

(平 29 前)

# 理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ 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1～4に答えなさい。(配点19点)

1970年以降、ある生物の特定の遺伝子を人為的に別のDNAに組み込み、他の生物の細胞内に導入する  技術が発展した。また近年、様々な生物でのゲノム計画が進み、ヒトだけでなく多くの生物種のゲノム配列が解読され、多様な遺伝子の存在が明らかとなった。ポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)は、特定の領域のDNA断片をゲノムDNAなどから簡便に単離、増幅する手法としてよく用いられる。PCR法では、鋳型DNA、プライマー、DNAポリメラーゼ、4種のデオキシヌクレオチドなどを加えた混合液を試験管内に調製して反応させる。

増幅したDNA断片をプラスミドに組み込み、そのプラスミドを大腸菌に導入することによって、DNA断片を増やすことができる。また、プラスミドに組み込まれたDNA断片が遺伝子の場合は、遺伝子にコードされるタンパク質を大腸菌の細胞内で合成させることが可能となる。

一方、目的の遺伝子の発現を抑制するために利用される  法は、標的とする遺伝子のmRNAの一部と相補的な塩基配列をもつ短い2本鎖RNAを真核生物の細胞に導入し、そのmRNAの分解促進やタンパク質への翻訳阻害を誘導することで、遺伝子の発現を抑制する。このような特定の遺伝子の発現量を低下させる操作を遺伝子  とよぶ。

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)について、以下の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

PCR 法では、次の(a)~(c)の過程を繰り返すことで DNA 断片を増幅する。反応液を(a)約 95 °C に加熱、(b)約 55 °C まで冷却、(c)約 72 °C に加熱する。

- (1) (a)~(c)の各過程では、どのようなことが起こっているか、それぞれ説明しなさい。
- (2) PCR 法に広く用いられる DNA ポリメラーゼは、どのような環境に生息する生物から単離されたものか、答えなさい。

問 3 下線部(B)について、DNA 断片をプラスミドに組み込む際に用いられる、以下の酵素の名称をそれぞれ解答欄に記入しなさい。

- (1) DNA の特定の塩基配列を認識して切断する酵素
- (2) DNA 断片とプラスミドをつなぐ酵素

問 4 下線部(C)について、以下の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

図 1 で示す遺伝子 X が組み込まれたプラスミドを導入した大腸菌を、抗生物質と IPTG(ラクトースの類似化合物)を加えた培養液で培養し、遺伝子 X を発現させ、コードされるタンパク質を大腸菌の細胞内で合成させた。この実験を行うためには、プラスミドに Y とよばれる DNA 領域と遺伝子 Z が含まれている必要がある。

- (1) Y の名称と、遺伝子 Z にはどのような役割をもつ遺伝子が必要であるか、それぞれ解答欄に記入しなさい。
- (2) 遺伝子 X が原核生物のゲノム DNA から単離された遺伝子ならば、タンパク質は正常に合成されるが、遺伝子 X が真核生物のゲノム DNA から単離されたものである場合、正常なタンパク質は合成されないことが多い。その理由を 120 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

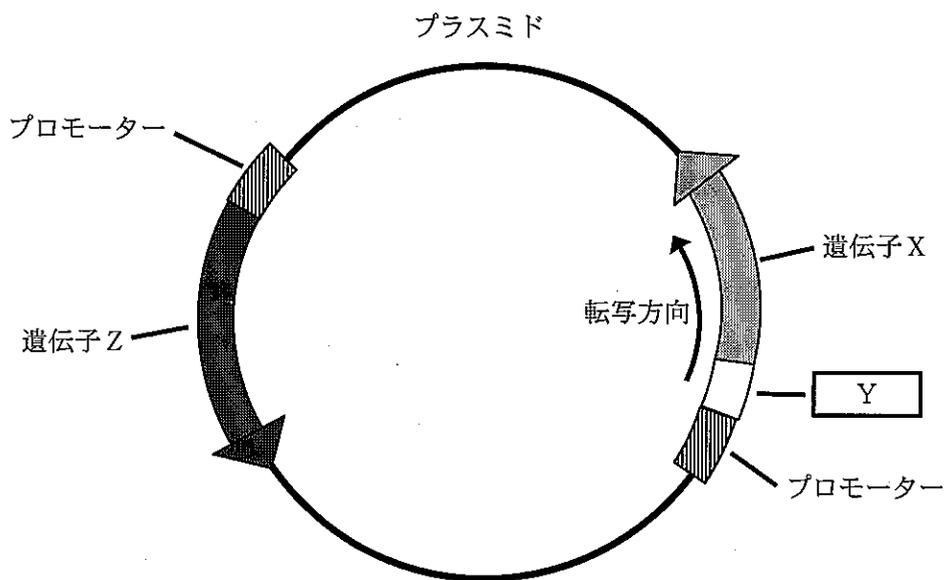


図 1

II 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

私たちの体には、体内に侵入したウイルスや細菌などを、非自己の物質(異物)として認識して排除する免疫というシステムが備わっている。免疫は、動物が生れながらにもっている自然免疫と、各種のリンパ球が異物に対して特異的にはたらく適応免疫がある。自然免疫では、まず、皮膚や粘膜によって病原体などの異物の侵入を防いでおり、異物が体内に侵入した時には、白血球である 、、 などの食細胞が、異物を貪食作用によって排除する。適応免疫では、リンパ球であるT細胞やB細胞が中心としてはたらく、作用するリンパ球の種類によって細胞性免疫と体液性免疫に分けられる。T細胞もB細胞も、体に侵入してきた病原体などの異物と、もともと体の中にあるものを見分けるしくみをもっており、これを自己・非自己の認識と呼ぶ。リンパ球によって、非自己として認識されたものを抗原<sup>(A)</sup>という。

細胞性免疫は、細胞が主役としてはたらく。まず、自然免疫で病原体などの異物を取り込んだ  がリンパ節に移動し、細胞表面に断片化した病原体の抗原を提示する。抗原を認識したT細胞が活性化し、 T細胞や  T細胞となって増殖し、一部は記憶細胞として残る。増殖した  T細胞と  T細胞はリンパ管を經由して血管に戻り、感染部位に移動する。感染部位では、 T細胞は  を活性化させて貪食作用を増強し、 T細胞は同一の抗原情報を提示している感染細胞を攻撃する。

体液性免疫では、抗原に結合する抗体<sup>(B)</sup>が主役としてはたらく。抗原を捉えたB細胞は抗原を取り込み、その断片を  T細胞に提示する。あらかじめ同一抗原によって活性化していた  T細胞が、B細胞による抗原情報を認識するとB細胞を活性化させる。活性化したB細胞は増殖し、同一の抗体を多数分泌する形質細胞に分化し、一部は記憶細胞として残る。形質細胞が分泌した抗体は、体液によって感染部位へと運ばれ、抗原と結合して細胞への感染を防ぎ、 や  の貪食を助ける。

問 1 空欄  ~  にあてはまる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、細胞表面には自己の細胞であることを示す目印としてはたらくタンパク質がある。このタンパク質の名称を答えなさい。

問 3 下線部(B)について、抗体に関する以下の文章を読んで、問に答えなさい。

(1) 抗体は、免疫グロブリンと総称されるタンパク質でできている。抗体にはさまざまな種類があるが、基本構造は同じで、2本のH鎖と2本のL鎖がS-S結合でつながっている。H鎖とL鎖の先端部分が抗原との結合部分であり、対応する抗原に応じて立体構造が異なっており、この部分は可変部と呼ばれる。可変部以外の部分は、抗体の種類にかかわらずほぼ一定であり、定常部と呼ばれる。一つのB細胞は一つの抗体をつくることができ、ヒトは数千万種類の抗体をつくることができると考えられている。抗体のアミノ酸配列は遺伝子によって決められている。ヒトの遺伝子の数は22,000程度にもかかわらず数千万種類の抗体をつくることができる理由を100字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) 図1は、ある抗原をウサギに注射したときの抗体産生について、産生される抗体量を縦軸に、注射後の日数を横軸に示している。抗原Aと抗原Bは、初めてウサギ体内に注入されるものとし、抗原Aに対して抗体a、抗原Bに対して抗体bが産生されるものとする。0日目と40日目に抗原Aを注射し、20日目と60日目に抗原Bを注射した。図1の(ア)~(エ)の曲線は、抗体aと抗体bの総産生量の変化を示している。この中で最も適切であると考えられるものを選び、その記号を解答欄に記入しなさい。なお、注射する抗原Aと抗原Bの量はすべて同じである。

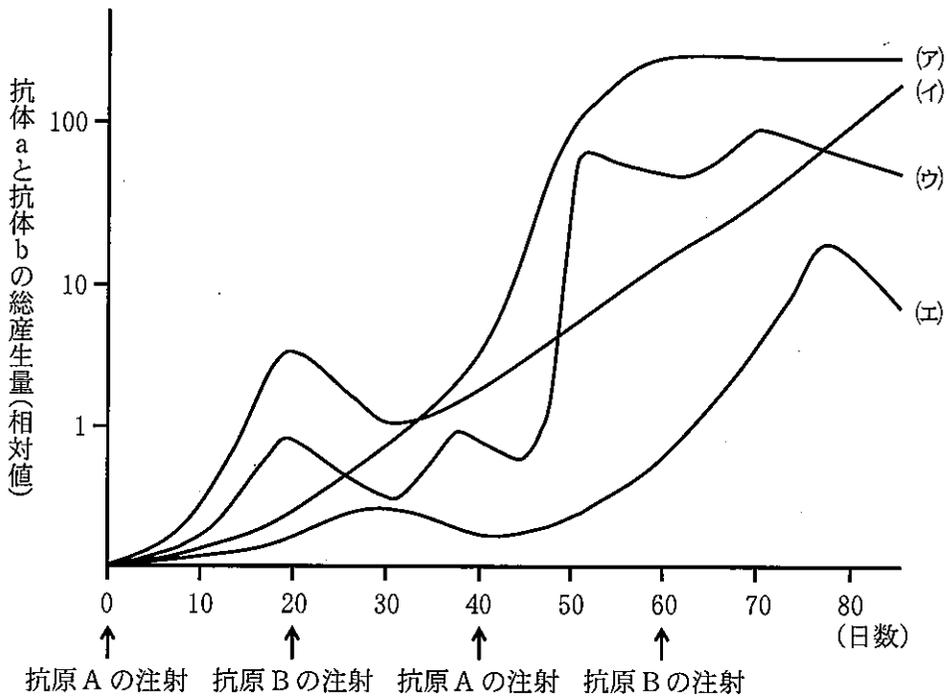


図 1

問 4 免疫反応に関する下記用語は、適応免疫が作用した結果や、適応免疫のはたらきを利用したものである。これらの中から、細胞性免疫のはたらきによるものを 2 つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (あ) アレルギー反応      (い) ABO 式血液型判定      (う) ツベルクリン反応  
 (え) 予防接種              (お) 血清療法                  (か) 臓器移植の拒絶反応

問 5 ヒト免疫不全ウイルス(HIV)は、後天性免疫不全症候群(AIDS)を引き起こすことが明らかとなっているが、その発症のしくみを 60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

自然界では、ある集団が同種の他の集団から隔離されることがある。たとえば、地殻変動によって高い山ができたり、大陸の一部が離れて新しい島ができたりすると、1つの生物集団がいくつかの集団に分かれ、それぞれが異なる環境のもとで生活することになる。このような隔離を  隔離という。 隔離が長く続くと、その間にそれぞれの集団に独自の遺伝的な変化が蓄積し、やがて、両者が再び出会っても交配できなくなる。その結果、1つの種が複数の種に種分化する。一方、 隔離を伴わない種分化も知られている。たとえば、植物では染色体が  することにより、短期間に種分化が起こることがある。

近縁の種間で、特定の遺伝子のDNAの塩基配列を調べたり、特定のタンパク質のアミノ酸配列を調べると、種間で違いが見られる。これは、共通の祖先から分かれた後に、それぞれの種で  が起こったことによるもので、このようなDNAやタンパク質の変化を分子進化という。形態や機能に影響を与えるような分子進化は自然選択の影響を受けるが、ほとんどの分子進化は個体の生存に有利でも不利でもないと考えられている。

同じ系統の種間で同一遺伝子における塩基配列の変化した数(塩基置換数)を比べると、その数は2種が分かれてからの時間に比例して増える傾向が見られる。また、タンパク質のアミノ酸配列についても同様の傾向が見られる。そのため、塩基配列やアミノ酸配列の変化の速度に一定性が成り立つことを  とよび、2種が進化の過程で枝分かれした年代を探るための目安となり得る。近年、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子データを比較して系統樹を作成する方法が盛んに用いられるようになってきた。たとえば、リボソームを構成するある種のRNAの塩基配列をもとに分子系統樹を描くと、生物は3つのドメインに分けられる。原核生物は  と  に大別され、それ以外の生物はすべて真核生物にまとめられる。

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)のように、(1)交配できない、または交配しても子孫が生殖能力を持ち続けることができなくなる隔離のことを何というか、また、(2)そのようにして成立した種を何というか、それぞれ答えなさい。

問 3 下線部(B)について、以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 自然選択の影響を受けず、個体の生存に有利でも不利でもない進化のことを何というか、答えなさい。

(2) DNA 塩基配列において、分子進化は一律に起こるのではなく、いくつかの傾向が見られる。アミノ酸の種類を決める mRNA のコドンにみられる分子進化の特徴を 70 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)について、現生種や化石の形態に基づいても系統樹を作成することは可能であるが、分子系統樹にはいくつかの利点がある。分子データに基づいて系統樹を作成する利点を 2 つ取り上げ、120 字以内で論じなさい。ただし、句読点も字数に含める。

IV 次の文章を読んで、問 1, 2 に答えなさい。(配点 19 点)

ここに、オオムギ品種 X, Y, O がある。いずれも、純系(すべての遺伝子についてホモである系統)である。これらにある植物病原菌を接種すると、それぞれ次のような反応を示した。

X ; 強度抵抗性(健全植物と同じ表現型を示す)

Y ; 中度抵抗性(葉が一部褐色になるが枯死しない)

O ; 感受性(枯死する)

これらについて遺伝解析を行なったところ次の結果を得た。

- (i) X と O を交雑して( $X \times O$ )得た  $F_1$  は強度抵抗性であった。これを自家受粉して得た  $F_2$  においては強度抵抗性 : 感受性が 3 : 1 に分離した。
- (ii) Y と O を交雑して( $Y \times O$ )得た  $F_1$  は中度抵抗性であった。これを自家受粉して得た  $F_2$  においては中度抵抗性 : 感受性が 3 : 1 に分離した。
- (iii) X と Y を交雑した( $X \times Y$ )ところ、その  $F_1$  は強度抵抗性となった。

問 1 X の強度抵抗性に関与する遺伝子座と Y の中度抵抗性に関与する遺伝子座が異なる染色体に座乗していると仮定した場合、

- (1)  $X \times Y$  の  $F_1$  に O を交雑して得た世代では、強度抵抗性 : 中度抵抗性 : 感受性がどのような比で分離すると期待されるか。
- (2)  $X \times Y$  の  $F_1$  を自家受粉して得た  $F_2$  では、強度抵抗性 : 中度抵抗性 : 感受性がどのような比で分離すると期待されるか。

問 2 実際には、それら 2 つの遺伝子座は連鎖しており、 $X \times Y$  の  $F_1$  に  $O$  を交雑して得た世代における、強度抵抗性：中度抵抗性：感受性の分離比は、 $5 : 4 : 1$  であった。

- (1) それら 2 つの遺伝子座の組換え価は何%と推測されるか。
- (2) これを確かめるため、 $X \times Y$  の  $F_1$  に  $O$  を交雑して得た世代のうち、強度抵抗性を示すものを 100 個体選んで自家受粉し、各個体に由来する集団を育成した。このようにして得られた 100 集団のうち、すべての表現型(強度抵抗性・中度抵抗性・感受性)が現われる集団(p)と、中度抵抗性個体が現われない集団(q)は、それぞれいくつずつ出現すると期待されるか。
- (3) この連鎖がある場合、 $X \times Y$  の  $F_1$  を自家受粉して得た  $F_2$  では、強度抵抗性：中度抵抗性：感受性がどのような比で分離すると期待されるか。