

日本生物学オリンピック 2018

予選問題

2018 年 7 月 15 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 23)までの 23 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 1 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	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L
2	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L
3	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L

- 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) 分子量が 4×10^6 である DNA が 1 つのタンパク質をコードしているとする。この DNA に非翻訳領域が含まれていない場合、対応するアミノ酸は何個程度と考えられるか。その個数を A～L から選べ。なお、ヌクレオチドの平均分子量は 330 であるとする。(3 点)

- A. 1×10^2 個 B. 2×10^2 個 C. 3×10^2 個 D. 4×10^2 個 E. 5×10^2 個 F. 6×10^2 個
G. 1×10^3 個 H. 2×10^3 個 I. 3×10^3 個 J. 4×10^3 個 K. 5×10^3 個 L. 6×10^3 個

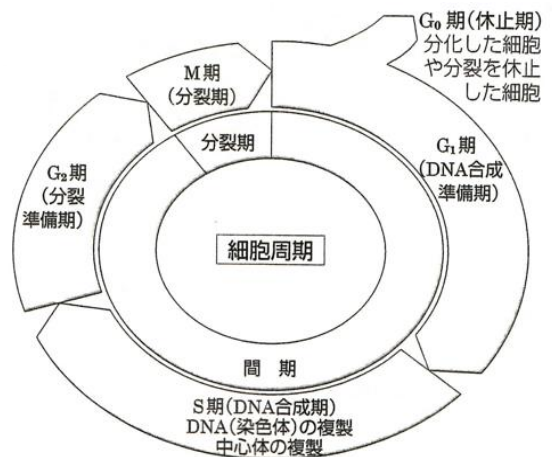
問 2) ある動物細胞の DNA の塩基組成を調べたところ、グアニンとシトシンの合計が全体の 54% を占めていることがわかった。今、この DNA の 2 本の鎖のそれぞれについて塩基組成を考える。一方の鎖の全塩基のうちアデニンの割合が 24% である場合、他方の鎖におけるアデニンの割合は何% であるか。その割合を A～L から選べ。(3 点)

- A. 14% B. 16% C. 18% D. 20% E. 22% F. 24%
G. 26% H. 28% I. 30% J. 32% K. 34% L. 36%

問 3) ある細胞集団を培養したところ、細胞周期が 25 時間であることがわかった。この細胞集団は細胞周期が同調しておらず、位相はランダムであった。また、M 期（分裂期）の細胞は全体の細胞の 4% であった。

この培養細胞に、チューブリンに結合して微小管への重合を妨げるコルヒチンを 6 時間作用させると、検出される M 期の細胞は何% になると考えられるか。その割合を A～L から選べ。ただし、ここでは G_0 期（休止期）の細胞はないものとする。(4 点)

- A. 1% B. 4% C. 10% D. 14% E. 17%
F. 20% G. 28% H. 35% I. 38% J. 40%
K. 48% L. 60%



問 4) 体細胞分裂中期に顕微鏡下で観察される染色体は、図 1 のように模式的に示すことができる。チミジンの類似物質である 5-ブロモデオキシウリジン (BrdU) の存在下で細胞を培養すると、DNA が複製される S 期にチミジン (T) の代わりに BrdU (B) が取り込まれる。BrdU (B) が二本鎖 DNA の片方に取り込まれた場合を BT、双方に取り込まれた場合を BB、双方に取り込まれていない場合を TT とすると、BB の DNA からなる染色分体は、BT あるいは TT の染色分体にくらべて染色性が弱いので、顕微鏡下で容易に識別することができる。また、TT と BT の染色分体は同じように濃く染まる。次の文章の () に入る記号の組合せとして適当なものを A~J から選べ。(5 点)

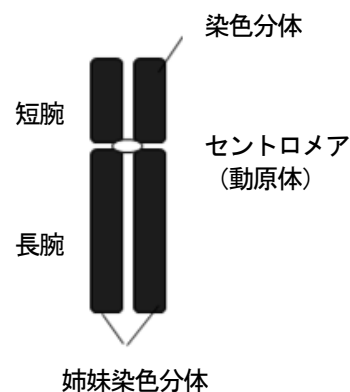


図 1

BrdU の存在下で 1 回の S 期を経過した細胞の分裂期における染色体は、図 2 の (ア) のように顕微鏡下で観察される。一方、BrdU の存在下で 2 回の S 期を経過した細胞の分裂期における染色体は、図 2 の (イ) のように顕微鏡下で観察される。

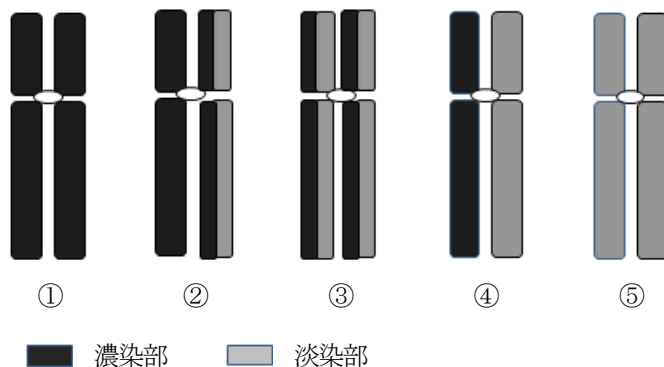


図 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ア	①	①	①	①	②	②	②	③	③	④
イ	②	③	④	⑤	③	④	⑤	④	⑤	⑤

問5) 光受容に関わるタンパク質をコードする遺伝子 R は、短波長の光を感知する錐体視細胞（短波長錐体）では転写されるが、長波長の光を感知する錐体視細胞（長波長錐体）や桿体視細胞では転写されない。遺伝子 R の上流領域の塩基配列を4種の硬骨魚類の間で比較したところ、種間で保存されている2つの DNA 領域（領域 Y と領域 Z）がみつかった。そこでメダカの遺伝子 R の上流領域の全長（領域 Y と領域 Z を含む）を、緑色蛍光タンパク質（GFP）遺伝子に連結して、プラスミド DNA ベクターに組み込んだ。また、そこから特定の領域を取り除いたプラスミド DNA を作成した。それぞれのプラスミド DNA をメダカの受精卵に注入して稚魚まで発生させ、GFP の発現による緑色蛍光を調べたところ、以下の結果をえた。

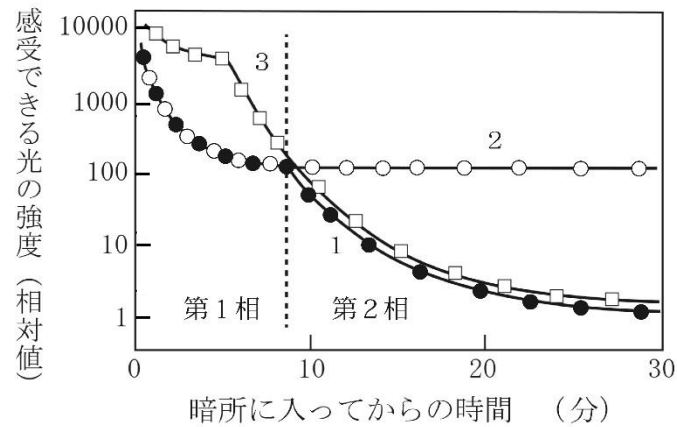
プラスミドに組み込んだ上流域	各視細胞で観察された緑色蛍光		
	短波長錐体	長波長錐体	桿体
上流域全長（領域 Y と領域 Z を含む）	明るい蛍光	蛍光なし	蛍光なし
領域 Y を取り除いた上流域	明るい蛍光	明るい蛍光	蛍光なし
領域 Z を取り除いた上流域	弱い蛍光	蛍光なし	蛍光なし
領域 Y と領域 Z をともに取り除いた上流域	弱い蛍光	弱い蛍光	蛍光なし

領域 Y と領域 Z に関する次の記述のうち、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～I から選べ。なお、領域 Y と領域 Z の塩基配列には類似性はなく、またどちらの領域もタンパク質をコードしない。（5 点）

- ① 領域 Y は、遺伝子 R が短波長錐体で転写されるのを促進するはたらきがある。
- ② 領域 Y は、遺伝子 R が長波長錐体で転写されるのを抑制するはたらきがある。
- ③ 領域 Y は、遺伝子 R が桿体視細胞で転写されるのを抑制するはたらきがある。
- ④ 領域 Z は、遺伝子 R が短波長錐体で転写されるのを促進するはたらきがある。
- ⑤ 領域 Z は、遺伝子 R が長波長錐体で転写されるのを抑制するはたらきがある。
- ⑥ 領域 Z は、遺伝子 R が桿体視細胞で転写されるのを抑制するはたらきがある。

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

問6) 図はヒトが明所から急に暗所に入った際に生じる暗順応の経過を示したものである。曲線1(●)は網膜全体の感度が上昇していることを示しており、最初の8分程度で急速な感度上昇(第1相)が生じるが、その後20分以上かけてゆっくりと2番目の感度上昇(第2相)がみられる。曲線2(○)は、網膜の黄斑の部分のみで観測した場合の結果である。曲線3(□)は、ある疾病の患者の網膜全体において観測される異常な感度上昇曲線である。



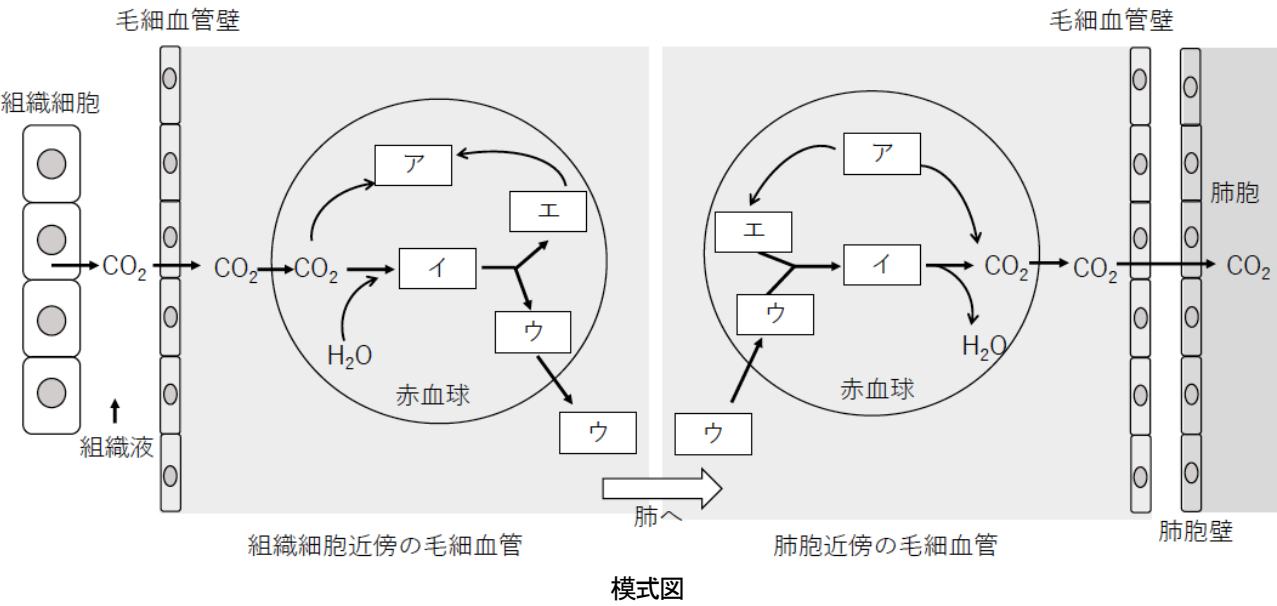
次の記述のうち、この図から導き出されるものはどれか。正しい組合せをA~Jから選べ。(5点)

- ① 曲線1の第1相は、錐体の順応曲線である。
- ② 曲線1の第2相に関与する視細胞は、おもに明所ではたらいている。
- ③ 曲線2で第2相が失われたのは、盲斑を含む領域で観測が行われたためである。
- ④ 曲線3の患者は、暗所における視覚は正常である。
- ⑤ 曲線3の患者は、色覚は正常である。

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

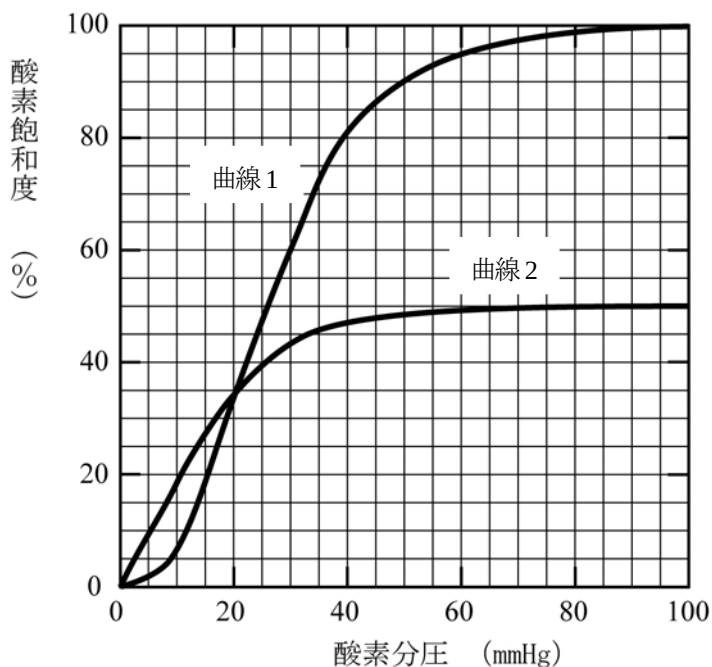
問 7) 次の文章は、呼吸によって生じた二酸化炭素（CO₂）の排出について述べたものである。（ ） 内に入る物質として適当な組合せを A～L から選べ。（5 点）

肺をもつ動物では、組織細胞の呼吸によって生じた CO₂ は、近傍の毛細血管に取り込まれ、一部は赤血球内で（ ア ）に結合する。多くの CO₂ は、炭酸脱水酵素の作用を受けて、水と結合して（ イ ）となり、（ イ ）は（ ウ ）と（ エ ）に分解する。（ ウ ）は赤血球から血漿中に放出され、（ エ ）は（ ア ）に取り込まれる。血液が肺の肺胞近傍に達すると、この逆の過程で CO₂ が毛細血管壁と肺胞壁を通過して肺胞内に入り、呼気中に排出される。図は、これらの過程を模式的に表したものである。



	ア	イ	ウ	エ
A	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	ヘモグロビン	H ⁺
B	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	H ⁺	ヘモグロビン
C	H ₂ CO ₃	ヘモグロビン	HCO ₃ ⁻	H ⁺
D	H ₂ CO ₃	ヘモグロビン	H ⁺	HCO ₃ ⁻
E	HCO ₃ ⁻	H ₂ CO ₃	ヘモグロビン	H ⁺
F	HCO ₃ ⁻	H ₂ CO ₃	H ⁺	ヘモグロビン
G	HCO ₃ ⁻	ヘモグロビン	H ₂ CO ₃	H ⁺
H	HCO ₃ ⁻	ヘモグロビン	H ⁺	H ₂ CO ₃
I	ヘモグロビン	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	H ⁺
J	ヘモグロビン	H ₂ CO ₃	H ⁺	HCO ₃ ⁻
K	ヘモグロビン	HCO ₃ ⁻	H ₂ CO ₃	H ⁺
L	ヘモグロビン	HCO ₃ ⁻	H ⁺	H ₂ CO ₃

問8) 図は成人のヘモグロビン (HbA) の酸素解離曲線 (ODC) である。図中の曲線1は、生理的条件下 (pH 7.4, 2,3-ビスホスホグリセリン酸存在下) における ODC であり、曲線2はこの条件に加え、一酸化炭素 (CO) 中毒時を模した条件下 (CO で 50%飽和したヘモグロビン) における ODC である。なお CO は肺胞壁を容易に通り抜け、200 倍以上も高い親和性でヘモグロビンと結合する。



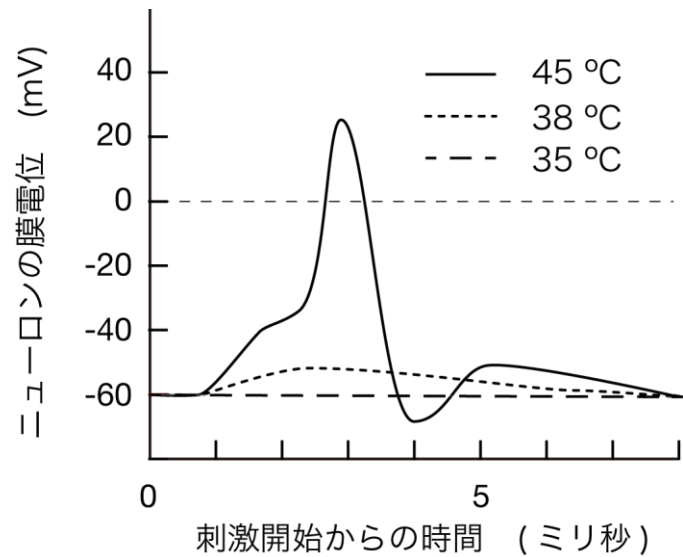
この図からどのような結論が導き出されるか。導き出される結論の組合せを A~J から選べ。ただし、いずれの場合も肺胞中の酸素分圧は 100 mmHg、末梢の酸素分圧は 30 mmHg とする。なお、二酸化炭素分圧や pH の影響は考慮しなくてよい。(5 点)

- ① CO 中毒時のヘモグロビンは、肺胞で通常の半分量の酸素分子しか結合できない。
- ② CO 中毒時のヘモグロビンは、低酸素分圧下において酸素親和性が低下している。
- ③ CO 中毒時のヘモグロビンは、アロステリックな親和性の制御が失われている。
- ④ CO 中毒時のヘモグロビンは、正常時とくらべ、末梢で放出する酸素量が半分になる。
- ⑤ CO 中毒時でも、末梢の酸素分圧が 20 mmHg まで低下すると、末梢で放出される酸素量は正常時と同一である。

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

問 9) 温度感受性ニューロンに熱刺激が加えられると活動電位が発生する。表は、ある温度感受性ニューロンにさまざまな温度で熱刺激を加えた際の応答を記録したものである。また図は、実線は 45℃、点線は 38℃ で刺激したとき、破線は刺激のないとき (35℃) に観測された膜電位変化のパターンを示している。

刺激の大きさ (℃)	38	40	43	45	48	50	55
活動電位の発生数 (回/秒)	0	0	1	3	7	10	10



このニューロンの活動についての以下の記述のうち、正しいものが組み合わされたものを A～L から選べ。(5 点)

1. このニューロンの閾値は

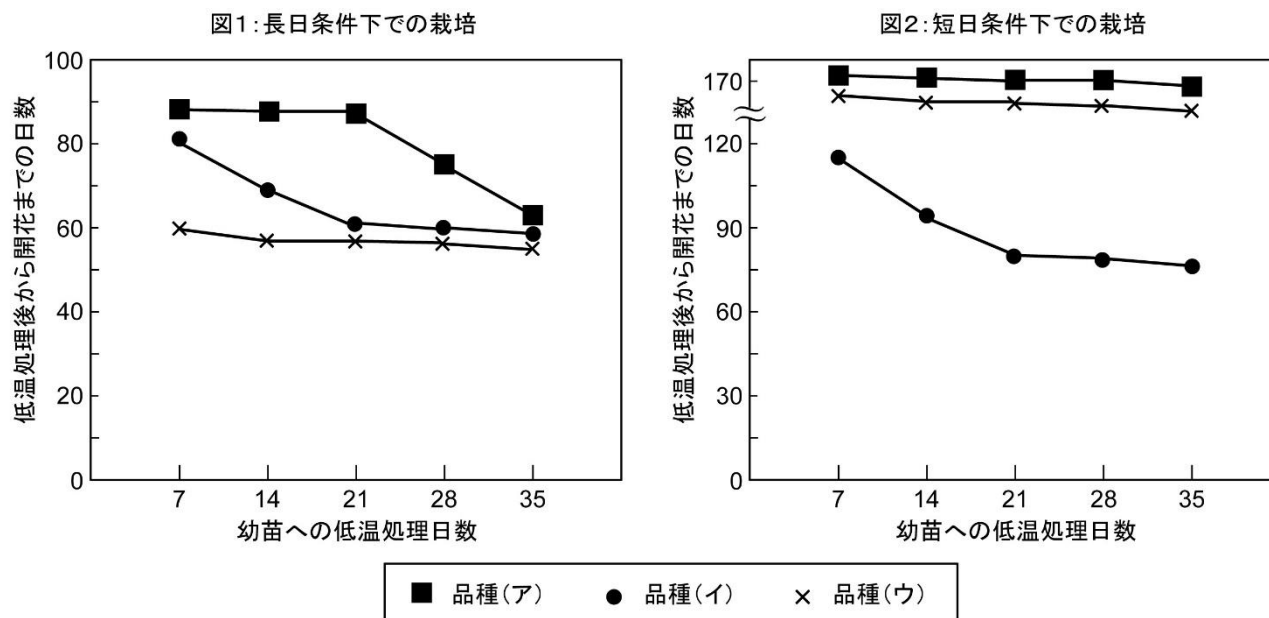
① 40℃ < 閾値 < 43℃
② 40℃ < 閾値 ≤ 43℃
③ 40℃ ≤ 閾値 ≤ 43℃
2. 刺激の大きさと膜電位変化との対応は

④ 40℃ のときには 38℃ の時 (図の点線) よりも高い電位に達する
⑤ 50℃ のときには 45℃ の時 (図の実線) よりも高い電位に達する
3. もしわれわれのもつ温度感受性ニューロンがすべてこのような特性をもっていた場合,

⑥ われわれは 50℃ と 55℃ の違いを区別できない
⑦ われわれは 50℃ と 55℃ の違いを活動電位の大きさによって区別できる
⑧ われわれは 50℃ と 55℃ の違いを活性化されるニューロンの数によって区別できる

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	①	①	①	①	②	②	②	②	③	③	③	③
2	④	④	④⑤	⑤	④	④	④⑤	⑤	④	④	④⑤	⑤
3	⑥	⑧	⑦	⑦	⑥	⑧	⑦	⑦	⑥	⑧	⑦	⑦

問 10) 日本でのコムギ栽培は、通常、秋に播種して夏前に収穫となる。コムギが栄養成長から生殖成長へと転換するためには、冬に一定期間低温にさらされることが必要（春化要求性）であり、春になって日が長くなることも必要（日長感応性）である品種が多いが、その程度は多様である。3つのコムギ品種（ア～ウ）の幼苗を一定期間低温（4℃）にさらした後、長日条件下20℃で栽培した時（図1）と、短日条件下20℃で栽培した時（図2）の、低温処理後から開花までの日数を示した。このとき、3つのコムギ品種の開花特性について正しい記述の組合せをA～Iから選べ。（5点）



- ① 品種アは、春に播種すると、なかなか花が咲かない。
- ② 品種イは、春に播種すると、秋に播種した場合と同じ時期に花が咲く。
- ③ 品種ウは、春に播種すると、なかなか花が咲かない。
- ④ 品種アは、品種イよりも春化要求性が強い。
- ⑤ 品種イは、日長感応性も春化要求性も失っている。
- ⑥ 品種ウは、日長感応性も春化要求性も失っている。

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

問 11) 植物細胞における水の出入りは、細胞内外の浸透圧差と膨圧との関係によって決まる。気孔の孔辺細胞では、さまざまな環境刺激に応じて浸透圧と膨圧の変化が起き、水が流入または流出する。その結果、孔辺細胞が変形して、気孔が開いたり閉じたりする。

今、気孔が完全に閉じて安定している状態（Closed）と完全に開いて安定している状態（Open）を考える。Closed の C と Open の O を添え字にを使って、各状態における孔辺細胞内外の浸透圧差（細胞内浸透圧から細胞外浸透圧を差し引いた値）を ΔS_C と ΔS_O 、各状態における孔辺細胞の膨圧を P_C と P_O のように表記する。このとき、 ΔS_C 、 ΔS_O 、 P_C 、 P_O の間には、どのような大小関係が成り立つと考えられるか。もっとも適当なものを A～F から選べ。（5 点）

A. $\Delta S_C < \Delta S_O$
 $\wedge \quad \vee$
 $P_C > P_O$

B. $\Delta S_C > \Delta S_O$
 $\vee \quad \wedge$
 $P_C < P_O$

C. $\Delta S_C < \Delta S_O$
 $\parallel \quad \parallel$
 $P_C < P_O$

D. $\Delta S_C > \Delta S_O$
 $\parallel \quad \parallel$
 $P_C > P_O$

E. $\Delta S_C = \Delta S_O$
 $\wedge \quad \wedge$
 $P_C = P_O$

F. $\Delta S_C = \Delta S_O$
 $\vee \quad \vee$
 $P_C = P_O$

問 12) 植物の根は正の重力屈性を示す。重力屈性は重力の感知に始まる。根のどの部位が重力を感知しているかは、重力屈性の仕組みを知る上でも重要な問題であり、古くからさまざまな方法で調べられてきた。その1つが遠心力を与え、擬似重力として扱う方法である。重力を調節することは容易ではないが、遠心力は調節可能なので、根の部位によって遠心力が異なるような状況を作ることができる。このときの屈曲反応から、重力（遠心力）感知部位を推定するのである。

今、根の先端部分と伸長領域のどちらが重力を感知するか、を地上での遠心実験によって判定することを考える。根の屈曲の程度に基づく判定（図1の左）は難しいので、屈曲の向きで判定できるようにしたい（図1の右）。そのためには図2の回転台のどの場所にどのように根を置いて遠心したらよいか。もっとも適当なものをA～Hから選べ。（5点）

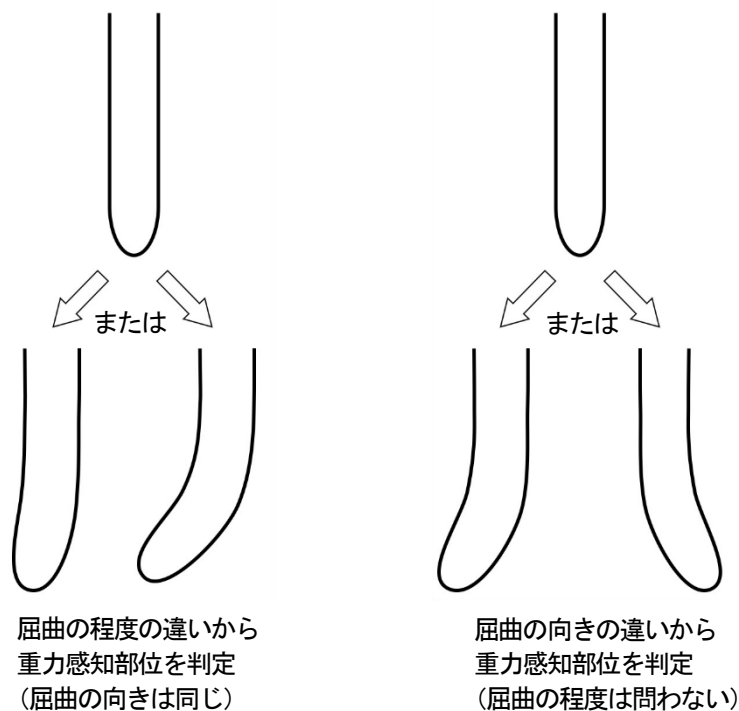


図 1

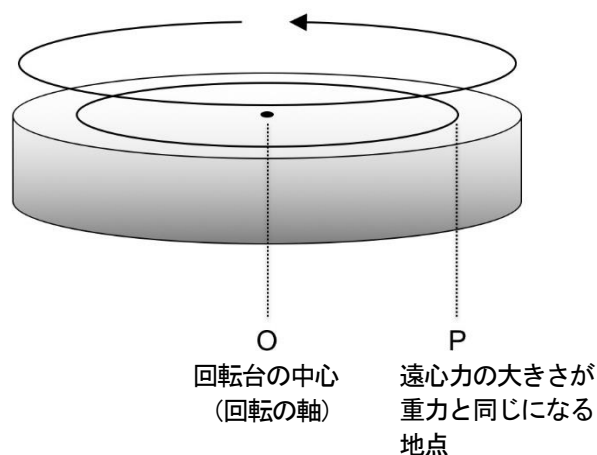
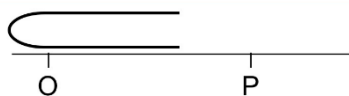


図 2

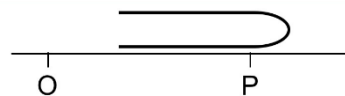
A. 点 O の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、根を水平に置く。



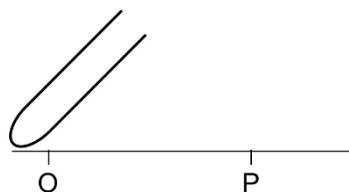
B. 点 P の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、かつ先端が内を向くように、根を水平に置く。



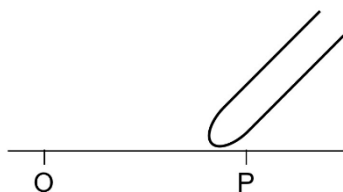
C. 点 P の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、かつ先端が外を向くように、根を水平に置く。



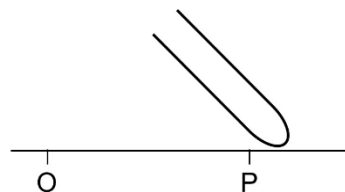
D. 点 O の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、根を 45° 傾けて置く。



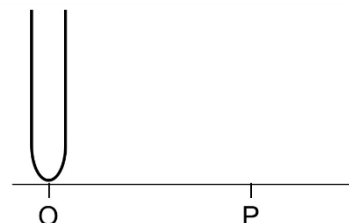
E. 点 P の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、かつ先端が内を向くように、根を 45° 傾けて置く。



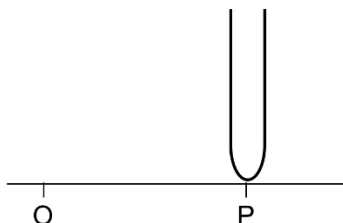
F. 点 P の直上に先端部分と伸長領域の境界がくるように、かつ先端が外を向くように、根を 45° 傾けて置く。



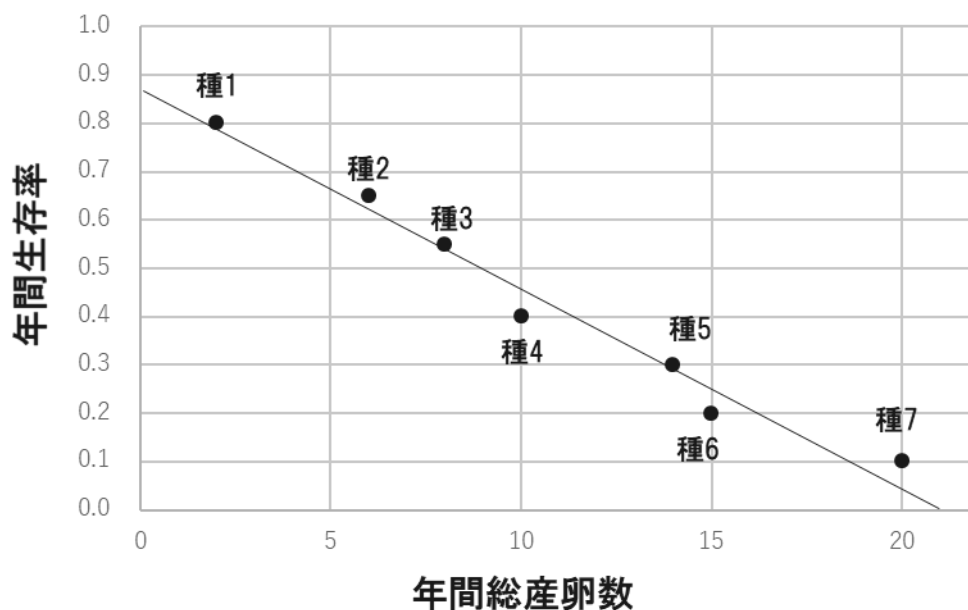
G. 点 O の上に根を鉛直に立てて置く。



H. 点 P の上に根を鉛直に立てて置く。



問 13) ある地域の 7 種のトカゲの成体について、年間生存率と年間総産卵数の平均値をくらべると、両者の間には図にみられるような負の相関があった。



次の記述のうち、この図から導き出されるものはどれか。もっとも適当な組合せを A～H から選べ。(4 点)

- ① 成体になるまでにかかる期間が種間でほぼ同じであるとき、種 1 がもっとも長命である。
- ② 成体になるまでにかかる期間が種間でほぼ同じであるとき、種 7 がもっとも長命である。
- ③ 他の要因を考えなければ、グラフは、繁殖をすることが生存に対してコストとなることを示している。
- ④ 他の要因を考えなければ、グラフは、繁殖をすることが生存に対してコストとならないことを示している。
- ⑤ 天敵による捕食のような、繁殖と直接関係のない要因で成体の生存率が低くなった場合、種 1 のような生活史に近づくのが有利である。
- ⑥ 天敵による捕食のような、繁殖と直接関係のない要因で成体の生存率が低くなった場合、種 7 のような生活史に近づくのが有利である。

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

問 14) 湖沼の生態系は垂直方向の成層構造をもち、表層と深層では、水温や光の強さに違いがある。光が到達する有光層では光合成が行われるが、有光層の深さは植物プランクトンの濃度によって決まる。また、湖沼には養分の多いタイプ（富栄養湖）と養分の少ないタイプ（貧栄養湖）とがある。図 1 は水温と溶存酸素濃度を示したグラフであり、図 2 は湖沼の表層における 1 日のうちの溶存酸素濃度の変化を示したグラフである。

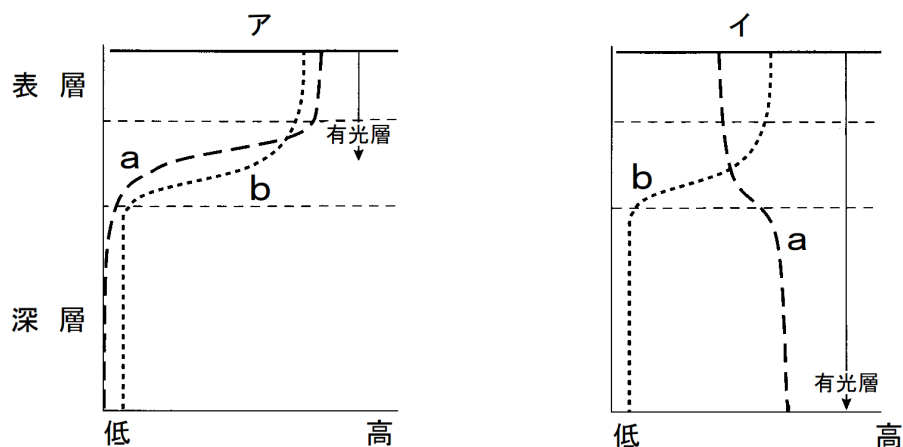


図1

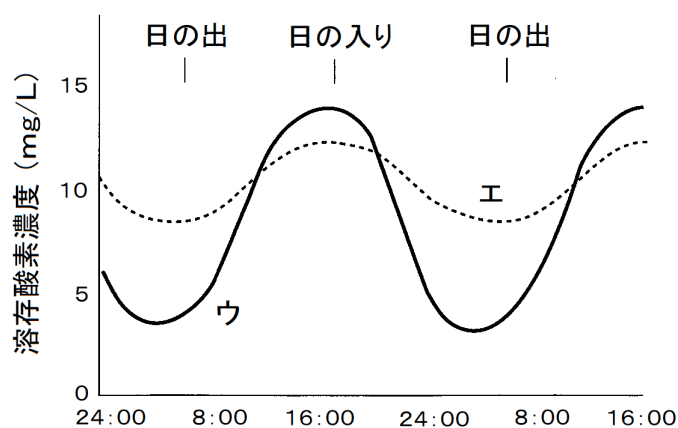


図2

これらの図に関する次の記述について、正しいものの組合せを A～H から選べ。（4 点）

- ① 図 1 の a は水温、b は溶存酸素濃度である。
- ② 図 1 の a は溶存酸素濃度、b は水温である。
- ③ 図 1 のアは富栄養湖、イは貧栄養湖である。
- ④ 図 1 のアは貧栄養湖、イは富栄養湖である。
- ⑤ 図 2 のウは富栄養湖、エは貧栄養湖である。
- ⑥ 図 2 のウは貧栄養湖、エは富栄養湖である。

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

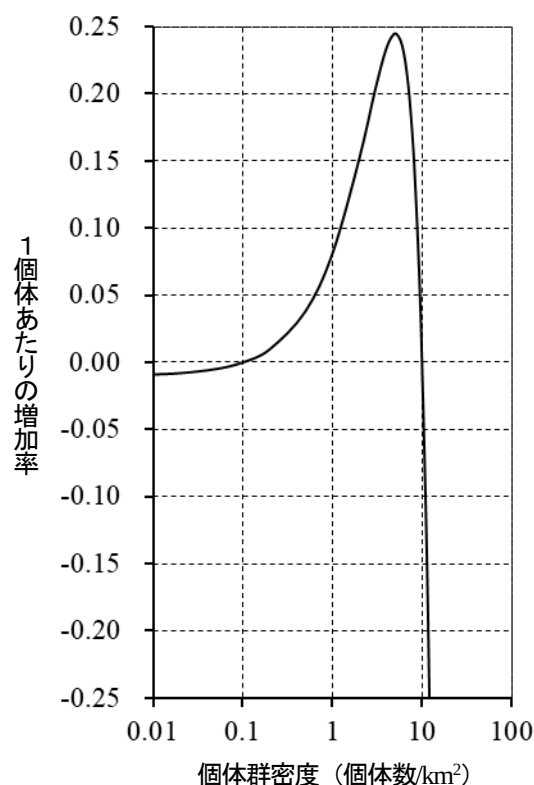
問 15) 個体群生態学では、1 個体あたりの出生率と 1 個体あたりの死亡率の差（出生率から死亡率を引いたもの）を 1 個体あたりの増加率と定義する。

図は、ある動物の 1 個体あたりの増加率と個体群密度（対数目盛）の関係を模式的に示している。増加率は個体群密度に依存していることがわかる。たとえば、個体群密度が 0.01, 0.1, 1, 10 のとき、増加率はそれぞれ -0.01, 0, 0.08, 0 である。

次の文章は、この図から読み取ることができることを述べたものである。（ ）内に入る記述として、適当なものの組合せを A ～L から選べ。（4 点）

個体群密度が 0.1 のとき、（ ア ）ことが期待される。個体群密度が 1 のとき、（ イ ）ことが期待される。個体群密度が 10 のとき、（ ウ ）ことが期待される。

- ① 個体数は減少する
- ② 個体数は増加する
- ③ 個体数はほとんど増減せず、この密度は安定的に維持される
- ④ この密度は不安定で、ささいなきっかけで、個体数は増加することもある、減少することもある



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

問 16) キイロショウジョウバエの雄は、求愛の際、翅（はね）を振動させる。翅の振動と交尾の関係を知るために、3種類の交尾実験を行った。この実験では、プラスチック容器に雌 10 匹と雄 10 匹を入れ、15 分以内に交尾した雌の個体数を記録した。すべての実験で、雌は正常な未交尾個体を使った。雄については、実験Ⅰでは正常な雄を使い、実験Ⅱでは翅の 90%以上を切除した雄を使った。（なお、技術的な問題で翅を 100%切除することはできなかった。）実験Ⅲでは実験Ⅱと同様の翅を切除した雄を使ったが、正常な雄が求愛の際に発生した振動音（求愛ソング）を録音したものを継続的にスピーカーから流す状況下でこの実験を行った。この結果は下表のとおりである。

	観察回数	交尾した雌の割合
実験Ⅰ	14	37.9 %
実験Ⅱ	14	1.4 %
実験Ⅲ	60	21.2 %

次の記述の中で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～L から選べ。（5 点）

- ① 求愛ソングは、求愛行動の重要な要素である。
- ② 求愛ソングは、求愛行動の重要な要素ではない。
- ③ 求愛ソングがない場合、雄はまったく交尾できない。
- ④ 求愛ソングがない場合、雄は交尾できるが、その可能性は低い。
- ⑤ 交尾するかどうかは、最終的に雌が決定する。
- ⑥ 交尾するかどうかは、最終的に雄が決定する。

- A. ①⑤ B. ①⑥ C. ②⑤ D. ②⑥ E. ①③⑤ F. ①③⑥ G. ①④⑤ H. ①④⑥
 I. ②③⑤ J. ②③⑥ K. ②④⑤ L. ②④⑥

問 17) ある虫媒性の一年性植物は河原に大きな群落を形成する。ふつう赤い花を咲かせるが、劣性の突然変異をホモ接合にもつ個体は白い花を咲かせる。次の文章は、調査した3つの集団について述べたものである。() 内に入る数値として適当な組合せを A~L から選べ。ただし小数点以下は四捨五入すること。(5 点)

並行して流れる2つの河川の流域でこの植物を調査したところ、白い花を咲かせる個体の割合は1つの河川沿いの集団1では1%で、もう1つの河川沿いの集団2では81%であった。これらの集団ではランダムに昆虫が訪花しており、それぞれの集団でハーディ・ワインベルグの法則があてはまると予想された。そこで集団1における劣性の対立遺伝子の頻度は(ア)%と推定された。

さらに、これら2つの河川が合流して流れ込む海の沿岸近くの島でもこの植物は確認された。この集団3で白い花を咲かせる個体の割合は49%であった。この島では訪花する昆虫はなく植物も結実することがなかったため、集団3では毎年集団1と集団2の種子が流れついて群落を形成していることが予想された。その中で集団1に由来する種子は(イ)%と推定された。

このような観察から、集団3で赤い花を咲かせる個体の中でヘテロ接合体の個体の割合は(ウ)%と推定された。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	2	2	2	2	2	2	10	10	10	10	10	10
イ	25	25	25	40	40	40	25	25	25	40	40	40
ウ	18	35	82	18	35	82	18	35	82	18	35	82

問 18) キイロショウジョウバエのある集団を調べたところ、アルコール脱水素酵素をコードする対立遺伝子には T と S の2種類があった。一定の実験条件下で生活史形質を遺伝子型の間で比較し、表のような相対値をえた。

遺伝子型	産卵力	生存率	交尾成功率
TT	0.4	0.3	0.5
TS	0.5	0.6	0.6
SS	0.4	0.5	0.3

他の形質は遺伝子型の間で異ならず、突然変異や遺伝的浮動が生じず、交配が遺伝子型の間で無作為に生じ、多くの世代にわたり繁殖した場合、この集団に期待される状態として正しいものを A~F から選べ。(4 点)

- A. ホモ接合体 TT が 100%になる。
- B. ホモ接合体 SS が 100%になる。
- C. ヘテロ接合体 TS が 100%になる。
- D. 3 種類の遺伝子型が共存し続ける。
- E. ホモ接合体が 100%になるが、 TT か SS かは偶然に決まる。
- F. ホモ接合体 TT がもっとも多い世代と SS がもっとも多い世代が交互に生じる。

問 19) 日本にはミナミメダカとキタノメダカの 2 種のメダカが存在する。この 2 種は互いに交配することが可能で、雑種を形成することがある。純系のミナミメダカの雌雄各 1 匹と純系キタノメダカの雌雄各 1 匹の合計 4 匹の入った水槽に、産卵に適した水草をいれて飼育したところ、水草の根にいくつかの卵が産み付けられ、胚の発生が観察された。この中から 2 個（胚 1 と胚 2）を採取し、それぞれの胚から DNA を抽出した。抽出した DNA から PCR 法によって核遺伝子の一部の領域とミトコンドリア遺伝子の一部の領域を増殖させた。純系のミナミメダカの雌雄の交配で生じた胚と、純系のキタノメダカの雌雄の交配で生じた胚からも、同様に DNA を抽出して同じ遺伝子領域を増殖させた。

ミナミメダカ、キタノメダカ、胚 1、胚 2 のそれぞれについて、核遺伝子領域の PCR 産物とミトコンドリア領域の PCR 産物をアガロースゲル電気泳動したところ、図 1 のような結果となった。図中の □ は DNA を最初にセットした場所を示し、■ は電気泳動後の DNA の位置（バンド）を示す。

さらに、ミナミメダカ、キタノメダカ、胚 1、胚 2 のそれぞれについて、核遺伝子領域の PCR 産物とミトコンドリア遺伝子領域の PCR 産物がある制限酵素で処理し、アガロースゲル電気泳動でバンドをみたところ、図 2 のような結果がえられた。

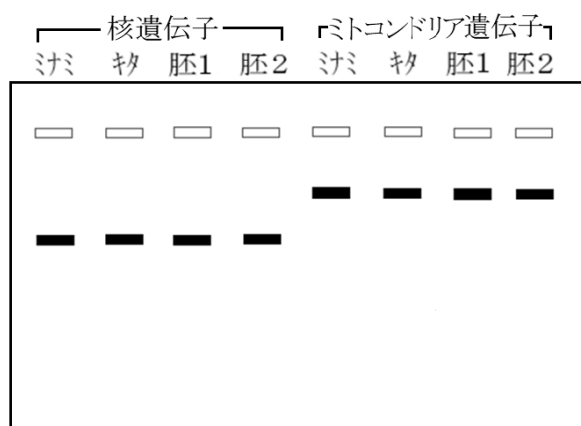


図 1

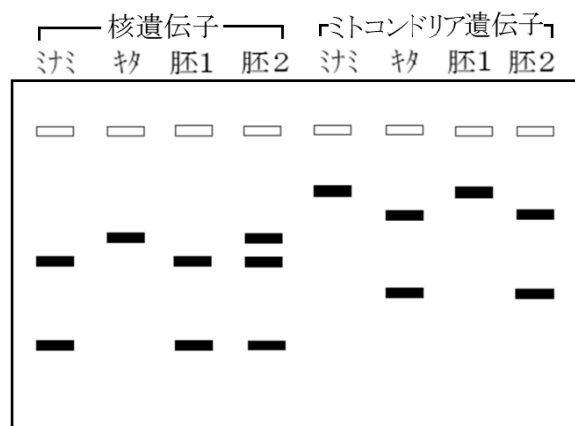


図 2

この結果から、胚 1 と胚 2 の両親の組合せとして正しいものを A～L から選べ。ただし、ミトコンドリアは、ヒトと同様にメダカにおいても雌親からのみ受け継がれる。(4 点)

	胚 1	胚 2
A	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ
B	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ
C	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ
D	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ
E	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ
F	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ
G	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ
H	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ
I	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ
J	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ	♀ミナミメダカ×♂ミナミメダカ
K	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ	♀ミナミメダカ×♂キタノメダカ
L	♀キタノメダカ×♂キタノメダカ	♀キタノメダカ×♂ミナミメダカ

問 20) 遺伝子解析では、短い塩基配列の繰り返し（STR：Short Tandem Repeat）の繰り返し回数の違いや 1 塩基の置換（SNP：Single Nucleotide Polymorphism）といった、塩基配列上の違い（多型）を検出することができる。家族Ⅰと家族Ⅱの遺伝子解析から、これらの多型が検出された。家族Ⅰで検出された多型では、図 1 のように、父、母および息子はある塩基配列を 1 種類、娘は 2 種類の塩基配列をもっており、片方は父の塩基配列と、もう片方は母の塩基配列と同じであった。また、家族Ⅱで検出された多型では、図 2 のように、父のみが異なる塩基配列をもっていた。

家族Ⅰ	
父	CTGACACACACACATTG
母	CTGACACACACATTG
息子	CTGACACACACATTG
娘	CTGACACACACATTG
	CTGACACACACACATTG

図 1

家族Ⅱ	
父	TCAGGACCGATCATGCG
母	TCAGTACCGATAATGCG
息子	TCAGTACCGATAATGCG
娘	TCAGTACCGATAATGCG

図 2

次の文章は、家族Ⅰと家族Ⅱの塩基配列の違いについて述べたものである。（ ）内に入る記述の正しい組合せを A～L から選べ。（4 点）

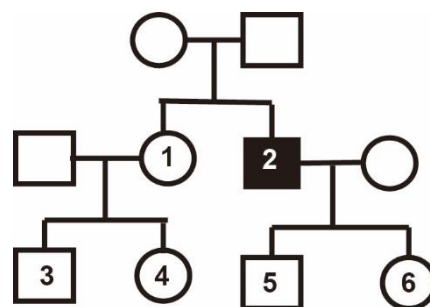
家族Ⅰの塩基配列の違いは、（ ア ）の違いによる。一方、家族Ⅱの塩基配列の違いは、（ イ ）の違いによる。

- ① 常染色体の STR
 ② X 染色体の STR
 ③ Y 染色体の STR
 ④ ミトコンドリア DNA の STR
- ⑤ 常染色体の SNP
 ⑥ X 染色体の SNP
 ⑦ Y 染色体の SNP
 ⑧ ミトコンドリア DNA の SNP

	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	⑥	⑦	⑧	⑤	⑦	⑧	⑤	⑥	⑧	⑤	⑥	⑦

問 21) 赤色と緑色の色覚に関わる遺伝子は X 染色体上にあり、日本ではこの遺伝子に原因があるために赤と緑を区別ができない男性が 20 人に 1 人の確率で生まれるといわれている。赤と緑を区別できない形質は劣性である。

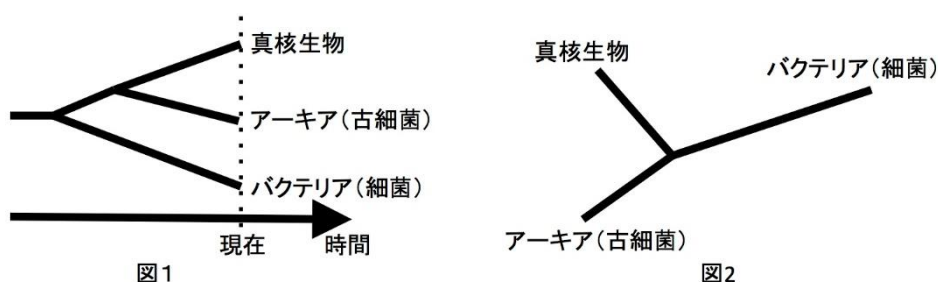
図は、赤と緑が区別できない男性が出現した家系図を示す。○は女性で□は男性であり、塗りつぶした個体 2 は赤と緑を区別できない男性を示している。また、個体 2 の両親および姉（個体 1）は赤と緑を区別できる。色覚多様性が結婚について影響を与えないと仮定して、次の文章の（ ）内に入る確率の組合せを A～L から選べ。（4 点）



個体 1（個体 2 の姉）が、赤と緑を区別できる男性と子供をもうけた場合、二人の間の息子（個体 3）が赤と緑を区別できない確率は（ ア ）であり、娘（個体 4）が赤と緑を区別できない確率は（ イ ）である。個体 2 が、色覚多様性について本人および親族の情報をもたない女性と子供をもうけた場合、二人の間の息子（個体 5）が赤と緑を区別できない確率は（ ウ ）であり、娘（個体 6）が赤と緑を区別できない確率は（ エ ）である。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	0	0	0	0	0	0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
イ	0	0	0	0.125	0.125	0.125	0	0	0	0.125	0.125	0.125
ウ	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224
エ	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224	0	0.050	0.224

問 22) 現存する全生物は、遺伝子の塩基配列の違いに基づいて、図 1 のような順序で 3 つのドメインに分かれたと推定されている。しかし 3 つのドメインに対する外群となる生物が現存していないために、3 つのドメインの間の相互関係しかえられず、図 2 のような無根系統樹しかできないはずである。図 1 のような分岐順序を推定するにはどのような方法をとったらよいか。もっとも適当な方法を A～F から選べ。（4 点）



- A. 図 2 でバクテリアの枝がもっとも長いことから、バクテリアが先に分岐したものとする。
- B. 3 つのドメインの共通祖先で重複した遺伝子を持ちいて系統関係を推定する。
- C. 偽遺伝子をもっとも多いドメインが先に分岐したものとする。
- D. 外群になるような、絶滅した古い生物の化石から DNA を取り出して系統推定に加える。
- E. もっとも古い生物の化石が原核生物であることから、バクテリアが先に分岐したものとする。
- F. ゲノム全体の塩基配列を持ちいてすべての相同遺伝子を比較する。

問 23) 生物の系統樹を作成する方法の 1 つに、いくつかの形質に注目し、形質状態の変化がもっとも少ないものを選ぶ方法（最節約法）がある。いま、あ種を外群として、4 種（い種～お種）の系統関係を知るために、形質 a～形質 c の形質状態（0：なし，1：あり）を調べたら、表 1 のようなデータがえられた。しかし、このデータからは、系統樹は 1 つに絞られず、4 つの最節約系統樹（最節約法で作成した系統樹）が考えられた。図 1 と図 2 はそのうちの 2 つを示したものである。

表 1

	形質 a	形質 b	形質 c
あ種	0	0	0
い種	1	0	0
う種	1	0	1
え種	1	1	0
お種	1	1	1

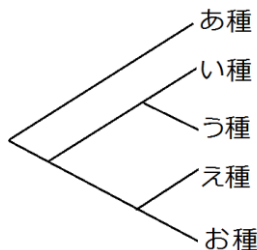


図 1

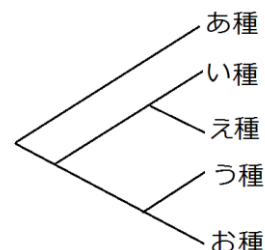


図 2

系統樹を 1 つに絞り込むため、注目する形質を 1 つ増やし、形質 d の形質状態も調べることにした。あ種～お種における形質 d の形質状態を調べたとき、図 1 の系統樹を支持するデータはどれか。支持するデータを A～I から選べ。（3 点）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
あ種	0	0	0	0	0	0	0	0	0
い種	0	1	1	1	1	1	1	0	0
う種	1	0	1	1	1	0	0	1	1
え種	1	1	0	1	0	0	1	1	0
お種	1	1	1	0	0	1	0	0	1