

平成 27 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 8 ページ
化	学	9 ページ～17 ページ
生	物	18 ページ～26 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その 1, その 2), 化学(その 1～その 4), 生物(その 1～その 4)の 3 科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する 2 科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問6に答えよ。

(文1) 細胞は、全ての生物において機能上・構造上の基本単位である。1665年、イギリスの が自作の顕微鏡を用いてコルクの薄片を観察した際に、多数の中空の構造を発見し、これを細胞(cell)と呼んだ。彼が観察したものは、死んだ植物細胞の による構造であったが、その後、1674年、オランダのアントニー・レーウエンフックにより、はじめて生きた細菌の細胞が観察された。

細胞の中には染色体が存在しているが、一部の生物の細胞では染色体が膜に包まれていない。⁽¹⁾ 一方で、染色体の存在領域が膜で包まれた ⁽²⁾として存在する細胞から成り立つ生物も知られている。 をもつ細胞ではさまざまな細胞小器官の存在が知られている。 はATPを効率的に産生する細胞小器官であり、膜構造の一部がひだ状になっている。⁽³⁾ 発見者の名前に由来して名付けられた細胞小器官である は、粗面小胞体などでつくられたタンパク質などを受けとる。 の末端から形成された小胞は、細胞膜まで運搬され、一部のタンパク質などは細胞外に放出される。

植物の細胞には、 と呼ばれる光合成を行う細胞小器官があり、内外2枚の膜で包まれた内部には、層状の扁平な袋状構造がある。また、成長した植物細胞では、内部に発達した液胞が見られ、細胞膜の外側には が見られる。 は、細胞を保護し形を保持するなどのはたらきがある。

問 1 ~ に入る，最も適当な人名または語を記せ。

問 2 下線部(1)のような細胞から成り立つ生物を何と呼ぶか，記せ。

問 3 下線部(2)の膜の特徴はどのようなものか，2つ述べよ。

問 4 下線部(3)について，ひだ状構造の名称を答えよ。また，ここで行われる反応について「34分子の ATP」という語句を入れて説明せよ。

問 5 (文1)の ~ および液胞をもつ，成長した植物細胞を描き，それらの細胞小器官を矢印で示し，それぞれの名称を記せ。

問 6 共生説(細胞内共生説)の根拠とされた細胞小器官がもつ特徴を2つ述べよ。また，それらの細胞小器官の名称を2つ記せ。

2 次の(文2)を読み、問1から問4に答えよ。

(文2) ヒトの正常な体細胞のDNAが複製される際には、DNA合成のもととなるデオキシリボースをもったヌクレオチド(dCTP, dTTP, dGTP, dATP)が必要である。

図1のように、これらのヌクレオチドの合成過程で、リボースをもったヌクレオチド(CDP, UDP, GDP, ADP)からデオキシリボースをもったヌクレオチド(dCDP, dUDP, dGDP, dADP)を合成する酵素が、リボヌクレオチドレダクターゼである。この酵素には、①特異性調節部位、②活性調節部位および③基質結合部位が存在する。

リボヌクレオチドレダクターゼの特異性調節部位にATPが結合すると、基質結合部位にはCDPあるいはUDPが結合し、その後、いくつかの酵素反応を経てそれぞれdCTPとdTTPが産生される。特異性調節部位にdTTPが結合すると、基質結合部位にはGDPが結合し、dGTPが産生される。特異性調節部位にdGTPが結合すると、基質結合部位にはADPが結合して、dATPが産生される。このような一連の反応を経て、DNA合成のもととなる4種のヌクレオチドが合成される。

また、活性調節部位にATPまたはdATPが結合することで、リボヌクレオチドレダクターゼ全体の活性が正または負に制御される。

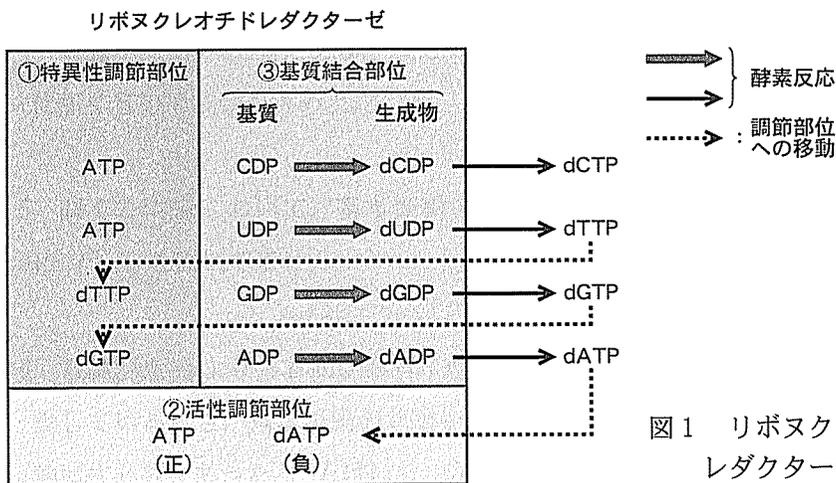


図1 リボヌクレオチドレダクターゼの反応

- 問 1 リボヌクレオチドレダクターゼのように、活性部位(基質結合部位)以外の部位に基質以外の物質が結合することで、活性が変化する酵素のことを何と呼ぶか、記せ。
- 問 2 ヒトの正常な体細胞のリボヌクレオチドレダクターゼの活性は、細胞周期の間期のうち、どの時期に最も活性化されると考えられるか、記せ。また、その理由を述べよ。
- 問 3 特異性調節部位において、下線部(1)の dTTP の結合のみが阻害されると、4 種のヌクレオチド(dCTP, dTTP, dGTP, dATP)の産生にどのような影響が生じると考えられるか、述べよ。
- 問 4 活性調節部位に ATP または dATP が結合することで、リボヌクレオチドレダクターゼ全体の活性がそれぞれ正または負に制御される。このような制御がはたらくことが DNA 複製の際にどのような利点となるか、述べよ。

3

次の(文3)を読み、問1から問5に答えよ。

(文3) バッタの中には、時に集団を作って移動する種が世界各地に存在している。それらは一般に飛蝗(トビバッタ、ワタリバッタ)と呼ばれ、我が国でもよく知られたトノサマバッタ(*Locusta migratoria*)もその1種である。アフリカに生息するサバクワタリバッタ(*Schistocerea gregaria*)の繁殖地域は、サヘル地帯とされる。1985年に始まったサバクワタリバッタの大発生は、1988年に最大規模になり、サヘル地帯の国々で発生と移動を繰り返したバッタの大群はアフリカの大西洋岸に達し、ヨーロッパにも進入し、さらには大西洋を渡り、カリブ海のバルバドス島などの沿岸で大量に発見されたと記録されている。

(1) 個体群密度の変化に伴って、生物の成長、生存、繁殖、行動などが変化することを密度効果という。バッタも、幼虫時の個体群密度によって形態、色彩、生理、行動などが顕著に変化する。(2) サバクワタリバッタは、卵の生存にとって好適な気候条件がきっかけとなることなどで個体群密度が高くなると、個体間の相互刺激が強まり、集団で生活するようになる。この状態が数世代続くと、
 相の個体が大発生する。一方、低密度の時に生まれた個体は 相となる。 相は 相に比べて、翅が長く、跳躍するときを使う後肢うしろあしが短く、やや小型になる。 相は 相に比べて、ずんぐりした体型で産卵数が多い。このような密度効果によって形態や働きが変わることを、 という。

バッタに限らず、トビイロウンカ(*Nilaparvata lugens*)でも、幼虫の時期を(3)
高密度ですぐすと長翅型が多く出現する。中国で発生した長翅型のトビイロウ(4)
ンカが、東シナ海を越えて日本に移動してくると考えられている。

問 1

A

 ~

C

 に入る，最も適当な語を記せ。

問 2 下線部(1)や(4)のように，バッタは大西洋を渡り，ウンカは東シナ海を越えた。これらの昆虫はどのようにして海洋を超える移動を行うことができたと考えるか，述べよ。

問 3 下線部(2)のように，バッタは同種にも関わらず個体群密度に伴って顕著な形質の違いを示す。個体群密度を受容するには，視覚や嗅覚も重要な役割をもつ。それぞれどのような刺激であるか，解答欄の例を参考にして記せ。

問 4 トノサマバッタの成虫を横から見た図を描き，問 3 の視覚および嗅覚の感覚器のある場所を，また，頭部，胸部，腹部の場所を矢印で示し，それぞれの名称を記せ。

問 5 下線部(3)のように，バッタでもトビイロウンカでも幼虫の時期を高密度ですぐすと長翅型が多く出現する。長翅型にはどのような生存上の有利な点があると考えられるか，述べよ。

4 次の(文4)を読み、問1から問4に答えよ。

(文4) 動物の行動は、生まれてからの経験によって変化することがあり、これを学習という。軟体動物のアメフラシ(*Aplysia californica*)は、神経細胞が大型で、異なる個体でも同じ位置に同じ神経細胞があることから、学習の研究によく用いられる。アメフラシは背中にえらをもつが、えらは損傷を受けやすいため、えらの近くにある水管に接触刺激を与えると、えらを引っ込める反射を示す。この接触刺激を何度も繰り返すと、えらを引っ込める反応が低下し、やがてえらを引っ込めなくなる。このような学習を慣れという。慣れの生じたアメフラシの、尾などの別の部位に電気刺激を与えてから、先ほどと同じ水管への接触刺激を行うと、えらを引っ込める反射を再び起こす。これを脱慣れと呼ぶ。これらの学習に関わる神経系は、図2に示すような関係にあることがわかった。たとえば、細胞aの軸索の末端は細胞bの細胞体にシナプスをつくっているが、この神経の末端に細胞dの軸索の末端がシナプスをつくっており、細胞aと細胞bの間の伝達を調節していることを示している。

これらの神経細胞を分類すると、細胞aと細胞cは、外界の刺激情報を伝える 神経であり、細胞bは、えらの動きを指令する 神経、細胞dは 神経である。

学習の仕組みを調べるために、これらの神経細胞の電位の変化とえらがどの程度引き込まれたかを測定しながら、水管や尾を刺激する実験を行った。

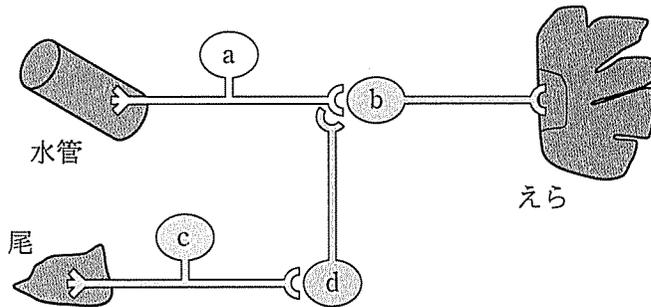


図2 えら引き込み反射に関する神経系の模式図

実験1 水管への刺激を2分ごとに繰り返し、慣れを生じさせた。4回目の水管への刺激の後、尾への電気刺激を行い、直後に5回目の水管への刺激を行うことで、脱慣れが生じていることが確認できた。1、4、5回目の刺激の際の細胞aの細胞体の電位の変化(図3)、細胞bの細胞体の電位の変化(図4)と、えらがどの程度引き込まれたか(図5)を計測した。電位の変化は刺激前を0とした。図中の矢印は尾への電気刺激が4回目と5回目の間に行われたことを示している。細胞体の電位の変化は、その細胞がどれだけ興奮し活動電位を発するかを反映する。

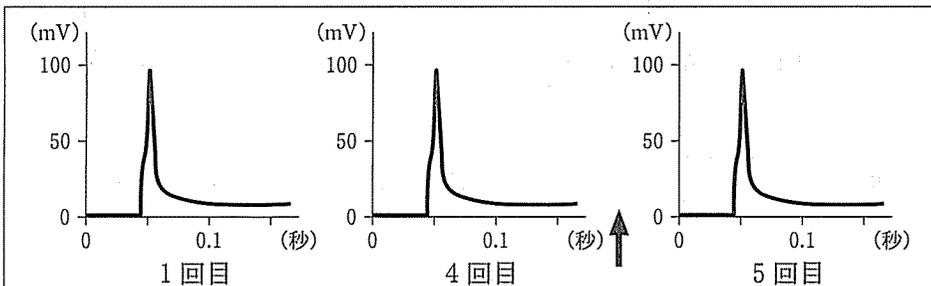


図3 水管への刺激時の細胞aの細胞体の電位の変化

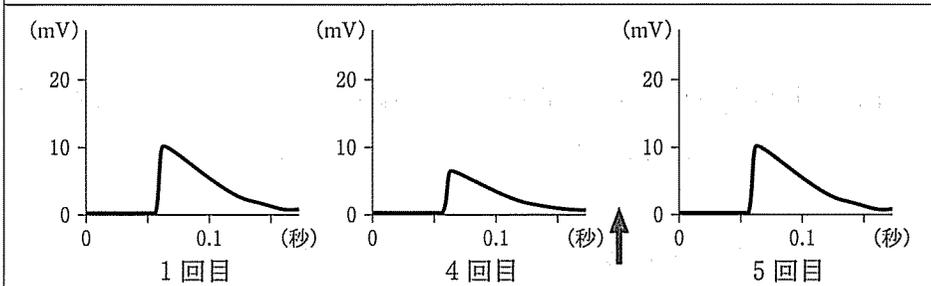


図4 水管への刺激時の細胞bの細胞体の電位の変化

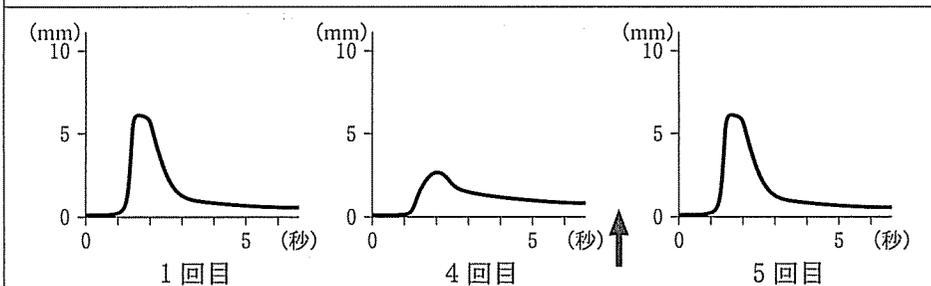
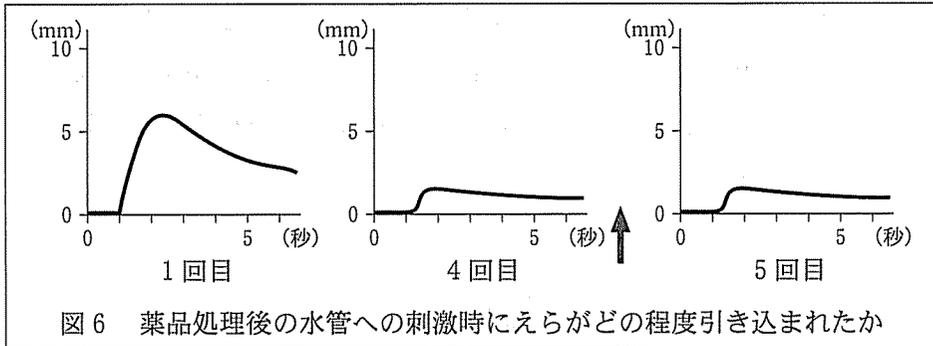


図5 水管への刺激時にえらがどの程度引き込まれたか

実験2 神経系を、神経伝達物質の一種であるセロトニンが放出できなくなる薬品で処理した後、実験1と同様に水管と尾への刺激を行い、えらがどの程度引き込まれたか(図6)を計測した。



問1 ~ に当てはまる最も適当な語を記せ。

問2 学習とは異なり、生まれつき備わっている定型的行動を何と呼ぶか、記せ。

問3 慣れを生じさせる変化は図2の神経系のどこで起きていると考えられるか、実験1の結果にもとづき、理由とともに述べよ。

問4 セロトニンはどの神経細胞から放出されていると考えられるか、実験1と実験2の結果にもとづき、理由とともに述べよ。ただし、それぞれの神経細胞はそれぞれ1種類のみ神経伝達物質を放出するものとする。