

令和5年度前期日程入学試験問題

生 物 A

教 育 学 部

理 学 部

工 学 部

農 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は18ページ(表紙, 白紙を除く)です。試験開始後, 確認しなさい。
- ③ 問題は **1** から **4** まで4題あります。すべて解答しなさい。
- ④ 解答は, 解答用紙の指定の欄に記入しなさい。
- ⑤ 解答用紙は, (その1)と(その2)の2枚あります。
(その1)には **1** と **2** (裏)の解答欄が,
(その2)には **3** と **4** (裏)の解答欄があります。
- ⑥ それぞれの解答用紙の指定の欄に受験番号を記入しなさい。
- ⑦ 字数が指定されている間については, アルファベット, 算用数字, 句読点も1字とし, 1マスに1字ずつ記入しなさい。

1 次の文章(A)と(B)を読み、問1～8に答えよ。

(A)

バイオテクノロジーは遺伝子や細胞に操作を加えて生物を利用する技術である。その中には、環状のDNAであるプラスミドに外来の遺伝子を挿入して、大腸菌を用いてそのプラスミドを増やしたり、細胞にプラスミドを導入して外来の遺伝子を発現させたりする、遺伝子組換え技術が含まれる。遺伝子組換えの仕組みを調べるために、次の実験1と2を行った。

実験1 あるタンパク質を合成するための情報を持つ遺伝子Hを含むDNAを、特定の塩基配列を認識して切断する酵素の一種、酵素Wで処理した。その結果、^①遺伝子Hを含むDNA断片A(図1a)が得られた。また、酵素WでプラスミドBを処理した結果、環が開いたプラスミドB(図1b)が得られた。この環が開いたプラスミドBと、DNA断片Aを混合し、DNAの末端同士をつなぐ酵素^②で処理した。これを大腸菌に導入したところ、寒天培地上で1細胞から増殖した大腸菌のコロニーが多数形成された。この中から大腸菌のコロニーを2つ無作為に選び、それぞれを別々に培養し、増殖した大腸菌からプラスミドを取り出した。その結果、2つのコロニーからは異なるプラスミドが得られた。ただし、どちらにもDNA断片Aは挿入されていた。これらを、それぞれプラスミドC(図1c)、プラスミドDとする。なお、プラスミドに挿入されたDNA断片Aには、タンパク質を指定するために必要なすべての塩基配列が含まれているものとする。

実験2 実験1で得たプラスミドC、あるいはプラスミドDに対し、下線部①のはたらきをもつX、Y、Zの酵素を単独、あるいは複数の組み合わせで処理し、環状のプラスミドが再びDNA断片となるように切断した(表)。そのDNA断片をアガロース(寒天)ゲルを用いた電気泳動法により分離した。なおプラスミドを処理した酵素はそれぞれのプラスミドを完全に切断するのに十分な量が加えられた。また、プラスミドC、プラスミドDはいずれも全長が5,000塩基対であった。

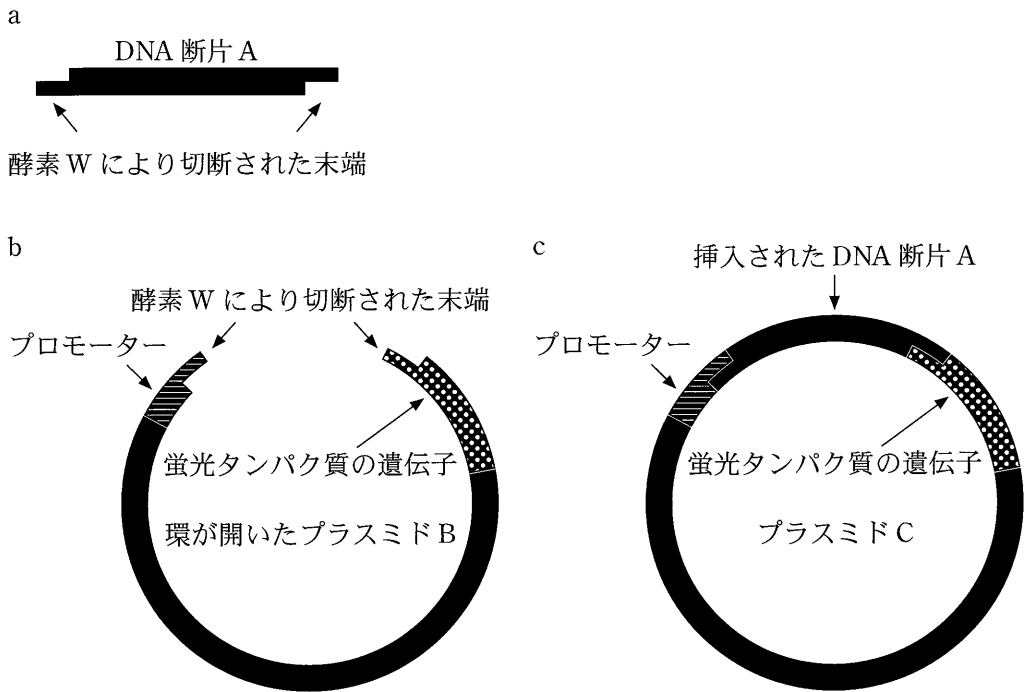


図1 プラスミドを用いた遺伝子組換え

表 酵素の処理により生じた DNA 断片の長さ(塩基対数)

	用いた酵素					
	X	Y	Z	XとY	XとZ	YとZ
プラスミドC	5,000	5,000	5,000	1,000/4,000	1,500/3,500	2,500/2,500
プラスミドD	5,000	5,000	5,000	1,200/3,800	1,500/3,500	2,300/2,700

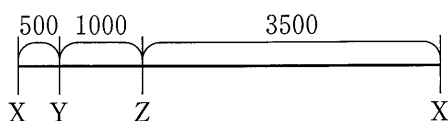
2つの数値の組み合わせは、2つのDNA断片が生じたことを示す。

問1 下線部①の名称を解答欄に記せ。

問2 下線部②の名称を解答欄に記せ。

問 3 表に示した実験結果から，プラスミド C，プラスミド D のそれぞれにおいて，酵素 X，Y，Z が認識し，切断する DNA の配列の箇所を示した図をプラスミド C は解答欄 i) に，プラスミド D については解答欄 ii) にそれぞれ記せ。ただし，次の解答例のように，プラスミドを酵素 X の切断箇所を開いた線で表し，3 種類の酵素による切断箇所間の距離を塩基対の数で表せ。

解答例



(B)

プラスミドに挿入した目的の遺伝子を動物細胞内で発現させ，作り出されたタンパク質の細胞内において局在する場所を調べるために，挿入した遺伝子の末端に蛍光タンパク質の遺伝子をつなぐ方法がある。この方法により，発現を調べた^③遺伝子の指定するタンパク質が細胞内のどこに存在するか，蛍光によって観察できる。実験 1 で作製したプラスミドに含まれる遺伝子により作り出されるタンパク質を調べるために，次の実験 3 を行った。

実験 3 実験 1 で作製したプラスミドには図 1 c で示すように，遺伝子発現を開始するために必要なプロモーターと，^④蛍光タンパク質の遺伝子が存在している。実験 2 で取り出したプラスミド C，D を動物細胞に導入し，プラスミドに挿入した DNA 断片 A の^⑤遺伝子情報から作り出されたタンパク質を調べた。その結果，プラスミド C を導入した細胞では，蛍光タンパク質の存在が確認されたが，プラスミド D を導入した細胞では蛍光タンパク質の存在が確認されなかった。^⑥ただし，いずれのプラスミドもタンパク質の発現を観察するのに十分な量が細胞に導入され，プラスミド D が生じる際には遺伝子 H とプラスミド B に配列の変化はなかった。なお，遺伝子 H が指定するタンパク質はプラスミドを導入した動物細胞にもともと存在する。

問 4 文章中の下線部③に該当するタンパク質の中に、緑色蛍光タンパク質 (GFP)がある。自然界で GFP をもつ生物の名称を解答欄(1)に記せ。また、その生物に最も近縁な生物を以下から 1 つ選んで解答欄(2)に記せ。

プランナリア タコ サンゴ ウニ カイメン

問 5 下線部④について、真核細胞におけるプロモーターの役割を、これに結合するタンパク質の名称を含めて 100 字以内で記せ。

問 6 下線部⑤のように、DNA の遺伝情報が始まりとなり RNA を介してタンパク質が合成されるというすべての生物に共通の遺伝情報の流れを何と呼ぶか。その名称を記せ。

問 7 下線部⑥についてさらに調べたところ、細胞内では、遺伝子 H が指定するタンパク質がプラスミドからは合成されていなかった。その理由として考えられることを、次の用語をすべて用いて、125 字以内で記せ。

プラスミド D プロモーター 挿入

問 8 遺伝子 H がヒストンタンパク質遺伝子であった場合、プラスミド C を導入した細胞において緑色の蛍光を発する真核細胞内の構造体を以下から 1 つ選んで解答欄に記せ。ただし、蛍光タンパク質と融合したことによる遺伝子 H の機能に変化はないものとする。

ゴルジ体 小胞体 中心体 リソソーム 核
細胞膜 微小管 ミトコンドリア

2 次の文章を読み、問1～6に答えよ。

植物は外界からの刺激の方向に対して一定の角度をもって屈曲する。この反応を屈性という。刺激の種類には、重力、光などがある。重力屈性や光屈性などにおける茎や根などの屈曲にはオーキシンが関与している。植物が合成する天然のオーキシンは、 という物質である。

植物体の先端部で合成されたオーキシンが移動するときには、茎の先端側から基部側へと決まった方向にしか移動しない。茎の上下を切断し、オーキシンを含む寒天片をその切り口に接触させると、オーキシンは茎の先端側から基部側へと移動する。一方、茎の上下を逆さにすると、オーキシンの移動はみられない。このような、方向性をもった物質の移動を極性移動という。オーキシンの極性移動は、細胞膜に存在するオーキシンを輸送する2種類のタンパク質の働きによって起こる。1つは細胞外から細胞内へオーキシンを取りこむ輸送タンパク質(取りこみ輸送体)で、もう1つは細胞内から細胞外へオーキシンを排出する輸送タンパク質(排出輸送体)である。茎の先端側から基部側へのオーキシンの極性移動は、この排出輸送体が の細胞膜に局在するために起こると考えられる。しかし、オーキシン排出輸送体の一部は、光や重力などの刺激に応じて細胞膜上でその位置を変えることが知られている。例えば、光屈性の刺激受容には、青色光受容体である が働いているが、 による光の受容が引き金となりオーキシン排出輸送体の細胞膜上での分布が変化し、光の当たらない側にオーキシンが移動し、屈曲が起こる。また、重力屈性における刺激受容には、 や茎の内皮の細胞に存在するアミロプラストが関係する。アミロプラストは、 を含む色素体である。アミロプラストが重力によって移動すると、その変化が刺激となり細胞膜にあるオーキシン排出輸送体の分布が変化してオーキシンの移動方向が変わり、屈曲が起こる。

問1 下線部①の光と重力以外に植物の屈性に関わる刺激の種類を1つ挙げよ。

問2 に当てはまる語句を以下より1つ選び記号で答えよ。

- a. 基部側 b. 先端側 c. 基部側と先端側の両方

問3 本文中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 4 いろいろな濃度の **ア** 溶液によって、ある植物 Z の茎の成長がどのように変化するかを調べるために行った実験に関する次の文章を読み、(1)、(2)に答えよ。

(実験) ある植物 Z の種子を十分に給水させ、暗所で発芽させ、茎の長さが 3 ~ 4 cm になるまで成長させた。その後、茎の先端部(5 mm)を切り取り、さらにそこから下 10 mm を切り取った(^②図 1)。次に、濃度の異なる **ア** 溶液が 20 ml ずつ入った A ~ H のビーカーに、切り取った 10 mm の茎を 5 本ずつ入れ、暗所に置いた(図 1)。24 時間後、各ビーカーの茎 5 本の長さを測定し、伸びた長さの平均値を求めた。その結果は、表のとおりであった。

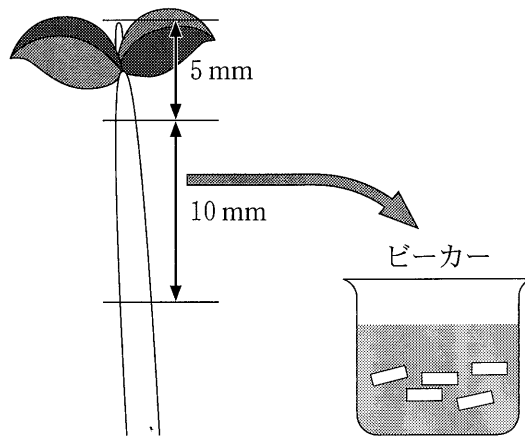


図 1 植物 Z の茎の切り取りと **ア** 溶液の入ったビーカーへの投入の様子

表 A ~ H のビーカーにおける **ア** 溶液の濃度と茎の伸長量

ビーカー	A	B	C	D	E	F	G	H
ア 溶液の濃度(%)	0	1×10^{-1}	1×10^{-2}	1×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-7}
茎の伸長量(mm)	2.0	1.0	4.0	6.5	5.8	3.4	2.3	2.2

(1) 実験の結果から、植物 Z の茎の伸長を最も促進する ア 溶液の最適濃度はどれくらいであると考えられるか、以下の(い)～(ほ)の選択肢より最も適切なものを選んで解答欄に記号で答えよ。

- (い) 1% (ろ) 0.01% (は) 0.001%
 (に) 0.0001% (ほ) 3%

(2) 下線部②のとおり、茎の先端から 5 mm の長さを切り取り、そこから 10 mm の長さを切り取ったものを実験に用いた理由を 50 字以内で記せ。

問 5 ある植物 Z の芽生えを暗所で水平に置いたときの茎と根が屈曲する様子を図 2 に、オーキシン濃度と茎と根の成長との関係について図 3 に示した。茎と根が屈曲した部分(図 2 の S と R)の上側と下側のオーキシン濃度を図 3 の a～g から選ぶとどうなるか。以下の(い)～(に)の選択肢より最も適切な組み合わせを選んで解答欄に記号で答えよ。

	S の上側	S の下側	R の上側	R の下側
(い)	d	e	b	c
(ろ)	d	e	a	b
(は)	f	g	b	c
(に)	f	g	a	b

問 6 図 2 に示すとおり、同じ重力環境におかれた茎と根が異なる方向に屈曲する理由を、以下の語句をすべて用いて 175 字以内で説明せよ。

オーキシン 最適濃度 上側 下側 促進 抑制

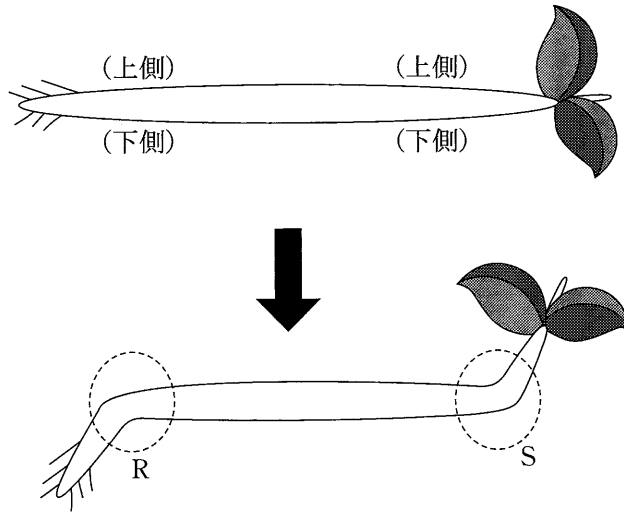


図2 ある植物Zの芽生えの重力屈性

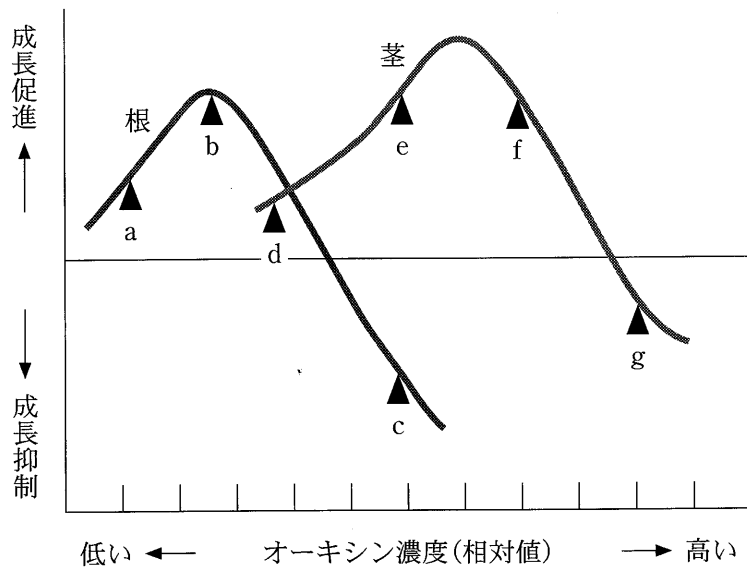


図3 オーキシシン濃度と茎・根の成長

3 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

動物にとって、生後間もない時期の死亡率の高さは、次世代へ自身の遺伝子を伝えていくための大きな課題となっている。そのため、動物はこれまで様々な子育て方法を進化させてきた。

特に哺乳類は、他の動物種と異なり、親が幼齢期の子の成長に適した栄養を「乳」として供給することで、子の生存率の向上を図っているという点に特徴がある。乳は、プロラクチンやオキシトシンなどのホルモンのはたらきにより、出産に合わせて分泌される。この乳には、成長に必要な栄養素に加えて母親由来の免疫グロブリンなども含まれるため、感染症などへの抵抗力が備わっていない生後間もない子は、乳を通じて親の免疫を受け取ることで、感染のリスクを低減し、生存率の向上を図ることができている。

一方、群れを構成する動物においては、実の母親だけでなく、他の成体が協力して子育てが行われる場合もある。例えば、ライオンは、プライドと呼ばれる群れを構成するが、群れの中では母親以外のメスが、自分の子以外にも高い頻度で授乳することが知られている。実の母親だけでなく、どの母親からも乳をもらえれば、それだけ飢えて死ぬ子が減り、より多くの子を残すことができるとともに、成体同士で子の世話を分担することで、互いに子育ての負担を減らし、次の繁殖にエネルギーを向けることもできるようになるといった利点もある。

このように、まだ自分で食料を確保したり、身を守ったりできない子を保護し、世話をするという子育て方法には、様々な様式がある。多様な子育て行動は、それに関連する様々な対立遺伝子が突然変異によって生じ、集団内での頻度変化が起きることによって獲得されてきた進化の産物なのである。

問 1 図 1 は、動物個体群における世代や年齢ごとの個体数の分布を表したものである。以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 図 1 に示されているような、ある個体群における世代や年齢ごとの個体数の分布を何というか。
- (2) 下線部①に関連して、図 1 (A)~(C)のうち、集団が安定的に維持されている状況で生後間もない時期に死亡率が最も高いものはどれか、記号で答えよ。
- (3) 生後間もない時期の死亡率が高い動物が、死亡率の高さをどのような方法で補っているのか、25 字以内で説明せよ。

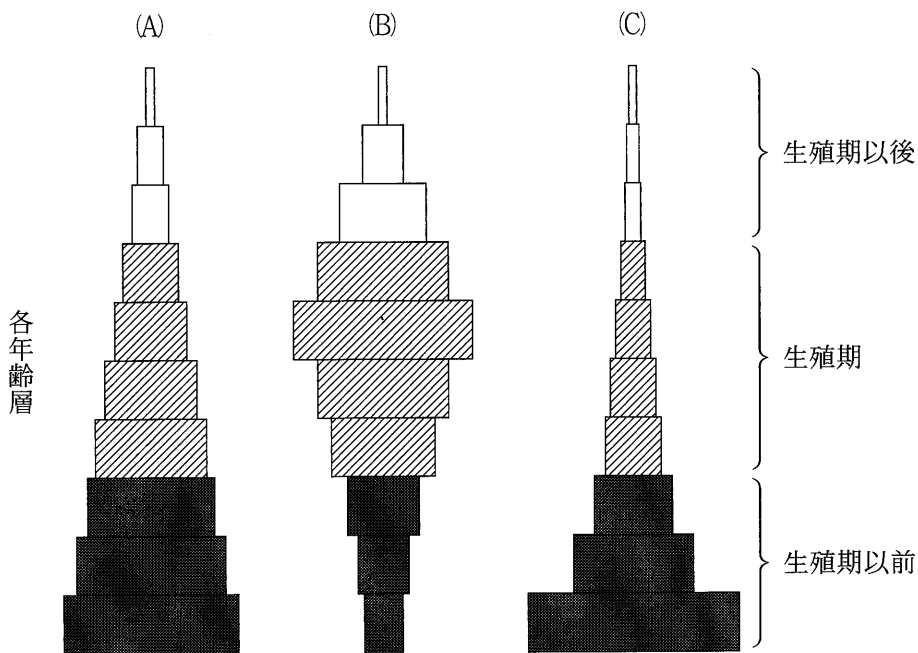


図 1 各年齢層の個体数の分布

問 2 下線部②のように，哺乳類における体の各器官の活動を調整している仕組みとして，ホルモンや内分泌系の働きがある。以下の(1)，(2)に答えよ。

(1) 以下の空欄ア～エに当てはまる語句を答えよ。

内分泌系では様々なホルモンを分泌することで指令が送られる。分泌されたホルモンは，血液により全身に運ばれ，特定の器官に作用する。この器官には特定のホルモンにだけ結合する（ア）を持つ細胞が存在する。（ア）にホルモンが結合すると，その細胞の働きに変化が起きる。血流は体全体にいきわたるため，多くの器官が同一のホルモンによって制御される場合もある。

これらの分泌を調整するうえで中心的な働きをしているのは，（イ）にある視床下部とそれにつながる（ウ）である。（ウ）は前葉と後葉と呼ばれる2つの部分からなる。視床下部から後葉の毛細血管までは（エ）がのびており，後葉の血液中にホルモンが直接分泌される。一方で，前葉では，視床下部の別の（エ）から，前葉の手前にある毛細血管に放出ホルモンや放出抑制ホルモンが分泌され，これによって，前葉から分泌されるホルモン量が調節されている。

(2) 甲状腺から分泌されるチロキシンは，代謝を促進するホルモンとして標的細胞に働きかけるが，血中濃度が上がると放出抑制ホルモンがはたらき，チロキシン分泌量は抑制され，逆に血中濃度が下がると放出ホルモンがはたらき，チロキシン分泌量は増加する。このように，最終産物や最終的な働きの効果が前の段階に戻って影響を及ぼす仕組みを何というか答えよ。

問 3 下線部③のように、群れを構成する動物では、資源の分布に応じて生息地域内の特定の場所に個体群が集中する傾向がある。以下の(1), (2)に答えよ。

(1) ある動物の個体群の分布密度が場所によって異なる図2のような生息地域がある時、この生息地域全体における個体群密度は、どれくらいになると推定されるか計算せよ。ただし、分布密度が低い場所の個体群密度は 0.0125 頭/ km^2 、高い場所の個体群密度は 0.2 頭/ km^2 とし、分布密度が低い場所と高い場所間や生息地域外への動物の移出入はないものとする。また、解答の数値は四捨五入して小数第2位まで求め、計算の過程も記述せよ。

(2) このような個体群密度の推定法を何というか答えよ。ただし、この推定法は植物やフジツボなどの動かない生物の個体群によく使われるが、実際はシカなどの大型野生動物などにも使われている。

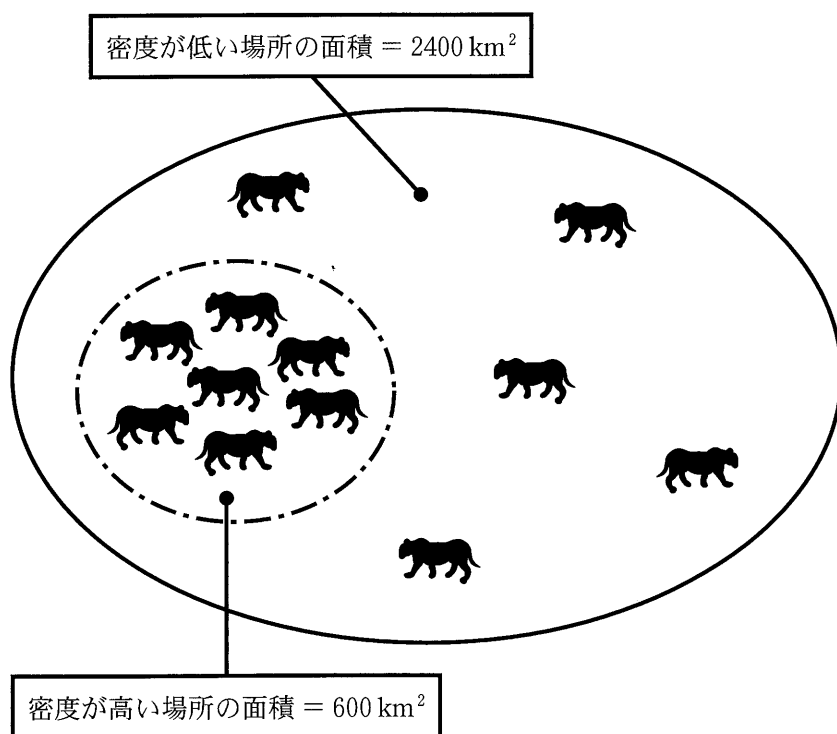


図2 ある地域における個体群の分布

問 4 下線部④について、集団の遺伝子頻度に関する以下の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 体のサイズが小さくなることを「わい性」という。ハーディー-ワインベルグの法則が成り立っている動物の集団において、わい性に関わる2つの対立遺伝子 A と a が存在し、劣性対立遺伝子 a がホモ接合の時、わい性となる。この集団において 0.16% がわい性個体であった場合、 a の遺伝子頻度はいくつになると推定されるか計算せよ。ただし、解答の数値は、四捨五入して小数第2位まで求め、計算の過程も記述せよ。
- (2) (1)の集団において、わい性形質にかかわる劣性対立遺伝子 a をヘテロ接合で持つ遺伝子型頻度が、正常型の形質を示す全個体の遺伝子型頻度に占める割合は何%になるか計算せよ。ただし、解答の数値は、四捨五入して小数第1位まで求め、計算の過程も記述せよ。

4

次の問1～2に答えよ。

問1 以下の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

一般に、生物は自らの子を多く残す個体ほど適応的だと考えられ、このような個体を適応度が高いという。適応度は、ある個体が生殖可能な子をどれだけ残したかで表される。適応度を高めるような生物の形質が集団中に広まることで、自然選択による進化がおこる。

シジュウカラなど森林にすむ鳥類の多くは、繁殖期になるとオスが縄張りをつくり、メスを迎え入れて繁殖する。縄張りをつくると、その内部にある餌を十分に確保することができるなどの利点がある。シジュウカラのオスは、さえずりで縄張りを誇示し、他のオスが侵入するのを防いでいる。

ある森において、縄張りを持っている16個体のシジュウカラの一部を実験的に取り除くと、まもなくそこに新しい個体が侵入し、新たな縄張りが作られた(図1a)。新しい縄張りの大きさは、取り除いた個体の縄張りの大きさとあまり違いがなかった。なぜ縄張りの大きさは同じくらいになるのだろうか。

縄張りを作ることによって得られる利益と、縄張りの維持に必要な労力を考えてみよう。縄張りによって得られる利益と維持に必要な労力は、ともに縄張りの面積 x に依存し、図1bのようなグラフに表すことができる。適応度を最大にする縄張りの大きさはこのグラフに基づいて考えることができる。

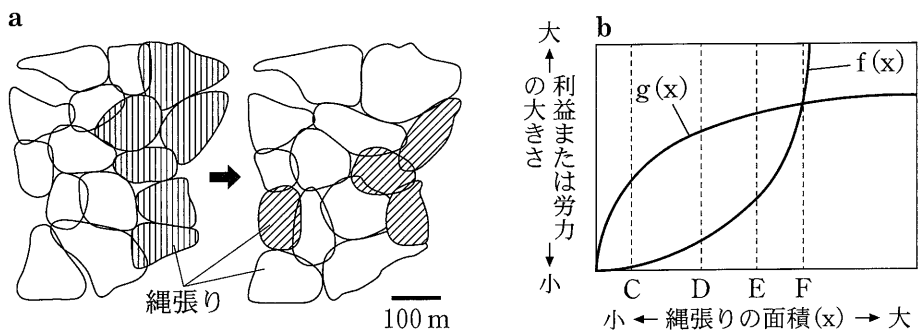




図1 シジュウカラの縄張り形成実験 a と最適な縄張りの面積を決める要因についての概念図 b

16 個の縄張りのある森で、そのうち 6 個() を形成する個体を取り除くと 3 日以内に 4 個の新しい縄張り() が形成された。

- (1) 一般に動物のオスが縄張りをつくって他のオスを排除する場合、餌の確保以外にはどのような利益が得られるか。25 字以内で記せ。
- (2) 図 1 b は縄張りを作ることによって得られる利益(①)と、縄張りの維持に必要な労力(②)をあらわした関数のグラフである。①, ②はそれぞれ $f(x)$, $g(x)$ どちらにあたるかを答えよ。またその理由として正しいものを以下のア～オからすべて選び、解答欄③に記せ。

ア 縄張りの面積が大きいくほど、縄張りの維持に必要な労力は大きくなる。

イ 縄張りが一定のサイズ以上に大きくなると、隣の縄張りの個体と接触する可能性が小さくなるため、縄張りの維持に必要な労力は頭打ちになる。

ウ 鳥が縄張り内を移動できる距離が限られるため、縄張りの面積がある程度大きくなると、一定時間に縄張り内で得られる餌の量はしだいに頭打ちになる。

エ 縄張りが非常に小さい場合、縄張りの面積が大きくなるにつれて鳥が確保できる餌の量は急激に増加する。

オ 縄張りが大きいほどその中の生物群集の多様性も大きくなる。このため鳥が得られる餌の量は縄張りの大きさに対して直線的に増加する。

- (3) 最適な縄張りの大きさはグラフのC~Fのどれになるか、記号で答えよ。また、そう判断できる理由を25字以内で記せ。
- (4) シジュウカラは植物の種子や果実、昆虫、クモなどを餌としている。シジュウカラの個体数が増加すると、ガの幼虫が多量に捕食され、このためにガの幼虫が摂食していた植物の個体数が以前より増加することがある。シジュウカラが植物に対してこのような影響を与える場合、これを何というか。
- (5) 鳥などの捕食者から見つかりにくいように、昆虫の体色や体の形が、周囲の風景や他の生物と見分けがつかないように進化している場合がある。これを何というか。

問 2 以下の文章を読み、(1)~(4)に答えよ。

社会性昆虫のワーカーやソルジャーは、コロニーの維持に役立つ行動をするが、自分では生殖を行わない。このため、適応度の考え方は、このような個体とその行動が集団中に広まったことをそのままでは説明できない。

イギリスの生物学者ハミルトンは、個体が増やそうとしているものは自分の子というよりも、自分の遺伝子であると考え、「血縁度」という概念を用いてワーカーなどの存在を説明した。血縁度とは、個体間に血縁関係があることによって、共通の祖先個体に由来する同じ遺伝子を共有する確率である。たとえば二倍体の生物の場合、図2にある親子間の血縁度は ，両親が同じきょうだい間の血縁度は になる。また、おじとおいの間や、おばとめい間の血縁度は0.25、いとこ間の血縁度は0.125になる。全く血縁関係がない個体間の血縁度は0である。

エナガという鳥は、繁殖期に一夫一妻のつがいで繁殖をする。しかし、卵やひなが捕食されてしまい、繁殖に失敗するつがいが多い。繁殖に失敗した個体の中には、他のつがいの繁殖を手伝うものがいるが、その多くは血縁者の^③の巣の繁殖を手伝う。繁殖を手伝う個体の数が多いと、その巣で育てて次の年に繁殖できる子の数も多くなることが確かめられている。

- (1) 空欄 と に適切な数値を入れよ。
- (2) 下線部③について、他の個体の繁殖を手伝う個体を何とよぶか。
- (3) 下線部③について、繁殖に失敗したエナガが血縁者の子育てを手伝った場合、手伝う個体にとってどのような利益があるか。100字以内で説明せよ。

(4)

この部分については、著作権の処理が未完了のため、公開できません。

なぜこのような結果になったのか、「血縁度」という用語を用い、100字以内で説明せよ。

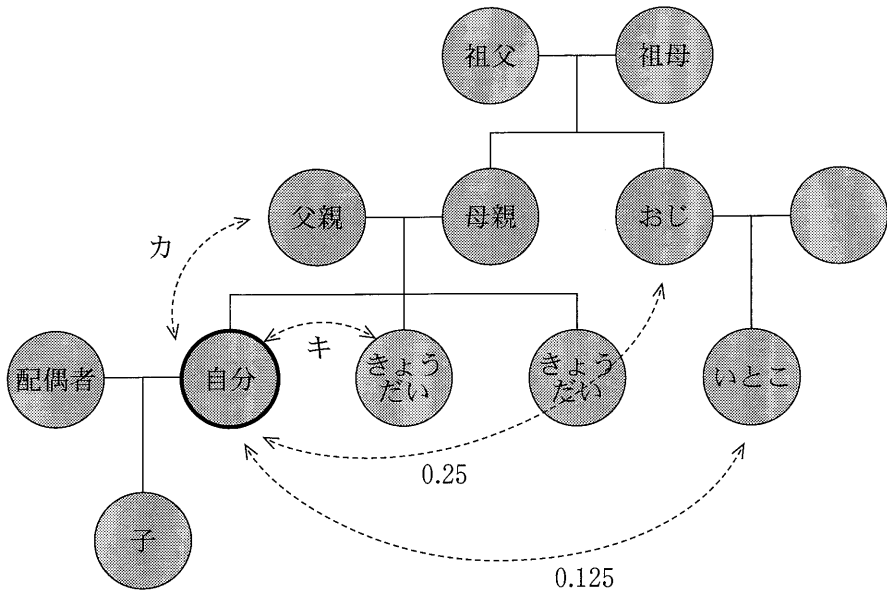


図2 二倍体の生物における血縁者間の血縁度

この部分については、著作権の処理が未完了のため、公開できません。

図3 集団 A, B で共食い型が発生した比率 a と、集団内で共食いした個体とされた個体の血縁関係 b

(Davies, N.B. 他『行動生態学 原著第4版』共立出版, p.363, 2015年, 一部変更)