

1 タンパク質に関する次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

タンパク質は、多数のアミノ酸が鎖状につながった構造をしている。タンパク質を構成するアミノ酸は、1つの炭素原子に、アミノ基と(ア)基、水素原子が結合した構造をもち、残りの1か所には(イ)とよばれるさまざまな構造や化学的性質をもつ原子団が結合している。タンパク質では、隣り合うアミノ酸どうしが、一方のアミノ酸の(ア)基と他方のアミノ酸のアミノ基から1分子の水が取れて結合している。これを(ウ)結合という。多数のアミノ酸が(ウ)結合でつながって長く連なったものを(エ)という。また、細胞内でタンパク質合成の場となる構造体を(オ)という。

タンパク質の立体構造は、部分的に特徴のある構造を形成している。このような(エ)の折りたたみのパターンを、タンパク質の(カ)という。(カ)には、(エ)が平行に並んでジグザグ状の構造になった(キ)構造や、(エ)がらせん状の構造をとる(ク)構造などがある。さらに、(カ)が立体的に配置され、タンパク質全体として複雑な立体構造が形成される。タンパク質によっては、ヘモグロбинのように複数の(エ)が組み合わされて、より高次の立体構造をつくるものがある。これをタンパク質の(ケ)という。

タンパク質に固有の立体構造は、さまざまな結合により形成されている。(エ)が折りたたまれ、タンパク質の立体構造が形成されることを(コ)といい、その際に(エ)が正しく折りたたまれるように補助するタンパク質を(サ)という。タンパク質の立体構造が何らかの要因で変わると、その性質や機能も変化する。この現象をタンパク質の(シ)という。また、(シ)によってタンパク質がそのはたらきを失うことを(ス)という。

タンパク質は、生体に含まれる物質の中で最も種類が多く、あらゆる生体の構造と機能に関わる。タンパク質には、酵素として生体内で化学反応を促進するはたらきをもつものや、膜を介した物質輸送にはたらくもの^①、細胞間の情報伝達にはたらくものなどがある。^②

(1) 文章中の空欄(ア)~(ス)に入る最も適切な語句を答えよ。

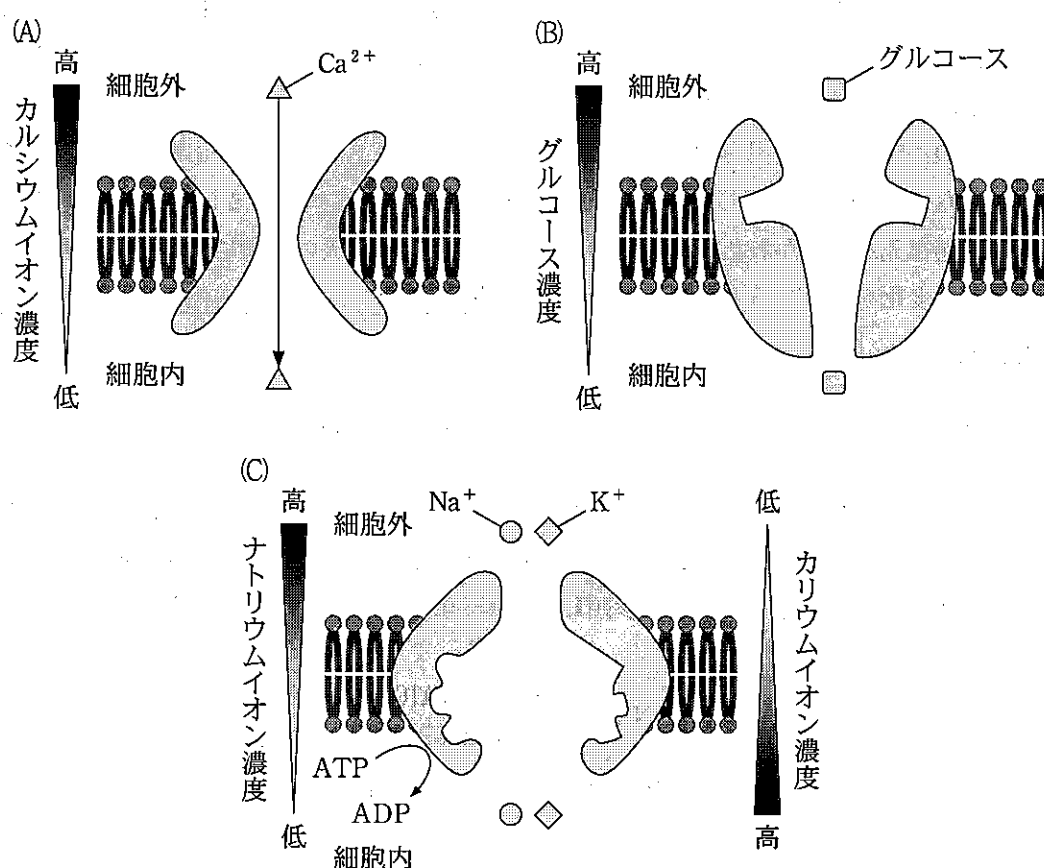
(2) 次の(A)~(E)の記述のうち、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (A) ジスルフィド結合は、システインがもつ硫黄どうしが結合したものである。
- (B) アミノ酸の中には、ヒトの体内では十分な量が合成されないため、食物から摂取しなければならないものがある。
- (C) タンパク質には、(イ)が異なる24種類のアミノ酸が含まれている。
- (D) アミノ酸は、(イ)が酸性のものと、(イ)がアルカリ性のものの2種類に分けられる。
- (E) アミノ酸には、水を引きつける性質をもつものと、水と反発する性質をもつものがある。

(3) 下線部①について、次の(A)~(D)の記述のうち、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (A) 酵素のはたらきにより、反応に必要な活性化エネルギーは大きくなり、化学反応が速やかに進行する。
- (B) 酵素の基質特異性とは、酵素が特定の物質としか反応しない性質であり、酵素に固有の立体構造によって生じる。
- (C) 代表的な補酵素には、 NAD^+ やサイクリック AMP がある。
- (D) 活性部位とは異なる部位に、基質以外の特定の物質が結合することによって、酵素の活性が変化することをアロステリック効果という。

(4) 下線部②について、下の図(A)~(C)は、タンパク質を介した物質輸送の模式図である。以下の問(i)および(ii)に答えよ。



(i) (A)~(C)にあてはまるタンパク質の種類として適切なものを、次の語群から1つずつ選べ。

〔語群〕 微小管 ポンプ 受容体 チャネル 輸送体

(ii) (B)と(C)のタンパク質について、それぞれの物質輸送の方向を、(A)にならって解答欄の図に矢印で示せ。ただし、(C)については、 Na^+ と K^+ の輸送の方向をそれぞれ矢印で示せ。

2

子の DNA の塩基配列に (ウ) が起こり、あるコドンが異なるアミノ酸を指定するコドンに変わる。

②

- (2) 下線部①について、下の図は、正常なヒトのヘモグロビン β 鎖遺伝子の塩基番号1～21番のDNAの両ヌクレオチド鎖と、それから転写されたmRNAの塩基配列を示したものである。次のページの遺伝暗号表を参照し、問(i)～(iv)に答えよ。



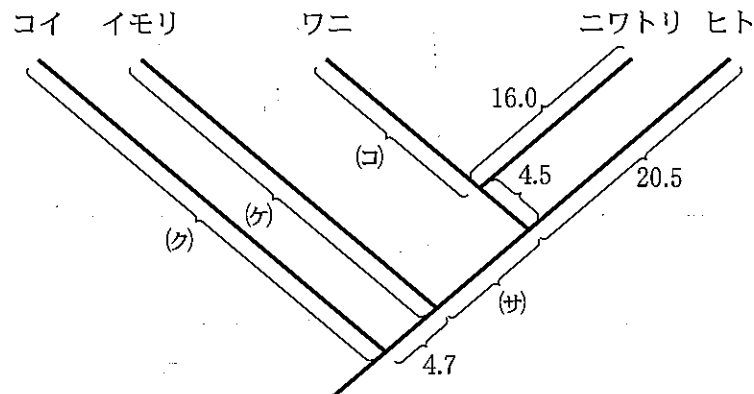
- (A) mRNA の塩基配列 (B) 赤血球の性質
(C) アミノ酸配列 (D) ヘモグロビンの性質

遺伝暗号表

コドンの2番目の塩基					
	U	C	A	G	
コドンの3番目の塩基	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
		UUC	UCC	UAC	UGC
		UUA ロイシン	UCA	UAA 終止	UGA 終止
	C	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン
		CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン
		CUC	CCC	CAC	CGC
		CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA
	A	CUG	CCG	CAG	CGG
		AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン
		AUC	ACC	AAC	AGC
		AUA	ACA	AAA リシン	AGA アルギニン
	G	AUG メチオニン(開始)	ACG	AAG	AGG
		GUU パリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン
		GUC	GCC	GAC	GGC
		GUA	GCA	GAA グルタミン酸	GGA
		GUG	GCG	GAG	GGG

- (3) 下線部②について、下の表は、5つの生物種において、あるタンパク質を構成するアミノ酸配列を比べた際の異なるアミノ酸の個数を示したものである。また、下の図は、表をもとに作成した系統樹である。図中の数値は、共通祖先から変化したアミノ酸の平均の個数を示している。なお、共通祖先から分かれた後、同じ頻度でアミノ酸配列に変化が生じたものとする。以下の問(i)および(ii)に答えよ。

	ヒ ト	ニワトリ	ワ ニ	イモリ
ニワトリ	40			
ワ ニ	42	32		
イモリ	60	58	60	
コ イ	69	69	65	72



- (i) 図中の空欄(ク)～(サ)に入る数値を答えよ。ただし、小数第二位を四捨五入して、小数第一位まで答えよ。
- (ii) このタンパク質において、1つのアミノ酸が変化するのに870万年かかったとすると、コイが5つの生物種の共通祖先から分かれたのは何百万年前か答えよ。ただし、(i)で解答した数値に基づいて計算し、答えよ。

ショウジョウバエの発生と遺伝子の発現に関する次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

ショウジョウバエを含む多くの動物には、前後軸、背腹軸、左右軸の3つの(ア)がある。(ア)はおもに卵の極性に依存しており、前後軸は、卵の前後に局在する特定の mRNA と受精後に合成されるタンパク質により決まる。これらを(イ)といい、その遺伝子を(ウ)という。例えば、ショウジョウバエの受精卵では、(エ)が前端で、(オ)が後端で合成され、^①胚の中を拡散するなどして、前後軸に沿った濃度勾配を形成する。この濃度勾配が胚における相対的な位置情報となり、前後軸が形成される。

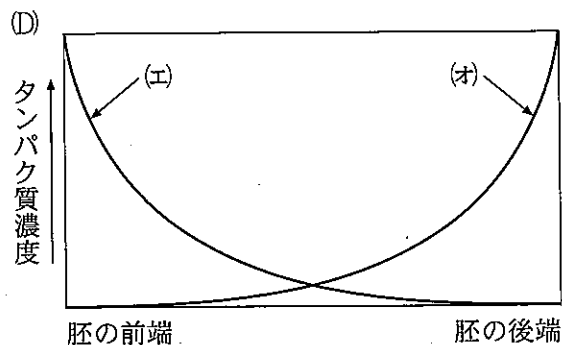
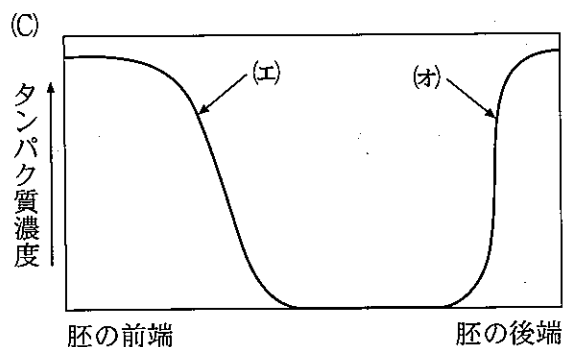
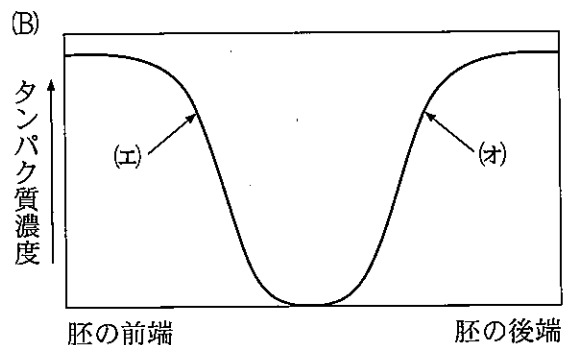
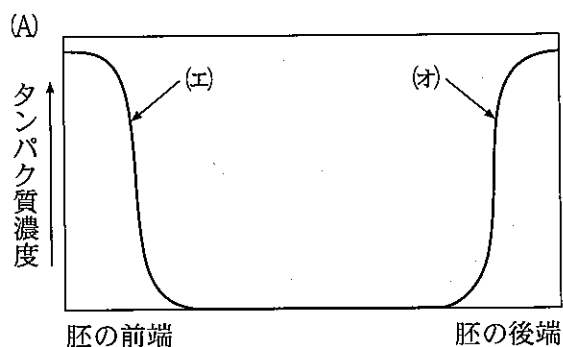
(エ)や(オ)は調節タンパク質でもあり、特定の遺伝子の発現を調節することで、前後軸に沿って(カ)という連続する区切られた構造が形成される。このように、(エ)や(オ)などによって発現が調節され、(カ)の形成を促す遺伝子の総称を(キ)という。(キ)は発現がはじまる時期などによって3つの遺伝子群に分類され、それぞれ複数種類の遺^②伝子がある。

(カ)が形成された後、(ク)と総称される調節遺伝子によって、触角、眼、脚などの器官が形成される。ショウジョウバエの(ク)は、胚の前後軸に沿って発現する領域がそれぞれ異なる。(ク)に突然変異が起これと、体の一部の器官が別の器官に転換することがある。^③

(1) 文章中の空欄(ア)~(ク)に入る最も適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①について、以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) (エ)および(オ)が拡散するようすとして最も適切なものを、次の(A)~(D)の中から1つ選び記号で答えよ。



(ii) 受精卵の後端に(エ)の mRNA を注入すると、注入しない受精卵と比べて発生にどのような違いが生じるか、「胸部」、「先端部」、「頭部」、「尾部」の4語を用いて50字以内で説明せよ。

(3) 下線部②について、以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) 3つの遺伝子群の名称を発現する順に答えよ。

(ii) (i)で2番目に発現する遺伝子群は、胚の前後軸に沿って、しま状に発現する。どのようなしま状を呈するか解答欄の図に描け。

(4) 下線部③について、体の一部の器官が別の器官に転換する突然変異の例として、ウルトラバイソラックス遺伝子をはたらかないことで生じるバイソラックス突然変異体がある。下の表は、正常な個体とバイソラックス突然変異体の特徴をまとめたものである。この表から読み取れるウルトラバイソラックス遺伝子のはたらきを40字以内で説明せよ。

	正常な個体		バイソラックス突然変異体	
	中胸部	後胸部	中胸部	後胸部
ウルトラバイソラックス遺伝子の発現	なし	あり	なし	なし
翅を形成する遺伝子の発現	あり	なし	あり	あり
形成される器官	翅	平均棍	翅	翅

骨格筋の構造と筋収縮のしくみに関する次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

骨格筋は、(ア)とよばれる細長い細胞が集まったもので、(ア)の中には多数の(イ)が束になって詰まっている。(イ)を顕微鏡で観察すると、明るく見える(ウ)と暗く見える(エ)が交互に配列している。(イ)は太い(オ)フィラメントと細い(カ)フィラメントから構成されており、(オ)フィラメントの間に(カ)フィラメント^①が滑り込むことにより筋収縮が起こる。

骨格筋の収縮は、運動神経により制御されている。運動神経は(ア)と(キ)を形成し、(キ)間隙に^②放出された神経伝達物質である(ク)が(ア)の受容体に結合すると、(イ)を包んでいる袋状の構造体である(ケ)からカルシウムイオンが放出される。このカルシウムイオンの放出により、(オ)と(カ)が結合できるようになる。^③

(ア)はATPが分解されるときエネルギーを使って収縮する。(ア)に含まれるATP量は多くなく、(ア)は(コ)の形でエネルギーを蓄えており、これを呼吸や(サ)により分解しATPを供給する。また、(ア)は高エネルギーリン酸結合をもつ(シ)という形でもエネルギーを蓄えており、激しい運動などでATPが必要なときは、(シ)を使ってATPが速やかに合成される。

(1) 文章中の空欄(ア)~(シ)に入る最も適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①について、以下の問(i)および(ii)に答えよ。

(i) このしくみを、「ATP分解酵素」、「エネルギー」、「立体構造」の3語を用いて90字以内で説明せよ。

(ii) このときの(ウ)と(エ)の長さはそれぞれどうなるか答えよ。

(3) 下線部②について、次の(A)~(E)から正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- (A) 自律神経系である。
- (B) 体性神経系である。
- (C) 中枢神経系である。
- (D) 受容器の情報を伝える。
- (E) 効果器に情報を伝える。

(4) 下線部③について、(オ)と(カ)が結合できるようになる過程を80字以内で説明せよ。