

総説特集：食べ物のおいしさ 7

魚の生きのよさとおいしさの関係*

坂口 守彦**・村田 道代***

(京都大学・大学院農学研究科**、華頂短期大学***)

化学的なうま味が魚の生きのよさと関係が深いのも同じく、物理的な歯ごたえもおいしさと深く関連している。極めて新鮮な魚肉を貯蔵し、経時的に呈味成分の含量と歯ごたえの強さを測定した結果から、呈味成分のうちIMPがうま味の発現に最も大きく寄与すること、歯ごたえは比較的速やかに低下することなどが明らかとなった。少なくとも、うま味と歯ごたえの強さの両面から刺身の食べ頃を推定し得るものと考えた。魚のおいしさには、ほとんど無数とも思われるほど多くの要素が影響を及ぼすので、おいしさについて化学・物理学的な側面からその発現機構を解明するためには、とりわけ総合的な解析を必要とする。

はじめに

各種のミネラル、DHA、EPA、タウリン、食物繊維などを多く含む水産物は一時は栄養的な側面からその価値が判断されていたが、近年ではその特有の味やテクスチャーが評価されるようになってきた。わが国は四季の変化が明瞭であることに加え、周囲を海に囲まれているため多種の魚介類に恵まれている。そのためそれらの加工・調理の方法も多岐にわたるが、とりわけ刺身は、身の美しさに加えて、生臭い匂がほとんどしないことや生肉特有の味と歯ごたえを備えていることなどによって大方の人気を勝ち得ている。

一般に魚介類は畜肉に比較して、はるかに腐敗・変質しやすいため、その商品価値は主として鮮度(生きのよさ)に依存するとさえ言われている。特に刺身では生きのよさが最も重視されるが、漁獲直後の著しく高鮮度の魚から調製したものよりも、短期間貯蔵したものの方が風味は優れているとみなされている。そこで、本稿では魚の生きのよさとおいしさとの間の関係について呈味成分および歯ごたえの面から解説する。

1. 鮮度と呈味成分

食品を水や熱水で抽出して得られるエキス中には極めて多種類の成分が含まれている。主要なものは遊離アミノ酸 (FAA)、オリゴペプチド、有機塩基、核酸関連物質などの含窒素成分と有機酸や糖といった無窒素成分がある。この他にも Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- などの無機成分もある。しかし、これらすべてが呈味の発現に関与しているわけではなく、一部のものが呈味成分となっている。近年は多くの水産物について詳細な分析データに基づく合成エキスを用いてオミッショントテストを行うことにより、呈味成分の組成が明らかにされてきている¹⁻³⁾。魚肉の呈味成分として特に重要なものはうま味物質として知られるイノシン酸 (IMP) と FAA のグルタミン酸 (Glu) である。Glu は魚肉中の含量が低いため単独ではうま味を発現できず IMP と共存することにより相乗的にうま味に寄与している。魚肉の呈味成分に関しては、上記のオミッショントテストによる詳細な研究報告はみられないが、その加工品であるかつお節について詳しく調べられ、IMP や Glu 以外にリジン、ヒスチジン (His)、カルノシン、イノシン (HxR)、

*Received May 8, 1997 ; Accepted May 27, 1997.

Relationship between freshness and palatability of fish.

**Morihiro Sakaguchi : Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa, Sakyo-ku, Kyoto 606-01, Japan, E-mail: msakagu@kais.kais.kyoto-u.ac.jp

***Michiyo Murata: Kacho Junior College, 3-456 Rinka-cho, Higashiyama-ku, Kyoto 605, Japan, Fax. 075-551-1793

クレアチニン、乳酸、無機イオン類 (Na^+ , K^+ , Cl^-) などが必須であることが明らかにされている³⁾。His は広くサバ科の魚類の普通肉中に著量含まれているが、かつお節のだしに酸味とうま味を与えるという。種々の魚のエキスが、それぞれ種特有の味を呈するのは、それらの成分組成の微妙な相違によるものと考えられる。

刺身に用いられる魚の代表的なものとしてはマグロ、ハマチ、タイ、ヒラメなどがあるが、マグロを除いて一般には漁獲後あるいは活け締め後短時間のうちに食卓に供される。そこでハマチの普通肉を48時間貯蔵(氷蔵)し、核酸関連物質の変化を調べた⁴⁾(図1)。通常、生きている魚の筋肉中におけるIMPの含量は非常に低いが、死後にATPの急速な分解により、ADPからAMPを経て蓄積する。ATPからIMPまでの反応は速やかであるが、IMPからHxRを経てヒポキサンチン(Hx)へと進む反応速度は魚種、筋種、貯蔵条件などによっても異なる。ハマチではIMPは死後3~4時間目から急増し、8~10時間で最大値に達した。この時期は、巷間に伝えられる活け締めした魚の「食べ頃」にほぼ

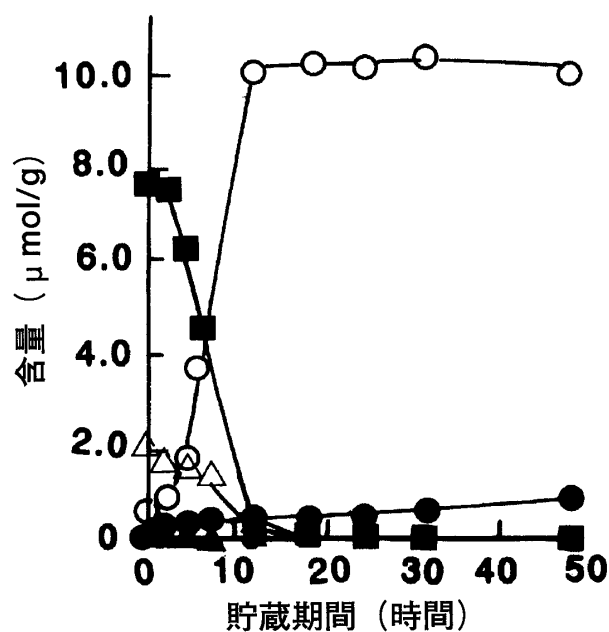


図1 ハマチ普通肉の短期貯蔵(氷蔵)中における核酸関連物質の変化

○—○ IMP ; ●—● HxR
△—△ ADP ; ▲—▲ Hx
□—□ AMP ; ■—■ ATP

核酸関連物質は過塩素酸を用いて抽出した。

等しい。関西を中心としたこの活け締めの方法は、締めた魚を直ちに食べるのではなく、あえてしばらく寝かすことによって、IMPを筋肉中に蓄積させ、うま味の十分備わった刺身に仕立てあげるためであると解釈できる。即殺直後の刺身、すなわち活け造りは、「活かっているだけでうまくない」と評価されるようにIMPが極めて少ないため、うま味に乏しいと言える。なお、IMPは48時間目ぐらいまでは最高レベルを維持したが、その後は緩やかに減少した。しかし、22日間の貯蔵でもそのレベルはうま味を呈するに十分な量であった⁵⁾。

魚肉中に含まれるもう一方のうま味物質であるGluは魚肉中の含量は低く、しかも他の多くのFAA同様、貯蔵中ほとんど変化しないため⁶⁾、刺身の鮮度によるうま味の違いに直接関連していない。

魚は漁獲後、できるだけ苦悶させずに致死させることがその後の品質を保証するためにも重要である。近年は消費市場に出荷する直前に魚を即殺する活け締めが広く採用されているがこれもその所以である⁷⁾。ハマチを即殺した場合と苦悶死させた場合とで核酸関連物質の組成を比較すると、表1のように苦悶死のものではATPは大部分がIMPにまで分解されている⁸⁾。激しい苦悶の後、死に至った場合にはIMP含量は多くても、その刺身は速やかに菌ごたえを失うと報告されている⁸⁾。

マグロ、カツオ、ブリに代表される赤身魚では、体内に普通肉とは別に血合肉という特殊な筋肉が発達している。血合肉の貯蔵中の風味の変化を調べるため、ハマチを普通肉と血合肉に分けて氷蔵し、経

表1 致死条件の異なるハマチ筋肉中の核酸関連物質含量 ($\mu\text{mol}/100\text{g}$)

核酸関連物質	致死条件		
	即殺	即殺*	苦悶死*
ATP	7.56	4.34	0.77
ADP	0.65	3.06	0.95
AMP	0.12	0.44	0.30
IMP	0.82	2.60	7.72
HxR	0.00	0.00	0.00
Hx	0.00	0.09	0.06

*岡 弘康他(1990)を改変

魚の生きのよさとおいしさの関係

時的に採取した試料の熱水抽出液を調製し、呈味テストを実施した。その結果、普通肉は20日以上にわたって氷蔵した筋肉から得た抽出液でも、うま味、「こく」、渋みなど全テスト項目で即殺直後の筋肉の抽出液と区別できなかったのに対し、血合肉では氷蔵1日目にしてうま味が低下し、続いて「こく」も失われるなど、急速な風味の低下が認められた⁹⁾。このような血合肉の風味の低下の原因を明らかにするため、FAAと核酸関連物質の貯蔵中における変化の様相を熱水抽出液を用いて調べたところ、FAA含量は両筋肉とも顕著な変化を示さなかったが、IMPが血合肉中にはもともと少ない上、貯蔵1日目でほとんど消失することが明らかとなった¹⁰⁾ (図2Aおよび2B)。

普通肉におけるIMPの役割を調べるため、うま味を十分備えた熱水抽出液に精製した酸性フォスファターゼを作用させ、IMPを完全にHxRに変換させ、酵素処理前後で風味を比較したところ、うま味だけでなく「こく」までも失われ、酸味が強まるという結果を得た。しかし、この溶液にIMPを加えてその濃度を徐々に上げていくと、うま味や「こく」が回復し、同時に酸味も弱まり総合風味も回復した。さらにIMPを増やし、もとの筋肉中の含量に換算

して3.5~4.0 $\mu\text{mol/g}$ となるよう加えると、処理前のものと区別できなくなった¹¹⁾。このIMPの添加量は20日間にわたって氷蔵した普通肉中のIMP含量に相当する。この事実はいかに鮮度が良好でもIMP含量が低ければ風味に乏しく、逆に鮮度はかなり低下していても、IMPが一定量以上残存していれば、うま味や「こく」は保持されることを示している。つまり血合肉が急速に不味になるのも普通肉の風味が長期間保持されるのも、IMPの消失と存続に依存するところが大きいことになる。さらに、このことをヒラメおよびマダラについても検討したところ、前者はIMPを多量に、しかも永らく保持し、これと呼応して風味も良好な状態を維持したが¹²⁾、後者はIMPが短期間内に消失し、「タラの沖汁」と言われるごとく、うま味や「こく」も速やかに低下した⁶⁾。これらの事実はいずれも魚肉の呈味発現にはIMPが極めて重要な役割を担っていることを示すものである。

2. 鮮度と歯ごたえ

刺身のおいしさを決める上で、上述のようなうま味とともに歯ごたえも極めて重要な因子となっている。これは著しく鮮度の高い魚肉は噛んだ時に強い

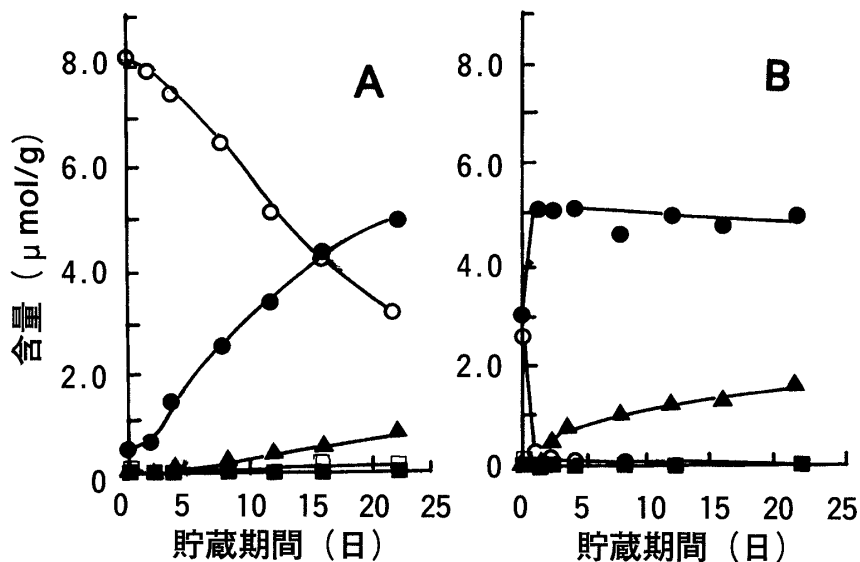


図2 ハマチ普通肉および血合肉の長期貯蔵（氷蔵）中における核酸関連物質の変化

○—○ IMP ; ●—●, HxR
 △—△ ADP ; ▲—▲, Hx
 □—□ AMP ; ■—■, ATP

核酸関連物質は熱水を用いて抽出した。

歯ごたえ（硬さ）を与えるが、鮮度低下したものではそのような感触が失われてしまうことから容易に理解できる。それでは、刺身はどの程度時間経過したものをもっともおいしいといえるのか。

即殺したハマチ（フィレを氷蔵し、普通肉の部分から調製した肉片を試料とした）を用いて予備的に行った官能テストでは、10時間前後経過したものが、うま味と歯ごたえの強さの点から最もおいしいという結果を得た。これは従来よりハマチなどの刺身の「食べ頃」として一般的に知られている時間帯とよく一致している。活け造りのように鮮度の極致にあるものは、強い歯ごたえを備えていても、うま味の強さは著しく弱く、一方、即殺後著しく時間経過したものは、うま味は強いが歯ごたえの点で劣るということになる。即殺したハマチからフィレを調製したのち、直ちに氷蔵し、その肉片の示す破断強度（歯ごたえの強さとの間に高い相関性があることが証明されている¹³⁾）を経時的に測定した。また、硬直の程度を知るため魚体の硬直指数を測定した。その結果、破断強度は貯蔵開始後速やかに減少し、硬直指数は急激に増加することがわかった（図3）。10時間前後でほぼ完全硬直（硬直指数が100%近くになっていること）の状態にはいることがわかったが、このような魚肉の歯ごたえの強さは即殺直後のものと比べるとかなり低下していた。こうした観察は、すでに多くの魚種について行われており^{8,14,15)}、強い歯ごたえを感じることは締めた直後か、その後数時間目（魚種、貯蔵条件などによって

異なる）までで、多くの場合死後硬直の期間に入ると肉は軟化し、そのような歯ごたえは失われてしまう。これは肉の歯ごたえの変化は死後硬直の進行とは相関性がないことを意味する。これらの事実は、一般にしばしば硬直中の魚肉は強い歯ごたえを保つとみなされているが、この考えが誤っていることを示している。ここで興味深いことは、死後硬直の進行の速度は貯蔵温度によって著しく違うことである。これは多くの魚種で研究されているが⁷⁾、特に興味深いのは、例えば、ヒラメでは氷蔵のものよりも、5℃や10℃で貯蔵したものの方が硬直の進行は緩やかであることである。単純には、より高温で貯蔵したものの方が速やかに硬直すると考えられがちであるが、実際には氷蔵の方が速い。これは氷蔵によって筋肉内でCa²⁺の取り込みに関与している筋小胞体やミトコンドリアが損傷し、Ca²⁺が筋収縮の原動力となっている筋原繊維の方に漏れ出すことによって硬直の引き金になるためと解釈されている^{16,17)}。さらに、古くから死後硬直の進行速度は致死条件によっても著しく違うことが知られている⁷⁾。これも多くの魚種で知られている。例えばハマチ、マサバ、マルアジなどでは延随破壊によって即殺したものは苦悶死させたものよりも遅れて硬直し、破断強度の減少は緩やかであるとされている^{8,18)}。

ハマチは即殺後およそ50時間後においても、まだ魚体の硬直は継続しているにもかかわらず、すでに破断強度は著しく低下して軟化がかなり進行していた（図3）。この現象はハマチのみならず多くの魚種で認められており¹⁵⁾、一般には解硬と同時に軟化が進行すると考えられがちであるが、この考えが誤っていることを示すものといえる。軟化の原因として、これまでに畑江ら^{19,20)}は、魚肉の貯蔵中に筋原繊維タンパク質などに大きな変化が認められず、筋肉組織自体の構造変化が主要なものであるとし、コラーゲンに代表される結合組織成分が関与する可能性があることを指摘した。筋肉の死後における軟化は、Z線の部分の崩壊²¹⁾やコネクチンの変化²²⁾などと関連づけられているものの、現在では細胞外マトリックス中に存在するコラーゲン特にそのマイナー成分（V型コラーゲン）の分解に起因するところが大きいと言われている^{23,24)}。すなわち、速やかに魚体の軟化を引き起こすことが知られているマイワシでは、冷蔵を開始して、早くも1日後には筋肉中のV型コラーゲンの含量が有意に減少したが、メジャー成分

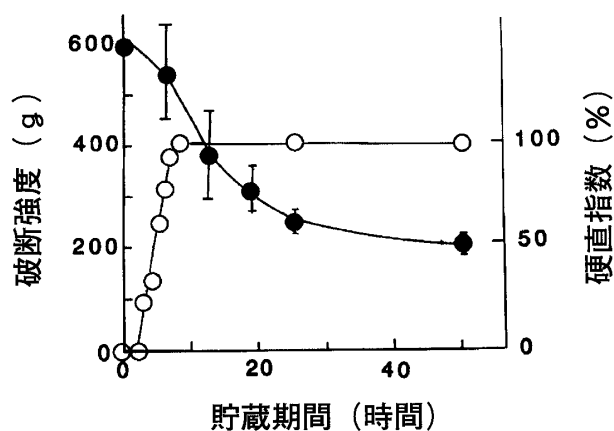


図3 ハマチ筋肉の短期貯蔵（氷蔵）中における破断強度と硬直指数の変化

●—● 破断強度；○—○ 硬直指数

魚の生きのよさとおいしさの関係

のI型コラーゲンは変化しなかった。さらに、この期間中にほとんど軟化しないトラフグの筋肉では、どちらの型のコラーゲンも有意な量的変化を示さなかった。V型コラーゲンは形態的に比較的細い線維を形成する成分に属するが、筋内膜など細胞周辺の結合組織に存在し、その機械的強度を維持しているものである²³⁾。おそらく、このコラーゲンの中で分子間架橋結合が局在しているテロペプチドの部分が特異的に切断され、その結果、結合組織の崩壊をきたし、筋肉は軟化し続けていくものと考えられている。

おわりに

食品のおいしさに関する感覚は、通常多くの要因によって影響を受ける。ここに取り上げた味や歯ごたえ(テクスチャーの一部)だけでなく、匂、音、外観、手ざわりなどは直接要因とされるが、この他にも生理的・心理的状态(間接要因)、環境・知識・経験などの情報(背景要因)も無視することはできない²⁵⁾。特に魚介類を摂食する場合に、事前に背景要因として鮮度に関する情報を入手したとすれば、それはそのおいしさに関して大なり小なり影響を及ぼすものである。本稿で述べた鮮度とおいしさに関する課題は単に直接要因に限定して取り扱われているが、今後は背景要因のみならず間接要因との関係を解明するためには、とりわけ総合的な解析を実施しなければならない。幸い、食品のおいしさの発現機構に関してはコンピューター技術の著しい進歩とあいまって、計量心理学的な手法で研究が進められるようになってきたので、将来は極めて興味深い成果が得られるようになるものと考えられる。

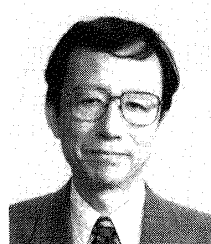
参考文献

- 1) Hayashi T et al. : *J. Food Sci.* 46, 479-483, 493 (1981)
- 2) 鴻巣章二 : 食品加工技術 12, 23-27 (1992)
- 3) 福家眞也 : 食品の味、おいしさの科学(山野善正・山口静子編)、朝倉書店、東京、pp. 62-81 (1994)
- 4) 村田道代 : 死後の時間経過と魚のうま味の関係—うま味を形成するイノシン酸の変化、専門料理(11月号)、柴田書店、東京、pp. 40-44 (1990)
- 5) Murata M and Sakaguchi M : *J. Food Sci.* 51, 321-326 (1986)
- 6) 村田道代他 : 日本調理科学会誌 26, 310-314 (1993)
- 7) 岩本宗昭 : 致死条件と貯蔵温度、魚類の死後硬直(山中英明編)、恒星社厚生閣、東京、pp. 74-82 (1991)
- 8) 岡 弘康他 : 日本水産学会誌 56, 1673-1678 (1990)
- 9) Murata M and Sakaguchi M : *Nippon Suisan Gakkaishi* 56, 697 (1990)
- 10) Murata M and Sakaguchi M : *J. Agric. Food Chem.* 36, 595-599 (1988)
- 11) Murata M and Sakaguchi M : *Nippon Suisan Gakkaishi* 55, 1599-1603 (1989)
- 12) 村田道代他 : 日本調理科学会誌 26, 208-213 (1993)
- 13) Ando M et al. : *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 2341 (1991)
- 14) 豊原治彦、志水 寛 : 日本水産学会誌 54, 1795-1798 (1988)
- 15) Ando M et al. : *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 1165-1169 (1991)
- 16) 潮 秀樹 : 魚類の筋小胞体、魚類の死後硬直(山中英明編)、恒星社厚生閣、東京、pp. 21-30 (1991)
- 17) 阿部宏喜 : 魚介類の鮮度と死後変化、魚の科学(阿部宏喜・福家眞也編)、朝倉書店、東京、pp. 43-50 (1994)
- 18) 望月 聡、佐藤安岐子 : 日本水産学会誌 62, 453-457 (1996)
- 19) 畑江敬子他 : 日本水産学会誌 51, 1155-1161 (1985)
- 20) 畑江敬子他 : 日本水産学会誌 52, 2001-2007 (1986)
- 21) 橘 勝康他 : 日本水産学会誌 59, 721-727 (1993)
- 22) Kumano Y and Seki N : *Nippon Suisan Gakkaishi* 59, 559-564 (1993)
- 23) 佐藤健司 : 化学と生物 29, 629-630 (1991)
- 24) Sato K et al. : *J. Agric. Food Chem.* 45, 343-348 (1997)
- 25) 山野善正、山口静子 : 序論、おいしさの科学(山野善正・山口静子編)、朝倉書店、東京、pp. 1-7 (1994)

<著者紹介>

坂口守彦氏略歴

昭和37年 3月 京都大学農学部卒業
昭和39年 3月 京都大学大学院農学研究科修士過程修了
昭和40年 4月 京都大学食糧科学研究所助手
昭和57年10月 京都大学食糧科学研究所助教授
平成 2年 4月 京都大学農学部教授



村田道代氏略歴

昭和43年 3月 京都府立大学文家政学部卒業
昭和43年 5月 京都大学食糧科学研究所教務技官
平成 4年 4月 華頂短期大学助教授
平成 7年 4月 華頂短期大学教授

