

平成 28 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(木) (情—自然) 13:45—15:00

(理・医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、61 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 18 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 6 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。

理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。

医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。

工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。

6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってもよい。



生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4題ある。4題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題Ⅰ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

コケ植物の1つであるヒメツリガネゴケの原糸体は、細胞全体が伸長成長することで、細長く伸びる(図1)。この際、細胞壁の構成成分である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ことを防いでいる。細胞壁が合成される場所を可視化するため、細胞壁合成酵素を作る遺伝子に緑色蛍光タンパク質(GFP)の遺伝子を連結して大腸菌の環状DNAである (イ) に挿入し、ヒメツリガネゴケに導入した。この遺伝子導入植物の原糸体を観察したところ、緑色蛍光は原糸体の細胞全体ではなく、伸長端で特に強く検出された。したがって、細胞壁合成は伸長端で特に盛んであると推察されることから、原糸体の伸長端以外の領域では、極性移動する植物ホルモンである (ウ) を与えた細胞と同様に、細胞壁の合成に依存しない伸長成長が起こっていると考えられる。^①

原糸体はある程度伸長すると細胞分裂し、伸長端の小さな娘細胞と反対側の大きな娘細胞を生じる(図1)。このように細胞伸長や非対称な細胞分裂が起こる際に、どのような遺伝子をはたらいているかを調べたところ、原糸体で特異的にはたらく遺伝子が4つ(A~D)見つかった。各遺伝子にGFP遺伝子を連結させた遺伝子導入植物を作^②出して原糸体を観察したところ、A~D遺伝子から作られるタンパク質はそれぞれ、液胞、紡錘糸、ゴルジ体、アクチンフィラメントに局在することが見出された。

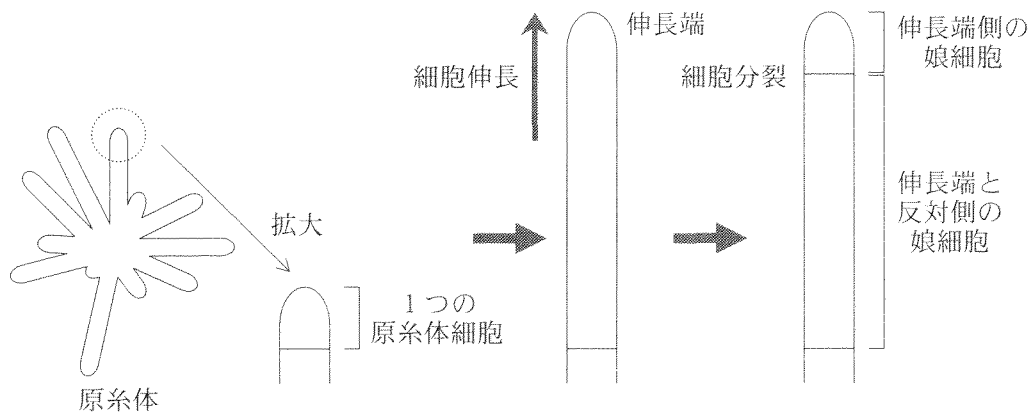


図1 原糸体の細胞伸長と細胞分裂の様子

設問(1)：空欄 (ア) ～ (ウ) に入る適切な用語を記入せよ。

設問(2)：下線部①について、細胞伸長の際に細胞壁合成をともなわずに細胞の表面積を増やすしくみを解答欄の枠内で説明せよ。

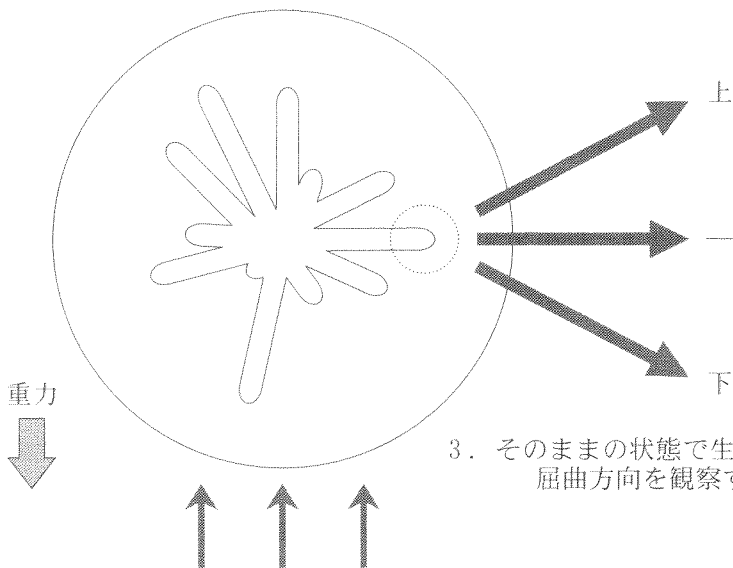
設問(3)：下線部②について、それぞれの構造体が原糸体の細胞伸長や細胞分裂に果たすと予想される役割について、以下のa～fのうち最も適したものを1つ選び、記号で答えよ。

- a) 細胞質分裂の直後に形成されて染色体を保持することで、2つの娘細胞に分配された染色体を安定化させる。
- b) 細胞内で合成されたタンパク質などの物質を細胞外に分泌することで、伸長端へ細胞膜や細胞壁の成分などを供給し、細胞伸長に寄与する。
- c) 細胞分裂時に染色体を分離させることで、2つの娘細胞に均等に染色体を分配する。
- d) 細胞が吸水して急速に伸長する際、細胞液の容量を増やすことで細胞体積の増加に貢献する。
- e) 原形質(細胞質)流動などの細胞運動を制御することで、伸長端と反対側に特定の物質を運んで細胞の内部を不均一にし、細胞分裂を非対称にする。
- f) 活発なタンパク質合成を行うことで、急速な細胞伸長において必要とされる酵素などを供給する。

文2

原糸体はさまざまな刺激を受けて伸長方向を変化させることが知られている。一般的な被子植物では、赤色光と青色光を感知するのはそれぞれ (エ) とフォトトロピンというタンパク質であり、重力方向を感知するのは根冠細胞の内部にある (オ) の細胞内移動である。赤色光・青色光・重力のそれぞれが原糸体の屈性に及ぼす効果を判定するために、以下の実験を行った。前提として、原糸体は一般的な被子植物と同様のしくみで光や重力を感知しており、 (エ) ・フォトトロピン・ (オ) が欠失した突然変異体では、それぞれ赤色光・青色光・重力の刺激を完全に感知できないものとする。野生型と、それぞれの突然変異体の原糸体に対して、下方向から赤色光・青色光を照射した場合と光照射しなかった場合のそれぞれで、原糸体がどちらの方向に屈曲するかを観察した(図2)。この実験系では重力は常に下向きにはたらくている。この後、表1に示す結果が得られたとする。屈曲しなかった場合は「-」と示した。

1. まず、原糸体を生育させた固形培地を縦向きに置く。



3. そのままの状態では生育させ続け、
屈曲方向を観察する。

2. 次に、赤色光または青色光を照射する。
(あるいは、光照射をしない)

図2 原糸体の屈曲実験の概略

表1 原糸体がそれぞれの条件で屈曲した方向

株	赤色光照射	青色光照射	光照射なし
野生型	上	下	上
(エ) を欠失した変異体	上	下	上
フォトトロピンを欠失した変異体	上	上	上
(オ) を欠失した変異体	—	下	—

設問(4)：空欄 (エ) ～ (オ) に入る適切な用語を記入せよ。

設問(5)：表1の結果をもとに、赤色光・青色光・重力のそれぞれが原糸体の屈性に及ぼす効果の有無と、効果がある場合は下方向に屈曲する場合の屈性を正として、正と負のどちらであるかを答えよ。解答欄に、正・負・無のいずれかで記せ。また、効力の大きな順に解答欄の左から右へ記せ。効果なしのものは右に記し、同じ効力のものが複数ある場合はそれらの順序は問わない。さらに、このような効果および効力の順であると考えた理由を、解答欄の枠内で述べよ。

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

染色体は、DNA が と呼ばれるタンパク質と結合した という基本単位からなり、そして、 が何度も規則正しく折りたたまれた によって、分裂中期の染色体が構築される。ヒトは男女ともに通常 46 本の染色体をもち、2 本一組となっている。これらの染色体は、男性と女性が共通にもつ とよばれる 22 対の染色体と、男女間で異なる 1 対の性染色体に分けられる。これらの対になる染色体を と呼ぶ。これらの染色体は、第一減数分裂において、お互いを認識して し、 を起こして、父親由来と母親由来の染色体が部分的に交換される。この によって、多様な遺伝子の組み合わせが生まれ、遺伝的な多様性が生み出される。

ヒトの性染色体は、男女が共通してもつ X 染色体と、男性だけがもつ Y 染色体から構成され、女性の性染色体は XX 型、男性の性染色体は XY 型となる。したがって、ヒトの性は Y 染色体の有無によって決まり、Y 染色体をもてば男性、Y 染色体がなければ女性になる。この性決定様式は哺乳類全般に見られるが、鳥類の性決定様式はこれとは異なり、雌がヘテロ型、雄がホモ型の性染色体構成をもつ。そして、雌雄が共通してもつ性染色体を Z 染色体、雌特有に見られる性染色体を W 染色体と呼ぶ。また、バッタなどの多くの昆虫では、雌が XX 型、雄は X 染色体を 1 本しかもたない XO 型の性染色体をもつことが知られている。

設問(1)：空欄 ～ に入る適切な用語を記入せよ。

設問(2)：生物がもつ生命の設計図であるゲノムは、ヒトでは約 30 億個の塩基対から構成されている。私たちの体細胞は父親と母親からそれぞれ受け継いだ 2 組のゲノムをもち、それらは核の中の染色体に存在している。DNA の二重らせん構造における塩基間の距離は、 0.34 ナノメートル ($0.34 \times 10^{-9} \text{ m}$) であることがわかっている。この情報にもとづいて、ヒトの体細胞の核の中に含まれるゲノム DNA がどれくらいの長さになるかを、解答欄の枠内で計算式とともに示せ。

設問(3)：英国のグッドフェローらの研究グループは、ヒトの性転換の研究から、Y 染色体上に存在する *SRY* という遺伝子を見つけた。そして、この遺伝子はマウスの Y 染色体にも存在することがわかった。そこで彼らは、この遺伝子をマウスの受精卵に注入して遺伝子導入マウスを作製した。その結果、XX 型の性染色体をもつマウスに性転換が起こり、卵巢ではなく精巣が形成された。しかし、このマウスは、形成された精巣が発達せず、そして精子の形成が見られず不妊であった。この結果から、*SRY* 遺伝子をもつはたらきについて、解答欄の枠内で説明せよ。

設問(4)：両生類では、ホルモン処理によって性転換を引き起こすことができる。ある両生類動物の雄をホルモン処理によって雌に性転換させ、正常な雄と交配したところ、生まれてくる子供はすべて雄であった。次は逆に、雌にホルモン処理をして雄に性転換させ、正常な雌と交配したところ、生まれてきた子供の性比は、75 % が雌で 25 % が雄であった。そして、成熟期に達した時の雌と雄の比率は 5 : 2 であった。通常の性染色体構成をもつ個体の生存率は 100 % とする。

- 1) この両生類の通常の雄と雌の性染色体構成をアルファベットの組み合わせで記せ。
- 2) この実験で得られた結果から、この両生類では性がどのように決められるかを、解答欄の枠内で説明せよ。
- 3) 雌が性転換した雄と正常な雌の交配から生まれた雌个体には、通常の自然交配では得られない性染色体構成をもつものが現れる。その個体の性染色体構成と性別、そして生存率(どのような割合で成熟期まで成長できるか)を答えよ。

設問(5)：キイロショウジョウバエの染色体数は $2n = 8$ であり，4 対の染色体から構成される。そのうちの 1 対は性染色体であり，雄は XY 型，雌は XX 型である。キイロショウジョウバエの赤眼 (W) と白眼 (w) の対立遺伝子は X 染色体上に存在することが知られている。通常，白眼の雌と赤眼の雄を交配すると，子供の雄は白眼で，雌は赤眼となる。しかし，減数分裂で染色体の分離異常が起こった場合，得られる子供の赤眼個体と白眼個体の性別に変化がみられる。図 1 のように，白眼の雌の減数分裂で染色体の分離の異常が起こり，その結果形成された卵子が正常な赤眼の雄の精子と受精した場合，次世代の個体には 4 種類の性染色体の組み合わせが生じる。表 1 に示したような性染色体構成，眼の色，生存の有無，そして性別が観察された。

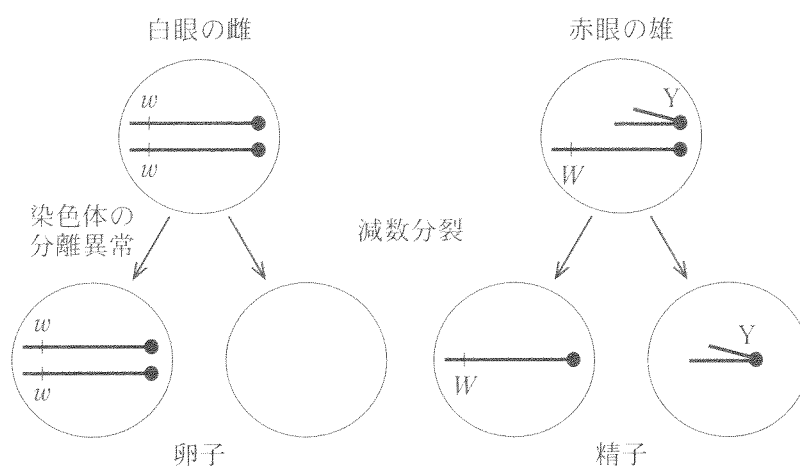


図 1 白眼の雌の減数分裂の異常によって形成された卵子と，赤眼の雄の正常な減数分裂によって形成された精子がもつ性染色体の構成を示す。

表1 得られた次世代個体の染色体構成，表現型と性別

染色体構成	眼の表現型	生存の有無	性 別
XXX	(ク)	成熟前に死亡	雌
XXY	(ケ)	生 存	雌
X	(コ)	生 存	雄
Y		致 死	

- 1) 得られた次世代の個体の眼の表現型が赤眼か白眼かを，空欄
(ク) ～ (コ) に記入せよ。
- 2) 得られた次世代の個体の性染色体構成と性別から，キイロショウジョウバエの性はどのようにして決められるかを，解答欄の枠内で説明せよ。
- 3) 性染色体構成がXであるキイロショウジョウバエは雄となるが，精子を作ることができず不妊であった。この結果からキイロショウジョウバエのY染色体がもつはたらきについて，解答欄の枠内で説明せよ。

生物 問題Ⅲ

問 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

生物は個体間で様々な手段で情報伝達を行う。たとえばアリが地面に残す化学物質によって餌の場所を伝達することや、クジラが海中を伝わる振動によってコミュニケーションをとっていることは良く知られている。さて、ここに深海から発見された新種の生物がある。この生物は大きさ 1 mm 程度の個体が集合して、岩に付着する大きさ数センチメートル程度のコロニー(集合塊)を作る。ばらばらの個体でも約 3 秒周期で発光を繰り返すが、コロニーを作ると、コロニー全体で同期して周期的な発光を行う。同期するためには個体間の情報伝達が必要である。この情報伝達は何によって行われているかを理解するために以下の実験を行った。以下の実験ではすべて透明なプラスチックの水槽を用いる。また、実験室にあるものを以下の枠内に示す。

鏡、水槽がのせられる大きさの柔らかいスポンジの厚手マット、厚さ 5 mm の金属板、ビデオカメラ、モニター、特定領域の波長の光だけを通すフィルタのセット(様々な波長領域用のフィルタがある)、集音器(水中用と空気中用がある)、アンプ(増幅器)、レコーダー、スピーカー、精密な電圧計、電極とリード線、直径 1 cm 長さ 15 cm 程度の柔らかいプラスチックのチューブ(中に液体を通すことができる)、特定の分子量以下の分子だけを透過する半透膜のセット(さまざまな分子量に対応した膜がある)、分けた後の 2 つのコロニーが接触せずに入る小さい水槽、十分な強度のある麻ひも、針金

実験 1 : コロニーを 2 つに分け、同じ水槽中の 10 cm 離れたところにおき、1 時間待って、2 つのコロニーの発光が同期しているかどうか観察した。同期していた場合は、1 時間ごとに 10 cm ずつコロニー間の距離を離し、どの距離まで同期するかを観察した(図 1)。

実験 2：分けたコロニーを同じ机の上の別の水槽に入れて 1 時間待ち、2 つのコロニーの発光が同期しているかどうか観察した。コロニー間の最初の距離は 10 cm とし、同期していた場合は、1 時間ごとに 10 cm ずつコロニー間の距離を離し、どの距離まで同期するかを観察した(図 2)。

実験 3：実験 2 の 2 つの水槽の間に厚さ 5 mm の金属板を置いた。他は実験 2 と同じ(図 3)。

実験 4：実験 2 の 2 つの水槽を互いにつながっていない 2 つの机の上にそれぞれ置いた。2 つの水槽の間には遮るものがない。他は実験 2 と同じ(図 4)。

なお、実験 1 ～ 4 に使われる机はすべて同一種類とする。

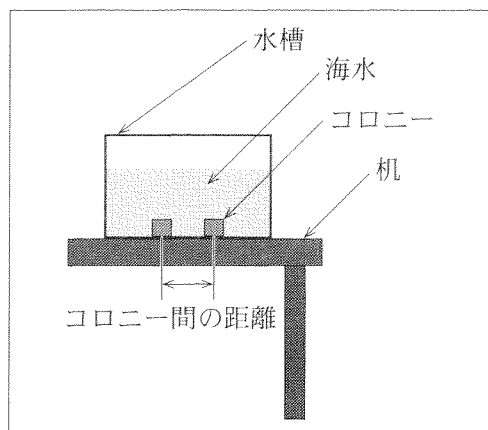


図 1 実験 1 の模式図

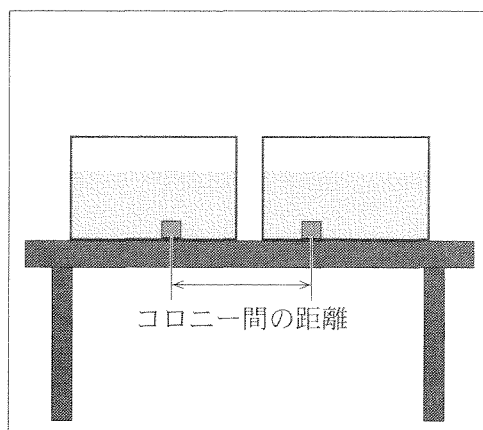


図 2 実験 2 の模式図

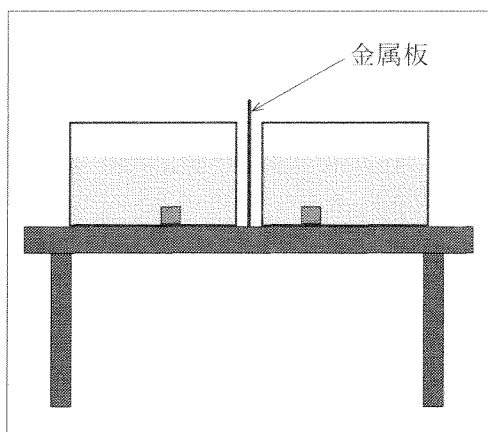


図 3 実験 3 の模式図

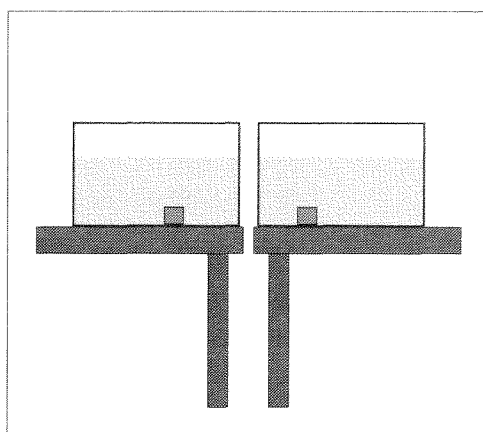


図 4 実験 4 の模式図

設問： 実験の結果が以下のパターン1～3のようであった場合、パターンごとに、コロニー間の情報伝達手段として可能性が高いものを一つ解答欄の枠内で答えよ。解答した情報伝達手段を仮説とし、この仮説を検証する実験を、実験室にあるものを用いて、一つ提案し、仮説が正しかった場合に予測される実験結果とともに、パターンごとに解答欄の枠内で答えよ。枠内であれば図を用いてもよい。情報伝達手段と、実験と予測される結果の両方を解答すること。また、実験室にあるものをすべて使う必要はなく、必要なら同じものを何度でも使ってよい。

パターン1

- 実験1：距離 20 cm まで同期していた。
- 実験2：同期していなかった。
- 実験3：同期していなかった。
- 実験4：同期していなかった。

パターン2

- 実験1：距離 50 cm まで同期していた。
- 実験2：距離 40 cm まで同期していた。
- 実験3：同期していなかった。
- 実験4：距離 40 cm まで同期していた。

パターン3

- 実験1：距離 50 cm まで同期していた。
- 実験2：距離 40 cm まで同期していた。
- 実験3：距離 40 cm まで同期していた。
- 実験4：同期していなかった。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅳ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

地球上には多様な生物が生存している。異なる種の個体群間には様々な関係が見られ、餌や生活空間を奪い合う関係や、捕食者と被食者の関係、および両方の種が利益を得る関係などがある。一方で人間活動や開発にともなう生息地の分断や消失、過剰な採取、外来生物の侵入は、生物多様性を減少させる要因となっている。また、土砂崩れや火山噴火などの自然に生じるかく乱も、その場所に生息する生物の種数に影響を及ぼす。

設問(1)：下線部①および下線部②のような関係を何と呼ぶか、それぞれ答えよ。

設問(2)：下線部①のような関係にある3種のリスについて、生息する標高と餌の大きさを調べたところ、単独で生息している場合は図1のようになった。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の時、3種のリスが同時に生息している場合の各リスの生息する標高と餌の大きさを1つの図中に示せ。

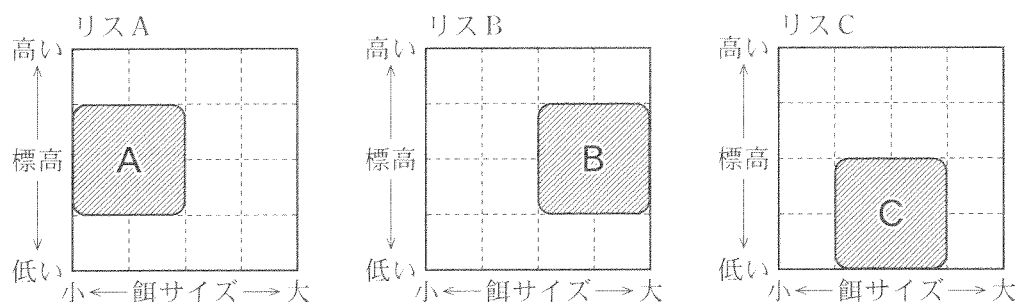


図1 リス3種(A～C)の生息する標高と餌の大きさ

設問(3)：下線部②のような関係の例として、図2のような植物DとアリEの関係が知られている。アリEが植物Dにもたらす利益を実証する実験方法と予想される結果を、それぞれ解答欄の枠内で述べよ。

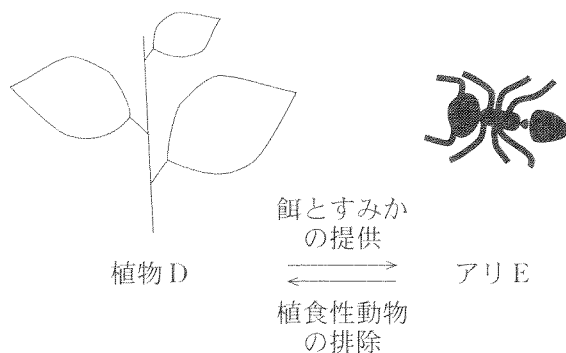


図2 植物DとアリEの関係

設問(4)：下線部③の外来生物で、日本の在来生物や生態系に影響を及ぼしている生物の名前を1つ挙げ、その影響についても具体的に説明せよ。

設問(5)：下線部④の生物多様性には、種多様性だけでなく、遺伝的多様性や生態系の多様性という3つのとらえ方が含まれている。遺伝的多様性が高い場合の利点を解答欄の枠内で説明せよ。

設問(6)：下線部⑤のかく乱について、かく乱の程度と生物の種数との間には図3のような関係が見られる場合がある。このような関係が生じる理由を解答欄の枠内に記せ。

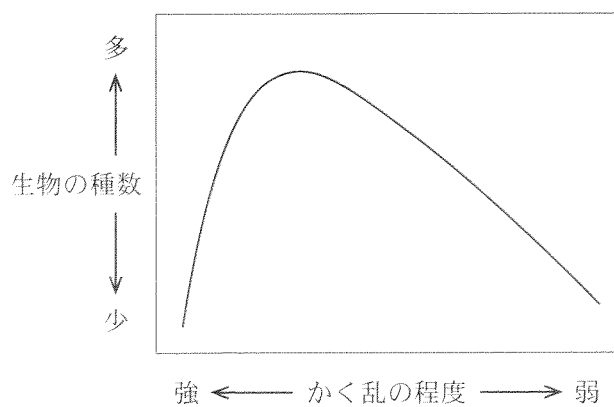


図3 かく乱の程度と生物の種数との関係

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)