

生 物

問 題	選 択 方 法
第 1 問	必 答
第 2 問	必 答
第 3 問	必 答
第 4 問	必 答
第 5 問	必 答
第 6 問	} いずれか 1 問を選択し、 解答しなさい。
第 7 問	

生 物 (注) この科目には、選択問題があります。(69ページ参照。)

第 1 問 (必答問題)

生命現象と物質に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 18)

A 生体内においては、多様なタンパク質がはたらいている。例えば、(a)インスリンなどのペプチドホルモンは、細胞間の情報伝達に関与している。また、(b)免疫に関与するタンパク質は、異物の排除などに関与している。(c)酵素は触媒としてはたらき、生体内の化学反応を効率よく進行させている。

問 1 下線部(a)に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① インスリンは、細胞表面から分泌され、別の細胞のミトコンドリアに結合する。
- ② インスリンは、イオンチャネルに結合し、細胞外の陽イオンを細胞内へ流入させる。
- ③ インスリンは、2本のポリペプチド鎖が結合したものである。
- ④ インスリンは、硫黄原子を含むアミノ酸をもたない。

問 2 下線部(b)に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 抗体は，ラギング鎖およびリーディング鎖とよばれる2種類のポリペプチド鎖が結合したものである。
- ② 抗体の可変部は，対応する抗原ごとに立体構造が異なる。
- ③ 抗体の多様なアミノ酸配列は，ペプチド結合の切断と再結合によってつくられる。
- ④ 抗原と結合する部位のアミノ酸配列が異なる多種類の抗体を，1個のB細胞が産生する。

生 物

問 3 下線部(c)に関して、次の文章中の **ア** ~ **エ** に入る語と数値の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **3**

酵素は、特定の基質と結合し、反応の活性化エネルギーを **ア** させることで、その反応速度を大きくしている。酵素反応の速度は、基質濃度や温度によって変化する。また、pH によっても酵素反応の速度は変化し、反応速度が最も大きくなる pH の値(最適 pH)は酵素ごとに異なる。例えば、胃液中ではたらくペプシンの最適 pH は約 **イ** である。ある種の酵素には、基質が結合する部位である **ウ** のほかに、基質以外の特定の物質が結合し、酵素の活性を変化させる部位である **エ** がある。

	ア	イ	ウ	エ
①	上 昇	2	活性部位	アロステリック部位
②	上 昇	2	アロステリック部位	活性部位
③	上 昇	9	活性部位	アロステリック部位
④	上 昇	9	アロステリック部位	活性部位
⑤	低 下	2	活性部位	アロステリック部位
⑥	低 下	2	アロステリック部位	活性部位
⑦	低 下	9	活性部位	アロステリック部位
⑧	低 下	9	アロステリック部位	活性部位

生 物

B 遺伝情報を担う核酸には、(d)DNA と RNA があり、これらはヌクレオチドから構成される。二重らせん構造をとる DNA では、2本のヌクレオチド鎖が互いに向かい合い、内側に突き出た特定の塩基の間で水素を仲立ちとした弱い結合(水素結合)によって塩基対が形成される。この DNA 鎖の一部の塩基配列が RNA に転写される際も、DNA の特定の塩基と RNA を構成するヌクレオチドの特定の塩基との間の水素結合によって塩基対が形成される。このような(e)特定の塩基どうしの結合を相補的結合とよぶ。

真核生物においては、転写直後の RNA (mRNA 前駆体)から mRNA がつくられるとき、一部のヌクレオチド鎖が除去されることがある。このとき除去される領域の違いによって、一つの mRNA 前駆体から異なる種類の mRNA ができることがあり、これを(f)選択的スプライシングという。この過程によって一つの遺伝子から複数種類の mRNA が合成され、機能の異なるタンパク質ができることもある。

問 4 下線部(d)に関連する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① DNA の複製は、DNA ポリメラーゼによって2本鎖 DNA の両鎖で行われるが、RNA への転写は、RNA ポリメラーゼによって遺伝子ごとに、どちらか片方の DNA 鎖を鋳型として行われる。
- ② 真核生物において、DNA の複製は核内で行われるが、RNA への転写は細胞質基質内で行われる。
- ③ DNA や RNA のヌクレオチド鎖において、隣り合ったヌクレオチドどうしの結合は、それぞれのヌクレオチドのリン酸の間で形成される。
- ④ 真核生物の DNA は、細胞分裂の際に rRNA と結合して凝縮し、太いひも状の構造として、顕微鏡で観察できる染色体となる。

問 5 下線部(e)に関連して、次の文章中の **オ** に入る数値として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 **5**

ある mRNA 前駆体の塩基組成を調べると、この RNA を構成する全塩基に占めるシトシンの数の比率は 15 % であることが分かった。また、この RNA のもととなった転写領域の 2 本鎖 DNA の塩基組成を調べると、その 2 本鎖 DNA を構成する全塩基に占めるシトシンの数の比率は 24 % であることが分かった。このとき、この RNA を構成するグアニンの数の比率は **オ** % である。

- ① 12
- ② 15
- ③ 24
- ④ 26
- ⑤ 33
- ⑥ 36

問 6 下線部(f)に関連して、図 1 は、4 つのエキソン(エキソン 1～4)とその間のイントロン(イントロン a～c)が含まれる mRNA 前駆体を示している。この mRNA 前駆体から選択的スプライシングによってエキソンの組合せが異なる mRNA が生成される。このとき、最大で何種類の mRNA が生成されるか。最も適当なものを、下の①～③のうちから一つ選べ。ただし、エキソン 1 とエキソン 4 は常に含まれ、イントロンは全て除去されるものとする。 **6** 種類

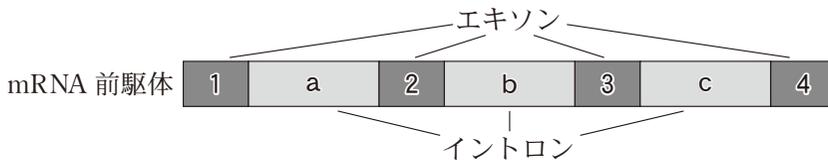


図 1

- ① 1
- ② 2
- ③ 3
- ④ 4
- ⑤ 6
- ⑥ 7
- ⑦ 8
- ⑧ 16

生 物

第 2 問 (必答問題)

生殖と発生に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 18)

A 図1は、両生類の^{ほうはい}胞胚の原基分布図である。動物極側に偏って分布する外胚葉領域からは、主に表皮組織と神経組織が形成される。外胚葉領域は、原腸胚期の後期には、胚の外表面の大部分を覆う。

外胚葉領域が胚の外表面を覆うには、外胚葉領域の表面積が広がる必要がある。図2は、この過程における外胚葉領域の細胞層に生じる変化を、模式的に示したものである。原腸胚の外胚葉領域は、性質が異なるS層とD層とに分けられる。S層は1層の細胞層からなり、原腸胚期の初期と比べて、原腸胚期の後期には、細胞が薄く引き伸ばされた形態になる。D層は、原腸胚期の初期では複数の細胞層からなるが、原腸胚期の後期には細胞が1層に並ぶ(単層化する)。これらの変化によって、外胚葉領域が広がる。原腸胚期の外胚葉領域に生じる変化のしくみを調べるため、両生類の胚を用いて、**実験1～3**を行った。

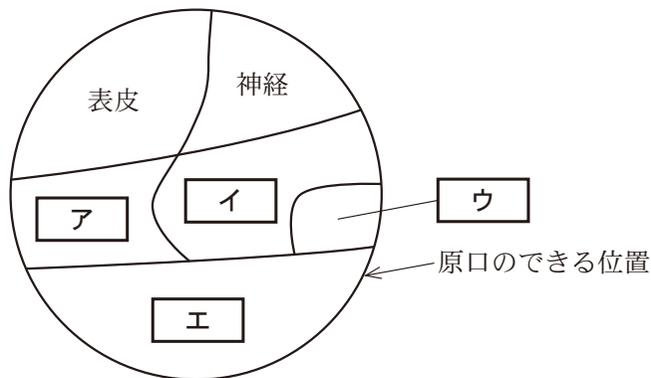
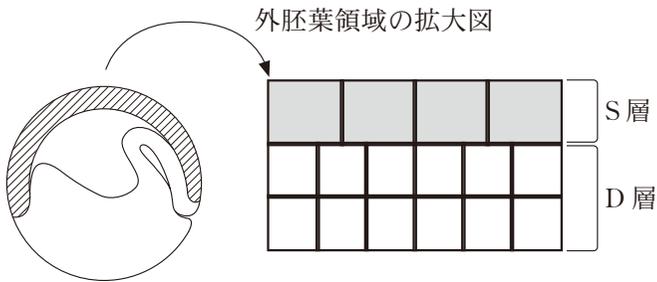
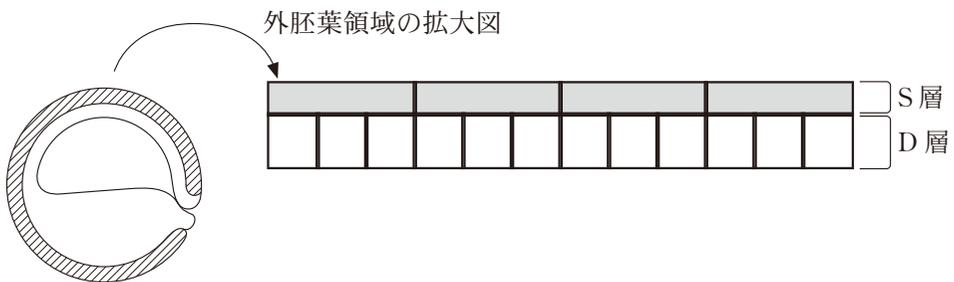


図 1



原腸胚期の初期(断面図)。斜線部は外胚葉領域を表す。



原腸胚期の後期(断面図)。斜線部は外胚葉領域を表す。

図 2

実験 1 S 層で特異的に発現する遺伝子 A の機能を失わせたところ、原腸胚期において、外胚葉領域の表面積が広がらなかった。このとき、遺伝子 A の機能が失われた胚の D 層は、原腸胚期の後期においても単層化せず、複数の細胞層から構成されていた。

実験 2 野生型の胚から S 層と D 層をそれぞれ単離したのち、同じペトリ皿内で互いに接触しないように適度な距離を置いて培養したところ、D 層の細胞が S 層の方へ移動した。

実験 3 遺伝子 A の機能が失われた胚から S 層を、野生型の胚から D 層を、それぞれ単離したのち、**実験 2** と同じ条件で培養したところ、D 層の細胞は S 層の方へ移動しなかった。

生 物

問 1 図 1 中の **ア** ~ **エ** の領域から将来できる組織または器官の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。 **1**

	ア	イ	ウ	エ
①	心 臓	脊 髄	膵 ^{すい} 臓 ^{ぞう}	肺
②	心 臓	脊 髄	脊 索	眼 ^め
③	心 臓	真 皮	膵 臓	眼
④	心 臓	真 皮	脊 索	肺
⑤	肝 臓	脊 髄	膵 臓	肺
⑥	肝 臓	脊 髄	脊 索	眼
⑦	肝 臓	真 皮	膵 臓	眼
⑧	肝 臓	真 皮	脊 索	肺

問 2 実験 1 ~ 3 の結果から導かれる考察として適当なものを、次の①~⑧のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 **2** ・ **3**

- ① S 層は、D 層の単層化と、D 層の細胞移動の両方に関わる。
- ② S 層は、D 層の単層化に関わるが、D 層の細胞移動に関わらない。
- ③ S 層は、D 層の単層化に関わらないが、D 層の細胞移動に関わる。
- ④ S 層は、D 層の単層化と、D 層の細胞移動のどちらにも関わらない。
- ⑤ 遺伝子 A は、D 層の単層化に関わらない。
- ⑥ 遺伝子 A は、D 層の細胞移動に関わらない。
- ⑦ 遺伝子 A は、D 層の細胞を S 層の方へと引き寄せることに関わる。
- ⑧ 遺伝子 A は、D 層の細胞を S 層から遠ざけることに関わる。

B 被子植物では、成熟した花粉がめしべの柱頭で発芽し、花粉管を伸ばす。花粉管は、花柱(柱頭と子房をつなぐ部分)の中を胚珠^{はいしゆ}に向かって伸長し、胚の中の助細胞が分泌する花粉管誘引物質に反応して、胚のうの方向へと伸長の向きを変える。花粉管が胚のうへと誘引されるしくみを調べるため、実験4を行った。

実験4 図3の条件a~dのように、被子植物であるトレニアの柱頭に花粉をつけた後、柱頭から5 mm または 15 mm の長さで花柱を切断した。柱頭を含む組織を、花粉発芽・花粉管伸長用の寒天培地(以下、寒天培地)の上に6時間、あるいは12時間放置した。その後、花柱の切断面から出てきた花粉管の先端近傍に、図4のように、花粉管誘引物質を含む溶液を滴下すると、その方向に向かった花粉管と、向かわなかった花粉管が観察された。また、図3の条件e, fのように、受粉させずに花粉を寒天培地上で発芽させ、同様に処理し、観察を行った。それぞれの条件で花粉管誘引物質に向かった花粉管の割合を調べたところ、図5に示す結果が得られた。なお、条件群a, c, eと条件群b, d, fとにおいて観察された花粉管の長さは、それぞれの群で同程度であった。

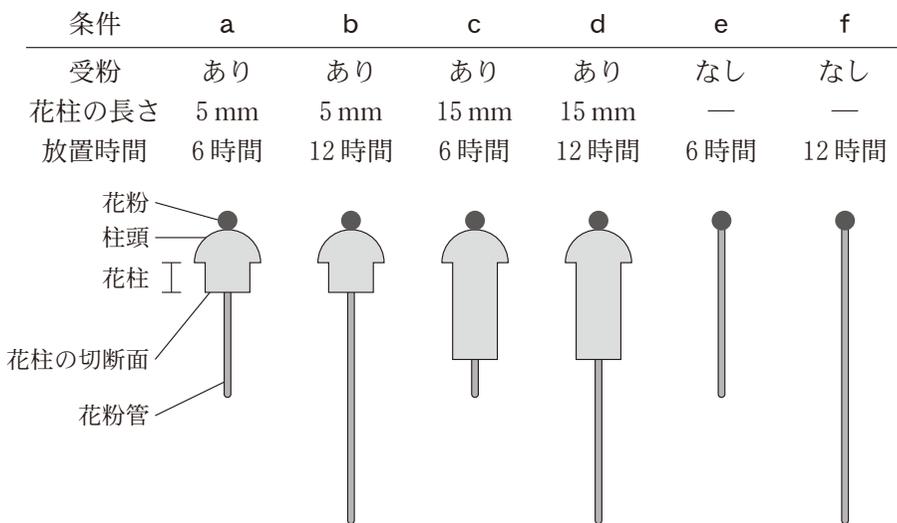


図 3

生 物

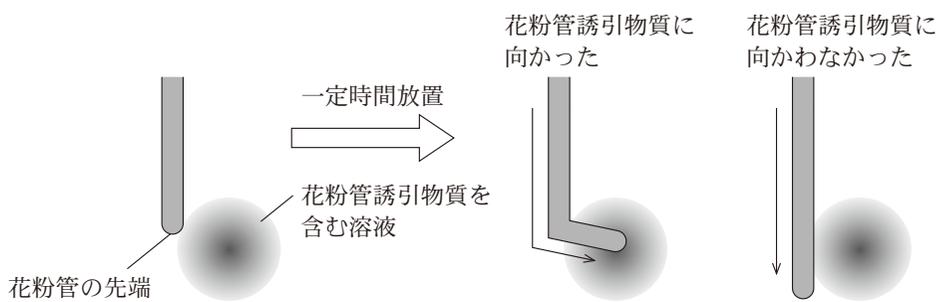


図 4

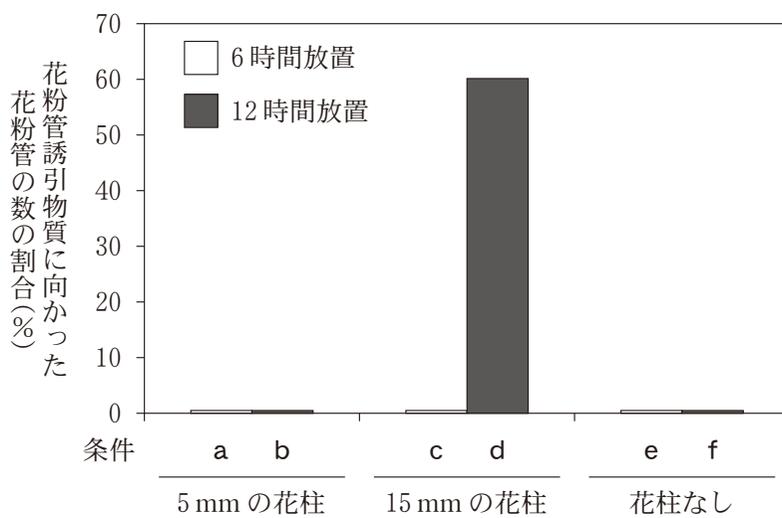


図 5

問 3 実験 4 の結果から導かれる考察として適当なものを，次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし，解答の順序は問わない。 ・

- ① めしべは，花粉管の誘引に関わらない。
- ② 花粉管が通過する花柱の長さは，花粉管の誘引に関わる。
- ③ 受粉後の放置時間は，花粉管の誘引に関わらない。
- ④ 花粉管が花粉管誘引物質に向かう能力は，発芽から受精に至るまで常に一定である。
- ⑤ 花粉管が花粉管誘引物質に向かう能力は，花柱を通過する過程で得られる。
- ⑥ 花粉管が花粉管誘引物質に向かう能力は，花粉管が一定の長さ以上になることだけで得られる。

問 4 被子植物の生殖に関する記述として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 1 個の精細胞は中央細胞と融合し，将来，胚乳をつくる。
- ② 花粉管の中で，花粉管細胞が精細胞になる。
- ③ 花粉管の先端が胚のうに到達すると，1 個の精細胞は卵細胞と受精し，核相(染色体の構成)が $3n$ の受精卵になる。
- ④ 花粉四分子のうち 3 個は退化し，1 個が成熟した花粉になる。
- ⑤ 1 個の胚のう母細胞は，減数分裂を経て 3 個の胚のう細胞になる。

生物

第3問 (必答問題)

生物の環境応答に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 18)

A 骨格筋の収縮は運動神経によって制御されている。運動神経が興奮すると、運動神経と筋細胞とがつくるシナプスで、神経の末端から神経伝達物質である が分泌される。シナプスの筋細胞側の細胞膜に存在する 受容体はイオンチャネルであり、 が結合すると などの陽イオンが筋細胞内に流入する。この結果、筋細胞の膜電位*が上昇して閾値いきちを超えると、シナプス周囲の筋細胞の細胞膜に活動電位が生じる。活動電位は筋細胞全体に急速に伝わる。筋細胞が興奮すると筋小胞体から が放出され、それが引き金となって筋収縮が起こる。運動神経の興奮と筋収縮との関係を調べるために、実験1～3を行った。ただし、筋収縮は限界値に達しなかったものとする。

*膜電位：細胞膜の内側と外側にみられる電位差

実験1 カエルのふくらはぎの筋肉を、この筋肉を支配する運動神経である座骨神経を付けたまま摘出した。次に筋肉におもりを付け、座骨神経に電気刺激を1回与え、筋肉を単収縮させた。筋肉の長さの変化を調べたところ、図1の結果が得られた。この実験で計測された筋肉の長さの最小値を L_1 とする。

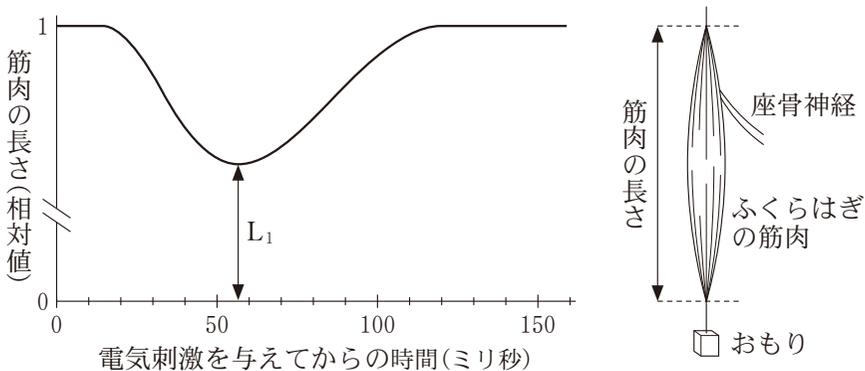


図 1

実験2 実験1で用いた筋肉に、実験1と同じ強さの電気刺激を与え、80ミリ秒後に同じ強さの電気刺激を再度与えた。この実験で計測された筋肉の長さの最小値を L_2 とする。

実験3 実験1で用いた筋肉に、実験1と同じ強さの電気刺激を与え、160ミリ秒後に同じ強さの電気刺激を再度与えた。この実験で計測された筋肉の長さの最小値を L_3 とする。

問1 上の文章中の ~ に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①~⑧のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	グルカゴン	Na^+	Ca^{2+}
②	グルカゴン	Na^+	トロポニン
③	グルカゴン	K^+	Ca^{2+}
④	グルカゴン	K^+	トロポニン
⑤	アセチルコリン	Na^+	Ca^{2+}
⑥	アセチルコリン	Na^+	トロポニン
⑦	アセチルコリン	K^+	Ca^{2+}
⑧	アセチルコリン	K^+	トロポニン

生 物

問 2 次の①～⑥は、 L_1 、 L_2 、および L_3 の大きさについての式である。正しい式の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。

2

① $L_2 > L_1$

② $L_2 < L_1$

③ $L_2 = L_1$

④ $L_3 > L_2$

⑤ $L_3 < L_2$

⑥ $L_3 = L_2$

⑦ ①, ④

⑧ ①, ⑤

⑨ ①, ⑥

⑩ ②, ④

⑪ ②, ⑤

⑫ ②, ⑥

⑬ ③, ④

⑭ ③, ⑤

⑮ ③, ⑥

問 3 骨格筋の収縮のしくみに関する次の文章中の **エ** ~ **キ** に入る語の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。

3

骨格筋の収縮は、ATPの **エ** に伴い **オ** の形状が変化して、**カ** フィラメントをたぐり寄せる反応が起こり、**オ** フィラメントの間に **カ** フィラメントが滑り込むことによって生じる。このとき横紋の中の **キ** の長さは短くなる。

	エ	オ	カ	キ
①	分 解	アクチン	ミオシン	明 帯
②	分 解	アクチン	ミオシン	暗 帯
③	分 解	ミオシン	アクチン	明 帯
④	分 解	ミオシン	アクチン	暗 帯
⑤	合 成	アクチン	ミオシン	明 帯
⑥	合 成	アクチン	ミオシン	暗 帯
⑦	合 成	ミオシン	アクチン	明 帯
⑧	合 成	ミオシン	アクチン	暗 帯

生 物

B 植物は様々な環境要因に応答し、成長や発生を調節している。細菌などの (a) 病原体も環境要因の一つであり、植物はこれに応答し、抗菌物質の合成などの、感染を防ぐ反応(病害抵抗性反応)を開始する。しかし、病害抵抗性反応は植物の成長を阻害することがあるので、健全な植物は、自身もつ遺伝子 X のはたらきによって、病害抵抗性反応を抑制している。病原体を認識した植物は、自身もつ遺伝子 Y のはたらきによって、遺伝子 X のはたらきを抑制することで、病害抵抗性反応を開始する。野生型のシロイヌナズナの病害抵抗性反応に関わる遺伝子 X および Y のはたらきを調べるため、**実験 4**を行った。

実験 4 シロイヌナズナの野生型植物、遺伝子 X を欠く突然変異体 x、および遺伝子 Y を欠く突然変異体 y を 4 週間栽培し、各植物の葉に病原細菌 A を含む培養液を均一に噴霧して感染させた。3 日間放置した後に、感染葉の単位面積あたりの細菌数(個/cm²)を調べたところ、図 2 の結果が得られた。

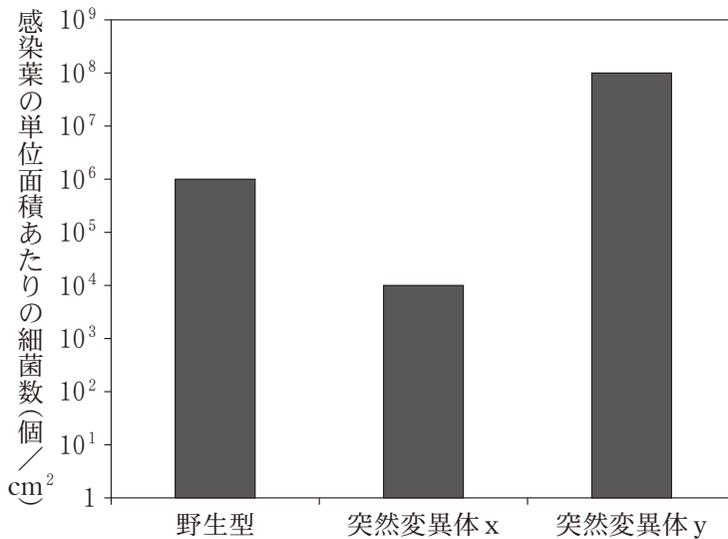


図 2

問 4 下線部(a)に関して、次の文章中の ~ に入る語として最も適当なものを、下の①~⑦のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

ク ・ケ ・コ

植物が乾燥にさらされると、葉において の濃度が上昇し、その作用によって気孔が閉じる。しかし、トマト斑葉細菌病菌^{はんよう}は、ある種の化学物質を分泌し、 の有無にかかわらず気孔を開かせ、植物体内へ侵入する。また、イネばか苗病菌は、種子の発芽や茎の伸長を促進する植物ホルモンである を分泌し、苗の異常な伸長を誘導する。バラ根頭がんしゅ病細菌(アグロバクテリウム)は、植物に感染すると、自らがもつ DNA の一部(T-DNA)を植物の DNA に組み込む。T-DNA 上には植物ホルモンであるオーキシンおよび の合成に関わる遺伝子があり、感染部位では、それらのホルモンの作用によってカルス状の細胞塊が形成される。

- ① アブシシン酸 ② デンプン ③ フロリゲン
- ④ グルタミン酸 ⑤ エチレン ⑥ ジベレリン
- ⑦ サイトカイニン

問 5 遺伝子 X と Y の両方を欠く突然変異体 xy に、実験 4 と同じ条件で病原細菌 A を感染させたとき、実験 4 の結果から予想される、感染葉の単位面積あたりの細菌数(個/cm²)の結果として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

- ① 野生型植物と同程度である。
- ② 突然変異体 x と同程度である。
- ③ 突然変異体 y と同程度である。
- ④ 突然変異体 y よりも多い。

生 物

第 4 問 (必答問題)

生態と環境に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 18)

A 窒素はタンパク質や を構成する元素の一つである。大気中には窒素分子(N_2)が豊富に存在するが、植物はこれを直接利用することができない。

植物は、窒素固定細菌である と共生することで、大気中の窒素を利用できるようになる。

一方、大気中に二酸化炭素として存在する炭素は、森林の樹木の光合成によって取り込まれ、幹、枝、葉、根などを構成する有機物として生態系に蓄積する。生産者の現存量の一部は枯死や被食によって失われる。ある落葉広葉樹林で、生産者の純生産量を推定するための調査を行った。表1は、ある年(Y年)およびその翌年(Y+1年)の同じ月に実施した4つの調査項目と、調査の結果から得られた測定値を示している。

問1 上の文章中の ～ に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	ピルビン酸	マメ科	担子菌
②	ピルビン酸	マメ科	根粒菌
③	ピルビン酸	アブラナ科	担子菌
④	ピルビン酸	アブラナ科	根粒菌
⑤	核 酸	マメ科	担子菌
⑥	核 酸	マメ科	根粒菌
⑦	核 酸	アブラナ科	担子菌
⑧	核 酸	アブラナ科	根粒菌

表 1

Y 年の現存量	Y + 1 年の現存量	Y 年から Y + 1 年の 1 年間の枯死量	Y 年から Y + 1 年の 1 年間の被食量
23.01 kg/m ²	23.71 kg/m ²	0.40 kg/(m ² ・年)	0.08 kg/(m ² ・年)

問 2 表 1 の測定値から計算される，この落葉広葉樹林における生産者の純生産量(kg/(m²・年))として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。なお，1 年間の現存量の差が森林の年間の成長量である。

kg/(m²・年)

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 0.22 | ② 0.38 | ③ 0.62 |
| ④ 0.78 | ⑤ 1.02 | ⑥ 1.18 |

問 3 この落葉広葉樹林における生産者の総生産量を推定するためには，表 1 の 4 つの調査項目だけでは不十分である。その理由として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 消費者の死亡量が分からないから。
- ② 消費者の成長量が分からないから。
- ③ 消費者の現存量が分からないから。
- ④ 生産者の呼吸量が分からないから。
- ⑤ 生産者の光合成に伴う蒸散量が分からないから。
- ⑥ 森林の受ける光の総量が分からないから。

生 物

B 生態系内では多様な生物によって群集が構成されており、(a)生物間に様々な相互作用が存在する。(b)生物多様性には、遺伝的多様性、種の多様性(種多様性)、および生態系の多様性(生態系多様性)の三つがある。

問 4 下線部(a)に関連して、カッコウ科の鳥には、親がひなの世話をせずに、カラス科の鳥の巣に産卵して世話を托す行動(托卵)をとる種がいる。托卵されたカラスは、自分の子(卵やひな)とカッコウの子を区別できないため、托卵された巣では両種のひなが共存する。托卵されたカラスは自分のひなの世話を十分にできなくなるが、カッコウのひなは捕食者が嫌がる臭いを分泌するため、托卵された巣内のカラスのひなは、カッコウのひなとともに捕食を逃れやすくなる。

これらのカッコウとカラスが生息するある地域において、捕食者の少ない年と多い年に、巣立ちに成功したカラスのひなの数を調査した。カッコウに托卵されなかったカラスの巣と托卵された巣のそれぞれについて、巣立ちに成功したカラスのひなの数を多くの巣で調べて巣あたりの平均を求めたところ、図1の結果が得られた。この結果を説明した下の文章中の、エ ~ キ に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~③のうちから一つ選べ。ただし、巣あたりのカラスの産卵数は、托卵されなかった巣と托卵された巣の間で同じとし、巣あたりの托卵数は、捕食者の少ない年と多い年の間で同じとする。 4

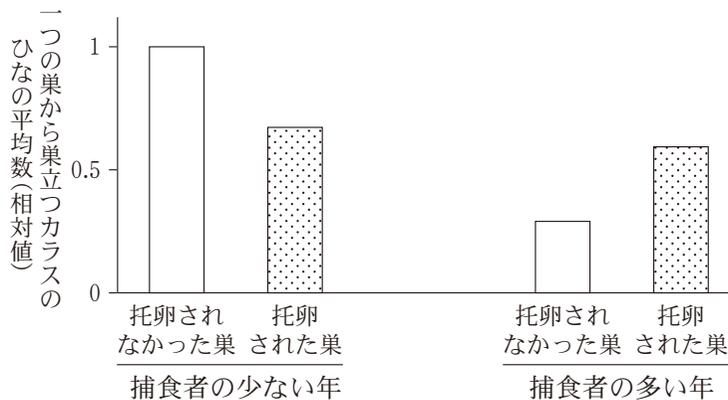


図 1

生 物

捕食者の少ない年には、一つの巣から巣立つカラスのひなの数は、托卵されることで **エ** する。このとき、托卵されたカラスは、 **オ** にある。また、捕食者の多い年には、一つの巣から巣立つカラスのひなの数は、托卵されることで **カ** する。このとき、托卵されたカラスは、 **キ** にある。

	エ	オ	カ	キ
①	減 少	カッコウと 相利共生の状態	増 加	カッコウによって 寄生されている状態
②	減 少	カッコウと 相利共生の状態	増 加	カッコウに 寄生している状態
③	減 少	カッコウによって 寄生されている状態	増 加	カッコウに 寄生している状態
④	減 少	カッコウによって 寄生されている状態	増 加	カッコウと 相利共生の状態
⑤	増 加	カッコウと 相利共生の状態	減 少	カッコウによって 寄生されている状態
⑥	増 加	カッコウと 相利共生の状態	減 少	カッコウに 寄生している状態
⑦	増 加	カッコウによって 寄生されている状態	減 少	カッコウに 寄生している状態
⑧	増 加	カッコウによって 寄生されている状態	減 少	カッコウと 相利共生の状態

生 物

問 5 下線部(b)に関する記述として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 5 ・ 6

- ① ある個体の遺伝的多様性は、その個体が環境変動を乗り越えて生存することによって高くなる。
- ② 生態系多様性は、その生態系に含まれる生物の種数と、それらの種が相対的に占める割合で決まる。
- ③ ある個体群の遺伝的多様性が高いと、環境の変化に対応できる個体が存在する可能性が高いため、環境が変化してもその個体群は絶滅しにくい。
- ④ 一般に、攪乱かくらんが中規模で適度にはたらく場合には、強い攪乱や弱い攪乱の場合に比べ、種多様性は低くなる。
- ⑤ ある種で個体数が少なくなると、有害な遺伝子の蓄積が抑えられ、その種は絶滅しにくくなるため、種多様性の低下を抑えることができる。
- ⑥ 生態系によって生息する生物は異なるため、ある地域の生態系多様性が高いと、その地域の種多様性も高い。

生 物

第 5 問 (必答問題)

生物の進化と系統に関する次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 18)

A ヒトの(a)ヘモグロビンβ鎖をコードする遺伝子には、アミノ酸配列が異なる対立遺伝子 H_1 と H_2 が存在し、対立遺伝子 H_2 は対立遺伝子 H_1 の DNA 配列に起こった(b)突然変異によって生じたものであることが分かっている。対立遺伝子 H_2 をもつ個体では、赤血球が鎌状^{かまじょう}に変化し貧血が引き起こされるが、貧血の程度は個体の遺伝子型によって大きく異なる。遺伝子型 H_1H_2 の個体では、軽度の貧血が起こるが、マラリア*に対する抵抗性が高くなる。したがって、遺伝子型 H_1H_2 の個体は、マラリアによる死亡率の高い地域では生存に有利である。一方、遺伝子型 H_2H_2 の個体は、重度の貧血によって生存率が著しく下がる。したがって、遺伝子型 H_2H_2 の個体はマラリアを発症するしないにかかわらず生存に不利である。

*マラリア：マラリア原虫が赤血球に感染して発症する病気

問 1 マラリアが流行している地域 X と、流行していない地域 Y における対立遺伝子 H_2 の頻度をそれぞれ x , y とする。突然変異、遺伝的浮動、および個体の移入・移出の影響が全て無視できるとき、 x と y の値に関する式として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① $x = y = 1$

② $x < y = 1$

③ $x < y < 1$

④ $y < x = 1$

⑤ $y < x < 1$

問 2 下線部(a)に関連して、ヘモグロビンなどのタンパク質のアミノ酸配列を様々な種において比較することによって、分子時計とよばれる考え方ができあがった。また、この考え方は塩基配列においても成り立つ。図 1 は 3 種の哺乳類 A～C のゲノム中のある領域における塩基配列を示しており、3 種間で一つでも違いのある塩基については、黒い背景に白文字で表示している。分子時計が図 1 に示した塩基配列において成り立ち、種 A と種 B がおよそ 9000 万年前に分岐したことが化石の記録から分かっているとき、種 A と種 C が分岐した年代の推定値として最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

種 A : TGTGAAAATACAGAGCGTTCGCATATCAAAAGAAAAC
 種 B : TGTGAAAGTACTGGGCGTTTGCATATCAACGAAAAA
 種 C : TGTGAAAATACAGAGCGTTCGCATATTAAAAGAAAAA

図 1

- ① 1500 万年前 ② 3000 万年前 ③ 4500 万年前
 ④ 9000 万年前 ⑤ 1 億 8000 万年前

問 3 下線部(b)に関する記述として誤っているものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① DNA の複製の際に、ある確率で突然変異が起こる。
 ② 突然変異が起こらないことは、ハーディ・ワインベルグの法則が成立する条件の一つである。
 ③ 生存に有利な突然変異が起こるしくみを、自然選択とよぶ。
 ④ 強い放射線は、突然変異が起こる確率を高める。
 ⑤ DNA に突然変異が起こっても、生物の形質は変化しない場合がある。

生 物

B 生物が、ある環境の下で、生存・繁殖に有利な形態や生活様式をそなえていることを適応という。

(c) 被子植物の種 D と種 E は互いにごく近縁な草本である。種 D は細長い葉をもち、日当たりのよい溪流沿いの、増水時には水没するような岩場に生息する。種 E は円い葉をもち、薄暗い照葉樹林の林床に生息する。これらの環境条件下での 2 種の適応について調べるため、**実験 1**・**実験 2**を行った。

実験 1 種 D と種 E をそれぞれ 10 個体ずつ準備した。各個体の根元を固定し、葉が自由に動く状態で、個体全体を水流にさらした。水流の流速とさらす時間は、種 D が生息する溪流の増水時に近い値にした。その後、個体ごとに水流でちぎれて失われた葉の数の割合を調べ、それぞれの種ごとに平均を求めたところ、図 2 に示す結果が得られた。

実験 2 種 D と種 E の種子を発芽させ、同じ条件の下で 30 日間成長させた。その後、それぞれの種について、半数は溪流沿いの岩場と同じ程度の強い光の下、残りの半数は照葉樹林の林床と同じ程度の弱い光の下で栽培を続け、50 日後に生存していた個体の数の割合(生存率)を調べたところ、図 3 に示す結果が得られた。

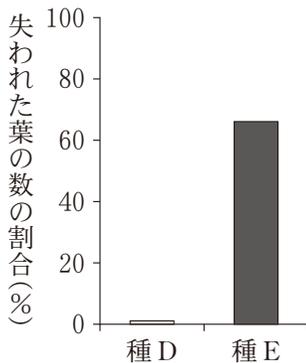


図 2

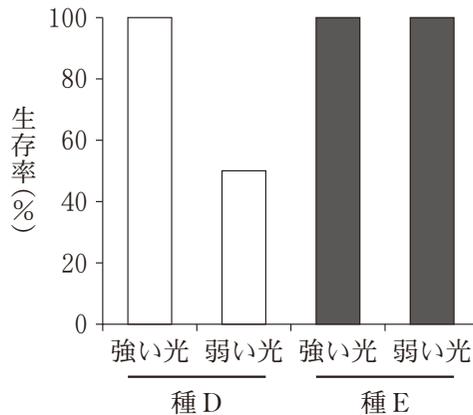


図 3

問 4 実験1・実験2の結果から導かれる考察として誤っているものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。

- ① 種Dが溪流沿いの岩場に生息しているのは、流水にさらされる溪流の環境に適応しているからである。
- ② 種Eが溪流沿いの岩場に生息していないのは、流水にさらされる溪流の環境に適応していないからである。
- ③ 種Dが照葉樹林の林床に生息していないのは、暗い環境に適応していないからである。
- ④ 種Eが照葉樹林の林床に生息しているのは、明るい環境よりも暗い環境に適応しているからである。

生 物

問 5 下線部(c)に関連して、図 4 は植物の系統関係を表した系統樹であり、系統樹上の **ア** ~ **ウ** は植物の進化の過程において獲得された形質を示している。**ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。 **5**

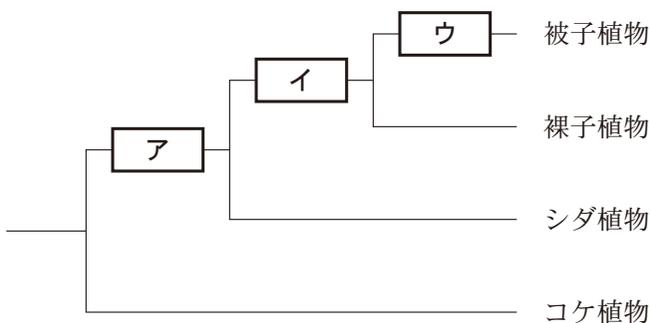


図 4

	ア	イ	ウ
①	種子をつくる	維管束をもつ	子房をもつ
②	種子をつくる	子房をもつ	維管束をもつ
③	維管束をもつ	種子をつくる	子房をもつ
④	維管束をもつ	子房をもつ	種子をつくる
⑤	子房をもつ	種子をつくる	維管束をもつ
⑥	子房をもつ	維管束をもつ	種子をつくる

問 6 適応放散の例として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ① 哺乳類は，恐竜類が絶滅した後，様々な環境で多様化した。
- ② 毒をもたないハナアブが，毒をもつハチと同じような黄と黒の縞模様しまをもつようになった。
- ③ ヒトは，直立二足歩行により，両手を様々な作業に使えるようになった。
- ④ イギリスに生息するガの一種は，周囲の工業化が進むにつれて体色の黒い個体の割合が増加した。

生 物 第6問・第7問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第6問 (選択問題)

遺伝子組換え実験に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 10)

生物学の研究において、(a) 遺伝子組換え技術は重要な手法の一つである。目的の遺伝子を組み込んだ遺伝子組換え用プラスミドを大腸菌に取り込ませる形質転換操作を行う場合、全ての大腸菌にプラスミドが導入されるわけではない。そこで、細菌の生育を阻害する抗生物質に対する耐性遺伝子をプラスミドに組み込むことで、プラスミドが導入された大腸菌のみを抗生物質によって選別することができる。遺伝子組換え大腸菌を作製するため、**実験1**を行った。

実験1 大腸菌培養用の液体培地、寒天、および抗生物質のアンピシリン、カナマイシンを用いて、寒天培地A～Cを作製した。寒天培地Aには抗生物質が含まれておらず、寒天培地Bにはアンピシリンが、寒天培地Cにはカナマイシンが含まれている。また、遺伝子組換え用プラスミドとして、図1に示すプラスミドX～Zを準備した。これらのプラスミドには、アンピシリン耐性遺伝子、カナマイシン耐性遺伝子、緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子のうちの2種類が組み込まれている。これらの遺伝子はいずれも、大腸菌内で常に発現を誘導するプロモーターに連結されている。

大腸菌の膜の透過性を高め、プラスミドを取り込みやすくする溶液で大腸菌を処理した後、遺伝子組換え用プラスミドを用いて形質転換操作を行った。また対照実験として、形質転換操作にプラスミドを用いないものも実施した。これらの形質転換操作を行った大腸菌を、それぞれの寒天培地上に塗布し、恒温器で一日培養したところ、表1の結果が得られた。ただし、寒天培地に塗布した大腸菌数は、いずれの場合でも等しいものとする。

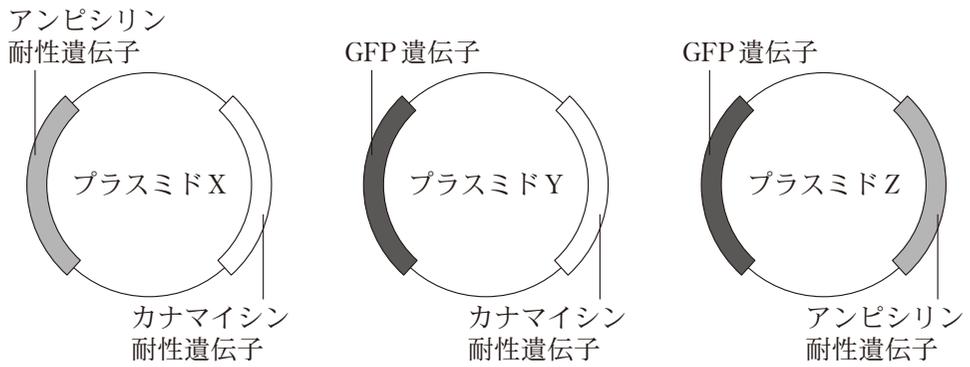


図 1

表 1

形質転換操作に使用したプラスミド	寒天培地 A (抗生物質なし)	寒天培地 B (アンピシリン含有)	寒天培地 C (カナマイシン含有)
プラスミドなし	+	-	-
プラスミド X	+	+	+
プラスミド Y	+	-	+
プラスミド Z	ア	イ	ウ

+ : コロニーあり, - : コロニーなし

生 物

問 1 下線部(a)に関連して、組換え DNA 実験に用いられる酵素に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 制限酵素は、2本鎖 DNA の末端部分を識別して、DNA 鎖をほどくはたらきをもつ。
- ② 制限酵素は、DNA の特定の塩基配列を識別して、その配列に続く DNA に相補的な1本鎖 RNA を合成するはたらきをもつ。
- ③ 制限酵素は、DNA の特定の塩基配列を識別して、DNA 鎖を切断するはたらきをもつ。
- ④ DNA リガーゼは、2本鎖 DNA の末端部分を識別して、DNA 鎖をほどくはたらきをもつ。
- ⑤ DNA リガーゼは、DNA の特定の塩基配列を識別して、その配列に続く DNA に相補的な1本鎖 RNA を合成するはたらきをもつ。
- ⑥ DNA リガーゼは、DNA の特定の塩基配列を識別して、DNA 鎖を切断するはたらきをもつ。

問 2 表1の ～ に入る結果の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	+	+	+
②	+	+	-
③	+	-	+
④	+	-	-
⑤	-	+	+
⑥	-	+	-
⑦	-	-	+
⑧	-	-	-

問 3 実験 1 で生じた大腸菌のコロニーについて、GFP の検出に適した条件で観察したときの記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、形質転換操作を行っていない大腸菌は、緑色の蛍光を発しないものとする。 3

- ① プラスミド X を用いた場合、寒天培地 A では、全てのコロニーが緑色の蛍光を発する。
- ② プラスミド X を用いた場合、寒天培地 B では、ごく一部のコロニーのみが緑色の蛍光を発する。
- ③ プラスミド Y を用いた場合、寒天培地 A では、全てのコロニーが緑色の蛍光を発する。
- ④ プラスミド Y を用いた場合、寒天培地 A では、緑色の蛍光を発するコロニーは存在しない。
- ⑤ プラスミド Y を用いた場合、寒天培地 C では、全てのコロニーが緑色の蛍光を発する。

生 物 第6問・第7問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第7問 (選択問題)

生物の生態と進化に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 10)

マダラヒタキ(以後、マダラとよぶ)とシロエリヒタキ(以後、シロエリとよぶ)はヨーロッパなどで見られる小形の鳥類である。(a)マダラの学名は *Ficedula hypoleuca* であり、シロエリの学名は *Ficedula albicollis* である。これらの種では、繁殖期になると雄は(b)縄張りをつくり、雌が雄を選ぶことによってつがいを形成し、繁殖を行う。(c)マダラとシロエリの種分化には、両種の祖先が氷河期に経験した地理的隔離が関わっている。

問1 下線部(a)に関連する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① マダラとシロエリは同じ科に属する。
- ② マダラとシロエリは異なる属に属する。
- ③ *hypoleuca* はマダラが属する目の名称を表している。
- ④ シロエリの種小名は *Ficedula* である。

問 2 下線部(b)に関連する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 縄張りを形成する生物種では、個体群内の全ての個体が縄張りをもつ。
- ② 縄張りが大きいほど、縄張りを守るために費やすエネルギーは小さくなる。
- ③ 縄張りが大きいほど、縄張りをもつ個体が得る利益は小さくなる。
- ④ 縄張りの大きさは、個体群密度に依存しない。
- ⑤ 縄張りの機能は食物や繁殖場所、交配相手の確保である。

生 物

問 3 下線部(C)に関連して、マダラとシロエリの現在の分布域は、一部が重なっている。図1のように、分布が重ならない地域(異所的分布域)の、黒色の目立つマダラの雄(黒型雄)はシロエリの雄とよく似ている。一方、分布が重なる地域(同所的分布域)のマダラの雄の体色は茶色が目立つ(茶型雄)。また、マダラとシロエリの交配によって生まれた雑種個体の繁殖力は低い。これらのことから次の仮説を立てた。

「同所的分布域のマダラの雌はシロエリの雄とマダラの黒型雄との区別ができない。そのため、同所的分布域のマダラの雄ではシロエリの雄と間違われなような茶色の体色が進化し、同所的分布域のマダラの雌では茶型雄を選ぶような好みが進化した。」

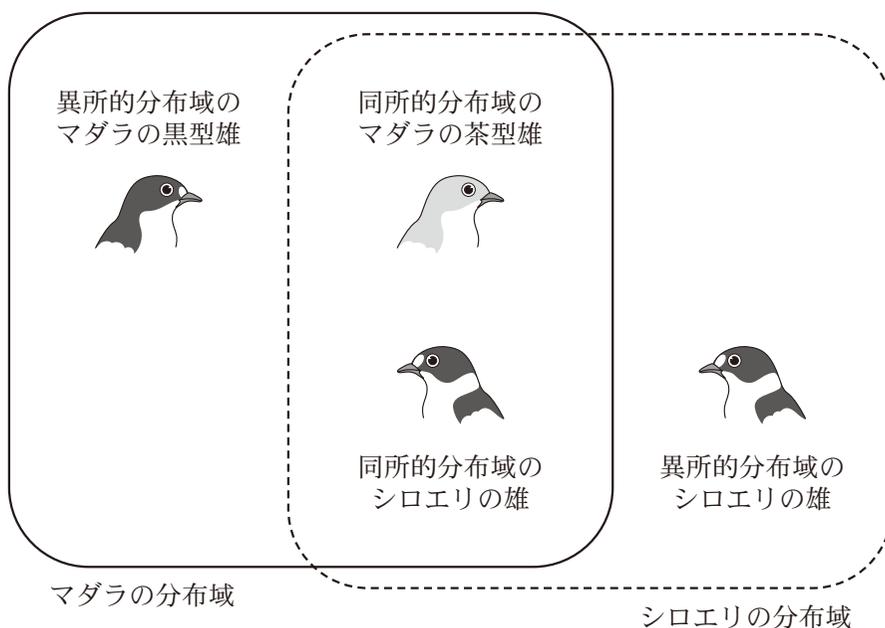


図 1

この仮説を検証するために、マダラの雌に異なるタイプの雄を選ばせる実験 1～3 を行った。

実験 1 異所的分布域のマダラの雌 9 羽のそれぞれに、マダラの黒型雄 1 羽と茶型雄 1 羽を同時に提示し、どちらかの雄を交配相手として選ばせた。黒型雄を選んだ雌は 8 羽、茶型雄を選んだ雌は 1 羽であった。

実験 2 同所的分布域のマダラの雌 12 羽のそれぞれに、マダラの黒型雄 1 羽と茶型雄 1 羽を同時に提示し、どちらかの雄を交配相手として選ばせた。黒型雄を選んだ雌は 羽、茶型雄を選んだ雌は 羽であった。

実験 3 同所的分布域のマダラの雌 12 羽のそれぞれに、マダラの黒型雄 1 羽とシロエリの雄 1 羽を同時に提示し、どちらかの雄を交配相手として選ばせた。マダラの黒型雄を選んだ雌は 羽、シロエリの雄を選んだ雌は 羽であった。

実験 1～3 の結果は、仮説を支持するものであった。上の文章中の ～ に入る数値の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ	エ
①	2	10	2	10
②	2	10	10	2
③	2	10	6	6
④	10	2	2	10
⑤	10	2	10	2
⑥	10	2	6	6
⑦	6	6	2	10
⑧	6	6	10	2
⑨	6	6	6	6

問題と解答は、独立行政法人 大学入試センターホームページより転載しています。
ただし、著作権上の都合により、一部の問題・画像を省略しています。