

令和6年度個別学力試験問題

生 物

(理 工 学 部)

解答時間 90分

配 点 200点

注意事項

1. 解答開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 受験番号を解答用紙の所定の欄に記入してください。
3. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
4. 問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

問題文の訂正

3 ページ・・・2 問2の訂正

【誤】

問2 H鎖の遺伝子について、下線部 (a), (c), (d) では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。①～④のうち、(a), (c), (d) の遺伝子と同等の長さのPCR産物が得られるものをすべて選び、番号で答えなさい。

【正】

問2 H鎖の遺伝子について、下線部 (a), (c), (d) では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。①～④を鋳型として、PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) 法でH鎖の遺伝子全体が増幅できたとする。得られるPCR産物のうち、(a), (c), (d) それぞれのH鎖の遺伝子全体と同等の長さになるのは①～④のどれか、すべて選んで番号で答えなさい。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

生物にとって重要な物質の一つにタンパク質がある。タンパク質は多数のアミノ酸が鎖状につながって、複雑な立体構造をしている分子である。生物のタンパク質を構成するアミノ酸には20種類あり、アミノ酸の基本構造は1つの炭素原子にアミノ基(-NH_2)、カルボキシ基(-COOH)、水素原子(-H)、および側鎖が結合したものである。側鎖の違いによって、疎水性や親水性などのアミノ酸の性質が異なる。^(a)

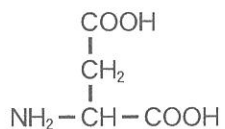
アミノ酸が2個以上結合したものをペプチドといい、ペプチド結合によってつながっている。タンパク質は多数のアミノ酸が繋がったポリペプチドからなり、このアミノ酸の並び方を一次構造という。タンパク質は部分的な立体構造である二次構造をもちながら、分子全体としてより複雑な固有の立体構造(三次構造)を形成する。これらの立体構造によって特定の機能をもつことになる。^(b)^(c)

タンパク質には多くの種類があり、化学反応の触媒作用としてはたらく酵素や物質の輸送など、それぞれが固有のはたらきをもつ。タンパク質は細胞内で合成され、細胞内や細胞外ではたらく。^(d)

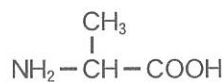
古くなったタンパク質は、リソソームなどでアミノ酸に分解され、アミノ酸は再利用される。また、タンパク質は呼吸基質となることがある。タンパク質は分解されてアミノ酸になった後、アンモニアを遊離して有機酸になる。この過程を脱アミノ反応という。有機酸は呼吸の過程に入って、水と二酸化炭素に分解される。^(e)

問 1 下線部(a)に関し、タンパク質を構成するアミノ酸について次の問いに答えなさい。

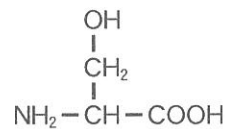
(1) 次のアミノ酸(ア)～(エ)がもつ側鎖の性質にあてはまるものを、下記の①～④からすべて選び、番号で答えなさい。



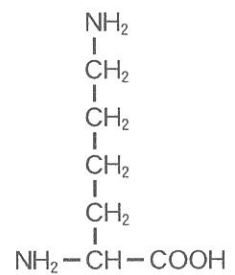
(ア) アスパラギン酸



(イ) アラニン



(ウ) セリン



(エ) リシン

- ① 親水性の側鎖
- ② 疎水性の側鎖
- ③ 酸性(負の電荷をもつ)の側鎖
- ④ アルカリ性(正の電荷をもつ)の側鎖

(2) 側鎖に硫黄を含むアミノ酸の名称をすべて答えなさい。

(3) 必須アミノ酸は、どのようなアミノ酸かを説明しなさい。

問 2 下線部(b)に関し、次の問いに答えなさい。

(1) 三次構造には、硫黄どうしが結合して固有の立体構造をとるものもある。この結合の名称と、この結合をもつタンパク質の例を1つあげなさい。

(2) タンパク質の中には四次構造をもつものもある。四次構造をもつタンパク質の例を1つあげ、四次構造とはどのような構造であるかを説明しなさい。

問 3 下線部(c)に関し、ヒトの涙などに含まれているタンパク質にリゾチームがある。ヒトのリゾチームは130個のアミノ酸からなるが、35番目のグルタミン酸と53番目のアスパラギン酸が重要なはたらきをもつとされている。これら2つのアミノ酸が、細菌に対してどのようなはたらきをするのかを説明しなさい。

問 4 下線部(d)に関し、アミラーゼはだ液に含まれる消化酵素である。アミラーゼが、だ液腺の腺細胞で遺伝子の転写から細胞外に分泌されるまでの過程を、次の語句をすべて用いて説明しなさい。

小胞 分泌小胞

問 5 下線部(e)に関し、トリプトファン($C_{11}H_{12}N_2O_2$)が呼吸基質として分解されたときの呼吸商を計算し、小数第3位を四捨五入した値を答えなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

ヒトの体に病原体が侵入すると、まず自然免疫にはたらく細胞が活性化されて、(ア)と総称されるタンパク質を放出し、食細胞の食作用を強くしたり、他の免疫細胞を引き寄せたり、毛細血管を緩めたりして(イ)反応を引き起こす。その後樹状細胞は、抗原の情報を(ウ)という分子に結合して細胞表面に出し、T細胞に提示する。これにより活性化されたヘルパーT細胞がB細胞を活性化し、(エ)というタンパク質である抗体が産生される。

抗体はH鎖とL鎖の2種類のポリペプチドからなる。非常に多くの種類の抗原に対応できる抗体がつくられるためには、特別なしくみが必要である。B細胞の場合、抗体が多様性を獲得するため「再構成」という遺伝子組換えが起きる。抗原と結合する部位を可変部といい、B細胞ごとにアミノ酸配列が異なっている。造血幹細胞からB細胞が成熟・分化する過程で、可変部の遺伝子再構成が生じる。未分化なB細胞にあるH鎖の遺伝子領域にはV、D、Jそれぞれの遺伝子、L鎖の遺伝子領域にはV、Jそれぞれの遺伝子が並んでいる。^(a)B細胞が成熟するにつれてH鎖はV、D、J遺伝子から、L鎖はV、J遺伝子からそれぞれ1つずつが選ばれ、成熟した^(b)B細胞の遺伝子^(c)として再構成される。再構成の際のDNA切断部位が修復される時、修復に関わる酵素の作用により塩基配列の変化や塩基の挿入などが起き、さらに抗体の多様性は増加する。その後遺伝子から転写され、成熟 mRNA(伝令 RNA)^(d)となり、翻訳を経てH鎖、L鎖ができ抗原を認識する。T細胞のT細胞受容体でもB細胞と同じ酵素^(e)のはたらきによって、V、D、J遺伝子の再構成が行われ、多様な抗原を認識できる。しかし、B細胞ではさらにT細胞と異なるしくみがある。抗原により活性化された後に別の酵素^(f)のはたらきにより、V遺伝子に高頻度^(g)に一塩基単位の変異が生じ、そのことによりV遺伝子が翻訳された可変部(V領域という)となってより強く抗原と結合できる抗体が産生されることが知られている。

問1 文中の(ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問2 H鎖の遺伝子について、下線部(a)、(c)、(d)では、それぞれ全体の配列の長さが異なる。

①～④のうち、(a)、(c)、(d)の遺伝子と同等の長さのPCR産物が得られるものをすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 分化したB細胞から抽出したDNA
- ② 分化したB細胞から抽出したRNAをもとに逆転写酵素で作成したcDNA
- ③ マクロファージから抽出したDNA
- ④ 肝臓から抽出したDNA

問 3 下線部(b)について、H鎖のV遺伝子が40種類、D遺伝子が23種類、J遺伝子が6種類、L鎖のV遺伝子が60種類、J遺伝子が5種類とすると、これだけで考えられるH鎖とL鎖からなる抗体の可変部の遺伝子の組み合わせは何通りになるか答えなさい。

問 4 下線部(c)と(d)の配列の長さが異なるのはどういうしくみによるか、しくみの名称を答えなさい。

問 5 下線部(e)、(f)に関して、再構成、および高頻度の一塩基変異にはそれぞれ別々の酵素のはたらきが必要である。再構成に関わる酵素(e)に生まれつき遺伝子異常があつて酵素のはたらきが低い場合(E)と、下線部(f)に関する酵素に生まれつき遺伝子異常があつて酵素のはたらきが低い場合(F)があり、(E)、(F)ともに感染症にかかりやすい病気になる。しかし(E)と(F)を比べると感染症のかかりやすさに違いがある。かかりやすさの違いを簡単に説明しなさい。またその違いが生じる理由を推察し、以下の語句をすべて使って説明しなさい。

抗体 T細胞 B細胞 病原体 体液性免疫 細胞性免疫

問 6 下線部(g)に関して、B細胞が抗原によって活性化されると、高頻度の一塩基変異がランダムにV遺伝子におこり、抗体可変部のV領域が変化して、より強く抗原と結合できる抗体がつくられることにつながるといわれている。一塩基の変異がランダムに起きた遺伝子から作られた抗体の中から、より結合性の高い抗体が生み出される理由を推察し、以下の語句をすべて使って説明しなさい。

アミノ酸 構造 選択

- 3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、文章中の対立遺伝子(アレル)Aとa、Bとb、Dとdは、それぞれ大文字を優性(顕性)、小文字を劣性(潜性)の対立遺伝子とする。また、遺伝子型(遺伝型)において「-」は優性遺伝子および劣性遺伝子どちらでもよい場合を示す。

地球には多様な生物がいる。生物は共通の特徴をもちつつ、それぞれに特有な形や性質をもっている。生物の遺伝的な多様性の源泉は、突然変異によるDNA配列の変化である。また、生物の生殖方式には無性生殖と有性生殖があるが、有性生殖は遺伝的な多様性を生み出すことに寄与している。^(a)一方で、無性生殖には環境が適していれば短期間に個体数を増やすことができるという利点がある。^(b)

生物の遺伝する形質を規定する要素を遺伝子といい、複数の遺伝子が一つの形質に寄与していることもある。例えば、ニワトリの鶏冠(トサカ)の形質には、別々の染色体上に存在する2対の遺伝子(A/aおよびB/b)が関与している。優性であるA遺伝子と優性であるB遺伝子を少なくとも一つずつもつ場合(A-B-)、鶏冠の形態はクルミ冠となる。同様に、A遺伝子を少なくとも一つもつがB遺伝子をもたない場合(A-bb)はバラ冠、A遺伝子をもたないがB遺伝子を少なく

遺伝子型	表現型
A- B-	クルミ冠
A- bb	バラ冠
aa B-	マメ冠
aa bb	単冠

表1

とも一つもつ場合(aaB-)はマメ冠、A遺伝子とB遺伝子両方をもたない場合(aabb)は単冠となる。遺伝子型と対応する鶏冠の表現型をまとめたものを表1に示す。純系のバラ冠のニワトリ(AAbb)と純系のマメ冠のニワトリ(aaBB)を交配すると、得られる雑種第1世代の個体はすべて(ア)となる。さらに、得られた雑種第1世代の個体同士を交配すると、雑種第2世代ではクルミ冠、バラ冠、マメ冠、単冠が分離比(イ)で得られる。また、雑種第1世代の個体に単冠の個体を交配すると、クルミ冠、バラ冠、マメ冠、単冠が分離比(ウ)で得られる。

- 問1 下線部(a)について、自然環境で無性生殖を行うことができる生物を下の7つの生物の中からすべて選びなさい。

酵母 ハツカネズミ ジャガイモ ヒト
ヒドラ ゾウリムシ メダカ

- 問2 下線部(b)について、有性生殖に際して遺伝的な多様性を引き起こすしくみを2つ答えなさい。

- 問3 文中の(ア)に入る鶏冠の表現型を答えなさい。また、(イ)および(ウ)に入る分離比をそれぞれ答えなさい。

問 4 遺伝子 A と同じ染色体上に脚の表現型を決める遺伝子 D/d が存在するものとする。劣性遺伝子 d をホモ接合でもつ個体 (dd) は正常脚となり、優性遺伝子 D と劣性遺伝子 d をヘテロ接合でもつ個体 (Dd) は短脚となる。ところが、優性遺伝子 D をホモ接合でもつ個体 (DD) は胚の時期に死亡し卵は孵化しない。バラ冠で正常脚の個体 (AAbbdd) と単冠で短脚の個体 (aabbDd) を交配した時、正常に孵化してくる次世代個体の遺伝子型をすべて答えなさい。

問 5 問 4 で得られた次世代個体のうち、短脚の表現型を示す個体どうしを交配した。得られる個体の表現型 (バラ冠・短脚, バラ冠・正常脚, 単冠・短脚, 単冠・正常脚) の予想される理論上の比を答えなさい。遺伝子 AD 間の組換え価は 20% である。

問 6 同じ染色体上の A 遺伝子と D 遺伝子の間に、ある表現型を決める E 遺伝子 (E/e) があり、交配によって AE 間, ED 間, AD 間のそれぞれの組換え価を求めたところ、図 1 のように AE 間の組換え価 (8%) と ED 間の組換え価 (14%) の合計は AD 間の組換え価 (20%) よりも大きくなった。その理由について説明しなさい。

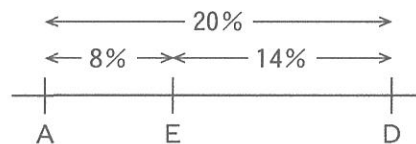


図 1

4 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

動物は遺伝的にプログラムされた様々な生得的な行動を行う。ある刺激を受けて常に定まった行動を示す場合、この刺激をかぎ刺激という。トゲウオ(イトヨやハリヨなどの総称)は、春になると、性ホルモンのはたらきで、雄の腹部は婚姻色を示し、川や池の深いところに水草を集めて巣をつくる。同種の別の雄が近づくと、攻撃して追い払う生得的行動を示す。腹部の色という情報が雄の神経で処理され、攻撃行動が引き起こされたのである。巣に近づいてきたのが雌である場合、雌の特徴がかぎ刺激となって雄は求愛行動を行う。雌が求愛に応じると、次々と相手の行動がかぎ刺激となって行動の連鎖が進み、巣の中で産卵が行われる。

周囲からの特定の刺激に対して、特定の方向に向かって反応する行動を定位という。メンフクロウは視覚がほとんど役に立たない暗闇の中でも、獲物の居場所を正確に特定し、すばやく飛び立って捕えることができる。このとき、獲物がいる方角は、獲物が動いたときなどに立てるわずかな音だけをたよりに判断している。同じ獲物が立てた音でも場所によって左右の耳に到達した音は異なっている。また、メンフクロウの右耳は眼より下方で上向きに、左耳は眼より上方で下向きに開口しており、このような左右非対称の形態は定位に役立っていると考えられる。その情報の差は神経回路で処理された後、統合されることによって3次元の聴覚空間地図が脳内につくりあげられる。

伝書バトが見知らぬ遠距離の土地からでも帰巢することができるのは、地磁気や他の情報を利用して定位を行うからである。ハトの内耳には壺のうと呼ばれる部位があり、地磁気の受容にはたらく。壺のうは鉄を含む耳石をもつため生体磁石ともよばれ、地磁気を検知した耳石が感覚毛を刺激し、方角を決めていると考えられる。

体外に分泌された物質が、かぎ刺激として同種の個体に特有の定まった反応を起こさせる場合、この物質をフェロモンという。フェロモンには異性を引き寄せる性フェロモンなどいろいろな種類がある。

問 1 下線部(a)について、腹部の婚姻色が攻撃行動のかぎ刺激であることはどのような実験で確かめることができるか、実験の方法と観察される行動について80字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 2 下線部(b)について、雄の求愛行動を引き起こすかぎ刺激は雌のどのような特徴か。また、雄はどのような求愛行動を行うか、答えなさい。

問 3 下線部(c)について、耳に到達した音は左右で何が異なっているか、2つ答えなさい。

問 4 下線部(d)について、メンフクロウの左右非対称な耳は定位にどのように役立っていると考えられるか、50字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 5 下線部(e)について、ハトが定位に利用している情報は地磁気他に何かあるか、答えなさい。

問 6 下線部(f)について、壺のうがハトの帰巢に役立っていることはどのような実験で確かめることができるか、実験の方法と観察されるハトの行動について40字以内(句読点を含む)で答えなさい。

問 7 下線部(g)について、性フェロモンの他にどのようなフェロモンがあるか、名称を2つ挙げてそれぞれのはたらきを答えなさい。