

生 物

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ヒト体細胞はそれぞれ 対の常染色体と1対の をもつ。大きさと形が同じ1対の染色体は、 とよばれる。ヒト体細胞が持つ1組のゲノムには、タンパク質のアミノ酸配列を指定する約 20,500 個の遺伝子が存在すると推定されている。一方、それ以外の部分には、短い塩基配列が複数回繰り返して存在する箇所が複数存在する。ヒトごとに繰り返す回数が異なるので、繰り返し配列の長さはヒトごとに異なる。そのため、複数箇所のこの配列の長さを比較することにより、特定の個人を識別することができる。これは とよばれる。

現代では、この にはPCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)という技術が用いられる。PCR法は、試験管の中で少量のDNA断片を大量に増幅できる実験手法であり、 では複数箇所の繰り返し配列を増幅して比較する。具体的には、解析するゲノムDNA、プライマー(特定の塩基配列を増幅するための短い1本鎖DNA)、4種類のヌクレオチド、そして特殊なDNA合成酵素などを混ぜて試験管に加える。次に、3つの温度段階(95℃で2本鎖DNAを1本鎖にする、50~60℃でプライマーを結合させる、72℃でDNA合成反応をさせる)を1サイクルとして、30サイクルほど反応を繰り返すことにより、目的のDNAを増幅する。このあと、電気泳動により、DNAを長さに基づいて分離し、解析する。

いま、PCR法により両親および子供(子1~子3)から抽出したゲノムDNAを用いて、異なる染色体に存在する2箇所の繰り返し配列を増幅し、電気泳動により解析した(図1)。

問 1 文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 染色体上の遺伝子の位置を何とよぶか。
- (2) (1)の位置に1つの形質に関する複数の異なる遺伝子が存在するとき、これらを何とよぶか。

問 3 下線部(ア)に関して、遺伝子に基づいてタンパク質が発現するときに関与する RNA にはどのようなものがあるか、2つ記せ。

問 4 下線部(イ)に関して、このような特殊な酵素は、以下のどれから発見されたか、(a)~(d)の中から適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) ヒト免疫不全ウイルス(HIV)
- (b) 大腸菌に感染するファージ
- (c) ヨーグルトに由来する乳酸菌
- (d) 間欠泉に生息する細菌

問 5 細胞における DNA 複製では、DNA ヘリカーゼにより2本鎖 DNA は1本鎖 DNA の状態にほどかれるが、PCR 法では95℃の加熱によって2本鎖 DNA が1本鎖 DNA の状態になる。それはなぜか、40字以内で答えよ。

問 6 下線部(ウ)に関して、30 サイクル反応を繰り返すことにより、目的の DNA はおよそ何倍に増幅されると期待されるか、以下の(a)~(d)の中から最も近いものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 30 倍
- (b) 100,000 倍
- (c) 3,000,000 倍
- (d) 1,000,000,000 倍

問 7 図 1, 図 2 に関して, 次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 図 1 において, それぞれのヒトで PCR 法により増幅された長さの異なる繰り返し配列が 4 つ存在するのはなぜか, 70 字以内で答えよ。

(2) 同じ両親の子 4 について, 同様の解析を行った。図 1 の電気泳動の結果を考慮して, 子 4 で観察された結果はどれか, 図 2 の(a)~(e)の中から適切なものを 1 つ選び, 記号で答えよ。また, この場合, 子 4 の母親の染色体に由来する繰り返し配列の長さ(塩基対の数)の合計はいくつになるか, 答えよ。

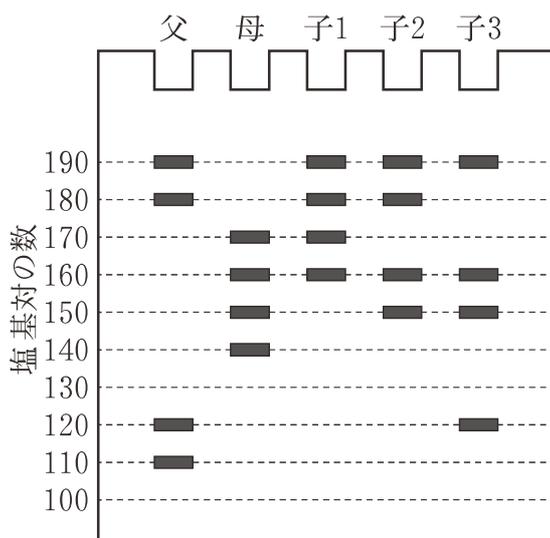


図 1

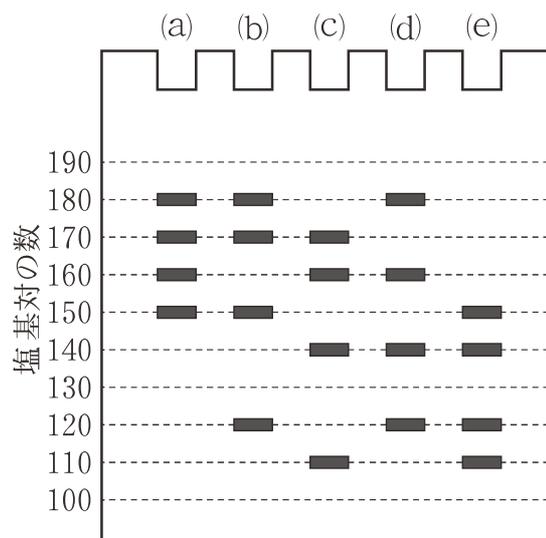


図 2

2 以下の文章を読み，各問いに答えよ。

新潟県の代表的な生産物に米がある。精白米を炊飯することにより，炭水化物，タンパク質，脂質などを含む食品となる。ヒトが炊飯米を摂取したとき，だ液に含まれるアミラーゼによってデンプンの一部が分解される。デンプンは消化により低分子化されたのち，小腸の上皮細胞において により細胞内に輸送され，消化管からの血管である を通って肝臓に至る。

血液中に含まれるグルコースは血糖とよばれる。空腹時の血液中の血糖濃度は動物種ごとにほぼ一定である。この血糖を利用してエネルギーを産生することができる。グルコースからエネルギーが産生される過程は，解糖系，，電子伝達系に分けられる。1分子のグルコースが呼吸によって分解された場合，解糖系で2分子， で 分子，電子伝達系で最大 分子のATPが合成される。

炊飯米の摂取の後，すい臓や間脳視床下部が血糖濃度の増加を感知し，後者では自律神経系の 神経を通じて，すい臓のランゲルハンス島の 細胞を刺激し， の分泌を促す。 が肝臓や各組織にはたらくことによって血糖濃度は減少する。

の作用後，あるいは運動などによって血糖濃度が空腹時よりも低下した場合は，すい臓や，間脳の視床下部に作用し，血糖濃度が調節される。このとき副腎皮質からは糖質コルチコイドが分泌され，副腎 からは が分泌される。

問 1 文章中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について，次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 細胞を構成する生体膜では，基本構造としてある物質が二重層を形成する。この物質を何とよぶか，答えよ。

(2) (1)の二重層や， を通過できない大きさの物質を，生体膜に由来する小胞を形成して細胞内に取り込む方法を何とよぶか，答えよ。

問 3 下線部(イ)について，健康なヒトにおける空腹時の血糖濃度に最も近いものを(a)~(e)の中から1つ選び，記号で答えよ。

(a) 0.01 % (b) 0.03 % (c) 0.1 % (d) 0.5 % (e) 1.0 %

問 4 下線部(ウ)について， が血糖濃度を減少させるしくみを，45字以内で答えよ。

問 5 下線部(エ)について，糖質コルチコイドのはたらきと，それにより血糖濃度がどのように変化するかについて50字以内で答えよ。

問 6 甲状腺におけるチロキシンの分泌について，次の(1)および(2)に答えよ。

(1) チロキシン分泌は，間脳を出発点としてどのように調節されるか，次にあげる用語の中から適切な2つの用語を用いて，100字以内で答えよ。

視床下部，糸球体，延髄，脳下垂体

(2) 血中のチロキシン濃度が，ある一定値よりも上昇した時，調節によりチロキシンの分泌は抑制される。このような最終産物が一連の反応系の前段階に影響する調節を何とよぶか，答えよ。

3 以下の文章Ⅰ，Ⅱを読み，各問いに答えよ。

Ⅰ

実験室内の暗所で発芽させたシロイヌナズナの芽生えは，胚軸の先端が曲がりながら伸長する(図1左)。芽生えが障害物に当たると，植物ホルモンであるエチレンが合成され，エチレンの作用によって胚軸の先端が強く曲がり，湾曲した胚軸で障害物を押しよける。実験室の暗所で外部からエチレンを添加して生育させた芽生えは，障害物に当たらなくても，胚軸の伸長成長が抑制され，横方向への肥大成長が起こり，胚軸の先端が強く湾曲する(以下，エチレン応答反応という)(図1右)。正常なエチレン応答反応を示す野生型と，エチレン応答に関する遺伝子に異常がある突然変異体(変異体A～C)を暗所で生育させると，図2のようなエチレン応答反応の違いが見られた。野生型は，大気中やエチレン合成阻害剤を添加した場合には，エチレン応答反応を示さないが，エチレンを添加すると応答反応を示した。変異体Aは，いずれの条件でも応答反応を示さなかった。変異体Bは，大気中と，エチレンを添加した場合に，応答反応を示した。変異体Cは，いずれの条件でも応答反応を示した。

芽生えが，障害物に反応してエチレン応答反応を示すには，次の①～④の一連の過程が必要である。例えば，変異体Aは，②の段階であるエチレンの受容に異常があるので，エチレンを添加しても応答反応は示さない。

- ① 障害物に反応し，エチレンを合成する。
- ② 細胞内の小胞体膜にある受容体で，エチレンを受容する。
- ③ エチレンを受容したことを核内に伝え，胚軸の肥大成長や湾曲に関わる遺伝子の発現を調節する。
- ④ 胚軸の肥大成長や湾曲が起こる。

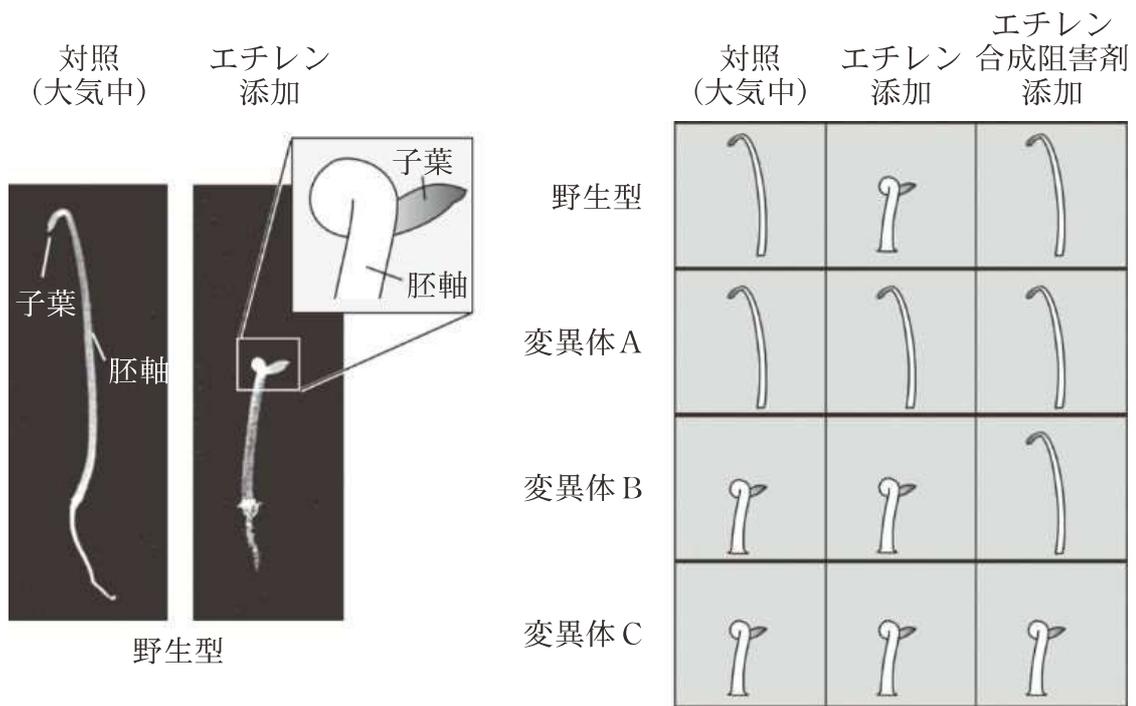


図 1

図 2

図 1 Qimin Chao・Madge Rothenberg・Roberto Solano・Gregg Roman・William Terzaghi・Joseph R. Ecker 著, Cell 89 巻, 1133-1144 頁(1997 年)より一部改変

図 2 Neil A. Campbell・Jane B. Reece 著, 小林 興 監訳「キャンベル生物学」より一部改変

問 1 変異体 B で起こることとして, 正しいと考えられるものを以下の(a)~(d)の中からすべて選び, 記号で答えよ。

- (a) 大気中で障害物に当たらなくても, エチレン合成を盛んに行う。
- (b) エチレンが存在しても, エチレンを受容できない。
- (c) エチレン合成阻害剤を添加すると, エチレンの合成ができない。
- (d) 胚軸の肥大成長や湾曲に関わる遺伝子を, 発現することができない。

問 2 変異体 C は, 文章中の過程①~④の, どの段階に異常があると考えられるか, 番号で答えよ。また, 選んだ理由を 80 字以内で説明せよ。

問 3 変異体 B は、エチレン応答反応の異常の原因となる遺伝子 e をホモ接合で持つ。遺伝子 e に対して、染色体上の同じ位置にある野生型の正常な遺伝子を E で表す。それぞれの遺伝子と連鎖したマーカー遺伝子(表現型に影響を与えない中立な遺伝子)には、染色体上の同じ位置にある遺伝子 M_1 と遺伝子 M_2 がある。ここで、遺伝子の連鎖関係がわかるように、染色体ごとの遺伝子型は“/”で区切って表し、変異体 B の遺伝子型を M_1e/M_1e と表す。

変異体 B を、遺伝子型が M_2E/M_2E の個体とかけ合わせ、雑種第一代 (F_1) 個体を得た。 F_1 個体のエチレン応答反応はすべて正常だった。さらに、 F_1 個体を変異体 B とかけ合わせ、次代を得た。生じた次代の個体のマーカー遺伝子の遺伝子型と、エチレン応答反応の組み合わせは、表 1 のようになった。なお、表 1 中の数字は、各組み合わせを示した次代の個体数を表す。次の(1)および(2)に答えよ。

表 1

		エチレン応答反応	
		異常	正常
マーカー遺伝子	M_1M_1	192	10
の遺伝子型	M_1M_2	11	189

- (1) F_1 個体の遺伝子型を答えよ。遺伝子型は、遺伝子の連鎖関係がわかるように、染色体ごとの遺伝子型を“/”で区切って表せ。
- (2) 表 1 より、このエチレン応答に関わる遺伝子 (E, e) とマーカー遺伝子 (M_1, M_2) との間の組換え価 (%) を求めよ。解答には、計算式を示し、組換え価は小数点第 2 位を四捨五入して記せ。

問 4 エチレンの作用を説明する次の(a)および(b)について，内容が正しい場合は○を，間違っている場合は×を，記入せよ。

- (a) 未成熟なリンゴと未成熟なバナナを一緒に袋に入れると，未成熟なリンゴから放出されるエチレンによって，バナナが通常より早く熟す。
- (b) 落葉の際の葉柄の離層形成は，エチレンとオーキシンによって，調節される。

II

アメリカ北部に生育するメマツヨイグサでは、葉がマメコガネに食べられ、花芽にはガが産卵する。孵化したガの幼虫は、メマツヨイグサの花芽や果実を食べて成長する。マメコガネによる傷害に対するメマツヨイグサの反応と、ガへの影響を調べるため、以下の調査①～③を行った。

調査①

マメコガネによる傷害を受けた場合と受けていない場合の、メマツヨイグサの葉および花芽に含まれる物質 X の濃度を測定した。結果を図 3 に示す。

調査②

メマツヨイグサに、マメコガネによる傷害を与えた場合と与えていない場合で、花芽に含まれるエラジタンニンの濃度を比較した。結果を図 4 に示す。なお、エラジタンニンは、植物の防御物質の一種で昆虫の産卵や摂食を阻害する物質である。また、物質 X は、エラジタンニンの合成に影響を与えられている。

調査③

メマツヨイグサに、マメコガネによる傷害を与えた場合と与えていない場合で、花芽へのガの産卵数を比較した。結果を図 5 に示す。

問 5 調査①で調べた物質 X は、植物ホルモンの一種である。この植物ホルモンの名称を答えよ。

問 6 葉を食べるマメコガネが、花芽に産卵するガに与える影響を何というか、以下の(a)～(d)の中から適切な語を選び、記号で答えよ。

- (a) 反射弓
- (b) びん首効果
- (c) 二次応答
- (d) 間接効果

問 7 問 6 のような影響が生じた理由はなぜか。調査①～③の内容や結果をもとに、以下の語句をすべて用いて 100 字以内で説明せよ。

葉, 花芽, 誘導, エラジタンニン, 物質 X, マメコガネ, ガ

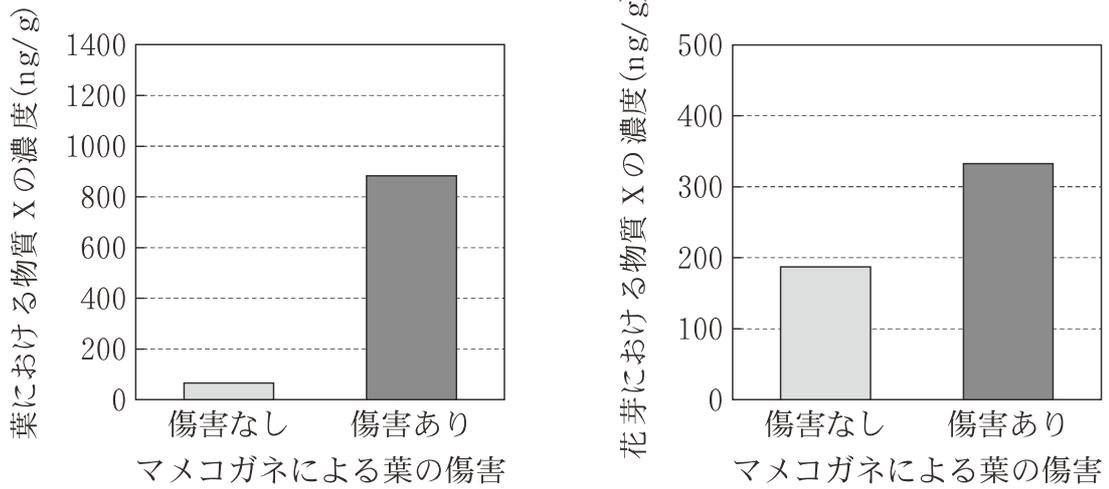


図 3

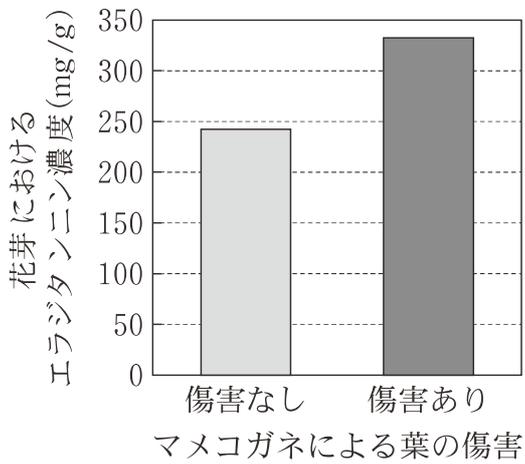


図 4

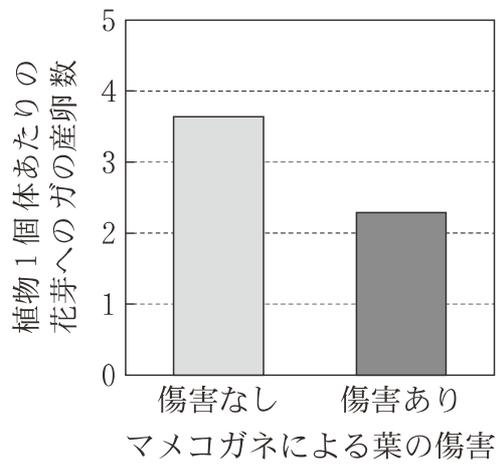


図 5

図 3 ~ 5 Scott H. McArt · Rayko Halitschke · Juha-Pekka Salminen · Jennifer S.

Thaler 著, Ecology 94 巻, 966-975 頁(2013 年)より一部改変

4 以下の文章Ⅰ、Ⅱを読み、各問いに答えよ。

Ⅰ

ある一定の地域に生息するいくつもの種の個体群の集まりを生物群集という。たくさんの個体群から構成される生物群集内には多様な種間相互作用が働いているが、その中の1つに、植物を動物が食べ、その動物を別の動物が食べるといった食う食われるの関係があり、その繋がりを食物連鎖という。食物連鎖のうち、生きている植物から始まる食物連鎖を といい、落ち葉や落枝、動物の死体やフンから始まる食物連鎖を という。実際の自然界の食物連鎖の関係は、1種の生物が2種以上の生物を食べたり、2種以上の生物に食べられたりすることで複雑な網目状となっていることから、これを という。 の構造が複雑になるほど、生物群集は安定する(ア)と考えられている。

生物群集内における関係は、上記にあげた食う食われるの関係以外にも、食物や生活場所をめぐって争う 関係、さらには物理的な生息環境の改変(イ)を通じた関係などがあり、それらの作用の強さの程度により群集構造が決定すると考えられている。

問 1 文章中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、3 に関わることとして、種数が多いほど、そして関係がある生物種の組み合わせが多いほど、生物群集が安定する理由について、以下の(a)~(d)の文章の中から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 消費者にとって食物となる生物の現存量が増え、安定した個体群成長をもたらすため。
- (b) 多様な生物間相互作用が働き、それが各生物種の個体数の変動を小さく抑えるため。
- (c) 多様な生物間相互作用が働くことにより、各生物種の個体群内部のストレスが高まり、それが個体数の周期的な変動を引き起こすため。
- (d) 消費者が利用できる資源量に制限が生じ、それが各生物種の環境収容力を小さく抑えるため。

問 3 下線部(イ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 図1は、物理的な生息環境の改変が群集構造に影響を与えた例として、ある河川における攪乱かくらんの強さと底生無脊椎動物むせきついの種数の関係を表したものである。攪乱が弱いときや強いときよりも中程度の場合の方が、種数が多くなる理由について、70字以内で説明せよ。

(2) 攪乱の強さや頻度が中程度の場合に、生物群集中の種数が高まるという考えを何と呼ぶか、答えよ。

II

日本の森林に生息するアカネズミとヒメネズミの種間関係を明らかにするため、以下の2つの調査を行った。はじめに、両種の個体数を推定するため、標識再捕法^(ウ)による捕獲調査を行った。調査は繁殖期である春と秋の2回にわたり行い、1回あたり2晩、隔日で実施した。1ヘクタールの調査区域内にワナを10m間隔で格子状に100個仕掛けたところ、春の調査ではワナを仕掛けた翌日にアカネズミ12頭、ヒメネズミ20頭が捕獲された。捕獲された全ての個体に標識をつけて林内にいったん戻し、その2日後にワナを見回ったところ、標識をつけた個体がアカネズミ7頭、ヒメネズミ12頭、標識をつけていない個体がアカネズミ3頭、ヒメネズミ4頭が捕獲された。同様の調査を秋にも行った。

次に、両種が選択する環境を調べるために、上述した100個のワナ設置点において植生調査を行ったところ、春と秋で図2に示すような植生構造に対する^(エ)2種の環境選択性が見られた。

問 4 下線部ウ)について、個体数の推定にあたり、以下の(a)~(e)に示した生物種の生態的特性を踏まえ、本法の適用が適切な場合には○を、不適切な場合には×を記入せよ。なお、いずれも繁殖期の成体を対象とする。

- (a) ある洞窟内^{どうくつ}にコロニーを形成するコキクガシラコウモリの総個体数
- (b) ある都市公園に生息するアブラゼミの総個体数
- (c) 1つの巣箱にコロニーを形成するミツバチの総個体数
- (d) ある湖沼に生息するギンブナの総個体数
- (e) ある干潟に生息するアサリの総個体数

問 5 春の調査における、アカネズミとヒメネズミの個体数(N)を推定せよ。

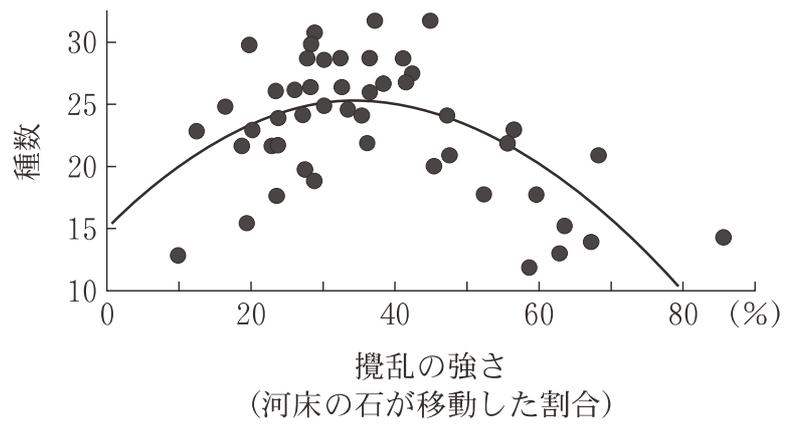
なお、推定値は小数点第2位を四捨五入して記せ。

問 6 春と秋の捕獲調査において出現したアカネズミの幼体数は、繁殖雌あたりそれぞれ 3.6 頭と 1.5 頭であった。また、秋におけるアカネズミの推定個体数は 60 頭であった。このとき、繁殖雌あたりの幼体数が春から秋にかけて著しく減少した理由を、問 5 で推定した春のアカネズミの個体数を踏まえて、45 字以内で説明せよ。

問 7 下線部(エ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 図 2 に示すように、植生構造に対するアカネズミとヒメネズミの環境選択性は、春には 2 種間で大きく重なっていたが、秋には重なりが小さくなっていた。2 種の環境選択性が春から秋にかけて変化した理由を、40 字以内で説明せよ。ここで、図 2 の捕獲頻度とは、それぞれの種の延べ捕獲数に対し、植生構造の各ランク(1～5)において捕獲された延べ捕獲数の割合をさす。

(2) 2 種の環境選択の変化を引き起こしたとされる生物間相互作用を、野外において実験的に検証するための具体的な方法を、50 字以内で説明せよ。



宮下 直・野田 隆史 著 「群集生態学」より一部改変

図 1

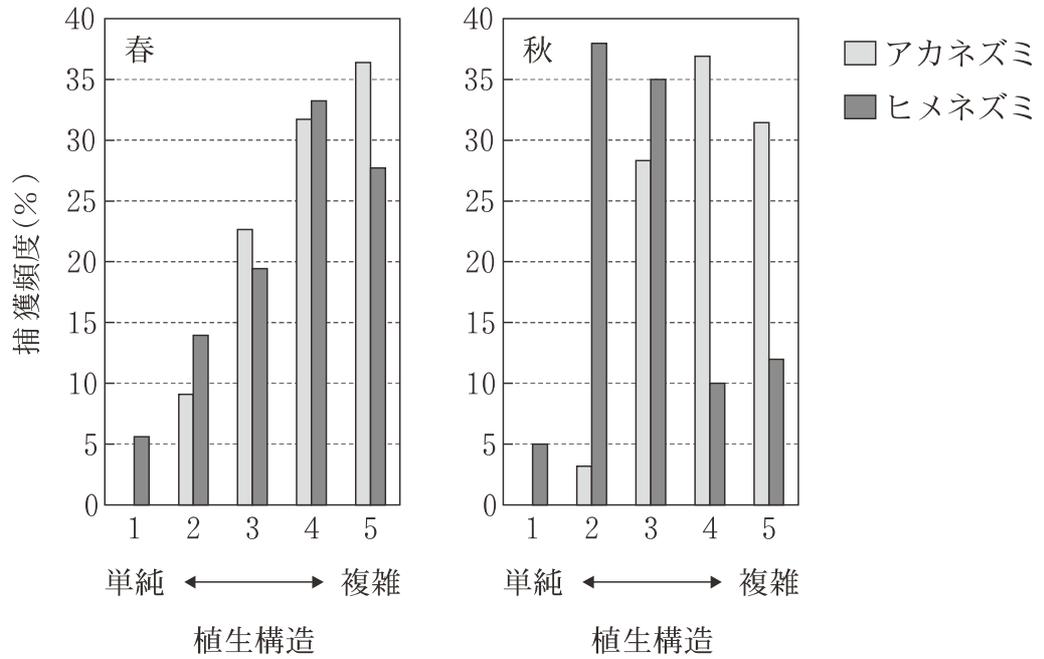


図 2

理科（生物）

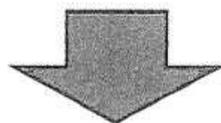
問題訂正

問題訂正

○31ページ

□2 問6（1）1行目

誤 チロキシン分泌は、間脳を出発点としてどのように調節されるか、



正 チロキシンは、間脳を出発点としてどのように調節され分泌されるか、