

'26

前期日程

生 物

(理 工 学 部)

注 意 事 項

全問題(□1~□4)を解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子のページ数は 25 ページです。解答用紙は 4 枚です。問題冊子に落丁、
乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

ショウジョウバエの発生では、受精後まず ア の分裂のみが繰り返され、その後、卵の表層近くに ア が移動し、細胞質分裂する。ショウジョウバエの胚の前後軸を主に決定するのは、未受精卵の端に局在している母性因子であるピコイド遺伝子とナノス遺伝子の mRNA である。受精すると、これらの mRNA からピコイドタンパク質とナノスタンパク質がつくられ、拡散して濃度勾配を形成する。このようにして形成されたタンパク質の濃度勾配により、前後軸が決定する。そして前後軸に沿った イ 遺伝子群の発現によって、胚のおおまかな領域が区画化される。イ 遺伝子群の発現によって引き起こされるペアルール遺伝子群の発現は、胚をさらに細かく区分する。ペアルール遺伝子群の発現によって引き起こされるのが、ウ 遺伝子群の発現である。

ウニの発生では、受精後、エ 細胞期になるまでは等割が起こり、オ 回目の卵割では植物極側で不等割が起きる。卵割が進んで細胞数が増加すると桑実胚になる。原腸胚期には、細胞群は胚の中の位置関係により、外胚葉、内胚葉、中胚葉 の3種類に分かれる。

問1 ア ～ オ にあてはまる適切な語句または数字を記せ。

問2 下線部 a に関して、昆虫の卵に見られるこのような卵割を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問3 下線部 b に関して、ヒトの体軸のうち前後軸を示す矢印として適切なものはどれか、図1の①～③の中から1つ選び、記号で答えよ。

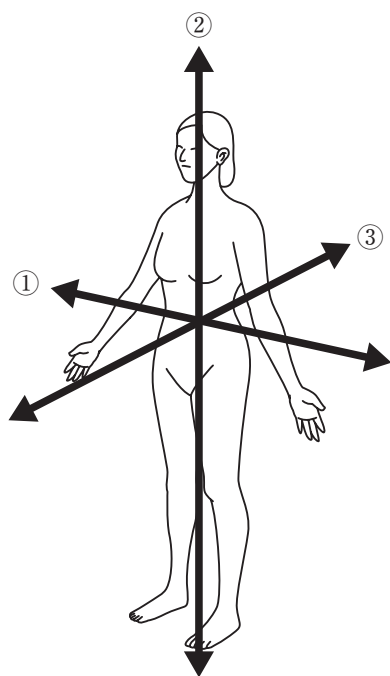
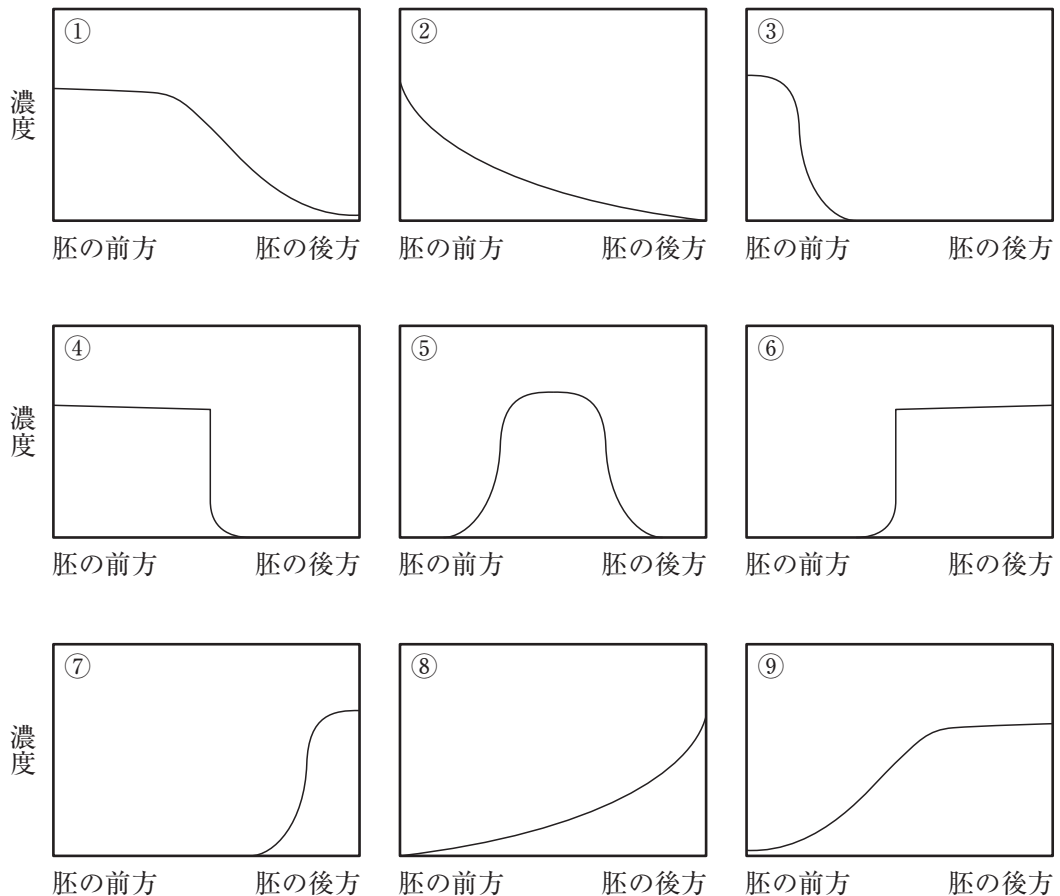


図1 ヒトの体軸

問 4 下線部 c に関して、下の①～⑨のグラフのうち、ビコイド遺伝子の mRNA、ナノス遺伝子の mRNA、ビコイドタンパク質、ナノスタンパク質の濃度分布を示すのはどのグラフか、それぞれ最も適切なものを1つずつ選び、記号で答えよ。なお、同じ記号を選んではならない。



問 5 下線部 d に関して、以下に示す脊椎動物の組織や器官は、外胚葉、内胚葉、中胚葉のいずれから分化するか、すべてについて答えよ。

脳、脊髄、肺、心臓、肝臓、腎臓、すい臓、表皮、骨格、骨格筋

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 6 の答を解答欄に記入せよ。

骨格筋は、多核で細長い筋細胞が束になって形成されている。筋細胞の中には、多数の の束が存在する。骨格筋の組織を光学顕微鏡で観察すると、規則的に並んだ多数の横縞^{じま}が見られるので、横紋筋と呼ばれる。横縞^{じま}の暗いところを暗帯、明るいところを明帯と呼び、その違いは を構成するタンパク質(太いフィラメントと細いフィラメント)の違いによる。

の収縮単位はサルコメアと呼ばれ、図 1 に示した 2 つの の間の部分である。筋細胞には ATP の産生を行う細胞小器官である が豊富に存在する。また筋細胞には筋小胞体と T 管という 2 つの特徴的な膜構造が存在する。筋小胞体は筋収縮に重要なイオンである の貯蔵庫として機能する。T 管は細胞膜が陥入したものであり、細胞膜の興奮を筋小胞体に伝える役割を果たす。

運動ニューロンからの刺激によって筋細胞が収縮する過程では、まずアセチルコリンにより筋細胞膜上の チャネルが開き、 が 。それにより筋細胞の膜電位は (活動電位の発生)。この筋細胞膜で生じた活動電位は T 管により細胞内部に伝わり、T 管と接して存在する筋小胞体へと興奮が伝わると筋小胞体膜上の チャネルが開き、 が 。それにより太いフィラメントと細いフィラメント^aの結合が可能となり、両者の間の滑り運動によって筋収縮が起こる。

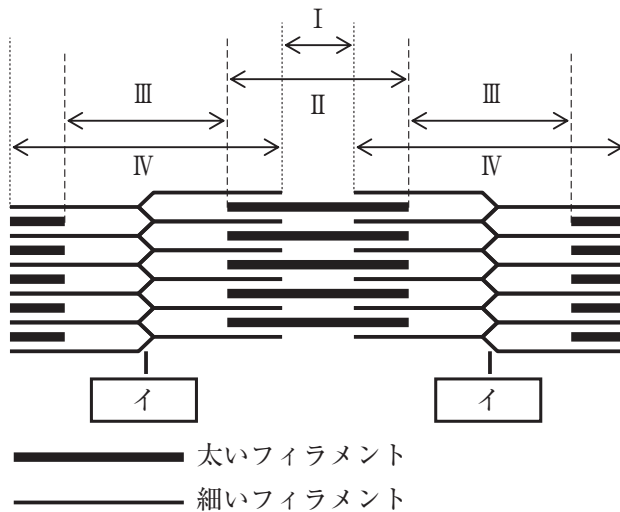


図1 サルコメアの模式図

問1 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 ～ については【語群1】から、 ～
 については【語群2】から、最も適切な語句をそれぞれ1つずつ
選び、記号で答えよ。なお、同じ語句を複数回使用してもよい。

【語群1】

- a. 水素イオン b. 塩化物イオン c. カリウムイオン
d. カルシウムイオン e. ナトリウムイオン

【語群2】

- f. 細胞外から細胞内に流入する
g. 細胞内から細胞外に流出する h. 筋小胞体内に流入する
i. 筋小胞体内から流出する j. 合成される k. 分解される
l. 上昇する m. 下降する

問 3 明帯に相当するのは、図 1 の I ～ IV のどの部分か、記号で答えよ。

問 4 筋細胞が収縮する際に、太いフィラメント、細いフィラメント、サルコメア、明帯、暗帯の長さはそれぞれどうなるか、適切なものを次の①～③の中から選び、記号で答えよ。

- ① 変わらない。
- ② 短くなる。
- ③ 長くなる。

問 5 図 1 の細いフィラメントは、図 2 に①で示した繊維状のタンパク質、②で示した球状のタンパク質、楕円状に示した③のタンパク質からできている。④は太いフィラメントを形成するタンパク質が②のタンパク質に結合する部位を示しており、この部位が①によって隠されていると筋肉の収縮は起こらない。以下の(i)、(ii)に答えよ。

- (i) ①～③で示したタンパク質をそれぞれ何と呼ぶか、その名称を答えよ。
- (ii) ④に結合する太いフィラメントはあるタンパク質の束からできている。このタンパク質を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

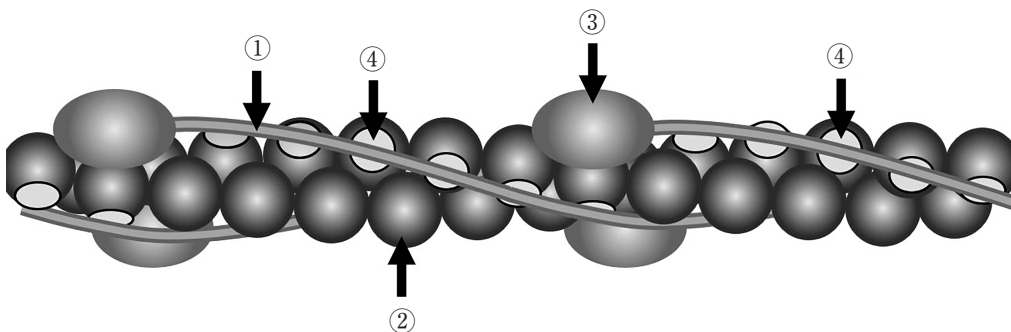


図 2 図 1 の細いフィラメントを拡大した模式図

問 6 下線部 a に関して、このような変化を可能にするイオンのはたらきを、
図 2 を参考にして、70 字程度で説明せよ。イオンの名称を記載する場合は、問 2 の【語群 1】の表記（「水素イオン」など）を使用すること。

2

(1) 次の文章を読んで、問 1 ～問 6 の答を解答欄に記入せよ。

DNA は、逆向きの 2 本の鎖が互いに向かい合い、内側に突き出た塩基どうしが水素結合して全体にねじれた ア 構造をしている。それぞれの鎖は イ と呼ばれる単位が繰り返してできている。イ は、糖、リン酸、塩基から構成される。DNA の塩基には、アデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、チミン(T)の 4 種類があり、A と T、G と C が水素結合により結びついて、塩基対を形成している^a。DNA を構成する糖は ウ と呼ばれる。

DNA 上の遺伝情報は、4 種類の塩基の並び方(塩基配列)によって決められている。遺伝子の DNA 塩基配列は、まず RNA^b へ写し取られる。この過程を転写という。RNA に写し取られた塩基配列は、アミノ酸を指定する遺伝暗号の並びとしてはたらく。遺伝暗号で指定されるアミノ酸が次々に連結^cされて、遺伝子ごとに決まったアミノ酸配列を持ったタンパク質が合成される。この過程を翻訳という。原核細胞と真核細胞で、転写と翻訳の基本的なしくみは共通であり、このように DNA → RNA → タンパク質の順に一方向に遺伝情報が流れるという原則を エ という。真核細胞の mRNA は、核の中において遺伝子の全体が RNA 前駆体に転写され イントロンが取り除かれエキソンがつながれる過程などを経て完成する^d。完成した mRNA は細胞質基質へ移動して、タンパク質に翻訳される。

問 1 ア ～ エ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a に関して、A と T の塩基対がつくる水素結合の数と G と C の塩基対がつくる水素結合の数を、それぞれ答えよ。

問 3 下線部 b に関して、DNA を構成する イ のどの炭素に結合している $-H$ を $-OH$ に置換すると RNA を構成する イ になるか、図 1 の①～⑤の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

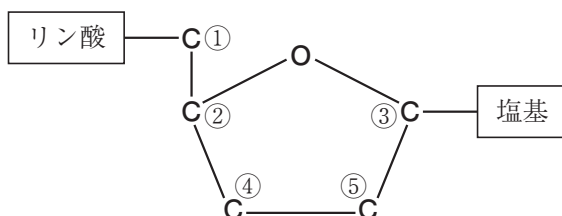


図 1 DNA や RNA を構成する イ の構造

問 4 下線部 c に関して、アンチコドンを持ち、タンパク質合成に関与する RNA を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 5 下線部 d に関して、以下の(i)、(ii)に答えよ。

(i) 下線部 d のイントロンが取り除かれエキソンがつながれる過程を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

(ii) 真核生物の mRNA の 3' 末端に特異的に付加される配列の構造を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 6 レトロウイルスでは、エ にしたがわず、 $RNA \rightarrow DNA \rightarrow RNA \rightarrow$ タンパク質と遺伝情報が流れる。その際、RNA を鋳型として DNA が合成される反応ではたらく酵素を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

遺伝子の突然変異を原因とする病気の 1 つに、DNA リガーゼ遺伝子の突然変異により脳^bに異常が生じる病気がある。図 1 は、正常な DNA リガーゼ遺伝子の mRNA の塩基配列を DNA の塩基配列に置き換えてその一部を示したものであり、白抜きで示した塩基配列は mRNA の開始コドンに対応する。この病気の患者の DNA リガーゼ遺伝子を調べると、図 1 に示した配列の矢印で示した 2468 番目の C が T に置換されていた。^c

開始コドン									
1	TTAAACGAGA	AGATTCATCA	CCGCTTTG	ATG	GCTGCCTCA	CAAAC TTCAC	AAACTGTTGC	ATCTCACGTT	
71	CCTTTTGCAG	ATTTGTGTTC	AAC TTTAGAA	CGAATACAGA	AAAGTAAAGG	ACGTGCAGAA	AAAA TCAGAC		
141	ACTTCAGGGA	ATTTT TAGAT	TCTTGGAGAA	AATTT CATGA	TGCTCTTCAT	AAGAACCACA	AAGATGTCAC		
211	AGACTCTTTT	TATCCAGCAA	TGAGACTAAT	TCTTCTCAG	CTAGAAAGAG	AGAGAATGGC	CTATGGAATT		
281	AAAGAAACTA	TGCTTGCTAA	GCTTTATATT	GAGTTGCTTA	ATTTACCTAG	AGATGGAAAA	GATGCCCTCA		
351	AACTTTTAAA	CTACAGAACA	CCCACTGGAA	CTCATGGAGA	TGCTGGAGAC	TTTGCAATGA	TTGCATATTT		
(途中省略)									
			2468						
			↓						
2451	CTCCTCTCAG	TATTTTCCGA	CGCCACACCG	TTTATTTGGA	CTCGTATGCT	GTTATTAATG	ACCTGAGTAC		
2521	CAAAAATGAG	GGGACAAGGT	TAGCTATTAA	AGCCTTGGAG	CTTCGGTTTC	ATGGAGCAAA	AGTAGTTTCT		
2591	TGTTTAGCTG	AGGGAGTGTC	TCATGTAATA	ATTGGGGAAG	ATCATAGTCG	TGTTGCAGAT	TTTAAAGCTT		
2661	TTAGAAGAAC	TTTTAAGAGA	AAGTTTAAAA	TCCTAAAAGA	AAGTTGGGTA	ACTGATTCAA	TAGACAAGTG		
2731	TGAATTACAA	GAAGAAAACC	AGTATTTGAT	TTAAAGCTAG	GTTTCCTAGT	GAGGAAAGCC	TCTGATCTGG		
2801	CAGACTCATT	GCAGCAGGTG	GTAATGATAA	AATACTAAAC	TACATTTTAT	TTTGTATCT	TAAAAATCTA		
2871	TGCCTAAAAA	GTATCATTAC	ATATAGGAAA	ACAATAATTT	TAACTTTTAA	GGTTGAAAAG	ACAATAGCCC		
2941	AAAGCCAAGA	AAGAAAAATT	ATCTTGAATG	TAGTATTCAA	TGATTTTTTA	TGATCAAGGT	GAAATAAACA		
3011	GTCTAAAGAA	GAGGTGTTTT	TATAATATCC	ATATAGAAAT	CTAGAATTTT	TACTTAGATA	CTAATAAAAT		
3081	ACATTTAGAA	ACTTTTAAAG	TCATGAAAAA	GCATTAACCT	TCTAAACAGT	ATATTCTAAA	AAGTCAAAAC		
3151	GTTAACAATA	GTTTTTATCT	AATAAAAGCA	CTGCAAGAAA	ATAGGGTAGA	ATTGTTACAG	CTGGACTTGT		
3221	AAAAATATGT	CTTTTACTCT	AGGGTTTAAA	ATGTCCCATT	TAAATATGAA	ATGTAAACAA	ATTTGTTTTT		
3291	TAAGGTTAAG	GCCAAATGTA	ACAATAAAAC	CCTGTCGATG	GTTTTAGCTA	AATTAGAGGA	AGTTGTATGA		
3361	GACTTAATGA	TCTAAAAACT	TAAAAATTGAA	TTGGTTTGAT	TAAAAATAAA	GCTTGCAATT	TTAAAAGTAG		
3431	CTCACATTTA	ATTTCTTG TG	TGAAATAGAA	CATGCTTTAA	AGGAAGTATT	TTTATGTGAA	TTTGCATTCC		
3501	AGTATAAATA	GTATTCACAA	AAAAGATTTT	CCTAGATTTT	ATCTATTGAA	TAGGTGTCAA	TATGGCATGC		
3571	ATATTGTAAC	TTTCATTAGA	AATAAGTTGC	TTTGACTTTT	AAAAATGACA	TAGTTAGATT	ATTTAAAGTC		
3641	AATGTATATA	GTATATATTA	TGTATGGATT	TATATACCAA	ATTTTGGAAT	ACAGCCTATC	TCATGACCAT		
3711	ATTGAAATGT	ACGGAATTTG	ATCCATGCGA	TACTATGTGT	GCATTATTTG	AAAGTTATTG	GAAATTTTAT		
3781	TCAAACCGTG	GAACAAATGT	ATGTGATTTT	GTTATACTTC	TTAATTTAAA	TAAATATTTT	AATGCACTAT		
3851	TAA								

図 1 ヒト DNA リガーゼ遺伝子の塩基配列の一部

問 1 下線部 a に関して、DNA リガーゼが用いられる技術として最も適切なものはどれか、次の①～④の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① PCR 法(ポリメラーゼ連鎖反応法)
- ② 遺伝子組換え
- ③ 電気泳動法
- ④ サンガー法による塩基配列の解読

問 2 下線部 b に関して、ヒトの脳とそのはたらきの組み合わせとして最も適切なものを、次の①～④の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 間脳…記憶や判断、創造などの精神活動の中樞
- ② 延髄…呼吸運動、心臓の拍動を調節する中樞
- ③ 中脳…自律神経系、内分泌系を調節する中樞
- ④ 小脳…眼球運動、瞳孔の大きさを調節する中樞

問 3 この遺伝子からつくられるタンパク質(ヒト DNA リガーゼ)のアミノ酸数は 911 である。図 2 の遺伝暗号表を参考にして、以下の(i)、(ii)に答えよ。

- (i) 911 番目のアミノ酸は何か、その名称を答えよ。
- (ii) この遺伝子からつくられる mRNA の終止コドンの配列と、その終止コドンの最初の塩基が、図 1 の塩基配列の何番目にあたるかを、それぞれ答えよ。

コドンの 2 番目の塩基									
U		C		A		G			
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン (開始コドン)	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

図 2 遺伝暗号表

問 4 下線部 c に関して、図 2 の遺伝暗号表を参考にして、以下の(i)～(iii)に答えよ。

- (i) 2468 番目の塩基は、何番目のアミノ酸を指定するコドンの何番目の塩基に対応するか、それぞれ答えよ。
- (ii) 2468 番目の C が T に置換することにより、コドンの塩基配列は何から何に変化するか、それぞれ答えよ。
- (iii) 2468 番目の C が T に置換した結果、どのようなタンパク質ができるか、30 字程度で説明せよ。

問 5 PvuII と呼ばれる制限酵素は、図 3 に示すように 5'-CAGCTG-3' という配列を認識し、この配列の G と C の間で切断する。図 1 と同じ塩基配列をもつ 3853 塩基対の直鎖状二本鎖 DNA を PvuII で切断したときに生じる二本鎖 DNA 断片の数と、最も長い断片の長さ(塩基対の数)を、それぞれ答えよ。なお、図 1 の塩基配列中において、5'-CAGCTG-3' という配列は、途中省略部分を含め下線で示す箇所にも存在する。

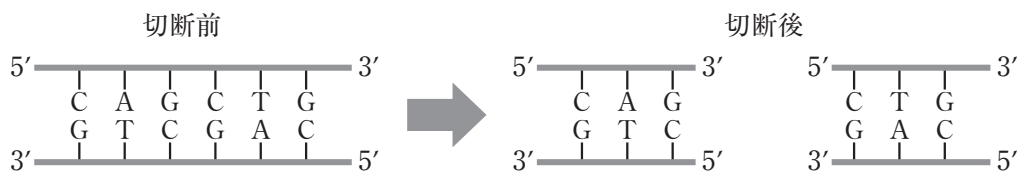


図 3 制限酵素(PvuII)による DNA の切断の模式図

3

(1) 次の文章を読んで、問 1 ～問 6 の答を解答欄に記入せよ。

光合成は、葉緑体のチラコイドで起こる反応とストロマで起こる反応の 2 つに分けられる。チラコイド膜に存在する光合成色素が吸収した光エネルギーによって放出された電子は、光化学系を経て最終的に NADPH の産生に利用される。チラコイド内腔では光化学系のはたらきにより ア が分解され、イ と H^+ が生じる。生じた H^+ はチラコイド内腔に蓄えられる。また、電子伝達系を電子が移動する際のエネルギーを用いて、ストロマの H^+ がチラコイド内腔に輸送される。これらの反応によりチラコイド内腔に蓄えられた H^+ は ATP 合成に利用される。チラコイド内外の H^+ 濃度差と ATP 合成の関係を調べるために、【実験Ⅰ】と【実験Ⅱ】を暗所で行った。

【実験Ⅰ】

1. 葉緑体から取り出したチラコイドを pH 4 の液に浸し、数時間静置することで、チラコイド内腔とチラコイド外部を pH 4 にした。
2. このチラコイドを pH 8 の液中に移し、チラコイド内腔は pH 4 のままでチラコイド外部を pH 8 にした。この段階では ATP は検出されなかった。
3. 2. のチラコイドを含む液中に ADP とリン酸を加え、一定の時間が経過した後、液中の ATP 濃度を測定した。

【実験Ⅱ】

1. 葉緑体から取り出したチラコイドを pH 8 の液に浸し、数時間静置することで、チラコイド内腔とチラコイド外部を pH 8 にした。
2. このチラコイドを pH 4 の液中に移し、チラコイド内腔は pH 8 のままでチラコイド外部を pH 4 にした。この段階では ATP は検出されなかった。
3. 2. のチラコイドを含む液中に ADP とリン酸を加え、一定の時間が経過した後、液中の ATP 濃度を測定した。

問 1 と にあてはまる分子は何か、その名称を答えよ。

問 2 下線部 a に関して、ストロマで起こる二酸化炭素が固定される反応経路のことを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 3 下線部 b に関して、エネルギーを使って物質を濃度の低いところから高いところへ輸送するしくみを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 4 下線部 c に関して、葉緑体のチラコイド膜にある酵素による ATP 合成反応のことを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 5 実験Ⅰと実験Ⅱの結果として正しいと考えられるものはどれか、次の①～④の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 実験Ⅰでも実験Ⅱでも ATP の合成が観察される。
- ② 実験Ⅰでも実験Ⅱでも ATP の合成が観察されない。
- ③ 実験Ⅰでは ATP の合成が観察されるが、実験Ⅱでは ATP の合成が観察されない。
- ④ 実験Ⅰでは ATP の合成が観察されないが、実験Ⅱでは ATP の合成が観察される。

問 6 下線部 c に関して、チラコイドではどのようなしくみで ATP 合成反応がおきているか、「ATP 合成酵素」、「 H^+ 濃度」、「チラコイド」、「ストロマ」という語をすべて用いて、60 字程度で説明せよ。ただし、 H^+ は 1 字とする。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

ある種の細菌は、空気中の窒素を取り込んでアンモニウムイオンなどの窒素化合物をつくる。このはたらきを ア という。一方、植物は土壤中の硝酸イオンなどの無機窒素化合物を吸収して、これらをもとに有機窒素化合物を合成する。このはたらきを イ という。たとえば、硝酸イオンは植物の根から吸収され、葉に運ばれる。葉の細胞では、(i)式の反応が起こる。



この反応には、硝酸 ウ 酵素と電子供与体としてはたらく NADH もしくは NADPH が必要である。生成した亜硝酸イオンは亜硝酸 ウ 酵素のはたらきによってアンモニウムイオンになる。このようにして得られたアンモニウムイオンは、グルタミン合成酵素のはたらきによって エ と結合してグルタミンをつくる。グルタミンのアミノ基が エ 合成酵素のはたらきによって α -ケトグルタル酸に渡されると エ が生成する。アミノ基転移酵素のはたらきによって エ から有機酸にアミノ基が移ることで、さまざまなアミノ酸がつくられる。このとき エ は α -ケトグルタル酸にもどる。

葉で起こる(i)式で表される硝酸イオンの反応を調べるために次の【実験】を行った。この【実験】で用いた簡易水質検査では、亜硝酸イオンが存在すると赤く発色し、その濃度が高いほど赤色が濃くなる。また、この検査は硝酸イオンやアンモニウムイオンの影響は受けない。

【実験】

1. 試験管 A ～ E を用意した。
2. 試験管 A と E に 1 % 硝酸カリウム (KNO_3) 水溶液を 10 mL 入れた。
試験管 B にこの実験に使用した蒸留水を 10 mL 入れた。
試験管 C に 1 % 亜硝酸カリウム (KNO_2) 水溶液を 10 mL 入れた。
試験管 D に 1 % 塩化アンモニウム (NH_4Cl) 水溶液を 10 mL 入れた。
3. 各試験管の溶液の一部について、簡易水質検査で亜硝酸イオンの濃度を測定した。
4. 試験管 A ～ D に、緑葉を約 2 mm 四方の大きさにきざんだものを同量ずつ加えた。ただし、試験管 E には加えなかった。
5. 各試験管を暗所で 30 °C の温水に 30 分間浸した。
6. 5. を終えた後、各試験管の溶液の一部について、簡易水質検査で亜硝酸イオンの濃度を測定した。

問 1 ア ～ エ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 ある植物の下線部 a の酵素には、電子供与体としてはたらく FAD が結合している。下線部 b や FAD のような、酵素の触媒作用に必須の低分子物質のことを何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 3 下線部 b の NADH と NADPH に関する記述として最も適切なものはどれか、次の①～⑤の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① NADH は脱水素酵素と結合し、電子と水素イオンを受け取り NAD^+ となる。
- ② NADPH は光合成色素である。
- ③ NADPH は 60 °C で加熱するとすみやかに機能を失う。
- ④ NADH を酸化すると NAD^+ になる。
- ⑤ NADH は植物にのみ含まれる。

問 4 【実験】の結果、試験管 B と E では、温水につける前でも後でも亜硝酸イオンは検出されなかった。その他の各試験管の結果に関する次の①～③の記述に関して、正しいものを○、正しくないものを×とし、それぞれ○か×で答えよ。

- ① 試験管 A では、温水につける前は無色で、30 分後には赤色になった。
- ② 試験管 C では、温水につける前は無色で、30 分後には赤色になった。
- ③ 試験管 D では、温水につける前は無色で、30 分後には赤色になった。

問 5 【実験】で試験管 E を用意する理由を 35 字程度で説明せよ。

4

(1) 次の文章を読んで、問 1 ～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

動物の細胞は常に酸素を必要とし、酸素は血液によって絶えず供給される。脊椎動物では、肺で血液中に取り込まれた酸素は、赤血球内にあるヘモグロビンと結合し、酸素ヘモグロビンとして運搬された後、ヘモグロビンから解離することで全身の組織に供給される。図 1 は成人のヘモグロビンの酸素解離曲線の例であり、異なる二酸化炭素濃度のもとでの酸素濃度と酸素ヘモグロビンの割合(酸素飽和度)の関係を表している。肺と組織における二酸化炭素濃度(相対値)はそれぞれ 40 と 70 であるとする。

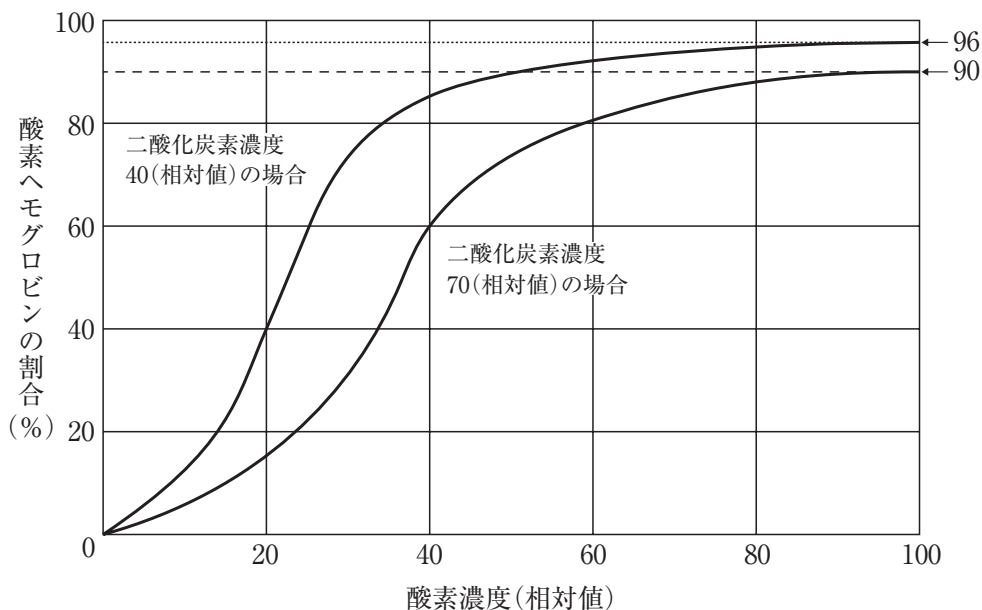


図 1 成人のヘモグロビンの酸素解離曲線

問 1 酸素解離曲線に関する記述として適切なものはどれか、次の①～⑥の中から2つ選び、記号で答えよ。

- ① ヘモグロビンと酸素の結合しやすさは、条件によらず一定である。
- ② ヘモグロビンと酸素の結合しやすさは、二酸化炭素濃度のみで決まる。
- ③ 酸素ヘモグロ빈は、酸素濃度が高いほど酸素を解離しやすい。
- ④ 酸素ヘモグロ빈は、酸素濃度が低いほど酸素を解離しやすい。
- ⑤ 酸素ヘモグロ빈は、二酸化炭素濃度が高いほど酸素を解離しやすい。
- ⑥ 酸素ヘモグロ빈は、二酸化炭素濃度が低いほど酸素を解離しやすい。

問 2 肺と組織における酸素濃度(相対値)がそれぞれ100と40であるとして、以下の(i)、(ii)に答えよ。

- (i) 肺におけるヘモグロビンの酸素飽和度はおよそ何%か、グラフから読みとり整数で答えよ。
- (ii) 肺で結合した酸素のうちの何%が組織に供給されることになるか、計算して小数点第二位を四捨五入して答えよ。計算過程も示すこと。ただし、赤血球が組織に届くまでに酸素の損失は無いものとする。

問 3 ヘモグロビンの酸素飽和度が 50 % になるときの酸素濃度を半飽和濃度という。図 1 を参考にして、半飽和濃度に関する記述として適切なものはどれか、次の①～④の中から 2 つ選び、記号で答えよ。

- ① 二酸化炭素濃度 40 におけるヘモグロビンの半飽和濃度は、およそ 23 (相対値) である。
- ② 二酸化炭素濃度 40 におけるヘモグロビンの半飽和濃度は、およそ 48 (相対値) である。
- ③ 半飽和濃度の値が小さいほど酸素との親和性が高いので、酸素が遊離しにくい。
- ④ 半飽和濃度の値が大きいほど酸素との親和性が高いので、酸素が遊離しにくい。

問 4 ヘモグロビン 1.0 g が結合できる酸素の量は、気体に換算して最大 1.3 mL である。1.0 mL の血液中のヘモグロビン量を 150 mg、心臓が 1 分間に肺へ送り出す血液を 5.0 L として、以下の(i)、(ii)に答えよ。ただし、温度の変化による気体の体積変化は考えなくてよい。

(i) 1 分間に肺から血液によって送り出される酸素は、気体に換算しておよそ何 mL になるか。問 2(i)の値を肺におけるヘモグロビンの酸素飽和度として計算して、小数点第一位を四捨五入して整数で答えよ。計算過程も示すこと。

(ii) ヒトの 1.0 mm^3 の血液中には、およそ 5.0×10^6 個の赤血球がある。赤血球 1 個あたりのヘモグロビン量(g)を計算して、以下の あ にあてはまる数値を、小数点第一位を四捨五入して整数で答えよ。計算過程も示すこと。ただし、 $1 \text{ mm}^3 = 1 \mu\text{L} = 1 \times 10^{-6} \text{ L}$ である。

赤血球 1 個あたりのヘモグロビン量は、あ $\times 10^{-11} \text{ g}$ である。

(2) 次の文章を読んで、問 1 ～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

動物のからだには、病原体や有害物質などの異物(非自己物質)をからだから排除する^a免疫と呼ばれるしくみが備わっている。このしくみの一部には、抗体が重要な役割を果たしている。抗体は、アと総称されるタンパク質であり、抗体産生細胞によってつくられる。また図 1 に示すように、その構造は2 種類のポリペプチドが 2 本ずつ集まった Y 字型である。

b

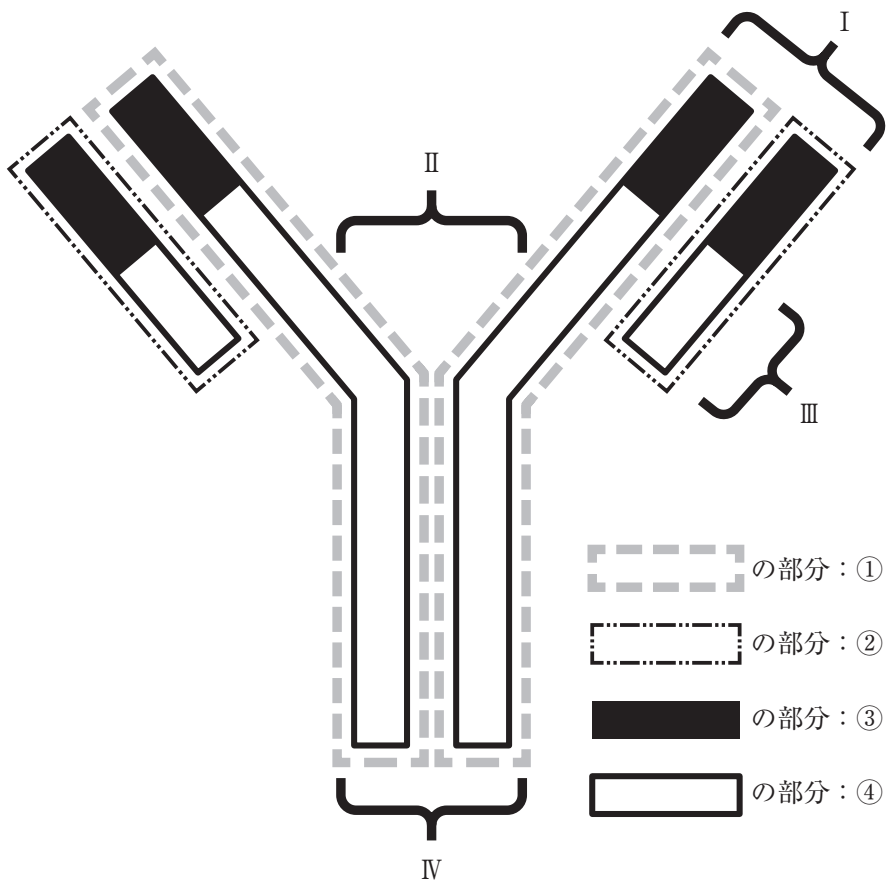


図 1 抗体の構造の模式図(ポリペプチド間の結合は省略して表記されている)

問 1 ア にあてはまる適切な語句を記せ。

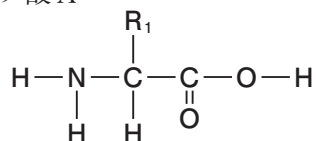
問 2 下線部 a の免疫のうち、異物を抗原として特異的に排除する獲得免疫（適応免疫）に関して、以下の(i)、(ii)に答えよ。

(i) 抗体によって異物を排除する獲得免疫を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

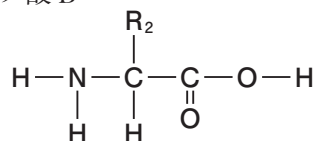
(ii) キラー T 細胞が中心となって異物を排除する獲得免疫を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問 3 抗体をはじめとするタンパク質は、アミノ酸がペプチド結合により鎖状につながった分子である。下に示すアミノ酸 A のカルボキシ基とアミノ酸 B のアミノ基がペプチド結合によってつながった分子の構造式を示せ。また、ペプチド結合ができる際に取り除かれる分子は何か、その名称を答えよ。なお、 R_1 、 R_2 はアミノ酸の側鎖を示す。

アミノ酸 A



アミノ酸 B



問 4 図 1 は、抗体の構造を模式的に示したものである。以下の(i)、(ii)に答えよ。

(i) 下線部 b に関して、この 4 本のポリペプチドをつなげているシステムどうしの結合を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

(ii) 図 1 中の①～④をそれぞれ何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、抗原に結合する部分はどこか、図 1 中の I ～ IV の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

問 5 免疫に関する記述として適切でないものはどれか、次の①～⑤の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

① 抗原提示により活性化されたヘルパー T 細胞は、キラー T 細胞の増殖・分化を促進する。

② 抗原が排除されたあと、記憶細胞として体内に残るのは B 細胞のみである。

③ NK(ナチュラルキラー)細胞は、がん細胞を攻撃する。

④ 樹状細胞だけでなく、マクロファージも抗原提示をおこなう。

⑤ T 細胞の分化は、胸腺でおこなわれる。

問 題 訂 正 紙

生物 (理工学部)

注意事項

- 1 試験開始まで、この問題訂正紙の裏を見てはいけません。「解答はじめ。」の指示の後に、訂正の内容を確認してください。
- 2 試験終了後、問題訂正紙は持ち帰ってください。

問 題 訂 正

試験日程 前期日程

試験教科・科目名 生物（理工学部）

問題訂正

問 題 1（2）

ページ 4 の （ 14 ） 行目

（誤） 筋細胞膜上の い チャネルが開き、

（正） 筋細胞膜上の イオンチャネルが開き、