

マグロのヤケ防止処理に伴う血液性状の変化*1

太田 格・小島隆人*2

1. 目的

マグロ類は沖縄県において年間 1 万トン以上漁獲され、海面漁業生産量の約 50%を占める最も重要な水産資源のひとつである¹⁾。マグロ類は主に延縄やパヤオ周辺での様々な漁法によって漁獲されている。特にパヤオ周辺でのマグロ釣り（以下パヤオ漁業）は、1982 年のパヤオ導入以来著しく発展している。しかし、ヤケと呼ばれるマグロの肉質の低下が以前から問題となっていた。

そこで水産試験場では、伊良部漁協指導漁業士の伊良波淳世氏が考案した独自のヤケ対策（伊良部式ヤケ防止法）によるヤケ防止効果の検証を行なった。その結果、伊良部式ヤケ防止法では、生きたまま低水温槽で予冷することで体温を速やかに低下させ、ヤケを防ぐ効果が認められた²⁾。マグロ類の高い体温はヤケを進行させる主な要因と考えられるが、乳酸等の化学物質もヤケの発生および進行に密接に関わると考えられる。本研究では伊良部式ヤケ防止法と従来の処理による体温と血液性状の変化の比較を行い、ヤケ防止効果についてさらに検証した。

2. 材料および方法

実験は 2003 年 6 月 24 日～27 日に調査船南丸（176t）の船上で行なった。沖縄南部海域パヤオ周辺において曳縄または一本釣りで漁獲したキハダ 13 尾（平均尾叉長±標準偏差：52.6±2.5cm）を実験に用いた。実験では処理区（7 尾：予冷、伊良部式）と対照区（6 尾：即殺、従来式）の 2 区を設定した。処理区では、漁獲後生きたまま、また対照区では漁獲後、脳、延髄破壊による即殺を行った後に、水温 15°C に設定した魚槽に収容した。平均尾叉長は処理区 52.2±2.6cm、対照区 53.0±2.6cm で有意な差は認められなかった（2 標本の t 検定、p=0.62）。両処理ともに、体温の測定と血液採取は、漁獲後、魚槽収容 15 分後、30 分後に行なった。体温は、体側正中線上、胸鰭中央下、脊椎付近

の血合筋温度とした。温度の測定には防水型デジタル温度計（SK-250WP、佐藤計量器製作所、分解能±0.1°C）およびサーミスタセンサープローブ（SWP-01）を用いた。血液の採集は注射器を用いて尾部脊椎骨下側の血管から行なった。血液性状の分析は小型血液分析装置 I-STAT（I-STAT Corp., USA）を用いて、ヤケの発生に関わると考えられる pH、乳酸、グルコースを測定した。

3. 結果

1) 血合筋温度（体温）

調査海域の昼間の表層水温は約 27.5°C であった。漁獲直後の両区の血合筋温度（体温）には有意差が認められず（2 標本の t 検定、p=0.80）、処理区（平均体温±標準偏差：29.4±1.2°C）、対照区（29.5±0.8°C）ともに約 29.5°C で、水温よりも約 2°C 高かった（図 1）。

魚槽収容後の体温は両区ともに次第に低下していったが、処理区でより顕著であった（図 1）。両区の体温は 15 分後、30 分後ともに有意差が認められた（2 標本の t 検定、それぞれ p<0.001）。処理区の体温は、15 分後 24.7±1.4°C、30 分後 22.6±0.5°C で、漁獲後から平均 6.8°C 低下した。一方、対照区の 30 分後の体温は 26.5±0.9°C で漁獲後から平均で 2.9°C 低下した。

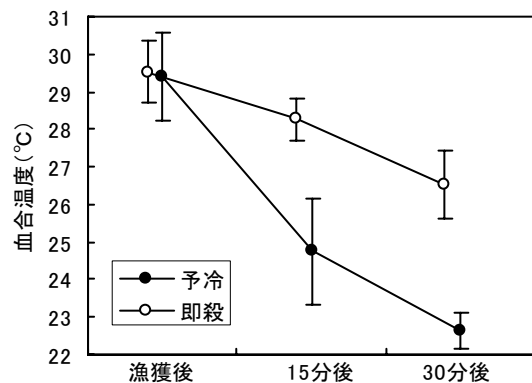


図 1. 漁獲後のキハダの血合筋温度の変化
処理区(n=7, ●予冷), 対照区(n=6, ○即殺)
水温 15°C の魚槽に収容

2) 血液 pH

漁獲直後の両区の血液 pH には有意差が認められず (2 標本の t 検定, $p=0.96$), 平均±標準偏差は処理区 7.37 ± 0.12 , 対照区 7.36 ± 0.24 であった (図 2)。

魚槽収容後の pH は両区ともに次第に低下し, 酸性に傾いた (図 2)。30 分後の pH は処理区 6.82 ± 0.16 , 対照区 6.42 ± 0.69 で, それぞれ平均 0.55 , 0.94 下がった。対照区で若干 pH の低下が大きいようだったが, 有意差は認められなかった (2 標本の t 検定, $p=0.16$)。

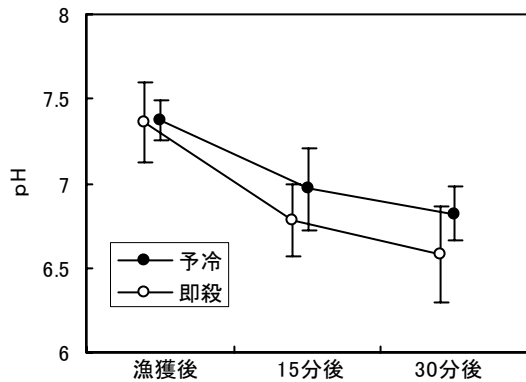


図 2. 漁獲後のキハダの血液 pH の変化
処理区 (n=7, ● 予冷), 対照区 (n=6, ○ 即殺)
水温 15°C の魚槽に収容

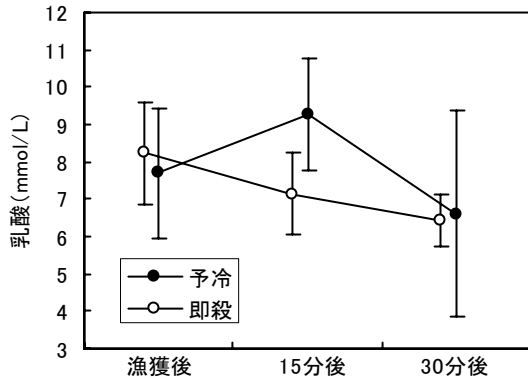


図 3. 漁獲後のキハダの血中乳酸値の変化
処理区 (n=7, ● 予冷), 対照区 (n=6, ○ 即殺)
水温 15°C の魚槽に収容

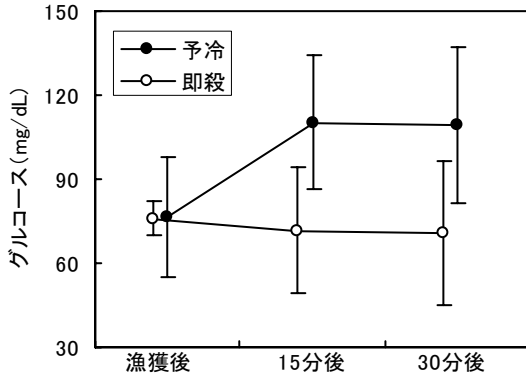


図 4. 漁獲後のキハダの血中グルコース値の変化
処理区 (n=7, ● 予冷), 対照区 (n=6, ○ 即殺)
水温 15°C の魚槽に収容

3) 乳酸

漁獲直後の両区の血中乳酸値には有意差が認められず (2 標本の t 検定, $p=0.62$), 平均±標準偏差は処理区 7.7 ± 1.7 mmol/L, 対照区 8.2 ± 1.4 mmol/L であった (図 3)。

魚槽収容後の乳酸値は対照区では次第に低下したが, 処理区では 15 分後に上昇し, 30 分後には再び低下した (図 3)。15 分後では両区に有意な差が認められ (2 標本の t 検定, $p < 0.05$), 15 分後の処理区 (9.3 ± 1.5 mmol/L) で対照区 (7.2 ± 1.1 mmol/L) よりも高かった。しかし, 30 分後では両区に有意差は認められず, 処理区 (6.6 ± 2.6 mmol/L), 対照区 (6.4 ± 0.7 mmol/L) で, 漁獲後からはそれぞれ 1.1 mmol/L, 1.8 mmol/L 低下した。

4) グルコース

漁獲直後の両区の血中グルコース値には有意差が認められず (2 標本の t 検定, $p=0.96$), 平均±標準偏差は処理区 76.4 ± 21.4 mg/dL, 対照区 76.0 ± 6.0 mg/dL であった (図 4)。

魚槽収容後のグルコース値は対照区ではほとんど変化がなかったのに対し, 処理区では 15 分後に上昇し, 30 分後もほぼ同じ値を維持した (図 4)。15 分後, 30 分後では両区に有意な差が認められ (2 標本の t 検定, それぞれ $p < 0.05$), 15 分後の処理区 (110.2 ± 23.9 mg/dL) は対照区 (71.5 ± 22.4 mg/dL) よりも高く, また漁獲直後から平均 33.8 mg/dL 増加した。

4. 考察

太田らの報告²⁾と同様に, 処理区において生きたまま低水温槽で予冷したものは即殺した対照区に比べ, 体温の低下が著しかった。これは発達した循環器系を備えたマグロ類を生きたまま冷たい水槽に入れることで血液循環により効率よく体の中心を冷やすことができるためと考えられた²⁾。この実験では, 処理後のヤケの程度については評価しなかったが, 漁獲後の体温低下とヤケの発生には負の相関が認められることが分かっている²⁾。ゆえに処理区では対照区に比べヤケの進行を防いでいるものと仮定し, その要因を考察した。

ヤケについては過去にいくつかの研究がみられる。

それらによると、ヤケとは筋肉の筋原繊維タンパク質が変性し溶出した状態^{3,4)}であり、筋繊維微細構造の死後変化の量的に進行した状態⁵⁾であると考えられる。その原因として漁獲後の筋肉の高温、低pH条件が報告されている^{3,4)}。また、過度な運動により酸素とATPが不足した状態では、酵素の一種 CANP (calcium - activated neutral protease)が活性化され、ヤケが進行すると言われている⁶⁾。さらに、漁獲時のストレスは、アドレナリン等の神経伝達物質を分泌させCANPを活性化させると考えられている⁶⁾。ヤケは一旦発生すると、その後低温で保存しても進行するという特徴がある⁷⁾。ゆえにヤケ防止には前述した条件を漁獲直後に排除する必要があると考えられる。

太田ら²⁾は、伊良部式ヤケ防止処理について、予冷処理による漁獲直後の速やかな体温低下がヤケを防止する主な要因としながらも、予冷中にその他の付加的な効果の存在を示唆している。当初は予冷処理によって筋肉pH低下の抑制やその低下の主要因と考えられる乳酸値の低下が期待されたが、そのような現象は認められなかった。しかし、今回の実験により、処理区においてグルコース値が顕著に上昇した。グルコースはATPの合成に利用される。グルコースの上昇は死後のATPの減少を遅らせ、ヤケの進行を防ぐ要因の一つである可能性がある。

文 献

- 1) 沖縄開発庁沖縄総合事務局農林水産部. 第29次沖縄農林水産統計年報. 2001; 177-256.
- 2) 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. 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. 2004; 35-42.
- 3) 小長谷史郎, 小長谷庸夫. 常温における赤身魚の筋原繊維タンパク質の変性: “ヤケ肉”の発生要因. 東海水研報. 1978; 69, 67-74.
- 4) 小長谷史郎. 異常性状の魚肉: ジェリーミートとヤケ肉. 日水誌. 1982; 6, 379-388.
- 5) Davie PS, Sparksman RI. Burnt tuna: An ultrastructural study of postmortem changes in muscle of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught on rod and reel and southern

bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) caught on handline or longline. Jour. Food Sci. 1986; 51(5): 1122-1128.

6) Watson C, Bourke RE, and Brill RW. A comprehensive theory on the etiology of burnt tuna. Fish. Bull. 1988; 86: 367-372.

7) 中村邦典, 藤井豊, 石川宣次. マグロ類の“ヤケ”の防止試験-I: 発生原因の検討. 東海水研報. 1977; 90, 39-43.