

生 物

1 以下の文章Ⅰ，Ⅱを読み，各問いに答えよ。

Ⅰ

DNA の複製では，もとの2本のヌクレオチド鎖をそれぞれ鋳型として，それらに相補的な塩基配列をもつヌクレオチド鎖が2本新しく合成される。このような複製を 1 的複製という。この過程では，まず， 2 という酵素が塩基間の水素結合を切断してDNAの二重らせんをほどく。次いで， 3 とよばれる酵素がヌクレオチドを連結し，鋳型鎖と相補的な塩基配列をもつDNA鎖を合成する。なお，DNAの複製では2本のDNA鎖が同時に合成されるが，一方の鎖は連続的に合成され，もう一方の鎖は不連続に合成される。この連続的に合成される鎖は 4 鎖とよばれ，不連続に合成される鎖は 5 鎖とよばれる。 5 鎖では，一定の間隔でプライマーが合成され，それをもとに複数の短いDNA断片が合成されていく。この短いDNA断片は 6 とよばれ，最終的に 7 という酵素によりつながれ1本のDNA鎖となる。

問 1 文章中の 1 ～ 7 に最も適切な語句を入れよ。

問 2 図1の(a)～(h)の中からDNA複製時のようすを正しく示しているものを1つ選び，記号で答えよ。ただし，図1において，直線は鋳型鎖を示しており，5'および3'は，それぞれ鋳型鎖の5'末端および3'末端を示しているものとする。また，矢印は新しく合成されているDNA鎖を，矢印の向きはDNA合成の方向を示しているものとする。

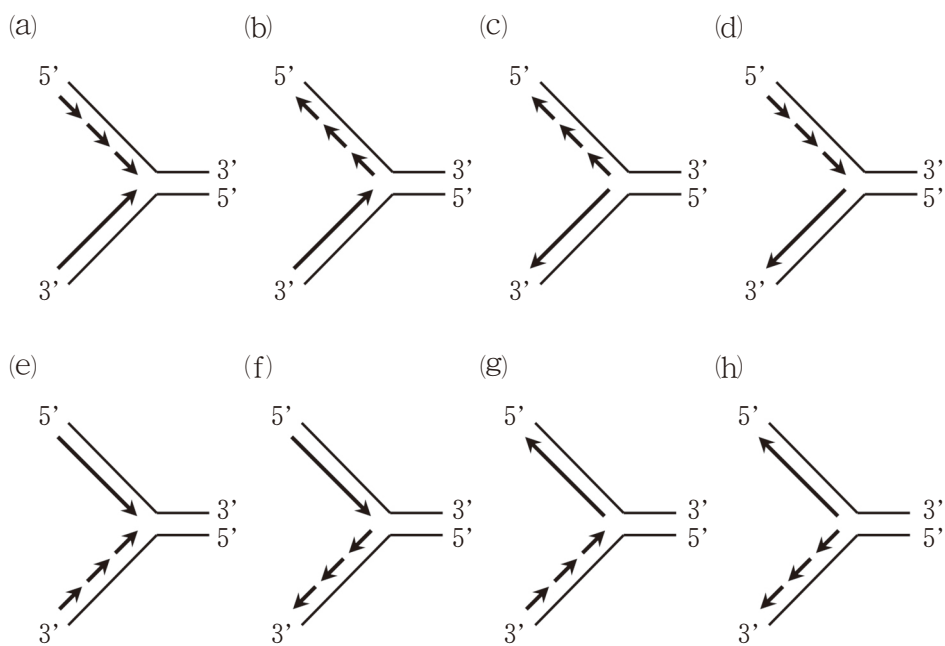


图 1

II

図 2 は、大腸菌の転写と翻訳のようすを、電子顕微鏡でとらえた写真をもとに
模式化したものである。ただし、図 2 には合成されているペプチド鎖は描かれて
いない。また、図 2 は、ある 1 つの遺伝子が転写および翻訳されているところを
示しているものとする。

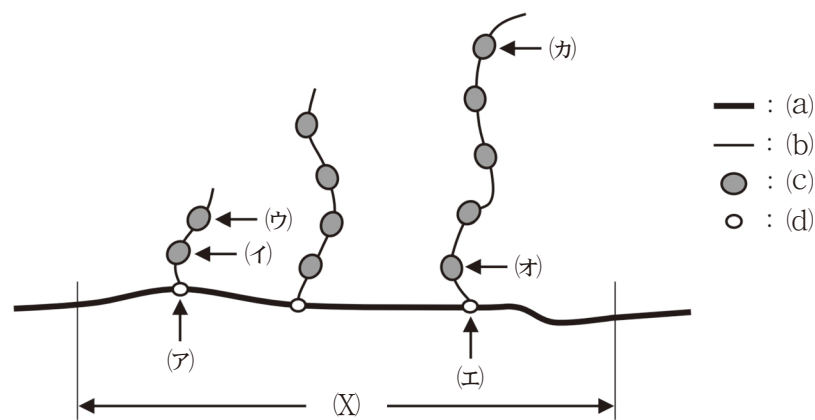


図 2

問 3 図 2 において、(a)~(d)はそれぞれ、DNA、RNA ポリメラーゼ、mRNA、
リボソームのいずれを表しているか、表 1 の(1)~(4)の中から最も適切な組み
合わせを 1 つ選び、番号で答えよ。

表 1

	(a)	(b)	(c)	(d)
(1)	DNA	mRNA	RNA ポリメラーゼ	リボソーム
(2)	DNA	mRNA	リボソーム	RNA ポリメラーゼ
(3)	mRNA	DNA	RNA ポリメラーゼ	リボソーム
(4)	mRNA	DNA	リボソーム	RNA ポリメラーゼ

問 4 放射性同位体 ^{35}S を与えて大腸菌を培養した場合、図 2 において、(a)~(d) のうちで放射性同位体を含むものはどれか、該当するものをすべて選び、記号で答えよ。

問 5 図 2 に示されている(ア)~(カ)の中には、合成されているペプチド鎖が存在している場所を示しているものがいくつかある。それらの中で合成されているペプチド鎖を比較した場合、最も長いペプチド鎖は(ア)~(カ)のうち、どの場所に存在しているか、1 つ選び記号で答えよ。

問 6 図 2 において、(b)に(c)が複数個結合していることで、どのような利点があると考えられるか、30 字以内で説明せよ。

問 7 図 2 の(a)について、(X)の区間の長さを測定したところ $0.81\ \mu\text{m}$ であった。この区間の(a)から生じるタンパク質の分子量を、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、(X)の区間はすべてタンパク質に翻訳されるものとする。また、DNA において、10 対のヌクレオチドの長さは $3.4\ \text{nm}$ 、タンパク質を構成するアミノ酸の分子量はすべて 120 とする。

問 8 真核生物では、多くの場合、図 2 のような転写と翻訳の同時進行はみられない。その理由を 100 字以内で説明せよ。

2

以下の文章Ⅰ，Ⅱを読み，各問いに答えよ。

Ⅰ

ヒトでは，常染色体上に存在する遺伝子 P の遺伝情報をもとに酵素 P が作られるが，遺伝子 P の DNA 塩基配列の違いにより，酵素 P の活性が変化する。

ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているヒトの集団 J について，遺伝子 P を調べたところ，2つの対立遺伝子 a^x と a^y があった。 a^x と a^y の組み合わせによる遺伝子型と酵素 P の活性の間には関係があり，たとえば，ある人は対立遺伝子 a^x のホモ接合で，酵素 P の活性は 15.9 であった。また，別のある人では酵素 P の活性は 0.1 であり，この人の両親では酵素 P の活性は 7.9 と 8.1 であった。

一方，ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っている別のヒト集団 U について，遺伝子 P を調べたところ，集団 J にみられる2つの対立遺伝子 a^x と a^y 以外に，集団 U にのみみられる対立遺伝子 a^z もあることがわかった。さらに詳しく調べるため，集団 J と集団 U からそれぞれ 1000 人ずつを無作為に抽出し，酵素 P の活性を測定した結果を表 1 に示す。表 1 は，たとえば，酵素 P の活性が 16.0 以上 16.5 未満の人は，集団 J では 1000 人中 399 人，集団 U では 1000 人中 184 人であったことを示している。

表 1 によると，集団 J では，すべての人の酵素 P の活性が，0.0，8.0，16.0 のいずれかに近い値であるのに対し，集団 U では，それら以外に 5.0，10.0，13.0 に近い値を示す人もいることがわかる。集団 U に存在する対立遺伝子は， a^x ， a^y ， a^z であることから，酵素 P の活性が 5.0，10.0，13.0 に近い値を示す人の遺伝子型は，それぞれ 1，2，3 であると推定される。

なお，文章Ⅰ中および表 1 中の酵素 P の活性の値は相対値である。

表 1

酵素 P の活性	集団 J (人)	集団 U (人)	酵素 P の活性	集団 J (人)	集団 U (人)
0.0—0.5	10	10	8.5— 9.0	0	0
0.5—1.0	0	0	9.0— 9.5	0	0
1.0—1.5	0	0	9.5—10.0	0	44
1.5—2.0	0	0	10.0—10.5	0	46
2.0—2.5	0	0	10.5—11.0	0	0
2.5—3.0	0	0	11.0—11.5	0	0
3.0—3.5	0	0	11.5—12.0	0	0
3.5—4.0	0	0	12.0—12.5	0	0
4.0—4.5	0	0	12.5—13.0	0	183
4.5—5.0	0	31	13.0—13.5	0	177
5.0—5.5	0	29	13.5—14.0	0	0
5.5—6.0	0	0	14.0—14.5	0	0
6.0—6.5	0	0	14.5—15.0	0	0
6.5—7.0	0	0	15.0—15.5	0	0
7.0—7.5	0	0	15.5—16.0	411	176
7.5—8.0	88	62	16.0—16.5	399	184
8.0—8.5	92	58	16.5—17.0	0	0
			計	1000	1000

問 1 文章中の 1 ～ 3 に適切な遺伝子型を入れよ。

問 2 下線部ア)の法則が，ある動物集団で成り立つために，①きわめて多数の同種の個体からなる，②集団内の雌雄が自由に交配する，③突然変異が起こらない，④集団内のどの個体にも生存力や繁殖力に差がない，という条件に加えて，その他に満たさなければならない条件を，30 字以内で説明せよ。

問 3 集団 J における対立遺伝子 a^x と a^y の遺伝子頻度をそれぞれ p , q (ただし, $p + q = 1$) とすると, 配偶子が a^x をもつ確率は p , a^y をもつ確率は q である。集団 J での遺伝子型 $a^x a^x$, $a^y a^y$, $a^x a^y$ の頻度を p , q を用いて, それぞれ答えよ。また, 表 1 の結果を参考にして, 集団 J での対立遺伝子 a^y の遺伝子頻度 q を答えよ。

問 4 集団 U における対立遺伝子 a^x , a^y , a^z の遺伝子頻度をそれぞれ r , s , t (ただし, $r + s + t = 1$) とする。表 1 の結果を参考にして, r , s , t を答えよ。

II

ウシでは、常染色体上に存在する毛色遺伝子 Q の2つの対立遺伝子 H と h の組み合わせにより、遺伝子型 HH または Hh をもつ個体は黒白斑の毛色を示し、 hh の個体は赤白斑の毛色を示す。ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているウシの集団 Z では、対立遺伝子 H と h の遺伝子頻度はそれぞれ 0.99, 0.01 であった。

集団 Z の個体を用いて意図的に、血縁関係のある兄妹(または、姉弟)間の交配を行うことにした。図1は、その兄妹(または、姉弟)間の交配の過程を模式的に示している。つまり、図1に示す雄個体 A と雌個体 B を集団 Z より無作為に抽出し、それらを交配することで雄個体 C と雌個体 D が作られた。次に、雄個体 C と雌個体 D の兄妹(または、姉弟)間の交配により雄個体 E が作られた。なお、雄個体 A または雌個体 B の両親である雄個体1, 雌個体2, 雄個体3, 雌個体4は、互いに血縁関係がなかったものとする。

雄個体 A と雌個体 B の常染色体上のある遺伝子の遺伝子型がそれぞれ a^1a^2 , a^3a^4 であったとき、雄個体 A がもっていた a^1 が、雄個体 A から雄個体 C に伝えられる確率は 4 である。また、 a^1 をもった雄個体 C から雄個体 E に、 a^1 が伝えられる確率は 4 となる。すなわち、 a^1 が雄個体 C を経由して、雄個体 A から雄個体 E に伝えられる確率は 5 となる。同様にして、 a^1 は 5 の確率で、 $A \rightarrow D \rightarrow E$ の経路をたどって雄個体 E に伝えられる。したがって、これらのことが同時におこり、雄個体 E の遺伝子型が、雄個体 A がもっていた a^1 のホモ接合(a^1a^1)となる確率は 6 となる。同様のことは a^2 , a^3 , a^4 でも成り立つので、雄個体 E の遺伝子型は 7 の確率で、雄個体 A または雌個体 B がもっていた a^1 , a^2 , a^3 , a^4 のいずれかのホモ接合(a^1a^1 , a^2a^2 , a^3a^3 , a^4a^4 のいずれか)となる。以上より、雄個体 E では、毛色遺伝子 Q について、祖父母がもっていた4つの遺伝子のいずれかのホモ接合となる可能性があり、この場合、いずれのホモ接合も HH , hh のどちらかとなり、 $1/100$ の確率で hh となる。そのため、雄個体 E が、毛色遺伝子 Q について、祖父母がもっていた4つの遺伝子のいずれかのホモ接合となつて赤白斑の毛色を示す確率は、7 $\times 1/100$ となる。また、雄個体 E は $1 - \text{7}$ の確率で、毛色遺伝子 Q について、祖父母がもっていた4つの

遺伝子のいずれか 2 つが対になっている遺伝子型となり、この場合、このような遺伝子型はいずれも HH, Hh, hh のいずれかとなり、 $1/100 \times 1/100$ の確率で hh となる。そのため、雄個体 E が、毛色遺伝子 Q について、祖父母がもっていた 4 つの遺伝子のいずれか 2 つが対になっている遺伝子型となって赤白斑の毛色を示す確率は、 $(1 - \frac{7}{10}) \times 1/100 \times 1/100$ となる。

なお、集団 Z から作られた 3 個体(雄個体 C, 雌個体 D, 雄個体 E)でも突然変異は起こらず、どの遺伝子座についても、対立遺伝子の組み合わせによる遺伝子型の間に生存力や繁殖力の差はない、という条件が満たされているものとする。そのため、どの個体においても、HH, Hh または hh となる確率に、生存力や繁殖力の影響を考慮する必要はない。

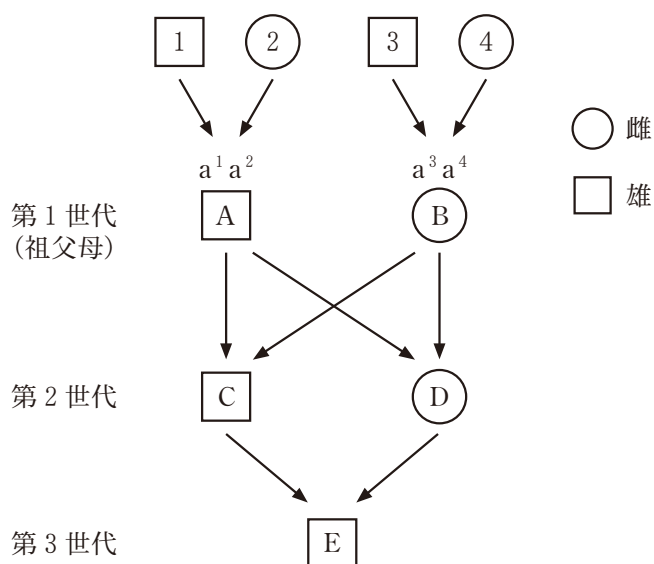


図 1

問 5 文章中の 4 ～ 7 に適切な確率(分数)を入れよ。

問 6 雄個体 C が、赤白斑の毛色を示す確率を分数で答えよ。

問 7 雄個体 E が、赤白斑の毛色を示す確率を、下線部(イ)と下線部(ウ)を参考にして分数で答えよ。

3 は次ページ

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ヒトをはじめとする動物は、菌類や細菌、ウイルスなどの病原体の侵入を防いだり、侵入した異物を除去する^(ア) 1 のしくみをもつ。ヒトでは異物の侵入を物理的および化学的に阻止するほか、体内に侵入した異物を食作用などにより除去しており、これを自然 1 とよぶ。植物も、生育の過程で病原体に感染することがある。病原体の侵入を物理的に阻止するために、植物においては、1 対の 孔辺細胞^{こうへんさいぼう}によって構成される気孔の形状や密度が重要となる。また、病原体が侵入し感染すると、植物は、エチレンなど植物体内の特定の部位で合成される物質である 2 を用いて防御応答を行う。

これまでに、植物にとって成長を阻害する病原体が生物学上重要な発見の契機となったことも多い。たとえば、2 の一種であり茎の伸長成長を促進するはたらきをもつジベレリンは、イネに感染して草丈を異常に高くする菌類をきっかけとして見い出された。また、植物細胞への遺伝子導入に広く利用されている細菌のアグロバクテリウムは、元来、植物に感染して腫瘍^{しゅよう}を形成する病原体^(ウ)である。アグロバクテリウムを利用して目的の遺伝子を細胞に導入したトランスジェニック植物は、病原体や害虫に対する防御応答の促進^(エ)のみならず、花色などを改良する目的でも利用されている。

問 1 文章中の 1 と 2 に最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部アについて、菌類、細菌、ウイルスに関する次の(a)～(c)の内容が正しい場合は○を、誤っている場合には×を記入せよ。

- (a) 生物を3つのドメインに分類するとき、菌類は原生生物と同じドメインにまとめられる。
- (b) 細菌の多くは、からだが菌糸からできている。
- (c) ウイルスは、単細胞生物である。

問 3 下線部(イ)について、孔辺細胞に膨圧が生じて膨らむと、孔辺細胞が外側へ押し曲げられ気孔が開く。これは孔辺細胞のどのような形態的な特徴によるものか、30 字以内で説明せよ。

問 4 下線部(イ)について、閉じた状態の気孔が開いて再び閉じるまでの過程に沿って、次の(a)~(d)のできごとを順に並べ、解答欄の括弧内に記号を入れよ。

- (a) 孔辺細胞から水が流出する。
- (b) 葉でアブシジン酸が増加する。
- (c) 青色光を感知する。
- (d) 孔辺細胞へ水が流入する。

問 5 下線部(ウ)について、アグロバクテリウムは、植物細胞の細胞壁をゆるめて成長を促進する 2 を作るための遺伝子を、植物の DNA に組みこむことにより、腫瘍の形成を促す。2 の一種でこのようなはたらきをもつ化学物質の総称を答えよ。

問 6 下線部(エ)について、次の文章を読んで(1)~(3)に答えよ。

タバコに病気を起こす病原体 Y の感染拡大を抑えるはたらきをもつ新しい遺伝子を見つけるため、外来遺伝子 P および Q をタバコに導入した。作製したトランスジェニック植物に病原体 Y を感染させたのち、温度条件を一定のまま、あるいは、温度条件を変えて一定期間生育させ、病原体 Y の感染の広がりを調べた。表 1 は、各実験群での病原体 Y の感染拡大を示したものである。

表 1

実験群	導入された 遺伝子	育成温度 (前半)	病原体 Y の 感染拡大(前半)	育成温度 (後半)	病原体 Y の 感染拡大(後半)
1	なし	22 度	起こる	22 度	起こる
2	遺伝子 P	22 度	起こる	22 度	起こる
3	遺伝子 Q	22 度	抑えられる	22 度	抑えられる
4	なし	30 度	起こる	30 度	起こる
5	遺伝子 P	30 度	起こる	30 度	起こる
6	遺伝子 Q	30 度	起こる	30 度	起こる
7	なし	22 度	起こる	30 度	起こる
8	遺伝子 P	22 度	起こる	30 度	起こる
9	遺伝子 Q	22 度	抑えられる	30 度	抑えられる
10	なし	30 度	起こる	22 度	起こる
11	遺伝子 P	30 度	起こる	22 度	起こる
12	遺伝子 Q	30 度	起こる	22 度	抑えられる

- (1) 表 1 の実験群 1 ～ 3 の結果をふまえ、以下に示す考察①～③の内容が正しい場合は○を、誤っている場合には×を記入せよ。
- ① 遺伝子導入の操作自体で、病原体 Y の感染拡大が抑えられる。
 - ② 遺伝子 P は、タバコにおいて病原体 Y の感染拡大を抑える機能をもたない。
 - ③ 遺伝子 Q は、タバコにおいて病原体 Y の感染拡大を抑える機能をもつ。
- (2) 表 1 の実験群 1 ～ 6 の結果より、遺伝子 Q がタバコにおいて病原体 Y の感染拡大を抑えることのできる条件について、根拠となる実験群を示したうえで 60 字以内で説明せよ。
- (3) 表 1 の実験群 7 ～ 12 では、タバコの育成温度を変化させて病原体 Y の感染の広がりを調べた。遺伝子 Q がタバコにおいて病原体 Y の感染拡大を抑えることのできる条件について、根拠となる実験群を示したうえで 60 字以内で説明せよ。

4 以下の文章Ⅰ，Ⅱを読み，各問いに答えよ。

Ⅰ

生物多様性は，生態系の多様性，種多様性，遺伝的多様性の3つの階層の多様性から構成される。^(ア)

生態系の多様性では，世界には多様なバイオームがみられ，その分布は年間の 1 と 2 の影響を受ける。 1 が多い地域には森林が形成され，少ない地域には 3 や荒原が形成される。また， 1 が多い地域では， 2 が高いほうから順に，熱帯・亜熱帯多雨林， 4 林，夏緑樹林， 5 林の森林が形成される。世界的にみると， 6 付近は高温多湿で，熱帯・亜熱帯多雨林や雨緑樹林が分布する。

問 1 文章中の 1 ～ 6 に最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について，多様な種は，種分化を経て生じる。次の(1)および(2)の2つの例について，種分化をもたらしたと考えられる要因として最も適したものを，(a)～(i)の中からそれぞれ1つ選び，記号で答えよ。

(1) 北米に生育するヤナギランでは，2倍体の個体と4倍体の個体が同所的に生育する。両者の交雑によって生じた3倍体の個体は繁殖能力をもたない。

(2) パナマ沖の浅い海に生息するエビでは，南北アメリカ大陸をつなぐ陸地(パナマ地峡)をはさんで，太平洋側と大西洋側に形態が似た種が分布する。両者の分岐年代を推定したところ，パナマ地峡が隆起し陸地がつながった年代によく一致していた。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (a) 形態的隔離 | (b) 地理的隔離 | (c) 時間的隔離 |
| (d) 浸透性交雑 | (e) 遺伝子重複 | (f) 異数性 |
| (g) 倍数化 | (h) 適応放散 | (i) 形質置換 |

II

有性生殖は、個体群内の遺伝的多様性を高める。そこで、ある植物 A の個体群における有性生殖と個体群サイズの間連について調べた。

植物 A は、湖沼に生育する雌雄異株植物^{しゆういしゆ}(雄花をつける個体と、雌花をつける個体がわかる植物)である。雄個体は 40～50 個の雄花をつけ、雌個体は 2～9 個の雌花をつける。花粉は、主にハチ類とハエ類によって運ばれる。ハチ類は、この植物の個体間を頻繁に移動するが、ハエ類は、1 つの花に長時間滞在し、花間の移動はほとんどみられない。

植物 A の自生地近くに、自生地から個体を移植し、個体群サイズと性比(雄個体と雌個体の比率)を変えた実験個体群を複数作成した。個体群サイズは、2 個体、4 個体、10 個体、20 個体の 4 段階とし、性比は、雄個体が 10 %、50 %、90 % となるようにした。ただし、2 個体と 4 個体の実験個体群では、雄 50 % の比率のみとした。このような条件で、次の調査 1 および調査 2 を行った。

調査 1

花が開いている日中に、花を訪れる昆虫の観察を複数回行い、各実験個体群で、一定時間内(20 分間)に昆虫が訪れた回数(平均値)を算出した。また、各実験個体群で、1 日に昆虫が訪れた回数を、実験個体群内の花数で割り、1 花あたりの昆虫が訪れた回数(平均値)を算出した。

調査 2

種子の形成において、昆虫による花粉の運搬が十分行われているかを調べるために、同じ雌個体の花のうち、自然状態で受粉した花(自然受粉処理)と、人工的に授粉を行った花(人工授粉処理)で作られた種子数を比較した。人工授粉処理を対照群として、自生地から雄花を採集し、その花粉を、処理を行う花の柱頭に十分付着させ、花粉不足が起こらないようにした。一方、自然受粉処理では、花に何も操作をせず、昆虫が自由に花を訪れるようにした。また、2 つの処理は、授粉(受粉)以外の条件が同じになるようにした。そのため、自然受粉処理を人工授

粉処理と比較すれば、他の要因を無視し、花粉不足の程度を明らかにできる。

結実後に果実を回収して、成熟した種子数を数え、1果実あたりの種子数を算出した。また、花粉不足の程度を示す指標(PL)を、次のとおり算出した。

$$PL(\%) = \left(1 - \frac{\text{自然受粉処理による1果実あたりの種子数}}{\text{人工授粉処理による1果実あたりの種子数}} \right) \times 100$$

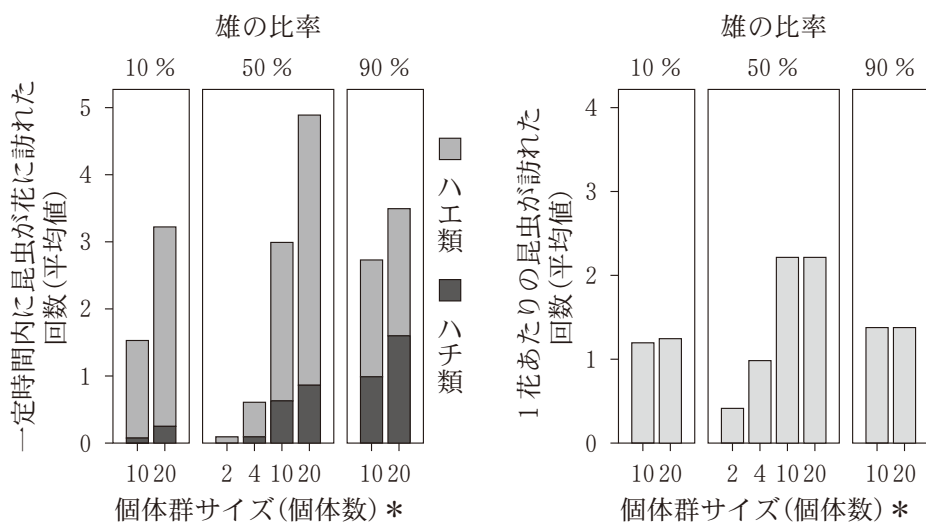


図1

図2

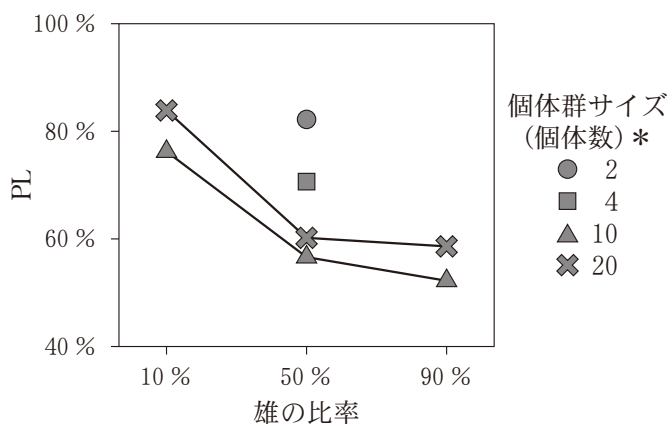


図3

* 2個体と4個体の実験個体群は、雄50%の比率のみ

問 3 図 1 および図 2 は，調査 1 の結果である。図 1 は，一定時間内に昆虫が花に訪れた回数，図 2 は，1 花あたりの昆虫が訪れた回数を示す。次の(a)~(d)について，2 つの図から読み取れる内容として正しい場合は○を，誤っている場合には×を記入せよ。

- (a) 雄の比率が 50 % の場合，一定時間内に昆虫が花に訪れた回数は，個体群サイズが大きくなると増加した。
- (b) 個体群サイズが 10 個体と 20 個体の実験個体群では，個体群内の雄の比率が高まると，一定時間内にハチ類が花に訪れた回数は増加した。
- (c) 個体群サイズが 10 個体と 20 個体の実験個体群では，個体群内の性比が雄にかたよると，1 花あたりの昆虫が訪れた回数は増加した。
- (d) 個体群サイズが 2 個体と 4 個体の個体群では，個体群サイズにかかわらず，1 花あたりの昆虫が訪れた回数は一定であった。

問 4 図 3 は，調査 2 の結果である PL 値を示す。人工授粉処理によって作られる 1 果実あたりの種子数がすべての実験個体群で同じであったとしたら，性比が雄 50 % の場合，個体群サイズ 2 個体と 10 個体では，どちらのほうが自然受粉処理によって作られる 1 果実あたりの種子数が多いか，答えよ。

問 5 この植物では，個体群サイズと性比は，1 果実あたりの種子数にどのような影響を与えているか，調査の内容をふまえた上で，次の語句をすべて用いて 120 字以内で説明せよ。

個体群サイズ，性比，ハチ類，花粉