

日本生物学オリンピック 2022

予選問題

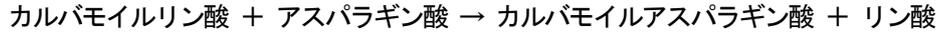
2022年7月17日

試験時間：90分

これは冊子版です。実際の試験はオンライン版を使って行われました。

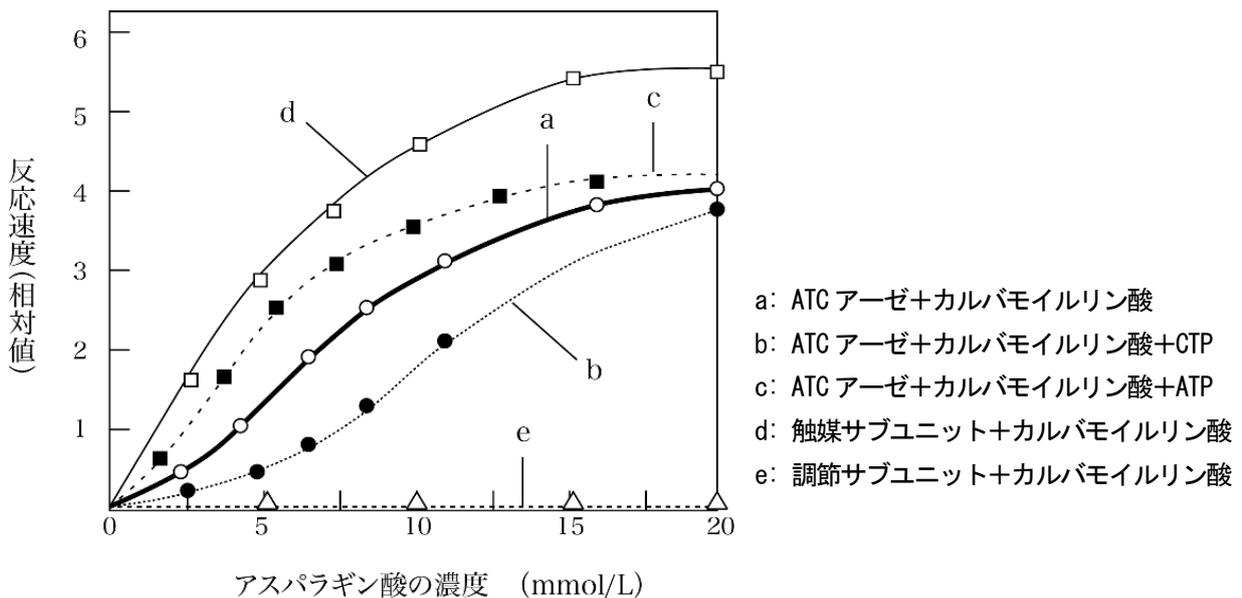
問1

アスパラギン酸カルバモイル転移酵素 (ATC アーゼ) は、ヌクレオチドの材料となるピリミジン環をつくる一連の代謝過程のうち、初期段階の反応を触媒する酵素である。ATC アーゼは、6つの触媒サブユニットと6つの調節サブユニットからなり、次の反応を触媒する。



カルバモイルアスパラギン酸はその後、いくつかの代謝を受け、CTP (シチジン三リン酸) を生じる。なお、ATC アーゼには、酵素の活性を調節する低分子物質 (エフェクター) が結合するアロステリック部位が存在する。

ATC アーゼの酵素反応を、カルバモイルリン酸が十分に存在する条件下で、アスパラギン酸の濃度を変化させて測定した結果、曲線 a がえられた。同様の実験を 2.0 mmol/L の CTP 存在下で行ったところ曲線 b が、ATP 存在下で行ったところ曲線 c がえられた。また、触媒サブユニット単独で ATC アーゼ活性を測定すると曲線 d が、調節サブユニット単独で ATC アーゼ活性を測定すると曲線 e がえられた。



次の記述のうち、この図から導き出せる結論として正しいものはどれか。正しい結論の組合せを A~L から選べ。(6 点)

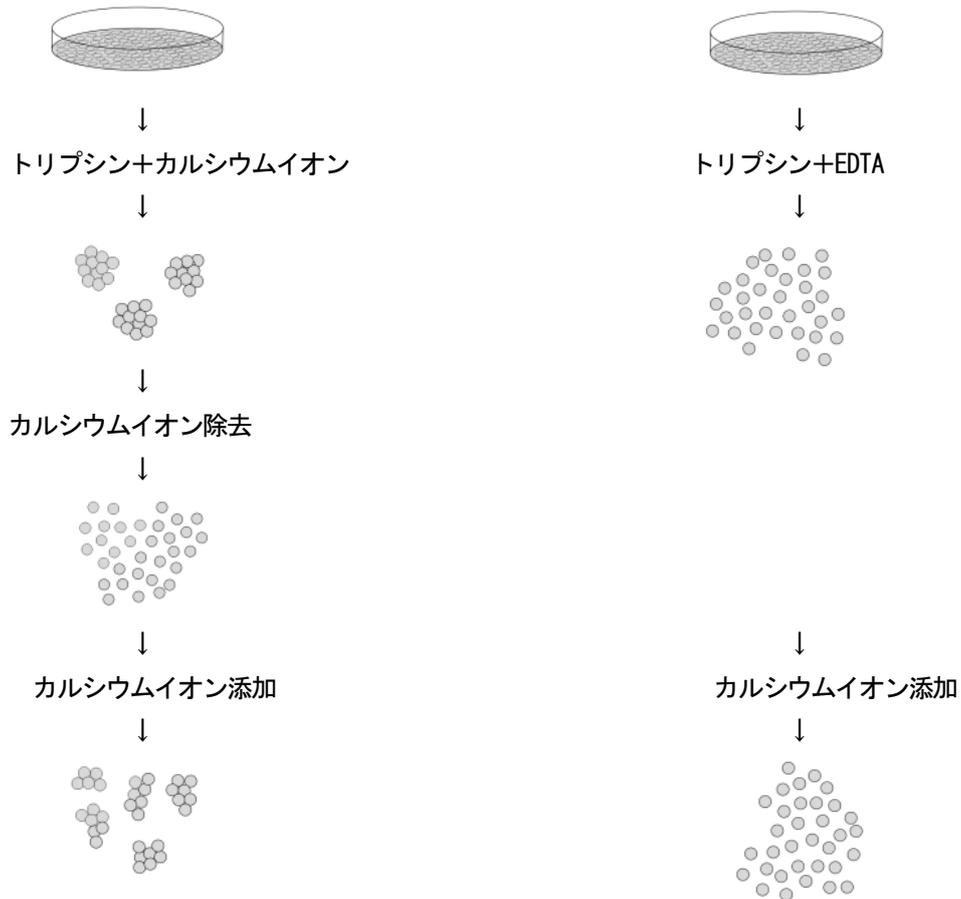
- ① 触媒サブユニットにアスパラギン酸が結合することにより、ATC アーゼの酵素活性が増大する。
- ② アスパラギン酸、CTP、ATP は触媒サブユニットのみに結合する。
- ③ CTP は ATC アーゼに対しフィードバック阻害を行う。
- ④ 調節サブユニットが解離すると、触媒サブユニットの活性は低下する。

- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②③ I. ②④ J. ③④
 K. ①②③ L. ②③④

問2

細胞同士が接着するのに必要な物質とその性質を調べるため、培養細胞をもちいて図に示すような実験を行った。ある培養細胞をカルシウムイオン存在下でトリプシン処理すると、細胞は小集団を形成し、培養皿から解離した。その後カルシウムイオンを除くと細胞はばらばらになった。このばらばらになった細胞にカルシウムイオンを加えると、細胞は再集合した（左側の実験）。

EDTAは、カルシウムイオンとマグネシウムイオンを捕まえて、これらのイオンが他の物質に作用することを妨げる物質である。EDTAが存在する状態でトリプシン処理すると、細胞はばらばらになり、培養皿から解離した。このばらばらになった細胞はカルシウムイオンを添加しても再集合しなかった（右側の実験）。



次の記述のうち、この実験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。(6点)

- ① 細胞同士の接着にはカルシウムイオンが必要である。
- ② 細胞同士の接着に必要な金属はマグネシウムイオンで代替できる。
- ③ カルシウムイオンとマグネシウムイオンは細胞同士の接着に関わる別の機構に関係している。
- ④ カルシウムイオン存在下では、トリプシンにより細胞同士の接着に必要な部分が破壊される。
- ⑤ カルシウムイオン非存在下では、トリプシンにより細胞同士の接着に必要な部分が破壊される。
- ⑥ 細胞同士の接着に必要な物質は、カルシウムイオン存在下ではトリプシンにより破壊される場合と破壊されない場合がある。
- ⑦ 細胞同士の接着に必要な物質は、カルシウムイオン非存在下ではトリプシンにより破壊される場合と破壊されない場合がある。

- A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ①⑦ E. ②④ F. ②⑤
 G. ②⑥ H. ②⑦ I. ③④ J. ③⑤ K. ③⑥ L. ③⑦

問3

ある魚類の遺伝子Mは脳と筋肉で発現する。遺伝子Mの上流には転写調節領域Xと転写調節領域Yが存在する(図1)。転写調節領域Xと転写調節領域Yを単離し、図2に示すように転写調節領域と緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子を連結したDNAを3通り作製した。これらのDNAを、微小な注射針をもちいて受精卵に注入した。この受精卵から育った稚魚を蛍光顕微鏡で観察したところ、転写調節領域XをGFP遺伝子につないだ場合には、脳と表皮で緑色蛍光が観察されたが、筋肉では観察されなかった。一方、転写調節領域YをGFP遺伝子につないだ場合には、筋肉だけで緑色蛍光が観察された。転写調節領域Xと転写調節領域Yの両方をGFP遺伝子につないだ場合には脳と筋肉で緑色蛍光が観察され、表皮では観察されなかった。また、GFP遺伝子のみの場合には、どの組織でも緑色蛍光は観察されなかった。

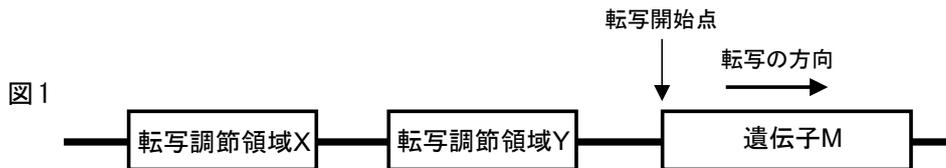


図2

受精卵に注入した緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子の構造	緑色蛍光が観察された組織
	脳、表皮
	筋肉
	脳、筋肉
	なし

次の記述のうち、これらの実験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~Lから選べ。(6点)

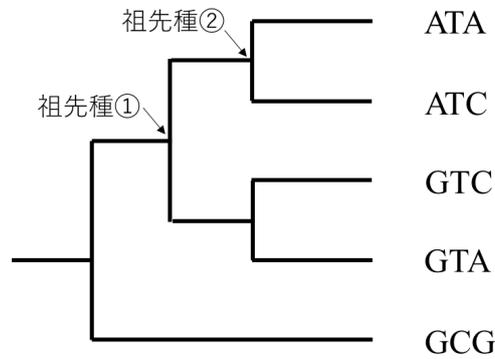
- ① 転写調節領域Xは脳と表皮で転写を促進する作用がある。
- ② 転写調節領域Xは脳と筋肉で転写を促進する作用がある。
- ③ 転写調節領域Xは筋肉で転写を抑制する作用がある。
- ④ 転写調節領域Yは筋肉で転写を促進する作用がある。
- ⑤ 転写調節領域Yは脳と筋肉で転写を促進する作用がある。
- ⑥ 転写調節領域Yは表皮で転写を抑制する作用がある。
- ⑦ 転写調節領域Yは脳と表皮で転写を抑制する作用がある。

- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①③⑦ D. ①④⑥ E. ①④⑦ F. ①⑤⑥
 G. ②④⑥ H. ②④⑦ I. ②⑤⑥ J. ③④⑥ K. ③④⑦ L. ③⑤⑥

問4

ある生物の発光には1つの酵素が関与している。この酵素の突然変異体を調べたところ、酵素の活性中心近くの1か所のアミノ酸が発光色に影響することがわかった。そのアミノ酸がイソロイシン(Ile)の場合は黄緑色に、バリン(Val)の場合はオレンジ色に、アラニン(Ala)の場合は赤色に発光した。

次にこの発光生物と近縁の生物のゲノムを調べた。すると、このアミノ酸に対応するDNA配列が次の図のように多様であり、発光色も異なることが示された(図の右にDNA配列を、左に調べた生物の系統関係を示している)。また、これら以外は酵素の遺伝子のDNA配列は同じであった。



塩基変化の数が最小になるような進化の道筋を考えた場合、以上の情報から祖先種①および祖先種②の塩基配列を推定し、次の遺伝暗号表を参考に祖先種①および祖先種②が発光する色として類推されるものをA~Iから選べ。(7点)

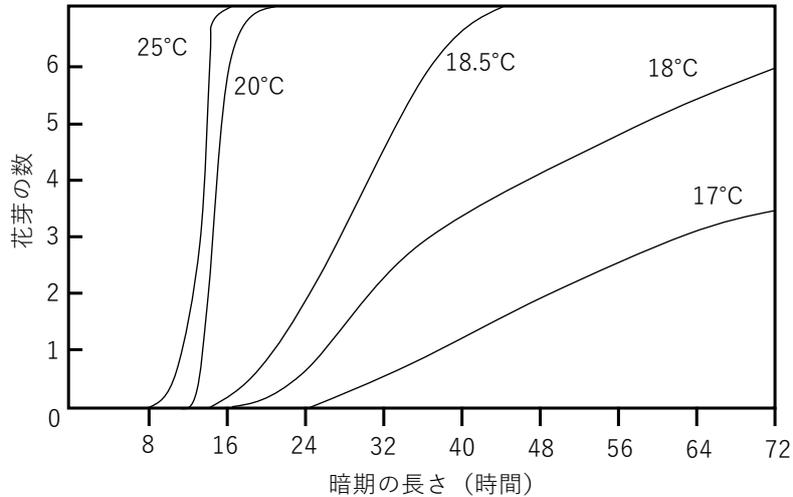
遺伝暗号表

UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	Leu	UCA		UAA	終止 コドン	UGA	終止 コドン
UUG		UCG		UAG		UGG	Trp
CUU		CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	Gln	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg
AUG	Met	ACG		AAG		AGG	
GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	Glu	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
祖先種①	黄緑	黄緑	黄緑	オレンジ	オレンジ	オレンジ	赤	赤	赤
祖先種②	黄緑	オレンジ	赤	黄緑	オレンジ	赤	黄緑	オレンジ	赤

問5

多くの植物は、毎年春や秋の同じ頃に花を咲かせる。植物にとって花をつける第一段階は、花芽の形成である。花芽の形成には、日の長さが重要な役割を果たしていることが知られている。下図は、アサガオの芽生えを17℃、18℃、18.5℃、20℃、25℃の温度で育成したときに、いろいろな長さの暗期を1回だけ与えたときに形成された花芽の数を計測した結果である。その結果、形成された花芽の数、花芽を形成するために必要な暗期の長さに違いが観察された。



次の記述のうち、この図から導き出せる考察として正しいものはどれか。正しい記述の組合せをA~Kから選べ。(5点)

- ① アサガオは短日植物である。
- ② 温度が17℃の時は、1日以上長い暗期を与えなければ花芽は形成されない。
- ③ 温度が25℃の時は、8時間の暗期処理で花芽が形成される。
- ④ 温度が低いと、暗期の効果は小さくなる。

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

問6

植物は1個の細胞から植物個体を再生できる分化全能性とよばれる能力をもっており、それを利用した技術として組織培養がある。タバコなどの一部の植物では、組織培養の材料として花粉をもちいても、植物個体を形成することができる。花粉を材料にした組織培養によって形成された芽生えを、花をつけるまで育てることにした。次の①~④のうち、この植物の花の中で種子から育てた植物と同様に形成されると考えられるものはどれか。正しいものの組合せをA~Kから選べ。(4点)

- ① 胚珠 ② 卵細胞 ③ 葯 ④ 柱頭

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

問7

夏緑樹林にみられる陽樹のシラカンバにおいて、枝の細胞に含まれる炭水化物（デンプン、ショ糖、単糖）の量と細胞の浸透圧の季節変動を調べたところ、図1に示した結果がえられた。

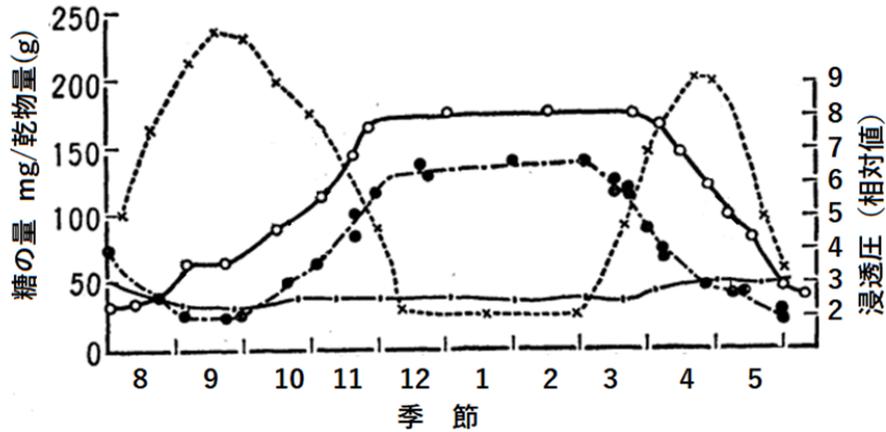


図1 炭水化物および浸透圧の季節変動

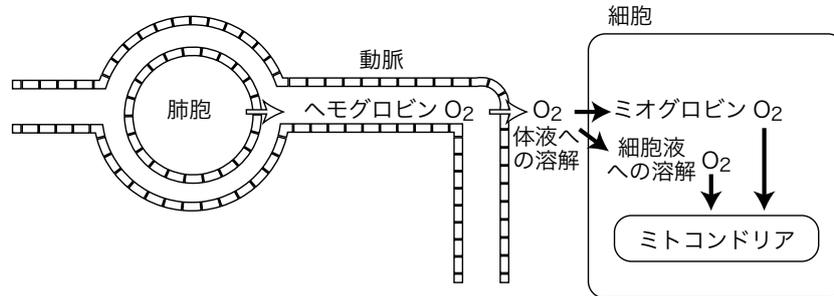
×・・・× デンプン ○——○ 浸透圧
 ●- - -● ショ糖 ·——· 単糖

一方、亜熱帯雨林にみられるアコウでは、シラカンバのような季節変動がほとんどみられなかった。このシラカンバとアコウの違いから、シラカンバにおいて冬場（12月～2月）にデンプン量が減り、ショ糖が増えたことの考察としてもっとも適切なものをA～Gから選べ。（5点）

- A. 冬場に光合成量が低下するため、枝の細胞に貯蔵されたデンプンが分解されてショ糖に変換され、同化器官の細胞の呼吸基質として供給されるようになる。
- B. 冬場に光合成量が低下するため、枝の細胞に貯蔵されたデンプンが分解されてショ糖に変換され、非同化器官の細胞の呼吸基質として供給されるようになる。
- C. 気温の低下にともない、光合成産物としてのデンプンの供給が減ると共に、呼吸による貯蔵デンプンの消費が進む。その一方で、落葉に伴う葉からのショ糖の供給が増加した。
- D. 気温の低下にともない、光合成産物としてのデンプンの供給が減ると共に、呼吸による貯蔵デンプンの消費が進む。その一方で、根系の非同化器官からのショ糖の供給が増加した。
- E. 気温の低下にともない、貯蔵デンプンがショ糖に分解され、細胞の浸透圧が上昇する。これにより細胞内への吸水が高まり、細胞の膨圧が上昇し、低温による枝のしおれが防がれる。
- F. 気温の低下にともない、貯蔵デンプンがショ糖に分解され、細胞の浸透圧が上昇する。これにより細胞からの脱水が急激に進み、細胞内部の凍結が防がれる。
- G. 気温の低下にともない、貯蔵デンプンがショ糖に分解され、細胞の浸透圧が上昇する。これにより細胞内液の凝固点が下がり、細胞内部の凍結が防がれる。

問8

ヒトにおいて酸素呼吸に使われる酸素分子は、肺胞で赤血球中のヘモグロビンに結合して組織に運ばれ、細胞液に溶解するか、筋肉細胞では細胞中にあるミオグロビンに結合して細胞内を移動し、ミトコンドリアに渡される。この間、肺胞から赤血球にわたる際、および赤血球から細胞外液（体液）に移行する際には、酸素分子は血管壁の細胞膜を透過し、血管壁の細胞液に溶解して移動する必要がある（図中白矢印）。また、組織の細胞内に入る際にも細胞膜を透過する必要がある。



ヒトにおける酸素分子の移動に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述の組合せをA～Lから選べ。(6点)

- ① ミオグロビンはヘモグロビンよりも強く酸素分子と結合できる。
- ② ミオグロビンはヘモグロビンよりも酸素結合力は弱い。
- ③ 図中でもっとも酸素濃度が低いのは、実際に酸素を消費するミトコンドリアである。
- ④ 図中でもっとも酸素濃度が高いのは、実際に酸素を消費するミトコンドリアである。
- ⑤ 細胞膜には酸素分子を透過させるための輸送タンパク質がある。
- ⑥ 酸素分子は細胞膜を特別な輸送体なしに透過する。
- ⑦ 体液や細胞液は酸素をよく溶かすので、水溶液中の拡散により必要な酸素をミトコンドリアまで運搬できる。
- ⑧ 体液や細胞液への酸素溶解度は低いので、水溶液中の拡散だけでは必要な酸素をミトコンドリアまで運搬できない。

- A. ①③⑤⑧ B. ①③⑥⑦ C. ①③⑥⑧ D. ①④⑤⑦ E. ①④⑤⑧ F. ①④⑥⑧
 G. ②③⑤⑦ H. ②③⑥⑦ I. ②③⑥⑧ J. ②④⑤⑦ K. ②④⑤⑧ L. ②④⑥⑦

問9

図1は、アフリカツメガエルの減数分裂の過程に入った卵母細胞および受精後から遊泳幼生期までの各発生段階に合成する核酸の種類(①~④)とそれらの相対的な合成活性(合成速度)を示したものである。

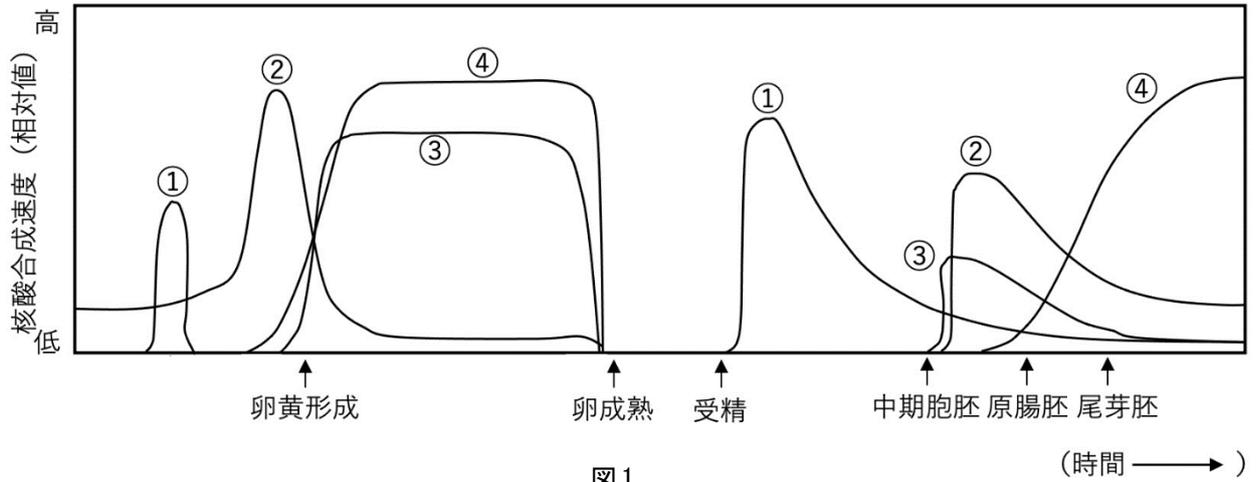


図1

アフリカツメガエルでは、通常、細胞の核に2個の核小体がみられるが、核小体を1個もつ突然変異体やまったくもたない突然変異体が知られている。核小体をもたない突然変異体の胚は、受精後発生を始めるが、尾芽胚期頃には死んでしまう。図2は、この核小体をもたない突然変異体の胚の受精後の核酸合成速度を示したものである。

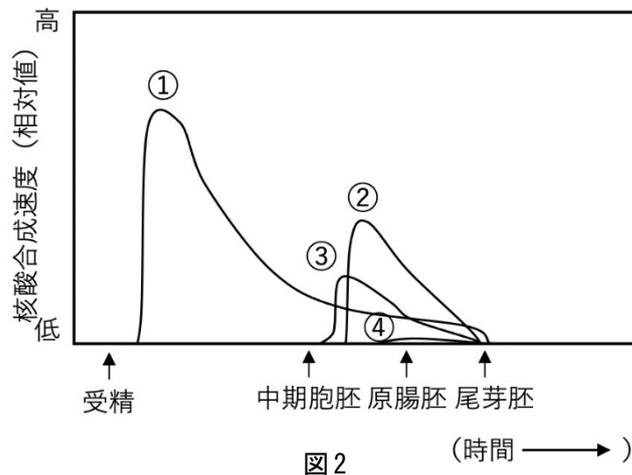


図2

図中の①と④はどの種類の核酸を表しているのか。正しい核酸の組合せをA~Lから選べ。(5点)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
①	DNA	DNA	DNA	mRNA	mRNA	mRNA	rRNA	rRNA	rRNA	tRNA	tRNA	tRNA
④	mRNA	rRNA	tRNA	DNA	rRNA	tRNA	DNA	mRNA	tRNA	DNA	mRNA	rRNA

問10

健康な成人男性の静脈から血液を採取し、採取後ただちに少量のクエン酸ナトリウムを加え、ガラス管（内径 1 mm、全長 75 mm）に注入した。下端を粘土で封じて遠心分離器にかけたところ、血液の成分はXとYの2層に分離した（下図）。



Xはやや黄色の透明な液体で、Yは濃赤色で濁っていた。またXとYの界面には薄い白色の層が観察された。次に、XとYをそれぞれ回収し、3種のイオン (Na^+ , K^+ , Cl^-) の濃度を測定した。なお、測定の際は、XとYのサンプルをそれぞれ蒸留水で1/10に希釈してから測定し、えられた値を10倍して原液の値を求めた。この実験に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。正しい記述の組合せをA~Lから選べ。(5点)

- ① Xは血清に相当し、Yは血球に相当する。
- ② XとYの界面の白色層にはフィブリンが含まれる。
- ③ Na^+ 濃度は、 $X < Y$ である。
- ④ K^+ 濃度は、 $X < Y$ である。
- ⑤ Cl^- 濃度は、 $X < Y$ である。

- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ⑤ F. ①② G. ①③
- H. ①④ I. ①⑤ J. ②③ K. ②④ L. ②⑤

問11

健全なヒトから採取した新鮮な尿や血液にナタマメ(種子)の粉末を加えて軽く攪拌すると、アンモニア臭が生じる。この反応を詳しく調べるために実験1～実験3を行った。

[実験1] ナタマメの粉末を緩衝液に溶かした溶液を作り、これを採取した尿1mLを含む試験管に注ぎ入れ、ゴム栓で栓をした。この時、発生するアンモニア量を測るため、図1のようにネスラー試薬を塗り付けたる紙片をゴム栓に吊り下げた。

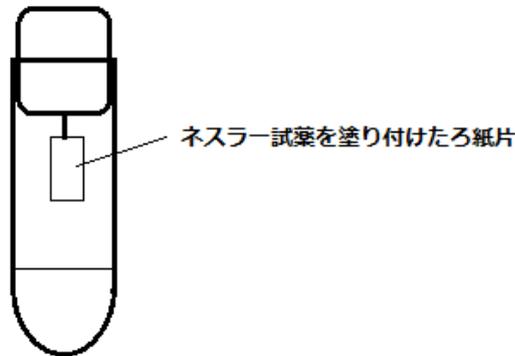


図1

ネスラー試薬は、アンモニア量に応じた濃さで赤褐色に発色するため、あらかじめ各濃度の塩化アンモニウム溶液を準備し、ネスラー試薬と反応させ、分光濃度計をもちいて、アンモニアの濃度と赤褐色の濃淡の関係を調べておいた。

[実験2] ナタマメの粉末を緩衝液に溶かした溶液を10分間煮沸した後、実験1と同様に実験を行った。その結果、ろ紙片に赤褐色の発色はみられず、アンモニアが発生しなかったことがわかった。

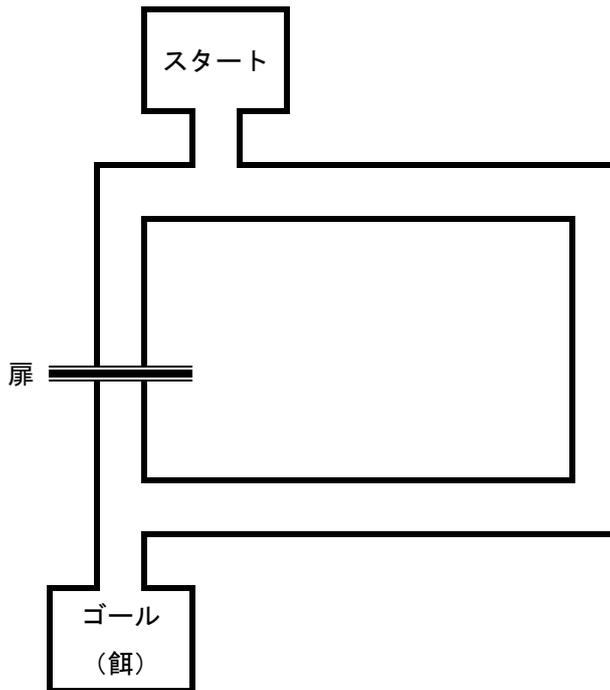
[実験3] 採取した血液を遠心分離器にかけて、上清をえた。この上清1mLを尿の代わりにもちいて実験1と同様に実験を行った。その結果、実験1よりも赤褐色の発色は薄く、あらかじめ求めていたアンモニア濃度と赤褐色の濃淡との関係より、実験1の約50分の1の量のアンモニアが発生したことがわかった。

実験1と実験3においてアンモニアが発生したのは、尿や血しょうに含まれる物質(物質a)がナタマメ中の酵素により分解されたことによると考えられる。物質aと実験1～実験3の結果から求められる値として適切な組合せをA～Lから選べ。(6点)

	物質 a	求められる値		物質 a	求められる値
A	グルコース	物質 a の原尿中の濃度	G	アミノ酸	物質 a の原尿中の濃度
B	グルコース	物質 a の再吸収量	H	アミノ酸	物質 a の再吸収量
C	グルコース	物質 a の濃縮率	I	アミノ酸	物質 a の濃縮率
D	脂肪酸	物質 a の原尿中の濃度	J	尿素	物質 a の原尿中の濃度
E	脂肪酸	物質 a の再吸収量	K	尿素	物質 a の再吸収量
F	脂肪酸	物質 a の濃縮率	L	尿素	物質 a の濃縮率

問12

マウスの学習行動の特徴を知るため、迷路をもちいた研究を行った。使用した迷路は以下のように簡単なものである。



この実験では、スタート地点に1匹のマウスを置き、ゴール（餌）地点に達するまでの時間（秒）を計測した。実験開始1日目から5日目までは扉を開け、1日に5回の実験を行った。実験開始から6日目には扉を閉じ、1回の実験を行った。扉にぶつかった直後に引き返し、遠回りの経路でゴールした場合のみを成功とし、そうでなかった場合を失敗とした。実験結果を下表に示す。

実験結果：1日目から5日目までの数値はゴールに達するまでの時間（5回の実験の平均値：秒）

扉	開始から	個体1	個体2	個体3	個体4	個体5	個体6	個体7	個体8	全個体の平均値
開ける	1日目	25	42	24	74	26	69	256	72	74
	2日目	13	17	22	12	7	8	24	13	15
	3日目	14	9	17	8	6	5	26	14	12
	4日目	8	10	18	8	6	6	23	9	11
	5日目	7	8	14	7	5	5	17	23	11
閉じる	6日目	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	成功	失敗	

次の文章は、この結果について述べたものである。（ ）内に入る語句の組合せをA~Lから選べ。（5点）

1日目は、（ア）のために長時間を要していると考えられる。しかし2日目以降は、学習の効果により、短期間でゴールしていると思われる。

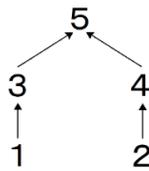
1日目に多くの時間をかけてゴールに達したものは、6日目の実験に（イ）しやすい傾向がみられる。これは（ア）の（ウ）と考えることができる。しかし、この結論を下すには、データが不足しているので、さらなる研究が必要である。

- ① 順応 ② 試行錯誤的行動 ③ 恐怖心 ④ 成功 ⑤ 失敗 ⑥ 利点 ⑦ 欠点

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	①	①	①	①	②	②	②	②	③	③	③	③
イ	④	④	⑤	⑤	④	④	⑤	⑤	④	④	⑤	⑤
ウ	⑥	⑦	⑥	⑦	⑥	⑦	⑥	⑦	⑥	⑦	⑥	⑦

問 13

生物の種間相互作用には、捕食や種間競争など二種の生物間で生じる直接的な相互作用と、第三の種の影響が作用する間接効果（間接相互作用）がある。図は、生態系内の間接効果について示した食物網の例である。図内の数字は架空の生物種を表し、矢印の方向が捕食作用（矢印の始点にある被食者が終点にある捕食者に食べられる）を示す。なお、種1と種2の間や種1と種4の間のように、矢印（捕食被食関係）で繋がっていない種間には直接的な関係はない。



今、捕食者である種5が種3、種4 どちらの餌種についても一定の割合で捕食し、個体数の多い餌種への餌の切り替えを行わないと仮定する。次の記述のうち、種1が増加した場合に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。（4点）

- ① 種5の個体数は増加する。
- ② 種5の個体数は減少する。
- ③ 種4の個体数は増加する。
- ④ 種4の個体数は減少する。
- ⑤ 種2の個体数は増加する。
- ⑥ 種2の個体数は減少する。
- ⑦ 種2の個体数は変化しない。

- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①③⑦ D. ①④⑤ E. ①④⑥ F. ①④⑦
 G. ②③⑤ H. ②③⑥ I. ②③⑦ J. ②④⑤ K. ②④⑥ L. ②④⑦

問 14

あるヤマネコは近年個体数が減少している。このヤマネコの食糧源（被食者）の多様性を知るため、生息地に入り、フンを採集した。採集したフン中の骨や歯から被食者を同定し、集計した。集計に際しては、アナウサギが生息しているかどうか、季節の違いを考慮した。図1はアナウサギが生息している地域の結果であり、図2はアナウサギが生息していない地域の結果である。縦軸はヤマネコのフンを内容物で分類した結果である。たとえば、図1の冬では89%のフンにネズミ目の動物の骨や歯が入っていた。

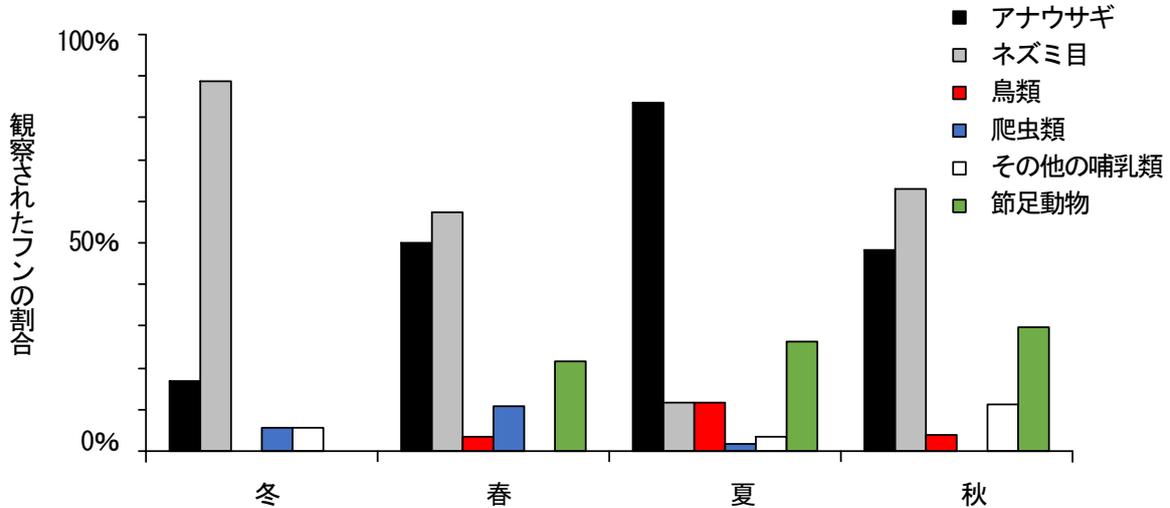


図1：アナウサギが生息している地域においてそれぞれの食糧源（被食者）が入っていたフンの割合

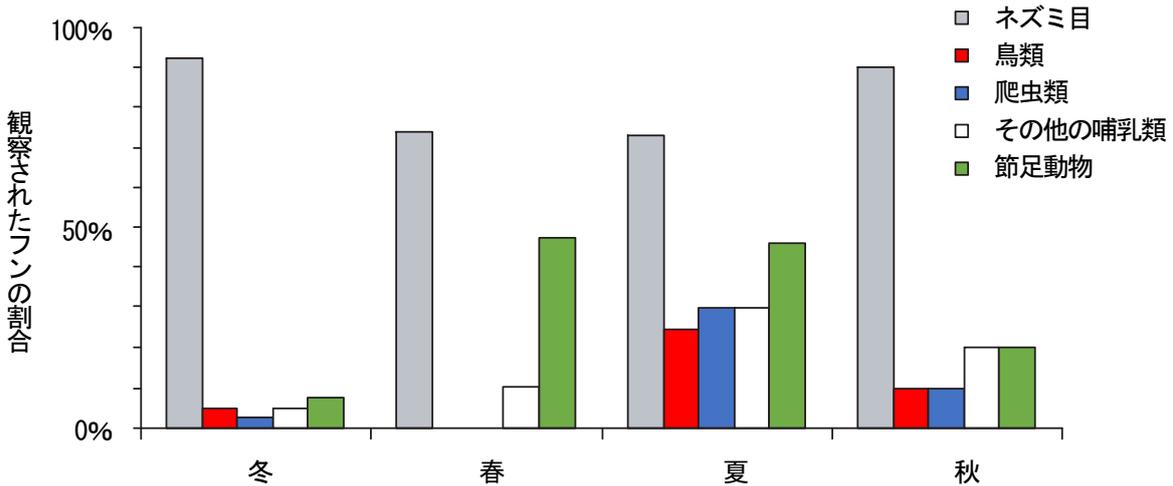


図2：アナウサギが生息していない地域においてそれぞれの食糧源（被食者）が入っていたフンの割合

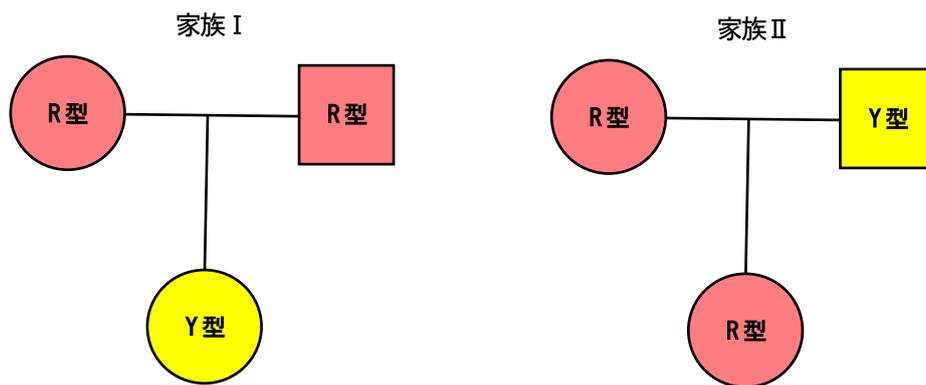
「アナウサギが生息している地域と生息していない地域を比較したとき、アナウサギの有無以外に、動物の分布に違いがない」と仮定したとき、次の記述のうち、推測されるものはどれか。推測される記述の組合せをA～Lから選べ。(5点)

- ① このヤマネコは、冬に特定の食糧源に依存する傾向が高い。
- ② このヤマネコは、ネズミ目の動物を冬には容易に発見し捕獲できるが、夏には発見し捕獲することが困難になる。
- ③ このヤマネコは、アナウサギを夏には容易に発見し捕獲できるが、冬には発見し捕獲することが困難になる。
- ④ ネズミ目の動物は、このヤマネコの被食者として、アナウサギが生息していない地域では重要であるが、アナウサギが生息している地域では重要でない。

- A. ① B. ② C. ③ D. ④ E. ①② F. ①③ G. ①④ H. ②③ I. ②④ J. ③④
 K. ①②③ L. ②③④

問 15

ある集団のある遺伝子座には2つの対立遺伝子 (R と r) があり, r は R に対して潜性 (劣性) である。すなわち, 遺伝子型 RR と Rr の表現型は R 型であり, 遺伝子型 rr の表現型は Y 型である。この集団においては, R 遺伝子の頻度は p, r 遺伝子の頻度は q であり, ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っている。この遺伝子座について, 2 家族を調べたところ, 次のような家系図をえた。なお, ○は女性を, □は男性を表している。



家族 I では長女だけが Y 型であり, 家族 II では父親だけが Y 型であった。両家族とも, 両親はこの集団から無作為に (ランダムに) 選ばれたと仮定したとき, それぞれの家族の母親の遺伝子型が Rr 型である確率を求め, その組合せを A~L から選べ。(6 点)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
家族 I	pq	pq	pq	pq	2pq	2pq	2pq	2pq	1	1	1	1
家族 II	pq	2pq	q	2q	pq	2pq	q	2q	pq	2pq	q	2q

問16

キイロショウジョウバエの雌雄はY染色体の有無ではなく、X染色体の本数によって決まる。2本のX染色体が融合してできた付着X染色体という特殊な染色体をもったXXYのハエはメスであるが、この個体では減数分裂によってXX卵とY卵を生じる。野外で採集したオスを1匹ずつ分けて、上記のXXYメスと交配することで、次世代の雌雄をえた。X染色体が1本あるいは2本の個体は生まれるが、0本あるいは3本の個体は発生の途中で死んでしまう。そのため、次世代のオスは野外のオス1匹に由来するX染色体をもった個体ばかりになる。このようにして生まれた雌雄を交配することで、野外由来の均一なX染色体をもった系統(X染色体純系)をたくさん確立した。これらX染色体純系のオスのある系統のメスと交配して、2世代後に野外由来のX染色体をホモ接合でもつメスを作製しようと試みた。ほとんどの系統では問題なく目的の個体がえられたが、1つの系統ではホモ接合のメスが致死であることが判明した。このことに関連して書かれた次の説明文の()内に入る記述の組合せとして正しいものをA~Lから選べ。(7点)

問題のX染色体には(ア)の致死遺伝子がある。しかし、(イ)にはその致死遺伝子を抑制する遺伝子があるため、メスにだけその効果が現れる。その証拠に、問題のX染色体をもったオスを(ウ)付着X染色体メスと交配すると、次世代のオスは生まれない。

	ア	イ	ウ
A	顕性(優性)	オスの常染色体	Y染色体をもたない
B	顕性(優性)	オスの常染色体	染色体のある部分を重複してもつ
C	顕性(優性)	オスのX染色体	Y染色体をもたない
D	顕性(優性)	オスのX染色体	染色体のある部分を重複してもつ
E	顕性(優性)	Y染色体	Y染色体をもたない
F	顕性(優性)	Y染色体	染色体のある部分を重複してもつ
G	潜性(劣性)	オスの常染色体	Y染色体をもたない
H	潜性(劣性)	オスの常染色体	染色体のある部分を重複してもつ
I	潜性(劣性)	オスのX染色体	Y染色体をもたない
J	潜性(劣性)	オスのX染色体	染色体のある部分を重複してもつ
K	潜性(劣性)	Y染色体	Y染色体をもたない
L	潜性(劣性)	Y染色体	染色体のある部分を重複してもつ

問17

劣性（潜性）致死遺伝子は、その有害性のため、集団中に非常に低い頻度で維持されている。ここでは、完全劣性致死モデルと不完全劣性致死モデルの2つのモデルを考える。ある遺伝子座には2つの対立遺伝子（Aとa）があり、遺伝子型aaの個体は生存できない。2つのモデルの違いは、ヘテロ接合体（Aa）の相対生存力である（下表参照）。

遺伝子型	相対生存力		
	AA	Aa	aa
完全劣性致死モデル	1	1	0
不完全劣性致死モデル	1	1 - h	0

(注) hは $0.02 < h < 0.04$ の範囲を想定する

これらのモデルでは、正常な遺伝子Aから致死遺伝子aが生じる（世代あたりの）突然変異率をuとし、致死遺伝子aが正常な遺伝子Aにもどる突然変異は生じないものとする。なお、uは 10^{-5} より小さいものとする。

次の文章は、ある集団中に維持されている致死遺伝子aの頻度（平衡頻度）を近似的に求めたものである。なお、この集団は非常に大きく、遺伝的浮動の影響はないと仮定する。また、致死遺伝子aの頻度をqとする。文章中の（ ）内に入る記述の組合せとして正しいものをA～Lから選べ。（7点）

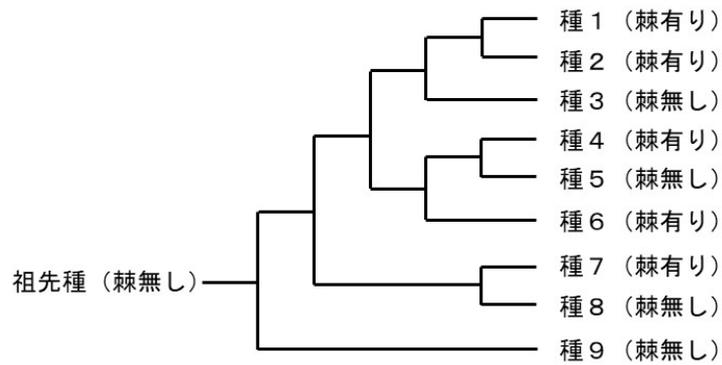
完全劣性致死モデルでは、致死遺伝子aの頻度は毎世代、突然変異によりuの割合で増加するが、自然選択により（ア）の割合で減少する。したがって、致死遺伝子の平衡頻度は（イ）である。

一方、不完全劣性致死モデルでは、致死遺伝子aの頻度は毎世代、突然変異によりuの割合で増加するが、自然選択により（ウ）の割合で減少する。したがって、致死遺伝子の平衡頻度は（エ）である。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	q	q	q	2q	2q	2q	q^2	q^2	q^2	$2q^2$	$2q^2$	$2q^2$
イ	u	u	u	$\frac{u}{2}$	$\frac{u}{2}$	$\frac{u}{2}$	\sqrt{u}	\sqrt{u}	\sqrt{u}	$\sqrt{\frac{u}{2}}$	$\sqrt{\frac{u}{2}}$	$\sqrt{\frac{u}{2}}$
ウ	qh	2qh	q^2h	qh	2qh	q^2h	qh	2qh	q^2h	qh	2qh	q^2h
エ	$\frac{u}{h}$	$\frac{u}{2h}$	$\sqrt{\frac{u}{h}}$	$\frac{u}{h}$	$\frac{u}{2h}$	$\sqrt{\frac{u}{h}}$	$\frac{u}{h}$	$\frac{u}{2h}$	$\sqrt{\frac{u}{h}}$	$\frac{u}{h}$	$\frac{u}{2h}$	$\sqrt{\frac{u}{h}}$

問18

下図は、ある動物グループの種1～種9の分子系統樹である。この動物グループには、棘をもつ種ともない種が知られている。



この動物グループの祖先種は棘をもっていなかったと仮定したとき、次の文章の () の中に入る数字の適切な組合せをA～Lから選べ。(5点)

この動物グループの進化において、棘の形質変化は最低 (ア) 回起き、その回数での形質変化の起き方は (イ) 通りある。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ア	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
イ	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4