

平成30年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～15
化 学.....	16～28
生 物.....	29～53
地 学.....	54～62

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. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 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。

I 図1のように、水平な床と 45° の角をなす斜面を持った台の上で、ばね定数 k [N/m]、自然長 L [m]の軽いばねの下端が斜面上の壁に固定されており、上端に質量 m [kg]の小球がつながれている。ばねの下端の位置を原点 O として、斜面と平行で上向きに x 軸をとる。台は床に固定されており、すべての摩擦および空気抵抗は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。

はじめに、ばねの自然長の位置 ($x = L$) で、ばねが伸びる方向に小球に初速度 v_0 [m/s]を与えた。すると、小球は x 軸方向に沿って周期 T [s]の単振動をはじめた。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) つり合いの位置でのばねの縮み量 Δx [m]を、 v_0 , k , m , g , L のうち、必要なものを用いて表せ。
- (2) つり合いの位置での小球の速さ v_1 [m/s]を、 v_0 , k , m , g , L のうち、必要なものを用いて表せ。
- (3) 単振動の中心 x_1 [m]を、 v_0 , k , m , g , L のうち、必要なものを用いて表せ。
- (4) 単振動の振幅 A [m]を、 v_0 , k , m , g , L のうち、必要なものを用いて表せ。
- (5) 運動開始時から小球が初めて単振動の中心を通るまでの時間は $\frac{T}{3}$ [s]であった。このときの初速度の大きさ v_0 [m/s]を、 k , m , g , L のうち、必要なものを用いて表せ。

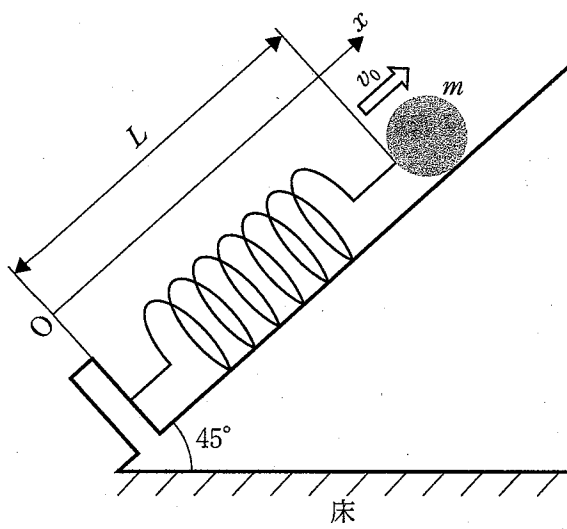


图 1

II 図2のように、高さ h [m]、底面積 S [m²] の円筒形の軽くて薄い容器の底部に、密度 ρ_c [kg/m³] のコンクリートを底面から高さ y [m] まで均等に入れた。そして、その容器を密度 ρ_w [kg/m³] の水中に浮かべたところ、静止した。周りの水と容器の間の摩擦は無視でき、重力加速度の大きさを g [m/s²] として以下の問いに答えよ。

- (6) 水中に浮いて静止しているときの容器の水中部分の高さ l_1 [m] を、 ρ_c 、 ρ_w 、 y 、 h 、 S 、 g のうち、必要なものを用いて表せ。
- (7) 大気圧を P_0 [Pa] とし、このとき容器の底面が水から受けている圧力 P_1 [Pa] を、 P_0 、 ρ_c 、 ρ_w 、 y 、 h 、 S 、 g のうち、必要なものを用いて表せ。
- (8) 次に、容器内に密度 ρ_o [kg/m³] の油を満たし、密閉したところ、図3に示すように、さらに沈んで静止した。このときの水中部分の高さ l_2 [m] を、 ρ_c 、 ρ_o 、 ρ_w 、 y 、 h 、 g のうち、必要なものを用いて表せ。なお、油はコンクリートにしみ込まず、両者の境界面の位置を保つものとする。
- (9) 続いて、(8)の状態から容器を垂直に距離 x [m] だけ沈めてはなしたところ、上下に単振動を始めた。振動中の容器の上面は常に水面から出ている。円周率を π とし、このときの振動の周期 T [s] を、 π 、 l_2 、 g で表せ。

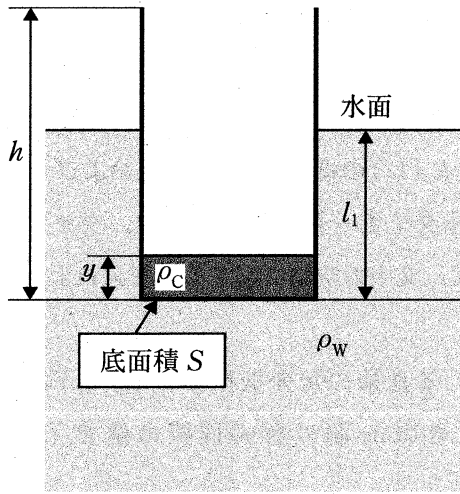


图 2

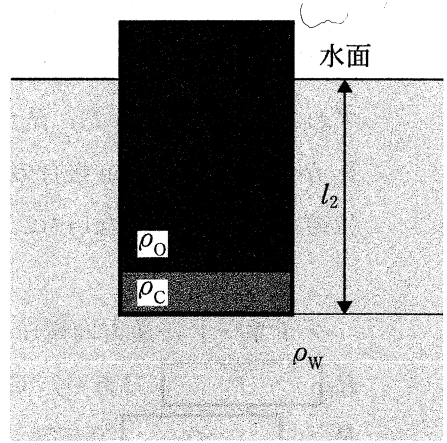


图 3

2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池 E と抵抗値がいずれも0でない R_1 [Ω], R_2 [Ω], R_3 [Ω] の抵抗 R_1 , R_2 , R_3 および可変抵抗 R_4 からなる回路に pn 接合の半導体ダイオード D を接続した。ダイオードには逆方向電流は流れないものとして、文中の空欄に適する式を入れよ。

ダイオードに逆方向電圧が加わるための可変抵抗の値 R_4 [Ω] の条件は R_4 であり、このときの ac 間の合成抵抗の値 R_{ac} [Ω] は、 $R_{ac} =$ である。

可変抵抗の値 R_4 を変化させたところ、ダイオードに順方向電圧が加わり I_d [A] の電流が流れた。このときの ab 間の電圧 V_{ab} [V] は、 $V_{ab} =$ であり、ad 間の電圧 V_{ad} [V] は、 $V_{ad} =$ である。

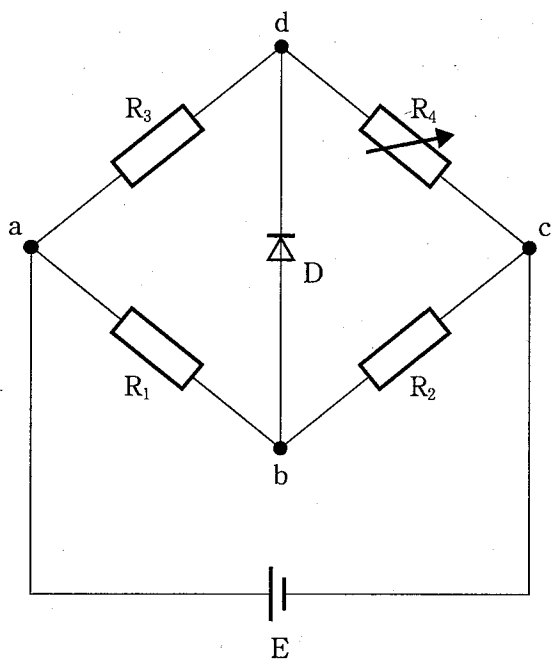


图 1

II 図2のように、原点Oに点電荷 $+Q$ [C]があり、その周りに原点を中心とする内側半径が R [m]の導体球殻（球殻の厚さ t [m]）が接地されて存在する。導体球殻の内側および外側は真空で、クーロンの法則の比例定数を k [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$]、円周率を π とする。

(オ) 点電荷 $+Q$ から出る電気力線の数 N [本]を求めよ。

(カ) 原点から r_1 [m] ($0 < r_1 < R$) だけ離れた点 P_1 の電場（電界）の強さ E_1 [N/C]を求めよ。

(キ) 原点から r_2 [m] ($r_2 > R + t$) だけ離れた点 P_2 の電場（電界）の強さ E_2 [N/C]を求めよ。

(ク) 導体球殻の電位 V [V]を求めよ。

(ケ) 次に、図3のように、原点から r_3 [m]だけ離れた点 P_3 に点電荷 $-q$ [C]を置いた。この点電荷にかかる静電気力の大きさ F [N]とその向きを求めよ。ここで、 r_3 は R より十分に小さく、導体球殻は無視して良いものとする。

(コ) (ケ)で点 P_3 に置いた点電荷 $-q$ を、原点から $r_3 + \Delta r$ [m]だけ離れた点に移動させた。この移動に伴う点電荷 $-q$ が持つ静電気力による位置エネルギーの変化 ΔU [J]を求めよ。ここで、 $r_3 + \Delta r$ は R より十分に小さく、導体球殻は無視して良いものとする。

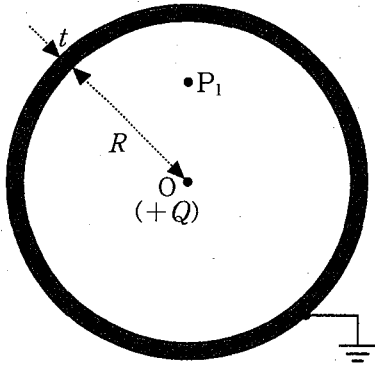


图 2

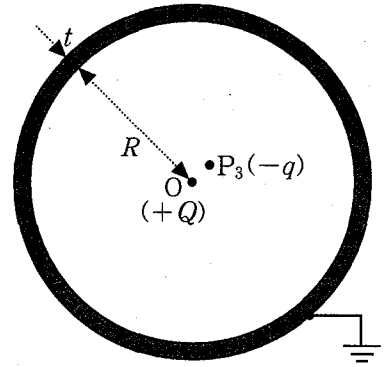


图 3

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I スピードガンは周波数が非常に高い音波やマイクロ波などを動く物体に照射し、物体により反射して戻ってきた波を受信することで、その物体の速度の特定方向成分の速さを測定する装置である。ここでは音波を用いたスピードガンについて考える。文中の空欄に適する式を入れよ。

図のようにスピードガンの音源は点Sで静止し、ボールは点Sと結ぶ方向に対して角度 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の直線上を右方向に速さ v_B [m/s]で移動している。音の速さを V [m/s]、スピードガンの音源が出す音の振動数を f_0 [Hz]とする。

図1のように風がない場合に、スピードガンの音源から出た音を、ボールが受ける音の振動数は、 v_B , V , f_0 , θ を用いて と表せる。また、ボールに反射してスピードガンに戻ってきた音の振動数が f_1 [Hz]であったときボールの速さ v_B は、 V , f_0 , f_1 , θ を用いて と表せる。

一方、図2のようにスピードガンの音源とボールの間を、左向きに風速 w [m/s]の様な風が吹いている場合には、スピードガンの音源から出た音を、ボールが受ける音の振動数は、 v_B , V , f_0 , θ , w を用いて、 と表せる。

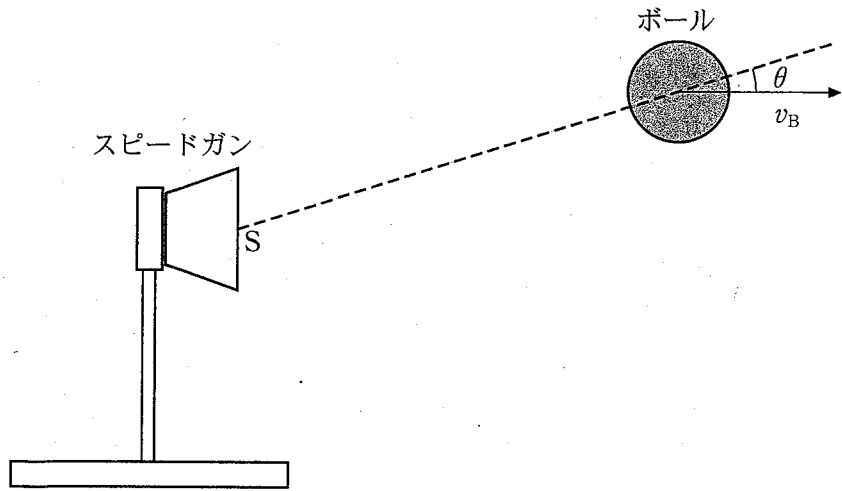


図 1

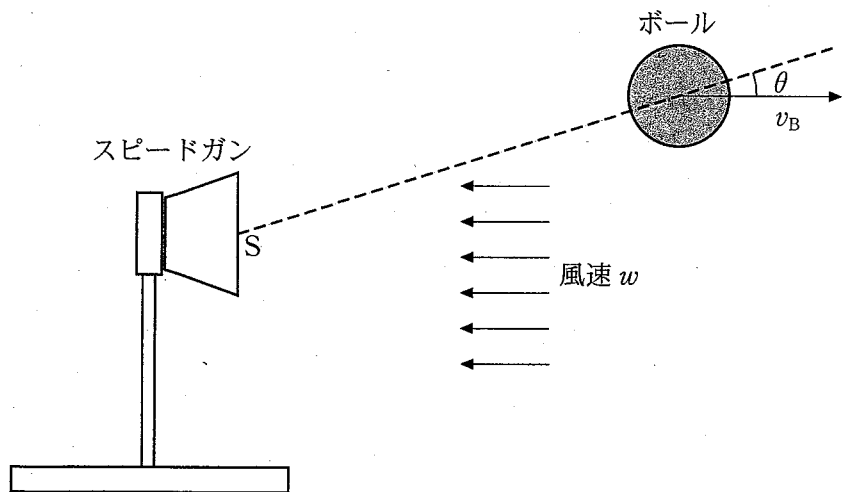


図 2

II 図3のように、空気中に設置した平面ガラス板（以下ガラス板と呼ぶ）の上に一方が平面で他方が半径 R [m] の球面になっている平凸レンズ（以下レンズと呼ぶ）を凸面が下になるようにのせた。このレンズの上側から波長 λ [m] の単色光をガラス板に垂直にあて、レンズの上側から観察するとレンズとガラス板の接点 O を中心とする同心円状の明暗の縞模様が見える。これをニュートンリングという。このニュートンリングは、レンズの下面で反射した光と、ガラス板の上面で反射した光が干渉して生じる。空気の屈折率を1として、レンズ上の点 P におけるリングの半径を r [m]、そこでのガラス板とレンズの間の空気層の厚さを d [m] とすると、点 P での2つの反射光の光路差は $2d$ [m] と表される。さらに、 d は R に比べて十分小さく、 $d \approx \frac{r^2}{2R}$ と近似できるとして、以下の問いに答えよ。

- (d) 点 P において明環が観察される条件式を、 r , λ , R および m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。
- (e) 接点 O を1番目 ($m = 0$) として、3番目 ($m = 2$) に観察される暗環と4番目 ($m = 3$) に観察される暗環の半径の差 Δr [m] を、 λ および R を用いて表せ。
- (f) レンズの上側より、青色の単色光をガラス板に垂直にあててレンズの上側からニュートンリングを観察した。次に、同様に赤色の単色光を垂直にあててニュートンリングを観察した。このとき、どちらの光をあてたときに、接点 O から3番目 ($m = 2$) に観察される暗環の半径が大きくなるかを答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (8) 次に、レンズとガラス板の間を屈折率 n の液体で満たした後、レンズの上側から波長 λ [m] の単色光をガラス板に垂直にあてて、レンズの上側からニュートンリングを観察した。このとき、接点 O から3番目 ($m=2$) に観察される暗環の半径 r_2 [m] を、 λ 、 R および n を用いて表せ。ただし、この液体の屈折率 n はレンズとガラス板の屈折率より小さく、1より大きいものとする。

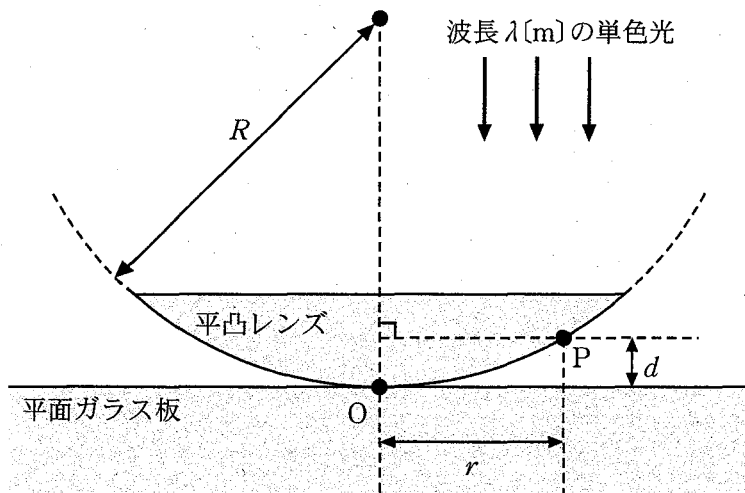


図3

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1のように、ばね定数 k [N/m] のばねのついた、水平方向に滑らかに動く断面積 S [m²] のピストンをもつ容器に、単原子分子の理想気体を入れると、気体の体積 V_1 [m³]、圧力 P_1 [Pa]、温度 T_1 [K] の状態で、ばねは自然の長さとなった。気体をゆっくりと加熱したところ気体が膨張し、図2のように、ピストンが x [m] だけ動き静止した。大気圧は P_0 [Pa] とする。

(a) 加熱前の気体の圧力 P_1 [Pa]、加熱後の気体の体積 V_2 [m³]、圧力 P_2 [Pa]、温度 T_2 [K] を、 k 、 V_1 、 T_1 、 x 、 P_0 、 S のうち、必要なものを用いて表せ。

(b) この過程で、気体が外部にした仕事 W [J]、内部エネルギーの変化 ΔU [J]、気体に加えた熱量 Q [J] を、 k 、 V_1 、 T_1 、 x 、 P_0 、 S のうち、必要なものを用いて表せ。

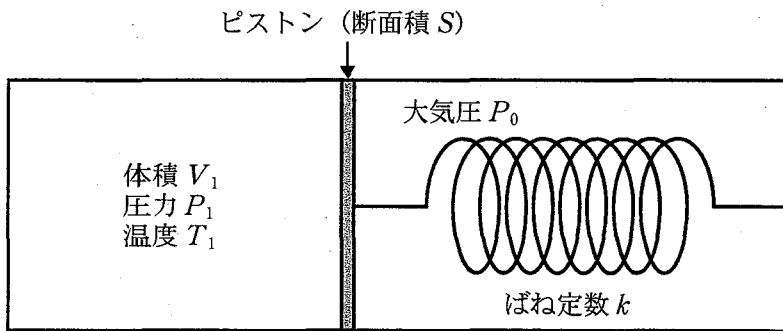


図 1

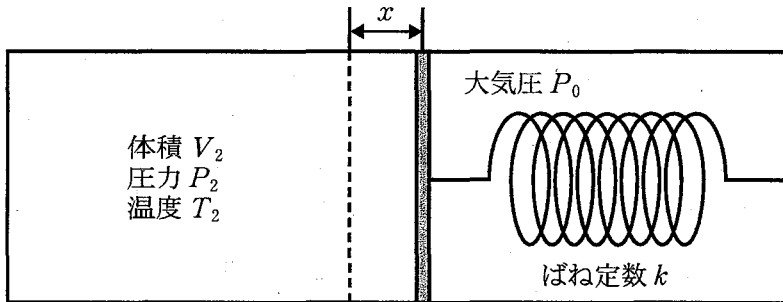


図 2

II 放射線には主なものとして、 α 線、 β 線、 γ 線がある。表1は、それぞれの放射線の性質についてまとめたものである。ただし、 β 線については β^- 崩壊によって生じるもの限定して考える。なお、「 β^- 崩壊」は「 β 崩壊」とも呼ばれる。

表1

放射線	正体	電荷
α 線	(A)	(D)
β 線	(B)	(E)
γ 線	(C)	(F)

(う) 表中の(A), (B), (C)にあてはまる最も適切なものを、下の【語句群】から選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

【語句群】H原子核、電子、超音波、He原子核、ニュートリノ、衝撃波、
Ne原子核、ヒッグス粒子、電磁波

(え) 表中の(D), (E), (F)にあてはまる最も適切なものを、下の【選択肢】から選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。 e は電気素量である。

【選択肢】 $+4e$, $+3e$, $+2e$, $+e$, 0 , $-e$, $-2e$, $-3e$, $-4e$

(お) 放射線の透過力の強さ、および電離作用の強さの大小関係について述べた、以下の【文章】中の(G)~(J)にあてはまる最も適切なものを、下の①~③から選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

【文章】透過力が最も強いのは で、最も弱いのは である。
一方、電離作用が最も強いのは で、最も弱いのは である。

① α 線

② β 線

③ γ 線

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.0, Pb = 207。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ C/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 I および文章 II を読み、問 1 ～ 問 5 に答えよ。

(文章 I)

原子は原子核と電子で構成される。塩素原子 ^{35}Cl の場合、中性子 **ア** 個と陽子 **イ** 個からなる原子核をもち、その原子核のまわりには **イ** 個の電子が取り巻くように存在している。

陽子数は同じでも中性子数が異なるために質量数の異なる **ウ** が存在する元素がある。この中には放射線を放って他の原子に変化するものもあり、放射性 **ウ** とよばれる。たとえば、プルトニウム ^{239}Pu は陽子が 94 個であり、中性子は **エ** 個である。 ^{239}Pu は刺激が与えられると核が分裂し、莫大なエネルギーを放出する。

(文章 II)

周期表の 1, 2 および 12 ～ 18 族の元素は **オ** とよばれ、金属元素と非金属元素が含まれる。金属元素の原子はイオン化エネルギーが小さいものほど価電子を失って陽イオンとなりやすく、非金属元素の原子は電子親和力が大きいものほど陰イオンになりやすい。また、18 族の元素を **カ** とよぶ。

原子がそれぞれのイオンになる際に授受する電子の数を **キ** という。また、周期表の 3 ～ 11 族の元素は **ク** とよばれ、その原子の最外殻電子の数は 1 もしくは 2 個だが、イオンになる際には内側の電子殻の電子を失う様子が違いがある。

問 1 文章中の ア ~ ク に入る適切な語句または数字を記せ。

問 2 元素の原子量は相対質量から導かれる。原子の相対質量とは何か。簡潔に答えよ。

問 3 塩素原子は ^{35}Cl と ^{37}Cl が含まれるため、その原子量は 35.48 である。塩化カリウム KCl の式量が 74.60 であるとき、 ^{39}K と ^{41}K のそれぞれの存在比 (%) はいくらか。計算の過程を含めて、整数値で答えよ。

なお、ここではいずれの原子でも相対質量は質量数と等しいものとし、カリウム原子は ^{39}K と ^{41}K 以外は考慮しないものとする。

問 4 金属の特性や分類または構造を表わす説明として、正しいものを 2 つ選び、記号で答えよ。

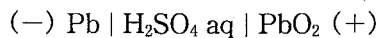
- (a) 展性や延性はほとんどない。
- (b) 2 種以上の金属を融かし合わせたものを合金と呼ぶ。
- (c) 密度が 7 g/cm^3 程度のものが軽金属である。
- (d) 自由電子を持たず、独特の光沢がある。
- (e) ナトリウムやカリウムの結晶は体心立方格子で、その配位数は 8 である。

問 5 Sn , Ag , Ni , Al , Pt , Pb , Fe , Cu の各金属の中で、高温の水蒸気と反応して水素が発生する金属を 2 つ選び、元素記号で記せ。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

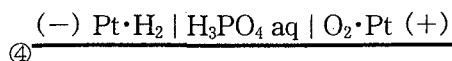
酸化・還元は物質間の酸素あるいは水素の授受によって定義できる。また、物質間の電子の授受をもとに、酸化・還元を説明することもできる。イオンからなる物質の酸化還元反応においては電子の授受はわかりやすいが、共有結合でできた分子が関係する酸化還元反応では、電子の授受はかならずしもはっきりしない。このような場合に酸化数という考え方をを用いると、酸化・還元の関係が明らかになる。

電池は、電子の授受による酸化還元反応に伴って生じるエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。たとえば、鉛蓄電池は次のような構成で表わされる。



この電池では、負極側の鉛原子の酸化数は **ア** で、正極側の鉛原子の酸化数は **イ** であり、両極の間で電子のやりとりが生じる。鉛蓄電池のように、充電により繰り返し使うことができる電池を **ウ** 電池または蓄電池(充電式電池)という。

一方、外部から水素やメタノールなどの還元剤と酸素などの酸化剤を供給する電池を **エ** 電池といい、電解質として高濃度のリン酸水溶液を使用するリン酸型の水素-酸素 **エ** 電池は次のような構成で表わされる。

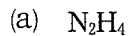


この電池は電気エネルギーへの変換効率が比較的高く、クリーンなエネルギー源として注目されている。

問 1 文章中の ア ~ エ に入る適切な語句または数値を記せ。

問 2 下線部①に関して、電子の授受による酸化の定義を 20 字以内で記せ。

問 3 下線部②に関して、次の(a)および(b)の化合物中の窒素原子の酸化数を答えよ。



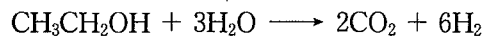
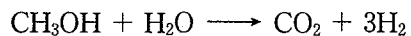
問 4 下線部③で、放電時に負極および正極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

問 5 鉛蓄電池を 0.965 A の一定電流で 20 分間放電させたとき、この放電により変化した正極の質量 [g] 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。

問 6 下線部④の電池で、放電時に負極および正極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 メタノール、エタノールやメタンをそれぞれ触媒存在下で水蒸気と反応させると、次に示す化学反応により水素を生じ、この水素を下線部④の電池の負極側に供給することによって電気エネルギーを取り出すことができる。



同じ質量のメタノール、エタノール、メタンが上記の反応によって完全に二酸化炭素と水素に変換されるとすると、生じた水素から得られる電気量が最も多いものはどれか、物質名で答えよ。また、その物質 1.00 g から生じる電気量 [C] 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。

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)

鉱山から採掘される石灰石は炭酸カルシウム CaCO_3 が主成分であり、日本ではめずらしい自給率 100% の鉱物資源である。炭酸カルシウムの製造工場では純度の向上や粒子の大きさを整えるために石灰石の化学処理が行われており、製造された炭酸カルシウムは「合成炭酸カルシウム」とよばれている。この製造プロセスは 3 段階に分けられる。

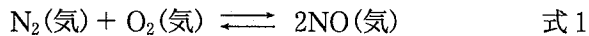
第 1 段階：石灰石を高温で焼くことで熱分解して生石灰を得る。

第 2 段階：生石灰を水に入れ、水と反応させることで消石灰をつくる。

第 3 段階：第 1 段階で生石灰と同時に生成する気体を、第 2 段階で得られた消石灰が含まれた水に通じることで、再び炭酸カルシウムが得られる。

(文章Ⅱ)

窒素酸化物は窒素原子と酸素原子から構成される化合物群の総称である。これらは大気中の水分や酸素と反応することで **ア** などの酸に変わるため、酸性雨の原因物質の 1 つとなっている。空気はおもに窒素と酸素からなるが、常温でこれらが反応して窒素酸化物を生じることはない。一方、きわめて高い温度では空気中の窒素と酸素が反応して窒素酸化物を生じる。たとえば、式 1 の反応により一酸化窒素 NO が生じる。

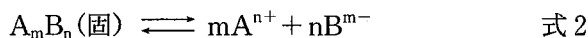


一酸化窒素は酸素と反応して **イ** の二酸化窒素へと変化する。

問 1 文章Ⅰの第 1 段階および第 3 段階の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。ただし、石灰石に含まれる炭酸カルシウム以外の成分は無視してよい。

問 2 文章 I の第 2 段階の反応は発熱反応である。生石灰 2 mol を反応させたときの反応熱と等しい熱量を 300 g の 25 °C の水に加えると、水の温度が 30 °C に上昇した。水の比熱を 4.2 J/(g・K) とするとき、第 2 段階の反応を生石灰 1 mol あたりの熱化学方程式で表わせ。なお、反応熱は kJ 単位および有効数字 2 桁で表わすこと。ただし、加えた熱量はすべて水の温度上昇に使われたものとする。

問 3 一般式 A_mB_n で表わされる難溶性塩が、次のような溶解平衡にあるとき、



その溶解度積 K_{sp} は次のように表わされる。

$$K_{sp} = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n \quad \text{式 3}$$

難溶性塩である消石灰の飽和水溶液の pH を、消石灰の溶解度積 K_{sp} および水のイオン積 K_w を用いて表わせ。

問 4 文章 I の第 3 段階の反応により炭酸カルシウムの白色沈殿が生じた後、引き続き同じ気体を通じると溶液が無色透明になった。この理由を説明せよ。

問 5 文章 II の ア , イ に入る適切な語句の組み合わせを、次の表 1 の記号(a)~(i)から 1 つ選び、記号で答えよ。

表 1

記号	ア	イ
(a)	硝酸	無色
(b)	硝酸	淡青色
(c)	硝酸	赤褐色
(d)	硫酸	無色
(e)	硫酸	淡青色
(f)	硫酸	赤褐色
(g)	塩酸	無色
(h)	塩酸	淡青色
(i)	塩酸	赤褐色

(問題は、次ページに続く。)

問 6 ある温度で密閉容器に N_2 を 2.030 mol と O_2 を 0.530 mol 入れると式 1 にしたがって 0.060 mol の NO が生じ、平衡状態になるものとする。濃度平衡定数 K_c を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、生じる窒素酸化物は NO だけとする。なお解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

問 7 N_2 1 mol の結合エネルギーは、 O_2 1 mol の結合エネルギーと比べて 1.8 倍大きく、 NO 1 mol の結合エネルギーと比べて 1.5 倍大きいとする。 NO の生成熱が -90 kJ/mol であるとき、 O_2 の結合エネルギー (kJ/mol) を求めよ。なお解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。

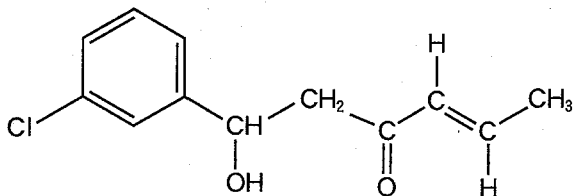
問 8 文章 II の下線部の反応について、 25°C で (1)~(3) の異なる実験を行い、次の結果を得た。二酸化窒素の生成速度 v を酸素のモル濃度 $[\text{O}_2]$ 、一酸化窒素のモル濃度 $[\text{NO}]$ および反応速度定数 k を用いて表わせ。また、反応速度定数 k を有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。

- (1) $[\text{O}_2]$ が一定のまま $[\text{NO}]$ を 3 倍にすると、二酸化窒素の生成速度 v が 9 倍になった。
- (2) $[\text{NO}]$ が一定のまま $[\text{O}_2]$ を 3 倍にすると、二酸化窒素の生成速度 v が 3 倍になった。
- (3) $[\text{NO}] = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、 $[\text{O}_2] = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ になった瞬間の二酸化窒素の生成速度 v は $2.9 \times 10^{-9} \text{ mol/(L} \cdot \text{s)}$ であった。

4

次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8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)

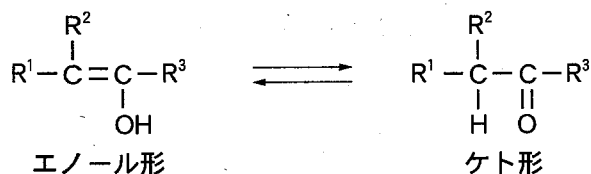


(文章Ⅰ)

分子式 $C_{24}H_{23}NO_3$ で表わされる化合物 A のエステル結合とアミド結合を完全に加水分解したところ、エステル結合はカルボキシ基とヒドロキシ基に、アミド結合はカルボキシ基とアミノ基となり、物質量の比 1:1:1 で化合物 B、化合物 C、化合物 D からなる混合物が得られた。化合物 B、C、D は、いずれも化合物 E から合成できる。化合物 E は、分子量が 106 の芳香族炭化水素であり、その質量百分率は炭素 90.6%、水素 9.4% である。化合物 B は、化合物 E を $KMnO_4$ により酸化することによって得られた。 ① 化合物 E を濃硝酸と濃硫酸の混合物と反応させると、ベンゼン環上の水素原子の 1 つが官能基に置換され、化合物 F を生じた。このとき、化合物 F のほかに構造異性体が生じる可能性は存在しない。化合物 F にスズと濃塩酸を加えて反応させた後に、水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 C を合成できた。化合物 C は、 $5^\circ C$ 以下に冷やしながら塩酸および亜硝酸ナトリウムと反応させると化合物 G を生じた。化合物 G の溶液を温めたところ、化合物 G と水が反応することにより化合物 D が得られた。 ②

(文章Ⅱ)

ベンゼン環以外に環状構造をもたない芳香族炭化水素 I, J, K の分子式は $C_9H_{10}O$ であることがわかっている。化合物 I は、不斉炭素原子を 1 つもち、フェーリング液とともに加熱すると赤色沈殿が生じた。 化合物 J は、不斉炭素原子を 1 つもち、単体のナトリウムと反応して水素ガスを生じた。化合物 K は、不斉炭素原子をもたないが、単体のナトリウムと反応して水素ガスを生じた。1 mol の化合物 K は、適切な金属触媒が存在する条件下において 1 mol の水素分子と完全に反応し、化合物 L を生じた。化合物 L は、不斉炭素原子を 1 つもっており、適切な条件で酸化したところ化合物 I を生じた。ただし、下に示した平衡により表わされる構造異性体は、より安定なケト形をとるものとする。(R¹, R², R³ は任意の炭化水素基もしくは水素を表わす。)



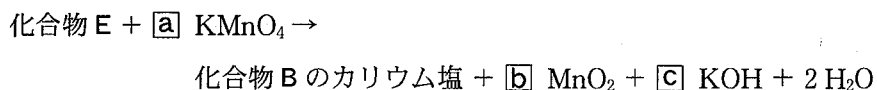
問 1 化合物 E の分子式と名称を記せ。

問 2 化合物 B の名称を記せ。

問 3 化合物 A, C, D, F, G の構造式を記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 4 下線部①の化合物 B は、下式によって表わされる化学反応を行った後に、酸性にすることにより得られる。このとき、1 mol の化合物 E から 1 mol の化合物 B のカリウム塩と 2 mol の水分子が生じることがわかっている。[a]～[c]に入る適切な数字を記せ。



問 5 下線部②の化学反応により化合物 D とともに生じる気体の名称を記せ。

問 6 化合物 D は、化合物 E を濃硫酸とともに加熱して得た化合物 H をアルカリ融解の後に酸性にすることによっても得られる。化合物 H を合成する際に用いる反応の名称を記せ。

問 7 化合物 I, J, K の構造式を記せ。なお、光学異性体は区別しないものとする。

問 8 下線部③の方法で確認した官能基は、アンモニア性硝酸銀溶液を用いることでも確認することができる。アンモニア性硝酸銀溶液に化合物 I を加えて穏やかに加熱すると起こる反応の名称を記せ。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問6に答えよ。

(文章Ⅰ)

タンパク質は、 α -アミノ酸がペプチド結合で結びついた構造である。最も炭素数の少ない α -アミノ酸の **ア** を除き、一般にアミノ酸には鏡像異性体が存在する。アミノ酸のうち、生体内で合成されないあるいは合成されにくいアミノ酸は体外から摂取する必要があるが、これを必須アミノ酸とよぶ。タンパク質を構成するポリペプチド鎖におけるアミノ酸の配列順序は、一次構造という。ポリペプチド鎖は、らせん状の **イ** 構造やジグザグ構造の **ウ** 構造をとることが多く、これをタンパク質の二次構造という。生体内のタンパク質は複雑に折りたたまれて、特有の三次構造をとることが多い。たとえば、毛髪を構成しているケラチンは、硫黄を含むアミノ酸であるシステインを多く含んでおり、 **エ** 結合をつくりタンパク質の構造を安定化させている。

(文章Ⅱ)

グルコースなどの単糖類は脱水縮合することにより、デンプンなどの多糖類を生じる。デンプンは、だ液に含まれるアミラーゼによって加水分解され、二糖類のマルトースへ分解される。マルトースは還元性を示し、ほどよい甘さをもつため、水あめの主成分として使われる。マルトースと構造や性質がほぼ同じである **オ** は、 β -グルコース2分子が脱水縮合した構造で還元性を示す。一方、二糖類のスクロースは還元性を示さない。

問 1 文章中の **ア** ~ **オ** に入る適切な語句を記せ。

問 2 下記の α -アミノ酸のうち、必須アミノ酸を 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) チロシン
- (b) メチオニン
- (c) アラニン
- (d) セリン
- (e) グルタミン酸
- (f) フェニルアラニン

問 3 アミノ酸に関して以下の問いに答えよ。

- (a) 「平衡」, 「電荷」, 「pH」の 3 つの語句を用いて、等電点とは何かを簡潔に述べよ。
- (b) アラニン, リシン, グルタミン酸の 3 つのアミノ酸の中で最も等電点が大きいものを答えよ。

問 4 文章 II の下線部についてスクロースが還元性を示さない理由を簡潔に述べよ。

問 5 次の(a)~(e)の記述のうち、誤っているものを 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) アミロースは、グルコースがグリコシド結合で連なった直鎖状の分子である。
- (b) ラクトースはラクターゼにより、ガラクトースとフルクトースへ分解される。
- (c) グルコースと比べると、多糖類はほとんど甘みがない。
- (d) グルコースは、アルコール発酵によりエタノールと酸素になる。
- (e) アミロペクチンはもち米に多く含まれる。

問 6 40.5 g のデンプンを完全に加水分解すると何 g のグルコースが生じるか。また、生じたグルコースを完全燃焼した場合、生じる二酸化炭素 CO_2 の体積(L)はいくらか。いずれも有効数字 3 桁で答えよ。なお、気体は標準状態とする。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

ウイルスは体内に侵入すると細胞に感染し、細胞の中で複製される。その結果、さまざまな疾病が引き起こされる。ウイルスの侵入に対して体内では免疫機構がはたらき、マクロファージや 1 などが侵入してきたウイルスやウイルスに感染した細胞を取り込んで分解する。その際、マクロファージや 1 は、分解したウイルスタンパク質の一部を自身の細胞の表面に 2 する。そのウイルスタンパク質の一部を、T細胞の1種である 3 細胞が認識すると、種々のサイトカインが産生される。このサイトカインは、リンパ球である 4 細胞にはたらき、ウイルスタンパク質に特異的に結合する抗体が産生される。抗体はウイルスに結合し、ウイルスが細胞に感染するのを防ぐ。この抗体の産生を伴う免疫機構は体液性免疫とよばれ、2 多様なウイルスタンパク質に結合する多様な抗体が必要となる。

4 細胞の一部は体内に長期間存在し、3 同じウイルスが再び体内に侵入した場合に、効果的にウイルスの排除にはたらく。このような 4 細胞を 5 細胞とよんでいる。この生体の機能を利用し、感染力をなくしたウイルスや病原性のないウイルスを接種するワクチン療法がウイルス感染に対する防御法として応用されている。4 その一方で、5 外界からの異物に対する免疫応答が過敏に起こってヒトの体に不都合な反応を引き起こすこともある。

問1 文章中の 1 ～ 5 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。

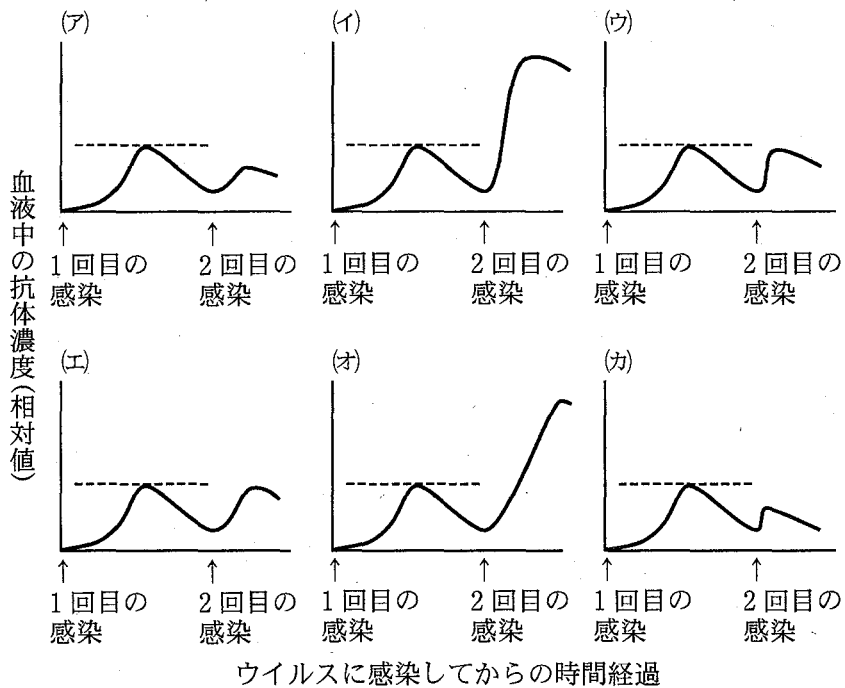
(1) このはたらきを何とよぶか。その名称を記せ。

(2) (1)のはたらきのように、ヒトに生まれながら備わっている免疫機構を何とよぶか。その名称を記せ。

問 3 下線部②について、どの抗体も基本的に同じような構造をしているが、抗体ごとにアミノ酸配列が異なる部分がある。この部分を何とよぶか。その名称を記せ。

問 4 下線部③について、以下の間に答えよ。

- (1) このような反応を何とよぶか。その名称を記せ。
- (2) 同じウイルスに2回感染した場合に産生された血液中の抗体濃度の変化(相対値)を表すグラフとして最も適当なものを以下の(ア)~(カ)から1つ選び、記号で答えよ。なお、グラフの横軸は時間経過を、点線は1回目の感染の際に産生される抗体の最大濃度(相対値)を示している。



問 5 抗体の産生を伴わず、ウイルスなどに感染した細胞を排除する免疫機構の名称を記せ。また、この免疫機構において、感染した細胞の抗原を認識して直接攻撃し、排除するはたらきをもつ細胞の名称を記せ。

問 6 問 5 の免疫機構は、他人の皮膚や臓器を移植した場合には非自己と認識して排除する。この過程において、自己か非自己かを区別させるためにヒトを含めほとんどの脊椎動物の細胞表面に発現しているタンパク質は何か。その名称を記せ。

問 7 下線部④について、インフルエンザウイルスワクチンを医薬品として適正に接種したにもかかわらず、接種したワクチンが効果を示さずインフルエンザウイルスに感染してしまう場合がある。その理由として考えられることを「抗原」という語句を使って 45 字以内で述べよ。なお、ワクチンは正しく製造され、接種時に効果を失っていないものとする。

問 8 下線部⑤について、以下の問に答えよ。

(1) このような反応を何とよぶか。その名称を記せ。

(2) この反応が急激かつ過敏に起こって、血圧低下など生命に関わる重篤な全身症状を引き起こすことがある。これを何とよぶか。その名称を記せ。

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

呼吸や光合成では、複数の化学反応により ATP を合成する。ATP は、ADP を 化することで合成される。真核細胞における呼吸では解糖系とクエン酸回路により、補酵素である NAD^+ や FAD を し、^① された補酵素をもとに、ミトコンドリア内膜に存在する電子伝達系のはたらきで、最後には4つの と1つの酸素分子から2つの水分子が生成される。電子伝達の際には、膜の内外で の濃度勾配が形成され、 がマトリックス側に流入する際のエネルギーを利用して、多量の ATP が合成される。

一方、緑色植物における光合成では、葉緑体の において、光エネルギーにより水分子から電子が取り出され、電子伝達により補酵素 NADP^+ を し、その際生じた 膜内外の の濃度勾配を利用して、ATP が合成される。生じた ATP は、葉緑体の において、^② 炭酸同化 に利用される。

問1 文章中の ～ にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について以下の文章を読み、 ～ にあてはまる語句または数値を記せ。

解糖系では複数の化学反応が連続して起こり、グルコースを まで異化する。解糖系は、ATP を消費して反応を進める準備期と、反応が進むことで ATP を生成する報酬期に分けることができる。準備期では 1 分子のグルコースから 2 分子のグリセルアルデヒド-3-リン酸を生成する間に 2 分子の ATP を消費するが、報酬期では 2 分子のグリセルアルデヒド-3-リン酸から 2 分子の を生成する間に 分子の ATP を生成するため、解糖系全体では 分子の ATP が得られる。それぞれの化学反応は、酵素が触媒としてはたらき、反応が進みやすくなっている。解糖系にかかわるいくつかの酵素は ATP の濃度によって活性が調節を受ける 酵素であるため、ATP 濃度が高いときには不要な反応が起こらないようになっている。

問 3 ATP を利用する細胞活動について、以下の問に答えよ。

- (1) ナトリウムポンプは ATP を利用してどのようなはたらきをするか、40 字以内で述べよ。
- (2) ATP を利用して細胞の運動を発生させるモータータンパク質のうち、微小管が細胞小器官の輸送にかかわる際にはたらくタンパク質の名称を 2 つ記せ。

問 4 激しい運動の際、筋肉の細胞内では、グリコーゲンを分解し、グルコースを経て乳酸を生成する解糖が起こる。この解糖は ATP を合成する上で呼吸に比べて非効率的である。このように非効率的な解糖が起こる理由を 45 字以内で述べよ。

問 5 水に溶けやすいホルモンなどは、細胞膜を透過しにくい、標的細胞の表面の受容体に結合すると、受容体が別の酵素を活性化し、セカンドメッセンジャーを生成することで細胞内部に情報を伝達できるようになる。細胞内において、ATPもセカンドメッセンジャーに変換されうる。そのセカンドメッセンジャーの名称を記せ。

問 6 下線部②について、以下の間に答えよ。

(1) 標準的な炭酸同化を行う C_3 植物において、炭酸同化は図 1 で示すカルビン・ベンソン回路において行われる。カルビン・ベンソン回路では、複数の反応段階が循環しており、ATP、水、二酸化炭素などが反応に用いられる。カルビン・ベンソン回路が 1 回転すると 6 分子のグリセルアルデヒド-3-リン酸が生成し、そのうち 5 分子が循環して、残りの 1 分子が糖 (C_6) やデンプンの合成などに利用される。 C_3 植物のカルビン・ベンソン回路において、二酸化炭素が用いられる反応段階を図 1 中に示した矢印(ア)～(オ)より 1 つ選び、記号で答えよ。

(2) 図 1 で示す C_3 植物のカルビン・ベンソン回路が 1 回転する間に、二酸化炭素および ATP は何分子利用されるか。それぞれ数値で答えよ。

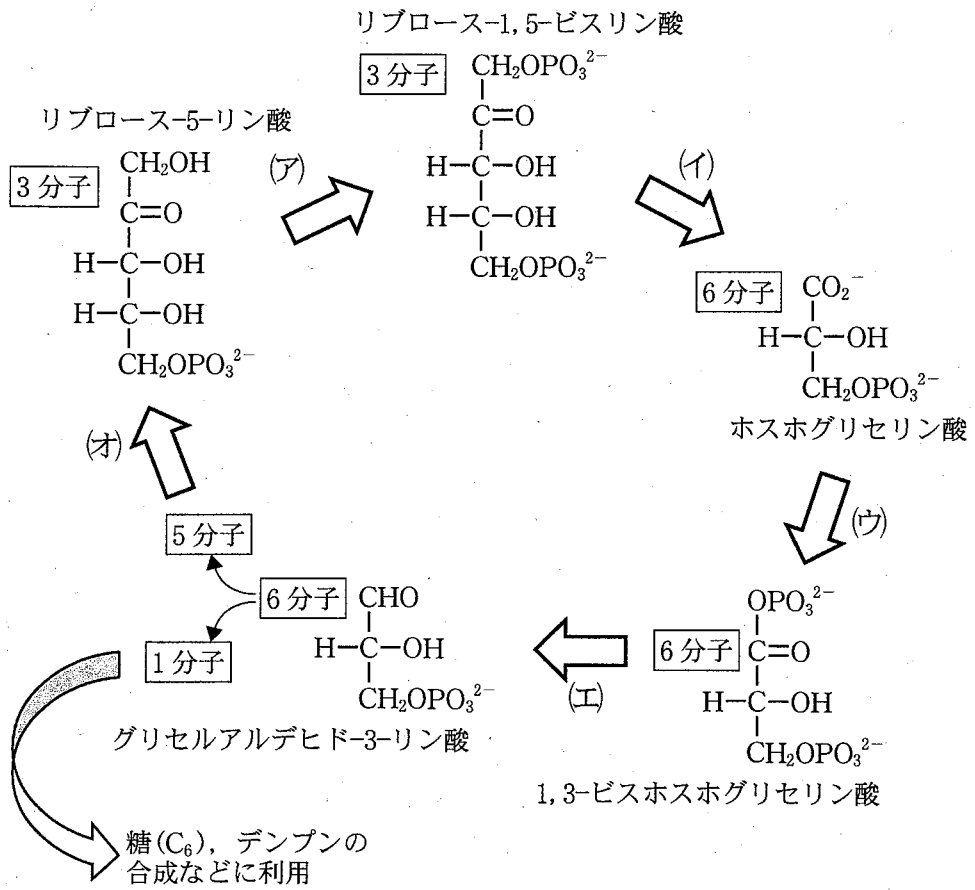


図1 C₃植物におけるカルビン・ベンソン回路

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

無性生殖には、細胞や個体がほぼ同じ大きさに分かれる分裂、細胞の一部にできたふくらみが成長して分かれ新たな個体が生じる出芽、根・茎・葉などの器官の一部から新しい個体をつくる 生殖などがある。無性生殖では新しい個体の遺伝的な形質は親と全く同じになる。このような親と全く同じ遺伝的形質をもつ細胞や個体の集団を という。有性生殖では、配偶子とよばれる生殖細胞の合体によって新しい個体が生じる。^①

雌雄の区別がある生物の多くは、性染色体という性を決定する特別な染色体をもち、雄と雌で染色体の形や数が異なる。一方、性染色体を除いた雌雄に共通してみられる染色体を 染色体という。ヒトでは、1個の体細胞には大きさと形が同じ染色体が2本ずつあるが、この対になる染色体を 染色体という。

性染色体をもつ生物における性の決定は、その組み合わせによって決まる。X染色体を1対もつと雌になり、X染色体とY染色体をもつと雄になるような性決定の様式をXY型という。雌はX染色体を1対もつが、雄は性染色体としてX染色体を1本だけもつような性決定様式をXO型という。一方、1つの種類の性染色体を1対もつと雄になり、2種類の性染色体を1本ずつもつと雌になる様式を 型という。1つの種類の性染色体を1対もつと雄になり、1つの種類の性染色体を1本だけもつと雌になる様式を 型という。^②

性染色体には、性決定に関与する遺伝子だけでなく、性の決定には関与しない遺伝子も含まれる。このような性決定に関与しない遺伝子が発現することによって生じる形質は、性と深い関係をもって遺伝し、これを 遺伝という。^③^④^⑤

問 1 文章中の 1 ~ 7 にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について、有性生殖は無性生殖に対しどのような利点があると考えられるか。理由を含めて50字以内で述べよ。ただし、「環境」という言葉を必ず用いること。

問 3 下線部②~④のような性決定様式をもつ生物として、正しいもののみを含む組み合わせを(ア)~(オ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

(ア) トンボ と トノサマバッタ と コオロギ

(イ) メダカ と ニワトリ と ネコ

(ウ) カイコガ と ヘビ と ニワトリ

(エ) カイコガ と トンボ と コオロギ

(オ) ショウジョウバエ と メダカ と ネコ

問 4 図 1 は、X 染色体にある劣性遺伝子が原因となり、下線部⑤のように遺伝する遺伝病の発症を示した、ヒトの家系図である。■と●はそれぞれ発症した男性と女性を示し、□と○はそれぞれ発症しなかった男性と女性を示す。また、数字は各人の番号を示す。なお、この遺伝病は、劣性遺伝子のみを持つ場合に発症するものとして、以下の間に答えよ。

- (1) この遺伝病の原因となる遺伝子をもっていないと断定できる男性と女性はそれぞれ何人か。その人数を記せ。
- (2) この遺伝病に関する遺伝子型が 1 つに特定できない人の番号を、すべて記せ。
- (3) 50% の男性がこの遺伝病の原因となる遺伝子をもっているような、ヒトの集団があり、この集団に属するある男性と図 1 中の番号 9 の女性の間の子が生まれたとする。子が男子であった場合に、その子がこの遺伝病を発症する確率は何%か。また、子が女子であった場合に、その子がこの遺伝病を発症する確率は何%か。それぞれの場合について、小数第 1 位まで記せ。

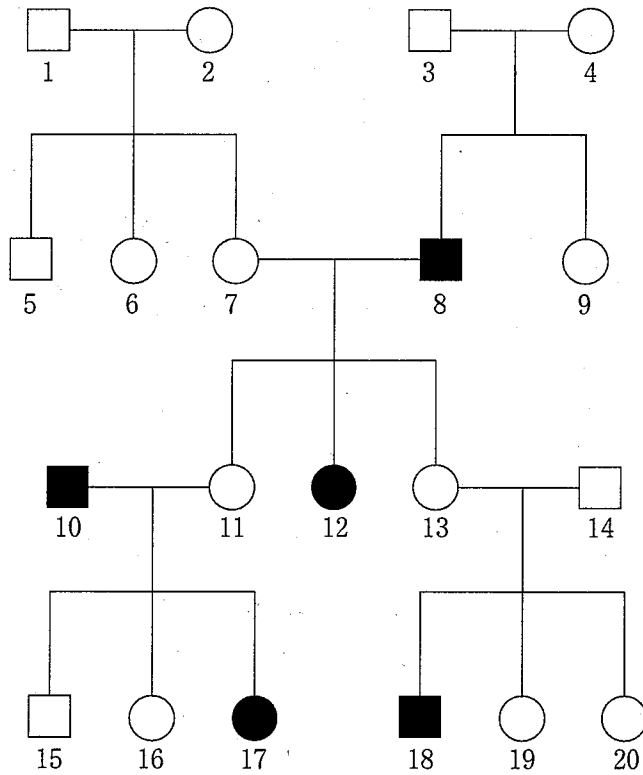


図1 ある遺伝病の発症を示したヒトの家系図

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ■ 遺伝病を発症した男性 | ● 遺伝病を発症した女性 |
| □ 遺伝病を発症しなかった男性 | ○ 遺伝病を発症しなかった女性 |

4 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

植物は動物のようにからだを自由に動かし移動することはできないが、成長や生殖を効率よくおこなえるように、生育場所の環境の変化や周囲からの刺激を受容し応答するしくみを備えている^①。例えば、植物は光の当たる方向へ向き、葉などが効率よく光合成できるよう成長するが^②、この現象の研究はオーキシンの発見につながった。オーキシンは、細胞壁の の結びつきを弱くすることによって細胞壁をゆるめ、細胞の吸水や膨潤を容易にし、成長を促進する。また、オーキシンの最適な濃度は植物の器官によって異なる。根は茎よりもオーキシ^③に敏感で、茎で最適な濃度になっている時は、根では濃度が高すぎて成長が抑制されてしまう。このように、植物体内で作られ、微量で細胞の成長や生理的なはたらきを調節する物質を植物ホルモンという。植物ホルモンは、植物の一生のさまざまな場面で、環境に適応した成長を調節する。

さらに、植物ホルモンは、農業の分野で植物の発生・成長を人為的にコントロールするために利用されている。植物の組織片を酵素で処理し細胞壁を取り除いた裸の単細胞を といい、異種同士を混ぜて刺激を与えると細胞融合を起こすことがある。融合した細胞は培養を続けると未分化な不定形の細胞塊になるが、これをカルスという。カルスをオーキシンとサイトカイニンの濃度を制^④御した培地で培養すると芽または根が分化し、完全な植物個体ができる。この方法は、交配が不可能な作物双方の性質を持つ作物を得るために使用されてきた。また、種なしブドウの生産のためにブドウの花を で処理することや、ナシやカキの果実の成熟を促進させるために が使用されている。

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) 以下の文章の および にあてはまる語句を記せ。

植物の器官が環境からの刺激を受容したときに屈曲する反応を示すことがあるが、刺激の方向に対し、一定の角度をもって屈曲する反応を という。一方、刺激の方向とは無関係に、ある一定の方向に屈曲する反応を という。

(2) 植物の環境応答について述べた以下の(ア)~(オ)から誤っているものをすべて選び、記号で答えよ。

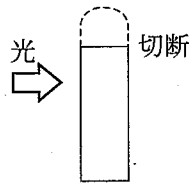
- (ア) レタスやタバコの種子は、赤色光を照射すると発芽が誘導される。
- (イ) 乾燥状態でアブシシン酸が合成され、孔辺細胞の膨圧が上昇すると気孔が閉じる。
- (ウ) 病原菌が侵入すると抗菌物質やリグニンが合成され、病原菌から身を守る。
- (エ) 昆虫により食害を受けると、タンパク質分解酵素が合成され食害を防ぐ。
- (オ) 茎頂部のフィトクロムで光を受容し、花芽形成を行う。

問 3 下線部②について、以下の問に答えよ。

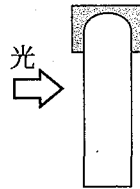
(1) イネ科植物の幼葉鞘に図1の(a)~(g)の操作を与え、その後(a)~(f)では左から光を照射する実験を行った。それぞれの実験における幼葉鞘の反応について、以下の(ア)~(ウ)から選び記号で答えよ。同じものを繰り返し選んでもよい。

(ア) 左に屈曲する (イ) 右に屈曲する (ウ) 屈曲しない

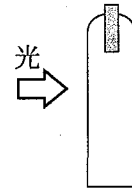
(a) 先端部を切断する



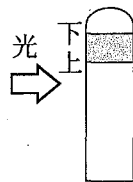
(b) 先端部に光と平行に雲母片を差し込む



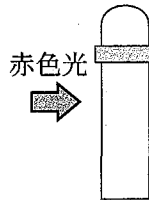
(c) 先端部に光と垂直に雲母片を差し込む



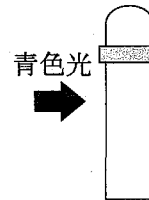
(d) 先端部直下を切断し上下を入れ替える



(e) 先端部を切断し寒天片をはさむ



(f) 先端部を切断し寒天片をはさむ



(g) 暗室下で、先端部をのせておいた寒天片を切り口にずらして置く

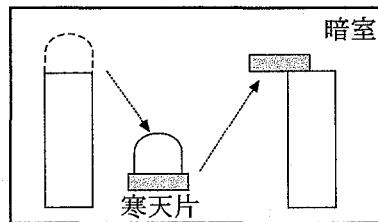


図 1

(2) 下線部②の現象に関わる光受容体の名称を記せ。

問 4 植物を水平にした時，下線部③によって光と関係なく引き起こされる植物の反応を何というか，その名称を記せ。また，この反応に関与する細胞小器官の名称を記せ。

問 5 下線部④に関する次の文章中の および にあてはまる語句の組み合わせを，以下の（ア）と（イ）から1つ選び記号で答えよ。

オーキシシンとサイトカイニンをそれぞれ3.0mg/Lと0.2mg/Lの濃度で培養して形成されたタバコのカルスを，オーキシシン 3.0mg/L，サイトカイニン 0.02mg/L の濃度で培養すると が分化し，オーキシシン 0.03mg/L，サイトカイニン 1.0mg/L の濃度で培養すると が分化した。

記号	<input type="text" value="a"/>	<input type="text" value="b"/>
（ア）	根	茎・葉
（イ）	茎・葉	根

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物の多様さをあらわす生物多様性には、遺伝子、種、 という異なる3つの捉え方があり、それぞれは深く相互に関連している。遺伝的多様性は、同種の個体間にみられる遺伝子レベルの多様性を意味する。種の多様性は、その に含まれる種の数とそれぞれの種が相対的に占める割合で評価される。一般に種の数が多い^①、どの生物も均等に含まれているほど種の多様性が高いと評価される。 の多様性は、森林や草原、河川や干潟などの多様な が、ある地域に存在することを意味する。

生物保全の目標の1つは、生物多様性が高い状態を維持することである。しかし、人間の地球規模の活動が、生物多様性低下の主要な要因の1つとなっている。現在では、絶滅の可能性のある生物が掲載される を主に参照しながら生物保全がおこなわれている。

人間活動の影響で絶滅する生物が生じる原因には、過剰な利用と過少な利用の双方がある。過剰な利用の例としては、スマトラサイなどをむやみに大量捕獲する行為である乱獲がある^②。これは、漢方薬や工芸品の素材などとして売買するためにおこなわれ、個体数が激減する原因の1つである。過少な利用の例としては、日本では の管理放棄が挙げられる。類似の事象は他の国にも存在する。日本の は、古くから人間の手で管理・利用されてきた雑木林、田畑、水路などを含む複合的な景観である。既存の とその一部が外部からの力によって破壊されることを とよぶが、管理放棄された では、人間活動の変化により が頻繁に生じなくなってしまうため、この環境に適応していた生物が絶滅の危機に瀕している。

問 1 文章中の 1 ~ 4 にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①のような種の多様性の評価に用いられる指標にはさまざまなものが存在する。その中にシン普森の多様度指数がある。以下の文章は、シン普森の多様度指数の算出方法を段階的に説明したものである。この文章を読み、以下の問に答えよ。

仮想的な1つの鳥類群集を考える。この群集には、シジウカラが10羽、コゲラが5羽含まれており、その他の種は存在しない。この群集から、ランダムに1個体を観察した際、その種がコゲラである確率 A は、 $5/15$ である。この値は、この群集におけるコゲラの相対的な優占の度合いを示している。さらに、この1度目の観察の後、連続して2度目の観察をおこなったが、観察された種は再度コゲラであった。ここでは、2度目の観察で、1度目に観察した個体と同じ個体を観察する可能性も含まれている。この一連の2度の観察で、コゲラという同じ種が観察される確率は、 $5/15$ の事象が連続しておこる確率であるため、 $5/15$ の2乗(A^2)となる。これは図1の網掛け部分に該当する。

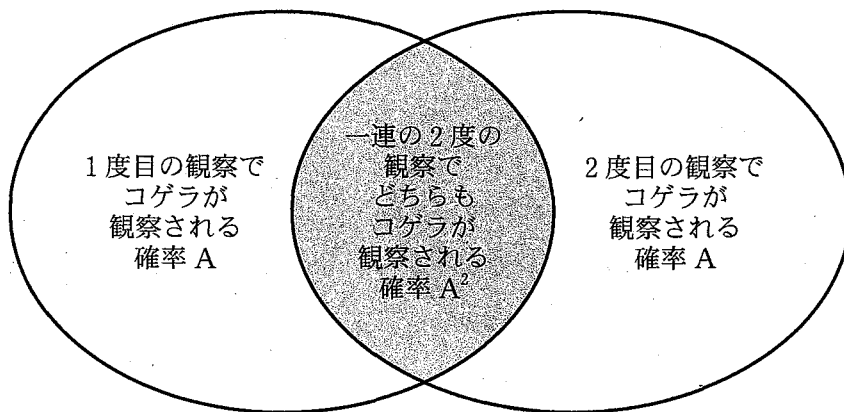


図 1

次に、先ほど計算した一連の2度の観察で同じ種が観察される確率を、それぞれ、コゲラの場合 A^2 、シジュウカラの場合 B^2 として、足し合わせる。これにより図2の網掛の部分^④が計算される。この足し合わされた確率 A^2+B^2 は、2度の観察両方でコゲラが観察されるか、または、両方でシジュウカラが観察されるかのどちらかが起こる確率を意味する。一般に、このような確率が小さくなるのは、その群集に多くの種が存在し、かつ、それぞれの種の優占度合いが均等である場合である。

さらに、シン普森の多様度指数は、種の多様性を評価する指数であるため、種の多様性が高いか低いかを分かりやすく伝える必要がある。そこで、指数が大きいほど種の多様度が高いという関係性を持たせるために、確率 A^2+B^2 を全体の確率1(図2の四角)から引く。この値が、シン普森の多様度指数である。^④これは図2の四角の中の網掛け部分以外を意味する。ここまでの説明では、コゲラとシジュウカラという特定の2種を用いてきたが、実際にはより多くの種が含まれる生物群集を対象にシン普森の多様度指数が計算可能である。

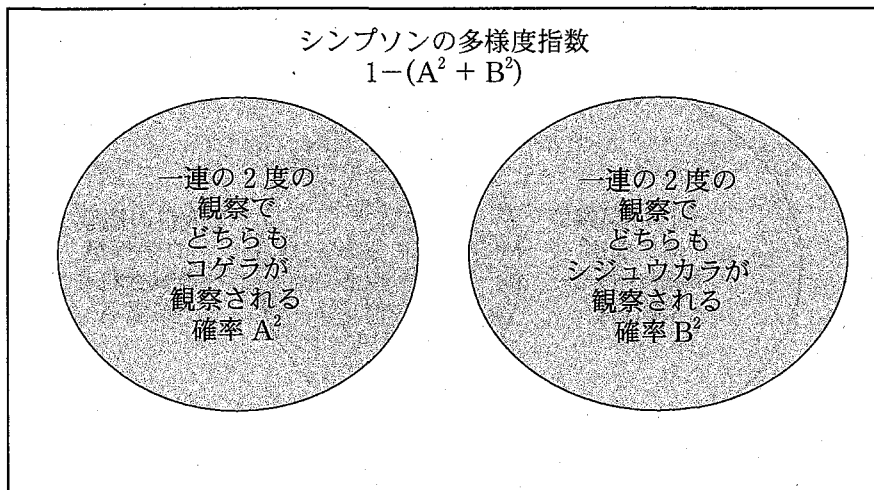


図2

(1) 下線部③について、この鳥類群集を対象とした一連の2度の観察の両方で、シジュウカラが観察される確率を以下の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) $(10/15)^2$ (イ) $(5/15)^2$ (ウ) $(1/15)^2$
 (エ) $(1/10)^2$ (オ) $(1/5)^2$

(2) 下線部④について、以下のシンプソンの多様度指数の特徴を説明した文章の と に入る整数をそれぞれ記せ。

シンプソンの多様度指数は、個体数がある1種に集中していれば となり、種数が多く、個体数が均等に配分されていると に近づく。

(3) 表1に書かれた仮想的な鳥類群集I~IVのうち、シンプソンの多様度指数をもとにした場合、種多様性が最も高いものを選び、また、その鳥類群集のシンプソンの多様度指数を四捨五入して小数第2位まで記せ。

表1 鳥類群集I~IVに含まれる鳥類の種a~dの個体数

	鳥類群集 I	鳥類群集 II	鳥類群集 III	鳥類群集 IV
鳥類の種 a	10羽	10羽	10羽	20羽
鳥類の種 b	20羽	10羽	10羽	20羽
鳥類の種 c	20羽	20羽	10羽	20羽
鳥類の種 d	20羽	20羽	10羽	0羽

(4) 表2は、4種の鳥類e～hを含む仮想的なある鳥類群集の各種の個体数変化を5年毎に示したものである。この鳥類群集の初年度および10年後のシン普森の多様度指数は同じ値となっているが、生物多様性の保全を考える上で重要な変化が観察されている。この鳥類群集で観察された個体数変化のプロセスを、「特定外来生物」、「生態的地位」、「競争」という3つの語句を全て使って、また、特定外来生物がどの鳥類の種であるかを明らかにして、55字以内で述べよ。ただし、これらの群集の存在する地域では、特定外来生物によるもの以外の大きな環境変化はなかったものとする。

表2 ある鳥類群集に含まれる鳥類の種e～hの個体数

	初年度	5年後	10年後
鳥類の種 e	10羽	10羽	10羽
鳥類の種 f	20羽	20羽	20羽
鳥類の種 g	20羽	10羽	0羽
鳥類の種 h	0羽	10羽	20羽

問 3 種の多様性の評価には、種数に加えて種間の系統関係の違いを反映させる指標もある。ここでは、これを系統的多様性指標とよぶ。一般に、種が分化してからの時間が長いほど、種間の遺伝的な違いは大きくなる傾向がある。以下の文章は、系統的多様性指標の算出方法を説明したものである。この文章を読み、以下の問に答えよ。

系統的多様性指標は、対象とする生物群集に含まれる全種の系統樹を推定し、それらの種の共通祖先から各種が分化するまでの時間(系統樹の枝の長さ)の総和によって多様性を示す。この値が大きいほど種の多様性が高いと評価される。

例えば、図3は、種x、種y、種zからなる仮想的な生物群集の分子系統樹を示している。この全3種の共通の祖先であるCA1から、種xまでの枝の長さは10万年である。CA1から種yと種zの共通の祖先であるCA2までの枝の長さは5万年である。CA2から種yまで、CA2から種zまでの枝の長さは、それぞれ5万年である。以上の枝の長さの総和を計算すると、この生物群集の系統的多様性指標の値は25万年となる。

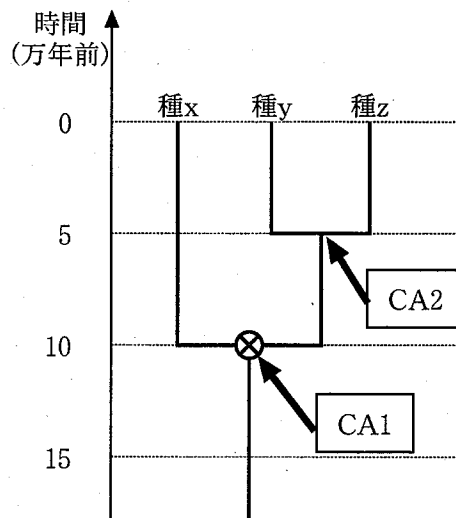


図3 種x、種y、種zを含む仮想的な生物群集の分子系統樹

⊗は全3種の共通祖先を示す

(1) 図4は、A地域に生息する全種A1～A5およびB地域に生息する全種B1～B7の分子系統樹である。A地域とB地域の系統的多様性指標の値を記せ。

(2) 図4をもとに、A地域、B地域で、それぞれ以下の(ア)～(エ)のようなパターンの種絶滅がおこったとする。A地域の方がB地域より系統的多様性指標の値が大きくなるパターン、B地域の方がA地域より系統的多様性指標の値が大きくなるパターンを、それぞれ全て選び、記号で答えよ。

(ア) A地域で種A3が絶滅し、B地域で種B1、B3、B5が絶滅するパターン

(イ) A地域で種A3、A5が絶滅し、B地域で種B1が絶滅するパターン

(ウ) A地域で種A2、A3、A5が絶滅し、B地域で種B1、B3、B6、B7が絶滅するパターン

(エ) A地域で種A1、A3が絶滅し、B地域で種B5が絶滅するパターン

(3) A、B両地域では、共通の祖先がさまざまな環境に適した形態をもち、多様化したと考えられる。この現象を何とよぶか。その名称を記せ。

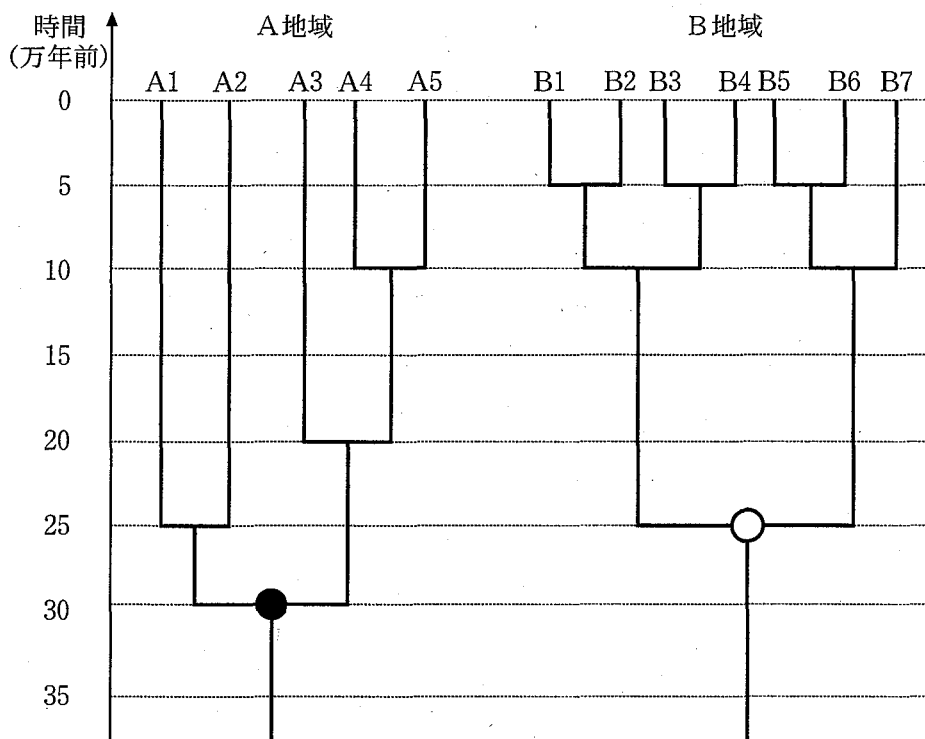


図4 A地域およびB地域に生息する種の分子系統樹

●, ○はそれぞれの地域に生息する全種の共通祖先を示す

問 4 下線部②について、乱獲されたことで、現在、絶滅の危機に瀕している種として適切なものを以下の(ア)~(オ)から全て選び、記号で答えよ。

- (ア) タイマイ
- (イ) ヤンバルクイナ
- (ウ) アマミノクロウサギ
- (エ) アフリカゾウ
- (オ) オオクチバス

問 5 生物多様性の保全について述べた以下の(ア)~(オ)から、適切なものを全て選び、記号で答えよ。

- (ア) 生物多様性を保全することは、私たちが生態系サービスを持続的に受ける可能性を高めるために重要である。
- (イ) 複数の生息地のうち1つの生息地しか保全できない場合、種数が最大の生息地を保全しても、系統的多様性は最大にならない可能性がある。
- (ウ) 複数の生息地のうち1つの生息地しか保全できない場合、系統的多様性が最大の生息地を保全することで、より多くの種を保全することができる。
- (エ) シンプソンの多様度指数は生物多様性保全を実施する上で重要な情報を考慮した指数であるため、この指数のみを参照して生物多様性保全の取り組みを進めても問題は生じない。
- (オ) 生物多様性が高い生態系では、環境変化に対する安定性が高まると考えられるため、生物多様性を保全することが求められる。

地 学

1 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

問 1 地上天気図には、陸上の観測地点や海上の船舶からの気象データが記載されている。

- (1) 地上天気図に示される等圧線は、ある高度での値に換算されている。どの高度か答えよ。
- (2) 図1と図2は、2月と6月のいずれかの典型的な日本付近の大気状況を表す地上天気図である。それぞれふさわしい月を答え、またそのように判断した根拠を簡潔に述べよ。
- (3) 図2の本州の東の海上にある低気圧から南西に伸びている前線Aと南東に伸びている前線Bの名称をそれぞれ答えよ。
- (4) 一般に前線Aと前線Bのどちらが速く移動するか。AかBかで答えよ。

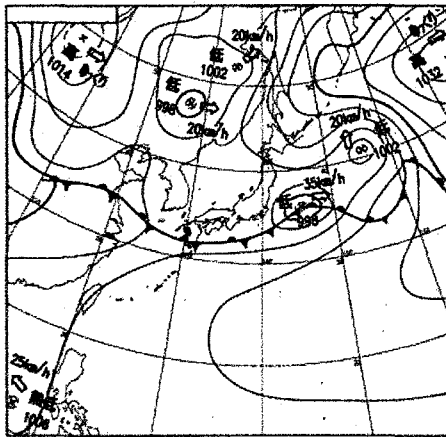


図1

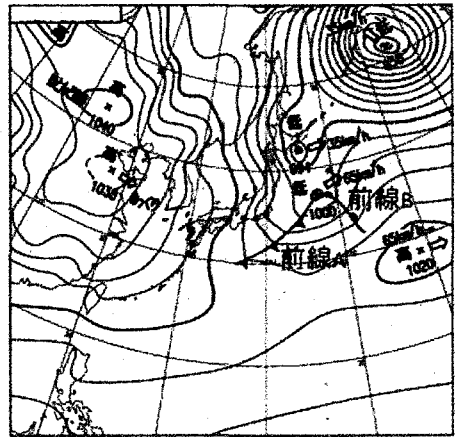


図2

気象庁資料による。一部改変。

問 2 地上天気図の他に上空の大気状況を表すため、いくつかの等圧面において高層天気図が作成されている。

(1) ある等圧面において、高温域での地上からの高度は低温域のそれよりも高いか低いかを答えよ。

(2) 日本付近の 500 hPa の高度として最もふさわしい値を以下の a～e から 1 つ選び、記号で答えよ。

a 1500 m b 3000 m c 5500 m d 7000 m

e 9500 m

2 地学クラブのPさんとQ君は、顧問の先生と一緒に、高校近くの海岸に露出する地層を調べに来ている。3人の会話文を読んで下の各問に答えよ。

Pさん：この地域の海岸では、砂岩と泥岩が交互に何度も繰り返して堆積していますね（図1）。



先生：このような地層のことを砂岩泥岩互層というのだよ。① 西南日本の太平洋側の地域に広く分布しているね。

図1

Q君：でも、このような地層はどうやってできるのかな。

Pさん：この地域の海が深くなったり浅くなったりしたことを反映しているのかもしれないね。河口に近くて河川からの流れの影響が及ぶ浅海底には砂層が堆積しやすく、より沖合の深くて流れのない静かな海底では泥層が堆積するでしょうから。

Q君：これらの地層中には木片や、② 浅い海底に生息する二枚貝、深海に生息する有孔虫などが含まれており、ビカリアの殻の一部や絶滅した鮫の歯も見ついているらしいよ。

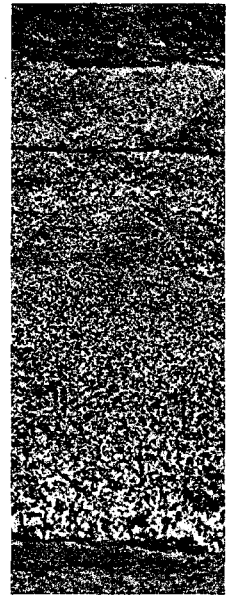


図2

先生：それは興味深いね。ところで、地層中の堆積構造を調べると、この地層がどうやって堆積したのかヒントが得られるかもしれないよ。

Pさん：私が観察した限りでは、③ 砂岩部分は上方へ次第に細粒になって泥岩に移り変わることが普通のようにです。泥岩から砂岩への移り変わりはかなりシャープだし、明確な侵食面を伴う場合もありました（図2）。

Q君：ということは、④ 混濁流から堆積した地層じゃないかな。

先生：どうやら、この地域の⑤ 砂岩泥岩互層の形成は海が深くなったり浅くなったりしたこととは直接関係がないようだね。

問 1 下線部①に関して、次の各問に答えよ。

- (1) 西南日本の東縁にあたる断層の名称を答えよ。
- (2) 西南日本の外帯（三波川帯を含む）と内帯（領家帯を含む）を分ける断層の名称を答えよ。
- (3) 西南日本の太平洋側に砂岩泥岩互層が広く認められるのはなぜだろうか。次のうちからもっとも適切な意見を1つ選び、ア～エの記号で答えよ。
 - ア 温暖湿潤化や寒冷乾燥化といった低～中緯度地域の気候変動を反映している。
 - イ グリーンタフを形成した変動が引き金となった。
 - ウ 黒潮の影響を強く受けている。
 - エ プレート沈み込み帯の陸側に位置することと関係がある。
- (4) 西南日本において砂岩泥岩互層がもっとも顕著に発達する地質体を次から1つ選び、ア～オの記号で答えよ。
 - ア 三波川帯
 - イ 四万十帯
 - ウ 飛騨帯
 - エ 日高帯
 - オ 領家帯

問 2 下線部②に関して、次の各問に答えよ。

(1) これらの地層が堆積した年代について、次のうちからもっとも適切な意見を1つ選び、ア～エの記号で答えよ。

ア 第四紀に堆積した可能性もある。

イ 中生代もしくはそれ以前に堆積した可能性を否定できない。

ウ 二枚貝の殻の年代が判明すれば、それを堆積年代とみなすべきである。

エ ビカリアの化石が含まれることから、古第三紀または新第三紀に堆積したのは明らかである。

(2) これらの地層の堆積場所について、次のうちからもっとも適切な意見を1つ選び、ア～エの記号で答えよ。

ア 木片が含まれていることから陸上の湿地や湖沼に堆積した可能性が最も高い。

イ 河口に近接するところで堆積したと断定できる。

ウ 浅海域と深海域の生物の化石が見つまっていることから、両者の中間域で堆積したと考えるべきである。

エ 深海底に堆積した可能性が示唆される。

問 3 下線部③に関して、次の各問に答えよ。

(1) この堆積構造を漢字4字で答えよ。

(2) この堆積構造以外で、地層の上下判定に利用できる堆積構造を1つあげよ。また、それを用いた判定方法を簡潔に説明せよ。

問 4 下線部④に関して、そのような地層が形成される原因を90字以内で説明せよ。

問 5 下線部⑤に関して、次の各問に答えよ。

(1) 海が深くなったり浅くなったりすることを繰り返し生ずる一般的な要因を1つあげよ。

(2) 当地域の砂岩泥岩互層が混濁流からの堆積である場合、このことはなぜ海の深さの変化と直接関係しないと考えられるのか。120字以内で説明せよ。

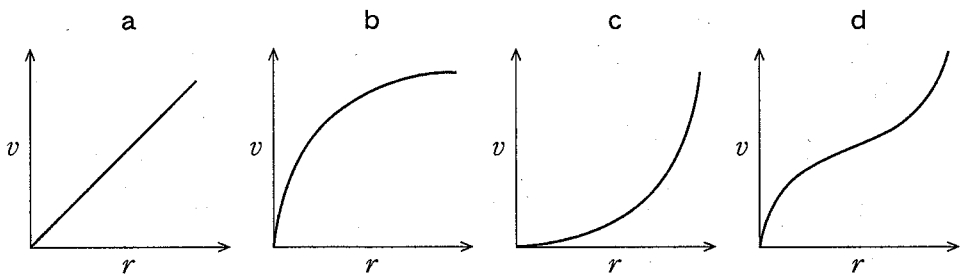
3 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

ハッブルは、銀河の後退速度とその銀河までの距離との間に^①関係があることを 1929年に発見した。この関係をハッブルの法則という。宇宙を十分に大きな距離スケールで見たとき、宇宙は等方で一様であり、^②ハッブルの法則は宇宙のどの場所でも成り立っている。よって、このことは宇宙空間が膨張していることを意味した。

宇宙が膨張しているということは、時間をさかのぼると、過去のある時点で宇宙空間が1点に収縮することになる。つまり、宇宙空間は過去のある時点から膨張を開始したことになり、この時点が宇宙の始まりであると予想できる。そこで、ガモフは、膨張する宇宙の過去の姿を考え、宇宙は高密度で高温の状態から^③始まったとする宇宙モデルを1948年に提唱した。

この宇宙モデルから予想される宇宙背景放射^④は、ペンジアスとウィルソンによって1965年に発見され、宇宙の初期が高温状態であったことが観測的に確認された。さらに、その宇宙背景放射を詳しく調べると、宇宙背景放射には10万分の1程度の強度のゆらぎ（むら）があることがわかった。このゆらぎの高精度な観測と理論モデルとの比較などを通じて、宇宙にあるエネルギー密度や、^⑤宇宙がどのようにゆがんでいるのかなどが明らかになった。

問1 下線部①に関して、横軸に銀河までの距離 (r)、縦軸に銀河の後退速度 (v) をとったとき、ハッブルの法則を表すグラフとして適切なものを、次のa～dより1つ選び記号で答えよ。



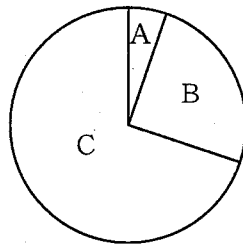
問 2 下線部②に関して、現在の宇宙はどのくらいの距離スケールよりも大きく見れば一様であるといえるか。当てはまるものを、次の a～d より 1 つ選び記号で答えよ。

- a 1 万光年 b 100 万光年 c 1 億光年 d 100 億光年

問 3 下線部③に関して、高温で高密度であった宇宙の初期に生成された元素で、太陽系の質量の約 4 分の 1 を占める元素の名前を答えよ。

問 4 下線部④に関して、宇宙背景放射は「宇宙の晴れ上がり」の時の宇宙の姿を示している。宇宙の晴れ上がりの時には、物質にある変化が生じたため、宇宙は霧が晴れるように透明になり、光が直進できるようになった。宇宙の晴れ上がりの時に生じた物質の変化を、その変化の前後の状態とその変化が生じた原因がわかるように 100 字以内で説明せよ。

問 5 下線部⑤に関して、宇宙背景放射のゆらぎなどが明らかにした宇宙の構成要素の持つエネルギー密度の割合を比べると、おおよそ次の円グラフのようになることがわかった。そこに現れる 3 つの構成要素をそれぞれ A, B, C として円グラフに示したとき、B の構成要素に当てはまる記述として適切なものを、次の a～e よりすべて選び記号で答えよ。



- a 電磁波では観測されていない。
- b 宇宙の膨張を加速させる働きをする。
- c 未発見の素粒子である可能性が考えられている。
- d 銀河回転の速さを説明する際にもその存在が示唆されている。
- e 暗黒星雲の主成分である。

4 次の文章を読み、下の各問に答えよ。

宇宙に存在するすべての物体は互いに力をおよぼしあっている。この力を引力(万有引力)という。いま、2つの物体の質量をそれぞれ M_1 , M_2 , 2物体間の距離を L , 万有引力定数を G とすると、2物体間にはたらく力の大きさ F は、 $F = \boxed{\text{A}}$ で表される。

地球上の物体と地球自身の間にも引力がはたらいている。しかし、地球の方が^①桁違いに質量が大きいため、地球が地上の物体を引きつけているように感じられる。

地球は自転をしているので、地球上の物体には外向きの力である ア がはたらく。引力と ア の合力を イ と呼ぶ。地球上の物体にはたらく イ^② の大きさは、極から赤道へ向かってわずかながら減少するが、その減少量は地球が回転している効果のみでは説明できない。^③

問1 文中の ア, イ に適当な語句を入れよ。

問2 文中の A に当てはまる式を、 M_1 , M_2 , L , G を用いて記せ。

問3 下線部①に関して、地球を半径 6.4×10^3 km の完全な球形と仮定し、地表にある 1.0 kg の物体にはたらく力の大きさが 9.8 N, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ であることを用いると、問2の式より地球の質量を求めることができる。その地球の質量として適当なものを、次の a ~ e から1つ選んで記号で答えよ。

- a 6.0×10^{15} kg
- b 6.0×10^{17} kg
- c 6.0×10^{18} kg
- d 6.0×10^{21} kg
- e 6.0×10^{24} kg

問 4 下線部②に関して，図 1 は赤道と北極の間のある地点での引力の向きと大きさをベクトルで示したものである。解答用紙の図の中に，同じ地点での **ア** と **イ** のベクトルを描け。なおベクトルの大きさ（長さ）は適当に描いて良い。

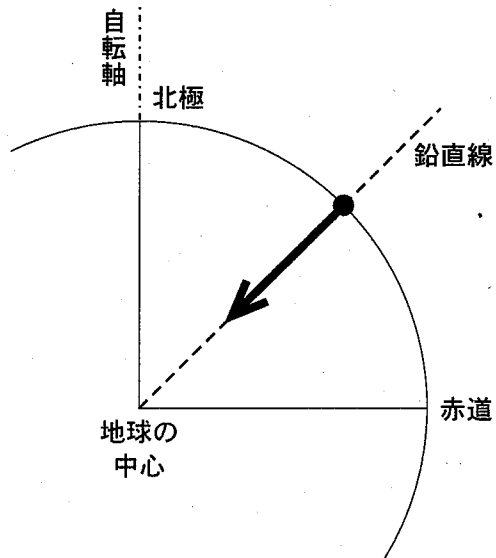


図 1

問 5 下線部③に関して，極に比べ赤道上で **イ** が小さくなる原因としてほかに何が考えられるだろうか，100 字以内で説明せよ。

