ソルト・サイエンス・シンポジウム 2011
「塩と生活」開催について

第 9 回目となるソルト・サイエンス・シンポジウム 2011 を 9 月 9 日（金）に早稲田大学国際会議場で開催しました。

当財団では、従来から研究助成事業の一環として、助成研究発表会を毎年開催するとともに、ウェブサイトでの研究助成の成果の公開も行っております。また、「月刊ソルト・サイエンス情報」を発行するなど、塩に関する科学的な情報の社会への提供に努めてまいりました。2003 年（平成 15 年）からは私たちの生命を維持し、現在の社会・生活に不可欠な塩についての理解をより深めていただくために、助成研究の成果に加え時宜にかなった塩に関する科学的な情報を提供する本シンポジウムを開催しております。

今回は、「塩と生活」をテーマとして、「海藻の不思議」、「生体内でクロールイオンはどんな働きをしているのか？」、「しょうゆの科学と歴史」の 3 題の講演により、多面にわたる最新の科学的な情報を分かりやすく解説しました。

今回のシンポジウムは 143 名の参加者があり、座長の先生方のご尽力により活発な質疑応答がなされ、盛会のうちに終えることができました。

本稿はその質疑応答を盛り込んだシンポジウム 2011 記事となっています。講演要旨は、既に開催時に発行していますので、それを抄録として掲載し、質疑応答とつながるように編集しました。なお、本シンポジウムの講演要旨については当ウェブサイトのシンポジウムのページにて公開しております。

シンポジウム会場

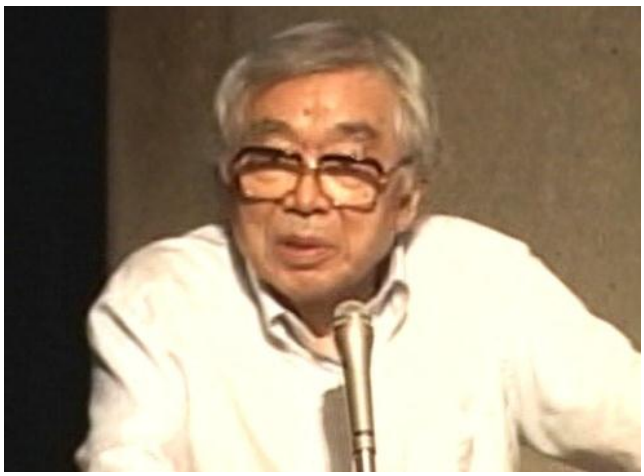
藤巻正生　シンポジウム企画委員長　東京大学名誉教授による開会挨拶

講演－１

海藻の不思議

木村　修一　東北大学名誉教授

座長：蔵田　憲次　東京大学名誉教授



木村　修一　東北大学名誉教授

はじめに:

われわれ日本人にとっては、日常何気なく摂取しているノリ、ヒジキ、ワカメ、コンブなどの海藻も、欧米人にとってみれば、「なんとも変なものを食べている」ということになろう。最近でこそ日本食が注目されているので、海藻も健康食品との認識は少しは拡がっているようであるが、ノリを食べておいしいという欧米人は少ないであろう。日本で弥生時代に海藻を食べていたことは万葉集にも歌われていることからも分かる。

「これやこの　名に負う鳴門の渦潮に　玉藻刈るとふあまおとめども」

701 年に大宝律令が制定されたが、租税のなかに海藻が含まれている。

海藻が有史以前から中国の太平洋沿岸の一部で食べられていたことが分かっているが、外国では肥料や飼料に使われていたことが多く、フランスではナポレオンの時代に爆薬を作る材料（硝石）の原料として用いられており、1811 年には、その研究をしていた Barnard Courtois は海藻から硝酸カリウムを作っている過程で紫色の蒸気としてヨウ素を発見している。

海藻の成分の研究から、これまでの栄養素だけでなく、機能性の面から興味をもたれる成分が数多く発見されており、近年食品材料として注目されている。また生育の速さから、バイオマス原料としても期待されている。

ここでは海藻の生物学的位置づけ、栄養学的機能、に焦点を合わせて、解説したい。

1　海藻の生物学

一般的に海藻といっている呼び名は俗称であり、特定の一つの分類群に与えられたものではない。海で固着生活をいとなむ藻類に対する総称となっている。したがって、古く万葉の時代にモシオグサ（藻汐草;アマモ）が「海藻とり」の情景の歌として詠まれていた植物も海藻になっている。しかし厳密に言えば、この植物は種子植物（顕花植物ともいい、花を咲かせて維管束をもつ植物）であり、コンブ、ワカメなどのように、花を持たず、したがって種子もできず、維管束もなく、根、茎、葉の区別のない藻類とは異なるはずである。海に生育する種子植物は「海草」と呼ばれるべきもので、分類上藻類に属するコンブ、ワカメなどについては正真正銘の「海藻」と呼ばれるべきであろう。

地球上での生命の起源が、原始海圏で起こったことは多くの学者の一致した意見である。海に誕生した原始生物は単純な単細胞生物から進化したことは容易に想像できる。海藻もこのような進化の中で単細胞から進化したと考えられる。しかし藻類の分類については、不明の点や疑問が多く、さまざまな分類が提唱されてきたが、繁殖のしかたに関連する生殖細胞の鞭毛の状態、光合成のメカニズムと関係する光合成関連色素、生産物質たとえば細胞壁の構成成分や貯蔵物質などが系統によって異なるといったことが次第にあきらかになり、さらには、ゲノム解析からも進化の道筋がある程度わかるようになってきた。今後その進展が期待される。

1－1 鞭毛による系統差

藻類の中で、緑藻類、褐藻類などでは、それらの生殖細胞には鞭毛が備わっていることが一般的である。水中で繁茂するにはより有利な適応である。紅藻類、藍藻類は鞭毛を持たない。進化の面では藍藻類が最も早く地球上に姿を現し、ついで紅藻類が生まれ、褐藻類と緑藻類は最も後に出現したものと思われる。緑色植物でも、コケ類やシダ植物には依然として生殖細胞に鞭毛がみられ、種子植物になると鞭毛が見られなくなるのは、陸上では水中と異なり、鞭毛が繁殖にはほとんど役立つことがなくなり、進化の過程で退化したものと考えられる。

なお、この分類では藻類の中に単細胞藻類で植物性プランクトンなどといわれるミクロ藻すなわち、ミドリムシ植物、渦鞭毛植物、クリプト植物、紅色植物、藍色植物も含まれている。海の中にある膨大な植物性プランクトンも海藻なのである。

1－2 光合成色素の系統差

光エネルギーを化学エネルギーに変換する過程を光合成というが、これには光量子が光合成色素に吸収されて化学エネルギーに変えられるいわゆる明反応と、生成した高エネルギー化合物から放出されるエネルギーをもとに炭素固定による糖合成を行う暗反応の一連の過程がある。クロロフィル a はこの明反応に関与する光合成色素である。さて、この光合成色素にはクロロフィル a 以外にも補助的な色素が種々あげられる。すなわちクロロフィル b、c、d やカロチノイド、フィコビリンなどで、クロロフィル a の働きを助ける補助色素といわれるべき性質をもっている。そしてこの含有色素の構成パターンには、系統による差がみられる。光合成に必須の色素であるクロロフィル a は、緑色植物に共通して存在していて、高等植物である種子植物の場合はクロロフィル a、b が組み合わさっている。また光合成で生産され貯蔵される物質もそれぞれ系により異なる。種子植物の場合はデンプンである。緑藻類は種子植物と同様クロロフィル a および b を持ち、貯蔵物質も同じくデンプンであるが、褐藻類はクロロフィル a 以外に褐色のフコキサンチンと呼ばれる補助光合成色素を持ち、生産されるのはデンプンではなくラミナランと呼ばれる炭水化物である。紅藻類の場合はクロロフィル a 以外の補助色素としてフィコエリトリンを含んでおり、合成される炭水化物は紅藻デンプンである。

2 海藻成分の栄養

2－1 日本食品標準成分表にみる海藻の栄養成分組成

海藻の特徴として見られるのは、まずミネラルが多いということである。そして緑黄色野菜と同様にβ －カロチンなどカロチノイドが多いことである。このほかに食物繊維が多いということでみると、現代人の不足している栄養素の補給にはもってこいの食品である。しかし注目したいのはたんぱく質である。たんぱく質含量は穀類並みであり、たんぱく質の栄養価を判定する必須アミノ酸の含量も高く、バランスもよい。「アミノ酸スコア」（たんぱく質の判定に用いるインデックス）をあげてみよう。海藻のたんぱく質の栄養価が極めて優秀であることが分かる。すなわち、コメ:68、コムギ:44、ダイズ:86、ホウレンソウ:50、ニンジン:55、鶏卵:100 であるのに対し、アマノリ:91、コンブ:82、ヒジキ:62、ワカメ:100 という評点である。なお、海藻にはグルタミン酸、アスパラギン酸などのうまみ成分や甘味をもつグリシン、アラニン、プロリンなどが多く含まれているため、いわゆる「だし」として使われている。世界で始めてコンブからうまみ調味料をつくりだしたのは日本である。

2－2 海藻の脂質

先にあげた成分表に見るように、海藻中の脂質含量は低く、カロリー源としての意味はあまりない。海藻類の脂肪酸組成は、紅藻、褐藻、緑藻とでそれぞれ特徴的なパターンを示す。注目すべき点はω－3 の高度不飽和脂肪酸、たとえば EPA（エイコサペンタエン酸）を多く含んでいながら、ω－6の高度不飽和脂肪酸（たとえばアラキドン酸）も持っているということである。脂肪酸の代謝からみると実に面白い現象である。動物はリノール酸（ω－6）からアラキドン酸を合成できるが EPA を合成することができない。一方、植物は EPA を合成できるがアラキドン酸を合成することができない。これが両方できる生物が藻類で、藻類には動物と植物の両方の性質を持つものがある。20 億年以前の地球上で植物の起

源と進化に深く関わっていたと考えられている。アメリカでこの研究を進めていた研究室に私も在籍していたことがあり、懐かしい課題であるので、少し触れてみることにする。「ミドリムシは動物か？それとも植物か？」という問題の議論である。（注:ω－3 はn－3 と同じ）

2－3 海藻のミネラル

海藻は海水中で生育するので、海水中のミネラルを取り込み、生体成分として含むことは当然考えられるが、海藻にとって有用なもの以外にも蓄積してしまっているものはあろう。海洋生物による元素の濃縮係数のデータをみると、鉛（Pb）、セレン（Se）、アルミニウム（Al）などが高い値を示している。すなわちセレンなどは 10,000 倍から 16,000 倍という濃縮率を示している。もちろん海水中の濃度が低いので、ただちに中毒を心配することはないが、海藻の持つ濃縮率の大きさには注目すべきものがある。（これについては後で述べる）。東北地方各地で採取したホソメコンブの代表的な元素組成の分析値を示したが、陸上の植物と比べるとハロゲンの含量が多いことが分かる。ヒ素（As）は高い値を示しているがほとんどが毒性の弱い有機ヒ素であることが分かっている。新鮮重量あたりのホソメコンブの含有量と海水中の含有量を比較すると、ナトリウム（Na）、臭素（Br）などは濃縮されていないが、ヨウ素（I）, ヒ素（As）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）は数千倍濃縮されていることが分かる。同じ海水生物でも、魚類などの動物ではリン（P）、鉄（Fe）、亜鉛（Zn）などに高い濃縮率が見られており、海藻の場合と異なることが分かる。いずれにしても海藻はミネラルを多く含み、ヨウ素、鉄、マンガン、亜鉛、コバルトなどを高いレベルで含んでいる。特に褐藻の場合はカルシウム（Ca）、カリウム（K）が多く、また緑藻ではマグネシウム（Mg）、鉄（Fe）が多く、健康維持にふさわしい食品になる性質をもっている。

興味あることは海藻中のこれら元素が有機態である場合が多く、吸収がマイルドで、毒性も含めて生理活性の発現も緩やかである理由となっている。これらミネラルの生理活性についても若干述べることにしたい。

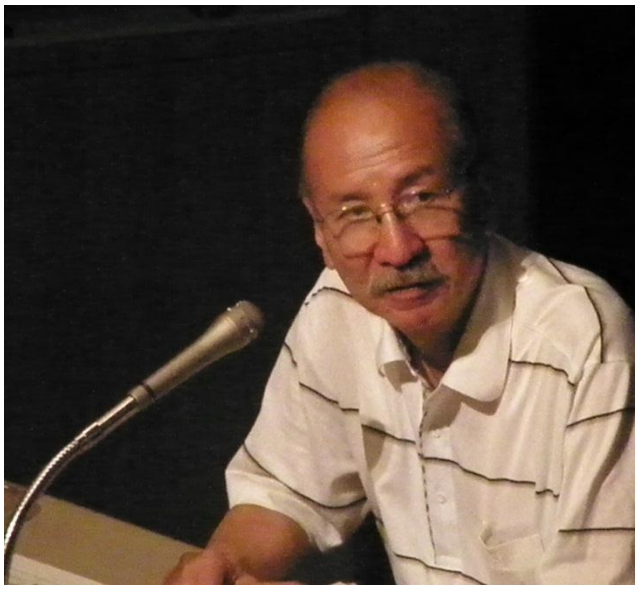
おわりに:

海藻をよく食べる日本人の腸内には、ノリやテングサなどの紅藻類を消化できる細菌がいることが、フランス・パリ大学の研究でわかった。もともと人間が持たない海藻分解酵素を日本人の腸内細菌が獲得したものとみられ、研究グループは、伝統的な食生活が遺伝子を「ヒッチハイク」させる可能性を指摘している。この研究グループは、紅藻類を餌にする海中の細菌から、紅藻類の食物繊維を分解する酵素を作り出す遺伝子を特定。その遺伝子が人体に存在するか調べたところ、日本人 13 人のうち 5 人の腸内細菌からほぼ同じ遺伝子を発見できた。一方で、この遺伝子はヨーロッパ人の腸内細菌からは見つからなかったという。

海藻中から見出された生理活性物質は数多くあり、抗潰瘍作用物質、抗腫瘍物質、その他多くの生理活性物質が見出されている。

海藻のもつ性質を知るにつけ、研究者にとってきわめて魅力のある対象であることを感じる。いま東日本大震災で深刻な放射能汚染の問題に直面しているが、海藻のもつ機能が役立つ可能性を考えている。時間があれば論じたい。

質疑応答



蔵田　憲次　東京大学名誉教授

【蔵田】 先生、どうもありがとうございました。それでは只今から質問をいただきたいと思います。
私からひとつ伺います。β -カロチン単独の場合は「が

ん」の死亡率が増加し、かぼちゃなどから複合的にβ -カロチンを摂取した場合は「がん」の死亡率が減少するというのは、原因が何なのかわかっているのでしょうか。

【木村】 いろいろな説がございます。β -カロチン単独の場合は「がん」の進行を早めますが、普通に食べ物から摂取している人は明らかに進行が抑えられています。食べ物には通常、いろいろな成分が含まれており、たとえば、かぼちゃにはβ -カロチン以外にもビタミンCなどその他のいろいろな成分が入っています。そういう中で「がん」の進行を抑制する作用が出てくることから、β -カロチン単独で与えることは自然ではないということです。ビタミンについてもサプリメントなど薬に頼るのではなく、食べ物などで自然に摂取した方が効果も大きいと考えています。

【蔵田】 β -カロチンと何が相互に作用すると効果があるとか、その原因はわかっているのでしょうか。

【木村】 β -カロチンに抗酸化作用があることは既にわかっています。たとえば、グリケーション（糖化）を抑えるなど広い意味での抗酸化性を持っているということです。特に一次予防効果について、活性酸素の種類によっては、β -カロチンが他のものに比べて効果あるということまではわかっています。

【蔵田】 ご講演の中では触れられなかったのですが、講演要旨の最後に「東日本大震災で深刻な放射能汚染の問題に直面しているが、海藻のもつ機能が役立つ可能性を考えている。」と書かれておりますが、具体的にどのような内容なのでしょうか。

【木村】 私はチェルノブイリ原発事故のときから、植物を利用して大量に飛散した放射能をなんとか回収できないかと考えていました。今、日本でもこのような問題が起こり、福島県近辺の植物を利用し、植物が放射性物質を濃縮して吸収するのを利用して、回収すればよいのではないかと思ったところです。海藻によっても集める物質は異なり、ヒ素をたくさん集める海藻もあれば、ヨウ素を集める海藻やセシウムを 20 倍くらいに濃縮して集める海藻もあります。海藻のそのような性質を利用して、場合によっては水を張って、土地に付着した放射性物質を藻類に吸収させ、回収できると思います。特に、海藻は濃縮の面で優れているので、そうしたことができれば、放射能汚染問題解決に向け役立てていきたいと思ったところです。あと一つは、大豆を食べることによって、体内に吸収されたヨウ素 131（131 I）が早く排出できるということです。

【蔵田】 その他に質問はございませんか。

【会場】 大変興味深いご講演どうもありがとうございました。最後におっしゃっていた大豆でのヨウ素の排出について、たいへん興味深いと思ったのですが、そのメカニズムについて、もう少し詳しいことがわかっているようでしたら、教えていただけないでしょうか。

【木村】 大豆の中のイソフラボンによるものです。それを与えるとヨウ素の甲状腺蓄積が阻害されます。つまり、ヨウ素は、かなりの分量が甲状腺に集まるため、大豆を与えると甲状腺が肥大し、その機能を強化し、溜まったヨウ素をできるだけ早く排泄させようとするためです。

【会場】 ありがとうございました。

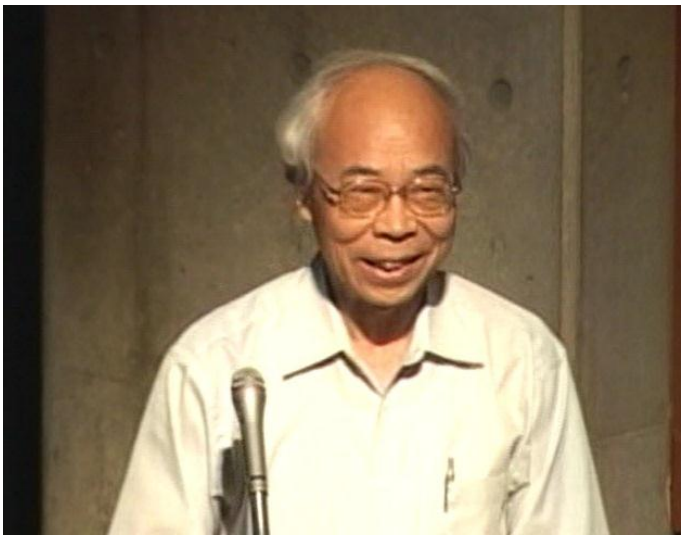
【蔵田】 よろしいでしょうか。それでは、時間が参りましたので、第一回目の講演をこれで終わりたいと思います。木村先生、どうもありがとうございました。

講演－２

生体内でクロールイオンはどんな働きをしているのか？

岡田　泰伸　自然科学研究機構・生理学研究所・所長

座長：今井　正　自治医科大学名誉教授



岡田　泰伸　自然科学研究機構・生理学研究所・所長

1. 体液中でのクロライドイオン

体液中における主たる電解質は NaCl であり、強電解質であるそれは体重の 60～66% を占める水に溶け、大部分はナトリウムイオン（Na^+）とクロライドイオン（クロールイオン、塩素イオン、Cl^-）とに解離して存在している。血漿中および間質液中の Cl^- は、総陰イオン（アニオン）濃度の約 65% および 70% を占めている。これらの細胞外液と海水の電解質組成を比較すると、海水の方が濃度は約 3.5 倍濃いが、組成比率は相似している。この事実から、生物は原始海水において生まれ、現在の海水は原始海水からかなり濃縮されたことが推定される。

2. 細胞内液中でのクロライドイオン

細胞内液の電解質組成は、細胞外液のそれとは大きく異にしている。故江橋節郎先生が講演時にいつも使われた図のように、細胞内と細胞外で Na^+ とカリウムイオン（K^+）の濃度比が逆転しており、カルシウムイオン（Ca^{2+}）は細胞内にはごく僅かしか存在しない。更には、細胞内の Cl^- は細胞外に比べて大変少ない。このような内外濃度差が保たれた袋が原始海水に出現したことが、生命の誕生の始まりであったものと思われる。これらのイオン濃度差が、細胞の基本活性を支える静止時の負の膜電位（細胞内電位）の発生や、神経や筋肉における興奮性（正電位に向かう活動電位発生）の原因となっている。細胞内の Cl^- 濃度を決めているのは、主として Na^+-K^+-$2Cl^-$ コートランスポータ（NKCC）または Na^+-Cl^- コートランスポータ（NCC）と呼ばれる細胞内への Cl^- の取り込みをするタンパク質の働きと、K^+-Cl^- コートランスポータ（KCC）という細胞外への Cl^- の排出をもたらすタンパク質の働きのバランスである。神経や筋肉のような興奮性細胞では KCC の働きが優位であって、細胞内の Cl^- 濃度は低く保たれており、非興奮性細胞、とくに Cl^- 分泌細胞では NKCC/NCC の働きの方が優位であって細胞内 Cl^- は比較的高い濃度に保たれている。

3. クロライドイオンの細胞内流入は神経・筋肉の興奮性を抑制する

クロライドイオンの生体内での働きを端的に知るには、既にクローニングされたクロライドチャネル遺伝子の異常によるチャネル病が、いかなる症状を生み出すかを見ることが近道である。中枢神経に発現しているグリシンレセプター・アニオンチャネル（GLRA1）遺伝子異常は過剰驚愕反応を主症状とするビックリ病を、GABA レセプター・アニオンチャネル（$GABA_AR$）や電位依存性アニオンチャネル（ClC2）の遺伝子変異はてんかんをもたらし、骨格筋に発現している ClC1 の変異は筋強直を主症状とする先天性ミオトニーをもたらす。従って細胞内 Cl^- 濃度が低く保たれている神経細胞や筋肉細胞では、これらのアニオンチャネルの開口によってクロライドイオンは細胞内へと流入し、細胞内電位をよりマイナ

スとすることになり、興奮性を抑制する役割を果たすことがわかる。

4. クロライドイオンはプロトンポンプと協働して小胞輸送や骨吸収を支えている

電位依存性クロライドチャネルとして分類されているClC3~5（これは最近、H^+ との交換輸送をするトランスポータであるとの再評価を受けている）は、主として細胞内小胞膜に存在して、液胞型プロトンポンプによる H^+ の小胞内蓄積を（電気的中性則によって）助けるための Cl^- 輸送を担っている。例えば、ClC3 のノックアウトによって、神経伝達物質の放出（エキソサイトーシス）に障害がもたらされることが知られている。腎尿細管上皮細胞の小胞膜に発現するClC5の遺伝子変異は、小分子量タンパク質のエンドサイトーシスに障害をもたらして、デント病というアニオンチャネル病を引き起こす。

破骨細胞の波状縁に存在するClC7は、液胞型プロトンポンプによる骨吸収窩における酸性化を助け、骨吸収を促進する役割を果たしている。従って、ClC7 遺伝子変異は、骨吸収の障害を原因とする症状を示す大理石骨病を発症することになる。

5. クロライドイオンの経上皮細胞輸送が腎尿細管再吸収や腺分泌に寄与している

上皮膜におけるクロライドの吸収・分泌は経細胞輸送であり、2枚の細胞膜を横切る必要がある。上皮細胞内の Cl^- 濃度は比較的高いので、細胞外から細胞内に流入する時に能動的なメカニズムを必要とする。例えば、遠位尿細管の管腔側膜には Na^+流入に駆動されて Cl^- を二次的能動輸送する Na^+-Cl^- コートランスポータ（NCC）がこれを担う。太いヘンレ上行脚では、NCC の代わりに Na^+-K^+-$2Cl^-$ コートランスポータ（NKCC）がこれを担う。Cl^- 分泌を担当する多くの腺上皮細胞では、血液側膜にこの NKCC が発現しており、この働きが Cl^- の細胞内流入をもたらす。いずれも流入した Cl^- が出口側の細胞膜から流出する際には、受動的な経路で充分であり、Cl^- チャネルがその通路を与える。太いヘンレ上行脚においてその通路を与えるClCK2 の遺伝子変異はⅢ型バーター病をもたらし、ClCK2 のβサブユニットであるbarttinの変異はⅣ型バーター病をもたらして、低クロール血症を発症させる。肺気管支や膵外分泌腺や汗腺や腸管などの Cl^- 分泌腺上皮細胞の管腔側膜において、Cl^- の出口通路を与えるのはサイクリック AMP 依存性 Cl^- チャネルのCFTR である。CFTR の遺伝子変異は、気道粘膜の過度粘稠化による閉塞性肺不全や膵外分泌不全、高塩性発汗、胎便性イレウスなどを主症状とする嚢胞性線維症（CF）をもたらすことになる。

6. クロライドイオン輸送は細胞容積調節や細胞移動に不可欠の役割を果たしている

動物細胞の殆どは、細胞内外の浸透圧環境の乱れ（これは種々の生理的細胞活動や病理的要因でもたらされる）がたとえ持続しても、一時的な浸透圧性膨張や縮小の後に正常容積近くへと回復させる容積調節能を持っている。細胞縮小後の調節性容積増加（regulatory volume increase: RVI）は主として細胞外からのNaClの流入とそれに駆動された水の流入によって、細胞膨張後の調節性容積減少（regulatory volume decrease: RVD）は主として細胞内からの KCl の流出とそれに駆動された水の流出によって実現される。それらの容積調節性 Cl^- 輸送にはNKCC、NCC、KCC やアニオン（Cl^-/HCO_3^-）交換トランスポータ（AE）などのクロライドトランスポータと、Cl^- チャネルが関与する。特に、RVD 時に主役を果たすのは VSOR（volume-sensitive outwardly rectifying）Cl^- チャネルであるが、その遺伝子クローニングは未だ成功されておらず、分子同定は残された課題である。

細胞移動時における走行方向先端部の伸張にはRVI と同じメカニズムが、逆方向の細胞縮小・後退にはRVD と同じ分子メカニズムが動員されており、いずれにおいても Cl^- 輸送が重要な役割を果たしている。

7. クロライドイオン輸送は細胞死誘導過程にも重要な役割を果たしている

アポトーシス死には持続的な細胞縮小化が伴われるのに対し、ネクローシス死には持続的な細胞膨張が伴われる。アポトーシスの実行酵素であるカスパーゼの活性化に先んじて、アポトーシス性容積減少（apoptotic volume decrease: AVD）がもたらされ、その後に容積調

節を示すことなく(RVI 破綻のまま)細胞縮小は持続し、ついには細胞とクロマチンの断片化がもたらされる。一方、ネクローシスの際にはネクローシス性容積増加(necrotic volume increase: NVI)がもたらされ、その後に容積調節を示すことなく(RVI 破綻のまま)細胞膨張は持続し、ついには細胞は破裂する。

アポトーシス時の AVD 誘導は、容積調節性の K^+ チャネルおよび VSOR Cl^- チャネルの異常活性化による細胞外への KCl 流出(とそれに駆動される水流出)の持続に起因する。脳ニューロンや心筋細胞などの虚血・再灌流性のアポトーシス死も同様の機序による。癌細胞の抗癌剤シスプラチンによるアポトーシス死からの耐性獲得には、VSOR 活性や容積調節性 K^+チャネル活性の消失が原因することを私達は明らかにしている。なお、アポトーシス時の RVI 破綻には、RVI をもたらす Na^+ 流入の通路を与える HICC カチオンチャネルの抑制が関与することも明らかにしている。

ネクローシス時の NVI の誘導には、種々の経路からの NaCl 流入(と水流入)が関与する。ニューロンの過興奮毒性(グルタミン酸毒性)によるネクローシス死は、グルタミン酸レセプター・チャネルを介する Na^+と Ca^{2+} の流入と、それによってもたらされる脱分極と細胞腫脹が VSOR の活性化とそれを介する Cl^- の流入をもたらすことに起因する。グリア細胞やニューロンの乳酸アシドーシスによるネクローシス死には、プロトン－乳酸コートランスポータ(MCT)の活性化と、それによって誘導される Na^+-H^+ 交換トランスポータ(NHE)の活性化による Na^+ と $lactate^-$ の流入が関与する。強酸性毒性による多くの細胞種におけるネクローシス死には、TRPM7 カチオンチャネルの活性化による Na^+ と Ca^{2+} の流入と、ASOR(acid-sensitive outwardly rectifying)Cl^-チャネルの活性化による Cl^- 流入がもたらす NVI 発生と、細胞内酸性化の結果としてもたらされる VSOR 抑制によって RVD が破綻することが関与することを私達は明らかにしている。また、虚血・低酸素時における ATP の枯渇は、高分子の分解化などによる細胞内浸透圧増をもたらして細胞を腫脹させる一方で、多くの細胞で RVD に主役を果たす VSOR や心筋細胞で RVD に関与する心筋型 CFTR を(いずれも ATP 依存性であることから)抑制して、ネクローシス死をもたらすことになる。

8. まとめ

ふりかえって考えると、近代生理学研究は細胞内外イオン分布差をめぐって展開されてきたように見える。神経活動電位の発生(脱分極オーバーシュート)とそれからの回復(再分極化)が、Na^+(流入)電流と K^+(流出)電流によるというホジキンとハックスレーの学説にはじまり、沼正作ら多くの人々による電位作動性 Na^+ チャネルと K^+ チャネルの遺伝子クローニングにいたる大きな研究の波がその第一である。そして、江橋節郎らによる細胞内 Ca^{2+} の役割の解明と、それにつづく Ca^{2+} ポンプと電位作動性 Ca^{2+} チャネルの遺伝子クローニング、そして Ca^{2+} に関係する数々の細胞内シグナリングの解明にいたる大きな波がそれに続いた。現在は、興奮性細胞のみならず非興奮性細胞にも発現していて、多くの環境因子に対するセンサーとしても働くことで注目されている非電位作動性 Ca^{2+} 流入路としての TRP カチオンチャネルの研究を中心とした波の高みにある。本稿で述べてきたように、体液中の主たるアニオンである Cl^- もまた、興奮性細胞のみならず非興奮性細胞の細胞機能において重要な役割を果たしている。更には、細胞容積調節やそれを内包する細胞移動や細胞分裂において、そして細胞死誘導においてもクロライドイオンは極めて重要な働きをしている。このような細胞生死を決定するクロライドを輸送するアニオンチャネルである VSOR や ASOR は、残念ながら未だ分子同定されていない。これらの分子同定によって、近い内に新しい大きな研究の波がもたらされるものと信じている。

質疑応答

今井　　正　自治医科大学名誉教授

【今井】 岡田先生、大変ありがとうございました。非常に詳細な内容を分かりやすく説明していただきました。前半の部分は、いろいろなクロライドチャネル、クロライド輸送体について、それが欠損したらどうなるか、イオンチャネル、クロライドトランスポータの役割について病気の例を通じて、理解しやすいように説明して頂きました。後半は、岡田先生の最も得意な分野である細胞生物学の観点から細胞の中での特にボリュームのレギュレーションを通じ、クロライドの役割を明らかにしていただきました。更に、アポトーシスや抗癌剤の耐性のメカニズムにおいてもクロライドが非常に重要な役割を果たしていることについて、説明していただきました。

先生のお話の中では小さなことですが、私が講演の中で大変驚いたのは、細胞の動きについてです。細胞自身が細胞の一部の前進や後退の動きを認識するのは、どのようなシステムが関与するのでしょうか。

【岡田】 非常に本質的な問題だと思います。これは細胞がグローバルに膨れたり、縮んだりするということではなくて、移動が行われる細胞の先端部分が膨らむというローカルな現象であることが最近分かってきました。これについてどのように認識するかというメカニズムについては、まだよく分かっていないのですが、最近、私たちはナノメーターレベルの領域でカルシウムが僅かに増えることでチャネルが活性化されることを明らかにし、今年ジャーナル・フィジオロジーに論文を発表しました。他にもいろいろな要因があるかと思いますが、その一つとしてローカルなところのカルシウムの僅かな動きがTRP というチャネルを活性化し、その役割を果たしていることを明らかにしました。

【今井】 分かりました。非常に最先端で、これから解明していく途中であるということですね。それから、これも素人的な質問です。アポトーシスの発生は臓器形成に非常に重要ですが、私は遺伝子レベルの指令で自然にそうなるのかと理解していました。先生のデータではイオン環境の変化などでレギュレーションされるということですが、丸ごとの個体の発生という観点から見て、それはどういう調節が働くのでしょうか。

【岡田】 発生の時には、必要なところで細胞が増え、必要ないところでは消去することにより細胞が減ります。そのメカニズムにアポトーシスが関与するということはよく知られているところです。また、発生ばかりでなく、ダメージを被った細胞、老いた細胞、不要になった細胞を殺して、新しい若い細胞に置き換えていくことは四六時中、体の中で起こっていることです。それができないと癌になるわけです。そのレギュレーションのメカニズムについては、細胞外のローカルなホルモンやいろいろな活性物質が影響を及ぼしていると思います。細胞の中で不要なものが溜まり過ぎたり、pH など細胞内の環境が変わることによって、そういったチャネルが活性化し、電解質バランスを取ろうとする。もちろん、こうしたメカニズムは元々遺伝子に組み込まれていることなのですが、そういった細胞内外の環境変化を感じるセンサーがなければならないということになります。まだ、その詳細は分かっておりませんが、徐々に分かりつつある段階だと思われます。

【今井】 腎臓の観点から言うと、ナトリウムをセンスするというのは、細胞外の（液量）ボリュームを調節するのに非常に重要です。それを実際にセンスするのはクロライドなのですが、なぜナトリウムではセンスしないのでしょうか。

【岡田】 一部には、脳の浸透圧を検知するニューロンには電圧作動性のナトリウム・チャネルではなくて、外

側のナトリウムを検知するナトリウム・チャネルがあります。ナトリウムの濃度を検知するメカニズムで、体液の浸透圧やナトリウムの濃度などのホメオスタシスを保つことに、ナトリウムのセンサーが関与していない訳ではないと思います。しかし、圧倒的にクロライドで感知する場合が多く、その理由はナトリウムやカリウムに変えると電位差が大きく変わり過ぎるためです。そうなると、細胞にとって別の働きをさせてしまうことがあります。クロライドの場合は、普通の細胞では細胞内外の膜電位とほぼ平衡を保っており、それを微妙に変えることで細胞に影響を与えずに検知しやすいからだと推測しておりますが、まだよく分かっておりません。

【今井】 目的論的にはそういうことだと納得しました。会場の皆様、質問はございますか。

【会場】 大変興味深いお話、どうもありがとうございました。クロールイオン以外のマイナス・イオンについて、現在、どの程度のことが分かっているのでしょうか。

【岡田】 アニオン（負のイオン）のことですね。重要なのは、バイカーボネイト、HCO_3^-、重炭酸イオンのことですけれども、これについても多くのトランスポータが分かってまいりまして、特に重炭酸イオンは pH のバッファーとしても非常に重要です。また、CO_2 との関係からも代謝性のアシドーシスとか呼吸性のアルカローシスとか、そういったことにも大きく関与しますので、その役割は非常に重要だと思います。しかし、これもカチオン（正のイオン）に比べてまだ研究が進んでおりません。これは、むしろ今井先生の方が、ご専門に近いのではないかと思いますが、いかがでしょうか。

【今井】 （体液の組成は、）ナトリウムが 150（mEq/l）、クロライドが 110（mEq/l）、残りが大体バイカーボネイトです。岡田先生からお話がありましたように、バイカーボネイトは生体の pH を調節するのに非常に重要です。また、バイカーボネイトやプロトンを調節する輸送体はいろいろございますが、新しい輸送体も見つかっております。そういったことで、もう少し今後、進展があると思います。クロライドほどではないにしても、かなり研究も進んでおります。

【岡田】 細胞内のアニオンについて、今の話は無機のアニオンの話ですが、有機のアニオンでしたらもっとたくさんあります。グルタミン酸やリン酸などが重要な役割をして、それぞれにトランスポータがあります。さらには、もっと大きな ATP もマイナスのチャージを持っています。こういった細胞の中にあって、細胞の外にないものは、逆にグルタミン酸や ATP などを細胞の外に出すことによってローカルな細胞のシグナルを出す役割があるということも最近注目されています。

【会場】 ありがとうございました。私は水の関係の仕事をやっておりまして、たとえば水道水について塩化物イオンについては上限規制があるのですが、硫酸イオンについては特に規制はありません。硫酸イオンというのは、あまり害がないということなのでしょうか。

【岡田】 硫酸イオンですか。私は専門外なので、今井先生どうでしょうか。

【今井】 私もよくわかりません。体液の中では硫酸イオンそのものの量は少ないです。

【会場】 水道水基準でいう水の中でのことなのですが。

【今井】 よくわかりません。

【会場】 いろいろと、どうもありがとうございました。

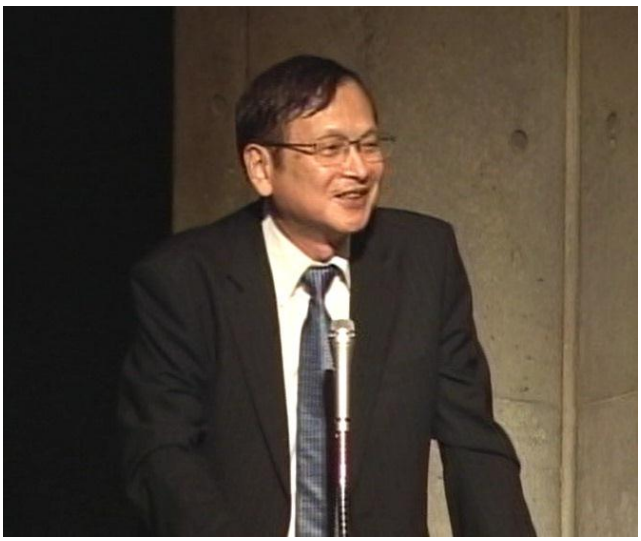
【今井】 他に質問がなければ、時間ですので、これで終わりたいと思います。岡田先生、どうもありがとうございました。

講演－３

しょうゆの科学と歴史

田上　秀男　財団法人日本醤油技術センター常務理事

座長：木村　修一　昭和女子大学特任教授



田上　秀男　財団法人日本醤油技術センター常務理事

しょうゆは大豆、小麦、食塩を主原料とした身近な発酵調味料であるが、意外に知られていない面もあるため、本日は基礎的なことを4章に分けて概要をお話しする。

(1)しょうゆの基本　＜しょうゆの種類と作り方＞

1）日本国内におけるしょうゆの出荷量はピーク時には約120万キロリットルであったが、平成20年度には約90万キロリットルとなった。企業数は約1600社であるが上位10社で60万キロリットルを占め、小規模企業が多数存在する。歴史的に見て各町におよそ一軒の醤油工場が存在するのは、その名残と言える。

2）店頭には「しょうゆ」と名のつく製品が多々あるが、「しょうゆ」と「しょうゆ加工品」に二分される。「こんぶしょうゆ」、「かつおだししょうゆ」、「たまごかけしょうゆ」などはしょうゆをベースに作られた液体調味料で「しょうゆ加工品」に該当し、「しょうゆ」はJAS法（農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律）で3）のように定められている。

3）しょうゆの種類と製造方式

5種類ある。内訳はこいくちしょうゆ（平成20年度出荷数量の比率、84.4%）、うすくちしょうゆ（12.3%）、たまりしょうゆ（1.5%）、さいしこみしょうゆ（1.0%）、しろしょうゆ（0.8%）である。

また、本醸造方式（84.4%）、混合醸造方式（0.8%）、混合方式（14.8%）の3つの製造方式がある。

例えば、「こいくちしょうゆ（本醸造）」や「うすくちしょうゆ（混合）」などと表記する。

4）しょうゆの作り方

「こいくちしょうゆ（本醸造）」は、大豆と小麦をほぼ等量使用し、大豆は蒸す。小麦は炒って砕き、両者を混合し、それに種麹を接種して「しょうゆ麹」を作る。この麹を食塩水と混合してタンクに入れて「諸味」とし、半年から約 1 年間発酵・熟成した後、搾って生のしょうゆを得る。それを加熱処理して製品とする。

「うすくちしょうゆ」の基本的な作り方はこいくちしょうゆと同じだが、製品の色をうすくするために、食塩水の量を多くしたり、諸味の温度をこいくちより低くしたりする。また、味をまろやかにするために、米を糖化させた甘酒を使うことがある。

「たまりしょうゆ」の主原料は大豆で、小麦はごくわずか。原料を蒸し、「味噌玉」を造って食塩水で仕込み、タンクの底にたまった液を汲みかけながら約 1 年間発酵・熟成させる。

「さいしこみしょうゆ」は、食塩水の代わりに生のしょうゆを使用する。生のしょうゆでもう一度仕込むので「再仕込み」である。

「しろしょうゆ」の主原料は小麦で、ごくわずかに使用される大豆は炒った後皮をむき、小麦も精白して使用する。約3カ月間、低温に保ち、美しい琥珀色のしょうゆとなる。

5）製造方式

「混合醸造方式」は本醸造の諸味に大豆のタンパク質を塩酸分解してつくったアミノ酸液（アミノ酸の混合液）を加え、熟成させる。アミノ酸特有のうま味を生かしたしょうゆで、地域によってはこの特徴が好まれる。「混合方式」は生のしょうゆ（本醸造または混合醸造）にアミノ酸液を加えて作る。

6）「たまりしょうゆ」はすでに室町時代の頃に商業ベースで流通しており、「こいくちしょうゆ（単にしょうゆと呼称）」と「うすくちしょうゆ（うすしょうゆと呼称）」は江戸時代中期頃にその基本が確立され、「さいしこみしょうゆ」は江戸時代後期に、「しろしょうゆ」は江戸時代末期から明治時代初めに確立されたとされている。

（2）しょうゆの歴史 ＜しょうゆは日本の発明品！＞

1）西アジアでは麦芽を利用した発酵文化圏であるが、東アジアではカビを利用した発酵文化圏と言える。同じ東アジアでも中国大陸では主にクモノスカビやケカビの利用であり、日本ではコウジカビの利用が発展した。主として、穀物原料を生で使用するか加熱処理してから使用するかの違いに起因する。

2）現在、「しょうゆ」と言えば、通常、8 割以上のシェアを占める「こいくちしょうゆ」を意味する。この「こいくちしょうゆ」の作り方の特徴を歴史的視点で整理すると、①大豆と小麦がほぼ等量、②麹菌を使用する、③バラ麹（甘酒や清酒を作る時の米麹のような形状）、④原料を全て麹とする、⑤清澄な液体調味料　の5つのキーワードが挙げられる。

3）5つの特徴が揃ったのがいつの時代か、川の流れに例えて文献に基づいて遡って行くと、江戸時代の中期に至る。1712 年の和漢三歳図絵（わかんさんさいずえ）、1732 年の萬金産業袋（ばんきんずわいぶくろ）の記載により明確となる。

4）一方、川の源流から見ると、みそやしょうゆの原型と言われる「穀醤（こくびしお）」は弥生時代に存在していたと言われ、飛鳥時代から奈良時代にかけて中国大陸からも伝来したとされる。その後、少しずつ進化を遂げ、＜クモノスカビ＆餅麹（もちこうじ：団子状の麹）＞から＜コウジカビ＆餅麹＞、さらに＜コウジカビ＆バラ麹＞へと変わる。

5）現在の「たまりしょうゆ」の作り方は、原料はほとんど大豆であり、味噌玉麹（餅麹）による。

その原型は鎌倉時代頃にすでに存在していた。一方、うりなどの野菜類を漬け込んだ径山寺（きんざんじ）味噌もしょうゆの原型とされ同時代に作られていた。どちらが現在の「こいくちしょうゆ」の本流になるか意見の分かれるところだが、それを明確に示す文献は今のところ見つけられていない。川の流れに例えた鳥瞰図では、ちょうど支流がいくつも合流し三日月湖も存在し本流がどれか明確でない状態といえるのではないか。

6）「こいくちしょうゆ」は「濃口」、「うすくちしょうゆ」は「淡口」と書く。うすくちは色がうすいのが大きな特徴であり、原料配合比はこいくちと同様で、諸味の醸造工程での工夫により色をうすくし、味の調整を主目的として甘酒を使う。こいくちしょうゆとほぼ同じ時期に作られたが、長らく「うすしょうゆ」と呼称され、明治時代になって「淡口しょうゆ」との呼称となった。「こいくちしょうゆ」は「しょうゆ」の呼称で実質的に江戸の初期から作られていたと推察され、文献上で明確になるのは前述のように江戸中期である。「濃口」の言葉は、「淡口」の言葉が出たのに合わせて両者を区別する目的で出現したと推察されている。

7）「醤油」の「油」は「とろりとした液体、粘りのある液体」の意味であり、しょうゆには油脂は含まれていない。大漢和辞典によれば、「油油（ゆうゆう）」と書いて「（大河が）おもむろに流れる様」を示すとある。醤（ひしお）から搾った油（ゆ）すなわち液体の意。

（3）しょうゆの科学 ＜主役は微生物＞

1）こいくちしょうゆの主原料は大豆、小麦、食塩であり、大豆はタンパク質、小麦はデンプンとタンパク質の供給源である。食塩は塩味の素であり、醸造中の腐敗を防止する重要な役割を担う。大豆は蒸すが、これは加熱殺菌と生のタンパク質の分解性をよくするためである。小麦は炒るが加熱殺菌とデンプンの分解性向上、そして割砕しやすくするためである。

2）砕いた粉の部分と粗い部分が混じった状態で使う。粉の部分は大豆の表面を塗す形になる。蒸した大豆は60% 位の水分が有り、非常に腐りやすく、そのままにして置くと納豆になり易い。醤油作りは納豆を作ることではなく、麹菌を増やさなければならないから、大豆の表

面を粉で覆い、水分量を調整することで、細菌が生えにくく、麹菌が生え易い環境を作る。麹菌は空気を好むから、小麦の粗い部分を使って通気性を良くする。畑の土には腐葉土などを入れて通気性を良くするが、その様な状態と同じく非常に通気性の良い状態にする効果がある。

3)小麦のデンプンからは、微生物の働きによりブドウ糖、グルタミン酸、乳酸、エチルアルコールなどの主要な香味物質が生成される。また、色物質やしょうゆに特有な香り成分も生成される。

4)しょうゆ作りでは、蒸した大豆と炒って砕いた小麦を混合したものを全て使用して麹を作る。それは多量に酵素を必要とするからである。主要な酵素はタンパク質からアミノ酸を作るプロテアーゼ及びペプチダーゼ、デンプンからブドウ糖を作るアミラーゼなどである。

5)麹菌以外の微生物には諸味中で働く耐塩性乳酸菌、耐塩性酵母があり酵母には主発酵酵母と熟成酵母がある。乳酸菌と言えばヨーグルトやチーズなどの乳製品を思い浮かべるが、しょうゆ作りにもそれとは異なる乳酸菌が関与する。

6)こいくちしょうゆの製品の食塩分は約 16% (g/100 ml)で、諸味中における原料成分の溶解・発酵・熟成も約 16% の食塩濃度で進行する。諸味での食塩濃度が 15% 以下では濃度が下がれば下がるほど醸造が難しくなる。しょうゆは、食塩存在下で腐敗を防ぎつつ、耐塩性微生物の働きにより醸造する調味料である。

7)酵母は種々な香気成分を生成するほかに、コハク酸やグリセロールといった味に関与する成分も作る。しょうゆ中には約 300 種類の香気成分が確認されているが、その中でもしょうゆに特徴的な成分は主に酵母が生成する。

8)香気成分にはリンゴ、バナナ、パイナップル、バラなどに含まれる成分がある。

しょうゆの最大の魅力とも言える加熱時の香ばしい香りは、糖分とアミノ酸からアミノカルボニル反応で副生するピラジン化合物やアルデヒド化合物などである。

9)しょうゆの色はアミノカルボニル反応でできる「メラノイジン」という物質だが、これは非常に多数の似た構造で、大きさもまちまちの複合系である。諸味中での反応は弱酸性下にて還元状態で進行するため赤味のある色物質ができる。一方、製品になってからは空気中の酸素による酸化反応が主で黒色化する。

10)しょうゆは腐敗しにくく、唯一醤油酵母の仲間である産膜酵母が生えるが健康危害は生じない。

(4)色々なしょうゆ ＜地方による違い、海外のしょうゆ、しょうゆではないしょうゆ＞

1)しょうゆの地域性については、消費量の 8 割以上を占める「こいくちしょうゆ」は関東地方で生まれたが、現在では、日本全国で使用されている。また、海外で日本のしょうゆとして使用されているしょうゆもほとんどがこいくちしょうゆである。発祥地である関東では砂糖類などはあまり加えられないが、全国的には甘いしょうゆが多い。特に、九州地区、中でも南九州は甘いしょうゆが好まれ、甘いしょうゆはいずれも砂糖類や甘味料を加えたものである。

2)うすくちしょうゆは関西地方で生まれ、特徴として色がうすく、煮物、吸い物などの料理に使用される。現在では、主産地は関西地方であるが、全国規模で生産・消費される。

3)さいしこみしょうゆは山口県で生まれ、しろしょうゆは愛知県で生まれた。たまりしょうゆは最も古いしょうゆであるが、現在では、主に東海地方で生産され消費されている。

4)関東地方では出汁の原料としてかつお節が愛用され、一方、関西地方では昆布が愛用される。

歴史的に見て、かつお節はカツオが黒潮に乗って太平洋沿岸を北上するルートで発展し、昆布は北海道から北前船により越前経由で京・大阪に運ばれたことによる。前者が江戸の食文化を後者が京の食文化を支え、発展させたと言える。昆布は大阪から鹿児島を経て沖縄に渡り、その食文化に大きな影響を及ぼしたのは興味深い。

5)味の嗜好性についての境界線はフォッサ・マグナ(糸魚川・静岡構造線)とおおよそ一致する事例が多いとされるのも面白い。

6)しょうゆの地域特性をみるには郷土料理を比較するのが面白い。

7)減塩しょうゆは長く健康増進法による「特別用途食品」であったが、平成21年4月に同じ健康増進法の

栄養表示基準の適用を受けることとなった。「低塩しょうゆ」、「うす塩しょうゆ」などの仲間入りとなったが、食塩濃度の規定が 100 グラム中 9 グラム以下はそのままであるので注意が必要である。

8）店頭にしょうゆと名のつく商品は多いが、その多くは「しょうゆ加工品」であり、これはしょうゆをベースにした液体調味料である。「用途別」と「特徴ある原料の使用」の2つに大きく分類できる。

前者には最近話題の「たまごかけしょうゆ」があり、後者には「昆布しょうゆ」などがある。

そら豆を原料として麹をつくり発酵・熟成させたしょうゆに似た液体調味料が開発された。これは「しょうゆ風調味料」に分類される。

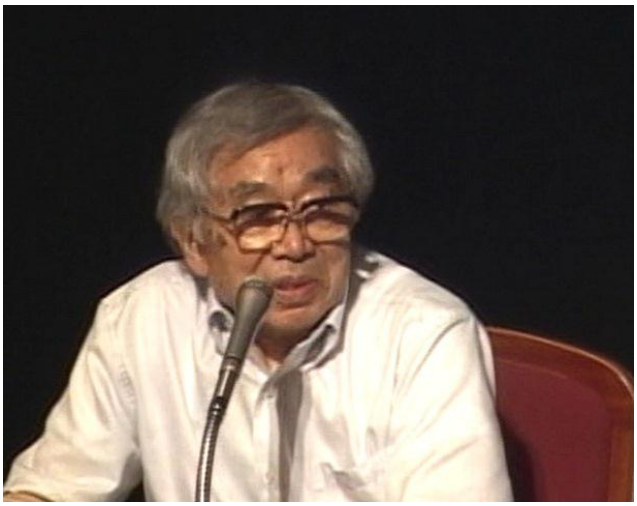
9）アジアには、日本のたまりしょうゆに似た作り方のしょうゆがある。中国のしょうゆ生産量は数百キロリットルと推計されているが、その大半は「低塩固体発酵法」によるもので日本のこいくちしょうゆとはその品質において大きく異なる。

10）魚醤油は日本にも秋田県の「しょっつる」などいくつか存在するが、ベトナム、タイなど東南アジアがその本場である。

11）牛乳や卵白を利用したしょうゆ風調味料の開発がなされている。

12）中国には、生きた化石と言われるカブトガニの魚醤がある。

質疑応答



木村　修一　東北大学名誉教授

【木村】 どうもありがとうございました。それでは、質問を受けたいと思います。質問はございませんか。

【会場】 大変興味深いお話、ありがとうございました。いくつかお伺いしたいのですが、「減塩しょうゆ」と「うすくちしょうゆ」とは同じものなのでしょうか。

【田上】 全く違うものです。「うすくち」は、関西で開発された、色は薄いけれども食塩分は若干高いものです。これは主に京料理、京都の精進料理などの野菜の煮物や御澄ましに使用し、素材の色をきれいに薄く仕上げるために、しょうゆの色を薄くしたものです。塩分が高いのは調理特性によるものです。「こいくち」は刺身用などですが、用途が煮物とかお吸物ですから、それ用に開発したものです。一方、「減塩しょうゆ」については、品種は問わず、元々は標準的な「しょうゆ」の食塩の成分が半分というところからスタートしたものなのですが、「しょうゆ」の場合は定義がありまして通常塩分が 16 g/100 g ですが、減塩の場合は 9 g/100 gで定義づけられた特別用途食品のことです。食塩を取り過ぎの人のために開発した特別な食品です。低塩を謳った特別用途食品の第一号が「減塩しょうゆ」でありまして、その後何 10 年か経ちましたが、一昨年あたりに、長年お役目を果たしてきたということで特別用途食品から外れました。最近では、塩分が低い旨の「低塩」とか「うす塩」とか強調表示の世界に入りました。「減塩しょうゆ」は、「うすくち」から作るのではなく、「こいくちしょうゆ」から作って、販売しております。

【会場】 そうしますと「うすくち」は。「こいくち」と塩分濃度は変わらないのですか。

【田上】 むしろ「うすくち」の方が塩分濃度は高いです。それは、調理特性が全く違うからです。煮物とかお吸物に使うときに、塩分が低いと「しょうゆ」をたくさん使うようになりますから、色が濃くなってしまいます。色が薄いということを強調するために、ある意味では、食塩を上手にしょうゆの形に変えて、煮物やお吸物に使っているという解釈をして頂ければよろしいと思います。

【会場】 もう一件お願いしたのですが、昔、「しょうゆ」に黴が生えてきたという記憶があり、最近ではあまりそのような経験がないのですが、昔と今の「しょうゆ」では何か違うのでしょうか。

【田上】 何か仕掛けをしているのではないかとよく聞か

れます。発酵技術の進歩によりまして、酵母を発酵させることでできるアルコールが昔は 1%くらいしかできなかったのが、今では 3%くらいできるようになりました。アルコールは黴を生えにくくします。それと「しょうゆ」の旨味成分であるアミノ酸の割合が、昔は低かったのですが、最近は技術的に濃いものができるようになったことです。もう一つは、昔に比べて工場の衛生環境が良くなったことがあげられます。

【会場】 JAS では「しょうゆ」はすべて平仮名だというお話ですが、なぜ漢字でなく平仮名にしたのか、そのあたりを教えてください。

【田上】 憶測ですけれども、確か当用漢字にもなかったような気がしますが、基本的には漢字にして書けないと困るからだと思います。

【会場】 そういう理由なのですか。

【田上】 憶測で、定かではありませんが、当用漢字の中に入っていない時に法律化したのではないかと思っています。

【会場】 最後ですが、最近レストランに行くと、「しょうゆ」をテーブルの上においていないところが多いが、この現象について、どのようにお考えですか。

【田上】 私共としては、ちょっと残念ですけれども、「しょうゆ」を基礎調味料として、いろいろ形を変えて加工されて使われている可能性も考えられます。私共としては、やはりテーブルの上に置いて、使って頂けるのが望ましいと思っています。

【会場】 「しょうゆ」が大好きなものですから、テーブルに置いてないと、わざわざ声かけないと持ってきてくれないので、非常に不便しております。どうもありがとうございました。

【木村】 他に質問ありませんか。

【会場】 楽しいお話、ありがとうございました。「しょうゆ」を白いお猪口に取って見ると赤い色をしているのが本当の「しょうゆ」の色で、これが黒い色をしているのは酸化してしまったものだという話を聞いて、自分の家で「しょうゆ」を使ってみて最初はいい香りがしているのですが、ふたを開けて使っているうちに少し酸のような匂いがして、味も違ってくるような気がします。大きな「しょうゆ」を買ってきて、何か月も経って使っても大丈夫なのでしょうか。香りが違ってきてしまうので、それを防ぐ方法は何かないものかということをお聞きしたいのですが。

【田上】 最初のご質問ですが、黒くなったからといって衛生危害、健康危害はありません。ただ、うんと黒くなってしまったものを美味しく感じるかといえば、普通の方はあまり美味しく感じないと思います。色がついてしまったものは、たとえば煮物に使って、つけかけは別のものを使うとかもあるのですが、まず、第一に家庭でお使いになる際に黒くならない工夫をする必要があります。消極的な方法ですが、できるだけ使い切る量のサイズでお求めいただくことです。或いは 1.8 リットル瓶などで買っても量が多いという場合、できればガラス瓶の小さなものに小分けして使い、開封したものは冷蔵庫に保管する。満タンの瓶であれば常温でもほとんど色が付きません。「しょうゆ」の敵は酸素であり、温度が高くなると酸化の反応が進みますから、主犯が酸素で共犯が温度ということになります。最近、「しょうゆ」の色をいつまでも保つために、使った分の空間に空気が入らない密封の容器も開発されております。今のところ2つのメーカーから出されています。そういうものをご利用なさっても良いと思います。或いは、先に申し上げた方法で酸素をシャットアウトする工夫をすれば、よろしいと思います。

【会場】 ありがとうございました。

【木村】 ひとつお伺いしたいのですが、自家用の味噌はずいぶん作っているところがありますが、自家用の「しょうゆ」はありますか。

【田上】 ほとんどないと思います。

【木村】 難しいからでしょうか。

【田上】 結局、麹を全量麹にしなければならないことと、固体と液体に分離することだと思います。味噌の場合、そのままいただけますが、「しょうゆ」の固液分離などを効率よくやるのは家庭では面倒だと思います。それから、発酵そのものも小型容器ですと難しく、いいものが安定して出来にくいということも原因かと思います。

【会場】 大変興味深い講演、ありがとうございました。「しょうゆ」の歴史についてお伺いしたいのですが、「うすくちしょうゆ」と「こいくちしょうゆ」、一般的に関西は「うすくち」、関東は「こいくち」と言われますが、弊社でも西と東でうどんスープなど分けております。消費者か

らよく聞かれるのですが、その境目はどの辺にあるか教えてください。

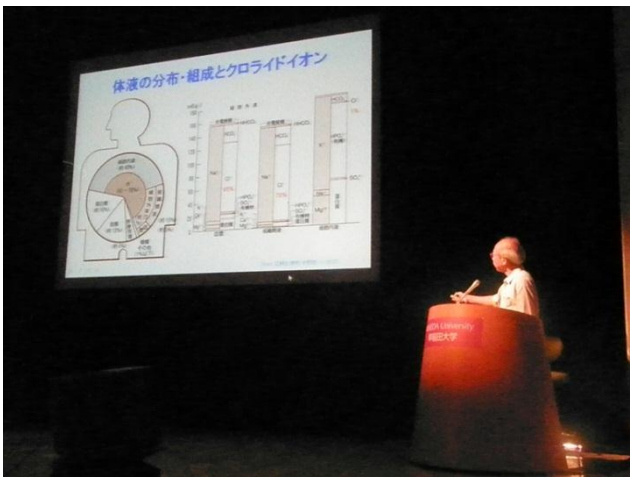
【田上】 よく、ものの本には静岡と糸魚川のフォッサマグナのあたりを境に分けているという説があります。それから御社と同じ「うどんスープ」で、商品企画ベースですから人為的なものですけれども、静岡あたりを境にして東は「こいくち」ベース、西は「うすくち」ベースと分けていますが、「しょうゆ」について申し上げますと、関西だからといって必ず「うすくち」とは限りません。というのは、日本全体で「こいくち」が 85%使われており、関西でも最も多く使われているのは「こいくち」です。ただ、関西で「こいくち」を普通の「しょうゆ」として使うのと同時に京料理を中心に「うすくち」を使う料理も発展しています。「うすくち」については西が中心になりますが、西のメインはあくまでも「こいくちしょうゆ」です。「こいくちしょうゆ」は万能の「しょうゆ」とも言われています。日本全国を地図にするとまだら模様になっていると見た方が良いと思います。特殊な「しょうゆ」の「たまりしょうゆ」や「白しょうゆ」は名古屋を中心とした東海地方の食文化ですし、「さいしこみしょうゆ」は北九州や中国地方で開発されて、そこを中心に使われています。東と西に無理に分けるというのは、ある意味でちょっと傲慢な考え方だと思います。日本全国では圧倒的に「こいくちしょうゆ」が多く、同じように醸造しますが、最終的な味付けが地域によって異なっております。関東は通常作ったもの(「しょうゆ」)から特に味付けはしませんが、九州のものは砂糖を入れて甘くします。関東以外のものは大体甘いと考えてよいと思います。特に、九州は南に行けば行くほど甘くなります。これは、「あまい」が「うまい」という食文化の歴史でありますから、砂糖をふんだんに使える環境が元々あったことによるものだと思います。あとは、いろいろな地方の嗜好性も影響しているかと思います。

【会場】 どうも貴重なお話、ありがとうございました。

【木村】 時間ですので、これで終わりたいと思います。田上先生、どうもありがとうございました。

講演3「しょうゆの科学と歴史」

小村ソルト・サイエンス研究財団
理事長による閉会挨拶



講演2「生体内でクロールイオンは
どんな働きをしているのか？」