

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 (Ⅱ)

油野 晃・廣田 将仁

前報¹⁾に引き続き、サクラマス筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響について試験を実施した。本年度は硬直指数、破断強度、K値および色彩測定について試験を行った。

試験方法

1. 試料

2005年3月14日にむつ市大畑町地先の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。試料魚の基本データを表1に示した。

表1 基本データ

致死条件	貯蔵温度	水揚げ時間	致死時間	恒温恒湿機投入時間	尾叉長/cm	被鱗体長/cm	標準体長/cm	体高/mm	全重量/g	pH	魚体温(°C)
活けしめ脱血	0°C	7:45	7:45	9:40	47.8	45.1	41.8	109.0	1,280	6.4	2.1
活けしめ脱血	5°C	7:45	7:45	9:40	44.6	42.4	39.0	107.2	1,186	6.4	3.8
苦悶死	0°C	8:00	8:40	9:40	44.9	42.5	39.4	98.0	1,136	6.4	2.6
苦悶死	5°C	8:00	8:40	9:40	45.1	42.6	39.3	104.2	1,121	6.4	3.1

2. 致死条件および貯蔵温度

致死条件は、活けしめ脱血区と苦悶死区の2区分で実施した。活けしめ脱血区は、船上で漁獲直後に延髄刺殺し、心臓動脈切断、尾大動脈切断した後、尾部を下にした状態で吊し尾大動脈切断部を海水に浸し、脱血した。苦悶死区は、漁獲直後速やかに下氷を敷いた保冷ケースに入れ、動かなくなるまで放置した。致死までに要した時間は約40分であった。

貯蔵温度は、0°Cおよび5°Cの2区分とした。試料魚を1尾ずつラウンドのままポリエチレン袋に入れ、恒温恒湿機内にて保存し、致死条件2区分とあわせて計4区分で試験を行った。

3. 試験項目

- (1) 硬直指数：尾藤ら²⁾の方法に準じて測定した。すなわち、魚体の2分の1を水平な台の上に載せ、はみ出した半分の魚体の垂下長(L)と、致死直後の垂下長(L₀)から次式(硬直指数=(L₀-L)/L₀×100(%))により硬直指数を求めた。
- (2) 破断強度：レオメーター(FUDOH RHEO METER RT-2010D-D-CW)を使用しAndoら³⁾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幅10mmに切り出した試験片の体軸方向に、直径5mmの円柱プランジャーを突き刺し(テーブルスピード6cm/min)、筋組織を破断するのに要する荷重を測定した。
- (3) K値：高速液体クロマトグラフィー(HPLC)を使用し永峰ら⁴⁾の方法によってATP関連化合物を測定した。すなわち、破断強度を測定後に試験片から速やかに約5gの試料を秤量し、10%過塩素酸15mL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10mL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に定溶し、測定試料とした。分析条件は以下のとおりである。

[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 ₂ HPO ₄ (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 μ L
定量法	ピーク面積出力値を使用

(4) 色彩測定：色彩色差計 (MINOLTA CR-300) にて測定した。

結果および考察

1. 硬直指数

硬直指数の変化を図1に示した。

今回の試験では、活けしめ脱血0℃区において完全硬直に達した時間が計測されなかったが、死後硬直の進行は苦悶死5℃区が速やかで、3時間後にはすでに硬直が始まっていた。6時間後にはその他の区分でも硬直が始まり、9時間後には活けしめ脱血5℃区、苦悶死0℃区および苦悶死5℃区で完全硬直に達し、活けしめ脱血0℃区では15~25時間後の間に完全硬直に達していたものと考えられる。解硬は苦悶死5℃区で最も速く12時間後から、活けしめ脱血5℃区で15時間後から、活けしめ脱血0℃区および苦悶死0℃区で25時間後から始まった。解硬の速度は致死条件に関わらず5℃区で速やかで、両5℃区とも32時間後に完全に硬直が解け硬直指数が0となったが、活けしめ脱血0℃区では49時間後、苦悶死0℃区では56時間後まで硬直が持続した。

このことから、完全硬直後の解硬状態になってからは、活けしめ脱血処理による死後硬直の遅延効果はみられず、温度条件の0℃での貯蔵に遅延効果が認められた。しかし、完全硬直に達するまでの硬直初期状態では、温度条件とともに致死条件による影響も受けることから、死後硬直の遅延には温度条件では0℃、致死条件では活けしめ脱血を行うことが最も効果的であることが示唆された。

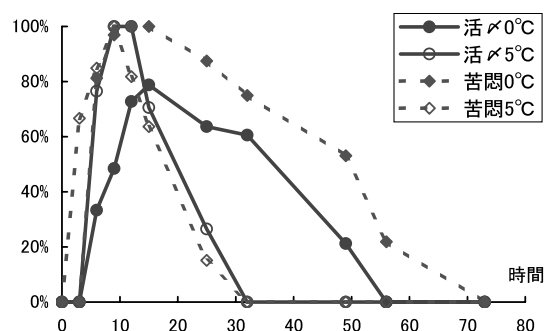


図1 硬直指数の変化

2. 破断強度

破断強度の変化を図2に示した。

測定を開始した致死から3時間後の破断強度は、活けしめ脱血0℃区が361.7gと極めて高く、他の区分では220~230g程度とほぼ同じ値であった。前報¹⁾での破断強度の初期値は、活けしめ脱血5℃区が極めて高く、その他の区分がほぼ同じ値であったことから、これについては個体差によ

るものと考えられる。6時間後には温度条件に関わらず苦悶死区で50~60gの破断強度の低下がみられるが、活けしめ脱血区ではほとんど変化がみられなかった。このため、12時間後までは致死条件の活けしめ脱血区の破断強度が苦悶死区より高かったが、その後は温度条件の0℃区で破断強度の低下が緩やかとなり、15時間後からは温度条件で0℃区の方が5℃区よりも破断強度が高くなった。また、破断強度が110gを下回った時点からは全区分とも破断強度の低下はほぼみられなくなるが、温度条件の0℃区では73時間後、5℃区では25時間後に110gを下回った。

前報¹⁾の破断強度試験では、温度条件の0℃区より5℃区で破断強度が高い傾向であったが、今回の試験では致死から6時間までの初期には活けしめ脱血処理による破断強度の低下を抑制する効果がみられたが、9時間後からは温度条件で5℃区より0℃区の方が破断強度の低下を抑制し、歯応えのある肉質を持続させる効果が高い傾向となった。

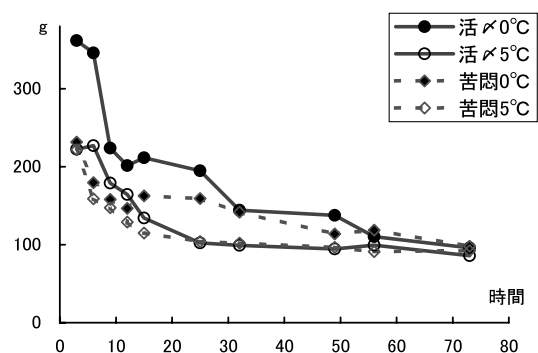


図2 破断強度の変化

3. K 値

ATP関連化合物から計算したK値 ($K値 = (HxR + Hx) / (ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx) \times 100$) の変化を図3に示した。

致死から6時間までの初期には、温度条件に関わらず致死条件の活けしめ脱血区でK値が低い傾向となったが、9時間後からは活けしめ脱血5℃区で急激に上昇し、12時間後には苦悶死0℃区を上回った。15時間後からは、致死条件に関わらず温度条件の5℃区でK値が高めに推移し、25時間後に生食用としての鮮度の目安とされる20%を超えた。温度条件の0℃区では、活けしめ脱血区で15時間から32時間後の間に急激にK値が上昇したが、苦悶死区では9時間後からはK値の上昇が緩やかだったため、32時間以降はほぼ同じ値となり、49時間後にK値が20%を超えた。

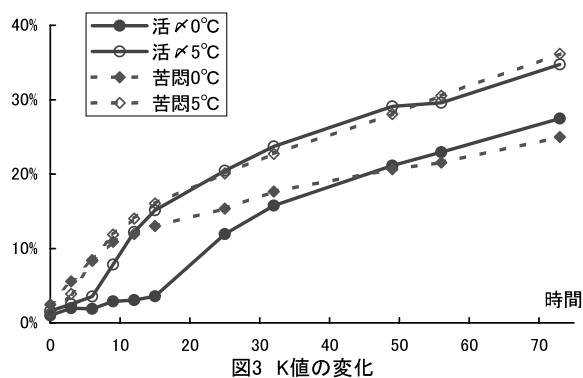


図3 K値の変化

ATP関連化合物の構成比率変化を図4に示した。

致死から6時間後までは温度条件に関わらず、致死条件の活けしめ脱血区の方が苦悶死区よりも、アデノシン三リン酸(ATP)とアデノシン二リン酸(ADP)の比率が高く、活けしめ脱血区でのみ増加が見られたが、9時間後からは苦悶死区と同様に活けしめ脱血区でも減少し、苦悶死区と同程度の低い比率となった。アデノシン一リン酸(AMP)は、苦悶死0℃区と苦悶死5℃区では73時間後まで1%台で推移しほとんど変化が見られなかったが、活けしめ脱血0℃区では15時間後まで、活けしめ脱血5℃区では6時間後まで2~3%と若干高めの値を維持し、その後は苦悶死区と同様に1%台で推移した。イノシン酸(IMP)は、致死から9時間後までは活けしめ脱血0℃区、活けしめ脱血5℃区、苦悶死0℃区、苦悶死5℃区の順で比率が高かったが、12時間後からは活けしめ脱血5℃区で急激に減少したことにより順位が変動し、活けしめ脱血0℃区、苦悶死0℃区、活けしめ脱血5℃区、苦悶死5℃区の順で比率が高くなった。イノシン(HxR)とヒポキサン

チン (Hx) は、K 値と同様の变化傾向となった。

このことから、K 値に対しては致死条件より温度条件の与える影響が大きく、K 値の上昇を抑制するには 5℃より 0℃で貯蔵する方が効果的であることが示唆された。しかし、致死から 6 時間までの活けしめ脱血区と苦悶死区との ATP 関連化合物比率差からは、苦悶中の運動による ATP の消費が推察され、致死直後であれば活けしめ脱血による優位性もみられることから、K 値の上昇を抑制する処理法としては、漁獲後速やかに活けしめ脱血処理し、貯蔵を 0℃で行うことが最も効果的であると考えられる。

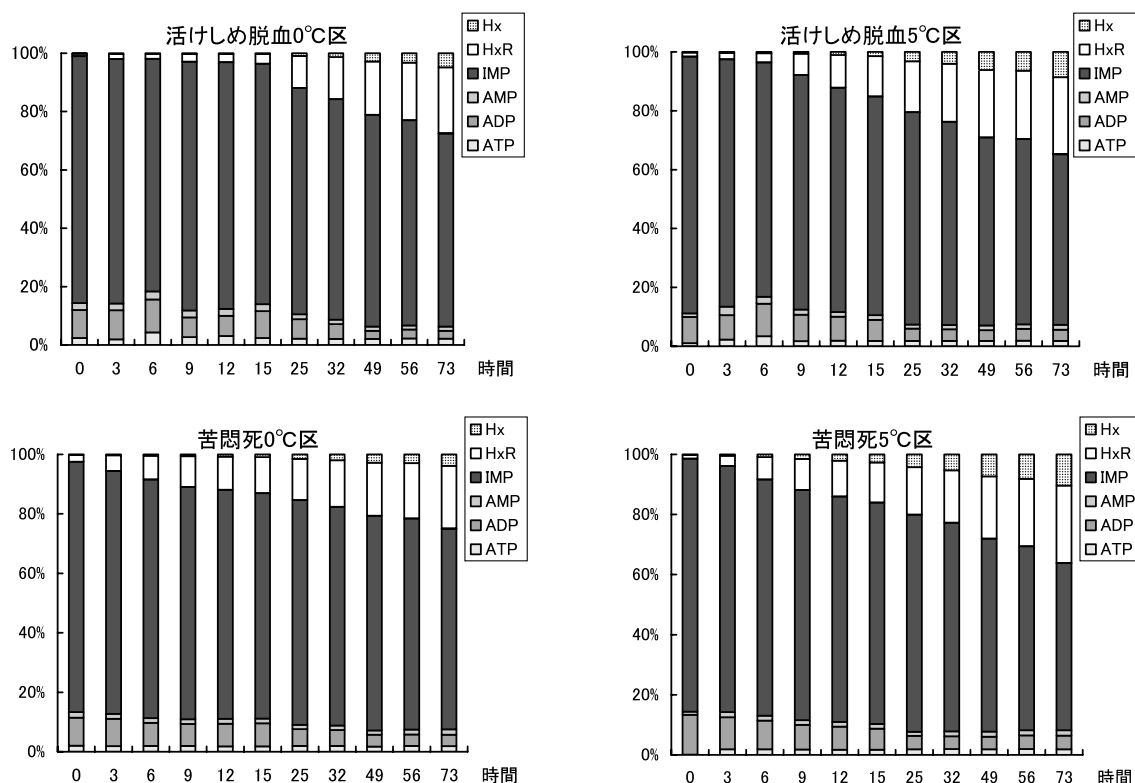


図 4 ATP関連化合物の構成比率変化

4. 色彩測定

筋肉表面の赤色度 (a^*)、黄色度 (b^*)、明度 (L^*) の変化および致死から 75 時間後のフィレの写真を図 5、図 6、図 7 および図 8 に示した。

赤色度 (a^*) および黄色度 (b^*) では、全区分とも致死直後に高かった色度が時間経過とともに低くなる傾向となり、致死条件および温度条件による違いはみられなかった。明度 (L^*) では、活けしめ脱血区が致死直後から 73 時間後までとくに変化は無く同じ値を示したが、苦悶死区では致死直後に低めの傾向だったものが時間経過とともに上昇し、致死から 12 時間後には活けしめ区とほぼ同じ値となり、それ以降は特に変化はみられなかった。75 時間経過後のフィレの写真では、活けしめ脱血区では鮮やかなオレンジ色であるのに対し、苦悶死区では血の滲んだような赤味の強い色調となった。また両致死条件区分とも、温度条件で 0℃区より 5℃区のほうが赤味が強く暗い色調となった。

致死から 75 時間後に色彩色差計で測定した鰹、心臓、胃の色彩を比較した結果を表 2 に、75 時間後の内臓の写真を図 9 に示した。

鰹、心臓および胃の色彩では、活けしめ脱血区が苦悶死区よりも明度 (L^*) が高く赤色度 (a^*)

が低い傾向となった。また、鰓と心臓については温度条件でも、0℃区の方が5℃区よりも明度(L*)が高く赤色度(a*)が低い傾向となった。

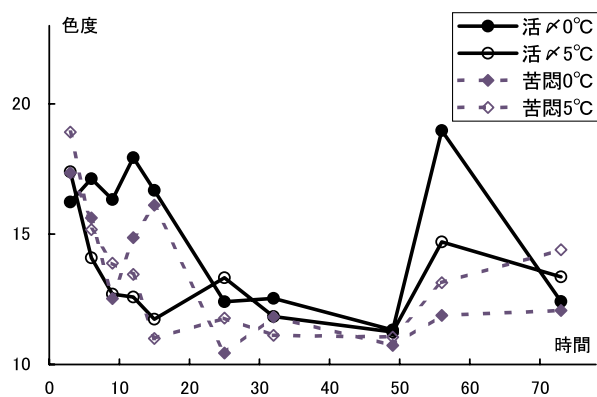


図5 赤色度(a*)の変化

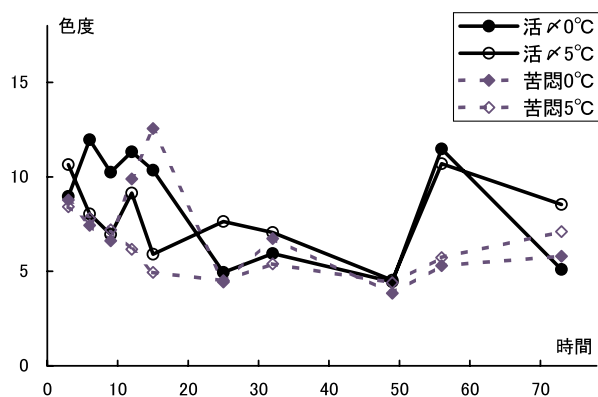


図6 黄色度(b*)の変化

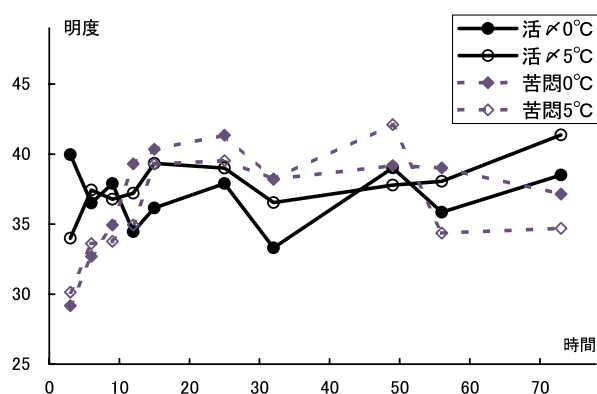


図7 明度L*(L*)の変化

表2 内臓の色彩比較表

部位	致死条件	L*	a*	b*
鰓	活 0℃	31.4	13.7	0.2
	活 5℃	31.0	15.1	1.0
	苦悶 0℃	29.8	18.1	1.4
	苦悶 5℃	25.9	23.2	8.8
心臓	活 0℃	42.1	16.0	4.4
	活 5℃	34.9	18.9	4.2
	苦悶 0℃	30.4	20.5	4.9
	苦悶 5℃	28.2	23.0	4.6
胃	活 0℃	58.2	7.0	9.5
	活 5℃	52.9	8.5	4.0
	苦悶 0℃	46.4	17.4	6.2
	苦悶 5℃	49.6	11.7	4.4

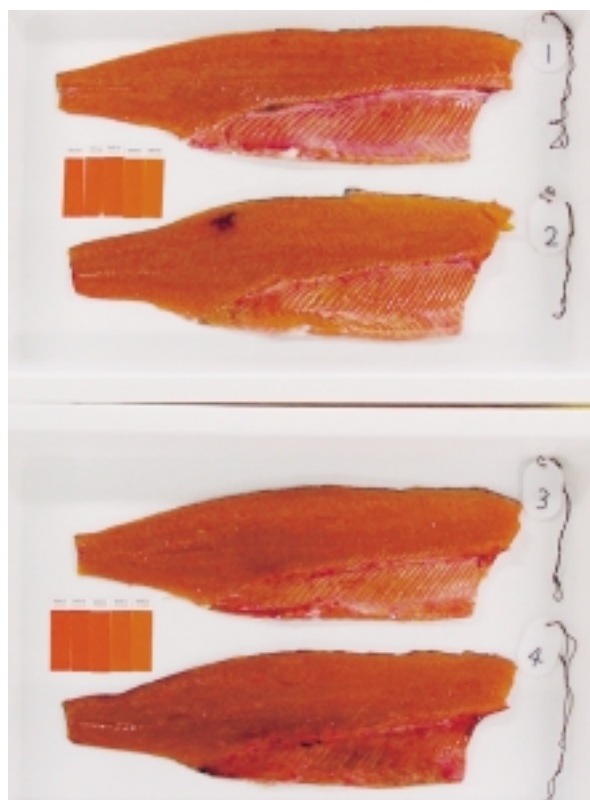


図8 75時間後フィレー写真

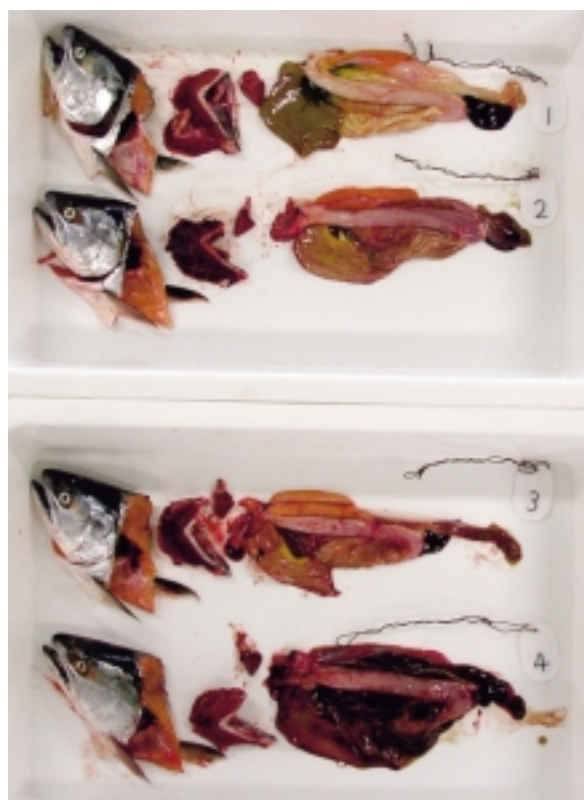


図9 75時間後内臓写真

(上から活けしめ脱血0℃区、活けしめ脱血5℃区、苦悶死0℃区、苦悶死5℃区)

このことから活けしめ脱血処理は、脱血処理による筋肉表面の外観の優位性だけでなく、筋肉や内臓内から血液を抜き取ることにより腐敗の進行や血生臭さを抑えるといった要素にも大きく影響を与えるものと推測された。また、温度条件でも0℃区の方が5℃区よりも優位性が示され、美しい色彩の保持には活けしめ脱血と0℃での保管が効果的であると考えられる。

5. まとめ

今回の検証により、サクラマスの鮮度保持には活けしめ脱血と0℃での貯蔵が最も効果的であることが明らかとなった。

硬直指数、破断強度およびK値では、致死から6時間程度の初期に活けしめ脱血による鮮度保持効果がみられるが、それ以降については致死条件による差はみられず、温度条件で0℃の方が5℃よりも鮮度保持効果が高かった。

色彩では、色彩色差計で行った筋肉表面の測定データからは明瞭な差異が得られなかったが、75時間後のフィレー写真からは、苦悶死より活けしめ脱血処理、5℃より0℃での貯蔵により、美しい色彩が保持されることが明らかとなった。また、内臓の色彩比較および75時間後の写真からは、活けしめ脱血処理による、内臓からの腐敗の進行や血生臭さを抑える効果が示唆された。

以上のように、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しめ脱血処理を行い、貯蔵は0℃で行うことが最も良い方法であると考えられた。

文 献

- 1) 鈴木究真・廣田将仁：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．下北ブランド研究開発センター試験研究報告, 第3号, 32-37 (2004).
- 2) 尾藤方通・山田金次郎・三雲泰子・天野慶之：魚の死後硬直に関する研究-1, 改良Cutting法による魚体の死後硬直の観察．東海水研報109, 89-96 (1983).
- 3) 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, 1165-1169 (1991).
- 4) 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).