

滋賀医科大学  
平成 31 年度  
医学科一般入試(前期日程)

問題冊子

理 科

|     |               |
|-----|---------------|
| 物 理 | 1 ページ～ 6 ページ  |
| 化 学 | 7 ページ～12 ページ  |
| 生 物 | 13 ページ～21 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 21 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)

生物のからだは、約 30 種類の元素で構成されている。ヒトでは、水素、炭素、酸素、窒素の 4 種類の元素を合わせた重量が体重の約 96 % を占める。これらの元素は、生体内の有機物の主な構成成分となっている。炭水化物は単糖が基本単位であり、主にエネルギー源になる。タンパク質はアミノ酸が基本単位であり、生物の構造を支えるとともに、酵素、抗体、ホルモンなどの主成分として生命活動において重要な役割を果たす。脂質はエネルギー源になるとともに、ある種のホルモンや細胞膜の構成成分となっている。核酸には DNA と RNA があり、ヌクレオチドが構成単位である。<sup>(1)</sup> また、無機塩類に含まれる元素には、細胞内外の情報伝達、<sup>(2)</sup> 酸素の運搬、<sup>(3)</sup> 血液の凝固に不可欠なものがある。しかし、これらの元素をすべて混ぜ合わせるだけでは生命は生まれない。

生命は、約 40 億年前に地球で誕生したと考えられている。原始地球では、大気中に酸素はほとんどなく、高熱、紫外線、高圧などによって無機物から分子量の小さい有機物が生成されていたとされる。これらが原始海洋に蓄積し、分子量の大きい有機物であるタンパク質や核酸などが生成された。生命は、これらの有機物の相互作用によって誕生したと推測されている。このように有機物が生成されて生命の誕生を可能にした過程を ① とよぶ。始原生物のうち独立栄養生物としては、まず、無機物を酸化して得られる化学エネルギーを利用して有機物を合成する化学合成細菌や、光エネルギーを利用する光合成細菌が現れたと考えられている。その後、酸素を放出する<sup>(4)</sup> ② が出現して生息域を拡大し、やがて大規模な縞(しま)状鉄鉱層が形成された。② の繁栄は、原始地球の環境と生物の生態に大きな影響を与えた。

- (5) 現在、世界の各海域の深海底において、メタン、水素、硫化水素などを含む高温、高圧の熱水を放出している ③ が発見されている。③ は、原始海洋中に多く存在していたと考えられており、① が起きて生命が誕生した場である可能性がある。この付近には、硫黄細菌<sup>(6)</sup>などの化学合成細菌が生息し、これらの細菌によってつくり出された有機物を利用して生きているシロウリガイやハオリムシなどが観察されている。

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 (i)炭水化物, (ii)タンパク質, (iii)核酸を構成する主な元素の組み合わせとして最も適切なものを以下の①～⑩からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| ① 水素, 炭素, 酸素         | ⑥ 水素, 炭素, 窒素         |
| ② 水素, 炭素, 硫黄         | ⑦ 水素, 炭素, リン         |
| ③ 水素, 酸素, 窒素         | ⑧ 水素, 炭素, 酸素, 窒素, 硫黄 |
| ④ 水素, 炭素, 酸素, 窒素, リン | ⑨ 水素, 炭素, 酸素, 硫黄, リン |

問 3 下線部(1)について、細胞膜を構成する主要な脂質は何か。また、その脂質はどのように細胞膜を構築しているか。分子の構造の特徴から説明せよ。

問 4 下線部(2)と(3)に関与する元素を以下の①～⑩からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- |         |          |        |         |
|---------|----------|--------|---------|
| ① ナトリウム | ⑥ マグネシウム | ③ カリウム | ④ カルシウム |
| ⑤ マンガン  | ⑦ 鉄      | ⑧ 銅    | ⑩ 亜鉛    |

問 5 下線部(4)について、どのようにして大規模な縞状鉄鉱層が形成されたか説明せよ。

問 6 下線部(5)について、以下のア、イの主な原因を説明せよ。

ア. それまで繁栄していた原核生物が大量に死滅した。

イ. アの後も生物は絶滅することなく繁栄した。

問 7 下線部(6)について、硫黄細菌が硫化水素から化学エネルギーを得るときの反応式を記せ。

## Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～ 8 に答えよ。(配点 25)

ヒトのリンパ球は、多様な抗原に対して特異的に反応できる。B 細胞はリンパ球の一種で、抗体を産生する。1 分子の抗体は、2 本の H 鎖と 2 本の L 鎖の合計 4 本のポリペプチドからなる。<sup>(1)</sup>どの抗体の構造も基本的に似ているが、抗体ごとに H 鎖と L 鎖のどちらにもアミノ酸配列の異なる部分がある。この部分は可変部とよばれ、抗原と特異的に結合する。可変部以外の部分を定常部という。

少ない数の抗体遺伝子で多様な抗原に対応できるのは、抗体遺伝子が再編成されるためである。未分化な B 細胞では、H 鎖と L 鎖の可変部に相当する遺伝子は、H 鎖では 3 つの領域 (V, D, J)、L 鎖では 2 つの領域 (V, J) に分かれて存在する。それぞれの領域内では、塩基配列の少しずつ異なる遺伝子断片が複数ある。B 細胞が成熟するにつれて、それぞれの領域から 1 つずつ断片が選ばれて連結され、遺伝子が再編成される。その結果、1 つの B 細胞は特定の組み合わせの H 鎖遺伝子と特定の組み合わせの L 鎖遺伝子をもつことになる。さらに、H 鎖と L 鎖の遺伝子の組み合わせにより、膨大な種類の可変部ができるようになる。この再編成された遺伝子から RNA が転写され、<sup>(2)</sup>キャップ構造やポリ A 鎖の付加などの加工を受け、mRNA が生成される。この mRNA が翻訳されて、H 鎖と L 鎖のポリペプチドが合成される。このようにして、多様な抗原に対する抗体がつくられる。

抗体遺伝子を調べるために、マウス(ハツカネズミ)を用いて以下の実験を行った。

(実験 1) マウスの脾臓(ひぞう)から RNA を抽出した。この RNA 溶液にチミンヌクレオチドが<sup>(3)</sup>20 個つながったプライマーとウイルス由来の DNA 合成酵素を加えて、DNA 鎖を合成し<sup>(4)</sup>た。<sup>(5)</sup>

(実験 2) H 鎖の遺伝子について、V 領域の 1 つの断片の開始コドンを含む部分と、定常部の終止コドンを含む部分にそれぞれ結合する 1 組のプライマーを作製した。実験 1 で合成した DNA 鎖を鋳型にし、これらのプライマーにはさまれた領域の DNA を<sup>(6)</sup>PCR 法によって増幅した。

問 1 下線部(1)について、4 本のポリペプチドはどのような結合でつながっているか答えよ。

問 2 下線部(2)について、転写された RNA から mRNA ができるとき、ほかにどのような加工があるか。加工の名称と過程を述べよ。

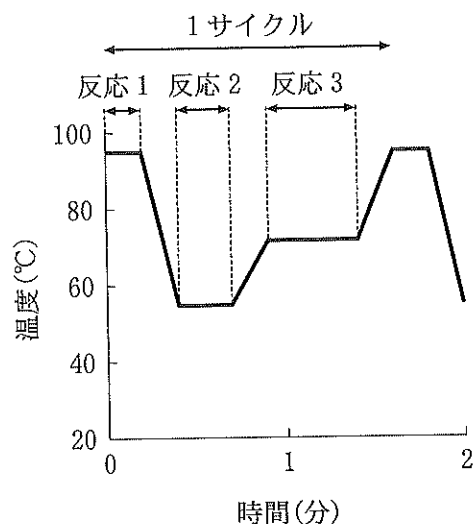
問 3 実験 1 で、下線部(3)のプライマーを用いるのはなぜか。理由を説明せよ。

問 4 下線部(4)の(i)ウイルスと(ii)酵素をそれぞれ何とよぶか答えよ。

問 5 下線部(5)の DNA 鎖を何とよぶか答えよ。

問 6 下線部(6)について、PCR 法では下図の 1 サイクルの反応を繰り返す。反応 1 ～ 3 に相当するものを以下の ㉔～㉙ からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。

- ㉔ プライマーが分解される。
- ㉕ プライマーが DNA に結合する。
- ㉖ 2 本鎖 DNA が切断される。
- ㉗ 2 本鎖 DNA が 1 本鎖に分かれる。
- ㉘ 岡崎フラグメントが合成される。
- ㉙ DNA ポリメラーゼが相補鎖を合成する。



問 7 実験 2 で増幅された DNA のもととなる mRNA の鋳型となったゲノム DNA にも、実験 2 で作製した 1 組のプライマーが結合する部分がある。しかし、プライマーにはさまれた領域の DNA 配列は、実験 2 で増幅された DNA 配列とは異なる。どのように異なるか説明せよ。

問 8 実験 1 のマウスの脾臓の T 細胞のゲノム DNA にも、実験 2 で作製した 1 組のプライマーが結合する部分がある。しかし、プライマーにはさまれた領域の DNA 配列は、実験 2 で増幅された DNA 配列とは異なる。どのように異なるか説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点25)

軟体動物のアメフラシは、背中にえらと水管をもち、水管に絵筆などで触れられると、えらを外とうの下へ勢いよく引っ込める(図1)。1950年代以降、エリック・カンデルらは、このえら引っ込め反射を詳しく調べることにより、学習と記憶の基本的なしくみを明らかにした。

えら引っ込め反射は、水管への弱い接触刺激が繰り返されると弱くなる。このような学習は、①とよばれる。一方、尾に不快な強い刺激を加えると、水管への弱い接触刺激に対して、通常よりも強く大きくえらを引っ込めるようになる。これは、②とよばれる。尾への1回<sup>(1)</sup>の強い刺激では、えら引っ込め反射の増強は数分間しか続かない。しかし、尾に強い刺激を1日4回<sup>(2)</sup>、4日間繰り返した後では、増強は1週間以上も続くようになる。

えら引っ込め反射にかかわる神経回路を簡略化して図2に示す。水管を刺激すると、感覚ニューロンに活動電位が生じ、えらの運動ニューロンに直接伝達される。尾に加えた刺激によって興奮した感覚ニューロンは介在ニューロンを活性化する。この介在ニューロンは、水管からの感覚ニューロンの軸索末端とシナプスを形成している。カンデルらは、神経回路のシナプス伝達を調べることにより、学習によってシナプス伝達効率に変化し、しかもこの変化は一定時間持続することを明らかにした。これは③とよばれ、学習や記憶の形成にとって重要な基盤になると考えられている。

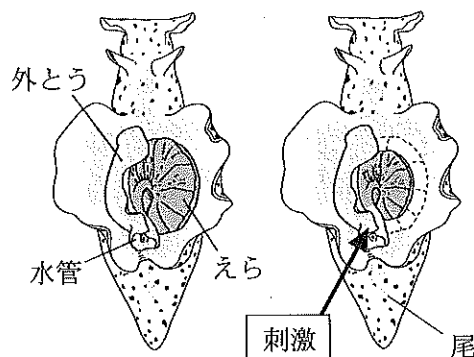


図1 アメフラシのえら引っ込め反射

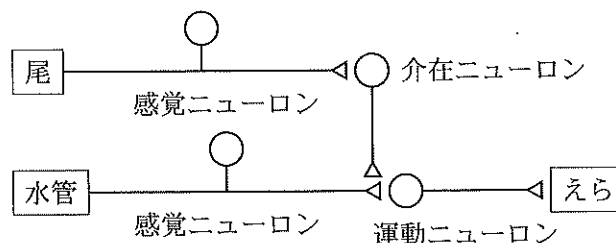
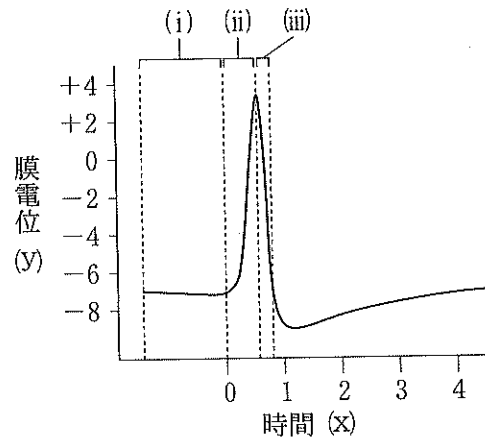


図2 えら引っ込め反射の神経回路

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 ニューロンの活動電位は、オシロスコープによって下図のように記録される。以下のア～ウに答えよ。



ア. 横軸(x)と縦軸(y)の単位として適当なものを以下の①～④からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- x : ① 秒      ②  $\frac{1}{10}$  秒      ③  $\frac{1}{100}$  秒      ④  $\frac{1}{1000}$  秒
- y : ① V      ②  $\frac{1}{10}$  V      ③  $\frac{1}{100}$  V      ④  $\frac{1}{1000}$  V

イ. 図の(i)～(iii)の電位あるいは電位変化について、それぞれイオンチャネルのはたらきから説明せよ。

ウ. 活動電位が軸索末端まで伝わったときに、神経伝達物質が放出されるしくみをイオンチャネルのはたらきから説明せよ。

問 3 下線部(1)の増強について、図2の神経回路の中で、どの部位のどのような変化によるのか説明せよ。

問 4 下線部(2)の増強について、図2の神経回路の中で、どの部位のどのような変化によるのか説明せよ。

問 5 アメフラシは、餌の海藻が口の前にあると、口を開いてすばやく食べる。絵筆で口周辺に触れ3秒後に海藻を与えるという組み合わせを4分間隔で10回繰り返すと、口周辺に触れるだけで食べるような口の動きが見られるようになり、これは1日後でも保持された。このような過程を何というか答えよ。

Ⅳ 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点 25)

有性生殖を行う生物では、生殖のために特別な細胞がつくられる。このうち、精子や卵などのように合体して新しい個体をつくる細胞を配偶子という。多くの動物では、個体が成熟すると雄の精巣で精子が、雌の卵巣で卵がつくられる。配偶子をつくるおおもとの細胞は ① とよばれ、発生初期に ② とは別の系列の細胞として運命づけられる。精巣や卵巣のような生殖巣は、三胚葉のうち ③ から分化してできるが、① は生殖巣ができるより前に、生殖巣ができる場所とは離れた場所<sup>(1)</sup>に出現し、胚の中を移動して発生中の生殖巣に入る。そこで精原細胞や卵原細胞になり、増殖し、やがて減数分裂の段階を経て精子や卵になる。

生殖系列の細胞が発生の過程でどのようにして運命づけられるかは、動物によって異なる。ショウジョウバエの発生では、図1に示すように、受精卵はまず核分裂を繰り返して多核体になり、やがて核が胚の表層に移動し、胚表面は核を中心に細胞に仕切られていく。このとき、胚の後極では極細胞とよばれる細胞が出現し、この細胞がのちに生殖細胞に分化する ① であることがわかっている。生殖細胞がどのようにできるか調べるために、遺伝子型が異なるP、Q、R系統のショウジョウバエを用いて、以下の実験1と2を行った。

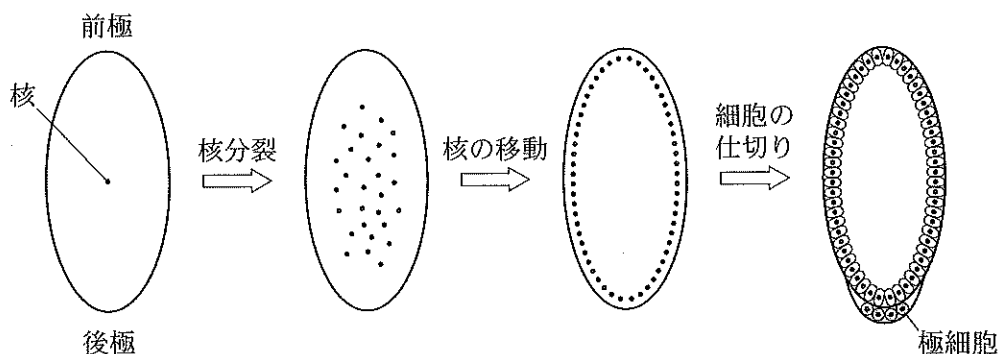


図1 ショウジョウバエの初期発生

(実験1)

- (a) 図2に示すように、発生初期のP系統の胚(胚P)の後極の細胞質を取り出して、同じ時期のQ系統の胚(胚Q)の前極に注入した。胚Qの発生が進み後極に極細胞が出現したところ、前極にも極細胞のような形態を示す細胞(極細胞様細胞)が出現した。
- (b) 胚Pの前極の細胞質を胚Qの前極に注入した。胚Qの後極に極細胞が出現したところ、前極には極細胞様細胞は見られなかった。

(実験 2)

- (a) 図 2 に示すように、実験 1 (a) の胚 Q の前極に出現した極細胞様細胞を、同じ時期の R 系統の胚 (胚 R) の後極に移植した。胚 R から発生した成虫は、R 系統由来の配偶子だけでなく、Q 系統由来の配偶子をもっていた。
- (b) 実験 1 (b) の胚 Q の前極の細胞を胚 R の後極に移植した。胚 R から発生した成虫は、R 系統由来の配偶子だけをもっていた。
- (c) 実験 1 (a) の胚 Q の前極に出現した極細胞様細胞を、胚 R の前極に移植した。胚 R から発生した成虫は、R 系統由来の配偶子だけをもっていた。

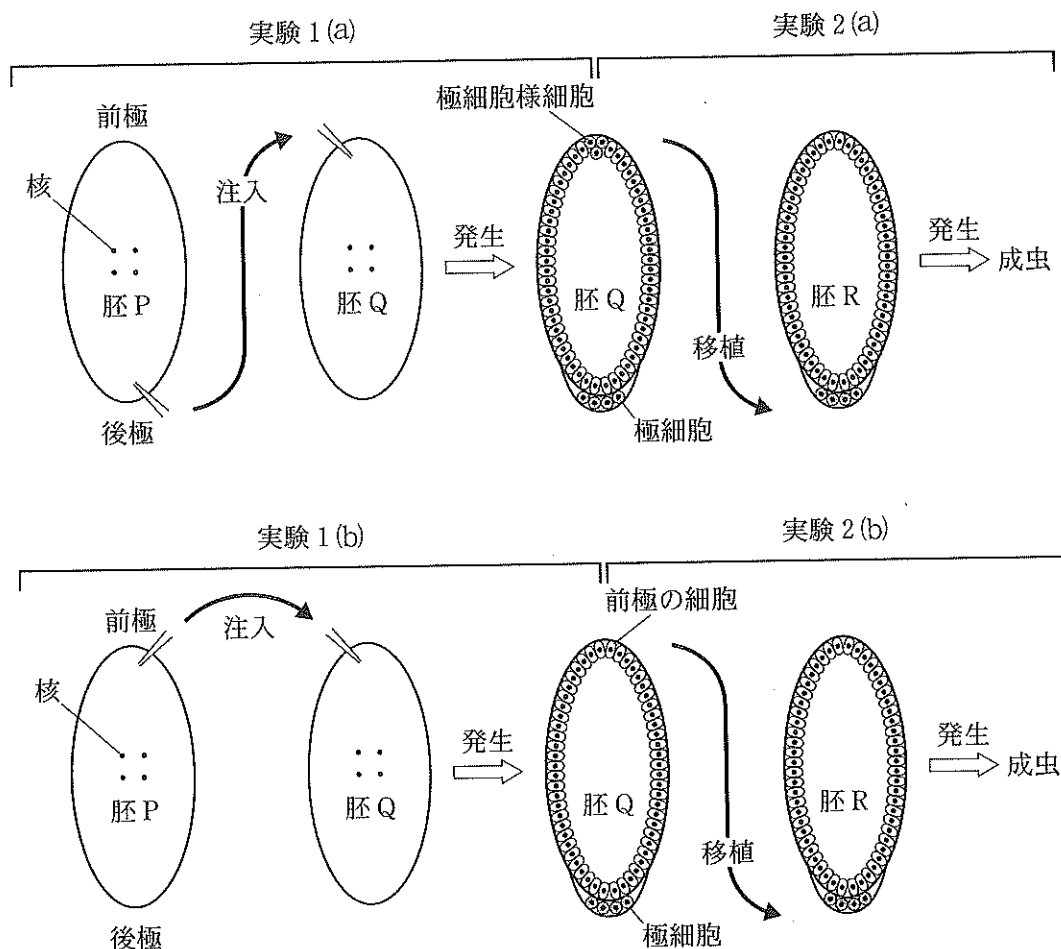


図 2 実験の概略 (実験 2 (c) は図に示していない。)

問 1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問 2 多くの動物の卵形成では、減数分裂の第一分裂の前期が長い。この時期に染色体がどのようにふるまうか説明せよ。

問 3 ショウジョウバエは、昆虫類に属する節足動物である。節足動物と分子系統学的に最も近縁である動物を以下の④～⑩から選び、記号で答えよ。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| ④ 環形動物 | ⑤ 棘皮動物 | ⑥ 原索動物 |
| ⑦ 刺胞動物 | ⑧ 線形動物 | ⑨ 軟体動物 |

問 4 節足動物には、昆虫類のほかにアメリカザリガニのような甲殻類もある。ショウジョウバエとアメリカザリガニに共通して見られる特徴を以下の④～⑩から3つ選び、記号で答えよ。

- ④ 呼吸器官は気管である。
- ⑤ 循環系は開放血管系である。
- ⑥ 消化管は神経索の腹側にある。
- ⑦ 神経系ははしご形である。
- ⑧ 視覚器は複眼である。
- ⑨ 排出器官はマルピーギ管である。

問 5 実験1(a)と(b)および実験2(a)と(b)の結果から、生殖細胞の形成についてわかることを説明せよ。

問 6 実験2(c)で、Q系統由来の配偶子が見られなかったのはなぜか。下線部(1)の内容をふまえ、理由として考えられることを述べよ。

問 7 実験2では、移植を受けた胚Rから発生した成虫のもつ配偶子が、どの系統由来であるかについて結果が記されている。この結果は、この成虫を別の個体と交配し、次の世代を観察することによって得られたものである。どのような交配実験をして、どのように配偶子の系統を判別したと考えられるか。Q系統の遺伝子型をAA、R系統の遺伝子型をaaとして説明せよ。ただし、Aとaは常染色体にある対立遺伝子で、遺伝子型がAAやAaでは成虫の体色は黄褐色になり、aaでは黒色になる。