

東邦 2013 生物

略解

- ① 問1 h 問2 e 問3 d 問4 b・f 問5 a 問6 c・d
問7 f 問8 a・g・i 問9 c 問10 a・d 問11 c 問12 e
問13 a・b・e・h 問14 e 問15 百の位①:e 十の位②:d
一の位③:j 問16 ア-b イ-d ウ-b 問17 e 問18 a
問19 a 問20 ア-j イ-c ウ-e 問21 b 問22 a
- ② 問23 ア-b イ-c 問24 f 問25 a・c 問26 e 問27 c・d
- ③ 問28 ア-e イ-d ウ-a 問29 ア-f イ-i ウ-d
問30 十の位:b 一の位:e 問31 h 問32 e
- ④ 問33 ①-f ②-d ③-a 問34 ア-c イ・ウ-f・i (順不同)
問35 f 問36 ア-b イ・ウ-d・i (順不同) 問37 e

配点

- ① 問1～問11 各2点、問12～問22 各3点
② 問23～問27 各3点
③ 問28～問32 各3点
④ 問33～問37 各3点

計100点

1

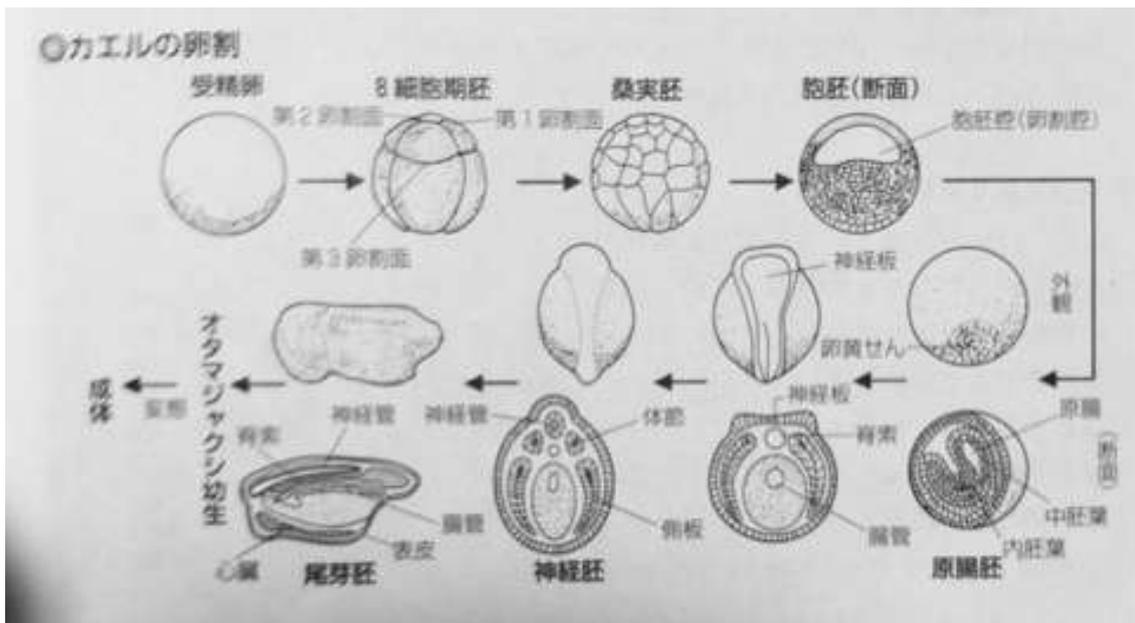
原則1. 浸透圧について → 問2に利用

半透膜で中央を仕切られた U 字管の左側と右側に、溶液（例. デンプン水溶液）と純溶媒（例. 水）をそれぞれ入れたとき、右側から左側へ溶媒分子（例. 水分子）が半透膜を通り抜けて移動する。この現象を浸透と言う。浸透により左側の液面は上昇し右側の液面は低下するが、この液面変動は平衡状態になるまで続く。また、平衡状態になったときの液面の高低差に相当する圧力のことを浸透圧と言う。

原則2. カエルの発生の過程 → 問5に利用

受精卵から尾芽胚までのカエルの発生の過程を、以下に示す（下図参照）。

- 1: 受精卵から 4 細胞期に至るまでは等割を行う。
- 2: 8 細胞期から不等割を行う。
- 3: 桑実胚では、卵割腔が動物極側にできる。卵割腔は胞胚の胞胚腔となる。
- 4: 原腸胚の初期に原腸が胞胚腔内に貫入して原口が形成される。このときに内胚葉、中胚葉、外胚葉に分かれる。
- 5: 原口は最終的に内胚葉により埋められ、卵黄栓となる。
- 6: 神経胚では、背側の外胚葉から神経板、中胚葉から脊索と側板、内胚葉から腸管がそれぞれできる。
- 7: 神経胚が進むと、側板は腎節・体節・側板に分化する。また、神経板から神経溝、神経溝から神経管へと変化する。
- 8: 尾芽胚になると、脳が発達し、口と肛門ができる。また、様々な器官ができてくる。



(図は

http://stat.ameba.jp/user_images/20110412/01/centerseibutu/43/d7/j/o0480026611161161279.jpg より引用)

原則 3. ニワトリの卵の特徴 → 問 4 に利用

ニワトリの卵は、卵黄が極めて多く植物極側に偏在した（強）端黄卵である。この様な卵の場合、動物極のごく一部分のみ（この部分を胚盤と言う）が分裂を行う。また、この様な卵割を盤割と言う。

原則 4. ミトコンドリア DNA について → 問 6 に利用

ミトコンドリア DNA は卵を経由して遺伝するから、子のミトコンドリア DNA は母親由来のものである。また、母親のミトコンドリア DNA は、その母親すなわち母方の祖母に由来する。したがって、ミトコンドリア DNA は女性だけを通して子孫に伝えられる。

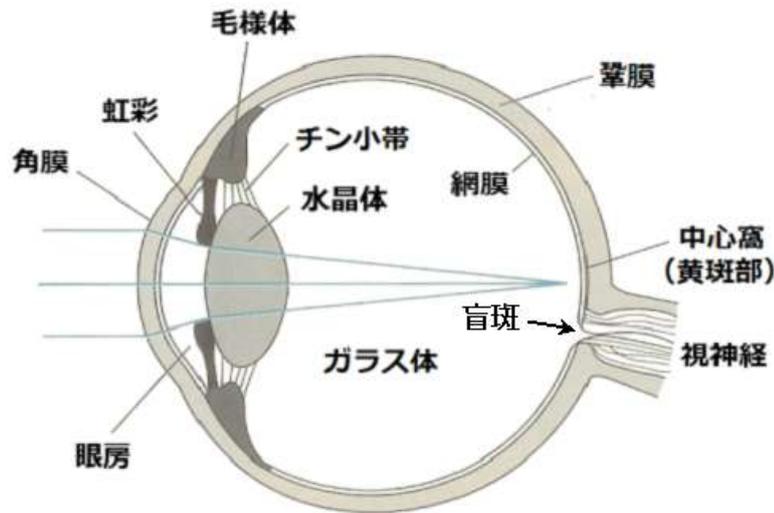
原則 5. 眼の構造と機能 → 問 7 に利用

ヒトの眼の構造を、下図に示す。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（※）が密に分布している。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。なお、盲斑には、視細胞（錐体細胞や桿体細胞）は存在しない。

（※）錐体細胞には、赤錐体（長波長に反応）、緑錐体（中波長に反応）、青錐体（短波長に反応）の 3 種類がある。

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。



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

原則 6. 筋小胞体について → 問 9 に利用

骨格筋の筋繊維には筋小胞体が存在しており、カルシウムイオンがそこに蓄えられている。筋小胞体が刺激を受けた場合、筋小胞体の膜に存在する Ca チャネルが開いて、 Ca^{2+} が細胞質へ放出される。

原則 7. ABO 式血液型について → 問 13 に利用

ABO 式血液型とは、赤血球表面にある凝集原 (抗原) A、B および血しょう中にある凝集素 (抗体) α 、 β の組合せにより、A 型・B 型・O 型・AB 型と言う 4 種類に分ける血液型のことである。A 型の血液には A と β 、B 型の血液には B と α 、AB 型の血液には A と B、O 型の血液には α と β がそれぞれ存在するが、A と α 、B と β が混ざった場合、凝集反応が起こる。すなわち、凝集反応の起こる血液型の組合せは、下表のようになる。なお、「+」記号は「凝集反応あり」、「-」記号は「凝集反応なし」をそれぞれ示す。

| 赤血球 血清 | A 型 (A) | B 型 (B) | AB 型 (A, B) | O 型 (なし) |
|-------------------------|---------|---------|-------------|----------|
| A 型 (β) | - | + | + | - |
| B 型 (α) | + | - | + | - |
| AB 型 (なし) | - | - | - | - |
| O 型 (α, β) | + | + | + | - |

なお、一般に抗原と抗体が関与する免疫を体液性免疫と言う。

原則 8. 血管と血液 → 問 10・問 11 に利用

血管は、血液を生体内の各所に送るための管であり、動脈、静脈、毛細血管の 3 つに大別

される。動脈は心臓から出る血液、静脈は心臓に戻る血液をそれぞれ運ぶ血管で、動脈と静脈の末端をつないでいるのが毛細血管である。例えば、心臓と肺を流れる血液は、大静脈→右心房→右心室→肺動脈→肺→肺静脈→左心房→左心室→大動脈、と言う経路で流れる。この経路からわかる様に、肺静脈と大動脈は酸素を豊富に含む。また、動脈では、心臓からの強い圧力がかかるため、その血管壁は厚くなっている。一方、静脈では、そのような圧力が加わらないので、血管壁が比較的薄くなっていて、逆流を防ぐための弁が付いている。

ちなみに、肝門脈は、腸などを循環することで豊富に栄養分を取り込んだ静脈血を肝臓に運んでいるが、酸素はほぼ消費し尽くしている。

また、血管を流れる血液は有形成分と液体成分からなり、有形成分には赤血球、白血球、血小板があり、液体成分は血しょう（血漿）と呼ばれる。なお、白血球とは、生体防御に関与する免疫担当細胞のことで、好中球、好酸球、好塩基球、単球（マクロファージ）、リンパ球（B細胞・抗体産生細胞・T細胞（※）など）の総称である。

（※）T細胞は骨髄で作られて胸腺で成熟する。

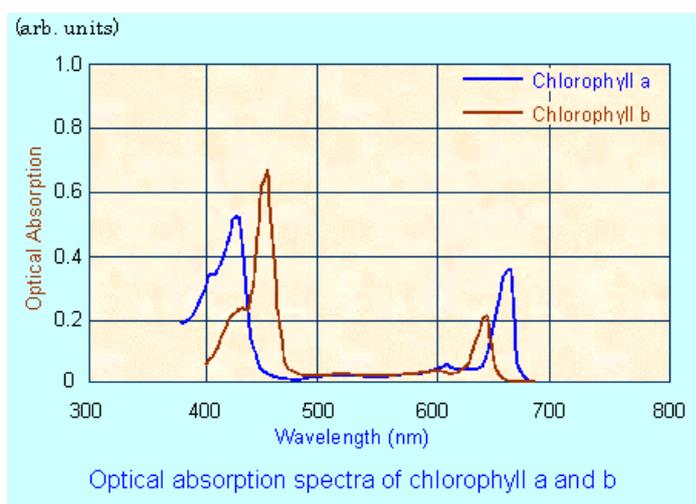
原則9．光合成と葉緑体

→ 問14・問15に利用

光エネルギーを用いて二酸化炭素（CO₂）と水（H₂O）から有機物をつくる過程のことを光合成と言う。光合成をする生物としては、緑色植物、光合成細菌、シアノバクテリアなどが挙げられる。光合成が行われる葉緑体は、二重膜で包まれた3～10μmの大きさの細胞小器官で独自のDNAを有する。この葉緑体の内部には、チラコイドと言う袋状構造があり、その膜の中に光合成色素（クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン、キサントフィル、等）が存在している（※）。また、葉緑体の中でチラコイドの間にある液状部分をストロマと言う。また、チラコイドが重なり合った箇所をグラナと言う。

（※）参考までに、クロロフィル a、クロロフィル b の光吸収スペクトルを下図に示す。

クロロフィル b は、約 450nm（青色）の光を最もよく吸収する。



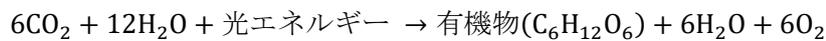
(図はより <http://www.sasrc.jp/chlorophyll.gif> 引用)

光合成は、下記に示した 4 つの過程に分かれて行われる。

- (1) 光合成色素を用いた光エネルギーの捕集 (チラコイドでの反応)
- (2) NADPH (注) (還元物質) の生成 (チラコイドでの反応)
- (3) 電子伝達系での光リン酸化による ATP の生成 (チラコイドでの反応)
- (4) カルビン・ベンソン回路による CO₂ の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

(注) : 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸の略である。

また、光合成全体の反応式は、



となる。

原則 10. 呼吸の過程と反応式 → 問 16 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 ⁺ の流れを使う。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。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 11. 動物の分類 → 問 17 に利用

動物を分類すると、下表のようになる。

| | | |
|-----------------------------|--------------------|------|
| 無胚葉性の動物（胚葉が分化しない） | | 海綿動物 |
| 二胚葉性の動物（外胚葉と内胚葉が分化） | | 刺胞動物 |
| 三胚葉性の動物 （外胚葉・中胚葉・内胚葉が分化） | 旧口動物 （原口が口になる） | 冠環動物 |
| | | 扁形動物 |
| | | 輪形動物 |
| | | 環形動物 |
| | 新口動物 （原口が肛門になる） | 脱皮動物 |
| | | 軟体動物 |
| | | → |
| | | 線形動物 |
| 脊索動物 | 節足動物 | |
| | 棘皮動物 | |
| 脊索動物 | 原索動物 | |
| | 脊椎動物 | |

原則 1 2. ハーディー・ワインベルグの法則 → 問 19 に利用

ハーディー・ワインベルグの法則とは、「メンデル集団では何代も代を経ても遺伝子頻度が変化しない」と言う法則である。また、このように代を経ても遺伝子頻度が変わらず安定していることを遺伝子平衡と言う。なお、メンデル集団とは、以下の条件 (1)～(5) を満足する集団のことである。

[メンデル集団の条件]

- (1) 多数の同種個体からなる。
- (2) 個体間の生存能力の差はない。
- (3) 全ての個体が自由に交雑し、子孫を残す。
- (4) 他の同種集団とは、個体の移出入がない。
- (5) 集団内で突然変異は起こらない。

ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ集団（個体群）においては、対立遺伝子 A、a の遺伝子頻度をそれぞれ p 、 q （ただし、 $p + q = 1$ とする）とおいたとき、遺伝子型頻度は次式のように表される。

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

原則 1 3. コケ植物やシダ植物の生活環 → 問 22 に利用

まず、コケ植物の場合、核相が n の配偶体が本体であり（本体は維管束をもたない）、核相が $2n$ の孢子体は配偶体の上で生活し、減数分裂をして核相が n の孢子をつくる。孢子は発芽し、原糸体を経た後、核相が n の雌雄の配偶体となる。雄の配偶体の造精器で作られた精子と雌の配偶体の造卵器で作られた卵が受精して受精卵となり、この受精卵が孢子体となる。

また、シダ植物の場合、核相が $2n$ の孢子体が本体であり（本体は維管束をもち、根・茎・葉ができる）、葉の孢子のうで減数分裂によって核相が n の孢子をつくる。孢子は発芽し、

核相が n の前葉体 (=配偶体) になる。前葉体の造精器と造卵器で作られた精子と卵が受精して受精卵となり、この受精卵が孢子体となる。

問 1

【方針】

光学顕微鏡についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、光学顕微鏡に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

光学顕微鏡の場合、接眼レンズは、低倍率ほど長くなり高倍率ほど短くなる。逆に対物レンズでは、高倍率ほど長くなる。また、高倍率になるほど、視野は狭くなって暗くなる。そのため、しぼりの調節をしたり、反射鏡を凹面にすることで明るくしている。ゆえに、解答は、h である。

問 2

【方針】

浸透圧についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 1. 浸透圧について」の知識を利用して解く。

【解説】

開始時、2 つの液面は縦軸の 3 目盛の位置にある。X の濃度が Y の濃度より低い場合、水は浸透圧の低い側より高い側へ移動するから、X の液面が下がり、その分 Y の液面が上がる。X では液面が開始時よりも 1 目盛下がるから、Y の液面はその分 1 目盛上がって 4 目盛の位置になる。ゆえに、解答は、e である。

問 3

【方針】

ナトリウムポンプについての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、ナトリウムポンプに関する知識にもとづいて解く。

【解説】

ナトリウムポンプでは、ATP のエネルギーを用いて、細胞内外の濃度勾配に逆らいながら、細胞外へ Na^+ を、細胞内へ K^+ をそれぞれ運ぶ。ゆえに、解答は、d である。

問 4

【方針】

ニワトリの卵についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 3. ニワトリの卵の特徴」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則3. ニワトリの卵の特徴」より、解答は、b・fである。

問5

【方針】

「初期神経胚」という点に注意しながら、「原則2. カエルの発生の過程」の知識を利用して解く。

【解説】

神経管の後方から脊髄は形成される。ただし、問題文中の図は神経管ができる前の初期神経胚の図であるから、神経管へ分化する前の神経板（図のA）を選ばばよい。なお、図のBは脊索であるから、誤ってBを選ばない様に注意する。ゆえに、解答は、aである。

問6

【方針】

ミトコンドリア DNA に関する知識問題であることに気づく。したがって、「原則4. ミトコンドリア DNA について」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則3. ミトコンドリア DNA について」より、解答は、c・dである。

問7

【方針】

眼の構造と機能に関する知識問題であることに気づく。したがって、「原則5. 眼の構造と機能」の知識を利用して解く。

【解説】

遠くのものを見る場合、毛様筋が弛緩して、チン小帯が引っ張られることにより、水晶体が薄くなる。この様にして、水晶体の厚さにより結像する位置を調節している。ゆえに、解答は、fである。

問8

【方針】

交感神経刺激だけで調節される組織が何かを問うていることに気づく。したがって、汗腺、立毛筋や体表血管などに関する知識にもとづいて解く。

【解説】

交感神経刺激だけにより調節されるものは、汗腺、立毛筋や体表血管である。この部分においては、交感神経により、汗の分泌促進、立毛筋の収縮や体表血管の収縮を行う。なお、体表（正確には、顔面や陰部を除く体表）の血管には交感神経だけが分布しているが、体

内の動脈においては副交感神経も分布しているから、その場合には副交感神経により血管が弛緩するので、この点には注意しておきたい。以上より、解答は、 $a \cdot g \cdot i$ である。

問 9

【方針】

細胞内カルシウムイオンの濃度調節に働く細胞小器官が何かを問うていることに気づく。したがって、「原則 6. 筋小胞体について」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 6. 筋小胞体について」より、解答は、 c である。

問 10～問 12

【方針】

いずれの設問も血管や血液などについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 8. 血管と血液」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 10)

「原則 8. 血管と血液」より、解答は、 $a \cdot d$ である。

(問 11)

「原則 8. 血管と血液」より、解答は、 c である。

(問 12)

a : 誤文である。W 字型ではなく、Y 字型である。

b : 誤文である。細胞性免疫ではなく、体液性免疫である。

c : 誤文である。定常部ではなく、可変部である。

d : 誤文である。1 本の H 鎖ではなく、2 本の H 鎖である。

e : 正文である。抗体は免疫グロブリンでできている。

以上より、解答は、 e である。

問 13

【方針】

赤血球凝集反応についての問題であると気づく。したがって、「原則 7. ABO 式血液型について」の知識を利用して解く。

【解説】

主試験は患者（受血者）の血しょうとドナー（供血者）の血球の組合せ、副試験は患者（受血者）の血球とドナー（供血者）の血しょうの組合せでそれぞれ行う。ここでは B 型の患者であるから、主試験で用いる血しょうの中には凝集素 α がある。よって、ドナーが凝集原 A を持つ場合に凝集反応が見られるから、A 型と AB 型の血球が含まれる場合（表 1 の

主試験 a と e の場合) に凝集反応が見られる。また、副試験においては、B 型の患者の血球に凝集原 B があるから、凝集素 β を持つドナーの血しょうとの組合せで凝集反応を起こす。 β を持つのは A 型と O 型であるから、副試験の b と h において凝集反応が見られる。以上より、解答は、 $a \cdot b \cdot e \cdot h$ である。

問 14・問 15

【方針】

いずれの設問も光合成やクロロフィルに関する問題であると気づく。したがって、「原則 9. 光合成と葉緑体」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 14)

「原則 9. 光合成と葉緑体」より、450nm の青色の光がクロロフィル *b* に最もよく吸収される。ゆえに、解答は、e である。

(問 15)

「原則 9. 光合成と葉緑体」より、光合成全体の反応式は、



となるから、 O_2 の物質量の $\frac{1}{6}$ の物質量 (モル数) のグルコースが生成される。したがって、グルコース (ブドウ糖) の生成量は、

$$\frac{576 \times 10^{-3}}{32} \times \frac{1}{6} \times 180 = 540 \times 10^{-3} [\text{g}] = 540 [\text{mg}]$$

となる。なお、「呼吸の影響は無視する」という文言があるから、本問では呼吸量を考慮する必要はない。ゆえに、解答は、百の位① : e、十の位② : d、一の位③ : j である。

問 16

【方針】

呼吸における解糖系についての知識問題であることに気づく。したがって、「原則 10. 呼吸の過程と反応式」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 10. 呼吸の過程と反応式」より、解答は、アーb、イーd、ウーb である。

問 17・問 18

【方針】

いずれの設問も動物の分類や進化についての知識問題であることに気づく。したがって、「原則 11. 動物の分類」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 17)

a・b・dの各生物はいずれも旧口動物なので、新口動物と言う条件から外れる。また、脊椎動物(c)は発生の途中段階で脊索をもつから、該当しない。したがって、キョク(棘)皮動物(e)だけが、発生段階において全く脊索をもたない新口動物である。ゆえに、解答は、eである。

(問18)

a: 誤文である。原始的な無ガク類は、ひれを持たない。

b・c・d・e: 正文である。

以上より、解答は、aである。

問19

【方針】

「ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ」という文言があるから、「原則12. ハーディ・ワインベルグの法則」の知識より、遺伝子頻度が変化しないことに気づく。この点を踏まえて、「原則12. ハーディ・ワインベルグの法則」の知識などを利用して解く。

【解説】

暗色型遺伝子Aの遺伝子頻度をp、淡色型遺伝子aの遺伝子頻度をqとおく(ただし、 $p+q=1$ とする)と、遺伝子型頻度は次式のように表される。

$$(pA+qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa \dots\dots①$$

淡色型は9% (=100%-91%) であるから、 $q^2 = 0.09$ となって、 $q = 0.3$ となる。

これと $p = 1 - q$ より、 $p = 1 - 0.3 = 0.7$ となる。

よって、式①より、AAの頻度: $p^2 = 0.7^2 = 0.49$ 、Aaの頻度: $2pq = 2 \times 0.7 \times 0.3 = 0.42$ 、aaの頻度: $q^2 = 0.09$ となる。ゆえに、解答は、aである。

問20

【方針】

「最も近縁な生物種DとEがそれらの共通の祖先から9千万年前に分岐したとする」という文言と表2より、アミノ酸1個の変異にかかる年数が計算できることに気づく。この点を踏まえて、アミノ酸1個当たりの年数を計算し、最も遠縁な生物種が分岐した時期を求める。

【解説】

最も近縁な生物種であるDとEは共通の祖先から9個ずつ変異し、D・E間で18個のアミノ酸が変わったと考える。よって、DとEは9000万年前に共通の祖先から分岐したので、アミノ酸1個の変異に1000万年かかった、という計算になる。表2より、DやEに最も遠縁の生物はAであるから、AとA以外の生物の共通の祖先からのアミノ酸の変異した個数を求めると、

$$\frac{68+65+71+74}{4} \times \frac{1}{2} = 34.75 \approx 35 \text{ 個}$$

となる。したがって、 35×1000 万年 = 3 億 5000 万年となるから、分岐したのは 3 億 5000 万年前と考えられる。ゆえに、解答は、ア-j、イ-c、ウ-e である。

問 21・問 22

【方針】

いずれの設問も生物の増殖や核相についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 13. コケ植物やシダ植物の生活環」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 21)

- a：真正孢子による有性生殖で、シダは増殖する。
 - b：出芽により増殖する生物は、ヒドラ、酵母菌、ホヤ、サンゴ等である。
 - c・d：プラナリアやゾウリムシは、アメーバ、ミドリムシ、イソギンチャク等と同様に分裂で増殖する。
 - e：クラミドモナスやアオミドロ、ヒトエグサ等は、同形配偶子接合をする生物である。
- 以上より、解答は、b である。

(問 22)

- a：孢子体の核相は $2n$ である。孢子体では、孢子を作る際に減数分裂を行う。
 - b・d：配偶体や造卵器、造精器における核相は n である。
 - c：前葉体の核相は n である。
 - e：被子植物の胚乳の核相は $3n$ である。ちなみに、裸子植物の場合、受精前に胚乳が作られるので、胚乳の核相は n である。
- 以上より、解答は、a である。

2

原則 1 4. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官 → 問 23 に利用

外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官を、下表に示す。

| | | |
|-----|-------|----------------|
| 外胚葉 | 表皮 | 皮膚の表皮、目の水晶体や角膜 |
| | 神経管 | 脳、脊髄、目の網膜 |
| | 神経冠細胞 | 末梢神経、色素細胞 |
| 中胚葉 | 脊索 | (退化) |
| | 体節 | 骨格、骨格筋、皮膚の真皮 |
| | 腎節 | 腎臓 |
| | 側板 | 心臓、血管、血球、内臓筋 |
| 内胚葉 | 呼吸器官 | えら、肺 |
| | 消化器官 | 食道、胃、腸、肝臓、すい臓 |

原則 1 5. 外胚葉性頂堤 (AER) について → 問 25 に利用

まず、外胚葉性頂堤 (AER) とは、外胚葉が伸張してできた隆起のことで、体肢の分化・生長を進める機能をもつ。したがって、例えば、体肢が分化する途中段階で、AER を除去した場合、遠位の骨格要素 (指、等) ができなくなってしまう。

問 23・問 24

【方針】

「翼芽と肢芽は **A** 組織とそれをおおう表層の **B** 組織の 2 層から構成され」という文言より、表層の B 組織が外胚葉由来であると気づく。この点を踏まえて、「原則 1 4. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 23)

ニワトリの翼は主に中胚葉と外胚葉から形成されることと、表層の B 組織が外胚葉由来であることから、A 組織は中胚葉から形成されることがわかる。ゆえに、解答は、ア-b、イ-c である。

(問 24)

C はとう骨、D は尺骨である。ゆえに、解答は、f である。

問 25

【方針】

実験 1 では、「大腿形成予定部位(E)」を翼芽の先端部にある AER 直下に移植したとき、け

づめを有する足指が形成された。また、「移植片(E)」が翼でなく後肢になったことより、移植実験を行う時点で「移植片(E)」が後肢の構成成分になることが既に決定していたと考えられる。一方、実験 2 より、翼芽形成期に AER がいないとき、翼の基部から先端までの部分が正常な構造に形成されないことがわかる。翼は基部に上腕骨、中間にとう骨と尺骨があり、その先の先端部に指が作られるが、AER を切除した場合、不完全な翼ができてしまう。このことより、AER は翼の成長の維持に関わっているものと推定される。以上の点を踏まえて、「原則 15. 外胚葉性頂堤 (AER) について」の知識なども利用して各記述の正誤を考える。

【解説】

- a: 適切である。実験 1 より正しい。
- b: 不適切である。実験 2 より、A 組織だけで翼の全ての構造を形成することはできない。
- c: 適切である。実験 2 より、AER を除去したとき、それ以降の翼の形成が阻害されるから、AER には翼の成長を維持する働きがあることがわかる。よって、翼の各発生段階で AER は成長に関わっているから、正しい。
- d: 不適切である。実験 2 で翼芽の AER の切除により不完全な翼が作られたことから、AER が翼の構成成分の誘導を順次行っているとまでは言えない。翼の構成成分が翼芽の AER により順次誘導されることを示すためには、発生運命の決まっていない領域が、翼芽の AER によって翼の構成成分へと直接誘導されることを実験的に証明しなければならない。
- e: 不適切である。A 組織が翼になることを AER が決定するなら、実験 1 が説明できない。以上より、解答は、a・c である。

問 26

【方針】

実験 4 の説明文中に、「ZPA では指の誘導物質であるソニックヘッジホッグタンパク質 (SHH) の濃度が高い」と言う文言がある。また、実験 3 の説明文には、「他の個体の翼芽の ZPA を翼芽前端部の B 組織直下へ移植した」結果、「鏡像の過剰指が形成された」との記述がある。この指の形成パターンから、ZPA が放出する形態形成物質であるモルフォゲンの濃度が高い順に、第 4 指→第 3 指→第 2 指と形成されたと考えられる。すなわち、移植により濃度勾配が変わったため、指が重複して形成されたものと考えられる。以上の点を踏まえて、正しい選択肢がどれかを考える。

【解説】

上記の【方針】で述べたことより、実験 4 では、ZPA が放出するモルフォゲンとして SHH が考えられる。実験 4 の結果より、翼芽前端部に色々な濃度の SHH を含んだ樹脂を移植したとき、前端部の SHH 濃度が高い場合に第 4 指が形成されている。すなわち、表 3 における「指のパターン (前方から)」の左端の数字が大きいものほど、SHH 濃度は高い。よって、左端に 4 がくるエが最も濃度が高く、次に高いものは左端に 3 がくるイで、その次に高い

ものは左端に2がくるアとウである。ただし、表3より、アは2234であるのに対してウは234となっていて指の本数が異なるから、アはウより濃度が高いことがわかる。ウは樹脂にしみこませたSHHの濃度が指形成に必要な濃度まで達していないために、元々ある後端部のZPAによる指形成のみが起きたものと考えられる。以上より、濃度の低いものから順に並べると、ウ→ア→イ→エ（選択肢e）となる。ゆえに、解答は、eである。

問27

【方針】

「他の個体のZPAの組織を翼芽先端部のAER直下に移植」という文言より、中央部と後端部のモルフォゲン濃度が高くなることに気づく。この点を踏まえて、予想される指のパターンを考える。

【解説】

翼芽先端部のAERの直下に他の個体のZPAを移植した場合、実験3の様な前端部への移植とは異なり、2つのZPAの間の距離が短くなるため、その間の部分のモルフォゲンの濃度は高くなる。特に、中央部と後端部は最も濃度が高くなるので、第4指の形成を誘導することが予想される。一方、前端部に近づくにつれてZPAが放出するモルフォゲンの濃度が薄くなってゆくので、第3指の形成を誘導する→第2指の形成を誘導する→指が形成されなくなる、と変化することが予想される。その結果、指のパターン（前方から）は23434（c）もしくは234434（d）の様になるものと考えられる。ゆえに、解答は、c・dである。

3

原則 16. 染色体と遺伝子型について → 問 29～問 32 に利用

真核生物では、ヒストンと言うタンパク質に DNA が巻き付いて染色体を作る。なお、細胞分裂中期の染色体には、動原体が現れる。また、有性生殖をする生物の場合、父方の染色体は精細胞（精子）より、母方の染色体は卵細胞（卵）よりもたらされるから、子の体細胞は一对の同形同大の染色体をもっている。これを、相同染色体と言う。また、遺伝子座とは、染色体上の遺伝子の位置のことである（※）。1 つの遺伝形質に対して、相同染色体の同じ遺伝子座に異なる遺伝子がそれぞれ存在するとき、それらに対立遺伝子と言う。同じ対立遺伝子の対（例. AA や aa）になっているとき、ホモ接合と言う。また、異なる対立遺伝子の対（例. Aa）になっているとき、ヘテロ接合と言う。ところで、ヒトの体細胞には 46 本（23 対）の染色体があり、44 本（22 対）は男女共通の常染色体で、2 本（1 対）は男女で異なる性染色体である。この 2 本の性染色体は、女性ではホモ型（XX）、男性ではヘテロ型（XY）となる。

（※）遺伝子の位置を染色体上に示した地図のことを、染色体地図または遺伝子地図と言う。

また、AA、Aa、aa の様な形質を決める遺伝子の組合せを遺伝子型と言い、通常、A 等の大文字は優性遺伝子、a 等の小文字は劣性遺伝子をそれぞれ表す。したがって、優性遺伝子 A と劣性遺伝子 a からは、4 通りの遺伝子型 AA、Aa、aA、aa が生じ得るが、AA、Aa、aA をもつ個体にはいずれも [A] の表現型（優性形質）が現れ、aa をもつ個体だけに [a] の表現型（劣性形質）が現れる。

ところで、他の細胞に遺伝子を導入する働きをもつものは、総称してベクター（運び屋）と呼ばれる。遺伝子組換え実験に使われるプラスミドやウイルスが、このベクターに相当する。

原則 17. 組換え価 → 問 29 に利用

組換え価とは、組換えが起きた配偶子の割合のことで、次式で表される（ただし、組換え価 < 50 % とする）。

$$\text{組換え価 [\%]} = \frac{\text{組換えが起きた配偶子の数}}{\text{全配偶子の数}} \times 100$$

問 28

【方針】

「これらのアミノ酸代謝経路に遺伝的異常が発生すると、代謝されるべきアミノ酸や代謝産

物の過剰蓄積が生じる」と言う文言より、障害のある代謝経路に入る前のアミノ酸等で過剰蓄積が起きることに気が付く。この点を踏まえて、表 4 から過剰蓄積の箇所を見つけた上で、図 9 のどの経路に障害があるかを考える。

【解説】

ア：表 4 より、アルカプトン尿症の患者の「血中アミノ酸・代謝産物」は D と E で増加している。これは、E→F の反応を促進する酵素が作られないために起きる。したがって、E と F の間にある⑤の酵素反応の障害と考えられる。ゆえに、解答は、ア-e である。

イ：チロシン血症の患者の場合、B と D が増加しているから、D と E の間にある④の酵素反応の障害により D が蓄積されたと考えられる。D の濃度が高くなることで、D を合成する反応である B→D の反応も抑制を受けるため、B の濃度も高くなるものと考えられる。ゆえに、解答は、イ-d である。

ウ：フェニルケトン尿症の患者では、A と C の濃度が高くなっているから、①の酵素反応において障害が起きている。ゆえに、解答は、ウ-a である。

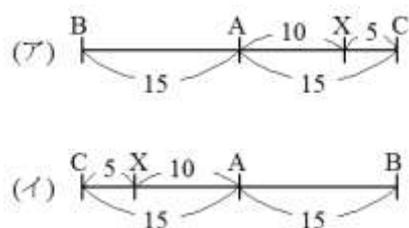
問 29

【方針】

「1 センチモルガンは 1% の組換え価を生じる染色体上の距離」と言う文言より、表 5 に示された組換え価は染色体上の距離に変換できることに気づく。この点を踏まえて、「原則 1 6. 染色体と遺伝子型について」や「原則 1 7. 組換え価」の知識を利用して解く。

【解説】

与えられた条件の下で染色体地図を作成すると、下図の (ア) または (イ) の様になる。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

図 10 の遺伝子 X の位置より、各遺伝子は (イ) のように配置されていると考えられる。すなわち、遺伝子 A は遺伝子 X から 10 センチモルガンだけ右側の位置 (f)、遺伝子 B は遺伝子 A から 15 センチモルガンだけ右側の位置 (i)、遺伝子 C は遺伝子 X から 5 センチモルガンだけ左側の位置 (d) にそれぞれある。ゆえに、解答は、ア-f、イ-i、ウ-d である。

問 30

【方針】

アルカプトン尿症の遺伝子は、家系図 (図 11) の最も左側の第 2・第 3 世代より劣性遺伝

子であるとわかる（仮に優性遺伝子とした場合、第 2 世代の劣性の正常な両親より第 3 世代で優性遺伝子をもつ子が生まれることと矛盾してしまう）。この点を踏まえて、「原則 1 6．染色体と遺伝子型について」の知識を利用して解く。

【解説】

アルカプトン尿症の遺伝子は、劣性遺伝子である。そこで、正常遺伝子を N 、アルカプトン尿症の遺伝子を n とおくと、図中の二重丸の女性 A の兄弟にはアルカプトン尿症の発症者がいるから、両親はヘテロ接合体の Nn とわかる。したがって、この両親から生まれた A がアルカプトン尿症 (nn) になる確率は 25% である。ゆえに、解答は、十の位 : b 、一の位 : e である。

問 31・問 32

【方針】

問 28 より、(文 2) 中の「①の酵素活性に障害を持つ患者」とはフェニルケトン尿症の患者であると気づく。この点を踏まえて、「原則 1 6．染色体と遺伝子型について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 31)

「原則 1 6．染色体と遺伝子型について」より、解答は、 h である。

(問 32)

フェニルケトン尿症の患者では、フェニルアラニンをチロシンに変えられないため、血中にフェニルアラニンが蓄積され、これがフェニルケトンとなり尿中に排出される。この代謝異常を回復させるには、チロシンを合成する酵素のコードを行う遺伝子を導入すればよい。ゆえに、解答は、 e である。

4

原則18. DNAとRNAについて → 問33～問37に利用

遺伝情報は、DNAからmRNAへ、mRNAからtRNAへと伝達される。DNAの複製においては、DNAを構成する2本のヌクレオチド鎖のそれぞれが鋳型となって、2本の新しいDNA分子を複製する(注1)。このとき、新しいDNAヌクレオチドの形成はDNAポリメラーゼ(DNA合成酵素)により行われる。なお、DNAのヌクレオチド形成に使われる塩基は、A(アデニン)、T(チミン)、C(シトシン)、G(グアニン)の4種類(注2)であるが、RNAでは、T(チミン)の代わりにU(ウラシル)が用いられる。そのため、tRNAの塩基配列は、DNAの塩基配列のTをUに置き換えたものと等しくなる。タンパク質形成に関与するアミノ酸は20種類あるが、tRNAにおける4種類の塩基(A、U、C、G)が3個で1組となり、1つのアミノ酸を指定する。

(注1) これを半保存的複製と言う。メセルソンとスタールは、DNAの複製様式が半保存的複製であることを実験により証明した。

(注2) 塩基のうちで分子量が大きいものは、プリン塩基(アデニン(A)とグアニン(G))である。なお、T(チミン)、C(シトシン)、U(ウラシル)はピリミジン塩基である。

ところで、mRNAのコドン(遺伝暗号)に対し相補的な塩基配列を有する部分がtRNAには存在し、その部分をアンチコドンと言う。なお、DNA(RNA)においては、AとT(U)、CとGがそれぞれ相補の塩基ペアとなる。また、DNAは相補の塩基ペアで構成されるため、DNAを構成する塩基の量は、AとT、CとGがそれぞれ等しくなる。

また、真核生物のDNAにおいては、エキソンと呼ばれるタンパク質合成に関わる塩基配列と、イントロンと呼ばれるタンパク質合成に関わらない塩基配列の両方が含まれている。そのため、DNAの塩基配列が転写されたヌクレオチド鎖よりイントロンの部分を取り除く過程(スプライシング)を経て、mRNAはつくられる。

問33

【方針】

「塩基③の分子量は塩基①の分子量よりも大きい」という文言がヒントになると気づく。この点を踏まえて、「原則18. DNAとRNAについて」の知識などを利用して解く。

【解説】

「原則18. DNAとRNAについて」より、分子量が大きい塩基は、アデニン(A)とグアニン(G)である。表6でシトシン(C)と相補的な対をなすものはグアニン(G)であるので、②がグアニンである。よって、①と③はアデニンかチミンになるが、③の分子量は①の分子量よりも大きいから、③がアデニンで①がチミンである。ゆえに、解答は、①-f、

②-d、③-a である。

問 34・問 35

【方針】

前問の結果および塩基 A と T、C と G が相補であることを使えばよいと気づく。この点を踏まえて、「原則 18. DNA と RNA について」の知識も参考にして順に解いてゆく。

【解説】

(問 34)

1 本鎖 DNA が 2 本鎖が解離してできたものなら、2 本鎖間で A (アデニン) ⇔ T (チミン)、C (シトシン) ⇔ G (グアニン) の対応関係が成り立つ。これを満たすものは、試料 6 と試料 9 である。よって、1 本鎖 DNA は試料 6 と試料 9 が該当する。試料 6 と試料 9 の 1 本鎖 DNA を合わせた 2 本鎖 DNA に含まれる塩基の割合は、表 6 より、A が $(40 + 20) \div 2 = 30$ [%]、T も 30 [%]、C が $(30 + 10) \div 2 = 20$ [%]、G も 20 [%]となるから、2 本鎖 DNA の試料 3 の解離により試料 6 と試料 9 が生じたことがわかる。ゆえに、解答は、ア-c、イ・ウ-f・i (順不同) である。

(問 35)

片側の DNA ヌクレオチド鎖を X 鎖とすると、X 鎖に占める塩基の割合は、C と G の合計が 40%、T が 20%であるから、A は 40%であるとわかる。もう片側の DNA ヌクレオチド鎖を Y 鎖とすると、Y 鎖の T は X 鎖の A と相補的な関係になるから、Y 鎖の T の割合は X 鎖の A と等しい。よって 40%となる。ゆえに、解答は、f である。

問 36

【方針】

DNA についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 18. DNA と RNA について」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 18. DNA と RNA について」より、解答は、ア-b、イ・ウ-d・i (順不同) である。

問 37

【方針】

「6 塩基対」を構成する塩基は C と G だけであることに気づく。この点を踏まえて、「原則 18. DNA と RNA について」の知識を利用して解く。

【解説】

切断箇所が多いと言うことは、*Sma* I に認識される 6 塩基対 (CCCGGG と GGGCCC) が多く現れる可能性が高いことを意味している。すなわち、与えられた DNA 試料の中から、GC 含量の高いものを見つけ出せばよい。表 6 より、2 本鎖 DNA の試料 1~試料 5 のうち、

試料 5 は GC 含量が 70% と最も高い。次に、1 本鎖 DNA の場合、相補関係にあるヌクレオチド鎖とペアになって 2 本鎖となるから、表 6 より GC 含量を求めると、試料 6 は 40%、試料 7 は 30%、試料 8 は 60%、試料 9 は 40%、試料 10 は 50% となる。以上の結果から、試料 5 が最も GC 含量が高いことがわかる。ゆえに、解答は、e である。