

1

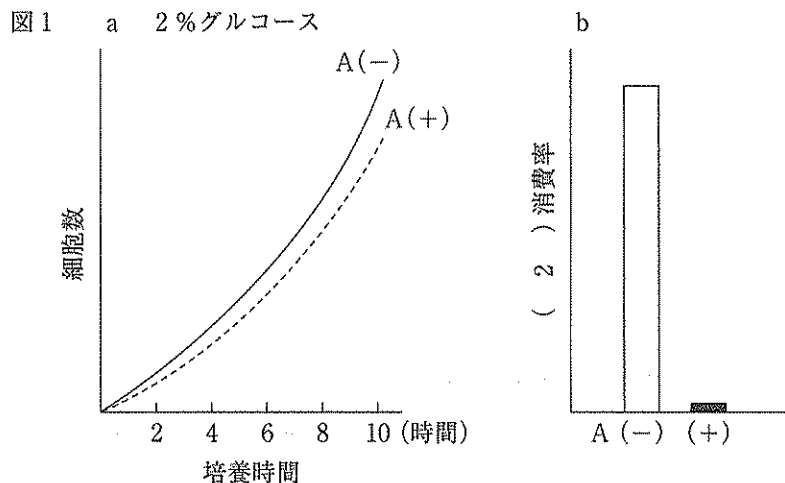
次の文章 I, II を読み, 以下の各問いに答えなさい。

I. 酵母は真核細胞であり, 原核細胞と異なり細胞内に 2 重の膜を伴う構造体である (1) とミトコンドリアを持つ。酵母は (2) を用いた呼吸でエネルギーを得ることができるが, 一方で古くからワインやビールの醸造に利用されており, この場合は (2) を用いずにグルコースからエタノールと (3) を産生してエネルギーを得る。この過程を (4) と呼んでいる。呼吸を行う酵母にはミトコンドリアが発達しているが, (2) の無い条件下で培養すると (4) だけを行うようになり, ミトコンドリアの数や大きさが減少する。このように酵母は環境に応じて細胞内構成物を調整し, 代謝を変化させることがわかっている。

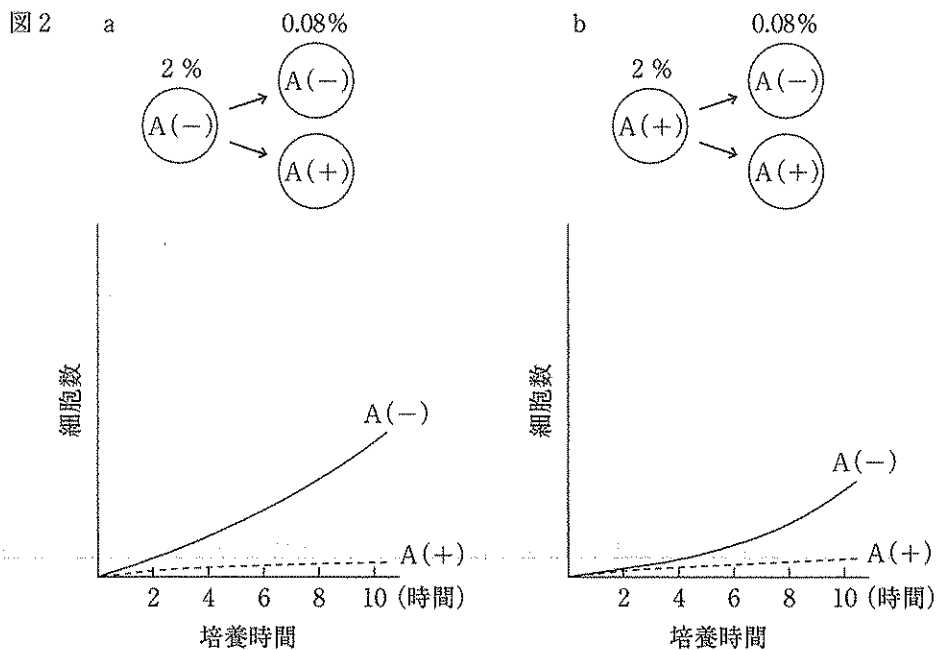
(A)

II. 酵母が環境に応じて代謝を変化させる機構について, 特にグルコース濃度に注目して実験を行った。

2%濃度のグルコースを含む培養液(必要最小限の各種アミノ酸等も含んでいる)に一定数の酵母を移し, 26℃で容器を振とうさせながら培養した。この時, 薬剤 A を加えた条件, 加えない条件で培養時間と細胞数の関係を示したものが図 1 a である。薬剤 A はミトコンドリアの (5) に存在するシトクロム c 酸化酵素を特異的に阻害する作用を持つ。A を加えずに培養した結果が実線で, A を加えた場合の結果が点線で示してある。この時 (2) の消費率を, A の有無で比較したものが図 1 b である。



A 非添加 (A(-)), および添加 (A(+)) の 2%グルコース含有培養液で 12 時間培養した酵母を, それぞれ 0.08%グルコース濃度を含む培養液 (図 2 a および図 2 b) に移して A 非添加 (A(-)), A 添加 (A(+)) の条件下で培養した。培養時間と細胞数の関係を図 1 と同様を示す。



問1 文中の(1)～(5)に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 エネルギーの観点から見た場合、下線部(A)はどのように言い換えることができるか。エネルギーとして用いる分子の名前を含めた15字以内の文章(句読点を含む)で答えなさい。

問3 下線部(B)において薬剤Aが阻害する反応系①を何と呼ぶか。また、その反応系の阻害は、結果としてもう一つの反応系②の働きも阻害する。もう一つの反応系②の名称と、これが阻害される理由を、句読点を含めて50字以内で説明しなさい。

問4 図2は、きわめて低いグルコース濃度の場合、酵母菌は(2)を用いた呼吸によって生育できるが、(4)では生育できないことを示している。これは2種類の代謝系のどのような違いによるものか、句読点を含めて25字以内で説明しなさい。

問5 図2bで、図2aと比べて実線の立ち上がりに時間を要した理由を推測し、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

2

次の文章 I, II を読み、以下の各問いに答えなさい。

I. 酵素は、生命活動の根幹である無数の化学反応を進めている。大部分の酵素は [1] でつくられている。酵素が作用する物質は [2] と呼ばれる。酵素自体は反応の前後で変化することなしに、化学反応を促進する。つまり [3] としてはたらいている。酵素による化学反応の大きな特徴は決まった [2] としか作用しないことであり、これを [4] という。このために酵素は生物の化学反応の数に応じた種類が存在し、それぞれ決まった化学反応のみを進めることが出来る。これらの酵素のはたらきは調節が可能である。例えば、ある酵素の反応生成物が [5] としてはたらき、その反応系が進み過ぎないように抑制するしくみは、よく見られる調節形式である。

問 1 文中の [1] ~ [5] に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 酵素による化学反応は様々な外的環境条件により影響をうける。代表的な外的環境条件を 2 つ挙げなさい。

問 3 図 1 の実線は酵素の反応速度と基質濃度の関係を示すグラフである。図 2 は酵素の化学反応の模式図である。下記の (1), (2) の条件にした場合、グラフはどのように変化するか。(1), (2) それぞれについて、図 1 中の破線で示されている記号 A ~ E のうち最も適切なものを 1 つ選びなさい。ただし、酵素が反応する物質は十分に存在し、枯渇により、酵素反応速度に影響することは考えないとする。

図 1

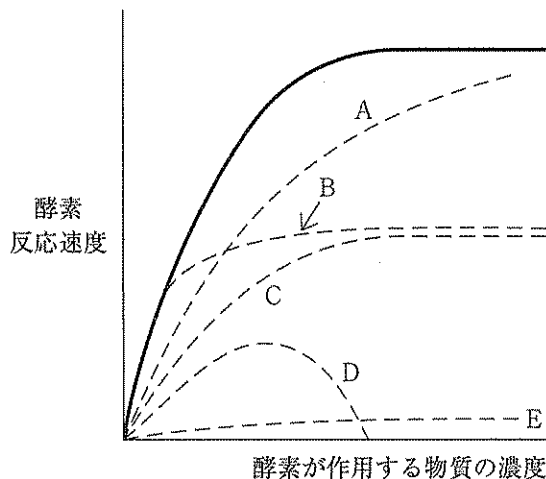
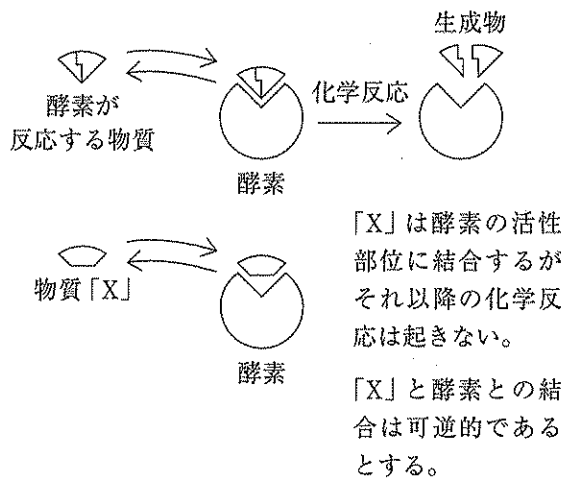


図 2

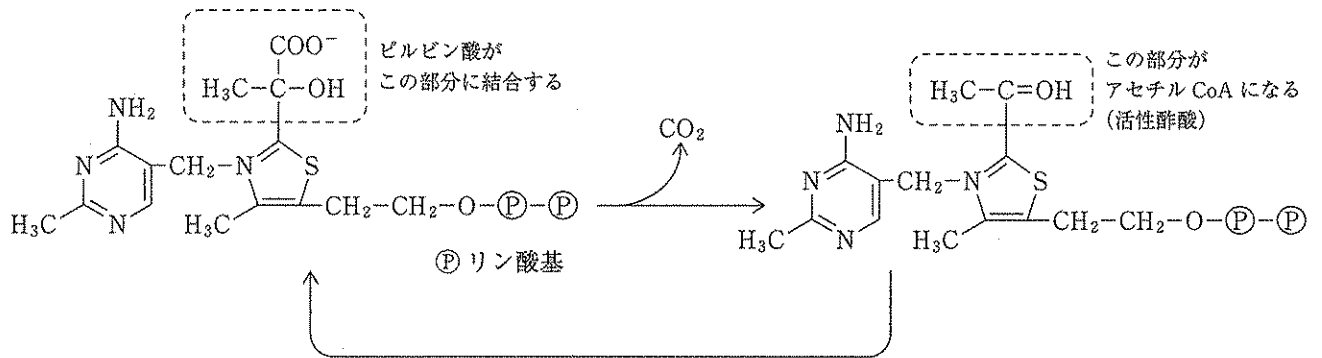


- (1) 酵素濃度を半分にした場合。
- (2) X を反応液に加えた場合。

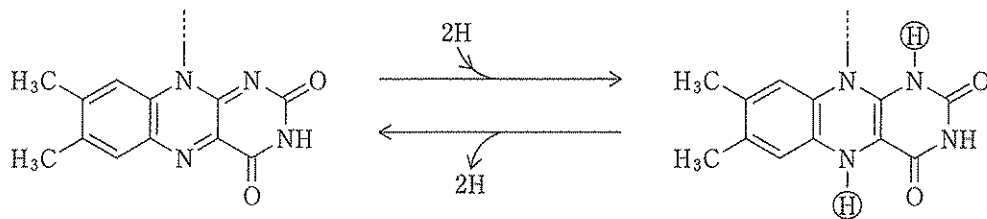
II. 脚気は長らく日本人の国民病のような病であった。この病気は心不全と末梢神経障害をきたす疾患であり、今日ではビタミン B₁ の欠乏による栄養失調の一種であることがわかっている。3 大栄養素と違い、ビタミンは微量であるが必須の栄養素として定義され、体内で合成することが出来ない、または合成量が乏しいため食事から摂取しなければならぬものである。これらが欠乏すると特徴的な症状を持つ欠乏症が生じる。ビタミン類は酵素のはたらきに不可欠な低分子物質であるため、微量でも重要な役割を持つのである。図 3 にビタミン B₁ とその他幾つかのビタミン分子の部分構造とその反応例を示す。

図 3

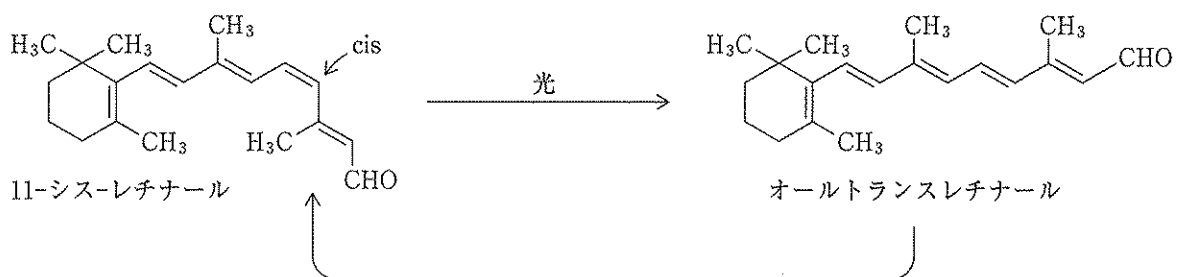
① ビタミン B₁



② ビタミン B₂



③ ビタミン A



問 4 下線部 (a) の 3 大栄養素のうち前述の間 1 の解答になっているもの以外の 2 つを答えなさい。

問 5 下線部 (b) の低分子物質は何と呼ばれるかを答えなさい。

問6 図3の①はビタミンB₁が関わる代表的な反応例を図示したものである。この反応の説明文として最も適切なものを1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 脱水素酵素の反応過程でありクエン酸回路に入る反応である。
- イ 脱炭酸酵素の反応過程でありクエン酸回路に入る反応である。
- ウ 脱水素酵素の反応過程であり解糖系の反応である。
- エ 脱炭酸酵素の反応過程であり炭酸同化の反応である。
- オ 脱炭酸酵素の反応過程であり電子伝達系の反応である。

問7 図3の②に示されたビタミンB₂を必要とする酵素を1つ選び、記号で答えなさい。

- ア 加水分解酵素 イ アミノ基転位酵素 ウ 脱水素酵素 エ 脱炭酸酵素 オ 合成酵素

問8 図3の③に示されているように、ビタミンAは光を受けて構造が変化する。このビタミンAを必要とするタンパク質としてロドプシンがある。このことからビタミンAの欠乏によりどのような障害が生じると考えられるか、句読点を含めて20字以内で答えなさい。

問9 脚気とビタミンB₁との関係と同様に有名なビタミン欠乏症の事例に壊血病とビタミンCの関係がある。中世の船上においては保存食しか食べることが出来ず、壊血病はビタミンCの欠乏が避けられない船乗りには恐れられていた疾患であった。例えば大豆は一般的な保存食でありビタミンCは殆ど含まれていない。しかしこれを発芽させ、モヤシにして食べれば壊血病を防ぐことが出来た。その理由について、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

3

胃液分泌調節についての次の文章 I、II を読み、以下の各問いに答えなさい。

I

食べ物の臭いを嗅いだり、実際に口にしたり、あるいは見ただけでも胃液の分泌が促進される。これは主に あ の刺激によるものと考えられる。また、食べ物が胃に入ると、それを消化するために、胃粘膜からは、タンパク質を分解する消化酵素の い と胃酸が分泌される。また、胃粘膜からガストリンが分泌され胃酸の分泌を促進する。この胃酸によって胃の中は酸性に保たれている。胃の中が強い酸性であるため、胃に送りこまれた食物は消化物として溶けて柔らかくなる。それが十二指腸に入ると、十二指腸粘膜からセクレチンが分泌され、膵臓に作用して消化酵素を含むすい液の分泌を促進する。

胃酸や い は、通常、自分の胃壁を傷つけることはない。これは、胃壁の表面にある胃粘膜が、防御因子の粘液や粘膜を保護する物質を出し、胃を守っていることによる。ところが、う の感染、ストレス、食べ物、さらには、胃粘膜以外に発生した、異所的にガストリンを異常に分泌する病変などにより胃粘膜の防御機構が弱くなると胃酸や消化酵素により胃や十二指腸粘膜自身が溶かされることがあり、このような原因により胃潰瘍や十二指腸潰瘍が起り、「みぞおち」の痛みとして自覚される。

問1 あ に当てはまる適切な自律神経の名称を答えなさい。

問2 下線部 (A) のような現象の名称を答えなさい。

問3 い の名称を答えなさい。

問4 う に入る細菌として最も適切なものを以下の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- a) 黄色ブドウ球菌 b) 緑膿菌 c) ヘリコバクターピロリ
d) 大腸菌 e) シアノバクテリア

問5 ②のガストリンおよび③のセクレチンは、①の消化酵素とは異なる分泌様式により分泌される。その分泌様式の名称を答えなさい。

問6 以下の項目 a) ~ e) の中から、問5の解答と同様の分泌様式を示すものを3つ選んで、a) ~ e) の記号で答えなさい。また、それぞれの分泌される物質の名称を答えなさい。

- a) 膵臓のB細胞から分泌され血糖を低下させる。
b) 膵液分泌細胞から分泌されタンパク質を分解する。
c) 副腎皮質から分泌され主に無機塩類量を調節する。
d) 副腎髄質から分泌され心拍数を増加させる。
e) 皮膚から分泌され体温を調節する。

II

30歳の患者(男性)が、「みぞおち」の痛みを訴えて病院を受診した。入院して内視鏡検査を行った結果、十二指腸潰瘍であることがわかった。そこで次の検査1、2を行った。

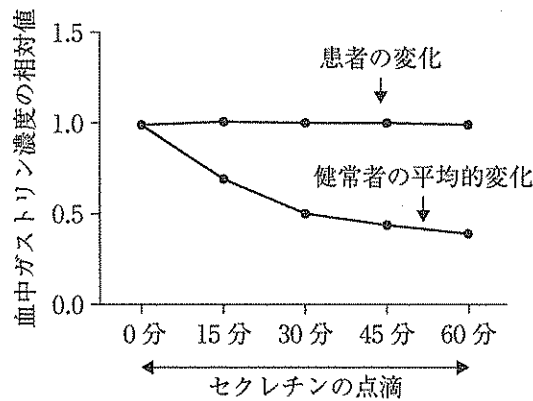
(検査1) 入院翌日の早朝空腹時に採血し、血中ガストリンの濃度を測定した。さらに、胃チューブ(胃に届くチューブ)を患者の鼻から挿入し、胃酸の量(基礎酸分泌量)を測定した。測定結果を表に示す。値は健常者早朝空腹時の平均値を1とした場合の、この患者の相対値を示す。

表

	健常者の平均	患者
胃酸分泌量	1	2.5
ガストリン濃度	1	10

(検査2) 入院2日目の早朝空腹時にセクレチンを静脈内に1時間かけて点滴し、その間の15分ごとに採血して、ガストリンの血液中の濃度を測定した。測定結果をグラフに示す。縦軸は、ガストリンの基礎濃度(0分の時点での濃度)に対する各時点の相対値を示す。

グラフ



問7 健常者の検査2の結果から、ガストリン及び胃酸の分泌に対するセクレチンの作用を句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

問8 健常者で示されたセクレチン投与後の血液中のガストリン濃度の変化は、食後の生体内においても起こっている。この調節機構を一般的に何というか、名称を答えなさい。

問9 検査1および検査2の結果から、この患者の病態をIの下線部④の病変と考えた場合、十二指腸潰瘍を起こした機序を、以下の語句をすべて用いて句読点を含めて65字以内で説明しなさい。

(語句) ガストリン, 胃酸, セクレチン

問10 この患者の病態を考えた場合、適切な処置として考えられるものを以下の項目から2つ選び、記号で答えなさい。

- a) ガストリンを点滴する。
- b) 胃酸分泌を抑制する内服薬を服用する。
- c) セクレチンを点滴する。
- d) 十二指腸全部を取り除く手術をする。
- e) 異所性にガストリンを異常に分泌する病変部位を取り除く手術をする。

4

動物の学習行動に関する次の文章 I, II を読み, 以下の各問いに答えなさい。

I. 生物は, 外界から様々な刺激を感覚入力として受け取り, 生体内でのプロセスを経て行動を起こす。感覚入力を受け取る器官を ①, それに対して反応・作動する器官を ② という。

生物に生まれつき備わっている能力に基づいた行動を ③ と呼ぶのに対し, 生物がそれまでと異なる状況に置かれたときに, 状況に応じて徐々に行動を変化させる, あるいは新たな行動を示すことを学習という。学習はいくつかのタイプに分類され, 多くの学習は中枢神経系による制御を受けている。異なるタイプの学習には中枢神経系の異なる部位が重要な役割を果たすことが知られている。

問 1 空欄 ①～③ に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 次のうち, 学習の例ではないものを一つ選び, 記号で答えなさい。

ア. 雄のアユは自分のなわばりに別の雄が侵入すると攻撃する。

イ. カナリアを生後すぐに親から離し, 別の鳥の鳴き声を聞かせながら育てると, 親と一緒に成長した個体とは異なる声でさえずるようになる。

ウ. マウスの飼育ケージの特定の場所で電気ショックを与えることを繰り返すと, マウスはその場所に近づかなくなる。

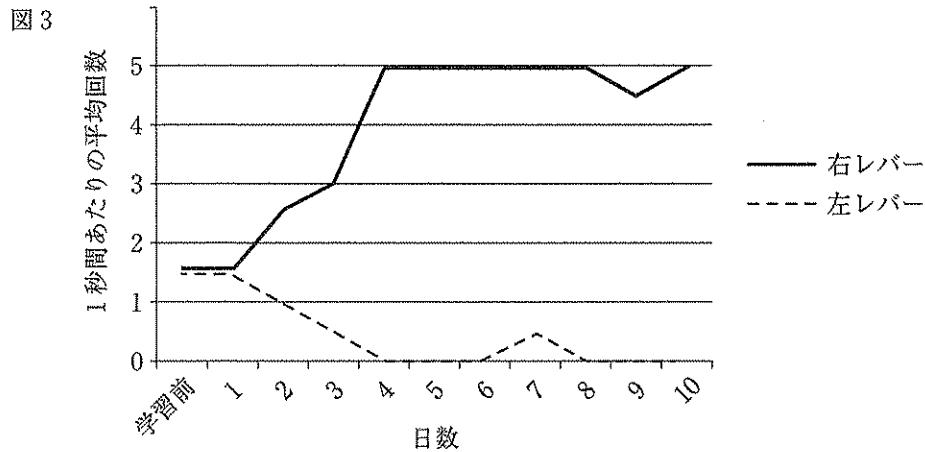
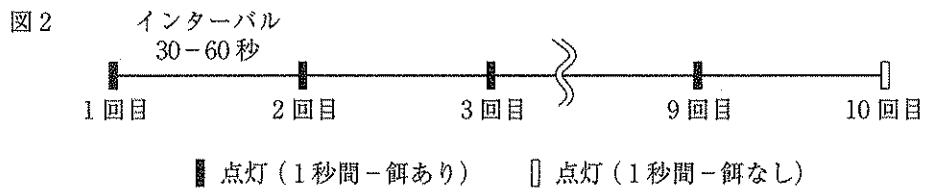
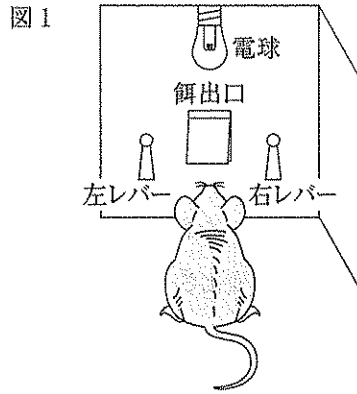
エ. 自転車に乗る練習をするうちに, 乗れるようになる。

II. ある学習行動について, 以下のような実験を行なった。

押すと餌が出てくるレバーを 2 つ壁に設置した実験装置を用いた (図 1)。2 つのレバーの間には電球が設置してある。

1. 左右どちらのレバーを押しても通常の餌が出るようにした実験装置にラットを入れ, 装置に慣れさせた。(電球は, 点灯させない)
2. このラットに 24 時間水のみを与え餌を与えずに飼育した。
3. 実験装置にラットを入れ 30-60 秒のインターバルで電球を 1 秒間, 計 10 回点灯させた。このとき, 最初の 9 回の電球点灯中に右のレバーを押したときには塩化ナトリウムを含む通常の餌, 左のレバーを押したときには塩化ナトリウムの代わりにラットが内臓不快感を感じる塩化リチウムを含んだ餌が出てくるようにした (共に味には違いがないものとする)。最後の 1 回の電球点灯中はレバーを押しても餌が出てこないようにし, この 10 回目の電球点灯中に左右どちらのレバーを何回押すかを計測した (図 2)。電球点灯時以外にレバーを押しても餌は出てこない。
4. この実験をラット 5 匹を用いて 10 日間連続で行い, 各日 10 回目の電球点灯中にそれぞれのラットが左右のレバーを押した回数を計測し, 平均回数を比較した (図 3)。

生 物



問3 波線部のうち、(a)レバーを押す反応を何と呼ぶか。また、(b)この反応を引き起こす刺激(ここでは電球点灯)を何と呼ぶか、答えなさい。

問4 この実験で、文章Iの ① に該当する器官はどこか、答えなさい。

問5 このように、空腹時に餌が提示されるという刺激と、本来無関係な光や音などの刺激を組み合わせることで、レバーを押す反応に変化が生じるような学習を何と呼ぶか、答えなさい。

問6 毎日実験開始前に、神経伝達物質であるグルタミン酸の受容体の阻害剤を投与すると、左右のレバーを押す回数が学習前後で変化しなくなった。一方、毎日9回目の電球点灯後に同じ阻害剤を投与した場合、上の図と同じ結果が得られた。その理由を、「シナプス」「伝達効率」という言葉を用いて句読点を含めて80字以内で説明しなさい。

5

マウスの遺伝に関する次の文章 I, II, III を読み、以下の各問いに答えなさい。

I. 野生型の実験用マウス（純系の系統 A）を飼育していると、ある日、その中に目の水晶体が白く濁っている白内障の表現型を生じたマウスがいることを発見した。その白内障のマウスを、系統 A の別のマウス（遺伝子に異常がない個体であると仮定）と交配したところ、得られた子孫のマウス（雑種第一代：F₁）では白内障の表現型は全く見出されなかったものの、F₁ マウスどうしを交配して得られたマウス（雑種第二代：F₂）において、性別に関係なく約 4 匹に 1 匹の割合で白内障の表現型が見られた。また、F₁ マウスを上述の白内障の表現型を示すマウスと交配すると、約半数の個体が白内障の表現型を示した。

交配実験の結果から、白内障は系統 A のマウスに自然に生じた遺伝子変異によるものであり、その遺伝様式は（ ）であると考え、その原因遺伝子を突き止めるために以下の実験を行った。

実験① 系統 A のマウスとは別の純系の系統 B のマウス（野生型）を、上述の白内障のマウス（系統 A 由来）と交配して F₁ 個体を得た。

実験② 次に F₁ 個体を白内障のマウス（系統 A 由来）と交配して 10 個体の子孫を得て、それらが白内障の表現型を示すか否かを調べた。

実験③ これらの 10 個体からそれぞれゲノム DNA を抽出し、系統 A と系統 B とで DNA 塩基配列が異なる部分（以下マーカーと呼ぶ）⁽¹⁾ に関して、F₁ 個体から受け継いだ染色体について系統 A と系統 B のどちらの系統に由来する塩基配列を有しているかを調べた。

問 1 上記（ ）に当てはまる最も適切な遺伝様式を、以下のア～オから一つ選んで記号で答えなさい。

- ア 常染色体優性遺伝
- イ 常染色体劣性遺伝
- ウ 伴性優性遺伝
- エ 伴性劣性遺伝
- オ 不完全優性遺伝

問 2 下線部(1)の「DNA 塩基配列が異なる部分」について、1 塩基単位で塩基配列が異なる場合、これを何と呼ぶかを答えなさい。

問3 白内障の原因遺伝子は、4番染色体上に存在する可能性が高いので、4番染色体における実験②と実験③の結果を考察した(表1)。表1のマーカー(a~f)の4番染色体上の位置は図1に示す。表1の「○」と「×」は、どちらが系統B由来であると考えられるか。適切な方を選んで「○」または「×」の記号を解答欄に記入しなさい。ただし、減数分裂時に染色体の二重乗換えは起こらないと仮定する。

図1

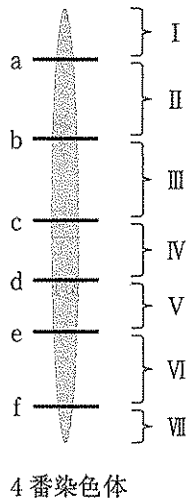


表1

マーカー名	個体1 野生型	個体2 白内障	個体3 野生型	個体4 (?)	個体5 野生型	個体6 白内障	個体7 野生型	個体8 白内障	個体9 野生型	個体10 白内障
a	○	×	○	○	○	×	×	○	×	×
b	○	×	○	○	×	×	×	○	×	○
c	○	○	×	○	×	×	×	○	×	○
d	○	○	×	×	×	○	×	○	×	○
e	×	○	×	×	×	○	○	○	×	○
f	×	○	×	×	×	○	○	×	○	○

表1中の「○」と「×」は、実験③のF₁個体から受け継いだ染色体について、各マーカーが系統Aと系統Bのいずれの系統に由来するかを示したものである。

問4 図1の4番染色体上の領域I~VIIのうち、どこに白内障の原因遺伝子が存在する可能性が高いか。最も適切なものを選びI~VIIの記号で答えなさい。

問5 表1の個体4の表現型はどうなるか。「野生型」または「白内障」のいずれかを解答欄に記入しなさい。

II. 上述した遺伝学的方法を用いて、突然変異体の原因遺伝子が存在する染色体上のおおよその位置を絞り込むことができる。次に、白内障のマウスにおける絞り込んだゲノム領域の塩基配列を決定した結果、F遺伝子内部に野生型とは異なる塩基配列が存在することを見つけた。図2Aに野生型のF遺伝子のDNA塩基配列の一部と、白内障のマウスにおける同じ領域の塩基配列を示す。最初のATGの配列がタンパク質合成の開始点を指定する開始コドンである。

図2

A

野生型 ATG GAT GCG CAA GTC GCT TTC TCG GGC TTC
 白内障 ATG GAT GCG TAA GTC GCT TTC TCG GGC TTC

B

ア ATA GAT GCG CAA GTC GCT TTC TCG GGC TTC
 イ ATG GAT GCG CAA GTC GCT TTT TCG GGC TTC
 ウ ATG GAT GCG CAA AGT CGC TTT CTC GGC CTT C
 エ ATG GAT GCG CAA GTC GTT TCT CGG GCT TC
 オ ATG GAT GCG CAA GTC TCT TTC TCG GGC TTC

問6 図2 Aに示された塩基配列から読み取れる、野生型のF 遺伝子がコードするアミノ酸配列について、例にならって 記しなさい。なお、個々のアミノ酸については、コドン表 を参考にして一文字で表記すること。

例：M H Q R R G E A V T

コドン表

	T			C			A			G		
T	TTT	Phe	F	TCT	Ser	S	TAT	Tyr	Y	TGT	Cys	C
	TTC	Phe	F	TCC	Ser	S	TAC	Tyr	Y	TGC	Cys	C
	TTA	Leu	L	TCA	Ser	S	TAA	stop	*	TGA	stop	*
	TTG	Leu	L	TCG	Ser	S	TAG	stop	*	TGG	Trp	W
C	CTT	Leu	L	CCT	Pro	P	CAT	His	H	CGT	Arg	R
	CTC	Leu	L	CCC	Pro	P	CAC	His	H	CGC	Arg	R
	CTA	Leu	L	CCA	Pro	P	CAA	Gln	Q	CGA	Arg	R
	CTG	Leu	L	CCG	Pro	P	CAG	Gln	Q	CGG	Arg	R
A	ATT	Ile	I	ACT	Thr	T	AAT	Asn	N	AGT	Ser	S
	ATC	Ile	I	ACC	Thr	T	AAC	Asn	N	AGC	Ser	S
	ATA	Ile	I	ACA	Thr	T	AAA	Lys	K	AGA	Arg	R
	ATG	Met	M	ACG	Thr	T	AAG	Lys	K	AGG	Arg	R
G	GTT	Val	V	GCT	Ala	A	GAT	Asp	D	GGT	Gly	G
	GTC	Val	V	GCC	Ala	A	GAC	Asp	D	GGC	Gly	G
	GTA	Val	V	GCA	Ala	A	GAA	Glu	E	GGA	Gly	G
	GTG	Val	V	GCG	Ala	A	GAG	Glu	E	GGG	Gly	G

問7 図2 Aの白内障のマウスにおける塩基配列変異によって、翻訳時にどのような影響が生じるか。句読点を含めて 30字以内で答えなさい。

問8 図2 BにあげたF 遺伝子配列の変異の例(A~オ)の中で、表現型への影響が最も少ない(あるいは影響がない) と考えられるものはどれか。最も適切なものを選んでA~オの記号で答えなさい。

問9 問8の答えを選んだ理由を、句読点を含めて25字以内で答えなさい。

Ⅲ. F 遺伝子の変異が本当に白内障の原因遺伝子であることを証明するためには、白内障のマウスに野生型のF 遺伝子を補充して白内障の表現型が回復することを調べる必要がある。そこで、野生型マウスからF 遺伝子の mRNA を抽出し、その mRNA をもとに cDNA を合成した。その cDNA をベクターに組み込み大腸菌内で増幅したものを、白内障のマウスの受精卵に導入した。その結果得られた F 遺伝子の cDNA が導入されたマウスを用いて、白内障の表現型が現れるか否かを解析した。F 遺伝子の cDNA の塩基配列(開始コドンから停止コドンまでの領域を含む)のみを導入したマウスでは、白内障の表現型を示した。しかし、RNA ポリメラーゼが結合する配列を含む DNA 領域を cDNA 配列の直前につなげたものを導入したマウスは、白内障の表現型を示すことはなかった。

問10 下線部(2)に関して、mRNA から cDNA を合成するために必要な酵素の名称を答えなさい。

問11 下線部(3)のような外来遺伝子が導入された動物を何と呼ぶかを答えなさい。

問12 下線部(4)で付加した配列は何と呼ばれる配列であるか、答えなさい。

問13 また、下線の配列をつなげることで、白内障の表現型が現れなくなった理由はなぜか。句読点を含めて60字以内で説明しなさい。