

令和6年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

# 生 物

## 〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は10ページからなっています。また、解答用紙は4枚、下書用紙は2枚あります。監督者から「解答開始」の指示があったら、この冊子、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不明瞭な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所あります。監督者の指示に従って、4枚全ての解答用紙(合計8箇所)に受験番号を記入しなさい。
4. この冊子の白紙や余白は、適宜下書きや計算などに使用してもよい。
5. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の枠内)に記入しなさい。指定された箇所以外(裏面など)への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25%)

光合成過程の前半は葉緑体の( 1 )という部分で起こる。この反応は、( 2 )という細胞小器官で起こる呼吸の電子伝達系の逆反応に相当する。すなわち、呼吸の電子伝達系では、NADH から電子を奪い、その電子は最終的に  $O_2$  分子に渡されて、( 3 )分子が生じる。光合成の電子伝達系では、逆に( 3 )から電子を奪って  $O_2$  を生じ、電子は最終的に  $NADP^+$  に渡されて NADPH になる。この反応は、エネルギーの低い分子から高い分子をつくる反応なので、外部からエネルギーを得ないと起こらない。2つの光化学系に配置された( 4 )という緑色の化合物が光を吸収して励起されることにより、これを可能としている。電子伝達と協調して、( 5 )が( 1 )膜を隔てて輸送される。これにより生じる( 5 )の濃度勾配は、( 6 )合成酵素が( 6 )を合成するためのエネルギーとして利用される。

光合成をおこなうが光化学系をひとつしかもたない緑色硫黄細菌は、( 3 )から電子を奪うことができないため、代わりに( 7 )から電子を奪う。したがって  $O_2$  を発生しない。別の光合成細菌の (a) も、光化学系をひとつしか持たないため、( 3 )から電子を奪うことはできない。数十億年前に出現した、( 8 )という光合成細菌は、これら2つの光合成細菌のそれぞれに由来すると思われる2つの光化学系を持ち、しかも両者が直列して一本の電子の通り道となっている。それまでの光合成細菌と異なり、2つの光化学系の励起エネルギーをつかえるので( 3 )から電子を奪うことが可能で、その結果  $O_2$  を発生する。この酸素発生型光合成細菌は、今日の植物の葉緑体の祖先と考えられている。酸素発生型光合成細菌の繁栄は、それまでわずかであった大気及び水中の  $O_2$  濃度を大幅に上昇させた。その痕跡は20~30億年前の地層にみることができる。この年代の地層に大量にみつかるといわれる( 9 )という岩石は、光合成により作られた  $O_2$  が海水中の鉄分と反応して酸化鉄として沈殿した結果、生じたものである。急激に増加した  $O_2$  は、当時の生物の多くを占めた嫌気性細菌にとっては有毒であった。酸素発生型光合成細菌の繁栄は当時の生命の存在を脅かす深刻な環境汚染を引き起こしたと言える。 $O_2$  濃度の上昇は、一方で、 $O_2$  を無毒化するばかりかその過程で効率的なエネルギー生産を行う生物、すなわち( 10 )性細菌の繁栄を促した。( 10 )性細菌は、真核生物の祖先に細胞内( 11 )して、今日の( 2 )になったと考えられている。

葉緑体の( 12 )という部分に存在する複数の酵素は、光合成過程の  $CO_2$  固定反応以降を行う。ルビスコと呼ばれる酵素は、大気中の  $CO_2$  と  $C_5$  化合物である( 13 )とをそれぞれ1分子ずつ結合させて2分子の( 14 )という  $C_3$  化合物を生ずる。この化合物は( 6 )と NADPH を使って別の化合物に変換され、最終的に( 13 )に戻る。この回路が6回転するごとに1分子の  $C_6$  化合物を生じる。この  $C_6$  化合物は多糖類である( 15 )となって貯蔵される。この回路は、発見者の名前にちなみ( 16 )回路と呼ばれる。

太古における  $O_2$  濃度の増加は、嫌気性細菌だけでなく光合成生物にも悪い影響を与えた。ルビスコは、 $CO_2$  の代わりに  $O_2$  を ( 13 ) に結合させる酸化反応も行う。その結果生じる産物は、1分子の ( 14 ) と1分子の  $C_2$  化合物である。後者は多数の酵素反応を経て最終的に ( 16 ) 回路に合流するが、この過程で炭素と多くのエネルギーが失われる。このことは光合成を著しく非効率的にする。大気及び水中の  $O_2$  濃度がわずかだった時代には、この酸化反応はあまり起こらなかった。しかし、その後  $O_2$  濃度が上昇し、しかも  $CO_2$  濃度は低下したため、この酸化反応を行うというルビスコの欠陥が顕在化した。ルビスコが分子進化して  $CO_2$  とだけ反応できるようになれば問題は解決するが、そのような進化に成功した植物はいないようである。トウモロコシなどの  $C_4$  植物<sup>(c)</sup>は、太古の高い  $CO_2/O_2$  濃度比を細胞内に再現するという、我々人間からみると逆転の発想でこの問題を解決した。 $C_4$  植物では、葉の ( 17 ) 細胞に存在する別の酵素が、 $CO_2$  から生じる炭酸イオンをフォスフォエノールピルビン酸に結合させる。ルビスコと異なり、この酵素は基質に  $O_2$  を結合させない。この酵素産物は、別の化合物に変換された後、維管束の周りに存在する ( 18 ) 細胞に移行して  $CO_2$  を放出する。そのため、他の細胞に比べて ( 18 ) 細胞では  $CO_2$  濃度が高い。この細胞内でルビスコによる  $CO_2$  固定が行われるので、従来の植物に比べて  $O_2$  と ( 13 ) との反応は起こりにくい。

問 1. 本文中の ( 1 ) ~ ( 18 ) 内に入る適切な語を答えなさい。

問 2. (a) の枠内に当てはまる生物を以下から1つ選びなさい。

アーキア クロレラ 窒素固定細菌 乳酸菌 紅色硫黄細菌 硝化細菌

問 3. 下線部 (b) に当てはまる語を以下から1つ選びなさい。

グリコーゲン フルクトース スクロース セルロース ラクトース マルトース

問 4. 下線部 (c) の例を以下から1つ選びなさい。

イネ ダイズ アルファルファ サボテン サザンカ サトウキビ

問 5. 従来の植物に比べて、 $C_4$  植物は水分の乏しい乾燥条件での生存に有利である。その理由を本文の内容を踏まえて160文字以内で説明しなさい。 $C_4$ 、 $CO_2$  などにある小さい数字は1文字として数える。

## II

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25 %)

真核生物の細胞では、DNA はヒストンに巻きつき(ア)を形成している。(ア)は、さらに折りたたまれ(イ)と呼ばれる繊維状の構造体を形成し、細胞周期の間期には核内に分散しているが、分裂期にはさらに折りたたまれて棒状の染色体として観察される。ヒトを含む、多くの生物の体細胞には、形や大きさが同じ2本の染色体が存在し、この対になる染色体を(ウ)という。このような(ウ)が一對ずつ存在する状態を(エ)と呼び $2n$ と表し、ヒトの場合、22対の(オ)と1対の(カ)が存在する。

染色体上には、生物の形質を規定する遺伝情報が、遺伝子として存在し、その位置は生物種ごとに決まっている。染色体に占める遺伝子の位置は、(キ)と呼ばれ、体細胞において、1つの(キ)に複数の形質に対応する遺伝子(たとえばAとa)が存在する場合、それらの遺伝子のことを(ク)という。1対の(ウ)において、ある(キ)を占める遺伝子の塩基配列が同じ状態(AAやaa)のことをホモ接合、異なる状態(Aa)のことを(ケ)接合と呼ぶ。AA、Aa、aaのような記号で表される遺伝子の組み合わせを(コ)という。ある生物集団において、いくつかの条件を満たす場合、AA、Aa、aaそれぞれの頻度がわかれば、世代を超えて遺伝子頻度を求めることが可能である。

多くの場合、DNA上の遺伝情報は、RNAに写し取られ、その情報を元にタンパク質が合成される。2000年代初めにヒトゲノムが解読され、ヒトには約20,000個の遺伝子が存在することが明らかとなった。さらに、複数人のゲノムの比較から、数塩基から数十塩基の短い塩基配列の繰り返し回数が個人間で異なることや、一定範囲の塩基配列中で一つの塩基だけが違う塩基多型(SNP)が多数存在することが明らかとなり、これらの差異は親子鑑定や犯罪捜査などに利用されている。また、遺伝子内の一つの塩基の置換で発症する疾患が存在するが、塩基配列情報を元に適切な治療を受けることで重篤な症状の発症を抑制することができる例も報告されている。このように、ゲノムの塩基配列は、現代社会の様々な場面で活用されている。

問 1. 本文中の(ア)～(コ)に、あてはまる適切な語を答えなさい。

問 2. 下線部(a)に関して、ハーディ・ワインベルグの法則が成立する生物集団において、AA、Aa、aaの個体数が、それぞれ508、397、95であった場合、次世代の集団におけるAの遺伝子頻度を、有効数字2桁で答えなさい。

問 3. 下線部(b)に関する説明について、正しいものを以下から1つ選び数字で答えなさい。

- (1) DNA は化学的に安定な物質であるため、薬剤や紫外線・放射線などによる損傷以外に、突然変異が起こることはない。
- (2) プロモーターに基本転写因子と RNA ポリメラーゼが結合することで転写が開始し、その後、RNA ポリメラーゼは鋳型鎖を 5' → 3' の方向に移動して RNA を合成する。
- (3) mRNA 前駆体から、翻訳されない領域を取り除き、アミノ酸情報を持つ DNA 部分であるイントロンをつなぐ過程をスプライシングと呼ぶ。
- (4) 核内で合成された mRNA は、核膜孔を通り細胞質基質へと移動し、RNA とタンパク質の巨大な複合体であるリボソームにより翻訳される。
- (5) tRNA には、mRNA に存在するアンチコドンやアミノ酸と結合する部位があり、アミノ酸をリボソームに運ぶ役割がある。

問 4. 下線部(c)が生じて、タンパク質の一次構造に影響しない場合がある。考えられる理由を2つ、それぞれ40字以内で説明しなさい。

問 5. 下線部(d)に関する以下の文章を読み、問いに答えなさい。

ある遺伝子を含む DNA 領域と6つの制限酵素(ApaI, XhoI, DraI, BamHI, EcoRI, SspI)の切断位置を図1に示す。制限酵素は表1に示した塩基配列を認識する。これらの制限酵素が認識する塩基配列内の1つのグアニンがシトシンへ置換され、その変異がホモ接合になると必ず発症する疾患がある。発症していない両親と、その両親から生まれ症状を示す子供(患者)、それぞれから DNA を抽出し、図1に示した13,000 bp の DNA 領域を PCR 法により増幅した。増幅した DNA 断片を、6つの制限酵素で処理し、電気泳動した結果を図2に示す。ただし、図2には、理論上あり得ない泳動結果も含まれ、DNA 量によりバンドの太さは変化しないものとする。また、制限酵素は表1の塩基配列があれば、必ず切断するものとする。

6つの制限酵素のうち、症状を示す子供の DNA 断片を切断できない制限酵素名を答えなさい。また、父親、母親それぞれの DNA 断片の切断後の泳動結果を、図2の(a)~(j)から選び、記号で答えなさい。

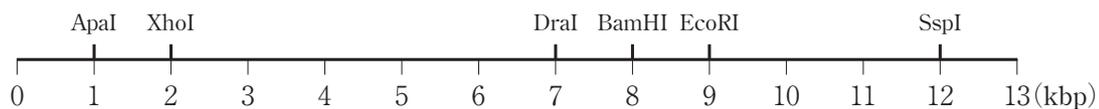


図1 6つの制限酵素の切断位置 (1 kbp = 1,000 bp)

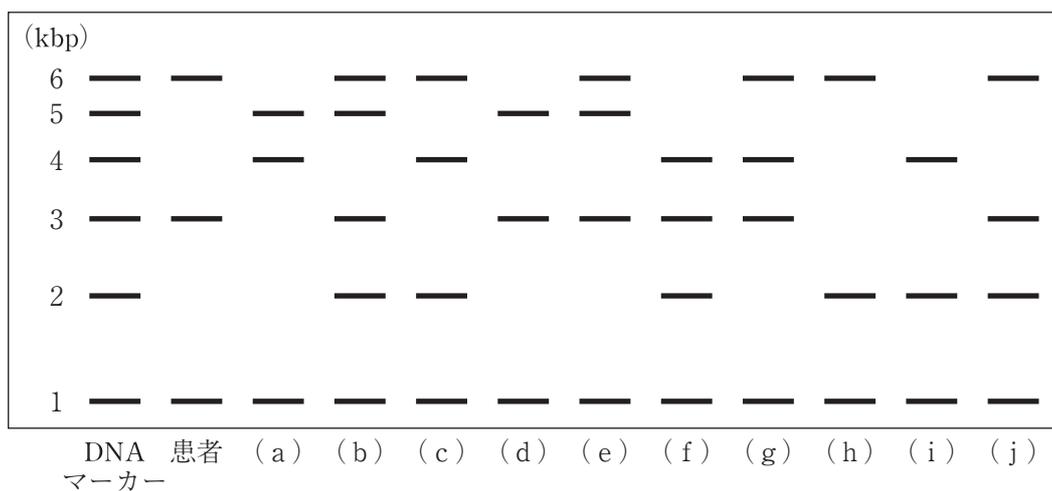


図2 制限酵素処理した DNA 断片の電気泳動の結果 (1 kbp = 1,000 bp)

表1 6つの制限酵素と認識する塩基配列

制限酵素名	ApaI	XhoI	DraI	BamHI	EcoRI	SspI
認識する塩基配列	GGGCCC CCCGGG	CTCGAG GAGCTC	TTTAAA AAATTT	GGATCC CCTAGG	GAATTC CTTAAG	AATATT TTATAA

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25%)

ヒトの内分泌系では、内分泌腺から分泌されるホルモンは、血液によって全身に運ばれ、特定のホルモンに結合するタンパク質である(ア)をもつ標的細胞に多様な影響を及ぼす。間脳の(イ)は、ホルモン分泌量の調節に中心的な役割を果たす。(イ)から分泌されて脳下垂体前葉に作用するホルモンは、神経細胞から直接(ウ)中に分泌される。このように脳の神経細胞がホルモンを分泌する現象を(エ)という。脳下垂体後葉からのオキシトシンやバソプレシンの分泌もこの現象によるものである。

(オ)神経系や内分泌系などのはたらきにより、体内環境の様々な状態を一定に保つ生体機構を(カ)と呼ぶ。グルコースは体内の細胞で利用される主要なエネルギー源であり、血液中のグルコース(血糖)濃度は、体内で一定の範囲に保たれている。健康なヒトでも食事後の血糖濃度は上昇するが、それに応答して(キ)のランゲルハンス島のB細胞から(ク)が速やかに分泌されて、末梢組織の細胞内へのグルコースの取り込みを促進したり、(ケ)や骨格筋細胞においてグリコーゲンの合成を促進したりすることによって、血糖濃度は徐々に低下する。

(ク)のはたらきで血糖濃度が低下すると、(ク)自身の分泌は抑制される。

(a) 糖尿病は、(ク)の分泌量が不足した場合や、標的細胞が(ク)に反応しにくくなった場合に起こる。糖尿病では、食後の血糖濃度が急激に上昇し、その後も正常に低下せず、長時間高血糖状態が続く。糖尿病になると、正常時にはほとんど排泄されないグルコースが尿中に排泄されることがある。  
(b) 高血糖状態では、動脈硬化を誘発し、さまざまな合併症を引き起こしやすくなる。  
(c)

問 1. 本文中の空欄(ア)から(ケ)までに入る適切な語を答えなさい。

問 2. 下線部(a)のように、ホルモン作用によって変化した血中物質の濃度により、そのホルモン自身の分泌が調節される機構の名称を答えなさい。

問 3. 下線部(a)と同様のホルモン分泌調節機構によって、チロキシンも自身の血液中の濃度が過剰にならないように保たれている。このチロキシンの分泌調節機構を、チロキシンを含めて関係する3つのホルモンの名称と、それらを分泌する3つの器官の名称を含めて、具体的に5行以内で説明しなさい。

問 4. 下線部(b)の現象が起こるのはなぜか、尿が生成される仕組みと関連づけて3行以内で説明しなさい。

問 5. 下線部(c)について，糖尿病において動脈硬化が原因で起こる合併症に相当しないものを次の中から1つ選び記号で答えなさい。

- (A) 肥満 (B) 脳梗塞 (C) 心筋梗塞 (D) 網膜障害

## IV

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 25 %)

現在の地球上には多様な生物が存在する。地球が誕生して以来、数十億年の時間をかけて様々な生物が現れては消えた。<sup>(a)</sup>かつて地球上にいたものの現在では失われた生物の痕跡を、我々は化石によって観察することができる。例えば、カナダで見つかったバージェス頁岩には、現代では見られない不思議な形をした様々な生物の化石が含まれており、それは急速な生物の多様化が起きたことを示唆する。

長い時間をかけて多様性を生み出した生物の変化、すなわち生物の進化が起こるメカニズムの一つを自然選択説は説明することができる。自然選択によって、生物の集団内における形質の頻度<sup>(b)</sup>が変化し、場合によっては進化につながる。とはいえ、自然選択で全てを説明できるわけではない。例えば、表現型に現れないアミノ酸配列や DNA 配列の変異が同種の生物の集団内にたくさん見出されることがあるが、このような変異が集団内に残るメカニズムは自然選択では説明できない。木村資生によって提唱された中立説(中立進化)は、これを説明することができる。中立進化では、集団内での遺伝子の変異は、(ア)によってある程度広がり固定される場合があるとされる。

多様な生物を理解するための手段の一つとして、科学者は生物を分類してきた。その基本的な単位は“種”であり、学名を表すためにはリンネが確立した二名法が主に使われる。しかしながら、二名法だけでは、多様な生物を分類するには限界があり、階層的な分類方法<sup>(c)</sup>もしばしば用いられる。あるいは系統樹を用いることで、時間軸つまり生物の近縁関係や進化の道筋を表現することができる。系統樹には、様々な科学的根拠に基づいた、いくつかの作成方法がある。その一つが、進化の過程で起きた変化の回数が最小となるように系統樹を作成する方法であり、最節約法<sup>(d)</sup>と呼ばれる。

問 1. 下線部(a)の間に地球上で起きたイベントのうち、下の①から⑤で示された内容が起きたとされる順に正しく並び替えなさい。番号で答えること。

- ①昆虫の出現 ②被子植物の繁栄 ③原核生物の誕生 ④化学進化 ⑤カンブリア爆発

問 2. 下線部(b)による進化が起こる際に必要な形質の条件として、適切なものを下の選択肢より二つ選び番号で記しなさい。

- ① 複雑な形質であること  
 ② 幼体が成熟する際に変化する形質であること  
 ③ 生存率や繁殖率に影響する形質であること  
 ④ 環境に適応する目的であらかじめ決まった変化をする形質であること  
 ⑤ 遺伝する形質であること

問 3. (1) 本文中の空欄(ア)に入る単語で正しいものを下の選択肢より一つ選び番号で記しなさい。

- ①遷移 ②遺伝的浮動 ③人為選択 ④密度効果 ⑤生態的地位

(2) (ア)とはどのような現象か、2行以内で説明しなさい。

問 4. 下線部(c)の分類方法の、正しい順番を下の選択肢より一つ選び番号で記しなさい。

記号<の右側がより上位の階層とする。

- ① 種<属<科<目<綱<門<界<ドメイン  
② 種<属<科<目<門<界<綱<ドメイン  
③ 種<属<目<科<綱<門<界<ドメイン  
④ 種<属<目<科<門<界<綱<ドメイン

問 5. 3つの異なる生物種、種 A、種 B、種 C が共通して持つ、アミノ酸 300 個から成るタンパク質がある。このタンパク質のアミノ酸配列を種 A と種 B で比較したところ、25 個のアミノ酸の種類が異なっていた。また、種 A と種 C の間で比較したところ、60 個のアミノ酸の種類が異なっていた。種 A と種 B は約 5 千万年前に分岐したと考えられている。種 A と種 C は約何年前に分岐したか答えなさい。ただし、このタンパク質の変異において、分子時計の考え方が成立することとする。

問 6. 表 1 は、4つの異なる生物種、種 1、種 2、種 3、種 4 が共通して持つ遺伝子 X の塩基配列の一部であり、5' 側の G から順に番号をふってある。この塩基配列をもとに、これらの生物の系統関係を表す系統樹を、下線部(d)の方法で作成したものが図 1 である。

(1) 図 1 の系統樹の空欄(I)に該当する種は、種 1、種 2、種 3 のいずれか、該当するものを答えなさい。

(2) 種 1、種 2、種 3 の 3 つの種の共通祖先である種 Y が過去に存在したとする。種 Y のこの系統樹上の位置は、「種 4 とそれ以外の 3 つの種が分岐した後」かつ「(I) とそれ以外の 2 つの種が分岐する前」であった。これを図 1 の白矢印で示している。種 Y が持つ遺伝子 X の、表 1 と同じ箇所の塩基配列はどのようなものであったと推定されるか記しなさい。ただし、祖先から 4 つの種へと分岐する過程で、一度変異が入った箇所に再び変異が入り、元の塩基に戻ることは無かったとする。

表1 遺伝子 X の塩基配列の一部

種名 \ 塩基の位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
種1	G	T	G	A	C	T	T	C	T	A
種2	G	T	G	A	C	G	T	C	A	G
種3	G	T	G	A	C	G	T	C	T	G
種4	G	T	C	A	C	G	T	C	T	A

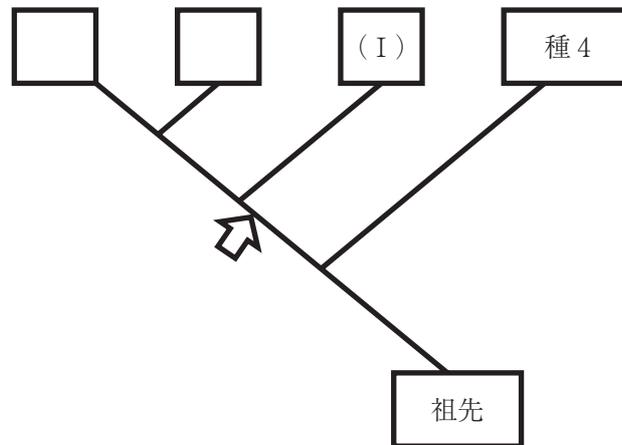


図1 系統樹

(以 上)