

令和7年度 入学試験問題

生 物

70

(前期日程・私費外国人留学生選抜)

「解答はじめ」の合図があるまでは問題冊子を開いてはいけません。

注意事項

1. 問題冊子は1ページから15ページまでの綴りでできています。「解答はじめ」の合図の後、ページの落丁、乱丁あるいは印刷の不鮮明なものがあれば、手をあげて試験監督者に申し出てください。
2. 問題は4問あります。解答用紙は合計4枚あります。4枚の解答用紙の全てに受験番号を必ず記入してください。
3. 解答は該当する解答用紙の解答欄に記入してください。
4. 問題冊子の空白ページや余白は、下書き用紙として使用してください。
5. 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

以下の文章を読み、問いに答えよ。

水溶液とは水に物質が溶けたものを指し、溶けている物質は溶質とよばれる。細胞内は細胞質基質で満たされており、細胞の外側にも水を主体とした液状の物質が存在する。そのため、細胞膜周辺は溶質の種類や濃度が異なる水溶液が、細胞膜に隔てられて存在している状況とみなすことができる。

細胞膜の基本構造にみられる ^(ア) 脂質二重層は、リン脂質が集まってできている。細胞膜を介したイオン、栄養、老廃物、情報伝達に関わる物質などの出入りは細胞の生存や活動に必須であり、これらの物質の中には ^(イ) 脂質二重層を直接透過するものがある。一方、脂質二重層を直接通り抜けることのできない溶質は、^(ウ) 細胞膜を貫通して存在する膜タンパク質からなる、溶質選択的なチャネルや輸送体を通る。細胞膜を隔てた濃度勾配にしたがって、溶質が細胞膜を透過することは受動輸送とよばれ、ATP のエネルギーを必要としない。細胞膜を隔てて溶質に濃度勾配が生じた場合、これが解消される方向に力（浸透圧）が生じ、アクアポリンとよばれる水の通り道となる膜タンパク質を介した水分子の移動が生じる。

ヒトにおける受動輸送の例として、血しょう中のグルコースは、^(エ) グルコース輸送体 (GLUT) とよばれる膜タンパク質により、選択的に細胞内に取りこまれ、その後、速やかに代謝される。細胞内のグルコースは低い濃度に維持される。グルコースの細胞内への取りこみや、浸透圧の変化にともなう水分子の移動は、医薬品のはたらきにも利用されている。例えば、^(オ) 5%グルコース水溶液は、脱水などで失われた細胞内液と細胞外液へ水を補給する際に利用される。

問1 下線部（ア）について、脂質二重層の中では、リン脂質分子の構造中にみられる親水性を示す部分と、疎水性を示す部分はどのように配置されるか。2行以内で記せ。

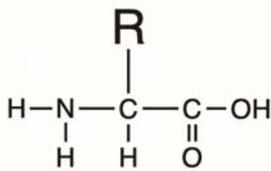
問2 脂質とよばれる生体分子には、リン脂質の他に、エネルギーの貯蔵などに利用される脂肪も含まれる。脂肪は1分子のグリセリンと3分子の脂肪酸が結合した構造をもつ。水溶液中で、脂肪が集合して脂質二重層と同様の膜構造はつくられるか否か、理由とともに5行以内で記せ。

問3 下線部（イ）のような性質を持つ溶質として適したものを選択肢 A～F の中から 2 つ選び，解答欄中の記号を丸で囲め。また，それらを選択した理由として，脂質二重層を直接透過する上で重要となる溶質の性質を 1 行で述べよ。

- A) 二酸化炭素 B) ヘモグロビン C) ナトリウムイオン
 D) 糖質コルチコイド E) インスリン F) グリコーゲン

問4 下線部（ウ）のような，細胞膜を貫通する膜タンパク質の構造は，細胞内と細胞外の脂質二重層の表面に露出する部分と，脂質二重層の内部に埋もれる部分に分かれている。図 1 の A～D の側鎖を持つ 4 つのアミノ酸のうち，脂質二重層の内部に埋もれる部分を構成するものとして，最も好ましいものを 1 つ選び，記号で答えるとともに，選択した理由を 2 行以内で記せ。

アミノ酸の基本構造



側鎖Rの構造

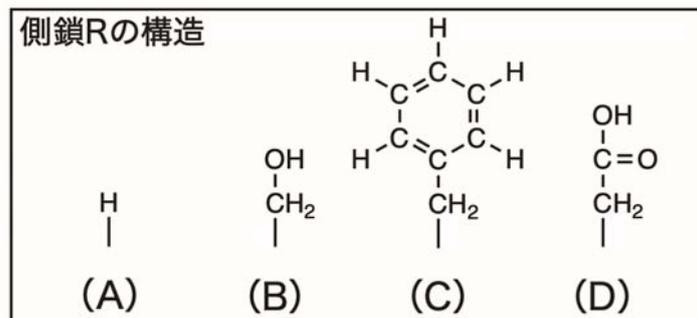


図 1

問5 下線部（エ）について，さまざまな溶質分子が存在する中で，GLUT はなぜグルコースを選択的に細胞内に取りこむことができるのか。GLUT の選択性を与える分子構造上のしくみを，3 行以内で記せ。

問6 下線部（オ）について，細胞内とほぼ等しい浸透圧をもつ 5%グルコース水溶液（等張液）の静脈への投与は，この水溶液が細胞外液として加えられたことになるが，時間の経過とともに，この溶液中の水は細胞内へ移動する。この水の移動はどのようにして生じると考えられるか。GLUT による細胞内へのグルコースの取りこみをふまえて，4 行以内で記せ。

2

以下の文章を読み、問いに答えよ。

ヒトは食後、糖やタンパク質を胃や腸の消化管から吸収して、グルコースやアミノ酸に分解する。消化管で生じたグルコースやアミノ酸は、血液中に放出される。その結果、血液中のグルコース濃度やアミノ酸濃度が上昇する。肝門脈を通過して肝臓に入ったグルコースは、肝細胞に取りこまれて、数万個が結合してグリコーゲンとなって貯蔵される。骨格筋中の筋細胞に取りこまれたグルコースも同様に、グリコーゲンとして貯蔵される。各細胞内のさまざまな反応で生じたアンモニアなどの老廃物は血液中に入り、腎臓に運搬されて尿として体外に排出される。

〔I〕 食後グルコース濃度が上昇した血液が、**ア**を流れると**ア**からインスリンが分泌される。インスリンは、肝臓や骨格筋中の細胞内へのグルコースの取りこみや細胞中でのグルコースの消費を促進する。その結果、血液中のグルコース濃度は低下して通常の濃度にもどり、細胞は栄養を取りこむことができる。図1は、健康な人と糖尿病患者(AとB)の食後(同一の食事)における血液中のグルコース濃度とインスリン濃度の時間変化である。食事開始は時間0である。実線は血液中グルコース濃度、点線は血液中インスリン濃度を表している。

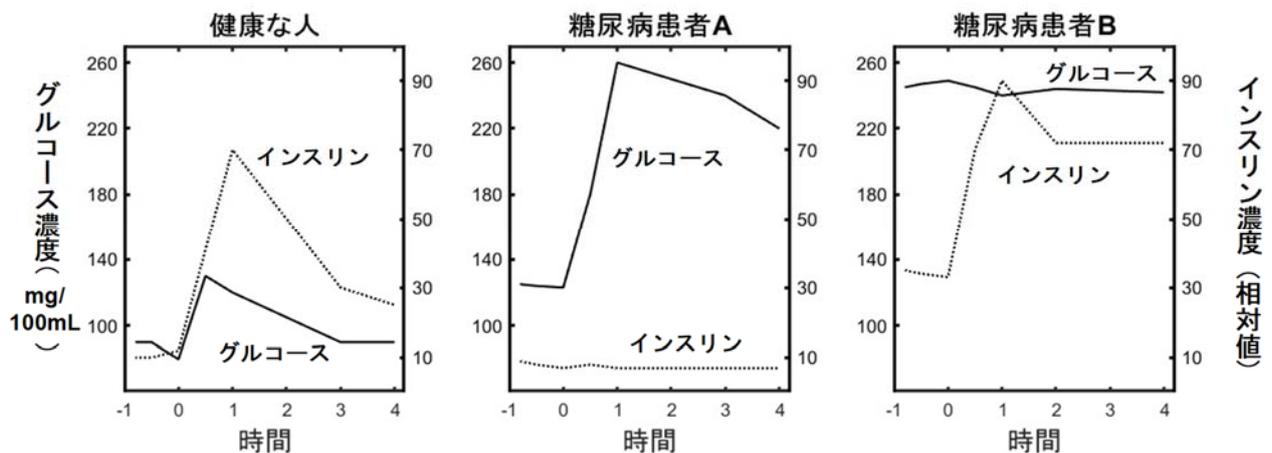


図1

問1 上記の文章の空欄アに入る適切な臓器は何か、答えよ。

問2 健康な人と比べてとき、糖尿病患者(AとB)に共通する特徴は何か、図1から読み取り、1行で記せ。

問3 糖尿病患者(AとB)の病気の原因は、それぞれ異なっている。図1の結果に基づいて患者AとBの糖尿病の原因を推測し、それぞれ1行で記せ。

問4 糖尿病患者Aに対する治療法を考えて、その治療法を1行で記せ。

〔Ⅱ〕 食後、激しい運動をするとグルコースはエネルギー源として消費されるが、血液中グルコース濃度の著しい低下は起こらない。

問5 運動時血液中グルコース濃度の著しい低下を抑えて通常の濃度に保つために、どのようなしくみが考えられるか、1行で記せ。

問6 運動時多量のアデノシン三リン酸(ATP)を必要とする筋細胞では、呼吸の過程でATPが合成される。電子伝達系で、解糖系やクエン酸回路から生じたNADHと酸素から、水が生じる酸化リン酸化で、ATPを生成するしくみはどのようなものか、3行以内で記せ。

問7 呼吸により酸素が消費されて、二酸化炭素が排出されるが、二酸化炭素はどの過程から生成するのか、下記から選び番号を答えよ。

- ① 解糖系
- ② クエン酸回路
- ③ 電子伝達系

問8 運動時筋収縮に必要なATPをすばやく供給するためには、筋細胞内にATPのエネルギーを貯蔵しておく必要がある。このATPのエネルギーを貯蔵するしくみはどのようなものか、1行で記せ。

〔Ⅲ〕 血液中のアミノ酸は、各組織の細胞でタンパク質や核酸などの材料として利用される。余剰のアミノ酸は、各細胞の呼吸の過程で消費されて、生体にとって有毒な物質であるアンモニアが血液中に放出される。アンモニアは肝臓で毒性の少ない尿素に変えられた後、血液中にもどり、腎臓に運搬されて体外に排出される。

図2のように、腎臓に入った尿素を含む血液は、糸球体でろ過(物質の大きさによるふるい分け)され、原尿となる。原尿が細尿管・集合管の中を流れる過程で、水、無機塩類、グルコースなどのからだに必要な物質は、それらを選択的に輸送するタンパク質のはたらきで、細尿管・集合管を取り巻いている毛細血管中に再吸収される。再吸収されなかった不要な物質が、尿として体外へ排出される。

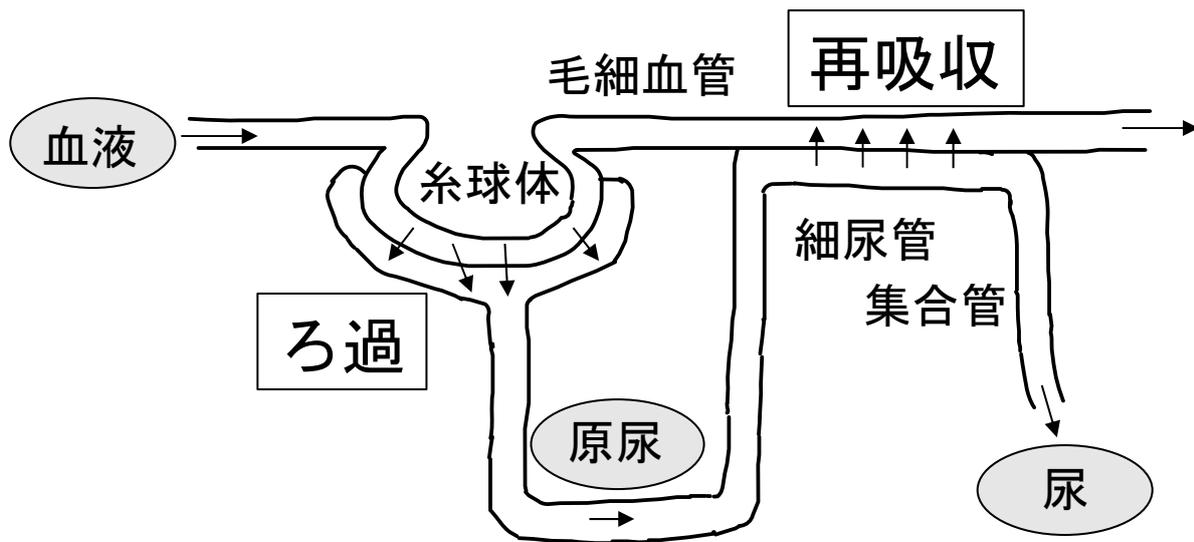


図 2

さて，腎臓におけるろ過と再吸収のはたらきを調べるために，ある人の血しょう，原尿，尿の成分を測定した。その結果を表 1 に示す。血しょうとは，血液から有形成分である赤血球，白血球，血小板を除いた液体成分である。表 1 中のイヌリンはヒトの体内では利用されない物質である。血しょう中のイヌリンは，すべてろ過されるが，全く再吸収されずに，ただちに尿中に排出される。イヌリンの濃縮率(尿中のイヌリン濃度)/(血しょう中のイヌリン濃度)から原尿の量を計算できる。

表 1

成分	血しょう (%)	原尿 (%)	尿 (%)
タンパク質	7.2	0.0	0.0
グルコース	0.10	0.10	0.0
尿素	0.030	0.030	2.0
イヌリン	0.10	0.10	12

%は質量パーセント濃度を表す。

問 9 表 1 の結果から，1 分間あたり何 mL の原尿が生成されたか，答えよ。ただし，尿は 1 分間に 1 mL 生成されるものとする。

問 10 原尿中のグルコース，水，尿素は，それぞれ何%再吸収されたか，有効数字 2 桁で答えよ。

問 11 水の再吸収率が 1%減少すると尿量は何倍になるか，有効数字 2 桁で答えよ。

問 12 健康な人では、血しょう中のタンパク質は、尿中に排出されない。どのような理由が考えられるか、1行で記せ。

問 13 糖尿病患者では、グルコースを含む尿が排出される。どのような理由が考えられるか、1行で記せ。

以下の文章を読み、問いに答えよ。

脊椎動物における神経細胞の興奮の伝達について、図1のような実験装置を用いて、神経細胞A～Dのシナプスにおける情報伝達の実験を実施した。各シナプスで働いている神経伝達物質は、グルタミン酸あるいはγ-アミノ酪酸（GABA）のどちらか一方である。神経細胞と記録電極は、生理的塩類溶液に浸してある。以下の実験に関し、各問いに答えよ。

【実験】 神経細胞A～Cの各細胞に電気刺激装置で電気刺激をおこない、神経細胞Dの軸索小丘部分に記録電極1を、軸索末端部分に記録電極2を刺入し、オシロスコープ1と2で膜電位変化を測定した（図1）。記録電極1と2の距離は60 cmとする。各刺激条件の時にオシロスコープ1で膜電位変化を記録した（図2）。ただし、刺激開始時を0ミリ秒とする。

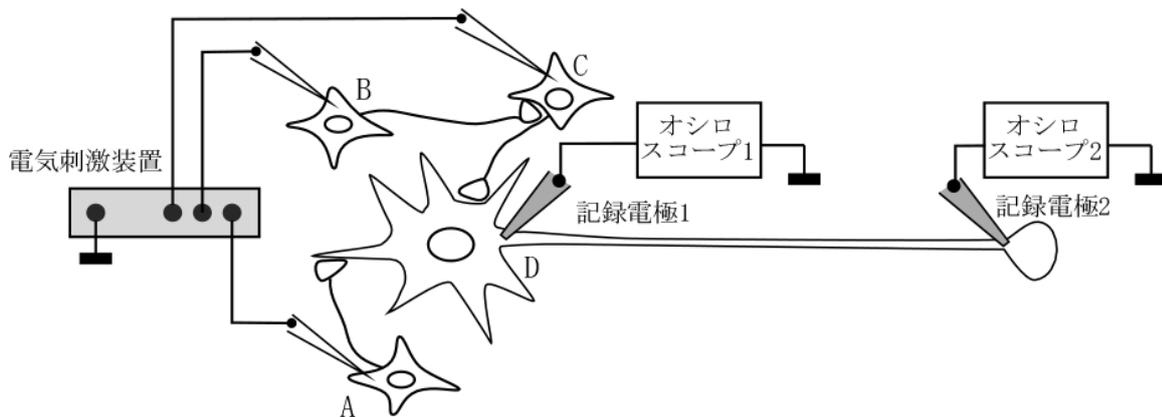


図1

問1 シナプス後細胞である神経細胞Dの静止電位は何mVか、答えよ。

問2 神経細胞AとDの間のシナプス部分を拡大して図3に示す。以下の問いに答えよ。

- (1) シナプス前細胞である神経細胞Aを電気刺激すると活動電位が発生し、神経細胞Aの神経終末に到達後、脱分極（膜電位がゼロに近づく変化）を引き起こす。これが刺激となり、電位依存性Xイオンチャネルが開口する。このXイオンチャネルはどのイオン種をよく通すか、答えよ。

オシロスコープ1の記録

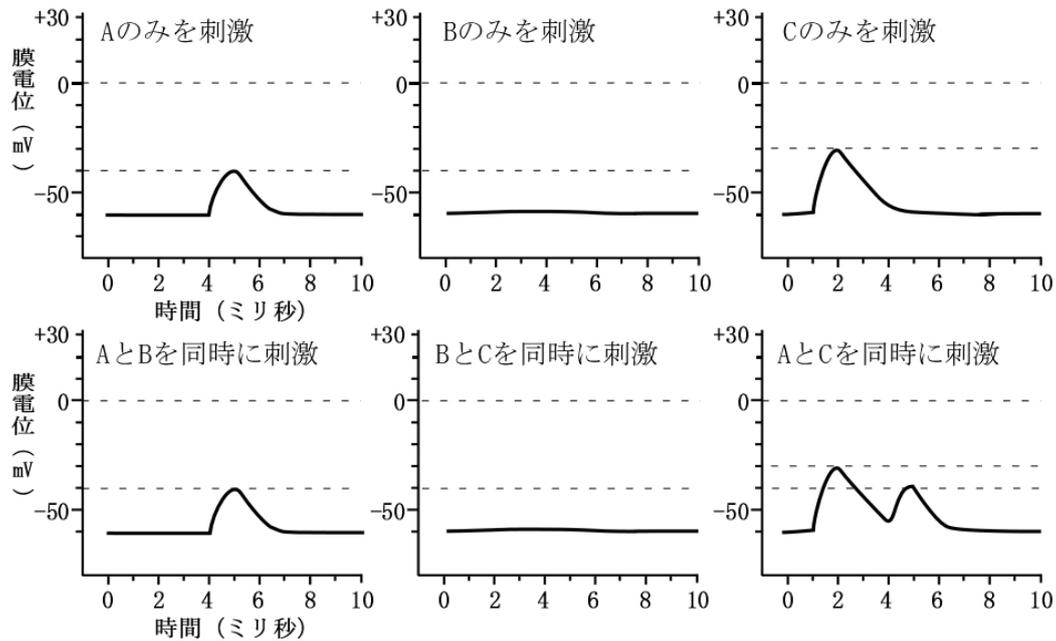


図 2

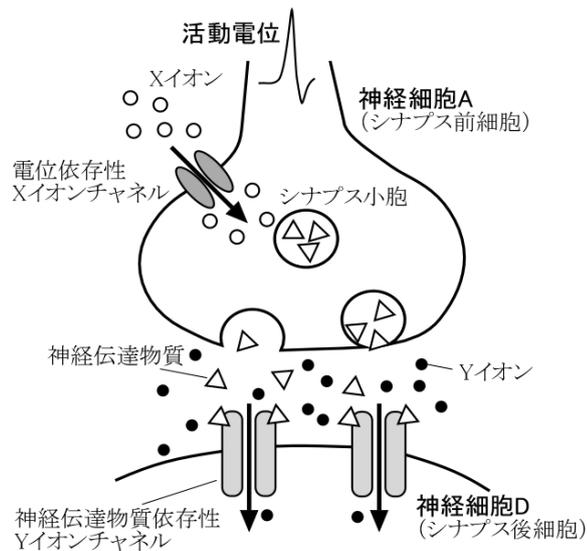


図 3

- (2) 細胞内に X イオンが流入することで、シナプス小胞に含まれる神経伝達物質が放出される。放出された神経伝達物質はシナプス間隙を拡散し、シナプス後細胞である神経細胞 D の神経伝達物質依存性 Y イオンチャネルに結合し、チャネルが開口する。図 2 の神経細胞 A のみを刺激した時のような膜電位変化が生じた場合、この Y イオンチャネルはどのイオン種をよく通すか、答えよ。

(3) 図2の神経細胞Aのみを刺激した時、記録電極1で記録された膜電位変化を何というか、答えよ。

(4) 神経細胞Aを刺激してから、記録電極1の部位での膜電位変化が生じるまでに遅れ時間が生じた。その理由を2行以内で記述せよ。

(5) 放出された神経伝達物質は速やかに分解される。その意義を2行以内で説明せよ。

問3 図2のオシロスコープ1の記録結果から、(1) 神経細胞AとDの間のシナプス、(2) 神経細胞BとCの間のシナプス、(3) 神経細胞CとDの間のシナプスは、それぞれ(a) 興奮性シナプスと(b) 抑制性シナプスのどちらか、記号(a)か(b)で答えよ。また、その理由を2行以内で述べよ。

問4 神経細胞A, B, Cを同時に刺激した時に記録電極1で生じる膜電位変化を図示せよ。

問5 GABA依存性イオンチャネルに対する高濃度の阻害剤を神経細胞A~Dに与えた状態で、神経細胞A, B, Cを同時に刺激した。記録電極1で生じる膜電位変化を図示せよ。

問6 グルタミン酸依存性イオンチャネルに対する高濃度の阻害剤を神経細胞A~Dに与えた状態で、神経細胞A, B, Cを同時に刺激した。記録電極1で生じる膜電位変化を図示せよ。

問7 神経細胞Aを刺激してから、3ミリ秒後に神経細胞Cを刺激し、その5ミリ秒後に神経細胞Bを刺激し、膜電位変化を記録した。以下の問いに答えよ。

- (1) 記録電極 1 で測定される膜電位変化で最も近いものは、図 4 の (ア) ~ (カ) のうちどれか、答えよ。

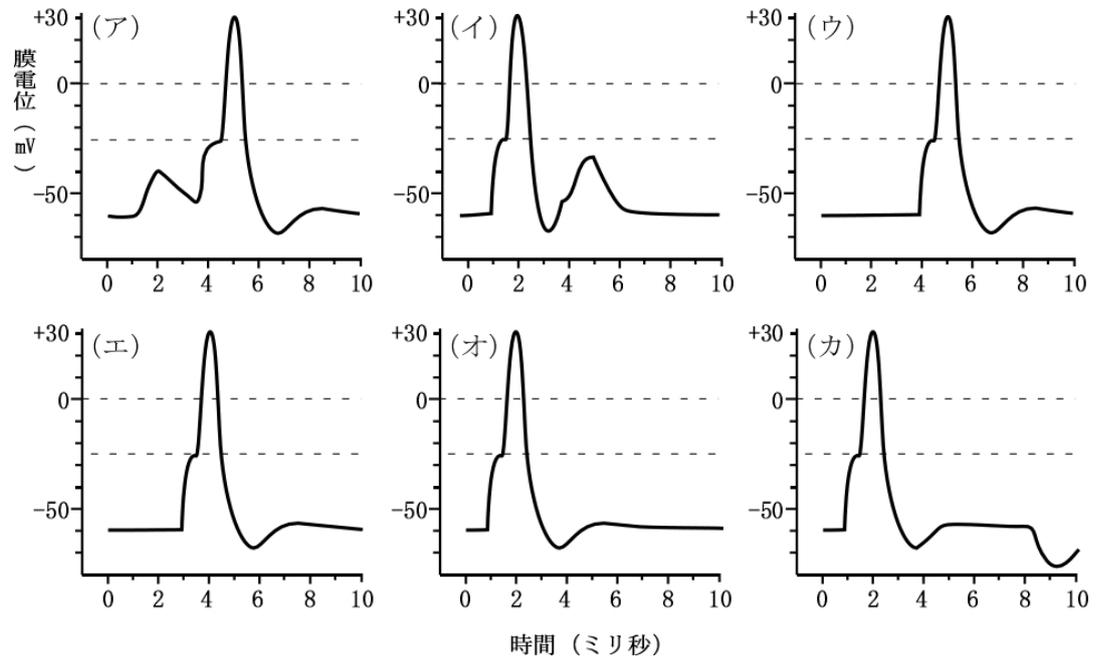


図 4

- (2) 活動電位の 0 mV へ近づく膜電位変化には、電位依存性ナトリウムチャネルの開口とそれに伴うイオンの流れが関わっている。その際、 Na^+ は細胞内外のどちら側からどちら側へ移動するか、記せ。また、活動電位のピークに近づくと電位依存性ナトリウムチャネルは閉じ、遅れて電位依存性カリウムチャネルが開く。 K^+ は細胞内外のどちら側からどちら側へ移動するか、記せ。
- (3) 記録電極 2 で活動電位の最大値が記録される時間は、神経細胞 A を刺激してから何秒後か、計算式と答えを記せ。ただし、活動電位の伝導速度は 30 m/秒とする。
- (4) 活動電位が生じると、活動電位が発生した興奮部分と隣接した静止部分の間に電位差が生じる。これが新しい刺激となり興奮部分の隣りに新しい活動電位が発生し、興奮が伝わる。この興奮は一方向にのみ伝わり、興奮を終えた部分に逆戻りしない。その理由を 2 行以内で答えよ。

以下の文章を読み、問いに答えよ。

[I] 同一種の生物にも、さまざまな形質を持つ個体が含まれている。(ア) 環境に応じて生存や繁殖に有利な形質を持つ個体がより多くの子孫を残す。その結果、そのような形質が集団内での割合を高め、種に固定されていく。遺伝的な形質の違いは、突然変異によるゲノム DNA の塩基配列の違いに基づいている。

進化の過程で生物はまた、1つの種から2種に分化することがある。同一種の2つの個体群が (イ) 地理的に隔離された後、長い時を経て両群間に生殖的隔離が成立すると、種分化にいたる。 DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の種間での違いは、種分化以降の時間がたつにつれ増加し蓄積する。したがって (ウ) 複数の種の間で塩基やアミノ酸の置換の度合いを比較することにより、それらの種の系統関係や分岐年代を推定しうる。 系統関係や分岐順序を樹木の形に表わした図を系統樹という(次々ページの図1参照)。

一方、1つのゲノム内にも、塩基配列の似た遺伝子が複数ある場合がある。それらは (エ) もとの祖先遺伝子がゲノム内で重複して誕生したと考えられている。重複した遺伝子に突然変異が起こることによって、異なる機能を持つ新たな遺伝子が生じうる。

問1 サルやシカなど多くの動物では、群れに「見張り」役がいて、敵の襲来に気づくと警戒音を発して、群れの他個体にいち早く知らせる。逃げる時間がかせげる他個体にとっては有利な行動様式だが、見張り役の個体にとっては危険性が高まるので不利な形質である。下線部(ア)によれば、不利な形質を持つ個体は子孫を残しにくく、その形質は群れや種からなくなるはずだが、実際には見張り役は存続する。その理由を、次の2つの語句を含めて4行以内で説明せよ。

語句：血縁関係，利益

問2 下線部(イ)に関連して、地理的に隔離された集団の個体数が少ないほど、新たな形質や塩基配列が集団全体に固定しやすい。その理由を2行以内で説明せよ。

問3 下線部（ウ）に関連して、次の表1は5種の哺乳類でヘモグロビン α 鎖を比較している。全長が約140アミノ酸である α 鎖のアミノ酸配列について、2種間で異なっていたアミノ酸の数（アミノ酸置換数）を示している。解答欄の図に、動物名と線を書き加え、系統樹を完成せよ。

表1

	ヒト	ウシ	イヌ	ウサギ	カモノハシ
ヒト	0	14	18	25	36
ウシ		0	20	27	38
イヌ			0	27	38
ウサギ				0	39
カモノハシ					0

問4 ヘモグロビンは α 鎖と β 鎖が結合して働くタンパク質である。この β 鎖も、やはり全長が約140アミノ酸であり、その配列は α 鎖と似ている。ヒトの β 鎖と α 鎖のアミノ酸置換数は88である。ヘモグロビンのアミノ酸1つが置換されるのに必要な年数が、どの生物でも一定だと仮定すると、下線部（エ）に関連して α 鎖と β 鎖の遺伝子が分岐したのは何億年前だと考えられるか、計算式と答えを記せ。ただし、カモノハシの祖先とヒトの祖先が分岐したのは1.9億年前（1億9000万年前）だと仮定し、答えは有効数字2桁で記せ。

[II] 次の図1は、アミノ酸配列や塩基配列などに基づく脊椎動物12種類の系統樹である。現存する動物は右端に、絶滅した動物はそれより左に配置している。同一の祖先種に由来するすべての子孫種からなる生物群を「単系統群」とよぶ。系統分類における属・科・目・綱・門などの分類群は、原則として単系統群である。

問5 脊椎動物はしばしば次の5群に分類される。図1の12種類のうち、絶滅した恐竜2種類（ティラノサウルスとステゴサウルス）を除く10種類を、この5群に分類し、解答欄に記せ。また、この5群のうち単系統群に○を、それ以外に×を括弧（ ）内に記せ。

- ① 魚類 ② 両生類 ③ ハ虫類 ④ 鳥類 ⑤ 哺乳類

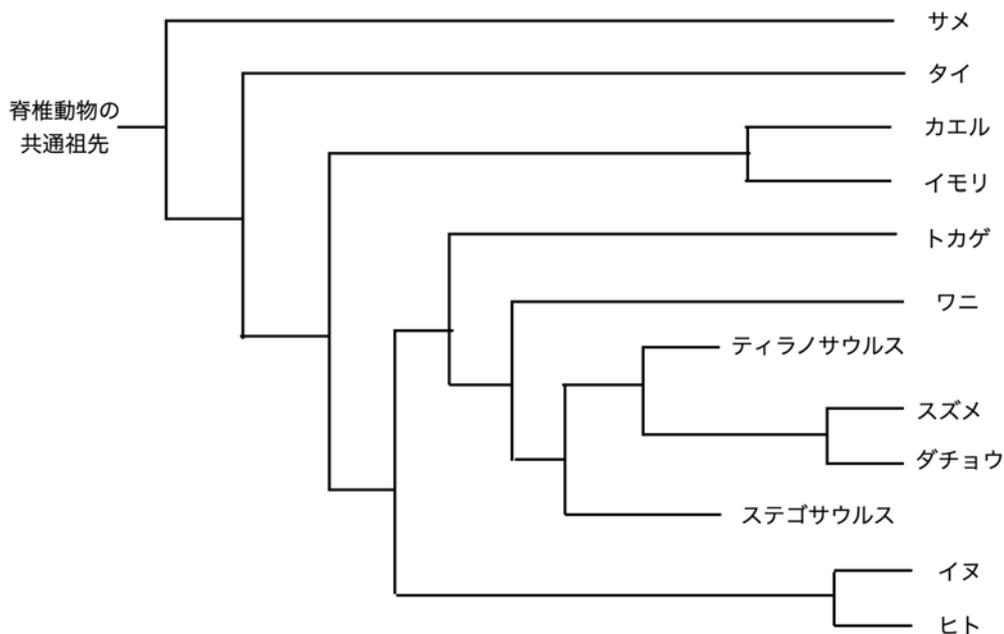


図 1

問 6 高校生 A, B, C の 3 人は、図 1, 問 2, 問 5 から、次のような会話を交わした。これを読んで、下の (1) ~ (3) の小問に答えよ。

A: 「鳥 (英語で bird) は恐竜から進化した、つまり恐竜から変化した別のグループだ」と聞いたことがある。でもこの図によると、「鳥は恐竜である、つまり恐竜グループの一員だ」と言うのが正しいね。

B: 同じように考えると、魚類という分類群は生物学の原則に反するから、「魚 (英語で fish) は非科学的な概念だ」とみなすべきだね。

C: でも問 2 に書かれているように、生物の集団が大きいと形質やゲノムが変化しにくく安定なのに対し、そこから隔離された集団の個体数が少ないと、どんどん速く変化するよね。そうすると、「大空に進出した鳥は、恐竜とは別物」つまり「両者は別の分類群」と言えると思う。また、「水中にとどまった魚は、上陸した他の 4 群とは別物」つまり「タイやサメは魚類として一まとまりの分類群」と言えるでしょう。

- (1) AさんとBさんの主張の根拠を，系統と分類の観点から3行以内で説明せよ。
- (2) Cさんの考えを，系統と分類の観点から3行以内で説明せよ。
- (3) A, B, C 3人の主張や考えに対してあなたはどのように考えるか，4行以内で意見を述べよ。この問いに「唯一の正解」はないので，筋道が論理的で明瞭であれば，個人の見解でよい。