

令和4年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は5枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて16ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

動物のからだはさまざまな機能をもつ細胞から構成されているが、それらの細胞の核にある遺伝情報は基本的に同じであり、はたらきが違う細胞では、それぞれ異なる遺伝子が発現している。遺伝子の本体である DNA は、ヌクレオチドが連なってできている。ヌクレオチドは、糖、塩基、(ア)の3要素で構成されている。構成する糖が DNA とは異なる RNA も、ヌクレオチドが連なってできている。DNA、RNA の両者は(イ)とよばれる。

遺伝子が発現する第一段階は、DNA として存在する遺伝子を RNA に写し取る過程であり、これは(ウ)とよばれる。この過程では、DNA の複製が行われる時とほぼ同様に、DNA が(エ)となってその塩基配列と相補的な塩基配列をもつ RNA がつくられる。この際に機能する酵素は(オ)である。真核生物では、(ウ)された RNA はいわば未成熟な mRNA (mRNA 前駆体)であり、mRNA にならない部分を除いて残りの部分をつなぎ合わせる(カ)が行われる。真核生物の DNA の塩基配列の中で、(カ)によって取り除かれ、最終的に mRNA にならない塩基配列部分を(キ)、mRNA になる塩基配列部分を(ク)という。成熟した mRNA は、核膜孔を経て細胞質へ移動して(ケ)に結合し、アミノ酸配列に読み取られ、タンパク質が合成される。この過程は(コ)とよばれる。この際に、タンパク質合成の材料となるアミノ酸を(ケ)へ運ぶ役割をする RNA は、(サ)である。

近年、遺伝子を改変する遺伝子工学技術は大きく進歩した。生物の細胞そのものの性質を変えてさまざまな目的に用いる細胞工学技術も利用されている。これらの技術を総称してバイオテクノロジーとよぶ。それらの技術では、ある生物由来の DNA の一部を別の生物の DNA につなぐ(シ)も行われる。この際に、使われる酵素の1つが、制限酵素である。また、ある DNA 断片を、その塩基配列と相補的な配列の切り口をもった DNA とつなぎ合わせるのに使われるのは(ス)という酵素である。一方、微量な試料から短時間で多量に目的の DNA 断片を増幅できる方法として、(セ)法が開発された。この方法で用いられる酵素は、高温の環境に生息する好熱性細菌から単離されたもので、高温条件下でも失活しにくい。(セ)法で増幅された DNA 断片のおおよその長さを推定するために、その DNA 断片を通電したアガロース(寒天)ゲル中で移動させる方法は(ソ)法とよばれる。これらの方法は、DNA 型鑑定などさまざまな分野で活用されている。

問1 文章中の(ア)～(ソ)に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部①に関して、制限酵素の DNA に対する作用を 30 字以内で説明せよ。

問3 下線部②に関して、(セ)法において、高温条件下でも失活しにくい性質が必要とされる理由を 100 字以内で説明せよ。

問4 下線部③に関して、(ソ)法においては、長いDNA断片ほど移動距離が短くなる。この理由を50字以内で説明せよ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトの腎臓は、腹部の背側に左右一対存在する。腎臓の役割の1つは尿をつくり、排出することによって生体の内部環境を一定の状態に保つことである。尿を生成する腎臓の構造上の単位は、(ア)とよばれる。(ア)は(イ)とそれを包む袋状の(ウ)からなる(エ)、ならびに(ウ)からのびた1本の腎細管(細尿管, 尿細管)から構成される。(ア)は1つの腎臓に約(オ)万個存在している。血液中の無機塩類(イオン), グルコース, アミノ酸, ビタミン, 窒素化合物などは腎臓の^①(エ)にある(イ)の毛細血管から(ウ)に入り, 原尿となる。原尿は, 腎細管(細尿管, 尿細管), 集合管を流れていく間に, からだに有用な物質が毛細血管中に再吸収される。副腎皮質から分泌される(カ)は, 腎細管(細尿管, 尿細管)でのナトリウムイオンの再吸収とカリウムイオンの排出を促進する。集合管からの水の再吸収は,^②脳下垂体後葉から分泌されるホルモンである(キ)によって(ク)される。尿は腎臓の腎うから(ケ)を通ってぼうこうにためられ、その後、尿道を^③通って体外に排出される。

問1 文章中の(ア)～(ケ)に入る適切な語句を答えよ。ただし、(オ)は解答欄の選択肢の中から適切な数値を1つ選び、まるで囲め。

問2 下線部①に関連して次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

多糖類の一種であるインスリンは哺乳類の体内では利用されないため、静脈に注射すると、腎臓でろ過されたのち腎細管(細尿管, 尿細管)で再吸収されることなく尿中に排出される。哺乳動物にインスリンを静脈注射し、5分後の血しょう、原尿と左右の腎うに5分間で出てきた尿を全て採取して測定した結果が以下の表1である。なお、5分間で5 mLの尿が採取された。

表1 インスリンを静脈注射してから5分後の血しょう、原尿と5分間で出てきた尿の成分濃度

成分(mg/mL)	血しょう	原尿	尿
タンパク質	72	0	0
グルコース	1	1	0
尿素	0.3	0.3	20
ナトリウムイオン	3	3	3.2
インスリン	0.1	0.1	12

設問1 インスリンの濃縮率は何倍か答えよ。

設問2 1日の原尿量(L)を答えよ。ただし、原尿と尿の密度は同じとする。

設問3 尿素は5分間に何mg再吸収されたか答えよ。

設問4 ナトリウムイオンの再吸収率(%)を四捨五入して小数第1位まで求めよ。

設問5 タンパク質, グルコース, および尿素の尿中への排出について, 表1からわかることをそれぞれ30字以上60字以内で説明せよ。

問3 下線部②に関して, 水分子の輸送に関与する細胞膜に存在するタンパク質の名称を答えよ。

3 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

自然選択は、集団の遺伝子頻度の変化を通して、生物種のさまざまな形質の変化を引き起こす。しかし、これだけでは、ある生物種から別の種が出現することにはならない。種分化が生じるためには、集団同士の間には何らかの隔離が生じる必要がある。

表1は、東アジア地域に生息するある昆虫種における地域集団ごとの遺伝情報を示している。現在、この昆虫は同種として扱われているが、オスの交尾器の形態には、日本列島と大陸の集団間でわずかな違いが検出されている。このようなことから、日本列島と大陸の集団を同種として扱うことの再評価を試みた。

表1 ミトコンドリア DNA による種識別(DNA バーコーディング)に用いられる領域(658塩基)のうち、地域集団間の遺伝的変異(塩基多型)がみられた連続する10塩基(10サイト)の配列(ただし、同一集団内での遺伝的多型は認められなかったものと仮定)

地域		サイト									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
日本列島	北海道	C	G	C	C	G	G	C	T	C	C
	本州	C	G	C	C	G	G	C	T	C	C
	四国	G	G	C	C	G	G	C	T	C	C
	九州	G	G	C	G	A	G	C	T	C	T
アジア大陸	韓国	G	G	C	G	A	G	C	T	C	G
	中国	G	G	C	G	A	G	C	T	C	G

問1 下線部①について、「生物学的種」とされる概念が広く用いられているが、その生物学的種の内容とはどのようなものか、100字以内で説明せよ。

問2 下線部②について、地理的障壁の形成による隔離は多くの種分化をもたらしてきたが、地理的隔離によらない種分化も知られる。地理的隔離によらない種分化にはどのようなものがあるか、例を1つあげて100字以内で説明せよ。

問3 表1に示す塩基配列は、DNA バーコーディング領域のうち、塩基多型がみられた連続する10サイトを抜き出して示してある。集団間の系統関係を推定するため、この領域における塩基の一致率(%)を表にまとめることにした。解答用紙の表の空欄部分に、塩基の一致率を表す適切な数値を記入せよ(四捨五入して小数第1位まで求めよ)。

問4 表1および問3で作成した塩基配列の一致率のデータに基づき、地域集団レベルでの分子系統樹を作成せよ。ただし、最節約法(塩基の変化の数が最小となる系統樹作成法)を用いること(枝の長さについては問わない)。

問5 下線部③に示したように、オスの交尾器形態に差異があることから、本州、九州、韓国の集団を対象に、それぞれメス・オス10組での交配実験を試みた。交尾経験のない雌雄10個体ずつの組み合わせで交配させたところ、全ての組み合わせで交尾と産卵が確認された。しかし、卵の孵化率には表2に示すような差異が認められた。この実験結果に基づく考察ア～オのうち、正しいものを全て選び記号で答えよ。ただし、産卵数に有意な差異はみられなかったものとする。

表2 交配実験の結果(数値は10個体のメスが産んだ卵の平均孵化率, %)

		本州					
		メス	オス				
本州	メス	-	-	九州			
	オス	97.5	-	メス	オス		
九州	メス	-	94.5	-	-	韓国	
	オス	95.8	-	97.3	-	メス	オス
韓国	メス	-	93.8	-	96.9	-	-
	オス	0	-	0	-	96.1	-

- ア. 系統関係(遺伝的距離)と生殖的隔離の程度は強く関連している。
- イ. 日本列島と大陸の集団間ではオスの交尾器形態に違いが検出されるものの、交尾・産卵は正常に行われている。
- ウ. 2つの地域集団間での交配実験において、雌雄の組み合わせによっては生殖的隔離の程度が大きく異なる。
- エ. 同一地域集団内の雌雄ペアは、異なる地域集団間の雌雄ペアよりも繁殖成功率が高い。
- オ. この昆虫種は、種分化が成立する少し前の段階(種分化の中間的な段階)にある。

4 次の文章と図1に関する以下の間に答えよ。

地球上には気候帯に対応し、相観の異なる植生が分布している。それぞれの植生、ならびにそこに生息する動物などを含めた全ての生物のまとまりをバイオームとよぶ。

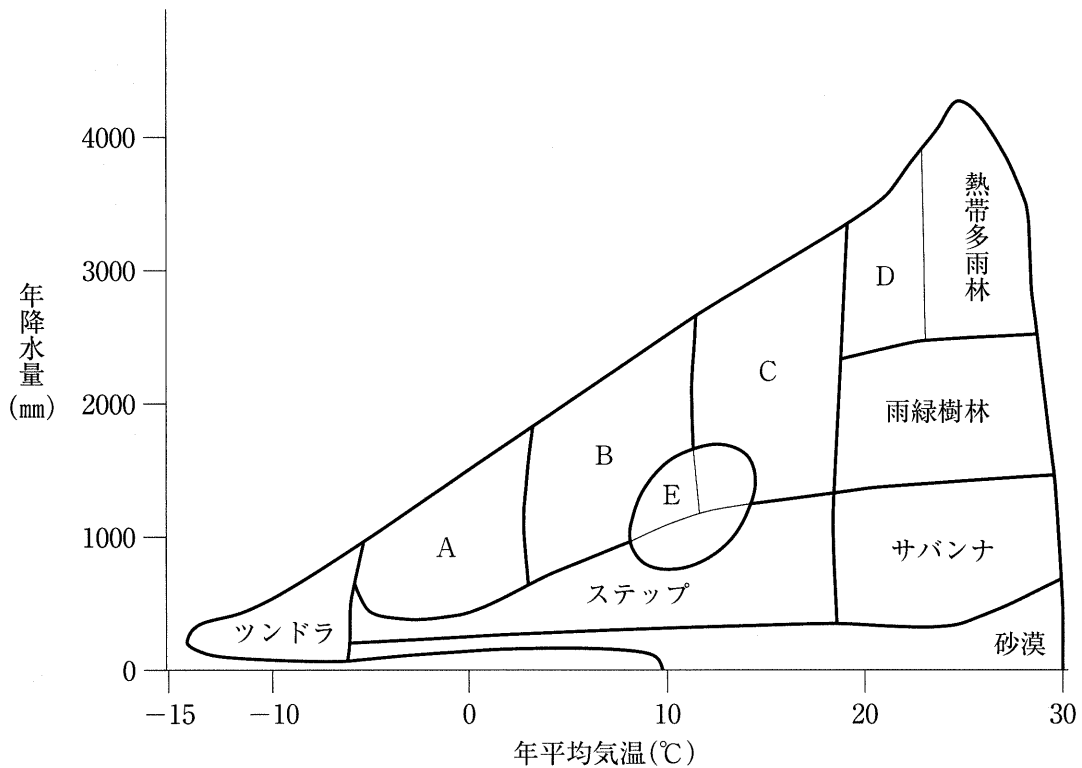


図1 世界の陸上のバイオームと気候との関係

問1 日本の水平分布におけるバイオームは、図1のA～Dに分けることができる。A～Dに当てはまるバイオームと気候帯の名称をそれぞれ答えよ(A～Dに同じ気候帯名を答えてはいけない)。また、A～Dの日本のバイオームにおける代表的な樹種を、以下の選択肢の中からそれぞれ2種選び記号で答えよ。ただし、同じ樹種を複数のバイオームで選んではいけない。

- | | | | | |
|----------|-----------|------------|----------|----------|
| (a) アコウ | (b) ガジュマル | (c) ゲッケイジュ | (d) コメツガ | (e) スダジイ |
| (f) タブノキ | (g) チーク | (h) トドマツ | (i) ブナ | (j) ミズナラ |

問2 A～Dの日本のバイオームでは、一般に、一次遷移は裸地に侵入した地衣類、コケ類などから草本植物、遷移初期種(先駆種)、遷移後期種(極相種)の木本植物に移り変わっていく。草本から遷移後期種に植物種が変化していくにともなって、植物の特徴はどのように変わっていくかを、種子の大きさ、種子の散布力、乾燥への耐性、耐陰性の観点から120字以内で説明せよ。

問3 Eに当てはまるバイオームは何か答えよ。また、このバイオームについて、分布する地域の気候の特徴と代表的な樹種3種を含めて80字以内で説明せよ。

問4 次の(a)～(e)は、図1のA～E以外のバイオームでよく見られる動植物を示したものである。それぞれのバイオームを答えよ。

- (a) アカシア類, ヌー
- (b) サボテン類, フェネック
- (c) コケ植物, ジャコウウシ
- (d) フタバガキ, オランウータン
- (e) イネの仲間, コサックギツネ