

# 日本生物学オリンピック 2013

## 予選問題

2013年7月14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21)までの21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4点または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。

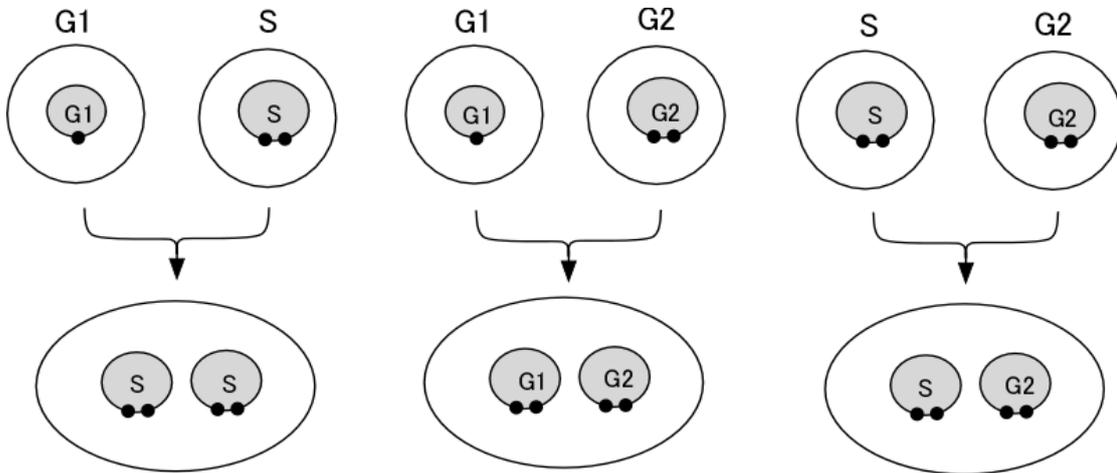
(例)

問	解 答 欄
1	<input checked="" type="radio"/> 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) 動物の中心体は、微小管形成中心の役割とともに、細胞周期進行の制御因子としてもはたらいている。また中心体の複製が細胞周期あたり 1 回しか起こらないような仕組みもはたらいている。この仕組みを確かめるために、ヒトの繊維芽細胞をもちいて細胞融合の実験を行なった。

図は、行なった実験とその結果を模式的に示したものである。灰色で塗りつぶした部分は核を表し、黒点は中心体を表している。図中の核の細胞周期におけるステージは、DNA 複製がどの時期にあるかを判定した結果である。なお、G1 細胞どうしを融合した場合には、融合を行なわなかった場合と有意な差はみられなかった。



これらの実験からどのようなことがいえるか。下の記述①～⑤のうち、実験結果と矛盾していないものの組合せとしてもっとも適当なものを A～J から選べ。(5 点)

- ① S 期の細胞質中の成分が、G1 期の核を S 期に進めさせ、中心体複製ももたらす。
- ② G2 期の細胞質中には、G1 期の核の中心体複製を抑制するような阻害物質が含まれている。
- ③ S 期の細胞質中の成分は、G2 期の核の 2 つの中心体の複製を促進させる。
- ④ G2 期の細胞質中の成分が、G1 期の核を S 期に進める。
- ⑤ G2 期の細胞質中の成分には、中心体の複製を促進させるものがある。

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

問2) 大腸菌に $\beta$ -ガラクトシダーゼという酵素の遺伝子と抗生物質であるアンピシリンに対する耐性遺伝子を導入する実験について考える。X-gal という物質は、 $\beta$ -ガラクトシダーゼの基質となり、 $\beta$ -ガラクトシダーゼにより加水分解されると青色を呈する。通常、大腸菌は $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子をもっているため、X-gal を含む培地で大腸菌を平板寒天培地で培養すると、そのコロニーは青色になる。

今、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子が欠損しているアンピシリン感受性の大腸菌株をもちいて、形質転換の実験を行なう。導入する遺伝子として、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子とアンピシリン耐性遺伝子を含むプラスミドをもちいる。X-gal とアンピシリンを含む培地に、プラスミドを導入した大腸菌をまくと、形質転換を起こした大腸菌だけが少数の青色のコロニーとしてえられるはずである。この青色のコロニーを選んで培養すれば、プラスミドを取り込んだ大腸菌だけを選択して培養できることになる。

このとき、コントロール（対照実験）として次の実験を行なった。

コントロールⅠ： $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子欠損株に対し、このプラスミドをもちいて形質転換の処理を行なう。

そこでえられた大腸菌を、アンピシリンは含むがX-gal を含まない培地で培養する。

コントロールⅡ： $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子欠損株に対し、このプラスミドをもちいて形質転換の処理を行なう。

そこでえられた大腸菌を、アンピシリンは含まないがX-gal を含む培地で培養する。

コントロールⅢ： $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子欠損株に対し、このプラスミドをもちいずに形質転換の処理を行なう。

そこでえられた大腸菌を、アンピシリンとX-gal を含む培地で培養する。

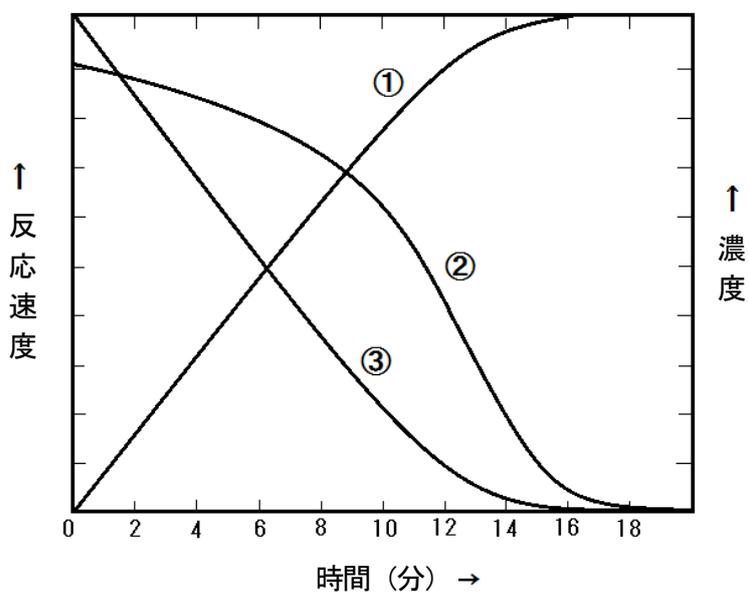
それぞれ期待される結果は、どのようになるか。正しい組合せをA~Jから選べ。なお、大腸菌を普通の平板寒天培地で培養すると白いコロニーを形成する。(5点)

期待される結果

- ① 少数のコロニーが生じる。生じたコロニーはすべて青い。
- ② 少数のコロニーが生じる。生じたコロニーはすべて白い。
- ③ 多数のコロニーが生じる。そのごく一部が青く、残りの大多数は白い。
- ④ コロニーは生じない。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
コントロールⅠ	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②
コントロールⅡ	①	①	②	②	③	①	②	②	③	③
コントロールⅢ	③	④	③	④	④	③	③	④	③	④

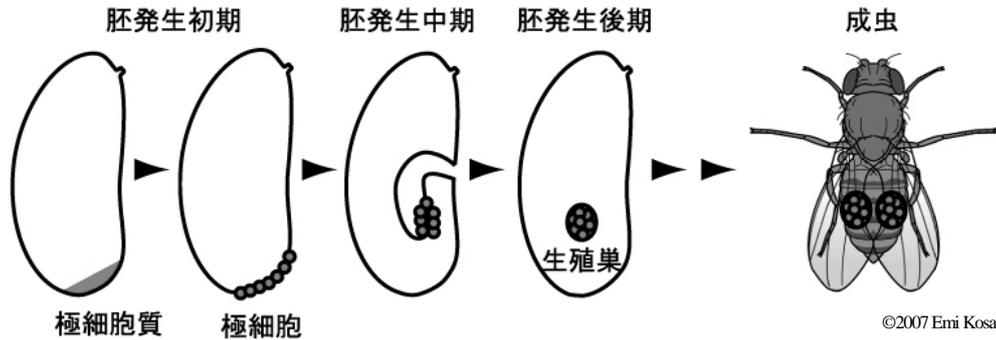
問 3) ある酵素反応において、反応系の基質濃度、反応生成物濃度、反応速度が時間とともにどのように変化するかを調べた。図はその結果を示したものである。



図中の①～③は、それぞれ何の変化を示したもののか。もっとも適当な組合せを A～F から選べ。(5 点)

	A	B	C	D	E	F
①	基質濃度	基質濃度	反応生成物濃度	反応生成物濃度	反応速度	反応速度
②	反応生成物濃度	反応速度	基質濃度	反応速度	基質濃度	反応生成物濃度
③	反応速度	反応生成物濃度	反応速度	基質濃度	反応生成物濃度	基質濃度

問 4) ショウジョウバエの胚の後端には極細胞質とよばれる細胞質があり、これを取り込んだ細胞のみが極細胞になる。極細胞は胚の中を移動して生殖巣中に取り込まれ、やがて成虫の生殖巣中で配偶子形成過程を経た後、卵や精子に分化する。



ショウジョウバエでは、任意の遺伝子に対して相補的な配列の 2 本鎖 RNA を人工的に合成し、胚に注入することで、その mRNA を分解させることができる。胚に 2 本鎖 RNA を注入する実験から、胚発生後期において以下の観察結果がえられた。

[観察結果]

- 遺伝子 *P* に対する 2 本鎖 RNA を注入：生殖巣内に極細胞が存在した。
- 遺伝子 *Q* に対する 2 本鎖 RNA を注入：生殖巣外に極細胞が存在した。
- 遺伝子 *R* に対する 2 本鎖 RNA を注入：胚のどこにも極細胞が存在しなかった。

また、遺伝子 *P*, *Q*, *R* に対するすべての実験において、配偶子は形成されなかった。これらの結果より、遺伝子 *P*, *Q*, *R* は、どのような遺伝子と考えられるか。もっとも適当な組合せを A~F から選べ。(5 点)

	A	B	C	D	E	F
アポトーシス抑制遺伝子 (極細胞がアポトーシスしないように機能している遺伝子)	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
配偶子形成遺伝子 (極細胞が卵や精子に分化するのに必要な遺伝子)	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
移動関連遺伝子 (極細胞が生殖巣に移動するために必要な遺伝子)	<i>R</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>P</i>

問5) 種Xのウニは、受精後20時間で胞胚になり、その5時間後に原腸陥入を開始する。一方、種Yのウニは、受精後7時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始する。また、どちらのウニでも、浸透圧の低い海水に一度つけた後、正常海水にもどすこと（低張海水処理）で、未受精卵でも受精卵と同じ時間経過で発生が進むことがわかっている。この2種のウニをもちいて実験を行ない、次の1~6の実験結果をえた。

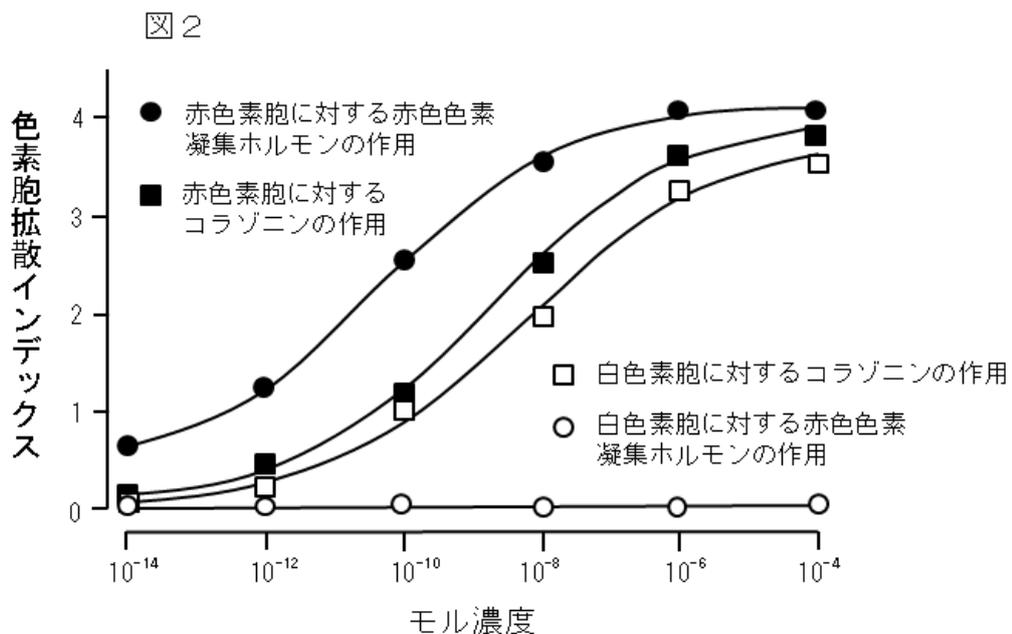
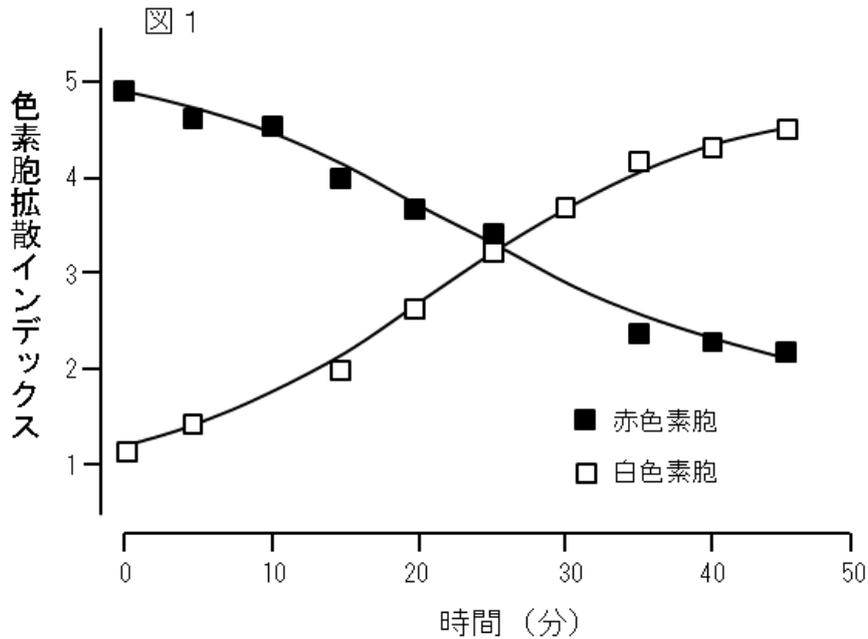
1. 種Xの未受精卵から核を除き低張海水処理を行なったところ、処理後20時間で胞胚となり、そこで発生は停止した。
2. 種Yの未受精卵から核を除き低張海水処理を行なったところ、処理後7時間で胞胚となり、そこで発生は停止した。
3. 種Xの未受精卵を種Yの精子で受精させると、受精後20時間で胞胚となり、その5時間後に原腸陥入を開始した。
4. 種Yの未受精卵を種Xの精子で受精させると、受精後7時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始した。
5. 核を除いた種Xの未受精卵に種Yの受精卵の核を移植し低張海水処理を行なったところ、受精後20時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始した。
6. 核を除いた種Yの未受精卵に種Xの受精卵の核を移植し低張海水処理を行なったところ、受精後7時間で胞胚となり、その5時間後に原腸陥入を開始した。

それでは、種Xの未受精卵を種Yの精子で受精させ、その受精卵の核を、核を除いた種Yの未受精卵に移植して低張海水処理を行なうと、発生はどのように進むと期待されるか。A~Iから選べ。(5点)

- A. 処理後7時間で胞胚となり、そこで発生は停止する。
- B. 処理後7時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始する。
- C. 処理後7時間で胞胚となり、その5時間後に原腸陥入を開始する。
- D. 処理後13.5時間で胞胚となり、そこで発生は停止する。
- E. 処理後13.5時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始する。
- F. 処理後13.5時間で胞胚となり、その5時間後に原腸陥入を開始する。
- G. 処理後20時間で胞胚となり、そこで発生は停止する。
- H. 処理後20時間で胞胚となり、その3時間後に原腸陥入を開始する。
- I. 処理後20時間で胞胚となり、その5時間後に原腸陥入を開始する。

問 6) アメリカザリガニの甲殻には、赤色素胞と白色素胞があり、ここに含まれる色素顆粒の凝集や拡散によって体色にわずかな濃淡の変化がみられる。このような色素顆粒の移動を色素胞運動とよんでいる。赤色素胞では、眼柄に含まれる赤色素凝集ホルモンによって色素胞運動が起こることが知られている。また、昆虫で発見されたホルモンであるコラゾニンもアメリカザリガニの色素胞運動に影響する。

明所に置いて明順応させたアメリカザリガニの甲殻の一部を摘出し、これらのホルモンを投与して各色素胞の変化を色素胞拡散インデックス（拡散状態を5、凝集状態を1とした値）として調べた結果が図1と図2である。図1はコラゾニンを投与してからの色素胞拡散インデックスの時間的変化である。また、図2は濃度の異なる赤色素凝集ホルモンおよびコラゾニンを投与したときの色素胞拡散インデックスを示している。



(図1と図2は, Porrasら (2003, Peptides 24:1581-1589) より改変)

これらの結果から考えられる記述①～⑥のうち、正しいものの組合せを A～H から選べ。(5 点)

- ① 明順応によって、赤色素胞は拡散し、白色素胞は凝集する。
- ② 明順応によって、赤色素胞と白色素胞のいずれも拡散する。
- ③ 赤色素胞と白色素胞のいずれも、コラゾニンの影響を受ける。
- ④ コラゾニンには、体色を濃くする作用がある。
- ⑤ 赤色素胞と白色素胞のいずれも、赤色素凝集ホルモンの影響を受ける。
- ⑥ 赤色素胞にもっとも影響するのは、赤色素凝集ホルモンである。

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

問 7) ヒトの ABO 式血液型は赤血球表面の凝集原と呼ばれる抗原と、血漿（けっしょう）中の凝集素と呼ばれる抗体のタイプによって決定される。特定の凝集原と凝集素が出会うと凝集反応が起きる。A 型、B 型、AB 型、O 型の血液を血球と血漿に分けて、それぞれを混ぜて凝集反応を調べたところ、次の表のようになった。(なお、血球 1～4、血漿 I～IV は A 型、B 型、AB 型、O 型のいずれかのものであり、重複はない。)

	血漿 I	血漿 II	血漿 III	血漿 IV
血球 1	—	+	①	+
血球 2	+	+	②	+
血球 3	+	—	③	+
血球 4	—	—	—	—

+ ; 凝集反応あり      — ; 凝集反応なし

上の表の①～③に入ると予想される結果を A～H から選べ。(5 点)

	A	B	C	D	E	F	G	H
①	+	+	+	+	—	—	—	—
②	+	+	—	—	+	+	—	—
③	+	—	+	—	+	—	+	—

問 8) サンショウウオの幼生（前肢と後肢が出てきたもの）を麻酔し、脳下垂体除去の手術を行ない、その影響を調べた。実験は 20 個体を次の 3 グループに分けて行なった。

- (1) 群：麻酔し、脳下垂体を除去手術した個体（10 個体）
- (2) 群：麻酔し、脳下垂体の近くまでメスを入れる偽手術を行なった個体（5 個体）
- (3) 群：麻酔せず、手術も行なわなかった個体（5 個体）

手術した個体は、手術によって健康を損ねることなく、正常に活動した。手術後、2 か月飼育した結果、以下のようになった。なお、サンショウウオの体色変化は体表の色素細胞の黒色素粒の凝集、拡散によって起こることが分かっている。

- [ I ] 手術後 3 時間経過して各群を観察すると、(1) 群のうち 8 個体(1-1 群とする)が尾部を除く部分の体色が(2) 群、(3) 群に比べて明るくなり、残りの 2 個体（1-2 群とする）は黒くなった。尾の色調については、(1) 群、(2) 群、(3) 群いずれにも差異がなかった。
- [ II ] 明るい照明（明条件）にさらすと、(1-1) 群の個体と、(2) 群、(3) 群の個体は明るい体色を呈し、差が認められなくなったが、(1-2) 群の個体は黒い体色のままであった。
- [ III ] 暗黒条件下に置くと、(2) 群、(3) 群は黒い体色を示し、(1-1) 群の個体は明るい体色のままであった。(1-2) 群の個体は黒い体色のままであった。
- [ IV ] (1) 群、(2) 群、(3) 群の個体を明条件下で目隠しをしてしばらくおくと、[ III ] と同じ結果になった。
- [ V ] 手術後 2 ヶ月経過すると、(2) 群、(3) 群は変態を完了したが、(1) 群の 10 個体は変態の兆候を全く示さなかった。
- [ VI ] (1) 群の 10 個体の頭部を調べると、(1-1) 群の個体では脳下垂体全体が認められず、(1-2) 群の個体では脳下垂体前葉の組織がなく、間脳と切り離された状態の中葉が残っていた。

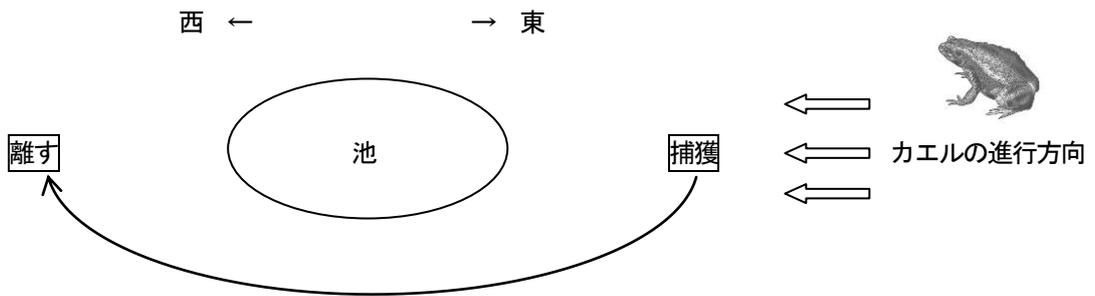
次の記述は、脳下垂体のはたらきや体色変化に関してこの実験からいえることを述べたものである。誤っているものを A~F から選べ。(5 点)

- A. 脳下垂体の前葉は、変態を促進するはたらきをする。
- B. 脳下垂体中葉は、尾以外の体表の色素細胞の黒色素粒を拡散させるはたらきをする。
- C. (2) 群の実験は、手術ストレスによって実験結果に影響が出る可能性を確かめる対照実験である。
- D. サンショウウオは、目で光を感じて体色変化を起こす。
- E. 目で受容された刺激は、間脳に伝えられ、脳下垂体中葉のホルモン分泌を促進する。
- F. 尾の部分には、体色変化する色素胞が分布していない。

問 9) ヒキガエルの成体は完全な陸生動物で通常は池や川に入らず、おもに夜間、地表をはい回って昆虫をはじめとする小型の動物を食べて生活している。秋の終わり頃になると土の中や落ち葉の下の深いところに潜って冬越しの態勢に入るが、春になるとある日の夕方、突然地上に姿を現わし、繁殖活動のために雄も雌も自分が生まれた池に向かって移動を始める。ヒキガエルがどうやって繁殖する池を見つけるのかを知るために、いくつかの仮説を立て、実験を行なった。

- [仮説] ① 池から聞こえてくる雄の鳴き声にひかれて集まる。(初めの雄はたまたま池にたどり着く。)  
 ② カエルが行動を開始するのは日没後であるので、沈んだ太陽の方向を手がかりにして池の方向を知る。  
 ③ 繁殖池からの道筋を視覚的に覚えている。  
 ④ 地球の磁力線(地磁気)を感じることができ、それをもとに池の方向を知る。  
 ⑤ 通り道の地面の臭いを覚えている。  
 ⑥ 池の水の中の何らかの化学物質にひかれて集まる。

[実験] 繁殖池に向かって、東から西に向かっているカエルを多数捕獲し、これを2つの箱に同数ずつ入れ、外が見えないように黒い布で覆う。1つは西側へ運んでから東側の元の位置に運びカエルを箱から出して放し(対照群)、もう1箱は西側へ運び箱から出して放した(実験群)。その後のカエルの行動を調べると、対照群はほとんどの個体がまた池を目指して動き始めたが、実験群は、一定の方向に動こうとはせず、それぞれの個体がバラバラの動きをした。



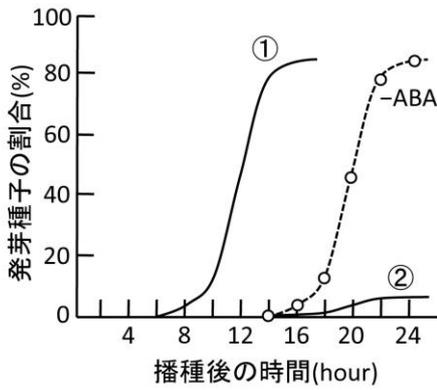
この実験結果から、①～⑥の中で否定できる仮説の組合せをA～Jから選べ。(5点)

- A. ①⑥    B. ②④    C. ③⑤    D. ①②④    E. ①③④    F. ②⑤⑥    G. ③⑤⑥  
 H. ①②④⑥    I. ①③⑤⑥    J. ②③④⑤

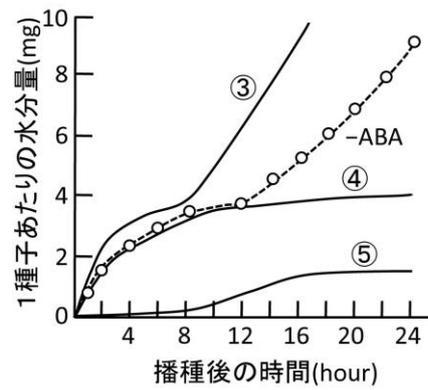
問 10) アブシシン酸 (ABA) は、植物ホルモンの1つで、植物のさまざまな生理応答に関わっている。ナタネ (セイヨウアブラナ) の乾燥種子を、ABA を含む (+ABA) または含まない (-ABA) 水を染み込ませたろ紙の上にまき、その後の発芽種子の割合 (実験 1)、水分含量 (実験 2)、酸素取り込み量 (実験 3) の変化を調べた。-ABA の場合には、図中の○で示したような測定値がえられ、点線で示したような変化をたどることがわかった。

これに対し、+ABA の条件では、各実験で測定値はどのように変化すると考えられるか。図中の曲線 (①~⑦) の組合せとして、もっとも適当なものを A~J から選べ。(5 点)

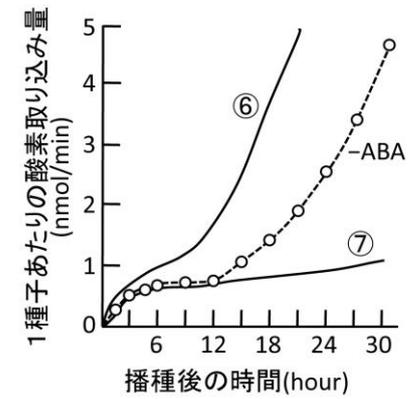
(実験1)



(実験2)



(実験3)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
実験 1	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②
実験 2	③	③	④	⑤	⑤	③	④	④	⑤	⑤
実験 3	⑥	⑦	⑦	⑥	⑦	⑥	⑥	⑦	⑥	⑦

問 11) 葉の配列には、植物ごとに決まった規則的なパターンがある。たとえば、1つの節に1枚の葉をつける植物の多くでは、連続する葉が(茎を中心として)なす角度が $135\sim 140^\circ$  くらいと一定しており、そのために葉がきれいな螺旋(らせん)を描く。こうした規則性は、茎頂分裂組織周縁部に新たに葉が発生する際に、その位置が先行する葉からの作用を受けて決まることで生まれると考えられている。このような作用について調べるために、トマトをもちいて以下の実験を行なった。

今まさに発達し始めたばかりの葉を  $I_1$  とし、その次に現れる葉を  $I_2$ 、さらにその次の葉を  $I_3$  と名付けることにする。また、 $I_1$  の1つ前の葉を  $P_1$ 、2つ前の葉を  $P_2$ 、3つ前の葉を  $P_3$ 、茎の頂点を  $O$  とする。恒温・連続光の条件下で栽培しているトマトの茎頂を観察し、 $\angle P_3OP_2$ 、 $\angle P_2OP_1$ 、 $\angle P_1OI_1$  を測定してから、新しい葉の発生に対する  $I_1$  の作用を遮断するように  $I_1$  の内側 ( $O$  に面する側) に切れ込みを入れた(図1に茎頂部を上から見たところを模式的に示す)。その後も同じ条件で栽培を続け、 $I_3$  までの葉が形成された時点で、 $\angle I_1OI_2$  と  $\angle I_2OI_3$  を測定した。実験を繰り返して、各角度の平均値をグラフにまとめたところ、図2のようになった。

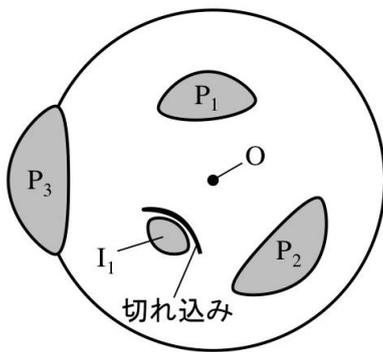


図 1

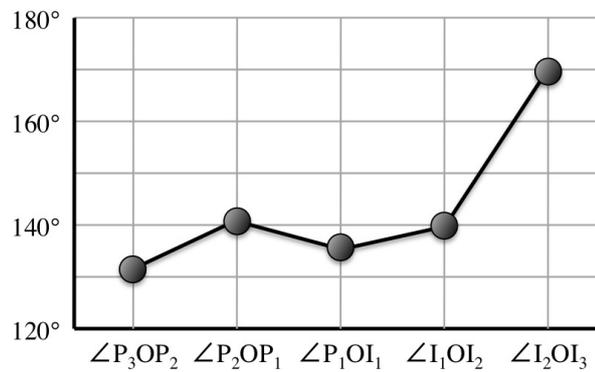


図 2

この実験結果は、どのようなことを想定すれば、合理的に説明できるだろうか。次の記述①～⑥のうち、想定されることとして適当なものの組合せを A～H から選べ。(5 点)

- ① 発達中の葉は、新しい葉の発生を阻止するような作用を周辺に及ぼしている。
- ② 発達中の葉は、新しい葉の発生を誘導するような作用を周辺に及ぼしている。
- ③ 新しい葉の発生位置の制御には、発達中の葉のうち1つだけが関わっている。
- ④ 新しい葉の発生位置の制御には、複数の発達中の葉が同時に関わっている。
- ⑤ ある葉が発達し始めたとき、次の葉の発生位置はまだ決定されていない。
- ⑥ ある葉が発達し始めたとき、次の葉の発生位置はすでに決定されているが、次の次の葉の発生位置はまだ決定されていない。

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

問 12) 近年、世界ではさまざまな遺伝子組換え作物が利用されている。その 1 つに、作物を食害する害虫の防除を目的に開発された BT タンパク質遺伝子を導入した作物があげられる。BT タンパク質はある種の微生物が生産するタンパク質で、チョウ目などのあるグループの昆虫が摂食した場合、それらの昆虫を死亡させる作用をもつが、それ以外の生物には無害である。この BT タンパク質遺伝子を、葉の細胞でのみ発現するプロモーター (pL) または全身の細胞で発現するプロモーター (pA) の下流に連結し (それぞれを pL::BT および pA::BT とよぶ)、トウモロコシまたはダイズに導入した。

これらの遺伝子組換えトウモロコシおよびダイズを本州の畑で栽培する場合、野生動物および植物に対してどのような影響が出る可能性があるかと想定されるか。次の事項に注意して、表中の 1~7 に入る、もっとも適当な影響 (①~④) の組合せを A~J から選べ。(5 点)

[注:トウモロコシはメキシコ原産で、日本には交雑可能な野生植物は存在せず、風媒花を着けて多量の花粉を飛散させ、飛散した花粉は周辺の植物の葉などに付着する場合がある。ダイズは日本自生の野生植物であるツルマメが祖先種と考えられ、ダイズとツルマメは虫媒により交雑するが、花粉の量は少なくほとんど飛散しない。トウモロコシ、ダイズともに本州においては越冬できず野生化することはない。なお、この畑の周辺では、自然界に生息する昆虫が畑の作物を餌とすることはないものとする。]

遺伝子組換え作物	動物に対する影響の可能性	植物に対する影響の可能性
pL::BT を導入したトウモロコシ	1	野生植物には影響しない
pA::BT を導入したトウモロコシ	2	5
pL::BT を導入したダイズ	3	6
pA::BT を導入したダイズ	4	7

[影響]

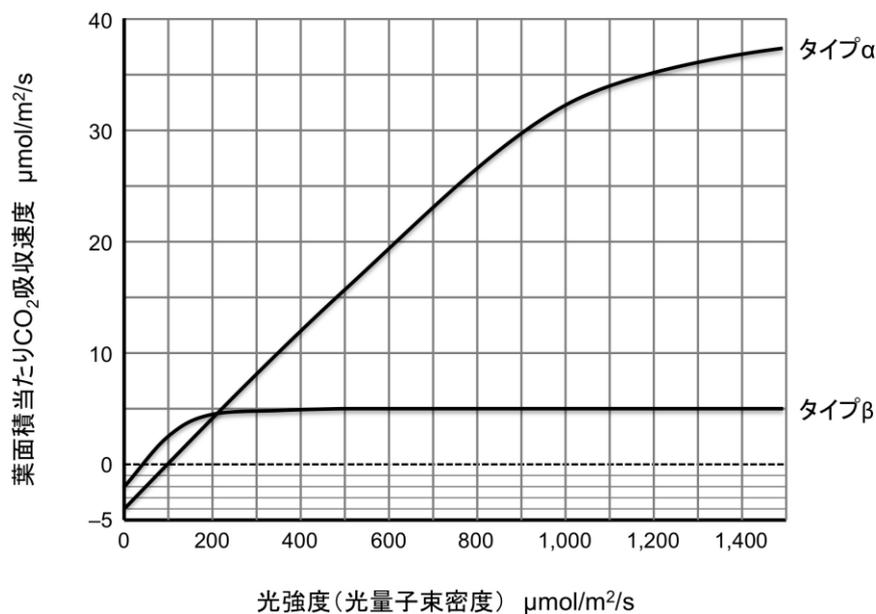
- ① 畑以外に生息するある種の昆虫が減少する
- ② 畑以外に生息する昆虫には影響しない
- ③ ある種の野生植物が増加する
- ④ 野生植物には影響しない

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②
2	①	①	①	②	②	①	①	①	②	②
3	①	①	②	①	②	①	①	②	①	②
4	①	①	②	①	②	①	①	②	①	②
5	④	④	③	④	③	④	④	③	④	③
6	③	④	③	④	④	③	④	③	④	④
7	③	③	④	④	④	③	③	④	④	④

問 13) 葉の光合成特性は、植物の種によって異なる。また、同一の種であっても、異なる光環境で育った植物の葉は、異なる光合成特性をもつ。図は、ある陽生植物を強い光（光量子束密度がおよそ  $1000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）と弱い光（光量子束密度がおよそ  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）のもとで育て、それぞれの環境で形成された葉の光合成特性を、光強度（光量子束密度）と葉面積あたりの  $\text{CO}_2$  吸収速度の関係として表したものである。以下では、強光下で形成された葉をタイプ  $\alpha$ 、弱光下で形成された葉をタイプ  $\beta$  とよぶ。タイプ  $\alpha$  の葉は、面積あたりの乾燥重量がタイプ  $\beta$  の約 2 倍であり、同じ面積の葉を形成するのに、タイプ  $\alpha$  ではタイプ  $\beta$  の約 2 倍の有機物を必要とする。

図に示した光合成特性の違いとこの形成コストの違いとを考え合わせると、タイプ  $\alpha$  の葉を形成した方が成長にとって有利になる光強度はどれくらいだろうか。日長は 12 時間、日中の光強度は一定で夜間は完全暗として、タイプ  $\alpha$  を形成した方が有利になる日中の光強度（光量子束密度）の最低値を求め、それにもっとも近い数値（単位は  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）を A~J から選べ。（5 点）

[注：光量子束密度は、単位面積（ $1 \text{ m}^2$ ）あたり、単位時間（1 秒）あたりの光子の数をモル数（通常は  $\mu\text{mol}$ ）で表したもので、光強度の指標である。]

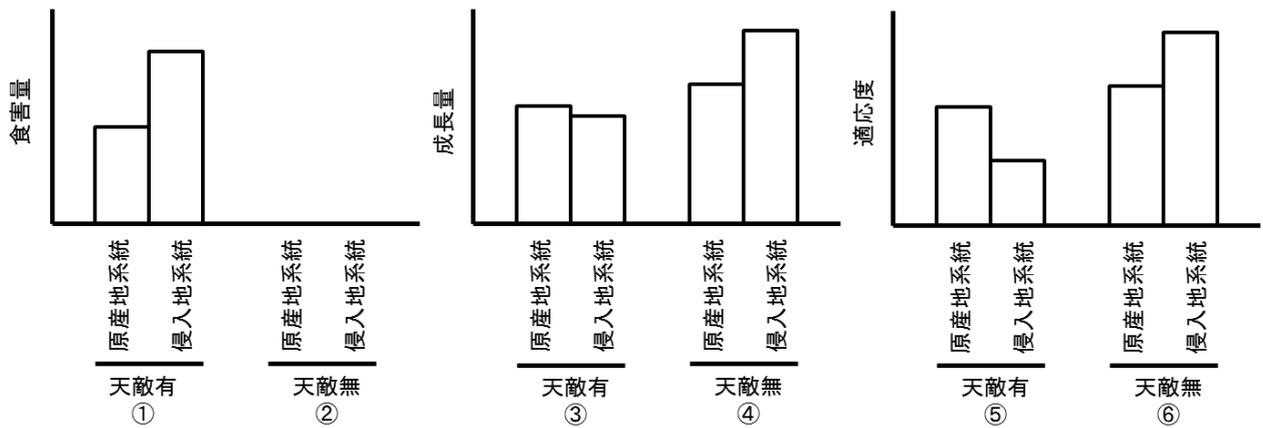


- A. 50      B. 100      C. 150      D. 200      E. 250  
 F. 300      G. 350      H. 400      I. 500      J. 600

問 14) 本来分布しない地域に人為的に運ばれ広がった生物種を外来種とよぶ。現在、多くの外来植物種が報告されており、その一部は侵入先で盛んに繁茂し問題となっている。このような外来植物種において、異常な繁茂は侵入地だけで見られ、原産地では見られないことがある。そのような現象の説明として、原産地にはその植物の個体群成長を抑える植食者（天敵）が存在するが、外来種の侵入先にはいないために大発生が起こったという考えがある。その場合、侵入地では天敵から解放されるために、植物は天敵に対して防御をしなくなるという予測があり、天敵解放仮説とよばれている。さらに、防御をやめることにより節約したエネルギーを成長にかけられるという利点が生じ、外来種が他の植物との競争に強くなるという予測がある。これを競争力増大仮説という。

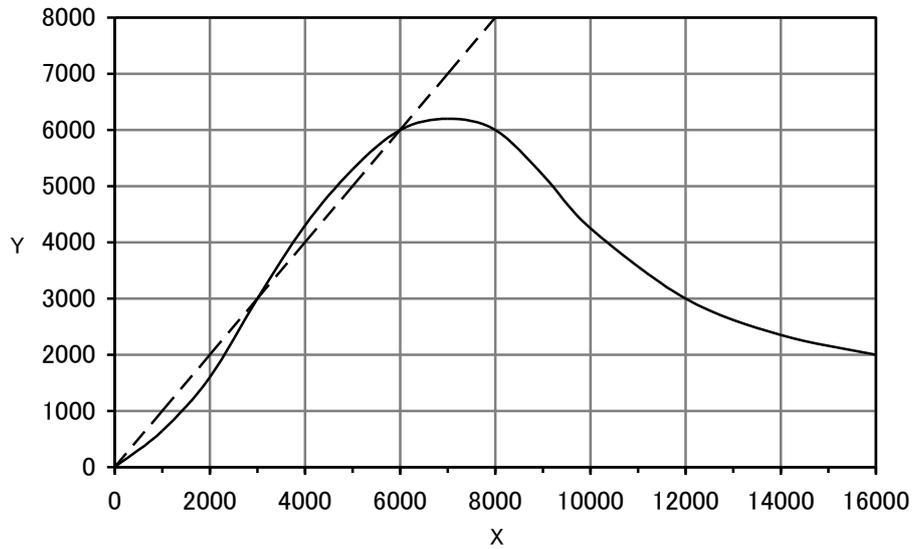
ある研究者が、原産地と侵入地とで植食者（天敵）の有無の他は大きな環境の差がないような外来植物種を選び、原産地系統と侵入地系統をもちいた栽培実験を行なった。栽培実験は、天敵がいる条件（天敵有）と天敵がいない条件（天敵無）とで行ない、食害量、成長量、適応度を調べた（下の図）。この植物種では、適応度が種子数に代表されることがわかっていたので、栽培期間中の種子生産数を適応度とした。研究者は、原産地と侵入地の系統の間に、天敵解放仮説と競争力増大仮説で予測される性質の差が生じており、それは適応的分化をもたらしている可能性が高いと結論した。

上の結論は、「天敵解放仮説で予測される差がある」、「競争力増大仮説で予測される差がある」、「これらの差は適応的分化である」という3つの要素からなる。図の①～⑥の部分のうち、研究者が結論のそれぞれの要素を導くのに必要だった部分はどこか。もっともふさわしい組合せをA～Jから選べ。（4点）



	天敵解放仮説で予測される差がある	競争力増大仮説で予測される差がある	これらの差は適応的分化である
A	①	③	⑤と⑥
B	①	③	⑥
C	①	③と④	⑤
D	①	③と④	⑥
E	①	④	⑤
F	①	④	⑤と⑥
G	①と②	③	⑤
H	①と②	③	⑥
I	①と②	④	⑤
J	①と②	④	⑥

問 15) 図は、安定した環境に生息している昆虫の個体数の変化をグラフ化したものである。すなわち、図中の実線は、ある世代の個体数 (X) と次の世代の個体数 (Y) の関係を示している。また、破線は直線  $X=Y$  を示している。

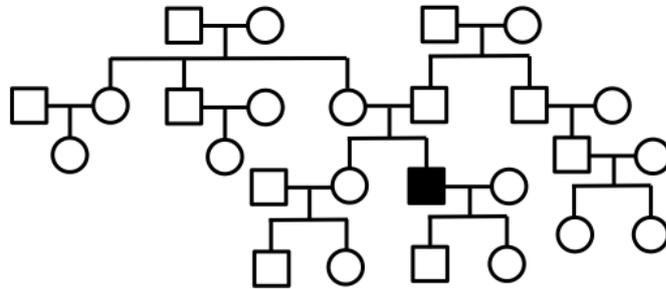


以下の記述の ( ) の中に入る適切な数値の組合せを A~J から選べ。(4 点)

- (1) 環境の急激な変化により個体数が ( ① ) より少なくなると、安定した環境に戻っても、絶滅する危険性がある。  
 (2) 環境の急激な変化により個体数が ( ② ) より多くなると、安定した環境に戻っても、絶滅する危険性がある。

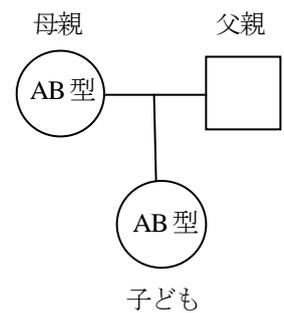
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
①	3000	3000	3000	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
②	6000	6200	7000	8000	12000	6200	7000	8000	12000	16000

問 16) 下の家系図において、■で示す男性は変異したミトコンドリア遺伝子をもっていることが判明した。同じ変異ミトコンドリア遺伝子をもつのは、この男性以外にこの家系図の中に何名いると考えられるか。ミトコンドリアは細胞質に局在することに留意し、A~J から選べ。ただし、発病の有無については情報が無いものとし、□は男性、○は女性を示す。(4点)



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

問 17) ABO 式血液型に関して、母親は AB 型であり、父親は母親とはまったく血縁関係がない。この両親から生まれた子どもが AB 型である確率を A~J から選べ。ただし、この家族が属している集団の A 遺伝子の頻度は 0.5, B 遺伝子の頻度は 0.2, O 遺伝子の頻度は 0.3 とする。(5点)



- A. 0.05 B. 0.1 C. 0.15 D. 0.2 E. 0.25  
F. 0.3 G. 0.35 H. 0.4 I. 0.45 J. 0.5

問 18) 多数のキイロショウジョウバエを約 100 km 離れた 2 地点からそれぞれ採集し、常染色体上のある遺伝子座に存在する対立遺伝子 ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) の頻度を調べたところ、右の表のような結果をえた。

結果 (対立遺伝子の頻度)

採集地点	対立遺伝子		
	$R_1$	$R_2$	$R_3$
地点 1	0.4	0.3	0.3
地点 2	0.1	0.4	0.5

つぎの文章は、この結果について述べたものである。( ) の中に入る数値や語句の組合せとして、もっとも適当なものを A~J から選べ。(5 点)

各地点での遺伝的多様性をヘテロ接合度 (ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っていると仮定したときに期待されるヘテロ接合体の割合) で測定すると、地点 1 のヘテロ接合度は ( ① ) であり、地点 2 のヘテロ接合度は ( ② ) である。したがって、この遺伝子座では ( ③ ) の方が遺伝的に多様だといえる。2 地点間の距離は約 100 km と近いにもかかわらず、2 地点の遺伝的構成 (対立遺伝子の頻度) はかなり違っている。この原因としては、「遺伝的浮動がはたしていること」と「2 地点間の移住が ( ④ ) こと」が考えられる。

	①	②	③	④
A	0.18	0.08	地点 1	制限されている
B	0.18	0.08	地点 1	頻繁に起きている
C	0.24	0.40	地点 2	制限されている
D	0.24	0.40	地点 2	頻繁に起きている
E	0.34	0.42	地点 2	制限されている
F	0.34	0.42	地点 2	頻繁に起きている
G	0.40	0.50	地点 2	制限されている
H	0.40	0.50	地点 2	頻繁に起きている
I	0.66	0.58	地点 1	制限されている
J	0.66	0.58	地点 1	頻繁に起きている

問 19) ショウジョウバエの短翅 ( $m$ ) と棒状眼 ( $B$ ) はいずれも X 染色体上の突然変異であり,  $m$  は野生型に対して劣性であるが,  $B$  は野生型に対して優性である。 $m$  系統の雌に  $B$  系統の雄を交配して  $F_1$  をえた。さらに,  $F_1$  どうしの交配からえられた  $F_2$  世代について, 表現型別・雌雄別に個体数を数えたところ, 以下のような結果となった。ここで, 野生型の表現型は  $[+]$ , 突然変異の表現型は  $[m]$ ,  $[B]$  のように  $[ ]$  内に示した。

表現型	$[+]$	$[m]$	$[B]$	$[mB]$	合計
雌	23	98	110	21	252
雄	17	103	109	19	248

以下の設問①～③に対する解答の組合せとして, 正しいものを A～J から選べ。(5 点)

- ①  $F_1$  雌の表現型
- ②  $m$  と  $B$  の間の組換え価
- ③  $F_2$  のうち,  $[mB]$  の表現型をもつものどうしを交配してえられる雄の子供の表現型

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
①	$[+]$	$[+]$	$[+]$	$[+]$	$[B]$	$[B]$	$[B]$	$[B]$	$[mB]$	$[mB]$
②	8.0%	8.0%	16.0%	16.0%	8.0%	8.0%	16.0%	16.0%	8.0%	8.0%
③	$[mB]$	$[mB]$ と $[m]$								

問 20) 生存に必須なあるタンパク質の DNA 塩基配列について、翻訳が開始される最初のメチオニンのコドン ATG から数アミノ酸に対応する部分を 2 種の生物で調べた。その結果、

**ATGGACGAGAGGCTTATCGTA と ATGGACGAAGCTATCGTA**

の配列がえられた。遺伝子の進化を研究するにあたっては、それぞれのサイト（メチオニンのコドンの最初の A を 1 番目のサイト, T を 2 番目のサイト, 等とする）の塩基がどのように変化してきたかを調べるために、祖先配列の同じサイトに由来する塩基を並べて比較する手法が広くもちいられている。

これらの生物 2 種が共通祖先から分岐して現在まで生き延びたことおよびそれぞれの突然変異が生じることが非常にまれなことを踏まえ、これら 2 つの塩基配列を比べる並べ方として、もっとも適切なものを A~F から選べ。(4 点)

A. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGA A GCT ATCGTA

B. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGA AG CT ATCGTA

C. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGA A GC TATCGTA

D. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGA AGC TATCGTA

E. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGAA GCTATCGTA

F. ATGGACGAGAGGCTTATCGTA  
ATGGACGAAGCT ATCGTA

問 21) 生物のゲノムには転移因子由来の DNA が多数存在している。転移因子がゲノム上の同じ位置に挿入されることはほとんどなく、そのため特定の位置での転移因子の有無を調べることで、生物の系統関係を推測できる。今、5つの遺伝子座において転移因子が存在するか (+)、存在しないか (-) を 7 種の哺乳類で調べたところ、次の結果がえられた。(なお、ヒゲクジラの遺伝子座 1 については、転移因子の存在の有無が分からなかった。)

生物種	遺伝子座				
	1	2	3	4	5
ウシ	+	+	-	+	-
カバ	+	-	-	+	+
キリン	+	+	-	+	-
ヒゲクジラ	?	-	+	+	+
ハクジラ	+	-	+	+	+
ブタ	+	-	-	-	-
ラクダ	-	-	-	-	-

この結果から推測される生物の系統関係について、もっとも適切なものを A~F から選べ。(4 点)

