

## 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	岩本, 宗昭 山中, 英明 渡部, 終五
巻/号	56巻1号
掲載ページ	p. 101-104
発行年月	1990年1月

## 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較<sup>\*1</sup>

岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久

(1989年9月19日受付)

### Comparison of Rigor-Mortis Progress between Wild and Cultured Plaices

Muneaki Iwamoto,<sup>\*2</sup> Hideaki Yamanaka,<sup>\*3</sup> Shugo Watabe,<sup>\*4</sup>  
and Kanehisa Hashimoto<sup>\*4,5</sup>

Wild and cultured plaices were compared in terms of rigor-mortis progress during storage at 0° and 10°C. When spiked at the brain, both wild and cultured plaices exhibited the rigor-mortis onset after 3 h at 0°C and after 6 h at 10°C. They attained the full-rigor state after 21 h at 0°C. At 10°C, wild plaice was relatively slower in rigor-mortis progress: It attained the full-rigor state after 32 h while the cultured one had not yet done so. When killed while struggling and stored at 10°C, both types of fish set on rigor-mortis after 2 h and attained the full-rigor state after 8 h.

In the muscle, ATP degradation and lactate accumulation proceeded essentially in parallel to rigor-mortis progress. When spiked and stored at 0°C, both types of plaice showed a decrease of muscle ATP concentration from 6-7 μmol/g at the start to less than 1 μmol/g after 15-18 h, the time when the lactate level reached the maximum of 35-40 μmol/g. When stored at 10°C, both plaices showed corresponding levels of both compounds after 32 h. When killed while struggling and stored at 10°C, both types of plaice showed a low level of ATP even immediately after death, the level further decreasing to less than 1 μmol/g after 2-4 h. They attained the maximum lactate accumulation of 35-40 μmol/g after 6 h.

It was concluded that rigor-mortis of plaice, either wild or cultured, was accelerated by both ice storage and by the death while struggling.

一般に養殖魚は天然魚に比べて食味, 食感が劣るといわれている。ブリ,<sup>1)</sup> マダイ,<sup>2)</sup> ヒラメ<sup>3)</sup>の養殖魚と天然魚の筋肉成分を比較した例によると, タンパク質量に差はないが, 脂肪量は養殖魚で顕著に多い。畑江ら<sup>4)</sup>はハマチ, マダイ, ヒラメ生肉の物性を調べ, パネルテストによる主観的評価および計測による客観的評価のいずれにおいても, 天然魚の方の肉質が硬いが, ヒラメでその差が最も小さかったと報告している。以上の知見は養殖魚が脂肪太りで, その肉が軟弱であるという市場評価とも一致するもので, その原因の究明や肉質の改善が緊急課題となっている。

一方, 天然魚と養殖魚の死後変化の相違については, マダイで養殖魚の方がやや鮮度低下の速いことが指摘されている。<sup>5)</sup><sup>6)</sup>ところで養殖魚は活魚または活けしめ(延髄刺殺)状態で流通する割合が天然魚より高く, その死後硬直の進行状態は品質評価上の重要な指標とされている。天然魚については, 既報<sup>8-10)</sup>のようにマダイ, ハマチ, ヒラメなどの死後硬直の進行における温度依存性を検討し, 0°Cより10°Cに貯蔵した方がATPの減少が緩慢で, 硬直も遅延することを明らかにした。さらにマダイでは養殖魚についても同様の検討を加え, 硬直の進行は天然魚より著しく速いものの, やはり0°Cより10

\*1 漁獲物の生きの保持に関する研究-IV (Studies on Prolongation of Pre-rigor Period of Fish-IV).

\*2 島根県水産試験場 (Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station, Setogashima, Hamada, Shimane 697, Japan).

\*3 東京水産大学 (Department of Food Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Minato, Tokyo 108, Japan).

\*4 東京大学農学部 (Laboratory of Marine Biochemistry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113, Japan).

\*5 現所属: 茨城大学教育学部 (Food Science Laboratory, Faculty of Education, Ibaraki University, Mito, Ibaraki 310, Japan).

\*6 堀江庄座, 田中稔秋, 久木野憲司, 矢田 修, 橘 勝康, 樋本六良, 保田正人: 昭和59年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 131 (1984).

0°C 貯蔵で硬直の進行が遅延することを認めた。<sup>7)</sup> 本報では、マダイと同様に市場価値が高く、近年養殖魚の生産が増大しつつあるヒラメについて、死後硬直の進行における養殖魚と天然魚の差異を比較したほか、即殺魚と苦悶死魚の死後変化の差異についても併せて検討を試みた。

#### 試料および方法

**試料** 天然ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (体長 41~43 cm, 体重 1.2~1.7 kg) 3 尾および養殖ヒラメ (体長 40~42 cm, 体重 1.0~1.6 kg) 3 尾を水槽中で 5 日間休養させた。次いで天然および養殖魚各 2 尾を活けしめし

てポリエチレン袋に入れ、0°C と 10°C に調整した恒温水槽中に各 1 尾ずつ浸漬して貯蔵し、即殺区試料とした。残りの天然および養殖魚各 1 尾は、20 V の電気刺激を間欠的に与えて苦悶死させた後、10°C に貯蔵した。なお、苦悶死区のうち天然魚は、完全硬直に達した時点で 0°C 貯蔵に切り替えた。

**分析方法** ATP 関連化合物は一定時間毎に背部の普通筋を採取し、前報<sup>9)</sup>と同様に過塩素酸抽出液を調製して高速液体クロマトグラフィーによって定量した。乳酸は上記の過塩素酸抽出液を試料として、Barker-Sumerson 法<sup>11)</sup>によって定量した。さらに硬直指数は尾藤ら<sup>12)</sup>の方法で測定した。

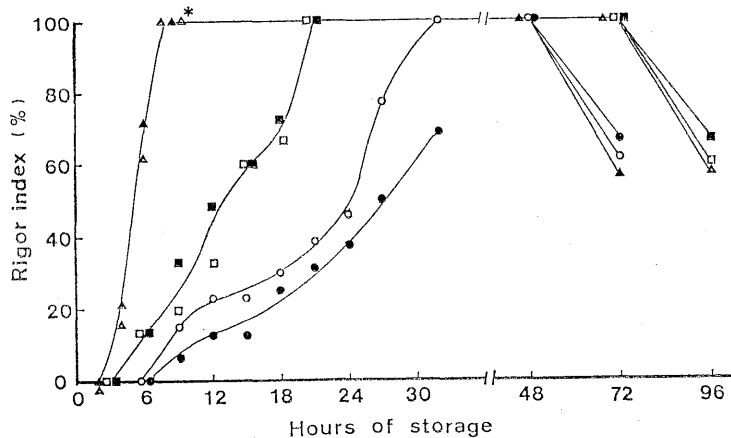


Fig. 1. Changes in rigor index of wild and cultured plaices which were spiked or killed while struggling, during storage at 0° or 10°C.

□: Wild plaice spiked and stored at 0°C.

■: Cultured one spiked and stored at 0°C.

○: Wild one spiked and stored at 10°C.

●: Cultured one spiked and stored at 10°C.

△: Wild one which was killed while struggling, and stored at 10°C and then 0°C after reaching full-rigor (\*).

▲: Cultured one killed while struggling and stored at 10°C throughout.

Table 1. Rigor-mortis progress and changes in muscle energy-related compounds of wild and cultured plaices which were spiked or killed while struggling, and stored at 0° and 10°C

Specimen	Storage temperature	Time (h) required for:		
		Rigor onset and full rigor	ATP disappearance (<1 μmol/g)	Max. lactic acid accumulation
When spiked:				
Wild	0°C	3 and 21	15	15 (34.3)*
	10°C	6 and 32	32	32 (33.2)
Cultured	0°C	3 and 21	18	15 (34.1)
	10°C	6 and <32	<32	<32 (30.4)
When killed while struggling:				
Wild	10°C	2 and 8	4	6 (43.2)
Cultured	10°C	2 and 8	2	6 (38.6)

\* Lactic acid concentration (μmol/g).

結果および考察

各試験区試料魚の死後硬直の進行と化学的变化の関係を、それぞれ Fig. 1 および Table 1 に示す。死後硬直の進行は、苦悶死区が最も速やかで、天然魚、養殖魚ともに 10°C 貯蔵では 2 時間後から硬直し始め、8 時間後には完全硬直状態に達した。次いで、0°C に貯蔵した即殺区が 3 時間後から硬直を開始したが、天然魚と養殖魚の間には硬直指数（以下 R 値）の変化にほとんど差がなく、いずれも 21 時間後に完全硬直に達した。一方、

10°C に貯蔵した即殺区の硬直は、天然魚、養殖魚とも 6 時間以降から始まり、最も遅かった。本試験区ではその後の硬直の進行も緩慢で、R 値は 24 時間後でも 40% 前後であった。なお、養殖魚の硬直の進行は天然魚に比べてやや緩やかで、天然魚では 32 時間後に完全硬直に達したのに対して、この時点で養殖魚の R 値は 69% に止まっていた。

硬直の進行と化学的变化の関係は、Table 1 に示すように即殺魚の 10°C 貯蔵区では天然魚、養殖魚とも完全硬直到達時に ATP がほぼ消失し、乳酸は最大量に達し

Table 2. ATP degradation and regeneration in wild and cultured plaices which were spiked or killed while struggling, and stored at 0° and 10°C

Specimen	Storage temperature	Lactic acid content ( $\mu\text{mol/g}$ )			ATP level at death ( $\mu\text{mol/g}$ )	ATP regenerated ( $\mu\text{mol/g}$ )		Total ATP ( $\mu\text{mol/g}$ )
		At death	Maximum attained	Increment		During glycolysis	From creatine phosphate	
		(A)	(B)	(B-A)	(C)	(D)	(E)	(C+D+E)
When Spiked:								
Wild	0°C	8.0	34.6	26.6	7.0 (78)*	39.9	3.7	50.6
	10°C	8.7	35.4	26.7	6.5 (77)	40.1	3.4	50.0
Cultured	0°C	6.3	38.0	31.7	6.7 (76)	47.6	4.2	58.5
	10°C	9.1	40.9	31.8	6.1 (75)	47.7	2.6	56.4
When killed while struggling:								
Wild	10°C	22.5	38.7	16.2	1.1 (14)	24.0	0.0	25.1
Cultured	10°C	20.4	37.7	17.3	1.4 (20)	25.9	0.0	27.3

\* Ratio of ATP to the total amount of ATP and related compounds.

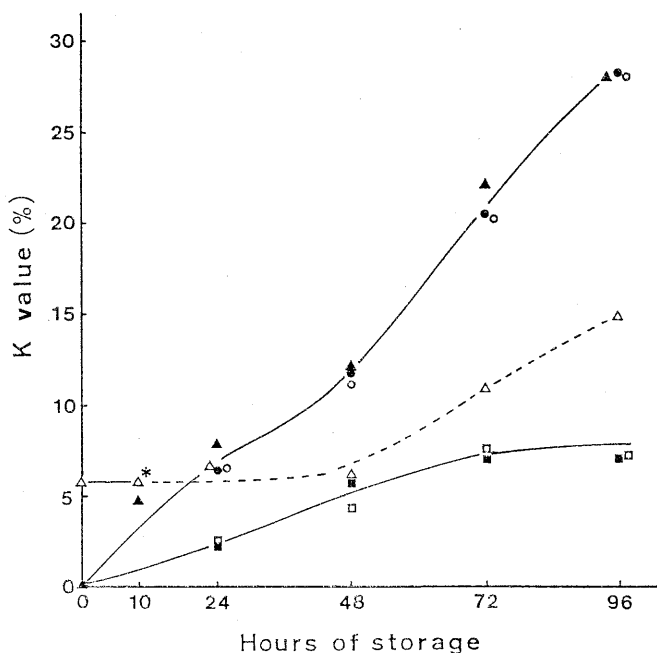


Fig. 2. Changes in K value of wild and cultured plaices which were spiked or killed while struggling, during storage at 0° or 10°C. Refer to the legend of Fig. 1 for symbols.

た。しかし、苦悶死区および即殺魚の 0°C 貯蔵区では完全硬直に達する 2~6 時間前に ATP が消失するとともに乳酸も最大量を示し、硬直の進行と化学的变化の關係は即殺魚の 10°C 貯蔵区のものとはかなり異なった。

死直後の ATP 量は Table 2 に示すように、即殺区は試料間に差がなく 6~7  $\mu\text{mol/g}$  で、ATP 関連化合物総量の約 80% と高い割合を占めていた。一方、苦悶死区の死直後の ATP 量は 1  $\mu\text{mol/g}$  前後と、極めて低い値を示した。また、死直後の乳酸蓄積量は即殺区で 6~9  $\mu\text{mol/g}$  苦悶死区では約 20  $\mu\text{mol/g}$  と両区に顕著な差がみられ、この時点で苦悶死区は最大量の約 50% をすでに蓄積していた。

K 値の変化は、Fig. 2 に示すように貯蔵温度によって差異が認められたが、天然魚と養殖魚の間ではほとんど差がなかった。すなわち、0°C 貯蔵区の天然魚および養殖魚の K 値は 24 時間後で 2~3%、48 時間後で 4~6%、72 時間後で 7~8% であった。一方、10°C 貯蔵区の即殺魚および苦悶死魚の K 値は 24 時間後で 6~8%、48 時間後で 11~12%、72 時間後で 20~22% であり、K 値の上昇速度は 0°C 貯蔵区の約 3 倍であった。なお、8 時間後に完全硬直に達した苦悶死区試料魚のうち、天然魚の方を死後 10 時間経過時に 10°C から 0°C 貯蔵に切り替えたが、その K 値は 48 時間後でも 6.1% と低い値を維持した。しかし、その後は 0°C に貯蔵した即殺区試料魚に比べて K 値はやや高い値で推移した。

以上のように、既報<sup>7)</sup>の養殖マダイと同様に活けしめた養殖ヒラメでも、0°C よりも 10°C に貯蔵した方が ATP の減少が緩慢で、死後硬直の開始および完全硬直到達時間も遅延することを認めた。また、マダイでは養殖魚の硬直の進行速度は、天然魚に比べて著しく速いことを認めたが、<sup>7)</sup> ヒラメでは両者の間にほとんど差異がなかった。さらに、K 値の変化もマダイでは天然魚の方が養殖魚より低い値で推移したが、ヒラメでは 0°C および 10°C 貯蔵とも天然魚と養殖魚の間にほとんど差が認められなかった。ヒラメの場合、マダイのように養殖魚と天然魚の死後変化に大きな差異がないのは、グリコーゲンや脂質含量が関係しているとも考えられるが、この点は今後解明すべき課題である。

苦悶死させたヒラメは、死直後すでに ATP 量が 1  $\mu\text{mol/g}$  前後に低下し、乳酸量も最大蓄積量の 50% に達しており、死後の ATP 分解・再生総量は即殺区の約 1/2 であった (Table 2)。また、苦悶死区のうち 10°C に貯蔵した養殖魚の K 値は、同じ 10°C に貯蔵した即殺区試料魚のそれとほぼ同様に推移しており、致死条件による差異はなかった。即殺魚と苦悶死魚の死後硬直の進行

速度に顕著な差異があることは、すでに多くの研究により確認されているが、硬直の持続時間またはその間の肉質の差異については詳細な検討がなされていない。上岡ら<sup>13)</sup>は養殖ハマチを頸椎骨の切断、頭部強打および麻醉処理により死に至らしめ、その死後変化を比較して、ATP 分解や硬直の進行速度は麻醉致死区で最も遅く、頸椎骨切断区で最も速かったが、硬直後の K 値やトリメチルアミンの変化には処理区分による差異がないことを報告している。また、山田ら<sup>14)</sup>も、養殖ハマチにつき即殺、苦悶死両区の氷蔵中における R 値の変化を比較し、R 値が 50% に達する時間は、前者で 7 時間、後者で 3 時間と差があったが、解硬の進行には両者に差がないことを認めている。本実験のヒラメにおいても、上記ハマチと同様な傾向が認められ、致死条件は硬直後の変化には影響しないと考えられる。しかし、流通現場においては硬直中の魚体でも、魚種によっては即殺魚を高く評価する事例も認められるので、致死条件と硬直後の品質の關係についてはさらに詳細な検討が必要と思われる。

## 謝 辞

本実験の実施にあたり、御協力をいただいた鳥根県水産試験場の各位に厚くお礼申し上げる。なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金により行われたものである。ここに記して謝意を表する。

## 文 献

- 1) 志水 寛, 多田政美, 遠藤金次: 日水誌, **39**, 993-999 (1973).
- 2) 鴻巣章二, 渡辺勝子: 日水誌, **42**, 1263-1266 (1976).
- 3) 佐藤 守, 吉中禮二, 西中義裕, 森本晴之: 日水誌, **52**, 1043-1047 (1986).
- 4) 畑江敬子, 李 敬姪, 土屋隆英, 島田淳子: 日水誌, **55**, 363-368 (1989).
- 5) 黒川孝雄: 長崎水試研報, **3**, 143-148 (1977).
- 6) 岩本宗昭, 井岡 久, 齋藤素子, 山中英明: 日水誌, **51**, 443-446 (1985).
- 7) 岩本宗昭, 山中英明: 日水誌, **52**, 275-279 (1986).
- 8) M. Iwamoto, H. Yamanaka, S. Watabe, and K. Hashimoto: *J. Food Sci.*, **52**, 1514-1517 (1987).
- 9) M. Iwamoto, H. Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe, and K. Hashimoto: *J. Food Sci.*, **53**, 1662-1665 (1988).
- 10) 岩本宗昭, 山中英明, 阿部宏喜, 渡部終五, 橋本周久: 日水誌, **56**, 93-99 (1990).
- 11) 葦科泰子: “分析化学実験”, 化学同人, 京都, 1965, pp. 324-325.
- 12) 尾藤方通, 山田金次郎, 三雲泰子, 天野慶之: 東海水研報, **109**, 89-96 (1983).
- 13) 上岡康達, 末光栄充, 岡 弘康, 酒井博行: 愛媛総化指報, **7**, 22-27 (1969).
- 14) 山田金次郎, 原田勝彦, 河原敏明, 伊東良太郎, 塚本真一: 水大校研報, **31**, 59-64 (1983).