

平成23年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (心理学類)※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は,理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類)※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	1
化	学	7
生	物	13
地	学	29

注 意

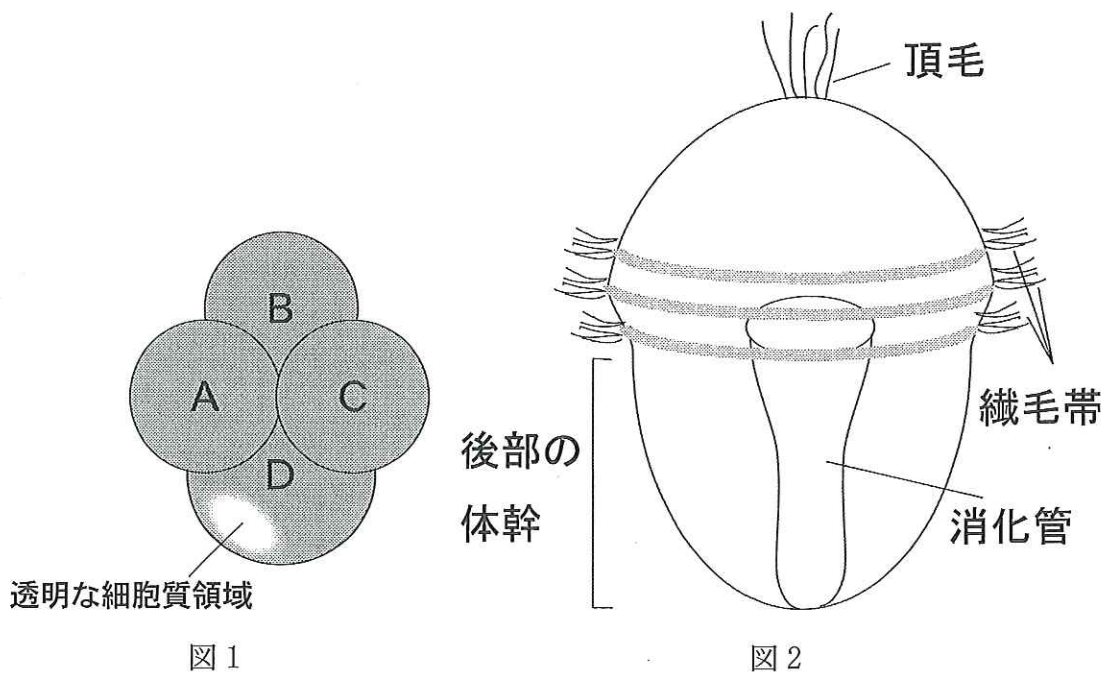
- 1 問題冊子は1ページから36ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ツノガイは、軟体動物に属し、らせん卵割を行う。2度の卵割を経て、図1のようなほぼ大きさの等しいA、B、Cという3つの細胞と、それらよりも大きいDという細胞を形成する。A、B、Cの細胞には色素顆粒を含むほぼ均一な細胞質が含まれているが、D細胞には色素顆粒を含む細胞質に加えて、色素顆粒をあまり含まない透明な細胞質領域がある。正常に発生したツノガイは24時間後には、図2のように頂毛と、繊毛帯が発達し、後部で消化管などをもつ体幹が形成される。このようなツノガイの発生に、D細胞の透明な細胞質領域が果たす役割を理解するために、太郎は次のような実験を行い、2つの考察を導いた。



実験1 4細胞期に、A~Dの4つの細胞をばらばらにして24時間飼育すると、D細胞からはほぼ正常な個体が発生したが、A、B、Cの各細胞からは、図3のような頂毛と後部の体幹を持たない幼生が発生してきた。

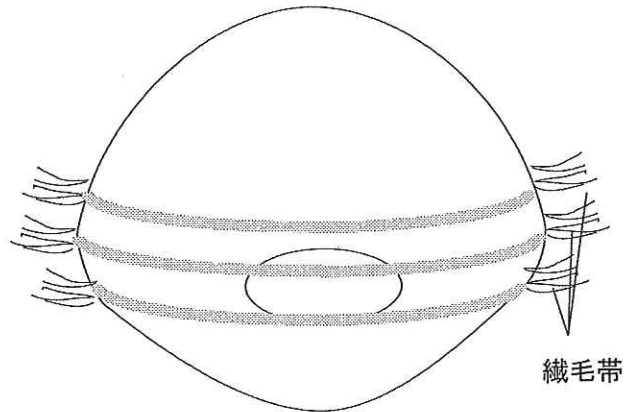


図3

実験2 図4のように、4細胞期にD細胞に含まれる透明な細胞質の領域を切り取り、24時間飼育すると、図3のような頂毛と後部の体幹を持たない幼生が発生してきた。

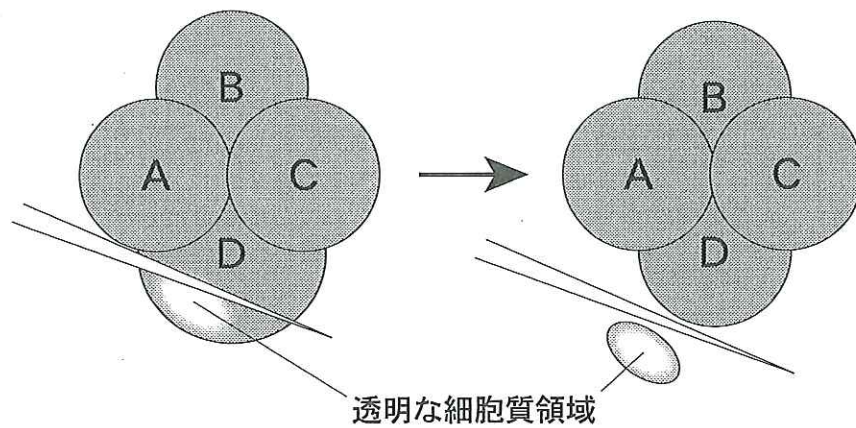


図4

考察1 ツノガイの頂毛と後部の体幹の発生には、D細胞の透明な細胞質領域が必要である。

考察2 ツノガイの頂毛と後部の体幹は、D細胞に由来する。

問1 下線部(a)に関連して、らせん卵割を行う動物を次の中から2つ選び、その名称を記せ。

イセエビ ゴカイ ウニ ホヤ ナメクジウオ
クシクラゲ ショウジョウバエ カキ メダカ

問2 太郎が導いた考察1について、花子は「細胞質を切り取ったという実験操作そのものが原因で、頂毛と後部の体幹を持たない幼生が発生してきたという可能性もあるのではないかと指摘した。この花子の指摘する可能性を排除するためには、どのような対照実験を行うとよいか。また、その対照実験でどのような結果が得られると、花子の指摘する可能性を排除できるか、それぞれ30字以内で記せ。

問3 花子は考察2についても、「二つの実験だけでは正常発生で頂毛がD細胞に由来するかはわからない」と指摘した。そこで、ツノガイの幼生の頂毛が、A～Dのどの割球に由来するかを調べたい。さらに、どのような実験を行うと調べることができるか、50字以内で記せ。

問4 問3の追加実験によって、ツノガイの頂毛が4細胞期のD細胞ではなく、B細胞に由来することがわかったとする。3つの実験結果に基づいて、D細胞の透明な細胞質はどのような細胞に受け継がれると考えられるか。頂毛という語を必ず用いて、30字以内で記せ。

(次ページに第Ⅱ問があります。)

II 次の文章を読み，以下の問に答えよ。

19世紀初めにソシュールは，植物の葉が光を受けて空気中の CO_2 を吸収すること(光合成)を見出した。また，ザックスは光合成の結果，炭水化物(デンプン)が生じることを見出した。20世紀になってカルビンらのグループは，当時利用が可能になった ^{14}C (炭素の放射性同位元素)を用いて，単細胞緑藻のクロレラが取り込んだ CO_2 が，どのような経路で炭水化物に同化されるのかを調べた。彼らはクロレラの懸濁液に光を当てながら放射性的 $^{14}\text{CO}_2$ を与え，一定時間ごとに懸濁液をアルコール中に滴下して反応を停止した。クロレラに取り込まれた ^{14}C 成分は 1 により分離し，物質の移動度と放射活性を指標にして，標識された化合物とその合成量を調べた(図1)。その結果， $^{14}\text{CO}_2$ は短時間(1~5秒間)では主に 2 に取り込まれ，長時間ではトリオースリン酸や糖二リン酸にも取り込まれることを見出した。これらの放射性標識を用いたトレーサー実験により，独立栄養生物の炭酸同化の経路であるカルビン・ベンソン回路を解明した。その後，コーチャックはサトウキビに放射性的 $^{14}\text{CO}_2$ を与えたところ，カルビンらの結果と異なり 2 ではなく，まず最初にリンゴ酸やアスパラギン酸が標識されることを見出した。この結果をもとにハッチとスラックはさらに解析を進め，新たな炭酸同化経路を明らかにした。

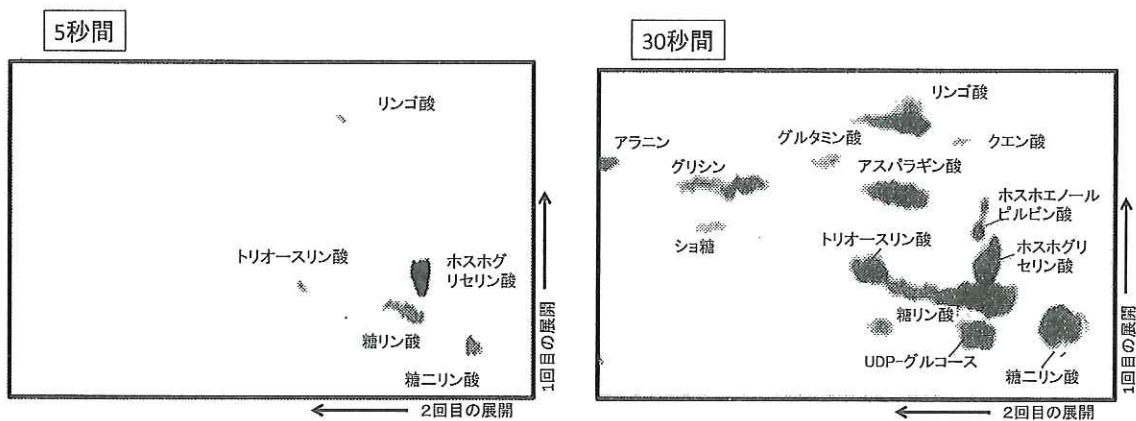


図1 クロレラの ^{14}C 標識化合物の時間変化

5秒間および30秒間，クロレラ細胞に $^{14}\text{CO}_2$ を与えたときに合成された標識化合物の変化。化合物は展開したあと，試料をX線フィルムに密着させ，サンプル中に分布している放射性物質によりフィルムを感光させ画像を得る手法により可視化した。

問 1 には実験手法名が入る。最も適切な語を記せ。

問 2 に入る化合物名としてふさわしい名称を図 1 から選んで記せ。

問 3 下線部(a)に関して、このような炭酸固定経路をもつサトウキビなどの植物を一般に何と呼ぶか記せ。また、この仕組みをもつことによる利点は何か、20字以内で記せ。

問 4 次の文章を読み、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

ある植物の光合成と光強度の関係を、以下のようにして調べた。植物の葉を1枚とり、温度を25℃に保ちながら様々な光強度のもとで酸素発生量を測定した。横軸には測定時の葉面の光強度を、縦軸には葉面積100 cm²、1時間あたりの酸素発生量(mg)をとって、図2のグラフを得た。

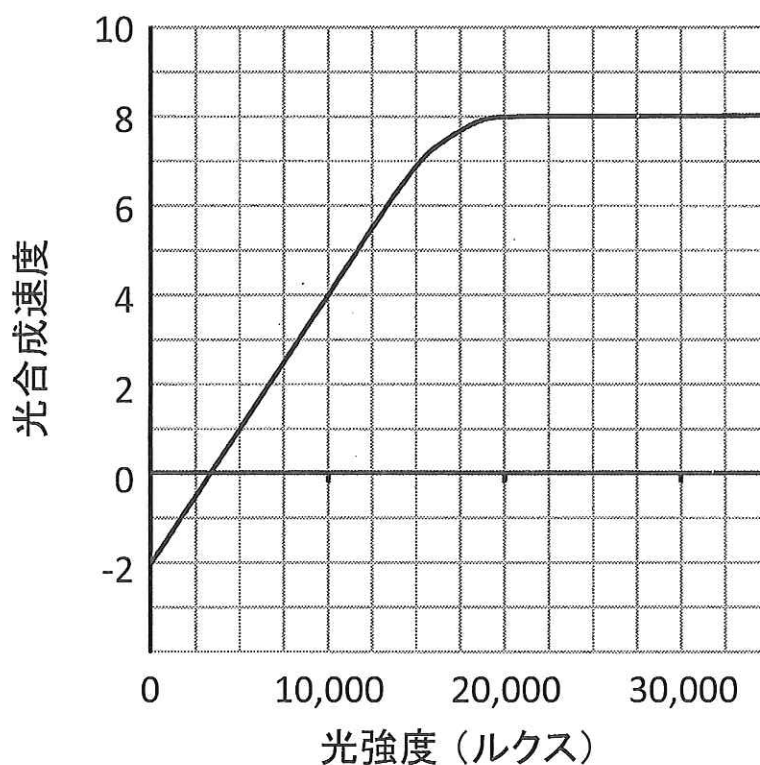
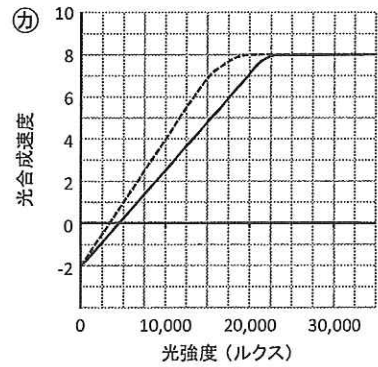
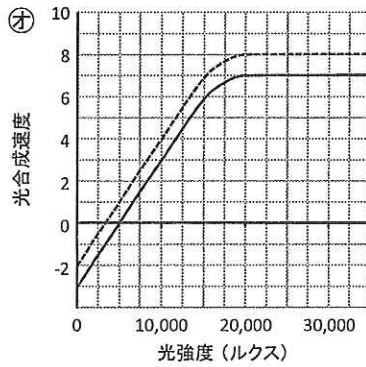
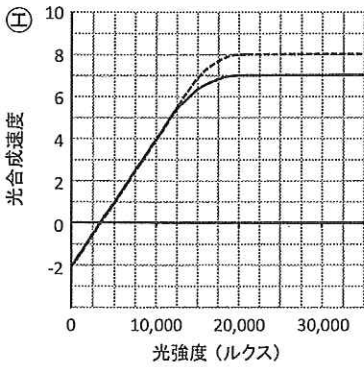
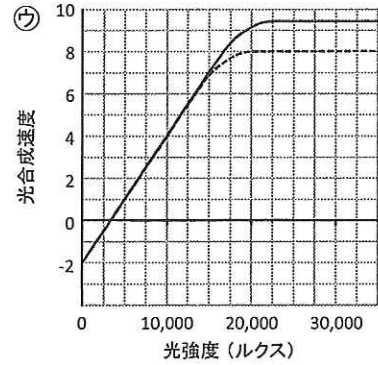
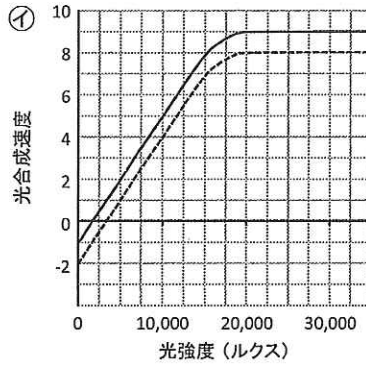
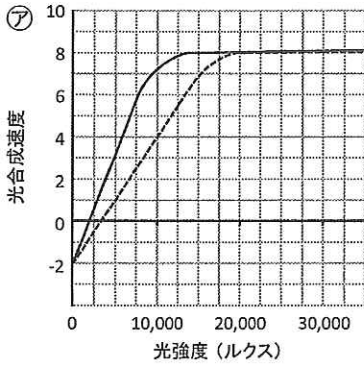


図 2 ある植物の光強度と光合成活性の関係を示したグラフ

(1) 図2のグラフより光補償点と光飽和点を読み取り、単位とともに記せ。小数点以下は四捨五入せよ。

(2) 図2の実験は大気中のCO₂濃度で行われたものである。実験室のCO₂濃度をさらに高めて実験を行ったところ、どのようなグラフが描けるであろうか、以下の㉠~㉢のグラフから最も適切なものを選び記号で記せ。ただし、もとの図2のグラフは点線で表わされている。また、そのように予想した理由を100字以内で記せ。



(次ページに第Ⅲ問があります。)

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトなどの多くの脊椎動物の眼はカメラに似た構造をしている。眼球のいちばん外側の膜を強膜という。眼球正面には強膜が透明になった部分があり、 という。光は を透過し、瞳孔とよばれる の穴から眼球内部に進入し、 とガラス体を透過して の上に像を結ぶ。

瞳孔は、眼球内部に入る光の量を調節するはたらきがあり、外界の明るさによって無意識に直径が変わる。これを瞳孔反射とよぶ。図1は瞳孔反射に関わる神経系を簡略化して示した模式図で、頭の上から見たところを示している。黒丸はニューロンの細胞体を、黒三角は軸索終末部を示す。右眼と左眼の で独立に抽出された光の量の情報は、それぞれ視神経細胞の軸索に沿って脳に伝えられる。視神経細胞はそれぞれ同じ側にある介在ニューロンAに興奮を伝達する。介在ニューロンAは2本に枝分かれし、同じ側にある動眼神経細胞Bと反対側にある動眼神経細胞Bに興奮を伝達する。動眼神経細胞Bの軸索は、同じ側の動眼神経束に沿ってのびており、その興奮は の筋肉を収縮させることで最終的に瞳孔を小さくする。

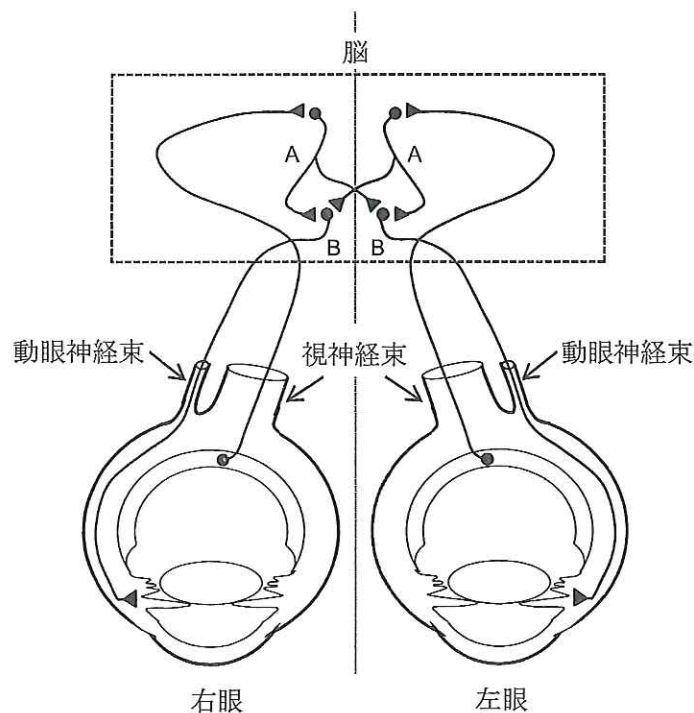


図1

問 1 ～ に当てはまる語を記せ。

問 2 瞳孔反射は視神経束や動眼神経束の損傷を検査する際に利用される。そこで、健常者および患者ア～ウの片眼あるいは両眼に光をあてて瞳孔反射を調べたところ、図2のような結果を得た。これらの結果から、患者ア～ウは視神経束と動眼神経束のいずれか、あるいは両方に大きな損傷を受けていると考えられる。それぞれの神経束に損傷があると考えられるか、解答欄の表に、正常な神経束には○印を、損傷した神経束には×印を記入せよ。ただし、損傷した神経束は必ずしも1つとは限らない。また、介在ニューロンAは正常であるものとする。

		右眼照射		左眼照射		両眼照射	
		右	左	右	左	右	左
患者	健常者						
	ア						
	イ						
	ウ						

図2

問 3 瞳孔の大きさは光だけでなく自律神経系によっても調節されている。どのような調節か、40字以内で記せ。

問 4 私たちは、月の出ていない夜でも、星空の下で暗い野道を歩くことができるし、逆に真夏の太陽がさんさんと降りそそぐ砂浜でも、白い貝殻を見分けることができる。このように私たちが日常生活で経験する光の強さは幅広く、瞳孔反射だけでは対応できない。私たちの目は、どのようなしくみで、このように幅広い強さの光に対応できるのだろうか。以下の語をすべて用いて、120字以内で記せ。

錐体細胞 かん体細胞 感度 暗順応

(次ページに第Ⅳ問があります。)

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細胞内において、mRNA 分子の塩基配列情報が、ポリペプチドのアミノ酸配列に変換されることを [1] という。 [1] が行なわれる場所は [2] とよばれる大きな粒子であり、ここでアミノ酸が順序正しく連結してポリペプチド鎖を形成する。 [1] の過程は開始、伸長、終結の3段階に分けられる。開始及び終結には mRNA 上の開始コドン及び終止コドンが目印となる。mRNA への結合の後、 [2] が一度開始コドンを通過すると、次の [2] が mRNA に結合し、多数の [2] が1つの mRNA 上に数珠状に連なっていく。

上記の過程で合成されたポリペプチド鎖は、特定のアミノ酸が糖鎖やリン酸基などの付加により化学的に修飾される場合がある。例えば、ある種の酵素タンパク質 X は、細胞に刺激 Y が加わった時に、そのアミノ酸配列中の特定のセリンにリン酸基が付加されることにより不活性化される。

遺伝子内の変異は、タンパク質の構造と機能に影響を及ぼす場合がある。点突然変異では DNA 上の1塩基対の置換により、機能をもたないタンパク質が作られたり、タンパク質が全くできなくなることがある。 [1] の過程では、特定のポリペプチドを合成するために、コドンは正しい読み枠(フレーム)で読まれなくてはならない。遺伝子内の塩基対挿入または欠失により、読み枠のずれ(フレームシフト)が生じることがある。

問 1 [1] と [2] に当てはまる語を記せ。

問 2 下線部(a)について、表中の(あ)~(お)の中から、開始コドンと終止コドンに相当するものをそれぞれ全て選び、記号で記せ。

表 遺伝コード

第一塩基	第二塩基				
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル	UCU } セリン	UAU } チロシン	UGU } システ	
	UUC } アラニン		UAC } (い)	UGC } イン	
	UUA } ロイシン		UCA } (う)	UGA } (え)	
	UUG } (あ)		UCG }	UGG } トリプトファン	
C	CUU } ロイシン	CCU } プロリン	CAU } ヒスチ	CGU } アルギ	
	CUC } (あ)		CAC } ジン		CGC } ニン
	CUA } (あ)		CAA } グルタ		CGA }
	CUG } (あ)		CAG } ミン		CGG }
A	AUU } イソ	ACU } スレオ	AAU } アスパ	AGU } セリン	
	AUC } ロイシン		AAC } ラギン		AGC }
	AUA } (あ)		AAA } リジン		AGA } アルギ
	AUG } (あ)		ACG }		AGG } ニン
G	GUU } バリン	GCU } アラニン	GAU } アスパラ	GGU } (お)	
	GUC } (あ)		GAC } ギン酸		GGC }
	GUA } (あ)		GAA } グルタ		GGA }
	GUG } (あ)		GAG } ミン酸		GGG }

問 3 下線部(b)について、このような構造(または状態)を何というか記せ。また、これはタンパク質を合成するうえでどのようなメリット(利点)があると考えられるか、60字以内で説明せよ。

問 4 下線部(c)について、酵素タンパク質 X の野生型遺伝子では、そのセリン残基周辺の鋳型 DNA 配列、mRNA 配列、ポリペプチド配列は下記のとおりである。

鋳型 DNA	—AACAGCGTCTTGCTGCTCAAC—
mRNA	—UUGUCGCAGAACGACGAGUUG—
ポリペプチド	①ロイシン-②セリン-③グルタミン-④アスパラギン -⑤アスパラギン酸-⑥グルタミン酸-⑦ロイシン

いま、上記の遺伝子配列中に 1 塩基の変異がおこり、ポリペプチド配列中のセリンがアラニンに変化した。ただし、アラニンはリン酸化されない。鋳型 DNA 配列と mRNA 配列それぞれについて、野生型の配列と比較して、何番目の塩基が何に変化したと考えられるか、表を参考にして、解答欄に適切な数字またはアルファベットを記せ。なお、上記の鋳型 DNA 配列中の左端の A と mRNA 配列中の左端の U を 1 番目の塩基とする。

問 5 細胞に刺激 Y を加えて、酵素タンパク質 X の活性を測定した。問 4 の変異が生じた DNA 配列をもとに合成された酵素タンパク質 X の活性は、野生型と比較してどのようなであると考えられるか、最も適切なものを、以下のア～ウから選び、記号で記せ。また、その理由を 30 字以内で説明せよ。

ア. 酵素活性は野生型の方が変異型よりも大きい。

イ. 酵素活性は野生型の方が変異型よりも小さい。

ウ. 酵素活性は野生型と変異型で同じである。

問 6 次の変異のうち、タンパク質の構造に最も大きな変化を与えると考えられるものはどれか、最も適切なものを以下のア～エから選び、記号で記せ。また、その変異によりポリペプチド配列にはどのような変化がおこるか、80字以内で説明せよ。

ア. 終止コドン直前の1塩基置換

イ. 開始コドン直後の1塩基置換

ウ. 終止コドン直前の1塩基欠失

エ. 開始コドン直後の1塩基挿入