

令和 2 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 7 ページ
化	学	8 ページ～19 ページ
生	物	20 ページ～29 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1, その2), 化学(その1～その4), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。



生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問4に答えよ。

(文1) 体内環境が一定に維持されている状態を という。

の維持には体液が重要な役割を果たしている。脊椎動物の体液は、血液、組織液、 に分けられる。血液のなかの液体成分を と呼ぶ。 が毛細血管の薄い壁を通過して、体の細胞や組織のすき間へと流れ込んだ液体が組織液である。組織液は、細胞へ酸素や栄養分を供給し、さらに二酸化炭素や老廃物を回収した後に、再び毛細血管に入る。 にはさまざまな成分が含まれている。例えば というタンパク質は、出血時にトロンビンという酵素の働きで繊維状になる。この繊維状になったタンパク質は、血球をからめて という塊をつくり出血を止める。

肝臓は、さまざまな化学反応を通して、血液中の物質の濃度を調節している。肝臓は、他の臓器とは異なり、動脈と静脈のほかに、ひ臓や消化管から出る静脈が合流した肝門脈ともつながっている。肝臓は、 と呼ばれる基本単位からなる。

腎臓は、体液中のイオン濃度や水分量をほぼ一定に保つとともに、尿素などの老廃物を排出している。ヒトの腎臓は、脊椎の左右に1個ずつ存在し、ネフロンと呼ばれる基本単位が多数見られる。

腎臓の機能と形態について学ぶため、ブタの腎臓を購入し、以下の実験を行った。

[操作1] プロモフェノールブルーという低分子の青色色素の水溶液と墨汁を生理食塩水で薄める。

[操作2] 薄めた液を腎動脈から注射器で注入する。

[操作3] しばらく静置してから、カミソリで薄切りにして実体顕微鏡で観察する。

観察の結果、プロモフェノールブルーは試料全体に広がっていたが、墨汁の黒い粒子の分布は特徴的なパターンを形成しているように見えた。

問 1 文中の ~ に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 下線部のように、ひ臓や消化管からの静脈が肝臓につながっていることが、肝臓のはたらきにとってどのように都合が良いのか、2つのはたらきを挙げて、それぞれ説明せよ。

問 3 ネフロンをの模式図を描き、各部位の名称を図 1 のように引き出し線などを用いて記せ。また、実験において墨汁の黒い粒子が観察されると予想される部位をすべて黒く塗りつぶせ。

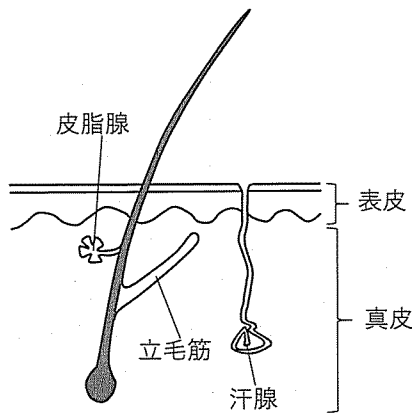


図 1 模式図の例

問 4 実験において、プロモフェノールブルーが試料全体に広がっていたのに対し、墨汁の黒い粒子の分布が特徴的なパターンを形成したのは、腎臓のどのような機能の結果か、理由とともに述べよ。また、通常の生体内で墨汁の黒い粒子と同じようにふるまうものの例を挙げよ。

2 次の(文2)を読み、問1から問4に答えよ。

(文2) 視覚はヒトにとって外界を認識するための重要な感覚である。眼に入った光は、網膜の2種類の異なる視細胞によって受容される。その際、視野中の位置に応じた視細胞が応答することで、目の前の物体の色・形を認識することが可能となる。網膜からの情報は、視神経を通り、視床(外側膝状体)を経て、大脳皮質の視覚野へと伝達される。

また、色の認識には個人差があり、赤系統と緑系統の色の識別に困難を生じる場合がある(赤緑色覚多様性)。日本人では、男性の約5%、女性の約0.2%に先天性赤緑色覚多様性が認められる。

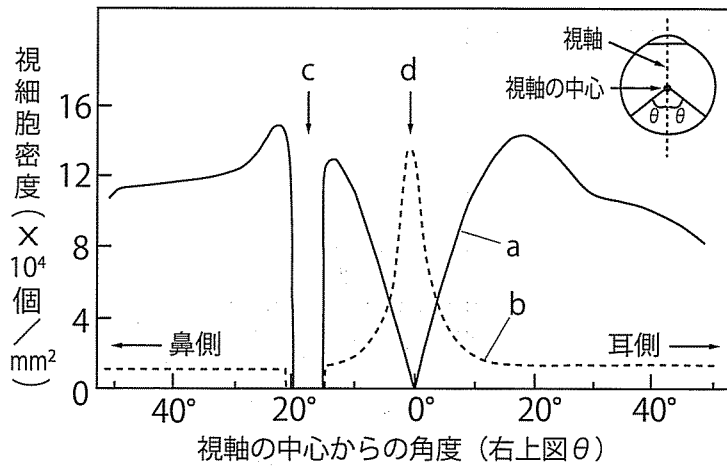


図2 ヒトの右眼の網膜における視細胞の分布

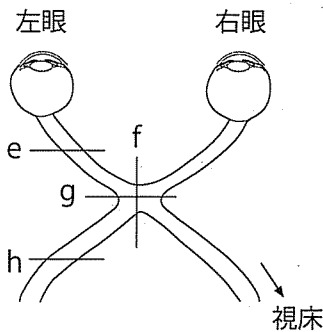


図3 網膜からの情報が伝わる経路

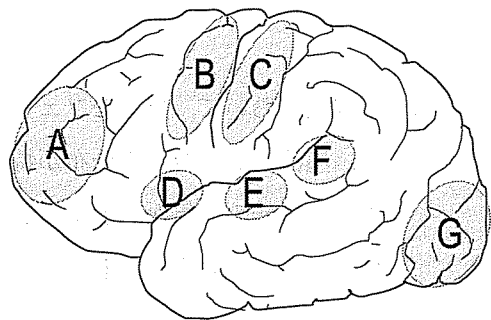
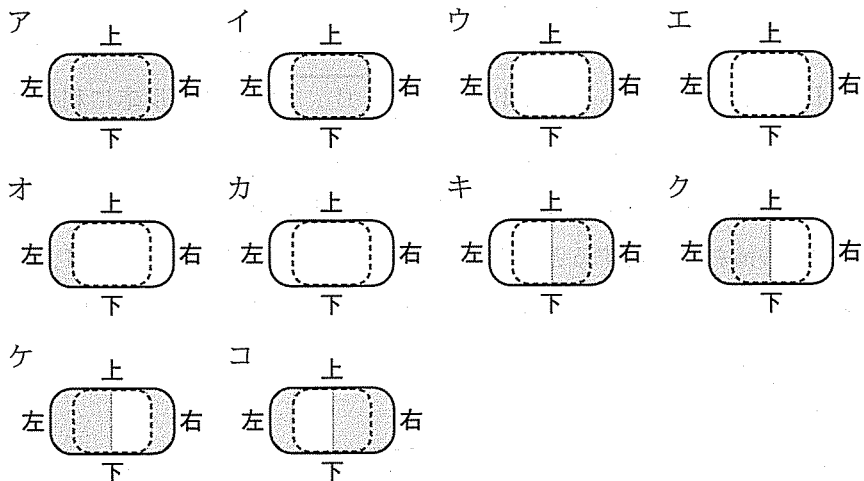


図4 ヒトの大脳の側面図

問 1 下線部(1)について、ヒトの右眼の網膜における 2 種類の視細胞の分布を図 2 に示す。それぞれの視細胞は、網膜内の位置によって細胞密度が大きく異なる。図 2 内の実線 a および破線 b で示された視細胞の種類と含まれる視物質をそれぞれ答えよ。また、c, d の位置は、網膜上の特徴的な部分に対応する。その名称をそれぞれ答えよ。

問 2 下線部(2)について、網膜からの情報が伝わる経路を図 3 に示す。視神経が損傷を受けると、視野が欠損する場合がある。図 3 の e~h のように視神経が切断された場合、どのように視野が欠損するか、視野を表した次の模式図ア~コから選べ。なお、実線は視野全体を表し、点線で囲まれた領域は両眼の視野が重なる範囲を示す。また、切断によって見えなくなる領域が灰色で示されている。



問 3 図 4 はヒトの脳を側面から見た図である。下線部(3)について、大脳皮質の視覚野はどの領域にあるか。図 4 の A~G から選び、記号で答えよ。

問 4 下線部(4)について、先天性赤緑色覚多様性の頻度に性差が生じる遺伝的しくみを説明せよ。図を用いて説明しても構わない。

3 次の(文3)を読み、問1から問7に答えよ。

(文3) 植物は光エネルギーを用いて光合成を行い、有機物を合成する。光合成の過程は、葉緑体の 膜で起こる反応と で起こる反応の2つに大きく分けることができる。

膜には、クロロフィルなどの光合成色素を含んだ色素タンパク質複合体からなる、光化学系Ⅰおよび光化学系Ⅱとよばれる2種類の反応系がある。光合成はまず、光合成色素が光エネルギーを吸収することから始まる。吸収された光エネルギーは、2つの光化学系のいずれにおいても、反応中心クロロフィルに集められる。エネルギーを受け取った反応中心クロロフィルは、活性化されて電子を放出する。光化学系Ⅱの場合、電子を失って酸化された反応中心クロロフィルは、水分子から電子を受け取って還元された状態にもどる。このとき、水は分解され、酸素と H^+ が生じる。⁽¹⁾

一方、活性化された光化学系Ⅰから生じた電子は、 $NADP^+$ を還元し、 $NADPH$ が生成される。 $NADPH$ は、 で起こる反応に利用される。電子を失って酸化された光化学系Ⅰの反応中心クロロフィルは、光化学系Ⅱから流れてくる電子を受け取って還元された状態にもどる。

電子の流れに着目すると、水分子に由来する電子は、光化学系Ⅱ、光化学系Ⅰを経て、最終的に $NADPH$ へと受け渡される。電子を受け渡すこの反応系を といい、電子の受け渡しに伴って、 H^+ が 膜を隔てて輸送される。

光化学系Ⅱでの水の分解や、 における H^+ の輸送によって、 膜をはさんで H^+ の濃度勾配が形成される。この濃度勾配を解消する(2)ように、 H^+ はATP合成酵素を通して拡散し、これに伴ってATPが合成される。光エネルギーに依存してATPが合成されるこの過程は とよばれる。合成されたATPは、 で起こる反応に利用される。

では、二酸化炭素を還元して有機物が合成される。この反応経路は、 回路とよばれる。 回路では、二酸化炭素はまずリブ(3)ロース二リン酸(RuBP)と反応する。さらに、それが2つに分解して、2分子の

(4) ホスホグリセリン酸(PGA)ができる。生じたPGAは、ATPを用いてリン酸化されたのち、NADPHによって還元され、グリセルアルデヒドリン酸(GAP)となる。⁽⁵⁾このGAPの一部が有機物の合成につかわれ、残りはATPのエネルギーによって再びRuBPにもどる。

問 1 文中の ~ に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 多くの植物の葉が緑色なのは、クロロフィルなどの光合成色素のどのような性質によるものか、説明せよ。

問 3 下線部(1)について、光合成の反応で発生する酸素が、二酸化炭素ではなくて水に由来するものであることは、どのような実験によって示すことができるか、説明せよ。

問 4 下線部(2)について、 H^+ の濃度は 膜の内側と のどちら側が高くなるか、解答用紙に記された2つの不等号の正しい方を丸で囲め。

問 5 下線部(3)~(5)について、それぞれの有機化合物は炭素原子を何個もつか、記せ。

問 6 下線部(3)のリブローズ二リン酸(RuBP)と二酸化炭素の結合を触媒する酵素の名称を記せ(略称も可とする)。

問 7 葉緑体の起源は、原始的なシアノバクテリアが別の宿主細胞に取り込まれて共生するようになったものであると考えられている(細胞内共生説)。細胞内共生説の根拠としてどのようなものがあるか、記せ。

4 次の(文4)を読み、問1から問6に答えよ。

(文4) 図5に示すヒトの遺伝子Xに対して、以下の実験を行った。

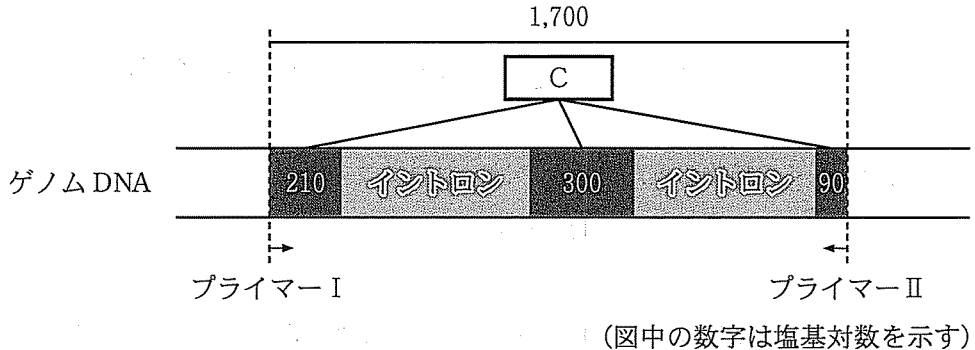


図5 遺伝子Xと実験に用いたプライマー(矢印)の位置を示す模式図

(は問1の文中の に相当する)

[操作1] あるヒトから採血を行い、その血液からDNAとRNAを抽出した。

[操作2] 抽出したDNAを鋳型とし、図5に示すプライマーI、IIを用いてPCRを行った。

[操作3] 抽出したRNAから逆転写酵素を用いてcDNAを合成した。そのcDNAを鋳型とし、図5に示すプライマーI、IIを用いてPCRを行った。

[操作4] PCRで増幅されたDNA断片をアガロースゲル電気泳動法により分離し、DNA染色液で染色した(図6)。

[操作5] 操作4で確認された操作2由来のDNAの帯(バンド)からDNAを抽出し、プラスミドにクローニングした。

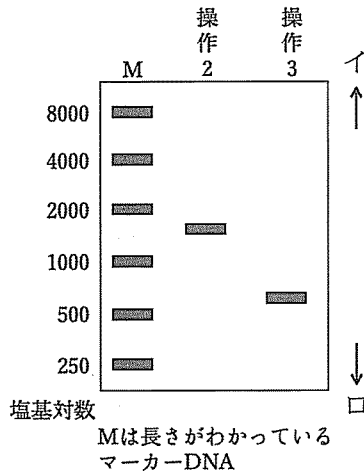


図6 アガロースゲル電気泳動の結果

問1 図5と図6を参考にしながら、 ~ に入る、最も適切な語を記せ。

操作1で抽出されるDNAの由来となる細胞は主にである。また、抽出されたRNAにはが含まれる。抽出されたDNAには、遺伝子Xのとイントロンが含まれているのに対し、にはイントロンに対応する塩基配列が含まれていない。操作2および操作3で行ったPCRには、と呼ばれる酵素が用いられる。ヌクレオチドを構成するリン酸は、水溶液中での電荷をもつため、アガロースゲル電気泳動法によって長さの異なるDNA断片を分離することができる。

問2 図6は、DNA断片がイとロのどちらに向かって移動した結果か、記号で答えよ。

問 3 操作 5 の下線部について、DNA 断片をプラスミドにクローニングする際に用いられる代表的な細菌の種名を 1 つ挙げよ。

問 4 同一人物から血液と口内粘膜細胞を採取し、DNA と RNA をそれぞれから抽出した。これらを用いて操作 2 から操作 4 を行った。図 7 にそのアガロースゲル電気泳動の結果を示す。口内粘膜細胞では、操作 3 において 2 つの異なるサイズの DNA 断片が得られた。この結果は、どのような現象に基づくものと考えられるか、その名称を答えよ。また、生物にとってのその現象の利点を答えよ。

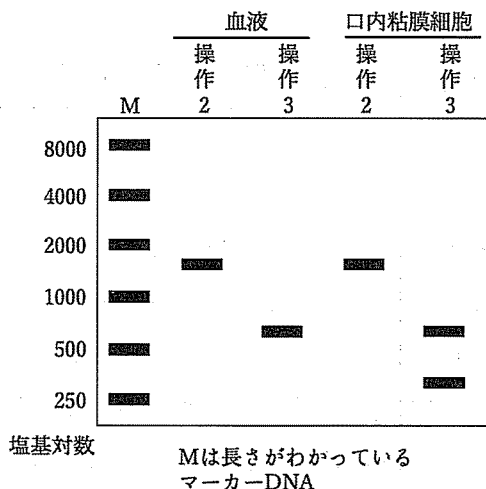


図 7 アガロースゲル電気泳動の結果

問 5 操作 5 において、細菌のコロニーが多数得られた。その内、20 個のコロニーからそれぞれプラスミド DNA を抽出し、組み込まれた DNA 断片の塩基配列を解読した。その塩基配列は、下に示すような、1 塩基のみ異なる 2 種類に分類された。このような結果が得られた理由を説明せよ。

種類 1 …GTCTGATGACC… (20 個中 11 個)

種類 2 …GTCTGCTGACC… (20 個中 9 個)

問 6 操作 5 の過程では、遺伝子組換え生物が生じる。このような遺伝子組換え生物の取り扱いについて、国際的なルールづくりが行われている。国内では、通称カルタヘナ法と呼ばれる法律によって規制されている。この法律の目的は何か、答えよ。

