

平成 29 年度 入学 試験 問題 (後期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目を選択し, 別紙解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。
(ただし受験票, 入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目 (例えば物理, 化学を選択した場合は生物) の解答用紙にも受験番号, 氏名を記入し, 全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合, 及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合, その答案は無効とする。
6. 問題冊子は 1 冊, 別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I-1 ミトコンドリアには糖代謝や ATP 合成に働く様々なタンパク質が存在する。これらのタンパク質の多くは、核の染色体の遺伝子の DNA 情報をもとに合成された後に、ミトコンドリアの中に運ばれる。ミトコンドリアに運ばれるあるタンパク質 X について調べた。タンパク質 X に対応する ¹mRNA の塩基配列から、タンパク質 X は 275 個のアミノ酸からなると予測された (図の a)。一方、タンパク質 X が存在する ²動物細胞を破碎してミトコンドリアを単離し、その中のタンパク質 X のアミノ酸配列を調べると、250 個のアミノ酸からなり、末端の 25 個のアミノ酸からなる部分 (配列 L) が失われていた (図の b)。配列 L はミトコンドリアにタンパク質を運ぶのに必要で、ミトコンドリア内で切断され除かれる。配列 L がミトコンドリアへの移動に必要なことは、³緑色蛍光タンパク質 (GFP) をつなげた、図の c のタンパク質を指令する人工遺伝子を動物細胞に導入し、細胞を観察することによって確かめられた。



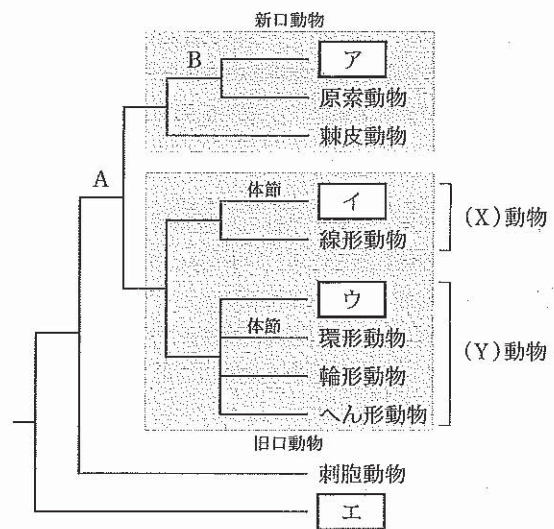
- 問 1 下線部 1 で、mRNA からタンパク質への翻訳の場となる構造物(ア)と、翻訳の際にアミノ酸を運ぶ RNA の名称(イ)をそれぞれあげよ。また、タンパク質 X の mRNA の塩基配列のアミノ酸配列への変換に用いた表の名称(ウ)を答えよ。
- 問 2 下線部 2 で、細胞の破碎は、適切な濃度のスクロース水溶液で行う。その理由を答えよ。また、破碎した細胞から遠心分離機を使ってミトコンドリアなどを分離する方法を何というか。
- 問 3 下線部 3 の実験について、1) GFP を用いて観察する利点を答えよ。2) 図の c の人工遺伝子が導入された細胞ではどのような観察結果が得られたか。3) このとき、どのような対照実験を行い、どのような結果になることを確かめておくべきか。

I-2 酵母を好氣的条件で培養すると、ミトコンドリアは細胞あたりの数が多くなり、それらには入り組んだクリステが多くみられる(ミトコンドリアが「発達している」という)。一方、⁴酵母をグルコース存在下で嫌氣的条件で培養するとミトコンドリアはあまり発達しない。

- 問 4 下線部 4 について、酵母はグルコースを分解してエタノールを産生する。この過程を何というか。また、下線部 4 の条件でミトコンドリアが発達していない理由として考えられることは何か。

II 地球上には多様な生物が存在し、様々な環境に適応して生活している。昔から人々は生物の分類を試みてきた。異なる種類の生物の特徴を比較すると、それらの間には共通点と相違点が見出される。生物が本来持つ特徴を総合し、そこから予測される類縁関係を基準に行われる分類を(1)という。一方、人間にとっての有用さなど、便宜的な基準にもとづく分類を(2)という。最近では、(1)の基準として、生物の進化過程を用いることが一般的である。このような分類は(3)と呼ばれる。図は、現存する代表的な動物門の間の分岐関係を示したもので、特定の遺伝子の塩基配列を異なる種間で比較することで推定されたものである。図の枝上にある A、B の記号は、動物の進化過程で生じた重要な事象をそれぞれ示している。

- 問 1 (1)~(3)の空欄に適切な語句を入れよ。
- 問 2 下線部について、このような図は何と呼ばれるか。
- 問 3 図のア~エに入る動物門の名称を答えよ。
- 問 4 図の A は、新口動物と旧口動物の共通祖先で生じたある進化的な事象を示している。
- i) A の時期に、現在みられる新口動物と旧口動物の祖先となる種が急増したことが知られている。この事象を何というか。
 - ii) 新口動物と旧口動物の違いについて発生過程に着目して説明せよ。
- 問 5 図の B は、発生過程で生じるある器官の出現を示している。ある器官とは何か。また、それはどの胚葉に由来するか。図のアの動物門では、この器官は発生が進むと最終的にどうなるか。
- 問 6 i) 旧口動物について、図の X、Y に適切な語句を入れよ。
- ii) (Y) 動物に共通する幼生(輪形動物では成体)の形態を何というか。
 - iii) 図のように、旧口動物では体節構造の進化が二回独立に生じている。このように異なる生物群で同様な性質が生じる進化現象を、一般に何というか。



Ⅲ ヒトの赤血球には二種類の凝集原 A と B があり、血清中にはこれに対応する二種類の凝集素 α と β がある。ヒトの血液型 A 型、B 型、AB 型、O 型はこれらの組み合わせで決まる。凝集原の違いは、赤血球の細胞膜上に存在する H 型糖鎖に付加される糖の違いによる。血液型 O 型の赤血球の H 型糖鎖には糖の付加はなく、血液型 A 型のヒトの赤血球では A 型酵素によって H 型糖鎖に N-アセチルガラクトサミンが付加され(A 型糖鎖)、血液型 B 型のヒトの赤血球では B 型酵素によって H 型糖鎖にガラクトースが付加される(B 型糖鎖)。血液型 AB 型のヒトの赤血球には A 型糖鎖と B 型糖鎖の両方が存在する。ヒトの ABO 式血液型は、糖鎖を付加する酵素遺伝子の複対立遺伝子により決まる。A 型酵素を指令する遺伝子を対立遺伝子 A、B 型酵素を指令する遺伝子を対立遺伝子 B とする。

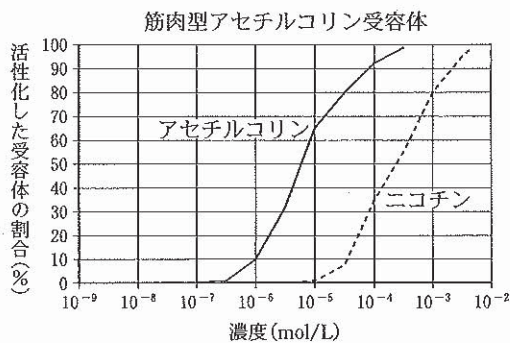
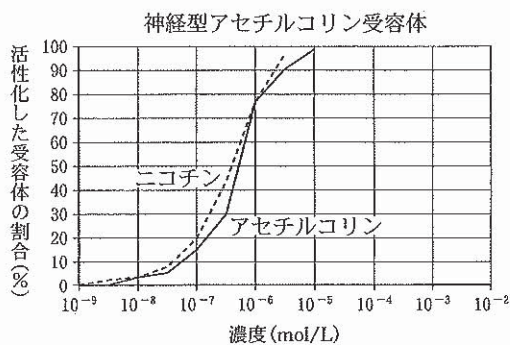
- 問 1 凝集素はあるタンパク質からなる。そのタンパク質の一般的な名称を答えよ。
- 問 2 血液型が未知のヒトの血液の血清に、A 型、B 型および O 型のヒトの赤血球を加えて凝集の有無を観察した結果、どの血液型の赤血球を加えても凝集が観察されなかった。このヒトの血液型は何型か。また、判定した根拠を答えよ。
- 問 3 対立遺伝子 B では対立遺伝子 A のある塩基が別の塩基に置換されている。このように個体間でみられる一塩基単位での塩基配列の違いを何というか。また、塩基の置換がなぜ血液型の違いに影響したかについて考えを述べよ。
- 問 4 i) 血液型が O 型のヒトの赤血球では対立遺伝子 A の中のある一塩基が欠失してフレームシフト突然変異が起きた遺伝子(対立遺伝子 O)となっており、A 型糖鎖が作られない。フレームシフトが起こって A 型糖鎖が作られなくなった理由を説明せよ。
- ii) 対立遺伝子 A は対立遺伝子 O に対して優性である。その理由を「対立遺伝子」と「A 型糖鎖」という語句を用いて述べよ。
- iii) ある人類集団では血液型 A 型と血液型 O 型しか存在せず、それらの割合がそれぞれ 36% と 64% だとした場合、対立遺伝子 A、対立遺伝子 B、対立遺伝子 O の遺伝子頻度を計算せよ(有効数字 1 桁)。なお、この人類集団の血液型の形質ではハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているとす。

Ⅳ シビレエイは筋肉が進化した特殊な器官(発電器官)で発電することで、身を守ったり獲物を捕らえたりすることができる。この₁ 発電器官は板状の細胞(発電板)が 1000 枚程度重なった構造を持っており、各細胞に神経が接続している。神経の興奮が神経終末に到達すると、(ア)に貯蔵されていたアセチルコリン(ACh)が放出され、発電板上に存在する ACh 受容体(筋肉型)に結合する。₂ ACh 受容体はイオンチャンネルとして機能し、ACh の結合によってイオンチャンネルが開き、発電板の電位が変化する。一方、通常の筋肉においては、ACh 受容体によって筋細胞の電位が変化したのち、筋小胞体から(イ)が細胞内に放出され、(イ)は(ウ)に結合し、(エ)がアクチンフィラメントから離れ、(オ)フィラメントに沿ってアクチンフィラメントが滑り込むことで筋収縮が起こる。

- 問 1 (ア)~(オ)の空欄に適切な語句を入れよ。
- 問 2 下線部 1 について、シビレエイの発電器官がこのような構造を持つ利点を「直列」という語句を用いて答えよ。
- 問 3 下線部 2 のようなイオンチャンネルを一般に何と呼ぶか。

ACh 受容体には、筋肉型の他に神経細胞上に存在する神経型が知られている。どちらの型も ACh の他にタバコに含まれるニコチンによっても活性化される(図)。ただし、₃ 神経終末から放出された ACh は ACh 分解酵素によって速やかに分解されるが、ニコチンは ACh 分解酵素によって分解されない。

- 問 4 下線部 3 をふまえると、神経細胞においてニコチンが神経型 ACh 受容体に及ぼす作用は、ACh による作用と比較するとどのように異なると考えられるか。
- 問 5 i) ACh 受容体の 50% を活性化させるニコチンの濃度は、筋肉型 ACh 受容体と神経型 ACh 受容体で、およそ何倍異なるか。図から読み取り、下記より最も近い値を選び、a~d の記号で答えよ。
a. 1 倍 b. 10 倍 c. 50 倍 d. 700 倍
- ii) 喫煙により摂取されたニコチンは、脳の活動に影響を与える一方、筋収縮を直接引き起こすことはないのはなぜか。喫煙時における体内のニコチン濃度に留意して説明せよ。



Geranich ら 1995 より改変