

東京慈恵会医科大学医学部 生物 傾向と対策

■ 概要

東京慈恵会医科大学医学部の理科は2科目合計120分、200点満点。英数はそれぞれ100点で1次試験総点は400点です。**生物は全体の配点の4分の1**を占めますので、特に数学の苦手な受験生は化学（あるいは物理）と合わせて理科で高得点を取りたいものです。

慈恵生物は全般的に「教科書レベルの知識を問う問題」「多くの傍用問題集・入試問題過去問で出題されている典型問題」が半数を超える年度が多く、一部の見慣れない素材や実験についても必ず説明がついていますので全般的に「素材として標準的」であるといえます。一方で正確な知識を問う問題や、各大問には必ず1問～3問含まれる論述問題では（特に私大専願の受験生に多い）論述ポイントの見切りに時間を要する場合も考えられ注意が必要です。特に、**論述問題の記述分量は多くなく、A4サイズの解答用紙に1～3行程度**であるため過去問を用いて練習が必要です。

出題分野はまんべんなく出題されますが、「細胞（生物基礎範囲も頻出!）」および「遺伝子・遺伝」は毎年といってよいほど出題されます。また、「個体群」「バイオーム」「進化・系統分類」の出題がどこかの大問となり、「系統分類」は発生学的分類を中心に近年では枝問として出題される場合が多くなっています。また、体液と恒常性の範囲や受容器・効果器の出題も目立っています。

■ 予想

本学は塩基配列を読み解いて変異を解析したり、アミノ酸配列やアミノ酸数などを求める問題が頻出であるといえます。昨年はこのような出題が姿を消しましたが、再び現れる可能性も否定できず、注意が必要です。

本学の出題として、**集団遺伝・ハーディーワインベルクの法則は頻出**で、なおかつ家系図を素材とした遺伝の問題が出題されます。昨年は家系図を素材とはせず、第IV問に例年通りの形式の計算問題が出題されています。近年出題されていない**細胞と代謝の分野**や、生理学では心臓・循環・血液の問題に注意が必要です。また、長らく出題されていなかった神経分野が昨年は予想通り出題されました。一定期間出題が続くことが予想され、注意が必要です。

もちろん、**■概要**に挙げた頻出分野の対策が重要であることは言うまでもありませんが、上記の長らく出題されていなかった分野も十分チェックして、広く深い対策を心がけましょう。

難関大医学部である本学入試を突破し、
合格の栄冠を勝ち取ることのできるよう心より応援しております。

生 物

〈東京慈恵会医科大学 生物演習問題〉

1. 出願時に生物を選択した場合、別途ノートなどに解答を記入しなさい。
2. 入試では選択していない科目の解答用紙は問題配布後に回収されます。
3. 試験開始後、まず解答用紙に自分の受験番号と氏名を忘れず記入しなさい。
4. 試験開始後、速やかに予想問題冊子に落丁や乱丁がないか確認しなさい。
落丁や乱丁があった場合は、配布元まで問い合わせなさい。
5. 下書きや計算は問題冊子の余白を利用しなさい。
6. 入試では記入中でない解答用紙は必ず裏返しにしておきなさい。
7. 本演習問題冊子は本日の入学試験終了後、ぜひ持ち帰ること。
ただし、試験を途中で投げ出してはいけない。

冊 子 目 次

問 題	2 ~ 13	ページ
解 答	14 ~ 15	ページ
傾 向	16 ~ 18	ページ

生 物

1. 細胞とタンパク質に関する各問いに答えよ。

ヒトのからだを構成する細胞が正常に機能するためには、①細胞を構成する様々なタンパク質が、それぞれあるべき場所に運ばれる必要がある。例えば、クエン酸回路を構成する酵素は細胞小器官であるミトコンドリアに運ばれるのに対して、インスリンは膵臓の細胞の外側に放出され、インスリン受容体はグリコーゲンの合成を促進するために肝臓の細胞の細胞膜表面でインスリンのシグナルを受け取る。インスリンのような②分泌タンパク質は粗面小胞体で合成され、ゴルジ体を経て、細胞膜の外側に放出される。この過程はエキソサイトーシスと呼ばれる。一方、エンドサイトーシスで細胞外から取り込まれた高分子などを分解するための細胞小器官であるリソソームで働く分解酵素は、同様に粗面小胞体で合成され、ゴルジ体を経てリソソームに輸送される。細胞内で輸送中のタンパク質は脂質二重膜からなる小さな小胞の中に包まれ、③細胞骨格に沿って移動していることが分かっていたが、小胞がどのようにして中身のタンパク質を正確に目的地に輸送できるのかは謎であった。2013年のノーベル生理学・医学賞は、このタンパク質の小胞輸送のメカニズムを解明したアメリカのシェクマン、ロスマンおよびスードフの3人に授与された。

1人目のシェクマンは、小胞輸送に必要な様々なタンパク質をコードする遺伝子を発見した。彼は、遺伝子の変異により小胞輸送が途中でうまくいかなくなった④酵母の温度感受性変異株を多数取得した。温度感受性の尻に尻は、低温(25℃)では生育できるが、温度を上げると(37℃では)生育できない一倍体の変異体である。これらの変異株の変異遺伝子を同定することで、異なる細胞小器官や細胞表面への輸送をコントロールしている多数の遺伝子が明らかになった。

2人目のロスマンは、⑤小胞が目的地の膜と融合する際の目印となる一連のタンパク質複合体を発見した。下記の図1に示すように、小胞の表面に存在するv-SNAREと総称される一連のタンパク質は、目的地の膜の表面に存在するt-SNAREと総称されるタンパク質のうち対応するものとのみ結合する。このv-SNAREとt-SNAREの結合により小胞の膜と目的地の膜の融合が引き起こされるので、それぞれ異なるv-SNAREを有する小胞は、対応するt-SNAREが存在する正しい場所で膜融合し、対応するt-SNAREが存在しない膜とは融合しないので、小胞の中の積み荷分子を正しい目的地にのみ配達することができる。

3人目のスードフは、脳内で神経細胞から神経細胞へシナプスを介した信号がどのように伝播し、その過程をカルシウムがどのように制御しているかを研究していた。彼は、カルシウムイオンを感知してシナプス小胞の膜融合の引き金を引くタンパク質の1つとしてシナプトタグミン1を同定した。⑥シナプトタグミン1の遺伝子を欠失させたマウスは生後48時間で死亡したので、そこから採取した神経細胞をシャーレ上で培養して電気化学的な性質を調べたところ、カルシウ

ムに依存しない神経伝達物質の放出は正常であったが、カルシウム依存的な神経伝達物質の放出は減少していた。また、カルシウム結合能力を半分に減少させたシナプトタグミン1の変異体遺伝子を作成し、その遺伝子を野生型遺伝子と置換したマウスでは、カルシウム依存的な神経伝達物質の放出が半分に減少した。これらの結果から、①神経細胞の興奮により濃度上昇したカルシウムイオンが、どのようにしてシナプス小胞から神経伝達物質を素早く放出させているかを説明できるようになった。

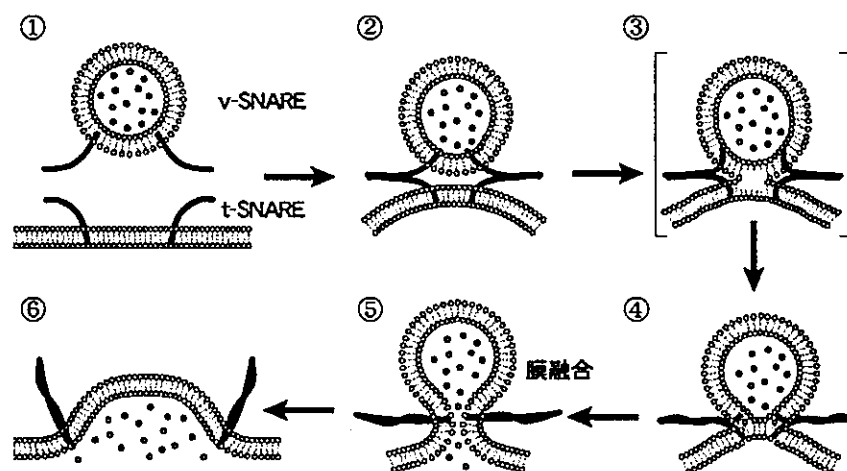


図1 SNARE タンパク質の相互作用を介した膜融合

問 1. 下線部①について、ヒトのタンパク質は、mRNA から翻訳された段階で、おおよそ何種類あると考えられているか、次のA～Eの中から最も適当なものを1つ選び、記号で答えなさい。

- A. 数百～数千
- B. 数万～数十万
- C. 数百万～数千万
- D. 数億～数十億
- E. 数百億～数千億

問 2. 下線部②について、次のA～Eのうち、分泌タンパク質ではないものを1つ選び、記号で答えなさい。

- A. コラーゲン
- B. サイトカイン
- C. トリプシン
- D. ヘモグロビン
- E. 免疫グロブリン

問 3. 下線部③について、細胞骨格の一つである微小管の上を走るモータータンパク質の名称を1つ挙げて書きなさい。

問 4. 下線部④について、得られた変異株は、分泌タンパク質の輸送が途中で止まって分泌タンパク質が蓄積した場所に応じて、表に示すような4種類のタイプに分類された。タイプIの変異とタイプIIIの変異の両方を持つ一倍体の二重変異株を作成したとき、この変異株はI～IVのうちどのタイプの変異型を示すと考えられるか、1つ選び、ローマ数字で答えなさい。

変異のタイプ	分泌タンパク質が蓄積した場所
I	小胞体
II	小胞体からゴルジ体にかけての輸送小胞
III	ゴルジ体
IV	ゴルジ体から細胞膜への分泌小胞

問 5. 下線部⑤について、局在場所が異なる t-SNARE タンパク質と v-SNARE タンパク質をそれぞれ3種類ずつ精製し、人工的な小胞に挿入した。これらの人工小胞を3×3通りの組み合わせで混合した時に膜融合を起こすかどうかをそれぞれ調べたところ、図2に示す結果を得た。

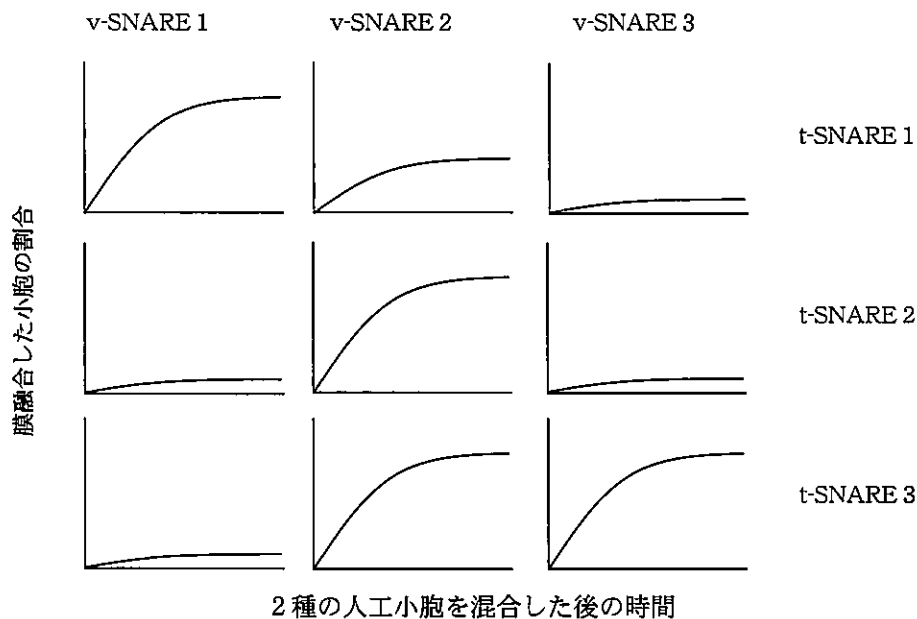


図2 人工小胞の膜融合実験の結果

一方、v-SNARE 1 遺伝子に変異が生じた酵母の変異株は問 4 の表に示したタイプIVの表現型を、v-SNARE3 遺伝子に変異が生じた酵母の変異株はタイプIIの表現型を示した。t-SNARE1～3 の局在場所として最も適当な組み合わせを以下のA～Fの中から一つ選び、

記号で答えなさい。ただし、酵母における液胞は動物細胞におけるリソソームに相当する。

- A. t-SNARE1：ゴルジ体, t-SNARE2：液胞, t-SNARE3：細胞膜
- B. t-SNARE1：ゴルジ体, t-SNARE2：細胞膜, t-SNARE3：液胞
- C. t-SNARE1：液胞, t-SNARE2：ゴルジ体, t-SNARE3：細胞膜
- D. t-SNARE1：液胞, t-SNARE2：細胞膜, t-SNARE3：ゴルジ体
- E. t-SNARE1：細胞膜, t-SNARE2：ゴルジ体, t-SNARE3：液胞
- F. t-SNARE1：細胞膜, t-SNARE2：液胞, t-SNARE3：ゴルジ体

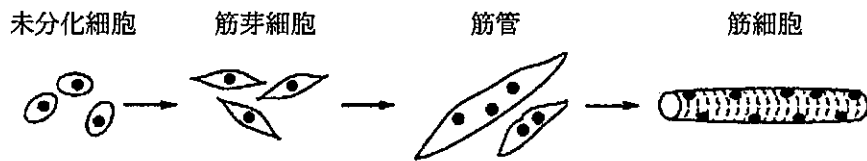
問 6. 下線部⑥について、シナプトタグミン1がどのようにしてカルシウム依存的な放出を促進しているかに関する仮説としては、シナプトタグミン1がカルシウムイオン存在下で t-SNARE タンパク質と相互作用することで、小胞の膜融合を促進すると考えられている。この仮説を証明するために、上記の t-SNARE タンパク質と v-SNARE タンパク質を別々に組み込んだ人工小胞の膜融合実験において、生成したシナプトタグミン1の細胞質領域とカルシウムイオンの存在下で膜融合が促進されるかどうか調べたところ、下記の図3に示す結果が得られた。この実験結果からわかることとして不適当と考えられるものを以下のA～Dのうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- A. Ca^{2+} の存在下で、シナプトタグミン1は t-SNARE タンパク質と相互作用する。
- B. Ca^{2+} の存在下で、シナプトタグミン1は膜融合を促進する。
- C. Ca^{2+} の非存在下で、シナプトタグミン1は膜融合をわずかに抑制する。
- D. シナプトタグミン1の非存在下で、 Ca^{2+} の存在は膜融合にはほとんど影響しない。

問 7. 下線部⑦について、カルシウムイオンの有無によって筋肉の収縮と弛緩が引き起こされる仕組みを、関連するタンパク質の名称も含めて説明しなさい。

2. 遺伝子発現調節に関する各問いに答えよ。

動物細胞の種類や生体内の状況などに依存して特定の遺伝子が転写されることを(X)という。たとえば、動物の筋肉が形成されるときには、未分化な細胞が筋肉の前駆細胞(筋芽細胞)へと分化し、筋芽細胞同士が融合することで筋管を形成し、最終的に筋細胞へと分化する(図1)。この過程の中で、Pax3 調節遺伝子は未分化な細胞で発現し、分化の準備をしている。これに対して、MyoD 調節遺伝子は未分化な細胞には発現していないが、筋芽細胞で発現するようになる。MyoD 調節タンパク質は、Pax3 調節遺伝子の発現を抑制したり、MyoD 調節遺伝子とその下流にある多くの調節遺伝子の発現を誘導することで筋芽細胞としての性質を決定づける。筋管形成を促進するはたらきをもつMEF2 調節遺伝子もそのうちの1つである。筋細胞へと最終分化する中で、アクチンやミオシン、ジストロフィンなどの筋肉を構成するタンパク質の遺伝子が発現してくる。



問 1. 下線部(ア)に関して、次のア～キの文のうち、内容が正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア 転写を開始するためには RNA プライマーも必要である。
- イ mRNA の全長のうち、5'側と 3'側には翻訳されない部分がある。
- ウ 1 本の染色体の中では、DNA 2 本鎖の一方にセンス鎖が、他方にアンチセンス鎖が並ぶように、ほぼすべての遺伝子の向きは揃っている。
- エ 真核細胞ではプロモーターの下流にオペレーターがあり、その先に複数の遺伝子が並んだオペロンを形成している。
- オ ヒストンの DNA 鎖と結合する部位には負電荷のアミノ酸が並ぶことで、DNA との静電的な相互作用が強まり、その結合を促進している。
- カ ヒストンがアセチル化を受けると、クロマチン構造が緩み転写が促進される。
- キ mRNA の転写は主に核小体の中でおこなわれる。

問 2. 下線部(イ)に関して、次の問い(1)～(2)に答えよ。

- (1) MyoD 調節タンパク質は、MyoD 調節遺伝子の発現を誘導する正のフィードバックをもつ。この正のフィードバックは、MyoD 調節遺伝子の発現をオフからオンに大きく切り替えることで、筋芽細胞の分化状態の維持に貢献していると考えられる。この例のような正のフィードバックを受ける調節遺伝子の発現量の時間経過として、もっとも適切

問 3. 下線部(ウ)に関して、次の問い(1)~(2)に答えよ。

MEF2 調節遺伝子について、脳と筋肉における発現を解析した。脳では β 領域とよばれる部位をもつ MEF2 調節タンパク質が合成されていたが、筋肉では β 領域をもたない MEF2 調節タンパク質が合成されていた。 β 領域をもつ MEF2 調節タンパク質はより高い転写調節活性を有する。

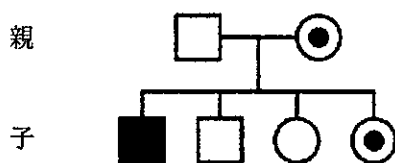
- (1) MyoD 調節タンパク質や MEF2 調節タンパク質などの調節タンパク質が結合する、ゲノム中の DNA 配列を一般に何とよぶか答えよ。
- (2) MEF2 調節遺伝子から合成される MEF2 調節タンパク質の β 領域の有無は、その mRNA の成熟過程に起因することが分かっている。このようなしくみを何とよぶか答えよ。

問 4. 下線部(エ)に関して、次の問い(1)~(2)に答えよ。

ジストロフィン遺伝子はヒト遺伝子として最大のもので、筋細胞膜を維持するためには欠かせないタンパク質である。この遺伝子に突然変異がおこると筋ジストロフィーを発症することがある。このタイプの筋ジストロフィーはより重篤なデュシェンヌ型筋ジストロフィーと、比較的軽度なベッカー型筋ジストロフィーに分けられる。欠失などによりジストロフィン遺伝子の読み枠がずれた(フレームシフト)ときには(Z)型筋ジストロフィーになる可能性が高いと考えられる。

- (1) (Z)に入るもっとも適切な語句を、以下の選択肢 1)~4)から選び、番号で答えよ。
 選択肢：1) デュシェンヌ 2) ベッカー 3) 後天 4) 潜在

- (2) 筋ジストロフィーを発症した患者の典型的な家系の例を図 3 に示す。この例のように筋ジストロフィーの罹患者はほぼ男性に限られる。女性が筋ジストロフィーを発症しにくい理由について説明せよ。



□ 男性 ○ 女性
 ■ 男性 罹患者 ⊙ 女性 クレアチンキナーゼ高値

図 筋ジストロフィー罹患者家系の例

(注) クレアチンキナーゼ高値：クレアチンリン酸化酵素の血中濃度が高いことを示す。

3. 生物の環境応答に関する各問いに答えよ。

あなたに向かってボールが飛んで来たとき、あなたは思わず身体を避けるだろう。このように、我々は外界の変化を感知しこれに応じて身体を‘動かす’。‘動かす’と言っても、ボールを避ける場合のように、意識して手足を動かしたり姿勢を変えたりするだけでなく、無意識に内臓の動きを変化させることもできる。前者は①体性神経系によるもので、主として大脳皮質からの錐体路系や小脳を巻き込んだ錐体外路系により②骨格筋を作動させ、その目的を達する。後者は③自律神経系によるもので、主として視床下部と呼ばれる間脳の一部や延髄に中枢をもつ無意識のうちに活動する神経や、時に内分泌系のホルモンを介して、④平滑筋や⑤分泌細胞活動などを活性化・不活性化させ、その目的を達する。

このように述べると、刺激が加われれば⑥感覚器が信号を発し、その⑦信号を求心性神経により中枢に⑧伝え、中枢はその情報に応じて自動的に遠心性神経活動を介し効果器を作動させる、というような、神経系がまるで予め仕組まれた自動機械のようなイメージを感じさせてしまう。がしかし、実はそうでもない。膝蓋腱^{しつがいけん}の反射のように、膝を叩けば自動的に脚が伸び上がるというような自動性ももちろんあるが、求心性神経からの情報を一旦吟味し、状況に応じて効果器の作用を変化させる方がむしろ常である。この‘吟味する’ことや‘状況に応じて効果器の作用を変化させる’というのが、制御の神髄であるが、これらのメカニズムがなかなかむずかしく解明しにくいのである。

制御機構で最もよく知られているのは負のフィードバック機構である。血圧が上昇すると、これを圧受容器が感知しその情報を中枢へ知らせ、中枢は自律神経を介して血圧を下げるように働く。といって、血圧が下がりすぎるとその情報をまた中枢へ送り、中枢はやはり自律神経を介して血圧を上げるように働く。これが繰り返され、血圧はある一定値に近づいてゆく。この負のフィードバック機構は安定化機構としては優れた制御方式である。だが、この方式は、比較的‘自動制御’に近く、もし呼吸が悪くなった時など血圧上昇の必要性が生じたときでも、この制御機構しか無ければ血圧は変えたくても変えられないことになってしまう。生体の一部機能が故障気味でも、他機能がこれをカバーし、一全体全体がより安全になるような状態へもって行ってこそ、本来あるべき生命維持のための制御である。どんな状態であっても血圧だけを頑固に一定にするような機構はむしろ制御ではないのかもしれない。

堅苦しい反面、比較的确实な負のフィードバック制御は、脊髄や延髄など比較的下位の中枢神経系で行われている。このレベルでは、負ばかりでなく、⑨正のフィードバック制御も行われていることが知られている。求められる‘臨機応変さ’を発揮するには、正しい判断とより適切な効果器の誘導が必要で、これらは、比較的上位の中枢神経系で行われている。体性神経系では大脳皮質連合野などが、自律神経系では大脳辺縁系(大脳の古い皮質)などが、これに相当する。こういった部位にある記憶・学習・情動といった機能が正しい判断と密接に関係するのであろう。

中枢神経にはこれらだけではなく、入ってきた情報を混乱させないように、また関係する中枢部位を

刺激しすぎないように、入力安定化装置として働く視床や、中枢から信号を発するときもやはり混乱を起こさないよう、また無駄な動きもおこさないよう、出力安定化装置として働く大脳基底核や脳幹部なども備わっている。さらに、生体全体に広がる各機能が時間軸上で協調稼働できるように、音頭を取るための基準である^(a)体内時計までも備わっている。また加えて、中枢神経系には、新たな情報を記憶し将来に備えるためや、失った機能を代償するために、常に‘スクラップ・アンド・ビルト’を行う能力も備わっている。制御を考えると、中枢神経系は我々に大変多くのことを教えてくれ、なおかつ、その可塑性の高さには大変驚かされるのである。

問1 文中の下線部(a)に示される体性神経にはどのような神経があるか、脊髄神経のうちから一つ例を挙げよ。

問2 文中下線部(b)に示される骨格筋を構成する筋細胞は別名何と呼ばれているか、その名称を答えよ。また、その細胞の収縮単位を何と呼ぶか、名称を答えよ。さらに、その収縮単位を構成している2種類の収縮タンパク質の名称を答えよ。

問3 問1の神経が問2の骨格筋に信号を伝達するときに用いられる神経伝達物質は何か、その化学物質を答えよ。

問4 文中下線部(c)に示される自律神経系のうち、末梢性自律神経にはどのような神経があるか、2種類をそれぞれの名称で解答欄(あ)(い)に答えよ。

問5 問4の解答欄(あ)(い)に答えた2種類の神経が、効果器に信号を伝達するときに用いられる神経伝達物質は何か、それぞれの神経別に答えよ。

問6 文中の下線部(d)に示される平滑筋について、骨格筋との相違点を2つ挙げよ。

問7 文中の下線部(e)に示される分泌細胞について、自律神経に支配される分泌細胞を有する組織を3つ挙げよ。

問8 文中の下線部(f)に示される感覚器について、ヒトの視覚・聴覚・痛覚・温度感覚を受容し、これら物理的刺激を神経系信号に変換する細胞名(組織名や部位名でもよい)を述べよ。

問 9 文中の下線部(g)に示される信号について、この電氣的興奮を何と呼ぶか、名称で答えよ。また、この信号を形成する重要なイオンは何か、2つ挙げよ。さらに、この信号を発したときの細胞内電位はどの位か、下記のうちから正しいのを1つ選び、記号で答えよ。

- (か) -80mV , (き) $-60\mu\text{V}$, (く) 0V , (け) $+20\mu\text{V}$,
(こ) $+30\text{mV}$

問 10 文中の下線部(h)に示される‘伝え’について、有髄神経線維における興奮伝導方式を特になんと呼ぶか、名称を答えよ。

問 11 文中の下線部(i)に示される反射について、次の文章の空欄に適切な用語を入れ、文章を完成せよ。

反射弓を構成する感覚神経は脊髄の(さ)から脊髄灰白質へ入り、ニューロンを乗り換え、もう一方の反射弓構成要素である運動神経として脊髄の(し)から出て効果器へ連絡される。

問 12 文中の下線部(j)に示される正のフィード・バック制御について、この制御方式で制御される生体機能にはどのようなものがあるかを考え、例を挙げて簡単に説明せよ。(60字以内)

問 13 文中の下線部(k)に示される体内時計について、この体内時計のリズムによって誘発される、1日周期の生体リズムを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

4. 集団の遺伝と進化に関する各問いに答えよ。

進化が起こるためには突然変異による遺伝子の変化が必要であり、個体レベルで生じた突然変異が集団全体に広がっていく必要がある。そこで、集団がもつ遺伝子の集合全体を [1] とよび、 [1] における対立遺伝子の頻度(遺伝子頻度)の変化によって進化を考える必要がある。

遺伝子頻度はさまざまな要因によって変化するが、集団の大きさが十分に大きく自由に交配する、個体間に生存・繁殖力の差がない、 [A]、 [B] という一定の条件を備えた [1] をもつ集団では、遺伝子頻度は世代をこえて変化しない。これをハーディ・ワインベルグの法則といい、これらの条件が満たされなければ、進化が起こる可能性がある。生息環境において生存・繁殖に有利な突然変異が生じた個体は、他の個体よりも子を残しやすくなる。これを [2] といい、 [2] の過程で集団内の遺伝子頻度が増える。しかし、ゲノム中の DNA の塩基配列に起こる突然変異の中で、生存・繁殖に有利なものは非常にまれであり、 [2] に対して有利でも不利でもないものがほとんどである。このような考えを [3] 説といい、 [3] 的な突然変異が生じた遺伝子は偶然によって集団全体に広がる可能性がある。このような偶然による遺伝子頻度の変化を [4] という。

[3] 的な突然変異は [2] を受けず一定の確率で蓄積するため、共通の起源をもつ DNA の塩基配列を比較することで、種間の類縁関係や種が分かれた時期などを推測することができる。

問 1 文章中の [1] ~ [4] にあてはまる語句を記せ。

問 2 [A] および [B] にあてはまるハーディ・ワインベルグの法則が成立するために必要な条件を記せ。ただし、解答の順序は問わない。

問 3 ある生物の個体群において、対立遺伝子 A と a で決まる形質があり、遺伝子 A は a に対して優性で、優性形質をもつ個体が全体の 91% 存在したとする。この集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成立するものとして、以下の問いに答えよ。

(1) この個体群における遺伝子 A と a の遺伝子頻度を、それぞれ p と q (ただし $p+q=1$) とする。 p と q の値を求めよ。

(2) この個体群のある世代において一時的に環境の変化が起こり、劣性形質を持つ個体がすべて死亡したとする。劣性形質を持つ個体がすべて死亡した直後の集団における遺伝子型 AA をもつ個体の割合[%]を、四捨五入して小数第 1 位まで記せ。また、劣性形質を持つ個体がすべて死亡してから、次の世代が生じるまでに環境が元に戻ったとする。次の世代の集団における遺伝子 A の遺伝子頻度を四捨五入して小数第 2 位まで記せ。

問4 下線部に関連して、種A～Fについて特定の遺伝子の一部の塩基配列を決定したところ、表1のようであった。これらの塩基配列をもとに、塩基の変化の回数が最小になるように系統樹を作成したところ、図1のようになった。なお、種Aは、種B～Fと系統的に最も遠く離れていることが分かっているとす。以下の問に答えよ。

表1 種A～FのDNA塩基配列

種 \ 塩基の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
種A	T	C	C	A	T	G	C	A	G	C
種B	・	・	・	T	・	・	G	・	C	A
種C	A	・	・	T	A	・	G	・	C	・
種D	・	・	・	T	C	・	・	・	C	・
種E	・	G	・	T	・	・	・	・	・	・
種F	A	G	・	T	・	・	G	・	C	・

「・」は種Aと同じ塩基であることを示す。

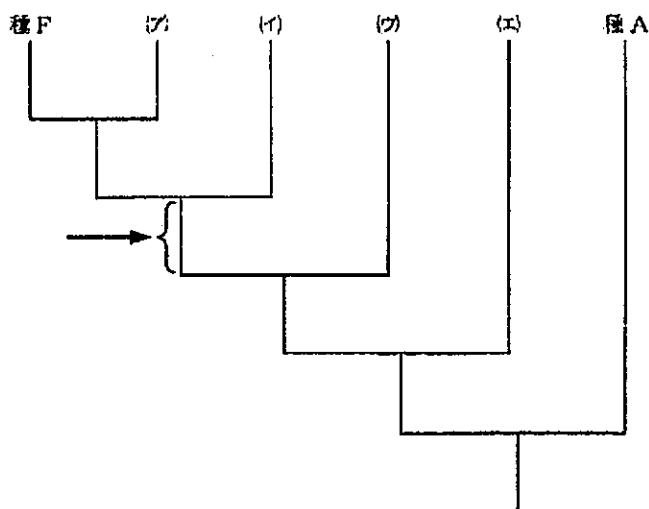


図1 塩基配列(表1)をもとに推定した種A～Fの系統樹

- (1) 図1の系統樹の(ア)～(エ)にはそれぞれ、種B～Eのいずれかが入る。(ア)および(ウ)に入る最も適切な種を記せ。
- (2) この系統樹における矢印で示した枝では、何番目の塩基で変化が起こったと推定されるか、塩基の番号を記せ。
- (3) この系統樹では、塩基の変化は合計で何回起こったと推定されるか、回数を記せ。

1.

問1 B

問2 D

問3 ダイニン/キネシン

問4 I

問5 F

問6 A

問7 筋肉の興奮により筋小胞体からカルシウムイオンが流出する。カルシウムイオンがトロポニンと結合すると、トロポミオシンがずれてミオシン頭部とアクチン分子とが結合して筋収縮が起こる。カルシウムイオンが筋小胞体のカルシウムポンプにより回収されると、筋肉は弛緩する。

2.

問1 (b), (f)

問2 (1) (f) (2) ① 1 ② 筋芽細胞に形質転換させるマスター遺伝子が発現していないため。

問3 (1)転写調節領域 (2)選択的スプライシング

問4 (1) 1 (2) 筋ジストロフィーは伴性劣性遺伝であり、女性は両親由来の X 染色体のうちどちらかに原因遺伝子の対立遺伝子が含まれていれば発病しないから。

3.

問1 坐骨神経 [座骨神経]

問2 筋細胞…筋線維 [筋繊維] 収縮単位…サルコメア

収縮タンパク質…アクチン, ミオシン

問3 アセチルコリン

問4 (あ) 交感神経 (い) 副交感神経

問5 (あ) ノルアドレナリン (い) アセチルコリン

問6 単核性, 不随意性

問7 汗腺, 唾液腺, 副腎髄質

問8 視覚…視細胞 聴覚…聴細胞 痛覚…痛点 温度感覚…温点

問9 信号…活動電位

イオン…ナトリウムイオン, カリウムイオン

細胞内電位…(こ)

問 10 跳躍伝導

問 11 さ 背根 し 腹根

問 12 分娩時子宮筋収縮

説明…分娩時, 子宮収縮が一旦開始すると, その収縮力がどんどん強まり胎児を娩出するに至る。刺激と応答が増幅し合う制御方式。

問 13 概日リズム

4.

問 1 1 遺伝子プール 2 自然選択 [自然淘汰]

3 中立 4 遺伝的浮動

問 2 突然変異が起こらない, 他の同種集団との間に移出や移入がない (順不同)

問 3

(1) p 0.7 q 0.3

(2) 割合 53.8% 遺伝子頻度 0.77

問 4

(1) (ア) C (ウ) D

(2) 7 番目 (3) 9 回