

(令 5 前)

理 科

	ページ
物 理	1～6
化 学	7～14
生 物	15～25
地 学	26～31

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 図1のように、摩擦のない水平面上で左端が壁に固定されたばね(ばね定数 k)の右端に小球 A が取り付けられている。ばねが自然長のときの小球 A の位置を点 O とする。点 O の鉛直上方で、高さ l の位置に、長さ l の軽い糸の上端が固定され、糸の下端には小球 B が取り付けられている。小球 A および小球 B の質量はともに m とし、大きさは無視できるものとする。ばねを自然長から長さ d だけ縮めた状態で小球 A を保持し、小球 B を点 O で静止させたのちに小球 A を静かにはなしたところ、小球 A と小球 B は衝突し、小球 B は鉛直面内で糸の固定点を中心とする円運動を開始した。以下の問 1～4 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。ただし、小球 A と小球 B の衝突は完全弾性衝突であり、空気抵抗はないものとする。(配点 25 点)

問 1 衝突直前の小球 A の速さ、衝突直後の小球 A および小球 B の速さを求めなさい。

問 2 糸と鉛直線のなす角度を θ ($0^\circ \leq \theta < 180^\circ$) とする。糸がたるまずに角度 θ の位置に達したとき、小球 B の速さを求めなさい。

問 3 問 2 において糸の張力を求めなさい。

問 4 衝突後の小球 B が $\theta = 120^\circ$ の位置に達したところで糸がたるんだ。このときの d を求めなさい。

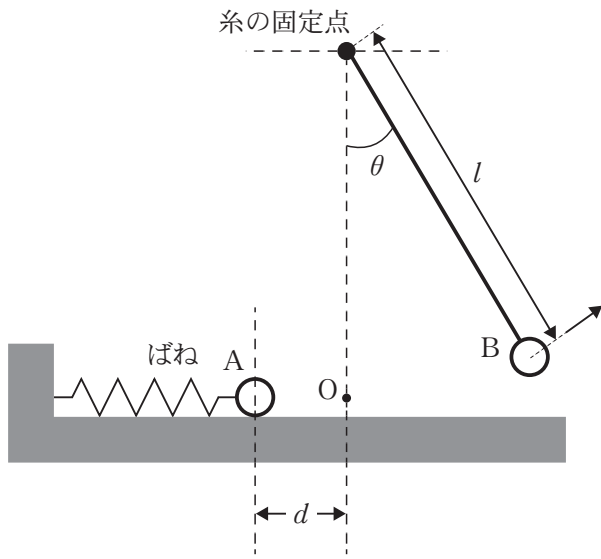


図 1

II 図1のように、十分に長い導体のレール ab とレール cd が、水平面と角度 θ をなして間隔 L で平行に置かれている。これらのレールの上には、質量 m の導体棒がレールと直角になるように置かれており、レール上を滑らかに移動できる。また、ac 間と bd 間には、それぞれ抵抗値 R_1 の抵抗 1 と、抵抗値 R_2 の抵抗 2 が接続されている。さらに、二つのレールが作る平面と垂直上向きに、磁束密度 B の一様な磁場がかけられている。以下の問 1 ~ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。ただし、レールと導体棒の電気抵抗、レールと導体棒の接触抵抗、およびレールと導体棒に流れる電流で生じる磁場をいずれも無視してよい。(配点 25 点)

問 1 導体棒がレールと平行に下向きに速さ v で動いているとき、抵抗 1 と抵抗 2 に流れる電流の大きさをそれぞれ求めなさい。また、抵抗 1 と抵抗 2 に流れる電流の向きが、それぞれ $a \rightarrow c$ と $c \rightarrow a$, $b \rightarrow d$ と $d \rightarrow b$ のどちらであるか答えなさい。

問 2 問 1 の状況において、導体棒にはたらく力の大きさと向きを説明しなさい。

問 3 時間が十分に経過すると、導体棒の速さは一定値 v_f となった。 v_f を求めなさい。

問 4 問 3 の状況において、抵抗 1 と抵抗 2 で単位時間に発生するジュール熱をそれぞれ求めなさい。

問 5 問 3 の状況で発生するジュール熱の元となるエネルギーが何か説明しなさい。

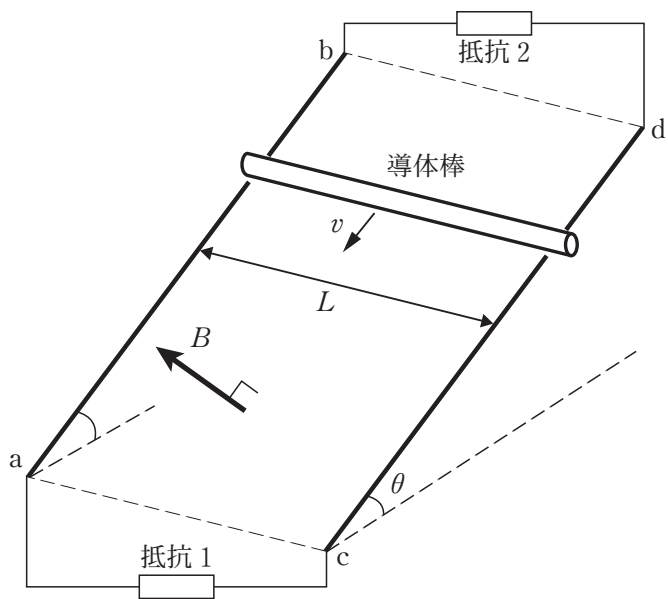


图 1

Ⅲ 図1のように、円筒状の管に右側からピストンが挿入され、その左側に十分離してスピーカーが置かれている。この状況で、ピストンの位置やスピーカーが発する音波の振動数を変化させ、管の中の気柱が音波と共鳴する条件を調べた。以下の問1～4に答えなさい。なお、問2～4は、解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば、定義して明示しなさい。(配点25点)

問1 スピーカーが発する音波の波長 λ を、その振動数 f と速さ v を用いて表しなさい。

問2 円筒左側の管口からピストンの左端までの長さを L 、スピーカーが発する音波の振動数を f とする。気柱が音波と共鳴したときの振動数 f が満たす条件を書きなさい。ただし、開口端補正 l は気柱の長さ L や音波の振動数 f によらず一定と仮定する。

問3 気柱の長さ L を30 cmから60 cmまで、音波の振動数 f を500 Hzから1000 Hzまでそれぞれ連続的に変化させたところ、図2の3本の曲線上で共鳴が起きた。問2の結果と図2を用いることで、開口端補正 l の値を求めなさい。ただし、cmを単位とし、小数点以下は四捨五入して整数値で答えること。

問4 以上の結果と図2を用いることで、音波の速さ v の値を有効数字2桁で求めなさい。

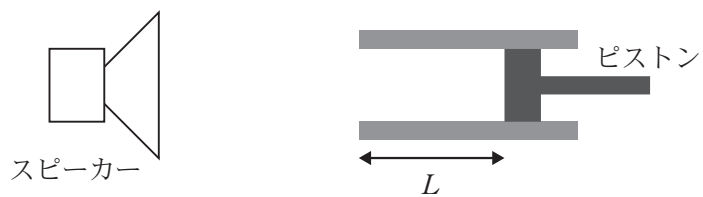


図 1

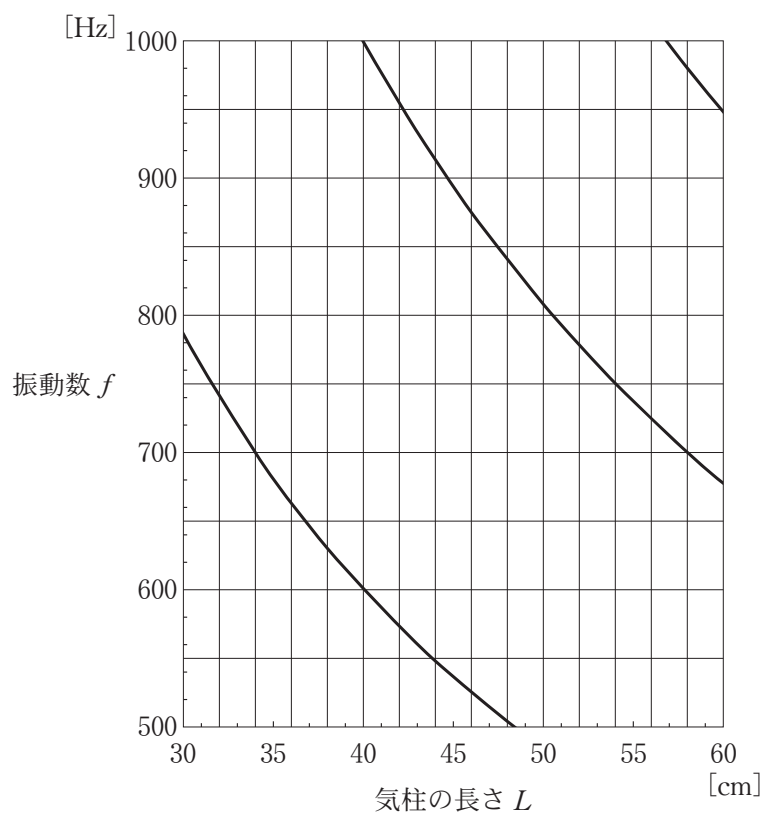


図 2

化 学

計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 O 16.0

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol, アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

I 次の文章を読んで、以下の問1～5に答えなさい。(配点19点)

電解質の水溶液に挿入した一对の電極間に直流電圧を印加すると、通常起こりにくい酸化還元反応が起こる。この操作は「電気分解」と呼ばれる。外部から供給された電気エネルギーは化学エネルギーに変換されるので、電気分解は 反応である。また、 反応が生じる電極を「陽極」、 反応が生じる電極を「陰極」という。例えば、純水に水酸化ナトリウムを添加し、その中に挿入した一对の炭素棒間に直流電圧を印加すると、水素と酸素が得られる。次に、純水に添加する物質を変更し、同様の操作を行ったところ、添加した物質はガス発生の手順に応じて次の3グループに分類できた。

- | | |
|-------|-------------------|
| グループ① | 両方の電極からガスが発生する |
| グループ② | 片方の電極のみからガスが発生する |
| グループ③ | いずれの電極からもガスは発生しない |

問 1 ア ~ ウ に該当する用語として適当な組み合わせを A ~ D から選びなさい。

	A	B	C	D
ア	吸熱	吸熱	発熱	発熱
イ	酸化	還元	酸化	還元
ウ	還元	酸化	還元	酸化

問 2 純水に添加し電極間に直流電圧を印加したとき、次に示す各物質が①、②、③のいずれのグループの挙動を示すか答えなさい。なお、難溶性塩の水溶液中において、イオン濃度はゼロとみなしてよい。

塩化カリウム	硫酸ナトリウム	塩化銅
塩化銀	硝酸銅	硝酸銀

問 3 問 2 でグループ①に分類されたある物質を純水に添加し電気分解すると、片方の電極周囲の水(液量 100 mL)は酸性になり、 $\text{pH} = 2$ となった。添加した物質の化学式と電気分解時に流れた電子の物質量を求めなさい。

問 4 問 2 でグループ②に分類された物質を純水に添加し電気分解すると、様々な物質が生成する。このとき、陽極・陰極それぞれで生成される物質を、生成させるのに必要な理論分解電圧が高い順にすべて記入しなさい。

問 5 水酸化ナトリウムを純水に添加して電気分解し、陽極で発生するガスを回収する操作を考える。電極間に 20.0 A が流れたとき、標準状態で 1.00 L のガスを回収するために必要な時間を有効数字 3 桁で求めなさい。

II 図1に示した手順の分離操作により、 Ag^+ 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} の5種の金属イオンのみを含む水溶液の系統分離を行った。これに関連する以下の問1～8に答えなさい。なお、図は一般的な系統分離の分離操作の流れを示すもので、今回の溶液の系統分離操作で沈殿①から⑦のすべてで実際に沈殿が存在することを示すものではない。(配点19点)

問1 Pb^{2+} を 1.20×10^{-2} mol/L含む溶液に希塩酸を加え、溶液の液量が1.20倍、平衡状態での溶液の Cl^- 濃度が 5.00×10^{-1} mol/Lになった。このとき、元の溶液中にあった Pb^{2+} の何%が Cl^- と塩を形成して沈殿するかを有効数字3桁で答えなさい。 Pb^{2+} と Cl^- の塩の溶解度積は 1.00×10^{-4} mol³/L³とし、副反応なども起こらず、溶解は溶解度積だけで決まるものとする。

問2 ろ液②に金属イオンが含まれているかを確認するため、この液に希硫酸を加えたところ、沈殿が生じた。沈殿した物質の化学式と色を答えなさい。

問3 ろ液③に含まれる鉄イオン(この状態の液で主に存在する鉄イオン)と反応して濃青色の沈殿をつくる試薬の化学式を答えなさい。

問4 今回の系統分離操作では、ろ液⑤にはある金属のイオンが含まれる。このイオンが沈殿④からろ液⑤に溶け出す際に起こる反応の化学反応式を答えなさい。

問5 試料溶液中の Cd^{2+} は沈殿②、③、⑤、⑥、⑦のどこで沈殿として分離されるか。その沈殿番号と沈殿した物質(Cd^{2+} の塩)の化学式と色を答えなさい。

問6 試料溶液に含まれる遷移元素の金属イオンをすべて列挙しなさい。

問7 今回の系統分離操作で沈殿した金属イオンの塩の中で NH_3 水と反応し、錯イオンをつくって溶解するものがある。その反応の化学反応式を答えなさい。

問 8 今回の系統分離操作ではある金属イオンの塩が沈殿②として分離される。
 この熱水に溶けない沈殿物は NaCl と同じ結晶構造を持つ。この物質の密度 (g/cm^3) を与える計算式を示しなさい。結晶中の陽イオンと陰イオンは接触して配置されるとし、それらのイオン半径はそれぞれ、 R_C と R_A (nm) で、モル質量は W_C と W_A (g/mol) とする。

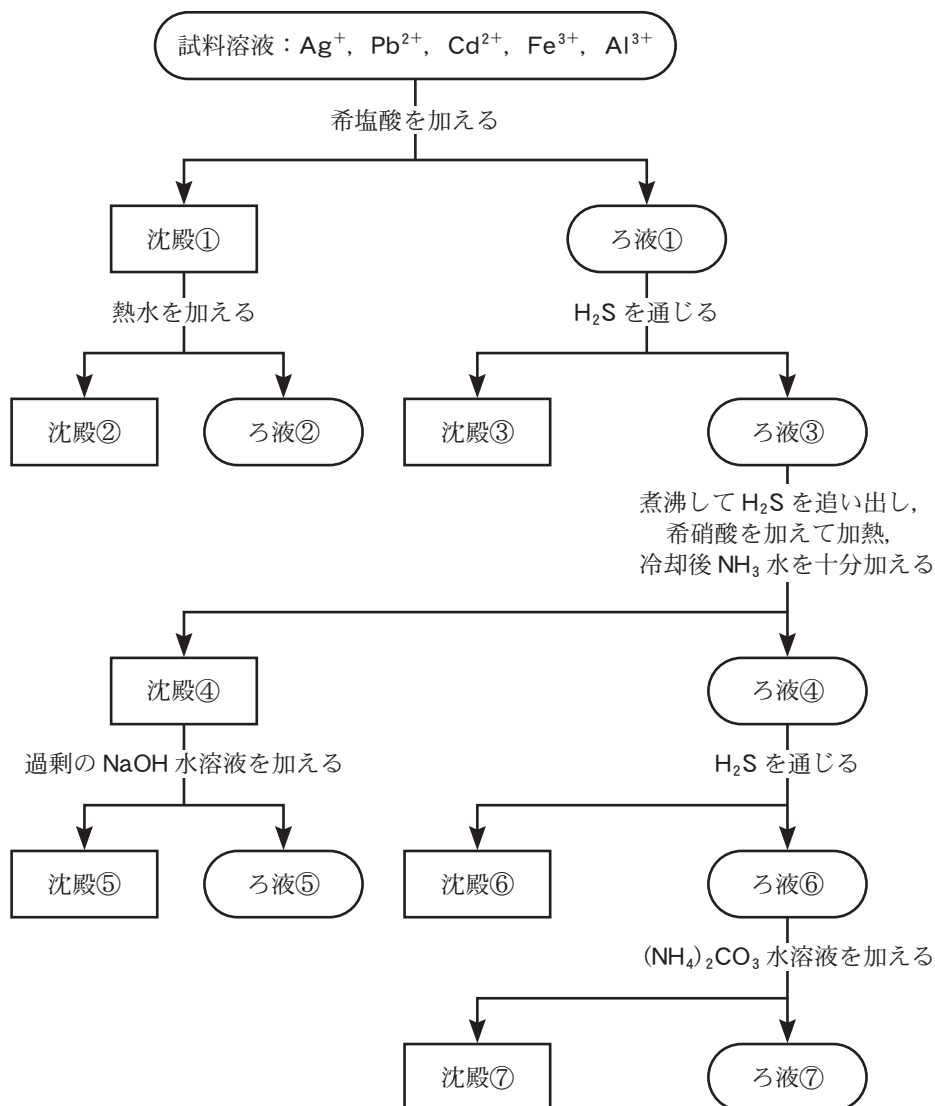
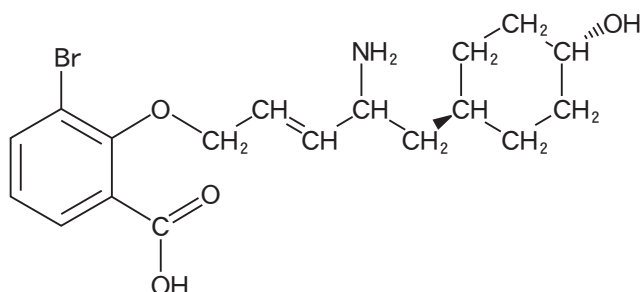


図 1

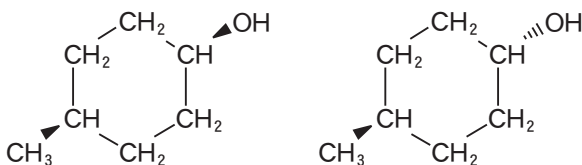
※沈殿①, ④に対する操作は、実際に沈殿が観察されるときのみ行う。

Ⅲ 次の文章を読んで、以下の問1～7に答えなさい。なお、構造式は、以下の例にならって書きなさい。構造式の記述にあたって鏡像異性体に関しては、記述しなくてよい。ただし、問6においては環状構造のシス－トランス異性体の構造式は、例のように記述しなさい。ここでのシス－トランス異性体は、C=C二重結合や環状構造などの回転ができない構造に対して生じる異性体である。(配点19点)

<構造式の記載例>



<環状構造のシス－トランス異性体の記載例>



分子式 $C_5H_6O_2$ で表され、不斉炭素を有する五員環の環状化合物 A がある。この化合物 A を酸条件下で加水分解することで、化合物 B が得られる。化合物 B は、フェーリング液を加えると、赤色の沈殿物 X が生じる。また、化合物 B を硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液を加えて、加熱酸化すると化合物 C が得られる。

一方、化合物 A をオゾンおよび亜鉛と反応させ、さらに酸条件下で加水分解すると、ギ酸と化合物 D が得られる。化合物 D も下線部(1)と同様な反応を示す。そして、化合物 D を、硫酸酸性下で二クロム酸カリウム水溶液により加熱酸化することで、化合物 E が得られる。

また、この化合物 A と臭素を付加反応させることで、化合物 F が得られる。

問 1 化合物 A に含まれる炭素，水素，酸素の元素を確認する手法に関して，下記の a ～ f の中からそれぞれ適切なものを選びなさい。

- a. 焼いた銅線に付着させ，加熱する。
- b. 水酸化ナトリウムを加えて加熱し，濃塩酸と接触させる。
- c. 完全に燃焼させ，石灰水に通じる。
- d. 完全に燃焼させ，白色の硫酸銅(Ⅱ)無水塩に接触させる。
- e. ナトリウムを加えて加熱融解し，水に溶解後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加える。
- f. 上記 a ～ e には該当する検出手法がない。

問 2 化合物 A の構造式を答えなさい。

問 3 化合物 B の構造式を答えなさい。また，下線部(1)で沈殿する沈殿物 X の化学式を答えなさい。

問 4 化合物 C の構造式を答えなさい。

問 5 化合物 E の構造式を答えなさい。

問 6 化合物 F は，環状化合物のシス - トランス異性体の混合物である。このシス - トランス異性体である環状化合物 F の構造式をすべて答えなさい。

問 7 化合物 B ～ F のうち，不斉炭素を有する化合物の記号をすべて答えなさい。

IV 次の文章を読んで、以下の問1～5に答えなさい。(配点18点)

デンプンは多数のグルコースが脱水縮合した高分子化合物である。デンプンは冷水にはほとんど溶けない。一方、80℃程度の温水中ではのり状になる。これは可溶性成分である が溶け出すためである。 は隣り合うグルコース構造が全て同じ向きで結合するため、グルコース6個で1回転する 構造をとる。この が枝分かれした構造を持つ は温水に不溶性成分であり、もち米の成分のほとんどを占めている。デンプンに酵素アミラーゼを作用させると加水分解して二糖である が得られ、この に酵素 を作用させるとグルコースが得られる。得られたグルコースを原料として、微生物の一種である酵母を用いたアルコール発酵によりエタノールを生産することができる。

セルロースは自然界に多量に存在する高分子化合物である。セルロースは強い繊維状の物質であり、熱水にも多くの有機溶媒にも溶けにくい。セルロースはデンプンに比べて加水分解されにくいが、希硫酸を加えて長時間加熱すると加水分解されてグルコースになる。あるいは、セルロースを などの酵素によって加水分解すると、二糖である を経てグルコースが得られる。

得られたグルコースを原料とし、様々な微生物を用いることでエタノール以外の有用物質を生産することも可能となる。例えば、乳酸菌を用いた乳酸発酵により乳酸が生産できる。生成した乳酸は生分解性高分子であるポリ乳酸の原料となる。この他にも、様々な プラスチックリサイクル技術の開発が行われている。

問1 ～ にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部(a)について、還元性を示さない二糖の名前を1つ答えなさい。

問 3 下線部(b)について、以下の(1), (2)の問いに答えなさい。

(1) グルコースを用いたアルコール発酵の反応式を答えなさい。

(2) 81 g のデンプンを酵素で加水分解して酵母でアルコール発酵を行うと、最大で何 g のエタノールが生成できるか答えなさい。

問 4 下線部(c)の理由を述べた以下の文章の空欄 及び に当てはまる語句を答えなさい。

セルロースの分子は、隣り合うグルコース単位が交互に糖の環平面の上下の向きを変えながら 結合しており、分子全体では 構造をとっている。この構造により分子内及び分子間に水素結合が形成されるため。

問 5 下線部(d)について、プラスチックのリサイクル手法の名前を 2 つ答えなさい。

生 物

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

生物の進化と地球環境の変化は、相互に影響していることが知られている。大気成分の変化にも生物活動は大きく関わっており、特に地球誕生以来の大気中酸素濃度の変化に対する生物の寄与は大きい。図1のグラフは、地球誕生以来の酸素濃度の変化を示している。酸素分子は地球誕生当時ほとんど存在しなかったが、約27億年前、ある生物 A の誕生がきっかけとなって大量に生成されるようになった。^(A)^(B)その後しばらく、酸素分子は海水に溶存した鉄イオンとの反応に消費されたが、それが収束すると酸素分子が大気中に放出されはじめた。酸素を容易に獲得できるようになった生物は、酸素を効率的に利用できるように進化した、グルコースなどの炭素源から多くの化学エネルギー(ATPなど)を生成することができるようになった。^(C)また、大気中酸素濃度の上昇にともなって生物の陸上への進出が可能となり、^(D)多種多様な生物種の誕生が促された。

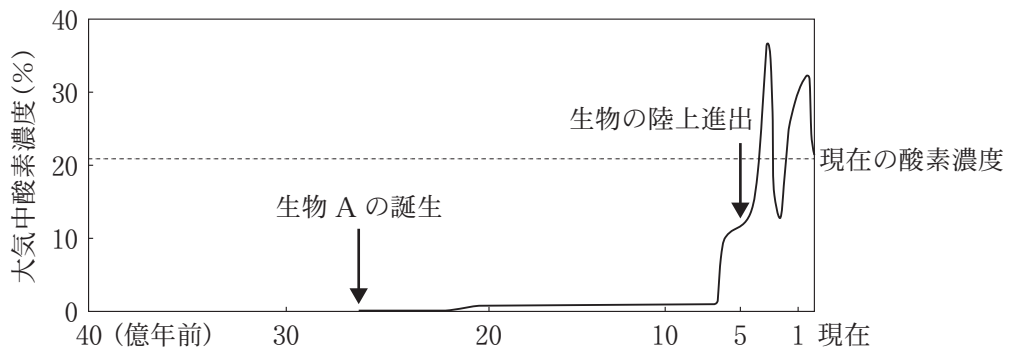


図1

問1 下線部(A)の生物名を答えなさい。

問 2 生物 A に関する次の文章中の空欄 [ア] ~ [ウ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

この生物 A は進化の過程で別の生物に取り込まれ、その後誕生する真核生物の細胞小器官へ変化したと考えられている。これはマーグリリスにより提唱された [ア] 説として知られており、その細胞小器官がもつ、i) 半自律的に増殖する、ii) 独自の [イ] を持っている、iii) 性質の異なる 2 種類の [ウ] で囲まれている、という、もともと独立した生物であったことの痕跡と考えられる 3 つの特徴を根拠としている。

問 3 下線部(B)について、生物 A において酸素分子(O_2)が生成する部位を含むタンパク質複合体の名称と、その部位で 1 分子の酸素が生成する化学反応式を答えなさい。電子は、 e^- で示すこと。

問 4 下線部(C)について書かれた次の文章中の空欄 [エ] ~ [ケ] にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

酵母は環境条件により ATP の生産系を切り換えることが知られている。グルコースを炭素源としたとき、酸素の供給が十分ではない条件下では [エ] を行い、十分な酸素が供給された条件下では [オ] を行なうことで ATP を獲得する。[オ] は [エ] に比べ、最大 [カ] 倍の効率で ATP を生産できる。[オ] で酸素は [キ] と呼ばれる細胞小器官内の [ク] に局在する電子伝達系で消費され、[ケ] を生じる。

問 5 下線部(C)について、酸素を用いてグルコースから ATP を生成する反応により、小さじ 1 杯分のグルコース (3.60 g) が完全に分解されるとき、何 g の O_2 が消費されるか、計算式とともに答えなさい。原子量は、H 1.00, C 12.0, O 16.0 を用い、有効数字は 3 桁として計算すること。

問 6 下線部(D)について、酸素濃度の上昇により陸上への生物の進出が可能となった理由を、それまで生物の陸上への進出を妨げていた要因に着目して、50字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

生物において様々な機能を担うタンパク質は、20種類のアミノ酸が 結合によって連結されたものである。DNAの塩基配列は、生物が必要とする様々なタンパク質を合成するためのアミノ酸配列(一次構造)情報を暗号化して保持するとともに、その情報を次世代に伝達する重要な役割を担っている。突然変異によるDNA塩基配列の変化はタンパク質の機能に大きな影響を与える可能性があり、近年では突然変異を簡便に検出する方法として、^(A)ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)が利用されている。^(B)

突然変異を引き起こす一つの要因は、DNA複製の誤りである。DNA複製の際には、まず と呼ばれる酵素が複製開始点の二重らせんをほどこき、1本鎖状態になったそれぞれの鎖を鋳型として、DNAポリメラーゼにより相補的な鎖が合成される。このように、もともとあった古い鎖と新たに合成された鎖を1本ずつ含むDNAを生じる複製様式を と呼ぶ。通常、DNA複製は非常に正確に行われるが、まれにDNAポリメラーゼが誤った塩基を挿入するほか、鋳型DNAに損傷があると誤りが起こりやすくなる。

タンパク質はそれぞれのアミノ酸配列に応じて 構造や β シート構造などの二次構造のほか、アミノ酸の一つである の側鎖の間でつくられるS-S結合などにより、固有の立体構造(三次構造)が形成されて機能を発揮する。タンパク質によっては、複数の分子が集合した四次構造を形成することにより、^(C)はたらくものもある。アミノ酸が1個置き換わっただけでもこれらの構造に影響を与え、タンパク質の機能が著しく損なわれる可能性がある。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、DNA上のアミノ酸配列を指定する領域で塩基の置換が起きても、発現するタンパク質の一次構造に影響を与えないことがある。その理由を30字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 3 真核生物では、RNA ポリメラーゼによって転写される DNA 領域で突然変異が発生しても、そこから生じる mRNA の塩基配列が変化しない場合がある。その理由を 40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(B)について、目的とする遺伝子領域を 2 種類のプライマーを用いて増幅することを考える。図 1 において太い実線は目的の遺伝子領域、破線 a ~ d はそれぞれ配列が異なる DNA プライマーを表し、①~④は異なる組み合わせのプライマーと目的の DNA 配列を結合させた状態を示している。このうち、目的の領域を正しく増幅できるプライマーの組み合わせはどれか、①~④の番号で答えなさい。なお、図中の 5'、3' は DNA 鎖の 5' 末端、3' 末端をそれぞれ示している。

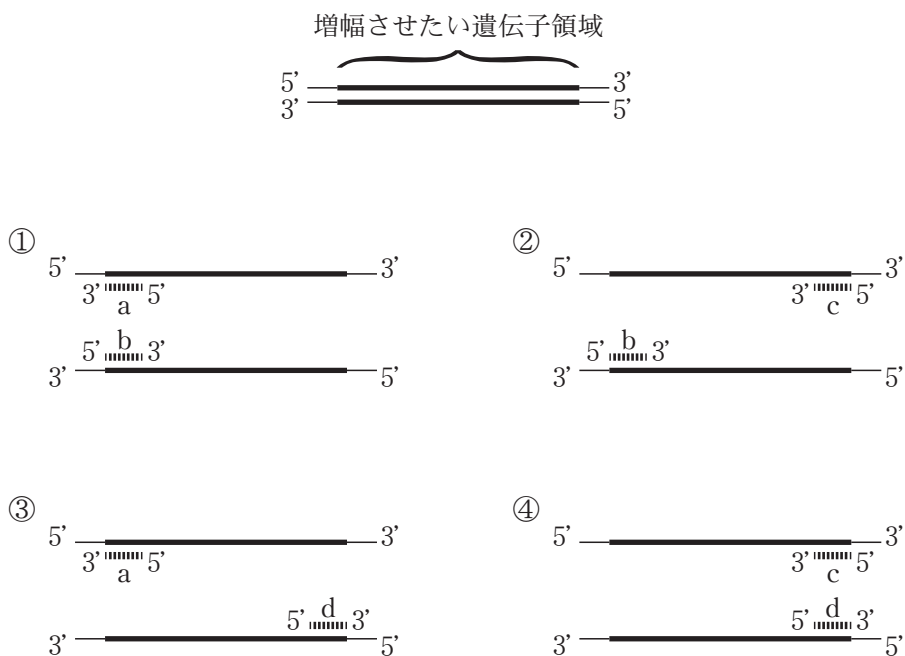


図 1

問 5 下線部(C)について，哺乳類細胞で発現し，酵素として機能するタンパク質 A について，以下のように仮定する。

- ・タンパク質 A のアミノ酸配列を指定する遺伝子 X は常染色体上に存在する。
- ・遺伝子 X の突然変異により生じた遺伝子 X' から，アミノ酸置換を 1 か所含むタンパク質 A' が発現する。
- ・タンパク質 A は 4 分子集合した複合体(4 量体)として酵素活性を発揮し，単量体としては機能しない。
- ・タンパク質 A と A' はお互いの区別なく集合して 4 量体を形成するが，A' を 1 分子でも含む複合体は酵素活性を示さない。

雄が遺伝子 X のホモ接合体，雌が遺伝子 X' のホモ接合体であった場合，その間に生まれる子において酵素活性を持つタンパク質 A の複合体は，4 量体全体の何パーセントになるか答えなさい(有効数字は 3 桁として計算すること)。なお，遺伝子 X と X' から細胞内で発現するタンパク質の分子数は等しいものとする。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

被子植物の若い芽生えにおいて、茎や根の成長は、それぞれの先端にある茎頂 や根端 で生み出された細胞が縦方向に伸長成長することによって起こる。茎の伸長成長の調節には、複数の植物ホルモンが協調的にはたらいっており、オーキシン、 、ブラシノステロイドが促進する役割を担う。植物細胞の表面近くには、細胞骨格である が並んでおり、細胞壁のセルロース繊維の並び方を決める。 とブラシノステロイドは、 の向きを 方向に制御して、細胞が縦方向に成長しやすいようにする。この時、オーキシンは細胞壁を酸性化させることによって、セルロース繊維どうしの結びつきを弱める酵素を活性化させる。^(A) その結果、細胞壁が緩んだ細胞は吸水して縦方向に成長する。

一方、植物が風による振動を受け続けたり、障害物などに接触した状態が続くと、茎の伸長成長が抑制され肥大成長が起こる。この肥大成長の調節には植物ホルモンの がはたらく。 は の向きを 方向に制御して、細胞が横方向に成長しやすいようにする。

また、茎や根の成長方向は、光や重力などの外界の刺激の方向によって影響を受ける。茎は正の光屈性を示すのに対し、根は負の光屈性を示す。一方、茎は負の重力屈性を示すのに対し、根は正の重力屈性を示す。茎や根の屈性反応では、刺激によって器官の両側に成長の差が生まれて屈曲が引き起こされる。植物体を暗所で水平に横たえると、茎の内皮細胞や根冠のコルメラ細胞などの平衡細胞で重力の方向が感知され、^(B) オーキシンが輸送体タンパク質のはたらきを介して茎や根の重力方向側(下側)に移動し、^(C) 器官の両側で不均一なオーキシンの分布が生じる。これにより、茎では下側が、根では上側がより伸長成長し、それぞれ異なる向きに屈曲が起こる。^(D)

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、オーキシンが細胞壁を酸性化させる仕組みを 40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 3 下線部(B)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 光屈性を誘導する光とその光受容体の組み合わせとして正しいものを、以下の(a)～(f)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (a) 赤色光／フィトクロム | (b) 青色光／フィトクロム |
| (c) 赤色光／クリプトクロム | (d) 青色光／クリプトクロム |
| (e) 赤色光／フォトトロピン | (f) 青色光／フォトトロピン |

(2) (1)の光受容体が関与する現象を、以下の(a)～(f)から 2 つ選び、記号で答えなさい。

- | | |
|----------------|------------|
| (a) 光発芽種子の発芽促進 | (b) 気孔の開口 |
| (c) 芽生えの緑化 | (d) 茎の伸長抑制 |
| (e) 葉緑体の定位運動 | (f) 花芽形成 |

問 4 下線部(C)について、茎や根の平衡細胞において、重力方向の感知に重要な共通の細胞小器官の名称を答えなさい。また、その細胞小器官の一般的な特徴と、平衡細胞における特徴について、それぞれ答えなさい。

問 5 下線部(D)について、茎と根が異なる方向に屈曲する理由を 100 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点18点)

ある一定地域に生息する同じ生物種の個体の集まりを、個体群と呼ぶ。個体群内の個体は、チンパンジーのように集団で生活していることもあれば、オランウータンのようにほとんど単独で生活していることもある。しかし、各個体は、摂食や生殖などを通じて他の個体と関わり合いをもっている。個体群内での個体の分布の様式は、生物の種類によって異なり、生息地の環境にも依存する。

個体群における単位空間当たりの個体数は、アと呼ばれる。生活空間や食物などの生物の生存と繁殖に必要なイが十分にあれば、個体数は増加し続け、アは高くなっていく。しかし、多くの場合、イには限りがあるので、ある環境で生存できる個体の数には上限がある。アが高くなると、1個体あたりのイが不足し、出生率や個体の成長速度の低下、死亡率の増加などが起こる。このように、アの変化によって、個体の発育や生理・形態などが変化することを、ウという。

問1 空欄 ア ～ ウ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、動物が集団生活をするにより得られる利益を3つあげなさい。

問3 下線部(B)について、一様な分布がみられるのは、その個体群を構成している生物種がどのような習性をもつ場合か、答えなさい。

問 4 下線部(C)について、以下の問(1)~(4)に答えなさい。

ある池に生息するメダカの個体数を、以下の方法を用いて推定した。まず、メダカを N_1 匹捕獲し、標識をつけて池に戻した。その後、一定の時間をおいて、標識個体と未標識個体が十分に混ざり合うのを待ってから、再び同様の条件のもとで捕獲を行った。2 回目の捕獲では N_2 匹のメダカが得られ、そのうちの標識個体は n 匹だった。ただし、標識は、個体から外れることがなく、個体の性質や個体と環境との相互作用に影響を与えないものとする。また、1 回目と 2 回目の捕獲の間に、メダカの個体数は変動しないものとする。

- (1) ここで用いられた個体数の推定方法を何というか、答えなさい。
- (2) 池に生息するメダカの推定個体数を求めなさい。
- (3) (1)の方法が個体群を構成する個体数の推定に適用できない動物を、以下の(a)~(f)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(a) モンシロチョウ	(b) アカネズミ	(c) イワガキ
(d) ヤマナメクジ	(e) シマヘビ	(f) アカハライモリ
- (4) (3)の答えとなる動物の個体群を構成する個体数を推定するのに最も適した方法を答えなさい。

問 5 下線部(D)について、ある環境で個体群が維持できる最大の個体数を何というか、答えなさい。

問 6 下線部(E)について、以下の問いに答えなさい。

ある種の昆虫の成虫を、一定量の餌とともに一定の大きさの容器に入れ、産卵させた。そしてその後、容器内で羽化した子世代の成虫の数を調べた。容器に入れた親世代の個体数を1匹から1000匹まで様々に変えて、いくつかの実験を行ったところ、以下の結果が得られた。

- ・容器に入れた親世代の成虫数が少ないときは、親世代の成虫数が多いほど羽化した子世代の成虫数は増加した。しかし、容器に入れた親世代の成虫数がある値を超えると、親世代の成虫数が多いほど羽化した子世代の成虫数は減少した。
- ・容器に入れた親世代の成虫数が200匹のとき、羽化した子世代の成虫数が最大となり、その値は900匹であった。
- ・最初に、少数の親世代成虫を入れて、子世代の成虫を羽化させた。さらに、得られた子世代の成虫を新しい親世代として、新しい容器に移して同様の条件で飼育し、次の子世代の成虫を羽化させた。こうした操作を繰り返していくと、羽化してくる子孫世代の成虫数は、700匹に収束していった。

これらの結果から、容器に入れた親世代の成虫数と羽化した子世代の成虫数の関係を推定し、その関係を表すグラフを描きなさい。ただし、実験に用いた個体はすべて雌で、この種では、交尾せずに雌が雌のみを産んで繁殖するものとする。また、成虫は産卵後すぐに死ぬものとする。

地 学

I 以下は、野外に分布する露頭から得られる地質情報について書かれている。文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点25点)

野外で観察される地層は、過去の環境やその場で起こったイベントを知るための情報源である。それらは、様々な方向に大きく傾いていることもあるが、もともと海底や湖底に水平に堆積していたものである(当初水平堆積の法則)。地層を構成する砂や泥などの碎屑物は、重力によって下から順番に堆積するため、上方にある地層ほど時代が新しい(の法則)。日本のようなプレートが沈み込んで造山運動が激しい場では、このような堆積物に や が発達し、傾動することが多い。 は地層に働く力によって形成された破断面を境に地層がずれたものであり、 は破断することなく徐々に屈曲したものである。野外において傾動した地層の姿勢を把握するために、クリノメーターなどを用いて地層の走向と傾斜を測定する。さらに、野外調査では露頭を構成している岩石の種類^(A)(砂岩、泥岩などの堆積岩、 や安山岩などの火成岩等)とそれらの接触関係、その他確認される地質構造を記載する。これらの調査をもとに作成されたのが、地質図である(図1)。実際の地質構造は3次元であるが、地質図は他の地図と同様に、平面図となっている。しかし、等高線との関係に着目することで、3次元^(B)情報を読み取ることが可能である。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問2 堆積物は、長い時間をかけて続成作用を受け、固結し、堆積岩となる。続成作用は、圧密とセメント化作用に大別されるが、両者の違いを説明しなさい。

問3 下線部(A)に関して、地層の走向と傾斜はそれぞれどのようなものであるか、答えなさい。必要であれば、図を用いても良い。

問 4 下線部(B)に関して、図1の地質図から読み取れる以下の情報を書きなさい。

- ① 地層(礫岩・砂岩・安山岩)の走向と傾斜。ただし傾斜については、どの方向に傾いているかのみ答えなさい。
- ② 断層の走向と傾斜、およびどちらが落ちているか。
- ③ 地層および断層の形成順序。ただし、砂岩は泥岩砂岩互層と整合関係であり、地層の上下方向の逆転は起こっていないものとする。

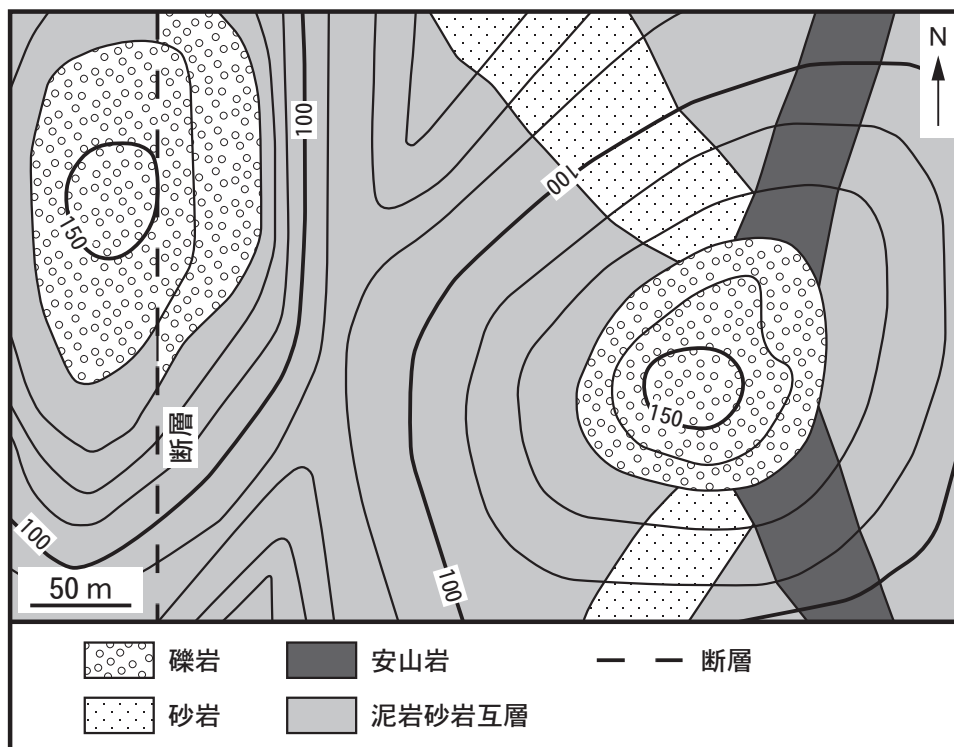


図1

II 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点25点)

日本列島はプレート沈み込み帯に位置している。東北地方の東方沖には日本 という海底の深い谷状の地形があり、そこから東北地方の地下に向かって太平洋プレートが年間約10 cmの速さで沈み込んでいる。このプレート沈み込みが、様々な地球科学的現象をもたらす大きな要因の一つとなっている。

^(A)プレート沈み込み帯では に代表される特徴的な地形および地下構造があると考えられる。このような地下構造を知るのに役立つ情報の一つが重力異常である。重力異常とは、重力の実測値から測定点の緯度に依存する 重力を差し引いた値に、以下のような様々な補正を加えて求めた値のことである。重力異常として、測定点の高度の影響を補正した 重力異常や、 重力異常からさらに地形の影響および測定点と 面の間にある物質による引力の影響を補正した 重力異常がよく利用される。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問2 図1は東北地方のある緯度における(a)重力異常と(b)地形(標高)を示している。横軸は東西方向の位置を表す。この重力異常は 重力異常と 重力異常のどちらと考えられるか、その記号を答えなさい。また、そう考えられる理由を、「アイソスタシー」という用語を使って説明しなさい。

問3 下線部(A)の代表例として地震がある。図2は地表の3か所に地震計を設置し、地下で発生した地震の震源からの地震波を測定した際の位置を示した断面図である。地震計および震源は同一の鉛直面内にあるとする。これについて、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) この震源から放射されたP波を、地表の地震計3か所で測定したところ、その初動はすべて「押し」であった。このとき、この地震で生じた可能性のある断層運動を1つ答案用紙に描きなさい。その際、断層面を実線で、断層のずれの方向をその両側に矢印で描きなさい。ただし、地下の地

震波速度は一定とし、また、断層面は紙面に垂直とする。

- (2) この震源からのP波初動は地震計AとCに同時に到達した。また両地点でS波到達時刻とP波到達時刻との差は5秒であった。AC間の距離は52 km、地下のP波速度およびS波速度はそれぞれ6.5 km/s、4.0 km/sとすると、震源の深さを有効数字2桁で求めなさい。計算の過程も示しなさい。

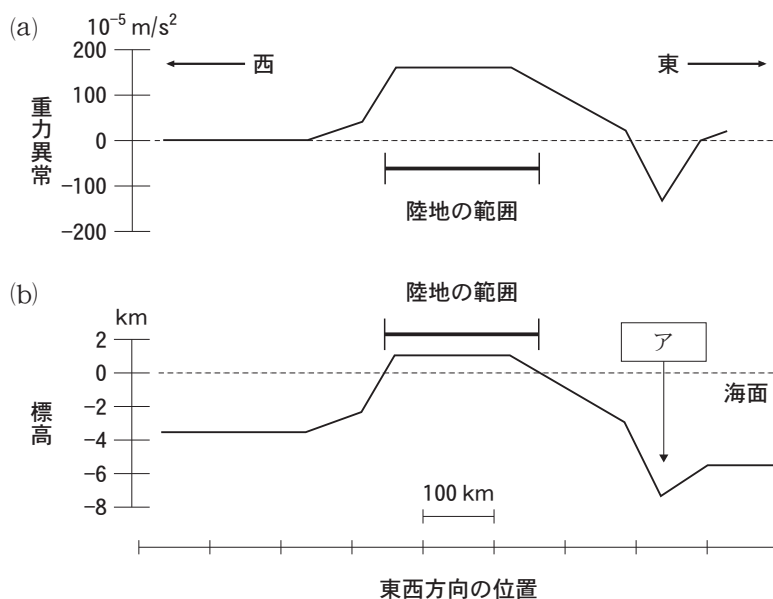


図 1

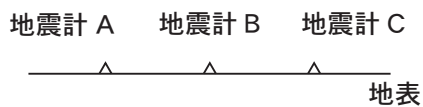


図 2

Ⅲ 次の文章を読んで問1～7に答えなさい。(配点 25 点)

AさんとBさんが、どの天体が地球に似ているかについておしゃべりをしている。

A：金星は、地球に似ているよね。

B：けど、金星は、表面温度が地球よりずっと高い。気圧も高い。金星の上空では100 m/sの風が吹いていて、これは自転によって金星の地表面が動く速さよりも速いんだって。地球より過酷な環境だなあ。

A：それに比べると、昔の火星の表面は今よりも温暖で川が流れていたらしいし、地球に似ているのは昔の火星かなあ。

B：現在の火星も地球と似ているところがある。現在の火星の表面には海や川はない。つまり全部陸地だ。一方、地球は表面の 割が海で覆われているから、陸地面積は火星と地球で同じぐらいになるなあ。火星は自転軸の傾き程度も地球と似ている。

A：でも、現在の火星の大気はとても薄いし主成分は地球と異なるよね。土星の衛星の は、豊富な大気を持つよ。気圧が地球と近いし、窒素を含むところも地球に似ているね。

B： は太陽から遠くて表面温度は -180°C ぐらいなのに、河川状の地形も見つかっていると。ただし、大気と地表を循環している物質は地球と違って水ではなくて らしい。

A：うーむ、今まであがったどの天体も、それぞれ地球に似ている点はあるけれど、似ていない点も多いね。系外惑星の中には、もっと地球に似た天体があるかもしれないよ。地球質量の数倍から十倍程度の質量の と呼ばれる岩石惑星が見つかっているというし。

問1 空欄 にあてはまる1桁の数字を答えなさい。

問2 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 3 下線部(a)について、金星が地球に似ているのはどのような点か。2つ答えなさい。

問 4 下線部(b)について、金星の表面温度は地球よりもずっと高く、太陽に最も近い惑星である水星よりも高い。その理由を 20 字程度で説明しなさい。

問 5 下線部(c)について、気圧とは何かを説明する次の文章の()の中に適切な語句を入れて、この文章を完成させなさい。

「気圧とは、その地点より上にある()である。」

問 6 下線部(d)について、以下の問(1), (2)に答えなさい。

- (1) 金星上空の高速な風は何と呼ばれるかを答えなさい。
- (2) 金星の自転による地表面速度は最大で何 m/s かを有効数字 1 桁で計算過程を示して答えなさい。ただし、金星の半径を 6000 km, 自転周期を地球の自転周期の 200 倍とする。

問 7 下線部(e)について、以下の問(1), (2)に答えなさい。

- (1) 天体が発する放射エネルギーが最大となる波長とその天体の表面温度の関係はある法則で示される。この法則の名称を答えなさい。
- (2) 天体の表面温度が -180°C だとすると放射エネルギーが最大となる波長は、 $0.3\mu\text{m}$, $3\mu\text{m}$, $30\mu\text{m}$, $300\mu\text{m}$ のいずれになるかを答えなさい。また、そのように判断した理由を説明しなさい。