

2018 年度 入学 試験 問題

生 物

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この問題冊子が、出願時に選択した科目のものであることを確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙には、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類がありますので注意してください。
3. 解答は、必ず解答欄に記入およびマークしてください。解答欄以外への記入およびマークは無効となりますので注意してください。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。
5. 解答用紙を折り曲げたり、汚したりしないでください。また、マーク解答用紙を記述解答用紙の下敷きには使用しないでください。
6. 解答用紙には、必ず受験番号と氏名を記入およびマークしてください。
7. マーク解答用紙への受験番号の記入およびマークは、コンピュータ処理上非常に重要なので、誤記のないよう特に注意してください。

(設問は次ページより始まる)

問題Ⅰの解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの解答は、記述解答用紙の解答欄に答えなさい。

Ⅰ 以下のA、Bの設問に答えなさい。(30点)

A 細胞の構造と機能に関する以下の問い(1)~(8)に答えなさい。

(1) 以下の記述の中で、原核生物に共通する特徴として正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 二重膜構造をもつミトコンドリアが内部に観察できる。
- (b) 細胞内に核はないが、DNAが遺伝物質としての役割を担う。
- (c) 真核生物の内部に侵入してはじめて活発な増殖が可能となる。
- (d) 細胞がタンパク質の殻で囲まれている。
- (e) 減数分裂によって生じる細胞から生殖細胞ができる。

(2) 以下の記述の中で、真核生物に共通する特徴として正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 膜構造をもつ細胞小器官が多数見られる。
- (b) 細胞膜の外側に細胞壁が存在する。
- (c) 親水性のリン脂質、および疎水性のタンパク質の2層からなる生体膜をもつ。
- (d) 細胞が集合して形成される多細胞生物である。
- (e) 液胞、および光合成の場となる葉緑体をもつ。

(3) 真核生物に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 動物細胞は、大型の液胞をもち、内部に代謝産物や老廃物を蓄えている。
- (b) 植物細胞は、葉緑体チラコイド内に蓄えられた ATP を利用してデンプンを合成する。
- (c) 酸素が枯渇しやすい条件では、ミトコンドリアの ATP 合成活性が高まる。
- (d) ホルモンは、ゴルジ体から小胞体を経由してリソソームへと運ばれるタンパク質である。
- (e) 核膜孔（核孔）が、mRNA の細胞質への通り道となる。

(4) 真核生物の細胞骨格タンパク質に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) アクチンは、中間径フィラメントの主成分となるタンパク質である。
- (b) ATP を加水分解するダイニンやキネシンによって筋収縮が起こる。
- (c) チュープリンは、アメーバ運動にとって不可欠な成分である。
- (d) 植物細胞の細胞壁は、細胞骨格タンパク質が主成分である。
- (e) 原形質流動（細胞質流動）では、細胞骨格の繊維が重要なはたらきを担う。

(5) 以下の記述の中で、細胞膜に共通する特徴として正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 厚みに数 nm（ナノメートル）から数 μm （マイクロメートル）までの幅がある。
- (b) リン脂質とタンパク質によって構成されている点で、細胞小器官の生体膜とは異なる。
- (c) 表面にある受容体を使って、細胞内部からの情報を外部へと伝える。
- (d) ミトコンドリアの生体膜とは異なり、二重の膜から形成されている。
- (e) 含まれる脂質やタンパク質が、細胞膜内を水平方向へ移動できる。

(6) 生体膜の物質輸送に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) グルコースは小さな分子なので、拡散によって生体膜を容易に通過する。
- (b) 輸送タンパク質を使った選択的な透過によって運ばれる物質がある。
- (c) ヌクレオチドなどの疎水性の分子は、生体膜を容易に通過できる。
- (d) タンパク質は一般に親水性で大きな分子であるが、生体膜は通過しやすい。
- (e) エネルギーを使って開閉するしくみのタンパク質をイオンチャネルという。

(7) 真核生物の細胞膜における陽イオンの能動輸送に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) カリウムイオンが、濃度勾配に従って細胞の内側から外側へ輸送される。
- (b) カリウムイオンが、濃度勾配に逆らって細胞の内側から外側へ輸送される。
- (c) ナトリウムイオンが、濃度勾配に従って細胞の外側から内側へ輸送される。
- (d) ナトリウムイオンが、濃度勾配に逆らって細胞の内側から外側へ輸送される。
- (e) ナトリウムイオンとカリウムイオンは、共に、同じ方向へ輸送される。

(8) 溶質の濃度と細胞の形態に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 細胞の形が変わらないような溶質濃度の溶液を等張液という。
- (b) 高張液に細胞を入れると、細胞が膨張する。
- (c) 低張液に植物細胞を入れると、膨圧が低下する。
- (d) 低張液内では、原形質分離が起こる。
- (e) 生理食塩水より低い溶質濃度の溶液内では、細胞が収縮する。

B DNAに関する以下の問い(1)~(8)に答えなさい。

- (1) DNAの分子を構成する単位であるヌクレオチドに含まれる糖Xの構造を図1に模式的に示す。ヌクレオチドは、アデニン(A)、グアニン(G)、チミン(T)、シトシン(C)の4種類の塩基のうちの1種類とリン酸とが、糖Xに結合してきている。

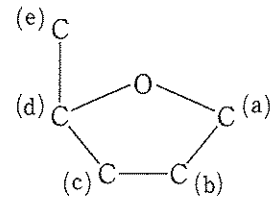


図1

- (i) 「糖X」の名称を〔選択肢1〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢1〕

- (a) グルコース (b) リボース (c) デオキシリボース
(d) フルクトース (e) スクロース

- (ii) リン酸は糖Xのどの炭素原子に結合しているか。正しいものを図1の(a)~(e)から1つ選び、マークしなさい。
- (iii) 塩基は糖Xのどの炭素原子に結合しているか。正しいものを図1の(a)~(e)から1つ選び、マークしなさい。

(2) 糖 X を末端に含むヌクレオチド鎖に、別のヌクレオチド分子が結合することで DNA が伸長する。

(i) 別のヌクレオチド分子中のリン酸は、糖 X のどの炭素原子と結合するか。正しいものを図 1 の(a)~(e)から 1 つ選び、マークしなさい。

(ii) ヌクレオチドに含まれる糖の各炭素原子は [選択肢 2] に示す番号でよばれる。(i)で答えた、「別のヌクレオチド分子中のリン酸が結合する糖 X の炭素原子」の番号を [選択肢 2] から 1 つ選び、マークしなさい。

[選択肢 2]

(a) 1' (b) 2' (c) 3' (d) 4' (e) 5'

(3) DNA は互いに逆向きの 2 本のヌクレオチド鎖が並行に並び、これらがらせん状にねじれた構造になっている。らせんの内側に突き出した塩基どうしは、元素 Y を仲立ちとして弱く結合している。「元素 Y」とは何か。正しいものを [選択肢 3] から 1 つ選び、マークしなさい。

[選択肢 3]

(a) 水素 (b) 炭素 (c) 窒素 (d) 酸素 (e) リン

(4) 塩基のうち、AとT、およびGとCは、問い(3)の「元素Y」を仲立ちとして相補的に結合している。

(i) AとTは何か所で結合しているか。正しい数を〔選択肢4〕から1つ選び、マークしなさい。

(ii) GとCは何か所で結合しているか。正しい数を〔選択肢4〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢4〕

(a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4 (e) 5

(5) いろいろな生物から抽出したDNAの塩基組成を比較すると、DNA中のA、T、G、Cの数の割合は生物種ごとに異なるものの、どの生物種でも、AとTの数の比およびGとCの数の比は、それぞれ、1：1である。この規則性を発見した科学者の名前を〔選択肢5〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢5〕

(a) グリフィス (b) エイブリー (c) モーガン
(d) シャルガフ (e) ニーレンバーグ

(6) ある生物から2本鎖DNAを抽出し、その塩基の割合を調べたところ、Tが28%であった。このDNA中のGの割合は何%か。もっとも適切な値を〔選択肢6〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢6〕

(a) 14% (b) 22% (c) 28% (d) 44% (e) 56%

(7) 細胞が増えるとき、2本鎖DNAから同じ2本鎖DNAがもう1組つくられる。

(i) この過程は何とよばれるか。正しいものを〔選択肢7〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢7〕

(a) 転写 (b) 逆転写 (c) 翻訳 (d) 複製 (e) 発現

(ii) この過程では、まず、2本鎖DNAのらせん状にねじれた構造が、部分的に、1本鎖にほどかれる。ほどかれた1本鎖それぞれが鋳型となり、鋳型となる鎖にある塩基とは相補的な関係にある塩基をもつヌクレオチドが酵素Zのはたらきにより結合し、新しいヌクレオチド鎖がつくられる。「酵素Z」の名称を〔選択肢8〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢8〕

(a) DNA分解酵素 (b) 制限酵素 (c) DNAリガーゼ
(d) DNAヘリカーゼ (e) DNA合成酵素

(8) 人工的にDNAを合成する場合、まず、反応液を加熱して鋳型となる2本鎖DNAを1本鎖にする。つぎに、反応液の温度をある値にまで下げ、鋳型となるヌクレオチド鎖に相補的な短いヌクレオチド鎖を結合させたのち、耐熱性の酵素Zをはたらかせる。この短いヌクレオチド鎖は何とよばれるか。正しいものを〔選択肢9〕から1つ選び、マークしなさい。

〔選択肢9〕

(a) レプリケーター (b) プライマー (c) オペレーター
(d) プロモーター (e) リプレッサー

(設問は次のページにつづく)

II 以下の文章を読み、問い(1)~(8)に答えなさい。(25点)

ヒトの細胞は、血液および体液から供給されるグルコースを主なエネルギー源として生命活動を営んでいる。血液中に含まれるグルコースの濃度(血糖値)は、体内環境を一定の範囲に保ち、生命を維持するしくみによって、およそ0.1%に保たれている。

血糖値は、自律神経とホルモンの協同作用によって調節されている。その中枢は視床下部である。視床下部のはたらきの結果として血糖値は変化する。この変化の結果を、視床下部はふたたび感知して血糖値の調節を行う。血糖値の高い血液が視床下部を流れると、血糖調節中枢が血糖値上昇の情報を感知し、副交感神経を介して、(ア)のランゲルハンス島にあるB細胞(以下、「B細胞」と略す)がインスリンを分泌する。インスリンは血流によって体内を移動し、標的細胞でのグルコースの取り込みや消費を促進する。また、内臓の中で最大の器官である(イ)でグルコースからグリコーゲンの合成を促進する。このようなしくみによって、血糖値が低下する。

血糖値の低い血液が視床下部を流れると、血糖調節中枢が血糖値低下の情報を感知する。この刺激を交感神経が伝え、副腎髄質がアドレナリンを、ランゲルハンス島にあるA細胞(以下、「A細胞」と略す)がグルカゴンを分泌する。これらのホルモンが(イ)などに存在する標的細胞に作用し、グリコーゲンをグルコースに分解する反応を促進する。一方、血糖値の低下は、A細胞自身にも作用して、グルカゴンの分泌を促進する。さらに、これらのしくみに加えて、筋肉などのタンパク質からグルコースの合成を促進するしくみも、血糖値の維持に役立っている。

血糖値を下げるしくみははたらかず、血糖値の高い状態が長く続く病気を糖尿病という。糖尿病患者では、血糖値が高まり、(ウ)でのグルコース再吸収が間に合わず、尿にグルコースが排出されてしまう。糖尿病には大きく分けて、I型とII型の2つのタイプがある。I型糖尿病は、インスリンを分泌するB細胞が損傷を受けることが原因で発症する。I型糖尿病の多くは自己免疫疾患であり、その治療にはインスリンの投与が必要である。一方、II型糖尿病は標的細胞のインスリンに対する感受性が低下したり、B細胞の損傷以外の原因でインスリンの分泌量が低下したりすることによって発症する。日本人の糖尿病患者のほとんどがII型であり、その治療にはインス

リンの投与に加えて食生活や運動などの生活習慣の見直しが効果的である。

- (1) 下線部①の性質を何とよぶか、もっとも適切な名称を解答欄に書きなさい。
- (2) 下線部②について、語群に示したホルモンの中から、グルコース代謝に関連し、脂溶性であり、細胞内部の受容体に結合するものを2つ選び、記号で答えなさい。

[語群]

- (a) パソプレシン (b) アドレナリン (c) チロキシン
(d) 鉱質コルチコイド (e) インスリン (f) グルカゴン
(g) 糖質コルチコイド

- (3) 文章中の空欄 ～ にあてはまるもっとも適切な器官の名称を解答欄に書きなさい。

(4) 下線部③のような生体調節のしくみをフィードバック制御という。フィードバック制御の例として、以下の文(a)~(d)の中で記述内容が正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 甲状腺は、脳下垂体前葉から分泌される甲状腺刺激ホルモンを受容し、チロキシンを分泌する。チロキシンは体内の多くの標的細胞に作用して、数日以上の長期にわたって標的細胞の代謝を高める。
- (b) 視床下部の体温中枢が体温の低下を感知すると、交感神経の活動を介して代謝の速度が上昇し、体温が上昇する。体温上昇を視床下部の体温中枢が感知すると、副交感神経の活動が高まる。
- (c) 体液に含まれる無機塩類の濃度が上昇すると、脳下垂体後葉からのバソプレシンの分泌が促進される。バソプレシンは腎臓の集合管からの水の再吸収を促進し、体液に含まれる無機塩類の濃度を低下させる。その結果、バソプレシンの分泌が低下する。
- (d) 血糖値の低下を副腎髄質が感知し、アドレナリンが分泌され、グリコーゲンからグルコースの生成が促進される。その結果、血糖値が上昇すると、副腎髄質がこれを感知し、アドレナリンの分泌が抑制される。

- (5) 下線部④に関連して、図1は健常者における食事前後の血糖値変化を示したものである。このとき、血液中のグルカゴン濃度はどのように変化していると考えられるか。図2の(a)~(d)のうち、もっとも適切な図を選び、その記号を答えなさい。

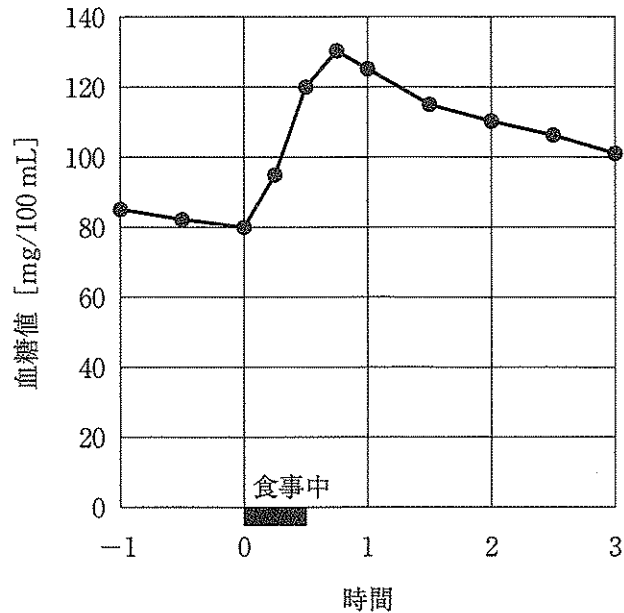


図1 食事前後の血糖値の変化。横軸の時間は、食事開始を0としている。食事中の時間は30分間である。血糖値は血液100 mL中のグルコース量としてmg（ミリグラム、1/1000 gと同じ）で示している。

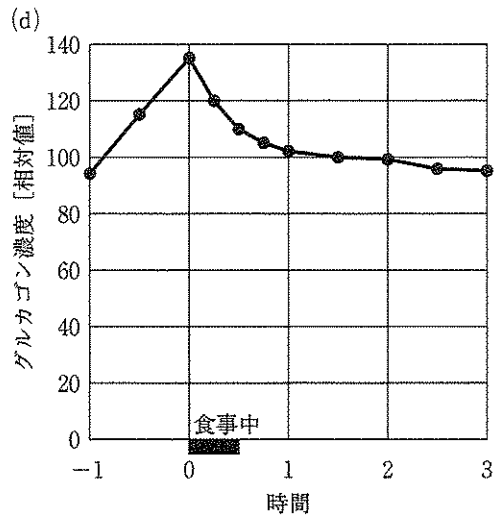
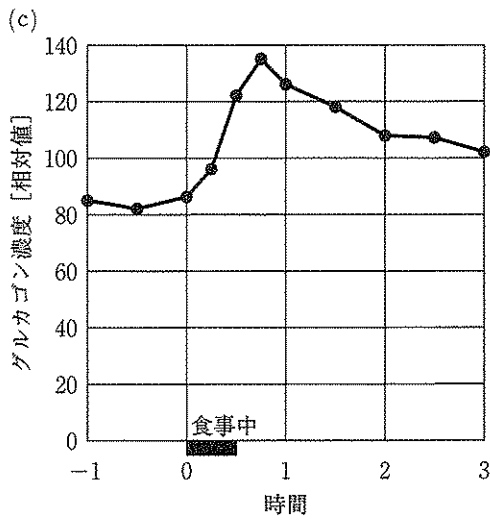
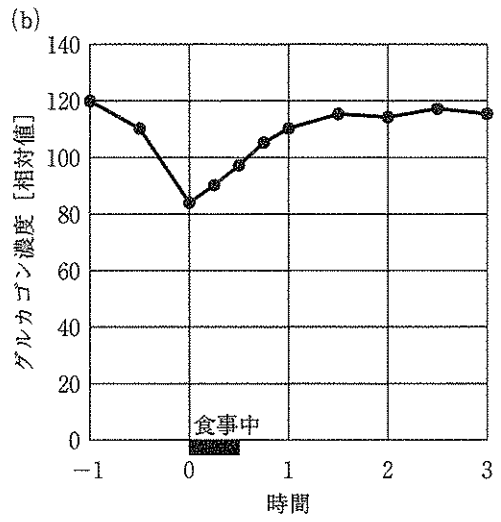
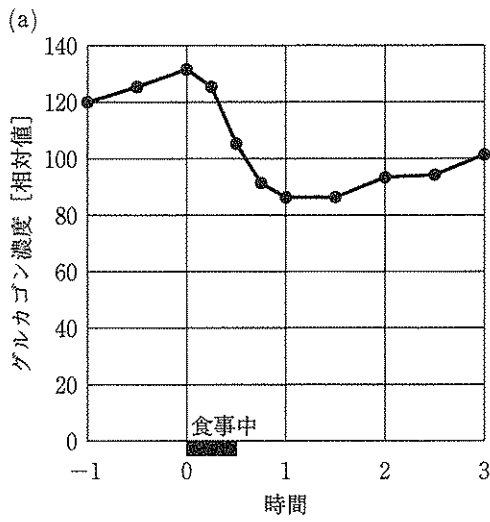


図2 食事前後のグルカゴン濃度の変化。横軸の時間は、食事開始を0としている。食事中の時間は30分間である。グルカゴン濃度は相対値で表している。

(6) 下線部⑤のしくみに関する以下の文の中で、正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 副腎髄質から分泌される糖質コルチコイドによって、タンパク質を分解してグルコースを合成する反応が促進される。
- (b) 副腎皮質から分泌される鉱質コルチコイドによって、タンパク質からグルコースが合成される。
- (c) 飢餓状態において血糖値を一定に保つ際に重要な役割を担う。
- (d) 脳下垂体前葉から分泌される副腎皮質刺激ホルモンによって、促進される反応である。

(7) 下線部⑥に関連して、健常者、および、I型とII型の糖尿病患者における血糖値とインスリン濃度の変化のパターンとしてもっとも適切な図を図3の(a)~(d)の中から選び、その記号を答えなさい。

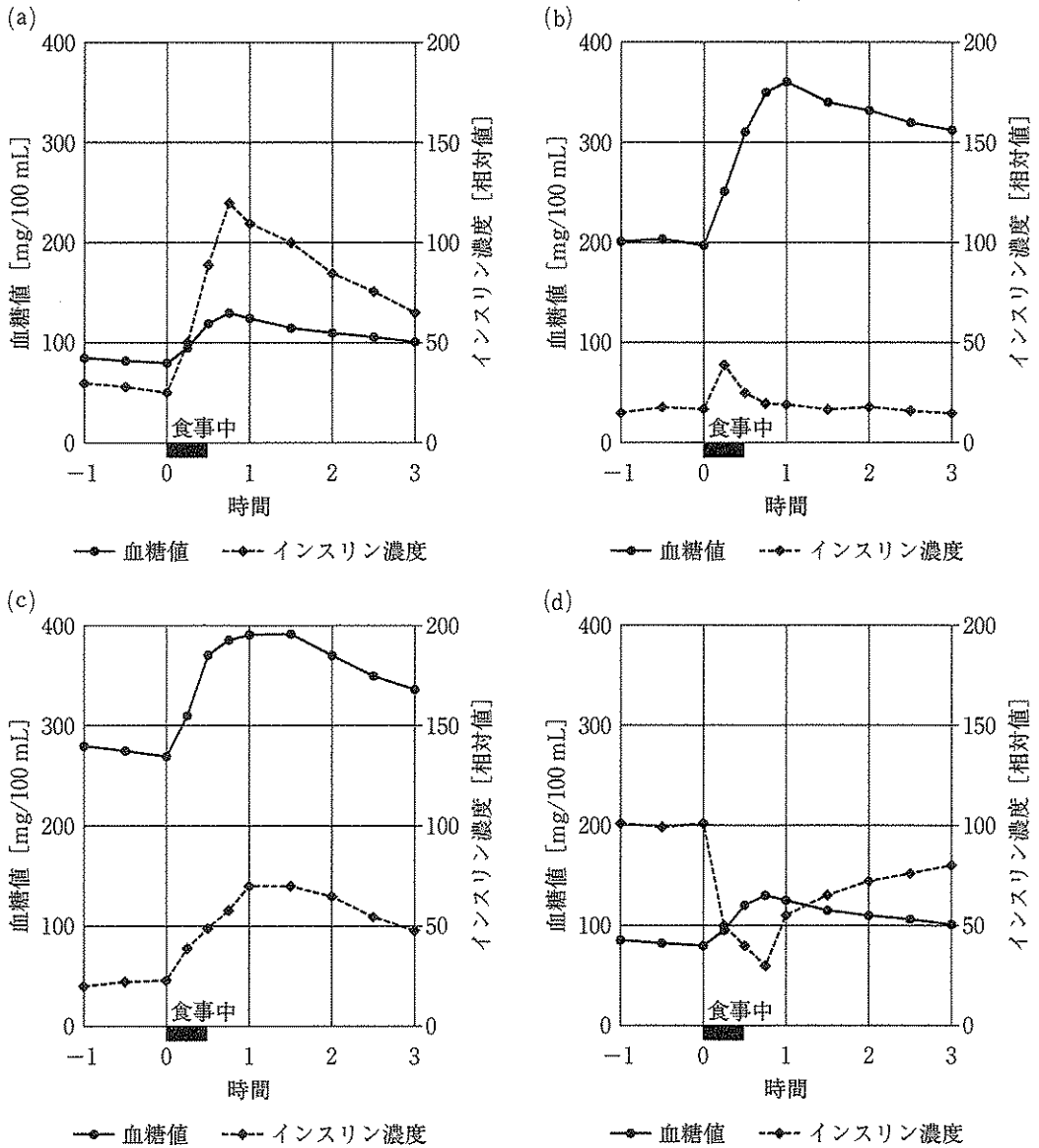


図3 食事前後の血糖値とインスリン濃度の変化。横軸の時間は、食事開始を0としている。食事中の時間は30分間である。血糖値は血液100 mL中のグルコース量としてmg(ミリグラム、1/1000 gと同じ)で示している。インスリン濃度は相対値で表している。

(8) 以下の文で示す疾患の中で、下線部⑦と同様の自己免疫疾患と考えられるものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 脳、脊髄、視神経などの中枢神経において、神経細胞を取り巻く髄鞘が免疫系の攻撃を受けることによって損傷することが原因となる多発性硬化症。
- (b) ヒト免疫不全ウイルス（HIV）がヘルパー T細胞に感染し、ヘルパー T細胞を破壊することによって免疫機能が低下する後天性免疫不全症候群（AIDS）。
- (c) 手足の関節部に炎症が生じる関節リウマチ。
- (d) 末梢神経と筋肉の接合部において、筋肉側の神経伝達物質受容体が自己抗体によって破壊され、全身の筋収縮力が低下する重症筋無力症。

Ⅲ 以下の文章を読み、問い(1)～(7)に答えなさい。(25点)

真核生物の遺伝子の多くは、実際にアミノ酸配列の情報をもつ DNA 部分が、情報をもたないいくつかの DNA 部分に隔てられて存在する。このような遺伝子では、情報をもつ DNA 部分はエクソン、それ以外の DNA 部分はイントロンとよばれている。

遺伝子の発現は以下のように進む。まず、遺伝子の全長が RNA 鎖に (ア) される。この RNA を (イ) という。そして、(イ) からイントロン部分が切り捨てられ、エクソンの端と端が次々につながれて、mRNA ができる。この過程をスプライシングという。また、1つのイントロンをはさんでとなりあうエクソンをつなぐだけでなく、離れたエクソンをつなぎ合わせたり、イントロンを除去せずに残したりするといったスプライシングも知られている。特定のエクソンを選択してつなげるようなスプライシングを選択的スプライシングという。

ある動物の遺伝子 A は 5 つのエクソンと 4 つのイントロンからなる (図 1)。エクソン 1～5 の長さは順に、500、102、240、96、506 塩基であり、イントロン 1～4 の長さは順に、157、550、243、122 塩基である。遺伝子 A からつくられるタンパク質の大きさは、正常な動物の組織 D では 348 アミノ酸 (タンパク質 1) であるが、別の組織 E では 1 つのエクソンが使われず 268 アミノ酸 (タンパク質 2) である。ただし、このとき、どちらの場合も翻訳開始アミノ酸は除去されていないものとする。

各エクソンについて、転写開始点側から 1、2、3、…と塩基に番号をつけたとき、エクソン 1 の塩基 201-202-203 が翻訳開始コドンであるとする、終止コドンはエクソン 5 の塩基 (ウ) - (エ) - (オ) である。

この動物には遺伝病 X の系統がある。この病気をもつ系統のゲノムの配列を調べてみると、遺伝子 A に塩基が 1 つ挿入され、その部位から 7 塩基先が終止コドンに変異していることがわかった。^① 遺伝病 X のもっとも顕著な症状は、組織 D で現れる。そこで、この系統の組織 D において、遺伝子 A からつくられるタンパク質の大きさを調べたところ、通常の 348 アミノ酸の他に、アミノ酸数が約 50% のタンパク質 (タンパク質 3) が検出された。この変異タンパク質が生じること以外は、組織 D や E において遺伝子 A からつくられるタンパク質の異常はなかった。このことから、遺伝病 X は組織 D でつくられるタンパク質 3 がその原因であることがわかった。

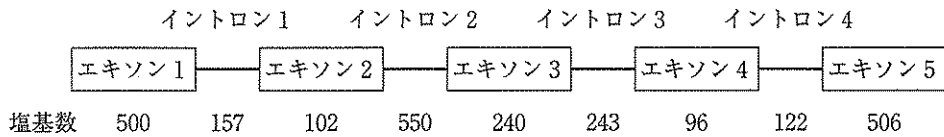


図1 遺伝子Aの模式図

長方形の部分はエキソンを、直線はイントロンをそれぞれ示し、各エキソン、イントロンの下の数値はそれぞれの塩基数を示している。なお、長方形と直線は、塩基数と無関係に一定の長さで書かれている。

- (1) (ア), (イ) にあてはまる適切な語句を、解答欄に書きなさい。
- (2) (ウ) ~ (オ) にあてはまる適切な数字を、エキソン5の最初の塩基を1として解答欄に書きなさい。
- (3) 組織Dと組織Eにおいて、遺伝子Aのエキソンのつなぎ合わせ方にどのような違いがあると推定できるか、エキソンの番号を含めて60字以内で述べなさい。
- (4) 下線部①のように、塩基の挿入や欠失によって読み枠がずれる変異を何というか、解答欄に書きなさい。
- (5) 遺伝病Xにおいて、突然変異が存在する遺伝子A上の部位（下線部①の変異が生じている部位）はどこか。図1の中のエキソン1~5、イントロン1~4の中から選びなさい。

(6) 抗体Gは、タンパク質1の第220-第240アミノ酸を含む領域に特異的に結合する。以下の(i)~(iv)の組織において、この抗体Gと結合できるタンパク質は、問題文中のタンパク質1~3のうちどれか。あてはまるものをすべて書きなさい。ない場合は「なし」と記入すること。

- (i) 正常な動物の組織D
- (ii) 正常な動物の組織E
- (iii) 遺伝病Xを発症した動物の組織D
- (iv) 遺伝病Xを発症した動物の組織E

(7) 遺伝病Xにみられる遺伝子Aの突然変異は優性、劣性あるいはそのどちらでもないかを答えなさい。

(設問は次のページにつづく)

Ⅳ 以下の文章を読み、問い(1)～(4)に答えなさい。(20点)

図1は古生代前期デボン紀(約3億9千万年前)の陸上生態系における、炭素の主要な循環経路を示したものである。この時代は初期の植物が陸上に広がり始めたところで、生態系は水際の湿地のような環境に形成されていた。現在のような森林を作る木本性の植物はまだ存在しなかった。多くの植物には根がなかったために、必要な栄養の多くは、他の従属栄養生物から得ていた。また、両生類や最初の種子をもつ植物が登場したのは後期デボン紀より後である。

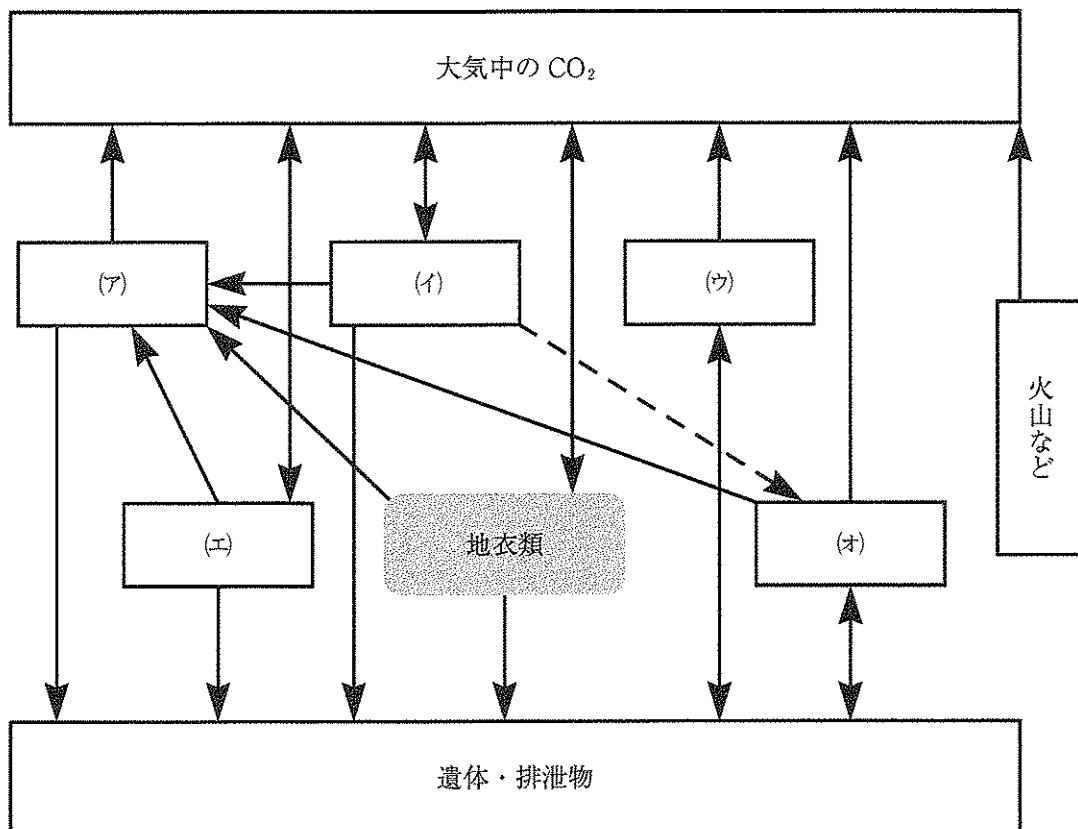


図1 前期デボン紀の陸上生態系

実線の矢印は、炭素の移動を示す。

(イ)と(オ)を結ぶ破線の矢印は、(オ)に属する生物が(イ)の内部に共生している場合に、(イ)から移動する炭素を示す。

- (1) 図中の記号 ～ にあてはまる生物群を、下記の語群(a)～(e)から選び、記号で答えなさい。

[語群]

- (a) 菌類 (b) 動物 (c) 植物 (d) 藻類 (e) 細菌

- (2) 図中の , および にそれぞれ分類される生物の中で、この陸上生態系に存在したと考えられる分類群を、 と については2つずつ、 については1つ、下記の語群(a)～(o)から選び、記号で答えなさい。

[語群]

- (a) 被子植物 (b) 節足動物 (c) アーキア (d) コケ植物
(e) 裸子植物 (f) シダ植物 (g) は虫類 (h) 粘菌類
(i) 紅藻類 (j) 褐藻類 (k) 担子菌類 (l) 子囊菌類
(m) 軟体動物 (n) 哺乳類 (o) 緑藻類

- (3) 図1の生態系における炭素循環を、現在の生態系における炭素循環と比較したとき、もっとも異なる点を、30字以内で記述しなさい。

- (4) 地衣類は、2つの生物が共生した生物群である。図1に示された生物 ～ の中で、共生して地衣類となることができるものを記号で答えなさい。

