北海道大学 入試問題の利用について

北海道大学学務部入試課

本学では、入試問題の利用については特に制限を設けておりませんが、以下の条件に留意の上、適切にご使用願います。

① 本学入試問題の著作権は、北海道大学に帰属します。

② 入試問題を利用する団体等が、出典を明示すること、責任の所在を明確にすることが必要です。

③ 本学試験問題を原本どおり使用できない場合には、改変したことを必ず明示願います。

④ 二次利用する場合において、問題に引用されている作品等がある場合には、使用する団体等が責任をもって、本学に対してではなくそれぞれの著作権者（作品の著者等）に対して、著作権処理を行っていただく必要があります。

⑤ 解答・解説等を独自に作成・掲載するに当たっては、閲覧される方が「本学が公表している解答例・解説」と誤解してしまうことがないよう、掲載方法等についてご配慮願います。

【問い合わせ先】
北海道大学学務部入試課
〒060-0817　札幌市北区北 17 条西 8 丁目
TEL：011-706-7484　FAX：011-706-7488

問　題　訂　正

令和８年度　一般選抜　　後期日程

教科・科目名　理科（物理・化学・生物）

科目名　物理
問題紙　１２ページ
問題文５～６行目
誤）完全弾性衝突する
正）完全弾性衝突（反発係数 $e=1$）する

科目名　化学
問題紙　１６ページ　1　Ⅱ　問１（１）
誤）水と窒素が生成する反応の
正）水と窒素が生成する燃焼反応の

科目名　生物
問題紙　４７ページ　3　問 2-3
問題文２行目
誤）コロナチンは，気孔の開閉を調節することが
正）コロナチンは，表１の実験結果でみられた気孔開閉の調節に関わっていることが

科目名　生物
問題紙　４９ページ　3　問 2-4
問題文１行目
誤）この実験結果から
正）表１と図１の実験結果から

問　題　訂　正

令和８年度　一般選抜　　後期日程

教科・科目名　理科・地学

教科・科目名　　理科・地学

問題紙　６６ページ　4　問３

問題文１３行目（下から２行目）

誤）乗じたものであり，

正）乗じたものの半分であり，

R—8　Ⓑ

理　　科

理科を1科目受験する者　　9：30～10：45

理科を2科目受験する者　　9：30～12：00

解答上の注意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は66ページある。このうち，「物理」は2～13ページ，「化学」は14～32ページ，「生物」は33～57ページ，「地学」は58～66ページである。
3. 各学部・学科・分野の指定にもとづきあらかじめ届け出た科目について解答せよ。各学部・学科・分野の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・学科・分野 ＼ 科目	理学部						薬学部	工学部				農学部	獣医学部	水産学部
	数学科	物理学科	化学科	生物科学科 生物学専修分野	生物科学科 高分子機能学専修分野	地球惑星科学科		応用理工系学科	情報エレクトロニクス学科	機械知能工学科	環境社会工学科			
物理	○	◎	◎	○	○	○	○	○	◎	◎	○	○	○	○
化学	○		◎	○	○	○	○	○			○	○	○	○
生物	○			◎	○	○	○	○				○	○	○
地学	○			○		○						○		○
受験科目数	1	1	2	2	1～2	1～2	2	1	1	1	1	2	2	2

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号(上下2箇所)を，監督者の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

◇M17(424—240)

物　　理

1　以下の文中の［(1)］～［(8)］に適切な数式を入れよ。また，［(あ)］には解答用紙に与えられたグラフに小球が描く軌道の概形を描き，［(い)］，［(う)］には選択肢から最も適切なものを選び，その記号を記入せよ。以下では，小球の大きさは無視できるものとし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

問 1　図1のように，長さ l〔m〕の糸と2本の長さ L〔m〕の糸を用いて，質量 m〔kg〕の小球を天井からつるした。小球が静止している位置を原点Oとする。原点Oを含む水平面内に，x 軸，y 軸をとる。このとき，長さ L の糸は x 軸を含む鉛直面内に位置している。長さ L の糸が水平面となす角は θ〔rad〕$\left(0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}\right)$であり，糸の質量は無視できるものとする。また，以下で小球を運動させるとき，糸はたるまないものとする。

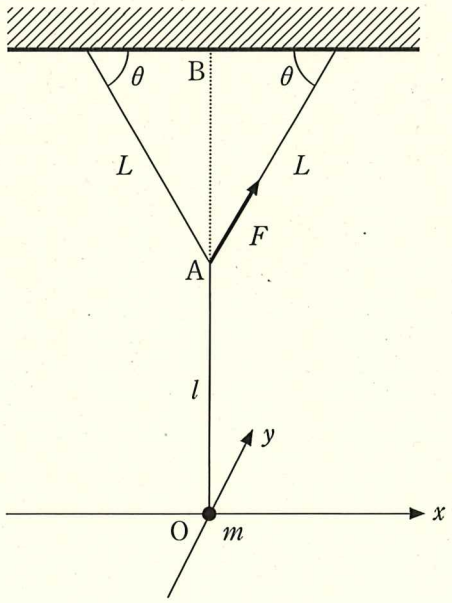


図1

図1の状態で小球が静止しているとき，図で右側（$x \geqq 0$）にある長さLの糸が，長さlの糸を引く力の大きさは$F =$ [(1)] 〔N〕である。

この小球をx軸方向に小さな振幅で振動させるとき，小球は長さlの糸の一端が点Aで固定されている場合の単振動をするので，その周期は$T_x =$ [(2)] 〔s〕となる。また，y軸方向に小さな振幅で振動させるときには，小球はOAの延長線が天井と交わる点Bからつるされた単振り子と同じ単振動をする。したがって，y軸方向に単振動させるときの周期T_y〔s〕が$T_y = 2\,T_x$となるようにするには，$L =$ [(3)] とすればよい。

$T_y = 2\,T_x$となっているとき，鉛直上方から見た図2のように，この小球を$x = 0$ m，$y = -a$〔m〕の位置でx軸の正方向を向く速度を与えて運動させる（$a > 0$）。このとき，小球がxy面内で描く軌道は [(あ)] となる。ただし，小球が$-a \leqq x \leqq a$の範囲で振動するように速度は与えられたものとし，aはl，Lと比べて十分に小さく，小球はx軸方向およびy軸方向に単振動するとしてよい。

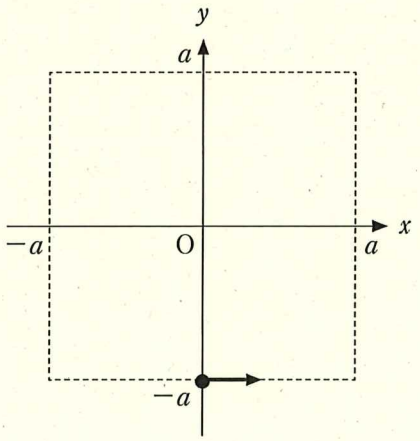


図2

問 2　図 3 のように，長さ l〔m〕の質量を無視できる糸の上端を固定し，下端に取り付けた質量 m〔kg〕の小球を，糸が鉛直方向となす角が θ〔rad〕$\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$となるようにして，水平面内で等速円運動させる。円運動の中心を原点 O として水平面内に x 軸と y 軸をとる。

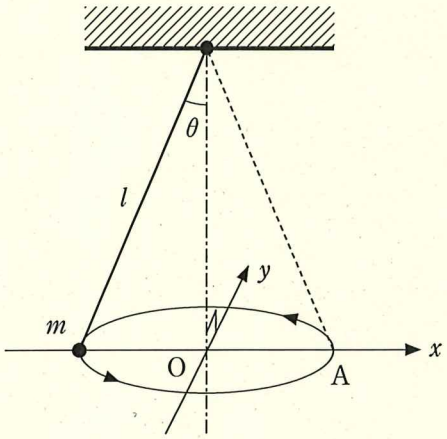


図 3

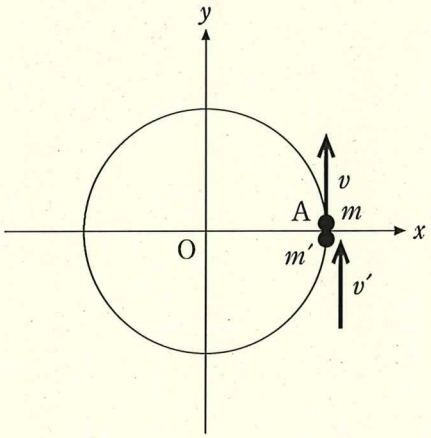


図 4

小球が等速円運動しているとき，小球が糸から受ける力の大きさは［(4)］〔N〕であり，小球の速さは $v =$［(5)］〔m/s〕である。

図 4 は，鉛直上方から見た小球の円軌道を表している。小球が x 軸上の点 A に達した瞬間に，質量 m'〔kg〕の小球が y 軸の正方向を向く大きさ v'〔m/s〕$(v' > v)$の速度で衝突した。衝突後，二つの小球は一体となり，質量 M〔kg〕$(M = m + m')$の一つの小球として，糸がたるむことなく運動を続けた。このとき，一体となった小球の衝突直後の速さ V〔m/s〕は，m，m'，v，v' を用いて $V =$［(6)］と表される。

衝突後，鉛直上方から見た小球の運動は図 5 のように円軌道からずれ，高さも変化する。点 B で質量 M の小球の高さが最も高くなったときに，糸が鉛直方向となす角を ϕ〔rad〕とし，そのときの小球の速さを V'〔m/s〕とする。衝突直後と小球が最高点に達した瞬間について力学的エネルギー保存の法則を考えると，V' は，V，g，l，θ，ϕ を用いて $V' =$［(7)］と表され

る。また，図5のように，鉛直上方から見た小球の運動を考えると，円軌道を描かないときでも，小球には糸から常に原点Oに向かう力がはたらくように見える。このように常に原点Oに向かう力がはたらく場合には，図5において，Oと小球を結ぶ線分が単位時間に通過する面積は一定となることが知られている(面積速度一定の法則)ので，V'はV，θ，ϕを用いて$V' =$ [(8)] と表される。この両式を用いてV'を消去することにより，最高点における角度ϕを求めることができる。

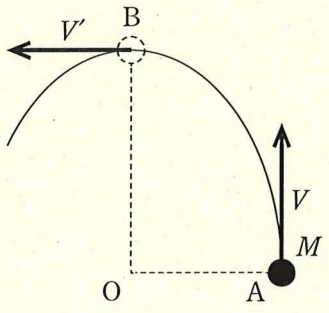


図5

ばねの力のようなフックの法則に従う力により単振動をするときには，振動の周期は振幅の大きさによらず一定となる。しかし，振り子の振動(往復運動)の場合には，振れ角を大きくするにつれて復元力の大きさはフックの法則に従う場合よりも小さくなる。したがって，大きな振れ角での振動の周期は，小さな振れ角での振動の周期と比べて [(い)] 。そのため，衝突後，最初に小球の高さが最大となる点Bのx座標は，[(う)] となる。

[(い)] の選択肢：

(ア) 長くなる　　(イ) 短くなる　　(ウ) 変わらない

[(う)] の選択肢：

(ア) $x > 0$　　(イ) $x = 0$　　(ウ) $x < 0$

2 以下の文中の (1) ～ (11) に適切な数式を入れよ。

問 1 図 1 のように，鉛直上向きに磁束密度 B〔T〕の一様な磁場（磁界）が存在している。この磁場内に，十分に長い 2 本のレールが間隔 L〔m〕で平行に設置されており，2 本のレールおよびそれらを含む平面は水平面に対して角度 θ〔rad〕$\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$だけ傾いている。レールの上端には，内部抵抗が無視できる電池，抵抗値 R〔Ω〕の抵抗，および，スイッチが，電気抵抗の無視できる導線で接続されている。また，レールの電気抵抗は無視できるものとする。質量 m_1〔kg〕の導体棒 1 および質量 m_2〔kg〕の導体棒 2 をレール上に置き，動かないように固定した。いずれの導体棒の抵抗値も r〔Ω〕であり，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

以下では，導体棒が運動するとき，空気抵抗，摩擦，および，自己インダクタンスは無視でき，導体棒はレールと垂直な向きを保つものとする。

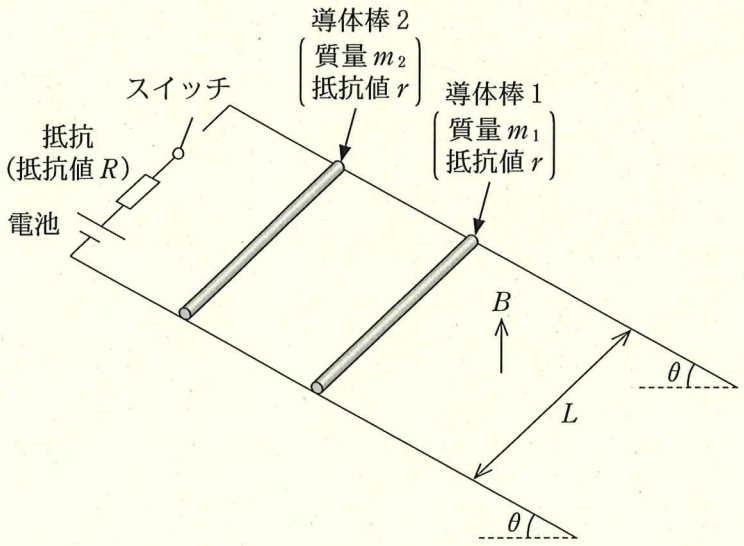


図 1

はじめに，スイッチを閉じた状態で導体棒1の固定を外すと，導体棒1は静止したままだった。このとき，導体棒1に流れる電流Iは［(1)］〔A〕となり，電池の起電力はIを用いて［(2)］〔V〕と表される。

この状態でスイッチを開くと，導体棒1はレールに沿って下向きに動き始めた。導体棒1の速さがv〔m/s〕となったとき，導体棒1に生じる誘導起電力の大きさVは［(3)］〔V〕となり，流れる電流はVを用いて［(4)］〔A〕と表される。十分時間が経過した後，導体棒1は一定の速さ［(5)］〔m/s〕で運動するようになった。

次に，導体棒1と2が十分離れた状態でスイッチを開き，導体棒1をレールに沿って上向きに一定の速さv_c〔m/s〕で動かした。このとき導体棒2の固定を外すと，導体棒2はレールに沿って上向きに動き始め，やがて導体棒2の速さは［(6)］〔m/s〕で一定となった。ただし，この一定速度に達する前に2つの導体棒はぶつからないものとする。

問 2　図 2 のように，xy 平面の $x \leqq -\dfrac{L}{2}$〔m〕，および，$x \geqq \dfrac{L}{2}$ の領域には，xy 平面に対して垂直に，紙面裏から表向きに磁束密度 B〔T〕の一様な磁場が存在している。また，$-\dfrac{L}{2} \leqq x \leqq \dfrac{L}{2}$ の領域において，$y > 0$ の領域には x 軸の正の向きに，$y < 0$ の領域には x 軸の負の向きに，それぞれ大きさ E〔N/C〕の一様な電場（電界）が存在している。このような電場と磁場中で荷電粒子が繰り返し加速される運動を考察する。なお，以下では重力の影響は無視できるものとする。

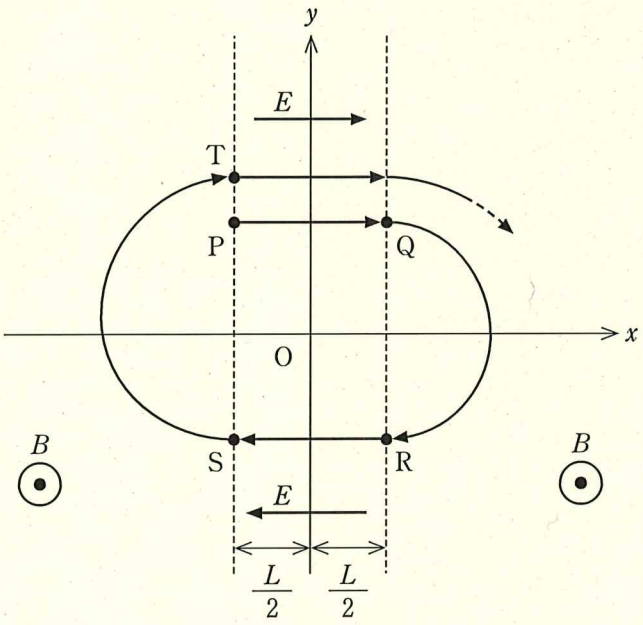


図 2

質量 m〔kg〕，正の電気量 q〔C〕の荷電粒子を点 P で静かに放すと，荷電粒子は電場によって加速され，点 Q に到達した（1 回目の加速）。荷電粒子が点 Q に到達したときの速さは［(7)］〔m/s〕である。その後，荷電粒子は点 Q から点 R に向かって円運動し，半円軌道を描く。点 Q から点 R までの円運動に要する時間は［(8)］〔s〕となる。点 R に到達した荷電粒子は再び電場によって加速され点 S に到達し（2 回目の加速），半円軌道を描いて点 T に到達する。このように，荷電粒子は加速と円運動を繰り返すこと

で，そのエネルギーが段階的に増加する。n 回加速（$n \geqq 1$）されたあとの荷電粒子のエネルギーは [(9)] 〔J〕であり，n 回加速後の円軌道の半径は [(10)] 〔m〕となる。このような加速が，ある回数 $N+1$（$N \geqq 1$）だけ繰り返されたあと，磁束密度を変化させ，$N+1$ 回目の加速後の円軌道の半径を N 回目の加速後の半径と同一に保つことを考える。このためには，$N+1$ 回目の加速後の磁束密度を [(11)] 〔T〕にすればよい。

3 以下の文中の [(1)] ～ [(12)] に適切な数式または数値を入れよ。

問 1 図 1 は物質量 n〔mol〕の理想気体の圧力 p〔Pa〕と体積 V〔m^3〕の変化を表した p-V グラフである。この図上で，体積 V_0〔m^3〕，圧力 p_0〔Pa〕の状態 A，体積 $2V_0$，圧力 $2p_0$ の状態 B，体積 $2V_0$，圧力 p_0 の状態 C の間を順番にゆっくり変化させる熱機関のサイクルを考える。ただし，各状態間の変化は p-V グラフ上で直線で表されるものとし，気体定数を R〔J/(mol･K)〕，この気体の定積モル比熱を C_V〔J/(mol･K)〕とする。また，気体が外部にした仕事および気体が吸収した熱量を答える設問で，気体が外部から仕事をされる場合および気体が熱を放出する場合には，負の量として解答せよ。

状態 A での温度を T_0〔K〕とすると，T_0 = [(1)] であり，状態 B の温度は T_0 を用いて [(2)] 〔K〕と表される。以下では，<u>V_0，p_0 を用いずに T_0 を用いて解答せよ。</u>

過程 A→B は吸熱変化であり，この過程で，気体の内部エネルギーの変化は [(3)] 〔J〕，気体が外部にした仕事は [(4)] 〔J〕であるので，気体が吸収した熱量は [(5)] 〔J〕となる。

また，過程 B→C で，気体が吸収した熱量は [(6)] 〔J〕であり，過程 C→A で，気体が吸収した熱量は [(7)] 〔J〕である。

このサイクルで表される熱機関の効率を R と C_V を用いて表すと [(8)] となる。

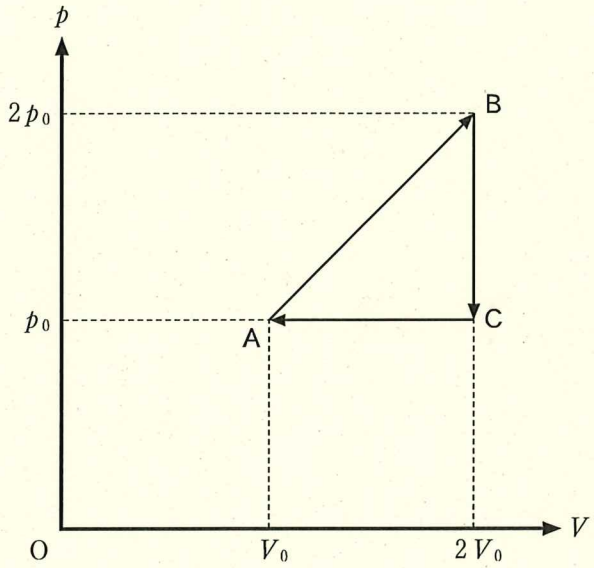


図1

問 2　単原子分子理想気体のモデルとして，図 2 のように，なめらかに動くピストンのついた断面積 S〔m^2〕のシリンダーに入れられた N 個の質量 m〔kg〕の小球を考える。ただし，小球の大きさは無視できるほど小さく，小球で表される気体分子どうしはお互いに力をおよぼさないとし，分子にはたらく重力の影響は無視できるとする。また，分子はシリンダーおよびピストンと完全弾性衝突するものとする。

以下では，図 2 のように，気体の膨張する方向に x 軸をとり，ピストンが x 軸の正の向きに一定の速さ u〔m/s〕で動いている場合を考える。ただし，u は分子の速さに比べて十分小さいものとする。

速度の x 成分が v_x〔m/s〕($v_x > 0$ とする)である 1 つの分子を考える。この分子がピストンに衝突した直後の速度の x 成分は [(9)] 〔m/s〕となる。このとき，衝突による運動エネルギーの変化は，$\dfrac{u}{v_x}$ が十分小さいので，$-2mv_xu$〔J〕と近似できる。また，図 2 のように，ピストンがシリンダーの底(図 2 の左端)から距離 L〔m〕の位置にあるとき，この分子が微小時間 Δt〔s〕にピストンに衝突する回数は，$\dfrac{v_x \Delta t}{2L}$ と近似できる。

この気体の内部エネルギーは気体分子の運動エネルギーの和で与えられる。よって，時間 Δt での内部エネルギーの変化を，気体分子全体での分子の速さの二乗平均 $\overline{v^2}$〔m^2/s^2〕を用いて表すと，[(10)] 〔J〕となる。ただし，分子の x 方向の速度の二乗平均 $\overline{v_x^2}$〔m^2/s^2〕と $\overline{v^2}$ の間には，$\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$ が成立するものとする。

一方で，時間 Δt での気体の温度 T〔K〕の変化を ΔT〔K〕とすると，Δt での内部エネルギーの変化は，ΔT とボルツマン定数 k〔J/K〕を用いて，[(11)] 〔J〕と表される。気体の体積 V〔m^3〕は $V = SL$ なので，時間 Δt での体積の変化 ΔV〔m^3〕が $\Delta V = Su\,\Delta t$ となることを用いると，ΔT と ΔV の間には

$$\frac{\Delta T}{T} + \boxed{(12)}\,\frac{\Delta V}{V} = 0$$

の関係があることがわかる。

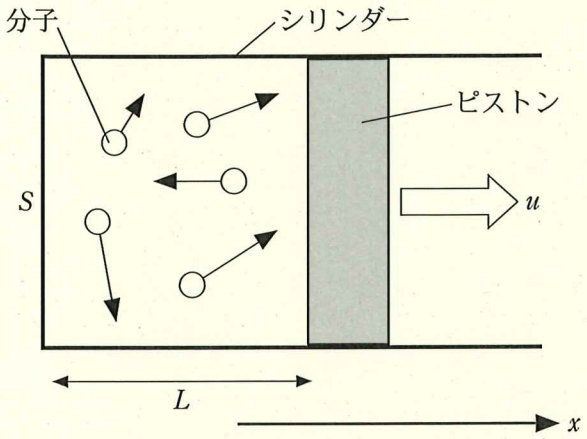


図 2

化　　学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば，次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0，Li = 6.94，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0，
Na = 23.0，Cl = 35.5，Mn = 54.9，Pd = 106

アボガドロ定数：$N_A = 6.02 \times 10^{23}$/mol

ファラデー定数：$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

気体定数：$R = 8.3 \times 10^3$ Pa・L/(K・mol)

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

1　Ⅰ，Ⅱに答えよ。

Ⅰ　次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

金属パラジウムと水素を反応させると，パラジウム表面で水素分子のH—H結合が切断され，生成した水素原子が表面に吸着する(解離吸着と呼ぶ)。水素原子は小さいため，結晶内部に侵入することができる。これを水素吸蔵という。こうした金属は，水素を結晶内部に高密度で貯蔵することができるため，水素貯蔵・輸送に関わる費用や安全リスクを大幅に低減できる材料として期待されている。

パラジウムの結晶格子は面心立方格子であり，その単位格子を図1に示した。原子を球と仮定すると，面心立方格子の金属結晶では各金属原子は［(ア)］個の金属原子と接しているが，体心立方格子の金属結晶では［(イ)］個の金属原子と接している。(i)パラジウム結晶格子内には，パラジウム原子6個で囲まれた空間(八面体間隙(かんげき))が存在する(図2)。水素を吸蔵させると，水素原子がこの八面体間隙に一つ取り込まれる。

問1　空欄［(ア)］，［(イ)］に入る数値を答えよ。

問 2　下線部(i)に関して八面体間隙に入ることのできる球の最大半径を，パラジウム原子半径 r を用いて答えよ。

問 3　パラジウム結晶の密度〔g/cm^3〕を有効数字 2 桁で求めよ。図 1 の単位格子の 1 辺の長さを 0.40 nm とする。

問 4　図 2 において，水素吸蔵によりすべての八面体間隙に水素原子が取り込まれたとする。以下の(1)，(2)に答えよ。

(1)　パラジウム原子 1 個に対して何個の水素原子が取り込まれたかを答えよ。

(2)　水素原子の取り込みにより，結晶の体積は 10 % 増加した。水素吸蔵後の密度は水素吸蔵前に比べて何倍になったかを有効数字 2 桁で答えよ。

問 5　図 2 の八面体間隙に取り込まれる水素原子の量は，水素(気体)の圧力や試料温度に依存する。パラジウム 10.6 g に対して，ある条件で水素吸蔵処理をおこなったところ，300 K，1.0×10^5 Pa，0.83 L に相当する水素(気体)が取り込まれていた。パラジウム結晶内に存在するすべての八面体間隙のうち，水素原子で占められている八面体間隙の割合(占有率)は何%か，有効数字 2 桁で答えよ。ただし，水素(気体)は理想気体として扱えるものとする。

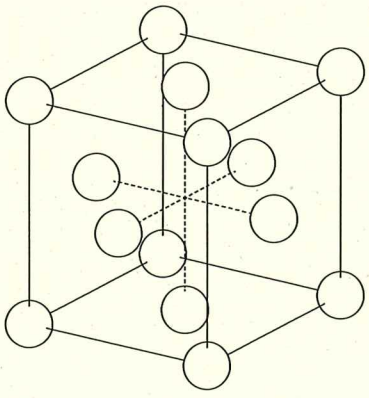


図 1　パラジウム結晶の単位格子。白丸はパラジウム原子

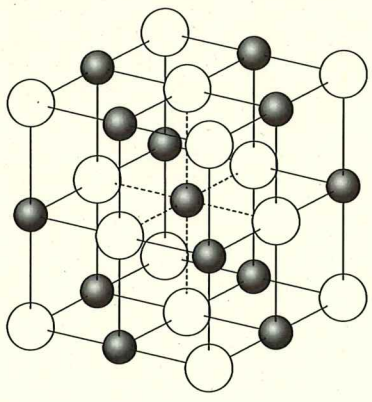


図 2　パラジウム結晶格子内のパラジウム原子(白丸)と八面体間隙(黒丸)

Ⅱ　次の文章を読み，問１～問４に答えよ。ただし，気体は理想気体として扱えるものとする。

ヒドラジン(N_2H_4)は強い還元性を持ち，ボイラーの防食剤や脱酸素剤(i)，ロケットエンジンの推進剤として用いられる。水に溶けやすく，水和ヒドラジンは燃料電池の燃料としても検討されたことがある。これは，ヒドラジンの分解反応により水素を取り出すことができる(ii)ためであり，ヒドラジンを燃料として発電しても二酸化炭素を排出しない，といったエネルギー利用における特長を有する。

問 1　下線部(i)について，以下の(1)，(2)に答えよ。なお，必要であれば次の数値を用いよ。

生成エンタルピー〔kJ/mol〕　H_2O(気)：−241.8，H_2O(液)：−285.8，
N_2H_4(気)：95.4，N_2H_4(液)：50.6

(1)　ヒドラジンが酸素と反応し，水と窒素が生成する反応の化学反応式を記せ。

(2)　液体のヒドラジンの燃焼エンタルピーを有効数字３桁で答えよ。燃焼により生じる水は液体とする。

問 2　ヒドラジンと酸素の物質量比が 2 ： 3 の混合ガスを，ある温度で全圧を一定に保ちながら反応を進行させた。いずれの温度でもヒドラジンはすべて酸素と反応し，窒素と水蒸気が生成した。さらに生成した窒素と未反応の酸素が反応し，窒素酸化物が生成した。なお，窒素酸化物の生成量は微量で，反応後のガス中での窒素酸化物のモル分率はいずれも 1×10^{-4} 未満であった。以下の(1)～(3)に答えよ。

(1)　反応後の窒素，酸素，水蒸気のモル分率をそれぞれ有効数字 3 桁で答えよ。なお，窒素酸化物の生成量は微量であるので無視してよい。

(2)　反応後のガス中で窒素と酸素から窒素酸化物が生成する反応は，いずれも平衡に達していた。窒素酸化物としては，N_2O_4，NO_2，NO，N_2O の 4 種類のみが生成するとし，このうち N_2O 以外の 3 つを窒素酸化物 A～C とする(A～C の順番と窒素酸化物の順番が必ずしも対応するわけではない)。図 3 は，全圧が 1.0×10^5 Pa および 1.0×10^6 Pa において，各温度で窒素酸化物 A～C および N_2O の生成反応が平衡に達したときの，各窒素酸化物のモル分率を温度に対して示したものである。図中の x_A，x_B，x_C，x_{N_2O} は，それぞれ窒素酸化物 A～C および N_2O のモル分率を表す。次の空欄 [(ウ)] ～ [(オ)] にあてはまる最も適切な語句または化学式を答えよ。

図3に示すように，窒素と酸素から窒素酸化物Aが生成する反応では，温度上昇でAのモル分率が増加するので，Aが生成する反応は［(ウ)］反応である。また，窒素酸化物Bのモル分率は，圧力で変化しないことから，窒素酸化物Bは［(エ)］である。窒素酸化物AおよびCが生成する反応の圧平衡定数をそれぞれ，$K_{p,A}$，$K_{p,C}$とすると，$\frac{K_{p,A}}{K_{p,C}}$は圧力〔Pa〕の単位を持つ。したがって，窒素酸化物Aは［(オ)］である。

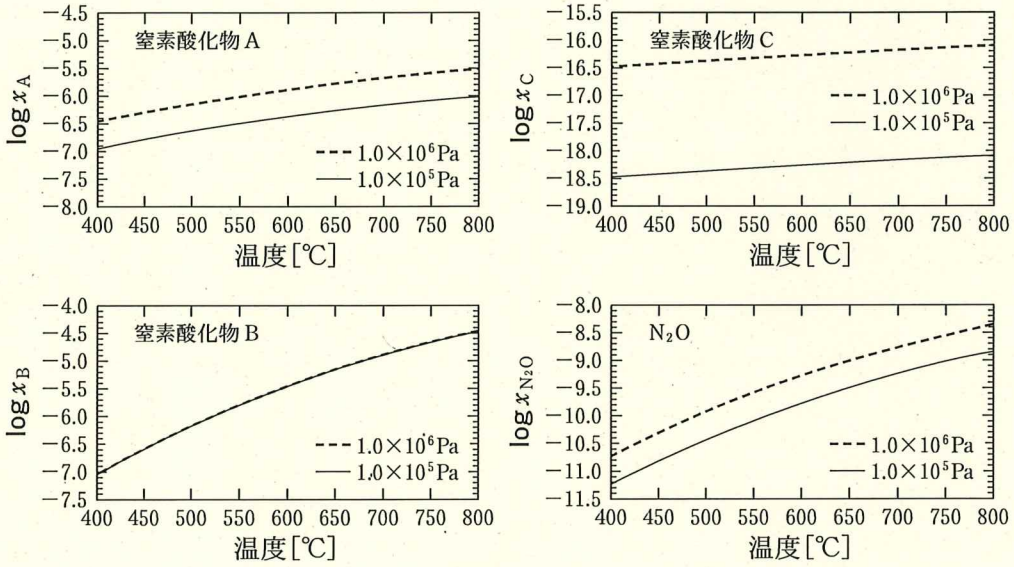


図3　窒素酸化物A～CおよびN₂Oのモル分率の温度変化

(3)　窒素と酸素からN₂Oが生成する反応が，全圧1.0×10^5 Pa，500℃で平衡に達したときのN₂Oのモル分率は3.9×10^{-11}であった。この状態から全圧を1.0×10^7 Paまで上げ，反応が新たに平衡に達したときのN₂Oのモル分率を有効数字2桁で答えよ。なお，全圧1.0×10^7 Paで反応が平衡に達した際も，窒素酸化物のモル分率はいずれも1×10^{-4}未満であった。

問 3　下線部(ii)について，ヒドラジンを適切な触媒の存在下で分解すると，水素と窒素が生成する。ヒドラジン 1.0 g の分解で発生する水素分子の質量を有効数字 2 桁で答えよ。

問 4　下線部(ii)について，触媒を用いずに温度を上げてヒドラジン 1.0 g をすべて分解したところ，水素は全く発生せず，気体 D と E が生成した。生成した気体を硫酸水溶液に吸収させたところ，気体 D は吸収されなかったが，気体 E はすべて吸収され，硫酸水溶液の質量が 7.14×10^{-1} g 増加した。硫酸水溶液に通した後の気体の体積を，圧力 1.0×10^{5} Pa，温度 25 ℃ で測定すると 2.6×10^{-1} L であった。気体 E の分子量を有効数字 2 桁で答えよ。また，気体 E の電子式を示せ。

2 Ⅰ，Ⅱに答えよ。

Ⅰ　次の文章を読み，問1～問6に答えよ。

直径が10^{-9}～10^{-7}m程度の粒子がさまざまな媒質中に均一に分散している状態をコロイドといい，分散している粒子をコロイド粒子という。コロイド粒子を分散させている物質を分散媒，分散しているコロイド粒子を分散質という。コロイド粒子を含む溶液をコロイド溶液または［(ア)］といい，分散媒と分散質がどちらも液体のコロイド溶液は特に［(イ)］と呼ばれる。

沸騰した蒸留水に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を少量ずつ加えると，赤褐色の化合物Aが溶媒中に均一に分散したコロイド溶液が得られる。(i)このコロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると化合物Aは陰極側に移動した。(ii)得られたコロイド溶液をセロハン袋に入れ，十分量の蒸留水の中に長時間浸しておくとコロイド溶液から不純物が除去される。このとき，セロハン袋の外の水溶液のpHを調べると［(ウ)］性であった。(iii)精製したコロイド溶液の一部をとりだし，少量の電解質水溶液を加えると沈殿が生じた。この現象を［(エ)］といい，化合物Aのコロイド溶液のように水に対する親和性が低いコロイドのことを疎水コロイドという。

問1　化合物Aの名称を例にならい答えよ。ただし，金属元素の酸化数がわかるようにせよ。

(例)　塩化鉄(Ⅲ)

問2　空欄［(ア)］～［(エ)］にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 3 コロイドに関する次の説明のうち，(あ)～(き)から誤っているものをすべて選び，記号で答えよ。

(あ) 疎水コロイドの粒子の分散状態は，粒子間にはたらくファンデルワールス力による引力と粒子がもつ電荷による反発力のバランスによって決まる。

(い) 帯電していないコロイド粒子は電気泳動を起こさない。

(う) ブラウン運動はコロイド粒子の熱運動により起こる現象である。

(え) 保護コロイドを加えると，疎水コロイドが親水コロイドと同様の性質を示すようになる。

(お) デンプンを水に分散させると，デンプン分子に多数の水分子が水和してコロイドを形成する。

(か) ろ紙を用いてコロイド溶液をろ過することで，コロイド粒子をろ紙上に集めることができる。

(き) セッケンは水に溶けにくい油などの汚れを疎水基が集中したミセルの内側にとりこんで，水中に分散させる。これを乳化作用という。

問 4 下線部(i)が示す現象の名称を答えよ。

問 5 下線部(ii)に関して，以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) 下線部(ii)の操作は透析とよばれる。ここで，沸騰した蒸留水 90 mL に 0.60 mol/L の塩化鉄(Ⅲ)水溶液を 10 mL 加えて得られた全量 100 mL の化合物 A のコロイド溶液に対して，繰り返し透析を行うことを考える。透析に用いる蒸留水を 900 mL とし，十分な時間が経過した後に新しい同量の蒸留水にとりかえて次の透析を行うものとする。コロイド溶液中の塩化物イオン濃度を 1.0×10^{-4} mol/L 以下にするために最低限必要な透析操作の回数を答えよ。ただし，透析操作前後でコロイド溶液の量は変わらないものとし，化合物 A は水にはまったく溶解せず，化合物 A 以外の不純物はすべて溶解・電離しているものとする。

(2) (1)で得られた化合物Aの精製コロイド溶液100 mLを中央部分が半透膜で仕切られた断面積1.0 cm^2のU字管の片側にすべて入れ，反対側には100 mLの蒸留水を入れた。温度27 ℃，圧力1.0×10^5 Paの条件下で十分な時間経過後に生じた液面差を測定すると3.0 cmであった。この液面差に相当する浸透圧を有効数字2桁で求めよ。ただし，1.0×10^5 Pa = 760 mmHgとし，水銀の密度を13.6 g/cm^3，得られたコロイド溶液および水の密度をいずれも1.0 g/cm^3とする。

(3) (2)の条件において，化合物Aのコロイド粒子1個に平均何個の鉄原子が含まれるかを有効数字2桁で答えよ。ただし，塩化鉄(Ⅲ)を起点とするすべての反応過程で鉄原子の損失はないものとする。

問 6 下線部(iii)に関して，化合物Aのコロイド粒子を最も小さいモル濃度で沈殿させる電解質はどれか。(く)～(さ)から一つ選び，記号で答えよ。

(く) 塩化ナトリウム　　(け) 塩化カルシウム

(こ) 硝酸カリウム　　(さ) 硫酸ナトリウム

Ⅱ　次の文章を読み，問１～問３に答えよ。

マンガンは様々な酸化数をとる［　(オ)　］族の遷移元素である。過マンガン酸カリウムは黒紫色結晶であり，その硫酸酸性溶液は強い酸化作用を示し，酸化還元反応の滴定試薬として用いられる(i)。マンガンの酸化物である酸化マンガン(Ⅳ)は電池の正極活物質(ii)などに利用されている。

問 1　空欄［　(オ)　］にあてはまる適切な数字を答えよ。

問 2　下線部(i)に関して，以下の(１)～(４)に答えよ。

(１)　下線部(i)に関する説明として(し)～(せ)から正しい文をすべて選び，記号で答えよ。

(し)　固体の過マンガン酸カリウムに熱濃硫酸を加えて硫酸酸性溶液を調製する。

(す)　塩酸は酸化剤としても作用するため，適さない。

(せ)　硝酸は酸化剤としても作用するため，適さない。

(２)　硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に過酸化水素水を加えた際に起こる酸化還元反応において，酸化される原子およびその酸化数の変化を以下の例にならって答えよ。

(例)　Mn：0 ⟶ ＋4

(３)　過マンガン酸イオンの中性溶液における還元反応では黒色沈殿が得られる。この反応を電子 e^- を含むイオン反応式で答えよ。

(４)　(３)の還元反応で得られた黒色沈殿に過酸化水素を加えたところ，過酸化水素はただちに分解した。この理由を簡潔に答えよ。

問 3　下線部(ii)に関して，正極活物質に酸化マンガン(Ⅳ)，負極活物質に金属リチウムを使った一次電池であるリチウム電池を考える。以下の(1)～(3)に答えよ。

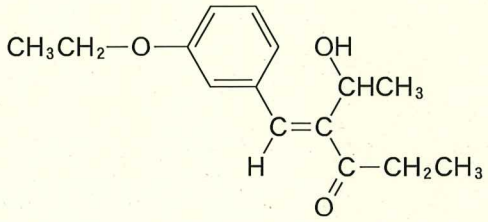
(1)　リチウム電池の電解液には，リチウム塩が溶解した有機化合物が使用されている。電解液に水を使用できない理由は，水を用いてリチウム電池を作製しようとすると気体が発生するためである。この発生する気体は何か。化学式で答えよ。

(2)　このリチウム電池を 3.86 A で 1 時間放電させた。正極の重量は何 g 増加したか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし，流した電流はすべて正極活物質および負極活物質の酸化還元反応に使われたとする。

(3)　リチウム電池は充電すると大変危険であるが，一方，リチウムイオン電池は安全に充電が可能な二次電池の一つである。市販のリチウムイオン電池では，ある単体もしくはそのリチウム化合物が負極活物質として用いられる。この単体を化学式で答えよ。

3 Ⅰ，Ⅱに答えよ。なお，構造式は記入例にならって記せ。

(記入例)



Ⅰ　次の文章を読み，問1～問6に答えよ。なお，反応は完全に進行するものとする。

有機合成化学は，天然の有機化合物や医薬品・農薬，さらには機能性材料を人工的に創製する学問である。化学者には，持続可能な社会の実現に向け，環境負荷の軽減を目指した化学合成反応の開発が求められている。反応開発の具体的な指針として，廃棄物や副生成物を出さない，反応物を無駄にしない合成法を採用する(i)，人体や環境への有害性が少ない反応物を用いる(ii)，触媒を活用して反応の効率を向上させる(iii)ことなどが挙げられる。

下線部(i)に関して，化学合成の省資源性を評価する指標として，下記に示す原子効率がある。

$$\text{原子効率}(\%) = \frac{\text{目的物の分子量の合計}}{\text{反応物の分子量の合計}} \times 100$$

原子効率が100％に近いほど効率の良い，省資源性の高い合成反応といえる。

下線部(i)，(ii)に関して，図1に示したベンジルエチルエーテルを目的物とする化学合成反応(1)および(2)について考察する。

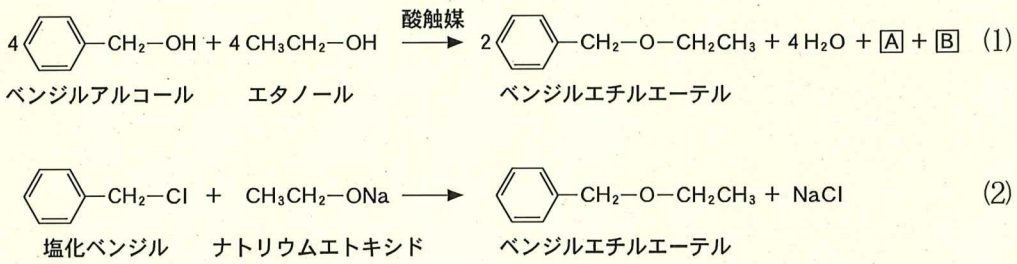


図1　ベンジルエチルエーテルの化学合成反応(1)および(2)

反応(1)は，酸触媒の存在下で反応物であるベンジルアルコールとエタノールが脱水縮合し，ベンジルエチルエーテルを生成する反応を表している。

一方，反応(2)は，反応物である塩化ベンジルとナトリウムエトキシドが縮合し，ベンジルエチルエーテルを生成する反応を表している。

反応(1)，反応(2)それぞれの省資源性を評価すると，反応(1)では，ベンジルアルコールとエタノールの反応性に差がない場合，副生成物として水に加えて，化合物AとBが生成する。Aは沸点34 ℃の麻酔作用をもつ分子量74の化合物であり，Bは沸点298 ℃，分子量198の化合物である。一方，反応(2)では，副生成物として塩化ナトリウムのみが生成する。

また，反応(1)では原子効率が［(ア)］%であり，反応(2)では原子効率が［(イ)］%である。したがって，副生成物の少なさ，および下線部(i)の観点から，反応(2)の方が反応(1)よりも省資源性が高い化学合成とみなせる。

しかし，下線部(ii)を考慮すると，塩化ベンジルは強い催涙性をもち毒物に指定されているため，反応(1)の方が反応(2)よりも安全性が高い化学合成とみなせる。

下線部(i), (iii)に関して，原子効率が 100 % の化学合成反応として，図 2 に示した二つの反応がある。一つは，金属触媒の存在下で化合物 C とアルデヒド D からケトン E を合成する反応(3)であり，もう一つは，酸触媒の存在下でケトン F から新たな環形成を伴ってケトン G を合成する反応(4)である。

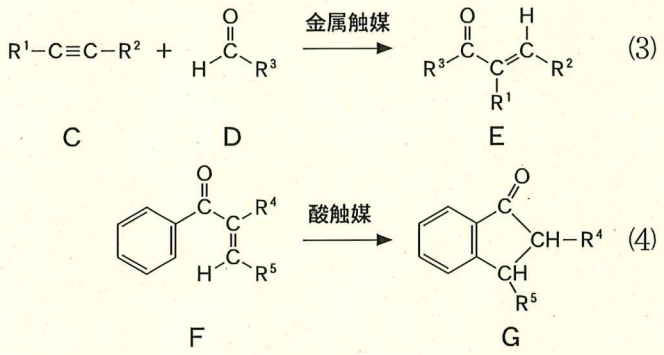


図 2　原子効率が 100 % の化学合成反応例(R^1～R^5 は炭化水素基など)

図 3 に示すように，反応(3)，反応(4)を活用することで，反応物として化合物 H とアルデヒド I から，ケトン J を経由して，ケトン K を効率よく合成できる。

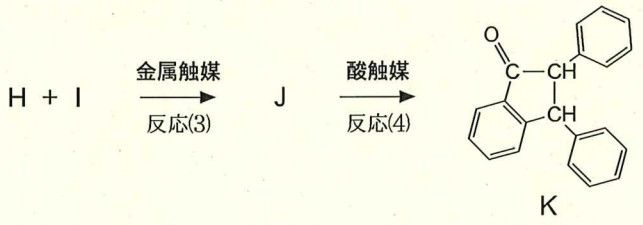


図 3　反応(3)，(4)を活用したケトン K の効率的な合成

問 1　化合物 A および B の構造式をそれぞれ記せ。

問 2　化合物 A には，A 以外に構造異性体がいくつ存在するか，その数を答えよ。ただし，鏡像異性体は区別しないものとする。

問 3　問 2 の構造異性体のうち，不斉炭素を有する異性体の構造式を記せ。

問 4　金属触媒存在下でアセチレンに水素が付加してエタンが生成する反応(5)において，

$$HC \equiv CH + 2\,H_2 \xrightarrow{\text{金属触媒}} H_3C - CH_3 \qquad (5)$$

原子効率は次のように求めることができる。

$$\frac{\text{エタンの分子量}(30)}{\text{アセチレンの分子量}(26) + \text{水素の分子量の合計}(2 \times 2.0)} \times 100 = 100(\%)$$

これにならって，空欄 [(ア)] ，[(イ)] に入る数値をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。ただし，触媒は考慮しなくてよい。

問 5　ケトン J の構造式を記せ。

問 6　化合物 H とアルデヒド I の構造式をそれぞれ記せ。

Ⅱ　次の文章を読み，問１～問６に答えよ。

ゴムは天然ゴムと合成ゴムに分けられる。

天然ゴムの主成分はポリイソプレンであり，多数の(i)イソプレンが重合でつながった構造をもつ。天然ゴムのポリイソプレン分子のすべての C＝C 結合は，最も炭素数の多い炭素鎖が二重結合の同じ側にある［　(ウ)　］形である。このため天然ゴムは折れ曲がった構造をとることから弾性を示す。一方でマレー半島周辺に生息するある種の植物から得られるグタペルカ（グッタペルカ）とよばれるポリイソプレンの C＝C 結合は，最も炭素数の多い炭素鎖が二重結合の反対側にある［　(エ)　］形である。天然ゴムを加硫すると分子鎖どうしが(ii)ジスルフィド結合などによって結びついた架橋構造を形成する。

イソプレンそのものや，イソプレンに似た単量体を(iii)付加重合させると合成高分子化合物である合成ゴムが得られる。また，別の重合法によって得られる合成ゴムも生活で利用されている。合成ゴムのなかには(iv)２種類以上の単量体を用いて合成されるものがあり，例として(v)スチレン－ブタジエンゴム（SBR）が挙げられる。

問 1　下線部(i)について，イソプレンの構造式を記せ。

問 2　空欄［　(ウ)　］，［　(エ)　］にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 3 ゴムについて，以下の(あ)～(お)から正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(あ) まっすぐに伸ばされたゴム中の分子鎖のエントロピーは，丸まった状態のゴムの分子鎖のエントロピーよりも大きくなる。

(い) おもりを吊り下げた状態のポリイソプレンゴムをドライヤーなどで熱するとポリイソプレンゴムが縮む。

(う) グタペルカは分子間力が弱いために，弾性に乏しい高分子である。

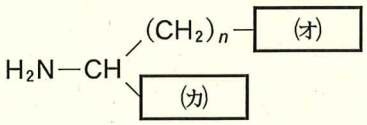
(え) ポリイソプレンゴムの栓で臭素やヨウ素を貯蔵すると，付加反応を起こすためにゴムが劣化する。

(お) シリコーンゴムは不飽和結合を含まないために，ポリイソプレンゴムよりも酸化されにくい。

問 4 下線部(ii)のジスルフィド結合は天然のタンパク質にも見られる構造である。タンパク質のジスルフィド結合について，(1)～(3)に答えよ。

(1) 天然のタンパク質に含まれる主要な 20 種類の α-アミノ酸のうち，ジスルフィド結合を形成しうるアミノ酸 X の名称を答えよ。

(2) アミノ酸 X の構造を次のように表す(n は整数)とき，空欄 [(オ)]，[(カ)] に当てはまる適切な原子または原子団を(か)～(せ)からそれぞれ一つずつ選び，記号で答えよ。また，n の値を答えよ。



(か) OH	(き) CHO	(く) COOH
(け) NH_2	(こ) H	(さ) CH_3
(し) SH	(す) SO_3H	(せ) SCH_3

(3) アミノ酸Xについて，(そ)～(つ)から正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(そ) フェーリング液と反応して色を変化させる。

(た) 還元されることによってジスルフィド結合を形成する。

(ち) 天然のタンパク質に含まれる主要な20種類のα-アミノ酸において，硫黄を含む唯一のα-アミノ酸である。

(つ) アミノ酸Xを含むタンパク質に濃い水酸化ナトリウムを加えて加熱した後に酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると，硫化鉛(Ⅱ)の沈殿を生じる。

問5 下線部(iii)と(iv)について，(1)と(2)に答えよ。

(1) 下線部(iii)について，付加重合で合成される合成高分子は以下の(て)～(の)のうちどれか。適切なものを二つ答えよ。

(2) 下線部(iv)について，二種類以上の単量体を用いて合成される合成高分子は(て)～(の)のうちどれか。適切なものを3つ答えよ。

(て) ポリエチレンテレフタラート

(と) ポリ酢酸ビニル

(な) ポリメタクリル酸メチル

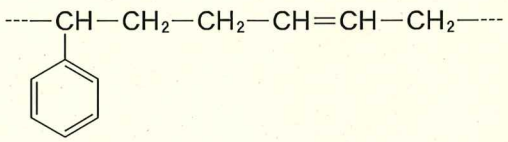
(に) フェノール樹脂

(ぬ) ナイロン6

(ね) ポリ-*p*-フェニレンテレフタルアミド

(の) ポリ乳酸

問 6　下線部(v)について，ある物質量の比率のスチレン(Y%)とブタジエン(100—Y%)の共重合で合成されたSBRの構造の一部を図に示す。このSBR 445 gに十分量の水素を加えて反応させたところ，標準状態で33.6 Lの水素が消費された。このSBRに含まれるスチレン部分の物質量の比率Yを，整数で答えよ。ただし，ベンゼン環は水素と反応しないものとする。



生　　物

1　次のⅠとⅡの文章を読み，それぞれの問に答えよ。

Ⅰ　動物細胞には，核，小胞体，ゴルジ体やミトコンドリアなどの構造体[a]が存在し，細胞内をいくつかの区画に分けている。これらの区画は細胞内の代謝にとって重要な意味をもつ。多くの場合，特定の酵素は特定の区画に局在することで，対象となる基質を反応に適切に利用することができるようになる。グルコースの異化を例に取ると，解糖系は細胞質基質に存在し，グルコースをピルビン酸にまで分解する過程でATPを合成し，同時にNAD^+を NADH へと還元する。生成されたピルビン酸はミトコンドリアに取り込まれ，クエン酸回路によって二酸化炭素にまで分解される。この過程でも NADH や$FADH_2$といった還元型補酵素が生成される。続いて，生成された NADH や$FADH_2$は電子伝達系によって酸化される。この反応によりH^+が［(ア)］から［(イ)］に移動して，H^+の濃度勾配が形成される。最終的に，［(ウ)］にあるATP合成酵素を通じてH^+が［(イ)］から［(ア)］に流れ込むことによりATPが合成される。また，酸素を利用できない場合，解糖系より生じたピルビン酸と NADH から乳酸とNAD^+が生成される。これらの過程で生成されたATPは，筋収縮[b]をはじめとする生体内の多様な活動に利用される。

問 1　文中の［(ア)］～［(ウ)］に入る適切な語句を，次の(A)～(F)からそれぞれ1つずつ選び，記号で答えよ。ただし，同じ記号をくり返し選んでもよい。

(A)　ミトコンドリア外膜　　(B)　ミトコンドリア内膜
(C)　ミトコンドリア膜間腔　　(D)　ミトコンドリアマトリックス
(E)　核　内　　(F)　細胞質基質

問 2 下線部ａに関して，次の(A)～(E)の文から正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(A) 中心体は細胞分裂の際に紡錘糸の形成に寄与する。

(B) ミトコンドリアは核の DNA の情報に基づいて合成されたタンパク質のみで構成される。

(C) ゴルジ体は小胞体から受け取ったタンパク質の修飾や分泌に関わる。

(D) 核膜には，核膜孔とよばれる多数の小さな穴が存在し，この穴を mRNA や転写に関わるタンパク質などが通過する。

(E) アミノ酸と結合した tRNA は，その配列の一部であるコドンを介して mRNA のアンチコドンと結合する。これによってリボソーム内で mRNA の配列に対応した配列をもつポリペプチドが合成される。

問 3 下線部ｂに関して，以下の問に答えよ。

筋肉は ATP を利用して収縮を行うが，細胞内に蓄積できる ATP の量は限られている。そのため，筋細胞では ATP を絶えず生成する仕組みが必要となる。筋収縮の開始直後には，筋肉中に貯蔵されたクレアチンリン酸がまず分解される。その後は筋グリコーゲンやグルコースが分解され，解糖系や電子伝達系によって ATP が生成される。また，［(エ)］からの［(オ)］イオンの放出も筋収縮の開始に不可欠である。筋細胞膜で発生した活動電位が T 管に伝わると，［(エ)］から［(オ)］イオンが細胞質中に放出され，トロポニンと結合することで，アクチンが［(カ)］と結合できるようになり，筋収縮が始まる。

問 3-1 ［(エ)］～［(カ)］に入る適切な語句を答えよ。

問 3-2 ヒトは短距離走のような無酸素運動を行うと，解糖系による ATP 生成の増加に伴い，乳酸の生成が促進される。もしも乳酸生成が起こらない場合，解糖系にどのような変化が生じると予想されるか，理由を含めて 40 文字以内(句読点を含む)で説明せよ。ただし，アルファベット，記号も 1 文字として数えること。

Ⅱ　解糖系は，グルコースを段階的に分解する代謝経路であり，多数の酵素がその反応に関与している。解糖系の最終段階では，ピルビン酸キナーゼの作用により，基質であるホスホエノールピルビン酸(PEP)とADPからピルビン酸とATPが生成される。ピルビン酸キナーゼの活性は，生成物であるATPによって低下する一方，解糖系の初期段階で生じる代謝物であるフルクトース-1, 6-ビスリン酸(FBP)によって増加する。これらの場合，ATPやFBPは酵素の活性部位以外に結合することによって酵素活性を変化させる。(c) このような様式で酵素活性に及ぼす効果を［　(キ)　］効果とよび，このような活性調節をうける酵素を［　(キ)　］酵素という。一方で，酵素の基質と構造的に類似した別の物質が活性部位に結合することで，酵素活性が阻害される様式は競争的阻害とよばれる。

問 4　文中の［　(キ)　］に入る適切な語句を答えよ。

問 5　ピルビン酸キナーゼの酵素活性がATPによって低下し，FBPによって増加する利点についての考察として，適切なものを次の(A)～(D)からすべて選び，記号で答えよ。

(A)　FBPが十分に存在する場合には，解糖系によるATP生成を促進することできる。

(B)　ATPが十分にある場合は解糖系を抑制し，過剰なATP生成を防ぐことができる。

(C)　解糖系を常に最大限にはたらかせ，細胞の活動を一定に保つことができる。

(D)　ATPが不足した状態で解糖系を抑制し，細胞を保護することができる。

問 6　酵素に対して基質濃度が十分高く，酵素の反応速度が最大となっている時の酵素と基質の状態の説明として，適切なものを次の(A)～(D)から１つ選び，記号で答えよ。

(A)　すべての基質が生成物となっている。

(B)　すべての生成物が酵素と結合し，酵素基質複合体を形成している。

(C)　すべての酵素が基質と結合し，酵素基質複合体を形成している。

(D)　常に生成物が生じるため，基質と結合している酵素は存在しない。

問 7　さまざまな濃度の PEP に対するピルビン酸キナーゼの反応速度を測定したところ，図１のような結果が得られた。基質濃度が十分高く，酵素反応速度が一定に達した時の反応速度を最大反応速度とよぶ。次に，ピルビン酸キナーゼに対して競争的阻害をひきおこす化合物 X を 1 ～ 5 μmol/L の濃度になるように加え，最大反応速度を測定した。ピルビン酸キナーゼの最大反応速度と化合物 X の濃度の関係を示したものとして，図２のグラフの(A)～(E)からもっとも適切なものを１つ選び，記号で答えよ。ただし，酵素濃度は一定であり，化合物 X と PEP のピルビン酸キナーゼに対する結合のしやすさはそれぞれの濃度によって変わらないものとする。また，この酵素のもう１つの基質である ADP の濃度は十分高く，本実験の結果に影響を及ぼさないものとする。

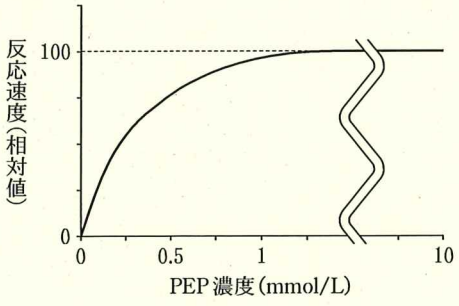


図１　基質濃度と反応速度の関係

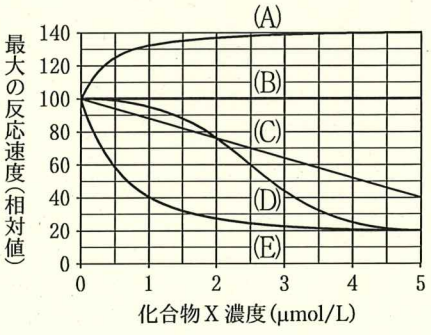


図２　化合物 X の濃度と最大反応速度の関係

問 8　次に，ピルビン酸キナーゼに対して下線部 c のような阻害作用をもつ化合物 Y を 1 ～ 5 μmol/L の濃度になるように加え，酵素反応速度を測定したところ，図 3 のような結果が得られた。ピルビン酸キナーゼの最大反応速度と化合物 Y の濃度の関係を示したものとして，図 4 のグラフの(A)~(E)からもっとも適切なものを 1 つ選び，記号で答えよ。ただし，酵素濃度は一定である。また，この酵素のもう 1 つの基質である ADP の濃度は十分高く，本実験の結果に影響を及ぼさないものとする。

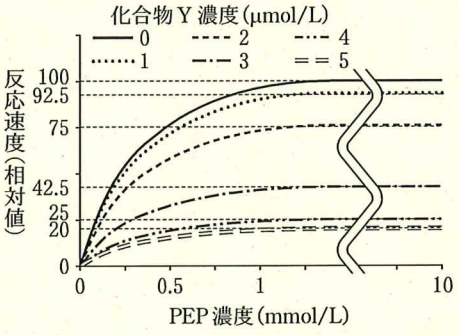


図 3　化合物 Y を処理したときの反応速度

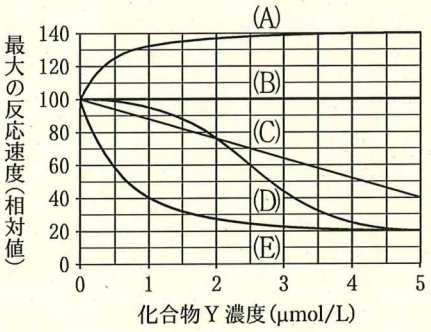


図 4　化合物 Y の濃度と最大反応速度の関係

2 次のⅠとⅡの文章を読み，それぞれの問に答えよ。

Ⅰ　単細胞真核生物である分裂酵母は，遺伝子への変異導入が容易であり，さらに2種類の変異体の掛け合わせを簡便に行えることから，遺伝学研究における優れたモデル生物として広く利用されている。遺伝子への変異導入には，化学物質を用いる方法や放射線を用いる方法などさまざまな手法がある。

問 1　ブロモウラシル(BrU)という化学物質はDNA複製の際に一定の頻度でチミン(T)の代わりに取り込まれ，アデニン(A)またはグアニン(G)と塩基対を形成する。図1は分裂酵母ゲノムの2本鎖DNAの一部を表している。分裂酵母の培養液にBrUを添加し培養することで(BrU処理)，DNA複製の際に，四角で囲った2箇所のTの代わりにBrUが取り込まれ，それらはGと塩基対を形成したと仮定する。その後BrUを含まない培地で培養を続けると，同じ箇所のDNA塩基対にどのような変化が生じるか，図1中の［(ア)］～［(エ)］にあてはまる塩基をG，A，T，Cのいずれかで答えよ。



図1　BrU処理前のDNA配列とBrU取り込み箇所，
その後培養を続けたあとのDNA配列

問 2　BrU処理後のある遺伝子のセンス鎖のDNA配列の一部を確認したところ，以下に示した配列になっていた。前述の仕組み以外で塩基は変化しないものとして，以下の問に答えよ。

BrU処理後：5′…　$\overset{1}{T}$AGTT GATC$\underline{G}$ $\overset{11}{A}$GCAT ACTGG $\overset{21}{A}$GT　…3′

問 2-1　この領域のDNA情報をもとに合成されるBrU処理前のタンパク質のアミノ酸配列の一部を以下に示す。BrU処理で変化したのは，下線で示した塩基のみとして，［(オ)］にあてはまるアミノ酸を表1の遺伝暗号表を参考に答えよ。なお，この領域にイントロンはない。

…―バリン―アスパラギン酸―［(オ)］―アラニン―チロシン―トリプトファン―セリン…

表1　遺伝暗号表

コドンの1番目の塩基		コドンの2番目の塩基 U		コドンの2番目の塩基 C		コドンの2番目の塩基 A		コドンの2番目の塩基 G		コドンの3番目の塩基
U		UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
		UUC		UCC		UAC		UGC		C
		UUA	ロイシン	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	G
C		CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
		CUC		CCC		CAC		CGC		C
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
		CUG		CCG		CAG		CGG		G
A		AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
		AUC		ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	リジン	AGA	アルギニン	A
		AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G
G		GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
		GUC		GCC		GAC		GGC		C
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
		GUG		GCG		GAG		GGG		G

問 2-2 BrU処理前後で前述の領域のDNA配列を比較すると，左端のTを1番目として，［(カ)］番目の［(キ)］も，BrU処理により［(ク)］から変化していたことがわかったが，対応するアミノ酸は変化していなかった。

［(カ)］に当てはまる数字と［(キ)］，［(ク)］にあてはまる塩基をG，A，T，Cのいずれかで答えよ。

Ⅱ　有性生殖を行う生物では，受精(接合)と減数分裂が交互に起こることは共通しているが，この２つの現象が世代から世代へと続く生殖の全過程のどの時点で起こるかは生物種によってさまざまである。図２に示すように，分裂酵母は３本の染色体を有しており，栄養が豊富な通常の培養条件下では，一倍体で増殖する。栄養が枯渇すると一倍体細胞どうしが接合する有性生殖を行い二倍体細胞になる。この二倍体細胞は減数分裂[a]を経て４つの一倍体胞子を含む胞子のうを形成する。

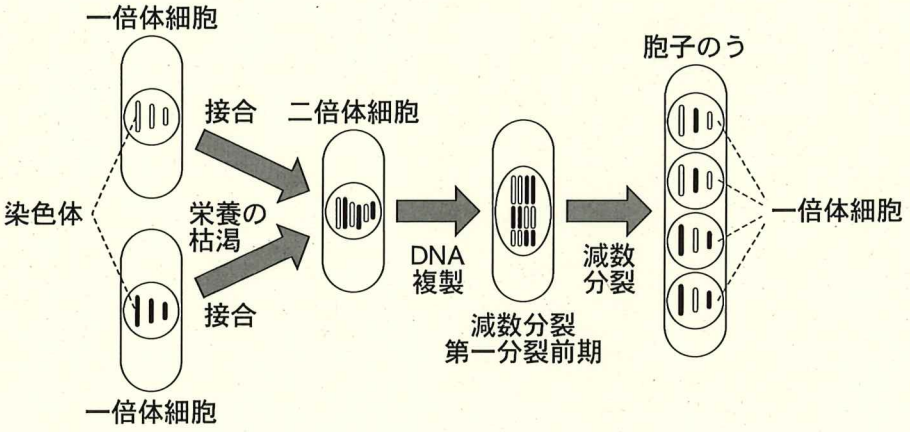


図２　分裂酵母の接合と減数分裂

問 3　下線部ａに関する以下の文中の［(ケ)］～［(サ)］にあてはまる適切な語句を答えよ。

減数分裂の前に複製された染色体は，減数分裂における第一分裂前期に凝縮して太く短くなる。この時，［(ケ)］染色体どうしは平行に並んで接着する。これを［(コ)］といい，［(コ)］が完成した状態の染色体を［(サ)］染色体という。この時，［(ケ)］染色体が部分的に交換される乗換えが起こる。この乗換えによって，［(ケ)］染色体の間で遺伝子が入れ換わり，新たな連鎖が生じる現象を遺伝子の組換えという。

問 4　分裂酵母の変異体の中には，25 ℃ では生育できるが，35 ℃ では生育できず死滅してしまう，いわゆる温度感受性を示すものが存在する。BrU 同様に変異を誘導する活性をもつ化学物質を用いて，分裂酵母を一定時間処理することで，分裂酵母ゲノムの遺伝子に突然変異を誘発させることができる。

【実験 1】　上記を利用して，温度感受性を示さない野生株(一倍体)の分裂酵母から，温度感受性を示す変異株の作成を試みた。結果，図 3 に示す 4 種類の温度感受性株，変異株(W～Z)を単離した。

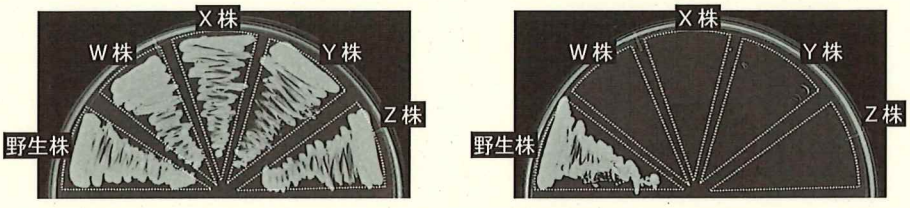


図 3　野生株と温度感受性株

野生株と 4 種類の変異株を寒天培地に塗布した後 25 ℃(左)，あるいは 35 ℃(右)で 3 日培養した結果を示す。

【実験 2】　実験 1 の変異株 W と野生株の細胞を栄養が枯渇した状態にして，この 2 種類の株どうしを接合させ二倍体細胞を作成し，この二倍体細胞から減数分裂を誘導し，図 4 (A)のような胞子のうを形成させた。胞子のうは必ず図 4 (A)のａ～ｄのような 4 つの一倍体細胞を形成する。

多数の胞子のうから，それぞれａ～ｄの一倍体細胞を 1 つずつ寒天培地に移し，25 ℃ で培養することで，図 4 (B)のように 1 つの一倍体細胞が増殖し，目に見えるほどの細胞の集まりであるコロニーを形成した。次に，それぞれのコロニーから新しい寒天培地に細胞を植え継ぎ，35 ℃ で生育させると，図 4 (C)のように再び増殖し再度コロニーを形成する細胞と，ほとんど増殖しない温度感受性を示す細胞が観察された。

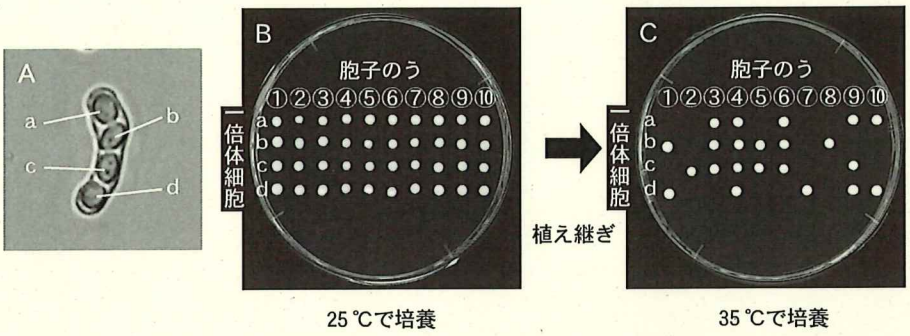


図4　温度感受性株の単離

(A)分裂酵母の胞子のう　(B)25℃で培養したコロニー　(C)35℃で培養したコロニー

問 4-1　実験2と同様の実験を，変異株Wの代わりに変異株Xを用いて行った。変異株Xが温度感受性となった原因となる変異が導入された遺伝子(原因遺伝子)は1つであることがわかっている。

この時，1つの胞子のうに含まれる4つの一倍体細胞に関して，

分離比＝(温度感受性を示す細胞数)：(温度感受性を示さない細胞数)

は全ての胞子のうで同じである。この場合の分離比を，次の(A)～(E)から1つ選び記号で答えよ。

(A)　0：4　　(B)　1：3　　(C)　2：2

(D)　3：1　　(E)　4：0

問 4-2　変異株Yには変異株Xとは異なり，2つの原因遺伝子が異なる染色体上に存在し，いずれか一方の遺伝子に変異が生じれば温度感受性を示す。

変異株Wの代わりに変異株Yの細胞を用いて実験2を行うと，分離比は胞子のうによって異なる。この時，出現する可能性のある分離比を次の(A)～(E)からすべて選び記号で答えよ。

(A)　0 : 4　　(B)　1 : 3　　(C)　2 : 2

(D)　3 : 1　　(E)　4 : 0

問 4-3　変異株Zには変異株Y同様2つの原因遺伝子が存在し，いずれか一方の遺伝子に変異が生じれば温度感受性を示す。そして，この2つの原因遺伝子は同一染色体に存在することがわかっている。乗換えにより連鎖している遺伝子間で遺伝子の組換えが起こる頻度は，組換え価と呼ばれ，次の式で表す。なお，ここでは胞子のうに含まれる一倍体細胞を配偶子とする。

$$\text{組換え価}(\%) = \frac{\text{組換えを起こした配偶子の数}}{\text{配偶子の総数}} \times 100$$

変異株Wの代わりに変異株Zの細胞を用いて実験2を行い，各分離比を示す胞子のうの出現数を，100個の胞子のうについて調べたところ以下の表2のようになった。この場合の2つの原因遺伝子間の組換え価(%)を整数で答えよ。ただし，この2つの原因遺伝子間では，乗換えは2回以上起こらないものとする。

表2　各分離比を示す胞子のうの出現数

分離比	胞子のうの出現数
0 : 4	0
1 : 3	0
2 : 2	50
3 : 1	50
4 : 0	0

3 次の文章を読み，それぞれの問に答えよ。

北海道大学で生物を学ぶカオルさんは，親戚からある植物の種子をもらった。水を染み込ませたペーパータオルの上に乗せ，室内に置いておいたところ，数日で発芽して根が伸び[a]，２枚の葉が現れた。その後，庭の畑の土を植木鉢にいれ，大きくなった芽ばえを移植した。暑さを避けるため，空調の効いた室内の窓際で天然光を利用して育てることにした。水やりを忘れた時は乾燥して少ししおれてしまったが[b]，水やりを再開すると回復した。その後しばらくは順調に大きく育っていたが，葉が広く横に広がる[c]のみで一向に開花しなかった。そこでこの植物をLED白色光源とともに冷蔵庫（６℃程度）の中に１ヶ月静置し，その後暖かい部屋の窓際に戻した[d]。すると，２週間後に花芽形成が誘導され，花茎が勢いよくまっすぐ上へ伸び[e]，いくつかの枝分かれのあと白い花弁４枚からなる小さな花をつけた。

問 1 下線部ａについて，以下の文章を読んでそれぞれの問に答えよ。

水分吸収や温度などの条件が揃うと，種子内で［(ア)］の合成が上昇することでアブシシン酸の作用を抑制する。これにより［(イ)］が打破され，発芽が誘導される。［(ア)］は［(ウ)］遺伝子の発現を誘導し，［(エ)］の分解により作られる［(オ)］が栄養分として［(カ)］に提供される。

問 1-1 ［(ア)］に入る植物ホルモンの名称を答えよ。

問 1-2 文中の［(イ)］～［(カ)］に入る適切な語句を次の(A)～(M)から１つずつ選び，記号で答えよ。同じ記号をくり返し選んでもよい。

(A) カタラーゼ	(B) 胚のう	(C) 頂芽優勢
(D) デンプン	(E) マルトース	(F) グリセリン
(G) グルコース	(H) 胚	(J) アミラーゼ
(K) グリコーゲン	(L) 胚　乳	(M) 休　眠

問 1-3　(ウ)　遺伝子に関する次の(A)～(D)の文のうち，適切なものを１つ選び，記号で答えよ。

(A)　胚乳で発現し，胚乳で機能する。

(B)　糊粉層で発現し，胚乳で機能する。

(C)　糊粉層で発現し，糊粉層で機能する。

(D)　胚乳で発現し，糊粉層で機能する。

問 2　下線部ｂについて，以下の文章を読んでそれぞれの問に答えよ。

乾燥条件では，植物は気孔を閉じて水分の蒸散を抑える。気孔はこのようにガスや水分の交換に重要な役割を担うが，微生物にとっても葉の中へ侵入するための出入り口となり得る。そこでカオルさんは，病原菌と植物との相互作用における気孔の役割を調べることにした。まず，この植物の葉に病気を引き起こす植物病原菌 X を入手した。この細菌は，葉の内部で激しく増殖することで葉の細胞の代謝を著しく阻害し，葉がしおれるという症状を引き起こす。比較のため，この植物には病気を引き起こさない大腸菌を用意した。また，それぞれの細菌の培養液を 99 ℃ で 20 分処理することにより生きた細胞をすべて破壊した培養液と，細菌細胞を添加しない培養液を用意した。これらの培養液をこの植物の葉にスプレーで吹き付けて接種し，接種後１時間と３時間で気孔を観察したところ，それぞれ表１の結果を得た。なお，実験開始時点(接種直前)での気孔は開いていた。

表１　気孔観察の結果

	接種した溶液	１時間後	３時間後
実験 1	生きた植物病原菌 X を含む培養液	閉じている	開いている
実験 2	生きた大腸菌を含む培養液	閉じている	閉じている
実験 3	熱処理により殺菌した植物病原菌 X の培養液	閉じている	閉じている
実験 4	熱処理により殺菌した大腸菌の培養液	閉じている	閉じている
実験 5	細菌細胞を添加しなかった培養液	開いている	開いている

問 2-1　実験 5 を行うのはなぜか。30 文字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 2-2　この実験結果から考えられることとして，次の(A)～(D)の文のうち正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(A)　植物は，植物病原菌 X にも大腸菌にも応答して気孔を閉じる。

(B)　植物病原菌 X も大腸菌も，閉まっている気孔を開くことができる。

(C)　植物病原菌 X が閉まっている気孔を開くためには，その細菌細胞が生きていることが必要である。

(D)　植物は，生きた細菌細胞にのみ応答して気孔を閉じる。

問 2-3　葉の外部表面に付着した植物病原菌 X は，コロナチンという物質を分泌する。コロナチンは，気孔の開閉を調節することが知られている。次の(A)～(D)のうち，コロナチンが気孔開閉を調節する仕組みとして考えられる適切なものをすべて選び，記号で答えよ。

(A)　アブシシン酸の分解

(B)　フォトトロピンの分解

(C)　細胞膨圧の上昇

(D)　カリウムイオンの細胞からの流出

問 2-4　カオルさんは所属する大学の研究室で，コロナチンが植物病原菌Xの病原性にどのように関与しているのか調べることにした。まず，遺伝子組換え技術を用いて植物病原菌X(親株とよぶ)の遺伝子を人為的に改変し，コロナチンを作る能力を失った株(変異株とよぶ)を作出した。つぎに，親株と変異株をそれぞれこの植物の葉にスプレーで接種して病原性を評価する実験を行った。病原性の指標としては，葉の内部での親株および変異株の増殖の度合いを用いることにした。接種直後と2日後の葉の一部をそれぞれ切り取り，重さを測った後，2分間アルコールに浸すことで葉の表面の細菌を全て殺菌した。このとき，短時間のアルコール処理は葉の表面の細菌の殺菌にのみ効果を示し，葉の内部の細菌の増殖や葉の遺伝子応答や代謝には影響を与えないものとする。これを細菌用液体培地の中で破砕し，細菌用寒天培地に塗り広げて24時間培養した。寒天培地上に現れた細菌細胞のかたまりの数を数えることで，葉の内部に存在していた細菌細胞の数(葉1 mgあたり)を計測した。その結果，図1Aのような結果を得た。一方，注射器を用いて親株と変異株を葉の内部に直接注入して同じ計測を行ったところ，図1Bのような結果を得た。

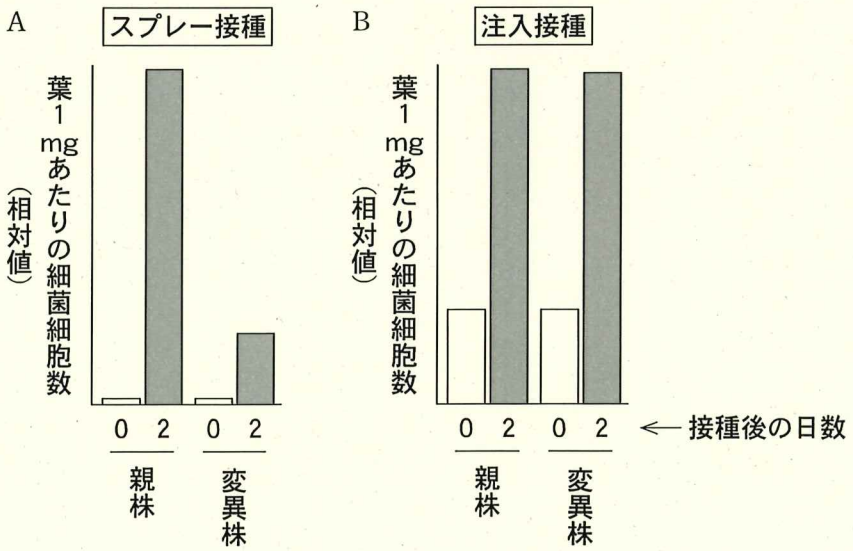


図1　植物病原菌Xの親株と変異株の接種実験の結果

次の(A)～(D)の文のうち，この実験結果から考えられることとして適切なものをすべて選び，記号で答えよ。

(A) 植物病原菌Xが分裂して増殖するためにコロナチンは必須である。

(B) 植物は気孔を閉じることによって植物病原菌Xの葉の内部への侵入を防ぐ。

(C) 植物病原菌Xはコロナチンがないと葉の内部へまったく侵入できない。

(D) コロナチンは葉の表面でも内部でも病原性に必要である。

問 3 下線部cについて，一部の植物はこのように茎が地面近くでほとんど伸びず，葉が地面に沿って放射状に広がるように葉がつく。このような発生の様式は，茎を高く伸ばす様式と比較して，どのような環境で特に有利になると考えられるか。次の(A)～(D)のうち，適切でないものを1つ選び，記号で答えよ。

(A) 寒冷な気候環境である高山地帯

(B) 背の高い雑草の生い茂る草原

(C) 崖崩れなどで新たにできた荒れ地

(D) 頻繁に草刈りを行う公園の芝地

問 4　下線部ｄについて，以下の文章を読んでそれぞれの問に答えよ。

「長期間(数週間から数ヶ月)の低温処理ののち温暖な条件に戻す」という処理によって花芽形成が誘導される現象を［ (キ) ］と呼ぶ。花芽形成においては，葉で発現するフロリゲン遺伝子が重要な働きを担う。フロリゲン遺伝子の葉での発現は日長や環境条件に応じて制御されており，この遺伝子から作られるタンパク質が茎の先端に移動し蓄積すると，花芽形成が誘導される。また，*FLC* という遺伝子からつくられるタンパク質は，フロリゲン遺伝子の発現を抑制する機能をもつ。そこでカオルさんは，これらの遺伝子のmRNA 量が［ (キ) ］の過程で葉においてどのように変化するかを解析した。

問 4-1　［ (キ) ］に入る適切な語句を答えよ。

問 4-2　この実験によって得られた結果として適切なものを，図 2 の(A)～(C)から１つ選び，記号で答えよ。ただし，この植物の花芽形成はフロリゲンタンパク質の蓄積のみによって直接的に制御されるものとする。

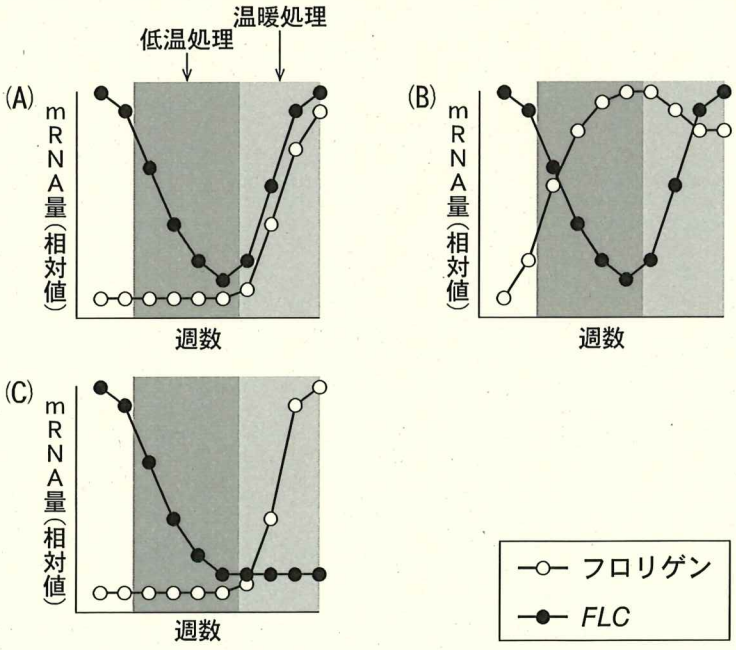


図 2　花芽形成関連遺伝子の一週間ごとの mRNA 量の変化

問 5　下線部ｅについて，それぞれの問に答えよ。

問 5-1　花茎の伸長を駆動する細胞伸長は，液胞に蓄積する水分による圧力(膨圧)によってもたらされる。このとき，膨圧によって細胞が全体的に肥大するのではなく方向性をもって伸長するために重要な，細胞壁に存在する物質の名称を答えよ。

問 5-2　上述の物質は非常に伸びにくい性質をもっており，それが伸長方向の制限に寄与している。図３は，植物細胞の側面に，この物質がどのように配置されているかを模式的に示したものである。このうち，上下方向に著しく伸長する花茎の細胞における配置パターンにもっとも近いものを次の(A)～(C)から１つ選び，記号で答えよ。

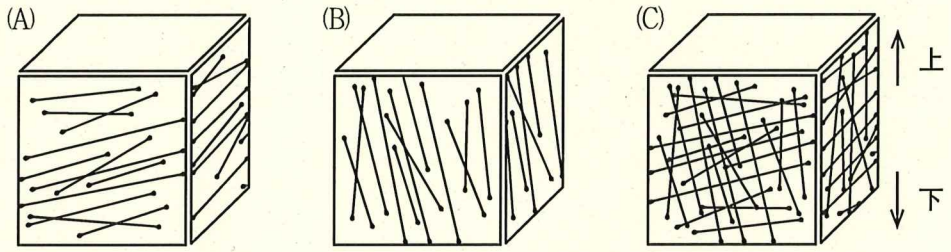


図３　細胞伸長制御物質の配置パターン

4 次のⅠとⅡの文章を読み，それぞれの問に答えよ。

Ⅰ　リンネにより導入された［　(ア)　］法に基づき，現在，種名は属名と種小名で形成される学名で表される。学名のあとには，表示を省略されることもあるが，当該学名の命名者名と命名年が記される。例えばハシボソガラスの種名は，命名者名と命名年も記す場合 *Corvus corone* Linnaeus, 1758 となり，*Corvus* と *corone* が属名と種小名，Linnaeus と 1758 が命名者名と命名年である。学名の命名や表示，扱いに関するルールは生物群によって異なるが，これ以降の内容は動物の学名に関するルールに則(のっと)る。

ルールには以下のようなものがある。なお，さまざまな例外があるが本問題中では考慮しなくて良い。また解答に際して学名を斜体にする必要はない。

① 種名の属名が変わった場合，命名者名と命名年を括弧内に置く。例えば，命名時に *Aus* 属に所属していた *Aus bus* Smith, 1910 が，のちに *Cus* 属に所属する種だと判断された場合は，*Cus bus* (Smith, 1910) と記す。

② 亜属(属と種の間の分類階級)の名は括弧内に置き，属名と種小名の間に記す。例えば，*Drosophila* (*Sophophora*) *melanogaster* Meigen, 1830 (a) と記す(*Sophophora* が亜属名)。

③ 複数種が同種と判断された場合，かかわった種の現在の学名のうち命名年のより古い学名を採用する。例えば，*Dus* 属の 2 種 *Dus eus* Smith, 1920 と *Dus fus* Jones, 1910 が同種と判断された場合，*Dus fus* Jones, 1910 を採用する。

問 1　文中の［　(ア)　］に入る語句を漢字で答えよ。

問 2　研究の進展により亜属を属階級に格上げすることがある。下線部 a の種名について亜属が属階級に格上げされた場合，種小名は *melanogaster* で変わらず，亜属名がなくなり，属名が *Drosophila* から *Sophophora* に変わることになる。下線部 a の種の亜属が格上げされた後の学名を，「*Corvus corone* Linnaeus, 1758」のように命名者名と命名年も記す形で答えよ。

問 3　以下の架空の動物の分類学的研究について考える。

現在，ある動物群は *Nus* 属と *Pus* 属に分けられている。*Nus* 属には 2 つの亜属（*Nus* 亜属と *Ous* 亜属）が設定されており，それぞれ 3 種を含む。*Pus* 属は亜属の設定がなく 1 種を含む。今回，*Nus* 属と *Pus* 属の全種と，2 属から遠縁の *Xus xus* Sato, 1925 について，系統解析に適したある遺伝子の塩基配列を解読した。表 1 は，種間で塩基が異なった座位を含む各種の部分配列を示す。その結果，*Nus* 亜属のある 2 種と *Ous* 亜属のある 2 種の配列がそれぞれ一致したため，それぞれ 1 種として今後は扱うことにした。

その後残る 6 種の塩基配列の類似度をもとに作成した系統樹が図 1 である。得られた系統関係をもとに，*Nus* 属を構成していた各亜属を属階級に格上げする，つまり *Nus* 亜属を *Nus* 属として，*Ous* 亜属を *Ous* 属として今後は扱うことにした。

表 1　種間で塩基が異なった座位を含む各種の部分配列

解析前の種名	塩基の座位番号										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nus (*Nus*) *aus* Smith, 1890	A	A	T	A	G	G	G	G	T	A	T
Nus (*Ous*) *bus* Davis, 1895	C	A	T	A	T	C	C	C	C	A	A
Nus (*Nus*) *cus* King, 1900	A	A	T	A	G	G	G	G	T	A	A
Pus pus Ito, 1910	G	A	T	A	G	G	G	T	G	A	G
Nus (*Ous*) *dus* Jones, 1920	C	A	T	A	T	C	C	C	C	A	A
Nus (*Nus*) *eus* Hill, 1920	A	A	T	A	G	G	G	G	T	A	A
Nus (*Ous*) *fus* Evans, 1925	C	A	T	A	T	C	C	C	A	A	C
Xus xus Sato, 1925	T	A	A	T	A	A	A	T	A	T	G

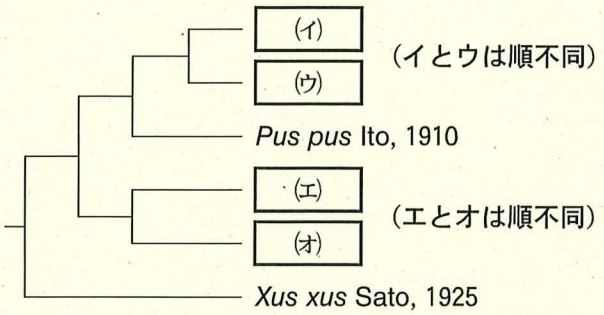


図1　得られた系統樹

問 3-1　*Nus* (*Nus*) *aus* と *Nus* (*Ous*) *bus*，*Nus* (*Nus*) *aus* と *Pus pus* の塩基配列の類似度を，塩基の種類が同じだった座位の数でそれぞれ答えよ。

問 3-2　上記の分類学的研究を終えた後に，(イ) ～ (オ) に入る学名を「*Corvus corone* Linnaeus, 1758」のように命名者名と命名年も記す形で答えよ。

Ⅱ　種の定義は1つではなく多数存在する。生殖的隔離の有無を基準にする生物学的な種[b]は，恣意性を排した種の定義である。しかし，無性的に増える生物などに適用できないため，動物においては現在も形態形質の状態を同種・異種の判断に用いることがある[c]。近年は，形態的な特徴が乏しい動物において，ある遺伝子の塩基配列の違いを種差に用いる例もある。例えば，微顎動物門は *Limnognathia maerski* Kristensen & Funch, 2000 と *Limnognathia desmeti* Worsaae & Møller, 2025 の2種が知られるが，2種は複数個体でDNA配列を解読した結果見出された，18S rRNA遺伝子の327番目と780番目の座位に見られた塩基の違いで区別されている[d]。

生物学的な種も不変というわけではない。1つの種が2つの種に分かれることもある。そのような種分化の多くは，地理的障壁によって集団が分断され，その後分断された集団間に生殖的隔離が生じることで起こる異所的種分化であるとされる。集団の遺伝子頻度は，(1)集団内の［(カ)］が十分に多い，(2)遺伝子型ごとの適応度に差がない，(3)交配がランダムに生じる，(4)他の集団との間の個体の移出入がない，(5)突然変異が生じない，の5条件をすべて満たす場合は変化しないとされる。しかし実際の集団は上記条件のうち1つ以上を満たさないため，地理的に分断された2集団の遺伝子頻度は時間とともに変化し，十分に異なる状態に至った場合，生殖的隔離が成立し，種分化が生じる。

問 4　文中の［(カ)］に入る語句を漢字で答えよ。

問 5　下線部bについて，以下の文は生殖的に隔離された2種の生物学的な種について説明したものである。以下の［(キ)］に入る文を「交配」，「生殖能力」という2つの単語を用いて30文字以内(句読点を含む)で答えよ。

2種の間では自然下で交配が起きない，もしくは［(キ)］

問 6 下線部ｃについて，形態形質の中には差異を同種・異種の判断に用いるべきではないものがある。次の(A)～(C)の同種・異種の判断に関する文章のうち，適切なものをすべて選び，記号で答えよ。

(A) 砂地に岩が点在した，ある狭い地域に住むネズミには，灰色の体色の個体と白色の体色の個体が含まれていた。灰色の個体は岩陰に，白色の個体は砂地に住んでいた。それぞれの体色の個体が生む子どもの観察を続けたところ，灰色の個体の子は大部分が灰色で少数が白色，白色の個体の子は大部分が白色で少数が灰色だとわかった。以上の結果から，体色の一致・不一致を同種・異種の区別に用いた。

(B) ある池で調査を行った際，後肢を持ったオタマジャクシと，後肢を持たないオタマジャクシが採集された。そこで，後肢の有無を同種・異種の区別に用いた。

(C) ある池に棲む魚には，尾の長い個体，中程度の個体，短い個体が見られた(それぞれ長尾，中尾，短尾とする)。秋になると長尾１個体と短尾１個体，中尾１個体と短尾１個体のペアがそれぞれ別の穴に隠れているのが確認された。その後，穴に隠れていた２個体の短尾がそれぞれ産卵し，子の孵化が確認できた。以上の観察結果から，現時点では尾の長さの違いを同種・異種の区別に用いるべきではないと判断した。

問 7　下線部ｄについて，以下の問に答えよ。

問 7-1　遺伝子の塩基配列の違いによって種を区別することは，次の文で示すような考えに基づいている。文中の［(ク)］～［(コ)］に入る語句としてもっとも適切なものを次の(A)～(H)からそれぞれ１つずつ選び，記号で答えよ。なお同じ記号をくり返し選んでもよい。

遺伝子に中立な突然変異が生じ，突然変異の生じた対立遺伝子の割合が［(ク)］により増えていく場合を考えたとき，２種のうち一方の種の遺伝子プールのみに突然変異の生じた対立遺伝子が見られるという状況は，２種の間で遺伝的な交流が起きて［(ケ)］場合，つまり生殖的に隔離されて［(コ)］場合に起こると仮定されるから。

(A)　いる　　(B)　いない　　(C)　遺伝子重複
(D)　遺伝的浮動　　(E)　遺伝子頻度　　(F)　自然選択
(G)　性選択　　(H)　適応放散

問 7-2　塩基配列やアミノ酸配列の変化の速度は，遺伝子やタンパク質ごとにほぼ一定になるとされる。この性質から，ある種間の塩基配列やアミノ酸配列の違いを，それらの種が共通祖先から分かれた年代の推定に用いることがある。塩基配列やアミノ酸配列に見られる変化の速度の一定性を何とよぶか，漢字４文字で答えよ。

地　　学

1　次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

沈み込み帯の島弧の火山では，玄武岩質マグマ，安山岩質マグマ，流紋岩質マグマなど[a]，様々なマグマが噴出する。沈み込み帯の楔形（くさびがた）マントルでは，主な構成物質である［(ア)］岩の溶融開始温度が下がるため[b]，マグマが発生しやすくなる。マントルの岩石が融ける場合，融けやすい成分が選択的に鉱物粒子の間に浸み出すが，これを［(イ)］溶融という。

日本列島はプレート境界付近に位置することから，多くの地震が発生する[c]。地震を発生させた震源断層の方向やずれ方を［(ウ)］機構という。南海トラフ沿いでは，海溝型の巨大地震がくり返し発生しているが，その［(ウ)］機構は［(エ)］型である。

問 1　文章中の空欄［(ア)］～［(エ)］にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2　下線部 a に関して，マグマの性質を説明した以下の①～④から適切なものを 1 つ選び記号で答えよ。

① 化学成分が SiO_2 成分に富むほど，マグマ中の SiO_4 四面体構造の連結の程度（重合度）が減って粘性が低くなる。

② 高温で SiO_2 成分の割合が小さい玄武岩質マグマの溶岩は粘性が高く流れやすい。

③ 低温で SiO_2 成分の割合が大きい流紋岩質マグマの溶岩は粘性が高く流れにくい。

④ マグマに結晶が多く含まれていると，マグマ全体の粘性が低くなるため，マグマ内の圧力が高まって激しい爆発的な噴火を引き起こしやすくなる。

問 3　下線部ｂについて，沈み込み帯の楔(くさびがた)形マントルを構成する［　(ア)　］岩の溶融開始温度が下がる理由を 40 字以内で説明せよ。

問 4　マグマだまりの中で玄武岩質マグマの温度がゆっくりと下がると，含まれている鉱物が結晶化する。以下の有色鉱物を結晶化が早く起こる順番に並べよ。

角閃石・輝石・黒雲母

問 5　下線部ｃに関する以下の設問に計算過程とともに答えよ。

(1)　地震のエネルギーは，地震を起こした震源断層の面積と断層のずれの量の積に比例し，岩石のかたさにも関係する。A 地震の断層の長さは約 100 km，幅は約 50 km，断層のずれの量は平均約 5 m であった。B 地震の断層の長さは約 400 km，幅は約 100 km，断層のずれの量は平均約 20 m であった。岩石のかたさを一定とした場合，B 地震のエネルギーは A 地震のエネルギーの約何倍であるか，有効数字 2 桁で答えよ。

(2)　巨大な地震が海底下で発生すると，津波を引き起こす場合がある。津波が長波であるとした場合，平均的な水深が 4000 m の場合の津波の進む速さ(m/s)を有効数字 2 桁で答えよ。なお，重力加速度は 10 m/s^2 として計算すること。

(3)　地殻の浅い場所で発生した地震の震源から 35 km 離れた X 点に地震計が置いてあり，震源から 70 km 離れた場所に Y 市役所があった。この地域の S 波速度は 3.5 km/s，P 波速度は 7.0 km/s で一様とする。主要動(S 波)が Y 市役所に到達する何秒前に X 点で P 波が観測されたかを有効数字 2 桁で答えよ。

2 次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

ある地域には，3つの地層(下位からA層，B層，C層)が分布する。A層は砂岩からなり，古生代の示準化石[a]が含まれていた。B層は石灰岩からなり，有孔虫の化石が認められた。この有孔虫の化石を取り出し，酸素の安定同位体比[b]($^{18}O/^{16}O$の値)を分析したところ，B層堆積時の気候は，寒冷であったことが判明した。C層は第四紀の火砕流の堆積物からなり，炭素14法を用いて噴火年代[c]を調べた結果，およそ3200年前であることがわかった。

問 1 下線部aの例として，適切なものを以下の①～⑥から1つ選び，記号で答えよ。

① イノセラムス　② ディキンソニア　③ 貨幣石
④ トリゴニア　⑤ フデイシ　⑥ カルカロクレス(歯)

問 2 下線部aに関して，ある化石が示準化石として適しているための条件を2つ挙げ，それぞれ20字以内で答えよ。

問 3 下線部bに関して，有孔虫の酸素同位体比と気候の寒暖との間にはどのような関係があるか，理由を含めて120字以内で説明せよ。

問 4 下線部cの噴火年代を正しく推定するには，どのような試料を対象として炭素14法を適用する必要があるか。以下の①～⑤から適切なものを1つ選び，記号で答えよ。また，その試料が適切であると判断した理由を40字以内で説明せよ。

① C層に取り込まれている石灰岩の礫(れき)
② C層の近くで見つかった貝化石
③ C層に含まれている樹幹の炭化木片
④ C層を構成している軽石中の気泡の中の二酸化炭素
⑤ C層に接触している泥岩中の有機物

3 図1～3に示すある年の2月8日の気象情報をもとに，以下の問いに答えよ。

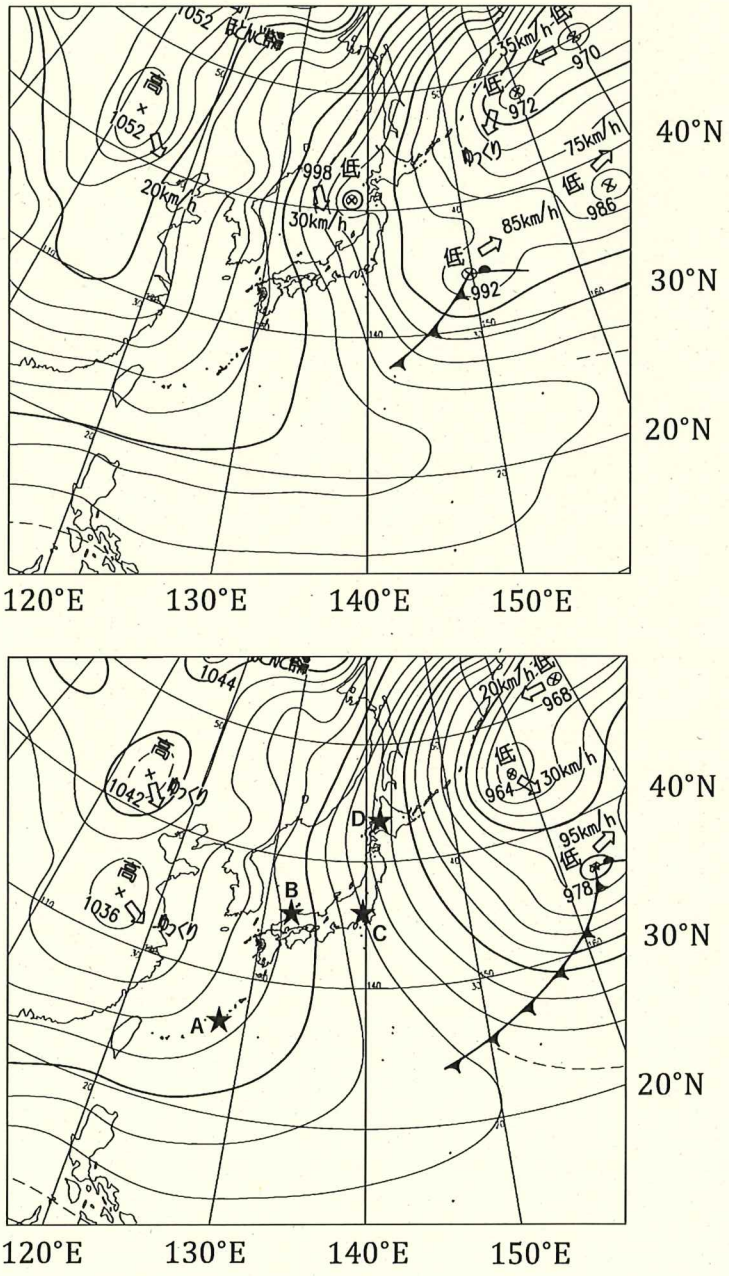


図1　2月8日(上)9時および(下)21時(日本時間)の地上天気図(気象庁資料を改変)。下図の星印A～Dは，気象庁アメダス観測点がある那覇，松江，東京，および札幌をそれぞれ表す。

問 1　図 1 には，ユーラシア大陸上に高気圧，千島列島からアリューシャン列島にかけて低気圧が見られる。このような冬季の典型的な気圧配置を何と呼ぶか，漢字 4 文字で答えよ。

問 2　図 2 には日本海上に季節風に沿った筋状に並ぶ雲が見られる。この筋状の雲の厚さは，季節風の上流から下流にかけて，徐々に厚くなっていく。この理由を 70 字以内で説明せよ。

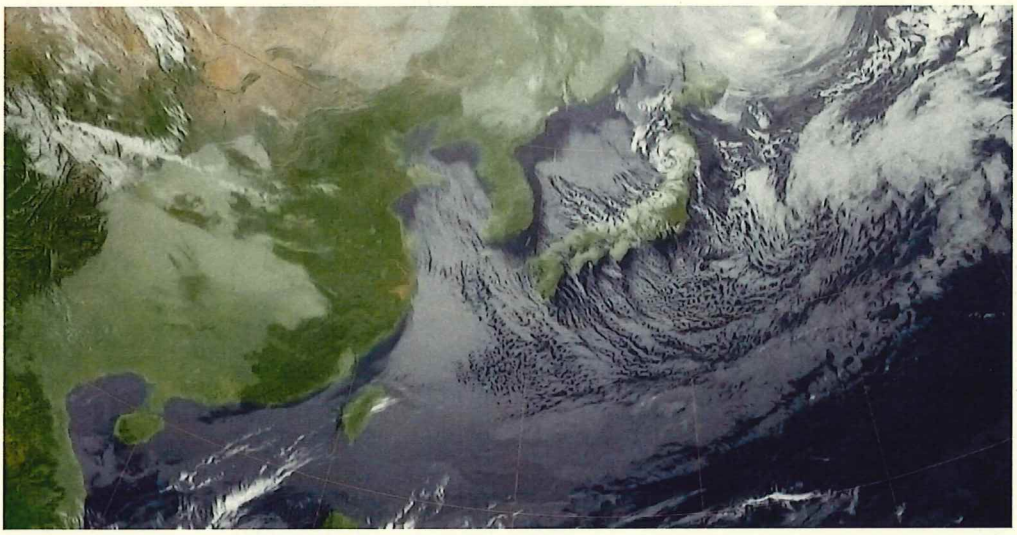


図 2　2 月 8 日 15 時(日本時間)の赤外画像。陸は緑色や茶色で，海は濃紺色に着色している。

【出典情報追記】
高知大学気象情報頁による。

問 3　図 3 (a)～(d)は，図 1 下の星印 A～D で表した地点のいずれかにおける，2 月 8 日の気温と湿度の観測結果を線グラフで，風と天気の 3 時間ごとの観測結果を日本式天気図記号で表したものである。(a)～(d)は，那覇(A)，松江(B)，東京(C)，札幌(D)のそれぞれどれに該当するか，記号で答えよ。

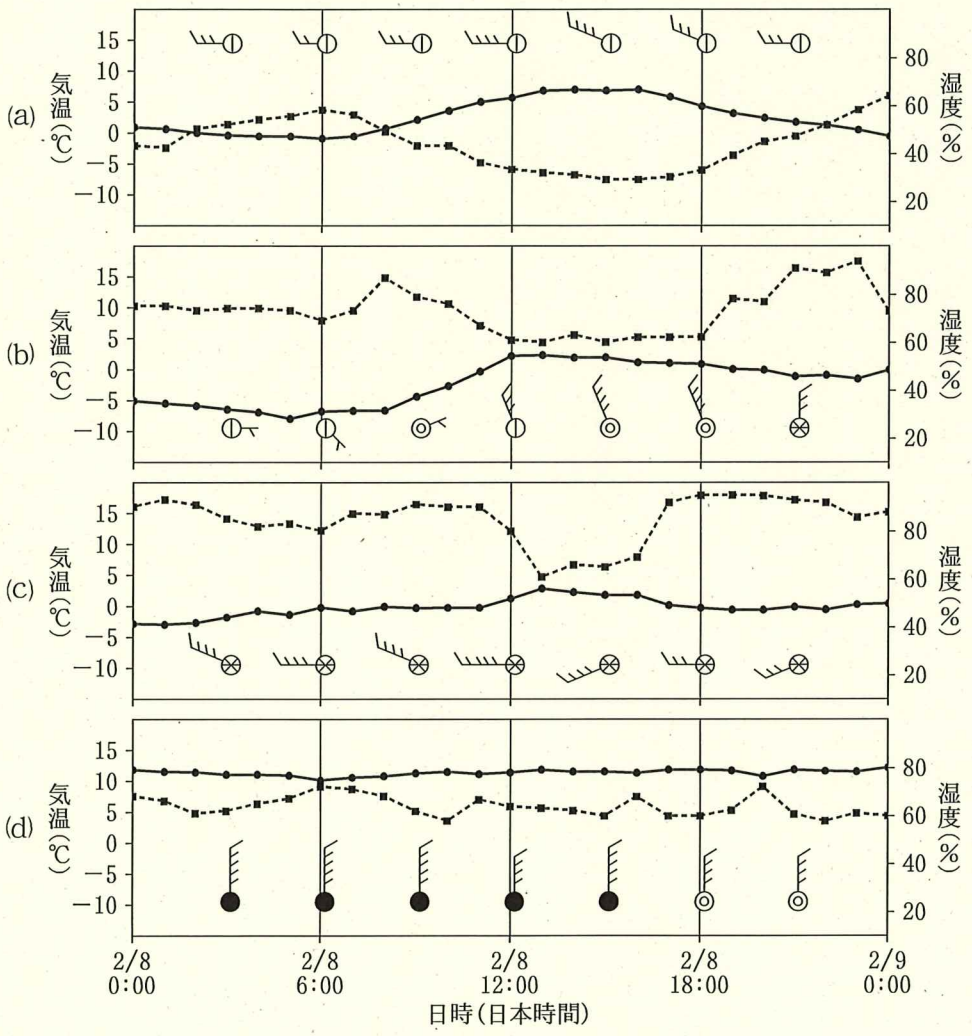


図 3　図 1 下の星印 A～D における 2 月 8 日の(実線)気温(℃)，(点線)湿度(%)，並びに風および天気の観測結果

問 4 北緯 40 度にある 3 地点 X，Y，および Z を考え，それぞれの経度は東経 137 度，140 度，および 143 度である。2 月 8 日 21 時(日本時間，図 1 下)，等圧線は点 Y をはさむように，ほぼ等間隔に南北に延びている。同時刻に，点 X の海面気圧は 1015 hPa，点 Z の海面気圧は 1003 hPa と観測された。北緯 40 度における単位体積あたりの空気にはたらくコリオリの力 (N/m^3) は，風速 (m/s) の 1.2×10^{-4} 倍に等しいとする。また，南北に延びる等圧線に直交するようにとった近傍 2 点に対し，単位体積あたりの空気にはたらく気圧傾度力 (N/m^3) は 2 点間の気圧差 (Pa) を 2 点間の緯線に沿った最短距離 (m) で割ったものに等しいとする。このとき，以下の設問に答えよ。(1)~(3)の解答には計算過程を示すこと。ただし，地球は完全な球体と仮定する。

(1) 点 X と点 Z 間の緯線に沿った最短距離 (m) を有効数字 2 桁で求めよ。ただし，北緯 40 度における緯線全周の長さは 3.0×10^4 km とする。

(2) 点 Y において単位体積あたりの空気にはたらく気圧傾度力 (N/m^3) を有効数字 2 桁で求めよ。

(3) 仮に点 Y において地衡風が吹くとしたとき，その風速 (m/s) を有効数字 2 桁で求めよ。

(4) 点 Y において 2 月 8 日 21 時 (日本時間) に観測された風速は，(3)で求めた風速よりも弱かった。これは地表付近の風にはコリオリの力と気圧傾度力以外にはたらく力があるためと考えられる。その力は何か，答えよ。

4 次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

太陽系の中の水星，金星，地球，火星は直径が小さいが平均密度の大きな［(ア)］型惑星と呼ばれ，それよりも太陽からみて遠方にある木星，土星など［(イ)］型惑星と区別される。金星は直径や内部の化学組成が地球と似ている。しかし，大気の主成分は［(ウ)］であり，表面の気圧は地球の約［(エ)］倍，表面の温度は約［(オ)］℃に達する。自転周期は約［(カ)］日で，雲の模様の動きの観察から，大気は自転と同じ方向にほぼ一定速度で運動し，金星を4日で一周する[a]ことが発見された。これは［(キ)］と呼ばれている。

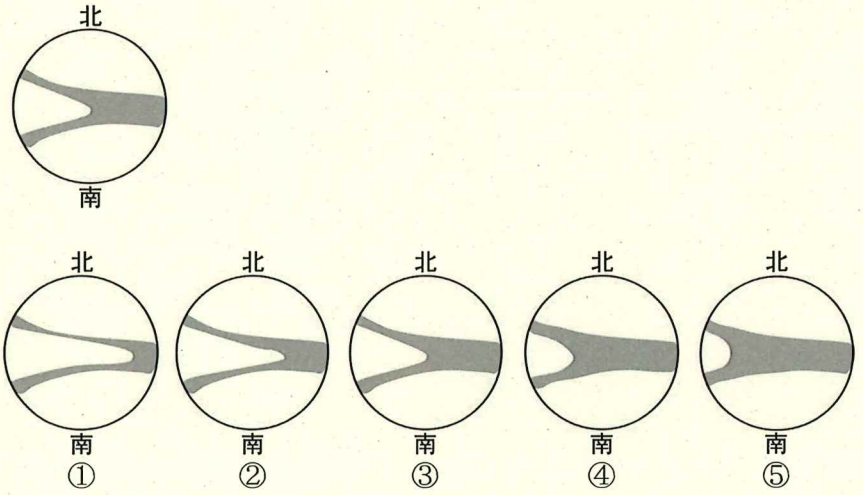
問 1　文章中の空欄［(ア)］～［(キ)］にあてはまる適切な語句，または数値を答えよ。ただし，［(エ)］～［(カ)］には，以下の選択肢から適切なものを選んで記入せよ。

(エ)の選択肢：30，60，90，120

(オ)の選択肢：240，460，680，900

(カ)の選択肢：240，340，440，540

問 2　下の図左上はある時に地球から観測された金星の雲の模様を模式的に示したものである。下線部 a を考慮したとき，この 6 時間後に観測される模様として最も近いものは，①~⑤のうちのどれか，1 つ選んで記号で答えよ。また，それを選んだ理由を 60 字以内で述べよ。



問 3　金星の赤道上を楕円軌道で周回する探査機について考える。いま，ケプラーの第 2 法則(面積速度一定の法則)の，太陽を金星に，惑星を探査機に置き換えてよいものとする。また，金星の公転運動の影響は十分小さく無視できるものとする。探査機が金星から最も遠い場所(遠金点とよぶ)にいる瞬間，金星中心から見た探査機の単位時間に動く角度(角速度とよぶ)は，［(キ)］による赤道付近の角速度と同じであった。このとき，以下の設問に，計算過程とともに答えよ。

(1)　金星中心から見た［(キ)］による赤道付近の雲の角速度 ω(rad/s)はいくらか。有効数字 2 桁で求めよ。ただし，円周率は 3.14 とする。

(2)　探査機が金星に最も近い場所を近金点とよぶ。金星中心から近金点までの距離を P(km)，遠金点までの距離を A(km)としたとき，近金点における探査機の速度 V(km/s)を ω，A，P で表せ。ただし，ある瞬間における面積速度は，探査機から金星中心までの距離に探査機の速度を乗じたものであり，探査機の軌道の曲率は無視できるものとする。

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
物理 0 — 1

51—0—1

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (物理)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

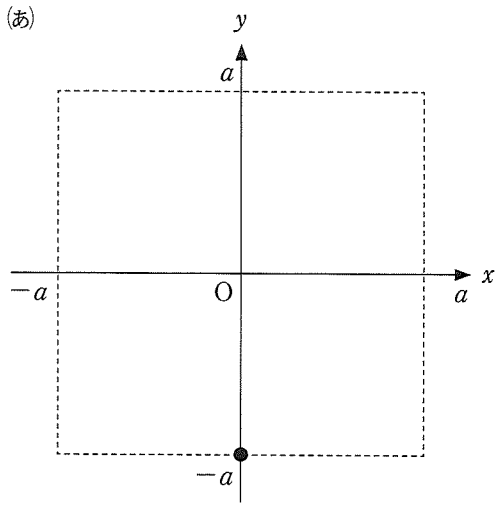
3枚の解答用紙と1枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

1

問 1

(1)	
(2)	
(3)	

(あ)



(1)～(3), (あ)

問 2

(4)		(5)	
(6)			
(7)			
(8)		(い)	(う)

(4)～(8), (い), (う)

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0 — 1

51—0—1

座席番号		

10 11 12

※採点表
問題 1
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
物理 0 — 2

51— 0 — 2

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (物理)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)		(6)	

(1)～(6)

問 2

(7)		(8)	
(9)		(10)	
(11)			

(7)～(11)

※採点欄

選抜区分 B

R—8 Ⓑ

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0 — 2

51— 0 — 2

座席番号		

10 11 12

※採点表	
問題 2	
0	

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
物理 0—3

51—0—3

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (物理)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3

問 1

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)		(6)	
(7)		(8)	

(1)～(8)

問 2

(9)		(10)	
(11)		(12)	

(9)～(12)

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
物理 0—3

51—0—3

座席番号		

10 11 12

※採点表	
問題 3	
0	

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
化学 0 — 1

52— 0 — 1

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 （化学）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3 枚の解答用紙と 1 枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

1

I 問 1

(ア)		(イ)	

問 2

問 3 　　g/cm^3

問 4

(1)	個

(2)	倍

問 5 　　%

問 1 ～問 3

問 4，問 5

II 問 1

(1)	
(2)	kJ/mol

問 2

(1)	窒素		酸素		水蒸気	
(2)	(ウ)		(エ)		(オ)	
(3)						

問 3 　　g

問 4

分子量	電子式

問 1，問 2

問 3，問 4

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学 0 — 1

52— 0 — 1

座席番号		

10 11 12

※採点表
問題 1
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
化学０—２

52—０—２

採点記入欄

理科解答用紙（化学）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2

I 問 1

問 2

(ア)	
(イ)	
(ウ)	
(エ)	

問 3

問 4

問 5

(1)	回
(2)	Pa
(3)	個

問 6

問１～問４

問５，問６

II 問 1

(オ)	

問 2

(1)		(2)	
(3)			
(4)			

問 3

(1)	
(2)	g
(3)	

問１，問２

問３

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分 B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学０—２

52—０—２

座席番号		
10	11	12

※採点表
問題２
0
13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
化学０—３

52—０—３

採点記入欄

理科解答用紙（化学）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3

Ⅰ 問１

A		B	

問２ ［　　］

問３ ［　　］

問４

(ア)	
(イ)	

問１～問４

問５ ［　　］

問６

H	
I	

問５，問６

Ⅱ 問１ ［　　］

問２

(ウ)	
(エ)	

問１～問３

問３ ［　　］

問４

問４ （１） ［　　］

（２）

(オ)		(カ)		n	

（３） ［　　］

問４

問５，問６

問５ （１） ［　　］ （２） ［　　］

問６ ［　　］％

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
化学０—３

52—０—３

座席番号		

10 11 12

※採点表
問題３
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
生物０—１

53—０—１

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (生物)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

4枚の解答用紙と2枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

1 問 1 (ア) (イ) (ウ) — 問1

問 2 — 問2

問 3-1 (エ) (オ) (カ) — 問3－1

問 3-2 (10 / 20) — 問3－2

問 4 (キ) — 問4

問 5 — 問5

問 6 — 問6

問 7 — 問7

問 8 — 問8

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物０—１

53—０—１

座席番号		

10 11 12

※採点表
問題１
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
生物０—２

53—０—２

採点記入欄

理　科　解　答　用　紙　（生物）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2 問 1

(ア)		(イ)		(ウ)		(エ)	

問 1

問 2–1

(オ)	

問 2－1

問 2–2

(カ)		(キ)		(ク)	

問 2－2

問 3

(ケ)		(コ)		(サ)	

問 3

問 4–1

問 4－1

問 4–2

問 4－2

問 4–3

（%）

問 4－3

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分 B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物０—２

53—０—２

座席番号		

10　11　12

※採点表
問題２
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
生物０—３

53—０—３

理　科　解　答　用　紙　（生物）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

採点記入欄

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3

問 1–1

問 1–2

(イ)		(ウ)		(エ)		(オ)	
(カ)							

問 1–3

問 2–1　　10　　20

問 2–2

問 2–3

問 2–4

問 3

問 4–1

問 4–2

問 5–1

問 5–2

問１－１
問１－２
問１－３
問２－１
問２－２
問２－３
問２－４
問３
問４－１
問４－２
問５－１
問５－２
※採点欄

選抜区分
B

R—8 Ⓑ

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物０—３

53—０—３

座席番号		

10　11　12

※採点表
問題３
0

13　14　15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
生物０—４

53—０—４

採点記入欄

理科解答用紙（生物）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

4

問 1

問 2

問 3-1

Nus(*Nus*)*aus* と *Nus*(*Ous*)*bus* の塩基配列の類似度	
Nus(*Nus*)*aus* と *Pus pus* の塩基配列の類似度	

問 3-2

(イ)	
(ウ)	
(エ)	
(オ)	

問 4

問 5

10 20

問 6

問 7-1

(ク)		(ケ)		(コ)	

問 7-2

採点記入欄：問 1 / 問 2 / 問 3－1 / 問 3－2 / 問 4 / 問 5 / 問 6 / 問 7－1 / 問 7－2

※採点欄

選抜区分 B

R—8 Ⓑ

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
生物０—４

53—０—４

座席番号		

10 11 12

※採点表

問題４		
0		

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
地学 0—1

54—0—1

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (地学)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

4枚の解答用紙と2枚の下書き用紙がある。
下書き用紙は回収しない。

1

問 1

(ア)

(イ)

(ウ)

(エ)

問 2

問 3

10 20

問 4 →

問 5

(1)

(2)

(3)

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分
B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
地学 0—1

54—0—1

座席番号		

10 11 12

※採点表
問題 1
0

13 14 15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
地学0—2

54—0—2

採点記入欄

理科解答用紙（地学）

座席番号			

（下の座席番号欄にも記入すること。）

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

2 問1

問2　10　20

問3　10　20

問4

理由　10　20

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分 B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
地学0—2

54—0—2

座席番号		

10　11　12

※採点表	
問題2	
0	

13　14　15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
地学 0 — 3

54— 0 — 3

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (地学)

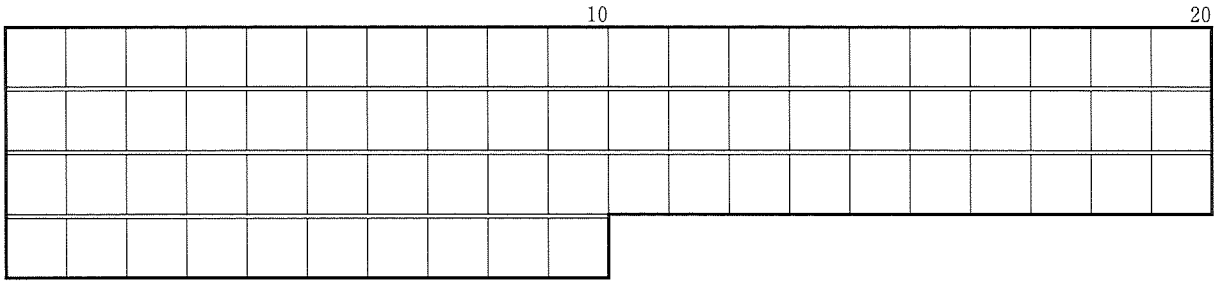
座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

3 問 1

問 2



問 3 (a) (b) (c) (d)

問 4

(1)

(2)

(3)

(4)

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分 B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号 地学 0 — 3
54— 0 — 3

座席番号		
10	11	12

※採点表		
問題 3		
0		
13	14	15

R—8 Ⓑ

受験番号	B							

解答用紙番号
地学 0 — 4

54— 0 — 4

採点記入欄

理 科 解 答 用 紙 (地学)

座席番号			

(下の座席番号欄にも記入すること。)

注意
※採点記入欄には何も記入しないこと。

4 問 1

(ア)	(イ)
(ウ)	(エ)
(オ)	(カ)
(キ)	

問 2

10 20

問 3

(1)

(2)

※採点欄

R—8 Ⓑ

選抜区分 B

注意
1. この欄の座席番号も必ず記入すること。
2. ※採点表には何も記入しないこと。

解答用紙番号
地学 0 — 4

54— 0 — 4

座席番号		

10 11 12

※採点表			
問題 4			
0			

13 14 15