

〔原著〕 松本歯学 2:20~27, 1976

## カエル舌粘膜におけるカルシウムイオンの 受動および能動輸送

野村浩道, 浅沼直和

松本歯科大学 口腔生理学教室 (主任 野村浩道 教授)

Passive and Active Transports of Ca Ions in the Mucosa of the Frog Tongue

HIROMICHI NOMURA and NAOKAZU ASANUMA

*Department of Oral Physiology, Matsumoto Dental College*

(Chief: Prof. H. Nomura)

### Summary

The movement of Ca ions across the mucosa of the frog tongue was measured by means of radioisotope,  $^{45}\text{Ca}$ . The results obtained were as follows;

1. Ca uptake was inhibited by NaCl and NaSCN and its rate reduced to approximately 10% of the control by adding 1M NaCl.
2. Ca uptake was inhibited by some chemicals such as 2,4-dinitrophenol, ruthenium red and sodium lauryl sulfate, but its rate did not reduce to less than one third of the control.
3. Both Ca uptake and Ca release were inhibited by cooling, but their rates did not reduce to less than one third of the control.

These results suggest that there are passive and active transport of Ca ions across the mucosa of the frog tongue.

哺乳動物の味蕾およびその周辺の上皮組織にはホスファターゼが多量に存在する (Baradi & Bourne, 1953<sup>1)</sup>; Rakhawy, 1963<sup>14)</sup>; Iwayama & Nada, 1967<sup>5)</sup>). このことに最初に注目した Baradi & Bourne (1953)<sup>1)</sup>は、これらホスファターゼの役割を味覚受容に直接関連するものと考え、いわゆる味覚の酵素説を提唱したが、今日この説は一般には認められておらず (Beidler, 1961<sup>2)</sup>), これら酵素の生理的役割についてはほとんど何もわかっていない。

野村および河野 (1975)<sup>11)</sup> は、カエルの舌を組

織化学的に調べ、舌粘膜表面、とくに味覚器のある茸状乳頭の頂 (感覚円盤とよばれている) にかなり強いホスファターゼ活性のあることを見いだした。また彼らは、脳と脊髓を破壊して不動化したウシガエルを用いて、舌表面に ATP や  $\beta$ -グリセロリン酸などを基質とした溶液をかけると、舌粘膜表層のホスファターゼによってそれらが加水分解されることを見いだした。後者の実験によると、ATP の加水分解は2価陽イオンを必要とし、ウアバインで抑制されず、Ca があれば Mg なしで生じる。従って ATP を加水分解するホスファターゼは Ca イオン依存性 ATP アーゼと考えられる。

Ca イオン依存性 ATP アーゼは、赤血球膜、筋小胞体膜、小腸刷子縁膜、尿細管膜、ミトコンドリア膜などを始め、いろいろな臓器の細胞膜で見いだされているが、いずれも Ca イオンの能動輸送に関与していると考えられている (Wasserman & Kallfelz, 1970<sup>15)</sup>). そこで、カエル舌粘膜表層の ATP アーゼも Ca イオンの能動輸送に関与しているのではないかと考え、カエル舌粘膜を横切る Ca イオンの移動を放射性の<sup>45</sup>Ca を用いて調べてみた。

## 材料と方法

### I. 材料

この実験に用いた材料はトノサマガエル (*Rana nigromaculata*) およびウシガエル (食用ガエル, *Rana catesbiana*) である。前者は 14~45 g, 後者は 150~220 g のものを使用した。

### II. 方法

#### 1. Ca とり込み (その1)

脳と脊髄を破壊して不動化したトノサマガエルあるいはウシガエルを背位に固定し、舌を引き出して flow chamber 上にピンで固定する。flow chamber は、高さ 35 mm, 長さ 100 mm, 後幅 50 mm, 前幅 20 mm のプラスチック箱で、内部はパラフィンが流し込んである。前方 1/3 のところに直径 10 mm の穴があけてあり、flow chamber 上の溶液はこの穴から下の容器 (直径 60 mm のシャーレを使用) に流れ落ちるようになっている。flow chamber 全体はカエル固定用の木製の板の上に固定してある。

実験の順序は以下のごとくである：まず舌をリンガー液で十分洗ったのち、放射性同位元素<sup>45</sup>Ca を含む溶液 (以下<sup>45</sup>Ca 溶液とよぶ) 1ml を約 20 秒かけてスポイトで舌表面にかけ、そのあとリンガー液を十分流して<sup>45</sup>Ca 溶液を洗い流す。この操作を 3 分間隔で所定の回数だけ繰り返す。ついで舌を切り出し、約 100 ml のリンガー液で 3 回洗い、水分を除いたのち液体シンチレーションカウンター用ガラスバイアルに入れる。(ウシガエルの場合は舌を適当な大きさに切断し、1 個ずつをガラスバイアルに入れる。) ガラスバイアルには組織片の大きさに応じて 1.0, 1.25 あるいは 1.5 ml の Soluene-100 を加え、52°C に加温した振盪器に移して 1~数時間、加温振盪して組織片を溶解す

る。組織片が完全に溶解したらガラスバイアルに Insta-gel 18ml を加え、よく振盪し、冷却するのを待って液体シンチレーションカウンター (Nuclear-Chicago, Mark-I, Channel D) にかけて、<sup>45</sup>Ca 量を測定する。

#### 2. Ca とり込み (その2)

トノサマガエルの脳と脊髄を破壊したのち、舌を引き出し 0.1M NaCl 溶液でよく洗い 5~6 ml の<sup>45</sup>Ca 溶液の入った直径 30 mm のシャーレに舌を浸す。30 分後カエルごとリンガー液で洗い、舌を体から切り離して 0.1M NaCl 溶液 20 ml の入ったビーカー中に入れる。このビーカーは常にゆるやかに攪拌しておく。1 分後同じようにゆるやかに攪拌してある 0.1M NaCl 溶液 20 ml の入ったつぎのビーカーに舌を移し同様に 1 分間置く。この操作を 5 回繰り返したあと、今度は 1mM EDTA (エチレンジアミン 4 酢酸 2 ナトリウム塩) を含む 0.1M NaCl 溶液に舌を移し同様な操作を 5 回繰り返す。以上の操作が終わった舌はガラスバイアルに入れ、前述した方法に従って溶解し、Insta-gel を加え、液体シンチレーションカウンターにかけて<sup>45</sup>Ca 量を測定する。

#### 3. Ca 放出

10 $\mu$ Ci (13 $\mu$ M) <sup>45</sup>CaCl<sub>2</sub> 溶液に 30 分浸して十分に<sup>45</sup>Ca をとり込ませたトノサマガエルの舌を蒸留水と 1mM EDTA でそれぞれ 5 回ずつ洗ったのち、いろいろの条件をもつ溶液 20 ml の入ったビーカーに移し、同様にゆるやかに攪拌しながら 1 分間置き、溶液中に放出してきた<sup>45</sup>Ca 量を液体シンチレーションカウンターによって測定する。通常溶液 10 ml と Insta-gel 10 ml をガラスバイアルに入れ、十分振盪攪拌してコロイド状態にして測定した。

### III. 薬品

<sup>45</sup>Ca は New England Nuceear (米国) 製造、日本アイソトープ協会頒布のものを使用した。第 1 回目に購入したものは比放射能 9.45mCi/mgCa, 第 2 回目に購入したものは 11.1mCi/mgCa, 第 3 回目に購入したものは 16.7mCi/mgCa であり、いずれも 40 日以内に使用した。

組織溶解剤は Soluene-100, ゲル化剤は Insta-gel を使用したが、Insta-gel が入手できなかった時期 Dimilume-30 を Insta-gel の代わりに使用した (いずれも Packard 社製)。

ルテニウム赤は Chroma 社製, その他の試薬は半井化学社のものを使用した。

#### IV. 実験温度

実験は夏季(7月および8月)千葉市で行なったので, 実験温度は 25°~27°C であった。なお冷却実験は冷凍室(3°~4°C)中で行なった。

### 結 果

#### I. Ca とり込み速度と Ca 放出速度

舌が Ca をとり込む速度は本実験で行なった時間範囲(3分20秒)ではほぼ直線的であった。表1は 10 $\mu$ Ci (23.6 $\mu$ M)<sup>45</sup>CaCl<sub>2</sub> 溶液を 20秒ずつ1回, 2回, 5回および10回与えたときの舌にとり込まれた<sup>45</sup>Ca 量を測定した結果を示す。液体シンチレーションカウンターのカウント数と<sup>45</sup>Ca 量は同時計数のため正確には正比例しないが, 計算を簡略にするため<sup>45</sup>Ca 量は 55.800cpm を 1 ng<sup>45</sup>Caとして換算してこの表のD欄に示した。

Table 1. Relation between the amount of <sup>45</sup>Ca uptaken by tongue and the times of <sup>45</sup>Ca application.

A	B	C	D	E	F	G
The times of application	Total time (sec)	Counts (cpm)	Amount of <sup>45</sup> Ca (ng)	Body weight (g)	$\sqrt[3]{E^2}$	D/F
0	0	6.905	0.088	20	7.3	0.012
1	20	38.695	0.694	25	8.5	0.082
2	40	106.384	1.907	30	9.7	0.197
5	100	241.131	4.321	27	9.0	0.480
10	200	690.630	12.377	45	12.7	0.975

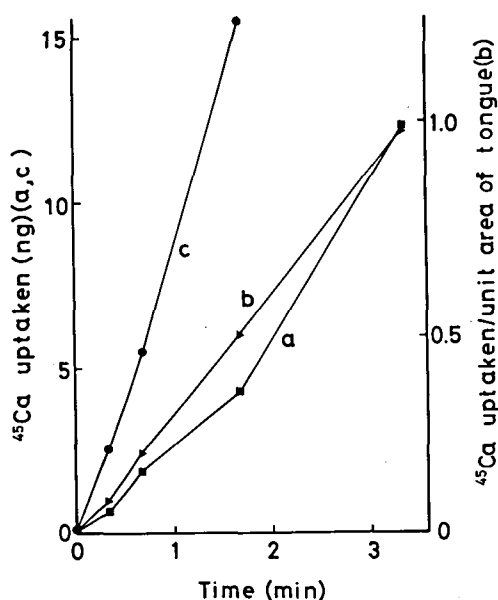


Fig. 1. Relation between the amount of <sup>45</sup>Ca uptaken by tongue and the total time during which the tongue was exposed to <sup>45</sup>Ca solution. a and b: *Rana nigromaculata*, c: *Rana catesbiana*.

時間とともに舌にとり込まれる<sup>45</sup>Ca 量が増大していることがわかる。

この表のG欄は, 一定面積の舌表面当りの<sup>45</sup>Ca とり込み量を相対値として求めたものである。この実験で使用したカエルの体重は 20~45g と大幅な差をもっていたので舌面積もかなり差があったと考えられるが, 伸展性の大きい舌の面積を求めることが困難なので, 体長が2倍になれば舌面積は4倍, 体重は8倍になるという仮定に基づいてD欄の値を $\sqrt[3]{(\text{体重})^2}$ で除してG欄の値を求めた。

図1は, 表1のD欄とG欄の値を<sup>45</sup>Ca 溶液を与えた時間との関係で画いたグラフである。後者の曲線bが, 前者の曲線aに比べてより直線的になっていることがわかる。このことは, 舌のCa とり込みが時間と舌の面積に正比例して増大することを示す。

なお, 同様な実験をウシガエルについても行なったが, ウシガエルの場合も同様な実験結果が得られた(図1曲線c)。

図2は, 舌を 10 $\mu$ Ci(13 $\mu$ M)<sup>45</sup>CaCl<sub>2</sub> を含む 0.5mM CaCl<sub>2</sub> 溶液に 30 分間浸し, そののち 1 回リンガー

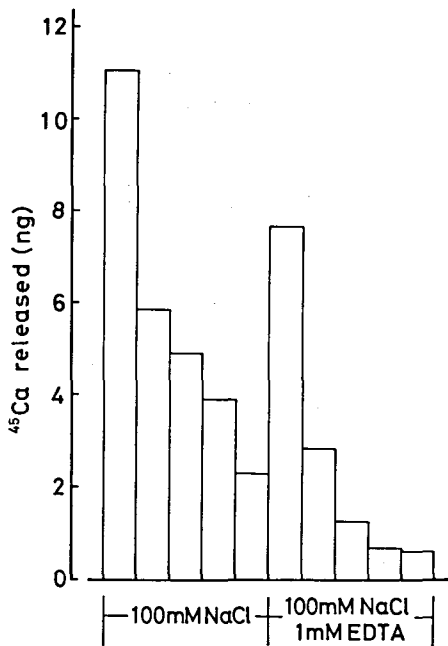


Fig. 2. The rate of  $^{45}\text{Ca}$  release from tongue.

液で洗い、ついで 0.1M NaCl 溶液および 1mM EDTA を含む 0.1M NaCl 溶液に 5 回ずつ浸して  $^{45}\text{Ca}$  の放出速度を調べた結果を示す。この実験で  $^{45}\text{Ca}$  を 0.5mM  $\text{CaCl}_2$  溶液に加えたのは、非放射性の Ca を混合することによって  $^{45}\text{Ca}$  のとり込みが極端に多くならないようにするためである。このグラフからわかるように、 $^{45}\text{Ca}$  の放出は指数函数的に生じており、また、0.1M NaCl 溶液中の  $^{45}\text{Ca}$  の放出がほぼ平衡に達したあとに 1mM EDTA を含む 0.1M NaCl 溶液に舌を移すと再び大量の  $^{45}\text{Ca}$  の放出が生じている。このことは、 $^{45}\text{Ca}$  のかなりの量が舌粘膜表層に吸着または弱く結合していることを示唆している。従って、舌内部よりの  $^{45}\text{Ca}$  の放出を測定するためには、この実験で行なった処理を終えたあとに行なわなければならないことになる。なお、0.1M NaCl 溶液の代りに蒸留水を使用したときの結果もこの実験の結果とほぼ同様であったが、0.1M NaCl 溶液を用いた場合に比べ、 $^{45}\text{Ca}$  放出速度の値がカエルごとに多少ばらついた。

II. Ca とり込み速度に及ぼす無機塩および 2, 3 の薬物の作用

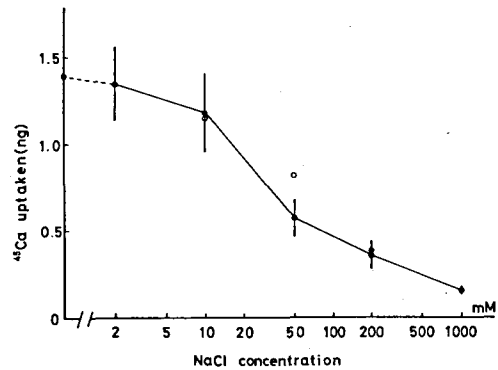


Fig. 3. Effect of NaCl and NaSCN on  $^{45}\text{Ca}$  uptake. Closed circles and vertical bars indicate the means and standard errors of three preparations in the case of NaCl, respectively, and open circles indicate values of single preparations in the case of NaSCN.

図3は、Ca とり込み速度に及ぼす NaCl と NaSCN の作用を調べた結果である。2  $\mu\text{Ci}$  (4.7  $\mu\text{M}$ )  $^{45}\text{Ca}$  を含む 0.5mM  $\text{CaCl}_2$  溶液に 2 ~ 1000mM NaCl または NaSCN を加えた溶液を 20 秒ずつ 5 回、3 分間隔でトノサマガエルの舌にかけたのち、舌を切り出して舌の  $^{45}\text{Ca}$  量を測定した。グラフ上の黒丸と縦棒はそれぞれ 3 標本の平均値と標準誤差であるが、NaCl 濃度の増加に伴い、10mM ぐらいより急激に  $^{45}\text{Ca}$  とり込み速度が減少していることがわかる。

このグラフの 3 個の白丸は、それぞれ NaSCH を 10mM、50 mM および 200mM 加えたときの 1 例ずつの結果である。NaCl と NaSCN で抑制効果に違いがみられない。このことは無機塩の抑制効果が Na イオンと Ca イオンとの拮抗によるのか、または無機塩濃度増加に伴うイオン強度の増大の効果によることを示す。

図4は、ウシガエルの舌に 2  $\mu\text{Ci}$  (4.7  $\mu\text{M}$ )  $^{45}\text{Ca}$  を含む 0.5mM  $\text{CaCl}_2$  溶液に 2 ~ 1000  $\mu\text{M}$  ラウリル硫酸ナトリウム (以下 SLS とよぶ) を加えた溶液を 20 秒ずつ 5 回 3 分間隔でかけた場合の舌の  $^{45}\text{Ca}$  とり込みを調べたものである。SLS が 0.2 mM になると、 $^{45}\text{Ca}$  とり込み量が 1/2 以下になっていることがわかる。しかし NaCl や NaSCN の場合と異なり、SLS 濃度をさらに上げて 1/3 以

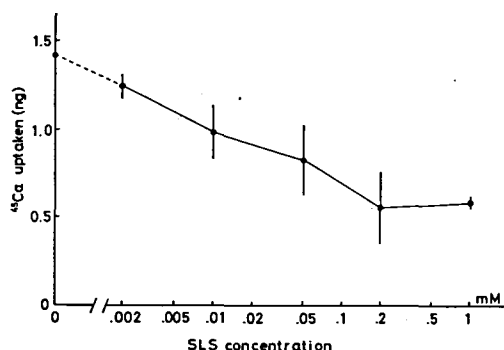


Fig. 4. Effect of sodium lauryl sulfate on <sup>45</sup>Ca uptake. Circles and vertical bars indicate the means and standard errors of three preparations, respectively.

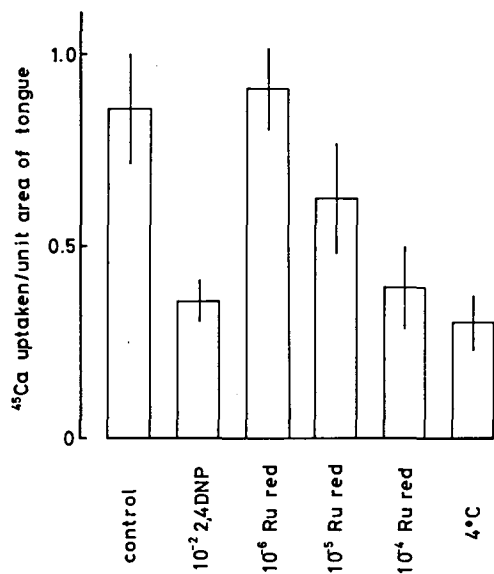


Fig. 5. Effect of 2,4-dinitrophenol, ruthenium red and cooling on <sup>45</sup>Ca uptake. The graph indicates the means and standard errors of three preparations.

下にはならないように見える。また曲線の勾配も NaCl の場合よりも小さい。このことは、無機塩と SLS で抑制機序が異なることを示唆する。

ルテニウム赤（以下 Ru red とよぶ）および 2,4-ジニトロフェノール（以下 2,4 DNP とよぶ）は、ミトコンドリア膜や赤血球膜の Ca イオン依存

性 ATP アーゼ阻害剤であり (Moore, 1971<sup>8)</sup>; Wins & Schoffeniels, 1966<sup>16)</sup>), Ca 能動輸送を抑制することが期待される。また、赤血球膜の Ca 能動輸送を抑制することが期待される。また、赤血球膜の Ca 能動輸送の  $Q_{10}$  は 3.16 と温度に敏感であることが知られている (Lee & Shin, 1969<sup>9)</sup>). そこでつぎに、<sup>45</sup>Ca とり込みに対する Ru red, 2, 4 DNP および冷却の効果を調べた。

6.5  $\mu$ Ci <sup>45</sup>Ca を含む 50mM NaCl 溶液にトノサマガエルの舌を 30 分浸し舌の <sup>45</sup>Ca とり込み量を測定した。図 5 は実験結果を棒グラフにまとめたもので、<sup>45</sup>Ca とり込み量を  $\sqrt[3]{(\text{体重})^2}$  で除した値を縦軸にとってある。各値は 3 例ずつの平均値と標準誤差である。10<sup>-2</sup>M 2,4DNP, 10<sup>-4</sup>M Ru red および冷却によって <sup>45</sup>Ca とり込み量はコントロールの 1/2 以下になっている。しかし、4°C に冷却しても <sup>45</sup>Ca とり込み量がコントロールの 1/3 以下になっていない。このことは、舌への Ca とり込みのかなりの部分が受動輸送であることを示す。

### III. Ca 放出速度に及ぼす冷却の作用

10  $\mu$ Ci (13  $\mu$ M) <sup>45</sup>CaCl<sub>2</sub> 溶液に 30 分浸して十分に <sup>45</sup>Ca をとり込ませたトノサマガエルの舌を蒸留水と 1mM EDTA でそれぞれ 5 回ずつ洗ったのち、リンガー液 20 ml の入ったビーカーに移し <sup>45</sup>Ca 放出を調べた。図 6 は 2 例の実験結果を示す。室温 (25°C) における <sup>45</sup>Ca 放出に比べ、3°C に冷却したリンガー液中における <sup>45</sup>Ca の放出速度は僅かではあるが減少している。この結果は舌からの Ca 放出に能動輸送が関与していることを示唆する。

### IV. Ca とり込みと舌化学受容器の Ca 応答

結果 II で述べたごとく、カエル舌の Ca とり込みは NaCl, NaSCH, および SLS によって抑制される。このことはカエル舌化学受容器の Ca 応答が NaCl, NaSCN および SLS によって抑制されるという実験結果 (Nomura & Sakada, 1965<sup>13)</sup>; Nomura & Ishizaki, 1972<sup>12)</sup>; 野村, 河野, 1974<sup>10)</sup>) に類似している。そこで、Ca とり込みの実験の場合と同一の Ca 濃度 (0.5mM CaCl<sub>2</sub>) で NaCl または SLS を加えたときのカエル舌化学受容器の応答を調べた。

図 7 は NaCl, 図 8 は SLS を加えたときのカエル舌化学受容器の濃度—応答曲線である。各点

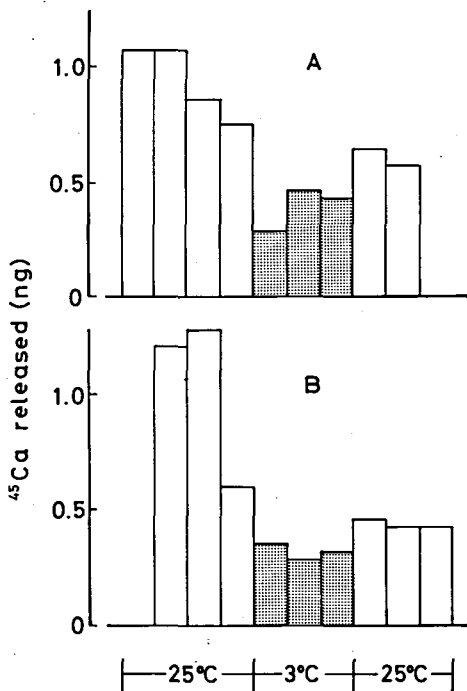


Fig. 6. Effect of cooling on  $^{45}\text{Ca}$  release from tongue. A and B indicate the results obtained from two single preparations.

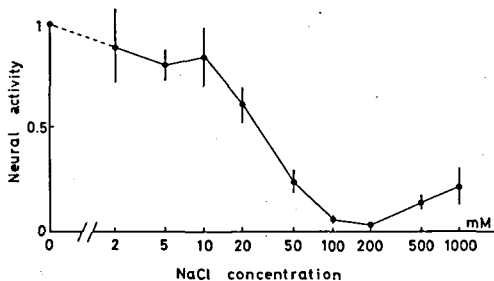


Fig. 7. Effect of NaCl on neural activity of chemoreceptor. Circles and vertical bars indicate the means and standard errors of four preparations.

はNaClの場合4標本, SLSの場合5標本の平均値と標準誤差である。NaClによる抑制はCaとり込みの場合と同じく10mMぐらゐより強く起こってくるが, Caとり込みの抑制が100mM以上でもさらに続くのに, Ca応答の抑制は100mMで100%に達している。なお500mM以上の化

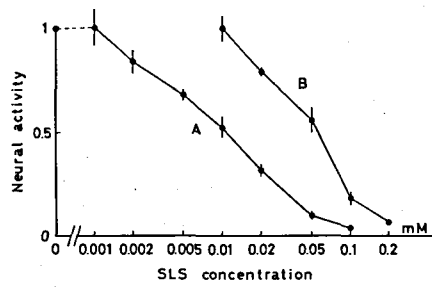


Fig. 8. Effect of sodium lauryl sulfate on neural activity of chemoreceptor. Curve A was obtained when 0.5mM  $\text{CaCl}_2$  solution was used as stimulating solution and curve B was obtained when (0.1M NaCl + 5mM  $\text{CaCl}_2$ ) solution was used. A: five preparations, B: four preparations.

学受容器の応答増大はNaClの作用によるものでCaの作用によるものではない(Nomura & Ishizaki, 1972<sup>12)</sup>).

SLSの場合, Caとり込みは0.1mMで40%ぐらゐまで抑制されるに過ぎないが, 化学受容器の応答は100%抑制される(曲線A)。以上の結果は, Caとり込みと化学受容器のCa応答との間にかんがりの共通点はあるが, 一義的関係のないことを示唆する。

なお, このグラフの曲線Bは5mM  $\text{CaCl}_2$ を含む0.1M NaCl溶液を刺激溶液とし, その溶液にSLSを加えたときの濃度—応答曲線である。0.5mM  $\text{CaCl}_2$ 溶液を刺激溶液とした場合(曲線A)と曲線が一致しない理由については不明である。

## 考 察

### I. カエル舌粘膜の物質透過性

本研究において, カエル舌粘膜はCaイオンに対してかなり透過性が高く, かつその透過性のかんがりの部分が受動輸送によることが示唆された。すなわち, 舌へのCaとり込みはCa能動輸送の阻害剤である2,4 DNPやRu redで抑制されるが, 阻害剤の濃度を十分高くしても1/3以下にならず, また舌の温度を4°Cに下げても1/3以下にならないからである。この点はCa放出についても同様で, 舌の温度を3°Cに下げても放出速度は

僅かしか減少しない。

Mistretta(1971)<sup>7)</sup>は、ネズミの舌粘膜の物質透過性を調べ、角質層(stratum corneum)が物質透過性の障害となっており、舌粘膜の物質透過性は体部皮膚のそれと大差ない低いものであることを示している。しかし、Frömter & Diamond(1972)<sup>4)</sup>によると、上皮には“leaky”な上皮と“tight”な上皮があり、前者の上皮の細胞間隙は無機イオン、有機小分子および水をよく透過するという。前者の例としては胆嚢上皮、小腸粘膜、腎近位尿管などがあり、後者の例としては膀胱膜、胃粘膜、脳脈絡叢膜、カエルの皮膚などがある。本研究の結果からみて、カエルの舌粘膜は“leaky”上皮であると推察される。

Frömter & Diamond(1972)<sup>4)</sup>によると、“tight”上皮では塩の能動輸送に伴った水の輸送が行なわれないため上皮の両側の塩濃度差が30:1から1000:1に達するのにに対し、“leaky”上皮では塩の能動輸送に伴った水の輸送が行なわれるため上皮の両側の塩濃度差は1.3:1から14:1程度と低い。もしこの見解が正しいとすると、カエル口腔内Ca濃度は粘液の分泌がなくてもかなり高く保たれていることになる。

## II. カエル舌粘膜のCa能動輸送の意義

野村および河野(1975)<sup>11)</sup>は、カエル舌粘膜表面にCaイオン依存性ATPアーゼが存在し、Caイオンの能動輸送を行なっていることを示唆した。本研究において、冷却によってCaとり込みとCa放出の速度が減少したことはこの示唆を支持する。ところで問題なのは、この冷却の効果がCaとり込みとCa放出の両者に現われた点である。この点についてはつぎの3つの可能性が考えられる。第1はCaとり込みとCa放出が別々の上皮細胞によって行なわれている可能性である。さきに野村および河野(1975)<sup>11)</sup>の行なった組織化学はATPアーゼの存在部位を明確には提示しなかったものの、ATPアーゼ活性は舌粘膜表層全体にみられたのでこの可能性は少ない。第2は上皮細胞のCa輸送担体(多分ATPアーゼ自身)が口腔へのCa輸送と舌内へのCa輸送の両者に働いている可能性である。カエル舌化学受容器はCaイオンの助けによって水を感じると考えられている(Nomura & Sakada, 1965)<sup>13)</sup>が、もしそのために口腔内Caイオン濃度を一定に保っておく必要が

あるとすると、カエル口腔粘膜がCaの吸収と排泄の両機能を有して口腔内Caイオン濃度調節を行なっている、不思議ではないように思われる。第3は、Caとり込みとCa放出のうち一方のみが能動輸送であり、他方は促進輸送、つまり担体をもつ受動輸送であるという可能性である。舌粘膜ATPアーゼは能動輸送に関与していると考えられるので、Caとり込みとCa放出の両者とも促進輸送である可能性は少ないが、一方が促進輸送である可能性は十分考えられる。本研究でCaとり込みが能動輸送らしいと考えられた根拠は、Caとり込み速度に対する温度の影響および2,4 DNPとRu redのCaとり込み速度に対する抑制効果であるが、後者は2,4 DNPやRu redの濃度がかかなり高くないと効果がない点から能動輸送に対する十分な証拠とはいえない。また、温度の影響は促進輸送でもみられる(Davson, 1970)<sup>3)</sup>ので、前者も能動輸送に対する決定的証拠とはなり得ない。これら3つの可能性のうち、どれが真実かは、今後の実験を待つ必要がある。

## III. Ca能動輸送と化学受容器のCa応答

Nomura(1975)<sup>9)</sup>は、Caイオン能動輸送を阻害する2,4-DNP、キナクリンおよびRu redなどがカエル舌化学受容器のCa応答を抑制することから、カエル舌化学受容器の受容分子がCa依存性ATPアーゼであり、Caが味細胞にとり込まれることによってCa応答が生じるのではないかと考えた。しかし野村および河野(1975)<sup>11)</sup>によると、ATPアーゼは化学受容器のある茸状乳頭感覚円盤で密に存在するものの、他の舌粘膜部分にも存在することから、両者に一義的關係はないと考えられる。だが、本研究においてCaイオンとり込みおよび化学受容器のCa応答が同じような濃度でNaClとSLSによって抑制されるという点、また詳しく検討されなかったが、化学受容器のCa応答を抑制するRu red、2,4 DNPが<sup>45</sup>Caとり込みを抑制する点は、両者に何らかの関連がありそうな感じを与える。恐らく、化学受容器の受容分子とCa依存性ATPアーゼのCaイオン結合部位が極めて似た性質をもつことによるのであろう。

## 要 約

カエル舌粘膜におけるCaイオン輸送を放射性

同位元素  $^{45}\text{Ca}$  を用いて調べた。実験結果は以下の通りである。

1. 舌の  $\text{Ca}$  とり込みは  $\text{NaCl}$  や  $\text{NaSCN}$  によって抑制され、とり込み速度は  $1\text{M}$   $\text{NaCl}$  存在下で元の  $10\%$  程度に落ちた。
2. 舌の  $\text{Ca}$  とり込みは、2,4-ジニトロフェノール、ルテニウムレッドおよびラウリル硫酸ナトリウムによって抑制された。しかし  $\text{Ca}$  とり込み速度は元の  $1/3$  以下にはならなかった。
3. 舌の  $\text{Ca}$  とり込みおよび舌からの  $\text{Ca}$  放出の両者が低温によって抑制された。しかし両者の速度は元の  $1/3$  以下にはならなかった。

以上の結果は、カエル舌粘膜では  $\text{Ca}$  イオンの能動輸送と受動輸送の両者があることを示唆する。

## 謝 辞

本研究の一部は、放射線医学総合研究所にて行なわれたもので、本研究に御援助下さった環境衛生部渡辺博信博士、市川龍資博士ならびにアイソトープ取り扱いなどを御指導下さった稲葉次郎博士に厚く御礼申し上げます。なお本研究の経費の一部は文部省科学研究費補助金（一般研究 No. 057343 ならびに総合研究 (A) No. 938028）によった。

## 文 献

- 1) Baradi, A. F. and Bourne, G. H. (1953) Gustatory and olfactory epithelia. *Int. Rev. Cytol.* **2** : 289-330.
- 2) Beidler, L. M. (1961) Taste receptor stimulation. *Progress in biophysics and biophysical chemistry* **12** : 107-151.
- 3) Davson, H. (1970) *A textbook of Physiology*. Churchill, London.
- 4) Frömter, E. and Diamond, J. (1972) Route of passive ion permeation in epithelia. *Nature New Biology* **235** : 9-13.
- 5) Iwayama, T. and Nada, O. (1967) Histochemical observation on the phosphatases of the tongue, with special reference to taste buds. *Arch. histol. jap.* **28** : 15-163.
- 6) Lee, K. S. and Shin, B. C. (1969) Studies on the active transport of calcium in human red cells. *J. Gen. Physiol.* **54** : 713-729.
- 7) Mistretta, C. M. (1971) Permeability of tongue epithelium and its relation to taste. *Amer. J. Physiol.* **220** : 1162-1167.
- 8) Moore, C. R. (1971) Specific inhibition of mitochondrial  $\text{Ca}^{++}$  transport by ruthenium red. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* **42** : 298-305.
- 9) Nomura, H. (1975) Effects of ruthenium red, quinacrine hydrochloride, ethacrynic acid and 2,4-dinitrophenol on the water receptor of the frog tongue. *Jap. J. Physiol.*, **25** : 165-173.
- 10) 野村浩道, 河野のり子 (1975) カエル舌水受容器に対する Nitrophenol 化合物および界面活性剤の抑制作用, *医学*, **88** : 315-318.
- 11) 野村浩道, 河野のり子 (1974) カエル舌粘膜表面 ATP アーゼの役割, *歯基礎誌*, **17** : 492
- 12) Nomura, H. and Ishizaki, M. (1972) Effects of anions on the chemoreceptor response of frog's tongue. *Olfaction and Taste IV.* 266-272, *Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart*.
- 13) Nomura, H. and Sakada, S. (1965) On the water response of frog's tongue. *Jap. J. Physiol.* **15** : 433-443.
- 14) Rakhwy, M. T. E. (1963) Alkaline phosphatases in the epithelium of the human tongue and a possible mechanism of taste. *Acta anat.* **55** : 323-342.
- 15) Wasserman, R. H. and Kallfelz, F. A. (1970) Transport of calcium across biological membranes. *Biological calcification* 313-345, ed. by H. Schraer, Appleton-century-crofts, New York.
- 16) Wins, P. and Schoffeniels, E. (1966) Studies on red-cell ghost ATPase system : Properties of a  $(\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+})$ -dependent ATPase. *Biochim. Biophys. Acta*, **120** : 341-350.