

日本の水産物の高品質維持・加工技術について 第1回 「鮮度が良いとは・・・」

鹿児島大学 産学・地域共創センター 特任教授 木村郁夫

本誌へ寄稿することになりました鹿児島大学産学・地域共創センターの木村郁夫と申します。私と水産の関係は大学時代からとなります。1972年に北海道大学水産類に入学し水産学部を卒業、同大学院にて魚肉タンパク質の生化学的研究を行い、1980年、日本水産株式会社に入社し、中央研究所にて冷凍すり身研究や水産加工新技術開発に従事しました。その間、(独)水産総合研究センター中央水産研究所の利用加工部長として2年間出向しました。その後、2009年に鹿児島大学水産学部教授として赴任し10年間教育と研究を行いました。定年退職後、現在の産学・地域共創センターの特任教授として大学と地域を結ぶ活動をしています。気が付けば、丁度足かけ50年、産学官において水産加工技術に関する研究開発・教育・実用化の取組を行ってきたこととなります。この度、本誌に投稿する機会を得られ大変光栄に思います。私が行ってきた水産加工技術開発・研究で得られたことや残り残したこと(研究アイデア)などについて述べてみたいと思っています。



私はどの水産研究でもワクワクして取り組んできており、こんなに面白い物はないとの立場です。皆様の水産事業の推進に何らかのお役に立てればと思っています。よろしく御願いたします。

さて、前振りが長くなってしまいました。水産物の高度な活用を考えた場合に「鮮度」について議論が必要です。今回も含め、数回、鮮度について話題として取り上げたいと思います。

「鮮度」とは何でしょうか。

日本に生まれて子どもの頃から刺身などの生食をしてきた皆さんは、「鮮度がよい」という評価をどのような言葉で表現するでしょうか。「身に透明感がある」、「身がコリコリしている」、「魚臭くない」、「赤色が鮮やか」、「目に透明感がある」、「体表の色調が鮮やか」、「表面のぬめりが少ない」、「体に張りがある」などでしょうか。



大学の授業で同じような質問をすると、日本の学生からは生食をイメージした鮮度の評価に関する同様な応えが出てきます。一方、外国の学生からは「腐っているか・腐っていないか」という回答もあります。実際、ヨーロッパでの魚の鮮度評価方法は「食べられるかどうか」を官能的に判定する手法として構築されています。つまり、「鮮度」という言葉は、

水産物の食べ方も含めた経験則から判断されるものということが出来ます。従い、「鮮度」を科学的に表現するとなると大変難しく、鮮度は「あいまいな」評価を表した言葉ということになります。しかしながら、水産物の商取引においては、「鮮度」は重要な評価指標として使われています。特に、水産物の貿易においては、日本産水産物の優位性を高品質＝「鮮度がよい」として対応していますので、水産物の鮮度を世界標準対応となる科学的な指標で表すことが強く求められています。

グローバルに使える「鮮度」の科学的指標はあるか。

EU では腐敗の目安となる鮮度指標（数値）が提示されています。水産物の筋肉には、例えばトリメチルアミンオキシド、尿素など水産生物に特徴的な成分がふくまれていて、致死後の筋肉中で増殖した細菌の作用により、これらの成分からトリメチルアミンやジメチルアミン、アンモニアなどが生成します。これらの成分は揮発性塩基窒素（VBN）と呼ばれ、濃度はコンウエイ微量拡散法などによってアンモニア態窒素量として測定することができます。一般的な数値目安は、新鮮：5～10mg/100g 肉、初期腐敗：30～40mg/100g 肉、腐敗：50mg 以上 ですが、魚種によってはこれらの成分が元々高いものもあるので種類ごとに基準値が示されています。また、カツオ、マグロ類やサバなどの青魚の筋肉中の遊離アミノ酸組成ではヒスチジンが主要アミノ酸となっています。致死後、温度の高い状態で保持された場合、繁殖した細菌の酵素によりヒスチジンから脱炭酸（CO₂が外れる）されてヒスタミンが生成します。ヒスタミンは熱に安定な物質で缶詰加工などをしてそのまま残ってしまうので厄介な物質です。EU ではヒスタミン管理基準の数値が示されています。以上に示してきたのは、食品としての安全性を保障するための指標です。勿論、これらの指標は漁獲後の魚の取り扱いや流通時の昇温事故などを科学的に評価するための指標として利用できませんが、貿易時の品質（特に、高品質・高鮮度）を評価するための情報としては役不足でしょう。日本産水産物の高品質（高鮮度）をどのようにしてアピールするのでしょうか。これらを証明する科学的でグローバルに認知された方法・標準値を構築することが求められています。

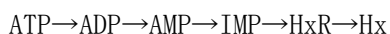
日本においては、水産物の鮮度に関する研究は刺身などの生食文化を背景に、致死後か

ら生食可能期間を示すことを表す科学的指標をつくるという独特な発展を遂げてきたといえます。刺身や寿司などの日本食文化は近年世界に広がり、水産物の鮮度を表す指標について、日本で研究され発展してきた鮮度指標を活用する 때가来たと思っています。

鮮度指標 K 値とは。

昭和 30 年代初頭、北海道大学水産学部生化学教室では、魚肉中に含まれるエネルギー物質のアデノシン三リン酸 (ATP) の致死後の分解・変化について研究を進めていました。1959 年の Nature 誌に Changes in Purine Nucleotides of Red Lateral Muscle of Rainbow Trout という表題で論文の発表がありました。当時の世界の生化学者の注目課題の一つは、ATP など高エネルギーリン酸化合物の化学でした。その中で、致死後の魚類筋肉中の ATP 関連化合物の変化に注目した論文が Nature 誌に掲載されたのです。SAITO, T., ARAI, K., and YAJIMA, T.: Nature, 184, 1415 (1959). この当時、日本だけでなく海外の研究で、魚の鮮度指標に ATP 関連化合物が使えるのではないかとというような研究報告がありました。ATP 関連化合物の濃度から鮮度を表す指標として K 値が提唱された論文は、A New Method for Estimating the Freshness of Fish という表題で Tsuneyuki SAITO Ken-ichi ARAI and Minoru MATSUYOSHI 1959 年に日本水産学会誌に英文で発表されました。62 年前の事になります。日本ではその後、K 値に関する研究が盛んに行われました。私は 1973 年の大学 2 年生の生化学学生実験で K 値開発者の新井健一先生から指導を受けたことを覚えています。HPLC (高速液体クロマトグラフィー) 装置が無くても分光光度計とガラスカラムとイオン交換樹脂があれば測定できます。K 値は、皆さん、多分お聞きになったことがあると思います。その測定原理は以下の通りです。

ATP は死後、再生されなくなり、各種の酵素により以下のように分解していきます。



(ADP: アデノシン二リン酸, AMP: アデノシン一リン酸, IMP: イノシン酸, HxR: イノシン, Hx: ヒポキサンチン)

IMP → HxR に関与する酵素活性は非常に低いため、死後、一旦、IMP が溜まり、その後 HxR, Hx への分解が進行します。K 値は全 ATP 関連化合物に対する HxR と Hx の百分率で表されます。式は、 $K \text{ 値} = (\text{HxR} + \text{Hx}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}) \times 100 (\%)$ です。0 % は HxR, Hx が生成しておらず、100 % は ATP が全て HxR, Hx に分解したことを示します。

ここで K 値をより理解するために大切なことを書きます。ATP から各化合物がカスケードのように生成されますが、これらの生成には全て酵素が関与しています。酵素活性は温度に依存しますし、酵素活性の強さはどの種でも同じというわけではなく種特異性があります。つまり、酵素活性が高い種もいれば、低い種もいるということになります。



例えば、致死後氷蔵保存で、スケトウダラでは数時間でK値が60を越えるのに対して、マダイではK値が20を越えるのに12日間ほどかかります。スケトウダラのデータは、筆者がスケトウダラすり身製造母船に1982年に乗船してスケトウダラの鮮度とすり身品質の関係を測定しようとして洋上で測定した結果ですが、魚肉はしっかりし

た状態であるため、すり身品質との関係をK値で測定できないと判断したことを今でも覚えています。つまり、K値は、各魚の酵素活性と保存温度、保存期間に対応したATP関連化合物の濃度変化を示すもので、各魚種特有の数値となるということです。温度やpHのような絶対的な指標ではないということをしかりと理解することが必要です。使い方は、「スケトウダラのK値」、「マダイのK値」というようなこととなります。12日間保存したマダイのK値が低い理由は、マダイのIMP分解酵素活性はとても低かったということに起因します。となると、K値について言われていた（あるいは勉強した方がいると思います）「K値の目安」として、「さしみ 20%以下」、「煮・焼 40%以下」、「初期腐敗 60%以上」という使い方は止めた方が良いということになります。

K値をグローバルな鮮度指標として活用するためには。（活用しましょう）

鮮度を表す科学的な指標は、今のところ、K値のみと言えるでしょう。ただし、K値は品質を表すというよりも、検体がどのような温度帯でどのくらいの時間保持されたか、即ち温度履歴を表す指標と考えた方が良いということになります。温度測定用チップが体内に埋め込まれていると考えることが出来ます。各魚種のK値変化の温度依存性データとその他の品質を表す指標（例えば、筋肉タンパク質生化学的性状、ミオグロビンメト化率、刺身品質など）との相関関係を明らかにするデータブックを作る必要があります。各魚種におけるK値のもつ意味合いを明らかにするということです。いままでの論文の多くはK値だけ測って鮮度を測定したということで留まっています。データブックの作成とK値のグローバル利用は壮大なプロジェクトの推進を必要とします。

私は2013年～2017年にかけて一般社団法人日本海事検定協会との共同研究で「水産物等の国際標準となる品質・鮮度指標に関する調査研究」を推進しました。このプロジェクトに参加していただいたのは、当時、北海道大学教授 今野久仁彦先生、東京海洋大学教授 岡崎恵美子先生、独立行政法人水産総合研究センター中央研究所水産物応用開発センター村田裕子主任研究員、鹿児島大学准教授（現岩手大学准教授） 袁春紅先生です。研究成果は日本海事検定協会のホームページに公開しているのでご参照いただければ幸いです。（http://www.nkkk.or.jp/pdf/public_business_report_4-11-24.pdf）

K値がグローバル指標として利用されるようにするためには、更に、データの積み重ね

が必要ですが、それ以外に、海外の研究者の参画が不可欠であると考えています。ATP 関連化合物を鮮度指標にしようとした初期の段階（昭和 30 年頃）には海外の研究者の論文も見られますが、その後の K 値研究では日本での研究で進展が見られたところです。これは、魚の生食文化との関係があるのではと思っています。刺身評価の鮮度指標として K 値はフィットしたということではないでしょうか。気が付けば、日本でのガラパゴス化している研究となってしまったのではと思います。海外の和食ブームと日本産水産物の海外輸出が活発化している今こそ、K 値に関する海外との研究を活発化し、指標として活用することを行うべきと思っています。

今後、コロナ災禍が沈静化して活性化してくるであろう水産物の輸出とその国際見本市において、日本の研究者・事業者により、K 値に関する国際連携研究提案をアピールされることを期待しています。