

日本生物学オリンピック 2025

予選問題

2025年7月13日（日）

試験時間：90分

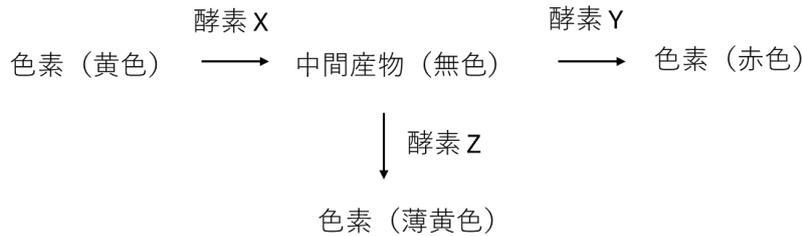
問題数：問1～18の18問



Japan Biology Olympiad

問1

ある生物の色素合成の過程において、次の図のように3つの酵素X, Y, Zが関わっているとす。



これらの酵素をコードする遺伝子に突然変異が生じ、機能が変化した場合、次の記述のうち予想されるものはどれか。予想される記述の組合せをA~Lから選べ。(5点)

- ① 酵素Xが触媒機能を失うと、黄色の色素のみとなる。
- ② 酵素Xが触媒機能を失うと、赤色の色素のみとなる。
- ③ 酵素Xが触媒機能を失うと、薄黄色の色素のみとなる。
- ④ 酵素Yの活性が低くなると、赤色の色素が多くなる。
- ⑤ 酵素Yの活性が低くなると、薄黄色の色素が多くなる。
- ⑥ 酵素Zの活性が高くなると、赤色の色素が多くなる。
- ⑦ 酵素Zの活性が高くなると、薄黄色の色素が多くなる。

- A. ①④⑥ B. ①④⑦ C. ①⑤⑥ D. ①⑤⑦ E. ②④⑥ F. ②④⑦
 G. ②⑤⑥ H. ②⑤⑦ I. ③④⑥ J. ③④⑦ K. ③⑤⑥ L. ③⑤⑦

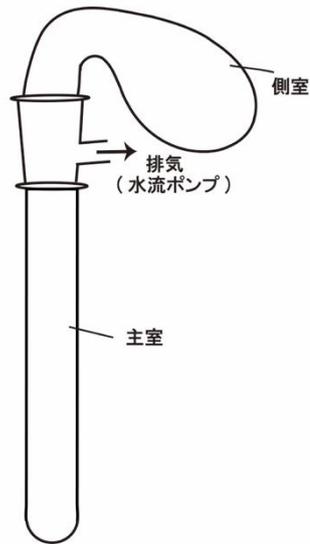
問2

コハク酸脱水素酵素はクエン酸回路に関与する酵素で、コハク酸からフマル酸への脱水素反応を触媒する。この反応には補酵素FADが水素受容体としてはたらく。なお、この酵素はコハク酸と化学構造の似ているマロン酸によって競争阻害を受けることが知られている。

ニワトリの新鮮な肝臓を乳鉢ですりつぶし、ガーゼでこし、濾液(ろえき)を緩衝液中に懸濁したものをコハク酸脱水素酵素液とした。さらに、この酵素液の一部を90℃で10分間湯煎したものを加熱処理酵素液とした。4本のツンベルク管1, 2, 3, 4を用意し、主室と側室にそれぞれ下記の組成の反応液を加えた(下表)。なおメチレンブルーは酸化還元指示薬で、酸化型は青色を呈するが還元型は無色となる。この実験では、酸化型(青色)のメチレンブルーを反応液に加えた。

	主室			側室	
	コハク酸	メチレンブルー	マロン酸	酵素液	加熱処理酵素液
ツンベルク管1	○	○	—	○	—
ツンベルク管2	○	○	—	—	○
ツンベルク管3	○	○	○	○	—
ツンベルク管4	○	○	—	○	—

(○ は成分を加えたことを、— は加えなかったことを示す)



ツンベルク管

ツンベルク管 (1, 2, 3) では、水流ポンプで十分に脱気し嫌気状態にした。ツンベルク管 4 は脱気操作を行わなかった。その後 1~4 のツンベルク管内で側室の溶液を主室に移して混合し、35°Cで 20 分間反応させ、色の変化を観察した。以下にその結果を示す。

	20 分後の色調
ツンベルク管 1	無色
ツンベルク管 2	青色
ツンベルク管 3	薄い青色
ツンベルク管 4	青色

次の記述のうち、この結果に基づく考察として適当なものはどれか。適当な記述の組合せを A~J から選べ。(6 点)

- ① ツンベルク管 1 では、コハク酸の電子が FAD 経路でメチレンブルーに渡った。
- ② ツンベルク管 2 では、コハク酸脱水素酵素が熱により変性し、活性を失った。
- ③ ツンベルク管 3 では、マロン酸による競争阻害が生じて反応が完全に阻害された。
- ④ ツンベルク管 4 では、コハク酸脱水素酵素が空気中の酸素と反応した。

A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②③ I. ②④ J. ③④

問3

ある目的遺伝子の DNA 断片を制限酵素とリガーゼを使ってプラスミドベクターに挿入する操作を行い、そのプラスミドを大腸菌に導入し増幅したい。

表は、実験室にある制限酵素の一覧であり、それぞれの認識配列と切断部位を示した。

表：認識配列中の | は、酵素で切断される位置を示す

制限酵素	認識配列	制限酵素	認識配列
EcoRI	5' - G A A T T C -3' 3' - C T T A A G -5'	SphI	5' - G C A T G C -3' 3' - C G T A C G -5'
XbaI	5' - T C T A G A -3' 3' - A G A T C T -5'	HindIII	5' - A A G C T T -3' 3' - T T C G A A -5'
SacI	5' - G A G C T C -3' 3' - C T C G A G -5'	MfeI	5' - C A A T T G -3' 3' - G T T A A C -5'

図1は今回用いたプラスミドベクターの概略図で、表中の制限酵素の認識配列の場所が示してある。また、複製開始点はプラスミドが細胞内で増幅、維持されるために必須の配列である。図2は、目的遺伝子の配列を含むDNAの概略図で、図1同様に制限酵素の認識配列の場所が示してある。

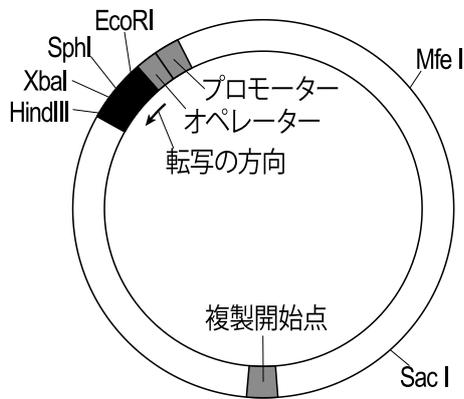


図1

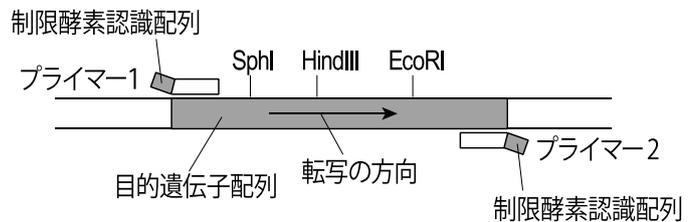


図2

目的遺伝子の両端にちょうどよい制限酵素の認識配列がないため、PCR を使い、目的遺伝子に特異的な配列の 5' 末端に適切な制限酵素認識配列を付加して構築した 2 種のプライマー1 および 2 を用い、目的遺伝子を増幅する。その後、制限酵素で処理し、DNA 断片の両端に突出末端を生成する。この DNA 断片を次の 2 つの条件を満たすように挿入したい。

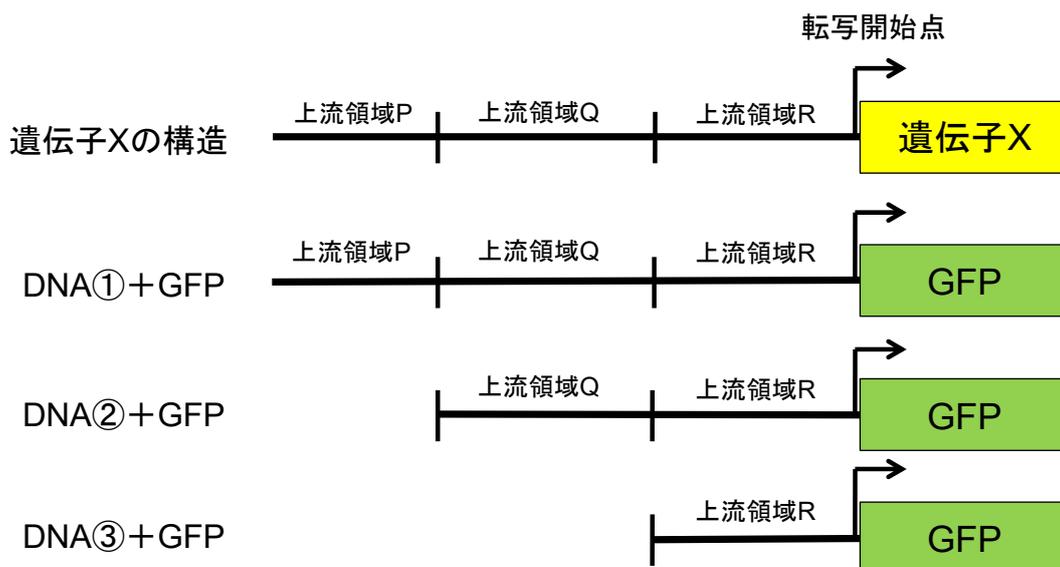
- (1) ベクターのプロモーターおよびオペレーターによって正しい向きで転写が制御されること
- (2) 複製開始点が失われないこと

目的遺伝子を PCR で増幅する際に使用するプライマー1 (転写方向の上流側) とプライマー2 (転写方向の下流側) にはそれぞれの制限酵素の認識配列を選択すべきか。また、ベクター側の切断に使用する制限酵素は何を使うべきか。適切な制限酵素の組合せを A~K から選べ。(6 点)

	プライマー1	プライマー2	ベクター
A	EcoRI	HindIII	EcoRI, HindIII
B	EcoRI	SacI	EcoRI, HindIII
C	EcoRI	SacI	EcoRI, SacI
D	EcoRI	XbaI	EcoRI, XbaI
E	MfeI	HindIII	MfeI, HindIII
F	MfeI	SacI	EcoRI, HindIII
G	MfeI	XbaI	EcoRI, XbaI
H	MfeI	XbaI	MfeI, XbaI
I	XbaI	HindIII	XbaI, SacI
J	XbaI	SacI	XbaI, SacI
K	XbaI	XbaI	XbaI

問4

下図の一番上に示したのは、ホヤ胚の脳で発現する遺伝子 X とその上流領域（遺伝子の転写開始点側の近傍の DNA）の模式図である。遺伝子 X の上流領域を転写開始点から遠い順に上流領域 P, 上流領域 Q, 上流領域 R とする。図のように遺伝子 X の上流領域に緑色蛍光タンパク質遺伝子 (GFP) を連結した3種類の人工遺伝子 (DNA①+GFP, DNA②+GFP, DNA③+GFP) を作製した。



これらの人工遺伝子をホヤ胚に導入し、GFPの発現を調べたところ、下表の結果が得られた。

表. 遺伝子XまたはGFPの発現部位

	表皮	脳	脊索	筋肉	内胚葉
遺伝子X	×	○	×	×	×
DNA①+GFP	×	○	×	×	×
DNA②+GFP	○	○	×	○	×
DNA③+GFP	○	×	×	×	×

各組織(表皮、脳、脊索、筋肉、内胚葉)で遺伝子XまたはGFPの発現がみられた場合は○、みられなかった場合は×を示す。

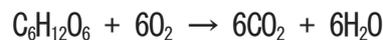
遺伝子Xの発現調節に関する次の記述のうち、適切なものはどれか。適切な記述の組合せをA~Hから選べ。(6点)

- ① 上流領域Pは、遺伝子Xが脳で発現するために必要である。
- ② 上流領域Pには、表皮と筋肉で遺伝子Xの発現を抑えるはたらきがある。
- ③ 上流領域Qは、遺伝子Xが脳で発現するために必要である。
- ④ 上流領域Qには、表皮と筋肉で遺伝子Xの発現を抑えるはたらきがある。
- ⑤ 上流領域Rは、遺伝子Xの発現調節に関与していない。
- ⑥ 上流領域Rには、遺伝子Xのプロモーターが含まれている可能性がある。

A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②⑤⑥

問5

私達は呼吸によって酸素を吸収し、二酸化炭素を排出している。これは体内で栄養素が代謝されるためである。体内に吸収される酸素量に対する排出される二酸化炭素量の体積比(排出される二酸化炭素の体積÷吸収される酸素の体積)は呼吸商とよばれている。この値によって、体内でどのような栄養素が消費されているかの概要を知ることができる。たとえばグルコース(ブドウ糖)だけを代謝している場合、反応式は以下のようになる。



気体の定温定圧下での体積はモル数にほぼ比例することから、グルコースの呼吸商は $6/6=1$ となる。

次の記述はさまざまな栄養素の呼吸商について述べたものである。このうち、適切なものはどれか。適切な記述の組合せをA~Jから選べ。ただし栄養素は完全に代謝され排出されるものとする。(6点)

- ① 二糖類の呼吸商は単糖類と同様に1である。
- ② コレステロール($C_{27}H_{46}O$)の呼吸商はほぼ0.6である
- ③ 飽和脂肪酸は不飽和脂肪酸より呼吸商が小さい。
- ④ エタノール(C_2H_6O)の呼吸商は1より高い。
- ⑤ タンパク質の呼吸商を求めるには、含まれている窒素が二酸化窒素として排出されるのでその体積もはかる必要がある。

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

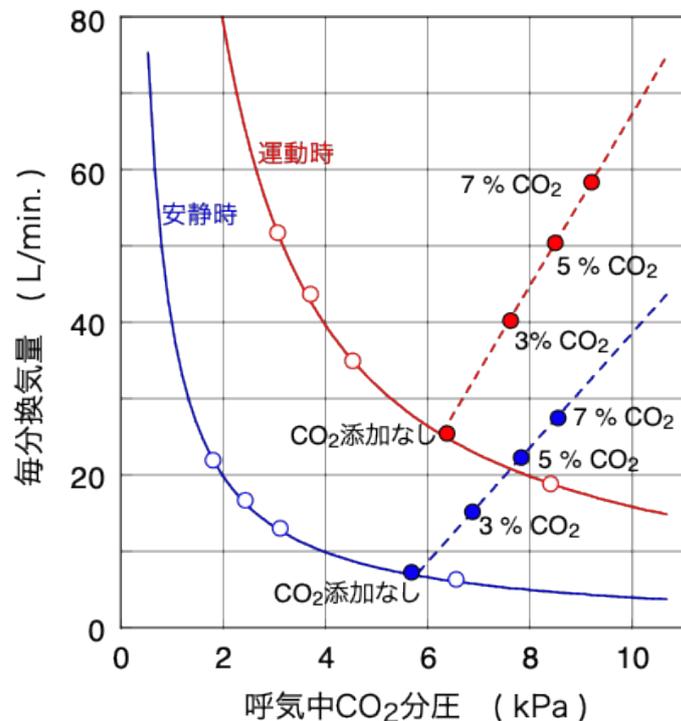
問6

ヒトの呼吸の調節について調べるために、安静時と15分間サイクリングマシン（自転車を漕ぐように運動できるトレーニングマシン）を漕ぎ続ける運動時で、それぞれ以下のように条件を変えて測定した。

測定1. 浅い呼吸から深呼吸まで、異なるいくつかのパターンとリズムでの呼吸を意識的に行い、呼吸による換気量と呼気中の二酸化炭素量を測定した。この測定では、肺を中心とした換気システムの特徴をみることができる。

測定2. 吸気中に人為的に二酸化炭素を加えた空気を呼吸させ（図中のx% CO₂の表示が吸気中に加えた二酸化炭素濃度である）、換気量と呼気中の二酸化炭素量を測定した。この際、呼吸の深さや速さは意識的には変えず、無意識で自然に呼吸させた。この測定では血液中の二酸化炭素量に対する呼吸量制御システムの反応をみることができる。

図は、測定結果を1つのグラフにまとめたもので、安静時の測定を青、運動時の測定結果を赤で示し、測定1の結果を白抜きシンボルと実線で、測定2の結果を塗りつぶしシンボルと点線で示したものである。なお測定1では呼吸量（したがって換気量）を変えて呼気中の二酸化炭素量を測定しているが、測定2の結果と合わせて表示するために、換気量を縦軸に取っていることに注意せよ。



次の記述のうち、この実験結果から推測できるものはどれか。推測できる記述の組合せをA~Hから選べ。(6点)

- ① 運動時には、安静時の2倍の酸素を消費している。
- ② 運動時には、安静時の4倍の酸素を消費している。
- ③ 運動時には、血液中の二酸化炭素濃度に対して呼吸制御がより鋭敏に反応するようになる。

- ④ 安静時には、血液中の二酸化炭素濃度に対して呼吸制御がより鋭敏に反応するようになる。
- ⑤ 無意識で自然に呼吸しているとき、運動時には呼吸による換気量が安静時のおよそ10倍になっている。
- ⑥ 無意識で自然に呼吸しているとき、運動時には呼吸による換気量が安静時のおよそ3倍になっている。

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

問7

完全変態昆虫の体の大きさを制御する仕組みについて多くの研究が行われてきた。幼虫が摂食して体重を増加させていき、終齢幼虫の途中で摂食を停止し、その後に蛹になる。基本的に蛹の期間には体重が増加しないため、成虫の体重を決める仕組みとしては、終齢幼虫の摂食停止をどのように制御するかが重要である。

ある昆虫の終齢幼虫では、餌に含まれる栄養分の濃度によって成長率（単位時間あたりの体重の増分とする）が異なる。濃い餌を食べると成長率は大きく、薄い餌ほど成長率は小さくなる。この昆虫ではホルモンXは摂食停止を抑制するはたらきをもっており、終齢幼虫の体重が一定の値YになるとXの産生が止まる。その時点から体液中のXが一定のスピードで代謝され、一定時間（T）後に消失すると、ただちに摂食停止が起こる（図1）。終齢幼虫の体重がYに達する前に、Xを産生する内分泌腺を切除すると、餌の濃度や切除時の体重によらず、切除してから上記と同じ一定時間Tが経過した時点で摂食停止が起こる（図2）。

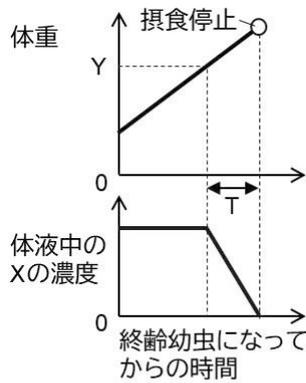


図1. 幼虫の成長・摂食停止とホルモンXの濃度の関係

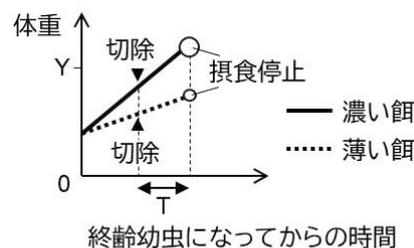


図2. Xを産生する内分泌腺の切除実験

この昆虫について、終齢幼虫をさまざまな栄養条件で飼育し、摂食停止のタイミングとその時点での体重の関係を調べる実験を行った。終齢幼虫になるまで同じ栄養条件で飼育した多数の個体を、終齢幼虫になった直後に4群に分け、それ以降は摂食停止まで異なる濃度の餌を与えた。このとき与えた餌の濃度が高い順に4群を最富栄養・やや富栄養・やや貧栄養・最貧栄養とした。すべての個体について、終齢幼虫になってから摂食停止するまでの時間tと、摂食停止時の体重mを測定した。群ごとにtとmの平均値を算出してプロットしたグラフとしてもっとも適切なものはどれか。図3のA~Hから選べ。

(5点)

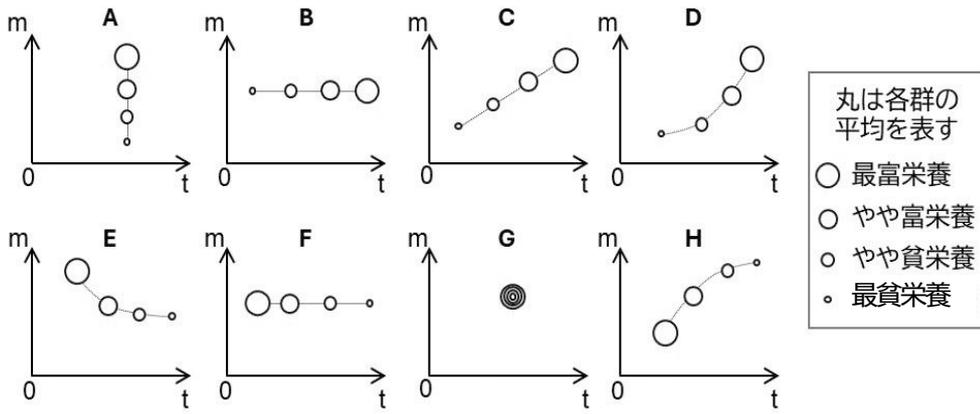
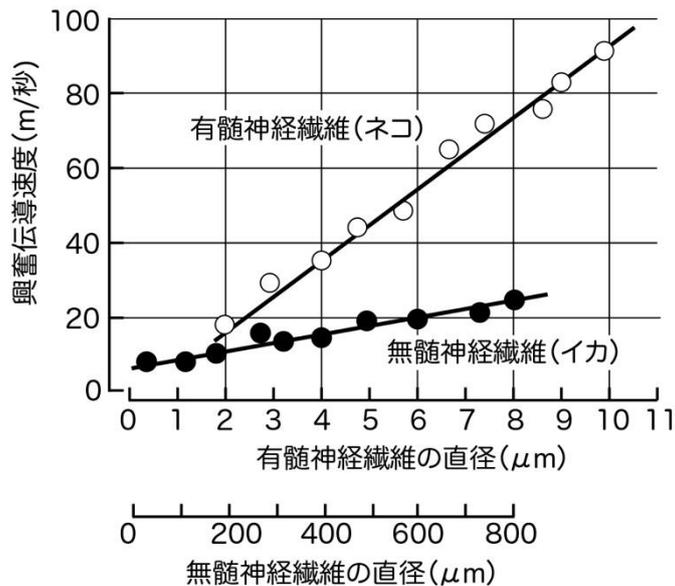


図3. 終齢幼虫になってから摂食停止までの時間tと, 摂食停止時の体重mの関係

問8

脊椎動物の多くの神経繊維は、軸索に髓鞘が巻きついており、有髓神経とよばれる、一方、無脊椎動物では、ほとんどの神経繊維は髓鞘のない無髓神経である。ネコの有髓神経繊維とイカの無髓神経繊維を用いて、神経繊維の直径と興奮伝導速度の関係を調べたところ、下図の結果を得た。



次の記述のうち、この結果から推測できるものはどれか。推測できる記述の組合せをA~Jから選べ。(5点)

- ① 有髓神経、無髓神経のどちらも、神経繊維の直径が2倍になれば興奮伝導速度も約2倍になる。
- ② ネコの有髓神経の直径はイカの無髓神経の直径より大きい。
- ③ 直径2 μm のネコの有髓神経の伝導速度は、直径400~500 μm のイカの無髓神経の伝導速度に相当する。
- ④ 直径5 μm のネコの有髓神経からなる脊髄反射にかかる時間は、反射弓の長さを1mと見積もれば、最短で約20~25ミリ秒である。

- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②③ I. ②④ J. ③④

問9

昆虫の性フェロモンは、メスとオスが交尾をしようとするときに使われる化学物質であり、異種間の交配を防ぐ機構の1つである。異性を誘引する性フェロモンを利用して害虫駆除を行う方法（性フェロモン防除法）が知られている。次の文章はこの方法について述べたものである。文中の（ ）内に入る記述の組合せをA~Lから選べ。（5点）

駆除したい昆虫に種特異的な性フェロモンを合成し、この合成フェロモンの誘引性を利用して、（ア）を大量に捕獲、駆除する方法は、大量捕獲法とよばれている。合成フェロモンを（イ）の周辺の空气中に散布し、（イ）の居場所がわからなくする方法は、交信かく乱法とよばれている。海に近い高台の農地、傾斜地にある農地、窪地にある農地を比較すると、交信かく乱法は（ウ）で有効である。

- ① メス ② オス ③ 海に近い高台の農地 ④ 傾斜地にある農地 ⑤ 窪地にある農地

	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	①	①	①	②	②	②	①	①	①	②	②	②
ウ	③	④	⑤	③	④	⑤	③	④	⑤	③	④	⑤

問10

ウサギやシカなど野生生物の個体数推定法の1つに、生息地域の糞をもとに個体数を推定する糞粒法がある。この方法の概要は、以下のとおりである。

- (1) 調査日に発見された糞粒数をMとする。
- (2) 1頭が1日に排泄する糞粒数をhとする。
- (3) 1日の調査で糞粒をすべて見つけ出すのは不可能であり、糞粒の発見率をbとする。
- (4) 糞粒は永久に存在するのではなく、時間とともに壊れ、糞粒は消失する。糞粒の1日あたりの消失率cは一定であると仮定する。

次の文章は、個体数Nを推定する方法について述べたものである。（ ）内に入る数式と語句の組合せをA~Lから選べ。（5点）

調査日に実際に存在した糞粒数は、bとMを用いて、（ア）と表現できる。糞粒の平均寿命（日数）は消失率の逆数（1/c）であることを利用すると、調査日に実際に存在した糞粒数は、c、h、Nを用いて、（イ）と表現できる。（ア）と（イ）は等しいので、個体数を推定する式は $N =$ （ウ）で与えられる。

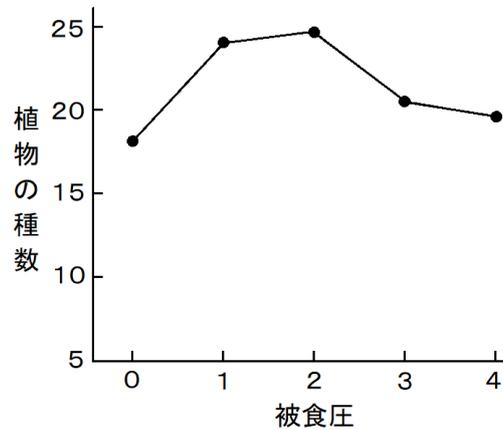
この推定法の問題の1つは、消失率cは降雨や温度などの気候に左右され、これを正確に推定することが困難なことである。もし消失率を過小評価すると個体数の推定値を（エ）してしまうことになる。

- ① bM ② $\frac{M}{b}$ ③ chN ④ $\frac{cN}{h}$ ⑤ $\frac{hN}{c}$ ⑥ $\frac{bM}{ch}$ ⑦ $\frac{bhM}{c}$ ⑧ $\frac{bcM}{h}$ ⑨ $\frac{M}{bch}$ ⑩ $\frac{hM}{bc}$ ⑪ $\frac{cM}{bh}$
 ⑫ 過小評価 ⑬ 過大評価

	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	③	③	④	④	⑤	⑤	③	③	④	④	⑤	⑤
ウ	⑥	⑥	⑦	⑦	⑧	⑧	⑨	⑨	⑩	⑩	⑪	⑪
エ	⑫	⑬	⑫	⑬	⑫	⑬	⑫	⑬	⑫	⑬	⑫	⑬

問 11

ある自然の牧草地において、家畜のウシによる被食圧の違いが生育する植物の種数に影響を与えるかを調査した。被食圧の強さをウシの放牧の度合い（一定面積あたり1か月に放牧するウシの頭数）から推定し、5段階（0：放牧なしの対照区、1：軽い被食、2：中程度の被食、3：強い被食、4：とても強い被食）に分けた区画を設定した。それぞれの区画で複数の反復実験を行い、出現する植物の種数を調べた。図は植物の生産性が高最も高い時期に、植物の平均種数が区画ごとにどう異なるかを示している。



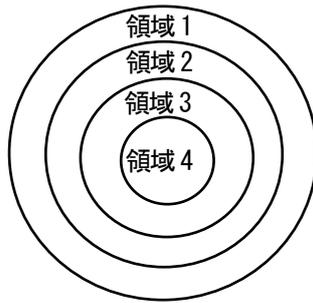
次の記述のうち、この結果から推測されるものはどれか。推測される記述の組合せをA~Iから選べ。(5点)

- ① ウシが食べることを好まない種が植物構成の大部分を占めるのは、被食圧0の区画である。
- ② ウシが食べることを好まない種が植物構成の大部分を占めるのは、被食圧2の区画である。
- ③ ウシが食べることを好まない種が植物構成の大部分を占めるのは、被食圧4の区画である。
- ④ 植物の種間競争がもっとも激しいと考えられるのは、被食圧0の区画である。
- ⑤ 植物の種間競争がもっとも激しいと考えられるのは、被食圧2の区画である。
- ⑥ 植物の種間競争がもっとも激しいと考えられるのは、被食圧4の区画である。

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

問 12

花器官の形成について、ABCモデルが提唱されている。このモデルでは、花芽分裂組織は同心円状に4つの領域（外側から領域1、領域2、領域3、中心が領域4）から成っている（下図）。



野生型では、領域1と領域2で発現するクラスA遺伝子、領域2と領域3で発現するクラスB遺伝子、領域3と領域4で発現するクラスC遺伝子があり、クラスA遺伝子のみが発現するとがく片が、クラスA遺伝子とクラスB遺伝子が発現すると花弁が、クラスB遺伝子とクラスC遺伝子が発現すると雄しべが、クラスC遺伝子のみが発現すると雌しべが形成される。

さらに、クラスA遺伝子とクラスC遺伝子の発現は互いに抑制的関係にあり、一方の遺伝子が活性化すると、もう一方の遺伝子は抑制される。また、一方の遺伝子が欠損している、もう一方の遺伝子は抑制されず、予定外の領域でも活性化する。

次の表は野生型と突然変異体の花器官を領域ごとに表したものである。

	領域1	領域2	領域3	領域4
野生型	がく片	花弁	雄しべ	雌しべ
突然変異体1	がく片	がく片	雌しべ	雌しべ
突然変異体2	雌しべ	雌しべ	雌しべ	雌しべ

次の文章は突然変異体1と2についてABCモデルから予想されることを述べたものである。文中の()内に入る記述の組合せをA~Lから選べ。(5点)

突然変異体1は(ア)が欠損している。一方、突然変異体2は(イ)が欠損している。

- ① クラスA遺伝子のみ
- ② クラスB遺伝子のみ
- ③ クラスA遺伝子とクラスB遺伝子
- ④ クラスB遺伝子とクラスC遺伝子

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

問13

植物は、さまざまな物質の器官間輸送に、維管束組織の道管あるいは師管を用いている。師管では、スクロースなどの同化産物のほか、フロリゲンなどのシグナル物質も運ばれる。師管における物質輸送は、師管内の圧力差が生み出す師管液の体積流（溶液全体がまとまって動く流れ）による。また、師管内の圧力差は、部位によって水の出入り（師管への水の流入や師管からの水の流出）が異なることによって形成される。

今、葉から茎頂にフロリゲンを運んでいる1本の師管を考える。上記の輸送機構を踏まえると、次の記述のうち、この師管について想定されるものはどれか。想定される記述の組合せをA~Hから選べ。(6点)

- ① 葉における師管内外の浸透圧をくらべると、師管内の方が高い。
- ② 師管内の浸透圧を葉と茎頂とでくらべると、茎頂の方が高い。
- ③ 師管内の膨圧を葉と茎頂とでくらべると、葉の方が高い。

A. なし B. ① C. ② D. ③ E. ①② F. ①③ G. ②③ H. ①②③

問 14

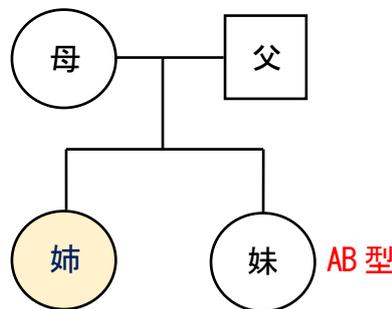
被子植物であるトウモロコシには、カロテノイド合成に関与し胚乳の色の決定に関わる対立遺伝子 Y と、その機能が失われた対立遺伝子 y が存在する。トウモロコシの胚乳の色は、 Y と y の組合せにより、 Y の影響が強いほど黄色が濃くなり、色が濃い順に、濃い黄色、明るい黄色、淡い黄色、白色の 4 通りの色を示す。 Yy の遺伝子型をもつ個体 P の雌しべに、遺伝子型が不明の個体 Q の雄しべから採取した花粉を受粉させたところ、得られた種子の胚乳の色の割合は、濃い黄色：明るい黄色：淡い黄色：白色が 1：1：1：1 であった。続いて、得られた種子から明るい黄色の胚乳をもつ種子を選び、それを生育させ個体 R を得た。

個体 Q および個体 R の推定される Y の遺伝子型の組合せを A～I から選べ。(6 点)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
個体 Q	YY	YY	YY	Yy	Yy	Yy	yy	yy	yy
個体 R	YY	Yy	YY または Yy	YY	Yy	YY または Yy	YY	Yy	YY または Yy

問 15

ABO 式血液型について、あるヒト集団では、A 遺伝子の頻度は p 、B 遺伝子の頻度は q 、O 遺伝子の頻度は r である。下図は、この集団に属するある家族の家系図である。図中の○は女性を、□は男性を示している。



図中の妹の遺伝子型は AB 型であったが、それ以外の個体の遺伝子型はわかっていない。この集団は任意交配集団であると仮定し、姉の遺伝子型が AB 型である確率を求め、その数式を A～L から選べ。(6 点)

- A. $\frac{pq}{2}$ B. pq C. $2pq$ D. $\frac{p+q}{4}$ E. $\frac{p+q}{2}$ F. $\frac{p+q+2pq}{4}$ G. $\frac{p+q+6pq}{4}$

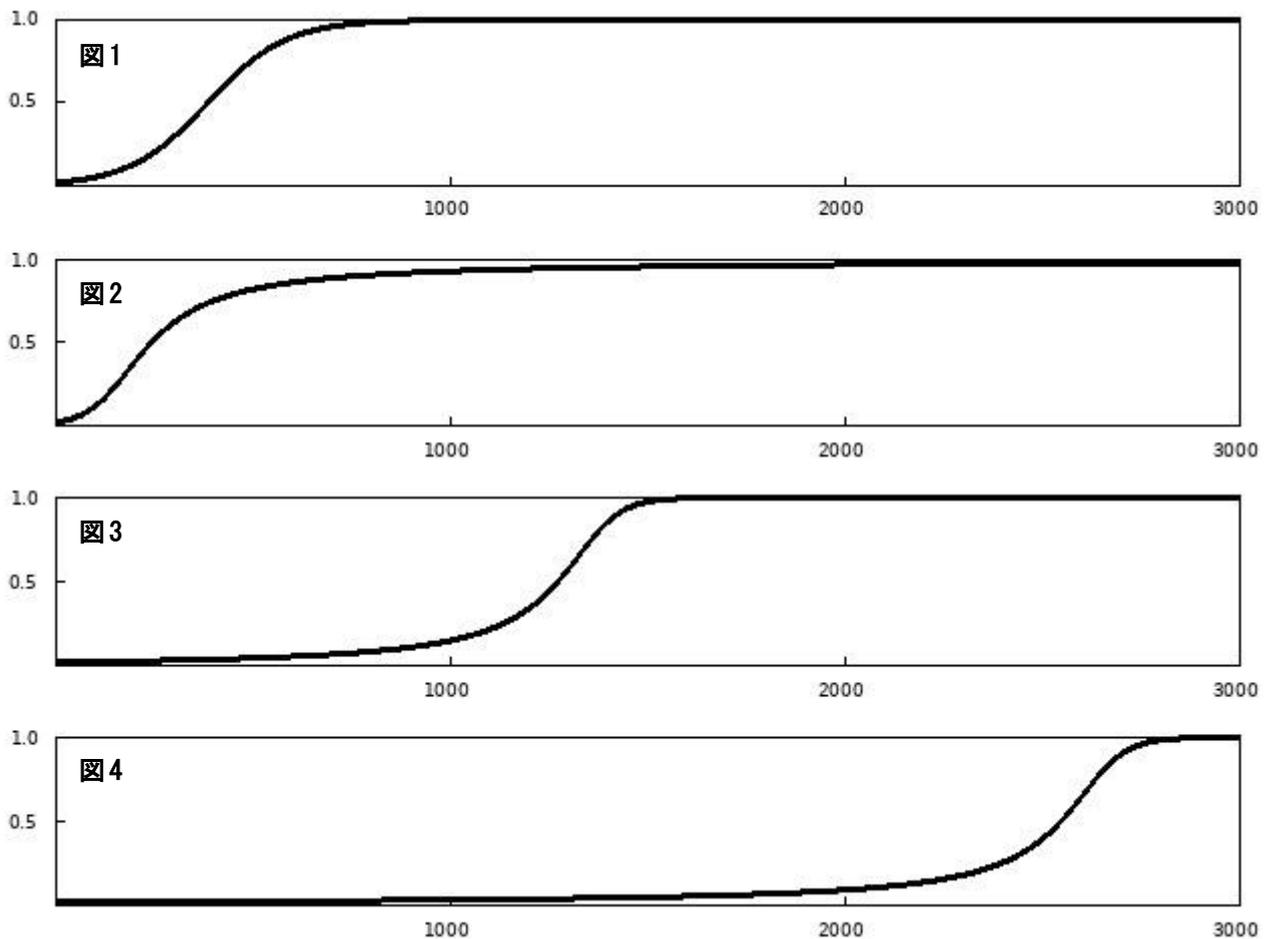
- H. $\frac{1}{4}$ I. $\frac{1+2pq}{4}$ J. $\frac{1+6pq}{4}$ K. $\frac{1+p+q}{4}$ L. $\frac{1+p+q+2pq}{4}$

問 16

自然選択は適応度の高い対立遺伝子（アレル）の頻度を高める。対立遺伝子 A_1 のみが存在している遺伝子座に、より適応度の高い対立遺伝子 A_2 が突然変異で生じたとする。このとき、 A_2 が A_1 に対し顕性（優性）、潜性（劣性）、あるいは半顕性（半優性）かにより、ホモ接合体やヘテロ接合体の相対適応度は次の表のように異なる。ここで s は選択係数とよばれる値で、一般にもっとも高い適応度の遺伝子型に対して他の遺伝子型の相対的な適応度がどの程度が低くなるかを示した値である。また半顕性は半優性ともよばれ、顕性でも潜性でもなく2つの対立遺伝子の効果が同等な状態のことである。

A_2 が A_1 に対して	相対適応度		
	A_1 のホモ接合体	ヘテロ接合体	A_2 のホモ接合体
顕性（優性）	$1 - s$	1	1
半顕性（半優性）	$1 - s$	$1 - s/2$	1
潜性（劣性）	$1 - s$	$1 - s$	1

偶然による遺伝子頻度の変動が少ない個体数の多い集団においては、対立遺伝子 A_2 が対立遺伝子 A_1 に置き換わる速度は A_2 が A_1 に対し顕性（優性）、潜性（劣性）、あるいは半顕性（半優性）かということによって異なる。また、集団内で任意交配が行われるか否かによっても速度は異なる。



上の図は一部の植物のように自家不和合性を示し任意交配を行う場合での対立遺伝子頻度の変化，すなわち

- (X) 任意交配のもとで A_2 が A_1 に対し顕性（優性）の場合
- (Y) 任意交配のもとで A_2 が A_1 に対し半顕性（半優性）の場合
- (Z) 任意交配のもとで A_2 が A_1 に対し潜性（劣性）の場合

の3つの場合と，

- (W) 10%の割合で自らの花粉が受粉し，90%の割合で他の個体からの花粉を受粉する（自殖率10%）場合，すなわち自家不和合性を示さず部分自殖を行う植物で A_2 が A_1 に対して潜性（劣性）の場合

の遺伝子頻度の変化を示したものである。（縦軸：対立遺伝子 A_2 の頻度，横軸：世代数）ここで選択係数 s はすべて0.1で，対立遺伝子 A_2 の初期頻度を0.04としている。

次の文章の（ ）内に入るもっとも適切な語句の組合せをA～Lから選べ。（6点）

上図の中で，任意交配を行うもとで A_2 が A_1 に対し顕性（優性）である場合（X）に対応するものは（ア）であり，部分自殖を行い A_2 が A_1 に対し潜性（劣性）である場合（W）に対応するものは（イ）である。

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

問17

イエネコの毛色に関しては多くの遺伝子が関わっていることが知られているが，三毛ネコ（白・茶・黒が混ざったネコ）の毛色に関わる3つの遺伝子，B (Black, 黒色)，O (Orange, 茶色)，S (Spotting, 白斑（部分的な白色）)について考える。

Sは常染色体上にあり，Sがあると白斑が腹側から背側と手足に向かって広がり，白斑の範囲内では他の遺伝子による発色が抑制される。個体によって白斑が広がる程度はまちまちである。Sがないssの場合は色素の発現が抑制される領域は生じない。BとOはX染色体の同じ遺伝子座に存在する対立遺伝子（アレル）であり，Bが発現すると黒色の毛が生じ，Oが発現すると茶色の毛が生じる。三毛ネコはSに加えてBとOの両方をもつ場合に生じる。ネコの性染色体構成はヒトと同じXY型であり，これらの遺伝子の組合せで，茶，黒，茶黒，茶白，黒白，茶黒白（三毛）の6種類の毛色のネコが生じることになる。

次の交配のうち，黒の子ネコが生まれる可能性があるものはどれか。可能性のある交配の組合せをA～Kから選べ。ただし，子ネコの性は問わない（雌雄のどちらかまたは両方が黒でもよい）ものとする。（6点）

- ① 黒白のメスと茶のオス
- ② 茶のメスと黒のオス
- ③ 茶黒のメスと茶白のオス
- ④ 黒のメスと茶白のオス

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

問 18

4種の生物 P, Q, R, S における遺伝子 ScnA を比較したところ, R と S では ScnA の遺伝子重複がみられたのでそれらを ScnA1 と ScnA2 とした。また P はこれら 4 種の中では最初に分岐したことがわかっている。遺伝子 ScnA の塩基配列の違いから最節約原理に基づいて遺伝子間の系統関係を推定した場合, どのような樹形になることが期待されるか。期待される系統樹を A~F から選べ。(5 点)

