

平成 25 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 16 ページ

化 学 17 ページ～ 32 ページ

生 物 33 ページ～ 56 ページ

地 学 57 ページ～ 67 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

生 物

注 意 1. 志望学部・学科により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科	解 答 す る 問 題 番 号
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	3 4 5 6
理 学 部 生物学科志望者	1 4 6 7 8 9
理 学 部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	2 4 6 および 8 と 9 のどちらかの4題について解答する。
医 学 部 志望者のうち生物を選択する者	1 4 6 8
看護学部 志望者のうち生物を選択する者	2 4 6 7
工 学 部 志望者のうち生物を選択する者	2 4 6 7
園芸学部 志望者のうち生物を選択する者	2 3 4 5

2.

8

 と

9

 のうち、どちらか1題を選択して解答する必要がある学部・学科の志望者は、選択した問題の解答用紙上部にある選択欄の「選択しました」の○印を黒く塗りつぶして●にしてください。選択しなかった問題の解答用紙にも、受験番号と座席番号を所定欄に記入し、選択欄の「選択しませんでした」の○印を黒く塗りつぶして●にしてください。

8

 ,

9

 の解答用紙はいずれも回収します。理学部生物学科および医学部志望者は、解答用紙の選択欄を●に塗りつぶす必要はありません。

1

次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

アホロートル(メキシコサンショウウオ)などの有尾両生類では、切断した四肢は完全に再生される。図1のように、切断面は上皮組織により速やかにふさがれたのち、周辺の皮膚、筋肉、軟骨や神経などの組織を構成していた細胞が未分化な状態にもどり(脱分化)、見かけ上均一な細胞集団である再生芽を形成する。この再生芽は伸長しながら分化して失われた組織を再生し、四肢を復元する。また、四肢の基部(上腕部)あるいは先端部(手首や指など)で切断した場合には、それぞれ失われた構造のみが正しく再生されることから、再生芽の細胞は切断された位置についての情報(位置情報という)を維持していると考えられている。

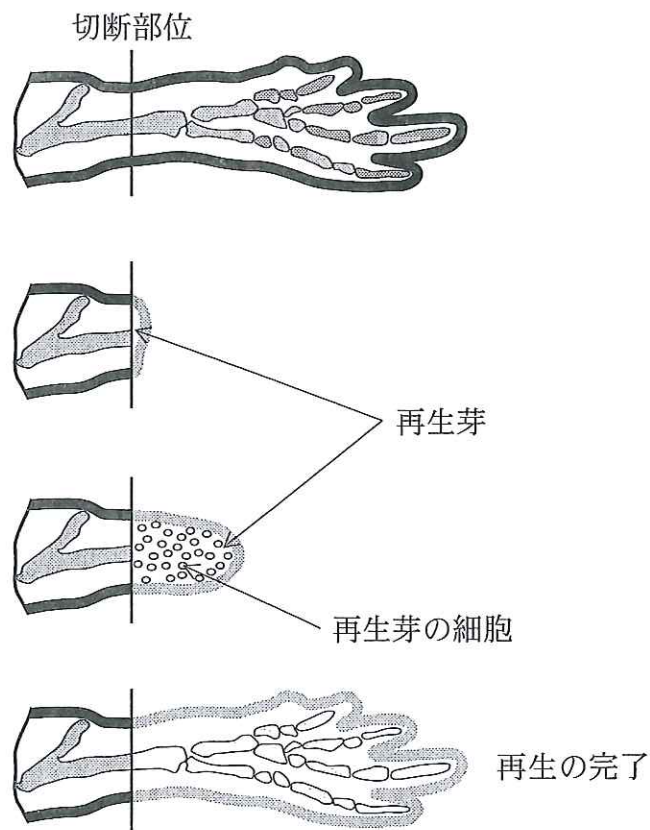


図1 前肢の切断と再生の過程を示す模式図

しかし、新たに再生された組織の細胞は、もともとどの組織の細胞に由来するのか明らかではなかった。切断後に脱分化して再生芽を形成した細胞は、新たに

形づくられるどの組織の細胞にも分化できるのか、あるいは分化する組織には制限があるのか、長い間論争となっていた。そこで、切断前に表皮、真皮、筋肉および軟骨に分化していた細胞が、再生後にどのような組織の細胞に分化したのかを調べるために、クラゲ由来の緑色蛍光タンパク質(GFP, 細胞には無害)を発現するようにした遺伝子組換えアホロートルの神経胚および幼体を用いて、次の組織移植実験1～4を行った。ただし、実験に用いた幼体は四肢形成直後の変態したての幼体で、その四肢の骨格は骨化する以前の軟骨細胞により構成されている。

(実験1) GFP発現個体の神経胚の予定前肢形成領域の外胚葉を切り出し、野生型神経胚の同じ部位のものと入れ換え、四肢を持つ幼体まで発生を進めた(図2を参照)。

(実験2) GFP発現個体の神経胚の予定前肢形成領域近傍の予定体節領域を切り出し、野生型神経胚の同じ部位のものと入れ換え、四肢を持つ幼体まで発生を進めた(図2を参照)。

(実験3) GFP発現個体の幼体の前肢上腕部の軟骨の一部を切り出し、野生型幼体の同じ部位のものと入れ換えた(図3を参照)。

(実験4) GFP発現個体の神経胚の予定前肢形成領域の側板中胚葉を切り出し、野生型神経胚の同じ部位のものと入れ換え、四肢を持つ幼体まで発生を進めた。その後、この幼体の前肢上腕部の皮膚の一部を切り出し、野生型幼体の同じ部位のものと入れ換えた(図2および図3を参照)。

その後、図3に示されているように、どの実験においても移植された組織片の中央部を通るように幼体の前肢を切断し、再生された前肢のどの組織がGFPの蛍光を持つか調べた。その結果、骨格筋は骨格筋由来の再生芽の細胞からしか再生されないことが明らかとなった。また、それ以外の組織では、脱分化して再生

芽を形成した細胞は、自身の由来するもともとの胚葉(外胚葉、中胚葉および内胚葉のいずれか)とは異なる胚葉に由来する細胞には分化しないことが見出された。

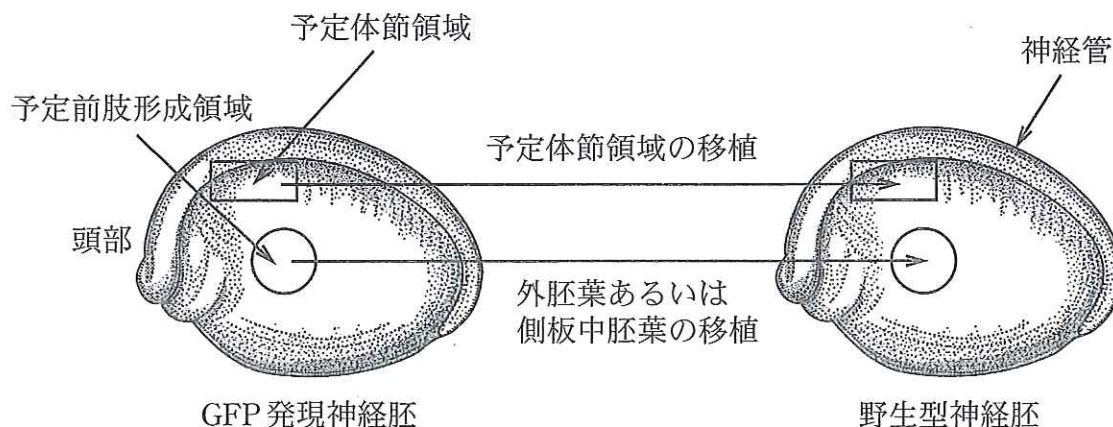


図2 神経胚を用いた組織移植実験の模式図

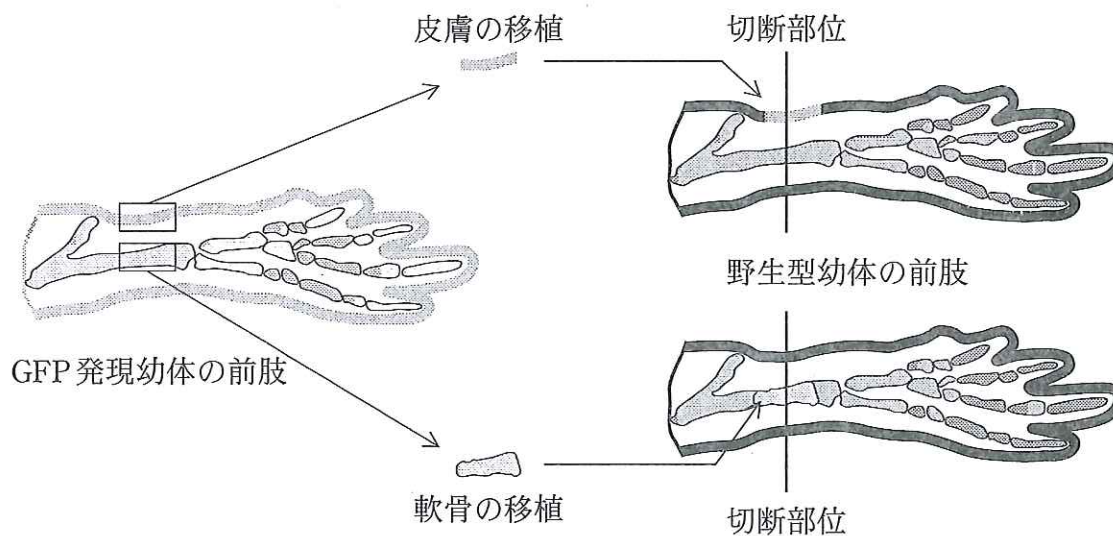


図3 幼体前肢の組織移植実験の模式図

問1 これらの実験の結果から導かれた結論が正しいことを保証するために、遺伝子組換えアホロートルにおけるGFPの発現について、満たされていない条件は何か、30字以内で述べなさい。

問 2 実験 1 および実験 2 で得られた切断前の幼体の前肢では、GFP の蛍光はどの細胞に見られるか、それぞれ 1 つ答えなさい。

問 3 実験 3 において、再生された前肢では GFP の蛍光はどの細胞に見られるか、2 つ答えなさい。

問 4 実験 4 において、GFP 発現個体の幼体の皮膚を直接移植せず、胚の側板中胚葉をまず移植した理由を 30 字以内で述べなさい。

問 5 GFP 発現個体の前肢の指の軟骨を切り出し、野生型個体の上腕部の軟骨と入れ換える移植を行い、これまでの実験と同様に移植された組織片の中央部を通るように野生型幼体の前肢を切断した。その後再生した前肢を調べたところ、軟骨の細胞が位置情報を維持していることを示す結果が得られた。その結果はどのようなものであったと考えられるか、50 字以内で答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問 1 ～ 7 に答えなさい。

1665 年にロバート・フックがコルクの切片に観察される小部屋 (cell)⁽¹⁾を報告し、その後、原生生物や動物細胞・植物細胞の観察から、全ての生物が細胞によって構成されるとする「細胞説」が提唱された。

生物は核膜を持たない原核生物と核膜を持つ真核生物に分類され、真核生物は単細胞生物と多細胞生物に分類される。単細胞生物で緑藻類の は群体で生活する時期があり、タマホコリカビなどの細胞性粘菌は環境によって単細胞⁽²⁾となったり多細胞となったりする。

細胞に含まれる細胞小器官は遺伝情報の保持⁽³⁾などの役割を持ち、分化した細胞⁽⁴⁾ではその機能によって細胞小器官の含量も異なる。原生生物では細胞小器官が特殊化している場合もあり、ゾウリムシの収縮胞は植物細胞の に相当する機能を持つ。

多細胞生物では細胞の分化が進み、ヒドラなどを含む 動物門では神経細胞が見られるようになる。脊椎動物では細胞の大きさや形態もさらに多様⁽⁵⁾である。⁽⁶⁾

問 1 上の文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(1)について、フックが観察したのは植物細胞のどの構造であったか。また、その主成分を書きなさい。

問 3 下線部(2)について、細胞性粘菌で単細胞と多細胞の時期を決める要因と、単細胞期・多細胞期の形態について 70 字以内で述べなさい。

問 4 下線部(3)について、受精卵の遺伝的形質は未受精卵と精子の核に由来する遺伝情報の他に、未受精卵の細胞質に由来する遺伝情報によって決定される場合がある。そのしくみについて 80 字以内で述べなさい。

問 5 下線部(4)について，心筋細胞や精子は細胞質におけるミトコンドリアの割合が多く，神経細胞ではゴルジ体が良く発達している。その理由を 80 字以内で述べなさい。

問 6 下線部(5)について，ヒドラの神経系の特徴について 20 字以内で述べなさい。

問 7 下線部(6)について，以下の細胞を長径の大きい順に並べなさい。

A：ヒトの赤血球

B：サケ卵

C：ヒトの白血球

D：ヒトの骨格筋細胞

3 次の文章を読み、以下の問 1 ～ 4 に答えなさい。

生物の生殖には、親のからだの一部から新しい個体が生じる無性生殖と、2種類⁽¹⁾の細胞が合体して新しい個体を生じる有性生殖がある。無性生殖は個体があるまま2つに分かれる 、個体の一部がふくらんで大きくなり新しい個体が生じる 、葉・茎・根などの器官の一部から新しい個体が生じる に分けられる。有性生殖をおこなう細胞を といい、2種類が同形同大の と、形や大きさが異なる に分けられる。さらに の中でも、大きくて運動性のない方を 、小さくて運動性をもつことがある方を という。これらが合体して生じた細胞を という。

問 1 文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 文章中の 、、の形で生殖をおこなう生物の例をそれぞれ二つずつあげなさい。

問 3 文章中の は農業に利用されている。その例を一つあげて簡単に説明しなさい。

問 4 下線部(1)に関して、無性生殖と有性生殖の遺伝的な特徴をあげ、有利になる条件をそれぞれ 60 字以内で述べなさい。

4

次の文章を読み、以下の問1～7に答えなさい。

多細胞生物のからだづくりでは、細胞や組織ごとに異なった発現をする遺伝子によって、それぞれ異なる形や器官がつくられていく。遺伝子の発現は調節タンパク質⁽¹⁾によって制御されており、ホメオティック突然変異⁽²⁾がおこると本来とは大きく異なる形がつくられる。このホメオティック突然変異に關与する調節遺伝子はホメオティック遺伝子⁽³⁾と呼ばれ、ショウジョウバエでは複数のホメオティック遺伝子が同じ染色体上に並んで遺伝子群を形成していることが知られている。これらのホメオティック遺伝子から作られる調節タンパク質のアミノ酸配列を比較すると、互いによく似た配列が含まれており、このアミノ酸配列の領域はホメオドメイン⁽⁴⁾と呼ばれる。これに対応する2本鎖DNAの領域はホメオボックス⁽⁵⁾と呼ばれ、デオキシリボースとリン酸をそれぞれ360個含んでいる。

問1 下線部(1)の調節タンパク質に関する説明として正しいものはどれか。次の選択肢の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 真核生物ではオペレーターに結合し、遺伝子の転写や逆転写を制御する。
- (b) 原核生物ではプロモーターに結合し、RNAポリメラーゼによる転写を活性化する。
- (c) 1種類の調節タンパク質が、複数の遺伝子の発現調節にかかわることがある。
- (d) 遺伝子の発現を促進するものだけでなく、抑制するものもある。
- (e) 2本鎖DNAには結合できるが、タンパク質には結合できない。

問2 下線部(2)に関して、ホメオティック突然変異として知られている形の変化の例を、動物と植物、それぞれ1例ずつあげなさい。

問 3 下線部(3)に関して、ホメオティック遺伝子から作られる調節タンパク質のアミノ酸配列が変化すると、本来とは異なる形がつくられることがあるのはなぜか。この理由の説明として正しいものを、次の選択肢の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 調節タンパク質が、発現制御をうける遺伝子の転写調節領域(転写調節配列)に結合できなくなったため。
- (b) 調節タンパク質が、DNA ポリメラーゼと結合し、支配下にある遺伝子の転写を活性化したため。
- (c) 調節タンパク質が、発現を促進するものから発現を抑制するものに変化したため。
- (d) 調節タンパク質が、基本転写因子や RNA ポリメラーゼと複合体を形成できなくなったため。
- (e) 調節タンパク質が、本来とは異なる遺伝子の発現を制御するようになったため。

問 4 下線部(3)に関して、ホメオティック遺伝子から作られる調節タンパク質のアミノ酸配列に変化がなくても、ホメオティック遺伝子の転写を調節する領域の塩基配列に変化が生じると、本来とは異なる形がつくられることがある。この理由の説明として正しいものを、次の選択肢の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) 調節タンパク質が、異なる発生時期に存在するようになったため。
- (b) 調節タンパク質が、異なる細胞に存在するようになったため。
- (c) 調節タンパク質が、より少なくなったため。
- (d) 調節タンパク質が、核内に移行できなくなったため。
- (e) 調節タンパク質が、基本転写因子や RNA ポリメラーゼと複合体を形成できなくなったため。

問 5 下線部(4)に関して、ホメオドメインは何個のアミノ酸からなる配列であるか、数字で答えなさい。

問 6 下線部(5)に関して、ホメオボックス間の配列を比較すると、ホメオドメイン間の配列を比較したときよりも配列の一致度が低くなる。この理由を述べなさい。

問 7 下線部(5)に関して、ホメオボックスの両端のそれぞれに相補的な 1 組のプライマー A、プライマー B を作成し、ゲノム DNA を鋳型として PCR を行った。その結果、増幅産物の大きさは 1 種類であったが、塩基配列を確認してみると 3 種類のホメオティック遺伝子の DNA が増幅されていることがわかった。この理由として最も適しているものを、次の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

- (a) ゲノムの 2 本の鎖と、転写産物の 1 本の鎖から、それぞれ遺伝子の DNA が増幅されたため。
- (b) スプライシングの違いで 3 種類となった転写産物から、遺伝子の DNA が増幅されたため。
- (c) プライマー A とプライマー B の組み合わせ(AA, AB, BB)により、3 種類の遺伝子の DNA が増幅されたため。
- (d) 類似のホメオボックスを持つ 3 種類のホメオティック遺伝子の DNA が、増幅されたため。
- (e) ホメオティック遺伝子の支配下にある遺伝子の DNA が、3 種類であったため。

5 次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

種子は胚とそれを取りまくいくつかの構造から成り立つ器官である。種子にはよく発達した **ア** をもつものがあり、 **イ** に由来する種皮に包まれている。種子の休眠は冬芽やその他の器官にみられる休眠と多くの点で類似性を示すが、胚を取りまく複雑な構造のために、その休眠は樹木における冬芽の休眠にはみられないようないくつかの休眠の型を示す。

オオムギの種子を水にひたすと、植物ホルモンの一つである **ウ** の合成が誘導され、 **エ** という酵素の合成が促進され、 **ア** の貯蔵デンプンの分解がはじまる。オオムギの種子を半分に切断して、胚のついている部分と胚のついていない部分に分けると、 **エ** は胚のついている部分だけで生成され、デンプンが分解される。胚のない半分にも **ウ** を与えると、 **エ** の合成がおこり、デンプンが分解される。生成した糖は、胚に吸収され、胚の細胞の **オ** 圧を高めて吸水を促進する。その結果、発芽がはじまる。

種子の種類によっては、水、温度、酸素に加えて、さらにほかの環境要因が整わないと発芽しない場合がある。このような休眠には、植物ホルモンの1種類である **カ** が関与している。ある種類の種子では、光によって発芽が促進される。このような種子は **キ** と呼ばれている。⁽¹⁾ 一方、光があたると発芽が抑制される種子もあり、これらは **ク** と呼ばれている。

問1 文章中の **ア** ～ **ク** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(1)のような性質を示す種子をとともにもつ植物名の組み合わせを、次の選択肢の中から一つ選び、記号で答えなさい。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (a) マツヨイグサ、キュウリ | (b) カボチャ、ケイトウ |
| (c) ケイトウ、レタス | (d) カボチャ、キュウリ |
| (e) タバコ、レタス | (f) マツヨイグサ、ケイトウ |
| (g) カボチャ、レタス | (h) タバコ、キュウリ |

問 3 下線部(1)のような性質に関与している色素タンパク質はフィトクロムであることが知られている。フィトクロムが関与していることを確認するにはどのような光の照射実験をおこなえばよいかを、200 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(1)のような性質をもつ種子は、林床では温度や水分が発芽に適する条件であっても発芽しにくいことが知られている。その理由を、太陽光の波長という観点から 80 字以内で説明しなさい。

問 5 植物ホルモン カ は、季節にかかわらず蒸散にも関与している。この植物ホルモンが土壌水分量に応じてどのように蒸散に関与しているかを、120 字以内で説明しなさい。

6

次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

免疫系は、病原体などの外敵の侵入から生体を防御するために、生体に侵入した異物を識別してすみやかに排除する機構である。

細菌やウイルスなどの異種タンパクが侵入すると、まず により捕食され、その情報は に伝えられる。情報を受け取った は を分泌し を活性化する。その後 は増殖を繰り返し、抗体産生細胞へと分化し抗体を産生する。抗体はこのように異物の刺激により作られ、その異物に特異的に結合してこれを不活化する。このような抗体の生理活性は、様々な疾患の治療に用いられている。感染症に対するワクチンは病原体に対する抗体産生を促す予防療法であり、ワクチン接種後長期間にわたって予防効果が得られる。⁽¹⁾ さらに近年では、がん細胞が特異的に発現しているタンパク質に対する抗体が治療に利用されている。このような抗体薬を作製する際には、まずマウスに対してヒトのがん細胞特異的抗原に対する免疫反応を起こさせ、がん細胞特異的抗原に対する抗体を産生する細胞を取り出す。マウスの抗体は一部を残してヒト抗体に変える必要があるため、⁽²⁾ 遺伝子工学を利用してマウスとヒト⁽³⁾ のキメラ抗体*を作製し、治療に用いている。

*キメラ抗体：一部にマウス抗体由来タンパク質を含むヒト抗体

問1 文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(1)に関して、ワクチンにより長期間予防効果が得られる理由を100字以内で述べなさい。

問3 下線部(2)に関して、なぜマウスの抗体はそのままではヒトに投与できないか。その理由を100字以内で述べなさい。

問 4 図 1 に抗体分子の模式図をしめす。下線部(3)に関して、マウス抗体の中で治療薬となるキメラ抗体に残すべき部分はどこか。残すべき部分が丸で囲まれている抗体の模式図をA～Dより選択し、記号で答えなさい。またその理由を 100 字以内で述べなさい。

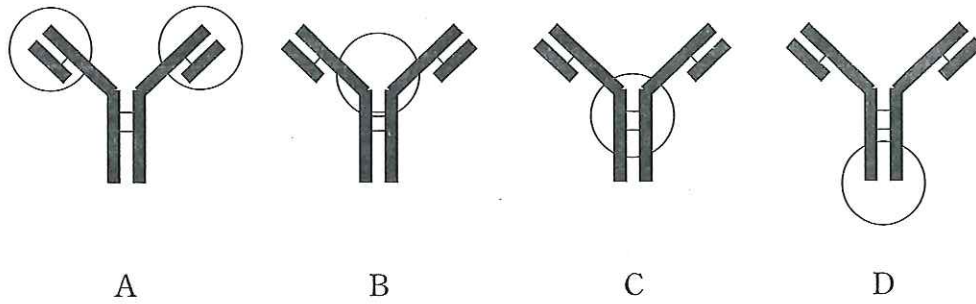


図 1

7

次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

生物には、内部環境を安定した状態に維持しようとする恒常性維持のはたらきがある。生体内の酵素などの化学反応速度は、温度により変化するので、体温をほぼ一定に保つことにより、体内の化学反応速度を安定した状態に維持している動物がいる。こうした動物を とよび、体温は自律神経による神経性調節とホルモンによる液性調節のふたつの機構により、協調的にコントロールされている。

外気温が低下した場合、皮膚の温度受容体からの情報は⁽¹⁾感覚神経を介して、脳の体温調節中枢である に伝わる。体温調節中枢は、自律神経のなかでも 神経の活動を高めることによって、皮膚の血管を させ、放熱量を抑える。心臓の拍動は促進され、発熱量が増加する。汗腺を支配する神経は働かず、発汗は停止する。同時に、脳の体温調節中枢からの情報は、脳のホルモン中枢である に伝えられる。ここから ホルモンの分泌が高まり、最終的に肝臓と骨格筋の代謝が促進され、発熱量が増加する。副腎髄質と副腎皮質とは体温調節中枢からの刺激の伝わり方が異なるが、⁽²⁾発熱量増加と放熱量減少を介して同様に体温を一定に保つようはたらく。

逆に、体温上昇時には、脊髄の発汗中枢を介して汗腺を支配する神経がはたらく、発汗が盛んになるとともに、皮膚からの放熱量が増大する。

問1 文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(1)に関して、神経細胞(ニューロン)の活動は“全か無かの法則”に従い、閾値以上の刺激がないと活動電位は生じず、閾値以上の刺激では活動電位の大きさは一定である。それにもかかわらず、感覚神経が刺激の強弱を伝えられるのはなぜか。80字以内で答えなさい。

問 3 下線部(2)に関して、脳の体温調節中枢からの情報伝達は、副腎髄質と副腎皮質とでどのような仕組みでおこなわれているか、対比して、120 字以内で答えなさい。なお、それぞれで分泌されているホルモンの名称を必ず含めて答えなさい。

問 4 ほ乳類に甲状腺ホルモン(チロキシン)を繰り返し投与すると、最終的に甲状腺ホルモンの分泌は低下する。この現象をなんと言うか。そのメカニズムとともに 100 字以内で答えなさい。

問 5 脳の体温調節中枢から脳のホルモン中枢への刺激伝達には、特殊なホルモン分泌形態が関与している。100 字以内で具体的に説明しなさい。

8

次の文章A～Cを読み、以下の問1～5に答えなさい。

A. 集団の遺伝子型頻度や遺伝子頻度は、以下の前提条件が全て満たされる場合、世代ごとに変化しない。ハーディ・ワインベルグの法則は、このような集団における遺伝子型頻度と遺伝子頻度の関係を表したものである。逆にいえば、自然集団がハーディ・ワインベルグの法則にしたがわない場合は、これら前提条件のどれかが満たされていないことを意味する。

前提条件1： ア 交配をする。

前提条件2：大きな集団である。

前提条件3： イ は働いていない。

前提条件4：他の同種集団との間で移出や移入が無い。

前提条件5：突然変異は起こらない。

B. 多年生草本である種Xは、千葉県では絶滅が危惧^{きぐ}されている。近年の調査によると、千葉県での生育地は極めて狭い範囲(500 × 1000 m)に限られ、成熟(開花)個体は90個体のみである。種Xの分布は、不連続であり、おおまかに分布域1、分布域2、分布域3の3つに区別できた(図1)。分布域と分布域との間には川が流れている。この集団の現存する全ての成熟個体から葉を採集し、複数の遺伝子について遺伝子型を決定した(表1はデータの一部を示したもの)。

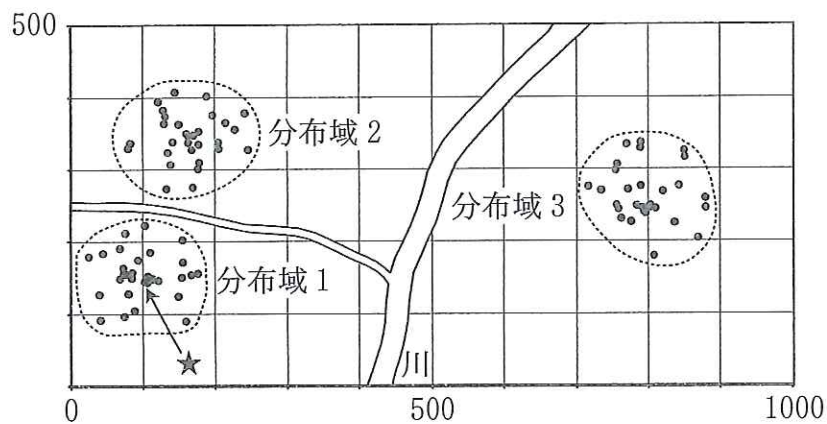


図1. 種Xの成熟個体の分布。数字の単位はmである。

★印は、父性解析を行った母個体を示す。

表 1. 分布域 1 の成熟個体の全 30 個体の, 4 つの遺伝子における遺伝子型。

遺伝子 1, 2, 3, 4 で, それぞれ 2 個, 3 個, 4 個, 3 個の対立遺伝子が存在している。各遺伝子において, ●が 1 つはホモ接合を, ●が 2 つはヘテロ接合を示す。

遺伝子	1		2			3				4		
対立遺伝子	a	b	a	b	c	a	b	c	d	a	b	c
個体 01	●	●	●			●		●		●	●	
個体 02	●	●	●	●		●			●	●	●	●
個体 03	●	●	●			●	●		●	●		
個体 04	●		●	●		●				●	●	
個体 05	●	●			●	●	●			●		
個体 06	●		●	●		●		●		●		●
個体 07	●		●	●		●	●		●			●
個体 08	●	●	●		●				●	●		●
個体 09	●		●	●	●				●			●
個体 10	●	●	●			●	●			●	●	●
個体 11	●	●	●		●				●	●		●
個体 12	●	●	●	●	●	●	●			●		
個体 13	●	●	●	●		●	●	●		●	●	
個体 14	●	●	●	●		●			●	●		●
個体 15	●	●	●	●		●				●	●	●
個体 16	●	●	●	●		●				●		●
個体 17	●		●	●			●			●	●	
個体 18	●	●	●	●				●	●	●	●	
個体 19	●	●	●				●	●		●	●	●
個体 20	●	●	●	●	●				●	●	●	●
個体 21	●	●	●	●			●	●		●	●	
個体 22	●	●	●			●	●			●		●
個体 23	●	●	●			●	●	●		●	●	●
個体 24	●	●	●		●	●	●			●	●	●
個体 25	●	●	●		●	●			●	●	●	●
個体 26	●	●	●		●	●	●		●	●	●	●
個体 27	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
個体 28	●	●	●			●		●	●	●	●	●
個体 29	●	●	●	●	●		●	●		●	●	
個体 30	●	●	●	●		●	●			●		●

C. 図 1 に示した種 X の個体間における花粉の分散距離を調べるため, 父性解析を行った。父性解析とは母親と種子の遺伝子型を比較することで花粉の遺伝子型を推定し, それと父親候補との遺伝子型を比較することで, 父親候補を絞り込む解析手法である。たとえば, 表 1 の個体 01 から採集した種子 01_1 の胚の遺伝子型が以下のように決定されたとする。

	遺伝子 1	遺伝子 2	遺伝子 3	遺伝子 4
個体 01	bb	aa	cd	ab
種子 01_1	ab	ab	dd	aa
推定される花粉の遺伝子型	a	b	d	a

遺伝子 1 と 2 の場合、種子が、母親の持たない対立遺伝子を持っているので、これが父親由来と推定できる。遺伝子 3 と 4 の場合、種子の遺伝子型はホモ接合なので、自動的に父親由来の対立遺伝子が推定できる。このように、花粉遺伝子型が決まれば、次に父親候補の遺伝子型との比較によって、父親を絞り込むことができる。例えば、遺伝子 1 では、表 1 の対立遺伝子 a を持たない個体(01, 05, 10, 13, 16, 18, 22, 26, 27, 28, 30)は父親候補から排除できる。この作業を、他の遺伝子についても行う。十分な数の遺伝子を調べれば、父親を正しく推定できる。

図 1 の分布域 1 のほぼ中心に位置する★印の個体から種子を 100 個採集し、父性解析を行った。母個体と推定父親個体との距離(花粉の分散距離)を調べた結果を図 2 に示す。

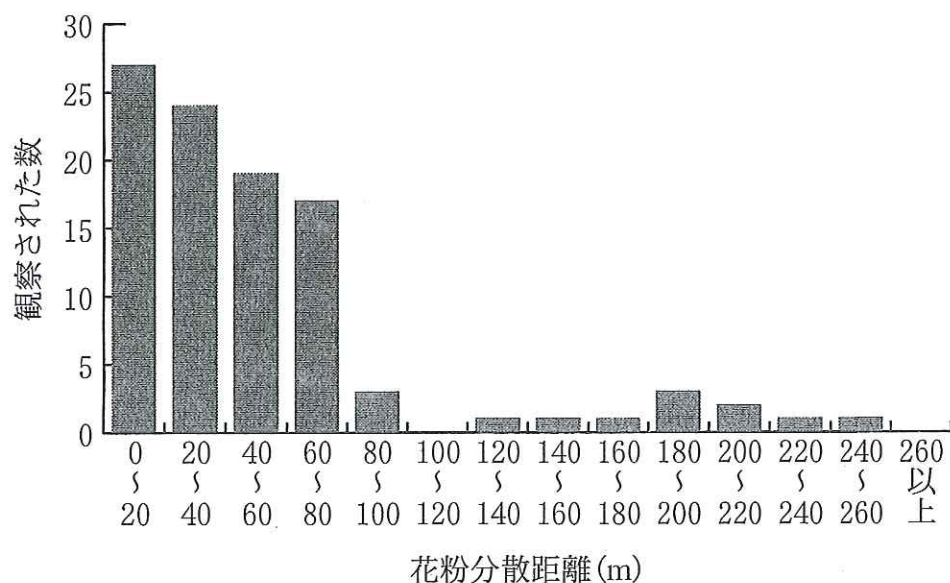


図 2. 分布域 1 の中心部の★印の個体から採集した種子 100 個の父性解析によって示された花粉分散距離

問 1 本文Aの ア と イ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つために、なぜ前提条件 2 が必要なのか、その理由を 50 字以内で答えなさい。

問 3 本文Cの種子 01_1 の父親は分布域 1 に存在するものとする。種子 01_1 の父親を表 1 の 30 個体の中から父性解析によって選び出して答えなさい。

問 4 遺伝子 1 には a と b の 2 つの対立遺伝子がある。分布域 1 ～ 3 の全 90 個体について解析した結果、遺伝子型 aa が 39 個体、遺伝子型 ab が 30 個体、遺伝子型 bb が 21 個体であった。この集団の対立遺伝子 a と b の頻度から、ハーディ・ワインベルグの法則のもとで期待される遺伝子型 aa, ab, bb それぞれの個体数を、小数点以下第 1 位まで求め、答えなさい。

問 5 問 4 で計算した遺伝子型 aa, ab, bb の期待される個体数と、実際に観察された各遺伝子型の個体数は異なっている。一方、それぞれの分布域内ではハーディ・ワインベルグの法則のもとで期待される個体数と実際の個体数は、ほぼ一致していた。その理由を探るため、分布域ごとの遺伝子頻度を比較した結果、分布域 1 と 2 の遺伝子頻度はほぼ一致するが、分布域 3 は大きく異なっていることが分かった。同様な結果は、遺伝子 1 以外の遺伝子でも認められた。本文 B と C のデータから考察し、このようなパターンが生じたことを説明する最も適切な仮説を 60 字以内で述べなさい。また、本文 B と C に与えられた情報のどの部分が、その仮説を支持するかを 120 字以内で述べなさい。

生物群集は数多くの生物種によって構成されている。このような生物の多様性は、ひとつの種が複数の種に分かれ、種分化することによって形作られてきた。それでは、ある地域に生息する生物の種数はどのようにして決まっているのだろうか。マッカーサーとウィルソンは、この問いに関して簡単なモデルを考案している。

図1のように、大陸とその周辺の大小様々な島を考える。大陸には多くの生物種が生息しており、これを源として、それぞれの島に生物種が侵入してくると仮定する。島間の生物の移動は考えない。このモデルでは、大陸からの侵入種数は⁽¹⁾その島が大陸からどれだけ離れているかということのみに依存すると仮定している。一方で、それぞれの島では、種の絶滅が起こり種は失われていく。このとき、絶滅確率は島が大きいほど低くなる。このような、種の侵入と、種の絶滅の間のバランスによって、それぞれの島に生息する種数が決まると考える。

この様子を表現した模式図が図2である。縦軸は一定時間内に「新たに」大陸から侵入する種数、および、島にすでに生息する種のうち一定時間内にその島で絶滅する種数を示している。横軸は、それぞれの島に生息する種数を示す。

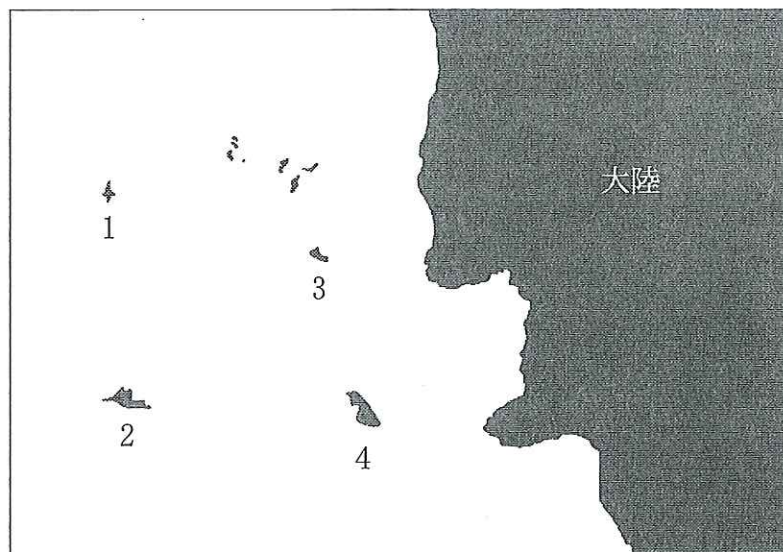


図1 島と大陸の模式図

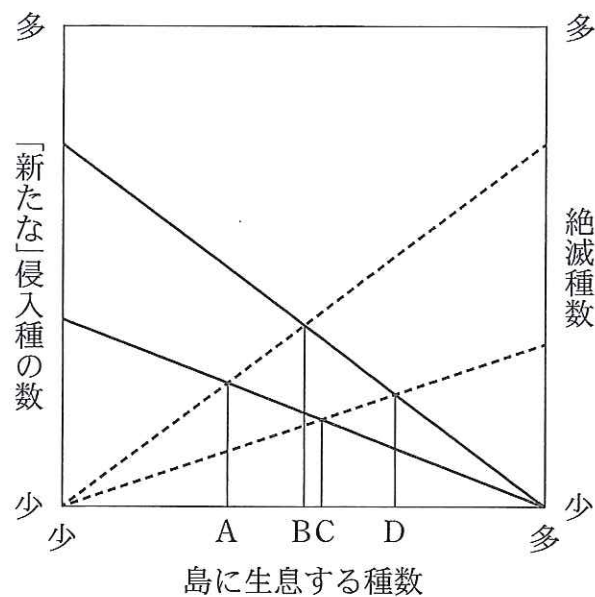


図2. マッカーサーとウィルソンのモデルを示す図。実線が「新たな」侵入種の数、破線が絶滅種数をそれぞれ示す。島の面積および大陸からの距離に応じて、それぞれ2本の線が描かれている。

問1 このモデルでは、下線部(1)のように、島に侵入する種数は島が大陸からどれだけ離れているかということのみによって制限されている。しかし、図2では、島に生息する種数が多くなると、「新たな」侵入種の数が増加することが示されている。これは、どのような理由によるか、130字以内で説明しなさい。

問2 図1の島1～4における種数は、図2のA～Dのどれになるか、それぞれ答えなさい。なお、島1と島3、島2と島4の面積はそれぞれほぼ同じであり、島1と島2、島3と島4の大陸からの距離はそれぞれほぼ同じである。

問3 それぞれの島での生物の種数が上記のモデルにしたがってきまる場合、大陸から遠く離れた島と、大陸に近い島について、それぞれ、島の面積とその島に生息する種数の関係はどのようになると予想されるか。解答用紙のグラフに、遠く離れた島での関係を実線で、近い島での関係を破線でそれぞれ書き込みなさい。

問 4 このモデルでは、全ての種の特性が同じであることを仮定しているが、実際には、生物は種によってその特性が異なる。例えば、捕食者と被食者の違いである。ある島にはそこに生息する生物にとって捕食者となる生物が1種生息していた。この島に生息する生物の総種数は、捕食者が生息しない他の島と比較して少なかった。このようになる理由を機構も含めて、60字以内で答えなさい。なお、「絶滅」および「個体数」の語句を必ず用いて解答しなさい。

問 5 ガラパゴス諸島やハワイ諸島、そして小笠原諸島などの海洋島には、他の場所で見られない島固有の種が数多くみられる。このように固有の種が数多くみられる理由を、本問のモデルを参考にし、「種分化」の語句を必ず用いて140字以内で答えなさい。