

令和 5 (2023) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学, 物理, 生物のうちから, 出願時に選択した 2 科目を受験すること。
3. 化学, 物理, 生物の全ての解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。
4. 受験しない科目の解答欄と右側の採点欄の 2 か所に大きく×印をすること。
5. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
6. 枠外に記入した場合, およ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。
7. 問題冊子の裏表紙は計算に使用する。
8. 問題冊子は 1 冊, 解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
9. 受験票は机に出しておくこと。

# 生物(前期)

(その1)

I 以下の文章を読み、設問に答えよ。

動物は環境から得た情報に応じて、体を動かし反応することができる。情報を集めるのは、それぞれ、特定の刺激を受ける、眼、耳、鼻などの( 1 )であり、筋肉などの( 2 )が体を動かす。それらの間を結びつけているのが神経系だ。このとき、単に情報を伝えるだけでなく、情報処理の中核として働いているのが中枢神経系で、中枢神経系は( 3 )と( 4 )からなる。

神経系を構成する基本単位はニューロン(神経細胞)である。ニューロンは、核のある( 5 )から、通常は1本の軸索と枝分かれした多数の( 6 )が突き出た形をしている。軸索での情報伝達には、電気的な現象がかかわっている。刺激を受けていないニューロンの部位では、細胞膜の外側は正(+に、内側は負(-)に帯電している。ニューロンが刺激されると膜電位の変化が起こり、活動電位が発生する。これを興奮という。脊椎動物の軸索の多くは、髄鞘で包まれている。髄鞘には一定間隔の欠落部分があり、髄鞘を持つ有髄神経は、髄鞘を持たない無髄神経よりも興奮の伝導速度が速い。ただし、エイカなどでは速い伝導速度を有する無髄神経が存在する。

問 1 ( 1 )~( 6 )の空欄に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部アについて、特定の刺激のことを一般に何と呼ぶか。

問 3 下線部イの発生から静止電位に戻るまでの過程を、細胞内外の電位差、および  $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$  の移動に注目して説明せよ。なお、次の語句全てを必ず含めること。

$\text{Na}^+$  チャネル、 $\text{K}^+$  チャネル、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、ナトリウムポンプ

問 4 下線部ウ、および下線部エについて、興奮の伝導速度が速い理由をそれぞれ簡潔に説明せよ。

問 5 神経筋標本(図1)を用いて次の実験を行った。神経上で筋肉から4.0 cm 離れたA点と筋肉から8.0 cm 離れたB点、および神経末端に接している部分の筋肉に直接、それぞれ同じ大きさの電気刺激を与えると図2のような筋収縮が観察された。このとき収縮し始めた時間を刺激を与えてから筋収縮に要した時間とみなす。以下の数値を求めよ。(有効数字2桁)

- ①この神経の興奮の伝導速度(m/秒)。
- ②神経末端から筋肉への伝達に要した時間(ミリ秒)。
- ③この神経上で筋肉から6.8 cm 離れた点に電気刺激を与えた際に筋肉が収縮し始めるまでの時間(ミリ秒)。

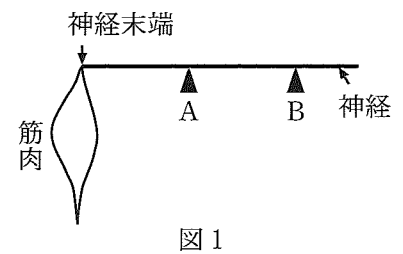


図1

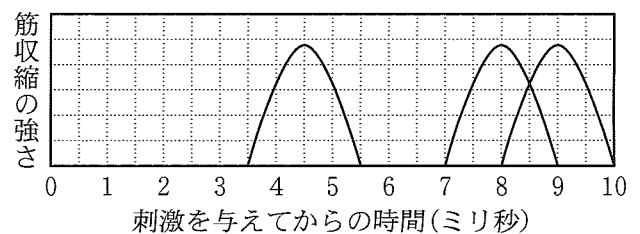


図2

II 真核生物の細胞内で行われる呼吸に関する以下の設問に答えよ。

問 1 呼吸は生体内で行われる代謝のうち、異化の一例である。異化の定義を答えよ。

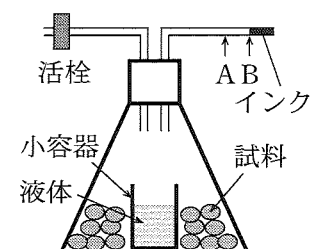
問 2 呼吸は3つの過程に分けられる。解答欄のa)~c)に、それぞれの過程の名称を進行する順に書き、酸素( $\text{O}_2$ )の消費、または二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )の放出が行われる過程に○を、行われない過程に×を記入せよ。

問 3 呼吸におけるATP合成に関する次の文章の(ア)~(ケ)の空欄を埋めよ。なお、略称を使用してもよい。

還元型補酵素である(ア)と(イ)は、(ウ)と(エ)を放出し、(ウ)が複数のタンパク質複合体の間で受け渡される際に(エ)が膜を介して輸送され、(エ)の濃度勾配ができる。この濃度勾配を利用してATP合成酵素が(オ)と(カ)からATPを合成する。(ウ)と(エ)は最終的に酸素と結合し、(キ)を生じる。呼吸基質としては、炭水化物以外に(ク)や(ケ)も利用される。

問 4 コムギ発芽種子を用いて呼吸商について調べた。図のように、三角フラスコに2本のガラス管を付けたゴム栓をはめ、一方のガラス管には活栓を付け、もう一方のガラス管は横に伸びる部分が水平になるようにした。水平にしたガラス管にインクを入れ、フラスコ内の気体の量の増減がインクの動きとして示されるようにした。最初のインクの位置は図のBである。対照実験、実験1、2で、液体を入れた小容器と試料を三角フラスコに入れ、活栓を閉じ、4分後のインクの位置を確認した。使用した液体と試料、およびインクの位置を下表に示す。対照実験、実験1、2は同時に同じ場所で行った。なお、光合成の影響はない。

	小容器中の液体	試料	インクの位置
対照実験	$\text{CO}_2$ 吸収剤	なし	B
実験1	$\text{CO}_2$ 吸収剤	コムギ発芽種子	A
実験2	蒸留水	コムギ発芽種子	B



- i) 実験1でAの位置までインクが移動したのは、フラスコ内のどの気体の量がどのように変化したからか。
- ii) 実験2でインクが移動しなかったのはなぜか。フラスコ内の $\text{O}_2$ と $\text{CO}_2$ の量の増減に着目して答えよ。
- iii) 実験2の結果をふまえて、この発芽種子が呼吸基質としている物質の呼吸商はいくつか。(有効数字2桁)

Ⅲ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

多細胞生物の体細胞は1つの受精卵から体細胞分裂によって増えたものであり、基本的には①全ての細胞が同じ遺伝情報を持っている。しかし、それぞれの細胞は②発現する遺伝子の組み合わせを変えることにより、形や働き異なる細胞に分化することができる。多細胞生物の胚では遺伝子の発現が段階的に調節されることで発生が進行し、この調節のしくみに③遺伝的な変化が生じると、大きな形態の違いをもたらす場合がある。Shh タンパク質は動物の発生を制御する因子の1つである。魚類AとBはともに Shh タンパク質を指定する遺伝子を持ち、その発現を制御するプロモーターの塩基配列も同じである。魚類Aの胚では、Shh タンパク質の遺伝子の転写は④調節タンパク質である $\alpha$ によって促進されるが、⑤魚類Bでは $\alpha$ では促進されない。この違いは、魚類AとBで形態の違いが生じる原因の1つである。

問1 下線部①を証明した実験の1つに、ガードンら(1962)による実験がある。この実験を説明する次の文章の(1)~(3)の空欄にあてはまる語句を以下の語群から選び、(あ)~(お)の記号で答えよ。

アフリカツメガエルの(1)の(2)を破壊したあとに別の個体の(3)から採取した(2)を移植したところ、正常に発生するものがあつた。

- (あ) 体細胞 (い) mRNA (う) 核 (え) 未受精卵 (お) 調節タンパク質

問2 下線部②について、遺伝子の中にはどの細胞でも発現しているハウスキーピング遺伝子というものがある。

(i) ヒトにおいて、(ア)タンパク質合成、(イ)光受容、(ウ)転写、(エ)酸素分子の運搬、(オ)細胞骨格の形成、に直接関連するタンパク質を下の(a)~(g)から選び、それぞれ記号で答えよ。

(ii) (a)~(g)のうち、それを指定する遺伝子がハウスキーピング遺伝子であるものを全て選び、記号で答えよ。

- (a) ロドプシン (b) ヘモグロビン (c) リボソームタンパク質 (d) アクチン  
(e) フィトクロム (f) RNAポリメラーゼ (g) DNAポリメラーゼ

問3 下線部③に関して、魚類AとBで $\alpha$ を指定する遺伝子の塩基配列を比較すると、違いが数カ所で見つかったが、 $\alpha$ の機能は魚類AとBで全く同じであった。このような塩基配列の変化が集団内に広がり得ることを進化の観点から説明した説の名称を答えよ。また、その説の内容を簡潔に記せ。

問4 下線部④について、真核生物の調節タンパク質が遺伝子の転写を促進するしくみを「転写調節領域」「基本転写因子」「プロモーター」「RNAポリメラーゼ」の語句を全て用いて説明せよ。

問5 下線部⑤について、魚類Aと魚類Bで $\alpha$ のアミノ酸配列、およびその発現量、発現場所に違いがない場合、魚類Bの胚において $\alpha$ がShhタンパク質の遺伝子の転写を促進しない理由を説明せよ。

Ⅳ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

体内環境を一定に維持しようとする生物の性質は(1)といわれる。自律神経系と(2)系により体内環境が調整されている例として、血糖濃度の調節がある。ヒトの血糖濃度は、食後には一時的に上昇するが、インスリンの働きによりやがて通常の値に戻る。

アンボイナガイは海産の巻貝で、体内の毒腺で毒を産生し、その毒を水中に放出することで獲物の魚を弱らせてから捕らえる。アンボイナガイが放出する毒の一種(G1)の構造は、脊椎動物のインスリンに極めて類似している。

問1 (1)、(2)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部アについて、血糖濃度を上げるときに働く自律神経系の種類は何か。

問3 下線部イについて、インスリンA鎖とB鎖は特定のアミノ酸の側鎖にある硫黄原子を用いて結合している。特定のアミノ酸は何か。また、このような結合は何と呼ばれるか。

問4 下線部ウについて、(1)アンボイナガイが属する動物門の名称を答えよ。(2)アンボイナガイと同じ動物門に属する動物を以下の(a)~(f)から全て選べ。

- (a) イソギンチャク (b) マダコ (c) マボヤ  
(d) ナマコ (e) アメフラシ (f) カイメン

問5 アンボイナガイの毒であるG1の作用を調べるため、<sup>すい</sup>膵臓ランゲルハンス島のB細胞を選択的に破壊する薬剤であるストレプトゾトシン(STZ)を投与したゼブラフィッシュに対して、G1を投与する実験を行った。図1はその実験の結果を示しており、左から処理なし(対照群)、STZを投与した群(STZ群)、STZ投与後にG1を投与した群(STZ+G1群)で測定した血糖濃度を示している。(1)STZ群で血糖濃度が上昇した理由を説明せよ。(2)STZ群とSTZ+G1群との比較から、G1の作用について何が分かるか。

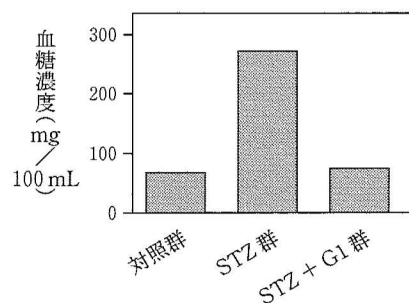


図1

問6 図2は、ゼブラフィッシュを入れた水槽の水に対してG1を加えなかった場合(対照群)とG1を加えた場合(G1群)の、水中での遊泳時間(左)と移動頻度(右)を示している。この結果から、G1がゼブラフィッシュに与える影響について何が言えるか。

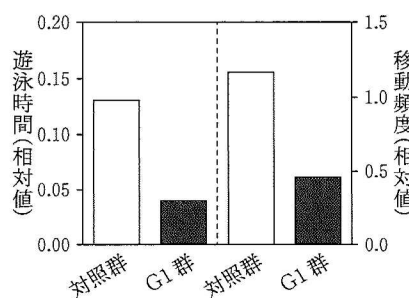


図2

問7 図1と図2の結果から、G1はゼブラフィッシュに対する毒としてどのように作用すると考えられるか、簡潔に説明せよ。

Safavi-Hemamiら(2015)より改変

