

平成 30 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 12 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 13 \text{ ページから } 21 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 22 \text{ ページから } 35 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生 物 問 題

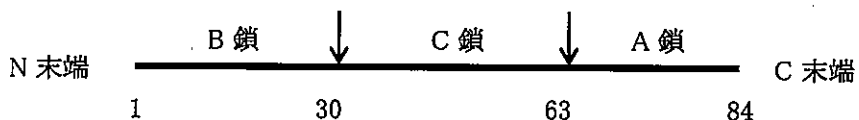
(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

〔1〕 タンパク質に関する以下の文章を読み、問1～問4に答えよ。

タンパク質は、細胞の形や構造を維持するだけでなく、細胞内の化学反応の触媒や、細胞間の情報伝達を仲介するなど、生体内の様々な機能に関与している。何十億年にもわたる生物の進化の過程で、タンパク質は固有の構造と機能を獲得してきた。その中でも、細胞外へ分泌されるタンパク質は、外的環境にさらされても機能を維持できるように安定化されているものが多い。たとえば、血糖値を低下させる働きを持つインスリンは、分子内の異なる部分が共有結合で結ばれ、安定化されている。

インスリンは、膵臓のランゲルハンス島に存在するβ細胞から分泌される。まず、前駆体であるプロインスリンとして発現され、その後、システイン(Cys)の側鎖のSH基同士がS-S結合を形成する。さらに、特異的なアミノ酸配列を切断するタンパク質分解酵素で切断されて、活性型インスリンとなる。

下図は、プロインスリンの一次構造を直鎖状に簡略化したものである。まず、プロインスリンがβ細胞内で折りたたまれ、3か所にS-S結合が形成される。アミノ末端から数えて7番目と70番目、19番目と83番目、69番目と74番目のCysがそれぞれ結合する。その後、タンパク質分解酵素により30番目のアミノ酸と63番目のアミノ酸のカルボキシ基側で切断され、A鎖とB鎖からなる活性型インスリンとなって、血中に分泌される。C鎖も同様に分泌され、血中の活性型インスリンとC鎖を定量すると、モル比1：1で検出される。



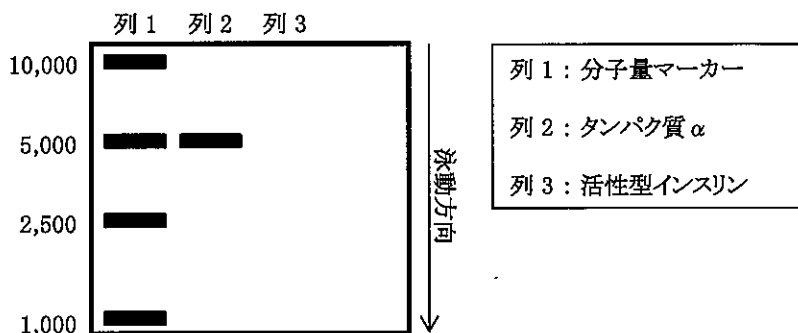
上図の左側はアミノ末端(N末端)とし、右側はカルボキシ末端(C末端)とする。図中の数字は、N末端からのアミノ酸数を示す。矢印は、タンパク質分解酵素による切断部位を示す。

問 1 タンパク質の機能発現には、その構造が重要である。タンパク質の構造は、一次構造、二次構造、三次構造、四次構造の4つの階層から構成されている。それぞれの意味について、1行ずつで説明せよ。

問 2 タンパク質分解酵素で切断される前の折りたたまれたプロインスリンの構造を問題文の図にならって示せ。さらに、タンパク質分解酵素で切断された後の活性型インスリンの構造も図示せよ。ただし、それぞれの図中には、A鎖、B鎖、C鎖の別、S-S結合の位置が分かるように示せ。また、活性型インスリンの構造には、A鎖及びB鎖の両端のアミノ酸の番号を明記せよ。アミノ酸の番号は、プロインスリンで付された番号とする。

問 3 タンパク質の純度などを調べるための手法として、異なるタンパク質を分子量の違いによって分離するための電気泳動法がある。この手法では、分子量が小さいタンパク質ほど、泳動方向に速く移動する。たとえば、既知の分子量のタンパク質4種類の混合物(分子量マーカー)と分子量5,000のタンパク質 α を同時に電気泳動すると、下図のようなバンドとなって現れる。

S-S結合を全て切断できる濃度の還元剤を加えた活性型インスリンを、分子量マーカー(列1)とタンパク質 α (列2)と同時に電気泳動した。どのような大きさのバンドが現れるか、下図の列3に図示し、バンドの横に分子量を記載せよ。また、そのように考えた根拠を2行以内で述べよ。ただし、全てのアミノ酸の分子量は100として計算せよ。



問 4 活性型インスリンは、糖尿病患者の治療に古くから用いられており、血糖値の維持が図られている。しかし、活性型インスリンを血中投与するには、その度に自己注射が必要であり、患者にとって負担が大きい。このような背景のもと、ヒトランゲルハンス島の移植を試みる臨床研究がなされている。ヒトランゲルハンス島を移植する際、その初期には、活性型ヒトインスリンも血中投与される。

この併用投与において、血中の何を定量すれば、移植細胞から分泌される活性型ヒトインスリン量のみを把握できるかについて、根拠とともに3行以内で述べよ。ただし、移植される患者自身は、プロインスリンを発現しないものとする。

〔2〕 免疫に関する以下の文章を読み、問1～問7に答えよ。

ヒトは、細菌やウイルスなどの病原体の侵入に対して、これを排除して体を防御する(生体防御と呼ぶ)ために、免疫というしくみを備えている。免疫の特徴のひとつは、大部分の病原体を特異的に認識して排除できることであり、これには、抗体が重要な役割を果たす。ある病原体が侵入すると、その病原体の成分と特異的に結合する抗体を産生することができる細胞が、細胞分裂によって増加し、生体防御に十分な量の抗体を産生するに至る。この他、ある病原体に感染し、重い症状が出たとしても、同じ病原体に二度目に感染した時には、症状が著しく軽いという特徴があり、免疫記憶と呼ばれる。

問1 抗体を構成する主な分子をa-eの中から1つ選択し、記号で答えよ。

a 核酸 b 脂質 c タンパク質 d 炭水化物 e 無機物

問2 抗体を産生する細胞の名前を答えよ。

問3 抗体を産生する細胞は、生体内の臓器(器官)で、造血幹細胞という細胞から生み出される。その臓器の名前を答えよ。

問4 ヒトの遺伝子の総数は約2万であるが、抗体の種類は数十億以上あると考えられている。ヒトが遺伝子の総数よりはるかに多くの種類の抗体を産生することができるしくみを3行以内で述べよ。なお、抗体を産生する個々の細胞は1種類の抗体のみを産生する。

問5 下線部①について、ある抗原と結合する抗体を産生する細胞が、その抗原を認識する方法を2行以内で述べよ。

問 6 下線部①のように、抗体が病原体の成分と結合することが、どのようなしくみで生体防御につながるかについて、3行以内で述べよ。

問 7 下線部②のように、免疫記憶により二度目の感染時の症状が軽減することが、どのようなしくみで起きるかについて、3行以内で述べよ。

〔3〕 植物の分裂組織の発達に関する以下の文章【A】～【C】を読み、問1～問4に答えよ。

【A】

植物に対する光の重要性は、大きく2つに分けて考えることができる。光は、 という細胞小器官に含まれる主要な色素である に吸収され、同化反応である のために必要なエネルギーを供給する。一方、光は、クリプトクロム、フォトトロピン、フィトクロムなどの に吸収され、それぞれ特定の 域の情報を伝える。

【B】

光がどのようにして植物の茎頂分裂組織、根端分裂組織の発達を制御するのかについて、以下の実験を行なった。ある植物の種子を、糖や植物ホルモンを含まない培地で発芽させた後、4日間暗黒で育てると、茎頂分裂組織、根端分裂組織の発達が停止した状態になる。その後、次の3つの操作を、表1の実験番号①～⑦に示す組み合わせで行なった。

- ・光処理：光を15分間あてる。
- ・糖添加：培地に糖を加える。
- ・オーキシン添加：培地にオーキシンを加える。

さらに、植物を4日間暗黒で育てた。最後に、それぞれの植物の茎頂分裂組織、根端分裂組織を観察し、発達していた場合を「+」、していなかった場合を「-」として、表1にまとめた。なお、すべての操作を行なった場合は、茎頂分裂組織、根端分裂組織はともに発達した。

表 1

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
光処理	無	有	無	有	無	無	有
糖添加	無	有	有	無	無	有	無
オーキシン添加	無	無	無	無	有	有	有
茎頂分裂組織の発達	－	＋	－	－	－	＋	－
根端分裂組織の発達	－	＋	＋	－	－	＋	－

注：糖添加，オーキシン添加の操作以降は，常に培地中に一定の濃度の糖，オーキシンが存在する。また，培地に加えられた糖，オーキシンは，植物全体に行き渡ることがわかっている。

問 1 文章の空欄 から に適切な語句を入れよ。

問 2 表 1 の結果にもとづいて，下記の i)～iv) の結論を出した。これらについて，正しいと考えられる場合には「○」，正しくないと考えられる場合には「×」，表 1 の結果からだけでは判断できないと考えられる場合には「△」をつけよ。また，そのように判断した根拠について，実験番号(①～⑦)をあげながら，2行以内で述べよ。

この植物の茎頂分裂組織の発達について：

- i) 糖は必要ない。
- ii) オーキシンが必要である。

この植物の根端分裂組織の発達について：

- iii) 光処理が阻害する。
- iv) 糖さえあればよい。

【C】

光がどのようにして茎頂分裂組織の発達を制御するのかについて、以下の植物の株を用いて、さらに調べることにした。

- ・野生株：すべての正常な遺伝子を持っている株（【B】で用いた植物と同じもの）
- ・クリプトクロム欠損株：クリプトクロムの遺伝子だけを欠損した株
- ・フィトクロム欠損株：フィトクロムの遺伝子だけを欠損した株
- ・オーキシンの生合成に関与する酵素の遺伝子だけを欠損した株

これらの植物を、暗黒で8日間育てる、もしくは、青色光、赤色光、白色光のいずれかを連続的にあてて8日間育てた後、茎頂分裂組織を観察し、発達していた場合を「+」、していなかった場合を「-」として、表2にまとめた。

表2

	⑧	⑨	⑩	⑪
光条件	暗黒	連続 青色光	連続 赤色光	連続 白色光
野生株	-	+	+	+
クリプトクロム欠損株	-	-	+	+
フィトクロム欠損株	-	+	-	+
オーキシンの生合成に関与する酵素の欠損株	-	-	-	-

注：培地に糖添加，オーキシン添加の操作は行なっていない。

問 3 表 2 の結果から、この植物の茎頂分裂組織の発達に、クリプトクロム、フィトクロムが関与していることが示唆される。このうち、フィトクロムが関与していることを別の方法で確認するには、どのような実験をして、どのような結果が得られるとよいかについて、フィトクロムによる種子発芽の制御を参考に、4 行以内で述べよ。

問 4 表 2 の実験⑩では、表 1 の実験④とは異なり、野生株を連続白色光のもとで育てただけで茎頂分裂組織が発達した。表 1、表 2 の実験結果にもとづいて、この植物の茎頂分裂組織の発達において光が果たす役割について、4 行以内で考察せよ。

〔4〕 体節の発生に関する以下の文章【A】と【B】を読み、問1～問6に答えよ。

【A】

多くの脊椎動物は、体の力学的支柱として背骨を持っている。背骨は、複数の椎骨が連なることで脊髄を守りつつ、滑らかな体の運動を可能にしている。椎骨は、神経管に沿った「体節」と呼ばれる繰り返しの構造をもとに作られる。体節は、中胚葉が形成される の過程で新たに発生する沿軸中胚葉の細胞群から形成される。 の過程では骨格系ができ始めるまで神経管の腹側で体軸としての作用を持つ も同時に発生する。沿軸中胚葉は、神経管の両側に体節が無い状態で発生するが、新しい体節が発生する時間間隔は、ほぼ一定で、ヒトでは約8時間であることが知られている。この過程では、ある特定のタンパク質 X の量を周期的に増減させることでリズムカルな体節の形成が制御されると考えられている。このようなタンパク質の量の周期的な増減は、タンパク質がそれ自身の mRNA の産生を抑制する の機構によって起こる。

問1 文章の空欄 から に適切な語句を入れよ。

問2 文中の下線部①について、タンパク質 X は以下の性質を持っているものとする。

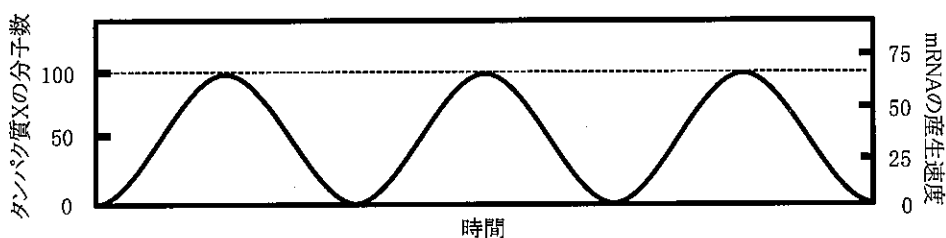
- ・タンパク質 X は、常に発現され続ける。
- ・タンパク質 X は、それ自身の mRNA の産生を抑制する。
- ・タンパク質 X は、常に分解され続ける。

以上の性質をふまえて、タンパク質 X の量が周期的に増減するしくみについて、3行以内で述べよ。

問 3 タンパク質 X の mRNA が 1 分間あたりに産生される速度を v ，時間 T におけるタンパク質 X の分子数を $P(T)$ とするとき，以下の式が成立するものと仮定する。

$$v = \frac{33}{1 + \left(\frac{P(T)}{40}\right)^2}$$

タンパク質 X の分子数の変動は以下のグラフのようになっていた。



上のグラフにタンパク質 X の mRNA の産生速度の変動を記入せよ。この時，縦軸の数値は，グラフの右側の値を使用せよ。また，タンパク質 X の mRNA の産生速度の最大値と最小値を計算せよ。数値が割り切れない場合は，四捨五入して小数点第 1 位まで答えよ。

【B】

体節が周期的に形成される原理を明らかにするために，体節構造の形成に異常を持つ動物を解析することにした。この動物の DNA 配列を解析した結果，下図のように，ある遺伝子の DNA 配列の 1 か所にグアニンからチミンへの一塩基置換による変異が見出された。また，遺伝子型と体節形成の表現型解析②から，この体節形成の異常は，常染色体劣性遺伝形式を示していると考えられた。

正常の DNA 配列 5'-GGATCCGTGGGA[G]AATCTACCATGGTT-3'

変異した DNA 配列 5'-GGATCCGTGGGA[T]AATCTACCATGGTT-3'

問 4 この動物の遺伝子型を，ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法と以下にあげる制限酵素 A～C の中の一つだけを使用して判定する場合，その方法について，5 行以内で述べよ。

制限酵素	認識配列
A	GAATC
B	GGATCC
C	GAATTC

問 5 見出した一塩基置換の部位において，正常の DNA 配列のアミノ酸はアルギニンであったが，変異した DNA 配列では，異なるアミノ酸へ変化していた。以下の表を参考にして，変異した DNA 配列から生じるアミノ酸を答えよ。

1 番目の塩基	2 番目の塩基								3 番目の塩基
	T		C		A		G		
T	TTT	フェニルアラニン	TCT	セリン	TAT	チロシン	TGT	システイン	T
	TTC		TCC		TAC		TGC		C
	TTA	ロイシン	TCA		TAA	終止コドン	TGA	終止コドン	A
	TTG		TCG		TAG		TGG	トリプトファン	G
C	CTT	ロイシン	CCT	プロリン	CAT	ヒスチジン	CGT	アルギニン	T
	CTC		CCC		CAC		CGC		C
	CTA		CCA		CAA	CGA	A		
	CTG		CCG		CAG	CGG	G		
A	ATT	イソロイシン	ACT	トレオニン	AAT	アスパラギン	AGT	セリン	T
	ATC		ACC		AAC		AGC		C
	ATA		ACA		AAA	AGA	A		
	ATG	メチオニン/開始コドン	ACG		AAG	リジン	AGG	アルギニン	G
G	GTT	バリン	GCT	アラニン	GAT	アスパラギン酸	GGT	グリシン	T
	GTC		GCC		GAC		GGC		C
	GTA		GCA		GAA	GGA	A		
	GTG		GCG		GAG	GGG	G		

問 6 下線部②について，ある形質の異常が劣性遺伝する場合，ヘテロ型では，正常タンパク質と変異したタンパク質が1：1で発現する。劣性遺伝のヘテロ型では，正常タンパク質と変異したタンパク質のそれぞれが形質の発現にどのような影響を与えるかについて，3行以内で述べよ。