

生 物

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

例えば、

4

 と表示のある問題に対して、「①～⑧のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：②と⑦と答えたい場合には

解答 番号	解 答 欄									
4	①	☒	③	④	⑤	⑥	☒	⑧	⑨	⑩

- 1 次の文章A～Dを読み、後の問い(問1～7)に答えよ。

文章A

緑色植物の光合成は、通常、クロロフィルが光の粒子(光子)1個を吸収すると光化学反応が1回起こり、電子1個が伝達される。光化学系Ⅱが水分子2個を完全に分解して酸素分子1個を生じるには、光化学系Ⅱに(a)個の光子が吸収される必要がある。一方、二酸化炭素を取り込んで有機物を合成するには、光化学系Ⅰからの電子によってつくられる還元型補酵素が必要である。この還元型補酵素を1個つくるには、光化学系Ⅰに(b)個の光子が吸収される必要がある。なお、光合成の電子伝達反応では、光化学系Ⅱと光化学系Ⅰとがつながり、水分子から取り出された電子がこの補酵素を還元する。したがって、2つの光化学系が連携して、水分子2個を分解し、酸素分子1個と還元型補酵素を2個生じるのに、光子は(a) + 2 × (b)個必要である。

問1 下線部アに関して、光化学系Ⅰで生じる還元型補酵素を過不足なく含むものを、次の①～

⑦のうちから1つ選べ。 1

- ① NADH ② FADH₂ ③ NADPH
④ NADH, FADH₂ ⑤ NADH, NADPH ⑥ FADH₂, NADPH
⑦ NADH, FADH₂, NADPH

問2 文章中の(a)と(b)に入る適切な数字の組合せを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 2

	①	②	③	④	⑤	⑥
a	1	1	2	2	4	2
b	1	2	1	2	2	4

文章B

緑色植物のストロマではカルビン・ベンソン回路によって二酸化炭素から有機物がつくられる。二酸化炭素と炭素数5のリブローズビスリン酸(RuBP)とが結合して炭素数3のホスホグリセリン酸(PGA)がつくられる。PGAは同じく炭素数3のグリセルアルデヒドリン酸(GAP)に変換される。GAPの一部は炭素数6の有機物となり、残りはRuBPに再生される。

問3 次のi～iiiの3つの過程のうち、ATPが消費されるのはどれか。過不足なく含むものを、次の①～⑦のうちから1つ選べ。 3

i : RuBP から PGA まで ii : PGA から GAP まで iii : GAP から RuBP まで

- ① i ② ii ③ iii
④ i, ii ⑤ i, iii ⑥ ii, iii ⑦ i, ii, iii

文章C

緑色植物において、水の消費量の内訳には、有機物の合成で使われる量と、蒸散によって失われる量が含まれる。ある緑色植物の葉で単位時間あたりの二酸化炭素の取り込み量が2.20 gであった。その際に、光合成と蒸散によって消費された水は180 gであった。この過程で取り込まれた二酸化炭素はすべて光合成に使われたとする。

問4 この時、蒸散によって失われた水の割合(%)を求めよ。

4 5 . 6 %

4 には十の位の数字を、5 には一の位の数字を、6 には小数第1位の数字をマークせよ。小数第2位以下がある場合には四捨五入せよ。該当する位がない場合は①をマークせよ。ただし、光合成の反応で生じた水はすべて蒸散し、光合成と蒸散以外では水の生成と消費はないものとする。原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とする。

文章D

大腸菌には図1に示す代謝経路がある。反応Xでは酵素Xにより物質Aから物質Bがつくりだされ、反応Yでは酵素Yにより物質Bから物質Cがつくりだされる。大腸菌の増殖に物質Cは必須であるが、物質Aと物質Bは必須ではない。大腸菌には反応Xと反応Yを触媒する酵素(酵素X、酵素Y)に異常がある変異体(変異体ΔXと変異体ΔXY)があり、変異体ΔXは酵素Xの活性が、変異体ΔXYは酵素Xと酵素Yの両方の活性が失われている。

野生型の大腸菌のゲノム情報から酵素Xと酵素Yをコードする遺伝子を探したところ、酵素Xの候補遺伝子として遺伝子1と遺伝子2が、酵素Yの候補遺伝子として遺伝子3と遺伝子4がそれぞれ得られた。野生型の大腸菌から遺伝子1～4をPCRによって増幅してプラスミドに組み込んだもの(プラスミド1～4)を作製し、変異体ΔXと変異体ΔXYに導入した。それらの形質転換した大腸菌を、物質Aを含む最少培地で培養した。その結果を表1に示す。



図1 大腸菌がもつ代謝経路

表1 形質転換した大腸菌を培養した結果

プラスミド	1	2	3	4	1, 3	1, 4	2, 3	2, 4
変異体 ΔX	+	+	－	－	+	+	+	+
変異体 ΔXY	－	－	－	－	－	+	－	+

＋：増殖が認められた －：増殖が認められなかった

問5 酵素Xと酵素Yをコードする遺伝子の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑨のうちから1つ選べ。 7

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
酵素X	1	1	1	2	2	2	1, 2	1, 2	1, 2
酵素Y	3	4	3, 4	3	4	3, 4	3	4	3, 4

問6 この実験に使用した大腸菌の学名は *Escherichia coli* である。1番目の単語 *Escherichia* は 8 名であり、2番目の単語 *coli* は 9 小名である。

8 と 9 に入る語として最も適切なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- | | | | |
|------|-----|-----|-----|
| ① 亜門 | ② 科 | ③ 界 | ④ 綱 |
| ⑤ 種 | ⑥ 属 | ⑦ 目 | ⑧ 門 |

問 7 大腸菌の説明として適切なものを，次の①～⑤のうちから2つ選び，一緒にマークせよ。

10

- ① 原生生物である。
- ② 遺伝物質としてDNAをもつものと，RNAをもつものがある。
- ③ バクテリオクロフィルによる光エネルギーの吸収を行う。
- ④ ラクトースオペロンによる遺伝子の発現調節を行う。
- ⑤ ペプチドグリカンからなる細胞壁をもつ。

2 次の文章を読み、後の問い(問1～6)に答えよ。

眼球は、角膜、虹彩、水晶体、ガラス体、網膜、脈絡膜など様々な部分から成り立っている。
これらの部分は、異なった種々の原基から発生する。眼の遠近調節では、自律神経により水晶体の厚みが調節され、網膜上に物体のイメージが投射される。網膜には視細胞が一層に並んでいる。視細胞には、かん体細胞と錐体細胞がある。かん体細胞と錐体細胞の形態の模式図を図1に示す。かん体細胞と錐体細胞は、光を感じる物質である視物質を含む。視物質はタンパク質であり、視細胞の外節部の生体膜に埋まって存在する。視物質が光を吸収することがきっかけとなり、視細胞の中でセカンドメッセンジャーの濃度が変化し、視細胞の膜電位が変化する。膜電位の変化に応じて、視細胞の末端部から神経伝達物質が放出され、次の神経細胞に膜電位の変化を引き起こす。視細胞の膜電位の変化は、視神経の活動電位を引き起こし、光刺激の情報として中枢に伝えられる。錐体細胞は、網膜で光が集中する部位に特に密集しており、この部位は黄斑とよばれる。

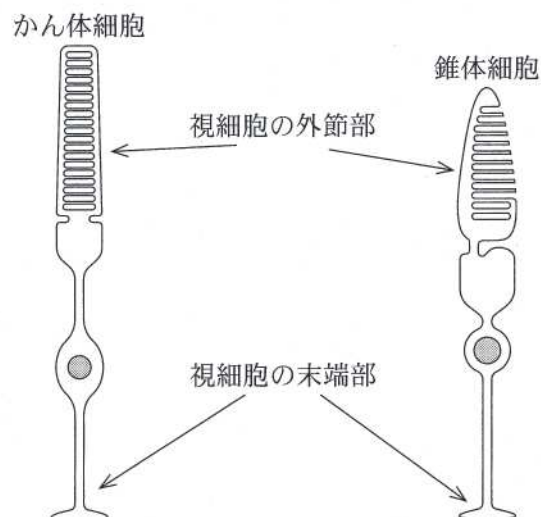


図1 かん体細胞と錐体細胞の形態の模式図

問 1 下線部アに関連して、図 2 に両生類の眼の発生過程の模式図を示す。両生類の眼の発生では、神経管の前方部分が左右に突出し眼胞^{はい}ができる。眼胞は胚の内側にくぼみ、やがて網膜となる。眼胞が胚の内側にくぼんだ部分は、(a)とよばれる。また、眼胞に接した胚の表皮は、眼胞とともに胚の内側にくぼみ、やがて表皮からくびれ切れ、(b)となる。

(a)、(b)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。 11

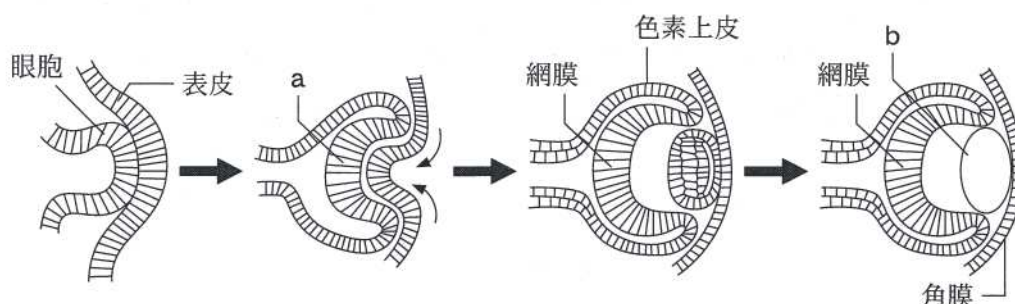


図 2 両生類の眼の発生過程の模式図

	a	b
①	眼 杯	神経板
②	眼 杯	水晶体
③	神経板	眼 杯
④	神経板	水晶体
⑤	水晶体	神経板
⑥	水晶体	眼 杯

問 2 下線部イに関連して、自律神経には、瞳孔の拡大、気管支の拡張、排尿の促進などの働きがある。これらの働きには、自律神経末端から分泌される神経伝達物質が重要である。それぞれの働きに関わる神経伝達物質の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。 12

	瞳孔の拡大	気管支の拡張	排尿の促進
①	ノルアドレナリン	ノルアドレナリン	ノルアドレナリン
②	ノルアドレナリン	ノルアドレナリン	アセチルコリン
③	ノルアドレナリン	アセチルコリン	アセチルコリン
④	アセチルコリン	アセチルコリン	アセチルコリン
⑤	アセチルコリン	アセチルコリン	ノルアドレナリン
⑥	アセチルコリン	ノルアドレナリン	ノルアドレナリン

問 3 下線部ウに関連して、錐体細胞には、L 型、S 型、M1 型、M2 型の異なる視物質があり、かん体細胞には R 型視物質があることが知られている。視物質の進化を調べるために、異なる 3 種の動物種(動物 I、動物 J、動物 K)に含まれる視物質の分子系統樹を作成した。分子系統樹では、タンパク質のアミノ酸配列の異なる程度を比べることにより、タンパク質の類縁に関する情報を得ることができる。さらに、それらのタンパク質を含む細胞が誕生した道筋に関する情報を得ることができる。タンパク質のアミノ酸配列の変化の回数が最少になるように分子系統樹を作成したところ、視物質遺伝子の重複と突然変異により 5 つの型の視物質が形成されてきたことが推定された。その結果を図 3 に示す。図 3 から推定される文を、考察 1 および考察 2 に示す。次の(1)、(2)に答えよ。

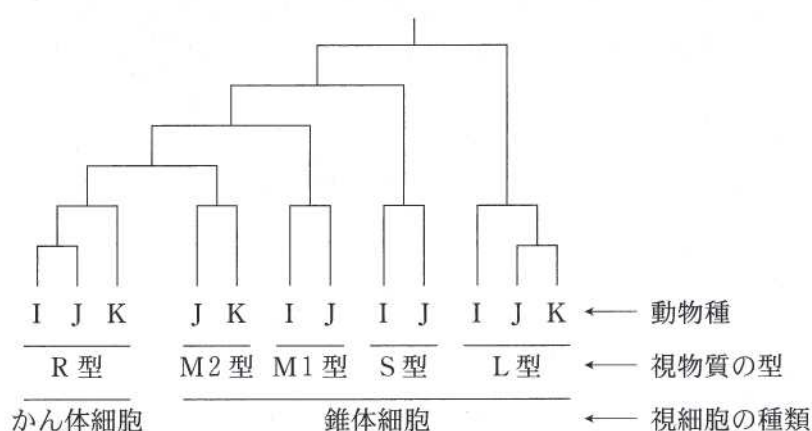


図 3 動物 I、動物 J、動物 K の視物質の分子系統樹

【考察 1】

- ・かん体細胞の視物質は、錐体細胞の視物質のうちの(c)と最も近縁である。

【考察 2】

- ・視物質の系統から考えると、L 型視物質をもつ錐体細胞が生じた分岐は、R 型視物質をもつかん体細胞が生じた分岐よりも(d)時期に起こった。
- ・視物質の型の分岐は、調べた 3 種のうち、どの動物の系統の分岐よりも(e)時期に起こった。

(1) (c)に入る語として最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

13

- ① L型 ② S型 ③ M1型 ④ M2型

(2) (d), (e)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。 14

	d	e
①	早 い	早 い
②	早 い	遅 い
③	遅 い	早 い
④	遅 い	遅 い

問 4 下線部**エ**に関連して、生体膜に存在する膜タンパク質として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。 15

- ① トロポニン
② フィブリン
③ アクアポリン
④ チューブリン
⑤ RNA ポリメラーゼ

問 5 下線部オに関連して、視物質が光を吸収すると、光情報を細胞内に伝達する反応が進む。

視物質が光を吸収すると、視物質の立体構造が変化し、生体膜に埋まっている別のタンパク質 X に結合し、タンパク質 X を活性化する。これが引き金となり、視細胞が光を受容する。一方で、光を吸収して活性化した視物質はいつまでも活性化した状態ではない。活性化した視物質は、リン酸化を触媒する酵素 Y によりリン酸基が付加され、不活性化する。不活性化した視物質は、タンパク質 X に結合できなくなり、光情報を細胞内に伝達する反応は終了する。ただし、光を吸収していない視物質は酵素 Y によりリン酸化されない。か

ん体細胞と錐体細胞での光刺激後の時間経過によるリン酸化の違いを調べるために、次の実験 1, 2 を行った。実験 1 の結果を結果 1, 実験 2 の結果を結果 2 に示す。

【実験 1】 ある小さな魚を暗黒状態の水槽で十分な時間飼育した後、光を一定時間水槽全体に照射した。照射直後に魚から網膜を取り出し、かん体細胞に含まれる視物質または錐体細胞に含まれる視物質について、リン酸基の付加された視物質の量を調べた。照射時間を変化させ調べた結果を図 4 に示す。ただし、1 個の視細胞に含まれる視物質の量のかん体細胞と錐体細胞で同じであるものとする。

【実験 2】 実験 1 において最も長い時間照射した後、水槽を再び暗黒状態に戻し十分に時間が経過した後、魚のかん体細胞に含まれる視物質または錐体細胞に含まれる視物質について、リン酸基の付加量を調べた。ただし、リン酸基を付加された視物質は、十分に時間が経過すると分解される。一方で、視細胞では新しく視物質が合成されるものとする。

【結果 1】

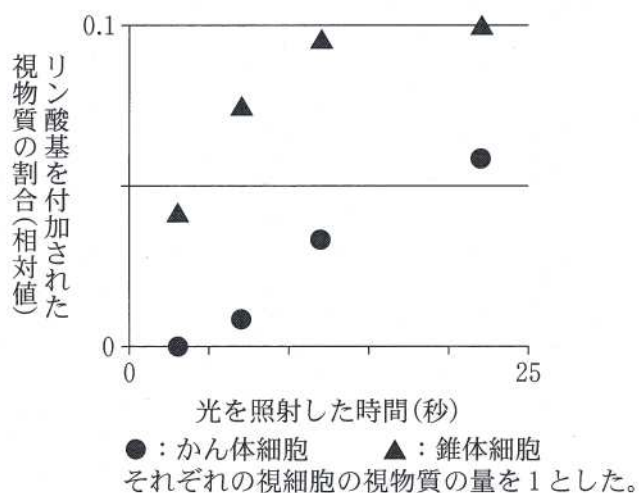


図 4 実験 1 の結果

光刺激を与えた時に、錐体細胞の視物質のリン酸化は、かん体細胞の視物質よりも(f)進んだ。

【結果 2】

視細胞に含まれる視物質の量に対するリン酸基を付加された視物質の割合は、実験 1 において最も長く照射した場合の結果と比べて、(g)。

(f), (g)に入る語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから 1 つ選べ。 16

	f	g
①	はやく	変わらなかった
②	はやく	増加した
③	はやく	減少した
④	ゆっくり	変わらなかった
⑤	ゆっくり	増加した
⑥	ゆっくり	減少した

問 6 下線部力に関連して、黄斑の中心では網膜はくぼみ、薄くなっている。この部分は中心窩^{ちゅうしん}とよばれている。中心窩では視細胞の密度が高いため、細かな形が識別される。一般に視力とは、この中心窩に投影された像を識別する能力のことをいう。ヒトの網膜において、中心窩は黄斑部の中心に 1 つある。鳥類のなかには、中心窩を 2 つもつものがある。2 つの中心窩は、網膜上の離れた位置に存在している。そのような鳥の視覚で生活上有利な特徴として、最も適切なものを、次の①～⑤のうちから 1 つ選べ。ただし、2 つの中心窩の大きさは同じであり、中心窩にある視細胞の種類は同じであるものとする。 17

- ① 暗い場所で、ものの形がわかるようになる。
- ② 色の明るさの違いをはっきりと知覚することができる。
- ③ 頭の重さに占める眼球の重さの割合を下げるができる。
- ④ 異なる方向に存在する 2 つの物体を同時にはっきりと見ることができる。
- ⑤ 前方を見るときに、近くにある物質をはっきり見ながら、遠くにある物質をはっきりと見ることができる。

3

次の文章A、Bを読み、後の問い(問1～4)に答えよ。

文章A

ショウジョウバエの幼虫は、餌を塗布した寒天培地の上に放すと、餌を食べながら移動する。この際の移動の速度は、常染色体のある遺伝子座(遺伝子座Wとよぶ)に存在する遺伝子によって変化する。野生のショウジョウバエを調べたところ、遺伝子座Wを遺伝子Aまたは遺伝子Bが占めていることがわかった。遺伝子型AAの幼虫は、速い速度で移動しながら餌を食べ(このような摂食様式を表現型 α とよぶ)、遺伝子型BBの幼虫は、比較的遅い速度で移動しながら餌を食べる(このような摂食様式を表現型 β とよぶ)。餌を食べながら移動する速度について、同じ遺伝子型であれば雄と雌との間に違いはない。

遺伝子型AAの幼虫40匹を、餌を全面に塗布した寒天培地の上に放し、5分間あたりの移動距離を測定したところ、平均13.2 cmだった。また、遺伝子型BBの幼虫40匹を、餌を全面に塗布した寒天培地の上に放し、5分間あたりの移動距離を測定したところ、平均3.7 cmだった。さらに、遺伝子型AAのショウジョウバエと遺伝子型BBのショウジョウバエとを掛け合わせて得られた幼虫(F_1 世代の幼虫とよぶ)40匹を、餌を全面に塗布した寒天培地の上に放し、5分間あたりの移動距離を測定したところ、平均13.2 cmだった。

問1 ショウジョウバエについての記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。 18

- ① 冠輪動物に分類される。
- ② ^{はい}胚発生における原口が成体の口となる。
- ③ だ腺の巨大な染色体のくびれた細い部分をパフという。
- ④ ギャップ遺伝子の働きによって、ベアルール遺伝子は特定の場所の細胞で発現する。
- ⑤ 受精卵は、2度の等割(等しい大きさの割球に分かれる卵割)を経て4細胞期の胚となる。

問2 次の(i)から(iii)のように用意した幼虫それぞれ160匹を、餌を全面に塗布した寒天培地の上に放し、5分間あたりの移動距離を測定した。

- (i) F_1 世代どうしを掛け合わせて得られた幼虫
- (ii) F_1 世代と遺伝子型AAの個体とを掛け合わせて得られた幼虫
- (iii) F_1 世代と遺伝子型BBの個体とを掛け合わせて得られた幼虫

移動距離の平均値に最も近い数値を、次の①～⑨のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- | | | |
|--|---|--|
| (i) 19 | (ii) 20 | (iii) 21 |
|--|---|--|
- ① 3.7 cm ② 5.6 cm ③ 6.1 cm ④ 6.9 cm ⑤ 8.5 cm
 ⑥ 10.0 cm ⑦ 10.8 cm ⑧ 11.3 cm ⑨ 13.2 cm

問 3 遺伝子型 *AA* のショウジョウバエの幼虫 40 匹と、遺伝子型 *BB* のショウジョウバエの幼虫 40 匹を、餌を塗布していない寒天培地の上に放し、5 分間あたりの移動距離を測定したところ、いずれについても、平均 20.0 cm だった。

図 1 のように寒天培地上のある一部に餌を配置したシャーレを用意した。餌のある部分を餌パッチとよぶ。このシャーレの図 1 に示す位置に遺伝子型 *AA* の幼虫 10 匹を放したのちにその分布を観察したところ、放した位置から近い位置の餌パッチにまず分布し、その後分布は変化して、20 分後には図 2 のようになった。また、遺伝子型 *BB* の幼虫 10 匹を放したのちにその分布を観察したところ、放した位置から近い位置の餌パッチにまず分布し、そのままその分布を維持し、20 分後には図 3 のようになった。この結果の説明として最も適切なものを、後の①～⑤のうちから 1 つ選べ。

22

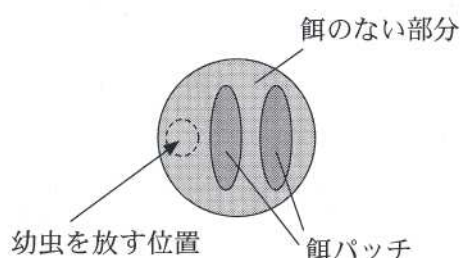


図 1 餌を一部だけに配置した寒天培地

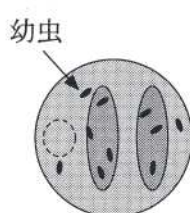


図 2 遺伝子型 *AA* の幼虫の実験結果

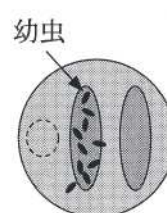


図 3 遺伝子型 *BB* の幼虫の実験結果

- ① 餌のある部分での移動速度が遅い個体の方が、餌パッチに分布する割合が低い。
- ② 遺伝子座 *W* に顕性(優性)の遺伝子をもっている個体の方が、餌パッチに分布する割合が低い。
- ③ 餌のある部分での移動速度が遅い個体の方が、餌パッチを出て別の餌パッチに移動しやすい。
- ④ 遺伝子座 *W* に潜性(劣性)の遺伝子をもっている個体の方が、餌パッチを出て別の餌パッチに移動しやすい。
- ⑤ 餌のない部分での移動速度は同一であるため、遺伝子型に関わらず、幼虫の分布のパターンに違いはない。

文章B

文章Aで示した表現型 α と表現型 β のどちらが生存に有利な形質であるかを調べるため、次の実験1を行い、表1のような結果を得た。

【実験1】 遺伝子型AAのショウジョウバエの幼虫と遺伝子型BBのショウジョウバエの幼虫を、総匹数をそろえてAA:BBが3:1, 1:1, 1:3の比率の匹数で混合したグループをそれぞれグループQ, グループR, グループSとよぶ。この3つのグループをそれぞれ、餌の濃度が通常の餌パッチのある寒天培地と餌の濃度が薄い餌パッチのある寒天培地で飼育し、^{さなぎ}蛹に成長する個体の割合を調査した。

表1 実験1の結果

餌の濃度	グループ	遺伝子型AAの幼虫が蛹に成長した割合(%)	遺伝子型BBの幼虫が蛹に成長した割合(%)
通 常	Q	92	75
	R	90	69
	S	88	71
薄 い	Q	72	80
	R	77	74
	S	92	64

問4 実験1の結果を次の文章のように考察した。後の(1)~(3)に答えよ。

【考察】

ショウジョウバエの遺伝子座Wの遺伝子Aと遺伝子Bは、いずれも自然界に一定の割合で存在する。このように、同じ種の生物であっても、すべての個体が同じ遺伝子をもつわけではない。これを種内における 23 とよぶ。しかし、遺伝子の違いに起因する形質や行動の違いにより、その個体の生存や生殖に有利な場合は集団中でその遺伝子の割合が増加し、不利な場合は減少する。これを 24 という。それではなぜ、自然界において、遺伝子Aと遺伝子Bいずれか不利な方が減少して消滅しないのだろうか。遺伝子の違いが個体にとって一見不利な場合にも、生育する環境によって有利不利が逆転し、その結果として集団中でその遺伝子が消滅せずに残る場合がある。遺伝子Aと遺伝子Bがその好例である。ここでは、幼虫が蛹に成長する割合を、遺伝子Aと遺伝子Bのいずれが有利であるかを比較する判断材料とする。餌の濃度が(a)場合には、かならず表現型(b)の個体が不利である。しかし、餌の濃度が(c)場合、かつ、集団中の表現型 α の個体が(d)頻度である場合には、表現型(b)の個体の方が有利となる。すなわち、自然界においても、環境に応じて表現型 α の個体が有利である場合と表現型 β の個体が有利である場合の両方が起こりうるため、一方が消滅することがないという仮説を立てることができる。集団の中で少数の表現型の適応度が高くなる現象は、負の頻度依存選択とよばれる。

ア

(1) 文章中の 23 と 24 に入る語として最も適切なものを、次の①～⑩のうちからそれぞれ1つずつ選べ。 23 24

- ① 相変異 ② 種分化 ③ すみわけ ④ 適応放散
 ⑤ 自然選択 ⑥ 競争的排除 ⑦ 遺伝子重複 ⑧ 種の多様性
 ⑨ 遺伝的多様性 ⑩ 生態系の多様性

(2) (a)～(d)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。 25

	a	b	c	d
①	通常の	α	薄 い	高
②	通常の	α	薄 い	低
③	通常の	β	薄 い	高
④	通常の	β	薄 い	低
⑤	薄 い	α	通常の	高
⑥	薄 い	α	通常の	低
⑦	薄 い	β	通常の	高
⑧	薄 い	β	通常の	低

(3) 下線部アに関連して、負の頻度依存選択は、自然環境における小型魚類Xの雄の体色パターンを決定する遺伝子にもみられる。小型魚類Xの雄の体色パターンの負の頻度依存選択の説明として最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。 26

- ① 小型魚類Xの雌は、頻度が高い体色パターンを認識し、頻度が低いものよりも高い割合で、その個体と交配する。
 ② 体色パターンは生存に有利でも不利でもないため、遺伝的浮動によりその体色パターンの雄が一定割合で維持される。
 ③ 頻度が高い体色パターンの小型魚類Xは、小型魚類Xにより捕食される被食者Zを、優先的に認識して捕食することができる。
 ④ 小型魚類Xを捕食する捕食者Yは、頻度が高い体色パターンを認識し、頻度が低いものよりも高い割合で、その個体を捕食する。