

令和2年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

生物基礎・生物

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は11ページ、解答用紙は5枚、また、下書き用紙が1枚ある。指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算や下書きを試みる場合は、問題冊子の余白や下書き用紙を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが、問題冊子及び下書き用紙は必ず持ち帰ること。

〔I〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

真核細胞は厚さ 5 ~ 6 nm 程度の細胞膜で覆われており、その中には核、ミトコンドリア、葉緑体などの細胞小器官と呼ばれる様々な構造体が存在する。核は通常、細胞に 1 個みられる球形の構造物で、核には遺伝子の本体である DNA が含まれている。核の最外層は( ① )と呼ばれ、細胞膜、ミトコンドリアや葉緑体などを構成する膜とともに生体膜と総称される。( ② )は一重の生体膜からなる細胞小器官で、その表面に小さな粒状のリボソームが結合したものを( ③ )と呼ぶ。リボソームでは mRNA の情報を読み取りながらタンパク質が合成される。

タンパク質の基本的な性質と機能は、DNA の遺伝情報によって決定される。  
(ウ) タンパク質をつくるアミノ酸は( ④ )種類存在し、タンパク質中では隣り合うアミノ酸どうしがペプチド結合によって連結されている。アミノ酸が多数つながった状態をポリペプチドと呼び、ポリペプチドのアミノ酸配列を一次構造と呼ぶ。ポリペプチドはさらに折りたたまれることで、らせん状の( ⑤ )やびょうぶ状に折れ曲がった( ⑥ )と呼ばれる二次構造をつくり、これらが立体的に配置されることで三次構造が形成される。

〔1〕 文章中の( ① )~( ⑥ )に適切な語句を入れよ。

〔2〕 下線部(ア)に存在するタンパク質に関する記述として正しい文をすべて選び、記号で答えよ。

- (a) アクアポリンは、水分子を受動輸送する。
- (b) アクアポリンは、水分子を能動輸送する。
- (c) アクアポリンは、水分子とともにイオンも透過する。
- (d) アクアポリンが、水分子を透過すると、膜電位が発生する。
- (e) ナトリウムポンプは、細胞内の  $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$  を細胞外へ輸送する。
- (f) ナトリウムポンプは、細胞外の  $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$  を細胞内へ輸送する。
- (g) ナトリウムポンプは、ATP を利用して、細胞外の  $\text{Na}^+$  を濃度勾配に逆らって細胞内へ輸送する。
- (h) ナトリウムポンプは、ATP を利用して、細胞外の  $\text{K}^+$  を濃度勾配に逆らって細胞内へ輸送する。

〔3〕 下線部(イ)に関する記述として誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 生体膜に埋め込まれたタンパク質は、生体膜中を水平に移動したり、回転したりできる。
- (b) 生体膜は、水分子やアミノ酸は通しにくい、酸素や二酸化炭素は通すことができる。
- (c) リボソームは生体膜に覆われた構造体であり、タンパク質合成に関係する。
- (d) エンドサイトーシスでは、細胞外の溶けている物質だけでなく、細胞膜の表面に結合した物質も取り込まれる。

〔4〕 下線部(ウ)について、突然変異によってDNAの塩基配列に変化が生じると、アミノ酸配列にも変化が生じることがある。図1の上段には、あるタンパク質の上流部分のアミノ酸配列と、それに対応するmRNAとDNAの塩基配列を示している。DNA塩基配列の塩基には、その位置を示す位置番号を付してある。図1の下段に示す突然変異後のアミノ酸配列は、図1の上段で示したDNA塩基配列に起きた一カ所の突然変異によって生じたものである。表1には遺伝暗号表を示してある。

塩基の位置番号	1	4	7	10	13	16	19	
DNAの塩基配列	ATG	GTG	AGC	AAG	GGC	GAG	GAG	...
mRNAの塩基配列	AUG	GUG	AGC	AAG	GGC	GAG	GAG	...
アミノ酸配列	メチオニン	バリン	セリン	リシン	グリシン	グルタミン酸	グルタミン酸	...
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
突然変異後のアミノ酸配列	メチオニン	バリン	アルギニン	アルギニン	アラニン	アルギニン	セリン	...

図1 突然変異によるアミノ酸の変化

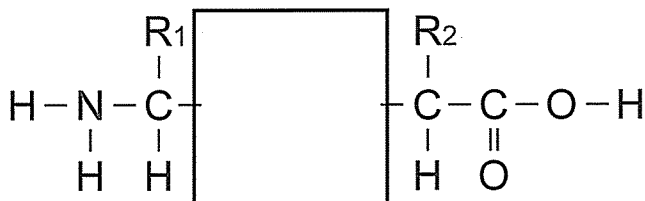
表1 遺伝暗号表

アミノ酸	コドン
メチオニン	AUG
バリン	GUA
バリン	GUU
バリン	GUG
バリン	GUC
セリン	UCA
セリン	UCU
セリン	UCG
セリン	UCC
セリン	AGU
セリン	AGC
アラニン	GCA
アラニン	GCU
アラニン	GCG
アラニン	GCC

アミノ酸	コドン
リシン	AAA
リシン	AAG
グルタミン酸	GAA
グルタミン酸	GAG
アルギニン	CGA
アルギニン	CGU
アルギニン	CGC
アルギニン	CGG
アルギニン	AGA
アルギニン	AGG
グリシン	GGA
グリシン	GGU
グリシン	GGG
グリシン	GGC

- (1) 図1に示す突然変異は、どのような変異がどの塩基に生じたものであると考えられるか。表1を参考にして、句読点も含めて20字以内で説明せよ。
- (2) 図1に示す突然変異によって生じたDNAから翻訳されたポリペプチドは、突然変異が起きていない正常なポリペプチドに比べて短かった。この理由を句読点も含めて20字以上40字以内で説明せよ。ただし、図1で示した位置番号1~21以外の塩基で突然変異は起きなかったものとする。

- [5] 二つのアミノ酸からなるペプチドの下線部(エ)の構造式について、実線で囲まれた部分を記入せよ。



〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物の体内に侵入した病原体などの異物を排除する仕組みを免疫という。ヒトでは、生まれつき備わっている異物の排除機構である自然免疫や、生後に異物に接することで獲得する獲得免疫(適応免疫)がはたらく。獲得免疫には体内に侵入した異物を(①)として認識し、B細胞が抗体をつくって(①)を除去する(②)免疫と、ウイルスなどに感染した細胞をキラーT細胞などが直接攻撃して除去する(③)免疫がある。抗体は2本のH鎖と2本のL鎖が結合しているタンパク質であり、(④)と呼ばれる。抗体と(①)が特異的に結合することを(⑤)という。抗体は抗体ごとにアミノ酸配列が異なり立体構造が異なっている可変部<sup>(ア)</sup>と、一定の構造を持つ定常部から構成される。一つのB細胞<sup>(イ)</sup>は一種類の抗体のみをつくるため多様な(①)に対応するためには多種類のB細胞が必要となる。

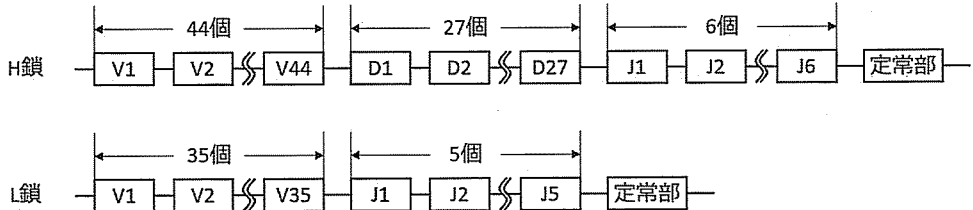
免疫は生体の防御に重要な役割を果たす一方で、免疫機能が低下したり過剰になったりすると様々な病気が生じることがある<sup>(ウ)</sup>。また、免疫を利用して弱毒化や不活化した病原体をあらかじめヒトに接種することで病気の予防に役立っている<sup>(エ)</sup>。

〔1〕 文章中の(①)～(⑤)に当てはまる適切な語句を答えよ。

〔2〕 下線部(ア)について、解答欄に示す抗体の模式図の可変部を○で囲め。

〔3〕 下線部(イ)について、ヒトの全遺伝子数は $3 \times 10^4$ 個に満たないことが知られているが、ヒトはそれ以上の種類の抗体を作ることができる。なぜヒトは遺伝子の数を超えた種類の抗体を作れるのか。「遺伝子再構成」という語句を用い、句読点を含めて80字以上100字以内で説明せよ。

- 〔4〕 次の図は、未熟な B 細胞が持つ抗体の H 鎖および L 鎖の可変部の遺伝子断片の集団と定常部の遺伝子を表している。図に示す遺伝子断片集団から、理論上何種類の抗体が作れるか。4 桁目を四捨五入して有効数字 3 桁で答えよ。



- 〔5〕 下線部(ウ)に関する病気の例に AIDS (後天性免疫不全症候群)がある。HIV (ヒト免疫不全症候群ウイルス)感染により生じる AIDS は日和見感染症を伴うが、この理由を句読点を含めて 60 字以上 80 字以内で説明せよ。
- 〔6〕 下線部(エ)は何と呼ばれるか。名称を記せ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

脊椎動物の骨格筋は細長い筋繊維の束でできている。さらに、エネルギーを利用して収縮する筋原繊維が筋繊維の細胞質には多数みられる。筋原繊維では、<sup>(ア)</sup>2種類のフィラメントが交互に規則正しく配列し、サルコメアという基本構造をつくっている。サルコメアはZ膜で区切られており、この繰り返しを顕微鏡で観察すると、図1のようにしま模様として見える。このようなしま模様のある筋肉を(①)筋という。血管や消化管壁の筋肉など、しま模様のない筋肉は(②)筋である。

運動神経の活動電位が神経と筋肉の接合部のシナプスに到達すると、興奮の伝達が行われ、筋繊維にも活動電位が発生する。この活動電位は、筋繊維表面の膜から細胞内部へ伸びる細い管であるT管を伝わって細胞内へと広がる。T管は、筋原繊維を網目状に包む(③)に連絡している。(③)は、筋繊維の細胞膜が興奮したことによる情報をT管から受けると、(④)を放出して筋原繊維を活性化する。活性化した筋原繊維ではフィラメントの滑走が起こり、サルコメアの長さが短縮する。このときのフィラメントの変化にはエネルギーとしてATPが利用される。

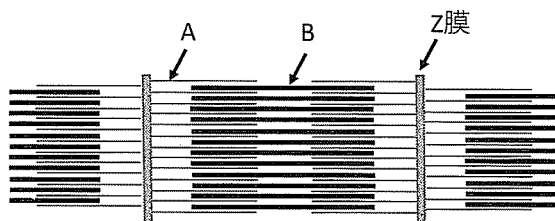


図1 サルコメアの模式図

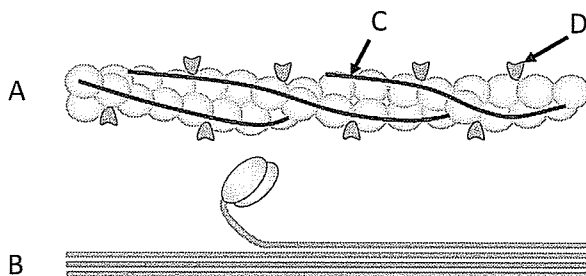


図2 骨格筋の収縮機構

- [1] ( ① ) ~ ( ④ ) に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- [2] 下線部(ア)について、2種類のフィラメントは図1のAおよびBを指している。AおよびBの名称をそれぞれ答えよ。
- [3] 下線部(イ)について、興奮の伝達のためにシナプスから放出される神経伝達物質の名称を答えよ。
- [4] 図2は、2種類の筋原繊維と筋収縮に関連する2種類のタンパク質(CおよびD)を示した模式図である。図中のAとBは図1と同一のフィラメントを示している。
- (1) CおよびDで示したタンパク質の名称をそれぞれ答えよ。
  - (2) 筋収縮におけるCおよびDの役割を、句読点を含めて100字以上140字以内で説明せよ。
- [5] 下線部(ウ)について、短時間の激しい運動では、クレアチンリン酸が利用される。そのときの、クレアチンリン酸の役割について、句読点を含めて15字以上35字以内で説明せよ。



〔IV〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物は、環境からのさまざまな刺激を受容するしくみをもち、受け取った情報は植物ホルモンを介して細胞内外に伝えられる。特に光は、植物の光合成に必要なエネルギー源であると同時に、発芽や花芽形成、光屈性など、環境応答にとっての重要な情報となっている。<sup>(ア)</sup>

光は、気孔の開口にも関与する。気孔は、2個の孔辺細胞に囲まれたすき間である。<sup>(イ)</sup> 土壌に十分な水分がある状態で光が当たると、孔辺細胞が湾曲することで気孔が開く。しかし、気孔が開いていると蒸散が起<sup>(ウ)</sup>こり、植物体内の水分が失われてしまう。水分が不足した植物では植物ホルモンが合成され、水が孔辺細胞外へ出<sup>(エ)</sup>て膨圧が下がり気孔が閉じる。

〔1〕 下線部(ア)について答えよ。

- (1) 光発芽種子の発芽や短日植物の花芽形成抑制に関わる光受容体の名称を答えよ。
- (2) 光発芽種子であるレタスの種子に、表1に示した処理をそれぞれ行って、発芽に対する光と植物ホルモンの影響を調べた。各対照実験の結果が表1のようになったとき、実験1から実験6について種子発芽が促進された実験には○、発芽が抑制された実験には×を記せ。

表1 レタス種子の処理方法

実 験	処 理	発 芽
対照実験 1	遠赤色光→暗所	×(抑制)
対照実験 2	遠赤色光→白色光→暗所	○(促進)
対照実験 3	遠赤色光→白色光→遠赤色光→暗所	×(抑制)
実験 1	遠赤色光→青色光→暗所	
実験 2	遠赤色光→赤色光→暗所	
実験 3	遠赤色光→赤色光→緑色光→暗所	
実験 4	遠赤色光→フロリゲン→暗所	
実験 5	遠赤色光→ジベレリン→暗所	
実験 6	遠赤色光→白色光→ジャスモン酸→暗所	

〔2〕 下線部(イ)について答えよ。

(1) 気孔の開口はどの色の光によって促進されるか。下から選り答えよ。

青色光	緑色光	赤色光	遠赤色光
-----	-----	-----	------

(2) 気孔の開口だけでなく光屈性にも関わる光受容体の名称を答えよ。

〔3〕 下線部(ウ)について、イオンの流入に伴い水を取り込んで膨らんだ2個の孔辺細胞が内側のすき間を広げるように湾曲する理由を、句読点を含めて15字以上30字以内で説明せよ。

〔4〕 下線部(エ)について答えよ。

(1) 水分が不足したときに合成される植物ホルモンの名称を答えよ。

(2) (1)の植物ホルモンが関与する作用を次から3つ選り、記号で答えよ。

- |              |                |
|--------------|----------------|
| (a) 種子の休眠維持  | (b) 茎の肥大成長促進   |
| (c) 茎の伸長成長抑制 | (d) 側芽の成長抑制    |
| (e) 花芽形成の促進  | (f) 単為結実の促進    |
| (g) 落果や落葉の促進 | (h) 食害に対する防御応答 |

〔V〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

約 46 億年前に地球が誕生して以来現在に至るまで、地球環境と生命は相互に影響を与えながらともに進化してきた。

地球誕生直後の原始地球は無機物の世界であったが、地熱や放電、紫外線などの作用によりやがて有機物が生成され、約 40 億年前に最初の生物が誕生したと<sup>(ア)</sup>考えられている。初期の生物が、有機物を発酵によって利用する従属栄養生物であったか、それとも化学合成細菌や光合成細菌のような独立栄養生物であったかは不明ではあるが、いずれにしても遊離酸素がない嫌気環境で生命活動を営んでいた。約 27 億年前になると、水を分解して酸素を発生する酸素発生型光合成を行うシアノバクテリアが生まれ繁栄した。<sup>(イ)</sup>25 億年前から 22 億年前ころには、生成された酸素は海中に溶けていたある金属イオンと結合して酸化物を大量に沈殿させた。海水中の酸化される物質が少なくなるのにもない、酸素は大気中に放出され、大気中の酸素濃度の急激な上昇をもたらした(図 1)。初期の無酸素環境に生活していた嫌気性生物にとって酸素は有毒であったが、そのうち、酸素呼吸を行う好気性微生物が現れた。

真核生物が誕生したのは、約 21 億年前と推定されている。真核細胞のミトコンドリアと葉緑体は、それぞれ好気性細菌とシアノバクテリアが宿主細胞内に取り込まれて、細胞内共生をするうちに細胞小器官になったと考えられている。<sup>(オ)</sup>真核生物の一部は、約 6 億年前に多細胞化し、様々な形の生物へと進化していった。

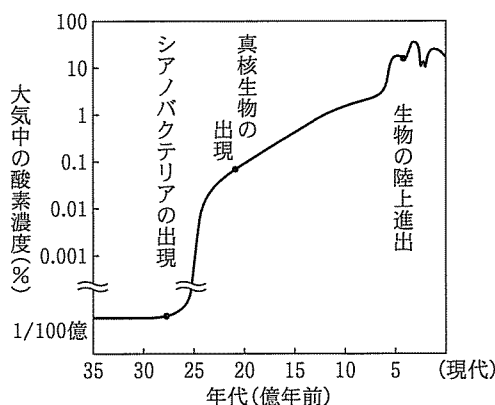
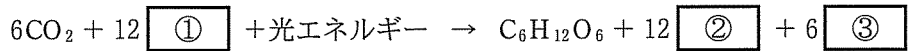


図 1 地球大気中の酸素濃度の変遷

〔1〕 下線部(ア)の過程を何と呼ぶか、答えよ。

〔2〕 下線部(イ)について以下の問いに答えよ。

(1) 光合成細菌である紅色硫黄細菌や緑色硫黄細菌が行う炭酸同化の反応式の空欄①～③に入る適切な化学式を答えよ。



(2) シアノバクテリア以外の光合成細菌が持つ光合成色素は何か、答えよ。

〔3〕 下線部(ウ)のシアノバクテリアが持つ光化学系の種類は何か、答えよ。

〔4〕 下線部(エ)の現象によって形成された層状の地層を何というか、答えよ。

〔5〕 下線部(オ)の仮説は、共生説と呼ばれる。この進化仮説の根拠として、ミトコンドリアや葉緑体が以下の(a)～(c)の特徴を持つことがあげられる。空欄①と②に入る最も適切な語句を答えよ。

(a) 独自の  $\boxed{\text{①}}$  状の DNA を持つ。

(b) 細胞内で  $\boxed{\text{②}}$  によって増える。

(c) 細菌型のリボソームを持つ。

〔6〕 図1のグラフは、35億年前から現代までの地球における大気中の酸素濃度の変化を表したものである。これに関連して、以下の問いに答えよ。

(1) 約25億年前の大気中の酸素濃度の急激な上昇はシアノバクテリアの繁栄によるものである。その後、約20億年前からそれ以降にかけて酸素濃度は徐々に上昇し、特に約5億年前のカンブリア紀に酸素濃度は急上昇した。このような酸素濃度の上昇は、シアノバクテリアに加えて、どのような生物によってもたらされたと考えられるか、答えよ。

(2) 大気中の酸素濃度の上昇は、地球環境にある変化をもたらし、それによって約4.5億年前のオルドビス紀には生物の陸上進出が促進されたと推定されている。①ある変化とは何か、答えよ。また、②その変化が、生物の陸上進出を促進した理由を、句読点を含めて20字以上40字以内で説明せよ。