

平成 22 年度入学試験問題（前期日程）

理 科

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	14 ページまで
生 物	15 ページから	18 ページまで
地 学	19 ページから	24 ページまで

注意事項

- 受験番号を解答用紙の所定の欄（1か所または3か所）に記入すること。
- 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

物 理

1 以下の文章中の [] に最も適切な数値、数式、または選択肢の記号を記入せよ。(40点)

問 1 高さが 44.1 m のビルの頂上より鉄球を静かにはなすと、(1) 秒後に地面に達した。そのときの速さは(2) [m/s] である。ただし、重力加速度を 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗、浮力、風の影響は無視する。

問 2 半径が地球の 0.5 倍である球形の惑星がある。この惑星上の実験室で、液体の中に物体を入れたところ、その浮力は地球の場合の 0.4 倍であった。このことから、惑星の質量は地球の(3) 倍であることがわかる。次に、物体が液体中を沈降してその速度が一定になったとき、速度(終端速度)の大きさは地球の場合の(4) 倍となる。ただし、液体の密度と物体の体積は両惑星間で不变とし、液体中で物体が受ける抵抗力は物体の速度に比例するとする。

問 3 長さ l [m] で質量の無視できるまっすぐな細長い板がある。これを水平な地面に置く。左端から $l/3$ [m] のところに質量 m [kg] の石を置き、さらに右端から $l/3$ [m] のところに質量 M [kg] の石を置く。板の右端を鉛直に持ち上げるのに要する最小の力は(5) [N] である。このとき、他端が地面から受ける抗力は(6) [N] である。ここで、重力加速度を g [m/s²] とする。

問 4 2.0×10^{-4} C の正電荷と -2.0×10^{-4} C の負電荷が 3.0 m の距離をへだてて置かれている。このとき、両者にはたらく力の大きさは、(7) [kg] の物体にはたらく重力に等しい。ただし、重力加速度を 9.8 m/s^2 、クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ とする。

問 5 長さ 1 m の銅線を張力を一定にして水平に張り、その中央に磁石を使って銅線に垂直な磁場(磁界)をかけておく。いま、銅線に交流電流を流してその周波数を徐々に増大させると、銅線はある周波数 f_0 [Hz] で磁石の位置を腹とする基本振動を始めた。交流の周波数をさらに上げていったとき、次に銅線が大きく振動するのは(8) [Hz] のときである。ただし、銅線に加わる重力の影響はないものとする。

問 6 エンジンの熱効率が 20 % のガソリン自動車がある。このガソリン自動車は、1時間で 4.0 リットルのガソリンを消費する仕事を行った。ここで、ガソリン自動車と同じ大きさの仕事を 1 時間で行う電気自動車がある。この電気自動車の平均の消費電力は(9) [W] である。ただし、1リットルのガソリンを燃焼したときに放出される熱エネルギーは 3.6×10^7 J であり、電気自動車のモーターは 1 J の電気エネルギーを 0.80 J の仕事にかえることができるとする。

問 7 ウランを毎秒 0.1 g 反応させて 8.2×10^9 J/s の熱を発生できる原子力発電所がある。発生した熱を電力に変える発電の熱効率が 30 % とすると、この発電所の電気出力は(10) [W] である。残りの熱は冷却水として放出される。25 °C の冷却水が 35 °C で排出されるとすると、放出される冷却水は毎秒(11) トンとなる。ここで 1 トンは 10^3 kg である。また、水の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

問 8 -20 °C の氷 500 g を 20 °C の水に変化させるのに、(12) [J] の熱が必要である。ただし、氷の比熱を $2.1 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を 330 J/g 、水の比熱を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

問9 次のそれぞれの文章が正しいときには1を、間違っているときには0を割り当てる。それらの数字を(1)(2)(3)(4)の順に書くと (13) となる。

- (1) 光は物質の中で速さを変える。物質の絶対屈折率を n とすると、その中の光速は真空中の光速に比べて n 倍になる。
- (2) 光は横波なので、2枚の偏光板を光が透過するように重ねておいて、一方を180度回転すると光は透過しなくなる。
- (3) 電子レンジに利用されているマイクロ波は光よりも波長が短い。
- (4) 光は全反射を起こすので、水の中の魚は水面の上のいかなる物体も見ることができない。

問10 回折格子に位相のそろったナトリウムの単色光(波長 590 nm)を格子面に垂直に当てたところ、回折格子から 1.0 m だけ離れたスクリーン上にできた明線の間隔は 1.0 cm であった。これから回折格子のスリット間隔は (14) [mm] であることがわかる。次に、レーザー光を回折格子に垂直に当てるとスクリーン上の明線の間隔は 1.1 cm となった。これからレーザー光の波長は (15) [nm] であることがわかる。ただし、1 nm は 10^{-9} m であり、回折格子とスクリーンは平行におかれているとする。

- 2 図2—Iのように、長さ l の糸の一端が点 Q に固定され、他の一端 P に質量 m のおもりがつけられている。おもりは、糸につながれていることを除けば、点 Q を含む鉛直面内を自由に動けるものとする。おもりの大きさ、糸の質量、および摩擦などは無視できるとする。また、糸は伸び縮みしないとする。おもりの最下点を点 O 、重力加速度を g とし、以下の各間に答えよ。(30点)

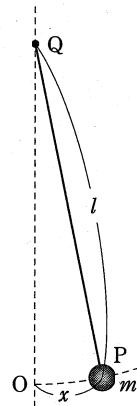


図2—I

A 点 O から P までの円弧にそって測ったおもりの変位 x とする(x は右側に振れているときを正にとる)。円弧にそって a (a は l に比べて十分小さい)だけ右に動かした位置でおもりを静かにはなしたところ、おもりは十分小さな振れの角で振動を始めた。

問1 変位が x のときの、おもりにはたらく円弧の接線方向の力 F を求めよ。おもりが点 O から右に進むときの向きを接線方向の正とする。また、そのときのおもりの位置エネルギー U を求めよ。位置エネルギーの基準点は点 O とする。ただし、 F と U を求めるとき、 $|\phi|$ が十分小さいときに成り立つ式

$$\sin \phi \approx \phi, \cos \phi \approx 1 - \frac{1}{2} \phi^2$$

を用いよ。

問2 おもりの振動の周期を求めよ。

問3 図2-IIのように、点 Q と O を結ぶ線上にあり、点 O から距離 l' ($l' < l$) の点 R に、振り子の振動面に対して垂直に細い棒をおいた。糸が棒にかからず張った状態で、点 O から円弧にそって b だけ右に動かした位置でおもりを静かにはなしたところ、振動した。ただし、左に振れたときのおもりの変位 x (< 0) は、半径 l' の円弧にそって測るものとする。また、 b は l' に比べて十分小さいとする。

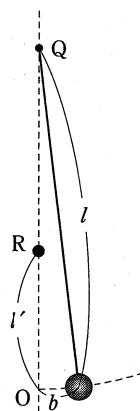


図2-II

- (1) おもりの振動の周期を求めよ。
- (2) おもりが左に振れた場合を考える。変位が x のときのおもりの速さを v とする。 b , x , v を用いて、エネルギー保存の法則の式を書け。
- (3) 左に振れたときの変位の大きさの最大値を求めよ。

B 次に、点 R の棒を取り除いて、図 2—III のように、おもりを点 O から初速 v_0 で運動させたところ、おもりは大きく振れて、糸が張った状態で運動した。

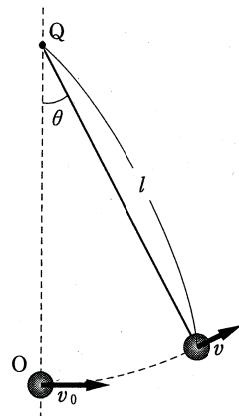


図 2—III

問 4 振れの角が θ のとき、おもりの速さ v を求めよ。

問 5 初速 v_0 が $\sqrt{2gl}$ に等しいとき、おもりはどのような運動をするか。振れの角 θ に注目して、おもりの運動を簡潔に説明せよ。

C 点Oにおけるおもりの初速 v_0 を大きくしたところ、図2—IVのように、糸が張った状態でおもりは最上点Aに達した。

おもりが点Aに到達するまでの間、糸の張力Tは、振れの角θを用いて

$$T = mg(3 \cos \theta - 2) + \frac{mv_0^2}{l}$$

で与えられる。

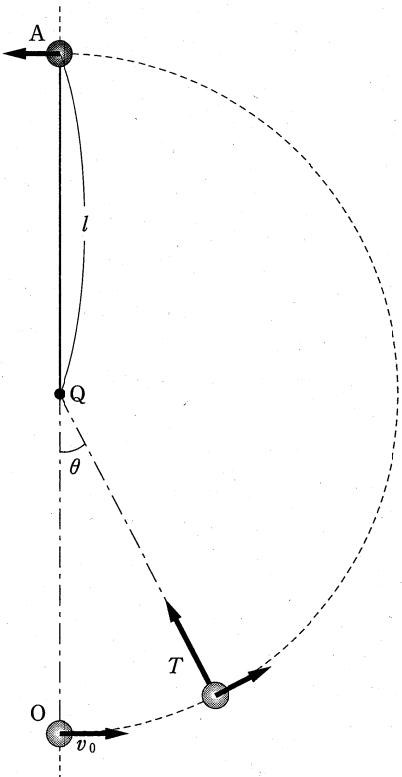


図2—IV

問6 おもりが点Aに到達できる条件と、点Aで糸が張っている条件から、このような運動を引き起こす v_0 の最小値を求めよ。

問7 点Aに到達した後、おもりはどのような運動をするか。以下の選択肢の中から適切なものを1つ選んで答えよ。

(ア) 点Aに到達した後、逆戻りして、逆向きに再び点Aに到達する。以後その振動を繰り返す。

(イ) 点Aに到達した後、糸がたるんで複雑な運動を行う。

(ウ) 点Aに到達した後、点Qに向かって落下する。

(エ) 糸が張った状態で回転し続ける。

3 以下のA, Bの各間に答えよ。(30点)

A 抵抗値 $r[\Omega]$ の抵抗 R_1, R_2, R_5 , 抵抗値 $ar[\Omega]$ の抵抗 R_3, R_4 からなる, 図3—Iのような回路がある。ここで a は正の定数である。AF間に電圧を加えたところ、点Bに電流 $I[A]$ が流れ込み、点Eから電流 $I[A]$ が流れ出た。 R_1 を通ってBからCに流れる電流を $I_1[A]$, R_2 を通ってCからDに流れる電流を $I_2[A]$ とする。

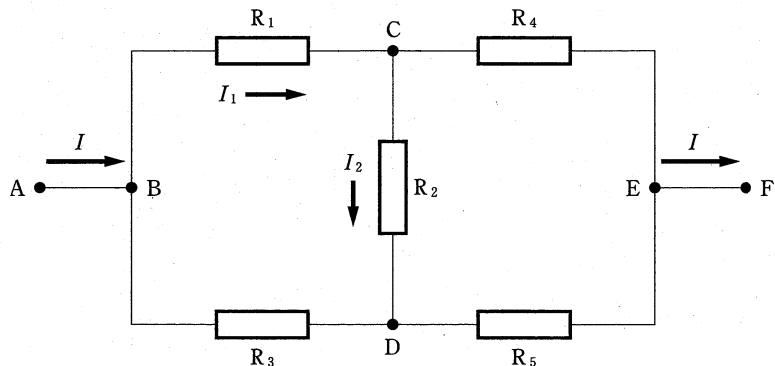


図3—I

問1 閉じた経路BCDBとCDECにそっての電位の上昇、降下に注目し、 I_1 と I_2 を未知数とする連立方程式を、 I と a を用いて表せ。

前問で得られた連立方程式を解くと、次のような電流 I_1, I_2 が得られる。

$$I_1 = \frac{a+1}{a+3} I, \quad I_2 = \frac{a-1}{a+3} I$$

以下の間に解答するとき、これらの式を用いててもよい。

問2 Eを基準とするBの電位 $V_{BE}[V]$ を、 I, r と a を用いて表せ。

問3 BE間の合成抵抗 $R_{BE}[\Omega]$ を、 r と a を用いて表せ。

問4 回路にある5つの抵抗で消費される電力の総和 $P[W]$ を、 I, r と a を用いて表せ。

問5 R_1 は、 R_2 の4倍の電力を消費していることがわかった。このときの a の値をすべて求めよ。

B 図3—Iのよう、十分に長い2本の平行な導線レールab, cdが、間隔l[m]で、同一水平面上に置かれている。レール上に、質量M[kg]の一様な導体棒を、レールと垂直になるように置く。導体棒がレールと接する点をP, Qとし、導体棒のPQ間の電気抵抗をR[Ω]とする。レールの点A, Bには、起電力E[V]の電池と電気容量C[F]の平行板コンデンサー、スイッチからなる電気回路が接続されている。導線レールab, cdの間に、鉛直上向きの(紙面に垂直で、裏から表に向かう)一様な磁束密度B[Wb/m²]の磁場(磁界)をかける。導体棒はレールと垂直のまま、レール上をなめらかに動くことができ、レールおよび電気回路の電気抵抗は無視できるものとする。

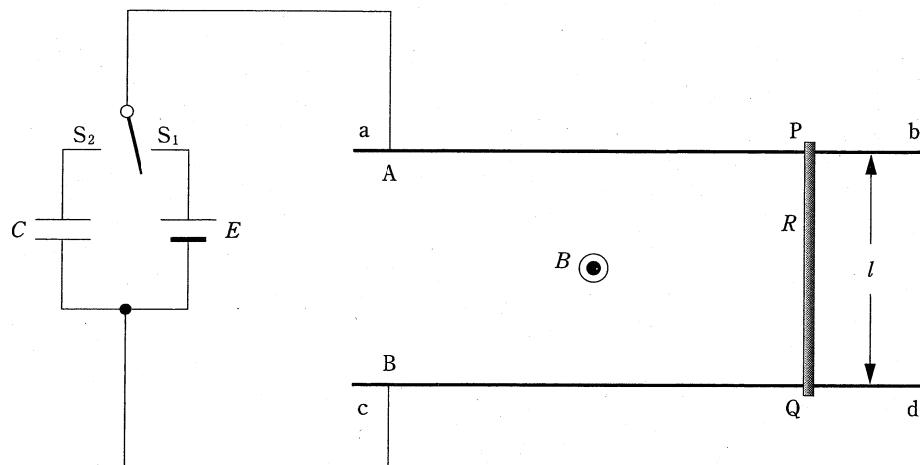


図3—I

問6 導体棒が静止している状態で、スイッチをS₁につないだ。導体棒が動き始める直前に、導体棒に流れる電流I₀[A]、および導体棒にはたらく力の大きさF[N]を求めよ。また、力の向きは(紙面左向き、紙面右向き、鉛直上向き、鉛直下向き)のうちのどれか。

問7 導体棒が動き始めて、ある瞬間の速さがv[m/s]となったとき、導体棒に流れる電流I[A]を求めよ。

問8 十分に時間がたつと、導体棒の速さは一定になった。このときの速さv₁[m/s]を求めよ。

次に、スイッチをS₂に切りかえて、電荷のたくわえられていないコンデンサーにつないだ。その後、導体棒を初速v₂[m/s]で右向きにすべらせたところ、導体棒は減速し、やがて一定の速さv₃[m/s]で進むようになった。

問9 このとき、コンデンサーの紙面上側の極板にたくわえられている電気量(電荷)Q_C[C]を求めよ。

問10 導体棒の運動エネルギー、導体棒に発生する熱量、およびコンデンサーにたくわえられるエネルギーの和は一定に保たれる。導体棒をすべらせてから、一定の速さv₃[m/s]で進むまでの間に、導体棒で発生した熱量Q[J]を求めよ。

化 学

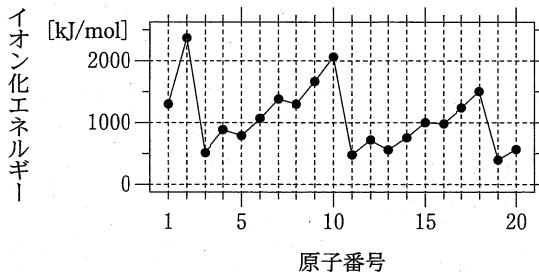
必要があれば、原子量は次の値を使いなさい。

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad O = 16.0 \quad Na = 23.0 \quad Cl = 35.5 \quad Mn = 55.0$$

1 以下の各間に答えなさい。(17点)

問 1 以下の(1), (2)に答えなさい。

- (1) 元素を原子番号の順に並べると、性質の似た元素が周期的に現れる。ここでは下の図に元素のイオン化工エネルギーを示す。この図の中で最もイオン化工エネルギーの大きな元素を元素記号で答えなさい。
- (2) 原子番号 2, 10, 18 の元素のイオン化工エネルギーは特に大きい。その理由を 40 字以内で説明しなさい。



問 2 ホウ素には¹⁰B と¹¹B の同位体が存在し、その原子量は 10.8 である。¹¹B の存在比をパーセント(%)で答えなさい。値は整数で答えなさい。ただし、¹⁰B の相対質量は 10、¹¹B は 11 とする。

問 3 炭酸ナトリウム十水和物($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)を用いて、ナトリウムイオンの濃度が 0.02 mol/L の水溶液を 50 mL つくりたい。何グラムの炭酸ナトリウム十水和物が必要か答えなさい。値は小数第 2 位を四捨五入しなさい。

問 4 次の文章(a), (b)を読んで(1)～(4)に答えなさい。

- (a) 1 mol の水酸化ナトリウムを多量の水に溶かすと 44.5 kJ の発熱がある。
- (b) 強酸および強塩基の希薄水溶液を混ぜ、水素イオンと水酸化物イオンから 1 mol の水を生じる中和反応では 56.5 kJ の発熱がある。
 - (1) (b)の中和反応の熱化学方程式を書きなさい。
 - (2) 多量の希塩酸に 0.04 mol の水酸化ナトリウムを溶かしたとき、発生する熱量を計算しなさい。
単位はキロジュール(kJ)とし、値は小数第 1 位を四捨五入しなさい。
 - (3) (2)の計算は、反応熱について述べたどのような法則に基づいているか。その法則名を答えなさい。
 - (4) (3)の法則の内容を 60 字以内で記述しなさい。

2 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(16点)

元素の周期表の1, 2, 12~18族の元素を 1 といい。3~11族の元素を 2 といい、これらは全て金属である。

周期表の同じ族に属している元素を 3 といい、価電子の数が同じである。17族のハロゲンの原子は、7個の価電子をもち、電子を 4 個受け取って 5 価の 6 イオンになりやすい。

ハロゲンの単体は二原子分子として存在し、強い酸化剤として作用することが知られている。実験室で塩素をつくるには、(a)酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。 塩素の水溶液を塩素水といい、溶けた塩素の一部が水と反応する。(b)

ハロゲン化水素はいずれも水に溶けやすく、その水溶液は酸性を示す。塩化水素の水溶液を塩酸といい、実験室で塩化水素を得るためには、塩化ナトリウムに濃硫酸を加え、加熱する。(c) (d)

問 1 上の文章中の 内に最も適切な語句または数値を記入しなさい。

問 2 下線部(a)について、ハロゲンの単体を酸化力の強い順に化学式で書きなさい。

問 3 下線部(b)において、標準状態で 11.2 L の塩素を得るために、純粋な酸化マンガン(IV)が何 g 必要か答えなさい。値は小数第 1 位まで答えなさい。

問 4 下線部(c)および(d)の反応を化学反応式で書きなさい。

3 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(17点)

アルコールは、ヒドロキシ基をもつ炭素原子に結合している他の炭素原子の数1, 2, 3に応じてそれぞれ第一級アルコール、第二級アルコール、第三級アルコールに分類される。一般に、アルコールを酸化すると、第一級アルコールは [1] になり、さらに酸化すると [2] に変化する。第二級アルコールを酸化すると [3] に変化する。

第二級アルコールである2-プロパノールを酸化すると [4] が得られる。

第一級アルコールであるエタノールはナトリウムと反応して [5] と水素を生じる。エタノールと濃硫酸の反応では、約140℃で [6] を、約170℃で [7] を生じる。[7] を臭素水に通じると、臭素水の赤褐色が消える。この反応を [8] という。[7] はさまざまな工業製品の原料であり [9] して高分子になる。また2-プロパノールは、塩基性溶液中でヨウ素と反応し、特異臭をもつ [10] の黄色沈殿を生じる。エタノールを酸化すると [11] が得られ、さらに酸化すると [12] が得られる。[11] はフェーリング液を [13] して、[14] の赤色沈殿を生じさせる。エタノールと [12] の混合物に、触媒として濃硫酸を少量加えて加熱すると [15] と水を生じる。

問1 上の文章中の [] 内に最も適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部の反応を化学反応式で書きなさい。

4 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(16点)

我々人類がこれまでに自然界から見出したり、合成した分子の数は膨大である。分子を構成する原子の数が数個程度の分子に限定しても、かなりの数の分子が存在し、それらは個々に特徴的な性質を示す。しかし、それらの分子の形(分子構造)について考えてみると、それは驚くほど少數の形態に分類できることが分かる。それは例えば

- (a) 直線形 (b) 折れ線形 (c) 正四面体形 (d) 平面形

などである。これに対して、高分子特にタンパク質は個々に複雑な形をしていて、その形が、例えば酵素の触媒反応のように、大変重要な働きをしていることが分かっている。

問 1 酸化物 CO_2 , SiO_2 , NO_2 , SO_2 の分子構造はそれぞれ上記の(a)~(d)のどれに該当するか答えなさい。ただし、 SiO_2 については、水晶の結晶構造の中で1個の Si 原子とそれと直接結合している酸素原子が形成する形とする。また、 NO_2 と SO_2 は水分子と同じ形をしている。

問 2 オキソ酸 H_3PO_4 , H_2SO_4 , HClO_4 の陰イオン PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , ClO_4^- の構造はメタン分子のそれと同じである。その構造は上記の(a)~(d)のどれに該当するか答えなさい。

問 3 オキソ酸 H_3PO_4 , H_2SO_4 , HClO_4 は、それぞれ強酸かそれとも弱酸か、あてはまる欄に化学式を記入しなさい。

問 4 ある分子が極性分子であるかないかは、分子の形と大きな関係がある。次の分子は極性分子かそれとも無極性分子か、あてはまる欄に記号を記入しなさい。

- (a) 二酸化炭素 (b) メタノール (c) メタン (d) ベンゼン

問 5 次の物質は全て室温、大気圧下で液体である。以下の組み合わせで、良く混ざり合うものはどれか、記号で答えなさい。

- (a) 水—エタノール (b) 水—ヘキサン (c) ベンゼン—ヘキサン

5 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(17点)

水溶液中で電離して水素イオン H^+ を生じる物質を酸といい、酸の分子中に含まれる H 原子のうち、 H^+ になることができる原子の数を酸の価数という。また水溶液中で電離して水酸化物イオン OH^- を生じる物質を塩基といい、塩基の分子 1 個または塩基の組成式に含まれる OH^- の数を塩基の価数という。

食用酢は身の回りにある酸の代表的な物質である。この食用酢中の酢酸 CH_3COOH の濃度を調べるために、次の操作に従って実験をおこなった。

操作 1 (シュウ酸標準溶液の調製)

シュウ酸二水和物の結晶 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ の 6.30 g を電子天秤で正確にはかりとり、結晶のすべてをピーカーに入れ、純水を加えてガラス棒でかき混ぜて溶解した。この溶液を、純水できれいに洗浄した容積 1 L のメスフラスコに完全に移し、標線まで純水を加えてよく振り混ぜた。
(a)

操作 2 (水酸化ナトリウム水溶液の調製)

水酸化ナトリウム $NaOH$ の約 2.5 g を純水に溶解して 250 mL の水溶液をつくった。この溶液の少量でビューレットを洗浄した後で、ビューレットの目盛のゼロよりも少し上まで入れた。ビューレットのコックを開けて溶液を流してコック下部に溶液を満たした。
(b)

操作 3 (水酸化ナトリウム水溶液の濃度の測定)

操作 1 でつくったシュウ酸標準溶液でホールピペット(25 mL)を洗浄した後に、この溶液を標線のところまでとり、
(c) コニカルビーカーに入れた。指示薬としてフェノールフタレン溶液を 1 ~ 2 滴加えた。操作 2 で用意した水酸化ナトリウム水溶液を入れたビューレットの液面の目盛を読み取ったら 0.50 mL であった。この水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ滴下して振り混ぜ、シュウ酸標準溶液がわずかに赤くなり、振り混ぜても色が消えなくなったところで、ビューレットの液面の目盛を読み取った。このとき液面の目盛りは 10.70 mL であった。

操作 4 (食用酢の濃度の測定)

食用酢を正確に 5 倍に希釈した水溶液をつくり、その水溶液 25 mL をホールピペットでとり、コニカルビーカーにいれて、操作 3 で濃度を測定した水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、15.50 mL で過不足なく中和した。

問 1 次の物質を水に溶解すると、その溶液は酸性、中性、塩基性のいずれを示すか答えなさい。

- (ア) SO_2 , (イ) CaO , (ウ) Na_2SO_4 , (エ) CH_3COOK , (オ) NH_4Cl

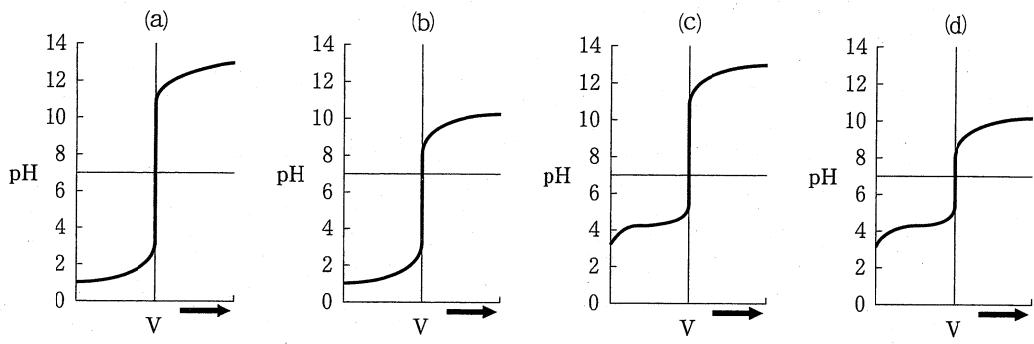
問 2 操作 1 のシュウ酸標準溶液のモル濃度はいくらか、有効数字 3 枠で求めなさい。またシュウ酸の酸の価数はいくらか答えなさい。

問 3 操作 3 で測定された水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度はいくらか、有効数字 3 枠で求めなさい。

問 4 操作 4 で、希釈するまえの食用酢中の酢酸のモル濃度はいくらか、有効数字 3 枠で求めなさい。ただし、食用酢中の酸はすべて酢酸であるとする。

問 5 溶液の体積を測定するガラス器具を洗浄するときに、下線部(a)では純水で洗浄するが、下線部(b)と(c)では使用する溶液で洗浄する理由は何か、100 字以内で答えなさい。

問 6 操作 4 で、加えた水酸化ナトリウム溶液の体積(V)と pH の関係を図示すると、次のどのようなグラフになるか、記号で答えなさい。



6 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(17点)

アミノ酸は塩基性の 1 基と酸性の 2 基を分子中にもっている。タンパク質を構成するアミノ酸は、これら2つの官能基が同一の炭素原子に結合しており、 α -アミノ酸と呼ばれる。グリシン以外の α -アミノ酸は 3 原子をもつので、それらのアミノ酸には 4 異性体が存在する。

アミノ酸が 5 縮合してできた化合物をペプチドといい、このとき生じた 6 結合を特にペプチド結合という。2分子のアミノ酸が縮合して生じたペプチドはジペプチド、3分子のアミノ酸の縮合によって生じたものはトリペプチドという。多数のアミノ酸が縮合重合したものはポリペプチドという。タンパク質は、ポリペプチドで構成される高分子化合物である。

タンパク質を構成するポリペプチド鎖のアミノ酸の配列順序をタンパク質の 7 構造という。ポリペプチド鎖では、ペプチド結合にかかる官能基間で 8 結合が形成され、9 状の α -ヘリックス構造や、波形状の β -シート構造などがつくられることがある。これらをタンパク質の 10 構造という。

タンパク質は特有の呈色反応を示すので、その検出に利用される。タンパク質の呈色反応には、11 反応や12 反応があり、前者はポリペプチドに陽性で、アミノ酸には陰性である。後者はベンゼン環を含むアミノ酸やタンパク質に特有の反応で、ベンゼン環の 13 化によって起こる。

問 1 上の文章中の 内に最も適切な語句を記入しなさい。

問 2 グリシン2分子からなるジペプチドの示性式を書きなさい。

問 3 グリシンとL-アラニンの混合物からジペプチドが生じた。生成可能なジペプチドは何種類あるか、数字で答えなさい。

生 物

1 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(25点)

場所を移動することができない植物の一生は、周囲の環境条件に大きく左右される。中でも重要な環境要因の一つが光である。休眠状態にある種子が発芽するためには、水分、酸素、適度な温度が必要であるが、レタスなどの種子では、これらに加えて光がなければ発芽しない。このような種子のことを光発芽種子という。光発芽種子の発芽において特に有効な光は赤色光である。赤色光は光合成で利用される光の主成分の一つであり、赤色光存在下では発芽後も光合成により十分な生育が可能となる。一方、遠赤色光は赤色光の発芽促進作用を打ち消す作用をもっている。光発芽種子は、植物ホルモンの一種である

(b) 1 を与えると、暗所でも発芽する。

植物の芽生えを窓ぎわに置いておくと、光が来る窓の方向へと茎を伸ばしていく。この性質を光屈性(または屈光性)といふ。芽生えの茎でみられる光屈性は、光が当たる側と当たらない側とでオーキシンの濃度に違いが生じることによって引き起こされると考えられている。光が 2 側ではオーキシンの濃度が高くなり、そのため、光が 3 側と比較して、光が 2 側では細胞の伸長が 4 される。こうして茎が光の方向に屈曲すると、茎の両側に同じ強さの光が当たるようになるため、オーキシンの濃度も茎の両側で等しくなり、これ以上は屈曲しなくなる。

花芽形成の開始にも、光が重要な役割を果たしている。(c) アサガオ、イネ、オナモミ、キクなどは、一日のうちの 5 が特定の長さよりも短くなると花芽をつける短日植物である。一方、アブラナ、カーネーション、コムギ、ダイコンなどは、一日のうちの 5 が特定の長さよりも長くなると花芽をつける長日植物である。このように、生物が明暗の周期に応答して反応する性質のことを 6 という。

問 1 下線部(a)について、発芽を抑制して休眠状態を維持する働きをもつ植物ホルモンの名称を答えなさい。

問 2 下線部(b)について、遠赤色光によって発芽が抑制されることは、自然環境における植物の生存や生育にとってどのような利点があると考えられるか。150字以内で答えなさい。

問 3 空欄 1、6 に当てはまる用語をそれぞれ書きなさい。

問 4 空欄 2～5 に当てはまる語句を、以下の語群ア～カの中から 1 つ選び、その記号で答えなさい。ただし、同じ記号を複数回選択することはできません。

〔語群〕

(ア) 当たる

(イ) 当たらない

(ウ) 促進

(エ) 抑制

(オ) 昼

(カ) 夜

問 5 下線部(c)について、限界暗期が約 9 時間であるアサガオを下記の人工的な明暗周期条件(I)～(IV)で毎日育てた場合、もっとも早く花芽を形成するのはどの条件と考えられるか。記号で答えなさい。また、その条件を選んだ理由を簡潔に述べなさい。ただし、明暗周期以外のすべての条件は同じものとする。

- (I) 明期 11 時間 50 分→暗期 2 時間→明期 10 分→暗期 10 時間
- (II) 明期 11 時間 50 分→暗期 6 時間→明期 10 分→暗期 6 時間
- (III) 明期 4 時間 55 分→暗期 10 分→明期 10 時間 55 分→暗期 8 時間
- (IV) 明期 7 時間 55 分→暗期 10 分→明期 7 時間 55 分→暗期 8 時間

2 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(25点)

地球の生物は、長い年月を経て進化してきた。地球は約 1 前に誕生し、最初の生命は約 2 前に現れた。その後、5億4千万年前に起こった著しい適応放散は、^(a) 3 紀の大爆発と呼ばれる。さらに、進化の過程で 4 のない魚類が現れた。やがて、魚類は 4 を獲得し、軟骨魚類と硬骨魚類が出現した。この硬骨魚類の中から骨と筋肉をもつ鰓を発達させた肉鰓類が現れた。この仲間に総鰓類と呼ばれる魚類がいる。この総鰓類で現生するものが生きた化石 5 である。肉鰓類の一種 6 は、最も両生類に近い魚類である。この仲間の ^(b) 胸鰓が陸上脊椎動物の前肢(前足)に、腹鰓が後肢(後足)に進化していった。やがてこの仲間が 7 紀に水中から陸上に進出した。それが 8 である。このような一連の知見は、いずれも化石として地層に刻まれた証拠をつなぎ合わせる地道な研究の成果である。化石には生物の時空分布が記録されており、これをもとに、生物が繁栄したり、絶滅したりするさまや、長い年月の間に変化して新しい種になる過程を再現することができる。化石の中には、^(c) 示準化石や示相化石と呼ばれるものがあり、後者は化石になった生物が生きていた当時の生息環境を示す化石である。陸上に進出した脊椎動物は、9 類や鳥類を生み出し、我々ヒトを含む 10 類につながる。

問1 空欄1~10に当てはまる語句を、下記の語群ア~ヒの中から1つ選び、その記号で答えなさい。

[語群]

- | | | |
|---------------|---------------|-------------|
| (ア) 15億年 | (イ) 27億年 | (ウ) 38億年 |
| (エ) 46億年 | (オ) 石炭 | (カ) デボン |
| (モ) 三疊(さんじょう) | (ク) ペルム | (ケ) オルドビス |
| (コ) カンブリア | (サ) 白亜(はくあ) | (シ) シルル |
| (ス) 耳 | (セ) 頸(あご) | (リ) 眼 |
| (タ) 頭 | (ハ) カブトガニ | (ツ) イクチオステガ |
| (テ) チョウザメ | (ト) ユーステノプテロン | (ナ) アロワナ |
| (ニ) シーラカンス | (ヌ) 三葉虫 | (ネ) アンモナイト |
| (ホ) ほ乳 | (ハ) 昆虫 | (ヒ) は虫 |

問2 下線部(a)の語句を具体的な例をあげて説明しなさい。

問3 下線部(b)のように見かけは違っていても、発生上の起源が同じ器官を何と呼ぶか答えなさい。

問4 下線部(c)の語句を50字以内で説明しなさい。

※非公開

4 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(25点)

突然変異には、遺伝子で生じるものと染色体で生じるものがある。前者ではDNAの複製の際に塩基が置き換わったり、
(a) 塩基が失われたり、(b) 塩基が加わったりすることがある。このような突然変異のことを 1 という。後者では、減数分裂のときの異常によって染色体の数や形などに変化が生じ、形質に変化が現れる。このような突然変異のことを 2 という。

ヒトの遺伝の一例としてアルコール(エタノール)の代謝異常が知られている。アルコールは、おもに肝臓でアルコール脱水素酵素によって酸化され、有害で二日酔いの原因であるアセトアルデヒドになる。さらにこれを無害の酢酸に酸化するアセトアルデヒド脱水素酵素(ALDH 1, ALDH 2)が働く。特にALDH 2の働きが低い人は、アセトアルデヒドをすみやかに酸化できないために酒を多量に飲むと二日酔いになりやすい。日本人では、ALDH 2の活性が高い人(遺伝子型AA), 低い人(Aa), 非常に低い人(aa)が存在する。これらの対立遺伝子Aとaは次世代へと受け継がれる。このとき、集団内の全個体がもつ遺伝子の集合を 3 という。国内の人口3000人のある町でALDH 2について調査した。その結果、ALDH 2の活性が非常に低い子どもが25人に1人の割合で生まれることがわかった。(c) ハーディー・ワインベルグの法則がなりたつと仮定すると、新生児100人のうちALDH 2の活性が低い人と非常に低い人の合計人数は 4 人と推定される。

問1 空欄1～3に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)と(b)の現象を表す適切な語句を記しなさい。

問3 下線部(c)が成り立つために必要な条件をすべてあげなさい。

問4 空欄4に適切な数字を入れなさい。

地 学

1 次の文章を読んで各間に答えなさい。(25点)

地殻を構成する岩石は大きく火成岩、変成岩、1 の3種類に分けられる。地殻内の体積を比べると火成岩が最も多い。

火成岩はマグマが冷えて固まった岩石である。冷却速度によって、できた岩石には組織に違いがみられる。構成鉱物の粒度の違いによって、2 と深成岩がある(表I)。2 の代表的なものには、玄武岩や3 がある。深成岩には、斑れい岩や4、5 がある。玄武岩はプレートの生成場所である中央海嶺で最も多くみられ、海洋性プレートの地殻を構成している。玄武岩質溶岩が水中を流れるとき急冷され、6 と呼ばれる特徴的な形態の溶岩となる。

6 の表面は急冷のため7 の場合が多い。一方、5 は大陸を構成している主要な岩石である。5 質マグマの貫入によって、周囲の岩石が黒色で硬くて緻密な8 と呼ばれる変成岩に変化していることが多い。

表I マグマのタイプと火成岩の種類

マグマの温度		1,200 °C	1,000 °C	800 °C
マグマの SiO ₂ 量	45 %	52 %	66 %	
火成岩	2	玄武岩	3	流紋岩
	深成岩	斑れい岩	4	5

火成岩の主な造岩鉱物の結晶構造をみると、9 原子4つと10 原子1つからなる四面体のつながりが骨組み^② となっている。このような鉱物を11 鉱物という。その骨組みの間にFe, Mg, Caなどの原子(イオン)が規則正しく配列し、結晶をつくっている。11 鉱物は有色鉱物(苦鉄質鉱物)と無色鉱物(珪長質鉱物)に分けられる。無色鉱物には石英や12 がある。これらの鉱物は結晶構造が同じままで原子が入れ替わり、化学組成が(各原子の占める割合)が連続的に変化する13 を形成しているものが多い。

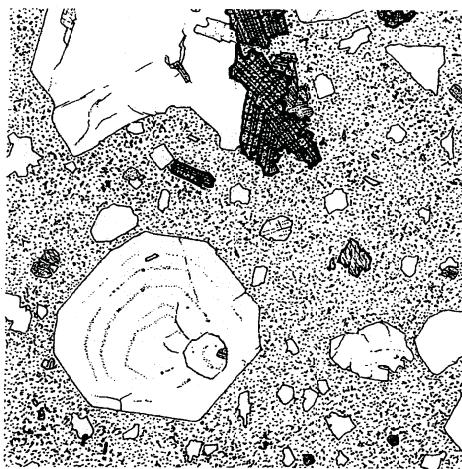
問1 文章および表I中の1～13に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 3 の岩石が多量に産出する場所を答えなさい。

問3 下線部①の変成岩はどのような岩石か、100字程度で説明しなさい。

問 4 図 I は と の岩石を偏光顕微鏡で観察した時のスケッチである。スケッチ 1 と 2 がどの岩石に対応するのか数字で答えなさい。またその理由を 200 字程度で答えなさい。

スケッチ 1



スケッチ 2



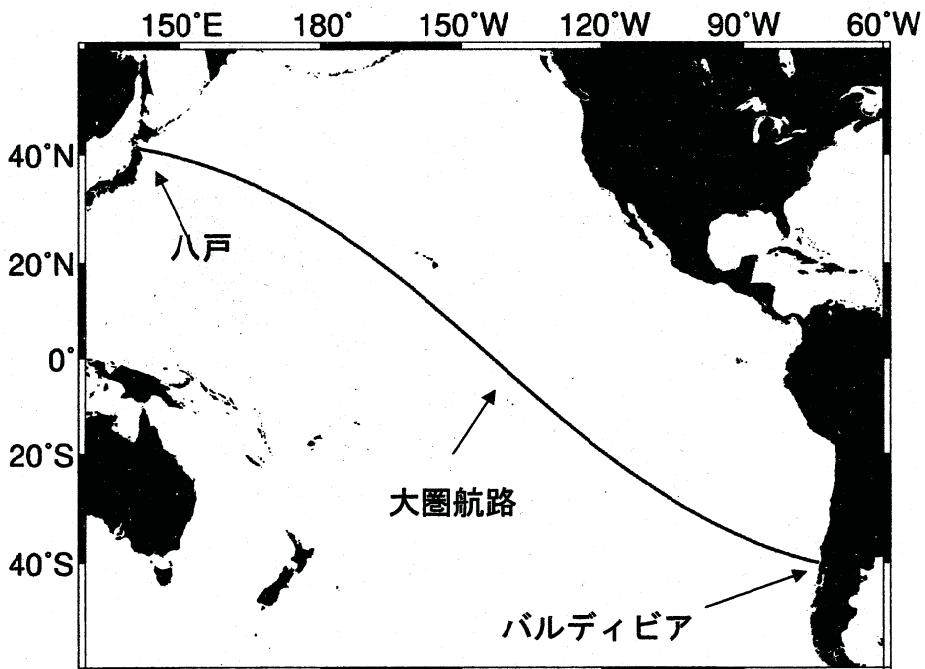
各スケッチの横幅は 4 mm。

図 I

問 5 下線部②の四面体の結合様式について、かんらん石と輝石との違いについて 100 字程度で答えなさい。

問 6 下線部③の有色鉱物には、黒雲母、かんらん石、角閃石、輝石がある。これらの鉱物のマグマからの一般的な晶出順を答えなさい。

- 2 海洋調査船で、青森県八戸からチリ共和国の西岸域バルディビアまで、太平洋を横断する大圏航路(最短距離の航路)に沿って航海することを考えよう。図Ⅱにその航路を示す。海洋調査船には、音響測深機・船上重力計など、航走しながら自動的にデータが取得できる観測装置が搭載されており、図Ⅲの航路に沿って水深・重力を観測すると、図Ⅲのような結果が得られる。図Ⅲにはまた、同じ航路の通過点に対応する海底の岩石の年代も示してある。これらの図に基づいて、次の各間に答えなさい。(25点)



図Ⅱ

問 1 図Ⅲの A 海域の海溝名、D 海域の海嶺名、E 海域の海溝名を答えなさい。

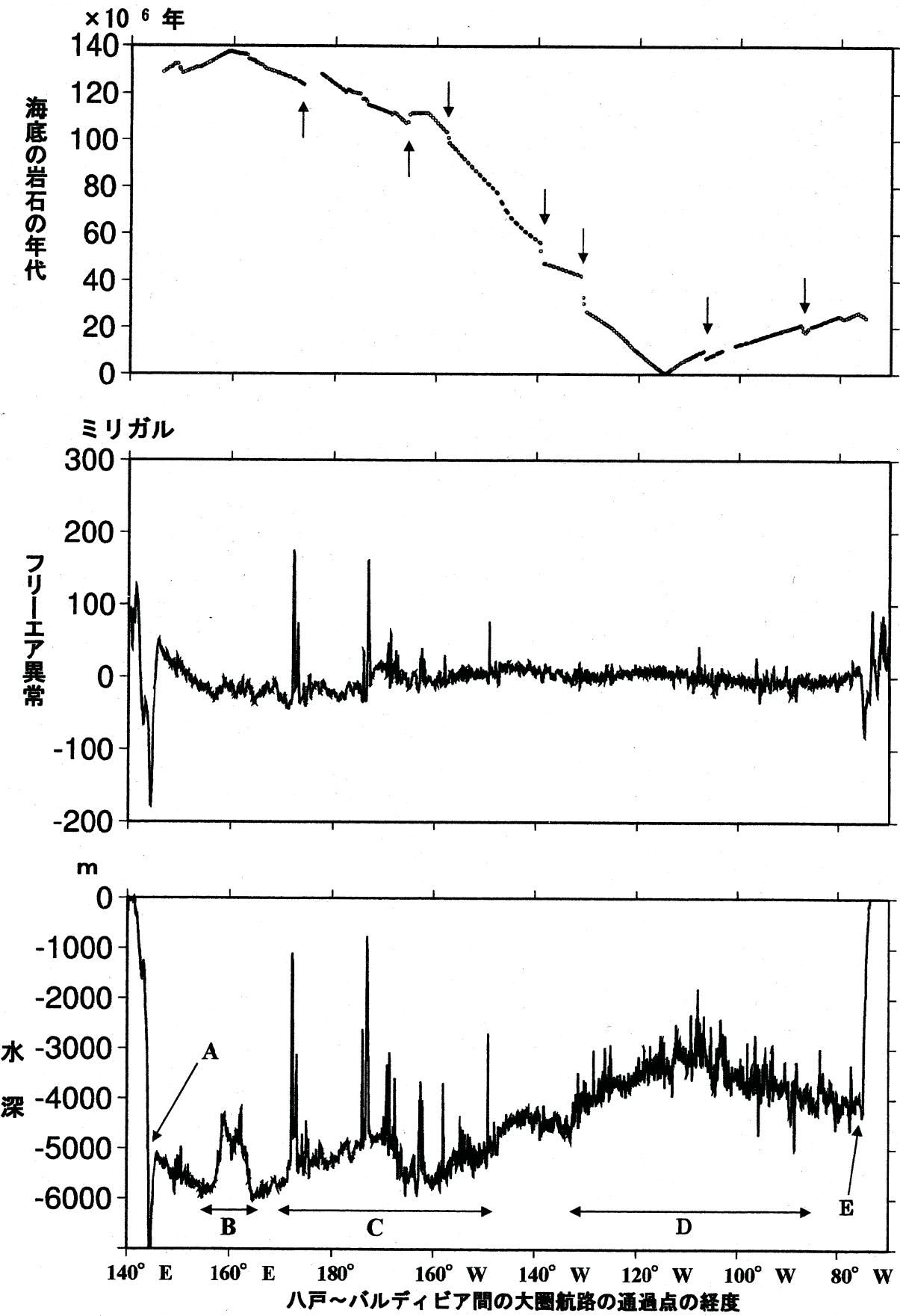
問 2 A 海域の海溝、D 海域の海嶺、E 海域の海溝は、ともにプレート境界にあたり、地震発生帯でもある。この 3 海域の中で、100 km よりも深い地震がほとんど起こっていない海域はどれか。1 つ選び、記号で答えなさい。

問 3 D 海域のうち、海底の岩石の年代がゼロの地点(西経 115 度付近)が海嶺軸にあたる。海嶺軸から離れるにつれて、海の深さはだんだん深くなる傾向がある。そのようになる理由を 40 字程度で説明しなさい。

問 4 図Ⅲの C 海域には多数の海山があり、その地形の起伏に応じてフリーエア異常の起伏が見られる。これらの海山がどのようにして形成されたかについて、30 字程度で説明しなさい。

問 5 図Ⅲの B 海域・D 海域では、地形が起伏しているにもかかわらずフリーエア異常はほぼ一定である。その理由を 30 字程度で説明しなさい。

問 6 図Ⅲの海底の岩石の年代のグラフをみると、矢印で示した地点で年代値が急変している。その理由を 40 字程度で説明しなさい。



図III

3 次の設問A、Bの文章を読んで、各間に答えなさい。(25点)

A

問 1 地球誕生以来の歴史は、適切に地質時代を区分すると把握しやすい。地質時代区分は生物の顕著な大量絶滅や新たな生物の出現・繁栄など、生物界の変遷を考慮して定められている。以下の(1)~(10)のできごとは、それぞれ(ア)~(キ)に区分された地質時代のどれにあてはまるか、記号で答えなさい。

地質時代のできごと

- (1) は虫類の恐竜が繁栄し、鳥類が出現した。
- (2) バージェス動物群に代表される多様な無脊椎動物が栄えた。
- (3) 二足歩行をする初期人類が出現し、急速に進化した。
- (4) 最古の魚類が出現した。
- (5) 維管束に類似した組織をもつ植物が陸上に進出し、シダ植物が出現し多様化した。
- (6) シダ植物の大森林が発達し、大量の植物遺骸が埋没した。また、両生類が繁栄した。
- (7) エディアカラ動物群が出現し絶滅した。
- (8) この時代の後半は大規模な火山活動のために大気中の二酸化炭素濃度が上昇し、古生代以降最も温暖で、海洋の生物生産が高かった。このとき地層中に埋没した有機物が石油のもとになった。
- (9) 裸子植物が繁栄し、被子植物が出現した。
- (10) 最初の両生類が出現した。

地質時代

- (ア) 原生代
- (イ) 古生代前期(カンブリア紀・オルドビス紀)
- (ウ) 古生代中期(シルル紀・デボン紀)
- (エ) 古生代後期(石炭紀・ペルム紀)
- (オ) 中生代
- (カ) 新生代第三紀
- (キ) 新生代第四紀

問 2 世界各地の大規模鉄鉱床である縞状鉄鉱層が堆積した地質時代とその堆積機構を、生物活動と関連づけて、150字程度で説明しなさい。

問 3 エディアカラ動物群が他の地質時代の動物群と比べて特異である点を1つ答えなさい。

問 4 第四紀のある時期、日本海は湖になった。その理由を200字程度で説明しなさい。

B

問 5 以下の(1)から(3)の課題について明らかにしたい。そのためには、ア~カのどの化石や生物遺骸に着目すればよいか、それぞれの課題について、最も適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。ただし、いずれの課題も日本列島でのことがらである。

- (1) 川岸に露出するチャートの堆積した年代。
 - (2) 丘陵地の道路の切り通しに見られる、海生二枚貝を含む未固結の泥岩層が堆積した年代。
 - (3) 湖底から得られたボーリング(試錐)試料の、湖底面から深さ3mのところに見られる泥が堆積した当時の気候。
- (ア) ストロマライト
 - (イ) 植物花粉
 - (ウ) 造礁性サンゴ類
 - (エ) 浮遊性有孔虫
 - (オ) 放散虫
 - (カ) フズリナ

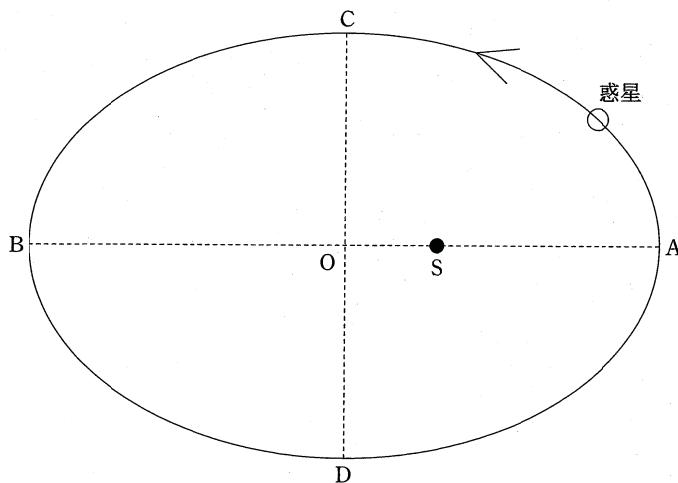
- 4 惑星の公転に関する次の文章を読んで各間に答えなさい。なお万有引力定数を G , 円周率を π とする。(25 点)

ケプラーの法則とは惑星の運動に関する三つの法則である。そのそれぞれは、

- ・第1法則：惑星は、太陽をひとつの焦点とする楕円軌道上を動く
 - ・第2法則：惑星と太陽を結ぶ線分が、一定時間に通過する面積は一定である
 - ・第3法則：惑星の公転周期の2乗は惑星と太陽の平均距離(惑星と太陽の最大距離と最小距離の平均)の3乗に比例する
- である。

ここで楕円とは、平面上の2定点からの距離の和が一定値であるような点全体の集まりのことである。またこの2定点が楕円の焦点となる。図IVは惑星の楕円軌道を模式的に表現した図である。楕円の中心をO、太陽の位置をSとする。この楕円の半長軸の長さを a 、半短軸の長さを b ($a \geq b$) とする。楕円の長軸と楕円との交点をA, Bとする。これらの交点のうち、図IVのようにSに近い方をA、Sから遠い方をBとする。楕円の短軸と楕円との交点を図IVのようにC, Dとする。この場合、ABとCDは直交し、 $OA = OB = a$, $OC = OD = b$ である。

太陽の質量は、惑星の質量に比べて非常に大きく、惑星の公転には他の惑星の影響はないものとする。



図IV

問 1 図IVの楕円軌道におけるA, Bの点をそれぞれ何というか答えなさい。

問 2 太陽SからAまでの距離 s を求め、 a , b で表しなさい。またその算出の過程も記しなさい。

問 3 Aにおける惑星の公転速度を V_A とする。このときBにおける惑星の公転速度 V_B を求めなさい。またその算出の過程も記しなさい。

問 4 惑星の軌道が半径 r の円軌道の場合について、ケプラーの第3法則を以下のようにして説明した。1
2 , 3 , 4 に入る適切な式を答えなさい。

(ケプラーの第3法則の説明)

質量 M の太陽と質量 m の惑星の間に働く万有引力 F_g は、

$$F_g = \boxed{1} \quad \dots \dots \dots \quad \textcircled{1}$$

となる。また公転周期を T 、惑星の公転速度を V とすると、

$$T = \boxed{2} \quad \dots \dots \dots \quad \textcircled{2}$$

一方、惑星に働く遠心力 F_c を m , V , r で表すと、

$$F_c = \boxed{3} \quad \dots \dots \dots \quad \textcircled{3}$$

となる。従って式①, ②, ③より、

$$\frac{r^3}{T^2} = \boxed{4} \quad \dots \dots \dots \quad \textcircled{4}$$

となり、惑星の軌道が半径 r の円軌道の場合について、ケプラーの第3法則が証明された。

問 5 静止軌道衛星は、赤道上の円軌道上にあり、地上から見ると、上空の一点に静止しているように見える。地球を質量 M_E 、半径 R の球とする。地球の自転周期を P として静止軌道衛星の高度を求めなさい。またその算出の過程も記しなさい。