

2015 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 I 刺激と受容器

出題範囲	動物の反応, 効果器
難易度	★★★★☆
所要時間	20 分
傾向と対策	動物における刺激の受容と刺激への応答に関する大問である。この分野についての問題は名古屋大学の入試でしばしば出題される。空欄補充の問題は教科書をよく読んでおけば必ず正答できるような知識問題であるが、それ以外の問題は問題文をよく読み実験の様子をしっかりとイメージできなければ正答できない問題が多い。難しいことではあるが、文章や図から実験や生物の様子をイメージできるような想像力を鍛える必要がある。

解答

設問(1) (ア): e) (イ): g) (ウ): c)

設問(2) 水流の向きと強さ (8 字)

設問(3) 視覚

設問(4) 常に自分の位置を一定に保とうとする。(18 字)

設問(5) (エ): s) (オ): d) (カ): k) (キ): m) (ク): g) (ケ): p) (コ): e) (サ): a)

設問(6) 基底膜の基部から先端部に向けて, 15000Hz, 7000Hz, 2000Hz の順にそれぞれの周波数に対応する基底膜が振動する。振動の強さは 7000Hz に対応する基底膜が一番大きく, 15000Hz や 2000Hz に対応する基底膜の振動は小さい。(119 字)

設問(7) c)

設問(8) 体の回転が停止してもリンパ液は回転を続けようとするので, 感覚毛に対して右向きの力が加わり眼球が回転中とは逆向きの反応を示す。その後リンパ液の回転が徐々に弱くなるにつれて眼球の運動は弱くなり, リンパ液の回転が停止すれば眼球の運動も止まる。(118 字)

解説

設問(1) 難易度: ★★★★★

生物がある特定の刺激を受容した際に示す, 生まれながらに備わった定型的な行動を**生得的行動**とよぶ。例えば, イトヨの雄は繁殖期の雌の膨れた腹を見するという刺激に対してジグザグダンスとよばれる**求愛行動**を示す。また, **走性**や**反射**といった行動も生得的行動に含まれる。走性は刺激に対して方向性をもつ行動であり, 反射は方向性をもたない一定の反応を示す行動である。走性の例として, ミドリムシの光に対する正の走性がある。光に対する正の走性はミドリムシが効率よく光合成を行ううえで重要な役割を果たしている。反射の例としては, 熱いものなど強い刺激に触れると反射的に手を引っ込めるという屈筋反射が挙げられ, これも危険を回避するた

めに大きな役割を果たす。このように生得的行動は生物の繁殖や生存に深くかかわっている。この解説にある用語はどれも基本的なもののばかりなので、わからないものがあればしっかりと確認しておこう。

解答は、(ア) : e), (イ) : g), (ウ) : c)となる。

設問(2) 難易度 : ★★★★★

メダカの行動からメダカがどのような刺激を受容しているかを考察する問題である。

まず、下線部の前半にある「メダカは流れに逆らって泳ぎ始めた」の部分について、流れに逆らって泳ぐためには水流の向きを把握する必要がある。次に、「メダカはその場に止まっているように見えた」という部分について、流れに逆らってその場にとどまるためには流れの強さを把握し、流れに対抗できる程度の推進力を発揮しなければならない。

これらを合わせると、解答は以下ようになる。

解答例

水流の向きと強さ (8 字)

このような問題では、「メダカは一斉に流れに逆らって泳ぎ始めた。また、このとき、メダカはその場で止まっているように見えた」という下線部の全体に対応した解答をつくることが肝要である。そのためには上記のように解答すべき下線部を分解することも 1 つの手段である。

設問(3) 難易度 : ★★★★★

こちらも設問(2)と同じく、メダカの行動からメダカがどのような刺激を受容しているかを考察する問題である。

実験では、メダカを入れた水槽の外側にしま模様が入った円筒を置いて円筒を回転させている。実験中ではこれ以外に変化をあたえていないので、「円筒の回転」という刺激をメダカは受容し行動を示したと考えられる。円筒の回転はしま模様の変化という視覚情報としてメダカに伝わる。

したがって、解答は**視覚**となる。

設問(4) 難易度 : ★★★★★

刺激に対しメダカがどのように行動しているかについて考察する問題である。問題文中にもあるように下線部①や下線部②をヒントにして考えよう。

まず、水流に対するメダカの行動は「流れに逆らってその場にとどまるように泳ぐ」であった。この実験だけでも「メダカは水流の向きや強さを受容し、自分の位置が変化しないように行動する」ということがいえる。

また、円筒を回転させる実験ではメダカは円筒の回転方向に泳ぎ始めた。円筒の回転はしま模様の変化としてメダカに受容されるが、メダカが円筒の回転方向に回転と同じ速度で泳げばしま模様の変化はなくなり、メダカ

は同じ景色を見ることになる。ここからメダカは自分の見ている景色が変化しないように、つまり、周囲の景色に対する自分の相対的位置が変化しないように行動をしているということがいえる。

これらのことから「メダカは水流や周りの景色の変化を受容し、常に自分の位置を一定に保とうとする」という結論が得られる。円筒を回転させる実験の考察は少し難しいかもしれないが、実験の様子をよく想像することが重要である。解答例は以下のとおり。

解答例

常に自分の位置を一定に保とうとする。(18 字)

設問(5) 難易度：★★★★☆

音を受容するヒトの受容器は耳である。音波は耳殻で集められたのちに外耳道を通して鼓膜を振動させる。鼓膜に伝わった振動は耳小骨によって増幅され、うずまき管の卵円窓に伝わる。これによってうずまき管内のリンパ液が振動し、振動数に対応する基底膜が振動する。基底膜の振動に伴って、基底膜上に存在する聴細胞の感覚毛がおおい膜に接触し興奮することで音の振動という刺激が電気的信号に変換される。聴細胞の興奮は聴神経を經由して脳に伝わり、音を受容される。

また、ヒトの内耳は体の回転や傾きの感覚をつかさどる器官でもある。回転は内耳の一部である三半規管で受容される。三半規管は3つの半規管からなり、それぞれの半規管は互いに直交するように配置されている。半規管の内部はリンパ液で満たされており、半規管の根本にあるびんとよばれる膨らみの内部にはクプラとよばれる感覚毛を含んだゼラチン質の構造がある。体が回転すると、クプラは体とともに回転方向に動くが、半規管内部のリンパ液は慣性によりその場にとどまろうとするので、クプラは回転方向とは逆向きに傾く。クプラが傾くことによってクプラ内に存在する感覚毛が曲がり、受容細胞が興奮して回転の刺激が脳に伝わる。半規管は3つあり、それぞれが直行しているので三次元的にどの向きの回転も受容できる。

体の傾きの受容は内耳のうずまき管と半規管の間にある前庭で受容される。前庭には、平衡砂を含んだゼリー状の物質が感覚毛を覆っている。体が傾くとゼリー状の物質も傾き、平衡砂も移動する。平衡砂の移動に伴って感覚毛が曲がり、受容細胞が興奮することで傾きの刺激が受容される。

内耳はさまざまな刺激を受容しており、それぞれの受容のしくみは複雑に思えるかもしれないが、実際は似たような機構を用いて刺激を受容している。多くの試験で出題される可能性の高い分野なので、しっかりと覚えよう。

解答は、(エ) : s), (オ) : d), (カ) : k), (キ) : m), (ク) : g), (ケ) : p), (コ) : e), (サ) : a)となる。

設問(6) 難易度：★★★★☆

音の高さは周波数、音の大きさは振幅に依存する。それぞれどのように受容されるのか考えよう。下線部③に「基底膜の幅は基部で狭く、高音で振動し、頂上に近くなるほど広くなり、低音で振動する」とある。したがって、音の高さは基底膜の振動する位置という情報に、音の大きさは基底膜の振動の強さ（大きさ、振幅）という

情報に変換され、受容される。

以上のことを踏まえて設問中の図 3 を見ると、振幅は 7000Hz の音が最も大きく、2000Hz、15000Hz の音はそれに比べて小さいとわかる。したがって、7000Hz の音が最も大きく基底膜を振動させ、2000Hz と 15000Hz の音による基底膜の振動は比較的小さいと考えられる。

解答例は以下のとおり。

解答例

基底膜の基部から先端部に向けて、15000Hz、7000Hz、2000Hz の順にそれぞれの周波数に対応する基底膜が振動する。振動の強さは 7000Hz に対応する基底膜が一番大きく、15000Hz や 2000Hz に対応する基底膜の振動は小さい。(119 字)

生物は音や光、振動、重力といった物理的刺激を受容している。物理的刺激がこういったもので、どの範囲で生物が受容することができるか、ということ学習することも生物を理解するうえで重要である。

◆Check!!

ヒトの聴覚器の構造

ヒトの聴覚器の構造は図 A のようになっている。各部の機能・名称は図とともにしっかり覚えよう。

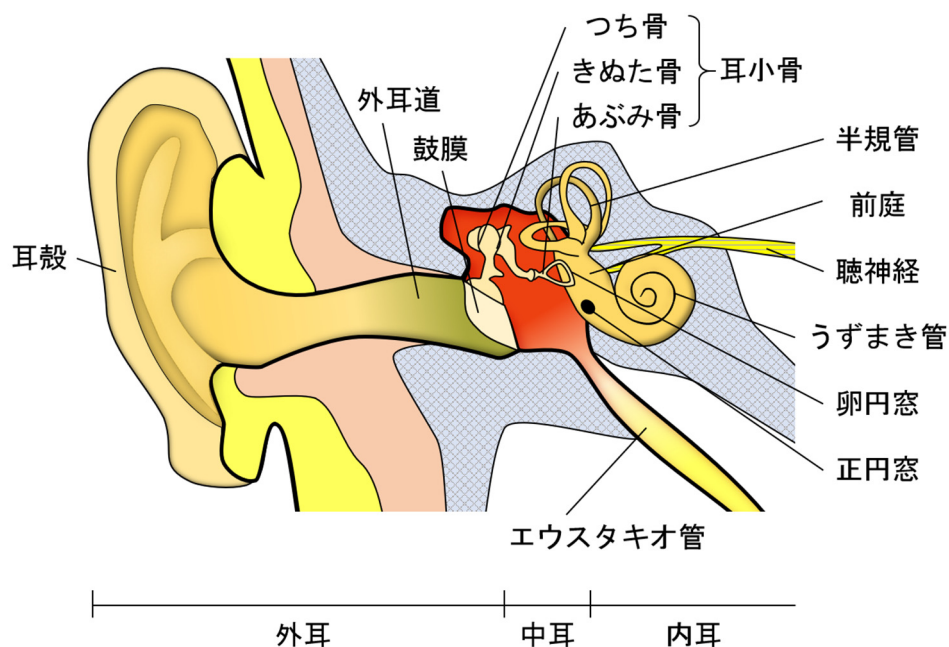


図 A ヒトの聴覚器の構造

設問(7) 難易度：★★★★☆

設問(8) 難易度：★★★★☆

問3の問題文の第2段落にある内容から、「被験者を1回転させると回転中は眼球は右から左へゆっくり移動し、左から右へ急速に移動するという動きを数度繰り返すが、回転が停止すると眼球の運動も停止した」ということがわかる。

問題で問われている実験では被験者を10回転させている。眼球の動きの原因がクブラの感覚毛の回転方向とは逆向きに曲がったためであることが問題文中からわかるので、回転中の眼球の動きは1回転させたときとほぼ同様である。ただし、被験者を10回転させることにより、被験者の半規管内のリンパ液も回転運動するようになり、体が停止しても慣性によりリンパ液は回転を続けようとすると考えられる。リンパ液が回転方向に流れ続けようとする力によってクブラの感覚毛は回転方向に曲げられるので、眼球の動きは回転中とは真逆になる。したがって、(シ)には左、(ス)には右、(セ)には右、(ソ)には左が入り、眼球は被験者の左から右にゆっくりと移動し、左から右へ急速に移動する。体が停止しているのに、リンパ液の流れも次第に緩やかになり、やがて停止するので、眼球の運動もそれにしたがって緩やかになり停止する。

選択肢となるグラフでは縦軸が眼球の位置、横軸が時間を示す。「左から右に動く際にはゆっくり、右から左に動く際には急速に移動する」という動きを表現しているグラフは、眼球が左から右に移動するためにかかる時間よりも右から左に移動するためにかかる時間が短いようなグラフである。

したがって、設問(7)の解答は(c)である。

また、設問(8)の解答は以下ようになる。

解答例

体の回転が停止してもリンパ液は回転を続けようとするので、感覚毛に対して右向きの力が加わり眼球が回転中とは逆向きの反応を示す。その後リンパ液の回転が徐々に弱くなるにつれて眼球の運動は弱くなり、リンパ液の回転が停止すれば眼球の運動も止まる。(118字)

解説中では「10回転したときの回転中の眼球の動きは1回転したときの眼球の動きとほぼ同様である」とあるが、実際にはわずかに違いがある。解説中でも説明したように、回転を重ねると半規管内のリンパ液も回転するようになる。したがって、体の回転と半規管内のリンパ液の回転が徐々に同調するようになり、クブラの傾きも緩やかになるので、眼球の運動も徐々にゆっくりになると考えられる。

(北川健斗, 西川尚吾, 熊井勇介)

2015 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 II 植物の発生と不和合性

出題範囲	植物の配偶子形成, 植物の発生, 植物の生殖, 遺伝
難易度	★★☆☆☆
所要時間	15 分
傾向と対策	植物の発生や配偶子形成に関する基本的な問題と自家不和合に関する考察問題だった。全体的な難易度は低く, 素早く全問正解できることが望ましい。遺伝子の分野に苦手意識をもっている受験生は多いかもしれないが, 一度問題の解き方を身につけてしまえば簡単に得点源とすることができる分野である。問題集などの基本的な問題が解けるようになってから, 設問(5)や設問(6)のような少しひねりのある問題を解いていくようにしよう。

解答

設問(1) (ア)花粉四分子 (イ)雄原細胞 (ウ)助細胞 (エ)重複受精

設問(2) 花粉母細胞 : 100 個 胚のう母細胞 : 400 個

設問(3) Aa (胚珠親) × aa (花粉親) の場合

胚 : Aa-50%, aa-50% 胚乳 : AAa-50%, aaa-50%

aa (胚珠親) × Aa (花粉親) の場合

胚 : Aa-50%, aa-50% 胚乳 : Aaa-50%, aaa-50%

設問(4) $S_1S_1 : S_1S_2 : S_2S_2 = 1 : 2 : 1$

設問(5) b)

設問(6) S_1S_2

理由 : 得られた F_1 個体に $S_1S_1S_1S_1$ と $S_2S_2S_2S_2$ が存在せず, めしべはすべての S 遺伝子群が受精に寄与したことから, 精細胞の S_1S_1 と S_2S_2 が受精に寄与しなかったと考えられるため。(91 字)

解説

設問(1) 難易度 : ★★★★★

(ア) には花粉四分子, (イ) には雄原細胞が入る。被子植物の花粉形成の過程を確認しよう。まず, おしべの葯の中の花粉母細胞 (2n) が減数分裂を行い, 花粉四分子 (n) という 4 つの細胞の集まりとなる。その後, 花粉四分子はバラバラになり, それぞれで成熟していく。それぞれの花粉四分子は核分裂を起こし 2 個の核を形成するが, 1 個の核は細胞膜に取り囲まれ雄原細胞 (n) となる。そのため, 花粉内には雄原細胞ともう 1 つの核である花粉管核 (n) が存在している状態となる。

(ウ) には助細胞が入る。被子植物の胚のうと卵細胞形成の過程を確認していこう。子房の中の胚珠で形成された胚のう母細胞 (2n) が不均等な減数分裂を行い, 4 個の娘細胞が生じる。そのうち小さい 3 個の細胞は退

化し、大きな細胞 1 個が**胚のう細胞** (n) となる。その後、胚のう細胞は 3 回連続で分裂を行い、それにより 8 個の核をもつ**胚のう**となる。8 個の核のうち 6 個が細胞膜によって 1 個ずつ仕切られ、珠孔側に 1 個の**卵細胞**、その両隣に 2 個の**助細胞**、反対側に 3 個の**反足細胞**とよばれる細胞が形成される。残りの 2 個の核は**極核**とよばれ、それが存在する細胞を**中央細胞**とよぶ。

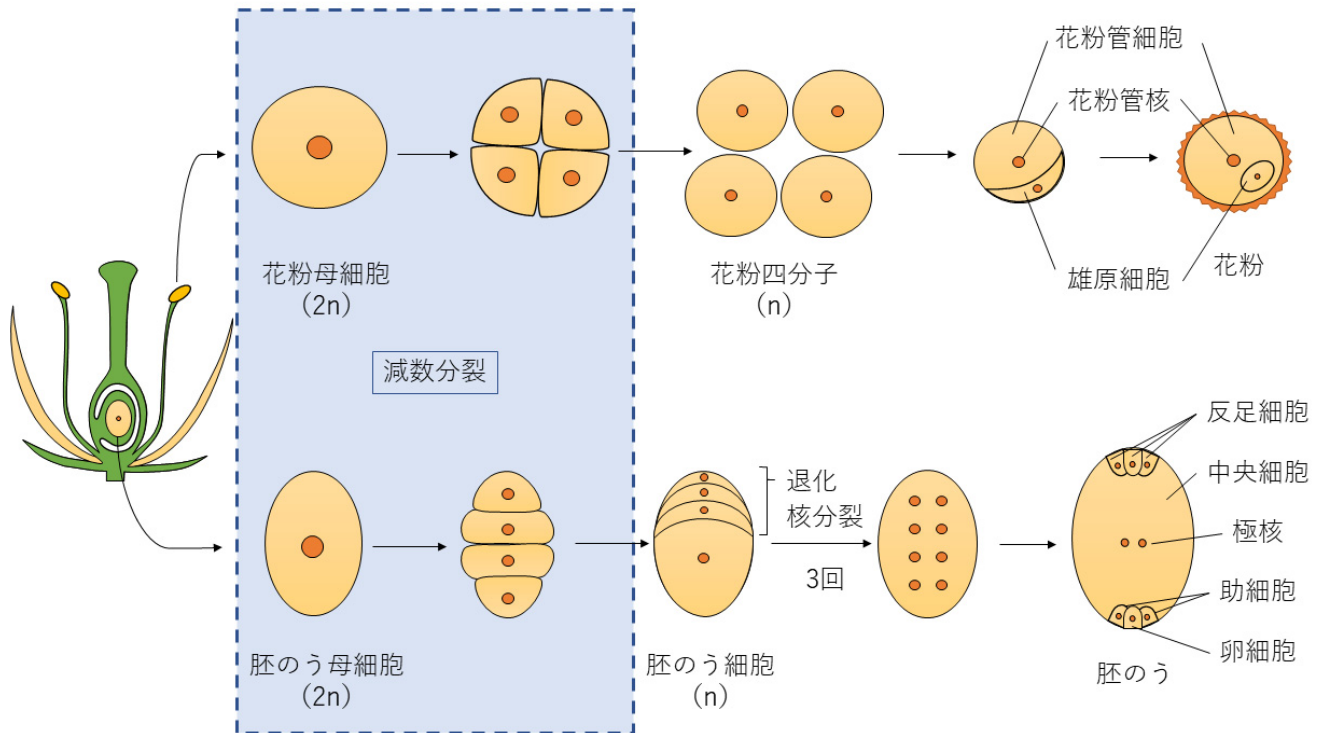


図 A 被子植物の配偶子形成

(エ) には**重複受精**が入る。重複受精は被子植物に特有な受精である。重複受精の過程を確認していこう。花粉がめしべの柱頭につくと、発芽し胚珠に向かって花粉管が伸びる。花粉管の中では雄原細胞が分裂し 2 個の精細胞 (n) が生じる。花粉管が胚のうまで達すると、助細胞を破壊して胚のうの中に進入していく。精細胞 (n) のうち 1 個が卵細胞 (n) と受精し受精卵 (2n) に、もう 1 個の精細胞 (n) は 2 個の極核 (n+n) をもつ中央細胞と融合し、胚乳細胞 (3n) となる。受精卵は胚になり、胚乳細胞から胚乳がつくられる。

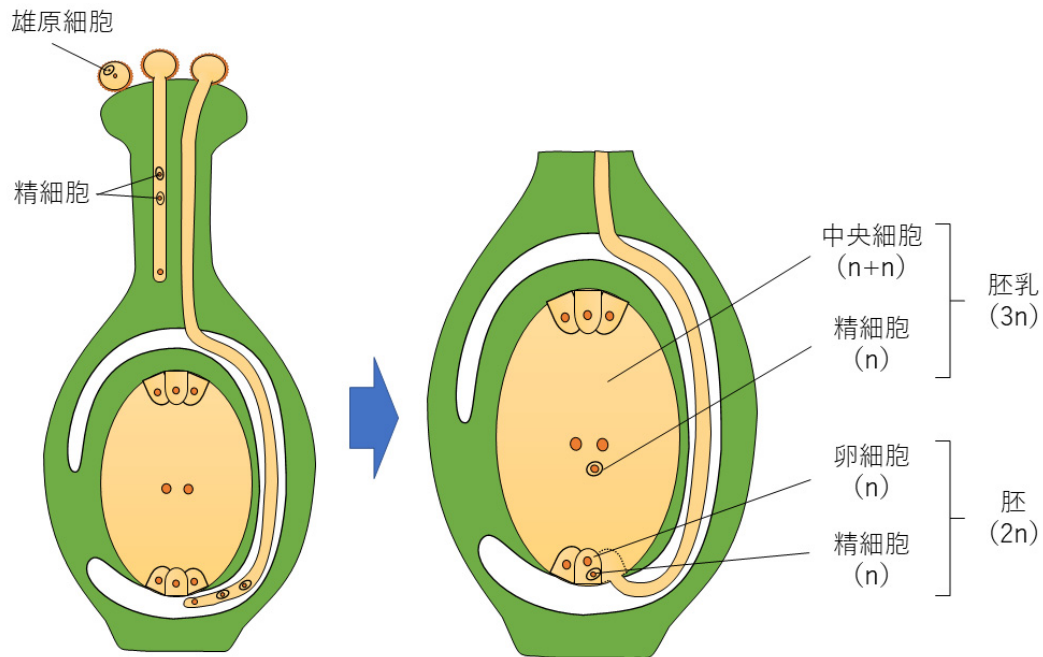


図 B 重複受精

よって、解答は、ア：花粉四分子，イ：雄原細胞，ウ：助細胞，エ：重複受精である。教科書に書いてある基本的な知識なので確実に正解したい。

◆Check!!

胚と種子の形成

卵細胞，精細胞の形成から重複受精までの過程を設問(1)で確認した。ここからはその先の胚と種子の形成の過程を確認していこう。

卵細胞と精細胞が受精することで形成された受精卵は細胞分裂を繰り返し，**胚柄**と**胚球**になる。胚柄は親細胞などから栄養を胚球に供給する。胚球は分裂をそのまま続けて行い，上部には**茎頂分裂組織**，下部には**根端分裂組織**が形成される。さらに発生が進行し，**幼芽**，**子葉**，**胚軸**，**幼根**からなる胚ができる。珠皮は種皮になり，胚珠が種子に変化する。ここで胚の発生は一時的に休止され，休眠に入る。

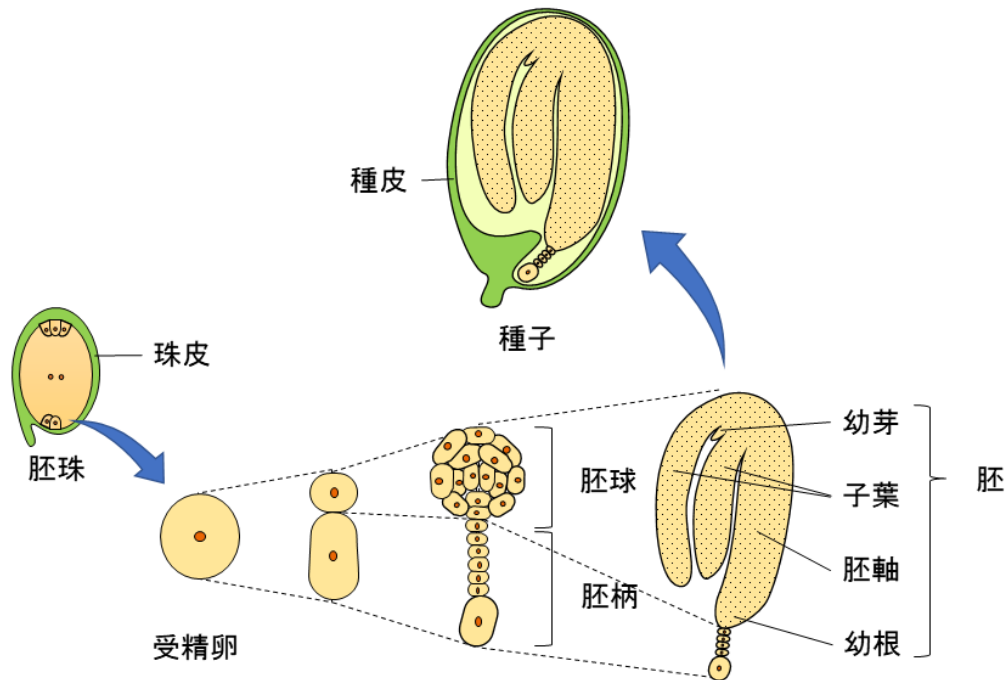


図 C 胚と種子の発生

設問(2) 難易度：★★★★☆

設問(1)で確認したとおり，花粉母細胞が減数分裂し，成熟することで 4 個の花粉が形成される。花粉の中には 2 個の精細胞があり，そのうち 1 個は中央細胞の極核 2 個と受精し胚乳細胞が，もう 1 個と卵細胞が受精することで受精卵 1 個が生じ，やがて受精卵から胚が生じる。種子の中には 1 つの胚が存在しているので，種子 1 個をつくるのに花粉は 1 個必要であることがわかるから，400 個の種子をつくるために最低限必要な花粉母細胞は $400 \div 4 = 100$ 個となる。

胚のう母細胞は減数分裂を行うことで 4 個の娘細胞が形成されるが，そのうち 3 個は退化・消滅してしまうので，1 個の胚のう母細胞から 1 個の胚のうが形成されることがわかる。胚のう内に 1 個ある卵細胞が精細胞と受精することで受精卵が 1 個生じ，やがて種子 1 個が形成される。したがって，400 個の種子をつくるために必要な胚のう母細胞は 400 個である。

よって，解答は，**花粉母細胞：100 個 胚のう母細胞：400 個**である。

設問(3) 難易度：★★★★☆

設問(1)の重複受精の解説で確認したとおり，種子の胚は卵細胞と精細胞が受精することで生じる。また胚乳は極核 2 個をもつ中央細胞と精細胞が融合することで生じる。したがって，胚の遺伝子型を知るためには卵細胞と精細胞の遺伝子型，胚乳の遺伝子型を知るためには 2 個の極核の遺伝子型と精細胞の遺伝子型がわかればよい。

【Aa（胚珠親）× aa（花粉親）の場合】

まず、卵細胞と極核の遺伝子型について考えていこう。2n の胚のう母細胞が減数分裂することで 4 個の娘細胞 (n) が形成される。よって娘細胞のうち 2 個の細胞の遺伝子型は A, 残り 2 個は a である。4 個の娘細胞のうち 1 個が胚のう細胞となるのだから、胚のう細胞の遺伝子型は A または a になる。A になる確率と a になる確率は等しく、50% ずつである。胚のう細胞が 3 回核分裂して卵細胞と極核は形成されるので、卵細胞と極核の遺伝子型は胚のう細胞と同じになる。したがって、卵細胞と極核の遺伝子型は A または a になり、比率は 50% と 50% である。

次に、精細胞の遺伝子型について考えていこう。花粉母細胞 (2n) から花粉四分子 (n) が形成される。ここで、この場合の花粉親の遺伝子型は aa なので、花粉四分子すべてが遺伝子型 a になる。よって、花粉四分子が核分裂することで精細胞が生じるのだから、花粉四分子と精細胞の遺伝子型は同じになり、a である。

したがって、胚のう細胞の遺伝子型が A のとき胚の遺伝子型は Aa, 胚乳の遺伝子型は AAa になり、胚のう細胞の遺伝子型が a のとき胚の遺伝子型は aa, 胚乳の遺伝子型は aaa になる。種子の期待される比率は、精細胞の遺伝子型はすべて同じことから、卵細胞と極核の遺伝子型の比率と等しくなるので、50% と 50% になる。

表 A Aa (胚珠親) × aa (花粉親) の場合の胚の遺伝子型

		卵細胞	
		A	a
精細胞	a	Aa	aa

表 B Aa (胚珠親) × aa (花粉親) の場合の胚乳の遺伝子型

		中央細胞	
		AA	aa
精細胞	a	AAa	aaa

【aa (胚珠親) × Aa (花粉親) の場合】

【Aa (胚珠親) × aa (花粉親) の場合】と同様に考えていく。まず、卵細胞と極核の遺伝子型について考えていこう。この場合、胚のう母細胞が減数分裂することによって生じた娘細胞の遺伝子型はすべて a になるので、卵細胞と極核の遺伝子型はすべて a になる。

次に、精細胞の遺伝子型について考えていこう。花粉母細胞が減数分裂することによって生じた花粉四分子の遺伝子型は 2 個が A, 残り 2 個が a になっている。受精に利用されるのは花粉 1 個である。したがって、精細胞の遺伝子型は A と a の 2 通りあり、比率は 50% と 50% になる。

したがって、精細胞の遺伝子型が A のとき胚の遺伝子型は Aa, 胚乳の遺伝子型は Aaa になり、精細胞の遺伝子型が a のとき胚の遺伝子型は aa, 胚乳の遺伝子型は aaa になる。種子の期待される比率は、卵細胞と極核の遺伝子型はすべて同じことから、精細胞の遺伝子型の比率と等しくなるので、50% と 50% になる。

表 C aa (胚珠親) × Aa (花粉親) の場合の胚の遺伝子型

		卵細胞	
			a
精細胞	A	Aa	
	a	aa	

表 D aa (胚珠親) × Aa (花粉親) の場合の胚乳の遺伝子型

		中央細胞	
			aa
精細胞	A	Aaa	
	a	aaa	

よって、解答は、

Aa (胚珠親) × aa (花粉親) の場合

胚 : Aa-50%, aa-50% 胚乳 : AAa-50%, aaa-50%

aa (胚珠親) × Aa (花粉親) の場合

胚 : Aa-50%, aa-50% 胚乳 : Aaa-50%, aaa-50%

である。

設問(4) 難易度 : ★★☆☆☆

文 2 に S 遺伝子によって自家不和合性が制御されているとある。しかしながら、この問題ではつぼみの段階で自家受粉させている。文 2 中に、「めしべが未熟なつぼみの段階で受粉すると、不和合性は観察されず…」とあることから、自家不和合性はこの問題では考えなくてよい。 S_1S_2 の植物個体からできる卵細胞の遺伝子型は S_1 と S_2 が 1 : 1、精細胞の遺伝子型も同様に S_1 と S_2 が 1 : 1 だから、下のような表が書ける。

表 E F_1 個体の予想分離比

		卵細胞	
		S_1	S_2
精細胞	S_1	S_1S_1	S_1S_2
	S_2	S_1S_2	S_2S_2

よって、表 E より解答は、 $S_1S_1 : S_1S_2 : S_2S_2 = 1 : 2 : 1$ である。

設問(5) 難易度 : ★★★★★

まず自家不和合性について確認しよう。自家不和合性は S 遺伝子によって制御されており、不和合性が観察

されるのは、花粉がめしべと共通の対立遺伝子をもつ場合である。 S_1S_2 （胚珠親） $\times S_1S_2$ （花粉親）の不和合のときを取り上げてみると、花粉の遺伝子型としては S_1 と S_2 の 2 つがあるが、胚珠の遺伝子型は S_1S_2 でどちらの遺伝子も胚珠がもっているために受精ができないということになる。

では、問題を考えていこう。この問題で問われていることは、植物個体 B の S_1 および S_2 の自家和合となるような変異の有無である。まずは S_1 について考える。 F_1 個体に S_1S_1 が生じている。 S_1S_1 という遺伝子型であることから、精細胞と卵細胞ともに遺伝子型は S_1 である。ここで自家不和合性を示す個体どうしの交配において S_1 の花粉によって受精が起こるためには、胚珠親は S_1 をもたないことが必要である。したがって明らかに S_1 には変異が生じていると確認できる。次に、 S_2 について考える。実験 1 の文章から植物個体 A の花粉のうち遺伝子型が S_2 のものだとは花粉管伸長が起こらないことが確認できる。そのため、得られた遺伝子型 S_1S_2 の F_1 個体のうち S_1 は精細胞の遺伝子型で S_2 が卵細胞の遺伝子型であると考えられる。植物個体 B の S_1 に変異が起こっていることから、自家不和合性を示さずに S_1S_2 の F_1 個体が誕生する。遺伝子型 S_2S_2 の F_1 個体が生じなかったのは、植物個体 A の遺伝子型 S_2 の花粉では花粉管伸長は起こらないためであると考えられる。したがって植物個体 B の S_2 に変異が起こっていても起こっていなくても下線部②と同様の結果が得られる。よって S_2 に関しては変異しているかどうか分からない。

よって、解答は b) である。

表 F 植物個体 A と植物個体 B を交配させたときの予想分離比（青く塗りつぶしたところは存在しない）

		植物個体 B の 卵細胞	
		S_1	S_2
植物個体 A の 精細胞	S_1	S_1S_1	S_1S_2
	S_2	S_1S_2	S_2S_2

設問(6) 難易度：★★★★☆

実験 2 の内容を見ていこう。自家和合性を示す、 S 遺伝子型が $S_1S_1S_2S_2$ の 4 倍体植物個体を自家受粉させると、 F_1 個体の S 遺伝子型の分離比は、 $S_1S_1S_1S_2 : S_1S_1S_2S_2 : S_1S_2S_2S_2 = 1 : 4 : 1$ になったとある。 F_1 個体の遺伝子型として考えられるものはほかに、 $S_1S_1S_1S_1$ と $S_2S_2S_2S_2$ があるがこれは得られなかったとわかる。問題は受精に寄与したおしべの S 遺伝子型を求めよといったものである。設問文の中に花粉配偶子は $2n$ であると示されているので、卵細胞も同様に $2n$ であると考えられる。また、めしべ側ではすべての S 遺伝子型が受精に寄与したと書かれてある。まずはすべての花粉配偶子が受精に寄与したと仮定して考えてみよう。 S_1S_2 の組み合わせは 2×2 で 4 通りあるので、花粉配偶子、卵細胞の遺伝子型の分離比はともに、 $S_1S_1 : S_1S_2 : S_2S_2 = 1 : 4 : 1$ であることから、次の表が書ける。

表 G 4 倍体植物個体の F_1 個体の予想分離比（青く塗りつぶしたところは存在しない）

		卵細胞		
		S_1S_1	$4S_1S_2$	S_2S_2
花粉配偶子	S_1S_1	$S_1S_1S_1S_1$	$4S_1S_1S_1S_2$	$S_1S_1S_2S_2$
	$4S_1S_2$	$4S_1S_1S_1S_2$	$16S_1S_1S_2S_2$	$4S_1S_2S_2S_2$
	S_2S_2	$S_1S_1S_2S_2$	$4S_1S_2S_2S_2$	$S_2S_2S_2S_2$

ここで、 $S_1S_1S_1S_1$ と $S_2S_2S_2S_2$ は存在していない。めしべ側はすべて受精に寄与したのだから、原因は花粉配偶子にあると考えられる。遺伝子型 S_1S_1 と S_2S_2 の花粉配偶子だと受精できないと仮定すると、表 G の真ん中の行だけが残る、この分離比は実験 2 で得られた結果と同じになる。したがって、受精に寄与したおしべの S 遺伝子型は S_1S_2 のみである。

よって、解答は S_1S_2 である。理由の解答例は次のとおり。

解答例

得られた F_1 個体に $S_1S_1S_1S_1$ と $S_2S_2S_2S_2$ が存在せず、めしべはすべての S 遺伝子群が受精に寄与したことから、精細胞の S_1S_1 と S_2S_2 が受精に寄与しなかったと考えられるため。(91 字)

（西浦佑香，西川尚吾，安藤さくら，北川健斗）

2015 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 III 仮想生命体の解析

出題範囲	生体物質, 細胞, 遺伝子発現
難易度	★★★★☆
所要時間	20 分
傾向と対策	この大問は与えられた情報から仮説を立てることが求められており, 教科書や参考書などの暗記だけでは解けない。しかし, 教科書に載っている実験からヒントを得ることができる場合もあるので, 教科書の内容を理解しておくことは重要となる。問 1 の実験は生物基礎で学んだエイブリーの形質転換の実験に似ている。この実験を思い出せば, 設問(3)が解答できるだろう。設問(1)~(3)では実験 2, 3 の解釈ではなく, 実験 1 の解釈を書かなければいけないことに注意しよう。2016 年にも同様に実験から新種の生物の性質について実験から考えさせる問題が出題されたので, 単なる暗記ではなく実験から考察する力が要求されているといえる。

解答

設問(1) 熱処理してすりつぶしても, 一部の A は休眠状態で生存しており, それが電気刺激を受けて休眠状態から覚め, 増殖および発光した。(60 字)

設問(2) 熱処理してすりつぶしたことで A の細胞は死滅したが, 無処理の B に電気刺激をあたえたことで B の細胞中の何らかの物質に変化が起こり, 発光するようになった。(74 字)

設問(3) 熱処理してすりつぶしたことで A の細胞は死滅したが, 電気刺激により無処理の B に X_A 由来の何らかの物質が取り込まれて形質転換を起こし, B の細胞が発光するようになった。(81 字)

設問(4) 4 つ

設問(5) $(afc)_n$, $(ajd)_n$

解説

設問(1) 難易度: ★★★★★

実験 1 では, X_A に無処理の B を加えたものに電気刺激を加えて培養したときと電気刺激を加えずに培養したときで光る細胞が生じるかどうかを調べている。その結果, 電気刺激を加えたときは発光する細胞が生じ, 電気刺激を加えていないときは発光する細胞が生じないということがわかった。このことから, 発光する細胞が生じるためには電気刺激を与えることが必要であるといえる。しかし, これだけでは電気刺激が X_A か B のどちらに作用して発光したのかはわからない。これを調べるための追加実験が実験 2, 実験 3 である。

実験 2 では X_A だけに電気刺激を加え, 実験 3 では無処理の B だけに電気刺激を加えている。その結果, 実験 2 では発光する細胞が実験 1 と同じだけ生じ, 実験 3 では発光する細胞は生じなかった。したがって, 電気刺激は X_A に作用していて, B は関与しないといえる。また, 実験 1 で新たに生じた発光する細胞は, A, B と同様に分裂, 増殖したとあるから, X_A には生存している細胞が含まれると考えられる。キーワード群 C を見ると, 「休

眠」という言葉があるから、これをヒントに A の一部の細胞は熱処理後に休眠した状態になり、すりつぶし処理に耐え、電気刺激によって休眠状態から覚めて、再び増殖、発光したのではないかと考えられる。

解答例は以下のとおり。

解答例

熱処理してすりつぶしても、一部の A は休眠状態で生存しており、それが電気刺激を受けて休眠状態から覚め、増殖および発光した。(60 字)

設問(2) 難易度：★★★★☆

実験 2 で X_A だけに電気刺激を加えたときに発光する細胞が生じず、実験 3 で無処理の B のみに電気刺激を加えたときに発光する細胞が実験 1 と同じだけ生じた。したがって、電気刺激は B に作用していて、 X_A は関与しないといえる。よって、無処理の B に電気刺激をあたえると細胞内の何らかの物質が変化して発光するようになると考えられる。

解答例は以下のとおり。

解答例

熱処理してすりつぶしたことで A の細胞は死滅したが、無処理の B に電気刺激をあたえたことで B の細胞中の何らかの物質に変化が起こり、発光するようになった。(74 字)

設問(3) 難易度：★★★★☆

実験 2 で X_A のみに電気刺激を加えたときに発光する細胞が生じず、実験 3 で無処理の B のみに電気刺激をあたえたときも発光する細胞が生じなかった。このことから、発光する細胞が生じるには X_A と無処理の B を混ぜることが必要であるといえる。無処理の B に X_A 由来の何らかの物質が取り込まれ、B が A のもっていた発光するという新たな形質を得たのではないかと考えることができる。

この問題は、エイブリーの形質転換の実験を思い出すと考えやすい。エイブリーの実験では非病原性の肺炎双球菌 (R 型菌) とタンパク質分解酵素で分解した病原性の肺炎双球菌 (S 型菌) を混ぜると R 型菌が S 型菌の形質をもつようになる。このように、ある株の遺伝形質の一部が、遺伝子の取り込みによって別の株に移ることを形質転換という。

解答例は以下のとおり。

解答例

熱処理してすりつぶしたことで A の細胞は死滅したが、電気刺激により無処理の B に X_A 由来の何らかの物質が取り込まれて形質転換を起こし、B の細胞が発光するようになった。(81 字)

設問(4) 難易度：★★★★☆

地球上の生物でいう、mRNA の配列とアミノ酸の配列の關係に類似していることをヒントに解いていこう。
 遺伝ポリマーが $(\alpha \alpha \alpha \beta)_n$ および $(\alpha \alpha \beta \beta)_n$ のときに1つの残基の繰り返しが4通りできることから、読み枠が4の倍数の遺伝基であることがいえる。ここで、1残基を指定する遺伝基の数は7以下であることがわかって
 いるから、4つであると考えられる。 $(\alpha \alpha \alpha \beta)_n$ のときは $\alpha \alpha \alpha \beta$, $\alpha \alpha \beta \alpha$, $\alpha \beta \alpha \alpha$, $\beta \alpha \alpha \alpha$ の4通りに、 $(\alpha \alpha \beta \beta)_n$ のときは $\alpha \alpha \beta \beta$, $\beta \alpha \alpha \beta$, $\beta \beta \alpha \alpha$, $\alpha \beta \beta \alpha$ の4通りに読まれていることが予測できる。
 よって、解答は、4つ。

設問(5) 難易度：★★★★☆

$(\alpha \alpha \alpha \alpha \beta)_n$ において β は連続することがなく、1つの読み枠に複数入ることもないので、 $(\alpha)_n$ と $(\alpha \alpha \alpha \beta)_n$ だけ分析すればよい。

遺伝ポリマーが $(\alpha)_n$ のときにタンパク質様ポリマーは $(a)_n$ より、 $\alpha \alpha \alpha \alpha$ は a を指定していることがわかる。
 $(\alpha \alpha \alpha \alpha \beta)_n$ のとき、 $\alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \alpha \alpha \alpha \alpha / \dots$ となり、表1より $(ajfdc)_n$ を指定していることがわかるので、 $\alpha \alpha \alpha \alpha$ は a を指定するから、そこから順番に $\beta \alpha \alpha \alpha$ は j , $\alpha \beta \alpha \alpha$ は f , $\alpha \alpha \beta \alpha$ は d , $\alpha \alpha \alpha \beta$ は c を指定していることがわかる。

これを踏まえて問題の $(\alpha \alpha \alpha \alpha \beta)_n$ について考える。読み枠を変えると、

- ① $\alpha \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \alpha \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \alpha \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \alpha \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \alpha \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \dots \rightarrow (afc)_n$
- ② $\alpha \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \alpha / \alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \alpha / \alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \dots \rightarrow (daj)_n$
- ③ $\alpha \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \alpha \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \alpha \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \alpha \alpha \alpha \alpha / \alpha \beta \alpha \alpha / \alpha \alpha \alpha \beta / \dots \rightarrow (caf)_n$
- ④ $\alpha / \alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \alpha / \alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \alpha \alpha / \alpha \alpha \beta \alpha / \alpha \alpha \alpha \alpha / \beta \alpha \dots \rightarrow (ajd)_n$

の4パターンの読み枠が考えられるが、①と③、②と④は同じであるから、 $(afc)_n$ と $(ajd)_n$ の2種類のポリマーができると考えられる。

よって解答は、 $(afc)_n$, $(ajd)_n$ である。

(神戸朱琉, 西川尚吾, 安藤さくら, 北川健斗)

2015 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 IV 地球温暖化の高山帯への影響

出題範囲	植生
難易度	★★★★☆
所要時間	18 分
傾向と対策	垂直分布をテーマとした大問。難易度は高くはないが、少ないデータを組み合わせで考察をしていく良問である。この問題では、「データから何がわかるか？」ということに加えて「出題者はなぜこのデータを示したのか？」ということ想像してほしい。出題者の意図をくみ取りデータの意味を類推する力は「結論を示すためにはどのようなデータを示す必要があるか」ということを考察する力に直結する。表や図に当たったときは出題者の意図まで考える訓練を試みよう。

解答

設問(1) (ア)温室効果 (イ)夏緑樹 (ウ)針葉樹

設問(2) 垂直分布

設問(3) $(2660\text{m} - 2540\text{m}) \div (90\text{年} - 10\text{年}) = 1.5\text{m/年}$

設問(4) ハイマツの分布範囲が広がるに伴い、草本 E の生育できる場所はハイマツの生息していない標高のより高い場所に限られる。そのため、ハイマツの分布が山頂まで到達する 48 年後には、この山で草本 E はみられなくなってしまう。(103 字)

設問(5) 草本 B, D の送粉者はおもにハチ類であるが、草本 A, C の送粉者はおもにハエ類である。2014 年の高温で草本 A~D の開花期間が早まったのに対し、ハチ類の活動期間は変化しなかったが、ハエ類の活動期間は早まった。そのため、草本 B, D のハチ類による送粉は減少したが、草本 A, C のハエ類による送粉は変化しなかったから。(153 字)

解説

設問(1) 難易度：★★★★☆

(ア)には温室効果が入る。太陽から来る電磁波などのエネルギー（太陽放射）によって地球は温められている。逆に地表からも赤外線などを介してのエネルギーが放出されている。大気中の水蒸気や二酸化炭素、メタン、フロンなどは地表から放射される赤外線を吸収し、その一部を地表側に放射している。このような効果のことを**温室効果**とよび、温室効果をもつ大気中の気体を**温室効果ガス**とよぶ。温室効果によって地表付近の熱が保たれており、もし地球の大気の温室効果が一切なかった場合、地表付近の温度は-19 度程度になると考えられている。

(イ)には夏緑樹が入る。ブナやミズナラが優占するのは**夏緑樹林**である。ブナもミズナラも北海道から九

州にかけて広くみられるが、温暖な地域では山地帯に、寒冷な地域では低地に生育している。

(ウ)には針葉樹が入る。日本の山地で夏緑樹林から標高を上がっていくと針葉樹林が分布するようになる。北海道の針葉樹林ではエゾマツやトドマツなどが、本州の針葉樹林ではシラビソ、カラマツ、トウヒ、コメツガなどがよくみられる。

以上より、解答は、(ア)温室効果、(イ)夏緑樹、(ウ)針葉樹である。

設問(2) 難易度：★★★★☆

世界のバイオームはその地域の気温や降水量などによって変化するが、降水量の十分多い日本のバイオームを考えるとときに重要なのは気温である。気温は緯度や標高が低い地域で高く、緯度や標高が高い地域で低くなる。この緯度によるバイオームの変化を水平分布、標高によるバイオームの変化を垂直分布とよぶ。

日本の垂直分布は、照葉樹林が分布する丘陵帯（低地帯）、夏緑樹林が分布する山地帯、針葉樹林が分布する亜高山帯、森林が形成されない高山帯の4つに分けられる（ただし、本州の亜高山帯には落葉広葉樹であるダケカンバ林が形成されることもある）。亜高山帯と高山帯の境界は森林限界とよばれ、それより高いところでは森林が形成されない。森林限界よりも標高が高いところにもまばらに高木が分布することが多いが、高木限界を超えると高木はみられなくなる。このようなところでは、ハイマツやコケモモなどの低木やコマクサなどの草本が分布しており、高山植物の群生地をお花畑とよぶ。



図 A お花畑の例（大雪山に咲くチングルマの花）

したがって、解答は垂直分布である。

◆Check!!

日本の水平分布

設問(2)では、日本の垂直分布について確認したが、ついでに水平分布についても確認しておこう。ここでバイオームの分布に言及する場合は、低地のみについてであることに留意してほしい。

沖縄や九州の南端では**亜熱帯多雨林**が広がっている。おもにみられる植物としては、ガジュマルやアコウ、アダンなどの木本や木生シダのヘゴが挙げられる。また、島々（島嶼部）の汽水域ではヒルギ類を中心としたマングローブ林が分布している。

九州から関東にかけては**照葉樹林**が広がっている。照葉樹林は常緑広葉樹により構成される森林で、おもな植物としてはクスノキ、スダジイなどのシイ類、アラカシなどのカシ類、タブノキなどが挙げられる。また、人間による伐採などによって成立した**二次林**では、コナラやクヌギなどの落葉広葉樹やアカマツなどの針葉樹もみられる。

東北から北海道南西部にかけては**夏緑樹林**が広がっている。夏緑樹林は落葉広葉樹により構成される森林である。おもな植物としてはブナやミズナラ、カエデ類などが代表的である。また、二次林においてはシラカバ（シラカンバ）などがみられる。

北海道東北部では**針葉樹林**が広がっている。北海道の針葉樹として代表的なのはトドマツとエゾマツである。トドマツは枝が幹から上向き、あるいは水平に生えているのに対し、エゾマツは垂れ下がって生えている。

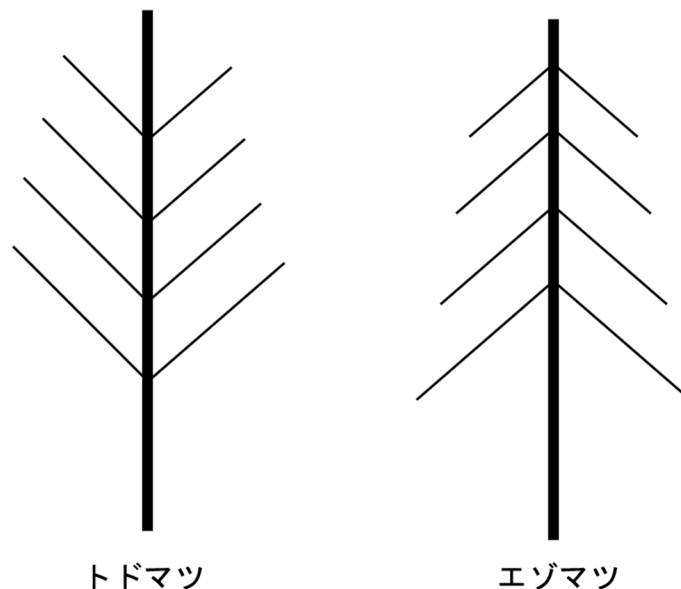


図 B トドマツとエゾマツの見分け方

設問(3) 難易度：★★★★☆

図 1 の標高とハイマツの平均樹齢の関係のグラフからハイマツの分布範囲の上昇速度を計算する。図 1 は温暖化によってハイマツの分布範囲に変化があるかどうかを調べたグラフであると問題文にある。これを踏まえて図 1 を見ていこう。

標高が 2500m から 2540m の地域ではハイマツの平均樹齢は 90 年であるのに対し、2540m から 2660m の地域にかけては標高が高くなるにつれて平均樹齢が低くなっている。温暖化が始まる前には標高 2540m 以下の地域にハイマツが分布していて、温暖化によって分布範囲が徐々に上昇していったと考えられる。

標高 2540m における平均樹齢は 90 年、標高 2660m における平均樹齢は 10 年であることより、90 年前から 10 年前にかけて分布範囲は 120m 上昇したことになる。したがって、解答は次のようになる。

解答例

$$(2660\text{m} - 2540\text{m}) \div (90\text{年} - 10\text{年}) = 1.5\text{m/年}$$

ここで間違えてしまうと次の設問(4)まで間違えてしまうので、確実に正解したい。

設問(4) 難易度：★★★★☆

ハイマツの分布範囲の上昇に伴い、草本 E の生育がどのように変化するかを答える。

設問文より、標高 2680m 以上のハイマツが生育していない部分に草本 E は分布し、ハイマツの下では生育できない。このことを踏まえれば、ハイマツの分布範囲が上昇するにつれて、草本 E の分布範囲も上昇すると考えられる。ハイマツの分布範囲の上昇がさらに進んでいき山頂にまで到達すると、草本 E はこの山から姿を消してしまうだろう。

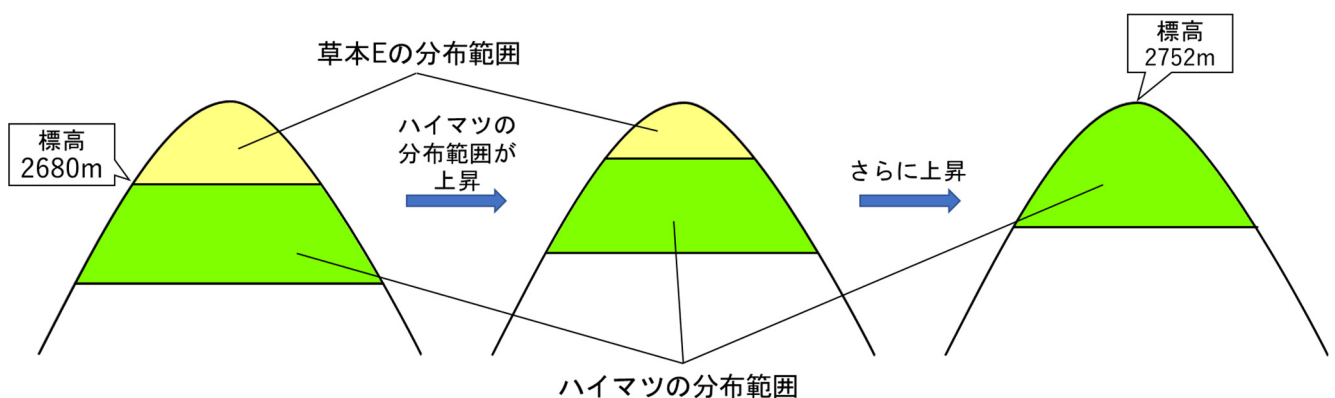


図 C ハイマツと草本 E の分布範囲の変化

設問(3)でハイマツの分布範囲の上昇速度を求めた。設問文中に「ハイマツの分布範囲の上昇速度は現在と同じ」とすると明記されているので、いつ頃ハイマツの分布範囲が山頂まで到達するのかを予想しなくてはならな

いだろう。山頂が標高 2752m、現在のハイマツと草本 E の分布範囲の境界が標高 2680m であること、分布範囲の上昇速度が 1.5m/年であることより、ハイマツの分布が山頂に到達するまでの時間は次の計算で求まる。

$$(2752\text{m}-2680\text{m})\div 1.5\text{m/年}=48 \text{ 年}$$

以上のことをまとめると、次のような解答になる。

解答例

ハイマツの分布範囲が広がるに伴い、草本 E の生育できる場所はハイマツの生息していない標高のより高い場所に限られる。そのため、ハイマツの分布が山頂まで到達する 48 年後には、この山で草本 E はみられなくなってしまう。(103 字)

設問(5) 難易度：★★★★☆

被子植物はほとんどの場合、花粉を媒介してもらうことで受粉を行う。このことを**送粉**とよぶ。送粉は風や水などのように非生物による場合もあれば、ハチやガ、鳥などの動物によることもある。送粉を行う動物は**送粉者**とよばれる。植物は花粉媒介の様式に合わせた花の特徴をもっている。例えば、イネなどの風媒花は、くすんだ緑や茶色といった色の花弁をもつか、そもそも花弁をもたない場合が多い。また、ガ媒花は、ガが活動する夜間にも存在を気づいてもらえるように、甘い香りをもち、白やピンク、黄色などの色の花弁をもつことが多い。

設問(5)では、図 2 の果実形成率を図 3 の草本の開花時期と昆虫の活動時期から考える。前述した内容を知っていれば、送粉が関係していることをすぐに考えつくだろう。

図 3 より、5～7 月の平均気温が前年よりも高かった 2014 年には、草本 A～D の開花期間とハエ類の活動期間が早まっていることがわかる。一方でハチ類は、平均気温の上昇にもかかわらず、活動期間は変化していない。そのため、ハエ類が送粉者である植物は前年と同じく受粉し果実を形成することができたが、ハチ類が送粉者である植物の受粉成功率は前年よりも低くなり果実形成率も低下した。

草本 B、D で果実形成率が低下したのは、それらのおもな送粉者がハチ類であったためであり、草本 A、C で果実形成率が変化しなかったのは、それらのおもな送粉者がハエ類であったためである。

したがって、解答例は次のようになる。

解答例

草本 B、D の送粉者はおもにハチ類であるが、草本 A、C の送粉者はおもにハエ類である。2014 年の高温で草本 A～D の開花期間が早まったのに対し、ハチ類の活動期間は変化しなかったが、ハエ類の活動期間は早まった。そのため、草本 B、D のハチ類による送粉は減少したが、草本 A、C のハエ類による送粉は変化しなかったから。(153 字)

(西川尚吾，熊井勇介，西浦佑香，北川健斗)