

令和 3 年度個別学力試験問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120 分

配 点 各 100 点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～ 9 ページ
化 学	10 ページ～ 14 ページ
生 物	15 ページ～ 21 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついたら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってもかまいません。

生 物

1. 生物は全部で3問題あります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は **1** に2ページ, **2** と **3** に1ページずつ, 合計4ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

田原 淳(たはら すなお)博士は、1873年大分県に生まれた医学者である。心臓の刺激伝導系の発見者として知られている。刺激伝導系は、ペースメーカーといわれる(ア)から信号が始まる。その後、房室結節(別名 田原結節)から心室へと刺激が伝わり、電気信号は心臓全体を動かすことができる。(ア)は自律神経である交感神経と副交感神経から支配されており、脳の(イ)からの刺激で興奮の度合いが違ってくる。交感神経が優位の場合は心臓の拍動が増し、副交感神経優位の場合は逆に拍動が減少する。^(a)

心筋は骨格筋と同じ横紋筋であり、構造や収縮機構は、基本的に同じといわれているが少し違いもある。^(b)刺激伝導系を伝わってきた電気信号による興奮が、電位依存性ナトリウムチャネルを開き、ナトリウムイオンが細胞内に流れ込むため活動電位が起きる(脱分極)。これが電位依存性カルシウムチャネルを開き、細胞外からのカルシウムイオンを流入させる。流入したカルシウムイオンは、筋小胞体に貯蔵されているカルシウムイオンを細胞質に放出させる。細胞質に放出されたカルシウムイオンの働きによりアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの結合の抑制^(c)が外れて収縮が起きる。心筋の収縮は、隣り合う心筋細胞同士の間にあるトンネル状の(ウ)結合によってイオンなどが通過することで、脱分極が隣の細胞に素早く伝わるため、多数の筋細胞でつくられている心房や心室の筋肉はほぼ一斉に収縮することができる。次にカリウムチャネルが開いてカリウムイオンが細胞内から流出し、細胞内電位が下がる(再分極)ことで、心筋が弛緩^{かん}する。

遺伝子の変異により、拍動が異常となって不整脈を起し、重症の場合突然死の原因になることがある。そのような遺伝子の1つにKCNQ1がある。この遺伝子は心筋細胞の電位依存性カリウムチャネルのタンパク質をコードしている。生まれつきKCNQ1遺伝子に変異があると、不整脈や突然死の原因になることがある。^(d)

このように、刺激伝導系が正常に機能することは循環系そして人体の健康にとって重要であり、田原博士の発見は、今日の心臓の正常での拍動から不整脈に至るまで医学の発展に多大なる貢献となったことがわかる。

問1 文中の(ア)～(ウ)に当てはまる語句を書きなさい。

問2 下線部(a)について、

- (1) 激しい運動をしたとき心拍数が上昇するが、運動によって交感神経が優位になり心拍数が上昇するしくみを簡単に説明しなさい。
- (2) 激しい運動をしたとき以外に心拍数が上昇する例を1つ挙げ、そのしくみを簡単に説明しなさい。

問 3 下線部(a)について行われた実験についての以下の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

交感神経末端からは神経伝達物質のうち(A)が、副交感神経の末端からは(B)が分泌され、心臓の拍動を調節している。これを確かめるために以下の実験を行った。

マガキから拍動している心臓を取り出し海水に浸した。心臓だけを取り出してもまだ拍動を続けていた。マガキの心臓を海水、(A)あるいは(B)を溶かした海水に浸したとき、10回拍動する時間を3回ずつ計測したところ下の表のような結果が得られた。

浸した液	1回目(秒)	2回目(秒)	3回目(秒)	3回の平均値(秒)
海水	32	27	31	30
(A)	15	18	18	17
(B)	53	50	47	50

- (1) 文中の(A)と(B)に当てはまる語句を書きなさい。
- (2) 波線 部分のことを何とよいか答えなさい。
- (3) (A)と(B)を溶かした海水を作成するとき、(A)や(B)の濃度が正確であるということの他に、重要と思われることを述べなさい。
- (4) この実験からわかったことを、80～120字(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4 下線部(b)について、

- (1) 心筋と骨格筋とは1つの細胞あたりの核の数が違う。どのように違うか簡単に説明しなさい。
- (2) 心筋細胞は骨格筋細胞と比較すると筋小胞体が発達していないといわれている。そのため、収縮のためには骨格筋細胞と違う過程が必要となるが、それはどの過程か、問題文から抜き出して答えなさい。

問 5 下線部(c)について、アクチンフィラメントに結合して筋の収縮・弛緩に関係するタンパク質を2つ挙げなさい。またその2つのタンパク質、ミオシンフィラメントのそれぞれが、筋の収縮あるいは弛緩においてどのような役割を果たしているか、簡単に説明しなさい。

問 6 下線部(d)について,

- (1) この遺伝子変異を見つけるために、塩基配列を解読する必要がある。塩基配列の解読方法にはいくつかある。そのうち特殊なヌクレオシド三リン酸を用いて DNA 合成を止め、さまざまな長さの DNA 断片をつくることで塩基配列を知る方法(サンガー法)では、DNA 合成を止める特殊なヌクレオシド三リン酸は材料となる他のヌクレオシド三リン酸とは異なった構造をしている。どのように構造が異なっているか、またなぜ DNA 合成が止まるのかその理由を簡単に説明しなさい。

- (2) *KCNQ1* がコードしているカリウムチャネルのタンパク質は、両端の部分と、電位のセンサーとなる部分と、チャネルの穴になる部分などによって構成されている。遺伝子 *KCNQ1* のどの部分にどのように遺伝子変異が起きているかによって、無症状の場合もあれば症状が重い場合もある。このような症状の違いはなぜあらわれるのか、遺伝子変異が 1 塩基で起きているとき、「変異の場所」・「変異の種類」それぞれにわけて理由を説明しなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

昆虫の発生過程では体を構成する体節が形成される。体節の基本構造は同じだが、それぞれの体節は異なる特徴を持ち、触角、眼、脚、翅などの器官が形成される。これらの特徴はどのようにして決まるのだろうか。ショウジョウバエは遺伝学や発生学の研究材料として広く用いられ、実験的に様々な突然変異が見出されているが、その中からホメオティック突然変異^(a)と呼ばれる特別な突然変異が見つかった。ホメオティック突然変異は身体の構造に大きく影響するが、その原因を研究したところ、たったひとつの遺伝子が突然変異を起こすことでホメオティック突然変異が起きることがわかった。ホメオティック突然変異の原因となる遺伝子をホメオティック遺伝子(Hox 遺伝子)と呼ぶ。正常なホメオティック遺伝子はそれぞれの体節の特徴を決める大事な役割をする遺伝子なのである。

ショウジョウバエのホメオティック遺伝子は第3染色体上に8つの遺伝子が並んでホメオティック遺伝子群を形成している。それぞれのホメオティック遺伝子は異なるタンパク質をコードするが、その途中に180塩基の相同性の高い塩基配列^(b)をもち、これをホメオボックスと呼ぶ。タンパク質にはホメオボックスに対応する60個のアミノ酸からなる部分があり、これをホメオドメインという。ホメオティック遺伝子からつくられるタンパク質は体節の特徴をつくり出す多数の遺伝子^(c)のはたらきを調節する。各体節の特徴が異なったものになるのはそれぞれのホメオティック遺伝子^(d)の違いが複合的にはたらくためである。

ショウジョウバエのホメオティック遺伝子と相同な遺伝子は昆虫だけでなく様々な動物にあり、器官の形成に重要な役割をはたしている。哺乳類においても同様であるが、ホメオティック^(e)遺伝子群の染色体上の配列にはショウジョウバエと異なる特徴があることが知られている。

問1 下線部(a)について、ショウジョウバエに見られるホメオティック突然変異にはどのようなものがあるか。名称を2つ挙げてそれぞれについてどのような形態の異常が見られるか説明しなさい。

問2 下線部(b)について、他の部分に比べて塩基配列の相同性が高いのはどのような理由だと考えられるか、80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

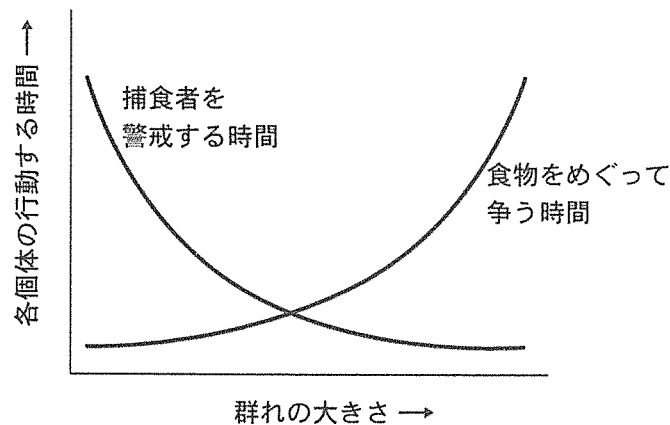
問3 下線部(c)について、ホメオティック遺伝子からつくられるタンパク質はどのようにして遺伝子のはたらきを調節するのか、80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問4 下線部(d)について、各体節の特徴が異なったものになるのは、それぞれのホメオティック遺伝子のはたらきにどのような違いがあるためか、80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 5 下線部(e)について、哺乳類のホメオティック遺伝子群はショウジョウバエの場合とどのように異なるか、40字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

動物の個体が集まって統一的な行動をとる集団を群れと呼ぶ。群れをつくることには、食物を効率的に見つけたり、捕食者を警戒し身を守ったりするうえで利点がある。下図はウミネコの群れの大きさと、各個体が捕食者を警戒する時間、食物をめぐる争う時間の関係を表している。群れが大きくなると、群れを構成する個体が警戒する時間の合計は増えるので、各個体が警戒に要する時間は短くて済むようになる。しかしながら、群れの大きさは大きければいいというものではなく、最適な大きさがある。また、自然界では食物の量や捕食者の数は変化するので、最適な群れの大きさも変化する。オオカミやニホンザルのように哺乳類では群れの個体間に優劣の関係ができるものがあり、これを順位制という。順位制は優位な個体に利点があるだけでなく、群れの維持にも役立っている。



問 1 下線部(a)について、群れの最適な大きさはどこか、図中に矢印で示しなさい。また、そのようになる理由を 50 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 2 下線部(b)について、捕食者の数が増えた場合、捕食者を警戒する時間はどのようになるか、図中に示しなさい。また、群れの最適な大きさはどのように変化するか、理由とともに 50 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 3 下線部(c)について、群れの中で優位な個体にはどのような利点があるか、30 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 4 下線部(d)について、順位制は群れの維持にどのように役立つか、30 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。