

理科問題

[生物]

(平成 21 年度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「09 生物」である。
2. 試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 理科問題は2科目選択である。受験生はあらかじめ届け出た科目について解答しなければならない。
5. 試験開始後、以下の6および7に記載されていることを確認すること。
6. この問題冊子の印刷は1ページから6ページまでである。
7. 解答用紙は問題冊子中央に3枚はさみこんである。
8. 3枚ある解答用紙に、受験番号と氏名を所定の欄（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）に試験開始後、記入すること。
9. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
10. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
11. 問題冊子の中の白紙部分については下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。
13. 試験終了まで退室を認めない。試験中の気分不快や用便等、やむを得ない場合には、手を挙げて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

1953年にDNAの二重らせん構造がワトソンとクリックによって発見された。まもなく、DNAの持つ遺伝情報は伝令RNAを経てタンパク質に伝えられることが一般的に受け入れられた。^(ア)しかし、伝令RNAの塩基の並び順が、どのようにして20種類もあるアミノ酸の並び順を指定するのか明らかでなかった。DNAの塩基配列がどのようにアミノ酸を指定するかについては、1954年にガモフが考察した。DNAの塩基は4種類(アデニン、グアニン、シトシン、チミン)であるので、そのうち1個の塩基で指定できるアミノ酸は4種類となり、また2個の塩基では16種類となつて、いずれの場合でも20種類のアミノ酸を指定するには不足する。よつて3個の塩基で1個のアミノ酸を指定すると推察するにいたつた。^(イ)これらの塩基がどのようなアミノ酸を指定するかについて、次のような実験がなされた。

1961年、ニーレンバーグらは人工的に合成した伝令RNAを用いてタンパク質を合成し、それぞれのコドンに対応するアミノ酸の種類を調べた。合成した伝令RNA(UUUUUU・・・・)を、^(ウ)アミノ酸、大腸菌の破砕液を含む混合液に加えると、あるアミノ酸のみからなるポリペプチド鎖が合成された。1963年のコラーナらの実験ではAとCが交互に並ぶ配列の伝令RNAを、タンパク質を合成する混合液に加えるとトレオニンとヒスチジンが交互に並ぶポリペプチド鎖が合成された。また、CAAの繰り返し配列からなる人工の伝令RNAを、タンパク質を合成する混合液に加えると、^(エ)あるアミノ酸のみからなるポリペプチド鎖が合成された。

表

		二番目					
		U	C	A	G		
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UGC		C
	UUA	ロイシン	UCA	終止	UGA	終止	A
	UUG		UCG		UGG		G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	アルギニン	U
	CUC		CCC		CAC		C
	CUA		CCA		CAA		A
	CUG		CCG		CAG		G
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	セリン	U
	AUC		ACC		AAC		C
	AUA		ACA		AAA	A	
	AUG		ACG		AAG	G	
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	グリシン	U
	GUC		GCC		GAC		C
	GUA		GCA		GAA		A
	GUG		GCG		GAG		G

表の見方：AGCの場合は一番目のAの欄を右へ、二番目のGの欄を下へ、三番目の文字Cで、セリンを指定する。

- (1) 下線部(ア)について以下の設問に答えよ。
- (a) DNA から伝令 RNA が作られる過程は何と呼ばれているか答えよ。
 - (b) 伝令 RNA からタンパク質が作られる過程は何と呼ばれているか答えよ。
- (2) 下線部(イ)について以下の設問に答えよ。
- (a) 3 個の塩基の組み合わせを何というか答えよ。
 - (b) 4 種類の塩基によって作られる 3 個の塩基の組み合わせはいくつか、根拠となる計算式とその数を答えよ。
- (3) 下線部(ウ)について以下の設問に答えよ。
- (a) あるアミノ酸とは何か、表を参考に答えよ。
 - (b) 大腸菌の破碎液に含まれる物質のうち、各種アミノ酸の他にポリペプチド鎖の合成に必要な物質を 2 つ答えよ。
 - (c) アミノ酸からなる鎖はペプチド結合によってつながっている。この構造式を書け。
- (4) 下線部(エ)のような実験を行った場合、どのようなアミノ酸からなるポリペプチド鎖が合成されるか、表を参考にして考えられるものすべてを答えよ。
- (5) 生体の遺伝情報に従って試験管内でアミノ酸がペプチド結合で重合しても、必ずしも機能をもつタンパク質が合成されるわけではない。これはなぜか、40 字以内で述べよ。
- (6) 発ガン因子(化学物質、物理的因子)の多くは、DNA に突然変異を誘起する性質があることが知られている。今、突然変異がタンパク質をコードする(タンパク質の情報を担う)領域で起きた場合、どのような変化がタンパク質に起こりうるか 90 字以内で述べよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

実験1 長胚軸性の突然変異体の分離

ある植物の野生型の種子に突然変異を誘発する薬剤を作用させ、突然変異体を得る実験を行った。薬剤で処理済の種子を播いて十分な水と光を与えて育てたところ、大部分の種子は発芽した。生育させた植物は自家受精することによってそれぞれ多くの種子をつくった。この種子を培地上に播き白色光照射下10日間生育させたところ、大多数の芽生えの胚軸は同程度の長さになったが、まれに通常より長くなる個体(長胚軸性)が見られた。この実験では、はっきりした長胚軸性を示した突然変異体植物が5個体得られた(変異体1～5と略記)。これらを野生型の植物と戻し交雑しF₁(雑種第1代)を得た。F₁はすべて野生型の表現型を示した。そのF₁の自家受精によるF₂(雑種第2代)では野生型の表現型を示すものが約3/4、長胚軸性を示すものが約1/4現われた。

実験2 突然変異体同士の交雑実験

上記の変異体1～5それぞれを交雑する実験を行った。変異体1は、変異体2、4、5と交雑した場合、F₁はすべて野生型の表現型になったが変異体3との間のF₁は長胚軸性を保持していた。変異体2との交雑では変異体1以外に、変異体3、4との間のF₁が野生型の表現型を示したが、変異体5との間のF₁は長胚軸性だった。下の表は他の組み合わせを含めて、これらの交雑実験の結果を示す。

表 変異体1～5の相互交雑実験の結果

	変異体1	変異体2	変異体3	変異体4	変異体5
変異体1	/	/	/	/	/
変異体2	○	/	/	/	/
変異体3	●	○	/	/	/
変異体4	○	○	○	/	/
変異体5	○	●	○	○	/

F₁の表現型が野生型と同じになったものは○、長胚軸性のままだったものは●で示す。

実験3 変異体の光条件に対する反応

変異体1～5の性質を詳しく調べるため次の実験を行った。それぞれの種子を培地に播き白色光の代わりに赤色光下、青色光下、暗黒中で10日間育てた。その結果、変異体1と3は赤色光下では野生型に比べて顕著な長胚軸性を示したが青色光下ではそれほどでなく、変異体2と5は赤色光下でも青色光下でも同様に野生型に比べて長胚軸性を示した。一方変異体4は青色光下では野生型に比べて顕著な長胚軸性を示したが、赤色光下では野生型と違わなかった。いずれの変

異体も暗黒中で発芽生育し、顕著な長胚軸性を示した。暗黒中では野生型も顕著な長胚軸性を示した。変異体1を詳しく解析したところ、フィトクロムという赤色光を吸収するタンパク質が機能しないことによる変異体であることが分かった。

- (1) 実験1の下線部の実験結果は何を意味しているのか、50字以内で述べよ。
- (2) 変異体1と2の交雑では F_1 は白色光下で野生型の表現型を示したが、 F_2 では白色光下においてどんな結果が得られるか、また変異体1と3の交雑の場合の F_2 ではどうか、120字以内で述べよ。ただし、変異体1、2はそれぞれ別の染色体上の変異による。
- (3) 実験3の結果から推定できるそれぞれの変異体の原因遺伝子(突然変異によって機能が失われた遺伝子)の性質について推定し140字以内で論じよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

からだを動かす筋肉は、神経系の指令によってコントロールされている。脊髄の **A** 質の中にある運動ニューロンの軸索は脊髄の **B** から出し、軸索は運動神経となって筋肉に接合して **C** をつくる。筋細胞中の **D** で受容された刺激は感覚神経を伝わって脊髄に伝わり、脊髄の中で **E** を通して運動ニューロンに刺激が伝えられ、その結果筋肉が活動する。このような現象を **F** といい、この現象をになう神経経路を **G** という。

筋細胞に接合する運動ニューロンが興奮すると筋肉が収縮する。筋肉を収縮させ得るに十分な強さの電気刺激を1回神経に与えると1回の筋収縮が起きた。この^(ア)ような収縮を **H** と呼ぶ。また、同様の強さの刺激を間隔を短くして連続して与えると持続的なより大きな収縮が起きた。この^(イ)ような収縮は **I** と呼ばれ、からだの運動の多くは **I** による。

19世紀のフランスの生理学者クロード・ベルナールは、アフリカの原住民が狩りで用いるクラレという毒物に動物の動きを止めてしまう作用があることに注目した。この毒物にさらされた動物で筋肉を電気刺激したり、筋肉につながる神経を電気刺激したりする実験によって、この毒物は神経と筋肉の連絡を阻害していることが分かった。このことから、ベルナールは神経と筋肉の連絡は、直接伝わるのではなくて、この毒物が作用するものを介して伝わると考えた。後になって、毒物が作用するものは筋細胞の細胞膜にあるタンパク質であることが分かった。

筋組織は、明暗の縞模様^(エ)が顕微鏡で観察される **J** とその模様がみられない **K** に大別される。骨格筋の細胞には細長い繊維のような構造が多数平行に並んでいる。この構造を **L** といい、**M** という単位の繰り返しでできている。この **M** は2種のタンパク質 **N** と **O** からなる繊維状の構造が長軸方向に並んでできている。生化学者アルバート・セントジョルジュは、これら2種のタンパク質が結合したものを筋肉から取り出し、試験管に入れて **P** を加えたところ収縮を観察した。後になって、**O** が **P** を分解して収縮のエネルギー源として使われることが分かった。

骨格筋の収縮は、神経刺激によって筋細胞膜に活動電流が生じると上記の細胞内の収縮系が反応して起こる。収縮した筋肉は活動電流が止まると弛緩する。骨格筋をよく使うと筋肉が大きくな^(オ)って筋力が増えるが、逆にあまり筋肉を使わないと筋肉に萎縮が起こって大きさと筋力が減る。これらの変化は、筋細胞内の **N** と **O** から成る繊維の数の増減によるものと考えられている。

(1) 文章中の **A** ～ **P** に適当な語を入れよ。

(2) 下線(ア)に関して、収縮を起こす必要最低限の刺激の強さを何というか。また、このような収縮は何の法則に従うというか。それぞれの名称を答えよ。

- (3) 下線(イ)に関して、刺激を繰り返すことで大きな収縮になる理由を 80 字以内で述べよ。
- (4) 下線(ウ)に関して、ベルナールの考えに至るためには、どのような実験結果が観察されたか、下記の(a)~(e)から正しいものを 2 つ選び記号で答えよ。
- (a) 筋肉自身を電気刺激すると筋肉は収縮し、弛緩した
 - (b) 筋肉自身を電気刺激すると筋肉は収縮も弛緩もしなかった
 - (c) 神経を電気刺激すると興奮は神経繊維の末端まで到達して筋肉は収縮した
 - (d) 神経を電気刺激すると興奮は神経繊維の末端まで到達したが、筋肉は収縮しなかった
 - (e) 神経を電気刺激しても興奮は起こらなかった
- (5) 下線(エ)に関して、毒物が作用するものの名称を答えよ。
- (6) 下線(オ)に関して、 と に作用して筋肉を収縮させるのに不可欠なイオンは何か。また、そのイオンはどの細胞小器官に貯蔵されているか。それぞれの名称を答えよ。
- (7) 下線(カ)に関して、筋肉が弛緩する仕組みについて 100 字以内で述べよ。