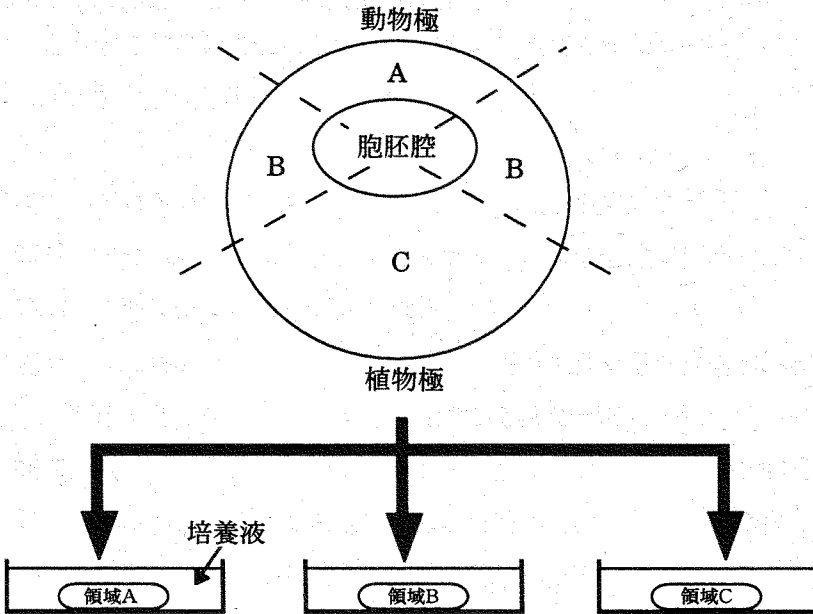


# 生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

[ 1 ] カエル胚を用いた3つの実験に関する以下の文章を読み、問1～4に答えよ。

[実験1] 下図に示すようにカエル胞胚を点線の位置で切断し、動物極側領域A、植物極側領域C、AとCの中間領域(帯域)Bの3つの領域に分け、適当な培養液中でそれぞれの領域を単独で培養した。その結果、Aは主に表皮に、Bは筋肉、脊索、血球などに分化した。Cを構成する細胞は、ほとんど未分化のまま維持されたが、まれに腸のような構造が観察された。



〔実験2〕 実験1と同様にA, B, Cの3つの領域に分けて培養し、筋肉で特徴的に発現するアクチン遺伝子の発現についてしらべた。その結果、アクチン遺伝子を発現する細胞は、領域Bを培養した場合においてのみ観察された。さらに、領域AとCを接着させ培養した場合でもアクチン遺伝子を発現する細胞が出現した。また、AとCを3時間接着させてから再び分離し、それぞれ単独で培養した場合、領域Aからのみアクチン遺伝子を発現する細胞が分化した。

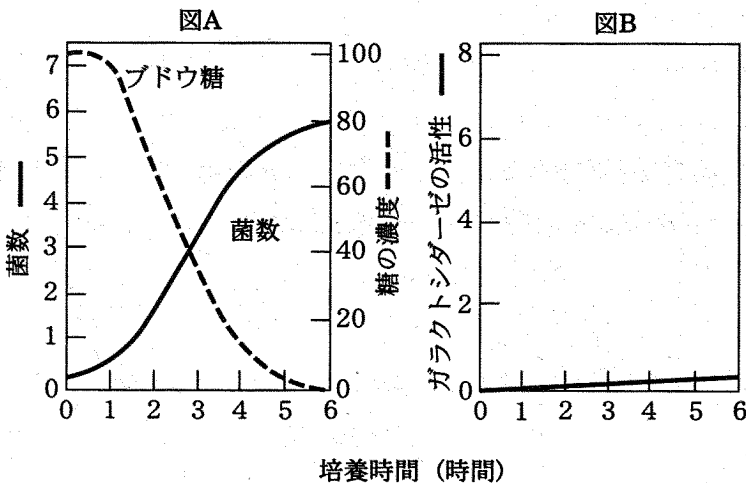
〔実験3〕 細胞増殖および細胞運動を阻害するための薬剤サイトカラシンを含む培養液で領域AとCを接着させ培養したところ、Aにおいて筋肉細胞の分化が観察された。この筋肉細胞はAとCの境界から約80 $\mu\text{m}$ 離れた部域まで存在した。この長さは、Aを構成する細胞の直径の約4倍に相当する。さらに、直径0.1 $\mu\text{m}$ の孔の開いたフィルターをAとCとの間に挿入し培養した場合においても、領域Aに筋肉細胞が観察された。

- 問1 領域A, B, Cは、その後の発生において、それぞれどのような胚葉の形成に関わるのか答えよ。
- 問2 実験2の結果から、筋肉、脊索、血球などに分化する領域Bが形成される仕組みについて考察せよ。
- 問3 実験3の結果から、領域Bが形成される仕組みについて、どのようなことが言えるか考察せよ。
- 問4 領域Bが形成される仕組みと同様の仕組みは、胚発生の他の段階においても見られる。その具体例を一つ挙げよ。

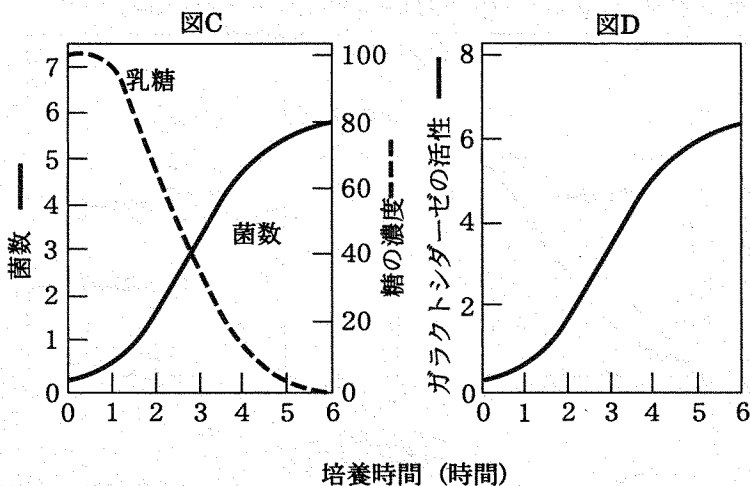
〔2〕 大腸菌の糖の利用に関する以下の文章と実験を読み、問1～3に答えよ。

微生物である大腸菌は、増殖する上で種々の異なる糖をエネルギー源として利用できる。そこで、ブドウ糖と乳糖と呼ばれる2種類の糖を用い、糖の与え方を変えた時に大腸菌がどのようにそれらの糖を利用するのか、生物の環境への適応の仕組みを知る一つの例としてしらべることにした。ここでは、大腸菌の菌数の増加と細胞内に存在するガラクトシダーゼと呼ばれる酵素の活性が、与えた糖によりどのように変化するのかを、以下に示す1から4の実験によりしらべた。ガラクトシダーゼは、二糖分子である乳糖を基質として、その構成要素であるブドウ糖とガラクトースに加水分解する活性をもっている。結果に示された培養液中の糖の濃度やガラクトシダーゼの活性については、培養液の一定量を取りだし、決められた方法で測定した。いずれの実験結果でも、菌数は培養液1ml中の数(100万匹を1単位とする)を示した。糖の濃度は、最初を100とした相対値で示してある。また、酵素活性は、培養液1ml中の活性である。

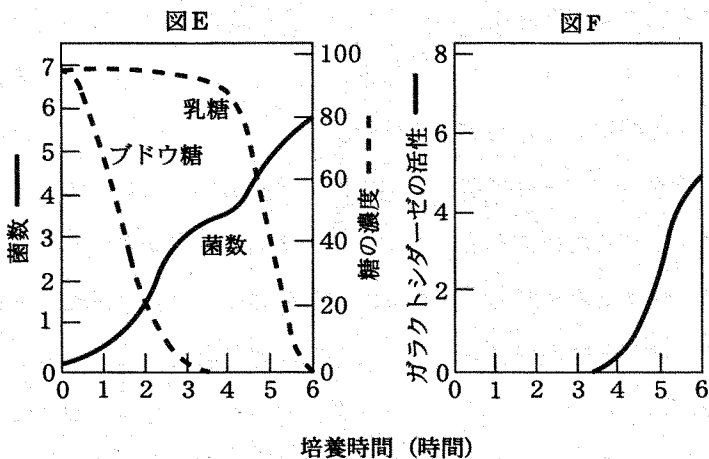
〔実験1〕 培養液に0.2%になるようにブドウ糖を加えた時の大腸菌の菌数とブドウ糖の濃度が、時間とともにどのように変化するのかをしらべた(図A)。さらに、その時のガラクトシダーゼの活性の変化もしらべた。(図B)。



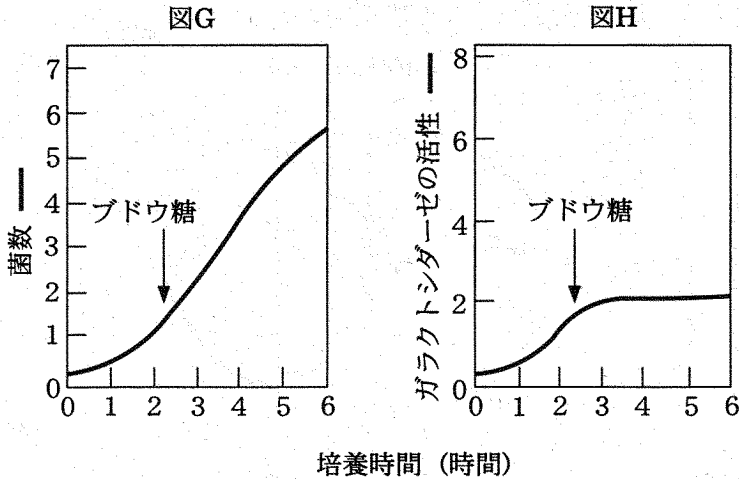
〔実験2〕 培養液中に乳糖を0.2%になるように加えて、大腸菌の菌数の増加、糖の消費をしらべた(図C)。また、その時のガラクトシダーゼ活性の変化をしらべた(図D)。



〔実験3〕 乳糖およびブドウ糖をそれぞれ0.1%になるように同時に培養液に加えた場合の大腸菌の菌数の変化を観察した。また、培養中の各糖の消費についてもしらべた(図E)。さらに、その時のガラクトシダーゼの活性の変化についてもしらべた(図F)。



〔実験4〕 0.2%の乳糖で培養後、矢印のところでブドウ糖を0.2%になるよう加えた時の、大腸菌の菌数(図G)およびガラクトシダーゼの活性の変化(図H)をしらべた。



問1 ブドウ糖と乳糖をそれぞれ単独で培養液に加えた時(実験1と2)と、両者を同時に加えた時(実験3)では、大腸菌の菌数の増加と糖の利用、および、ガラクトシダーゼの活性の変化に、顕著な違いがあった。次の問に答えよ。

- (1) 糖の利用について適応しているという観点でとらえたとき、大腸菌はブドウ糖と乳糖をどのように利用すると言えるのか、実験1から3の結果をまとめて文章化せよ。
- (2) ガラクトシダーゼの活性はどのような場合にあらわれるのか、実験1から3の結果をまとめて文章化せよ。

問2 ガラクトシダーゼの活性の発現は、培養液中の糖によりその遺伝子の発現が調節されるためであることが、これまでの研究から明らかにされている。実験3や4でみられるブドウ糖添加時のガラクトシダーゼの活性の発現も遺伝子の発現と関係づけられる。次の問に答えよ。

- (1) 実験4に示されたガラクトシダーゼの活性の発現に対するブドウ糖の作用からガラクトシダーゼ遺伝子の発現にブドウ糖が関与する仕組みについて、考えを述べよ。

(2) 実験4の結果をもとに、実験3においてガラクトシダーゼの活性が変化する理由を、遺伝子の発現と関連づけ、培養時間0から時間を追って説明せよ。

問3 実験4における培養液中の乳糖の濃度の変化を予想して解答欄の図中に点線で図示し、なぜそうなるか根拠を述べよ。

〔3〕 マウス交配実験に関する以下の文章を読み、問1～3に答えよ。

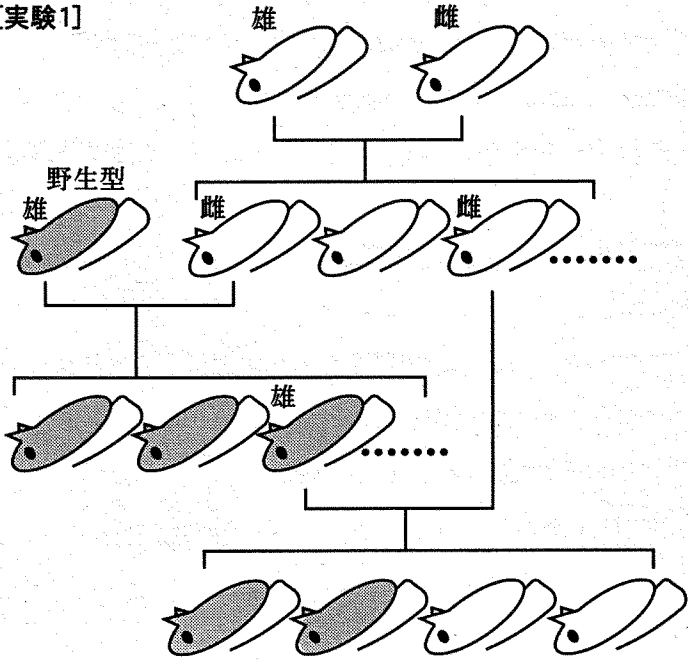
アカパンカビの人為突然変異株を用いた一連の実験などから明らかになったように、生物が一つの表現型(形質)を示すためには多くの遺伝子が働いている。以下にマウスの毛色が白くなるという形質についてしらべた結果を示す。

〔実験1〕 純系の黒色マウスを繁殖させていたとき、ときどき白色のマウスを産する集団があらわれた。そこで、この白色マウス達を他のマウスから隔離した。白色マウス同士を交配させたところ F1 は全て白色で、生まれた F1 のオス・メスの出現頻度には差がなかった(A 系統)。A 系統の白色マウスを、黒色マウスだけを産する他の集団のもの(野生型)と交配したところ、白色のオス・メスいずれをもちいても F1 は全て黒色であった。この黒色の F1 を白色マウスと交配させ、子を多数産ませたところ、約半分が白色となった。

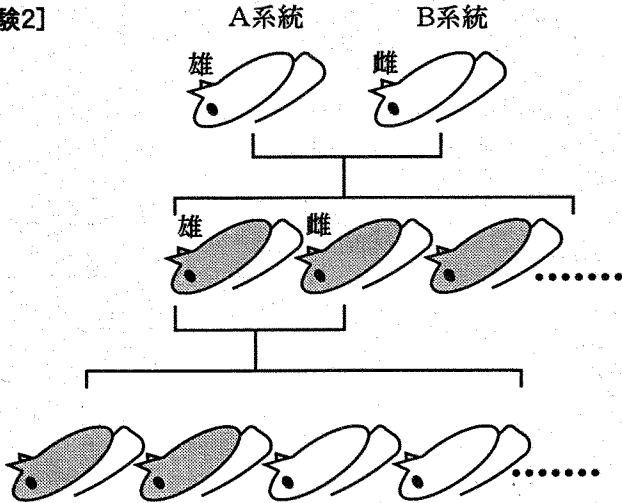
毛の色が黒色になるのは、メラニン色素の合成によるが、メラニンは必須アミノ酸の一つであるチロシンが酵素(チロシナーゼ)の働きによって代謝され生成される。チロシナーゼの遺伝子に突然変異があり酵素をつくれない白色マウスが他の研究室で樹立されていたので、そのマウスを譲り受けた。この遺伝形質はメンデルの分離の法則に従い、劣性形質であることがわかっている(B 系統)。

〔実験2〕 B 系統の白色マウスを A 系統の白色マウスと交配して多数の F1 を<sup>②</sup>生ませたところ、予想に反して、すべての子が黒色であった。A 系統と B 系統の交配から生まれた F1 マウス同士を交配させ、多数の子を産ませたところ、白色の子は 42 匹で黒色の子は 54 匹であった。生まれてきたマウスについて、<sup>③</sup>チロシナーゼをしらべたところ、全ての白色マウスでチロシナーゼがなくなっていた。

[実験1]



[実験2]



問 1 下線①で行った A 系統マウスの交配実験の結果を読みとり、以下の問に答えよ。

- (1) 純系黒色マウスの集団中に白色マウス(A 系統)があらわれたのはどのような理由によると考えられるか考察せよ。
- (2) A 系統の白色形質は優性か劣性かを述べ、そう考える理由を説明せよ。

問 2 下線②で行った A 系統と B 系統マウスの交配実験の結果を読みとり、以下の問に答えよ。

- (1) A 系統と B 系統の白色形質をあらわす遺伝子の異同について述べよ。
- (2) その結論に至った根拠を概説せよ。

問 3 下線③で行った実験結果から A 系統の白色形質をあらわす遺伝子はどのようなものであるか考察せよ。

〔4〕 植物細胞の伸長生長に関する以下の文章を読み、問1～5に答えよ。

子供の頃、図1—aのように切り出したタンポポなどの茎に図1—bのような切り目を入れ水に浮かべると図1—cのように変化するので、これを水車のようにまわして遊んだ経験のある人も少なくないと思う。ところが、このような遊びの中にも植物の生長の基本的な仕組みを発見することができる。

〔実験1〕 太郎君は27℃で1週間明るいところで育てたアズキの芽生えのよく伸びる部分から頂芽を含まない長さ10 mmの切片(図1—a)を切り出し図1—bのように切り目をつけ、水、生理的食塩水(0.9%)とさらに高濃度の食塩水(2.0%)に浮かべて観察したところ、それぞれ図1—c、1—d、1—eのように変化することを発見した。

問1 図1—bのような切片を浮かべて図1—c～1—eのような変化がおきる理由を考え可能性を記せ。

問2 目の細かい紙ヤスリで細胞には傷害を与えないように茎全体のクチクラ層だけをけずり落とした後、切片を水に浮かべるとどのようになると予想されるか。

問3 図1—eのような切片の切り目に近い部分を顕微鏡で観察すると図1—c、図1—dとはやや異なっていた。図1—eの細胞では次の各事象はどのようになっているかを推測せよ。

- 1) 膨圧の増減    2) 液胞の容積    3) プロトプラストのようす

〔実験2〕 好奇心旺盛な太郎君はさらに3%しょ糖溶液とそれと同じ浸透圧を示す濃度の食塩水に植物ホルモンであるインドール酢酸(IAA)やジベレリン $A_3$ ( $GA_3$ )を $10^{-3}$ %加え、そこに長さ10 mmのアズキ切片(図1—a)を10本ずつ浮かべそれらの伸長生長の変化を時間を追ってしらべると平均値は図2のグラフのようになった。

問 4 IAA による伸長促進は食塩水でも 3% しょ糖液でもほとんど同じであったのに対し、IAA + GA<sub>3</sub> による伸長促進は 3% しょ糖液にくらべ食塩水では 5 時間後頃から落ち始めている。この理由を考え可能性を記せ。

問 5 GA<sub>3</sub> は単独では伸長促進作用はあまりみられないが、IAA と共存することにより IAA の効果を著しく促進するようである。このような GA<sub>3</sub> の働きの仕組みについて考えられることを述べよ。

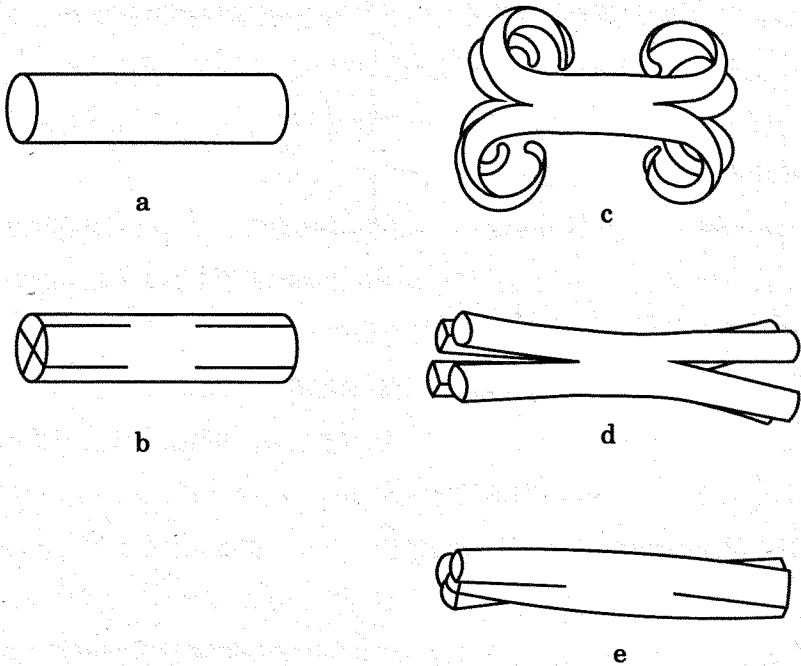


図1 アズキ芽生えの莖切片と水、食塩水に浮かべた後の形

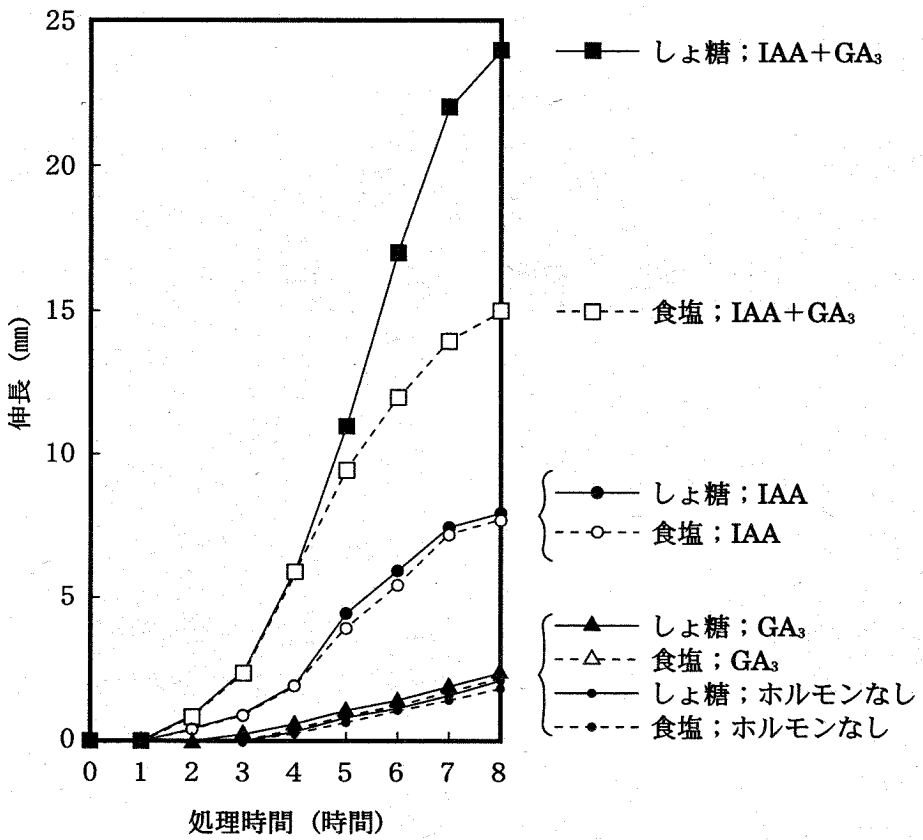


図2 アズキ芽生えの茎切片を種々のホルモン条件で処理した時の伸長変化