

生 物

解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 下の文章を読んで、問1～問8に順に答えなさい。文中につけた下線番号は問の番号と対応している。

ミトコンドリアの内膜には、解糖系やクエン酸回路でつくられた還元型補酵素Xを用いてATPを合成する酵素が含まれている。ATPの合成過程を明らかにするため、次の実験を行った。

【実験I】 ネズミの肝臓の細胞からミトコンドリアだけを多数分離⁽¹⁾し、還元型補酵素Xは含まれているが、酸素の全く含まれていない懸濁液中に保持する(図1)。図に示すようにpH電極で水素イオン(H^+)を測定(注*)しながら、ある時点で少量の酸素を含む溶液をこの懸濁液に加えると、懸濁液の水素イオン濃度は一気に上昇し、やがてもとのレベルに戻った⁽²⁾(図2のa)。同じ実験をあらかじめ懸濁液中にジニトロフェノール(注**)を加えた条件で行った結果を図2のbで、トリトンX-100(注***)を加えた条件で行った結果を図2のcで示す⁽³⁾。

注* 水素イオン濃度変化が測定されるのは、ミトコンドリアの外膜には水素イオンに対する透過性が備わっているので、ミトコンドリア内膜にある電子伝達鎖を介して生じた水素イオンは、内膜と外膜の間のスペースから懸濁液へ向かって拡散するためである。

注** ジニトロフェノールは薬物で、電子伝達鎖を構成するタンパク質群での化学反応に直接には影響を与えない。

注*** トリトンX-100は薬物で、筋収縮の実験のためグリセリン筋を作る際に用いるグリセリンと似た作用を持つ界面活性剤。

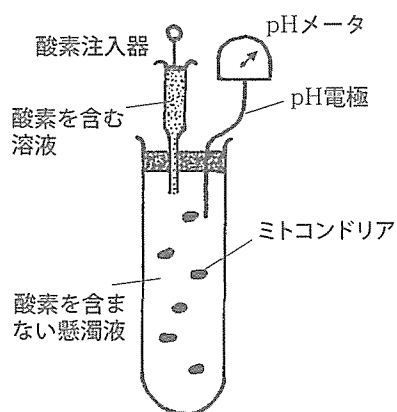


図1. 実験装置の略図

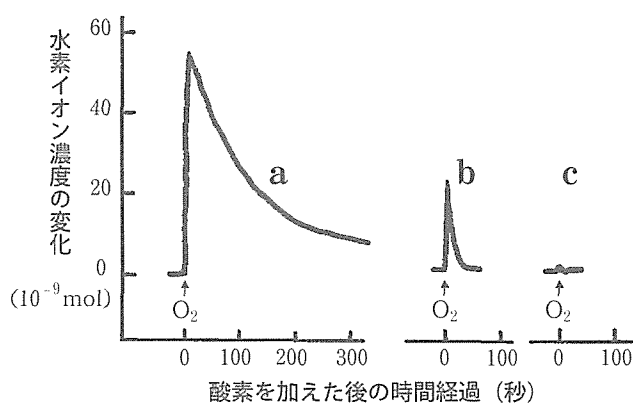


図2. 懸濁液中の水素イオン濃度変化

a: 薬物を加えない場合

b: ジニトロフェノールを加えた場合

c: トリトンX-100を加えた場合

問1 ミトコンドリアの分離には細胞分画法が用いられる。植物細胞にこの方法を適用した場合、沈殿物としてミトコンドリアよりも先に得られる細胞小器官を、得られる順に2つ答えなさい。

問2 これは少量の酸素が消費されつくしたためと考えられる。酸素は何という化合物に変わったか、分子式で答えなさい。

問3 図2のbでは水素イオン濃度の変化は少し見られたが、あまり上昇しなかった。図2のcでは水素イオン濃度はほとんど変化しなかった。この違いはジニトロフェノールとトリトンX-100のミトコンドリアに対する作用の違いに起因する。ジニトロフェノール(問3-1)とトリトンX-100(問3-2)の作用を、それぞれ答えなさい。注*~***を十分参考にしなさい。

実験Ⅰは電子伝達系の働きで水素イオン(H^+)が輸送されることを示している。ある研究者は輸送された水素イオン(H^+)がミトコンドリアの内膜と外膜の間のスペースに貯まり、これがエネルギー源となってATPが合成されると仮定した。貯まった水素イオン(H^+)によって実際にATPが合成されるかどうかを調べるため、次のような実験を組み立てて、結果を得た。

【実験Ⅱ】細胞膜の脂質二重膜を模した人工膜でできている小胞をつくる。小胞の膜にミトコンドリアで見られるATP合成酵素を埋め込み、さらにある種の輸送タンパク質⁽⁴⁾も埋め込んでミトコンドリアのモデルとした。このミトコンドリアモデルを懸濁液中(注****)に保持し、光を照射して輸送タンパク質を活性化させる⁽⁵⁾と、小胞の内部でのATP合成が確認できた⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

注**** この懸濁液には酸素が含まれているなど、ATP合成を可能にする条件が整えられているものとする。

問4 どのような働きを持つタンパク質を埋め込んで、実験目的に合致したモデルとしたのか。

問5 この輸送タンパク質が酵素としての性質を持っているとしたら、その活性を可逆的に変えると思われる物理的要因を、光以外に1つ答えなさい。

問6 実験Ⅱの懸濁液(1)、小胞の膜(2)、小胞の内部(3)はそれぞれ、実際のミトコンドリアで何と呼ばれている部分に相当するか答えなさい。それらを、模式的に断面図で描いたミトコンドリアに矢印で示し、対応する番号(1~3)もつけて明確に図示しなさい。

問7 ATPの合成はミトコンドリアだけでなく、葉緑体でも行われる。そのしくみは、ミトコンドリアでの酸化リン酸化のしくみとよく似ている。葉緑体にATPを合成させる次の実験Ⅲを行った。実験説明文の空欄（ア，イ）にふさわしい語を入れ、選択肢（ウ）は選んで答えなさい。

【実験Ⅲ】 葉緑体は外膜と内膜の2枚の膜で囲まれた細胞小器官で、その内部には、液状の（ア）と、扁平な袋状の（イ）がある。植物から分離して集めた葉緑体をpH4の溶液に浸しておく。（イ）の内部がpH4になった後、この葉緑体をpH8のアルカリ性の溶液に移した。そして、この溶液を（ウ：明所，暗所）に置いておくとATPの合成が確認できた₍₈₎。しかし、葉緑体をpH4の溶液に浸しておく時間が不十分で、（ア）だけがpH4になっていた場合にはATPは合成されていなかった。

問8 ATPを合成する酵素が含まれている部分は葉緑体のどこか。下の選択肢（A～E）から選んで記号で答えなさい。

- A：葉緑体の外膜
- B：葉緑体の内膜
- C：（ア）
- D：（イ）の膜
- E：（イ）の内部

Ⅱ 下の文章（1～3）を読んで、問1～問8に答えなさい。

1. 植物などの（ア）は（イ）を行って（ウ）などの無機物から有機物を合成する。ところが自分で（イ）のできない（エ）は、（ア）が合成した有機物を栄養として利用する。生態系における役割として考えれば（ア）は有機物を作る（オ）である。（エ）は有機物を食べる消費者であり、（オ）を直接食べる（カ）、（カ）を食べる（キ）などがある。これらの生物の遺体や排出物をふたたび無機物に戻す役割をする菌類やバクテリア類などを（ク）という。このような食う・食われるの関係を（ケ）というが、実際にはこれらの関係は複雑な網目状となるため、これを（コ）という。（コ）がより複雑であるほど生態系は安定すると考えられる。

問1 (ア)～(ケ)にふさわしい語を下の選択肢から選んで記号で答え、(コ)には
 適当な語を入れなさい。

- | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|
| あ) 栄養段階 | い) 栄養生成層 | う) 富栄養化 | え) 捕食者 | お) 分解者 |
| か) 食物連鎖 | き) 栄養分解層 | く) 二次消費者 | け) 二次生産 | こ) 生産者 |
| さ) 従属栄養生物 | し) 一次消費者 | す) 一次生産 | せ) 物質循環 | そ) 炭酸同化 |
| た) 二酸化炭素 | ち) アミノ酸 | つ) 独立栄養生物 | て) ブドウ糖 | と) 階層構造 |

2. カビやキノコなどは、生物分類の五界説によれば「菌界」という1つのグループとしてまとめられる。しかし最近の真核生物についての研究では、たとえば図1のような系統関係も考えられており、ここでは菌類は(A)と近縁であることが示される。図2は菌類の中での系統関係を示しており、ここでは菌類で最初に分岐したグループは(B)だと考えられている。

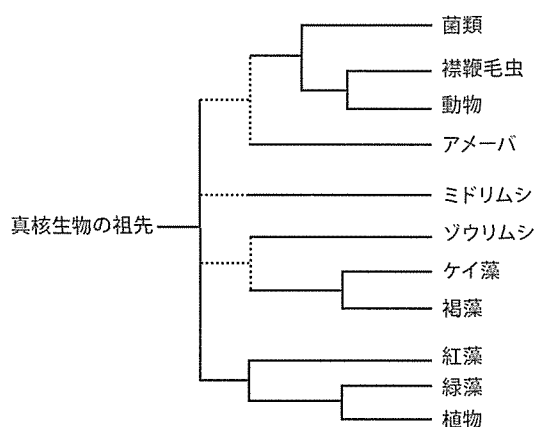


図1. 真核生物の系統に関する一つの考え方

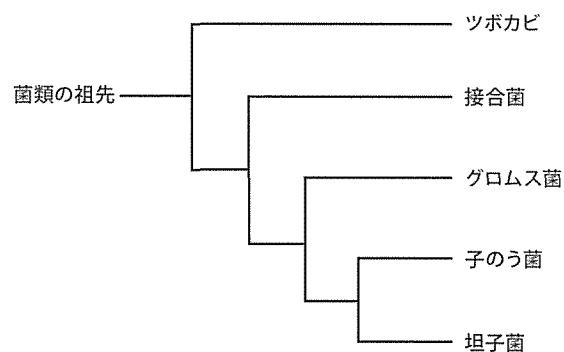


図2. 菌類の系統関係

問2 (A)に五界の1つの名称を(界は省いて)入れなさい。

問3 五界のうち、図1に含まれていないものの名称を答えなさい。

問4 五界のうち、図1の考え方では、界としてまとめられなくなるものは何か。

問5-1 (B)にふさわしい語を入れなさい。

問5-2 (B)に分類されるある種の菌によって、近年、世界的に大問題となっている生態系をおびやかす現象について簡単に述べなさい。

3. 菌類と植物との生態的な関係はきわめて深い。多くの植物体内には内生菌とよばれる共生生物が認められるが、これは、おもに子実の菌類と植物の共生関係を示す。森に生える多くの樹木の根の表面は、菌根とよばれる菌糸の層に被われている。ここでは、おもに担子菌類と樹木との共生関係₍₁₎が形成されている。グロムス菌類（グロメロ菌類とも呼ばれる）も菌根を形成し、陸上植物の80%以上と共生しているとも考えられている。また地中では菌根や菌糸による複雑で巨大なネットワークが存在している。

問6 下線（1）の例として、1組の生物名を挙げなさい。

問7 グロムス菌類は生活に必要な炭水化物を完全に宿主植物に依存している。ある植物とグロムス菌類との共生関係を調べるため、滅菌した土壌を対照とし、4種（A～D）のグロムス菌を接種して育てた場合の植物の乾燥重量（図3左）と、その植物体に含まれるリン濃度（図3右）を測定した。この実験結果からどのようなことが考えられるだろうか。植物の生活には、水と、リンやその他の栄養素が不可欠であることを考慮に入れ、菌根を介した共生系のしくみについて考察しなさい。

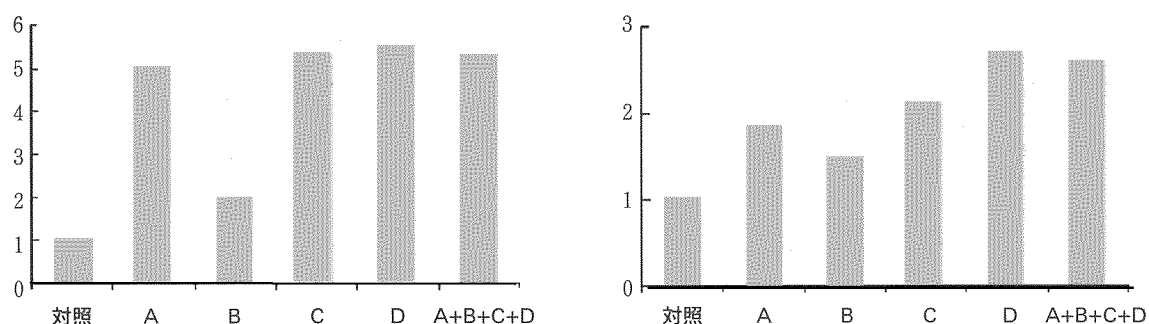


図3 いろいろなグロムス菌の接種条件での測定値

左：植物の乾燥重量，右：植物体に含まれるリンの濃度。縦軸は対照を1とした相対値を示す。

問8 もっとも古い菌類の化石として、4億6千万年前（オルドビス紀）の地層からグロムス菌類の化石が見つかった。同じ頃、最初の陸上植物が現れている。これらの事実と、ここまでの問題文や観察結果などを踏まえて、菌類と植物の進化について考えられることを説明しなさい。

Ⅲ 多細胞生物の発生についての以下の文章（１－３）を読んで、問１－７に順に答えなさい。

１．多細胞生物は、１個の細胞である受精卵が細胞分裂によって、その数を増やす一方、さまざまな形質を持つ細胞を作っていく。発生過程で細胞がいろいろな違う形質のものに変わっていくことを（ア）という。この（ア）が、細胞の核内の遺伝情報が変化するために起こるのかどうかを調べるために、カエルを用いて核の移植実験を行った（図１）。未受精卵の核を（イ）によって不活化（破壊）し、そこに幼生（オタマジャクシ）の腸上皮細胞の核を移植したところ、正常な幼生が得られた。この結果は、成熟した腸上皮細胞の核にも受精卵の核と同様な発生に必要な能力があることを示す。

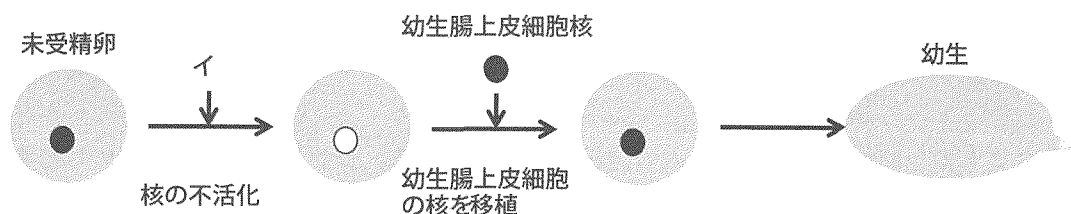


図１．核の移植実験

問１ 空欄（ア、イ）に適切な言葉を入れなさい。

問２ 受精卵と腸上皮細胞の２種類の細胞間では形質が大きく異なる。その理由を、図１の実験を踏まえて説明しなさい。

次に腸上皮細胞から核を取り出す時期を早く（胚胞期～尾芽胚期）して、未受精卵へ移植し、成体まで成長できた卵を数えた（図２）。

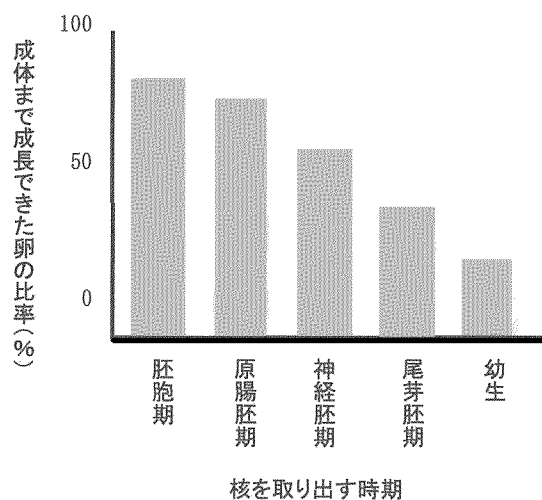


図２．核を取り出した時期の成長への関与

問3 核を取り出す時期が遅いほど、成体まで成長できる比率が低くなる理由について考えられることは何か、答えなさい。

2. ネズミの未受精卵から核を取り除いておく。次にこれをもう1匹のネズミから分離した体細胞と（ウ）させるか、または核を取り出した未受精卵へ体細胞から取り出した核を注入し、この卵を仮母（受精卵が着床できるようにホルモン処理した雌ネズミ）の子宮へ入れる。このようにして生まれてきたネズミは、一般に（エ）と呼ばれる。（エ）の核内の遺伝子は体細胞を供与したネズミと同一となる。

問4 空欄（ウ、エ）に適切な言葉を入れなさい。

問5 ヒトの一卵性双生児では2人の遺伝子は同一である。しかし、上記のようにして実験的に作り出した（エ）であるネズミと体細胞を供与したネズミの間には、一卵性双生児には見られない遺伝情報の違いがあるのだが、それは何か。

3. ハエ受精卵に化学物質などを作用させて発生させると変異体（奇形）が出現することが多くなる。そのようにして得られた変異体Gについて、遺伝子を調べてみると、遺伝子Xの点突然変異が単一の原因であることがわかった。遺伝子Xは、細胞において重要な機能にかかわるいろいろなタンパク質（酵素、ホルモン受容体、転写調節タンパク質、細胞の骨格構造に関わるタンパク質、分泌されるタンパク質など）の立体構造の形成に必要なタンパク質xをコードしていた。そこで、この変異体Gの成体を正常なハエと交配させ、その子孫を得て、さらに交配を続けたところ、図3のような遺伝を示し、変異体Gとは異なる形質を持つ変異体H, I, Jも出現した。（なお、変異体G, H, I, Jは、それぞれ複数の変異形質の組み合わせからなり、その変異には重複がある。また変異体Gの雄と変異体Gの雌を交配させたところ、ホモ接合体は致死であった。）

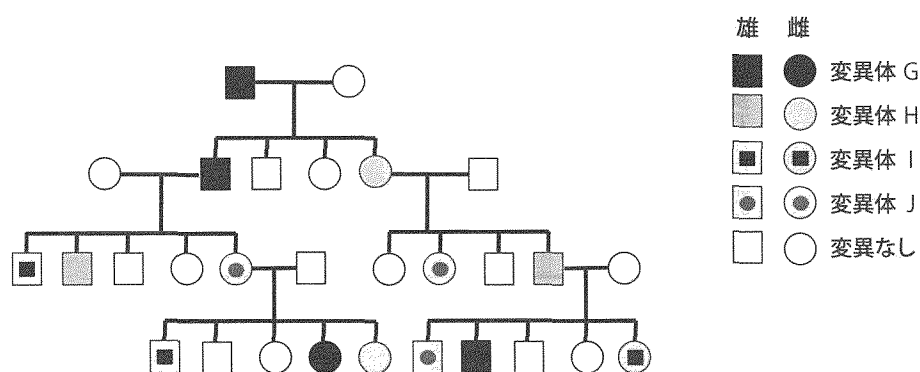


図3. 変異体Gの子孫への遺伝

問6－1 変異体 G, H, I, J で作られているタンパク質（変異タンパク質 x'）と正常個体でのタンパク質 x（正常タンパク質 x）の比率はどうなるか答えよ。なお、変異タンパク質 x' は正常タンパク質 x の機能に影響しない。また変異タンパク質 x' と正常タンパク質 x の半減期は同一とする。

問6－2 単一の遺伝子 X の点突然変異によって、図3に示す遺伝の中で変異体は G 以外に H, I, J も出現した原因について、考えられる可能性を説明せよ。

次に変異体 G の雄と正常な雌との間から得られた受精卵に正常な遺伝子 X を注入して、正常なタンパク質 x を常に発現できるトランスジェニック（遺伝子導入）動物を作った。

問7 点突然変異のある遺伝子 X を持つトランスジェニック動物における変異体の出現は、遺伝子注入前と比べて、どのように変化すると予想されるか（問7－1）。また、その理由を記せ（問7－2）。