

滋賀医科大学
平成 28 年度

医学科一般入試(前期日程)問題

理 科

物 理	1 ページ～6 ページ
化 学	7 ページ～14 ページ
生 物	15 ページ～24 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 24 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

生 物 (4 問題)

I 次の文章を読み、問 1～8 に答えよ。(配点 25)

生体に異物が侵入すると、自然免疫と獲得免疫は異物を排除するようにはたらく。自然免疫の担当細胞は、① により異物を細胞内に取り込んで分解する。獲得免疫を担当するヘルパー T 細胞は、分解された異物の一部を認識し、キラー T 細胞や B 細胞の活性化を助ける。

これらの自然免疫と獲得免疫の担当細胞には、異物を識別するタンパク質が存在する。自然免疫を担当する細胞の異物識別タンパク質には、⁽¹⁾個々の細胞間に違いがない。これに対して、獲得免疫を担当するリンパ球は、それぞれ異なる異物識別タンパク質を発現するため、特定の異物に対してのみ反応する。リンパ球の識別タンパク質は 2 種類のポリペプチドからなり、各々に ② 部と ③ 部がある。抗原と結合するのは ② 部である。リンパ球のうち、B 細胞は免疫グロブリンを産生し、④ により細胞外に分泌する。

哺乳類細胞には、免疫グロブリンをつくるための H 鎖と L 鎖の遺伝子がある。B 細胞に分化する前のゲノムには、H 鎖と L 鎖の各々に遺伝子の断片が多数あり、いくつかの集団をつくって並んでいる。B 細胞に分化するとき、それぞれの集団の中から遺伝子の断片が 1 つずつ選択されて、② 部をつくる遺伝子ができる。⁽²⁾その結果、1 つの B 細胞は固有の組み合わせの H 鎖と L 鎖をもち、体内には異なる H 鎖と L 鎖をもつ多様な B 細胞が存在することになる。抗原が侵入すると、多様な B 細胞集団のうち、その抗原と反応する特定の免疫グロブリンをつくる B 細胞が優先的に増殖する。⁽³⁾

このことを利用したのが血清療法である。ヘビの毒素をウマなどの動物に数回接種すると、毒素に対する免疫グロブリンが大量につくられる。その動物からとった血清を毒ヘビにかまれた人に投与することにより、症状を軽減させることができる。血清療法はジフテリアなどの患者の治療にも用いられる。⁽⁴⁾

近年、成体から採取したさまざまな細胞を用いて、人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) が作製されている。例えば、リンパ球や皮膚の繊維芽細胞にウイルスベクターなどを用いて多能性誘導因子を導入することにより、iPS 細胞が作製される。iPS 細胞は多能性をもつため、種々の細胞に分化させることができ、⁽⁵⁾それを患者に移植する細胞療法などの研究が進められている。将来、iPS 細胞由来の免疫担当細胞を用いた治療が行われる可能性がある。

問 1 文中の①～④に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)について、(i)自然免疫と(ii)獲得免疫の免疫担当細胞が発現する識別タンパク質を、以下の①～⑤からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- ① Gタンパク質
- ② T細胞受容体
- ③ シャペロン
- ④ インターロイキン受容体
- ⑤ トル様受容体

問 3 問2で選んだ自然免疫の識別タンパク質と獲得免疫の識別タンパク質は、それぞれどのような物質を認識するか述べよ。

問 4 下線部(2)の過程を何とよぶか。以下の①～⑤から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 乗換え
- ② RNA 干渉
- ③ 選択的スプライシング
- ④ 遺伝子再構成
- ⑤ 遺伝子突然変異

問 5 下線部(3)の説を何とよぶか記せ。

問 6 下線部(4)について、ジフテリアに対しては毒素を無毒化したワクチンがある。ジフテリアの治療に、ワクチンではなく血清療法が使われるのはどのようなときか述べよ。また、その理由について説明せよ。

問 7 下線部(5)について、iPS細胞の多能性を確かめるために、胸腺を欠損するヌードマウスにiPS細胞を移植することがある。このときにヌードマウスを用いる理由を説明せよ。また、多能性がある場合、どのような現象が見られるか述べよ。

問 8 同一の動物個体の皮膚の繊維芽細胞と血液のB細胞からそれぞれiPS細胞を作製した。皮膚細胞由来iPS細胞から分化させたB細胞と、B細胞由来iPS細胞から分化させたB細胞を比較したとき、それらの認識する抗原に違いがあるか述べよ。また、その理由について説明せよ。

II 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点25)

骨格筋はヒトの体重の約40%を占める主要な効果器であり、関節の屈伸をはじめとする運動や姿勢の維持などにはたらいている。骨格筋は直径10～80 μm の筋繊維とよばれる細胞が束になったものであり、筋繊維の長さはほとんどの骨格筋でその全長と同じである。各筋繊維には数百から数千の筋原繊維が含まれており、筋原繊維は細いフィラメント(アクチンフィラメント)と太いフィラメント(ミオシンフィラメント)から構成されている。アクチンフィラメントは図1に示すように、アクチンが重合した2本のらせん状繊維と、それに沿うように結合した①とこれに付着した②から構成されている。一方、ミオシンフィラメントは図2に示すように、2つの頭部と尾部をもつミオシン分子から構成され、200以上の尾部が束ねられるように形づくられる。アクチンフィラメントにはミオシン頭部との結合部位があるが、筋が弛緩(しかん)しているとき、①と②が複合体をつくって、ミオシンとの結合を阻害している。

骨格筋のはたらきは運動神経によって制御されており、それぞれの筋繊維は中央部分で1本の神経繊維の終末と接している。運動神経からのシグナルを受けると、一連の反応により細胞質基質のカルシウムイオン濃度が上昇する。(1)カルシウムイオンは②に結合し、①と②の複合体に変化をもたらすことにより、アクチンフィラメントがミオシン頭部と結合できる状態をつくり出す。ミオシン頭部にはATPを分解する酵素活性があり、筋の弛緩時、ATPがADPと③に分解されてミオシン頭部に結合している。アクチンフィラメントに結合したミオシンは屈曲すると同時にADPと③を放出する。次いで、新しいATPが結合することによりミオシンはアクチンフィラメントから離れ、屈曲はもとにもどる。つまり、ミオシンの屈曲のたびにATPが消費されることになる。この屈曲がアクチンフィラメントを引き寄せ、ひいては筋収縮を引き起こす。通常筋収縮では、神経終末からのシグナルは連続して伝えられ、その間、ATPは消費され続けるが、実際には、数十秒間の筋の最大収縮でも筋繊維中のATP濃度はほとんど変化しない。(2)

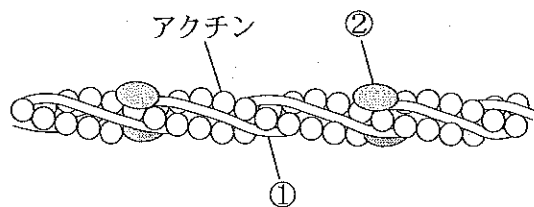


図1 アクチンフィラメントの構造模式図

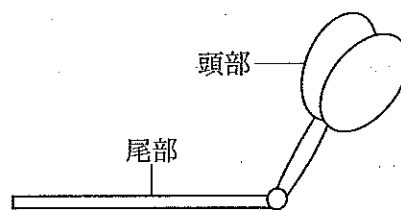


図2 ミオシン分子の構造模式図

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)について、神経終末に到達した活動電位が筋細胞の細胞質基質のカルシウムイオンを増加させるまでの過程を説明せよ。

問 3 図3は、カエルの腓腹(ひふく)筋をリンガー液に浸し、1 Hz、10 Hzの頻度で電気刺激を与えたときの筋収縮を記録したグラフである。10 Hz刺激において見られる収縮値の上昇について説明せよ。

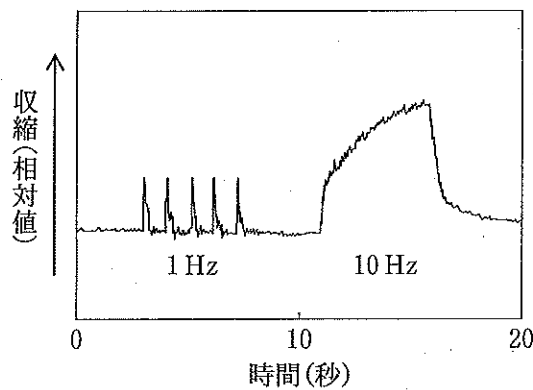


図3 電気刺激による腓腹筋の収縮曲線

問 4 下線部(2)を可能にする2つのしくみを説明せよ。

問 5 骨格筋の収縮をエネルギーの形態変換という視点から説明せよ。

問 6 図4のように2つの骨が関節をつくっているとき、この関節が骨格筋により矢印の方向に屈曲するしくみと伸展するしくみを図示して説明せよ。

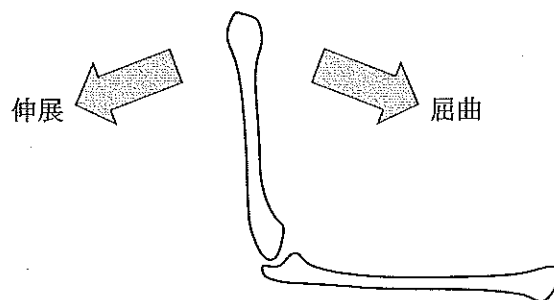


図4 関節の模式図

Ⅲ 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点25)

真核細胞の細胞質基質にあって、細胞に一定の形態を与えている繊維状の構造物を「細胞骨格」という。細胞骨格は、微小管、アクチンフィラメント、中間径フィラメントの3つに分けられる。微小管は、チューブリンとよばれるタンパク質が重合してできた管状の構造物である。アクチンフィラメントは、アクチンとよばれるタンパク質が重合してできた繊維であり、3つの中で一番細い。中間径フィラメントは、繊維状のタンパク質が束ねられた強度のある繊維である。細胞骨格は細胞の構造を支えるだけでなく、さまざまな細胞機能にかかわっている。微小管およびアクチンフィラメントは、細胞分裂のときにそれぞれ重要な役割を果たしており、チューブリンやアクチンの重合を阻害すると、正常な細胞分裂が起こらない。⁽¹⁾アクチンフィラメントは、細胞の外形が変化するアメーバ運動にも深く関与している。⁽²⁾また、細胞内の物質や細胞小器官は、微小管の上を移動するモータータンパク質によって運ばれる。⁽³⁾

一方、多細胞動物の多くの細胞は、周囲の細胞や、コラーゲンなどを主成分とする細胞外の構造と接着しており、これを「細胞接着」という。細胞接着の構造はいくつかの種類に分けられ、隣り合う細胞どうしをボタン状に強固に結合する構造は①とよばれる。①を構成する②というタンパク質には多くの種類があり、同じ種類の②は細胞膜の外側の部分で互いに結合する性質がある。②のこの性質を維持するためには③が必要である。①では、②と中間径フィラメントが連結タンパク質を介して結合している。

細胞骨格および細胞接着について調べるため、ヒト由来の培養細胞Xを用いて実験1および2を、ニワトリ胚の網膜の色素上皮細胞を用いて実験3を行った。

(実験1) 図1の細胞X(染色体数は2n)の細胞周期は24時間である。下線部(1)について調べるため、以下のような培養液の入った3つの培養皿A～Cの中で細胞Xを48時間培養した。

(培養皿A) チューブリンの重合を阻害する薬剤を加えた培養液

(培養皿B) アクチンの重合を阻害する薬剤を加えた培養液

(培養皿C) 培養液のみ

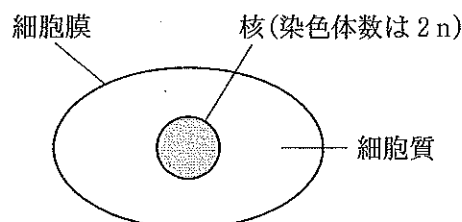


図1 ヒト由来の培養細胞X

(実験 2) 細胞 X は、化学物質 Y に対して正の化学走性を示す。下線部 (2) について調べるため、細胞 X のアクチンフィラメントを蛍光物質で標識した(図 2)。この標識された細胞 X を培養液の入った培養皿に入れ、端においた細いガラスのピペットの先端から静かに化学物質 Y を出して細胞のようすを顕微鏡で観察した。

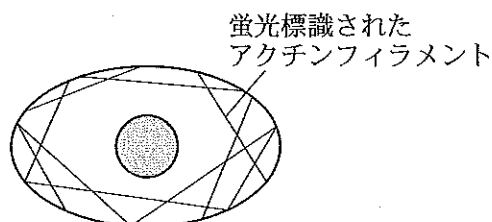


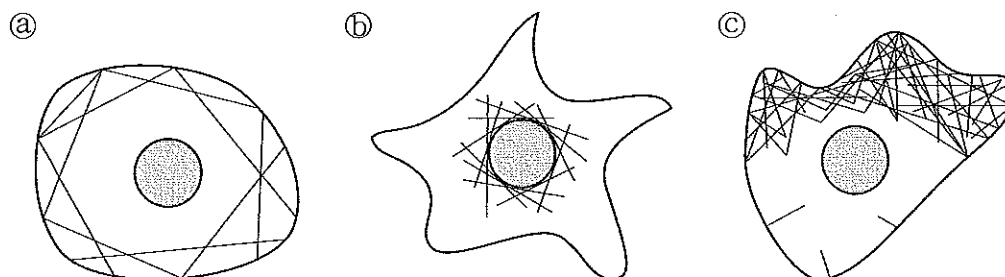
図 2 アクチンフィラメントを蛍光標識した細胞 X

(実験 3) ニワトリの 8～9 日目の胚から網膜の色素上皮を取り出して細胞をばらばらにし、培養皿に入れて培養すると、1～2 日後には細胞どうしが密着した細胞塊が形成された。この培養皿から培養液を取り除いて を含まない塩類溶液を入れ、さらに を結合して除去する効果をもつ薬剤 Z を加えて細胞のようすを顕微鏡で観察した。

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 実験 1 の結果について、培養皿 C と比較して、培養皿 A および B の中に正常ではない細胞が観察された。それぞれどのような細胞か述べよ。また、そのような細胞ができた理由について説明せよ。

問 3 実験 2 を始めてしばらくすると、細胞 X の形が変わり、化学物質 Y の方へ移動し始めた。移動中の細胞とアクチンフィラメントのようすを表す最も適切なスケッチを以下の①～③から 1 つ選び、記号で答えよ。また、その理由について説明せよ。



問 4 下線部(3)に関連して、メダカのうろこに存在する色素胞とよばれる細胞では、色素顆粒がモータータンパク質によって輸送されており、色素顆粒の分布状態によって体色は明るくなったり暗くなったりする。色素胞内における色素顆粒の輸送とそれに伴う体色の変化について、「キネシン」、「ダイニン」、「中心体」という語句をすべて用いて説明せよ。

問 5 実験3について、以下のア～ウのような観察結果が得られた。このような結果が得られた理由について、それぞれ説明せよ。

ア 薬剤Zを入れる前の細胞塊では、細胞どうしが密着していた。細胞は、石畳の敷石のような多角形であり、それぞれ少しずつ形が異なっていた。

イ 薬剤Zを入れてしばらくすると、隣り合った細胞の間にすきまが見えるようになった。

ウ イよりもさらに時間がたつと、細胞はばらばらになり、すべて丸い形になった。

IV 次の文章を読み、問1～8に答えよ。(配点25)

ガラパゴス諸島は、南米エクアドルの沖合1000kmの海上に浮かぶ小群島である。ここには、ダーウィンフィンチ類とよばれる小型の野鳥がおよそ14種生息している。それらは、南米大陸から渡ってきた祖先集団が、海によって自由な交配を行えなくなった結果、それぞれの島の環境の違いにより多様化し、複数の種に分かれていったものと考えられている。ダーウィンフィンチ類は、種によって餌(えさ)とする食物が異なり、それに応じてくちばしの形と大きさが少しずつ異なっている。種子を餌とするフィンチ類は、くちばしが大きいと大きい種子を、小さいと小さい種子を食べるのに適している。また、同種内でも、くちばしの形と大きさの個体差が大きい。ダーウィンフィンチ類のうち、ガラパゴスフィンチとよばれる種は、ガラパゴス諸島内の大ダフネ島に生息し、通常、中くらいの大きさの種子を食べている。図1は、ガラパゴスフィンチの親のくちばしの厚みと、その子のくちばしの厚み(成熟時)を調べた結果を示している。

大ダフネ島では、1977年に干ばつが起きて、餌となる種子の量が減り、残った種子も通常より大きくて堅いものが多かった。図2は、干ばつ前後の1976年と1978年に生まれた個体のくちばしの厚みを調べた結果を示している。この結果は、環境の変化によって餌とする食物の性質が変化すると、短期間に ① が強くはたらくことを示している。

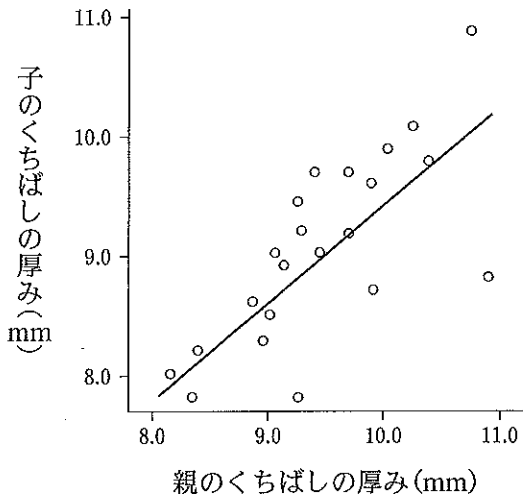


図1 ガラパゴスフィンチの親と子のくちばしの厚みの関係(親のくちばしの厚みは、つがいのくちばしの厚みの平均値を示す。)

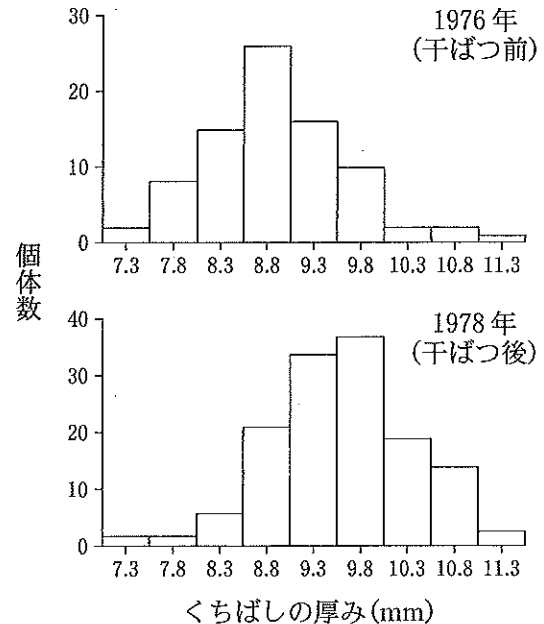


図2 干ばつ前後に生まれた個体のくちばしの厚みの分布

1982年から、大ダフネ島でオオガラパゴスフィンチとよばれる種が繁殖するようになった。この種も、種子を餌とするが、ガラパゴスフィンチより大きくくちばしをもつ。2003年から2004年に干ばつが起き、ガラパゴスフィンチもオオガラパゴスフィンチも個体数が激減した。図3は、これら2種のフィンチについて、干ばつで死んだ個体と生き残った個体のくちばしの厚みの分布を示している。この干ばつ(4)の後に生まれたガラパゴスフィンチのくちばしの厚みは、干ばつ前と比べて大きく変化した。このことは、②が進化の方向性に影響を与えることを示している。

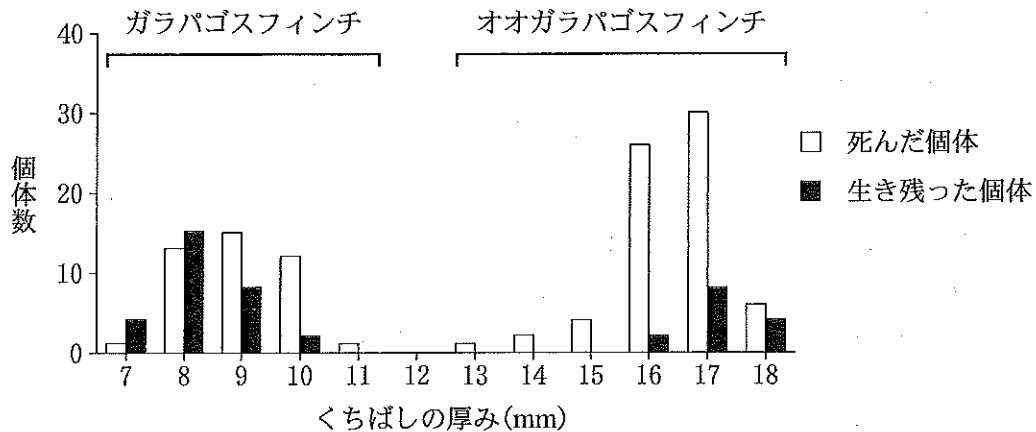


図3 ガラパゴスフィンチとオオガラパゴスフィンチの干ばつ後のくちばしの厚みの分布

問 1 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)と(2)の現象をそれぞれ何とよぶか記せ。

問 3 下線部(3)について、野外に生息する集団において、どのような方法で調査をしたと考えられるか述べよ。

問 4 図1のグラフで、親と子のくちばしの厚みの関係を表す直線の傾きは0.82であった。この結果からどのようなことが推察されるか述べよ。

問 5 図2の結果を説明し、その結果からどのようなことが推察されるか述べよ。

問 6 文中の①とは無関係に、偶然に遺伝子頻度に変化することにより、進化が起こることがある。偶然の遺伝子頻度の変化を何とよぶか記せ。また、これが進化に大きく影響するのはどのような場合か述べよ。

問 7 下線部(4)について、ガラパゴスフィンチのくちばしの厚みはどのように変化したと考えられるか述べよ。また、そのように変化した理由を、1977年の干ばつ前後の変化と比較して説明せよ。

問 8 くちばしの厚みに影響する遺伝子の1つは、対立遺伝子BとPをもつ。大ダフネ島に生息するガラパゴスフィンチの集団と、別の島Aのガラパゴスフィンチの集団について、遺伝子型の頻度を調べると下の表のとおりであった。もし、2つの島がつながって、2つの集団が同等の大きさで完全に混じり合い、交配も自由に行われるようになったとすると、新しい1集団となった次の世代では、BB、BP、PPの遺伝子型の頻度はいくらになるか答えよ。計算過程も示せ。

遺伝子型	BB	BP	PP
大ダフネ島	0.22	0.46	0.32
島A	0.56	0.38	0.06