

# 日本生物学オリンピック 2022

## 予選問題

2022年7月17日（日）

〈正解・解説〉



問1) 【正解】 F 【部分点】 (配点の3/10) A C (配点の1/10) K

【解説】 ATCアーゼはアロステリック酵素の代表的な例として有名である。この酵素はカルバモイルリン酸とアスパラギン酸からカルバモイルアスパラギン酸を生ずる反応を触媒する。またこの酵素は、ピリミジン生合成系の初期段階の酵素として重要であり、この生合成系の最終産物であるCTPなどによってフィードバック阻害を受ける。

グラフaより、ATCアーゼの基質濃度依存曲線はS字型のシグモイド曲線を示していることがわかる。したがって、本酵素は、基質が1つの触媒ユニットに結合することにより酵素タンパク質の立体構造が変化し、別の触媒ユニットの基質親和性が変化して酵素活性が増大していると考えられる。よって、①は正しい。

このような協同性は、ヘモグロビンの酸素親和曲線にもみられるが、アロステリックな制御の一種である。グラフa, b, cを比較すると、CTPとATPはATCアーゼの活性を変化させる因子であることがわかる。また、両者は基質であるアスパラギン酸とは構造的に類似性がないので異なる部位に結合すると考えられ、これらが触媒サブユニットに結合するという結論を導き出せない(実際に、調節サブユニットに結合する)。一方、アスパラギン酸は基質なので触媒サブユニットの基質結合部位に結合する。よって、②は誤り。

グラフa, bを比較すると、CTPはATCアーゼ活性を低下させている。また、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て最終産物のCTPになると問題文に示されている。したがって、本酵素は、最終産物CTPによるフィードバック阻害を受けていると考えられる。よって、③は正しい。

グラフa, d, eを比較すると、調節サブユニットのみでは全く活性がないのに対し、触媒サブユニットのみでは、aよりも高い酵素活性を示していることがわかる。したがって本酵素は、調節サブユニットが結合することで、触媒サブユニットの活性が抑制されていると考えられる。よって、④は誤り。

問2) 【正解】 B 【部分点】 (配点の2/10) A C D F J

【解説】 カドヘリン発見のきっかけになった実験を簡略にしたものである。EDTAはカルシウムイオンやマグネシウムイオンとキレートを作り、カルシウムイオンやマグネシウムイオンが他の物質に作用することを妨げる。カルシウムイオン存在下では、カドヘリンはカルシウムイオンと結合していることにより、トリプシンからの攻撃を免れていると考えられる。マグネシウムイオンは細胞基質間結合に関わっているが、この実験からは何もわからない。また、この実験からは、細胞同士の間接に必要な物質が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ことはわからない。基本的には、カルシウムイオン非存在下では破壊され、カルシウムイオン存在下では前述のように破壊されないと考えられる。

(参考) <http://www.cdb.riken.jp/ctp/cadherin.html>

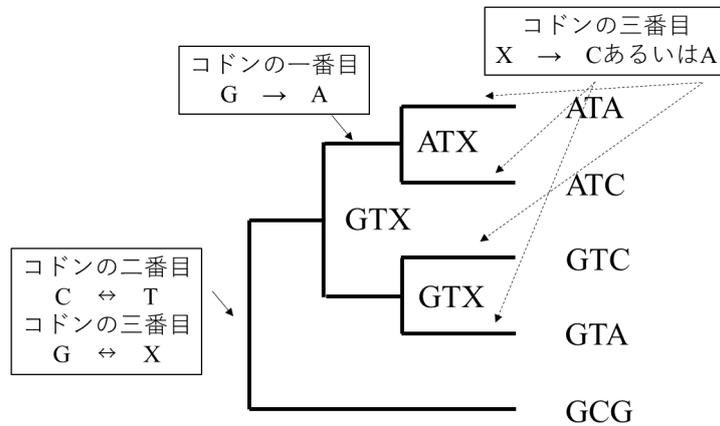
問3) 【正解】 D 【部分点】 (正解の3/10) B G J

【解説】 遺伝子の転写は通常、遺伝子近傍に存在する複数の転写調節領域が組み合わさって作用することにより調節されている。転写調節領域にはさまざまな転写調節タンパク質が結合し、その組合せによって転写を促進したり抑制したりする。細胞によって存在する転写調節タンパク質の組合せが異なるために、ある遺伝子は特定の細胞だけで転写される。転写調節領域のはたらきは、この問題のようにGFP遺伝子などのレポーター遺伝子を持ちて調べることができる。

GFPの緑色蛍光が脳と表皮で観察されたことから、転写調節領域Xは脳と表皮で転写を促進(活性化)することがわかる。GFPの緑色蛍光が筋肉だけで観察されたことから、転写調節領域Yは筋肉だけで転写を促進することがわかる。また、転写調節領域Xと転写調節領域YをともにGFP遺伝子につなぐと表皮では緑色蛍光がみられないことから、転写調節領域Yは表皮で転写を抑制する作用があると考えられる。GFP遺伝子だけを受精卵に入れても、稚魚のどの組織でも緑色蛍光がみられなかったことからGFP遺伝子だけでは転写されないことが確認できる。生物学の実験ではこのような対照実験を行うことが大切である。たとえばGFP遺伝子だけでも表皮や筋肉で緑色蛍光が観察された場合には、転写調節領域Yに筋肉で転写を促進する作用があるかどうか、転写調節領域Xに表皮で転写を促進する作用があるかどうか、は判断できない。

問4) 【正解】D 【部分点】(配点の3/10) A G (配点の1/10) E F

【解説】この問題では塩基の変化の数が最小になるような進化の道筋を考え、祖先種のDNA配列を推定する。祖先種①と祖先種②のDNA配列がGTA, ATA (あるいはGTC, ATC) の場合は5回の塩基の変化で、それ以外は6回以上の塩基の変化で説明できることから、祖先種①と祖先種②のDNA配列をGTA, ATA (あるいはGTC, ATC) と推定する。(下の図でXはAあるいはCのどちらかとなる。)



\* XはAあるいはC

遺伝暗号表 (DNA の T を RNA の U に変換する) から、X が A の場合も C の場合のどちらの場合も祖先種①はバリン、祖先種②はイソロイシンのアミノ酸をもつことから、祖先種①ではオレンジ色を、祖先種②では黄緑色に発光することが類推される。

現在の生物の塩基配列から祖先の塩基配列を推定し祖先種での生物の形質を調べるような研究として、ホタルの発光や、脊椎動物の視覚などの研究がある。ここでは問題を簡単にするために一か所のアミノ酸が形質を決定するようにしている。しかし実際には複数のアミノ酸の変化が関係しており、問題はより複雑である。適切な数学モデルに基づき統計学的に優れた方法 (最尤法など) で祖先の DNA 配列を推測するとともに、遺伝子工学をもちいて推定された配列をもつタンパク質を合成しその性質を明らかにしている。このようなことは一部の実験系で実現されており、進化学に新たな風を吹き込んでいる。

問5) 【正解】H 【部分点】(配点の3/10) A C E (配点の1/10) K

【解説】日長が一定の長さよりも短いときに花芽の形成が起こる植物を短日植物という。アサガオは短日植物の代表としてよく知られており、このことは図からも読み取れる。すなわち、暗期が長いときに花芽が形成される。花芽の形成は、葉で合成された花成ホルモンが頂芽や側芽に運ばれることで誘導される。花成ホルモンは、暗期中に合成され、明期になって移動すると考えられている。他方、花芽の形成には、暗期のほかに適切な温度も重要であることが知られている。花成ホルモンの合成の誘導に重要な暗期の温度が低いと、問題の図のように暗期の効果は小さくなる。温度が 25°C の時は、9 時間程度の暗期で花芽が形成されるが、温度が 17°C の時は 24 時間を超える暗期を与えなければ花芽は形成されない。

参考資料

Takimoto A, Hamner KC. Effect of Temperature and Preconditioning on Photoperiodic Response of *Pharbitis nil*. Plant Physiol. 1964 Nov;39(6):1024-30. doi: 10.1104/pp.39.6.1024. PMID: 16656019; PMCID: PMC550212.

問6)【正解】I 【部分点】(配点の3/10) B C F (配点の1/10) K

【解説】植物の細胞は、通常、核の中に2組の遺伝情報をもっており、二倍体(2n)とよばれる。一方、減数分裂を経て形成された花粉には、その半分の遺伝情報しか含まれておらず、一倍体(n)となっている。花粉は同じく一倍体(n)の卵細胞と受精して、二倍体(2n)の植物個体へと成長する。組織培養によって、一倍体(n)である花粉から形成された植物体(一倍体植物)は、一倍体(n)の体細胞となっている。そのため、減数分裂をしてさらに半分の遺伝情報をもつ細胞を形成することはできない。しかし、体細胞分裂を行うことは可能であるため、通常(二倍体植物)であれば2nである細胞や器官は形成することができる。

問7)【正解】G 【部分点】(配点の3/10) E

【解説】細胞内に氷の結晶ができる(細胞内凍結)と、細胞内のさまざまな構造物(核、葉緑体、液胞など)が氷の結晶で傷つけられ、細胞は死んでしまう。寒冷地に適応する植物は、気温が下がるに従い、植物細胞中に溶けているイオンや有機酸、糖などの量を増やし、浸透圧を高くすることで凝固点降下による耐凍性を高めている。このため、氷点下になってもすぐには細胞内の水は凍結することはない。気温が下がる冬場は、光合成量が減るため、夏緑樹林の樹木(シラカンバやブナなど)は、落葉する。落葉して休眠状態になった樹木は、個体維持のためのエネルギー消費は少ない。図1をみると、還元糖(グルコースやフルクトースなど)が通年で一定量含まれていて、これで冬場の個体維持に必要なエネルギーはまかなうことができると考えられる。

図1の出典 化学と生物 1967年5巻2号 p.73-79 「植物の耐凍性」 北海道大学低温科学研究所 酒井 昭

問8)【正解】C 【部分点】(配点の3/10) B (配点の1/10) A F I

【解説】①, ②: ミオグロビンはヘモグロビンが酸素解離する濃度で酸素と結合するので、酸素結合力はヘモグロビンよりも強い。

③, ④: ミトコンドリアでの酸素濃度は図中でもっとも低く1~10 mmHg(約130-1300 Pascal)程度である。これは過剰の酸素による活性酸素の発生を抑える意味がある。酸素は濃度の高いところから低いところへ順次受け渡されていく。

⑤, ⑥: 酸素分子は極性をもたない分子であり、細胞膜のリン脂質に溶解して透過することができ、膜透過に特別な装置は必要としない。

⑦, ⑧: 酸素分子は、非極性でリン脂質に溶けやすく、水には溶けにくいので、細胞外液や細胞液に溶けることのできる酸素は非常に少ない(6 mL/L, 25°C, 1気圧の血液ではヘモグロビンと結合することで250 mL/Lの酸素が運搬されている)。水溶液中の拡散だけに頼ると細胞の大きさは1~2mmが限度となる。多細胞生物の多くの細胞や細胞間隙はこれよりずっと小さく、実際には酸素運搬の障害にはなっていないため⑦を選択したものに部分点を与える。ただ、「体液や細胞液は酸素をよく溶かすので」は誤りである。「細胞や細胞間隙が小さいので」障害とはなっていないのである。多細胞生物を成り立たせるためには水溶液中の拡散だけに頼らない酸素運搬システムの発達が必要であった。というと水中で多細胞生物が生きられるのが不思議になるかもしれないが、酸素濃度は低くても水量が十分にあり、水が動いて大気からの溶解が十分行われれば、酸素の絶対量が不足することはない。水量にくらべて生物量が多すぎ、さらに水の循環が不十分であると酸素不足が問題となる。

問9) 【正解】 B 【部分点】 (配点の 3/10) A C (配点の 1/10) E L

【解説】 アフリカツメガエルの卵母細胞の成長と初期発生過程における核酸の発現パターンに関する問題である。もっとも大きなポイントは、受精後は卵割が進み中期胞胚期になるまで各割球での転写は起こらないという点である。したがって、卵割の進行によりゲノム DNA の複製は盛んに起こっているが、RNA の転写は抑制されている。したがって、①は DNA だと考えられる。

卵割の進行に必要なタンパク質の合成はあらかじめ卵内に豊富に蓄えられている mRNA, tRNA およびリボソームにより行われる。中期胞胚期を過ぎると転写が急速に起こり、mRNA に続いて tRNA, そして遅れて rRNA が発現する。問題は、それぞれがどのカーブに相当するかであるが、ヒントは核小体をもたない胚での結果にある。核小体は rRNA の転写が行われている場所なので、これが形成されないと rRNA の転写が起こらない。したがって、図 2 のグラフから④が rRNA だと考えられる。

アフリカツメガエルでは、卵母細胞に大量のリボソームを蓄えておくために、大量の rRNA の合成が必要で、そのために多数の rDNA (リボソーム RNA をコードする遺伝子) が例外的に増幅される。これは、図 1 の左端の①のピークに表れている。増幅により生じた rDNA は、1500 個程の (染色体外) 核小体に納まって卵母細胞核 (=卵核胞) 内に存在し、比較的短期間 (卵母細胞が成長する約 3 ヶ月) の内に大量のリボソーム RNA 合成 (リボソーム形成・蓄積) を可能にしているとされている。

このようなリボソーム RNA 遺伝子の特異的増幅は、高等脊椎動物の免疫グロブリン遺伝子の再編成、ある種の昆虫、カイチュウなどの染色体削減などとともに、発生過程で染色体 DNA が変化する現象として古く (1970 年代~1880 年代) から知られている。

なお、質問の対象ではないが、②は tRNA, ③は mRNA である。中期胞胚期以後のタンパク質合成には、mRNA より多い tRNA が必要であり、②は tRNA, ③は mRNA であると考えられる。

問 10) 【正解】 D 【部分点】 (配点の 3/10) H K

【解説】 血液の性質に関する問題である。問題文中にある「細いガラス管」とはヘマトクリット毛細管のことで、臨床の現場では微量の血液をもちいてヘマトクリット値 (血液中に占める赤血球の割合) を調べる際などにもちいられている。クエン酸ナトリウムは凝固因子であるカルシウムを溶液から除去することで血液凝固阻害剤としてはたらく。

この血液はクエン酸ナトリウムにより凝固反応が起きていないので、X には血液凝固因子であるフィブリノーゲンなどが含まれていると考えられる。したがって X は血清ではなく血しょうであり、①は誤り。Y の血球成分はほとんど赤血球であり、X と Y の界面の白色層に白血球や血小板が含まれている。またこの血液は凝固していないのでフィブリンは生じていない。よって②は誤り。一般的に細胞内と細胞外のイオン組成は大きく異なる。細胞内は  $\text{Na}^+ < \text{K}^+$  であり、細胞外は  $\text{Na}^+ > \text{K}^+$  である。この状態は細胞膜上のナトリウムポンプの働きによって維持されている。X は血しょうなので、細胞外液に相当する。一方、Y はほぼ赤血球の集まりであるが、文中にあるように大量の蒸留水で希釈したため溶血が生じ、細胞内液が外部に漏れたと考えられる。よって、えられた値は細胞内液のイオン組成となる。したがって、③は誤りで④は正しい。Cl<sup>-</sup> のイオン濃度は、一般に細胞外の方が高い。それは、細胞内ではタンパク質や核酸などの陰イオンが多量に存在するのに対し、細胞外ではそれらが少なく、Na<sup>+</sup> イオンの正電荷に対抗するイオンとして Cl<sup>-</sup> が必要なためである。よって、⑤は誤り。ちなみに Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> のイオン濃度は、血しょう中でそれぞれ約 140, 4.5, 110 (mmol/L) であるが、赤血球中では 15, 140, 5 (mmol/L) である。

問 11) 【正解】 L 【部分点】 (配点の 3/10) I (配点の 2/10) J K (配点の 1/10) G H

【解説】 ナタマメ (種子) には、ウレアーゼとよばれる酵素が含まれる。ウレアーゼは尿素をアンモニアと二酸化炭素に分解する酵素である。ナタマメにウレアーゼが含まれていることがわからなくても、アンモニアが発生したことから酵素の基質となった物質は窒素を含む尿素かアミノ酸に絞られる。アミノ酸の大部分は再吸収されるため健康者の尿中には含まれないので、物質 a は尿素となる。尿中や血しょう中の尿素の濃度や再吸収量といった具体的な値は、この実験からは求められないが、濃縮率は次のように求められる。

$$\text{濃縮率} = (\text{尿中の濃度}) / (\text{血しょう中の濃度}) \quad \dots \textcircled{1}$$

尿中の濃度を X と置いたとき、問題文より血しょう中の濃度は、X/50 となる。

よって、濃縮率 =  $X / (X/50) = 50$  となる。

問 12) 【正解】 E 【部分点】 (配点の 3/10) F (配点の 2/10) G (配点の 1/10) H

【解説】 学習の効果を調べるために行った迷路実験に関する問題である。

実験初日では、マウスは試行錯誤を繰り返し、餌にたどり着こうとするが、その後、学習の効果により間違いが減り、最短コースを選ぶようになる。6 日目の実験では、初めて扉が閉じられ、最短コースが選べなくなる。このとき、間違いをたくさん経験し、遠回りの経路も記憶している個体は、成功する可能性が高くなる。ただし、問題文にも言及しているが、データが少なく、断定的に結論付けることはできない。

問 13) 【正解】 D 【部分点】 (配点の 3/10) F (配点の 1/10) E

【解説】 種 1 が増えると、その唯一の捕食者である種 3 が増加し、さらにその捕食者である種 5 も増える。種 5 はど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ので、種 5 が増えることで、結果的に種 5 の種 4 への捕食圧が増大し、種 4 の個体数は減少する。種 4 が減少することで、種 2 に対する捕食圧が低下し、種 2 の個体数は増加する。

自然界の生物群集は多数の種で成り立っており、間接効果はより複雑である。被食者を増やそうとして捕食者を除去すると思われ影響が生じるかもしれない。たとえば、北太平洋に生息するラッコは肉食動物であり、海藻を食べることはないが、乱獲などでラッコが減少するとラッコが捕食していたウニが増加、その食害で海藻が激減し、多くの生物が影響を受けた。ラッコのように個体数は少なくとも生態系に大きな影響を与える種をキーストーン種というが、その影響は間接効果によるものも大きい。

<出典・参考資料> 『大学生のための生態学入門』：共立出版、『環境生態学序説』：共立出版、『基礎生物学テキストシリーズ 8 生態学』：化学同人

問14) 【正解】F 【部分点】(配点の3/10) A C (配点の1/10) K

【解説】捕食のパターンは、捕食のためのコスト（獲物を発見するコスト、獲物を捕獲するコストなど）と捕食によるベネフィット（栄養の獲得など）によって決定されるといわれている。冬には、被食者によっては捕食のためのコストが高くなる。そのため、被食者の種類は減少する。このヤマネコの場合、ほぼネズミ目の動物に依存している。したがって、①は正しい。

アナウサギが生息している地域では、夏にネズミ目の動物の割合が著しく減少しているが、アナウサギが生息していない地域では、顕著な減少はみられない。これは、アナウサギが生息している地域の夏にはネズミの代わりにアナウサギを捕獲しているためであると推測される。すなわち、ネズミの捕獲よりアナウサギの捕獲の方がコストとベネフィットとの関係で有利であると推測される。一方、アナウサギが生息している地域の冬では、アナウサギの割合が減少しているため、アナウサギの捕獲よりネズミの捕獲の方がコストとベネフィットとの関係で有利であると推測される。ベネフィットにあまり違いがないと考えられるので、捕食のためのコスト（発見し捕獲するコスト）は冬にはアナウサギで大きくなっていると推測される。したがって、②は間違いであり、③は正しい。

アナウサギが生息している地域でも、冬にはネズミに依存している。したがって、④は間違い。

(参考文献)

A. F. Malo, J. Lozano, D. L. Huertas and E. Virgo (2004) A change of diet from rodents to rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Is the wildcat (*Felis silvestris*) a specialist predator? *J. Zool., Lond.* 263:401–407.

問15) 【正解】K 【部分点】(配点の5/10) I (配点の3/10) J L (配点の1/10) C G

【解説】家族Ⅰにおいては、長女がY型であることから、母親は少なくとも1個のr遺伝子をもっていることがわかる。また、母親はR型であることから、母親は少なくとも1個のR遺伝子をもっていることがわかる。したがって、母親の遺伝子型はRr型であり、それ以外の可能性はない。

家族Ⅱにおいては、長女はr遺伝子を父親から受け継いでいる。したがって、長女の遺伝子型はRr型であり、長女のもっているR遺伝子は母親に由来する。この長女に受け継がれるR遺伝子のほかに、母親はもう1個の遺伝子をもっている。この遺伝子がr遺伝子のときに、母親の遺伝子型はRr型になる。この確率は、集団のr遺伝子頻度に等しく、qとなる。

問16) 【正解】 K 【部分点】 (配点の3/10) I L (配点の1/10) G

【解説】 付着 X 染色体をもったメス (XXY) からは XX 卵と Y 卵ができる。XX 卵は X 精子と受精すると XXX となって発生しないが、Y 精子と受精すると XXY が生まれる。一方、Y 卵は X 精子と受精すると XY が生まれるが、Y 精子と受精すると YY となって発生しない。このようにして、付着 X メス (XXY) と XY の交配からは、XXY と XY のみが生まれる。後者の X 染色体はオス親に由来し、オスの X 染色体はメス親に由来するという通常の伴性遺伝とは状況が異なる。この X 染色体をホモ接合にしたメスに劣性致死がみられ (注1)、XY であるオスに現れないのは、その致死を抑制する遺伝子をオスがもっているためである。そのような遺伝子は Y 染色体にある。Y 染色体をもたない付着 X メス (XXO) と XY の交配からは、XXY と XO のみが生まれる (上記、XXY と XY の交配を参照)。このようにして生まれた XO オスは、劣性致死遺伝子はもつがその致死を抑制する遺伝子をもっていないため、致死となる。

ここで取り上げたのは、rRNA をコードする遺伝子 (rDNA) であり、キロショウジョウバエでは X 染色体および Y 染色体のヘテロクロマチン部位に多重遺伝子として存在する。rDNA は遺伝子数の多様性が大きく、その数がある程度少ないとタンパク質合成が不十分になり、体表の剛毛が短くなる (*bobbed*; ショートヘアの意味)。さらに、その数が極端に少ないと劣性致死を示す (*bobbed-lethal*)。問題の X 染色体では rDNA の遺伝子数が極端に少なくなっている。しかし、通常の Y 染色体には rDNA の遺伝子数が十分にあるため (これが抑制遺伝子の正体)、XY ではその影響が現れない。一方、XO ではそれを補うことができないため、ホモ接合体と同様に致死となる。

注1: ハエを何世代か交配すると、ふつうは組換えが生じるためにこの X 染色体をホモ接合にすることは難しい。そこで、X 染色体純系のオスを、特殊な X 染色体 (複雑な逆位を伴って組換えを抑制するバランス染色体) をもったメスと交配する。このようにしてヘテロ接合体メスを作製し (致死遺伝子が劣性なので生まれる)、これを戻し交配する。

〈参考〉

藤川和男 (2010) ショウジョウバエの再発見 サイエンス社 第2章

日本ショウジョウバエデータベース 遺伝子一覧 *bb* [www.drosophila.jp/jdd/db\\_list/j\\_gene/DPID001495.html](http://www.drosophila.jp/jdd/db_list/j_gene/DPID001495.html)  
FlyBase, Gene *bb*, [flybase.org/reports/FBgn0000164?FBgn0000164](http://flybase.org/reports/FBgn0000164?FBgn0000164)

問 17) 【正解】 G 【部分点】 (配点の 5/10) H (配点の 3/10) I (配点の 1/10) A D J

【解説】 集団中に維持されている劣性致死遺伝子の頻度 (平衡頻度) の求め方に関する問題である。厳密に求めることもできるが、近似的に求めることも可能である。

致死遺伝子  $a$  の頻度は突然変異により増加する。この割合は、 $q$  は非常に小さいので、 $u(1 - q) \doteq u$  である。一方、自然選択により、致死遺伝子  $a$  の頻度は減少する。完全劣性致死遺伝子モデルでは  $q^2$  の割合 (遺伝子型  $aa$  の頻度) で減少する。不完全劣性致死遺伝子モデルでは自然選択は (遺伝子型  $aa$  の頻度は非常に低く、無視できるので) 遺伝子型  $Aa$  の個体だけにたらくと考えてよい。 $q$  は非常に小さいので、遺伝子型  $Aa$  の頻度は  $2(1 - q)q \doteq 2q$  である。遺伝子型  $Aa$  の半分は致死遺伝子  $a$  であるので、 $2q \times 1/2 \times h = qh$  だけ致死遺伝子  $a$  の頻度は減少する。致死遺伝子  $a$  の頻度は、増加量と減少量が等しい状態で維持される。完全劣性致死遺伝子モデルでは、 $u = q^2$  より  $q = \sqrt{u}$  となる。不完全劣性致死遺伝子モデルでは、 $u = qh$  より  $q = u/h$  となる。

故向井輝美博士のグループがキロシヨウジョウバエを使って 1960 年代に行った研究は、劣性致死遺伝子の多くは不完全劣性であり、 $h$  は 0.02~0.04 であることを示した。

この問題では近似値を求めているが、正確に求めたものを以下に示す。これは高校のレベルをはるかに超えているので、結果だけを示している。

	正確な値	近似値
突然変異による頻度の増加量	$u(1 - q)$	$u$
完全劣性致死遺伝子モデルの下での自然選択による頻度の減少量	$\frac{q^2}{1 + q}$	$q^2$
不完全劣性致死遺伝子モデルの下での自然選択による頻度の減少量	$\frac{q(1 - q)\{h + (1 - 2h)q\}}{1 - 2hq(1 - q) - q^2}$	$qh$

$q$  が非常に小さいことを考慮すると、近似値は正確な値にほぼ等しいことがわかる。なお、不完全劣性致死遺伝子モデルで  $h = 1/2$  のとき、正確な値も  $qh$  になる。

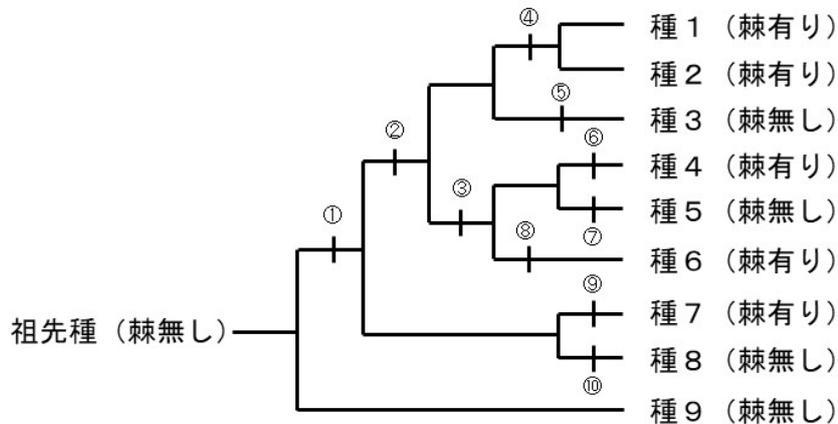
〈参考文献〉 安田徳一, 第 18 回集団遺伝学講座 : <https://www.primate.or.jp/old/PF/yasuda/18.html>

問 18) 【正解】 F 【部分点】 (配点の 3/10) D E

【解説】 祖先種が棘をもたないため、棘の形質変化の回数が最小となる形質変化の起き方は次の 4 通りが考えられる。

- 1) 系統樹上の①で棘を獲得し、⑤、⑦、⑩で棘を消失するパターン
- 2) 系統樹上の②、⑨で棘を獲得し、⑤、⑦で消失するパターン
- 3) 系統樹上の③、④、⑨で棘を獲得し、⑦で消失するパターン
- 4) 系統樹上の④、⑥、⑧、⑨で棘を獲得するパターン

どの場合も形質変化の回数は 4 回である。



表紙の写真 (東京都葛飾区水元公園はなしょうぶ園にて, 2022 年 6 月 9 日撮影)

ハナショウブはアヤメ科アヤメ属の植物です。アヤメ属の植物には、ほかにもアヤメやカキツバタなどが知られています。一方、ショウブはショウブ科 (古くはサトイモ科に分類) の植物であり、アヤメの仲間ではありません。

ハナショウブは漢字で「花菖蒲」と書きます。「菖蒲」はショウブと読むこともあれば、アヤメと読むこともあります。菖蒲園、菖蒲池、菖蒲祭りの「菖蒲」は、基本的にはハナショウブのことを意味しています。都立公園のひとつである水元公園では「はなしょうぶ園」となっていました。完璧です。