

総説特集：伝統食品の科学—ルーツ、おいしさ、機能—8

脳からみた蛋白栄養状態とうま味嗜好性との関係*

鳥居 邦夫**

(味の素株式会社・ライフサイエンス研究所)

食物摂取に関わるグルタミン酸受容体は下等な動物から高等哺乳類まで共通しており、核酸関連物質であるイノシン酸などのリボヌクレオチド類の共存により味覚（うま味）の相乗的増強が生じる。これを手がかりに索餌、摂取、咀嚼、嚥下、消化吸收、代謝調節、栄養素の消費と補充のバランス、そして体液中の各栄養素の生体恒常性の維持がはかられる。特に、蛋白質の量的、質的確保は生合成できない9種の必須アミノ酸を得る上で重要であり、動植物の組織を捕食する必要がある。動植物の蛋白質を構成する20種のアミノ酸の中でグルタミン酸は20～40%を占め、蛋白を生合成する際の細胞の基質としても最も多く、死後の自己融解により大量のグルタミン酸が生成される。当然、核酸関連物質も共存することになる。

我々は食塩、グルコース、アミノ酸、核酸関連物質の中で胃の迷走神経求心性線維が、応答を示すのはうま味物質であるグルタミン酸、そしてイノシン酸やグアニル酸のみであることを見出した。この情報は食物摂取の脳での認知を生じさせ、本格的な消化吸收と代謝調節を開始する引き金と考えられる。うま味物質が食物摂取とその後の消化吸收の担い手といえよう。

キーワード：蛋白栄養状態、うま味嗜好性、グルタミン酸受容体、迷走神経胃枝求心性線維応答性、食事性蛋白質摂取の認知

1. はじめに

われわれの先祖が狩猟採取の生活を送っていた数万年前は、人々はかなり広い地域を時間をかけて移動することにより日々の食糧、特に食事性蛋白質の確保が行われていた。やがて、大河の沼地などで自生していたムギ、コメ、アワ、キビそして豆類のいわゆる五穀を収穫し、加熱調理して食べるようになった。備蓄できる食糧の発見と利用は人々に定住を促し、土地を耕し水路により灌漑することにより穀物や豆類を大量に安定して生産する農業技術を確立した後は、古代都市国家の成立により加速度的に文明化したと考えられる。

穀物や豆類は動物性の食糧に比べ遊離のアミノ酸や糖類が殆ど無いので味がなく、含有する蛋白質は

約10%と少なく、その上9種の必須アミノ酸のうちリジン、スレオニン（コメ、ムギ）、リジン、トリプトファン（トウモロコシ）、メチオニン（豆類）などの含量が動物性蛋白質に比べ極度に少ないことから、畜肉、乳製品、魚介類などの動物性蛋白質と組み合わせることにより特定必須アミノ酸の欠乏を防ぎ蛋白栄養状態を良好に維持するような地域に根ざした食文化をつくりあげてきた。一方、動物性蛋白質は動物の組織や乳に代表される分泌物であるのでオリゴペプチドや遊離のアミノ酸に富み、20種のアミノ酸の中でも体蛋白質全体の20～40%を占めるグルタミン酸が最も多いので基質の遊離のグルタミン酸も多く、うま味がある（表1、表2）。

加えて動植物組織中の体蛋白質は自らの蛋白質分

*Received June 7, 2007; Accepted June 22, 2007

Recognition of protein nutrition status in the brain regulates preference for umami taste substances and sodium chloride

**Kunio Torii, Institute of Life Sciences, Ajinomoto Co., Inc., Suzuki-cho 1-1, Kawasaki-ku, Kawasaki 210-8681, Japan; kunio_torii@ajinomoto.com, Fax:+81-44-210-5893

表1 動物蛋白質に占めるグルタミン酸の割合。

Protein	Glu (g/100 g)
Albumin (human serum)	17.0
Fibrinogen (human serum)	14.5
γ -Globulin (human serum)	11.8
Albumin (egg white)	16.5
α -Casein (milk)	22.5
β -Lactoglobulin (milk)	20.0
Actin (muscle)	14.8
Myosin (muscle)	21.0
Insulin	18.6
Pepsin	11.9
Keratin (human hair)	14.4
Keratin (wool)	11.9
Collagen (tendon)	11.3

表2 植物性蛋白質に占めるグルタミン酸の割合。

Protein	Glu (g/100 g)
Gliadin (wheat)	45.7
Zein (maize)	26.9
Edestin (flax)	20.7
Hordenin (barley)	38.4
Globulin (coconut)	21.8
Arachin (peanut)	20.8
Globulin (cotton seed)	23.6
Glycinin (soybean)	20.5
Glutenin (wheat)	24.7
Lupin (lupine bean)	27.2

解酵素による自己融解が保存中に生じ、遊離して大量の amino 酸を反映して当然グルタミン酸が多い。人々は動物性、植物性を問わずうま味が強く感じられ、かつ、保存性も高くなるよう熟成や乾燥あるいは塩蔵など加工技術を改良してきた。動物の蛋白質を醗酵や自らの蛋白分解酵素で分解し、熟成させ遊離 amino 酸を極限まで高めたものが醤油、味噌それに魚醬である。

唾液は体液より産生されるので、含まれる amino 酸は体液に類似しているがグルタミン酸が血中濃度の数倍もあり、唾液腺で生合成し積極的に分泌している可能性がある。従って唾液の amino 酸の濃度を超える食物でないと味覚としての刺激にはなり得ない。グルタミン酸の味は基本味の一つであるうま味の代表的物質であり、核酸関連物質であるイノシン酸やグアニル酸の共存で相乗的増強が生じることが知られている。この現象は魚類から哺乳類まで共通して認められることから蛋白質を含む動植物の組織を探索し摂取するマーカーとしての重要な栄養生理

学的意味をもっていると考えられる。

核酸関連物質は蛋白質を含有する動植物の細胞内に必要に応じて生合成する蛋白質の遺伝情報の担い手として普遍的に存在しているので、グルタミン酸との共役によるうま味の相乗的増強は食事性蛋白質の認知をより確実にする上で重要な働きをしていると考えられる。又、脳の神経細胞（ニューロン）の70%以上がグルタミン酸感受性を有し、サイクリックヌクレオチド（cAMP や cGMP）の共存によりグルタミン酸に対するニューロン活動の増大が知られている。うま味の受容のような外因性栄養情報であるグルタミン酸シグナリングシステムは蛋白栄養状態を良好に保ち、生体の恒常性維持の中心である脳機能の担い手としても欠くことのできないものと言えよう。

2. うま味の受容

味覚の受容は主に舌表面に存在する味蕾の味細胞で生じる。味蕾は大部分が舌粘膜上皮組織に分布し、数は少ないが軟口蓋、咽喉頭にも存在している。味覚は食物を咀嚼し小分子量の amino 酸や糖などの栄養素を唾液に溶出させ、味蕾に含まれる味細胞の感覚毛に存在する受容体に結合させることにより初めて受容されるので合理的な分布と言えよう。味細胞は唾液に含まれる amino 酸、グルコース、食塩などの遊離の栄養素に対し順応しているもので、これらの濃度を超えた場合のみ味覚として受容される。われわれが日常使用する食塩、砂糖、グルタミン酸ナトリウム、醤油やケチャップなどの調味料は味覚受容をより確実にする手段として工夫、利用されているといえよう。

うま味の受容と核酸関連物質による相乗的増強はラットやマウスを用いた電気生理学的研究やヒトを対象にした官能試験で明らかにされていたが、ウシの有郭乳頭の味蕾の細胞膜標品を用いたグルタミン酸の結合様式に関する生化学的研究により厳密な構造活性相関が明らかになった（図1）。この研究結果はヒトを対象にした官能評価の結果と良い一致をみた（図2）。

核酸関連物質であるイノシン酸やグアニル酸により活性型グルタミン酸受容体の量的増大によりグルタミン酸結合量が相乗的に増大することが明らかになった。

脳からみた蛋白栄養状態とうま味嗜好性との関係

一方、分子生物学的アプローチにより味蕾におけるうま味の受容体としては代謝型グルタミン酸4型バリエーションが最初に同定された。その後、アミノ酸の受容にかかわり核酸関連物質との間に相乗的増

強を生じる TIR1/3 型ヘテロ二重体が同定された。我々は味細胞の微繊毛に局在する代謝型グルタミン酸受容体 (mGluR)1 型バリエーションを同定し、報告した。オリゴペプチドの中にはうま味を呈するものがあり、これら報告された受容体以外にもうま味受容体が存在する可能性は高い。うま味の受容は唾液、胃液、膵液などの消化液の分泌を生じ摂取した食物の消化への準備が始まる (図3)。うま味 (グルタミン酸ナトリウム) の刺激により迷走神経遠心性線維の胃枝、膵枝、肝枝そして交感神経の腹腔内脂肪組織への応答性は消化吸収に伴う栄養素の代謝が始まっていない肝枝を除き、著しく持続的に増加した (図4、表3)。又、腹腔内脂肪組織を支配する交感神経系の内臓神経の遠心性線維応答が増大することから摂食に伴う脂肪動員が抑制されると考えられる。

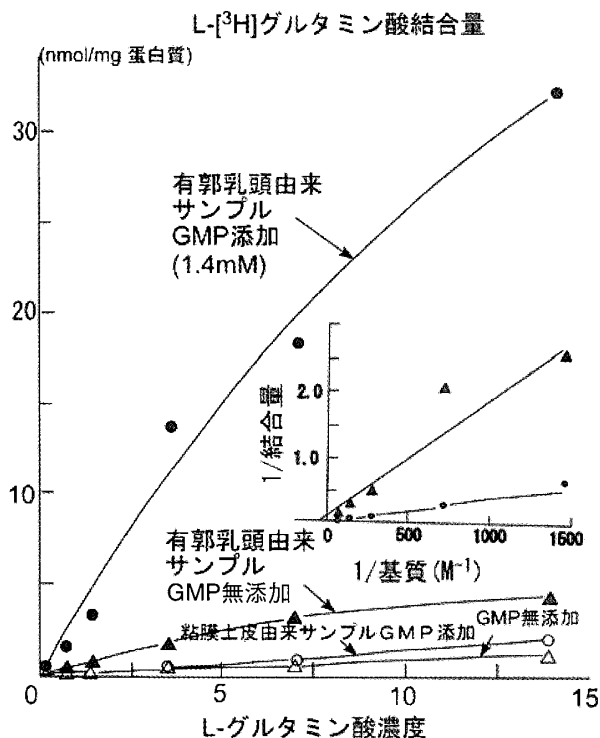


図1 ウシの味蕾を用いたグルタミン酸の結合とグアニル酸共存効果。

味蕾のあるウシ有郭乳頭および味蕾のない舌上皮サンプルにおけるグルタミン酸総含量と 1.4 mM グアニル酸 (GMP) 共存下での相乗的増大をみた。

表3 迷走神経各枝の応答変化。

迷走神経支配臓器	迷走神経各枝の応答変化
胃	++
小腸	++
膵臓	+++
脂肪組織*	+++
肝臓	+/-

*腹腔内脂肪組織は交感神経 (内臓神経) 遠心性線維より神経応答を記録した。

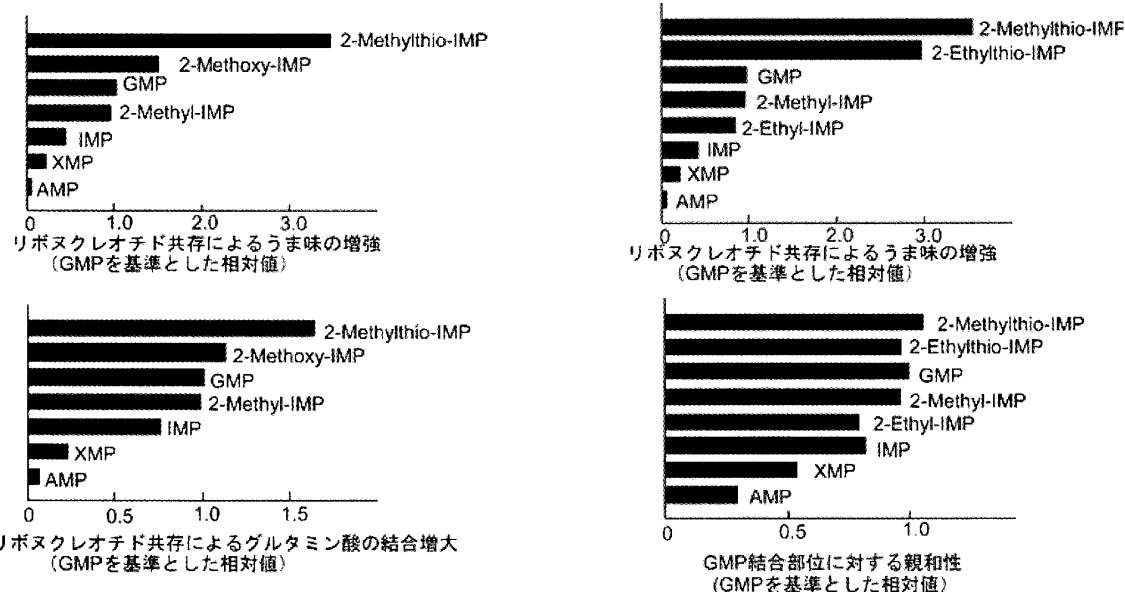


図2 グルタミン酸の結合と官能評価との比較。

ウシ有郭乳頭味蕾の膜面分サンプルにおけるグルタミン酸の結合およびリボヌクレオチド類の親和性をグアニル酸 (GMP) を基準として相対値で示し、官能評価の結果と比較した。両者は高い類似性を示した。

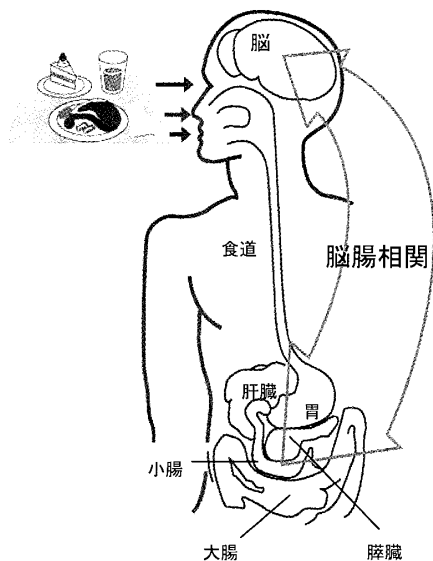


図3 食事中の情報(脳相、胃腸相、脳での情報処理)。食情報(視覚、嗅覚、触覚、味覚、内臓感覚、食体験)は脳に入力され、食欲や代謝を調節し、各栄養素の消費と摂取のバランスが維持される満足感を得、食体験が記憶、この繰り返しにより嗜好性が形成される。

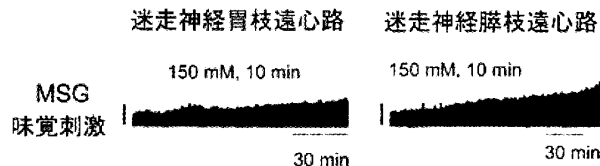
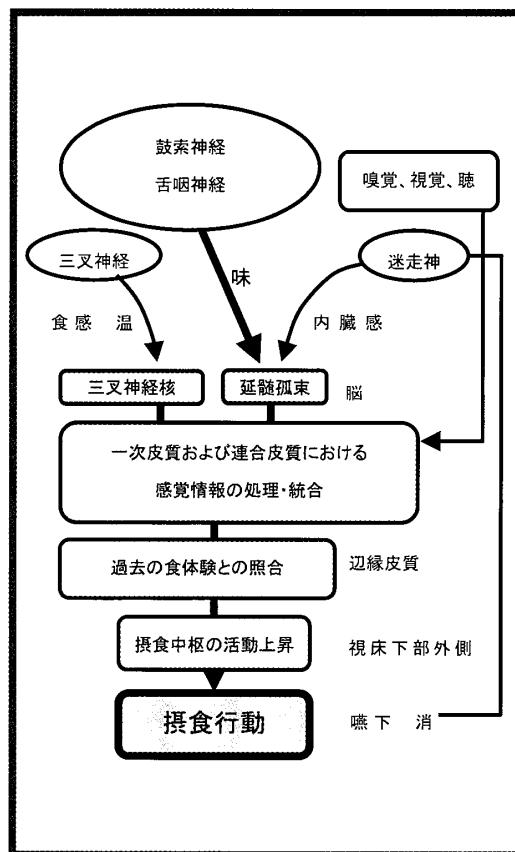


図4 味覚刺激に伴う迷走神経の消化関連臓器への作用。

3. うま味の内臓感覚

最近、我々は消化器系臓器を支配する迷走神経求心性線維の個々の栄養素に対する応答性を調べたところ、小腸枝や肝枝はすべてのアミノ酸、グルコース、食塩に応答するが胃枝はうま味物質であるグルタミン酸、イノシン酸、グアニル酸のみに応答し、他のアミノ酸およびグルコースや食塩には殆ど応答しないことを見出した(図5、図6)。胃は摂取した食物を一時貯留し塩酸(pH, 10.56)による殺菌とともに摂取し咀嚼により細断した食塊に含まれる蛋白質、炭水化物、脂質の部分消化を行う。さらに胃は消化が進むと幽門の開閉を調節して摂取したこれらの栄養素を確実に小腸からの吸収を促しながら、

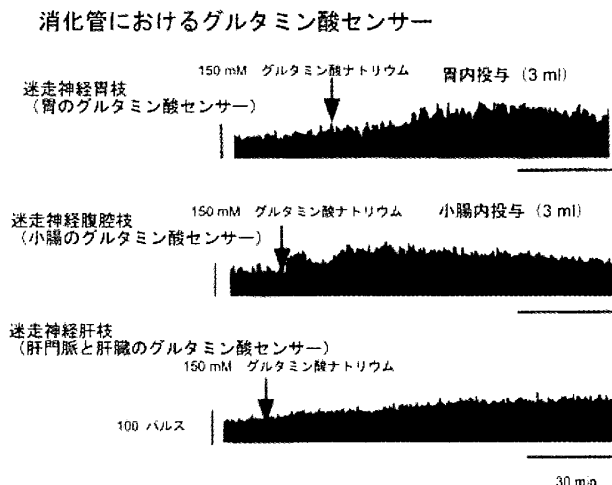


図5 消化管における迷走神経胃枝、小腸枝、肝枝のグルタミン酸ナトリウム水溶液による刺激応答。

生体恒常性を失調しない範囲で胃内の半消化上清を少しずつ小腸に転送する。舌、胃、小腸、肝門脈をグルタミン酸を注入して刺激すると迷走神経胃枝遠心性線維の応答が生じることから、胃は消化吸収を調節する担い手であろう。健康人を対象に0.5%グルタミン酸ナトリウムを添加した流動食の胃排出速度を調べたところ蛋白質を含む場合は促進し、蛋白

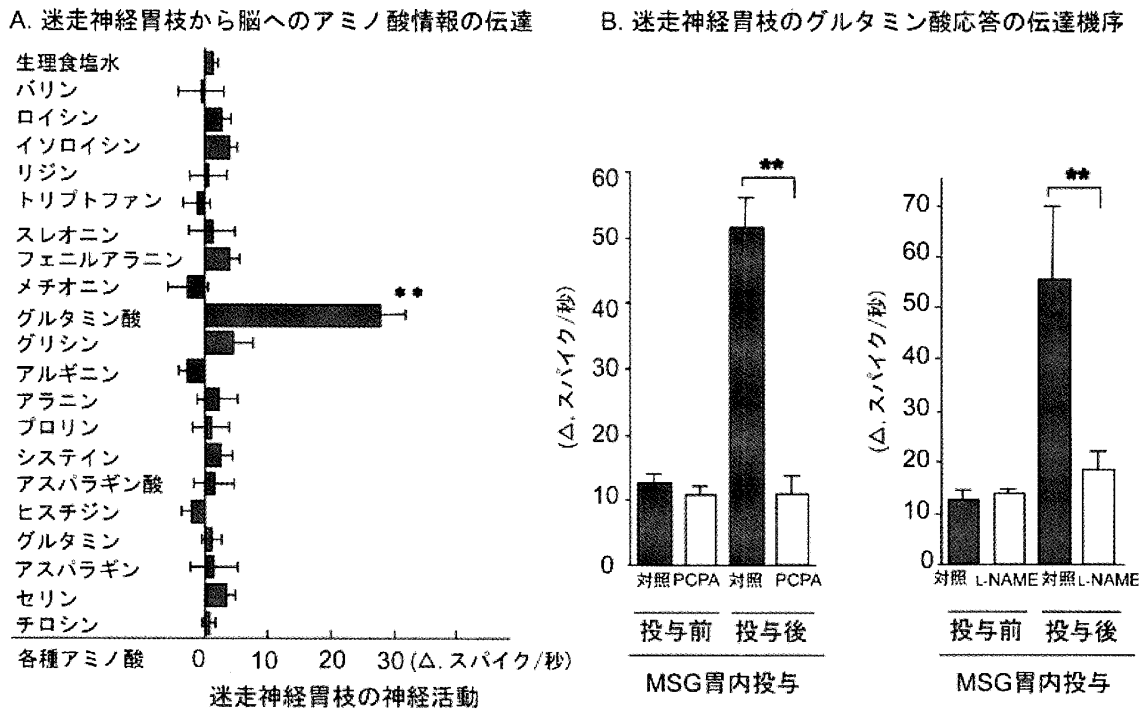


図6 迷走神経胃枝における各アミノ酸に対する応答(A)とグルタミン酸ナトリウム水溶液による受容の仕組み(B)。

セロトニン枯渇剤であるパラクロールフェニルアラニン(PCPA)と一酸化窒素合成酵素阻害剤であるニトロ-L-アルギニンメチルエステル(L-NAME)によりグルタミン酸により生じた応答は強く抑制された。

質を含まない場合は遅延することが認められた。グルタミン酸は蛋白質の消化吸収は促進するが、炭水化物に対しては血糖値の上昇を抑制するよう働くと考えられる。

胃の粘膜上皮組織にはうま味受容体の mGluR1 型バリエーションが主細胞(ペプシノーゲン分泌)、および壁細胞(胃酸(HCl)の分泌)、粘液分泌細胞のそれぞれ粘膜側に存在し、グルタミン酸の共存により炭水化物よりも蛋白質の消化を促進する可能性を示唆している。又、うま味の相乗効果の担い手と考えられるアミノ酸の受容体である TIR1/TIR3 ヘテロ二量体は内分泌細胞である G 細胞(ガストリン分泌)やクロム親和性(EC)細胞(セロトニン分泌)の粘膜側に存在が認められており、胃での消化を消化管ホルモンの分泌を介して調節している可能性がある。迷走神経胃枝の求心性線維の応答性を調べると、うま味の相乗効果(グルタミン酸と核酸関連物質であるイノシン酸あるいはグアニル酸の共存によって生じる反応の増加)が認められなかった。mGluR1 型バリエーションを介し、一酸化窒素(NO)分泌により EC 細胞からのセロトニン分泌を促し、迷走神経終末にあるセロトニン 3 型受容体を刺激することによって、食物摂取情報が脳に入力され、満

腹感形成とともに本格的な消化の引き金が引かれると考えている。グルタミン酸以外のアミノ酸混合物を含む成分栄養剤をラットに与えると物理的な刺激による c 線維の応答だけ一過性に生じるが、やがてその応答性は消失する。しかし、0.5%グルタミン酸ナトリウムを添加すると持続的な応答が長時間にわたって生じることで裏づけられた。

うま味の嗜好性は蛋白栄養状態が正常の場合のみに認められ、どの必須アミノ酸欠乏でも消失する。アミノ酸の恒常性を維持するよううま味のある食物を選択して摂取し、消化を円滑に営むことにより食後の満足感に至り、うま味嗜好性は確実に強化持続することになる。うま味嗜好性は蛋白質摂取が確実に行われ蛋白栄養状態が良好であるとのバロメーターと考えられる。

4. うま味の嗜好性と蛋白栄養状態

そこで、蛋白栄養状態とうま味物質や食塩に対する嗜好性についてラットを用いて調べた。

ラットの呈味物質に対する嗜好性は、蛋白質栄養状態により影響を受けて大きく変動することを利用してラットに各種アミノ酸および食塩水溶液、そして脱イオン蒸留水を与えて自由に選択させた。蛋白

鳥居

質欠乏条件下では食塩と体蛋白質保持（分解抑制）効果のあるグリシンやスレオニンを選択摂取するが、蛋白質摂取量の増大とともにうま味物質を摂取するようになった。また、正常な蛋白質栄養状態ではうま味物質の摂取により血中アンモニア濃度が低下することが明らかになった。一般に成長期にある

動物は、成長に伴って蛋白質要求量が低下する。成長期ラットに低蛋白食（5.0% 精製全卵蛋白）と高蛋白食（45% 精製全卵蛋白）を与えると、蛋白要求量（飼料中全卵蛋白濃度、12.5%(w/w)）を少し超えるように選択摂取（平均値が 13.3%）し、離乳間もないラットでも蛋白質摂取量を自己調節する能力

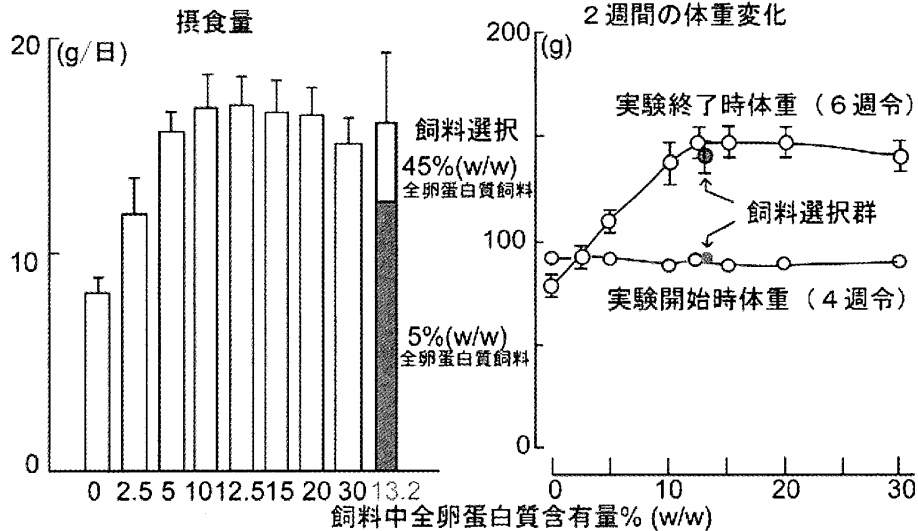


図7 全卵蛋白質含量の異なる飼料を摂取させたラットの食欲および成長と低および高タンパク食選択摂取時との比較。

6~8週令のラットは正常な成長に必要な食餌性蛋白質（飼料中蛋白質濃度、12.5%(w/w)）を選択摂取する能力を有する。

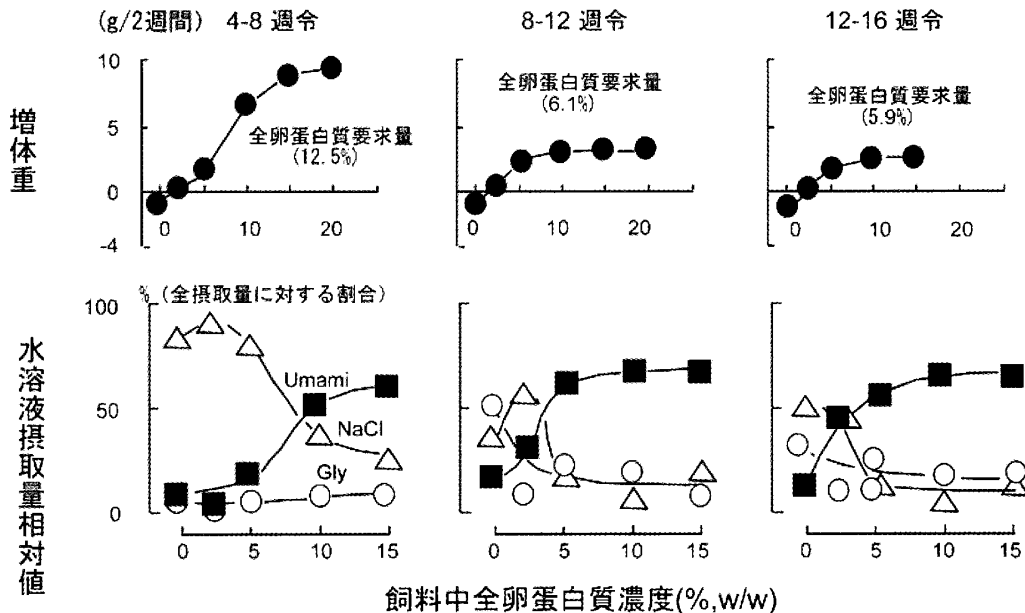


図8 異なる全卵蛋白含有飼料を与えられた成長期ラットにおける増体重と食塩、グリシン、グルタミン酸ナトリウムに対する嗜好性。

Sprague-Dawley 系雌性ラットに異なる全卵蛋白含有飼料を与え増体重および食塩（0.15 M, NaCl）、グリシン（0.5 M, Gly）およびグルタミン酸ナトリウム（0.15 M, Umami）に対する嗜好性（全摂取量に対する各水溶液の割合、%）で示した。各週令における増体重からみた全卵蛋白要求量は4~8週令では6.1%（w/w）12~16週令では5.9%（w/w）であり、食塩とグルタミン酸ナトリウム（umami）の嗜好性が入れ替わる水準と良い一致をみた。

脳からみた蛋白栄養状態とうま味嗜好性との関係

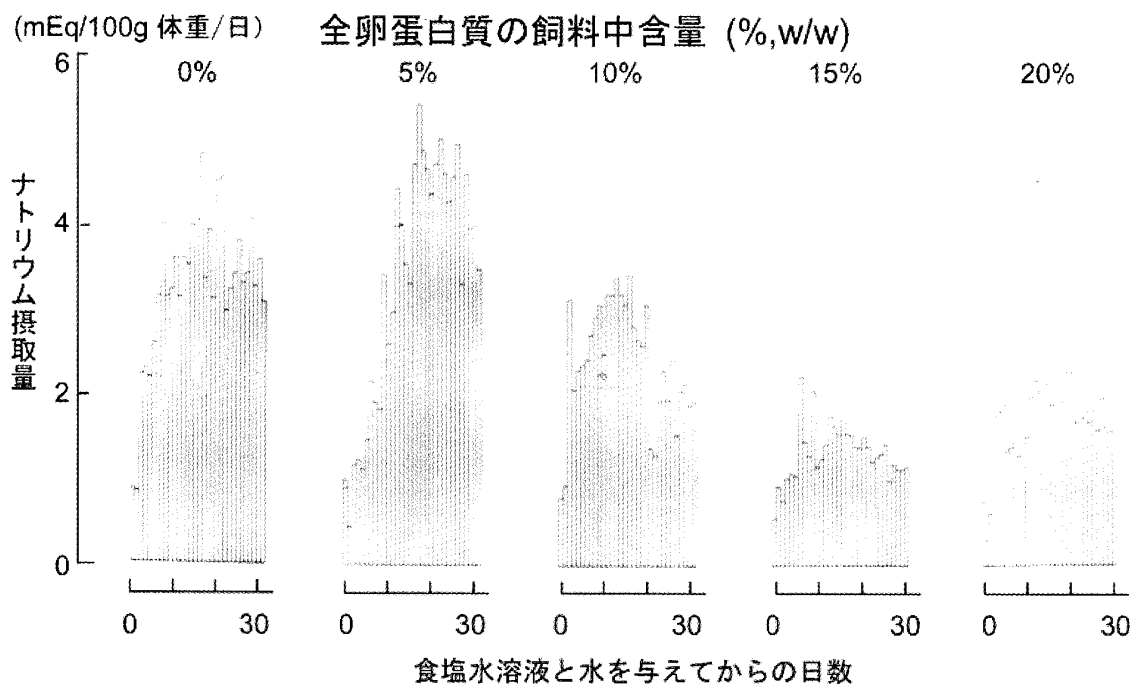


図9 グルタミン酸ナトリウムおよび食餌性蛋白質と食塩嗜好性との関係。

ナトリウム摂取量は蛋白栄養状態により変化し、蛋白欠乏条件下では強い嗜好性を示すが、全卵蛋白要求量である12.5% (飼料中濃度) を超えると著しく低下する。

を有していることが明らかになった (図7、図8)。そこで蛋白質栄養状態と嗜好性の関係を離乳直後 (4週齢)、性成熟期 (8週齢)、および成熟後 (12週齢) の雄性SD系ラットを用いて調べた。嗜好性が食塩からうま味へと変化する時の飼料中蛋白質含有量は、最大成長に必要な蛋白質要求量と同様、成長に伴って低下した。すなわち摂取蛋白質量が生体の要求量を充足したときに、うま味物質に対する嗜好性が発現し食塩嗜好性が低下するのである (図8)。

われわれが蛋白質に富んだ食物を選択し摂取し続けることにより、良好な蛋白質の栄養状態を維持することが期待できるだけでなく、食塩に対する嗜好性の低下に伴う食塩の尿への排泄における腎への負担の軽減、さらには水とナトリウム代謝失調により惹起される高血圧症の改善につながると考えられる。わが国では高度経済成長に伴って、わずか20年の間に動物性蛋白質摂取量が著しく増大し、逆に食塩摂取量の低下と並行して高血圧症の発症頻度が低下した (図9、図10)。

ヒトでもラットと同様、蛋白質の栄養状態の改善が何らかの貢献をしたことは確かであろう。以上述

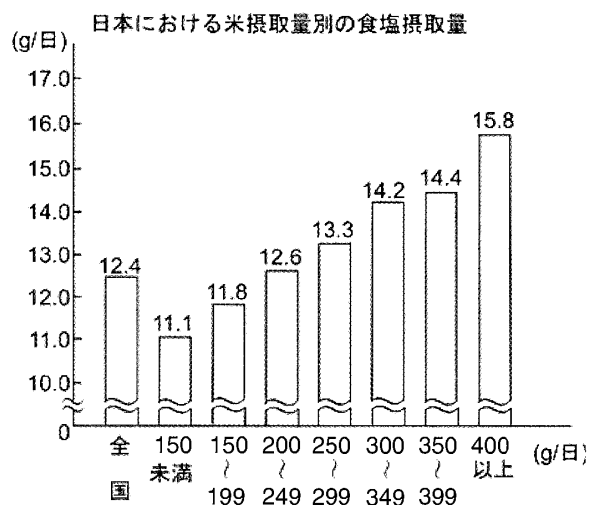


図10 日本人におけるコメの摂取と食塩嗜好性との関係。

コメを多く摂取する場合、副食からの蛋白質摂取が低下し食塩嗜好性が生じる。

べたように、食事性蛋白質が量的質的に不十分な条件下で食塩嗜好性を抑えることは大変困難なことと言えよう。したがって、高血圧症患者の減塩食療法は病態の改善には重要であるが、長期にわたり持続させる上で十分な食事性蛋白質の摂取を考慮することが重要である。しかしながら、ナトリウム利尿剤の利用と肝や腎への負担軽減の観点から、蛋白質摂

取制限も並行して行われるので、患者は強い食塩嗜好性が持続することになる。

蛋白栄養状態を良好に維持するという栄養生理学的配慮が高血圧患者のQOLを高めることにつながるのである。

蛋白質は生命活動にとって最も重要な必須栄養素であるので蛋白質欠乏による食塩嗜好性の発現の仕組みを詳しく調べた。成長期にある(4週齢)の雄性SD系ラットを用いて、20%カゼイン食(正常食)、および体重を維持するだけの蛋白質しか含まない5%カゼイン食(低蛋白食)で飼育した。この間、飲水として脱イオン水と、体液(150 mM)の2倍高張な300 mM食塩水の2瓶を与え、摂取量を測定し、溶液の総摂取量に対する食塩水摂取量の比率で、食塩に対する嗜好性を評価した。正常食を与えたラットの食塩嗜好性は常に低く、通常、ラットはこの高濃度の食塩水を忌避する。これに対して低蛋白食をラットに与えると5日目以降、300 mM食塩水を脱イオン水よりも好んで摂取するようになり、3週間後には正常ラットの2倍、体重当たりで比較すると4倍の食塩水を摂取するようになった。また、蛋白質欠乏食と脱イオン水で3週間飼育したラッ

トについて血漿ナトリウム濃度、循環血液量の指標であるヘマトクリット値、およびナトリウム出納を調べたところ、正常食を摂取したラットと差がなく、この食塩に対する嗜好性はナトリウム飢餓とは無関係に発現するものであると言える。

食塩に対する嗜好性は、蛋白質欠乏と同様に9種類の必須アミノ酸のいずれか1つが欠乏した飼料をラットに与えた場合にも認められる。特定の必須アミノ酸欠乏ラットに正常食を与えると、正常な成長をはじめると共に、食塩に対する嗜好性は速やかに消失するとともにうま味嗜好性が発現する(図11)。

この現象は体内で生合成出来ない必須アミノ酸の欠乏は蛋白欠乏と本質的に類似の現象であるとラットは認識していると考えられる。いずれにしても食塩嗜好性発現は食事性蛋白質もしくは特定必須アミノ酸の欠乏の様な蛋白栄養状態が乱れるなど生体恒常性の何らかの失調が生じているとのバイオマーカーであると言えよう。

5. うま味嗜好性の生物学的意義

魚類から高等哺乳類に至るまで身体を構成する体

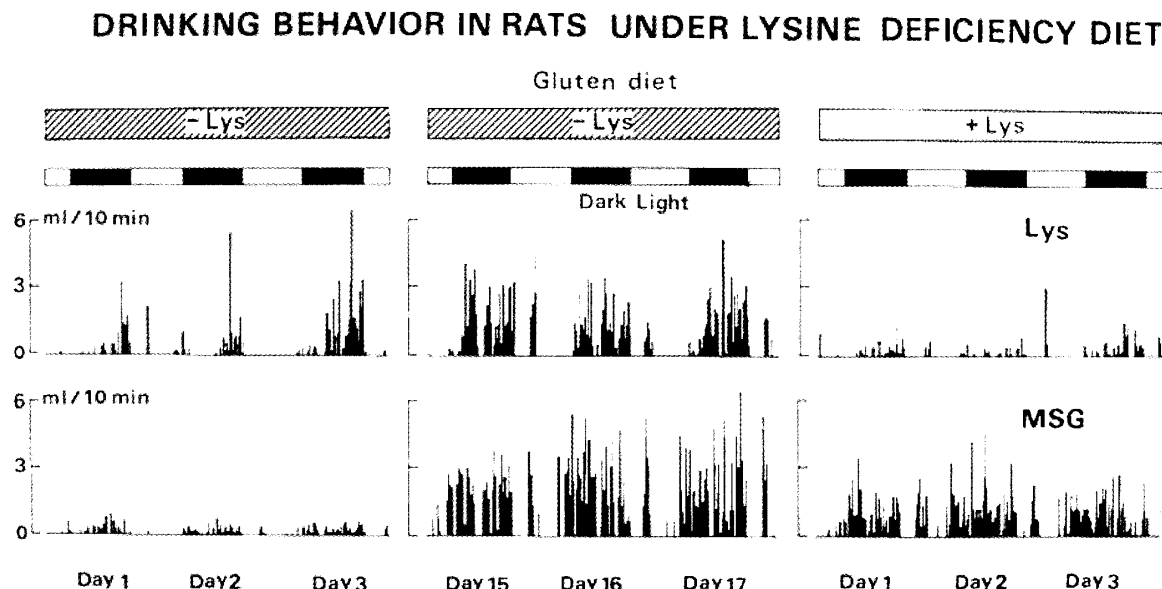


図11 リジン欠乏およびリジン正常食摂取時のリジンおよびグルタミン酸ナトリウムに対する嗜好性の変化。

必須アミノ酸の1つであるリジン(Lys)欠乏ラットは強い食塩嗜好性を示すが、グルタミン酸ナトリウム(MSG)に対しては嗜好性を示さず、リジンを定量的に選択摂取する。リジン摂取蛋白栄養状態の改善によりMSGに対する嗜好性が生じた。リジン摂取は消失する。リジン正常食を与えるとリジン摂取は認められないが、MSGに対する嗜好性は持続する。

蛋白質を維持し生命活動を持続する上で他の生命体を捕食し、食事性蛋白質として利用する必要がある。特に必須アミノ酸は生体内で全くあるいは十分に合成により得られないので摂食した食物に蛋白質を含むか否かの認知が極めて重要である。自然界ではこれらの食物は動植物の組織ということになり細胞を咀嚼により破碎し細胞内のアミノ酸や核酸関連物質がバイオマーカーとしての役割を果たすことになる。即ち、魚類から哺乳類まで共通して認められる両者共存による味覚強度の相乗的増強でありヒトではグルタミン酸とイノシン酸やグアニル酸との組み合わせがあり、肉食性の魚類であるタイではアラニン、グリシンとアデノシン三リン酸(ATP)ということになる。同様に肉食性のネコではアミノ酸と核酸関連物質との間に味覚応答の相乗的増強が生じるが食物(獲物)に糖が殆ど存在しないので糖類に対する味覚応答は生じない。ネコの唾液には炭水化物をマルトースに分解する酵素活性がないことも合理的である。

これは最近糖およびアミノ酸受容体である T1R2 の変異によるものであることが判明した。しかし、甘味を呈するアミノ酸のグリシン、アラニン、セリン等には味覚応答と嗜好性を示すので甘味が弁別出来ないのではない。うま味物質による味覚受容は自らの身体を維持し健康を保つ上で食物選択の重要な手がかりとして役割を果たしており、さらに嚥下後の消化吸收や代謝調節に関わる内臓感覚としても生体恒常性維持に重要な役割を果たしていると言えよ

う。

文 献

- 1) Giacometti T: Free and bound glutamate in natural products: Glutamic acid: Advances in biochemistry and physiology, Raven press, pp. 23-54 (1979)
- 2) Torii K, Mimura T and Yugari Y: Biochemical mechanism of umami taste perception and effect of dietary protein on the taste preference for amino acids and sodium chloride in rats: Umami: A basic taste, Marcel Dekker, pp. 23-54 (1987)
- 3) 鳥居邦夫, 二宮くみ子, 河野一世: おいしさの科学, 島田順子・下村道子編, 調理とおいしさの化学, 調理科学講座, 朝倉書店, pp. 53-95 (1993)
- 4) 鳥居邦夫: 食行動における脳の働き, 食と健康 II: 健康の科学シリーズ, 武藤泰敏編, 学会センター関西, pp. 75-123 (1996)
- 5) 鳥居邦夫: 食事アミノ酸と脳機能, 齊藤昌之, 鳥居邦夫, 青山頼孝編, 日本栄養・食糧学会監修, 食は脳で食べる, 建帛社, pp. 23-58 (2003)
- 6) 畝山寿之, 鳥居邦夫: だしの効果, 臨床栄養 109, 313-320 (2006)
- 7) 鳥居邦夫: 消化器における食物摂取の認知はうま味物質により生じ、消化がはじまる一迷走神経胃枝求心性線維の食事性栄養素に対する応答性, 医学のあゆみ 220, 655-656 (2007)

<著者紹介>

鳥居 邦夫 (とりい くにお) 氏略歴

1946年 東京都世田谷区に生まれる。

1971年 東京大学農学部畜産獣医学科卒業。同年味の素株式会社入社、中央研究所にて脳研究に従事。

1977年 米国ペンシルバニア大学モネル化学感覚センター留学 (客員研究員, 3年間)。

1990年 新技術事業団 (現、科学技術振興機構) 創造科学技術推進事業 (ERATO)、鳥居食情報調節プロジェクト 総括責任者 (兼担、5年半)。

現在 味の素株式会社、上席理事、ライフサイエンス研究所で「おいしく食べて健康づくり」研究を推進中。1978年、1993年ゴードンリサーチカンフェレンス招待講演。1996年オックスフォード大学 Career's day Symposium 招待講演、1998年日本栄養・食糧学会学会奨励賞受賞。

趣味は料理、ガーデニング、大工仕事、テニス

