せ。

問4　誘電体を挿入するために外力のした仕事W_2をC_0，C，V，W_1を用いて表せ。

問5　極板間に誘電体の一部を挿入すると，誘電体は極板間に引き込まれる。この現象が起こる理由を記述せよ。

スイッチSWを開き，誘電体をゆっくり移動させて平行板コンデンサーから取り出した。

問6　誘電体を取り出したあとの極板間の電位差V'をC_0，C，d，h，S，Vのうちから必要なものを用いて表せ。

B　図3—Ⅱのように，電気抵抗 R をもつ正方形(1辺の長さ a)の1巻きコイル EFGH が xy 平面に置かれ，z 軸方向に平行で磁束密度 B の一様な磁場(磁界)がコイルの面を垂直に貫いている。磁束密度 B は，時刻 $t = 0$ から $5T$ までの間に図3—Ⅲのように時間変化する。ただし，コイルの自己誘導は無視するものとする。

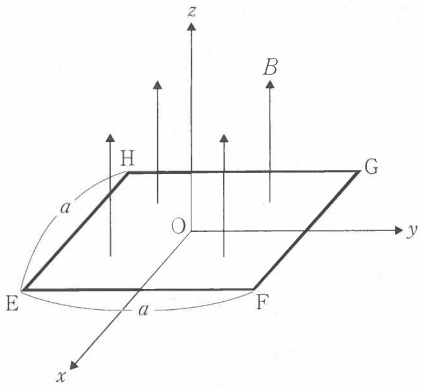


図3—Ⅱ

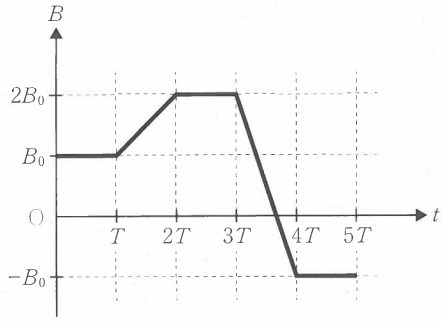


図3—Ⅲ

問7　(1) $0 < t < T$ および(2) $T < t < 2T$ の時刻 t のとき，コイルを貫く磁束 Φ を a，B_0，t，T のうちから必要なものを用いて表せ。

問8　(1) $0 < t < T$ および(2) $T < t < 2T$ の間に，コイルに生じる誘導起電力の大きさ V を求めよ。

問9　$T < t < 2T$ の間に，コイルを流れる誘導電流の大きさ I_0 を a，B_0，T，R を用いて表せ。このとき，コイルの1辺 EF が磁場から受ける力の向きを，以下の選択肢(ア)～(カ)の中から1つ選び，その記号で答えよ。

(ア) x 軸の正の向き　(イ) x 軸の負の向き　(ウ) y 軸の正の向き　(エ) y 軸の負の向き
(オ) z 軸の正の向き　(カ) z 軸の負の向き

問10　図3—Ⅲのように磁束密度 B が時間変化するとき，時刻 $t = 0$ から $5T$ までの間にコイルを流れる誘導電流 I を解答用紙の図に記入せよ。ただし，図中の I_0 は問9で求めた誘導電流の大きさであり，コイルを E → F → G → H → E に流れる電流の向きを正とする。

化　　学

必要があれば，原子量は次の値を用いなさい。

H = 1.00，C = 12.00，O = 16.00，Al = 27.0

1　次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。（18点）

2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックの選手村では，水素でエネルギーを供給することとなっている。水素は水の電気分解(a)で製造可能であり，燃料電池で電気に変換して利用されるため，二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギー媒体として期待されている。水素利用の代表例である燃料電池自動車は，500 km 走行可能な水素 5.00 kg(b)が高圧容器中に 7.0×10^7 Pa で貯められている。一方，上記のように水素を高圧で貯める方法の他に，液化や化学結合などを利用して貯める方法(c)がある。例えば化学結合を利用した水素吸蔵合金は，結晶格子の隙間に水素が入り込んでいる。長崎ハウステンボスの「変なホテル」では，自然エネルギーで製造した水素を水素吸蔵合金入りの容器に貯めておき(d)，必要に応じて水素を取り出して燃料電池で電気と熱を供給している。

問1　下線部(a)について，水の電気分解を行う場合，酸性と塩基性の水溶液中で進行する反応が異なる。それぞれの溶液において両極で進行する反応式を答えなさい。

問2　下線部(b)について，以下の(1)～(3)に答えなさい。

(1)　燃料電池自動車が1 km 走行するために必要な標準状態における水素の体積（L）を，計算過程を示し有効数字3桁で答えなさい。ただし，水素は理想気体としてふるまうものとする。

(2)　水素 5.00 kg を 300 K，7.091×10^7 Pa で保存するために必要な容器の容積（L）を，計算過程を示し有効数字3桁で答えなさい。ただし，水素は理想気体としてふるまうものとする。

(3)　現実では水素は実在気体であるため，(2)の条件で水素を保存する場合，理想気体とした場合に比べて 1.45 倍の容積が必要となる。このように理想気体と実在気体の違いを生み出す主要な原因を2つ答えなさい。

問3　下線部(c)について，液体水素の密度は 70.8 g/L である。この液体水素 70.6 L の質量（kg）を有効数字3桁で答えなさい。

問4　下線部(d)について，水素吸蔵合金 40.0 kg 入りの容器 229 L に 0 ℃，1.013×10^6 Pa の水素が貯められている場合，これと同じ物質量の水素を水素吸蔵合金の無い容器に同一の温度・圧力で貯めると 896 L の容積となった。このとき水素は合金の質量に対して何％取り込まれていたか，計算過程を示し有効数字3桁で答えなさい。ただし，水素は理想気体としてふるまうものとする。また，水素吸蔵合金は密度 8.00 g/cm^3 とし，水素の出し入れに伴う合金の体積膨張は無いものとする。

2 酸と塩基の反応について，以下の各問に答えなさい。（16点）

問1　以下の(1)，(2)に答えなさい。

(1)　次の酸と塩基の組み合わせについて，完全に中和したときの化学反応式および生じた塩の名称をそれぞれ書きなさい。また，生じた塩の種類は正塩，酸性塩，塩基性塩のいずれであるか答えなさい。

(a)　同じ物質量の炭酸と水酸化ナトリウム

(b)　塩酸とアンモニア

(2)　上記(b)の組み合わせで生じた塩の水溶液は，中性，酸性，塩基性のいずれであるか，イオン反応式を用いて説明しなさい。

問2　次の文章を読み，以下の(1)～(3)に答えなさい。

0.10 mol/L 塩酸 25 mL と 0.10 mol/L 酢酸水溶液 25 mL をそれぞれ 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。そのとき加えた水酸化ナトリウム水溶液の量と混合水溶液の pH との関係を調べると，(a)図Ⅰに示した滴定曲線が得られる。この滴定曲線を用いると，(b)溶液の中和反応が完了した点や(c)溶液が緩衝作用を示す範囲等を読みとることができる。

(1)　下線部(a)について，塩酸の滴定曲線は，図Ⅰの曲線A，曲線Bいずれであるか答えなさい。また，その曲線である理由を2つ答えなさい。

(2)　下線部(b)について，酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定したとき得られる中和点の pH を次の(ア)～(ウ)から1つ選び，記号で答えなさい。

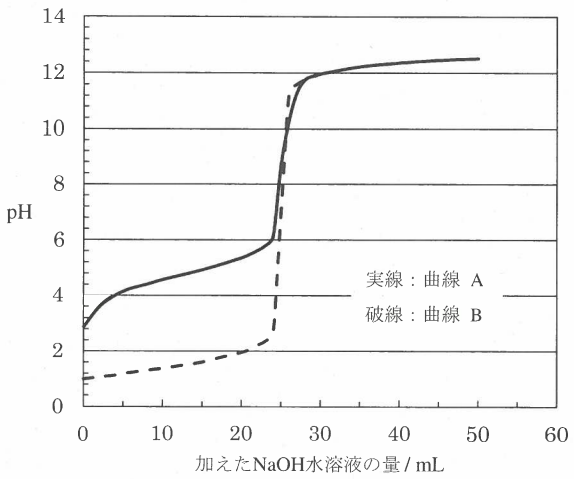
(ア)　pH ＜ 7　　(イ)　pH ＝ 7　　(ウ)　pH ＞ 7

また，その pH を示す理由について，下記の＜式群＞①式～⑨式の中から3つ選び，それを用いて説明しなさい。

(3)　下線部(c)を示す部分は図Ⅰの曲線上のどの部分か。次の(ア)～(カ)の中からすべて選び，記号で答えなさい。

(ア)　曲線A　5 ～ 20 mL　　(イ)　曲線A　20 ～ 30 mL　　(ウ)　曲線A　30 ～ 50 mL
(エ)　曲線B　5 ～ 20 mL　　(オ)　曲線B　20 ～ 30 mL　　(カ)　曲線B　30 ～ 50 mL

また，その滴定量付近で少量の水酸化ナトリウムを加えたとき緩衝作用を示す様子について，下記の＜式群＞①式～⑨式の中から3つ選び，それを用いて説明しなさい。



図Ⅰ　滴定曲線

＜式群＞

$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$ ・・・①

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$ ・・・②

$HCl \rightleftarrows Cl^- + H^+$ ・・・③

$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$ ・・・④

$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$ ・・・⑤

$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$ ・・・⑥

$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$ ・・・⑦

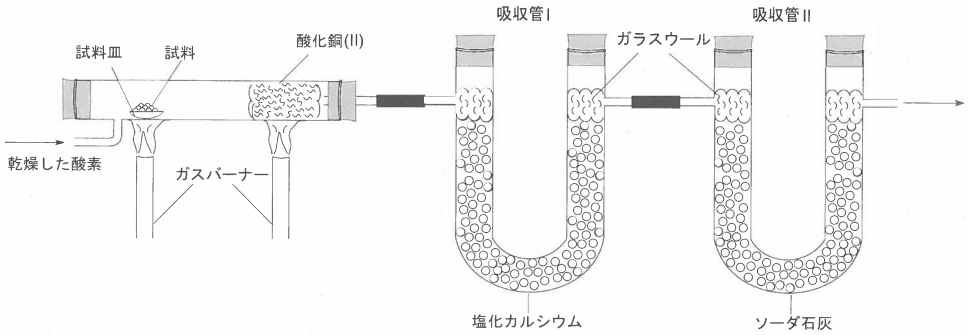
$HCl + OH^- \longrightarrow Cl^- + H_2O$ ・・・⑧

$CH_3COOH + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$ ・・・⑨

3 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(16点)

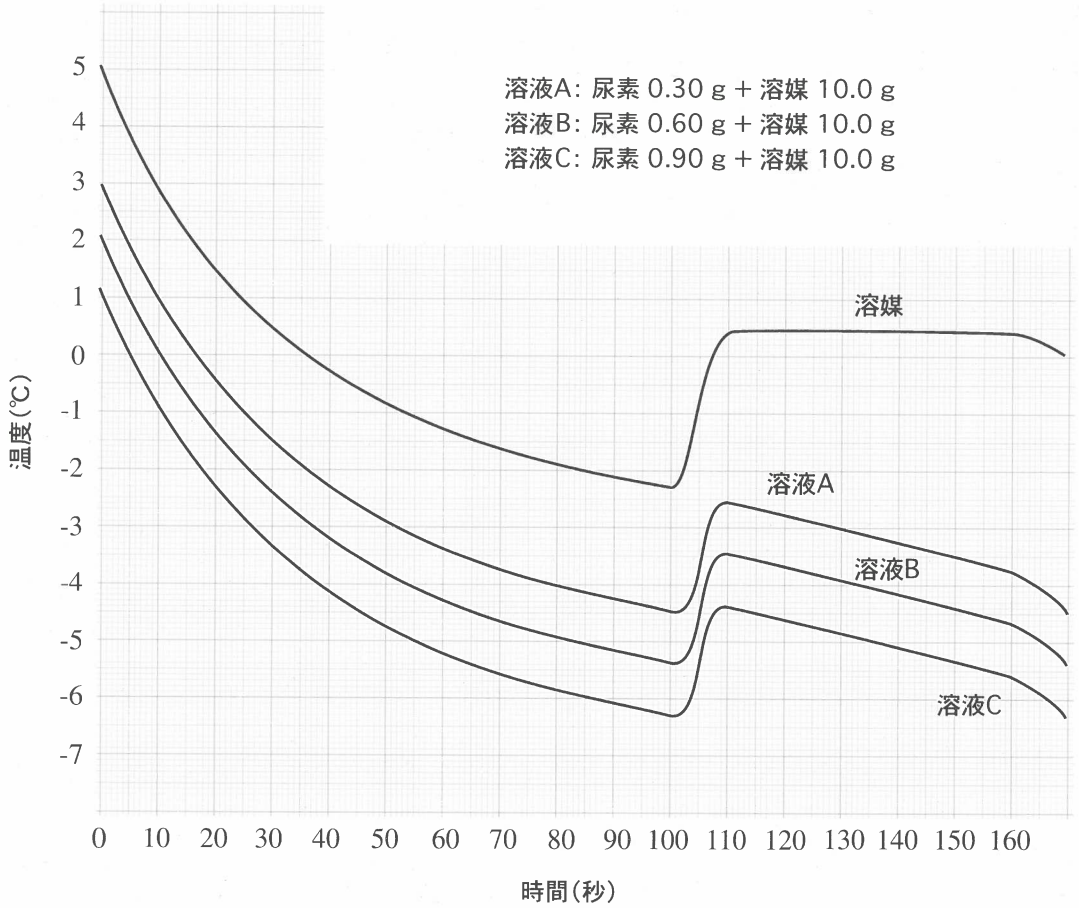
炭素，水素，酸素からなるアルコールXがあり，Xはヒドロキシ基以外の酸素原子をもたず，1つの炭素原子がヒドロキシ基を2つ以上もつこともない。また，Xは不斉炭素原子をもたないものとする。アルコールXについて，実験1～5を行った。

実験1　試料としてアルコールX 9.00 mgを図Ⅱの実験装置を用いて完全燃焼させ，生じた燃焼ガスを吸収管ⅠおよびⅡで吸収したところ，吸収管Ⅰは8.37 mg，吸収管Ⅱは20.4 mg，それぞれ質量が増加した。



図Ⅱ　元素分析装置

実験2　ある溶媒に尿素(CH_4N_2O，分子量60.0)を溶かした3種類の溶液A～Cと溶媒との温度変化をそれぞれ測定し，図Ⅲの冷却曲線を作成した。次に，アルコールX 1.00 gを同じ溶媒10.0 gに溶かした溶液Dを調製し，その凝固点降下度を測定し求めたところ1.59 Kであった。

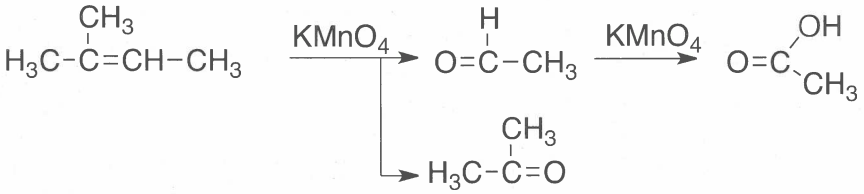


図Ⅲ　溶媒と溶液の冷却曲線

実験３　アルコール X 5.80 g に十分な量の金属ナトリウムを作用させたところ，気体が発生した。

実験４　アルコール X に硫酸酸性の二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ 水溶液を作用させたところ，カルボニル化合物が生じた。このカルボニル化合物とアンモニア性硝酸銀とを反応させたが，銀は析出しなかった。また，このカルボニル化合物に金属ナトリウムを作用させたところ，気体は発生しなかった。

実験５　アルコール X に濃硫酸を加えて加熱すると脱水反応がおこり，２種類の炭化水素が生じた。この混合物に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液を加えると，すべての二重結合が開裂し３種類のアルデヒドが生じた。さらに酸化を続けると，３種類のジカルボン酸が得られた。
なお，過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液を用いた 2-メチル-2-ブテンの酸化反応を例として図Ⅳに示した。



図Ⅳ　2-メチル-2-ブテンの酸化

問１　実験１よりアルコール X の組成式を答えなさい。

問２　実験１と実験２よりアルコール X の分子式を推測し答えなさい。

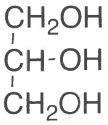
問３　実験３で発生した気体は何か名称を答えなさい。また，その気体の標準状態での体積(L)を答えなさい。ただし，その気体は理想気体としてふるまうものとする。

問４　実験３で発生した気体の採取法として最も適切な方法を(ア)～(ウ)の選択肢の中から１つ選び，記号で答えなさい。

(ア)　上方置換法　　(イ)　下方置換法　　(ウ)　水上置換法

問５　実験５で生じた３種類のジカルボン酸のうち，分子量が最も小さい化合物の名称を答えなさい。

問６　アルコール X の構造式を例にならって１つ書きなさい。ただし，立体異性体は考慮しなくてよい。



(例　グリセリンの構造式)

4 以下の各問に答えなさい。(17点)

問1　次の文章を読んで，以下の(1)～(4)に答えなさい。

質量 m[g]の物質の温度を t[K]変化させるのに必要な熱量 Q[J]は，物質の比熱容量(比熱)を c とすると，$Q = mct$ で表すことができる。ここで，質量 m の単位は[g]，温度 t のそれは[K]，熱量 Q のそれは[J]なので，比熱容量 c の単位は［ 1 ］となる。また，物質の温度を初期温度 t_1 から最終温度 t_2 に変化させた時の熱量 Q は，$Q = mc(t_2 - t_1)$ で表すことができる。

今，断熱容器に入っている温度 300.0 K の 120.0 g の水の中に温度 430.0 K の剛球 100.0 g を加えた。断熱容器に入っている水は，剛球を入れた時，沸騰蒸発しないものとする。剛球の比熱容量を 0.4800［ 1 ］，水のそれを 4.200［ 1 ］とし，温度による比熱容量の変化は無視する。

(1)［ 1 ］に入る適切な単位を答えなさい。

(2) 断熱容器に入っている水の最終温度を x[K]としたとき，水が吸収した熱量 $Q_{水}$ を，x を使った式で表しなさい。

(3) 剛球が放出した熱量 $Q_{剛球}$ を，x を使った式で表しなさい。

(4) 断熱容器が吸収する熱量を無視し，剛球が放出した熱量 $Q_{剛球}$ が全て水に吸収されたとしたとき，$Q_{水} + Q_{剛球} = 0$ が成り立つ。水の最終温度 x[K]を有効数字4桁で答えなさい。

問2　次の熱化学方程式について，以下の(1)～(5)に答えなさい。

C(黒鉛) + O_2(気) = CO_2(気) + 394 kJ

H_2(気) + $\frac{1}{2}O_2$(気) = H_2O(液) + 286 kJ

H_2(気) + $\frac{1}{2}O_2$(気) = H_2O(気) + 242 kJ

C_2H_6(気) + $\frac{7}{2}O_2$(気) = $2CO_2$(気) + $3H_2O$(液) + 1560 kJ

C_2H_4(気) + H_2(気) = C_2H_6(気) + 136 kJ

(1) 1 mol の水(液)が，全て水蒸気(気)になるときの熱化学方程式を書きなさい。

(2) 黒鉛と水素分子から1 mol のエタン(気)が生成するときの熱化学方程式を書きなさい。

(3) 黒鉛と水素分子から1 mol のエテン(気)が生成するときの熱化学方程式を書きなさい。

(4) 1 mol のエテンが完全に燃焼して二酸化炭素(気)と水(気)を生成するときの熱化学方程式を書きなさい。

(5) エテン 100.0 g が空気中で完全に燃焼して二酸化炭素(気)と水(気)を生成するときに放出される熱量は何 kJ か，小数第1位を四捨五入して，整数で答えなさい。

5 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。（17 点）

アルミニウムは，私たちの生活に密接に関わる重要な金属のひとつである。(a)アルミニウムは，ボーキサイトと呼ばれる鉱石から純粋な［ 1 ］をつくり，さらにこれを融解した氷晶石（$NaAlF_6$）に溶かし込んで約 1000 ℃で電解して製造される。

アルミニウムの粉末と酸化鉄（Ⅲ）の粉末を混合したものを［ 2 ］という。この［ 2 ］に点火すると，(b)多量の熱を発生しながら反応し，単体の鉄が生じる。これは，アルミニウムが酸化鉄（Ⅲ）に電子を与える酸化還元反応である。電子のやりとりを考慮すると，アルミニウムの代わりに(c)他の金属も同様の反応に用いることができるはずである。

アルミニウムの性質を知らず，誤って使用した場合は重大な事故を引き起こす可能性がある。例えば，2012 年，東京メトロ・丸ノ内線の車内で，乗客が持っていたアルミ缶が破裂し，電車内の数人が負傷した事故が発生した。このとき破裂したアルミ缶を持っていた乗客は，勤務先から業務用の洗剤（強い塩基性の液体）をコーヒーの缶（アルミ缶）に入れてきつく蓋をして持ち帰る途中だったという。破裂の原因は，(d)アルミニウムと強い塩基性の液体が反応し，ガスが発生したためと考えられている。(e)アルミニウムは，塩基性水溶液および酸性水溶液の双方と反応するため，［ 3 ］元素または［ 3 ］金属と呼ばれる。

問 1　上の文章中の［ 1 ］に当てはまる化合物を化学式で答えなさい。また［ 2 ］および［ 3 ］に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2　下線部(a)に関して，9.65×10^3 A の電流を 5.00 時間流した時に陰極側で得られるアルミニウムは何 kg か，有効数字 3 桁で答えなさい。ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol とする。

問 3　下線部(b)の化学反応式を書きなさい。

問 4　下線部(c)に関して，アルミニウムの代わりに使える金属を，次の 5 つの中から 1 つ選んで元素記号で答えなさい。また，その理由を 30 字以内で答えなさい。

Ag　Mg　Au　Pb　Cu

問 5　下線部(d)に関して，強い塩基性の液体を水酸化ナトリウム水溶液と仮定し，その化学反応式を書きなさい。

問 6　下線部(e)に関して，酸性水溶液として，希塩酸ではなく濃硝酸を用いるとアルミニウムは完全に反応しない。この理由を 30 字以内で答えなさい。

6 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(16点)

合成高分子化合物は我々の生活に欠かせないものとなっている。それらの合成には，単量体の不飽和結合部分が反応する［ 1 ］重合，2つ以上の官能基をもつ単量体から小さな分子がとれて起こる［ 2 ］重合，環状の単量体が環を開きながら反応する［ 3 ］重合などが用いられる。

合成高分子化合物のうち，熱や圧力を加えると変形するものをプラスチック(合成樹脂)という。プラスチックは熱に対する性質の違いから分類され，加熱すると軟らかくなり，冷やすと再び硬化するものを［ 4 ］樹脂，加熱で硬化した後，再び軟らかくならないものを［ 5 ］樹脂という。

溶液中のイオンを交換できる機能をもつ合成樹脂をイオン交換樹脂という。一般的には，(a)2種類の芳香族化合物から作られ，これに(b)イオン交換機能を担う官能基が導入されて機能を果たす。

近年，環境中に放出され砕けたマイクロプラスチックによる汚染が懸念されている。そのため，(c)生体内や微生物などによって分解される合成高分子化合物も使用されている。

問1 ［ 1 ］～［ 5 ］に適切な語句を答えなさい。

問2 ［ 1 ］～［ 3 ］の方法で作られる合成高分子化合物について，原料の構造式と重合体の名前をそれぞれ例を一つあげて答えなさい。

問3 ［ 4 ］樹脂と［ 5 ］樹脂の性質の違いは分子構造に由来している。その分子構造の違いについて簡潔に述べなさい。

問4 下線部(a)のように2種類以上の単量体から作られる合成高分子を一般に何というか，答えなさい。

問5 下線部(b)のようにイオンを交換できる官能基を1つあげなさい。

問6 下線部(c)のような性質を何というか，答えなさい。

生　　物

1　次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25点)

植物の細胞は，核と細胞質，それらを囲む細胞膜と細胞壁からなる。細胞内には，ゴルジ体や葉緑体など，膜構造を持つさまざまな細胞小器官(a)が見られる。このうち，葉緑体の内部には，［1］と呼ばれる扁平で袋状の構造が見られる。［1］の膜にはクロロフィルなどの光合成色素が存在し，この色素によって吸収された光エネルギーを利用して，［2］とATPが合成される(b)。［1］で行われるATPの合成反応は，［3］と呼ばれる。続いて，葉緑体では，［2］とATPを利用して二酸化炭素が固定され，種々の有機物が合成される。この反応系は，［4］と呼ばれる。

光合成色素のうち，クロロフィルaは，シアノバクテリアを含む酸素発生型の光合成生物に広く見られる。これに対し，［5］は，コケ植物と維管束植物からなる陸上植物と，緑藻類，［6］，ユーグレナ植物(ミドリムシのなかま)などの藻類に見られる。陸上植物は，クロロフィルaと［5］を持つ藻類のうち，［6］から進化してきたと考えられている。最初に陸上に進出したのはコケ植物で，約4億5千万年前の出来事とされている。その後，古生代石炭紀になると，維管束を持ったシダ植物が出現した。さらに古生代ペルム紀になると，維管束を持つ植物の中に種子植物が出現した。種子植物には裸子植物と被子植物が含まれる。シダ植物と比べ，種子植物は乾燥した陸上の環境に，より適応している(c)。

陸上に進出して長い年月をかけて進化してきた植物は，絶えず変化する周囲の環境を感知し，それに対応して生長や生育を調節する能力を身につけてきた。例えば，多くの被子植物は日長の変化によって開花に適した季節を感知し，花芽を形成する。アブラナのように，夜の長さが［7］を下回った時に花芽を形成する植物は長日植物と呼ばれる。一方，アサガオのように，夜の長さが［7］を上回った時に花芽を形成する植物は短日植物と呼ばれる。このように，生物が日長の変化に反応して示す性質を，［8］と呼ぶ。沖縄の冬の風物詩であるキクの電照栽培では，短日植物であるキクの花芽形成を夜間の電照によって抑制し，花の出荷時期を調整している。近年は，従来用いられてきた白熱電球に代わり，LED照明を用いた電照栽培が行われるようになってきた(d)。

問1　文章中の［1］～［8］に入る最も適切な語句を以下の(ア)～(ニ)より選び，その記号を記入しなさい。

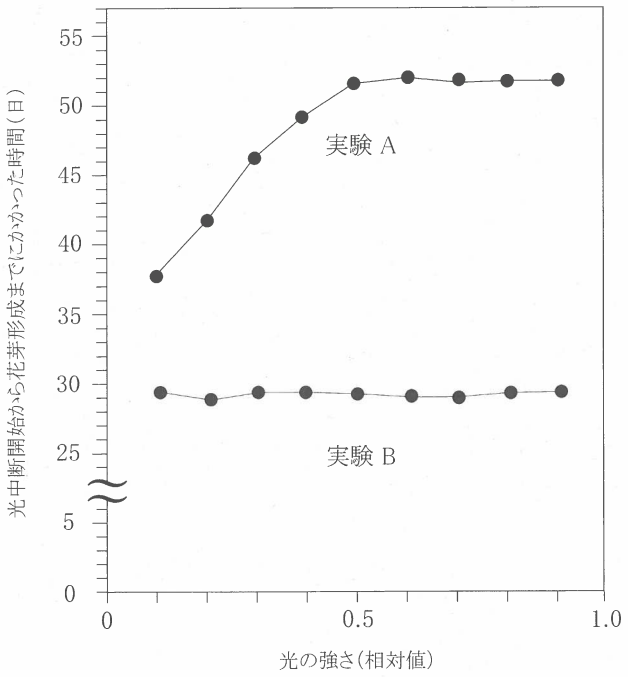
(ア) 炭素同化	(イ) ストロマ	(ウ) 向日性	(エ) NADPH
(オ) クロロフィルb	(カ) フコキサンチン	(キ) 電子伝達系	(ク) 光リン酸化
(ケ) カルビン・ベンソン回路	(コ) NADP	(サ) 窒素同化	(シ) フィコビリン
(ス) クリステ	(セ) 光周性	(ソ) 紅藻類	(タ) チラコイド
(チ) 褐藻類	(ツ) 限界明期	(テ) 限界暗期	(ト) 概日リズム
(ナ) クエン酸回路	(ニ) シャジクモ類		

問2　下線部(a)について，植物細胞に見られて動物細胞には見られない細胞小器官の名称を，葉緑体以外にひとつ答えなさい。

問3　下線部(b)について，酸化的リン酸化によってATPを合成する細胞小器官の名称を答えなさい。

問4　下線部(c)について，考えられる理由を，シダ植物と種子植物の受精過程の違いから説明しなさい。

問５　下線部(d)に関連して，次のような実験を行った。まず，短日条件で栽培しているキクに対し，赤色 LED と青色 LED のそれぞれを用いて，暗期中に４時間の光照射を行った(光中断)。この光中断を 35 日間連続して行った後に再び短日条件で栽培し，光中断を開始してから花芽形成までにかかった日数を調べた。この実験を，光の強さを変えながら繰り返し行ったところ，図Ｉに示したような結果が得られた。図Ｉのうち，赤色 LED を用いて行ったのはどちらの実験か，ＡかＢの記号で答えなさい。また，実験ＡとＢの結果に見られる違いを具体的に説明し，そのような違いが生じた理由を説明しなさい。



図Ｉ　LED 照明を用いたキクの花芽形成に関する実験
(嘉島ほか(2015). 栃木農試研報, No. 73, 45-58 をもとに作図)

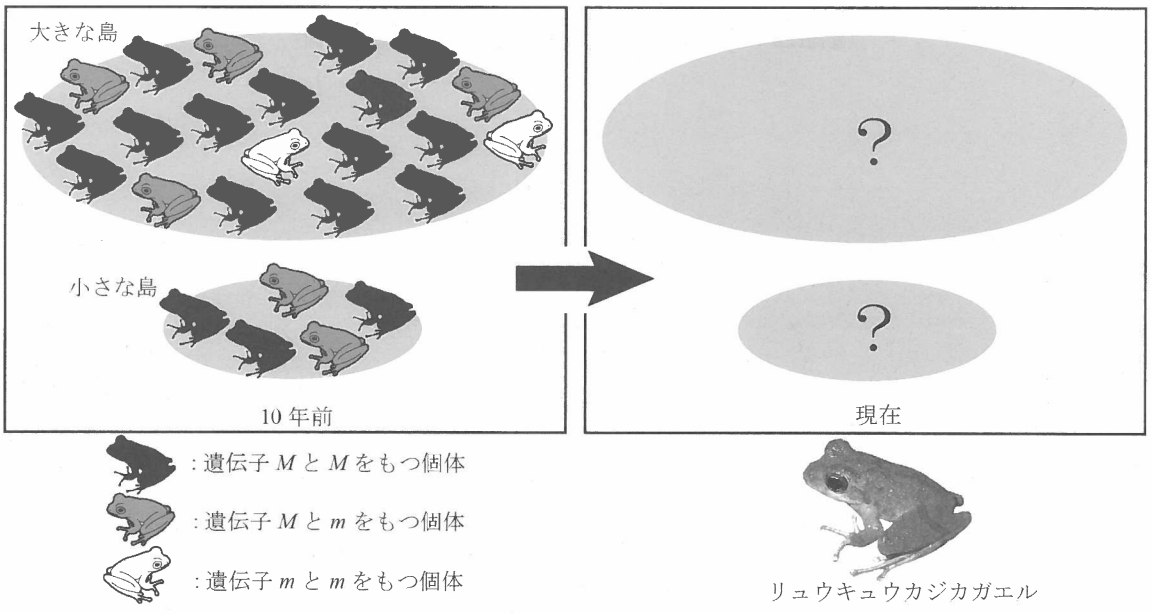
2 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25 点)

ハーディー・ワインベルグの法則が成立する集団は，以下の条件 1 ～ 5 をすべて満たす必要があり，そうした集団では，集団中の遺伝子頻度は，世代を超えて変化しない。

条件 1 ：十分に大きな集団である
条件 2 ：複数の遺伝子(対立遺伝子，アレル)間に生存や繁殖の面で差がない
条件 3 ：すべての個体が自由に交配(任意交配)している
条件 4 ：他の集団との間に個体の移出入がない
条件 5 ：遺伝子の突然変異は生じない

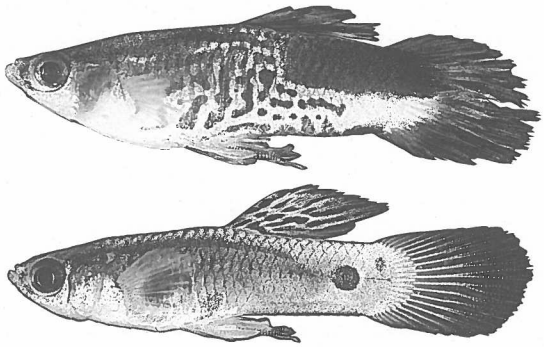
しかし，実際の野外集団では，これらの条件がすべて満たされることはほとんどなく，時間の経過とともに集団の中の遺伝子頻度が変化する。例えば，野外集団は条件 1 を満たさないことが多い。こうした集団では，条件 2 ～ 5 が成立している場合でも，遺伝子頻度の変化が生じる。

琉球太郎先生は，遺伝的浮動の影響と集団内の個体数の関係を調べるため，10 年前と現在のリュウキュウカジカガエルの DNA に見られる遺伝的変異を，大きさの異なる二つの島で調査した。その結果，10 年前の時点では，大きな島，小さな島とも，遺伝子頻度は，遺伝子 M : 80 %，遺伝子 m : 20 % であった。その後の 10 年間，両島のカエルの個体数に大きな変動は見られなかった。しかし，(a)最初の調査から 10 年後の現在では，片方の集団の遺伝子頻度のみが，10 年前に比べ，大きく変化していた(図Ⅱ)。



図Ⅱ　二つの島におけるリュウキュウカジカガエルの遺伝的変異の調査

条件2を満たさない場合でも，遺伝子頻度は時間の経過とともに変化する。グッピーでは，色彩の派手なオスほどメスに好まれ，繁殖する機会が多くなる。また，こうした色彩の特徴は遺伝することが知られている。琉球花子先生は，熱帯の河川でグッピーの観察を行った結果，捕食者の少ない河川上流域のグッピーは派手な色彩をもつ個体の割合が高く，捕食者の多い河川下流域のグッピーは地味な色彩をもつ個体の割合が高いことに気がついた(図Ⅲ)。そこで，地点間で色彩に違いがみられる理由を実験で検証するために，(b)グッピーを河川のいろいろな地点から採集して，それらを混ぜて飼育繁殖させた。得られた子孫を200個体ずつ，捕食者のいる池と捕食者のいない池に入れて，再度，それぞれ飼育繁殖させた。10世代目になったところで，ふたつの池のオスの色彩を調べた。その結果，捕食者を入れた池では，実験開始時に比べ，地味な色彩をもつオスの割合が高くなっていた。(c)一方，捕食者のいない池では，実験開始時に比べ，派手な色彩をもつオスの割合が高くなっていた。



図Ⅲ　派手な色彩をもつオスのグッピー(上)と地味な色彩をもつオスのグッピー(下)

問1　ハーディー・ワインベルグの法則が成立している集団の遺伝子座に遺伝子 H と h があるとする。親世代の遺伝子 H の遺伝子頻度を p，遺伝子 h の遺伝子頻度を q とし，$p+q=1$ の関係が成り立つ場合に，子の世代での遺伝子型(HH : Hh : hh)の比率を答えなさい。

問2　自由に交配(任意交配)していない集団として適切なものを(ア)～(オ)の中からすべて選び，その記号を記入しなさい。

(ア)　派手なメスは派手なオスを好み，地味なメスは地味なオスを好む生物の交配
(イ)　特定の場所に集まって繁殖する生物の交配
(ウ)　近くの個体同士での繁殖が，他の組み合わせより頻繁に起きる生物の交配
(エ)　集団内での個体の移動が大きい生物の交配
(オ)　繁殖期が非常に短い生物の交配

問3　下線部(a)について，集団サイズ(リュウキュウカジカガエルの個体数)は，島の大きさに比例するとし，条件2～5が成立しているとする。この場合，10年前と現在の間で，集団の遺伝子頻度に大きな変化が生じたのはどちらの集団か，「大きな」島の集団または「小さな」島の集団どちらかで答えなさい。また，そう考える理由を50字以内で説明しなさい。

問4　下線部(b)について，河川のいろいろなところからグッピーを採集し，それらを混ぜて繁殖させた子孫を実験に用いたことには，どのような意味があるか，「自然選択」と「変異」という用語を両方使って，80字以上100字以内で説明しなさい。

問5　下線部(c)について，捕食者のいない池では，実験開始時の世代よりも，派手な色彩をもつオスの割合が高くなった理由を80字以上100字以内で説明しなさい。

3 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25点)

地球環境変動の影響のひとつとして，海水温の上昇が起こっていると考えられており，近年，琉球列島のサンゴ礁で白化現象が観察されている。このように，環境の変動によって，生物は高温にさらされる機会が増えることになるだろう。多くの生物は過度の高温などの環境ストレスへの対処法を備えている。生体機能の多くは，タンパク質に依存しており，タンパク質の機能は，(a)比較的弱い結合で維持された立体構造に依存している。そのため，高温ではタンパク質が変性しやすくなる。そのような状況において，タンパク質の立体構造形成の補助を行うシャペロンと呼ばれる一群のタンパク質が活躍する。過度の高温以外にも，(b)アミノ酸欠乏，(c)グルコース欠乏，(d)ウイルス感染などでも，細胞内でストレスに対する応答が起こる。例えば，ストレス応答のひとつとして，(e)翻訳開始の抑制が起こる。この時，ストレス応答に必要なタンパク質の合成は抑制されない。ストレス応答に関与するあるシャペロン遺伝子の転写産物(mRNA)から逆転写されたDNAのセンス鎖(非鋳型鎖)の塩基配列のうち，最初の300塩基を図Ⅳに示す。このDNAの塩基配列のTをUと考えれば，mRNAの塩基配列として読むことができる。また，遺伝暗号表(表Ⅰ)を用いれば，この塩基配列をアミノ酸配列に変換して考えることが可能となる。

表Ⅰ　遺伝暗号表

コドンの一番目の塩基		コドンの二番目の塩基 U		コドンの二番目の塩基 C		コドンの二番目の塩基 A		コドンの二番目の塩基 G		コドンの三番目の塩基
U		UUU	フェニルアラニン (Phe)	UCU	セリン (Ser)	UAU	チロシン (Tyr)	UGU	システイン (Cys)	U
		UUC		UCC		UAC		UGC		C
		UUA	ロイシン (Leu)	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン (Trp)	G
C		CUU	ロイシン (Leu)	CCU	プロリン (Pro)	CAU	ヒスチジン (His)	CGU	アルギニン (Arg)	U
		CUC		CCC		CAC		CGC		C
		CUA		CCA		CAA	グルタミン (Gln)	CGA		A
		CUG		CCG		CAG		CGG		G
A		AUU	イソロイシン (Ile)	ACU	トレオニン (Thr)	AAU	アスパラギン (Asn)	AGU	セリン (Ser)	U
		AUC		ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	リシン (リジン) (Lys)	AGA	アルギニン (Arg)	A
		AUG	メチオニン (Met) 開始コドン	ACG		AAG		AGG		G
G		GUU	バリン (Val)	GCU	アラニン (Ala)	GAU	アスパラギン酸 (Asp)	GGU	グリシン (Gly)	U
		GUC		GCC		GAC		GGC		C
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸 (Glu)	GGA		A
		GUG		GCG		GAG		GGG		G

```
  1 GACGCCGGCC AAGACAGCAC AGACAGATTG ACCTATTGGG GTGTTTCGCG AGTGTGAGAG
 61 GGAAGCGCCG CGGCCTGTAT TTCTAGACCT GCCCTTCGCC TGGTTCGTGG CGCCTTGTGA
121 CCCCGGGCCC CTGCCGCCTG CAAGTCGGAA ATTGCGCTGT GCTCCTGTGC TACGGCCTGT
181 GGCTGGACTG CCTGCTGCTG CCCAACTGGC TGGCAAGATG AAGCTCTCCC TGGTGGCCGC
241 GATGCTGCTG CTGCTCAGCG CGGCGCGGGC CGAGGAGGAG GACAAGAAGG AGGACGTGGG
```

図Ⅳ　あるシャペロン遺伝子の転写産物（mRNA）から逆転写されたDNAのセンス鎖（非鋳型鎖）の塩基配列（1番目～300番目）
左端の番号は，それぞれの行の左端の塩基番号を示す。5'末端→3'末端の方向で配列が示されている。
便宜上，10塩基ごとにスペースが入れられている。（NCBI Reference Sequence: NM_005347.5）

問1　タンパク質を構成するアミノ酸のうち，体内では合成できないため，体外から取り込まなければならないものの総称を答えなさい。

問2　タンパク質を構成するアミノ酸のうち，S-S結合（ジスルフィド結合）を形成するアミノ酸の名称を，表Ⅰから選び，答えなさい。

問3　下線部(a)について，代表的な二次構造のうち，ジグザグ状の構造の名称を答えなさい。

問4　下線部(b)～(d)によるストレスに対して下線部(e)の応答が行われた場合，この応答が細胞においてどのようなことを防止すると考えられるか，「～を防止する」という形でそれぞれ説明しなさい。

問5　図Ⅳの塩基配列について，表Ⅰを参考にして翻訳開始位置の塩基番号を答えなさい。

問6　ストレスに対する応答として，一般的な開始コドンとは1塩基異なるロイシンを指定するコドンも開始コドンとして使用される場合がある。その開始コドンは何か，表Ⅰを参考にして二つ答えなさい。

問7　5'末端に最も近いロイシンの開始コドンが用いられた場合，図Ⅳの塩基配列から合成される短いタンパク質（ペプチド）の配列は何か，表Ⅰを参考にして答えなさい。アミノ酸配列には，表Ⅰに示されているアミノ酸のアルファベット略号を用いること。

問8　ある生物がもつタンパク質の総体をプロテオームと呼ぶ。プロテオームに含まれるそれぞれのアミノ酸の割合（含有率）は，コドンの使用頻度にほぼ比例していると考えられる。表Ⅰから推測すると，プロテオーム中に最も少ないアミノ酸のひとつはメチオニンであるが，もうひとつ同程度の頻度のアミノ酸がある。そのアミノ酸の名称を，表Ⅰから選び，答えなさい。また，そのアミノ酸のプロテオーム中の含有率は何%と推測されるか，小数点第三位を四捨五入して答えなさい。

4 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25点)

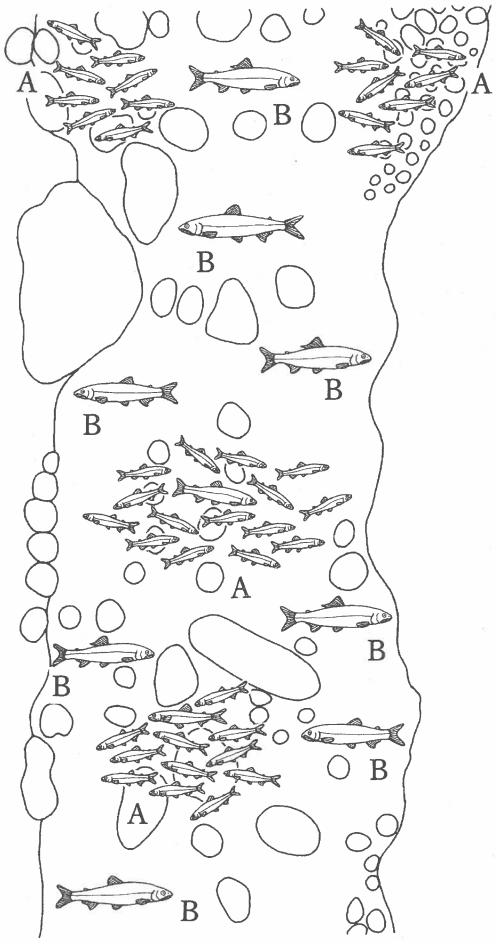
生物は，生態系の中で互いに関係を持ちながら生きている。生物間にみられるさまざまな働き合いは，［ 1 ］と呼ばれる。生物が生きていくためには，生息場所，餌，繁殖の配偶者などが必要となる。このような生物の生存や繁殖に必要な要素を［ 2 ］と呼ぶ。多くの場合，［ 2 ］は有限であるため，それをめぐる［ 3 ］が生じる。

ある一定の場所に生息する生物の集まりを生物群集と呼ぶ。また，各生物が生態系内で占める位置をニッチという。渓流に住むイワナとヤマメは，ともに水生昆虫を主な餌としているが，同じ川に共存する場合，水温13℃を境にして，イワナは上流側に，ヤマメは下流側に分かれて住むことが多い。しかし，両種が単独で生息する川では，イワナはより下流まで，ヤマメはより上流まで，生息場所を広げることができる。このように，似た生活様式をもつ生物間では，生活空間を分け合う［ 4 ］を行うことがある。このような現象をニッチの分割という。ある種が単独で生息する場合のニッチを［ 5 ］ニッチと呼び，他種と共存した場合に種間競争によって変化したニッチを［ 6 ］ニッチと呼ぶ。

定住する個体や群れが，日常的に行動する範囲は，［ 7 ］と呼ばれる。［ 7 ］の中で，主に同種の他個体を排除する空間を縄張りという。清流に住むアユには，群れを形成する個体(群れアユ：図ⅤのA)と約1 m^2 の縄張りをもつ個体(縄張りアユ：図ⅤのB)がいる。アユは岩に付着した藻類(ケイ藻やラン藻)を餌としており，縄張りをもった個体は，藻類の生産力が高い場所を占有し，侵入してくる群れアユを追い払い，その場所の藻類を独占できる。河川の瀬(流れの速い場所)における観察によると，

(a) アユの生息密度が0.3個体/m^2 の場合，縄張りアユと群れアユは，ともに良く成長し，両者の体長組成に大きな差は生じなかった。ところが，生息密度が0.9個体/m^2 になると，縄張りアユは大きく育つが，群れアユは大きく育たなかった。さらに，生息密度が5.5個体/m^2 に達すると，縄張りアユが極めて少なくなり，縄張りアユと群れアユがともに大きく育つようになった。

このように，ある地域で生活する同種の集まりである個体群の密度が変化することによって，個体の発育や行動が変化することを［ 8 ］という。



図Ⅴ　生息密度が0.9個体/m^2 の時の群れアユ(A)と縄張りアユ(B)の模式図

問1　文章中の［ 1 ］～［ 6 ］に入る最も適切な語句を以下の(ア)～(ソ)より選び，その記号を記入しなさい。

(ア) 群集　(イ) 仮想　(ウ) 生息域　(エ) 真実　(オ) 反作用
(カ) 基本　(キ) 競争　(ク) くいわけ　(ケ) 在来　(コ) 外来
(サ) 資源　(シ) すみわけ　(ス) 相互作用　(セ) 実現　(ソ) 共生

問2　文章中の［ 7 ］と［ 8 ］に入る最も適切な語句を記入しなさい。

問3　下線部(a)について，アユが縄張りを形成したり，解消したりする現象は，どのような理由で起きるのか，生息密度ごとに説明しなさい。

問4　下線部(a)について，各生息密度(0.3，0.9，5.5個体/m^2)における縄張りアユの体長は，ほぼ同じであった。ここで「各生息密度における藻類の生産力が同じ」であると仮定した場合，アユの縄張り内で生産される藻類の量とアユ1個体が必要とする餌の量についてどのようなことが考えられるか，100字以上150字以内で説明しなさい。

地　　学

1　次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25点)

大陸で東西をはさまれた太平洋や大西洋などの大洋においては，赤道付近から中緯度にかけて東西方向，南北方向ともに数千キロメートルに及ぶ水平方向の海流の循環がある。この水平循環を［1］と呼ぶ。この循環は大洋を［2］に循環する。

この循環の原動力となっているのは低緯度域の［3］及び中緯度域の［4］である。①このような海流については水平方向に関して，［5］力と地球の自転による［6］力がつり合った状態となっている。このような流れを［7］という。この循環の流速は一様ではない。［8］は流速が速いことが知られている。これを［9］と呼ぶ。代表的な例として，北半球太平洋では［10］，北半球大西洋では［11］があげられる。

上空の風についても同様に［12］力と［6］力がつり合っている。大気については［5］力を［12］力ともいう。しかし，台風や高気圧・低気圧など大規模な渦については，これらの力に加えて遠心力を無視できないことがある。渦と共に回転する人から見ると，上空の風については［6］力と［12］力と遠心力とがつり合っている。このような風を［13］という。

北半球上空において円形の等圧線となる低気圧と高気圧を考える。風速をVとする。単位質量の大気にはたらく遠心力の大きさは，風速の2乗に比例し，等圧線の半径rに反比例することよりV^2/rとなる。また単位質量の大気にはたらく［6］力はfVとなる(fは比例定数で$f > 0$)。単位質量の大気にはたらく［12］力の大きさをGとする。高気圧の場合，力のつり合いの式から

［14］$= 0$　　(1)

となる。また低気圧の場合は，力のつり合いの式から

［15］$= 0$　　(2)

となる。これらの式より，②等圧線の中心から同じ距離であって，［12］力の大きさが等しい場合，高気圧の方が風が強く吹くことがわかる。③また高気圧については［12］力に上限があることがわかる。

問1　空欄 [1] にあてはまる語句を答えなさい。

問2　空欄 [2] にあてはまる最も適切な内容を選択肢(ア)～(エ)の中から一つ選び，記号で答えなさい。

(ア)　南北半球で時計回り

(イ)　南北半球で反時計回り

(ウ)　北半球で反時計回り，南半球では時計回り

(エ)　北半球で時計回り，南半球では反時計回り

問3　空欄 [3] ・ [4] にあてはまる語句の組み合わせを選択肢(ア)～(カ)の中から一つ選び，記号で答えなさい。

	3	4
(ア)	季節風	貿易風
(イ)	貿易風	季節風
(ウ)	季節風	偏西風
(エ)	偏西風	季節風
(オ)	貿易風	偏西風
(カ)	偏西風	貿易風

問4　空欄 [5] ，[6] ，[7] にあてはまる語句を各々答えなさい。

問5　空欄 [8] にあてはまる最も適切な内容を選択肢(ア)～(ク)の中から一つ選び，記号で答えなさい。

(ア)　南北半球で，大陸から見て東にある海流

(イ)　南北半球で，大陸から見て西にある海流

(ウ)　北半球では大陸から見て東にある海流，南半球では西にある海流

(エ)　北半球では大陸から見て西にある海流，南半球では東にある海流

(オ)　南北半球で，大洋中央部から見て南にある海流

(カ)　南北半球で，大洋中央部から見て北にある海流

(キ)　南北半球で，大洋中央部から見て高緯度にある海流

(ク)　南北半球で，大洋中央部から見て低緯度にある海流

問6　空欄 [9] ，[10] ，[11] にあてはまる語句を各々答えなさい。

問7　問題文の下線部①についてなぜ [3] ，[4] によって [2] となる循環が生じるのか。**南半球**の大洋を例に説明しなさい。必要があれば図を用いて説明しても良い。ただし以下の用語を使用して説明しなさい。

エクマン輸送

問8　空欄 [12] ，[13] にあてはまる語句を各々答えなさい。

問9　空欄 [14] ，[15] にあてはまる式を，問題文の記号を使って各々答えなさい。

問10　下線部②について以下のように考えて説明しなさい。高気圧における風速を $V = V_1$，低気圧における風速を $V = V_2$ とおいて式(1)，(2)の和(あるいは差)などを計算し，$V_1 - V_2$ が正となることを示しなさい。

問11　下線部③について式(1)から，V が求められる条件を考えて説明しなさい。

2 次の文章を読んで，以下の各問に答えなさい。(25点)

地球はほぼ球形であるが，赤道方向に少し膨らんでいる。この球からのつぶれ具合を［ 1 ］という。地球の［ 1 ］は約1/298である。さらに地球の詳細な形を考えるとき，平均海水面(平均海面)およびそれを陸域に延長したと仮定して地球の表面を覆う仮想の面を用いる。この面を［ 2 ］という。［ 2 ］の形に最も近い回転楕円体を［ 3 ］という。

地球内部には流動しやすい領域があるため，長期的に見ると地殻とマントルの間にはアイソスタシーが成り立っている。この場合，大山脈のような地形的な高まりの重力異常をその周辺域と比較すると，ブーゲー異常は［ 4 ］。

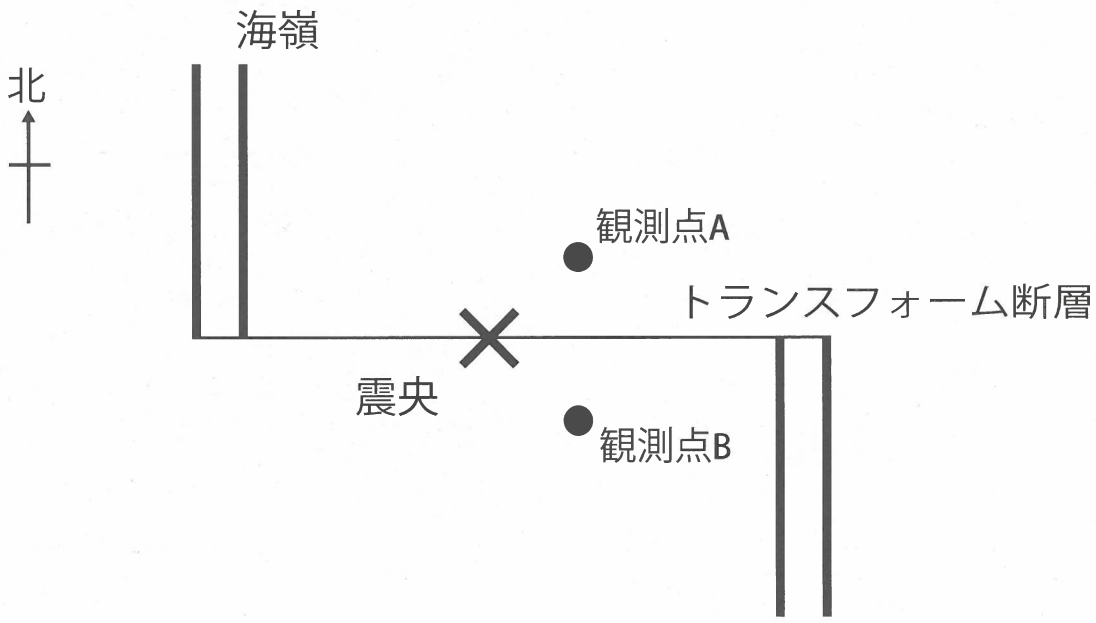
地球の様々な活動は①プレートの動きで説明されている。プレート境界には発散境界，すれ違う境界，そして収束境界がある。発散境界である海嶺(中央海嶺)付近をよく見ると，②図Ⅰのように海嶺の間にトランスフォーム断層がある。海洋底の水深は海嶺から離れるに従って［ 5 ］。また，熱流量は海嶺から離れるに従って［ 6 ］。海嶺付近で地磁気を測定すると，特徴的な③磁気異常の縞模様が見られる。収束境界ではプレートが沈み込んでいる。地震は沈み込むプレートに沿って面状に分布する。この地震分布を［ 7 ］と呼ぶ。

地震が発生すると，様々な種類の地震波が放出される。緊急地震速報は④そのような地震波の性質を利用して発表される。

問1　空欄 [1] ～ [7] に当てはまる語句を答えなさい。

問2　下線部①について，電波を用いたプレート運動の測定技術にはどのようなものがあるか，一つ答えなさい。

問3　下線部②について，海嶺とトランスフォーム断層が分布する地域を図Ⅰに示す。トランスフォーム断層内の地点×で浅い地震が発生した。観測点Aと観測点Bで観測されるP波初動の押し引きは，それぞれ押しまたは引きのどちらか，述べなさい。また，なぜそのようになるか，理由を150字程度で答えなさい。

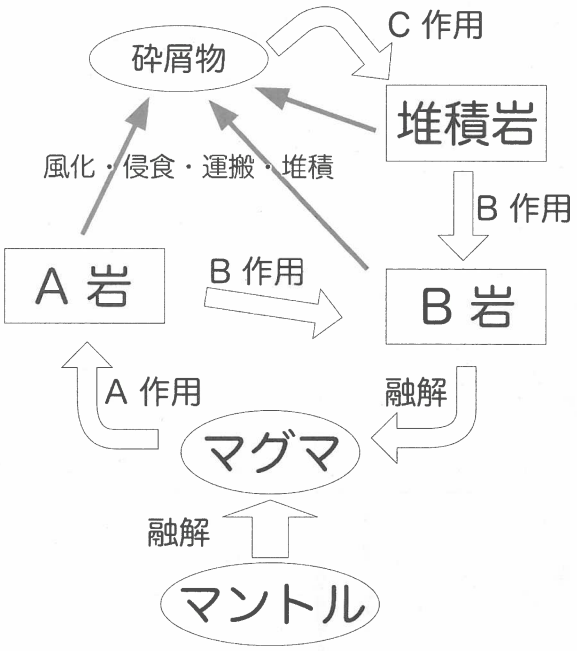


図Ⅰ　海嶺(二重線)とトランスフォーム断層(単線)の配置。
×は震央，●は観測点を示す。

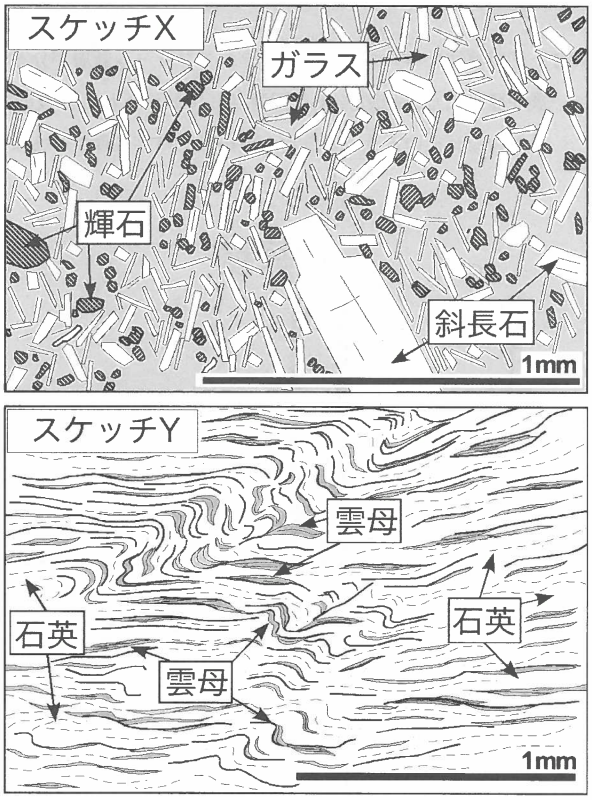
問4　下線部③について，海洋底に磁気異常の縞模様が形成される原因を100字程度で答えなさい。

問5　下線部④について，緊急地震速報の原理を地震波の性質をもとに100字程度で答えなさい。

3 図Ⅱは，地球表層を構成する岩石が，環境の変化で他の種類の岩石に変化する過程を示した図である。図Ⅲは，偏光顕微鏡を用いて岩石組織をスケッチした図である。これらの図について以下の各問に答えなさい。(25 点)



図Ⅱ



図Ⅲ

解答例

物　理　解　答　用　紙

受験番号	

1

① $ma = mg - kv$　② $\dfrac{mg}{k}$　③ $\dfrac{mg}{\cos\theta}$　④ $mg\tan\theta$

⑤ $2\pi\sqrt{\dfrac{l\cos\theta}{g}}$　⑥ (イ)　⑦ 正電荷（ホール）　⑧ 20　⑨ 8.0

⑩ $\dfrac{3}{2}(p_2 - p_1)V_1$　⑪ $p_1(V_2 - V_1)$　⑫ $Q_1 - \dfrac{5}{2}W_1$　⑬ $-A\sin\dfrac{2\pi t}{T}$

⑭ $-A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{x}{\lambda}\right)$　⑮ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} + \dfrac{x}{\lambda}\right)$　⑯ $A\sin 2\pi\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{2x_0}{\lambda} + \dfrac{x}{\lambda}\right)$

⑰ $k_0\dfrac{e^2}{r^2}$　⑱ $\dfrac{h^2}{4\pi^2 k_0 me^2}n^2$　⑲ $-\dfrac{2\pi^2 k_0^2 me^4}{h^2}\dfrac{1}{n^2}$　⑳ $\dfrac{hc}{E_n - E_m}$

2

問 1 $m_1 g\cos\theta$　問 2 $T = m_1 g\sin\theta$　問 3 $(m_2 + M)gh$

問 4 $T' - m_1 g\sin\theta = m_1 a$　問 5 $\dfrac{m_2 + M - m_1\sin\theta}{m_1 + m_2 + M}g$　問 6 $\dfrac{1}{2}m_1 v^2 - m_1 gd\sin\theta$

問 7 (イ)　問 8 $\sqrt{2gL\sin\theta}$　問 9 $(m_1 + m_2)V$　問 10 $\dfrac{m_1(m_1 + m_2)}{2(2m_1 + m_2)}v'^2$

3

A

問 1 $C_0 =$ $\varepsilon_0\dfrac{S}{d}$　$Q_0 =$ $\varepsilon_0\dfrac{S}{d}V$　問 2 $C =$ $\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon S}{\varepsilon d + (\varepsilon_0 - \varepsilon)h}$

問 3 $\Delta Q =$ $(C - C_0)V$　$W_1 =$ $(C - C_0)V^2$　問 4 $W_2 =$ $\dfrac{1}{2}(C - C_0)V^2 - W_1$

問 5 極板間の電場により生じた誘電分極によって現れた誘電体表面上の電荷が，極板上の電荷から静電気力を受けるから。

問 6 $V' =$ $\dfrac{C}{C_0}V$

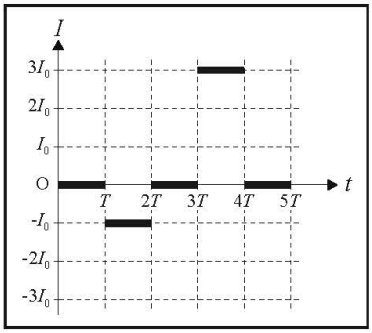
B

問 7 (1) $\Phi =$ $B_0 a^2$　(2) $\Phi =$ $\dfrac{B_0}{T}ta^2$

問 8 (1) $V =$ 0　(2) $V =$ $\dfrac{B_0}{T}a^2$

問 9 $I_0 =$ $\dfrac{B_0 a^2}{TR}$　記号 (イ)

問 10



得　点	
物　理	

解答例

化　学　解　答　用　紙

受験番号	

（**注意**　この解答用紙は表裏２ページになっている。）

1

問 1

酸性　陽極	$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$	陰極 $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
塩基性　陽極	$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$	陰極 $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

問 2

(1) 5000 [g]÷500 [km] = 10.0 [g/km]
10.0 [g]÷2.00 [g/mol] = 5.00 [mol]
5.00 [mol]×22.4 [L/mol] = 112 [L]
別解あり

(2) 気体の状態方程式 PV = nRT から
7.091×10^7 [Pa]×X [L]
= 2500 [mol]×8.31×10^3 [LPa/Kmol]×300 [K]
これを解くと
X = 87.9 [L]
別解あり

(3) 気体分子に体積があること、分子間力があること

問 3

70.8 [g/L]×70.6 [L]÷10^3 = 5.00 [kg]

問 4

合金の体積：40.0 [kg]÷8.00 [g/cm^3] = 5.00 [L]　　貯蔵容器の空間：229 [L]－5 [L] = 224 [L]
容器の空隙中の標準状態の水素量（ボイルの法則から）：224 [L]×1.013×10^6 [Pa] = X [L]×1.013×10^5 [Pa]
X = 2240 [L]　　2240 [L]÷22.4 [L/mol] = 100 [mol]
合金なしの水素量（ボイルの法則から）：1.013×10^6 [Pa]×896 [L] = 1.013×10^5 [Pa]×X [L]
X = 8960 [L]　　8960 [L]÷22.4 [L/mol] = 400 [mol]
吸収した水素量と割合：
400 [mol]－100 [mol] = 300 [mol]　　300 [mol]×2.00 [g/mol] = 600 [g] = 0.600 [kg]
0.600 [kg]÷40.0 [kg]×100 = 1.50 [%]
別解あり

小　計	

2

問 1

(1)(a)	$H_2CO_3 + NaOH \rightarrow NaHCO_3 + H_2O$	名称 炭酸水素ナトリウム	種類 酸性塩
(b)	$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$	名称 塩化アンモニウム	種類 正塩

(2) NH_4Clは$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$のように電離し、$NH_4^+$の一部は
$NH_4^+ + H_2O \rightleftarrows NH_3 + H_3O^+$として反応し、
H_3O^+の濃度が増加するので酸性となる。

問 2

(1)曲線 B	理由 加えた水酸化ナトリウムの量が 0 mL の時（即ち、0.10 mol/L 塩酸）の pH が1である。 強酸と強塩基の中和であるから、中和点の pH は7となる。 強酸と強塩基の中和であるから、中和点付近の pH の変化が急激である。　など
(2)記号 （ウ）	説明 中和点では、②式のように酢酸が全て水酸化ナトリウムと反応して酢酸ナトリウムの水溶液となるが、生じた酢酸ナトリウムは⑥式のように完全に電離する。電離によって生じた酢酸イオンの一部は水と反応して⑦式に示すように酢酸を生成し、このとき水酸化物イオンを生じるので中和点の溶液は pH > 7（塩基性）を示す。
(3)記号 （ア）	説明 この部分の溶液は、中和反応によって生じた酢酸ナトリウムと未反応の酢酸（弱酸とその塩）の混合水溶液であり、酢酸ナトリウムは⑥式のようにほぼ完全に電離し、酢酸は④式のように一部が電離する。従って、この混合水溶液中には酢酸分子と酢酸イオンが多量に存在するので、少量の水酸化ナトリウム溶液を加えても、水酸化物イオンは⑨式のように酢酸分子と中和反応して、その濃度がほとんど増加せず、水溶液の pH はほぼ一定に保たれる。

小　計	

3

問 1　C_3H_6O

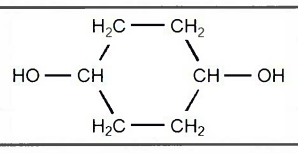
問 2　$C_6H_{12}O_2$

問 3　名称　水素　　体積　1.12 [L]

問 4　（ウ）

問 5　シュウ酸

問 6



小　計	

4

問 1

(1) 1　J/g·K

(2) $Q_{水}$ = 504.0(x − 300.0) [J]

(3) $Q_{剛球}$ = 48.00(x − 430.0) [J]

(4)　504.0(x − 300.0) + 48.00(x − 430.0) = 0　　x = 311.3　　311.3 K

問 2

(1)　H_2O (液) = H_2O (気) − 44 kJ

(2)　2C (黒鉛) + $3H_2$ (気) = C_2H_6 (気) + 86 kJ

(3)　2C (黒鉛) + $2H_2$ (気) = C_2H_4 (気) − 50 kJ

(4)　C_2H_4 (気) + $3O_2$ (気) = $2CO_2$ (気) + $2H_2O$ (気) + 1322 kJ

(5)　1322 kJ × 100.0 g/28.00 g = 4721　　4721 kJ

小　計	

5

問 1

1 Al_2O_3	2 テルミット	3 両性

問 2　16.2 [kg]

問 3　$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

問 4

元素記号	理由															
Mg		Mg	は	Fe	よ	り	も	イ	オ	ン	化	傾	向	が	大	き
		い	か	ら												

問 5　$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$

問 6

濃	硝	酸	に	よ	り	表	面	に	酸	化	被	膜	が	形	成	さ	れ	、	不
動	態	と	な	る	か	ら													

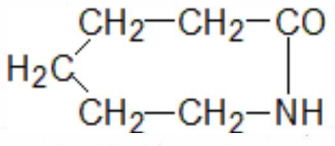
小　計	

6

問 1

1 付加	2 縮合	3 開環	4 熱可塑性	5 熱硬化性

問 2

1	2	3
$H_2C{=}CH_2$ ポリエチレン　など	$HOOC{-}(CH_2)_4{-}COOH$ + $H_2N{-}(CH_2)_6{-}NH_2$ ナイロン-6,6　など	 ナイロン-6

問 3　分子構造が鎖状になっているか、網目状になっているかの違い

問 4　共重合体

問 5　$-SO_3H$ など

問 6　生分解性

小　計	

採点欄	1	2	3	4	5	6	得　点

解答例

生　物　解　答　用　紙

受験番号	

注意　この解答用紙は表裏4ページになっている。

1

問1

1	タ	2	エ	3	ク	4	ケ
5	オ	6	ニ	7	テ	8	セ

問2　白色体（色素体、液胞も可）

問3　ミトコンドリア

問4

シダ植物では精子が造卵器まで外界の水の中を自力で泳いでいかなければならないのに対し，大多数の種子植物では花粉管によって精細胞が胚珠まで直接運ばれる。このように，種子植物は受精の過程に直接外界の水を必要としないことから，より陸上の生活に適応していると考えられる。

問5

実験	A

結果の違い

実験Aでは，光照射を終了した3日後に花芽形成が始まった。また，光の相対的な強さが0.5程度までは光の強さが増すに従って花芽形成までにかかった日数も増加したが、それ以降はほぼ一定であった。これに対し，実験Bでは光の強さに関係なく，光照射を終了する前に花芽の形成が始まっていた。

結果に違いが生じた理由

赤色LEDを用いた実験Aでは光受容体であるフィトクロムが赤色光を受容して活性化し花芽形成を抑制するため，光照射処理中は花芽が形成されない。一方，青色LEDではフィトクロムが活性化せず，光照射による花芽形成の抑制効果が見られない。このため，光照射処理を終了する前に花芽形成が始まってしまい，実験Bのような結果になったと考えられる。

得　点	
生　物	

2

問1

$HH : Hh : hh = p^2 : 2pq : q^2$

問2

（ア）と（ウ）

問3

小さな　島の集団

小さな島の集団の方が、遺伝子頻度が世代間でずれる確率が高く、遺伝的浮動の影響が大きいから。

問4

自然選択には，集団内に変異がみられることが必要であり，実験開始時の世代に変異をもたせるために，いろいろなところから採集した多様な色彩をもつ個体を繁殖させてさまざまな変異をふくむ集団をつくった。

問5

捕食者のいない池では，生き延びる確率は派手なオスも地味なオスも等しいが，派手なオスの方がメスに好まれるから多くの子孫を残すことができ，その結果，実験開始時よりも，派手なオスの割合が増えたと考えられる。

受験番号	

3

問 1 必須アミノ酸

問 2 システイン

問 3 β シート構造

問 4

(b)	アミノ酸欠乏による未完成のタンパク質の蓄積を防止する
(c)	翻訳に伴うエネルギー消費を防止する
(d)	ウイルスタンパク質の合成によるウイルスの増殖を防止する

問 5 218番目

問 6

UUG	CUG

問 7 Leu・Thr・Tyr・Trp・Gly・Val・Ser・Arg・Val

問 8

名称　トリプトファン	含有率　1.64　%

4

解答例

問1　1：ス、2：サ、3：キ、4：シ、5：カ、6：セ

問2　7：行動圏　8：密度効果

問3

密度が 0.3 個体/m^2 の場合，群れアユは縄張りアユの縄張りに侵入せずとも，十分な餌を得ることができる。ところが，密度が 0.9 個体/m^2 になると，縄張り個体が藻類の生産性の高い場所を独占する。その結果，縄張りアユは大きくなれるが，群れアユは藻類の少ない場所で多くの個体が餌をとるため，大きくなれない。さらに，密度が 5.5 個体/m^2 まで上昇すると，縄張りに侵入した群れアユを追い出すためのコストが，縄張り内の餌から得られる利益を上回るため，縄張りを持つ意味が失われ，多くの個体が群れアユとなる。

問4

密度が 0.9 個体/m^2の時，群れアユは縄張りアユより小さく，十分に成長できていない。ところが密度が 5.5 個体/m^2 に達し，ほとんどの個体が縄張りを維持できなくなった場合，群れアユと縄張りアユが，ほぼ同じ体長に成長することから，1 個体の縄張り内の藻類の生産量は，少なくとも数個体のアユが十分に成長しうる量である。

解答例

地学解答用紙

1

問1

1
亜熱帯循環(環流)

問2

2
エ

問3

オ

問4

5	6	7
圧力傾度	転向(コリオリ)	地衡流

問5

8
ア

問6

9	10	11
西岸強化	黒潮	(メキシコ)湾流

問7

南半球亜熱帯において,北では東風の貿易風,南では偏西風が吹く。エクマン輸送によって北では南向き,南では北向きに表層の水が輸送されるため,大洋中央部では収束し,海面は高くなる。圧力傾度力は中央部から岸へ向かい,転向力は岸から中央部へ向かう。南半球でこれに対応する地衡流は大洋東側では北向き,大洋西側では南向きとなり、反時計回りに循環する。

問8

12	13
気圧傾度	傾度風

問9

14	15
$\frac{V^2}{r} - fV + G$	$\frac{V^2}{r} + fV - G$

問10

式 (1),(2) は各々 $\frac{V_1^2}{r} - fV_1 + G = 0$, $\frac{V_2^2}{r} + fV_2 - G = 0$

両式の和をとると, $\frac{V_1^2}{r} + \frac{V_2^2}{r} - f(V_1 - V_2) = 0$

$V_1 - V_2 = \frac{1}{f}\left(\frac{V_1^2}{r} + \frac{V_2^2}{r}\right)$ より $V_1 - V_2 > 0$ となる。

問11

式 (1) は V についての二次方程式であるため, それが解を持つ条件として,

$f^2 - \frac{4}{r}G \geq 0$, $G \leq \frac{r}{4}f^2$ でなくてはならず, 気圧傾度力 G には上限がある。

2

問1

1	2	3
偏平率	ジオイド	地球楕円体
4	5	6
負になる	深くなる	低くなる
7		
和達ベニオフ帯 （深発地震面）		

問2

VLBI または，GNSS（GPS）

問3

地点A	地点 B
押し	引き

図の海嶺は全て東西に拡張しているため，震源のあるトランスフォーム断層の北側は，西側にある海嶺からの拡張によって東に移動しており，南側は東側の海嶺からの拡張によって西に移動している。よってこのトランスフォーム断層は東西走向の右横ずれ断層となるため，観測点AではP波の初動が押しとなり，逆に観測点BではP波の初動が引きとなる。

問4

海嶺軸で海洋底の岩石が作られる。このとき，マグマが冷えて固まるときにその当時の地球の磁場が残留磁気として岩石の中に記録される。海嶺軸で海洋底が作られ拡大し，また地磁気の逆転が起こることで海嶺を中心に磁気異常の縞模様が形成される。

問5

激しい揺れをもたらす主要動（S波）の伝わる速度はＰ波より遅い。この性質を使って，震源に近い地震観測点でＰ波を捉えて各地のＳ波の到達時間と揺れの大きさを計算し，素早く伝達する。

小計	

3 問1

A	火成	B	変成	C	続成

問2

岩石名	玄武岩

理由　自形結晶，斑状組織が認められ，ガラスは急冷したことを示すため火山岩と判断した．また，SiO_2の量から玄武岩と判断した。

問3

岩石名	結晶片岩（片岩でも可）

理由　鉱物が板状に配列しており，褶曲や湾曲は岩石が強く変形したためと考えられるため，片岩と判断した．

問4

高温状態での圧力の低下	水などの融点を低下させる物質の付加

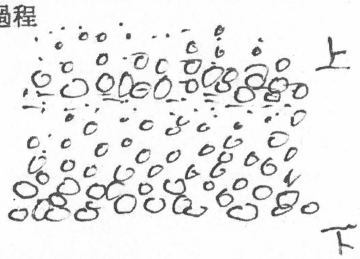
問5

高温多雨地域では岩石の分解が早く，水に溶けやすいイオン（Na, K, Mg, Ca）は失われる．一方，アルミニウムやケイ素は沈殿するため，アルミニウムの濃集した土壌が形成される．

問6

名称　級化層理（構造）

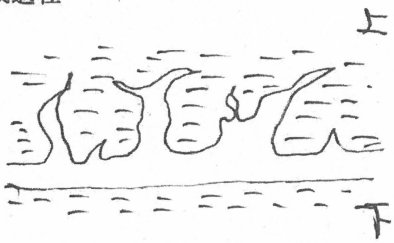
形成過程



水中で粗粒な粒子が先に，細粒な粒子がゆっくり後から堆積するため，粒度の粗い方が下となる．

名称　荷重痕

形成過程



重たい地層が未固結の地層の上に堆積し，地層の重みで下に向かって垂れ下がっている．

小計	

4

問1

1	2	3	4	5	6	7	8
260	氷期	間氷期	氷床	質量	^{16}O	変化しない	大きくなる

酸素16　　変わらない

問2

カール

U字谷，モレーン

問3

	氷の量	海面の高さ
寒冷な時期	多くなる	低くなる
温暖な時期	少なくなる	高くなる

問4

約１０万年の周期で変化している。

比が極小から極大になるときはゆっくりと変化し，極大から極小になるときは急激に変化する。

変化の幅（範囲）が大体同じである。

比が極小から極大へ向かうときは，変動が激しい。

問5

周期	ミランコビッチサイクル

ミランコビッチ周期

要素	離心率	地軸の傾き	歳差（運動）

問6

ホモ・ネアンデルターレンシス

ネアンデルタール人，旧人

問7

気候の寒冷化とともに，海面が低下し，陸地が広がり，大陸が陸続きになったことにより，人類が異なる大陸へ移動することができた。また最後の氷期から間氷期に移る温暖化の時期に北半球の氷床が溶けて，アメリカ大陸へ移動することができた。