

生 物

1 次の文を読み以下の問(1)~(6)に答えよ。

植物細胞を 15% ショ糖(スクロース)溶液に浸すと、細胞壁と細胞膜が分離する原形質分離が生ずる。また、蒸留水に浸すと細胞の体積が少し大きくなる。一方、動物細胞の一つである赤血球を蒸留水に入れると 。この一連の観察から、細胞膜の透過性は であることがわかる。

ある物質が細胞膜を透過する際、細胞外の物質濃度が高いときには 輸送によってその物質は細胞外から細胞内に移動する。一方、エネルギーを用いて、濃度差にさからって濃度の低い方から高い方に物質を移動することを 輸送という。細胞の外から必要なものを取り込んだり不要なものを排出することで積極的に細胞内の環境を一定に保つ働きは、主に細胞膜の 輸送によるものであり、このため細胞は常にエネルギーの供給を必要とする。

エネルギーを供給する場の一つとして、細胞内にはミトコンドリアという細胞小器官がある。ミトコンドリアは細胞膜に似た膜(内膜と外膜)に囲まれている。細胞内の各代謝過程で得られた水素は、ミトコンドリア内膜の水素伝達系(電子伝達系とも呼ばれる)に渡され多量の ATP を産生する。近年の研究によって、この反応の詳細は以下のものであることがわかってきた(図参照)。

まず、水素は、水素伝達系(電子伝達系)に含まれる一連の酵素の基質となり、この酵素反応で段階的にエネルギーを放出する。得られたエネルギーは水素イオン(H^+)の 輸送に使われ、ミトコンドリア内膜を境にして水素イオン(H^+)の濃度差を作り出す(図中(a))。ついで、水素イオン(H^+)は濃度の高い方から低い方に向かって ATP 合成酵素の中を流れ、そのエネルギーを用いて と から ATP が合成される(図中(b))。

問(1) 下線部(A)のような現象が見られる理由を説明せよ。

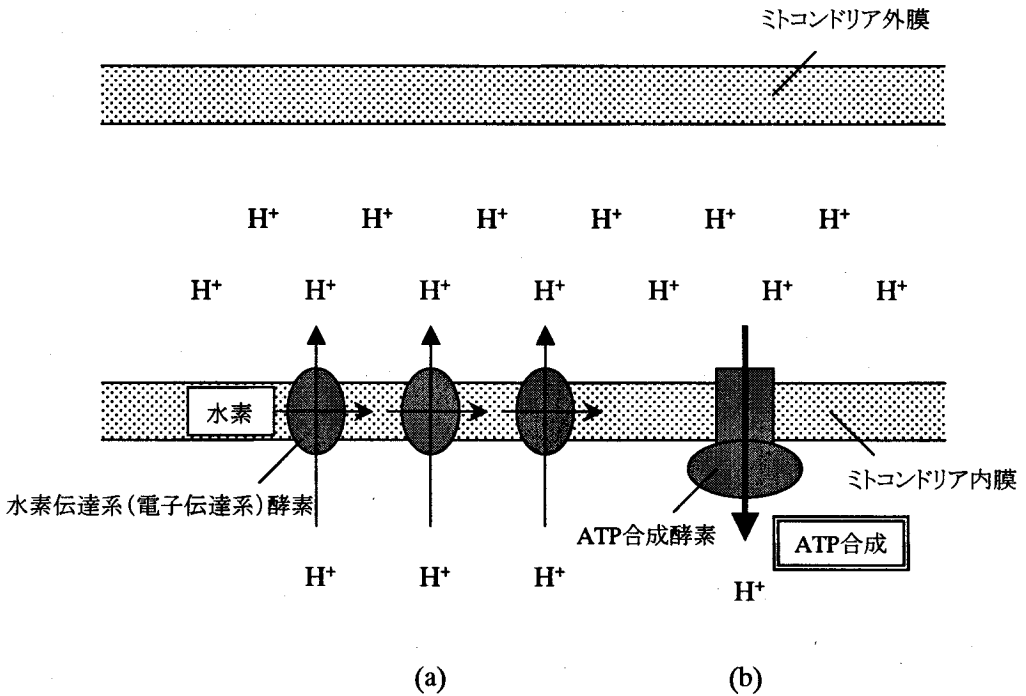
問(2) ア を適切な文章で埋めよ。またそのようになる理由を、植物細胞の場合と比較しながら説明せよ。

問(3) イ ~ カ を適切な語句で埋めよ。

問(4) 下線部(B)のように代謝反応の過程で水素を切り離す酵素は何と呼ばれるか。

問(5) 水素伝達系(電子伝達系)以外で、ミトコンドリアに含まれる呼吸に関する代謝系を一つあげ、その役割を説明せよ。

問(6) 酸素がないと水素伝達系(電子伝達系)の反応は進まず ATP も合成されない。その理由を説明せよ。



2 内臓機能の調節は、無意識のうちに行われる。これらの自律的な活動は、腺せんからの分泌や平滑筋が運動することによって行われる。その自律的な活動を調節しているのが自律神経系と内分泌系である。

1. 自律神経系の最上位の中樞は にある。自律神経系には、交感神経系と副交感神経系の2つの系統があり、交感神経末端からは神経伝達物質の , 副交感神経末端からは神経伝達物質の が分泌され、各器官の活動を調節する。生体が強いストレスを受けると、大脳の興奮が を経て交感神経系を刺激し、副腎髓質しんからは が分泌され、 とともに心拍数と血圧を上昇させる。

2. 膵臓すいは、 腺と 腺が混在した器官である。 腺は、消化液を腸管内へ放出するための をもつ。 腺は、 島と呼ばれる特殊な組織として、 腺の中に点在し、数種類の を血液中に放出する。

3. 血液中のグルコース濃度は、自律神経系と によって調節される。興奮や寒冷時には、副腎髓質から分泌される によって や筋肉に含まれる が分解される結果、グルコース濃度は増加する。一方、食事後には、糖分の消化・吸収の促進によりグルコース濃度が増加するので、 島から が分泌され、グルコース濃度を食事前の値に戻す。

問(1) ~ に適切な語句を記入せよ。

問(2) 交感神経系と副交感神経系の作用を示す下の表の空欄をA～Eの選択肢で埋めよ。

A. なし B. 拡大 C. 抑制 D. 促進 E. 縮小

臓器の活動	交感神経系	副交感神経系
心臓の拍動	促進	抑制
気管支	拡張	収縮
消化管の運動	1	2
ぼうこう 膀胱の収縮	抑制	促進
どう 瞳孔の開閉	3	4
立毛筋の活動	収縮	(なし)

問(3) 実験材料としてカエルを用いた場合、どのような実験を行い、どのような結果が得られれば、「迷走神経(心臓に分布する副交感神経)の末端から神経伝達物質が分泌され、心拍数を減少させる」ことを証明できるか。簡潔に論述せよ。

3

次の文章を読み、問(1)~(3)に答えよ。

1 個の酵母(この酵母をここでは親酵母と呼ぶ)を 2 日間培養して増殖させた後に*、培養液中にカドミウムを添加してさらに 2 日間培養したところ、ほとんどの酵母は死滅したが、ごく一部の酵母がカドミウムの影響を受けることなく増殖し続けた。ここで生き残った酵母はカドミウムの濃度を 2 倍に増加させても死滅することはなく、カドミウムの毒性に対して強い抵抗性を持っていた(この酵母をここでは耐性酵母と呼ぶ)。酵母が生育している環境がカドミウムによって汚染された場合、それまで存在した酵母に置き換わってこのような耐性酵母が増殖する可能性のあることを本現象は示しており、この現象を生物進化の単純モデルと考えることもできる。

(注) *本酵母は 2 時間の培養で細胞数が約 2 倍に増加する。したがって、最初 1 個であった酵母細胞が 2 日間の培養によって数千万個にまで増殖している計算になる。

問(1) 耐性酵母は親酵母が変化して「カドミウム存在下で生育できる」という親酵母にない形質を獲得したものと考えた場合、ここで観察された現象を説明することができる変化の機構を考察せよ。

問(2) 下線部の現象は次の中のものどの進化説のモデルになり得るか。該当するものを 2 つ選び、番号で答えよ。また、選択した進化説をそれぞれ簡単に説明せよ。

1. ラマルクの「用不用の説」
2. ダーウィンの「自然選択説」
3. ワグナーの「地理的隔離説」
4. ロマニーズの「生殖的隔離説」
5. ド・フリースの「突然変異説」

問(3) ここで得られた耐性酵母の中にはカドミウムのみならず水銀に対しても抵抗性を示すものが存在した。単一の酵母が 2 種類の重金属に対して抵抗性を示すようになる機構を考察せよ。

4 動物の発生に関する次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。

受精卵が発生を開始し、卵割をくり返して割球の数がふえると、等割や不等割をする卵では、桑の実のような形の桑実胚^{はい}になる。さらに卵割が進むと、やがて胚の内部に空間ができてくる。この空間は [ア] といわれ、この時期の胚は [イ] とよばれる。卵割がさらに進むと、カエルでは、表面の細胞層が、卵の赤道面よりやや植物極側よりの所から [ア] に向かって陥入する。この時期の胚は [ウ] とよばれ、陥入部分にあたる三日月形のみぞは [エ]、陥入によって生じた内部の空所は [オ] といわれる。 [エ] は将来の肛門に、そして [オ] は消化管になる。

シュパーマンによると、イモリ [ウ] の [エ] の背部を構成する外胚^(a)葉を他の [ウ] の [ア] に移植すると、移植された外胚葉そのものは、^{せききく}脊索などの中胚葉の器官となり、近傍の外胚葉に働きかけて、神経管や皮膚などをつくり、第2の胚を生じる。このように、この外胚葉部分は、胚において最初に分化する領域^(a)であり、これによって脊椎動物^{せきつい}の基本的な体制が形づくられる。

問(1) 空欄 [ア] ~ [オ] の中に適当な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)は何とよばれるか、その領域名を記せ。また、この領域のように、全体を統括するような分化誘導をできる特別な部分は一般に何といわれるか、その名称を記せ。

生物の発生において、上述のように、特定な領域が形態形成に特別に重要な役割を果たすことはよく知られている。例えば、ニワトリの手足(一对の羽根と一对の後ろ足)が構築される際、その原基となる肢芽の後方に位置するZPAとよばれる領域は非常に重要で、肢芽における前後軸の極性を決定している(図A)。実際に、他の個体のこのZPA領域を同じ発生時期の肢芽前方に移植すると、2本の手(第Ⅱ指のところではほぼ鏡像対称的な重複肢)が形成される。ZPAのような領域から分泌され、その後の形態形成に決定的に重要な役割を担う拡散性の化学物質は一般にモルホゲン(形原因子)とよばれている。ちなみに、肢芽においてZPA以外の領域にはこのような効果は認められない。レチノイン酸はビタミン

A (レチノール)の重要な代謝物で、動物の正常な発生、上皮組織や軟骨の分化・増殖に必須であることが知られている。今、ZPAの生物学的意義を明らかにするために、レチノイン酸を浸み込ませたビーズを枝芽の前方に移植してみた。その結果、^(b)ZPA移植の場合と同様、重複肢が形成された(図B)。

問(3) 下線部(b)の、レチノイン酸が重複肢形成という現象を確かに誘導することを示すためには、どのような対照実験を行い、いかなる結果が得られる必要があるかを記せ。

問(4) レチノイン酸が重複肢形成を誘導できるという事実のみではレチノイン酸がモルホゲンであると結論することはできない。それはなぜか。レチノイン酸がモルホゲンの定義に合致することを証明するためには、さらにどのような要件が満たされる必要があるかを、下の〔 〕内の言葉を最低一回は使用して簡潔に述べよ。

〔枝芽の組織、レチノイン酸ビーズ、ZPA、濃度勾配^{こうばい}〕

