

## マグロ類のヤケ肉防止対策試験 (沖縄県産業振興重点研究推進事業)

山本隆司\*1, 石崎松一郎\*2, 米丸浩平\*3

### Operation research on the prevention of burnt meat in tuna

Takashi YAMAMOTO\*1, Shoichiro ISHIZAKI\*2 and Kohei YONEMARU\*3

簡便なヤケ肉対策法について情報収集と現場調査を実施した。新たに石川漁業協同組合の伊波英明氏がパヤオでの旗流し漁法で魚倉に入れる氷の量を少なくするとヤケが少なくなり名護漁業協同組合のセリ市場で高い評価を受けている、との情報を得た。伊波氏の明丸で氷を少なく入れた魚倉は従来の氷を多く入れた魚倉より魚倉下層の水温は海水を入れてから 12 時間後までは  $0.5^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$  高かった。それぞれの魚倉に即殺後のキハダを入れ、魚肉の pH 値、乳酸量、ATP 量に差があるかどうかを調べたところ ATP の消失時間に差が見られた。マグロを生きたまま  $15^{\circ}\text{C}$  で予冷する伊良部漁業協同組合の伊良波式ヤケ対策法で  $15^{\circ}\text{C}$  の予冷槽内でキハダの心臓が何分間鼓動しているかと血合肉部分の体温の連続変化を調べた。Star—Oddi 社 (アイスランド) の心拍数タグを心臓近くに挿入し心拍数を測定したが本タグが魚類に対応していないためか正しいデータは得られなかった。魚体温の連続測定では、針のかかり具合が悪く出血して上がったメバチは保冷槽投入後 15 分経過した後心臓が停止したためか急に体温が上昇した。

沖縄県では、小型漁船によるマグロ釣り漁業が盛んで従来からの海面の表層や中層に設置された浮魚礁 (パヤオと呼ぶ) 周辺で昼間にマグロを釣るパヤオ漁業に加え、近年、パヤオ周辺域やパヤオ周辺域外で夜間に集魚灯を灯しこの光に蟄集したマグロを釣る集魚灯漁法によるマグロ釣り漁が盛んになってきている。ヤケマグロは外観からは判断することが難しくセリ値を下げる要因となっている。ヤケ肉防止策は、集魚灯漁法が広まる前の 1998 年に、伊良部漁業協同組合の伊良波淳世氏によって、釣獲したマグロを生きたまま  $15^{\circ}\text{C}$  の予冷槽に入れることによってヤケを防ぐ方法が考案された (伊良波, 2006)。伊良部漁協では現在もこの伊良波式のヤケ対策法を行っており大きな成果を上げている。伊良波式のヤケ対策法はヤケ肉防止に大きな効果があるが、活け締めを行わず野締めとなるためマグロの品質に問題があった。このため太田ら (2004) は、予冷槽に収容後 15~30 分後に生きたまま再び取り上げ即殺・血抜きを行うことを提案した。県は 2003 年にパンフレットを作成し、この中で伊良波式に活け締めを付加した魚体処理方法を改良伊良波式として普及した。

2015 年度、ヤケ肉防止対策の実施状況について久米島や沖縄本島の漁業者から聞き取り調査を行った。その結果、改良伊良波式の魚体処理方法はマグロを生きたまま船上に取り上げ予冷槽に収容し、15~30 分後に再び予冷槽から取り上げ、活け締めをする必要があり手間と時間がかかること、マグロが釣れるときは短時間に一気に釣れるので予冷から活け締めまでに時間が取られ漁獲量が少なくなること、多少ヤケでも一個体でも多く釣りたいこと、集魚灯漁法で釣獲されるマグロは 40~50kg と大型であるため一人で生かしたまま

船上に引き揚げるのが難しいこと等の理由により久米島や沖縄本島では改良伊良波式を止める漁業者が多い。このため簡易なヤケ肉防止対策が求められている。2015 年度、簡便なヤケ肉防止対策法について情報収集したところ、石川漁業協同組合の伊波英明氏がパヤオでの旗流し漁法で魚倉に入れる氷の量を少なくするとヤケが少なくなり名護漁業協同組合のセリ市場で高い評価を受けている、との情報を得た。この伊波氏の魚倉内に氷を少なく入れる方法の身質改善の効果を予備的に調べた。氷を少なく入れた魚倉内と従来の氷を多く入れた魚倉内の水温差を明らかにすると共に、それぞれの魚倉にマグロを保管し、経時的に魚肉をサンプリングし魚肉の pH 値、乳酸量、ATP 量の変動傾向を調べヤケ防止効果の判定指標として有用かを検討した。また、伊良部漁協の伊良波式の改善のため予冷槽からマグロを取り上げる時間を明確にしようと、マグロの心臓が予冷槽中で何分鼓動しているかを調べた。

#### 材料及び方法

##### 1) 伊良波式身質改善効果予備試験

##### 試料

試験には伊波氏所有の明丸 (4.9 トン) を使用し、2015 年 10 月 1 日午後 7 時に海水容量に対して氷の少ない魚倉に 450kg、従来の氷上面まで海水を入れる魚倉に 350kg の氷をそれぞれ積み込んだ。10 月 2 日午前 2 時に出航し午前 5 時半頃石川市沖 50km のパヤオ漁場に到着し操業を開始した。漁法は旗流しでパヤオの潮上に漁具を投下しパヤオ近くで引き上げ再び潮上に投下する。2 つの漁具を同時に使用した。7 時 39 分から 10 時 7 分の間に 6 尾のキハダを漁獲した。試験に供したキハダの状況を表 1 に示した。6 尾のキハダの尾叉長

\*1 E-mail : ymmotok@pref.okinawa.lg.jp , 本所

\*2 東京海洋大学

\*3 水産海洋技術センター本所普及班

は 114～121cm で、内蔵・鰓除去後体重は 23.1～26.3kg。漁獲したキハダは、口に海水ホースを入れ海水を流しながら延髄破壊と血抜き後、氷の量を違えた 2 つの魚倉に交互に収容した。

#### 魚倉内水温

2015 年 10 月 1 日午後 7 時に氷の量の少ない魚倉（以下 A 魚倉と呼ぶ）に 450kg、氷の量の多い魚倉（以下 B 魚倉と呼ぶ）に 350kg の氷をそれぞれ積み込んだ。10 月 2 日午前 2 時に出航し午前 5 時半頃漁場に到着した。A 魚倉は魚倉上面まで、B 魚倉は氷の上面まで海水を入れた。魚倉に入れた氷の量は、A 魚倉の方が多いが注入した海水量に対する氷の量は少なくなっている。すなわち、氷を少なく入れる魚倉は魚倉内の 1/2 上方で氷が浮上し、下方が海水のみとなる。従来式の氷を多く入れる魚倉は魚倉内の上から下まで氷となる。魚倉の容積は計量した海水を魚倉に入れて測定した。魚倉容積はそれぞれ 1m<sup>3</sup>であった。魚倉内の水温測定のため各魚倉には上層、中層、低層にデータロガー（HOBO Pendant Temperature / Light Data Logger UA-002-64, Onset Computer Corp., MA, USA）を設置した。

#### 魚体温と pH

延髄破壊・血抜き後、海水を流しているホースをマグロの口に入れたまま左身胸鰭中央部分に長さ 150mm の棒状センサー（TP-01, ケニス株式会社）を取り付けたデジタル温度計（TM-82N, Tenmars Electronics Co., LTD, Taipei, Taiwan）でセンサーを背骨方向に差し込み背骨から 1cm 離れた血合肉部分の体温を測定した。その後同じ場所に温度データロガー（おんどり Jr TR-52i, 株式会社ティアンドディ）に取り付けた温度センサー（TR-5106）を挿入した。記録間隔は 1 分に設定した。次に右身の第一背鰭基底部位で神経棘から 1cm 離して神経棘と平行になるようセンサーを挿入するため体皮の一部を 1cm 程メスでカットし、食品用 pH 計（testo 205, 株式会社テスト）で体表から 35mm 入ったところの魚体温と pH を測定した。測定後はセンサーを洗剤で洗い蒸留水ですすいだ。一部の個体では、延髄破壊・血抜き後、血合肉部分の体温を測定する前に 5 分間の腹腔内海水掛け流しや鰓破壊を実施した（表 1）。

#### 魚肉の採取

食品用 pH 計を挿入した同じ位置に神経棘と平行になるように挿し棒（直径 8mm、長さ 30cm のステンレス製パイプの先を斜めにカットしたもの）を挿し込み魚肉を採取し、先端の血合い肉と体表側の肉を除いて約 2g をドライアイスで凍結保存した。魚肉のサンプリング

は、その後 3 時間後、6 時間後、12 時間後、24 時間後にいりドライアイスで凍結後研究室へ持ち帰り ATP 関連物質と乳酸量を測定した。魚体は、初回のサンプリング後それぞれの魚倉に収容し、サンプリング時間毎に魚倉から魚体を船のデッキ上に取り出し、魚体の pH 測定や魚肉のサンプリング終了後は再び魚倉へ収容した。2 回目以降のサンプリング位置は、同じ第一背鰭基底部位で前回の位置より 3cm 程離れた位置で pH 測定後、挿し棒で魚肉をサンプリングした。

#### 乳酸と ATP 関連化合物

乳酸は、ATP 関連化合物抽出に用いた試料を F-キット L-乳酸（Roche/R-Biopharm 社製）で定量した。ATP 関連化合物の抽出は、胡ら（2013）の方法に準じ、測定は、HPLC（HITACHI L-2130）を用いた。分析条件は、カラム：InertSustain AQ-C18、検出：260nm、移動相：50mM リン酸緩衝液（pH7.0）、流速：1mL/min、カラム温度：40℃で行った。

## 2）伊良波式ヤケ対策法の改善試験

### 試料

調査には伊良波氏所有の第 7 美吉丸（4.83 トン）を使用した。2014 年 11 月 18 日午前 2 時に佐良浜漁港を出港し、伊良部島北 20km のパヤオ漁場に午前 3 時 48 分到着、1 時間ほどエサに使用するトビイカを釣り、まだ暗い午前 4 時 45 分から集魚灯を灯してマグロ漁を開始した。漁法はパヤオ周辺での流し釣りにより 2 人で操業した。昼の 12 時まで調査対象となるメバチ 2 個体とキハダ 1 個体を釣獲し試験に供した。午後 0 時 36 分に漁場を出発し午後 2 時 10 分に佐良浜漁港に港帰した。試験に供したマグロの状況を表 2 に示した。2 尾のメバチは尾叉長 89cm～90cm、内蔵・鰓除去後体重 14～15kg でキハダは尾叉長 136cm、内蔵・鰓除去後体重 44kg であった。心拍数タグと温度センサーを挿入後、メバチ 2 尾は 0℃の保冷槽へ、44kg のキハダは 15℃の予冷槽に収容した。釣り針を飲み込んだメバチ A は血を吐いて釣獲され、メバチ B とキハダは釣り針が口に掛かり内蔵を傷付けずに釣獲された。

### 心拍数

今回心拍数タグ（DST milli-HRT, Star-Oddi, Gardabaer, Iceland）を使用して、15℃の予冷槽と 0℃の保冷槽にマグロを投入後心臓が何分間鼓動しているかを調べた。心拍数タグはマグロの腹部正中線上の腹鰭前方をメスで 3cm ほど切開し心臓近くに挿入した。開口部はデスポーザブルスキンスタイプラー（Manipler S-2, マニー株式会社）で縫合した。

表1 試験に供したキハダの状況

| 個体番号          | A    | B       | C       | D       | E       | F       |
|---------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ヒット時刻         | 7:39 | 7:39    | 9:02    | 9:38    | 10:07   | 10:07   |
| 活け締め完了時刻      | 7:44 | 7:48    | 9:10    | 9:43    | 10:14   | 10:15   |
| 魚倉収容時刻        | 7:59 | 8:15    | 9:18    | 9:50    | 10:23   | 10:28   |
| 魚倉内水量に対する氷の量  | 少ない  | 多い      | 少ない     | 多い      | 少ない     | 多い      |
| 尾叉長(cm)       | 114  | 118     | 118     | 118     | 121     | 118     |
| 内臓・鰓除去後体重(Kg) | 23.1 | 24.1    | 24.6    | 26.0    | 25.9    | 26.3    |
| 腹腔内海水掛け流し(5分) | 有    | 無       | 有       | 無       | 有       | 無       |
| 鰓破壊の有無        | 無    | 無       | 有       | 有       | 無       | 無       |
| 性別            | -    | -       | -       | メス      | メス      | メス      |
| ヤケの有無         | 無    | 片ヤケ(右身) | 片ヤケ(右身) | 片ヤケ(右身) | 片ヤケ(右身) | 片ヤケ(左身) |
| 釣り針の位置        | -    | 口の左側    | 口の左側    | 口の左側    | 口の左側    | 口の右側    |

表2 試験に供したマグロの状況

| 魚種            | メバチA | メバチB | キハダ   |
|---------------|------|------|-------|
| 魚倉水温          | 0℃   | 0℃   | 15℃   |
| 尾叉長(cm)       | 90   | 89   | 136   |
| 内臓・鰓除去後体重(Kg) | 15   | 14   | 44    |
| ヒット時刻         | 5:20 | 5:40 | 11:58 |
| 魚倉収容時刻        | 5:30 | 5:45 | 12:11 |

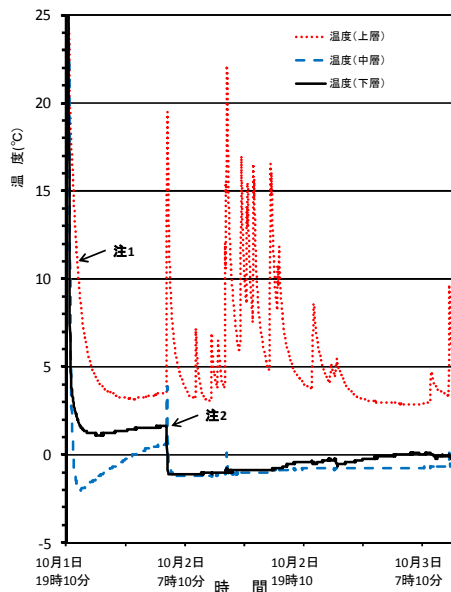


図1 A 魚倉内の温度変化

注1:氷を入れる。注2:海水を入れる。  
注3:出荷分のキハダを取り出す。

### 魚倉内水温

0.6m<sup>3</sup>の魚倉2つに魚倉内の水温測定のため各魚倉の上層, 中層, 低層にデータロガー (HOBO Pendant) を設置した。魚倉の深さは65cmであった。

### 魚体温度

同時に体側右側の胸鰭中央部に温度データロガー (おんどとり Jr TR-52i, 株式会社ティアンドディ) の温度センサー (TR-5106) を挿入し背骨から1cm離れた血合い肉部分の体温を連続測定した。

### 溶存酸素・塩分

キハダ投入後の魚倉内の溶存酸素量は溶存酸素計 (PD0-520, 株式会社 FUSO), 塩分はマルチ水質測定器 (CD-4307SD, 株式会社マザーツール) で測定した。

## 結 果

### 1) 伊波式身質改善効果予備試験

#### 魚倉内温度

A 魚倉と B 魚倉内に氷を入れてから試験終了までの温度変化を図1と図2に示した。両魚倉とも氷を入れてから海水を入れるまでは, 中層の温度が一番低く, 上層の温度が一番高かった。上層は大気と接するため一番温度が高く, 下層は氷が溶けた水のため 0~+1℃程度で, 中層は氷のみのためマイナスとなっている。B 魚倉より A 魚倉の方が入れた氷の量が多いため全体的に温度は低くなっている。海水を入れてからは両魚倉で温度変化が異なった。A 魚倉は上層の温度が一番低く下層の温度が一番高かった。上層は-1.3℃まで低下した後は, セリ出荷分のキハダ取り出すまで-0.9℃で水氷の状態であった。セリ出荷分を取り出した後は魚倉内水位の低下により温度センサーが空中に露出したため温度が上昇した。中層は海水を入れてから3時間ほどは-0.8~-1.2℃の水氷状態であったが, 氷が溶けるとマグロの投入により 0℃近くまで温度が上昇することもあったが, マグロの出し入れによる魚倉内攪拌による温度低下により-0.9℃まで低下したが, その後はマグロの体温により 1.1℃まで上昇した。セリ出荷分を取り出した

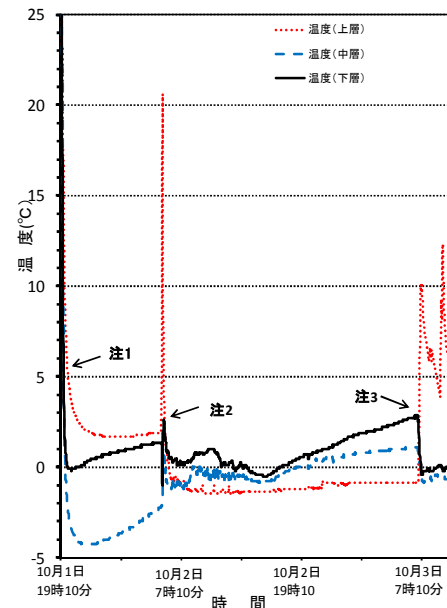


図2 B 魚倉内の温度変化

注1:氷を入れる。注2:海水を入れ

後は魚倉内攪拌により再び-0.9℃~-0.5℃へ低下した。下層は中層と同じ傾向を示したが, セリ出荷分を取り出すまでは恒に中層よりも温度が高かった。下層の温度が徐々に上昇しているのは試験用のキハダ3尾以外に午後2時までに漁獲したキハダ5尾も試験区の魚倉に収容したためキハダの魚体温により水温上昇が B 魚倉よりも大きくなっている。B 魚倉は氷が上層の温度センサーに届いていないため上層の温度が一番高く, 魚倉の蓋を開けるたびに温度が急上昇した。海水を入れた直後は中層, 下層共に水氷と温度センサーが接触し-1.1~-1.2℃となった。キハダ3尾を収容後は下層の水温が中層に比べキハダの体温により 1℃程度徐々に上昇した。

### 魚体温と pH

即殺直後の血合肉部分の体温と表面海水温との差を表3に示した。6個体の体温は, 30.5℃から31.4℃の間に有り表面海水温より 2.1℃から 3.0℃高かった。データロガーでの魚体温測定は, 魚体内のセンサーのズレ, センサーの切断, 記録器本体の漏水等により正常にデータが取れたのは3個体のみでその内2個体は測定開始6時間後までであった。3個体の測定結果を図3に示した。F 個体は魚倉投入後18時間で魚体中心部の体温が 0℃になった。A 個体と C 個体は, F 個体よりも体温低下が早かった。図4に食品用 pH 計で測定した体表下 35mm の魚体温の経時変化を示した。12時間後には2つの魚倉で水温の相違に合わせて魚体温も相違が見られた。食品用 pH 計で測定した体表下 35mm の魚肉 pH の経時変化を図5に示した。測定値にばらつきは見られるものの概ね時間経過とともに pH 値は低下傾向を示した。

### 乳酸と ATP 関連化合物

乳酸量の経時変化を図6に示した。測定値にばらつきが見られるが, 概ね増大傾向を示した。ATP 量の経時変化を図7に示した。ATP は A, C 個体は12時間後, B, D, E 個体は6時間後, F 個体は3時間後にほぼ検出されなくなり残存時間に差が見られた。

## ヤケの状態

即殺後 24 時間経過して、A～F のマグロを 3 枚におろしヤケの状態を確認した。A はヤケ無し、B～F は片ヤケであった。なお、片ヤケの部位と釣り針が口に掛か

った位置は逆で、右身がヤケていた個体は釣り針が口の左側に掛かっていた。逆に左身だけがヤケていた個体は釣り針が口の右側に掛かっていた(表 1)。

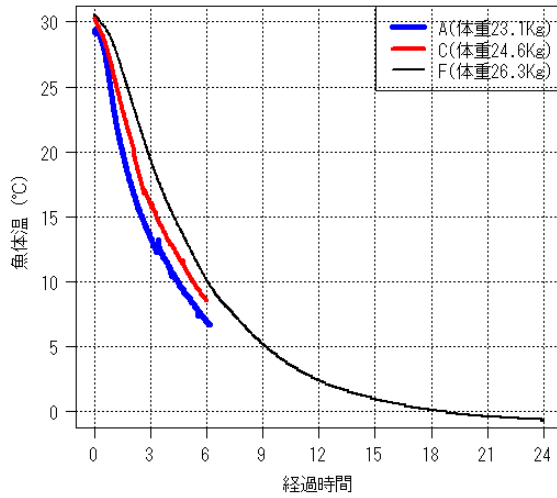


図 3 魚体中心部の体温変化

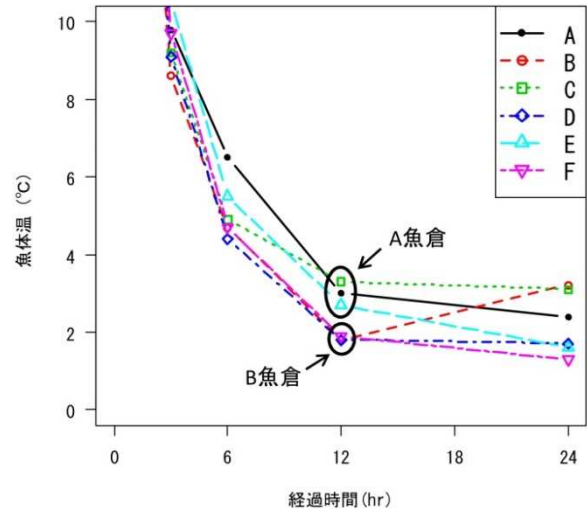


図 4 体表下 30mm の魚体温の経時変化

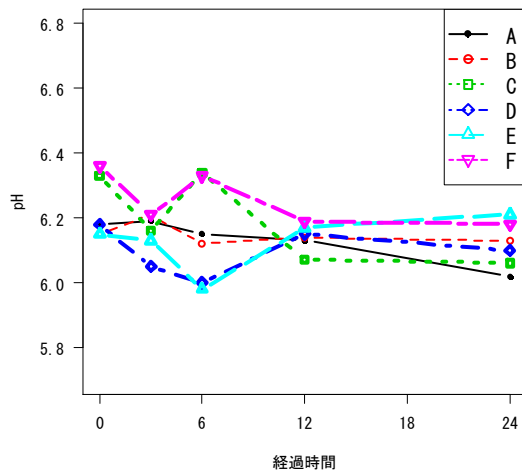


図 5 体表下 35mm の魚肉 pH の経時変化

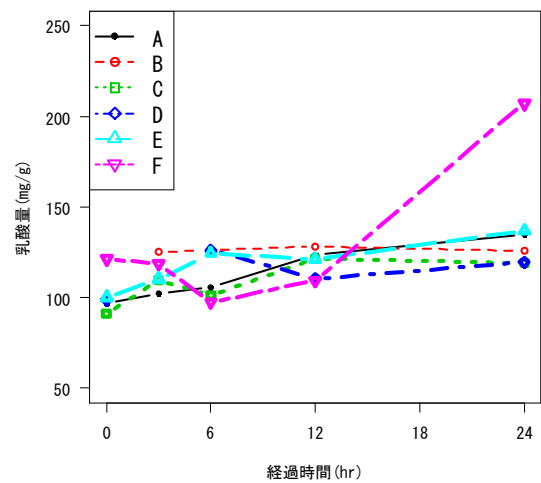


図 6 乳酸量の経時変化

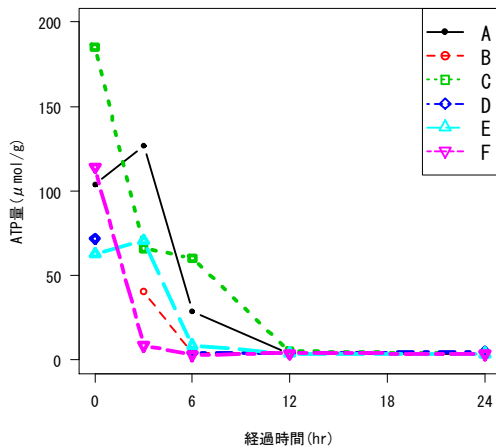


図 7 ATP 量の経時変化

| 表3 即殺直後の血合肉部分の体温と表面海水温度との差(°C) |      |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 区分                             | 海水温  | A     | B     | C     | D     | E     | F     |
| 温度                             | 28.4 | 30.7  | 30.5  | 31.2  | 31.3  | 30.7  | 31.4  |
| 海水温との差                         |      | + 2.3 | + 2.1 | + 2.8 | + 2.9 | + 2.3 | + 3.0 |

## 2) 伊良波式ヤケ対策法の改善試験

### 心拍数

港に入港後、心拍数タグをマグロから取り出し読み取り機でデータを回収した。データ自体は正常に収録されていたが、値がおかしいので製造メーカーにデータを送り確認してもらったところ正しい心拍数データでは無いとのことであった。釣獲したマグロを生きのまま 15℃の予冷槽に入れ、何分間心臓が鼓動しているかを調べる予定であったが、正しいデータが取れなかった。

### 魚倉温度

0℃の保冷槽と 15℃の予冷槽の氷を入れてから試験終了のマグロを取り上げるまでの両槽の上層、中層、下層の温度変化を図 8 と図 9 に示した。両槽は、魚が釣れてから氷と海水を入れ温度調節している。0℃の保冷槽では最初のメバチ収容時に魚体が水没する程度に氷と海水を入れ 0℃に調節している。この時点では下層の温度は -0.5℃であるが、上層・中層まで水氷が達しておらず上層と中層の温度は 11℃~20℃であった。2 本目のメバチを収容した時は氷と海水を追加した。しかし、中層の温度計まで水氷が到達せず、3 回目の氷を追加した後 1 時間半後に中層の温度計も水氷中に浸り中層と下層の水温が一致した。15℃の予冷槽は、キハダ釣獲後直ちに氷と海水を入れ、水温をおよそ 15℃に調節し、44kg のキハダを収容した。水氷は中層の温度計まで届き上層の温度計までは届いていなかった。

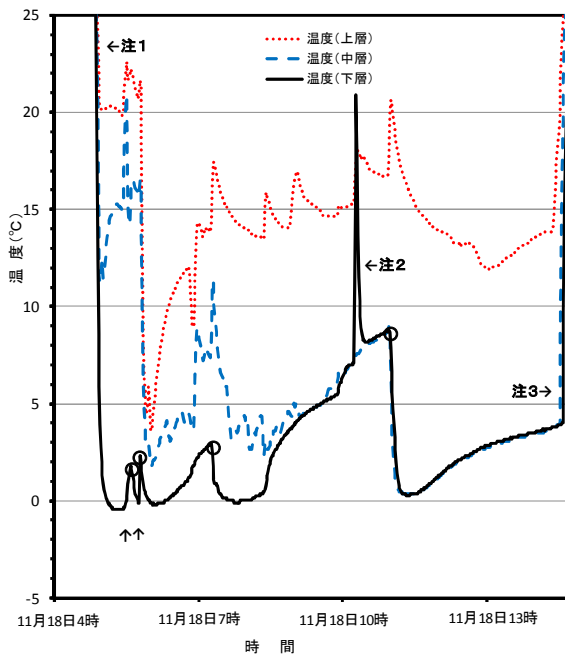


図 8 0℃の保冷槽内の温度変化

↑印はメバチの投入を示す。

白丸印は氷の追加投入を示す。

注1: 氷と海水を入れる。

注2: 温度計が外れて浮上、直ちにおもりを付けて沈める。

注3: メバチの取り上げ。

### 魚体温

メバチ 2 尾の血合肉部分の魚体温の推移を図 10 に、2 時間後までの魚体温推移の拡大図を図 11 に、また、キハダの血合肉部分の魚体温の推移を図 12 に示した。今回は、温度データロガーの本体を防水ケースに収容したためデータロガーの漏水を防止することができた。メバチ A は 0℃の保冷槽に収容後急速に体温が 28℃から 14℃まで低下したが、15 分後からは逆に体温が上昇し始め、40 分後には 26℃まで上昇した。メバチ B の体温はメバチ A と同様に 10℃程度まで急速に低下し、2 時間半後の 3℃まで上下の変動を繰り返しながら低下し、その後魚倉内の水温上昇と共にゆっくりと上昇し、5 時間 20 分後の氷の追加と共に再び体温は低下した。キハダの血合肉部分の魚体温は、15℃の予冷槽に収容後急速に 2℃程度低下し 14 分後位まで小刻みの変動を繰り返したが、その後 35 分後の 22.5℃まで急激に低下し、再び 25 分間程度上下に変動しながら横ばいとなった。その後は再び小刻みに変動しながら予冷槽収容後 105 分後には、魚体温は 20℃まで低下した。

### 溶存酸素・塩分

15℃の予冷槽内の溶存酸素量、飽和溶存酸素量、水温の変化を図 13 に、塩分の変化を図 14 に示した。予冷槽内の溶存酸素はキハダ収容後の 8.9mg/L から急速に低下しおよそ 30 分後には 5.2~5.4mg/L で安定した。塩分は概ね 2.9~3.0%の間であった。

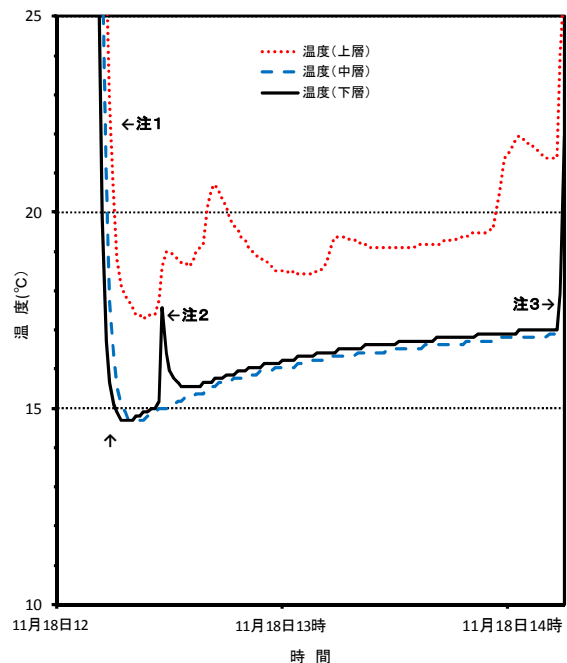


図9 15℃の予冷槽内の温度変化

↑印はキハダの投入を示す。

注1: 氷と海水を入れる。

注2: 温度計が外れて浮上、直ちにおもりを付けて沈める。

注3: キハダの取り上げ。

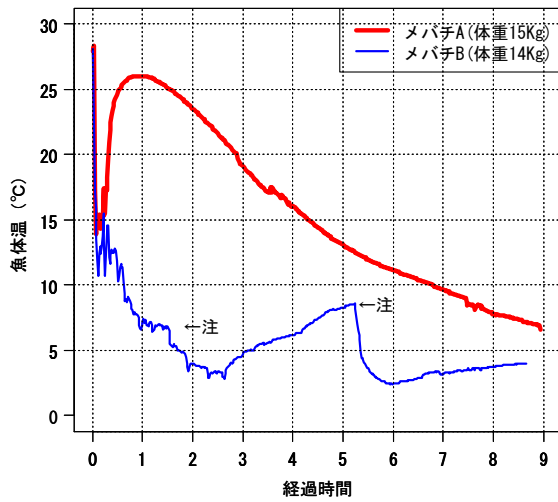


図10 メバチの魚体中心部の体温変化  
注:氷の追加投入

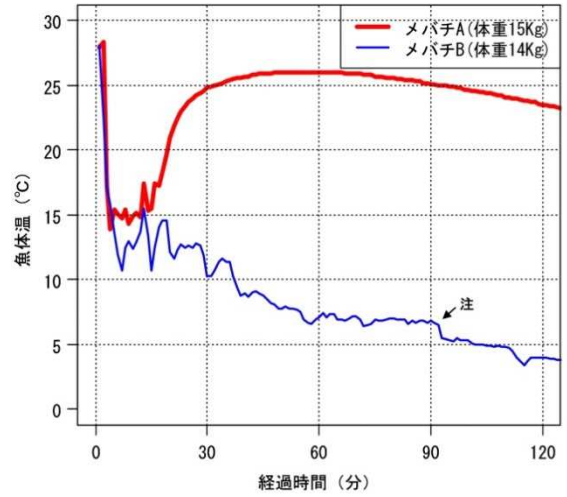


図11 図10の2時間後までの拡大図  
注:氷の追加投入

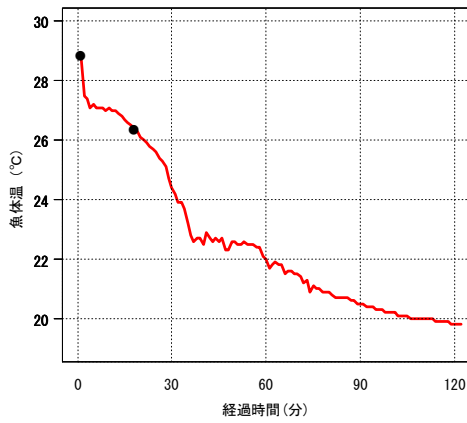


図12 キハダの魚体中心部の体温変化  
●は魚体の暴れにより生存を確認したポイント

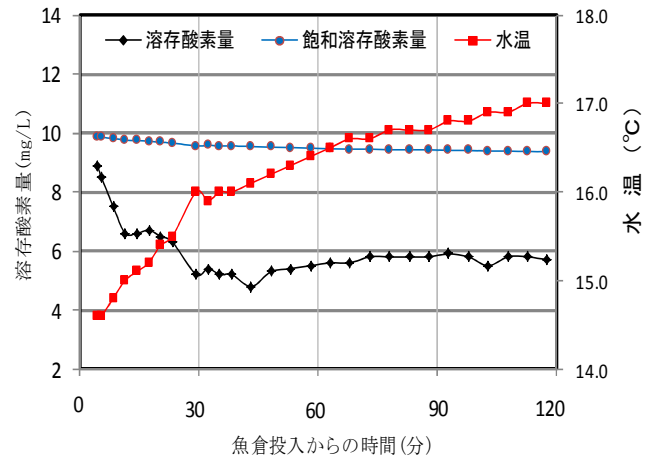


図13 キハダ投入後の予冷倉内の溶存酸素量、  
飽和溶存酸素量及び水温の変化

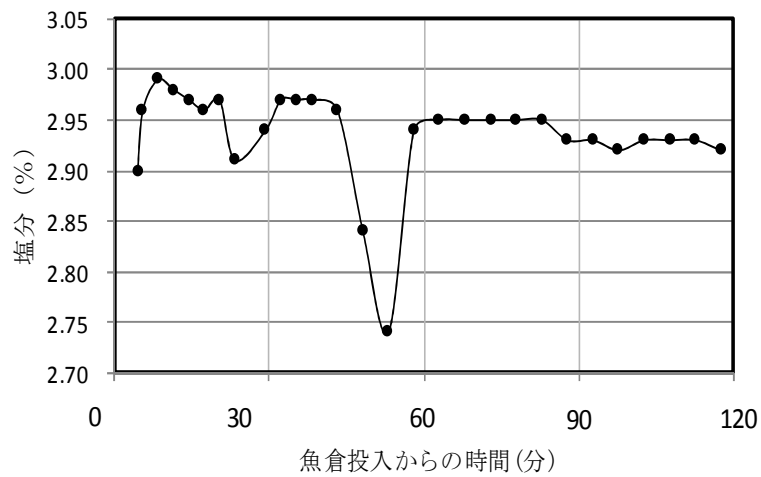


図14 キハダ投入後の予冷倉内塩分の変化

## 考 察

## 1) 伊波式身質改善効果予備試験

伊波式の特徴は、(1) 魚倉内に氷を少なく入れ海水を魚倉上面まで入れることで、氷は魚倉の中層より上に浮上し、中層から下層は海水のみとなる。(2) 魚倉上面まで海水を入れ蓋をすることにより船体の揺れに対して魚倉内の動揺を抑えることができ、擦れにより魚体に傷が付くのを防ぐことができる。今回の調査でマグロを収容する魚倉底面の水温を伊波式の海水のみの場合 (A 魚倉) と従来式の水氷の場合 (B 魚倉) とでその温度差を明らかにした。図 1 と図 2 から A 魚倉と B 魚倉の下層水温を重ねて図示すると (図 15) A 魚倉の下層水温は  $-0.5 \sim +2.7^{\circ}\text{C}$ , B 魚倉の下層水温は  $-1.1 \sim +0.1^{\circ}\text{C}$  で、概ね  $0.5 \sim 2.5^{\circ}\text{C}$  の差があり A 魚倉の方が水温は高かった。A 魚倉の下層水温が  $+2.7^{\circ}\text{C}$  まで上昇したのは 25kg 程度のキハダ 8 個体を収容したことによる魚体温からの水温上昇である。また、体表から 35mm 入ったところの魚体温の経時変化を見ると、死後 12 時間後で A 魚倉に収容した A, C, E の 3 個体は体温  $3^{\circ}\text{C}$  程度、B 魚倉に収容した B, D, F の 3 個体は体温  $2^{\circ}\text{C}$  程度で約  $1^{\circ}\text{C}$  の違いが見られた (図 4)。これは魚倉内下層の水温の相違によるものと推測された。

即殺後の各処理、すなわち (1) 冷却効果を高めるための鰓破壊、(2) 5 分間海水掛け流しの冷却効果、(3) 氷を少なくした緩慢冷却効果について検討する。(1) 通常、鰓と内臓を除去しても鰓は体内に残っている。この鰓が  $-1^{\circ}\text{C}$  の水氷で冷却するときの断熱材として働き冷却効果を妨げるかもしれないと考えわざと鰓を破壊した。3 つの処置で鰓破壊の有無だけが異なる A 個体と C 個体は ATP 消失までの時間は同じで、即殺・鰓破壊直後の魚体中心部の体温は、A 個体が  $30.7^{\circ}\text{C}$ , C 個体が  $31.2^{\circ}\text{C}$  であり、即殺 24 時間後の解体時には A 個体はヤケの発生は無く、C 個体は片ヤケであった。また、B 個体と D 個体では ATP 消失までの時間は同じで、両個体とも片ヤケではあるが解体時の状況では鰓を破壊した D 個体の方がよりヤケていた。この 2 例の結果では、鰓破壊をした C, D 個体の方がよりヤケていた。魚体重が異なり、即殺時の体温も異なるため、鰓破壊の体温低下・ヤケ防止効果は不明である。(2) 5 分間の海水掛け流しの前に魚体温を測定しなかったため、5 分間海水掛け流しの冷却効果は不明であるが、A, C, E の 3 個体の海水掛け流し後の魚体温の平均は  $30.9^{\circ}\text{C}$ , 掛け流しを行わなかった B, D, F の 3 個体の魚体温平均は  $31.1^{\circ}\text{C}$  で両者には差が見られなかった。魚体中心部の体温は  $31^{\circ}\text{C}$  程度、表面海水温は  $29.5^{\circ}\text{C}$  程度なので、表面海水を使用した掛け流し冷却効果は薄いかもしれない。(3) 氷の少ない魚倉 (A 魚倉) に収容し 5 分間海水掛け流しを行い鰓破壊してい

ない A, E の 2 個体と氷の多い魚倉 (B 魚倉) に収容し掛け流しを行わず鰓も破壊しなかった B, F の 2 個体の ATP 残存時間を比べると、多少なりとも前者のグループの ATP 残存時間が長かった (表 4)。致死時に苦悶を与えると苦悶を与えない即殺魚に比べ死後早期に ATP が消失することが知られている (藤巻正生・古城健三, 1953; 岡本ほか, 2006; 岩本, 2007; 福島ほか, 2010)。A~F の 6 個体の苦悶の程度が同じだと仮定すると A, E の 2 個体は処理の効果によって ATP の残存時間が延長されたのかもしれない。しかし、釣獲時の逃避運動や船のデッキ上での暴れは個体や作業の状況によって変化するので各個体の苦悶の状況が同じであると仮定するのは無理があるかもしれない。即殺後の処理の相違によって ATP の消失時間に差があるかどうかは今後の研究を待ちたい。ATP の消失時間に差が見られたことでヤケ防止効果の判定指標として使えるかもしれない。ただ、 $n=1$  なので今後の精査が必要である。今後は、漁獲直後に冷やしすぎないことがヤケ肉防止につながる可能性を検討したい。

即殺後直ちにデジタル温度計の棒状センサーを差し込んで背骨から 1cm 離れた血合肉部分の体温を測定した。体温は  $30.5^{\circ}\text{C}$  から  $31.4^{\circ}\text{C}$  の間であった。釣獲時の逃避運動量の増大に伴って魚体温が高くなる (Konagaya et al, 1969; 山口, 1973), 大型個体の方がやや体温が高くなる (山口, 1973)。このため、魚体中心部の体温低下の違いは魚体の大きさ (魚体重の相違) や漁獲時のストレスにより大きく影響されると考えられる。今回は予備的に腹腔内へ表層海水の掛け流しや鰓破壊を試みたが、これらの魚体温低下に対する効果を見るためには同じ魚体重のマグロでかつ同じ漁獲ストレスの個体で調査する必要がある。天然魚を使った調査では判定は困難である。

体表下 35mm の魚肉 pH の経時変化を見ると pH の測定値が安定していない (図 5)。これは、屋外での過酷な使用のせいかもしれない。pH を測定する際には、その都度 pH 計を校正する必要があったかもしれない。

## 2) 伊良波式ヤケ対策法の改善試験

心拍数タグを使って、マグロを魚倉に収容してから何分間心臓が鼓動しているかを調べる目的であったが、本タグが魚類に十分対応していないためか正しいデータが取れなかった。ここでは、溶存酸素量と魚体温の変化から魚倉内での生存時間を推測したい。魚倉内の溶存酸素量の低下は、キハダ収容後 30 分で止まっていること (図 13)、メバチ B とキハダでは、体温

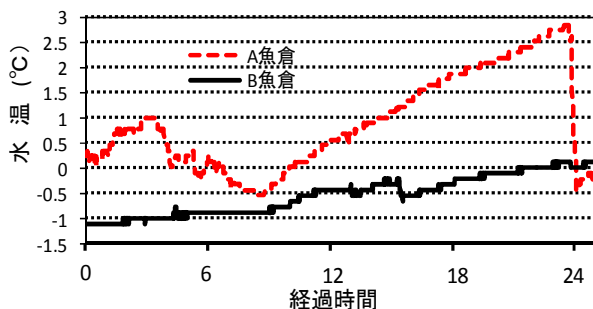


図 15 A, B 魚倉内下層の水温変化

| 表 4    ATPの消失状況 |      |     |          |            |            |       |      |      |  |
|-----------------|------|-----|----------|------------|------------|-------|------|------|--|
|                 |      |     | 個体<br>番号 | 処理後<br>の体温 | ATP消失までの時間 |       |      |      |  |
| 魚倉              | 掛け流し | 鰓破壊 |          |            | 0          | 3     | 6    | 12   |  |
| A               | 有    | 有   | C        | 31.2       | ====       | ====  | ==== | ==>> |  |
| A               | 有    | 無   | A        | 30.7       | ====       | ====  | ==== | ==>> |  |
| A               | 有    | 無   | E        | 30.7       | ====       | ====  | ==>> |      |  |
| B               | 無    | 有   | D        | 31.3       | ====       | ====  | ==>> |      |  |
| B               | 無    | 無   | B        | 30.5       | ====       | ====  | ==>> |      |  |
| B               | 無    | 無   | F        | 31.4       | ====       | '==>> |      |      |  |

の変動傾向が魚槽収容後 37 分後位から変化していることから (図 11, 図 12), 収容後 30 分程度で心臓が停止していると推測される。即殺, 血抜きをする場合は, 15℃の予冷槽に収容後 20~30 分で取り上げる必要がある。従来見解 (太田ほか, 2004) を裏付けるデータを取ることができた。

メバチ A が予冷槽収容後 15 分後から魚体温が急上昇したのは (図 11), 血を吐いて釣獲されたことから心臓停止により奇網 (血合肉部分にある多数の細い動脈と静脈が密に分布している構造のことで, 動脈と静脈が隣接して対向流をなし効率の良い熱交換器として働く) による熱交換作用が停止したことによるものと考えられた。伊良波 (2006) は「このヤケ対策は生きたマグロの血液循環を利用することから, 先に述べたように, 血を吐いている, または漁具を飲み込んでいるなど, 傷ついた状態で釣り上げられたマグロについては, 残念ながら有効でない。」と述べており, 図 10 のメバチ A の体温変化が示すように予冷槽収容後, 魚体温が急上昇する場合は予冷槽に収容してもヤケが発生する。

## 謝 辞

今年度の調査に当たっては, 石川漁業協同組合の伊波英明氏, 伊良部漁業協同組合の伊良波淳世氏, 沖縄市漁業協同組合の金城豊氏, ヤンマー株式会社の伊澤あらた氏にご協力いただいた。また, 沖縄県水産海洋技術センターの照屋愛子氏には乳酸量と ATP 量を測定して頂いた。ここに記してお礼申し上げる。

## 文 献

胡 亜芹, 張 佳琪, 蛇谷幸司, 今野久仁彦, 2013: 魚肉からの ATP 関連化合物抽出法の簡便化。日本水産学会誌

79, 219-225.

藤巻正生, 古城健三, 1953: 漁獲直後の処理方法が肉質に及ぼす影響-II ソーダカツオ筋肉の酸可溶性リン酸化化合物の変化について。日本水産学会 19, 499-504.

福島英登, 田中竜介, 福田 裕, 2010: 養殖マグロでみられるヤケ肉の発生要因とその肉質性状。「生鮮マグロ類の高品質管理」(今野久仁彦, 落合芳博, 福田 裕編) 恒星社厚生閣, 東京. 43-53.

伊良波淳世, 2006: マグロのヤケ対策-長年の取組でとり着いた方法-。全国青年・女性漁業者交流大会資料。第 12 会大会漁業部門, 沖縄県代表。

<https://www.zengyoren.or.jp/ninaite/kouryu/index.php?fwid=%A5%E4%A5%B1%A1%A1%B2%AD%C6%EC%B8%A9&pid=1>

岩本宗昭, 2007: 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. 74-82.

Konagaya S., Yamabe K., and Amano K., 1969: On Body Temperatures of Tunas at the Time of Haulage. Nippon Suisan Gakkaishi 35:410-416.

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, 2006: 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。日本水産学会誌 72, 918-923.

太田 格, 中村勇次, 石川貴宣, 城間一仁, 諸見里直子, 加藤美奈子, 2004: マグロのヤケ発生状況およびヤケ防止法の検証。平成 14 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 35-42.

<http://www.pref.okinawa.jp/fish/jihouh14/35-42.pdf>

山口裕一郎, 1973: 環境水温とマグロ類・カジキ類の釣獲時体温について。日本水産学会誌 39, 1021-1030.