

令和5年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 理 科

## 試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	1 ~ 3	1 ~ 5
化学	1 ~ 3	6 ~ 11
生物	1 ~ 3	12 ~ 19
地学	1 ~ 4	20 ~ 27

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙の2箇所受験番号を必ず記入しなさい。  
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。  
※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

## 物 理

1 図1のように、長さ  $L$  [m] の糸の先端に質量  $M$  [kg] の物体 A がつるされて位置 a に静止している。この A に、質量  $m$  [kg] の物体 B が水平方向に速さ  $v$  [m/s] で衝突したところ、A と B が一つになって糸がたるむことなく最高点 b まで到達した。このときの糸の鉛直方向に対する角度は  $\theta$  [rad] であった ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ )。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とし、以下の問いに答えよ。ただし A, B の大きさおよび糸の質量を無視する。

(問 1) 衝突直後の A および B の速さ  $V$  [m/s] を  $M, m, v$  を用いて表せ。

(問 2) 衝突によって失われた力学的エネルギーは、衝突前の力学的エネルギーの何倍になるかを、 $M$  と  $m$  を用いて表せ。

(問 3) 衝突前の B の速さ  $v$  を、 $M, m, L, \theta, g$  を用いて表せ。

次に、図2のように、a の真上  $r$  [m] の距離の位置 c に釘を設け、上記と同様に B を衝突させた。すると一つになった A および B が、糸がたるむことなく c の真上の最高点 d に達した。

(問 4) d における A および B の速さ  $V'$  [m/s] と、このときの糸の張力の大きさ  $T$  [N] を  $M, m, v, g, r$  を用いて表せ。

(問 5) 糸がたるむことなく d に達するためには、 $r$  がある大きさ  $r_{\max}$  [m] 以下である必要がある。 $r_{\max}$  を  $M, m, v, g$  を用いて表せ。

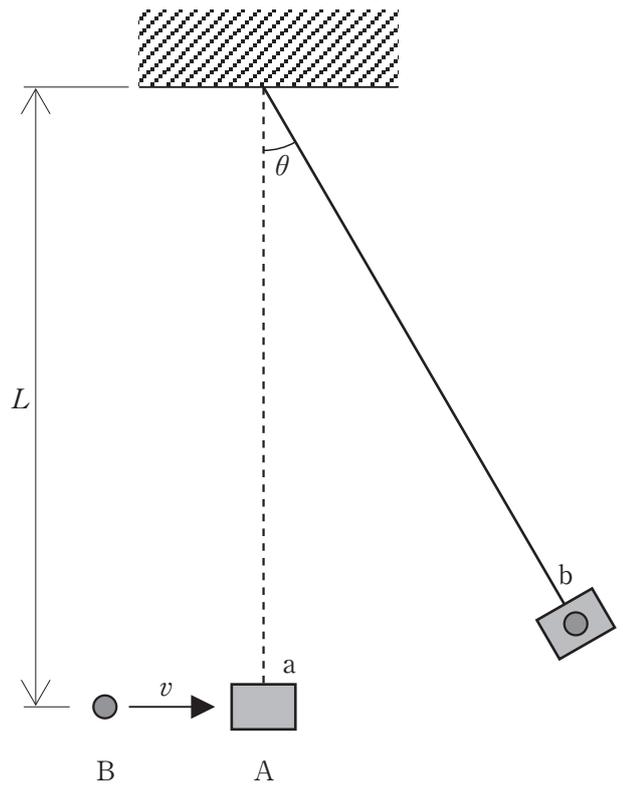


图 1

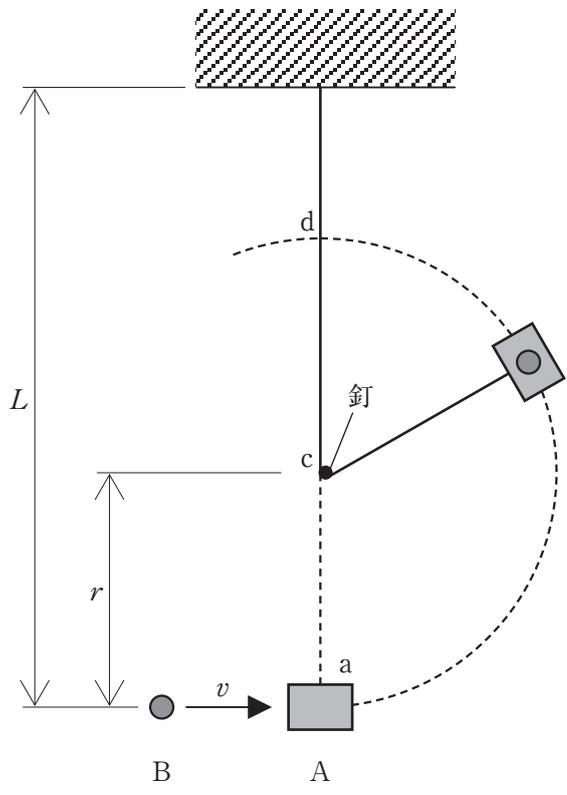


图 2

2 図のように直線導体を間隔  $L$  [m] で平行に並べたレールをつくり、水平面に対して傾斜角  $\theta$  [rad] で設置した  $(0 \leq \theta < \frac{\pi}{2})$ 。レールの上端には抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗と内部抵抗が無視できる起電力  $E$  [V] の電池がつないである。一様な磁束密度  $B$  [T] の磁場を鉛直上向きにかけた状態で、図のように質量  $m$  [kg] の導体棒 PQ をレールに対して垂直に置いた。レールは十分に長く、導体棒とレールは常に垂直であり、PQ は常にレールに接しているとする。レールと導体棒との摩擦、電気抵抗、導体棒の太さは無視できるものとする。重力加速度の大きさを  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とし、以下の問いに答えよ。

(問 1)  $\theta = 0$  のとき、導体棒に対してレールに沿った力  $F$  [N] を外から加えることで静止状態に保った。加えた力の大きさを、 $E, R, B, L$  を用いて表せ。

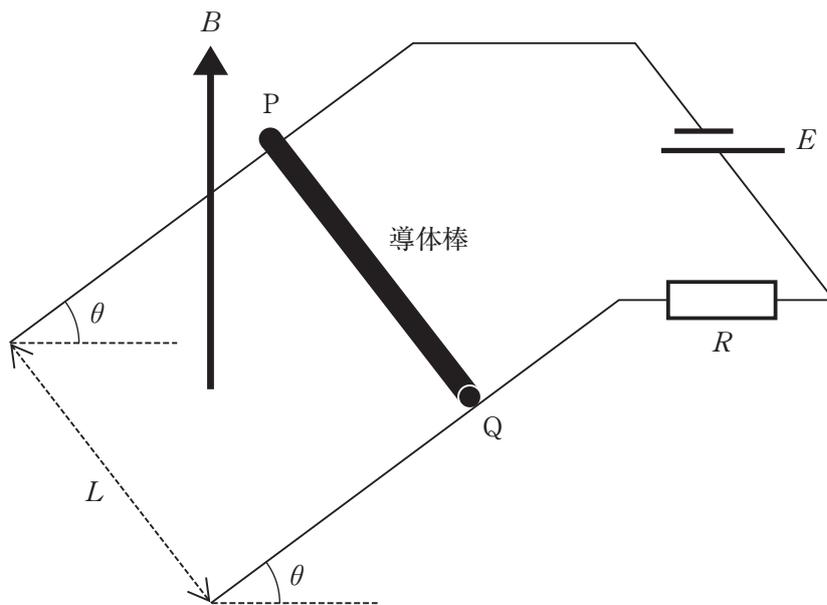
(問 2)  $\theta = \theta_1$  のとき、導体棒は外から力を加えることなく静止した。このときの起電力  $E$  を、 $R, B, L, m, g, \theta_1$  を用いて表せ。

次に、 $\theta = \theta_2 (< \theta_1)$  にしたとき、導体棒はレールに沿って上向きに運動し始めた。

(問 3) 導体棒の速さが  $v$  [ $\text{m/s}$ ] となった瞬間の、導体棒に生じる誘導起電力の大きさ  $V$  [V]、および抵抗に流れる電流の大きさ  $I$  [A] を、 $E, v, R, B, L, \theta_2$  のうち必要なものを用いて表せ。

(問 4) このときの導体棒の加速度  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] を、 $E, v, R, B, L, m, g, \theta_2$  を用いて表せ。ただし、レールに沿って上向きを正とする。

(問 5) 時間が十分に経過した後の導体棒の速さ  $v'$  [ $\text{m/s}$ ] を、 $E, R, B, L, m, g, \theta_2$  を用いて表せ。



图

**3** 半減期が  $T_A$  の放射性元素 A と半減期  $T_B$  ( $T_B < T_A$ ) を持つ放射性元素 B の原子を、時刻 0 で共に  $N_0$  個準備した。このとき、以下の問いに答えよ。

(問 1) A の時刻  $t$  での個数を求めよ。

(問 2) A の個数が  $\frac{N_0}{8}$  になる時刻を求めよ。

(問 3) B の個数が A の  $\frac{1}{8}$  になる時刻  $t'$  を、 $T_A$ 、 $T_B$  を用いて表せ。

遺伝情報を含む DNA がタンパク質を作り出す能力を評価するために、放射性物質を利用した測定が行われることがある。特に DNA においてはリン(原子番号 15)が重要な構成要素であるため、放射性元素である  $^{32}\text{P}$  と  $^{33}\text{P}$  を用いて測定が行われることが多い。この  $^{32}\text{P}$  と  $^{33}\text{P}$  は、それぞれ半減期 14 日と 25 日で原子核が崩壊して、それぞれ安定な硫黄(原子番号 16)  $^{32}\text{S}$  と  $^{33}\text{S}$  に変わる。時刻 0 で、 $^{32}\text{P}$  と  $^{33}\text{P}$  のどちらも 1 mol であったとし、以下の問いに答えよ。

(問 4) この崩壊の種類を答えよ。

(問 5)  $^{32}\text{P}$  の原子数が、 $^{33}\text{P}$  の原子数の  $\frac{1}{8}$  になる時間  $D$  [日] を、有理数で求めよ。

(問 6)  $D$  までに放射性崩壊によって発生した S の全質量  $m$  [g] を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、計算過程において、 $2^{\frac{2}{11}} \doteq 1.13$  を用いよ。

# 化 学

必要であれば以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

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

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

原子は、直径がおおよそ  $10^{\text{ア}}$  m の粒子である。原子の中心には正の電荷をもつ原子核が存在し、負の電荷をもつ電子がその周りを取り囲んでいる。原子核には、いくつかの正の電荷をもつ陽子や電荷をもたない **イ** が存在している。元素は、原子の種類を表す。同じ元素で **イ** の数が異なるために **ウ** の異なる原子を互いに同位体<sup>a)</sup>という。いくつかの原子が結びついてできた粒子を分子<sup>b)</sup>といい、分子量が1万を超えるような物質を高<sup>c)</sup>分子化合物という。

(問 1) 文中の **ア** に入る適切な数値を、 **イ** , **ウ** に入る適切な語句をそれぞれ記せ。

(問 2) 下線部 a) について、以下の各問に答えよ。

(ア) 水素には、 ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  の2つ、酸素には、 ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{17}_8\text{O}$ ,  ${}^{18}_8\text{O}$  の3つの安定同位体が存在する。異なる組み合わせの同位体からなる水分子は何種類存在するか。

(イ)  ${}^2_1\text{H}$  は重水素と呼ばれ、D と表される。2つの D と1つの  ${}^{16}_8\text{O}$  のみからなる水  $\text{D}_2\text{O}$  の密度を答えよ。ただし、 ${}^1_1\text{H}$  と  ${}^{16}_8\text{O}$  からなる水  $\text{H}_2\text{O}$  の密度は  $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  であり、D,  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$  の相対質量はそれぞれ、2.0, 1.0, 16 とする。また、同じ体積に含まれる分子の数は同じであるとする。

(ウ)  $\text{D}_2\text{O}$  のイオン積が、 $[\text{D}^+][\text{OD}^-] = 1.6 \times 10^{-15} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  であるとき、中性における重水素イオン指数 pD を求めよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.3$  とする。

(問 3) 下線部 b) について、以下の各問に答えよ。

(ア) 分子の極性は、物質の性質を特徴づける要因の一つである。分子の極性に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選び、その番号を答えよ。

- ① 塩化ナトリウム水溶液において、ナトリウムイオンは水分子の水素原子を引きつけて水和している。
- ② *m*-ジクロロベンゼンは無極性分子である。
- ③ グルコースはヘキサンに溶けにくい。
- ④ 二硫化炭素は無極性分子である。
- ⑤ ヨウ素は水に溶けにくい、ヨウ化カリウムと一緒に溶かすとよく溶ける。

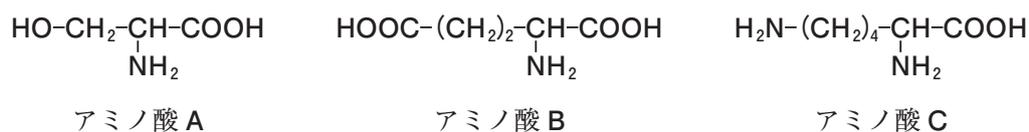
(イ) 分子などの粒子が規則正しく配列し、三次元の周期性がある固体を結晶という。分子結晶となる物質を以下の選択肢からすべて選び、その番号を答えよ。

- ① ダイヤモンド                      ② ヨウ素                      ③ 二酸化炭素
- ④ 二酸化ケイ素                      ⑤ ナトリウム                      ⑥ 塩化カリウム

(ウ) 構成粒子の配列に規則性や周期性のない固体の状態を何というか、その名称を答えよ。

(問 4) 下線部 c) の1つであるタンパク質を構成する  $\alpha$ -アミノ酸について、以下の各問に答えよ。

(ア) 以下のアミノ酸 A, B, C について、等電点の正しい組み合わせを①~⑥の選択肢から選び、その番号を答えよ。



	アミノ酸 A	アミノ酸 B	アミノ酸 C
①	3.2	5.7	9.7
②	3.2	9.7	5.7
③	5.7	3.2	9.7
④	5.7	9.7	3.2
⑤	9.7	3.2	5.7
⑥	9.7	5.7	3.2

(イ) アラニン2分子とロイシン2分子が直鎖状に重合してできるテトラペプチドの分子量を求めよ。また、このテトラペプチドの構造異性体は何種類あると考えられるか、答えよ。ただし、アラニンとロイシンの分子量は、それぞれ 89, 131 とする。また、アミノ酸およびテトラペプチドは、イオン化していないものとする。

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

私たちの生活の中で、最も多く使われている金属は鉄である。鉄の単体は、溶鉱炉(高炉)の上部から赤鉄鉱(主成分  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )や磁鉄鉱(主成分  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )<sup>a)</sup>を含む鉄鉱石、コークス、石灰石を入れ、溶鉱炉の下部から空気(熱風)を吹き込みながら製造される。2000℃ 近くの高温になった溶鉱炉内で、コークスと熱風中の **ア** が反応して生じた一酸化炭素<sup>b)</sup>によって、鉄の酸化物が鉄に還元される。また、鉄鉱石中の不純物は石灰石と反応し、**イ** となって取り除かれる。

**イ** は、セメントの原料や路盤材として利用されている。

溶鉱炉で得られる鉄は、**ウ** とよばれ、質量比約4%の**エ**のほか、ケイ素、硫黄、リンなどの不純物を含んでいるため、硬くてもろい。**ウ** は転炉に移され、**ア** を吹き込んで、余分な**エ**を酸化して除き、質量比0.02~2%の**エ**を含む**オ**にする。**オ**は、硬くてねばり強いが、そのままではさびやすいという欠点がある。

単体の鉄は、濃硝酸には不動態<sup>c)</sup>となって溶けないが、希硫酸には溶けて、淡緑色の溶液となる。また、鉄を主成分とする触媒は、アンモニアの工業的な合成法<sup>d)</sup>であるハーバー・ボッシュ法<sup>e)</sup>に用いられている。この合成方法は、ルシャトリエの原理(平衡移動の原理)を実際の化学工業に応用した例として知られている。

(問 1) 文中の **ア** ~ **オ** に入る適切な語句を記せ。

(問 2) 下線部 a) について、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を構成する鉄原子の酸化数をすべて答えよ。

(問 3) 下線部 b) について、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  の反応の化学反応式を示せ。

(問 4) 下線部 c) について、以下の各問に答えよ。

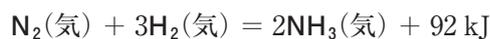
(ア) 鉄は濃硝酸に入れると不動態になる。これは、硝酸のどのような性質と関係しているか答えよ。

(イ) 次の金属のうち、濃硝酸に入れると不動態となりやすいものをすべて選び、元素記号で答えよ。

Ag, Au, Cr, Cu, Hg, Ni, Pt

(問 5) 下線部 d) の反応の化学反応式を示せ。

(問 6) 下線部 e) の反応は、可逆反応であり、その熱化学方程式は

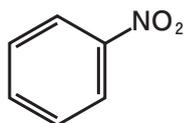


である。次の反応条件をもとに、以下の各問に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として取り扱えるものとする。

**反応条件：**反応容器に  $6.0 \times 10^3 \text{ mol}$  の窒素( $\text{N}_2$ )と  $1.8 \times 10^4 \text{ mol}$  の水素( $\text{H}_2$ )を入れ、触媒の存在下で  $527^\circ\text{C}$  に保って反応させた。平衡状態に達したとき、反応容器内の全体の圧力が  $8.0 \times 10^7 \text{ Pa}$  になり、気体のアンモニア( $\text{NH}_3$ )が  $8.0 \times 10^3 \text{ mol}$  生成した。

- (ア)  $\text{H}_2$  分子の H—H 結合および  $\text{NH}_3$  分子の N—H 結合の結合エネルギーがそれぞれ、 $436 \text{ kJ/mol}$ 、 $391 \text{ kJ/mol}$  であるとき、 $\text{N}_2$  分子の  $\text{N}\equiv\text{N}$  結合の結合エネルギーを求めよ。
- (イ)  $\text{N}_2$  と  $\text{H}_2$  から  $8.0 \times 10^3 \text{ mol}$  の  $\text{NH}_3$  が生成したときに発生した熱量を答えよ。
- (ウ) 平衡状態における  $\text{N}_2$  および  $\text{H}_2$  の物質量を答えよ。
- (エ) 平衡状態における混合気体の体積を、有効数字 2 桁で答えよ。
- (オ) 次の記述①～④のうちから、誤りを含むものをすべて選び、番号で答えよ。
- ① 圧力一定で、反応温度を上昇させると、 $\text{NH}_3$  の生成速度は大きくなり、平衡状態における  $\text{NH}_3$  の割合も大きくなる。
  - ② 圧力一定で、反応温度を低下させると、 $\text{NH}_3$  の生成速度は小さくなり、平衡状態における  $\text{NH}_3$  の割合は大きくなる。
  - ③ 圧力、反応温度一定で、触媒を用いたときは、平衡状態における  $\text{NH}_3$  の割合は触媒を用いないときと同じであるが、平衡に達するまでの時間が短い。
  - ④ 反応温度一定で、圧力を低下させると、平衡状態における  $\text{NH}_3$  の割合は大きくなる。

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

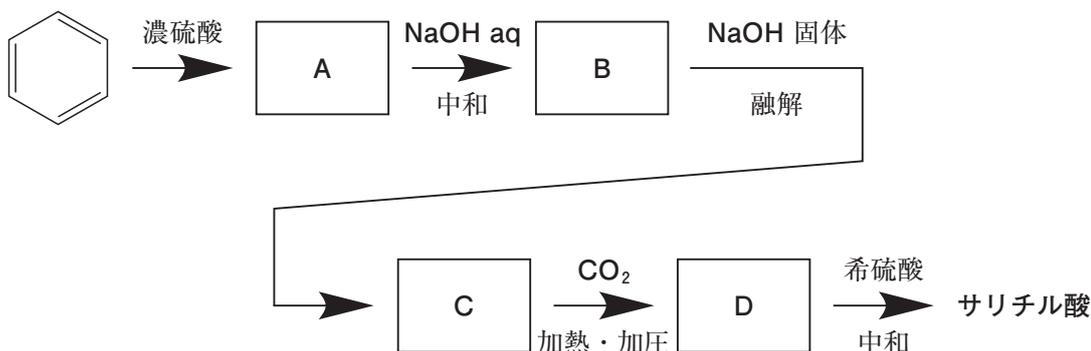


植物には、様々な機能をもつ有機化合物が多く含まれており、医薬品として使われているものもある。ヤナギの樹皮に含まれるサリシンは、人の体内に入ると代謝(加水分解)されて、解熱鎮痛作用を示すサリチル酸を生じる。このことから、かつてサリチル酸は医薬品として頻用されたが、胃腸障害を起こすことがあるため、その代用品として **ア** (別名：アスピリン) が開発された。**ア** も、体内で加水分解され、生じたサリチル酸が薬効を示す。また、サリチル酸とメタノールの脱水縮合によって得られるエステル化合物である **イ** は、消炎鎮痛薬として湿布などに使われている。一方、アニリンから合成される **ウ** は、以前は解熱剤として使用されていたが、副作用が強く、現在ではその誘導体であるアセトアミノフェンが用いられている。

植物由来の成分は、医薬品として以外にも様々な用途に活用されている。例えば、緑茶に含まれるポリフェノール(多価フェノール)の一種である化合物 X と 1-プロパノールから合成されるエステル化合物( $C_{10}H_{12}O_5$ )は、油脂の酸化防止剤として用いられている。

(問 1) 文中の **ア** ~ **ウ** に入る適切な化合物名を記せ。

(問 2) ベンゼンを原料とするサリチル酸の合成法を以下に示す。化合物 A ~ D の構造式をそれぞれ記せ。



(問 3) サリチル酸水溶液とメタノールそれぞれに黄褐色の塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加え、その後の色の変化を観察した。それぞれの場合において、どのような色の変化が認められるか。また、両者に色の変化の違いが認められる場合は、その理由も説明せよ。

(問 4) 有機化合物の性質や構造を調べるために、様々な呈色反応が用いられる。銅イオンの錯体形成に基づく呈色反応を以下の選択肢から選び、その番号を答えよ。

- ① キサントプロテイン反応
- ② ヨードホルム反応
- ③ ヨウ素デンプン反応
- ④ ビウレット反応
- ⑤ ニンヒドリン反応

(問 5) 化合物 X を無水酢酸に溶かし、少量の濃硫酸を加え、50℃で30分間加熱してアセチル化した。その反応液に水を添加すると、白色沈澱が生じた。それをろ過により分離し、純水で完全に洗浄した後、乾燥させ、化合物 Y (分子量：296) の白色粉末を得た。化合物 Y 148 mg を元素分析装置により完全燃焼させたところ、二酸化炭素 286 mg、水 54 mg が得られた。以下の各問に答えよ。

(ア) 化合物 Y の分子式を答えよ。

(イ) 化合物 X 1 分子に含まれる炭素原子とヒドロキシ基の数をそれぞれ答えよ。

(ウ) 化合物 X の構造式を記せ。ただし、化合物 X はカルボキシ基のオルト位にはヒドロキシ基をもたない。

(問 6) 無水酢酸は半合成繊維の合成にも使われる。以下の各問に答えよ。

(ア) セルロースに少量の硫酸存在下で無水酢酸を作用させると、セルロースのヒドロキシ基がすべてアセチル化された。得られた化合物の名称を答えよ。

(イ) (ア) で得られた化合物をおだやかに加水分解し、生成物をアセトンに溶かした。この溶液を細孔から押し出し、温風で溶媒を蒸発させて得られる繊維の名称を答えよ。

# 生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)～(問4)に答えよ。

細胞や一部の細胞小器官は生体膜によって隔てられ、膜を横切る物質の移動が制御されているため、その内外では環境が異なっている。例えば、核にはDNAが高濃度に存在する。一方、細胞質にはリボソームが多く存在しており、タンパク質合成が行われている。生体膜ではリン脂質がX部分を膜の外側、Y部分を膜の内部に向けて二層に並んでおり、これを脂質二重層という。そのため、Zのものを通す際には、生体膜に埋もれているタンパク質がおもにはたらく。

(問1) 文中のX～Zに入る適切な語句の組み合わせを表1の①～④から1つ選び、番号で答えよ。

表1

	X	Y	Z
①	親水性	疎水性	親水性
②	親水性	疎水性	疎水性
③	疎水性	親水性	親水性
④	疎水性	親水性	疎水性

(問2) 下線部a)に関して、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 下記の細胞小器官①～⑥のうち、内膜と外膜2枚の生体膜を有するものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 核                      ② ミトコンドリア              ③ 小胞体              ④ ゴルジ体  
 ⑤ リソソーム              ⑥ 葉緑体

(イ) 下記の細胞小器官①～④のうち、細胞分画法で徐々に遠心力を高めていった際に沈殿してくる順番を番号で答えよ。

- ① 核              ② ミトコンドリア              ③ リボソーム              ④ 葉緑体

(ウ) 核の中に1～数個ほど観察される核小体でおもに転写されているものを答えよ。

(問 3) 下線部 b) に関して、以下の実験を行った。

pH7.0 の緩衝液中に、下記の図 1 に示した 5 種類の 1 本鎖 DNA 断片を等モル比で混合した。90℃ で 10 分間加熱後、20℃ まで徐々に冷却し、すべての DNA 鎖間に相補的塩基対を形成させた。隣接する DNA 鎖間を DNA リガーゼですべて連結し、39 塩基対の 2 本鎖 DNA を得た。以下の設問(ア)、(イ)に答えよ。

(ア) 39 塩基対の 2 本鎖 DNA を、図 2 に示した塩基配列を認識して切断する制限酵素で完全に切断した。生じた DNA 断片の塩基対数を長い方から答えよ。

(イ) 39 塩基対の 2 本鎖 DNA のどちらか一方を鋳型として、図 3 に示した配列のプライマーを用いて DNA ポリメラーゼによる DNA 合成を行ったところ、プライマーを含めて 34 塩基対の DNA 鎖が形成された。同様の反応を、チミンを蛍光標識したジデオキシヌクレオチドを少量加えて行った。生じた蛍光標識された 1 本鎖 DNA 断片について、10、20、30 塩基の蛍光標識された 1 本鎖 DNA をマーカー(図 4 の M)として、DNA を鎖長で分離するゲル電気泳動を行った。泳動終了後、ゲル内の蛍光を検出した。得られた結果は図 4 の①～⑤のどれか、1 つ選び番号で答えよ。

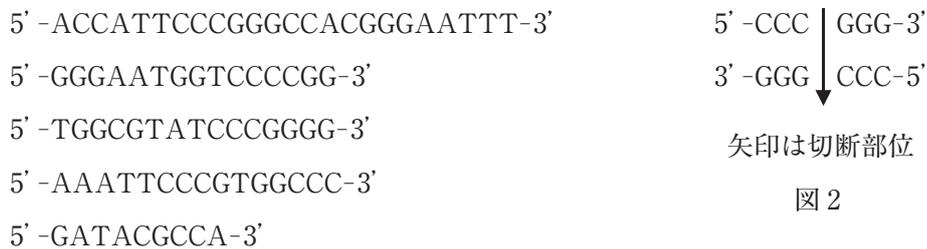


図 1



図 3

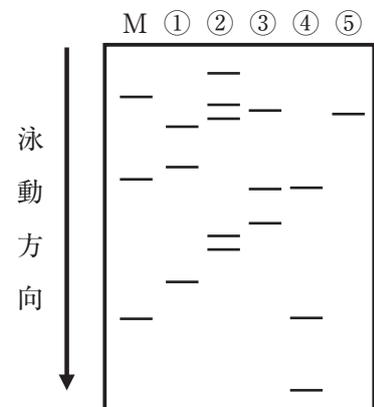


図 4

(問 4) 下線部 c)に関する次の文章を読み、以下の設問(ア)、(イ)に答えよ。

mRNA がタンパク質へと翻訳される際には、mRNA 内の連続した塩基 3 個ずつの配列 (コドン)によって、1つのアミノ酸が指定されている。それぞれのコドンに対応するアミノ酸の種類を調べるため、大腸菌をすりつぶした抽出液に表 2 A に示した塩基配列からなる人工的に合成した RNA を加えたところ、表 2 B に示すアミノ酸配列をもつポリペプチド鎖が合成された。また、リボソームは長い RNA だけでなく、3 塩基のみからなる短い RNA も取り込むことができる。そのことを利用して、5'-UUC-3'、5'-CUG-3'、5'-CUU-3'、5'-UAA-3'、5'-UUA-3'のいずれかの塩基配列をもつ短い RNA、精製したリボソーム、アミノ酸を連結した tRNA を用いた結合実験を行ったところ、5'-UUC-3'を取り込んだリボソームにはフェニルアラニンを連結した tRNA が結合し、5'-CUG-3'、5'-CUU-3'、または 5'-UUA-3'を取り込んだリボソームには、ロイシンを連結した tRNA が結合した。一方、5'-UAA-3'を取り込んだリボソームには、どのアミノ酸を連結した tRNA も結合しなかった。

表 2

A	B
5'-UAUAUAUA・・・-3' (UA の繰り返し)	チロシンとイソロイシンが交互に並んだ 1 種類のポリペプチド鎖
5'-UUAUUAUUA・・・-3' (UUA の繰り返し)	チロシン、イソロイシン、ロイシンのいずれかのみからなる 3 種類のポリペプチド鎖
5'-AAUAAUAAU・・・-3' (AAU の繰り返し)	アスパラギン、イソロイシンのいずれかのみからなる 2 種類のポリペプチド鎖

- (ア) この実験結果から推定されるチロシンおよびイソロイシンを指定するコドンの塩基配列をすべて答えよ。
- (イ) 大腸菌をすりつぶした抽出液に 5'-AUAUUA-3' の繰り返し配列をもつ RNA を加えた。合成されるすべてのポリペプチド鎖のアミノ酸配列を表 2 B の書き方にしたがって答えよ。

2 次の文章を読み、下記の(問1)～(問3)に答えよ。

動物が活動を持続するためには、生命を維持する機構<sup>a)</sup>が正常にはたらくことが、すべてに優先する最重要事項である。さらに、変動する体外環境や病原体の感染に適切に应答すること<sup>b)</sup>、体内環境を一定に維持することも求められる。そのためのしくみとして、神経系<sup>c)</sup>や内分泌系などが発達している。

(問1) 下線部 a) に関して、以下の設問(ア)～(エ)に答えよ。

(ア) 生命維持機構を考える上での身近な例として、台所に出現したゴキブリを退治する方法を考えてみる。安全で確実な方法は、台所洗剤を体にかけることである。ゴキブリは数秒で動きが鈍くなり、やがて死んでしまう。なぜこの方法でゴキブリを死なせることができるのか、図1の矢印で示す構造に着目して説明せよ。なお図1の矢印は、ゴキブリを含む昆虫一般の腹部において、その場所に穴が開いていることを示している。また、そこから体内に広がる管腔構造が存在している。

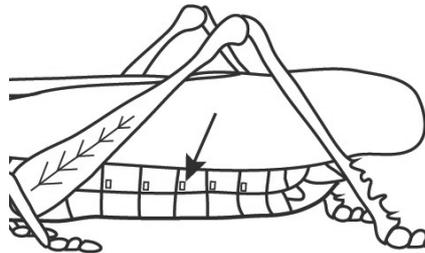


図1

(イ) 日本におけるヒトの死の一般的な判定基準は、次の3項目からなる。

- ① 呼吸の停止      ② 心臓の停止      ③ 瞳孔反射の消失

これらは必ずしも同時に起こるわけではないが、最初に①が起これると、それに対する有効な治療が行われない限り、まもなく②が起これり、死は不可避となる。①がなぜ②の原因となるのかを簡単に説明せよ。

またその時に鍵となる分子として、細胞内で作られる分子と体外環境に存在する分子は、それぞれ何かを答えよ。

(ウ) 上の(ア)と(イ)の設問は、多くの動物に共通する、生命維持に必須の過程の破綻を示している。動物が生命を維持するために必須の過程とは何であるかを15字程度で説明せよ。

(エ) 上の(ア)と(イ)の設問では、生命が死に至る過程を、具体的な例を元に考察した。これらの具体例を参考にして、生命が停止しないために、(ウ)で答えたことに要求される時間的側面を3字以内の漢字で答えよ。

(問 2) 下線部 b) に関して，ヒトがインフルエンザなどの感染症にかかると熱が出るが，熱が出る体内での反応のしくみと，その有益性を答えよ。有益性がない場合には，不利益のみ，と(有益性)の解答欄に書け。

(問 3) 下線部 c) の神経系において，神経細胞どうしがシナプスを介して結合し，神経回路を形成する。神経回路における情報伝達に関して，以下の設問(ア)～(エ)に答えよ。

(ア) 図 2 はシナプス結合している 2 個の神経細胞を示している。図 2 に示している A 点と B 点に刺激を同時に加えた。刺激の持続時間は  $1/1000$  秒で，刺激の強さは閾値以上で，それぞれの点に活動電位を 1 つのみ引き起こした。その場合に，C 点において観測されるのは次のうちのどれか，①～④から 1 つ選び，番号で答えよ。

- ① A 点に引き起こした活動電位のみ
- ② B 点に引き起こした活動電位のみ
- ③ A 点と B 点に引き起こした活動電位の両方
- ④ 何も観測されない

(イ) (ア) の設問の解答において，その番号を選択した理由を説明せよ。

(ウ) 図 2 において，A 点にのみ刺激を加えると，シナプス後ニューロンにシナプス後電位が発生した。この過程にカルシウムイオンが不可欠なはたらきをしているのはどれか，次の①～⑤から 1 つ選び，番号で答えよ。

- ① 活動電位の伝導
- ② 神経伝達物質の合成
- ③ 神経伝達物質と受容体の結合
- ④ シナプス小胞とシナプス前膜の融合
- ⑤ リガンド依存性イオンチャネルの開閉

(エ) 図 2 において，A 点にのみ刺激を 2 回加えた。シナプス後電位の時間的加重を生じさせるために，2 回の刺激はどのような時間間隔で行わなければならないかを答えよ。また，その理由を説明せよ。

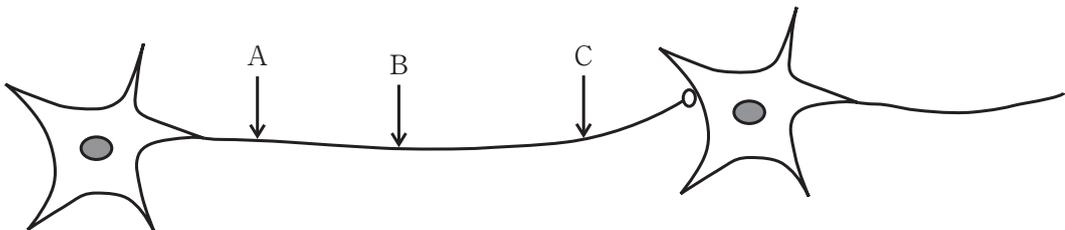


図 2

3 次の文章を読み、下記の(問1)～(問5)に答えよ。

動物が群れを作る利点としては、採餌効率が上昇すること、天敵に対する防御機能が強化されることなどが挙げられる。例えば、オオカミは群れを作ることで、ヘラジカなどの大型哺乳類の捕食が可能になる。一方、ヘラジカも群れを作ると警戒の目を増やすことができるので、いち早く捕食者を発見し、逃げることができる。

自然界における「食う食われる」のつながりを食物連鎖という。食べることは、動物の生命維持において最も基本的な活動である。なお、動物はいろいろな栄養素を必要とするため、どのような餌を食べるかが問題となることもある。また、同じ種類や同じ大きさの餌を食べる2種は、種間競争が激しく、共存できない場合もある。

(問1) 下線部 a) に関して、以下の設問(ア)、(イ)に答えよ。

(ア) オオサマペンギンは巨大な集団繁殖地を形成するが、巣の周辺は縄張りになっており、巣の間には一定の距離がある。ある集団繁殖地に5m四方(25m<sup>2</sup>)の方形区をランダムに10か所配置し、その中の巣の数を数えたところ、以下のような数値が得られた。この集団繁殖地の1m<sup>2</sup>あたりの巣の平均密度を計算せよ。

42, 34, 56, 64, 48, 54, 23, 56, 43, 30

(イ) 群れには、マイナス面(損失)もあるため、条件によっては群れができなかったり、大きさが変化したりする。ある動物は捕食者の警戒のために群れを作るが、図1のように群れが大きくなると個体間の闘争が増え、採餌に割ける時間も減少する。今、この動物の活動が、警戒・闘争・採餌の3つのみとし、3つの活動の合計時間は一定とする。採餌時間が最大となる群れの大きさを、図1のa～hより選び、記号で答えよ。

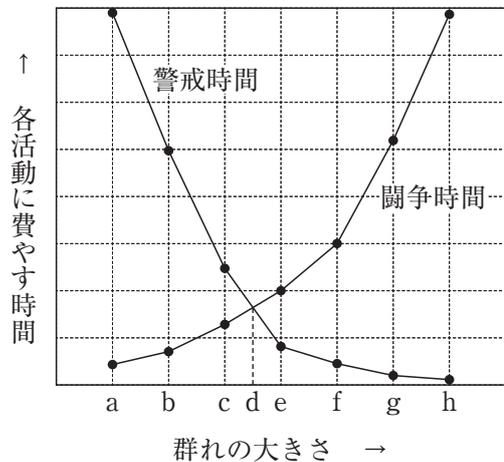


図1

(問 2) 下線部 b) に関して、以下の文章を読み、設問に答えよ。

オオカミは、かつては北半球のほとんどの地域に分布していたが、家畜を襲う害獣として駆除され、多くの地域で絶滅した。オオカミの絶滅後、大型の草食動物が異常に増加し、植物が食べ尽くされ、森林が消滅するなど生態系がかく乱された例が多数報告されている。オオカミのように、生態系において、個体数が少なくとも、生態系や生物群集に及ぼす影響が大きい種をキーストーン種という。次の①～⑤からキーストーン種をすべて選び、番号で答えよ。

- ① アサリ      ② コンブ      ③ ラッコ      ④ サンゴ      ⑤ ヒトデ

(問 3) 下線部 c) に関して、以下の文章を読み、設問に答えよ。

ヘラジカが生きていくには、エネルギーだけでなく、ナトリウムも必要である。図 2 は、ヘラジカが食べる陸生植物と水生植物の組み合わせを示している。直線 a はヘラジカが最低のエネルギーを得るときの陸生植物と水生植物の組み合わせ、直線 b はヘラジカが最低のナトリウム量を得るときの陸生植物と水生植物の組み合わせを示している。また、ヘラジカの胃は一定量以上の食物を収容できないので、直線 c(重量に換算)よりも多くの食物を摂ることができない。次の①～⑤の文章を読み、正しい文には○、間違っただけには×を解答欄に記入せよ。なお、ヘラジカは、陸生植物と水生植物だけを食べるものとする。

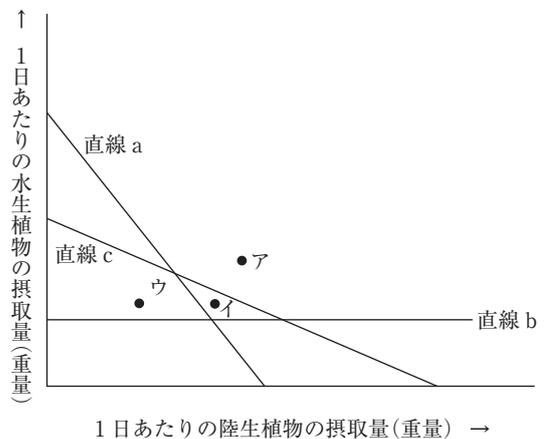


図 2

- ① 水生植物には、ナトリウムがほとんど含まれていない。  
 ② 陸生植物と水生植物の単位重量あたりのナトリウムの含有量には、差はない。  
 ③ 図のアの組み合わせでは、エネルギーとナトリウムは必要量が摂れるが、胃の容量の制限があるため、実際には食べることができない。  
 ④ 図のイの組み合わせでは、ナトリウムは必要量が摂れ、胃の容量の制限もないが、エネルギー量が不足する。  
 ⑤ 図のウの組み合わせでは、胃の容量の制限はないが、エネルギーもナトリウムも不足する。

(問 4) 下線部 d) に関して、以下の文章を読み、設問(ア)～(ウ)に答えよ。

緑色植物は光合成を行い、水と二酸化炭素から糖を作り生態系に供給する。一部の細菌も炭酸同化の役割を担う。シアノバクテリアは植物と同じ光合成色素である [ 1 ] によって光エネルギーを取り入れ、光合成を行う。緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌の一部は光合成色素として [ 2 ] を利用し、 [ 3 ] と二酸化炭素を用いて糖を作る。その他、無機物の酸化によって得られるエネルギーを利用して有機物を合成する [ 4 ] 細菌も炭酸同化の役割を担う。

植物と細菌は窒素の循環において重要である。土壤中に住む硝化細菌は、動植物の死体や排出物に由来するアンモニウムイオンを硝酸イオンに変換する。この硝酸イオンは植物に取り込まれ、有機窒素化合物として利用される。硝化細菌の他に、根粒菌による窒素固定も窒素同化において重要な役割を果たす。

(ア) 文中の [ 1 ] ～ [ 4 ] に適切な語句を入れよ。

(イ) 植物の窒素同化に関する説明のうち適切なものを、次の①～④からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 植物は土壤中の硝酸イオンを水と共に根から吸収する。
- ② 硝酸イオンは師管を通して根から葉に輸送される。
- ③ 葉に送られた硝酸イオンは還元されてアンモニウムイオンとなる。
- ④ アンモニウムイオンは葉の細胞で各種アミノ酸の合成に利用される。

(ウ) 根粒菌による窒素固定は、植物との相利共生によって達成される。根粒菌の宿主となる植物、窒素固定が行われる場所、窒素の供給源と、どのような形で宿主に供給されるかを 60 字以内で説明せよ。

(問 5) 下線部 e) に関して、以下の文章を読み、設問(ア)、(イ)に答えよ。

生物が利用する食物や生活場所、生育温度といった資源の要素や資源の利用のしかたを [ 1 ] という。 [ 1 ] が類似した生物間では激しい種間競争が起きるため、両種は共存できない。この現象を [ 2 ] という。ただし、一方、あるいは両種が [ 1 ] を変化させることで、共存が可能になる場合もある。なお、 [ 1 ] の変化の結果、形質が変化することもあるが、このような現象を [ 3 ] といい、共進化の一例である。

(ア) 文中の [ 1 ] ～ [ 3 ] に適切な語句を入れよ。

(イ) 植生の遷移にも、種間競争が強く関わっている。陽樹林から陰樹林に遷移する理由を説明せよ。ただし、以下の語句をすべて使用すること。

光、陽樹、陰樹、幼木

# 地 学

1 プレート運動とマグマ発生過程に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球の表面は、複数の硬いプレートで覆われている。プレートは、地殻とマントル最上部で構成されるリソスフェアと呼ばれる硬い岩盤で、流動性が高くやわらかいアセノスフェアの上を水平方向に移動している。プレート境界には、海嶺などが形成される **ア** 境界、海溝や島弧などをともなう **イ** 境界、そして2つのプレートがすれ違うように動いている **ウ** がある。プレートの動く向きと速さは、**エ** の活動で形成された火山島および海山の配列<sup>a)</sup>や、海洋底の岩石に記録された磁気異常の縞模様の幅などから推定することができる。

地球上でのマグマの活動は、上に述べた **ア** 境界と **イ** 境界付近、およびハワイ<sup>b)</sup>の火山島で代表される **エ** で観察され、このうち、**ア** 境界でのマグマ生産量が最も多い。マグマは、マントルや地殻を構成する岩石が融解することにより発生する。マントルの融解によるマグマ発生のメカニズムとしては、減圧融解と、加水融解が挙げられる。地殻の融解によるマグマ発生メカニズムには、マントル起源のマグマによる加熱などが挙げられる。マントルの岩石が融解して形成されるマグマは基本的に玄武岩質である一方、地殻の融解によるものはケイ長質や安山岩質である。

(問 1) 上の文章中の空欄 **ア** ~ **エ** に入る最も適切な語を答えよ。

(問 2) 下線部 a)に基づき、プレートの動く速さを求めたい。火山島 A と火山島 B は同じ火山島列にあり、そこで観察される火成岩の形成年代は、それぞれ 2200 万年前と 510 万年前である。また、火山島 A と B の間の距離は 1200 km とする。これら 2 つの火山島があるプレートの移動速度は一定であるとして、その速さを有効数字 2 ケタで求めよ。計算過程を示し、必ず単位も付けて解答すること。

(問 3) マグマの組成は、そのマグマが発生した場やメカニズム、その後を受ける作用によって異なることが知られている。これについて以下の問いに答えよ。

(i) 下線部 **b)** で述べられているマグマ発生場の例として、アイスランドの火山群、浅間山、キラウエア山が挙げられる。それぞれの場で主に観察されるマグマの組成の組み合わせを、下の表 1 から一つ選べ。

表 1

	①	②	③	④	⑤	⑥
アイスランド	玄武岩質	玄武岩質	玄武岩質	安山岩質	安山岩質	安山岩質
浅間山	玄武岩質	安山岩質	安山岩質	安山岩質	玄武岩質	安山岩質
キラウエア山	玄武岩質	玄武岩質	安山岩質	玄武岩質	安山岩質	安山岩質

(ii) マグマの組成は、発生してから地表に到達するまでの間に、結晶分化作用、同化作用、マグマ混合を含むいくつかの過程を経ることで変化する。それぞれの過程を簡潔に説明せよ。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

図1は、ある巨大な崖の模式図である。地層Aは灰色の泥岩、地層Bは褐色の泥岩からなる。地層Aは、白亜紀のもので、大型化石で示準化石としても重要な **ア** の化石を産出した。地層Aと地層Bは、いずれも浮遊性で、石灰質の殻からなる微化石の **イ** や、珪質の殻からなる微化石の **ウ** を含む。地層Aと地層Bは、連続して堆積しており、その境界には黒色泥岩層Zを挟む。地層Cは礫岩、地層Dは石灰岩からなる。地層C～地層Dは、約5000万年前～約4000万年前に堆積した **エ** 紀の地層で、地層Cと地層Dの境界部分には時間間隙がなく、両地層は **ク** の関係にある。泥岩からなる地層Eからは図2の化石を産出した。

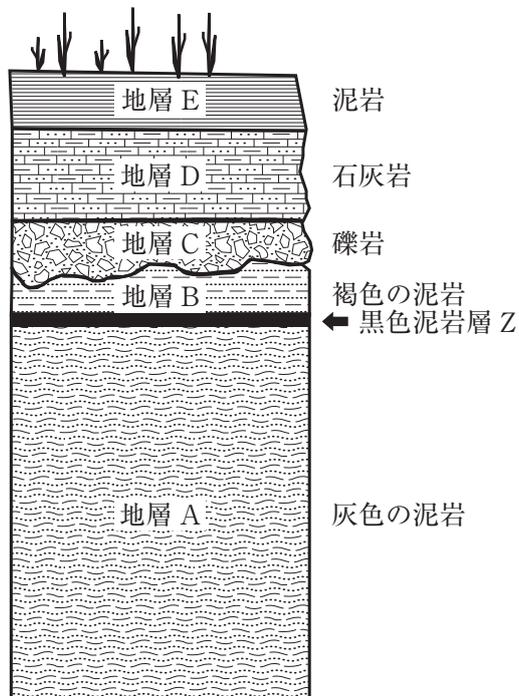


図1 露頭の模式図



図2 地層Eから発見された化石

(問 1) 以下の問い(i)~(iv)に答えよ。

(i) 本文中の  ~  に入る最も適当な語を下の語群から選べ。

(語群) リンボク 三葉虫 アンモナイト クサリサンゴ マンモス  
フデイシ 放散虫 コノドント 有孔虫 古第三 新第三 第四

(ii) 本文中の  にあてはまる語を答えよ。

(iii) 図 2 の化石の名称を答えよ。

(iv) 図 2 の化石から推定される古環境について、20 字程度で説明せよ。

(問 2) 黒色泥岩層 Z にはイリジウムが多く含まれ、約 6600 万年前に堆積したことがわかっている。この時に起こった海洋生物の大量絶滅について、下の語をすべて用いて、100 字程度で説明せよ。

ユカタン半島 植物プランクトン 隕石 津波 太陽光 高次 海洋生物

(問 3) 以下の①および②の情報をもとに、地層 A の 100 万年あたりの平均堆積速度(m/100 万年)を求めよ。但し、平方根の数値は、次のいずれかの値を用いて計算し、解答は小数点以下を四捨五入して整数で記入すること。

$$\sqrt{2} = 1.4 \quad \sqrt{3} = 1.7 \quad \sqrt{5} = 2.2$$

- ① 図 1 の垂直にそびえる崖の最下部から採集した試料に含まれる浮遊性の微化石を同定したところ、2 億年前のものであった。
- ② 図 1 の崖の最下部から水平に 2 km 離れた地点から、崖の表面に露出している黒色泥岩層 Z の下限までの角度を測定したところ、 $30^\circ$  であった。

3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

対流圏において  $\text{H}_2\text{O}$  は、雨水のような液体状態である以外に、気体の水蒸気や固体の氷としても存在している。例えば、水蒸気が液体状態の水に変化するときは、熱を **ア** する。氷が水に変化するときは、熱を **イ** する。この状態変化に伴って出入りする熱を **ウ** という。

$1\text{ m}^3$  の空気が、含むことのできる水蒸気の最大値を **エ** という。**エ** は、温度が低いほど、その値は **オ** くなる。水蒸気量が **エ** に達していない空気の温度を上げていくと、ある温度で水蒸気量が上限に達する。このときの温度を **カ** という。

地表付近の空気塊が上昇すると、上空ほど気圧が低いため空気塊は膨張する。膨張に伴い空気塊の温度が下がる。水蒸気の量が飽和していない場合、 $100\text{ m}$  上昇することで  $1^\circ\text{C}$  下がる。この低下の割合を乾燥断熱減率という。水蒸気が飽和したのち、さらに上昇して温度が低下すると、雲ができる。このときの温度の低下の割合は乾燥断熱減率よりも小さく  $100\text{ m}$  上昇するごとに  $0.5^\circ\text{C}$  である。この低下の割合を **キ** という。これは、水蒸気から水滴を生じることによって、**ウ** が **ア** されるためである。

図3は、矢印のような大気の流れにより、標高  $400\text{ m}$  のA地点(温度  $25^\circ\text{C}$ )から山頂にかけて、雲ができ雨が降っている様子を示している。水蒸気が飽和した空気塊が上昇することで、標高  $2000\text{ m}$  の山頂の温度は **X**  $^\circ\text{C}$  になる。山を越えて空気が降下するときには雲はできず、温度が上昇する。山を越えた標高  $100\text{ m}$  のB地点の温度は **Y**  $^\circ\text{C}$  である。風上側から、山を越えた風下側では空気塊の温度が **ク** くなっている。

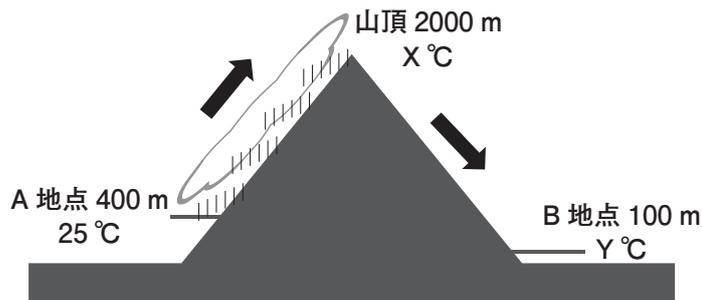


図3 高度  $2000\text{ m}$  の山を越える大気の流れの模式図

(問 1) 空欄  から  に入る最も適切な語を答えよ。

(問 2) 空欄  と  の数値を答えよ。

(問 3) 下線部 **a**に関する下の各問いに答えよ。

(i) 下線部 **a**の現象を何というか答えよ。

(ii) この現象の際に風下側では、ある種の災害が起こりやすくなる。どのような理由でどのような災害が発生するか、50 字程度で答えよ。

4 恒星と太陽，惑星系に関する次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

太陽のようなヘルツシュプルング・ラッセル図上の主系列星は，その質量が大きいほど明るく輝くことが知られている。次の表 2 は，太陽を含む典型的な主系列星の質量と明るさを，太陽を 1 とした数値で示している。恒星 A が主系列星として存在できる期間は，太陽のそれのおよそ<sup>a)</sup>  倍であると考えられる。

近年，太陽以外の恒星を公転する惑星が次々に発見されている。地球の軌道長半径は 1 天文単位であり，軌道の離心率が小さいために地球と太陽の間の距離はほぼ一定である。太陽系のハビタブルゾーン<sup>b)</sup>を太陽からおよそ 0.9 天文単位から 1.2 天文単位の範囲とすると，恒星 B のハビタブルゾーンは恒星 B から  天文単位から  天文単位の範囲となる。

太陽の活動はおよそ 11 年周期で増減する。太陽の活動が活発になると，表面に多数の黒点が現れる。黒点を観測すると，太陽の赤道付近では見かけ上約 27 日の周期で自転している様子が観察される。太陽の自転周期は低緯度よりも高緯度で  いため，緯度による差によって磁力線に生じる影響が太陽活動に周期性をもたらしていると考えられている。

表 2 恒星の質量と明るさ

恒星	質量(太陽 = 1)	明るさ(太陽 = 1)
恒星 A	2	10
太陽	1	1
恒星 B	0.25	0.01

(問 1) 上の文章中の  ～  に入る最も適当な数値または語を答えよ。

(問 2) 下線部 a) に関連して，恒星 A と同じ質量と明るさを持つ恒星が太陽と同時に生まれていたとすれば，その恒星は現在どのような状態となっていると考えられるか。恒星の進化過程を含めて 100 字程度で説明せよ。

(問 3) 下線部 b) の，ハビタブルゾーンについて 50 字程度で説明せよ。

(問 4) 太陽の活動について述べた次の文①～④のうち、正しい文の番号を2つ答えよ。また、誤っている文の番号を示し、文中の下線部の語または数値をそれぞれ正しいものに訂正せよ。

- ① 太陽表面で磁場が弱くなった部分では、内部からのエネルギー供給が弱まるため温度が下がり、黒点が発生する。
- ② 太陽の平均表面温度を 6000 K、黒点暗部の温度を 4500 K とすると、黒点暗部の単位面積あたりの放射エネルギーは平均太陽表面の 0.75 倍となる。
- ③ 17 世紀後半から 18 世紀初頭には数十年間にわたって太陽活動が低下し、黒点がほとんど観測されなかった時期があり、マウンダー極小期と呼ばれている。
- ④ 太陽黒点が存在する領域でフレアと呼ばれる現象が起こると、強力な X 線や荷電粒子の放出などが起こり、地磁気やオーロラなどにも影響を与える。