

# サクラマス(*Oncorhynchus masou*) 筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響

鈴木 究真・廣田 将仁

## 目 的

魚類の死後変化に対する、致死条件および貯蔵温度が筋肉に与える影響に関する研究についてはハマチ<sup>1,2)</sup>、マダイ<sup>3,4)</sup>、ヒラメ<sup>5)</sup>、マサバ<sup>6,7)</sup>、マアジ<sup>8,9,10)</sup>などの養殖魚および高級魚について数多く報告されている。しかし、サクラマス筋肉の死後変化に対する致死条件および貯蔵温度の影響に関する報告はなされていない。

近年の青森県のサクラマス漁獲量は約300～350tであり、北海道に次いで全国第2位である。このことから本県の水産業における重要魚種の一つとなっている。

サクラマスのうち大型サイズのものの多くは消費地(首都圏および名阪地域)に出荷され、高級洋食商材としてブライダルや高級レストランで利用されている。しかし、通常サクラマスが消費地に届いた時には既に魚肉は軟化し、崩れやすくなっていることが多く、高品質の食材として評価を定着させるためには、鮮度保持技術の開発は不可欠である。

そこで鮮度保持技術研究の一環として、サクラマス筋肉の死後変化と致死条件および貯蔵温度との関係について試験を行ったのでその結果を報告する。

## 試料および方法

### 1. 試 料

青森県大畑町地先定置網で漁獲されたサクラマスを使用した。試料は各区分1尾とした。試料魚の標準体長および体重等は表1に示した。

表1 試料魚の測定結果

致死条件	貯蔵温度℃	標準体長cm	体高mm	体重g	肥満度
活け締め脱血	0	36.8	102.0	1085	21.8
苦悶死	0	31.8	83.3	588	18.3
活け締め脱血	5	47.0	130.0	2101	20.2
苦悶死	5	38.0	103.2	1063	19.4

### 2. 致死条件および貯蔵温度

サクラマスの致死条件は活け締め脱血と苦悶死の2つに設定した。活け締め脱血区は、船上で漁獲直後に延髄刺殺し、心肺動脈を切断し、次に尾大動脈切断し、頭部を上にして吊して尾大動脈切断部を海水に浸し、脱血させた。30分間脱血後発泡スチロールに保冷梱包し下船後速やかに当センター実験室に搬入した(漁獲後1時間以内)。苦悶死区は、漁獲後速やかに発泡スチロールに入れ動かなくなるまで放置した。致死までに要した時間は約35分であった。

搬入後、各致死区分の試料魚を1尾ずつポリプロピレンの袋に入れ、0℃および5℃に調整した恒温恒湿機(タバイエスペックPR-2K)に入れ、経時的に測定を行った。

### 3. 分析法

- (1)硬直指数は尾藤ら<sup>11)</sup>の方法に準じて測定した。
- (2)筋肉破断強度の測定はAndoら<sup>12)</sup>の方法に準じて測定した。すなわち、背肉の頭に近い部位から体軸直角方向に幅10mmに試験片を切り出し、筋繊維に対して垂直に直径5mmの円柱プランジャーを1mm/secの速度で押し込んで応力を測定し、第一変曲点の荷重(g)を破断強度とした。測定にはレオメーター（不動RT-2010-D/D-CW）を使用した。
- (3)核酸関連物質の測定には高速液体クロマトグラフィー(HPLC)を使用し、永峰ら<sup>13)</sup>の方法に準じた。すなわち、破断強度を測定後に試験片から速やかに約4gの試料を秤量し、10%過塩素酸12mLを加えガラス棒でよくつぶして遠心して上澄液をとった。残さに5%過塩素酸8mLを加え同様に上澄液をとった。この操作を更にもう一度行い、計3回の上澄液をあわせた。次に10N水酸化カリウムで約pH6.4に調整し、生じた過塩素酸カリの結晶を濾過して除き、50mLに定用し、測定用試料とした。使用装置および分析条件は以下の通りである。

#### 〔使用装置〕

カラム	昭和電工Asahipak GS-320HQ
HPLC用ポンプ	島津LC-10AD
紫外吸光高度計	島津SPD-10AV
解析装置	島津CLASS-VP

#### 〔分析条件〕

移動層	0.1Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (pH3.0)
流量	0.6mL/min
カラム温度	30℃
検出波長	UV 260nm
試料注入量	5 μL
定量法	ピーク面積出力値を使用

## 結果および考察

### 1. 硬直指数

硬直指数の経時変化について図1に示した。

硬直指数が100%に達するのは、活け締め脱血区および苦悶死区とも0℃の方が速かった。活け締め脱血区と苦悶死区とで比較すると0℃区および5℃区ともに苦悶死区の方が活け締め脱血区より速やかに硬直指数が上昇し、先に100%に達した。完全硬直後の指数の低下は、苦悶死区の方が速やかであった。また、温度による硬直指数の低下を比較すると、0℃より5℃の方が速やかに低下した。以上の結果から、硬直・解硬の遅延による鮮度保持のためには、活け締め脱血後0℃に貯蔵するのが最も効果的であることが示唆された。

サクラマスは、ハマチ<sup>1,2)</sup>、マダイ<sup>3,4)</sup>、ヒラメ<sup>5)</sup>、マサバ<sup>7,8)</sup>、マアジ<sup>9,10,11)</sup>などの他の魚種と比較すると、完全硬直までの時間および解硬が始まるまでの時間が短かく鮮度変化の速い魚種であると考えられた。

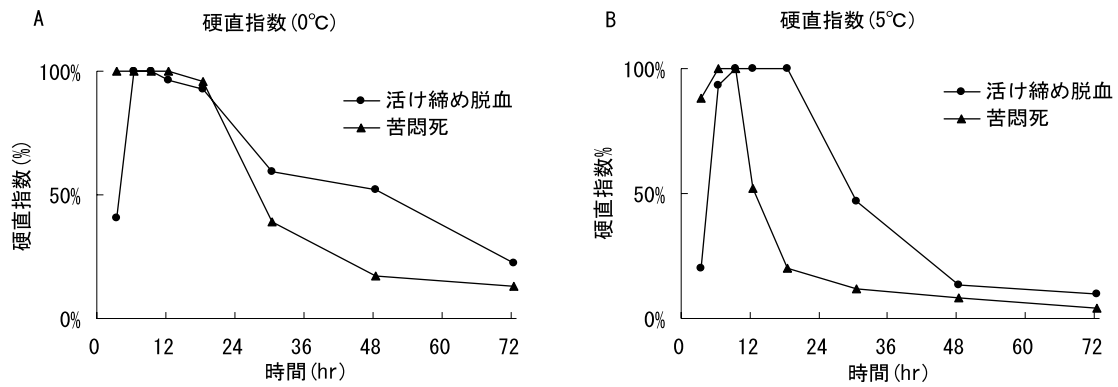


図1 サクラマスの硬直指数の変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響  
(A) 0°Cに貯蔵 (B) は5°Cに貯蔵

## 2. 筋肉破断強度

筋肉破断強度の経時変化について図2に示した。

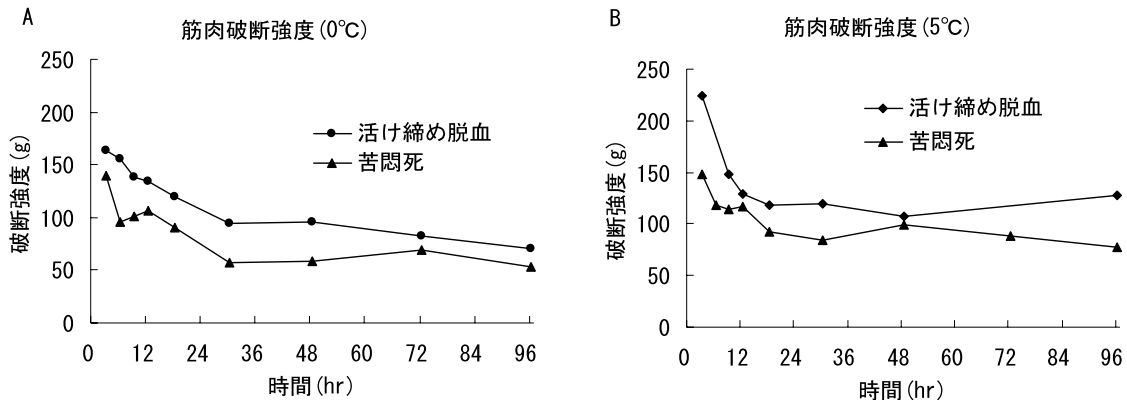


図2 サクラマス筋肉破断強度の変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響  
(A) 0°Cに貯蔵 (B) は5°Cに貯蔵

すべての実験区において、筋肉破断強度は徐々に低下し、30時間以降は顕著な変化がなくなった。破断強度は貯蔵温度5°Cの方が高い傾向であった。致死条件についてみるといずれの温度区分でも苦悶死区より活け締め脱血区の方が高かった。破断強度は活け締め脱血区の方が貯蔵温度に関わらず高く、経時的な破断強度の低下は、特に5°Cで急速であった。

サクラマス筋肉破断強度に与える貯蔵温度と致死条件の影響については他の魚種<sup>1,3,5,6,7,8,10)</sup>の結果と同様であった。破断強度の変化について比較すると、トラフグやヒラメのようにあまり破断強度が変化しない魚種やブリやマダイのように徐々に破断強度の減少する魚種とは違い、マイワシ、マサバやマアジ<sup>15)</sup>のように即殺後急激に破断強度が減少し、その後一定となるのが特徴であった。

## 3. 核酸関連物質

アデノシン三リン酸(ATP)およびイノシン酸(IMP)含量の経時変化について図3および図4に示した。

致死3時間後のATP含量は、苦悶死区よりも活け締め脱血区の方が高かった。また、活け締め脱血区について貯蔵温度で比較すると、致死3時間後では0°Cよりも5°Cの方が高かった。

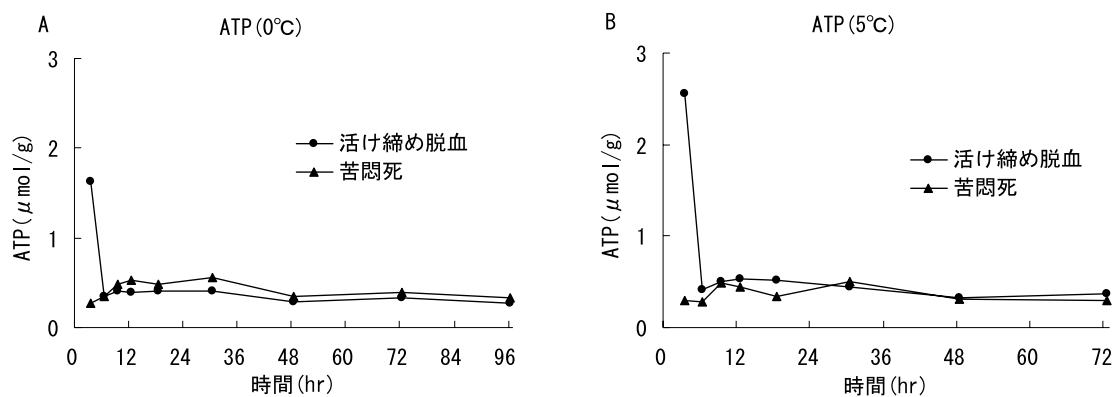


図3 サクラマスのATP含量の変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響

(A) 0°Cに貯蔵 (B) は5°Cに貯蔵

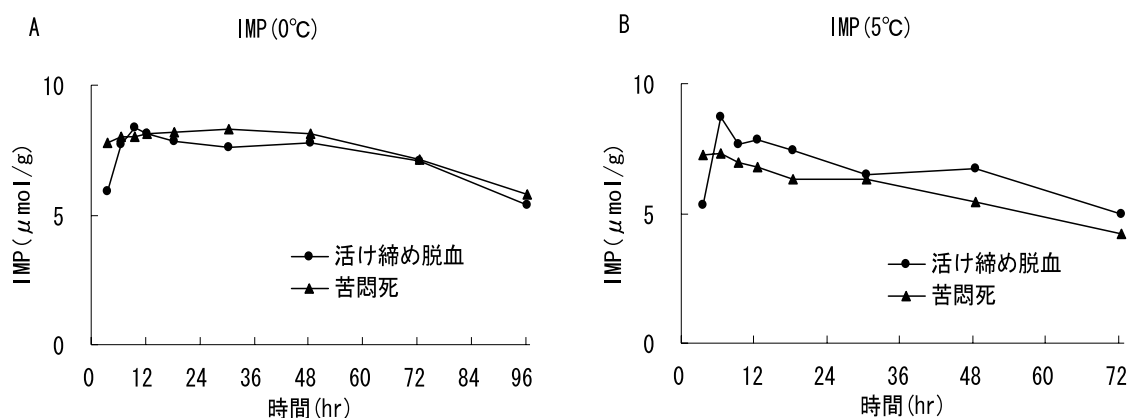


図4 サクラマスのIMP含量の変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響

(A) 0°Cに貯蔵 (B) は5°Cに貯蔵

しかし、致死6時間後には致死条件および貯蔵温度に関わりなくすべての実験区においてATP含量は0に近い値となった。

試験開始後3時間程度までは、活け締め脱血・5°C貯蔵の方がATPは高含量に保たれると推察された。

一方、IMP含量の変化は、致死3時間後から6時間後にかけてやや増加し、その後緩やかに低下した。

核酸関連物質から計算したK値( $K値 = \frac{HxR(イノシン) + Hx(ヒポキサンチン)}{(ATP + ADP + AMP(アデノシン一リン酸) + IMP + HxR + Hx)} \times 100$ )の経時変化については図5に示した。致死条件による差は見られなかったが、0°Cよりも5°Cの方がK値の上昇が大きかった。0°Cでは72時間後まで致死条件に関わらず良好な鮮度の基準とされる20%以下であったのに対し、5°Cに貯蔵した場合には、苦悶死区で9時間後、活け締め脱血区で致8時間後に20%を超えた。

サクラマス筋肉中のATP含量は、上述のように活け締め脱血区においては6時間後に、苦悶死区においては3時間後に0に近い値となったが、他魚種と比較して減少が速かった。また、IMP含量も、他魚種と比較すると<sup>6,7,8)</sup>、最大値に達するまでの時間が著しく短かった。

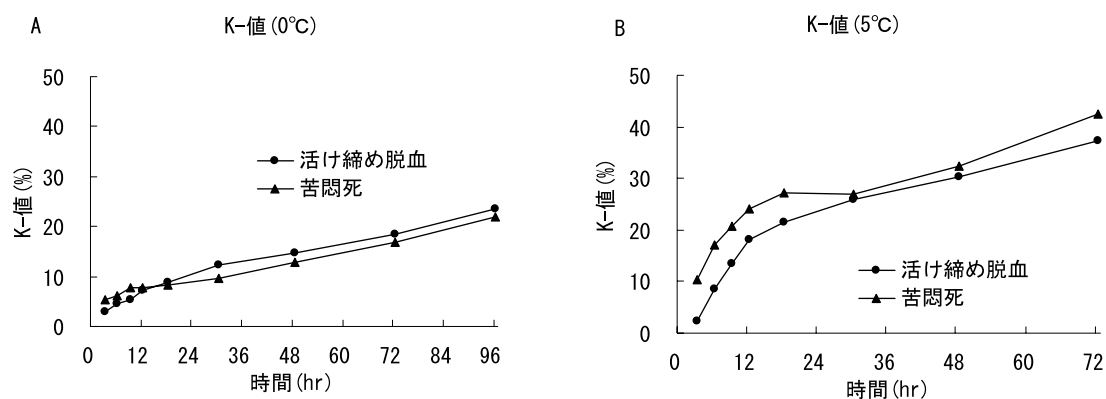


図5 サクラマスのK-値に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響

(A) 0°Cに貯蔵 (B) は5°Cに貯蔵

以上のように硬直指数、筋肉破断強度および核酸関連物質（ATPおよびIMP）の変化に対し、貯蔵温度および致死条件が関与していることが確認されたが、K値に関しては致死条件よりは貯蔵温度に依存していた。これはマサバ<sup>7)</sup>、マアジ<sup>8)</sup>と同様の結果であった。

## 要 約

1. 硬直指数の低下を最小限にするには、活け締め脱血後0°Cに貯蔵するのが最も効果的である。
2. 破断強度は貯蔵温度5°Cの方が0°Cよりも高い傾向であった。致死条件で比較すると苦悶死区よりも活け締め脱血区の方が高い傾向であった。
3. ATP含量は致死3時間後では、貯蔵温度に関わりなく苦悶死区よりも活け締め脱血区の方が高かった。その後はいずれの区分でも低含量となり、ほぼ一定であった。
4. 核酸関連物質から計算したK値の経時変化については、致死条件による差は見られなかったが、0°Cよりも5°Cの方がK値の上昇が大きかった。
5. 生鮮サクラマスの鮮度保持方法としては、漁獲後速やかに活け締め脱血処理を行い、貯蔵は0°Cで行うことが最も良い方法であると考えられる。

## 謝 辞

調査を実施するに当たりご協力を賜った大畑町漁業協同組合長一戸清史氏および大畑町小型定置網組合長浜田照男氏に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 岡 弘康, 大野一仁, 二宮順一郎: 養殖ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係. 日水誌, 56, 1673-1678(1990)
- 2) M. Ando, A. Banno, M. Haitani, H. Hirai, T. Nakagawa, and Y. Makinodan: Influence on post-mortem rigor of fish body and muscular ATP consumption by the destruction of spinal cord in several fishes. *Fisheries Sci.*, 62, 796-799(1996).
- 3) 岩本宗昭, 井岡 久, 斉藤素子, 山中英明: マダいの死後硬直と貯蔵温度との関係. 日水誌, 51, 443-446(1985).

- 4) T. Nakayama, T. Toyoda, and A. Ooi : Delay in rigor mortis of red sea-bream by spinal cord destruction . *Fisheries Sci.*, **62**, 478-482 (1996).
- 5) 岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久 : 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較. 日水誌, **56**, 101-104 (1990).
- 6) 望月 聡, 佐藤亜安岐子 : マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響. 日水誌, **62**, 453-457 (1996).
- 7) 望月 聡, 上野洋子, 佐藤公一, 樋田宣英 : マサバ筋肉の死後変化に及ぼす致死後の貯蔵温度の影響. 日水誌, **65**, 465-500 (1999).
- 8) 望月 聡, 佐藤亜安岐子 : マアジ筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響, 日水誌, **60**, 125-130 (1994).
- 9) 望月 聡, 前野久美子 : 首折りによって致死させたマアジ筋肉の死後変化, 日水誌, **63**, 396-399 (1997).
- 10) 望月 聡, 乗田嘉子 : マアジ筋肉の死後変化に及ぼす脱血の影響, 日水誌, **64**, 453-457 (1998).
- 11) 尾藤方通, 山田金次郎, 三雲素子, 天野慶之 : 魚の死後硬直に関する研究- I. 改良Cutting法による漁体の死後硬直の観察. 東海水研報, **109**, 89-96 (1983).
- 12) M. Ando, H. Toyohara, Y. Shimizu, and M. Sakaguchi: Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis . *Nippon Suisan Gakkaishi.*, **57**, 2095-2100 (1991).
- 13) 永峰文洋, 福田 裕, 石川 哲 : 高速液体クロマトグラフィーによるK値の測定. 青水加研報, 昭和60年度, 111-116 (1986).
- 14) 阿部宏喜 : 魚介類の鮮度と死後変化. 「魚の科学」(鴻巣章二監修), 朝倉書店, 東京, 43-50 (1994).
- 15) 豊原治彦 : 魚介類のテクスチャー. 「魚の科学」(鴻巣章二監修), 朝倉書店, 東京, 79-86 (1994).