

略解

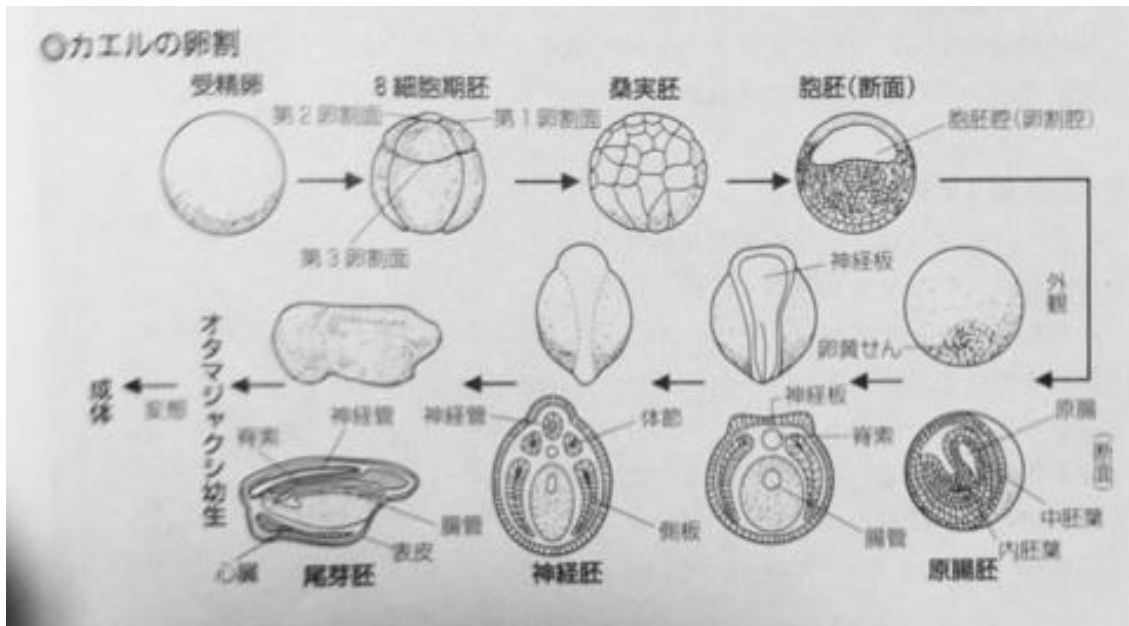
- I** 1 : ⑤ 2 : ② 3 : ⑥ 4 : ⑧ 5 : ⑪ 6 : ⑩ 7 : ⑦ 8 : ④
9 : ④ : 10 : ⑧ 11 : ⑤ 12 : ② 13 : ⑧ 14 : ⑮ 15 : ⑪
16 : ④ 17 : ⑦
- II** 18 : ⑦ 19 : ⑩ 20 : ④ 21 : ⑩ 22 : ⑤ 23 : ④ 24 : ④
25 : ⑨ 26 : ⑪ 27 : ⑥ 28 : ④ 29 : ④ 30 : ③ 31 : ⑥
32 : ④ 33 : ③ 34 : ⑥
- III** 35 : ② 36 : ⑬ 37 : ⑮ 38 : ⑮ 39 : ⑬ 40 : ⑦ 41 : ⑪
42 : ⑫ 43 : ④ 44 : ④ 45 : ⑦ 46 : ① 47 : ⑨ 48 : ⑨
49 : ③ 50 : ④ 51 : ⑧

I

原則1. カエルの発生の過程 → 問1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/d7j/o0480026611161161279.jpg より引用)

原則2. 動物の分類 → 問2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
		→
		棘皮動物
		脊索動物
		線形動物
		節足動物
		原索動物
		脊椎動物

原則 3. 外胚葉性頂堤（AER）と間充織について → 問 3 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。

また、間充織とは、主に中胚葉から生じる胎生期の組織で、脊椎動物では、結合組織、血管、リンパ管、軟骨などに分化する。

問 1

【方針】

いずれの設問もカエルの発生過程や胚などの知識を問うていることに気づく。また、「神経管が形成された後、(キ) へと発生が進む」という文言より、(キ) は尾芽胚であると気づく。これらの点を踏まえて、「原則 1. カエルの発生の過程」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

1：カエルの第 3 卵割は赤道面より動物極に近い側にて緯割が行われるから、動物極側の割球の大きさは植物極の割球よりも小さくなる。

2：神経胚期における神経管の形成後、胚は前後に伸びて、様々な組織や器官に分化する尾芽胚期へ移行する。

3：胚内部の空所は桑実胚期には卵割腔と呼ばれるもので、動物極側寄りの位置に形成されるが、胞胚期になるとさらに発達して胞胚腔となる。

4：角膜と水晶体は外胚葉から出来る表皮から、骨格筋および背側の皮膚の真皮は中胚葉からできる体節の部分からそれぞれ分化する。

5：スーパーマンとマンゴルドが形成体を、ニューコープが中胚葉誘導を、スーパーマンが

予定外胚葉の発生運命の決定する時期をそれぞれ発見した。

以上より、解答は、1-⑤、2-②、3-⑥、4-⑧、5-⑪、6-⑩、7-⑦、8-④、9-④、10-⑧、11-⑤、12-②である。

問2

【方針】

A から H までの生物名より、すべて動物であることに気づく。したがって、「原則2. 動物の分類」の知識などを利用して解く。

【解説】

ムラサキカイメンは海綿動物であるから無胚葉、イトマキヒトデは棘皮動物であるから脊索を作らない新口動物、オワンクラゲは刺胞動物であるから二胚葉、ヒトカイチュウは線形動物であるから旧口動物、ヤリイカは軟体動物であるから旧口動物、フツウミミズは環形動物であるから旧口動物、マボヤは原索動物であるから脊索を作る新口動物、マンボウは脊椎動物であるから脊索を作る新口動物である。

以上より、解答は、13-⑧、14-⑮、15-⑪である。

問3

【方針】

前芽胚から前肢への分化に関する知識問題であると気づく。この点を踏まえて、「原則3. 外胚葉性頂堤 (AER) と間充織について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

実験1より、発生段階19においてAERを取り除くと前腕骨は形成されないが、発生段階20においてAERを取り除いても前腕骨は形成される。よって前腕骨は発生段階19でAERによって影響を受けAMで増殖した細胞に由来して分化すると考えられる。発生段階21ではAERを取り除いた実験しか行っていないから、発生段階21のAMがどのような骨に分化するかは不明である。実験2より、もともと前腕骨に分化するはずであった発生段階20のAM細胞から手・前腕・上腕の3部位の骨が分化しているので、発生段階20のAMの細胞の発生運命の変更は可能であることがわかる。しかしながら、発生段階23のAM細胞から分化するのは手の骨だけなので、AMの細胞の発生運命は、基部側の骨から末端側の骨に向かって順に分化するように、次第に狭まっていくことがわかる。

以上より、解答は、16-④、17-⑦である。

II

原則 4. 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	$C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+$ $\rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2NADH + 2H^+ + 2ATP$ ※グルコースを分解してピルビン酸等を生成
(2) クエン酸回路	ミトコンドリアのマトリックス (基質)	$2C_3H_4O_3 + 6H_2O + 8NAD^+ + 2FAD$ $\rightarrow 6CO_2 + 8NADH + 8H^+ + 2FADH_2 + 2ATP$ ※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)	$10NADH + 10H^+ + 2FADH_2 + 6O_2$ $\rightarrow 10NAD^+ + 2FAD + 12H_2O + \text{最大 } 34ATP$ ※ H^+ の流れを使う。酸化リン酸化と言う。

(注) : 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。

原則 5. 酵素の特徴や性質について → 問 2 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 $35^{\circ}C$ 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…pH2 付近、だ液アミラーゼ…pH7 付近、トリプシン…pH8 付近)

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。

問 1

【方針】

いずれの設定問も呼吸の仕組みや呼吸に関わる物質や酵素などの知識を問うていることに気づく。また、「炭素数 3 の 18 になり」と言う文言より、18 はピルビン酸と気づく。これらの点を踏まえて、「原則 4. 呼吸の過程と反応式」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

1：グルコースからピルビン酸へ分解される過程を解糖系、ピルビン酸から二酸化炭素に完全に分解する過程をクエン酸回路、最後の水が生じる過程を電子伝達系とそれぞれ言う。

2：電子伝達系における ATP の合成（1 分子のグルコース当たり 34 分子を合成）は酸化的リン酸化によって行われるが、解糖系およびクエン酸回路においては基質レベルでのリン酸化によって ATP の合成（1 分子のグルコース当たりそれぞれ 2 分子を合成）が行われる。

3：脂肪酸はマトリックスでの β 酸化を経て、アセチル CoA に変換されてからクエン酸回路に取り込まれる。

4-(1)：ヌクレオシドとは糖と塩基が結合したもので、ヌクレオチドとはリン酸がヌクレオシドに結合したものである。なお、ATP は一種のヌクレオチドである。

4-(2)：ミトコンドリアの内膜上における電子伝達系と H^+ イオンの濃度勾配によってなされる ATP 合成の仕組みのことを、酸化的リン酸化と言う。なお、葉緑体のチラコイドでなされる酸化的リン酸化と同様の ATP 合成の仕組みのことを、光リン酸化と言う。

4-(3)：ホタルの発光はルシフェリンの酸化によるものであるが、ATP を必要とする。海生の甲殻類であるウミホタルの発光もルシフェリンの酸化によるものであるが、ATP は必要としない。

以上より、解答は、18-⑦、19-⑩、20-④、21-⑩、22-⑤、23-④、24-④、25-⑨である。

問 2

【方針】

酵素の特徴や性質などに関する知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 5. 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】

1-(1)：この他に、核の中には DNA プライマーゼ、DNA ヘリカーゼ等の酵素が存在する。

1-(2) : リボソームが表面に付着した小胞体のことを粗面小胞体と呼び、リボソームにて合成されたタンパク質を取り込んで、ゴルジ体へ輸送する。ゴルジ体においては、輸送されてきたタンパク質を修飾（糖の付加など）し、小胞（分泌小胞）に包んで送り出す。

2 : タンパク質は強アルカリや強酸によっても変性が起こる。

3-(1) : 反応生成物量（相対値）が 2 以上に増加しないのは、基質であるコハク酸の全てが酸化されて、反応生成物のフマル酸に変わったためである。コハク酸と構造が似ているマロン酸はコハク酸脱水素酵素の活性部位と結合して酵素作用を阻害する（競争的阻害）が、基質濃度が高まるほど阻害する割合は低下する傾向があり、十分高い基質濃度においては影響がほとんど見られなくなる。

3-(2) : 曲線 a は双曲線型であり、低い基質濃度でも高い反応速度を示す。曲線 b は S 字型であり、基質濃度の変化に対して反応速度の変化の割合が大きくなる。ATP は高濃度になるとホスホフルクトキナーゼが活性化するのを阻害するが、AMP が存在する場合、この阻害効果は解除されてホスホフルクトキナーゼが活性化する割合は上昇する。したがって AMP が高濃度で存在するとき、ホスホフルクトキナーゼの活性化は促進されるので、曲線は a となる。一方、クエン酸の場合、ホスホフルクトキナーゼの活性化を阻害するので、曲線は b となる。

3-(3) : マロン酸は競争的阻害物質であるためコハク酸脱水素酵素の活性部位と結合する。また、AMP はホスホフルクトキナーゼ（アロステリック酵素）の活性部位とは別のアロステリック部位に結合する。

以上より、解答は、26-⑪、27-⑥、28-④、29-④、30-③、31-⑥、32-④、33-③、34-⑥である。

Ⅲ

原則 6. 神経の種類とニューロンについて → 問 1・問 2 に利用

まず、神経の種類を、下表に示す。

中枢神経	脳 (※)	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	感覚神経	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

(※) 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。

また、神経系を構成する単位であるニューロン (神経細胞) には、以下の 3 種類がある。

- ・感覚ニューロン：受容器から中枢へ興奮を伝達
- ・運動ニューロン：中枢から効果器へ興奮を伝達
- ・介在ニューロン：感覚ニューロンと運動ニューロンを介在 (連絡)。中枢を構成。

なお、刺激を受けていない状態 (静止状態) でのニューロンの膜外との電位差 (約 $-50 \sim -90 \text{ mV}$) を静止電位と言い、刺激を受けたとき瞬間的に (1 ミリ秒程度) 生じる膜外との電位差 (約 $+20 \sim +40 \text{ mV}$) を活動電位と言う。また、活動電位が生じることを興奮と言う。

原則 7. 筋肉の種類と筋収縮について → 問 1・問 2 に利用

まず、脊椎動物における筋肉の種類を、下表に示す。

横紋筋	骨格筋	骨格を動かす筋肉	随意筋 (体性運動神経)
	心筋	心臓壁の筋肉	不随意筋 (自律神経)
平滑筋	内臓筋	消化管、血管壁、内臓の筋肉	

なお、ATP を消費する筋肉の中では、ATP の合成も行われている。

つぎに、筋肉を神経と一緒に取り出し、閾値以上の電気刺激を与える実験を行うと、1 回の刺激に対して約 0.1 秒間の単収縮 (単一の収縮) が起こる。また、1 秒間に約 30 回以上の刺激を与えた場合、完全強縮が起こり、1 秒間に 15 回前後の刺激を与えると、不完全強縮が起こる。完全強縮や不完全強縮では、筋収縮は連続的になる。

問 1

【方針】

神経や筋組織に関する知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 6. 神経の種類とニューロンについて」や「原則 7. 筋肉の種類と筋収縮について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

1-(1)：脊椎神経が 31 対である。

1-(2)：視床下部は自律神経の中樞になる。

1-(3)：正しい。

1-(4)：膝蓋腱反射においては介在神経は関与しない。

2-(1)：骨格筋に属するひ腹筋は横紋筋である。

2-(2)：骨格筋ではクレアチンリン酸を分解して ATP が合成される。

2-(3)：ミオシン頭部は ATP の分解酵素としての活性を有する。

2-(4)：骨格筋では明帯の中央に Z 膜がある。

以上より、解答は、35-②、36-⑬、37-⑮、38-⑮、39-⑬、40-⑦、41-⑪、42-⑫である。

問 2

【方針】

神経や筋の機能についての知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 6. 神経の種類とニューロンについて」や「原則 7. 筋肉の種類と筋収縮について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

1：活動電位が R1 の記録電極に観察されず、R2 の記録電極に観察されたことより、背根側の感覚神経は R2 の記録電極を装着した側の神経繊維束で、腹根側の運動神経は A 部分の神経である。

2-(1)：S1 を装着しているのは運動神経であるから、活動電位は骨格筋まで伝導する。よって、活動電位が観察される所は R1、R3、R4 の記録電極となる。

2-(2)：S2 を装着しているのは感覚神経であるから、活動電位は M (=神経筋接合部) まで伝導する。しかし、骨格筋への刺激の伝達は行われぬ。よって、活動電位が観察される所は R2 と R3 の記録電極だけとなる。

3：S3 を刺激してから R4 で活動電位が記録されるまでに要した時間 (=5 ミリ秒) は、S3 から M (=神経筋接合部) までの距離 ($=\frac{1}{2}L$) を活動電位が伝導するのにかかる時間と、M から骨格筋までのシナプス伝達に必要な時間 (=0.5 ミリ秒) の合計である。したがって、距離 $\frac{1}{2}L$ を秒速 11 m で伝導するのにかかった時間が $5 - 0.5 = 4.5$ [ミリ秒] となり、

$$\frac{1}{2}L \div 11 [\text{m/秒}] = \frac{1}{2}L \div 11 [\text{mm/ミリ秒}] = 4.5 [\text{ミリ秒}]$$

と言う式が成り立つ。よって、これを解くと、 $L = 99 \text{ mm}$ と求まる。

4-(1)：(刺激の時間間隔)=2 ミリ秒のとき、2 回の電気刺激に応答する 2 回の活動電位が記録された。しかし、(刺激の時間間隔)=1 ミリ秒のときには、2 回目の活動電位が記録されなかったから、1 回目の刺激に応答した神経の活動電位の不応期の期間は 1 ミリ秒から 2 ミリ秒の間になると考えられる。

4-(2) : (刺激の時間間隔)=3 ミリ秒のとき、神経繊維の 2 回の活動電位に応答する 2 回の単収縮に伴う張力が記録された。しかし、(刺激の時間間隔)=1 ミリ秒のときには、神経繊維の活動電位が 2 回記録されているものの、張力は 1 回しか記録されていない。したがって、骨格筋の活動電位の不応期の期間は 2 ミリ秒から 3 ミリ秒の間になると考えられる。

4-(3) : 神経繊維が応答するのは 1 回目、2 回目、4 回目の刺激で、3 回目の刺激に対しては不応期で応答しない。神経繊維に発生した活動電位に応答して骨格筋繊維は収縮するが、S3 に対する 4 回の刺激で生じる骨格筋の収縮において張力が最大となるのは 2 回目および 4 回目の刺激の間隔が計 3 ミリ秒となるときであり、その張力の大きさは図 2 における単収縮が重なったときの張力 (*印のある箇所) になる。

以上より、解答は、43-④、44-④、45-⑦、46-①、47-⑨、48-⑨、49-③、50-④、51-⑧である。