

1

【解答】

問1 1・2 — ②・③ (順不同) 問2. 3—② 問3. 4—④ 問4. 5—③
問5. 6—④

【解説】

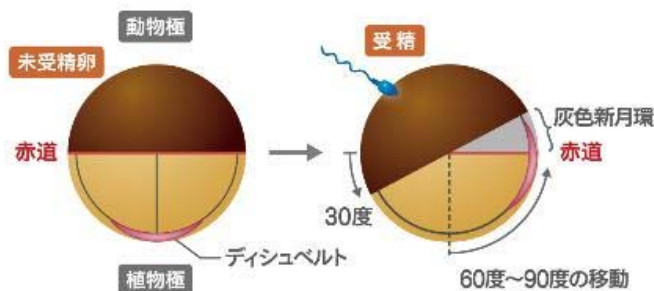
〈両生類の発生〉

問 1,2

両生類では、1回目の卵割は経割で等割が行われて2細胞期に、2回目の卵割も経割で等割が行われて4細胞期になる。

両生類の未受精卵では、動物の半球の表層に黒色の色素層があるため黒く、植物半球はそのような色素層がないので白く見える。

精子が進入すると、この黒色色素を含む表層部分が約30°、精子進入点側に向かって回転する。その結果、精子進入点の反対側に、色素の抜けた部分が現れる。この部分を灰色三日月環（灰色新月環、灰色半月環）という。



© University of Tokyo

<http://blog.livedoor.jp/crazybio/archives/39857944.html>

この表層の回転によって、内部の細胞質との間にずれが生じ、その結果、細胞質中の配置換えが起こる。

この配置換えによって、灰色三日月環の生じた側が将来の背側、反対側が将来の腹側になるという背腹軸が決定する。そのため、植物半球に紫外線を照射し、表層回転を阻害すると、背腹軸の決まらない細胞の塊になる。

また、この配置換えは、表層が回転しなくても、表層と内部の細胞質の間にずれが生じることで起こる。したがって、紫外線を照射して表層回転を阻害しても、卵を傾けて表層と内部の細胞質との間にずれを生じさせると、背腹軸が形成され、正常に発生する。

一般に、第一卵割は灰色三日月環を含む面で起こり、第二卵割は第一卵割面に直交する面で起こる。

そのため、4細胞期に第一卵割面で分離して、2つの割球ずつをそれぞれ培養すると、いずれの2割球からも完全な幼生が生じる。

しかし、4細胞期に第二卵割面で分離して2割球ずつをそれぞれ培養すると、いずれの2割球からも完全な幼生は生じない。これは、受精卵の段階では将来の背腹軸に沿って物質が極性をもって分布しているが、左右の方向にはまだ極性がないからである。

よって、問1 1・2 — ②・③ (順不同) となる。

予定内胚葉域の細胞群が、近接している予定外胚葉域の細胞群に働きかけて、中胚葉性の組織を誘導する現象を中胚葉誘導という。背側の予定内胚葉域には背側の形成体を誘導する特別な領域があると考えられ、ここをニューコープセンターという。よって問 2. 3—②となる。

問 3

卵割では割球が成長しないまま次の分裂が行われる。その結果生じる娘細胞の大きさは、分裂するごとに小さくなる。逆にいえば、胚全体の大きさは変化しない。また、間期の中に成長する必要がないので、通常の体細胞分裂に比べると間期の長さが短い。具体的には、間期のうちの G1 期がなく、G2 期もほとんどない、ただし S 期はあり、DNA 合成は行われる。よって、問 3. 4—④となる。

問 4

遺伝子の発現が始まるのは、翻訳される遺伝暗号をもつメッセンジャー RNA (mRNA) が増える時期であるから、問 4. 5—③となる。

問 5

伝令 RNA (mRNA) の塩基配列に基づいてアミノ酸を配列し、タンパク質のペプチド鎖を合成する過程を翻訳という。翻訳は、リボソーム上で次の過程で進行する。

- ① 核内で生じた伝令 RNA (mRNA) は核膜孔を通過して細胞質に出て、リボソーム上に付着する。
- ② 一方、細胞質中には特定のアミノ酸と結合した運搬 RNA (tRNA) が存在し、伝令 RNA (mRNA) の塩基配列に相補的な塩基をもつ tRNA がアミノ酸をリボソーム RNA (rRNA) へと運搬する
- ③ アミノ酸どうしがペプチド結合し、ペプチド鎖が生じる。

以上より、3 種類の RNA が十分にそろった状態を満たす 問 5. 6—④が正解となる。

2

【解答】

問 1. 7 — ⑧ 問 2. 8—② 9—⑤ 問 3. 10・11—①・④ (順不同)

【解説】

〈ハーディ・ワインベルグの法則〉

問 1,3

次の①～⑤のような条件が成立すれば、集団内の遺伝子頻度は、代を重ねても変化しないという法則で、1908年、イギリスのハーディとドイツのワインベルグによって提唱された。

- ① 個体群の大きさが非常に大きい
- ② 突然変異が生じない
- ③ 自然選択が働かない
- ④ 移出や移入がない
- ⑤ 集団内で自由な交配が行われる

上記の①～⑤のような条件がすべて成立すれば、遺伝子プール内の遺伝子頻度は変化しな

い。この状態を遺伝子平衡という。逆にいえば、このような条件が崩れることで遺伝子頻度に変化し、進化が起こると考えられる。

よって f は該当しないため、問 1. 7 — ⑧、問 3. 10・11—①・④（順不同）となる

問 2

〈ハーディ・ワインベルグの法則の証明〉

ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つある集団において、対立遺伝子 A と a の遺伝子頻度が p, q ($p + q = 1$) であるとする、自由な交配が行われれば次世代の遺伝子型の頻度は次のようになる。

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa \Rightarrow AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2$$

よって、問 2. 8—② 9—⑤となる。

3

【解答】

問 1. 12—⑥ 13—④ 14—⑤ 15—② 16—⑧ 17—③ 問 2. 18—⑧

問 3. 19—⑨ 問 4. 20—⑧ 問 5. 21—④ 問 6. 22—① 23—② 24—① 25—③

【解説】

〈ヒトの眼の構造〉

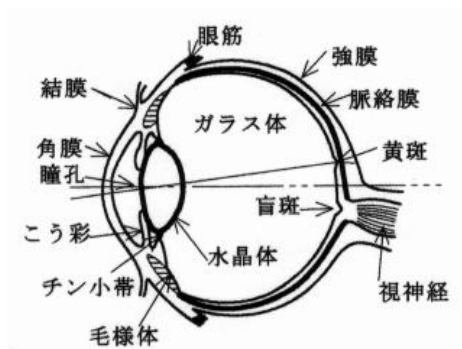


図 1 眼球の構造（右眼の水平断面図）

<http://www.eonet.ne.jp/~bioyajima/jikken.htm>

問 1～3

上図は、ヒトの右眼の水平断面図である。脊椎動物の眼はカメラ眼とよばれる。

虹彩に囲まれた光の入り口が瞳孔であり、眼に入る光量を調節している。毛様体にある毛様筋という筋肉とチン小帯により、水晶体（レンズ）の厚みを変化させてピント調節を行う。網膜には、感覚上皮に属する視細胞が存在しており、光を受容している。

正視（＝注視、凝視）した際に結像する網膜の中心部を黄斑という。黄斑よりも鼻側には、視細胞が存在しない部位があり、この部位を盲斑という。

網膜の外側には、毛様体とつながる脈絡膜、さらに外側には、角膜とつながる丈夫な強膜が存在している。

よって、問 1. 12—⑥ 13—④ 14—⑤ 15—② 16—⑧ 17—③ 問 2. 18—⑧

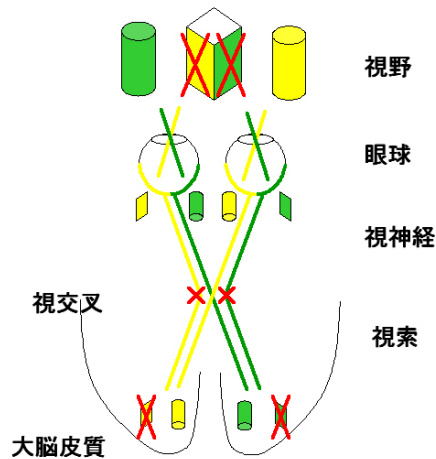
問 3. 19—⑨となる。

問 4

視細胞には、錐体細胞とかん体細胞が存在している。錐体細胞は黄斑に局在しており、かん体細胞は網膜の周辺部に広く分布している。

よって、問 4. 20—⑧となる。

問 5



<http://physiology1.org/doc/chapter.php?Id=485>

盲斑より鼻側の視細胞から興奮を伝達された分の視神経は、鼻の奥の位置で交叉し、反対側の脳へと向かう。この視神経が交叉している部分を視交叉といい、視野の右側の情報は左脳へ、視野の左側の情報は右側へと送られる。

よって、問 5. 21—④となる。

問 6

<耳の構造>

耳は音の受容器であるが、音以外にも体の傾きや回転を受容することもできる。外耳、中耳、内耳の 3 つの部分から構成される。外耳と内耳は表皮から分化し、中耳の鼓室、ユースタキヤ管（耳管、エウスタキオ管）は消化管から分化する。外耳は耳殻から鼓膜までの部分、中耳は耳小骨とそれを収める鼓室というスペース、内耳はうずまき管、前庭、半規管（三半規管）から構成される。

卵円窓が振動すると、うずまき管内のリンパ液が振動し、これによって基底膜が振動する。基底膜が振動すると、聴細胞の感覚毛が倒れて聴細胞が興奮し、この興奮が聴神経によって大脳の聴覚神経へと伝えられる。

半規管は、3本のほぼ直交した管からなり、内部はリンパ液で満たされている。内部には感覚細胞（有毛細胞）があり、ゼラチンでできたクプラという帽子のような構造が乗っている。クプラは、からだの回転や運動方向を感知して興奮し、前庭神経により脳へと伝えられる。

空気の振動は耳殻で集められ、外耳道を通り鼓膜を振動させる。鼓膜の振動は、裏側で接続している耳小骨へと伝えられる。耳小骨は、鼓膜の側から順に、つち骨、きぬた骨、あぶみ骨の 3本の小さな骨で構成されており、これらの骨によって振動が増幅されて、卵円

窓へと伝えられる。

前庭には、感覚毛をもった感覚細胞がゼリー状の物質に囲まれて存在している。また、感覚細胞の上には、炭酸カルシウムからできた平衡石が乗っており、からだの傾きを感知して興奮し、前庭神経により脳へと興奮が伝えられる。

よって問 6. 22—① 23—② 24—① 25—③となる。

4

【解答】

問1. 26—⑤ 問2. 27—② 問3. 28—③ 29—③ 問4. 30—①

問5. 31—③ 32—⑧ 33—⑨ 34—④ 問6. 35・36・37—③・⑤・⑦ (順不同)

【解説】

〈炭水化物 (糖質)〉

問 1

炭水化物は、単糖類を構成単位とする有機物で、 C, H, O から構成される。炭水化物はエネルギー源として使われることが多いが、植物細胞の細胞壁に使われるセルロースのようにエネルギー源以外の使われ方をする場合もある。

代表的な単糖類としては、六炭糖のグルコース (ブドウ糖)、フルクトース (果糖)、ガラクトースなど、五炭糖のデオキシリボースなどがある。体液中のグルコース濃度は血糖値と呼ばれ、自律神経系や内分泌系によって安定に保たれている恒常性の代表例である。

単糖類が 2 分子結合したものが二糖類で、グルコース 2 分子からなるマルトース (麦芽糖)、グルコースとフルクトースからなるスクロース (ショ糖)、グルコースとガラクトースからなるラクトース (乳糖) などがある。

よって分子量はスクロース > グルコース > リボースとなる。浸透圧はファントホッフの式から、モル濃度に比例し、分子量が小さい糖ほどモル濃度は大きくなる。

よって、問 1. 26—⑤となる。

問 2

浸透圧は、ファントホッフの式、細胞の体積と細胞内浸透圧が反比例の関係にあること、平衡状態での細胞の浸透圧、膨圧、外液の浸透圧の関係の 3 つの関係式を用いて計算する。

ファントホッフの式

$P = RCT$ $P \Rightarrow$ 浸透圧 [atm], $R \Rightarrow$ 気体定数 0.082 [atm · L/mol · K]

$C \Rightarrow$ モル濃度 [mol/L], $T \Rightarrow$ 絶対温度 [K]

限界原形質分離のときの細胞の体積は

$30 \times 30 \times \pi \times 100 = 90000 \pi$ [μm^3]

0.70 mol/L スクロース溶液に入れたときの細胞の体積 $= \frac{4}{3} \pi \times 30 \times 30 \times 30 = 36000 \pi$ [μm^3]

細胞の体積と細胞内浸透圧が反比例の関係にあること、ファントホッフの式で浸透圧がモル濃度に比例することから、この植物細胞と等張なスクロース溶液の濃度は

$0.70 \times \frac{3600\pi}{90000\pi} = 0.28$ [mol/L] となる。よって問 2. 27—②となる。

問 3

組織から毛細血管へ老廃物が引き込まれる圧力は静脈側での現象、栄養成分が毛細血管から組織へ供給される圧力は、動脈側での現象である。

組織と毛細血管の浸透圧の差 $30 - 5 = 25$ [mmHg]

静脈： 25 (組織と毛細血管の浸透圧の差) $- 15$ (静脈内血圧) $= 10$

動脈： 35 (動脈内血圧) $- 25$ (組織と毛細血管の浸透圧の差) $= 10$

よって、問 3. 28—③ 29—③となる。

問 4

上記の問 3 の結論から、水の出入りがつりあっている状態だと考えられる。

よって、問 4. 30—①となる。

問 5

〈浸透圧調節とホルモン〉

発汗や塩分の摂取によって体液浸透圧が上昇すると、それが間脳視床下部によって感知される。すると、脳下垂体後葉からバソプレシンが分泌される。バソプレシンは、腎臓の集合管に作用し、水の再吸収を促進することで体液の浸透圧を低下させる。

よって、問 5. 31—③ 32—⑧ 33—⑨ 34—④となる。

問 6

〈海産硬骨魚類の浸透圧調節〉

サンマ、マグロ、イワシといった海産硬骨魚類は、体液と外液を比較すると、外液のほうが体液よりも浸透圧が高いので、水が体外に浸透し、体液浸透圧が上昇する傾向にある。そこで、口から海水を積極的に飲み、消化管から水を吸収する。ここで同時に体内に吸収されてしまう余分な塩類は塩類細胞の能動輸送によって排出される。また、腎臓では水の再吸収が促進され、体液と等張な尿を少量排出する。

よって、問 6. 35・36・37—③・⑤・⑦ (順不同) となる。

5

【解答】

問 1. 38—⑤ 問 2. 39—① 問 3. 40—② 41—③ 42—⑥ 43—⑧ 問 4. 44—②

問 5. 45—①

【解説】

問 1

〈種間競争〉

生態的地位が似ている異種の個体群どうしでは、生活場所やえさをめぐる競争が起こる。これを種間競争という。一般に、種間競争に敗れた側の種は全滅し、その地域から排除されることになる。

種間競争においてどちらの種が勝つのが環境条件によって変わる場合もある。たとえば、

マメ科植物のシロツメグサとイネ科植物のカモガヤの種間競争では、土壌中の無機窒素化合物が不足している場合は、根粒菌と共生しているシロツメグサが勝つが、無機窒素化合物が十分にある場合は、カモガヤが勝つ。

〈相利共生〉

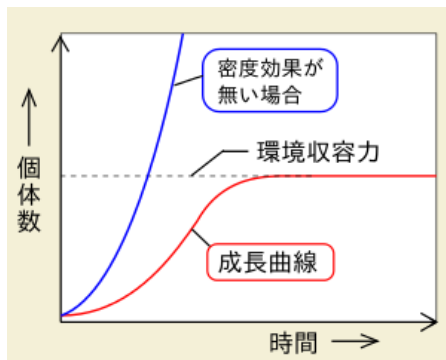
マメ科植物と根粒菌：根粒菌は窒素固定によって空気中の窒素をアンモニアにし、その一部をマメ科植物に供給する。一方、マメ科植物は光合成により合成した有機物を根粒菌に供給する。この相利共生によって、マメ科植物は土壌中の無機窒素化合物が少ない痩せた土地でも生育できる。

よって、片利共生は誤りであるため、問 1. 38—⑤となる。

問 2

〈個体群の成長〉

個体群の大きさは、一定生活空間あたりの個体数である個体群密度で表されることが多い。個体数の増加は個体群の成長といい、一般に S 字型の成長曲線となる。これは、個体群密度の増加につれて、食物や生活空間の不足、排出物の増加による環境汚染などの要因によって、個体群の成長が妨げられるためである。この個体群の成長を妨げる要因を環境抵抗という。与えられた条件における個体群密度の上限を環境収容力という。



<https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9%E7%94%9F%E7%89%A9%E2%80%90%E5%80%8B%E4%BD%93%E7%BE%A4%E3%81%A8%E7%94%9F%E7%89%A9%E7%BE%A4%E9%9B%86>

よって、個体数の増加の割合は一定ではないため、問 2. 39—①となる。

問 3

変動の多い環境では、長時間をかけて開花することは好ましくない。そのため成長時間が短くなり、重量や茎高は小さくなる。不安定な環境では株密度も低くなる。生息場所は洪水などにより不確定要素が強い北海道の湿原を選択する。

よって、問 3. 40—② 41—③ 42—⑥ 43—⑧となる。

問 4,5

〈密度効果〉

個体群密度が高くなると、資源をめぐる種内競争が激しくなったり、環境が悪化したりすることで、出生率の低下や死亡率の上昇が起こる。

このように、個体群密度が個体や個体群の増殖率や形態などに影響を及ぼすことを密度効果という。変動型は密度が高いときに生存数が多くなり、体重は軽くなる。安定型はその逆となる。

よって、問 4. 44—②となる。

また高密度で 300 世代の飼育をすると、高密度な環境に適応した遺伝子が優先的に発現され、変動型系統に固定される。

よって、問 5. 45—①となる。