〔原 著〕

粘菌変形体の糖および塩の同時受容による一価陽イオン特異性の変化*

寺 山 和 幸 小 畠 陽之助**

Variation of Monovalent Cation Specificity Accompanying
with Simultaneous Reception of Sugars and Salts in Slime MoldKazuyuki Terayama and Yonosuke Kobatake
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Hokkaido University

Summary

Effects of sugars or polyvalent cations in media on 1:1 salts reception in slime mold *Physarum polycephalum* were investigated in terms of the threshold concentration, C_{th} , of salt reception. Membrane potential and motive force of tactic movement were measured by the aid of double chamber method, where salt concentration in one compartment was increased successively with a fixed concentration of a sugar or polyvalent cation species in media. Results were:

- 1) The presence of glucose, mannose, maltose or sucrose in media increased C_{th} for 1:1 salts (Cl- and NO_3 -salts of Li, Na, and K), whereas ribose decreased C_{th} of salt reception. Galactose showed no appreciable effect on C_{th} for every salts examined.
- 2) Variation of C_{th} for salts in the presence of sugars were correlated with those caused by the difference in the lyotropic number of anions. C_{th} for Li-salts changed most both by sugars and by anions, while those for NH_4 -salts were not changed.
- 3) The presence of polyvalent cations (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , La^{3+} , Th^{4+}) in media led to an increase in C_{th} for Na- and Li-salts, whereas a decrease in C_{th} for K-, Rb-, and NH_4 -salts resulted. C_{th} for 1:1 salts changed discontinuously when the concentration of polyvalent cation exceeded their respective thresholds.
- 4) Sequence of selectivity of univalent cations varied extensively by simultaneous receptions of 1:1 salts with sugars or with polyvalent cations.

The important roles of structural changes of membrane and the surrounding water in chemoreception were then discussed.

序 論

粘菌変形体は種々の化学物質を認識し、正または負の走化性を示す。粘菌の生活環の中で変形体と呼ばれる時期は細胞内に多数の核を持ちながらも細胞間の仕切りの膜も、細胞壁も持たない巨大な原形質の塊りであり¹⁾、化学受容に伴う受容膜レベルの変化を物理学的に研究するには極めて適した材料である。

我々は、粘菌変形体が化学物質の受容に伴いある閾値濃度 (threshold concentration- C_{th}) から走化性を示し始め、同じ濃度から膜電位も変化し始めること、更に無機塩類に対する閾値がコロイドの不安定性と相関があることを見出した²⁾。すなわち、多価陽イオン

の閾値は価数 Z の増加に伴い Z^{-6} に比例して減少する。これは疎水性コロイドの凝集における Schulze-Hardy 則として知られている。又 1:1 型塩に対する閾値の対数 ($\log C_{th}$) を陰イオンの lyotropic number に対してプロットすると (図 5 参照)、各陽イオン種に対して傾きの異なる直線を得る。lyotropic number (N) というのは親水性コロイドの沈殿を起こし始める塩濃度の相対値であり、 N の値が大きなもの程、水の構造の structure breaker であると考えられている。これらのことは粘菌の化学受容の初期過程がコロイドの不安定性およびそれに関連した水構造に密接に関連のあることを示唆している。また図 5 の直線の傾きから、粘菌変形体は次の序列に従って一価陽イオンを識別していることが判った。

* 受付：昭和51年4月6日，受理。

** 北海道大学薬学部薬品物理化学教室。

細胞が各種陽イオンを識別する例は多数知られている。たとえば一般に細胞膜は K^+ と Na^+ を sharp に識別して K^+ を細胞内に取り込んでいるし、感覚受容膜の一つである味覚でも KCl と $NaCl$ の味を識別することはよく知られている。しかしながら粘菌変形体の上記の陽イオンの序列は絶対的なものではなく、glucose や sucrose などの糖や Ca^{2+} , Mg^{2+} , La^{3+} , Th^{4+} などの多価陽イオンの共存によって大きく影響されることがわかった。

本論文では、主として一価陽イオンの塩類に対する粘菌の応答が、糖や多価陽イオンの共存によってどのように影響を受けるかについて述べ、塩受容と糖受容との相互作用と粘菌膜表面付近の水構造の役割について議論する。

実 験

材 料

走化性及び膜電位の測定には、大阪大学の神谷宣郎教授からいただいた粘菌 *Physarum polycephalum* を Camp の方法³⁾ で培養したものを使用した。また、電気泳動測定には、お茶の水女子大学の太田次郎教授からいただいた *Physarum polycephalum* の microplasmidia (液体培養によって得られる直径 $100\mu m$ 前後

の球状の変形体) を Daniel & Rusch の法⁴⁾ で培養したものを使用した。試薬はすべて市販の特級のものを使用した。溶媒に使用した水はガラス容器で2回蒸留したものである。

方 法

粘菌変形体の走化性の測定

神谷の複室法⁵⁾ で原形質流動の駆動力を測定することにより調べた。図1のようなセルの両室にあらかじめ $5 \times 10^{-4} M KCl$ を含む1%寒天ゲルを図1-bのようにセットする。培養した粘菌変形体を1%寒天平板上に一晚放置すると変形体は先端部分と糸の部分に分かれる。先端部を小さく切りとって複室の両側に置き、2つの先端部を変形体の糸でつなぐ。シリコングリースをかぶせ、両室間での空気もれがないようにする。30~60分暗所に放置後糸部を顕微鏡で観察すると原形質流動が見られる。この原形質流動を止めるのに必要な圧力を片方の部屋にかけ、その時の圧力差を測定することから原形質流動の駆動力を調べた。圧力差はマンノメーターで15秒置きに読みとるか、圧力変換装置 (Statham, Model SC-1001) で電圧に換え、記録計 (Ohkura Model-25G) に接続して自動的に記録した。始めに蒸留水を両室に入れ30~60分駆動力を記録した後、片方の部屋を試験溶液で置き換え30~60分

図1 粘菌の走化性および膜電位測定用複室セル (a, b, c) および走化性の駆動力変化の一例 (d). S: 粘菌, V: 電位差計, AG: 寒天ゲル, 粘菌内の原形質流動が起こらないように片側から正または負の圧力を加え、そのときの圧力差をマンノメータMで測定すると下図を得る。セルの片側に $15 mM KCl$ を入れたときの結果で ΔP 負は粘菌が逃げたことを示す。

測定し得られた曲線の面積平均から、蒸留水中と試験溶液中との圧力平均の差 ΔP を求めた (図1-d 参照)。この ΔP が走化性の定量的な表現である²⁾。誘引物質は ΔP を正で、忌避物質は負の値で表わした。1:1 型塩類の受容に対する糖または多価イオンの共存の効果を調べる場合は、始めに一定濃度の糖または多価イオンだけの水溶液を複室の両側に入れて駆動力を測定し、これをコントロールとした。次に片側の部屋だけをコントロール溶液に一定濃度の塩を溶かした試験液で置換して駆動力を測定し、両者の差をとって共存物質の効果を調べた。

粘菌変形体の膜電位変化の測定

神谷の複室法を応用して測定した (図1-a)²⁾。粘菌変形体をセルにセットし、シリコングリスをつけてカバーガラスをかぶせ、両室が電氣的に絶縁されているように注意した。両室の電位差をカロメル電極を接続した前置増幅器 (日本光電MZ-4) で増幅し、ブラウン管オシログラフ (日本光電VC-8) 上で読んだ。

始めに両室をコントロール溶液 (一定濃度の糖や多価イオンだけの水溶液) で満たして両室間の電位差を測定した後、片側の部屋だけを試験溶液に置き換えて両室間の電位差を測定した。

細胞電気泳動法によるゼータ (ζ) 電位の測定

羽藤らの方法に従って測定した⁶⁾。液体培地中 32°C で4日間振とうして得られた粘菌 microplasmodia を基準溶液 (10 mM sucrose, 1 mM NaCl) で3~4回洗浄し、培養液を取り除く。これを基準溶液中、暗所で1時間以上振とうしてから電気泳動速度を細胞電気泳動装置 (Karl Zwiss, West Germany, Cytopherometer) で測定した。

化学物質の一つの濃度に対して10~20コの microplasmodia (直径 80~100 μ m) の泳動速度を測定した。泳動速度は microplasmodia が静止面を 293 μ m (一方向では 146.5 μ m) の距離だけ移動する時間を測定し、泳動速度とかけた電位勾配の値 (8.5~10.5 volts/cm) から電気泳動移動度 u を求め次式 (Helmholtz-Smoluchowski の式) から ζ -電位を求めた。

$$\zeta = (4\pi\eta/D)u$$

ここで η 及び D は溶液の粘度及び誘電率である。

閾値の温度変化を調べた以外の実験はすべて 20 ± 1 °C で行ない、温度変化の実験は各点の温度が ± 0.5 °C の範囲になるように温度制御して行なった。

結 果

塩の閾値に対する糖の効果

1:1 型塩類 (KCl, NaCl, LiCl, NH_4Cl , KNO_3 , NaNO_3 , LiNO_3 , NH_4NO_3) の受容に対する糖 (D-glucose, D-galactose, D-ribose, D-mannose, D-maltose, sucrose) の効果について走化性及び膜電位変化を測定した。図2にその最も典型的な例を示した。各濃度の glucose 共存下での KCl 濃度の対数に対し、膜電位変化 $\Delta\phi$ と駆動力変化 ΔP をプロットしたものである。溶液中に glucose が共存してもその濃度が 10^{-4} M 以下であれば共存物質のないときと同様に KCl に対して 10^{-3} M から負の走化性を示す。しかし 10^{-4} M 以上の glucose 共存下では、glucose 濃度の増加に伴い走化性の閾値が濃い方にずれており、膜電位変化の閾値も同じ濃度までずれている。走化性及び

図2 種々の濃度のグルコース存在下における KCl に対する膜電位および走化性駆動力の変化

図3 種々の濃度のガラクトースおよびリボース存在下における KCl に対する膜電位変化

図4 グルコース (A), ガラクトース (B), およびリボース (C) 存在下における NH_4 , Na, K, Li の Cl-塩に対する受容閾値, C_{th} , の糖濃度依存性

膜電位変化より求められた glucose の閾値は $10^{-4} M$ である²⁾. すなわち閾値濃度以上の glucose が共存して始めて KCl の受容に影響を与えることがわかる.

図3のA及びBに galactose 及び ribose 共存下における KCl による膜電位変化を示した. galactose の閾値は glucose と同じく $10^{-4} M$ であるが, 閾値濃度以上の galactose が共存しても KCl の閾値は変化しない. しかしこれは KCl の受容に対し galactose がなんらの影響も与えないことを意味するものではない. 後で述べる KCl の閾値の温度変化に対しては galactose 共存の影響が顕著に示されることを, ここであらかじめ述べておく. また ribose は glucose とは対照的に KCl の閾値をうすい方にずらした. glucose と ribose の対比については後で議論する.

図4は共存する糖の濃度の対数に対して各種 Cl 塩 (LiCl , KCl , NaCl , NH_4Cl) の閾値の対数をプロットしたものである. 図4のA, B, C はそれぞれ glucose (GLU), galactose (GAL), ribose (Rib) についての実測値を示す. 糖の濃度とその閾値を越えると各陽イオン種について異なる直線が得られ, 直線の傾きが大きなもの程閾値のずれ方が大きく, NH_4Cl はどの糖が共存しても閾値の変化はなかった. ずれ方の序列は図4-A, C から明らかなように $\text{Li} > \text{K} > \text{Na} > \text{NH}_4$ となっており, これは次に述べる閾値に対する陰イオンの効果²⁾と対応関係がある. ただし閾値濃度以上の ribose 共存下で LiCl に対する膜電位も駆動力も変化が小さすぎて正確に C_{th} を決めることができなかった.

塩受容に対する糖の効果と陰イオン効果との相関

図5は一価陽イオンの塩類の閾値を陰イオンの lyotropic number (N) に対してプロットしたものである²⁾. すべての塩の中で Li 塩が陰イオンの種類により最も大きく閾値が変化しており, NH_4 塩は陰イオンによる閾値の変化はない. 陰イオン効果の序列は $\text{Li} > \text{K} > \text{Na} > \text{NH}_4$ となっており, 糖の共存による塩の閾値の変化の序列と丁度対応している. そこで図5の傾き

図5 種々の1:1型塩に対する閾値 C_{th} の陰イオン種依存性, 横軸は陰イオンの lyotropic number を示す

$\partial \log C_{th} / \partial N$ に対し図4の傾き $\partial \log C_{th} / \partial \log [SUG]$ をプロットし、両者の相関を見たのが図6である。種々の糖で異なる直線が得られた。maltose が塩の閾値を濃い方に最も大きく変化させ、galactose は塩の閾値を全く変えず ribose は塩の閾値を下げるということを表現している。図6は Cl 塩についてのものであるが NO_3 塩についてもほぼ同様の結果が得られている⁷⁾。

図6 糖の存在下における NH_4 , Na, K, Li の Cl- 塩に対する閾値の変化と、陰イオンの種類による閾値変化の相関関係

糖共存下における塩の閾値の温度変化

粘菌変形体の化学受容における閾値は温度を下げる と低くなる。絶対温度の逆数 ($1/T$) に対し各化学物質の閾値の対数 ($\log C_{th}$) をプロットすると、塩と糖、誘引物質と忌避物質の区別なく同じ傾きの直線が得られ、傾きから見かけのエンタルピー変化 (ΔH_{app}) は -12 kcal/mole と算出された²⁾。ところが糖共存下での塩の閾値の温度変化を調べると糖の濃度により傾きの異なる直線を得る。図7は種々の糖共存下での KCl

図7 各種糖共存の下で KCl 受容閾値の温度依存性から求めた見掛けのエンタルピー変化 (ΔH_{app}) の糖濃度依存度

の閾値の温度変化から ΔH_{app} を求め各糖の濃度の対数に対してプロットしたものである。それぞれの糖が閾値濃度以上共存して始めて ΔH_{app} が変化する。例えば glucose は $10^{-4} M$ 以上共存すると ΔH_{app} の絶対値は -12 kcal/mole よりも小さくなり、 $10^{-2} M$ 共存すると ΔH_{app} はほぼ 0 になり、更に濃度を増加させても 0 のままであった。また、前述したように galactose は種々の塩の閾値そのものは変えなかったが ΔH_{app} は glucose と全く同様に变化させた。従って galactose は塩の受容に明らかに影響を与えていることを意味する。

1:1 型塩類の受容に対する Ca^{2+} の効果

図8-A は $10^{-4} M$ $CaCl_2$ 共存下での NaCl に対する膜電位変化と駆動力変化を示したものである。NaCl の閾値は共存物質のない純水中のそれと比較して $3 \times 10^{-4} M$ から $10^{-2} M$ へとずれている。膜電位変化の閾値と走化性の閾値はここでも一致している。同図には同じ外部条件下における microplasmidia の ζ -電位の変化 ($\Delta \zeta$) も示してある。 $\Delta \zeta$ は膜電位の変化とよ

図8 $CaCl_2$ 共存下における NaCl (A) および KCl (B) に対する膜電位と走化性駆動力の変化。(A) には ζ -電位の変化も同時に示してある (本文参照)

く一致している。同様の結果は糖共存の下でも得られている。このことは化学受容により変化する膜電位（脱分極）は主として膜-液界面において起こり、イオンの透過性の変化によるものでないことを示している^{6,8)}。図8-Bは $3 \times 10^{-5} M$ $CaCl_2$ 共存下での KCl に対する膜電位変化と駆動力変化を示したものである。純水中での KCl に対する閾値は $10^{-3} M$ であるが、 $3 \times 10^{-4} M$ の $CaCl_2$ 共存下では KCl 濃度がおよそ $10^{-4} M$ 付近から $\Delta\varphi$ が変わり始め2段階の変化をする。2段目の $\Delta\varphi$ の変化は直線的であり直線を外挿すると純水中の KCl の閾値 $10^{-3} M$ に一致するようである。粘菌変形体は $\Delta\varphi$ の1段目の変化に対応し $10^{-4} \sim 10^{-3} M$ KCl に対し弱いながらも ($\overline{\Delta P}$ が最大でも $5 \text{ cm H}_2\text{O}$) 正の走化性を示した。しかし $10^{-3} M$ KCl に対しては $\overline{\Delta P}$ が0となり、更に KCl の濃度が高くなると KCl の単純溶液と同様に負の走化性を示した。

図9は種々の一価陽イオンの Cl 塩の閾値の対数を共存する $CaCl_2$ の濃度の対数に対してプロットしたものである。共存する $CaCl_2$ の濃度が $CaCl_2$ の閾値濃度 ($6 \times 10^{-5} M$) をわずかに越えると種々の塩の閾値は不連続に変化することがわかる。NaCl, LiCl の閾値は濃い方にずれ、KCl, RbCl, NH_4Cl の閾値はうすい方にずれる。ただし RbCl, NH_4Cl も KCl の場合と同様に2段階の膜電位変化をするので1段目の変化のし始めを閾値とした。RbCl, NH_4Cl の1段目の変化のときは KCl と同様わずかではあるが正の走化性を示す。

図9 共存する $CaCl_2$ 濃度による1:1型塩 (Cl-塩) 受容閾値, C_{th} の変化。 Ca^{2+} の閾値 ($6 \times 10^{-5} M$) を越えると Na^+ と Li^+ に対する C_{th} は高くなり、 NH_4^+ や K^+ の C_{th} は著しく低くなることに注意。

Ca^{2+} 共存下における1:1型塩の閾値に対する陰イオン効果

図10は $3 \times 10^{-4} M$ $CaCl_2$ 共存下での1:1型塩類の閾値を陰イオンの lyotropic number に対してプ

ロットしたものである。Na 及び Li 塩は $CaCl_2$ の共存によって閾値が濃い方にずれており、そのずれ方の程度は各陰イオンでほとんど同じであった。すなわち $3 \times 10^{-4} M$ $CaCl_2$ 共存下で得られた直線と純水中の直線（図中破線）は Na^+ 及び Li^+ 塩に対しては平行である。これに対し、K 及び NH_4 塩は $3 \times 10^{-4} M$ $CaCl_2$ 共存下では閾値が著しく低くなりしかも陰イオンの種

図10 $CaCl_2$ $3 \times 10^{-4} M$ 共存下での Na, Li, K, NH_4 の種々の塩に対する閾値の lyotropic number 依存性。点線は Na 塩および Li-塩のみの閾値を示す。（図5を参照）

図11 $CaCl_2$ 共存下での KCl と NaCl に対する受容閾値の温度依存性。点線は NaCl および KCl のみの C_{th} の温度依存性 (ref. 2 参照)。記号の相違は共存 $CaCl_2$ の濃度 (10^{-4} , 3×10^{-4} , $6 \times 10^{-4} M$) をあらわす

類に関係なくそれぞれおよそ $10^{-4} M$, $3 \times 10^{-6} M$ で一定であった。一価陽イオンの種類により多価イオン共存の影響の受け方がひどく異なることが注目される。一方多価イオンの種類は Ca^{2+} とは限らず Sr^{2+} , Mg^{2+} などでもまた La^{3+} でも同様な影響を与える。多価イオンがその閾値以上に存在すると膜の性質を変化させ、しかもその状態での Na^+ と K^+ に対する相互作用が全く異なっていることを示す。

Ca^{2+} 共存下における塩の閾値の温度変化

図 11 は $10^{-4} M$, $3 \times 10^{-4} M$, $6 \times 10^{-4} M$ $CaCl_2$ 及び $3 \times 10^{-4} M$ $SrCl_2$ 共存下における $NaCl$ 及び KCl の閾値を温度に対しプロットしたものである。 $NaCl$ の閾値は $12^\circ C$ 付近で大きく変化するが KCl の閾値は温度変化がなかった。これらは $NaCl$ 及び KCl のみの受容閾値の温度変化 (図中破線) と著しい差異でありしかも Na^+ と K^+ につき特徴的变化をする。

考 察

粘菌変形体の塩受容に対する糖の効果

図 2～4 に示したように粘菌変形体の一価陽イオン塩類の閾値は糖の共存によって著しく影響を受ける。また閾値濃度以上において膜電位の濃度依存性も変わることがわかった。しかし膜電位変化の傾きは糖の共存によって大きくなったり小さくなったり極めて複雑な変化をするため現在の所、糖の濃度と膜電位変化の傾きの間に簡単な関係を見出すことには成功していない。従って粘菌変形体の塩受容に対する糖の効果についての我々の議論は塩の閾値に対する影響だけに限定することにする。

図 5 に示したように一価陽イオン塩類の閾値は陰イオンの変化によっても大きく変わる。 Li 塩のように閾値が陰イオンによって大きく変わる塩ほど糖の共存によっても閾値が大きく変化することがわかった。このことを種々の糖についてまとめたのが図 6 である。 $lyotropic\ number (N)$ というのは前述したように水構造と関係した物理量で、 N が大きいほど水構造を破壊する力が強い。図 5 に示したように粘菌変形体では水構造を壊す力の強い塩ほど閾値が低くなっている。ところで最近の物理化学的な研究で $glucose$, $sucrose$, $mannose$ などの糖は水構造の“structure former”であり、 $ribose$ は“structure breaker”であることがわかっている⁹⁾。粘菌変形体でも $glucose$, $sucrose$, $mannose$ などは一価陽イオン塩類の閾値を高くし $ribose$ は閾値を低くするという事実、及び塩の閾値に対する糖の効果が陰イオンの $lyotropic\ number$ と関係づけられるという事実を考え合わせると、粘菌変形体が糖を受容することによって膜構造の変化を起こすと共に (荷電密度の減少などで確かめられている⁶⁾) 細胞表面の水構造の変化も起こり塩の受容にまで影響を与えたものと考えられる。このように粘菌変形体の

化学受容においては細胞表面の水の構造がかなり重要な働きをしていることが示唆される。 $CaCl_2$, $MgCl_2$, $LaCl_3$, $Th(NO_3)_4$ などの多価陽イオン塩類の閾値は種々の糖の存在により影響を受けなかった。多価陽イオン塩類の閾値は陰イオンが変わっても変化しない²⁾。従って一価陽イオンの塩類に見られた陰イオン効果との対応が多価陽イオンにも適用されるわけである。

一価陽イオン塩類の受容に対する多価陽イオンの効果

図 8, 9 に示したように粘菌変形体の一価陽イオン塩類の受容は $CaCl_2$ の共存によって著しく影響を受ける。図 9 に示したように $CaCl_2$ 濃度が $CaCl_2$ 自身の閾値濃度 ($6 \times 10^{-5} M$) を越えると各種塩の閾値はすべて不連続的に変化する。これは Ca^{2+} により粘菌表面が相転移を起こしたものと考えられる。この Ca^{2+} の効果は粘菌の場合、 Ca^{2+} に特異的ではなく Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , La^{3+} , Th^{4+} などの多価陽イオンでも同様に見られた。 Mg^{2+} では Ca^{2+} と同じく $6 \times 10^{-5} M$ 付近で、 La^{3+} では $7 \times 10^{-6} M$ 付近で、 Th^{4+} では $2 \times 10^{-6} M$ 付近で一価陽イオン塩類の閾値が不連続に変化した。すなわちここでも多価陽イオンの受容における $Schulze-Hardy$ 則が成立する。ニテラ原形質ドロップ膜でも多価陽イオンの場合は $Schulze-Hardy$ 則が成立するし、屈折率、表面力も不連続的に大きく変化することが知られている¹⁰⁾。粘菌の場合も多価陽イオンを受容すると膜構造がその閾値の所で不連続的に大きく変化していることが示唆される。

粘菌変形体の一価陽イオン受容に対する特異性

一般に、陽イオン選択性の序列は、膜上に存在する受容サイトの性質に依存すると考えられている。また種々の塩に対する応答の強さは動物種によって異なることも知られている。粘菌変形体の純水中の閾値の変化度は図 5 に示したように $Li > K > Na > NH_4$ という序列をもっているが $CaCl_2$ の共存により図 9 のように序列が変化する。 $10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4} M$ の $CaCl_2$ が共存すると一価陽イオンの選択性の序列は $NH_4 < Rb < K < Li < Na$ となった。似たような結果は図 4-A にも示されている。 $10^{-4} M$ 以下の $glucose$ 共存下もしくは純水中での閾値の序列 $Li < K < Na < NH_4$ は $10^{-2} M$ $glucose$ 共存下では $Na \cong Li < K \cong NH_4$ となり $10^{-1} M$ $glucose$ 共存下では $Na \cong NH_4 < K \cong Li$ というように複雑に変化する。どちらの現象も Ca^{2+} や糖を受容することによって起こった膜全体の構造変化 (水の構造も含めて) によって一価陽イオンの選択性が変化したものと考えられる。選択性は分子なり受容 site で特異的に決まるのではなく、むしろ蛋白質と脂質の集合体である膜の集合状態がこれらの特異性を決めているものとするのが妥当なのであろう。化学物質を受容することにより膜の集合状態が変わり、イオンに対する特異性を変化させるのであるが、これはイオン

選択性ばかりではなく種々の生体機能をも変化させることがある。たとえば粘菌変形体は純水中では忌避物質である LaCl_3 に対し、 $10^{-2} M$ sucrose, $2 \times 10^{-2} M$ NH_4Cl 共存下で正の走化性を示す。このことは誘引物質と忌避物質の区別、すなわち好き嫌いの判断はその化学物質で一義的に決まるのではなく膜の状態で変わり得ることを示している。

Literature

- 1) Gay, W. D. and C. J. Alexopoulos: "Biology of the Myxomycetes", Ronald Press Co. New York (1968)
- 2) Ueda, T., K. Terayama, K. Kurihara and Y. Kobatake: *J. Gen. Physiol.*, **65**, 223 (1975)
- 3) Camp, W. G.: *Bull. Torrey Bot. Club*, **63**, 205 (1936)
- 4) Daniel, J. W. and H. P. Rusch: *J. Gen. Microbiol.*, **25**, 47 (1961)
- 5) Kamiya, N.: in "The structure of protoplasm" ed. Seifriz, Iowa State Univ. Press (1942); *Protoplasmatologia*, **8**, 1 (1959)
- 6) Hato, M., T. Ueda, K. Kurihara and Y. Kobatake: *Biochim. Biophys. Acta*, **426**, 73 (1976)
- 7) Terayama, K., T. Ueda, K. Kurihara and Y. Kobatake: *Biochim. Biophys. Acta*, to be published
- 8) Aiuchi, T. and Y. Kobatake: (Membrane), **1**, 47 (1976)
- 9) Franks, F., J. R. Ravenhill and D. S. Reid: *J. Sol. Chem.* **1**, 3 (1972); Tait, M. J., A. Suggett, F. Franks, S. Ablett and P. A. Quickenden: *J. Sol. Chem.*, **1**, 131 (1972); Uedaira, H.: personal communication (1975)
- 10) Ueda, T., M. Muratsugu, I. Inoue and Y. Kobatake: *J. Memb. Biol.*, **18**, 177 (1974); Ueda, T., M. Muratsugu and Y. Kobatake: *Biochim. Biophys. Acta*, **373**, 286 (1974); Kobatake, Y., I. Inoue and T. Ueda: *Adv. in Biophys.*, **7**, 43 (1975)