

1

【解答】

問1 ⑤ 問2. ③ 問3. ⑤ 問4. ② 問5. ④

【解説】

問1

光学顕微鏡で観察している細胞の大きさなどを測定するために、マイクロメーターを用いる。接眼マイクロメーターは実際の測定に使うもので、接眼レンズの中に入れて用いる。対物マイクロメーターはステージに置いて接眼マイクロメーター1目盛りを測定するための基準として用いる。

測定では、まず接眼マイクロメーターと対物マイクロメーターの目盛りが重なっている2カ所を探し、その2カ所の間にある目盛りを数える。

1目盛りが $10\mu\text{m}$ の対物マイクロメーターで検鏡したとき、重なった目盛りの間隔が、対物マイクロメーター $a$ 目盛りに対して接眼マイクロメーター $b$ 目盛りだったとすると、対物マイクロメーターで測定した長さは $a\times 10[\mu\text{m}]$ で、この長さが接眼マイクロメーター $b$ 目盛りに相当するから、接眼マイクロメーター1目盛りの長さは、ステージ上での $(a\times 10)/b[\mu\text{m}]$ に相当する。

$(10\times 10)/25 = 4[\mu\text{m}]$ となる。よって、①は正しい。

だ腺染色体は、昆虫綱双翅目（そうしもく：ユスリカやショウジョウバエの仲間）の幼虫のだ腺（唾液腺）の細胞に見られる染色体で、ふつうの染色体とは異なり、間期でも観察できる。また、ふつうの体細胞の染色体の100~150倍の大きさがあるが、これは、繰り返し複製が行われた染色体が分離せずに束になっているからで、多糸染色体とよばれる。キイロショウジョウバエの場合は、約10回の複製が行われるので、 $2^{10} \cong 1000$ 本の染色体が束になっている。さらに、相同染色体どうしが対合した状態になっているため、だ腺染色体は $n$ 本しか観察されない。 $2n = 8$ で $n = 4$ であるから、②は正しい。

タマネギの一枚の鱗片葉においては、内側の細胞より外側の細胞のほうが大きい。よって、③は正しい。

間期のほうが分裂期よりも細胞数が多い。間期のDNA合成期（S期）にDNAが合成（複製）されて、DNA量は2倍になる。よって、④は正しい。

ムラサキツユクサはつぼみの大きさによって減数分裂の段階が異なり、1つの葯からは、同じ大きさの花粉母細胞が観察される。よって、⑤は誤り。

問2

〈細胞の進化〉

約40億年前に誕生したと考えられている最初の生物は、原核細胞からなり、従属栄養型で嫌気性（嫌気呼吸を行う）であった。やがて、始原菌（アーキア、古細菌）と細菌（バクテリア、真正細菌）という2つのグループに大別され、30~27億年前にシアノバクテリア（ラン藻）が出現した。シアノバクテリアは、水を分解して酸素を発生する光合成を行ない、その結果大気中の酸素濃度が上昇し、酸素を用いて有機物を効率よく分解する好気性の細菌が進化した。始原菌の細胞に、嫌気性の細菌が共生してミトコンドリアになり、シ

アノバクテリアの一種が共生して葉緑体になったと考えられている。

〈真核生物〉

真核細胞には、核膜に包まれた核が存在する。また、ミトコンドリアなどの多くの細胞小器官が存在する。真核細胞でできている真核生物の核 DNA はヒストンと結合した鎖上の DNA である。

〈三ドメイン説〉

界のさらに上位の階級としてドメインを設定し、生物を、真核生物、細菌（バクテリア・真正細菌）、アーキア（始原菌・古細菌）という 3 つのドメインに分けるという考え方を三ドメイン説といい、1990 年、リボソーム RNA の解析から、アメリカのウーズによって提唱された。

・真核生物ドメイン

三ドメイン説における 1 つのドメインで、核膜に囲まれた核をもつ生物群を真核生物ドメインという。

・細菌（バクテリア・真正細菌）ドメイン

三ドメイン説における 1 つのドメインで、細胞膜成分が真核生物と同じくエステル型脂質をもち、細胞壁がペプチドグリカンである原核生物を細菌（バクテリア・真正細菌）ドメインという。

・アーキア（始原菌・古細菌）ドメイン

三ドメイン説における 1 つのドメインで、細胞膜成分が真正細菌や真核生物とは異なりエーテル型脂質、細胞壁が糖タンパク質である原核生物をアーキア（始原菌・古細菌）ドメインという。メタン菌、高度好塩菌、超高熱菌などは、非常に苛酷な環境にも生息している。形態的には細菌とは大きく異なり、むしろ転写・翻訳・複製などに関しては真核生物に類似する。

よって、①、②、④、⑤は正しい。③は誤り

### 問 3

節足動物、多くの軟体動物などは開放血管系をもつ。開放血管系には毛細血管がないため、血液は動脈から組織間に放出され、直接または静脈を経て心臓に戻る。

よって、①は正しい。

魚類の心臓は 1 心房 1 心室で、全身から戻った血液は静脈洞、心房、心室から腹大動脈を通り、えらに送られる。

よって、②は正しい。

両生類の生体の心臓は 2 心房 1 心室で、全身から戻ってきた静脈血と肺から戻ってきた動脈血が心室で混合されて送り出される。

よって、③は正しい。

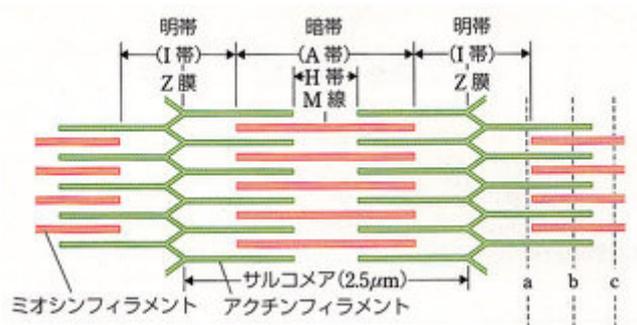
は虫類の心臓も 2 心房 1 心室であるが、心室に不完全ながら隔壁（かくしつ）が形成される。隔壁の形成の程度は生物種によって異なるが、左右の心室がつながっているため、両生類より程度は低いものの静脈血と動脈血の混合が起こる。

よって、④は正しい。

鳥類とほ哺乳類の心臓は 2 心房 2 心室で、静脈血と動脈血が混合しない。心臓の左側が酸素

に富む血液のみを、右側が酸素に乏しい血液のみを受け取って押し出す。  
よって、⑤は誤り。

#### 問 4



[http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question\\_detail/q1172066841](http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1172066841)

筋節には、平行に並んだ太いミオシンフィラメントと細いアクチンフィラメントとが、その一部が重なるように規則的に配列している。筋節の両端には Z 膜という膜があり、アクチンフィラメントの一方の端が Z 膜に結合している。筋収縮時には Z 膜間の距離は短くなる。よって、①は正しい。

ミオシン頭部は ATP 分解酵素としての活性をもち、モータータンパク質として働く。筋原繊維の収縮は筋小胞体から放出された  $\text{Ca}^{2+}$  が存在しないとき、アクチンフィラメントにあるミオシン頭部との結合部位が、トロポミオシンによって覆い隠されている。 $\text{Ca}^{2+}$  によってトロポニンが構造変化すると、トロポミオシンの位置がずれて、アクチンフィラメントがミオシン頭部と結合できるようになる。よって、②は誤り、④は正しい。

筋収縮の間隔が短くなると単収縮どうしが重なり、1 秒間に約 30 回を超える頻度で刺激すると、完全強縮とよばれる筋収縮が起こる。よって、③は正しい。

筋肉は、収縮により急激に ATP を消費する。しかし、筋肉内に存在する ATP 量は少ない。それを補うため、筋収縮に必要な ATP を供給し続けるしくみが存在する。筋肉中には、クレアチンリン酸が貯蔵されており、クレアチンリン酸がクレアチンキナーゼという酵素によって分解されてクレアチンになるとき、ADP にリン酸を転移して ATP が再合成される。よって、⑤は正しい。

#### 問 5

小数個体の集団を保護すると、近縁関係の個体間で交雑が繰り返され、遺伝的多様性の増加には寄与しない。よって、①と②は誤り。

適応していない個体を取り除くと、遺伝的多様性が減少する。よって③は誤り。

ヘテロ接合体が減少するため、遺伝的多様性が減少する。よって⑤は誤り。

よって問 5. ④ となる。

#### ②

##### 【解答】

問 1. ③ 問 2. ①, ④ 問 3. ④ 問 4. (イントロンの個数) 十の位 : ② 一の位 : ⑤ (塩基の数) ② 問 5. ④ 問 6. ⑤ 問 7. ② 問 8. ② 問 9. ③ 問 10. ③

## 【解説】

### <血液凝固のしくみ>

#### 問 1

1. 傷口に血小板が集まるとともに、血小板が壊れて血小板因子が放出される。また、損傷した組織からトロンボプラスチンが放出される。
  2. 1.の血小板因子、トロンボプラスチンは、血しょう中に含まれるカルシウムイオンや各種血液凝固因子と協同して、血しょう中のプロトロンビンをトロンビンに変化させる。
  3. トロンビンは、タンパク質分解酵素としての活性をもっており、血しょう中のフィブリノーゲンの一部を切り落とす。
  4. 3.の結果できたポリペプチドが会合し、水に不溶性で繊維上のフィブリンとなる。
  5. フィブリンが血球に巻きついて血餅となり、傷口をふさぐ。
- よって、問 1. ③ 問 3. ④ となる。

#### 問 2

フィブリノーゲンは水溶性で血しょう中に 0.2~0.4%含まれている。よって①は正しい。

I 型アレルギーでは、抗原に対して IgE が産生され、肥満細胞（マスト細胞）に結合する。再び抗原が侵入し、肥満細胞に結合している IgE に抗原が結合すると、肥満細胞からヒスタミンが分泌され、平滑筋の収縮、外分泌腺からの分泌促進などが起こる。

よって、②は誤り。

骨髄で分化、成熟するリンパ球を B 細胞といい、細胞表面に 1 種類の抗体が結合している。ヘルパー T 細胞から分泌されるインターロイキンを受容すると、抗体産生細胞（形質細胞・プラズマ細胞）に分化して抗体を産生し、体液性免疫で中心的な役割を果たす。

よって、③は誤り。

小胞体にはリボソームが付着している粗面小胞体と、リボソームが付着していない滑面小胞体とがある。小胞体の主な働きは、その構造から容易に推測されるとおり物質の運搬である。粗面小胞体は、タンパク質合成がさかんな細胞（膵臓の分泌腺の細胞など）で多く観察され、リボソームで合成されたポリペプチド鎖をゴルジ体へと輸送する働きをもつ。

よって、④は正しい。

血しょうタンパク質の約 50%を占めるのはアルブミンである。よって⑤は誤り。

#### 問 4

##### <スプライシング>

真核生物では、転写される DNA の塩基配列の中にタンパク質の遺伝情報があり、その遺伝情報の中に、翻訳される部分（エクソン）と翻訳されない部分（イントロン）がある。いったんは、エクソンの部分もイントロンの部分も転写されるが、このうちのイントロンの部分はループ状になって取り除かれ、成熟伝令 RNA が生じる。そのような過程をスプライシングという。

イントロンはエクソンに挟まれているので、エクソンが 26 個であれば、イントロンは 25 個になる。よって問 4. (イントロンの個数) 十の位 : ② 一の位 : ⑤ となる。

翻訳の進行過程において、伝令 RNA の隣り合った 3 つの塩基が 1 組となって 1 つのアミノ酸に対応する。このような 3 つで 1 組となる塩基 (3 つ組塩基) をトリプレットといい、特に伝令 RNA のトリプレットをコドンという。

転写された塩基は 9,036 塩基でエキソン部分は  $3 \times 2,332 = 6,996$  塩基となるため、翻訳されなかった部分は  $9,036 - 6,996 = 2,040$  塩基 となる。

よって、(塩基の数) ② となる。

### 問 5

〈ハーディ・ワインベルグの法則〉

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。

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

正常遺伝子を S, 血友病 A の遺伝子を s (正常遺伝子に対して劣性) とし、それぞれの遺伝子頻度を  $p$  と  $q$  とすると男性は X 染色体を 1 本しかもたないため、s 遺伝子があれば必ず発症する。そのため、男性の血友病の発症率は遺伝子頻度  $q$  と等しくなる。

$$q = 1/10000, p = 1 - q = 9999/10000$$

女性の遺伝子型とその頻度は、上記のハーディ・ワインベルグの法則より、 $2pq$  が保因者となる。よって、 $2pq = 2 \times 1/10000 \times 9999/10000 \approx 1/5000$  となる。

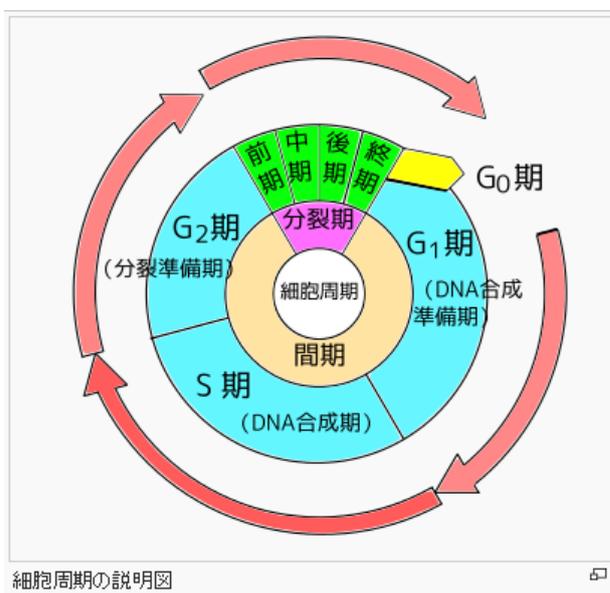
よって、問 5. ④ となる。

### 問 6

〈細胞周期〉

分裂が終了してから次の分裂が終了するまでを細胞周期という。

細胞周期は、核分裂が行われる分裂期 (M 期) と、分裂と分裂の間の間期からなる。分裂期は前期、中期、後期、終期の 4 段階に、間期は DNA 合成準備期 (G1 期)、DNA 合成期 (S 期)、分裂準備期 (G2 期) の 3 段階に分けられる。



細胞周期をはずれて、分裂を休止した細胞は G<sub>0</sub> 期に入る。よって問 6. ⑤ となる。

問 7

Ki 67 タンパク質は増殖中の細胞の核や染色体上に特異的に発現するため、核をもたない血小板には存在しない。よって、問 7. ② となる。

問 8

酵素は、化学反応を促進する働きのあるタンパク質のことであり、生体触媒ともよばれる。酵素の作用を受けて反応する物質を基質、反応の結果できる物質を生成物という。基質は、酵素の活性部位（活性中心）に結合して酵素基質複合体を形成し、酵素の作用を受ける。活性部位の立体構造は酵素ごとに特有で、その活性部位に適合する物質だけが酵素の作用を受けることができる。このような性質を基質特異性という。

酵素がなければ、基質や補酵素があっても反応しない。よって、問 8. ② となる。

問 9

実験 1 の結果から、①と④は正しい。実験 2 の結果から②は正しい。実験 3 の結果から⑤は正しいが、マウスの肝細胞におけるセロトニン受容体発現量は調べられていないため、③は誤り。

問 10

セロトニン作動薬を投与すれば、血小板減少を食い止めることができる。よって、問 10. ③ となる。

③

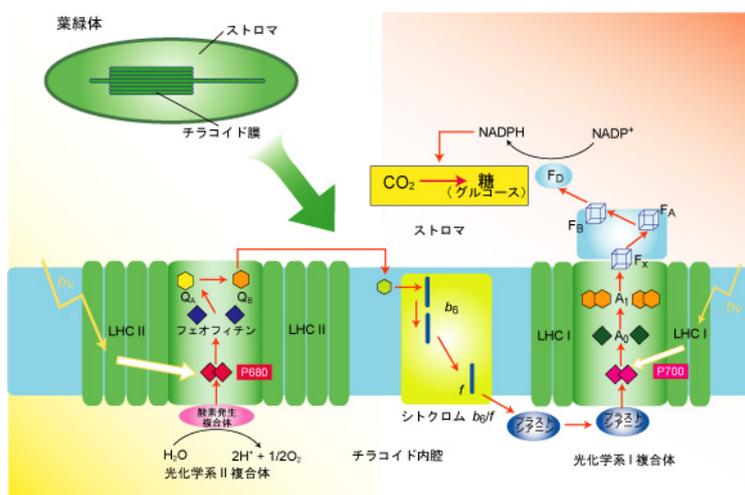
【解答】

問 1. a - ② b - ⑤ c - ⑧ d - ⑦ e - ④ f - ⑨ g - ① h - ⑥

問 2. ア - ⑥ イ - ⑤ ウ - ② 問 3. ②, ④ 問 4. ③, ⑥

問 5. 植食者：⑥ 肉食者：⑦

【解説】



[http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/Labs/wata\\_lab/photosynthesis.html](http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/Labs/wata_lab/photosynthesis.html)

植物の光合成は、光によって進行する光化学反応、酵素によって進行するヒル反応、電子

伝達系、カルビン・ベンソン回路の反応系からなる。カルビン・ベンソン回路は葉緑体のストロマで、それ以外はチラコイドで行われる。

チラコイド膜には、クロロフィルがタンパク質と結合した複合体が存在している。このクロロフィル複合体が光エネルギーを吸収し、クロロフィルが活性化することからチラコイドでの反応が始まる。クロロフィル複合体には、光化学系Ⅰと光化学系Ⅱの2種類がある。光化学系Ⅱのクロロフィルが活性化すると、光化学系Ⅱは高エネルギー電子を放出し、その代わりに水の分解で生じた電子を受け取る。

同様に、光化学系Ⅰのクロロフィルが活性化すると、光化学系Ⅱは高エネルギー電子を放出し、これがNADPに渡される。NADPは水の分解で生じるH<sup>+</sup>と結合し、NADPH<sub>2</sub>となる補酵素である。

電子を放出した光化学系Ⅰが、光化学系Ⅱから放出された電子を引き寄せるため、電子が電子伝達系でエネルギーを放出しながら光化学系Ⅰへ流れる。

このエネルギーを用いて、チラコイド内にH<sup>+</sup>が能動輸送され、この濃度勾配を利用して、ATPが合成される。その後、H<sup>+</sup>はNADPに受容される。

カルビン・ベンソン回路は、気孔から取り込んだ二酸化炭素を固定して炭水化物を合成する回路であり、ストロマに存在する酵素によって進行する。

酵素を用いて有機物を完全に酸化し、効率的にATPを合成する呼吸が好気呼吸で、ミトコンドリアで大部分の反応を行う。

1molのグルコースを、好気呼吸の呼吸基質として用いる場合、まず最初に細胞質基質で行われる解糖系によって、2molのピルビン酸が生成する。グルコース1molが解糖系でピルビン酸になる際には、差し引きで2molのATPが合成される。

よって問1. a - ② b - ⑤ c - ⑧ d - ⑦ e - ④ f - ⑨ g - ① h - ⑥

問2. ア - ⑥ イ - ⑤ ウ - ② となる。

### 問3

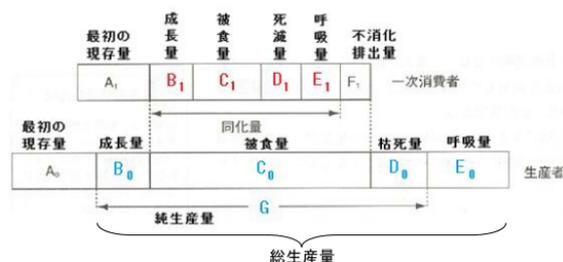
酵素には、ペプシンのようにタンパク質だけからなる酵素もあるが、タンパク質以外に低分子物質が必要な酵素が存在する。この低分子物質を補助因子という。補助因子は大きく補酵素、補欠分子族（補欠分子団）、金属イオンに分類することができる。補助因子を要する酵素本体をアポ酵素という。

補酵素は非タンパク質の低分子有機物で、活性部位にゆるく結合することで酵素活性が表れる。補酵素とアポ酵素が結合したものをホロ酵素という。ビタミンは、補酵素として働くものが多い（特にビタミンB群が多い）。補酵素は低分子物質であり、セロハン膜のような半透膜を透過することができる。アポ酵素は主成分がタンパク質であり熱に弱い、補酵素は熱に強い。

よって、問3. ②, ④ となる。

### 問4

$$\text{消費者のエネルギー効率(\%)} = \frac{\text{ある栄養段階の同化量}}{\text{その1つ前の栄養段階の同化量}} \times 100$$



ある地域の生物がもっているエネルギーが生体量のことを現存量という。ある地域の生産者が、光合成によって生産する有機物の総量を、総生産量（GP）という。生産者自身が呼吸によって分解した量を呼吸量（R）といい、総生産量と呼吸量の差を純生産量（NP）という。

$$\text{純生産量 (NP)} = \text{総生産量 (GP)} - \text{呼吸量 (R)}$$

純生産量に相当する有機物がどのように利用されるかは、3つに大別される。

枝や葉の脱落や個体の枯死によって失われる量を枯死量（D）といい、一次消費者に食べられて失われる被食量（P）という。また、生産者の体内に蓄積する有機物となる量を成長量（G）という。

$$\text{成長量 (G)} = \text{純生産量 (NP)} - (\text{枯死量 (D)} + \text{被食量 (P)})$$

よって 問4. ③, ⑥ となる。

問5

エネルギー効率とは、その栄養段階の同化量を前の段階の同化量で除した値となる。

$$\text{植食者のエネルギー効率は } 6 \div 60 \times 100 = 10 (\%)$$

$$\text{肉食者のエネルギー効率は } 1.2 \div 6 \times 100 = 20 (\%)$$

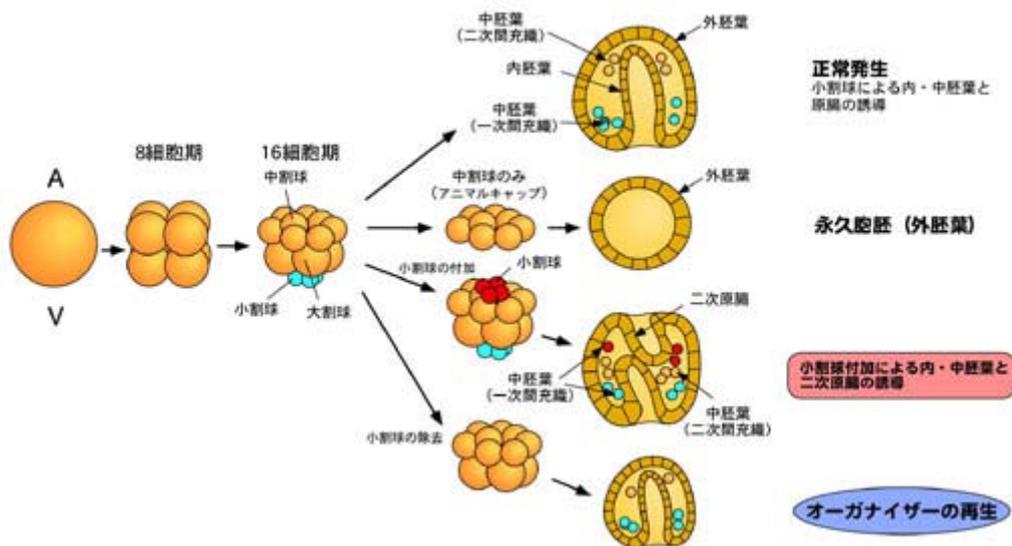
よって、問5. 植食者：⑥ 肉食者：⑦ となる。

4

【解答】

問1. ④, ⑥ 問2. ② 問3. ②, ③ 問4. ④

【解説】



問1

カエルなどの両生類やウニは体外受精を行い、幼生はエサを採ることができる。等割や不等割の場合は、卵全体にわたって細胞質分裂が行われる。このような卵割を全割という。8細胞期以降、内部には空所（すき間）が生じる。このような空所を卵割腔という。

カエルとウニともに全割し、卵割腔をもつ。

ウニは卵割が進むと、割球が一層になって外層を取り囲み、内部の空所（卵割腔）も大き

く発達する。この時期を胞胚期という、ウニは胞胚期に孵化する。

カエルは神経胚期を過ぎると、胚は前後に伸び、さらに尾の原基が形成されるようになる。この時期を尾芽胚期という。尾芽胚期の胚は、それまで周囲を取り囲んでいた寒天質の膜を破って孵化する。よって、問 1. ④, ⑥ となる。

## 問 2

中割球のみの場合は永久胞胚となる。中割球は別のものに誘導されて原腸になることはあっても、単独では原腸を形成できない。よって、①は正しい。

移植された小割球が一次間充識になることは確かめられているが、二次間充識になるとは記載されていない。よって、②は誤り。

小割球があると大割球は一次間充識にはならないが、小割球がないと一次間充識になる。よって③は正しい。

小割球が中割球と接すると、原腸胚になり中割球から二次間充識が形成される。

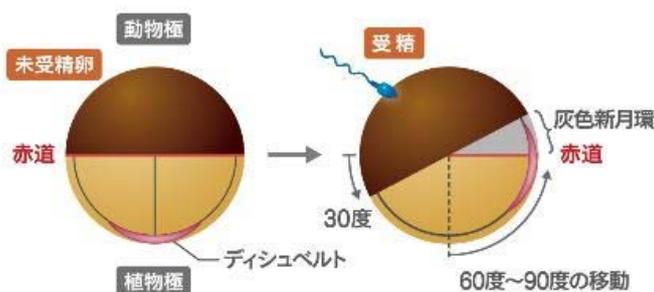
よって④は正しい。

## 問 3

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。

原口側に肛門が生じ、原口の反対側に口が形成され、自ら食物をとって生活する幼生（オタマジャクシ）となる。

よって問3. ②, ③ となる。

#### 問4

ヒトなどの哺乳類では、卵巣から排卵された卵は、減数分裂第二分裂中期で減数分裂が停止した状態の二次卵母細胞である。排卵された卵は、輸卵管の卵管膨大部に取り込まれ、ここで精子と受精する。受精によって減数分裂が再開され、第二極体を放出して減数分裂が完了してから、精子の核と卵の核とが融合し、受精卵となる。

よって、①は誤り。④は正しい。

ヒトでは、受精後3周目程度で始原生殖細胞（核相  $2n$ ）が生じる。始原生殖細胞はアメーバ運動を行って、生殖隆起という生殖腺の原基へと移動する。始原生殖細胞の影響を受けることで、生殖隆起は精巣あるいは卵巣へと分化する。

よって、②は誤り。

哺乳類の胚盤胞の内部細胞塊を取り出し、培養して作成したものを、ES細胞（胚性幹細胞）という。よって、③は誤り。

精子は、頭部、中片部、尾部からなり、頭部に先体と核、中片部に中心体とミトコンドリアをもち、尾部は長いべん毛からなる。よって⑤は誤り。