

生 物

I 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。

動植物を構成する真核細胞と細菌類などの原核細胞の大きな違いは、細胞内に膜で包まれた核と呼ばれる構造をもつかどうかにある。原核細胞では核構造がないために、遺伝子 DNA から RNA への遺伝情報の と、この RNA を鋳型とした遺伝情報のタンパク質への が連続的に起こる。これに対して、核構造をもつ真核細胞では大部分の遺伝情報の は核内で起こる。そして、その結果生じた RNA は と呼ばれる核と細胞質の間の連絡路を通して細胞質へと輸送され、そこではじめて のための鋳型となる。このように、核構造をもつかどうかで遺伝子発現の流れが大きく異なることになる。

真核細胞で合成されたタンパク質の細胞内機能を知る上で、合成されたタンパク質の細胞内における存在場所がひとつの手がかりを与える。それを明らかにするためのひとつとして、そのタンパク質と特異的に結合する抗体を用いる実験がある。免疫系の中で、特に 免疫において、抗体は中心的な役割を果たすタンパク質で、実験に用いる特異抗体は、対象となるタンパク質を通常ウサギやマウスに免疫して作製する。作製した特異抗体には、あらかじめ蛍光物質を人工的に結合しておく。ホルマリン等で組織を固定した後に抗体が細胞内に浸透できるように細胞膜を処理した後、細胞を蛍光物質を結合した抗体溶液中で一定時間保持し、 抗体反応を起こさせる。その後、特異抗体を含まない溶液で細胞を洗浄し、蛍光を検出する特別な顕微鏡(蛍光顕微鏡)を使って蛍光の発する部位を観察すれば、特異抗体が結合している の存在する場所、すなわち調べたいタンパク質の存在部位を知ることができる。また、抗体を使わない実験方法のひとつとして、最近では組換え DNA 技術を利用したものもある。この技術を使う場合、たとえば、調べたいタンパク質の遺伝子とある種のクラゲ由来の蛍光タンパク質の遺伝子を連結し、これら2種類のタンパク質がつながった融合タンパク質が細胞内

で発現するように工夫する。その後、この融合タンパク質の蛍光タンパク質部分からの蛍光を観察することによって、調べたいタンパク質が細胞内のどのような場所に存在するかを知ることができる。

この組換え DNA 技術を使って、あるタンパク質 A の全体、あるいは部分(a～e)をいろいろな組合せで蛍光タンパク質と融合させたものを動物細胞内で発現させ、蛍光顕微鏡で観察したところ、図 1 のような結果を得た。

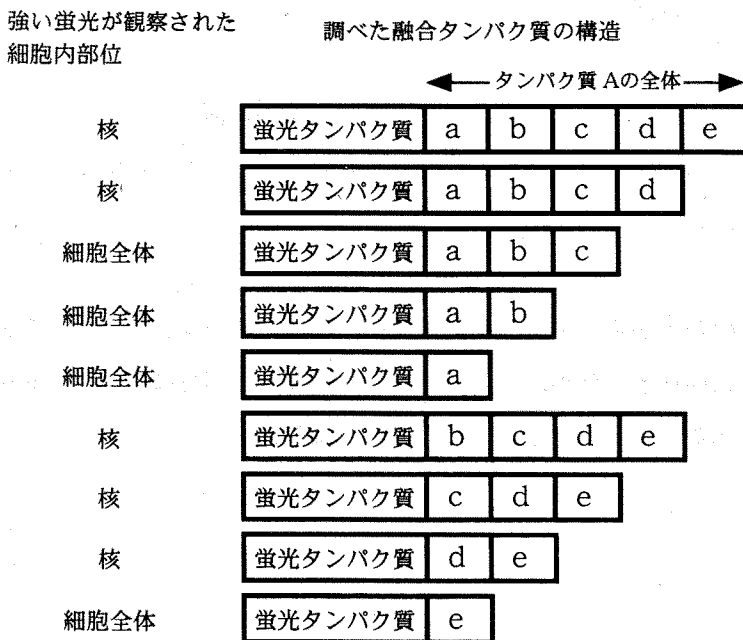


図 1 実験に用いた融合タンパク質の構造を示す模式図。蛍光タンパク質にタンパク質 A の全体または部分(a～e)が融合している。各模式図の左に、それぞれの融合タンパク質を細胞内で発現させた場合に観察された強い蛍光の細胞内部位を示している。

問 1 空欄 ～ に適当な語句を記入しなさい。

問 2 一般に真核細胞では核以外にも DNA を含む細胞小器官がある。このような構造の中で動物細胞と植物細胞に共通に見られるものは何と呼ばれ、どのような役割をもっているのかを 50 字以内で述べなさい。

問 3 原核細胞と真核細胞は遺伝子発現の流れは異なるものの、いずれも共通の祖先細胞から進化してきたと考えられている。この考えを支持する最も強い根拠を 40 字以内で述べなさい。

問 4 二種類に大別できるリンパ球細胞の中で、抗体産生細胞になるものとは異なるリンパ球細胞は何と呼ばれるか。また、ほ乳類の場合、この細胞が増殖・成熟する器官は何と呼ばれるか。

問 5 特異的な塩基配列を認識して二本鎖 DNA を切断する酵素は、組換え DNA を作製する上でなくてはならないものである。このような酵素は一般に何と呼ばれるか。

問 6 図 1 の結果から、タンパク質 A は核に局在するタンパク質であると考えられる。核に局在するために必要なタンパク質 A 内の部分は、図中の a ~ e のどの部分であると考えられるか。記号で答えなさい。

II 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。

生物の体内ではさまざまな化学反応がおこっている。これらの反応は主に酵素とよばれる生体物質によって引きおこされる。酵素が作用する相手の物質は とよばれる。それぞれの酵素は特定の に作用し、反応の結果 とよばれる物質を作る。通常酵素は となるもの以外には作用せず、化学変化をおこさない。この性質を酵素の という。

シヨ糖分解酵素は、シヨ糖をブドウ糖と果糖に分解する酵素である。種々のシヨ糖濃度溶液に対して一定量のシヨ糖分解酵素を添加すると反応がおこる。一定時間内に生じるブドウ糖や果糖の量がこの酵素の反応速度を示す。シヨ糖の濃度が高くなるにつれて反応速度は するが、シヨ糖濃度がある一定以上になると、反応速度は に近くなる。この時の反応速度を、一定の酵素濃度での といい、酵素分子に対して の分子が に存在している状態を示す。また、酵素の反応は、 とよばれる比較的分子量の小さい物質を反応液に添加しないとおこらない場合がある。一方、 と化学構造がよく似た とよばれる物質を反応液に添加すると反応速度が低下する場合がある。

ほ乳類由来の酵素の反応速度は普通の化学反応と同様に温度とともに高まるが、40℃あたりの 以上では逆に低下し、60—70℃になると、多くのものは活性を失ってしまう。これは、酵素がタンパク質であることに由来する性質によるためである。温度以外に反応液中の も酵素の反応に影響を及ぼす。たとえば胃液中に含まれる は強い酸性条件で高い活性を示す。また、だ液中にあり、デンプン分解をおこなう は中性付近で高い活性を示す。このように、最も高い活性を呈する は といわれる。胃液は強い酸性、だ液はほぼ中性であるため、このような酵素の特性は、それぞれがはたらく環境に適応したものであると考えられる。

問1 空欄 ～ に最も適当な語句を記入しなさい。

問2 酵素が下線部(1)のような性質を示す理由を50字以内で述べなさい。

問3 下線部(2)に示した性質とはどのようなものか。30字以内で述べなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～9に答えなさい。

岡田君は、近くの池から原生動物を採集してきた。この原生動物を、走査型電子顕微鏡で観察したら、図1のように見えた。よく観察すると、細胞の表面は細かい毛⁽¹⁾でおおわれていた。さらに、細胞の中央にはへこみ⁽²⁾があり(図1の矢印)、そこには毛が密集して生えていた。光学顕微鏡で観察すると、細胞はこの部分からバクテリアなどの餌を取り込み、細胞膜で囲い込んで細胞内に取り込んでいた。⁽³⁾

赤血球などの動物細胞は、真水に入れると膨れて破裂してしまう。しかし、淡水産の原生動物は、真水の中でも元気に生活している。このことを不思議に思った岡田君は、細胞外液の浸透圧と、この原生動物の細胞体積との関係を光学顕微鏡を用いて調べてみた。細胞外液として、様々な濃度のソルビトール(細胞には無害であり、ほとんど吸収・分解されることのない糖の一種)水溶液を用い、細胞をこれらの溶液に移してから⁽⁴⁾30分間放置した後細胞の体積を測定し、グラフにしたのが図2である。細胞の体積は、外液が真水の時(①の点)から、あるソルビトールの濃度(②の点)まではほとんど同じであった。しかし、それ以上になると、外液のソルビトール濃度が上昇するにつれて細胞の体積は小さくなった(③の点)。また、細胞の内部にある収縮胞は、①では活発に活動していたが、②と③では、まったく観察されなかった。

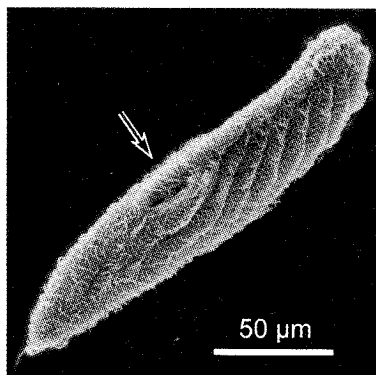


図1

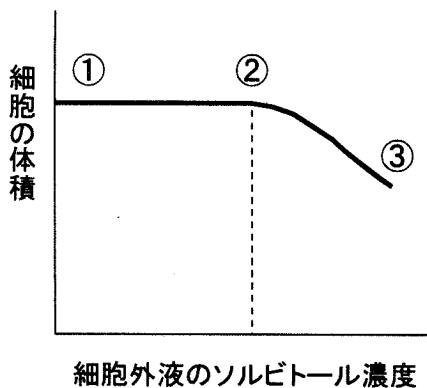


図2

問1 この原生動物の名前は何か。

問 2 下線部(1)で示す構造を何というか。

問 3 下線部(1)と同じ構造は、ヒトの体内でもいくつかの場所で観察される。それは、どこに存在してどのような機能を持っているのか。例を一つあげ、40字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(2)で示す構造を何というか。

問 5 下線部(3)で述べる働きは、栄養物の摂取や、生体防御の機構に直接関係している。このような働きを、一般的に何というか。

問 6 下線部(4)で、すぐに測定せずしばらく放置してから測定したのはなぜか。50字以内で説明しなさい。

問 7 ①、②、③のそれぞれの状態において、細胞の外液は、内液に比べてどのような関係になっているか。次のア)～エ)から一つ選びなさい。

ア) ① 低張 ② 等張 ③ 等張

イ) ① 高張 ② 等張 ③ 低張

ウ) ① 等張 ② 等張 ③ 低張

エ) ① 低張 ② 高張 ③ 低張

問 8 細胞外液の浸透圧と細胞の体積との関係(図2)と、収縮胞の活動の様子から、岡田君はこの原生動物が真水中でも破裂しない仕組みは収縮胞の活動と関係していると考えた。これらの実験から、収縮胞はどのような働きを持った構造であると推論できるか。40字以内で説明しなさい。

問 9 植物の細胞には収縮胞はないが、原生動物と同様に、低張液中でも細胞は破裂せずに一定の体積を保つことができる。これはどのような仕組みによるのか。30字以内で説明しなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。

生物には、個体間に形質の違い、つまり **ア** がある。このような違いを含む個体群が、ある環境のもとで生活する時、その環境に最も適した形質をもつ個体が、生存や生殖において有利になる。その結果、ある遺伝形質は次世代に受け継がれやすくなる。そして、次世代には親の代よりさらに環境に **イ** した形質をもつ個体が多くなる。このように、生活している環境に対する **イ** が基準になって選択が行われることを **ウ** といい、これが生物の進化につながるという説がある。

このような選択の例として、ヨーロッパにすむガの一種、オオシモフリエダシャクの場合がある。このガには二つの表現型が普通に見られる。一つは、白地に黒い斑点が散在して、全体として白っぽい翅をもつ正常型である。この型は灰白色の地衣類がついた樹幹の上では目立ちにくい。もう一つは、黒っぽい翅をもつ黒化型であり、ばい煙で黒くなった樹幹の上では目立ちにくい。灰白色の地衣類がついた樹幹の上ではよくめだつ。この二つの表現型の違いは一つの遺伝子座によって決まっている。黒化型は正常型に対して優性で、黒化型の遺伝子をA、正常型の遺伝子をaとすると、**1** が正常型、**2** と **3** が黒化型となる。

1850年以前、イギリスには黒化型はほとんど見られなかったが、工業化がすすむにつれ工業地域の樹幹は、ばい煙で黒くなり、同時に各地で工業地域に限って黒化型が増え始めた。19世紀の終わりには工業地域の黒化型の比率は高い値(たとえば、バーミンガムでは95%)に達し、つい最近まで高い値が続いた。それに対して、工場がほとんどなく、ばい煙のよごれない地域では、樹幹に地衣類がよくついており、正常型がほぼ100%を占め続けた。黒化型が増えたこの現象は **エ** と呼ばれている。

この現象が起こる原因を明らかにするため野外調査が行われた。まず、自然界における両型の個体の生存率を知るため、あらかじめ採集しておいた両型のガの翅の裏にペンキで小さい印をつけてから一定数を放し、その後毎晩、灯火採集を行い、採集されたガの翅にある印の有無を調べた(表1)。

表 1 工業地域であるバーミンガムと非工業地域であるドルセーで印をつけた正常型と黒化型のガを放した時の再捕獲率

調査地域	表現型	印をつけて放したガの数	印のついたガの再捕獲数	印のついたガの再捕獲率(%) (注)
バーミンガム	正常型	64	16	25.0
	黒化型	154	82	53.2
ドルセー	正常型	496	62	12.5
	黒化型	473	30	6.3

(注) 印のついたガの再捕獲率(%) = $\frac{\text{印のついたガの再捕獲数}}{\text{印をつけて放したガの数}} \times 100$

表 1 の結果から、工業地域では の生存率がもう一方の表現型より高く、非工業地域ではその逆であると考えられた。

次に、このガは昼間樹幹に静止していることと、おもな天敵は鳥であることがわかった。そこで、工業地域と非工業地域で、自然の状態における正常型と黒化型の同数のガについて、一定時間内に鳥に捕食された数を数えた。その結果、樹幹にとまっているとき、樹幹の色と異なる色を持つ型の個体の方が、より多く鳥に捕食されることがわかった。

問 1 空欄 ～ に適当な語句を入れなさい。

問 2 下線部の説を 1858 年にアルフレッド・ラッセル・ウォーレスと共同で提唱した人は誰か。その人の有名な著書の一つ挙げなさい。

問 3 空欄 ～ にそれぞれ 1 つの遺伝子型を入れなさい。

問 4 空欄 に黒化型か正常型のいずれかを入れなさい。

問 5 上文の事実から考えて、工業地域において黒化型が増えてきた理由としてどのようなことが考えられるか。40 字以内で説明しなさい。

問 6 このガの体色の遺伝から考えると、ある地域で黒化型の個体すべてが捕食された場合、その地域の黒化型は次の世代に全滅するが、地域内の正常型の個体すべてが捕食されても正常型は次世代に全滅することはないと推測される。正常型が全滅しない理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 7 今後、工業地域の大气汚染が減少すると、工業地域で樹幹に付着する地衣類は増加すると予想される。それに伴い二つの表現型の割合は工業地域で今後どのように変化すると考えられるか。20 字以内で答えなさい。