

## 医学部医学科理科入試問題

下記の注意事項をよく読んで解答してください。

### ◎注意事項



1. 生物、物理、化学の3科目から2科目を選択し、解答してください。
2. 解答用紙は、生物1枚(マークシート)、物理1枚(マークシート)、化学1枚(マークシート)となります。
3. 選択しない科目の解答用マークシートには、右上から左下にかけて斜線を引いてください。どの2科目を選択したか、不明確な場合はすべて無効となります。また、選択しない科目の解答用マークシートにも受験番号と氏名を書いてください。

受験番号 0001 氏名 東邦太郎
/

4. 「止め」の合図があったら、上から生物、物理、化学の順に解答用マークシートを重ねて置き、その右側に問題冊子を置いてください。

(受験番号のマークの仕方)

### ◎解答用マークシートに関する注意事項

1. 配付された問題冊子、全ての解答用マークシートに、それぞれ受験番号(4桁)ならびに氏名を記入し、解答用マークシートの受験番号欄に自分の番号を正しくマークしてください。
2. マークには必ずHBの鉛筆を使用し、濃く正しくマークしてください。  
記入マーク例：良い例   
悪い例 
3. マークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してください。
4. 解答用マークシートの所定の記入欄以外には何も記入しないでください。
5. 解答用マークシートを折り曲げたり、汚したりしないでください。

受 験 番 号			
千	百	十	一
0	0	7	2

受験番号

氏名

- ・生物の問題は、1ページから21ページまでです。
- ・物理の問題は、22ページから31ページまでです。
- ・化学の問題は、32ページから49ページまでです。

# 生 物

1 次の文を読み、続く問1から問5に答えよ。

(文)

真核生物では、細胞は酸素を使って有機物を分解し、生じたエネルギーを利用している。これを呼吸という。グルコースが分解される過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系で構成されており、細胞が必要とするエネルギーに応じたATPを合成している。

解糖系では、グルコースは10種類の酵素によって段階的に分解される。グルコースは、ATPのエネルギーを用いて分解されやすい状態へ活性化される。解糖系でのATPによる活性化には、二つの段階がある。二段階目の反応は酵素Aの働きで進行し、その反応速度は、解糖系全体の速度を決定している。活性化された炭素6個の $C_6$ 化合物は、次に炭素3個の $C_3$ 化合物2分子に分解されたのち、酸化還元反応によって酸化される。それ以降の反応では分解された基質から少量のATPが直接合成されて最終的にはピルビン酸が生じる。

クエン酸回路では、ピルビン酸から生じた2個の炭素を含む $C_2$ 化合物の(ア)が、4個の炭素を含む $C_4$ 化合物の(イ)と反応して6個の炭素を含む $C_6$ 化合物の(ウ)が生じる。(ウ)は、クエン酸回路の反応が進むなかで段階的に分解され、ふたたび(イ)となる。

解糖系やクエン酸回路で生じた $e^-$ と $H^+$ は運搬体によって電子伝達系に運ばれる。電子伝達系は、ミトコンドリアの内膜にあり、数種類のタンパク質で構成されている。 $e^-$ が、電子伝達系のタンパク質の間を移動する際に生じるエネルギーを利用して大量のATPが合成される。これを酸化(4)的リン酸化という。

問1 (ア)、(イ)、(ウ)に当てはまる物質を選べ。

- a. コハク酸
- b. リンゴ酸
- c. フマル酸
- d. クエン酸
- e. イソクエン酸
- f. オキサロ酢酸
- g. アセチル CoA
- h. スクシニル CoA
- i.  $\alpha$ -ケトグルタル酸
- j. ホスホエノールピルビン酸

問2 ある酵素では、基質が結合する活性部位とは別の部位に酵素反応を調節する物質(調節物質)が結合する。この部位に調節物質が結合すると、活性部位の立体構造が変化し、酵素と基質との親和性が変化することで酵素反応速度が変化する。

下線部(1)の酵素Aでは、酵素反応を負に調節する阻害物質がこの部位に結合すると、酵素反応速度は低下する。これを非競争的阻害(非競合的阻害)という。図1のaからiは、酵素Aの酵素反応速度を縦軸に、基質濃度を横軸に取ったグラフである。破線は阻害物質非存在下、実線は一定量の阻害物質存在下での酵素反応速度変化をそれぞれ示している。阻害物質の有無による基質濃度と酵素反応速度のグラフとして正しいのを選べ。

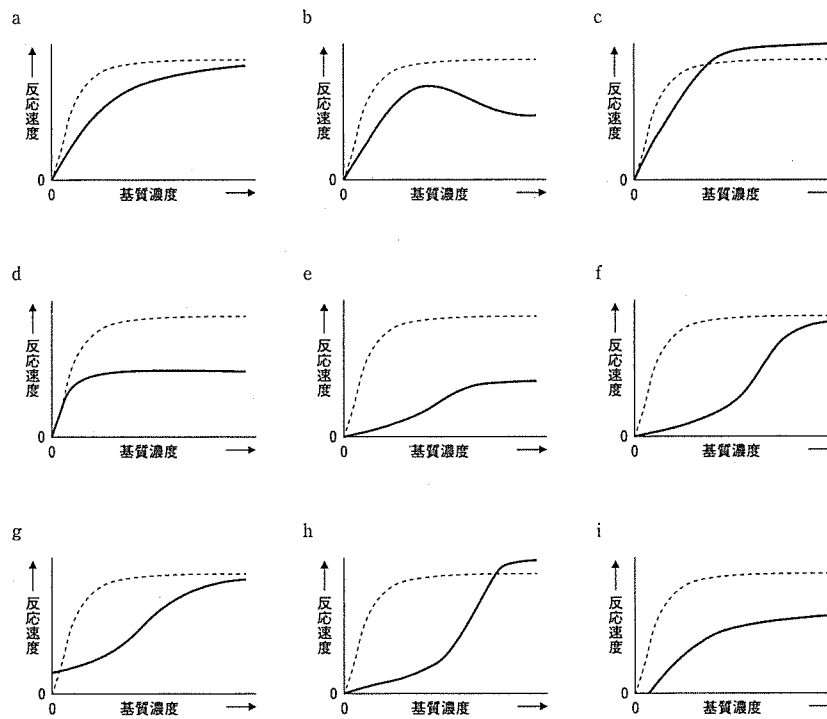
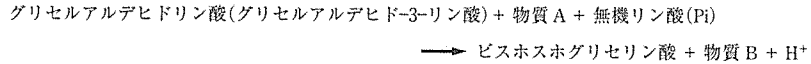


図1

問 3 下線部(2)のように、クエン酸と ATP が細胞内に豊富に存在する時、クエン酸と ATP は、酵素 A の酵素反応阻害物質として働く。そのため、細胞質基質内のクエン酸や ATP の濃度が高くなると解糖系の速度は低下する。このような仕組みは負のフィードバックと呼ばれているが、呼吸の調節ではどのような作用を持つと考えられるか、正しいのを選び。

- a. 細胞質基質内の pH を一定に維持することができる。
- b. 細胞が、必要以上に糖を取り込むことを防ぐことができる。
- c. 細胞質基質内の糖の濃度を、一定に維持することができる。
- d. 嫌気的な環境において、乳酸の過剰な蓄積を防ぐことができる。
- e. 細胞が、必要以上にエネルギー生成することを防ぐことができる。
- f. 細胞内の糖の濃度が低下したとき、糖の分解を抑制して節約することができる。

問 4 下線部(3)の反応では電子を奪われる酸化反応と、電子を受け取る還元反応が同時に進行する。反応式は下式で表される。この反応で働く酵素の種類はなにか。また、この反応で電子の授受に関わる物質 A と物質 B はなにか。酵素の種類、物質 A、物質 B の正しい組合せを選び。



	酵素	物質 A	物質 B
a	脱炭酸酵素	NAD <sup>+</sup>	NADH
b	脱炭酸酵素	NADH	NAD <sup>+</sup>
c	脱炭酸酵素	NADP <sup>+</sup>	NADPH
d	脱炭酸酵素	NADPH	NADP <sup>+</sup>
e	脱水素酵素	NAD <sup>+</sup>	NADH
f	脱水素酵素	NADH	NAD <sup>+</sup>
g	脱水素酵素	NADP <sup>+</sup>	NADPH
h	脱水素酵素	NADPH	NADP <sup>+</sup>

問 5 下線部(4)の酸化的リン酸化の ATP 合成と同様の仕組みは光合成にも存在し、光リン酸化と呼ばれる。酸化的リン酸化と光リン酸化の共通の仕組みとして正しいのを選び。

- a. 水の分解によって ATP を合成する。
- b. 酸素の消費によって ATP を合成する。
- c. 基質のリン酸基を使って ATP を合成する。
- d. 膜を介した H<sup>+</sup> の濃度勾配を利用して ATP を合成する。
- e. NADP<sup>+</sup> や NAD<sup>+</sup> が酸化されることによって ATP を合成する。
- f. リブローズ 1,5-ビスリン酸(RuBP)カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(RubisCO)という酵素が ATP を合成する。

2 次の文1、文2を読み、問1から問7に答えよ。

(文1)

オットー・レーウィ(Otto Loewi, 1873 - 1961)の1921年の実験を参考に、以下の実験を行った。

2匹のカエルから心臓を摘出し(図1心臓A、B)、その際、心臓Aは心臓に伸びている副交感神経と一緒に摘出し、心臓Bは心臓のみ摘出した。心臓の大静脈を図1のようにそれぞれリンガー液(カエル用生理食塩水)で満たした細管付きビーカーに接続した。心室の先端(心臓の下端)にクリップで糸をつなぎ、キモグラフに心室の張力の変化を記録した。キモグラフでは、図1のように心室が収縮すると波形は上に、弛緩すると波形は下に記録される。収縮時と弛緩時の張力の差を取縮力とよび、g(グラム)単位で表すことができる(図1、左キモグラフ参照)。副交感神経には電気刺激のための電極をおいた。心臓Aの大動脈から流れ出たリンガー液は直下のビーカーに集めて、心臓Bに使用した。室温で、心臓A、Bともにリンガー液を何度か足して、取縮力が一定になったところで実験を始めた。

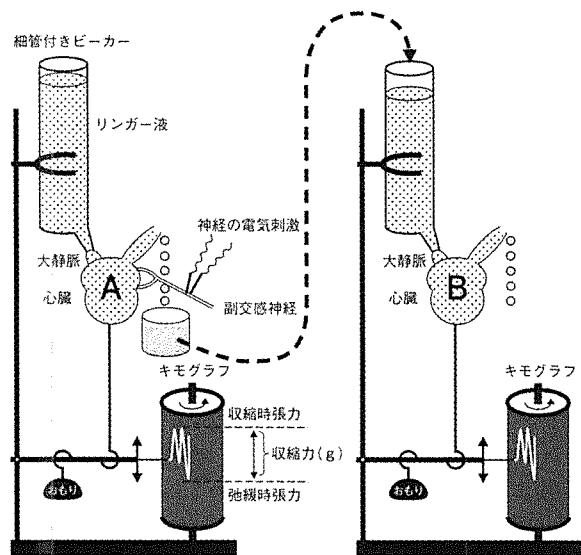


図1

(実験1)

心臓A(図2上段)をリンガー液で満たしたときの記録をとった後(矢印1)、心臓Aの副交感神経に電気刺激を行った(矢印2)。このとき、心臓Aの大動脈から流れ出たリンガー液は、直下のビーカーに集めておいた(図2上段、白太線)。電気刺激の後は新しいリンガー液を細管付きビーカーに十分に加え(矢印3)、完全に心臓の中のリンガー液を交換した。この電気刺激とリンガー液交換の操作を2回行った。

(実験2)

心臓B(図2下段)をリンガー液で満たしたときの記録をとった後(矢印1)、実験1で集めた心臓Aのリンガー液を、心臓Bの細管付きビーカーに加え(矢印4)、しばらく記録をとった。次に新しいリンガー液を細管付きビーカーに十分に加え(矢印3)、完全に心臓の中のリンガー液を交換した。この操作を2回行った。

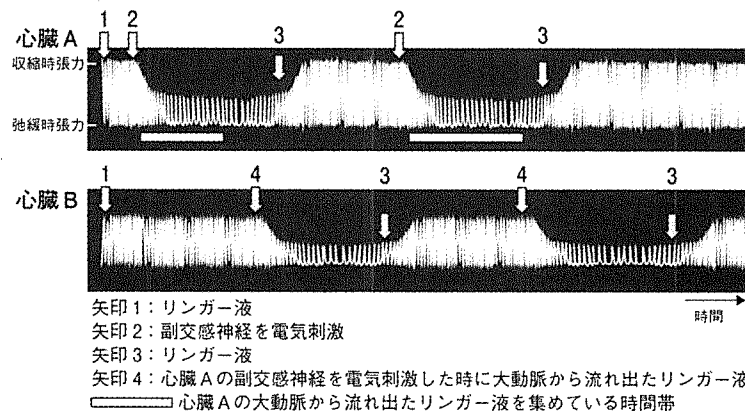


図2

問1 図1と図2の実験結果から否定される説はどれか。

- 副交感神経と交感神経の軸索末端は、互いにシナプスを形成している。
- 副交感神経に電気刺激を行うと、交感神経の活動電位の数は減少する。
- 副交感神経の軸索末端は、心房と心室の心筋細胞にシナプスを形成している。
- 副交感神経の活動電位は、軸索末端から直に心筋細胞の膜電位を変化させる。
- 副交感神経に電気刺激を行うと、リンガー液中の二酸化炭素を増加させる作用がある。

問2 図1と図2の実験結果によって確認できたのはどれか。

- 副交感神経の軸索末端は、心臓内のリンガー液に露出しない。
- 心臓Aより回収したリンガー液は、心臓を通過する前より温度が低下している。
- 副交感神経に電気刺激をくわえるほど、副交感神経の活動電位の頻度が減少する。
- 心臓はリンガー液に含まれるグルコースによって、取縮のためのエネルギーを得ている。
- 心臓Aより回収したリンガー液には、心筋細胞に結合したり離れたりする物質が存在する。
- リンガー液を交換すると、心臓AやBに残存する交感神経の軸索末端から活動電位が発生する。

(文2)

次に哺乳類イヌの心臓を用いて実験を行った。麻酔をかけたイヌの胸の部分を切開し、心臓を露出させた。麻酔を続けながら、心臓の運動に対する自律神経系の作用を調べるために以下のことを行った(図3、心臓を右心房・右心室の側から見た図)。

各実験条件において、心臓全体に分布する静脈を通った血液を回収するため、右心房にある冠静脈洞の開口部に細い管(カテーテル)の先端がくるように挿入し血液を回収した。この静脈の血液に含まれるノルアドレナリン量を測定した。右心房および右心室の収縮力は心房壁と心室壁に縫い付けた装置で測定した。副交感神経と交感神経には電気刺激を行えるように電極をおいた。なお、心房の一部が前方に突出し肺動脈の基部を覆う部分を心耳とよぶ。開口部とは冠静脈洞の心房内部への出口部分を指す。

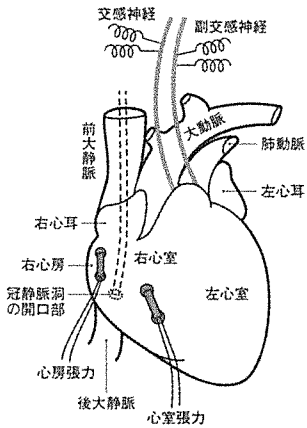


図3

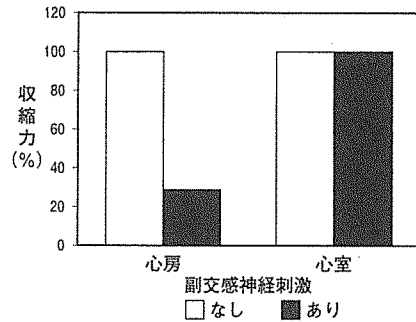


図4

(実験1)

副交感神経に電気刺激を行うと、心房と心室の収縮力は図4のように変化した。

(実験2)

次に交感神経の電気刺激を2Hz(ヘルツ)または4Hzで行い、さらに刺激なし、交感神経の電気刺激、交感神経および副交感神経の同時電気刺激の条件とで比較を行ったところ、心室収縮力、ノルアドレナリン量の変化は図5のようになった。Hzとは、1秒間での振動回数を示し、この場合は、1秒間での電気刺激の回数を示す。

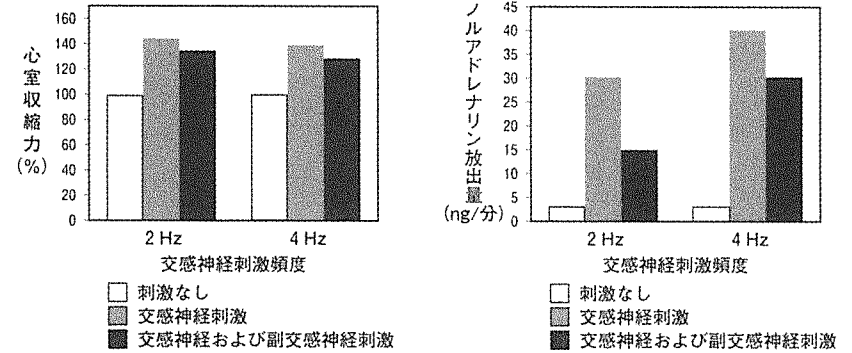


図5

(実験3)

副交感神経の電気刺激のみでは減少しなかった心室収縮力(図4)が、交感神経刺激下で副交感神経刺激を同時におこなうと心室収縮力の減少が見られた(図5)。そこで交感神経刺激2Hzの条件を選び、アセチルコリン受容体の阻害薬であるアトロピンの有り無しにおいて、刺激なし、交感神経の電気刺激、交感神経および副交感神経の同時電気刺激の条件下で心室の収縮力およびノルアドレナリンの放出量を比較したところ、図6のようになった。

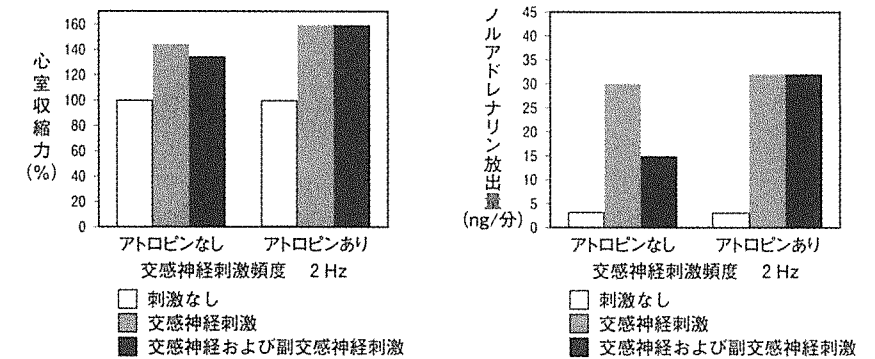


図6

問 3 図 4 より副交感神経の軸索末端が分布しているのはどの部位と考えられるか。

- a. 心房
- b. 心室
- c. 肺動脈
- d. 上大静脈
- e. 心房と心室
- f. 交感神経終末

問 4 図 5 よりノルアドレナリンはどこから放出されたと考えられるか。

- a. 静脈
- b. 動脈
- c. 心室の心筋細胞
- d. 心房の心筋細胞
- e. 交感神経の軸索末端
- f. 副交感神経の軸索末端

問 5 図 4、図 5、図 6 よりノルアドレナリンの作用はどれか。

- a. 心室筋の収縮力の増加
- b. 心房筋の収縮力の増加
- c. ノルアドレナリン放出量の増加
- d. ノルアドレナリン放出量の減少
- e. 交感神経の活動電位の頻度の増加
- f. 交感神経の活動電位の頻度の減少
- g. 副交感神経の活動電位の頻度の増加
- h. 副交感神経の活動電位の頻度の減少

問 6 アトロピンによって引き起こされた作用はどれか。図 6 から推察し選べ。

- a. アセチルコリン放出量の抑制
- b. アセチルコリン放出量の維持
- c. ノルアドレナリン放出量の抑制
- d. ノルアドレナリン放出量の維持
- e. アセチルコリンの心室筋への結合促進
- f. ノルアドレナリンの心室筋への結合促進

問 7 図 5 と図 6 の実験結果によって明らかになったのはどれか。

- a. 交感神経の電気刺激は、アセチルコリン放出量を増やす。
- b. 副交感神経の電気刺激は、ノルアドレナリン放出量を変えない。
- c. 交感神経と副交感神経は、独立して心室筋収縮力を増減させる。
- d. 交感神経の電気刺激は、副交感神経の活動電位の頻度を増やす。
- e. 交感神経の軸索末端(シナプス前細胞)にアセチルコリン受容体がある。
- f. 副交感神経の軸索末端(シナプス前細胞)にアセチルコリン受容体がある。

3 次の文1、文2を読み、続く問1から問8に答えよ。

(文1)

キイロショウジョウバエ(*Drosophila melanogaster*)は、体長が3mm程度と小さく、熟した果物などを食料とする。キイロショウジョウバエは、以下の利点から、遺伝学、発生学、細胞生物学などの研究分野で普遍的な生命現象のモデル生物として研究されてきた。

1. 体が小さく、飼育が容易で、生活環が短く、一度の交配で多くの子が生まれること。
2. 染色体が、4対( $2n = 8$ )と少ないこと。
3. 幼虫の唾液腺細胞の核には、DNA複製を繰り返した染色体が分離せず束状になり、通常の体細胞の染色体の100～150倍の大きさになる巨大な、唾液腺(唾液腺)染色体が観察されるため、染色体の観察に適していること。
4. ヒトと同じく、オスの性染色体がヘテロ型(XY)、メスがホモ型(XX)をとること。

遺伝形質の表現型で、生物集団の中で大多数を占める形質を野生型とよぶ。一方、遺伝子変異により異なる形質を突然変異型と呼ぶ。

キイロショウジョウバエの眼色を支配する遺伝子は、赤眼が野生型であり優性(顕性)である。ショウジョウバエという和名は、このハエの赤い眼と果物の発酵により生じたアルコールに集まる習性から、中国の古典書物に登場する酒好きで赤い眼をした架空の動物「猩々」に由来する。

眼色遺伝子の変異型として白眼がある。眼色を支配する遺伝子は、X染色体上にあり伴性遺伝をする。実験室での飼育では、白眼個体と赤眼個体は、生育速度、生殖率、寿命には差がない。

キイロショウジョウバエは、ヒトと同じメスがXX型の性染色体をもつ。メスで表現型が赤眼でも、赤眼の遺伝子と白眼の遺伝子をヘテロで持つ個体がある。

白眼のオスと数世代にさかのぼり白眼個体が見られない系統の赤眼のメスを交配し、多数のF<sub>1</sub>を得た。次に、このF<sub>1</sub>同士を交配しF<sub>2</sub>を得た。

問1 下線部(1)の唾液腺染色体には、一部が著しく膨らんだパフ(puff)が観察される。パフで起きている現象はなにか。

- |            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| a. DNAの複製  | b. rRNAの合成 | c. tRNAの合成  |
| d. mRNAの転写 | e. 染色体の切断  | f. 染色体の乗換え  |
| g. 染色体の転座  | h. 染色体の欠失  | i. タンパク質の翻訳 |
| j. 染色体間の対合 |            |             |

問2 以下は、パフと幼虫の発生分化の関係の記述である。正しい記述3つの組合せはどれか。

1. 幼虫の発生段階で変化する。
2. 幼虫の発生段階で変化しない(不変である)。
3. パフの出現が、正常な発生と分化には必須である。
4. パフが出現しなくとも、正常な発生と分化は可能である。
5. パフの出現は、エクジステロイドにより促進される。
6. パフの出現は、エクジステロイドにより抑制される。

- |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| a. 1, 3, 5 | b. 1, 3, 6 | c. 1, 4, 5 | d. 1, 4, 6 |
| e. 2, 3, 5 | f. 2, 3, 6 | g. 2, 4, 5 | h. 2, 4, 6 |

問3 下線部(2)のF<sub>1</sub>個体の表現型の比を表すのはどれか。

	オス赤眼	オス白眼	メス赤眼	メス白眼
a	1	1	1	1
b	1	1	0	2
c	1	1	2	0
d	2	0	1	1
e	0	2	1	1
f	1	0	1	0
g	1	0	0	1
h	0	1	0	1
i	0	1	1	0

問 4 下線部(2)の F<sub>2</sub> 個体を自家交配し F<sub>3</sub> を得た。F<sub>3</sub> は、統計解析に十分な集団であった。この時、オスとメスの表現型の比の正しい数値を  ,  ,  ,  に選べ。比は、もっとも小さな数字の組合せで示すこと。同じ数字が複数回入ることもある。

オス赤眼：オス白眼 =  :   
メス赤眼：メス白眼 =  :

- a. 0      b. 1      c. 2      d. 3      e. 4  
f. 5      g. 6      h. 7      i. 8      j. 9

問 5 問 4 で生まれた F<sub>3</sub> のメスのうち、赤眼で遺伝子がホモの個体、赤眼で遺伝子がヘテロな個体、白眼で遺伝子がホモの個体比の正しい数値を  ,  ,  に選べ。比は、もっとも小さな数字の組合せで示すこと。同じ数字が複数回入ることもある。

赤眼遺伝子がホモの個体：赤眼遺伝子がヘテロの個体：白眼遺伝子がホモの個体 =  
 :  :

- a. 0      b. 1      c. 2      d. 3      e. 4  
f. 5      g. 6      h. 7      i. 8      j. 9

(文 2)

赤眼のキイロショウジョウバエの眼組織から mRNA を調製し、cDNA ライブラリーを作成した。このライブラリーから赤眼となる遺伝子を単離した。

赤眼となる遺伝子上流にキイロショウジョウバエ由来の特殊な DNA 配列<sup>(3)</sup>を連結した。この DNA を、白眼オスの精原細胞、白眼メスの卵原細胞に微細なガラス管で注入した。

ごくまれに注入した DNA が、一つの相同染色体に挿入された。この挿入確率は非常に低いため、複数の染色体に同時に挿入されることはない。さらに、常に挿入は常染色体でおこり性染色体には挿入されなかった。

次に、

実験 A：DNA を注入した白眼オスと DNA を注入していない白眼メスを交配した。

実験 B：DNA を注入した白眼メスと DNA を注入していない白眼オスを交配した。

その結果、実験 A と実験 B から生まれてきた子 (F<sub>1</sub>) は、大多数が、赤眼遺伝子が挿入されなかった生殖細胞由来のため多くが白眼であったが、ごく少数の赤眼のオスと赤眼のメスの個体<sup>(4)</sup>が得られた。F<sub>1</sub> 個体の中から赤眼オスと赤眼メスを交配し多数の個体<sup>(5)</sup>を得た。

問 6 下線部(3)の DNA 配列について、F<sub>1</sub> 個体に赤眼を効率的に得るために、キイロショウジョウバエのどのような DNA 配列を赤眼遺伝子上流に挿入する必要があるか、もっともふさわしいのを選べ。

- a. DNA 複製開始領域を含む配列
- b. 卵で特異的に転写を抑制する配列
- c. 精子で特異的に転写を抑制する配列
- d. 眼組織で特異的に転写を抑制する配列
- e. 卵で特異的に転写を誘導するプロモーター配列
- f. 眼組織で特異的に光を感じ、転写を抑制する配列
- g. 精子で特異的に転写を誘導するプロモーター配列
- h. 眼組織で特異的に転写を誘導するプロモーター配列
- i. 卵および精子で特異的に転写を誘導するプロモーター配列
- j. 眼組織で特異的に光を感じ、転写を誘導するプロモーター配列



問 7 下線部(4)の DNA を注入して得られた赤眼オスを, DNA 注入を行っていない赤眼のオスと DNA 注入を行っていない白眼メスとの交配から生まれたメスと交配した。この交配により生まれてくる子のオスとメスの眼色の表現型は, どのような比になるか。  ク ,  ケ ,  コ ,  サ にあてはまる数字を選ぶ。比は, もっとも小さな数字の組合せで示すこと。同じ数字が複数回入ることもある。

オス赤眼 : オス白眼 : メス赤眼 : メス白眼 =  ク :  ケ :  コ :  サ

- a. 0      b. 1      c. 2      d. 3      e. 4  
f. 5      g. 6      h. 7      i. 8      j. 9

問 8 下線部(5)のように, F<sub>1</sub> の赤眼オスと F<sub>1</sub> の赤眼メスを交配して生まれてきた個体同士を交配した。この交配により生まれた個体には, 白眼個体も含まれていた。この交配で生まれてきたオスの赤眼と白眼, メスの赤眼と白眼の比は, どのようなになるか。  シ ,  ス ,  セ ,  ソ にあてはまる数字を選ぶ。比は, もっとも小さな数字の組合せで示すこと。同じ数字が複数回入ることもある。

オス赤眼 : オス白眼 : メス赤眼 : メス白眼 =  シ :  ス :  セ :  ソ

- a. 0      b. 1      c. 2      d. 3      e. 4  
f. 5      g. 6      h. 7      i. 8      j. 9

4 次の文 1 から文 3 を読み, 続く問 1 から問 8 に答えなさい。

(文 1)

多くの哺乳類には視細胞が 2 種類ある。(ア)と(イ)である。ヒトの(ア)は約 1 億 3000 万個, 一方, (イ)は 700 万個ある。これら 2 つの視細胞は, 網膜上に一様に分布しているのではなく, 網膜の中心部には(ウ)が, 中心から外れた周辺部には(エ)が数多く存在する。

網膜の中心には(オ)がある。私たちが眼球を動かし視線を向ける行動をするのは, 物体の(網膜)像を解像度の高いこの部位に持ってくるためである。ヒトは, 時々刻々と変化する外界の光環境に対応するために, 瞳孔の大きさを変化させることに加え, 2 種類の視細胞を巧みに利用している。その調節機構を調べるために, 暗順応検査が行われている。

(1)

問 1 (文 1)の(ア)から(オ)にあてはまる語の正しい組合せを選ぶ。

	ア	イ	ウ	エ	オ
a	<small>すいたい</small> 錐体細胞	<small>かんたい</small> 桿体細胞	錐体細胞	桿体細胞	黄斑
b	錐体細胞	桿体細胞	桿体細胞	錐体細胞	黄斑
c	桿体細胞	錐体細胞	桿体細胞	錐体細胞	黄斑
d	桿体細胞	錐体細胞	錐体細胞	桿体細胞	黄斑
e	錐体細胞	桿体細胞	錐体細胞	桿体細胞	盲斑
f	錐体細胞	桿体細胞	桿体細胞	錐体細胞	盲斑
g	桿体細胞	錐体細胞	桿体細胞	錐体細胞	盲斑
h	桿体細胞	錐体細胞	錐体細胞	桿体細胞	盲斑

問 2 下線部(1)について、何も網膜に異常のない人に白色光の代わりに 650 nm の波長の光(赤色)による暗順応検査を行うと、どのような曲線が得られるか、下の図 1 の a から e の中から選べ。なお、650 nm の波長の光(赤色)は網膜全体に照射する。

暗順応検査：患者(被験者)をまず室内灯をつけた明環境下で十分に明順応させる。次いで、室内灯を消し暗環境下にする(この時点を図 1 横軸 0 分とする)。暗環境下で目の前に指標を見せ、その明るさを変え、かろうじて見える明るさ(感知できる最小限の強さ)が時間とともにどのように変化するかを測定する。

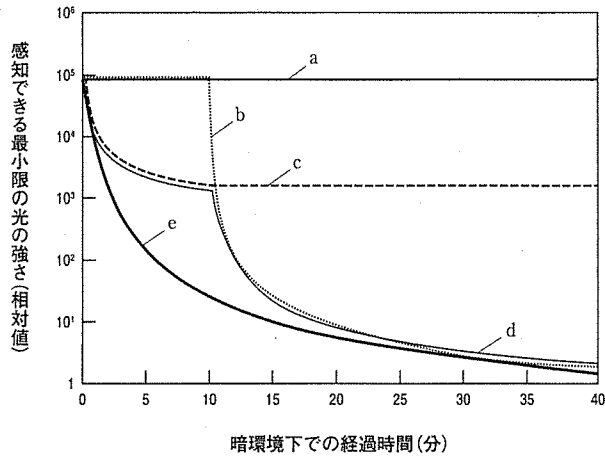


図 1

問 3 網膜色素変性症は、遺伝子変異による視細胞の変性によって生じる疾患である。この疾患は、特に網膜周辺部に多い視細胞の変性によるもので、暗いところや夜間に見え難くなる夜盲や、見ているもの(視野)の周辺が見えづらくなる周辺部視野狭窄をきたす。

この網膜色素変性症の患者さんが白色光照射による暗順応検査をすると、どのような曲線が得られると考えられるか。問 2 と同様に、図 1 の a から e の中から選べ。なお、白色光は網膜全体に照射するものとする。

(文 2)

脊椎動物の網膜は、脳の一部が表皮(体表側)に移動してできているため、大脳皮質と同じように細胞体と神経繊維が層状構造をした特徴のある細胞構築をしていることから、「突出した脳」といわれており、神経研究のさきがけとして古くから実験モデルとして用いられている。

脊椎動物の視覚系は、よく似た構造を持っている。特に、網膜の基本的な構造は非常に類似しているため、ヒトの視覚の機能を明らかにする目的で行われる研究では、ヒトの代わりに魚類からリスやネズミのような齧歯類の網膜が広く利用されている。

一般的に、神経に刺激が加わると、細胞外液に豊富に存在する( X )が、細胞内に流入することで活動電位を発生し興奮する。では、網膜視細胞に適刺激が加わると、網膜視細胞の膜電位はどう変化するだろうか。それを調べるために、ここでは下線部(2)のようなモデル動物を用いて、刺激として光強度の強い白色光照射を網膜視細胞にあたえた。また、実験を行う部屋の光の明るさ(明暗)も網膜視細胞にとっては刺激になってしまうため、実験は暗環境の中で行った。その結果、白色光照射前の暗環境中の網膜視細胞は、( X )の透過性が高く、( X )が持続的に細胞内に流入することを表す脱分極応答を示した。次に白色光を網膜視細胞に照射すると( X )の流入がないことを表す膜電位応答を示し、静止電位に近づいた(図 3)。なお、視細胞の( X )の流入がないときの膜電位を静止電位(-60 mV)と定義する。

問 4 下線部(2)のようにさまざまな動物の網膜が研究に用いられるが、図 2 の a から f のうちヒトの眼球の断面図と考えられるはどれか、選べ。

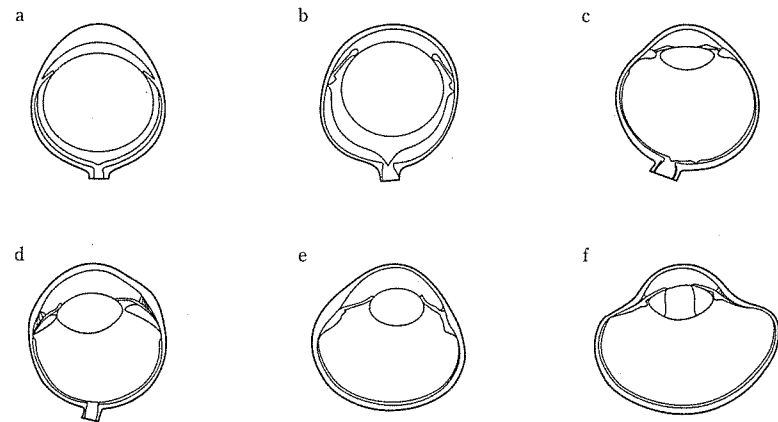


図 2

問 5 下線部(3)の( X )に共通して入るイオンはどれか、選べ。

- a. 塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )
- b. カリウムイオン( $\text{K}^+$ )
- c. 重炭酸イオン( $\text{HCO}_3^-$ )
- d. ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )
- e. カルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )
- f. マグネシウムイオン( $\text{Mg}^{2+}$ )

問 6 下線部(3)から考えられる白色光照射前後の網膜視細胞の膜電位変化を示すのはどれか、図3の a から f のうちから選べ。なお、白色光照射は暗黒下(環境)で行い、図3の縦軸は膜電位変化(mV)、横軸は時間経過と白色光照射の有無を示す。

ただし、下線部(3)では、「桿体細胞」または「錐体細胞」という区別はせず、「網膜視細胞」とした。そのため、本問では白色光照射によって生ずる桿体細胞と錐体細胞の膜電位の時間変化の詳細な違いは考えないものとする。

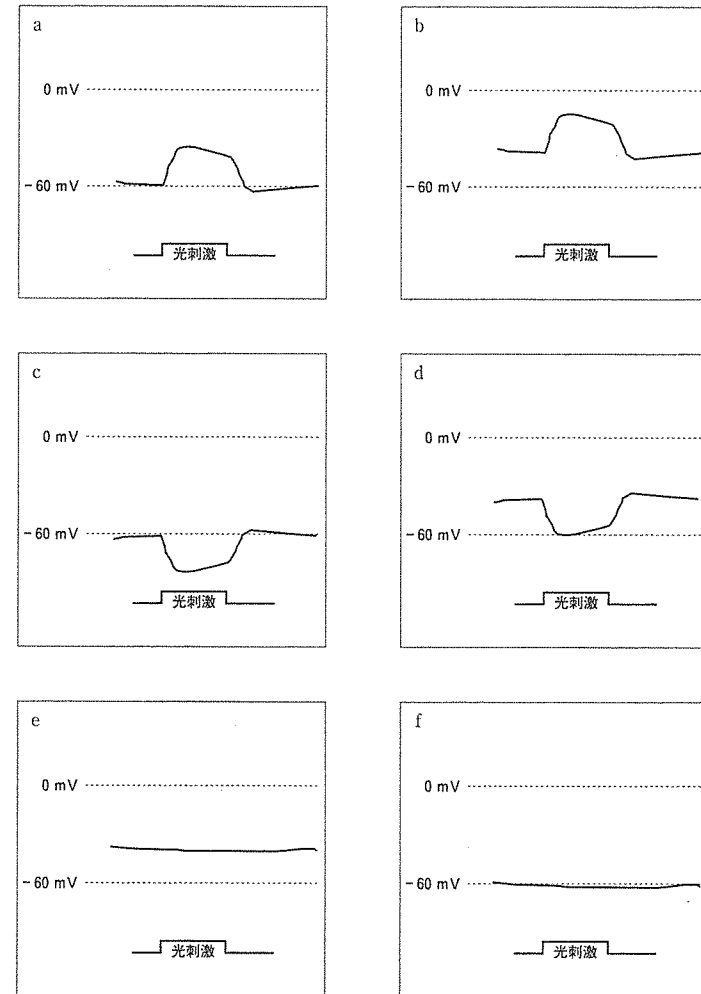


図 3

問 7 細胞外液から、問 5 の ( X ) を除去した液に置換した場合、網膜視細胞はどのような膜電位変化を示すと考えられるか、図 3 の a から f のうちから選べ。なお、イオンの置換をする際、除去するイオンと同じ電荷を持つイオンと置換し、内外の電位差は保持した。

(文 3)

私たちヒトは、名前がわからないものを含めると 200 万から 1000 万色といった膨大な色を識別することができるといわれている。ある波長の光を受容する青・緑・赤の 3 種類の錐体細胞とそれらの組み合わせ方で色(波長)の識別(3色性色覚)を可能にしている。

色覚は動物によって大きな違いがある。魚類はヒトと同じように昼行性で、色覚があることが明らかにされている(魚類は最近の研究で紫外線も含めた 4 色性色覚とわかってきた)。

さらに爬虫類から鳥類が持つ、色の高度な識別能力は、進化の初期過程で夜行性の哺乳類に至って不要になったが、その後、恐竜が絶滅し哺乳類は次第に昼行性になり、霊長類になって再度色覚を獲得したと考えられている。視覚心理学実験を組み合わせた網膜研究によって、大部分の哺乳類は、2 種類の錐体細胞を持つ 2 色性色覚(青と緑、または青と赤を示す波長に最大吸収波長を持つ) を示すことがわかってきた。<sup>(4)</sup>

問 8 下線部(4)のような特徴を持つ大部分の哺乳類は、どのように光や色が見えると考えられるか。

- a. 光の強弱も、色も全く識別することができない。
- b. 光の強弱は検出できるが、色を全く識別することができない。
- c. 青色と緑色または、青色と赤色の 2 色しか色を識別することができない。
- d. 緑色または赤色が単独で存在する場合でも、それぞれの色を識別することができない。
- e. 緑色(短波長側)から赤色(長波長側)の間に分布する色を同時に識別することができない。