

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 9 ページ

化 学 10 ページ～ 19 ページ

生 物 20 ページ～ 35 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず持ち帰ってははいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

生 物

注意 1. 志望学部・学科により，以下に示す番号の問題を解答すること。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科	解 答 す る 問 題 番 号		
理 学 部 生物学科	☐ 1	☐ 2	☐ 3
園芸学部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1	☐ 2	
医 学 部 志望者のうち生物を選択する者	☐ 1	☐ 2	☐ 3

2. 解答は，すべて解答用紙の所定の欄に，指定された方法で記入しなさい。

1 以下の問い(問1～3)に答えなさい。

問1 生物の遺伝情報の担い手である核酸に関する説明として正しいものを、以下の選択肢(a)～(g)のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) RNA は一本鎖の分子であるが、分子内で二本鎖構造をとることがある。
- (b) 真核生物のゲノム中の塩基配列の7割以上は転写され翻訳される。
- (c) DNA の塩基配列に tRNA (転移 RNA) が直接結合して翻訳されることがある。
- (d) DNA の二本鎖において、どちらの鎖が遺伝子発現のための鋳型となるかは、DNA の領域によって異なっている。
- (e) 半保存的複製によって DNA は正確に合成されるので、突然変異は RNA 合成時に起こるものが多い。
- (f) 真核生物のゲノム DNA からは、翻訳されない RNA が転写されることがある。
- (g) DNA の塩基配列は、タンパク質のアミノ酸配列情報を読み取る酵素によって合成されることがある。

問 2 図 1 は、真核生物における遺伝子発現過程の一部を模式的に示したものである。図中の太線は一本鎖の核酸を、破線は塩基対を示している。

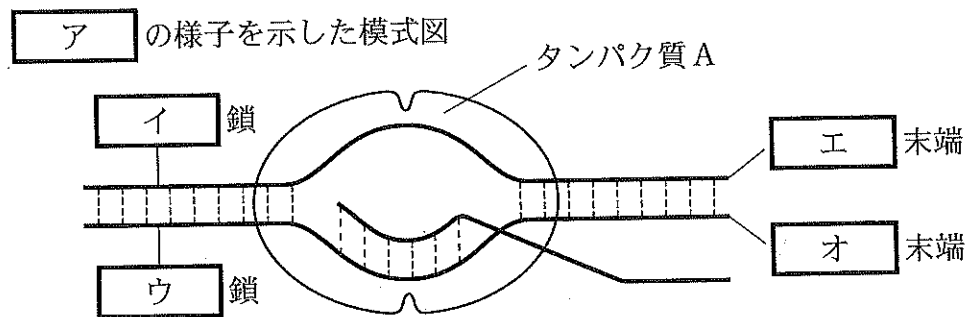


図 1

- (1) ア ~ オ にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の選択肢(a)~(r)のうちから選び、記号で答えなさい。なお、ア は遺伝子発現過程の名称である。また、選択肢は複数回用いてもよい。

- | | | |
|-----------|------------|--------------|
| (a) タンパク質 | (b) 複製フォーク | (c) 岡崎フラグメント |
| (d) 複製 | (e) 転写 | (f) 翻訳 |
| (g) ラギング | (h) リーディング | (i) プライマー |
| (j) センス | (k) アンチセンス | (l) ナンセンス |
| (m) 5' | (n) 3' | (o) 1' |
| (p) N | (q) C | (r) R |

- (2) 図 1 のタンパク質 A は、遺伝子発現の過程で左右どちらに進行するか。その方向を、理由を含めて 50 字以内で答えなさい。

問 3 図 2 は、大腸菌の遺伝子発現の過程を電子顕微鏡で観察し、みられた構造を模式的に示したものである。太線および細線は鎖状の生体高分子を、黒丸はある生体高分子を合成する構造体を示している。

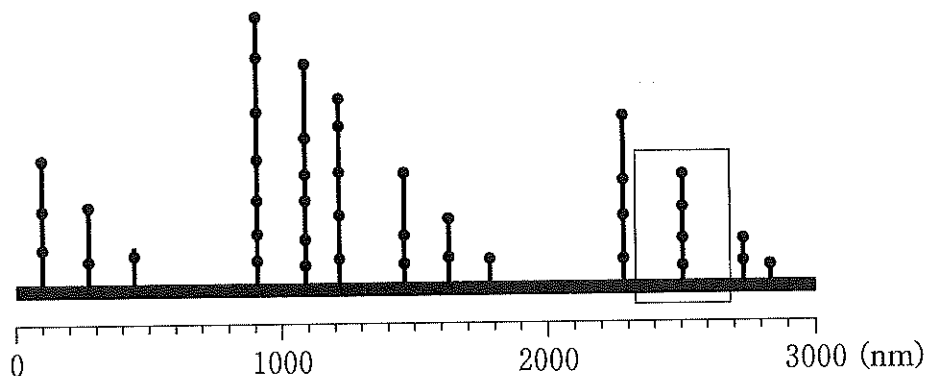


図 2

- (1) 図 2 中の太線，細線，黒丸に相当する構造物はそれぞれ何か，もっとも適切な用語を答えなさい。
- (2) 真核生物の核の遺伝子発現においては，図 2 のような構造は観察されない。大腸菌と異なる構造について 50 字以内で答えなさい。
- (3) 図 2 の範囲には，少なくとも三つの遺伝子が存在していることがわかる。なぜそうに言えるのか，50 字以内で答えなさい。
- (4) 実際には，図 2 の範囲では五つの遺伝子が発現していた。なぜ三つより遺伝子数が多くなったのか，その理由を 50 字以内で答えなさい。
- (5) 図 2 には示されていないが，黒丸の構造物からは鎖状の生体高分子が合成される。図 2 の四角で囲った部分において，この分子を模式的に示すとどうなるか。解答用紙の図内に，波線で示しなさい。ただし，この四角で囲った部分には，1 遺伝子に由来する情報のみが含まれているものとする。

(6) 図 2 の範囲から合成されるタンパク質のうち考えられる最長のものは、
いくつのアミノ酸配列長になるか。もっとも近い数字を、以下の選択肢
(a)~(h)のうちから選び、記号で答えなさい。ただし、太線で示した生体高
分子は、3.4 nm あたり 20 個のリン原子を含むものとする。

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| (a) 100 | (b) 200 | (c) 300 | (d) 500 |
| (e) 1000 | (f) 2000 | (g) 3000 | (h) 5000 |

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

生徒：教科書に“遺伝子の塩基配列を使って系統樹を描こう”というコラムがあったのですが、もっと詳しく教えていただけませんか？

先生：どういう目的で、系統樹を作りたいの？

生徒：生物種の間系統関係が知りたいんです。

先生：確かに生物種の系統関係は、その種のもつ遺伝子の系統樹から推定できる。でも常にこの両者が一致するとは限らない。最初から別のものと理解していることが本当は重要だ。

生徒：一致しない？ 例をあげて教えて下さい。

先生：ゲノムあたりで特定の遺伝子の数が増えることを **ア** という。全ゲノムのセットが倍化してできた生物を **イ** とよぶが、この場合を除き、ある生物種の、ある特定の遺伝子で **ア** が起きているかどうかは事前にわからないよね。図1を見てごらん。円柱が種の分岐のパターンを表していて、円柱の中の線が遺伝子の系統樹だ。種A・B・Cの共通祖先において **ア** が起きて、二つの遺伝子に分かれた。どちらの遺伝子も現在まで存在するなら、それぞれの種で2種類見つかるだろうから、**ア** が起きたことがわかる。

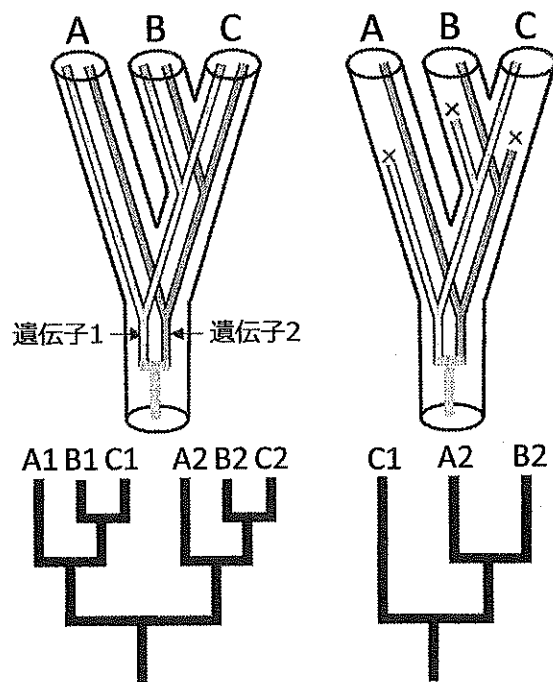


図1 ア と遺伝子の系統樹。種A・B・Cの遺伝子1をA1・B1・C1，遺伝子2をA2・B2・C2とする。×は遺伝子の消失を示す。

でも、この遺伝子は1個あれば十分だとすると、どちらかの遺伝子が進化の過程で消失することがある。種AとBでは遺伝子2，種Cでは遺伝子1のみが存続したとすると、生き残った遺伝子の系統関係は、種の分岐のパターンとは異なってしまう事がある。

生徒：本当ですね。他には？

先生：最近、ホッキョクグマとヒグマの自然雑種が見つかったというニュースがあったが、遺伝子の系統解析から、十数万年前にも大規模に両者の交雑が起こったことが分かっている。図2を見てごらん。先ほどと同様に、円柱が種の系統樹で、中の線が遺伝子の系統樹だ。過去のある時点で、種BとCの共通祖先と、種Dの祖先との間で交雑が起きた。ホッキョクグマとヒグマの例もそうだが、別の種の間でも生殖能力のある子孫ができる場合がある。この交雑によって、ある遺伝子が、種BとCの共通祖先から種Dの祖先へと受け渡され、その後に頻度を増して、種Dの祖先が本来もっていた遺伝子に置き換わったとする。結果として得られる遺伝子の系

系統樹は、種の系統樹とは異なってしまふ。ホッキョクグマとヒグマの例では、図2のA・B・Cをヒグマの地域集団、Dをホッキョクグマとすればよい。ミトコンドリアが独自のDNAをもつことは知っているよね。ミトコンドリアDNAは母性遺伝といって、母親のものだけが子供に受け渡されるのだが、伝統的に動物の系統解析ではよく使われている。ミトコンドリアDNAの系統樹では、図2の右下の樹形になるので、これを信じこんで、ホッキョクグマはヒグマの一部の地域集団から派生して別の種となった⁽¹⁾という説があった。しかし実際は過去に起こった交雑によってヒグマの地域集団のミトコンドリアDNAが、ホッキョクグマの本来もっていたミトコンドリアDNAに置き換わったというのが正しいらしい。

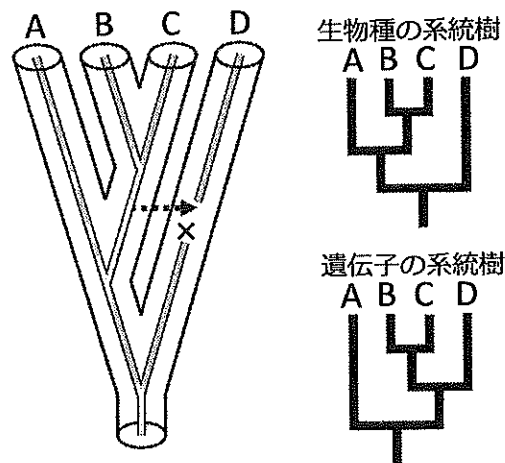


図2 種間交雑による遺伝子の種間での移動。×は種Dに元々あった遺伝子が置き換えられて(破線の矢印)、失われたことを示す。

生徒：なるほど。種の系統樹と遺伝子の系統樹が矛盾するからこそ検出できる生命現象というものがあるんですね。

先生：種をこえて遺伝子が移動するという点では、遺伝子の水平移動も面白いよ。普通は、生殖によって遺伝子は受け渡されるよね。実はよくわかっていないんだが、ウイルスとか共生菌が系統をこえて遺伝子を運ぶことがあ

ると推測されている。その例を教えてあげよう。植物は動けないので、環境変化を感じ取り、それに応答する機構を備えている。例えば、光合成を効率よく行うために、光の強弱に応じて細胞内で葉緑体が移動する光定位運動という環境応答現象⁽²⁾がある(図3)。これはフォトトロピンという色素タンパク質が、光受容体となることがわかっている。フォトトロピンは、可視光線のうち青色光のみを受容する。さて本題に入るよ。フォトトロピンは植物界だけでなく緑藻にも存在する。ほとんどの植物が青色光のみで葉緑体の光定位運動が起きるのだが、シダ植物では青色光だけでなく赤色光でもこの環境応答が起きる。面白いことに、赤色光を照射した後に遠赤色光を照射すると、光定位運動が起きなくなる。

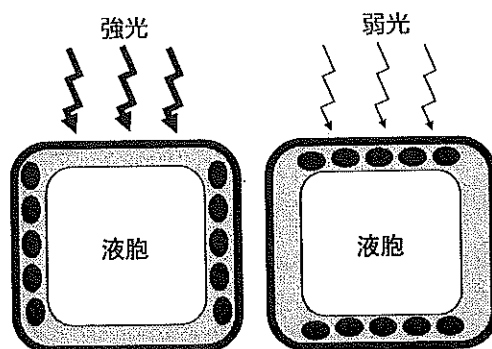


図3 植物細胞と葉緑体の光定位運動の模式図。

黒い楕円は葉緑体を示している。

生徒：あれ？ それって色素タンパク質 Xの特徴ですよな。

先生：そうだ。だから最初は、シダ植物ではフォトトロピンと色素タンパク質 X⁽³⁾が協調して、この環境応答を起こしていると考えられていた。しかし、シダ植物でその後、ネオクロムという新規の色素タンパク質が見つかり、これが赤色光による葉緑体光定位の光受容体であると特定された。驚くべきことに、このネオクロムは、色素タンパク質 X の光吸収部位と、フォトトロピンのほぼ全長に対応する部位が結合したものだったんだ(図4)。おそらく色素タンパク質 X とフォトトロピンの遺伝子が融合して、このようなキメラタンパク質を作るようになったらしい。

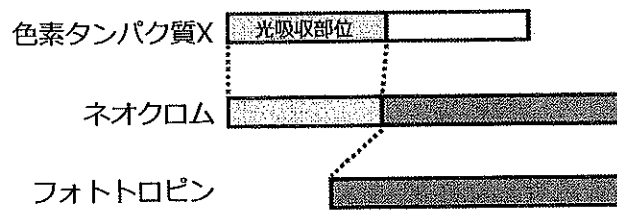


図4 ネオクロムの構造

生徒：先生，遺伝子の水平移動の話だったと思うんですが，ネオクロムが関係あるんですか？

先生：ちょっと最後まで聞いておくれ。ネオクロムは，シダ植物以外の植物界ではコケ植物のツノゴケ類で最近になって見つかった。不思議だろ。系統的には離れたシダ植物とツノゴケ類だけがもっているなんて。研究者達はこの謎を解明するために系統樹を作ってみた。

生徒：でもネオクロムは，シダとツノゴケしかもっていないでしょ？

先生：ネオクロム遺伝子のフォトトロピン部位の塩基配列と，各生物のフォトトロピン遺伝子の塩基配列をあわせてデータとすればよいだけだ。結果を図5に示す。ツノゴケ類のネオクロム遺伝子は，ツノゴケ類のフォトトロピン遺伝子とくっついた。おそらく，ツノゴケ類の共通祖先でネオクロム遺伝子ができたんだろうね。さて，問題のシダ植物のネオクロム遺伝子だが，なんとツノゴケ類のネオクロム遺伝子の一部から派生したことがわかった。

生徒：どういう状況なんでしょう？

先生：おそらく，シダ植物のネオクロム遺伝子は，ツノゴケのネオクロム遺伝子が水平移動することで生じたのではないだろうか？ シダ植物は普通のフォトトロピンももっているよね(図5)。でもシダ植物のネオクロムは白色光に対する感度が高く，非常に弱い光でも，環境応答が起きるようになっていてる。この水平移動は，シダ植物が，森林下の暗い環境に適応して多様化することに貢献したのかもしれないね。

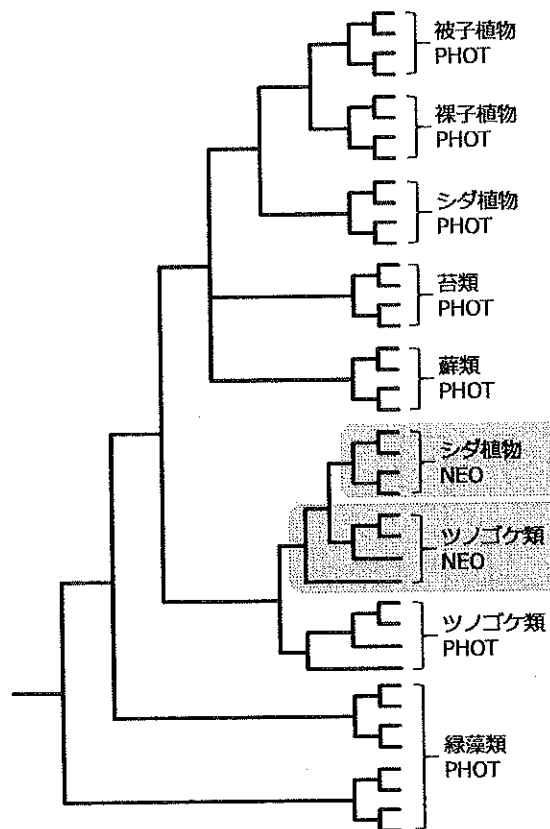


図5 フォトリポピン遺伝子とネオクロム遺伝子の系統樹。ネオクロム遺伝子は NEO, フォトリポピン遺伝子は PHOT と記されている。

問 1 文章中の ア ・ イ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)の仮説が正しいかどうか検証するためには、どのような実験や解析をする必要があるか 200 字以内で答えなさい。この仮説を支持する結果、支持しない結果についても述べること。

問 3 下線部(2)の光定位運動以外の、フォトリポピンが光受容体となって起きる環境応答現象を一つ答えなさい。

問 4 下線部(3)の色素タンパク質 X とは何か答えなさい。また、色素タンパク質 X が光受容体となって起きる環境応答現象を一つ答えなさい。

問 5 ネオクロム遺伝子とフォトトロピン遺伝子の系統樹を作ってみた結果、
 図 5 とは異なる結果が得られたと仮定する(図 6・7)。図 6・7 の結果を説
 明できるような、ネオクロムの起源に関する仮説を考え、それぞれ 100 字以
 内で答えなさい。

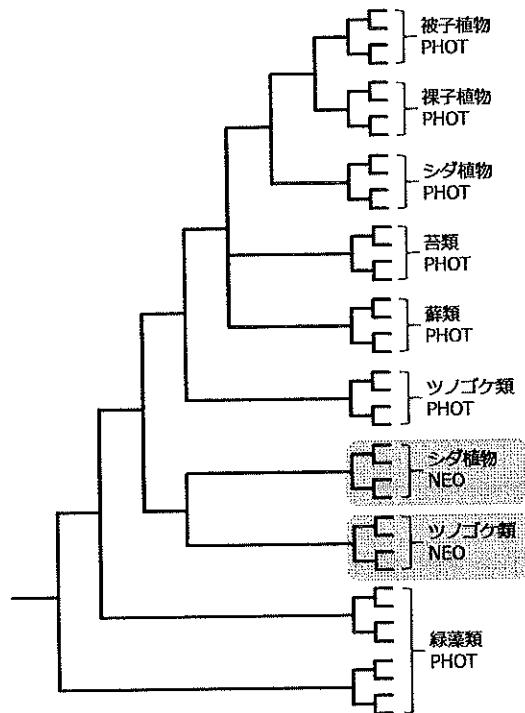


図 6

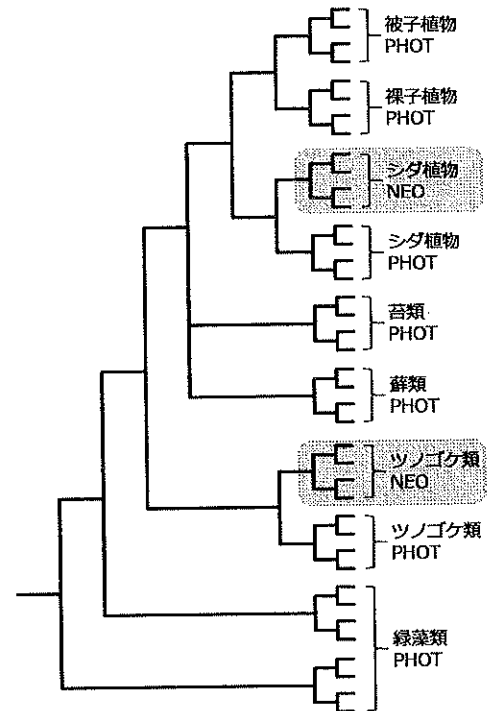


図 7

3

神経と筋肉に関する次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えなさい。

実験1 電位測定器AとBを用いて、図1のように無髄神経細胞の膜外に基準電極と測定電極を置き、矢印の部位で電気刺激を与え、2つの電極間の電位差を測定した。

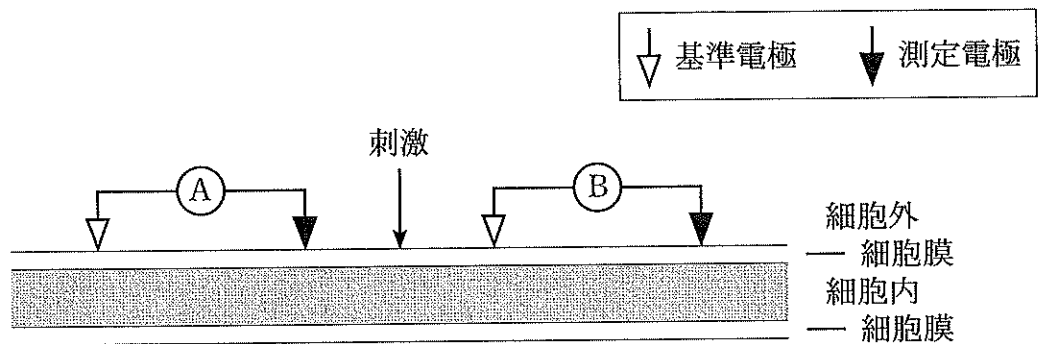


図1

実験2 電位測定器Cを用いて、図2のように無髄神経細胞の膜外に基準電極を置き、細胞内に測定電極を刺したところ、2つの電極間に60 mVの電位差がみられた。次に、矢印の部位で閾値以上の電気刺激を与えたところ、100 mVの変化がみられ、初めの値に戻った。

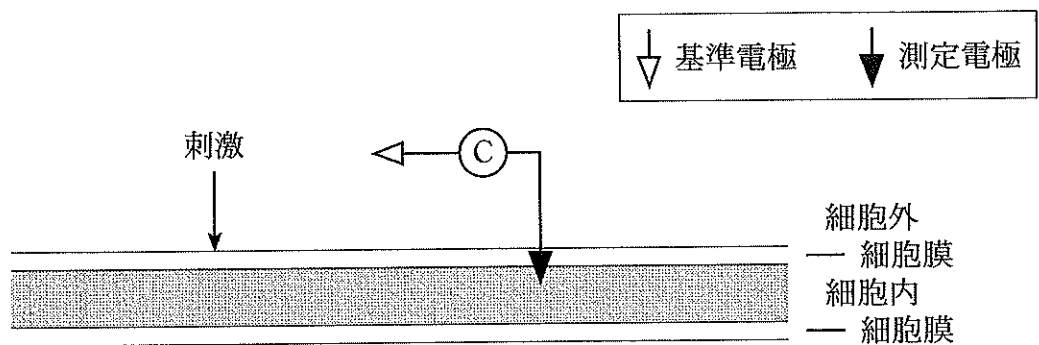


図2

実験3 カエルの後肢の骨格筋を、神経とともに採取した。神経を電気刺激した結果、筋肉は収縮した。

実験4 カエルの後肢の骨格筋を、神経を除いて採取した。この新鮮な筋肉を電気で刺激した結果、筋肉は収縮した。一方、同様に採取した筋肉に1% ATP 溶液を滴下した場合には、筋肉は収縮しなかった。

実験5 カエルの後肢の骨格筋を4℃の50%グリセリン溶液に1日浸けてグリセリン処理筋を作製した。この筋肉では細胞内の水溶性物質が溶液に溶け出している。グリセリン処理筋を電気で刺激したところ、筋肉は収縮しなかった。同様に作製したグリセリン処理筋を、Ca イオンを含む生理的塩類溶液(体液に類似したイオン組成、浸透圧、pH をもつ溶液)に静置した後、1% ATP 溶液を滴下したところ、筋肉は収縮した。一方、EGTA (Ca イオンを捕獲する試薬)を含む生理的塩類溶液に静置した後、1% ATP 溶液を滴下した場合には、筋肉は収縮しなかった。

実験6 サルコメア(筋節)の長さ(収縮する力)の関係を調べるため、Ca イオンを含む生理的塩類溶液に静置したグリセリン処理筋を張力測定器に固定した。顕微鏡で観察すると、サルコメア長が2.0 μm の時、サルコメア中央部で向かい合うアクチンフィラメントの先端が接していた。筋肉をいろいろな長さに引き延ばしてから1% ATP 溶液を滴下して収縮させ、その時に発生する張力を測定した。その結果、サルコメア長が2.2 μm の時は最大張力を発生し、さらに筋肉を引き延ばして張力を測定すると、伸展に応じて発生する張力が減少した。サルコメア長が2.8 μm の時は最大と比べて60%の張力が発生し、サルコメア長が3.6 μm 以上になると張力は発生しなくなった。

問 1 実験 1 において、図 1 の矢印の部位で閾値以上の電気刺激を与えた場合の測定器 A と B の測定結果はどのようなになるか。最も適切なグラフを、図 3 の(a)~(d)のうちからそれぞれ一つ選び、記号で答えなさい。

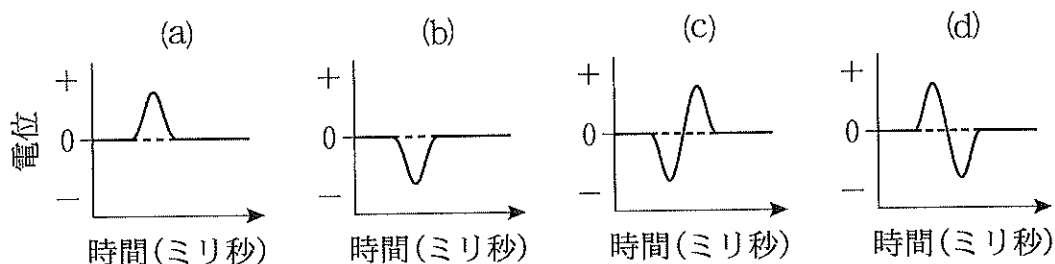


図 3

問 2 実験 2 における測定器 C の測定値の変化を、横軸を時間(ミリ秒)、縦軸を電位(mV)としてグラフで示しなさい。なお、細胞の外側の電位を 0 mV とし、縦軸の目盛りに適切な数値を記入しなさい。

問 3 実験 2 における測定器 C の測定値の変化は、(a)静止電位の形成、(b)活動電位の発生、(c)静止電位の回復を示している。それぞれが起こる理由を、そこに関わるイオンチャネルの種類と状態、およびイオンの流れで説明しなさい。複数のチャネルが関わる場合はそれぞれ説明しなさい。

問 4 実験 3 に関して、神経が刺激を受けてから筋肉が収縮する直前までの過程を説明した以下の文章について、ア ~ コ にあてはまる最も適切な語句を語群(a)~(q)のうちから選び、記号で答えなさい。なお、同じ語句を繰り返し選んでもよい。

活動電位が神経終末部に達すると、ア 依存性チャネルが開き
イ イオンが ウ して、エ 小胞の中のアセチルコリン
 が分泌される。筋細胞膜にはアセチルコリンと結合する オ 依存性
 チャネルがあり、アセチルコリンが結合するとチャネルが開き、カ

イオンが キ して、細胞膜の局所的 ク が起こる。電位が閾値に達すると、神経細胞と同じように筋細胞膜で活動電位が発生する。活動電位が ケ に到達すると、近接した筋小胞体のチャネルを活性化させて、筋小胞体に蓄えられた コ イオンが放出される。

[語群]

- | | | |
|------------|----------------|----------|
| (a) サルコメア | (b) ミトコンドリア | (c) シナプス |
| (d) T 管 | (e) 過分極 | (f) 脱分極 |
| (g) 伝達 | (h) 伝達物質(リガンド) | (i) 伝導 |
| (j) 電位 | (k) 水素 | (l) Na |
| (m) Mg | (n) K | (o) Ca |
| (p) 細胞外に流出 | (q) 細胞内に流入 | |

問 5 実験 4 と 5 に関して、ATP 溶液の滴下によって新鮮な筋肉では収縮が起これなかったが、グリセリン処理筋では収縮が起こった理由を 125 字以内で答えなさい。

問 6 筋肉が収縮するしくみについて、実験 5 の結果からわかることを 75 字以内で説明しなさい。

問 7 実験 6 の結果から、最大と比べて 60 % の張力が発生した筋肉における以下の(1)~(3)の長さは何 μm か、答えなさい。

- (1) 一本のアクチンフィラメント
- (2) 暗帯
- (3) 明帯