

# 世界に広がるうま味の魅力

—発見から世界的ブームになるまで—

特定非営利活動法人(NPO法人)

うま味インフォメーションセンター

## INDEX

(ページ)

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 日本の十大発明家           | 1  |
| 2. 池田菊苗               | 1  |
| 3. コンプのうま味成分の発見       | 2  |
| 4. 核酸系うま味物質と相乗作用の発見   | 3  |
| 5. 食材中のうま味物質含量        | 4  |
| 6. 食物とうま味物質           | 4  |
| 7. うま味研究会の発足          | 7  |
| 8. 基本味としてのうま味         | 7  |
| 9. うま味受容体             | 9  |
| 10. 世界に広がるうま味         | 11 |
| 11. ふたたび MSG の安全性について | 12 |
| 12. 世界に広がる日本食ブーム      | 14 |
| 文献                    | 15 |
| 略歴                    | 16 |

# 世界に広がるうま味の魅力

## ー 発見から世界的ブームになるまで ー

栗原 堅三 (NPO 法人うま味インフォメーションセンター理事長)

### 1. 日本の十大発明家

1985 年特許庁は日本の十大発明家を選定したが、当然のことながらうま味を発見した池田菊苗も選定されている(図 1)。図に示すように、十大発明家には明治時代の研究者が何人も選定されている。生命科学の分野では、池田の他に高峰譲吉と鈴木梅太郎の名前がある。高峰はアドレナリンを世界で最初に結晶化し、鈴木はビタミン B<sub>1</sub> を初めて発見した。アドレナリンはホルモンであり、ビタミン B<sub>1</sub> は無論ビタミンである。当時ホルモンやビタミンの概念はなかったが、その後多種類のホルモンやビタミンが続々と発見され、ホルモン学とビタミン学が生命科学において大きな学問分野になった。高峰と鈴木は、ホルモン学とビタミン学の創始者である。両者の業績は当然ノーベル賞に値するが、何故か受賞されなかった。当時の日本は、東洋の片隅にある小さな国とされていたのが災いしたのであろう。

それでも高峰と鈴木の業績は、当時から広く世界に知られていた。池田の業績も現在から考えれば高峰や鈴木に匹敵する大きなものであるが、池田の名前は長い間欧米では知られていなかった。これは 1990 年代までは、うま味そのものが欧米の科学者に認知されていなかったためである。現在ではうま味が第 5 番目の基本味であることが国際的に広く認められており、池田の業績は世界的に高く評価されている。

この小論では、うま味が基本味として認められるに至った経過を詳しく紹介する。

#### 日本の十大発明家 (1985 年 特許庁選定)

1. 豊田佐吉 (木製人力織機、自動織機)
2. 御木本幸吉 (養殖真珠)
3. 高峰譲吉 (タカジアスターゼ、アドレナリン)
4. 池田菊苗 (グルタミン酸ナトリウム)
5. 鈴木梅太郎 (ビタミン B<sub>1</sub>、ビタミン A)
6. 杉本京太 (邦文タイプライター)
7. 本多光太郎 (KS 鋼、新 KS 鋼)
8. 八木秀次 (八木・宇田アンテナ)
9. 丹羽保次郎 (NE 式写真電送機)
10. 三島徳七 (MK 鋼)

### 2. 池田菊苗

池田菊苗は、1864 年(明治元年の 4 年前)に京都で生まれた(表 1)。以前からコンブは北前船で北海道から本州各地に運ばれていたが、とりわけ京都には沢山のコンブが運ばれていた。京都はコンブ文化がもっとも発達していたところである。池田は小さい頃からコンブに親しんでいたために、後にコンブのうま味に着目したのであろう。

池田の幼少時代は、小刀を腰に差して寺子屋に通っていた時代である。9 才の時に東京に出て約 2 年間英語を勉強し、京都に帰ってからも宣教師から英語を学んでいる。成人した池田は、アルバイトで英語の講師をしたほど英語に堪能であった。京都に戻ってから一時大阪に住んでいたが、このとき造幣局のお雇外人から英書で化学を学んだ。池田は自宅にいろいろな実験道具を揃え、化学の実験を行っていた。彼が 16 才の頃である。

1877 年(明治 10 年)、東京大学が誕生した。池田は学問を学ぶために東京に出ることを熱望していたが、その頃の池田家の財政はきわめて悪化しており、上京を許して貰えるどころではなかった。池田は 18 才の春、家人が花見で留守のとき、自分の布団を売って旅費を作り、無断で上京した。翌年の 1882 年(明治 15 年)には目的の大学予備門に入学し、予備門理科を卒業後に東京大学理学部化学科に入学した。池田の卒業研究を指導したのは、桜井錠二教授である。桜井は有機化学が専門であったが、物理化学に深い興味をもっており、池田に物理化学の研究をするよう指導した。以後池田は、物理化学の研究者としての道を歩むことになる。

1896 年(明治 29 年)、池田は母校の化学科助教授となった。1899 年(明治 32 年)には、ドイツ・ライプツヒ大学のオストワルド研究室に留学した。オストワルドは、池田が留学した後の 1909 年に、物理化学分野の研究でノーベル化学賞を受賞している。池田はこの研究室で 2 年間、物理化学の研究に従事した。

図 1. 日本の十大発明家





| 西暦    | 元号      |                                           |
|-------|---------|-------------------------------------------|
| 1864年 | (元治1年)  | 薩摩藩士池田春苗次男として京都に生まれる                      |
| 1868年 | (明治元年)  |                                           |
| 1880年 | (明治13年) | 16才、大阪で化学を学ぶ                              |
| 1881年 | (明治14年) | 親に内緒で東京に出る                                |
| 1889年 | (明治22年) | 東京帝国大学理科大学化学科（東京大学理学部化学科）を卒業 高等師範学校で教鞭をとる |
| 1899年 | (明治32年) | 物理化学の研究のためドイツに留学 オストワルド教授に師事              |
| 1901年 | (明治34年) | 東京帝国大学物理化学教授                              |
| 1907年 | (明治40年) | コンブのうま味成分の研究開始                            |
| 1908年 | (明治41年) | うま味成分（グルタミン酸の塩）を同定                        |

表1. 池田菊苗博士 略歴

ドイツでの留学を終えてからロンドンに立ち寄り約3ヶ月半滞在したが、このときの下宿先には夏目漱石が滞在していた。池田と夏目は、この間親密な交流を重ねた。夏目は、「池田君は科学者なのに哲学や文学などに造詣が深い素晴らしい知識人である」と信服していた。ロンドン滞在当時夏目はいささかノイローゼ気味であったが、池田との交流でノイローゼが吹き飛んだと言われている。

帰国後、1901年（明治34年）母校の物理化学の教授に昇進した。池田は日本の物理化学分野では初めての教授であり、池田の研究室からは、鮫島実三郎をはじめとする多くの優秀な物理化学者が育っていった。池田は日本の物理化学の創始者である。

### 3. コンブのうま味成分の発見

1907年（明治40年）、池田はコンブのうま味成分の研究を開始した。それまで池田は、物理化学という実用からはもっとも遠い分野の研究をしていた。純正化学者であった池田は、「応用面で成果を挙げ、純正化学者が工業上からも“無用の長物”でないことを示そう」と考えていた。この考えが、池田がうま味成分の研究を始める背景にあった。

うま味成分の研究を始めてから1年後の1908年に、うま味成分を明らかにした。したがって、2008年はうま味発見100周年に当たる。

池田は乾燥したコンブを出発材料とした（図2）。コンブには多量のタンパク質が含まれているが、乾燥コンブ中ではタンパク質は変性しており水に溶け出さない。したがって、乾燥コンブの水抽出液にはタンパク質は含まれていない。この抽出液には食塩やマンニトールが大量に含まれているが、これらは結晶として沈殿するので

容易に取り除くことが出来た。池田は、未知うま味物質は有機酸であると推定していた。ろ液は中性なので、未知有機酸は塩の形で含まれている。この有機酸塩は、水によく溶けるので容易には沈殿しない。池田はろ液に硝酸鉛を加え、未知有機酸を鉛塩として沈殿させた。鉛を取り除いた後、硫酸で処理して酸型の未知うま味物質の結晶を得た。乾燥コンブ12kgから30gの酸型の未知うま味物質が得られた。この未知物質は、種々の分析によりグルタミン酸であることが明らかになった。

グルタミン酸自身はうま味をもっていない。池田はグルタミン酸をアルカリで中和してグルタミン酸の塩を作成し、これがうま味を呈することを確認した。グルタミン酸自身はすでに発見されていた物質であるが、それまでグルタミン酸を舐めた人は酸っぱくて不味い味がすると記述していた。コンブは中性の食材であり、その中のうま味成分は中性の塩の形で存在する筈である。グルタミン酸を中和して塩の形で味わったことは、池田の物理化学的な素養の賜である。

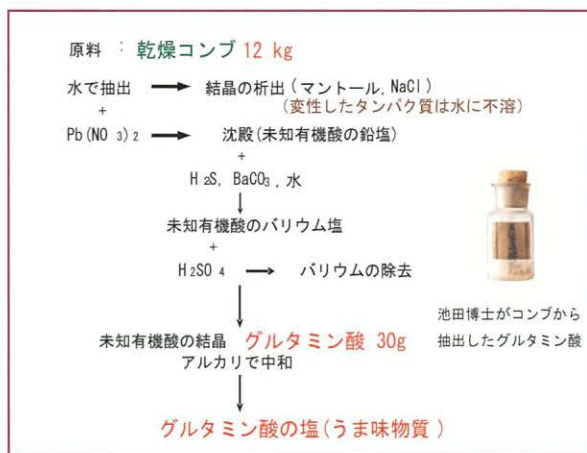


図2. コンブからうま味物質の抽出

#### 4. 核酸系うま味物質と相乗作用の発見

池田はカツオブシのうま味成分にも興味を持っていた。当時池田研究室の研究生であった小玉新太郎に、カツオブシのうま味成分の解明というテーマを与えた。1913年（大正2年）、小玉はこのうま味成分がイノシン酸の塩であることを明らかにした（図3）。グルタミン酸がアミノ酸であるのに対して、イノシン酸は核酸系の物質である。

ついで、1957年（昭和32年）にヤマサの国中明は、グアニル酸の塩がうま味を呈することを発見した。後に中島寛郎によって、グアニル酸塩はシイタケのうま味成分であることが明らかにされた。

国中はグルタミン酸塩とイノシン酸塩またはグアニル酸塩の間に、大きな相乗作用があることを発見した。

図4は、後に山口静子が調べたグルタミン酸ナトリウム（MSG）とイノシン酸ナトリウム（IMP）の間の相乗作用を示している<sup>1)</sup>。横軸のゼロはMSG単独

であるが、これにIMPを添加すると、うま味は飛躍的に増大する。さらにIMPの割合を増やすと相乗作用は減少する。図に示すように、MSGとIMPの間の相乗作用はきわめて大きい。したがって、うま味は相乗作用なしには語れない。なお、MSGとグアニル酸塩の間でも同じような相乗作用が見られる。

日本をはじめ諸外国の料理では、経験的に相乗作用が利用されている（図5）。日本では、“だし”をとるときに、グルタミン酸塩を含んでいるコンブとイノシン酸塩を含んでいるカツオブシまたは煮干しを使用する。西洋では、トマト、タマネギ、ニンジンなど（グルタミン酸塩を含む）と肉（イノシン酸塩を含む）を煮込んだ料理を作る。中国では、長ネギや生姜などと肉を合わせた料理が作られる。このように諸外国では、相乗作用を長い間経験的に利用してきた。

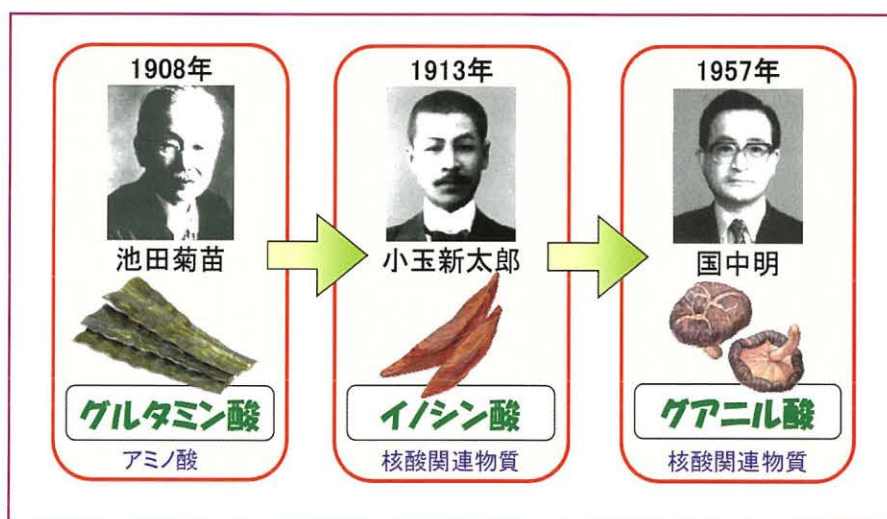


図3. うま味物質を発見した人々

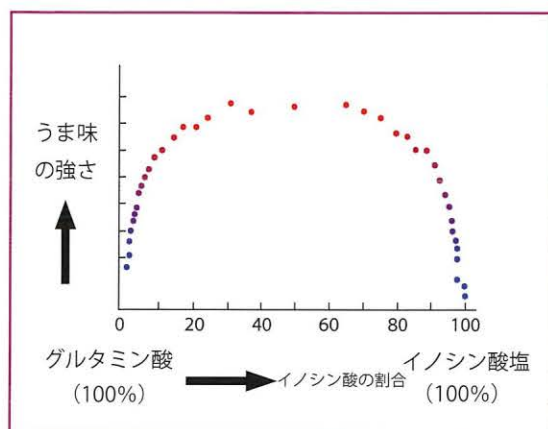


図4. うま味の相乗作用<sup>1)</sup>

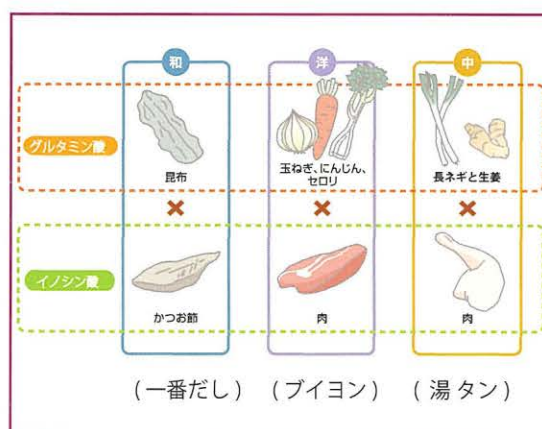


図5. うま味の合わせ技



## 5. 食材中のうま味物質含量

グルタミン酸、イノシン酸、グアニル酸などのうま味物質が発見されて以来、各種の食材中のうま味物質含量が調べられてきた（図6）。グルタミン酸は、植物性食材と動物性食材にまんべんなく含まれている。これに対して、イノシン酸はサカナや肉など動物性食材に、グアニル酸はシイタケのようなキノコ類のみに含まれている。このようにうま味物質は特定の食材だけではなく、多くの食材に広く含まれている。

ところで生のカツオよりカツオブシの方が、イノシン酸を多く含んでいる（図6）。もともとイノシン酸はATP（筋肉中に多量に存在するエネルギー源物質）の分解により生成されるが、細胞が死ぬとATPの分解が始まりイノシン酸が生成される。これがカツオブシの方が含量の多いゆえんである。よくサカナは絞めたら、数時間寝かせた方がおいしいと言われる。絞めたてのときはATPの分解が始まらないのでイノシン酸含量は低いが、数時間寝かせておくとATPが分解されてイノシン酸含量が増えるのでおいしくなるのである。

シイタケの場合も、生のものより干したもののほうがグアニル酸含量が多い。グアニル酸は、細胞内に存在するリボ核酸の分解により生成される。シイタケが干されると、細胞が破壊されリボ核酸が分解酵素と接触するようになり、グアニル酸含量が増える。

## 6. 食物とうま味物質

コンブは“だし”をとるのに、もっともよく使われる。京都の老舗の料亭では、コンブを60℃のお湯に1時間浸して“だし”をとる。図7の左側の図は、こうして作った“だし”の遊離アミノ酸組成を示している。グルタミン酸とアスパラギン酸含量が、圧倒的に多いのが特徴である。アスパラギン酸は、弱いうま味を持っている。したがって、“コンブだし”はほぼ純粋なうま味物質溶液である。

図7の右側の図は、母乳の遊離アミノ酸組成を示している。グルタミン酸含量が圧倒的に多いのが目立つ。母乳のグルタミン酸含量は、左の図の“コンブだし”の含量に匹敵するほど高い。このことは、赤ちゃんが生まれながらうま味に親しんでいることを意味している。

図8の左図は、トマトの遊離アミノ酸組成を示している。グルタミン酸含量が圧倒的に多い。右図は、トマトのグルタミン酸が成熟とともに増えていく様子を示している。欧米では料理にトマトをよく使う。日本ではコンブやカツオブシで料理にうま味の味付けをしているが、欧米ではトマトがこの役割を果たしているようだ。

| (mg/100g)           |           |                     |                     |
|---------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| グルタミン酸              |           | イノシン酸               | グアニル酸               |
| 植物性                 | 動物性       | 動物性                 | キノコ類                |
| コンブ 2240            | チーズ 1200  | 煮干し 863             | 干しシイタケ 157          |
| 一番茶 668             | イワシ 280   | カツオブシ 687           | マツタケ 65             |
| アサクサノリ 640          | スルメイカ 146 | シラス干し 439           | 生シイタケ 30            |
| トマト 260             | ホタテガイ 140 | カツオ 285             | エノキダケ 22            |
| ジャガイモ 102           | バフンウニ 103 | アジ 265              |                     |
| ハクサイ 100            |           | 豚肉 122              |                     |
|                     |           | 牛肉 107              |                     |
| グルタミン酸は 発酵・熟成すると増える |           | イノシン酸は ATP の分解により生成 | グアニル酸は リボ核酸の分解により生成 |

図6. 食品中のうま味物質含量

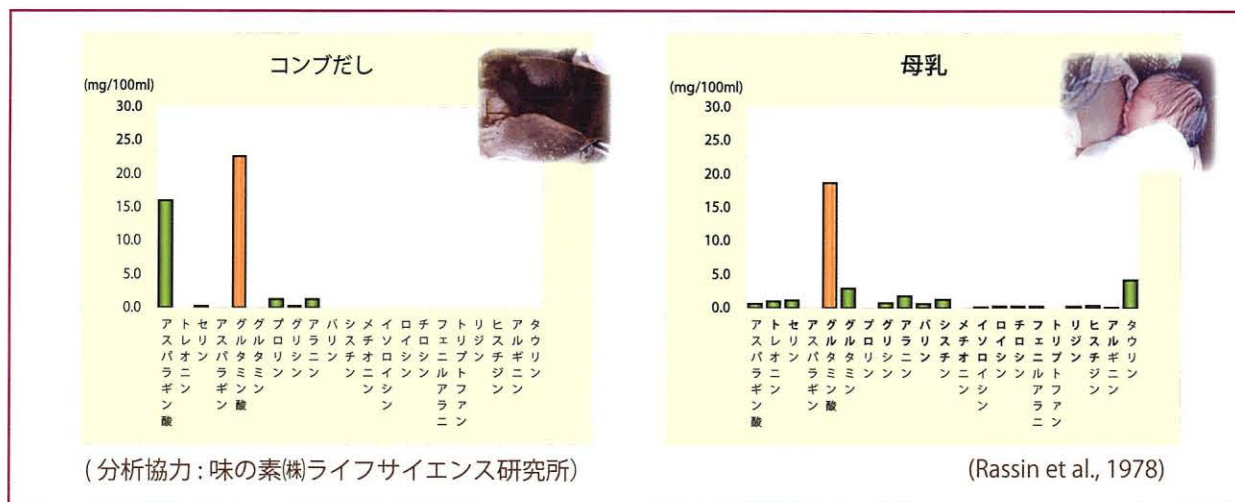


図 7 コンブだしと母乳の遊離アミノ酸分析値

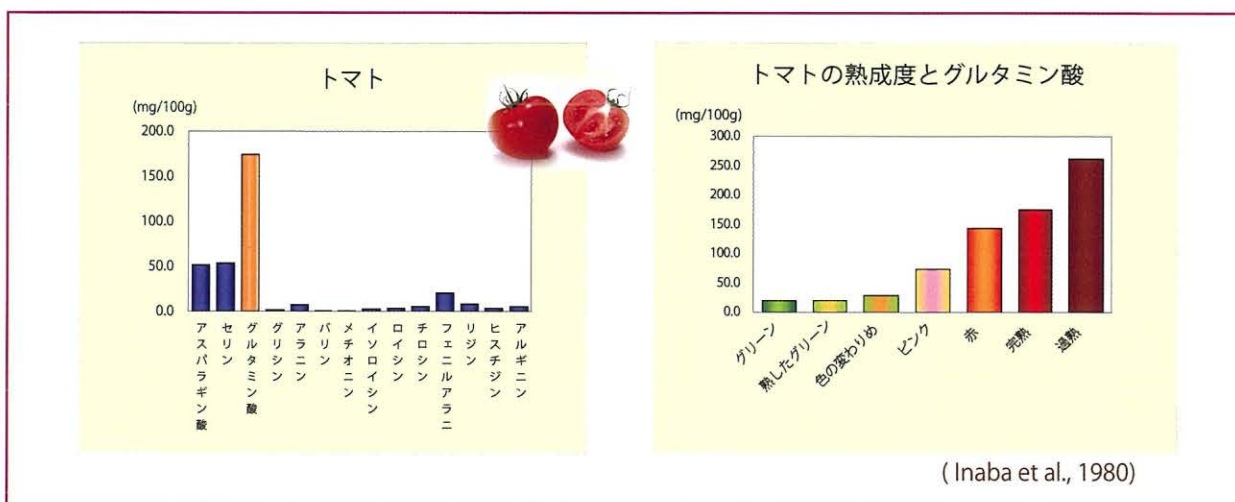


図 8 トマトに含まれる遊離アミノ酸

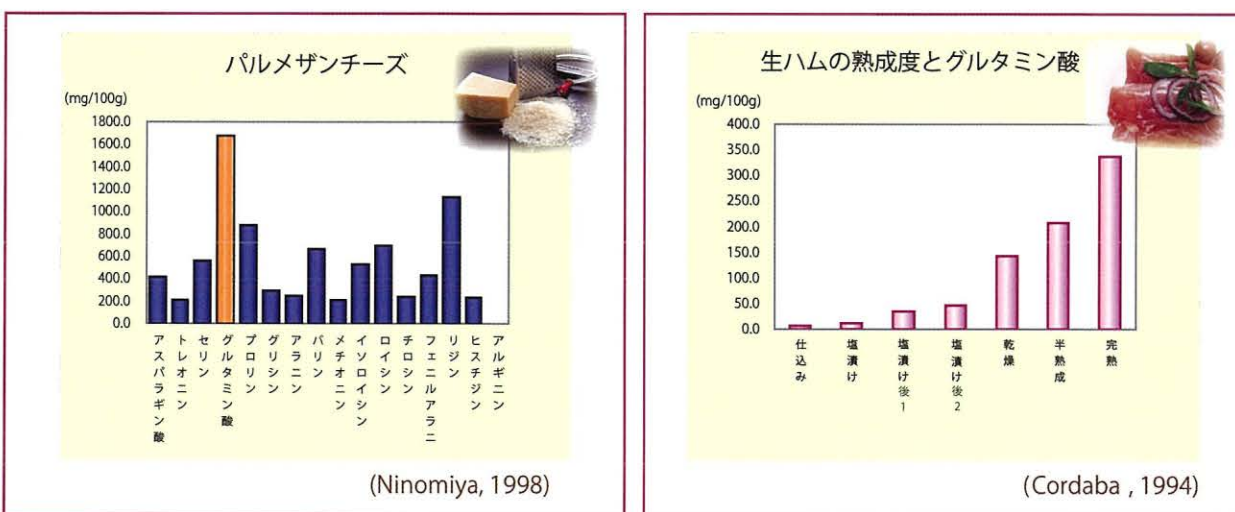


図 9 チーズの遊離アミノ酸分析値

図 10 ハムの熟成過程でのグルタミン酸量の変化



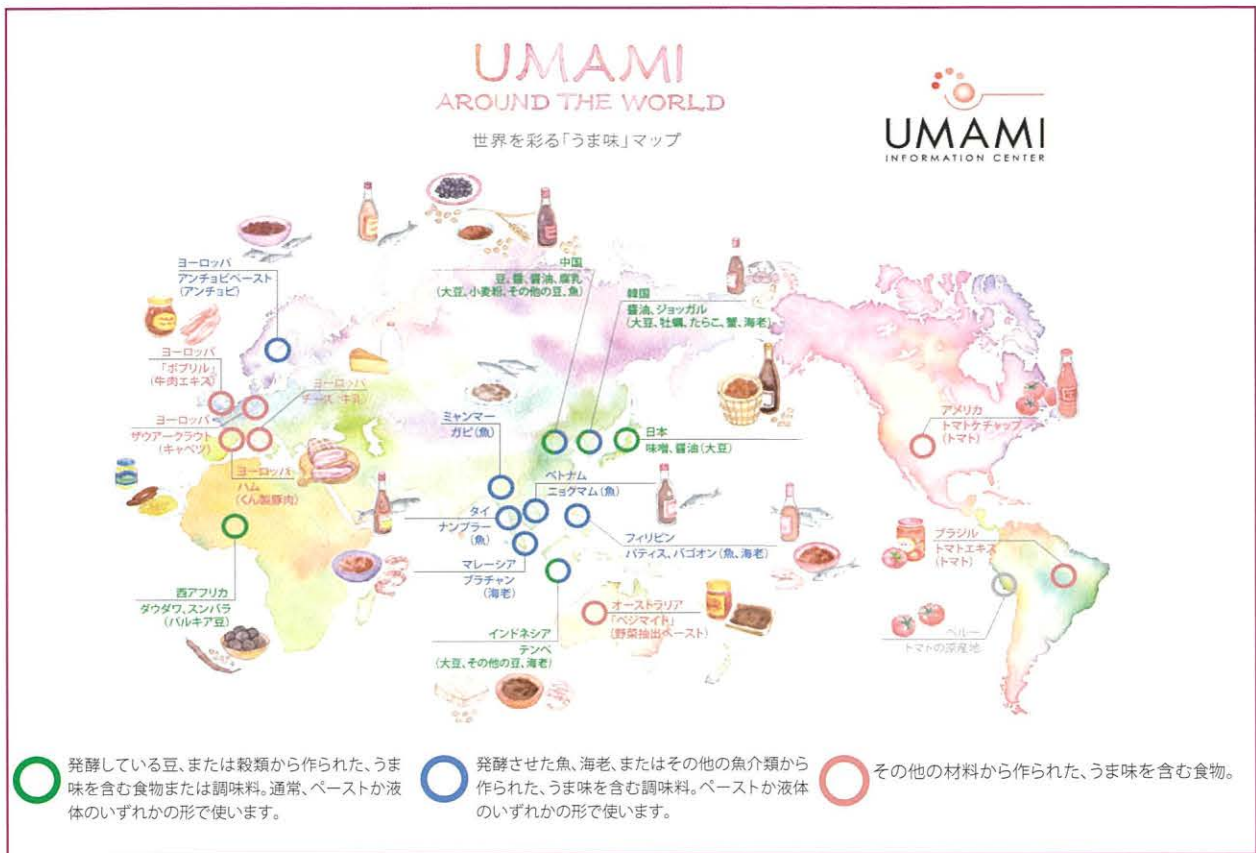


図 11. うま味を含む食材の世界分布

図 9 は、チーズの遊離アミノ酸組成を示している。チーズのグルタミン酸含量は圧倒的に多く、コンブのそれに匹敵するくらいである。チーズは牛乳を熟成して作るが、熟成過程で乳タンパク質はアミノ酸に分解される。もともと乳タンパク質の中でもっとも含量が多いのはグルタミン酸であるから、熟成したチーズにはグルタミン酸が多くなるのである。乳タンパク質だけではなく、他の多くのタンパク質もグルタミン酸を多量に含んでいる。

図 10 は、ハムの熟成過程でのグルタミン酸含量の変化を示している。熟成が進むにつれてグルタミン酸含量が大きく増大しているのが分かる。

醤油や味噌は日本の代表的な発酵食品であるが、世界各国にもたくさんの発酵食品がある。

図 11 には、グルタミン酸を多量に含む発酵食品や食材の世界的な分布を示している。

前にも述べたように、うま味はほとんどの食材に含まれている。それぞれの食材の特徴ある味には、うま味が不可欠である。表 2 は、東大の鴻巣ら<sup>2)</sup>が明らかにしたカニ味の必須成分を示している。カニ味は、3 種のアミノ酸（グリシン、アラニン、アルギニン）、うま味物質（グルタミン酸とイノシン酸）、塩（食塩

と第二リン酸カリウム）を表に示すような割合で混合すると再現出来る。この中からうま味物質を除くとカニ味とはほど遠い味になってしまう。カニ味だけではなく、多くの食物の味はアミノ酸、うま味物質、塩の組合せで再現されるが、いずれの場合もうま味物質は不可欠である。

表 2 には、食塩と第二リン酸カリウムが必要であると表示してある。筆者の経験では、第二リン酸カリウムがなくても食塩さえあればほぼカニ味は再現出来る。表の組成の中から食塩を除くと、弱い味しか感じられない。塩はアミノ酸の味を引き出す（増強する）のに不可欠である。

| 物質名                           | 濃度<br>(mg/100g)   | 効果          |
|-------------------------------|-------------------|-------------|
| アミノ酸<br>グリシン<br>アラニン<br>アルギニン | 600<br>200<br>600 | 食物の味の特性を決める |
| うま味物質<br>グルタミン酸<br>イノシン酸      | 30<br>20          | 食物にうま味を添加   |
| 塩<br>食塩<br>第二リン酸カリウム          | 500<br>400        | アミノ酸の味を引き出す |

(Konosu, 1987)

表 2. カニ味を再現するための必須成分<sup>2)</sup>



図 12 は、グリシンに食塩を添加したときの味の強さを示している<sup>3)</sup>。グリシンは甘いアミノ酸であるが、食塩がないと弱い甘味しか示さない。食塩が最大の増強作用を示すのは、100m M(約 0.6%) 付近である。それ以上濃度を増すと、増強作用は減少する。0.6% の食塩それ自身は、わずかに塩味を呈するだけで塩辛くはない。食塩が必要だと言うと、血圧を心配する人がいるかも知れない。現在厚生労働省は、一日の食塩摂取量を 8g 以下にするよう推奨している。0.6% 食塩はきわめて薄いので、推奨の食塩摂取量を超すこともなく、血圧を心配する必要はない。カニ味だけではなく、ほとんどの食物の味を引き出すには、この程度の食塩が必要である。極端に減塩した料理がおいしくないのは、あまりにも食塩量が少ないためである。

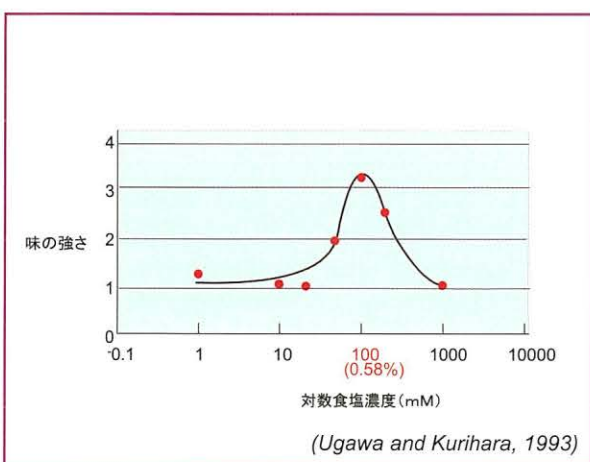


図 12. 食塩による味の増強

## 7. うま味研究会の発足

うま味物質はいずれも日本人が発見したこともあり、欧米では長い間うま味の存在を認めなかった。1970 年代までは、うま味あるいはグルタミン酸の味という題で論文を投稿しても、欧米の学術雑誌はことごとく掲載を拒否した。

このような状況のなかで、うま味を国際的に認知させるために、1982 年にうま味研究会を発足させた (図 13)。当時のメンバーは、河村洋二郎 (阪大、生理学)、鴻巣章二 (東大、食品化学)、木村修一 (東北大、栄養学)、栗原堅三 (北大、分子生理学) であった。

このメンバーを中心に何回か国内でうま味シンポジウムを開催した後、1985 年にハワイでうま味国際シンポジウムを開催した。それ以後、同様な国際シンポジウムを各国で何度も開催した。嗅覚・味覚国際シンポジウム (ISOT) は嗅覚・味覚研究分野ではもっとも

大きな国際会議であるが、1993 年札幌で第 9 回 ISOT が開かれたとき、大会長であった筆者の特権で「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」を設けることは慣例となった。こうした国際会議を続けていくなかで、欧米の研究者もうま味研究に参加してきた。

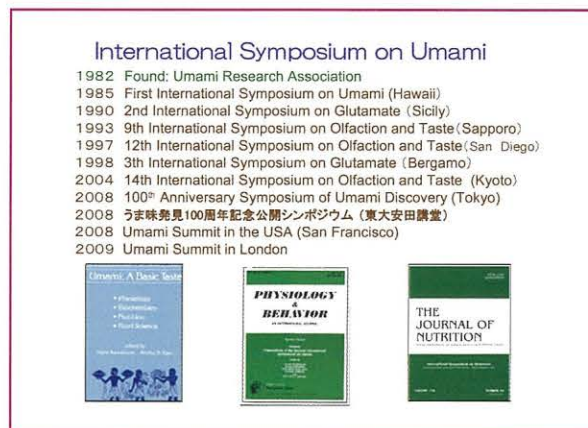


図 13. うま味に関する国際シンポジウム

## 8. 基本味としてのうま味

ハワイで最初のうま味国際シンポジウムを開いた頃は、うま味の存在に否定的な研究者が多かった。グルタミン酸ナトリウム (MSG) を食物に添加するとおいしさが増すことは、広く知られていたので、うま味に関する官能検査 (味覚テスト) 研究がアメリカでもかなり行われていた。その結果、うま味という特別の味があるのではなく、うま味物質は Flavor Potentiator であると結論されていた。すなわちうま味物質は、4 基本味のどれかの味を増強させるから食物のおいしさを増すという解釈である。一方 山口静子は、21 種類の味物質の官能検査を行い、うま味は塩味、酸味、苦味、甘味とは独立の味であることを示した (図 14)<sup>4)</sup>。

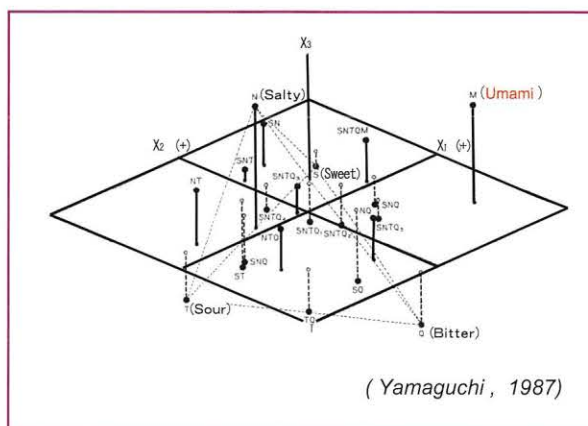


図 14. 官能検査法による味質の解析<sup>4)</sup>

電気生理学的にも、うま味の研究が行われていた。ヒトの場合と同様にラットやマウスでも、グルタミン酸ナトリウム(MSG)とグアニル酸(GMP)またはイノシン酸(IMP)との間に相乗作用が認められた。ただし、これらの相乗作用はヒトに比べてはるかに小さい。一方、イヌの場合は、ヒトに匹敵するほど大きな相乗作用を示す。図15には、イヌ鼓索神経（味神経の一種）応答を示している<sup>5)</sup>。図に示すようにわずか0.5mMのGMP存在下でMSGに対する応答は飛躍的に増大する。この論文を書いたとき、筆者らは相乗機構に関し次のような仮説を提唱した（図15右図）。うま味受容体（当時未知）の分子内にMSGとヌクレオチド（GMPまたはIMP）が結合するサイトが互いに近傍に存在し、アロステリック効果（1つの受容サイトに刺激物質が結合すると他方のサイトの刺激物質に対する親和性が増す）で相乗作用が発現するという説である。後に述べるように、最近のうま味受容体の研究

は、この機構を支持している。

それ以前の電気生理学的実験では、MSGを舌に与えたときの味神経応答は、うま味に対する応答ではなく、Naイオンの応答とされてきた。図16はマウス単一鼓索神経線維の応答を示している。MSGを舌に与えるとよく応答する線維は、NaClにも応答する。したがって、MSGに対する応答は、MSGに含まれるNaイオンによる応答とされていた。

図17では、相乗作用で発現した大きな応答は、塩応答の阻害剤であるアミロライドを共存させても影響されないことを示している<sup>6)</sup>。すなわち、うま味に対する応答は、明らかに塩に対する応答ではないことが証明された。

図18には、二ノ宮裕三と船越正也がマウスの神経応答を測定した結果を示している。マウス舌咽神経（味神経の1種）線維のなかには、NaClにはほとんど応答しないがMSGに良く応答する線維が見られる。

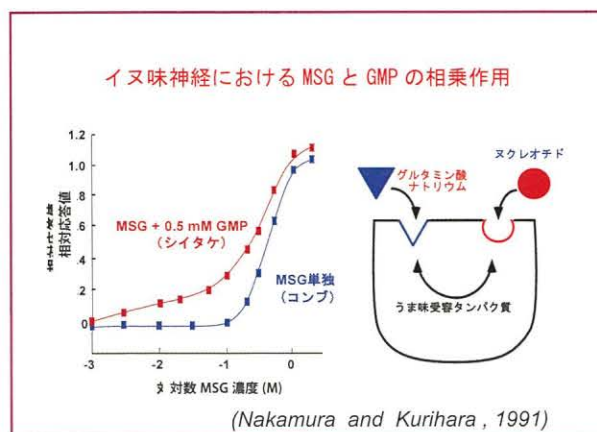


図 15. イヌ鼓索神経における MSG と GMP の相乗作用<sup>5)</sup>

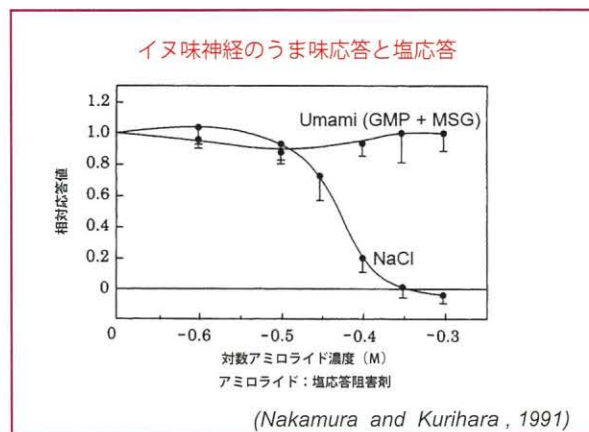


図 17. イヌ鼓索神経のうま味応答と塩応答<sup>6)</sup>



図 16. マウス鼓索神経線維の MSG と NaCl に対する応答

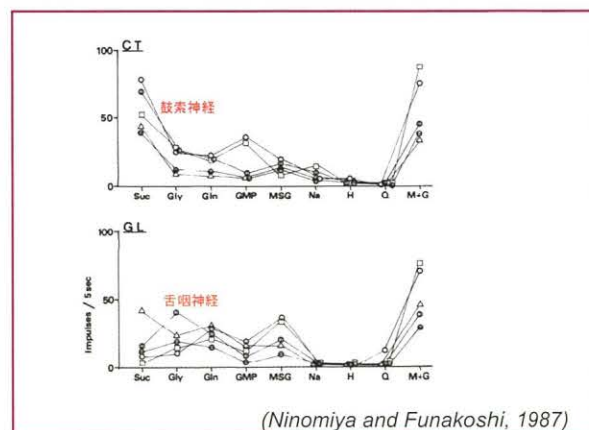


図 18. マウス鼓索神経および舌咽神経線維の各種味物質に対する応答<sup>7)</sup>



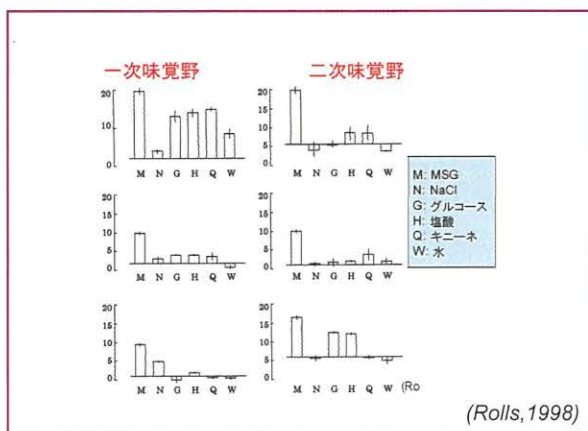


図 19. 各種味物質をサルの舌に与えたときの  
大脳味覚野神経の応答<sup>8)</sup>

図 19 は、オックスフォード大学の E.T. Rolls の実験結果を示している。Rolls は、サルの舌に味物質を与えたときの大脳味覚野の単一神経の応答を記録した。一次味覚野と二次味覚野とも、MSG には良く応答するが他の味にはほとんど応答しない神経が存在することを示した。

以上のいくつかの実験結果は、MSG に対する応答はそれまでの基本味に対する応答とは明らかに独立した味であることを示した。従来から味は、甘味、酸味、苦味、塩味の 4 基本味に分類されてきたが、これとは別にうま味が存在することが証明されたのである。この結果うま味は第 5 番目の基本味であることが、研究者の間では広く認められるようになった。1998 年 1 月 14 日のニューヨークタイムズ紙には、「うま味は第 5 番目の基本味である」ことが大きく取り上げられた。うま味に相当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。ちなみに 2008 年のニューヨークタイムズ紙には、umami という単語を入れないと正解が得られないクロスワードが載っていた。

## 9. うま味受容体

うま味が基本味であるとなると、当然うま味物質を特異的に感知する受容体が存在する筈である。いくつかの研究室でうま味受容体を探す実験が始まった。それまで、基本味のうち、酸味、塩味はイオンチャンネルを介して発現するが、甘味、苦味は刺激物質が受容体に結合することにより発現することが明らかになっていた (図 20)。

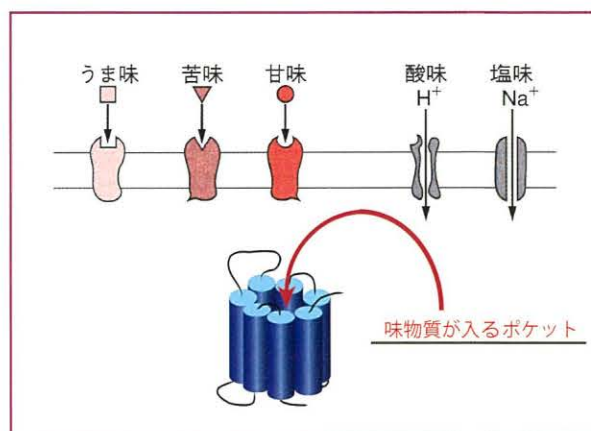


図 20. 味の受容様式

1999 年に味細胞に 2 つの新しい受容体遺伝子 (T1r1 と T1r2) が存在することが明らかにされた。互いに高い相同性を示すことから、T1r 遺伝子ファミリーと分類された。ついで T1r ファミリーに属する T1r3 も見いだされた。さらに、T1r2 と T1r3 の受容体複合体が甘味受容体であることが明らかになった。T1r 遺伝子とは別に T2r 遺伝子が存在することも明らかになり、これが苦味受容体遺伝子であることが明らかになった。

GTP 結合タンパク質共役型受容体は、細胞膜を 7 回貫通する構造を有する。匂い受容体も、この構造を有するが、T1r ファミリー受容体と T2r 受容体も、この構造を有する。したがって、甘味受容体も苦味受容体も、この構造を有する。図 20 の挿入図に示すように、7 つのペプチドで作られた輪の中心部のポケットに甘味物質や苦味物質が入り込むことにより応答が発現する。

2002 年に G. Nelson ら<sup>9)</sup> は、マウス由来の T1r1 と T1r3 の受容体複合体がうま味受容体であると報告した (図 21)。

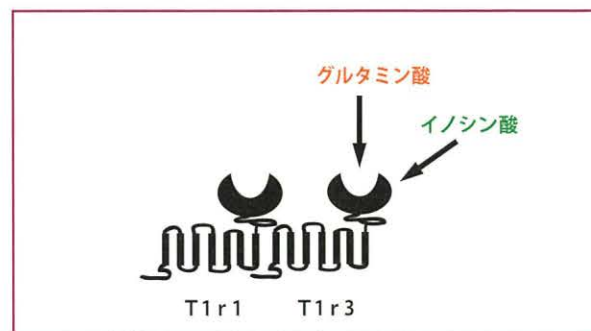


図 21. うま味受容体 (T1r1+T1r3) の構造



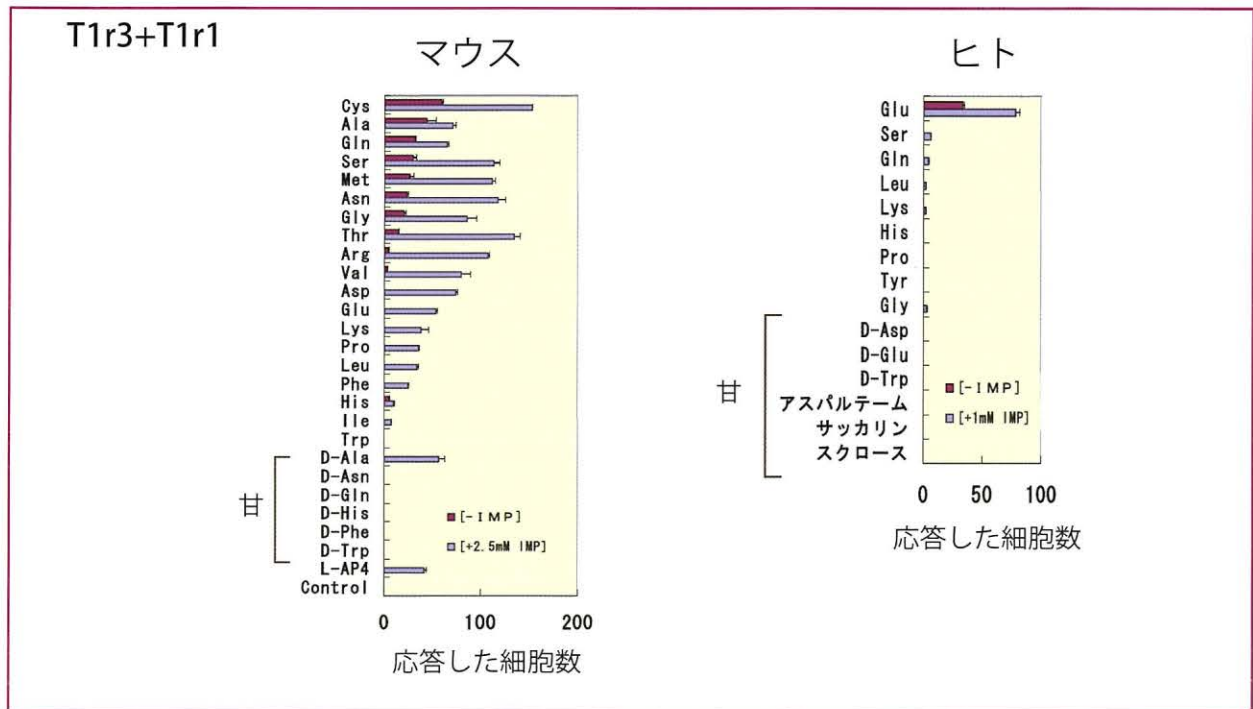


図 22. T1r1+T1r3 を発現させた培養細胞のアミノ酸に対する応答 <sup>9) 11)</sup>

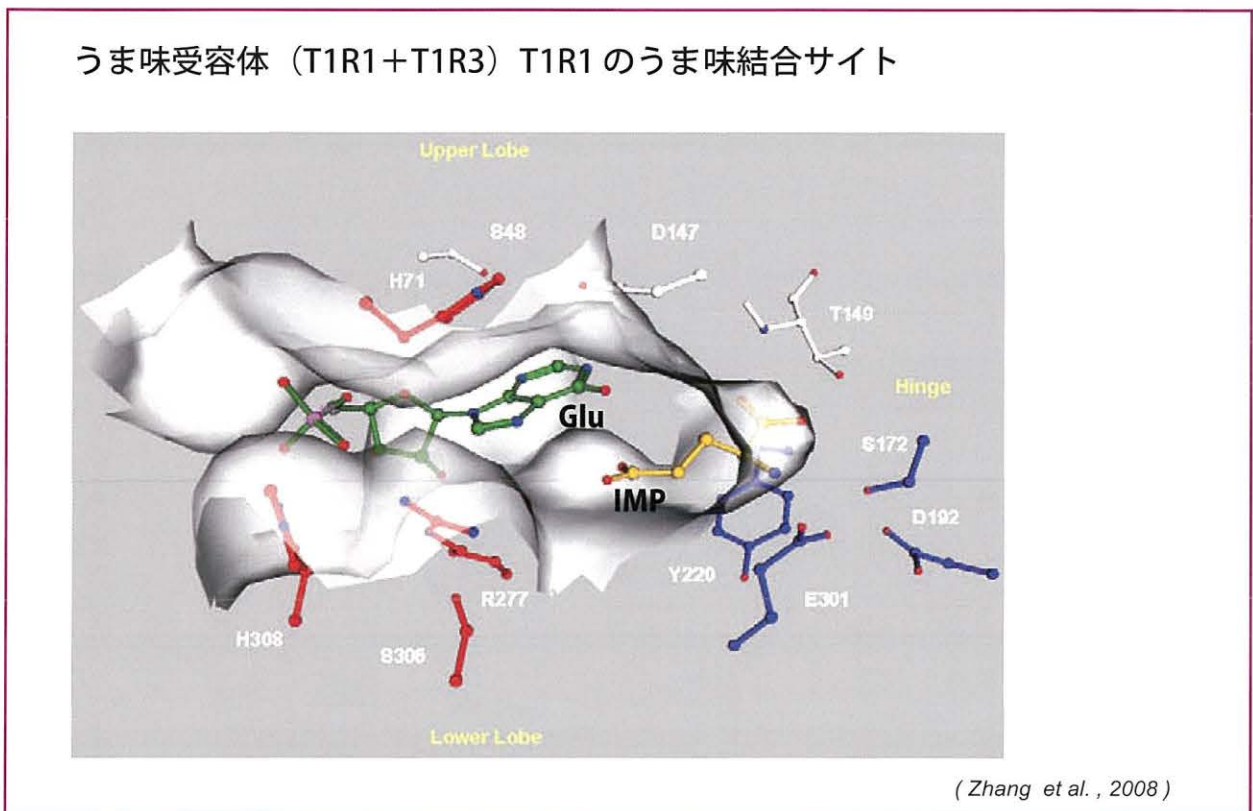


図 23. うま味受容体の T1r1 ユニットの IMP と MSG の結合サイト <sup>12)</sup>

マウス由来のこのうま味受容体を培養細胞に発現させると、この細胞は多くの種類のアミノ酸に応答すること、これらの大部分の応答はイノシン酸存在により増大することが示された（図 22）。

以前、吉井と栗原<sup>10)</sup>は、ラットの神経応答を測定した結果、イノシン酸はグルタミン酸応答だけではなく、多くのアミノ酸応答を増強することを報告したが、この結果はマウス受容体の挙動とよく似ている。

ただしヒトの場合は、イノシン酸はグルタミン酸の応答のみを増強する。その後、X. Li<sup>11)</sup>はヒトの T1r1+T1r3 系では、イノシン酸はグルタミン酸の応答のみを特異的に増強することを見出した（図 22）。ヒトの生理学的なうま味応答と非常に類似している。

図 23 には、T1r1 分子中のグルタミン酸とイノシン酸の結合部位の位置が示されている。両者は比較的近距离に存在しており、著者はアロステリック効果で相乗作用が発現すると述べている。図 15 で筆者らが提唱した機構が正しかったことになる。

実はうま味受容体として、脳に存在するグルタミン酸受容体の 1 種である mGluR4<sup>13)</sup> と mGluR1 が候補として挙げられていた。これらが T1r1+T1r3 とともに受容体として働いている可能性もある。ただし mGluR 系の受容体は相乗作用を示さない。T1r1+T1r3 系はヒトの場合と非常に類似の相乗作用を示すことが、うま味受容体としての強みである。

## 10. 世界に広がるうま味

最近欧米のマスコミでは、うま味に関する話題がたびたび取り上げられる。図 24 は、うま味インフォメーションセンターの英語版ホームページのニュースレター配信登録者数を示している。2008 年 1 月から登録者数が急激に増えているのが分かる。これにはメディアの影響が大きいと思われる。2007 年 12 月の Wall Street Journal 紙には、うま味は欧米人にもなじみ深い食物（エスカルゴ、トマトケチャップ、チーズ、アンチョビなど）に含まれていることが大きく報道された。2008 年に筆者は NHK の外国人向けの放送で 3 回にわたって、うま味の話をした。これは各国の言葉に翻訳されて世界各国で報道された。また 2008 年 7 月には、ISOT のサテライトシンポジウムとして「New Frontiers of Taste in San Francisco」と題するイベントが行われた（図 25）。このシンポジウムには、研究者、ジャーナリスト、シェフなどが参加し、大盛況であった。

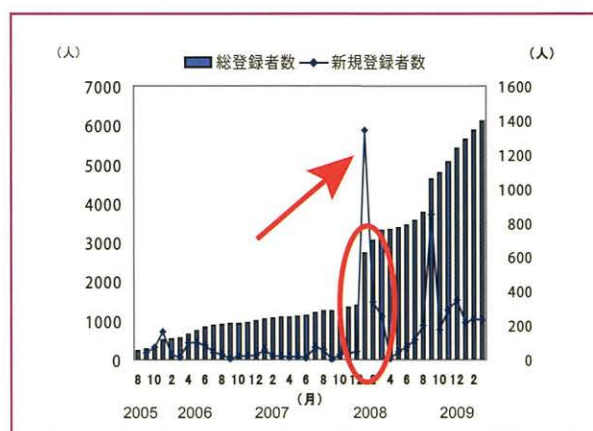


図 24. うま味インフォメーションセンターの英語版ホームページへのニュースレター配信登録者数の推移

**うま味発見100周年記念イベント**  
**「うま味サミット イン サンフランシスコ」**  
New Frontiers of Taste in San Francisco  
 (味の開拓者たち)

2008年7月21日 サンフランシスコ Hyatt Regency にて ISOT のサテライトシンポジウムとして開催

第一部 味覚研究者とシェフ、ワインスペシャリストによる座談会      第二部 日本人・米国人シェフによるうま味料理の試食会

《 司会、パネリスト、シェフ 》

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| キャシー・サイクス博士<br>(英国ブリストル大学教授)                                                        | ギャラリー・ビーチャム博士<br>(米国モネル化学感覚研究所所長)                                                   | ジョン・プレスコット博士<br>(ニューキャッスル大学準教授)                                                     | ハロルド・マックギー博士<br>(フードジャーナリスト)                                                          |
|  |  |  |  |
| ティム・ハナイ<br>(マスター・オブ・ワイン)                                                            | 徳岡邦夫<br>(京都吉兆嵐山本店総料理長)                                                              | トーマス・ケラー<br>(「ザ・フレンチランドリー」オーナーシェフ)                                                  | ヒロ・ソネ<br>(レストラン「テラ」オーナーシェフ)                                                           |
|  |  |  |  |

図 25. サンフランシスコにおけるうま味サミット



## 11. ふたたび MSG の安全性について

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」と題する記事が掲載された(図 26)。何故、Yes, MSG なのか、かなり詳しい説明がなされている。以下この内容を紹介する。

**New York Times, March 5, 2008**  
**Yes, MSG (monosodium glutamate), the Secret Behind the Savor**  
 IN 1968 a Chinese-American physician wrote a rather lighthearted letter to The New England Journal of Medicine. He had experienced numbness, palpitations and weak after eating in Chinese restaurants in the United States, and wondered whether the monosodium glutamate used by cooks here might be to blame.  
 The consequences for the restaurant business, the food industry and American consumers were immediate and enormous. MSG, a common flavor enhancer and preservative used since the 1950s, was tagged as a toxin, removed from commercial baby food and generally driven underground by a new movement toward natural, whole foods.  
**Just like salt and sugar, MSG exists in nature, it tastes good at normal levels.**

図 26. Yes, MSG という記事を記載した  
ニューヨークタイムズ紙

### 1) 中華料理店症候群

1968 年に New England Journal of Medicine 誌に、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報告がされた<sup>14)</sup>(図 27)。この論文のなかでは、中華料理に含まれる MSG が原因であると記述されている。以後この症状は中華料理店症候群と呼ばれるようになった。その後、これらの症状を訴える人を集めて 2 重盲検法で検査が行われた。たとえば、一方には MSG を他方にはデンプンを入れ、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 とはまったく関係がないことが明らかになった。MSG は安全であるという意味で、Yes, MSG という題の記事がニューヨークタイムズ紙に掲載されたのである。記事の最後は、ある科学者の意見(Just like salt and sugar, MSG exists nature, it tastes good at normal levels; 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。

**中華料理店症候群**

- 1968 年 中華料理店症候群の報告  
中華料理を食べると顔がほてったり頭痛がする。(MSG が原因)
- その後二重盲検法適用された。  
(一方に MSG, 他方にデンプン)

**結論：被験者の症状と MSG は関係なし**

図 27. 中華料理店症候群

### 2) 生まれたてのマウスに多量の MSG を注射した

MSG の安全性に疑いを投げかけた論文は、1969 年にも出されている。ワシントン大学の J.W. Olney は Science 誌に、つぎのような論文を発表した<sup>15)</sup>。生まれたてのマウスの腹腔に大量の 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障害が起こることを見いだした。この条件で実験を行う限り、再現性はあるようである。ただし、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。

その後大量の MSG (60 kg の人に換算して 1 日 2.6 kg) を、食事とともにマウスに与えた実験が行われた。マウスには何らの障害も起こらなかったというのが結論である。

**マウスに MSG を注射した実験**

- 1969 年 J.W. Olney (Science)  
生まれたてのマウスに**大量**の MSG を注射  
→ 脳の一部分に障害
- その後、大量の MSG (60Kg の人に換算して一日 2.6Kg) をマウスに食物と一緒に与えた。  
**マウスに何ら障害は起こらなかった。**

図 28. マウスに MSG を注射した実験

### 3) MSG の体内動態

グルコースなどは、小腸で吸収されると門脈を通過して肝臓に行き、そこから全身を回る血液に入る。この結果、筋肉や脳などにグルコースが運ばれ、エネルギー源として使われる(図 29 右図)。

一方、MSG を口から摂取したときに、MSG は全身を回る血液にはほとんど出てこない。図 29 には、MSG を口から摂取したときの体内動態を示している。われわれは、食事により一日に約 20 g のグルタミン酸を摂取している。20 g のうち、大部分は食物として摂取するタンパク質由来である(タンパク質は消化管で分解され、遊離のグルタミン酸が生じる)。グルタミン酸は小腸(十二指腸、空腸、回腸)から吸収される。小腸から吸収されたグルタミン酸は、大部分小腸で消費されてしまう。分解されてエネルギー源になるか、他のアミノ酸の合成に使われるか、グルタチオン(生体防御物質)の合成に使われてしまう。

したがって、大量のグルタミン酸を口から与えても、脳に取り込まれないので脳に障害を与えることはない。グルタミン酸は非必須アミノ酸であり、筋肉や脳で合成されるので、これらの臓器では食物由来のグルタミン酸は必要としない。

#### 4) MSG バッシングの後遺症

以上のように中華料理店症候群や Olney の実験結果は科学的に否定されており、国連の国際食料農業機構、WHO、EU の食料科学委員会などは、1987 年と 1990 年に再度 MSG の安全性を確認している (図 30)。

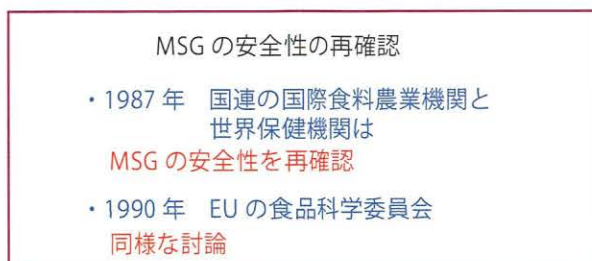


図 30. MSG の安全性の再確認

しかしながら、中華料理店症候群や Olney の実験結果は、世界中にセンセーショナルに報道されたので、MSG の安全性の問題は今だに尾を引いている。たとえば、インドでは現在でも、ベビーフードに MSG を使用することを禁止している。図 7 に示したように、母乳に大量のグルタミン酸が含まれているということが分かっている現在でもある。日本でも、化学調味料は使用していませんという広告がよく見られる。あたかも MSG は体に悪いといわんばかりである。こうした MSG に対する悪評は、すべて中華料理店症候群と Olney の実験に端を発している。

グルタミン酸はいいが、MSG はだめだ考える人もいる。グルタミン酸は  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-$   $\text{COOH}$  の構造を持っている。アンダーラインを引いた部分を R と書くと、 $\text{RCOOH}$  と書ける (図 31)。グルタミン酸は弱酸であるが、食材 (たとえばコンブ) は中性であるから、グルタミン酸は食材中では中和されたイオン型 ( $\text{RCOO}^-$ ) になっている。イオン型のマイナスイオンは食物中に存在する陽イオン (主として  $\text{Na}^+$  と  $\text{K}^+$ ) で相殺されている。コンブを抽出してグルタミン酸成分を沈殿させると、グルタミン酸のナトリウム塩 (MSG) とカリウム塩の混合物を得られる。つまり、MSG は食物中に存在する主要なグルタミン酸塩である。ただし、ここで得られたものは混合物であるから、図 2 に示した池田の実験では、酸性にしてグルタミン酸を純品として得ている。

このように、MSG は食材中に存在するものである。商品として売られている MSG はサトウキビやキャッサバなどを発酵させて作っているが、コンブ中に存在する MSG と同じものである。

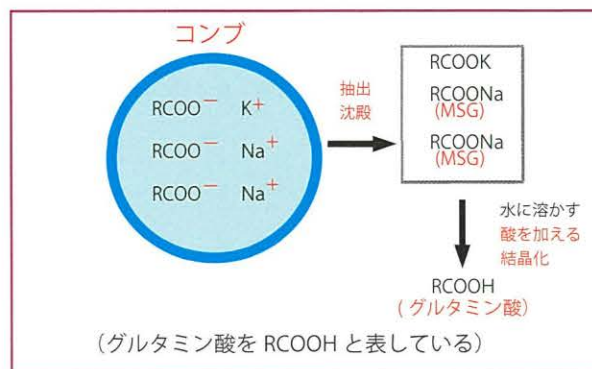


図 31. MSG とグルタミン酸の関係

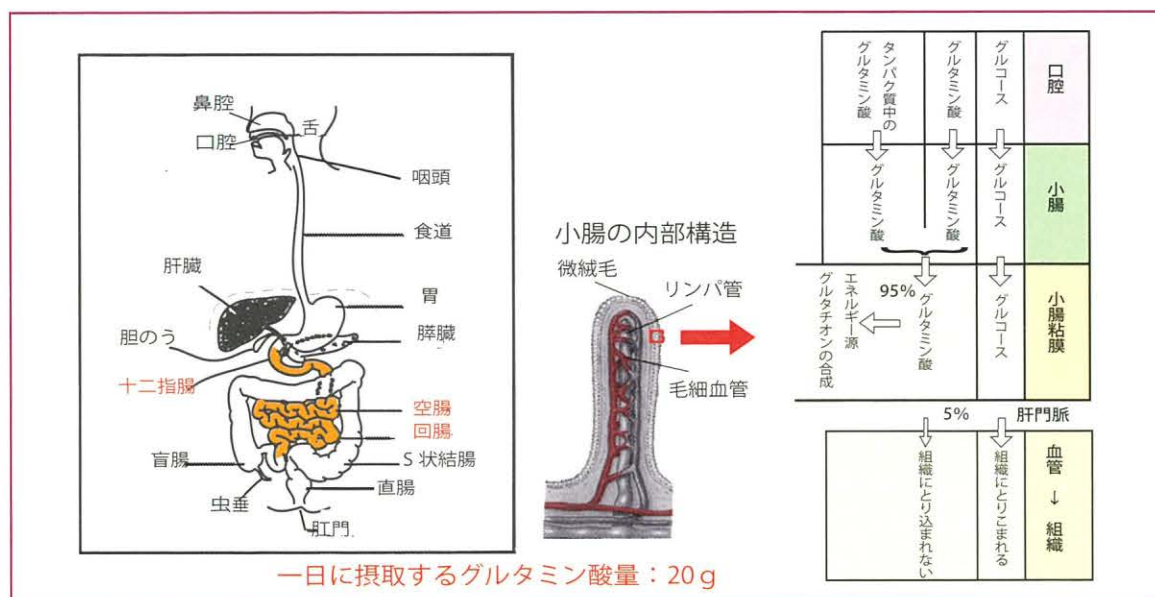


図 29. グルタミン酸の体内動態



## 12. 世界に広がる日本食ブーム

今、日本食は世界各国で空前のブームである。ニューヨーク、ロスアンゼルス、パリ、北京などでは、“すし”だけではなく多くの日本食が大人気である。日本食ブームの原因の一つは、日本食は栄養バランスがとれていて体にいいというイメージが広まったためである。日本食が体にいいというイメージは、マクガバンレポートに端を発している。1970年代、アメリカの上院議員であったマクガバンは、全世界の一流の医学者や栄養学者を結集して、「食（栄養）と慢性疾患の関係」について7年間調査研究を行い、1977年に5000頁にも及ぶ報告書を提出した。このなかで、アメリカの食事を改善するためには「脂肪の摂取量を減らし、炭水化物（穀物）の摂取量を増やせ、タンパク質は現状のままでもいい」と結論した。実は日本食の脂肪、炭水化物、タンパク質の栄養バランスは、マクガバンレポートが理想とした栄養バランスを持っていたのである。

日本食ブームが世界的に広がっているもう一つの理由は、日本食の特徴であるうま味が新鮮な味として広く受け入れられたことにある（図32）。

確かに欧米の食品にもグルタミン酸を豊富に含む食品はあるが、他のいろいろな味物質が濃厚に混在して

いるので、味わっただけではうま味が入っているかどうか分からないものが多い。フランス料理でも、中華料理でも、濃厚な料理にソースをかけたり、濃いスープと一緒にじっくり煮込むのが普通であるが、日本料理では出来るだけ素材本来の味を味わえるようにしている。日本食ではコンブやカツオブシの“だし”をよく使うが、この“だし”はほとんど純粋なうま味溶液である。濃厚な味付けをしない日本食の味は、うま味がそのまま感じられる味になっている。

日本料理の料理人だけではなく、フランス料理のシェフたちもうま味に大変な関心を示している。パリのフランス料理のシェフのなかには、うま味を隠し味として使っている人もいると聞いている。日本人が発見したうま味が、今や世界に誇れる時代になったのである。

### 世界各国での空前の日本食ブーム

1. 日本食の栄養バランスがいい
2. うま味が新鮮な味として受け入れられた

図 32. 世界各国の日本食ブーム

## 【文献】

- 1) Yamaguchi S. The synergistic effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *J. Food Sci.* **32**, 473-478 (1967)
- 2) Fuke S. and Konosu S. Taste-active components in some foods: review of Japanese literature. *Physiol. Behav.* **49**, 863-868 (1991)
- 3) Ugawa T. and Kurihara K. Large enhancement of canine taste responses to amino acid by salts. *Am J. Physiol.* **264**, R1071-1076 (1993)
- 4) Yamaguchi S. Fundamental properties of umami in human taste sensation. In: Kawamura Y. and Kare M. R. eds . *Umami: a basic taste*, NY, Macel Dekker, 1987: 41-73
- 5) Kumazawa T., Nakamura M. and Kurihara K. Canine taste nerve responses to umami substances. *Physiol Behav.* **49**, 875-882 (1991)
- 6) Nakamura M. and Kurihara K. Canine nerve responses to monosodium glutamate and disodium guanylate: differentiation between umami and salt components with amiloride. *Brain Res.* **541**, 21-28 (1991)
- 7) Ninomiya Y. and Funakoshi M. Quantitative discrimination among umami and four basic substances in mice. In: Kawamura Y. and Kare M. R. eds . *Umami: a basic taste*, NY, Macel Dekker, 1987: 365-385
- 8) Baylis L. L. and Rolls E. T. Response of neurons in the primate taste cortex to glutamate. *Physiol. Behav.* **49**, 973-979 (1991)
- 9) Nelson G., Chandrashekar J., Mark A. Hoon M. A. , Feng L., Zhao G., Ryba N. J. R. and Zuker C. S. Amino-acid taste receptor. *Nature* **416**, 199-202 (2002)
- 10) Yoshii K., Yokouchi C. and Kurihara K. Synergic effects of 5'-nucleotides on rat taste responses to various amino acids. *Brain Res.* **367**, 45-51 (1986)
- 11) 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)
- 12) Zhang F., Klebansky B., Fine R. M., Xu H., Pronin A., Liu H., Tachdjian C. and Li X. Molecular mechanism for the umami taste synergism. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **105**, 20930-20934 (2008)
- 13) Chaudhari N., Landin A. M. and Roper S. D. A metabolic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. *Nature* **3**, 113-119 (2000)
- 14) Kwok H. M. Chinese restaurant syndrome. *New Engl. J. Med.* **278** , pp 796 (1968)
- 15) Olney J. W. Brain lesions, obesity, and other disturbances in mice treated with monosodium glutamate. *Science* **164**, 719-721 (1969)



## 【筆者の略歴】



くりはら けんぞう

栗原 堅三

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 昭和 38 年 3 月             | 東京工業大学理学研究科博士課程修了、理学博士 |
| 昭和 38 年 4 月～47 年 9 月    | 同大学理学部化学科助手            |
| 昭和 41 年 6 月～42 年 8 月    | シカゴ大学生理学教室博士研究員        |
| 昭和 42 年 8 月～43 年 12 月   | フロリダ州立大学生物物理学教室 博士研究員  |
| 昭和 47 年 9 月             | 北海道大学薬学部薬品物理化学講座助教授    |
| 昭和 54 年 11 月            | 同大学薬剤学講座教授             |
| 平成 5 年 7 月～平成 9 年 6 月   | 同学部長                   |
| 平成 11 年 3 月             | 北海道大学定年退官              |
| 平成 11 年 4 月～平成 14 年 3 月 | 青森大学大学院環境科学研究科教授、研究科長  |
| 平成 14 年 4 月～平成 21 年 3 月 | 青森大学学長                 |
| 平成 21 年 4 月             | 青森大学特任教授               |

### 学会活動・賞罰等

|                    |                                                             |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|
| 昭和 51 年 4 月        | 日本薬学会奨励賞                                                    |
| 平成 5 年 7 月         | 嗅覚・味覚国際シンポジウム組織委員長                                          |
| 平成 11 年 3 月        | 日本薬学会賞                                                      |
| 平成 7 年 4 月～9 年 3 月 | 日本味と匂学会会長                                                   |
| 平成 6 年～平成 11 年     | Chemical Senses (Oxford University Press)の Executive Editor |
| 平成 12 年 10 月       | 日本味と匂学会賞                                                    |
| 平成 11 年 6 月～       | Monell Chemical Senses Center (ペンシルバニア大学内) Advisory Board   |
| 平成 18 年～           | うま味インフォメーションセンター理事長                                         |

### 著書・編集

味と香りの話 (岩波新書)  
 Olfaction and Taste XI (Springer-Verlag)  
 グルタミン酸の科学 (講談社サイエンティフィック)  
 うま味 (共立出版)  
 味覚・嗅覚 (化学同人)  
 味と香りのふしぎ百科 (全 4 巻) (樹立社)  
 うま味って何だろう (岩波ジュニア新書)







特定非営利活動法人（NPO法人）  
うま味インフォメーションセンター

〒102-0084 東京都千代田区 2 番町 8-7-1202

Tel 03-3222-0235 Fax 03-3222-0236

Email : [info@umamiinfo.jp](mailto:info@umamiinfo.jp)

[info@umamiinfo.com](mailto:info@umamiinfo.com)

<http://www.umamiinfo.jp/>（日本語）

<http://www.umamiinfo.com/>（英語）