

(2020年度)

生 物 問 題 (60分)

(この問題冊子は18ページ， 5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，解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し，所定の欄に氏名を記入すること。次に，解答用紙の右側のミシン目にそって，きれいに折り曲げてから，受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し，机上に置くこと。
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. 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. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
8. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
9. 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。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。
12. この問題冊子の余白を計算用紙として使用してよい。

1 以下の問1～問5についてa)～e)のうちから正しいものを全て選べ。ただし、正しいものがない場合はf欄にマークせよ。

問1 核酸について

- a) DNAのヌクレオチドでは糖の2'の位置にOHが結合しているが、RNAではそれがHに置き換わっている。
- b) DNAポリメラーゼによるDNAの合成開始と、RNAポリメラーゼによるRNAの合成開始には、ともにプライマーが必要である。
- c) RNAポリメラーゼは、DNAの鋳型鎖の5'側から3'側の方向へ移動してRNAを合成する。
- d) mRNA, tRNA, rRNAはいずれも転写によって合成される。
- e) 電気を通す水溶液中でDNAに電圧を加えると、DNAは+極の方向へ移動する。

問2 代謝について

- a) 解糖系では脱水素反応は起こるが、脱炭酸反応は起こらない。
- b) 乳酸発酵では脱水素反応は起こらないが、脱炭酸反応は起こる。
- c) クエン酸回路では脱水素反応は起こらないが、脱炭酸反応は起こる。
- d) β 酸化は細胞質基質で行われる。
- e) 脱アミノ反応ではアミノ酸のアミノ基がアンモニアとして遊離する。

問3 植物の光合成について

- a) チラコイドでの反応で生産された ATP や NADPH は、ストロマで有機物の合成に利用される。
- b) 光化学系 I で発生した e^- は、光化学系 II の反応中心クロロフィルを還元する。
- c) 葉緑体の電子伝達系では、 H^+ がチラコイド内腔からストロマに輸送される。
- d) カルビン・ベンソン回路では、まず CO_2 が C_5 化合物と反応して 2 分子の C_3 化合物が生成される。
- e) カルビン・ベンソン回路では、12 分子のグリセルアルデヒドリン酸が合成されると、そのうち 2 分子が有機物の合成に利用される。

問4 動物初期胚の卵割について

- a) 卵割時に見られる細胞周期は、しばしば G_1 期と G_2 期を飛ばして進行する。
- b) 卵割後に娘細胞は母細胞と同等の大きさに成長する。
- c) 卵割後に細胞の核相は $2n$ から n へと半減する。
- d) ウニの 4～8 細胞期の卵割では不等割が起こる。
- e) ウニの 2 細胞期の割球は、それぞれが受精卵と同等の分化能を持つ。

問5 ヒトの器官の構造について

- a) 腎単位は糸球体、ボーマンのう、細尿管から構成される。
- b) 肝動脈と肝門脈を流れる血液は、それぞれ肝小葉の中で毛細血管を通った後、中心静脈で合流する。
- c) 脊椎動物の中樞神経と末梢神経の神経繊維の多くでは、シュワン細胞によって髄鞘が形成されている。
- d) 視床下部の神経分泌細胞は、脳下垂体前葉内の毛細血管に軸索を伸ばし、血液中にホルモンを分泌する。
- e) 脳幹は中脳、橋、延髄の 3 つで構成される。

2 動物の細胞小器官に関する次の文章を読み、以下の問6～問12に答えよ。

文章 核は核膜に覆われている。核膜には核膜孔と呼ばれる構造がある。核の内部には染色体や1～数個の核小体⁽¹⁾がある。細胞質には小胞体、ゴルジ体、ミトコンドリア⁽²⁾、リボソーム、リソソーム⁽³⁾、中心体など、さまざまな細胞小器官が存在する。小胞体には滑面小胞体⁽⁴⁾と粗面小胞体の2種類があり、リボソームは細胞質基質内に遊離した状態⁽⁵⁾または小胞体に付着した状態で存在する。

問6 核膜孔を通して核の内部から細胞質基質に運搬される物質として適切なものをa)～g)のうちから全て選べ。

- a) DNA b) mRNA c) tRNA d) RNAポリメラーゼ
e) 基本転写因子 f) グリコーゲン g) ヒストン

問7 下線部(1)の核小体に関する記述として適切なものをa)～e)のうちから1つ選べ。

- a) mRNA前駆体のスプライシングが起こる。
b) ヒストンが合成される。
c) rRNAが合成される。
d) DNAの複製の起点となる。
e) RNAポリメラーゼが貯蔵されている。

問8 下線部(2)のミトコンドリアに関する記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

- a) 核内に存在するDNAとは異なる独自のDNAを持ち、分裂により増殖する。
- b) 好気性細菌の一種が別の細胞の内部に取り込まれて共生し、細胞小器官になったと考えられている。
- c) 細胞内の全てのATPを合成する。
- d) マトリックスには解糖系にかかわる酵素がある。
- e) 内膜には電子伝達系にかかわる酵素がある。

問9 下線部(3)の中心体に関する記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

- a) 微小管形成の起点となる。
- b) 紡錘糸が染色体と結合する部分となる。
- c) 鉄ヘマトキシリン染色液で黒色に染まる。
- d) 精子の尾部に存在する。
- e) 被子植物の体細胞には存在しない。

問10 下線部(4)の滑面小胞体に関する記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

- a) 脂質の合成にかかわる。
- b) タンパク質に糖を付加する。
- c) カルシウムイオンを貯蔵する。
- d) クエン酸回路の酵素が存在する。
- e) 不要なタンパク質を分解する。

問11 下線部(5)の状態のリボソームにより合成されるタンパク質が働く場所として適切なものを a) ~ e) のうちから全て選べ。

- a) 核
- b) 細胞外
- c) 細胞質基質
- d) 細胞膜
- e) ミトコンドリア

問12 1枚の生体膜で囲まれている細胞小器官を a) ~ g) のうちから全て選べ。

- a) 核
- b) ゴルジ体
- c) 小胞体
- d) 中心体
- e) ミトコンドリア
- f) リソソーム
- g) リボソーム

3 植物の花の構造を決定する遺伝子の ABC モデルに関する次の文章を読み、以下の問 13～問 19 に答えよ。

文章 シロイヌナズナの花を上から見た場合、図1に示したように、がく片4枚、花弁4枚、おしべ6本、めしべ1本が同心円状の4つの領域に形成される。また、花の形成には3つのクラスの調節遺伝子(Aクラス、Bクラス、Cクラス)が働いていることがわかっており、各クラスの遺伝子は図1に示した領域で発現する。すなわち、Aクラス遺伝子は領域1と領域2、Bクラス遺伝子は領域2と領域3、Cクラス遺伝子は領域3と領域4で発現する。

ここで、3つのクラスの調節遺伝子のうちいずれか1つの機能を失わせることにより、以下のア～ウの3つの変異体を作成した。

- ア. めしべとおしべが形成されない変異体
- イ. がく片と花弁が形成されない変異体
- ウ. 花弁とおしべが形成されない変異体

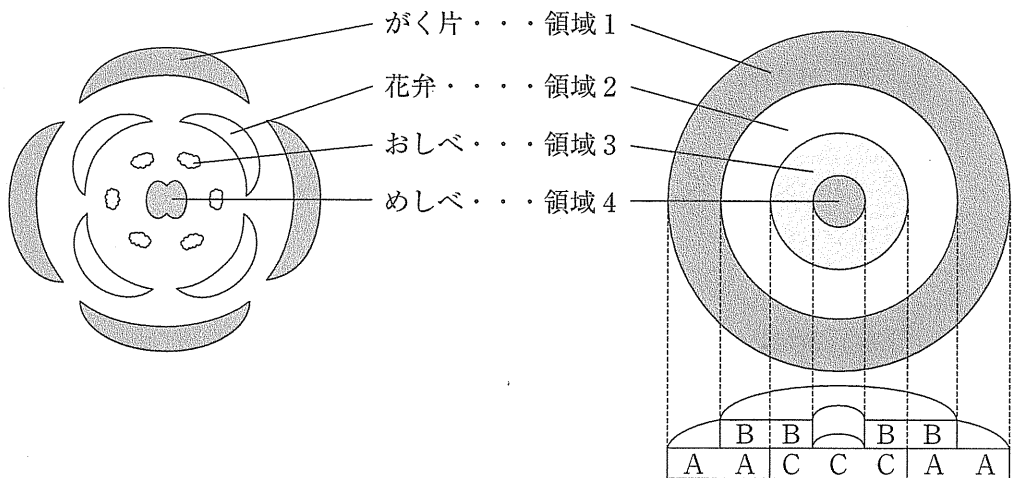


図1

問13 ABCモデルにおいて、3つのクラスの調節遺伝子間の関係についての記

述として最も適切なものをa)～f)のうちから1つ選べ。

- a) Aクラス遺伝子とBクラス遺伝子は互いに抑制しあう。
- b) Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子は互いに抑制しあう。
- c) Bクラス遺伝子とCクラス遺伝子は互いに抑制しあう。
- d) Aクラス遺伝子とBクラス遺伝子は互いに促進しあう。
- e) Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子は互いに促進しあう。
- f) Bクラス遺伝子とCクラス遺伝子は互いに促進しあう。

問14 アの変異体に関する記述として適切なものをa)～f)のうちから全て選

べ。ただし、適切なものがない場合はg欄にマークせよ。

- a) おしべが花卉に置き換わる。
- b) おしべががく片に置き換わる。
- c) めしべが花卉に置き換わる。
- d) めしべががく片に置き換わる。
- e) がく片が花卉の内側と外側の両方に形成される。
- f) がく片が全て花卉の外側に形成される。

問15 イの変異体で、2つのクラスの遺伝子が同時に発現している領域として適

切なものをa)～g)のうちから1つ選べ。

- a) 領域1のみ
- b) 領域2のみ
- c) 領域3のみ
- d) 領域1と領域2
- e) 領域2と領域3
- f) 領域3と領域4
- g) どの領域でもない

問16 イの変異体に関する記述として適切なものを a) ~ e) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は f 欄にマークせよ。

- a) がく片がおしべに置き換わる。
- b) がく片がめしべに置き換わる。
- c) 花弁がおしべに置き換わる。
- d) 花弁がめしべに置き換わる。
- e) めしべがおしべの内側と外側の両方に形成される。

問17 ウの変異体に関する記述として適切なものを a) ~ f) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は g 欄にマークせよ。

- a) 花弁ががく片に置き換わる。
- b) おしべがめしべに置き換わる。
- c) 花弁がめしべに置き換わる。
- d) おしべががく片に置き換わる。
- e) めしべががく片の内側と外側の両方に形成される。
- f) めしべが全てがく片の内側に形成される。

問18 Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子が正常に働いている状態で、遺伝子組換えにより全ての領域でBクラス遺伝子を強制的に発現させた。予想される結果の記述として適切なものを a) ~ f) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は g 欄にマークせよ。

- a) 花弁ががく片に置き換わった。
- b) めしべがおしべに置き換わった。
- c) 花弁がおしべに置き換わった。
- d) めしべががく片に置き換わった。
- e) おしべが花弁に置き換わった。
- f) がく片が花弁に置き換わった。

問19 チューリップの花の構造も、シロイヌナズナと同様に3つのクラスの調節遺伝子が図1の領域1～領域4のいずれかで発現することにより調節される。しかし、あるクラスの遺伝子の発現領域がシロイヌナズナとは異なるため、がく片が無く、花卉、おしべ、めしべを持つ。チューリップの調節遺伝子の発現領域は、シロイヌナズナの場合と比較してどのように変化したか。適切な記述をa)～e)のうちから1つ選べ。

- a) Aクラス遺伝子が領域3にも拡張して発現している。
- b) Bクラス遺伝子が領域2のみで発現している。
- c) Bクラス遺伝子が領域1にも拡張して発現している。
- d) Bクラス遺伝子が領域4にも拡張して発現している。
- e) Cクラス遺伝子が領域2にも拡張して発現している。

4 酵素反応に関する次の文章を読み、以下の問 20 と問 21 に答えよ。

文章 アミラーゼはデンプンをマルトースに分解する酵素である。このアミラーゼを使って以下の実験 1～実験 3 を行い、酵素の働きについて調べた。

実験 1 一定量のアミラーゼを含む溶液と一定量のデンプンを含む溶液を等量ずつ混合し、4つの温度条件(30℃, 40℃, 50℃, 60℃)でアミラーゼの反応速度を調べた。その結果、図 1 に示すような温度と反応速度の関係が得られた。この実験はアミラーゼの最適 pH で行った。

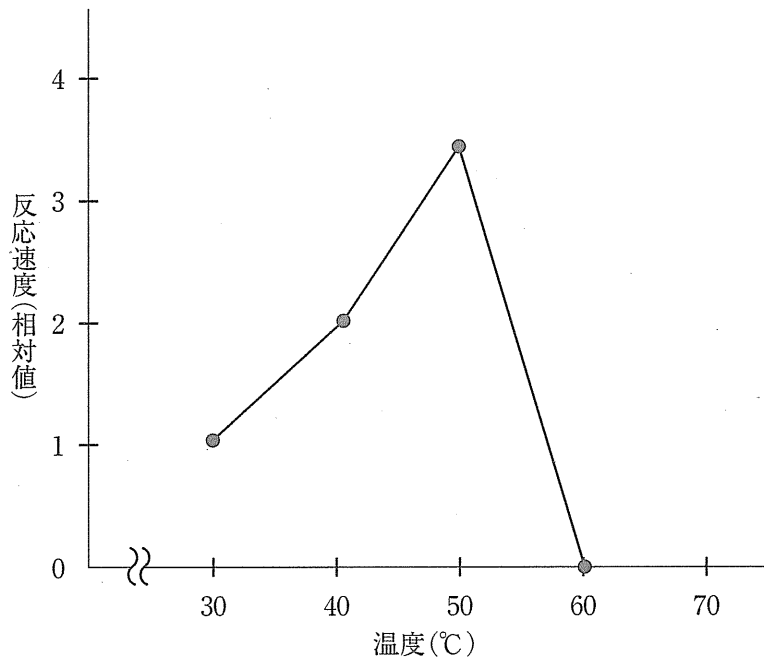


図 1

実験2 様々な量のデンプンを含む溶液を作り、それぞれを一定量のアミラーゼを含む溶液と等量ずつ混合し、40℃でアミラーゼの反応速度を調べた。その結果、図2の実線で示すようなデンプンの量と反応速度の関係が得られた。この実験はアミラーゼの最適pHで行った。

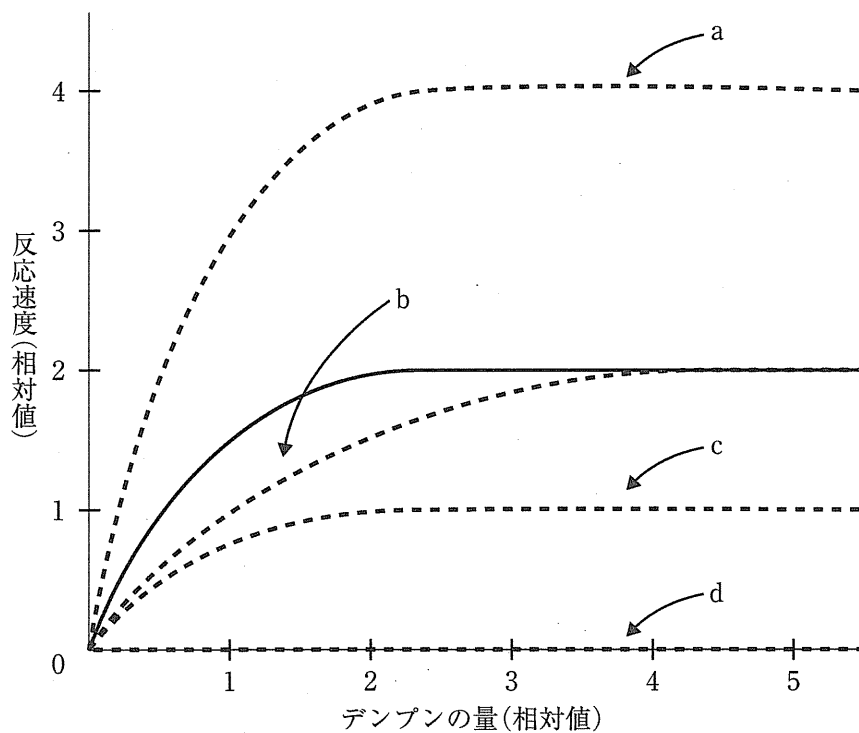


図2

実験3 一定量のアミラーゼを含む溶液と一定量のデンプンを含む溶液を等量ずつ混合し、40℃で反応時間に対するマルトースの生成量を調べた。その結果、図3の実線で示すような反応時間とマルトースの生成量の関係が得られた。この実験はアミラーゼの最適pHで行った。

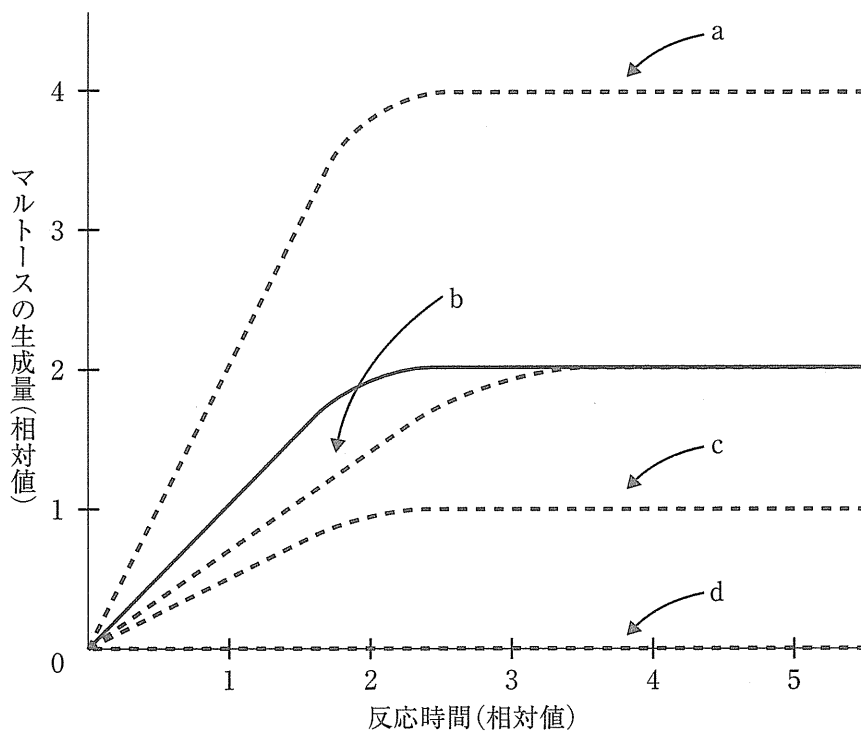


図3

問20 実験2の条件から以下の(1)~(6)のように条件を変えて同様の実験を行ったとき、どのようなデンプンの量と反応速度の関係が得られるか。図2の点線a~dのうちから最も適切なものをそれぞれ1つずつ選べ。同じ選択肢を2回以上選んでもよい。ただし、適切なものがない場合はe欄にマークせよ。

- (1) 溶液中のアミラーゼの量を減らして、他の条件はそのままにした。
- (2) 溶液中のアミラーゼの量を増やして、他の条件はそのままにした。
- (3) 温度を30℃にして、他の条件はそのままにした。
- (4) 温度を70℃にして、他の条件はそのままにした。
- (5) アミラーゼの活性部位に結合して競争的阻害を引き起こす物質を一定量加え、他の条件はそのままにした。
- (6) アミラーゼの活性部位とは別の場所に結合して非競争的阻害を引き起こす物質を、酵素活性を完全に阻害しない程度の量だけ加え、他の条件はそのままにした。

問21 実験3の条件から以下の(1)~(6)のように条件を変えて同様の実験を行ったとき、どのような反応時間とマルトースの生成量の関係が得られるか。図3の点線a~dのうちから最も適切なものをそれぞれ1つずつ選べ。同じ選択肢を2回以上選んでもよい。ただし、適切なものがない場合はe欄にマークせよ。

- (1) 溶液中のアミラーゼの量を減らして、他の条件はそのままにした。
- (2) 溶液中のアミラーゼの量を増やして、他の条件はそのままにした。
- (3) 溶液中のデンプンの量を減らして、他の条件はそのままにした。
- (4) 溶液中のデンプンの量を増やして、他の条件はそのままにした。
- (5) 温度を30℃にして、他の条件はそのままにした。
- (6) 温度を70℃にして、他の条件はそのままにした。

5

骨格筋の収縮に関する文章1と文章2を読み、以下の問22～問27に答えよ。

文章1 カエルのふくらはぎの筋肉を、それにつながっている運動神経をつけたまま取り出した(図1)。この神経筋標本の運動神経に電気刺激を与えて、筋肉の収縮の様子を記録した。図2に示すように、運動神経に短い時間の電気刺激を与えると、刺激が弱いときには全く収縮が見られなかったが、刺激強度を少しずつ上げると、刺激強度に応じた大きさの単収縮が起⁽¹⁾こった。しかし、刺激強度がある大きさ以上になると、それ以上刺激を大きくしても単収縮の大きさには変化がなかった。このように十分に大きい⁽²⁾刺激強度で運動神経に1秒間に1回の刺激を与え続けたところ、筋収縮の大きさは次第に減少し、その後ほとんど収縮しなくなった。しかし、この状態で、運動神経の代わりに筋肉を直接電気刺激したところ、十分に大きな単収縮が再び起こった。また、運動神経への刺激頻度をある程度以上に増やすと、単収縮が終わらないうちに次の単収縮が重なることにより、持⁽³⁾続的な収縮である強縮が起こった。

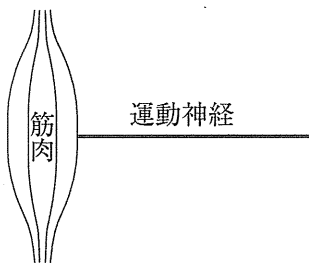


図1

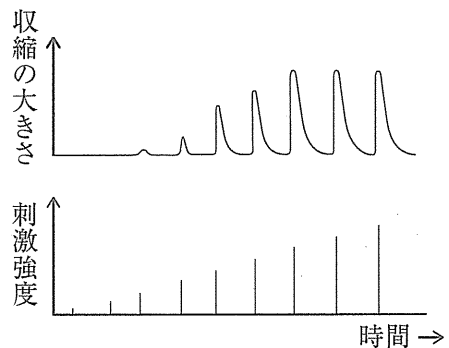


図2

問22 下線部(1)で、刺激強度に応じて単収縮が大きくなる理由として適切なものを a) ~ e) のうちから1つ選べ。

- a) 刺激強度に応じて運動ニューロンに発生する活動電位の振幅が増加した。
- b) 刺激強度に応じて運動ニューロンに発生する活動電位の持続時間が増加した。
- c) 刺激強度に応じて活動電位を発生する運動ニューロンの数が増えた。
- d) 刺激強度に応じて個々の運動ニューロンが収縮させることができる筋繊維の数が増えた。
- e) 刺激強度に応じて個々の運動ニューロンの軸索末端から放出される神経伝達物質の量が増えた。

問23 下線部(2)で、筋肉がほとんど収縮しなくなった原因として適切なものを

- a) ~ e) のうちから1つ選べ。
- a) 運動神経末端から分泌されるアセチルコリンが不足していた。
- b) 筋繊維の ATP が不足していた。
- c) 筋繊維のクレアチンリン酸が不足していた。
- d) 筋繊維の筋小胞体内のカルシウムイオンが不足していた。
- e) 筋繊維の酸素が不足していた。

問24 下線部(3)の強縮についての記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

- a) 強縮は動物の通常の運動では起こらない特殊な収縮である。
- b) 強縮が持続している間、筋原繊維のまわりにカルシウムイオンが高い濃度でとどまっている。
- c) 強縮が持続している間、ATPとクレアチンを使ってクレアチンリン酸が合成され続けている。
- d) 強縮が持続している間、筋繊維には持続時間の長い活動電位が発生している。
- e) 強縮では、同じ刺激強度でも単収縮より大きい収縮となる。

問25 筋繊維内の微細構造に関する記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

- a) サルコメアの明帯の長さはミオシンフィラメントの長さに相当する。
- b) ATPがADPとリン酸に分解されるときに放出されるエネルギーによって、ミオシンの頭部が曲がりアクチンフィラメントが動く。
- c) 筋弛緩時はアクチンがミオシン頭部と結合する部位をトロポミオシンが隠している。
- d) T管は筋繊維の細胞膜から細胞内部に陥入している。
- e) 筋小胞体は能動輸送によってカルシウムイオンを筋原繊維のまわりに放出する。

文章2 図3のように、神経筋標本の筋肉と運動神経の接合部から20 mm離れた運動神経上のA点と、接合部から70 mm離れたB点に、別々に閾値以上の単一の電気刺激を与えた。その結果、A点で刺激を与えたときは5ミリ秒後に、B点で刺激を与えたときは7ミリ秒後に、筋収縮が始まった。

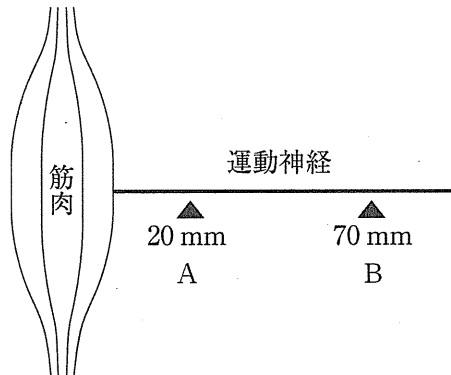


図3

問26 この神経筋標本の運動神経の興奮伝導速度(mm/ミリ秒)を求めよ。答えは小数第二位で四捨五入して、下の四角にあてはまる数字をマークせよ。なお、空欄となる四角には0をマークせよ。

百の位	十の位	一の位	小数第一位	
<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="ア"/>	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="イ"/>	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="ウ"/>	.	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="エ"/> mm/ミリ秒

問27 この神経筋標本で、興奮が運動神経の末端に到達してから、筋収縮が始まるまでに要する時間(ミリ秒)を求めよ。答えは小数第二位で四捨五入して、下の四角にあてはまる数字をマークせよ。なお、空欄となる四角には0をマークせよ。

百の位	十の位	一の位	小数第一位	
<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="オ"/>	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="カ"/>	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="キ"/>	.	<input style="width: 40px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="text" value="ク"/> ミリ秒