

生 物 問 題

(この問題冊子は9ページ，3問である。)

受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで，問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に，試験監督者から指示があったら，解答用紙1ページ目の左上に氏名と受験番号を記入し，所定のマーク欄をぬりつぶすこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能，計算機能，辞書機能を使用してはならない。また，スマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. マーク式の解答は，解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで，そのマーク欄をぬりつぶすこと。
6. マークをするとき，マーク欄からはみ出したり，白い部分を残したり，文字や番号，○や×をつけたりしてはならない。また，マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
7. 記述式の解答は解答欄にていねいに記入すること。字数が指定されている場合は，漢字，かな(カナ)，アルファベット，数字，記号，句読点などは，原則としてそれぞれ一字として記入すること。
8. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消したうえで，消しきずはきれいに取り除くこと。
9. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
10. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
11. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
12. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。
13. この問題冊子の余白を計算用紙として使用してよい。

- 1 神経誘導と遺伝子の発現調節に関する下の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

文章 カエルの発生の初期原腸胚において、オーガナイザーと呼ばれる誘導作用を持つ領域が原口背唇部に形成される。原口背唇部の細胞群は、原腸形成によって胚の内側に移動して予定外胚葉の内側に位置するようになる。その結果、それらの細胞に裏打ちされた背側の外胚葉から神経組織が誘導⁽¹⁾される。背側の外胚葉は神経板に分化して、神経板から神経管が形成される。その過程で、細胞膜を貫通するタンパク質であるNカドヘリンは神経板で発現⁽²⁾し、Eカドヘリンは表皮で発現している。

- 問1 下線部(1)の神経誘導がどの様に起きるかを下記の用語を全て用いて説明せよ。

BMP, BMP 受容体, ノギン, コーディン

- 問2 下線部(2)のカドヘリンについての記述として適切なものをa～dのうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合はeをマークせよ。

- a) 細胞外でNカドヘリンとEカドヘリンが結合して、神経板の細胞と表皮の細胞の結合をつかさどる。
- b) 細胞外でNカドヘリンどうし、およびEカドヘリンどうしが結合して、神経板の細胞どうし、および表皮の細胞どうしの結合をつかさどる。
- c) 遊走する神経堤の細胞にはNカドヘリンとEカドヘリンはどちらも発現していない。
- d) カドヘリンの細胞内の部分は、アクチンフィラメントなどの細胞骨格と連絡している。

問3 発生が進行して尾芽胚になると、原口背唇部の細胞群は、主にどの組織になっているか。a～gのうちから最も適切なものを1つ選べ。

- a) 肝臓 b) 眼胞 c) 腸管 d) 心臓
e) 脊索 f) 腎節 g) 表皮

問4 多細胞動物の発生の過程で、さまざまな細胞が生じ、それらは異なる形態や機能を示すようになる。これは、細胞の種類に応じて、発現する遺伝子が異なっているためである。次のアとイについて答えよ。

ア) 遺伝子の発現調節のしくみを下記の用語を全て用いて説明せよ。

調節タンパク質, 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

イ) なぜ細胞の種類に応じて発現する遺伝子が異なるのかを, アで説明した調節のしくみに基づいて説明せよ。

2 アメフラシを用いた実験に関する下の文章を読み、以下の問5～問8に答えよ。

文章 海の浅瀬に生息するアメフラシは、えらに続く水管で海水を出し入れして呼吸する。水管に機械的の刺激を与えるとえらを引っ込める反射が起こる。このえら引っ込め反射には、水管に与えられた刺激を伝える水管感覚ニューロンと、えらを引っ込める運動ニューロンがシナプス結合していることが関わっている。この反射について、水管を機械的に刺激してえらの引き込みと神経細胞の膜電位を観察する実験を行った(図1)。

実験：水管を10秒間隔で15回刺激した(連続刺激)。次に尾部に電気刺激を与え、その直後に水管を連続刺激と同じ強さで1回刺激した(16回目の刺激)。このとき、記録電極Aでは水管感覚ニューロン軸索の膜電位を、Bでは運動ニューロンのシナプス後電位を測定した。

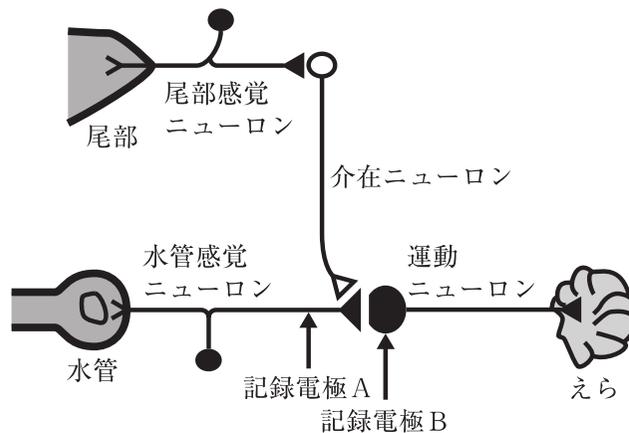


図1 アメフラシの神経細胞のつながりと膜電位測定の様式図
神経細胞のつながりがわかるように模式的に示している。

問5 連続刺激において、15回目の刺激のときのえらの引き込みは1回目と比べて弱くなった。このとき、記録電極AとBの膜電位の変化は1回目の刺激の時と比べてどうだったか、a～cのうちから最も適切なものをそれぞれ1つずつ選べ。また、水管感覚ニューロンと運動ニューロンとの間のシナプスで何が起きてえらの引き込みが弱くなったか、その理由を説明せよ。

- a) 大きくなった。
- b) 小さくなった。
- c) 同じであった。

問6 水管感覚ニューロンの軸索末端から刺激を受けたときに運動ニューロンのシナプス後部位で起こる現象についての記述として適切なものをa～dのうちから全て選べ。適切なものがない場合にはeをマークせよ。

- a) 神経伝達物質を受け取った電位依存性ナトリウムチャネルが開く。
- b) ナトリウムイオンの細胞内への流入によって膜電位が上がる。
- c) 1つのシナプスからの1回の刺激では活動電位が発生しないことが多い。
- d) 1つのシナプスから短時間に複数の刺激を受けると膜電位の変化は加算される。

問7 16回目の刺激において、記録電極AとBの膜電位の変化は連続刺激の15回目の刺激のときと比べてどうだったか、a～cのうちから最も適切なものをそれぞれ1つずつ選べ。また、なぜそのような結果になったかを説明せよ。

- a) 大きくなった。
- b) 小さくなった。
- c) 同じであった。

問8 アメフラシのえら引き込み反射の実験によりシナプス可塑性を観察することができる。シナプス可塑性についての記述として適切なものをa～dのうちから全て選べ。適切なものがない場合にはeをマークせよ。

- a) シナプスの伝達効率が変化する。
- b) ニューロンの全か無かの法則にしたがって起こる。
- c) シナプス前細胞の働きに無関係に起こる。
- d) ヒトの脳の海馬における記憶形成にも関わる。

3

被子植物における種子と果実に関する文章1～文章3を読み、以下の問9～問12に答えよ。

文章1 花粉がめしべに付着すると花粉管が発芽して伸び、雄原細胞は分裂して2個の精細胞になる。めしべの根元には胚のうがある。胚のう内の一方には1個の卵細胞と2個の助細胞、もう一方には3個の反足細胞が並んでいる。胚のうの中央にある中央細胞は極核とよばれる2個の核を持つ。花粉管が胚のう内に進入すると重複受精が起こり、種子が形成される。種子が形成されると種子の中でオーキシンが合成され、子房が成長して果実となる。

問9 重複受精では胚のう内の2か所で核の融合が起こる。1か所での融合の結果生じる細胞は、その後種子の胚となる。もう1か所での融合の結果生じる細胞は、有胚乳種子の場合、種子の胚乳となる。将来胚となる融合と将来胚乳となる融合のそれぞれについて、文章1に書かれているどれとどれが融合するのか。また、その結果生じる細胞の核相と、その細胞がどのように胚や胚乳になっていくのかを述べよ。

問10 オーキシンは子房だけでなく、茎に対しても成長促進作用がある。どちらに対する成長促進においても、オーキシンは細胞の体積を大きくするように働く。オーキシンによって細胞の体積が大きくなるしくみを簡潔に説明せよ。

文章2 果実が形成されると果実はエチレンを合成して放出する。エチレンは果実の細胞が持つエチレン受容体に作用して果実の成熟を促進する。エチレンの合成を阻害する薬物として薬物Aがあり、エチレン受容体の働きを阻害する薬物として薬物Bがある。ある植物において同程度に成熟途中の果実を用いて以下の実験を行った。全ての実験では同じ大きさの密閉容器を用いた。

実験1. 容器に果実を1つだけ入れておくと、果実の成熟はゆっくり進んだ。

実験2. 容器に果実を2つ入れておくと、容器内のエチレン濃度がより高くなり、どちらの果実も実験1の果実に比べて成熟が速く進んだ。

実験3. 容器に薬物Aで処理した果実を1つだけ入れておくと、果実の成熟は全く進まなかった。薬物Bで処理した果実を用いても同じ結果だった。

実験4. 容器に薬物Aで処理した果実と無処理果実の2つを入れておき、果実の成熟を観察した。

実験5. 容器に薬物Bで処理した果実と無処理果実の2つを入れておき、果実の成熟を観察した。

問11 下のア～エの果実について、その成熟の進み方の記述として最も適切なものをa～cのうちからそれぞれ1つずつ選べ。

ア) 実験4の処理果実

イ) 実験4の無処理果実

ウ) 実験5の処理果実

エ) 実験5の無処理果実

a) 実験1のようにゆっくり進む。

b) 実験2のように速く進む。

c) 実験3のように全く進まない。

文章3 種子が発芽して生じる芽生えの成長はエチレンの影響を受ける。エチレンのない環境では芽生えの茎は伸長成長し、エチレンのある環境では茎は肥大成長する。そのしくみを簡単に説明すると次のようになる。

茎が伸長成長するか肥大成長するかはCTR1とよばれるタンパク質の働きによって決められる。CTR1が働くと茎は伸長成長し、働かないと茎は肥大成長する。CTR1はエチレン受容体に結合している時に働きがあり、エチレン受容体から遊離すると働きがなくなる。エチレン受容体はエチレンに結合していないときにはCTR1を結合させており、エチレンに結合している時にはCTR1を遊離させる。

問12 下のア～ウに記述されているようなタンパク質を持つ植物体について、茎の成長はどうなるか。最も適切な記述をa～dのうちからそれぞれ1つずつ選べ。

- ア) 正常なエチレン受容体を持つが、CTR1を全く持たない。
 - イ) 正常なCTR1を持つが、エチレン受容体を全く持たない。
 - ウ) 正常なCTR1を持つが、エチレン受容体は性質が変化している。その受容体はエチレンに結合できないが、CTR1とは結合してCTR1の活性を維持する。
-
- a) エチレンのない環境でも、エチレンのある環境でも伸長成長が見られる。
 - b) エチレンのない環境では伸長成長が見られるが、エチレンのある環境では肥大成長が見られる。
 - c) エチレンのない環境でも、エチレンのある環境でも肥大成長が見られる。
 - d) エチレンのない環境では肥大成長が見られるが、エチレンのある環境では伸長成長が見られる。

