

境港産クロマグロのヤケ肉に関する研究

Studies on the “Yakeniku” of *Thunnus thynnus* Unloaded at the Sakaiminato Fishing Port

小谷幸敏・加藤 愛・本多美恵・石原幸雄*

Yukitoshi Kodani , Ai Kato , Mie Honda and Yukio Ishihara

*鳥取県水産試験場

境港産クロマグロは漁期の後半(7月中旬～8月上旬)にかけてヤケ肉が多発しており、同時期に増加する生殖腺熟度指数、漁獲個体サイズとの関係が類推された。ヤケ肉の発生は魚体中心部の背側肉付近に集中して発生しており、塩溶解性、筋原繊維(Mf)-Ca-ATPase 比活性の顕著な低下が見られた。畜養マグロを使ったモデル試験で、鰓、内臓の除去がマグロ中心部の冷却に効果があり、品質向上に役立つ可能性があることが分かった。

The outbreaks of Yakeniku in tuna meat that were unloaded at the Sakaiminato fishing port were investigated. The phenomena of Yakeniku occurred frequently in the period from the middle of July to the beginning of August. At the same period, large-weight tunas were unloaded and tuna gonads were ripe. Therefore, it was considered that one of the causes of the outbreak was the tuna size and the gonad ripeness. Yakeniku meats were frequently found at the center of the back side of the body. The Yakeniku meats showed noticeable low salt dissolubility and low myofibril-Ca-ATPase ratio activity. It was confirmed that the removal of the internal organs and gills were effective for cooling the center of the tuna, and might help quality improvement, by the model examination that it used a short terms farming tuna.

1. はじめに

夏季に日本海で漁獲されるクロマグロは、大半が境港に水揚げされ、全国に流通されている。境港に水揚げされるクロマグロは、「旋網漁法」で漁獲されたものであり、一度に大量に漁獲されることから、品質面で劣る危険性が高いとされている。中でも、正確な原因は究明されていないが、漁獲時のストレスと緩慢冷却が影響していると推察される「ヤケ肉」の発生は、商品価値を著しく低下させるばかりではなく、魚体の外観からは判断できず、消費市場に輸送、解体されて初めて判明することから、取り扱い漁港である境港の信頼を著しく低下させる一因と考えられている。そこで、境港産クロマグロの「ヤケ肉」発生状況ならびに肉質の調査を行うとともに、陸揚げ時の肉質の判別方法や、畜養クロマグロを用いたモデル試験により、発生防止策について検討したのでそ

の概要を報告する。

2. 実験方法

2.1 境港産クロマグロのヤケ肉発生状況調査

2.1.1 「ヤケ肉」に関する聞き取り調査

地元解体業者4社、県外荷役・解体業者(静岡、大阪、東京、仙台)4社から境港産クロマグロの「ヤケ肉」に関する調査票記入あるいは対面による調査を行った。

2.1.2 境港に水揚げされたクロマグロの日別本数と平均魚体重調査(2008年)

鳥取県境港水産事務所集計データより、日別本数と重量を調査し、平均魚体重を計算した。

2.1.3 境港産クロマグロのヤケ肉発生状況調査(2008年)

鳥取県内マグロ解体業者4社および県外マグロ

解体業者 3 社にヤケ肉調査日誌の記入を依頼し、鳥取県内マグロ解体業者 3 社および県外マグロ解体業者 1 社より回答を得てヤケ肉の発生状況を集計した。

2.2 境港産クロマグロの水揚げ直後の魚体温、pH 調査

2009 年の 6 月中旬から 8 月上旬にかけて、境漁港に水揚げされたクロマグロ（調査日ごとに 5～20 個体ずつ）の魚体温と pH を測定した。魚体温測定については、直接魚体中心部の温度を測定することが難しかったため、魚体中心部の温度に近いと考えられる内臓について、デジタル温度計（株式会社佐藤計量器製作所製 SK-250WP）を用いて測定した。pH 測定は、マグロが仲買業者の手に渡り輸送の前に尾部が切断された個体について、接触式 pH メーター（ラコムテスター pH Spear）を用いて切断面の pH を測定した。

2.3 境港産クロマグロの肉質調査

2.3.1 境港産クロマグロの肉質調査

2008 年 6 月～8 月に水揚げされ、地元企業で解体した 36 個体（正常肉 24 個体、ヤケ肉 12 個体）の中落ちから正常肉は背肉、ヤケ肉は背肉、尾肉、腹肉をサンプリングし以下の項目について測定した。

- ① pH：10 倍量の蒸留水で破砕して、pH メーター（株式会社堀場製作所製 F-24）により測定した。
- ② 乳酸量：HPLC 法（株式会社島津製作所製 LC-15A）により測定した。
- ③ K 値：HPLC 法（株式会社島津製作所製 LC-15A）により測定した。
- ④ 筋原繊維(Mf)-塩溶解性：
 - ・筋原繊維懸濁液の調製

魚肉 1 g に 50 ml の 0.1 M NaCl 20 mM Tris-HCl (pH 7.5) Buffer を添加し、ガラス棒で 10 分間混合後、5℃で 3000 rpm、5 分間遠心分離を行い、上清を捨てる。沈殿に上記 Buffer を 10 ml 添加し、冷却しながら、ホモジナイ

ザーで 12,000 rpm ×4 回ホモジナイズする。オクチルアルコール 10 μl を添加し、上記 Buffer で 40 ml にメスアップしたものを、生ごみネットを使って濾過し、調製した。

- ・塩溶解性の測定

筋原繊維懸濁液(タンパク質濃度を 2-2.5 mg/ml)に、終濃度が 0.5 M になるように、NaCl, Tris-HCl (pH 7.5)、2 mM になるように Mg-ATP を添加し、遠心分離 (5000 rpm 室温 10 分)の有無それぞれについて電気泳動をし、(株)プラネトロン社製 Gel-Pro Analyzer ver.3.1 を用いてミオシン HC 量を定量し、遠心分離有無の比を溶解度とした。

- ⑤ 筋原繊維(Mf)-Ca-ATPase 比活性：前述④と同様に抽出した各部位の筋原繊維画分を用いて、新井の方法の簡便法¹⁾により比活性（1 分間に 1 mg のタンパク質が遊離するリンの μmol）を測定した。

2.3.2 ヤケ肉発生個体の部位別肉質調査

2009 年 7 月 17 日に解体され、発見されたクロマグロヤケ肉発生個体の部位別（図 1 ④、⑧、図 2 背骨側魚体中心部(1)、体側側皮下部(2)、背骨側皮下部(3)）の肉質を調査した。

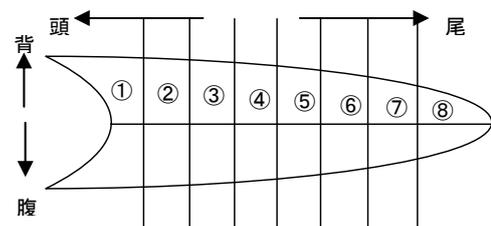


図1 ヤケ肉発生個体魚肉採取部位

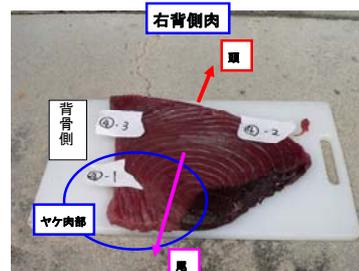


図2 ヤケ肉発生個体魚肉採取位置

2.3.3 部位別 pH 調査

2008年に水揚げされたクロマグロ10個体（6月13日2個体、6月25日2個体、7月11日4個体、7月18日2個体（魚体温追跡個体））について背骨に沿って解体された右半身の魚肉表面のpHを測定した。測定には接触式pHメーター（ラコムテスターpH Spear）を用いた。

2.4 クロマグロ心臓の硬さと肉質

2009年に境港に水揚げされたクロマグロの心臓の硬さ別に心臓の化学成分分析をするのと同時に、心臓の硬さの異なる個体を解体し、肉質を調査した。

2.5 畜養クロマグロを用いた水揚げ後処理モデル試験

2009年12月14日、15日に京都府与謝郡伊根町の畜養クロマグロを用いて以下の①～③のモデル試験を行い、魚体温を追跡するとともに、24～48時間冷却後の肉質を調査した。なお、冷却水槽の温度は-1.5～0℃であり、鰓・内臓除去した魚は、腹腔内にポンプにより冷却海水を循環させた。

試験区

- ① 締め、脱血、延髄・神経破壊、鰓・内臓除去処理区：体重126.5kgの個体を締め、脱血、延髄・神経破壊、鰓・内臓除去処理を行った後、海水水中(食塩追加)で冷却
 - ② 締め処理区：体重68kgの個体を締め処理を行った後海水水中(食塩追加)で冷却
 - ③ 締め、鰓・内臓除去処理区：体重63kgの個体を締め、鰓・内臓除去処理後海水水中(食塩追加)で冷却
- 肉質調査：ドリップ、pH、メト化率、塩溶解性、Mf-Ca-ATPase比活性について調査した。
- ・ドリップ量：試料を低温処理室(約5℃)の中で、試料の入っている袋の角を一部切断してスタンドにぶら下げ、30分間に流出したドリップ重量を測定し、試料重量に対するドリップ割合を算出した。
 - ・メト化率：尾藤の方法²⁾により測定した。

3. 結果と考察

3.1 境港産クロマグロのヤケ肉発生状況調査

3.1.1 「ヤケ肉」に関する聞き取り調査

境港産クロマグロのヤケ肉の発生状況を把握するため、まず、仲買や荷役、解体業者等マグロ関係者からの聞き取り調査を行い、その結果の概要を表1に示した。

その結果、まず、ヤケ肉とはどのような特徴を有しているかを質問したところ、マグロ肉の特徴である鮮やかな赤色が失われて白っぽくなっており、保水性も弱く、身が割れやすいといった外観の特徴だけではなく、酸味が強くてスポンジのような肉質で筋っぽく、臭いも悪くて不味であるとの回答があった。中には、加熱したときのような状態に似ているという表現もあり、ヤケ肉がタンパク質の変性と密接な関係を連想させる回答であった。

境港産クロマグロのヤケ肉発生頻度について聞いたところ、正確な数値把握はしていないとのことであったが、全般に6月は少ないが、7月8月になると季節が進むにつれて増加し、8月になると20～30%がヤケ肉になると回答した解体業者もあった。また、ヤケ肉の発生頻度は漁獲する船によって異なるという回答も見られたことから、漁獲並びに冷却時の処理方法によっては、ヤケ肉の発生が低減される可能性があるのではないかと推察された。

境港産クロマグロにおける「ヤケ肉」で予想される発生原因について聞いたところ、夏場の高海水温、漁獲方法、一度に漁獲するマグロの量、冷却速度、陸揚げ後の解体速度などが影響しているのではないかと回答があり、漁獲ストレスや魚体温が影響しているのではないかと推察されているようであった。

表1 マグロ関係者からの「ヤケ肉」に関する聞き取り調査結果

質問	回答
ヤケ肉とは？	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤケ肉は身の色が白っぽい又は茶褐色を帯びる。 ・保水性が失われ、身(切り口)がバラバラと割れる。 ・ヤケが強くなると酸味が強くおいしくない。筋っぽい。 ・ヤケ肉は臭いも悪い。 ・ヤケるとスポンジ状になる。 ・ヤケ肉は加熱したような状態になり、弾力がない。
境港産クロマグロのヤケ肉発生頻度は？	<ul style="list-style-type: none"> ・7月下旬～8月に10～20%程度(県内仲買・解体業者) ・ヤケは2.3回しかなかった。(県内仲買・解体業者) ・7月初めは1～10%、8月は10%程度(県内仲買・解体業者) ・6月中旬で2%(県内仲買・解体業者) ・漁獲した船によって異なる。(県外荷役・解体業者) ・20%程度。ヤケ肉の程度 薄・中・大=3:4:3。6月5～10%、7月10～20%、8月20～30%(県外荷役・解体業者)
境港産クロマグロのヤケ肉発生原因は？	<ul style="list-style-type: none"> ・ヤケる原因は水温、漁獲方法、保管方法。夏場の海水温24℃はヤケやすい。 ・マグロの巻きすぎ。持つて出る氷の量が相対的に少ないのでは。 ・海水の入れ替えを行っているかどうか？ ・陸揚げしてからの処理時間が長い。

3.1.2 境港に水揚げされたクロマグロの日別本数と平均魚体重 (2008年)

境港に水揚げされるクロマグロの漁獲日別の水揚げ量やサイズを把握するため、鳥取県境港水産事務所が集計したデータをもとに、日別本数と平均魚体重を図3に示した。

その結果、6月上旬から7月上旬までは平均30～60kgサイズの個体が多量に水揚げされたが、7月中旬以降は、本数は激減するものの、大型サイズが水揚げされており、平均魚体重が200kgを超える日も見られた。

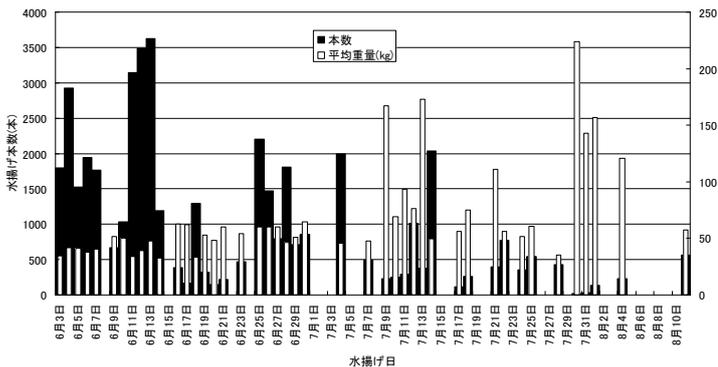


図3 境港産クロマグロ(2008年)日別水揚げ本数と平均魚体重
鳥取県境港水産事務所集計結果(日別水揚げ量ならびに水揚げ本数)より
平均魚体重は日別水揚げ量と水揚げ本数から試算

3.1.3 境港産クロマグロのヤケ肉発生状況

境港産クロマグロのヤケ肉の正確な発生頻度の調査は行われたことはないと思われ、ヤケ肉は解体してみないと分からないことから、マグロ解体

業者にヤケ肉発生個体数の記録日誌の作成を依頼した。協力の得られた、鳥取県内マグロ解体業者3社および県外マグロ解体業者1社より得られたデータを集計し、解体本数とヤケ肉発生個体数を漁獲時季別に集計したものを図4に示した。

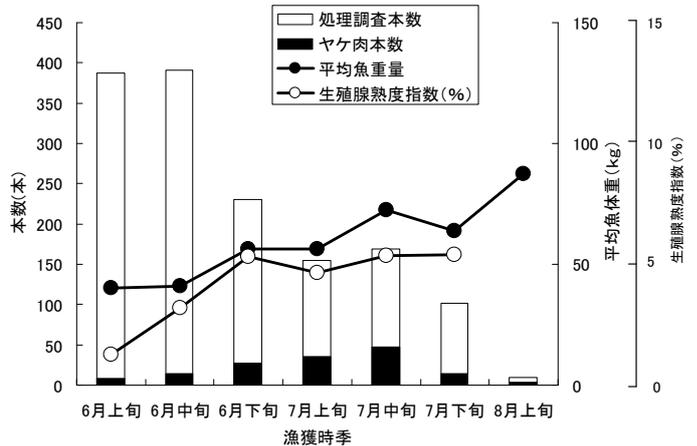


図4 境港産クロマグロ(2008年)の漁獲時季別ヤケ肉発生本数、漁獲平均魚体重、生殖腺熟度指数
※ 生殖腺熟度指数(%) = 生殖腺重量 ÷ 体重 × 100
(鳥取県水産試験場調査(未発表)より)

その結果、2008年境港に水揚げされたクロマグロ(ヨコワを除く)1,443本(境港全水揚げ本数の約3.2%)の解体個体を調査した結果、ヤケ肉の発生割合は全体で約10%であった。漁獲時季別に見ると、解体本数の多い6月上、中旬の発生率は5%以下であったが、6月下旬から増加しはじめ、8月中旬の漁期終了まで増加傾向が続き、前述の聞き取り調査結果(3.1.1)と同様な傾向が数値的に確認された。

この原因については、前述の聞き取り調査でも上がっていたように、季節の進行とともに漁獲時の海水温や気温が上昇すること(データの検証はしていない)が影響していることも考えられるが、前述(3.1.2)ように漁獲時季後半に魚体重が急激に増加することも何らかの影響がある可能性があり、相関を取ってみたところ、魚体重とヤケ肉発生率には高い相関(n=7、相関係数0.908)が認められた(図5)。魚体重の増加に伴い、魚体中心部の冷却速度が低下する(鳥取県水産試験場調査、

未発表) ことから、高体温に長時間晒されることがヤケ肉発生に影響を与えたのではないかと推察された。

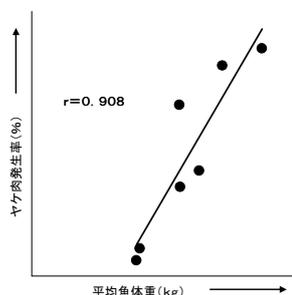


図5 境港産クロマグロ (2008年) のヤケ肉発生率と平均魚体重の関係

また、漁獲時季後半に性成熟度が高くなることから、性成熟を示す生殖腺熟度指数 (鳥取県水産試験場調査、未発表) との相関についても比較してみたところ、魚体重ほどではないが相関 (n=6、相関係数 0.742) が見られた (図6)。

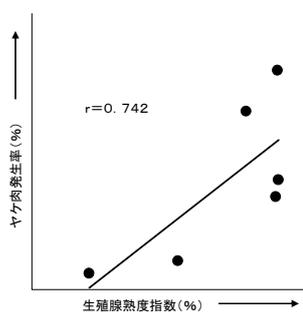


図6 境港産クロマグロ (2008年) のヤケ肉発生率と生殖腺熟度指数の関係

ヤケ肉発生原因が高魚体温と低 pH であると考えた場合、漁獲時季の進行に伴ってヤケ肉が多発する原因は、個体サイズ大型化による冷却遅延が主原因であると考えられるが、性成熟が進行することにより、何らかの肉質 (体質) 変化が起こり、ストレス耐性の低下が起こることも考えられ、それもヤケ肉発生に起因した可能性もあると考えられる。山下³⁾ は、産卵期のクロマグロおよびマサバの中には通常に比べて血中セレン含有量が少なく、酸化ストレス耐性が弱い個体があり、その個体がヤケ肉を生じやすいのではないかと推

論しており、今回の結果もそれに起因している可能性もある。

3.2 境港産クロマグロの水揚げ直後の魚体温、pH 調査 (2009年)

マグロヤケ肉の発生には、魚肉の低 pH と高魚体温が影響していると考えられていることから、境港に水揚げされるクロマグロの水揚げ直後の魚体温と魚肉 pH を調査し、その結果を図7に示した。

その結果、水揚げ直後の魚体中心部の温度 (内臓部温度) は、漁獲時季に関係なく、全期間を通して 5℃以下であったが、6月下旬に 10℃以上の高い日が見られた。境港に水揚げされるクロマグロは、漁獲直後から冷却海水水中で保管されて運搬されており、水揚げ直後の魚体温は、漁獲時の魚体温や魚体サイズ、冷却方法、冷却時間などにより異なると考えられ、水揚げ時の魚体温だけでは、マグロの品質を推察することは難しいが、水揚げ後のセリや輸送における温度上昇などを考慮すると、より低い温度で水揚げすることが望ましいと思われる。

水揚げ直後の尾部切断部の接触 pH は、7月下旬に若干低い日が見られたが、漁獲時季的な傾向は認められず、全般を通じて 6.0 付近であった。ただし、水揚げ直後の魚体温が高かった 2009年6月24日には、5.7程度の低い個体も見られた。

なお、鳥取県水産試験場を中心に 2007年、2008年に実施された、同様な調査 (未発表) においても水揚げ直後の魚体温や魚肉の接触 pH は漁獲時季に依存した一定の傾向は認められていなかった。

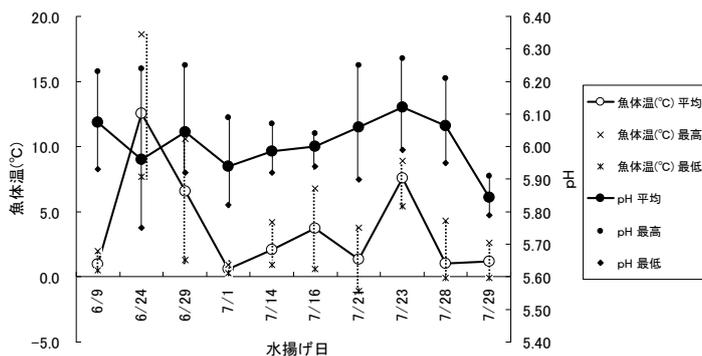


図7 境港産クロマグロ（2009年）水揚げ日別平均魚体温と尾部切断部接触pH

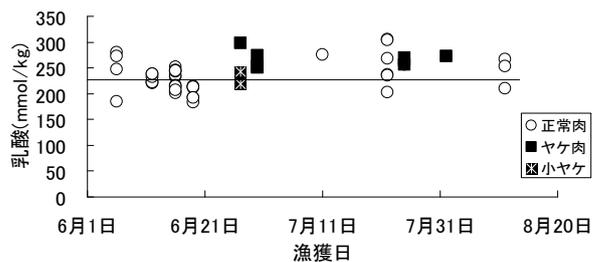


図9 マグロ中落ち背側肉の乳酸含有量

pHについては、ヤケ肉の平均は5.51で正常肉の5.60より若干低いものの差はわずかであり、pHでヤケ肉の判断は出来ないと思われた。しかし、pH5.4より低いものはヤケ肉が発生していたことから、pHが非常に低い個体はヤケ肉発生の危険性が高いことが推察された（図10）。

3.3 境港産クロマグロの肉質調査

3.3.1 境港産クロマグロの肉質調査

ヤケ肉は正常肉に比べて解体時に白色化が観察され、その後、筋肉色素のオキシ化(発色)に伴って目立たなくなるものも見られたが、図8に示したように、ヤケ肉の程度が著しいものは、発色も抑制された。

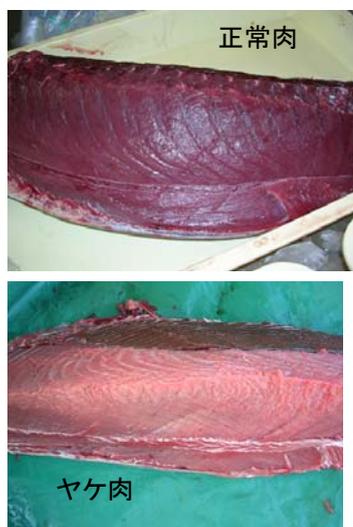


図8 クロマグロ正常肉とヤケ肉

解体個体の中落ち中骨背側肉の乳酸含有量、pH、塩溶解性、Mf-Ca-ATPase比活性測定結果を図9～12、表2に示した。

その結果、乳酸含有量はヤケ肉の発生の有無に関わらずシーズンを通して、240 mmol/kg程度であった(図9)。

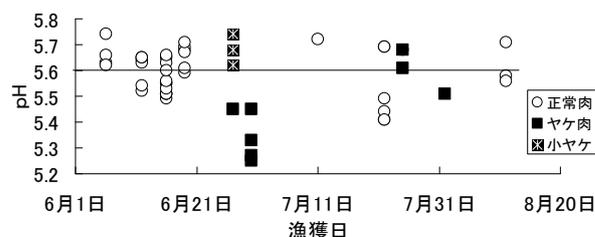


図10 マグロ中落ち背側肉のpH

塩溶解性とMf-Ca-ATPase比活性は、一部の個体を除きヤケ肉とよく相関しており、ヤケ肉はタンパク質の変性現象であることが強く示唆された(図11,12)。塩溶解性とMf-Ca-ATPase比活性を組み合わせる(図13)ことによりヤケ肉の判定が可能になると思われた。

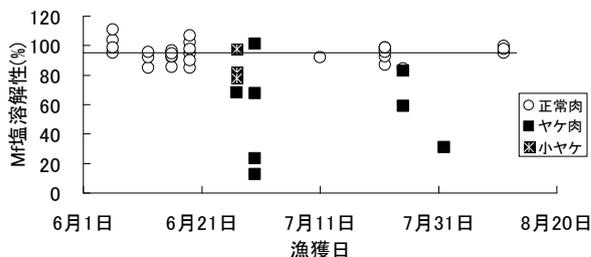


図11 マグロ中落ち背側肉のMf塩溶解性

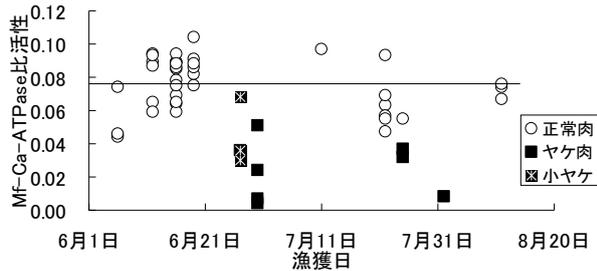


図12 マグロ中落ち背側肉の Mf-Ca-ATPase 比活性

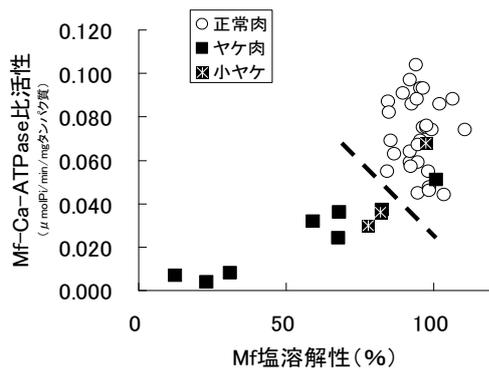


図13 Mf 塩溶解性と Mf-Ca-ATPase 比活性の関係

また、ヤケ肉が発生した個体を部位ごと(背肉、尾肉、腹肉)に調査した結果(表2)、ヤケ肉が発生した背肉部とヤケ肉がほとんど発生していない尾肉部、腹肉部の乳酸、K値、pHに大差がなかったが、塩溶解性、Mf-Ca-ATPase比活性には差が見られた。

その中で、Mf-Ca-ATPase比活性はヤケ肉の発生していた背肉部に比べれば低下は少ないものの、ヤケ肉の発生していない尾部肉でも正常肉に比べて低い傾向が見られたことから、尾部肉のMf-Ca-ATPase比活性を測定することにより、ヤケ肉発生の推定ができる可能性が示唆された。

表2 境港産クロマグロ中落ちヤケ肉の部位別品

試料	検体数(本)	乳酸(mmol/kg)	K値(%)	塩溶解性(%)	Mf Ca-ATPase比活性※	pH
正常肉背肉	24	233	24.9	95.0	0.075	5.60
ヤケ肉背肉	12	257	28.6	63.9	0.030	5.51
ヤケ肉尾肉	8	267	23.3	89.4	0.046	5.55
ヤケ肉腹肉	8	233	24.6	77.2	0.040	5.55

※ μmolPi/min/mg タンパク質

3.3.2 ヤケ肉発生個体の部位別肉質調査

ヤケ肉発生個体の魚肉採取部位及び採取位置と肉質の関係を表3に示した。その結果、ヤケ肉発生部位である4-1(図1, 図2参照)はMf-Ca-ATPase比活性および塩溶解性はいずれも低下していたが、その他の背肉、尾肉はいずれも塩溶解性の低下は見られなかった。先に提案した塩溶解性とMf-Ca-ATPase比活性測定のみ組み合わせ判定法によると、4-1以外はヤケ肉ではないと判断されるが、このヤケ肉発生個体は、尾部でもMf-Ca-ATPase比活性が若干低い傾向が見られたことから、ヤケ肉自体は局所症状として現れているが、Mf-Ca-ATPase比活性の低下は全身症状として現れていると思われ、前述(3.3.1)の中落ち肉の試験結果と同様な傾向であった。

表3 ヤケ肉発生個体の部位別肉質

採取位置	pH	Ca-ATPase比活性*2	塩溶解性(%)
背肉 4-1	5.62	0.018	62.7
4-2	5.68	0.045	93.8
4-3	5.74	0.034	97.0
尾肉 8-1	5.74	0.042	98.4
8-2	5.82	0.043	95.5
8-3	5.78	0.048	99.3

4, 8は図1の魚肉採取部位、-1~-3は図2魚肉採取位置

3.3.3 クロマグロ肉の部位別 pH 調査結果

図14に解体した右半身の魚肉表面の接触pHを示した。各部位の値に顕著な差はなく平均で5.86であった。また、腹部(腹膜)は平均5.92とやや高い値を示した。7月18日♀No.1の個体はややヤケが確認できたものの、脊椎両側のヤケ肉発生部位のpHは他部位と大きく異なる値は示さなかった。このことから、発生したヤケ肉を判断する指標としてpH単独では有効でないと判断された。しかし、尾部と最もヤケ肉の発生しやすい中骨背肉部付近のpHはほぼ一致していることから、尾部のpHを測定することによって中骨背肉部付近のpHが推察できるものと思われた。なお、今回は測定個体数が10個体と少なかった(雌雄判別

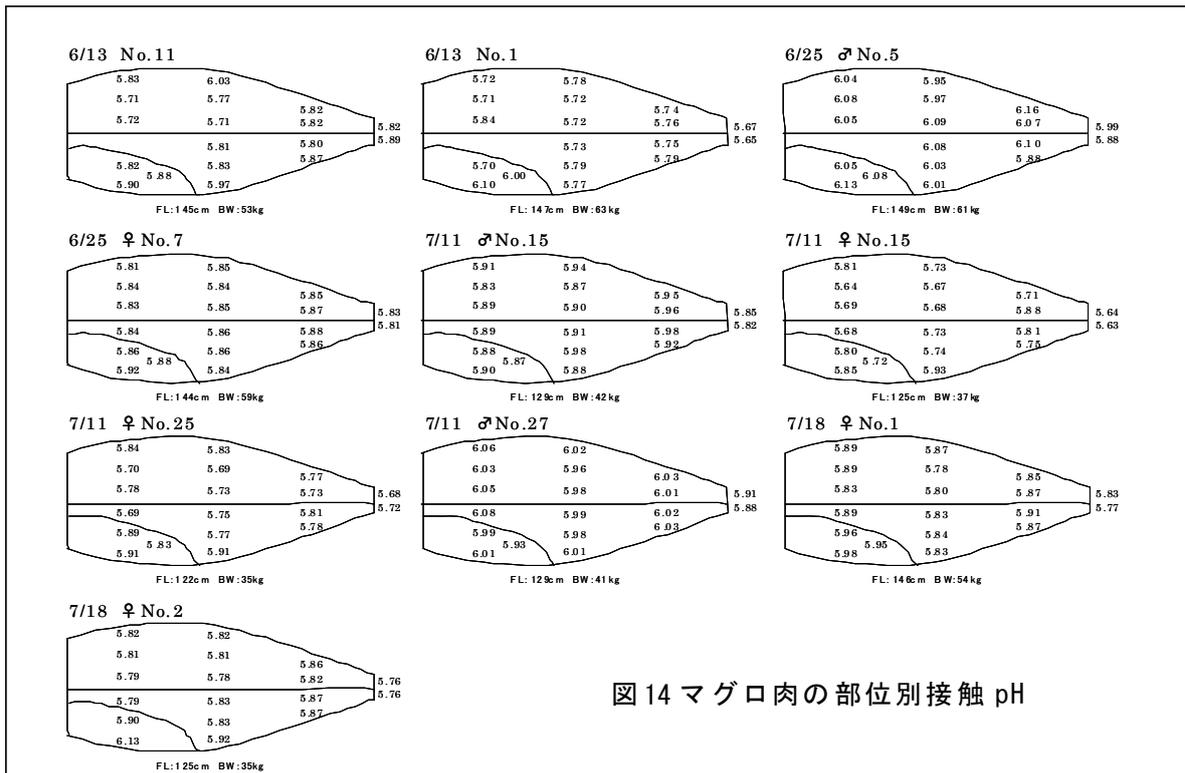


図 14 マグロ肉の部位別接触 pH

は 8 個体) ことから、はっきりしたことは言えないが、今回調査した個体では雌の個体は雄の個体に比べて接触 pH が若干低い傾向が見られた(図 15)。

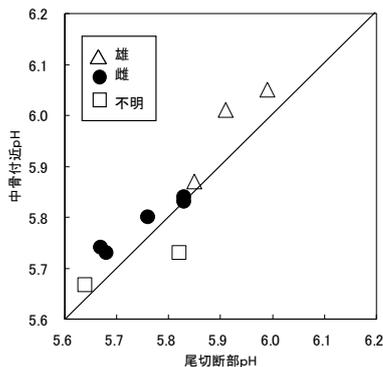


図 15 尾部切断部と背側中骨付近魚肉の接触 pH

その結果、わずかではあるが、心臓が硬い個体のほうが、心臓の乳酸量が多い傾向が見られた(表 4)。また、心臓の硬さの異なる 2 個体の肉質は、心臓が硬い個体のほうが、pH が低く、Mf-Ca-ATPase 比活性も低下している傾向が見られた(表 5)。このことから、心臓の硬さと肉質には何らかの関係がある可能性が得られた。

表 4 クロマグロの心臓の硬さと成分含有量

心臓の硬さ	検体数	乳酸 (mmol/kg)	K値(%)
柔らかい	18	159.8	78.6
硬い	16	165.1	79.8
すごく硬い	7	165.5	82.8

3.4 クロマグロ心臓の硬さと肉質

旋網漁法で漁獲されたクロマグロ水揚げ時に除去される心臓に顕著な硬さの差があることから、心臓の硬さが何らかの漁獲直後の情報を保持している可能性があるとの推察から、心臓の硬さ別成分含有量、および魚肉の肉質について調査した。

表 5 クロマグロの心臓の硬さと魚肉の肉質

心臓の硬さ	魚体重量 (kg) (総、内臓を除く)	魚肉の品質 ^{*1}		
		pH	Ca-ATPase比 活性 ^{*2}	塩溶解性 (%)
柔らかい	59	5.63	0.054	96.4
硬い	63	5.55	0.036	97.5

^{*1}: それぞれの個体の背肉2カ所、腹肉2カ所、合計4カ所の平均

^{*2}: μ molPi/min/mg protein

3.5 畜養クロマグロを用いた水揚げ後処理モデル試験

畜養クロマグロを用いた鰓・内臓の有無によるクロマグロの冷却速度を調査した結果、体重 60 kg 台の魚では、鰓・内臓を除去した場合は、しない場合に比べ、魚体温が 5℃ に冷却されるまで約 4 時間早いことが明らかになった (図 16)。

魚肉の品質を調査したところ、締めだけしか行わなかった個体 (鰓・内臓除去なし) は、わずかではあるが、pH が低く、ドロップ量が多く、メト化率が高い傾向がみられた (表 6)。各試験に用いたクロマグロを解体後、氷蔵で 1 日経過したときの血合肉の写真を図 17 に示した。その結果、締めだけしか行わなかった個体の褐色化が顕著に進行していることが観察された。

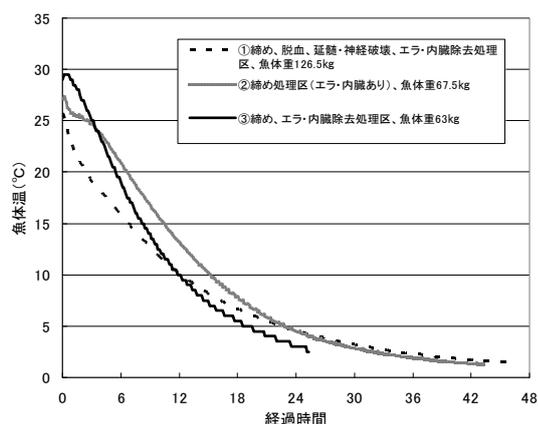


図 16 畜養クロマグロの魚体処理別品温の変化

表 6 畜養クロマグロ冷却前処理モデル試験

試験区	体重 (kg)	ドロップ (%)	pH	メト化率 (%)	Ca-ATPase 比活性*1	塩溶解性 (%)
①	127	0.40	5.84	30.5	0.056	96.1
②	68	1.99	5.79	36.0	0.085	96.0
③	63	1.10	5.81	30.0	0.098	97.6

*1: $\mu\text{molPi}/\text{min}/\text{mg protein}$

①締め、脱血、延髄・神経破壊、鰓・内臓除去

②締め

③締め、鰓・内臓除去



図 17 魚体処理別畜養クロマグロ切り身保管 (氷蔵 1 日) 後の血合肉の色調

①締め、脱血、延髄・神経破壊、鰓・内臓除去処理区、魚体重 127kg

②締め処理区、魚体重 68kg

③締め、鰓・内臓除去処理区、魚体重 63kg

4. おわりに

- (1) 仲買や荷役、解体業者等にマグロヤケ肉に関する聞き取り調査を行ったところ、ヤケ肉の特徴は、赤色が失われて白っぽくなっており、保水性も弱く、身が割れやすいといった外観の特徴ならびに酸味が強くてスポンジのような肉質で筋っぽく、臭いも悪くて不味であるとの回答であった。
- (2) 境港産クロマグロ (2008 年) は、6 月上旬から 7 月上旬までは平均 30~60 kg サイズの個体が多量に水揚げされたが、7 月中旬以降は、大型サイズが水揚げされ、本数は大幅に減少した。
- (3) マグロ解体業者に境港産クロマグロのヤケ肉の発生頻度調査を依頼したところ、6 月上、中旬の発生率は 5% 以下であったが、6 月下旬から増加しはじめ、8 月中旬の漁期終了まで増加傾向が続くことが分かった。
- (4) 平均魚体重や生殖腺熟度指数は境港産クロマグロにヤケ肉が多発する漁期後半 (7 月中旬月~8 月上旬) にかけて増加することから、これらは何らかの影響を与えている可能性があるのではないかと考えられた。
- (5) 境港産クロマグロの漁獲時季別の肉質を調査したところ、ヤケ肉の発生していない個体の魚肉乳酸量、pH、塩溶解性、筋原繊維(Mf)Ca-ATPase 比活性はいずれも漁獲時季を通じて特徴的な変化は見られず、ほぼ安定していた。
- (6) ヤケ肉の発生している個体は正常個体に比べて乳酸含有量や pH にほとんど差は見られなかったが、塩溶解性や Mf-Ca-ATPase 比活性に低下が

見られ、ヤケ肉発生部位は顕著であった。

- (7) ヤケ肉の正確な判定には、塩溶解性とMf-Ca-ATPase比活性の組み合わせが有効であると判断された。
- (8) 魚肉のpH値が5.5を下回る個体はヤケ肉の発生リスクが高かった。また、切断尾部のpHとヤケ肉が発生しやすい背側肉部のpHはほぼ相似していたことから、尾部のpH測定により5.5以下の個体をヤケ肉発生リスクが高い個体として選別することが可能になると思われた。
- (9) クロマグロの心臓の硬さと肉質の関係を調査したところ、心臓が硬い個体のほうが、pHが低く、Mf-Ca-ATPase比活性も低下している傾向が見られた。このことから、心臓の硬さと肉質には何らかの関係がある可能性が得られた。
- (10) 畜養クロマグロを用いた鰓・内臓の有無によるクロマグロの冷却速度を調査した結果、鰓・内臓を除去したほうが、速やかに冷却されることが分かった。
- (11) 畜養クロマグロを用いて水揚げ時の各種処理が魚肉の品質に及ぼす影響について調査したところ、締めだけしか行わなかった個体（鰓・内臓除去なし）は、わずかではあるが、pHが低く、ドリップ量が多く、メト化率が高い傾向がみられた。また、氷蔵で1日経過したときに締めだけしか行わなかった個体の血合いは褐色化が顕著に進行していることが観察された。

謝辞

本研究を行うにあたり、共和産業株式会社、株式会社島谷水産、大海株式会社、株式会社仙山水産、株式会社うおいち、三共水産株式会社、東都水産株式会社様に調査協力頂きました。深くお礼申し上げます。なお、本研究は、平成19～21年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業（農林水産省）「大型魚類のストレス防止技術導入による高鮮度維持システムの開発」により行われたものであることをここに明記します。

参考文献

- 1) 新井健一；水産生物化学・食品学実験書，(株) 恒星社厚生閣，p189～194，(1974).
- 2) 尾藤方通；水産生物化学・食品学実験書，(株) 恒星社厚生閣，p275～280，(1974).
- 3) 山下倫明；「漁獲ストレスと生体反応」，水産学シリーズ165 生鮮マグロ類の高品質管理（日本水産学会編集），(株) 厚生社厚生閣，p81～94，(2010).