

## 冷凍及び生鮮クロカジキのK値による鮮度変化の比較について

白井一茂・渡辺悦生

Comparison of freezing and the freshness change

by the K-value of a fresh blue marlin.

Kazushige Usui\*, Etsuo Watanabe\*\*

## 緒言

本県の三浦市三崎では、遠洋まぐろはえ縄漁業で水揚げされるかじき類を用いて、伝統特産品となっている味噌・粕漬けなど漬魚製品や角煮やしぐれ煮、そして新たな加工品として焼き肉様製品など、様々な加工品が製造されている。

しかしながら、かじき類を原因食品とするヒスタミン食中毒事故がいくつか報告され<sup>1)</sup>、近年では特に小学校などへの給食利用も多いことから、衛生管理だけでなく漁獲時からの鮮度管理も含めた品質管理について注意すべき点となってきている。

かじきの種類によっては漁獲方法や保存・流通の形態が異なり、鮮度を含めた品質の差が問題であると考えられる。特に水産物の食品としての特性の1つとして、鮮度という魚肉の評価があげられ、鮮度の測定法には様々な手法が考案されている。色艶などから判断する経験的手法、肉質の軟化や魚体の折れ曲がり程度から判断する物理的手法<sup>2)</sup>、微生物等の増殖程度から判断する生物学的手法<sup>3)</sup>、そして体成分の変化等から判断する化学的手法<sup>4,5)</sup>である。

一方、近年の高鮮度流通工程においては、魚の鮮度を示す生化学的指標の1つであるK値が考案されている。魚類の筋肉中でATPはATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hxと逐次酵素的に分解が進む。その際IMPおよびHxRの分解速度が比較的遅いことから、筋肉中に残存するHxR+Hx量から鮮度を推定できるとし、 $[(HxR+Hx)/(ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx)] \times 100(\%)$ で表される鮮度指標K値が提案された。

K値の測定にはカラム法や酵素法の他に、鮮度試験紙<sup>6)</sup>、HPLC法<sup>7)</sup>、酵素センサー<sup>8,9)</sup>などが考案されている。

そこで、遠洋まぐろはえ縄漁業で漁獲された冷凍クロカジキ*Makaira mazara*のK値を調べるとともに、冷凍原料魚として解凍条件別経時変化と、生鮮クロカジキの

K値変化による比較を行った。

## 材料および方法

## 試料

遠洋まぐろはえ縄漁業により漁獲され、三崎港に水揚げされた冷凍クロカジキを、個体別にバンドソー(V-16:株AKIYAMA製)にて2×2×2cm魚肉ブロックを調整し、50検体を得た。冷凍クロカジキのK値測定には、解凍せずに、切り取れた魚肉片を用いた。

これとは別に、鮮度の経時変化を検討する実験として、解凍条件、貯蔵条件は以下のように設定した。冷凍クロカジキは、4℃、18時間で自然解凍したものと、流水にて1時間程で解凍したものを使用し、ドリップ等をキムタオルで拭き取り、クロカジキ魚肉をサランラップで包んで保存した。貯蔵温度を3、5、7、12℃とし、その温度ごとに冷蔵庫を用意した。

生鮮クロカジキは、横須賀市長井漁港に水揚げされた個体を用い、漁獲当日に10g程の魚肉片をサランラップで包んで、3、5、7、12℃の各温度にて貯蔵を行った。生鮮クロカジキとの比較の冷凍クロカジキは、流水にて1時間解凍したものを使用した。

## 抽出方法

抽出方法は試料を2g秤量して50mlの遠沈管に入れ、10%PCAを4ml加えた後にホモジナイザー(HS92:SMT COMPANY製)により1分間のミキシングを行った。その後、定温遠心分離器(himac CF7D2:HITACHI製)により、3℃、4500rpm、10分間遠心分離を行い、上澄みを新たに遠沈管にパスツールピペットで回収し、沈殿には5%PCAを4ml加えてさらにホモジナイズしてから、3℃、4500rpm、5分間遠心分離を2回行って上澄みを得た。得られた上澄みは氷冷して保存し、これを10Nおよび1NのKOH溶液を用いてpH6.8に調整した

ものを20mlにメスアップし分析試料とした。抽出したサンプルは直ちに5℃の冷蔵庫に保存し、2日以内にHPLCで測定を行った。

### 核酸関連化合物の測定法

核酸関連化合物の測定はHPLC (LC-10ATVP：(株)島津製)を用いて行った。分析条件はカラム：Asahipak GS-320HQ、検出：260nm、移動相：200mMリン酸緩衝 (pH2.70)、流速：1ml/min、カラム温度：30℃である。

### 結果と考察

#### 冷凍クロカジキのK値

遠洋漁業で漁獲され、冷凍で水揚げされたクロカジキのK値を表-1に示した。試料に供した50検体中の48検体 (96%) はK値が10%以下であった。残りの2検体もK値は20%以内であり、刺身等の生鮮食では問題ない値である。特に値の高かった2検体は、解凍時点においてもK値20%以下であり、渡辺<sup>10)</sup>や小関<sup>11)</sup>らも、刺身として利用できるK値の値は20%以下であるとしており、鮮度として問題ない。更にK値が20%を若干超えていても、クロカジキはしっかりした歯ごたえの身質を持っている。渡辺<sup>10)</sup>や小関<sup>11)</sup>らも魚種によってはK値20%を超えても刺身として利用可能であることとしている。このことから、クロカジキは刺身用として更に高い値のK値でも十分に生食として利用できることが伺えた。

表1 冷凍で水揚げされるクロカジキのK値について

(単位：匹)					
K値分布	3%未満	6%未満	10%未満	15%未満	20%未満
魚体数	6	35	7	1	1
割合	12%	70%	14%	2%	2%

#### 冷凍クロカジキの鮮度に及ぼす解凍法および貯蔵温度

冷凍クロカジキを自然解凍および流水解凍において、3、5、7、12℃で保蔵したときのK値の経時変化を図1に示した。

各温度帯にて貯蔵したクロカジキ魚肉片のK値の経時変化による上昇については、貯蔵温度が低いものが低く推移していた。K値で20%を越すまでは、7℃貯蔵で24時間以内、5℃で36時間以内、3℃で48時間以内であった。しかし、自然解凍と流水解凍での違いはほとんど見られないが、3℃及び5℃では流水解凍に比べ、自然解凍の方がK値では低い値であり、7℃ではその逆であった。

3℃及び5℃で貯蔵した自然解凍及び流水解凍では、わずかな差しか見られずほぼ同様なK値の上昇を見せた。このことから、冷凍のクロカジキを解凍する場合には、

流水解凍も自然解凍でも5℃以下での貯蔵であれば、鮮度指標のK値上では変化は見られないことが明らかになった。

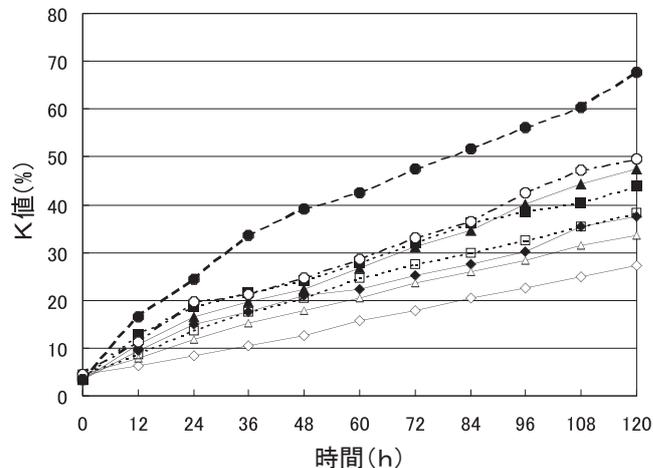


図1 自然解凍と流水解凍したクロカジキ魚肉を各温度にて貯蔵した時のK値の経時変化

- ◇：自然解凍 (3℃貯蔵)、◆：流水解凍 (3℃貯蔵)
- △：自然解凍 (5℃貯蔵)、▲：流水解凍 (5℃貯蔵)
- ：自然解凍 (7℃貯蔵)、■：流水解凍 (7℃貯蔵)
- ：自然解凍 (12℃貯蔵)、●：流水解凍 (12℃貯蔵)

#### 生鮮および自然解凍クロカジキ魚肉のK値の経時変化

次に、近海で漁獲された未凍結である生鮮クロカジキ筋肉と貯蔵温度別K値の経時変化の比較を図2aと図2bに示した。

解凍クロカジキは流水解凍をしたものを用いた。3、5、7、12℃度の貯蔵区においても、生鮮魚肉の方がK値の上昇する速度が低かった。3℃におけるK値の変化を見ると、解凍魚肉ではK値が20%に達するのには、81時間ほどであったのに対して、生鮮魚肉では120時間過ぎても達しなかった。5℃貯蔵ではK値が20%に達するのには、解凍魚肉で約60時間ほどであったが、生鮮魚肉では3℃と同様に120時間過ぎても達しなかった。3℃及び5℃貯蔵では、ともに生鮮魚肉のK値の上昇が解凍魚肉に比べ約1/2の速度であった。

しかし、7℃貯蔵でK値が20%に達するのには、解凍魚肉で約48時間ほどであったが、生鮮魚肉では80時間であり、生鮮魚肉のK値の上昇が解凍魚肉に比べ約1/2の速度であった。12℃貯蔵ではK値が20%に達するのには、解凍魚肉で約24時間ほどであったが、生鮮魚肉では48時間であり、生鮮魚肉のK値の上昇が解凍魚肉に比べ約1/2の速度であった。このことから生鮮クロカジキ筋肉では、明らかにK値の上昇速度が解凍魚肉に比べ低く、解凍魚肉の約1/2倍の鮮度低下速度であった。

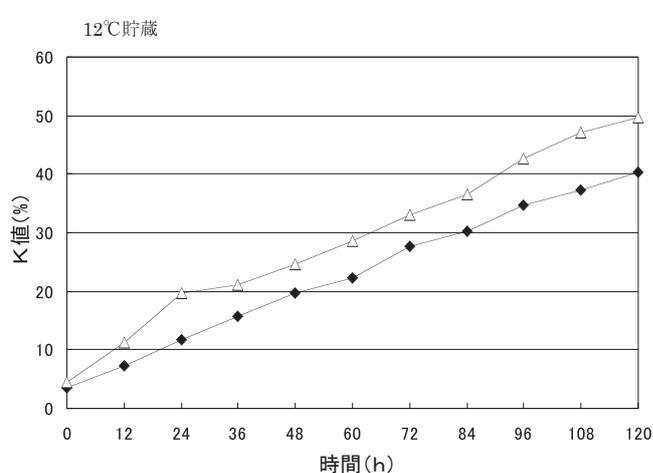
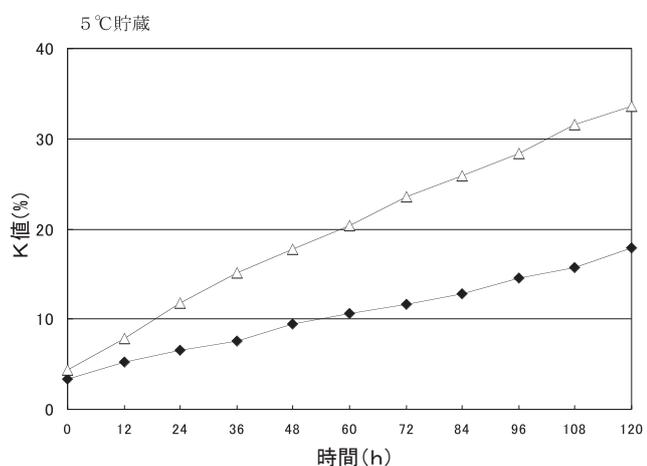
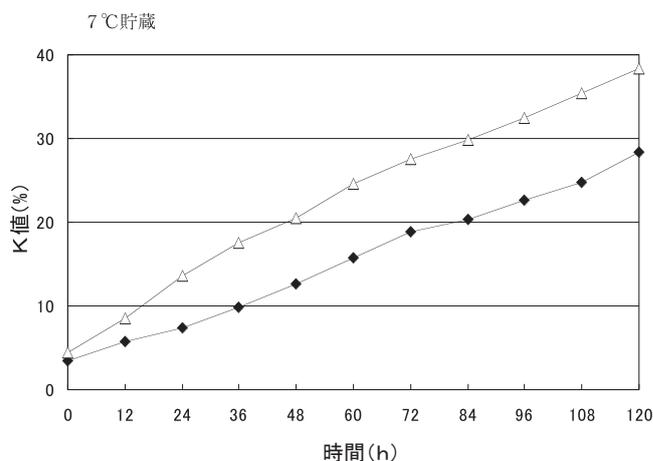
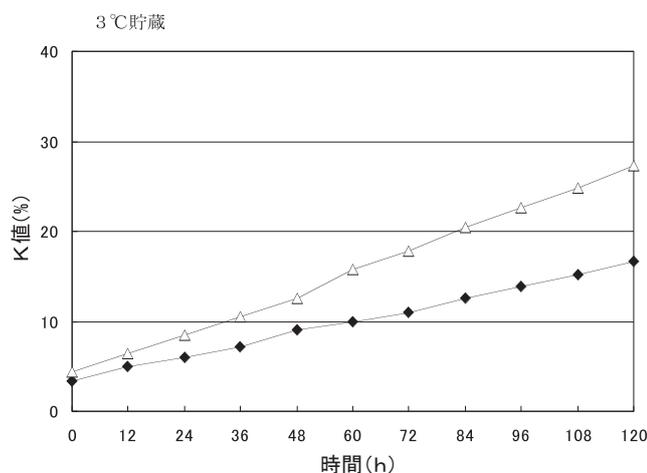


図2-a 3°C、5°Cにて貯蔵における生鮮および自然解凍クロカジキ魚肉のK値の経時変化

◆：生鮮クロカジキ、△：自然解凍クロカジキ

図2-b 7°C、12°Cにて貯蔵における生鮮および自然解凍クロカジキ魚肉のK値の経時変化

◆：生鮮クロカジキ、△：自然解凍クロカジキ

また生鮮魚肉では、3°C及び5°Cでの鮮度変化がほぼ同じであり、3°Cまで低くする必要がないことが明らかになった。

遠洋まぐろはえ縄漁業により漁獲されたクロカジキは、メバチやキハダ同様に船上にて、延髄を刺し鰓と内臓を取り出し脱血を行いながら即殺する。生鮮刺身用として魚類を出荷する場合、死後硬直前の状態を出来るだけ長時間保つためには、水氷による温度ショックよりも頭部の撲殺あるいは刺殺の方が良いとされている<sup>12,13)</sup>。さらに脱血は筋肉部の血液しみや肉質軟化を抑制する方法として重要であり、血液に含まれるプロテアーゼやプロテアーゼインヒビターが肉質の軟化に関与することが推察されている<sup>13)</sup>。

この様な処理をカジキに行うのは、魚体が大きいことだけではなく、泳力が強いマグロでも見られる現象で、

“焼け”という魚の体温で筋肉が加熱によりタンパク質が変性するからである。そこで、延髄刺殺を行い素早く殺すことと、血液や内臓の酵素等による変性を防いでいるものと考えられる。

試料に供した50検体中のうち、K値の高かった2検体に関しては、遠洋まぐろはえ縄という漁法から、一日100kmから150kmという長い幹縄をおろした最初の頃に針にかかったと仮定すれば、その後の漁獲までには数時間かかり、弱るかまたは死亡して水揚げされたとも考えられる。

魚の「生きの良さ」を測定する方法としてK値が考案されている<sup>2,10)</sup>。魚類の普通筋にはエネルギー物質としてATPが酵素によってADPに変化し、2つのリンがエネルギーとして発生するが、生命活動によりまたATPに合成される。しかし、魚の死後では、このATPも逐次

酵素によって分解がすすみ、ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hxに順次分解が進む。K値は生鮮度を生化学的に判断する方法として、極めて有効な方法である。今回ATP分解物を全て測定するHPLC法により測定を行ったが、今回特に図表にて示していないが、全ての測定試料において、ATPが検出されており、高品質であることが伺えた。

一方、これまでに得られた結果からここでは図に整理してないが、K値変化には温度に関する一次式としてとらえることもでき、凍結魚の保管温度管理を厳しくしておけば、魚の温度履歴から逆にK値を推定し、生食限界日（クロカジキの場合にK値が20%以上であると想定される）を予測することも可能であろうと考えられた。

### 謝 辞

この試験を実施するにあたり、試料の調達や調整に多大なる協力を頂いた丸福水産株式会社の青木秀雄社長、磯部久美子氏には心より深謝する。

### 引用文献

- 1) 登田美桜、山本都、畝山智香子、森川馨 (2009) : 国内外におけるヒスタミン食中毒, 国立医薬品食品衛生研究所報告, 127,31-38.
- 2) 山中英明 (1995) : 魚介類の死後変化, 魚介類の鮮度と加工・貯蔵(渡辺悦生編), 成山堂書店, 1-27.
- 3) 藤井建夫 (1995) : 冷蔵と微生物, 魚介類の鮮度と加工・貯蔵 (渡辺悦生編), 成山堂書店, 38-43.
- 4) 谷川英一編 (1970) : 水産物の鮮度保持・管理, 恒星社厚生閣, 270-274.
- 5) 内山均、江平重雄 (1970) : 核酸関連物質 からみた魚類鮮度化学研究の現状, 日水誌, 36, 977-992.
- 6) 渡辺悦生、軽部征夫 (1986) : 酵素センサによるK値の測定, 魚の低温貯蔵と品質評価法(小泉千秋編), 水産学シリーズ60, 恒星社厚生閣, 36-46.
- 7) 槌本六郎、三島敏夫、宇津木照洋、北島俊一、矢田殖朗、保田正人 (1985) : 動揺の激しい船内でATP関連化合物の分離定量, 日水誌, 51, 1363-1359.
- 8) 池田静徳 (1981) : ヌクレオチドおよびその関連化合物, 魚介類の微量成分—その生化学と食品科学—, 恒星社厚生閣, 32-51.
- 9) 遠藤英明 (1999) : HACCP対応型バイオセンサーの開発に関する研究, 日水誌, 65, 634-637.
- 10) 渡辺悦生 (1995) : 鮮度指標とその測定法, 魚介類の鮮度と加工・貯蔵 (渡辺悦生編), 成山堂書店, 61-80.
- 11) 小関聡美、北上誠一、加藤登、新井健一 (2006) : 魚介類の死後硬直と鮮度 (K値) の変化, 「海—自然と文化」, 東海大学紀要海洋学部, 4, 2, 31-46.
- 12) 岩本宗昭 (1991) : 致死条件と貯蔵温度, 魚類の死後硬直 (山中英明編), 水産学シリーズ86, 恒星社厚生閣, 74-82.
- 13) 井上広滋 (2000) : 活魚ビジネスにおける魚肉軟化問題, 日水誌, 66, 912-913.