

令和5年度入学試験問題（前期日程）

理 科  
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	6 ページまで
化 学	7 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所または2か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

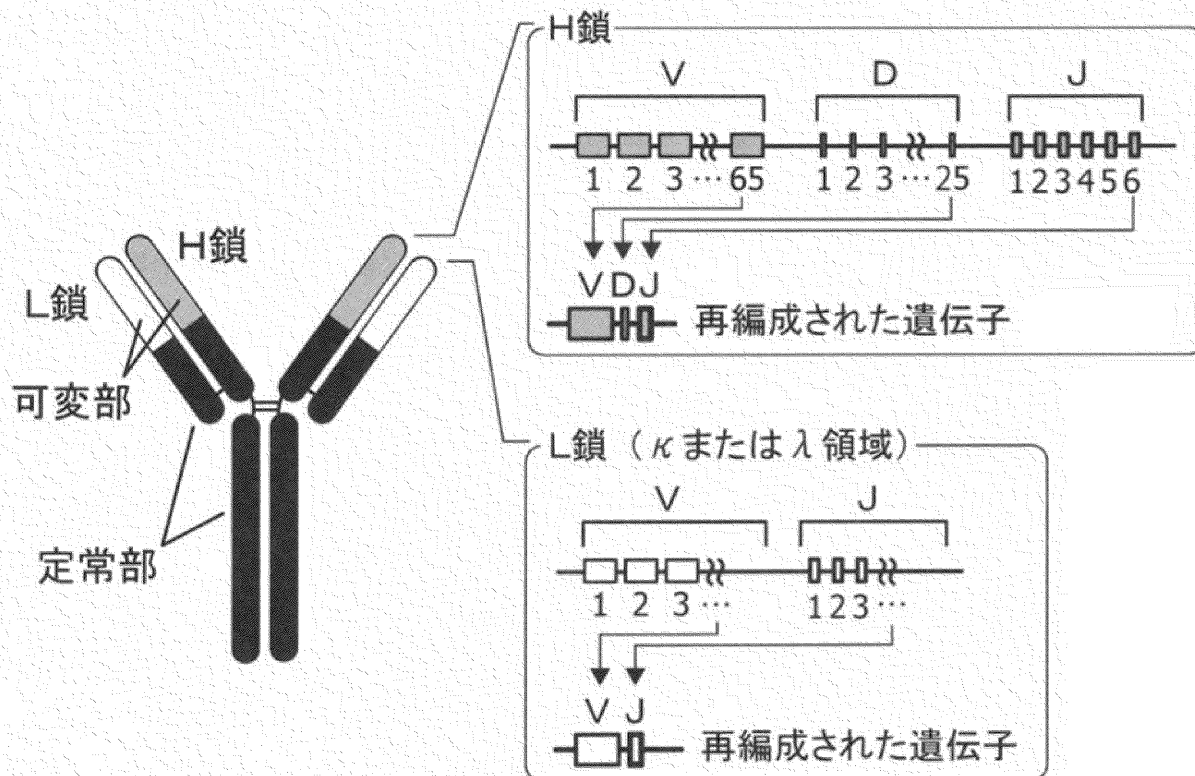
# 生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

人体が病原体や異物の侵入を防ぎ異物を排除する仕組みには、<sup>(a)</sup>物理的な防御、<sup>(b)</sup>化学的な防御と、<sup>(c)</sup>自然免疫および獲得免疫(適応免疫)がある。そのうち獲得免疫では、 という生体分子が大きな役割を担う。これは  から分化した細胞によって分泌されるもので、 は、病原体と接触した  からの情報伝達によって活性化される。

は、初めて侵入・接触した病原体などの場合には十数日程度で分泌されるようになる。このような、ある病原体に対して初めて起きる獲得免疫の反応を、免疫の  という。一方、過去に侵入したことがある病原体に対しては、数日程度という短い期間で  が産生され、より速やかに病原体が排除される。これを免疫の  という。このように、繰り返し侵入した病原体に対して、速やかに獲得免疫が発動するようになる仕組みを  と呼ぶ。この仕組みを人工的に誘導することで、はしかやインフルエンザなどへの獲得免疫を付与し高める医療手段が  である。

は、免疫グロブリンというタンパク質でできており、図Iに示された構造を持つ。免疫グロブリンは、H鎖とL鎖という2種類のポリペプチドが組み合わさって構成されており、共通な構造である定常部と、免疫グロブリンの間で異なったアミノ酸配列を持つ可変部から成る。H鎖の可変部を構成する遺伝子としてV、D、Jの3種類が存在し、標準的なヒトのゲノムには、Vが65種類、Dが25種類、Jが6種類コードされる(ここでは、遺伝子数の個人差・集団差は考慮しないこととする)。L鎖の可変部を構成する遺伝子は、 $\kappa$ と $\lambda$ という2つの独立したゲノム領域にコードされており、 $\kappa$ には30種類のVと4種類のJ、 $\lambda$ には40種類のVと5種類のJがコードされる。1つ1つの免疫グロブリンについて、H鎖の可変部は、V、D、Jからそれぞれ1つずつランダムに選ばれ連結されたDNA配列に基づいて生成される。L鎖の可変部は、 $\kappa$ または $\lambda$ 領域のどちらか一方から、VとJが1つずつランダムに選ばれ連結されたDNA配列から生成される。このような、<sup>(d)</sup>ランダムな選択と結合という遺伝子再編成の仕組みによって、膨大な種類の免疫グロブリン可変部が作られて、多種多様な病原体や異物に対応する。



図I ヒト免疫グロブリン(IgG)の構造と遺伝子の関係

問1 文章中の  ～  に最も適切な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)の物理的な防御の記述として最も適した文章を次の(ア)～(ウ)から選び、その記号を答えなさい。

- (ア) 血液とリンパ液は、互いに混じり合わない仕組みになっていることで、病原体や異物の侵入を防いでいる。
- (イ) 鼻腔、口腔、消化管内壁などの粘膜は、分泌する粘液によって病原体や異物の侵入を防いでいる。
- (ウ) 骨と骨が連結する関節部では、軟骨や関節液などが力学的負荷を吸収して、損傷や病気を防いでいる。

問3 下線部(b)の化学的な防御の記述として最も適した文章を次の(ア)～(ウ)から選び、その記号を答えなさい。

- (ア) 皮膚の傷口は、血小板やフィブリンというタンパク質が凝固することによって、速やかにふさがれる。
- (イ) 紫外線などで損傷を受けたDNAは、複数種類の酵素によって修復され、病気の発症が抑えられている。
- (ウ) 胃液は、塩酸を含有することで強い酸性を示し、病原体を分解・殺菌する。

問4 下線部(c)の自然免疫として、免疫細胞が病原体を直接取り込み、消化・分解する「食作用」がある。この食作用を担う免疫細胞の名前として、適切なものを2つ答えなさい。

問5 H鎖の可変部を構成するV、D、J遺伝子配列の組み合わせ数は、合計でいくつになるか。計算過程を含めて答えなさい。

問6 免疫グロブリン全体として、可変部(H鎖とL鎖)の遺伝子配列の組み合わせの総数はいくつになるか。計算過程を含めて答えなさい。なお、1つの免疫グロブリンが持つ2本のH鎖およびL鎖は各々同一であるとする。

問7 次の文のAとBにあてはまる最も適切な語句を記入しなさい(順不同)。

免疫グロブリン可変部の多様性をさらに増加させる仕組みとして、遺伝子再編成の過程で起きるDNA塩基の  や  が挙げられる。

問8 下線部(d)のような仕組みによって、限られた数の遺伝子情報から、膨大な種類の免疫グロブリン可変部がつくられることを証明した  は、日本人で初となるノーベル生理学・医学賞を受賞した。Cにあてはまる適切な人名を、次の(ア)～(オ)から選び記号で答えなさい。

- (ア) 下村脩 (イ) 本庶佑 (ウ) 利根川進 (エ) 大村智 (オ) 大隅良典

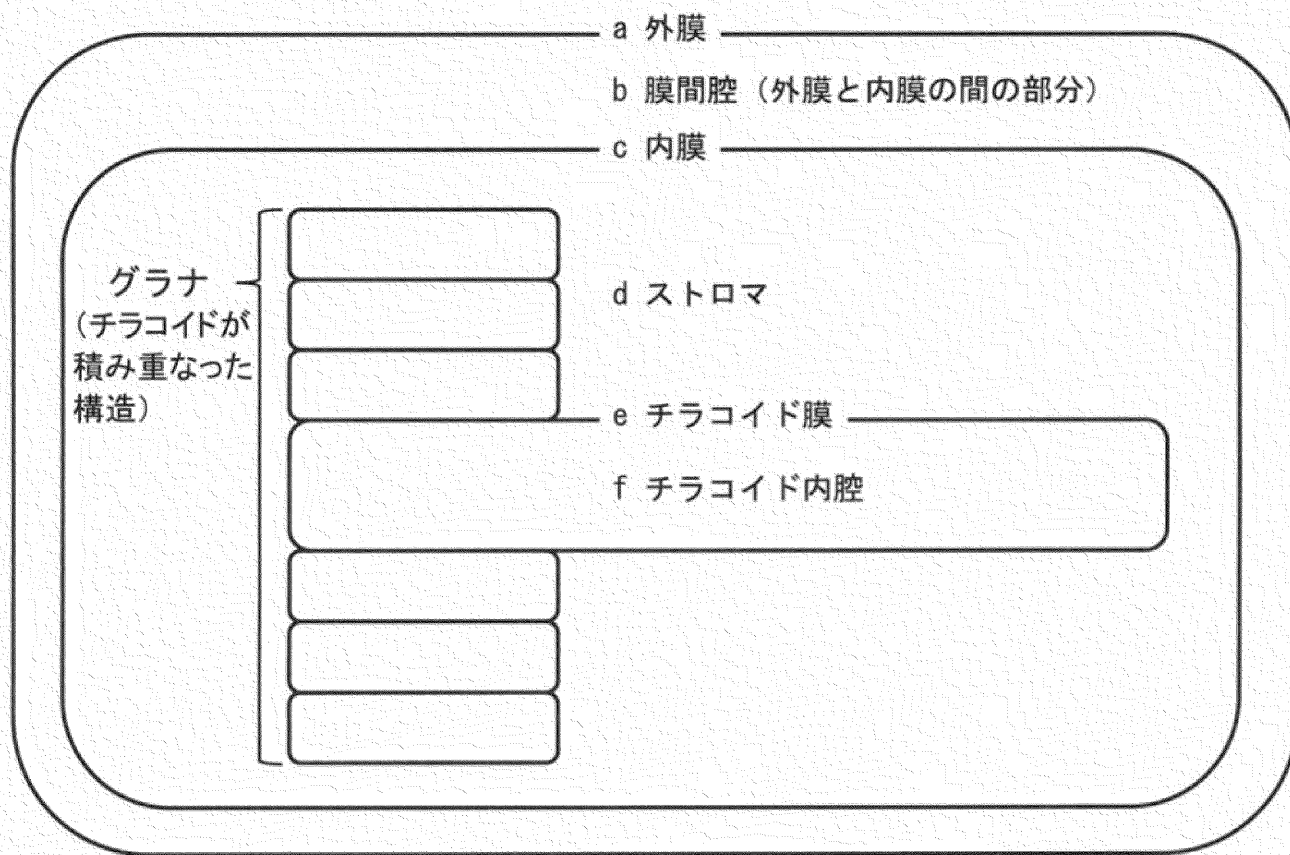
2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

細胞小器官である葉緑体は光合成の場である。葉緑体の起源はシアノバクテリアだと考えられており、葉緑体には核内の DNA とは異なる独自の DNA が存在する。1986 年に、杉浦らによりおよそ 16 万塩基対からなるタバコ葉緑体 DNA の全塩基配列が決定された。このことは DNA 配列から新しい遺伝子が次々と発見されるなど、先に塩基配列を決定してから遺伝子を探すというゲノムプロジェクトの先駆けとなった。

問1 下線部(a)のように、一部の細胞小器官が、原核生物由来であるとする説は何と呼ばれるか答えなさい。

問2 下の図Ⅱは葉緑体の膜(a, c, e)およびそれらの膜で囲まれた部分(b, d, f)を模式的に表したものである。(1)~(5)に当てはまるものを a~f より選びなさい。

- (1) ATP 合成酵素が存在する場所
- (2)  $H_2O$  を分解し  $O_2$  を生じる反応に関与する色素タンパク質複合体が存在する場所
- (3)  $H^+$  が蓄積する場所
- (4)  $CO_2$  が固定される場所
- (5) 葉緑体の起源と考えられるシアノバクテリアには存在しない膜



図Ⅱ 葉緑体構造の模式図

問3 タバコ葉緑体 DNA のシトシンの割合が 20 % である時、アデニンは 16 万塩基対の中に何個存在するか。計算過程を含めて答えなさい。

問4 葉緑体 DNA が環状で、DNA ポリメラーゼの合成速度が毎秒 800 塩基の時、タバコ葉緑体 DNA はおよそ何秒で複製が完了すると考えられるか。計算過程を含めて答えなさい。ただし、リーディング鎖とラギング鎖は協調して合成され、複製開始点は 1 ヲ所とする。

問5 制限酵素と遺伝子組換えに関する以下の各問に答えなさい。

(1) シトシン含量 20 %、16 万塩基対のタバコ葉緑体 DNA を 5'-GGGCCC-3' の 6 塩基対を認識する制限酵素で切断した時に生じると期待される DNA 断片の数は以下の(ア)~(エ)のどれが最も近いと考えられるか。記号を答えなさい。

(ア) 10      (イ) 40      (ウ) 110      (エ) 250

(2) 制限酵素で切断し、得られた DNA 断片を塩基配列決定など更に解析を行うために、大腸菌などで複製可能な 運び屋の (b) 役割をする別の DNA 分子 につなぎ換えることがよく行われる。次の問(I)および問(II)に答えなさい。

(I) 下線部(b)の DNA 分子は通常何と呼ばれるか、名称を答えなさい。

(II) 下線部(b)の DNA 分子と目的の DNA 断片をつなく時に使われる酵素の名称を答えなさい。

問6 近年、遺伝子組換え作物に導入された外来遺伝子が花粉によって飛散し、生物多様性に影響を与えることが問題になっている。有性生殖においてミトコンドリアや葉緑体は雌性配偶子によってのみ接合子に伝えられることを利用して、環境中への外来遺伝子の流出を抑えられる遺伝子組換え作物を作成する方法について理由を合わせて説明しなさい。