

## I a 生物問題

## 注意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は20ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

## マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

遺伝子の転写では、(イ)という酵素によって二本鎖DNAの塩基配列の一方と相補的な塩基配列をもつRNA<sup>1)</sup>が合成される。転写に使われる塩基配列をもつDNA鎖を(ロ)鎖という。転写は、(イ)がプロモーターと呼ばれる塩基配列に結合することによって開始される。

原核生物では、細胞内のある反応に関連するタンパク質を指定する複数の遺伝子が1つの遺伝子群として転写される場合がある。このような転写単位を(ハ)という。大腸菌でラクトースの取り込みと代謝に関わる*lacZ*, *lacY*, *lacA* 遺伝子は転写の調節を受ける。*lacZ* 遺伝子の上流には(イ)が結合するプロモーター $P_L$ と、リプレッサー(抑制因子) $R_L$ が結合するオペレーター $O_L$ と呼ばれる2つのDNA配列が存在する。これら2つのDNA配列は一部が重なっている。ラクトースが無いときには、リプレッサー $R_L$ がオペレーター $O_L$ に結合し、(イ)のプロモーター $P_L$ への結合を阻害する。その結果、*lacZ*, *lacY*, *lacA* 遺伝子の発現は抑制される。一方、ラクトースの代謝産物がリプレッサー $R_L$ に結合すると、リプレッサー $R_L$ はオペレーター $O_L$ に結合できなくなり、結果的に*lacZ*, *lacY*, *lacA* 遺伝子の発現が誘導される。リプレッサー $R_L$ を指定する遺伝子 $r_L$ の転写調節領域と遺伝子 $r_L$ は、*lacZ*, *lacY*, *lacA* 遺伝子のプロモーター配列の上流に位置している。寒天培地中に無色のX-galを加えておくと*lacZ* 遺伝子から合成されたタンパク質はX-galを分解し、ガラクトースと不溶性の青い物質を生じる。その結果、大腸菌が増えて形成された小さな円形の塊(コロニー)は青色になる。大腸菌の変異株Aと変異株Bはそれぞれラクトースの有無にかかわらずX-galを含む培地上で青いコロニー<sup>2)</sup>を形成した。変異株Aと変異株BのゲノムDNA上の変異部位を調べるために、野生株の遺伝子 $r_L$ の転写調節領域から遺伝子*lacA*までのDNA断片をプラスミド上にクローニングし、そのプラスミドを各変異株に導入した。その結果、変異株AはX-galを含む培地上ではラクトースがあるときにのみ青いコロニーを形成した。一方、変異株Bではラクトースの有無にかかわらずX-galを含む培地上でコロニーは青かった。

*lacZ*, *lacY*, *lacA* 遺伝子の場合と異なり、トリプトファン合成にかかわる遺伝子 $t$ は、トリプトファンが細胞内に存在するときにはその転写が抑制される。トリプトファンとリプレッサー $R_T$ の複合体がオペレーター $O_T$ に結合すると(イ)のプロモーター $P_T$ への結合が阻害され、転写が抑制される。一方、トリプトファンが枯渇しているときには転写が促進される。リプレッサー $R_T$ の変異株C<sup>4)</sup>ではトリプトファンの有無にかかわらず遺伝子 $t$ が発現される。

真核生物においてはより複雑な転写開始の制御機構が存在する。真核生物の DNA は ( ニ ) というタンパク質に巻き付き、( ホ ) と呼ばれる構造を形成している。( ホ ) のつながりは折りたたまれ、( ヘ ) という構造を形成している。このような DNA には ( イ ) が結合できず転写を開始することはできない。また、このような折りたたまれた構造から DNA がほどけた状態の構造になっただけでも十分に ( イ ) は結合することはできない。核内には転写を助ける基本転写因子と呼ばれるタンパク質が存在し、このタンパク質と ( イ ) が結合することにより転写は開始する。合成された mRNA の前駆体には、エキソンとイントロンが存在する。mRNA 前駆体からイントロンを除去する スプライシング<sup>5)</sup> という過程を経た後、mRNA は核外へ移動する。

2012 年のノーベル生理学・医学賞を受賞した ( ト ) は、マウスの胎児の皮膚細胞に 4 つの転写制御因子の遺伝子を導入することにより、分化した細胞を初期化することに成功した。この細胞を ( チ ) という。この細胞は ES 細胞<sup>6)</sup> と比較して、ヒトで作製する場合でも倫理的問題が少ないと考えられる。

1. 文中の空所(イ)～(チ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句または人名をしるせ。
2. 文中の下線部 1) に示す RNA を構成するヌクレオチドについて、DNA を構成するヌクレオチドと異なる点 2 つを、DNA と RNA を比較して、それぞれ 1 行でしるせ。
3. 文中の下線部 2) に示す変異株 A では以下に示す DNA 配列のいずれかに 1 塩基置換が起こったとする。変異株 A で変異があると考えられるもっとも適切なものを、次の a ～ d から 1 つ選び、その記号をマークせよ。
  - a. プロモーター P<sub>L</sub>
  - b. リプレッサー遺伝子 r<sub>L</sub>
  - c. オペレーター O<sub>L</sub>
  - d. lacZ 遺伝子
4. 文中の下線部 3) に示す変異株 B では以下に示す DNA 配列のいずれかに 1 塩基置換が起こったとする。変異株 B で変異があると考えられるもっとも適切なものを、次の a ～ d から 1 つ選び、その記号をマークせよ。
  - a. プロモーター P<sub>L</sub>
  - b. リプレッサー遺伝子 r<sub>L</sub>
  - c. オペレーター O<sub>L</sub>
  - d. lacZ 遺伝子

5. 文中の下線部 4) に示す変異株 C のリプレッサー  $R_T$  には 1 アミノ酸置換が起こっていた。このアミノ酸置換により、リプレッサー  $R_T$  のどのような機能に変異が起こっていたと考えられるか。2 つの考えられる可能性について、それぞれ 1 行でしるせ。ただし、このアミノ酸置換はリプレッサーのある機能のみを特異的に変化させているとする。

6. 文中の下線部 5) に示すスプライシングに関する次の文を読み、下記の問 i・ii に答えよ。

ある 2 倍体の生物の遺伝子  $x$  は右図のように、5' 末端側の

A		B		C		D		E
186		66		234		312		285

A から 3' 末端側 E の順番に 5 つのエキソンと 4 つのイントロンからなる。それぞれの数字は各エキシソンの塩基対数を示す。この遺伝子  $x$  から作られるタンパク質は、ある組織  $\alpha$  では 240 個のアミノ酸からなるが、別の組織  $\beta$  では 344 個のアミノ酸からなる。開始コドンはエキソン A 内に、終止コドンはエキソン E 内に存在し、エキソン A とエキソン E は共通に使われる。ただし、合成されたタンパク質の切断は起こらないとする。

- i. 組織  $\alpha$  と  $\beta$  でそれぞれ使用されているエキソンを ABCDE のようにしるせ。
- ii. 正常な遺伝子  $x$  と変異の入った遺伝子  $x$  を持つヘテロ接合体の組織  $\beta$  では、正常型および  $x$  に変異を持つ異常型の遺伝子  $x$  からそれぞれ 344 個のアミノ酸からなるタンパク質と 120 個のアミノ酸からなるタンパク質とが作られた。この変異はエキソン内で 1 塩基置換だけが起こったとすると、どのエキソンに、どのような変異が生じたと考えられるかをしるせ。ただし、変異はあるエキソンの内部で起こり、スプライシングが起こる部位には変異が生じなかったものとする。なお、この細胞では 2 つの  $x$  対立遺伝子の両方が発現するものとする。

7. 文中の下線部 6) に示す ES 細胞をヒトで作製する場合、どのような点で倫理的な問題が生じると考えられるか。その作製方法から考えられる倫理的な問題点を 1 行でしるせ。

8. ある生物の多数の遺伝子を対象に、mRNA の量を網羅的に解析する手法の名称をしるせ。

II. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

近年、生物から DNA を取り出して調べたり、遺伝子を操作したり、あるいは細胞や組織を培養したりする技術が発展している。このような技術はバイオテクノロジーと総称される。ある生物がもともと持たない遺伝子をその生物の細胞に導入することにより、新しい形質を付与できる。また、変異によって機能が失われた遺伝子を持つ生物に、正常な遺伝子を導入して形質を元に戻すこともできる。導入したい目的遺伝子は（イ）とよばれる環状2本鎖DNAにつないで細胞に導入されることが多い。大腸菌の場合、プラスミドが<sup>3)</sup>（イ）として利用される。

遺伝子導入が正しく行われた細胞は、次のような方法で探し出すことができる。すなわち、特定の薬剤に耐性を持たない細胞に対し、目的遺伝子に加え、薬剤耐性遺伝子を持つ（イ）を導入することによって、薬剤耐性を持つ細胞を選び出す。あるいは、容易に判別できる形質を与える遺伝子を持つ（イ）を用いて目的遺伝子を導入し、その形質を持つ細胞を選び出すこともできる。オワンクラゲから単離された緑色蛍光タンパク質（GFP）遺伝子はその代表的なものである。GFPは紫外線や青色光を照射すると緑色の蛍光を発するので、この蛍光を観察することで遺伝子導入できたかを確認できる。

農業分野では、伝統的な品種改良で作製された品種に加え、（ロ）技術によって新しい品種<sup>4)</sup>が作られている。青い花を咲かせるバラは、パンジーの青色色素合成遺伝子をバラのゲノムDNAに導入して作製された品種の例である。

1. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。ただし、空所(ロ)はバイオテクノロジーの1種である。
2. 文中の下線部1)に関する記述として正しいものを、次のa～dから1つ選び、その記号をマークせよ。
  - a. ヒトのインスリンを大腸菌に作らせることはできない。
  - b. ヒトのゲノムDNA中には短い塩基配列が繰り返された反復配列が存在する。その繰り返し回数を調べることは個人の識別に役立つ。
  - c. 動物細胞への遺伝子導入には、アグロバクテリウムと呼ばれる細菌がよく用いられる。
  - d. バイオテクノロジーで用いられる制限酵素の遺伝子の多くはウィルスからみつかった。

3. 文中の下線部 2) に関連する次の問に答えよ。

パン酵母には特定の物質の合成酵素遺伝子に変異が入り、その機能が失われた変異株が多数存在する。ロイシンを合成できない変異株はその 1 例である。ロイシンはパン酵母の生育に必要であるが、通常のパン酵母（ここでは野生株と呼ぶ）は自身を持つロイシン合成酵素の働きにより、培地にロイシンを含めなくても生育できる。一方、ロイシン合成酵素の遺伝子に変異が生じることでその機能を失った変異株は、ロイシンを含まない培地では生育できない。これと同様にアミノ酸 Z もパン酵母の生育に必要であるが、野生株は図 1 に示すような合成経路で物質 X からアミノ酸 Z を合成できる。表 1 の a ~ f に示すそれぞれの条件で遺伝子導入を行い、遺伝子が導入されたパン酵母の生育を調べた。このとき、パン酵母が生育可能な条件を a ~ f からすべて選び、その記号をしるせ。

ただし、表 1 に示す遺伝子 A 変異株、遺伝子 B 変異株は変異によって酵素 A、酵素 B の機能をそれぞれ失っている。野生株、遺伝子 A 変異株、遺伝子 B 変異株は自身で物質 X を合成できる。また、導入した遺伝子は正常なものである。

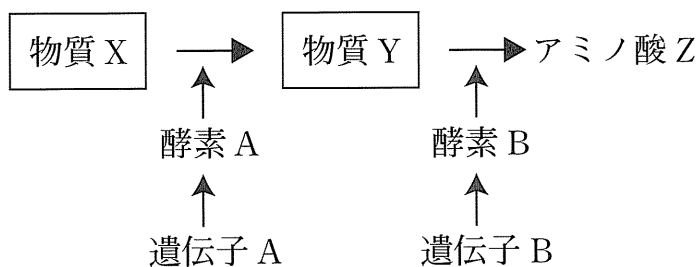


図 1 アミノ酸 Z の合成経路

表 1

	パン酵母の種類	導入した遺伝子	培地の種類
a	遺伝子 A 変異株	遺伝子 A	Z を含まない培地
b	遺伝子 A 変異株	遺伝子 B	Z を含まない培地
c	遺伝子 A 変異株	遺伝子 B	Z を含まない培地 + 物質 Y
d	遺伝子 B 変異株	遺伝子 B	Z を含まない培地
e	遺伝子 B 変異株	遺伝子 A	Z を含まない培地
f	遺伝子 B 変異株	遺伝子 A	Z を含まない培地 + 物質 Y

4. 文中の下線部 3) について、DNA どうしをつなぐ反応を行う酵素の名称をしるせ。
5. 文中の下線部 4) に関連する次の文を読み、下記の問 i・ii に答えよ。

イネでは品種改良によって乾燥や低温に強いといった利点を持つさまざまな品種がつくられている。2種類の異なる利点を持つ品種を交配させた結果得られた品種には、親品種から受け継がれる遺伝子と受け継がれない遺伝子のさまざまな組み合わせが生じる。品種 D は品種 A と品種 B、品種 E は品種 B と品種 C を交配させて得られた品種である。品種 D と品種 E は乾燥耐性遺伝子 X を持つが、品種 B には遺伝子 X は存在しない。一方、品種 B と品種 E には低温耐性遺伝子 Y が存在するが、品種 A と品種 C と品種 D には遺伝子 Y は存在しない。このため、それぞれの品種のゲノム DNA と遺伝子 X を増幅するプライマーの X1 と X2、遺伝子 Y を増幅するプライマーの Y1 と Y2 を用いて PCR を行うと、いくつかの品種を特定できる。また、すべての品種に共通の遺伝子 Z が存在し、プライマーの Z1 と Z2 を用いた PCR で遺伝子 Z が増幅できる。

図 2 のような条件で PCR を行うと、プライマーの X1 と X2 では 1.5 キロ塩基対、プライマーの Y1 と Y2 では 0.5 キロ塩基対、プライマーの Z1 と Z2 では 1.0 キロ塩基対の DNA 断片が増幅される。これらの DNA 断片は電気泳動によって図 3 のようなバンドとして確認できる。それぞれの遺伝子は異なる染色体上にあるものとし、プライマーが認識する配列はその遺伝子の塩基配列のみとする。また、品種改良の過程で遺伝子 X、Y、Z の塩基配列には変化がなかったものとする。

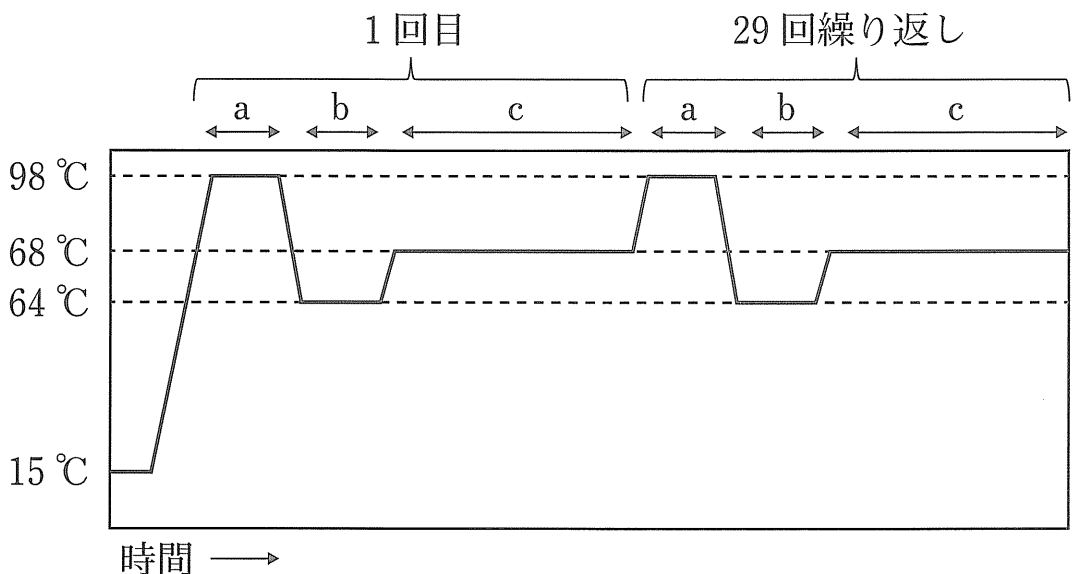


図 2 PCR の温度変化条件

i. 品種 A～E からゲノム DNA を抽出した。それぞれの DNA とプライマーの X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2 を 1 つのチューブに混ぜて PCR を行い、ゲル電気泳動によって増幅された DNA を分離した。その結果、品種 A～E から得られる DNA 断片の泳動パターンを、図 3 の①～⑦からそれぞれ 1 つずつ選び、その記号をマークせよ。ただし、同じ番号を何度選んでもかまわない。なお、DNA マーカーとは塩基対数が分かっている DNA 断片であり、由来が異なっても同じ長さの DNA 断片同士は同じ位置に見える。

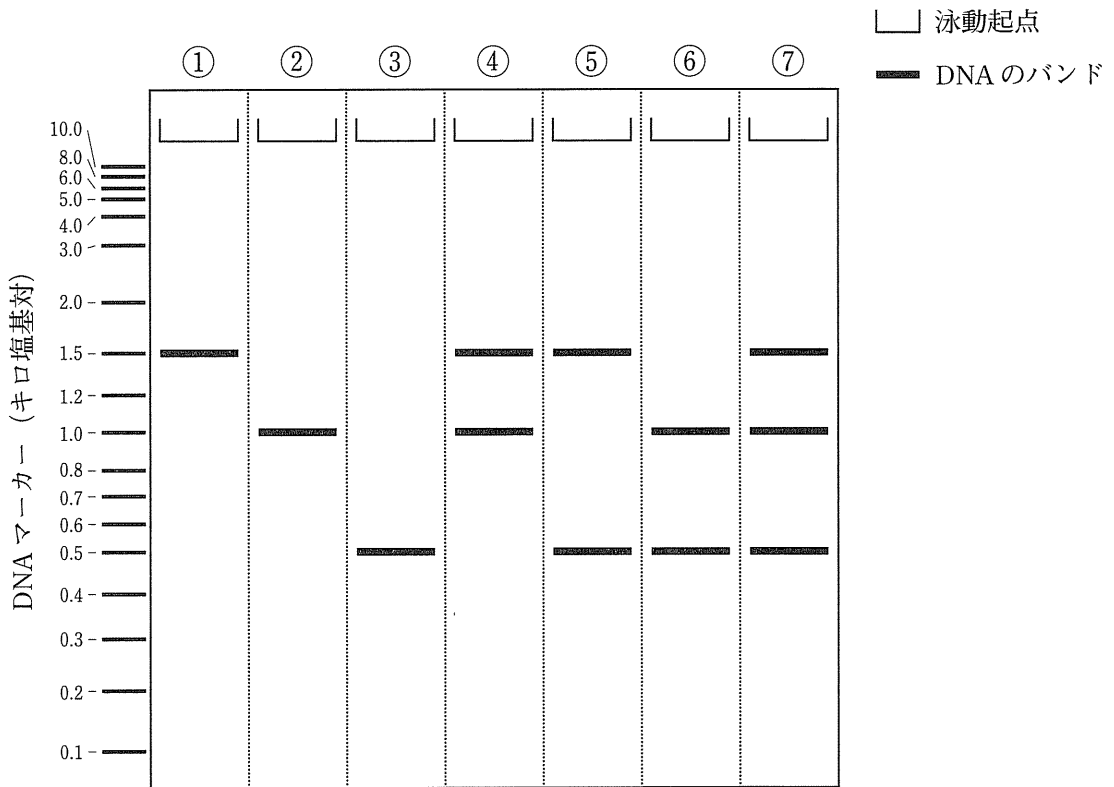


図 3

ii. 図 2 の a～c それぞれの段階で起きる PCR の進行に必要な反応を 1 行でしるせ。



Ⅲ。被子植物の発生と生殖に関する次の文を読み、下記の設問 1～8 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

被子植物の体は茎と根の先端に存在する ( a ) から作られる。茎の先端に作られる ( a ) は成長と環境の変化にตอบสนองして花芽を作るようになる。この変化を花芽形成という。花芽を誘導する環境因子として日長が知られている。暗期の長さが一定以上に長くなると花芽を形成する短日植物と、一定以下に短くなる<sup>1)</sup>と花芽を形成する長日植物がある。このような現象は花芽形成を誘導する条件に応じて ( b ) と呼ばれる物質が作られることによって起きる。( b ) は花芽形成を誘導する条件に応じて、( c ) で作られ、( d ) を通って ( e ) へと移動し、花芽を作るようになる。

花芽から植物の生殖器官である花が作られる。花の色や形は多様であるが、典型的な花では同心円状に 4 つの領域が作られ、一番外側の領域 1 にかく片、その次の領域 2 に花弁、その次の領域 3 におしべ、もっとも内側の領域 4 にはめしべがそれぞれ作られる。このように、かく片、花弁、おしべ、めしべといった花器官が決まった位置に作られる仕組みは A、B、C の 3 つのクラスの遺伝子が働く ABC モデルで説明されている。

花器官のおしべの中で花粉が作られ、めしべの中で胚のうが作られる。花粉と胚のうでそれぞれの配偶子が作られる。おしべの先端のやくの中で、1 個の花粉母細胞の減数分裂によって 4 個の細胞からなる花粉四分子が形成され、それぞれの細胞が花粉管細胞と雄原細胞に分裂し、雄原細胞が花粉管細胞の内部に入りこんで、成熟した花粉が形成される。めしべでは 1 個の胚のう母細胞の減数分裂によって形成された < あ > 個の胚のう細胞が、3 回の核分裂を繰り返したのち、6 個のそれぞれの核の周りが細胞膜で仕切られ、図 1 のように成熟した胚のうが形成される。通常の体細胞の染色体数を  $2n$  とした場合、花粉四分子の中の 1 つの細胞の染色体数は < い >  $n$  であり、胚のう母細胞の染色体数は < う >  $n$  である。

めしべの柱頭に花粉が付着すると花粉管伸長が起き、雄原細胞から精細胞が 2 個形成される。この 2 個の精細胞は図 1 に含まれる 2 種類<sup>2)</sup>の異なる細胞と受精する。このような様式の受精は ( f ) 受精と呼ばれる。

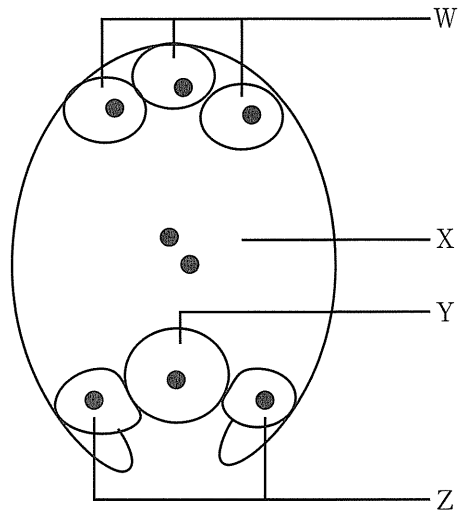


図1 胚のうの模式図

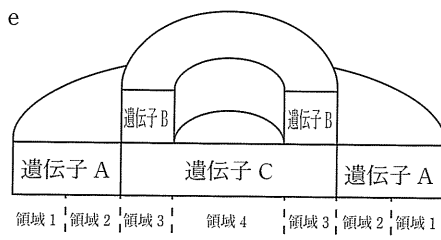
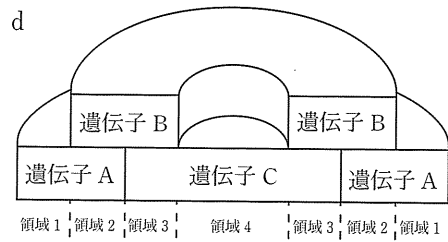
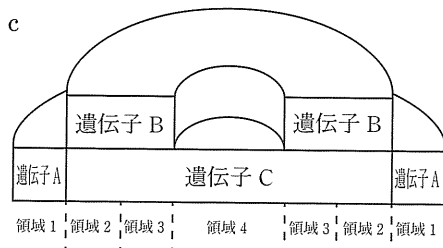
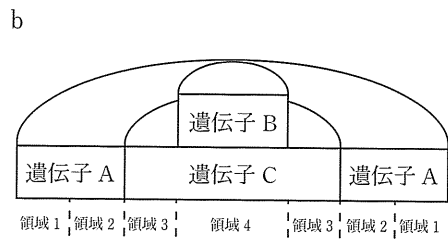
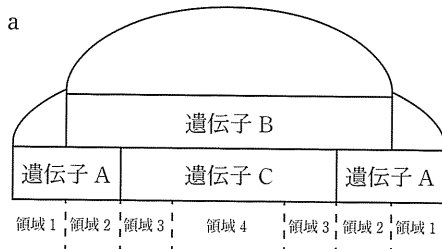
1. 文中の空所(a)～(f)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 文中の空所<あ>～<う>それぞれにあてはまる数字の組み合わせとして正しいものを、次の a～h から1つ選び、その記号をしるせ。

	あ	い	う
a	1	1	1
b	1	2	1
c	1	1	2
d	2	1	1
e	2	2	1
f	4	2	2
g	4	2	1
h	4	1	2

3. 文中の下線部 1) について、限界暗期が 10 時間の長日植物を、次の a ~ d のような条件で栽培した。この植物が花芽を形成する条件として正しいものを、次の a ~ d からすべて選び、その記号をしるせ。

- a. 暗期を与えずに栽培した。
- b. 明期 12 時間、暗期 12 時間を繰り返して栽培した。
- c. 明期 12 時間、暗期 12 時間を繰り返して栽培したが、暗期開始から 6 時間の時点で 1 分間の十分に強い光照射を行った。
- d. 明期 6 時間、暗期 6 時間を繰り返して栽培した。

4. ある植物は領域 1 にかく片、領域 2 にかく片、領域 3 にめしべ、領域 4 におしべを形成する花を持つ。以下の a ~ e は花のそれぞれの領域での遺伝子発現を示した模式図である。この植物の花芽における A, B, C の遺伝子の発現はどのようになっていると考えられるか、遺伝子の発現のようすとして正しいものを、a ~ e から 1 つ選び、その記号をしるせ。ただし、A, B, C の遺伝子のはたらきはこの植物と他の植物で違いがないものとする。



5. 文中の下線部 2) で示されるように、2 個の精細胞はそれぞれ図 1 中の W～Z のうちの 2 種類の細胞と受精する。受精する細胞を、図 1 中の W～Z から 2 つ選び、その記号をしるせ。また、その細胞の名称と、受精後何に発生していくかをそれぞれしるせ。
6. 文中の下線部 2) で示されるような様式の受精を行う植物の特徴を、次の a～f からすべて選び、その記号をしるせ。
- a. 白亜紀後期に出現した。                      b. 子房を持つ。  
c. 胚珠が露出している。                      d. 従属栄養生物である。  
e. 孢子で繁殖する。                              f. 木部が道管からなる。
7. 被子植物の胚のう細胞と同じ核相を持つものとして、もっとも適当なものを、次の a～e から 2 つ選び、その記号をしるせ。
- a. アカパンカビの子のう                      b. ゼニゴケの配偶体  
c. ワラビの孢子葉                              d. ミカツキモの接合子  
e. ソテツの胚乳
8. ある植物において別々の形質に対応する対立遺伝子 A と a, B と b が存在し、A と B, a と b が連鎖していることをふまえて、次の問 i・ii に答えよ。
- i. 2 組の対立遺伝子が完全に連鎖していると仮定する。この場合、遺伝子型 AaBb の植物のめしべに遺伝子型 aabb の植物のおしべの花粉を受粉させて得られる次世代の個体の遺伝子型をすべてしるせ。
- ii. 2 組の対立遺伝子間で組換えが起こると仮定した場合、遺伝子型 AaBb と遺伝子型 aabb を交雑したところ、次世代の遺伝子型の個体数は表のようになった。この場合の組換え価 (%) を四捨五入により小数点第 1 位までしるせ。

表

遺伝子型	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
個体数	320	76	74	330

IV。次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

ヒトの耳は外耳・中耳・内耳からなり、音波の刺激を受容する聴細胞は内耳にある。音波は、外耳の（イ）によって集められ、（ロ）を<sup>1)</sup>通って鼓膜に達し、これを振動させる。鼓膜の内側は中耳となり、中耳はエウスタキオ管（ユースタキー管）につながっている。鼓膜の振動は中耳にある耳小骨<sup>1)</sup>によって（ハ）へ直接伝えられる。鼓膜に比べると（ハ）の面積は小さく、耳小骨<sup>1)</sup>のてこの作用も加わって、鼓膜の振動は増幅され、内耳にあるうずまき管のリンパ液に伝えられる。リンパ液の振動は、うずまき管内の基底膜<sup>2)</sup>を振動させる。これによって基底膜上にあるコルチ器の聴細胞の感覚毛が（ニ）に触れて変形し、聴細胞に電気的な変化が生じる。聴細胞で生じた電気的変化は、聴神経を介して脳にある聴覚の中樞に伝えられ、聴覚を生じる。

からだ<sup>3)</sup>が回転したり、傾いたりすることによって生じる感覚を、（ホ）覚という。からだの回転方向と傾きを受容する感覚細胞は、それぞれ内耳の半規管と（ヘ）にある。これらの器官の内部はリンパ液で満たされている。

半規管は（ヘ）につながる半円状の管で、3個の半規管が互いに直交する面に配置されている。各半規管の基部には膨らんだ部分があり、その内部に感覚毛をもった感覚細胞がある。からだ<sup>3)</sup>が回転すると、感覚細胞の感覚毛が倒れることによって回転運動の方向や速さの感覚が生じる。

（ヘ）では、内部にある感覚細胞の上に（ト）<sup>4)</sup>がのっている。からだ<sup>3)</sup>が傾くと、（ト）<sup>4)</sup>がずれ、感覚毛が刺激される。これによって重力の方向とその変化を感じて、からだ<sup>3)</sup>の傾きを認識する。このように、刺激を受け取る受容器は刺激の種類ごとに決まった感覚細胞をもっている。刺激を受容した感覚細胞では、細胞膜に膜電位<sup>3)</sup>の変化が現れ、このシグナルは神経細胞の興奮として中枢神経系へ伝えられる。

1. 文中の空所(イ)～(ト)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。

2. 次の図1はヒトの耳の断面の模式図である。耳小骨、半規管、エウスタキオ管（ユースタキエ管）それぞれに相当する部分を、図1中のa～iから1つずつ選び、その記号をしるせ。

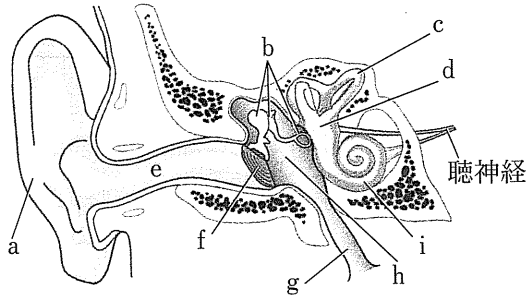


図1

3. 文中の下線部1)に示すエウスタキオ管の働きを1行でしるせ。

4. 文中の下線部2)に示すうずまき管について、次の問i～ivに答えよ。

i. うずまき管は2枚のしきり板で区切られた3層の小部屋に分かれている。このうち、コルチ器がある小部屋は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

ii. うずまき管を構成する3層の小部屋のうち、鼓膜の振動を最初に受け取る小部屋は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

iii. 右の図2は、うずまき管の入り口からの距離と音波によって引き起こされる基底膜の振幅の関係を示したものである。この図からわかる基底膜の特徴を1行でしるせ。なお、ヘルツは1秒間の音波の振動数である。

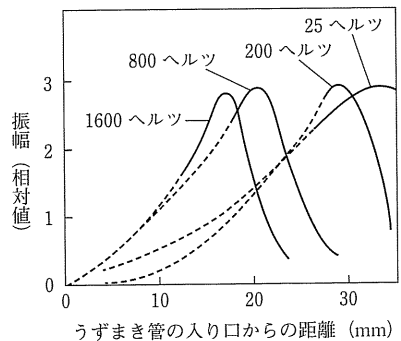


図2

iv. 加齢によってうずまき管の入り口近くにあるコルチ器の感覚毛が減少することが知られている。この変化が引き起こす、加齢にともなう聴覚の変化を1行でしるせ。

5. 文中の下線部 3) に示す感覚細胞について、次の問 i ~ iii に答えよ。

- i. ヒトの眼の感覚細胞には、錐体細胞とかん体細胞の 2 種類があり、錐体細胞にはフ  
 オトプシンと呼ばれる視物質が含まれる。かん体細胞に含まれる視物質の名称をしる  
 せ。
- ii. 受容器は刺激の種類ごとに決まった感覚細胞をもっているため、眼は光の刺激に反  
 応するが音には反応しない。このように、受容器ごとに受容できる決まった刺激のこ  
 とを一般に何と呼ぶか、その名称をしるせ。
- iii. ヒトの舌には、苦味や甘味などの味覚を識別できる味細胞とよばれる感覚細胞があ  
 り、この細胞が支持細胞とともに集まり、味神経と連絡する構造を作っている。この  
 舌の表面にある構造は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。

6. 文中の下線部 4) に示す神経細胞の興奮について、軸索を伝わる興奮の伝達速度を調べ  
 る実験を行った。図 3 のように、直線状に伸ばした神経細胞の A, B, C の 3 点から電  
 気刺激を加え、C 点より末端側の位置にオシロスコープをつけて膜電位の変化を記録し  
 た。図 4 の B 点, X 点, A 点で示されている膜電位の変化は、それぞれ B 点, X 点, A  
 点で加えた電気刺激により引き起こされた膜電位変化である。この実験について、次の  
 問 i ~ iii に答えよ。なお、軸索内の興奮の伝達速度は一定であるとする。

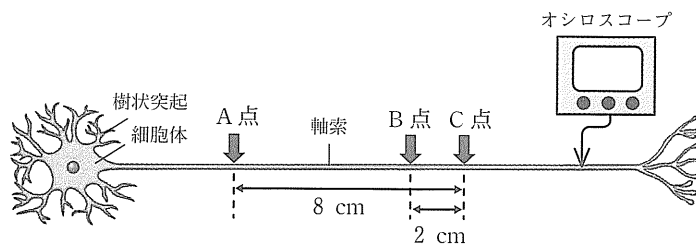


図 3

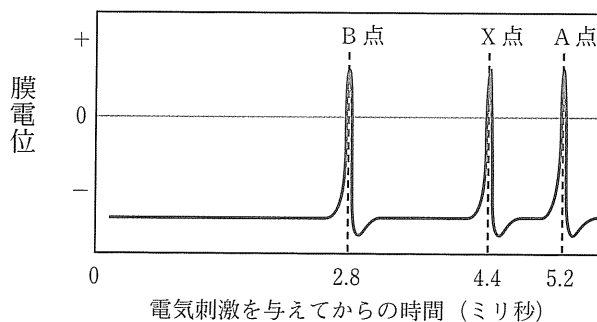


図 4

- i. オシロスコープの膜電位の測定では、微小電極を軸索内に挿入して膜内外の電位差を記録した。興奮の到達時には、①膜電位が静止電位から正の方向へ逆転する変化、②その直後に急激に電位が下がり静止状態に戻る変化、の2つの変化が見られた。この2つの膜電位変化のそれぞれにもっとも強く関わる細胞膜上のチャネルの名称をしるせ。
- ii. 膜電位の変化がピークの時点と興奮の到達時点として、電気刺激を与えてから興奮がオシロスコープに到達するまでの時間を調べた。その結果、C点より8 cm離れたA点からの刺激は5.2 ミリ秒後に、C点より2 cm離れたB点からの刺激は2.8 ミリ秒後にオシロスコープに到達した。この神経における興奮の伝達速度は何 m/秒か、有効数字2桁でしるせ。
- iii. 軸索上のX点より電気刺激を加えると4.4 ミリ秒後に膜電位変化が記録された。この場合、X点とC点の距離は何 cmになるか、有効数字2桁でしるせ。



【以下余白】





