

(平 20 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 5
化 学	6～13
生 物	14～23
地 学	24～29

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

哺乳類の精巣内には細長い が折りたたまれた状態で分布し、その中では精子が形成されている。 の内部には精原細胞、精原細胞から精子への変化の途上にある細胞、^(A)精子およびこれらの生殖細胞に栄養を与える細胞が見られる。精子は形態的な特徴により頭部、、尾部に区別されるが、 にはミトコンドリアが分布し、^(B)アデノシン三リン酸を生産する。また、尾部の内部には複数の微小管が存在し、そこにはモータータンパク質が付着しているが、^(C)尾部^(D)の鞭毛運動におけるこのモータータンパク質の役割は重要である。

受精直前の哺乳類の精子は卵母細胞を覆う表層物(透明帯)に接着するが、この接着は透明帯糖タンパク質と精子細胞膜タンパク質との結合に依存している。また、この分子間での結合は細胞内に情報として伝達され、精子では細胞膜の ^(E)を介したカルシウムイオンの細胞内部への流入が起こり、やがて受精に不可欠な先体反応が誘起される。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部(A)に該当する細胞の中で、DNA量が最も多い細胞の名称を答えなさい。また、このDNA量の最も多い細胞1個から精子は何個つくられるか、個数を答えなさい。

問3 受精後の胚(初期胚)の中で、下線部(B)の精子由来のミトコンドリアに起こる変化を簡潔に記しなさい。

問 4 下線部(C)で示されたモータータンパク質の名称を答えなさい。また、下線部(D)を具体的に説明しなさい。

問 5 下線部(E)に示すような、分子間での結合が細胞内へ情報として伝達されるしくみは生殖細胞に限らず哺乳類のホルモンの標的細胞にも存在する。そのしくみの一つをホルモンの標的細胞の模式図を描いて説明しなさい。ただし、模式図には細胞膜を明示すること。

II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

免疫のしくみには、特殊な細胞が直接異物の排除に関与する 免疫と、血しょう中の成分が関与する 免疫とがある。 免疫は、19世紀の末に、ロシア生まれの動物学者メチニコフによって発見された。メチニコフは、ヒトデの幼生にバラのとげを刺してみた。次の日に顕微鏡で観察したところ、小さな細胞が動きまわり、バラのとげを取り囲むように集まっていることを発見した。メチニコフはこの観察から、バラのとげのような異物に対して、それを攻撃する細胞が存在することを発見した。彼はその後の研究で、このような細胞はヒトデだけではなく哺乳動物にも存在することを示し、体内に侵入した細菌などの異物の除去にこの細胞が重要な役割を果たしていることを明らかにした。当時は、免疫はもっぱら血しょう中に存在している因子によると考えられていたので、細胞による免疫機構の存在を提唱したメチニコフの学説は画期的なものであった。メチニコフはこの研究により、 免疫の重要性を唱えたドイツのエールリヒとともに、1908年にノーベル医学・生理学賞を受賞した。 免疫においては、病原体が生体内に侵入した後、それらが異物として認識され、白血球の一種である が を体液中に放出する。この物質は異物と反応し、これを排除したり無毒化したりする。この反応は と呼ばれ、高い特異性をもつことが特徴であるが、この反応が過剰に生じると、生体に不都合な症状が現れることがある。これを 反応という。

問1 空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部のように、細胞を変形させて動く運動を何というか、解答欄(a)に記入しなさい。また、この運動の際に、細胞の進行方向に向かって伸長する細胞の突起を何というか、解答欄(b)に記入しなさい。

問 3 下線で示したような体外から侵入した異物を取り込む細胞のはたらきを何と
いうか。

問 4 ヒトは、はしかなどのような感染性の病気に一度かかってしまうと、二度目
に感染した場合にはその病気にかかりにくくなる。この理由を 50 字以内で答
えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法は、生命科学の研究分野のみならず、医療、犯罪捜査、血縁調査等の様々な社会的な分野で重要な役割を果たしている科学技術である。PCR法を用いれば、多様なDNA配列の中から、特定のDNA領域を選択的に増幅させることができる。この技術の原理について考えてみたい。

DNAは、半保存的複製によって増幅される。DNAの合成を担うDNA複製酵素(ポリメラーゼ)は、鋳型の配列に相補的なヌクレオチドを既存のDNA鎖に次々と付加していく重合反応の触媒活性しかもたないため、DNAの複製開始にはプライマーと呼ばれる1本鎖の短いヌクレオチド鎖が必要とされる。プライマーは鋳型となるDNA鎖の特異的な部位と相補的な塩基配列をもち、鋳型と水素結合することで、DNA複製の起点となるが(図1)、PCR法ではこのプライマーの配列特異性を利用して目的とするDNA領域の増幅を行う。

DNAの増幅は次のような過程で行われる(図1)。第1ステップでは、例えば94℃で熱変性することにより、2本鎖DNAを半保存的複製の鋳型として利用可能な1本鎖とする。第2ステップでは、50～60℃に冷却することにより、各プライマーと鋳型となる1本鎖DNAとの相補性に基づいた結合(アニーリング)を可能とする。第3ステップでは、特殊なDNAポリメラーゼの反応至適温度である72℃に保つことにより、プライマーを起点として新しいDNA鎖が伸長し合成される。この第1～3ステップを1サイクルとして30～40回反復して行うことにより、変性、アニーリング、伸長のサイクルが次々と繰り返され、DNAが大量に増幅される。

問1 ある任意の16塩基のプライマーと同一配列がヒトゲノム中に何個存在するか、期待値(小数点以下1桁)を求めなさい。ただし、ヒトゲノムは、30億塩基対(60億塩基)とする。また、A(アデニン)、C(シトシン)、G(グアニン)、T(チミン)の各塩基はゲノム中に同じ確率で存在するとし、 $4^5 \approx 10^3$ の近似値を用いて計算して良い。

問 2 図1のように、PCR 反応を10サイクル行った後に、どのような長さの DNA 分子が何分子存在することになるか答えなさい。ただし、PCR 反応は理想的な条件で完全に行われるとし、DNA 分子は1本鎖 DNA を単位として解答するものとする。例えば、1サイクル後の状態は、1,000 塩基の DNA が2分子、900 塩基の DNA が1分子、700 塩基の DNA が1分子と表記する。

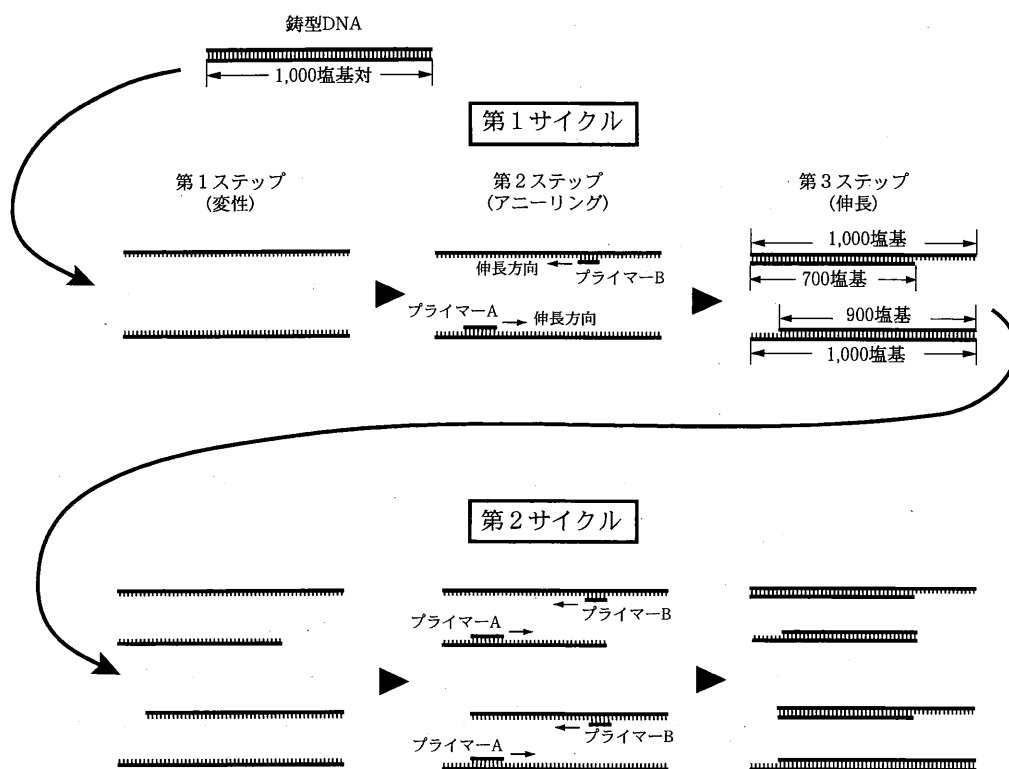


図1 1,000 塩基対の2本鎖DNA1分子を鋳型としてPCR反応を2サイクル行った例を模式的に示す。プライマーAおよびBは、図に示された2カ所の位置でのみ鋳型DNAと水素結合するものとする。

問 3 PCR の原理に照らし、次の実験からテスト株では遺伝子 A にどのような変異が生じていると推測されるか答えなさい。

【実験】

ある遺伝子 A の野生株 DNA 配列に基づいて図 2 に示すような 3 種のプライマー X, Y, Z を作製した。野生株およびテスト株のゲノム DNA を鋳型として X, Y および X, Z の組み合わせのプライマーを用い PCR を行った。X, Y のプライマーセットを用いた際には、野生株とテスト株で完全に同じ長さの DNA 断片が増幅して検出された。しかし、X, Z のセットを用いた際には、野生株では増幅断片が検出されたが、テスト株では検出されなかった。

問 4 問 3 で生じた遺伝子変異の結果、テスト株では野生株と比べてどのような翻訳産物(タンパク質)が生じている可能性があるか。三つ答えなさい。

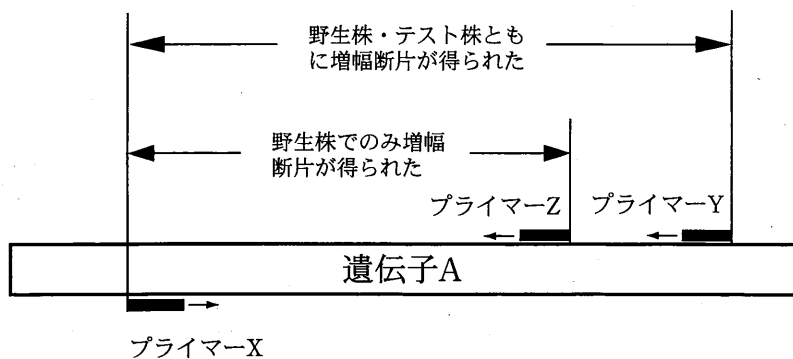


図 2

IV 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

多くの動物や高等植物では、減数分裂によってつくられる雌性配偶子と雄性配偶子の受精^(A)によって新しい個体が誕生する。このような生殖法を有性生殖という。また、親個体の体細胞分裂や未受精卵から新個体がつくられる無性生殖を行う種^(B)も存在している。

被子植物の有性生殖について説明しよう。生殖器官である花では、おしべの^{やく}葯内で花粉母細胞の減数分裂を経て花粉管細胞と雄原細胞からなる花粉が形成される。一方、めしべの子房の中にある胚珠内では、胚のう母細胞の減数分裂によってできる娘細胞のうち最も大きな細胞だけが胚のう細胞となる。胚のう細胞はその後、核が3回分裂し、8個の核をもつ胚のうができあがる。その後、成熟した胚のうでは6個の核の周囲にしきりができ、7個の細胞が形成される。胚のうを形成する細胞は、卵細胞、細胞、細胞、中央細胞と呼ばれる。

固着性である被子植物では開花すると、^{やく}葯中の花粉が昆虫などの動物や、風、水などの媒体によって運ばれ^(C)、めしべ先端の柱頭に受粉する。受粉後、発芽した花粉からは花粉管が胚珠に向かって伸長していく。花粉管内では雄原細胞が分裂して2個の精細胞となる。花粉管が胚のうに達すると、その先端から精細胞が放出され、精細胞の一つは卵細胞と、もう一つの精細胞は中央細胞と受精する。この被子植物特有の受精様式は受精とよばれている。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部(A)に関して、動物の卵と精子のように形や大きさの異なる配偶子を何と呼ぶか答えなさい。

問 3 下線部(A)に関して、これとは異なり形や大きさが同じ配偶子をつくる生物を一つあげなさい。

問 4 下線部(B)に関して、被子植物における無性生殖の例を二つあげなさい。

問 5 下線部(C)に関して、以下の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 花粉媒体のわかっていない植物種 P について、自然条件下で風媒花か動物(昆虫)媒花のどちらであるかを調べるための実験を行いたい。ただし、植物種 P は自家受粉しないものとする。この実験を行う段階ではまだ開花前のつぼみが数多くみられ、個々の花は咲くと 1 日でしおれてしまう。また、花粉の受粉によって受精した花は 1 ヶ月後に果実となる(図 1)。以下にあげる道具(図 2)を用いて実験デザインを考えなさい。

(2) また、どのような実験結果が得られれば植物種 P が風媒花であるといえるか、50 字以内で書きなさい。

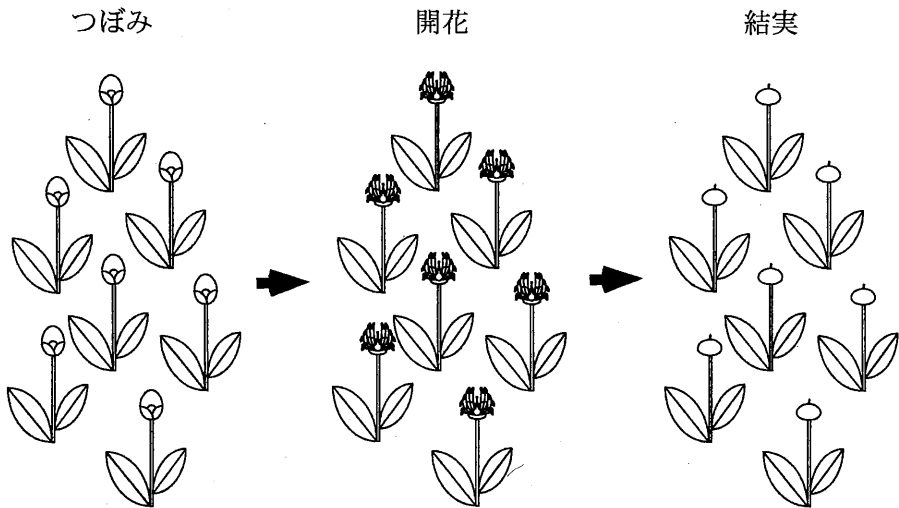


図 1 植物種 P は開花後、1 日で花はしおれ、受精した花は 1 ヶ月後に結実する。

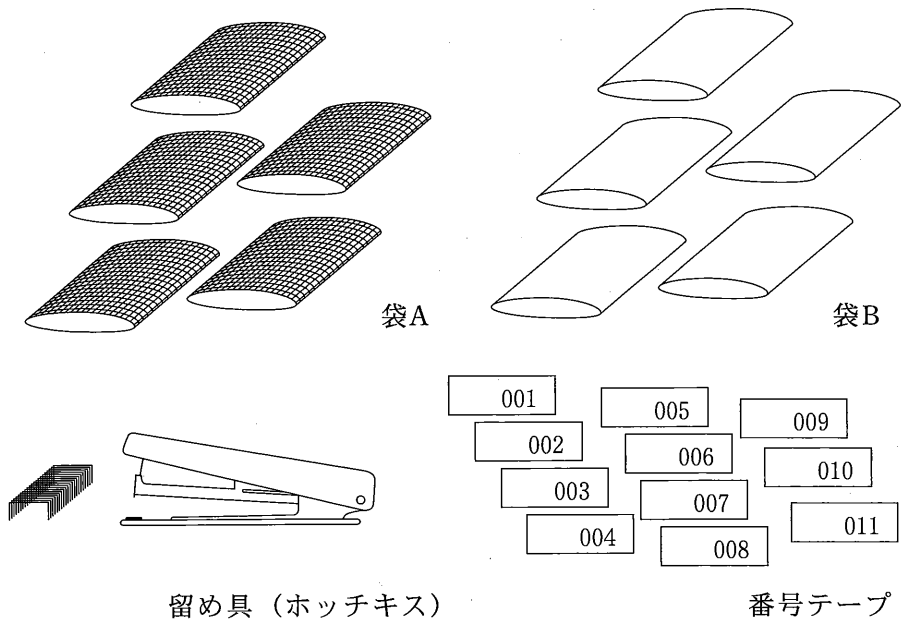


図2 花粉は通すが昆虫は通さない袋A, 花粉も昆虫も通さない袋B, 袋の留め具, 花にマークするための番号テープ。