

平成 23 年 度

理 科

物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～16 ページ
生 物	17 ページ～25 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、化学(その1～その5)、生物(その1～その4)の3科目を綴つてある。

解答を始める前に、自分の選択する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。

(試験監督者用)

(様式 2)

補 足 説 明

受験者に対して、試験開始前に補足説明があることを口頭で伝え
てください。

試験開始後、下枠内の記載事項を黒板に板書してください。

補足説明

- (1) 教科・科目名 理科・物理
- (2) 補足説明する問題 1 の問 4
- (3) 訂正箇所 1 ページ 下から 3 行目

<誤> 問 4 . . . 静止摩擦係数 μ を
 θ_0 を用いて表せ。

<正> 問 4 . . . 静止摩擦係数 μ を
 θ_0, M, m を用いて表せ。

(試験監督者用)

(様式 2)

問 題 訂 正

受験者に対して、試験開始前に問題訂正があることを口頭で伝え
てください。

試験開始後、下枠内の記載事項を黒板に板書してください。

問題訂正

- (1) 教科・科目名 理科・生物
- (2) 訂正する問題 3 の問 3
- (3) 訂正箇所 2 2 ページ 下から 5 行目

<誤> 問 3 触覚・複眼

<正> 問 3 触角・複眼

生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問4に答えよ。

(文1) タンパク質は、アミノ酸が鎖状につながってできている。これらのアミノ酸は、一方の **A** と他方のカルボキシル基とから1分子の **B** が取り除かれて結合する。この結合を **C** 結合という。タンパク質を構成するアミノ酸には **D** 種類があるが、そのうちどのアミノ酸がどのような順序で、また何個つながるかの違いによって多様なタンパク質ができる。アミノ酸の配列は、**E** 構造と呼ばれ、タンパク質の最も基本的な構造の一つである。

長い鎖状のポリペプチドは、複雑に折りたたまれて特有の立体構造をもっている。この立体構造が、酸やアルカリ、化学薬品などによってこわれる現象を **F** といい、酵素などが **F** によって働きを失うことを **G** という。

ペプシンとトリプシンはどちらもタンパク質を分解する消化酵素であり、ペプシンは胃で分泌され、トリプシンは膵臓から十二指腸へ分泌される。トリプシンは標的タンパク質の中のリシンまたはアルギニンのカルボキシル基側の **C** 結合を切断するが、ペプシンが切断する箇所は異なっている。このように、酵素によって作用できる相手の物質が決まっていることを酵素の **H** と呼ぶ。

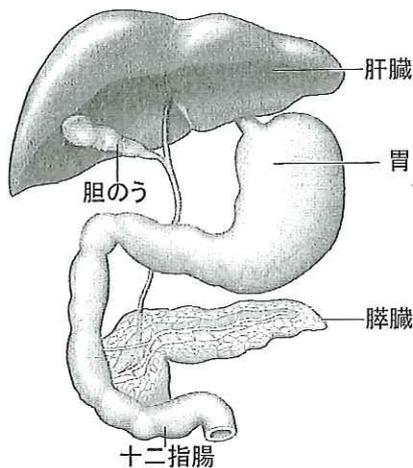


図1 ヒトの消化器官系の一部の模式図



図2 電気泳動の結果

問 1 文中の A ～ H に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 ペプシンは、胃壁に存在する分泌細胞において活性のないペプシノーゲンとして合成される。ペプシノーゲンは、胃壁で分泌される塩酸により活性のあるペプシンに変換される。この仕組みにはどのような利点があるか述べよ。

問 3 膵液には炭酸水素ナトリウムが含まれている。もしも炭酸水素ナトリウムが含まれていなかったとすると、トリプシンの働きは大きく損なわれる。図 1 を参考にしてその理由を述べよ。

問 4 あるタンパク質 A とトリプシンの反応を調べるために、以下の 3 つの試料を作成した。

- 1 : タンパク質 A の溶液に何も加えなかった。(試料 I)
- 2 : タンパク質 A の溶液に少量のトリプシンを混ぜ pH 7.5 で 1 時間反応させた。(試料 II)
- 3 : タンパク質 A の溶液を 95 °C で 10 分間加熱してから常温に戻し、試料 II を作成する時と同じ量のトリプシンを混ぜ pH 7.5 で 1 時間反応させた。(試料 III)

反応後のそれぞれの試料を電気泳動という方法で分子量の大きさによって分離した後、タンパク質やその断片を染色した(図 2)。その結果、試料 I と試料 II の間には違いが見られなかったが、試料 III ではより分子量の小さな分子がいくつか検出された。これらの結果からどのような結論が導き出されるか、理由と合わせて述べよ。

2 次の(文2)を読み、問1から問3に答えよ。

(文2) ベンソン(A. Benson)らは、緑藻類に光を当てないで二酸化炭素を与える時間と、光を当てて二酸化炭素を与えない時間を交互に繰り返したところ、図3のような結果を得た。それをまとめたものが、①と②である。

- ① 暗所で十分な量の二酸化炭素を与えてから、二酸化炭素のない条件で光を当てても二酸化炭素の固定は行われなかった。
- ② 二酸化炭素のない条件で光を当てた後、光を消し、二酸化炭素を与えると二酸化炭素の固定が始まった。

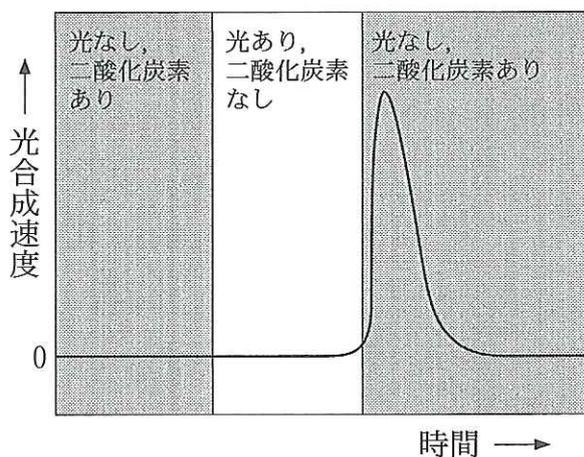


図3 光・二酸化炭素と光合成速度

またカルビン(M. Calvin)とベンソンらは、炭素の放射性同位体である¹⁴Cを含む二酸化炭素を用いて緑藻類に光合成を行わせた。光照射開始後、一定の時間ごとに光合成を止め、光合成の過程で炭素が取り込まれていく物質の順序を明らかにした。その際、彼らは二次元ペーパークロマトグラフィーとX線フィルムを組み合わせた実験をおこなった。

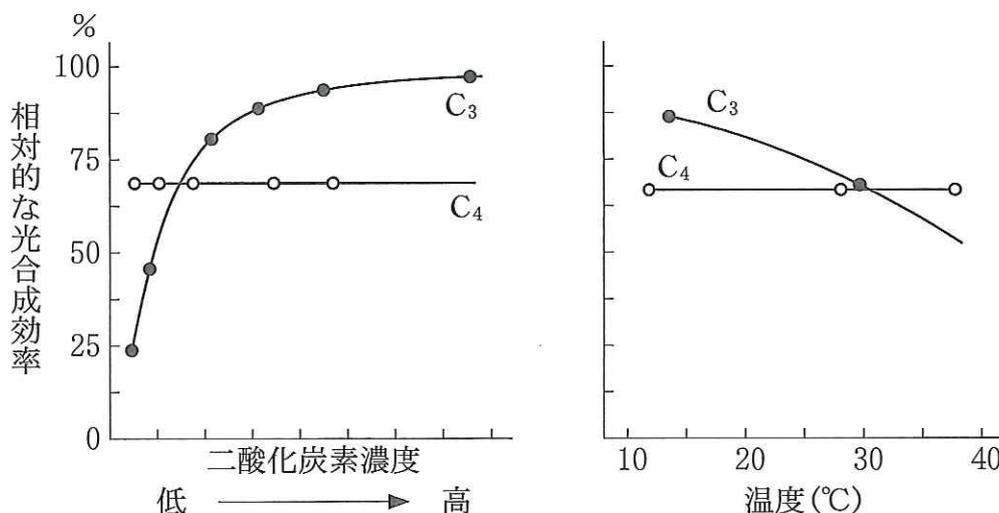


図4 光合成効率の二酸化炭素濃度依存性と温度依存性

図4はC₃植物とC₄植物が光を利用する効率(相対的な光合成効率として示している)が二酸化炭素濃度と温度に依存する様子を示している。この特性から、C₄植物は二酸化炭素濃度が低い環境や、高温の環境に適応した植物であるといえる。

問1 ベンソンらが光合成の仕組みを知るために、緑藻類を用いて行った上記①と②の結果から、ベンソンらはどのような結論を導き出したか述べよ。

問2 二次元ペーパークロマトグラフィーとX線フィルムを組み合わせた方法により、光合成において炭素が取り込まれていく物質の順序を明らかにできる理由を述べよ。

問3 (文2)では、図4を用いてC₄植物は二酸化炭素濃度が低い環境に適応していると述べているが、C₄植物の光合成効率が、二酸化炭素濃度が低い環境でC₃植物に比べて高いことは、C₄植物が乾燥に強いという意味があると考えられている。それはどうしてか、気孔の開閉と関連づけてその理由を述べよ。

3

次の(文3)を読み、問1から問4に答えよ。

(文3) マムシやハブなどの一部のヘビ類は、恒温動物から出る弱い赤外線を受容する赤外線受容器をもち、夜間の暗いところでもネズミなどを正確に捕獲し、餌にできる。昆虫類のいくつかの種でも赤外線受容器をもつものがいて、これらの昆虫は山火事に寄っていくことが知られている。タマムシ科の *Melanophila acuminata* もその一つで、山火事の火がおさまるとすぐに、焼けたばかりの土地に入っていく^(ア)、生殖活動を開始する。成虫の寿命は、長くても1カ月ほどだが、雌は焼けた樹木の中のみ卵を産み、幼虫は焼けた樹木の中で成長する。*M. acuminata* のこの赤外線受容器は、中肢の付け根近くの尾部側に一対あり、後胸部ピット器官と呼ばれる。それぞれの後胸部ピット器官には、約70個の赤外線感覚子と呼ばれる小球体がつまっている(図5(A))。それぞれの感覚子を縦切りにすると、図5(B)のような構造が観察される。この感覚子の小球は、硬い外クチクラと内部の柔らかい内クチクラから成っている。機械刺激を受容するニューロンの樹状突起の先端は、液体で満たされた内クチクラの内層の底部に封じ込められている^(イ)。そのため、この感覚子に達した赤外線により、内部の圧力が上昇し、内部の液が機械的にわずかに動くのを、識別していると考えられている。この後胸部ピット器官は、12 km 離れた10 ha の山火事を検出できるとされている。

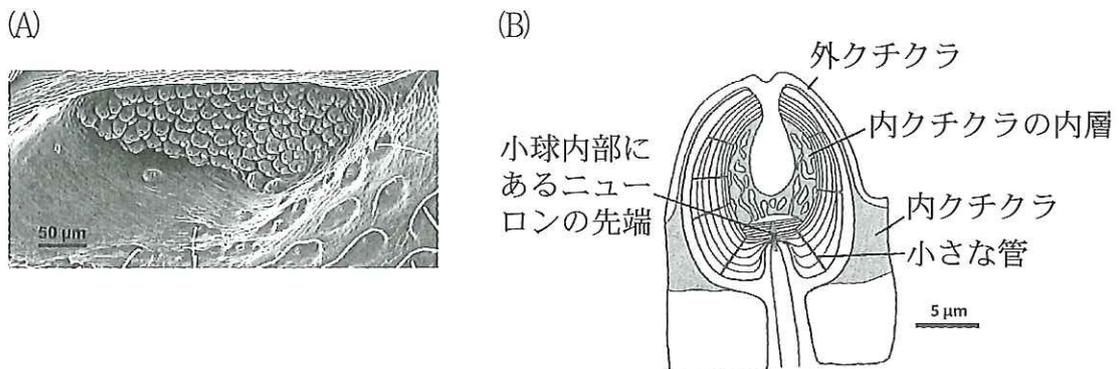


図5 *M. acuminata* がもつ後胸部ピット器官の走査型電子顕微鏡像(A)と、1つの赤外線感覚子の模式図(B)

問 1 下線部(ア)のような行動の説明として、正しいものには○、誤っているものには×を記せ。

1. *M. acuminata* が山火事のあとに産卵するのは、^{ふか}孵化率が高くなることを経験したことによる学習行動である。
2. *M. acuminata* が後胸部ピット器官などを用いて、遠い距離にも関わらず移動していくのは、本能行動である。
3. 山火事の発生は予測困難なものであるので、*M. acuminata* が火事を感知できるのは知能行動である。

問 2 下線部(イ)のように機械刺激を受容する細胞を、以下の語群 a～f から選び、その記号を記せ。

- a. グリア細胞 b. かん体細胞 c. 聴細胞 d. 嗅細胞
e. 味細胞 f. 錐体細胞

問 3 触覚・複眼・脚がわかるように、一般的な昆虫を腹側から見た図を描き、(文 3)で述べられた *M. acuminata* の後胸部ピット器官がある場所に相当する部位を矢印で示せ。

問 4 「山火事」などが起こった後におこる森林の形成は二次遷移と呼ばれる。「一次遷移」と「二次遷移」について、その違いがわかるように説明せよ。

4 次の(文4)を読み、問1から問4に答えよ。

(文4) マウスには、遺伝子型がまったく同一の純系マウスが存在し、それらの系統を用いて種々の研究がおこなわれている。通常、異なった純系マウス間で移植された皮膚片は、拒絶され脱落するが、同一の純系マウス間で移植された皮膚片は、拒絶されず生着する。この現象は、主要組織適合性複合体(MHC)とよばれる遺伝子領域の複数の遺伝子によって支配されている。それぞれMHC型が異なったA系統、B系統、C系統の純系マウスを用いて次の移植実験をおこなった。

[実験群A]

実験1 A系統マウスに、B系統マウスの皮膚片(B皮膚片)を移植したところ、約10日で皮膚片は脱落した。

実験2 実験1でB皮膚片が脱落したA系統マウスに、さらにB皮膚片を移植したところ、約5日で皮膚片は脱落した。

実験3 実験1でB皮膚片が脱落したA系統マウスに、さらにC皮膚片を移植したところ、約10日で皮膚片は脱落した。

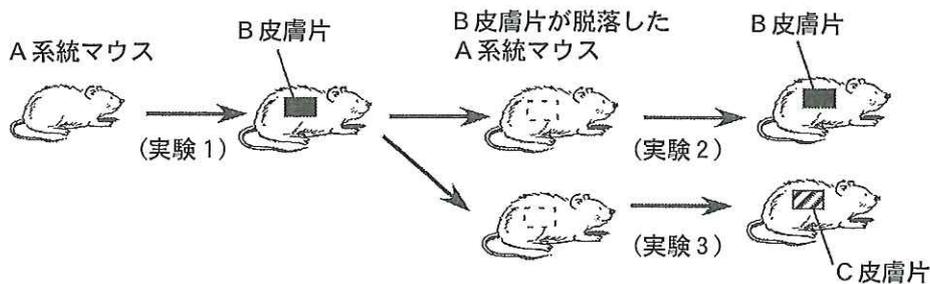


図6 実験群A

問1 実験2と実験3で皮膚片の脱落時期が異なった理由を述べよ。

[実験群 B]

実験 4 実験 1 で B 皮膚片が脱落した A 系統マウスから脾臓を取り出し、その脾細胞を別の A 系統マウスに注射した。そのマウスに B 皮膚片を移植したところ、約 5 日で皮膚片は脱落した。

実験 5 実験 4 の脾細胞の代わりに同じマウスの血清を注射した後、B 皮膚片を移植したところ、約 10 日で皮膚片は脱落した。

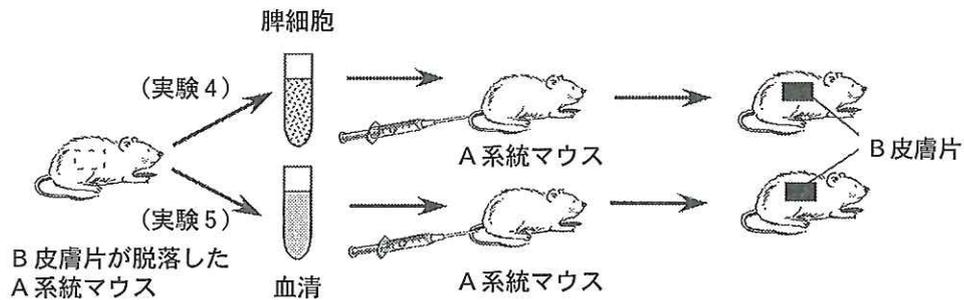


図 7 実験群 B

問 2 実験 4 と実験 5 で皮膚片の脱落時期が異なった理由を述べよ。

[実験群 C]

実験 6 A 系統マウスと B 系統マウスを交配させ生まれたマウス (F₁ マウス) の皮膚片を, A 系統マウスに移植したところ, 約 10 日で皮膚片は脱落した。

実験 7 A 系統マウスの皮膚片を, F₁ マウスに移植したところ, 皮膚片は脱落することなく生着した。

実験 8 F₁ マウス同士を交配さ

せ, F₂ マウスを作成した。多数の F₂ マウスから 1 枚ずつ皮膚片をとった。それら皮膚片を, 別々の A 系統マウスに移植した。

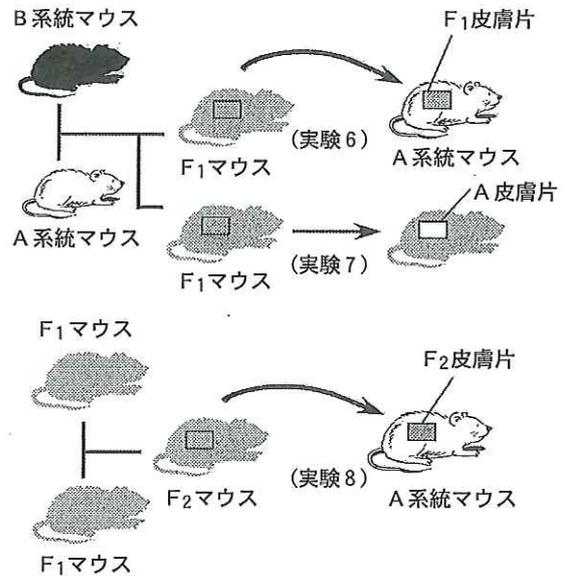


図 8 実験群 C

問 3 実験 6 と実験 7 で結果が異なった理由を述べよ。

問 4 実験 8 で, F₂ 皮膚片が生着する A 系統マウスの個体の割合はいくらと予測されるか記せ。またその理由を述べよ。なお MHC 型には優性・劣性関係はないとする。