

広島大学

生物

問題

2018年度入試

- 【学部】 総合科学部、教育学部、理学部、医学部、歯学部、薬学部、工学部、生物生産学部
- 【入試名】 前期日程
- 【試験日】 2月25日
- 【問題解答前の確認事項】

〔備考〕 字数制限のある設問については、句読点アルファベット、数字を含めた字数で答えること。



「過去問ライブラリーは、(株) 旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株) 旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】 8/1 【2018年】 4/24、9/20 【2019年】 6/20

1 バイオームに関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

バイオームの分布は気温や降水量によって強く影響されるが、降水量が比較的多い日本では、主に気温がバイオームの分布を左右している。標高が高くなるにつれ気温は低下するため、標高に沿ったバイオームの垂直分布が見られる。以下は、本州中部のある山の標高 900 m, 1400 m, 1800 m, 2500 m における植生の様子を記述したメモである。

標高 900 m：ススキ草原とアカマツ林が広がっていた。ススキ草原には、まばらにアカマツの幼木が見られた。アカマツ林の中には広葉樹の芽ばえは見られたが、アカマツの芽ばえや幼木は見られなかった。植生の様子から、^(a)このあたりは、火山の噴火などの自然現象、あるいは人間活動によって、過去に生態系がかく乱を受けたことがあると推測した。

標高 1400 m：ミズナラの林が広がっており、カエデ類などのさまざまな落葉広葉樹も観察できたが、ススキやアカマツは見られなかった。

標高 1800 m：オオシラビソやコメツガの森が続き、林床にはコミヤマカタバミなどの草本植物、コケ植物が生えていた。途中で通った崖崩れの跡にはダケカンバやミヤマハンノキが見られた。

標高 2500 m：ハイマツの低木林が広がっていた。^(b)この付近より標高の高い所には高木は生えておらず、クロユリ、コマクサなどのさまざまな高山植物が生えていた。大きな岩の上には地衣類が生育していた。

問1. 左記のメモに出てくる植物に関する次の文①～⑤から正しいものを2つ選び、番号で答えよ。

- ① アカマツは外生菌根を形成して窒素固定を行う。
- ② 光合成の光飽和点はコミヤマカタバミの方がススキより低い。
- ③ 北海道では、オオシラビソやコメツガが平地に自生している。
- ④ オオシラビソやダケカンバは亜高山帯の代表的な針葉樹である。
- ⑤ 地衣類は、菌類と緑藻類やシアノバクテリアが共生したもので、光合成を行う。

問2. 下線部(a)について、このように推測した根拠は何か、30字以内で説明せよ。

問3. 下線部(b)について、このような境界を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問4. 次の文①～⑤から、日本の高山帯についてあてはまるものを2つ選び、番号で答えよ。

- ① 生育期間が短いため一年生植物はほとんど見られない。
- ② CO₂の吸収効率が低い C₄植物の占める割合が大きい。
- ③ 寒さが厳しいため常緑の植物は生育できない。
- ④ 中国・四国地方には高山帯は分布しない。
- ⑤ 暖かさの指数で45～15の範囲に成立する。

問5. 地球温暖化により、地球の平均気温は上昇傾向にあり、この傾向は今後も続くと予想されている。バイオームの垂直分布が年平均気温によって決まると仮定すると、平均気温が3℃上昇したときに、この山の標高 900 m, 1400 m, 1800 m, 2500 m 地点は最終的にどのようなバイオームになると予想されるか。バイオームの名称をあげよ。また、それぞれのバイオームを代表する樹種を下記の中から2つずつ選び、番号で答えよ。同じ番号を繰り返し使用してもよい。なお、標高による気温の低下は100 mにつき0.6℃とする。

- ① アカマツ ② スダジイ ③ タブノキ ④ ガジュマル ⑤ シラビソ
- ⑥ メヒルギ ⑦ ミズナラ ⑧ コメツガ ⑨ ハンノキ ⑩ ブナ

2 植物の光応答に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。
 花成は複数の環境要因で制御されている。その1つが光である。限界暗期が10時間の長日植物がある。この植物に6時間の明期と暗期を交互に与えると花芽は「ア」。明期を12時間、暗期を12時間とすると花芽は「イ」。12時間の暗期開始後6時間の時点で1分間の光照射を行うと花芽は「ウ」。暗期を全く与えない場合、花芽は「エ」。

短日植物のシソを短日条件下においた後、その葉を長日条件下で育てたシソに接ぎ木すると、短日処理されていない植物体の花成が促進された。一方、短日処理されていないシソの葉を接いでも花成は認められなかった。また、(a)短日植物Aの個体と短日処理されていた長日植物Bの個体を接ぎ木して、短日条件下においたところ、AとBの花成が観察された。接ぎ木の接続部の近くに環状除皮を施すと、それより先のBの花成は認められなかった。

光は発芽にも影響を与える。レタスなどの種子は光によって発芽が促進される。光発芽種子のあるものは群落の外では発芽するが、群落内の下層では上層の葉を透過した(b)光がとどいていても発芽しない。植物は光の波長を識別することにより、発芽に適した環境であるかどうかを判断している。

問1. 文章中の「ア」～「エ」にあてはまる最も適切な語句を次の①～⑤のうちからそれぞれ選び、番号で答えよ。同じ番号を繰り返し使用してもよい。

- ① 形成される ② 形成されない ③ 老化する
 ④ 茎頂分裂組織に分化する ⑤ プログラム細胞死を起こす

問2. 次の文①～⑧のうちから間違っているものを3つ選び、番号で答えよ。

- ① 日長の変化は葉で検出される。
 ② 短日植物では明期より暗期が長くなると花成ホルモンがはたらく。
 ③ 日長の変化を離れた組織へ伝える仕組みが存在する。
 ④ 短日植物の花成を誘導するためには、将来花芽が形成される部分を短日処理する必要がある。
 ⑤ 短日植物の花成ホルモンは長日植物の花成を促進することがある。
 ⑥ 接ぎ木による花成の促進には、光合成でつくられた有機物が、接ぎ木面を越えて、離れた組織に移動可能な状態であることが必須である。
 ⑦ 短日処理を受けた短日植物では、花成ホルモンが陰側から、光の当たっている側へ移動し、花成を促進する。
 ⑧ 花成ホルモンはタンパク質であり、葉で合成され茎頂で花成を誘導する。

問3. 下線部(a)と同様な実験を、植物種を変え、短日植物Xと長日植物Yを用いて行った。Xの個体と短日処理されていたYの個体を接ぎ木し短日条件下においたところ、XとYの両方で成長は認められたが、下線部(a)の実験結果とは異なり、花成はともに観察されなかった。この実験結果の解釈として最も適切なものを次の文①～⑧のうちから1つ選び、番号で答えよ。

- ① 接ぎ木によって短日処理の効果は伝わらなかった。
 ② 接ぎ木によってXの光受容体がYに移動した。
 ③ 接ぎ木によってXとYの花成は影響を受けなかった。
 ④ Xは花成ホルモンをもたない植物である。
 ⑤ Xの花成ホルモンは個体間を移動しない。
 ⑥ 短日条件下のYには拡散性の花成抑制因子が存在する。
 ⑦ Yの花成ホルモン受容体はXの花成ホルモンと結合しない。
 ⑧ 接ぎ木の操作に失敗した。

問4. 下線部(b)のように、群落の下層では光がとどいていても発芽が抑制されるのはなぜか、以下の語句を使用して75字以内で説明せよ。

〔語句〕 上層の葉、光受容体

問5. 光を用いることなく、光発芽種子を暗所で発芽させるにはどのようにすればよいか、15字以内で説明せよ。

問6. 発芽を抑制する植物ホルモン名を1つ答えよ。

3 ヒトの ABO 式血液型に関する次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。

異なるヒトの血液を混ぜ合わせると、赤血球が凝集することがある。ヒトの血清中には凝集素とよばれるタンパク質(抗A抗体と抗B抗体)があり、これらのタンパク質が、赤血球の細胞表面にある凝集原とよばれる糖鎖抗原(図1のA型糖鎖とB型糖鎖)と反応することによって凝集が起こる。この凝集反応によって血液を分類したものを ABO 式血液型と呼び、A型、B型、AB型、O型の4つの表現型に分けられる。これらの表現型はI遺伝子により決められている。I遺伝子には、 I^A 、 I^B 、 I^O の3種類の型があり、それぞれA酵素、B酵素、O酵素をコードする。

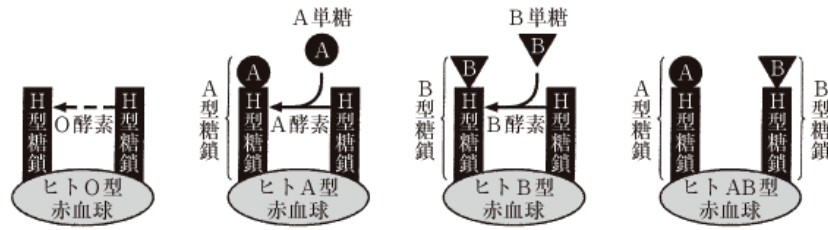


図1

I^A と I^B の間には複数の塩基の違いがあり、結果的にA酵素とB酵素の間で4つのアミノ酸が異なっているが、ともに354個のアミノ酸からなるペプチド鎖となる。図1に示すように、A酵素はH型糖鎖にA単糖を付加し、B酵素はH型糖鎖にB単糖を付加する。このように、特定の物質(この反応では特定の単糖)にしか作用しない酵素の性質を「ア」という。

I^O は、1つの塩基が欠失している以外は I^A と塩基配列が同じであるが、結果的にO酵素は、117個のアミノ酸からなるペプチド鎖となる。図1に示すように、O酵素はH型糖鎖にA単糖もB単糖も付加しない。

バーディ・ワインベルグの法則が成り立っているヒトの集団(1000人)において、次の試験1と試験2を全員に行い、その結果をもとに、A型、B型、AB型、O型の4つの表現型のグループに分けた(表1)。試験1では採血して得た赤血球に血液型判定用の抗A抗体を加え、試験2では採血して得た血清に、血液型判定用のB型赤血球を加え、それぞれ赤血球の凝集の有無を観察した。ただし、この集団(1000人)のヒトの ABO 式血液型は、図1に示したA型、B型、AB型、O型のいずれか1つに分類されるものとする。

問1. 文章中の「ア」にあてはまる語句を答えよ。

問2. 下線部(a)で示した欠失は、A酵素の87番目のアミノ酸を指定する塩基の1つで認められる。この1つの塩基の欠失により、O酵素のペプチド鎖がA酵素のペプチド鎖より短くなったメカニズムを50字以内で説明せよ。

問3. 表1のグループ1～4の ABO 式血液型の表現型をそれぞれ答えよ。

問4. この集団(1000人)において、表1のグループ1の人数「イ」と、グループ2の人数「ウ」を整数でそれぞれ答えよ。

表1

	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4
試験1の結果	+	+	-	-
試験2の結果	-	+	-	+
各グループの人数	イ	ウ	240	250

+ : 凝集有り, - : 凝集無し

4 ヒトの運動に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

運動は、骨格筋を支配する運動神経だけでなく、不随意筋を動かすアによっても制御されている。運動を開始する前、緊張により交感神経が興奮し、その神経終末からイが分泌され、それがa運動を始める準備を促している。

運動神経の興奮が筋肉に伝わることで運動が開始される。運動神経と筋細胞とがつくるシナプスが活性化されると、筋細胞の細胞内電位がマイナスからプラスの方向に変化する。その後、筋細胞のナトリウムチャンネルが開き、ナトリウムイオンのさらなる流入が生じて細胞内電位が大きく逆転する。ナトリウムチャンネルは直ちに閉じ、カリウムが電位依存性のカリウムチャンネルを介して筋細胞外へと流出し、筋細胞の細胞内電位がウに戻る。この一連の電位変化はエと呼ばれ、これがきっかけとなり筋肉は収縮し、弛緩する。そのb収縮と弛緩のパターンは、筋肉の種類により大きく異なる。持久走などの持続的な運動では筋肉が収縮と弛緩を長時間繰り返す。これが可能なのはcミトコンドリアを主体とするエネルギー生産機構がはたらいているからである。

問1. 文章中のア～エにあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問2. 下線部(a)について、交感神経の作用に関する次の文①～⑥のうちから間違っているものを3つ選び、番号で答えよ。

- ① 集中力を増すため、聴覚刺激に対する応答が鋭敏となり、瞳孔が縮小する。
- ② 筋肉や肝臓でグリコーゲンが分解され、血糖値が上昇する。
- ③ 糖質コルチコイドを分泌させ、タンパク質を分解して、血糖値を上昇させる。
- ④ 血糖値の上昇を感知して、すい臓からのインスリン分泌を促進させる。
- ⑤ 心臓の拍動が速まり、血流量が増す。
- ⑥ 気管支が拡張し、呼吸量が増大する。

問3. 下線部(b)について、筋肉の種類による機能の違いを解明するため、ウサギの表層の骨格筋と深層の骨格筋を採取した。それぞれを低濃度カリウムイオン(K⁺)溶液に浸した後、高濃度K⁺溶液に浸して細胞内の電位を上昇させ、細胞内外の電位差を減少(脱分極)させた。その結果、運動神経非依存的に筋細胞内のカルシウムイオン濃度が上昇し、筋収縮が生じた。その後、低濃度K⁺溶液に移すことで、弛緩させた。

前ページの図1は、上記条件

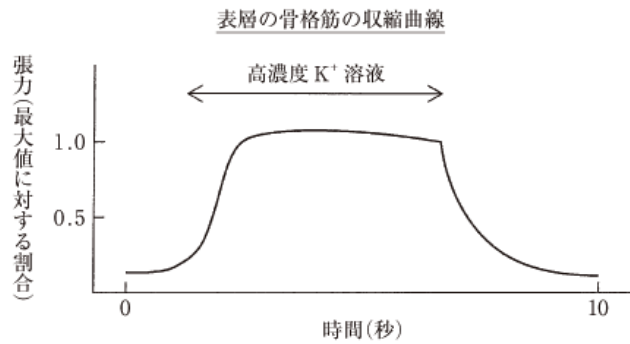
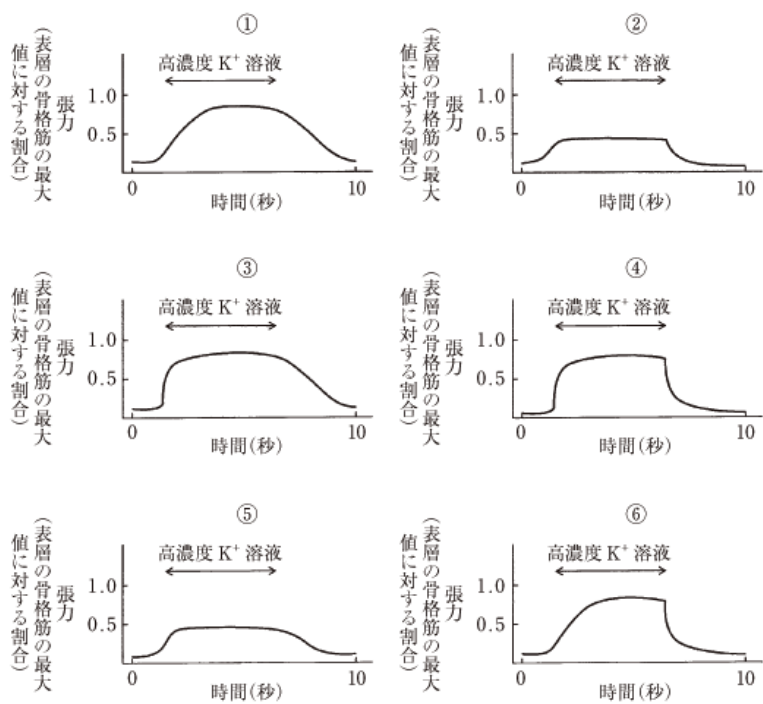


図1

表1 溶液のイオン濃度(mM)

	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻
低濃度 K ⁺ 溶液	128.0	2.6	1.8	134.2
高濃度 K ⁺ 溶液	90.6	40.0	1.8	134.2

における表層の骨格筋の収縮曲線を示している。表層の骨格筋は、深層の骨格筋と比較して、ミオシンの ATP 分解酵素の活性が高く、筋小胞体もよく発達している。深層の骨格筋の収縮曲線として最も適切なものを右の解答群の①～⑥のうちから選び、番号で答えよ。ただし、骨格筋内におけるエネルギー源となる基質および骨格筋の長さおよび太さは同一であるものとする。溶液のイオン濃度は前ページの表1に示してある。



問3の解答群

問4. 下線部(c)について、図2は運動中の血中乳酸濃度と酸素摂取量を表している。運動開始直後に血中乳酸濃度は増加し、その後、運動中にもかかわらず減少する。一方、酸素摂取量は運動中、高い値を維持する。図2に関する次の文①～⑦のうちから正しいものを3つ選び、番号で答えよ。

- ① 運動初期では、筋細胞に十分な酸素が供給されないため、血中乳酸濃度が増加する。
- ② 筋細胞内のクレアチンリン酸により、ADPがATPに変換される過程で乳酸が利用され、持続的な運動が可能になる。
- ③ 乳酸が副交感神経を活性化し、それが心拍数の増加を介して筋細胞への酸素供給量を増大させる。
- ④ 運動中に血中乳酸濃度が低下するのは、乳酸がピルビン酸に変換され、それがクエン酸回路と電子伝達系により、二酸化炭素と水に分解されるためである。
- ⑤ 乳酸1分子から36分子のATPが合成される。
- ⑥ 血中乳酸濃度が高い状態で継続する環境では、筋収縮により発揮される張力が低下する。
- ⑦ 運動後、アルコール発酵により不要な乳酸がエタノール合成に利用され、血中乳酸濃度は低下する。

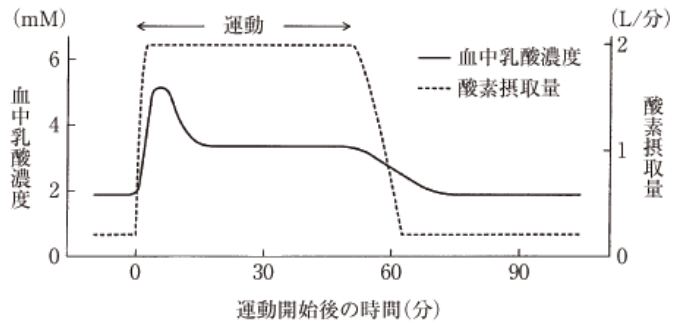


図2

5 色覚に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

ヒトの網膜には、青・赤・緑の3色に感受性が高い3種類の錐体細胞が存在し、色覚を担っている。いずれの錐体細胞においても、光を受容するのはビタミンA誘導体のレチナールとオプシンというタンパク質が結合した視物質とよばれる複合体である。発現するオプシタンパク質のアミノ酸配列の違いにより吸収する光の波長に違いが生じている。青錐体細胞に発現する青オプシンの遺伝子は、第7染色体に存在するのに対して、^(a)赤錐体細胞に発現する赤オプシンと緑錐体細胞に発現する緑オプシンの遺伝子はX染色体上に隣り合って存在する。

次ページの図1に赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子の構造を模式的に示した。いずれも6つのエキソンからなり、365個のアミノ酸からなるタンパク質をコードするが、アスタリスク(*)で示した位置にある塩基配列の違いにより15のアミノ酸が異なっている。赤視物質と緑視物質は、それぞれ552.4nmと529.7nmにピークをもつ吸収スペクトルを示す。赤オプシンと緑オプシンにおける15のアミノ酸の違いのいずれか1つ、もしくは複数のアミノ酸の違いが、吸収スペクトルの違いの原因となっている。

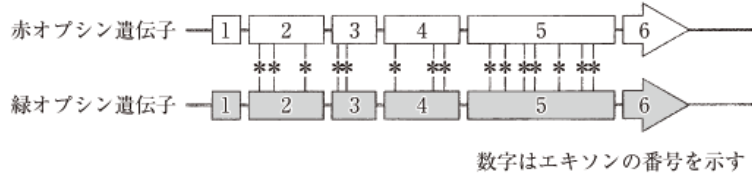


図1

赤オプシンと緑オプシンで異なっている15アミノ酸のうち、吸収スペクトルの違いを生み出す原因となっているアミノ酸を絞り込むために、以下の実験を行った。赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子のエキソンを交換した融合遺伝子を作成し、培養細胞で発現させ、レチナールと結合させた後に吸収スペクトルを測定した。図2には、作成した融合遺伝子の構造とその吸収スペクトル(実線)を赤視物質と緑視物質の吸収スペクトルとともに示した。

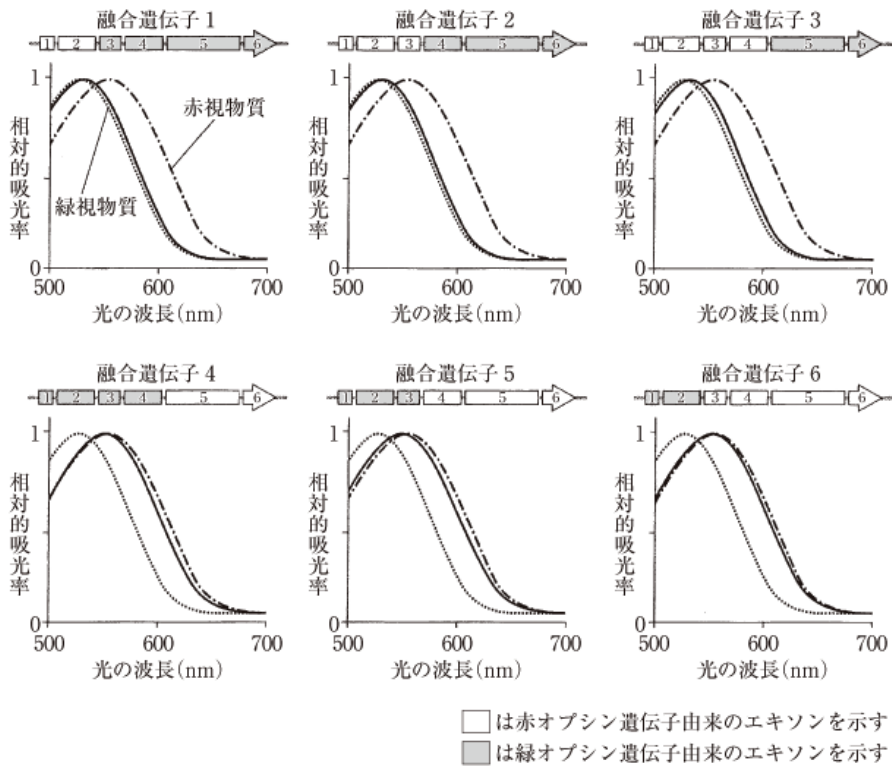


図2

問1. 赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子のどのエキソンに由来するアミノ酸の違いが、赤視物質と緑視物質の吸収スペクトルの違いを生み出しているのかを、実験結果(図2)から読み取り、そのエキソンの番号を答えよ。

問2. 問1で答えたエキソンには、赤・緑オプシンで異なるアミノ酸を指定する塩基配列の違いが複数存在する。そのうちのどのアミノ酸が吸収スペクトルの違いに最も影響を与えているかを調べるためには、どのような実験を行うとよいか、120字以内で説明せよ。

問3. 図3に霊長類の進化の系統樹と色覚情報を示した。原猿類のアイアイやロリスは青・赤を認識する2色型色覚であるが、ヒトとゴリラを含む狭鼻猿類は青・赤・緑を認識する3色型色覚を進化の過程で獲得したと考えられている。下線部(a)について、赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子が隣り合って存在するように進化したメカニズムを推測し、次の語句を使用して100字以内で説明せよ。

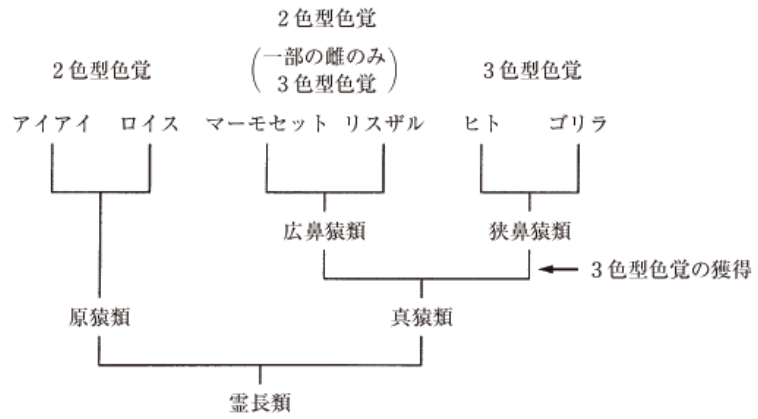


図3

[語句] 祖先型オプシン遺伝子, 突然変異

問4. 広鼻猿類のマーモセットやリスザルは基本的には2色型色覚だが、狭鼻猿類とは異なるメカニズムにより、一部の雌のみ3色型色覚をもつ(図3)。広鼻猿類の一部の雌が3色型色覚を示すメカニズムについて、次の文章中の「ア」と「イ」にそれぞれあてはまる適切な語句を10字以内で記入せよ。

広鼻猿類ではX染色体上にはオプシン遺伝子は1つしか存在しない。しかし、このオプシン遺伝子には、複数の「ア」が存在しており、それぞれの「ア」が転写・翻訳された結果として形成される視物質には、吸収スペクトルの違いが生じる場合がある。雄はX染色体を1本しかもたないため、このオプシン遺伝子について1つの「ア」しかもたないので、3色型色覚を示すことはない。X染色体を2本もつ雌では、「イ」現象が起こるため、転写・翻訳されるX染色体上の「ア」が錐体細胞ごとに異なる。そのため、2本のX染色体が、異なる吸収スペクトルを示す視物質を形成する「ア」をもつ雌では、錐体細胞がモザイク状に存在する網膜となり、3色型色覚を示すことになる。