

イカ類の高品質保持技術開発の試み

長崎県総合水産試験場 水産加工開発指導センター

加工科 科長 岡本 昭

1. はじめに

イカ類は日本でもっとも消費量の多い水産物で、国民1人当たり年間989gを消費しており(平成20年)¹⁾食卓に欠かせない水産物のひとつです。全国のイカ類の漁獲量²⁾は292千トンで、そのうちスルメイカが217千トンで約75%を占めています。一方、長崎県の漁獲量は20千トンで北海道、青森県に次いでいますが、ケンサキイカやアオリイカなどその他イカ類に分類されるイカが約4割を占めており、スルメイカを主体に漁獲する上位の道県とは漁獲組成が異なっているのが特徴です。

ケンサキイカやアオリイカは長崎県が日本屈指の漁獲量を誇り、長崎県の離島地区を中心に、一本釣りや定置網漁業が行われています。ところが、これらのイカは消費市場での単価は高いものの、消費市場から遠いなど流通上のハンデがあり、生産地市場では魚価が低価格で推移している現状です。このためイカ類の付加価値を高める取組みが行われており、長崎県でもイカのブランド魚種として、ケンサキイカは壱岐地区で「壱岐剣(いきつるぎ)」、アオリイカは五島地区で「扇白水(あおりひめ)」として商標登録されています。



図1 水槽中のアオリイカ

このように産地側では高付加価値商品として流通させたいニーズが強く、特に、鮮度は生鮮水産物の商品価値を決定する大きな要因であるにもかかわらず、イカ類では魚類ほど鮮度の議論がなされてきませんでした。魚類の鮮度保持条件^{3,4)}は、特にマアジやイサキなどで神経メめなどの致死法がなぜよいのか、死後硬直が遅延する保存温度はどれくらいなのか、ということは明らかにされており、これらは漁業の現場で取り入れられて品質の維持、ブランド化に役立てられています。

そこで、総合水産試験場ではアオリイカを材料として、イカを高品質で流通させる条件を把握するための検討を行いましたので、その結果についてお知らせします。

2. アオリイカの死後変化および致死条件・保存条件⁵⁾

魚類の鮮度の基準としては、鰓の色や腹部の硬さ、死後硬直などのほか、化学的指標としてK値が用いられています。K値とは生体内のエネルギーの源であるアデノシン3リン酸(以下ATPと記します)の分解産物の割合から算出したものです。生きている間はATPが再生産されますが、死ぬと、時間の経過とともに生体内のエネルギーは消耗し、ATPは再生産されないまま分解が進みます。この分解物の割合をK値として表しています。このため、K値が高いほど新鮮さが失われていることとなります。

ところが、イカについてはK 値が適応できないとも言われています。そこで今回の研究では鮮度の判定基準として K 値の代わりに ATP 含量を指標とし、これを用いて鮮度を保持するためのメカニズムや保存温度条件について検討しました。

まず、アオリイカのメカニズムについて、即殺と苦悶死の2つの比較を行いました。イカの両眼の間を包丁で刺すと一瞬で表皮の色が透明になりますが、これを即殺としました(図2)。苦悶死は海中から取り上げたイカを生きたまま空中に10分間放置しました。へい死後、イカの外套筋(イカ胴部の可食するところ)



図2 アオリイカの即殺

以下、イカ肉と記します)を採取し ATP 含量を測定すると、図3のように、メカニズムの違いで ATP 量が異なっているのがわかります。へい死した段階で十分に ATP、即ちエネルギーを持っているのは即殺したほうです。後から述べますが ATP が多いとイカ肉の透明感が保たれますのでイカの鮮度を保持するには即殺の方が良いと考えられます。

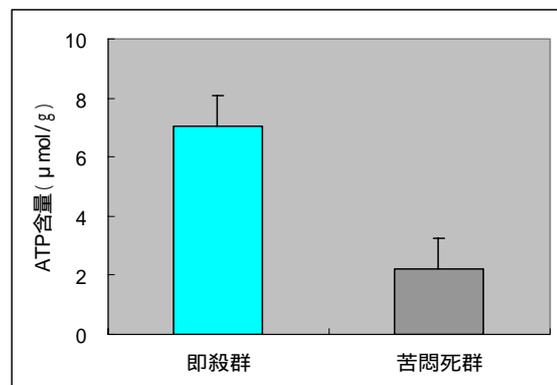


図3 メカニズムの違いによる ATP 含量の差

次にアオリイカはどのような保存温度で保管すればよいか検討しました。イカを即殺し、氷蔵あるいは5、10、15の恒温水槽に保存し、一定時間ごとにATPを測定しました。

この実験での ATP 含量の経時変化を図4に示します。温度ごとの ATP 含量の経時変化をみると氷蔵や5、15で保存するよりも、10で保存すると ATP が残存していることがわかります。特に即殺して8時間後には10保存では ATP が残っているにもかかわらず、その他の保存温度では減少しました。

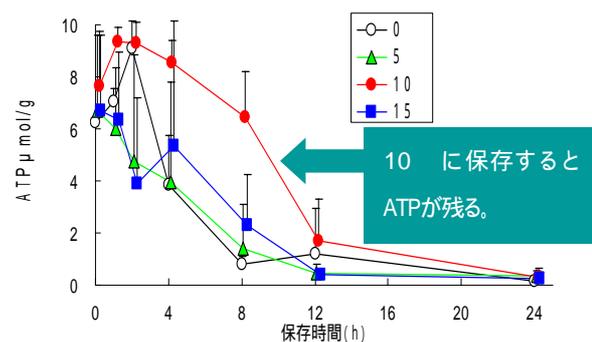


図 ATPの経時変化

図4 保存温度の違いによる ATP 含量の経時変化

興味深いのは ATP 含量の減少は、氷蔵5、15保存よりも10保存で遅延し、保存温度が高いほど減少が早いわけではないことです。

結果は示ませんが、イカ肉の収縮も同様の結果になりました。⁶⁾イカ肉を輪切りにしてその収縮を観察したのですが、このときも氷蔵では最も早く収縮し、次いで5、20、15、10の順で収縮が遅延しました。この現象は魚類の死後硬直に保存温度が影響していることに似ています。魚類の死後硬直には ATP およびその分解が関与しており、死後硬直の遅延を図る保存温度については、氷蔵等よりもむしろやや高い10前後の温度帯で遅延効果が認められ、そのメカニズムは筋肉細胞中の筋小胞体の Ca^{2+} の取り込み能力が温度域で異なるためとされています。⁷⁾

イカ肉の白濁、収縮もこれと同様のメカニズムによって発生するのではないかと推定しており、現在、研究を進めています。

3. イカ肉白濁のメカニズム解明³⁾

イカ肉の透明感は価格に直接影響するため、鮮度指標としては透明感を用いることは妥当と考えられます。そこでイカ肉の透明感を測定し、この透明感を鮮度の基準として用いて、透明感が ATP 含量とどのような関係にあるのかを検討しました。

イカ肉の透明感を測定するために色彩色差計を用いて、イカ肉を黒い板の上に載せて測定しました。この透明感を色の明るさで表現する感覚色度 L^* 値（以下 L^* と記す）であらわしました。 L^* は色の明るさを示す指標であり、今回の実験においてイカ肉白濁の指標として有効です。 L^* の経時変化を図5に示しました。色彩色差計による観察では致死直後の L^* はほぼ 33 前後でした。致死直後は背後の黒色板が透き通って見えましたが、 L^* 値の増加と共に白濁の程度は強くなり、 L^* が 50 を超えたとき透明感はほぼ喪失し、完全に白濁しました。保存温度と L^* の関係を見ると、白濁の早い順に、氷蔵 > 15 > 5 > 10 となり、ATP の現象や筋肉の収縮と同じように 10 保存が透明感を維持しました。

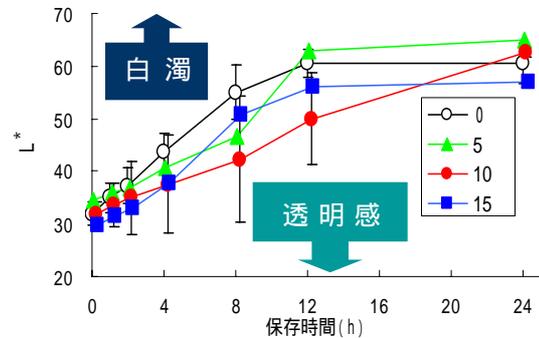


図5 保存温度の違いによる L^* の経時変化

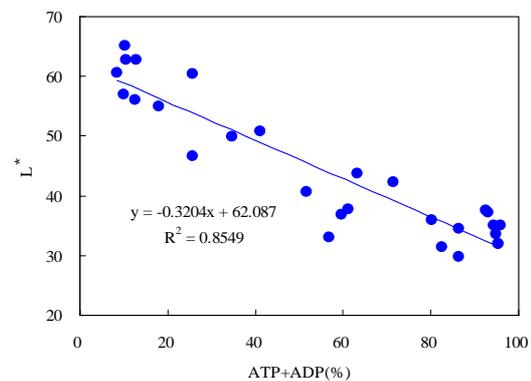


図6 ATP+ADP と L^* の関係

そこでアオリイカにおける ATP 関連物質の減少がイカ肉の白濁に及ぼす影響について検討しました。感覚色度 L^* と ATP 関連物質含量（以下、ATP+ADP と記します。ADP はアデノシン 2 リン酸を表し、ATP の分解物です）との関係について図6に示しました。イカ肉の色の明るさを示す L^* は ATP+ADP の割合と相関しています。すなわち致死直後の ATP+ADP が多いときは L^* は低く、イカ肉に透明感が認められますが、ATP+ADP が 40% 以下となったとき L^* は 50 を超え、透明感が喪失して白濁していることが観察され、約 10% 程度で L^* は 60 になりました。この相関は ATP+ADP が白濁の程度を決定していることを示しています。したがって、透明感を観察することは、一定の時間内では、鮮度指標になり得ることがわかります。

我々の観察では特別にストレスがかからない限り生きているアオリイカには白濁が認められません。また、薄切りにしたスルメイカを海水入りの酸素充填したパックにつめて 5 で保管すると長時間透明感を維持できるとの報告もあり、⁸⁾ ATP 再生系が機能する状態に保つことがイカ肉の白濁を抑制すると考えられました。これらのことから、イカ肉の白濁には、ATP 再生系停止以後の筋組織中の変化が影響すると推察しています。

4. 簡易的な鮮度判定技術の開発^{9,10)}

イカ肉の透明感は商品価値と関係することは市場関係者からの聞き取りで明らかです。しかし、これまでのイカの透明感はイカの肉を採取して皮をはいで実験に供する必要がありました。そこでイカ肉を採取することなく非破壊でイカの体色を解析し、これと生化学的分析結果から透明感を鮮度基準として用いられないかを検討しました。

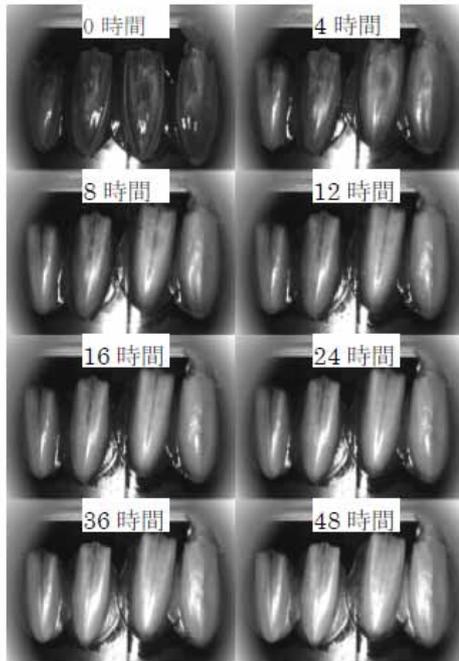


図7 保存したイカの画像の一例

冷蔵庫でイカをならべ動画を48時間撮影し、その動画中の体色変化を解析しました。イカは色素胞をもつ皮がイカ肉の周囲にあり、これが体色変化するため可視光域では、イカの表面しか観察できず、透明感の評価ができませんでした。そこで、イカ肉の透明感の状況を把握するために、皮をつきぬけて直接、筋肉の様子を観察できる近赤外線領域の計測を行うこととしました。

この近赤外光反射における透明感の変化、鮮度の分析値、それから市場の競りを担当する専門家による価格（ここでは、価格の最も良い時を100とした相対値で扱っています。）を比較してみました（図7、8）。近赤外光反射における明度の経時変化はATP関連物質の経時変化や価格と対応しています。このことから、透明感は24時間程度の保存時間では鮮度指標として有効であり、近赤外線を用いることでアオリイカに傷をつけることなく、短時間で鮮度を測定できることが示唆されました。

5. まとめ

近年、水産資源の悪化、魚価の低迷、輸入水産物の増加、燃油の高騰等、漁業を取り巻く厳しい社会情勢の中で魚介類の高付加価値化の動きが出ており、ブランド化や高鮮度輸送の試みがなされています。

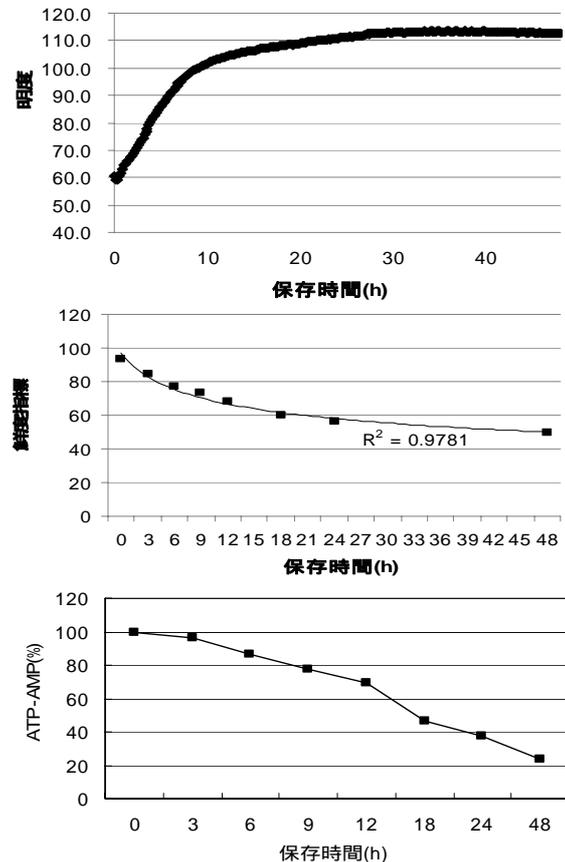


図8 イカの明度、市場価格、ATP量の関係

イカは鮮度など高品質保持条件の情報が少なく、これまで鮮度保持条件についても明らかになっていません。そこで本県産の高級なアオリイカやケンサキイカをより鮮度よい高品質な状態で流通するための研究を行ってきました。

今回の研究によって ATP を指標にしたとき、即殺が重要なこと、12~24 時間であれば氷蔵よりも上の温度帯での保存は死後収縮や白濁を遅延できることがわかりました。また、透明感は鮮度評価の基準として有効であり、透明感の測定法として近赤外線を利用して鮮度判定が可能であることがわかりました。

今後、イカは大消費地への活魚輸送技術が開発されることで、さらに付加価値ある水産物となるでしょう。そのため、輸送後の活イカをきちんと処理して鮮度を維持することが重要です。活魚流通や生鮮魚の高鮮度保持条件を基本とした流通システムをつくることは、イカの価値向上を願う生産者にとって、高付加価値およびブランド化するためのツールとなり得ると考えられます。

なお、イカに関する研究について当試験場では、高品質保持技術の開発のほか、イカを原料とした練り製品の技術開発に世界で初めて成功しており、この技術を県内の皆様に活用いただくよう利用の普及を図っているところです。

6. 文献

- 1) 水産庁編．水産白書平成 21 年版．東京 2009
- 2) 農林水産省 平成 21 年漁業・養殖業生産統計
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html
- 3) Mishima T, Nonaka T, Okamoto A, Tsuchimoto M, Ishiya T, Tachibana K, Tsuchimoto M. Influence of storage temperatures and killing procedures on post- mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture, Japan. *Fish. Sci.*, 2005 ; 71 : 187-194.
- 4) 岡本昭, 濱田友貴, 三浦勝貴, 野中健, 桑原浩一, 大迫一史, 三嶋敏雄, 橘勝康．養殖イサキの死後変化に及ぼす刺殺条件と保存温度の影響．日水誌 2006 ; 72 : 918-923 .
- 5) 岡本昭, 本田栄子, 井上理香子, 横田桂子, 桑原浩一, 村田昌一, 濱田友貴, 新井博文, 橘勝康．アオリイカ外套筋の白濁に及ぼす保存温度の影響．日水誌, 74 ; 856-860(2008)
- 6) 本田栄子, 谷山茂人, 水谷麻衣子, 岡本昭, 横田桂子, 川島茜, 濱田有貴, 橘勝康．アオリイカ外套筋の死後硬直に及ぼす保存温度の影響．日本食品化学学会誌, 16(1)15-19 2009
- 7) 渡部終五．硬直に伴う筋肉の生化学的变化．「魚類の死後硬直」(山中英明編)．恒星社厚生閣, 東京．1991 ; 9-20
- 8) 吉岡武也, 木下康宣．イカの鮮度保持技術の進展．日水誌 2006 ; 72 : 495-500
- 9) 吉村元秀, 辺見一男, 岡本昭, 橘勝康．画像計測によるイカ類鮮度評価のための色情報解析．県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要, 2007 ; 8 , 347-351
- 10) 吉村元秀, 木島岬, 辺見一男, 岡本昭, 橘勝康．近赤外光反射計測によるアオリイカの外觀評価．日本工業出版「画像ラボ」2008 ; 19(3)21-25