

Q 3 物理 Q 4 化学 Q 5 生物

この冊子は、**物理**、**化学** および **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 15 ページまであります。
化学の問題は、16 ページより 34 ページまであります。
生物の問題は、35 ページより 71 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用紙に志望学科・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し、さらに受験番号・志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(H B または B)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

生 物

- 1 生物界の変遷および真核細胞のエネルギー生成に関して以下の設問に答えなさい。(33 点)

(1) 下記の(a)から(d)は、原始地球で無機物から生命のもととなる有機物がつくられて、原始的な細胞様の集合体が形成されるまでの過程に関する記述である。これらの記述のうち、内容的に誤りを含む記述をもれなく選びなさい。解答にあたっては、解答群Aの中から、誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を、誤りを含む記述が複数ある場合には、誤りを含む記述を全て含み、かつ、誤りを含む記述だけで構成される組み合わせを一つ選びその番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は、「⑩ なし」にマークしなさい。

- (a) ミラーは、メタン、アンモニア、水素、水蒸気から成る混合気体を原始大気と想定して、これに放電などによるエネルギーを加えた。その結果、数種類のタンパク質や核酸が生成し、無機物から有機物が合成されることが示された。
- (b) 深海底には高温の熱水が噴出している場所がある。この噴出孔では生物は確認されていないが、熱水とともに硫化水素やメタン、二酸化炭素が噴出している。このため有機物を合成するのに必要な条件が整っており、化学進化の場として注目されている。
- (c) オパーリンは、原始的な細胞がコアセルベートと呼ばれる液滴から生じたと想定した。この液滴は、水分子を吸着したタンパク質などの高分子化合物が多数集合した粒状の構造体であり、周囲と物質のやりとりをする性質をもつ。
- (d) 生物体の構成元素の種類や含有順位は、地殻よりも海水の構成元素に似ている。特に動物の体液中のイオン組成は、海水のイオン組成とよく似ている。このため生命誕生の場は、原始海洋中であつたと考えられている。

解答群A

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| ⑩ なし | ⑪ (a) | ⑫ (b) | ⑬ (c) |
| ⑭ (d) | ⑮ (a) (b) | ⑯ (a) (c) | ⑰ (a) (d) |
| ⑱ (b) (c) | ⑲ (b) (d) | ⑳ (c) (d) | ㉑ (a) (b) (c) |
| ㉒ (a) (b) (d) | ㉓ (a) (c) (d) | ㉔ (b) (c) (d) | ㉕ (a) (b) (c) (d) |

(2) 以下の説にもとづいて、設問(a)から(d)に答えなさい。

原始細胞が誕生した当時、地球大気には多量の二酸化炭素が存在し、酸素はほとんどなかったと考えられる。このような環境下で最初に現れたのは嫌気性^(ア)細菌であると考えられている。このような生物は、有機物質をエネルギー源として繁殖したが、やがて有機栄養物は枯渇した。この時、無機物から有機物を合成する化学合成細菌や、太陽の光エネルギーを利用して有機物を合成する光合成細菌^(イ)が現れた。しかし、これらの生物は、生活圏を拡大することができなかった。その後、光合成細菌から進化した (A) が現れた。 (A) は、豊富に存在する水と二酸化炭素を原料として、酸素を放出する光合成を行い、爆発的に増殖していった。その結果、大気中に酸素が蓄積しはじめた。酸素濃度が増すにつれて、酸素を利用して有機物を分解し、エネルギーを効率的に取りだす好気性細菌^(ウ)が出現したと考えられる。

(a) 下線(ア)、(イ)および(ウ)の細菌は、独立栄養生物あるいは、従属栄養生物のどちらか。最も適切なものの組み合わせを解答群Bの中から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、解答群Bの独立は独立栄養生物を、従属は従属栄養生物を示す。

解答群B

- ① (ア) 独立 (イ) 独立 (ウ) 独立 ① (ア) 従属 (イ) 独立 (ウ) 独立
② (ア) 独立 (イ) 従属 (ウ) 独立 ③ (ア) 独立 (イ) 独立 (ウ) 従属
④ (ア) 従属 (イ) 従属 (ウ) 独立 ⑤ (ア) 従属 (イ) 独立 (ウ) 従属
⑥ (ア) 独立 (イ) 従属 (ウ) 従属 ⑦ (ア) 従属 (イ) 従属 (ウ) 従属

(b) 下線(ア)の嫌気性細菌は、酸素があると生育できない細菌と考えられている。このような生物のエネルギー代謝において生成しない物質は何か。最も適切なものを解答群Cの中から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群C

- ① 乳酸 ① クエン酸 ② エタノール✓
③ グルコース ④ ピルビン酸

(c) 下線(イ)の光合成細菌が二酸化炭素から有機物を合成するのに用いる物質は何か。最も適切なものを解答群Dの中から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群D

- ① メタン ① 硫化水素 ② 亜硝酸
③ 水 ④ グリセリン

(d) 空欄 (A) にあてはまる生物は何か。最も適切なものを解答群Eの中から一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群E

- ① 維管束植物 ① 褐藻 ② ラン藻
③ ケイ藻 ④ コケ植物

(3) 以下の文章にもとづいて、設問(a)から(e)に答えなさい。

原核生物が出現した後、かなり時を経て真核生物が誕生したと考えられている。真核生物は原核生物と異なり、細胞内に核やその他の細胞小器官を備えていた。細胞小器官の起源については諸説あるが、ある種の原核生物の細胞内に、別の原核細胞が共生した結果、生じたとする説が有力である。例えばミトコンドリアは、好気性細菌が嫌気性細菌にとり込まれることによりできたと考えられている。嫌気性細菌は、ミトコンドリアを獲得して好気性の真核生物となることで効率よくエネルギーをつくり出せるようになった。このように、特定の働きをする細胞小器官を獲得した真核生物は、その後、大いに発展していった。

ミトコンドリアは、酸素を消費してエネルギーをとり出す細胞小器官である。ミトコンドリアにおけるエネルギー生成のしくみを図1に示す。ミトコンドリアは、外膜と内膜という二重の膜で包まれている。外膜は細胞質基質と接しており、内膜には電子伝達系が存在する。電子伝達系で還元型補酵素から電子が供給されると、電子は伝達系を構成するタンパク質からタンパク質へと移動して、エネルギーが放出される。エネルギーが低下した電子は、最終的に酸素が受け取り、水素イオン(H^+)を結合して水となる。一方、電子移動の際に放出されたエネルギーを使って、電子伝達系のポンプがマトリックス内の H^+ を、内膜と外膜の間(膜間空間)に汲み(くみ)出す。この結果、内膜をはさんで H^+ の濃度勾配が作られる。この膜間空間にある H^+ が H^+ 濃度の低いマトリックス内に流入する時、内膜に存在する ATP 合成酵素の働きにより、ADP とリン酸から ATP がつくられる。

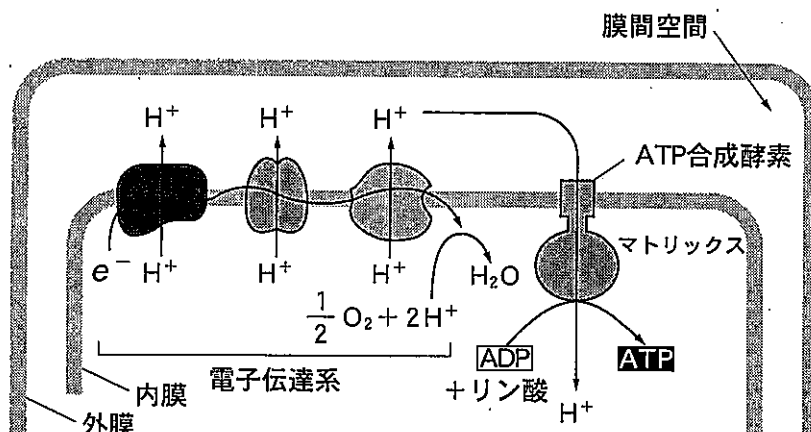


図1 ミトコンドリアにおけるエネルギー生成のしくみ

(a) 下記の表1は、ヒトのような真核生物での好気呼吸について、その各反応が行われる細胞内の 1. 場所(局在), 2. 酸素(O_2)の消費および、3. 二酸化炭素(CO_2)の生成をまとめたものである。表中の空欄 (ア) ~ (カ) に当てはまる最も適切な語句を解答群Fの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、同じ語句を複数回選択しても良い。

表1 好気呼吸の各反応

	1. 場所(局在)	2. O_2 の消費	3. CO_2 の生成
解糖系	(ア)	(イ)	(ウ)
クエン酸回路	(エ)	(オ)	(カ)
電子伝達系	ミトコンドリア	消費する	生成しない

解答群F

- | | | |
|---------|-----------|---------|
| ① 核 | ① ミトコンドリア | ② 小胞体 |
| ③ 細胞質基質 | ④ ゴルジ体 | ⑤ 消費する |
| ⑥ 消費しない | ⑦ 生成する | ⑧ 生成しない |

(b) ミトコンドリアの外膜にはチャネルがあり、 H^+ を自由に通す。このため、膜間空間の単位体積当たりの H^+ の個数(H^+ 濃度)は、細胞質基質における濃度に等しくなる。これに対してマトリックスでは、 H^+ が汲み出されるので、 H^+ 濃度は低下する。細胞質基質のpH(水素イオン指数)が7.0、マトリックスのpHが8.0である場合、これらの H^+ 濃度は表2のようになる。マトリックスを半径 $1.00\text{ }\mu\text{m}$ の球状のものと見なすと、マトリックスのpHが7.0から8.0に上昇する時に汲み出される H^+ 数は、ミトコンドリア1個につきいくらか。計算において、球の体積 V は半径を r とすると、 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ (円周率 $\pi = 3.14$)で表せるとする。また、 $1\text{ }\mu\text{m}$ は $1 \times 10^{-6}\text{ m}$ である。解答は、最も適切な数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。この際、解答値は計算値の一の位を四捨五入して表しなさい。また、解答値が2桁の場合は、百の位に0を入れなさい。

	百の位	十の位	一の位
汲み出される H^+ 数は	(ア)	(イ)	0

表2 細胞質基質とマトリックスの H^+ 濃度

	濃度(個数/ ℓ)
細胞質基質	6.00×10^{16}
マトリックス	6.00×10^{15}

(c) ミトコンドリアにおける電子伝達から ATP 合成までの反応は、表 3 に示すように、三つの過程に分けて考えることができる。これらの過程において、過程Ⅰの電子伝達から過程Ⅲの ATP 合成までの反応は、連動して起こる。すなわち、過程Ⅰでは電子伝達が起こると電子の移動にともなって、過程Ⅱでは能動輸送により、 H^+ の濃度勾配が形成される。そして、形成された H^+ 勾配を用いて、過程Ⅲで ATP の合成が起こる。このように、電子伝達と ATP 合成は、どちらも H^+ の勾配と結びついており、互いに影響を受けて反応が進行する。

上記のように、電子伝達の反応と ATP 合成の反応は、連動しているので、呼吸では合成される ATP 量に見合った酸素が消費される。

つまり、ATP の合成が促進されたり抑制されると、それに応じて酸素の消費すなわち、呼吸速度が増大したり減少したりする。このため、ATP 合成反応の基質である ADP の濃度は、酸素の消費速度に大きく影響すると考えられる。ADP の有無がミトコンドリアによる酸素消費に与える影響を調べるために、下記のような実験を行った。

表 3 電子伝達から ATP 合成までの過程

過 程	反 応
Ⅰ	還元型補酵素から酸素への電子の移動
Ⅱ	Ⅰで放出されるエネルギーを用いた H^+ の能動輸送
Ⅲ	Ⅱで形成された H^+ の濃度勾配を利用した ATP 合成

実験 1

ラットから肝臓をとり出し、冷やしながら肝臓の小片をすりつぶした。得られた肝細胞の破碎液を遠心分離機にかけて細胞小器官を分離し、純粋なミトコンドリアを得た。

実験 2

まず、コハク酸(電子伝達系に電子を供給する物質)を含むリン酸水溶液(pH 7.0)を用意した。次に水溶液中の酸素濃度(単位体積中に溶けている酸素分子数)を測定できる酸素電極を用いて、リン酸水溶液の酸素濃度を経時的に測り始めた(図2)。はじめ酸素濃度は一定であったが、実験1で得られたミトコンドリアを反応溶液に加えると、酸素濃度は少しずつ減少した。続いてADPを加えると、酸素濃度は急激に減少した。この急激な酸素の減少は、溶液中のADPが無くなるまで続き、その後酸素濃度は、再び少しずつ減少した。

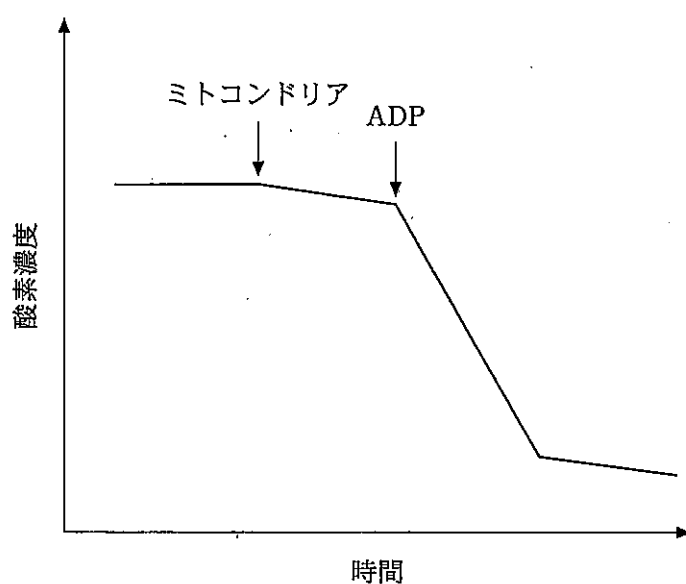


図2 酸素濃度の時間変化

注：ミトコンドリアとADPは、それぞれ矢印の時間において加えた。

実験2の結果から、ミトコンドリアによる酸素の消費速度は、ADPを加えることによって、著しく増加することがわかる。これとは逆にADPが無くなると、酸素の消費速度は急激に低下する。下記の文章は、ADPが無い場合について、酸素消費が低下するメカニズムを説明したものである。表3を参考にして、文中の空欄 (ア) ~ (ウ) にあてはまる最も適切な語句を解答群Gの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、同じ語句を複数回選択してもよい。

ミトコンドリアを含む反応溶液中にADPが無いと、過程ⅢでのATP合成は起こらない。この場合、 H^+ はATP合成に利用されず、マトリックスへの H^+ の流入が起こらない。このため、ADPがある場合の反応と比べて、 H^+ の濃度勾配は (ア) 。これは、過程Ⅱで起こる H^+ の能動輸送に必要なエネルギーが (イ) ことを意味する。 H^+ の能動輸送のエネルギーが過程Ⅰの電子伝達反応からとり出されることを考えると、このエネルギーのとり出しは、電子にとって移動を妨げる負荷と見なすことができる。上記のように、 H^+ の能動輸送のエネルギーが (イ) 場合、単位時間当たり移動する電子の総量(電子移動の速度)は、 (ウ) と言える。酸素の消費速度は、電子伝達速度によって決まるので、ミトコンドリアによる酸素の消費速度は低下することになる。

解答群G

- ① 変わらない ① 小さくなる ② 大きくなる

- (d) ミトコンドリアでのATP合成を妨げる阻害剤が知られている(表4)。これら阻害剤のうち、XとYは標的となる酵素に結合して、直接これらの働きを妨げる。これに対して、Zはミトコンドリアの内膜に作用して、ATP合成が電子伝達と連動して起こるのを妨げる。

Zによってこの連動が壊されると、電子伝達反応はATP合成に関係なく起こるようになる。阻害剤X~Zがミトコンドリアでの酸素消費に与える影響を調べるために、下記のような実験を行った。

表4 ATP合成を妨げる阻害剤

阻害剤	作 用
X	ATP合成酵素に結合して H^+ の受動輸送を妨げる。
Y	電子伝達系の H^+ を能動輸送する酵素の中で、電子を酸素に渡す酵素の働きを妨げる。
Z	膜間空間からマトリックスへ内膜を通して H^+ を運ぶことにより電子伝達とATP合成の連動を妨げる。

実験3

実験2と同様に、コハク酸を含むリン酸水溶液(pH 7.0)を用意し、酸素濃度を経時的に測り始めた。次にこの反応溶液に、実験1で得られたミトコンドリア、ADPを順番に加えた。そして溶液中に未反応のADPがあることを確認して、表4に示す阻害剤の一つを加えた。その後、さらに酸素濃度の経時変化を測定した。

上記の実験3を行った場合、阻害剤を加えた反応の電子伝達速度(過程Ⅰ)および、 H^+ の濃度勾配の大きさ(過程Ⅱ)は、阻害剤が無い場合の反応と比べて、それぞれどのように変化すると考えられるか。各反応において阻害剤は、その阻害作用を発揮するのに十分な量を反応溶液に加えるものとする。解答は、表5の空欄 (ア) ～ (カ) にあてはまる語句として、最も適切なものを解答群Hより選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、同じ語句を複数回選択してもよい。

表 5 阻害剤が電子伝達と H^+ 勾配に与える影響

阻害剤	電子伝達速度	H ⁺ 勾配
X	(ア)	(イ)
Y	(ウ)	(エ)
Z	(オ)	(カ)

解答群H

- ① 変わらない ② 大きくなる
③ 小さくなる, または, ゼロになる

(e) 実験3で阻害剤YとZを加えた後の酸素濃度の変化を示すグラフは、
図3の点線1～4のどれになるか。YとZそれぞれについて、最も適切な
点線を図3より一つずつ選び、その番号を解答用マークシートの指定された
欄にマークしなさい。

阻害剤 Y を加えた場合のグラフは (ア)

阻害剤 Z を加えた場合のグラフは (イ)

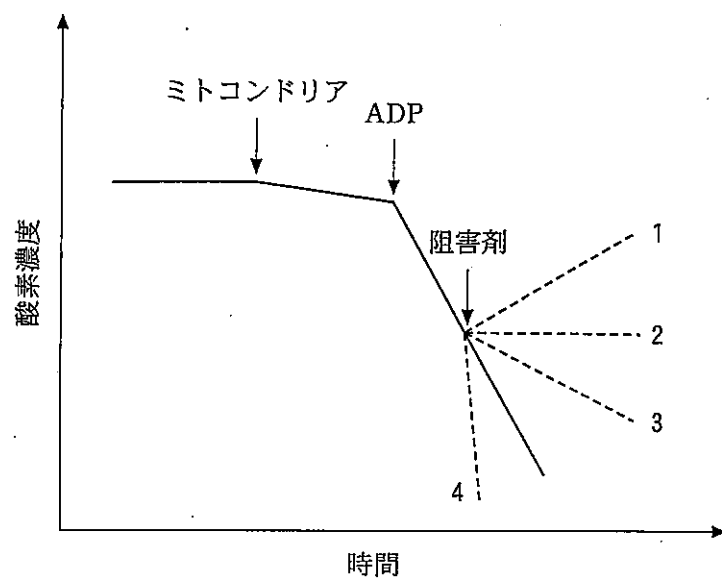


図3 阻害剤を加えた場合の酸素濃度の時間変化

注：ミトコンドリア，ADPおよび阻害剤は，それぞれ矢印の時間において加えた。

- (1) 生物が外界から二酸化炭素を取り入れ、これを炭素源として有機物を合成する働きを炭酸同化という。植物の光合成は、光エネルギーを利用する炭酸同化で、炭水化物などの有機物を合成している。

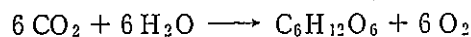
(A) 以下は、緑色植物に関する記述である。これらの記述のうち、内容的に誤りを含む記述をもちえなく選りなさい。解答にあたっては、解答群 A の中から、誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を、誤りを含む記述が複数ある場合には、誤りを含む記述を全て含み、かつ、誤りを含む記述だけで構成される組み合わせを一つ選り、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は、「㊦ なし」にマークしなさい。

(ア) 葉緑体に関する記述

- (a) 葉緑体は緑色植物や藻類などの植物体に存在する小器官であり、光合成反応はここで行われる。葉緑体は、独立した DNA をもち、分裂により増える。
- (b) 葉緑体は外膜と内膜の 2 枚の膜に包まれている。内部には膜でつくられたグラナがあり、グラナが何重にも重なって平たいチラコイドを形成している。チラコイドには光エネルギーを吸収するのに必要な光合成色素が多量に含まれる。
- (c) 太陽光の波長のうち、植物が吸収する波長により光合成の効率が異なる。例えば光合成色素のクロロフィル a は、青紫色と赤色の光を強く吸収する。光合成色素の光の吸収曲線と光合成の作用曲線がほぼ一致することからも、これらの光が光合成に使われていることが分かる。
- (d) 葉緑体の内膜内にあり、チラコイドとチラコイドの間を満たしている部分はストロマとよばれ、二酸化炭素を有機物に変える種々の酵素が含まれる。従って、光合成過程の最終段階である二酸化炭素の固定の反応は、このストロマ内で行われる。

(イ) 炭酸同化に関する記述

- (a) 光合成の限定要因は、光の強さ、水、二酸化炭素である。反応速度は、これらのうち最も不足している要因により決まる。また、光を必要としない反応は、光を必要とする反応に先行することが明らかにされている。
- (b) 植物の光合成は、複数の反応過程から成り立っている。緑色の色素であるクロロフィルをはじめとする光合成色素の電子が、光エネルギーを獲得し、チラコイド膜内の電子伝達系を次々に移動する。クロロフィルは、水(H₂O)から電子を獲得し、副産物として酸素(O₂)が生産される。
- (c) 上記の一連の反応で、光化学反応により生じた電子を水素イオン(H⁺)とともに受けとった補酵素は、還元型の補酵素となる。また電子伝達反応にともないチラコイド膜を介して生じたH⁺勾配によって、チラコイド膜にあるATP合成酵素が働き、ATPが合成される。
- (d) 光合成電子伝達反応で生成したATPと補酵素が、エネルギー源と酸化力として働き、二酸化炭素(CO₂)を炭水化物に変換する。この炭素固定反応により、植物の葉でスクロースなどの多数の有機分子が生産される。この全体の反応は、次の化学反応式で表される。



解答群A

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| ⑩ なし | ⑪ (a) | ⑫ (b) | ⑬ (c) |
| ⑭ (d) | ⑮ (a) (b) | ⑯ (a) (c) | ⑰ (a) (d) |
| ⑱ (b) (c) | ⑲ (b) (d) | ⑳ (c) (d) | ㉑ (a) (b) (c) |
| ㉒ (a) (b) (d) | ㉓ (a) (c) (d) | ㉔ (b) (c) (d) | ㉕ (a) (b) (c) (d) |

- (B) 緑色植物において、光合成で生成された有機物の多くは、一時的に (a) デンプンとして葉緑体に貯えられる。この一部はスクロースなどに変えられ、葉から植物体の各部位に (b) によって運ばれる。それらは根や種子などの貯蔵組織では、再び (c) デンプンとして貯えられる。

上記の記述に関する以下の設問に答えなさい。解答は最も適切な語句を解答群Bより選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) 上記の炭水化物などの有機物が合成される回路は、発見した研究者の名前にちなみ命名されている。その回路名は何か。
- (イ) (a)に入るのは何か。
- (ウ) (c)に入るのは何か。
- (エ) (b)の輸送に関わる組織は何か。
- (オ) (b)による輸送は何とよばれているか。
- (カ) タマネギの中で最も多量の (c) デンプンが貯えられている部分は、何とよばれているか。
- (キ) ジャガイモの中で最も多量の (c) デンプンが貯えられている芋の部位は何とよばれるか。

解答群B

- | | | | |
|------------|---------------|-------|-----------|
| ⑩ エマーソン回路 | ⑪ ヒル・ルーベン回路 | | |
| ⑫ エンゲルマン回路 | ⑬ カルビン・ベンソン回路 | | |
| ⑭ 同化 | ⑮ 新生 | ⑯ 光合成 | ⑰ 屈性 |
| ⑱ 蓄積 | ⑲ 後性 | ⑳ 貯蔵 | ㉑ 有機 |
| ㉒ 保存 | ㉓ 移動 | ㉔ 転流 | ㉕ ゲル |
| ㉖ 発芽 | ㉗ 花粉管 | ㉘ 道管 | ㉙ 篩管 |
| ㉚ 仮道管 | ㉛ 塊根 | ㉜ 種子 | ㉝ 鱗茎(鱗片葉) |
| ㉞ 蔓(つる) | ㉟ 塊茎 | | |

(2) 次の文章を読み以下の設問(A)から(E)に答えなさい。

デンプンは、多数のグルコースが α -1,4結合(図1(a)参照)および α -1,6結合(図1(c)参照)といわれるグルコシド結合で連結した多糖である。デンプンは、その形状から直鎖状のアミロースと、分岐(枝分れ)状のアミロペクチンに大別される。両者の含有率は、植物の種類により異なる。例えば、コメ(うるち)やサツマイモのデンプンではアミロースの含量が20%であるが、コメ(もち)やトウモロコシ(もち)はアミロースが含まれず、全てアミロペクチンから成る。

図1に示したように、アミロースは、 α -1,4結合のみで構成された直鎖状高分子である。一方、アミロペクチンは、直鎖部分が α -1,4結合、分岐部分が α -1,6結合で接続された分岐構造をもつ高分子である。これらの直鎖部分の長さや、分岐の部位や程度はデンプン分子により異なり、一定ではない。

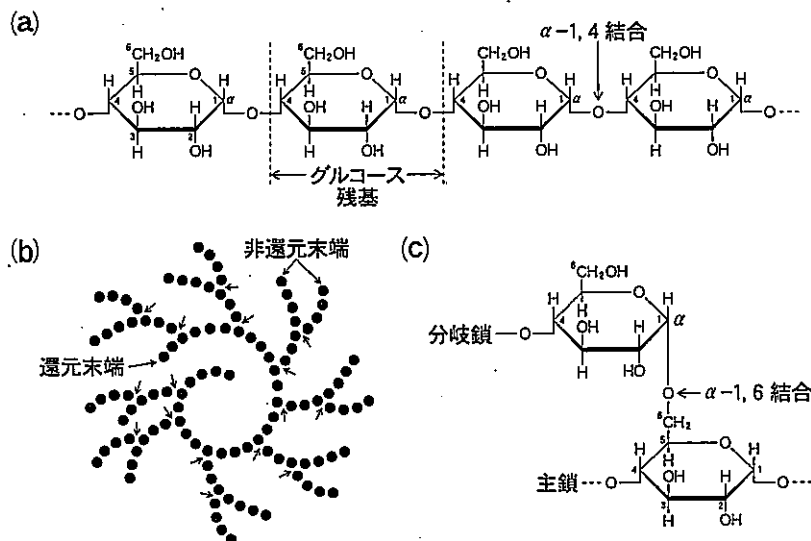


図1 アミロースおよびアミロペクチンの構造

(a)アミロース；グルコース残基が α -1,4結合した直鎖状デンプン。(b)アミロペクチンの模式的構造；各黒の丸印は1個のグルコース残基、小さな矢印は α -1,6結合による分岐点を示す。矢印のないグルコース残基間の結合は、 α -1,4結合である。(c)分岐点の構造。

なお、デンプンの末端部分の化学的性質から、合成最初のグルコース残基側を還元(性)末端、伸長側の末端を非還元(性)末端とよんでいる(図1(b)参照)。グルコース残基とは、デンプンの構造においてグルコシド結合を含む部分構造をいう(図1(a)参照)。

人類は、コメ、ムギ、マメ、イモなどに貯えられたデンプンを、食料や甘味料製造などに多量に利用してきた。それと相まって、デンプンの分解や加工に用いられる多くの酵素とその性質が知られるようになった。そのうち、本問に関連した4つのデンプン加水分解酵素およびマルターゼの性質を記した。あわせて、デンプン加工に用いられる際の通常の反応条件も記した。

α -アミラーゼは、デンプン分子内部の α -1,4結合に作用し、デンプンを切り離してグルコースが7~8個程度連なったデキストリンを生成する。 α -1,6結合には作用しない。細菌由来の酵素の反応条件は、pHが6~7、温度が90℃である。

プルランナーゼは、 α -1,4結合には作用しないが、分岐部分の α -1,6結合を切断する。細菌由来の酵素の反応条件は、pHが5、温度が60℃である。

グルコアミラーゼは、 α -1,4結合に作用するがデンプン内部には作用できず、糖鎖の非還元末端からグルコースを1分子ずつ切り離す。 α -1,6結合にも作用できるが、ここで扱うカビ由来の酵素の α -1,6切断活性は、 α -1,4結合切断活性に比べて弱く、無視できる。反応条件は、pHが4~5、温度が60℃である。

β -アミラーゼは、糖鎖の非還元末端からグルコースを2分子単位で切り離し、マルトースを生成する。 α -1,6結合には作用しない。麦芽由来の酵素の反応条件は、pHが5、温度が55℃である。

マルターゼは、グルコースが2分子結合したマルトースを加水分解してグルコースを生成する。酵母由来の酵素の反応条件は、pHが7、温度が37℃である。

なお、生のデンプンは水に溶けにくいので、高温の水溶液中で加熱することにより糊化(α 化ともいう)し、さらに希釈して酵素反応が迅速に進む条件のものを基質として用いた。

- (A) アミロースの分子量は均一ではなく、 $5 \times 10^5 \sim 2 \times 10^6$ の幅がある。いま、平均分子量が $1,000 \times 10^6$ の精製したアミロースがグルコアミラーゼ処理により完全に加水分解されたとすると、生成されるグルコース分子の平均の数はいくらか。なお、グルコースは C, H, O から構成される。最も適切な数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、計算して得られた値の小数点以下は四捨五入しなさい。解答値が 1 桁の場合は 10, 100, 1000 の位に 0 を入れ、2 桁の場合は 100, 1000 の位に 0 を入れ、3 桁の場合は 1000 の位に 0 を入れなさい。(計算に必要な場合には次の原子量を用いなさい。H ; 1.00, C ; 12.0, O ; 16.0)

千の位	百の位	十の位	一の位
(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)

- (B) グルコース 1000 残基からなる小さなアミロペクチン分子が、その分子内にある 40 個のグルコース残基において α -1,6 結合により分岐しているものとする。図 1(b) に示したように還元末端は 1 つであり、その他の末端はすべて非還元末端である。非還元末端はいくつあるか。最も適切な数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。解答値が 1 桁の場合は 10, 100 の位に 0 を入れ、2 桁の場合は 100 の位に 0 を入れなさい。

百の位	十の位	一の位
(ア)	(イ)	(ウ)

(C) 上記のデンプンの構造，およびデンプン加水分解酵素の活性と性質に関する文章をもとにすると，これらの記述のうち，内容的に誤りを含む記述はどれか。誤りを含む記述をもれなく選びなさい。解答にあたっては，解答群Cの中から，誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を，誤りを含む記述が複数ある場合には，誤りを含む記述を全て含み，かつ，誤りを含む記述だけで構成される組み合わせを一つ選び，その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は，「⑩ なし」にマークしなさい。

- (a) デンプンは， α -アミラーゼ，プルラナーゼ，グルコアミラーゼ， β -アミラーゼの加水分解反応の基質となる。酵素にはそれぞれ特有の立体構造を有する活性部位があるが，これらの加水分解酵素の基質がいずれもデンプンであり共通しているので，活性部位の構造は同じである。
- (b) それぞれの酵素には反応の最適温度がある。ある一定の温度以上になると酵素が変性し，失活するので反応は急に低下する。酵素反応はこの最適温度に近い温度で行うのが通常であることから， α -アミラーゼの場合の90℃の反応温度は，この温度でもこの酵素が変性しにくいことを示す。
- (c) 酵素の立体構造は，溶液の酸性またはアルカリ性の強さの影響を受けないが，酵素の活性はpHにより変化する。酵素の活性が最大になるときのpHは最適pHとよばれ，グルコアミラーゼのpH4～5の反応条件は，この近くに最適pHがあることを示す。
- (d) プルラナーゼ， β -アミラーゼおよびグルコアミラーゼの反応条件を比較すると，pHと温度ともほぼ同じである。従って3つの酵素を同時に反応溶液に加えてデンプンの加水分解反応を行うことができる。

解答群C

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| ⑩ なし | ⑪ (a) | ⑫ (b) | ⑬ (c) |
| ⑭ (d) | ⑮ (a) (b) | ⑯ (a) (c) | ⑰ (a) (d) |
| ⑱ (b) (c) | ⑲ (b) (d) | ⑳ (c) (d) | ㉑ (a) (b) (c) |
| ㉒ (a) (b) (d) | ㉓ (a) (c) (d) | ㉔ (b) (c) (d) | ㉕ (a) (b) (c) (d) |

(D) 前記の各酵素がその機能を十分に発揮するものとする、次の記述のうち、内容的に誤りを含んでいるものはどれか。これらの記述のうち、内容的に誤りを含む記述をもれなく選びなさい。解答にあたっては、解答群Dの中から、誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を、誤りを含む記述が複数ある場合には、誤りを含む記述を全て含み、かつ、誤りを含む記述だけで構成される組み合わせを一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は、「⑩ なし」にマークしなさい。

なお、酵素反応には一定量の基質と充分量の酵素を用い、それぞれの最適条件下で充分時間行うものとする。また、2段階の酵素反応の場合には、1段階目に用いた酵素の活性は残存せず、また反応生成物による酵素反応の阻害は起こらないものとする。

- (a) アミロースを β -アミラーゼで、次にマルターゼで順次酵素処理すると大部分がグルコースに分解される。
- (b) アミロペクチンをプルラーゼで酵素処理すると、アミロースは生成されない。
- (c) サツマイモのデンプンを α -アミラーゼで酵素処理した試料と処理していない試料を、それぞれグルコアミラーゼで酵素処理すると、処理した試料の方が反応初期におけるグルコースの生成速度は速い。
- (d) コメ(うるち)のデンプンを、プルラーゼで酵素処理した試料と処理していない試料を、それぞれ β -アミラーゼで酵素処理すると、処理していない試料は処理した試料と比較して、反応初期における生成速度は変わらない。

解答群D

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| ⑩ なし | ⑪ (a) | ⑫ (b) | ⑬ (c) |
| ⑭ (d) | ⑮ (a) (b) | ⑯ (a) (c) | ⑰ (a) (d) |
| ⑱ (b) (c) | ⑲ (b) (d) | ⑳ (c) (d) | ㉑ (a) (b) (c) |
| ㉒ (a) (b) (d) | ㉓ (a) (c) (d) | ㉔ (b) (c) (d) | ㉕ (a) (b) (c) (d) |

(E) ある容量の反応溶液の中で、効率よく反応が進むのに必要な量の10倍量(充分量)のグルコアミラーゼを用いて、一定量のアミロースを加水分解した。その結果、図2に示したように、反応時間の経過(横軸)とともにグルコースの生成(縦軸)が観察され、点線のようにになった。なお、縦軸のグルコース生成量は相対値で示してある。

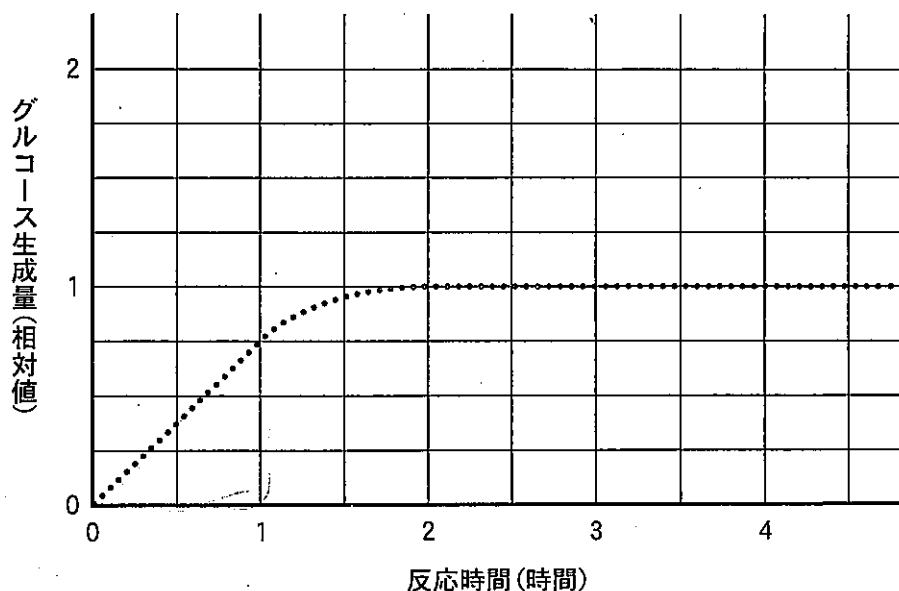


図2 アミロース加水分解反応の経時変化

(ア) 上記の酵素反応において、アミロースの量を2倍にし、残りの条件は変えずに反応を行った。予測されるグルコースの生成量は時間とともにどのように変化するか、グラフに示しなさい。解答は所定の解答用紙に実線で記入しなさい。

(イ) 前問で各自が記入した反応生成物と時間との関係を表したグラフ(実線)は、なぜそうなるか。その理由を75文字以内で説明しなさい。解答は所定の解答用紙の記入枠内に記入しなさい。

右のページは白紙です。

3 遺伝情報の発現のしくみに関する以下の問いに答えなさい。

(34 点)

- (1) 以下の文章の空欄を埋めるのにもっとも適している語句を解答群 1 から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、同じ語句を複数回選択してもかまわない。

ヒトの細胞には核膜で囲まれた核が存在し、その中に DNA とよばれる遺伝物質が格納されている。二重らせん構造の DNA は、4 種類のヌクレオチドが直鎖状に連結して構成されている。DNA を構成しているヌクレオチドは、糖の一種である (ア) と 4 種類の塩基、そして (イ) から構成されている。4 種類のヌクレオチドで異なるのは、塩基の部分のみである。4 種類の塩基は、それぞれアデニン(A)、シトシン(C)、グアニン(G)、チミン(T)とよばれる。DNA の構造において最も重要なのは、アデニンとチミン、シトシンとグアニンがそれぞれ (ウ) 結合により塩基対を形成することである。A と T、C と G がつねに対合するため、相補的な二つの 1 本鎖 DNA は特異的に 2 本鎖を形成する。このように 4 種類の塩基の配列(塩基配列)で記された遺伝情報が機能するためには、遺伝情報は最初に伝令 RNA に転写されることが必要である。伝令 RNA(メッセンジャー RNA, mRNA)は、核内で合成された後に、細胞質に移行し、(エ) とよばれる巨大なタンパク質・RNA 複合体上で、タンパク質に翻訳される。真核生物の DNA は、何重にも折りたたまれた状態で存在している。DNA を折りたたむために重要なはたらきをしているのが (オ) とよばれるタンパク質であり、このタンパク質と DNA が複合体を形成することによりヌクレオソームとよばれる真核生物特有の構造をとっている。ヒト染色体は 44 本の (カ) と 2 本の性染色体から構成されている。性染色体の通常の組み合わせは、男性では (キ) 女性では (ク) である。

解答群 1

- | | | |
|-----------|------------|----------|
| ① アルブミン | ① 核 酸 | ② ラクトース |
| ③ シュウ酸 | ④ リン酸 | ⑤ ペプシン |
| ⑥ グルコース | ⑦ ヌクレオシド | ⑧ リボソーム |
| ⑨ ゴルジ体 | ⑩ リボース | ⑪ マンノース |
| ⑫ 水 素 | ⑬ 親 水 | ⑭ 塩 酸 |
| ⑮ 硫 酸 | ⑯ デオキシリボース | ⑰ 共 有 |
| ⑱ ミトコンドリア | ⑲ 多糸染色体 | ⑳ イオン |
| ㉑ 酸 素 | ㉒ 核 内 | ㉓ 常染色体 |
| ㉔ ヒストン | ㉕ 細胞質 | ㉖ キメラ染色体 |
| ㉗ XX | ㉘ XY | ㉙ XZ |
| ㉚ ZZ | ㉛ YY | ㉜ ヒスチジン |
| ㉝ プロリン | | |

(2) 細胞分化の調節に関する以下の文章を読み、設問に答えなさい。

人体はさまざまな種類の細胞から構成されている。これらの細胞は、1 個の受精卵が細胞分裂と分化を繰り返すことによりできていく。すべての細胞は 1 個の受精卵に由来するため、組織を形成するすべての細胞は基本的には同一のゲノムを有している。受精卵が発生していく過程の胚から一群の細胞をとりだして特殊な条件で培養することにより、多様な分化能力を有する細胞を得ることができ、このような細胞は胚性幹細胞 (ES 細胞) とよばれる。ES 細胞から、神経細胞のような特定の細胞に分化させるのに必要な条件がよく知られている。真核生物の核内には、転写に必要な基本転写因子のほかに、標的となる遺伝子の転写のしかたを調節する調節タンパク質がある。調節タンパク質を指定 (コード) している遺伝子は調節遺伝子とよばれる。調節遺伝子は細胞の分化の過程で重要なはたらきをしており、複数の調節タンパク質が順番にその機能を発揮することにより細胞は一定の方向に分化していくものと考えられている。例えば、ある調節タンパク質が遺伝子 Z の転写の量を調節する際には、調節

遺伝子から調節タンパク質が細胞内で合成され、合成された調節タンパク質は遺伝子発現を制御している遺伝子の転写調節配列に結合することにより、その機能を発揮する。図1(A)に調節タンパク質の機能を模式的に示した。

調節タンパク質には、転写を活性化する(転写される mRNA の量を増やす)機能をもつもの、転写を抑制する(転写される mRNA の量を減少させる)機能をもつもの、そして両方の機能をあわせもつものが存在することが明らかになっている。両方の機能をあわせもつ調節タンパク質は、ある遺伝子の発現を活性化させるものの、別の遺伝子では、その発現を抑制するようにはたらくことが知られている。

分化誘導の過程では、さまざまな調節遺伝子の mRNA が、順番に合成される。しかし、その調節遺伝子がコードしているタンパク質は分化誘導の過程のすべてで必要とされることは少なく、数時間後には、mRNA の合成はなくなり、その後、調節タンパク質も合成されなくなる。mRNA の量に比例して調節タンパク質の合成がおきるが、真核生物においては、mRNA 前駆体のスプライシング反応や、さまざまな制御をともなったタンパク質合成がおきることが知られている。そのため、場合によっては、mRNA の量の増加が見られる時期から、多少、遅れてその遺伝子がコードしているタンパク質の量が増えることも多い。このように時間のずれはあるものの、多くの場合、調節タンパク質の量は、mRNA の量と同様に変化する。このようなしくみで、調節タンパク質が順番に合成され、合成された調節タンパク質が、ある限られた時間、機能することにより細胞分化の過程が正しく進むものと考えられている。

(図1(B)参照)

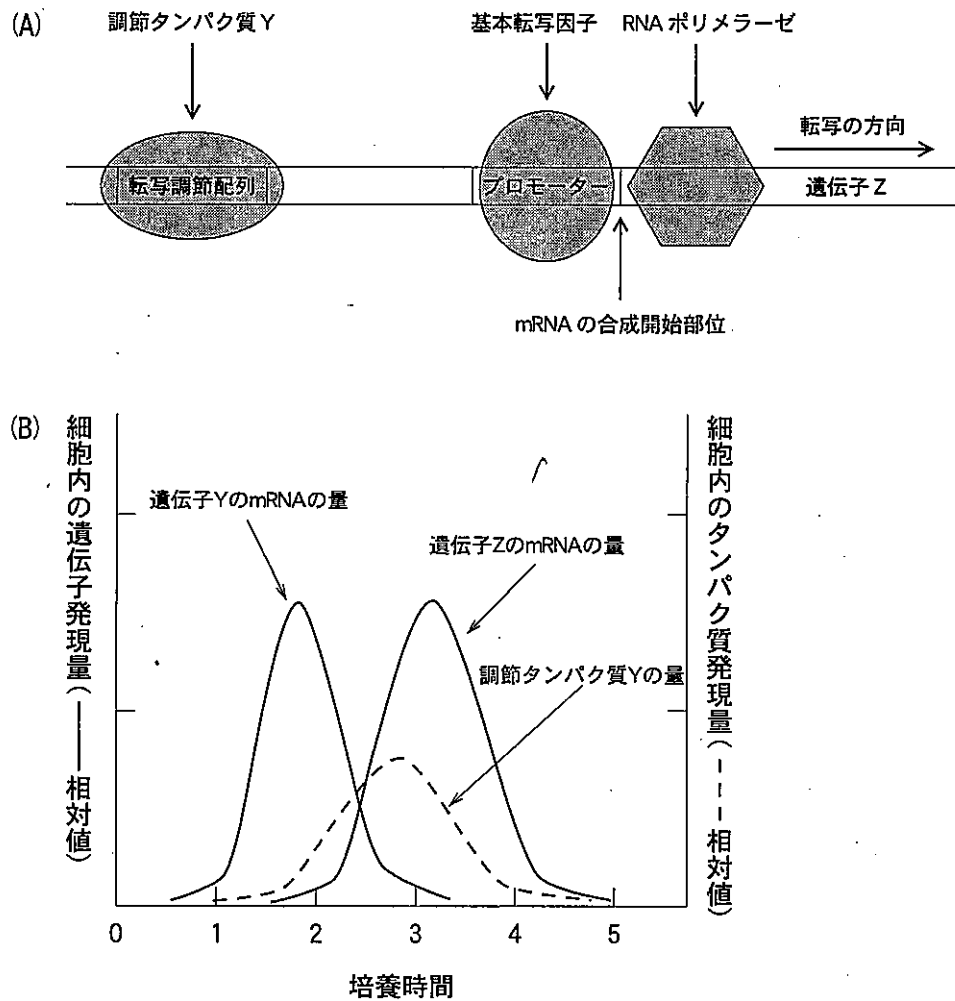


図1 調節タンパク質 Y による遺伝子 Z の発現調節のしくみ

- (A) 遺伝子 Z の転写調節配列に調節タンパク質 Y が結合することにより、mRNA の合成が増加したり減少したりする。
- (B) 調節タンパク質 Y が遺伝子 Z の発現量を増加させるしくみを模式的に示した。遺伝子 Y の mRNA 量が増加すると、少し遅れて調節タンパク質 Y の量が増加する。調節タンパク質 Y が遺伝子 Z の転写調節領域に結合することにより遺伝子 Z の mRNA 量が増加する。

マウス(ハツカネズミ)のES細胞を用いた研究では、分化の過程において重要な役割を担っている調節タンパク質が複数存在することが示されており、以下は、それらの調節タンパク質が、どのように機能するかを調べるために行った実験である。

(実験1)

未分化状態のES細胞を増殖させた後に、培養している培地に分化を引き起こす(誘導する)活性を有するある物質(物質X)を加えたところ、ES細胞は神経のもとになる細胞(神経前駆細胞)に分化した。物質XによりES細胞を神経前駆細胞に分化誘導するさいに、経時的に細胞からmRNAを調製し、さまざまな遺伝子の発現量の変化を調べた。具体的には、以下のような実験を行った。

- 1 未分化状態のES細胞、および、物質Xを加えて分化を誘導したES細胞のそれぞれからmRNAを調製した。
- 2 調製したmRNAをもとに逆転写酵素により1本鎖DNAを合成した。
- 3 合成された1本鎖DNAをポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)で増幅した。
このとき、増幅して得られたDNAの量は、mRNAの量と比例していた。
- 4 増幅して得られたDNAの量を測定した。

このような実験を行い、多数の遺伝子の発現量を調べてみたところ、ES細胞が神経前駆細胞に分化していく過程において、重要なはたらきをしている調節遺伝子を6種類見つけることができた。6種類の調節遺伝子を、それぞれ遺伝子A、遺伝子B、遺伝子C、遺伝子D、遺伝子E、遺伝子Fとよぶ。また、これらの遺伝子により合成される調節タンパク質を、それぞれ、タンパク質A、タンパク質B、タンパク質C、タンパク質D、タンパク質E、タンパク質Fとよぶ。

さらに、神経前駆細胞に分化するとともに発現が観察される遺伝子も3種類見つかり、それらは遺伝子N1、遺伝子N2、遺伝子N3とよばれている。これらの3種類の遺伝子は、遺伝子A～Fとはことなり、調節遺伝子としての働きはもたず、神経前駆細胞の形成に必要な細胞内の構造をつくるために必要なタンパク質をコードしていた。

逆転写酵素の反応の結果得られた 1 本鎖 DNA の量は細胞から抽出された mRNA の量に正確に比例していた。また、PCR 法で増幅して得られた 2 本鎖 DNA の量は mRNA から合成された 1 本鎖 DNA の量に正確に比例していた。さらに、調べてみたところ、これら、9 種類の遺伝子においては、時期は多少遅れるものの、細胞内の mRNA の量に比例した量のタンパク質の合成がおきていた。

(実験 2)

実験 1 と同様の方法で ES 細胞を神経前駆細胞に分化させた際に、実験 1 で見つかった 9 種類の遺伝子の発現量の経時的な変化を、実験 1 と同様の方法で詳細に調べ、その結果を図 2 に示した。例えば、遺伝子 A の発現量は物質 X 添加後 4 時間から増え始め、約 7 時間後に最大となった後、減少に転じ、11 時間後には、ほぼゼロとなった。また遺伝子 N2 と遺伝子 N3 の発現量を比べてみると、遺伝子 N3 の方が多かった。

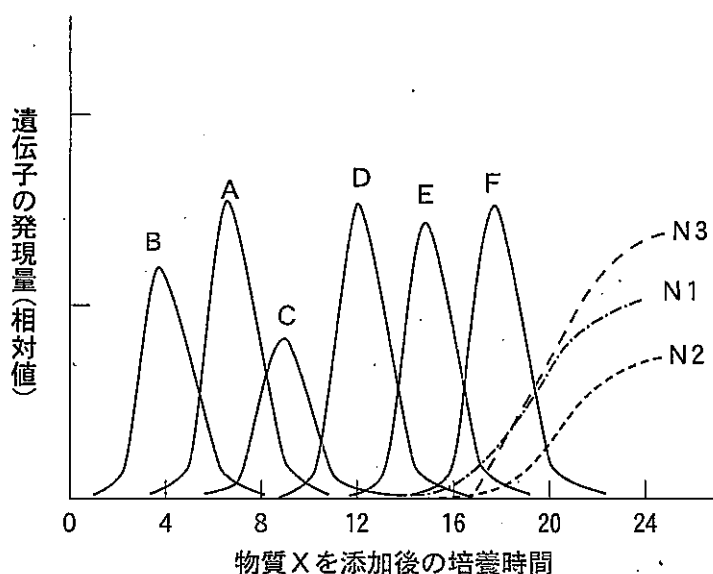


図 2 ES 細胞を分化誘導した際の一定の細胞数あたりの
遺伝子発現量の経時変化

転写調節配列に関する実験を、さらに、行ってみたところ、以下の3つの事実が明らかとなった。

1. N1, N2, N3の各遺伝子の転写調節配列には、調節タンパク質A～Fの遺伝子のどれか一つのみが結合していた。
2. 各調節遺伝子の転写調節配列には、上記の6種類の調節タンパク質のうち、多くて1種類が結合することが示された。
3. 各調節タンパク質は、ここで解析の対象としている遺伝子について、1種類あるいは2種類の遺伝子の転写調節配列に結合することが示された。

(実験3)

ES細胞の分化に関与している6種類の遺伝子の機能を調べるために、これらの遺伝子発現を人為的に抑制し、遺伝子発現制御の相互関係を調べた。

RNA干渉法とよばれる方法を用いると、細胞内で発現している特定の遺伝子のmRNAの量を減らすことができる。この方法では、発現を抑制したい遺伝子のmRNAと2本鎖を形成する配列をもつ長さが20塩基程度の短いRNAを細胞内に導入することにより、対象とする遺伝子のmRNAが分解される。その結果、ある特定の遺伝子の発現を細胞内で抑制したのと同じ効果が得られる。ここで用いられる20塩基程度の短いRNAはsiRNAとよばれている。このようにsiRNAを細胞内に導入すると、対象としている遺伝子がコードしているタンパク質の量もかなり減少する。この方法を用いて、A～Fまでの6種類の遺伝子のそれぞれについて発現抑制実験を行い、その結果を図3に示した。

図3に示したそれぞれの実験においては、siRNAを細胞に導入し、数時間培養した後で、物質Xを加えて実験を行った。siRNAは導入後、48時間まで、その効果を発揮し、その結果、各調節タンパク質の合成も抑制された。

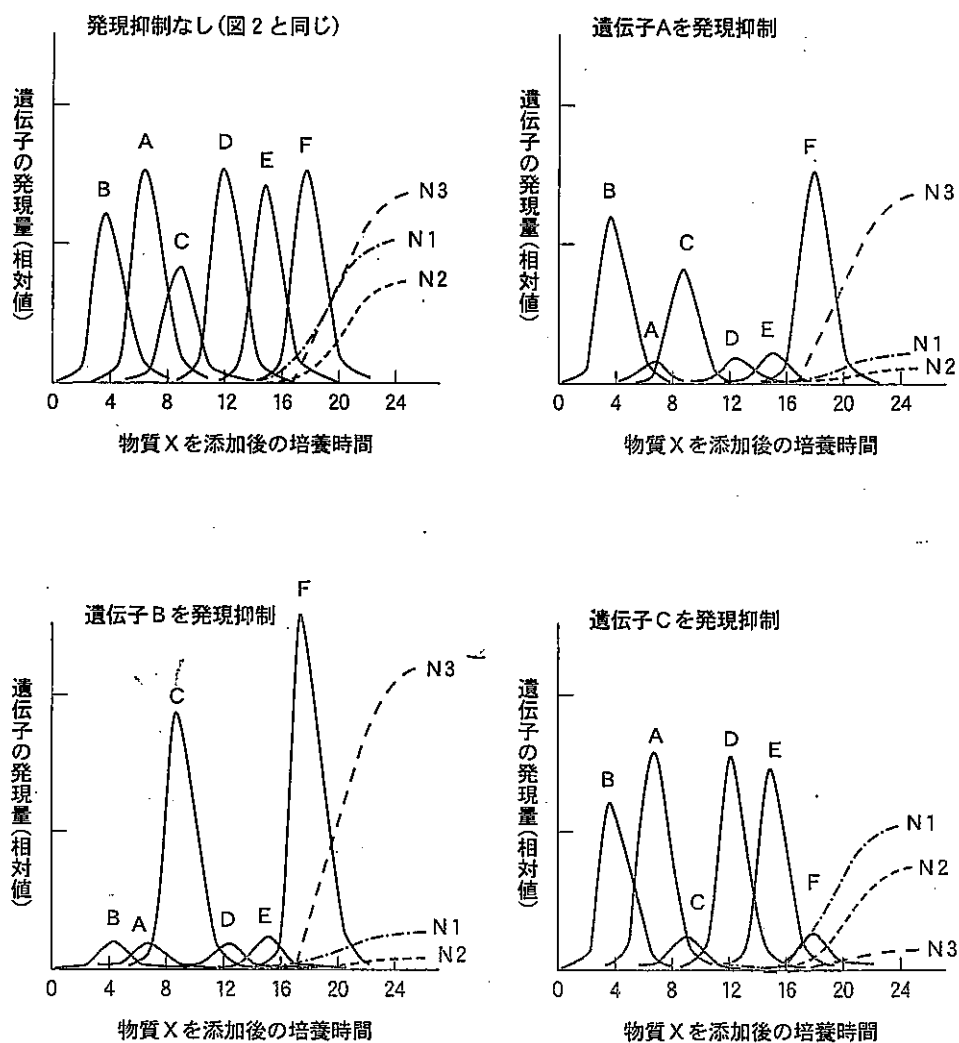


図3-1 遺伝子A~Cの発現抑制実験の結果

遺伝子A~CのそれぞれについてRNA干渉法により発現抑制実験を行った時の各遺伝子の発現量を経時的に測定した。なお、左上に発現抑制を行わない時の各遺伝子の発現量の変化を示した。

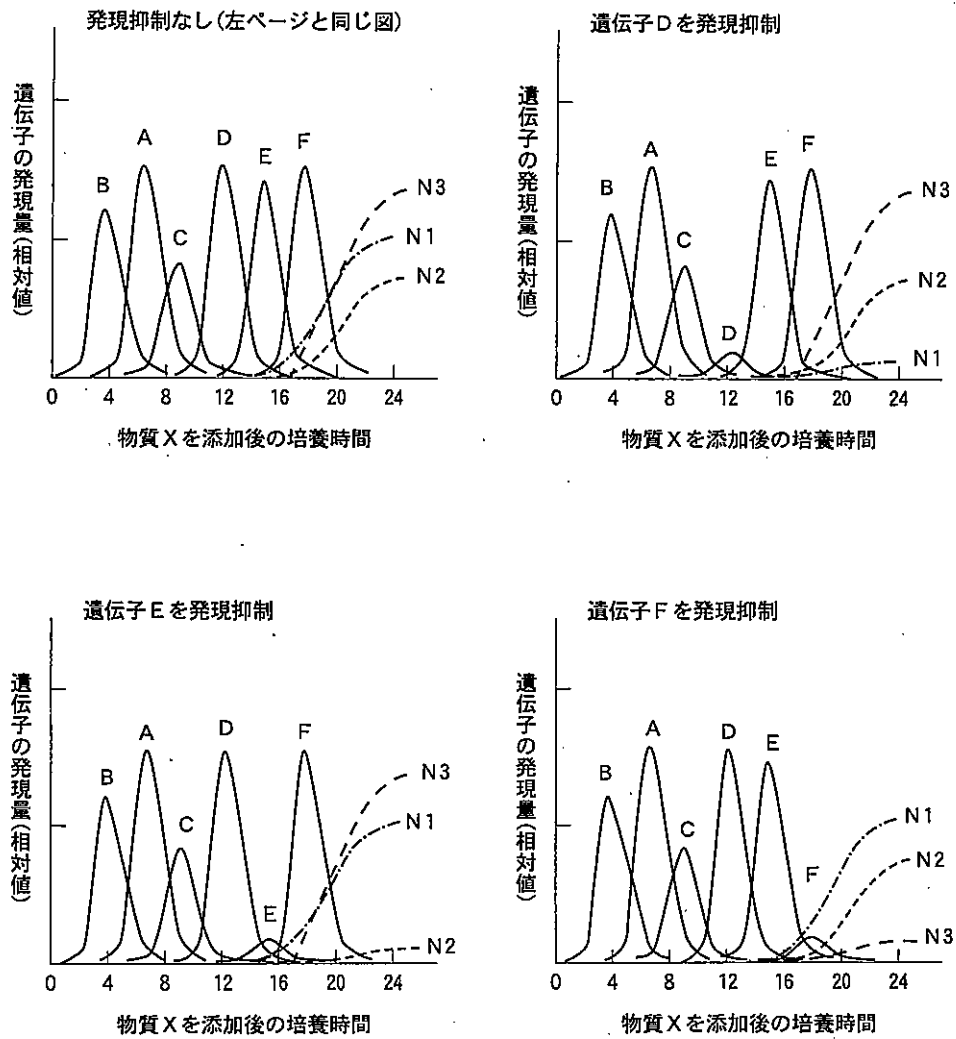


図3-2 遺伝子D~Fの発現抑制実験の結果

遺伝子D~FのそれぞれについてRNA干渉法により発現抑制実験を行った時の各遺伝子の発現量を経時的に測定した。なお発現抑制なしの図は左ページと同じである。

(A) 以下の記述は、図3で得られた結果にもとづいた記述である。これらの記述のうち、内容的に誤りを含む記述をもれなく選びなさい。解答にあたっては、解答群Aの中から、誤りを含む記述が一つの場合にはその記述を、誤りを含む記述が複数ある場合には、誤りを含む記述をすべて含み、かつ、誤りを含む記述だけで構成される組み合わせを一つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお誤りを含んでいる記述がない場合は、「@@ なし」にマークしなさい。

(a) 遺伝子Aの発現抑制を行ったところ遺伝子D、遺伝子E、遺伝子N1そして、遺伝子N2の発現量が明確に減少した。他の結果とあわせて考えたとき、タンパク質Aが、上記のES細胞の分化誘導過程において、これら4つの遺伝子の発現調節配列に結合することにより、各遺伝子の発現を制御していることを示している。

(b) 遺伝子Bの発現抑制を行ってみたところ、遺伝子Cおよび遺伝子FのmRNA量が増加した。他の結果とあわせて考えたとき、上記のES細胞の分化誘導過程において、タンパク質Bは遺伝子Cおよび遺伝子Fの転写調節配列に結合することにより発現を制御していることを示している。

(c) 遺伝子Dの発現抑制を行ってみたところ、遺伝子N1の発現量は減少したものの、遺伝子N2および遺伝子N3の発現量は変化しなかった。他の結果とあわせて考えたとき、ES細胞の分化誘導過程において、タンパク質Dは、遺伝子N1の発現制御に関与しているものの、遺伝子N2および遺伝子N3の発現制御には関与していないことを示している。

(d) 遺伝子Fの発現抑制を行ったところ遺伝子N3の発現量は減少したものの、遺伝子Dの発現量は変化していない。他の結果とあわせて考えたとき、遺伝子Fは遺伝子Dがコードしている調節タンパク質の支配下にあるものと考えられる。

解答群 A

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| ① なし | ② (a) | ③ (b) | ④ (c) |
| ⑤ (d) | ⑥ (a) (b) | ⑦ (a) (c) | ⑧ (a) (d) |
| ⑨ (b) (c) | ⑩ (b) (d) | ⑪ (c) (d) | ⑫ (a) (b) (c) |
| ⑬ (a) (b) (d) | ⑭ (a) (c) (d) | ⑮ (b) (c) (d) | ⑯ (a) (b) (c) (d) |

(B) 以下に示した(実験4)の結果をもとに、以下の設問に答えなさい。

(実験4)

RNA 干渉法を用いると特定のタンパク質の量を減少させることができる。一方、タンパク質をきわめて細いマイクロピペットを用いて細胞に注入することにより、細胞内のタンパク質の量を増やすことができる。この方法を用いて図4に示した実験を行った。

未分化状態のES細胞において、遺伝子AのsiRNAをはじめに導入した。導入されたsiRNAは効果的にはたらき、タンパク質Aの発現がsiRNA導入後48時間まで、抑制されることはすでに明らかとなっている。siRNAを細胞に導入し数時間培養した細胞に、遺伝子組み換え技術によって調製したタンパク質Aを細胞内に注入し、注入後、物質Xを培地に加えた。なお注入したタンパク質Aの量は、物質Xを添加した際に、本来生産されるタンパク質Aの量と比べて3倍多かった。

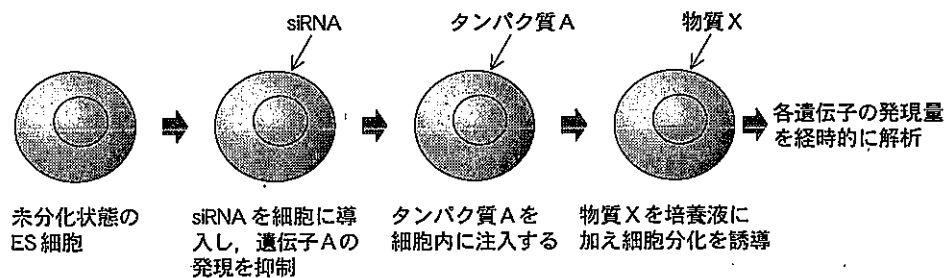


図4 実験4の流れ

注入された量が、本来発現する量よりも多いため、調節タンパク質 A の作用が増強されるものと仮定したとき、B から F の各遺伝子の発現量は、図 3 の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するか。解答群 B からもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。なお注入された調節タンパク質 A は、核に移行して調節タンパク質として正常に機能するものとする。

- (a) 遺伝子 B の発現量は()。 (b) 遺伝子 C の発現量は()。
(c) 遺伝子 D の発現量は()。 (d) 遺伝子 E の発現量は()。
(e) 遺伝子 F の発現量は()。

解答群 B

- ① 増加する ① 減少する ② 変化しない

(C) (実験 4)に関する以下の設問に答えなさい。

実験 4 において、N1 から N3 の各遺伝子の発現量は図 3 の「発現抑制なし」の結果と比べてどのように変化するであろうか。解答群 C からもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子 N1 の発現量は()。
(b) 遺伝子 N2 の発現量は()。
(c) 遺伝子 N3 の発現量は()。

解答群 C

- ① 増加する ① 減少する ② 変化しない

(D) (実験5)に関する以下の設問に答えなさい。

(実験5)

実験4では、タンパク質Aの発現量を人為的に増加させたが、今度はタンパク質Bの発現量を増加させる実験を実験4と同様におこなった。実験4と同様に、あらかじめRNA干渉法により遺伝子Bの発現を抑制しておく。その状態の細胞に、遺伝子組み換え技術によって調製したタンパク質Bを細胞内に注入した。注入後、物質Xを培地に加えて分化を誘導した。なお注入した量は、実験4同様、物質Xを添加した際に、本来生産されるタンパク質Bの量と比べて3倍多かった。なお注入された調節タンパク質Bは、核に移行して調節タンパク質として正常に機能するものとする。

注入された量が、本来発現する量よりも多いため、調節タンパク質Bの作用が増強されるものと仮定したとき、遺伝子Aおよび遺伝子CからFの発現量は、図3の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するであろうか。解答群Dからもっとも適している語句を選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子Aの発現量は()。 (b) 遺伝子Cの発現量は()。
(c) 遺伝子Dの発現量は()。 (d) 遺伝子Eの発現量は()。
(e) 遺伝子Fの発現量は()。

解答群D

- ① 増加する ① 減少する ② 変化しない

(E) (実験5)に関する以下の設問に答えなさい。

実験5において、N1からN3の各遺伝子の発現量は、図3の「発現抑制なし」の結果と比べて、どのように変化するであろうか。解答群Eからもっとも適している語句を選択し、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

- (a) 遺伝子N1の発現量は()。
- (b) 遺伝子N2の発現量は()。
- (c) 遺伝子N3の発現量は()。

解答群E

- ① 増加する ① 減少する ② 変化しない

(F) 調節タンパク質の制御関係に関する以下の設問に答えなさい。

いままで行ってきた、実験1から実験5をもとにして、遺伝子発現制御の全体像を描いてみたい。それに先だって、一つのモデルケースについて考えてみよう。このモデルケースを参考に設問に答えなさい。

5つの調節遺伝子(遺伝子P、遺伝子Q、遺伝子R、遺伝子S、遺伝子T)およびそれらの遺伝子がコードしている5つの調節タンパク質(タンパク質P、タンパク質Q、タンパク質R、タンパク質S、タンパク質T)において、以下のような制御関係が存在するものとする。なお遺伝子発現時期の順番は、早い順にP、Q、S、R、T(Tの発現時期はRとほぼ同じ)である。

各遺伝子の制御関係を以下に示した。

- 1) タンパク質 P は、遺伝子 Q の転写調節配列に結合して、遺伝子 Q の発現を促進したが、他の 4 遺伝子の転写調節配列には結合しなかった。
- 2) タンパク質 Q は、遺伝子 S の転写調節配列に結合して、遺伝子 S の発現を促進したが、他の 4 遺伝子の転写調節配列には結合しなかった。
- 3) タンパク質 S は、遺伝子 R の転写調節配列に結合し、遺伝子 R の発現を促進した。また、タンパク質 S は、同様に遺伝子 T の転写調節配列に結合したが、遺伝子 T の発現は抑制した。
- 4) タンパク質 R およびタンパク質 T は、自身以外の他の 4 種類の遺伝子の発現調節には関与していなかった。

このような制御関係の全体像を模式的に示すことにした。

図 5 では、ある調節タンパク質が他の遺伝子の発現を促進する場合には矢印 () で二つの遺伝子を結んでいる。その際の矢印の方向については、制御する遺伝子から制御される遺伝子に向けた矢印で結ぶものとする。一方、ある調節タンパク質が他の遺伝子の発現を抑制する場合にはここに示した図形 () で二つの遺伝子を結ぶものとする。

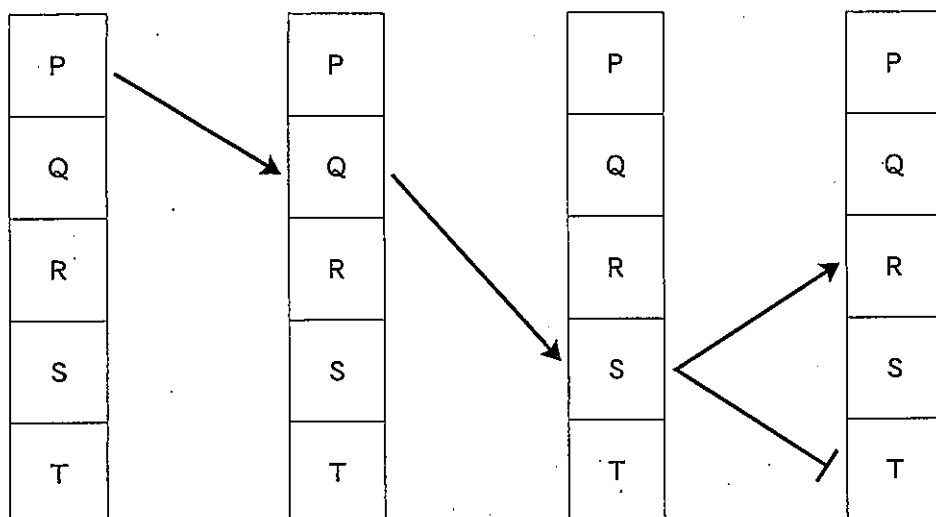


図5 5種類の調節遺伝子・調節タンパク質の制御関係の模式図

上記の制御関係の説明文と図5の模式図の関係にならって、実験1から実験5の結果から導き出される、遺伝子AからF、および遺伝子N1、N2、N3のもっとも適切な制御関係を、解答用紙の該当する解答欄に記入しなさい。