

## 理 科 問 題 紙

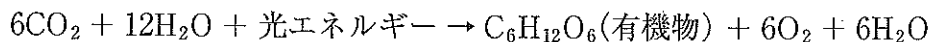
### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはいけません。
2. 問題紙は 18 ページあります。物理は 1～4 ページ、化学は 5～10 ページ、生物は 11～18 ページです。
3. 解答用紙は物理 2 枚、化学 4 枚、生物 4 枚の合計 10 枚あります。草案紙は 3 枚あります。
4. 受験番号は、監督者の指示に従って、すべての解答用紙の指定された箇所に必ず記入ください。
5. 物理、化学、生物の 3 科目から 2 科目を選択し、その科目の解答用紙の「選択する」を○で囲みなさい。なお、2 科目を選択した場合のみ採点の対象となります。
6. 解答用紙のみを提出ください。解答用紙は全科目分の 10 枚を必ず提出ください。なお、問題紙と草案紙は持ち帰りください。
7. 答案作成にあたっては、次の事項を守りください。
  - (1) 解答はすべて解答用紙の指定された欄に書くこと。
  - (2) 字数制限のある解答欄については、一行につき 25～30 字を目安に書くこと。括弧、句読点およびアルファベットは 1 字とする。数値および分子式やイオン式はそれぞれ 1 字相当とする。

# 生 物

問題 1 次の文章を読んで、問1から問4に答えなさい。

植物は太陽からの光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から有機物を合成する。この光合成は全体として次のような反応式でまとめられる。



光合成の場は葉緑体であり、その反応はチラコイド膜で起こるものとストロマで起こるものに大別される。チラコイド膜には光化学系Ⅰと光化学系Ⅱという2種類の反応系があって、光エネルギーはそれぞれの反応系の中にあるクロロフィルに集められる。その結果、クロロフィルから電子が放出される。A 光化学系Ⅱから放出された電子は光化学系Ⅰへ伝達され、その過程でATPが合成される。一方、光化学系Ⅰから放出された電子は $\text{NADP}^+$ に渡されてNADPHができる。

ストロマにはカルビン・ベンソン回路という反応回路があって、これによって $\text{CO}_2$ が固定されて有機物が合成される。 $\text{CO}_2$ は最初にリブローズビスリン酸(以下RuBPという)と反応し、ホスホグリセリン酸(以下PGAという)ができる。B この反応はリブローズビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(略してルビスコ)という酵素によって触媒される。PGAはATPによってリン酸化された後、NADPHによって還元されてグリセルアルデヒドリン酸(以下GAPという)になる。GAPの一部は回路から出て様々な有機物の合成に使われ、残りのGAPからは、いくつかの反応を経たのち、RuBPが再生産される。

問 1 光合成で発生する酸素は何に由来するか，答えなさい。

問 2 葉緑体に関する正しい記述を下からすべて選び，番号で答えなさい。

1. 光合成を行う生物には必ず存在する。
2. 二重の生体膜でできている。
3. 内側に向かって突き出たひだ状の構造がある。
4. 核の DNA とは異なる独自の DNA をもつ。
5. 細胞内で独自に分裂して増える。

問 3 下線部 A に関して，電子の伝達によって ATP が合成される仕組みを 120 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部 B の酵素ルビスコは，RuBP に  $\text{CO}_2$  を付加する反応だけでなく RuBP に  $\text{O}_2$  を付加する反応も同じ活性部位で行うという特性をもつ。イネやダイズの場合，日中の気温が高く乾燥した条件下では光合成の効率が低下するが，その理由を，ルビスコの特性にもとづいて 120 字以内で述べなさい。

**問題 2** 次の文章を読んで、問1から問3に答えなさい。

図1は、キイロショウジョウバエの遺伝子のうち、第1染色体(I(X)：X染色体)、第2染色体(II)、第3染色体(III)に遺伝子座をもつ4つの遺伝子を示している。棒眼とわん曲翅<sup>ばね</sup>の形質は、それらの遺伝子が野生型(それぞれ丸眼と正常翅)の対立遺伝子とのヘテロ接合であっても現れる。ただし、わん曲翅の対立遺伝子のホモ接合体は成虫になれず、致死である。また、眼の色は赤眼が野生型であるのに対して、セピア色眼はその遺伝子がホモ接合の場合においてのみ現れる。

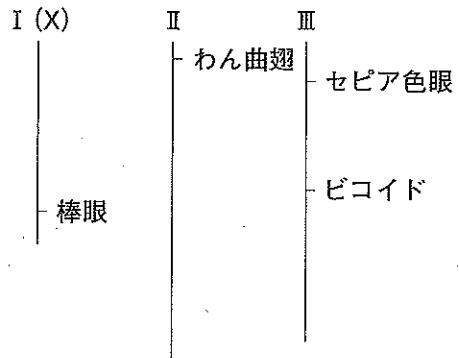


図1 染色体地図

からだの前後軸の決定に関わるビコイド遺伝子の mRNA はメスの卵巣内の体細胞で合成され、未受精卵の特定の部位に蓄積される。そこが将来の胚の前部(頭部側)になり、反対側は後部(腹部側)となる(図2)。ところが、突然変異を起こして働かなくなったビコイド遺伝子(変異型ビコイド遺伝子)をホモ接合にもつメスは成長するが、そのメスがつくる卵では、受精後の胚に頭部が形成されない。一方、変異型ビコイド遺伝子と野生型の対立遺伝子とのヘテロ接合体のメスがつくる卵からは正常な頭部をもつ胚ができ、成虫となる。

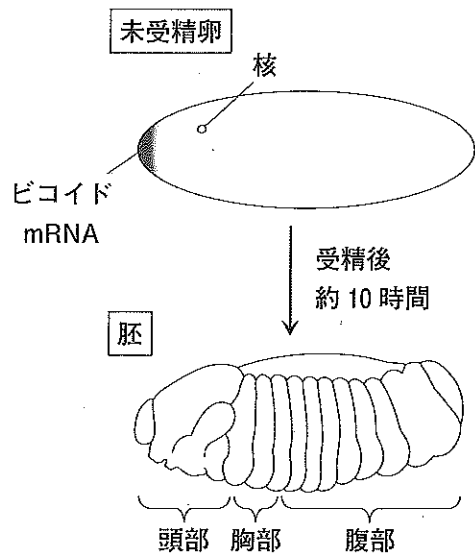


図2 未受精卵と胚の前後軸

問 1 丸眼のメスと棒眼のオスを親世代(P)として交配した場合に得られる、雑種第一代( $F_1$ )の表現型の分離比すなわち[丸眼・メス]:[丸眼・オス]:[棒眼・メス]:[棒眼・オス]を答えなさい。

問 2 セピア色眼でわん曲翅をもつものをA系統、セピア色眼で正常翅をもつものをB系統とする。これら2系統の個体と野生型の純系の個体のすべてを用いた交配実験から、セピア色眼の遺伝子座とわん曲翅の遺伝子座が異なる染色体上にあることを確かめたい。どのような交配実験を行い、どのような結果が得られれば、そのように結論付けられるか。実験方法と結果についてそれぞれ100字以内で述べなさい。

問 3 セピア色眼の遺伝子とピコイド遺伝子の組換え価を20.0%とする。野生型の純系のメスとセピア色眼で変異型ピコイド遺伝子をホモ接合にもつオスを親世代(P)として交配し、雑種第一代( $F_1$ )を得た。

次の(1)と(2)に数値で答えなさい。なお、数値は、必要に応じて小数点以下第二位を四捨五入し、小数点以下第一位で表示しなさい。

- (1)  $F_1$ のメスとPのオスを交配して得られた受精卵がセピア色眼をもつ成虫になる確率は何パーセントか。
- (2) 前問(1)で得られたセピア色眼の成虫メスとPのオスを交配して得られた受精卵がセピア色眼の成虫になる確率は何パーセントか。

**問題 3** 次の文章を読んで、問1から問4に答えなさい。

原生生物のゾウリムシ3種(ゾウリムシ、ヒメゾウリムシ、ミドリゾウリムシ)を試験管内で20日間飼育し、その期間における個体群密度(単位空間あたりの個体数)の変化を調査した。飼育には、ゾウリムシの餌となる A 枯草菌と酵母が増殖できる培養液を用いた。毎日、試験管ごとに一定量の培養液を新しい培養液と交換して、B 各々のゾウリムシが無性生殖で増殖できる環境を維持した。なお、ミドリゾウリムシの細胞内には緑藻類のクロレラが共生しているが、あらかじめミドリゾウリムシを暗所で長時間飼育してクロレラを除去しておいた。

3種のゾウリムシを別々の試験管内で飼育した場合の結果を図3の(a)~(c)に示す。いずれの種においても、C 個体群密度は飼育日数とともに増加したが、10~15日経つと増減はみられなくなり、一定の値となった。ところが、ゾウリムシとヒメゾウリムシを同じ試験管内に同数入れて混合飼育したときには、ゾウリムシの個体群密度は飼育20日目でゼロになり、ヒメゾウリムシの個体群密度は単独飼育したときよりも低値で一定となった(図3(d))。ゾウリムシとミドリゾウリムシを同様に混合飼育したときには、両種ともに個体群密度の上限は単独飼育のときに比べて低値となった(図3(e))。

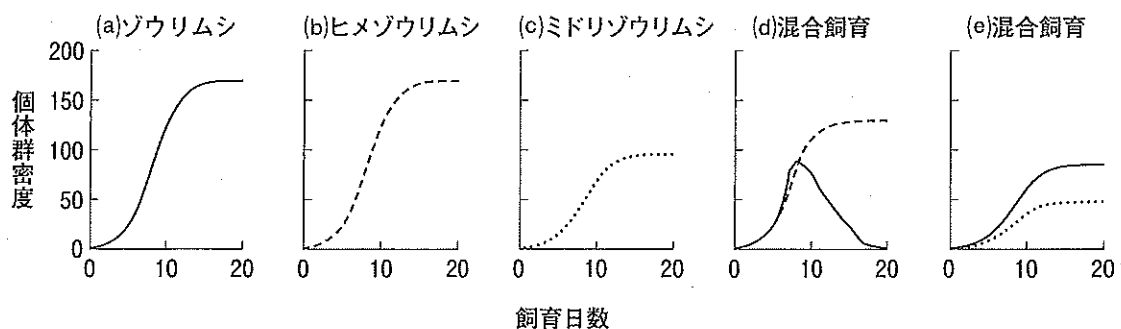


図3 ゾウリムシ3種における個体群密度

混合飼育(d)、(e)の実線、破線、点線はそれぞれ、ゾウリムシ、ヒメゾウリムシ、ミドリゾウリムシの個体群密度を表す。

問 1 下線部 A に関して、枯草菌は細菌類、酵母は菌類に属する生物である。両者に共通してみられるものを下からすべて選び、番号で答えなさい。

- |            |         |          |
|------------|---------|----------|
| 1. 核膜      | 2. 核小体  | 3. 細胞膜   |
| 4. 小胞体     | 5. DNA  | 6. 中心体   |
| 7. ミトコンドリア | 8. ゴルジ体 | 9. リボソーム |

問 2 下線部 B の場合とは異なり、ゾウリムシは環境条件がわるくなると有性生殖で増殖する。ゾウリムシにおける有性生殖の利点を 50 字以内で説明しなさい。

問 3 下線部 C の解釈として正しいものを下からすべて選び、番号で答えなさい。

1. 個体群密度の増加が抑えられ、個体サイズの大型化が起こり始めた。
2. 限られた生息場所と食物量とのために、収容できる個体数が制限された。
3. 密度効果が薄れて、種内競争が起こらなくなった。
4. 種内競争が起こり、強い個体が弱い個体を排除した。
5. 増加した個体数が死亡した個体数とつり合った。

問 4 図 3 の(d)と(e)の間で、実線で示されたゾウリムシの個体群密度の変化に大きな違いがあったのはどのような理由によると考えられるか。120 字以内で述べなさい。解答にあたっては、ゾウリムシを Z、ヒメゾウリムシを H、ミドリゾウリムシを M と略記しなさい。

問題 4 次の文章を読んで、問1から問5に答えなさい。

眼は光刺激を受容する複雑な器官であり、動物は眼を通していろいろな外部情報を得ている。A 図4はヒトの網膜で受容された光刺激が視覚情報として認識されるまでの経路を示している。光刺激となる可視光は、まず眼の ア や水晶体で屈折して網膜上に像を結ぶ。網膜の光受容細胞には明暗に反応する イ 細胞と色の識別に関わる ウ 細胞があり、これらは光刺激を電気信号に変換する。

光受容細胞で生じた電気信号は、連絡神経細胞を経て視神経細胞へ伝わり、さらに、その細胞から伸びている視神経繊維へと伝わる。なお、B 視神経繊維のうち、鼻側の網膜から伸びているものは途中で左右が交さをしているが、耳側の網膜から伸びているものは交さをしていない。その後、電気信号は外側膝状体<sup>しつじょうたい</sup>を経由して、視覚の中枢である一次視覚野に伝わる。網膜に投影された映像はその部位で視覚情報として認識される。

眼に入る光量の調節は、C 明暗によって瞳孔の大きさが変化することで行われる。瞳孔の大きさは、エ の筋肉の働きによって調節されており、D 明るいときには オ が収縮し、暗いときには カ が収縮する。これらの調節には自律神経が働いている。私たちが意識をしなくてもこれらの調節がスムーズに行われるのは、網膜で生じた電気信号の一部が自律神経に伝わるためである。

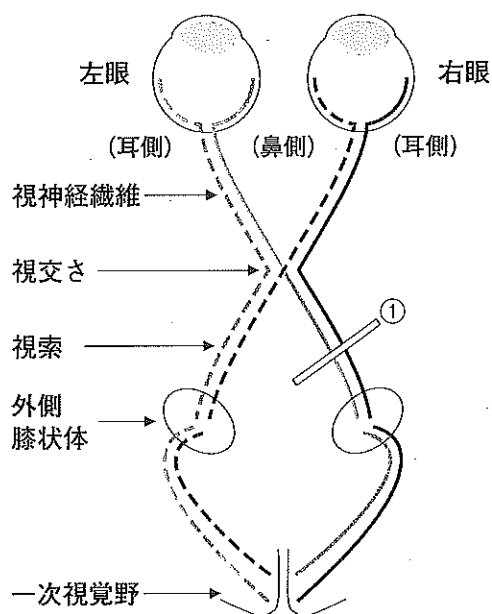


図4 ヒトの視覚経路



問 1 文章中の ア ～ カ に適する語をそれぞれ答えなさい。

問 2 下線部 A に関して、図 4 の視神経繊維の①の位置で切断されてしまった場合、左眼と右眼はどのような視野欠損になるか。下例にならって、解答欄の図を黒く塗りなさい。

例：左眼すべてと右眼外側の視野欠損



左右 1 対の円はそれぞれ左眼と右眼の視野を示している。左眼の視野がすべて欠損する場合は左の円をすべて黒く塗る。右眼の外側の視野が欠損する場合は右の円の右半分を黒く塗る。

問 3 下線部 B に関して、視交さにはどのような利点があると考えられるか。50 字以内で述べなさい。

問 4 下線部 C に関して、明るい場所から暗い場所に入ると、はじめのうちは何も見えないが、次第にものが見えるようになる。この現象名を答えなさい。また、この現象が起こる仕組みを 50 字以内で説明しなさい。

問 5 下線部 D に関して、オ が収縮するときに働く自律神経は、他にどんな反応のときに働くか。該当するものを下からすべて選び、番号で答えなさい。

1. 気管支の収縮
2. 胃腸のぜん動運動の抑制
3. 心臓の拍動の抑制
4. 皮膚の毛細血管の収縮
5. 立毛筋の収縮