

生 物

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
2. この冊子は表紙を除いて15ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板に掲示または板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに横書きで記入すること。マス目のある記述問題は句読点も文字数に含まれる。

1

以下の文章を読み、後の問1～問5に答えなさい。

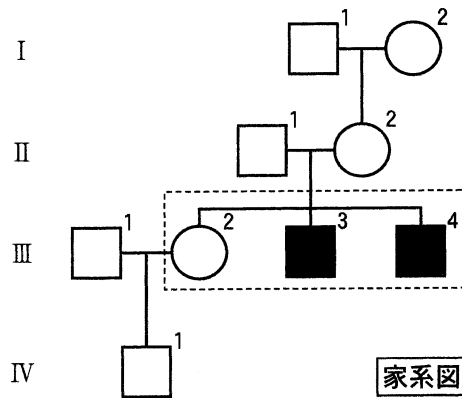
ヒトは両親から受け継いだ23組の(ア)を持ち、有性生殖を行う生物である。生殖においては、精子と卵子という配偶子が融合し、受精が起こる。その後、細胞分裂が始まり、新しい個体となる。配偶子を形成する際の(イ)分裂で一つの配偶子に両親のどちらから各染色体を受け継ぐかについて考えると、配偶子の多様性は(ウ)通りにおよぶ。加えて、(イ)分裂の初期に(エ)した(ア)の(オ)が起こるため、遺伝的多様性はさらに大きくなる。また、頻度はかなり低いと考えられるが、上記の過程で、新たな遺伝子変異が起こり、両親には全くない変異が子に現れるということもある。

親から受け継いだ遺伝情報により、髪の色、身長などの違いだけでなく、各種の臓器や血管、血液のはたらきも制御されている。ヒトの体内には、動脈、静脈、および毛細血管で構成される血管のネットワークが形成されており、血管の中を血液が循環している。毛細血管の壁は薄く、強い外力を受けて破損すると、破損部から出血が起こる。破損部の血管壁には(カ)が集まり、さらに、(キ)イオンと、肝臓で作られる血液凝固因子の作用により活性化される(ク)という酵素が働き、(ケ)というタンパク質が(コ)に変換される。凝集して繊維状になった(コ)は赤血球などを巻き込み、(サ)の形成により出血部位を塞いで止血が成立する。

多くの血液凝固因子はタンパク質であり、それらをコードする遺伝子はゲノムDNA上に存在している。主要な血液凝固因子の遺伝子に変異が起こり、血液凝固因子の機能が喪失すると、血友病という出血が止まりにくい疾患になる。血友病の患者のほとんどは男性であるという性差があり、血友病の主な原因遺伝子はX染色体上に存在することがわかっている。本問では、ほとんどの場合このX染色体上の単一の原因遺伝子の変異で発症すると考えて良いとする。

さて、ある4世代にわたる家系で複数の血友病患者が発生している(次のページの家系図を参照)。家系図では、古い世代は上に記載されている。血友病を発症していない男性を□、女性を○で示す。発症している男性と女性をそれぞれ

■, ●と示す。たとえば, 第 I 世代の 2 人を結ぶ横線は結婚(婚姻)を意味し, この夫婦には血友病ではない女性の子が 1 人(II-2)いることになる。第 III 世代の点線で囲まれた 3 人は兄弟姉妹関係である(生まれた順に左から記載している)。発症している場合, 原因となる変異を必ず持つことになるが, 発症していない場合においても, 原因となる変異を持つ(いわゆる保因者に該当)ことがあることを考慮に入れ, この家系について考えてみよう。女性 III-2 の弟が 2 人とも血友病であることを踏まえると, 第 III 世代で新たな変異が発生したのではなく, 彼らの親の世代のゲノムには, すでに原因となる変異があったと考えて良いとする。



問 1 文章中の(ア)~(サ)に当てはまる生物学用語を答えなさい。ただし, (ウ)については, a の b 乗という形式の数値で答えなさい。a と b は任意の整数とする。

問 2 一般的に, 女性が血友病を発症する頻度が低いのはなぜか。100 字以内で説明しなさい。

問 3 女性(Ⅲ-2)が血友病ではない男性(Ⅲ-1)と結婚し、すでに血友病ではない男児(Ⅳ-1)が1人いることを考慮したうえで、Ⅲ-2が血友病の原因となる変異を持つ可能性(確率)を小数第2位までの数値で答えなさい。また、算出根拠となる数式を示し、文章で説明しなさい。

問 4 女性の血友病患者は非常に少ないが、全くいないわけではない。もし、Ⅲ-2の第2子が女性であり、血友病(または血友病に類似の病状)を発症する場合、どのような理由で発症すると考えられるか。80～160字以内で説明しなさい。Ⅲ-2の第2子が両親と全く異なる新たな変異を持つ可能性は非常に低く、無視して良いとする。

問 5 肝臓でのみ血液凝固因子が作られるしくみを50～100字以内で説明しなさい。

試験問題は次に続く。

2 以下の文章1と文章2を読み、後の問1～問7に答えなさい。

文章1：植物は、環境要因によるストレスを受けると、ストレスに対する抵抗性を高めたり、損傷の拡大を防ぐ反応を示す。例えば、植物には、乾燥した土壌の地下の浅い層で根の成長が低下するものがある一方で、土壌の深い層に根をより伸長させるものもある。①また、土壌が水で満たされ、土壌中の酸素が不足すると、ある植物では、体内で植物ホルモンが合成され、根の皮層細胞にプログラム細胞死を起こす。②さらに、乾燥によって、土壌の水分が不足すると、植物は傷害を受け、成長が阻害される場合がある。③④

問1 下線部①について、根が地下の深い層に伸長する利点は何か。15字以内で説明しなさい。

問2 下線部②について、合成される植物ホルモンを(ア)～(エ)の中から一つ選びなさい。

- (ア) エチレン
- (イ) アブシシン酸
- (ウ) サイトカイニン
- (エ) ブラシノステロイド

問3 下線部③について、根におけるプログラム細胞死の役割は何か。35字以内で答えなさい。

問 4 下線部④の現象が起こる理由として正しい記述を(ア)~(オ)の中から二つ選びなさい。

- (ア) 抗菌物質の合成が誘導される。
- (イ) 特定のタンパク質が変性する。
- (ウ) カリウムイオンが特異的に作用する。
- (エ) 土壌の浸透圧の上昇によって根の水分吸収が抑制される。
- (オ) 根においてジャスモン酸が合成され機械的ストレスを受けやすくなる。

文章 2：植物の種子は、水、酸素、および適度な温度がそろえば発芽を開始する。また、種子の種類によっては、発芽に光を必要とするものがある。^⑤ イネの種子の場合、乾燥した成熟種子の発芽に向かう活動は、吸水から始まる。初めの吸水は物理的な過程であり、種子の発芽能力や種子のおかれた環境によらず進行する。吸水後から発芽にいたる過程では、ある植物ホルモンが胚から胚乳の外側にある組織に移動し、アミラーゼの合成を促進する。^⑥ アミラーゼは胚乳に分泌され、貯蔵デンプンを分解して糖を生成する。種子が発芽能力を持ち、発芽に適する環境におかれれば、代謝過程を経て、胚の不可逆的な成長が始まり、やがて発芽に至る。

問 5 下線部⑤について、下記の文章中の(ア)~(カ)に当てはまる用語を答えなさい。

レタスの種子は、発芽に光を必要とするため(ア)種子と呼ばれる。(ア)種子の発芽には、(イ)という色素タンパク質が光受容体として関係している。(イ)は、(ウ)型が660 nm 付近の波長の(エ)を吸収すると(オ)型に転換し、胚の細胞に作用して(カ)の合成を促進する。(カ)は、アブシシン酸による発芽抑制を解除して、発芽を促進する。

問 6 下線部⑥について、組織名を答えなさい。

問 7 図は、乾燥したイネの種子が吸水を開始した後の時間と個体(種子および成長器官)あたりの水分含有量の関係を示したものである。発芽能力がある種子を图中的(ア)~(エ)から一つ選びなさい。なお、種子は発芽に適した水分と温度条件下におかれ、発芽能力がある種子は、吸水後の破線を示す時間までには必ず発芽しているものとする。

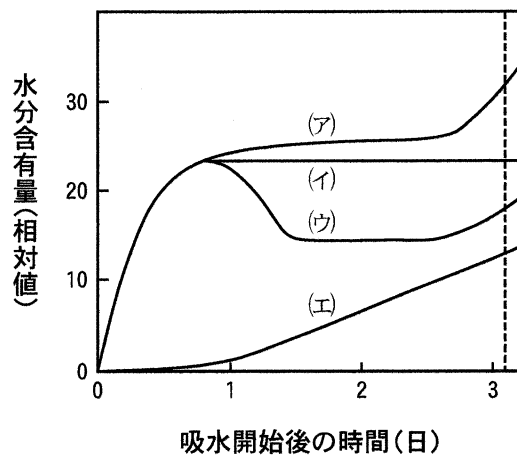


図 イネの種子の水分含有量と時間の関係

試験問題は次に続く。

3 以下の文章1と文章2を読み、後の問1～問5に答えなさい。

文章1：免疫には(ア)免疫と(イ)免疫が存在しており、両者は協調し合って病原体の排除を行う。好中球、樹状細胞、およびマクロファージなどの(ア)免疫を担う細胞は、病原体を幅広く認識し、病原体に反応して活性化される。一方、(イ)免疫は、樹状細胞から抗原情報をT細胞に伝えることによって、病原体断片を特異的に認識するキラーT細胞やヘルパーT細胞を活性化する。例えば、活性化されたヘルパーT細胞は(ア)免疫細胞を活性化するとともに、抗原と反応したB細胞を活性化して(ウ)の産生を誘導し、抗原の排除を行う。

マクロファージの表面でみられる病原体の認識は、(エ)様受容体を含むパターン認識受容体によって行われる。また、マクロファージによるT細胞やB細胞に対する抗原提示には、(オ)分子が重要な役割を担っている。さらに、(イ)免疫ではT細胞やB細胞ごとに認識する抗原が異なり、一度反応した抗原の情報を記憶した記憶細胞をつくる。このため、(イ)免疫には、免疫記憶と呼ばれるしくみが存在する。

問1 文章中の(ア)～(オ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 次の文章(ア)～(オ)のうち、正しい場合には○を、誤っている場合には×を記入しなさい。

- (ア) 体液性免疫はB細胞などによって担われている。
- (イ) 活性化されたキラーT細胞は、病原体感染細胞を非特異的に破壊する。
- (ウ) 汗、涙、および唾液に含まれるリゾチームは細菌の細胞膜を切断する。
- (エ) 汗、皮脂、および胃液はアルカリ性であり、微生物の繁殖を防ぐ効果を持つ。
- (オ) 気管や消化管の粘膜では粘液が分泌され、粘膜への病原体の付着や侵入を妨げている。

問 3 弱毒化または死滅した病原体や毒素は，ワクチンとして使われている。そこで，ワクチンの接種が感染症を防ぐしくみについて，以下の用語をすべて用いて 100 字以内で説明しなさい。ただし，同じ用語をくりかえし使ってもよい。

用語：ワクチン，病原体，記憶細胞，免疫反応，感染症の発症，抗体

問 4 次の(1)～(4)に該当する生物学用語を答えなさい。

- (1) 移植された臓器などが免疫反応によって生着できない反応
- (2) 過敏な免疫反応の症状を引き起こす花粉などの抗原の総称
- (3) 自己の生体成分に反応して組織障害を引き起こす関節リウマチなどの疾患の総称
- (4) HIV(ヒト免疫不全ウイルス)の感染によって，免疫のはたらきが低下する疾患の総称

文章 2：血液型が不明である㊦～㊨の 4 人の血液を用いて実験を行った。この 4 人から血液を採取し，血清と赤血球を用意した。その後，以下の表に示す組み合わせで，血清と少量の赤血球をよく混ぜ合わせたところ，凝集反応が起こる場合(+で示す)と起こらない場合(-で示す)が見られた。

表 血清と赤血球の組み合わせと凝集反応の結果

血清	㊦	㊧	㊨	㊩	㊪
赤血球	㊫	㊬	㊭	㊮	㊯
凝集反応	+	-	-	+	+

問 5 4 人の血液型は，それぞれ A，B，AB，O のどの型であるのかを答えなさい。ただし，4 人の血液型はすべて異なるものとする。また，㊦の母は B 型と AB 型のヒトに輸血できる一方，㊦の父はすべての血液型のヒトに輸血できるとする。

4 以下の文章1と文章2を読み、後の問1～問6に答えなさい。

文章1：生物は生命を維持するために、様々な化学反応からなる代謝過程を調節する。触媒としてはたらく酵素の多くは、特定の反応だけを進行させるという性質である反応特異性と特定の物質のみに作用するという性質である(ア)を持つ。酵素の活性は、温度やpHだけでなく、ビタミン類などを成分とする(イ)や金属イオンなどの物質により調節される。酵素活性の調節に関わる物質には、基質と類似する構造をもち、酵素の活性部位に結合するものがある。一方、酵素の活性部位とは異なる部位に結合し、酵素活性を調節する物質もある。このような物質により調節される酵素を(ウ)という。また、ある代謝経路でつくられた生成物が、同じ代謝経路ではたらく酵素の活性に影響するという(エ)調節がはたらくこともある。したがって、酵素の活性はさまざまな因子に調節されるため、酵素による触媒は秩序をもって起こり、生命活動は維持される。

大腸菌は、図1に示す代謝経路により、シチジン三リン酸(CTP)を生成する。まず、アスパラギン酸カルバモイラーゼ(ATCアーゼ)という酵素の触媒により、アスパラギン酸とカルバモイルリン酸からカルバモイルアスパラギン酸が生じる。その後、6段階の反応が起こり、CTPは生成される。

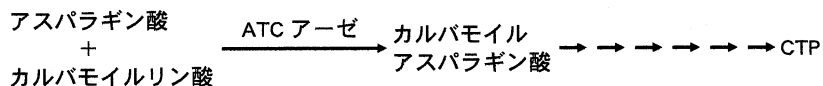


図1 大腸菌におけるCTPの生成経路

CTPは核酸の原料となるため、生成量の調節は生命の維持に重要である。大腸菌由来のATCアーゼの活性と特徴を調べる以下の実験を行い、結果を得た。

実験1 ATCアーゼと基質であるアスパラギン酸をカルバモイルリン酸の存在下で反応させ、アスパラギン酸濃度と反応速度の関連を調べた。結果を図2のaに示す。基質ではないATPもしくはCTPを反応系に加えた場合の結果をともに図2に示す。

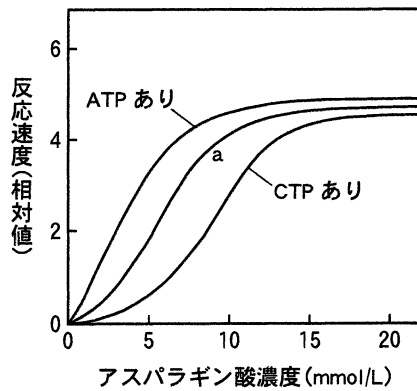


図2 ATCアーゼの反応速度とアスパラギン酸濃度の関係

実験2 60℃で4分間の熱処理を施したATCアーゼと熱処理を施していないATCアーゼを用いて、実験1と同様の実験を行った。結果を図3に示す。なお、熱処理を施したATCアーゼを用いる反応系にATPもしくはCTPを加えても反応速度は変化しなかった。

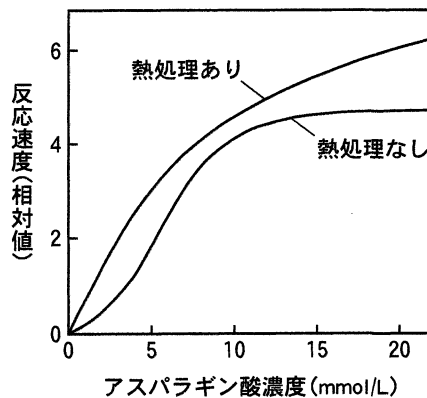


図3 熱処理がATCアーゼの反応速度に及ぼす影響

実験3 一定濃度のアスパラギン酸(2.5 mmol/L)と実験1と同じ濃度のCTPを含む実験1の反応系にさまざまな濃度のATPを加え、ATCアーゼの反応速度を調べた。そして、CTPおよびATPを加えない場合の反応速度と比較して、反応速度の抑制度をもとめた。この抑制度とATP濃度の関係を図4に示す。

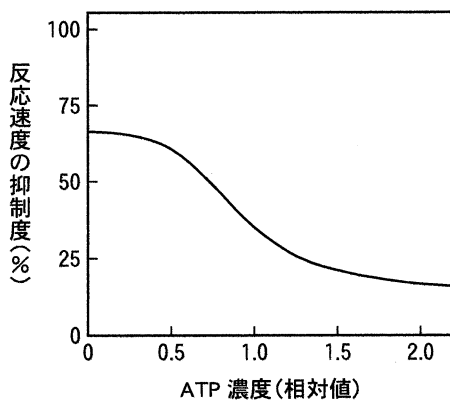


図4 CTPの存在下におけるATCアーゼ反応速度の抑制度とATP濃度の関係

問 1 文章中の(ア)~(エ)に当てはまる適切な生物学用語を答えなさい。

問 2 次の文章(ア)~(カ)のうち、実験 1~3 の結果から正しいと考えられるものに

○、誤っているものに×を記入しなさい。

(ア) ATP の濃度は CTP の生成量に影響する。

(イ) ATC アーゼは CTP による競争的阻害を受ける。

(ウ) ATP と CTP は競合して ATC アーゼに結合する。

(エ) ATC アーゼは ATP による非競争的阻害を受ける。

(オ) ATC アーゼと基質の反応速度は基質濃度に比例する。

(カ) ATC アーゼは 60℃で 4 分の熱処理により変性し、失活する。

問 3 図 2 において、アスパラギン酸濃度が高くなると反応速度が一定になって

いくのはなぜか。35 字以内で答えなさい。

問 4 CTP 合成経路において、CTP による ATC アーゼ活性の調節は細胞内で

どのような役割を担っていると考えられるか。40 字以内で答えなさい。

文章2：ヒトでは、カルバモイルリン酸はグルタミンもしくはアンモニアのそれぞれから異なる2種類のカルバモイルリン酸合成酵素(CPSアーゼ)により生成される。すなわち、片方のCPSアーゼはCTPを生成する過程ではたらき、もう片方はアルギニンを生成する過程ではたらく(図5)。一方、大腸菌は単独のCPSアーゼを持ち、アンモニアからカルバモイルリン酸を生成する。カルバモイルリン酸はCTPとアルギニンの生成に用いられる。大腸菌での場合とは異なり、ヒトでは、CTPはATCアーゼに結合せず、片方のCPSアーゼに結合して反応速度を抑制する。このように、ある代謝経路でつくられる生成物が影響する酵素は生物種で異なる場合がある。

ヒトでは、アミノ酸の分解により生じるアンモニアの毒性は高いため、アンモニアは、臓器である(ア)において、アルギニンや(イ)に変えられる。アルギニンはタンパク質の合成に用いられ、(イ)は腎臓から排出される。

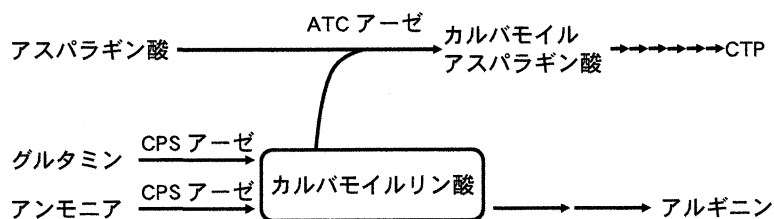


図5 ヒトにおけるCTPとアルギニンの生成経路

問5 文章中の(ア)と(イ)に当てはまる適切な生物学用語を答えなさい。

問6 大腸菌において、CTPがCPSアーゼではなくATCアーゼを抑制するほうが生存に有利である理由はなにか。以下の用語を用いて、考えられることを55字以内で答えなさい。

用語：アルギニン合成量, CPSアーゼ活性, CTP