

1 RT-PCR は様々な検査や研究操作に用いられる方法で、RT とは reverse transcription (逆転写) の意味である。以下の(1)から(6)は、ある遺伝子が特定の組織や細胞において発現しているかどうかを RT-PCR を用いて調べる手順である。

- (1) 目的の遺伝子発現を調べたい細胞や組織から RNA を抽出する。
- (2) RNA 試料を DNA 分解酵素で処理する。
- (3) タンパク質の変性処理を行い RNA 試料を精製する。
- (4) 精製した RNA 試料に、逆転写酵素とプライマーを加え逆転写反応を行い、cDNA を合成する。
- (5) 得られた cDNA 試料を用いて PCR を行う。
- (6) PCR 産物をゲル電気泳動し、目的の長さの DNA (バンド) が増幅されているかを確認する。

問 1 手順(4)に示す逆転写反応によって人工的に合成された DNA を cDNA (complementary DNA, 相補的 DNA) と呼ぶ。真核生物の細胞の核の中に含まれる DNA (ゲノム DNA) と比べたときに、cDNA が持つ特徴を 25 字以内で答えなさい。

問 2 下線(a)に関して、逆転写反応の開始にはプライマーが必要であるが、真核細胞ではプライマーの配列を工夫することによって、逆転写反応の際に鋳型となる RNA を mRNA にほぼ限定することができる。そのプライマーの配列とはどのようなものか、50 字以内で答えなさい。

問 3 下線(b)の cDNA 試料にゲノム DNA が混在していると、PCR によって増幅された産物が mRNA に由来するのかどうか正確に判断できないため、混入したゲノム DNA は手順(2)であらかじめ除かれる。それに加えて、PCR が cDNA を鋳型として行われたかどうかを判定する方法として有効な手段を、以下の(A)から(J)の中から全て選び、記号で答えなさい。

- (A) cDNA 試料を DNA 分解酵素処理した後に PCR を行う。
- (B) cDNA を合成した後、RNA 分解酵素処理を行ってから PCR を行う。
- (C) 逆転写酵素を含まずに逆転写反応を行った試料を用いて PCR を行う。
- (D) PCR の増幅サイクルを、通常(〜30 サイクル前後)よりも多く行う。
- (E) PCR の増幅サイクルを、通常(〜30 サイクル前後)よりも少なく行う。
- (F) 2 つ(両側)の PCR プライマーのうち、片側だけで PCR を行う。
- (G) 2 つ(両側)の PCR プライマーをイントロンをはさむように設計する。
- (H) PCR プライマーの配列を連続する 2 つのエキソンにまたがるように設計する。
- (I) PCR の時、プライマーとのアニーリング温度を高くする。
- (J) PCR の時、プライマーとのアニーリング温度を低くする。

問 4 誤って手順(3)を行わずに手順(2)から手順(4)に進めてしまった場合、下線(c)でどのような結果が得られるか、妥当なものを、以下の(A)から(E)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (A) 目的のバンドよりも長い増幅産物のバンドが得られる。
- (B) 目的のバンドよりも短い増幅産物のバンドが得られる。
- (C) 目的のバンドに加え、さらに長い増幅産物のバンドが得られる。
- (D) 目的のバンドに加え、さらに短い増幅産物のバンドが得られる。
- (E) 電気泳動でバンドは見られない。

問 5 上記のような RT-PCR を用いた発現解析では、ハウスキーピング遺伝子を用いて、実験手順が問題なく行われているかどうかを確認する。対照として望まれるハウスキーピング遺伝子の特徴について 30 字以内で答えなさい。

問 6 以下の(A)から(F)の検査や研究操作において、RT-PCR が用いられるものを全て選び、記号で答えなさい。

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| (A) コロナウイルスの遺伝子検査 | (B) 親子の DNA 型鑑定 |
| (C) ヒトタンパク質を発現する遺伝子組換え大腸菌の作製 | (D) メタゲノム解析 |
| (E) DNA マイクロアレイ解析 | (F) 遺伝病の原因となる SNP の同定 |

2 【Ⅰ】 ヒトの体には、周囲の環境からの刺激を受け取る様々な受容器が存在する。受容器は刺激の種類ごとに決まった感覚細胞を持ち、特定の刺激(適刺激)だけに反応する。

問 1 以下の(ア)から(イ)の特徴をもつ感覚細胞を選択肢より全て選び、それぞれ記号で答えなさい。

- (ア) 適刺激となる化学物質が結合する受容体を持っている。
- (イ) 振動により曲がる感覚毛を持っている。
- (ウ) 細胞内にロドプシンを含んでいる。
- (エ) うずまき管内のコルチ器に分布する。
- (オ) 網膜の中央部の黄斑に多く分布する。

【選択肢】

- (A) 聴細胞 (B) 嗅細胞 (C) 桿体細胞 (D) 錐体細胞 (E) 味細胞

【Ⅱ】 ヒトの眼に入る光の量は、(A)の前方に存在する(B)が、(C)の大きさを変えることで調節している。明所では、(D)神経の作用により、(B)の輪状に走る筋肉が収縮し、(C)を(E)することで、眼に入る光量を(F)させる。一方、暗所では、(G)神経の作用により、(B)の放射状に走る筋肉が収縮し、(C)を(H)することで眼に入る光量を(I)させる。

問 2 文中の(A)~(I)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

【Ⅲ】 図1は、ヒトの視覚経路の概略図である。両目の鼻側の視野は耳側の網膜に、耳側の視野は鼻側の網膜にそれぞれ投射される。両目の鼻側の網膜から出た視神経は眼球の後方で交差しているが、耳側の網膜から出た視神経は交差していない。

問 3 通常、右眼の鼻側の視野と耳側の視野からの情報は、大脳の(A)左視覚野と(B)右視覚野のどちらに伝えられるか、それぞれ記号で答えなさい。

問 4 図1の、①、②または③の位置で視神経が切断された場合に、左右の眼の見え方にどのような影響が生じることが考えられるか、以下の(A)から(F)よりそれぞれ1つずつ選び記号で答えなさい。

- (A) 左眼で見ていた視野が全て欠損する。
- (B) 右眼で見ていた視野が全て欠損する。
- (C) 両眼の耳側の視野が欠損する。
- (D) 両眼の鼻側の視野が欠損する。
- (E) 左眼の鼻側の視野と右眼の耳側の視野が欠損する。
- (F) 左眼の耳側の視野と右眼の鼻側の視野が欠損する。

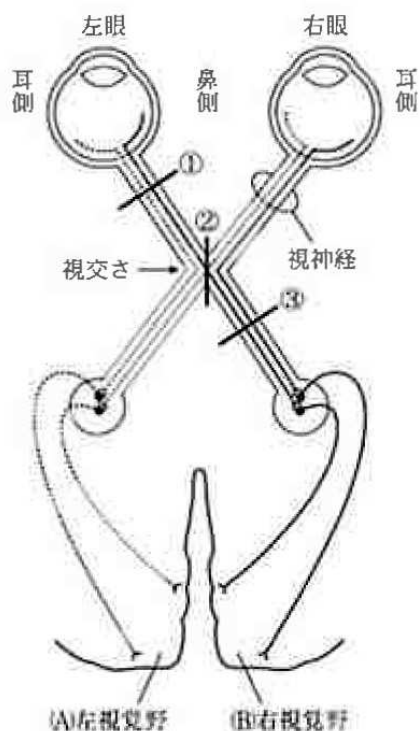


図1

3 図2はヒトの心臓の断面図を示している。ヒトの心臓は左右の心房・心室の4つの部屋からなるが、左心室壁は右心室壁に比べて厚いという特徴がある。
(a)

心臓は、血液を送り出すポンプとしてはたらく、全身への酸素の供給と、全身からの二酸化炭素の回収に重要な役割を担っている。心臓がポンプの機能を果たすために、心筋が収縮と弛緩を繰り返している。しかしこのはたらくだけで全身の血液の流れの方向が決まるわけではない。血液が体内を一定の方向に流れるのは、心房と心室の収縮のタイミングのずれと、血管及び心臓内にある弁のはたらくによる。心臓内の弁として、心房と心室の間に房室弁、心室と動脈の間に動脈弁があり、血液の逆流を防いでいる。

心房と心室の収縮のタイミングのずれは、心臓での興奮の伝達を担う特殊な心筋によって担われている。心臓の自動能を担うペースメーカー
(b)で発生した心筋細胞の興奮は房室結節に到達する。房室結節では興奮の伝導速度が遅くなっており、心室中隔から心室筋へと興奮が伝わるのに遅延が生じ、心房と心室が収縮するタイミングにずれが生じる。

図3には、左心房、左心室、およびそれにつながる大動脈の内圧と、左心室の容積、心音、心電図の時間変化を示している。心電図に現れるP波は心房筋の興奮によって生じる電位変化、QRS波は心室筋が興奮し始めてから心室内を興奮が伝導する際に生じる電位変化を示している。

問1 下線(a)について、この特徴が心臓の収縮力とどのような関係があるか、25字以内で答えなさい。

問2 下線(b)について、心臓の自動能を担うペースメーカーが存在するのは心臓の4つの部屋のうちのどれか、答えなさい。

問3 心音は心臓の弁が閉じるときに発生する。心音I、心音IIはそれぞれどの弁が閉じるときに生じるか答えなさい。

問4 図3内の3のタイミングで左心室内の圧と大動脈の内圧が等しくなった後、心臓の弁がどのように変化し、血液の流れがどのように変化するか50字以内で答えなさい。

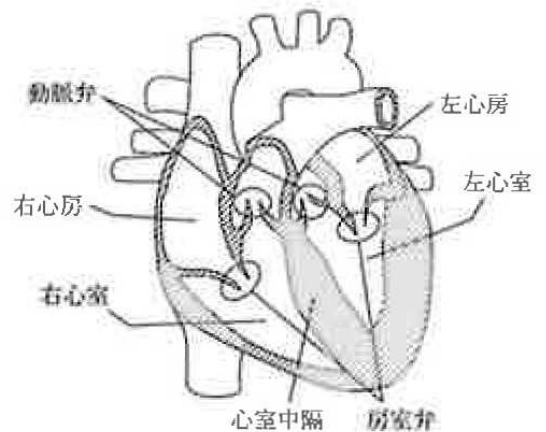


図2

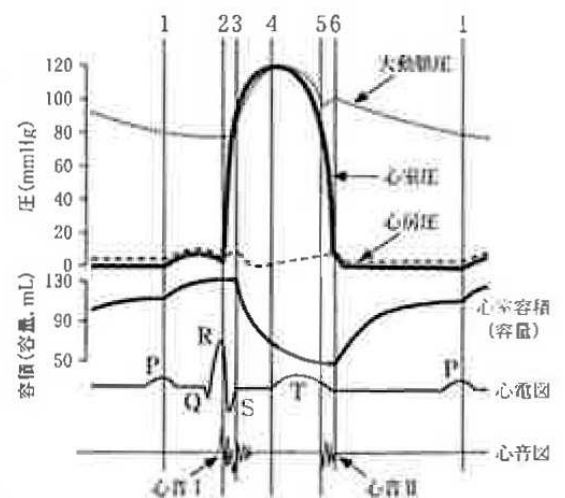


図3

4 藻類は、植物のように酸素を発生する光合成を行う独立栄養生物であり、ほとんどが水中で生活する。藻類の体制や生殖様式は多様で、体のつくりは単細胞体から多細胞体まであり、生殖様式も分裂あるいは胞子による無性生殖を行うもの、有性生殖を行うもの、両方の生殖を行うものがある。藻類は、光合成色素の違いなどによって紅藻類、緑藻類、褐藻類、ケイ藻類などに分けられる。

光合成を行うさまざまな藻類や種子植物、原核生物であるシアノバクテリアが有する光合成色素を抽出して、それらをTLC(薄層クロマトグラフィー)によって分離したところ、図4のような結果が得られた。図4のAからEは、それぞれ以下の生物から抽出した光合成色素を分離した結果である。

A: 種子植物 B: シアノバクテリア
C: 緑藻 D: 褐藻 E: 紅藻

またこの分離条件下で、さまざまな光合成色素の原点からの移動率(Rf値)は表1のとおりである。

図4の結果を元にシアノバクテリア、藻類、種子植物の進化に伴う光合成色素の種類の遷変について考察をしたところ、下の図5のような系統樹を描くことができた。

問1 図4のBからEの各生物は、図5のアからエのうちのどれにあてはまるか、それぞれ記号で答えなさい。

問2 図5の(a)から(d)にあてはまる光合成色素の名称を以下の(ア)から(カ)の中から各一つ選び記号で答えなさい。

(ア) クロロフィルa (イ) クロロフィルb
(ウ) クロロフィルc (エ) フィコピリン
(オ) キサントフィル (カ) カロテン

問3 ミドリムシは細胞内に葉緑体を有しており、ミドリムシの葉緑体に含まれる光合成色素の種類は種子植物と同じである。しかしミドリムシの葉緑体は、種子植物の葉緑体と異なり、3枚の膜で細胞質と隔てられていることが知られている。ミドリムシはどのような進化の過程を経て葉緑体を獲得したか推論して、50字以内で答えなさい。

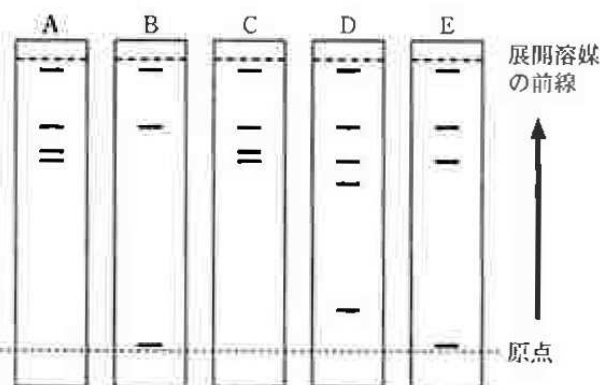


図4

色素	Rf 値(平均)	色素	Rf 値(平均)
クロロフィルa	0.77	カロテン	0.97
クロロフィルb	0.68	キサントフィル	0.65
クロロフィルc	0.14	フコキサンチン	0.57
フィコピリン	0.01		

表1

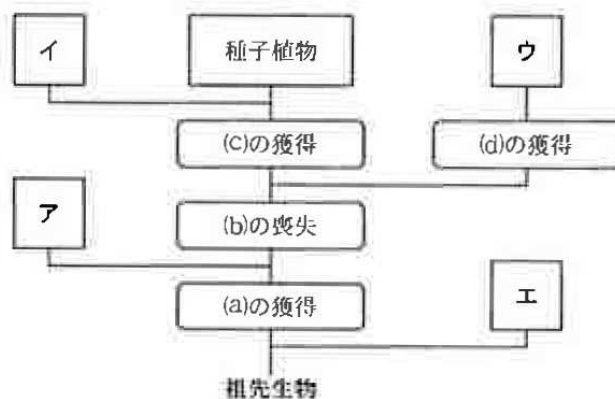


図5