

平成 24 年度 日本医科大学入学試験問題

[理 科]

受験番号	
------	--

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された 2 科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙配布後、監督者の指示に従い、配布枚数の確認を行うこと。
(表紙を除き、問題冊子 21 ページ、うち 2 ページは計算用紙、解答用紙 物理 1 枚、化学 1 枚、
生物 1 枚)
落丁、乱丁、印刷の不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答時間は 14 時 10 分から 16 時 10 分までの 120 分。
解答が終わってもまたは試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 机上には、受験票と筆記用具および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。
6. 筆記用具は鉛筆、シャープペンシル、消しゴムのみとする。
(コンパス、定規等は使用できない。)
7. 止むを得ず下敷を使用する場合は、監督者の許可を得ること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白および計算用紙は草稿や計算に自由に用いてよい。
10. 耳栓の使用はできない。
11. 携帯電話等の電源は必ず切り、鞆の中にしまうこと。
12. 質問、用便、中途退室など用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
13. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
14. 退室時は、試験問題および解答用紙を裏返しにすること。

生 物

[I] 植物を用いた交配実験に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

ある植物には、赤花をつける個体と白花をつける個体とがある。赤花の細胞に含まれる色素の合成には2種類の酵素（酵素A、酵素B）が必要であり、これらの酵素がともに正常に働くと花は赤くなる。しかし、どちらか片方の酵素、あるいは両方の酵素が正常に働かないと花は白くなる。

赤花をつける純系Pと、白花をつける3種類の純系（純系Q、純系R、純系S）がある。純系Pでは、2種類の酵素はともに正常に働くが（正常型）、白花の純系では、2種類のうちいずれか1つが、遺伝子に起きた突然変異のために酵素として働くことができない（変異型）。突然変異が起きたDNA上の位置は純系ごとに異なり、3種類の純系は、それぞれが異なる変異型酵素をつくる。また、これら3つの(1)変異型酵素のうちの1つは、酵素として働かないだけでなく、細胞内で同じ酵素の正常型がつくられると、正常型酵素の働きを完全に阻害する。一方、他の変異型酵素には、そのような阻害作用はない。下表には純系間の交配（交配1～交配6）で得られた雑種第一代（F₁）について、正常型酵素の産生の有無と花の色が示されている。各交配で得られたF₁では、すべての個体で同じ結果であった。

この植物の体細胞には12本の染色体があり、これらの染色体は、6対の相同染色体からなる。酵素Aの遺伝子と酵素Bの遺伝子は、このうちの1対の相同染色体に連鎖して存在し、対をなす2本の染色体上の遺伝子はともに発現している。なお、純系の個体は、酵素Aの遺伝子についても、酵素Bの遺伝子についても、ホモ接合体である。また、交配の過程で新たな突然変異は起きないものとする。

表 純系間の交配で得られた雑種第一代（F₁）における、正常型酵素の産生の有無と花の色

交配	交配の組み合わせ	F ₁ における正常型酵素の産生		F ₁ の花の色
		酵素A	酵素B	
1	純系P と 純系Q	有	有	白
2	純系P と 純系R	有	有	赤
3	純系P と 純系S	有	有	赤
4	純系Q と 純系R	有	有	(あ)
5	純系Q と 純系S	有	無	白
6	純系R と 純系S	有	有	赤

問1 下線部(1)の変異型酵素をつくる純系の記号を答えなさい。

問2 表中の(あ)にあてはまる花の色を答えなさい。

問3 白花をつける3種類の純系のうちの2つでは、同じ酵素が働きを失っている。(i) それらの純系の記号と、(ii) 働きを失っている酵素の記号を、それぞれ答えなさい。また、(iii) これらを判断する上で最も重要な結果が得られている交配の番号を1つ答えなさい。

問4 交配6の F_1 を自家受精して得られた雑種第二代(F_2)には、酵素A、酵素Bともに変異型のみをつくる個体が(2)ある割合で含まれていた。このような個体と交配6の F_1 とを交配(これを交配7とする)したところ、赤花をつける個体と白花をつける個体が1:19の比で生じた。これらの結果が得られたのは、酵素Aの遺伝子と酵素Bの遺伝子との間で、ある頻度で組換えが起きたためである。

(i) 酵素Aの遺伝子と酵素Bの遺伝子との間の組換え価は何%か。整数で答えなさい。

(ii) 交配7で得られた個体のうち、酵素A、酵素Bともに変異型のみをつくる個体の割合はどれだけか。分数で答えなさい。

(iii) 下線部(2)の割合を分数で答えなさい。

(iv) もし、酵素Aの遺伝子と酵素Bの遺伝子が連鎖していない場合には、交配7で得られる個体のうち、赤花をつける個体の割合はどれだけになるか。分数で答えなさい。

問5 この植物の卵細胞について、染色体の構成を正しく表しているものを、以下の(ア)～(シ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|
| (ア) $n = 2$ | (イ) $n = 3$ | (ウ) $n = 6$ | (エ) $n = 12$ |
| (オ) $2n = 4$ | (カ) $2n = 6$ | (キ) $2n = 12$ | (ク) $2n = 24$ |
| (ケ) $3n = 6$ | (コ) $3n = 9$ | (サ) $3n = 18$ | (シ) $3n = 36$ |

[II] 細胞分画法を用いた実験に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

細胞は様々な細胞小器官を含んでいる。細胞を^{はさい}破砕して、細胞小器官を分離する方法を細胞分画法という。この方法を用い、正常なマウスの(1)ある臓器を材料として、以下の手順で実験を行った。

摘出した臓器を小さく切り刻んで、細胞と同じ浸透圧の緩衝液 S (pH7) に入れ、冷やしながらおだやかにすりつぶした。このすりつぶした臓器を含む緩衝液を、まず、低速の遠心機で分離し、沈殿した画分 A と上澄みを得た。次に、この上澄みを中速の遠心機で分離し、沈殿画分 B と上澄みを得た。さらに、この上澄みを高速の遠心機で分離し、沈殿画分 C と上澄み画分 D を得た。

画分 A~D のうち、ある画分に含まれていたミトコンドリアを緩衝液 S に懸濁した。この懸濁液を酸素飽和にしてから、空気が無い状態で密封し、温度を 37℃ に保ちながら懸濁液中の酸素量を測定した。(2)測定開始から 2 分後に ADP、リン酸、コハク酸をそれぞれ十分な量加えた。図には、測定開始から 6 分間の懸濁液中の酸素量の変化が、模式的に示されている。縦軸の酸素量は、懸濁液が酸素飽和の状態を 100% とする。

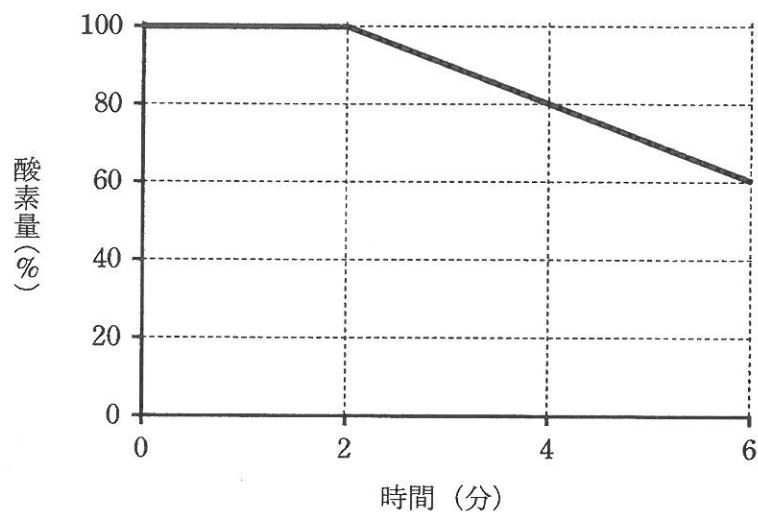


図 ミトコンドリア懸濁液中の酸素量の変化

問 1 下線部(1)の臓器は、アンモニアを尿素に変えることができる。この臓器の名称を答えなさい。

問 2 画分 A~D には、それぞれ異なる細胞成分が含まれていた。各画分に含まれていたものを、以下の(ア)~(エ)より 1 つずつ選び、記号で答えなさい。

(ア) 核 (イ) リボソーム (ウ) 解糖系の酵素 (エ) ミトコンドリア

問 3 下線部(2)の操作の結果、懸濁液中の酸素量は減少し、ATP が合成された。同じ測定条件で、コハク酸の代わりに以下の(ア)~(オ)を加えた場合、懸濁液中の酸素量が減少するものはどれか。あてはまるものをすべて選び、記号で答えなさい。

(ア) 乳酸 (イ) クエン酸 (ウ) エタノール (エ) グルコース (オ) ピルビン酸

問 4 薬剤 Z はミトコンドリアの内膜で働き、内膜の内側と外側に水素イオン (H^+) の濃度差が生じると、ただちにそれを解消する。下線部(2)の操作の後、測定開始から 4 分後に薬剤 Z を十分な量加えると、懸濁液中の酸素量および ATP の合成はその後どのようなになるか。以下の(ア)~(カ)より 1 つ選び、記号で答えなさい。また、その理由を説明しなさい。ただし、薬剤 Z は水素イオンを輸送する働きのみをもち、電子伝達系を阻害しないものとする。

- (ア) 酸素量は増加し、ATP は合成される。
- (イ) 酸素量は増加し、ATP は合成されない。
- (ウ) 酸素量は変化せず、ATP は合成される。
- (エ) 酸素量は変化せず、ATP は合成されない。
- (オ) 酸素量は減少し、ATP は合成される。
- (カ) 酸素量は減少し、ATP は合成されない。

[III] 動物の組織に関する下記の文章を読み、各問いに答えなさい。

マウスの小腸は、図1に示すように、(1)上皮組織、結合組織、(2)筋組織、神経組織の4つの組織で構成される。上皮組織に存在する上皮細胞はすべて、組織幹細胞の1つである上皮幹細胞(図1、黒で示した細胞)からつくられ、絶えず入れかわっている。上皮幹細胞は柔毛^{じゅうもう}の下のかぼみに存在し、分裂すると細胞の1つは幹細胞自身となって元の位置にとどまる。もう1つの細胞は通常、柔毛の先端の方へと移動しながら分化し、上皮幹細胞の分裂から5~7日後に柔毛の先端に達し、そこで(3)細胞死を起こして取り除かれる。このようにして、すべての上皮細胞は幹細胞をもとにつくられ、短い間に死んでいく。また、上皮幹細胞は、上皮細胞以外の細胞はつくらない。

この上皮幹細胞の性質を調べるために、マウスと大腸菌を使って以下の実験を行った。なお、実験で用いたDNA(遺伝子、プロモーター、特殊な配列)のうち、野生型マウスに存在するものは、プロモーターAのみであり、大腸菌にはいずれも存在しない。また、図2~5では、各遺伝子の終止コドンの位置を▲で示してある。実験で作製したトランスジェニックマウスでは、すべての細胞が導入したDNAをもつものとする。

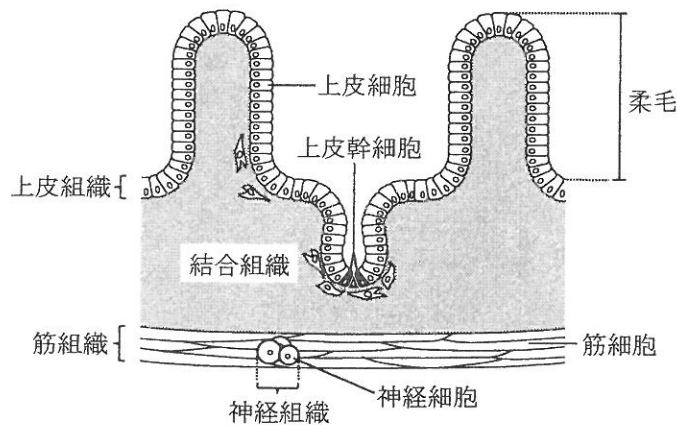


図1 マウス小腸の構造

【実験1】

上皮幹細胞のみで発現する遺伝子を探したところ、遺伝子aを見つけた。そこで、マウスのゲノムより遺伝子aのプロモーター(プロモーターA)を単離した。次に、プロモーターAを、緑色に光るタンパク質Gをつくる遺伝子gに連結させ(図2)、このDNAをマウスに導入してトランスジェニックマウスT1を作製した。トランスジェニックマウスT1の小腸を調べたところ、上皮幹細胞のみで緑色の光が検出された。また、野生型マウス的小腸ではいずれの色の光も検出されなかった。

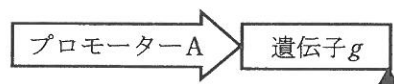


図2 トランスジェニックマウスT1の作製に用いたDNA

【実験 2】

図 3 に示す DNA を作製した。プロモーターBは、連結させた遺伝子を常にすべての細胞で発現させることができるプロモーターである。遺伝子 *r* は赤色に光るタンパク質 R をつくる遺伝子であり、その前後にある特殊な配列 P と Q は、遺伝子の発現自体には影響を及ぼさない。この DNA を大腸菌と野生型マウスの培養細胞に導入したところ、導入した DNA が転写されて完成した mRNA は、どちらの細胞においても、配列 P から遺伝子 *g* までを含むひとつながりの mRNA であった (図 3)。ところが、大腸菌では赤色と緑色の両方の光が検出されたにもかかわらず、(4)マウスの培養細胞では赤色の光のみが検出された。

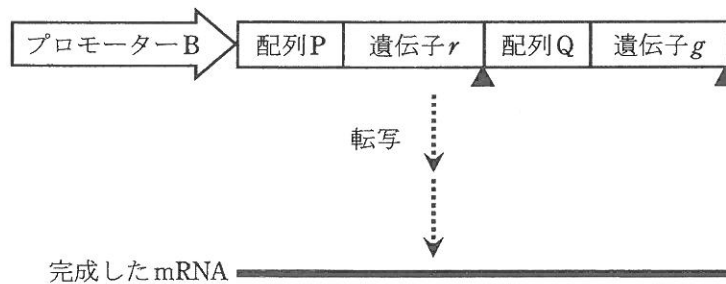


図 3 細胞に導入した DNA と、この DNA が転写されて完成した mRNA

【実験 3】

タンパク質 E は発現した細胞の核内で働き、図 3 に示した DNA 上の遺伝子 *r* を取り除いて、配列 P と Q をつなぎ合わせることができる。ただし、このタンパク質 E が働くためには、薬剤 D が必要であり、タンパク質 E がいくらあっても、薬剤 D が無い場合はタンパク質 E は働くことができない。また、薬剤 D は培養液や生体への投与が可能で、薬剤 D を投与してから取り除くまでの間、タンパク質 E の働きが持続するものとする。このタンパク質 E をつくる遺伝子 *e* をプロモーターBに連結させた DNA を作製した (図 4)。

実験 2 で図 3 の DNA を導入したマウスの培養細胞に、図 4 に示す DNA も導入した。この細胞を 2 つのグループに分け、片方にだけ薬剤 D を投与した。その結果、(5)薬剤 D を投与したグループでは、すべての細胞で緑色の光のみが検出され、投与しなかったグループでは、すべての細胞で赤色の光のみが検出された。なお、マウスの培養細胞を使った実験 2 と実験 3 では、いずれの組織から取り出した細胞でも、すべて同じ結果となった。

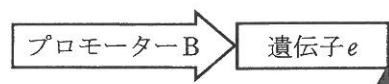


図 4 培養細胞に導入した 2 つ目の DNA

【実験 4】

これまでの実験結果をふまえ、プロモーターAを遺伝子*e*と連結させたDNAを作製した。これを図3で示したDNAと共にマウスに導入し、トランスジェニックマウス T2 を作製した(図5)。このトランスジェニックマウス T2 を用いて、薬剤Dの投与前後の小腸を調べた。

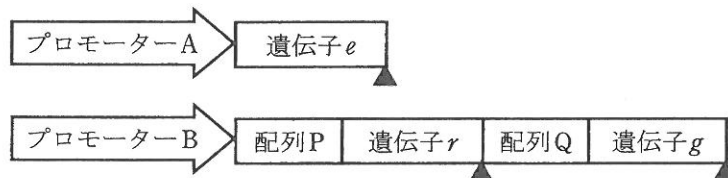


図5 トランスジェニックマウス T2 の作製に用いた DNA

問1 下線部(1)の小腸の上皮組織および結合組織は、発生の過程で以下の(ア)～(オ)のいずれから形成されるか。あてはまるものを1つずつ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 外胚葉 (イ) 体節 (ウ) 腎節 (エ) 側板 (オ) 内胚葉

問2 下線部(2)の小腸の筋組織にあてはまるものを、以下の(ア)～(オ)よりすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 横紋筋である。
 (イ) 平滑筋である。
 (ウ) 随意筋である。
 (エ) 単核の細胞からできている。
 (オ) 多核の細胞からできている。

問3 下線部(3)のように、細胞にもともと備わっているしくみが正常に働くことによって起こる死を何とよぶか。

問4 下線部(4)で示した実験結果となった理由として最も適切なものを、以下の(ア)～(エ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 真核細胞では、最初の終止コドンでRNA合成酵素がDNAから離れてしまうから。
 (イ) 真核細胞ではスプライシングが起こるから。
 (ウ) 真核細胞ではスプライシングが起こらないから。
 (エ) 真核細胞では、最初の終止コドンでリボソームがmRNAから離れてしまうから。

問5 下線部(5)の細胞を、薬剤Dを取り除いた培養液に移し、引き続き培養した。その結果、すべての細胞で検出された発色は同じであった。あてはまるものを以下の(ア)～(エ)より1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 赤色の光のみが検出された。
- (イ) 緑色の光のみが検出された。
- (ウ) 赤色と緑色の両方の光が検出された。
- (エ) いずれの色の光も検出されなかった。

問6 トランスジェニックマウスT2に薬剤Dを投与する前と、投与から1ヶ月後のそれぞれの時点において、小腸の上皮幹細胞および4つの組織での発色はどのようであったか。あてはまるものを以下の(ア)～(オ)より1つずつ選び、それぞれ記号を解答欄の表に記入しなさい。

- (ア) すべての細胞で赤色の光のみが検出された。
- (イ) すべての細胞で緑色の光のみが検出された。
- (ウ) すべての細胞で赤色と緑色の両方の光が検出された。
- (エ) 細胞により赤色の光のみ、もしくは緑色の光のみが検出された。
- (オ) すべての細胞でいずれの色の光も検出されなかった。

問7 トランスジェニックマウスT2に薬剤Dを投与してから3日後の小腸を調べたところ、以下の(ア)～(エ)のうちいずれかの組織には、赤色の光のみが検出される細胞と緑色の光のみが検出される細胞の両方が含まれていた。あてはまる組織を1つ選び、記号で答えなさい。また、その組織では、なぜ細胞によって検出される光の色が異なっていたのか。その理由を説明しなさい。

- (ア) 上皮組織（上皮幹細胞は除く）
- (イ) 結合組織
- (ウ) 筋組織
- (エ) 神経組織