

味 覚

阿部啓子
東京大学



食物を口に入れたときに生じる味の感覚を味覚という。これは、嗅覚、視覚、聴覚、触覚とともに五感の一要素である。世の中ではしばしば間違った使われ方をする。「店先に旬の味覚が並ぶ」などはその最たる例であろう。

味覚という感覚は、いま口に入れた食物に味覚の起因となる物質（味物質）が含まれていることを示すシグナルである。これを頼りにして動物たちはその食物が自分にとって適しているか否かを判定する。例えば糖のような栄養素を含む食物は甘味の感覚を与えるので動物はこれを受諾する。毒素を含む食物の多くは苦味の感覚を与えるので動物はこれを忌避する。生物学的にみると、動物が適正な食行動をとり、それによって安全な生命活動を営む上で、味覚シグナルはきわめて重要な役割をもつと言える。一方、ヒトは味覚を通じて交流の輪を広げ、それぞれの社会に固有の食文化をつくり上げてきた。こうして人々の生活を潤し、豊かさを与える主因の1つとなった味覚は、現在、食品産業の基盤要因にさえなっている。私たちは毎日、さまざまな食品を口に入れ、湧き出る味覚を享受しているのである。

生理学では味物質が示す味（化学的な味）の種類を甘・酸・塩・苦・旨に分類し、これを5基本味と定義している。しかし食品学では、辛味、えぐ味、渋味（収斂味）をはじめ、痛覚や温度感覚の起因となる物理刺激をも広義の味に含める。化学的な味にせよ物理的な味にせよ、それが口腔組織（主に舌）を刺激すると、瞬時に味覚シグナルが生じる。次いでこれは味細胞（後述）の中を

通過し（細胞内シグナル伝達）、味神経へ伝えられ（神経伝達）、そして脳（詳しくは大脳味覚野）に達する。送られてきたいろいろな味覚シグナルはそこで統合整理され、時には味覚以外のシグナルさえこれに加味され、私たちはいま口に入れた食物が何であるか、おいしいか否かといった様々のことを知覚することになる。つまり、食物の味は舌で感じ、脳で知るのである（図1）。

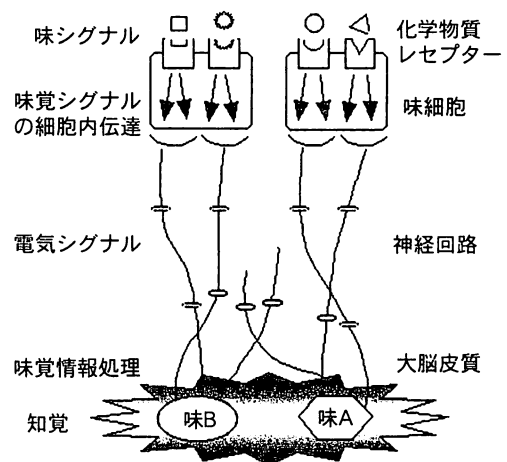


図1 味覚シグナル伝達の模式図

食物中の甘・酸・塩・苦・旨味物質は舌上の味蕾と呼ばれる感覚器で受容される。受容された味のシグナルは細胞内でさまざまな伝達経路を経て味神経に伝えられる。味神経は味覚シグナルを電気信号に変換して脳に伝え、その結果、味の知覚が成立する。

では、生物学の面からも人間文化の面からも、そして生理学的にも食品学的にも興味深い味覚というものの本

質を、分子生物学はどのように解明しようとしているのだろうか。味物質が舌の上皮と接触して受容され、発生した味覚が脳で知覚されるまでのシグナル伝達のプロセスには多様な分子群が構造的にも機能的にも関与しており、それによって味覚の情報通信がスムーズに行われる。そうした機序の実態を、本項では最新のデータに基づき、簡潔に解説したい。

味の受容

味物質は舌の乳頭と呼ばれる部位に密集する味蕾(図2)で受容される。これを化学受容(chemoreception)という。つまり味蕾は味覚の発信源である。ヒトの場合、味蕾の数は約9,000と言われる。しかし、それは味に最も敏感な年頃(20歳前後)であって、以後は次第に減少していく。個々の味蕾をみると、その寿命はかなり短い(約10日)。ということは、1個の味蕾を形成する約100個の細胞の各々が速やかに回転(ターンオーバー)し、このような短い期間で消長を繰り返しているわけである。しかも、100個の味蕾細胞のうちの20~40%だけが化学受容に関与しているらしいことが生理学的研究から示唆されている。単純計算すると、青年期のヒトの場合、約30万(9,000×100÷3)の味細胞があって、そこに味の受容体(レセプター)分子が存在し、味物質を配位子(リガンド)として認識していることになる。

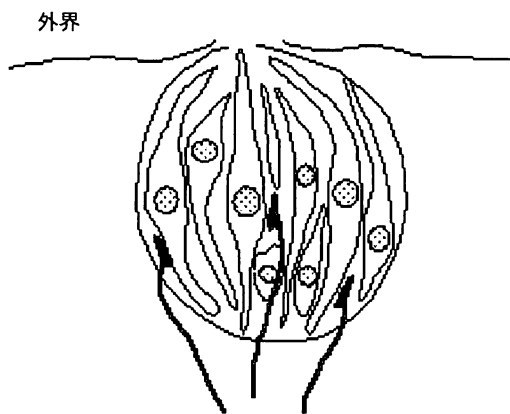


図2 味蕾の形態

味蕾は100個程度の細胞から構成される。紡錘形をしたこれらの細胞は約10日の寿命で代謝回転している。このうち20~40%が味細胞で、それぞれは味神経とシナプスを形成する。

しかし、レセプターにはいろいろのタイプ(型)があって、広義にはカチオンの出入の通路の役目を担うイオンチャンネルもこれに含まれる。例えば、甘・酸・塩・苦・旨の5基本味のうち塩味はNa⁺の通路であるナトリウムチ

ヤネルを開くことにより、酸味はK⁺の通路であるカリウムチャンネルをH⁺が閉じることにより、それぞれ塩味の感覚と酸味の感覚を与える。つまり、Na⁺やK⁺の出入の変動が味細胞の膜の電位変化(脱分極)を引き起こすわけで、生理学ではこれを細胞膜の興奮と表現する。その結果、興奮細胞と接続(シナプス)している味神経に電気インパルスが発生するのである。分子生物学では、脱分極によって神経伝達物質(ニューロトランスミッター)が味細胞から分泌され、味神経はこれを受容して神経細胞内で新たなシグナル伝達のプロセスが開始されると考える(図3)。

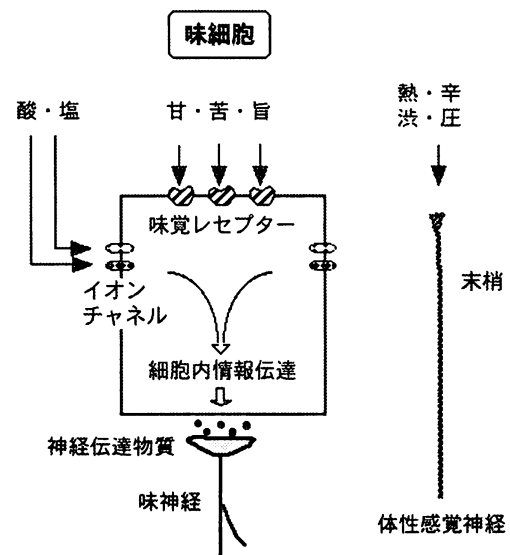


図3 味物質の受容とシグナル伝達

基本味は味細胞で受容され、細胞内シグナル伝達を経て味神経に伝えられる。一方、辛味などの味は体性感覚神経によって直接受容され、伝達される。

一方、甘・苦・旨の味をもつ物質の受容は、細胞内でシグナル変換の役割を演じるGTP結合タンパク質(Gタンパク質)と共同で働く(共役する)レセプターによって行われることが明らかになった。このタイプのレセプターにはいろいろあって、体内でホルモン、成長因子、薬物などの受容に広く関わっているが、いずれも構造的には細胞膜を七回膜貫通するジグザグな形状のタンパク質である(図4)。味の受容にもこれが関与していて、甘味物質をリガンドとして認識するもの、苦味物質をリガンドとするもの等々、きわめて多種にわたる。これまでに3つの異なるタイプの味覚レセプターが同定されており、各々のタイプに属する味覚レセプターの種類は全部で100以上あると推定されている。しかしながら蔗糖と一部の苦味に対応するレセプターは明らかであるが、それ以外の大部分の

味とレセプターの対応は未知である。

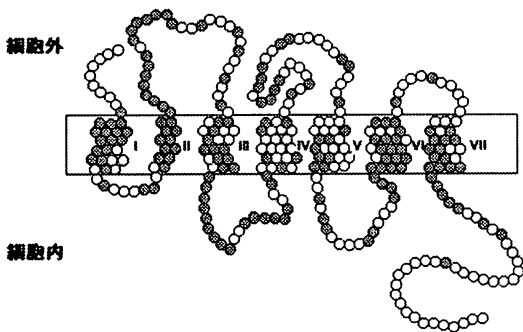


図4 七回膜貫通型味覚レセプターの構造

味覚の伝達

Gタンパク質にもいろいろなタイプがあって、それぞれが作動し、レセプターがリガンド(第1メッセンジャー)を認識して発するシグナルをいくつかの細胞内伝達経路へと振り分ける(したがってGタンパク質をトランスデューサー分子とする見方もできる)。Gタンパク質群の後方(下流)でいくつかの分子群が機能するが、重要なのはエフェクターと呼ばれる酵素群である(図5)。それらが作動して生じる第2メッセンジャー群は細胞膜の脱分極に直接関与するから重要なのである。レセプターから脱分極に至る経路は複数あるが、その主経路は第2メッセンジャーをCa²⁺とする経路である(図6)。これには甘味経路と苦味経路があって、いずれにおいても細胞内カルシウムの上昇を伴い、脱分極に至る。

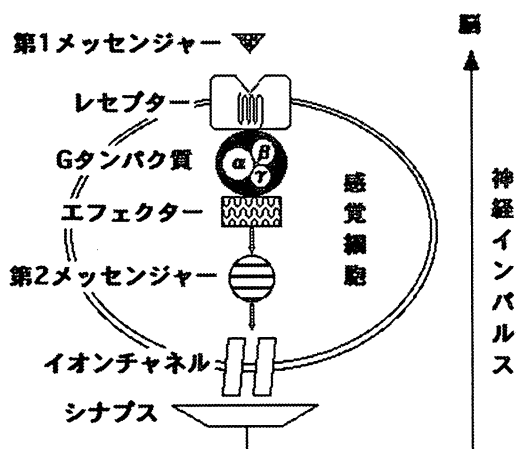


図5 味覚レセプターからイオンチャネルまでのシグナル伝達カスケード

味物質がレセプターで受容されると、そのレセプターに結合する特定のGタンパク質の性質により、さまざまなエフェクター、第2メッセンジャー、イオンチャネルの組み合わせで作動し、味覚シグナルを伝達する。

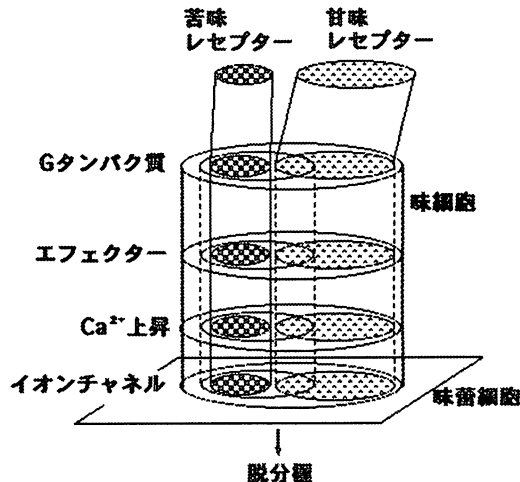


図6 味覚シグナル伝達の代表的な経路

味細胞には甘味系レセプターと苦味系レセプターのどちらかが存在する。どちらの場合もエフェクターはホスホリパーゼCβ2という酵素で、これが活性化されると、第2メッセンジャーであるCa²⁺濃度上昇が生じる。Ca²⁺によってイオンチャネルが作動し、味細胞が脱分極する。

味細胞膜が脱分極すると、細胞からエキソサイトーシスという機構によってトランスミッター分子が放出される。これを受容した味神経レセプターが電気インパルスという形のシグナルを脳へ伝達することは前述の通りである。

こうして味細胞から味神経へと伝えられた味覚シグナルは脳で情報処理を受け、そこで初めて味の知覚が生じることもはじめに述べた(図1)。ただしA このプロセスもきわめて複雑である。というのは、味神経と一口に言ってもそれには舌咽神経と鼓索神経の2種類があり、その総数は1,000以上にも及び、しかも味神経の終末(末端)は4~5つに枝分かれしていて枝ごとに異なる味細胞と接続しているからである。また、1つの味細胞は複数の味神経分枝と接続しているため、その味細胞は複数の味神経に同一のシグナルを伝えることができる。逆に、複数の味細胞が異なるシグナルを同一の味神経に伝えることもあり得る。つまり、味細胞と味神経の間に1:1の対応関係がないのである。これこそが食物の味の感覚を多様なものとし、味の知覚を複雑なものとする主因に他ならない。

いま、味細胞と味神経のこうした接続の配線図を作成し、その詳細を解明する試みが始まっている。その方法は解剖生理学的なものではなく分子生物学的なものにならざるを得ない。遺伝子の発現の有無強弱からこのパズルを解き明かす以外に決定的な方法がないからである。

付記

甘・酸・塩・苦・旨の5基本味の他に辛味、えぐ味、渋味などがある。これらは化学的な味ではあるが、その受容と味覚シグナルの伝達は体性感覚(ソマトセンサー)神経によって行われる(図3)。また、熱さや冷たさの感覚を呼び起こす物理的な味にも専ら体性感覚神経が関与する。これは舌咽神経と三叉神経に分類されるが、特徴的なのは、いずれも味細胞とは接続せず、口腔内の一面に神経終末を張り巡らせている点である。

例えば、トウガラシを口に入れると、含まれている激辛成分カプサイシンが体性感覚神経の終末に達し、そこに存在するバニロイドレセプターに受容される。これは一種のカルシウムイオンチャンネルであって、リガンド(この場合はカプサイシン)を認識するとCa²⁺の細胞内流入が起り、それが味覚シグナルを発生させる。つまり辛味物質は体性感覚神経に直接受容され、シグナルを脳に伝達させることになる。同じレセプターは熱を受容し、温度感覚を伝達させる機能をも果たす。英米人は辛いものを口にすると“hot”と表現する。分子論的にもそれは正しい。

食品は単に栄養素の供給体ではない。食品固有の属性とされる“おいしさ”は食品の特徴を最も端的に表すものである。おいしさの起因となる味覚の本質の解明は食品学の分野の最先端の課題の1つである。舌から味細胞、味細胞から味神経、味神経から脳、そして時として体性感覚神経から脳へのシグナル伝達を解析し、そのプロセスでの情報処理の機序を分子生物学によって解明することこそ“味覚の神秘”の扉を開く鍵であり、食品学が踏み込むべき新たな入口を提示する標でもある。

【略歴】

阿部啓子 (ABE Keiko)

昭和44年お茶の水女子大学家政学部食物学科卒業。46年同大学大学院家政学研究科食物学専攻修士課程修了。48年アメリカ合衆国デューク大学医学部研究員。お茶の水女子大学教務職員。57年東京大学。平成4年東京大学農学部助手。6年東京大学大学院農学生命科学研究科助教授。8年東京大学大学院農学生命科学研究科教授(現在に至る)。