

日本生物学オリンピック 2012

予選問題

2012年7月15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22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27)までの27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選び、記号で答えてください。
- 6 配点は、1問あたり3点または4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。問題によっては、正解でない解答にも部分点（配点の1/10）が与えられます。
- 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"/> B C D E F G H I J
2	<input type="radio"/> A B C D E F G H I J
3	<input type="radio"/> A B C D E F G H I J

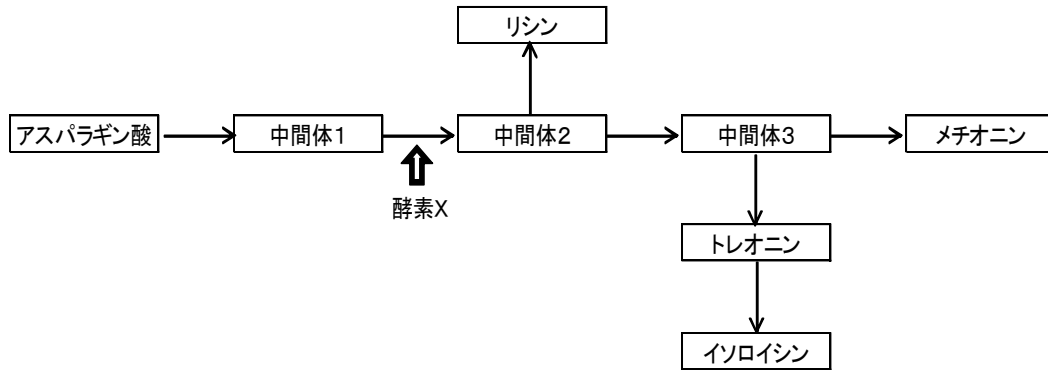
- 8 この問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいませんが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。
- 10 正解と解説は、JBOウェブページ <http://www.jbo-info.jp/> で公開します。

問 1) あるタンパク質の一部分の配列が、アミノ末端に近い側からメチオニン・ロイシン・トリプトファン・アラニン・リシンの順番で並んでいるとする。この5つのアミノ酸からなる部分をコードする15塩基の配列中に1か所のみ点突然変異(1塩基置換)が生じたが、それから産生されるタンパク質のアミノ酸配列には変化がなかった。点突然変異が生じた可能性がある場所は、この15塩基のうち何か所考えられるか。A~Jから選べ。ただし、下のコドン表に基づき、点突然変異が生じる前の塩基配列は不明として、想定できるすべての場合を考えよ。(4点)

UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン
UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC システイン
UUA ロイシン	UCA セリン	UAA 終止	UGA 終止
UUG ロイシン	UCG セリン	UAG 終止	UGG トリプトファン
CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン
CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン
CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン
CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン
AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン
AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン
AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン
AUG メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン
GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン
GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン
GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン
GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン

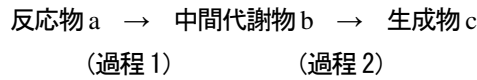
- A. 1か所 B. 2か所 C. 3か所 D. 4か所 E. 5か所
 F. 6か所 G. 7か所 H. 8か所 I. 9か所 J. 10か所

問2) 大腸菌の K-12 株は、グルコース、アンモニウム塩、その他の微量元素を含む単純な培地（最少培地）で生育できる。下の図は、この大腸菌がアミノ酸の1種であるアスパラギン酸から他のアミノ酸（リシン、トレオニン、イソロイシン、メチオニン）を合成する反応過程を簡単に示したものである。さて、この大腸菌に突然変異を誘発し、中間体1から中間体2を合成する反応を触媒する酵素Xが合成できなくなった変異株を単離した。この変異株を培養するために、あらかじめ最少培地に必ず加えておかなければならないアミノ酸の組合せとして正しいものをA~Jから選べ。ただし、最少培地には中間体1, 2, 3は含まれておらず、この大腸菌は最少培地に含まれる成分をもとにアスパラギン酸は合成できるものとする。(3点)



	リシン	トレオニン	イソロイシン	メチオニン
A	○	○	○	
B	○	○		○
C	○		○	○
D		○	○	○
E	○	○		
F	○		○	
G	○			○
H		○	○	
I		○		○
J			○	○

問3) ある生物における次の代謝過程に、2種類の酵素XとYが関与していることが知られている。



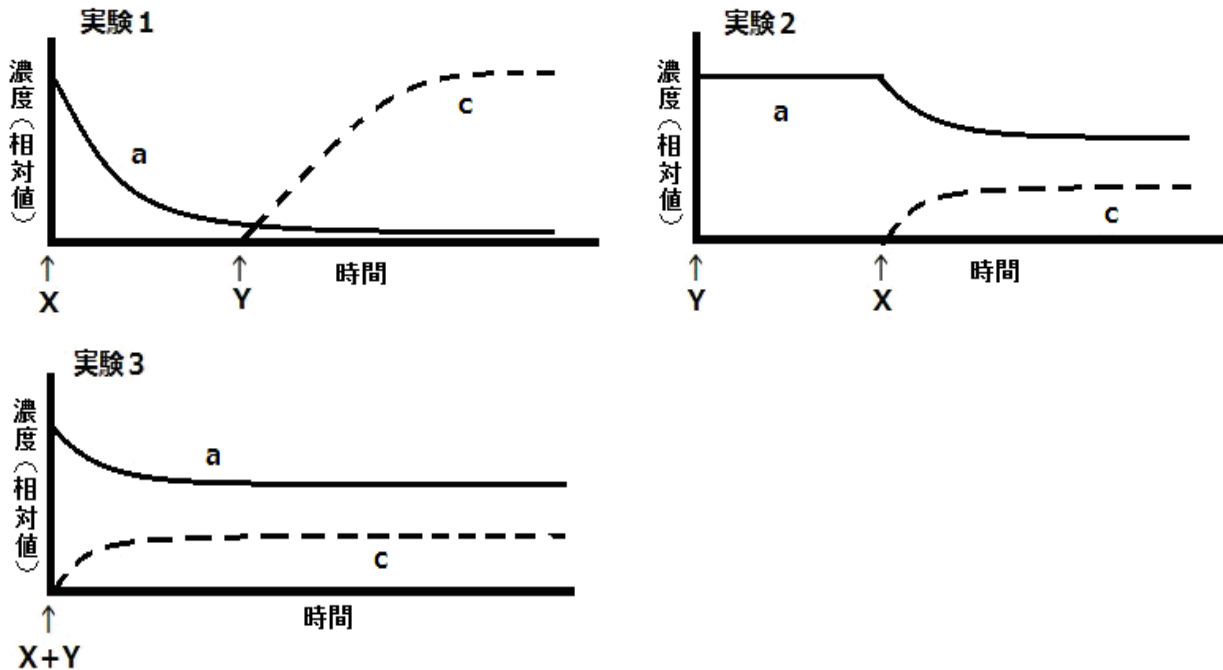
この代謝過程を調べるために、この生物から酵素Xと酵素Yをそれぞれ単離、精製して、次の実験1~3を行ない、反応物aと生成物cの濃度変化を追った。ただし、酵素Xと酵素Yの最適温度と最適pHは同じであり、反応はすべて最適条件の下で行なった。(4点)

実験1: 反応物aを含む水溶液に酵素Xを加え、その5分後に酵素Yを加えた。

実験2: 反応物aを含む水溶液に酵素Yを加え、その5分後に酵素Xを加えた。

実験3: 反応物aを含む水溶液に酵素Xと酵素Yを同時に加えた。

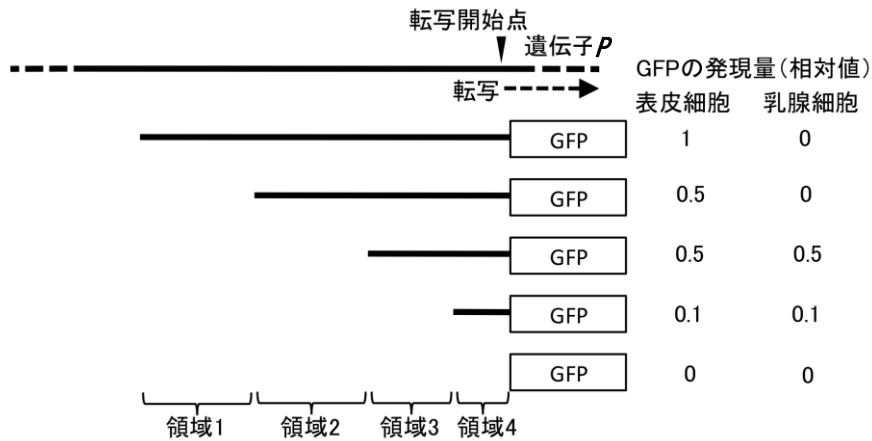
実験結果



実験1~3から推測できることとして、もっとも適当なものをA~Hから選べ。

- A. 酵素Xは過程1ではたらき、中間代謝物bによりフィードバック阻害を受けている。
- B. 酵素Xは過程1ではたらき、生成物cによりフィードバック阻害を受けている。
- C. 酵素Xは過程2ではたらき、中間代謝物bによりフィードバック阻害を受けている。
- D. 酵素Xは過程2ではたらき、生成物cによりフィードバック阻害を受けている。
- E. 酵素Yは過程1ではたらき、中間代謝物bによりフィードバック阻害を受けている。
- F. 酵素Yは過程1ではたらき、生成物cによりフィードバック阻害を受けている。
- G. 酵素Yは過程2ではたらき、中間代謝物bによりフィードバック阻害を受けている。
- H. 酵素Yは過程2ではたらき、生成物cによりフィードバック阻害を受けている。

問4) マウスのある遺伝子 *P* の転写調節に関わる DNA 領域を調べるため、以下の実験を行なった。図のように、遺伝子 *P* の転写開始点より上流の DNA 領域をさまざまな長さに切断し、遺伝子 *P* と入れ替えるように GFP (蛍光タンパク質) の cDNA に連結し、培養したマウスの表皮細胞と乳腺細胞に注入した。それぞれの細胞における GFP の発現量を測定したところ、その相対値は図の右側のようになった。この結果から、それぞれの細胞において転写を促進する領域と抑制する領域のあることがわかった。それらのうち転写を抑制する領域について述べた文として、もっとも適当なものを A~H から選べ。(4 点)



- A. 領域1は表皮細胞で転写を抑制する。
- B. 領域1は乳腺細胞で転写を抑制する。
- C. 領域2は表皮細胞で転写を抑制する。
- D. 領域2は乳腺細胞で転写を抑制する。
- E. 領域3は表皮細胞で転写を抑制する。
- F. 領域3は乳腺細胞で転写を抑制する。
- G. 領域4は表皮細胞で転写を抑制する。
- H. 領域4は乳腺細胞で転写を抑制する。

問5) CCCP は呼吸の研究によく使われる薬剤で、ミトコンドリア内膜に H^+ をとおすような作用をもち、ミトコンドリア膜間腔とマトリクス間の H^+ 濃度差を解消する。NADH (電子伝達系に電子を与える電子供与体) を含む溶液中で、細胞から単離した無傷のミトコンドリアに CCCP を投与すると、どのような影響がみられると考えられるか。もっとも適当なものを A~H から選べ。(3 点)

	H ₂ O の生成	O ₂ の消費	ATP の合成
A	低下	低下	低下
B	低下	低下	上昇
C	低下	上昇	低下
D	上昇	低下	低下
E	低下	上昇	上昇
F	上昇	低下	上昇
G	上昇	上昇	低下
H	上昇	上昇	上昇

問 6) ある種の植物は日長や低温などの環境要因に加え、一定の生育期間（齢）による植物体の成熟に依存して、花芽形成が誘導される。近年の研究によって、このような外的・内的要因によって合成が促されるフロリゲン（花成を誘導する花成ホルモン）の実体は FT とよばれるタンパク質であり、花成誘導以外にもさまざまな生理機能を有することが明らかとなってきた。温帯～亜寒帯に分布する落葉広葉樹のポプラは、季節に応じた日長の変化に応答して花芽の分化や芽の休眠が誘導される。このポプラにも PtFT という FT が存在する。PtFT の遺伝子を恒常的に高発現するポプラを遺伝子組換え技術をもちいて作出すると、通常なら花芽が形成されるようになるまで長い年月が必要なのに、わずか半年で花芽が形成された。一方、落葉樹のポプラ（野生型）は、夏の終わりから秋になると芽（葉芽）の成長を停止して休眠芽を形成する。ポプラにおける PtFT のはたらきを明らかにするために実験を行ない、以下の結果をえた。

屋外に植えられた野生型のポプラをもちいた実験

1. PtFT の遺伝子発現は春～初夏に高かった。
2. 夏の終わり～秋には PtFT の遺伝子は発現していなかった。

人工気象室内で栽培した遺伝子組換えポプラをもちいた実験

1. PtFT の遺伝子を恒常的に高発現する遺伝子組換えポプラは、短日条件で休眠芽を形成しなかった。
2. PtFT の遺伝子の発現を抑制した遺伝子組換えポプラでは、長日条件で休眠芽を形成した。

この実験結果から、遺伝子組換えをしていない野生型ポプラの性質について、どのようなことが推測できるか。もっとも適当な記述の組合せを A～J から選べ。(4 点)

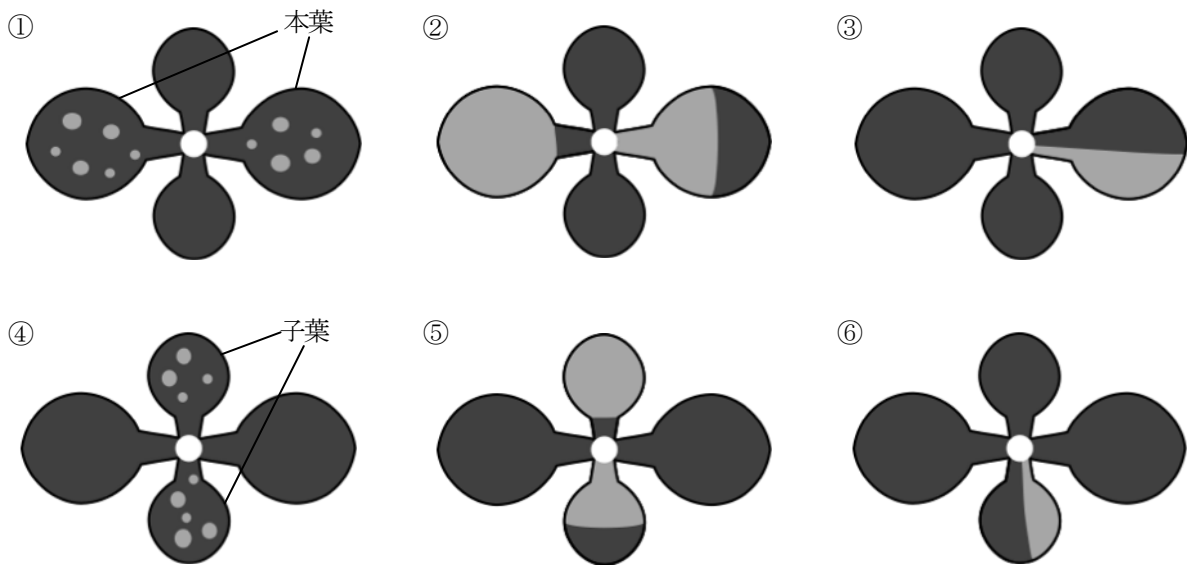
- ① 長日植物である。
- ② 短日植物である。
- ③ 休眠芽は短日条件で形成される。
- ④ 休眠芽は長日条件で形成される。
- ⑤ PtFT は休眠芽の形成に必要である。
- ⑥ PtFT は休眠芽の形成を抑制する。
- ⑦ PtFT は休眠芽の形成に関係しない。

- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①③⑦ D. ①④⑤ E. ①④⑥
F. ②③⑤ G. ②③⑥ H. ②④⑤ I. ②④⑥ J. ②④⑦

問 7) モデル植物のシロイヌナズナでは、クロロフィル生合成に関わる遺伝子の多くについて、さまざまな突然変異がみつ
かっている。常染色体上のある遺伝子では、クロロフィル生合成の機能が大きく低下する劣性突然変異が知られている。
この遺伝子の野生型の対立遺伝子を C 、変異型の対立遺伝子を c で表す。変異型の対立遺伝子をヘテロ接合でもつ個体（遺
伝子型 Cc ）は外見上野生型と変わらないが、変異型の対立遺伝子をホモ接合でもつ個体（ cc ）では、どの葉も（子葉も本
葉も）十分なクロロフィルをつくれず、一様に淡緑色となる。

ホモ接合の変異体（ cc ）を野生型（ CC ）と交配して、ヘテロ接合の種子（ Cc ）を多数えた。この種子に X 線を照射して
から発芽させて育てたところ、まれに葉の一部が淡緑色となったキメラ個体が現れた。野生型の種子に X 線を照射したと
ときには、そのようなことはなかった。

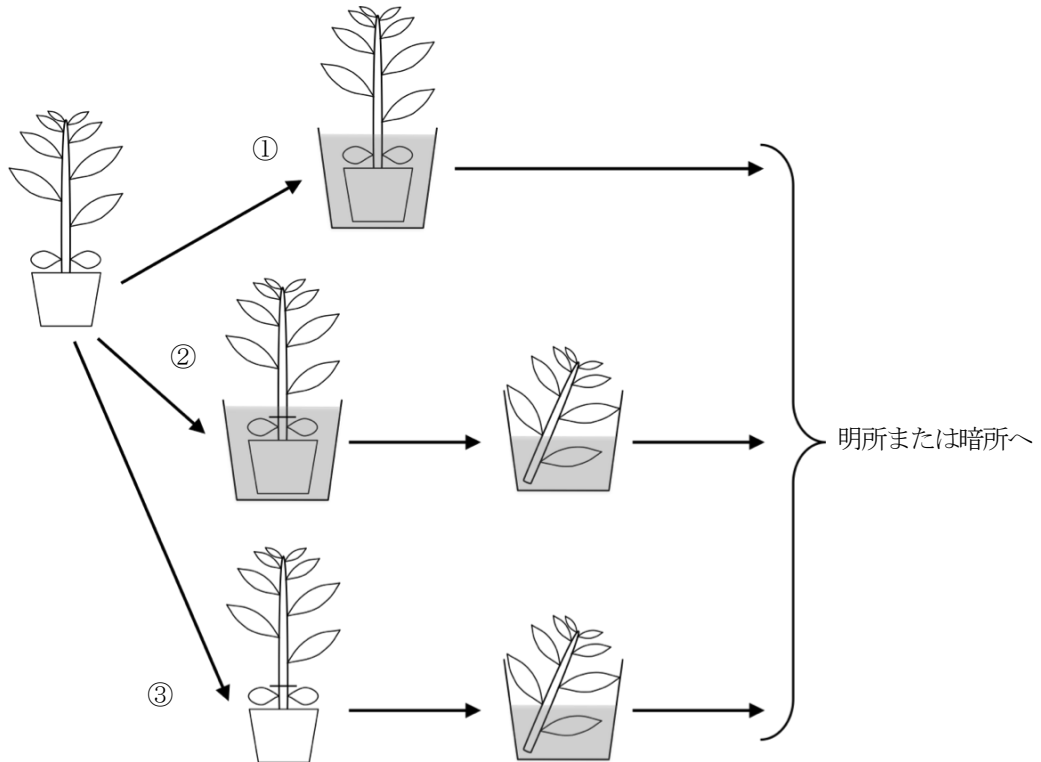
次の①～⑥に示す葉の色のパターンのうち、上記の実験でキメラ個体に観察された可能性のあるものはどれか。A～J か
ら選べ。なお、各図で縦の 2 枚の葉は子葉を、横の 2 枚の葉は初めの 2 枚の本葉を表し、3 枚目以降の本葉は省略してあ
る。また、濃い灰色は通常の緑色を、薄い灰色は淡緑色を表す。（4 点）



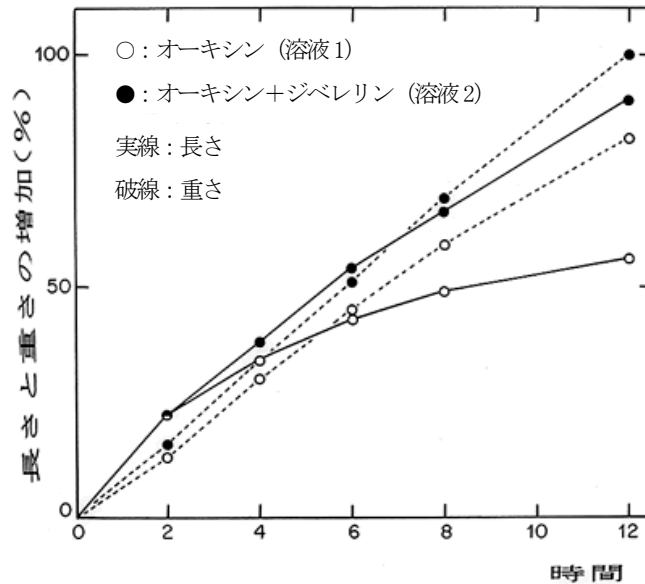
- A. ①のみ B. ②のみ C. ③のみ D. ①と② E. ②と③
F. ④と⑤ G. ⑤と⑥ H. ①と④ I. ②と⑤ J. ③と⑥

問 8) ある植物の葉と茎における維管束のパターンを観察するために、赤インクを吸わせて道管を染めることにした。次の A~F に示す赤インクの吸わせ方のうち、道管を染めるのにもっとも効率がよいと考えられるのはどれか。(3 点)

- A. 下の図の①のように、赤インクの水溶液に植物の地下部を鉢ごと浸し、明るいところに置く。
- B. 下の図の①のように、赤インクの水溶液に植物の地下部を鉢ごと浸し、暗いところに置く。
- C. 下の図の②のように、赤インクの水溶液の中で茎を切り、そのまま赤インク液に差した状態で明るいところに置く。
- D. 下の図の②のように、赤インクの水溶液の中で茎を切り、そのまま赤インク液に差した状態で暗いところに置く。
- E. 下の図の③のように、茎を切ってから赤インクの水溶液に差し、明るいところに置く。
- F. 下の図の③のように、茎を切ってから赤インクの水溶液に差し、暗いところに置く。



問 9) 植物ホルモンは、植物の細胞や組織の成長にさまざまな作用をおよぼしている。植物ホルモンであるオーキシシンとジベレリンの作用について調べるため、アズキの芽生えから一定の長さの茎を切り出し、これを2種類の溶液（溶液1：オーキシシンのみ、溶液2：オーキシシンとジベレリンの混合液）に浸して一定時間培養した。培養開始からのそれぞれの茎の長さや重さの変化をまとめたところ、次のグラフをえた。このグラフから、溶液1と溶液2で茎の成長にどのような違いがみられたと考えられるか。もっとも適当な記述の組合せをA～Iから選べ。ただし、この実験での茎の成長は、植物細胞の吸水だけによるものとする。（4点）



(図は、JT生命誌研究館サイエンティストライブラリー特別編 柴岡弘郎（大阪大学名誉教授）より改変)

- ① 溶液1より溶液2の方が、茎の伸長成長が促進されている。
- ② 溶液2より溶液1の方が、茎の伸長成長が促進されている。
- ③ 溶液1と溶液2の間で、茎の伸長成長の差は小さい。
- ④ 溶液1より溶液2の方が、茎の肥大成長が促進されている。
- ⑤ 溶液2より溶液1の方が、茎の肥大成長が促進されている。
- ⑥ 溶液1と溶液2の間で、茎の肥大成長の差は小さい。

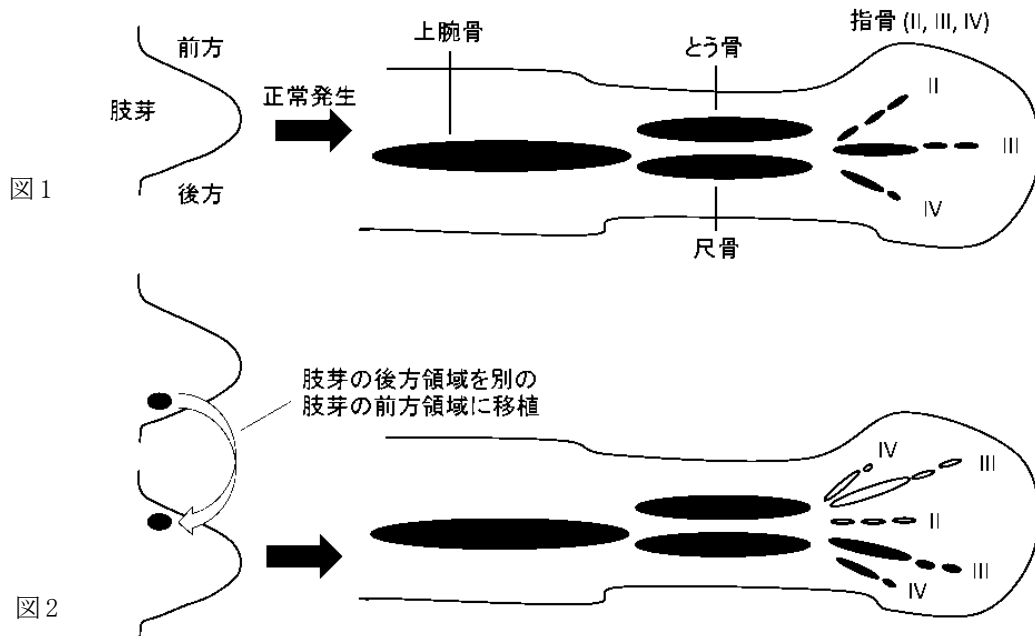
- A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 10) 鳥類の肢の形成は、古くから実験発生学の対象となってきた。鳥類や哺乳類の四肢は、胚の胴部に突出する肢芽（肢のもとになる小さい膨らみ）から発生し、肢芽が伸張して内部に骨や筋肉が形成される。骨についてみると、鳥類の前肢（翼）には3本の指骨があり、前方（ヒトでは親指側）からⅡ、Ⅲ、Ⅳと番号がついている（図1）。鳥類前肢の前方と後方（ヒトでは小指側）を決定する仕組みについて、以下の実験が行なわれた。

実験 1：肢芽の前方領域を別の肢芽の後方の領域に移植したところ、肢芽には正常な翼と同様にⅡ、Ⅲ、Ⅳの指骨が形成された。

実験 2：肢芽の後方領域を別の肢芽の前方領域に移植したところ、過剰な指骨が形成され、それらは前方からⅣ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの指骨であった（図2）。このうち、前方の過剰指であるⅣ、Ⅲは移植した細胞由来ではなかった。

実験 3：肢芽の後方領域のみで発現している遺伝子のうち、X という遺伝子を大量に前方領域に発現させたところ、後方領域の移植と同様の結果がえられた。なお X 遺伝子の産物は、細胞外に分泌される物質である。



上の実験 1~3 に関する以下の議論について、正しいものの組合せを A~J から選べ。(4 点)

- ① 実験 1 から、前方領域が肢芽の前方を決定することによって、前方と後方が決定されると考えられる。
- ② 実験 2 から、後方領域が肢芽の後方を決定することによって、前方と後方が決定されると考えられる。
- ③ 実験 2 から、移植された後方領域の細胞は、宿主の細胞にはたらきかけて過剰指を形成させたと考えられる。
- ④ 実験 3 から、X の産物が肢芽の後方領域を決定する物質であると考えられる。

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

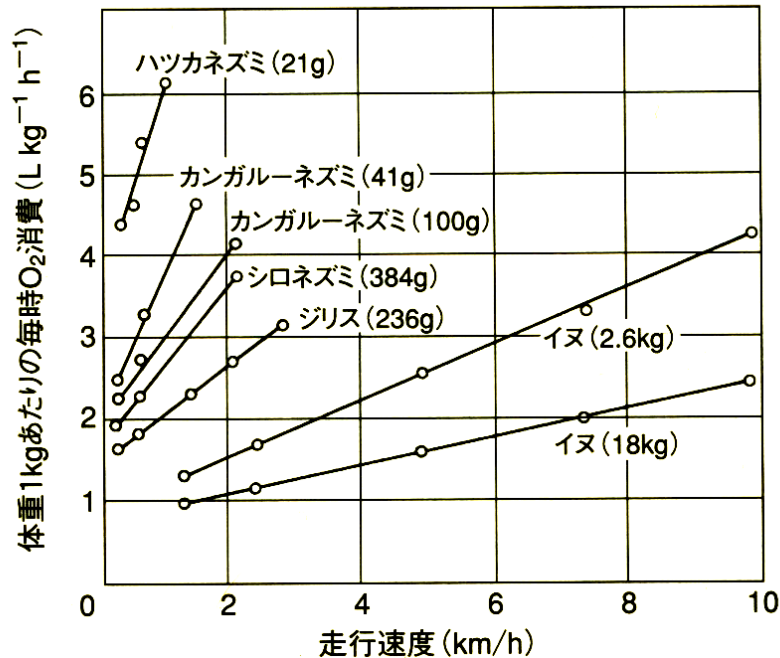
問 11) ほとんどの脊椎動物において、卵巣内で十分に成長した卵母細胞は、第一減数分裂の前期で停止している。そしてこれらの卵母細胞はホルモンの刺激によって減数分裂を再開したのち、第二減数分裂中期で再び停止して成熟卵（未受精卵）として排卵され受精を待つ。この過程は卵成熟とよばれ、カエルをもちいた実験から卵成熟過程を制御する因子の存在が提唱された。未受精卵の細胞質を 2 細胞期の胚の割球に注入すると、卵割が分裂期中期で停止したのである。しかし、受精卵の細胞質を割球に注入しても卵割は停止することはなく正常に進行した。一方、未受精卵の細胞質を、成熟していない卵母細胞に注入すると、ホルモン刺激なしで卵成熟が進行し未受精卵となった。以上の実験結果から考えられることとして、もっとも適当なものを A~E から選べ。(4 点)

- A. ホルモンの刺激により、卵母細胞の細胞質には卵成熟を抑制する因子がつくられ、受精後分解される。
- B. ホルモンの刺激により、卵母細胞の細胞質には卵成熟を抑制する因子と、第二減数分裂でも体細胞分裂でも中期で停止させることができる因子がつくられる。
- C. ホルモンの刺激により、卵母細胞の細胞質には卵成熟を誘起する因子と、第二減数分裂でも体細胞分裂でも中期で停止させることができる因子がつくられる。
- D. ホルモンの刺激により卵母細胞の細胞質には、卵成熟を抑制する因子と、第二減数分裂の中期で停止させるが、体細胞分裂の中期では停止させることはできない因子がつくられる。
- E. ホルモンの刺激により、卵母細胞の細胞質には卵成熟を誘起する因子と、第二減数分裂の中期で停止させるが、体細胞分裂の中期では停止させることはできない因子がつくられる。

問 12) 水生動物と陸上動物では、循環系や排出系にさまざまな違いがみられる。以下の文章 A~E から、誤っているものを選べ。(3 点)

- A. 十分に攪拌された水において、体積あたりの酸素量は、空気における酸素量よりかなり小さい。大型の水生動物には、鰓（えら）という一方向に水を流すしくみでガス交換を行なっているものが多くみられる。このことは、大量の水とガス交換をすることに有利であると考えられる。
- B. 陸生の甲殻類であるヤシガニは、空気中でも鰓をもちいてガス交換を行なうことができる。ヤシガニの鰓は、空気中でも鰓の襞（ひだ）がくっつかず、十分なガス交換ができるように堅くなっている。
- C. 水生動物である魚類は、淡水でも海水でも、十分な水を体表から取り込むことができるため、ほとんど飲水をしない。
- D. 陸上に上がった動物である哺乳類や鳥類は血漿（けっしょう）よりも高張な尿を生成して、水分の流出を防いでいる。
- E. 多くの魚類がアンモニアとして窒素排出物を体外に排出するのに対して、水生動物でありながらサメは尿素を合成する。この尿素は、アンモニアに比べて毒性が低く、血漿中に蓄積できるため、体液の浸透圧を海水とほぼ同じに保つために役立っている。

問13) 下の図は、さまざまな哺乳類が走っているときの、走行速度 (km/h) と体重 1kg あたりの毎時酸素消費 ($L\ kg^{-1}\ h^{-1} = L/kg/h$) を示したグラフである。また、図中の () 内の数値は体重である。このグラフから読み取れることとして、正しい記述の組合せを A~F から選べ。ここでは、「走行コスト」とは、走行することによって増加する酸素消費量として、走行時の酸素消費量から休息時の酸素消費量（ここでは、グラフの Y 切片を休息時の毎時酸素消費量とする）を差し引いたものとする。（4 点）



- ① 一定の距離を移動するのに要する走行コストは、すべての動物種でほぼ同じである。
- ② 一定の距離を移動するのに要する走行コストは、動物種ごとに異なるが、同じ動物種で同じ体重であれば速度には依存せず、ほぼ一定である。
- ③ 一定の距離を移動するのに要する走行コストは、動物種ごとに異なり、同じ動物種で同じ体重であれば速度が早いほど、より多くのコストを要する。
- ④ 体重 1kg を 1km 移動させるのに必要な走行コストは、体重が大きい動物ほど大きい。
- ⑤ 体重 1kg を 1km 移動させるのに必要な走行コストは、体重が小さい動物ほど大きい。

A. ①④ B. ①⑤ C. ②④ D. ②⑤ E. ③④ F. ③⑤

問 14) アフリカツメガエルでは、近親交配を繰り返した系統（純系）である J 系統が確立している。この J 系統を利用して他個体への皮膚移植実験を行ない、移植組織の免疫拒絶に関する次の実験結果をえた。

実験 1 : J 系統成体の背中の皮膚を野生型成体の背中に移植したところ、拒絶が起きた。

実験 2 : 野生型成体の背中の皮膚を J 系統成体の背中に移植したところ、拒絶が起きた。

実験 3 : J 系統成体の背中の皮膚を J 系統成体の背中に移植したところ、拒絶は起きなかった。

実験 4 : J 系統成体の背中の皮膚を J 系統オタマジャクシの背中に移植したところ、拒絶は起きなかった。

実験 5 : J 系統オタマジャクシの尾の皮膚を J 系統成体の背中に移植したところ、拒絶が起きた。

これらの実験結果からわかることとして、もっとも適当なものを A~F から選べ。(4 点)

- A. J 系統では、近親交配によって組織適合性免疫が遺伝的に欠失している。
- B. J 系統では、近親交配によって組織適合性抗原が遺伝的に欠失している。
- C. J 系統成体の背中では、組織適合性抗原が発現していない。
- D. オタマジャクシでは、成体の皮膚を異物と認識する免疫が発達する。
- E. 成体では、オタマジャクシの尾を異物と認識する免疫が発達する。
- F. オタマジャクシの尾では、非自己型の組織適合性抗原が発現する。

問 15) 神経細胞のシナプスには、興奮性シナプスと抑制性シナプスがあり、脳活動にはこのバランスが重要である。抑制性シナプスの形成に必要な SLITRK3 というタンパク質の遺伝子を取り除いたマウスを遺伝子操作によって作成したところ、脳波に異常が認められ、海馬の病変によるものと同様の行動が起きやすくなっていることがわかった。この発見から、SLITRK3 を脳内で発現させることが海馬の病変の治療に役立つと期待されるが、その前提としていくつか確かめておくべきことがある。SLITRK3 の治療効果を期待する上で確かめておくべき事項として、不適當なものを A~F から選べ。(4 点)

- A. 海馬において、SLITRK3 タンパク質が、正常マウスでは発現しているが、遺伝子操作マウスでは発現していないこと。
- B. 海馬において、SLITRK3 以外のタンパク質の種類と量が、正常マウスと遺伝子操作マウスで変化がないこと。
- C. 海馬において、抑制性シナプスの数や活動性が、遺伝子操作マウスでは、正常マウスに比べ、減っていること。
- D. 海馬において、興奮性シナプスの数や活動性が、遺伝子操作マウスでは、正常マウスに比べ、増えていること。
- E. 海馬において、神経伝達物質の種類や機能が、正常マウスと遺伝子操作マウスで変化がないこと。
- F. 海馬において、神経細胞の活動電位が、正常マウスと遺伝子操作マウスで変化がないこと。

問 16) 哺乳類の眼球は、視覚機能をもつ以外に概日時計（体内時計）を調節している。目の見える正常なマウスは夜間に活動し、昼間はあまり活動しないという概日リズムをもっている。光は視細胞（桿体と錐体）で受容され、網膜神経節細胞を經由して脳内の視覚野に情報が伝わる。マウスの網膜神経節細胞の一部にはメラノプシンという光感受性をもつ物質を含む光感受網膜神経節細胞が存在する。これは、概日リズムを司っている脳内の視交叉上核などに情報を送る。マウスの眼球のいろいろな部位を不能にすることで（遺伝子組換えマウスなど）、視覚機能をもつかどうか、また、光に概日リズムを合わせられるかどうか実験した結果、次の表のようであった。この結果から考えられる記述の中で正しい組合せを A～H から選べ。（4 点）

機能	正常な網膜	視細胞を不能化 (遺伝子組換え)	メラノプシンなし (遺伝子組換え)	視細胞, メラノプ シンなし (遺伝子組換え)	メラノプシン産生 細胞なし (選択的細胞死)
視覚機能をもつ	○	×	○	×	○
光に概日リズム を合わせられる	○	○	△	×	×

○ 機能をもつ △ ほぼ機能をもつ × 機能をもたない

- ① メラノプシンは、概日リズム調節に必須である。
- ② 視細胞かメラノプシンの少なくともどちらかは、概日リズム調節に必要である。
- ③ 視細胞は、メラノプシン産生細胞に抑制的に働いている。
- ④ メラノプシン産生細胞は、概日リズム調節に必要である。
- ⑤ メラノプシン産生細胞は、視交叉上核だけでなく視覚野にも情報を送る。
- ⑥ 視細胞は、視覚野だけでなく視交叉上核にも情報を送る。

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

問 17) 生物は環境温度が変わると、新しい環境温度に対しその機能を維持するために自ら変化を生じ対応する性質をもつ。この現象を温度順化とよぶ。変温動物の温度順化の発現に対する脳の役割を考えるため、次の実験を行なった。

実験 1: 23°C, 18°C, あるいは 13°C で飼育したプラナリア (ナミウズムシ) を準備した。これら 3 つの温度グループのプラナリアに最後の餌を与え、それから 7 日目にプラナリアを咽頭の前方で切断し、前半部と後半部に分けた (図 1)。コントロールとして全身のプラナリアをもちいた。いずれの個体も、最後の餌を与えてから 8 日目に実験 2 を行なった。

実験 2: 寒天に直線状の溝を掘り、プラナリアの滑走路を準備した。その溝に各飼育温度グループからプラナリア全身、前半部あるいは後半部を置いて、さまざまな温度で滑走速度を測定した (図 2)。

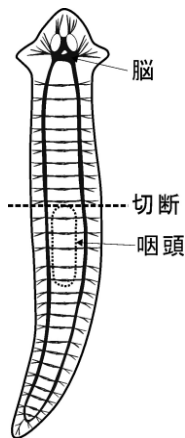


図 1 プラナリアの神経系と切断部

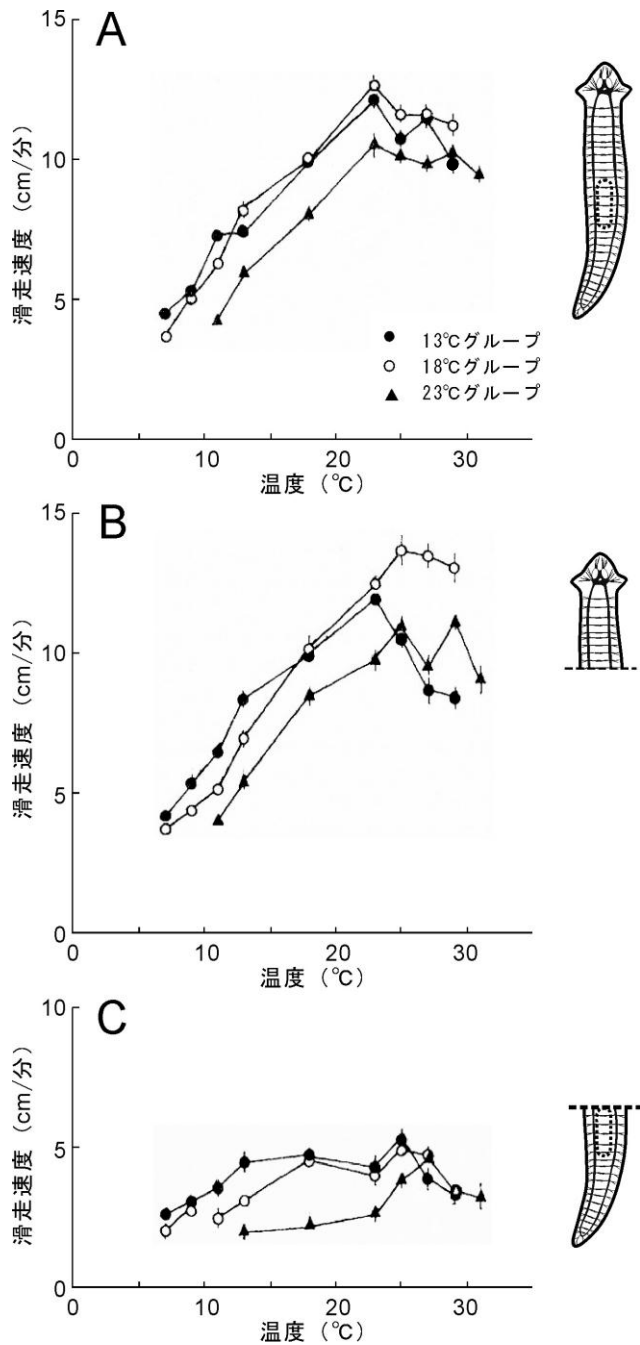


図 2 滑走速度の温度変化に対する飼育温度の影響 (A: プラナリア全身, B: 前半部, C: 後半部)

この結果からどのようなことが考えられるか。もっとも適当な記述の組合せを A~J から選べ。(4 点)

- ① 全身プラナリアは、飼育温度にかかわらず、23℃で最大の滑走速度を示す。
- ② 13℃で飼育されたプラナリアは、体の部位にかかわらず、23℃で最大の滑走速度を示す。
- ③ 前半部プラナリアでは、飼育温度が低いほど、他の飼育グループよりも低温の滑走速度が低い。
- ④ 13℃で飼育した場合、前半部プラナリアは全身に比べて高温で滑走速度が低下する。
- ⑤ 全身プラナリアでは、滑走時の温度が同じでも飼育温度の違いによって滑走速度が異なる。
- ⑥ 脳がなくても温度順化の効果がみられる。
- ⑦ 脳の指令により温度順化の効果が調節される。
- ⑧ 滑走速度にみられる温度順化の発現には全身が必要である。
- ⑨ 滑走速度にみられる温度順化の発現には脳あるいは咽頭があればよい。

- A. ①③⑥⑨ B. ①④⑤⑥ C. ②④⑤⑦ D. ③④⑥⑨
 E. ①③⑧ F. ①④⑧ G. ②③⑥ H. ②⑥⑨ I. ③⑤⑨ J. ④⑤⑦

問 18) 複数の植物種が生育する地域に、ある草食動物とそれを捕食するある肉食動物が生息している状況を考えよう。植物種について、植物種間の競争において強いものから順に並べ、上位にあるもの、下位にあるものをそれぞれ種間競争の上位種、下位種とよぶ。この地域に生息する肉食動物の捕食活動は、草食動物の増殖率を一定以下に抑えているとする。また、その草食動物は植物種のうち、植物種間の競争においてより上位の種を好んで食べるが、好きな植物の量が減ったからといって草食動物の増殖率は低下しないとす。この地域から、肉食動物を取り除いたとき、下の3つの選択肢のうち、植物群集がどのように変化することが予想されるか。また、草食動物を取り除いたときは、どのように変化することが予想されるか。予想の組合せとしてもっとも適当なものを A~F から選べ。(3 点)

- ① 植物群集は、種間競争の上位種にかたよった構成となり、現状より種数が減少する可能性がある。
- ② 植物群集は、種間競争の下位種にかたよった構成となり、現状より種数が減少する可能性がある。
- ③ 植物群集は変化しない。

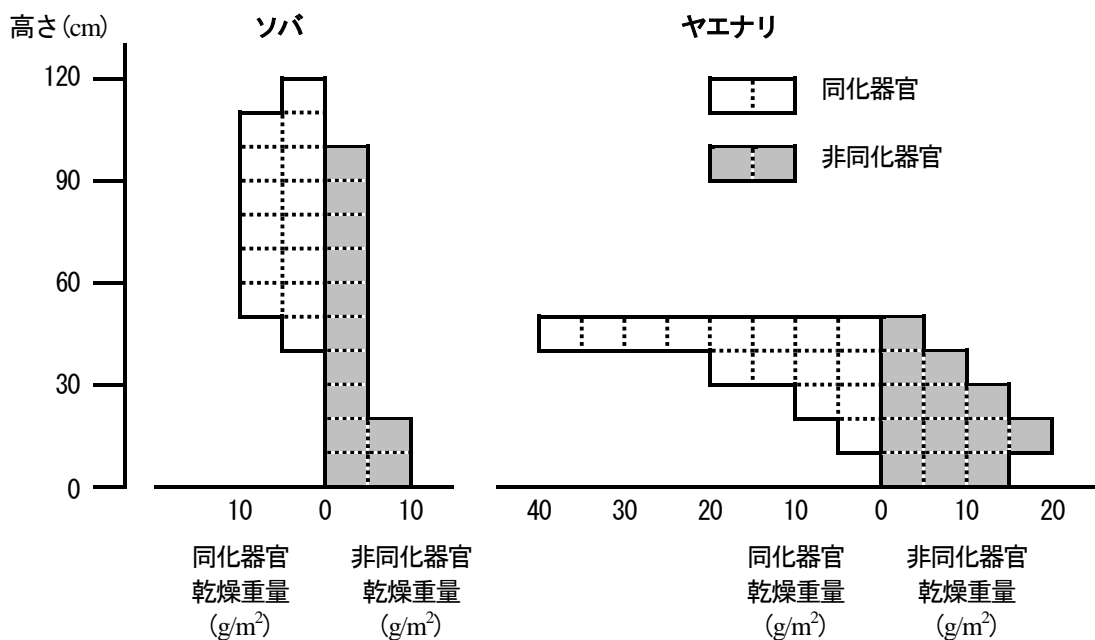
	A	B	C	D	E	F
肉食動物を取り除いたとき	①	①	②	②	③	③
草食動物を取り除いたとき	①	②	①	②	①	②

問 19) ある池に生息するギンブナの個体数を知るため、釣り同好会の協力をえて、次のような調査を行なった。ある日この池で 120 匹のギンブナを釣り上げ、背鰭（せびれ）に小さな標識を付けて池に戻した。1 週間後同じ池で 150 匹のギンブナを釣り上げたところ、そのうち 30 匹には標識が付いていた。もし釣られたことや標識が付いていることがギンブナの運動能力や行動に何の影響も与えないと仮定すると、この池には（ ① ）個体のギンブナが生息していたと推定される。しかし、一度釣られた個体は釣られにくいと仮定すると、予想される個体数は（ ① ）より（ ② ）。

（ ）内の①と②にあてはまる数値と語句としてもっとも適当な組合せを A～J から選べ。（3 点）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
①	240	240	300	300	600	600	3600	3600	5100	5100
②	少ない	多い	少ない	多い	少ない	多い	少ない	多い	少ない	多い

問 20) 下の図はソバとヤエナリ（アズキ属の一種）をそれぞれ同じ環境条件で、種子から一定期間生育させたときの単位面積あたりの高さによる同化器官と非同化器官の分布（生産構造図）である。この図から判断すると、ソバとヤエナリを同じ密度でそれぞれ単独に育てた場合と半分ずつ混ぜて育てた場合、どのようになると考えられるか。もっとも可能性が高いと考えられるものを A～F から選べ。ただし、根に関わる競争はなかったとする。（4 点）



- A. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはソバであり、混植したときにもソバの方がヤエナリより乾燥重量は多くなる。
- B. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはソバであり、混植したときにはソバとヤエナリの乾燥重量は同じになる。
- C. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはソバであり、混植したときにはヤエナリの方がソバより乾燥重量は多くなる。
- D. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはヤエナリであり、混植したときにはソバの方がヤエナリより乾燥重量は多くなる。
- E. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはヤエナリであり、混植したときにはソバとヤエナリの乾燥重量は同じになる。
- F. 単独で育てた場合に乾燥重量が多いのはヤエナリであり、混植したときにもヤエナリの方がソバより乾燥重量は多くなる。

問 21) ショウジョウバエの朱色眼 (以下, v と表す) と暗体色 (s と表す) はいずれも X 染色体上の劣性突然変異であり, これらの遺伝子座の間は組換え価にして 10% 離れていることがわかっている。 v 系統の雌に s 系統の雄を交配し, その F_1 同士を交配することにより, F_2 世代をえた。さらに, F_2 世代の中から v の表現型を示す雌を多数集め, v 系統の雄と交配して子孫をえた (以下, $F_3[v]$ と表す)。下の表は, 遺伝子型によって生存力に差がないと仮定した場合に, F_2 および $F_3[v]$ 世代で期待される各表現型の割合 (%) を雌雄別に示したものである。なお, 野生型の表現型は $[+]$, 朱色眼, 暗体色はそれぞれ $[v]$, $[s]$, また朱色眼でかつ暗体色は $[v.s]$ で表す。表中の①~④に該当する数値の組合せとして正しいものを A~J から選べ。(4 点)

表現型	F_2 雌	F_2 雄	$F_3[v]$ 雌	$F_3[v]$ 雄
$[+]$	①	5	0	0
$[v]$	50	45	100	③
$[s]$	②	45	0	0
$[v.s]$	0	5	0	④

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
①	50	50	50	50	50	45	45	45	45	45
②	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
③	100	95	90	55	50	100	95	90	55	50
④	0	5	10	45	50	0	5	10	45	50

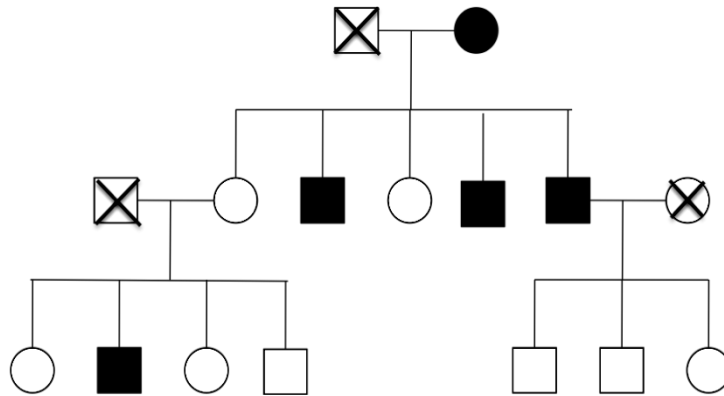
問 22) ヒトのある形質 (表現型 Z とする) は常染色体上の劣性遺伝子に支配される。表現型 Z を決定する劣性の対立遺伝子を x 遺伝子とする。ある集団の調査では, 表現型 Z を示す個体の頻度が 9% であった。M さんの両親は正常型であるが, 兄は表現型 Z を示した。これにもとづいて, 下の①~④に該当する数値の組合せとして正しいものを A~J から選べ。ただし, ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているものとする。(4 点)

- ① この集団中の x 遺伝子の頻度
- ② M さんが x 遺伝子をもたない確率
- ③ M さんがヘテロ接合である確率
- ④ M さんがこの集団に属している人と結婚した場合, この二人の間に生まれる子供が表現型 Z を示す確率

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
①	18%	18%	18%	18%	18%	30%	30%	30%	30%	30%
②	1/4	1/4	1/2	1/2	3/4	1/4	1/4	1/2	1/2	3/4
③	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4
④	3/20	3/40	3/20	3/40	3/20	3/20	3/40	3/20	3/40	3/20

問 23) ヒトは世代時間が長く子供の数が少ない上に交配を制御できないので、遺伝の研究がむずかしい。家系図の調査は人類遺伝学の有力な研究法の1つである。一般的に家系図では、男性は四角(□または■)、女性は丸(○または●)のシンボルで示し、特定の表現形質(遺伝性疾患を発症している人など)を示す個人を着色して(■または●)で表現する。

ある遺伝性疾患に関する以下の家系図から、この遺伝性疾患を引き起こす対立遺伝子として適切なものをA~Iから選べ。なお、家系図中の×印はキャリアーではなく、遺伝性疾患を引き起こす対立遺伝子をもっていないことが判明している個体を示す。(3点)



- A. 常染色体上の優性遺伝子
- B. 常染色体上の劣性遺伝子
- C. X染色体上の優性遺伝子
- D. X染色体上の劣性遺伝子
- E. Y染色体上の対立遺伝子
- F. この家系図の情報だけでは、優性遺伝子か劣性遺伝子か判定できない
- G. この家系図の情報だけでは、常染色体上の対立遺伝子かX染色体上の対立遺伝子か判定できない
- H. この家系図の情報だけでは、常染色体上の対立遺伝子かY染色体上の対立遺伝子か判定できない
- I. この家系図の情報だけでは、X染色体上の対立遺伝子かY染色体上の対立遺伝子か判定できない

問 24) 線虫 *C. elegans* は XO 型の性決定様式をもち、XX は雌雄同体になり、XO は雄になる。この雌雄同体は自分で精子と卵子を作り、自家受精により生じた子を産む。また、雌雄同体と雄を交配すると、雌雄同体の卵子は優先的に雄からの精子と受精する。

性染色体による性決定では、性染色体の種類や数による信号が、いくつかの遺伝子のはたらきを次々と調節し、最終的に生物の性特異的な形質を決定する。これらの遺伝子は性決定遺伝子とよばれるが、その1つに突然変異が生じると、性染色体の種類や数によらず変異体は片方の性になる。*C. elegans* の性決定遺伝子に生じた劣性の突然変異で、XXでもXOでも雄になる変異がある。この変異のホモ接合体であるXXの雄を野生型の雌雄同体 (XX) とかけ合わせたときの子をF₁、F₁の中の雌雄同体が自家受精により産んだ子をF₂とする。このとき、F₁の性比 (p : q とする) とF₂の性比 (r : s とする) はどのようになるか。野生型の雌雄同体と野生型の雄 (XO) を使って同様の実験をしたときの性比と比較し、正しい性比をA~Jから選べ。(4点)

P: 雌雄同体 (野生型) × 雄 (野生型のXO または 性決定に関する劣性の変異をもつXX)
 ↓
 F₁: 雌雄同体 : 雄 = p : q
 ↓
 F₂: 雌雄同体 : 雄 = r : s

(ただし、F₁は雌雄同体と雄の交配によってえられたもの、F₂はF₁の雌雄同体の自家受精によってえられたものとする。)

	野生型の雄 (XO) をもちいた場合		性決定の劣性変異をもつ雄 (XX) をもちいた場合	
	p : q	r : s	p : q	r : s
A	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 0
B	1 : 1	1 : 0	1 : 1	1 : 0
C	1 : 1	1 : 1	1 : 0	1 : 0
D	1 : 1	1 : 0	1 : 0	1 : 0
E	1 : 1	1 : 1	1 : 1	3 : 1
F	1 : 1	1 : 0	1 : 1	3 : 1
G	1 : 1	1 : 1	1 : 0	3 : 1
H	1 : 1	1 : 0	1 : 0	3 : 1
I	1 : 1	1 : 1	0 : 1	*
J	1 : 1	1 : 0	0 : 1	*

* : F₁がすべて雄なので、F₂をえることができない。

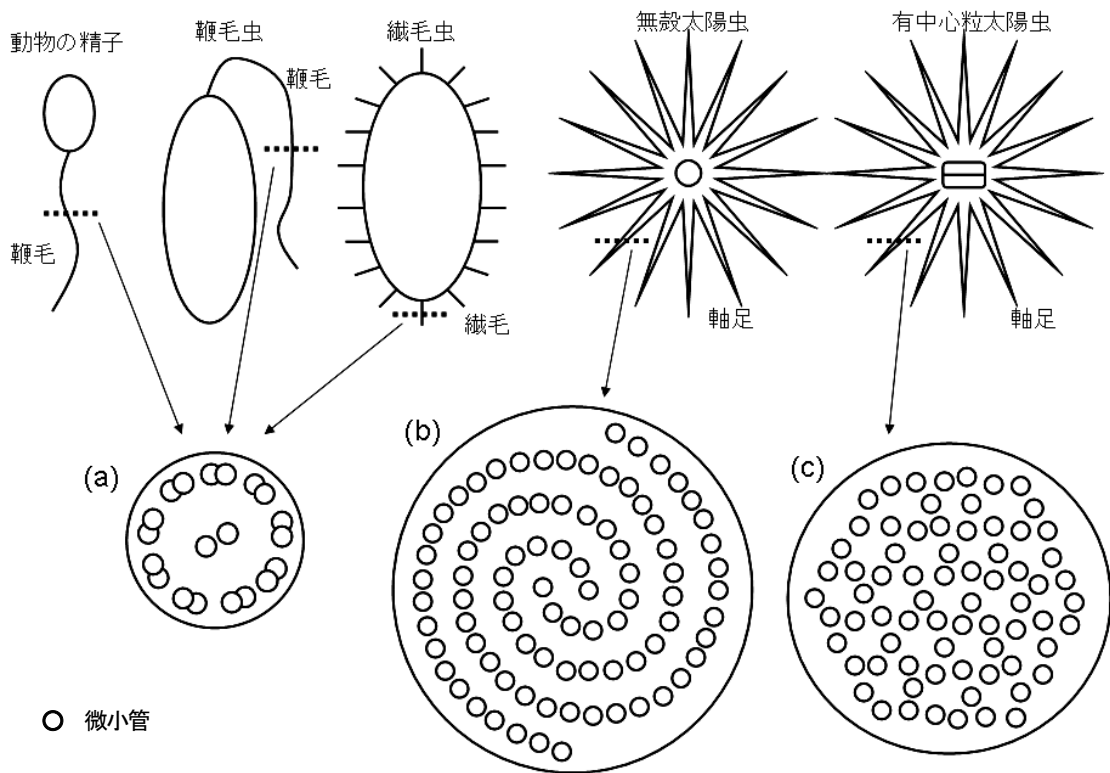
問 25) 遺伝の実験によくもちいられるキイロショウジョウバエで、新しい突然変異形質が見つかった。この突然変異はえられた経緯から1つの遺伝子の変化によると考えられる。この突然変異遺伝子が優性か劣性か、常染色体上にあるかX染色体上にあるかを交配実験によって調べようと思う。①～⑥は予想される実験結果とその結果から出した結論である。実験結果と結論が正しいものの組合せをA～Iから選べ。ただし、実験にもちいた野生型、突然変異型は問題とする形質についてすべてホモ接合体であるとする。(3点)

- ① 野生型♀×突然変異型♂を行なうと、F₁はすべて野生型になった。⇒ この遺伝子は常染色体上の劣性遺伝子である。
- ② 野生型♀×突然変異型♂を行なうと、F₁は野生型：突然変異型が1：1になった。⇒ この遺伝子はX染色体上の劣性遺伝子である。
- ③ 突然変異型♀×野生型♂を行なうと、F₁は野生型：突然変異型が1：1になった。⇒ この遺伝子はX染色体上の劣性遺伝子である。
- ④ 野生型♀×突然変異型♂を行なうと、F₁はすべて突然変異型になった。⇒ この遺伝子は常染色体上の優性遺伝子である。
- ⑤ 突然変異型♀×野生型♂を行なうと、F₁はすべて突然変異型になった。⇒ この遺伝子は常染色体上の優性遺伝子である。
- ⑥ 突然変異型♀×野生型♂を行なうと、F₁は野生型：突然変異型が1：1になった。⇒ この遺伝子はX染色体上の優性遺伝子である。

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

問 26) 真核生物では、細胞骨格である微小管を規則正しく配列させ、細胞運動の小器官としてもちいる例が多く知られている。その1つである鞭毛（べんもう）は、動物における精子、一部の植物・菌類における遊走子・精子、そして多くの原生生物にみられる。しかし、被子植物や主要な真菌類、一部の原生生物は、鞭毛をもっていない。真核生物の鞭毛は、基本的に、(a) のように微小管が9+2に配列した共通の構造をもっている。また、原生生物の仲間である繊毛虫や動物における上皮細胞では、細胞から多数の繊毛が生え、細胞運動や水流形成に貢献しているが、基本的に、1本1本の繊毛は、鞭毛と同じく (a) のような9+2 構造をもつ。

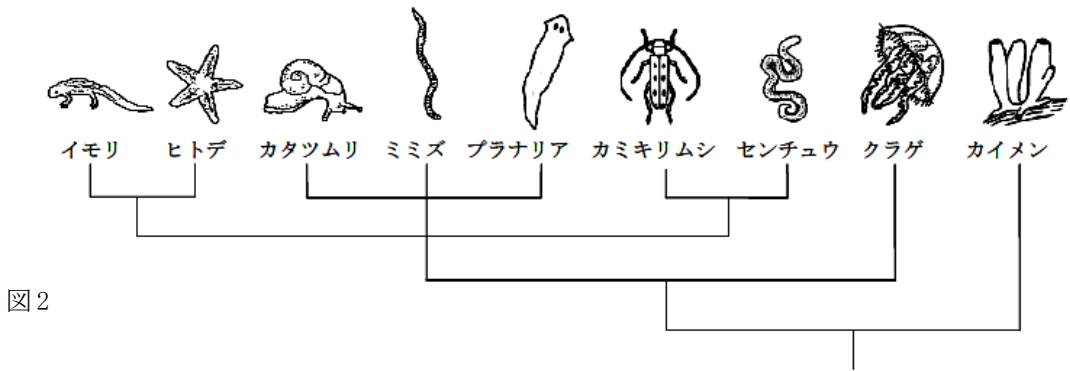
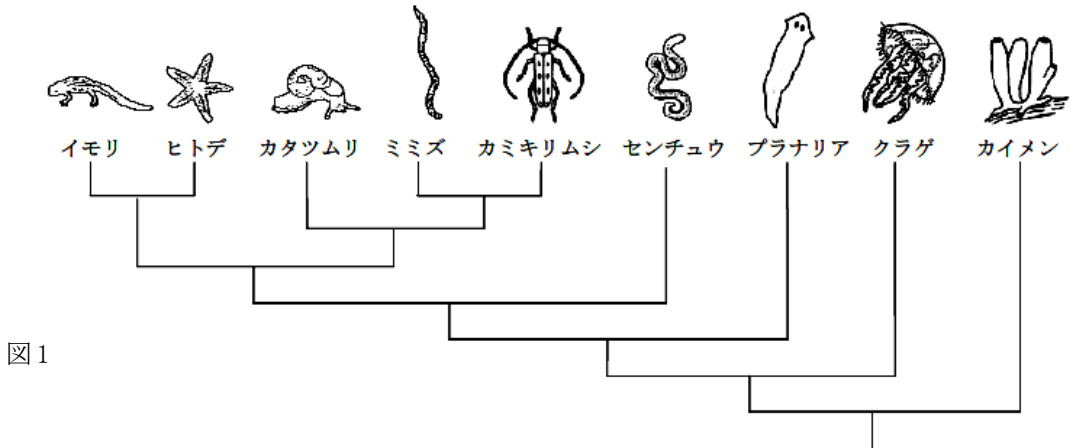
原生生物の太陽虫や放散虫でみられる「軸足」も、微小管が規則正しく配列して形成されている構造で、細胞から放射状に伸び、餌などを捕獲する際に短縮するなど、原生生物の細胞運動に貢献している。軸足の構造は、種によって大きく異なっている。(b) は、無殻太陽虫類の軸足の断面で、微小管がらせん状に配列している。一方、(c) は、有中心粒太陽虫類の軸足の断面で、微小管が六角形と三角形の組合せ配列をしている。分子系統解析の結果、無殻太陽虫類と有中心粒太陽虫類は、姿形こそ似ているが、系統的に大きく離れていることが知られている。以上のことから、鞭毛と繊毛、軸足の進化について、もっとも適当だと思われる記述の組合せを A~H から選べ。(4 点)



- ① 鞭毛も軸足も、真核生物において、複数回獲得されたものであり、いずれも収斂（しゅうれん：収束進化）したものである。
- ② 真核生物における鞭毛の獲得は、複数回起こっており、収斂したものである。一方、真核生物における軸足の獲得は、同一の共通祖先で起こり、進化の中で喪失したものが多く存在する。
- ③ 真核生物における鞭毛の獲得は、同一の共通祖先で起こり、進化の中で喪失したものが多く存在する。一方、真核生物における軸足の獲得は複数回起こっており、収斂したものである。
- ④ 真核生物における鞭毛と軸足の獲得は、いずれも、同一の共通祖先で起こり、進化の中で喪失したものが多く存在する。
- ⑤ 繊毛の起源は、鞭毛と同一である。
- ⑥ 繊毛は、鞭毛とは無関係に進化的に獲得された器官であり、収斂したものである。

- A. ①⑤ B. ②⑤ C. ③⑤ D. ④⑤ E. ①⑥ F. ②⑥ G. ③⑥ H. ④⑥

問27) 次の図1と図2は、多細胞動物のおもな動物群の系統仮説を示したものである。図1はおもに形態および発生と比較に基づいたものであり、図2はおもに分子データに基づいたものである。この2つの系統仮説は、多くの部分是一致的であるが、細部では相違もみられる。下の①～⑤を、図1と図2の系統仮説の両方にあてはまるもの、図1の系統仮説のみにあてはまるもの、図2の系統仮説のみにあてはまるものに分類するとどうなるか。もっとも適当な組合せをA～Jから選べ。(4点)



- ① カイメンを含む動物群は他の動物群ともっとも古い段階で分かれた。
- ② すべての新口動物は共通の祖先をもつ。
- ③ 外骨格をもち脱皮する動物群は単系統である。
- ④ 二胚葉性の動物群と三胚葉性の動物群とは共通の祖先をもつ。
- ⑤ 全身にわたって体節構造をもつ動物群は単系統である。

	図1と図2の系統仮説の両方にあてはまるもの	図1の系統仮説のみにあてはまるもの	図2の系統仮説のみにあてはまるもの
A	①②③	④	⑤
B	①②④	⑤	③
C	①②⑤	③	④
D	①③④	⑤	②
E	①③⑤	②	④
F	①④⑤	③	②
G	②③④	①	⑤
H	②③⑤	④	①
I	②④⑤	①	③
J	③④⑤	②	①