

杏林 2014 生物

略解

- I** 問1 アー① イー⑧ ウー③ エー⑤ オー② カー⑥
問2 キー①・③・⑤
問3 クー① ケー④ コー② サー⑦ シー⑤ スー⑧
問4 セー②
- II** 問1 アー④ イー④ ウー③ エー① オー①
問2 カー①・③・④ キー② 問3 (1) クー② (2) ケー④
問4 (1) コー⑤・⑥・⑦ (2) サー③・④・⑤・⑥・⑦ (3) シー②・③・④
- III** 問1 ア:1 イ:6 問2 ウー③・④ 問3 エー③
問4 オ:2 カ:2 キ:3 問5 クー③ 問6 ケー⑤ コー②
問7 サ:0 シ:4
- IV** 問1 アー① 問2 イー④ 問3 ウー⑥ エー④ オー② カー①
問4 キー①・② クー④ ケー③・⑤ コー⑥ 問5 サー①
問6 シー③ 問7 スー① セー② 問8 ソー④ 問9 ター⑤・⑥

配点

- I. 問1 各2点 問2 3点 問3 各2点 問4 3点 $(2 \times 6 + 3 + 2 \times 6 + 3)$
II. 問1 各2点 カ～シ 各3点 $(2 \times 5 + 3 \times 7)$
III. 各2点 (2×8)
IV. ア～カ 各1点 キ～コ 各2点 サ～ソ 各1点 タ 4点
 $(1 \times 6 + 2 \times 4 + 1 \times 5 + 4)$ 11

I

原則 1. 呼吸の過程と反応式 → 問 1 に利用

酸素を用いて有機物を分解することで生じるエネルギーを ATP (アデノシン三リン酸) として取り出すことを、呼吸と言う。この呼吸の過程は、(1) 解糖系→(2) クエン酸回路→(3) 電子伝達系の順で進行する。各過程の反応する場所や反応式などを下表に示す。

呼吸の過程	反応する場所	反応式
(1) 解糖系	細胞質基質	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{NADH} + 2\text{H}^+ + 2\text{ATP}$ ※グルコースを分解しピルビン酸等を生成 (注 2)
(2) クエン酸回路	ミトコンドリアのマトリックス(基質)	$2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{NADH} + 8\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 2\text{ATP}$ ※上記反応の途中、クエン酸等に変化する
(3) 電子伝達系	ミトコンドリアのクリステ (内膜)	$10\text{NADH} + 10\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 6\text{O}_2 \rightarrow 10\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} + 12\text{H}_2\text{O} + \text{最大 } 34\text{ATP}$ ※ H^+ の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。酸化リン酸化と言う。

(注 1) : NAD と FAD は脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素である。また、NADH や FADH_2 は NAD や FAD の還元型である。なお、NAD はニコチンアミドアデニンジヌクレオチド、FAD はフラビンアデニンジヌクレオチドの略である。

(注 2) : 解糖系では、グルコース (ブドウ糖) 1 分子当たり、まず、2 分子の ATP が消費され、その後、発生したエネルギーにより 4 分子の ATP が作られるから、解糖系全体としては差し引き 2 分子の ATP が生成される。

原則 2. 酵素の特徴や性質について → 問 3・問 4 に利用

酵素は複雑な立体構造を有するタンパク質からできており、生体内で触媒として働く。ただし、タンパク質の凹んだ箇所が酵素の活性部位となるため、この点で無機触媒とは異なる。なお、酵素の作用を受ける物質のことを基質と言う。

まず、酵素には、次の 3 つの性質がある。

- ・ 基質特異性 : 1 種類の酵素は 1 種類の基質とのみ反応する。
- ・ 最適温度 : 多くの酵素は約 35°C 付近で反応速度が最大となる。
- ・ 最適 pH : 酵素により最適な pH 値は異なる (例 : ペプシン*…pH 2 付近、リパーゼ**…pH 6 付近、アミラーゼ***…pH 7 付近、カタラーゼ…pH 7 付近、トリプシン****…pH 8 付近、キモトリプシン*****…pH 8 付近)

* 胃で働くタンパク質分解酵素である。

** 脂肪を分解する酵素である。

*** でんぷん等を分解する酵素である。

**** すい臓で作られ、十二指腸内で働くタンパク質分解酵素である。

なお、酵素の反応速度は基質濃度に比例するが、基質濃度がある一定値以上になると、酵素の反応速度は上昇せず一定値に留まる。また、酵素の主成分のタンパク質は、高温もしくは酸・塩基等の作用によって立体構造が変化（※「変性」と言う）すると、基質との「カギ・カギ穴の関係」を失い、その結果、酵素としての活性を失ってしまう（※「失活」と言う）。また、酵素に対応する基質と形がよく似た物質（＝阻害物質）が存在すると、2つの物質間で酵素の活性部位の奪い合い競争が起こる。このことを競争的阻害と言う。なお、基質濃度が上昇すると基質・酵素間の結合確率が高まるので、阻害の程度は低くなる。ところで、酵素の中には、基質と結合する活性部位の他に、特定の物質と結合する部位（＝アロステリック部位）をもつものがある。このような酵素をアロステリック酵素と言う。なお、アロステリック部位に物質が結合することでアロステリック酵素の活性部位の構造が変わることがある。これをアロステリック効果と言い、これによって生じた阻害のことを非競争的阻害と言う。

原則3. 神経の種類について → 問2に利用

まず、神経の種類を、下表に示す。

中枢神経系	脳（注1）		感覚の知覚・判断・命令、等
	脊髄		脳・末梢神経間の中継、反射の命令、等
末梢神経系	体性神経系	感覚神経（注2）	感覚器官からの刺激を中枢神経へ伝達
		運動神経	中枢神経からの命令を筋肉へ伝達
	自律神経系	交感神経	体が活発に活動するときに働く（注3）
		副交感神経	体がゆったりとしているときに働く（注4）

（注1）人間の脳は、大脳・間脳（視床・視床下部）・脳幹（中脳・後脳・延髄）・小脳からなる。

（注2）感覚神経の細胞体は、脊髄背根側の神経節にある。

（注3）例えば、瞳孔の散大、血圧の上昇、気管支の拡張、心臓の拍動促進、発汗の促進、等の際に働く。なお、交感神経の興奮を起こす神経伝達物質は、アドレナリンやノルアドレナリンである。

（注4）例えば、胃酸の分泌、胃腸のぜん動促進、瞳孔の縮小、ぼうこうの収縮、等の際に働く。なお、副交感神経の末端からは、神経伝達物質のアセチルコリンが分泌される。このアセチルコリンは、副交感神経だけでなく、運動神経と骨格筋の接合部などにおける神経伝達物質としても使われている。

問1

【方針】

解答の選択肢の中に「① 解糖系」、「② クエン酸回路」、「③ 電子伝達系」という語句があることから、「呼吸」に関連のある知識問題であると気づく。したがって、「原則1. 呼吸の過程と反応式」の知識を利用して解く。

【解説】

ア・イ：短距離走における ATP 供給は、酸素が不足するので嫌氣的代謝の解糖によると考えられる。よって、該当する代謝系の名前は「解糖系」で、その存在場所は「細胞質」（細胞質基質）である。ゆえに、解答は、アー①、イー⑧である。

ウ・エ：長距離走においては、有酸素運動が行われているから、好氣的代謝の呼吸によって ATP 供給が行われると考えられる。よって、代謝系としては、解糖系とクエン酸回路と電子伝達系が考えられるが、ATP 供給を主に行う代謝系は ATP を最も多く生成する電子伝達系である。よって、該当する代謝系の名前は「電子伝達系」で、その存在場所はミトコンドリアの「クリステ」である。ゆえに、解答は、ウー③、エー⑤である。

オ・カ：炭酸ガス（CO₂）を作っている代謝系は呼吸における「クエン酸回路」で、その存在場所は「ミトコンドリアのマトリックス」である。ゆえに、解答は、オー②、カー⑥である。

問2

【方針】

「交感神経」や「アドレナリン」と言った語句より、心臓の拍動促進や気管支の拡張などが引き起こされることに気づく。この点を踏まえて、「原則3. 神経の種類について」の知識などを利用して解く。

【解説】

「アドレナリン」の分泌を伴う「緊急で急激な運動を引き起こす」反応であるから、心臓の拍動は促進し、気管支は拡張する。また、骨格筋を動かすために栄養や酸素が必要となるから、血液量は増加する。よって、①・③・⑤の記述が該当する。ゆえに、解答は、キー①・③・⑤である。

問3・問4

【方針】

いずれの設問も酵素の反応速度や競争的阻害についての考察問題であると気づく。したがって、「原則2. 酵素の特徴や性質について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問3)

問題文にあるように、酵素の反応速度の理論的最大値の「50%を与える基質濃度は酵素と基質の親和性（結合の強さ）を意味する」から、理論的 maximum の 50% の反応速度における基質濃度が小さいほど、酵素と基質の親和性が高いことがわかる。よって、理論的 maximum の 50%

の反応速度における基質濃度について、各グラフと「対照」グラフとを比較すればよい。
ゆえに、解答は、ケー①、ケー④、コー②、サー⑦、シー⑤、スー⑧である。

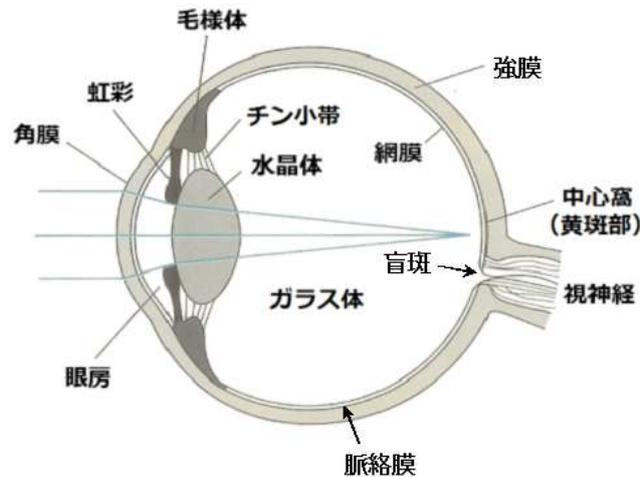
(問4)

競争的阻害がある場合、酵素の活性部位との結合に関して基質(コハク酸)と阻害物質(マロン酸)の間で競争が起きている。阻害物質濃度(マロン酸濃度)が一定であるなら、基質濃度(コハク酸濃度)が低いときは競争的阻害による影響が大きく、基質濃度(コハク酸濃度)が十分高いときには競争的阻害の影響はほとんどなくなる。よって、「対照」グラフと比較したとき、基質濃度が低い場合に反応速度が低くなり、基質濃度が高い場合に反応速度がほぼ同じになるグラフ②が該当するとわかる。ゆえに、解答は、セー②である。

II

原則4. 眼の構造と機能

→ 問1～問3に利用

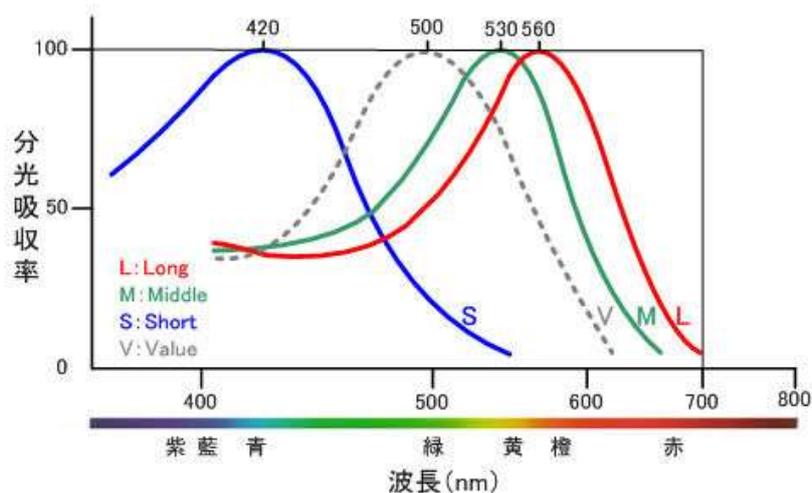


(図は <http://optica.cocolog-nifty.com/photos/uncategorized/2012/02/06/50101.png> を引用し、一部加筆)

ヒトの眼の構造を、上図に示す。なお、網膜は、視神経繊維・視神経の細胞・連絡の細胞・視細胞（錐体細胞や桿（かん）体細胞）・色素細胞（注：この順で光が到達する）から構成される。また、網膜の中心にある黄斑部には、色を識別する錐体細胞（※）が密に分布しており、明るい状態での視力は主に錐体細胞の働きに依存している。しかし、錐体細胞は弱い光に反応しないため、暗い状態では色の識別ができなくなる。一方、白黒しか識別できないが弱い光にも反応する桿体細胞は、黄斑の周辺部に多く分布している（黄斑には分布していない）。この桿体細胞には、明るい状態から暗い状態に変わったときにロドプシンを合成して光に対する感度を高める働き（暗順応）や、暗い状態から明るい状態に変わったときにロドプシンを分解して光に対する感度を低める働き（明順応）がある。したがって、暗い状態での視力は主に桿体細胞の働きに依存している。なお、視神経細胞の軸索の束が眼球外へ出て行く箇所である盲斑には、視細胞（錐体細胞や桿体細胞）は存在しない。また、毛様体は毛様体筋（毛様筋）と毛様体突起からなり、この毛様体筋の収縮や弛緩によって、水晶体の形が変化して焦点距離が調節される。例えば、遠くのものを見る場合、水晶体は薄くなっている。これは、毛様体筋の弛緩（張力が減少）によってチン小帯が緊張（張力が増加）して、水晶体を引っ張る力が働くためである。一方、近くのものを見る場合、毛様体筋の収縮（張力が増加）によってチン小帯が緩む（張力が減少）ので、水晶体は自らの弾性力によって厚くなる。

また、虹彩（こう彩）には、瞳孔を小さくする瞳孔括約筋（輪状）と、瞳孔を大きくする瞳孔散大筋（放射状）がある。なお、瞳孔の縮小は副交感神経の作用、瞳孔の拡大は交感神経の作用による。また、瞳孔反射（瞳孔の縮小や拡大をする反射）は脳幹反射であるから、この反射の中樞は中脳である。

(※) 錐体細胞には、赤錐体（長波長に反応。下図 L 参照）、緑錐体（中波長に反応。下図 M 参照）、青錐体（短波長に反応。下図 S 参照）の 3 種類がある。なお、比較のため、桿体細胞の分光吸収率も、下図 V（点線）に示す。



(図は <http://livedoor.blogimg.jp/kokinora/imgs/0/0/0016c0d3.jpg> より引用)

問 1 ・ 問 2

【方針】

いずれの設問も眼の構造や機能についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 4. 眼の構造と機能」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 1)

「原則 4. 眼の構造と機能」より、解答は、アー④、イー④、ウー③、エー①、オー①である。

(問 2)

「原則 4. 眼の構造と機能」より、解答は、カー①・③・④、キー②である。

問 3

【方針】

問 1 の結果より、ウは黄斑で、オは盲斑である。また、眼球の直径が 25 mm で、眼球と注視点の距離が 50 cm であるから、記録用紙に投影される値は 20 倍になっていることに気づく。これらの点を踏まえ、「原則 4. 眼の構造と機能」の知識を参考にして、順に解いてゆく。

【解説】

記録用紙に投影される値は 20 倍になるから、下記のように、それぞれの値を 20 分の 1 に

すればよい。

$$(1) (11.2 + 8) \div 2 \div 20 = 0.48 [\text{cm}] = 4.8 [\text{mm}]$$

$$(2) (11.2 - 8) \div 20 = 0.16 [\text{cm}] = 1.6 [\text{mm}]$$

ゆえに、解答は、(1) クー②、(2) ケー④である。

問4

【方針】

まず、眼球の網膜上にはローソクの倒立像が映っているから、右目では網膜の右側より順に③④⑤⑥⑦⑧と映っている。しかし、視交さを通るのがどの範囲かは判断できない。そこで、③④⑤は右脳へ伝えられ、⑥⑦⑧は視交さを経て左脳へ伝えられると考える。同様にして、左目では、⑤⑥⑦は左脳へ伝えられ、②③④は視交さを経て右脳へ伝えられると考える。以上のことを前提にして、設問(1)～(3)を順に解いてゆく。

【解説】

(1)：右目を閉じているから、左目に映った⑤⑥⑦が解答となる。ゆえに、解答は、コー⑤・⑥・⑦である。

(2)：視交さを経ていないものは、右目が③④⑤、左目が⑤⑥⑦である。よって、この両者を合わせた③④⑤⑥⑦が解答となる。ゆえに、解答は、サー③・④・⑤・⑥・⑦である。

(3)：左脳の視索が切断されると、右脳へ伝えられたものしか見えなくなる。よって、「左目のみで見ることができるローソク」は、左目から右脳へ伝えられる②③④となる。ゆえに、解答は、シー②・③・④である。

ている複数の遺伝子は、その染色体と行動をともにするため、メンデルの独立の法則は成り立たない。なお、連鎖している各遺伝子間の距離がごく近い場合、その遺伝子間では染色体の乗換え（遺伝子の組換え）は起こりにくい。

問 1～問 5

【方針】

いずれの設定も染色体や減数分裂についての知識を前提とした計算問題や考察問題であると気づく。したがって、「原則 5. 染色体と減数分裂について」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 1)

A 細胞から E 細胞までに 4 回分裂しているから、E 細胞の数は $2^4=16$ 個になる。E 細胞から精子までは、変形するだけで個数の変化はない。ゆえに、解答は、ア : 1、イ : 6 である。

(問 2)

E 細胞は精細胞であるから、E 細胞になる直前の 2 回の分裂が減数第一分裂と減数第二分裂になる（なお、D 細胞は二次精母細胞、C 細胞は一次精母細胞、A 細胞と B 細胞は精原細胞である）。ゆえに、解答は、ウー③・④である。

(問 3)

相同染色体が対合し分離するのは、減数第一分裂であるから、細胞分裂③が該当する。ゆえに、解答は、エー③である。

(問 4)

ヒトは 23 ペアの相同染色体 (46 本の染色体) を持っており、各ペアについて父親由来もしくは母親由来の相同染色体のいずれかが娘細胞 (D 細胞 (二次精母細胞)) に分配されるので、染色体の組合せの個数は 2^{23} になる。ゆえに、解答は、オ : 2、カ : 2、キ : 3 である。

(問 5)

減数第二分裂のときは DNA 複製が行われませんが、減数第二分裂以外の分裂では DNA 複製が行われる。よって、A 細胞、B 細胞、C 細胞が該当する。ゆえに、解答は、クー③である。

問 6

【方針】

「1 個の精子の核 DNA 量を 1 とする」という文言より、「生殖細胞 1 個あたりに含まれる核の DNA 量」のグラフ (図 2) の中の「DNA 量 1」の細胞は E 細胞 (精細胞) を示していることに気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則 5. 染色体と減数分裂について」の知識などを利用して、どのグラフが D 細胞や C 細胞にそれぞれ該当するかを順に考えてゆく。

【解説】

「DNA 量 1」の細胞は E 細胞（精細胞）であるから、その 2 倍の「DNA 量 2」の細胞は減数第二分裂の前の D 細胞である。よって、D 細胞のグラフは、②である。また、減数分裂が始まる前に DNA が複製される C 細胞には、「DNA 量 4」の細胞もあれば、複製途中の「DNA 量 2~3」の細胞や、B 細胞からの分裂直後の「DNA 量 2」の細胞もあると考えられる。よって、C 細胞のグラフは⑤である。ゆえに、解答は、ケー⑤、コー②である。

問 7

【方針】

減数分裂についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 5. 染色体と減数分裂について」の知識を利用して解く。

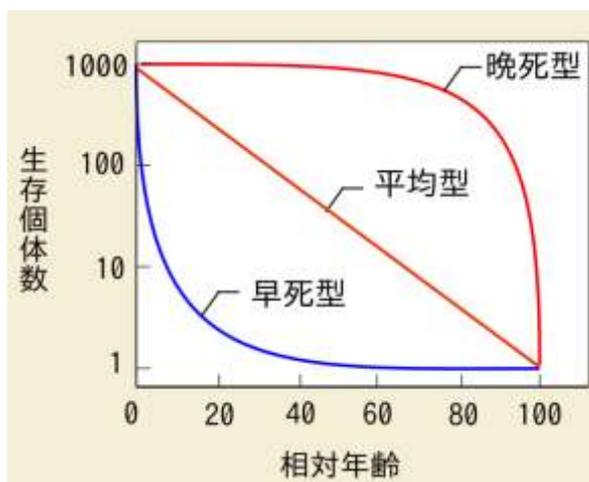
【解説】

「原則 5. 染色体と減数分裂について」より、1 個の一次卵母細胞から卵子は 1 個しかできないから、精子の場合の 4 分の 1 の個数になる。よって、1 個の A 細胞からできる卵子の数は 4 個である。ゆえに、解答は、サ : 0、シ : 4 である。

IV

原則 6. 生命表と生存曲線 → 問 1～問 4 に利用

まず、生命表とは、生まれた卵や子、種子から寿命（死）に至るまでの各時期における生存数を示した表のことである。また、生命曲線とは、生命表をグラフ化したものである。なお、生命曲線は、早死型、平均型・晩死型と言う 3つの型に大別される（下図参照）。一般に、早死型は親の保護が少ない生物（魚類など）に多く見られ、晩死型は親の保護が厚い生物（ヒト、大型哺乳類など）に多く見られる。また、平均型は鳥類などに多く見られる。



(図は

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7c/%E7%94%9F%E5%AD%98%E6%9B%B2%E7%B7%9A.svg/1252px-%E7%94%9F%E5%AD%98%E6%9B%B2%E7%B7%9A.svg.png> より引用)

原則 7. 個体群の成長と種間競争 → 問 5～問 7 に利用

まず、個体群とは、ある地域に生息する同じ種の生物の集団のことである。また、生物群集とは、同じ地域において互いに関係をもちつつ生息する個体群の集まりのことである。一般に、個体群が成長して個体群密度（単位面積当たりの個体数）が増えてゆくと、環境抵抗（食物の不足や排出物の増加などの生活環境の悪化）が増してきて、個体群密度は上限値に達する。この現象を密度効果と言ひ、この上限値を環境収容力または飽和密度と言う。そのため、個体群の成長曲線（横軸に時間（世代）、縦軸に個体数をとったグラフ）は、S 字形曲線を描く場合が多い。

ところで、同じような生活様式をとる異種の個体群の間では、種間競争が起きる。一般に、種間競争に負けた個体群は絶滅することが多い。ただし、どちらが競争に勝ち残るかは環境条件に左右される場合が多い。なお、植物の場合でも、より十分な光環境を獲得するための競争など、種間競争がある。また、同じ地域にすむ異種の個体群が、それぞれ異なる

場所で生活をするにより共存することを「すみ分け」と呼ぶ。また、同じ地域にすむ異種の個体群が、それぞれ食べ物を違えることにより共存することを「食い分け」と呼ぶ。

原則 8. トノサマバツタの相変異 → 問 8・問 9 に利用

トノサマバツタの相変異（※）は、個体群内の密度の変化によって起きる。密度が低い場合は孤独相になり、密度が高い場合は群生相になる。孤独相では、体が緑褐色、後あしが長い、産卵数が多い、発育速度が遅い、移動性が少ない、と言う特徴がある。一方群生相では、体が黒褐色、後あしが短い、産卵数が少ない、発育速度が速い、移動性が大きい、と言う特徴がある。

（※）同じ種でありながら、密度効果によって、形態や行動様式に著しい差異が生じる現象を相変異と言う。

問 1～問 4

【方針】

いずれの設問も生存曲線についての知識問題や計算問題であると気づく。なお、問題文中の図 1（生存曲線）の縦軸が対数目盛ではなく通常目盛りである点に注意する。これらの点を踏まえて、「原則 6. 生命表と生存曲線」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

（問 1・問 2）

図 1 より、d が最も産卵数・産仔数が少なく、子を親が保護するタイプであり、逆に a は最も産卵数・産仔数が多く、子を親が保護しないタイプであると判断できる。ゆえに、解答は、問 1 がアー①で、問 2 がイー④である。

（問 3）

図 1 より、20 歳時の生存数は、a が 10 個体（5 対）、b が 400 個体（200 対）、c が 750 個体（375 対）、d が 990 個体（495 対）である。これらがそれぞれ 1000 個以上の卵（仔）を産めばよい。よって、雌雄 1 対あたりの産めばよい個体数は、 $1000 \div (\text{対の数})$ で計算できるから、a が 200 個体、b が 5 個体、c が 3 個体、d が 2 個体となる。ゆえに、解答は、ウー⑥、エー④、オー②、カー①である。

（問 4）

カキ（①）とカレイ（②）は、多くの卵を産んで子の世話をしないから、a に該当する。シジュウカラ（④）は、子の世話をするが小型の鳥のため死亡する率が高いから、b に該当する。クマ（③）と 20 世紀初頭のヨーロッパ人（⑤）は、子の数が少なく子の世話をするが幼少期の死亡率がある程度あると考えられるから、c に該当する。21 世紀の日本人（⑥）は、幼少期の死亡がほとんどないから、d に該当する。ゆえに、解答は、キー①・②、クー④、ケー③・⑤、コー⑥である。

問5～問7

【方針】

いずれの設問も個体群の成長や種間競争などについての計算問題や知識問題であると気づく。したがって、「原則7. 個体群の成長と種間競争」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問5)

グラフ(図2)より、4日の個体数は約10個体、6日は約50個体、8日は約100個体と読み取れる。よって、4～6日での増加率は5倍、6～8日での増加率は2倍となって、4～6日の方が高い。ゆえに、解答は、サー①である。

(問6)

増加率が減少する理由は、個体群密度が高くなったことで食料や空間が減少したためと考えられる。よって、密度効果(③)が正解である。ゆえに、解答は、シー③である。

(問7)

図3は、一方の種(a)が絶滅しているから、競争(①)である。また、図4は、2つの種が共存しており最終的にいずれの個体数も安定しているから、すみ分け・食い分け(②)である。ゆえに、解答は、スー①、セー②である。

問8・問9

【方針】

いずれの設問もトノサマバッタの相変異についての知識問題であると気づく。したがって、「原則8. トノサマバッタの相変異」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問8)

「原則8. トノサマバッタの相変異」より、解答は、ソー④である。

(問9)

「原則8. トノサマバッタの相変異」より、解答は、ター⑤・⑥である。