

# 滋賀医科大学

令和4年度

医学科一般選抜(前期日程)

問題冊子

## 理 科

物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	9 ページ～14 ページ
生 物	15 ページ～24 ページ

### (注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 24 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち2科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

## 生 物 (4 問題)

### I 次の文章を読み、問 1～8 に答えよ。(配点 25)

真核細胞と原核細胞は、細胞膜で包まれ、細胞内部に遺伝子の本体である DNA をもつという共通の特徴があるが、細胞内部の構造は異なる。真核細胞には、核膜に包まれた核があり、その内部には染色体と核小体が存在する。染色体は、DNA に<sup>(1)</sup>  などのタンパク質が結合した複雑な構造となっている。DNA が  に巻きついた基本構造は  とよばれ、これが数珠状につながった構造はさらに折りたたまれて  繊維とよばれる構造を形成する。核小体では、 などが合成される。

真核細胞には、さまざまな細胞小器官が発達している。細胞小器官の膜は、基本的に細胞膜と同じ構造をしており、生体膜とよばれる。生体膜はリン脂質二重層からなり、チャネルや輸送体、ポンプなど物質の輸送を行うタンパク質や、受容体としてはたらくタンパク質、細胞接着にかかわるタンパク質などが配置されている。ミトコンドリアは、呼吸において重要な役割を果たしている細胞小器官で、外膜と内膜の 2 枚の生体膜からなり、内膜をはさんで H<sup>+</sup> の濃度勾配が形成されている。小胞体は、1 枚の生体膜からなる袋状あるいは管状の構造をとり、細胞質に広がっている。小胞体の表面にリボソームが付着した領域は粗面小胞体とよばれ、リボソームが付着していない領域は滑面小胞体とよばれる。ゴルジ体は、小胞体と同様に 1 枚の生体膜からなり、数層に重なる扁平な袋状構造と、その周りに存在する球状の小胞から構成される。ホルモンや酵素などを分泌する細胞ではゴルジ体が発達している。リソソームは、1 枚の生体膜からなる細胞小器官である。細胞質基質には、タンパク質からなる繊維状の細胞骨格が張り巡らされている。細胞骨格は、太さと構成タンパク質の種類から、微小管、中間径フィラメント、アクチンフィラメントの 3 つに分類される。

問 1 文中の①～④に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)に関連して、真核細胞では、転写と翻訳は、空間的および時間的に分けられている。どのように分けられているか。原核細胞と比較して説明せよ。

問 3 下線部(2)について、以下の①～⑦から正しい記述を3つ選び、記号で答えよ。

- ① ギャップ結合は、リン脂質からなるチャネルである。
- ② 疎水性のホルモンの受容体は、細胞膜に存在している。
- ③ 水分子は細胞膜を通過するとき、膜タンパク質を必要とする。
- ④ 主要組織適合遺伝子複合体(MHC)分子は、膜タンパク質である。
- ⑤ 血液中のグルコースは、輸送体を介する受動輸送によって細胞内に取り込まれる。
- ⑥ ナトリウムポンプは、GTPの分解によって得られるエネルギーを用いて能動輸送を行う。

問 4 下線部(3)について、ミトコンドリアの内膜をはさんだ $H^+$ の濃度勾配はどのように形成されるか。また、この $H^+$ の濃度勾配を利用して、どのようにATPが合成されるか説明せよ。

問 5 下線部(4)について、滑面小胞体の機能を2つあげよ。

問 6 下線部(5)について、分泌されるタンパク質は、翻訳された後、どのような過程で細胞外に放出されるか説明せよ。

問 7 下線部(6)について、リソソームの機能を説明せよ。

問 8 下線部(7)について、微小管のはたらきが中心となって起こる現象を以下の①～⑧から3つ選び、記号で答えよ。

- ① 筋収縮
- ② 原形質流動
- ③ 鞭毛の運動
- ④ 核の形の保持
- ⑤ 細胞内の小胞の移動
- ⑥ 細胞分裂時の染色体の移動
- ⑦ アメーバ運動による細胞の移動

II 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点25)

ショウジョウバエの体軸は、卵室で起こる卵形成の過程で決まる。卵室は、生殖細胞由来の哺育細胞(ほいく)細胞と卵細胞、体細胞由来の濾胞(ろほう)細胞からなる(図1A)。卵形成の過程では、哺育細胞で合成された mRNA やタンパク質などが、卵細胞に送り込まれる。卵細胞に蓄えられた mRNA のうち、<sup>(1)</sup> ① は、卵細胞の哺育細胞側に蓄えられ、この側が将来の前方となる。一方、<sup>(2)</sup> ② は、その反対側の卵細胞内に蓄えられ、この側が将来の後方となる。受精後(図1B)、それぞれの mRNA は蓄えられた場所でタンパク質に翻訳される。その間、胚の核は分裂を繰り返し、多核体の状態で発生が進み(図1C)、翻訳されたタンパク質は前後軸に沿って拡散する。その後、分裂した核は胚表面に移動して(図1D)、核の周囲に細胞膜が形成されて、細胞の層ができる(図1E)。次に、前後軸に沿った位置に応じて、分節遺伝子とよばれる複数の遺伝子が発現してはたらき、前後軸のパターンが形成される。やがて、<sup>(2)</sup> ③ が形成された後、<sup>(1)</sup> ④ 遺伝子のはたらきによって、それぞれの ③ に、触角、あし、はねなどの特有の器官が形成される。

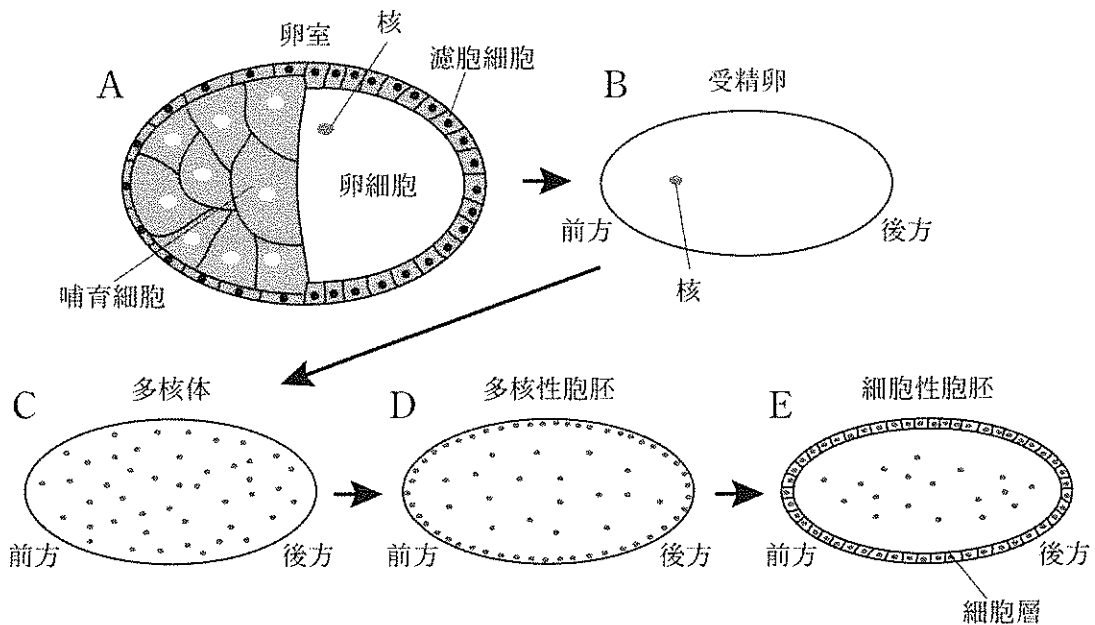
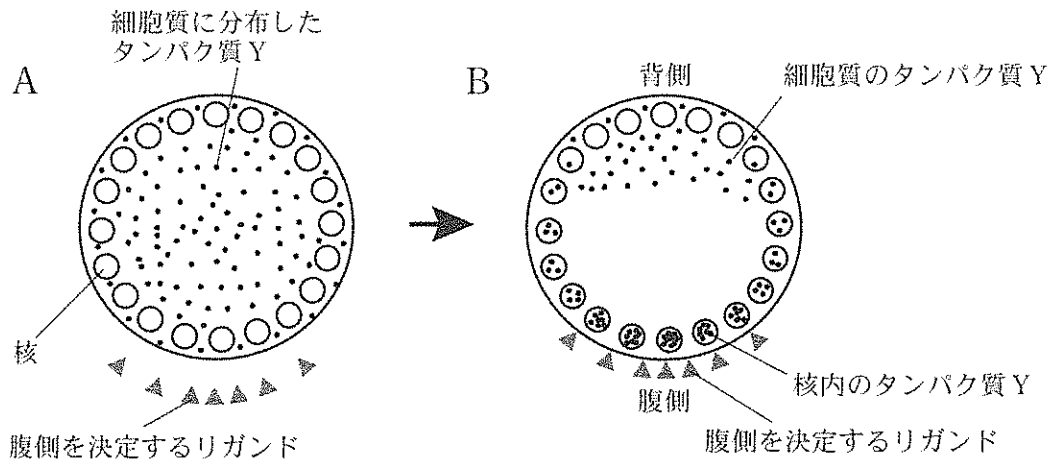


図1

ショウジョウバエの背腹軸は、前後軸とは異なるしくみで決まり、2種類のタンパク質(タンパク質Xとタンパク質Y)が重要な役割を果たしている。卵細胞を取り囲む濾胞細胞のうち、一部の側の細胞のはたらきによって、腹側を決定するリガンドがつくられる。そのリガンドと結合する受容体は、胚表面に一様に発現している。多核性胞胚期の初めは、まだリガンドは受容体に結合せず、タンパク質Xとタンパク質Yは、結合した状態でともに胚の細胞質に分布している(図2A)。その後、リガンドが存在する側では、受容体にリガンドが結合し、それがシグナルと

なってタンパク質 Y のみが核の中に入る(図 2 B)。核内のタンパク質 Y は調節タンパク質としてはたいて、腹側に特徴的な遺伝子の発現を促す。一方、リガンドがない側では、タンパク質 X とともにタンパク質 Y が細胞質にとどまる。このように、核内のタンパク質 Y の量が腹側で多く、背側では少なくなることで、ショウジョウバエの背腹軸が決定される。



※ タンパク質 X の分布は示していない

図 2 (A, B とも前後軸に垂直な断面図を示す)

問 1 文中の①と②について、正しい組み合わせを以下の㉔~㉑から1つ選び、記号で答えよ。

	①	②
㉔	ナノス mRNA	ピコイド mRNA
㉕	ナノス mRNA	クルッベル mRNA
㉖	ピコイド mRNA	ナノス mRNA
㉗	ピコイド mRNA	クルッベル mRNA
㉘	クルッベル mRNA	ナノス mRNA
㉙	クルッベル mRNA	ピコイド mRNA

問 2 文中の③と④に適切な語句を入れよ。

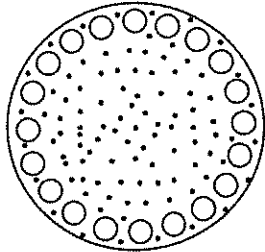
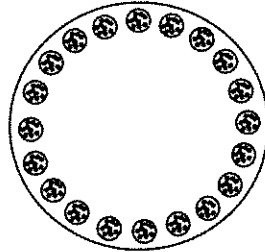
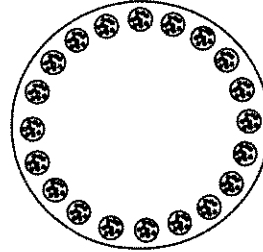
問 3 下線部(1)について、このように mRNA が卵細胞に蓄えられるような遺伝子を何というか答えよ。

問 4 下線部(2)について、分節遺伝子には、段階的にはたらく3つの遺伝子群が存在する。それらの名称を発現する順番に答えよ。

問 5 下線部(2)について、卵細胞に蓄えられた mRNA から翻訳されたタンパク質のはたらきにより、前後軸に沿って異なった領域で、複数の分節遺伝子が発現するしくみを説明せよ。ただし、それぞれの分節遺伝子の名称を記載する必要はない。

問 6 下線部(3)について、ショウジョウバエの背腹軸決定のしくみを、表1に示す3種類の突然変異体 P, Q, R を用いて調べた。この観察結果から、正常胚の背腹軸決定のしくみにおいてタンパク質 X はどのようにはたらくと考えられるか。「核」、「腹側」、「受容体」、「リガンド」、「タンパク質 Y」の語句をすべて用い、理由とともに述べよ。

表1

	変異体 P	変異体 Q	変異体 R
変異体の種類	受容体をはたらかない変異体	リガンドがなくても受容体からシグナルが伝わる変異体	タンパク質 X がはたらかない変異体
観察結果	 <p>タンパク質 Y がすべて細胞質に存在し、胚全体が背側の特徴を示した</p>	 <p>タンパク質 Y がすべて核内に存在し、胚全体が腹側の特徴を示した</p>	 <p>タンパク質 Y がすべて核内に存在し、胚全体が腹側の特徴を示した</p>

Ⅲ 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点25)

動物には、外界からの刺激を感知するための受容器が備わっている。受容器で受容することができる特定の刺激を適刺激という。光は眼の適刺激であり、音は耳の適刺激である。受容器には、適刺激だけに反応する感覚細胞が存在している。感覚細胞が適刺激を受容すると、その情報は感覚神経により脳(1)の感覚野へと伝えられ、刺激の種類や強さに応じた感覚が生じる。

神経系は、ニューロン(神経細胞)とグリア細胞の2種類の細胞から構成される。ニューロンは、受け取った情報(2)を、細長く伸びた軸索によって、離れたところへ高速に伝えて処理できる特殊化した細胞である。ニューロンの細胞膜には特定のイオンだけを通すイオンチャネルがあり、そのはたらきで膜電位が生じる。静止状態のニューロンの膜電位(静止電位)は、細胞の内側が外側に対して負になっている。(3)ニューロンが閾値以上の刺激を受けて活動電位が発生することを興奮という。軸索が興奮すると、静止状態にある周辺部との間に電位差が生じ、周辺部と興奮部との間で微弱な電流が流れる。この電流が、隣接する静止状態の部分(4)を刺激するので、閾値を超える刺激となった部分で新しく活動電位が発生し、興奮する。この興奮はさらにその隣接部へと次々に伝わる。軸索の末端は神経終末(4)といい、狭いすき間を隔ててほかのニューロンや効果器とシナプスをつくっている。興奮が神経終末に達すると、シナプス前膜から神経伝達物質が放出される。神経伝達物質はシナプス後細胞の細胞膜にある受容体(5)に結合し、膜電位を変化させる。シナプス後細胞の膜電位が上昇する変化は①とよばれ、逆に、低下する変化は②とよばれる。一般に、ニューロン間のシナプスの接続は1対1ではなく、複数のほかのニューロンから伝えられた情報が、1つのニューロンにおいて統合される。

ある種のニューロンは、体内から取り出して培養すると、体内にあったときの性質に応じてシナプスを形成する。複数のシナプスからの情報によってニューロンの膜電位にどのような変化が生じるかを調べるために、図1のようなシナプスを形成した培養ニューロンを用いて、次の実験1～3を行った。

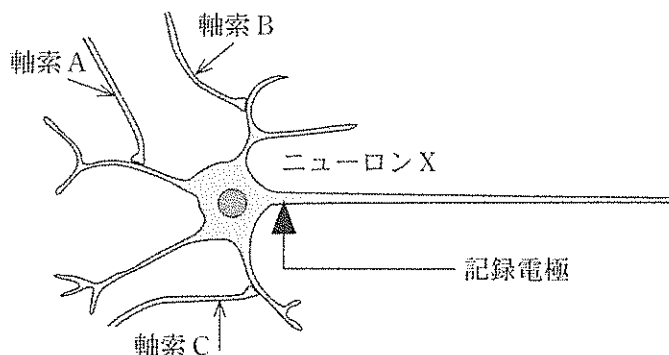


図1

軸索 A, B, C とシナプスを形成しているニューロン X に電極を挿入し、膜電位を記録した。また、軸索 A, B, C の矢印の位置に電気刺激を与えることによりニューロンを興奮させた。なお、刺激の強さはすべて同じとする。

(実験 1) 軸索 A を 1 回だけ刺激したとき、活動電位は発生しなかった。

(実験 2) 軸索 A を 1 回だけ刺激した直後に、軸索 B を 1 回だけ刺激すると、活動電位が発生した。

(実験 3) 軸索 C を 1 回だけ刺激した直後に、実験 2 と同じ刺激を与えたときには、活動電位は発生しなかった。

問 1 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)について、ヒトは、20~20,000 ヘルツの範囲の音を聞くことができる。ヒトの耳が周波数の異なる音を聞き分けるしくみを説明せよ。

問 3 下線部(2)について、ニューロンは機能的に3つに大別される。受容器からの情報を伝える感覚ニューロン以外にどのようなニューロンがあるか。2つあげよ。

問 4 下線部(3)について、静止電位が発生するしくみを説明せよ。

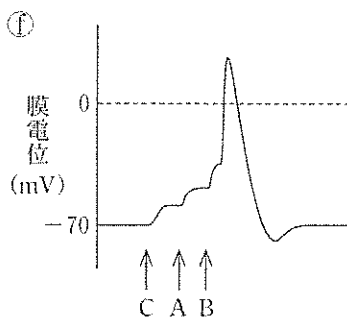
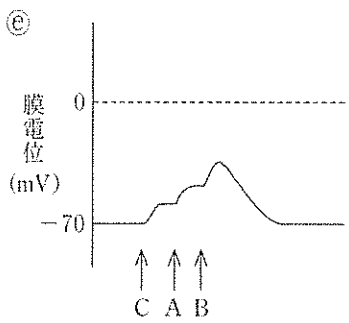
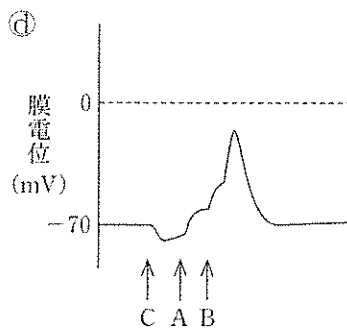
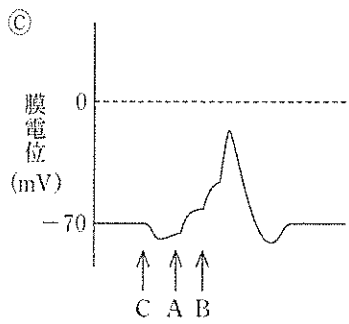
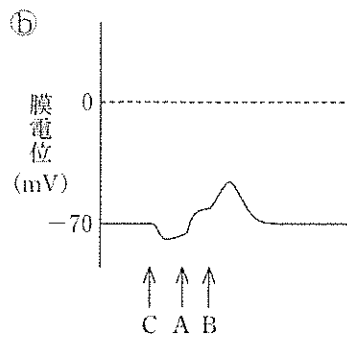
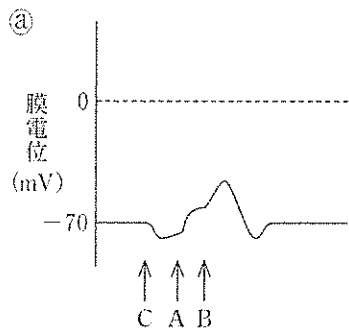
問 5 下線部(4)について、軸索の興奮は、いったん興奮が終わった部分へ後戻りすることなく、一方向に伝わる。その理由を説明せよ。

問 6 下線部(5)について、以下の④~⑥から正しい記述を2つ選び、記号で答えよ。

- ④  $\gamma$ -アミノ酪酸(GABA)は神経伝達物質としてはたらく。
- ⑤ 放出された神経伝達物質は、分解されたり回収されたりする。
- ⑥ 神経伝達物質によって情報が伝えられることを跳躍伝導という。
- ⑦ 神経筋接合部ではたらく神経伝達物質はノルアドレナリンである。
- ⑧ 電位依存性イオンチャネルは、神経伝達物質の結合によりイオンを通すように変化する。



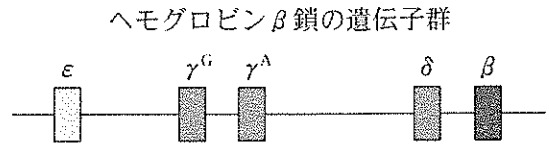
問 7 実験 3 ではどのような膜電位の変化が観察されると予想されるか。以下の ㉑～㉒ から最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。なお、グラフの横軸は時間を表す。



IV 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点25)

成人のヘモグロビンは、 $\alpha$ (アルファ)鎖とよばれるポリペプチド2本と $\beta$ (ベータ)鎖とよばれるポリペプチド2本で構成される。<sup>(1)</sup> $\beta$ 鎖は全部で146個のアミノ酸からなるが、鎌状(かまじょう)赤血球貧血症の患者では、6番目のアミノ酸がグルタミン酸からバリンに入れ換わっている。<sup>(2)</sup>これが原因となって、赤血球が鎌状に変形するとともに貧血症が引き起こされる。<sup>(3)</sup>

ヘモグロビンの遺伝子は、染色体上に遺伝子群を形成して存在し、もともと1つであった遺伝子から ① により進化してできた。 $\beta$ 鎖の遺伝子群は、図1に示すように、 $\epsilon$ (イプシロン)、 $\gamma$ (ガンマ)、 $\delta$ (デルタ)、 $\beta$ の順に並んでいて、発生



※ $\gamma$ には $\gamma^G$ と $\gamma^A$ の2つの遺伝子があり、どちらの遺伝子からも $\gamma$ 鎖がつけられる

図1

の過程で順番に発現していく。胎児では $\gamma$ 鎖が発現し、胎児のヘモグロビンは $\alpha$ 鎖2本と $\gamma$ 鎖2本から構成されるが、出生後1年以内にほとんどの $\gamma$ 鎖が $\beta$ 鎖に置き換わる。これは、出生後、赤血球系細胞で調節タンパク質(T1とよぶ)が発現し、これが

$\gamma$ 鎖の発現を抑制し、 $\beta$ 鎖への転換を促すためである。しかし、調節タンパク質T1が赤血球系細胞で十分つくられない人では、成人になっても胎児型ヘモグロビンを発現し続ける。ゲノムDNAには、個体ごとに1塩基単位で異なる箇所があり、②とよばれているが、調節タンパク質T1の赤血球系細胞での発現を調節するDNAの領域(領域Eとよぶ)に存在する②が、胎児型ヘモグロビンの発現を持続させる形質とかかわっていることがわかった。領域Eは、赤血球系細胞で発現する調節タンパク質(T2とよぶ)が結合する領域である。

近年、CRISPR-Cas9(クリスパーキャス9)とよばれるシステムを利用して、ゲノムDNAの標的部位に塩基の欠失や挿入を起こさせるようなゲノム編集が可能になった。CRISPR-Cas9システムは、本来、細菌の免疫機構として発見されたものである。細菌は、侵入したウイルスのDNAの一部を自らのゲノムに組み込み、再び同じウイルスが侵入したときに、組み込んだDNAから転写されたRNAをガイドとして用いて、ウイルスDNAを特異的に認識し破壊する。このしくみを応用して、鎌状赤血球貧血症の患者に、胎児型ヘモグロビンを復活させる治療が行われた。血球をつくるおおもとの細胞である③を患者から取り出し、CRISPR-Cas9システムを用いて領域Eをゲノム編集した。そして、患者の体内に残っている③をすべて消失させた後に、ゲノム編集した細胞を患者に戻した。<sup>(5)</sup>患者の体内でその細胞が分化して生じた赤血球では、胎児型ヘモグロビンが発現するようになり、<sup>(6)</sup>貧血も改善した。

問1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(1)について、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の立体構造を何というか答えよ。また、ヘモグロビン以外にこのような構造をとるタンパク質の例を1つあげよ。

問 3 下線部(2)について、塩基が1つだけ変わったとすると、mRNAのコドンはどのように変化したと考えられるか。以下の遺伝暗号表から考えられる可能性をすべて記せ。

遺 伝 暗 号 表

		2 番 目 の 塩 基								
		U		C		A		G		
1 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		終止コドン	UAA	UGA	終止コドン	
		UUG		UCG			UAG	UGG	トリプトファン	
	C	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		
		CUG		CCG		CAG		CGG		
	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	
		AUC		ACC		AAC		AGC		
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	
		AUG	メチオニン(開始)	ACG		AAG		AGG		
	G	GUU	バリン	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		

問 4 下線部(3)について、鎌状赤血球のヘモグロビン分子は、酸素欠乏条件下で互いに結合して繊維状の結晶をつくり、その結果、赤血球は鎌状に変化し壊れやすくなる。1個のアミノ酸の置換がなぜそのような変化を引き起こすのか。グルタミン酸は親水性の側鎖、バリンは疎水性の側鎖をもち、6番目のグルタミン酸はヘモグロビン分子の外表面に存在することを考慮して説明せよ。

問 5 下線部(4)について、細菌がウイルスに感染した場合と、ヒトがウイルスに感染した場合はその反応は大きく異なる。ヒトでは、ウイルスに感染した細胞が、自然免疫や適応免疫のはたらきにより除去されるしくみがある。ウイルス感染細胞を攻撃して死滅させるはたらきをもつ細胞を2種類あげよ。

問 6 下線部(5)の処置が必要な理由を述べよ。

問 7 下線部(6)について、ゲノム編集された細胞からつくられた赤血球では、どのように胎児型ヘモグロビンが発現するようになったと考えられるか。「調節タンパク質 T1」、「調節タンパク質 T2」、「領域 E」、「β鎖」、「γ鎖」の語句をすべて用いて説明せよ。