

生 物

第 1 問

酵素反応に関する次の文章を読み、下の問 1～問 6 に答えよ。

一般に多くの化学反応は触媒によって促進される。a 生物の体内では、酵素が触媒としてはたらき化学反応を効率よく進行させている。このように酵素がはたらく化学反応を酵素反応という。酵素の本体はタンパク質であり、酵素がはたらきかける相手の物質を（ア）といい、反応によってつくられる物質を生成物という。酵素反応では、酵素の（イ）が（ア）と結合して複合体を形成する。酵素は特定の物質のみにはたらきかける性質があり、これを（ウ）という。これは b 酵素が特有の立体構造をもつことによる。酵素の中には、不活性型としてつくられ、1カ所もしくは数カ所のペプチド結合が切断されることで活性型にかわるものもある。

ペプチド結合を切断する酵素のひとつであるキモトリプシンは、全長 245 個のアミノ酸からなる不活性型のキモトリプシノーゲンとしてすい臓で合成される。キモトリプシノーゲンには 5 つの S-S（ジスルフィド）結合があり、それぞれポリペプチド鎖のアミノ末端（N 末端）から 1 番目と 122 番目、42 番目と 58 番目、136 番目と 201 番目、168 番目と 182 番目、191 番目と 220 番目のシステインの間で形成されている。キモトリプシノーゲンはすい臓から小腸に分泌されたのち、同様にすい臓から分泌されるトリプシンと呼ばれる酵素によってペプチド結合の切断を受け、キモトリプシンになる。キモトリプシンは 3 つのポリペプチド鎖からなるが、それらはキモトリプシノーゲンの N 末端 1 番目のアミノ酸から 13 番目までの A 鎖、16 番目から 146 番目までの B 鎖、149 番目から 245 番目までの C 鎖である。

トリプシンは小腸ではキモトリプシンだけでなく、エラスターゼ、カルボキシペプチダーゼ、リパーゼなど多くの酵素を同様の機構によって活性化するが、c すい臓では酵素反応の阻害物質と結合しており、トリプシンによる酵素の活性化は阻害されている。

問1 文章中の（ア）～（ウ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関連して、酵素反応の速度に影響を与える要因を2つあげよ。ただし、酵素反応の阻害物質の濃度や、酵素自身や酵素と反応する物質の濃度以外のものとする。

問3 下線部 b に関連して、タンパク質の変性とは何か簡潔に説明せよ。

問4 ペプチドホルモンのインスリンは、ペプチド結合の一部が切断された状態で機能することが知られている。図1は、21個のアミノ酸からなるA鎖と30個のアミノ酸からなるB鎖が3つのS-S結合でつながっているインスリンの構造を示したものである。

キモトリプシノーゲンとキモトリプシンのそれぞれの構造を、図1にならって図示せよ。数字はN末端からのアミノ酸の位置をあらわすものとする。

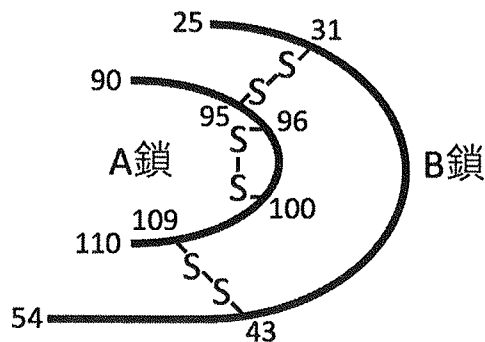


図1

問5 キモトリプシンはなぜ活性をもたないキモトリプシノーゲンとして合成されるのか。その理由を簡潔に説明せよ。

問6 下線部 c のトリプシンの阻害物質はタンパク質であり、キモトリプシノーゲンと似た立体構造の部分をもつ。この部分がトリプシンの（イ）と強く結合することで反応を阻害している。このような阻害を何というか答えよ。また、解答欄のグラフの実線は阻害物質がない場合の反応する物質の濃度とトリプシンの反応速度との関係を示している。阻害物質が少量存在するときの反応速度を解答欄のグラフに点線で描き加えよ。

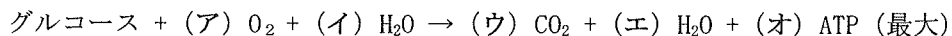
第2問

ミトコンドリアに関する次の文章を読み、下の問1と問2に答えよ。

ミトコンドリアは、真核細胞の細胞質に存在する細胞内小器官である。ミトコンドリアの細胞における機能は、精製したミトコンドリアを用いた研究から、細胞に必要なエネルギーを作り出すことであることがわかっている。酸素を使ってエネルギーを作り出すこの過程を呼吸という。a ミトコンドリアの起源は、真核細胞の祖先細胞に共生した細菌であると考えられている。

問1

(1) 次の呼吸の反応式中の (ア) ~ (オ) に最も適切な数値を入れよ。



(2) ミトコンドリア内膜でATPが産生される反応系の名称を答えよ。

(3) ミトコンドリア内膜でATPが産生される反応式を答えよ。

問2 下線部 a のように考えられている根拠を説明せよ。

第3問

ニワトリの羽毛に関する次の文章を読み、下の問1～問6に答えよ。

ニワトリの性染色体はZW型であり、性染色体のホモ接合体ZZはオス(♂)、ヘテロ接合体ZWはメス(♀)となる。

Z染色体上の対立遺伝子(A, a)は、それぞれ有色羽毛と白色羽毛の表現型を与える。この羽毛色の対立遺伝子(A 有色, a 白色)は毛並みの対立遺伝子(B 野性型, b 糸状の羽毛)とは、連鎖しないことが知られている。また、毛並みの対立遺伝子のヘテロ接合体は野性型の表現型を示す。

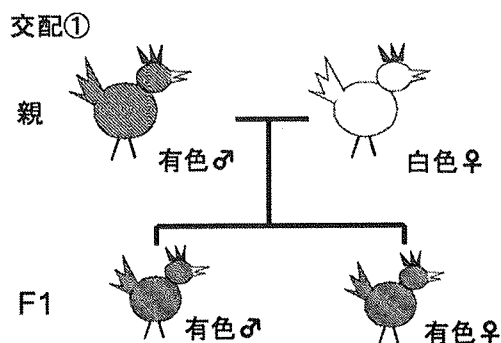


図2

交配①：白色羽毛の♀と有色羽毛(ホモ接合体)の♂とを交配したところ、得られた雑種第一代(F1)はすべて有色羽毛であった(図2)。

交配②：交配①のF1の♂と、親鳥と同じ白色羽毛の♀とを交配させた。

交配③：白色羽毛の♂と有色羽毛の♀とを交配させた。

交配④：対立遺伝子AとBをホモ接合体にもつ♂と白色で糸状の羽毛をもつ♀とを交配させた。

- 問 1** 交配①の結果は、対立遺伝子 a が与える白色羽毛の表現型が、対立遺伝子 A が与える有色羽毛の表現型に対して (ア) であることを示している。この文章中の (ア) に最も適切な語句を入れよ。
- 問 2** 交配②で、有色羽毛と白色羽毛の個体の予想される出現頻度 (%) を、♂と♀それぞれについて答えよ。交配の結果得られた全個体の総数を 100% とする。
- 問 3** 交配③で、有色羽毛と白色羽毛の個体の予想される出現頻度 (%) を、♂と♀それぞれについて答えよ。交配の結果得られた全個体の総数を 100% とする。
- 問 4** 遺伝子型が不明な有色羽毛♂の遺伝子型を知るためにはどのような表現型の♀との交配実験を行えば良いか。また、F 1 個体の表現型の予想される出現頻度 (%) と結論される有色羽毛♂の遺伝子型を答えよ。交配の結果得られた全個体の総数を 100% とする。
- 問 5** 交配①と交配③のように、羽毛色の組み合わせが♂♀で逆になると、F 1 個体の羽毛色の割合に違いがあらわれた。これは、毛並みの表現型の遺伝とは異なる。この原因となる両者の違いを簡潔に説明せよ。
- 問 6** 交配④の雑種第二代(F 2) 個体♂と♀それぞれにおいて、各表現型をもつ個体の予想される出現頻度 (%) を答えよ。ただし、交配の結果得られた♂個体の合計と♀個体の合計をそれぞれ 100% として答えよ。

第4問

次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

岡山県笠岡市の笠岡湾周辺は、国内でも代表的なカブトガニの生息地・繁殖地であり、佐賀県伊万里市の繁殖地とともにカブトガニ繁殖地として国の天然記念物に指定されている。

カブトガニは、三葉虫(さんようちゅう)に最も近い現存の動物と考えられており、a 生きた(生きている)化石と呼ばれる生物の代表例である。かつては、瀬戸内海や九州北部一帯の沿岸の干潟や砂浜に広く生息していたが、b 現在では絶滅の危機に立たされており、環境省のレッドデータブックでは、絶滅危惧Ⅰ類に指定されている。

カブトガニ類の血液(血リンパ液)は、c 酸素運搬を担うタンパク質が銅を含むため青色をしている。また、カブトガニの血液から得られる成分がグラム陰性細菌の内毒素であるエンドトキシンにより d 凝固(ゲル化)することから、注射剤や医療器具等の検査に用いられている。

問1 下線部 a に関して、「生きた(生きている)化石」とはどのような生物を指すのかを説明し、一般にカブトガニ以外の「生きた(生きている)化石」とされる動物の名前を1つあげよ。

問2 下線部 b に関して、カブトガニ類はアメリカや東南アジアにも生息しており、それらの地域では生息数は減少しているものの絶滅の危機には瀕していない。我が国のカブトガニが絶滅の危機に瀕してしまった原因として考えられることを簡潔に説明せよ。

問3 下線部 c に関連して、ヒトの血液中の酸素運搬を担うタンパク質とそのタンパク質に含まれる金属の名称を答えよ。また、このタンパク質が肺から酸素を組織に運ぶ機構について、以下の用語を用いて簡潔に説明せよ。

用語：酸素濃度、二酸化炭素濃度

問4 下線部 d に関連して、ヒトの血液が出血により凝固する過程を説明した以下の文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を入れよ。

血管が傷ついて出血すると、血小板から血液を凝固させる因子が放出され、血しょう中のカルシウムイオンなどとともに血しょう中の（ア）をトロンビンに変化させる。トロンビンは（イ）に作用し、繊維状の（ウ）に変化させる。（ウ）は網状に沈殿しながら血球を絡めて凝集させて血液を凝固させる。この凝固したものを（エ）という。