

日本生物学オリンピック 2014

予選問題

2014年7月20日（日） 13:30～15:00

試験時間 90 分間

注意事項

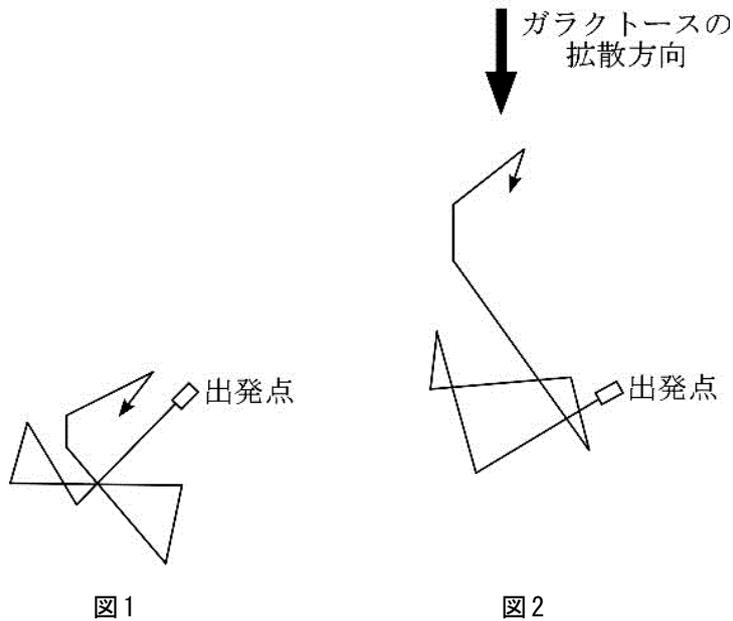
- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 問題は、この冊子の1ページから20ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、試験解答用紙（マークシート用紙）の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験解答用紙の所定の欄に、学校名、学年、氏名と受験番号を記入し、受験番号は、数字にもマークしてください。
- 5 問題数は、問1)～問22)までの22問です。問題はすべて、それぞれもっとも適切な解答を選択肢の中から一つだけ選び、記号で答えてください。
- 6 配点は、1問あたり3～5点で、各設問の末尾に示してあります。合計で100点満点です。正解でない解答の中には、部分点（配点の3/10）が与えられるものがあります。
- 7 解答は、試験解答用紙の問題番号に対応した解答欄の選択肢にマークしてください。たとえば、問1)の問題に対してAと解答する場合は、次の（例）のように解答欄のAにマークしてください。複数の選択肢にマークされている場合は0点となります。

(例)

問	解 答 欄
1	<input checked="" type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J
2	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J
3	<input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J

- 8 この問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいませんが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。
- 10 正解と解説は、JBOウェブページ <http://www.jbo-info.jp/> で公開します。

問 1) 大腸菌は、直線的に遊泳する場合とランダムに方向転換する場合がある。顕微鏡下で大腸菌が遊泳している様子を観察したところ、液体培地では図 1 の軌跡を描いた。図中の上方向から、大腸菌が利用できるガラクトースの溶液を、細いガラス管の口からしみ出すように与えたところ、図 2 の軌跡を描いた。なお、大腸菌が直進運動している間の平均速度は、ほぼ一定であった。



記述①～⑤のうち、これらの結果から正しいと考えられるものはどれか。もっとも適当な組合せを A～J から選べ。(4 点)

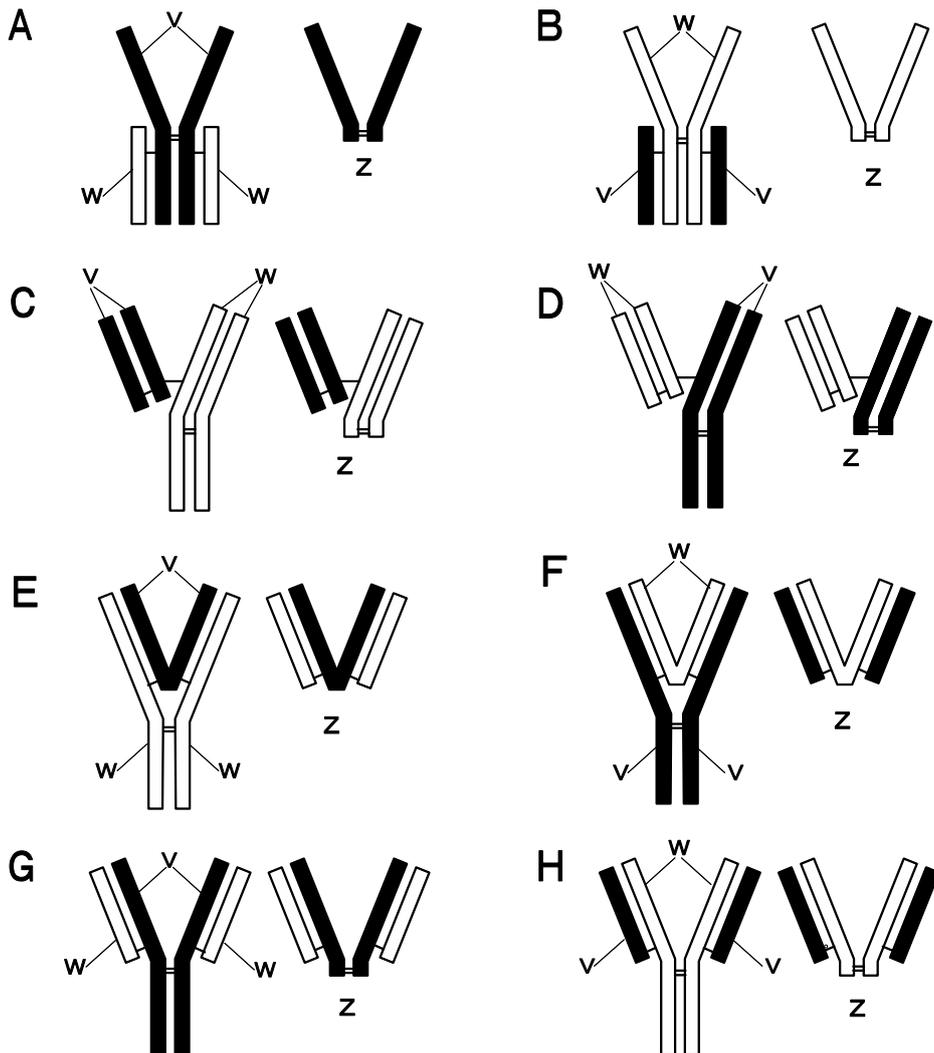
- ① 大腸菌の運動では、ガラクトースが「ある」か「ない」かだけの、「全か無かの法則」がはたらいっている。
- ② 大腸菌の運動では、ガラクトースの濃度の変化に応答する感覚がはたらいっている。
- ③ 大腸菌では、ガラクトースの有無とべん毛による運動方向との間には、関係があるとはいえない。
- ④ 大腸菌では、ガラクトースの濃度が低い方向に向かう場合にくらべて、ガラクトースの濃度が高い方向に向かう場合には方向変換の起こる頻度が低くなる。
- ⑤ 大腸菌では、ガラクトースの濃度が高い方向に向かう場合にくらべて、ガラクトースの濃度が低い方向に向かう場合には方向変換の起こる頻度が低くなる。

- A. ①② B. ①③ C. ①④ D. ①⑤ E. ②③
 F. ②④ G. ②⑤ H. ③④ I. ③⑤ J. ④⑤

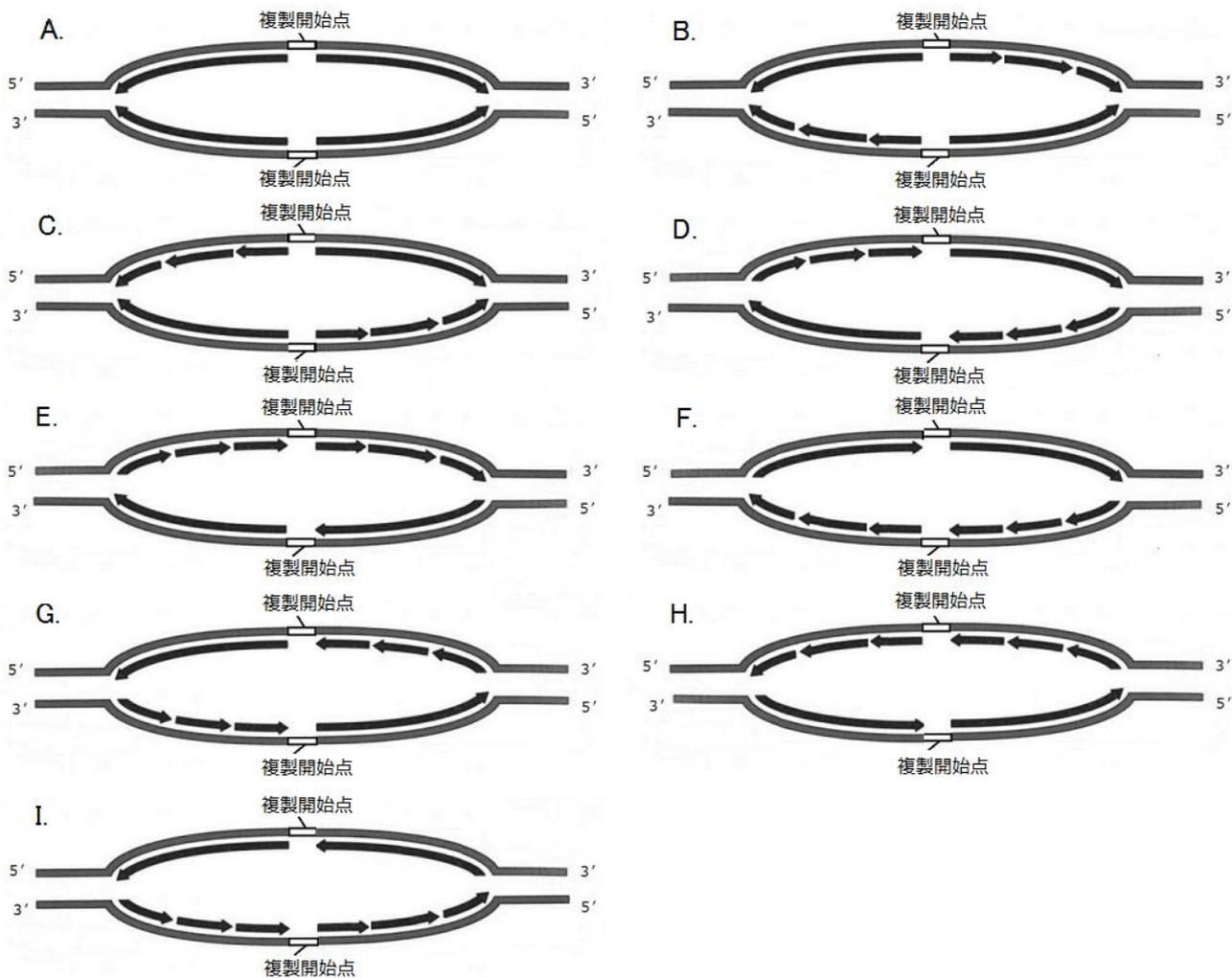
問2) γ (ガンマ) -グロブリンは、抗原となる分子と特異的に結合する抗体としてはたらくタンパク質である。この分子の構造は、以下のような実験結果の積み重ねにより明らかにされていった。

- ① ウサギの γ -グロブリンをタンパク質分解酵素パパインで処理した。この分解産物を調べたところ、2種類のペプチド断片に分かれており、その存在比（分子数比）は2:1になっていた。多い成分をX、少ない成分をYとする。XとYの分子量はほぼ同じだった。
- ② Xは分解前の γ -グロブリンの作用（抗原との結合）を阻害した。また、Xは、抗原と結合するだけで、これを不溶化することはできなかった。一方、Yは γ -グロブリンの作用を阻害しなかった。
- ③ ①と同様、 γ -グロブリンをタンパク質分解酵素ペプシンで切断すると、その分解産物は分子量の大きな成分1つと複数の小さいペプチド断片に分かれた。分子量の大きな成分をZとする。Zは、X同様、分解前の γ -グロブリンの作用（抗原への反応）を阻害した。また、Zは、XとYの約2倍の大きさで、抗原を不溶化することができた。
- ④ γ -グロブリンを適当な還元剤（ペプチド間のジスルフィド結合（S-S結合）を切断する）で処理したところ、分子量が異なる2種類のペプチドがえられ、その存在比は1:1だった。この2種類をVとWとする。
- ⑤ ウサギの γ -グロブリンを分解してえられたXとYをそれぞれヒツジに注射することにより、Xに対する抗体とYに対する抗体をえた。Xに対する抗体はVとWの両方に結合し、Yに対する抗体はVのみと結合した。

実験結果①~⑤から考えられる γ -グロブリン分子中のVとWの位置およびZについて示した模式図として、もっとも適当なものをA~Hから選べ。なお、図中の口もしくは■をつなぐ線はS-S結合を示すものとする。(5点)



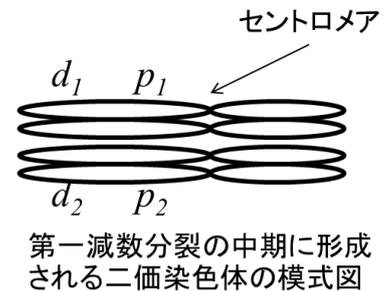
問3) DNA分子が1つの複製開始点(複製起点)から両方向へ複製されるとき、複製されるDNA鎖の伸長する方向はどのようなになるか。模式図としてもっとも適当なものをA~Iから選べ。(4点)



問 4) 19 世紀の終わりに、ブフナーは、酵母をすりつぶして濾過（ろか）した抽出液にスクロース（ショ糖）を加えると、発酵が起こり、アルコールが生じることを示した。ブフナーの研究をさらに深めていたハーデンは、スクロースがなくなってしまうよりも早くに発酵が止まってしまうことに気がついた。しかも、この反応が止まって、スクロースが残っている発酵液に、煮沸した酵母抽出液を加えると、再び発酵が始まることを発見した。煮沸した酵母抽出液自体は、発酵能力がないことも確かめた。この実験から推測できることとして、もっとも適当なものを A～E から選べ。（3 点）

- A. もともと酵母がもっているタンパク質分解酵素が、発酵に必要な酵素を分解してしまう。
- B. 発酵に関係する酵素とは別の酵素が、糖を分解してしまう。
- C. 発酵には酵素以外の熱に強い物質が必要であり、この物質は発酵と共に消費される。
- D. 酸素が存在すると、発酵が起こりにくい。
- E. 発酵によって生じる二酸化炭素が、発酵の反応を阻害する。

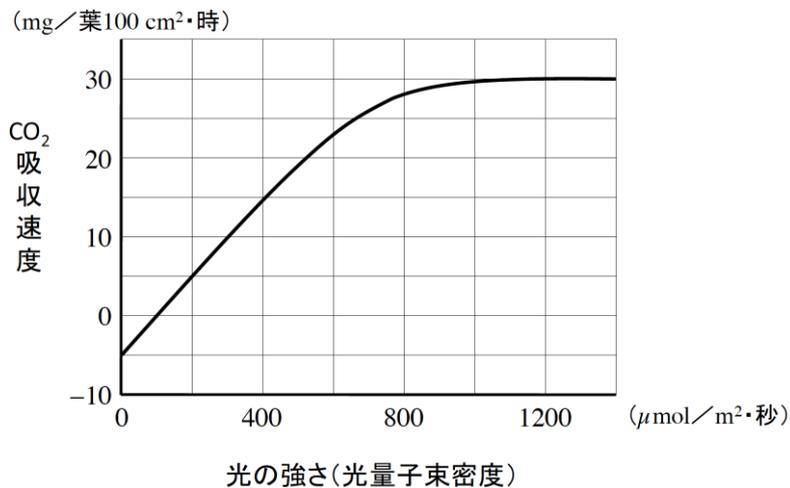
問 5) 遺伝子座 d と p は同じ染色体上にあり、 d は p にくらべて動原体（セントロメア）からより遠い位置にあるとする。ここで、対立遺伝子 d_1 と p_1 が、また d_2 と p_2 が連鎖している個体（遺伝子型は $d_1 p_1 / d_2 p_2$ ）から単為生殖によって二倍体の子供が生まれる過程を考える。第一減数分裂において d と p の間で乗換え（交差、交叉）が 1 回生じたものとして、下記のような遺伝子型の子供は、①～③のうちどの場合に生まれる可能性があるか。正しい組合せを A～F から選べ。（5 点）



- ① 第一減数分裂でできた 2 つの核が融合し、続いて第二減数分裂が起きた場合
- ② 第二減数分裂において、第一減数分裂でできた 2 つの核の一方に由来する 2 つの核が融合した場合
- ③ 第二減数分裂の終了後に 1 つの核が倍加した場合

	子供の遺伝子型		
	$d_1 p_2 / d_1 p_2$	$d_1 p_1 / d_1 p_2$	$d_1 p_1 / d_2 p_1$
A	①	②	③
B	①	③	②
C	②	①	③
D	②	③	①
E	③	①	②
F	③	②	①

問6) 図は、ある植物の葉にさまざまな強さの光を照射したときのCO₂吸収速度を、葉面積100 cm²あたりで示したグラフである。このグラフをもとに考えると、日長が14時間、昼間の光の強さは常に光飽和点以上、夜間は暗黒という条件では、葉面積100 cm²あたり1日にどれくらいの量のグルコース (C₆H₁₂O₆) が増えるか。もっとも適当なものをA~Iから選べ。ただし、吸収したCO₂はすべてグルコースの合成に使われ、CO₂の排出はすべてグルコースを基質とする呼吸によるものとする。また、原子量は、C=12、O=16、H=1とする。(5点)



- A. 約 240 mg B. 約 250 mg C. 約 290 mg D. 約 300 mg E. 約 370 mg
 F. 約 440 mg G. 約 1500 mg H. 約 1700 mg I. 約 1800 mg

問 7) 植物の細胞は互いに細胞壁でつながり合われているため、それぞれの細胞について詳しく調べる際には、細胞壁の多糖を酵素で分解して、細胞をプロトプラストとして単離することが有効な場合がある。ある生物クラブでは、孔辺細胞を研究するために、ソラマメの孔辺細胞をプロトプラストにすることを試みた。まず、ソラマメの葉から表皮をはぎ取ったが、きれいにはがれず、葉肉組織が少し付着していた。これを細胞壁多糖分解酵素で処理したところ、球形のプロトプラストが多数えられたが、その中には由来の異なるものが混在していると思われた。これらを識別するには、各プロトプラストの特徴や性質が手掛かりとなる。

①を葉肉細胞に由来するプロトプラスト、②を孔辺細胞に由来するプロトプラスト、③を孔辺細胞以外の表皮細胞に由来するプロトプラストとすると、次のア～ウの特徴や性質は、①～③のどのプロトプラストにあてはまるか。もっとも適当な組合せを A～L から選べ。(5 点)

ア. 葉緑体が発達している。

イ. 青色光を照射すると、直径が大きくなる。

ウ. 高張液に浸すと、直径が小さくなる。

	ア	イ	ウ
A	①のみ	②のみ	①と③
B	①のみ	②のみ	①②③のすべて
C	①のみ	②と③	①と③
D	①のみ	②と③	①②③のすべて
E	①と②	②のみ	①と③
F	①と②	②のみ	①②③のすべて
G	①と②	②と③	①と③
H	①と②	②と③	①②③のすべて
I	①と③	②のみ	①と③
J	①と③	②のみ	①②③のすべて
K	①と③	②と③	①と③
L	①と③	②と③	①②③のすべて

問8) シロイヌナズナの2つの系統 a と b では、根の成長に大きな差がある。その要因を明らかにするため、根の表面に黒鉛の粉を散らして印をつけ、それらの位置（根の先端からの距離）と変位速度（根の先端から遠ざかる速度）の関係を調べ、グラフにまとめた（図1）。また、根の先端から表皮細胞を数えていき、先端からの距離と累積表皮細胞数（先端から任意の位置までに含まれる表皮細胞の数）の関係を調べて、グラフにまとめた（図2）。

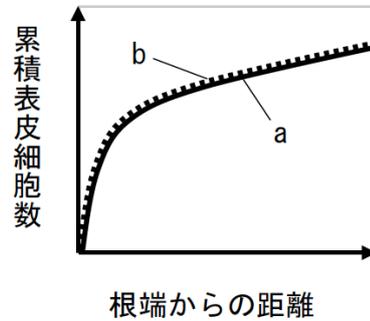
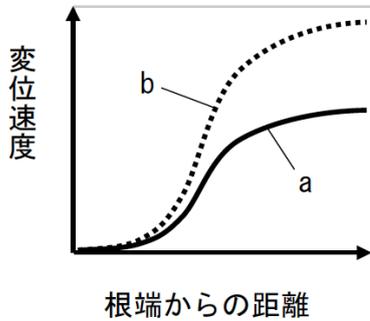


図1. 根の表面に付着させた黒鉛粉末の印が根端から遠ざかる速度（変位速度）と位置（根端からの距離）の関係
a系統の結果を実線の曲線、b系統の結果を点線の曲線で示す。

図2. 根端から数えた表皮細胞の数（累積表皮細胞数）と根端からの距離の関係
a系統の結果を実線の曲線、b系統の結果を点線の曲線で示す。

a と b の根についてこれらの結果からいえることは、記述①～⑥のうちどれか。もっとも適当な組合せを A～I から選べ。（5点）

- ① 伸長が止まった表皮細胞をくらべると、aの方がbよりも長い。
- ② 伸長が止まった表皮細胞をくらべると、bの方がaよりも長い。
- ③ 伸長が止まった表皮細胞は、aとbで同じ長さである。
- ④ 表皮細胞の分裂率をくらべると、aの方がbよりも高い。
- ⑤ 表皮細胞の分裂率をくらべると、bの方がaよりも高い。
- ⑥ 表皮細胞の分裂率は、aとbで同じである。

- A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 9) 骨格筋は筋繊維とよばれる巨大な細胞が束になった組織で、筋繊維の中には筋原繊維の束が含まれている。筋原繊維は、サルコメアとよばれる単位構造 (図 1) が繰り返されたもので、筋収縮を引き起こす基本的な構造である。典型的な骨格筋のサルコメアの長さはおよそ $2.5 \mu\text{m}$ である。図 1 に示したように、Z 膜 (Z 線、Z 帯、Z 盤とよばれることもある) から伸びるアクチンフィラメントはおよそ $1.0 \mu\text{m}$ で、ミオシンフィラメントはおよそ $1.6 \mu\text{m}$ である。ミオシンフィラメントはアクチンフィラメントと相互作用を起こすことでアクチンフィラメントをたぐりこむようにはたらくので、結果として Z 膜間の距離が短くなり、筋全体も収縮することになる。

サルコメアあたりの張力は、アクチンフィラメントと相互作用を行なうミオシンの頭部が多いほど大きくなる。ただし、アクチンと相互作用することができるミオシンの頭部は、ミオシンフィラメントの両側 $0.6 \mu\text{m}$ ほどしかなく、中央のおよそ $0.4 \mu\text{m}$ は、ミオシンの頭部がないので、アクチンと反応できない。なお、サルコメアをおよそ $4.0 \mu\text{m}$ に引き伸ばしてアクチンフィラメントとミオシンフィラメントが離れるようにすると、ミオシンの頭部とアクチンフィラメントの相互作用はなくなるが、弱い弾性をもつタンパク質によって両側がつながっているため、引っばる力をなくせば元の構造に戻ることがわかっている。

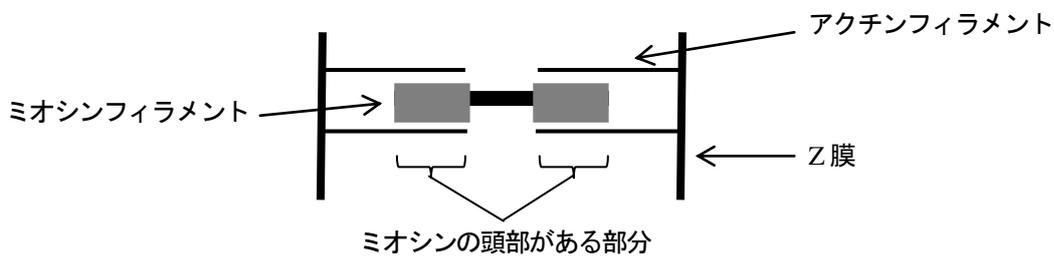


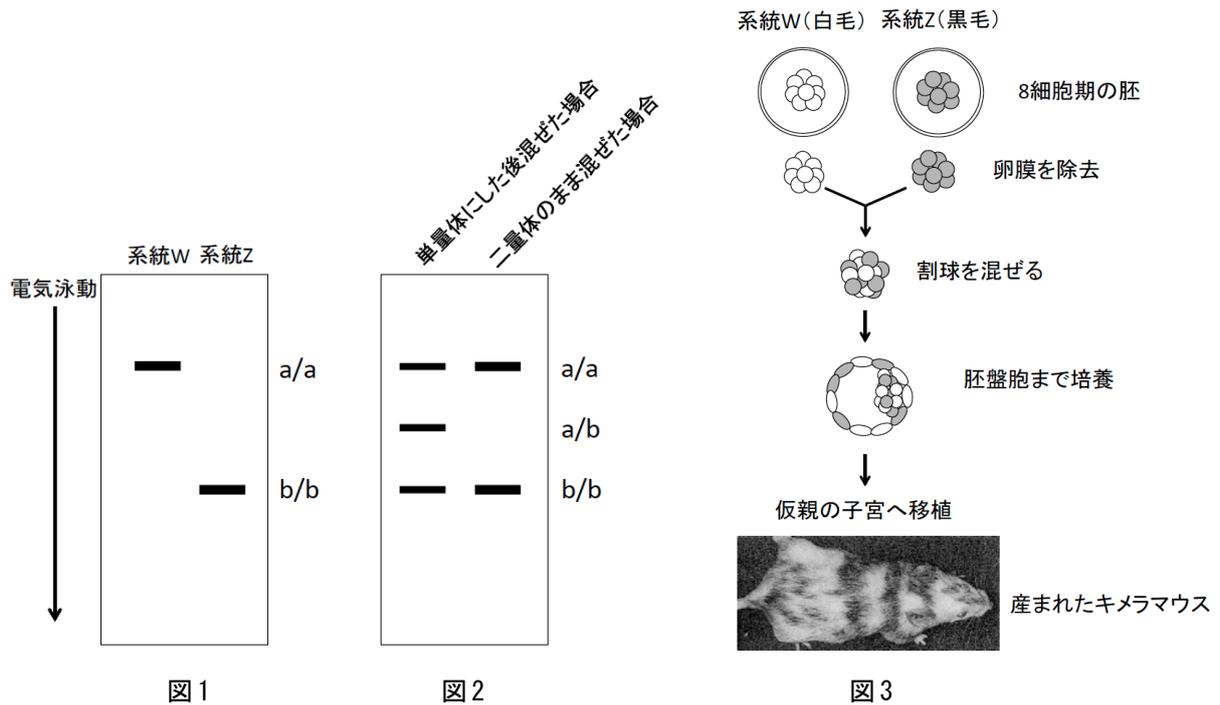
図 1 : サルコメアの模式図

サルコメアが発生する張力に関する以下の記述のうち、正しくないものを A~F から選べ。(4 点)

- A. サルコメアの長さが $3.6 \mu\text{m}$ 以上になると、ほとんど張力はなくなる。
- B. サルコメアの長さが $2.4 \sim 3.6 \mu\text{m}$ では、長さが短くなるほど張力は増加する。
- C. サルコメアの長さが $2.0 \sim 3.6 \mu\text{m}$ では、長さが短くなるほど張力は増加する。
- D. サルコメアの長さが $2.0 \sim 2.4 \mu\text{m}$ のときには、張力の大きさは一定である。
- E. サルコメアの長さが $2.0 \mu\text{m}$ 以下になると、両側からのアクチンフィラメントがぶつかり、張力は減少する。
- F. サルコメアの長さが $1.6 \mu\text{m}$ 以下では、ミオシンフィラメントが Z 膜間の大きな抵抗となり、張力は急激に減少する。

問 10) マウスのすべての細胞では、イソクエン酸デヒドロゲナーゼという酵素が発現する。この酵素の遺伝子 M は常染色体上に存在する。この遺伝子から転写・翻訳によりつくられたポリペプチド鎖 2 分子は、互いに結合して (二量体とよぶ) 活性のある酵素となる。

系統 W と系統 Z のマウスでは、 M 遺伝子にわずかな違いがある。系統 W のもつ M の対立遺伝子を M_a 、系統 Z のもつ対立遺伝子を M_b とする。また、 M_a に由来するポリペプチド鎖を a 鎖、 M_b に由来するポリペプチド鎖を b 鎖とする。系統 W と系統 Z のマウスの肝臓からこの酵素の二量体を精製して電気泳動法という方法により分離すると、図 1 のように 2 つの異なる二量体 a 鎖/a 鎖 (a/a) と b 鎖/b 鎖 (b/b) がそれぞれ検出された。次に、精製した二量体 a/a と b/b を単一のポリペプチド鎖 (単量体とよぶ) に一度解離させてから混ぜ合わせ、再び二量体を形成させて電気泳動法により分離すると、図 2 のように a/a、a/b、b/b の 3 種類が検出された。しかし、両者を二量体のまま混ぜ合わせた場合には、a/a と b/b の 2 種類のみが検出された。



さてここで、白毛の系統 W と黒毛の系統 Z のマウスの初期胚をもちいて、図 3 のように系統 W と系統 Z の細胞がほぼ同数混ざり合ったキメラマウスを作製した。骨格筋は細胞融合により形成されるが、このキメラマウスの骨格筋からイソクエン酸デヒドロゲナーゼ二量体を精製し、電気泳動法により分離した場合、どのような種類の二量体が検出されるか。もっとも適当なものを A~I から選べ。(5 点)

- A. a/a のみ
- B. a/b のみ
- C. b/b のみ
- D. a/a か a/b のどちらか
- E. b/b か a/b のどちらか
- F. a/a か a/b か b/b のうちどれか 1 つ
- G. a/a と b/b の両方
- H. a/a と a/b と b/b のすべて
- I. a/a と a/b あるいは b/b と a/b のどちらか

問 11) 昆虫の複眼は、幼虫の体内にある原基とよばれる細胞集団（複眼原基）から生じる。ある種の昆虫では、野生型の複眼の色は赤色であるが、この赤色は朱と茶の色素が複眼の細胞の中で共存することによっている。朱の色素の合成にかかわる野生型の対立遺伝子を Q 、その機能が失われた劣性対立遺伝子を q 、茶の色素の合成にかかわる野生型の対立遺伝子を T 、その機能が失われた劣性対立遺伝子を t とすると、遺伝子型が $QqTt$ または $QQTt$ の場合には複眼の色は朱色、遺伝子型が $qqTt$ または $qqTT$ の場合には複眼の色は茶色、遺伝子型が $qqtt$ の場合には複眼の色は白色になる。

さらに、この昆虫には複眼の色にかかわる別の遺伝子があることもわかっている。その遺伝子のはたらきは、朱や茶の色素あるいはそのもとになる物質を、複眼原基の細胞の外から内に取り込むことである。その機能が失われると、生じる複眼は白色になる。複眼原基は移植することができ、移植された複眼原基から複眼が生じる。このことを利用して、3つの移植実験を行ない、次のような結果をえた。

実験 1: 野生型の幼虫から取り出した複眼原基を、遺伝子型が $qqtt$ の幼虫に移植し、移植した複眼原基から生じた複眼の色を調べたところ、白色だった。

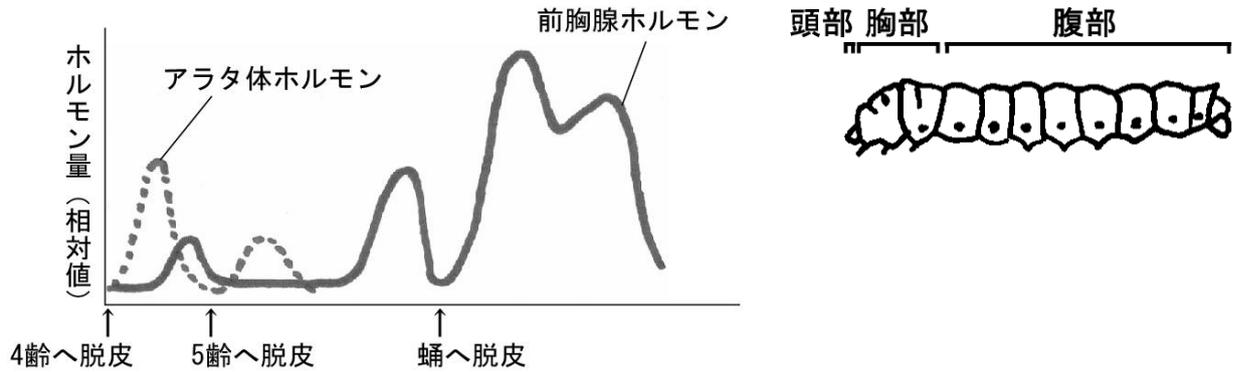
実験 2: 野生型の幼虫から取り出した複眼原基を、白色の複眼を生じる幼虫に移植し、移植した複眼原基から生じた複眼の色を調べたところ、赤色だった。

実験 3: 遺伝子型が $qqtt$ の幼虫から取り出した複眼原基を、野生型の幼虫に移植し、移植した複眼原基から生じた複眼の色を調べたところ、赤色だった。

さらに、移植実験を次の表に示すような組合せで行なった。表の右欄には、それぞれの実験の結果として期待される複眼の色が示されている。実験 1~3 の結果から考えて、正しいと思われるものは A~G のどれか。(5 点)

	移植実験で使用した組合せ		結果
	複眼原基を取り出す幼虫	複眼原基を移植する幼虫	移植した複眼原基から生じる複眼の色
A	$qqTt$	$Qqtt$	赤色
B	$qqTt$	野生型	茶色
C	$QqTt$	$qqTt$ 複眼は白色になる	白色
D	$qqTt$	$Qqtt$ 複眼は白色になる	朱色
E	$qqTT$ 複眼は白色になる	$QQTt$	赤色
F	$QQTt$ 複眼は白色になる	野生型	朱色
G	$qqTT$ 複眼は白色になる	$qqTt$	茶色

問 12) 昆虫の脱皮や変態は、頭部にあるアラタ体から分泌されるアラタ体ホルモンと、胸部にある前胸腺から分泌される前胸腺ホルモンによって調節されている。図はカイコガの成長段階とホルモン量の動向のグラフと幼虫の模式図である。



- ・アラタ体ホルモンと前胸腺ホルモンが同時にはたらくと、幼虫のまま脱皮して、次の齢になる。
- ・前胸腺ホルモンだけがはたらくと、幼虫が変態（蛹化）する。
- ・幼虫期は、4 齢が約 6 日間、5 齢が約 10 日間である。

脱皮する昆虫は脱皮直後より柔軟な表皮を硬化させていくが、その過程で酵素 X が主要なはたらきをすることが知られている。酵素 X は活性化すると他の物質と重合し、結果として表皮硬化を起こすという報告がある。ある生物クラブでは、酵素 X について調べてみたいと思い、以下の実験を計画した。

	計画した実験	結果		
		形態	活性のない酵素 X	活性化した酵素 X
実験 1	4 齢 2 日目の頭部と胸部の間を結紮※	結紮部より後側が蛹化	結紮部より前側の表皮で検出された	結紮部より後側の表皮で検出された
実験 2	5 齢 2 日目の "	"	"	"
実験 3	5 齢 2 日目の胸部と腹部の間を結紮	結紮部より前側が蛹化	結紮部より後側の表皮で検出された	結紮部より前側の表皮で検出された
実験 4	5 齢 2 日目の腹部に 4 齢 3 日目のアラタ体を移植	脱皮して蛹にならずに 6 齢幼虫	検出されなかった	表皮全体で検出された
実験 5	4 齢 1 日目と 5 齢 1 日目の各個体をすり潰し、抽出液を作製	/	存在しなかった	存在しなかった
実験 6	4 齢 5 日目と 5 齢 9 日目の各個体をすり潰し、抽出液を作製		存在した	存在した

※結紮（けっさつ）：幼虫の体液が移動できないように、一部を糸で強くしばること

各実験から上記のような結果がえられた場合、酵素 X について実験結果と適合するものを A～F から選べ。(5 点)

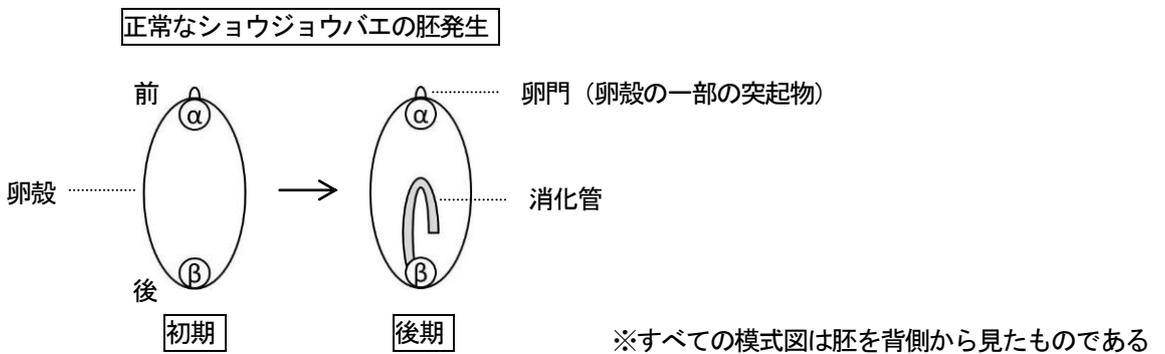
- アラタ体で合成され、脱皮前に体全体の表皮に送られる。
- 体全体の表皮で脱皮前に合成される。
- 5 齢幼虫期から合成されはじめる。
- アラタ体ホルモンが存在すると活性化しない。
- アラタ体ホルモンと前胸腺ホルモンは、無関係に自律的に活性化する。
- 幼虫から幼虫への脱皮時にははたらかない。

問 13) 多くの多細胞生物の体は、前後・背腹・左右の3つの軸から構成されている。ショウジョウバエでは、胚発生初期に胚の中に不均一に分布する因子の濃度勾配によって、前後軸と背腹軸の方向が決められる。具体的には、前後軸方向は、胚の前側から後ろ側にかけて濃度勾配をつくる因子 α と、後ろ側から前側にかけて濃度勾配をつくる因子 β のはたらきによって決まる。一方、背腹軸方向は、腹側から背側にかけて濃度勾配をつくる因子 γ によって決められる。しかし、第3の軸である左右軸方向を決める仕組みは明らかになっていない。そこで、ある研究者は以下の2つの仮説を立てた。

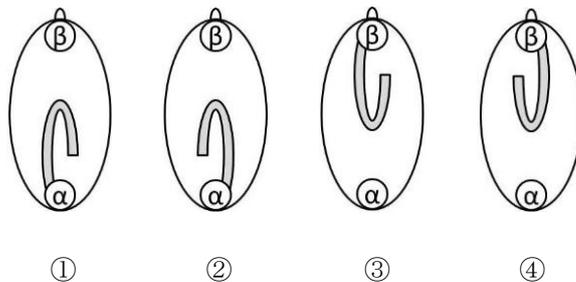
仮説1：前後軸と背腹軸の方向を決定するものとは別の因子が存在し、その濃度勾配で左右軸の方向が決定される

仮説2：前後軸と背腹軸の方向に依存して左右軸の方向が決定される

これらの仮説を検証するために、前後軸方向のみを完全に逆転させることで、左右軸方向にどのような影響がみられるか調べた。まず、前後軸方向を完全に逆転させるために、因子 α と因子 β を人為的に入れ替えた（逆転胚）。この際、卵殻に存在する卵門の位置は変化しないため、本来の前後軸方向と逆転させた胚の前後軸方向は、独立に判断できる。次に、この逆転胚をもちいて、どちらの仮説が正しいか判断した。なお、左右軸方向は、胚発生後期までに形成される消化管の曲がり方で判断した。

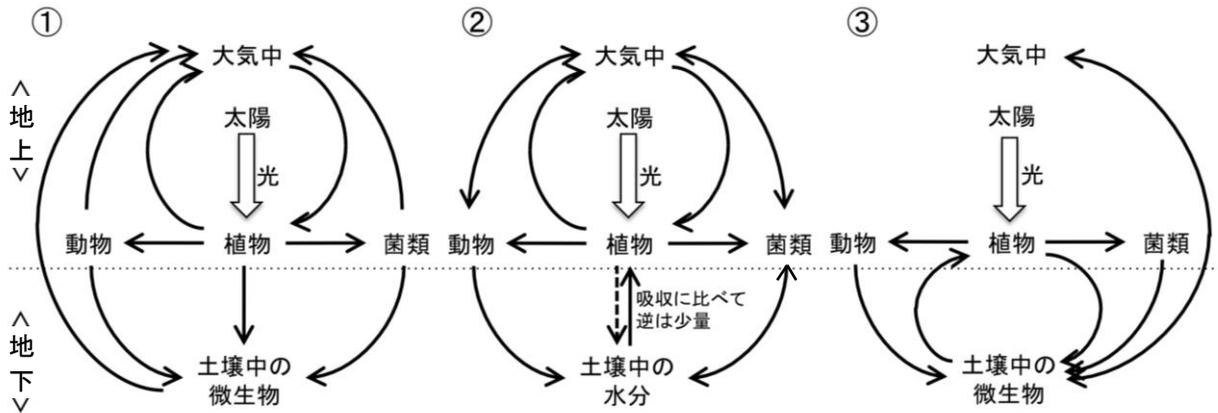


模式図①～④のうち、各仮説を支持できる逆転胚の模式図はどれか。もっとも適当な組合せをA～Lから選べ。(5点)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
仮説1	①	①	①	②	②	②	③	③	③	④	④	④
仮説2	②	③	④	①	③	④	①	②	④	①	②	③

問 14) 図①～③は、生態系における炭素(C)、窒素(N)、酸素(O)のいずれかの元素の循環を、植物との関連に着目して、模式的に示したものである。



それぞれの図はどの元素の循環を示したのか。もっとも適当な組合せをA～Fから選べ。(4点)

	①	②	③
A	C	N	O
B	C	O	N
C	N	C	O
D	N	O	C
E	O	C	N
F	O	N	C

問 15) 照葉樹林と熱帯多雨林について、生態系における物質収支を調べた。表は、2種類の森林における生産者の総生産量とそのエネルギーの流れがどのように配分されるかを示したものである。なお、森林の種類は異なるが、一方は極相林で、もう一方は遷移途上の林（伐採後の二次林）である。

	総生産量	呼吸量	被食量	枯死量	成長量
森林ア	99.1	73.4	0.3	19.6	5.8
森林イ	51.0	34.1	0.1	12.5	4.3

(単位は t/ha/年)

記述①～⑥のうち、表から読み取れるものはどれか。正しい組合せを A～H から選べ。(5点)

- ① 森林アは照葉樹林、森林イは熱帯多雨林である。
- ② 森林アは熱帯多雨林、森林イは照葉樹林である。
- ③ 総生産量に対する純生産量の割合は、森林アの方が大きい。
- ④ 総生産量に対する純生産量の割合は、森林イの方が大きい。
- ⑤ 森林アは極相林であり、森林イは遷移途上の林である。
- ⑥ 森林アは遷移途上の林であり、森林イは極相林である。

- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

問 16) ある種のツバメでは、雌は交配相手として尾羽の長い雄を好む。この現象を説明するため、次のような仮説を立てた。

仮説：このツバメには、雌が尾羽の長い雄を選ぶような性選択がはたらいっている。これは、尾羽の長い個体は寄生するダニに対する抵抗性が高いためである。

この仮説を検証するためには、どのような実験が必要か。必要な実験の組合せを A~J から選べ。(4 点)

- ① 寄生したダニがツバメの生存力を低下させるかどうかを知る実験
- ② 尾羽の長さに雌雄で差があるかどうかを知る実験
- ③ 尾羽の長さが遺伝するかどうかを知る実験
- ④ ダニに対する抵抗性に雌雄で差があるかどうかを知る実験
- ⑤ ダニに対する抵抗性と尾羽の長さの関係(相関)を知る実験

- A. ①②③ B. ①②④ C. ①②⑤ D. ①③④ E. ①③⑤
F. ①④⑤ G. ②③④ H. ②③⑤ I. ②④⑤ J. ③④⑤

問 17) ヒトのある遺伝子座には、2つの対立遺伝子 (S_1 と S_2) が存在する。ある家族において、表現型が S_1 の母親と表現型が S_2 の父親の間に生まれた娘の表現型は S_2 であった。遺伝様式①~④のうち、可能性のある遺伝様式だけをすべて選んでいる組合せを A~K から選べ。(3 点)

- ① この遺伝子座は常染色体上にあり、 S_1 は S_2 に対して優性である。
- ② この遺伝子座は X 染色体上にあり、 S_1 は S_2 に対して優性である。
- ③ この遺伝子座は X 染色体上にあり、 S_2 は S_1 に対して優性である。
- ④ この遺伝子座はミトコンドリア DNA 上にある。

- A. ①② B. ①③ C. ①④ D. ②③ E. ②④ F. ③④
G. ①②③ H. ①②④ I. ①③④ J. ②③④ K. ①②③④

問 18) 主要組織適合性複合体 (MHC) 分子は、臓器移植で拒絶反応を左右する重要な分子である。その 1 つである HLA-B 分子の遺伝子座には、多くの対立遺伝子が存在し、それぞれの対立遺伝子の頻度は低い。たとえば、比較的高頻度で見られる対立遺伝子の *HLA-B52* や *HLA-B61* であっても、集団中にはそれぞれ 10% 程度しか存在しない。そのため、*HLA-B52* と *HLA-B61* のヘテロ接合の人の場合でさえ、その人と血縁関係にない人が同じ遺伝子型 (つまり *HLA-B52* と *HLA-B61* のヘテロ接合) である確率は (ア) % と低い。

しかし、*HLA-B52* と *HLA-B61* のヘテロ接合の人と両親を同じくする兄弟・姉妹の 1 人が、*HLA-B52* と *HLA-B61* のヘテロ接合である確率は (イ) % となり、その確率は、(ア) % とくらべ、かなり高くなる。臓器移植においては HLA 型が一致した人からの臓器提供が望ましいが、そのような人を血縁者以外から見つけることの困難さがここにかがえる。

HLA-B 分子の遺伝子座が常染色体に存在することを考慮すると、上の () 内に入る適切な値の組合せは A~L のどれか。ただし、遺伝子頻度の値が正確でないことから、小数点以下の値は切り捨てて考えること。また、遺伝子型の頻度はハーディ・ワインベルグ平衡にあると仮定すること。(5 点)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
イ	20	25	30	35	40	45	20	25	30	35	40	45

問 19) エンドウには、さやの形が「ふくれ」と「くびれ」があり、また種子の形には「丸形」と「しわ形」がある。これらの形質を支配する遺伝子は、それぞれ1つであり、互いに独立に遺伝する。さやは子房壁が肥大したもので、ふくれがくびれに対して優性である。種子の形は子葉に含まれるデンプンによって決まり、丸形はしわ形に対して優性である。

さやの形がふくれで種子が丸形の純系と、さやの形がくびれで種子がしわ形の純系とを交配し、 F_1 をえた。この F_1 の種子をまいて自家受精し、 F_2 の種子が入ったエンドウのさやを収穫した。1つのさやの中に4個の種子が入っていた場合、この F_2 の種子の形と種子が入っているさやの形について、正しい組合せをA~Lから選べ。(5点)

- ① ふくれのみである
- ② ふくれとくびれの両方がある
- ③ 全部しわ形である
- ④ 丸形が1個、しわ形が3個である
- ⑤ 丸形が2個、しわ形が2個である
- ⑥ 丸形が3個、しわ形が1個である
- ⑦ 全部丸形である
- ⑧ 全部しわ形のものから全部丸形のものまで、すべての可能性がある

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
さやの形	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②
種子の形	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧

問 20) ある植物の 2 つの遺伝子座には、それぞれ 2 つの対立遺伝子が存在する。1 つの遺伝子座は、葉の色に関与し、 S と s の対立遺伝子がある。 S は s に対して優性であり、遺伝子型 SS と遺伝子型 Ss の葉は緑色であるが、遺伝子型 ss の葉は黄緑色である。もう 1 つの遺伝子座は、花の色に関与し、 W と w の対立遺伝子がある。 W は w に対して優性であり、遺伝子型 WW と遺伝子型 Ww の花は紫色であるが、遺伝子型 ww の花は白色である。

葉の色	緑色	黄緑色	花の色	紫色	白色
遺伝子型	SS と Ss	ss	遺伝子型	WW と Ww	ww

さて、緑色の葉で紫色の花をもつ個体を自家受精し、多数の種子をえた。これらの種子から育った個体を調べると、その 1% は黄緑色の葉で白色の花をもつ個体であった。

この実験結果から 2 つの遺伝子座間の組換え価（組換え頻度）を求め、その値を A~L から選べ。なお、葉の色や花の色にかかわらず、この植物は正常に成長する。(5 点)

- A. 1% B. 2% C. 4% D. 9% E. 10% F. 16%
 G. 20% H. 25% I. 30% J. 36% K. 40% L. 49%

問 21) 魚類の種 X と種 Y は近縁であり、自然界には雑種が存在する。しかし、この雑種は雌雄とも不妊である。表 1 は、ある湖に共存している種 X、種 Y および雑種について、核ゲノムとミトコンドリアゲノムの DNA 配列を比較してえられた種間の遺伝的相違度を示している。遺伝的相違度は、DNA 配列間で異なっている塩基の割合の平均値である。たとえば、種 X と種 Y の間の遺伝的相違度が 1.05% とは、種 X の DNA 配列と種 Y の DNA 配列には、平均で 1.05% の違いがあることを意味している。

表 1 : DNA レベルの遺伝的相違度

	核ゲノム	ミトコンドリアゲノム
種 X と種 Y の間の遺伝的相違度	1.05%	4.04%
種 X と雑種間の遺伝的相違度	0.58%	0.10%
種 Y と雑種間の遺伝的相違度	0.55%	4.06%

以下の文章中の () 内に入る記述の組合せを A~I から選べ。(4 点)

生物学的種概念に基づけば、種 X と種 Y は (ア)。雑種を形成する交配において、雌親の (イ) である。

	ア	イ
A	同種である	ほとんどは種 X
B	同種である	ほとんどは種 Y
C	同種である	約半数は種 X
D	別種である	ほとんどは種 X
E	別種である	ほとんどは種 Y
F	別種である	約半数は種 X
G	同種とも別種ともいえない	ほとんどは種 X
H	同種とも別種ともいえない	ほとんどは種 Y
I	同種とも別種ともいえない	約半数は種 X

問 22) 図 1 は、陸上植物 5 種とゼニゴケの葉緑体 DNA 上のある遺伝子をもちいて作成した分子系統樹である。

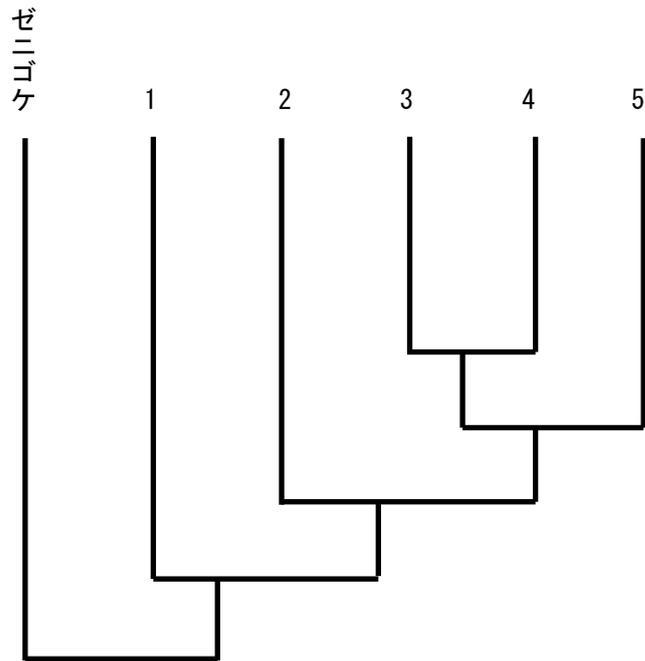


図 1 : ゼニゴケを外群として作成された分子系統樹

この 5 種の陸上植物において、どのように生殖が行なわれているかについて観察したところ、植物から散布される小型の散布体として 1 と 2 では孢子が、3~5 では花粉が観察された。花粉がみられた 3~5 では内部に卵細胞を含む胚珠という構造がみられたが、5 は花粉が直接胚珠に到達せず、柱頭という構造上に付着することが観察された。また、4 では花粉から鞭毛（べんもう）をもつ精子が出るのが観察された。

えられた系統樹および観察結果から、図 1 の 1~5 に該当する植物名について、正しい組合せを A~L から選べ。なお、系統樹は正しいと仮定する。(5 点)

	1	2	3	4	5
A	ヒカゲノカズラ	ワラビ	アカマツ	イチョウ	ヒマワリ
B	ヒカゲノカズラ	ワラビ	アカマツ	ヒマワリ	イチョウ
C	ヒカゲノカズラ	ワラビ	イチョウ	アカマツ	ヒマワリ
D	ヒカゲノカズラ	ワラビ	イチョウ	ヒマワリ	アカマツ
E	ヒカゲノカズラ	ワラビ	ヒマワリ	アカマツ	イチョウ
F	ヒカゲノカズラ	ワラビ	ヒマワリ	イチョウ	アカマツ
G	ワラビ	ヒカゲノカズラ	アカマツ	イチョウ	ヒマワリ
H	ワラビ	ヒカゲノカズラ	アカマツ	ヒマワリ	イチョウ
I	ワラビ	ヒカゲノカズラ	イチョウ	アカマツ	ヒマワリ
J	ワラビ	ヒカゲノカズラ	イチョウ	ヒマワリ	アカマツ
K	ワラビ	ヒカゲノカズラ	ヒマワリ	アカマツ	イチョウ
L	ワラビ	ヒカゲノカズラ	ヒマワリ	イチョウ	アカマツ