

令和7年度個別学力検査（前期日程）

問題訂正

科目名 「 物 理 」

問題冊子 3ページ

問題冊子 6ページ

大問 2

大問 3

(問2) 問題文

(問6) 問題文

(誤) T [°C]

(誤) $\alpha = 90^\circ$

(正) 温度 T [°C]

(正) 角度 $\alpha = 90^\circ$

科目名 「 化 学 」

問題冊子 7ページ

問題冊子 10ページ

大問 1

大問 2

(問3) 問題文

(問5) 問題文 (イ)

(誤) 生成する反応について,

(誤) 物質量を求めよ。

(正) 生成する反応において,

(正) 物質量を有効数字3桁で
求めよ。

科目名 「 地 学 」

問題冊子 24ページ

大問 1

(問1) 問題文 (イ)

(誤) その組成は

(正) その化学組成は

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 ～ 6
化学	1 ～ 3	7 ～ 12
生物	1 ～ 3	13 ～ 23
地学	1 ～ 4	24 ～ 30

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箇所に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、大きさが無視できる質量 m [kg] の重りを質量が無視できる二本のロープでつり上げる。ロープは、間隔が $2w$ [m] のなめらかに回転する二つの小さな定滑車に掛けられている。ロープと鉛直方向のなす角度を θ とする。重りは最初、水平な床の上に置かれている。このとき、 $\theta = 30^\circ$ であった。二本のロープを同じ大きさ F [N] の力で、ゆっくりと引っ張り、 F を徐々に大きくする。 F が F_0 [N] を越えたとき、重りは鉛直上方に上りはじめた。その後もロープをゆっくりと引っ張り続けると、 F が F_1 [N] のとき、 $\theta = 60^\circ$ となった。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、ロープはたるんだり、伸縮したりしないとする。床面を位置エネルギーの基準として、以下の問いに答えよ。

(問 1) F_0 と F_1 を、 m 、 g を用いて表せ。

(問 2) θ が 60° となったときの重りの位置エネルギー U_1 [J] を、 m 、 g 、 w を用いて表せ。

(問 3) F が $F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} mg$ のときの重りの位置エネルギー U_2 [J] を、 m 、 g 、 w を用いて表せ。

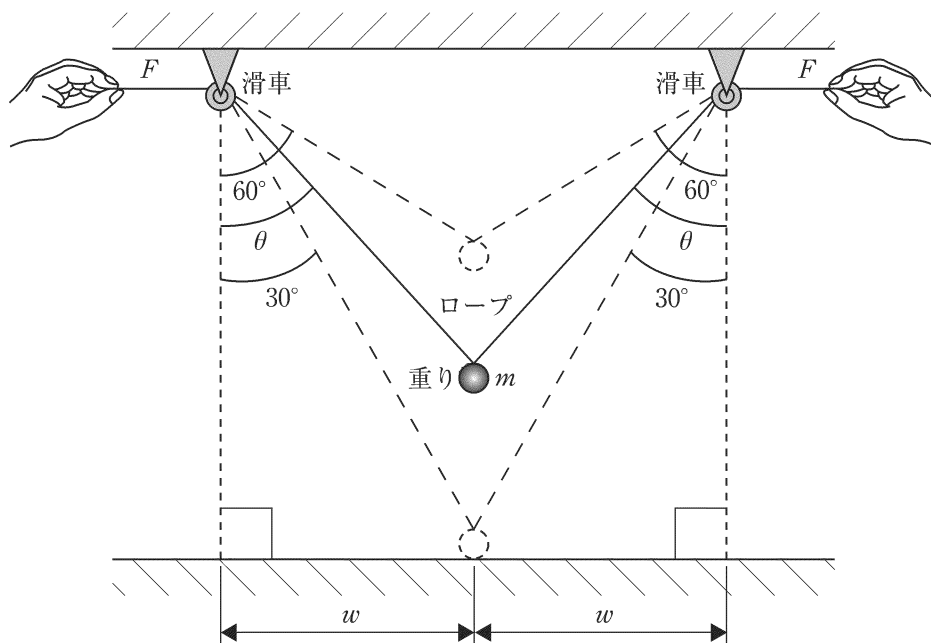


図 1

次に、図2のように、重りを床の上に戻し、静止した状態からロープを引っ張りはじめた。 θ が 60° になったとき、ロープを引っ張る速さは v_1 [m/s]であった。以下の問いに答えよ。

(問 4) 重りが静止した状態から $\theta = 60^\circ$ になるまでに、重りから滑車までの距離の変化量 s_1 [m]を、 w を用いて表せ。

(問 5) 重りの上昇する速さは v_1 の $\frac{1}{\cos \theta}$ 倍になることを利用して、このときの重りの力学的エネルギー E_1 [J]を、 m , g , v_1 , w を用いて表せ。

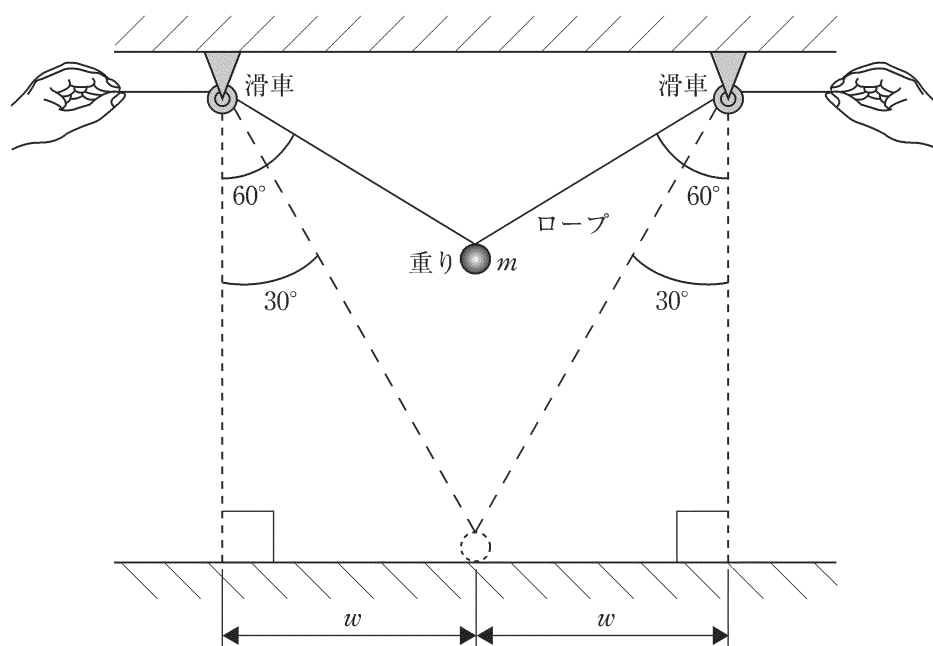


図 2

2

ホイートストンブリッジ回路は温度測定に応用されている。すべての回路の直流電源の電圧は $V[\text{V}]$ として、以下の問いに答えよ。

- (問 1) 図 1 に示すように抵抗値 $R_1, R_2, R_4[\Omega]$ の抵抗および抵抗値 $R_3[\Omega]$ の可変抵抗がある。 R_3 に流れ込む電流を $I_1[\text{A}]$, R_4 に流れ込む電流を $I_2[\text{A}]$ とする。検流計 G の電流が 0 になるとき、キルヒホッフの法則を利用して、抵抗値 R_3 を R_1, R_2, R_4 を用いて導出せよ。

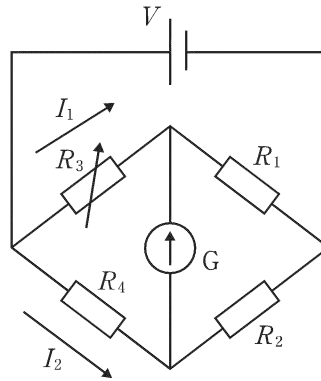


図 1

- (問 2) 断面積 $S[\text{m}^2]$ および長さ $L[\text{m}]$ の金属線があり、 $T[^\circ\text{C}]$ におけるこの金属線の抵抗率 $\rho[\Omega\cdot\text{m}]$ は、 $\rho = \rho_0(1 + \alpha T)$ で表される。ここで ρ_0 は 0°C の抵抗率、および $\alpha[1/^\circ\text{C}]$ は抵抗率の温度係数である。温度 T における金属線の抵抗値 $R[\Omega]$ を S, L, T, ρ_0 および α を用いて表せ。さらに、 0°C での抵抗値を $R_0[\Omega]$ としたとき、温度 T を R_0, R および α を用いて表せ。ここで金属線の温度変化による膨張は無視できるものとする。

次に、図2に示す回路を用いて金属線の抵抗値から温度を求めることを考える。接点 a, b と金属線を結ぶ各導線の抵抗値をそれぞれ $r[\Omega]$ とし、以下の問いに答えよ。ここで、 R_1 , R_2 , R_3 は温度の影響を受けないものとする。

(問 3) G の電流が 0 になるように可変抵抗の抵抗値 R_3 を設定した。このときの金属線の抵抗値 R を r , R_1 , R_2 , R_3 のうち適切なものを用いて表せ。

(問 4) 金属線の抵抗値から求められる温度 $T_1[^\circ\text{C}]$ を r , R_0 , R_1 , R_2 , R_3 および α のうち適切なものを用いて表せ。

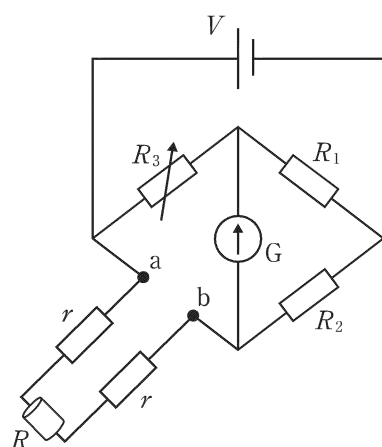


図 2

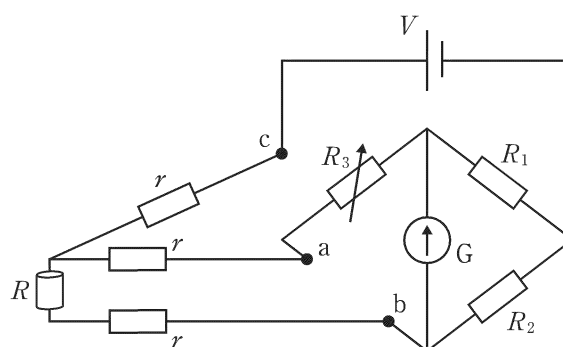


図 3

図3に示すように3本の導線を用いて温度を求めることもできる。接点 a, b, c と金属線を結ぶ各導線の抵抗値をそれぞれ r とし、以下の問いに答えよ。

(問 5) G の電流が 0 になるように可変抵抗の抵抗値 R_3 を設定した。金属線の抵抗値から求められる温度 $T_2[^\circ\text{C}]$ を r , R_0 , R_1 , R_2 , R_3 および α のうち適切なものを用いて表せ。

(問 6) 実際の測定において、導線抵抗値 r は無視できず、その正確な把握も難しい。金属線の温度をより正確に測定できるのは図2または図3の回路のどちらかを答え、その理由を述べよ。なお、抵抗値 R_1 , R_2 は適切に設定することができる。

3 X線と物質との相互作用の一つにコンプトン効果(散乱)がある。図1のように、コンプトンは波長が λ_0 [m]のX線を炭素ターゲットに照射して、散乱されてきたX線の波長 λ' [m]を観測した。この測定の結果、散乱されたX線の波長は λ_0 より長くなることが測定され、コンプトン効果を実験的に発見して光の粒子性が確認された。このコンプトン効果について、以下の問いに答えよ。ただし、真空中での光の速さを c [m/s]、プランク定数を h [J・s]とする。

(問 1) 入射 X 線光子のエネルギーを求めよ。

図2は、入射 X 線が原子核と弱く結合している電子に衝突して、コンプトン散乱が発生する様子を表している。図2のように入射 X 線の方に x 軸をとり、散乱されたX線と電子が作る平面上で x 軸と垂直になるように y 軸を定義する。散乱された電子とX線の x 軸からの散乱角をそれぞれ θ 、 ϕ として、以下の問いに答えよ。

(問 2) 近似的に原点で静止していると見なすことができる散乱前の電子は、X線と相互作用した後に速さ v [m/s]で角度 θ 方向に散乱される。このときエネルギーの和は保存されているとして、エネルギー保存の式を求めよ。ただし、電子の質量を m [kg]とする。

(問 3) 入射 X 線光子の運動量を求めよ。

(問 4) コンプトン散乱では運動量の和が保存されている。 x 方向、 y 方向それぞれで運動量保存の式を求めよ。

(問 5) コンプトン効果によって生じた波長の変化量 $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda_0$ を、 h 、 c 、 m 、 ϕ のうち必要なものを用いて表せ。ただし、 $\lambda_0 \simeq \lambda'$ のとき $\lambda'/\lambda_0 + \lambda_0/\lambda' \simeq 2$ と近似せよ。

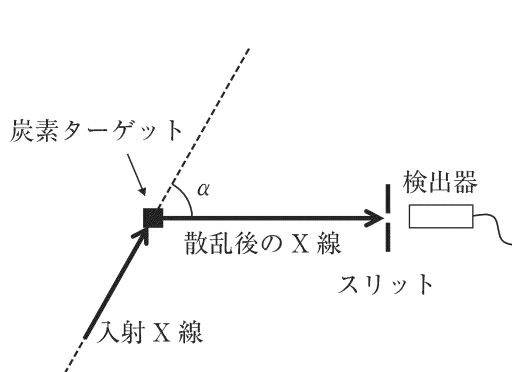


図 1

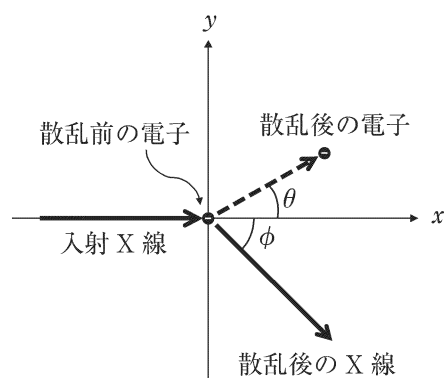


図 2

(問 6) 図1で $\alpha = 90^\circ$ のとき、コンプトンは波長が $\lambda_0 = 0.0709 \text{ nm}$ の X 線を入射して、検出器によって図3のような測定結果を得た。横軸は散乱された X 線の波長を表し、縦軸は検出された X 線の強度を表している。図3における $\lambda = \lambda_0$ の X 線は、炭素原子の原子核と強く結合している電子によって散乱された結果、入射 X 線と同じ波長を持つ散乱 X 線として測定された波長である。コンプトン効果によって変化した X 線の波長 λ' を求めよ。必要であれば $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$, $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ を用いよ。

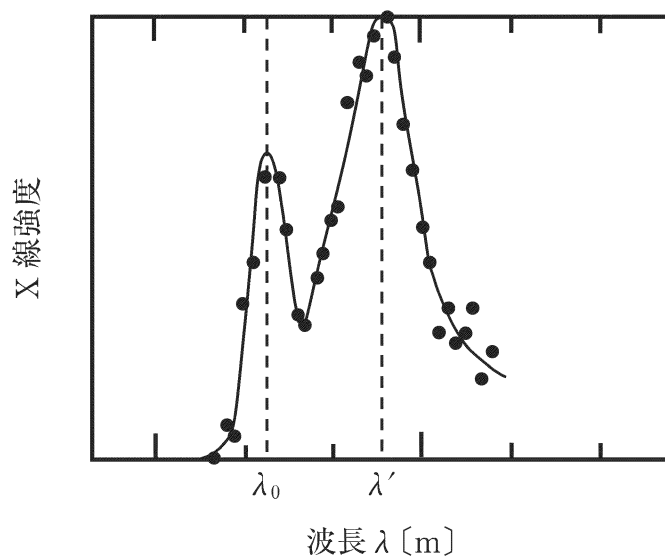


図3

化 学

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

化学反応が起こるには、反応する粒子どうしの衝突が必要である。粒子が十分なエネルギーをもって衝突すると、エネルギーの高い不安定な状態(**ア** 状態)を経由して反応が起こる。**ア** 状態になるために必要な最小のエネルギーを **イ** という。**イ** は触媒を用いることで小さくなり、反応速度は大きくなる。過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると酸素が発生する。固体の酸化マンガン(IV)をかたまりとして加える場合と、同じかたまりを粉末にして加える場合では、かたまりの方が反応速度は **ウ**。また、反応速度は濃度にも依存する。工業的な化学物質の製造法では、効率的に反応を進めるため、様々な条件が最適化されている。

(問 1) 文中の **ア** ・ **イ** に入る適切な語句を記せ。また、**ウ** には、「大きくなる」、「小さくなる」のいずれかを記せ。

(問 2) 下線部 a) について、一般に加熱して反応温度を高くすると、反応速度は大きくなる。その理由を答えよ。

(問 3) 下線部 b) について、3つの物質 A, B, C を原料として物質 D が生成する反応について、初期の反応速度 v は、それぞれの初期濃度 $[A]$, $[B]$, $[C]$ と反応速度定数 k を用いて、以下の式で表される。

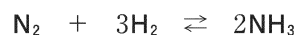
$$v = k[A]^x[B]^y[C]^z$$

表 1 初期濃度と反応速度の実験結果

実験	初期濃度 mol/L			v mol/(L・s)
	[A]	[B]	[C]	
①	1.60	0.60	0.60	3.2×10^{-2}
②	0.80	0.60	0.60	4.0×10^{-3}
③	0.80	0.60	1.20	8.0×10^{-3}
④	0.80	1.20	0.60	6.4×10^{-2}

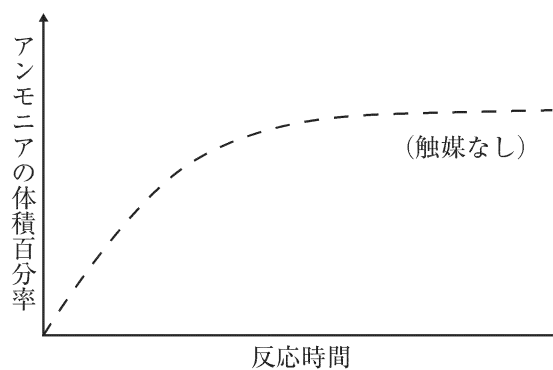
温度一定の条件で、各物質の初期濃度を変えて反応速度を測定したところ、表 1 の結果が得られた。 x , y , z の値をそれぞれ求めよ。

(問 4) 下線部 c) について，アンモニアは窒素と水素から製造される。以下の各問に答えよ。



(ア) この反応の正反応(右向きに進む反応)の反応速度を v_f ，逆反応(左向きに進む反応)の反応速度を v_b と表すとき，平衡状態におけるこれらの関係を式で記せ。

(イ) 右図は，この反応を反応容器の温度と体積を一定に保ち，触媒を用いずに行った際の反応時間と生成したアンモニアの体積百分率の関係を示している。同じ温度で触媒を用いた場合の関係を解答欄のグラフに図示せよ。なお，解答欄には触媒を用いない場合について破線で示してある。



2

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

炭素は原子番号が6の元素である。炭素の中には中性子数が異なるものがあり、このような原子どうしを互いに **ア** という。炭素の **ア** の中で最も多く存在するものは ^{12}C であり、わずかに存在する ^{14}C は β 線を放出して別の原子に変わる。

a) ダイヤモンドと黒鉛は、ともに炭素原子が **イ** 結合を形成することによってできた単体
b) である。このように同じ元素の単体で、構造・性質が異なる物質が2種類以上存在する場合、これらを **ウ** という。ダイヤモンドは、隣接する4つの炭素原子でできた正四面体が三次元的に繰り返された構造をとり、非常に硬く極めて高い融点をもつ。一方、黒鉛は、正六角形が連続した平面構造どうしが **エ** によって結びついているため、薄くはがれやすい。また、黒鉛はダイヤモンドとは異なり 電気伝導性をもつ。この特性のために黒鉛は 燃料電池 の電極に用いられている。

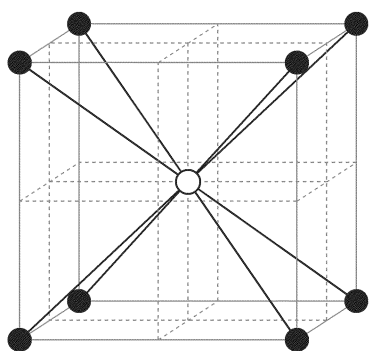
(問 1) 文中の **ア** ～ **エ** に入る適切な語句を記せ。

(問 2) **下線部 a)** について、別の原子とは何か答えよ。ただし、 ^{12}C のように質量数、原子番号、元素記号を書くこと。

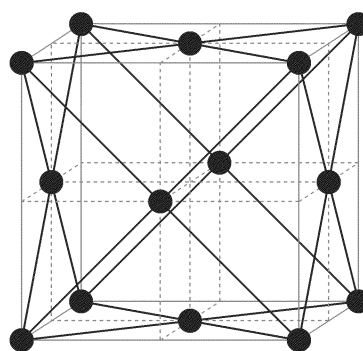
(問 3) **下線部 b)** について、以下の各問に答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。

炭素の原子量：12.0、アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

(ア) ダイヤモンドの単位格子(1辺の長さ：0.356 nm)は ZnS (閃亜鉛鉱^{せん})型であり、単位格子の中には8個の炭素原子が存在する。解答欄にある単位格子の枠に炭素原子を書き込み、ダイヤモンドの単位格子を完成させよ。ただし、単位格子の頂点、辺、および面上の炭素原子を●、格子内の炭素原子を○で描き、最近接の炭素原子どうしを直線で結ぶこと。単位格子の描画例として、体心立方格子と面心立方格子を次図に示す。



体心立方格子



面心立方格子

(イ) ダイヤモンドの密度(g/cm^3)を有効数字3桁で求めよ。

(ウ) ダイヤモンドと黒鉛の燃焼エンタルピーはそれぞれ -396 kJ/mol , -394 kJ/mol である。(ダイヤモンドと黒鉛の燃焼熱はそれぞれ 396 kJ/mol , 394 kJ/mol である。) また、黒鉛 12.0 g に含まれる結合をすべて切るために必要なエネルギーは 716 kJ である。ダイヤモンド中の **C-C** 結合エネルギー (kJ/mol)を求めよ。

(問 4) **下線部 c**)について、黒鉛には電気伝導性があることの理由を、価電子の数に基づいて説明せよ。

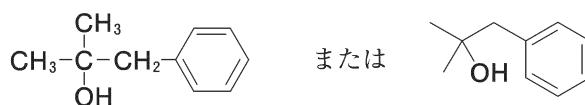
(問 5) **下線部 d**)について、リン酸形燃料電池では、負極活物質に H_2 、正極活物質に O_2 、電解液にリン酸水溶液を用いて発電する。反応した H_2 と O_2 はすべて H_2O になるとして以下の各問に答えよ。

(ア) 負極と正極それぞれについて電子 e^- を含む反応式を書け。

(イ) 電圧 0.70 V 、電流 1.20 A で 100 時間放電した。この間に消費された O_2 の物質量を求めよ。必要であれば、ファラデー定数 $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。

3

次の文章を読み、以下の各問に答えよ。なお、構造式は下記の例にならって書け。



環式炭化水素は、脂環式炭化水素と芳香族炭化水素の2種類に分類される。脂環式炭化水素のうち、環構造がすべて単結合であるものをシクロアルカンという。シクロアルカンは、一般にアルカンと同じく化学的に安定であるが、シクロプロパンやシクロブタンは反応性が高い。^{a)}これに対して、シクロアルケン^{b)}は環構造内に二重結合を1つ含み、不飽和結合に特徴的な各種の付加反応^{c)}を起こす。芳香族炭化水素も環構造内に不飽和結合をもつが、その反応性はシクロアルケンとは大きく異なる。^{d)}また、環式化合物には、環を構成する原子の中に炭素原子以外の原子を含むものも知られている。例えば、互いに立体異性体の関係にある^{e)} α -グルコースおよび β -グルコースは、結晶状態では5つの炭素原子と1つの酸素原子からなる六員環構造をもつ。

(問 1) 下線部 a) について、以下の各問に答えよ。

(ア) シクロプロパンに室温で臭素が作用することで起こる変化を、化学反応式で示せ。

(イ) シクロプロパンやシクロブタンが高い反応性を示す理由を、「結合角」という用語を使って説明せよ。

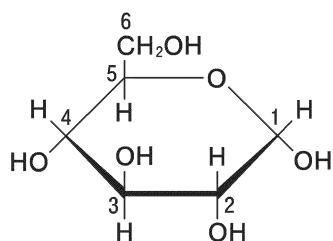
(問 2) 下線部 b) について、シクロヘキセンと構造異性体の関係にあり、不斉炭素原子を1つもつ鎖式不飽和炭化水素の構造式を書け。

(問 3) 下線部 c) について、アルケンに酸性条件下で過マンガン酸カリウムを作用させると、付加反応が進行した後に炭素-炭素結合が切断されてカルボン酸が得られる。例えば、1分子の2-ブテンからは2分子の酢酸が生成する。この反応はアルケンの酸化開裂とよばれ、シクロアルケンでも同様に起こる。シクロヘキセンの酸化開裂反応によって得られる生成物を、構造式で答えよ。

(問 4) 下線部 d)について、ベンゼンとその置換体の反応を説明する次の①～⑤の記述のうち、下線部が正しいものをすべて選んで番号で答えよ。

- ① ベンゼンは置換反応を起こしやすい。
- ② 濃硫酸を用いるベンゼンのスルホン化は脱水縮合反応である。
- ③ 濃硝酸と濃硫酸の混合物を用いるトルエンとフェノールのニトロ化は、ともにメタ位で起こりやすい。
- ④ ベンゼンと塩素からクロロベンゼンと塩化水素が生成する反応は、酸化還元反応である。
- ⑤ 氷冷下、フェノールの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウムを加えると、ジアゾニウム塩が得られる。

(問 5) 下線部 e)について、 α -グルコースの構造を下記に示す。以下の各問に答えよ。



α -グルコースの構造

- (ア) 解答欄中の図に原子や原子団を書き込み、 β -グルコースの構造を完成させよ。
ただし、炭素原子を区別する番号は書かなくてよい。
- (イ) α -グルコースや β -グルコースは還元性を示す官能基をもたないが、それらの水溶液は銀鏡反応を示す。その理由を説明せよ。
- (ウ) α -グルコースと β -グルコースそれぞれについて、1位と4位のヒドロキシ基間で脱水縮合して得られる高分子化合物の名称を答えよ。

生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)～(問3)に答えよ。

ヒトの血液は、液体成分の血しょうと、有形成分の赤血球、白血球、血小板で構成されている。赤血球の主な役割は、肺から各組織へと酸素を運搬することである。白血球は免疫に関与する細胞で、自己と異物を識別し異物をからだから排除する役割を担っている。血小板は止血に寄与している。

(問1) 下線部 a) に関して、肺の酸素濃度の相対値は 100、組織の酸素濃度の相対値は 40、酸素濃度以外の条件は肺と組織において同一であると仮定し、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 肺から各組織へと酸素を運搬しているのは、赤血球の中に含まれるヘモグロビンである。ヘモグロビンは、図1に示すように、酸素濃度の高いところでは酸素結合割合が高く、酸素濃度の低いところでは酸素を手放すために酸素結合割合が低下する。肺と組織における酸素結合割合の差分が酸素運搬量に相当すると考えられる。4本のポリペプチド鎖で構成されるヘモグロビン1分子が肺において酸素4分子と結合している場合、組織に移動すると、理論上はヘモグロビン1分子あたり平均何分子の酸素を組織中に放出し、何分子の酸素を持ち帰ると考えられるか。図1を参考にして近似値を整数で答えよ。

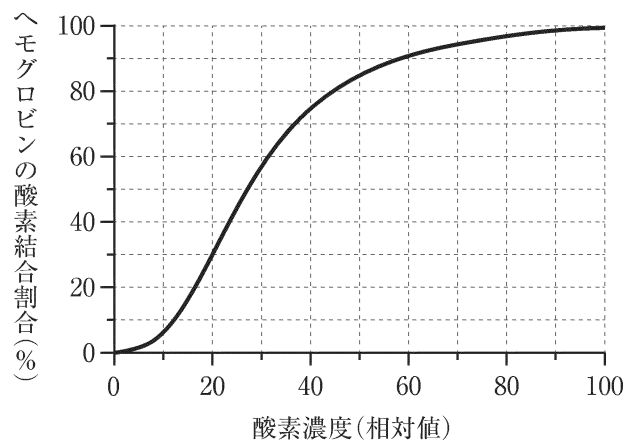


図1

- (イ) 貧血(ヘモグロビン濃度が低い状態)の患者の赤血球内では、ヘモグロビンの性質が変化し、少ないヘモグロビンでできる限り効率的に酸素を運搬しようとする。図2において、通常のヘモグロビンが実線のような酸素解離曲線を示す場合、肺から各組織に効率的に酸素を運搬できるヘモグロビンの酸素解離曲線は、破線Aと破線Bのどちらと考えられるか。その理由とともに答えよ。

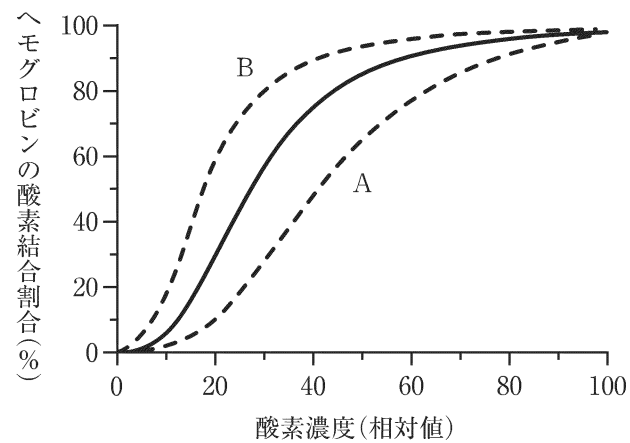


図2

- (ウ) 胎児は母体内において肺呼吸をしていない。胎児の赤血球の中のヘモグロビンは、胎盤において、母親の赤血球の中のヘモグロビンから酸素を受け取っている。母親のヘモグロビンが図2の実線のような酸素解離曲線を示す場合、胎児のヘモグロビンは、破線Aと破線Bのどちらであれば、母親のヘモグロビンから酸素を受け取ることができるか。

(問 2) 下線部 b)に関する以下の文章を読み、設問(ア)～(エ)に答えよ。

ヒトの免疫機構は 1 免疫と獲得免疫で構成される。1 免疫の第1段階として、からだの表面で物理的・化学的に異物や病原体の侵入を防ぐ機構がある。これをすり抜けて体内に病原体が侵入すると、第2段階として白血球による食作用が行われる。食作用をもつ白血球(食細胞)の一部は、これによって得られた病原体の情報を獲得免疫に関わる細胞群に伝達する。

(ア) 1 にはいる適切な語句を答えよ。

(イ) 食細胞を図3の①～⑤のなかから3つ選び、番号で答えよ。

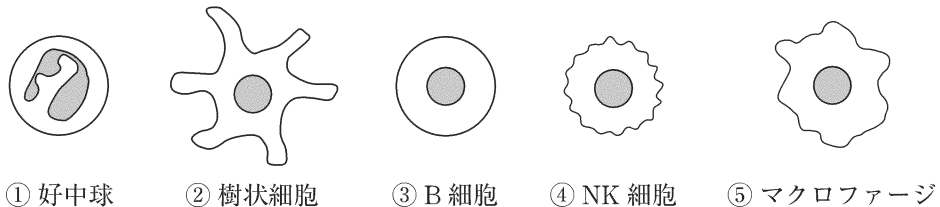


図3

(ウ) 食作用を介さずに、病原体に感染した細胞を直接攻撃する白血球を図3の①～⑤のなかから1つ選び、番号で答えよ。

(エ) ヒトの免疫機構において、食作用により取り込まれた病原体はどのように処理され、その情報はどのように獲得免疫に関わる細胞群に伝達されるか、80字以内で説明せよ。

(問 3) 下線部 c)に関する以下の文章を読み、設問(ア)～(オ)に答えよ。

MHC (主要組織適合性複合体抗原) とよばれるタンパク質は、免疫細胞による自己と異物の識別のみならず、自己の細胞と別人の細胞の識別にも関与する。MHC の対立遺伝子には非常に多くの種類があるため、自分の細胞と別人の細胞が同じ MHC タンパク質を持つ確率は低い。

A, B, C, D を MHC タンパク質の異なる対立遺伝子としよう。MHC の遺伝子型が AB の父親は①と②の MHC タンパク質を、MHC の遺伝子型が CD の母親は③と④の MHC タンパク質を持つ(図 4)。もしこの父親と母親の間で移植を行えば、自己と一致しない MHC タンパク質を標的とする免疫細胞の働きにより拒絶反応が起こる。

この両親から生まれる子は、両親が持つ 2 組の MHC 対立遺伝子のうち 1 つずつを受け継ぐので、持ちうる MHC の遺伝子型は、AC の他に 1 がありうる。この両親に子が 2 人いて、子 1 の MHC の遺伝子型が AC の場合、子 2 が同じ AC である確率は 2 である。

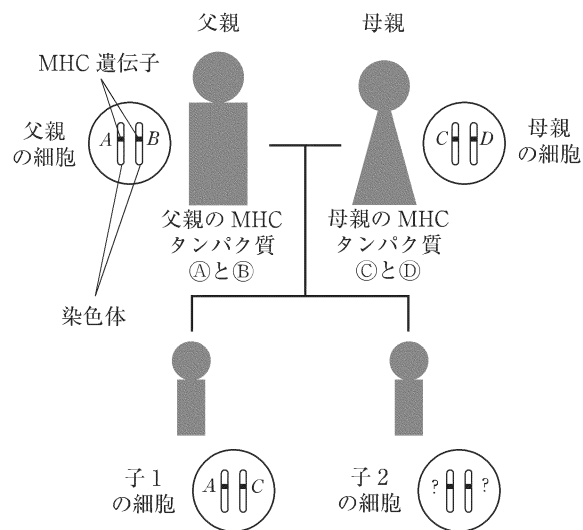


図 4

母親は妊娠の間、自分とは一部 MHC タンパク質が異なる胎児を体内に受け入れる。胎児も自分とは一部 MHC タンパク質が異なる母親の細胞が体内に入っても、これを排除しない。この母子間で一致しない MHC タンパク質を免疫細胞が許容する現象は母子間免疫寛容といわれ、分娩後も母子ともに長く維持されと考えられている。図5で子1の MHC の遺伝子型が AC である場合、母親にあって自己にない 3 の MHC タンパク質を子1は母子間免疫寛容により許容する。

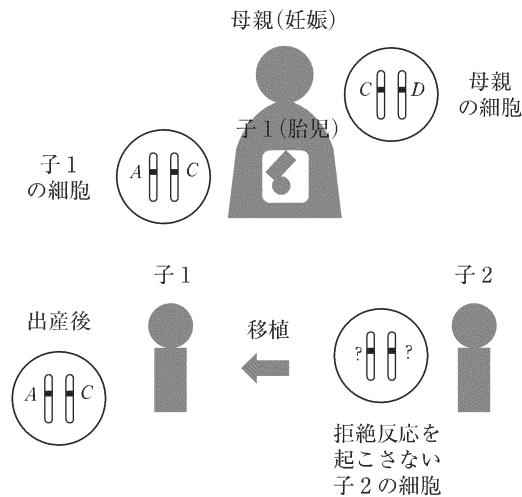


図 5

母子間免疫寛容は移植の拒絶反応も抑制するでしょう。この場合、子2が子1への拒絶反応を起こさない移植の提供者となれるのは、子2の MHC の遺伝子型が AC または 4 の場合である。したがって、子2が子1への拒絶反応を起こさない移植の提供者となれる確率は 5 になる。

- (ア) 1 にはいる遺伝子型をすべて答えよ。
- (イ) 2 にはいる数字を分数で答えよ。
- (ウ) 3 にはいる MHC タンパク質を①, ②, ③, ④から1つ選んで答えよ。
- (エ) 4 にはいる遺伝子型を答えよ。
- (オ) 5 にはいる数字を分数で答えよ。

2 次の文章を読み、下記の(問1)～(問6)に答えよ。

多細胞生物では、細胞がさまざまな組織・器官をつくり、それぞれが異なった機能を果たしている。個体を構成する多数の細胞は、1個の受精卵から細胞分裂と 1 の過程を経て生じ、さまざまな形とはたらきをもつようになる。これらの細胞は、多くの場合、それぞれに特徴的な機能をもっており、その機能に必要な遺伝子が発現している。^{a)} これを選択的遺伝子発現という。例えば、肝細胞では、遺伝子の発現により多数のタンパク質を産生するため、肝臓は様々なはたらきを有している。^{b)} 一方、細胞の生存に必要なタンパク質を指定する遺伝子は、どの細胞でも発現している。

受精卵は、1個の生体を構成する全ての細胞を作り出す能力を持っている。このような性質を 2 という。 1 した細胞は、一部の遺伝子が発現されず、 2 を失っている。たとえば1981年に発生初期の胚から作られたES細胞は、さまざまな細胞に 1 できるが、胎盤の細胞になれない。2006年、山中伸弥らは、マウスの皮膚の細胞に、外部から複数の遺伝子を導入し、さまざまな細胞に 1 する能力をもつ細胞の作製に成功した。^{c)} 1962年、ジョン・ガードンは、カエル^{d)}の腸の上皮細胞の 3 を紫外線をあてた未受精卵に移植して、低い確率ながら正常な幼生(おたまじゃくし)を得た。山中とガードンは 1 した細胞を、受精卵に近い状態に人工的にリセットしたことになる。これを細胞の 4 という。2012年、2人はノーベル生理学・医学賞を受賞した。

(問1) 1 ～ 4 にはいる適切な語句を答えよ。

(問2) 下線部 a) について以下の細胞で調べ、特によく発現している遺伝子を表にまとめた。

表の空欄(1)～(5)に当てはまるものを、以下の①～⑤から選び、番号で答えよ。

	筋細胞	かん体細胞	すい臓B細胞	水晶体細胞	消化細胞*
(1)	+	－	－	－	－
(2)	－	+	－	－	－
(3)	－	－	+	－	－
(4)	－	－	－	+	－
(5)	－	－	－	－	+

＋：特によく発現が認められた細胞　－：ほとんど発現が認められなかった細胞

*胃に存在し、さまざまな消化酵素を放出する細胞

- ① クリスタリン遺伝子 ② ミオシン遺伝子 ③ インスリン遺伝子
④ ロドプシン遺伝子 ⑤ ペプシン遺伝子

(問 3) 下線部 b) について以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 肝臓のはたらきとして適切なものを、以下の①～⑥からすべて選び、番号で答えよ。

- ① アルブミンの合成 ② バソプレシンの分泌 ③ チロキシンの分泌
④ アンモニアの尿素への変換 ⑤ 原尿の生成 ⑥ 胆汁の生成

(イ) 肝臓は、グルコースの一部をグリコーゲンとして蓄え、必要に応じて分解してグルコースを血液中に放出する。グリコーゲンの分解を促進するホルモンと、そのホルモンを分泌する細胞もしくは組織の組合せとして適切なものを、以下の①～⑨からすべて選び、番号で答えよ。

- ① グルカゴン、すい臓 A 細胞 ② グルカゴン、脳下垂体後葉
③ グルカゴン、副腎髄質 ④ アドレナリン、すい臓 A 細胞
⑤ アドレナリン、脳下垂体後葉 ⑥ アドレナリン、副腎髄質
⑦ 糖質コルチコイド、すい臓 A 細胞 ⑧ 糖質コルチコイド、脳下垂体後葉
⑨ 糖質コルチコイド、副腎髄質

(ウ) 肝臓は動脈からだけでなく、小腸やひ臓とつながる静脈からも血液が供給される。この静脈の名称を答えよ。

(問 4) 下線部 c) の実験の結果、山中伸弥らが作製に成功した細胞の名前を答えよ。

(問 5) 動物の発生のしくみは、下線部 d) のカエルをはじめとした両生類やハエなどの生物を用いて解き明かされてきた。次の(1)～(6)の語句と最も関連が深いものを、以下の①～⑥から選び、番号で答えよ。

- 語句：(1) ビコイド (2) フォークト (3) アンテナペディア
(4) ニューコープ (5) 表層回転 (6) シュペーマンとマンガルド

- 選択肢：① ホメオティック遺伝子 ② 形成体(オーガナイザー)
③ 中胚葉誘導 ④ 頭尾軸の形成
⑤ 原基分布図 ⑥ 背腹軸の形成

(問 6) 次の文章を読み、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

次世代シーケンサーといった DNA の塩基配列の決定技術の進展とともに、生物の全ゲノム情報など大量の塩基配列を迅速に決定できるようになった。この技術を用いて、土壌や海水、腸内に含まれる微生物などの生物群のゲノムを網羅的に解析する手法を 1 ゲノム解析という。

決定されたヒトのゲノムサイズは、およそ 3×10^9 塩基対であったが、この中に含まれる遺伝子の数は、当初の予想よりも大幅に少なかった。そこで、1つの遺伝子から複数種類のタンパク質を産出する仕組みの1つとして、スプライシングの際、エキソン配列を様々な組合わせで 2 につなぎ合わせて RNA を生成する 2 スプライシングに関心が集まった。

ヒトゲノムを個人間で比較すると塩基配列の軽微な違いが見られ、中でも一塩基多型は、およそ 3 塩基対に1個の割合で見つかる。これを個人毎に調べ、有効性が高く、副作用リスクの低い治療薬の選択や投薬量の設定に応用する 4 が提唱されている。

(ア) 1 と 2 にはいる適切な語句を答えよ。

(イ) 3 にはいる最も適切な数を、以下の①～⑤から選び、番号で答えよ。

- ① 100 ② 1,000 ③ 10,000 ④ 100,000 ⑤ 1,000,000

(ウ) 4 にはいる適切な語句を、以下の①～⑤から選び、番号で答えよ。

- ① 再生医療 ② 遺伝子治療 ③ オーダーメイド医療
④ ゲノム編集 ⑤ ゲノム創薬

3

下記の(問1)～(問3)に答えよ。

(問1) 次の文章を読み、以下の設問(ア)～(エ)に答えよ。

多くの植物において、水はからだのおよそ9割を占めている。そのため、乾燥は植物にとって深刻なストレスである。植物は乾燥ストレスに対処するため、水分の損失を防ぐための仕組みを持っている。例えば、植物の表面は 1 層という特別な層で覆われており、これにより水分の植物体外への放出を防いでいる。また、植物は表皮組織にある孔^{b)} 辺細胞により形成される気孔を通して大気とのガスの交換を行うが、この気孔の開きぐあいは環境の変化に応じて制御される。乾燥ストレスにさらされた植物は 2 という植物ホルモンをつくり、その作用によって気孔が閉じることで水分の損失を抑える。また、種子が成熟する際には 2 の含有量が増え、その作用により種子の乾燥に対する耐性が獲得される。一方、発芽能力を有する種子が吸水すると 3 という植物ホルモンの含有量が増え、その作用によって発芽が促進される。

(ア) 1 ～ 3 にはいる適切な語句を答えよ。

(イ) 下線部 a) に関して、植物細胞において水は主に液胞という構造体の中に貯蔵されている。液胞に関する以下の文章のうち、正しいものを①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 原核細胞には液胞は存在しない。
- ② 液胞は外膜と内膜の2枚の生体膜に囲まれている。
- ③ 液胞の内部は糖やアミノ酸などを含む細胞液で満たされている。
- ④ 原形質連絡を通じて液胞と細胞質の間で物質の交換が行われる。
- ⑤ 植物細胞を低張液に入れると液胞は収縮する。

(ウ) 下線部 b) に関して、一般的な孔辺細胞にみられる特徴として正しいものを以下の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 光受容体のフォトトロピンを持たない。
- ② 青色光に応答して膨圧運動を行う。
- ③ 細胞内のカリウムイオンなどの濃度により膨圧が調節される。
- ④ 葉緑体を持たない。
- ⑤ 細胞壁の厚みが不均一で、気孔に面する側が伸びやすい。

- (エ) 下線部 c) に関して、植物種によっては、水分だけでなく光も発芽を調節する重要な要因である。発芽に光を必要とする種子は光発芽種子、光が発芽に影響しない種子や光が発芽を抑制する種子は暗発芽種子と呼ばれる。光発芽種子および暗発芽種子の組合せとして正しいものを下記の表 1 の中から 1 つ選び、番号で答えよ。

表 1

	光発芽種子	暗発芽種子
①	ケイトウ, タバコ	カボチャ, レタス
②	カボチャ, レタス	ケイトウ, タバコ
③	タバコ, レタス	カボチャ, ケイトウ
④	カボチャ, ケイトウ	タバコ, レタス

- (問 2) 次の文章を読み、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

ある地域の植生とそこにすむ動物などを含めた全生物の集まりをバイオームという。バイオームはその の違いから森林, , に大別され、年平均気温と年降水量の違いによってさらに複数の型に分類される。年平均気温の低い地域から高い地域に向かって最も年降水量の多いバイオームを順にみていくと、ツンドラ・高山帯, , , , 熱帯・亜熱帯多雨林と移り変わっていく。

- (ア) ～ にはいる適切な語句を答えよ。
- (イ) 年平均気温が高い地域(およそ 25℃)でバイオームと年降水量の関係をみた場合、年降水量の最も少ない地域から最も多い地域(熱帯・亜熱帯多雨林)に向かって、成立するバイオームはどのように変わっていくか、答えよ。
- (ウ) 小さく硬い葉をもつオリーブやコルクガシのような常緑広葉樹が優占する森林が成立している地域の気候の特徴を答えよ。

(問 3) 次の文章を読み、以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

地球上の多様な生物は進化の結果として生じたものであり、系統から示される類縁関係にもとづいて分類される。自然選択による進化が生じるには、同じ種の 1 内の個体間^{a)}に変異があり、変異に応じて 2 や繁殖力に差があり、その変異が 3 することが必要である。

生物の間にはさまざまな関係があり、2種の間で生じる直接的な相互作用の程度は、その2種以外の種からの影響を受けることがある。この影響を 4 という。寄生関係にある生物で、寄生で不利益を被る方の生物を 5 という。

(ア) 1 ～ 3 にはいる最も適切なものを以下の①～⑦から選び、番号で答えよ。

- ① 成長率 ② 生存率 ③ 群集 ④ 生態系 ⑤ 集団
⑥ 減少 ⑦ 遺伝

(イ) 4 と 5 にはいる適切な語句を答えよ。

(ウ) 下線部 a) に関して、生物分類の階級(階層)を下位から上位へと順に並べたものとして適切なものを以下の①～⑥から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 種・科・属・目・綱・界・門
② 種・綱・属・科・門・目・界
③ 種・属・科・目・門・綱・界
④ 種・界・門・属・科・目・綱
⑤ 種・属・科・目・綱・門・界
⑥ 種・属・目・科・門・綱・界

地 学

1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

固体地球の構造や成分は、地表の岩石や地層の調査だけではその詳細を知ることが困難である。固体地球の内部構造は、原始太陽系の物質がそのまま残ったものと考えられているある種の隕石^{a)}の分析や地球表層での物理的観測により推定されている^{b)}。

(問 1) 下線部 a) で示されているある種の隕石について以下の問いに答えよ。

(ア) その隕石の内部に観察される球状の物質の名称は何か、またその成因を答えよ。

(イ) 上記の球状の物質を含む隕石の種類を次の選択肢 A ～ C から 1 つ選べ。また、その組成は地球上で観察されるどの様な岩石と類似しているか、その岩石名を答えよ。

	A	B	C
隕石の種類	石鉄隕石	鉄隕石	石質隕石

(問 2) 下線部 b) で示されているように、地震波観測により地球内部構造が推定され、地表からの深さ 2900 km と 5100 km で密度が急激に変化する図 1 のような密度分布が見られた。この密度分布に関する以下の問いに答えよ。

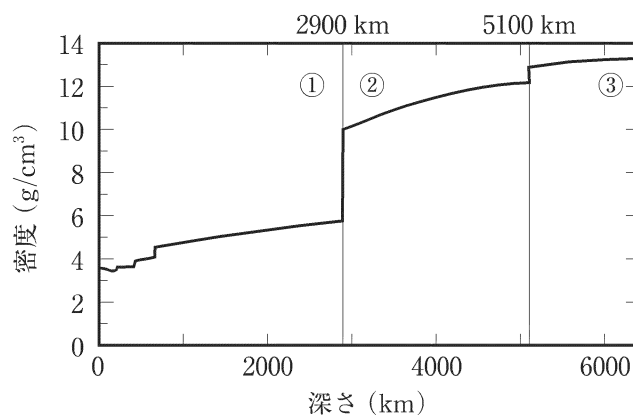


図 1 地球内部の密度分布

- (ア) 地表からの深さ 2900 km で観察される密度の急激な変化は、①層と②層を構成する物質の化学組成が大きく異なるためと理解されている。①層と②層はそれぞれ何か答えよ。そして、各層の主成分元素として重量比の大きい順にそれぞれ 2 つずつ答えよ。
- (イ) ②層と③層では、密度が 10 % 程度急激に大きくなっている。これは地震波 (P 波・S 波) の走時曲線の解析により推定された結果である。密度の急激な増加の原因について P 波・S 波の伝わり方に注目し 80 字程度で説明せよ。

2

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

図2は人類の進化を年表として示している。アフリカで約 **A** 前に出現した **B** が最古の人類とされている。約 **C** 前には猿人 **D** が出現し、続いて猿人から原人の **E** が出現し、約180万年前以降、アフリカを出て中東から東南アジアにかけて分布を広げた。その後、原人から旧人の **F**，および新人の **G** が出現し、世界中に分布を広げている。

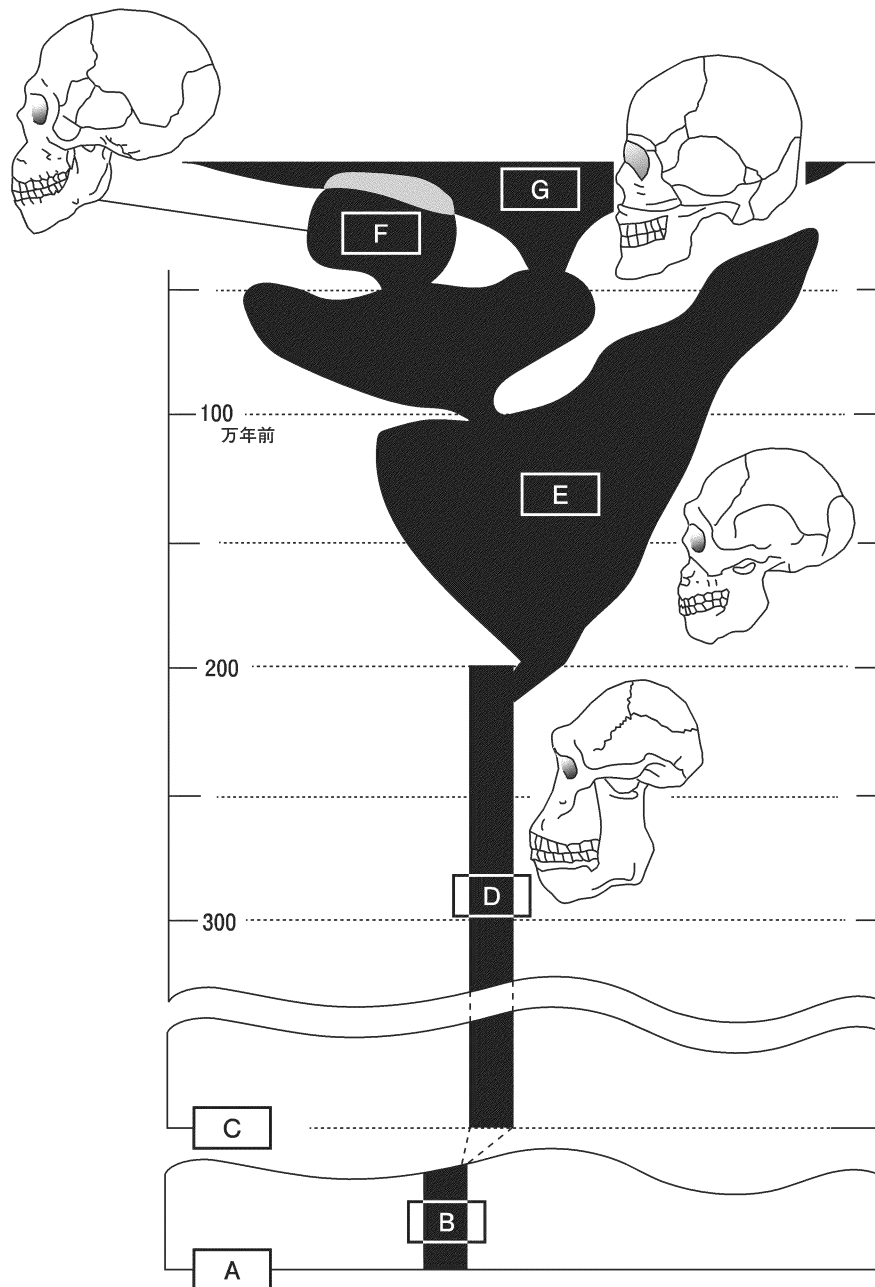


図2 人類の進化と年代

(問 1) 以下の問い(ア)・(イ)に答えよ。

(ア) 本文中ならびに図中の ～ に入る最も適当な語を下の語群から選べ。

〔語群〕 1000 万年 900 万年 800 万年 700 万年 600 万年 500 万年
400 万年 チンパンジー ホモ・エレクトス ホモ・サピエンス
ホモ・ネアンデルターレンシス(ネアンデルタール人) アウストラロピテクス
サヘラントロプス

(イ) 人類が原人以降に獲得した特徴について、40 字程度で説明せよ。

(問 2) 図 2 の約 260 万年前以降の地質時代名を答えよ。

(問 3) 約 70 万年前以降は、平野が形成されるなどして人類が発展した。この時期の気候変動の特徴について、次の文章の空欄 ～ に当てはまる最も適当な語を下の語群から選べ。

この時期には、約 周期で、ほぼ正確に と が繰り返され、大陸間が陸続きとなる時代が存在したことがわかっている。現在は にあたる。

〔語群〕 70 万年 50 万年 30 万年 10 万年 4 万年 2 万年 1 万年
氷期 間氷期 自転 地軸 進化 絶滅

3

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球全体のエネルギー収支を考えると、太陽から受け取る太陽放射と地球から放出する地球放射がつり合っており、温度は一定に保たれている。その際の温度を放射平衡温度という。太陽放射は、主に , , および μm より波長の短い赤外線から成り、地球放射はそれより波長の長い赤外線から成る。太陽放射のうち は、主に成層圏の や熱圏の の大気成分によって大部分が吸収されるが、 の多くは地表に到達する。一方、地球放射の多くは大気下層で吸収され、その多くは地表に戻る。もし大気が無かったら、地球の放射平衡温度は約 $^{\circ}\text{C}$ となり、実際の地表の平均温度との差である約 $^{\circ}\text{C}$ が大気の温室効果である。

図3は、大気上端で受け取る太陽放射エネルギー量を100とした場合の地球の放射エネルギー収支を表している。太陽放射は大気や雲で24が吸収され、地表まで到達するのは47である。残りは大気や雲および地表で反射されて宇宙に戻る。一方、地表からの地球放射エネルギーは大気や雲で104が吸収され、宇宙まで直接放出されるのは13である。また、大気や雲からは58が宇宙に、98が地表に放出している。

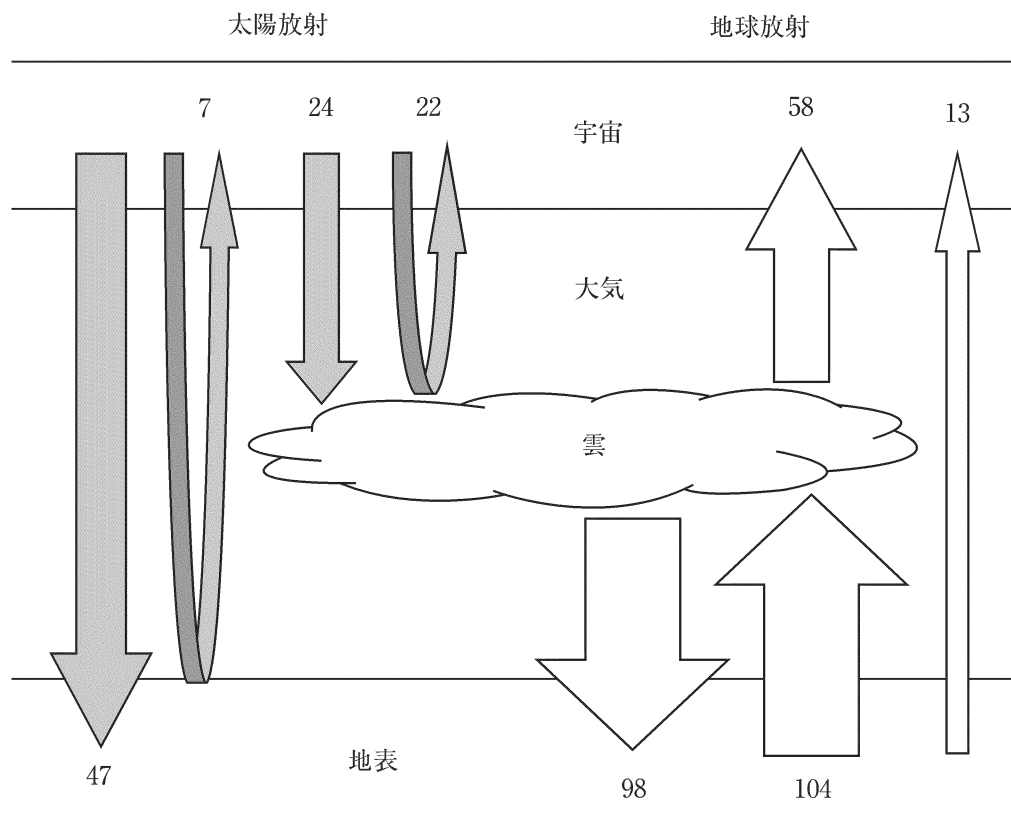


図3 地球全体のエネルギー収支の模式図。なお、数値は代表的な値である。

(問 1) 文中の a ～ g に入る最も適切な語または数値を答えよ。

(問 2) 大気の温室効果をもつ気体のうち主要な 2 つを答えよ。

(問 3) 図 3 の数値を用いて地球のアルベド(反射率)を計算せよ。

(問 4) 図 3 に示していないエネルギーの輸送がある。図の数値を用いてその輸送量を計算せよ。
また、このエネルギーは図 3 のどこからどこへどのように輸送されるか説明せよ。

4 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

太陽系は様々な大きさの天体から成り立っている。その中心である太陽は、絶対等級が 4.8、スペクトル型が G2 型で、ヘルツシュプルング・ラッセル図の中ほどに位置する 1 である。地球を含む 2 個の惑星は楕円軌道を描いて公転し、太陽が放射するエネルギーをそれぞれの軌道において受け取っている。惑星の表面温度は、^{a)} その惑星が受ける太陽エネルギーの量と関係しており、太陽から遠く離れた 3 惑星は地球型惑星に比べて温度が低く、氷やガスを多く含んでいる。また、地球型惑星に比べて質量が大きい 3 惑星は多数の衛星を伴っており、中でも大きなものは、すでに 17 世紀初頭に 4 が発見していた。惑星以外に太陽系内に存在する 5 や彗星といった小天体は、太陽系形成初期に存在した直径 10 km 程度の 6 が、惑星形成時に取り込まれることなく残ったものだと考えられている。そのため、このような小天体を調べることで太陽系形成過程の手がかりが得られるとされ、近年、日本やアメリカ合衆国の惑星探査機が 5 であるリュウグウやベンヌの試料を持ち帰った。彗星は細長くのびた軌道を描くが、惑星と同様に、^{b)} その軌道運動にはケプラーの法則が成り立つ。

(問 1) 文中の空欄 1 ～ 6 に当てはまる最も適切な語または数を答えよ。

(問 2)

(ア) 下線部 a) について、地球が太陽から受け取るエネルギー量(地球の位置で太陽光線に垂直な面が 1 秒間に受ける単位面積あたりのエネルギー量)を求めたい。太陽の表面温度 T 、太陽－地球間の平均距離を R 、太陽の半径を r 、シュテファン・ボルツマン定数を σ とし、次の文中の空欄 A ～ D に当てはまる式を答えよ。

シュテファン・ボルツマンの法則から、太陽が 1 秒間に放射するエネルギーは単位面積あたり A であり、太陽表面からの全放射エネルギーは A × B となる。これがあらゆる方向に伝播し、地球の軌道の位置では球の表面積 C にひろがるため、ここでの単位面積あたりの放射エネルギー量は D である。

(イ) (ア)で求めた D の数値は何と呼ばれるか答えよ。

(問 3) 惑星探査機スターダストが 2004 年に最接近し、塵の試料を持ち帰ったヴィルト第 2 彗星の軌道長半径は 3.45 天文単位、公転周期は 6.41 年である。ヴィルト第 2 彗星について、下線部 b) にあるようにケプラーの第 3 法則が成り立つことを、数式を用いながら説明せよ。