生

生　物

生物　問題 I

次の【A】および【B】の文章を読み，下の問に答えよ。

【A】　タンパク質は，生命体の主要な構成成分の１つであり，多数のアミノ酸からなる。アミノ酸は，中心となる炭素原子に，側鎖，水素原子，アミノ基，および（　あ　）基が結合した構造をもち，隣接するアミノ酸どうしは（　あ　）基とアミノ基の間で形成される（　い　）結合によってつながっている。多数のアミノ酸が（　い　）結合によって連なった分子をポリペプチドといい，①ポリペプチドは細胞内で折りたたまれるなどの過程を経て，それぞれ固有の立体構造をもつタンパク質となる。タンパク質には，②細胞内ではたらくもののほかに，細胞膜に存在してはたらくものや細胞外に分泌されてはたらくものがあり，生命を維持するうえで重要な役割を担っている。

問１．文章中の（　あ　），（　い　）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問２．下線部①について，以下の（１），（２）の問に答えよ。

（１）タンパク質の構造に関する記述のうち誤っているものを，次の（a）～（d）のうちからすべて選び，記号を記せ。

(a) ポリペプチドに含まれるアミノ酸の種類と順序を指定する遺伝子の塩基配列を一次構造という。
(b) ポリペプチド内でみられる，アミノ酸間の水素結合などによって形成されるらせん状などの部分的な立体構造を二次構造という。
(c) 二次構造が組み合わさってできる，１本のポリペプチドからなるタンパク質全体の立体構造を三次構造という。
(d) 三次構造を形成した複数のポリペプチドが組み合わさってできるタンパク質全体の立体構造を四次構造という。

（２）ポリペプチドが折りたたまれ，立体構造を形成する過程の名称を記せ。また，その過程を補助するタンパク質の名称を記せ。

問３．下線部②に関して，細胞膜に存在してはたらくタンパク質を，次の（a）～（h）のうちからすべて選び，記号を記せ。

(a) アクアポリン　　(b) ビコイドタンパク質
(c) アミラーゼ　　(d) MHC 分子（MHC 抗原）
(e) 電位依存性イオンチャネル　　(f) 脂溶性ホルモン受容体
(g) トリプシン　　(h) リゾチーム

問４．ヒトの体内で十分な量を合成できず，食物として摂取しなければならないアミノ酸を必須アミノ酸と呼ぶ。成人の必須アミノ酸は何種類存在するか，数字を記せ。

生

生　物

【B】　小腸は消化管の一部であり，胃で消化した消化物が小腸の内側（以下，内腔側）を流れる。消化物に含まれるグルコースは，消化管内側の上皮（吸収上皮）に存在する上皮細胞内に取り込まれた後，毛細血管と接する側（以下，血管側）へ輸送されることで体内に取り込まれる（図１）。この過程には，以下の３種類の膜タンパク質が関与している。

輸送体１：グルコースの濃度勾配に従ってグルコースを輸送する。
輸送体２：Na^+の濃度勾配に依存する輸送体であり，Na^+を受動輸送
　　すると同時に同じ方向にグルコースを輸送する。
ナトリウムポンプ：③能動輸送により Na^+と K^+を輸送する。

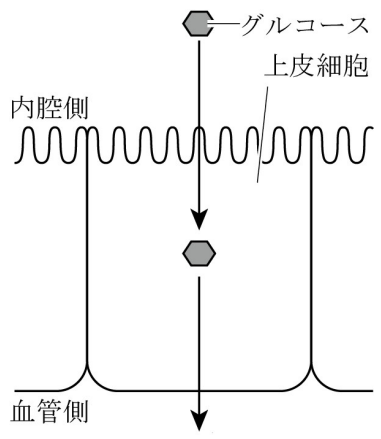


図１　小腸上皮におけるグルコースの移動

これらの膜タンパク質のはたらきを調べるため，以下の実験を行った。

ラットの小腸の一部を取り出し，腸管を裏返して，吸収上皮が外側に向いた反転腸管を作成した。この反転腸管の外側（吸収上皮側）を A，内側（血管側）を B とする。反転腸管の一方の端をきつく縛り，Na^+を 150 ミリ mol/L 含むがグルコースを含まない培養液で反転腸管の内部（B）を満たした後，もう一方の端をきつく縛った。その後，Na^+は含まないがグルコースを含む培養液に反転腸管を沈め，培養液に酸素を送り込んだ（図２）。

次に，図２の反転腸管を，図３左側に示した Na^+および薬剤 X の添加の有無の条件（ｉ～ⅳ）のもとで十分な時間培養し，A から B に移動したグルコース量（ｉの条件を 100 としたときの相対値）を測定したところ，図３右側のようになった。ここで用いた薬剤 X は，ナトリウムポンプのはたらきを特異的に阻害する作用をもち，細胞膜を透過しない。なお，上皮細胞におけるグルコースの取り込みと排出には輸送体１と２ならびにナトリウムポンプのみが関わっており，これらの膜タンパク質はそれぞれ上皮細胞の内腔側と血管側のどちらか一方のみに存在するものとする。

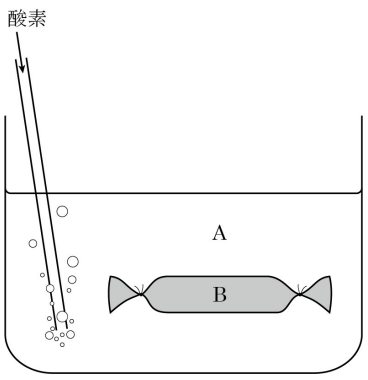


図２　反転腸管を用いた実験のようす

	A への Na^+ の添加の有無	A への薬剤 X の添加の有無	B への薬剤 X の添加の有無	B に移動したグルコース量（ｉの条件を 100 とした相対値）
ｉ	＋	－	－	
ⅱ	＋	＋	－	
ⅲ	＋	－	＋	
ⅳ	－	－	－	

0　20　40　60　80　100

＋は添加したことを，－は添加しなかったことを示す。
Na^+は 150 ミリ mol/L となるよう添加した。

図３　反転腸管を用いた実験の条件とその結果

問５．下線部③について，ナトリウムポンプによる Na^+と K^+の細胞内外への輸送の方向について，そのエネルギー源の名称を含めて簡潔に説明せよ。

問６．図３に示した結果について，輸送体１と輸送体２ならびにナトリウムポンプは，上皮細胞の内腔側と血管側のどちらに存在しているか，それぞれ記せ。

問７．図３に示した条件ｉの結果のとき，上皮細胞の細胞内の Na^+の濃度は，A および B と比較してどのような関係にあるか。次の（a）～（d）のうちから１つ選び，記号を記せ。

（a）A ＞ 細胞内，　細胞内 ＞ B　　（b）A ＞ 細胞内，　細胞内 ＜ B
（c）A ＜ 細胞内，　細胞内 ＞ B　　（d）A ＜ 細胞内，　細胞内 ＜ B

問８．条件ｉにおいて，酸素を送り込むことをやめると，B へのグルコースの移動量が減少した。その理由を考察して簡潔に記せ。

生

生　物

生物　問題Ⅱ

次の文章を読み，下の問に答えよ。

ヒトには，神経系と内分泌系という２つの情報伝達のしくみがあり，これによって体内環境が調節されている。神経系は①脳などの中枢神経系と自律神経系などの末梢神経系からなる。脳は，受容器から送られてきた情報をもとに，自律神経系や内分泌系を通してからだの状態を調節する。内分泌系において中心的なはたらきをしているのは，間脳の視床下部と，その下に位置する②脳下垂体である。体内環境の調節の例として，血糖濃度の調節がある。ヒトの血糖濃度は，空腹時には 0.1%（質量%）前後でほぼ一定に保たれている。③血糖濃度が低いときは，グルカゴン，アドレナリン，糖質コルチコイドなどのはたらきによって血糖濃度が上昇する。一方，④血糖濃度が高いときは，インスリンなどのはたらきによって血糖濃度が低下する。

問１．下線部①に関する次の（a）～（f）のうちから正しいものを１つ選び，記号を記せ。

（a）大脳の外層にある皮質は，神経繊維が集まった白質である。
（b）小脳には，姿勢保持や瞳孔反射の中枢がある。
（c）中脳には，呼吸運動や心臓の拍動調節の中枢がある。
（d）間脳には，多くの感覚神経系が大脳へ至る途中の中継地点が含まれている。
（e）延髄には，運動の調節やからだの平衡を保つ中枢がある。
（f）小脳，間脳，中脳，延髄をまとめて脳幹と呼ぶ。

問２．下線部②について，以下の（１），（２）の問に答えよ。

（１）脳下垂体後葉から分泌されるホルモンは，どのように分泌されるか。次の説明文の（ あ ），（ い ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。なお，（ あ ）は細胞の名称，（ い ）は細胞部位の名称である。

間脳の視床下部に存在する（ あ ）の細胞体でホルモンは合成される。細胞体で合成されたホルモンは脳下垂体後葉まで伸びた（ い ）の末端から脳下垂体後葉内の毛細血管に分泌される。

（２）脳下垂体前葉から分泌されるホルモンが関わる代謝の調節にはフィードバックのしくみがはたらいている。ある人の血中のホルモン濃度を複数回調べたところ，チロキシンの濃度は低下している一方，甲状腺刺激ホルモンおよび甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンの濃度は過剰であった。チロキシン分泌量の調節のしくみのどこか１か所のみに異常があるとした場合，この人について述べた次の（a）～（i）のうちから，ホルモン量の測定結果と矛盾しないものをすべて選び，記号を記せ。

（a）視床下部の細胞におけるチロキシン感受性が低下している。
（b）視床下部の細胞におけるチロキシン感受性が過剰に高まっている。
（c）視床下部の細胞の，甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンの分泌機能が過剰に高まっている。
（d）脳下垂体前葉の細胞におけるチロキシン感受性が低下している。
（e）脳下垂体前葉の細胞におけるチロキシン感受性が過剰に高まっている。
（f）脳下垂体前葉の細胞における甲状腺刺激ホルモンの分泌機能が過剰に高まっている。
（g）甲状腺の細胞における甲状腺刺激ホルモン感受性が低下している。
（h）甲状腺の細胞における甲状腺刺激ホルモン感受性が過剰に高まっている。
（i）甲状腺の細胞の，チロキシンを分泌する機能が低下している。

問３．下線部③について，　次の文章中の（ う ）～（ き ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

血糖濃度が低いとき，すい臓のランゲルハンス島の（ う ）細胞からグルカゴンの分泌が，副腎（ え ）からアドレナリンの分泌がそれぞれ促進され，肝臓に貯蔵されている（ お ）の分解が促進される。また，副腎（ か ）から糖質コルチコイドの分泌が促進され，（ き ）からグルコースが作られる。

生　物

問４．下線部③について，グルカゴン，アドレナリン，糖質コルチコイドが分泌されるそれぞれの過程でみられることを次の（a）～（e）のうちからそれぞれすべて選び，記号を記せ。

（a）交感神経がはたらく。
（b）副交感神経がはたらく。
（c）内分泌細胞自身が血糖濃度の低下を感知する。
（d）脳下垂体の分泌細胞が刺激ホルモンを分泌する。
（e）視床下部の分泌細胞が放出ホルモンを分泌する。

問５．下線部④に関して，血糖濃度が慢性的に高くなる病気を糖尿病という。図１と図２は，それぞれ食事後の血糖濃度および血中インスリン濃度の変化を表した模式図であり，図中のグラフA～Cは，健康な人，糖尿病患者XおよびYの３人のいずれかに対応している。患者XおよびYに関して述べた次の（a）～（g）のうちから正しいものをすべて選び，記号を記せ。

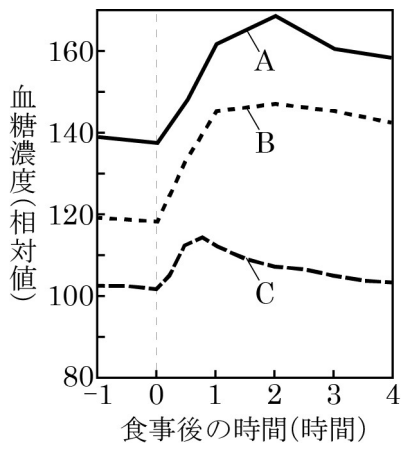


図１　食事後の血糖濃度の変化

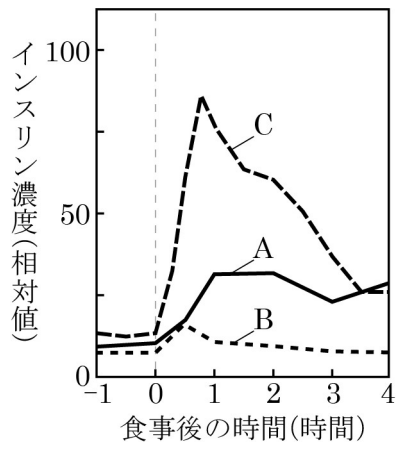


図２　食事後の血中インスリン濃度の変化

（a）Xが１型糖尿病，Yが２型糖尿病であるとき，Xのグラフは A，Yのグラフは C となる。
（b）Xが１型糖尿病，Yが２型糖尿病であるとき，Xのグラフは B，Yのグラフは A となる。
（c）Xにおいて，免疫細胞によってすい臓のランゲルハンス島 B 細胞が破壊されているとき，Xのグラフは A となる。
（d）Xにおいて，免疫細胞によってすい臓のランゲルハンス島 B 細胞が破壊されているとき，Xのグラフは B となる。
（e）Yにおいて，インスリンの標的細胞が反応しなくなっているとき，Yのグラフは A となる。
（f）Yにおいて，インスリンの標的細胞が反応しなくなっているとき，Yのグラフは C となる。
（g）X，Y双方とも細胞へのグルコースの取り込みが上昇している。

問６．

本設問については、出題内容に一部不備が確認されたため、該当部分を削除しております。

生

生　物

生物　問題　Ⅲ

次の文章を読み，下の問に答えよ。

DNA の塩基配列の情報をもとにして，タンパク質が合成されることを，遺伝子の発現という。真核生物では，DNA の遺伝情報の転写により合成された mRNA は，細胞質において（ あ ）と結合し，そこで翻訳される。mRNA の塩基の 3 つの並び（トリプレット）はコドンと呼ばれ，1 つのアミノ酸に対応している。コドンに相補的な塩基配列（アンチコドン）をもつ①tRNA が対応するアミノ酸を運び，アミノ酸どうしが連結することによりポリペプチドが合成される。

DNA に存在する遺伝子は，すべてが常に発現しているのではなく，細胞の環境などに応じて発現が調節されている。真核生物の DNA は，核内で（ い ）と呼ばれる円盤状のタンパク質に巻き付いて（ う ）を形成し，さらにそれらが折りたたまれて（ え ）を形成している。このままの状態では RNA ポリメラーゼは転写開始の目印となる（ お ）に近づくことができないが，遺伝子を発現する際は（ え ）がほどけた状態になり，RNA ポリメラーゼが（ お ）に結合できるようになる。さらに，真核生物の場合，RNA ポリメラーゼの（ お ）への結合には，（ か ）と呼ばれる複数のタンパク質が必要である。

真核生物の遺伝子では，DNA の塩基配列に翻訳されない配列（イントロン）と翻訳される配列（エキソン）がある。転写により生じた mRNA 前駆体にはイントロンの領域が含まれており，イントロンの領域が除かれ，隣り合うエキソンの領域どうしが連結することで mRNA となる。また，イントロンの領域が除かれる際に一部のエキソンの領域も除かれることがあり，②除かれるエキソンの領域の違いにより，同じ配列の mRNA 前駆体から複数種類の mRNA がつくられることがある。

問１．文章中の（ あ ）～（ か ）にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問２．下線部①について，tRNA は 1 つのアミノ酸を運搬するが，tRNA の種類はコドンが指定するアミノ酸の種類よりも多い。その理由を簡潔に記せ。

問３．転写における RNA ポリメラーゼのはたらきについて述べた次の文の（ き ）～（ さ ）にあてはまる最も適切な語句を次の（a）～（j）のうちから 1 つずつ選び，記号を記せ。なお，同じ記号を複数回用いてもよい。

RNA ポリメラーゼは，（ き ）の（ く ）鎖を（ け ）の方向へ移動しながら，（ こ ）を（ さ ）の方向へ合成する。

(a) DNA	(b) RNA	(c) タンパク質	(d) プライマー
(e) センス	(f) アンチセンス	(g) ラギング	(h) リーディング
(i) 5'から 3'	(j) 3'から 5'		

問４．下線部②の現象の名称を記せ。

生

生　物

問５．真核生物の遺伝子 X には 5 つのエキソンが，エキソン 1 から 5 の順に並んでおり，下線部②の現象によって次の＜条件＞で mRNA が合成される。図 1 はエキソン 1～5 のセンス鎖の塩基配列であり，それぞれ 10 塩基毎に数字が付けてある。遺伝子 X に関して，表 1 の遺伝暗号表を参考にして，以下の（1）～（4）の問に答えよ。なお，翻訳は開始コドンから始まり，終止コドンで終わるものとする。

＜条件＞

・エキソン 1 は必ず mRNA に含まれる。
・エキソン 2 は，mRNA に含まれる場合と含まれない場合がある。
・エキソン 3 は，mRNA に含まれる場合と含まれない場合がある。
・エキソン 4 と 5 は必ずどちらか一方のみが mRNA に含まれ，両方が含まれることはない。

表 1　遺伝暗号表

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 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

エキソン 1（33 塩基）　　5'- ATATTGTATATGGGAGCTGCAAAATTCCAGCTT-3'

エキソン 2（19 塩基）　　5'- ACTTCAGGACTCCCGAACC -3'

エキソン 3（30 塩基）　　5'- TCGTTTGGGGGCGCGTCAATTCGGTACGTT -3'

エキソン 4（37 塩基）　　5'- CATTCCTTGCATAGTCAACGATAGGCCCGGTCGATTA-3'

エキソン 5（40 塩基）　　5'- AGACCCATTAGAGCGATAACCGTTAGACAACGAACTTGAT -3'

図 1　遺伝子 X のエキソン 1～5 のセンス鎖の塩基配列

（1）＜条件＞が満たされる場合，遺伝子 X から合成される mRNA は最大で何種類となるか，数字を記せ。なお，エキソンの順番が入れ替わることはない。

（2）遺伝子 X に人為的に突然変異を生じさせたところ，図 1 中の TTCCA の塩基のうち 1 つに置換が生じたが，翻訳されるアミノ酸に変化がなかった。置換はどの塩基に生じたと考えられるか。置換が生じた塩基を答案用紙の［5'- ＴＴＣＣＡ- 3'］から 1 つ選び，丸で囲め。また，置換後の塩基を大文字のアルファベット 1 文字で記せ。

（3）＜条件＞が満たされる mRNA のうち，最も塩基数の多い mRNA になるエキソンの組み合わせを解答例にならって記せ。また，その mRNA から翻訳されるアミノ酸の数を数字で記せ。なお，ポリ A テールなど図 1 に書かれていない塩基配列の長さについて考える必要はない。
【解答例　エキソン 1 と 2 と 3 の場合：　1－2－3,　アミノ酸の数　*x* 個】

（4）＜条件＞が満たされる mRNA のうち，翻訳されるアミノ酸の数が最も多い mRNA になるエキソンの組み合わせを，問５（3）の解答例にならって記せ。また，その mRNA から翻訳されるアミノ酸の数を数字で記せ。