

生 物 (全3の1)

- 1 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

PCR (polymerase chain reaction) の標準的な温度変化は図1のように表され、反応は(a)から(c)の3段階の温度変化を繰り返すことで行われる。PCRにおいて、目的DNAの増幅効率と特異性を高める条件の1つが、用いるプライマーの塩基組成に応じた温度(b)の最適化である。核酸の相補的な塩基対形成の効率と特異性は温度に影響され、一般的に温度が下がるほど二本鎖形成そのものは起こりやすくなるが、誤った塩基対形成の割合も増える。温度(b)は、核酸二本鎖の塩基対の50%が解離する温度であるTm(melting temperature)を目安として検討するのが通例である。今回GC含量(プライマーの中でグアニンとシトシンが含まれる割合)が50%の20塩基からなるプライマーを用意した。このプライマーを用いてPCRを行うにあたって、適切な温度(b)を決めるための実験1と2を行った。

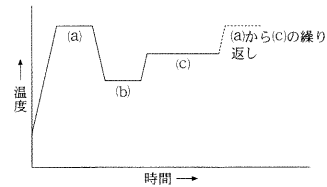


図1

(実験1) 温度(b)をTmから2℃下げた場合(Tm-2)と、Tmから10℃下げた場合(Tm-10)でPCRを行なった。それぞれのPCR産物をゲル電気泳動し、図2に表されるような結果を得た。①がTm-2、②はTm-10のPCR産物である。Tm-10ではTm-2よりも目的DNAのバンドが薄くなり、非特異的な増幅も見られた。

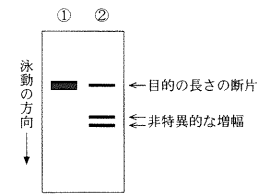


図2

(実験2) 温度(b)の条件に、Tmから5℃上げた温度(Tm+5)の条件を加えてPCRと電気泳動を行い、結果を比較した。

(結論) 実験1と2の結果から、Tm-2がこのプライマーでPCRを行う最適な温度(b)であると結論した。

- 問1 温度(b)は、PCRにおける何のための温度か、30字以内で答えなさい。
- 問2 プライマーのような20塩基程度の短いヌクレオチド鎖のTmは、その中に含まれる塩基の組成をもとに、 $Tm = (\text{グアニンとシトシンの数の和}) \times 4 + (\text{アデニンとチミンの数の和}) \times 2$ という簡便な計算式を用いて求められる。今回用いた下線に示すプライマーのTmを答えなさい。また、Tmの簡便計算式は、そのプライマーの中で相対的にGC含量の割合が高いほどTmが高くなることを意味している。塩基の化学的な構造に着目して、その理由を40字以内で答えなさい。なお、それぞれのヌクレオチドの名前は、アルファベット文字の略号(A, G, T, C)を使用して表すこと。
- 問3 実験1においてTm-2と比べて、Tm-10のPCR産物が②のようなパターンとなった理由を50字以内で答えなさい。
- 問4 実験2において、Tm+5のPCR産物ではどのような電気泳動の結果が得られたと考えられるか、予想される妥当な結果を以下の(A)~(E)の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。
- (A) ①のパターンに加えて、非特異的な増幅も見られた。
 (B) ①よりも目的のDNAは濃くなったが、非特異的な増幅も見られた。
 (C) ①のパターンだが、目的のDNAが薄くなった。
 (D) ②と同じようなパターンだった。
 (E) 目的のDNAが見られず、非特異的な増幅のみ見られた。
- 問5 ヒトのゲノムサイズを30億塩基対としたとき、プライマーと完全に一致する配列が計算上ゲノム中に1つ以上出現しないためには、プライマーの長さとして最短でどれくらいの長さ(塩基)が必要となるか、答えなさい。なお、 4^5 を 10^3 の近似値として用いてよい。

生 物 (全3の2)

- 2 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

自己免疫疾患の中には、自己の物質に対する抗体(自己抗体)が産生されることが原因で発症するものがある。バセドウ病では、甲状腺に存在するホルモンA受容体に結合する自己抗体が産生され、ホルモンBの過剰な産生と分泌が起こる。その結果、血中ホルモンB濃度の上昇が見られるが、血中ホルモンA濃度は正常値より低下する。また重症筋無力症では、骨格筋の筋繊維に存在する神経伝達物質C受容体に結合する自己抗体が産生される。この自己抗体が結合した受容体の活性が阻害されるため、正常に機能する神経伝達物質C受容体の数が減少し、骨格筋の筋力低下などの症状が現れる。

- 問1 ホルモンAとホルモンBの名称をそれぞれ答えなさい。
- 問2 下線部について、バセドウ病の患者でホルモンAの血中濃度が正常値より低下している理由を60字以内で説明しなさい。説明の際には問1で解答したホルモンの名称を使用すること。
- 問3 バセドウ病の患者ではどのような症状が見られるか、以下の選択肢から全て選び、記号で答えなさい。
- (a) 鼻に対する耐性の低下 (b) 寒さに対する耐性の低下
 (c) 体重増加 (d) 体重減少
- 問4 神経伝達物質Cの名称を答えなさい。
- 問5 運動ニューロンの神経終末と骨格筋の筋繊維との接合部に作用した場合に、重症筋無力症の患者の骨格筋で見られる症状を改善させる可能性のある薬物を以下の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。
- (a) 運動ニューロン神経終末の電位依存性カルシウムチャネルのはたらきを阻害する薬物
 (b) 神経伝達物質Cを分解する酵素のはたらきを阻害する薬物
 (c) 神経伝達物質Cをつくるのに必要な物質の運動ニューロン神経終末への取り込みを阻害する薬物
 (d) 神経伝達物質Cと骨格筋の筋繊維に存在する神経伝達物質C受容体との結合を競争的に阻害する薬物
- 問6 神経伝達物質Cは、副交感神経末端から放出される神経伝達物質でもある。心臓、気管支、消化管には、骨格筋とは異なる種類の神経伝達物質C受容体が存在している。ある薬物は、神経伝達物質Cがこの別の種類の受容体に結合することを阻害することで、神経伝達物質Cのはたらきを抑制する。この薬物が作用した場合の効果を以下の選択肢から全て選び、記号で答えなさい。
- (a) 心臓の拍動促進 (b) 心臓の拍動抑制 (c) 気管支収縮
 (d) 気管支拡張 (e) 消化管の運動促進 (f) 消化管の運動抑制

- 3 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

動物が体外環境から酸素を得て、不必要となった二酸化炭素を放出するガス交換は、最終的には体を構成する全ての細胞でおこなう必要がある。そこで多細胞生物は、体の多くの細胞が直接外部環境とガス交換を行うような体のつくりを持つものと、外部環境とガス交換を行う構造を作り、そこと各々の細胞との間に体液を循環させてガス交換を媒介させるような体のつくりを持つものの2つに分かれている。後者の代表的な例として、脊椎動物では呼吸器として肺やえらを形成して、閉鎖血管系による血液の循環によって細胞でのガス交換を媒介している。哺乳類では、酸素の運搬には赤血球中のヘモグロビンが大きく関わっている。図3は二酸化炭素分圧がそれぞれ5 mmHg、40 mmHg、70 mmHgにおけるヒトの成人の血中ヘモグロビンの酸素解離曲線である。

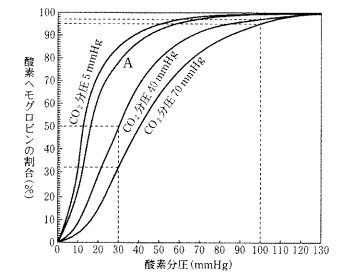


図3

- 問1 下線部(a)について、このようなガス交換を行う多細胞生物を以下の選択肢の中から全て選び、記号で答えなさい。
- (ア) カイメン (イ) プラナリア (ウ) ヒドラ (エ) ミミズ (オ) ハマグリ
- 問2 下線部(b)について、肺およびえら以外で、呼吸器としてはたらく器官名を1つあげ、それを持つ動物群を答えなさい。
- 問3 ヒトの肺管内では酸素分圧は100 mmHg、二酸化炭素分圧は40 mmHgであるとする。酸素分圧30 mmHg、二酸化炭素分圧70 mmHgの組織において、肺胞でヘモグロビンに結合した酸素の何%が解離するか、小数第一位まで求めなさい。
- 問4 ヒトの胎児のヘモグロビンは、二酸化炭素分圧40 mmHgにおいて図中Aのような酸素解離曲線を示す。成人と胎児のヘモグロビンが違う形状の酸素解離曲線を示すことの生理的な理由を100字以内で説明しなさい。

生 物 (全3の3)

4 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトの眼はまぶたで保護され、その奥に眼球や眼球付属物が付いている。外部からの光はまず、眼球の最前面にある(A)を透過し、その後、瞳孔を通過し、(B)を透過する。その後、眼球の大半を占めるゼリー状の(C)を透過した後、(D)膜に到達する。眼球本体の外側は、3枚の膜で包まれており、もっとも外側の外膜は(E)膜、中膜は(F)膜、内膜は(D)膜と呼ばれる。(D)膜には光受容細胞が2種類存在し、主に色彩を感知するのが(G)細胞で、主に明暗を感知するのが(H)細胞である。このような眼の構造が形成されるには、発生初期に外胚葉から脳の前基が誘導されたのちに、脳の一部が(I)となり、それが表皮と接してくぼんだ(J)を形成する。やがて(J)は(K)となり、(J)と接していた表皮からは(L)が誘導され、さらに、(L)と接した表皮から(M)が誘導される。

問1 上の文章のA～Mに当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 D、E、Fの膜のうち、最も黒い膜はFの膜であるが、どうして黒いのか、その機能的な理由を説明しなさい。

問3 Gの細胞のうち受容する光の波長の最も長い細胞は、紫、青、緑、赤のうちのどれに敏感か、答えなさい。

問4 Gの細胞が多く分布する領域をなんと呼ぶか答えなさい。

問5 Hの細胞に含まれる視物質の名称とその原材料のひとつとしてのビタミンの名称を答えなさい。

問6 Dの膜において視神経が眼球から出る部分は、視細胞がない盲斑と呼ばれる。この盲斑は眼球の視軸より内側、外側のどちらに位置するか答えなさい。

問7 光受容細胞で感知された強い光情報は、いくつかの細胞を経て視神経細胞へ伝達され、視神経交叉をへて、脳へ入り、多くの情報は一次視覚中枢である大脳の後頭葉へ伝えられる。しかし、一部の情報はある脳へ送られ、瞳孔反射により、脳神経である動眼神経に含まれるある神経繊維を経由して、眼球へ戻る。この神経繊維は瞳孔括約筋を支配し、明暗調節を行う。ある脳とは何脳か答えなさい。また、ある神経繊維とは、交感神経繊維、副交感神経繊維のいずれか、解答欄のいずれかを丸で囲んで答えなさい。

問8 遠近調節時に近くを見るときに起きる現象について、Bの厚さを変化させるために関与する毛様筋とチン小帯の変化について、解答欄の文章中の括弧内の用語のどちらかを丸で囲んで答えなさい。