

日本生物学オリンピック 2017

予選問題

2017 年 7 月 16 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19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 25)までの 25 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	<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 <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L
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 <input type="radio"/> K <input type="radio"/> L
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 <input type="radio"/> K <input type="radio"/> 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) ある動物のゲノムDNA をもちいてPCR 実験を行うため、プライマーとして使用するオリゴヌクレオチド（比較的少数のヌクレオチドが重合した分子）を人工的に合成することになった。合成したオリゴヌクレオチドが、ゲノム上の特定の1 か所のみを特異的に認識してハイブリダイズするようにしたい。そのためには、合成オリゴヌクレオチドと完全に一致する塩基配列（特異的塩基配列）が、標的とする場所以外にはできるだけ出現しないように設計する必要がある。

ゲノム全体において特異的塩基配列が出現する回数の期待値を1 回未満にするためには、合成するオリゴヌクレオチドは何塩基以上とすればよいか。もっとも短い塩基数をA～L から選べ。なお、この動物のゲノムのサイズは30 億塩基対とし、各塩基は同じ確率でゲノム上にランダムに存在するものとする。また、 $4^{15}=1,073,741,824 \div 10^9$ である。（4 点）

- A. 10 塩基 B. 11 塩基 C. 12 塩基 D. 13 塩基 E. 14 塩基 F. 15 塩基
G. 16 塩基 H. 17 塩基 I. 18 塩基 J. 19 塩基 K. 20 塩基 L. 21 塩基

問2) ある環状DNA を2 種類の制限酵素（制限酵素アとイ）をもちいて、次の3 通りの方法で完全に切断した。

- ・制限酵素アのみ使用した場合
- ・制限酵素イのみ使用した場合
- ・制限酵素アとイを同時に使用した場合（これをウとする）

その後、アガロースゲルをもちいて電気泳動を行った結果が図1 である。この電気泳動の結果から予想される環状DNA の構造を図2 のA～F から選べ。（3 点）

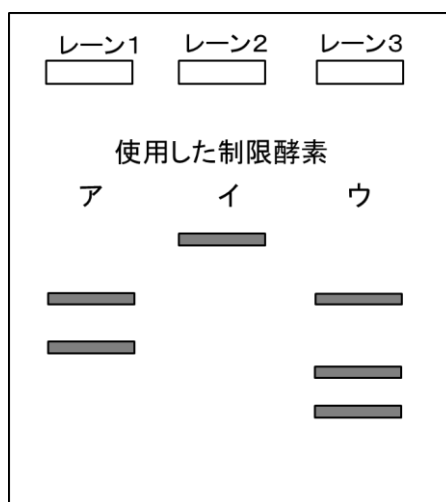


図1：電気泳動の結果

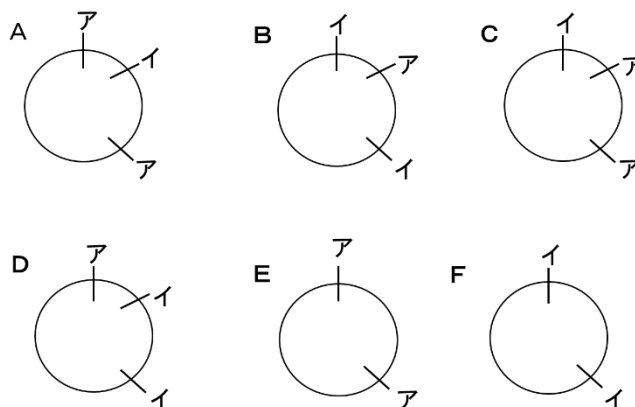


図2：予想される環状DNA の構造

問3) mRNA のコドン暗号のうち終止コドンは、コドン暗号解読に取り組んだ M. ニーレンバーグらの研究では明らかにならず、大腸菌のアルカリフォスファターゼ欠損突然変異体をもちいる実験によって解明された。この変異体は、状況証拠から、アルカリフォスファターゼ遺伝子内の特定のコドンが終止コドンに変わったために、アルカリフォスファターゼが作られなくなったと考えられていたものである。1塩基置換を引き起こす薬剤で処理することにより、この変異体に新たな突然変異を誘発すると、アルカリフォスファターゼ活性が回復した細胞（復帰変異体）が出現した。復帰変異体からアルカリフォスファターゼタンパク質を単離してアミノ酸構成を分析し、野生型と比較した結果、復帰変異体によって、アルカリフォスファターゼのアミノ酸が野生型と同じであったり、少し異なっていたりした。異なっている場合は、野生型とくらべて、トリプトファンが1つ不足、代わりにリシン、グルタミン、チロシンのいずれかが1つ多かった。

この実験結果から、元の変異体でアルカリフォスファターゼ遺伝子内部にあった終止コドンは、以下のどれに該当すると考えられるか。mRNA のコドン暗号表をもちいて推定し、該当するものを A～H から選べ。（4点）

- A. UAA B. UAG C. UGA D. UAA と UAG E. UAA と UGA F. UAG と UGA
G. UAA と UAG と UGA H. どれとも推定できない

mRNA のコドン暗号表

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

問4) 伝統的な清酒造りの工程では、開放系の桶に麹菌を生育させた蒸し米と水を加え、5℃程度の低温からゆっくりとかき混ぜながら少しずつ温度を上げていく。麹菌は水を加えた時点で死滅するが、麹菌が分泌したアミラーゼにより蒸し米のデンプンが徐々に糖分に分解されていく。発酵桶は深く、どろどろしているので、開放系であっても酸素はすぐに使い切られてしまう。1か月ほどの間にさまざまな微生物が変遷していくが、以下に示す4種類の微生物はどのような順番で優占するだろうか。正しい順を示しているものをA～Lから選べ。(5点)

- ① 清酒酵母：唯一の真核生物であり生育が遅い。糖分を分解してエタノールを生成するアルコール発酵を行う。アルカリ性環境に弱い、酸性環境には非常に強い。酸素がある環境でも酸素のない嫌気性の環境でも生育可能である。
- ② 枯草菌：生育が早く、耐熱性の胞子を形成する。生育に酸素を必要とする好気性細菌である。アルカリ性の環境には比較的強いが、酸性環境に弱い。亜硝酸などの抗菌性を有する化学物質に対して感受性が高い。
- ③ 乳酸菌：糖分を分解して乳酸を生成する乳酸発酵を行う。酸素があるとほとんど乳酸発酵を行わない。アルコールに弱い。
- ④ シュードモナス属細菌：生育に酸素を必要とする好気性細菌だが、酸素がなくなると代わりに硝酸を電子受容体としてもちいる硝酸還元能をもつものが多い。中性付近のpHを好む。

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

問5) ヒトのアルコールの代謝に関する次の文章を読み、() 内にはいるものとして適当なものの組合せをA～Lから選べ。(5点)

ヒトがエタノールを摂取するとアルコール脱水素酵素(ADH)とアセトアルデヒド脱水素酵素(ALDH)によって酢酸へと分解される。この反応の中間産物であるアセトアルデヒドは有毒な化学物質であり、体内にたまると二日酔いなどの原因となる。



この反応に関わる酵素には遺伝的な多型がみられ、ALDHの1つの遺伝子(ALDH2)には504番目のアミノ酸がグルタミン酸である活性型のALDH2をコードする対立遺伝子Glu⁵⁰⁴と、リシンである不活性型のALDH2をコードする対立遺伝子Lys⁵⁰⁴が存在する。ALDH2は四量体として1つの酵素分子を形成し、1つの分子を構成する4つすべてのサブユニットが活性型でないと酵素として十分な活性を有しない。このため(ア)をもつ人は、より二日酔いになりやすい、お酒に弱い体質となる。

あるヒトの集団でALDH2の遺伝子頻度を調べたところ、77%がGlu⁵⁰⁴型で、23%がLys⁵⁰⁴型であった。ハーディー・ワインベルグ平衡にあるこの集団では、ALDH2の多型によって、すなわち体質として、お酒に弱くなっているヒトの割合は、約(イ)%であると考えられる。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	Glu ⁵⁰⁴	Glu ⁵⁰⁴	Glu ⁵⁰⁴	Glu ⁵⁰⁴	Glu ⁵⁰⁴	Glu ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴	Lys ⁵⁰⁴
イ	95	77	59	41	23	5	95	77	59	41	23	5

問 6) 花粉の発芽と花粉管の伸長におけるホウ素 (B)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、マンガン (Mn) のはたらきを調べるために、寒天培地上で花粉を発芽させ、花粉管の伸長をみる実験を行った。

当日に開花した新鮮なタバコの花粉を表のような培地に播いて、一定時間後に花粉の発芽率および花粉管の長さを調査した。基本培地は 10% ショ糖に 1% 寒天を加えて作成した。+B はホウ酸を 100 mg/L になるように、+Ca は CaCl_2 を 300 mg/L になるように、+Mg は MgCl_2 を 300 mg/L になるように、+Mn は MnCl_2 を 300 mg/L になるように、それぞれ添加したことを意味する。

培地	花粉の発芽率(%)	発芽した花粉の花粉管の長さ(mm)
基本培地	0.0 ± 0.0	—
基本培地+B	91.3 ± 0.6	0.83 ± 0.03
基本培地+B+Mg	31.2 ± 0.1	0.64 ± 0.04
基本培地+B+Ca	93.2 ± 0.4	1.1 ± 0.07
基本培地+B+Ca+Mg	97.8 ± 0.2	2.3 ± 0.11
基本培地+B+Ca+Mn	97.1 ± 0.2	2.4 ± 0.22

数値は 10 サンプルの平均値±標準偏差を示す

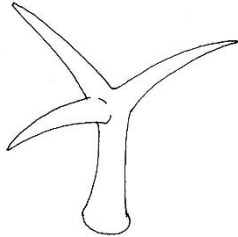
次の記述のうち、この実験結果から導かれる考察はどれとどれか。もっとも適当な組合せを A~J から選べ。(5 点)

- ① 花粉の発芽には、ホウ素が必須である。
- ② マグネシウムは花粉管の伸長を抑制するが、花粉の発芽には影響を与えない。
- ③ カルシウムは花粉の発芽を促進するが、花粉管の伸長には影響を与えない。
- ④ マグネシウムが存在するときには、カルシウムはマグネシウムの花粉に対する作用を強める。
- ⑤ カルシウムが存在するとき、マグネシウムの花粉に対する作用は、マンガンによって代替できる。

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

問 7) シロイヌナズナの葉や茎には、細胞が突出してできた毛が生えている。野生型の葉の毛はふつう 2 回分岐しているが、遺伝子 T の機能を欠損した変異体 t ではこの分岐回数が減り、遺伝子 R の機能を欠損した変異体 r では分岐回数が増える。 T と R の両方を欠損した二重変異体 tr では、分岐回数が減って、変異体 t と同程度になる。

これより、 T と R の本来のはたらきについて、どのようなことが考えられるか。考えられることとしてもっとも適当なものを A～J から選べ。(5 点)



	野生型	変異体 t	変異体 r	二重変異体 tr
毛の分岐回数	2 回	0～1 回	3～5 回	0～1 回

シロイヌナズナの野生型の毛

(2 回の分岐で三叉になっている)

- A. T は分岐を抑制し、 R は T のはたらきを抑える。
- B. T は分岐を抑制し、 R は T のはたらきを高める。
- C. T は分岐を促進し、 R は T のはたらきを抑える。
- D. T は分岐を促進し、 R は T のはたらきを高める。
- E. R は分岐を抑制し、 T は R のはたらきを抑える。
- F. R は分岐を抑制し、 T は R のはたらきを高める。
- G. R は分岐を促進し、 T は R のはたらきを抑える。
- H. R は分岐を促進し、 T は R のはたらきを高める。
- I. T は分岐を抑制し、 R はこれとは独立に分岐を促進する。
- J. T は分岐を促進し、 R はこれとは独立に分岐を抑制する。

問 8) 植物の器官には、特定の刺激に応答して、屈曲する反応を示すものがある。このような屈曲反応には、屈曲の向きが刺激の向きに依存して決まる屈性と、刺激の向きによらず屈曲の向きが決まっている傾性とがある。こうした屈曲の向きの決まり方と、屈曲を引き起こす刺激の種類との組合せで、植物の屈曲反応はいろいろなタイプに分類される。

モウセンゴケ類は、葉の表面に粘液に覆われた腺毛をもつ、食虫植物のグループである。モウセンゴケの葉は、昆虫を粘液で捕らえると、これを包み込むように屈曲して、その中で昆虫を消化する。次に箇条書きで示すのは、この葉の屈曲について、モウセンゴケの 1 種で行われた実験の結果の概略である。

実験結果

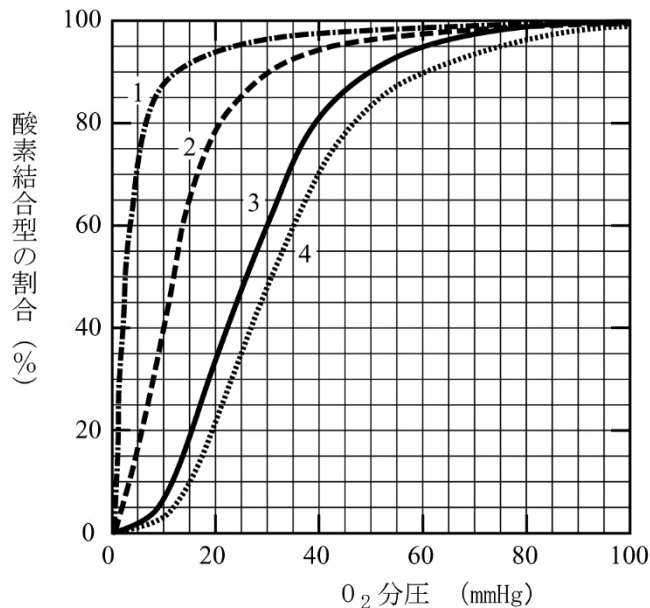
- 生きているショウジョウバエを葉の表側に付着させたときには、短時間でその向きに屈曲した。
- 傷のないショウジョウバエの死骸を葉の表側に付着させときには、最終的にはその向きに屈曲したが、屈曲が起きるまでに長い時間がかかった。
- ショウジョウバエの死骸を潰して葉の表側に付着させたときには、短時間でその向きに屈曲した。
- ショウジョウバエと同じくらいの大きさの小石を葉の表側に付着させたときには、屈曲は起きなかった。
- 葉の表側をブラシでこすったときには、屈曲は起きなかった。

これらの結果から、モウセンゴケの葉の屈曲はどのようなタイプの反応と考えられるか。考えられることとしてもっとも適当なものを A～H から選べ。(5 点)

- A. 接触屈性と考えられる。
- B. 接触傾性と考えられる。
- C. 化学屈性と考えられる。
- D. 化学傾性と考えられる。
- E. 接触屈性または接触傾性と考えられるが、そのどちらかはこれらの実験結果からはわからない。
- F. 接触屈性または化学屈性と考えられるが、そのどちらかはこれらの実験結果からはわからない。
- G. 接触傾性または化学傾性と考えられるが、そのどちらかはこれらの実験結果からはわからない。
- H. 化学屈性または化学傾性と考えられるが、そのどちらかはこれらの実験結果からはわからない。

問 9) ヒトの赤血球中に存在するヘモグロ빈は酸素分子と可逆的に結合する。酸素が結合したヘモグロ빈をオキシ型ヘモグロ빈、酸素が結合していないものをデオキシ型ヘモグロ빈とよぶ。また、筋肉中には酸素分子と可逆的に結合するミオグロ빈が存在する。

図はミオグロ빈（曲線 1）およびさまざまな条件下におけるヘモグロ빈の酸素解離曲線を示したものである。赤血球から単離精製したヘモグロ빈の酸素解離曲線（曲線 2）は、赤血球中のヘモグロ빈（曲線 3）とは異なっている。これは、赤血球中に存在する 2,3-ビスホスホグリセリン酸（2,3-BPG）がデオキシ型のヘモグロ빈に結合し、酸素に対する親和性を変化させるためである。また、平地に住む人が高地に移動したとき、数日で 2,3-BPG の濃度が変化し、赤血球内におけるヘモグロ빈の酸素解離曲線に急激な変化が生じることが知られている（曲線 4）。



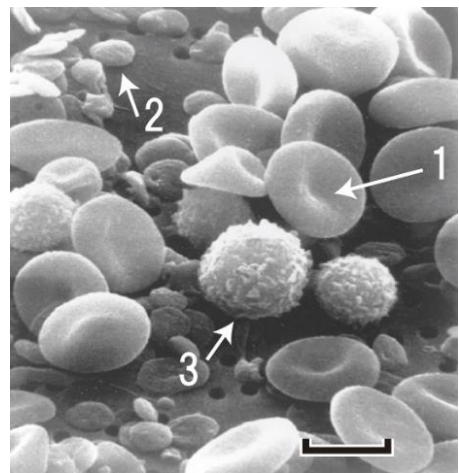
- | | |
|------------|---------------------------|
| 1. ミオグロ빈 | 3. 赤血球中のヘモグロ빈 |
| 2. 単離ヘモグロ빈 | 4. 高地(4,500m)に適応した人のヘモグロ빈 |

次の記述のうち、図から導き出される考察として正しいものはどれか。もっとも適当な組合せを A～J から選べ。ただし、肺胞中の酸素分圧は、平地で 100 mmHg、高地で 55 mmHg とし、末梢の酸素分圧はいずれも 30 mmHg とする。なお、二酸化炭素分圧や pH の影響、血中ヘモグロ빈の濃度変化は考慮しなくてよい。(5 点)

- ① 平地に住む人の赤血球中のヘモグロ빈は、肺胞から末梢に移動する際に約 10% の酸素を手放す。
- ② 単離ヘモグロ빈はミオグロ빈よりも酸素分子に強く結合する。
- ③ 2,3-BPG はヘモグロ빈の酸素親和性を低下させる。
- ④ 高地に住む人では、平地に住む人にくらべて、ヘモグロ빈が末梢で放出する酸素が多い。
- ⑤ 高地に住む人の赤血球中には、平地に住む人よりも 2,3-BPG が多く存在している。

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

問 10) 哺乳類の血液中にはさまざまな細胞が存在し、生命を維持するために重要な役割を担っている。写真は、ヒト成人の血液の電子顕微鏡写真である。写真の血液について述べた次の記述のうち、正しいものはどれか。もっとも適当な組合せを A～J から選べ。(4 点)

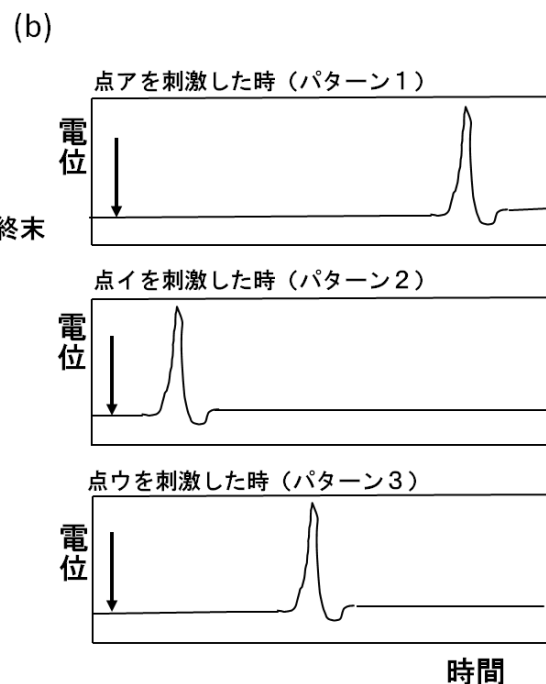
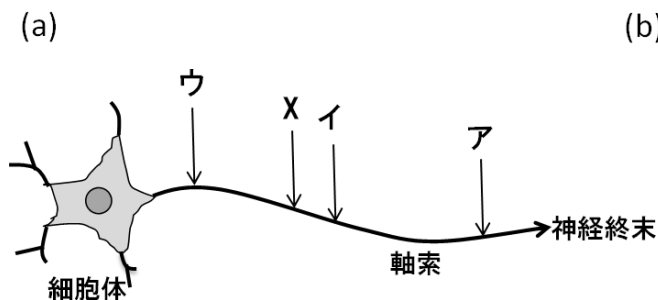


- ① 1 の細胞は無核で酸素運搬に関与する。
- ② 2 の細胞は 3 の細胞よりも血液中に多く存在する。
- ③ この血液を採取する際には凝固阻止剤が加えられた。
- ④ スケールバー（黒線）の長さは $50\mu\text{m}$ である。
- ⑤ この血液は鎌状赤血球貧血症の患者から採られた。

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

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEM_blood_cells.jpg
より引用（フリー素材，一部改変）

問 11) 図(a)は、無髄神経細胞（ニューロン）の細胞体と軸索の一部を模式的に示したものである。軸索上のアで軸索を電気刺激し、X における電位変化を測定したところ、図(b)のパターン 1 がえられた。同様にイを刺激するとパターン 2、ウを刺激するとパターン 3 がえられた。図(b)中の矢印は刺激した時点を示す。もしア、イ、ウを同時に刺激すると、どのようなパターンがえられるか。予想されるパターンを A～H から選べ。(4 点)



- A. パターン 1 と同じ
- B. パターン 2 と同じ
- C. パターン 3 と同じ
- D. パターン 1 とパターン 2 を重ねたパターン
- E. パターン 1 とパターン 3 を重ねたパターン
- F. パターン 2 とパターン 3 を重ねたパターン
- G. パターン 1, パターン 2, パターン 3 を重ねたパターン
- H. A～G のどれとも異なるパターン

問 12) 受精とは一般に、卵内へ侵入した精子が卵核と融合して新たな個体発生を開始する生物学的に重要な事象である。

ウニ卵において、卵表面に到達した精子は 1 分以内に卵内に侵入する。卵内へ侵入した精子は精核を形成して卵細胞質中を移動し、媒精（精子を加えること）から 30 分後には卵核と融合する。その後 1 時間に 1 回程度の頻度で細胞分裂（核分裂）が起きる。受精過程にはアクチンフィラメント系および微小管系の運動機構が関与している。

サイトカラシン B はアクチンフィラメント系の運動機構を抑制する阻害剤である。コルセミドは微小管系の運動機構を抑制する阻害剤である。これらの阻害剤をそれぞれ異なる濃度で含む海水中でウニ卵に媒精した。また、あらかじめ海水中で媒精し、10 分後にそれぞれの濃度の阻害剤を含む海水に移した。横軸に海水中に含まれる各阻害剤の濃度、縦軸に核融合率で判定した受精率をプロットしたところ、図 1 および 2 の結果となった。

受精過程におけるアクチンフィラメント系および微小管系の機能について、これらの図からわかることはなにか。もっとも適当な組合せを A～I から選べ。（5 点）

- ① 精子の卵内への侵入にはアクチンフィラメント系の運動機構が関与している。
- ② 精子の卵内への侵入には微小管系の運動機構が関与している。
- ③ 2 つの図からだけでは、精子の卵内への侵入にいずれの運動機構が関与しているか結論できない。
- ④ 卵内へ侵入した精子（精核）の卵核との融合に至る過程に、アクチンフィラメント系の運動機構が関与している。
- ⑤ 卵内へ侵入した精子（精核）の卵核との融合に至る過程に、微小管系の運動機構が関与している。
- ⑥ 2 つの図からだけでは、卵内へ侵入した精子（精核）の卵核との融合に至る過程にいずれの運動機構が関与しているか結論できない。

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

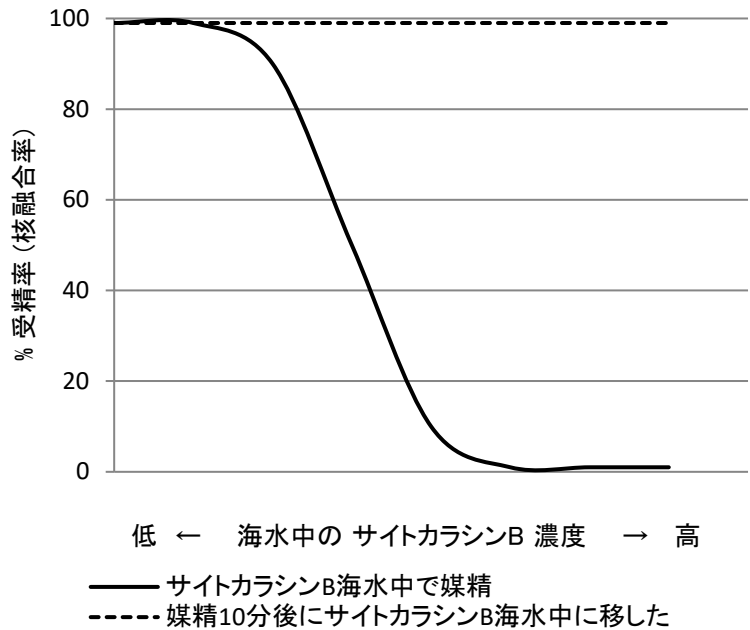


図 1： サイトカラシン B 海水中におけるウニ卵への媒精

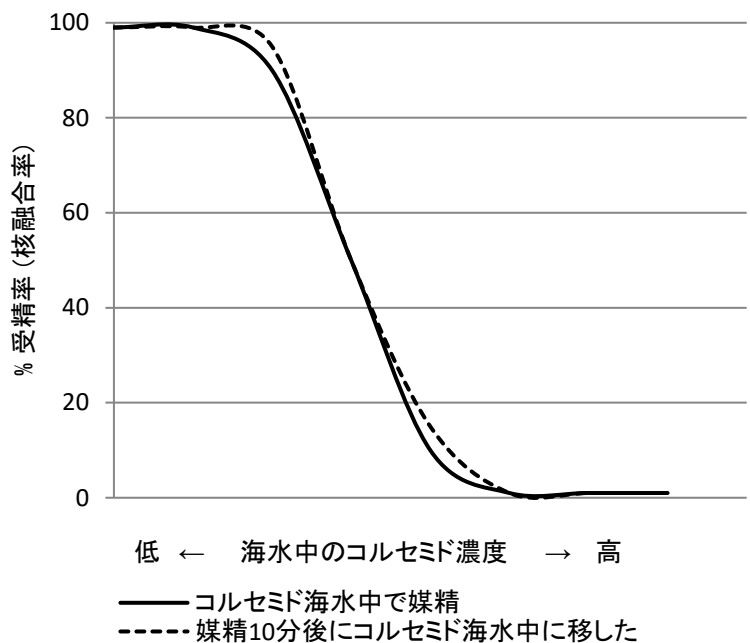


図 2： コルセミド海水中におけるウニ卵への媒精

問 13) 脊椎動物の頭部骨格の形成機構を探るために、以下の実験 1～3 を行い、結果をえた。

実験 1: ウズラとアヒルの胚の頭部のもっとも前方に位置する内胚葉領域を切除してから発生を継続させたところ、どちらの胚でも嘴（くちばし）の領域を含む頭部前方の骨格の形成は起きなかった。

実験 2: ウズラとアヒルの胚の神経堤細胞だけを移動前に蛍光物質で標識し、移動後の神経堤細胞を追跡できるようにした。その後、頭部の最前方に位置する内胚葉細胞を切除したところ、神経堤細胞の頭部前方への移動は認められたが、頭部前方の骨格の形成は起きなかった。

実験 3: 神経堤細胞が頭部前方へ移動する前に、その神経堤細胞が存在する部位の神経堤を、ウズラとアヒルの胚の間で交換移植してから発生を継続させた。その結果、アヒルの神経堤が移植されたウズラでは、嘴を含む頭部前方の骨格の形はアヒルの型となり、ウズラの神経堤が移植されたアヒルでは、嘴を含む頭部前方の骨格の形はウズラの型となった。

頭部骨格形成での神経堤細胞と頭部内胚葉のはたらきについて述べた以下の記述のうち、実験結果から推測されるものはどれか。もっとも適当な組合せを A～I から選べ。(5 点)

- ① 骨格の型を決定する情報は神経堤細胞が担っている。
- ② 骨格の型を決定する情報は頭部内胚葉が担っている。
- ③ 骨格の型を決定する情報は神経堤細胞と頭部内胚葉の両方が担っている。
- ④ 骨格の形成を促す情報は神経堤細胞が担っている。
- ⑤ 骨格の形成を促す情報は頭部内胚葉が担っている。
- ⑥ 骨格の形成を促す情報は神経堤細胞と頭部内胚葉の両方が担っている。

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

問 14) 動物の中には、自分の位置を判断する能力をそなえているものがある。*Spalax ehrenbergi* は、モグラのように地中に生息し、視覚能力を失ったげっ歯類の 1 種である。この動物は、自分の位置を判断するのに視覚情報を利用できないので、視覚以外の情報を利用していると考えられる。この可能性を確かめるために、次のような実験を行った。

[実験]

- (1) 図 1 のような迷路を用意する。出口には餌を置く。1 区画の長さは 20 cm であり、入口から出口までの最短経路の道のりは 160 cm である。
- (2) 指定された経路だけ移動できるように障壁を置く。障壁の位置を変えることにより、2 種類の経路（短経路と長経路）を作る。短経路は 320 cm の道のりであり、長経路は 640 cm の道のりである。図中の経路は、長経路の 1 例である。
- (3) 訓練では、この動物を 1 匹入口に置き、出口に達したところで、この訓練は終了する。これを 10 回繰り返す。
- (4) 訓練後、障壁を取り除き、ある個体では、入口を出発し出口に達するまでの経路を観察する。別の個体では、ヘルムホルツコイルを使い、磁場を時計回りに 90 度ずらした状態を作り、入口から出口までの経路を観察する。

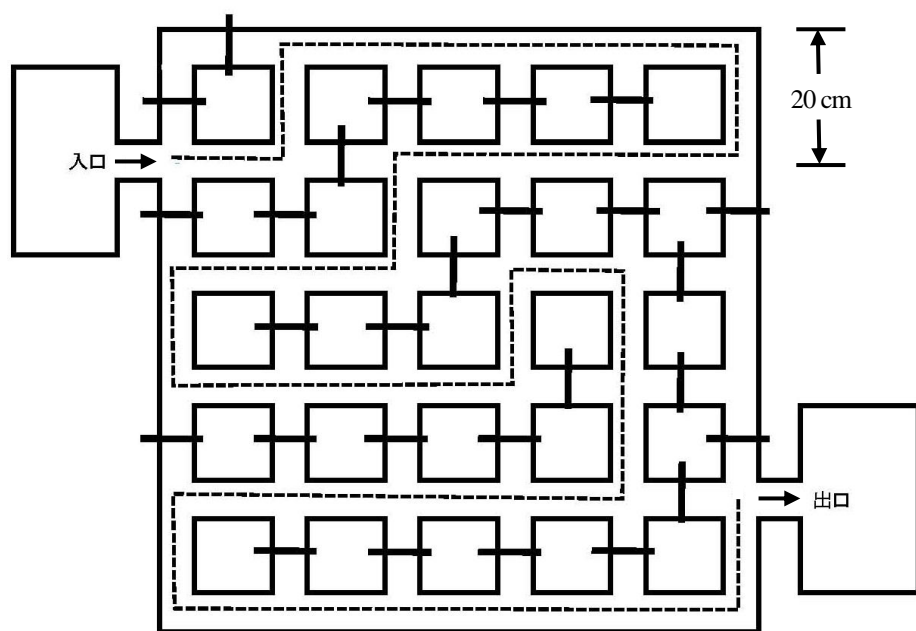


図 1：使用した迷路と長経路の 1 例

表はこの結果を示している。すべての場合、移動距離（入口を出発し出口に達するまでに通った経路の総距離）は最短経路の道のり（160 cm）より長く、訓練した経路の道のり（320 cm あるいは 640 cm）より短かった。また、長経路で訓練し、90 度ずらした磁場で観察した場合の移動距離は、ほかの場合より有意に長かった。

訓練した経路	短経路（320 cm）		長経路（640 cm）	
訓練時の磁場	地磁気		地磁気	
観察時の磁場	地磁気	90 度ずらした磁場	地磁気	90 度ずらした磁場
観察した個体数	7	8	5	6
移動距離の平均値	240±30cm	275±35 cm	260±35 cm	470±50 cm

この結果から推測できることは次の記述のどれか。推測できる記述の組合せとしてもっとも適当なものを A～J から選べ。（4 点）

- ① この動物は、主として餌のにおいを頼りに移動した。
- ② この動物は、訓練した経路を記憶し、記憶した経路に沿って移動した。
- ③ この動物は、地磁気の情報も利用して移動した。
- ④ この動物は、長経路で訓練し、磁場を 90 度ずらした環境のときだけ、地磁気の情報を利用して移動した。

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

問 15) 個体群を構成する個体の分布は、その生物の特徴を反映する。図 1～3 は方形の調査区に示したおもな 3 つの分布パターンである。また、調査区を小調査区に分割し、その中の個体数を調べることで、分布パターンを把握することができる。たとえば、調査区をそれぞれ 25 (5×5) の小調査区に分割し、その中の個体数を数える。そして、この小調査区あたりの個体数を横軸にとり、縦軸にその個体数を含む小調査区の数プロットしたのが、グラフ(ア)～(ウ)である。

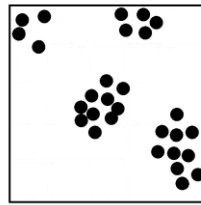


図1

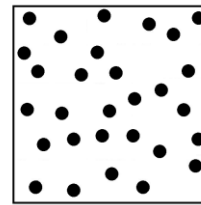


図2

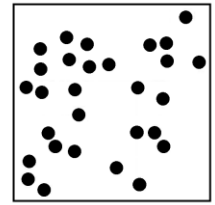
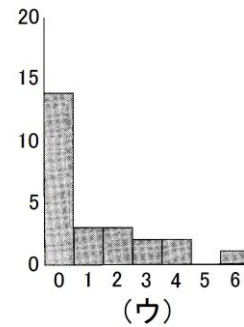
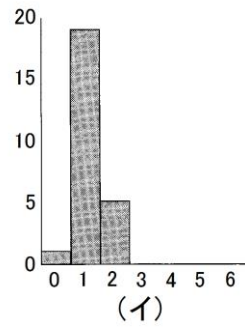
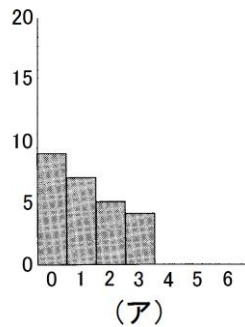


図3

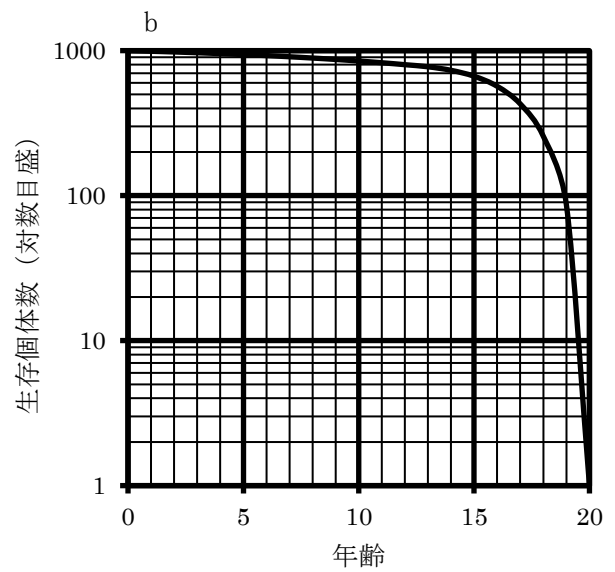
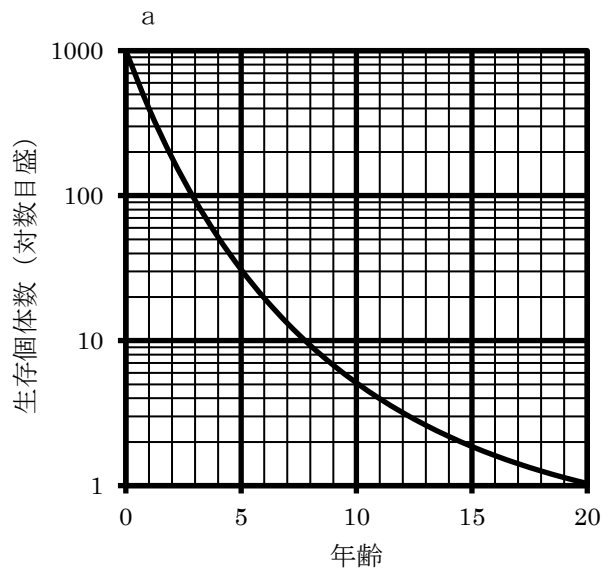


これらの図表に関する次の記述について、正しいものの組合せを A～I から選べ。(3 点)

- ① 縄張り制をもつ動物でみられる分布パターンは図 1 である。
- ② 縄張り制をもつ動物でみられる分布パターンは図 2 である。
- ③ 縄張り制をもつ動物でみられる分布パターンは図 3 である。
- ④ 個体間に強い誘因や排他性がなく、生育地の条件も均一な場合にみられる分布パターンのグラフは(ア)である。
- ⑤ 個体間に強い誘因や排他性がなく、生育地の条件も均一な場合にみられる分布パターンのグラフは(イ)である。
- ⑥ 個体間に強い誘因や排他性がなく、生育地の条件も均一な場合にみられる分布パターンのグラフは(ウ)である。

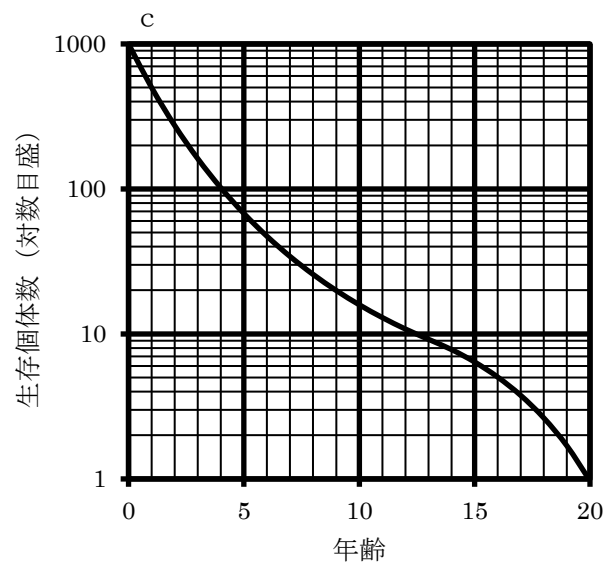
A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 16) 生存曲線は、その生物の年齢構成を示す曲線であり、出生から死亡までの過程を知ることができる。下図は3種類の生存曲線である。ここでは、出生した個体数を 1000 として、ある年齢に生存している個体数（対数目盛）を示している。



これらの生存曲線から何がわかるであろうか。死亡率（その年齢の個体が 1 年以内に死亡する割合）との関係について、生存曲線 a, b, c を説明している記述はどれか。もっとも適当な組合せを A~H から選べ。(3 点)

- ① 死亡率は、年齢とともにゆるやかに減少している。
- ② 死亡率は、高齢期に急激に減少している。
- ③ 死亡率は、年齢とともにゆるやかに増加している。
- ④ 死亡率は、高齢期に急激に増加している。
- ⑤ 死亡率は、年齢とともに減少していくが、ある年齢を超えると増加してくる。
- ⑥ 死亡率は、年齢とともに増加していくが、ある年齢を超えると減少してくる。



	A	B	C	D	E	F	G	H
生存曲線 a	①	①	②	②	③	③	④	④
生存曲線 b	④	④	③	③	②	②	①	①
生存曲線 c	⑤	⑥	⑤	⑥	⑤	⑥	⑤	⑥

問 17) 右の表は、ある地方に分布する 4 地点の自然林（植生①～④）について、その植生を調査し、構成する種（ア種～シ種）とそれらの被度（同種の植物が地表面をおおっている割合）を調べた結果を示したものである。表中の数字は、被度を 5 段階の階級に分けており、1 は被度がもっとも小さく、5 は被度がもっとも大きいことを表す。また、表中の①～④の植生は成立時期が異なり、この地方の植生の遷移の段階を示していると考えられる。

表の①～④の植生を、遷移の順序にしたがって並べかえるとどうなるか。もっとも適当なものを A～L から選べ。（4 点）

- A. ①→②→④→③

B. ①→③→②→④

C. ①→④→②→③
- D. ②→①→③→④

E. ②→③→①→④

F. ②→④→③→①
- G. ③→①→④→②

H. ③→②→④→①

I. ③→④→②→①
- J. ④→①→③→②

K. ④→②→①→③

L. ④→③→①→②

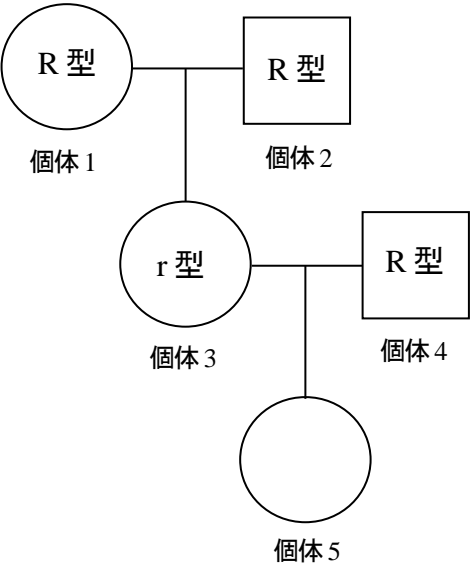
植物種		植 生			
		①	②	③	④
高木層	ア 種		2	5	
	イ 種		4		4
	ウ 種	5			2
亜高木層	イ 種	1	2	1	
	ウ 種	1			2
	エ 種				1
低木層	オ 種	1			1
	イ 種		1	1	
	エ 種	1	1		1
	オ 種				1
	キ 種			2	
草本層	ク 種	1			
	ケ 種			1	
	コ 種	1	1	4	2
	サ 種	2	1		1
	シ 種				1

同じ文字(カタカナ)は、同じ種であることを表している。

問 18) ヒトの常染色体上のある遺伝子座には、2つの対立遺伝子（ R と r ）が存在する。 R は r に対して優性である。すなわち、遺伝子型 RR と遺伝子型 Rr の表現型は R 型であり、遺伝子型 rr の表現型は r 型である。図はある家族の家系図である。この中で、個体 1、個体 2、個体 4 の表現型は R 型であり、個体 3 の表現型は r 型である。この家族が住んでいる国では、対立遺伝子 r の頻度は 25% である。

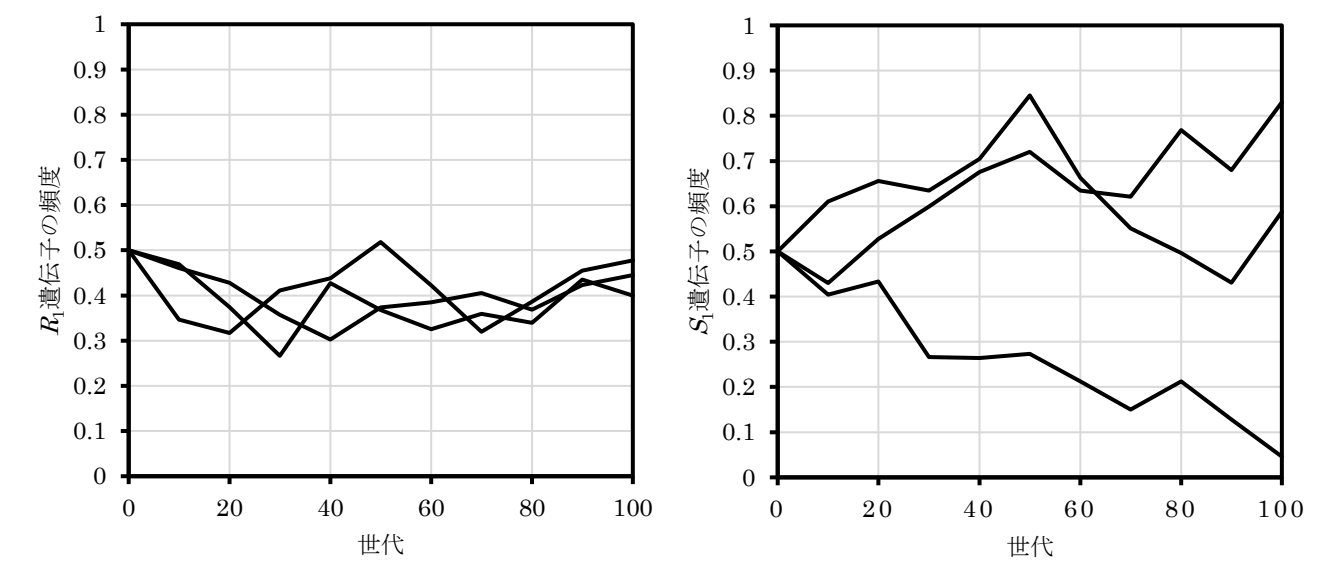
次の文章は、この家族の構成員について述べたものである。（ ）内にはいる記号や数字として適当な組合せを A～L から選べ。（4 点）

個体 1 と個体 2 の遺伝子型は（ ア ）である。個体 4 の遺伝子型は RR と Rr が考えられるが、対立遺伝子 r の頻度が 25% であると仮定すると、遺伝子型が Rr である確率は（ イ ）% である。したがって個体 5 の表現型が r 型である確率は（ ウ ）% である。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	RR	RR	RR	RR	RR	RR	Rr	Rr	Rr	Rr	Rr	Rr
イ	37.5	37.5	40	40	50	50	37.5	37.5	40	40	50	50
ウ	18.75	37.5	20	40	25	50	18.75	37.5	20	40	25	50

問 19) ある昆虫を常時 500 匹程度維持できる集団飼育箱で長期間飼育し、遺伝子頻度の変化を追う実験を行った。実験Ⅰでは、3 箱の集団飼育箱を用意し、それぞれの箱に遺伝子座 R の 2 つの対立遺伝子 (R_1 と R_2) が 1 : 1 になるように 125 匹の R_1R_1 個体、250 匹の R_1R_2 個体、125 匹の R_2R_2 個体を入れた。飼育は 100 世代続け、遺伝子頻度は 10 世代ごとに調べた。実験Ⅱでは 2 つの対立遺伝子 (S_1 と S_2) をもっている遺伝子座 S を使い、同様の実験を行った。図はその結果を示している。



図： R_1 遺伝子（左：実験Ⅰ）と S_1 遺伝子（右：実験Ⅱ）の頻度変化

遺伝子頻度を変化させる要因には、突然変異、自然選択、移住、遺伝的浮動などが知られている。次の文章は、実験結果を考察したものである。（ ）内にはいる語句として適当な組合せを A～L から選べ。（3 点）

実験Ⅱでは、 S_1 遺伝子の頻度は大きく変動している。しかも、集団飼育箱によって、頻度変化の傾向は異なっている。したがって、頻度変化の要因として（ ア ）が考えられる。

実験Ⅰでは、 R_1 遺伝子の頻度は 0.4 前後で変動しているので、遺伝子座 R には（ ア ）と（ イ ）がはたらいていると考えられる。（ イ ）には、（ ウ ）や（ エ ）が知られているが、どちらがはたらいているかは、この実験だけではわからない。

- ①平衡選択 ②超優性選択（ヘテロ接合強勢） ③頻度依存選択 ④遺伝的浮動

	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
ウ	③	②	②	③	①	①	②	①	①	②	①	①
エ	④	④	③	④	④	③	④	④	②	③	③	②

問 20) ショウジョウバエのある系統の雌を野生型の雄と交配したところ、生じた次世代ではおよそ $2/3$ が雌で $1/3$ が雄となった。この系統の雌はどのような遺伝的特徴をもつか。次の中から可能性のあるものを選び、その組合せを A～H より選べ。(4 点)

- ① 常染色体にある雄の生存力を半分にする優性遺伝子についてヘテロ接合体である。
- ② 常染色体にある雄の生存力を半分にする優性遺伝子について、ホモ接合体である。
- ③ 常染色体にある優性雄特異的致死遺伝子についてヘテロ接合体である。
- ④ 常染色体にある優性雄特異的致死遺伝子についてホモ接合体である。
- ⑤ 常染色体にある劣性致死遺伝子についてヘテロ接合体である。
- ⑥ X 染色体にある劣性致死遺伝子についてヘテロ接合体である。

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

問 21) T. H. モーガンのグループは、連鎖した遺伝子座と交差による組換えの発見により、特定の染色体上の遺伝子座を整理させて遺伝学的地図を作成する方法を考案した。下表はキイロショウジョウバエのある染色体の 5 つの遺伝子座（ア～オ）について、遺伝子座間の組換え頻度（%）を示したものである。この問題では遺伝子座間の組換え頻度が染色体上の遺伝子座間の距離に比例すると仮定する。

	ア	イ	ウ	エ	オ
ア	－	18	2	12	6
イ	18	－	20	6	12
ウ	2	20	－	14	8
エ	12	6	14	－	6
オ	6	12	8	6	－

この表から作成することのできる遺伝学的地図（連鎖地図）における 5 つの遺伝子座の配列順のうち、正しいものを A～H から選べ。(3 点)

- A. ア－ウ－イ－オ－エ B. ア－ウ－イ－エ－オ
- C. ア－ウ－オ－イ－エ D. ア－ウ－オ－エ－イ
- E. ウ－ア－イ－エ－オ F. ウ－ア－イ－オ－エ
- G. ウ－ア－オ－エ－イ H. ウ－ア－エ－オ－イ

問 22) 相同染色体を 2 組より多くもつ倍数体は、植物には普通にみられ、四倍体のジャガイモ、六倍体のコムギなど多くの被子植物で知られている。二倍体の植物にコルヒチン処理をすると、染色体の倍加は起きるが細胞分裂は阻害され、四倍体を簡単につくることができる。このようにしてつくられた植物はすべての相同染色体を 4 本ずつもつ四倍体（同質四倍体）である。このような同質四倍体では相同染色体が 4 本あるためその減数分裂は二倍体に比べて複雑になる。

今仮に、四倍体の減数分裂において、4 本の染色体のうち 2 本ずつがランダムに対合し、相同染色体を 2 本もつ配偶子がつくられるとする。遺伝子型 $SSss$ （遺伝子 S は s に対して優性）の植物が自家受精すると、 S 遺伝子による優性形質と s 遺伝子による劣性形質をもつ個体の割合はどのようになることが期待されるか。期待される比を A~L より選べ。(3 点)

- A. 3 : 1 B. 4 : 1 C. 5 : 1 D. 6 : 1 E. 7 : 1 F. 8 : 1 G. 15 : 1 H. 16 : 1
I. 24 : 1 J. 25 : 1 K. 35 : 1 L. 48 : 1

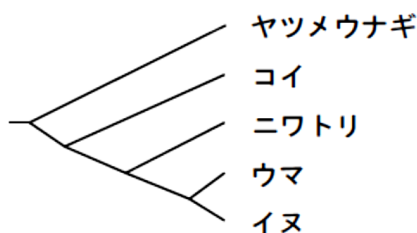
問 23) 次の文章はヒトの ABO 式血液型について述べたものである。①~⑥のうち、(ア) と (イ) にいれたとき正しい文章になるものはどれか。正しい組合せを A~L から選べ。(3 点)

ヒトの ABO 式血液型は、1 つの遺伝子座にある A 、 B 、 O の 3 つの対立遺伝子によって決定されることがわかっているが、この血液型が発見された当時 (20 世紀の初め) は、独立な 2 つの遺伝子座 (対立遺伝子 A と a 、 B と b) で決まると考える説が有力であった。それによると、 A は a に対して、 B は b に対して優性であり、遺伝子型 $AABB$ 、 $AABb$ 、 $AaBB$ 、 $AaBb$ は AB 型、遺伝子型 $AAbb$ と $Aabb$ は A 型、遺伝子型 $aaBB$ と $aaBb$ は B 型、遺伝子型 $aabb$ は O 型となる。しかし、この説では、両親のどちらかが (ア) であるとき、(イ) ことを説明できないため、3 つの対立遺伝子による説が提唱された。

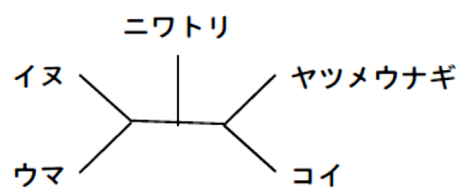
	ア	イ
①	A 型	B 型の子どもが生まれる
②	A 型	O 型の子どもが生まれる
③	AB 型	B 型の子どもが生まれる
④	AB 型	O 型の子どもが生まれない
⑤	O 型	B 型の子どもが生まれる
⑥	O 型	AB 型の子どもが生まれない

- A. ③⑤ B. ③⑥ C. ④⑤ D. ④⑥ E. ①③⑤ F. ①③⑥ G. ①④⑤ H. ①④⑥
I. ②③⑤ J. ②③⑥ K. ②④⑤ L. ②④⑥

問 24) 系統樹は生物の進化関係をあらわす 1 つの方法である。その系統樹には、次の図の左のよう共通祖先の位置すなわちルーツを示す系統樹（「有根系統樹」とよばれる）と、右のようにどの部分がルーツにあたるかを示さない系統樹（「無根系統樹」とよばれる）がある。（注）ここでは系統樹における各枝の長さはそれぞれの違いの程度を示していない。



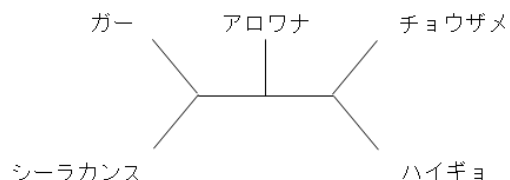
有根系統樹



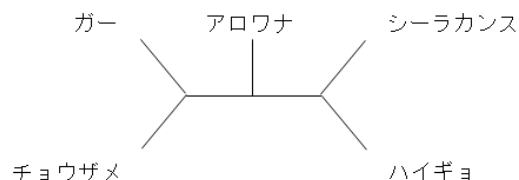
無根系統樹

アロワナ、ガー、シーラカンス、チョウザメ、ハイギョはそれぞれ特徴的な形態をもち、「古代魚」として知られている魚である。この生物の進化関係を表す無根系統樹として次の系統樹が考えられた。

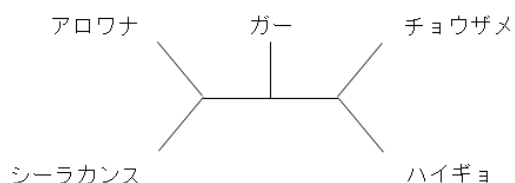
A.



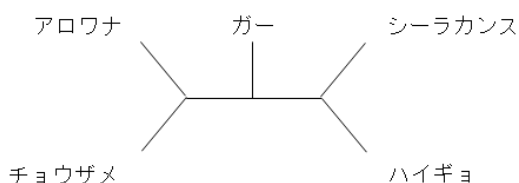
B.



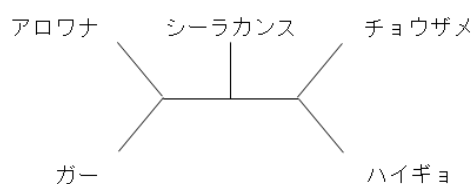
C.



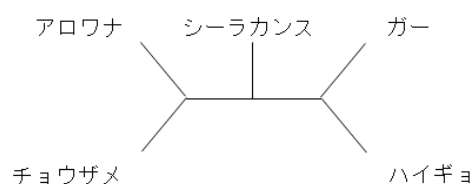
D.



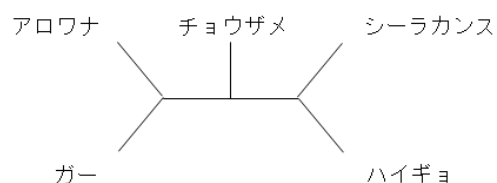
E.



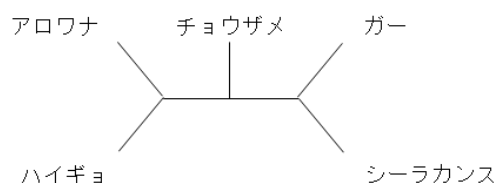
F.



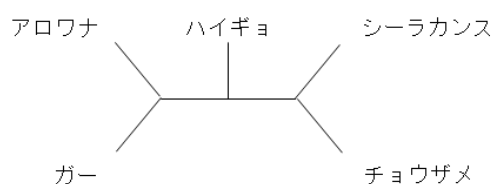
G.



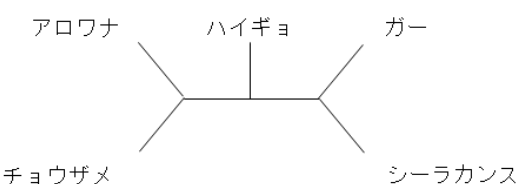
H.



I.



J.

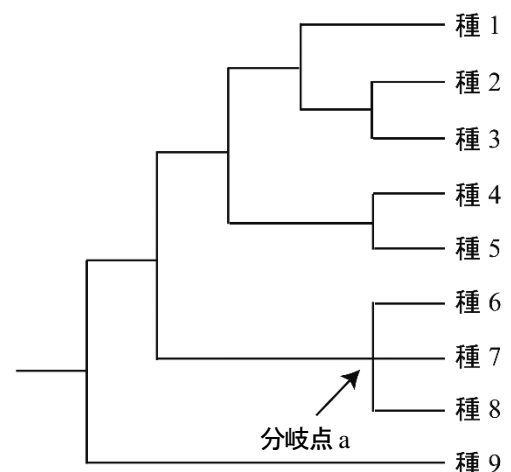


そこで、これらの 5 種の魚の進化関係を明らかにするため、1つの遺伝子のアミノ配列を比較した。その結果の一部を下表に示す。表中のアルファベットは、Lはロイシン、Kはリシンというように、アミノ酸を1文字で表記したものである。

配列上の位置	38	46	67	68	80	87	88	91	95	96
シーラカンス	L	K	S	G	M	M	E	N	A	P
ガー	M	Q	A	A	I	Q	Q	H	T	T
アロワナ	M	Q	A	A	I	P	Q	H	T	S
ハイギョ	L	K	S	T	T	T	E	N	L	T
チョウザメ	L	Q	A	A	M	Q	E	N	L	V

この結果が支持する無根系統樹を A～J から選べ。(4 点)

問 25) 右の図は、ある動物群(種 1～種 9)のミトコンドリア DNA 配列に基づく遺伝子系統樹である。次の記述のうち、この系統樹に基づいて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。なお、枝の長さは、進化的変化の量や時間に比例して描かれてはいない。(3 点)



- ① 種 2 と種 3 は、種 1 から進化した。
- ② 種 1 と種 4 の直近の共通祖先は、種 4 と種 5 の直近の共通祖先よりも前に存在していた。
- ③ 種 2 と種 3 は、種 1 と種 3 よりも形態的な類似度が高い。
- ④ 種 1 は、種 4 と同程度に種 5 に近縁である。
- ⑤ 分岐点 a では、種 6～種 8 の分岐パターンは明確ではない。

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