

令和4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 ~ 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に示すように、水平な氷面上で質量が m [kg] のストーン(円盤型の石)の先端が A 点で静止している。この状態からストーンの先端が B 点に達するまで、一定の力 F [N] でストーンを押し、B 点で放した。ストーンの先端が B 点に達したときのストーンの速さは v_0 [m/s] であり、先端が C 点に達したところで停止した。A 点と B 点の間隔を a [m]、B 点と C 点の間隔を b [m]、ストーンと氷面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の問いに答えよ。ただし、ストーンは回転することなく、直線運動を行うものとする。

(問 1) ストーン先端が A 点と B 点の間に位置するときのストーンの加速度の大きさ a [m/s²] を F 、 μ' 、 m 、 g を用いて表せ。

(問 2) v_0 を F 、 μ' 、 a 、 m 、 g を用いて表せ。

(問 3) μ' を F 、 a 、 b 、 m 、 g を用いて表せ。

(問 4) B 点と C 点の midpoint D にストーン先端が達したときのストーン速さ v_1 [m/s] を F 、 a 、 b 、 m を用いて表せ。

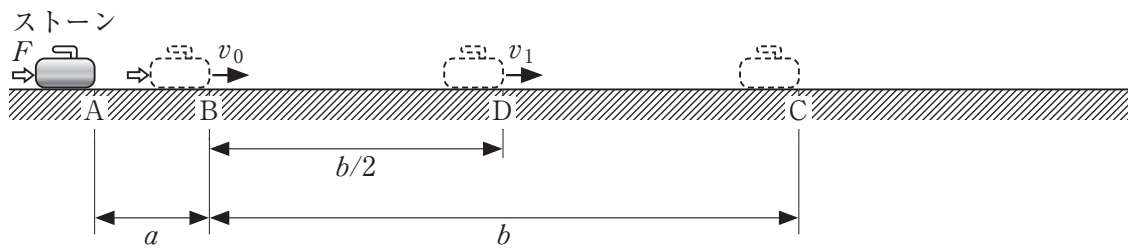


図1

次に、もう一度同じ条件でストーンを押し出し、図2のようにD点から先の氷面をブラシで掃いて、ストーンと氷面との間の動摩擦係数を μ' から $\beta\mu'$ に変化させた。すると、ストーンは、C点よりさらに c [m]だけ進んで先端がE点に達したところで停止した。このとき以下の問いに答えよ。

(問5) β を b と c を用いて表せ。

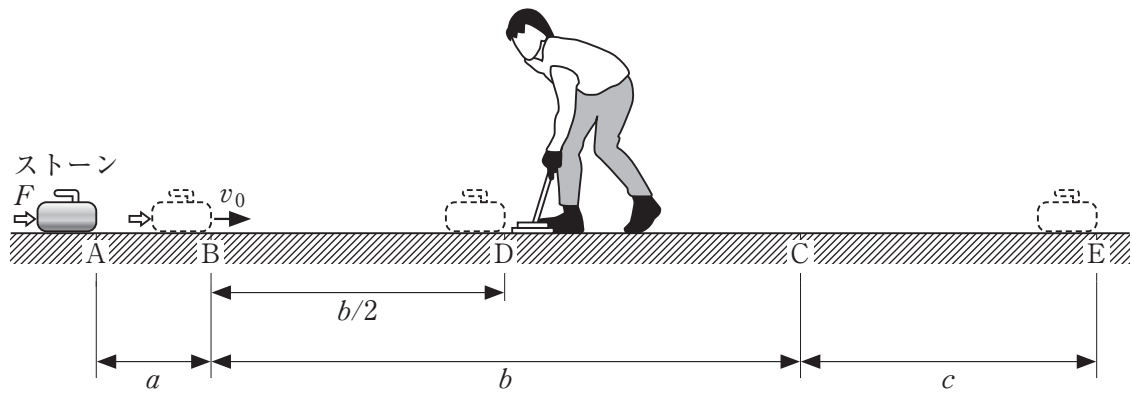


図2

2 図において、 R_1 、 R_2 、 R_3 はそれぞれ抵抗値が 3.0Ω 、 2.0Ω 、 1.0Ω の抵抗、 C_1 、 C_2 は静電容量がともに $1.0 \times 10^{-6} \text{ F}$ のコンデンサー、 E は起電力が 1.2 V の直流電源である。はじめ、スイッチ S_1 は開いており、スイッチ S_2 は閉じている。導線の抵抗、直流電源の内部抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

(問 1) S_1 を閉じた瞬間に直流電源 E を流れる電流 $I_E [\text{A}]$ を求めよ。

(問 2) S_1 を閉じて十分に時間が経過した後の I_E を求めよ。

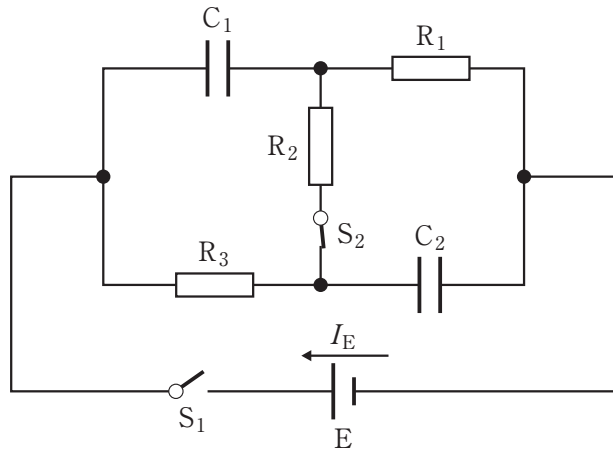
(問 3) このとき、 C_1 、 C_2 に蓄えられるそれぞれの電気量 $Q_1 [\text{C}]$ 、 $Q_2 [\text{C}]$ を求めよ。

(問 4) S_1 を閉じた瞬間から、十分に時間が経過するまで I_E の時間変化を表すグラフを解答紙に描け。

次に、 S_1 と S_2 を同時に開く。

(問 5)十分に時間が経過した後、 C_1 、 C_2 に蓄えられるそれぞれの電気量 $Q_1' [\text{C}]$ 、 $Q_2' [\text{C}]$ を求めよ。

(問 6) 抵抗で失われた全ジュール熱 $J [\text{J}]$ を求めよ。



图

3 19世紀末から20世紀の最初の四半世紀にかけて、物理学の分野では、大きな発見や革新的な理論の提唱が相次いだ。例えば、アインシュタインの光量子仮説、ド・ブロイによる物質波、ボーアの原子模型などがあげられる。

真空中の光の速さを c [m/s]、光の振動数を ν [Hz]、プランク定数を h [J·s]、電気素量を e [C]、電子の質量を m [kg]、真空中におけるクーロンの法則の比例定数を k_0 [N·m²/C²]、円周率を π として、以下の問いに答えよ。

(問 1) 光量子仮説による光子 1 個のエネルギー E [J] を h , ν を用いて表せ。また、光がもつ運動量 p [kg·m/s] を c , h , ν を用いて表せ。

(問 2) 電子の速さが v_e [m/s] のとき、ド・ブロイ波長 λ [m] を v_e , h , m を用いて表せ。

次に、水素原子内の電子の運動について考える。

(問 3) ボーアの仮説では、水素原子内において、電子は原子核から静電気力を受け、速さ v [m/s] で等速円運動し、量子条件が満たされている運動しかしない。その安定な状態は定常状態と呼ばれる。量子条件を使って、定常状態での電子のとびとびの軌道半径 r [m] を、正の整数 n ($= 1, 2, 3, \dots$) と v , h , m を用いて表せ。

ボーアが提案した仮説において、 n 番目の定常状態にある電子の円軌道の半径を r_n [m]、速さを v_n [m/s] とする。

(問 4) r_n を h , e , m , k_0 , n を用いて表せ。

(問 5) n 番目の定常状態にある電子のエネルギー E_n [J] を h , e , m , k_0 , n を用いて表せ。ただし、位置エネルギーは、無限遠を基準にとる。

次に、真空中において静止していた電子に電圧をかけて加速させ、水素原子に衝突させた。電圧が小さいときは、水素原子中の電子は基底状態のままであった。しかし、電圧を大きくしていき、電圧が V [V] となり、加速電子の速さが v' [m/s] になったとき、水素原子中の電子は $n = 2$ の励起状態に移った。ここで、加速された電子が得たエネルギーは、水素原子中の電子を励起するためにすべて使われるものとする。

(問 6) V を h , e , m , k_0 のうち必要なものを使って表せ。

(問 7) v' を h , e , m , k_0 のうち必要なものを使って表せ。

化 学

必要であれば以下の値を用いよ。

原子量：Na = 23, Cl = 35.5

アボガドロ定数： 6.0×10^{23} /mol, ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

二酸化炭素(気体)の生成熱：394 kJ/mol, 水(液体)の生成熱：286 kJ/mol

エタノール(液体)の生成熱：278 kJ/mol

硫酸(液体)の水への溶解熱：95 kJ/mol

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

周期表の1族元素のうち、水素を除く元素は **ア** である。これらの原子は価電子を1個もち、1価の陽イオンになりやすい。この傾向は、原子番号が大きくなるほど強くなる。

ア の単体は、反応性に富み、室温で酸素や塩素と直ちに化合し、水と激しく反応する。

また、常温で、密度の小さい銀白色の固体であり、比較的軟らかく、^{a)}融点は低い。**ア** は、^{b)}イオン化傾向が大きいので、天然では単体として存在せず、イオン結合性の化合物をつくる。

ナトリウムの多くは岩塩(塩化ナトリウム、NaCl)として存在する。

^{c)}塩化ナトリウム飽和水溶液にアンモニアを十分に溶かし、これに二酸化炭素を通じると、水に^{d)}比較的溶けにくい沈殿が生成する。

この沈殿を熱分解すると、炭酸ナトリウムが得られる。この炭酸ナトリウムの工業的製法は、**イ** 法とよばれる。炭酸ナトリウム水溶液を加熱して濃縮すると無色の $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶が析出する。結晶中で決まった位置を占め、一定の割合で存在している水分子を **ウ** という。また、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶は、空気中で放置すると結晶中の水分子が蒸発し、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の白色粉末に変化する。この現象を **エ** という。

(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、ナトリウムと水の反応を化学反応式で示せ。

(問 3) 下線部 b) について、1 族元素の中でもナトリウムの融点がリチウムの融点よりも低い理由を 20 字程度で説明せよ。

(問 4) 下線部 c) の塩化ナトリウムの結晶について、以下の問いに答えよ。

(ア) 結晶中で、 Na^+ と Cl^- が互いに引き合う力の名称を答えよ。

(イ) 結晶中で、 Na^+ の配位数を答えよ。

(ウ) 結晶中で、 Na^+ を最も近い距離で取り囲んでいる Na^+ の数を答えよ。

(エ) 単位格子内に存在する Na^+ と Cl^- の数をそれぞれ答えよ。

(オ) 単位格子の 1 辺の長さは $5.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。この結晶の密度 (g/cm^3) を有効数字 2 桁で求めよ。

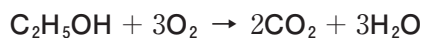
(問 5) 下線部 d) の変化を化学反応式で示せ。

2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

化学反応では多くの場合に、反応物の化学エネルギーの総和と生成物の化学エネルギーの総和が異なっている。両者のエネルギーの差が熱エネルギー、光エネルギー、電気エネルギーなどとして **ア** あるいは **イ** される。このように、エネルギーの変換が起こっても、その前後におけるエネルギーの総量は変わらない。酸化還元反応によって **ア** されるエネルギーを電気エネルギーに変換するための装置を電池という。電池の正極では **ウ** 反応が、負極では **エ** 反応が起こり、電池から電流を取り出すことを放電という。放電した電池に、放電とは逆方向の電流を外部から流し、放電と逆の反応を起こすことを **オ** とよぶ。**オ** によって繰り返し使用できる電池を二次電池、再使用ができない電池を **カ** 電池とよぶ。また、電気分解では電気エネルギーを化学エネルギーに変換している。

(問 1) 文中の **ア** ~ **カ** に入る適切な語句を記せ。

(問 2) 以下の反応におけるエタノール(液体) 1 mol あたりの反応熱を求めよ。また、この反応熱の名称を答えよ。なお、この反応式において、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と H_2O はどちらも液体であるとする。



(問 3) 硫酸(液体)の水への溶解熱を熱化学方程式で示せ。この過程における液温の変化を選択肢の中から選び丸で囲め。また、濃硫酸を希釈する際には濃硫酸に水を加えるべきではない。その理由を説明せよ。

(問 4) 化学反応におけるエネルギーの変換過程で光が発生することがある。この現象の名称を答えよ。

(問 5) 下線部 a) について、亜鉛板と銅板を希硫酸溶液に浸した電池における正極と負極の反応をそれぞれ電子 e^- を用いた式で示せ。

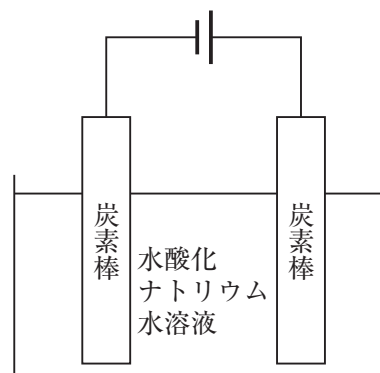
(問 6) 下線部 b) について、右図のように炭素棒を陽極と陰極に用いて、水酸化ナトリウム水溶液を 1.00 A の電流で 32 分 10 秒電気分解した。以下の問いに答えよ。なお、数値を答える際には有効数字 3 桁で記せ。

(ア) この電気分解で流れた電子は何 mol か求めよ。

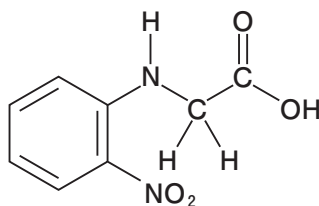
(イ) 陽極で発生する気体の標準状態における体積を求めよ。なお、発生する気体は水溶液に溶解しないものとする。

(ウ) 水酸化ナトリウム水溶液の代わりに、以下の電解質の水溶液を用いて、同じ条件で電気分解を行った。水酸化ナトリウム水溶液の場合と同じ気体が発生する電解質を以下の選択肢からすべて選び、その番号を答えよ。

①塩化水素 ②硝酸 ③硫酸ナトリウム ④塩化ナトリウム ⑤水酸化カリウム



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。



カルボキシ基をもつ有機化合物は酸性を示すことから、カルボン酸とよばれる。カルボン酸の沸点は、同程度の分子量をもつアルコールの沸点よりも高い。ギ酸や酢酸などの分子量の小さなカルボン酸は、水に溶けやすい。これは、カルボキシ基が親水基であることによる。水に溶けたカルボン酸の一部は電離し、カルボン酸の陰イオンとオキソニウムイオンとの平衡混合物を生じる。これに対して、炭素数の多い炭化水素基をもつ分子量の大きなカルボン酸は、炭化水素基が疎水基であるため、水に溶けにくい。

α -アミノ酸はカルボン酸の一種であり、同一の炭素原子にカルボキシ基とアミノ基を有する。 α -アミノ酸の結晶はイオン結晶であり、有機溶媒に溶けにくく、水に溶けやすいものが多い。水に溶けると、 α -アミノ酸は様々なイオンに電離する。

(問 1) 下線部 a) について、以下の問いに答えよ。

(ア) カルボキシ基以外の官能基を 1 つもつ芳香族化合物のうち、安息香酸よりも酸性が強いものの構造式を答えよ。

(イ) ベンゼンを出発原料として、(ア) で答えた化合物の合成法を化学反応式で示せ。

(問 2) 下線部 b) について、その理由を説明せよ。

(問 3) 下線部 c) に関連して、カルボン酸の陰イオンは、カルボキシ基が結合している置換基に電子を引きつける力が強い官能基をもつものほど安定である。酢酸 CH_3COOH (A)、フルオロ酢酸 FCH_2COOH (B)、クロロ酢酸 ClCH_2COOH (C) について、同じモル濃度の水溶液の pH が小さい方から大きい方へ並べて記号で答えよ。

(問 4) 下線部 d) について、 α -アミノ酸がそのような溶解性を示す理由を、 α -アミノ酸分子の結晶中の構造と溶媒和現象を関連付けて説明せよ。

(問 5) カルボン酸およびその誘導体に関する以下の問いに答えよ。

(ア) シクロペンテン C_5H_8 に過マンガン酸カリウムと硫酸を作用させて得られた生成物を加熱すると、酸無水物 $C_5H_6O_3$ が生成した。この酸無水物の構造式を答えよ。

(イ) 不斉炭素原子をもたないカルボン酸無水物 $C_6H_8O_3$ とアニリン $C_6H_5NH_2$ を反応させると、不斉炭素原子をもつカルボン酸 $C_{12}H_{15}NO_3$ が生成した。このカルボン酸は不斉炭素原子上にメチル基と水素原子を1つずつもつ。このカルボン酸の構造式を答えよ。

生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)、(問2)に答えよ。

私たちは、外敵からの攻撃に対応するためにいろいろな防御システムを備えている。目に見える大きな外敵に対しては、神経や筋肉のはたらきを中心として、外敵の存在を感知し対応する。一方、ウイルスなどの目に見えない外敵に対しては、白血球などから構成される免疫機構により^{a)}防御している。このように、さまざまなはたらきをもった細胞が協調してからだを外敵から守っている。細胞が機能するためにはエネルギーが必要であり、エネルギーの供給源として多くの場合アデノシン三リン酸(ATP)が用いられる。^{b)}

(問1) 下線部 a) に関して、新型コロナウイルス感染の有無をポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)で調べている。新型コロナウイルスはRNAウイルスであるため、RNAをDNAに変換してPCRを行っている。PCRに関する以下の文章を読み、設問(ア)~(エ)に答えよ。

PCRは、微量DNAから調べたいDNA領域を増幅するための技術であり、鋳型となるDNA、調べたい配列を指定するための2つの 、4種類の 、酵素である を用いて増幅反応を行う。、、 が反応液に十分量含まれている反応サイクルの初期・中期段階であれば、理論的には1サイクルの増幅反応につきDNA断片を 倍に増幅することができる。ただし、反応サイクルの後半においては、反応液中の や が不足したり、 が失活したりすると、増幅効率が低下する。

(ア) 文中の ~ に適切な語句もしくは数値を入れよ。

(イ) 唾液に含まれる新型コロナウイルスを検出するために、PCRを行う実験を計画している。10個の新型コロナウイルス由来DNAが含まれる試料を反応液に加えてPCRを行った場合、nサイクル後には増幅されたDNA断片は何個になっているか答えよ。ただし、nサイクル後の反応液には、DNA断片を増幅するために必要な成分が十分残っているものとする。

(ウ) 2つの試料(AとB)に含まれるDNAを別々にPCRで増幅したところ、試料Aでは18サイクルで、試料Bでは21サイクルで同じ数のDNA断片を得ることができた。PCRで増幅する前の試料に含まれるDNA量を比較した時、試料Bには試料Aの何倍DNAが含まれていたか答えよ。ただし、PCR終了後の反応液には、DNA断片を増幅するために必要な成分が十分残っていたものとする。

(エ) 図1は、PCRのサイクル数とDNA断片数の変化を示したものである。グラフA~Dの中から正しいものを1つ選び、答えよ。

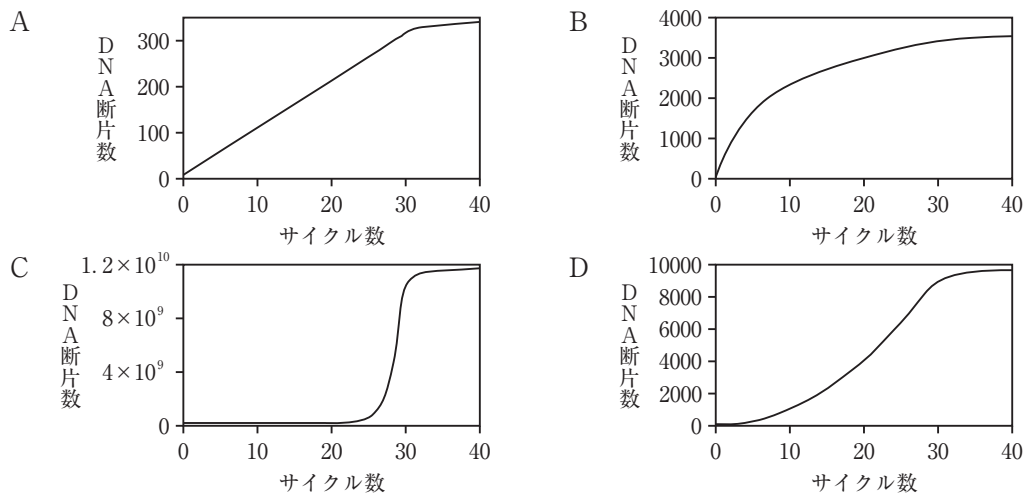


図1

(問2) 下線部b)に関して、ATPはグルコースなどの有機物を分解する過程で合成される。この過程は、解糖系、クエン酸回路、および電子伝達系から構成されている。このATP合成経路に関する以下の設問(ア)~(カ)に答えよ。

- (ア) 1分子のグルコースが解糖された結果、解糖系のみで何分子のATPが使われ、何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (イ) 1分子のピルビン酸がミトコンドリアに入ったのち、クエン酸回路で完全に分解される過程で、何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (ウ) 1分子のグルコースが完全に分解された時、電子伝達系で最大何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (エ) 電子伝達系では、ミトコンドリア内膜に埋め込まれたタンパク質複合体に電子が受け渡され、その電子が次々と別の分子に受け渡されていき、最終的に電子は酸素に受け渡される。
- (a) タンパク質複合体に電子を受け渡す物質は何か。物質名を2つ答えよ。
- (b) 電子伝達系で電子が次々と受け渡された結果、ある物質の濃度勾配がミトコンドリア内膜の内外で生じる。ある物質とは何か、答えよ。
- (c) 電子を受け取った酸素は、その後、ある物質と反応して何になるか。化学式で答えよ。

(オ) 酵母は、酸素がない環境では、グルコースを解糖して生じたピルビン酸をエタノールまで変化させる。これは、解糖系が継続的にはたらくために必要なある物質が不足しないようにするためである。ある物質とは何か、答えよ。

(カ) がん細胞 X は、乳酸発酵を行った時のみ乳酸を作り、細胞外に分泌する。がん細胞 X を十分量の酸素とグルコースを含む培養液中で培養し、細胞あたりの酸素消費速度、培養液中の乳酸の濃度、および細胞内の ATP 量を経時的に測定した。測定途中で、ミトコンドリア内膜に存在する ATP 合成酵素を阻害する薬剤を培養液中に添加して ATP 合成酵素活性を部分的に抑えたところ、図 2 のグラフに示す結果を得た。これらの結果から予想されることで正しいものを、以下の①～⑦から過不足なく選び、番号で答えよ。

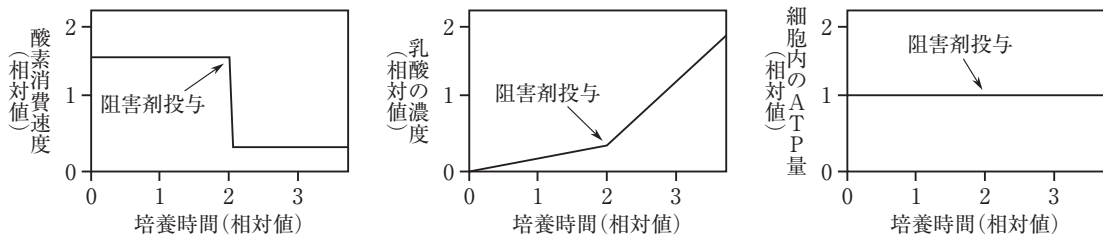


図 2

- ① がん細胞 X は、酸素が十分にある条件では乳酸発酵を行わない。
- ② 酸素が十分にある条件では、がん細胞 X は細胞質基質における反応系のみを利用して ATP 合成を行っている。
- ③ がん細胞 X における ATP 合成は、大部分を細胞質基質での反応系に依存している。
- ④ がん細胞 X では、細胞質基質で ATP を合成できない場合、ミトコンドリアにおける ATP 合成を促進し、十分量の ATP を合成できる。
- ⑤ がん細胞 X は、ミトコンドリアで ATP を合成できない場合、細胞質基質での反応系を促進して ATP 合成を行うことができる。
- ⑥ がん細胞 X は、酸素が少ない条件下でも細胞質基質での反応系を用いて ATP を合成できると考えられる。
- ⑦ 酸素が少ない条件では、がん細胞 X は酸素を利用せずに ATP をミトコンドリアで合成できると考えられる。

2 次の文章を読み、下記の(問1)～(問3)に答えよ。

多くの脊椎動物の発生過程では、との接合によって生じたが体細胞分裂を繰り返して細胞の数を増やしていき、分裂で生じた細胞が特定の形やはたらきをもつ細胞に分化する。これらの細胞が集まってをつくり、さらにが集まって器官を形成し、からだを構成する。生体内では、酵素と呼ばれる作用を持つタンパク質によって細胞内代謝反応が効率的に進行している。

(問1) 文中の～に適切な語句を入れよ。

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

発生を開始したカエルの胚は、原腸胚という時期を迎えると、胚葉から将来の消化管のもとになる原腸が形成されるとともに、原口の動物極側の細胞が胚の内部に入って胚葉が形成される。次に、胚葉から将来の脳や脊髄のもとになる神経管が形成された神経胚になる。神経管の腹側には、神経管に沿って脊索があり、発生の進行とともに脊索の左右から腹側にかけて、胚葉組織である体節、¹⁾腎節、側板の区別が明確になってくる。神経管を構成する細胞が分化して生み出されるニューロンは、細胞体と多数の突起からなり、長く伸びた突起を軸索、短い突起を²⁾という。軸索内には微小管が軸索の長軸方向にならび、細胞体で合成されたタンパク質などが微小管に沿って軸索末端まで輸送される。このような輸送には、ダイニンやといったタンパク質が関与する。軸索末端まで輸送された物質には、次の細胞に情報を伝達するものが含まれている。³⁾

(ア) 文中の～に適切な語句を入れよ。

(イ) 下線部 1)に関して、体節と側板のそれぞれから最終的に分化して生じる器官を①～⑤から過不足なく選び、番号で答えよ。

- ① 骨格筋 ② 平滑筋 ③ 脊椎骨 ④ 心臓 ⑤ 真皮

(ウ) 下線部 2) に関して、神経ネットワークを構成するニューロンは、感覚ニューロン、介在ニューロン、運動ニューロンの 3 つに大別される。3 つのニューロンの特徴について、正しい説明の組み合わせを表 1 の①～⑥から選び、番号で答えよ。

表 1

	感覚ニューロン	介在ニューロン	運動ニューロン
①	ニューロン間の連絡	受容器で生じた信号を中枢に伝達	中枢で処理された信号を効果器に伝達
②	ニューロン間の連絡	中枢で処理された信号を効果器に伝達	受容器で生じた信号を中枢に伝達
③	受容器で生じた信号を中枢に伝達	ニューロン間の連絡	中枢で処理された信号を効果器に伝達
④	受容器で生じた信号を中枢に伝達	中枢で処理された信号を効果器に伝達	ニューロン間の連絡
⑤	中枢で処理された信号を効果器に伝達	受容器で生じた信号を中枢に伝達	ニューロン間の連絡
⑥	中枢で処理された信号を効果器に伝達	ニューロン間の連絡	受容器で生じた信号を中枢に伝達

(エ) 下線部 3)に関する次の文章を読み、以下の設問(a), (b)に答えよ。

図1は、あるニューロンが別のニューロンに情報を伝達する制御機構を模式的に示したものである。あるニューロンの軸索終末に神経興奮が伝わると、①が細胞膜と融合することで、①に蓄えられている②が細胞外に放出される。②は近接する別のニューロンの細胞膜上に存在する③と結合し、それを活性化することで、情報が別のニューロンに伝達される。細胞外に放出された②は、④を介して細胞内に取り込まれ、その後、⑤を介して①へと取り込まれ、再利用される。

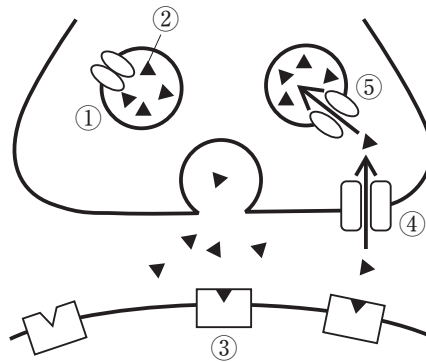


図1

(a) ①, ②, ③の名称を答えよ。

(b) 図1に示した①～⑤に作用する薬剤は、情報伝達に影響する。以下のA～Fの作用をもつ薬剤について、これらの薬剤で処理した時、情報伝達を強めるものを解答紙の亢進の欄に、弱めるものを阻害の欄にそれぞれ記号で答えよ。

- A ニューロン内で②の合成を抑制する。
- B ①と細胞膜の融合を抑制する。
- C ②より強く③に結合し、③を活性化する。
- D ②の代わりに③に結合するが、③を活性化しない。
- E ④による細胞外からの②の取り込みを抑制する。
- F ⑤による①への②の取り込みを抑制する。

(問 3) 下線部 b) に関する次の文章を読み、以下の設問(ア)、(イ)に答えよ。

(ア) ヒト細胞から酵素 X を精製した。この酵素 X の特性を明らかにするために、さまざまな条件における酵素活性の測定を行なった。さらに、さまざまな生物種における酵素 X の存在を調査したところ、温泉や熱水噴出孔などに生息する好熱性微生物からも同様の活性をもつ類似の酵素 Y が発見された。

(a) 酵素 X に関して、酵素量が一定の時の基質濃度と反応速度の関係を調べたところ、図 2 の結果を得た。図中の A において反応速度がほぼ一定になる理由、および B において基質濃度と反応速度が比例関係になる理由を、「酵素-基質複合体」の語句を用いてそれぞれ 30 字以内で説明せよ。

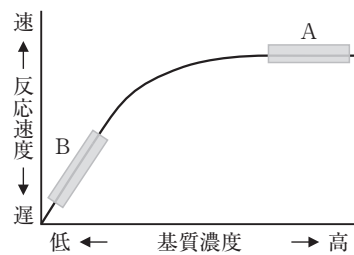


図 2

(b) 酵素 X に関して、酵素量が一定の時の基質濃度と反応速度の関係を阻害剤存在下で調べたところ、図 3 の点線で示した (I) および (II) の結果を得た。(I) および (II) の時に用いた阻害剤の性質に関して、表 2 の と に適切な語句を入れよ。また、表 2 の ~ には右の選択肢から適切な語句を選び、答えよ。

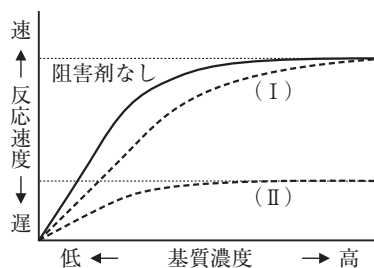


図 3

表 2

	(I)	(II)	
阻害剤の種類	① 阻害剤	② 阻害剤	選択肢
基質との構造類似性の有無	③	④	あり なし
阻害剤添加による最大反応速度の変化	⑤	⑥	上昇 変化なし 低下
阻害剤添加による最大反応速度の50%を示す基質濃度の変化	⑦	⑧	

(c) 酵素 Y の酵素活性と温度との関係を示した最も適切なグラフを、図 4 の点線で示した(i)~(iii)から 1 つ選び、答えよ。

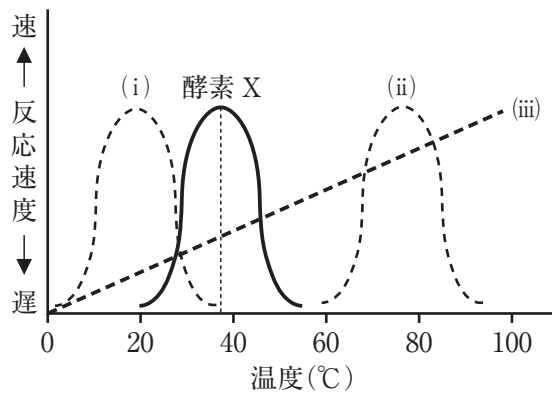


図 4

- (i) ある細菌において、トレオニンからイソロイシンが合成される経路は、5種類の酵素が関与する5段階の反応からなる。最初にトレオニンに作用する酵素には、活性部位とは別に、イソロイシンが結合する部位が存在し、そこにイソロイシンが結合すると、活性部位の構造が変化し、トレオニンに作用することができなくなる。
- (a) イソロイシンが結合する酵素の部位を何というか、答えよ。
- (b) イソロイシンのように、酵素反応系の最終産物が最初の段階の酵素の活性を抑制することを何というか、答えよ。また、このような抑制が生じる理由を25字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、下記の(問1)～(問6)に答えよ。

植物の光合成に、光は欠くことができない。その過程は、光に依存する反応と、光に依存しない反応^{a)}に分けられる。光に依存する反応は、クロロフィルタンパク質複合体が多数集まってできた2種類の光化学反応系が関与し、葉緑体の [1] で生じ、光に依存しない反応におけるグルコースなどの有機物を合成するためのエネルギーを生産する。一方、光に依存しない反応は、葉緑体の [2] で生じる。この反応は、酵素^{b)}によってC₅化合物であるリブロースビスリン酸と二酸化炭素が反応し、その後2分子の [3] が生じるところから始まる。

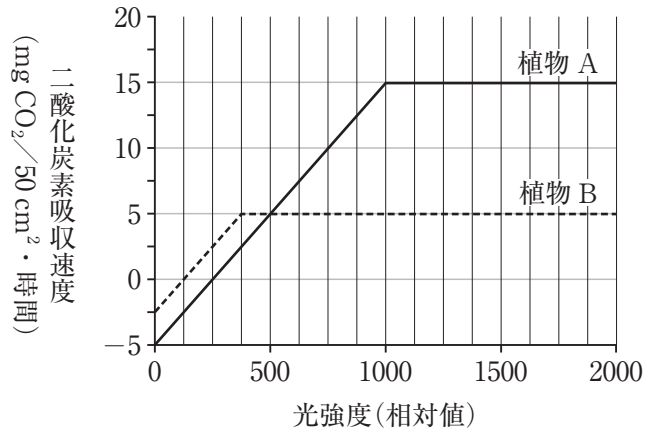
陸上の主要な生産者である植物のまとまりを植生という。気候帯に対応した植生やそこに生息する動物などを含めた生物のまとまりをバイオーム^{c)}という。生産者が作った有機物を直接あるいは間接的に利用する多細胞性の従属栄養生物として菌類や動物^{d)}がいる。菌類のうち、べん毛をもつ遊走子と呼ばれる胞子を形成する [4] が最も古く分岐した系統と考えられている。マツタケなど大型の子実体を形成する仲間は [5] に分類される。

(問1) 文中の [1] ～ [5] に適切な語句を入れよ。

(問2) 下線部 a)に関して、光を必要としない、多くの酵素が関与する化学反応からなる回路を何回路と呼ぶか、答えよ。

(問3) 下線部 b)の酵素名を答えよ。

(問 4) 以下の図は、光合成に十分な量の二酸化炭素が存在する条件において、光強度を変え、植物 A と植物 B の葉における $50 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ 時間}$ あたりの二酸化炭素吸収速度を測定した結果である。以下の設問(ア)~(オ)に答えよ。



図

- (ア) 植物 A と植物 B のどちらがより暗い環境に適応しているか。理由とともに答えよ。
- (イ) 植物 A と植物 B において、一方の植物は生育可能であるが、他方の植物が生育できない光強度の範囲を答えよ。
- (ウ) 植物 A と植物 B の光合成速度が同じになる光強度の範囲を答えよ。
- (エ) 植物 B が成長するためには、光強度 500(相対値)の光を 1 日あたり何時間以上受ける必要があるか、答えよ。
- (オ) 植物 A の 100 cm^2 の葉を 2 枚準備し、1 枚には光強度 500(相対値)の光を、もう 1 枚には光強度 750(相対値)の光をそれぞれ 4 時間照射した。光強度による光合成産物量の違いは、グルコース換算で何 mg となるか、答えよ。ただし、原子量は $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ とし、解答は小数点第一位を四捨五入して答えよ。

(問 5) 下線部 c)に関する以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 以下の A～D の説明に対応する適切な森林のバイオーム名を 1 つ答えよ。

- A 地中海性気候の地域で主にみられる。
- B 熱帯・亜熱帯で雨季と乾季が明確な地域で主にみられる。
- C 日本では九州から本州中部の低地(丘陵)帯で主にみられる。
- D 年平均気温が比較的低い冷温帯地域で主にみられる。

(イ) 上記の A～D の各バイオームで優占する樹木を以下の①～⑩から過不足なく選び、その番号を答えよ。

- ① タブノキ ② フタバガキ ③ アコウ ④ ミズナラ
- ⑤ チーク類 ⑥ オリーブ ⑦ トドマツ ⑧ ヒルギ類
- ⑨ カエデ類 ⑩ カシ類

(問 6) 下線部 d)に関する以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 菌類が栄養分を消化し摂取する方法は、動物とどのように異なるか。60 字以内で説明せよ。

(イ) 標識再捕法は移動性の高い動物の個体群密度の推定方法である。この方法を用いた計算過程を示した以下の文の に当てはまる数字を答えよ。

ある池でフナを 匹捕獲し、標識をつけて放流した。数日後、同じ池でフナを 75 匹捕獲したところ、68 匹に標識がついていなかった。1 回目と 2 回目の捕獲は同条件で行い、その間に移動・死亡などで池内のフナの個体数が変化することはなく、標識フナとその他のフナは池内で均一にまじりあっており、標識の有無が捕獲効率に影響を及ぼすことはなく、標識も外れることはなかったと仮定した場合、この池には合計 525 匹のフナが生息すると推定された。

(ウ) (イ)で行った調査において、2 回目の捕獲の前に一部の標識フナの標識が外れていた場合、実際の池全体のフナの個体数は、推定値より大きいか、それとも小さいか、答えよ。

地 学

1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

次の図1は、ある河川に直交する地質断面とボーリング地点を表しており、図2はボーリングで得られたコア試料である。地表に露出している地層X、Yを調査した結果、地層X、Yは水平で、地層Yの上部からは、アサリやハマグリなどの化石が産出した。また、コア試料と地表に露出している基盤岩を調べたところ、基盤岩はCaCO₃を主体とし、コア試料中の基盤岩からは、^{a)}図3の化石が見つかった。コア試料の砂岩には、マガキ類のカキ礁の一部が含まれ、泥岩からは鯨骨化石の一部が見つかった(図2)。なお、この地域は、基盤岩と地層Xとの境界である不整合面が形成された後、一定の速さで隆起していることが明らかになっている。

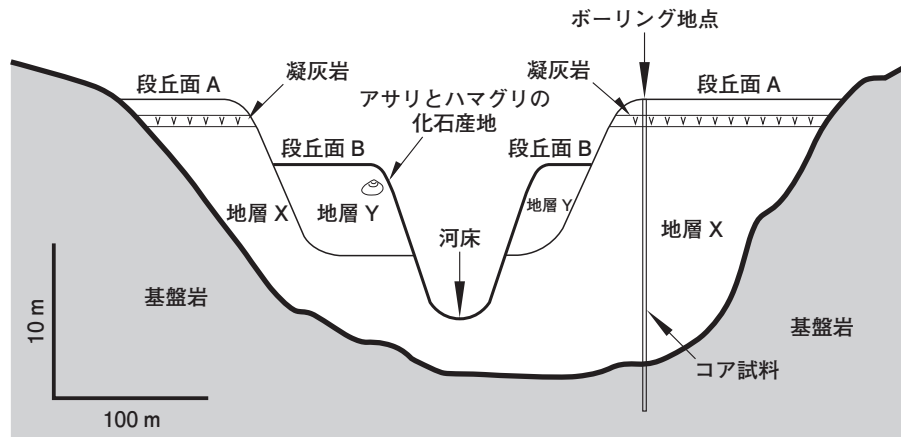


図1 ある河川に直交する地質断面とボーリング地点

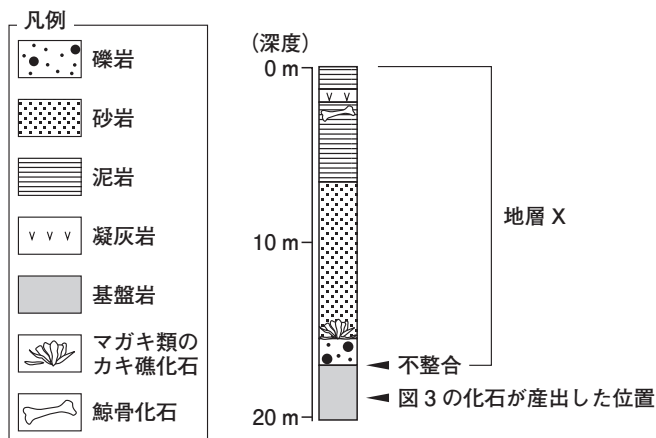


図2 ボーリング調査で得られたコア試料



図3 コア試料中の基盤岩から見つかった化石

(問 1) 下線部 a)を参考にして、基盤岩を形成している岩石と図 3 の化石名、地質年代を答えよ。

(問 2) 地層 X が堆積した当時の堆積環境や古環境の変遷について、図 2 のコア試料を参考に 200 字程度で述べよ。

(問 3) 河岸段丘や地層 X、Y の形成は、海水準の変動やこの地域の隆起などの構造運動の影響を強く受けている。次の図 4 は、この地域の海面の変動の様子を示している。地層 Y の堆積時期として最も適当なものを、図 4 中の P～R の中から 1 つ選べ。

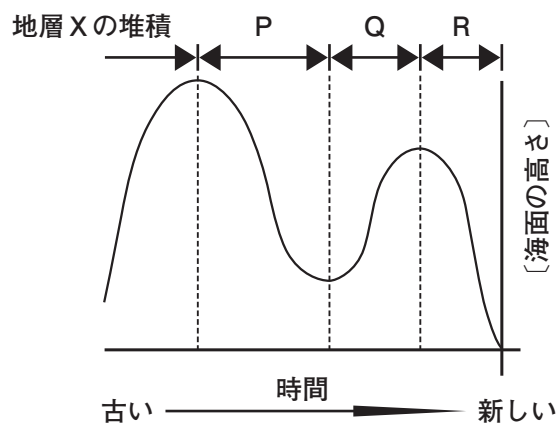


図 4 この地域における海面の高さの変動

(問 4) この地域の地形・地質について述べた文として正しいものを、次の①～④から 2 つ選べ。

- ① 河岸段丘の段丘面 A と段丘面 B では、段丘面 A が古い。
- ② 地層 X が形成された後、この地域は侵食作用の影響を受けていない。
- ③ 段丘面 A の形成後に凝灰岩が堆積した。
- ④ 地層 Y からは、アサリやハマグリなどの化石と共に巣穴などの生痕化石が見つかる可能性がある。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

岩石が最初に形成されたときとは異なる温度、圧力、その他の外的条件のもとに長い期間置かれると、鉱物どうしの化学反応が起こって、新しい温度や圧力のもとで安定な新しい鉱物に変化する。このように新しく変成鉱物ができる現象を という。こうした が起こる作用を変成作用とよび、変成作用を受けた岩石を変成岩という。

温度の高い火成岩体が地殻の上部に貫入すると、それに接する岩石は温度が上昇し、変成作用 a) が起こる。 この作用によって泥岩や砂岩などの堆積岩が すると、硬くて緻密な岩石である に変化する。この変成作用は温度の上昇がおもな原因であり、一般に 作用を伴わない。

プレートが収束する島弧-海溝系や大陸どうしが衝突する地域では、一般には幅数十 km 以上 b) の範囲で変成作用が起こる。 この作用が生じると、岩石が地殻応力によって 作用を受け、薄くはがれる構造である が発達した岩石が形成される。こうした作用がおよぶ地域は、長さ数百 km またはそれ以上にわたって細長く分布することが特徴である。

(問 1) 上の文章中の空欄 ~ に入る語を答えよ。

(問 2) 下線部 a) および b) のような変成作用を何というか答えよ。

(問 3) 石灰岩が下線部 a) の作用を受けて生成された岩石を何というか答えよ。

(問 4) 下線部 b) のような変成作用は2つの型とその中間型に区分される。その2つの型は、何と呼ばれるか。また、それぞれの型によって生成される変成岩の名称を答えよ。

(問 5) 次の図5は、変成岩に含まれる Al_2SiO_5 という化学組成をもつ鉱物が、温度と圧力によって3種類の鉱物に変化することを示したグラフである。

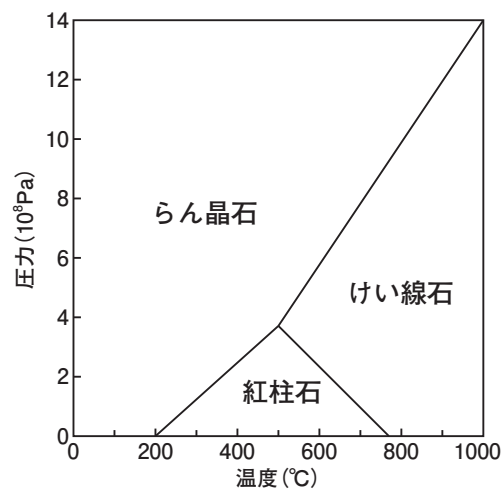


図5 化学組成 Al_2SiO_5 の鉱物の温度・圧力条件

- (ア) 上の図5のように同じ化学組成であっても温度・圧力の範囲が異なれば、別の鉱物になる。それらの鉱物は何が異なるのか答えよ。
- (イ) 上の図5の3つの鉱物のような相互関係を何というか答えよ。
- (ウ) 日本の代表的な変成帯である領家変成帯において、変成作用が進むと、どの鉱物がどの鉱物に変化するか説明せよ。

3 次の図6について、以下の問いに答えよ。

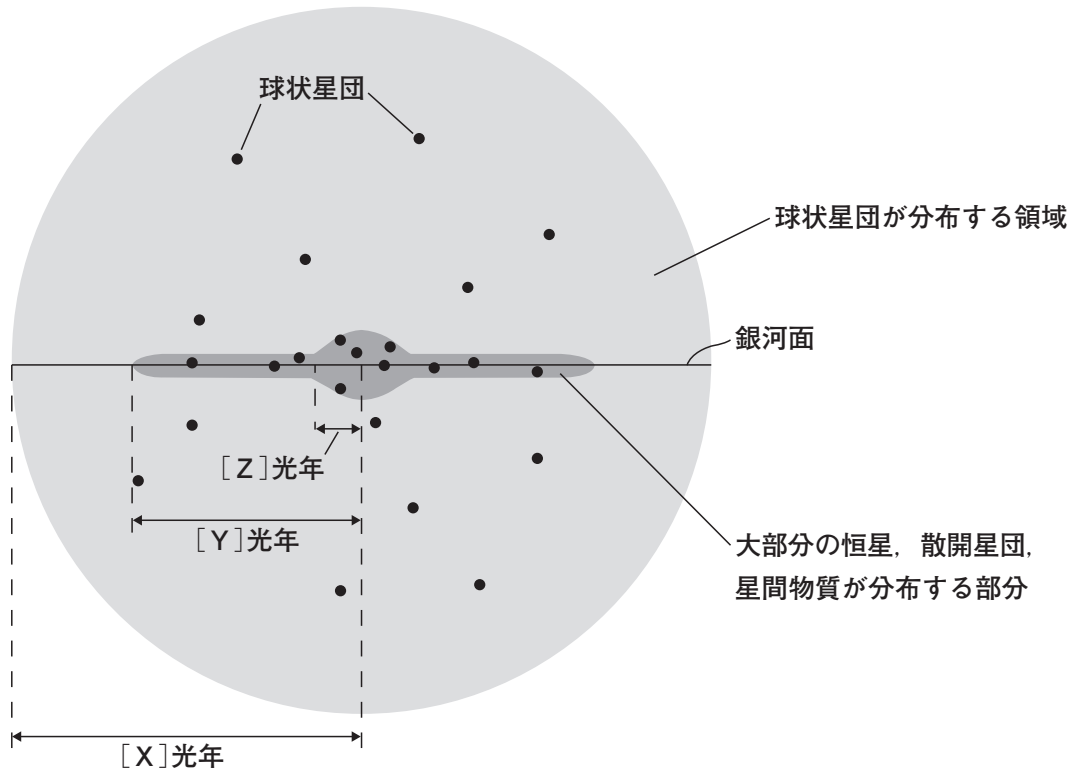


図6 銀河系の模式的な断面図(銀河面に垂直な断面図)

- (問 1) 上の図6に銀河系の模式的な断面図を示した。[X], [Y], [Z]に適切な数値を入れよ。
- (問 2) 球状星団が分布する半径[X]光年の球状の領域を何というか答えよ。
- (問 3) 銀河系中央部の半径[Z]光年程度の膨らみの部分を何というか答えよ。
- (問 4) 太陽付近での銀河回転の速さを 220 km/s とする。太陽付近の銀河回転の周期(年)を求めよ。ただし、銀河系中心から太陽の距離は 28000 光年 、 1 光年 は $9.5 \times 10^{12} \text{ km}$ 、 1 年 を $3.2 \times 10^7 \text{ s}$ とする。解答用紙には計算過程も示すこと。
- (問 5) ダークマターについて、次の語をすべて用いて 150 字程度で説明せよ。

銀河系の質量 銀河回転 引力

4 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球上の水の総量は約 1.4×10^{21} kg であり、そのうち 97 % は海水、残りの 3 % は陸地に存在する水(陸水)と見積もられている。また大気中の水蒸気量は、わずか 0.001 % と見積もられている。このように大量の水が存在する海から蒸発した水是水蒸気となり、海上の大気中で降水となり再び海に戻る。しかし、海上の水蒸気の一部は陸上へ移動して降水となり、やがて海に戻る。このような一連の流れが水循環であり、図7にその概念図を示す。

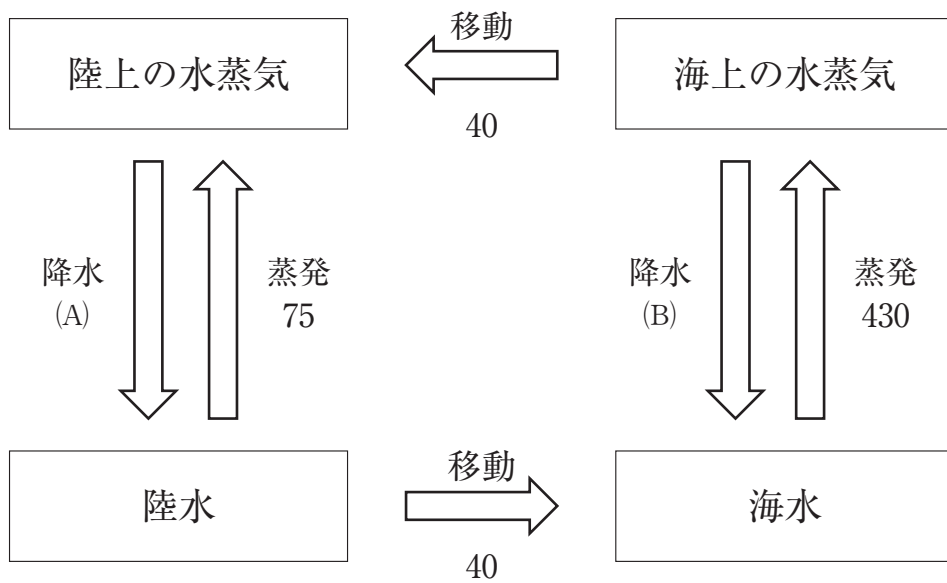


図7 地球上の水循環と移動量(単位： $\times 10^{15}$ kg/年)

(問 1) 陸水はどこに存在しているか、下の語群から多いものを2つ選べ。

(語群) 地下水 河川 土壌 湖沼 氷河・氷床

(問 2) 図7の移動量は、全体として収支がつり合っている。その場合、陸上の降水(A)と海上の降水(B)を計算せよ。単位は、 $\times 10^{15}$ kg/年とする。

(問 3) 図7の海水と陸水の平均的な滞留時間(とどまることができる時間)は、それぞれどの程度になるか、適切な時間を下から選べ。

数年 数十年 数百年 数千年 数万年

(問 4) 大気中の水蒸気は地球上に均一に分布しており、海と陸の面積比を7:3と仮定する。その場合、図7の海上と陸上の水蒸気の平均的な滞留時間は、どちらが何日長いかが、有効数字1桁で答えよ。途中の計算過程も含めて記せ。