

滋賀医科大学
令和3年度

医学科一般選抜(前期日程)

問題冊子

理 科

| | | |
|---|---|---------------|
| 物 | 理 | 1 ページ～7 ページ |
| 化 | 学 | 9 ページ～14 ページ |
| 生 | 物 | 15 ページ～23 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 23 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1～7に答えよ。(配点25)

細胞には、核をもたない原核細胞と核をもつ真核細胞がある。原核細胞の内部構造は比較的単純であるのに対し、真核細胞は小胞体、ミトコンドリア、葉緑体などの細胞小器官をもつ。ミトコンドリアと葉緑体の起源については、細胞内共生説が提唱されている。⁽¹⁾ 現生の生物の中にも、細胞内にほかの単細胞生物を共生させている例が見いだされている。河川や池などに生息するミドリゾウリムシは、緑藻類であるクロレラを細胞内に共生させているゾウリムシの一種である。ミドリゾウリムシは、密閉した容器内でも、適度な光があれば、長期間生存できる。⁽²⁾ 共生しているクロレラを分離すると、ミドリゾウリムシは外部から食物を取り入れて生活する。食物は、ミドリゾウリムシの細胞口を通して細胞内に入り、食胞に取り込まれて消化される。⁽³⁾ 一方、分離されたクロレラは光合成を行って生活する。クロレラを除去したミドリゾウリムシとクロレラを混合すると、ミドリゾウリムシは細胞口からクロレラを取り入れる。消化されなかった一部のクロレラは、ミドリゾウリムシの細胞内で分裂して数を増やし、共生する。

2005年、ハテナと名付けられた不思議な単細胞生物の発見が科学雑誌に報告された。ハテナは、砂浜に生息している鞭毛(べんもう)虫類で、細胞内に緑藻類を共生させ、食物を取り込む装置をもたない。ハテナが細胞分裂によって2つに分かれるとき、共生している緑藻類は一方の細胞にのみ受け継がれる。緑藻類を受け継がなかった細胞では、新たに捕食装置が出現する。この細胞が、ハテナに共生するような種類の緑藻類を捕食すると、消化せずにこれを共生させるようになる。共生を始めた緑藻類は、核やミトコンドリアが退化し、鞭毛や細胞骨格が消失して、ハテナの細胞内の特定の位置に配置される。一方、葉緑体は選択的に大きくなっている。これらのことから、ハテナは、捕食を行う真核生物が、一次的な細胞内共生により葉緑体を獲得した緑藻類などの生物を共生させることによって、二次的に葉緑体をもつ生物に進化する前段階にある生物と考えられている。⁽⁴⁾

問1 下線部(1)について、細胞内共生説ではミトコンドリアと葉緑体の起源についてどのように説明されているか述べよ。

問2 下線部(2)について、このような環境でミドリゾウリムシが長期間生存できる理由を説明せよ。

問3 ミドリゾウリムシとクロレラの共生関係を何とよぶか答えよ。また、このような関係をもつほかの例を1つあげよ。

問 4 下線部(3)について、食胞に取り込まれた後、どのように消化されるか説明せよ。

問 5 クロレラは、ミドリゾウリムシの細胞内でも、分離されても、分裂して増殖できる。しかし、ミトコンドリアは、真核細胞から分離されると増殖できない。その理由として考えられることを述べよ。

問 6 ミドリゾウリムシとハテナに見られる共生を比べると、互いの生物の独立性が高いのはどちらか答えよ。また、その理由を説明せよ。

問 7 下線部(4)について、ハテナが細胞小器官として葉緑体をもつ生物に進化するためには、今後どのような変化が必要か述べよ。

II 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点25)

動物の配偶子である精子と卵が融合する過程を受精という。動物の未受精卵には、地球の北極と南極のように動物極と植物極がある(図1のA)。カエルの受精では、精子が卵に侵入すると、図1のBのように表層回転が起こり、精子の侵入点の反対側の卵表面に ① が生じる。また、表層回転によって、受精卵の植物極から帯域(動物半球と植物半球の境界付近)にディシエベルドとよばれるタンパク質が運ばれる。そして、ディシエベルドのはたらきでβ(ベータ)カテニンというタンパク質の濃度が高くなり、この領域は将来背側となる(図1のC)。卵割が進むと ② 胚を経て胞胚になる。胞胚期を過ぎると ① のあった部位の植物極寄りに ③ が生じ、⁽³⁾胚の表面の細胞が内部に向かって陥入し、原腸形成が始まる。この時期の胚を原腸胚という。原腸形成が進むと、⁽⁴⁾胚の細胞が、外側を覆う外胚葉、原腸を構成する内胚葉、その中間に位置する中胚葉の3つの胚葉に区分されるとともに、前後軸・背腹軸・左右軸という3つの軸を備えた幼生の原型ができ上がる。その後、発生が進むにつれて、各胚葉を構成する細胞が分化し、さまざまな組織や器官を形成する。このような発生過程を経て、カエルの受精卵は幼生であるオタマジャクシに変化する。その後、オタマジャクシの尾部の退縮などが起こり、カエルとなる。⁽⁵⁾

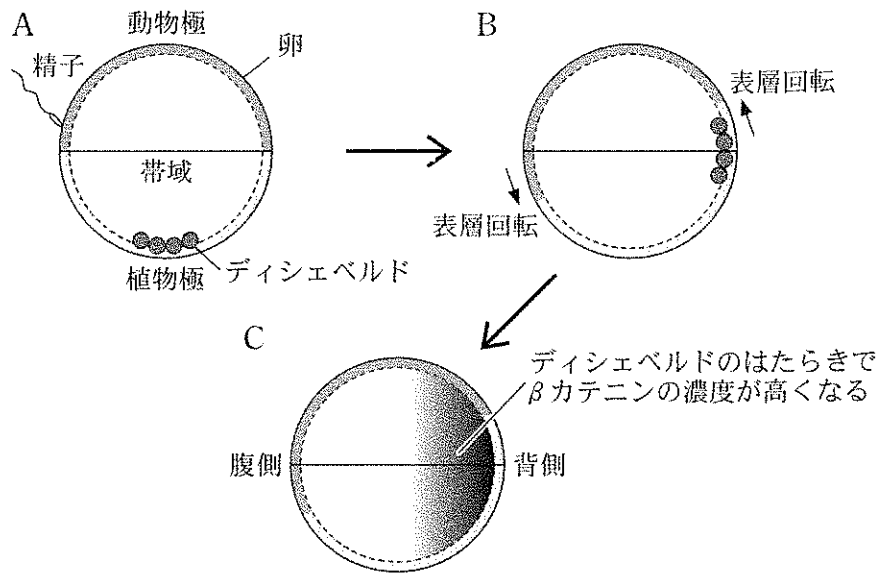


図1

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、表層回転は、細胞骨格のはたらきによって引き起こされる。この細胞骨格は、精子の鞭毛(べんもう)にも存在し、その動きに関与している。以下のア、イに答えよ。

ア. この細胞骨格を構成する主要なタンパク質の名称を答えよ。

イ. この細胞骨格とともに、はたらいて精子の鞭毛の運動を引き起こすタンパク質の名称を答えよ。

問 3 下線部(2)について、濃度が高くなったβカテニンは、卵割が始まった胚の割球に受け継がれる。βカテニンは割球内のどこに移動し、そこでどのようにはたらいて、将来背側となる領域を決定するか。以下の①~⑩から最も適切な語群を1つ選択し、その語句をすべて用いて説明せよ。

| 語群 | 語句 |
|----|---------------------------|
| ① | 細胞膜, アクアポリン, 浸透 |
| ② | 細胞膜, 受容体, エンドサイトーシス |
| ③ | ミトコンドリア, 電子伝達系, 呼吸 |
| ④ | ミトコンドリア, ATP合成酵素, 酸化的リン酸化 |
| ⑤ | 核, 調節タンパク質, 転写 |
| ⑥ | 核, DNAポリメラーゼ, 複製 |
| ⑦ | 小胞体, 細胞骨格, 輸送 |
| ⑧ | 小胞体, リボソーム, 翻訳 |

問 4 下線部(3)について、以下のア、イに答えよ。

ア、胞胚の予定外胚葉域(アニマルキャップ)を切り出してそのまま培養するとどのような組織が誘導されるか。その名称を答えよ。

イ、予定外胚葉域の細胞の細胞膜に存在する受容体に結合して、アで答えた組織を誘導する分泌タンパク質は何か。以下の①~④から1つ選び、記号で答えよ。

- ① ノギン ② ノーダル ③ ビコイド
 ④ オーキシン ⑤ BMP(骨形成タンパク質)

問 5 下線部(4)について、陥入する領域は、形成体(オーガナイザー)となり、内側から背側の予定外胚葉域を裏打ちするように接する。この時期に形成体から分泌されて細胞外ではたらくコーディンとよばれるタンパク質について、以下のア、イに答えよ。

ア、コーディンがはたらくことで予定外胚葉域に誘導される組織の名称を答えよ。

イ、このとき、コーディンはどのようにはたらくか。「受容体」と「結合」という語句を用いて説明せよ。

問 6 下線部(5)について、尾部の退縮を促進させる現象は、ウイルスに感染した細胞を積極的に取り除く場合や、腸の古い上皮細胞が新しい細胞に入れかわる場合にも生じる。(i)この現象の名称と(ii)この現象が生じたときに観察される特徴的な細胞の変化を述べよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点25)

生物には多様性がある一方で、共通性も見られる。多くの生物に共通する基本的な特徴の1つ⁽¹⁾は、遺伝情報を持ち、自分と同じ形質をもつ個体をつくる自己増殖能力をもつことである。遺伝情報は、DNAに含まれており、細胞分裂により新しい細胞へ、また、生殖により親から子へと受け継がれていく。

ワトソンとクリックによって提唱されたDNAの基本構造がもつ特性は、遺伝情報が正確に伝えられるしくみの基礎となっている⁽²⁾。1958年、メセルソンとスタールは、細胞が分裂するとき、DNAが半保存的に複製されることを実験によって証明した⁽³⁾。半保存的複製は、正しい塩基配列のDNAが合成されるのに有利であるが、それでも間違った塩基をもつヌクレオチドが結合し、突然変異の原因になることがある。その割合は、10万塩基の複製あたり1塩基といわれている。間違ったヌクレオチドが結合したときには、そのヌクレオチドは取り除かれ、DNAポリメラーゼによって正しいヌクレオチドがつなぎ直される。このような修復の結果、実際の複製のときに間違いが発生する割合は、10億塩基あたり1塩基の割合にまで下がる。複製の誤り以外にも、放射線や化学物質などが突然変異の原因になるが、細胞はそれらに対しても修復するはたらきをもっている。

しかし、生物集団内のゲノムDNAを調べると、多くの突然変異が見つかる。突然変異の多くは、⁽⁴⁾個体の生存に有利でも不利でもなく、自然選択の影響が及ばない。例えば、塩基の置換が起きても同じアミノ酸が指定される場合は、同義置換とよばれ、タンパク質のアミノ酸配列は変わらない。一方で、頻度は低いものの、指定されるアミノ酸が変わる非同義置換もある。このような遺伝情報の変化は、生物進化の1つの要因となる⁽⁵⁾。多様性と共通性の両者を説明することのできる進化も、生物がもつ大きな特徴としてよいだろう。

問1 下線部(1)について、本文に述べられていない特徴を3つあげ、それぞれについて説明せよ。

問2 下線部(2)について、この構造の主要な特徴を述べよ。

問3 下線部(3)について、メセルソンとスタールは、以下のような実験を行った。

大腸菌を窒素の同位体¹⁵Nを含む培地で培養し、DNAに含まれる窒素がほとんどすべて¹⁵Nとなる大腸菌をつくった。次に、この大腸菌を¹⁴Nのみを含む培地に移して培養し、分裂のたびにDNAを抽出し、塩化セシウム溶液中で遠心分離することによって、その比重を調べた。結果を図1に示す。①～⑤を用いて、DNAが半保存的に複製されることを説明せよ。

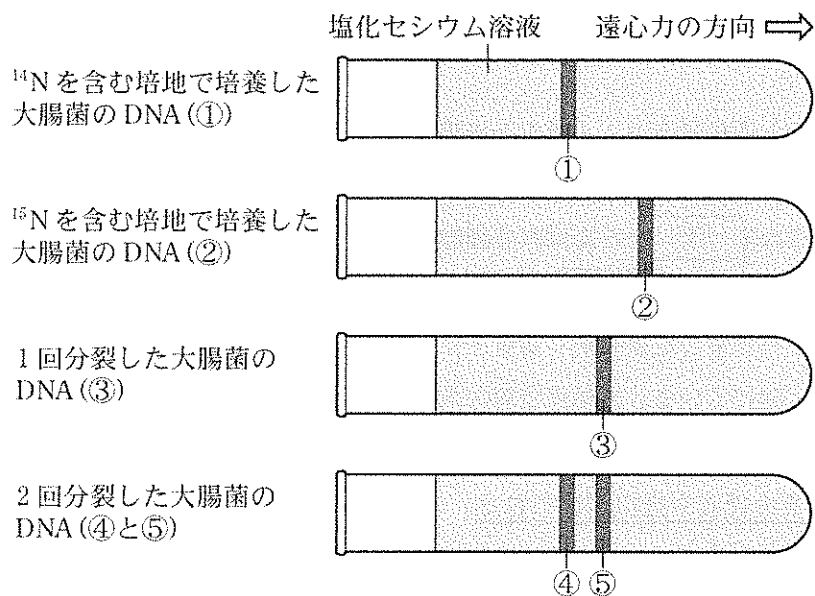


図 1

問 4 下線部(4)について、突然変異で見られる DNA の塩基配列の変化には、塩基置換以外にどのような種類があるか。2つあげ、それぞれについて説明せよ。

問 5 下線部(5)のように、DNA の塩基配列の違いは進化を物語っている。共通の祖先では同一であったゲノム DNA が、突然変異によってそれぞれの種のゲノム DNA に変化したと考えられる。あるタンパク質の遺伝子の塩基配列を 2 つの種で比較することによって、共通の祖先から分かれて以降にその遺伝子に生じた塩基置換の割合が推定できる。表 1 に、タンパク質 A の遺伝子 A とタンパク質 B の遺伝子 B について、ヒトとマウスの間で比較した場合の同義置換と非同義置換の割合を示した。以下のア、イに答えよ。

ア. 遺伝子 A でも遺伝子 B でも、同義置換の割合が非同義置換の割合より高い。このことからどのようなことが推測できるか述べよ。

イ. 遺伝子 A と遺伝子 B における非同義置換の割合の違いから、タンパク質 A とタンパク質 B についてどのようなことが推測できるか述べよ。

表 1 遺伝子 A と B の同義置換と非同義置換の割合
(10 億年あたり 1 塩基あたりに換算した数字)

| 遺伝子 | 同義置換の割合 | 非同義置換の割合 |
|-----|---------|----------|
| A | 3.94 | 0.00 |
| B | 3.79 | 1.34 |

Ⅳ 次の文章を読み、問 1～7 に答えよ。(配点 25)

動物の腸の上皮組織では、1層の上皮細胞からなる構造によって体内と体外(腸の内腔)が隔てられている。上皮細胞どうしは、小さな分子も通れないような ① とよばれる細胞間結合(図1のA)によりしっかりと結合している。① は細胞どうしを結合するとともに、細胞膜の膜タンパク質の拡散を防ぐ防壁としてもはたらき、細胞膜を頂端面と基底面に分けている。頂端面は腸の内腔に面し、⁽¹⁾ブラシの毛のような構造(図1のB)を有し、そこに存在する輸送タンパク質によって、さまざまな物質の吸収や排出が行われる。⁽²⁾このような輸送タンパク質の1つとして、塩化物イオン(Cl^-)を通す輸送タンパク質Cが知られている。輸送タンパク質Cは細胞内から細胞外に Cl^- を排出するはたらきをもち、腸の内腔への Cl^- の排出にともなって水分子も腸の内腔に移動する。

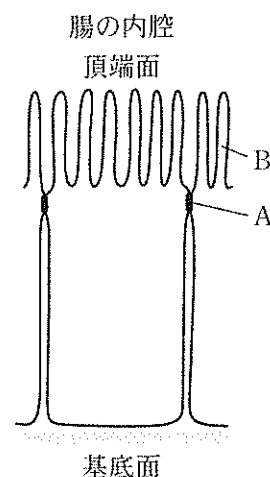


図1

輸送タンパク質Cは、小胞体上のリボソームで合成され、合成と同時に小胞体の膜に埋め込まれ、② とよばれるタンパク質の助けにより折りたたみ(フォールディング)が起こる。その後、小胞体の一部が小胞として分離し、③ を経て頂端面の細胞膜へと運ばれる。しかし、輸送タンパク質Cの遺伝子Cに特定の突然変異(変異P)をホモ接合にもつ遺伝病では、輸送タンパク質Cは頂端面の細胞膜にほとんど存在しない。これは、変異Pによりフォールディングがわずかに変化する結果、小胞体に留められて細胞膜へ運ばれなくなるためで、細胞膜に運ばれさえすれば正常にはたらくことができる。

コレラという病気は、コレラ菌に汚染された水や食物を摂取することによって起こる感染症で、コレラ菌がつくる毒素Dの作用により、水分を大量に含んだ便が排出される下痢(げり)の症状が出る。毒素Dは小腸上皮細胞内に取り込まれて作用することがわかっている。毒素Dの作用と輸送タンパク質Cの関係を調べるために、遺伝子Cを相同染色体の両方で破壊したマウス(-/-)、片方で破壊したマウス(+/-)、および破壊していない正常マウス(+/+)を用いて、以下の実験を行った。

(実験) マウスの大腸を手術により閉塞させ、小腸の内腔に分泌された水分がもれないようにした。手術後、毒素Dをマウスの口から投与し、6時間後に小腸を取り出し、小腸の内腔にたまった水分量を測定した。手術後に毒素Dを投与しなかったマウスと比較したところ、図2のようなグラフを得た。また、そのときの小腸上皮細胞内の物質Eの量を測定したところ、図3のようなグラフを得た。なお、小腸上皮細胞内の物質Eの量が増加すると、輸送タンパク質Cのはたらきが活性化されることがわかっている。

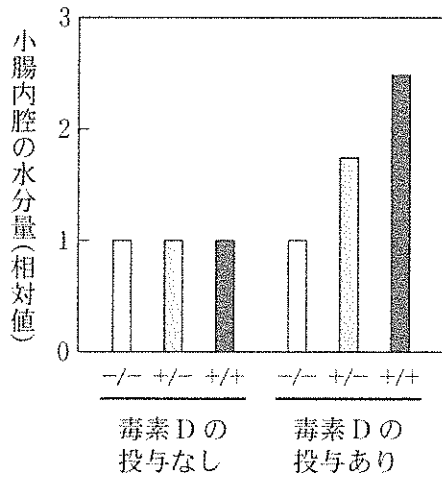


図 2

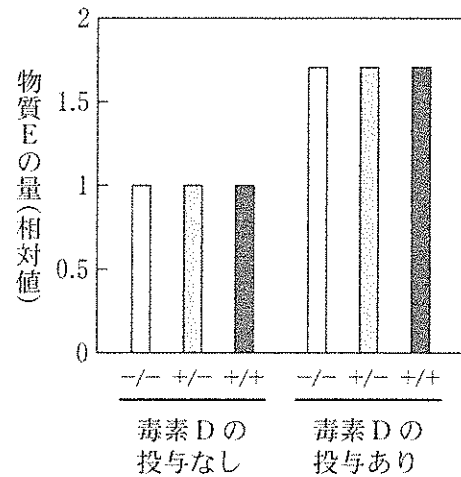


図 3

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)のような腸の上皮細胞の性質と最も関連が低いと考えられる事象を以下の①～⑤から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 細胞がシート状に並ぶ。
- ② 細胞から粘液が分泌される。
- ③ グルコースが細胞に吸収される。
- ④ 細胞自身が消化酵素で分解されない。
- ⑤ 細胞膜の内外で電位差が生じている。

問 3 下線部(2)について、輸送タンパク質を介さずに細胞膜を通過する物質もある。そのような物質にはどのような特徴があるか述べよ。

問 4 下線部(3)について、小胞体上のリボソームで合成されるタンパク質には、膜タンパク質以外にどのようなものがあるか述べよ。

問 5 図2と図3の結果について、以下のア、イに答えよ。

ア. +/+ と -/- のマウスでは、毒素Dの投与によりそれぞれどのようなことが起きたか。小腸内腔の水分量、物質Eの量、輸送タンパク質Cのはたらきの関連がわかるように、+/+ と -/- のマウスを比較して説明せよ。

イ. +/- のマウスの実験結果を+/+ のマウスと比較して説明し、そのような実験結果が得られた理由として考えられることを述べよ。

問 6 変異 P をヘテロ接合にもつ人がコレラ菌に感染した場合、正常の人が感染した場合と比較してどのようなことが予想されるか。以下の ①~③ から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 下痢の症状が軽くなる。
- ② 下痢の症状は変わらない。
- ③ 下痢の症状がひどくなる。

問 7 変異 P をホモ接合にもつ遺伝病の患者に最も効果があると考えられる薬はどれか。以下の ①~⑤ から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 物質 E の分解を阻害する薬
- ② 物質 E の合成を促進する薬
- ③ 遺伝子 C の転写を促進する薬
- ④ 輸送タンパク質 C の Cl^- の通る通路を広げる薬
- ⑤ 輸送タンパク質 C の細胞膜への輸送を助ける薬