

令和7年度入学試験問題

理 科

(前期日程)

医 学 部
工 学 部
農 学 部

科 目	ページ	解答用紙枚数	選択方法
物 理	1～10	3	左の科目のうちから、受験票に記載している科目の問題を選択し、解答しなさい。(医学部志望者は、2科目を選択し、解答しなさい。)
化 学	11～19	4	
生 物	20～35	4	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は35ページあります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 物理には、下書き用紙が1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

令和7年度個別学力検査
問 題 訂 正

理科
(前期日程)

医学部

工学部

農学部

注 意 事 項

1. 試験開始まで、この問題訂正紙の裏面を見てはいけません。
2. 「解答はじめ」の指示の後に裏返しなさい。
3. 試験終了後、この問題訂正紙は持ち帰りなさい。

教科・科目名

理科 物理

次のとおり問題を訂正してください。

〔前期日程〕

問題訂正

9 ページ

大問 3 の 問 2 の 4 行目

(誤) ……波長 λ_B [m] を l [m], Δl を用いて表せ。

(正) ……波長 λ_B [m] を l , Δl , n を用いて表せ。

教科・科目名

理科 化学

次のとおり問題を訂正してください。

〔前期日程〕

問題訂正

15 ページ 大問 3 の (i) の 下段文章 の 2 行目

(誤) …… , プロビタミンD₃(化合物C)を与える。さらに……

(正) …… , プレビタミンD₃(化合物C)を与える。さらに……

15 ページ 大問 3 の (i) の 下段図

(誤) プロビタミンD₃

(正) プレビタミンD₃

教科・科目名

理科 生物

次のとおり問題を訂正、補足します。

〔前期日程〕

問題訂正

21 ページ

大問1 の 問2 の (1) の ②

(誤) ……は図2の値よりも小さくなる。

(正) ……は図2の値以下になる。

補足説明

27 ページ

大問2 の 問2 の (3) の 4行目

(補足) 座乗とは、存在することを意味する。

物 理

1 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

問1 図1-1のように、水平面に対して傾斜角 θ のなめらかな斜面を持つ台 B を、水平面上で動かないようにストッパーで固定した。この台 B の斜面上の点 P に、質量 m の物体 A を置いて静かに手を離した。すると、物体 A は斜面に沿って下向きにすべり出した。

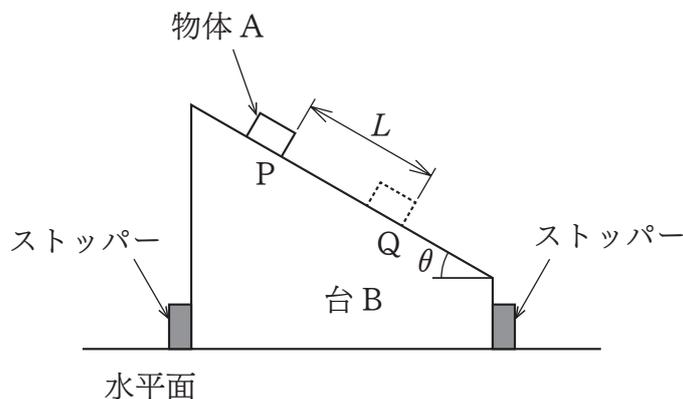


図 1 - 1

- (1) 物体 A に作用する垂直抗力の大きさ N_1 を m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 物体 A の加速度の大きさ a_1 を m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 図 1 - 1 のように、物体 A が点 P から斜面に沿って L だけ離れた点 Q まですべり降りるのにかかった時間 t_1 を L , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) (3) で、物体 A が点 Q に達したときの速さ v_1 を L , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。

問2 図1-2のように、水平面に対して傾斜角 θ の粗い斜面を持つ台Cを、水平面上で動かないようにストッパーで固定した。この台Cの斜面上の点Pに、質量 m の物体Aを置いて静かに手を離した。すると、物体Aは斜面に沿って下向きにすべり出した。台Cの粗い斜面と物体Aとの間の動摩擦係数を μ' とする。

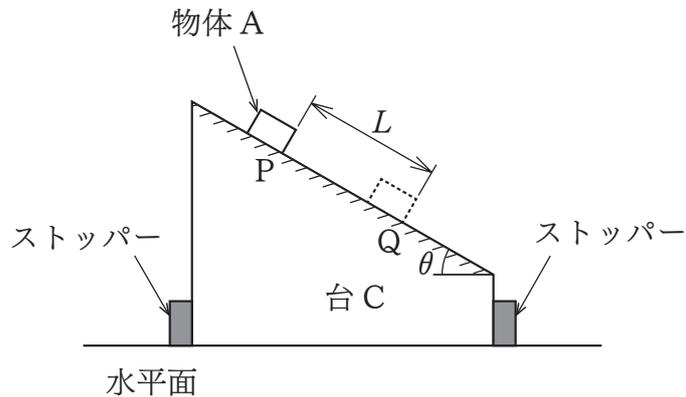


図1-2

- (1) 物体Aに作用する摩擦力の大きさ F を μ' , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 物体Aの加速度の大きさ a_2 を μ' , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 図1-2のように、物体Aが点Pから斜面に沿って L だけ離れた点Qまですべり降りるのにかかった時間 t_2 を L , μ' , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) (3)で、物体Aが点Qに達したときの速さ v_2 を L , μ' , m , g , θ のうち必要なものを用いて表せ。

問3 問2 につづいて、台 C を固定するためのストッパーを取り除いた。このとき、図 1-3 のように、台 C はなめらかな水平面上に固定されずに置かれている状態となっている。この台 C の粗い斜面上の点 P に、質量 m の物体 A を置いて静かに手を離した。すると、物体 A は斜面に沿って下向きにすべり出し、台 C は水平面上を左向きに動き出した。台 C の質量を M 、物体 A が斜面から受ける垂直抗力の大きさを N 、台 C の粗い斜面と物体 A との間の動摩擦係数を μ' とする。また、台 C の斜面と水平面には十分な長さがあるものとする。

また、図 1-3 のように、水平方向右向きに x 軸、鉛直方向下向きに y 軸をとるものとし、物体 A や台 C の加速度を以下のように定める。

- ・台 C と同じ加速度で水平面上を動いている観測者から見た物体 A の加速度を \vec{a} とする。 \vec{a} は成分表示で $\vec{a} = (a_x, a_y)$ と表される。
- ・水平面上で静止している観測者から見た物体 A の加速度を \vec{b} とする。 \vec{b} は成分表示で $\vec{b} = (b_x, b_y)$ と表される。
- ・水平面上で静止している観測者から見た台 C の加速度を \vec{c} とし、 \vec{c} の大きさを c とする。 \vec{c} は成分表示で $\vec{c} = (-c, 0)$ と表される。

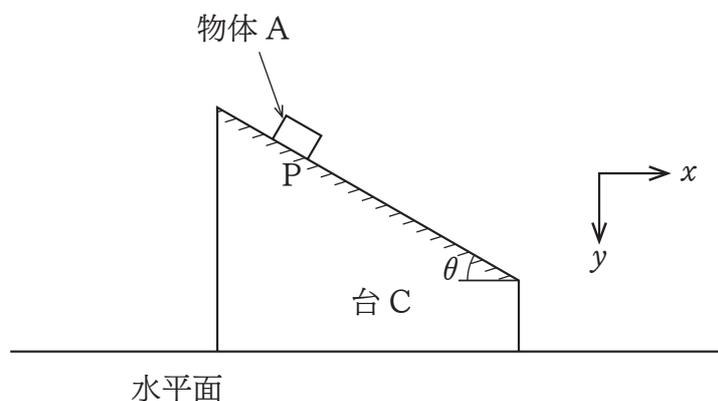


図 1-3

- (1) \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} には $\vec{a} = \vec{b} - \vec{c}$ の関係が成り立っている。 a_x を b_x , c を用いて表せ。また、 a_y を b_y を用いて表せ。

- (2) 物体 A の水平方向の運動方程式を b_x , μ' , m , θ , N を用いて表せ。
- (3) 物体 A の鉛直方向の運動方程式を b_y , μ' , m , g , θ , N を用いて表せ。
- (4) 台 C の水平方向の運動方程式を c , μ' , M , θ , N を用いて表せ。
- (5) a_x と a_y の間には $\frac{a_y}{a_x} = \tan \theta$ の関係が成り立っている。 $\mu' = 0.5$, $M = 6m$, $\theta = 45^\circ$ として, 物体 A が斜面から受ける垂直抗力の大きさ N および台 C の水平方向の加速度の大きさ c を m , g のうち必要なものを用いて表せ。

2 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

問1 図2-1のように、鉛直上向きに一様な磁束密度 B [T] の磁場内に、細くて十分に長い2本の導体のレール ab と cd が、水平面内に距離 L [m] 離れて平行に固定されている。レールの a 点と c 点の間には、抵抗値 R [Ω] の抵抗器、スイッチ S 、起電力 E [V] の電池が導線で接続されている。スイッチ S を開いた状態で、質量 m [kg] の細い導体棒 XY をレールと垂直になるように置き、静かに手を離した。なお、導体棒 XY は、レールと垂直を保ちながら、レール上を外れることなく、なめらかに動くものとする。抵抗器以外の電気抵抗は無視できるものとする。また、導体棒 XY とレールとの間の摩擦力、空気抵抗は無視できるものとする。

A 導体棒 XY が静止した状態で、スイッチ S を①側へ接続した。以下の問に答えよ。

- (1) スイッチ S を接続した直後に、導体棒 XY へ流れる電流の大きさ I_0 [A] を求めよ。
- (2) (1)のとき、導体棒 XY が磁場から受ける力の大きさ F [N] を B, L, R, E, m のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 導体棒 XY は、レール上を動き出した。導体棒 XY の動く向きを下の選択肢 I, II から選び、解答欄の I または II のどちらかを○で囲め。
I a から b II b から a
- (4) 導体棒 XY の速さが v_1 [m/s] になったとき、導体棒 XY に生じる誘導起電力の大きさ V [V] を B, L, R, E, m, v_1 のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) (4)のとき、導体棒 XY を流れる電流の大きさ I_1 [A] を B, L, R, E, m, v_1 のうち必要なものを用いて表せ。

B 導体棒 XY の速さが v_1 [m/s] になった瞬間に、スイッチ S を②側へ切り替えた。以下の問に答えよ。

(6) スイッチ S を切り替えた直後に抵抗器に流れる電流の大きさ I_2 [A] を B , L , R , E , m , v_1 のうち必要なものを用いて表せ。

(7) (6)のあと、導体棒 XY は減速しはじめ、しばらくして静止した。導体棒 XY が静止するまでに抵抗器で発生したジュール熱 Q [J] を B , L , R , E , m , v_1 のうち必要なものを用いて表せ。

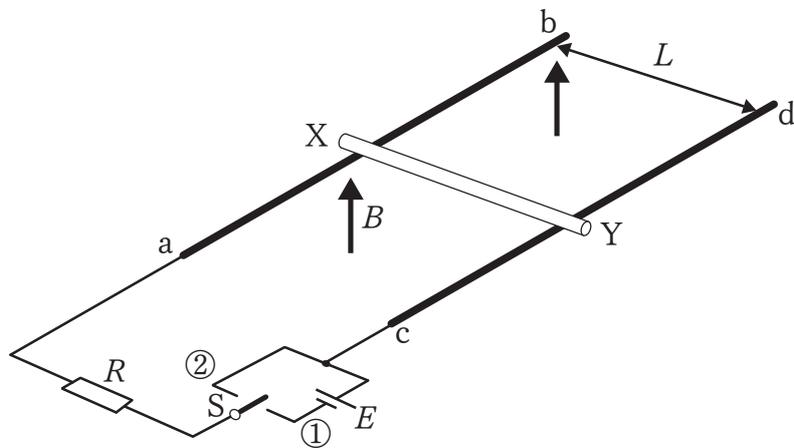


図 2 - 1

問2 図2-1でスイッチSを開いた状態にして、導体棒XYをレールから取り外し、2本の平行な導体のレールabとcdを水平面に対し角度 θ の傾斜をつけた。重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。

A 図2-2のように、導体棒XYを2本のレールと垂直になるように置いた。スイッチSを①側へ接続したあと、導体棒XYから静かに手を離れたところ、導体棒XYは静止したままであった。以下の問に答えよ。

(1) $\tan \theta$ を B, L, R, E, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

B Aの状態から、スイッチSを②側へ切り替えた。すると、導体棒XYはレール上をすべり落ちはじめ、十分に時間が経つと、一定の速さ v_2 [m/s]になった。このとき、以下の問に答えよ。

(2) 導体棒XYに流れる電流の大きさ I_3 [A]を B, L, R, E, θ, v_2 のうち必要なものを用いて表せ。

(3) v_2 を B, L, R, E, θ, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

(4) 抵抗器で消費される電力 P [W]を $B, L, R, E, \theta, m, g, v_2$ のうち必要なものを用いて表せ。

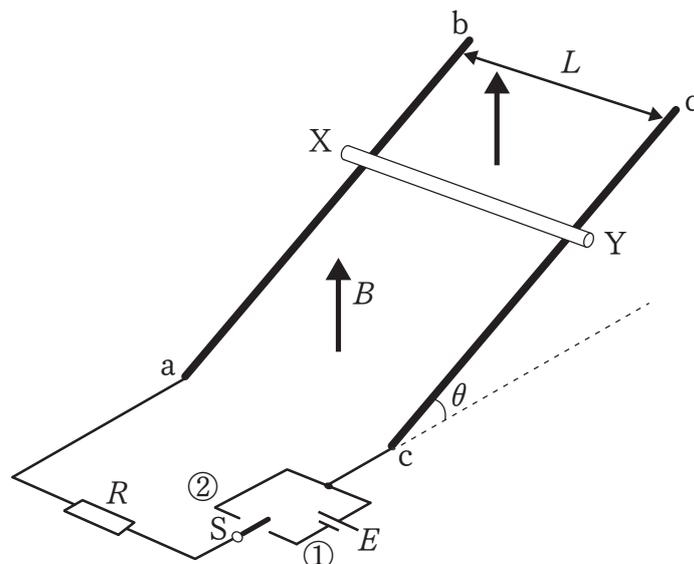


図2-2

3 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

問1 図3-1のように、長さ ℓ [m]の開管(両端とも開いた管)の片方の管口付近に振動数 f_A [Hz]の音を出しつづける音源Aを置いたところ、共鳴が起こり、節が m 個の定在波(定常波)が生じた。なお、このときの開口端補正は無視できるものとする。

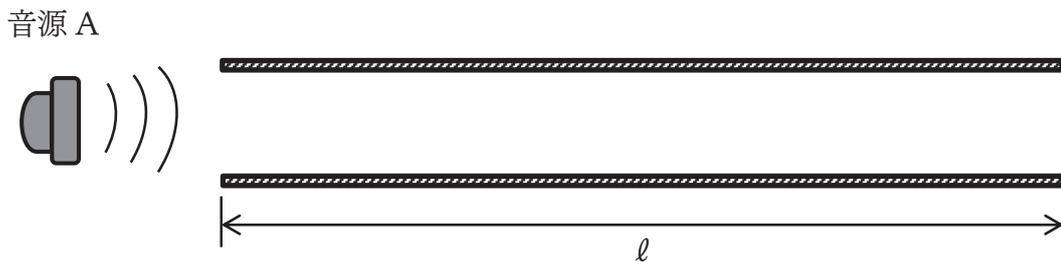


図3-1

- (1) この音の波長 λ_A [m]を ℓ , m を用いて表せ。
- (2) 音の速さ V [m/s]を ℓ , f_A , m を用いて表せ。
- (3) 1気圧, 14.5°C の空気中において、音源Aの振動数が315 Hzのとき、節が3つの定在波(定常波)が管内に生じた。この定在波(定常波)の波長 λ [m]と開管の長さ ℓ [m]を有効数字3桁で求めよ。ただし、音の速さ V [m/s]と気温 t [$^\circ\text{C}$]のあいだには、 $V = 331.5 + 0.6t$ の関係が成り立つものとする。なお、解答欄には計算過程も記述せよ。

問2 図3-1の開管の一端をふさいで図3-2のような閉管とし、管口付近に図3-1とは異なる振動数 f_B [Hz] の音を出しつづける音源 B を置いたところ、共鳴がおこり、節が n 個の定在波(定常波)が生じた。開口端補正を Δl [m] として、このときの音の波長 λ_B [m] を l [m]、 Δl を用いて表せ。



図3-2

問3 同温、同圧の空気中で、図3-1の開管と図3-2の閉管でそれぞれ発生した定在波(定常波)が基本振動であったとき、開管に発生した定在波(定常波)の振動数は閉管の場合の何倍になるか。このとき、閉管と開管はどちらの音が低い音になるか。ただし、開口端補正は無視できるものとする。

問4 図3-3のように、振動数 270 Hz の音源 C と観測者、振動数 $f_D [\text{Hz}]$ の音源 D が一直線上に並んで静止している。音源 C と音源 D の双方から観測者に向かって音が発せられるとき、観測者には毎秒 2 回のうなりが聞こえた。このときの音の速さを 340 m/s とし、音源 D の音の方が高いものとする。ただし、音源 C が観測者に対し左側にある場合について考える。



図 3 - 3

- (1) 音源 D の振動数 f_D を求めよ。
- (2) 音源 C を速さ $v [\text{m/s}]$ で動かすとうなりが消えた。音源 C を動かした向きは図の左向きか、右向きか。また、音源 C を動かしたときの速さ v を有効数字 2 桁で求めよ。なお、解答欄には計算過程も記述せよ。

化 学

- ・問題を解くために必要であれば，以下の数値を用いよ。

$$\log_{10}2 = 0.30, \log_{10}3 = 0.48, \log_{10}7 = 0.85, \sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \\ \sqrt{5} = 2.24$$

$$\text{気体定数 } R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$$

$$\text{アボガドロ定数 } 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$$

$$\text{ファラデー定数 } 96500 \text{ C/mol}$$

また，原子量は次の値を使うこと

$$\text{H} = 1.0 \quad \text{Li} = 6.9 \quad \text{C} = 12 \quad \text{N} = 14 \quad \text{O} = 16$$

$$\text{S} = 32 \quad \text{Cl} = 35.5 \quad \text{Mn} = 55 \quad \text{Ni} = 59 \quad \text{Cu} = 64$$

$$\text{Zn} = 65 \quad \text{Ag} = 107.9$$

- ・気体はすべて理想気体として取り扱えるものとする。
- ・字数を指定している設問の解答では，数字，アルファベット，句読点，括弧，記号はすべて1文字とする。例えば，以下の下線部の語句では ³⁵Cl₂ は5文字，C-H結合 は5文字と数える。

1 下に示す周期表は、元素の特徴を領域ごとにグループ分けし、アルファベット A～I を付した略図である。この周期表に関する下記の各問に答えよ。

1	A								
2		C							
3							G		
4	B							H	I
5		D					F		
6									
7									

問1 原子に関して説明した文を以下に列記した。正しいものを1つ選び、(ア)～(オ)で記せ。

- (ア) 原子の中心には、陽子を含む原子核があるので、原子は正に帯電している。
- (イ) 原子番号が同じで質量数が異なる原子のことを互いに同位体であるという。
- (ウ) 原子の大きさは、原子核の大きさとほぼ同じである。
- (エ) 原子の質量は、原子に含まれる陽子と電子の質量の和とほぼ同じである。
- (オ) 最も外側の電子殻がL殻である原子どうしでは、化学的性質が類似している。

問2 領域Bおよび領域Hは、何という同族元素名で呼ばれているか。それぞれの固有名称を記せ。

問3 領域Eにおいて、常温(大気圧下)での単体の状態が液体である元素は何か。該当するものをすべてあげ、元素記号で記せ。

問4 領域Gにおいて、常温(大気圧下)での単体の状態が気体である元素は何か。該当するものをすべてあげ、元素記号で記せ。

問5 ウランやプルトニウムなどのアクチノイド元素を含み、すべての元素が金属である領域を A～I から選び、記号で記せ。

問6 上記の周期表の内、非金属元素を含む領域をすべて選択し、A～I から選び、記号で記せ。

問7 陽子数が 13 である元素は何か、元素記号で答えよ。また、その元素が属している領域を A～I から選び、記号で記せ。

問8 第3周期の元素の中で、価電子数が1の元素と価電子数が7の元素からなる物質はイオン結晶をつくる。その物質の化学式を記せ。また、その物質が構成する結晶において価電子数が1の元素の配位数を記せ。

問9 領域 I の元素は、同周期においてイオン化エネルギーが最大となる。その理由として正しいものを一つ選び、(ア)～(オ)で記せ。

(ア) 価電子数が0個であり、不安定な電子配置を示すため

(イ) 価電子数が0個であり、安定な電子配置を示すため

(ウ) 価電子数が1個であり、不安定な電子配置を示すため

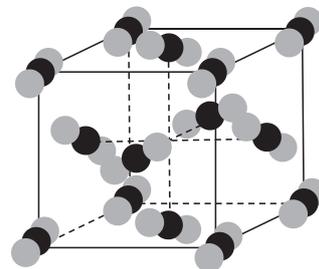
(エ) 価電子数が2個であり、安定な電子配置を示すため

(オ) 価電子数が2個であり、不安定な電子配置を示すため

問10 B領域に属するナトリウムは、一価の陽イオンになりやすく、様々な塩を形成する。その中で、加熱すると分解して二酸化炭素を発生させ、胃の制酸剤にも使用されているものは何か。物質名称および化学式を記せ。また、この物質に酢酸を加えても二酸化炭素は発生するが、このときの化学反応式を記せ。

2 次の文章を読んで、下記の各問に答えよ。

二酸化炭素は空気中に約 % (体積比) で存在し、化石燃料の燃焼や生物の代謝などによって発生する。実験室では、炭酸カルシウムを主成分とする石灰石に希塩酸を加えて発生させる。二酸化炭素の固体は、分子間力のひとつである によって規則正しく配列した 分子結晶 である。単位格子は二酸化炭素分子から構成され、金属結晶と同様な となる。



二酸化炭素の結晶構造

問1 空欄 ~ に適切な語句または数値を以下より選んで文章を完成させよ。

(0.04, 0.9, 21, 78, 水素結合, イオン結合, 金属結合,
ファンデルワールス力, 体心立方格子, 面心立方格子, 六方最密構造)

問2 下線部 a) に対応する化学反応式を記せ。

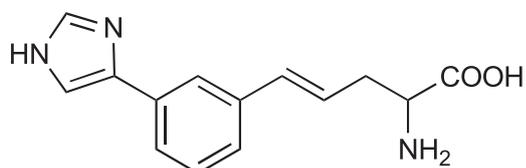
問3 二酸化炭素分子を構造式で示し、分子全体としての極性について理由とともに 60 字以内で記せ。

問4 単位格子中に含まれる二酸化炭素分子は何個か、整数値で求めよ。計算過程も記せ。

問5 下線部 b) の結晶の密度は何 g/cm^3 か。計算過程も含めて有効数字 2 桁で記せ。ただし、単位格子の 1 辺の長さは $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。二酸化炭素の分子量は 44 とし、 $5.6^3 = 176$ とする。

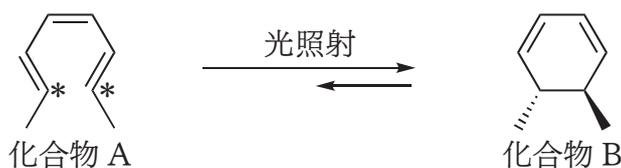
3 下記(i)と(ii)の各問に答えよ。なお、構造式については記入例にならって記せ。

記入例:

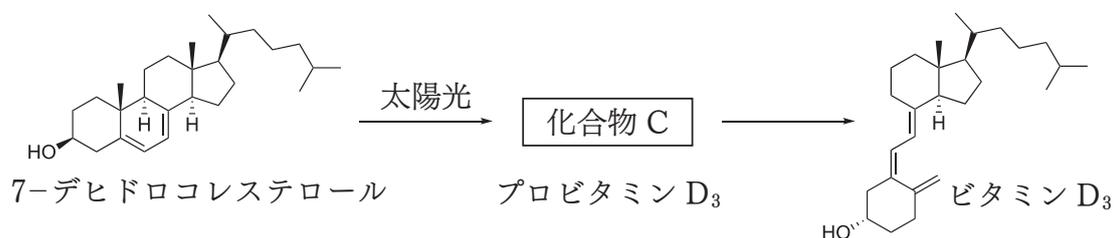


(i) 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

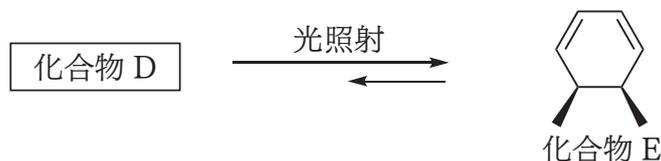
下図に示すオクタトリエン(化合物A)に紫外光を照射するとシクロヘキサジエン(化合物B)が得られる。この光化学反応は可逆的で立体特異的である。なお、下図に示す結合のうち、 \blacktriangleright で示す結合は紙面の手前側に、 \cdots は紙面の奥側に伸びていることを表す。



類似の反応機構が、生物活性を有する分子の合成にも含まれる。例えば、日光が当たる条件下で、7-デヒドロコレステロールは開環反応を起こし、プロビタミンD₃(化合物C)を与える。さらに化合物CはビタミンD₃に変換される。



問1 以下に示す化合物 E を得る光化学反応の出発物質である二重結合を 3 つ有するトリエン (化合物 D) の化学構造式を記せ。



問2 化合物 C の化学構造式を記せ。

(ii) 天然有機化合物に関する以下の各問に答えよ。

問1 天然有機化合物には不斉炭素原子をもつ化合物が多く存在する。不斉炭素原子について、以下の(ア)および(イ)に答えよ。

(ア) 不斉炭素原子を 1 つもつ化合物には、一対の立体異性体が存在する。この立体異性体の名称を記せ。

(イ) (ア)の異性体について、それぞれの異性体で異なるものはどれか、以下の選択肢の中から 1 つ選び、番号を記せ。

- ① 融点 ② 沸点 ③ 密度 ④ 旋光性

問2 天然有機化合物の分子内や他の分子との間に形成される水素結合に関する記述として、次の(A)~(E)のうち正しいものをすべて選び記号で記せ。

- (A) アミロースのらせん構造の安定化に水素結合が寄与する。
- (B) セルロースは水素結合の寄与により水によく溶ける。
- (C) スクロースは水素結合の寄与により水に溶けない。
- (D) タンパク質の一次構造に水素結合が寄与する。
- (E) DNA の二重らせん構造は水素結合により安定化する。

問3 2種類のペプチドAとBを分析して次の(1)~(4)の結果が得られた。以下の①~③に答えよ。なお、ペプチドAとBのうち一方は2種類の異なるアミノ酸から構成されるジペプチドであり、他方は3種類の異なるアミノ酸から構成されるトリペプチドである。ペプチドAとBを構成する合計5つのアミノ酸はすべて異なる。それらは、グリシン、アラニン、グルタミン酸、システイン、フェニルアラニンである。

- (1) ペプチドAのみ、ビウレット反応を示した。
- (2) ペプチドBのみ、キサントプロテイン反応を示した。
- (3) ペプチドAの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈澱を生じた。
- (4) ペプチドBを酵素でアミノ酸まで加水分解し、得られたアミノ酸の等電点を調べたところ、そのうち一つのアミノ酸の等電点が3.2であった。

- ① (1)の結果より、ペプチドAを構成するアミノ酸の数はいくつか記せ。
- ② (3)で得られた黒色沈澱の化学式を記せ。
- ③ ペプチドAを構成するアミノ酸の名称をすべて記せ。

問4 あるタンパク質を濃硫酸中で加熱分解した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えて強アルカリ性になると気体が発生した。発生した気体を1.0 mol/Lの硫酸水溶液40 mLに完全に吸収させ、この溶液を1.0 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ10 mLを要した。発生した気体の名称を記せ。またその物質[mol]を有効数字2桁で記せ。

4 次の文章を読み、下記の各問に答えよ。

水素(H)は宇宙で存在する割合が最も多い元素であり、地球上では水などの化合物の成分として多量に存在する。天然で最も存在量の多い水素原子(H)は1個の からできた原子核と1個の から構成されており、質量数は となる。水素ガス(H₂)は ① 水の電気分解や亜鉛や鉄などの金属に希塩酸や希硫酸などの薄い酸を加えて生成することができる。 工業的にはNiを触媒に用いて ② メタンなどの炭化水素を高温の水蒸気と反応させ、生成物から水素ガスのみを分離することで得られる。

この水素ガスは二酸化炭素を排出しないクリーンな燃料として注目されている。水素ガスを燃料とし発電する燃料電池において電解質は水素イオンのみが流れるリン酸や固体高分子化合物などが用いられている。負極活物質には ，正極活物質には が用いられ、③ 二酸化炭素を排出しないクリーンな発電を燃料電池で行うことができる。

問1 上の文章の空欄 ～ にあてはまる語句や数字を、 と に活物質の化学式を記せ。

問2 下線部①の水の電気分解において水酸化ナトリウム(NaOH)を水(H₂O)に溶かした電解液に、陽極・陰極として白金電極を取り付けて電気分解を行った。水素ガスを毎分10 mL 得るためには27°Cの電解液に何A(アンペア)の電流を流せば良いか。計算過程も含めて小数第1位まで記せ。ただし、発生ガスは理想気体であり圧力は 1.013×10^5 Paとする。

問3 下線部②について以下の問に答えよ。

- (a) メタンと水蒸気により一酸化炭素と水素を生成する反応を反応式にて記せ。
- (b) 上記で得られた一酸化炭素をさらに水蒸気と反応させ、メタンや一酸化炭素がすべて水蒸気と反応した際、メタン1 mol から最終的に得られる水素の物質量[mol]を整数値で記せ。

問4 下線部③において燃料電池の負極と正極の反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

タンパク質はアミノ酸がペプチド結合でつながったポリペプチド鎖からなる。リボソームで合成されたポリペプチド鎖は、一部が折りたたまれて、(ア)とよばれるらせん構造や二本のポリペプチドが並行に並んだ(イ)とよばれるジグザグ状の二次構造をとる。これらの形成には主鎖の共有結合に加えて、(ウ)結合とよばれる非共有結合が関与する。ポリペプチド鎖はさらに折りたたまれて繊維状や球状の三次構造を形成する。これらの立体構造は側鎖間での様々な非共有結合の他、システインの側鎖どうしが共有結合した(エ)結合などによって維持されている。また細胞内にはポリペプチド鎖の正しい折りたたみを助けたり、変性したタンパク質を正常なタンパク質に回復させるタンパク質も知られており、このようなタンパク質を総称して(オ)という。

タンパク質の中には、生命活動に見られる様々な 化学反応を触媒する酵素がある。^(a) 酵素の活性は、温度や pH だけでなく、ビタミン類などを成分とする(カ) ^(b)や金属イオンなどの物質により調節される。酵素活性の調節には、基質と類似する物質が活性部位に結合して起こるものがある。一方、酵素の活性部位とは異なる部位に結合し、酵素活性を調節する場合もあり、このように調節される酵素を(キ)という。こうした酵素の性質を利用して、ある代謝経路でつくられた生成物が、同じ代謝経路ではたらく酵素の活性に影響するという(ク)調節がはたらくこともある。このように、酵素の活性は様々な因子に調節されるため、酵素による触媒作用は秩序をもって起こり、生命活動は維持される。

問1 文章中の(ア)～(ク)に入る最も適切な語句を記せ。

問2 下線部(a)に関して、無機触媒による化学反応と異なり、酵素反応には最適温度が存在する(図1)。最適温度が40℃の酵素Aと最適温度が60℃の酵素Bを用いて実験を行った。以下の(1)～(3)に答えよ。

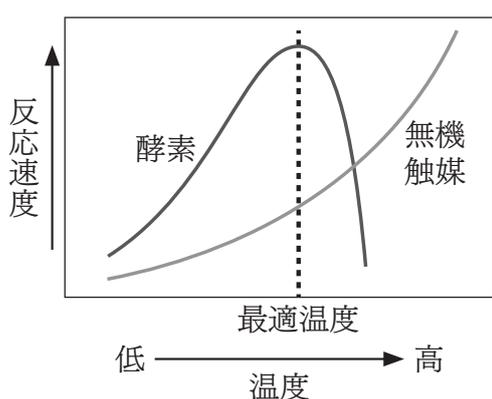


図1

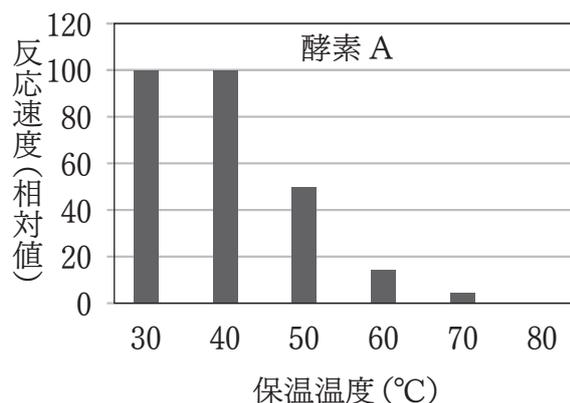


図2

(1) 酵素Aを30℃～80℃の範囲の各温度で5分間保温した後、室温に戻し、十分量の基質を加え、40℃における酵素の反応速度を測定した結果(40℃で保温した後の速度を100とした相対値)を図2に示した。酵素Aと温度に関する以下の①～④の文章から誤っているものを1つ選び、記号を記せ。

- ① 50℃に保温した酵素の反応速度(相対値)が低下するのは、酵素が変性するためである。
- ② 保温時間を長くすると、50℃以上の温度に保温したときの酵素の反応速度(相対値)は図2の値よりも小さくなる。
- ③ 30℃と40℃に保温した酵素の反応速度(相対値)が同じであるのは、両温度における酵素の反応速度が同一であるためである。
- ④ 80℃に保温した酵素の反応速度(相対値)が0となるのは、この温度では酵素の変性がすみやかに起こるためである。

(2) 酵素 A を含む溶液を 80℃で 5 分以上保温すると、不溶性の凝集体を形成し白濁した。その理由として最も適切なものを以下の①～④の文章から 1 つ選び、記号を記せ。

- ① タンパク質の立体構造が壊れ、内部にあった親水性のアミノ酸側鎖がタンパク質の外側に露出することで親水性が増大し、その結果、水分子を介してタンパク質どうしが集合しやすくなるため。
- ② タンパク質の立体構造が壊れ、内部にあった疎水性のアミノ酸側鎖がタンパク質の外側に露出することで、疎水性領域を表面にもつタンパク質どうしが集合するため。
- ③ タンパク質内部の主鎖のペプチド結合が切断され、内側にあった疎水性のアミノ酸側鎖がタンパク質の外側に現れ、断片化したタンパク質どうしが疎水性側鎖を介して集合するため。
- ④ タンパク質末端部分が切断され、露出した親水性のアミノ酸側鎖のはたらきで、断片化したタンパク質どうしが集合するため。

(3) 酵素 B も酵素 A と温度範囲は異なるが、図 1 のような性質をもつ。酵素 B を図 2 と同じ温度範囲で 5 分間保温した後、室温に戻し、十分量の基質を加え、60℃における酵素 B の酵素反応速度を測定した。この結果を述べた以下の①～⑤の文章から適切なものを 2 つ選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① 40℃で保温した値は、30℃で保温した値よりも大きい。
- ② 40℃で保温した値と 60℃で保温した値は、同じである。
- ③ 70℃で保温した値は、40℃で保温した値よりも大きい。
- ④ 60℃で保温した値と 70℃で保温した値は、同じである。
- ⑤ 30℃で保温した値は、70℃で保温した値よりも大きい。

問3 下線部(b)に関して、ニワトリの肝臓に含まれる酵素Eは、基質Sから反応生成物Pを生じる反応を触媒する。この酵素Eの性質を調べるために実験を行った。低温条件下で、ニワトリの肝臓を緩衝液中ですりつぶし、ろ過処理を行った。得られたろ液に以下の処理を行い試料I～IVを得た。

試料I：特別な処理は加えず低温に保存。

試料II：半透膜の袋に入れ十分量の緩衝液中で低温下で一晩透析したのち、袋内の試料を取り出し低温に保存。ただし、透析の前後で袋内の試料の容量に変化はないものとする。

試料III：80℃で5分間加熱したのち、低温に保存。

試料IV：試料IIと試料IIIを1：1で混合した液を低温に保存。

これら4つの試料を用いて以下の実験1と2を行った。

【実験1】4つの試料それぞれに十分量の基質Sを加えて、酵素Eの最適温度である37℃に保温した。その結果、試料Iと試料IVを用いた場合のみ反応生成物Pが生じた。

【実験2】試料Iを用いて、基質Sの濃度と反応生成物Pの生成速度との関係を調べたところ、図3に示すグラフが得られた。

以上のことを踏まえて以下の(1)～(4)に答えよ。ただし、酵素Eの活性は低温保存による影響を受けず、また酵素Eは半透膜を透過しないものとする。

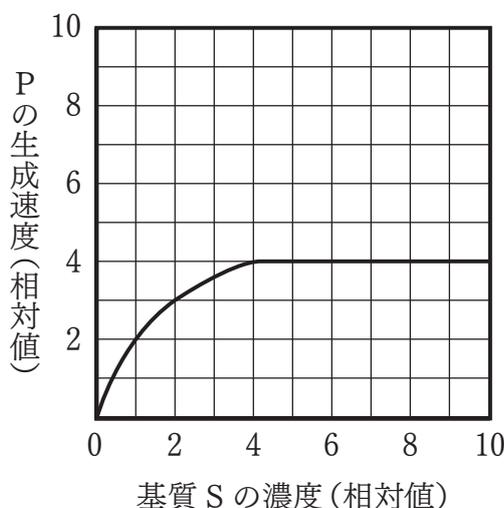


図3

- (1) 【実験 1】の結果から判明した半透膜を透過する，酵素 E に関連する低分子物質の性質を 2 つ，解答欄の A と B に各 15 字以内で記せ。
- (2) 【実験 2】と同様の実験を試料 IV を用いて行った場合に得られる結果を解答欄のグラフ内に実線で書き入れよ。解答欄には図 3 と同じグラフを示してある。
- (3) 酵素 E の阻害剤として酵素 E との結合能を有する X と Y がある。阻害剤 X は基質 S とよく似た立体構造を有しており，阻害剤 Y は全く異なる構造をしている。試料 I に阻害剤 X もしくは阻害剤 Y を一定量加えた時の P の生成速度のグラフを図 4 の①～④からそれぞれ選び，記号を記せ。

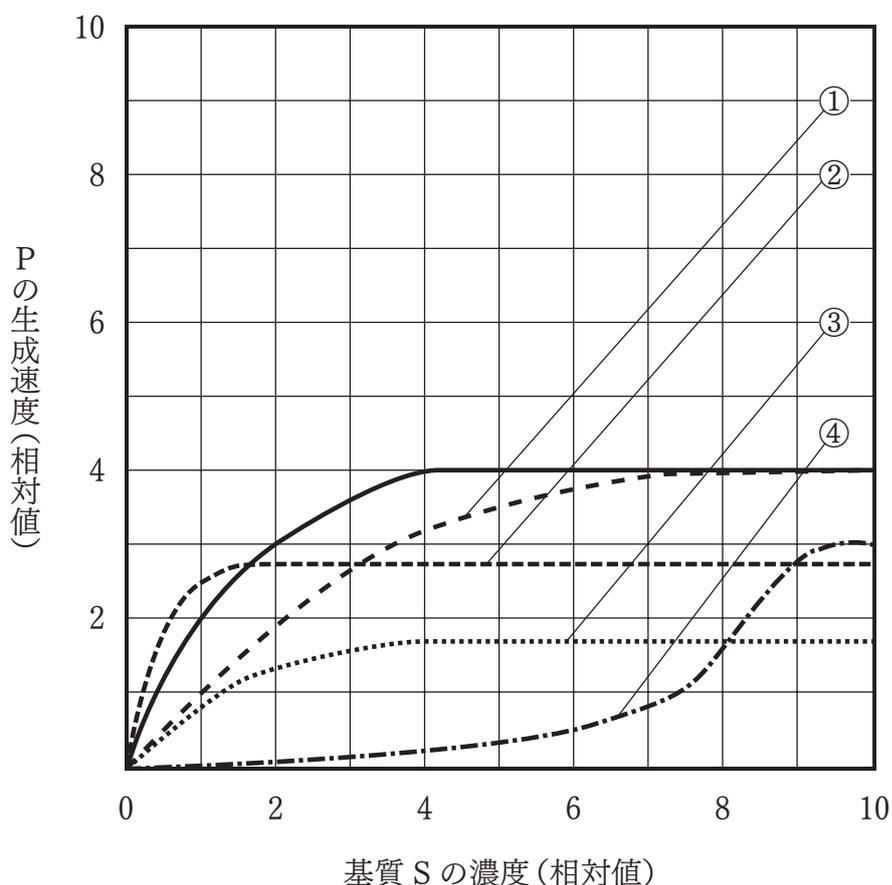


図 4

- (4) (3)で阻害剤 X のグラフを選んだ理由を，解答欄の「基質濃度が低い時は」に続けて 80 字以内で記せ。

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

植物は栄養成長を続けていた茎頂分裂組織が、生殖成長に切り替わることで花芽が形成される。花の器官形成には、3種類のホメオティック遺伝子がつくるタンパク質^(a)がかかわっており、その組み合わせによって、ある部分がどの構造になるかが決まる。花芽が形成された後、若い葯や若い子房の中では、減数分裂が起これ配偶子^(b)がつくられる。その後、受粉・受精が起これ、種子^(c)が形成される。

減数分裂の過程では、DNAが複製されてできた2本の染色体がくっついたまま離れず、それぞれが凝縮して太く短いひも状の染色体となる。このとき、体細胞分裂とは異なり、相同染色体どうしが平行に並んで接着する。これを(ア)といい、(ア)によって生じた染色体を(イ)という。また、減数分裂では染色体の一部が交換される染色体の(ウ)が起これ。この(ウ)が生じている部分を(エ)という。このように、減数分裂が行われると、染色体の組み合わせ^(d)や染色体の組換えによって、多様な遺伝子の組み合わせをもつ配偶子が形成され、遺伝的に多様な子が生じる。また、減数分裂による染色体の組み合わせや染色体の組換えの他に、遺伝子の組み合わせの多様化につながる要因として、DNAの塩基配列や染色体の構造・数の変化による配偶子の遺伝情報の変化などがある。このような現象を突然変異とよぶ。塩基配列が変化する突然変異には、置換、欠失、挿入の3種類がある。また、染色体レベルでの突然変異では、染色体の数が変化し、染色体数が不足または過剰になった(オ)、もしくは2倍、3倍となった(カ)が生じることがある。さらに、染色体の構造の変化では、減数分裂の際に、(ア)する位置がずれて(ウ)が起これることで、一方の染色体で遺伝子が重複することがある。これを(キ)とよぶ。

問1 文章中の(ア)～(キ)に入る適切な語句を記せ。なお、文章中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 下線部(a)のしくみはABCモデルとよばれる。通常の植物の花器官ではA, B, Cの各クラスの遺伝子が決まった領域ではたらくことで、表1のように、領域1, 領域2, 領域3, 領域4では、それぞれ、がく片, 花弁, おしべ, めしべが形成される。これらの遺伝子が欠損すると花の構造は変化する。このしくみに関して、以下の(1)~(3)に答えよ。

表1 各領域で形成される花の器官

領域	形成される花の器官
領域1	がく片
領域2	花弁
領域3	おしべ
領域4	めしべ

(1) 花の形態の変異体として、花弁が何重にも重なって見える八重咲の花を形成する個体が生じた。これは、ある特定のホメオティック遺伝子が欠損しているものと推測される。この個体において、欠損しているホメオティック遺伝子を以下の①~⑦から1つ選び、記号を記せ。

- ① Aクラス, BクラスおよびCクラス遺伝子
- ② AクラスおよびBクラス遺伝子
- ③ AクラスおよびCクラス遺伝子
- ④ BクラスおよびCクラス遺伝子
- ⑤ Aクラス遺伝子
- ⑥ Bクラス遺伝子
- ⑦ Cクラス遺伝子

(2) (1)で生じた変異体では、領域1, 領域2, 領域3, 領域4の各領域でどのようなホメオティック遺伝子がはたらき、何の器官が形成されるか、解答欄に記せ。ただし、各領域ではたらいっているホメオティック遺伝子は、最も適切なものを(1)の①~⑦から1つ選び、記号を記せ。

(3) Aクラス遺伝子欠損変異体(遺伝子型 aaBBCC)とBクラス遺伝子欠損変異体(遺伝子型 AAbbCC)を交配してF₁個体を得た。このF₁個体を自家受精させF₂個体を得た。F₂個体の中に、花卉が形成されない個体が生じる割合(%)を求めよ。なお、A、B、Cの各遺伝子は互いに異なる染色体に座乗しており、遺伝子A、B、Cを顕性(優性)とする。解答が小数点以下を含む場合には、小数第一位を四捨五入し、整数で記せ。

問3 下線部(b)に関する記述として正しいものを以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

- ① 核内に分散していた染色体は、第一分裂前期に複製される。
- ② 相同染色体がわかれて両極に移動し、細胞質分裂が起こるのは、第一分裂終期である。
- ③ 相同染色体の間で染色体の一部が交換されるのは、第一分裂である。
- ④ 第二分裂の開始に伴い、相同染色体が複製される。
- ⑤ 染色体がわかれて両極に移動し、4つの娘細胞ができるのは、第二分裂後期である。

問4 下線部(c)に関して、植物の中には、遺伝的に自家受精を防ぐ性質をもつ植物が存在する。花粉の遺伝子とめしべの遺伝子の組み合わせにより、自家受精が妨げられる性質を何とよぶか、名称を記せ。

問5 下線部(d)に関して、次の文章を読んで、以下の(1)と(2)に答えよ。

植物Xには5つの遺伝子があり、それぞれの遺伝子には大文字と小文字で表される2つの対立遺伝子(Aとa、Bとb、Cとc、Dとd、Eとe)が存在する。遺伝子型AABBCCDDEEの植物と遺伝子型aabbccddeEの植物を交配し、F₁個体を得た。次に、このF₁個体を遺伝子型aabbccddeEの植物と交配させ、次世代の個体を得た。この次世代の個体の表現型をもとに、F₁個体から生じた配偶子の遺伝子型の比率を2組の遺伝子の組み合わせで表すと、表2のようになった。

表2 遺伝子の組み合わせと配偶子の遺伝子型の比率

遺伝子の組み合わせ	配偶子の遺伝子型の比率
A (a) と B (b)	AB : Ab : aB : ab = 1 : 9 : 9 : 1
B (b) と C (c)	BC : Bc : bC : bc = 7 : 13 : 13 : 7
C (c) と D (d)	CD : Cd : cD : cd = 1 : 1 : 1 : 1
D (d) と E (e)	DE : De : dE : de = 1 : 4 : 4 : 1
E (e) と A (a)	AE : Ae : aE : ae = 1 : 1 : 1 : 1

(1) F₁ 個体をもつ体細胞について、相同染色体における対立遺伝子の配置を示す図として正しいものを以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

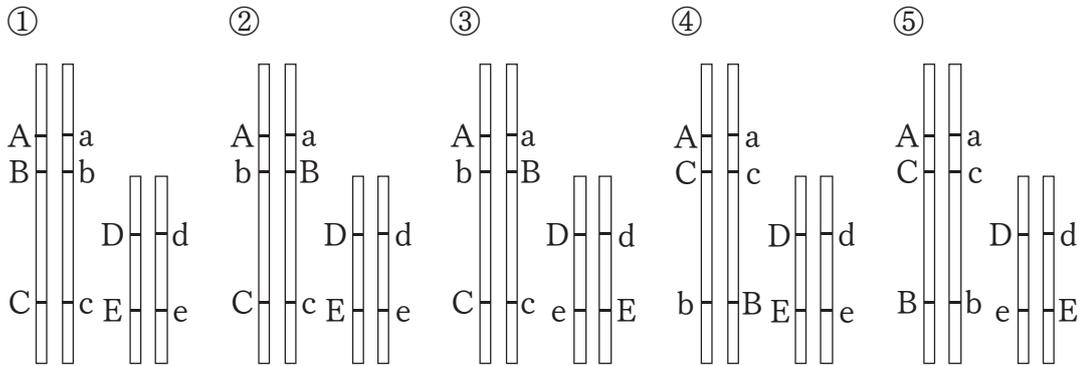


図1 染色体上の遺伝子座の位置

(2) 表のデータを使って2つの遺伝子座 A と C の間の組換え価 (%) を求めよ。
 解答が小数点以下を含む場合には、小数第一位を四捨五入し、整数で記せ。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

ある場所の植生が時間とともに変化していくことを遷移という。土壤がなく生物もほぼ存在しない裸地が森林になるまでの遷移は、長い年月を要し、段階を経て進行する。

はじめに、土壤が形成される前には、地衣類やコケ植物、草本類が(ア)種として侵入し、荒原や草原の状態を形成する。これらの植物の枯死などにより腐食質をともなう土壤の形成が徐々に進むと、より多くの植物が定着できるようになる。

やがて木本類が定着するようになると、森林の状態になる。森林の状態になると、林内で新たに定着できる植物は陰生植物の性質をもつものが多くなる。芽生えの時期に陰生植物の性質をもつ(イ)とよばれる木本類が優占する森林になると、遷移は最終段階に至り、極相を形成する。

極相を形成した後も林内で(イ)だけが生育するわけではない。その後も、例えば、高木が台風や寿命で倒木するなどして林内に(ウ)が生じると、そこに(イ)だけでなく陽生植物の性質をもつ様々な植物が侵入することがある。

また、落葉樹林の場合には、落葉期の林床に春植物とよばれる植物の仲間が見られることがある。春植物は、木本類の落葉期を利用し、(エ)をめぐる上層の木本類との種間競争を回避することで、その時期に活発に光合成を行い、栄養を塊茎に蓄えることで生活している。

問1 文章中の(ア)～(エ)に入る最も適切な語句を記せ。なお、文章中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 荒原や草原、森林といった植生の外観上の様相を何とよぶか記せ。

問3 下線部(a)について、以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 湖沼から始まり途中で陸地となり遷移が進む場合に対して、下線部(a)のように陸地から始まる遷移を何とよぶか記せ。
- (2) 陸地に土壌が既にある状態から始まる遷移に対して、下線部(a)のように土壌がない状態から始まる遷移を何とよぶか記せ。
- (3) 下線部(a)のように土壌がない状態から遷移が始まる場所として適切なものを以下の①～④からすべて選び、記号を記せ。
 - ① 山火事の跡地
 - ② 森林の伐採跡地
 - ③ 放置されたスキー場
 - ④ 氷河の後退で露出した岩盤

問4 下線部(b)は、土壌が未発達な段階の遷移の一般的なパターンを述べたものであるが、この段階でもハンノキやオオバヤシャブシなどの木本類が侵入してくる場合があり、そこには、植物が利用する窒素が供給されるしくみ関わっている。これについて、以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) ハンノキやオオバヤシャブシなどの窒素の利用について説明した以下の文章中の(オ)～(キ)に入る最も適切な語句を記せ。なお、文章中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

ハンノキやオオバヤシャブシなどの木本類は(オ)菌と共生する。(オ)菌は窒素(カ)細菌の一種であり、(オ)内で大気中の窒素から(キ)イオンをつくることができる。共生する木本類は(キ)イオンを成長に必要な窒素源として利用することで、土壌が未発達な状態でも生育することが可能となる。

- (2) (1)の文章の説明にあるもののほかに、大気中の窒素が、植物にとって利用可能な窒素化合物となる経路として適切なものを以下の①～④からすべて選び、記号を記せ。
 - ① 空中放電
 - ② 呼吸
 - ③ 光合成
 - ④ 化学工場での肥料生産

- 問5 下線部(c)のように、生物が非生物的環境を変えることを何とよぶか記せ。
- 問6 下線部(d)について、なぜ林内では陰生植物の性質をもつ植物が多くなるのか、「森林の状態になると、」に続けて、また「陽生植物」という語を用いて、60字以内で説明せよ。
- 問7 森林に至る遷移が進まず、場所によって草原の状態に留まっている場合がある。日本において、遷移が進まず草原の状態に留まることになる原因となっているものを以下の①～④からすべて選び、記号を記せ。
- ① 光環境 ② 気温 ③ 降水量 ④ 人為的攪乱
- 問8 下線部(e)のように生態系に攪乱が生じ、局所的環境の多様性が増すことで、生態系に住む生物群集の種数が増えることがある。適度な攪乱により生物群集中の種数が最も多くなるという考え方を何とよぶか記せ。
- 問9 下線部(f)で、春植物が一定の時期を活用して上層の木本類との競争を回避しているように、生物群集においては、それぞれの生物種が資源をめぐる競争の中で特定の資源利用のしかたを持つ姿が見られる。この資源利用のしかたといい、生物群集内でその種が占める位置のことを何とよぶか記せ。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

[I]

5000 万年以上前、哺乳類の中から、森林における樹上生活に適応した霊長類が出現した。やがて主に夜行性である(ア)猿類から、ヒトや類人猿を含む(イ)猿類が現れた。さらに(イ)猿類は、広鼻猿類と狭鼻猿類に分岐し、その後、狭鼻猿類から類人猿が誕生した。(イ)猿類の特徴のひとつとして、手の親指が比較的小さく、他の4本の指と離れて向かい合うようになっていることが挙げられる。^(a)人類はおよそ600万～1000万年前頃に、(ウ)大陸において類人猿から分岐したと考えられている。当初は樹上と地上との両方で生活していたが、その後300万～400万年前頃にサバンナへと進出したと考えられている。

かつては(ウ)大陸に大地溝帯(グレート・リフト・バレー)が形成され、大地溝帯の東側が徐々に乾燥して森林が衰退したことで、ヒトの祖先が平原を歩く必要性が生じて二足歩行を進化させたという仮説がフランスの人類学者によって打ち立てられた。これは1974年に見つかった「ルーシー」の愛称で知られる化石に基づくものであったが、現在では支持されていない。その理由のひとつは、大地溝帯からはるか西側の(ウ)大陸中北部で、「トゥーマイ(現地の方言で「命の希望」の意味)」の愛称が付けられた、ルーシーよりも古い化石が2001年に発見されたからである。トゥーマイの化石はほぼ完全な頭蓋骨と断片的な下顎骨しか見つかっていないが、その頭蓋骨の(エ)が頭部の真下についていることから二足歩行をしていたと推察されている。

問1 文章中の(ア)～(エ)に入る最も適切な語句を記せ。なお、同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 文章中の下線部(a)に関して、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) この特徴を何とよぶか、記せ。

(2) この特徴はどのような点において有利な形質か、15字以内で説明せよ。

問3 ルーシーとトゥーマイについて、以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) ルーシーの化石は全身骨格のおよそ40%が発見されたことから、身長がおよそ110cmだったと推定されているが、頭蓋骨は大きく破損しており、(エ)の位置は推定できなかった。しかし、その他の骨の特徴から、ルーシーも二足歩行していたことが推測されている。写真は発見されたルーシーの骨のうち、骨盤(寛骨および仙骨)、腰椎、大腿骨であるが、これらの骨から考えられるルーシーが二足歩行をしていた根拠を20字以内で説明せよ。



(2) ルーシーはアウストラロピテクス属に、トゥーマイはサヘラントロプス属に分類されている。アウストラロピテクス属とサヘラントロプス属のどちらの脳容積が大きいのか、答えよ。

[II]

日向さんと日南さんは、2022年のノーベル生理学・医学賞「絶滅したヒト族のゲノムと人類の進化に関する発見(受賞者：スバンテ・ペーボ博士)」に焦点を当てた展示を学園祭で企画した。ペーボ博士は、化石に極微量に含まれるDNAを抽出し、ゲノム情報を明らかにし、現生生物と比較する古ゲノム学(paleogenomics：古代ゲノム学とも訳される)を開拓した。博士らは、ネアンデルタール人の(オ)DNAの塩基配列を決定し、現生のヒトやチンパンジーと比較した。さらに化石に含まれる核DNAの解析技術を開発した。その結果、ヒトが、絶滅したネアンデルタール人およびデニソワ人と(カ)があったとする研究成果を発表した。学園祭では、それらの研究内容をポスター展示で解説するとともに、地元の博物館より「猿人」、「原人」、「旧人」、および「ヒト」の各グループに属する頭骨標本のレプリカをそれぞれ1つずつ借りて展示した。

学園祭の展示はとても好評だったが、困ったことに標本に貼られていた種名等が記載されたラベルが展示の最中に剥がれてしまい、4つの頭骨標本(標本A～標本Dとする)がどのグループの物なのか分からなくなってしまった。しかしながら猿人のレプリカ標本は頭骨全体が復元されたものではなかったことから、すぐに標本Aであると判明した。また標本Bにはネアンデルタール人という刻印が小さく刻まれていた。残りの標本Cと標本Dのグループは分からなかったことから、日向さんと日南さんは、直径6mmの小さな球体を頭蓋腔に1000個ずつ隙間なく流し込み、その個数を数えることで脳容積を測定した。標本Cは13000個の球体が入った時点でいっぱいになった。標本Dは9000個入った時点でいっぱいになった。なお球体は頭蓋腔のみに充填され、他の間隙には入り込まなかったものとする。

問4 文章中の(オ)と(カ)について、以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) (オ)は、呼吸に関わり、母系遺伝する細胞小器官である。その名称を記せ。
- (2) ペーボ博士は、現生する人類のゲノムにネアンデルタール人やデニソワ人の遺伝情報の一部が残っていることを発見した。(カ)に入る最も適切な語句を漢字2字で記せ。

問5 標本 A～標本 D について、以下の(1)～(4)に答えよ。

(1) 標本 A と標本 B のグループの説明として適切な記述を以下の①～⑦から、それぞれ2つずつ選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① 長い尾をもっていた。
- ② ルーシーやトゥーマイが含まれる。
- ③ アメリカ大陸からも化石が見つまっている。
- ④ ヨーロッパにも分布していた。
- ⑤ ある程度の文化をもち、死者の埋葬をしていた。
- ⑥ 腕部が現代人よりも長く、ナックル歩行をしていた。
- ⑦ 脳容積は現在のヒトの3分の1ほどであった。

(2) 標本 C の脳容積 (mL) を求めよ。なお、球体と球体の間の隙間は無視できるものとし、円周率を 3.14 とし、 1 cm^3 を 1 mL と換算して記せ。解答が小数点以下を含む場合には、小数第一位を四捨五入し、整数で記せ。

(3) 標本 C の学名を、二名法を用いてカタカナで記せ。

(4) 標本 D のグループの説明として適切な記述を以下の①～⑤から2つを選び、記号を記せ。なお、解答の順序は問わない。

- ① 火を使用していた。
- ② 完全な二足歩行は出来ず、森林とサバンナを行き来していた。
- ③ インドネシアから化石が見つまっている。
- ④ 石器などの道具はまだ使用していなかった。
- ⑤ アメリカ大陸から化石が見つまっている。

問6 化石から DNA 情報を得る古ゲノム学では、DNA 抽出は専用のクリーンルーム内で、専用ウェア、マスク、手袋、ゴーグル、ヘアキャップ、フェイスガード等を用いて人の肌を覆い尽くし、さらに実験者を少数に限るなど、厳重に管理された環境下で行われることが一般的である。その理由を推察し、20 字以内で説明せよ。

