

## 総説特集Ⅱ：食べ物のおいしさを引き出すうま味とコクを考える－3

## 世界に広がるうま味の魅力

栗原 堅三\*

(青森大学)

コンブ、カツオブシ、シイタケは、昔から日本人にはなじみの深いものであり、日本人はうま味を素直に受け入れてきた。欧米人はコンブだしのような純粋なうま味溶液に接する機会がなかったためか、長い間うま味という味があることすら認めなかった。1982年に「うま味研究会」が発足して以来、うま味に関する国際シンポジウムが数多く開催されてきた。このなかで、うま味に関する新しいデータがつぎつぎと発表され、Umamiが第5番目の基本味であることが国際的に認知された。

うま味が国際的に認知されると、欧米のマスコミは、うま味がトマト、チーズ、ハムなど自分たちにもなじみの深い食物に豊富に含まれていることを盛んに報じてきた。日本食の味の主体はうま味であるが、うま味が欧米に広がったこともあって、今や世界各国で日本食は空前のブームである。長い間、世界では日の目をみなかったうま味が、日本の食文化とともに世界に羽ばたいている<sup>1)</sup>。

最後にこくについて触れる。食塩は低濃度でアミノ酸、うま味物質、甘味物質の味を大きく増強する。これにより食物の味は深みが増し、持続性が高められるので、食塩はこく増強物質といえる。

キーワード：うま味、うま味研究会、うま味国際シンポジウム、第5番目の基本味、日本食ブーム

## うま味物質の特性

## 1. イオン型がうま味をもつ

池田菊苗は、グルタミン酸ではなく、グルタミン酸の陰イオンがうま味をもっていることを発見した。図1に示すように、グルタミン酸の右端のカルボキシル基は酸性ではCOOHの形をとっているが、中性ではイオン化してCOO<sup>-</sup>の形になる。ほとんどの食物は中性であるから、グルタミン酸は食物中ではイオン化した形をとっている。グルタミン酸陰イオンの相手の陽イオンは、食物中に存在するNa<sup>+</sup>やK<sup>+</sup>である。したがって、コンブの抽出液を濃縮・乾固すれば、グルタミン酸ナトリウム塩 (MSG) とグルタミン酸カリウム塩 (MKG) の混合物が得られる。混合物は結晶化しないので、池田はコンブの抽出液を酸性にしてグルタミン酸の結晶を得た。

小玉新太郎は、カツオブシのうま味成分はイノシン酸 (IMP) のヒスチジン塩であることを見いだした。イノシン酸はリン酸基をもっているので、中性

では陰イオンとなるが、その相手がヒスチジンである。ヒスチジンは中性付近で陽イオンとなる。カツオブシのなかにはヒスチジンが非常に多いので、小玉はイノシン酸のヒスチジン塩を単離したが、後に国中明はイノシン酸の陰イオンがうま味の本体であり、イノシン酸のナトリウム塩もうま味をもつことを明らかにした。すなわち、うま味にはヒスチジンは必要なかったのである。グアニル酸 (GMP) も

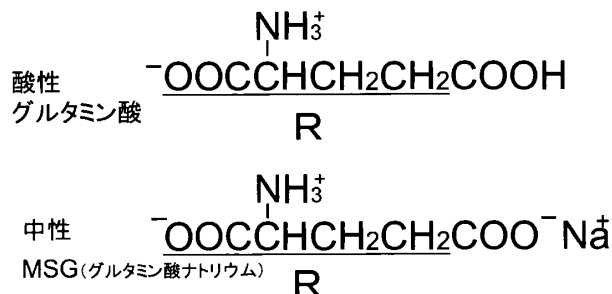


図1 グルタミン酸とグルタミン酸ナトリウム塩の構造

Received June 5, 2012; Accepted June 20, 2012

Attractive character of umami spreaded in the world.

\* Kenzo Kurihara: Aomori University, 2-3-1 Kobata, Aomori 030-0943; kurihara@aomori-u.ac.jp; Fax: +81-17-738-0143

栗原 堅三

リン酸基をもち、中性では陰イオンとなる。グアニル酸の陰イオンがうま味をもつのである。

## 2. 生成と分解

後で述べるイノシン酸とグアニル酸は、食材が生きていたときには含量が少なく、死後増加するが、グルタミン酸は食材が生きていたときから一定量存在する。野菜などの場合は、収穫してからむしろ含量は減少する。たとえば、トウモロコシ、枝豆、アスパラガスなどは、もぎたての方が味がいい。これらの野菜はもいでもまだ細胞は生きていたので、エネルギーを必要とする。そのエネルギーとして糖やグルタミン酸をはじめとするアミノ酸が使われるので、味が落ちてしまう。一方、発酵食品については後で述べるが、発酵過程でタンパク質が分解されるため、遊離のグルタミン酸量が増える。

イノシン酸は魚や肉など動物性の食材にしか存在しない。イノシン酸はATPの分解により生成する。魚の場合、絞めたてはATPの分解が始まらないので、イノシン酸はほとんど存在しない。絞めてから寝かせておくと、イノシン酸量が増える。生のカツオよりカツオブシの方がイノシン酸量ははるかに多い。カツオブシが作られる過程で、ATPの分解が起こりイノシン酸が生成されるためである。

グアニル酸は、キノコ類にしか含まれていない。グアニル酸は、リボ核酸がホスホヌクレアーゼで分解されて生成する。生シイタケのグアニル酸量は非常に少ないが、シイタケを干すと細胞が壊れ、リボ核酸がホスホヌクレアーゼの攻撃を受けてグアニル酸が生成する(図2)。グアニル酸は分解酵素の攻撃を受け、うま味のないグアノシンに変化する。分解酵素は45~50℃で最大活性を示す。したがって、干しシイタケを戻すときは、分解酵素の攻撃を受けないために低温の水を使う必要がある。干しシイタケを水に戻したら、グアニル酸分解酵素の攻撃をさけるため、一気に60~70℃に温度を上げる。この

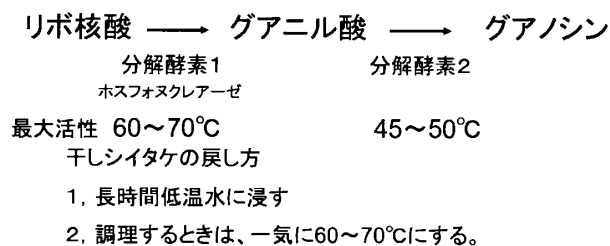


図2 グアニル酸の生成と分解

温度はホスホヌクレアーゼが最大活性を示す温度であり、残っているリボ核酸にこの酵素が働き、グアニル酸が生成される。水に戻し上記の温度にしたものは、干しシイタケよりもグアニル酸量がかかり多い。

## だしとうま味

コンブとカツオブシから取る一番だしは、最高のだしと言われている。京都の老舗の料亭では、コンブを60℃のお湯に1時間浸す。コンブを除いた液にカツオブシを入れ、沸騰したらカツオブシをこして取り除く。図3の左図は、コンブだしのアミノ酸組成を示している。驚くべきことに、グルタミン酸とアスパラギン酸(弱いうま味をもつ)以外のアミノ酸はほとんど含まれていない。純粋なうま味溶液である。昔から良質のだしを取るためにいろいろな工夫がされてきたが、うま味以外の「雑味」を除くための工夫であったと思われる。図3の右図は、カツオブシを入れた一番だしの組成を示している。カツオブシ由来のアミノ酸はヒスチジンがほとんどを占める。カツオブシは沸騰したらすぐに取り出してしまふのは、なるべく「雑味」となるアミノ酸を除くためと思われる。カツオを用いる最大の理由は、コンブのうま味にイノシン酸を入れるためである。図に示すように、一番だしにはイノシン酸が大量に含まれているので、グルタミン酸とイノシン酸の間に相乗作用が働く筈である。コンブだけのだしもカツオブシだけのだしも、うま味は非常に弱い。両者を混合すると数倍のうま味が生じるのである。

ところで、図4は母乳のアミノ酸組成を示している<sup>2)</sup>。アミノ酸のなかでは、グルタミン酸が圧倒的に多い。グルタミン酸量は、図3の左図に示したコンブだしのそれと同程度である。図には示していないが、母乳にはイノシン酸も含まれているので、母乳中ではグルタミン酸とイノシン酸の相乗作用も働いている筈である。母乳中になぜ多量のグルタミン酸が含まれているのであろうか。一つは母乳の味付けのためと、もう一つは赤ちゃんに生体防御物質であるグルタチオンを作らせるためと思われる。グルタチオンはグルタミン酸基を含むので、その合成にはグルタミン酸が必要である。グルタチオンは小腸で作られるので、口から摂取して小腸で吸収されたグルタミン酸が使われる。

世界に広がるうま味の魅力

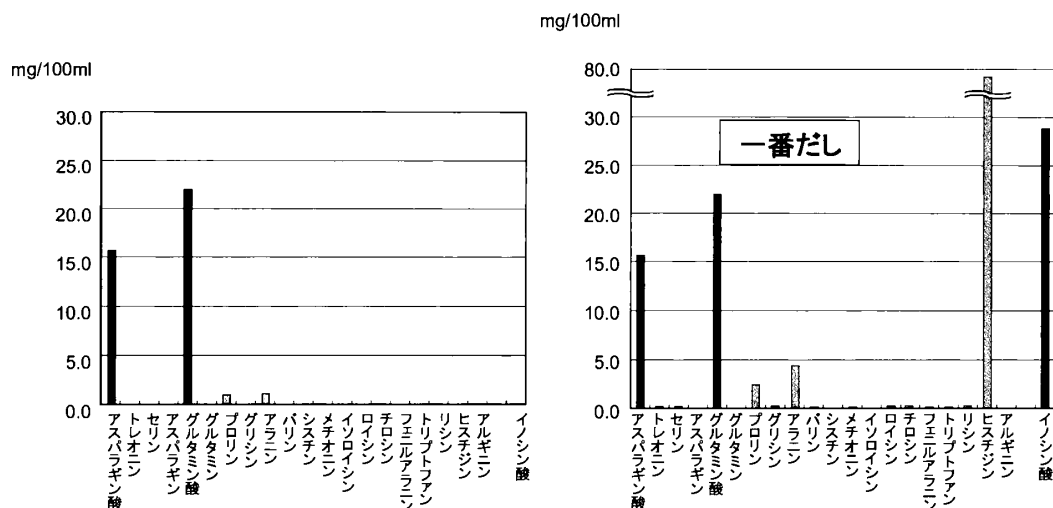


図3 左図 コンブだしのアミノ酸組成 コンブを60℃のお湯で1時間浸して取っただしの組成 (味の素ライフサイエンス研究所)  
 右図 コンブだしにカツオブシを入れた一番だしのアミノ酸とイノシン酸の組成 (味の素ライフサイエンス研究所)

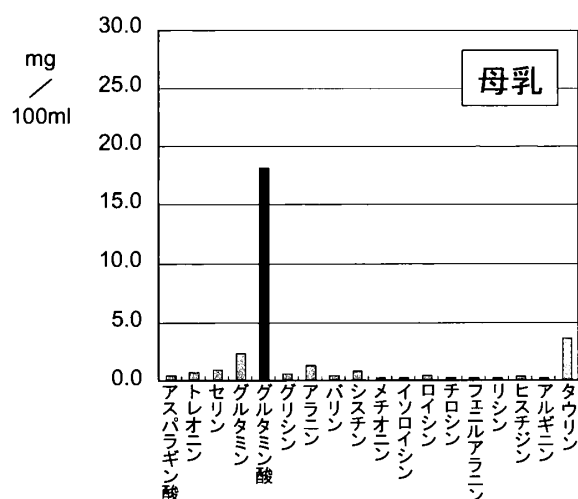


図4 母乳のアミノ酸組成 (文献2より引用)

このように、人間は生まれながらうま味物質に親しんでいるのである。ところで、インドでは今でも、幼児にMSGを添加した食品を与えるのを禁止している。母乳中にはグルタミン酸はMSGかMPGの形で存在しており、しかもこれらが大量に含まれていることが分かっている現在でも、禁止令は続いている。

発酵食品とうま味

タンパク質は、20種のアミノ酸から構成されており、発酵の過程で個々のアミノ酸にまで分解される。発酵の原料は、大豆(味噌、醤油)、牛乳

表1 発酵原料主要タンパク質のグルタミン酸含量

	主要タンパク質	グルタミン酸含量
大豆	グリシニン	26%
牛乳	カゼイン	23%
肉	ミオシン	21%

(チーズ)、肉(ハム)などである。表1は、これらの原料中の主要タンパク質のグルタミン酸含量を示している。いずれのタンパク質もグルタミン酸を21%以上含んでいる。20種のアミノ酸が同じ分子量をもっていて同じ割合でタンパク質に含まれているとすれば、5%になる筈であるから、21%以上というのはいかにも大きな数値である。

図5は、醤油と魚醬に含まれているアミノ酸組成を示している<sup>3)</sup>。いずれもグルタミン酸やアスパラギン酸が多く含まれている。とくにグルタミン酸は100ml中に800~950mgも含まれているのである。図6は、イタリアの代表的なチーズのアミノ酸組成を示している<sup>4)</sup>。100g中に約1.7gものグルタミン酸が含まれているのである。欧米人にはなじみ深い生ハムやアンチョビペーストにも、グルタミン酸は豊富に含まれている。

食品の味の決め手

鴻巣らは、多くの食物の味は、アミノ酸、うま味物質、塩の組合せで決まっていることを明らかにし

栗原 堅三

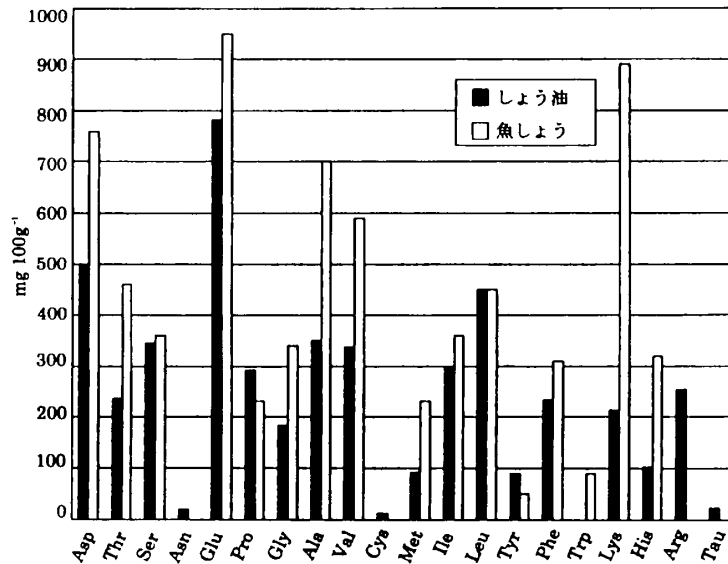


図5 醤油と魚醬のアミノ酸組成

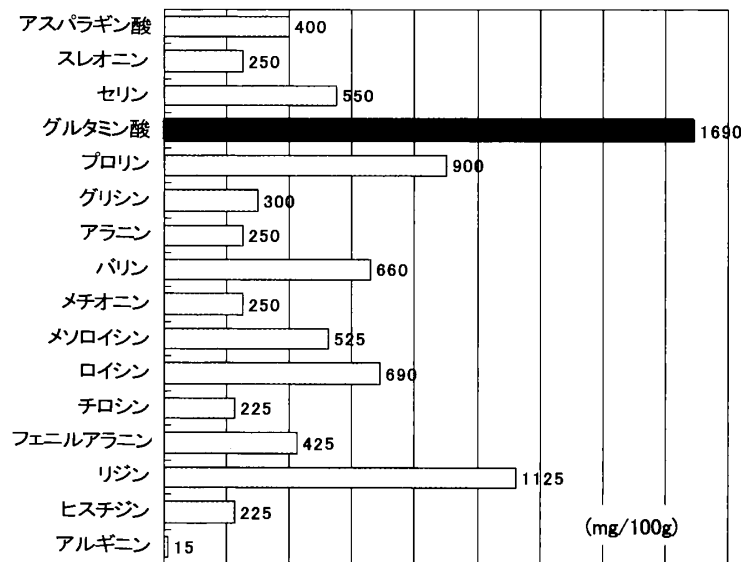


図6 チーズのアミノ酸組成

た<sup>5)</sup>。このうち、アミノ酸はそれぞれの食材の味の特徴を決めている。カニ味の場合は、グリシン、アラニン、アルギニンの3つのアミノ酸が必須である。ホタテは非常に甘い貝であるが、甘い味をもつグリシンが多量に含まれている。ウニの独特な味は、メチオニンに由来する。

うま味物質は、食材にうま味を添加する役割をもつため、うま味物質がないと、食材の本来のおいしさが出せない。食塩はアミノ酸の味を引き出すのに必要である。アミノ酸とうま味物質を混合しても、食塩がないと弱い味しか生じない。

## 食塩の増強効果

図7は、グリシンの味に対する共存食塩の効果を示している<sup>6)</sup>。約0.6% (100mM) の食塩が存在すると、増強効果は最大になり、それ以上濃度が高いと増強効果は減少する。0.6%の食塩は、少し塩味がする程度で、塩辛くはない。京風の上品なおすましの食塩濃度は0.9%程度であるから、0.6%はそれより低い濃度である。図7のデータは、イヌの鼓索神経応答を記録したものであるが、ヒトの官能検査でも同様な結果が得られている<sup>7)</sup>。

食塩の増強効果は、グリシンだけではなく、ほとんどのアミノ酸で見られる (図8)。また、グルタ

世界に広がるうま味の魅力

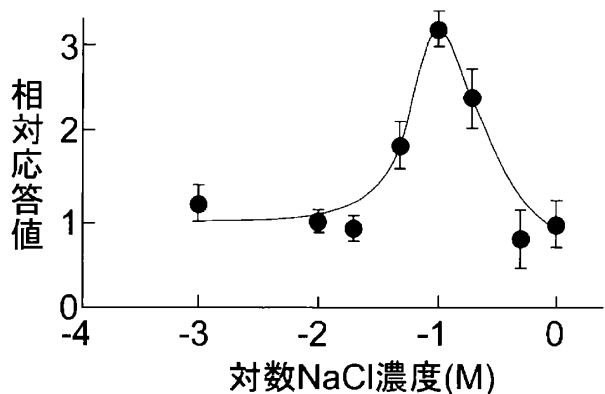


図7 イヌ鼓索神経におけるグリシン応答に対する共存食塩の増強効果 (文献6より引用)  
グリシン濃度: 100mM

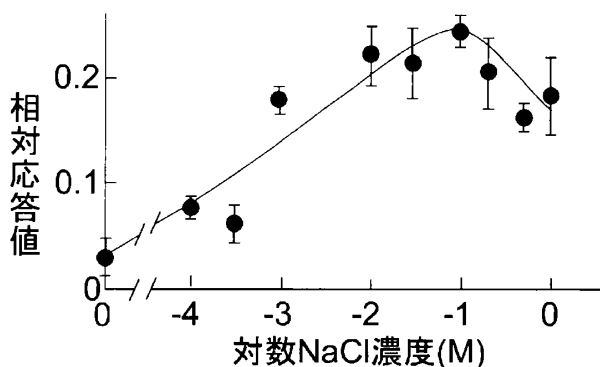


図10 イヌ鼓索神経におけるGMP応答に対する共存食塩の増強効果 (文献8より引用)  
GMP濃度: 1mM

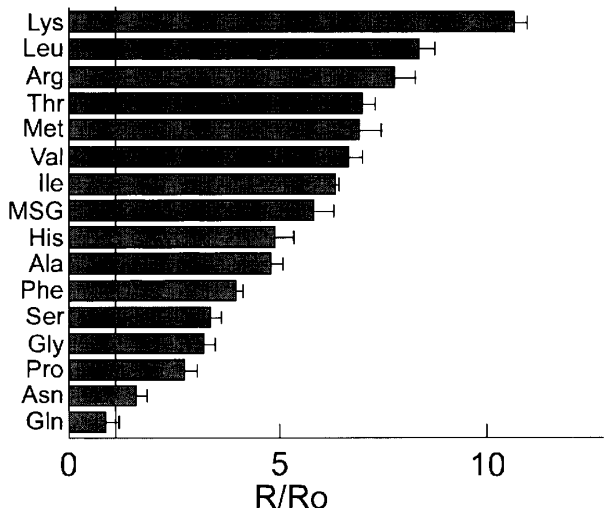


図8 イヌ鼓索神経における各種アミノ酸応答に対する共存食塩の増強効果 (文献6より引用)  
R: 100mM NaCl 共存下の応答値、Ro: 食塩なしのときの応答値、MSG以外のアミノ酸濃度: 100mM、MSG濃度: 400mM

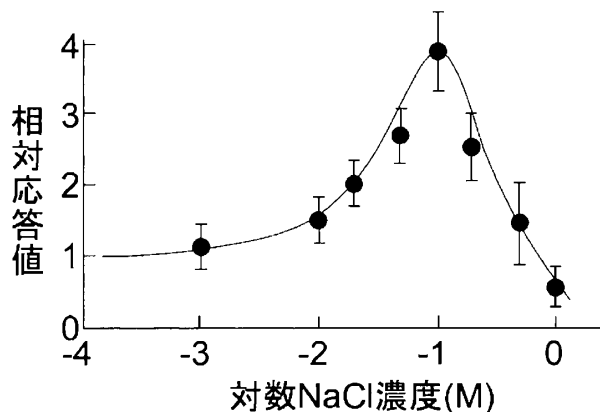


図11 イヌ鼓索神経におけるショ糖応答に対する共存食塩の増強効果 (文献9より引用)  
ショ糖濃度: 0.5M

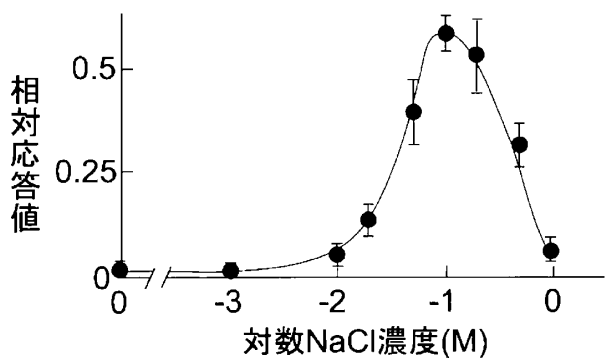


図9 イヌ鼓索神経におけるMSG応答に対する共存食塩の増強効果 (文献8より引用)  
MSG濃度: 200mM

ミン酸 (図9)、イノシン酸、グアニル酸 (図10) の応答も、食塩により増強される<sup>8)</sup>。さらに糖に対する応答も食塩により大きく増強される (図11)<sup>9)</sup>。NaClによるアミノ酸、うま味物質、糖などの応答増強は、いずれもNaClが0.6%付近で最大になる

塩による増強効果は、陽イオンと陰イオンの両者に依存する。NaClだけではなく、陽イオンを変えたKClやMgCl<sub>2</sub>でも、さらに塩化コリンや塩化トリリスように有機陽イオンに変えてもみられる。ただし陽イオンの種類により、増強効果の程度は異なる。また、NaClの陰イオンを変えたリン酸ナトリウムや硫酸ナトリウムでも、増強作用はみられる。

以上のように、増強効果には塩の陽イオンと陰イオンの両者が関与する。これらのことは、塩の陽イオンの膜透過性が増強効果に関与しているのではないことを示している。塩の陽イオンと陰イオンが味

栗原 堅三

受容膜に結合すると、受容膜のコンフォメーションが変化して、味物質の受容体への親和性が増し、増強が起こるものと考えられる。

今回のシンポジウムは、コクがテーマである。コクには味の複雑性、持続性が関与すると考えるなら、塩はごく少量でアミノ酸、うま味物質、甘味物質の味を大きく増強するので、コク増強剤と呼ぶことも出来る。

## うま味の国際シンポジウム

以前、欧米では MSG を風味増強剤 (Flavor enhancer) と呼んでいた。欧米人にはうま味という味が存在することは理解されなかったが、MSG が料理の味を良くすることは認めていた。アメリカ軍は、食事の改善のためうま味の官能検査を行い、数多くの論文を書いていた。結論はさまざまであったが、MSG は 4 基本味のどれかを増強するという論文が多かった。

1982 年うま味を研究していた日本の研究者が集まって、うま味研究会を発足させた。1985 年には、ハワイで第 1 回目のうま味に関する国際シンポジウムを、1990 年には、シシリー島で第 2 回目のシンポジウムを開催した。1993 年には、札幌で第 9 回の嗅覚・味覚国際シンポジウム (ISOT) が開催されたが、筆者が組織委員長であった関係もあり、うま味セッションを設けた。以後の ISOT ではうま味セッションを設けるのが慣例となった。

## 第 5 番目の基本味

ハワイでのシンポジウムで、山口静子は各種の味物質の質の違いを官能検査法で調べ、多次元尺度法でうま味は 4 基本味とは独立の位置にあることを示した<sup>10)</sup>。

テキサス大学のビュードローは、いろいろな動物の単一線維の味応答を記録した<sup>11)</sup>。ラットや山羊には MSG に応答する神経線維があったが、この神経は NaCl にもよく応答した。MSG には Na イオンが含まれているので、MSG に応答したのは Na イオンが含まれているからであるとした。また、ラットの鼓索神経線維の MSG に対する応答は、一般に非常に小さいとも報告した。

後に述べるように、筆者らはイヌは非常に大きなうま味の相乗作用を示すことを見いだした。MSG

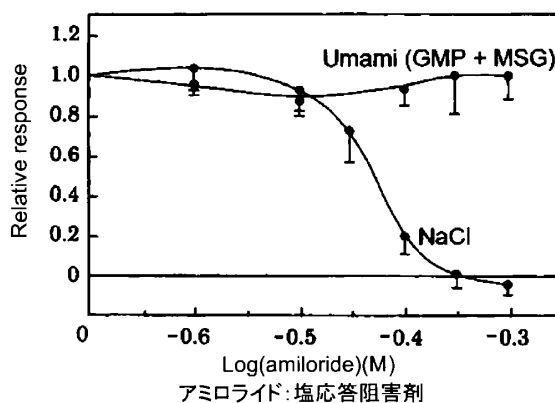


図 12 イヌ鼓索神経におけるうま味応答と NaCl 応答に対するアミロライドの効果。うま味応答は 0.5mM GMP + 100 mM MSG に対する応答。食塩応答は 100 mM NaCl に対する応答。(文献 12 より引用)

と GMP の混合液で生じた大きな応答は、塩応答の阻害剤であるアミロライドで阻害されなかった (図 12)<sup>12)</sup>。すなわち MSG と GMP で生じた応答は、Na イオンによるものではなく、うま味応答であることを証明した。

二ノ宮裕三と船越正也は、マウスの舌咽神経線維には、NaCl にはほとんど応答しないが、MSG にはよく応答する線維があることを発表した<sup>13)</sup>。また、第 2 回目のシンポジウムで、オックスフォード大学のロールズは、サルの大脳味覚野からの応答を記録し、MSG によく応答するが NaCl や他の味物質には小さな応答しか示さない神経ユニットがあることを報告した<sup>14)</sup>。

マウスやラットでも、MSG と IMP または GMP との間に相乗作用がみられるが、ヒトのそれに比べるとはるかに小さい。上で述べたように、イヌは大きな相乗作用を示す。図 13 左図には、イヌ鼓索神経の MSG と GMP の相乗作用を示している<sup>15)</sup>。GMP 濃度は 0.5mM に固定したが、この濃度の GMP では応答が出ない。MSG 濃度を上げると MSG だけでは応答が出ない範囲でも、GMP との共存で大きな応答が現れる。

相乗作用に関して、図 13 右図に示すようなモデルを提案した。うま味受容タンパク質 (うま味受容体) は当時まだ発見されていなかったもので、仮想のものである。この受容体には、ヌクレオチド (イノシン酸とグアニル酸) が結合するサイトと MSG が結合するサイトがごく近傍にある。ヌクレオチドが

## 世界に広がるうま味の魅力

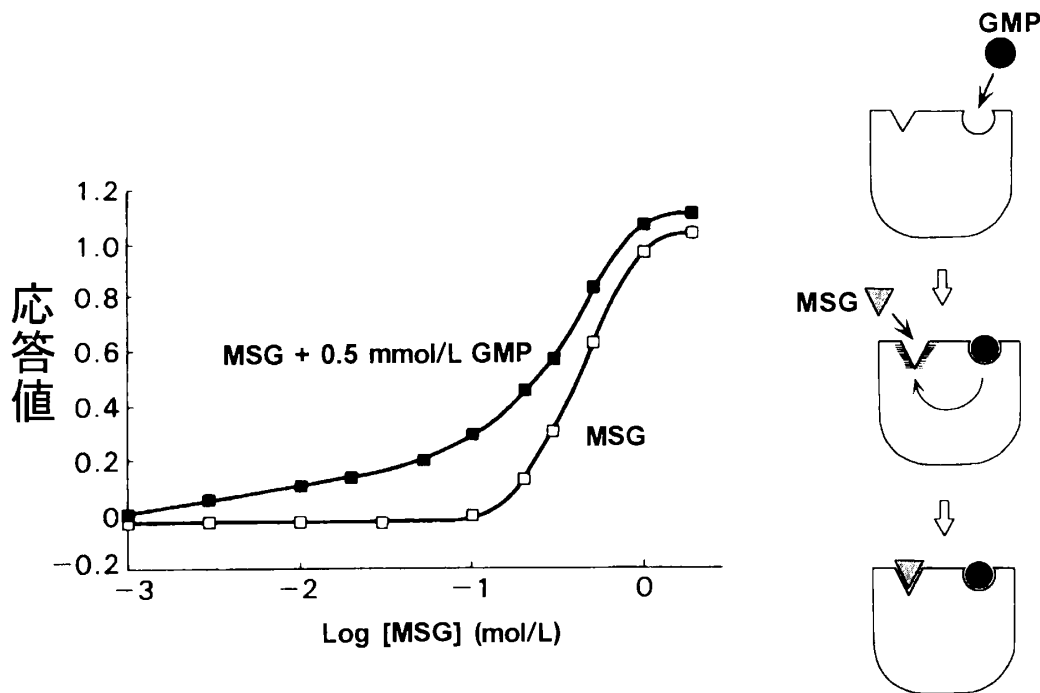


図13 左図 イヌ鼓索神経におけるMSGとGMPの相乗作用。GMP濃度を0.5mMに固定してMSG濃度を変化させた。(文献15より引用)  
右図 相乗作用の模式図

結合すると受容タンパク質にコンフォメーション変化がocこり、これがMSG受容サイトに伝わる。この結果、MSGが受容サイトに結合しやすくなるという説である。一方のサイトに刺激物質が結合すると他方のサイトの親和性が変化する例は、いくつかの酵素やヘモグロビンなどでも知られており、アロステリック効果と呼んでいる。後で述べるが、最近のうま味受容体の研究では、このモデルが支持されている。

以上のようなうま味に関する研究成果をまとめると、以下ようになる。1) 官能検査でうま味は他の基本味とは異なることが明らかになった。2) うま味の情報だけを伝える神経線維が存在した。3) うま味受容体の存在が明らかになった(当時受容体候補が報告されていたが、後に別の受容体が発見された)。これらの成果をもとに、うま味は第5番目の基本味であることが国際的に認められるようになった。うま味に対する英語はないので、Umamiが国際語として使われるようになった。1998年の1月14日のニューヨークタイムズ紙には、Umamiが第5番目の味として認められたことが大きく報道された。

## 受容体

マイアミ大学のグループは、うま味受容体は脳にあるグルタミン酸受容体と類似の構造をしていると考えて、舌に存在するグルタミン酸受容体を探索した。舌にはいろいろなタイプのグルタミン酸受容体が存在したが、mGluR4は舌の上皮細胞にはなく味蕾にだけ存在した。彼らは、これがうま味受容体であるという発表を行った<sup>16)</sup>。ただしこの受容体はMSGとヌクレオチドの間の相乗作用を示さなかった。

1990年代に、アメリカのバックとアクセルは約1000種類の嗅覚受容体を同定した。この受容体は細胞膜を7回貫通する構造をもっていた。味覚受容体も膜7回貫通構造をもっているとの仮定のもとに、味覚受容体の探索が始まった。1999年には、アメリカのズッカーのグループが、T2rと名付けられた膜7回貫通型タンパク質が、苦味受容体であることを発見した。2002年には、世界で6つのグループが甘味受容体を同定した。この受容体はT1r2とT1r3の2量体であった。

2002年には、マウスからアミノ酸受容体(T1r1とT1r3の2量体)が同定された<sup>17)</sup>。この受容体は、各種のアミノ酸とヌクレオチドの間で相乗作用を示

栗原 堅三

した(図14左)。ヒトの場合は、ヌクレオチドはグルタミン酸に対してだけ相乗作用を示すので、アミノ酸受容体がうま味受容体であることには疑問があった。実は、以前私の共同研究者である吉井清哲は、ラットの鼓索神経応答を測定し、ヌクレオチドはグルタミン酸だけではなく、ほとんどのアミノ酸との間で相乗作用を示すことを報告している<sup>18)</sup>。マウスのアミノ酸受容体の挙動と驚くほどよく似ている。

リーらは、ヒトのT1r1 + T1r3の受容体を用いて、アミノ酸に対する応答を調べた<sup>19)</sup>。この場合は、グルタミン酸だけがヌクレオチドとの間で相乗作用を示した(図14右)。ヒトの官能検査の結果と驚くほどよく似ているので、この受容体はうま味受容体であるとされた。

うま味受容体の2つの分子のうち、T1r1分子にグルタミン酸とヌクレオチドが結合するサイトが存在する<sup>20)</sup>。両者は互いに近接した位置にある(図15)ので、著者は私たちが提唱したアロステリックモデル(図13右)で相乗作用を説明している。

## 世界に広がるうま味

うま味が第5番目の基本味であることが認められると、それまでMSGには冷淡であったアメリカのマスコミは、好意的にUmamiを取り上げるようになった。2007年10月8日のウォールストリートジャーナル紙には、うま味物質は、欧米人にもなじみの深い食べ物(エスカルゴ、トマトケチャップ、チーズ、アンチョビ)に豊富に含まれていることを報じた。また、2008年10月15日のニューヨークタイムズ紙は、コンブとカツオブシからだしを取っているシェフの大きな写真を載せた。

筆者が今理事長を務めているNPO法人うま味インフォメーションセンターでは、日本語と英語のホームページを設けている。図16は、英語のホームページの月ごとの閲覧ページ数やアクセス数を示している。アクセス数は2009年11月には月6万件にも達している。その後アクセス数は減少しているが、それでも月1万件程度のアクセスがある。欧米のうま味に対する関心がいかに高いかが分かる。

今、世界中で空前の日本食ブームである。2006

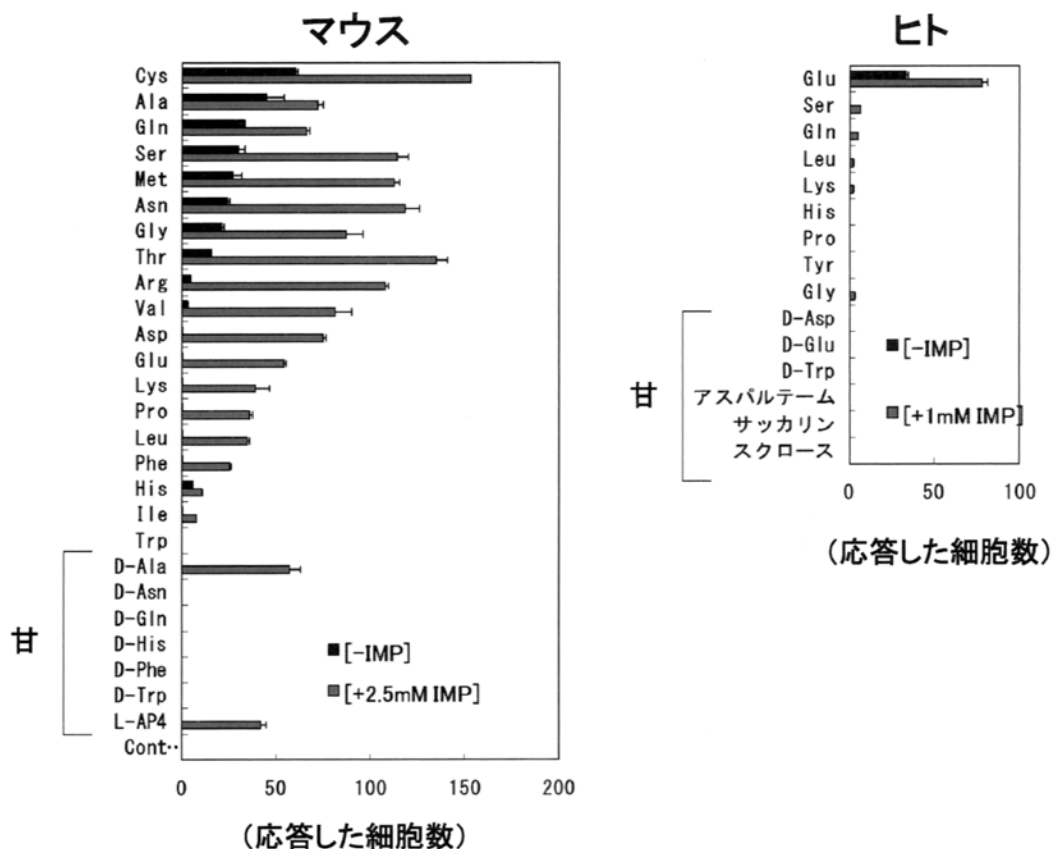


図14 左図 マウス受容体における各種アミノ酸に対するイノシン酸塩 (IMP) の効果 (文献17より引用)  
右図 ヒト受容体における各種アミノ酸に対するイノシン酸塩 (IMP) の効果 (文献19より引用)



## 世界に広がるうま味の魅力

年の農水省白書によると、世界の日本食レストランの総数は24,000店にのぼる。2009年は48,000店に増えている。店で提供している日本食は千差万別である。正当な日本食を出す店もあれば、およそ日本食とは言い難いものを出す店もある。

農林省が umami という単語が世界的に有名な英語辞書にどのくらい載っているかを調べたところ、調べた5つの辞書全てに載っていたという。またこの5つの辞書全てに、sake、sushi、tempura、tofu、wasabiの単語が載っている。

日本食が世界的なブームになっている背景には、日本食が体にいいことと、日本食の特徴である umami が新鮮な味として受け入れられたことがある。長い間世界で認められなかったうま味が、日本の伝統的な食文化とともに世界に羽ばたいたのである。

うま味の安全性<sup>21)</sup>

2008年3月5日のニューヨークタイムズ紙には、「Yes, MSG, the Secret Behind the Savor」と題する記事が大きく載った。なぜ、「Yes, MSG」なのか。以

前大々的に世界中の新聞を騒がせた「中華料理店症候群」がかなり詳しく紹介されており、結論的にはこの症候群は科学的に否定されているという記事である。

中華料理店症候群は、1968年のニューイングランド・ジャーナル・オブ・メデイスン誌に始めて報告された<sup>22)</sup>。中華料理を食べると顔がほてったり頭痛がすると訴える人がいるという内容であり、その原因は中華料理に含まれるMSGであると記述されている。当時、アメリカをはじめ世界中のマスコミは、中華料理店症候群を大々的に取り上げたので、MSGは体に悪いというイメージが広まった。日本でも同様な報道がくり返し行われた。

その後これらの症状を訴える人に対して、二重盲検法による臨床検査が行われた。たとえば、一方にはMSGを他方にはデンプンを入れて、どちらの場合に症状が起こるかが調べられたが、被験者の症状とMSGの摂取とはまったく関係がないと結論された。MSGは安全であるという意味で、ニューヨークタイムズ紙では「Yes, MSG」という題を付けた記事を書いたのである。記事の最後は、アメリカの

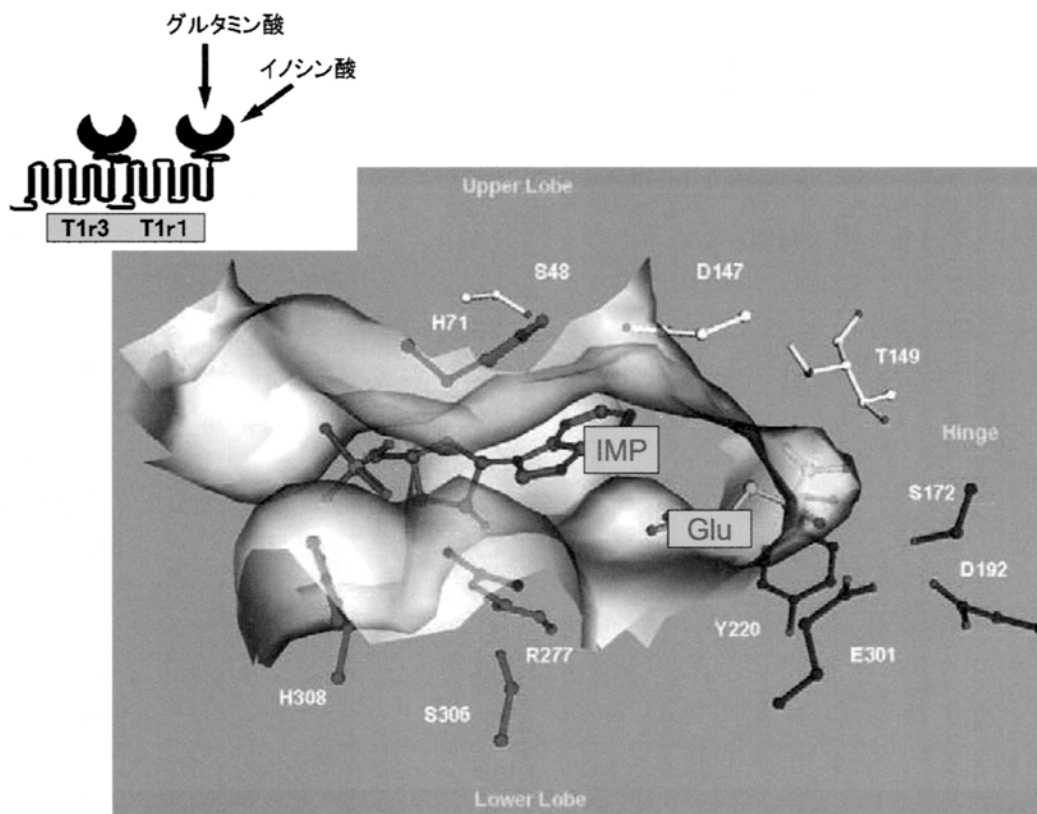


図15 T1r1分子中のグルタミン酸塩とイノシン酸塩の結合部位  
両結合部位は近接している。(文献20より引用)

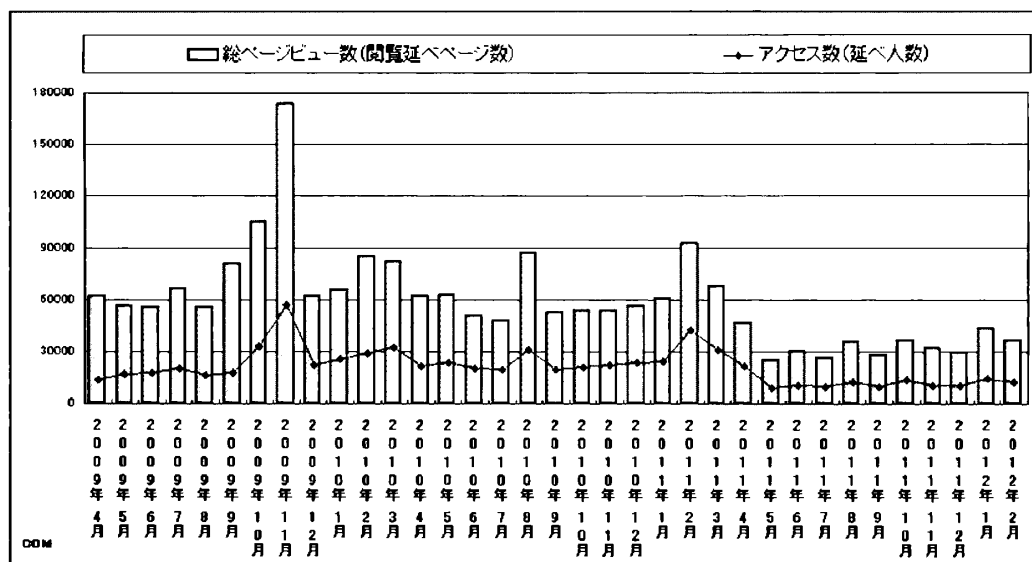


図 16 NPO 法人うま味インフォメーションセンターのホームページ（英語版）の月当たりのアクセス数

ある科学者の意見（食塩や砂糖と同じように、MSG は自然界に存在するものであり、適当な濃度であればいい味がするものである）で結んでいる。

MSG の安全性に疑いを投げかける論文は、1969 年にも出されている。ワシントン大学のオルニーは、サイエンス誌につきのような論文を発表した<sup>23)</sup>。生まれたてのマウスに大量の MSG を注射して、どこに異常があるかを丹念に調べた。その結果、脳のある一部の神経に損傷が起こることを見いだした。

そもそも、食品成分の安全性を調べるのに、何故注射したのかという根本的な疑問がある。たとえば、リンゴなどに多量に含まれている塩化カリウムを注射すれば、動物はたちどころに死んでしまう。口から摂取するのと注射で与えるのとでは、条件があまりにも違いすぎる。オルニーの発表後、大量（60kg の人に換算して 1 日 2.6kg）の MSG を、食事とともにマウスに与えた実験が行われた。マウスには何らの損傷も起こらなかったというのが結論である。

以上のように中華料理店症候群や MSG が脳に損傷を起こすことは科学的に否定されており、国連の国際食料農業機構、世界保健機関（WHO）、EU の食料科学委員会などが、1987 年と 1990 年に MSG の安全性を再確認している。

MSG の安全性を考えると、つぎのような事実を抑えておく必要がある。食物を摂取すると、な

かに含まれているタンパク質は消化管でアミノ酸に分解される。このとき MSG または MPG が生じる。食物中にはもともと遊離の MSG や MPG が存在する。私たちは、1 日 20g のグルタミン酸塩（タンパク質由来と遊離グルタミン酸塩の合計）を摂取している。グルタミン酸塩は小腸で吸収されるが、その 95% は小腸粘膜で消費されてしまう。粘膜ではグルタミン酸塩は、エネルギー源として使われるか、他のアミノ酸の合成に使われるか、生体防御物質であるグルタチオンの合成に使われる。したがって、食物由来のグルタミン酸塩は全身を回る血液にはほとんど入らないので、脳には行かない。グルタミン酸は非必須アミノ酸であるから、脳や筋肉のような組織で合成されている。

グルタミン酸塩の安全性の問題点をまとめてみる。1) 口から摂取したグルタミン酸塩のほとんどは小腸粘膜で消費されてしまうので、脳のような組織には行かない。2) グルタミン酸塩は、母乳に大量に含まれている。3) 中華料理店症候群がグルタミン酸塩の摂取のために起こることは科学的に否定された。4) オルニーの実験のように、食物の安全性を注射によって確かめることは、科学的には論外である。5) 一般市民のなかには、MSG は人工物であるから危険であると思っている人もいる。しかし、コンブや母乳や醤油のなかには、グルタミン酸として存在するのではなく、MSG や MPG の形で

## 世界に広がるうま味の魅力

存在しており、MSGは天然に存在する物質である。

## おわりに

本シンポジウムは、こくが主要なテーマであるから、コクについての私見を最後に述べる。こくの要因としては、味の深み、持続性、複雑性、調和性などが考えられる。うま味それ自身は、単独ではそれほど際だった味ではないし、しかもうま味物質の濃度を上げて、うま味の強度の増加はゆるやかである。うま味それ自身の強度が強くなくても、うま味が加わると食物の味全体の調和がとれ、他の「とがった」味を舌に優しいまろやかな味にする効果がある。

本稿でも述べたが、食塩は微量でアミノ酸、うま味物質、甘味物質などの味を顕著に増大させる。増強効果は、0.6%程度の食塩で十分であり、この濃度の食塩は、ほとんど塩辛くない。こうした食塩の効果は、勿論ヒトの場合に見られるが、ラットでは見られない。イヌはうま味の相乗効果がヒト並に大きい、食塩の増強効果もヒトと同じく顕著にみられる。ヒトでもイヌでも、食塩の増強効果は食塩なしの味の数倍にも達する。食塩の添加により、アミノ酸、うま味物質、甘味物質の味が顕著に増大するので、味全体が強くなり、味に深みが生じ、複雑化し、持続化する。この意味で、食塩はこくを増強する物質といえる。

## 文 献

- 1) 栗原堅三：うま味って何だろう。岩波ジュニア新書，岩波書店，東京（2012）
- 2) Rassion DK, Struman JA and Guall GE: Taurin and other free amino acids in milk of man and other mammals. *Early Hum Dev* 2, 1-13 (1978)
- 3) Yoshida Y: Umami taste and traditional seasonings. *Food Rev* 14, 213-246 (1998)
- 4) Ninomiya K: Natural occurrence. *Food Rev* 14, 177-211, (1998)
- 5) Konosu S, Hayashi T and Yamaguchi, K: Role of extractive components of boiled crab in producing the characteristic flavor. *In: Umami: A basic taste*, Marcel Dekker, Inc., New York · Basel, p. 235-253 (1987)
- 6) Ugawa T and Kurihara K: Large enhancement of

canine taste responses to amino acids by salts. *Am J Physiol* 264, R1071-R1076 (1993)

- 7) Ugawa T, Konosu S and Kurihara K: Enhancing effects of NaCl and Na phosphate on human gustatory responses to amino acids. *Chem Senses* 17, 811-815 (1992)
- 8) Ugawa T and Kurihara K: Enhancement of canine taste responses to umami substances by salts. *Am J Physiol* 266, R944-R949 (1994)
- 9) Kumazawa T and Kurihara K: Large enhancement of canine taste responses to sugars by salts. *J Gen Physiol* 95, 1007-1018 (1990)
- 10) Yamaguchi S.: Fundamental properties of umami in human taste sensation. *In: Umami: A basic taste*, Marcel Dekker, Inc., New York · Basel, pp. 41-73 (1987)
- 11) Boudreau JC: Mammalian neural taste responses to amino acids and nucleotides. *In: Umami: A basic taste*, Marcel Dekker, Inc., New York · Basel, pp. 201-217 (1987)
- 12) Nakamura M and Kurihara K: Canine taste nerve responses to monosodium glutamate and disodium guanylate: differentiation between umami and salt components with amiloride. *Brain Res* 541, 21-28 (1991)
- 13) Ninomiya Y and Funakoshi M: Qualitative discrimination among umami and the four basic taste substances in mice. *In: Umami: A basic taste*, Marcel Dekker, Inc., New York · Basel, pp. 365-385 (1987)
- 14) Baylis LL and Rolls ET: Response of neurons in the primate taste cortex to glutamate. *Physiol Behav* 49, 973-979 (1991)
- 15) Kumazawa T and Kurihara K: Large synergism between monosodium glutamate and 5'-nucleotides in canine taste nerve responses. *Am J Physiol* 259, R420-R426 (1990)
- 16) Chaudhari N, Landin AM and Roper SD: A metabolic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. *Nat Neurosci* 3, 113-119 (2000)
- 17) Nelson G, Chandrashekar J, Mark A, Hoon MA, Feng L., Zhao ZG., Ryba NJR and Zuker CS: Amino-acid taste receptor. *Nature* 416, 199-202 (2002)

栗原 堅三

- 18) Yoshii K, Yokouchi C and Kurihara K: Synergistic effects of 5'-nucleotides on rat taste responses to various amino acids. *Brain Res* 367, 45-51 (1986)
- 19) Li X, Staszewski L, Xu H, Durick K Zoller M and Adler L: Human receptors for sweet and umami taste. *Proc Natl Acad Sci USA* 99, 4692-4696 (2002)
- 20) Zhang F, Klebansky B, Fine RM, Xu H, Oronin A, Liu H, Tachdian C and Li X: Molecular mechanism for umami taste synergism. *Proc Natl Acad Sci USA* 105, 20930-20934 (2008)
- 21) 林裕造: グルタミン酸の安全性. グルタミン酸の科学 (栗原堅三, 渡辺明治, 小野武年, 林裕造共著), 講談社サイエンティフィク, 講談社, 東京, pp. 163-189 (2000)
- 22) Kwok HM: Chinese restaurant syndrome. *New Engl J Med* 18, 178 (1968)
- 23) Olney JW: Brain lesions, obesity, and other disturbances in mice treated with monosodium glutamate. *Science* 164, 719-721 (1969)

<著者紹介>

栗原 堅三 (くりはら けんぞう) 氏略歴

- 1963年 東京工業大学大学院博士課程修了  
1963年 同大学化学科助手  
1966~1968年 シカゴ大学及びフロリダ州立大学博士研究員  
1972年 北海道大学薬学部助教授  
1979年 同教授  
1993年 同学部長  
1999年 同大学退官  
1999年 青森大学大学院教授  
2002年 同大学学長  
2009年 同大学特任教授

