

# 生 物

I 次の(文1), (文2), (文3)を読み, [1] ~ [7]の問いに答えよ。

(文1)

代謝反応は, 複雑な有機化合物を分解してエネルギーを取り出す [あ] と呼ばれる過程と, これとは逆に簡単な物質からより複雑な物質を合成する [い] と呼ばれる過程に大別される。[あ] で得られたエネルギーはエネルギー通貨とも呼ばれる ATP に蓄えられ, [い] に利用される。ATP は ヌクレオチド の一種で, <sup>(a)</sup>塩基である [う] と, <sup>(b)</sup>[え] と呼ばれる糖と, [お] 個のリン酸からなり, 分子内に [か] つの高エネルギーリン酸結合をもつ。ATP は多くの場合 [き] とリン酸に分解される。[き] とリン酸は再び ATP の合成に利用される。

(文2)

呼吸は生物が備えている ATP 合成のしくみである。呼吸では, 酸素を用いた [あ] によって, 呼吸基質を最終的に水と二酸化炭素にまで分解する。代表的な呼吸基質であるグルコースを出発物質とすると, 呼吸は 解糖系, クエン酸回路, <sup>(c)</sup>電子伝達系 という3つの過程からなる。酸素が存在しない場合, たとえば筋肉では [く] が最終産物となる。

(文3)

グルコースは代表的な呼吸基質であり、すべての細胞で利用される。血液中のグルコース濃度（血糖濃度）の調節は非常に重要であり、ホルモンなどによって調節を受ける。すい臓のランゲルハンス島からは血糖濃度を調節する2種類のホルモンが分泌される。<sup>(d)</sup>血糖濃度を上昇させるホルモンとしてグルカゴンが、低下させるホルモンとして<sup>(e)</sup>インスリンが分泌される。

グルカゴンと同様に血糖濃度を上昇させるホルモンとして副腎皮質から分泌される  け や、副腎髄質から分泌される  こ があるが、血糖濃度を低下させるホルモンはインスリンだけである。

[1] 文章中の  あ ~  こ にあてはまる語句または数字を、解答用紙の  内に記入せよ。

[2] 下線部(a)に関して、生体内でATPは簡単な物質からより複雑な物質を合成する際のエネルギー以外にも利用される。下の選択肢の中からATPが直接に関わる反応をすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 筋肉でアクチンフィラメントとミオシンフィラメントが相互作用して、筋肉を収縮させる。
- ② 腎臓でアクアポリンが浸透圧に応じて水を輸送する。
- ③ ニューロンで電位依存性の $\text{Na}^+$ チャネルが開いて細胞内に $\text{Na}^+$ が輸送される。
- ④ ナトリウムポンプがはたらいて、細胞の内外に $\text{Na}^+$ や $\text{K}^+$ の濃度差をつくる。
- ⑤ 赤血球や筋肉などで、グルコース輸送体（トランスポーター）を通じて細胞内にグルコースが取り込まれる。

[3] 下線部(b)に関して、ヌクレオチドは核の中では全く異なる役割をする。その役割を20字以内で、解答用紙の  内に記入せよ。

〔4〕 下線部(c)に関して、図1にミトコンドリアの断面の模式図を示す。下の選択肢の中から適当なものを2つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 解糖系の酵素はAに存在し、酸化リン酸化反応によってATPを生じる。
- ② 解糖系で産生されたピルビン酸はB、Dの膜を透過してEに輸送される。
- ③ クエン酸回路の全ての反応はEで行われ、二酸化炭素を生じる。
- ④ 電子伝達系では、電子の伝達にともなってCからEに向けてプロトン( $H^+$ )が輸送される。
- ⑤ ミトコンドリアのATP合成酵素はB膜に存在する。

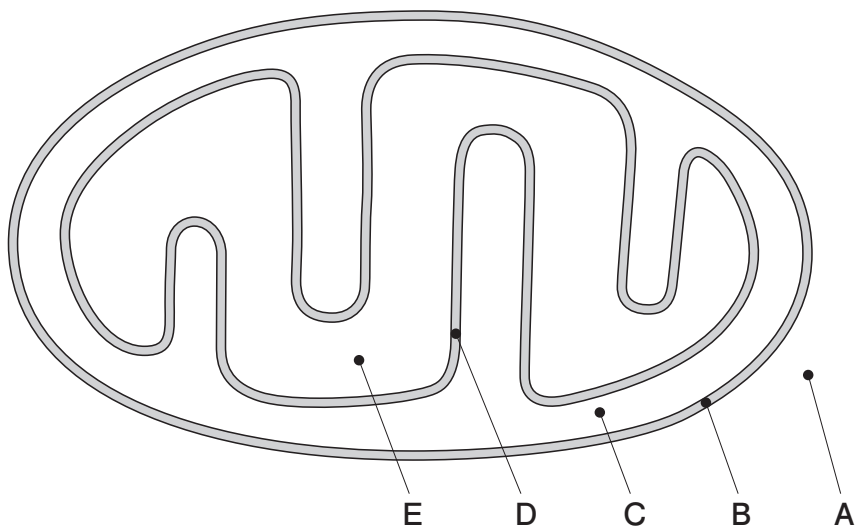


図1

〔5〕 図2にヒトの消化器系の模式図を示す。文章中の下線部(d)に関して、すい臓はどれか。その番号を解答用紙にマークせよ。

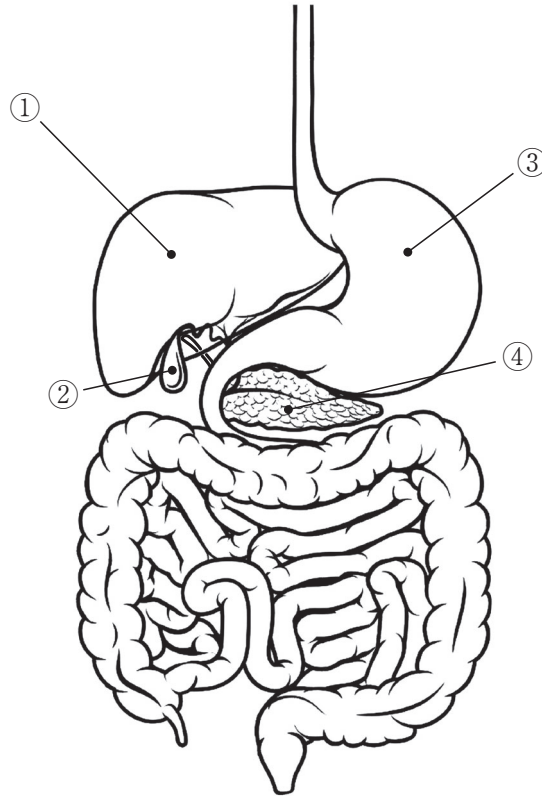


図2

〔6〕 下線部(d)に関して、すい臓は血糖濃度を調節するホルモンを分泌するほかにすい液を分泌する。すい液に含まれる物質を1つあげ、分泌されてはたらく場所を解答用紙の  内に記入せよ。

〔7〕 下線部(e)に関して、下の選択肢の中からインスリンのはたらきとして適当なものをすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 筋肉においてグルコース輸送体（トランスポーター）による細胞内へのグルコースの取り込みを促進する。
- ② 肝臓におけるグリコーゲンの合成を阻害する。
- ③ 筋肉における呼吸反応を促進する。
- ④ 腎臓において尿中へのグルコースの分泌を促進する。
- ⑤ 組織のタンパク質の分解を促進する。

II 次の(文1)、(文2)を読み、〔1〕～〔10〕の問いに答えよ。

(文1)

地球上にはさまざまな環境があり、それぞれの環境には多種多様な生物が生活している。ある一定地域で生活する あ の個体の集まりを個体群とよぶ。個体間には、親子の関係や食物や生息場所などをめぐるさまざまな関係が見られる。そのため、個体の分布にはさまざまな様式が見られる。個体群において単位空間あたりの<sup>(a)</sup>個体数を個体群密度(以下PDと表す)という。PDは個体群やそれを構成する個体にさまざまな影響を及ぼす。

図1はPDを変えてダイズの種子をまいたときの単位面積当たりの個体群の質量(収量)を示したものである(図中の数字は播種後<sup>はしゅ</sup>の日数を示す)。

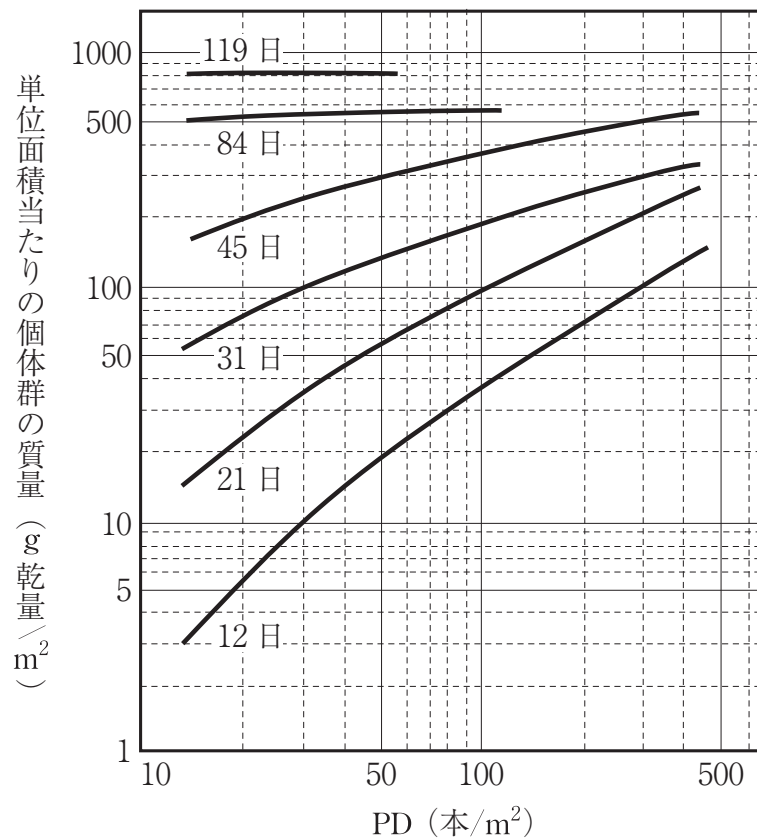


図1

図1から明らかなように芽生えて間もない頃ではPDの高いほうが、PDの低いほうよりも収量は大きいが、播種後の経過日数が大きくなるに伴い、PDが異なっても単位面積当たりの収量に大きな差は見られなくなっている。

〔1〕 文章中の  にあてはまる語句を、解答用紙の  内に記入せよ。

〔2〕 下線部(a)に関して、次のア～オの各生物の分布様式について、適当なものを下の選択肢からそれぞれ選び、解答用紙にマークせよ。

- ア 海洋に生活するイワシの分布
- イ 沿岸部のペンギンの群れ内に見られるペンギンの分布
- ウ 風で散布されたススキの発芽種子の分布
- エ 幼齢幼虫期のアメリカシロヒトリの分布
- オ 巣を作るアリの分布

- ① 集中分布
- ② 一様分布
- ③ ランダム分布

〔3〕 下線部(b)に関して、この法則を何というか。解答用紙の  内に記入せよ。

〔4〕 図1に関して、播種後12日目の収量および31日目の収量をそれぞれ  $M_{12}$ 、 $M_{31}$  とする。PDが30本/ $m^2$ のときの  $M_{31}$  と  $M_{12}$  の比 ( $M_{31}/M_{12}$ ) を  $R_{30}$ 、PDが300本/ $m^2$ のときの  $M_{31}/M_{12}$  を  $R_{300}$  としたとき  $R_{300}/R_{30}$  の値はいくらになるか。あてはまる数値を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 0.1                      ② 0.3                      ③ 0.5                      ④ 0.7
- ⑤ 1                              ⑥ 2                              ⑦ 3                              ⑧ 5

(文2)

自然界の生物は、病気や捕食などにより 生まれてきた子(卵や種子)のすべて<sup>(c)</sup> が親になるまで生き延びることはできない。生まれてきた子が成長とともにどれだけ生き残るかを示した表は  と呼ばれ、これをグラフに表したものを生存曲線という。図2はミツバチの生存曲線を示したものである。

また、個体群を構成する個体間の関係には資源をめぐって一定の空間を占有する縄張り制がみられることがある。たとえば 河川に生活する淡水魚のアユは、石表面に付着する藻類<sup>(d)</sup> を確保するための縄張りを作ることでよく知られている。こうした縄張りを維持するためには、見まわりや侵入者との闘争などの労力がかかる。図3は縄張りの大きさと、縄張りを維持するための労力または縄張りを作ることで得られる利益の大きさとの関係を示したものである。

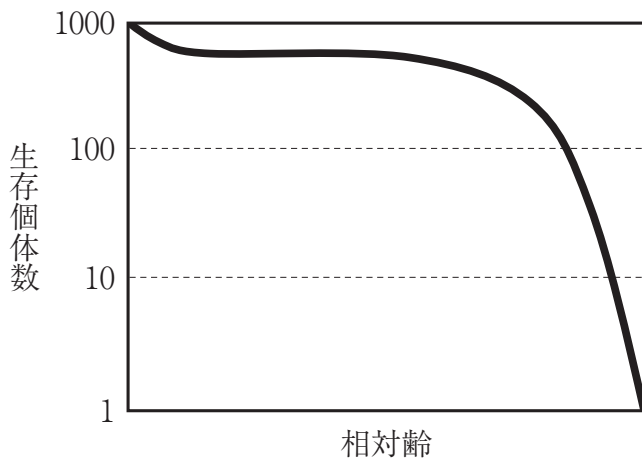


図2

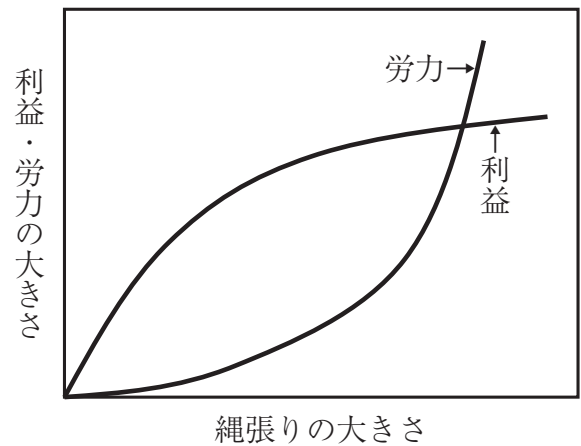


図3

[5] 文章中の  にあてはまる語句を、解答用紙の  内に記入せよ。

[6] 下線部(c)に関して、雌雄各50個体の個体群で、雌が400個ずつの卵を産み、その発育時にその99%が死亡するとき、その個体群における生存個体数はいくらになるか。解答用紙の  内に記入せよ。なお、卵の発育時に両親のちょうど半数が死亡するものとする。

〔7〕 図2に関して、ミツバチの幼虫期のグラフの死亡率が小さい理由を解答用紙の  内に25字以内で記入せよ。

〔8〕 図3に関して、縄張りの大きさが最適となる条件は、どのようなときか。解答用紙の  内に25字以内で記入せよ。

〔9〕 下線部(d)の藻類に関して、下の選択肢の中からもっとも適当なものを1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 陸上植物と同様に光合成を行う独立栄養生物であるが、光合成色素にクロロフィルを含まずカロチノイド系色素だけを含む。
- ② 光合成を行う独立栄養の、葉緑体を持たない原核生物である。
- ③ 光合成を行う独立栄養の真核生物が大部分を占めるが、原核生物のものも一部含まれる。
- ④ 光合成を行う独立栄養の真核生物で、どれも単細胞からなるつくりをしている。
- ⑤ 光合成を行う独立栄養の真核生物で、単細胞で生活するもののほか多細胞のものもある。

〔10〕 ミツバチは節足動物門の昆虫綱、アユは脊索動物門の硬骨魚綱に分類される。これに関して、次の問いに答えよ。

(ア) 個体発生上、口と肛門のでき方で分類したとき、ミツバチと共通している生物を下の選択肢の中から1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ミズクラゲ                      ② カイメン                      ③ ハマグリ
- ④ ムラサキウニ                      ⑤ ナメクジウオ                      ⑥ カンガルー

(イ) アユと同じ脊索動物門に分類される生物を下の選択肢の中からすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① ゴカイ                      ② ホヤ                      ③ プラナリア
- ④ クモヒトデ                      ⑤ ナメクジウオ                      ⑥ ムラサキウニ
- ⑦ ゲンジボタル                      ⑧ ホホジロザメ



Ⅲ 次の文章を読み、〔1〕～〔7〕の問いに答えよ。

ヒトの神経系には、多数のニューロン（神経細胞）<sup>(a)</sup>が集まって情報の統合や整理、判断、命令をつかさどる脳と脊髄があり、これを〔あ〕という。これに対して、からだの各部と〔あ〕をつなぐ神経系を〔い〕といい、体性神経系と自律神経系に分けられる。体性神経系は感覚や随意運動に関わり、自律神経系は恒常性に関わり交感神経と副交感神経に分けられる。ニューロンは核のある細胞体と多数の突起からなり、長く伸びた突起を軸索、短い突起を〔う〕という。軸索は神経繊維ともよび有髄神経繊維と無髄神経繊維がある。

ニューロン<sup>(b)</sup>は刺激を受けるとその細胞膜の内外で電気的な変化が起こる。刺激を受けていないニューロンの部位では細胞膜の外側は正（+）に、内側は負（-）に帯電しており、膜の内外で電位差が生じている。これを静止電位<sup>(c)</sup>という。ニューロンの一部に刺激を加えると刺激を受けた部分では興奮が生じ、細胞内外の電位が瞬間的に逆転し、内側が正に外側が負になってやがてもとの静止電位にもどる。この電位の変化を〔え〕<sup>(d)</sup>という。

細胞膜の電位変化について、静止電位から正の方向に変化することを〔お〕、静止電位からさらに負の方向に変化することを〔か〕という。

ニューロンが興奮すると興奮部と静止部との間で微弱な電流が流れる。これを〔き〕という。この電流が新たな刺激となって隣接部が興奮し、さらに次の隣接部が興奮するというようにして、興奮が軸索を両方向へと伝わっていく。これを興奮の伝導<sup>(e)</sup>という。興奮が終わった直後の部位はしばらく刺激に反応できない状態（〔く〕）になるので、興奮は直前に興奮した部位に逆向きに伝わることはない。

〔1〕 文章中の〔あ〕～〔く〕にあてはまる語句を、解答用紙の〔 〕内に記入せよ。

〔2〕 下線部(a)に関して、ニューロンは体内で神経ネットワークを構成しており 3 つに大別される。それぞれの特徴の正しい組み合わせを下の選択肢の中から 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

	感覚ニューロン	介在ニューロン	運動ニューロン
①	受容器からの情報を中枢に伝える	中枢からの指令を効果器に伝える	ニューロン間の連絡をする
②	受容器からの情報を中枢に伝える	ニューロン間の連絡をする	中枢からの指令を効果器に伝える
③	中枢からの指令を効果器に伝える	受容器からの情報を中枢に伝える	ニューロン間の連絡をする
④	中枢からの指令を効果器に伝える	ニューロン間の連絡をする	受容器からの情報を中枢に伝える
⑤	ニューロン間の連絡をする	中枢からの指令を効果器に伝える	受容器からの情報を中枢に伝える
⑥	ニューロン間の連絡をする	受容器からの情報を中枢に伝える	中枢からの指令を効果器に伝える

〔3〕 下線部(b)および(e)に関して、興奮が軸索を伝導する速度は無髄神経繊維よりも有髄神経繊維のほうがはるかに大きい。

(ア) 有髄神経繊維にみられる興奮の伝導様式を何と呼ぶか、解答用紙の  内に記入せよ。

(イ) なぜ有髄神経繊維の方が無髄神経繊維より伝導速度が大きいのか。その理由を絶縁体という語句を入れて、解答用紙の  内に説明せよ。

〔4〕 下線部(c)に関して、ニューロンの静止電位として適当な数値（単位は mV）を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ①  $-200 \sim -180$       ②  $-160 \sim -120$       ③  $-90 \sim -60$   
 ④  $-20 \sim +20$       ⑤  $+60 \sim +90$       ⑥  $+120 \sim +160$   
 ⑦  $+180 \sim +200$

〔5〕 下線部(d)に関して、ニューロンでの電位の発生は、細胞膜上の輸送タンパク質によるイオンの移動によって起こる。図1は膜電位の変化を、図2はイオンの流れを示している。図1の電位変化(ア)～(エ)は、図2の①～④のいずれによって起こるか、その番号を解答用紙にマークせよ。

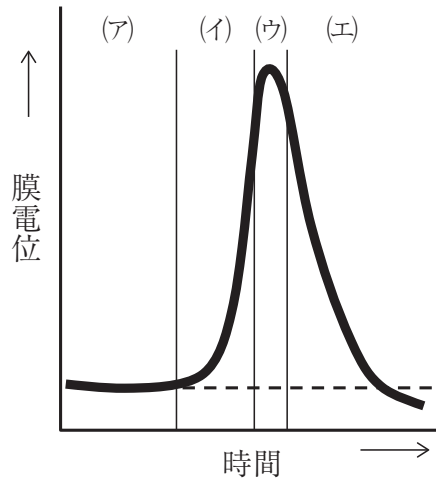
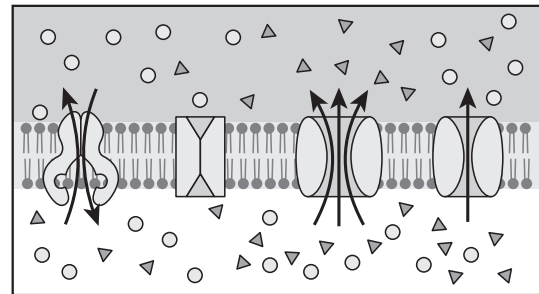
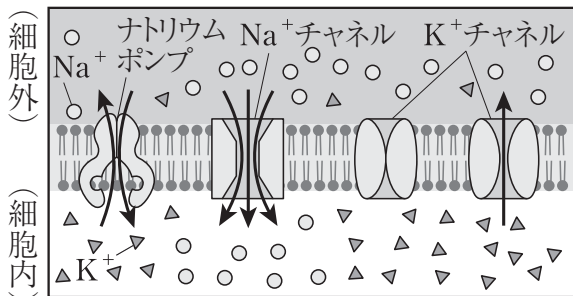


図1

①  $\text{Na}^+$  チャンネルが開き、 $\text{Na}^+$  が流入する。

②  $\text{K}^+$  チャンネルが開き、 $\text{K}^+$  が流出する。



③ ナトリウムポンプによって、 $\text{Na}^+$  が排出され、 $\text{K}^+$  が取り込まれる。

④  $\text{Na}^+$  チャンネルが閉じ、 $\text{Na}^+$  の流入がとまる。

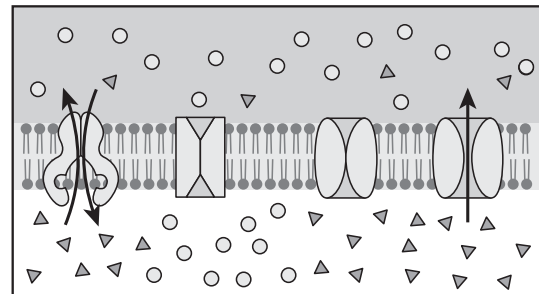
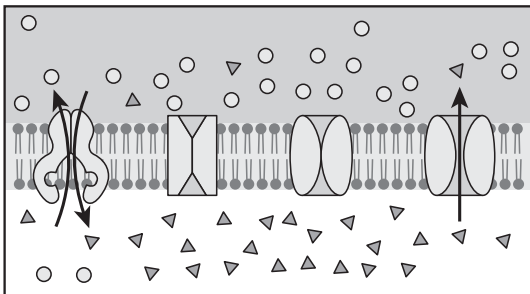


図2

〔6〕 ニューロンは加えられる刺激の強さがある一定以上でないと興奮しない。興奮が起こる最小限の刺激の強さを閾値といい、それ以上刺激を強くしても興奮の大きさは変わらない。ニューロンがもつこの性質を何というか。解答用紙の  内に記入せよ。

〔7〕 ニューロンと他の細胞との接続部をシナプスという。シナプスでは、ニューロンとニューロンの間に狭いすきま（シナプス間隙）がある。シナプス前細胞の神経終末にはシナプス小胞がたくさん存在しており、神経伝達物質がシナプス間隙に分泌される。

(ア) 運動ニューロンの終末から分泌される神経伝達物質の名称を、解答用紙の  内に記入せよ。

(イ) 一定時間がたつと神経伝達物質の作用は2つのしくみで消失する。そのしくみについて30字以内で、解答用紙の  内に記入せよ。

IV 次の文章を読み，〔1〕～〔4〕の問いに答えよ。

ヒトゲノムは約 30 億塩基対という大量の情報を含むが，DNA 塩基配列の解読が進むと，個々のヒトの間に塩基配列のわずかな違いが存在することが明らかになった。個体間で DNA の塩基配列に違いがあることを，〔あ〕という。

またゲノムの特定部位のある塩基が一塩基単位で個体ごとに異なるような箇所も多く見られる。これを〔い〕という。このような〔あ〕の多くは，タンパク質の機能とは直接関係ないが，なかにはタンパク質の構造や発現に影響を与えるものもある。後者には，さらに疾患と関連があるものもある。代表例として，〔い〕がフェニルケトン尿症の発症に及ぼす影響を次に記載する。

フェニルケトン尿症は古くから知られ，フェニルアラニンをチロシンに変える酵素（フェニルアラニン水酸化酵素）が突然変異により正常にはたらかなくなり，血液中に蓄積したフェニルアラニンがフェニルケトンに変化して尿中に排出される疾患である。フェニルアラニン水酸化酵素の遺伝子は，13 個のエキソンと 12 個のイントロンからなる（図 1）。この疾患で初めて 遺伝子診断された患者 <sup>(a)</sup> では，12 番目のイントロンのはじめにある塩基配列 GT が AT に変化しており，〔う〕の際に 12 番目のエキソンが除かれてしまい，その部分のアミノ酸配列が失われて正常な酵素が合成されない（図 1）。幸いフェニルアラニンを含まない食事を摂るなど，フェニルケトン尿症に対する治療法は確立しており，重大な症状が出る患者はほとんどいない。

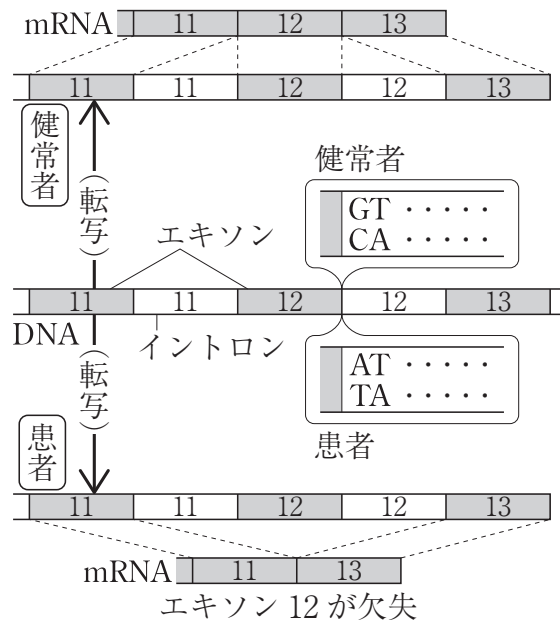


図1 フェニルケトン尿症患者の遺伝子の変化

〔1〕 文章中の  ～  にあてはまる語句を，解答用紙の  内に記入せよ。

〔2〕 下線部(a)に関して、遺伝子診断をするためには、現在 PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）が利用される。この方法について次の問いに答えよ。

(ア) PCR 法は、鋳型 DNA、プライマー、4 種類のヌクレオチド、酵素 A とその他を加え、温度条件を種々変えることで実施される。酵素 A は何か、解答用紙の  内に記入せよ。

(イ) PCR 法は、図 2 のように、1 回のサイクルで反応 X（95℃，30 秒）、反応 Y（60℃，40 秒）、反応 Z（72℃，80 秒）を実行させる。続いて同様のサイクルを合計 30 回程度連続して実行させる。この反応 X～Z に該当する説明として、適当なものを下の選択肢の中からそれぞれ 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

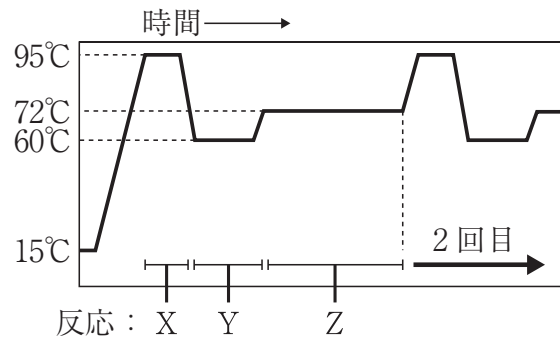


図 2 PCR 法の温度条件

- ① プライマーと 1 本鎖が結合し、部分的に 2 本鎖を形成する。
- ② 塩基どうしの弱い結合が切れて 1 本鎖になる。
- ③ 塩基どうしが強く結合して 2 本鎖になる。
- ④ 熱を加えることで、複製が始まる。
- ⑤ 冷ますことで、複製が始まる。

(ウ) (イ)で示されたように、プライマーに挟まれた領域の DNA は、大量に増幅される (PCR 産物と定義する)。もし反応サイクルを 26 回行くと、1 サイクル目終了後の PCR 産物の約何倍になるか計算し、もっとも近い数字を下  
の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ①  $3 \times 10^3$  倍                      ②  $3 \times 10^4$  倍                      ③  $3 \times 10^5$  倍  
④  $3 \times 10^6$  倍                      ⑤  $3 \times 10^7$  倍                      ⑥  $3 \times 10^8$  倍





それぞれ増幅されたこの領域の PCR 産物を，制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲにて切断できるかどうかで，健常者か患者かの区別ができる。適当な説明を下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。なお，制限酵素の切断効率はサンプルによらず全て十分であったとする。

- ① 制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲは，健常者・患者両方の PCR 産物を切断できる。
- ② 制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲは，健常者の PCR 産物を切断できるが，患者の PCR 産物は切断できない。
- ③ 制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲは，健常者の PCR 産物を切断できないが，患者の PCR 産物は切断できる。
- ④ 制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲは，健常者・患者両方の PCR 産物を切断できない。

(ウ) (イ)と同条件で，ヘテロ接合体の PCR 産物を制限酵素 *Hpy* CH4Ⅲで切断し，アガロース電気泳動により DNA 断片のサイズを測定したところ，どのサイズのバンドが見られるか。適当な説明を下の選択肢の中から選び，その番号を解答用紙にマークせよ。なお，制限酵素の切断効率はサンプルによらず全て十分であったとする。

- ① 100 塩基対のバンドのみ
- ② 約 64 塩基対と約 36 塩基対のバンド
- ③ 100 塩基対，約 64 塩基対と約 36 塩基対のバンド

[4] 図1で示されるように、患者の mRNA はエキソン 12 が欠失し、エキソン 11 とエキソン 13 が接合したものとなる。その接合部分の塩基配列、一部のアミノ酸配列を図4に示す。遺伝暗号表を参考にして、続くアミノ酸配列を答えよ。なお、解答用紙の  内に英文字3文字表記にて、アミノ酸配列を記入せよ。

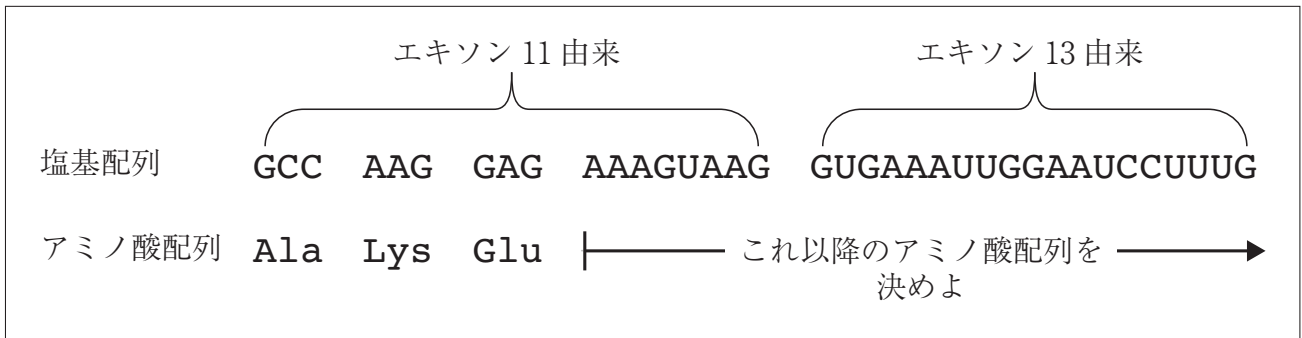


図4 エキソン 11 とエキソン 13 mRNA 接合部の塩基配列とアミノ酸配列の一部

遺伝暗号表

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番目の塩基	U	UUU } フェニルアラニン (Phe)	UCU } セリン (Ser)	UAU } チロシン (Tyr)	UGU } システイン (Cys)	U	
		UUC } (Phe)	UCC } (Ser)	UAC } (Tyr)	UGC } (Cys)	C	
		UUA } ロイシン (Leu)	UCA } (Ser)	UAA } 終止コドン	UGA } 終止コドン	A	
		UUG } (Leu)	UCG } (Ser)	UAG } 終止コドン	UGG } トリプトファン(Trp)	G	
C	CUU } ロイシン (Leu)	CCU } プロリン (Pro)	CAU } ヒスチジン (His)	CGU } アルギニン (Arg)	U		
	CUC } (Leu)	CCC } (Pro)	CAC } (His)	CGC } (Arg)	C		
	CUA } (Leu)	CCA } (Pro)	CAA } グルタミン (Gln)	CGA } (Arg)	A		
	CUG } (Leu)	CCG } (Pro)	CAG } (Gln)	CGG } (Arg)	G		
A	AUU } イソロイシン (Ile)	ACU } トレオニン (Thr)	AAU } アスパラギン (Asn)	AGU } セリン (Ser)	U		
	AUC } (Ile)	ACC } (Thr)	AAC } (Asn)	AGC } (Ser)	C		
	AUA } (Ile)	ACA } (Thr)	AAA } リシン(リジン) (Lys)	AGA } アルギニン (Arg)	A		
	AUG } 開始コドン メチオニン (Met)	ACG } (Thr)	AAG } (Lys)	AGG } (Arg)	G		
G	GUU } バリン (Val)	GCU } アラニン (Ala)	GAU } アスパラギン酸 (Asp)	GGU } グリシン (Gly)	U		
	GUC } (Val)	GCC } (Ala)	GAC } (Asp)	GGC } (Gly)	C		
	GUA } (Val)	GCA } (Ala)	GAA } グルタミン酸 (Glu)	GGA } (Gly)	A		
	GUG } (Val)	GCG } (Ala)	GAG } (Glu)	GGG } (Gly)	G		