

2016 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 I ヒメツリガネゴケの伸長にかかわるタンパク質

出題範囲	植物ホルモン, バイオテクノロジー, 浸透圧, 細胞, 細胞小器官, 植物の反応, 植物の環境応答
難易度	★★★★☆
所要時間	15分
傾向と対策	設問(2), (5)を除いて基本的な語句を問う問題で, きちんと教科書に書いてあることを覚えていけば解答は難しくないだろう。サクサク答えていきたい。記述問題も考察の難しさというよりは, すでに知っている知識をうまくまとめたり, 実験結果を整理したりして文章にまとめられるかが重要である。設問(5)は, 赤色光, 青色光, 重力の3つについて条件を変えて行った実験結果から屈性について考察する問題であった。問題自体はそれほど難しいものではないが, 条件をうまく整理しなければ少々面倒な問題である。解答のためには, 表のどこを見ればよいのかうまく整理する力を身につけたい。

解答

設問(1) (ア)垂直 (イ)プラスミド (ウ)オーキシン

設問(2) 細胞壁のセルロース繊維の結合が緩められることで膨圧が低下し, 吸水によって細胞が伸長し表面積を増やす。(50字)

設問(3) 液胞:d 紡錘糸:c ゴルジ体:b アクチンフィラメント:e

設問(4) (エ)フィトクロム (オ)アミロプラスト

設問(5) 赤色光:無 青色光:正 重力:負

効力の強さ:青色光, 重力, 赤色光

理由:重力を感知できないアミロプラスト欠失株に赤色光を照射しても屈曲が見られないが青色光が照射されると原系体は下に屈曲する。このことから, 赤色光は効果がなく, 青色光は屈性に正の効果があるとわかる。光照射なしの野生株は上方に屈曲することから, 重力は負の効果をもつとわかる。

また, 野生株に青色光を照射すると下方へ屈曲することから, 青色光の効果は重力の効果よりも強い。

(178字)

解説

設問(1) 難易度:★★★★☆

比較的容易に解答できる語句問題である。のプラスミドや, のオーキシンは入試で頻出なので必ず覚えておきたい。

植物細胞の外側にはおもにセルロースによって構成される細胞壁が存在する。セルロースは β グルコースが直鎖状に重合したもので, 細胞膜直下の表層微小管の方向に従って細胞壁での配向が決定される。この表層微小管

の方向を決定づけているのが植物ホルモンのジベレリンとエチレンで、ジベレリンは表層微小管およびセルロース繊維を伸長方向に対して垂直に並び、エチレンはそれらを伸長方向に対し平行に並ぶ（図 A）。文 1 には、「セルロース繊維は伸長方向に対して〔ア〕に配列することで、細胞が丸く肥大するのを防いでいる。」とある。図 A を見ればわかるとおり、細胞が肥大しない、つまり細胞が細長く伸長するのはセルロース繊維が伸長方向に対して垂直に配列しているときである。よって〔ア〕は垂直。ジベレリンとエチレンは細胞壁に方向性をもたせて合成することで細胞の成長方向をコントロールしている。しかし、オーキシンが作用する細胞の成長は細胞壁の合成に依存しない。オーキシンは細胞壁の主成分であるセルロース繊維のつながりを緩めることで細胞の伸展性を増し、細胞を成長しやすくする。よって〔ウ〕はオーキシン。細胞伸長にはジベレリン、エチレン、オーキシンがかかわることを覚えておきたい。また、文 1「極性移動する」という記述も解答のヒントになっただろう。

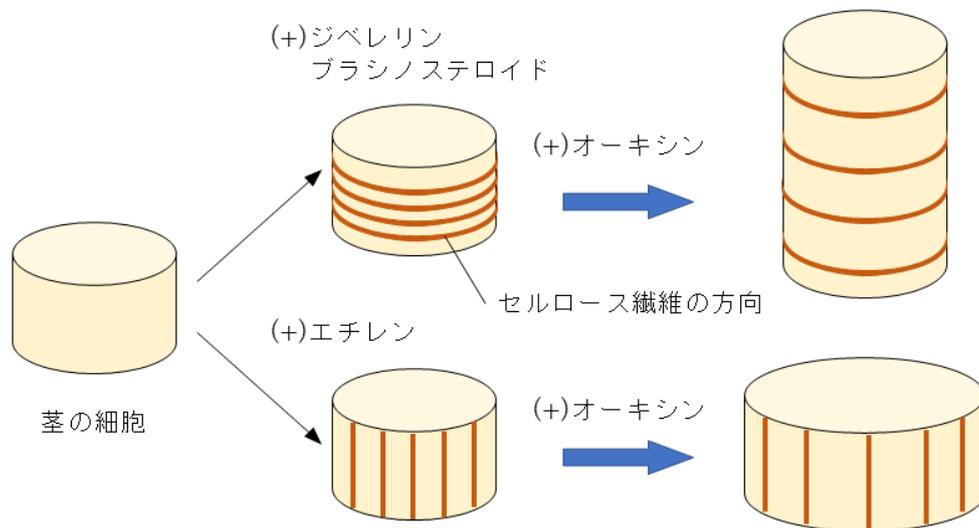


図 A 植物ホルモンと細胞伸長

大腸菌は環状 DNA である〔イ〕：プラスミドをもつ。プラスミドは細胞の染色体とは別に存在する環状 2 本鎖 DNA で、細胞分裂などとは無関係に複製できる。遺伝子導入の実験では、対象となる DNA が組み込まれた数千塩基対のプラスミドを大腸菌などに移入することで遺伝子を導入する方法がある。

以上より、解答は、(ア)垂直、(イ)プラスミド、(ウ)オーキシン。

設問(2) 難易度：★★★★☆

ヒメツリガネゴケの原糸体の細胞伸長について説明する問題。下線部①の直前の文に「植物ホルモン〔ウ〕と同様に、」と書いてあるため、ある種のコケ植物に対する特殊な知識が必要なわけではない。

設問(1)で〔ウ〕がオーキシンであるとわかっていれば解答の際のヒントになるだろう。設問(1)の解説でも述べたとおり、オーキシンは細胞壁の結合を緩めることで細胞の成長を可能にする。植物細胞は吸水して膨らむ

ときに、細胞壁を押し広げようとする圧力を生じる。この圧力は膨圧とよばれ、植物細胞は細胞壁から膨圧と同じ大きさの圧力を受ける。この反発により植物細胞の吸水は妨げられる。細胞壁が緩むと膨圧が小さくなるため、植物細胞の吸水が促進され、細胞の体積は大きくなる。吸水した水は液胞内に貯められる。

解答には「細胞壁を緩める」、「膨圧を下げて吸水する」の 2 点をおさえて記述したい。よって、解答は以下のとおり。

解答例

細胞壁のセルロース繊維の結合が緩められることで膨圧が低下し、吸水によって細胞が伸長し表面積を増やす。
(50 字)

設問(3) 難易度：★★★★☆

細胞小器官など細胞内の構造に関する問題である。1 つずつ選択肢を見ていこう。

- a) 細胞質分裂直後の染色体保持, 染色体の安定化を行うのは核膜である。安定化した染色体は核内に散在する。
- b) タンパク質の分泌を行うのは**ゴルジ体**である。ゴルジ体は小胞体から送られてきた物質を修飾し、分泌小胞を介して細胞外に分泌する。
- c) 細胞分裂時に染色体を分離させるのは微小管からなる**紡錘糸**である。
- d) 細胞液は**液胞**の中に含まれ、無機塩類、糖類、有機酸、アントシアンなどの色素、酵素などが貯蔵されている。植物細胞で発達する。
- e) 原形質流動などの細胞運動の制御を行うのは**アクチンフィラメント**である。正確にはアクチン上を細胞小器官などと結合した**ミオシン**がアクチンフィラメント上を移動することで輸送が起こる。
- f) タンパク質の合成を行うのはリボソームである。

よって、解答は、液胞：d、紡錘糸：c、ゴルジ体：b、アクチンフィラメント：e。

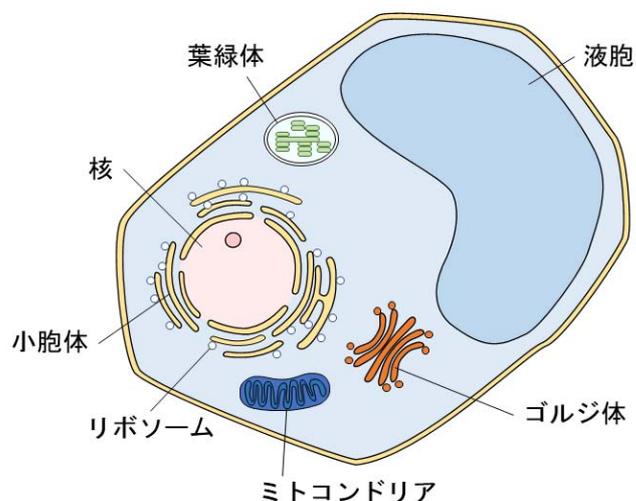


図 B 細胞小器官

設問(4) 難易度：★★★★☆

植物の光受容体には**フィトクロム**、**フォトトロピン**、**クリプトクロム**があり、それぞれ吸収する光の色やはたらきが異なっている。

(エ)：フィトクロムは赤色光を受けることで活性型である P_{FR} 型（遠赤色光吸収型）となつてはたらく。また、遠赤色光を受けると不活性型の P_R 型（赤色光吸収型）となる。フォトトロピンは青色光を受容する。それぞれの光受容体とそれらが受容する光の色については必ず覚えておこう。

表 A 光受容体と作用

光受容体	吸収光	作用
フィトクロム	赤色・遠赤色	花芽形成, 種子の光発芽, 避陰反応
フォトトロピン	青色	気孔開口, 光屈性 , 葉緑体の運動
クリプトクロム	青色・(紫外線)	胚軸伸長の抑制, 花芽形成

(オ)：アミロプラストは植物細胞に含まれるデンプン粒を含んだ細胞小器官で、重力方向の感知にかかわっている。アミロプラストそれ自体には重力を認識する能力はないが、ちょうど動物の平衡砂のようにはたらいで重力方向の感知に役立っている。詳しくは Check!! で確認しよう。

以上より、解答は、**(エ)フィトクロム**、**(オ)アミロプラスト**である。

◆Check!!

重力刺激の受容

植物は重力刺激をアミロプラストの移動によって感知している。

アミロプラストはデンプン粒を含む細胞小器官で、根では根冠の中心部の細胞に存在している。根が下を向いている状態では、アミロプラストは重力によって細胞の下側に集まっている。根が水平になるとアミロプラストは重力に従って細胞内を移動し、それが刺激となって細胞膜上のオーキシン輸送タンパク質の分布が変化し、オーキシンの移動方向が変化する。その結果、重力方向下側が濃く、上側が薄いオーキシンの濃度勾配ができる。根はオーキシン感受性が高いため、オーキシン濃度が高い側では伸長が抑制され、根は下に屈曲する。茎の屈曲の場合もおおむね同様で維管束近くの細胞にあるアミロプラストが関与している。ただし、茎は根よりオーキシン感受性が低いため、オーキシン濃度が高い側の伸長が促進され、茎は上に屈曲する。

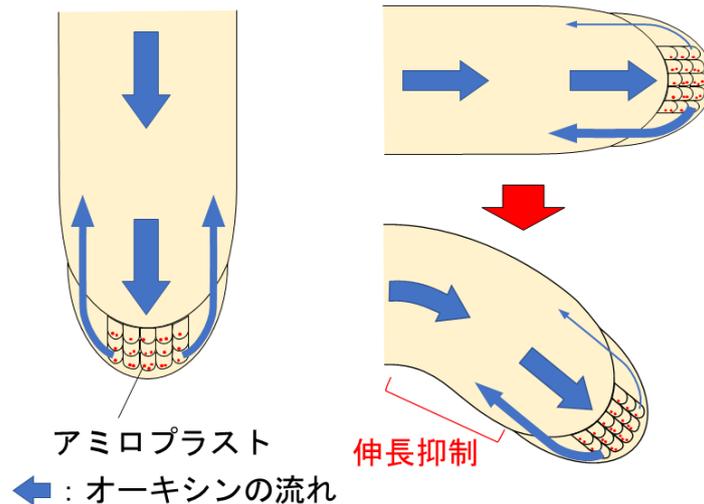


図 C アミロプラストの移動

設問(5) 難易度：★★★★☆

赤色光、青色光、重力の屈性に及ぼす影響の実験結果を読み取る問題。屈性の向き、有無、効果の強弱について問われているが、順序立てて解答していけばそれほど難しくはないだろう。本問のようにいくつかの条件が混在する実験では、問われている条件が比較できる実験を抜き出して考えると解答しやすいだろう。

まず、屈性に及ぼす効果の有無について考えていこう。赤色光については、重力と青色光が存在しない条件下での赤色光の有無を比較すればよい。これはアミロプラスト欠失条件下での赤色光照射ありと光照射なしを比較すればよい。この結果、赤色光を照射しても屈曲が見られないことから赤色光は屈性に効果は及ぼさない。同様に青色光については、アミロプラスト欠失株の青色光照射条件と光照射なしの条件を比較すればよい。その結果、青色光が照射されると原糸体は下に屈曲、つまり青色光は屈性に正の効果^①を及ぼす。重力については、光照射なしの条件下での野生株とアミロプラスト欠失株を比較すると、野生株では原糸体が上に屈曲していることから、重力は屈性に負の効果^②を及ぼす。よって解答は赤色光：無、青色光：正、重力：負となる。

また、屈性の強さについては野生型の青色光照射条件と光照射なしを比較すれば、重力が存在しているにもかかわらず正の屈性を示すので、重力より青色光のほうが効力が大きい^③ことがわかる。よって、効力の大きい順に青色光、重力、赤色光。これらの効果、効力の順であると考察した理由は上記の解説をまとめればよい。解答は次のとおり。

解答例

理由：重力を感知できないアミロプラスト欠失株に赤色光を照射しても屈曲が見られないが青色光が照射されると原糸体は下に屈曲する。このことから、赤色光は効果がなく、青色光は屈性に正の効果があるとわかる。光照射なしの野生株は上方に屈曲することから、重力は負の効果をもつとわかる。また、野生株に青色光を照射すると下方へ屈曲することから、青色光の効果は重力の効果よりも強い。(178 字)

表 B 実験結果

株	赤色光照	青色光照射	光照射なし
野生型	上	下	上
(エ)フィトクロム欠失変異体 (赤色光感知不能)	上	下	上
フォトトロピン欠失変異体 (青色光感知不能)	上	上	上
(オ)アミロプラスト欠失変異体 (重力感知不能)	-	下	-

①赤色光に関する比較
②青色光に関する比較
③重力に関する比較

屈性の問題では屈性の有無とその方向がセットで問われることが多い。本問では、屈性の向きについて「下方向に屈曲する場合の屈性を正とする」と示されているため、見落とさないようにしたい。

今回は調べたい条件だけが変わっている項目を比較して考察を行った。今回示した項目間以外での比較でも赤色光、青色光、重力が屈性に及ぼす効果を考察することは可能である。しかし、ほかの条件との効果の強弱によって調べたい条件の効果が覆い隠されてしまっている場合があるので、比較対象となる項目を選択する際には、本問のアミロプラスト欠失株の光照射なし条件との比較のようにできるだけほかの条件がはたらいでないものを選ぶとよい。

(後藤暁彦, 安藤さくら, 西川尚吾)

2016 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 II 染色体による性決定と表現型

出題範囲	遺伝子, 遺伝
難易度	★★★☆☆
所要時間	15分
傾向と対策	染色体, 特に性染色体に関する分野からの出題であった。設問(1)の語句問題は基本的な知識が要求されており, 必ず正解したい。設問(2)の計算問題も設問中に必要な数値が示されており, それほど難しくはなかっただろう。設問(5)で出題されている伴性遺伝は, 遺伝子型を性別ごとに分けて考える必要があるため, 演習を積んでいない場合は難しかっただろう。記述については設問(3), (5)–3は設問文で与えられた情報を整理してうまく説明できるかが重要であった。

解答

設問(1) (ア)ヒストン (イ)ヌクレオソーム (ウ)クロマチン繊維 (エ)常染色体 (オ)相同染色体 (カ)対合 (キ)乗換え

設問(2) 3.0×10^9 (塩基対) $\times 2$ (組) $\times 0.34 \times 10^{-9}$ (m/塩基対) = 2.04m 2.0m

設問(3) *SRY* 遺伝子は精巣を分化させる機能をもつが, *SRY* 遺伝子だけでは精巣を発達させることや精子を形成させることはできない。(59 字)

設問(4) 1) 雄 : ZZ 雌 : ZW

2) 性別は W 染色体の有無によって決定され, W 染色体をもつ個体が雌となり, もたない個体は雄になる。(49 字)

3) 性染色体構成 : WW 性別 : 雌 生存率 : 50%

設問(5) 1) (ク)赤眼 (ケ)白眼 (コ)赤眼

2) 性染色体構成が XX, XXX, XXY のものが雌となり XY, X のものが雄となることから, 性別は X 染色体の本数によって決定され, X 染色体が 2 本以上で雌となり, 1 本では雄となる。(85 字)

3) Y 染色体は性決定には関与しないが, 精子の形成にかかわっている。(31 字)

解説

設問(1) 難易度 : ★★★★★

遺伝子と染色体に関する基本的な語句問題である。必ず正解したい。

染色体は細胞分裂中期に観察され, その構造は以下のようにになっている。DNA は (ア) : ヒストンと呼ばれるタンパク質と結合した (イ) : **ヌクレオソーム** という構造をとっている。このヌクレオソームは染色体の基本単位で, これらが規則正しく折りたたまれたものが (ウ) : **クロマチン繊維** である。

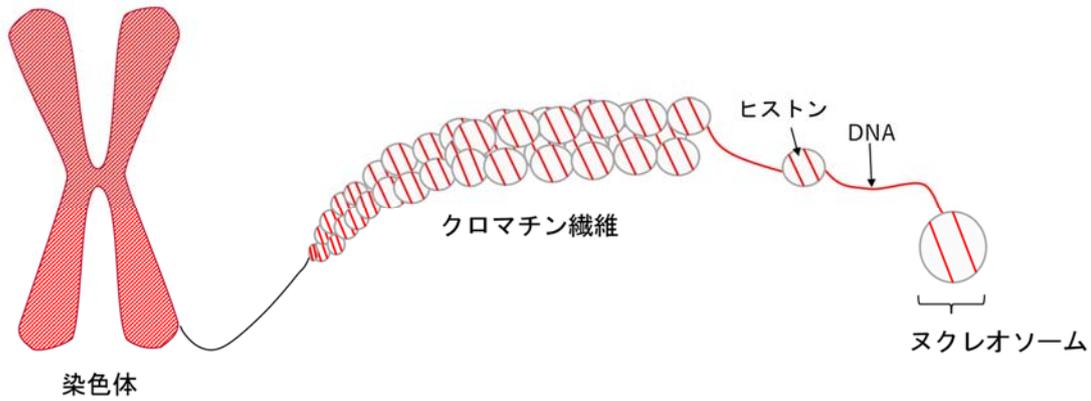


図 A 染色体の構造

染色体は雌雄で共通の **(エ)** : 常染色体と、雌雄で異なる性染色体に大別される。染色体は父親と母親から 1 組ずつ受け継ぐため、それぞれが対になるものが存在する。これを **(オ)** : 相同染色体といい、大きさや形がおおむね同じである。減数分裂時の染色体の挙動は体細胞分裂時とは異なり、まず相同染色体どうしの **(カ)** : 対合が起こる。対合が起こると、染色体の一部が交換される **(キ)** : 乗換えが起こる。乗換えは染色体の一部の物理的な交換のことを指し、両親とは異なる遺伝子の組み合わせが生み出される。この現象を組換えという。

よって、解答は、(ア)ヒストン、(イ)ヌクレオソーム、(ウ)クロマチン繊維、(エ)常染色体、(オ)相同染色体、(カ)対合、(キ)乗換えである。

設問(2) 難易度：★★★★☆

細胞中のゲノム DNA の長さを求める問題。典型問題であり、必ず取りたい。

設問の誘導に従って解いていこう。示されている情報を整理すると、ゲノムは 30 億塩基対、体細胞中には 2 組のゲノム、二重らせんの塩基間の距離は 0.34nm だとわかる。求めるのはゲノム DNA の長さである。ゲノム 1 組の長さではないことに注意したい。

体細胞中のゲノム DNA の塩基対数は 30 億塩基対 × 2 組。塩基間の距離が 0.34nm であるので、式は以下のようになる。解答は有効数字を考慮して 2.0m とした。

解答例

$$3.0 \times 10^9 \text{ (塩基対)} \times 2 \text{ (組)} \times 0.34 \times 10^{-9} \text{ (m/塩基対)} = 2.04\text{m} \quad 2.0\text{m}$$

単位をうまく換算して 10^x の形にしておけば計算もしやすく、ミスも減るだろう。

今回は設問中に解答を導くために必要な情報が出揃っていたが、体細胞 1 つに 2 組のゲノムがあること、塩基間の距離が 3.4nm であることなどは知っておくといいだろう。ほかにも、ヒトの体細胞すべての DNA 長を求める問題や、1 遺伝子あたりの DNA 長を求める問題など、DNA の長さを求める計算問題は出題されやすい。今

回のゲノム 2 組, 1 ゲノムあたり 30 億塩基対, 遺伝子数 2 万など, 解答のヒントになりやすい情報はポイントとしておさえておこう。

設問(3) 難易度 : ★★☆☆☆

設問文を丁寧に読めば難しい問題ではない。整理しながら読んでいこう。

まず, *SRY* は Y 染色体上の遺伝子, つまり雄に特異的なものだとわかる。これを XX 型の染色体をもつマウス, つまり雌のマウスに導入すると性転換が起こり精巣が形成される。*SRY* 遺伝子の導入以外にこのマウスに行った操作はないので, 精巣の形成は *SRY* 遺伝子のはたらかきであるとわかるだろう。しかし, 形成された精巣が発達しないことや精子の形成が起きないことから, これらの発達には *SRY* 遺伝子以外の要因が必要であることがわかる。解答はこれらをまとめて次のとおり。

解答例

SRY 遺伝子は精巣を分化させる機能をもつが, *SRY* 遺伝子だけでは精巣を発達させることや精子を形成させることはできない。(59 文字)

◆Check!!

性決定様式

雌雄異体の生物では, 雌雄が共通にもつ常染色体と雌雄間で異なる性染色体をもつことが多い。性染色体上には性分化を決める遺伝子が存在し, その組み合わせによって性別が決定される。設問(3)では性決定遺伝子として *SRY* 遺伝子が登場したが, このほかにもメダカの *DMY* やアフリカツメガエルの *DM-W* などがある。このように, 生物の性決定は特定の遺伝子によるものも多い。

代表的な性決定様式である染色体による性決定について確認しておこう。

生物の性染色体構成による分類は雄ヘテロ型の XY 型と XO 型, 雌ヘテロ型の ZW 型と ZO 型がある。実験動物や家畜など, 有名な生物は入試問題にも出題されやすいため, 覚えておきたい。

表 A 染色体による性決定

雄ヘテロ接合型	XY 型	XO 型
	ヒト, ショウジョウバエ, メダカ	バッタ, トンボ, ヤマノイモ
雌ヘテロ接合型	ZW 型	ZO 型
	ニワトリ, カイコガ, ヘビ	ミノガ, スッポン

一方で, 温度など遺伝以外の要因によって性決定がなされる生物もいる。ワニやウミガメなどがその

代表的な例で、ミシシッピワニは発生の特定の時期の温度が 34℃以上では雄しか生まれず、30℃以下だと雌しか生まれず。逆にアカウミガメでは 32℃以上では雌しか生まれず、28℃以下では雄しか生まれず。これには、性ホルモンを変換する酵素がかかわっていると考えられている。

設問(4) 難易度：★★★★☆

1) 実際に書き出して調べるのがいいだろう。

まず、雄の性染色体構成について考えていこう。問3のCheck!!で確認したとおり、染色体による性決定の様式には雌ヘテロ接合型と雄ヘテロ接合型がある。それぞれの条件で通常雄と雄が性転換した雌（以降性転換雌とする）を交配させると図Bのようになる。実験の結果生まれてくる子はすべて雄だったことから、この両生類は雌ヘテロ接合型の性決定様式であることがわかる。よって、通常の雄の性染色体構成はZZである。

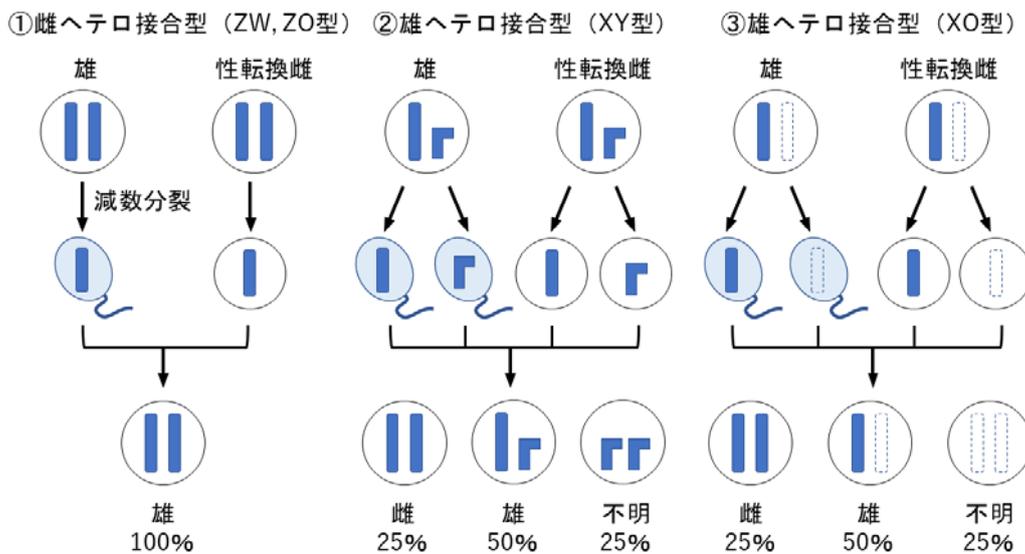


図 B 通常雄と性転換雌の交配

次に、雌の性染色体構成について考えていこう。この両生類が雌ヘテロ接合型であるとわかったので、雌の性染色体構成の候補としてはZW型とZO型が考えられる。ZW型、ZO型の交配の結果は図Cのようになる。ここで、生まれてきた子供には自然界には通常存在しない性染色体構成であるWW（ZW型の場合）と性染色体なし（ZO型の場合）の個体が25%ずついることに注意したい。性決定様式がZW型の場合、「雌特有にみられる性染色体をW染色体とよぶ」と問題文中にあることから、Wをもつ個体が雌、つまりWW個体は雌であると判断できる。一方、性決定様式がZO型の場合、Z染色体の本数で性別が決定され、1本の場合は雌、2本の場合は雄になる。つまり、両親から1つもZ染色体が渡されない個体の性別を決定することはできない。実験の結果、生まれた子供の性比は75%が雌で25%が雄であった。このことから、この両生類の雌の性染色体構成はZW

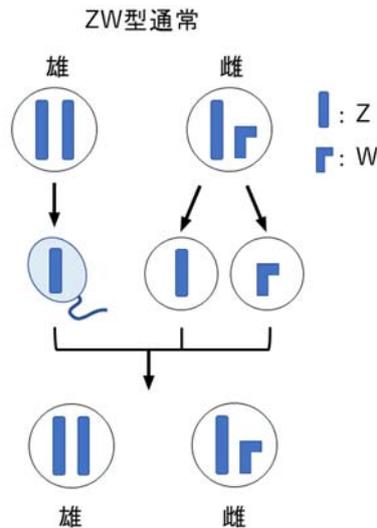


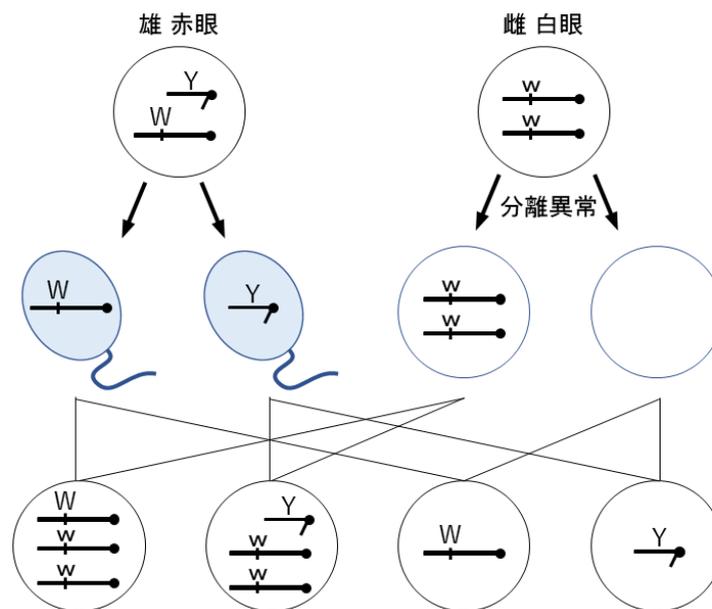
図 D ZW 型生物の自然交配

設問(5) 難易度：★★★★☆

性染色体と形態を決定する遺伝子が出てきた時点で伴性遺伝の問題だと見抜きたい。

伴性遺伝とは、性染色体上に存在する遺伝子がかかわる遺伝である。性別によって性染色体の構成が異なるため、性によって表現型の分離比が異なる。

1) 問題文より、赤眼と白眼は X 染色体上に存在する対立遺伝子で、通常の白眼の雌と赤眼の雄を交配させることで得られる子の遺伝子型と表現型は雄 w 白眼，雌 Ww 赤眼となる。ここから、赤眼にする遺伝子 W は白眼にする遺伝子 w に対して優性であることがわかる。図 E に示したように、染色体に分離異常がある場合の子の性染色体構成と遺伝子型は XXX : Www, XXY : ww, X : W, Y : なしとなる。赤眼にする遺伝子 W は白眼にする遺伝子 w に対して優性であることから、解答は、(ク)：赤眼，(ケ)：白眼，(コ)：赤眼。



2) 次に、キイロショウジョウバエの性決定について考える。性染色体構成と性別に注目すると、Y 染色体がない雄や Y 染色体をもつ雌がいることから、Y 染色体の有無は性別の決定には関係ないことがわかる。X 染色体について考えると、X 染色体を 2 本または 3 本もつものが雌になっており、1 本しかもたないものは雄になることがわかる。解答にはこれらをまとめて記述すればよい。

解答例

性染色体構成が XX, XXX, XXY のものが雌となり XY, X のものが雄となることから、性別は X 染色体の本数によって決定され、X 染色体が 2 本以上で雌となり、1 本では雄となる。(85 字)

3) 正常型雄と異常型雄を比較することで解答できる。正常型の雄の性染色体構成は XY で精子を形成することができるが、性染色体を X しかもたない雄は精子を作ることができないことから、Y 染色体の有無が精子の形成にかかわっていることがわかる。

したがって、解答は次のようになる。

解答例

Y 染色体は性決定には関与しないが、精子の形成にかかわっている。(31 字)

伴性遺伝の問題は、遺伝の問題としては比較的出題されやすい。今回の設問(5)ではキイロショウジョウバエの眼の色に関する伴性遺伝が出題されたが、ほかに伴性遺伝がかかわるものとしては、赤緑色覚異常や血友病がある。これらを題材にした問題を目にしたら、性染色体の挙動に注意して考えていきたい。

(後藤暁彦, 神戸朱琉, 西浦佑香)

2016 年度 名古屋大学 前期 生物

問題 III 新種生物のコロニー間における発光の同期

出題範囲	実験考察
難易度	★★★★☆
所要時間	15分
傾向と対策	1つの設問のみからなる問題であり、実験を設定し結果を予測する記述を3つ問われている。このような記述は考察を必要とするため比較的難しい。それだけでなく、解答が多岐に渡り採点も難しいため類題はあまり多くないだろう。しかし、採点が面倒であるにもかかわらず出題しているということは、大学側が実際に科学的に考察することのできる学生を欲しているのであり、受験生は大学側の要求を満たすように努力しなくてはならない。この問題はそのような力を身につけるのにいい問題であるので、時間を計って解くだけでなく、時間にとらわれずにじっくりと考えてみてほしい。

解答

設問

パターン 1

情報伝達手段：電流

実験と予測される結果：実験 2 の 2 つのコロニーそれぞれに電極とリード線を取り付け、精密な電圧計に接続する。この時、2 つのコロニーそれぞれにおける電圧の変化と発光の周期を記録する。次に、2 つのコロニーを針金で接続し、その 1 時間後の 2 つのコロニーの電圧の変化と発光の周期を記録する。この時、電圧は発光とほぼ同じ周期で変化しており、針金でコロニーどうしを接続すると、発光と電圧の変化の両方が同期すると予測される。(202 字)

パターン 2

解答例 1

情報伝達手段：光

実験と予測される結果：水槽にコロニーを 1 つ入れ、発光の様子をコロニーから 20cm 以内の場所からビデオカメラで 1 時間以上撮影する。次にコロニーから 20cm 以内の場所にモニターを置き、発光が同期していない状態で映像を再生する。1 時間後に映像のコロニーの発光に水槽内のコロニーの発光が同期しているか調べる。この時、水槽内のコロニーの発光が映像のコロニーの発光に同期していると予測される。(179 字)

解答例 2

情報伝達手段：光

実験と予測される結果：実験 2 のように水槽を配置し、コロニー間の距離を 40cm 以下にする。水槽と水槽の間に特定領域の波長の光だけを通すフィルタのセットを設置する。1 時間ごとにフィルタを変え、それぞれのフィルタの場合で発光が同期しているかを調べる。この

時、フィルタによって発光の同期の有無が変化すると予測される。(143 字)

パターン 3

解答例 1

情報伝達手段：振動

実験と予測される結果：実験 2 の水槽を柔らかいスポンジの厚手マットの上に乗せ、コロニー間の距離を 40cm 以内とし、1 時間後に 2 つのコロニーの発光が同期しているか調べる。この時、2 つのコロニーの発光は同期しなくなると予測される。(101 字)

解答例 2

情報伝達手段：振動

実験と予測される結果：実験 4 の両方の水槽の中に水中用の集音器を取り付け、それぞれ別のアンプとスピーカーに接続し、それぞれのスピーカーをもう一方の水槽の近くに置く。2 つのスピーカーで同じ音量に設定し、集音器で集めた音を流し、1 時間後に 2 つのコロニーの発光が同期しているかを調べる。2 つのスピーカーの音量をさまざまに変えて、同様に調べる。この時、スピーカーから流れる音にも発光と同様の周期が存在し、ある音量以上では 2 つのコロニーの発光と音の両方が同期するが、その音量未満ではどちらも同期しないと予測される。(240 字)

解説

設問 難易度：★★★★☆

とある新種生物の周期的な発光の同期について、その情報伝達手段が何かを仮説として立て、その仮説を検証する実験と仮説が正しい際に予測される結果を記述する問題である。先に留意しておきたいのは、このような実験を組み立てる問題には多様な正解が考えられるということである。主要なものは上に解答例として提示したが、ほかにも正解となる解答が存在するので、自分の解答が正しいか気になる場合には学校の先生などに相談してみるのがいいだろう。

パターン 1 について考えてみよう。パターン 1 では、実験 1 でのみ発光が同期し、ほかの実験では同期していない。実験 1 と実験 2~4 の大きな違いとしては、2 つのコロニーが同じ水槽に入っているか、別々の水槽に入っているかという点が挙げられる。同じ水槽に入っているときにのみ同期するということから、情報伝達手段を予測する。実験室にある道具をヒントにしながら考えると、電流と化学物質が思い浮かぶだろう。しかし、この情報伝達は約 3 秒周期の発光を同期している。これはすなわち、情報伝達手段となるものも約 3 秒の周期で変化し、それぞれのコロニーがどのような状況であるかをほかのコロニーへと伝えているということである。これを踏まえると、化学物質が 20cm も離れたコロニーどうしの約 3 秒周期の発光を同期するとは考えにくい。したがって、パターン 1 の情報伝達手段として考えられるのは**電流**である。

次に実験と予測される結果を考えよう。電流が情報伝達手段であることを証明するには、電流が 2 つのコロニー間を流れることができる場合にのみ発光が同期することを示す必要がある。ここで実験室にある道具で電流に

関連しそうなものは、精密な電圧計、電極とリード線、針金くらいである。なので、2つのコロニーを実験2のように別々の水槽に入れ、それぞれのコロニーに電極とリード線を取り付け電圧計に接続し電圧を計測するとともに、2つのコロニーを針金で接続すればよい。電流が情報伝達手段であるならば、この時に発光が同期するはずである。また、同時に電圧の変化にも発光と同様の周期があることを示すことができればなおよい。

したがって、解答例は次。

解答例

情報伝達手段：電流

実験と予測される結果：実験2の2つのコロニーそれぞれに電極とリード線を取り付け、精密な電圧計に接続する。この時、2つのコロニーそれぞれにおける電圧の変化と発光の周期を記録する。次に、2つのコロニーを針金で接続し、その1時間後の2つのコロニーの電圧の変化と発光の周期を記録する。この時、電圧は発光とほぼ同じ周期で変化しており、針金でコロニーどうしを接続すると、発光と電圧の変化の両方が同期すると予測される。(202字)

化学物質が情報伝達手段である可能性が高いとは考えにくいということは上述したが、可能性を捨ててくることはできず、化学物質という解答が正解となるのか不正解となるのかは大学側の採点基準次第と言わざるを得ない。念のため、以下に情報伝達手段が化学物質である場合の実験と予測される結果を示しておく。

「中央を半透膜で仕切った水槽を用意し、2つのコロニーを、半透膜を挟んで20cm以下の距離に置く。1時間後に2つのコロニーの発光が同期しているかを調べる。その後、半透膜の対応する分子量を変えて同様に調べる。この時、ある分子量よりも小さい分子量しか通さない半透膜のときは同期しないが、ある分子量以上の分子を通す半透膜のときは同期すると予測される。」

次にパターン2について考えよう。パターン2では、2つのコロニーの間に金属板を挟んだときにのみ発光が同期しなくなる。すなわち、金属板により遮断されるものが情報伝達手段となっているということである。実験室にある道具をみても、情報伝達手段としては光以外に考えられないだろう。

次に実験と予測される結果を考えよう。ビデオカメラとモニターを使う方法が考えられる。ここではコロニー間の距離を注意しなくてはならないが、「ビデオカメラと水槽内のコロニーの距離」+「モニターと水槽内のコロニーの距離」が40cm以内になるように設定すればよい。

また、特定領域の波長の光のみを通すフィルタを用いる実験でもよいだろう。フィルタを変えた場合にコロニー間の同期の有無が変化すれば、同期する手段として光が使われていると示せるからである。

したがって、解答例は次。

解答例1

情報伝達手段：光

実験と予測される結果：水槽にコロニーを 1 つ入れ、発光の様子をコロニーから 20cm 以内の場所からビデオカメラで 1 時間以上撮影する。次にコロニーから 20cm 以内の場所にモニターを置き、発光が同期していない状態で映像を再生する。1 時間後に映像のコロニーの発光に水槽内のコロニーの発光が同期しているか調べる。この時、水槽内のコロニーの発光が映像のコロニーの発光に同期していると予測される。(179 字)

解答例 2

情報伝達手段：光

実験と予測される結果：実験 2 のように水槽を配置し、コロニー間の距離を 40cm 以下にする。水槽と水槽の間に特定領域の波長の光だけを通すフィルタのセットを設置する。1 時間ごとにフィルタを変え、それぞれのフィルタの場合で発光が同期しているかを調べる。この時、フィルタによって発光の同期の有無が変化すると予測される。(143 字)

最後にパターン 3 を考えよう。パターン 3 では、2 つのコロニーがある机が別々にされた場合にのみ同期しなくなる。すなわち、情報伝達手段は机によって伝達されるものであると考えられる。そのような情報伝達手段は、実験室にある道具と合わせて考えると、**振動**しかないだろう。振動は空気中も伝わるが、空気中では振動は微弱なものとなってしまう、もう一方のコロニーまでは届かないとするのが自然な考えである。

次に実験を考える。まずは、実験 2 のような机を介して振動が伝達されていると考えられるものに対し、その水槽の下に柔らかいスポンジの厚手マットを敷くというのはどうだろうか。これによって、コロニーが発した振動はマットに吸収され、もう一方のコロニーには伝わらないので、2 つのコロニーの発光は同期しないと予測される。以上のことを解答にまとめればよい。

何かが情報伝達手段となっていることを示す実験には大きく分けて 2 つのパターンが考えられる。1 つは情報伝達手段のみを取り除く実験である。もう 1 つは情報伝達手段のみを伝える実験である。上の解答例は前者であり、後者の例としては次のような方法がある。集音器とアンプとスピーカーを用いて、片方のコロニーの発した振動をもう一方のコロニーへと伝える。この時、スピーカーで流す音量が一定以上になると発光が同期するようになれば、情報伝達手段が振動であるといえるだろう。この解答の優れている点は、情報伝達手段である振動に発光と同様の周期性が存在することも同時に調べられる点である。

また、別解では集音器、アンプ、スピーカーをそれぞれ 2 つずつ用いた。これは、コロニーどうしの発光の同期には双方向の情報伝達が必要である場合に備えたためである。しかし、おそらく一方向の情報伝達でも同期が起こると考えられるので、集音器、アンプ、スピーカーをそれぞれ 1 つずつしか用いない解答も正解となるだろう。(パターン 2 の解答例が正解となる理由も同様である。)

したがって、解答例は次。

解答例 1

情報伝達手段：振動

実験と予測される結果：実験 2 の水槽を柔らかいスポンジの厚手マットの上に乗せ、コロニー間の距離を 40cm 以内とし、1 時間後に 2 つのコロニーの発光が同期しているか調べる。この時、2 つのコロニーの発光は同期しなくなると予測される。(101 字)

解答例 2

情報伝達手段：振動

実験と予測される結果：実験 4 の両方の水槽の中に水中用の集音器を取り付け、それぞれ別のアンプとスピーカーに接続し、それぞれのスピーカーをもう一方の水槽の近くに置く。2 つのスピーカーで同じ音量に設定し、集音器で集めた音を流し、1 時間後に 2 つのコロニーの発光が同期しているかを調べる。2 つのスピーカーの音量をさまざまに変えて、同様に調べる。この時、スピーカーから流れる音にも発光と同様の周期が存在し、ある音量以上では 2 つのコロニーの発光と音の両方が同期するが、その音量未満ではどちらも同期しないと予測される。(240 字)

(西川尚吾, 安藤さくら, 西浦佑香)

2016 年度 名古屋大学 前期 生物

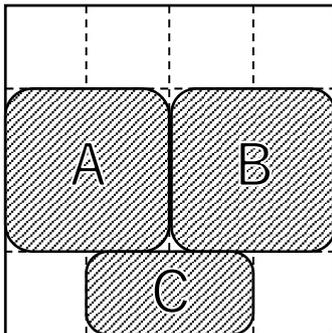
問題 IV 生態系における種間関係と生物多様性

出題範囲	種間関係, 生態系
難易度	★★☆☆☆
所要時間	16 分
傾向と対策	生態系をテーマとする大問である。2, 3 年に 1 度は出題されている分野で, 対策が必要である。本問は全体的に記述が多めで, 一見とっつきにくそうに見える。しかし, 設問(5)(6)は定番の記述問題であるし, 設問(3)は易しい考察問題である。そのため, 全体的な難易度はほかに比べてやさしめとなっており, 基本的な知識を確認する問題となっている。基礎がしっかりと身につけていて問題演習をそこそこ積んでいる人なら, 満点近く取れたのではないだろうか。

解答

設問(1) ①種間競争 ②相利共生

設問(2)



設問(3) 実験方法：植物 D を 2 株用意し, 片方からはアリ E を取り除きながら, もう一方からは取り除かず育てる。この時の被食量の違いを調べる。(58 字)

予想結果：アリ E を取り除かずに育てた株は, アリ E を取り除いて育てた株よりも, 植食性動物による被食量が少なくなる。(51 字)

設問(4) **解答例**

外来生物：グリーンアノール

影響：小笠原諸島などでオガサワラトンボ, オガサワラゼミなど固有の昆虫を捕食し, 固有種の数減少させている。(50 字)

設問(5) 遺伝的多様性が高い種の場合, 環境の変化に適応することのできる個体が存在する可能性が高くなるので, 絶滅の可能性が低くなる。(60 字)

設問(6) かく乱の程度が強いときはかく乱に強い種のみが生き残り, かく乱の程度が弱いときは種間競争に強い種のみが生き残る。それに対し, かく乱の程度がその中間のときにはどちらの種も生き残ることができるため。(96 字)

解説

設問(1) 難易度：★★★★☆

餌や生活空間を奪い合う種間関係は種間競争，両方の種が利益を得る種間関係は相利共生という。

したがって，解答は，①種間競争，②相利共生である。ほかの種間関係の例については下の Check!! で確認しておこう。

◆Check!!

種間関係

【種間競争】

生物は環境，すなわち餌や空間などの資源を利用することにより生存することができるが，ある種の生物が環境の利用において生態系の中で占める位置をニッチ，あるいは生態的地位とよぶ。一般に，ある環境において継続的に生存できる生物の最大量である環境収容力よりも生物の繁殖力のほうが大きいため，資源をめぐる相互作用である競争が起こる。ニッチが類似した生物間では共通の資源をめぐる競争が起こるが，この異なる生物間の競争を種間競争という。原則的に，類似したニッチをもつ複数の生物種は安定的に共生できない。そのため，類似したニッチをもつ生物種が複数存在する場合，競争に弱い生物種は種間競争によって排除されてしまうことがある（競争的排除）。

【被食者－捕食者相互関係】

いわゆる食う食われるの関係である。捕食者密度は被食者の増加率に影響を与え，被食者密度は捕食者の増加率に影響を与える。そのため，一般に捕食者密度と被食者密度は次の図のように変動する。

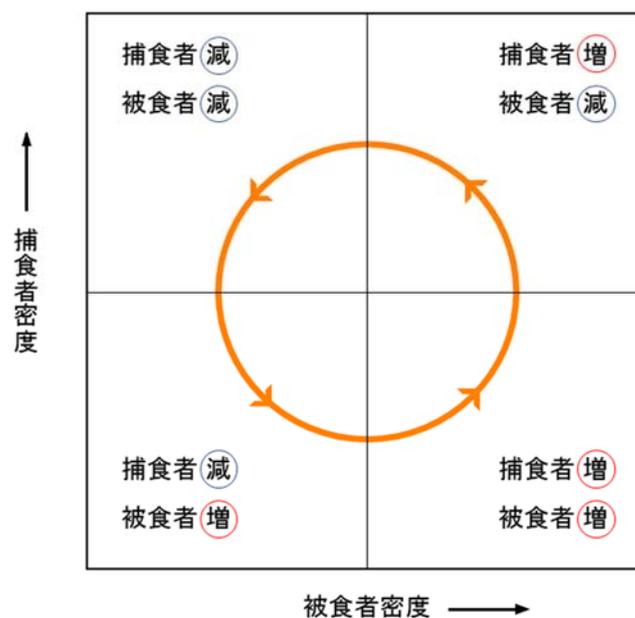


図 A 被食者と捕食者の個体数の変動

【共生】

共生は双方の利害によって 4 パターンに分類される。

1 つ目は、双方が利益を得る **相利共生** である。具体例としては、アブラムシとクロオオアリ、マメ科植物と根粒菌などが挙げられる。

2 つ目は、一方が利益を得、他方は利益も害も受けない **片利共生** である。具体例としては、コバンザメと大型水生生物などが挙げられる。

3 つ目は、一方が利益を得、他方は害を受ける **寄生** である。寄生者の例としてはダニ、ヒル、ヤドリギなどが挙げられ、寄生される生物は宿主とよばれる。

4 つ目は、一方が害を受け、他方は利益も害も受けない **片害** である。具体例としては、セイタカアワダチソウと周辺の植物などが挙げられる。セイタカアワダチソウは根から植物の生育を抑制する物質を分泌する。この作用はアレロパシー（他感作用）とよばれ、他の植物には害になる。一方、他の植物の存在はセイタカアワダチソウに対して中立であり、害にも利益にもならない。

設問(2) 難易度：★★★★☆

3 種のリスが単独で生息する場合のニッチが図示されており、そこから 3 種が同時に生息している場合のそれぞれのニッチを図示する問題である。ちなみに、単独で生息する場合のニッチと種間競争によって変化した場合のニッチは、それぞれ **基本ニッチ**、**実現ニッチ** とよばれる。

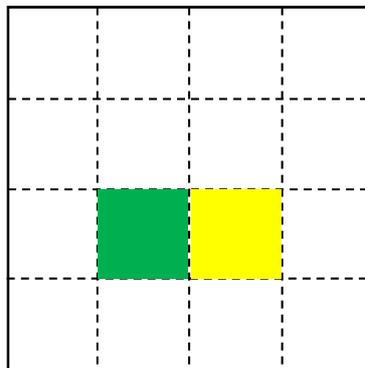
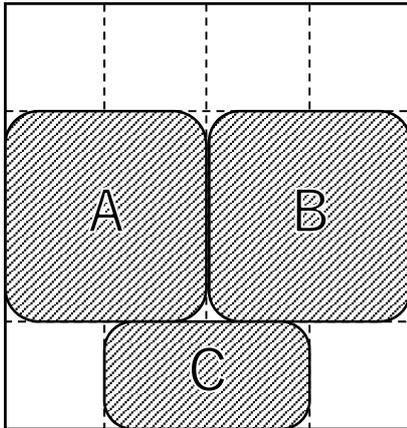


図 B 種間競争の起こる位置

基本ニッチどうしが重なっている部分の資源をめぐる種間競争が起こる。つまり、図 1 より種間競争が起こるのは図 B の緑色と黄色の部分で、緑色の部分ではリス A とリス C が、黄色の部分ではリス B とリス C が種間競争をする。

ここで、設問文に「餌や生活空間を奪い合う力の強さがリス A > リス B > リス C」とあるので、緑の部分ではリス A が、黄色の部分ではリス B が他種を排除し、そのニッチを占めると考えられる。

以上より，解答は次のようになる。



設問(3) 難易度：★★★★☆

「アリ E は植物 D に植食性動物の排除という利益をもたらす」という仮説を検証する実験と，仮説が真であるときの結果を予想する問題。実験を組み立てる問題は難しくなることが多いが，この問題は標準的で取り掛かりやすいと思われる。

アリ E の存在の有無によって，植物 D に付いている植食性動物の数がどのように変化するかを調べればよい。しかし，実際に植食性動物がどれくらいいるかを調べるのは大変なので，植食性動物による植物 D の被食量を基準にして調べればよい。被食量が少なくなるということは，植食性動物が少ないことよりも植物 D にとって直接的な利益となるので，被食量を調べる方が合理的である。

結果はすぐに予想できると思うが，アリ E がいる場合は被食量が少なく，アリ E がいない場合は被食量が多いと考えられる。

以上のことを解答にまとめればよい。

解答例

実験方法：植物 D を 2 株用意し，片方からはアリ E を取り除きながら，もう一方からは取り除かずに育てる。

この時の被食量の違いを調べる。(58 字)

予想結果：アリ E を取り除かずに育てた株は，アリ E を取り除いて育てた株よりも，植食性動物による被食量が少なくなる。(51 字)

設問(4) 難易度：★★★★☆

日本の在来の生物や生態系に影響を及ぼしている外来生物の名前を 1 つ挙げ，その影響を具体的に説明する問題である。解答のポイントとしては，影響を具体的に説明することが求められているので，駆逐された在来種の名前，あるいは地域の名前などを入れるとよいと思われる。また，人への影響である農作物の食害などを外来種による生態系への影響とするのはふさわしくない。

外来生物とは、人間の活動によって本来の生息地から別の場所に移され、そこで定着した生物のことをいう。外来生物は在来種との間に個体数を調節する関係をもたないため、外来生物の急激な増加により生態系のバランスが崩れ、在来種を駆逐し、場合によっては在来種を絶滅に至らしめてしまう。

上の解答例としてはグリーンアノールを挙げたが、ほかにも多数の解答が考えられ、挙げればきりが無い。思いつきやすそうなものは下にまとめておく。

解答例

外来生物	影響
グリーンアノール	小笠原諸島などでオガサワラトンボ、オガサワラゼミなど固有の昆虫を捕食し、固有種の数減少させている。
フィリマンゲース	固有種であるヤンバルクイナやアマミノクロウサギなどを捕食する。
カミツキガメ	印旛沼を中心として全国各地で在来の水生生物を摂食している。
ウシガエル	固有種のトノサマガエルやダルマガエルを駆逐している。
オオクチバス	芦ノ湖や河口湖をはじめとする全国の湖沼で固有魚類を捕食している。
セイヨウオオマルハナバチ	北海道で固有のマルハナバチを襲うことで駆逐している。
セイヨウタンポポ	シロバナタンポポなどの日本固有のタンポポと競争や交雑することにより、固有種を駆逐している。

設問(5) 難易度：★★★★☆

遺伝的多様性が高い場合の利点を記述する定番の問題である。生物多様性については次ページの Check!! を参照してほしい。

遺伝的多様性というのは、同種生物内での遺伝情報の多様性のことであるが、基本的には個体群内で考えることが多い。この遺伝的多様性が高いということは、遺伝的にさまざまな個体がいるということである。それぞれ異なる遺伝子をもつ個体が多くいれば、ある環境の変化に対して耐性をもっている個体がいる可能性が高い。そのため遺伝的多様性が高い個体群は環境の変化に適応できる可能性が高くなり、これは大きなメリットである。多くの生物が有性生殖を行うのは、遺伝的多様性を高めるためである。

したがって、解答は次のようになる。

解答例

遺伝的多様性が高い種の場合、環境の変化に適応することのできる個体が存在する可能性が高くなるので、絶滅の可能性が低くなる。(60 字)

◆Check!!

生物多様性

【遺伝的多様性】

同種の生物であっても、もっている遺伝子はもちろん異なる。1つの個体群内でも異なっているし、個体群間でも遺伝子の構成は異なっているだろう。このような、同種の生物内での遺伝子の多様性を**遺伝的多様性**という。

遺伝的多様性の高い個体群は、生息環境の変化が起こっても、新たな環境に耐性をもつ個体が存在する可能性が高いため、適応できる可能性が高い。

【種多様性】

1つの生態系にはいくつもの種の生物の個体群が含まれている。このような、1つの生態系内の種の多様性を**種多様性**という。

一般に、種多様性は種の豊富さと均等度という2つの概念から評価される。種の豊富さとは文字どおり、生態系内に何種類の生物種の個体群が含まれているか、ということである。均等度とは、それぞれの生物種の個体数にどれだけ偏りがいないか、ということである。今、5種20個体がいる生態系を考えると、それぞれの種の個体数が4個体ずつの生態系のほうが、1つの種の個体数が16個体で他種の個体数が1個体である生態系よりも種多様性が高いといえる。

【生態系多様性】

地球上には、地球上のさまざまな環境に対応したさまざまな生態系が存在している。このような、地球上の生態系の多様性を**生態系多様性**という。

設問(6) 難易度：★★★★☆

中規模かく乱説について説明させる問題である。まずは中規模かく乱説がどのようなものだったか確認しよう。かく乱の規模が大きい場合、生態系は大きく破壊され、かく乱に強い種以外は死滅してしまう。そのため、種多様性は大きく低下する。一方、かく乱の規模が小さい、もしくはかく乱がほとんど起こらない場合、種間競争に強い種以外は競争によって排除されるため、種間競争に強い種が優占する。そのため、この場合も種多様性は低下する。しかし、中規模のかく乱が一定の頻度で起こる場合、かく乱に強い種も種間競争に強い種も含めたさまざまな種が生存できるようになる。そのため、種多様性が増大するのである。このように、中規模のかく乱が種多様性の増大をもたらすという考え方を**中規模かく乱説**という。

この問題のように、一見データを見せて考えさせる問題に見えるが実は用語の定義などを記述させる知識問題であるという問題はとても多い。何が問われているのかしっかりと理解する力が必要である。

したがって、解答は次のとおり。

解答例

かく乱の程度が強いときはかく乱に強い種のみが生き残り，かく乱の程度が弱いときは種間競争に強い種のみが生き残る。それに対し，かく乱の程度がその中間のときにはどちらの種も生き残ることができるため。(96 字)

(西川尚吾，安藤さくら，西浦佑香)