

(令 3 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～17
生 物	18～25
地 学	26～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

ヒトをはじめとする動物は、細胞が必要とする栄養素や酸素などを外界から取り入れるとともに、細胞から排出された二酸化炭素や老廃物を体外に排泄^{はいせつ}することで恒常性を維持している。ヒトの血液中には、酸素と結合してその運搬を担う色素タンパク質^(A)が含まれており、それが末梢^{まっしょう}に酸素供給を行っている。また、全身に運ばれた酸素と栄養素は、細胞内において生命維持に必要なエネルギー産生のために利用される。

問1 下線部(A)に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 下線部(A)の名称を答えなさい。また、その構造を70文字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。
- (2) この色素タンパク質の色素成分が持つ金属イオンの名称を答えなさい。

問2 アフリカなどの熱帯地域では、酸素が不足すると赤血球が三日月形に変形する症状が認められる^(B)ことがある。この原因は、下線部(A)をコードする遺伝子の塩基配列が置換されたためであり、それにより形質に影響が現れる。以下の図1は正常な下線部(A)の塩基配列を示しているが、6番目のアミノ酸を決定する塩基配列のうちアデニンが に置換されることにより発症する。

- (1) 下線部(B)の疾病の名称を答えなさい。
- (2) 空欄 にあてはまる塩基名を答えなさい。

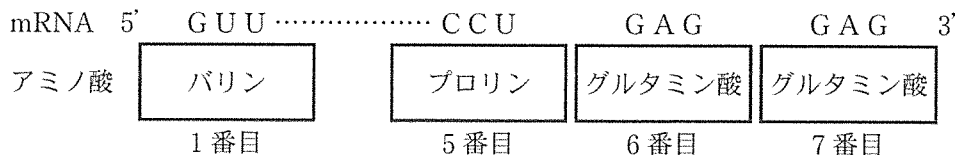


図 1 下線部(A)の塩基配列とアミノ酸配列

問 3 図 2 のグラフは、下線部(A)の酸素解離曲線を示している。また、表 1 はそれぞれのグラフの酸素飽和度(%)を示している。これらの情報をもとに、以下の問いに答えなさい。

- (1) 肺胞での酸素分圧を 100 mmHg, 二酸化炭素分圧を 30 mmHg とし、組織での酸素分圧を 20 mmHg, 二酸化炭素分圧を 40 mmHg としたとき、組織で放出される酸素は、血液 100 mL あたり何 mL になるか。小数点第 2 位を四捨五入した値を答えなさい。ただし、血液 100 mL 中には飽和度 100 % で、酸素 20 mL が溶けるとする。なお、肺から組織に達する途中で酸素の放出は無いものとする。

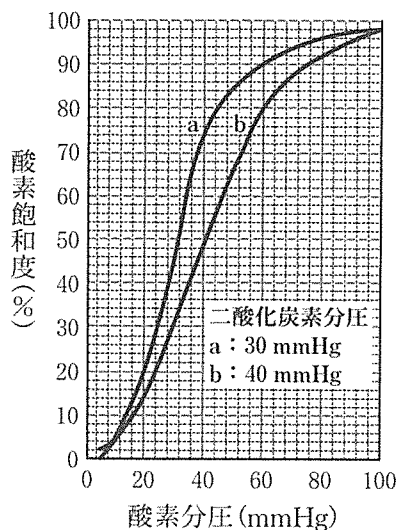


図 2 (A)の酸素解離曲線

表 1 酸素飽和度(%)

酸素分圧(mmHg)	酸素飽和度(%)	
	グラフ a	グラフ b
10	5	4
20	20	14
30	45	30
40	75	48
50	85	70
⋮	⋮	⋮
100	98	98

(2) グラフ b を安静時での血中酸素解離曲線とした場合、ジョギングなどの有酸素運動をしている時の酸素解離曲線は b の曲線と比べてどのように変化するか答えなさい。また、その理由を述べなさい。

(3) 脊椎動物の生体内には下線部(A)以外にも酸素と結合する色素タンパク質がある。その名称と含まれている組織名を答えなさい。

問 4 好気的な条件における呼吸によって 277 kcal の細胞が利用できるエネルギーが生成された。すべてグルコースに由来するとした場合、何 g のグルコースを消費したことになるか、以下の情報を参考にして答えなさい。また、摂取したグルコースが完全に燃焼して水と二酸化炭素になった場合に得られるエネルギーは何 kcal になると推定されるか答えなさい。なお、いずれも小数点以下を四捨五入して整数で答えなさい。

- ・グルコース 1 mol あたり 2870 kJ のエネルギーが放出される。
- ・ADP から ATP 1 mol をつくるためには 30.5 kJ のエネルギーを必要とする。
- ・1 kJ は 0.239 kcal である。

II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

遺伝物質であるDNAには遺伝子が含まれており、塩基配列の暗号を読み解くことによりそれぞれの遺伝子が指定するタンパク質が合成される。まずDNAの配列を鋳型として、遺伝子上流に位置する **ア** とよばれる領域に、複数の基本転写因子とよばれるタンパク質と **イ** とよばれる合成酵素が結合することにより転写が開始する。**イ** はDNAの二重らせん構造をほどこしながら、一方のヌクレオチド鎖に相補的なRNAのヌクレオチドを連結させていく。次に、転写^(A)されたmRNA前駆体から翻訳に不必要な部分を切り除き、それ以外の残った部分をつなぎ合わせて機能的mRNAが作り出される。この過程はスプライシングとよばれる。合成された機能的mRNAは核内から細胞質基質にある **ウ** に移行し、そこでアミノ酸への翻訳が行われる。翻訳においては、**エ** のはたらきにより機能的mRNAのコドンに対応するアミノ酸が **ウ** に運ばれ、順次結^(B)合されていくことによりタンパク質が合成される。このようにDNAからRNAを経てタンパク質が合成される一般原則のことを **オ** とよぶ。

問1 空欄 **ア** ～ **オ** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)に関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) スプライシングによって、取り除かれる部分と取り除かれない部分の名称をそれぞれ答えなさい。
- (2) 選択的スプライシングとはどのような現象か。70字以内で説明しなさい。また、このような現象には、どのような意義があるのか。40字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問3 下線部(B)に関して、3つの塩基の並び(トリプレット)により1つのアミノ酸が指定されるが、2つの塩基では指定できない理由は何か。50字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 ある遺伝子の DNA の塩基配列を調べたところ図 1 のようになった。

5' … CTGTGAACTATGCGTACAGGTCTCCATTGACGATCAAG … 3'

図 1

表 1

		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	U
		UUC	アラニン	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		リジン	AGA	アルギニン	A	
		AUG	メチオニン	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

(1) 図 1 の塩基配列が遺伝子の開始コドンから終止コドンまでを含んでいるとすると、この遺伝子のアミノ酸配列はどのようなになるか。表 1 のコドン表を参考にして、下記の例に従って答えなさい。

例) 開始コドン—バリン—リジン—アスパラギン酸—セリン—終止コドン

(2) タンパク質を指定する塩基配列において変化が起こると、SNP などの塩基置換と比較すると欠失や挿入のほうが合成されるタンパク質に大きく影響する可能性が高い。その理由を 50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

光発芽種子は一般的に小さい種子が多く、地中深く埋まった状態では発芽が抑制される。また光発芽種子は光の種類によって反応が異なり、ア光があたると発芽が促進され、イ光があたると発芽が抑制される。これらの光はウというタンパク質によって受容される。ア光を受容したウは分子構造を可逆的に変化させ、植物ホルモンであるエの合成を誘導する。エと拮抗作用を持ち、種子の休眠を促進する植物ホルモンのオは、発芽時には減少している。

問1 空欄 ア ～ オ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)の理由を60字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問3 下線部(B)の理由について、周囲の植物とのかかわりをふまえて80字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問4 ウ は、発芽後の茎の伸長成長も調節する。ウ 以外で茎の伸長抑制にかかわる光受容体の名称と、受容する光の種類を答えなさい。

問5 イネやコムギの種子では、エ が胚乳の外側を包んでいる部分にはたらきかけ、デンプンを分解する酵素を誘導し、分解物が胚に吸収されて成長に利用される。エ およびデンプンの名称を答えなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

生物の進化は、集団内で生じた突然変異が と によって集団内に広がることで起こる。このうち、集団内の遺伝子頻度が偶然に左右され変化することを とよぶ。進化における の重要性を指摘した学説に木村資生の中立説があり、実際に分子進化は、生存に [a] 突然変異によるものが多いことが知られている。分子進化の大半を生存に [a] 突然変異が占めることは、突然変異の生じやすさと集団内への固定されやすさの両方を考慮することで理解できる。生存に [b] 突然変異はそもそも生じる可能性が極めて低く、生存に [a] 突然変異や [c] 突然変異が大半を占める。このうち生存に [c] 突然変異は、 によって集団から排除されやすい。一方で生存に [a] 突然変異は、 がはたらかず によって偶然に集団内に広まる可能性が高い。

また は、繁殖や生存に有利な形質をもつ個体が、より多くの子供を残すことで起こる。一方で、様々な生物で自分の繁殖を犠牲にしてまで、他個体の繁殖を助ける行動が見られる。こうした行動は と矛盾するように思えるが、その個体自身の繁殖成功だけではなく、遺伝子を共有する血縁個体を通じて得る間接的な繁殖成功も考慮することで説明が可能である。血縁個体が自分と同じ遺伝子を共有する確率を血縁度というが、ヒトのように二倍体の生物では、子供は父親ならびに母親とゲノムの ずつを共有する。それゆえ、二倍体の生物では、親子間の血縁度は であるが、兄弟姉妹間の血縁度も である。つまり、自分が繁殖した場合に残す子の数より、自分が世話をすることで増える兄弟姉妹の数のほうが多ければ、 により自分の子を残さないという形質が進化する。

このことをふまえると、利他行動は血縁度が高い個体間ほど生じやすいはずである。実際にアリやハチの仲間では、繁殖に専念する女王と卵を産まないワーカー ^(B) (メス)との分業がよく見られるが、この進化にはメスは両親由来の2組のゲノムを持つ二倍体である一方、オスはメス親由来の1組のゲノムしか持たない一倍体であるという特殊な性決定様式が関係している可能性が高い。

問 1 空欄

ア

 ～

ウ

 にあてはまる最も適切な語句や数値を答えなさい。

問 2 空欄 [a] ～ [c] には、「有利な」、「不利な」、「有利でも不利でもない」のいずれかが入る。それぞれ適切なものを選び答えなさい。

問 3 下線部(A)について、どのような時に偶然による影響が大きくなるか。20字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(B)について、ワーカーが自分の子供を残さず、女王(メス親)の繁殖の手助けをする分業が進化した理由を、血縁度の観点から 140 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。なお、ワーカーは 1 匹のメス親に由来し、そのメス親は 1 匹のオス親とのみ交尾するものとする。