

平成 29 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～11
化 学.....	12～25
生 物.....	26～49
地 学.....	50～57

注 意 事 項

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

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

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、摩擦のある水平な床の上に、水平面との角度 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$)の斜面を持つ台を固定している。また、天井から軽くて伸び縮みしない糸1で質量 M [kg]、長さ $3b$ [m]の密度及び断面が一様な剛体の棒を左端から b [m]の位置でつり下げた。さらに棒の左端には軽くて伸び縮みしない糸2を付け、台の上端に取り付けられた滑らかに回る質量が無視できる滑車を介して質量 m [kg]の小球とつないだ。このとき、棒は水平の位置で静止しており、小球の床からの高さは h [m]であった。重力加速度の大きさを g [m/s²]とし、小球と斜面の間の摩擦、滑車と糸2の間の摩擦は無視できるものとする。

- (1) 糸1に働く張力 T_1 [N]を、 M 、 g を用いて表せ。
- (2) 糸2に働く張力 T_2 [N]を、 m 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (3) M と m の間に成り立つ関係式を、 M 、 m 、 θ を用いて表せ。

その後、糸2を静かに切ったところ、小球は斜面を滑り、点Aを跳ねることなく滑らかに通過した後、点Aから距離 L [m]離れた点Bで静止した。ここで、小球と床との間の動摩擦係数を μ とし、小球の空気抵抗は無視できるものとする。

- (4) 小球が点Aを通過するときの速さ v_A [m/s]を、 g 、 h を用いて表せ。
- (5) 小球が点Aを通過してから点Bに到達するまでの時間 t [s]を、 h 、 μ 、 g を用いて表せ。
- (6) 点Aから点Bまでの距離 L を、 h 、 μ を用いて表せ。

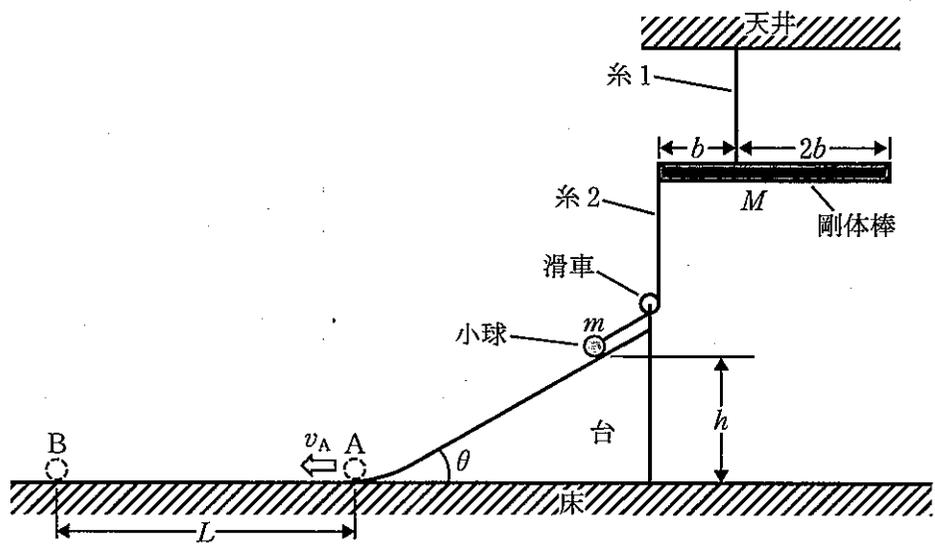


图 1

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

- I 図1に示すように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池とスイッチ S_1 が接続された平行板コンデンサー内に、厚さが無視できる2枚の金属板が平行板コンデンサーの極板に平行に挿入されている。平行板コンデンサーの極板を A, D, 挿入された2枚の金属板を B, C とする。C は D とスイッチ S_2 で接続されている。ABCD 間の誘電率は全て真空の誘電率 ϵ_0 [F/m] であり、それらの間隔は全て d [m] である。A, B, C, D は全て1辺の長さが l [m] の正方形である。 d は l に比べて十分小さい。回路は接地されており、この接地点での電位を 0 V とする。初めは S_1, S_2 は開けられており、A, B, C の電位も 0 V である。

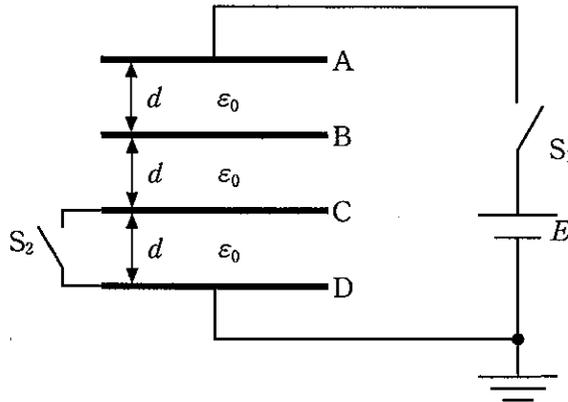


図1

- (ア) 最初に S_2 は開けたままにし、 S_1 のみを閉じる。十分時間が経過した後の BD 間の電圧 V_{BD} [V] を起電力 E を用いて表せ。
- (イ) 次に S_1 を開けて、金属板と同じ1辺の長さが l の正方形で、厚さ d 、比誘電率 10 の誘電体を B と C の間にすき間なく挿入する。なお誘電体は帯電していないものとする。 S_2 は開けたままである。このとき BD 間の電圧 V'_{BD} [V] を起電力 E を用いて表せ。

(ウ) その後、 S_1 は開けたままで、 S_2 を閉じた。このとき BD 間の電圧 V_{BD}'' (V) を起電力 E を用いて表せ。

(エ) S_1 は開けたまま、また S_2 は閉じたままで、誘電体を金属板間から完全に引き出す。このときの外力のする仕事 W (J) を求めよ。

II 直流電源装置，直流電流計及び直流電圧計を用いて未知の電気抵抗値 $R_x[\Omega]$ を測定する2つの実験を図2のような回路で行った。

実験1での直流電流計及び直流電圧計の指示値は，それぞれ $I_1[\text{A}]$ ， $V_1[\text{V}]$ であった。また実験2での直流電流計及び直流電圧計の指示値は，それぞれ $I_2[\text{A}]$ ， $V_2[\text{V}]$ であった。

なお，直流電流計及び直流電圧計の内部抵抗値はそれぞれ $r_A[\Omega]$ ， $r_V[\Omega]$ であり，直流電源装置の内部抵抗は無視できるものとする。

(オ) 実験1での未知抵抗値 R_x の測定値 $R_1[\Omega] = \frac{V_1}{I_1}$ を， R_x 及び r_V を用いて表せ。

(カ) 実験2での未知抵抗値 R_x の測定値 $R_2[\Omega] = \frac{V_2}{I_2}$ を， R_x 及び r_A を用いて表せ。

(キ) 実験1及び実験2の測定結果は，いずれも未知抵抗値 R_x に対して誤差を有している。 R_1 及び R_2 の誤差の大きさをそれぞれ $\varepsilon_1[\Omega]$ 及び $\varepsilon_2[\Omega]$ とし， $\varepsilon_i = |R_i - R_x|$ ($i = 1, 2$) で定義することにする。 ε_1 が ε_2 より小さくなるための条件を， $\frac{R_x}{r_A}$ 及び $\frac{r_V}{R_x}$ を用いて表せ。

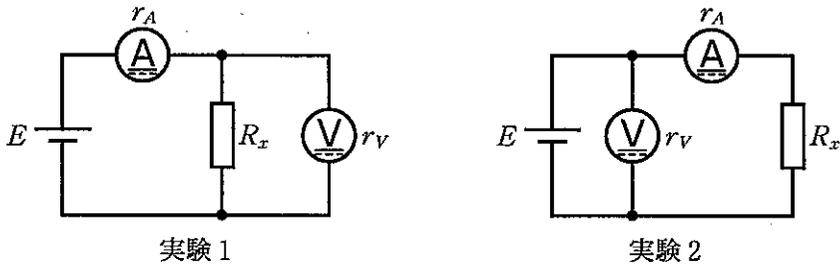


図2

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、2枚の薄い凸レンズ L_1 と L_2 を、光軸が一致するようにして離して置き、視点は L_2 のすぐ上にあるとする。 L_1 の焦点距離は f_1 [m]、 L_2 の焦点距離は f_2 [m]である。物体PQと L_1 の距離は x [m]である。

(a) L_1 によってできる実像 P_1Q_1 の L_1 からの距離 y [m]を、 f_1 と x を用いて表せ。ただし、 $x > f_1$ とする。

(b) L_1 による倍率 m_1 を、 f_1 と x を用いて表せ。

(c) L_1 と L_2 の距離を d [m]とし、実像 P_1Q_1 の虚像ができるための条件を、 x 、 f_1 、 f_2 、 d を用いて表せ。

(d) 実像 P_1Q_1 の虚像である P_2Q_2 が L_2 からの距離が z [m]の位置にはっきりと見えた。 L_1 と L_2 の距離 d を、 f_1 、 f_2 、 y 、 z のうち必要なものを用いて表せ。

(e) この組合せレンズの倍率 m_{12} を、 f_1 、 f_2 、 x 、 z のうち必要なものを用いて表せ。

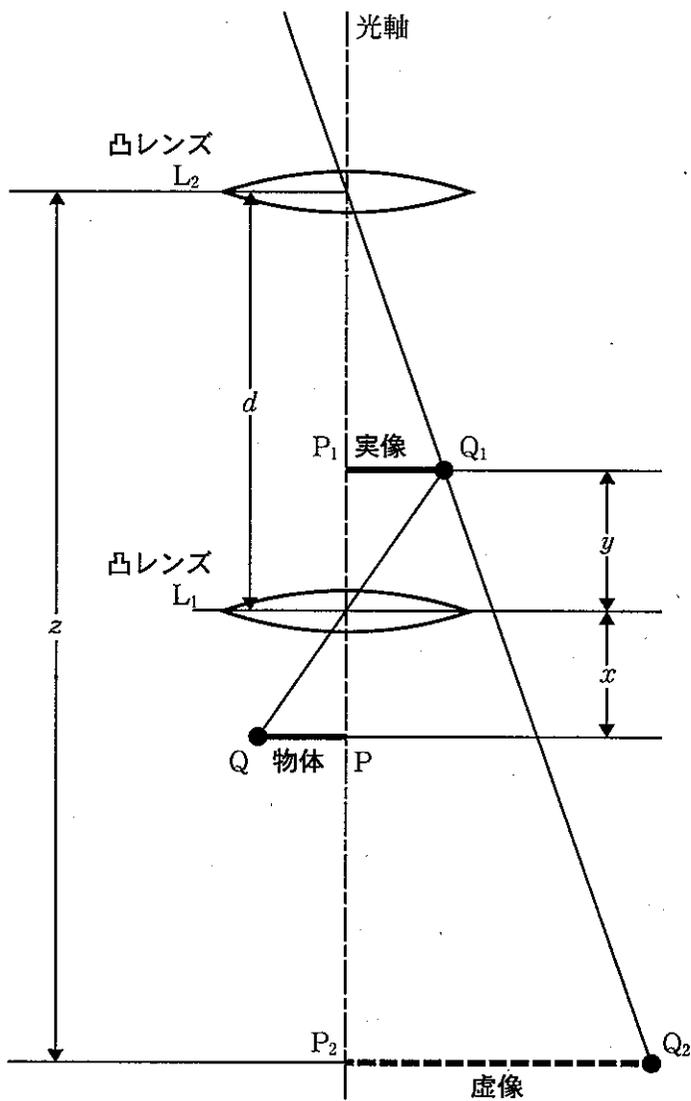


図 1

II 光の干渉に関する以下の文中の空欄(f), (g), (h)内に入れる式または数値として最も適当なものを, それぞれの解答群から一つずつ選べ。ただし, 数値は最も近いものを選べ。

チタン板の表面を酸化させ, 薄膜の二酸化チタンを作成し, 光をチタン面に垂直にあててみる。光は二酸化チタン中を進行し, チタン面で反射する。ただし, チタンの屈折率は二酸化チタンの屈折率より小さいとする。この反射光は二酸化チタン表面での反射光と干渉する。同位相のときに強めあう。光は空気と二酸化チタンの反射面で π (半波長分) だけ位相がずれる。真空中の光の速さを c [m/s] とし, 二酸化チタンの屈折率を n とすれば, 二酸化チタン中の光速は となる。二酸化チタンの薄膜の厚さを d [m] とすると, 波長 λ [m] の光は次の条件を満たすとき, 干渉して, 強めあう。

$$\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda = \text{ } \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

同様に, 次の条件を満たすとき, 逆位相となり, 暗くなる。

$$m\lambda = \text{ } \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

ところで, 自然光は白色光とも呼ばれ, あらゆる波長を含む連続スペクトルを有する。波長が 400 nm では紫色, 520 nm では緑色, 570 nm では黄色, 650 nm では赤色という具合に知覚される。そこで, 二酸化チタンの薄膜の厚さを調整して, 様々な色のチタンを作ることができる。

ここで, (2)式により赤色光が弱まる条件を考える。このとき, 薄膜の最小の厚さは nm である。ただし, 二酸化チタンの屈折率は 2.616 とする。

[の解答群]

A nc B $\frac{c}{n}$ C $2nc$ D $\frac{2c}{n}$ E $\frac{2n}{c}$ F $\frac{n}{c}$ G $4nc$

[の解答群]

A $2d$ B nd C $2nd$ D $2n$ E $\frac{2d}{n}$ F $\frac{d}{n}$ G $\frac{2n}{d}$

[の解答群]

A 124 B 248 C 372 D 400 E 520 F 570 G 650

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1に示すように、容積 V [m³] の容器 A と、断面積が S [m²] で質量が M [kg] のピストンが付いた容器 B がコックのついた細管でつながれている。ピストンは気密性を保ったまま滑らかに動くことができる。細管の容積は無視できる。

最初、コックを開いたまま、容器 B のピストン下の体積が V になるように、外気と同じ温度 T_1 [K] の単原子分子理想気体（以下、気体という）を封入する。この状態を状態 1 と呼ぶ。封入した気体の物質量は全部で n [mol]、圧力は P_1 [Pa] である。外気の圧力を P_0 [Pa]、気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

(a) 圧力 P_1 を、 M 、 g 、 S 、 P_0 を用いて表せ。

(i) コックを閉じ、容器 B のピストン下の体積が $\frac{V}{3}$ になるようにピストンを徐々に移動させて等温圧縮する。この状態を状態 2 と呼ぶ。このときの、容器 B 中の気体の圧力 P_2 [Pa] を、 P_1 を用いて表せ。

(ii) 状態 2 からピストンの位置を固定したまま、コックを開き、平衡になったらコックを閉じる。この状態を状態 3 と呼ぶ。このときの、容器 A と容器 B 中の気体の圧力 P_3 [Pa] を、 P_1 を用いて表せ。また、状態 2 から状態 3 の過程で容器 B から容器 A に移動した気体のモル数 n_3 を、 n を用いて表せ。

(え) 状態3から、ピストンを急に引き上げて、容器B内外で熱の出入りを起こさせず、気体の体積が $\frac{8V}{3}$ になるように断熱膨張させる。この状態を状態4と呼ぶ。このときの、容器B中の気体の圧力 P_4 [Pa]を、 P_3 を用いて表せ。また、この過程による気体の内部エネルギーの変化 ΔU [J]を、増加を+、減少を-とし、 P_1 、 V を用いて表せ。ただし、断熱変化においては圧力 P と体積 V の間には $PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成り立つものとする。

(お) 状態3から、容器Aを加熱し、温度を $2T_1$ にする。この状態を状態5とする。このときの、容器A中の気体の圧力 P_5 [Pa]を、 P_3 を用いて表せ。また、このとき、気体分子1個あたりの平均運動エネルギー K [J]を、ボルツマン定数 k [J/K]と T_1 を用いて表せ。

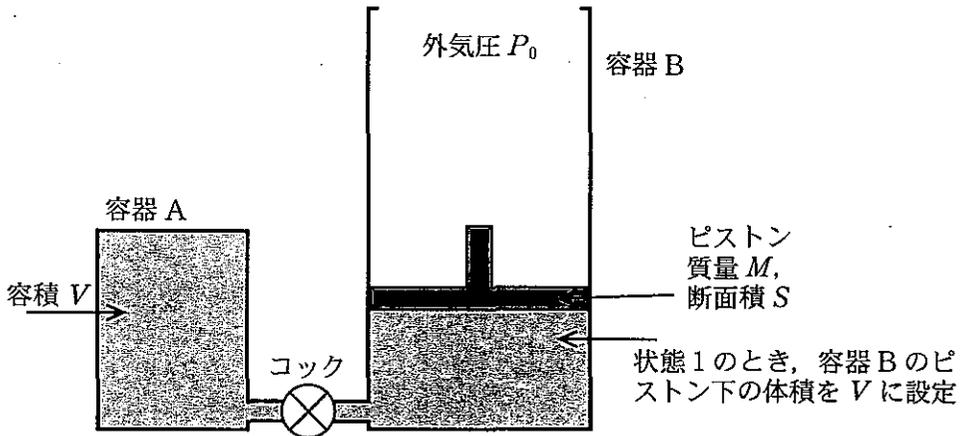


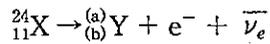
図1

II 以下の X, Y は実際の元素記号ではなく, 何らかの元素記号をさすものとする。

ある放射性核種 (放射能を持つ核種) ${}^{24}_{11}\text{X}$ は β^- 崩壊 (壊変) し, 半減期は 15 時間である。

(か) 以下の β^- 崩壊の式の (a) (b) に当てはまる数値を答えよ。

なお, 「 β^- 崩壊」は, 簡略化して「 β 崩壊」と書かれることがあり, $\bar{\nu}_e$ は簡略化して $\bar{\nu}$ あるいは ν と書かれることがある。



(き) 90 時間が経過したとき, ${}^{24}_{11}\text{X}$ の原子核の数はもとの何%になっているか。有効数字 2 桁で答えよ。

(く) ${}^{24}_{11}\text{X}$ の原子核の数がもとの $\frac{1}{1024}$ になるのは何時間が経過したときか。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5。気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

金属原子の価電子は、結晶中を自由に動き回ることができる。このような電子のことを とよび、金属原子は により とよばれる化学結合を形成する。金属元素は陽イオンになりやすい傾向があり、金属元素の陽イオンは、陰イオンと結びついてイオン結合を形成する。

水素イオンが水分子と結合するとオキソニウムイオンが生じる。この結合の生成は、水分子の酸素原子がもつ が水素イオンに与えられることにより起こり、この結合を特に配位結合という。また、 を持つ分子や陰イオンが金属イオンに配位結合して生じたイオンを錯イオンとよび、配位結合している分子や陰イオンを という。

問1 ～ に入る適切な語句を記せ。

問2 174 mg の酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱し、酸化マンガン(IV)をすべて反応させたところ、水分子を含まない結晶 252 mg を得た。この反応を化学反応式で記せ。また、マンガンの原子量を整数値で求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 3 次の(a)~(f)から誤りを含むものを2つ選び、記号で記せ。

- (a) 塩化スズ(Ⅱ)二水和物は、水によく溶け、還元作用がある。
- (b) 銀の単体は、金に次いで大きい電気伝導性をもち、硝酸に溶解する。
- (c) クロムの単体は、不動態をつくりやすいため、鉄のめっきに用いられる。
- (d) 酸化亜鉛は、NaOH水溶液に溶解し、鉛イオンを生じる。
- (e) 鉛の単体は、常温で希硫酸によく溶解し、水素が発生する。
- (f) 水銀は、多くの金属を溶かし、アマルガムとよばれる合金をつくる。

問 4 銅に濃硝酸を加えると、銅が溶解して気体 A が発生した。この気体 A は、水と反応して硝酸と気体 B を生じた。気体 A, B の化学式を記せ。

問 5 水溶液 C, D, E, F は、 K^+ , Zn^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} のうち、互いに異なる1つを含む。水溶液 C, D, E, F に少量の NaOH 水溶液を加えると C と E には白色沈殿が生じ、D には暗褐色沈殿が生じた。さらに、過剰量の NaOH 水溶液を加えると D に生じた暗褐色沈殿には変化がなく、C と E に生じた白色沈殿は溶解した。また、水溶液 C, D, E, F に希塩酸を加えた場合には、C と D には白色沈殿が生じた。

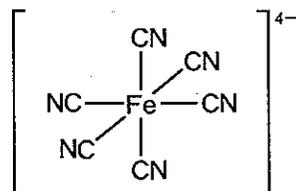
- (1) 少量の NaOH 水溶液を加えたときに水溶液 C に生じた白色沈殿を化学式で記せ。
- (2) 過剰量の NaOH 水溶液を加えたときに水溶液 E に生じた鉛イオンの名称を記せ。
- (3) 水溶液 D に生じた暗褐色沈殿にアンモニア水を加えていくと、沈殿が溶けて無色の水溶液になった。このときに起こった反応を化学反応式で記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 6 鉄に希塩酸を加えて反応させたところ、淡緑色の水溶液を得た。この水溶液に酸素を十分に通じたところ、水溶液の色が黄褐色に変化した。^①この後、生じた黄褐色の水溶液に $K_4[Fe(CN)_6]$ 水溶液を十分に加えたところ、濃青色沈殿が生じた。

(1) 下線部①の化学変化を、電子を含まないイオン反応式で記せ。

(2) $[Fe(CN)_6]^{4-}$ の形は正八面体であり、右図のように表わすことができる。 $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$ も同様の形をとるが、2種類の異性体を考えることができる。右図にならって解答欄の図に Cl と NH_3 を記入し、この2種類の異性体の構造を示せ。



図

問 7 アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)の粉末を混合して点火すると、酸化アルミニウムと鉄の単体が得られる。この酸化還元反応の反応名を記せ。また、酸化アルミニウムが NaOH 水溶液と反応して生じる錯塩の化学式を記せ。

2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

$$\log_{10} 2.0 = 0.30.$$

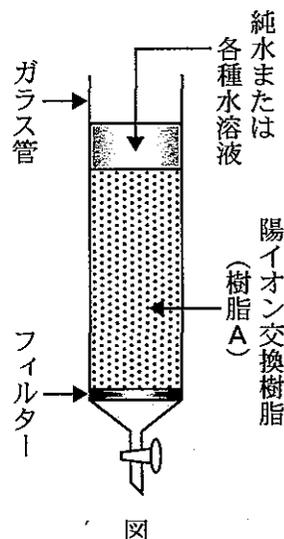
水溶液中のイオンを別の種類のイオンと交換するために利用される合成樹脂をイオン交換樹脂という。一般にスチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体が、^①この高分子母体を硫酸と反応させた場合には、スルホ基が導入された陽イオン交換樹脂（樹脂A）を合成することができる。樹脂Aを用いて以下のように実験1と実験2を行った。

（実験1）

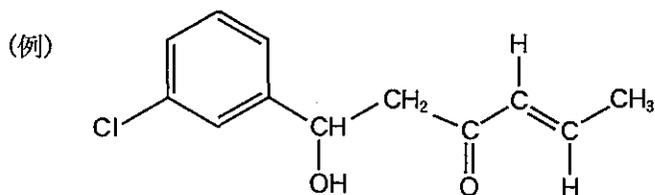
樹脂Aを2 mol/L 塩酸で洗浄した後、純水で完全に水洗いし、乾燥した。この1.00 gの樹脂Aには、スルホ基が2.00 mmol 含まれている。25.0 gの乾燥した樹脂Aをビーカーに入れ、0.100 mol/Lの塩化ナトリウム NaCl 水溶液400 mLを注ぎ、よくかき混ぜた。^②次に、その混合液をろ過し、さらに、樹脂を少量の純水で洗浄し、ろ液と洗浄液をともに蒸発皿に入れ、排気ができる設備内で加熱した。ろ液の水を完全に蒸発させると、0.936 gの物質が固体となって得られた。一方、樹脂Aを別のビーカーにすべて移し、純水を加えて沈降させた。

（実験2）

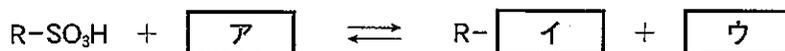
実験1で使用した樹脂Aすべてを、右図のように、活栓がついたガラス管につめた。ガラス管の上部から、2 mol/Lの塩酸をゆっくり通して樹脂Aの再生を行った後、^③純水で完全に水洗いした。その後、上部から、濃度のわからない塩化カルシウム CaCl₂ 水溶液5.00 mLを通して完全にイオン交換し、^④さらに純水を通して樹脂を水洗いした。流出した液はすべて集め、100 mL メスフラスコに移し、^⑤標線まで純水を加えた。このメスフラスコの溶液50.0 mLをビーカーに取り、0.100 mol/Lの水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定したところ、中和点までの NaOH 水溶液の滴下量は10.0 mLであった。



問 1 下線部①の化合物の構造式を，例にならって記せ。



問 2 下線部②における反応は，次の反応式で表わすことができる。 ～ に適切な化学式を入れ，反応式を完成せよ。Rは，スルホ基を除いた樹脂部分を示す。



問 3 問 2 の反応が平衡状態にあるとき， と のモル濃度 (mol/L) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

問 4 下線部③で，塩酸を通す操作により樹脂 A が再生されたことを確認するための方法を，30 字以内で記せ。

問 5 下線部④の CaCl_2 水溶液の濃度は，どれだけか。解答欄には計算の過程を含めて記入し，有効数字 3 桁で示せ。

また，下線部⑤の標線まで純水を加えた後のメスフラスコ中の溶液の pH を小数点以下第 1 位まで求めよ。

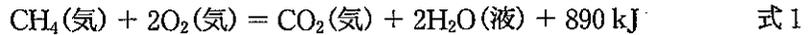
3

次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

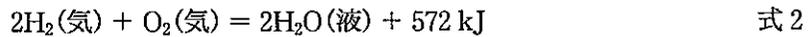
(文章Ⅰ)

石油や天然ガスの成分である飽和炭化水素を完全燃焼させると、二酸化炭素と水が生成する。

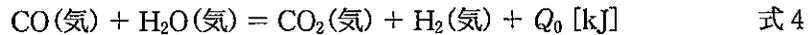
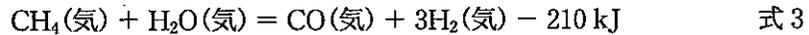
たとえば、メタンは式1のように反応する。



一方、水素の燃焼では二酸化炭素は生じない。

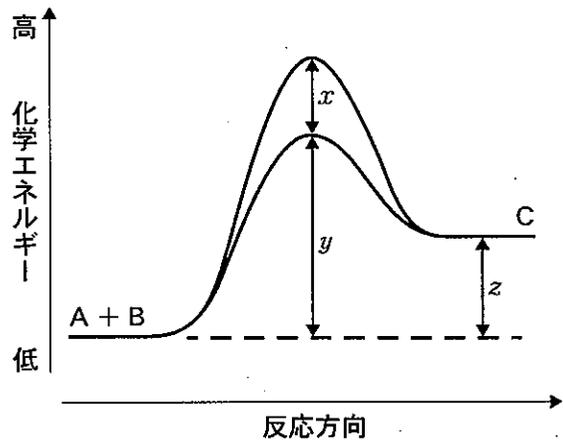


水素は、一般的にはメタンと水蒸気から、以下の反応により製造される。この過程では二酸化炭素が生じる。この水素製造方法を水蒸気改質という。



(文章Ⅱ)

水蒸気改質は、工業的には触媒を用いて行われる。右図は、一般的な $A + B \rightleftharpoons C$ の反応経路とエネルギーの変化を、触媒がある場合とない場合について模式的に表わした図である。ここに示す $A + B \rightleftharpoons C$ の反応に用いられる触媒は、反応の前後でそれ自身は変化せず、反応速度を大きくするような物質である。



図

問 1 水蒸気の生成熱 (kJ/mol) を式 2 から求めよ。ただし、水の蒸発熱を 40 kJ/mol とする。

問 2 式 3 と式 4 の反応から、1.0 mol のメタンが水蒸気と反応してすべて二酸化炭素と水素になる反応を、 Q_0 [kJ] を含む 1 つの熱化学方程式として表わせ。

問 3 式 4 の Q_0 [kJ] を求めよ。

問 4 n 個の炭素からなる直鎖状飽和炭化水素を完全燃焼させる反応を、 n を含む熱化学方程式で書け。ただし、物質はすべて気体状態とし、燃焼熱を Q_n [kJ/mol] とする。

問 5 結合エネルギーの値から、 n 個の炭素からなる直鎖状飽和炭化水素の燃焼熱 Q_n を n を用いて表わせ。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。なお、結合エネルギーは下の表に示した値とする。

表 結合エネルギー [kJ/mol]

結合	O-H	C-C	C-H	C=O	O=O
結合エネルギー	463	330	416	809	498

問 6 標準状態で 10 L の空気を、0.010 mol/L の水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 水溶液 100 mL とよく振り混ぜて、空気中の二酸化炭素を完全に吸収させたところ、水に不溶な沈殿が生じた。生じた沈殿をろ過し、得られたろ液のうち 50 mL を 0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ、中和点までの塩酸の滴下量は 7.0 mL であった。空気中に含まれていた二酸化炭素 CO_2 の体積百分率 (%) を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。なお、下線の沈殿は水に全く溶けないものとする。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 文章Ⅱ中の $A + B \rightleftharpoons C$ で表わされる化学反応について、次の(1)~(3)のエネルギーを図中の $x \sim z$ を用いて表わせ。

- (1) 触媒を用いない場合の反応 $A + B \rightarrow C$ の活性化エネルギー
- (2) 触媒を用いた場合の反応 $A + B \rightarrow C$ の活性化エネルギー
- (3) 触媒を用いない場合の反応 $C \rightarrow A + B$ の活性化エネルギー

問 8 文章Ⅱ中の $A + B \rightarrow C$ の反応に関して、次の(a)~(f)の中から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 発熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は大きくなる。
- (b) 吸熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は大きくなる。
- (c) 発熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は小さくなる。
- (d) 吸熱反応であり、触媒を用いると反応熱の値は小さくなる。
- (e) 発熱反応であり、触媒を用いても反応熱の値は変化しない。
- (f) 吸熱反応であり、触媒を用いても反応熱の値は変化しない。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

タンパク質はアミノ酸が縮合重合して $-CO-NH-$ 結合でつながった天然高分子化合物で、生命活動を支える重要な働きをもつ。たとえば、ヘモグロビンは、血液中に存在し、酸素の運搬を担っている。ヘモグロビンは、2種類のポリペプチド鎖が2つずつ、合計4つ集まって高次構造を形成している。

生活必需品である合成繊維にも $-CO-NH-$ 結合をもつものがある。一般に、単量体が縮合重合して $-CO-NH-$ 結合でつながった合成繊維を **ア** 系合成繊維という。特に、脂肪族の **ア** 系合成繊維をナイロンという。ナイロン6 (6-ナイロン) は、 **イ** に少量の水を加えて加熱することにより合成される。また、芳香族の **ア** 系合成繊維を、特に **ウ** という。

デンプンは、多数のグルコース(分子式： $C_6H_{12}O_6$)が縮合重合した構造をもつ多糖類である。デンプンの中には、直鎖状構造をもち、温水に可溶性 **エ** と、分枝が多い構造をもち、温水に溶けにくい **オ** とがある。 **カ** は動物デンプンともよばれ、動物では肝臓などに貯蔵されている。

酵素 **キ** をデンプンに作用させると、 **ク** を経てマルトース(麦芽糖)が生じる。マルトースにフェーリング液を作用させると、 **ケ** が赤色沈殿として生じる。

エ は、らせんを巻いた構造をもつ。その水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)を加えると、青紫色に呈色する。

濃青色

問 1 タンパク質の高次構造の性質に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 酵素反応の速度は、温度を変化させても常に一定である。
- (b) ヘモグロビンの酸素運搬能は、高次構造には依存しない。
- (c) タンパク質の高次構造には、二次構造、三次構造および四次構造がある。
- (d) ポリペプチド鎖の側鎖に含まれる官能基は、高次構造の形成に影響しない。
- (e) α -ヘリックスは水素結合をもつが、 β -シート (β 構造) は水素結合をもたない。

問 2 アミノ酸 S, A, G, G の4つが縮合して生じた鎖状ペプチドの異性体は全部でいくつ存在するか。数字で答えよ。ただし、光学異性体(鏡像異性体)は考慮しないものとする。なお、Sはセリン、Aはアラニン、Gはグリシンをそれぞれ一文字で表わしている。

問 3 文章中の

ア

 ~

ケ

 に入る適切な語句を記せ。

問 4 酵素

キ

 によって、直鎖状構造のデンプン 200 g を完全にマルトースまで加水分解すると、マルトースは何 g 得られるか。解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 5 ヨウ素 I_2 に関する次の記述(a)~(e)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) I_2 は昇華しない。
- (b) I_2 の酸化力は、 Cl_2 の酸化力よりも強い。
- (c) I_2 は、室温では赤褐色の液体である。
- (d) I_2 は、ヘキサンよりも水に溶けやすい。
- (e) KI 水溶液に Br_2 水を加えると I_2 が遊離する。

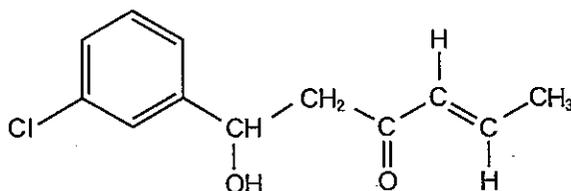
(問題は、次ページに続く。)

濃青色

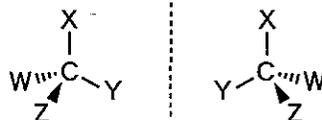
問 6 文章中の下線部で青紫色に呈色した水溶液を加熱すると色が消えるが、冷却すると再び呈色する。その理由を 75 字以内で説明せよ。

- 5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問9に答えよ。解答を構造式で示す場合には例にならって記せ。

(例1)



(例2) 光学異性体(鏡像異性体)の表わし方：X, C, Yは同一平面(紙面)上にあり、Zは紙面の手前に、Wは紙面の向こう側にある。点線は鏡を表わす。なお、W, X, Y, Zは炭素Cに結合した原子あるいは原子団を表わす。



(文章Ⅰ)

分子式 C_7H_8O で表わされるベンゼン環を含むすべての構造異性体を考える。
 ① これらの異性体の中で、塩化鉄(Ⅲ) $FeCl_3$ 水溶液を加えると、呈色を示す化合物が3つある。また、呈色反応を起こさない異性体には、ナトリウムと反応して水を発生する化合物Aがある。

(文章Ⅱ)

分子式 $C_{14}H_{12}$ で表わされる芳香族炭化水素で、ベンゼン環2つと炭素—炭素二重結合をもち、ナフタレンの環構造はもたないすべての構造異性体および立体異性体を考える。これらの異性体と臭素 Br_2 を室温、暗所下で反応させる。このとき、異性体1分子に対して1分子の Br_2 が付加した化合物のみが得られるものとし、付加反応で生じた生成物はさらに反応は起こさないものとする。

問 1 文章 I の下線部①の異性体の中で，呈色反応を示す 3 つの化合物の構造式を記せ。

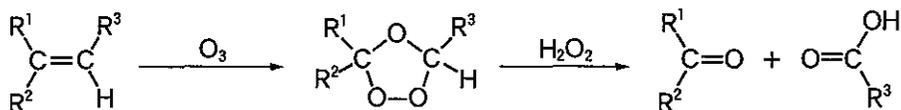
問 2 文章 I 中の化合物 A の構造式を記せ。

問 3 文章 I の下線部①の異性体の中で，沸点が最も低いと予想される化合物の構造式を記せ。また，その理由を 30 字以内で説明せよ。

問 4 文章 II の下線部②で，考えられる異性体はいくつあるか。数字で答えよ。

問 5 文章 II の下線部②の異性体の中に，互いにシス・トランス異性体(幾何異性体)の関係にある化合物 B と C がある。シス形 B の構造式を記せ。

問 6 一般に炭素—炭素二重結合をもつ化合物は，以下の式に示すように，オゾンと反応させて生じる中間体を過酸化水素存在下で酸化的に処理すると，ケトンやカルボン酸を生じる。問 5 の化合物 C の炭素—炭素二重結合をこの方法で切断したときに得られる化合物 D は何か。構造式と名称を記せ。



$\text{R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3$ は炭化水素基を表わす。

問 7 文章 II の下線部③の反応で，不斉炭素原子を 1 つもつ化合物を与える異性体(分子式 $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$) の構造式をすべて記せ。

(問題は，次ページに続く。)

問 8 文章Ⅱの下線部②の異性体の中で、化合物 E は、 Br_2 と反応させると不斉炭素原子をもたない化合物を生じる。化合物 E の構造式を記せ。また、化合物 E の任意の水素原子 1 つをメチル基で置換して得られる化合物には、いくつの異性体があるか。数字で答えよ。

問 9 問 8 の水素原子 1 つをメチル基で置換した化合物の中には、ベンゼン環にメチル基をもたない化合物がある。その化合物 1 分子に対して 1 分子の Br_2 が付加すると、1 対の光学異性体(鏡像異性体)が得られる。その構造式を記せ。なお、不斉炭素原子と不斉炭素原子に結合した原子あるいは原子団の表わし方については例 2 にならうこと。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

呼吸は生物が備えている ATP 合成の仕組みで、炭水化物、タンパク質、脂質などの呼吸基質が酸素と反応して、二酸化炭素と水に分解される際に ATP が合成される。呼吸は下の反応式(a)で表される。呼吸は細胞質基質で行われる 、^① ミトコンドリアで行われるクエン酸回路と の3つの過程から成り立っている。

一方、酸素のない状態で ATP を得る方法は発酵と呼ばれている。出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) は、発酵の過程でエタノールを生成する。発酵は下の反応式(b)で表される。酸素のある状態で培養すると、エタノールの生成量は少なくなる。この現象は発見した人の名前を用いて と呼ばれている。しかし、酸素のある状態でも、ある培養条件では呼吸が抑制され、アルコール発酵^② を行うことが知られている。

呼吸の反応式 (a) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{エネルギー}$ (最大38ATP)

発酵の反応式 (b) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{エネルギー}$ (2ATP)

問1 文章中の ～ にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について以下の問に答えよ。

- (1) ミトコンドリアの構造を図1に示す。クエン酸回路の反応が起きる部位はどれか。(ア)～(エ)から適切なものを選び、その名称を答えよ。

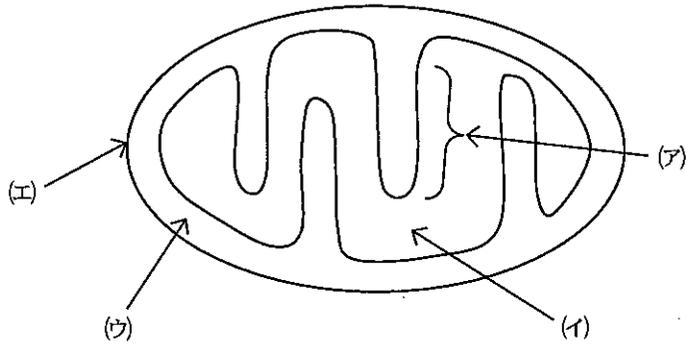


図1

- (2) ミトコンドリアは細胞内共生に由来すると考えられている。この細胞内共生説を裏付けるミトコンドリアが持つ特徴を3つ、それぞれ10字以内で述べよ。

問 3 下線部②について、次の文章を読み、問に答えよ。

出芽酵母をグルコース ($C_6H_{12}O_6$) 濃度が一定となる条件で培養した際の二酸化炭素生成速度と酸素消費量のグラフを図 2 に示す。また、この過程においてグルコースは反応式(a)で示す呼吸と反応式(b)で示すアルコール発酵で全て消費されたものとする。

- (1) 比増殖速度 0.2 および 0.4 の条件における呼吸商を求めよ。小数第 1 位まで記せ。
- (2) 比増殖速度 0.4 の条件における 1 時間あたりのグルコース消費量は、比増殖速度 0.2 の条件における 1 時間あたりのグルコース消費量の何倍か、四捨五入して小数第 1 位まで記せ。

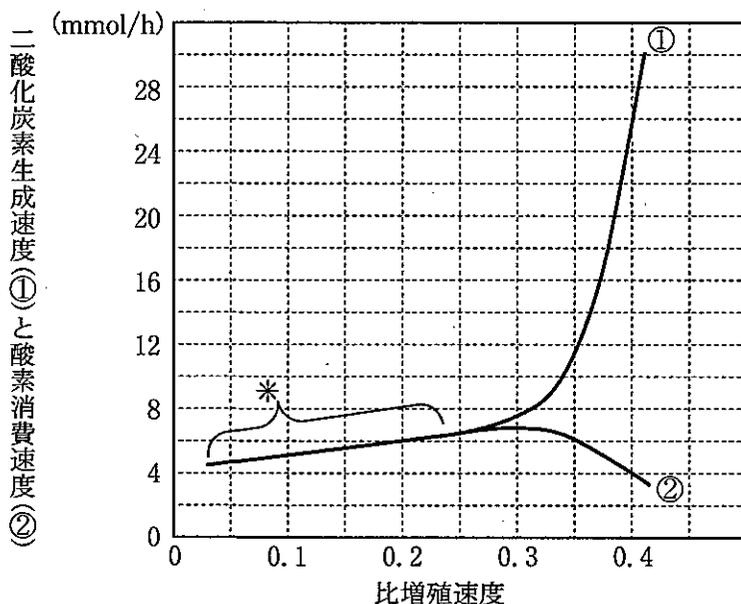


図 2 出芽酵母の比増殖速度と二酸化炭素生成速度・酸素消費速度の関係

比増殖速度とは、酵母菌 1g が 1 時間増殖した際に何グラムになるかをもとにした指標。比増殖速度が大きいほど菌の増殖が速い。二酸化炭素生成速度とは、酵母菌 1g が 1 時間で生成した二酸化炭素量 (mmol)。酸素消費速度とは、酵母菌 1g が 1 時間で消費した酸素量 (mmol)。* の区間は ① と ② が同じ値である。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

緑色蛍光タンパク質(GFP)は、クラゲの一種であるオワンクラゲから1962年に発見された238個のアミノ酸からなるタンパク質で、青色の光を吸収して緑色の蛍光を発する。GFP遺伝子は、GFPタンパク質の発見から30年後の1992年に同定され、世界中に広まった。

GFP遺伝子をオワンクラゲの細胞からクローニングし、緑色蛍光を発する大腸菌を作製する実験を行う。GFP遺伝子の開始コドンの位置から始まるプライマーFと、終止コドンの相補的な塩基配列から始まるプライマーRを用いて、GFPタンパク質の産生に必要な遺伝子領域をPCR法により増幅したい。しかし、オワンクラゲゲノム中のGFP遺伝子はエキソンが A をはさんで互いに離れて存在しているため、原核生物での発現に適さない。そのため、大腸菌でGFPタンパク質を発現させるためには、GFP遺伝子の4つのエキソンがつながったDNA断片(cDNA)をPCR法で増幅する必要がある。

問1 下線部①について、以下の問に答えよ。

(1) オワンクラゲはどの動物(門)に分類されるか、以下の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 棘皮動物 (イ) 刺胞動物 (ウ) 環形動物
(エ) 節足動物 (オ) 軟体動物

(2) オワンクラゲと同じ動物(門)に属する生物の組み合わせとして、最も適当なものを、以下の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) ムラサキウニ と イソナマコ
(イ) ハタゴイソギンチャク と アカサンゴ
(ウ) ヒカリウミウシ と クリオネ
(エ) キクラゲ と サクラエビ
(オ) マダコ と スルメイカ

問 2 文章中の にあてはまる語句を答えよ。

問 3 下線部②の手順を述べた以下の文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を以下の(ア)～(イ)から選び、記号で答えよ。また、 に入る数値を記せ。

オワンクラゲの発光部分の細胞から RNA を抽出する。抽出した RNA に 4 種類の とプライマー R, を加えて、37℃で1時間反応させる。反応終了後、 を変性させて失活させるため、85℃で10分間処理する。合成された を鋳型として5′末端をリン酸化したプライマー F とプライマー R, 4 種類の , 耐熱性 を加えて PCR 反応を行うと、GFP の開始コドンから終止コドンまでの 塩基対の DNA が増幅される。このようにして合成された DNA を GFP の cDNA と呼ぶ。

- | | |
|------------------|----------------|
| (ア) DNA | (イ) RNA |
| (ウ) タンパク質 | (エ) DNA ポリメラーゼ |
| (オ) 逆転写酵素 | (カ) RNA ポリメラーゼ |
| (キ) スプライシング因子 | (ク) リボヌクレオチド |
| (ケ) デオキシリボヌクレオチド | (コ) アミノ酸 |
| (ク) ペプチド | |

問 4 増幅した GFP の cDNA を、適切な制限酵素で切断したプラスミド P に組み込んで、GFP タンパク質を大腸菌で発現するプラスミド (GFP プラスミド) を作製したい。使用する切断したプラスミド P として適当なものを、図 1 の (ア)~(エ) から選び、記号で答えよ。ただし、転写はプロモーターの矢印の方向に進むものとし、cDNA はプラスミド P の切断箇所に挿入するものとする。

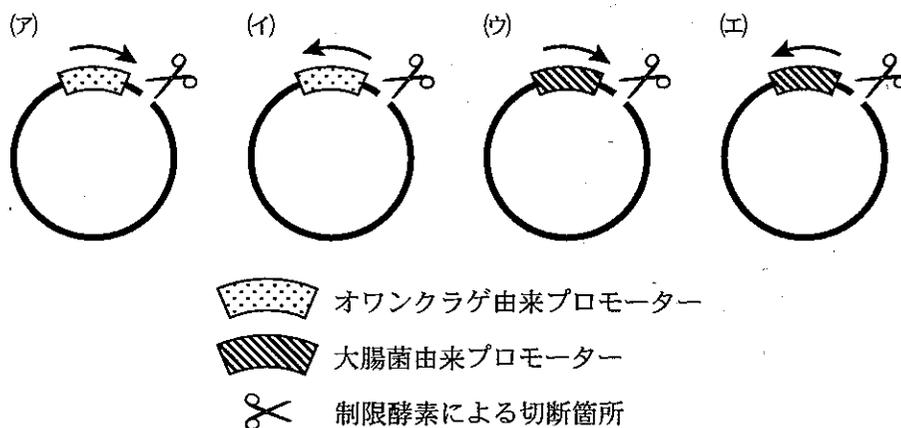


図 1

問 5 GFP の cDNA と制限酵素で切断したプラスミド P を連結するための反応溶液を調製したい。以下の問に答えよ。

- (1) cDNA と切断したプラスミド P を結合するために必要な酵素は何か、その名称を記せ。
- (2) 表 1 に示したように、試薬溶液を混ぜ合わせ、滅菌水を加えて最終的に 50 μL の反応溶液を作製する。反応液に加える各試薬溶液の量 (μL) を求めて表 1 を完成させ、空欄 a と b に入る数値をそれぞれ記せ。

表 1 反応溶液の調製

試薬溶液名	反応液に加える試薬溶液の量	希釈後の反応溶液中の濃度
切断したプラスミド P (100 ng/ μL)	<input type="text"/> μL	2 ng/ μL
GFP の cDNA (500 ng/ μL)	2 μL	20 ng/ μL
10 倍濃縮 酵素反应用緩衝溶液	5 μL	1 倍
0.5 % ATP 溶液	<input type="text"/> μL	0.01 %
酵素 (1000 単位/ μL)	<input type="text"/> a μL	20 単位/ μL
滅菌水	<input type="text"/> b μL	
合計	50 μL	

問 6 表 1 のとおりに調製した反応溶液を室温で 1 時間反応させた後、できたプラスミドを大腸菌に取り込ませ、寒天培地の上で一晩、37℃で培養した。寒天培地にできた大腸菌のコロニーからプラスミドを単離し、制限酵素 E で切断されてできる DNA 断片の長さから、GFP プラスミドが同定できる。図 2 は、完成した GFP プラスミドの制限酵素切断地図である。6 個の独立した大腸菌コロニーから単離したプラスミドを制限酵素 E で切断後、アガロースゲル電気泳動によって切断された DNA 断片の長さを確認したところ、図 3 のようになっていた。制限酵素 E によりプラスミドは完全に切断されているものとして、以下の問に答えよ。

- (1) GFP の cDNA が入っていないプラスミドはどれか、図 3 の①～⑥のプラスミドからすべて選び、番号で答えよ。
- (2) GFP 遺伝子の開始コドンを含む DNA 断片は図 3 のどのバンドに含まれるか、(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えよ。
- (3) 形質転換した大腸菌が緑色蛍光を示すプラスミドはどれか、図 3 の①～⑥のプラスミドからすべて選び、番号で答えよ。

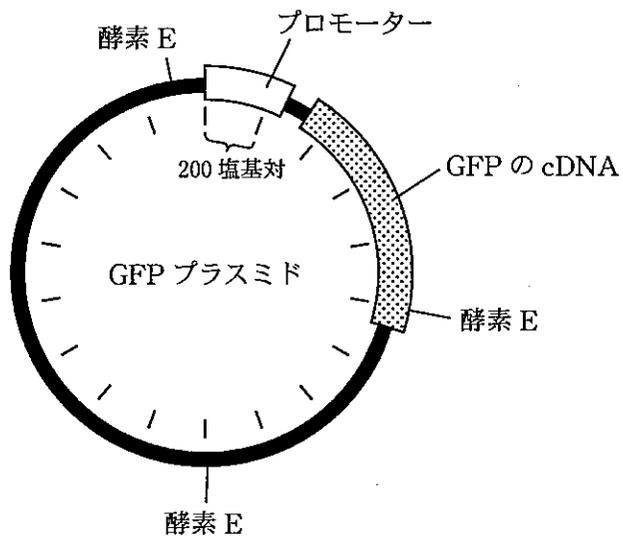


図2 GFP プラスミドの制限酵素切断地図
 図内の目盛りは塩基対の長さを表す。
 酵素 E は制限酵素 E で切断される位置を示す。

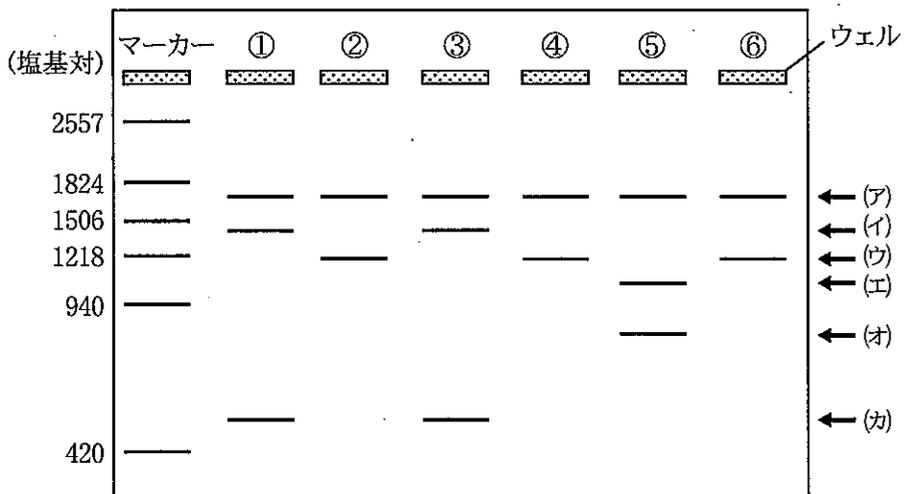


図3 アガロースゲル電気泳動結果の模式図

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

進化が起こるためには突然変異による遺伝子の変化が必要であり、個体レベルで生じた突然変異が集団全体に広がっていく必要がある。そこで、集団がもつ遺伝子の集合全体を [1] とよび、 [1] における対立遺伝子の頻度(遺伝子頻度)の変化によって進化を考える必要がある。

遺伝子頻度はさまざまな要因によって変化するが、集団の大きさが十分に大きく自由に交配する、個体間に生存・繁殖力の差がない、 [A] , [B] という一定の条件を備えた [1] をもつ集団では、遺伝子頻度は世代をこえて変化しない。これをハーディ・ワインベルグの法則といい、これらの条件が満たされなければ、進化が起こる可能性がある。

生息環境において生存・繁殖に有利な突然変異が生じた個体は、他の個体よりも子を残しやすくなる。これを [2] といい、 [2] の過程で集団内の遺伝子頻度が増加する。しかし、ゲノム中のDNAの塩基配列に起こる突然変異の中で、生存・繁殖に有利なものは非常にまれであり、 [2] に対して有利でも不利でもないものがほとんどである。このような考えを [3] 説といい、 [3] 的な突然変異が生じた遺伝子は偶然によって集団全体に広がる可能性がある。このような偶然による遺伝子頻度の変化を [4] という。

[3] 的な突然変異は [2] を受けず一定の確率で蓄積するため、共通の起源をもつDNAの塩基配列を比較することで、種間の類縁関係や種が分かれた時期などを推測することができる。

問1 文章中の [1] ～ [4] にあてはまる語句を記せ。

問2 [A] および [B] にあてはまるハーディ・ワインベルグの法則が成立するために必要な条件を記せ。ただし、解答の順序は問わない。

問 3 ある生物の個体群において、対立遺伝子 A と a で決まる形質があり、遺伝子 A は a に対して優性で、優性形質をもつ個体が全体の 91% 存在したとする。この集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成立するものとして、以下の問に答えよ。

- (1) この個体群における遺伝子 A と a の遺伝子頻度を、それぞれ p と q (ただし $p + q = 1$) とする。 p と q の値を求めよ。
- (2) この個体群のある世代において一時的に環境の変化が起こり、劣性形質を持つ個体がすべて死亡したとする。劣性形質を持つ個体がすべて死亡した直後の集団における遺伝子型 AA をもつ個体の割合 (%) を、四捨五入して小数第 1 位まで記せ。また、劣性形質を持つ個体がすべて死亡してから、次の世代が生じるまでに環境が元に戻ったとする。次の世代の集団における遺伝子 A の遺伝子頻度を四捨五入して小数第 2 位まで記せ。

問 4 下線部に関連して、種 $A \sim F$ について特定の遺伝子の一部の塩基配列を決定したところ、表 1 のようであった。これらの塩基配列をもとに、塩基の変化の回数が最小になるように系統樹を作成したところ、図 1 のようになった。なお、種 A は、種 $B \sim F$ と系統的に最も遠く離れていることが分かっているとする。以下の問に答えよ。

- (1) 図 1 の系統樹の(ア)～(エ)にはそれぞれ、種 $B \sim E$ のいずれかが入る。(ア) および(ウ)に入る最も適切な種を記せ。
- (2) この系統樹における矢印で示した枝では、何番目の塩基で変化が起こったと推定されるか、塩基の番号を記せ。
- (3) この系統樹では、塩基の変化は合計で何回起こったと推定されるか、回数を記せ。

表1 種 A ~ F の DNA 塩基配列

種 \ 塩基の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
種 A	T	C	C	A	T	G	C	A	G	C
種 B	・	・	・	T	・	・	G	・	C	A
種 C	A	・	・	T	A	・	G	・	C	・
種 D	・	・	・	T	C	・	・	・	C	・
種 E	・	G	・	T	・	・	・	・	・	・
種 F	A	G	・	T	・	・	G	・	C	・

「・」は種 A と同じ塩基であることを示す。

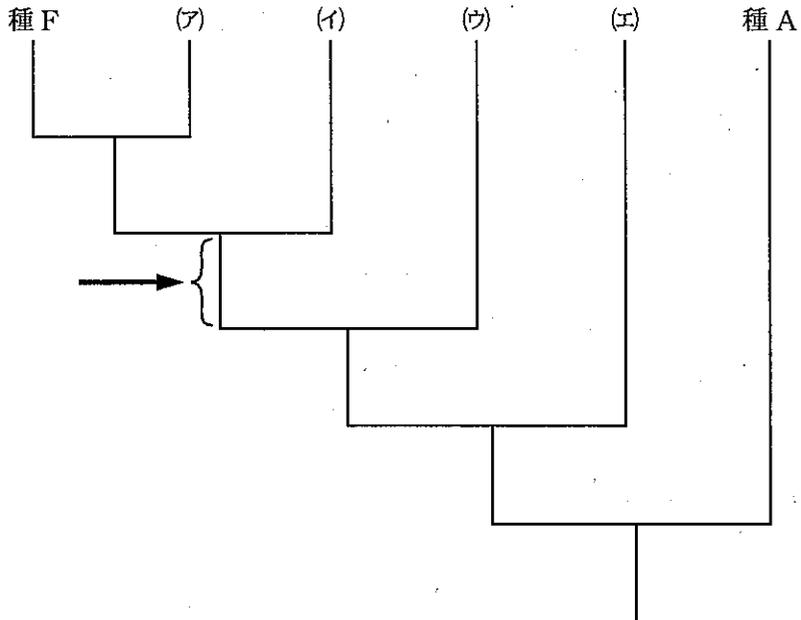


図1 塩基配列(表1)をもとに推定した種 A ~ F の系統樹

4 次の文章を読み、問1と問2に答えよ。

獲得免疫は、リンパ球が主体となり体内に侵入した病原体などの異物(抗原)を特異的に排除する生体防御のしくみである。さまざまな抗原に対応したリンパ球が [1] でつくられ、その後、他の器官で成熟する。異物(抗原)だけでなく、自己の成分を認識するリンパ球も生じるが、その多くは選別され排除されることによって、自己の成分には免疫反応が生じないようにしており、この現象を [2] の獲得という。

また、私たちの体を構成する細胞の表面には、自分の細胞と他人の細胞とを区別する標識に相当するタンパク質、 [3] が存在し、T細胞がそのタンパク質を認識して自己と非自己を区別している。ヒトの [3] は、白血球の細胞表面に存在する [4] と呼ばれ、非血縁者との間で一致する確率は非常に低く、両親を同じくする兄弟間で一致する確率は約 [5] %である。ヒトの臓器移植では [4] の型が一致した者どうしで行われることが望ましいが、ほとんどの場合、完全には一致しないため、手術後に [6] を起こさないように免疫抑制剤を用いる。

私たちの体で免疫のシステムがさまざまな原因で正常にはたらかなくなると、免疫不全疾患とよばれる病気が起こる。その1つに後天性免疫不全症候群(AIDS)があり、AIDSは [7] の感染により発症する。 [7] は、 [8] に感染し、破壊する。 [8] の破壊の結果、獲得免疫がはたらかなくなるため、AIDSの患者は、健康な人では通常は感染しない感染症にかかり易くなる。これを [9] 感染という。

問 1 文章中の [1] ~ [7] , [9] にあてはまる語句または数値を記せ。また, [8] にあてはまる語句を以下の(ア)~(キ)から選び, 記号で答えよ。

(ア) ナチュラルキラー細胞

(イ) B細胞

(ウ) ヘルパー T細胞

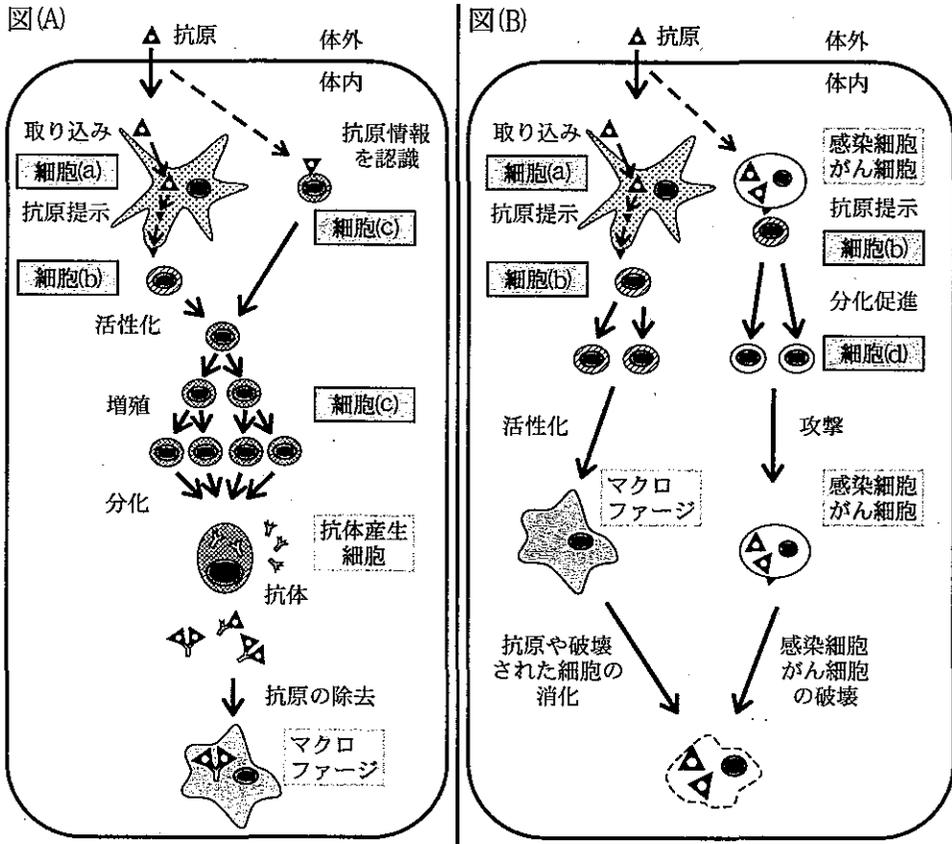
(エ) キラー T細胞

(オ) 肥満細胞

(カ) 樹状細胞

(キ) 好中球

問 2 図(A), 図(B)は獲得免疫のしくみを示している。以下の問に答えよ。



(1) 図(A), 図(B)の免疫をそれぞれ何と呼ぶか。その名称を記せ。

(2) 図(A), 図(B)中の細胞(a)~細胞(d)にあてはまるものを以下の(ア)~(キ)から選び, 記号で答えよ。

(ア) ナチュラルキラー細胞

(イ) B細胞

(ウ) ヘルパー T細胞

(エ) キラー T細胞

(オ) 肥満細胞

(カ) 樹状細胞

(キ) 好中球

(3) 図(A), 図(B)のはたらきに関与するものを以下の(ア)~(エ)からすべて選び, 記号で答えよ。

(ア) 花粉症

(イ) 好中球の食作用

(ウ) ツベルクリン反応検査

(エ) インフルエンザ予防接種

5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

ほとんどの神経細胞(ニューロン)は閾値以上の強さの刺激を受けると、その軸索で活動電位が発生する。静止状態のニューロンは、細胞膜の外側に対して内側が [1] に帯電しているが、活動電位の発生時には、この電気的な関係が逆転する。活動電位は、細胞膜を介したイオンの流れにより生じる。すなわち最初に [2] の [3] が起き、その直後に [4] の [5] が起こる。

ニューロンは他のニューロンや効果器と連絡して情報を伝達する。この接続部分をシナプスという。シナプスにおいて、情報を渡すニューロンの神経終末の内部には神経伝達物質が入った小さな顆粒が数多く見られる。興奮が神経終末まで伝わり、^①ここから神経伝達物質がシナプス間隙へ放出される。神経伝達物質は情報を受け取るニューロンに作用すると、イオンチャネルの開閉を引き起こす。一度放出された神経伝達物質は、情報を受け取るニューロンが次の伝達に応じられるように、すみやかに^②処理を受ける。

シナプスにおける情報伝達は動物の^③学習と密接に関わる。アメフラシは、学習の研究でよく用いられる海産の軟体動物であり、水管から海水を出し入れすることにより、えらで呼吸を行う。水管に接触刺激を与えると、えらの筋肉の収縮が起こり、えらは引き込む。この反応は、えら引っ込み反射とよばれ、水管の感覚ニューロンとえらの運動ニューロンが1つのシナプスを介して連絡する神経回路のはたらきによって生じる。水管への接触刺激を繰り返し与えてみる。すると、^④えら引っ込み反射は、慣れとよばれる現象を起こす。水管への繰り返し刺激によってすでに慣れを起こした動物に対して、電気ショックのような強い刺激を尾部に与える。すると水管の接触刺激に対するえらの反応には、^⑤脱慣れまたは鋭敏化と呼ばれる現象が起こる。以上の現象は、図1に示す神経回路で起こる。

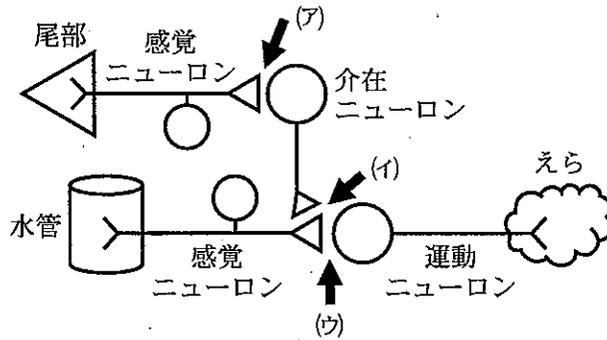


図1

問1 文章中の には、「正」または「負」のいずれがあてはまるか、答えよ。

問2 文章中の ~ にあてはまる組み合わせとして正しいものを以下の(ア)~(ク)から選び、記号で答えよ。

記号	2	3	4	5
(ア)	カリウムイオン	流入	ナトリウムイオン	流入
(イ)	カリウムイオン	流入	ナトリウムイオン	流出
(ウ)	カリウムイオン	流出	ナトリウムイオン	流入
(エ)	カリウムイオン	流出	ナトリウムイオン	流出
(オ)	ナトリウムイオン	流入	カリウムイオン	流入
(カ)	ナトリウムイオン	流入	カリウムイオン	流出
(キ)	ナトリウムイオン	流出	カリウムイオン	流入
(ク)	ナトリウムイオン	流出	カリウムイオン	流出

問3 下線部①の構造を何と呼ぶか、その名称を記せ。

問4 下線部②の処理には2種類ある。それぞれどのようなものか、20字以内で述べよ。

問 5 下線部③について、学習の例として適当ではないものを以下の(ア)~(オ)から

2つ選び、記号で答えよ。

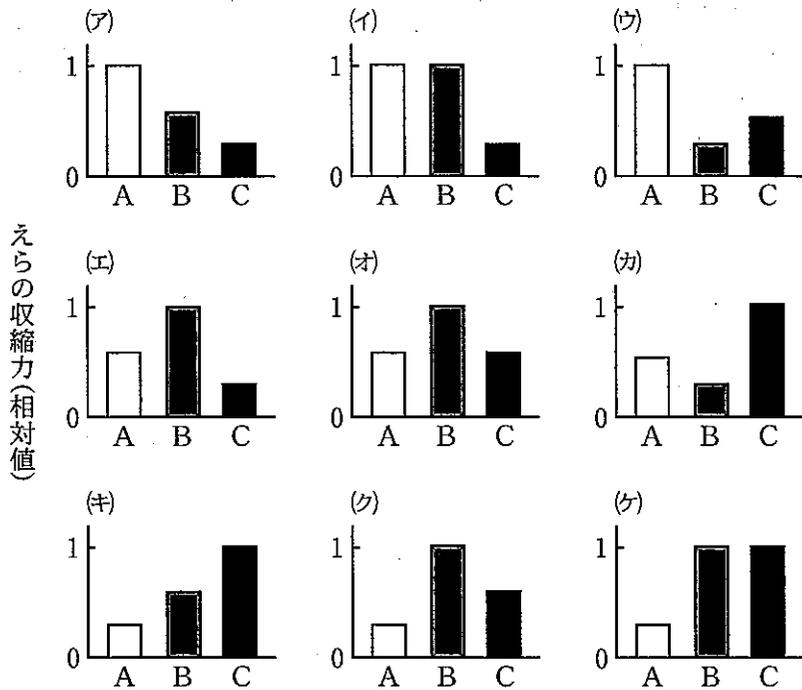
- (ア) チンパンジーが道具を使う仲間を見て、それを真似る。
- (イ) ヒトが熱いものに手を触れた瞬間、手を引っ込める。
- (ウ) ネズミに突然大きな音を聞かせると最初は大きく飛び上がるが、これを繰り返すと徐々に反応が鈍くなる。
- (エ) ある種のガは、コウモリが発する超音波を知覚すると急速に飛行コースを変え、コウモリの捕食から逃れる。
- (オ) 親鳥から離されたひな鳥は、ふ化直後に見た電動おもちゃの後を追う。

問 6 下線部④について、以下の間に答えよ。

- (1) 図1の(ア)、(イ)、(ウ)はそれぞれシナプスを示す。慣れが起こるシナプスを記号で答えよ。
- (2) (1)で答えたシナプスで起こる現象について、50字以内で説明せよ。

問 7 えら引っ込め反射の程度は、えらの収縮力と比例関係にあるものとする。

慣れが起こる前の、最初のえらの収縮力を A、慣れが起こった時のえらの収縮力を B、脱慣れまたは鋭敏化(下線部⑤)が起こった時の収縮力を C とする。以下の(ア)~(ケ)から、A、B、C の組み合わせとして可能性があるものをすべて選び、記号で答えよ。なお縦軸はえらの収縮力をグラフごとの相対値(最大値を 1 とする)として示す。



6 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

生物種間だけでなく同種の個体群内の個体間においても、食物やすみか、繁殖を巡るさまざまな関係がみられる。

ニホンザルやスズメ、マイワシで見られるような同種の個体どうしが集まって統一的な行動をとる集団を群れという。群れを構成する各個体は単独で行動するよりも摂食や捕食回避、繁殖などの面で利益がある。その一方で、個体数が増えると、食物を巡る種内競争が激化したり、生息環境が悪化するなどの不利益も生じる。このような現象を密度効果という。そのため、群れの はこれらの利益と不利益のバランスによって決まると考えられている。群れを構成する個体の優劣関係によって群れの秩序が保たれているような場合、これを という。

アユは春になると群れで海から河川を遡上し、その一部の個体は河床に縄張りを形成する。この縄張りは河床の岩に付着する餌となる藻類を他個体から防衛するためのものである。縄張りを維持するには、縄張りを見回ったり、侵入個体を追い払うなどの労力が必要であり、その労力は一般に縄張りの大きさに伴って大きくなる。その労力よりも縄張りを形成することで得られる利益が大きい場合に縄張りが成立する。

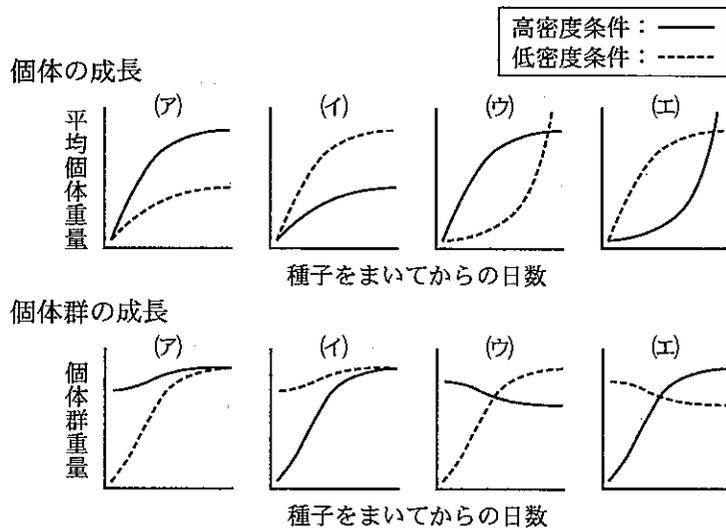
ミナミゾウアザラシでは、個体群の中で体が大きく、争いに強い優位雄が他の雄から多くの雌を防衛してハレムと呼ばれる群れを形成する。ハレム内の雌はその優位雄とつがうため、つがい関係は一夫多妻制となる。さまざまな動物において、雌雄がどのような様式のつがい関係をとるかは と密接に関連している場合もある。 に両親が不可欠な場合が多い鳥類では一夫一妻制の種が多い。

問1 本文中の ～ にあてはまる語句を以下の(ア)～(ケ)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|----------|----------|
| (ア) 順位制 | (イ) 血縁認識 | (ウ) 社会性 |
| (エ) カースト制 | (オ) 形 | (カ) 子の保護 |
| (キ) 性比 | (ク) 大きさ | (ケ) 種間競争 |

問 2 下線部①と②について、以下の問に答えよ。

- (1) 下線部①の密度効果は植物においても起こる。ある植物を一定面積の耕地に高密度条件と低密度条件で栽培した。それぞれの条件における平均個体重量と個体群重量はどのように変化すると予想されるか。種子をまいてからの平均個体重量の変化(個体の成長)と個体群重量の変化(個体群の成長)をそれぞれグラフで示した以下の(ア)~(エ)から最も適切なものを1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、密度以外の栽培条件は同一とする。



- (2) 下線部②の「群れの秩序が保たれている」とはどのような状態のことか。正しい説明を以下の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 優位個体が常に劣位個体を攻撃し続け、群れ内の優劣関係が維持されている状態
- (イ) 劣位個体が常に優位個体を攻撃し続け、群れ内の個体間の競争が活性化されている状態
- (ウ) 群れ内の個体間の争いが無くなり、群れ内の優劣関係が消失している状態
- (エ) 劣位個体が優位個体との争いを避け、群れ内の個体間の競争が緩和されている状態

問 3 下線部③の縄張りの大きさは、その縄張りをもつ個体の状況によって変化する。図1は、ある個体の縄張りの大きさに対する縄張りを形成することで得られる利益と縄張り維持に要する労力の関係を表したグラフである。以下の問に答えよ。

(1) 図1の(a)~(e)から個体にとって最適な縄張りの大きさに最も近いものを1つ選び、記号で答えよ。

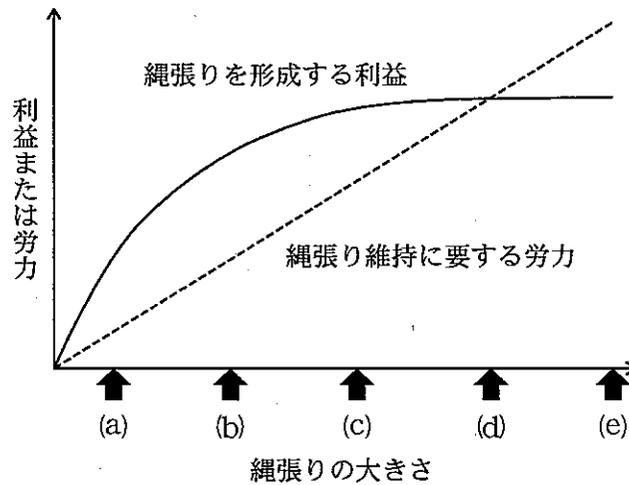


図1

(2) 図1で表された個体が最適な大きさの縄張りを維持しているとする。今、この個体が属する個体群の密度が高くなった。ただし、密度が高くなっても縄張りの大きさと縄張りを形成する利益の関係(図1の曲線)は変わらないものとする。以下の文章はその場合のこの個体の変化について記したものである。文章中の ~ に当てはまる語句として正しいものを以下の(ア)~(ウ)から選び、答えよ。同じものを繰り返し選んでもよい。

同じ大きさの縄張りを維持しようとする、その労力は 。すると、最適な縄張りの大きさは 。そのため、縄張りを形成する利益から維持に要する労力を引いた正味の利益は 。

(ア) 大きくなる (イ) 小さくなる (ウ) 変わらない

- (3) アユでは個体群密度が極端に高くなったり、低くなったりすると縄張りを作る個体の割合が減少することがある。その理由をそれぞれ40字以内で記せ。

問 4 下線部④の一夫多妻制のつがい関係は、必ずしも雄間の力関係だけで決まるわけではなく、多くの動物で雌がつがい相手の雄を選ぶことでも生じることが知られている。ある種の鳥類は繁殖期になると雄が縄張りを作り、そこに雌が訪れて繁殖する。雌が繁殖するつがい相手の雄を選ぶ基準は、その雄が持つ縄張りから自分がどれだけ利益を得られるかである。

この鳥の繁殖地を訪れたところ、表1のようにA～Eの5個体の雄が縄張りを作っており、その縄張りの質には雄間で差が見られた。また、すでに雌とつがい関係を持ち繁殖を始めている雄(雄B, 雄C)もいた。その後新たに5個体の雌(第1～第5訪問雌)が順に訪れて、つがい相手となる雄を選ぶ様子が観察された。第1, 第2, 第5訪問雌がそれぞれどの雄を選んだか、A～Eの記号で答えよ。ただし、雄1個体が受け入れる雌は2個体までである。また、雌の利益は、縄張り内の雌間で均等に分割されるとする。

表1

雄個体	*縄張りの質	縄張り内の雌の数
A	3.1	0
B	17.6	1
C	10.6	1
D	4.4	0
E	8.5	0

*雄の縄張りの質は、縄張りの広さや縄張り内の餌の量等から算出したもので、数値が大きいほど質が高い。なお縄張りの質は繁殖期間中変わらないものとする。雌は縄張りの質が高いほど高い利益が得られるとする。

地 学

1 エルニーニョ現象に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

問 1 エルニーニョ現象とは、赤道域の中・東部太平洋の海面水温が平年より高い状態で一定の期間持続する現象のことである。この領域の海面水温は場所によって異なることが知られている。その原因となる海水の鉛直運動の名称一つを答えよ。

問 2 次の文章の中の語群①～②について最も当てはまる語句を、それぞれの語群から1つ選び記号で答えよ。

エルニーニョ現象が発生している期間は、貿易風の強さは平年と比べて(①・a. 強い b. 弱い c. 変わらない)。またエルニーニョ現象が発生する頻度は(② a. 1年ごと b. 2～6年ごと c. 8～12年ごと)と考えられている。

問 3 次の文章中のア～ウに当てはまる語句を答えよ。

大気側に起こる現象として、太平洋の東部と西部の海面気圧の差が周期的に変わる事象は(ア)振動と呼ばれている。またエルニーニョ現象の逆の状態は(イ)現象と呼ばれている。エルニーニョ現象自体は熱帯で生じるが、その影響は熱帯のみならず中緯度の気象にも及ぶことが知られている。このように、ある地域の気象の影響が離れた場所にも及ぶ現象をテレ(ウ)と言う。

問 4 エルニーニョ現象が発生している期間の日本付近では、夏に北太平洋高気①
圧が弱まること、また冬に亜熱帯高圧帯が強まる②ことが知られている。下線
部①、②の場合に日本付近の気温は平年と比べて高くなるか低くなるか各々
答えよ。

2 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

マグマとは、一般に地下深部において、融点を超える条件下で岩石が融けることにより形成された高温の液体のことを指し、しばしば、火山の噴火活動などでその姿を見ることができる。このようなマグマが冷え固まって形成された岩石は **ア** と総称され、岩石組織の違いによりさらに深成岩や火山岩などに分類される。^(a)

複数の鉱物により構成される岩石が融ける場合、まず、鉱物と鉱物の境界部から融け始め、さらに融け易い成分や鉱物が先に融け、融けにくい成分や鉱物が残り、決して一様に融けていくのではない。このような溶融過程のことを **イ** 溶融と呼び、これにより融ける前の岩石とは異なった組成をもつマグマが形成される。^(b)

岩石の **イ** 溶融により形成されたマグマは、その主成分である **ウ** の含有率により、玄武岩質マグマ、安山岩質マグマ、流紋岩質マグマなどに分類される。そして、これらのマグマの粘性度は、玄武岩質マグマよりも流紋岩質マグマの方が (① a. 高 b. 低)く、マグマの温度は、玄武岩質マグマよりも流紋岩質マグマの方が (② a. 高 b. 低)いという性質をもつ。

地下深部で形成されたマグマが地表に向かって上昇しながら次第に冷え固まっていくと、玄武岩質マグマの場合、まず、マグマの中でかんらん石の結晶が形成され、その後、輝石やカルシウムに富む斜長石の結晶が形成される。特に、かんらん石や輝石が形成される際は、マグマ中のマグネシウムや鉄といった元素が多く消費されるため、マグマ中のこれらの元素が減少し、初生的には玄武岩質であったマグマの組成が徐々に変化していく。この過程をマグマの **エ** 過程^(c) と言う。

問 1 文中の **ア** ~ **エ** に適切な語句を入れよ。

問 2 文中の語群①と②について最も当てはまる語句を、それぞれの語群から 1 つ選び記号で答えよ。

問 3 下線部(a)に示す「岩石組織の違い」とは、具体的にどのような違いなのか。深成岩と火山岩の岩石組織の特徴について、以下の文中の ～ に適当な語句を入れよ。

深成岩は、比較的粗粒な鉱物により構成され、このような岩石組織を 組織と呼ぶ。一方で、火山岩は 質の物質や細粒の鉱物により構成される石基を主体とし、それにしばしば と呼ばれる比較的粗粒で 形の鉱物が含まれる。このような岩石組織を 組織と呼ぶ。

問 4 下線部(b)に関連して、玄武岩質マグマは、一般に地下深部のどのような岩石が融けることにより形成されるのか。その岩石の名称として適切なものを、次から1つ選び記号で答えよ。

- a かんらん岩
- b 花こう岩
- c 斑れい岩
- d 閃緑岩せんりょく

問 5 下線部(c)に示す「マグマの組成が徐々に変化していく」とは具体的にどのように変化していくのか。玄武岩質、安山岩質、流紋岩質という3つの用語を用い30字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

太陽系の惑星は大別して2つのグループに分けられている。その一つは、**ア**型惑星で、主に岩石と金属から構成され、半径は小さいが平均密度が大きく、固体の表面を持つという特徴がある。もう一つは、**イ**型惑星で、水素とヘリウムを成分として多く含み、半径は大きいが平均密度が小さく、固体の表面を持たない。**イ**型惑星のなかで、**ウ**は太陽系の惑星の中で最も平均密度が小さく、とても目立つリング（環）を持っている。

太陽系には惑星の他にも多くの天体が存在する。そのなかで、**エ**の公転軌道の外側にある天体は**イ**と呼ばれる。2006年まで惑星と呼ばれていた冥王星は、現在は**イ**に分類されている。また、**イ**の公転軌道の内側には**ロ**と呼ばれる天体が存在し、その大部分は**オ**の公転軌道と**イ**の公転軌道との間に位置している。その他、細長い楕円軌道を描き太陽と反対方向に延びる特徴的な尾を持つ**ハ**や、惑星のまわりを回る**ニ**もある。

太陽系は今から約**ク**年前、星間雲の密度の高い部分が、自らの重力によって収縮することで生まれたと考えられている。その際、星間物質のほとんどは中心部に集まって原始太陽になり、残りの星間物質は回^①転運動により太陽のまわりをまわる円盤を形成した。これを原始惑星系円盤^(註)という。その後、原始惑星系円盤に含まれていた固体微粒子が円盤の中心面（赤道面）に集まり、それが集積して直径が1～10 km程度の微惑星が多数形成された。そして、微惑星は衝突・合体をくり返して成長し原始惑星を形成したと考えられている。太陽に近い領域では、岩石や金属を主成分とする**オ**くらいの大きさの原始惑星が10～20個形成され、それらが衝突・合体して**ア**型惑星が形成された。太陽から遠い領域では、太陽に近い領域よりも大きな原始惑星が形成され、その強い重力のため、原始惑星系円盤のガスをとらえて、大きな**イ**型惑星が形成されたと考えられている。

(注) 原始太陽系星雲ともいう

問 1 ～ に当てはまる太陽系の惑星の名称をそれぞれ答えよ。

問 2 ～ に当てはまる最も適切な天体名を、次の a～d より 1 つずつ選び記号で答えよ。

a 太陽系外縁天体 b 小惑星 c 彗星 d 衛星

問 3 に当てはまる最も適切な数を、次の a～d より 1 つ選び記号で答えよ。

a 450 億 b 138 億 c 46 億 d 38 億

問 4 下線部①に関して、星間物質に含まれる元素の量を質量比で表した時に、それが最大となる元素名を答えよ。

問 5 下線部②に関して、原始太陽が収縮し中心部の温度が約 1000 万 K 以上になると、中心部で水素がヘリウムに変わる核融合反応が始まり安定に輝くようになる。この段階に到達した恒星は一般にどのように呼ばれているか、その名称を答えよ。

問 6 下線部③に関して、太陽から遠い領域は、固体微粒子の主成分が、太陽に近い領域のそれとは異なっていた。どのように異なっていたのかを、その原因も含めて 80 字以内で説明せよ。

4 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

地震そのものの大きさをはかるものさしはマグニチュードである。マグニチュードが1大きくなると、地震のエネルギーは約 倍大きくなる。一方、地震による各地点のゆれの強さをはかるものさしは震度である。わが国では現在、気象庁の定めた 段階の震度が用いられている。この震度階級における最大の震度は、震度 である。

地震は、近い場所や近い時間で群れて発生する場合が多い。この地震の群れの中で最も大きい地震を 震、 震の前に起こった地震を 震、 震の後に起こった地震を 震という。

地震は断層のずれにより発生する。各観測点で観測されるP波の最初のゆれは、震源から外側に向かう「押し」の波か、震源方向に向かう「引き」の波のいずれかである。震源から「押し」の波が出る方向と「引き」の波が出る方向は、断層のずれる向きと関係している。 ^① また「押し」と「引き」の空間分布から、どの方向に力がはたらいて地震が起こったのかを知ることができる。 ^② 断層の動き方の種類のうち、断層を境にして上側にある地盤がずり上がる断層を 断層、断層を境にして上側にある地盤がずり落ちる断層を 断層という。

問1 ～ に適切な数を入れよ。

問2 ～ に適切な漢字1字を入れよ。

問 3 下線部①に関連して、図1のような断層運動が起こった場合、P波の最初のゆれにおいて「押し」と「引き」の波の発生する領域はどのように分かれるだろうか。解答用紙中の図に、「押し」と「引き」の領域の境界を、線を引いて示せ。また「押し」の領域には「押し」、 「引き」の領域には「引き」の文字を書き入れよ。なお図1の断層は、傾斜は90度（垂直）で走向は北東－南西、北西側の地盤が南西方向に、南東側の地盤が北東方向にそれぞれ水平に動いたものとする。

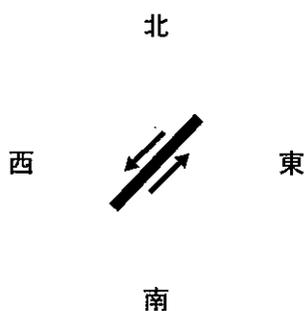


図1

問 4 下線部②に関連して、図1の断層運動は、どの方向にどのような力が働いて起こったといえるか、30字以内で述べよ。