前期　理系

2026年度入学試験学力検査問題

理　科・地理歴史・数　学　※数学は，数理科学科志願者のみ

理学部，都市環境学部：地理環境学科―150 分
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く)　75 分

答案用紙

・物　理　3枚	・化　学　3枚	・生　物　3枚
・地　学　3枚	・地　理　3枚	・数　学　3枚

注　　意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。
   ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

（例）　受験番号　1234567X　の場合 →

		1	2	3
4	5	6	7	X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。
   答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，１マスに２字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。

・物　理	１ページ～13ページ	・化　学	14ページ～21ページ
・生　物	22ページ～41ページ	・地　学	42ページ～47ページ
・地　理	48ページ～61ページ	・数　学	62ページ～63ページ

7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

物　　理

解答欄には最終的な答えのみを記入すること。

1　重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えなさい。

問1　図1に示すように，原点Oを中心とする半径 r の球面が地面に固定されている。球面の内側表面はなめらかであり，質量 m の小物体が水平面内で等速円運動している。小物体と原点Oを結ぶ直線が鉛直線となす角を $\theta(0° < \theta < 90°)$ とする。ただし，空気抵抗は無視する。

(1)　球面から小物体にはたらく垂直抗力の大きさ F を，g，m，θ を用いて表しなさい。

(2)　円運動の角振動数 ω を，F，r，m を用いて表しなさい。また，小物体の速さを，r，θ，ω を用いて表しなさい。

(3)　円運動の周期と θ の関係を表す概略図としてもっともふさわしいものを，図2に示した曲線・直線の中から1つ選び，記号で答えなさい。

(4)　次に，図3に示すように，原点Oを含む鉛直面内において，θ の大きさが充分に小さい範囲内で，小物体に微小な距離を行き来する周期運動をさせた。その周期を T_0 とする。前問(3)の $\theta = 30°$ における円運動の周期と T_0 はどのような大小関係にあるか。解答欄に，等号または不等号の記号を記入しなさい。ただし，$=$，$>$，$<$ のいずれかを用いるものとする。

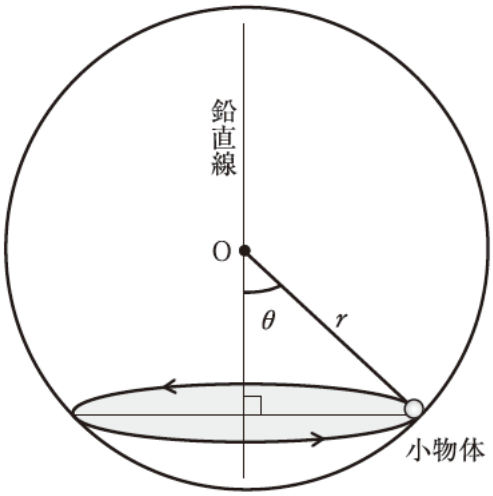


図 1

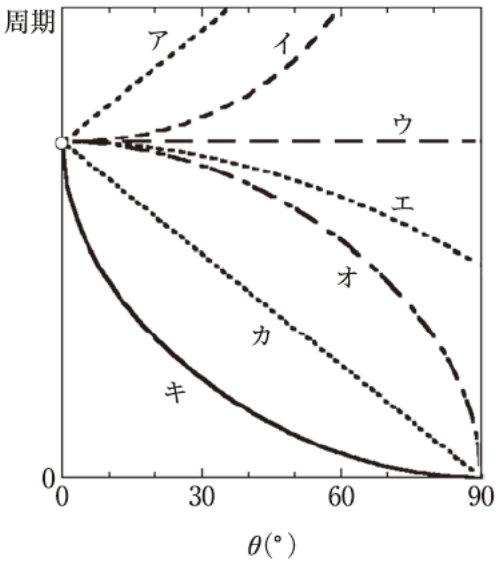


図 2

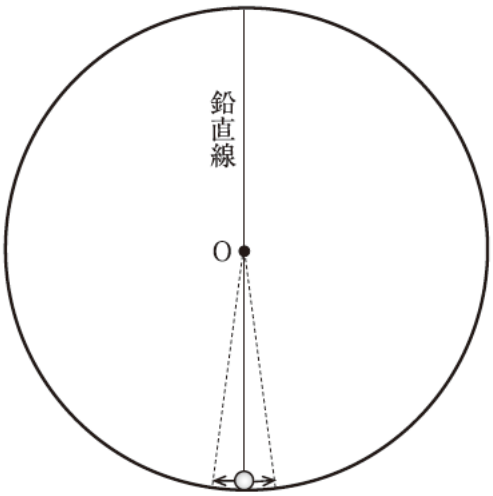


図 3

問２　図４に示すように，静止したエレベーター内の天井に，２つのなめらかな小滑車が取り付けられ，軽いゴムひもがかけられている。ゴムひもの右端には質量 M の小物体が，ゴムひもの左端には質量 $1.5M$ のおもりが接続されている。ゴムひもの弾性力は，ゴムひもが自然の長さから伸びた場合にのみはたらくものとする。この弾性力の大きさは自然の長さからの伸びに比例するものとし，その比例定数を k とする。エレベーター内には，ものさしが固定されており，小物体の鉛直方向の位置 x を測定することができる。小物体が静止している位置を原点Ｏとし，鉛直上向きを正とする。小物体とおもりは，鉛直方向でのみ運動し，小物体とおもりと滑車は，互いに接触することはないものとする。空気抵抗は無視する。

静止したエレベーター内で，小物体を鉛直下向きに引き，$x = -A\,(A > 0)$ の位置で静かにはなしたところ，ゴムひもがたるむことなく，小物体は上下に振動した。このとき，おもりはエレベーターの床に静止したままであった。

⑴　小物体が原点Ｏを通過するときの速さを求めなさい。

⑵　振動の最高点における小物体の加速度を求めなさい。ただし，加速度の符号は，鉛直上向きを正とする。

⑶　$x = L$ のとき，おもりが床から受ける垂直抗力の大きさを求めなさい。

つぎに，エレベーターを一定の加速度 $a(a > 0)$ で運動させる実験を行った。加速度の符号は，鉛直上向きを正とする。

(4) エレベーターが加速度 a で運動しているとき，$x = x_0$ で小物体を静かにはなしたところ，小物体はエレベーター内で静止し続けた。x_0 を求めなさい。

(5) エレベーターが静止し，小物体が $x = 0$ で静止しているときを初期状態とする。この状態から，エレベーターを加速度 a で運動させ始めると，小物体はエレベーター内で上下に振動した。$a \leqq a_0$ では，おもりは床に接触したままであったが，$a > a_0$ では，振動の途中でおもりが床から離れる現象が見られた。a_0 を求めなさい。

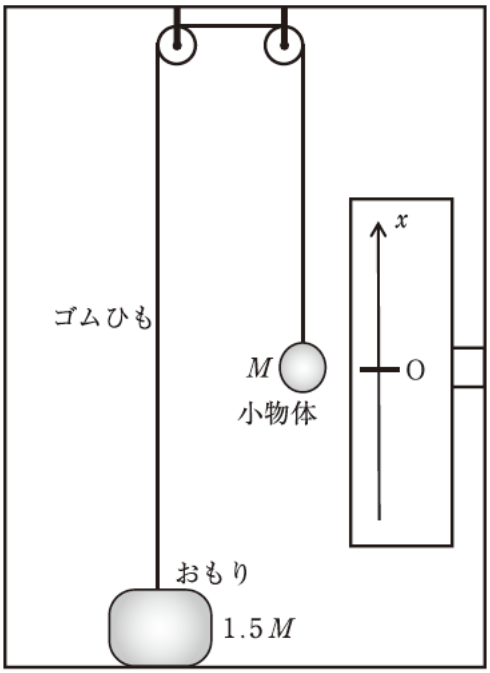


図 4

2 以下の問いに答えなさい。数値は有効数字2桁で求めなさい。

問1　図5のような抵抗を3つ含む回路を考える。回路のab間には，長さが0.80 mで一様な抵抗線が接続されている。ec間には検流計Gが接続されている。点cの位置はab間で動かすことができる。電源および検流計の内部抵抗は無視する。

(1) 図5において，ac間の距離が0.30 mのとき，検流計の針は振れなかった。抵抗Rの抵抗値を求めなさい。

(2) 前問(1)の後，点cの位置をb側に移動させた。検流計を流れる電流の向きを以下の(ア)〜(ウ)の中から1つ選び，記号で答えなさい。

(ア) eからc　　(イ) cからe　　(ウ) 流れない

図6のようにad間に内部抵抗の無視できる電池Eを組み込んだところ，点cがabの中点にあるときに検流計の針が振れなかった。以下，点cはこの位置で固定する。

(3) ab間の抵抗線の抵抗率は$1.5 \times 10^{-6}\,\Omega \cdot \mathrm{m}$，断面積は$2.0 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}^2$である。ac間の抵抗値を求めなさい。

(4) fg間を流れる電流の大きさを求めなさい。

(5) 電池Eの起電力を求めなさい。

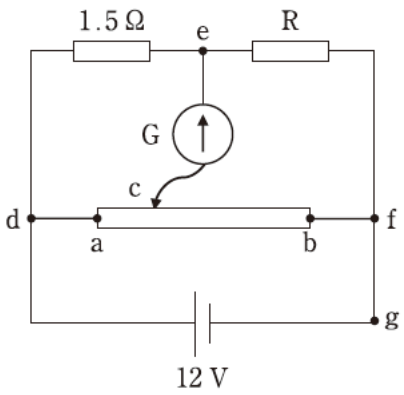


図 5

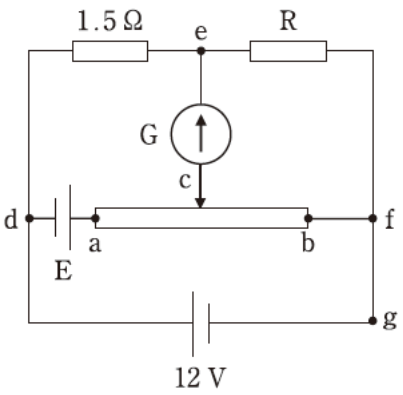


図 6

問 2　ある地点の地磁気の磁場(磁界)の向きは水平面内にあるとする。この地磁気の磁場の強さ H_0 を測定するために，半径 a の一巻きの円形導線と，充分小さい方位磁石を用意した。円形導線に大きさ I の電流を流したときに，電流が円の中心に作り出す磁場の強さを H とする。

(1)　H を a，I を用いて表しなさい。

電流を流していない円形導線を，円の面が地面に垂直になるように立て，円の中心の水平な台に方位磁石を固定した。円形導線をゆっくりと鉛直軸のまわりに回転させ，図 7 のように方位磁石の針が円の面内を向くように調節して，その向きで円形導線を固定した。この状態から大きさ I の電流を流したところ，方位磁石の針は円の面に対して角度 θ をなす方向を向いた。

(2)　H_0 を θ，H を用いて表しなさい。

(3)　$a = 1.0 \times 10\,\mathrm{cm}$，$I = 6.0\,\mathrm{A}$ としたところ，$\theta = 45°$ となった。H_0 を A/m の単位で求めなさい。

(4) 図8は鉛直上方から見た方位磁石の針の向きを示している。破線は円形導線の円の面を表す。前問(3)の状態では，方位磁石の針は図8のウの方向を向いていた。その状態から，電流の向きを逆にし，大きさ I を 12A にした。このとき，鉛直上方から見た方位磁石の針の向きとして，図8のア～タの中からもっとも適切なものを1つ選び，記号で答えなさい。

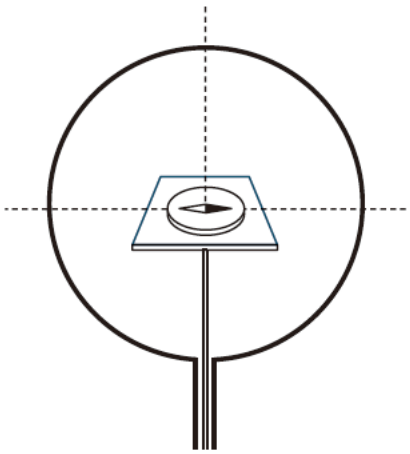


図7

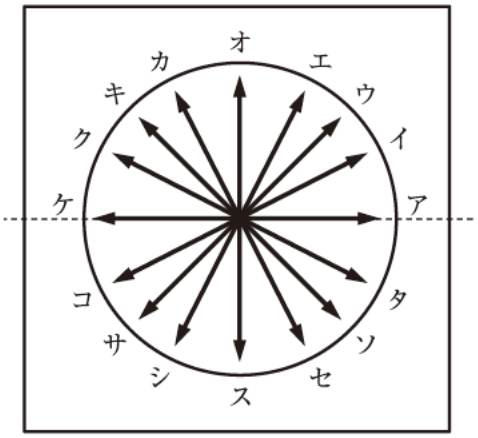


図8

物理の試験問題は次ページに続く。

3 以下の問いに答えなさい。

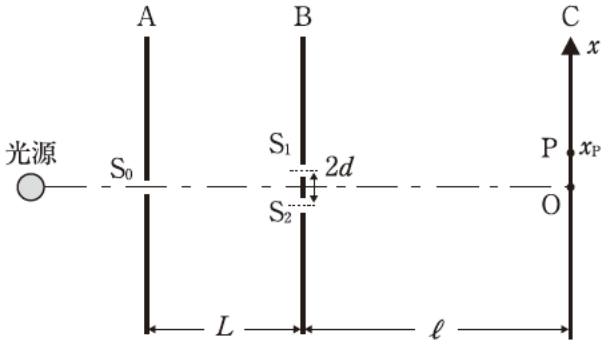
問1　光の干渉の実験を考える。図9(a)のように，屈折率1の空気中に板A，板B，スクリーンCを平行においた。板Aには細いスリットS_0が空いている。板Bには間隔$2d$の2本の細いスリットS_1，S_2が空いており，S_1，S_2はS_0から等距離にある。板Aと板BはLだけ離れており，板BとスクリーンCはℓだけ離れている。S_1とS_2の中点をMとし，図9(a)のように，S_0とMを通る直線がスクリーンCと交わる点をOとする。スクリーンC上にOを原点とするx軸をとり，図9(a)の上向きを正とする。光源から波長λの単色光を照射すると，スクリーンC上に明暗の干渉縞ができた。スリット間隔$2d$はL，ℓに比べて充分に小さいものとする。以下では，tが1より充分小さいときに成り立つ$\sqrt{1+t} \fallingdotseq 1 + \dfrac{t}{2}$の近似を用い，平方根を用いずに答えなさい。

(1)　スクリーンC上の点O付近の点Pのx座標をx_Pとする。x_Pはℓ，Lに比べて充分小さい。2本のスリットS_1とS_2を通って点Pに到達する2つの光路差をx_P，d，ℓ，Lの中から必要なものを用いて表しなさい。

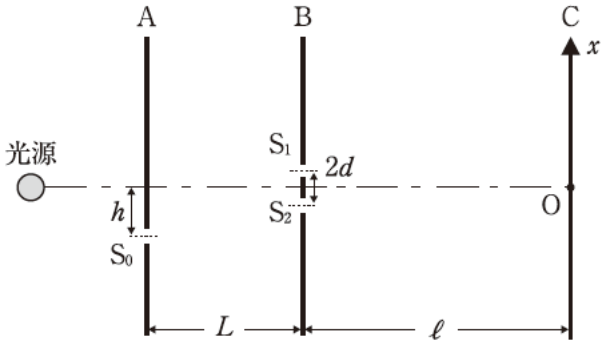
(2)　スクリーンC上にできる干渉縞の明線の間隔を，d，ℓ，L，λの中から必要なものを用いて表しなさい。

(3)　板Aを図9(b)のように下方向に平行移動させると，明線の位置がずれていく様子が観測された。板Aを動かす前と後の明線の位置がはじめて一致したところで，板Aを固定した。この時，S_0の位置は図9(b)のように元の位置からhだけ離れていた。hを，d，ℓ，L，λの中から必要なものを用いて表しなさい。

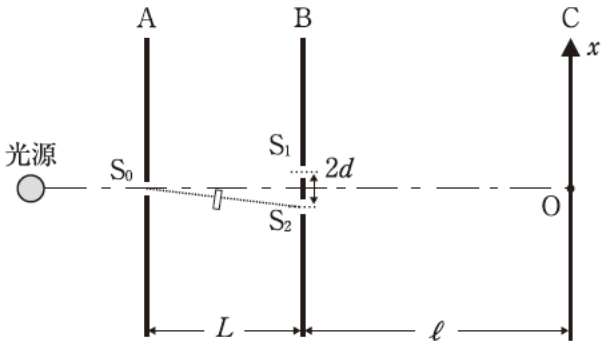
(4) 図 9(c)のように板 A の位置を戻した後，屈折率 n（＞ 1）の厚さ a の透明な板を S_0 から S_2 の光路に垂直に差し入れた。2 本のスリット S_1 と S_2 を通ってスクリーン C 上の点に到達する 2 つの経路を考える。この 2 つの経路の光路差が 0 になる点を点 Q とする。点 Q の x 座標を，d，ℓ，L，λ，n，a の中から必要なものを用いて表しなさい。ただし，透明な板での反射は考慮しない。


A
B
C
x
光源
S0
S1
2d
S2
P
xP
O
L
ℓ

(a)


A
B
C
x
光源
S1
2d
h
S2
O
S0
L
ℓ

(b)


A
B
C
x
光源
S0
S1
2d
S2
O
L
ℓ

(c)

図 9

問2　図10(a)のようにピストンの付いた断面積Sのシリンダーが鉛直方向に立ててある。シリンダーの底面には温度調節器がついており，シリンダーの中には1molの単原子分子理想気体が入っている。ピストンおよびシリンダーは断熱材でできている。シリンダーにはストッパーがついており，ピストンの可動範囲はシリンダーの底面からの高さがhから$2h$までである。ピストンの質量はmであり，気密を保ちながら鉛直方向になめらかに動くことができる。はじめ，気体の温度はT_0，圧力は大気圧と同じp_0であった。この時の状態を状態0と呼ぶ。図10(b)のように，ピストンに質量$2m$の物体を乗せ，シリンダー内の気体の温度をゆっくり上昇させるとピストンが動き出した。ピストンが動き出した瞬間の状態を状態1とする。状態1のシリンダー内の温度をT_1とする。重力加速度の大きさをg，気体定数をRとする。温度は絶対温度とする。

(1)　T_1を，m，g，p_0，S，T_0を用いて表しなさい。

さらに気体の温度をゆっくりと上昇させるとピストンは上昇し，高さが$2h$になった。高さが$2h$になった瞬間の状態を状態2とする。

(2)　状態1から状態2に変化するまでに気体が吸収した熱量を，T_1，Rを用いて表しなさい。

図10(c)のように状態2になった瞬間に物体をピストンから下ろし，気体をゆっくり冷却し始めると，ピストンはしばらく静止した後，ゆっくりと下降し始めた。下降し始めた瞬間の状態を状態3とする。その後，ピストンは高さがhになったところで静止した。この状態を状態4とする。さらに冷却を続けると気体の温度がT_0になり，状態0に戻った。状態0→状態1→状態2→状態3→状態4→状態0はサイクルをなす。

(3) このサイクルで気体が外部にした仕事を，m，g，h を用いて表しなさい。

(4) このサイクルの体積と温度の関係を示す図の概略図としてもっとも適切なものを，図 11 の(ア)～(カ)の中から 1 つ選び，記号で答えなさい。ただし，0 から 4 の数字は状態 0 から状態 4 のそれぞれの状態を表す。

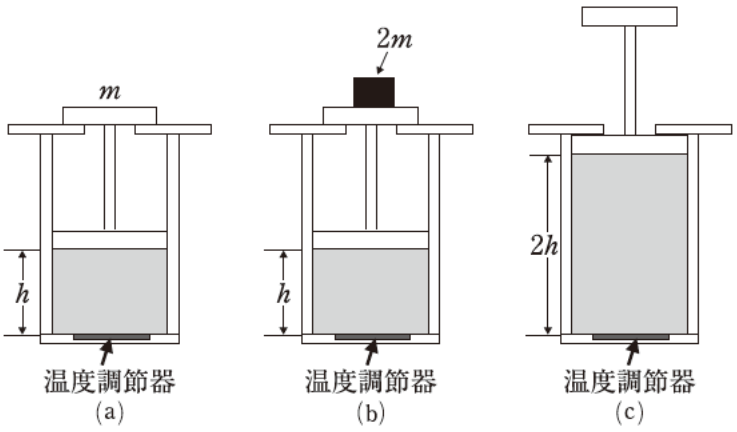


図 10

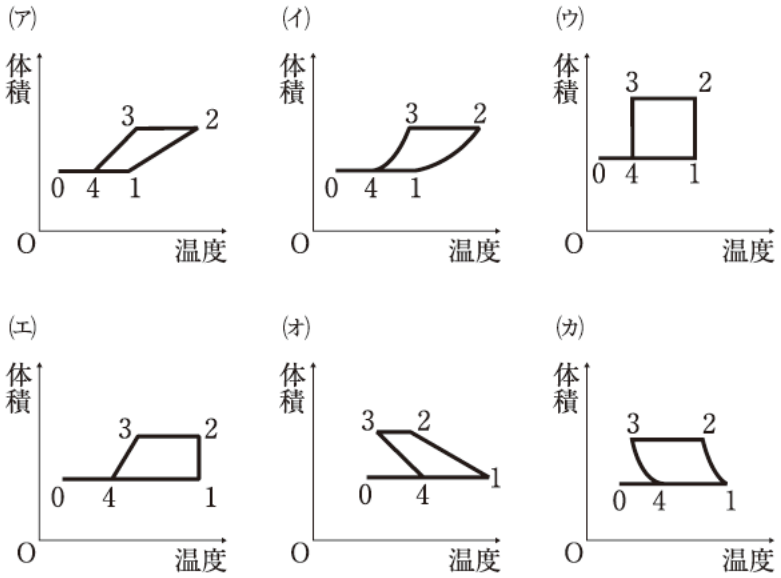


図 11

化　　学

1　以下の問1，2に答えなさい。ただし，原子量はC = 12，O = 16，Fe = 56とする。

問1　次の文章を読んで，以下の(1)〜(5)に答えなさい。

周期表の［　A　］族〜［　B　］族の元素を遷移元素という。①典型元素では周期表で左右に隣り合う元素間で化学的性質が大きく異なるのに対し，遷移元素ではそれほど大きな違いは見られない。また，遷移元素はすべて金属元素である。金属元素は［　ア　］が特に小さい金Auや白金Ptを除き，酸化物や硫化物として地殻中に存在しており，単体を得るためにはそれらの製錬が必要となる。［　C　］族の鉄Feは，地球を構成する元素の中で最も大きな質量を占めており，地殻中にも豊富に存在する。高品質の鉄鉱石の主成分は鉄の酸化数が［　D　］の酸化鉄であるFe_2O_3である。製鉄所の高温の溶鉱炉内では，一酸化炭素COを還元剤として用いることで，原料のFe_2O_3が②3段階の酸化還元反応

$$3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$$
$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$$

により，Feまで還元される。

(1)　［　A　］〜［　D　］に当てはまる適切な数値を答えなさい。ただし，［　D　］の数値については必要であれば符号をつけること。

(2)　［ ア ］に当てはまる語句として正しいものを，次の(a)～(e)から一つ選び，記号で答えなさい。

(a)　イオン化エネルギー
(b)　電子親和力
(c)　電気陰性度
(d)　イオン化傾向
(e)　電気伝導率

(3)　元素の化学的性質は最外殻電子の数に大きく影響されることを踏まえて，下線部①の理由を「最外殻電子の数」という語句を用いて 80 字以内で答えなさい。

(4)　鉄鉱石の質量のうち 80 % を Fe_2O_3 が占め，残りの 20 % は Fe を含まない鉱物が占めているとする。鉄鉱石 1.0×10^3 kg に含まれる Fe の物質量[mol]を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

(5)　(4)の鉄鉱石 1.0×10^3 kg を溶鉱炉で製錬するとき，下線部②の反応生成物として排出される二酸化炭素 CO_2 の質量[kg]を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし，鉄鉱石中の Fe_2O_3 はすべて Fe まで還元されるものとする。

問２　次の文章を読んで，以下の(1)～(6)に答えなさい。

水に溶けているオゾン（以下，溶存オゾンとする。）の濃度の簡易的な測定法の一つとして，ヨウ化カリウム KI とチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ を用いた酸化還元滴定法がある。この方法を用いて行った溶存オゾン濃度測定の実験操作は，次の通りである。

［実験操作］

未知濃度の溶存オゾンを含む中性の試料水をメスシリンダーで 100 mL はかり取り，①コニカルビーカーに移した。これに過剰量のヨウ化カリウムを加えて振り混ぜると，②オゾンとヨウ化物イオンの酸化還元反応が起こり，試料溶液の色が無色から褐色に変化した。次に，このコニカルビーカーの中の試料溶液を 1.0×10^{-3} mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で③滴定した。試料溶液の褐色がごく薄くなったところでいったん滴下をやめ，少量のデンプン水溶液を加えたところ試料溶液の色が著しく変化した。さらに滴下を続けたところ，滴下量が 12.0 mL のときに試料溶液の④色が著しく変化した。

(1)　下線部①の器具について，試料水 100 mL を移す直前に行う洗浄の方法として最も適切なものを，次の(a)～(c)から一つ選び，記号で答えなさい。

(a)　純水で洗浄した後，試料水で共洗いする。
(b)　純水で洗浄する。
(c)　試料水で共洗いする。

(2)　下線部②の化学反応式を書きなさい。ただし，溶液中で電離している物質の化学式はイオンとして表しなさい。

(3)　下線部③の実験操作において，チオ硫酸ナトリウム水溶液の滴下に使用するガラス器具の名称を答えなさい。

(4) 下線部③の操作により，試料溶液中のヨウ素とチオ硫酸イオンの間の酸化還元反応が進行する。この反応の化学反応式を書きなさい。ただし，溶液中で電離している物質の化学式はイオンとして表しなさい。

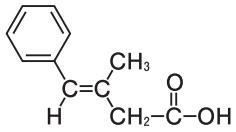
(5) 下線部④について，試料溶液の色は何色から何色に変化したか，最も適切なものを次の(a)〜(d)から一つ選び，記号で答えなさい。

(a) 無色から青紫色に変化
(b) 橙色から無色に変化
(c) 青紫色から無色に変化
(d) 無色から橙色に変化

(6) 試料水の溶存オゾン濃度[mg/L]を有効数字2桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし，下線部②以外の反応や，空気中への放出による，溶存オゾンの消失は無視できるものとする。

2 次の文章を読んで，以下の問いに答えなさい。構造式は例にならって示しなさい。ただし，原子量は H = 1.0，C = 12，O = 16 とする。

（例）



炭素，水素，酸素のみからなり，同じ分子式を持つ分子量 50 以上 100 以下の化合物A，B，Cがある。これらの化合物について次の実験 1 ～ 7 を行った。

実験 1　化合物A，B，Cの元素分析を行ったところ，分析値(質量%)は炭素 55.8 %，水素 7.0 % であった。このことから分子式は［ a ］であることが分かった。

実験 2　化合物A，B，Cのうち，化合物Aのみが水中で弱酸性を示し，①炭酸水素ナトリウム水溶液との反応で気体が発生した。

実験 3　化合物B，Cそれぞれに臭素水を作用させると，化合物Bの場合は臭素水の脱色が観察されたが，化合物Cの場合は臭素水の脱色が観察されなかった。

実験 4　化合物B，Cにはエステル結合が含まれており，化合物B，Cに含まれるエステル結合を水酸化ナトリウム水溶液を用いて加水分解した後に，中和すると，化合物Bからは酢酸が得られた。化合物Cからはカルボキシ基を持つ第一級アルコールが得られた。

実験 5　化合物Cの構造を分析した結果，化合物Cには不斉炭素原子が含まれており，鏡像異性体が存在することが分かった。

実験６　化合物Ｂを付加重合させた後，含まれるエステル結合を完全に加水分解したところ，ポリビニルアルコールが得られた。得られた高分子化合物の平均分子量は 2.2×10^5 であった。

実験７　実験６で得られたポリビニルアルコール 4.4 g をはかり取り，0.020 mol のホルムアルデヒドを完全に反応させてアセタール化した。

問１　実験１の［　a　］に入る分子式を答えなさい。

問２　下線部①で発生した気体の化学式を答えなさい。

問３　化合物Ａとして考えられるすべての異性体の構造式を書きなさい。

問４　化合物Ｂ，Ｃの構造式をそれぞれ書きなさい。不斉炭素原子がある場合にはその炭素原子に＊をつけなさい。

問５　実験６で得られたポリビニルアルコールの平均重合度を有効数字２桁で求めなさい。

問６　実験７で得られた高分子化合物の平均分子量を，有効数字２桁で求めなさい。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。ただし，すべての気体は理想気体として扱い，気体定数は $R = 8.3 \times 10^3$ Pa・L/(K・mol)とする。

過酸化水素 H_2O_2 は水溶液中で分解し，液体の水 H_2O と①気体の酸素 O_2 を生成する。

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2 \qquad (A)$$

H_2O_2 は反応(A)により自発的に分解するため，H_2O_2 水溶液の正確な濃度は②滴定により決定する必要がある。なお，③室温における H_2O_2 の分解反応は非常に遅い。一方，鉄などの金属イオンを H_2O_2 水溶液中に添加すると反応(A)の反応速度は著しく増大する。そこで，次の実験1により反応(A)の反応速度を測定した。

実験1　滴定により濃度を決定した 0.10 mol/L の H_2O_2 水溶液を 100 mL はかり取り，そこに鉄ミョウバン水溶液を少量加えて素早くかくはんしたところ，反応(A)により気体の O_2 が発生した。鉄ミョウバン水溶液を加えてから5.0秒の間に発生した O_2 の体積は，圧力 1.0×10^5 Pa，温度 300 K において，4.2 mL であった。ただし，鉄ミョウバン水溶液の添加による H_2O_2 水溶液の体積変化および濃度変化は無視できるとする。

問1　下線部①について，反応(A)により生成した O_2 を実験的に捕集する方法として最も適切なものを次の(a)～(c)の中から一つ選び記号で答えなさい。

(a)　上方置換

(b)　下方置換

(c)　水上置換

問 2　液体の H_2O_2 の分解反応について，エンタルピー変化を付した反応式は次の式で与えられる。

$$H_2O_2(液) \longrightarrow H_2O(液) + \frac{1}{2}O_2(気) \qquad \Delta H = \boxed{\text{ア}}\ \text{kJ}$$

空欄 ア に当てはまる数値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，H_2O_2(液)，H_2O(液) の生成エンタルピーはそれぞれ −188 kJ/mol，−286 kJ/mol である。

問 3　下線部②について，H_2O_2 の濃度の決定には過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液を用いた酸化還元滴定を利用することが多い。硫酸酸性の $KMnO_4$ 水溶液と H_2O_2 の化学反応式を書きなさい。ただし，イオンを含まない化学反応式を答えなさい。

問 4　下線部③について，300 K から 350 K の温度範囲において，反応(A)の反応速度は温度が 10 K 上がるごとに約 2 倍になる。反応温度の上昇に伴い，反応速度が急激に増加する理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 5　実験 1 について，水溶液中の H_2O_2 を完全に反応させたとき発生する O_2 の体積[mL]を，圧力 1.0×10^5 Pa，温度 300 K において，有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 6　反応(A)において，H_2O_2 が減少する反応速度 v[mol/(L・s)] は H_2O_2 水溶液の濃度[H_2O_2]に比例し，$v = k$[H_2O_2]が成立する。ここで k は反応速度定数[/s]である。実験 1 の結果を用いて，反応速度定数 k[/s]を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし，鉄ミョウバン水溶液を加えてから 5.0 秒の間の H_2O_2 水溶液の濃度変化は，反応開始前の H_2O_2 水溶液濃度に比べて十分に小さいとする。

生　　物

すべての問いについて，解答は答案用紙の指定された枠内に収めること。

1　次の文章を読み，以下の問１～問３に答えなさい。

動物の眼は光を受容する。脊椎動物では眼の中には水晶体があり，網膜に光を集めるためのレンズとしてはたらく。(i)水晶体の主要な構成成分はαクリスタリン，βクリスタリン，γクリスタリンの３種類のタンパク質で，それぞれα，β，γクリスタリン遺伝子によって合成される。水晶体のもとになる水晶体原基は，発生過程で神経管から形成された眼杯により表皮から誘導される。その後，眼杯は網膜へと分化し，水晶体原基から水晶体ができる。(ii)水晶体は水晶体上皮とそこから分化した水晶体線維からなるが，水晶体線維はその成熟過程でミトコンドリア，小胞体などの細胞小器官をすべて失い透明になる。

メキシカンテトラ(*Astyanax mexicanus*)はメキシコに生息する淡水魚であるが，(iii)洞窟型と表層型があり，洞窟型は光の届かない鍾乳洞や洞窟に生息し，眼を失っている。一方，表層型は現在も洞窟周辺の光の届く環境で生息しており，正常な眼をもっている。洞窟型と表層型は野生では交配する機会がないが，実験室で一緒に飼育すれば交配して子ができる。

問１　下線部(i)について，αクリスタリン遺伝子の発現とはたらきについて調べるために次の【実験１】および【実験２】を行った。これらの結果から，以下の(1)，(2)に答えなさい。

【実験１】

αクリスタリン遺伝子はエキソン１～３の三つのエキソンからなる(図１Ａ)。水晶体からゲノム DNA(gDNA)を抽出し，これを鋳型として図１Ａ中に示すプライマー１およびプライマー２を用いて PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)を行った。増幅された DNA 断片を電気泳動したところ，1400 塩基対の長さのバンドが観察された(図１Ｂ)。

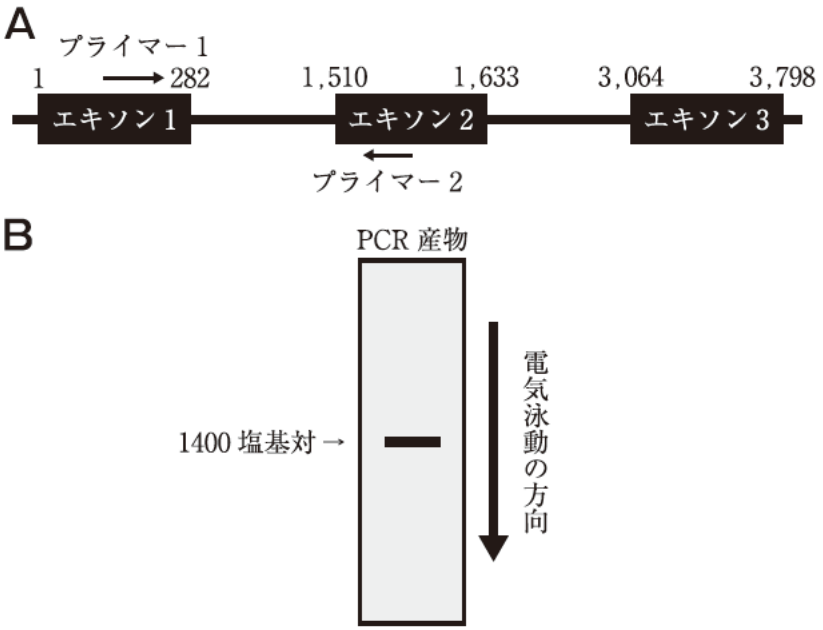


図１．Ａ：ゲノム中のαクリスタリン遺伝子の構造

それぞれのエキソンの最初と最後の塩基座に付けた数字は，エキソン１の最初の塩基を１とし，そこから数えた塩基数を示す。

Ｂ：電気泳動の結果

【実験２】

αクリスタリンの116番目のアルギニン残基がシステイン残基に置換するR116C変異は白内障の原因となる。白内障の水晶体では，構成するタンパク質が変性することによって立体構造が変化し，凝集する。その結果，水晶体が白く濁ってものがぼやけて見えてしまう。

溶液中でのタンパク質の凝集は，光の散乱の増加によって測定することができる。水晶体を構成するタンパク質のうち，βクリスタリンとγクリスタリンを含む溶液を作製して50℃に加熱したところ，時間とともに光の散乱が増加した。しかし，同じ溶液に野生型のαクリスタリンを加えて50℃に加熱したところ，光の散乱の増加が認められなかったが，R116C変異型のαクリスタリンを添加して50℃に加熱したところ，光の散乱が増加した(図２)。

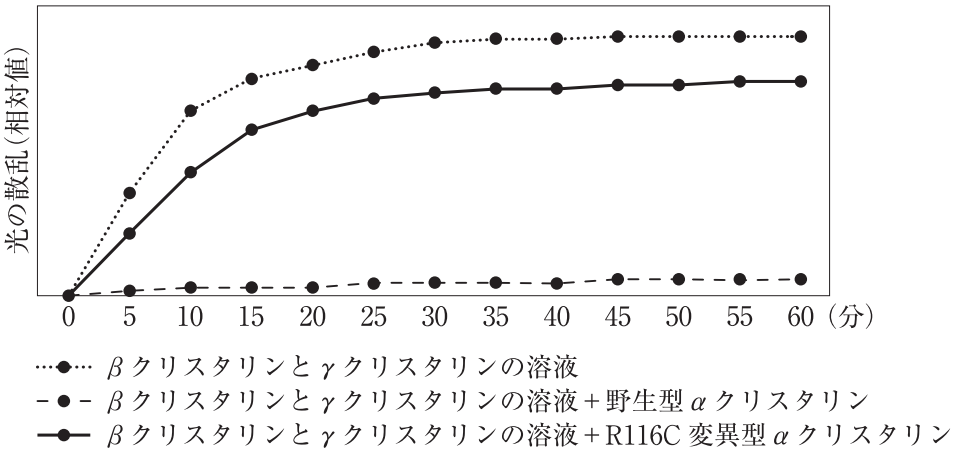


図２．光の散乱の測定結果

⑴ 水晶体から mRNA を抽出し，この mRNA と相補的な塩基配列の DNA（cDNA）を合成し，これを鋳型として【実験１】と同様にプライマー１およびプライマー２を用いて PCR を行う場合，増幅される DNA 断片の長さは何塩基対になると考えられるか答えなさい。また，そのように考えた理由を説明しなさい。

⑵ 【実験２】の結果から，野生型αクリスタリンのはたらきはどのようなものであると考えられるか，説明しなさい。

問２　下線部(ii)について，水晶体線維はミトコンドリアや小胞体などの細胞小器官を失っているが，グルコースをエネルギー源として利用して ATP を合成している。図３は一般的な細胞においてグルコースから ATP を産生する経路を示す。この図３から，水晶体線維に取り込まれたグルコースに由来する炭素原子は，最終的にどのような物質に主に代謝されると考えられるか，物質名を答えなさい。また，そのように考えた理由を説明しなさい。

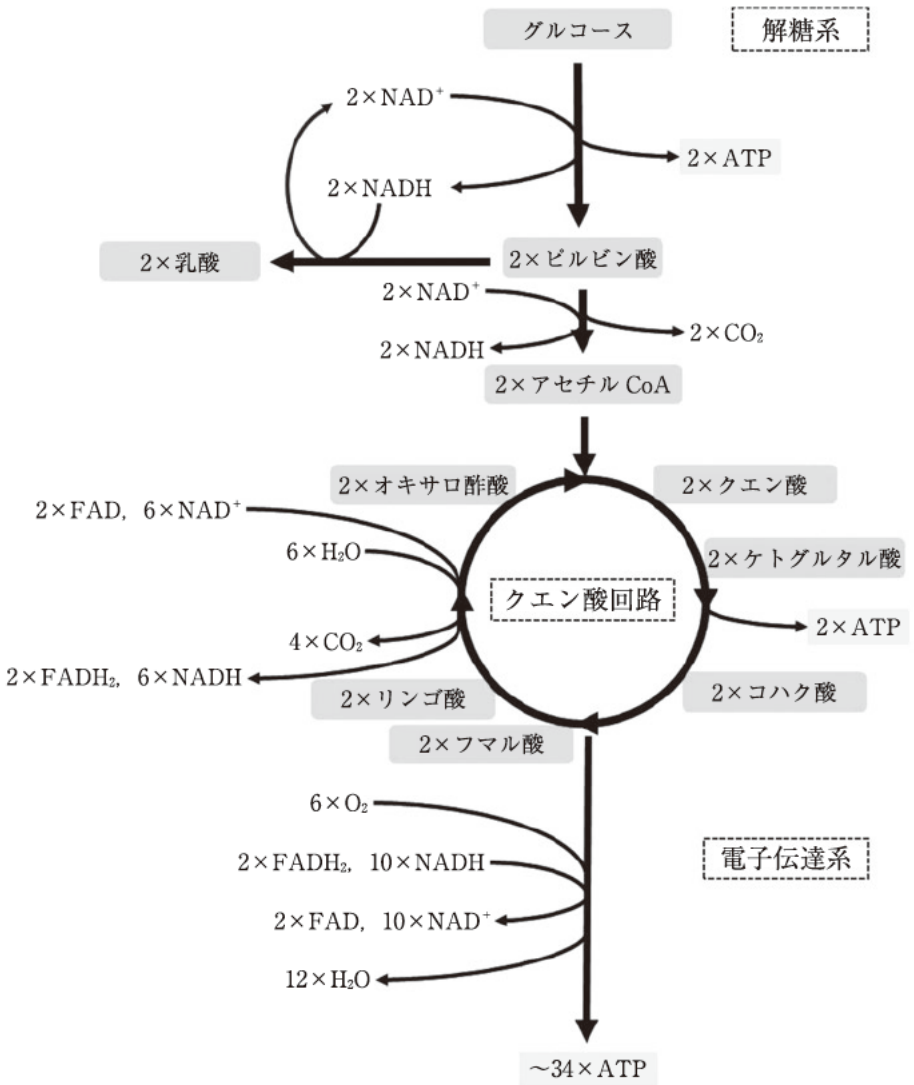


図３．一般的な細胞におけるグルコースから ATP を産生する経路

問３　下線部(iii)について，メキシカンテトラの洞窟型において眼が形成されない理由を調べるために，次の【実験３】～【実験５】を行った。これらの結果から，以下の(1)～(3)に答えなさい。

【実験３】

ある洞窟Ｘに生息する洞窟型の系統Ｘと表層型の系統Ｗを用いて，水晶体原基が形成されたタイミングで移植先系統の魚から水晶体原基を取り除き，そこに移植元系統の魚から取り出した水晶体原基を移植し，移植を受けた魚で網膜が分化するかどうかを調べた。また，対照実験として，水晶体原基を取り除いただけで何も移植しない場合も調べた(表１)。

表１．水晶体原基を移植した後の網膜の分化の有無

処理	水晶体原基の移植元系統	水晶体原基の移植先系統	水晶体原基移植後の網膜分化
①	－	系統Ｗ	×
②	－	系統Ｘ	×
③	系統Ｗ	系統Ｗ	○
④	系統Ｘ	系統Ｘ	×
⑤	系統Ｗ	系統Ｘ	○
⑥	系統Ｘ	系統Ｗ	×

【実験４】

系統Ｘと系統Ｗに加え，洞窟Ｘの近くの別の洞窟Ｙに生息する洞窟型の系統Ｙおよび洞窟Ｘとは地理的に離れた洞窟Ｚに生息する洞窟型の系統Ｚの間で交配実験を行い，その子で眼が形成されるかどうかを調べた(表２)。

表２．系統間の交配によって生じる子における眼の形成の有無

交配	父　×　母	子の眼の形成*
①	系統Ｘ　×　系統Ｘ	×
②	系統Ｙ　×　系統Ｙ	×
③	系統Ｚ　×　系統Ｚ	×
④	系統Ｗ　×　系統Ｘ	○
⑤	系統Ｗ　×　系統Ｙ	○
⑥	系統Ｗ　×　系統Ｚ	○
⑦	系統Ｘ　×　系統Ｙ	×
⑧	系統Ｘ　×　系統Ｚ	○

*○：形成有，×：形成無。子の眼の形成の有無は雌雄で共通する。

【実験５】

表層型の系統Ｗと洞窟型の系統Ｚの交配によって生まれた子でαクリスタリン遺伝子の転写を調べたところ，以下の⑨～⑪の結果が得られた(表３)。

表３．系統Ｗと系統Ｚの交配で生まれた子の水晶体原基における父母由来のαクリスタリン遺伝子の転写の有無

交配	父　×　母	父由来αクリスタリン遺伝子の転写	母由来αクリスタリン遺伝子の転写
⑨	系統Ｗ　×　系統Ｗ	○	○
⑩	系統Ｚ　×　系統Ｚ	×	×
⑪	系統Ｗ　×　系統Ｚ	○	○

⑴ 【実験３】の結果から，移植元系統が系統Ｘの魚である場合，網膜が分化しなかったのはどのような理由によると考えられるか，答えなさい。

⑵ 系統Ｘと系統Ｚで眼が形成されないのは，それぞれ別の遺伝子 x および z の変異によることが分かっている。【実験４】で系統Ｘと系統Ｚを交配して得られた F_1 同士を交配して得られる F_2 世代では，眼が形成されない魚の割合はどのようになると考えられるか，分数で答えなさい。なお，x と z は別々の常染色体上にあるものとする。

⑶ 【実験５】の結果から，系統Ｚの水晶体原基で α クリスタリン遺伝子が転写されないのは，どのような変異によるためと考えられるか，次の㋐～㋓の中から最も適切なものを選び，記号で答えなさい。また，そのように考えた理由を説明しなさい。

㋐ α クリスタリン遺伝子のプロモーター領域の変異
㋑ α クリスタリン遺伝子の転写調節領域の変異
㋒ α クリスタリン遺伝子のタンパク質コード領域の変異
㋓ α クリスタリン遺伝子の転写活性化因子の変異

2 次の文章を読み，以下の問１～問４に答えなさい。

被子植物の花色は，花粉媒介者である昆虫や鳥を引き付ける重要な特徴の一つである。花色の違いは，受粉の効率に大きく影響することがあるため，自然選択によって種ごとに特徴的な花色が進化しやすい傾向がある。一方，同一個体群でも複数の花色が存在する花色多型が観察されることがあり，その遺伝的な背景や維持機構に関する研究が進められている。

植物Ａは一年生草本で，発芽して一年以内に成長，開花・結実し，種子を残して枯死する。植物Ａには白花，赤花，黒花の個体が存在し，花色は遺伝的に決定されている。植物Ａは自家受精ができない自家不和合で，自個体の花粉が柱頭に受粉しても種子を作ることができない。また，同一個体の花色は環境によって変化することはなく，白花，赤花，黒花の個体間では，花色以外の形質や個体あたりの花の数には違いがないとする。

問１　下線部(i)について，植物Ａの繁殖様式を調べるために，以下の【実験１】を行った。【実験１】の結果から，次の(1)～(4)の記述が正しいか誤っているかをそれぞれ○か×で答え，そのように判断した理由を表４や図４を引用しながら説明しなさい。

(1)　植物Ａは訪花する昆虫がいなくても結実する。

(2)　ハエとハチは，植物Ａの花色に対する選好性が異なる。

(3)　調査区Ｑでは，白花がもっとも繁殖に有利である。

(4)　ハエとハチの訪花回数が増えると，結実する果実の数が増える。

【実験１】

調査区Ｐでは植物Ａが群生しており，白花の個体のみが生育していた。一方，調査区Ｑでも植物Ａが群生しており，白花，赤花，黒花の個体が同程度の頻度で生育していた。両調査区で，昆虫が訪花できないように開花前に花全体にカバーをした個体と，カバーをしなかった個体を準備し，果実期に白花，赤花，黒花の個体の１個体あたりの平均果実数を計測した。結果は表４に示す。次に，自然状態(カバーなし)における花色ごとの訪花頻度を観察した。結果を図４に示す。訪花後のハエとハチの体表にはいずれも植物Ａの花粉が付着していた。なお，カバーの有無による植物体の成長の違いや植物Ａを食べる動物への影響はなかったものとする。また，訪花する昆虫はハエとハチのみとする。

表４．１個体あたりの平均果実数

調査区	花色	カバーあり	カバーなし
Ｐ	白花	0	31.5
Ｑ	白花	0	6.8
Ｑ	赤花	0	17.0
Ｑ	黒花	0	7.8

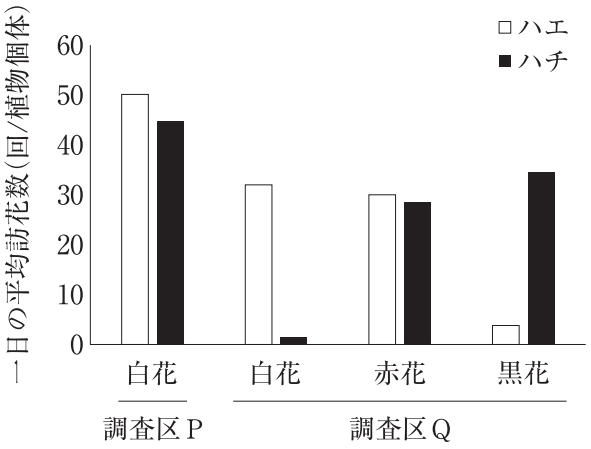


図４．調査区ＰとＱで観察された各色の花へのハエとハチの訪花数

問２　下線部(ii)について，植物Ａの花色はアントシアニンという色素の蓄積量によって決まる。アントシアニンの蓄積がないと花色は白色，中程度だと赤色，多いと黒色になる。調査区Ｑにおける植物Ａのアントシアニン蓄積量の決定機構を調べるため，以下の【実験２】を行った。この実験の結果から，遺伝子 *Z* は遺伝子 *Y* をどのように調節していると考えられるか，そのように考えた理由とともに答えなさい。

【実験２】

白花と黒花の花弁におけるアントシアニン合成に関わるいろいろな遺伝子の発現量を調べた結果，黒花では遺伝子 *Y* の発現量が白花よりも統計的に有意に高くなっていることが示された。白花，赤花，黒花それぞれの遺伝子 *Y* の塩基配列を比較したところ，花色間でいくつかの塩基に違いがみられたが，アミノ酸配列の違いは検出されなかった。

次に，遺伝子 *Y* の発現調節に関わる遺伝子 *Z* の塩基配列を比較した結果，白花，赤花，黒花で 138 番目の塩基に違いがあることが分かった(図５)。そこで，調査区Ｑから採集した白花，赤花，黒花の各 100 個体の葉から DNA を抽出し，遺伝子 *Z* の塩基配列を決定した。それぞれの花色について，観察された塩基の組み合わせとその頻度を表５に示す。

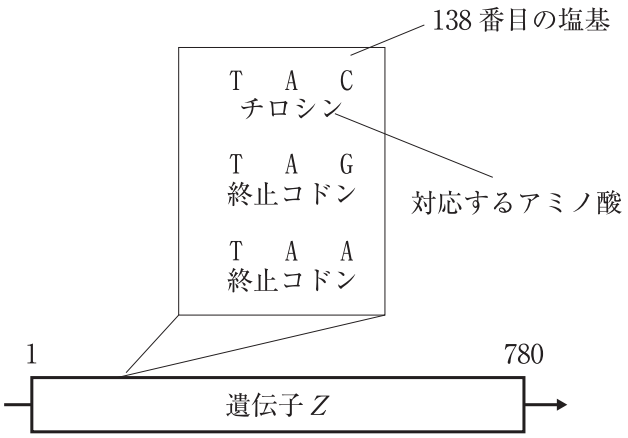
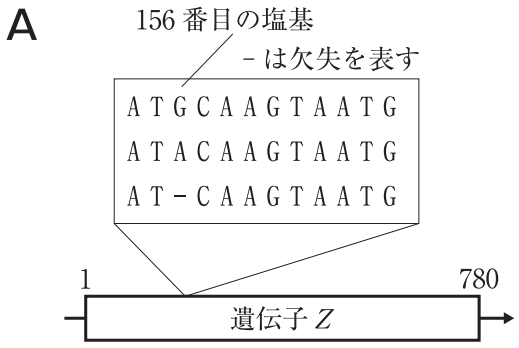


図５．調査区 Q の採集個体における遺伝子 *Z* の 136 ～ 138 番目の塩基配列

表５．各花色における遺伝子 Z の 138 番目の塩基の組み合わせとその頻度

	138 番目の塩基の組み合わせの頻度（%）					
花色	C/C	C/G	C/A	G/G	G/A	A/A
白花	100	0	0	0	0	0
赤花	0	30	70	0	0	0
黒花	0	0	0	5	25	70

問３　調査区Ｒで新たに植物Ａに花色多型が見つかった。調査区Ｒについて上記の【実験１】と【実験２】と同じ実験を行った。その結果，遺伝子 Z の塩基配列以外は，調査区Ｑと同様の結果となった。調査区Ｒでは遺伝子 Z の 138 番目の塩基はすべての花色でシトシンであったが，156 番目の塩基座に塩基置換や欠失があった（図６Ａ）。図６Ａに示す結果から，156 番目の塩基座にあった塩基置換と欠失は，それぞれ遺伝子 Z のアミノ酸配列と機能にどのように影響すると考えられるか，図６Ｂに示す遺伝暗号を参考にしながら，そのように考えた理由とともに答えなさい。



156 番目の遺伝子型
白花：G/G，G/A，A/A
赤花：G/－，A/－
黒花：－/－

B
ATG：メチオニン
ATA：イソロイシン
TAA，TAG，TGA：終止コドン

図６．Ａ：調査区Ｒの採集個体における遺伝子 Z の 154 ～ 165 番目の塩基配列と各花色の個体で観察された 156 番目の塩基の組み合わせ
Ｂ：遺伝暗号表の抜粋

問４　調査区Ｒで，植物Ａのある世代において白花，赤花，黒花の個体数は同数（1:1:1）であった。この世代では，同じ花色の個体同士でのみ交配が起こるとすると，次の世代の白花，赤花，黒花の個体数の比率はどのようになると予想されるか，計算過程を含めて答えなさい。ただし，赤花同士が交配する場合，白花同士や黒花同士が交配する場合の２倍の数の種子を残すものとする。

生物の試験問題は次ページに続く。

3 次の文章を読み，以下の問 1 ～問 4 に答えなさい。

近年発展しつつある合成生物学という分野では，細胞を模倣したような人工細胞をつくる試みが行われている。人工膜の中に様々な反応系を封じ込め，生命機能を再現する。特に生物共通の機構として，遺伝子の複製，転写，翻訳の一連の反応系の再構成は古くから試みられてきた。その結果，RNA ポリメラーゼやリボソームを用いた転写，翻訳の試験管内での再構成系が確立された。

細胞内では，DNA 上に転写量または翻訳量を調節する配列が存在し，転写量および翻訳量を調整することによってタンパク質の発現量が調節されている。タンパク質合成の場となるリボソームは，細菌の場合，約 50 種類以上のタンパク質とリボソーム RNA（以下 rRNA）からなる複合体である。細菌の rRNA には 5S，16S，23S の 3 種類があり，16S rRNA には遺伝子の翻訳開始領域を特定する役割がある（図 7 ）。16S rRNA の 3′ 末端と翻訳される遺伝子を含む mRNA の 5′ 末端は相補的な配列になっており，16S rRNA はその相補鎖と水素結合することによって mRNA を認識する（図 7 ）。

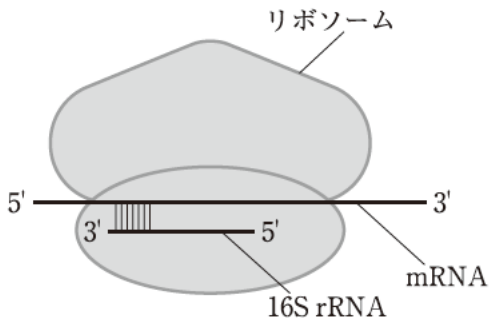


図 7．相補的水素結合によるリボソームの mRNA 認識

人工膜内の再構成系を用いて，どのような配列が転写，翻訳を調節する領域であるかを調べるため，次の【実験 1 】および【実験 2 】を行った。

【実験 1】

遺伝子*Y*の調節領域の a ～ d のいずれか 1 か所に変異がある DNA 断片を作製した。これらの変異は，いずれもその領域の機能を失うものである。そして，それぞれの変異が遺伝子*Y*の mRNA，タンパク質の発現量に及ぼす影響を調べた。精製した RNA ポリメラーゼ複合体，リボソーム複合体および tRNA など転写，翻訳に必要なタンパク質や RNA を試験管内にいれた。この試験管の中に a ～ d の各 DNA 断片または変異のない(w)DNA 断片のいずれかをいれ，転写される mRNA とタンパク質の量を測定した。結果を図 8 に示す。

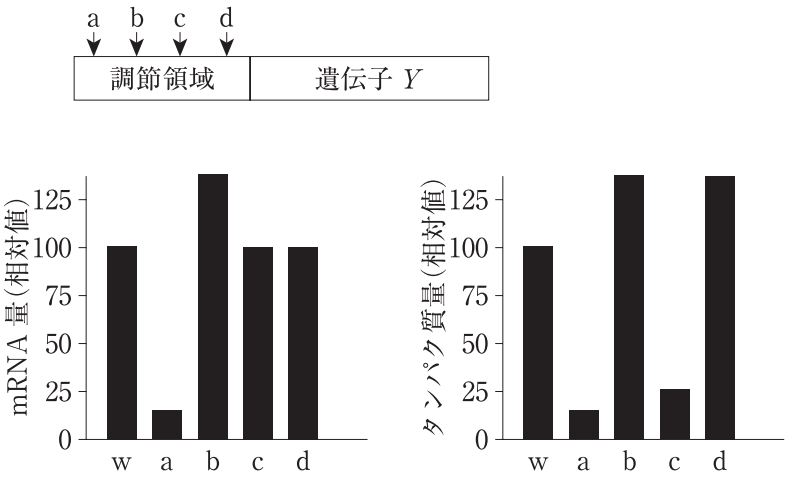


図 8．遺伝子*Y*の mRNA 量，タンパク質量の測定結果

問 1　調節領域内の a ～ d は，それぞれどのような領域の中にあると考えられるか，以下の(ア)～(カ)の中から一つずつ選び，記号で答えなさい。また，そのように考えた理由を答えなさい。

(ア)　複製活性化領域

(イ)　複製抑制領域

(ウ)　転写活性化領域

(エ)　転写抑制領域

(オ)　翻訳活性化領域

(カ)　翻訳抑制領域

【実験２】

mRNA と 16S rRNA の認識に必要な塩基座の範囲を調べるため，３種類の 3′ 末端配列をもつ 16S rRNA を用いてリボソームを構築した。そして，mRNA の 5′ 末端部分をいろいろな配列に変えた遺伝子 *Y* の DNA 配列と組み合わせ，【実験１】と同じ転写，翻訳系を用いて合成される Y タンパク質の合成量を測定した。16S rRNA と mRNA の結合に必要な認識部位の相補性が失われるとタンパク質の合成量は減少する。結果を表６に示す。

表６．Y タンパク質の合成量（相対値）

mRNA の 5′ 末端部分の配列	16S rRNA の 3′ 末端配列		
	5′-CCUCCUUA-3′	5′-CCACCUUA-3′	5′-GCUCCUUA-3′
5′-UAAGGAGG-3′	100	80	80
5′-UAAAGAGG-3′	100	80	80
5′-UAAGGAGC-3′	80	60	100
5′-AUUGGACG-3′	80	60	60
5′-UAAGCACG-3′	60	40	40

問２　【実験２】の結果より，mRNA の認識に関わる塩基座が下線で示されている 16S rRNA の 3′ 末端配列を以下の㋐～㋓の中から一つ選び，記号で答えなさい。

㋐　5′-CCUCCUUA-3′　　㋑　5′-CCUCCUUA-3′　　㋒　5′-CCUCCUUA-3′

㋓　5′-CCUCCUUA-3′　　㋔　5′-CCUCCUUA-3′　　㋕　5′-CCUCCUUA-3′

㋖　5′-CCUCCUUA-3′　　㋗　5′-CCUCCUUA-3′　　㋘　5′-CCUCCUUA-3′

㋙　5′-CCUCCUUA-3′　　㋚　5′-CCUCCUUA-3′　　㋛　5′-CCUCCUUA-3′

近年，転写，翻訳系に加えてDNA複製系まで組み込み，複製，転写，翻訳の過程をすべて自律的に行う，まさに細胞のように振る舞う反応系が試験管内で再現されるようになった。

試験管内での複製系を利用し，DNA複製を再現する次の【実験3】を行った。

【実験3】

はじめにDNAポリメラーゼ，基質となるヌクレオチド，鋳型となるDNAを混合し，複製反応が起こるかどうかを検証した。次にヌクレオチド，鋳型DNAの濃度を変え，表7に示すA～Cの3通りの条件を設定した。反応温度は30℃，反応液の量はすべての条件で同一である。試験管内で合成されたDNAの量を時間の経過とともに測定した結果を図9に示す。

表7．複製反応の各条件

条件	ポリメラーゼ(ng)	ヌクレオチド(ng)	鋳型DNA(ng)
A	500	200	50
B	500	50	50
C	500	200	10

ngのnは1/1,000,000,000を表す。

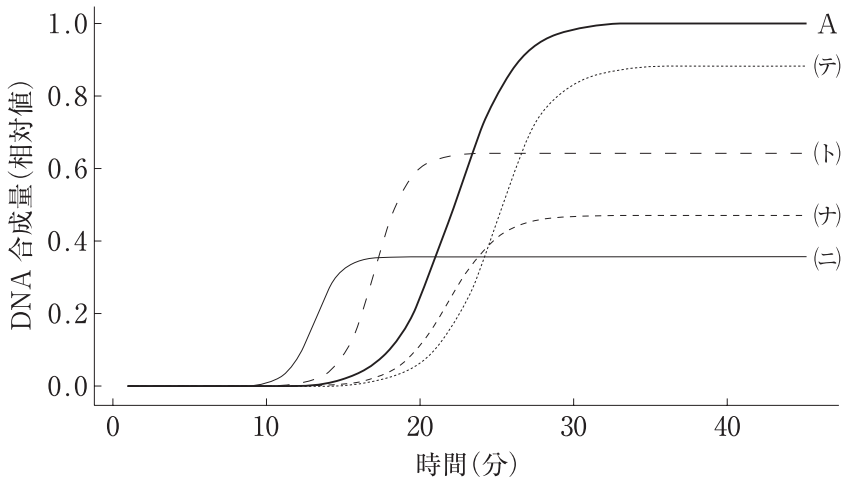


図9．試験管内複製反応系におけるDNA合成量の経時変化

問３　【実験３】において，ＢとＣの条件で反応を行った結果を示すグラフを図９中の(テ)～(ニ)の中から一つずつ選び，記号で答えなさい。また，そのように考えた理由を答えなさい。

最終的に，【実験１】の転写，翻訳系と【実験３】の複製系をあわせて，複製，転写，翻訳をすべて行う再構成系を確立し，以下の【実験４】を行った。

【実験４】

複製，転写，翻訳をすべて行う再構成系の DNA には，自身の DNA も鋳型にして複製できる DNA ポリメラーゼの遺伝子がある（図 10A）。したがって，この再構成系では DNA ポリメラーゼが転写，翻訳され，それによって自身の DNA を複製することができる。

この再構成系で複製が起こると，自身の DNA と同じ長さの完全長 DNA に加え，それよりも短い DNA が出現することがわかった。この短い DNA には DNA ポリメラーゼ遺伝子はないため複製する能力はないが，完全長 DNA から合成される DNA ポリメラーゼによって複製される。この短い DNA は，複製に要する時間が完全長 DNA よりも短いため，その分早く複製される。したがって，完全長 DNA と短い DNA を混ぜて反応させると，最終的に短い DNA だけになってしまい，反応が停止してしまう（図 10Ｂの１～６）。しかし，時には突然変異によって進化型 DNA が生じると，完全長 DNA の方が優先して複製され，反応が停止しない場合も観察された（図 10Ｂの７）。

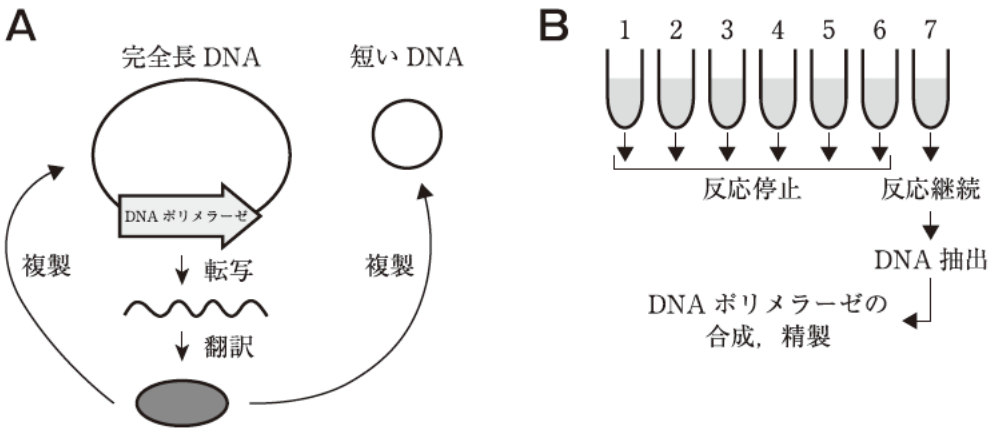


図 10.　複製，転写，翻訳を行う再構成系を用いた実験の概略図

そこで，完全長 DNA が優先して複製された反応液から進化型完全長 DNA を抽出し，その DNA の DNA ポリメラーゼ遺伝子から進化型 DNA ポリメラーゼを合成，精製した(図 10B)。精製された進化型 DNA ポリメラーゼを，それぞれ抽出された進化型完全長 DNA と実験前の祖先型完全長 DNA のいずれかと短い DNA とを混合し，試験管内での複製系における DNA 複製の活性を測定した(図 11A)。また，同様の実験を，祖先型 DNA ポリメラーゼを用いて行った。その結果を図 11B に示す。

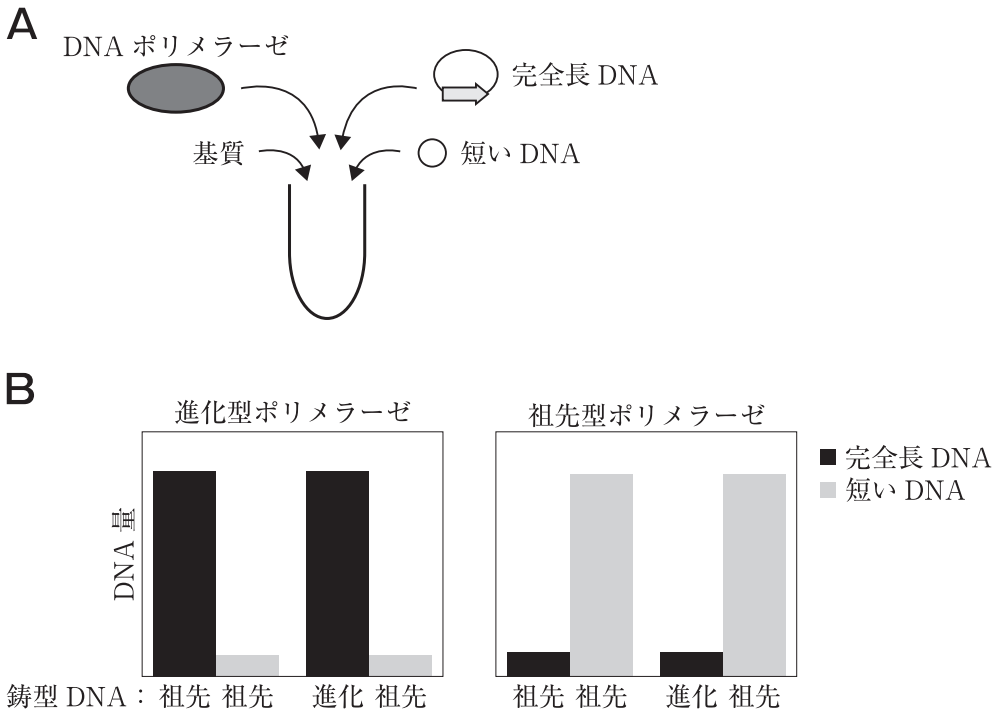


図 11. 複製，転写，翻訳を行う再構成系を用いた実験の結果

問 4　【実験 4】において，完全長 DNA の方が優先して複製されるようになったのは，以下の(ヌ)と(ネ)のどちらと考えられるか，記号で答え，そのように考えた理由を説明しなさい。

(ヌ)　進化型完全長 DNA が鋳型として複製されやすくなった。

(ネ)　進化型ポリメラーゼが完全長 DNA を優先的に複製するようになった。

地　　学

1　緊急地震速報に関する次の文章を読み，以下の問い(問１～５)に答えなさい。

緊急地震速報は，地震の［　①　］を引き起こすＳ波が到達する前に，多くの人が身の安全を確保することを目的に，2004 年から運用が開始された。地震波には主にＰ波とＳ波の２種類があり[a]，Ｐ波による［　②　］を検知した地震計から送られてきたデータを自動的に解析し，計算された地震の規模や［　③　］が発表基準に達した場合に，緊急地震速報が発表される。

ただし，解析や伝達に数秒程度かかるため，例えばある都市のごく近くで発生した地震[b]など，その地点に対する緊急地震速報の提供がＳ波の到達に間に合わないことがある[c]。また，複数の地震がほぼ同時に発生した場合には，それらの地震の揺れを感知した地震計のデータを規模の［　④　］１つの地震による揺れと認識するなどして，的確な緊急地震速報を発表できないことがある。

問１　上の文章の［　①　］～［　④　］に入る最も適切な語句を，下の語群から選びなさい。

語群：初期微動　大きな　震度　小さな　主要動　表面波
　　マグニチュード

問２　下線部ａに関連して，地球の反対側まで到達しないのはＰ波とＳ波のどちらであるかを答えなさい。またこの事実からわかる地球の内部構造の特徴について説明しなさい。

問３　下線部ｂのような地震を何と呼ぶか，答えなさい。

問 4　下線部 c のような事例は，震源の深さが極めて浅く，震源と震央が一致するとみなせる場合，震央から何 km 離れた地点まで起こることになるか，小数点以下を四捨五入して整数で答えなさい。計算の過程も簡潔に示すこと。ただし地表付近の P 波の伝播速度を 7 km/s，S 波の伝播速度を 4 km/s，震央から 14 km 離れた地震計で P 波を感知してから 5 秒後に緊急地震速報が発せられ，速報の伝達は瞬時に行われることとする。

問 5　問 4 のような事例とは逆に，震源の深さが極めて深い深発地震が存在する。地表からの深さ約 500 km で発生する深発地震は，「プレート間で発生する地震」「プレート内で発生する地震」のどちらであるかを答えなさい。また，その理由について説明しなさい。

2 熱帯から中緯度にかけての大気の循環について述べた次の説明文を読み，以下の問い(問１～４)に答えなさい。

全球において東西平均した，南北－鉛直断面の大気循環を考える。次ページの図１のように，年平均の大気循環では，大気は熱帯で［ a ］し，亜熱帯から中緯度で［ b ］する［ c ］が見られる。［ c ］の主な駆動力は，熱帯の積雲の発達に伴う［ d ］による。この［ c ］は，①亜熱帯高圧帯の形成にも関わる。これは単純化したモデルなので，実際の大気循環場と異なる面もある。

次に月平均の対流圏下層(850 hPa 面)のほぼ水平な方向の大気循環を考えるために，７月の対流圏下層の循環を示す(次ページの図２)。図２の対流圏下層の流れを見ると，アジアの熱帯域では［ e ］が吹き，熱帯北西太平洋域では［ f ］が卓越し，②フィリピン海付近で合流し東アジアに流れ込む。この大気の流れにより，対流圏下層において，［ g ］から［ h ］に大量の［ i ］が輸送されていることがうかがえる。また，これらの流れは降水量分布(灰色の陰影)と強く結びついている。このように，図１とは異なる局所的な大気循環は，東アジアの気象・気候と密接に関わっているため，実際の大気循環場を理解するために，様々な角度から研究が行われている。

問１　上の文章の［ a ］～［ i ］に入る適切な語句を，答えなさい。ただし，同じ記号のところには，同じ語句が入る。

問２　下線部①では，大気はどのような運動をしているか，また，それによりどのような天気となりやすいか，理由とともに説明しなさい。

問３　下線部②により，日本などの東アジアではどのような天候となりやすいか，理由とともに説明しなさい。

問４　図２の対流圏下層の大気循環をみると，図１のような単純化した東西平均の大気循環とは大きく異なる点がある。その大きく異なる点を答えなさい。また，その理由を図２の降水分布（灰色の陰影）と関連付けて説明しなさい。

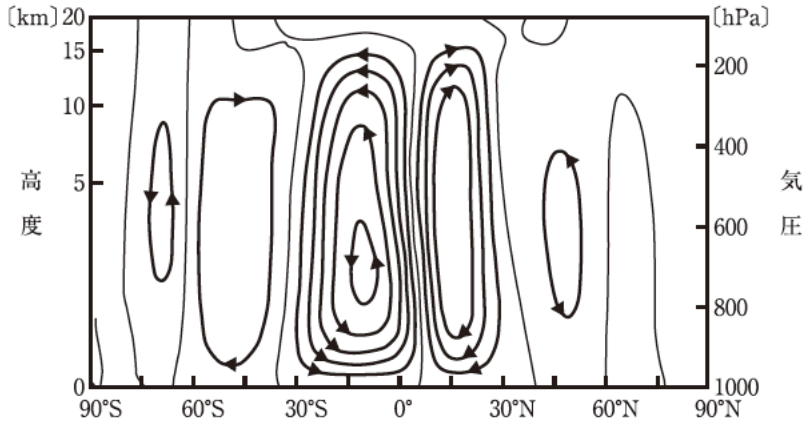


図１：１年間平均かつ全球において東西平均した南北－鉛直断面の大気循環。実線は，時計回りと反時計回りの循環の境。

出典省略。

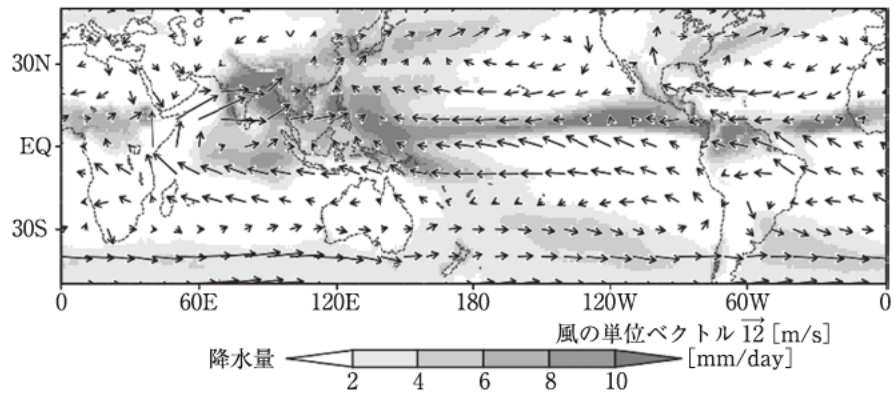


図２：７月の対流圏下層（850 hPa）の大気循環。影は，７月の降水量を示す。統計期間は 1991 ～ 2020 年。

気象庁の資料により作成。

3　ケプラーの法則と，これに関連することがらについて，以下の問い(問１～５)に答えなさい。

第一法則：惑星は，太陽を１つの焦点とする楕円軌道①を公転する。

第二法則：惑星は，太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間に一定の面積を描くように②運動する。

第三法則：惑星と太陽の平均距離の３乗と惑星の公転周期の２乗の比は，惑星に③よらず一定である。

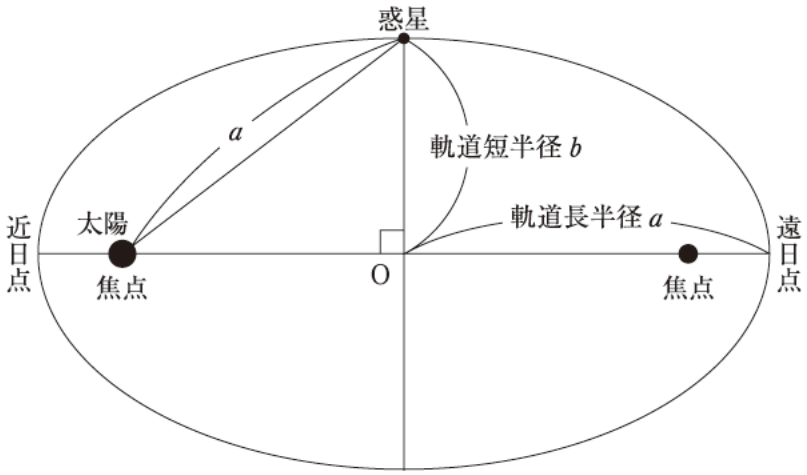


図３：惑星の楕円軌道

この図では，太陽から惑星までの距離は軌道長半径の長さに等しい。

問１　下線部①に関連し，図３の楕円軌道の離心率 e を図３中の記号を用いて表現しなさい。また，そのように導いた過程について，答案用紙に図を描き，これを参照しながら答えなさい。ただし，$a > b > 0$ とする。

問２　下線部②に関連し，図３中の惑星が近日点付近を通過する時と遠日点付近を通過する時とでは，どちらの方が速度が大きくなるか答えなさい。また，その理由について説明しなさい。

問３　惑星を地球とすると，現在の地球が近日点を通過するのは１月である。太陽と地球との距離が相対的に近いにも関わらず，１月の北半球が受容する太陽放射量が，７月に比べて小さくなる理由について説明しなさい。必要であれば，答案用紙に図を描いて説明してもよい。

問４　下線部③に関連し，ケプラーの第三法則は，太陽と惑星だけでなく，地球と月など，互いに万有引力を及ぼし合いながら運動している場合にも適用できる。

いま，万有引力定数を G，地球の質量を M，月の質量を m，地球と月との距離を r，月が地球を周回する速度を v，月の公転周期を T，円周率を π とする時，地球と月との間の万有引力が，月にかかる遠心力に等しくなるとして，ケプラーの第三法則を導きなさい。ただし，月の公転軌道は地球を中心とした真円であるとし，地球および月は点とみなすことにする。

問５　問４の条件下で，地球と月との距離 r を 4×10^8 m，万有引力定数と地球の質量との積 GM を 4×10^{14} m^3/s^2，円周率 π を３とする時，月の公転周期 T が何日になるか，小数点以下を四捨五入して整数で求めなさい。結果だけでなく計算過程も答案用紙に記しなさい。

地　　理

1　次の文章を読んで，以下の問い(問１～４)に答えなさい。解答は，いずれも解答欄の範囲内に記入しなさい。

図１は，鹿児島県の種子島南部の地形図である。この地域の特徴を明らかにするため，海岸沿いのA地点から出発し，B地点，C地点，D地点の順番でまわり，E地点までたどり着いた。その後，C地点，D地点，E地点を結ぶ地形断面図(図２)を作成した。さらに種子島に関する文献を集めて種子島全体の特徴を明らかにした。

問１　A地点からC地点にかけてほぼ直線に徒歩で移動した際の地表面の勾配と周囲の景観の変化について説明しなさい。またB地点の地形は何と呼ばれるか理由とともに説明しなさい。

問２　図１と図２から読みとれる地形断面沿いの地形について説明しなさい。またア，イ，ウの傾斜した凹凸が少ない地形の形成の順番を理由を示して説明しなさい。

問３　図１中の集落X，Y，Zそれぞれについて，地形図から読みとれる立地と土地利用から生活環境や生業について説明しなさい。

問4　種子島を説明した以下の文章を読み，文章中の空欄 **カ** ～ **ケ** にあてはまる最も適当な語句を，次の語群からそれぞれ一つずつ選びなさい。

語群：塩分濃度，二酸化ケイ素濃度，親潮，黒潮，対馬海流，赤道，北緯 30°，北極，気象衛星，測位衛星，放送衛星

種子島付近はサンゴ礁の北限と考えられており，種子島東岸のいくつかの地域で見られる。サンゴ礁の発達には複数の条件があり，水温，水深，日光，地質，**カ** などが挙げられる。地点**A**付近には真水や土砂を供給する河川があるためサンゴ礁の発達が見られないが，約 10 km 北東の種子島宇宙センター付近では河川も少ないことから **カ** の条件を満たしている。また，種子島付近は世界的に見て，サンゴ礁の北限緯度が高い地域である。これは種子島付近を流れる **キ** により緯度のわりに海水温が高いためである。

種子島にロケット発射場である種子島宇宙センターが設置されたのは，ロケットの打ち上げ方向に海が広がること，また，**ク** 上空に位置する静止衛星の打ち上げに有利なためである。静止衛星である「ひまわり」は **ケ** として現在運用されている。

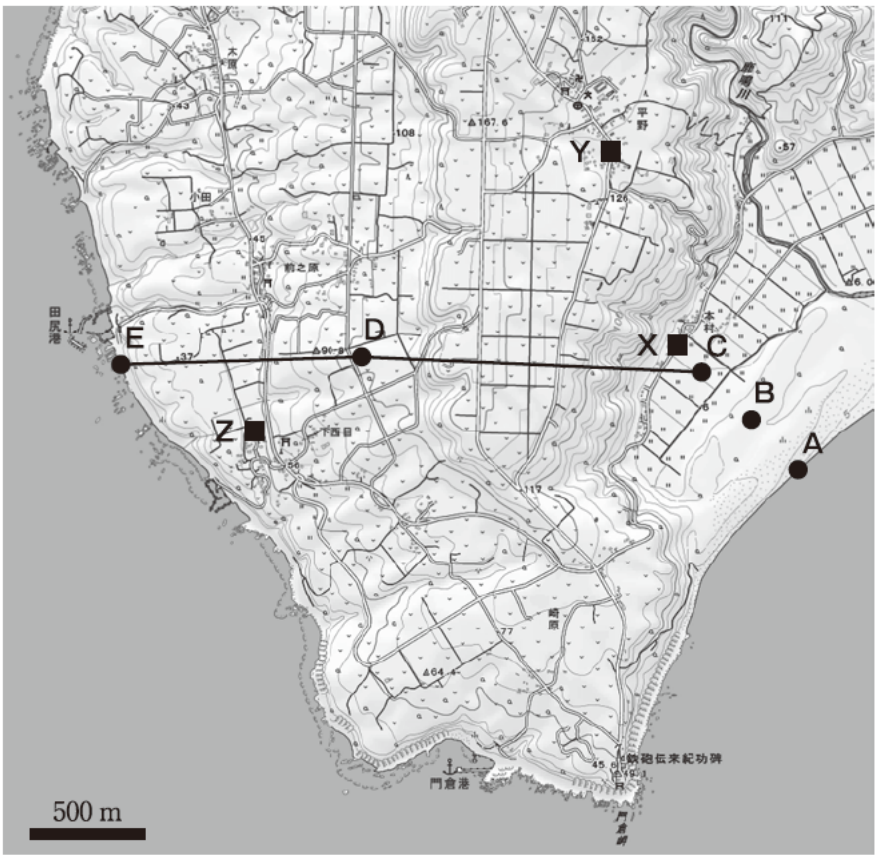


図 1

地理院地図による。一部改変。

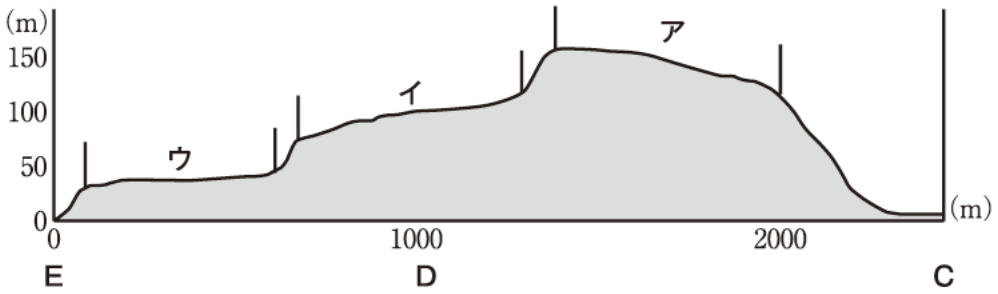


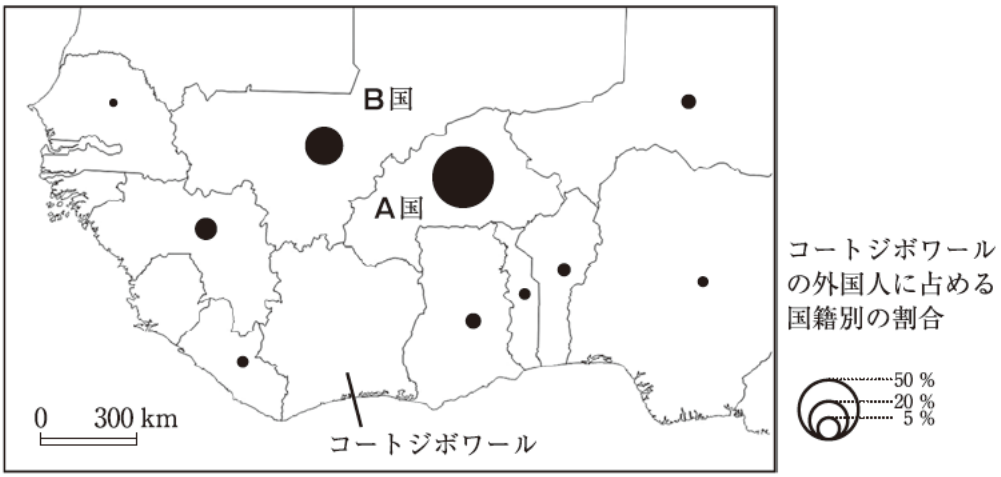
図 2

地理院地図による。一部改変。

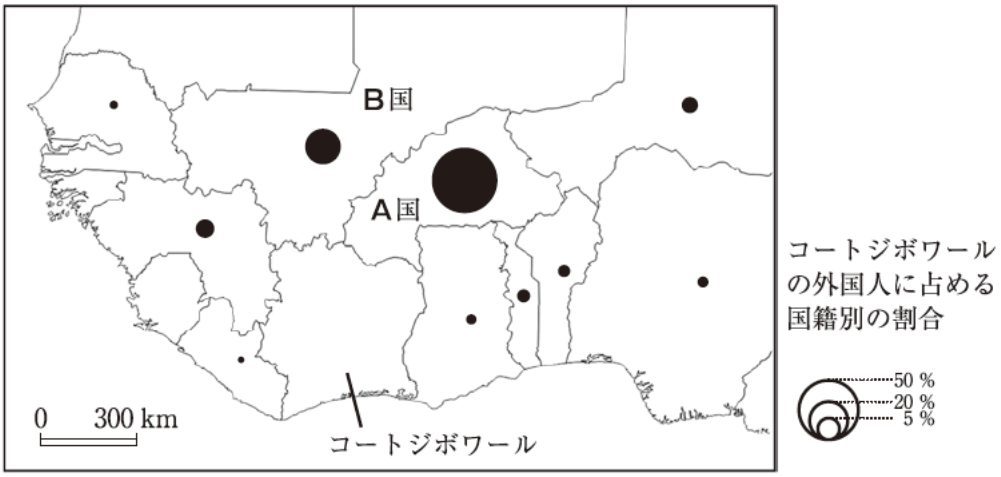
地理の試験問題は次ページに続く。

2　人口 2,939 万(2021 年)を有するコートジボワールは人の流動が著しい国であり，東部沿岸には西アフリカで最大となる人口 562 万(2021 年)の都市アビジャンが位置している。コートジボワールについて，以下の問い(問 1 ～ 5)に答えなさい。解答は，いずれも解答欄の範囲内に記入しなさい。

問 1　コートジボワールは，1961 ～ 1978 年に年平均 8 % 以上の経済成長率を達成し，2012 ～ 2023 年も年平均 7 % 近い経済成長率を記録している。それに伴って，コートジボワールにおける外国人比率も，1998 年が 37.0 %，2021 年が 22.0 % というように，高い数値で推移している。次ページの図 3 は，1998 年と 2021 年のコートジボワールにおける外国人について国籍別に上位の国を地図に示したものである。この地図も参考にして，コートジボワールにおいてA国とB国の国籍を有する人が特に多い理由を述べなさい。



1998 年



2021 年

図 3

Institut National de la Statistique の資料により作成。

問２　次の図４中の破線は，コートジボワールの経済を牽引するカカオ栽培の北限を示したものである。この図を参考にして，カカオ栽培に適した気候条件を述べなさい。また，カカオ生産には国内外から多くの労働力が集まっている。カカオ生産で多くの労働力が必要とされる作業を３つ述べなさい。

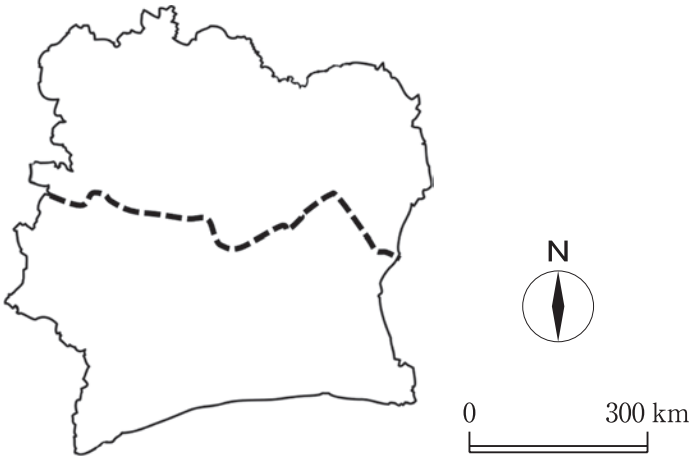


図４

問 3　コートジボワールとその周辺国では，ウシ・ヒツジ・ヤギの移牧のため，雨季と乾季の季節ごとに国境を越えて移動する人々がいる。次の図 5 は，2024 年における，そうした人々の移動のおおよその出発地域，到着地域，そして経路を模式的に示したものである。雨季と乾季で移動方向が逆になる理由を，「サバナ」と「ステップ」の語を入れて述べなさい。

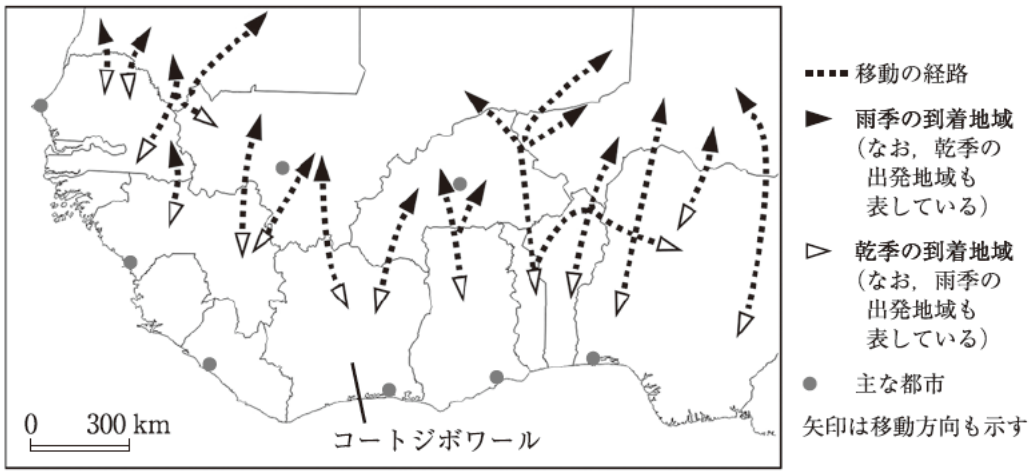


図 5

International Organization for Migration の資料により作成。一部改変。

問 4　コートジボワールの若年層男性のなかには，少数であるが，周辺国の場合と同様に，北へ向かって地中海を船で渡り，さらに先へ行こうとする人々がいる。そうした人々は，地中海を越えた後に，最終的にどういう地域へ，どのような理由で行こうとしているのかを述べなさい。

問５　次の表１，２，３は，2014 年のコートジボワールの宗教について，国籍，識字率，居住地域との関係をそれぞれ示したものである。コートジボワールにおけるイスラム教の状況について，これらの表から読みとれることを述べなさい。その際に，人の流動が宗教に与える影響にも言及しなさい。

表１

	コートジボワール全体での割合（%）	コートジボワール人の中での割合（%）	コートジボワールの外国人の中での割合（%）
イスラム教	42.4	33.1	71.8
キリスト教	33.5	38.7	17.5
アニミズム	3.6	4.4	0.8
その他の宗教	0.5	0.6	0.2
無宗教	19.9	23.2	9.6

端数処理等のため合計が 100 % にならないものがある。

Institut National de la Statistique の資料により作成。

表２

	識字率（%）
イスラム教	33.5
キリスト教	62.3
アニミズム	24.9
その他の宗教	58.3
無宗教	35.6

Institut National de la Statistique の資料により作成。

表3

	アビジャンでの割合(%)	アビジャン以外の都市地域での割合(%)	農村地域での割合(%)
イスラム教	48.9	52.9	29.7
キリスト教	43.6	26.6	29.6
アニミズム	1.3	4.4	12.6
その他の宗教	0.7	0.5	0.7
無宗教	5.0	14.6	26.9

端数処理等のため合計が 100 % にならない。

Institut National de la Statistique の資料により作成。

3 エネルギー・鉱物資源に関する以下の問い(問１～４)に答えなさい。解答は，いずれも解答欄の範囲内に記入しなさい。

問１　次の図６は，アメリカ合衆国における石炭・石油・天然ガスの産出量と消費量* の推移を示したものである。石炭・石油・天然ガスの産出量と消費量の変化の特徴とその理由を説明しなさい。

* 産出量と消費量は電力換算値 TWh で示している。

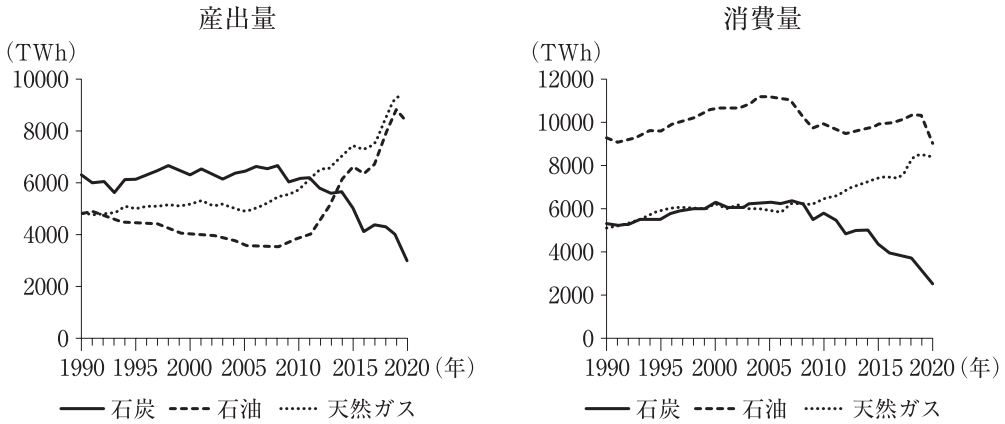
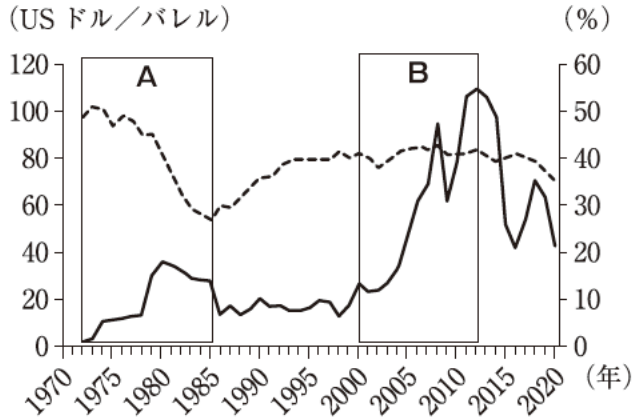


図６

Our World in Data の資料により作成。

問 2　次の図 7 は，原油価格と世界の石油産出量に占める OPEC 加盟国* の産出量の割合の推移を示したものである。図 7 中のＡとＢのそれぞれの期間における原油価格と石油産出量の変化の特徴とその理由を説明しなさい。

* OPEC 加盟国の数は年次によって異なる。



――原油価格（左軸）
----世界の石油産出量に占める OPEC 加盟国の産出量の割合（右軸）

図 7

原油価格については Energy Institute の資料により作成。世界の石油産出量に占める OPEC 加盟国の産出量の割合については Our World in Data の資料により作成。

問 3　次の図 8 は，日本におけるメガソーラー* の所在地を黒点** で示したものである。

* 発電出力が 1 MW 以上の太陽光発電設備。

** 1 つの点が 1 つのメガソーラーを示している。

(1)　メガソーラーの立地の特徴とその理由について，自然環境を踏まえて説明しなさい。

(2)　メガソーラーを建設することによる周辺の自然環境への影響を説明しなさい。

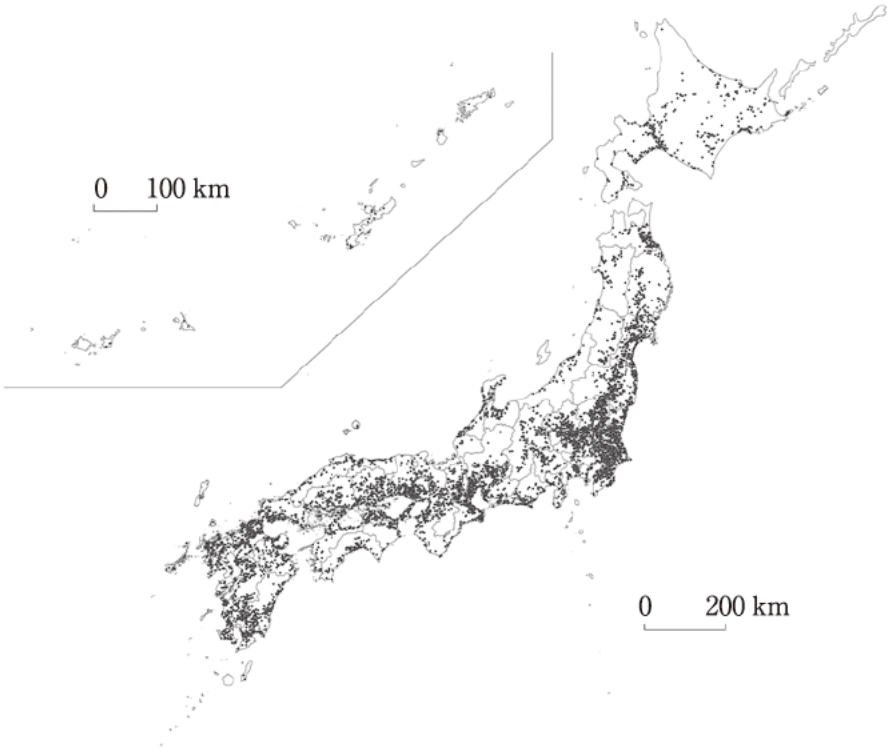


図 8

経済産業省資源エネルギー庁の資料より作成。2025 年 4 月時点のデータ。

問４　次の図９は，主なレアメタルの産出地の分布と，人口１人当たりの e-waste（電気電子機器廃棄物）の排出量の分布を示したものである。図９を見て，レアメタルの供給と消費の世界的な流動について，以下の語句を全て使用して説明しなさい。

使用する語句：集中，都市鉱山，輸入



図９

主なレアメタルの産出地については Diercke Weltatlas 2008 により作成。e-waste の排出量については United Nations Institute for Training and Research の資料により作成。統計年次は 2022 年。

数　　学

1　関数$f(x)$を

$$f(x) = \sqrt{x}e^{-\frac{x}{2}} \qquad (x > 0)$$

と定める。aを$a > 0$をみたす実数とし，曲線$y = f(x)$とx軸および2直線$x = a$，$x = a + 1$で囲まれた部分を，x軸の周りに1回転させてできる回転体の体積を$V(a)$とする。以下の問いに答えなさい。

(1)　関数$f(x)$の導関数$f'(x)$を求めなさい。

(2)　不定積分$\int xe^{-x}dx$を求めなさい。

(3)　$V(a)$をaを用いて表しなさい。

(4)　aが$a > 0$の範囲を動くとき，$V(a)$が最大となるaの値を求めなさい。

2　rを$r > 1$をみたす実数とし，座標平面上の3点O$(0,\ 0)$，A$(r - 1,\ r - 1)$，B$(r^2 - 1,\ r^2 - 1)$を考える。以下の問いに答えなさい。

(1)　点P$(x,\ y)$がBP：OP $= r : 1$をみたしながら動くとき，点Pの軌跡を求めなさい。

(2)　(1)の点Pに対し，等式$\overrightarrow{\mathrm{PA}} \cdot \overrightarrow{\mathrm{PB}} = r(r + 1)(2r - 2 - x - y)$が成り立つことを示しなさい。

(3)　(1)の点Pに対し，点Pと点Aが異なるならば等式$\angle \mathrm{OPA} = \angle \mathrm{APB}$が成り立つことを示しなさい。

3 複素数平面において，方程式

$$|z - 1 + i| = |z|$$

をみたす点 z 全体の集合として定められる直線を l とする。ただし，i は虚数単位とする。複素数平面上の 3 点 A(α)，B(β)，C(γ) は

$$\beta = \alpha + 1 + i, \qquad \alpha\gamma = 1$$

をみたすとする。以下の問いに答えなさい。

(1) 点 A が直線 l 上にあるとき，点 B も直線 l 上にあることを示しなさい。

(2) 点 A が直線 l 上を動くとき，点 C の描く図形が円の一部分であることを示し，その図形を複素数平面上に図示しなさい。

(3) 点 A が直線 l 上を動くとき，△ABC の面積 S の最大値を求めなさい。ただし，3 点 A，B，C が一直線上にあるときは，$S = 0$ とする。