

# 理 科

15 : 00~17 : 30

## 解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は62ページある。このうち、「物理」は2～9ページ、「化学」は10～27ページ、「生物」は28～53ページ、「地学」は54～62ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試							
	理 系					医 学 部							
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医 学 科	保 健 学 科			歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
							看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻				
理	学	学	学	学	科	専	専	専	専	専	専	専	
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○								○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

## 生 物

1 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

ヒトを含む動物の細胞を構成している物質は水が最も多く、全体の70%程度である。また全体の15%程度はタンパク質であり、水以外では最も多く、生物を構成する重要な物質の一つである。生物の仕組みを知るうえでタンパク質の構造やはたらきを調べることは非常に重要である。そのための実験を行う際、生物体内から目的とするタンパク質をとり出す場合もあるが、遺伝子情報を用いて人工的にタンパク質を作製して実験に用いる場合もある。実験には比較的多くのタンパク質試料が必要となることから、生物体内に含まれる量が微量である場合や、ヒトや希少な生物などタンパク質試料の入手が困難な場合、人工的に作製したタンパク質の利用は特に大きな利点となる。

生体内ではさまざまな化学反応が進行しているが、これらの化学反応は酵素<sup>a</sup>とよばれるタンパク質のはたらきで効率良く進行する。消化酵素の一つであり、胃の中でタンパク質を分解するはたらきをもつペプシンの性質を調べるために、組換え DNA 技術<sup>b</sup>を用いてヒトペプシンタンパク質を人工的に作製した。まず、ある特定の遺伝子領域を短時間でかつ簡便に増幅する方法であるポリメラーゼ連鎖反応法(PCR 法)<sup>c</sup>を用いてヒトペプシンの遺伝子領域を増幅した。PCR は増幅したい領域を含む DNA と  種類のヌクレオチド、2種類の短い  本鎖 DNA 断片であるプライマー、そして DNA ポリメラーゼを用いて適切な反応条件で行った。次に、増幅した DNA 断片を、染色体 DNA とは独立して複製される小さな環状の DNA である  とよばれるベクターに組み込み、これを大腸菌に導入し、菌体内でヒトペプシンを作製した。

問 1 文中の  ~  に入る適切な数値、語句を答えよ。

問 2 文中の方法で作製したヒトペプシンのはたらきを調べるため以下の実験を行った。

【手順 1】

5本の試験管それぞれに基質の卵白溶液(卵白を食塩水で薄めた溶液)を1 mL 入れ、以下の5通りの反応液を作製した。ただし反応液に加えたペプシン水溶液は全て中性であるものとする。

反応液 1 : 蒸留水 1 mL とペプシン水溶液 1 mL を加えた。

反応液 2 : 0.5 % 塩酸 1 mL とペプシン水溶液 1 mL を加えた。

反応液 3 : 10 % 炭酸水素ナトリウム溶液 1 mL とペプシン水溶液 1 mL を加えた。

反応液 4 : エタノール 1 mL とペプシン水溶液 1 mL を加えた。

反応液 5 : 0.5 % 塩酸 1 mL と、あらかじめ十分に煮沸し冷却したペプシン水溶液を 1 mL 加えた。

【手順 2】

反応液をよく混ぜ、それらの試験管を 37 °C または 4 °C で 30 分間放置した。室温に戻した後、タンパク質の残存をビウレット反応により確認した。この方法は溶液中のタンパク質を検出する方法で、タンパク質濃度が低い場合は薄い青色のままであり(変化なし)、タンパク質濃度が高い場合は濃い青紫色に変化する(変化あり)。確認の結果は以下の通りである。なお、ペプシン水溶液を加えずに反応させた場合は濃い青紫色に変化した。

	37 °C	4 °C
反応液 1	変化あり	変化あり
反応液 2	変化なし	変化あり
反応液 3	変化あり	変化あり
反応液 4	変化あり	変化あり
反応液 5	変化あり	変化あり

この実験結果のみからいえることとして適切なものを、次の(A)~(F)の文からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) このペプシンは酸性条件下で強い作用をもつ。
- (B) このペプシンは中性条件下で強い作用をもつ。
- (C) このペプシンはアルカリ性条件下で強い作用をもつ。
- (D) このペプシンの最適 pH は 7 付近である。
- (E) このペプシンはヒトの体温付近でもっともよくはたらく。
- (F) このペプシンは加熱により変性し失活するが、エタノールでは失活しない。

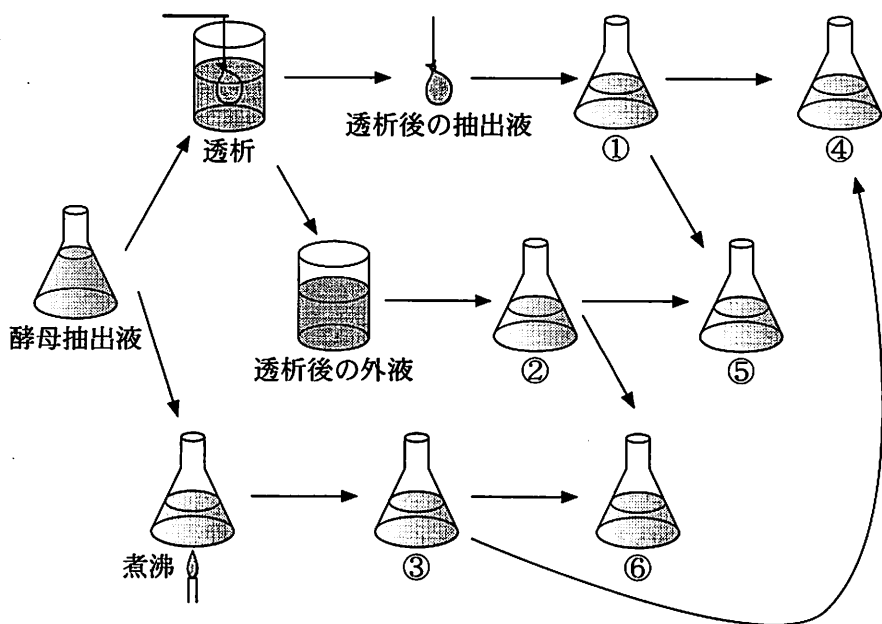
問 3 下線部 a に関して、体内での物質の化学変化には多くの酵素が関与する。これらの酵素の中には、その作用に比較的分子量が小さく、熱に強い補酵素を必要とするものもある。補酵素の存在を確認する以下の実験を行った。

【手順 1】

ビール酵母をすりつぶして酵母抽出液を得た。この抽出液には、補酵素を必要とするチマーゼとよばれる酵素の複合体が含まれている。チマーゼは、グルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する作用をもつ。

【手順 2】

酵母抽出液を 2 つに分け、片方を半透膜であるセロハン膜の中に入れ、透析を十分な時間行った。半透膜は低分子の物質やイオンなどが通過できる膜である。透析後、外液と透析後の抽出液を回収し、透析後の抽出液を溶液①、外液を溶液②とした。2 つに分けた抽出液のもう片方を十分に煮沸し、これを溶液③とした。溶液①と溶液③を混ぜ合わせたものを溶液④とした。溶液①と溶液②を混ぜ合わせたものを溶液⑤とした。溶液②と溶液③を混ぜ合わせたものを溶液⑥とした。この操作の流れをまとめて示したものが次図である。



溶液①～⑥の一部をグルコース溶液に加えた時、溶液①は二酸化炭素の発生が確認できなかった。二酸化炭素の発生が確認できた溶液を溶液②～⑥からすべて選び、その番号を答えよ。なお、すべてで確認できない場合は、「なし」と答えよ。

問 4 下線部bに関して、組換え DNA 実験の際に用いられる実験方法について述べた次の(A)～(D)の文のうち、間違っているものを1つ選び、記号で答えよ。

- (A) DNA 中の特定の塩基配列を認識して DNA を切断する酵素を制限酵素という。
- (B) DNA のアガロースゲル電気泳動法は、DNA が正(プラス)に帯電していることを利用して陽極(プラス極)から陰極(マイナス極)に移動させる方法である。
- (C) ある細胞に、別の種や系統の細胞由来の遺伝子(外来遺伝子)を入れて、その遺伝子を発現させることを形質転換という。
- (D) サンガー法という方法を用いることで、DNA の塩基配列を解読することができる。

問 5 下線部 c に関して、PCR に用いられる DNA ポリメラーゼは、ヒト DNA ポリメラーゼにはない酵素特性を持っている。それは何か 5 字以内で述べよ。

問 6 下線部 c に関して、PCR は細胞内の DNA 複製の原理を利用したものである。DNA 複製に関する以下の文を読み以下の問に答えよ。

DNA の複製は、複製起点(複製開始点)とよばれる DNA の特定領域から開始される。複製起点部分の塩基間の水素結合が切れ、 という酵素が結合して DNA の二重らせん構造がほどかれる。DNA 鎖を鋳型として短い RNA 断片(RNA プライマー)が合成され、DNA ポリメラーゼにより鋳型 DNA に相補的な塩基をもつヌクレオチドがこの RNA 断片の末端に結合し、新たな DNA 鎖が合成される。基質となるヌクレオチドは、 個のリン酸基をもつが、 個のリン酸基がはずれ、末端に結合する。新たな DNA 鎖には、DNA がほどけていく方向に向かって連続的に合成される  鎖と DNA の二本鎖がほどけていく方向と逆方向に合成される  鎖があり、 鎖では DNA 断片が不連続に合成される。DNA 断片と DNA 断片は  によりつなぎ合わされる。なお、RNA プライマーは最終的に分解され、DNA におきかわる。DNA の複製時に間違っただ塩基をもつヌクレオチドが結合すると突然変異が誘発される可能性がある。間違っただ塩基をもつヌクレオチドが結合した場合、それを修復する仕組みが細胞に備わっている。このような DNA の複製は、動物細胞の場合、細胞周期のうち  に起こる。

問 6-1  ~  に入る適切な語句を下記の(A)~(K)から選び、記号で答えよ。

- |                |               |            |
|----------------|---------------|------------|
| (A) S 期        | (B) G1 期      | (C) G2 期   |
| (D) M 期        | (E) ラギング      | (F) リーディング |
| (G) DNA リガーゼ   | (H) DNA ヘリカーゼ | (I) プライマーゼ |
| (J) RNA ポリメラーゼ | (K) テロメラーゼ    |            |

問 6-2  と  に入る適切な数値を答えよ。

問 6-3 下線部 d のような DNA 合成について述べた次の(A)~(D)の文のうち、適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 原核生物のみにみられる。
- (B) 真核生物のみにみられる。
- (C) 原核生物と真核生物の両方にみられる。
- (D) 原核生物と真核生物のどちらにもみられない。

問 6-4 下線部 e に関して、DNA 複製時に誤ったヌクレオチドが挿入された場合、どのように修復されるか、関与する酵素の名称も含めて 40 字以内(句読点含む)で説明せよ。

2 次の文章を読み、それぞれの間に答えよ。

植物は土壌中から無機窒素化合物を取り込み、タンパク質や核酸などの有機窒素化合物を合成する。動物は、植物が合成した有機窒素化合物を食物として取り込んで利用する。

土壌中には無機窒素化合物として、生物遺体や排泄物によって生じた  (ア)  イオン、土壌中の亜硝酸菌や硝酸菌などの硝化菌の活動によって生じた硝酸イオンが存在する。植物の根の細胞の細胞膜には、硝酸イオンや  (ア)  イオンをそれぞれ細胞内に取り込むための輸送タンパク質が存在する。植物の根の細胞では、これらの輸送タンパク質の遺伝子の転写と翻訳が行われ、タンパク質が細胞膜に運ばれる。細胞膜に存在する輸送タンパク質の量によって、各イオンの取り込み量が決まる。

根に取り込まれた硝酸イオンは維管束の  (イ)  を通って地上部へ送られ、 (ア)  イオンに変換される。 (ア)  イオンは  (ウ)  合成酵素によって  (エ)  と結合し、 (ウ)  が合成される。 (ウ)  のアミノ基は  (エ)  合成酵素によって $\alpha$ -ケトグルタル酸に渡され、 (エ)  が合成される。 (エ)  はさらにいくつかのアミノ酸の合成に使われる。

土壌中の無機窒素化合物は不均一に分布しており、植物が必要とする無機窒素化合物が常に十分にあるとは限らない。シロイヌナズナ(被子植物)を用いて一個体の根を半分に分け、物理的に隔離した2種類の環境に置く「根分け」実験を行った(図1)。一個体の植物の根が異なる環境に置かれている状況を模すものである。植物を硝酸イオンが十分に存在する環境で成長させた後、次の2条件に置いた。

条件①(均一条件)：双方の根を硝酸イオンが十分に存在する環境に置いた。

条件②(不均一条件)：一方の根を硝酸イオンが十分に存在する環境へ置き、他方の根を硝酸イオンが欠乏した環境に置いた。

なお、条件①②ともに、硝酸イオン以外の窒素化合物は環境に存在せず、根の長さや太さなど、根分けされた両側の根の性質には違いがないものとする。



d 条件①(均一条件)と条件②(不均一条件)において野生型株の左右両側の根をそれぞれ切り取り、硝酸イオンの取り込みにはたらく輸送タンパク質(硝酸イオン輸送体)の遺伝子の mRNA 量を測った(図2)。

条件②のような硝酸イオン濃度が不均一な環境において、植物で起こっている現象が明らかにされてきている。硝酸イオンが欠乏した環境に置かれた根でペプチドXが合成され、ペプチドXは (イ) を経由して地上部に送られ、地上部の受容体Yで受容される。その後、異なるタンパク質Zが維管束の (オ) を経由して地上部から根に送られ、硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量の変化を引き起こす。硝酸イオンの取り込み自体は根で起こるが、根と地上部の情報物質のやりとりを通じて調節がなされている。

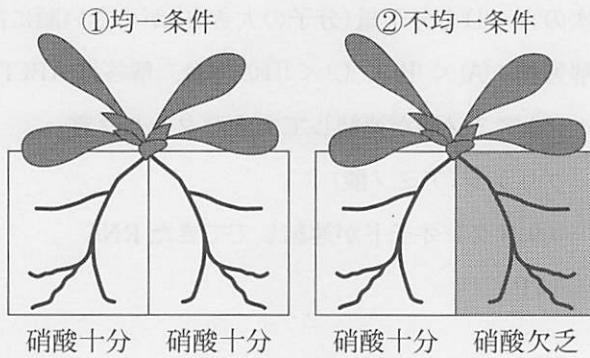


図1 根分け実験

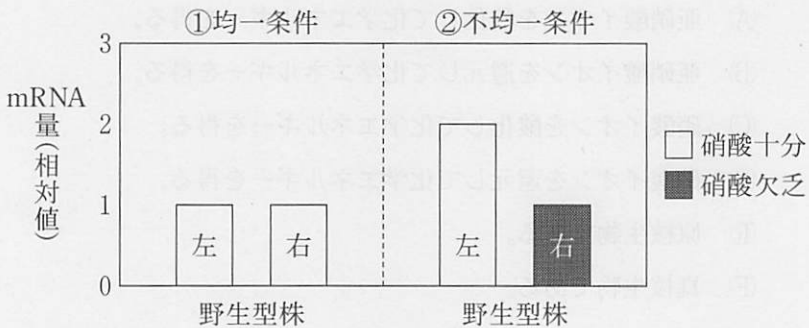


図2 野生型株の硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量

問 1 文中の ア ~ オ に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a について、タンパク質と核酸はそれぞれアミノ酸とヌクレオチドを構成単位とし、構成単位が連結した分子である。以下の問に答えよ。

問 2-1 植物の細胞に存在する DNA (ただし複製時を除く) と RNA を構成する塩基について、次の(A)~(D)の文のうち適切なものをそれぞれすべて選び、記号で答えよ。同じ記号を繰り返し選んでもよい。

- (A) アデニンの数はチミンの数と等しい。
- (B) アデニンの数はウラシルの数と等しい。
- (C) アデニンの数はグアニンの数と等しいとは限らない。
- (D) グアニンの数はシトシンの数と等しいとは限らない。

問 2-2 次の(A)~(D)を分子量(分子の大きさ)が小さい順に記号で答えよ。

解答例：(A) < (B) < (C) < (D)の場合、解答は ABCD と記す。

- (A) 100 アミノ酸が連結してできたタンパク質
- (B) グリシン(アミノ酸)
- (C) 100 ヌクレオチドが連結してできた RNA
- (D) ATP

問 3 下線部 b の硝酸菌について記した文として、次の(A)~(F)の文のうち適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 亜硝酸イオンを酸化して化学エネルギーを得る。
- (B) 亜硝酸イオンを還元して化学エネルギーを得る。
- (C) 硝酸イオンを酸化して化学エネルギーを得る。
- (D) 硝酸イオンを還元して化学エネルギーを得る。
- (E) 原核生物である。
- (F) 真核生物である。

問 4 下線部 c について、以下の文章は植物細胞において膜に配置されるタンパク質(膜タンパク質)がつくられ、細胞膜に運ばれる過程を説明したものである。□(カ) ~ □(コ) に入る適切な語句を(A)~(Q)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。同じ記号を繰り返し選んでもよい。

植物細胞の核内で DNA から転写によって mRNA 前駆体が合成され、スプライシングなどを受ける。成熟した mRNA は、□(カ) を通って細胞質に放出される。膜タンパク質の翻訳は、□(キ) 小胞体で起こる。アンチコドンに対応したアミノ酸が結合した □(ク) と mRNA が結合して、翻訳が起こる。翻訳によって合成された膜タンパク質は小胞を介して細胞膜に送られる。膜タンパク質はポリペプチドの一部が膜に埋め込まれており、この膜に埋め込まれた領域には □(ケ) 性の側鎖をもつアミノ酸が多く存在する。また、膜に埋め込まれたポリペプチドはらせん状の構造をとることが多く、この特徴的なタンパク質の二次構造を □(コ) とよぶ。

- |            |                    |                 |          |
|------------|--------------------|-----------------|----------|
| (A) 親水     | (B) 疎水             | (C) 酸           | (D) アルカリ |
| (E) 核小体    | (F) 核膜孔            | (G) 気孔          | (H) 粗面   |
| (I) 滑面     | (J) rRNA           | (K) tRNA        | (L) mRNA |
| (M) DNA    | (N) $\alpha$ ヘリックス | (O) $\beta$ シート | (P) アミノ基 |
| (Q) カルボキシ基 |                    |                 |          |

問 5 下線部 d について、条件②(不均一条件)において、硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量を変化させることは、植物にとってどのように有利であると考えられるか。60 字以内(句読点含む)で述べよ。

問 6 下線部 e は以下の図 3 の結果によって明らかにされた。受容体 Y の突然変異体(受容体 Y 変異体：受容体 Y のはたらきが失われた植物)と野生型株(正常な植物)を接木した植物をつくり、根分け実験を行った。図 3 の結果が得られ、条件②(不均一条件)で硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量を変化させるためには、受容体 Y は地上部で必要であることがわかった。

ここでいう接木とは植物を地上部と地下部に切り分け、切断された地上部(接穂)と地下部(台木)を接着させて植物個体をつくる手法である。接木によって異なる個体に由来する地上部と地下部を持つ植物個体をつくることができる。

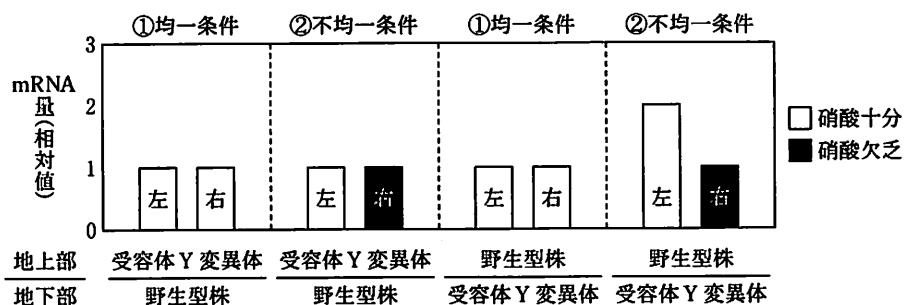


図 3 受容体 Y 変異体の接木実験における硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量

条件②(不均一条件)において硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量に変化する仕組みをさらに明らかにするため、条件②(不均一条件)で mRNA 量が変わらない変異体(1)~(3)を見つけた。これらの変異体はいずれも、根分け実験を行うと図 4 の結果を示した。変異体(1)ではタンパク質(1)が、変異体(2)ではタンパク質(2)が、変異体(3)ではタンパク質(3)のはたらきがそれぞれ失われていた。

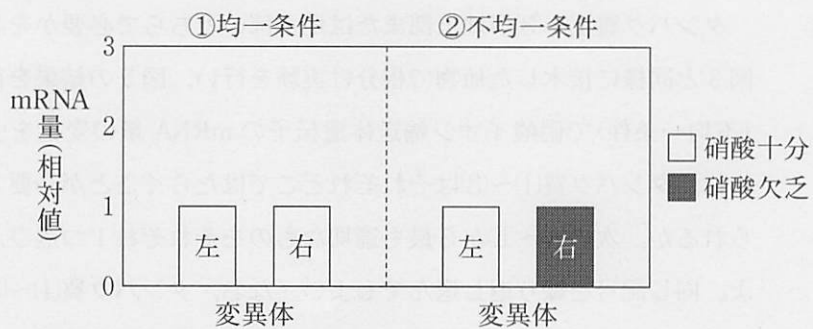
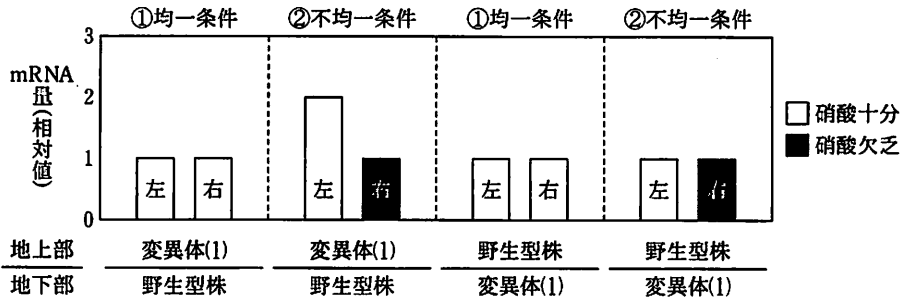


図4 変異体(1)~(3)の硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量

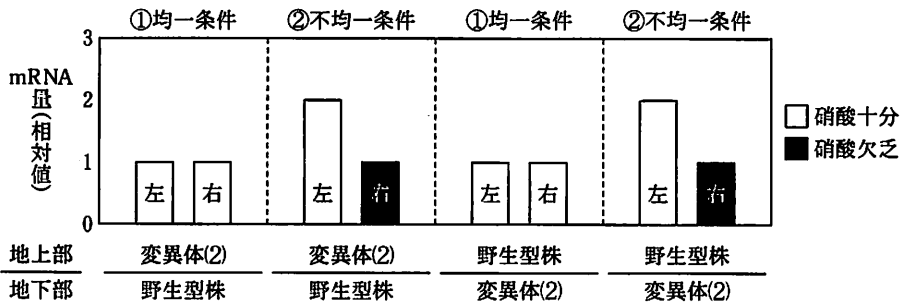
タンパク質(1)~(3)が地上部または地下部のどちらで必要かを調べるため、図3と同様に接木した植物で根分け実験を行い、図5の結果を得た。条件②(不均一条件)で硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量の変化を引き起こすために、タンパク質(1)~(3)はそれぞれどこではたらくことが必要であると考えられるか。次の(A)~(E)から最も適切なものをそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。同じ記号を繰り返し選んでもよい。なお、タンパク質(1)~(3)は、タンパク質がつくられた細胞ではたらく、他の細胞や器官に移動することはない。

- (A) 地上部が必要であり、地下部では必要ではない。
- (B) 地下部が必要であり、地上部では必要ではない。
- (C) 地上部と地下部の双方が必要である。
- (D) 地上部もしくは地下部の少なくともどちらかで必要である。
- (E) 地上部と地下部に関係なくどちらでも必要ではない。

【変異体(1)】



【変異体(2)】



【変異体(3)】

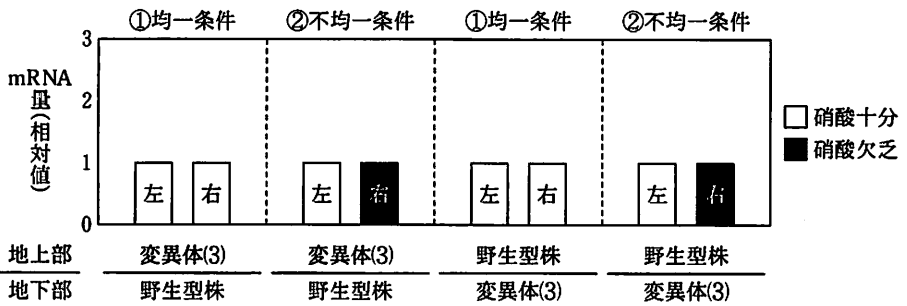


図5 変異体(1)~(3)の接木実験における硝酸イオン輸送体遺伝子の mRNA 量

3

次の I と II の文章を読み、それぞれの間  に答えよ。

I 減数分裂は第一分裂と第二分裂とよばれる 2 回の分裂からなる。減数分裂を行う母細胞では、分裂に先立って核の染色体がほどけて DNA が複製される。第一分裂前期では、対となる相同染色体どうしが対合し、二価染色体が形成される。第一分裂中期から後期において二価染色体が離れて、それぞれ両極へ移動する。第一分裂終期には細胞質が二分される。続く第二分裂中期には、第一分裂で分離した染色体が赤道面に並び、後期には複製された染色体どうしが付着している面で分離し、それぞれが両極へ移動する。減数分裂の結果、1 個の母細胞 ( $2n$ ) から (ア) 個の娘細胞 (配偶子) が生じ、娘細胞 1 個当たりの DNA 量は DNA 複製前の母細胞の (イ) 倍となる。

植物では、何らかのストレスにさらされると、正常な減数分裂が行われずに核相が  $2n$  の配偶子が形成されることがある。このような減数分裂の異常により生じた、核相が  $2n$  の配偶子を「非還元性配偶子」とよぶ。減数分裂の異常による非還元性配偶子の形成機構は大きく区分すると 2 通り存在する (図 1)。1 つ目は、第一分裂が生じずに第二分裂のみ生じる異常である (異常 I とする)。この場合、母細胞は DNA 複製ののち、体細胞分裂と同様の分裂を 1 回行い、核相が  $2n$  の配偶子が形成される。2 つ目は、第一分裂は正常に進行するものの、第二分裂が正常に進行しない異常である (異常 II とする)。この場合、第二分裂で分離するはずの複製された染色体が両極に分配されず、対をなす相同染色体の片方をもつ細胞に由来する  $2n$  の配偶子が形成される。

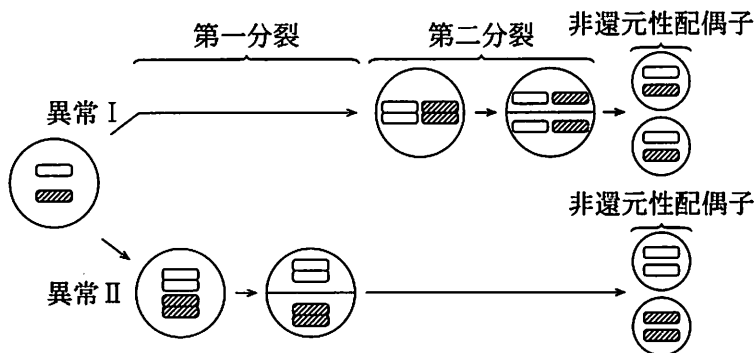


図 1 非還元性配偶子の形成機構の例 ( $2n = 2$  の場合)  
 図中の白と斜線で示された四角は対となる相同染色体を表す。



問 1 文中の  と  に入る適切な数値を答えよ。

問 2 下線部 a について、細胞分裂時に動原体に結合し、染色体を両極へ運ぶ役割を果たしているのが微小管である。微小管はタンパク質の細胞外分泌などの小胞輸送にも関与する。微小管をレールとしてその上を移動するモータータンパク質の名称を 2 つ答えよ。

問 3 下線部 b について、真核生物の DNA は、あるタンパク質の一種と結合して、効率よく折りたたまれ染色体を形成している。このタンパク質の名称を答えよ。

問 4 下線部 c について、図 2 は、ある個体(個体 M とする)の細胞における DNA 複製後の染色体を模式的に表したものである。この染色体上には、A と B という 2 つの遺伝子座がある。この個体は A 遺伝子座に対立遺伝子 A と a をもつ。また、B 遺伝子座に対立遺伝子 B と b をもつ。対立遺伝子 A と b は連鎖しており、対立遺伝子 a と B は連鎖している。

問 4-1 この個体 M において、減数分裂の第一分裂中期における染色体上の対立遺伝子の配置はどのようになるか。図中の  ~  に当てはまる対立遺伝子の遺伝子型を答えよ。ただし、ここでは遺伝的組換えは生じていないものとする。なお、遺伝子型の記述には A, a, B, b のいずれかを用い、同じものを繰り返し用いてもよい。

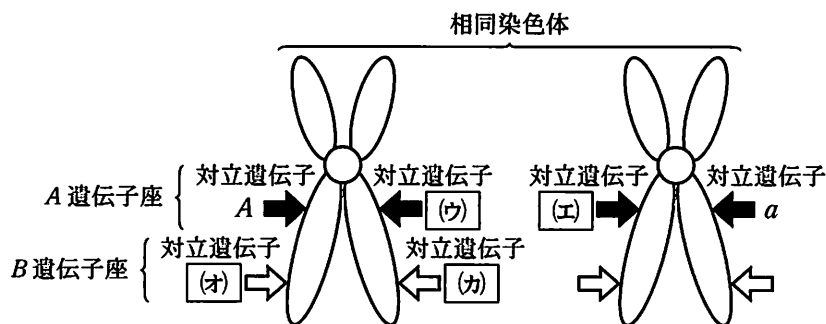


図 2 DNA 複製後の染色体の模式図

黒色と白色の矢印はそれぞれ A 遺伝子座と B 遺伝子座における対立遺伝子を表す。

問 4-2 個体 M では正常に減数分裂が行われた。この個体の減数分裂後に形成された配偶子の遺伝子型を調べたところ、遺伝的組換えが生じており、対立遺伝子 A と B をもつ配偶子が 12 % の割合で存在することが分かった。このとき、遺伝子座 A と B の間の組換え価は何 % か、整数で答えよ。小数点以下の値が算出された場合は小数点以下を四捨五入すること。

問 5 下線部 d に関して、異常 I と異常 II により生じた  $2n$  の核相をもつ非還元性配偶子は、それぞれ異なる遺伝子型となることが期待される。いま、染色体数が  $2n = 2$  の植物のある個体において A 遺伝子座が Aa のヘテロ接合の状態だと仮定する。この個体の減数分裂で異常 I または異常 II が生じたとすると、非還元性配偶子において期待される遺伝子型はそれぞれどのようなものになるか。適切な遺伝子型を次の(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。ただし、ここでは遺伝的組換えは生じないものとする。

- (A) A            (B) a            (C) AA            (D) Aa            (E) aa

II 北海道大学出身の木原均博士は、ゲノム配列を解読する手法がなかった1930年代に、世界に先駆けてゲノム分析という染色体分析法を確立し、パンコムギの種の形成過程を明らかにした。ゲノム分析は次のような作業過程で行われる。

① 基準種の設定

ゲノムを決定する基準となる基準種を設定する。ここでは、基準種は $2n = 6$ の染色体数をもつ3つの異なる種(X, Y, Z)を利用したと仮定する。これらの種のゲノムをそれぞれXX, YY, ZZと記すことにする。これら3種のゲノムは互いに異なるため、このうち任意の2種を選び交雑した場合、雑種 $F_1$ の減数分裂第一分裂において、異なる種由来の染色体は二価染色体を形成することができない。二価染色体を形成できなかった染色体(一価染色体とよばれる)の数は、6本となる。

② 対象種の解析

対象種と基準種を交雑し、雑種 $F_1$ の減数分裂第一分裂において、二価染色体が形成されるかどうかを検定する。もし、染色体数が $2n = 6$ の対象種Aが、基準種Xと同じゲノム(XXゲノム)である場合、対象種Aと基準種Xの雑種 $F_1$ において、3対の二価染色体が形成される。さらに、対象種Aと基準種Y、基準種Zの雑種 $F_1$ においては、6本の一価染色体がみられる。もし、染色体数が基準種X, Y, Zとは異なる対象種Bが、複数の異なる種由来のゲノムをもつ場合、対象種Bと基準種の雑種 $F_1$ において、二価染色体と一価染色体の両方がみられることがある。

問 6 染色体数がすでに分かっている種 P, Q, R, S を対象種として, ゲノム分析を行い, 表 1 の結果を得た。このとき, 種 P, Q, R, S のゲノムはどのように表すことができるか。最も適切なものを次の(A)~(G)から 1 つ選び記号で答えよ。

表 1 種 P, Q, R, S におけるゲノム分析の結果

対象種の染色体数	基準種 X との雑種 F <sub>1</sub>	基準種 Y との雑種 F <sub>1</sub>	基準種 Z との雑種 F <sub>1</sub>
種 P $2n = 6$	二価染色体数 = 0 一価染色体数 = 6	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 0	二価染色体数 = 0 一価染色体数 = 6
種 Q $2n = 6$	二価染色体数 = 0 一価染色体数 = 6	二価染色体数 = 0 一価染色体数 = 6	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 0
種 R $2n = 12$	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 3	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 3	二価染色体数 = 0 一価染色体数 = 9
種 S $2n = 18$	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 6	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 6	二価染色体数 = 3 一価染色体数 = 6

- (A) XX                      (B) YY                      (C) ZZ                      (D) XXYY  
 (E) XXZZ                    (F) YYZZ                    (G) XXYYZZ

問 7 下線部eについて、図3はパンコムギの種の形成過程を模式的に表したものである。図中の、ある2か所の過程で、文章Iで述べられた「非還元性配偶子」が生じたと仮定すると、非還元性配偶子は、どの過程で生じたと考えることができるか。適切な2か所の過程を、図中の①～⑥から選び、記号で答えよ。また、その際、雑種KおよびLの体細胞における染色体数はいくつになるか、適切な数値を答えよ。

ただし、非還元性配偶子が生じる場合、花粉および胚のうの両方に同時に生じ、生じた非還元性配偶子は受精して子孫を作ることができるものとする。なお、二粒系コムギとパンコムギが正常に減数分裂を行った場合、二価染色体はそれぞれ14対と21対観察される。

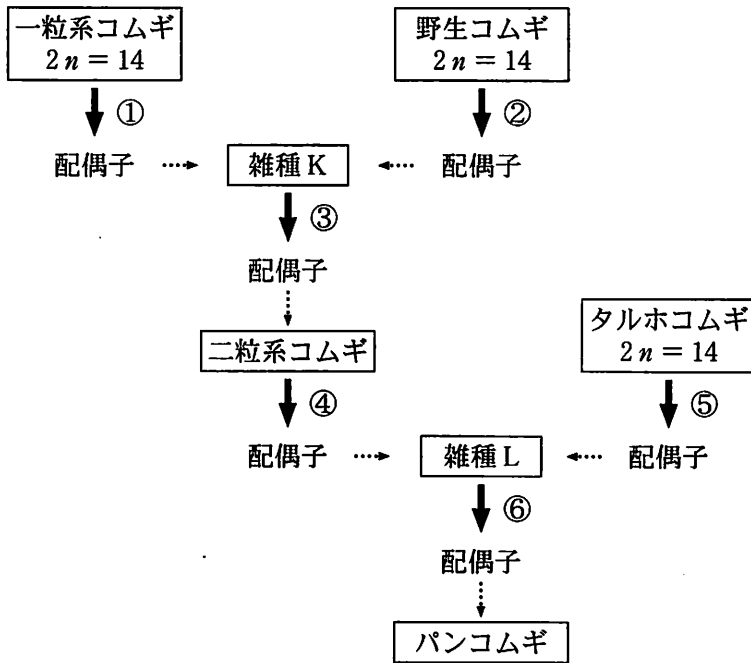


図3 パンコムギの種の形成過程

実線の矢印は配偶子ができる過程，点線の矢印は自家受粉もしくは交雑の過程を表す。

4 次の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

動物はしばしば集団や群れを形成する。脊椎動物の群れでは、親以外が子の世話をすることがあるが、これは (ア) 繁殖とよばれ、親以外で子の世話をする個体を (イ) とよぶ。同様に、 (ウ) 昆虫はコロニーを形成し、生殖能力を持たない個体 ( (エ) とよばれる) が子の世話をする。また、草食の哺乳類<sup>a</sup>や小型の鳥類のように捕食されやすい動物では、膨大な数の個体から成る大きな群れを形成することもある。このような群れの機能は、かつて「種の保存のため」であると説明されることが多かった。すなわち、同種の仲間を守るために群れをつくるのだらうと考えられていた。しかし、実際にはそうではないことがこれまでの研究で示されている。ハミルトンが提唱した「利己的な群れ」の理論によれば、各個体ができるだけ捕食されるリスクをさけるよう行動するだけで、群れは形成される。実際、羊の行動を検討した最近の研究では、それぞれの個体が、捕食者から襲われにくい群れの中心部に陣取ろうとすることによって、結果的に密な群れが形成されることが明らかになっている。つまり、各個体のふるまいは、同種の仲間を守ろうとしてではなく、自分自身の生存を最優先させるものであるといえる。

しかし、あたかも同種の仲間を利するようみえる行動も報告されている。そのひとつは、餌をみつけた個体が鳴き声(集合声)を発し、仲間を呼び寄せるといいう行動である。群れで採餌すれば、捕食されるリスクを低減できるものの、得られる餌の量は少なくなる。なぜみつけた餌を独り占めしないのか、という疑問を考えるにあたって、スズメの一種を対象におこなわれた興味深い研究がある。研究者はパンを地面にまいて、パンをみつけたスズメが集合声を発するかどうかを観察した。パンを細かく砕いてまいた場合と、塊のままおいた場合とでは、集合声が観察される頻度は異なっていた。これは、多数の仲間と分け合えるような餌でない場合、群れ形成のメリットよりもデメリットが大きくなるからであると考えられる。

このように、動物の行動は、集団の利益にかなっているように見えても、実際には自己の生存を有利にするよう進化してきた。

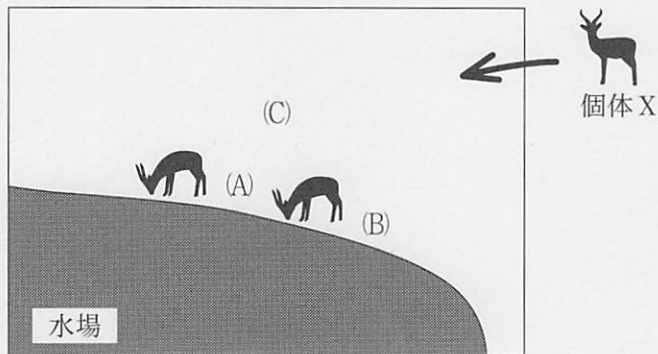
問 1 文中の (ア) ~ (エ) に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a の哺乳類についての記述として正しいものを(A)~(G)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 哺乳類が最も繁栄したのは中生代である。
- (B) 哺乳類には、卵生のものはいない。
- (C) コウモリの翼とクジラの胸びれは相同器官である。
- (D) カンガルーは哺乳類である。
- (E) クジラは哺乳類ではない。
- (F) 哺乳類の多くは変温動物である。
- (G) 哺乳類は開放血管系を持つ。

問 3 下線部 b に関して、動物のふるまいを模式的に説明しているのが次の図と文章である。文中の (オ) ~ (キ) に入る適切な選択肢を図中の記号(A)~(C)から1つ選べ。同じ記号を繰り返し用いてもよい。

下の図はサバンナの水場の様子をあらわしている。水場にいるある種の哺乳類 2 頭に、もう 1 頭(個体 X)が加わろうとしている。この哺乳類の生息地では、捕食者は陸生であり水中から哺乳類を捕食するものはいない。個体 X が、水辺の 2 頭の捕食リスクを下げようとするならば (オ) に立つべきであるが、自分自身の捕食リスクを下げるためであれば (カ) に立つ方がよい。よって、ハミルトンの「利己的な群れ」の理論にしたがうと、個体 X は (キ) に向かうことが予測される。



問 4 下線部 c に関し、高密度で群れることの主な長所と短所を以下の表にまとめた。高密度な群れでは、個体群密度が高い状況でみられるのと同様の影響が生じる可能性がある。これをふまえた上で、高密度な群れではそうでない場合とくらべ、個体の生存繁殖に関わるどのような影響が生じるか、表中の  と  に入る適切な語句を答えよ。



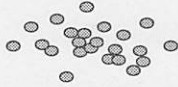
長 所	<input type="text" value="(ク)"/> が増える	捕食リスクが減る
短 所	<input type="text" value="(ケ)"/> が増える	餌等の資源が減る

問 5 下線部 d のスズメは日本の市街地や里山でみられるスズメとは異なる種である。日本のスズメは近年、減少が指摘されており、とりわけ最近数十年ほどの間に急激に個体数が減ったという報告が全国で相次いでいる。推測される減少原因の説明として、適切なものはどれか、以下の(A)~(F)から 2 つ選んで記号で答えよ。

- (A) 都市化の進行によってスズメが営巣できる場所が減った。
- (B) 地球温暖化により海水面が上昇した。
- (C) 雑食性の哺乳類であるタヌキが増加しスズメが捕食された。
- (D) 田畑の減少によってスズメの餌が少なくなった。
- (E) 熱帯林の消失が急速に進んでいる。
- (F) スズメと異なる生態的地位(ニッチ)を占める外来種が増えた。



問 6 下線部 e に関して、実験の条件と結果を示したのが以下の表である。実験は、パンの量と形状によって条件Ⅰ～Ⅲがもうけられ、それぞれの条件について 35 回の観察がおこなわれた。35 回の観察それぞれについて、餌場に最初にやってきた個体がオスあるいはメスのどちらであったかと、集合声をあげたかどうかを記録した。これを集計した結果を以下に示している。この結果について説明した(1)～(3)の文章を読み、文章中の  ～  に入る適切な語句を、選択肢の(A)～(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。なお、同じ記号を繰り返し用いてよい。

		条件Ⅰ		条件Ⅱ		条件Ⅲ	
餌		$\frac{1}{8}$ スライス 1 枚をそのまま 		$\frac{1}{2}$ スライス 1 枚をそのまま 		$\frac{1}{8}$ スライス 1 枚を細かく砕いた 	
結果	集合声あり	オス 12	メス 2	オス 13	メス 6	オス 22	メス 5
	集合声なし	オス 15	メス 6	オス 8	メス 8	オス 7	メス 1

(出典：Elgar MA, 1986 年, Animal Behaviour 34: 169-174)

- (1) 全体をみると、常にオスのスズメの方が餌場によく現れることがわかる。次に条件ごとにみてる。条件Ⅰでは、最初に餌場に現れたのがオスだった場合、約 44 % の確率でオスは集合声を発していた。条件Ⅰで最初に餌場に現れたのがメスだった場合、25 % の確率でメスは集合声を発していた。この比較から、条件Ⅰではオスの方が集合声を発する確率が高いように思われる。同様に、条件Ⅱと条件Ⅲについて確率を計算し比較すると、集合声の発声は条件Ⅱの場合 。条件Ⅲの場合、わずかに 。そのため条件ⅠからⅢを通じて、集合声を出す確率は明らかに 。

(2) 条件Ⅰと条件 (ス) を比較すると、餌の量による集合声への影響がわかる。

(3) さらに、条件Ⅰと条件 (セ) の比較から、餌が細かく碎かれていると、餌をみつけた個体が集合声を発することが多くなるとわかる。餌が塊の場合には、たとえ大きな群れが形成されたとしても、全個体一斉に採餌することが難しいため、餌をみつけた個体が十分に食べられない可能性が生じるからだと考えられる。

選択肢

- (A) オスが多い
- (B) メスが多い
- (C) オスとメスで差があるとはいえない
- (D) Ⅱ
- (E) Ⅲ

問 7 下線部 f の群れ形成のメリットは、捕食者がなぜ群れるかにも関わっている。オオカミやシャチなど肉食の哺乳類では、餌となる動物をしとめるために群れの個体が協力して狩りをおこなう必要がある。捕食者の群れのサイズ(群れを構成する個体の数)と1個体あたりが1日に摂取しているエネルギー(カロリー)の関係をグラフに示すと、どのようになるか。最も適切なものを(A)~(E)から1つ選び、記号で答えよ。また、そのような関係を示す理由を、「単独でいるより群れでは」に続けて50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

