

味と香りのサイエンス

その①

* 食べ物の味 *

味は栄養と毒のシグナル

食べ物の「おいしさ」に対しての関心は高く、テレビ番組でも食べ物の話題は断トツとあってよい。また香りへの関心も高く、目まぐるしい現代生活のストレスを癒すものとして欠かせなくなった。味がいい食べ物は、果たして身体の栄養にも良く、健康に寄与するものなのだろうか。また良い香りが心を癒すだけでなく、身体にも良いのだろうか。

ところで、味物質や匂い物質の研究と、感覚器を経て脳にいたる感知のメカニズムは最近目覚ましい発展を遂げ、「分子生物学」という、生き物の機能を物質の単位である分子のレベルで追求する学問の中でも、先端的な研究分野になってきた。

暮らしと健康に役立つ知識を身につけるために、「味と香り」を科学的に追求した最新の結果に目を向けてみたい。まず「味」について。

味は栄養と毒のシグナル

食べ物の味というと、まず甘味、塩味、そして酸味、苦味が基本とされてきたが、最近では、科学的な根拠をもって、これに「旨味」を加えることになっている。味の科学の大きな進歩である。それぞれの基本味は、われわれ動物が食物を摂取する場合、大事な役割を果たしている。甘味や旨味は良い味で、人はこうした味のするものを好んで食べる。また塩味は濃すぎると拒否されるが、適当な塩味は好まれる。一方、酸味や苦味は嫌な味であって、食べない。

甘味は糖のシグナル

甘味をもつ代表的な物質は糖である。糖は重要な栄養物の一つで、例えば脳のはたらきは糖をエネルギーとして使っていて、瞬時といえども欠かせない。

旨味のアミノ酸はタンパク質のシグナル

タンパク質はもつとも重要な身体の成分であるが、ごく少数の例外を別として、それ自身には味が無い。

タンパク質は約二十種類のアミノ酸から構成されているが、タンパク質には組み込まれていない遊離のアミノ酸には味がある。タンパク質が在るところには遊離のアミノ酸が存在するので、アミノ酸の味は、タンパク質の在り処を知らせるシグナルとなっている。

グルタミン酸は、タンパク質を構成するアミノ酸の中でもっとも多く含まれているアミノ酸であり、しかも代表的な旨味物質なので、タンパク質の良きシグナルである。

塩味はミネラルのシグナル

塩も動物にとつては欠かせない栄養素で、人の食べ物の調理と不可分のものだ。

酸味は腐敗物のシグナル

一方、腐敗したものを食べて食中毒をおこすのは、腐敗菌の出す毒素のためで、腐敗菌はベロ毒素やボツリヌス毒素のようなタンパク質性の毒素を出す。

タンパク質には味がないので、動物は味覚によって毒のタンパク質を拒否することができない。しかし腐敗物は酸っぱいので、酸味が腐敗物のシグナルになる。普通動物は、酸っぱい味がするものは腐っていると思つて口にしない。だが、ハイエナのように、死んだ動物の肉を好んで食べる動物もいる。実はかれらが、腐敗菌の出す毒素を解毒する強い免疫力をもつていて、屍肉を食べても平気だからである。

未熟な果物には、酸っぱいものが多い。実は植物が未熟な種子を食べられないように、酸味で防御していると考えられている。果物は熟すと甘くなって、今度は動物に食べ易くなる。熟した果実の赤や黄色も動物を引きつけるのに役立つという。熟した果実を食べた動物は、

糞と一緒に種をまき散らすので、植物は自分の子孫をあちこちに増やすことができる。

苦味は毒物のシグナル

多くの毒物は苦い味がするので、動物は毒を警戒して苦味のを食べない。動物が毒を食べる危険が大きいのは、植物を食するときである。

植物のなかには毒性の強い物質を含むものがあるが、なかでもアルカロイドと呼ぶ一連の化合物は強い毒性をもつ。トリプトの成分であるアコニチン、ケシの実に含まれるモルヒネ、キナの樹皮に含まれるキニーネなどの成分は、いずれも強い苦味があつて、動物は食べない。奈良公園のあちこちには、大きなアシビ（馬酔木）が生えているが、シカは毒をもっているアシビの葉を食べなかったために生き残つたと考えられている。

味は栄養のあるものを食べ易くし、有害な物質から身を守る役目をもつ。生まれたての赤ちゃんに味のある液をなめさせると、いろいろな表情をする。甘味や

旨味、適度な塩味のをなめさせるとおいしそうな表情が見られるが、酸味や苦味の液をなめさせると顔をしかめて拒否する様子がうかがえる。まだ学習していない赤ちゃんは動物と同じ挙動をするわけだ。

動物は酸味や苦味のもものは警戒して食べないが、酸そのものが悪いわけではない。また苦い物がすべて毒とは限らない。

ヒトは長い間の経験でこのようなことを知っているので、酔の物のように酸っぱいものや、コーヒー、ビールのように苦いものをむしろ楽しむ習慣ができた。

動物は唐辛子や胡椒のようなものは好まないが、ヒトにとっては香辛料はなくてはならないものになっている。動物は冷たいもの、熱いものを食べる機会はほとんどないが、ヒトはアイスクリームのような冷たいものや暖かい料理を好んで食べる。ヒトは手段を使つて舌を刺激し、食事を楽しむ。これこそ文化の象徴である。

味はアミノ酸で決まる

酸や糖は味の主役ではない

ヒトは雑食である。穀物、野菜、果物、海藻のような植物性のものから、動物の肉、魚、貝、軟体動物のような動物性のものまで食べる。例えば、ウシやウマは草を、ライオンや虎は動物の肉を主食として生きている。それと比較すると、ヒトの食生活はなんと多様なことか。ところがヒトはいろいろなものを食べるといつても、なんとも贅沢なことに、味が良くないと食べないのである。

それでは、科学的なベースで、食物の味が良いということ、化学的な成分との相関は如何に、ということになる。しかし、食物を分析すると無数の成分が検出されるので、こんなに沢山の成分で食物の味が決まるとすると、食物の味を化学の言葉で表すのは所詮無理であろう、と誰でもが思っていた。

ところが、最近の研究によれば、食べ物味の味は意外にも、単純な成分で決まるは、意外にも少数のアミノ酸の組み合わせによることが分ってきた。

以下に紹介するのは、水産物の味について研究された東京大学農学部の高橋章二先生のグループの研究結果である。

研究方法は、ズワイガニの肉汁の成分を分析し、分析値にもとずいて、市販の薬品を混合した合成エキスを調製した。この合成エキスからある成分を除くとカニの味がなくなる場合、その成分はカニの必須の成分と考えた。

こうして決定されたカニ味の必須成分は、グリシン、アラニン、アルギニンという三種類のアミノ酸と、旨味成分（グルタミン酸ナトリウム・イノシン酸ナトリウム）と、食塩と第二リン酸カリウムで、予想とは違って、きわめて単純な組成であった。

ただしカニの味は、それらの成分を混ぜれば良いというものではない。種類とともに、それぞれの成分の割合が重要であった。

興味深いことに、カニ味をつくる成分の割合を変えると、ホタテの味ができ、

ことが分かってきた。

以下、永年にわたり、北海道大学薬学部で、味と香りの研究に取り組んでこられた栗原堅三先生の研究成果をもとにして紹介する。

参考書・栗原堅三著「味と香りの話」
岩波新書（1998）

調理に砂糖や酢は欠かせない。果物やサツマイモ、カボチャなどの植物性の素材には糖が含まれているが、甘味をもつものはそれほど多く無い。まして肉、魚、海産物などの動物性食物には、甘みをもつ糖は含まれていない。酸っぱいものも、果物と特殊な野菜などに限られていて、極めて少ない。このように、これらの素材は、食物の味に主要な貢献をしてはいない。ほとんどの場合、食物の味は、元来動物植物の素材に含まれる遊離アミノ酸、旨み味で決まる。

アミノ酸のもつ味

天然のアミノ酸の味は実はさまざまである。

アミノ酸のメチオニンとバリンを加え、さらに各成分の割合を変えると、ウニの味となる。また貝の風味を出すために必要とされるコハク酸を加え、割合を調節することで、アサリやハマグリ味がつくれる。

味をひき出す食塩

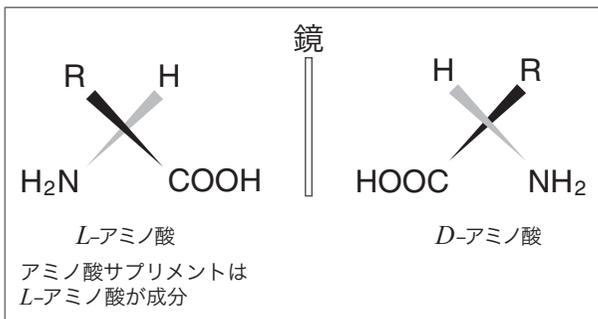
すでに述べたように、カニの味を出すためには食塩が必要であるが、合成したエキスをなめてみるだけではなく、味を科学的に取り扱うため、脳神経の応答を調べることになったが、その測定で、実験動物についての興味深い事実が判明した。

従来味の電気信号を測定するさいにはラットが使われていて、合成したエキスに関して、食塩の有無で変わりがなかった。しかし栗原研究室では、実験動物をイヌに変えたところ、食塩の添加によつて、味神経の応答が三〜四倍になることを見出した。イヌはヒトの味覚を研究するモデル動物として適切であることが分り、ヒトが自身で味わう味が、イヌ

グリシン、アラニンは甘味をもつが、ロイシンは苦味、グルタミン酸は旨味をもつ。またアルギニン、メチオニンなどは、苦味をもつだけでなく、厭みのある味をもつ。

アミノ酸の構造には、左手、右手の関係（キラリティーという）があり、グリシンを除いたすべての天然アミノ酸にD型、L型がある。不思議なことに、動物のもつタンパク質に組み込まれているアミノ酸はL型のみで、D型アミノ酸は例外的である。L型のアミノ酸はいろいろな味をもっているが、D型のアミノ酸のほとんどのものが甘味をもつ。例外としてD型アラニンなどをかなり多量含むウニ、ハマグリ、エビ、カニなどの食材がある。

実は食べ物の味

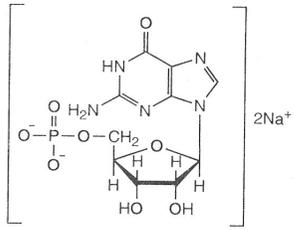


の電気的な応答として確かめられるのである。

食塩がアミノ酸の応答を増大する効果は、程度は違つても、ほとんどすべてのアミノ酸でみられ、またグルタミン酸、イノシン酸のような旨味物質に対しても、その応答は食塩の添加によつて増強された。興味深いことに、食塩の濃度が高すぎると、逆に応答の増強効果は減少した。栗原グループはそれらのメカニズムをも科学的に説明している。

食塩を加えて味が強くなるのは、昔からスイカに食塩をかける、汁粉に塩を入れるといったことが伝承されてきたが、この効果は、イヌを使った味神経応答によつても、科学的に証明された。刺身に醤油をつけ、魚を焼くとき、塩をふる。プロの料理人が、ダシ汁に塩を加えてから味見するなど、食塩によつて味わいを高めることは習慣的に行なわれてきたのだが、食塩の存在は必須であることが証明された。

我々は永い間、味噌と醤油を調味料として使ってきたが、味噌も醤油も穀物を発酵させてつくるが、発酵のあいだに穀



グアニル酸ナトリウム

グアニル酸が一個脱離してアデノシン二リン酸 (ADP) となる。さらにアデノシン一リン酸 (AMP) を経てイノシ

ン酸が一個脱離してアデノシン二リン酸 (ADP) となる。さらにアデノシン一リン酸 (AMP) を経てイノシ

食品中の旨味成分について

グルタミン酸は、コンブ、チーズ、お茶、ノリ、イワシ、イカ、トマト、ジャガイモ、白菜などに含まれ、イノシン酸は、煮干し、カツオブシ、シラス干しなど干物の類に含まれ、またアジ、サンマ、タイなどの魚、エビ、カニなどの海産物のほか、豚肉、牛肉ほかの肉類に含まれている。グアニル酸は、シイタケ、マツタケ、エノキダケなどのキノコに普遍的に含まれる。

いまグルタミン酸は醗酵法で生産されているが、デンプンなどを栄養源として、微生物を使い、できたグルタミン酸を菌体外に放出させる。一般に食べ物は中性なので、グルタミン酸は食品中で塩の形をとっている。市販品はナトリウム塩だが、カリウム塩、カルシウム塩も旨味を呈する。

旨味成分であることが明らかにされた。

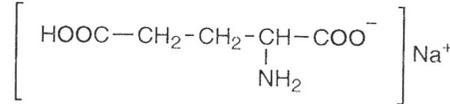
グアニル酸は核酸を構成する成分であるが、生体にはデオキシリボ核酸 (DNA) とリボ核酸 (RNA) の二種類があつて、DNA は遺伝子の本体で、RNA は遺伝子から情報を読み取り、タンパク質を合成する役目を担っている。グアニル酸は、生体内でRNAを合成する原料であり、また分解産物でもある。

イノシン酸とグアニル酸は今、デンプンの醗酵、食用酵母からRNAを抽出する方法で生産されている。市販品は、いずれもナトリウム塩になっている。

採れたての魚、イキのいい魚を食べる食通は多いが、ハマチのイノシン酸は、死後急速に増加することが分かり、魚の種類にもよるが、生きじめした魚は寝かせた方がよいようだ。生き造りは「活きているだけでうまくない」というのは、イノシン酸が少ないためとも説明されている。鮮度が勝る、歯触りが良い、をとるか。この辺の論議はデリケートな世界になるようだ。

昆布の旨味

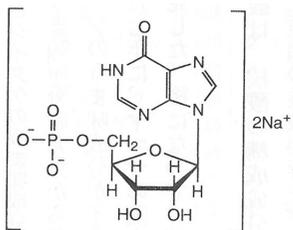
コンブのダシに興味を抱いて、その成分を抽出する研究を行い、ダシのおいしさの成分は、グルタミン酸の塩であることを見出したのは、東京帝国大学理学部教授



グルタミン酸ナトリウム



味成分の発見から五年後の一九一三年、池田教授門下の小玉新太郎博士は、カツオブシの旨味成分はイノシン酸の塩であることを発見した。それから半世紀、一九五七年になって、ヤマサ醤油の国中明博士は、グアニル酸の塩が旨味をもっていることを発見、後になってグアニル酸の塩は、シイタケの



イノシン酸ナトリウム

カツオブシとシイタケの旨味

味成分の発見から五年後の一九一三年、池田教授門下の小玉新太郎博士は、カツオブシの旨味成分はイノシン酸の塩であることを発見した。それから半世紀、一九五七年になって、ヤマサ醤油の国中明博士は、グアニル酸の塩が旨味をもっていることを発見、後になってグアニル酸の塩は、シイタケの

の池田菊苗教授であつた。明治四十一年 (一九〇八) のことで、池田教授はこの物質のもっている独特の味を「うま味」と命名した。その翌年、当時は医薬の製造に当たっていた鈴木三郎助氏により、グルタミン酸は小麦のタンパク質であるグルテンを加水分解し、工業的に生産された。

旨味成分を混ぜるとさらに・・・

旨味の成分、グアニル酸を発見した国中博士は、はじめに分離した酸を舐めてみた。旨味はあるが、そんなに強くはなかった。しかし比較のため、つぎにグルタミン酸を舐めた。たしかにグルタミン酸の方が旨味は強かった。ところが念のため、もう一度グアニル酸を舐めてみた。ものすごい旨味を感じた。グルタミン酸が口のなかに残っていたからである。これこそ「旨味の相乗作用」の発見であり、証明であった。

湯豆腐を食べるときの話しであるが、まずコンブでダシをとり、豆腐をカツオブシの入った醤油につける。旨味が出るのである。コンブを煮出したダシには、グルタミン酸はそれほど入っていない。カツオブシのダシにもイノシン酸はそんなに高い濃度で入っているわけではない。ところが、コンブ+カツオブシ(または煮干し)のダシが昔から使われていた。理にかなっていたのだ。

旨味の神経生理学

旨味だけを伝える神経繊維はあるか

日本人は旨味という味わいが存在することを、ごく自然に受け入れてきたが、欧米には、固有の味であるという概念が無かった。旨味物質は四基本味を強める作用があっても、基本味とはいえない、という認識は消えなかった。

旨味という固有の味があるかどうかを科学的に、明らかにするためには、動物を用いて神経生理学的データを得ることがもつとも直接的である。

味は味覚細胞で感知され、その情報は味神経束を伝わって大脳に到達する。動物の舌に味物質を与え、味神経束に発生する電気信号を記録すると、動物がどのくらいの強さの味を感じているかを定めることができる。味神経束は数百本の細かい神経繊維から構成されているが、神経繊維のなかには特定の味(例えば甘味)の情報だけを伝える神経繊維が存在するだろうか。

旨味の情報だけを伝える神経繊維の発見

二ノ宮祐三教授(九州大学)のグループは、マウスを用いて旨味の研究を行ってきたが、舌にいろいろな味を与え、舌咽神経繊維(味神経繊維の一種)から応答記録を得た。その結果、舌咽神経繊維のなかには、食塩、酸、苦味、甘味に応答せず、グルタミン酸ナトリウムのみの情報だけを伝える神経繊維があることを見出したのであった。このような神経繊維の存在はサルでも確かめられた。

基本味としての条件は、他の味とは異なるが、その味をもつものが普遍的で、ほかのどの味を組み合わせても作り出せないこと、そして他の味と神経生理学的に証明されることという定義が提案されているが、旨味はこれらの条件を満たす第五番目の基本味として国際的にも認められた。以前国際的な論文誌では認められなかった旨味「うまみ」が、*umami* または *umami taste* として最近では記述されるようになった。

コラム

健康やダイエットを掲げた
アミノ酸飲料って何?

味覚の主役となっているアミノ酸は、生き物に欠かせない「たんぱく質」を構成する成分なので、まずたんぱく質の話から。

私たちの体の約20%はたんぱく質からできている。また体の約半分は水分である。そこで体の固形部分の40%はたんぱく質ということになる。このたんぱく質を形作る単位となっているのがアミノ酸である。たんぱく質は数百個のアミノ酸が連なって形成されている。たんぱく質は、私たちの体の成分として欠かせないが、実は多様な生命現象に関わっていて、生命の根源物質ともいわれる。

本題のアミノ酸の話に入ることにする。アミノ酸には多くの種類があるが、共通の特徴としてアミノ基とカルボキシル基をもっている。生き物のアミノ酸は、この二つのグループが同じ炭素原子に結合して、正しくはα-アミノ酸と

いう。

たんぱく質を作るアミノ酸は、アミノ基とカルボキシル基が結合している炭素に、さらに互いに異なるもう一つのグループが結合したもので、二十種類ほどである。

アミノ酸からたんぱく質の合成

これらのアミノ酸が様々な並び方をすることで、多様なたんぱく質が作られるが、アミノ酸の並び方を決めるもの(たんぱく質を作る設計図)は「遺伝子DNA」である。

生物がたんぱく質を摂取すると、胃腸ではばらばらのアミノ酸にまで分解され、小腸で吸収される。

そのあとで、吸収されたアミノ酸を原料として、遺伝子の指示(情報)に基づいてたんぱく質が合成される。

必須アミノ酸は・・・

アミノ酸は体内で相互に変換し、また足りないアミノ酸は他のアミノ酸から体

内で合成できる。しかし必須アミノ酸と呼ばれる九種類のものがあり、これらは体内で合成できない。食物から摂るしかないのである。

以上たんぱく質の合成原料としてのアミノ酸の役割を説明したが、アミノ酸の機能はそれだけではない。それぞれのアミノ酸は、独特の生理活性をもつことが分かってきた。

例えばアミノ酸の一つ、ロイシンが筋たんぱくの分解を抑制することがわかり、イソロイシン、バリンなどの分岐した鎖をもつアミノ酸をスポーツのためのサプリメントとして使う試みが行われている。その他運動能力の向上、老化予防、ダイエット効果、化粧品への配合効果なども注目されている。

そこで最近急速にアミノ酸ドリンクへの期待が高まったわけだ。しかし、これから進められる研究成果に待つところは大きく、また発売された商品によって含有されるアミノ酸の種類や分量がまちまちであり、選択する基準が乏しい。各メーカーは、消費者に商品、効果の正しい説明をすべきであろう。