

養殖アユと漁獲アユにおける鮮度の差異

辻 寛人, タンマウォン マナスイカン*, 中野浩平*

Difference on freshness of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* between cultured and wild fish

HIROHITO TSUJI, MANASIKAN THAMMAWONG AND KOHEI NAKANO

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の都道府県別漁業・養殖業生産量において、本県は内水面漁業漁獲量で全国 4 位、内水面養殖業収穫量で全国 3 位、漁業・養殖業総生産量は全国 2 位となっており、アユは本県の水産業における最重要魚種の一つと言える(農林水産省, 2017–2019)。県内で漁獲・養殖されたアユの多くは、市場へ鮮魚として出荷され流通するが、一般的にアユを含む魚介類は腮や内臓がついたまま流通することが多いため、畜肉に比べてより腐りやすい。特にアユでは、すぐに腹割れを起こすなど鮮度の低下が速いと言われている(井嶋, 1989)。北海道農林水産部(2007)がヒラメ *Paralichthys olivaceus*、ババガレイ *Microstomus achne*、サンマ *Cololabis saira*、ニシン *Clupea pallasii* で示したような鮮度保持マニュアルや、原(2016)が大型のニジマス *Oncorhynchus mykiss* で示した鮮度保持マニュアルはアユではなく、後藤ほか(2016)による養殖アユを用いた締め方および貯蔵温度とアユの鮮度の関係を科学的指標に基づいて評価した例など、アユの鮮度保持に関する知見は限定的である。一方、漁獲アユでは鮮度維持のため、アユ漁業者によって「腸抜き(わたぬき)」と呼ばれる内臓除去処理がなされたアユが市場に一部流通しているが、このような鮮度管理は現場の経験則に基づいた手法となっているのが現状である。

そこで、養殖アユおよび漁獲アユの鮮魚を用いて締め方および貯蔵温度とアユの鮮度の関係を比較するとともに、腸抜きの効果を検証した。さらに、アユの鮮魚以外の主な流通形態の一つである養殖アユおよび漁獲アユを冷凍したアユ(以降、冷凍アユと称する)についても、腸抜きの有無による解凍後の鮮度を、鮮魚との比較により評価した。

キーワード: 養殖アユ、漁獲アユ、野締め、氷締め、腸抜き、冷凍アユ、K 値

材料と方法

養殖アユ

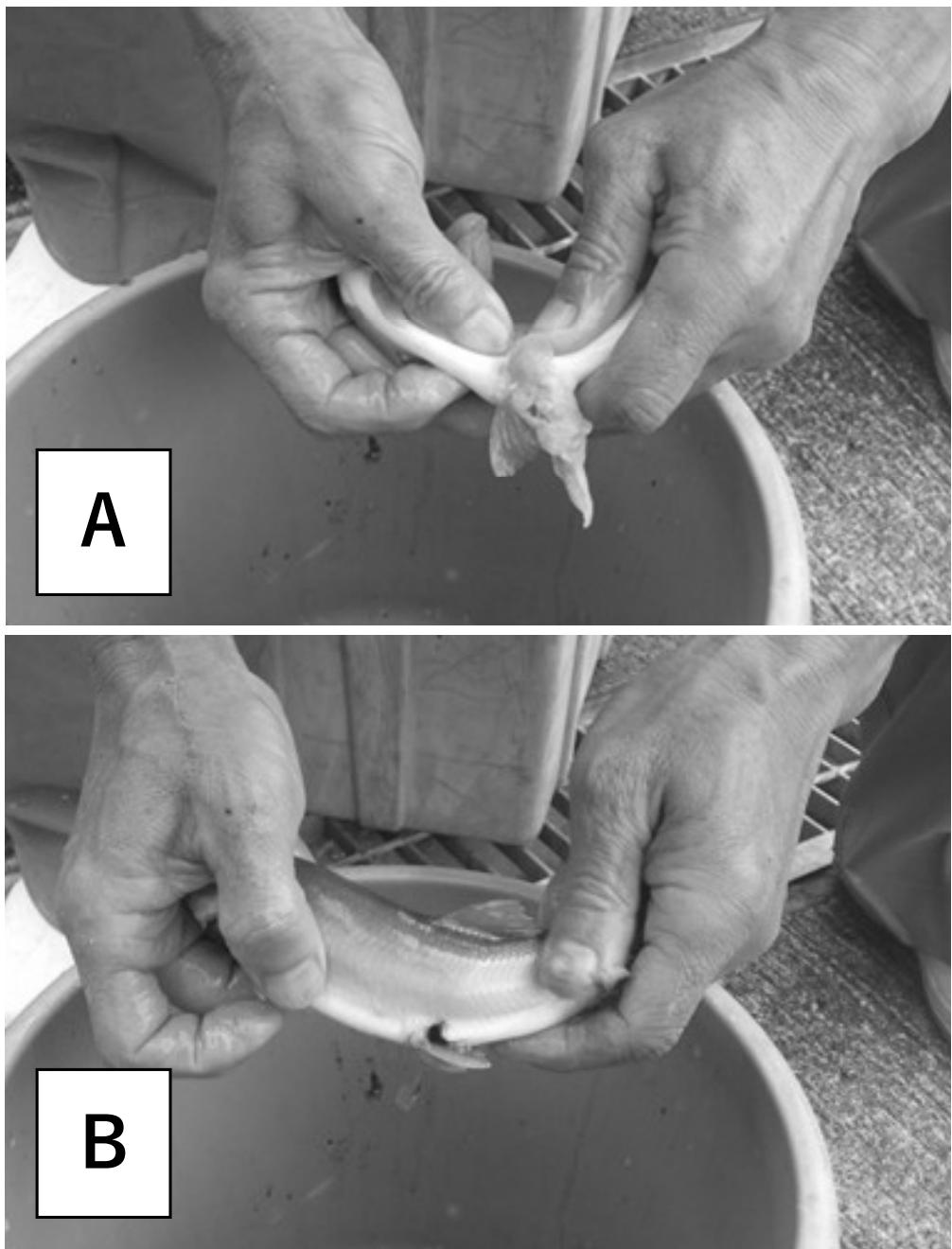
氷締めは、2016 年 6 月 24 日に県内養殖業者から購入した平均 61.3g の養殖アユを用いた。計 90 尾のアユを、飼育水と氷を等量入れた氷水中に入れて約 5 分間放置し供試魚とした。腸抜きは、2016 年 10 月 3 日に県内養殖業者から購入した平均 52.8g の計 45 尾の養殖アユを、飼育水と氷を等量入れた氷水中に入れて約 5 分間放置した後に、素手で魚体を折り曲げて生じた腹鰭付近の裂け目から内臓(肝臓・胆のう・胃・腸・脾臓を含む)を除去し供試魚とした(第 1 図)。また、2018 年 7 月 12 日に県内養殖業者から購入した平均 63.7g の養殖アユを用いて、0°Cでの腸抜

き区と同様に、5°Cにおける腸抜き区のサンプルを調製した。野締めは、後藤ほか(2016)のデータを用いた。

漁獲アユ

氷締めは、2017 年 8 月 15 日に友釣りによって漁獲された後、郡上漁業協同組合に集荷された平均 48.7g の漁獲アユを用いた。計 90 尾のアユを、飼育水と氷を等量入れた氷水中に入れて約 5 分間放置し供試魚とした。野締めは、2017 年 8 月 15 日に友釣りによって漁獲された後、郡上漁業協同組合に集荷された平均 44.8g の漁獲アユを用いた。計 90 尾のアユを、水を切ったプラスチック製のたらいに約 5 分間放置し供試魚とした。腸抜きは、2017 年 8 月 15 日に友釣りによって漁獲された後、郡上漁業協同組合へ集荷された平均 45.3g の計 90 尾の漁獲アユを、飼育水と氷

* 岐阜大学大学院連合農学研究科



第1図 アユの腸抜き作業 (A) と腸抜き後のアユ (B)

を等量入れた氷水中に入れて約5分間放置した後に、素手で魚体を折り曲げて生じた腹鰓付近の裂け目から内臓(肝臓・胆のう・胃・腸・脾臓を含む)を除去し供試魚とした。貯蔵したアユは0、3、6、9、12、24、48、72、96時間後に野締め、氷締め、腸抜きの各区で5尾ずつ取り出し、鮮度評価に供した。

冷凍アユ

養殖アユは、2018年7月12日に県内養殖業者から購入した平均70.6gの養殖アユを用いた。計90尾のアユを、

飼育水と氷を等量入れた氷水中に入れて約5分間放置した。氷締めしたアユを半分に分け、片方は腸抜き処理を行い、もう片方は腸抜き処理をせずに(以降、「腸有り」と表記)、同時に両方を-20°Cに設定した冷凍庫内に貯蔵し、約半年後の2019年1月21日に水道水の流水(約15°C)で1時間解凍した。解凍後は家庭用冷蔵庫を想定し、5°Cに設定した保冷庫で保存した。漁獲アユは、2018年8月20日に友釣りによって漁獲された後、郡上漁業協同組合に集荷された平均62.8gの漁獲アユを用いた。計90尾のアユを、

飼育水と氷を等量入れた氷水中に入れて約5分間放置した。氷締めしたアユを半分に分け、片方は腸抜き処理を行い、もう片方は腸有りとし、同時に両方を-20°Cに設定した冷凍庫内に貯蔵し、約半年後の2019年2月19日に水道水の流水(約15°C)で1時間解凍した。解凍後は家庭用冷蔵庫を想定し、5°Cに設定した保冷庫で保存した。解凍後0、3、6、9、12、24、48、72時間後に5尾ずつ取り出し、鮮度評価に供した。

鮮度評価

鮮度評価はK値(Saito et al., 1959; 内山ほか, 1970)によった。K値を算出するためのATP関連化合物の定量は、胡ほか(2013)に従い、以下の方法で行った。

貯蔵時間毎にアユの背鰭下付近から1gの筋肉を採取し、10mLの5%過塩素酸溶液中に入れ、氷冷しながらホモジナイザー(IKA製)で1分間攪拌した。そこへpH3になるように1mol/Lの水酸化カリウム溶液を適量添加した。その後、50mL遠沈管に全量を移し蒸留水を加えて25mLとした。試料の一部を10mL遠沈管に移し、HPLC分析を行うまで氷冷した。保存したサンプルの上清4mLをバイアル瓶に入れ、0.1mol/Lのリン酸緩衝液(pH7.5)1mLを加えて中和した。これを5mLテルモシリソル(テルモ株式会社)に移し、ポアサイズ0.45μmメンブレンフィルター(ザルトリウス社製ミニザルトRC15)で濾過した。その濾液をHPLC用バイアル瓶に採取し、高速液体クロマトグラフィー(東ソー製8020)でATP、ADP、AMP、IMP、Ino、Hyp含量をそれぞれ測定し、次式によりK値を算出した。

第1表 養殖アユを0°Cで貯蔵した際のK値(%)

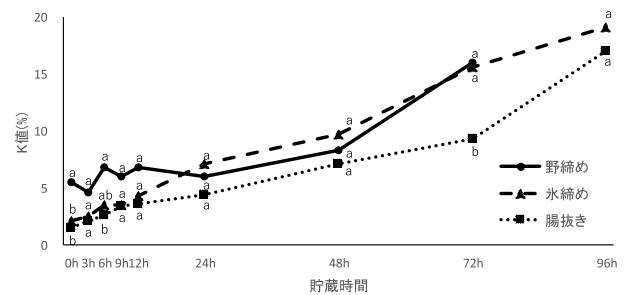
	貯蔵時間(h)								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96
野締め	3.3 - 7.6 (5.5 ± 1.7)	2.7 - 6.6 (4.6 ± 1.4)	5.5 - 8.6 (6.8 ± 1.4)	3.7 - 8.3 (6.0 ± 2.1)	4.7 - 8.5 (6.8 ± 1.7)	4.8 - 7.9 (6.0 ± 1.3)	6.4 - 10.2 (8.3 ± 1.8)	13.6 - 21.8 (16.0 ± 3.4)	-
n=5									
氷締め	1.0 - 3.4 (2.1 ± 1.0)	0.9 - 4.4 (2.5 ± 1.4)	1.9 - 6.1 (3.5 ± 1.6)	1.3 - 6.0 (3.5 ± 1.8)	3.3 - 8.4 (5.7 ± 2.2)	4.4 - 12.5 (6.6 ± 3.3)	9.0 - 10.5 (9.7 ± 0.6)	13.8 - 18.8 (15.6 ± 1.9)	16.9 - 22.3 (19.1 ± 2.5)
n=5									
腸抜き	0.0 - 2.6 (1.0 ± 1.1)	1.1 - 3.4 (2.1 ± 1.0)	1.8 - 5.1 (2.6 ± 1.4)	2.1 - 4.3 (3.4 ± 0.8)	2.2 - 5.4 (3.7 ± 1.2)	3.6 - 5.3 (4.4 ± 0.6)	5.7 - 8.8 (7.1 ± 1.4)	8.6 - 10.7 (9.3 ± 0.9)	14.0 - 18.9 (17.0 ± 3.3)
n=5									

野締めのデータは後藤ほか(2016)から引用。括弧内の数値は平均値±標準偏差。

第2表 養殖アユを5°Cで貯蔵した際のK値(%)

	貯蔵時間(h)								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96
野締め	3.3 - 7.6 (5.5 ± 1.7)	5.9 - 8.5 (7.0 ± 1.1)	5.5 - 9.8 (6.6 ± 1.8)	5.9 - 8.8 (7.7 ± 1.2)	5.3 - 10.9 (7.2 ± 2.6)	7.8 - 11.2 (9.1 ± 1.3)	11.4 - 16.6 (13.7 ± 2.1)	16.2 - 21.2 (19.4 ± 1.9)	-
n=5									
氷締め	1.0 - 3.4 (2.1 ± 1.0)	2.5 - 4.2 (3.1 ± 0.7)	3.2 - 4.5 (4.0 ± 0.5)	3.7 - 5.3 (4.4 ± 0.6)	3.9 - 6.4 (5.0 ± 0.9)	7.2 - 19.9 (10.4 ± 5.4)	15.2 - 20.3 (18.3 ± 2.0)	18.4 - 27.5 (21.8 ± 3.8)	27.7 - 34.1 (30.4 ± 3.3)
n=5									
腸抜き	0.0 - 2.6 (0.5 ± 1.2)	1.1 - 3.8 (2.3 ± 1.2)	1.5 - 3.3 (2.3 ± 0.7)	2.8 - 3.9 (3.3 ± 0.4)	3.1 - 7.4 (4.3 ± 1.7)	4.2 - 7.0 (5.9 ± 1.1)	10.7 - 11.8 (11.2 ± 0.5)	16.2 - 19.7 (17.9 ± 1.4)	21.5 - 28.3 (25.8 ± 3.2)
n=5									

野締めのデータは後藤ほか(2016)から引用。括弧内の数値は平均値±標準偏差。



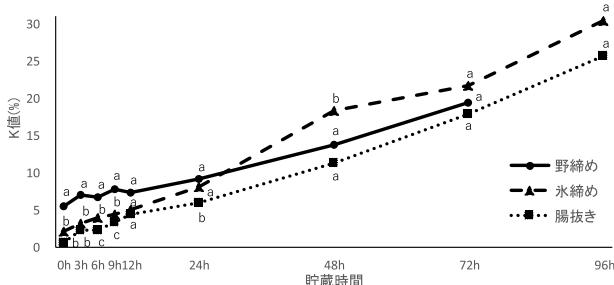
第2図 0°C貯蔵における養殖アユの締め方別のK値推移。野締めのデータは後藤ほか(2016)から引用。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。

$$K\text{ 値}(\%) = \{(Ino + Hyp) / (ATP + ADP + AMP + IMP + Ino + Hyp)\} \times 100]$$

結 果

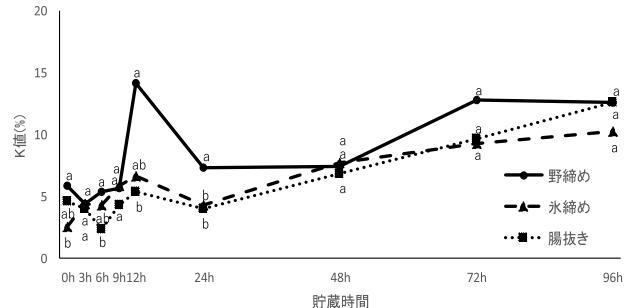
養殖アユ

貯蔵温度0°CにおけるK値は、野締め区で0時間後の3.3-7.6(平均5.5±1.7)から72時間後の13.6-21.8(16.0±3.4)に、氷締め区で0時間後の1.0-3.4(2.1±1.0)から72時間後の13.8-18.8(15.6±1.9)に、腸抜き区では0時間後の0.0-2.6(1.0±1.1)から72時間後の8.6-10.7(9.3±0.9)へと上昇した(第1表、第2図)。貯蔵温度5°CにおけるK値は、野締め区で0時間後



第3図 5°C貯蔵における養殖アユの締め方別のK値推移。野締めのデータは後藤ほか(2016)から引用。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。

の3.3-7.6(5.5 ± 1.7)から72時間後の16.2-21.2(19.4 ± 1.9)に、氷締め区で0時間後の1.0-3.4(2.1 ± 1.0)から72時間後の18.4-27.5(21.8 ± 3.8)に、腸抜き区で0時間後の0.0-2.6(1.0 ± 1.1)から72時間後の16.2-19.7(17.9 ± 1.4)へと上昇した(第2表、第3図)。0°C貯蔵では、貯蔵後12時間までは腸抜き・氷締めの方が野締めよりもK値が低く、特に貯蔵後0、6時間ではその差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。貯蔵後12時間以降においては、72時間後で腸抜きの方が野締め・氷締めよりもK値が低く、その差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。5°C貯蔵においても貯蔵後12時間までは、腸抜き・氷締めの方が野締めよりもK値が低く、特に貯蔵後0、3、6、9時間では、その差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。それ以降は、24時間後では腸抜きの方が野締め・氷締めよりもK値が低く、その差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。また、48時間後では腸抜き・野締めの方が氷締めよりもK値が低く、その差は有意であったが(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)、その後は3区の間に有意な差は認められなかった(Steel-Dwass の方法、 $p > 0.05$)。



第4図 0°C貯蔵における漁獲アユの締め方別のK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。

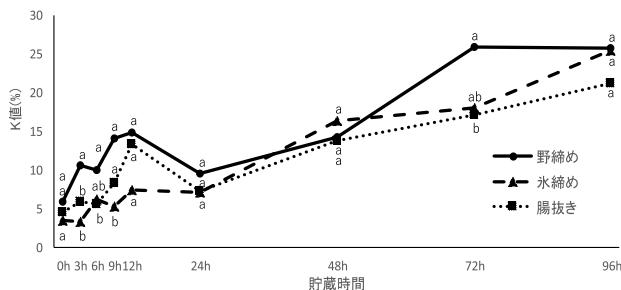
漁獲アユ

貯蔵温度 0°CにおけるK値は、野締め区で0時間後の4.7-7.5(平均 5.8 ± 1.1)から72時間後の9.6-18.4(12.8 ± 3.5)に、氷締め区で0時間後の0.6-4.5(2.5 ± 1.8)から72時間後の13.6-21.8(9.2 ± 2.3)に、腸抜き区で0時間後の0.0-2.6(4.5 ± 2.4)から、72時間後の7.2-12.6(9.7 ± 2.2)へと上昇した。貯蔵後24時間までは、貯蔵後3、9時間を除き、腸抜き・氷締めの方が野締めよりもK値が低く、その差は有意であったが(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)、その後は3区の間に有意な差は認められなかった(Steel-Dwass の方法、 $p > 0.05$) (第3表、第4図)。貯蔵温度 5°CにおけるK値は、野締め区で0時間後の4.7-7.5(5.8 ± 1.1)から72時間後の21.9-34.0(25.9 ± 4.7)に、氷締め区で0時間後の0.6-9.2(3.5 ± 3.5)から72時間後の13.0-24.7(18.0 ± 4.3)に、腸抜き区では0時間後の1.8-8.4(4.5 ± 2.5)から72時間後の14.5-19.4(17.0 ± 2.5)へと上昇した。貯蔵後24時間までは、氷締めの方が野締めよりもK値が低く、特に3、9時間後では、その差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。それ以降では、72時間後に腸抜きの方が野締めよりもK値が低く、その差は有意であった(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$) (第4表、第5図)。

第3表 漁獲アユを0°Cで貯蔵した際のK値(%)

	貯蔵時間(h)								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96
野締め	4.7 - 7.5 (5.8 ± 1.1)	3.5 - 5.4 (4.4 ± 0.7)	3.6 - 8.7 (5.3 ± 2.1)	3.4 - 7.3 (5.7 ± 1.6)	10.4 - 22.3 (14.2 ± 4.7)	5.7 - 9.7 (7.3 ± 1.5)	5.1 - 10.3 (7.4 ± 1.9)	9.6 - 18.4 (12.8 ± 3.5)	8.7 - 18.3 (12.6 ± 3.6)
n=5	0.6 - 4.5 (2.5 ± 1.8)	1.0 - 10.1 (4.4 ± 3.9)	2.3 - 7.1 (4.2 ± 2.0)	2.0 - 11.2 (5.8 ± 3.9)	2.9 - 17.3 (6.6 ± 6.1)	2.6 - 5.8 (4.3 ± 1.2)	5.0 - 11.0 (7.7 ± 2.4)	7.5 - 13.1 (9.2 ± 2.3)	8.4 - 11.3 (10.2 ± 2.9)
氷締め	2.0 - 8.4 (4.5 ± 2.4)	1.6 - 10.8 (4.0 ± 3.8)	1.2 - 3.7 (2.3 ± 1.0)	2.9 - 5.8 (4.3 ± 1.1)	2.9 - 8.7 (5.4 ± 2.3)	2.9 - 6.2 (4.0 ± 1.4)	5.4 - 8.5 (6.8 ± 1.3)	7.2 - 12.6 (9.7 ± 2.2)	9.4 - 17.4 (12.6 ± 3.4)
腸抜き									

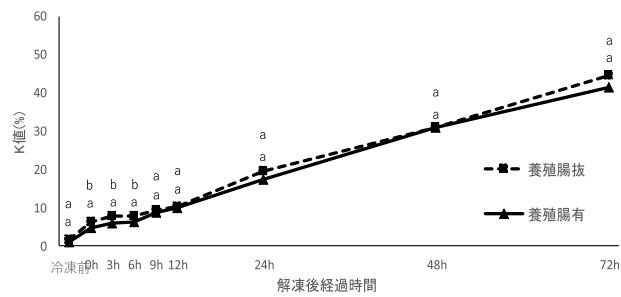
括弧内の数値は平均値±標準偏差



第5図 5°C貯蔵における漁獲アユの締め方別のK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Steel-Dwass の方法、 $p < 0.05$)。

冷凍アユ

養殖アユを氷締めしてから-20°Cで半年間保存して解凍した際のK値は、腸有りは0時間後の4.2-5.3(平均4.8±標準偏差0.4)から72時間後の37.6-46.9(41.3±4.0)へと上昇した。冷凍前のK値は0.0-2.6(1.0±1.1)であった。また、腸抜きは0時間後の5.1-6.9(6.1±0.7)から72時間後の43.1-47.2(44.5±1.6)へと上昇した。冷凍前



第6図 解凍後5°C貯蔵における養殖アユの腸有り区・腸抜き区のK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Welch の t 検定、 $p < 0.05$)。

のK値は0.0-2.6(0.5±1.2)であった(第5表、第6図)。漁獲アユを氷締めしてから-20°Cで半年間保存して解凍した際のK値は、腸有りは0時間後の5.2-8.4(6.7±1.4)から72時間後の16.9-63.0(48.1±18.5)へと上昇した。冷凍前のK値は0.0-6.2(2.2±2.6)であった。また、腸抜きは0時間後の7.6-14.0(10.3±2.5)から72時間後の47.4-66.9(55.8±7.5)へと上昇した。冷凍前のK値は0.3-

第4表 漁獲アユを5°Cで貯蔵した際のK値 (%)

	貯蔵時間(h)								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96
野締め	4.7 - 7.5 (5.8 ± 1.1)	7.6 - 13.7 (10.6 ± 2.7)	7.4 - 11.1 (9.9 ± 1.6)	6.1 - 19.0 (14.0 ± 5.5)	4.0 - 25.7 (14.8 ± 7.9)	6.8 - 11.7 (9.5 ± 2.1)	9.6 - 18.5 (14.3 ± 3.2)	21.9 - 34.0 (25.9 ± 4.7)	23.4 - 34.0 (25.7 ± 4.6)
氷締め	0.6 - 4.5 (3.5 ± 3.5)	1.5 - 4.6 (3.3 ± 1.3)	3.1 - 8.5 (6.2 ± 2.0)	4.7 - 5.7 (5.2 ± 0.4)	4.8 - 12.6 (7.3 ± 3.3)	5.5 - 8.1 (7.0 ± 1.0)	9.6 - 31.7 (16.3 ± 9.3)	13.0 - 24.7 (18.0 ± 4.3)	17.9 - 24.4 (25.5 ± 3.4)
腸抜き	1.8 - 8.4 (4.5 ± 2.5)	3.6 - 7.1 (5.8 ± 1.4)	3.3 - 9.5 (5.6 ± 2.5)	6.3 - 9.8 (8.3 ± 1.6)	5.0 - 19.9 (13.3 ± 5.7)	5.9 - 8.1 (7.2 ± 0.9)	10.0 - 16.8 (13.7 ± 3.1)	14.6 - 19.4 (17.0 ± 2.5)	17.9 - 24.4 (21.2 ± 2.9)

括弧内の数値は平均値±標準偏差

第5表 冷凍養殖アユを解凍後5°Cで貯蔵した際のK値 (%)

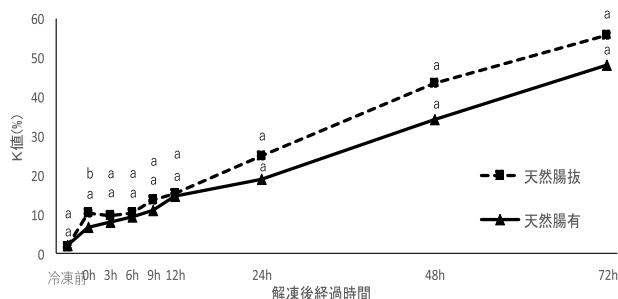
	貯蔵時間(h)								
	冷凍前	0	3	6	9	12	24	48	72
腸有り	0.0 - 2.6 (1.0 ± 1.1)	4.2 - 5.3 (4.8 ± 0.4)	5.4 - 6.7 (5.8 ± 0.5)	5.6 - 6.8 (6.2 ± 0.5)	7.7 - 9.5 (8.6 ± 0.7)	9.3 - 10.5 (9.9 ± 0.5)	15.6 - 19.7 (17.4 ± 1.6)	27.1 - 36.4 (30.8 ± 3.5)	37.6 - 46.9 (41.3 ± 4.0)
腸抜き	0.0 - 2.6 (0.5 ± 1.2)	5.1 - 6.9 (6.1 ± 0.7)	6.9 - 8.0 (7.6 ± 0.4)	7.1 - 9.3 (7.9 ± 0.9)	8.0 - 11.1 (9.3 ± 1.4)	9.2 - 12.7 (10.2 ± 1.4)	16.5 - 25.1 (19.4 ± 3.3)	27.9 - 34.8 (30.8 ± 3.2)	43.1 - 47.2 (44.5 ± 1.6)

括弧内の数値は平均値±標準偏差

第6表 冷凍漁獲アユを解凍後5°Cで貯蔵した際のK値 (%)

	貯蔵時間(h)								
	冷凍前	0	3	6	9	12	24	48	72
腸有り	0.0 - 6.2 (2.2 ± 2.6)	5.2 - 8.4 (6.7 ± 1.4)	6.8 - 10.2 (8.0 ± 1.3)	8.4 - 10.5 (9.5 ± 1.0)	8.0 - 15.5 (11.0 ± 3.1)	9.8 - 22.0 (14.7 ± 4.5)	13.3 - 22.7 (19.0 ± 3.7)	27.3 - 40.2 (34.3 ± 4.7)	16.9 - 63.0 (48.1 ± 18.5)
腸抜き	0.3 - 3.5 (1.7 ± 1.3)	7.6 - 14.0 (10.3 ± 2.5)	8.3 - 10.9 (9.6 ± 1.2)	9.2 - 14.4 (10.5 ± 2.2)	12.6 - 16.6 (13.8 ± 1.7)	12.7 - 17.9 (15.5 ± 2.2)	16.4 - 34.9 (25.1 ± 7.1)	30.4 - 62.7 (43.7 ± 11.9)	47.4 - 66.9 (55.8 ± 7.5)

括弧内の数値は平均値±標準偏差



第7図 解凍後5°C貯蔵における漁獲アユの腸有り区・腸抜き区のK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Welchのt検定、 $p < 0.05$)。

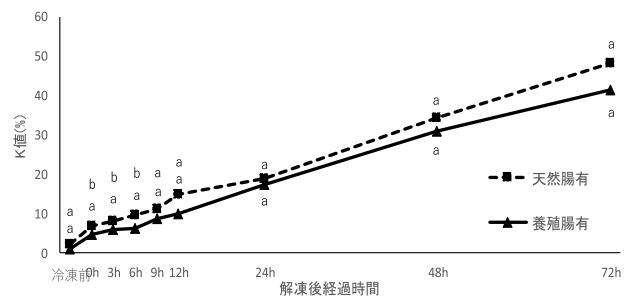
3.5(1.7±1.3)であった(第6表、第7図)。

養殖アユについては、解凍0、3、6時間後で腸抜きの方が腸有りよりもK値が高く、その差は有意であった(Welchのt検定、 $p < 0.05$)。解凍9時間後以降は、腸抜きと腸有りの間に有意差は見られなかった(Welchのt検定、 $p > 0.05$)。漁獲アユについては、解凍0時間後で腸抜きの方が腸有りよりも有意にK値が高かった(Welchのt検定、 $p < 0.05$)。また、解凍3時間後以降は、腸抜きと腸有りの間に有意差は見られなかった(Welchのt検定、 $p > 0.05$)。

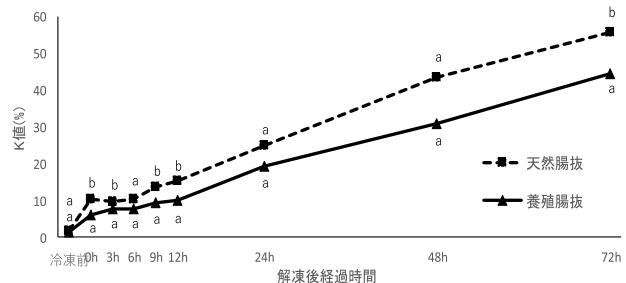
さらに、腸有りの養殖アユと漁獲アユのK値を比較するとともに、腸抜きの養殖アユと漁獲アユのK値を比較したところ、腸有りについては、解凍0、3、6時間後で漁獲アユの方が養殖アユよりもK値が高く、その差は有意であった(Welchのt検定、 $p < 0.05$) (第8図)。また、腸抜きについては、解凍0、3、9、12、72時間後で漁獲アユの方が養殖アユよりもK値が高く、その差は有意であった(Welchのt検定、 $p < 0.05$) (第9図)。

考 察

魚肉に含まれるATP関連化合物全体(ATP+ADP+AMP+IMP+Ino+Hyp)のうち、ATPは運動や代謝に伴って分解される一方、再合成もされるため、生体内でのレベルはほぼ一定に保たれているが、死後急速に分解される(横山・坂口、1998)。また、締めてからのIMPからInoへの反応が他の反応に比べて遅いため(渡部、2010)、死後のInoとHypの蓄積割合は魚類の鮮度の指標となる。さらに、ATP関連化



第8図 解凍後5°C貯蔵における腸有り区の養殖アユと漁獲アユのK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Welchのt検定、 $p < 0.05$)。



第9図 解凍後5°C貯蔵における腸抜き区の養殖アユと漁獲アユのK値推移。同貯蔵時間において異なるアルファベットは有意差を示す(Welchのt検定、 $p < 0.05$)。

合物の分解は酵素反応であり、その反応速度は温度に影響される。刺身などの生食用食材の鮮度管理の目安はK値が20%以下とされている(北海道水産農林部、2007)。

養殖アユにおいて、貯蔵温度は同じで締め方の違いによる鮮度の差を検討したところ、氷水に入れて締める「氷締め」は、水を切って締める「野締め」より初期のK値が低く、鮮度をより保持できる傾向にあった(第2図、第3図)。これは後藤ほか(2016)と同様の結果であった。野締めでは酸欠のため暴れることでエネルギー源であるATPを貯蔵前から大幅に消耗しており、これが氷締めとのK値の差につながったと考えられる。しかしながら、漁獲後に氷水に直ちに入れて致死させる方法では、野締めよりも鮮度低下は遅いものの、致死までに時間がかかるため、延髓刺殺に比べると一般に鮮度低下は速くなる

(潮・金子, 2010)。実際に、本研究で氷締めしたアユも、氷水に投入後しばらくは暴れていたことから、大型魚で行われているような神経切断による即殺ほどの効果は薄いと考えられた。漁獲アユでは、養殖アユと似た傾向を示したもの、個体によるばらつきの大きい結果となった(第4図、第5図)。これは、個体ごとに友釣りのおりアユとして使われた時間や強度が異なることにより、特に運動エネルギー源であるATPの消費度合いが異なることが原因と考えられた。しかしながら0°Cでの氷蔵条件下では、締めてから96時間後まではどの処理においてもK値の平均が20%未満であった。このことから、適切に冷却されていてかつ早めに消費するのならば、どの締め方においても高い鮮度が保たれると考えられた。

魚介類は哺乳類など陸上の恒温動物とは異なり変温動物で、哺乳類の体温に比べて水中は一般に低い温度にある。魚介類に含まれているタンパク質は低温でも酵素活性などの機能を発揮するために構造が柔軟にできており、魚介類を死後、哺乳類の場合と同じ温度で貯蔵すると、魚介類に含まれるタンパク質の方が圧倒的に不安定であるため、低温保持が畜肉に比べて重要である(渡部, 2010)。しかしながら、ヒラメでは0°Cで貯蔵した場合は、10°Cに貯蔵した場合よりATPが速やかに減少し、死後硬直も速やかに進行した(Watabe et al., 1989)。一方、北海道水産農林部(2007)によると、サンマやニシンについては、より低温で保冷することにより高鮮度が保持できるとされ、魚種によって最適な保存温度は異なっている。また、新井ほか(2011)は成熟期のニジマスを用いて氷蔵と5.5–5.6°Cの冷蔵での鮮度の推移を比較し、冷蔵より氷蔵の方が鮮度を保持できるとしており、原・中野(2017)は全雌三倍体ニジマスも同様の結果であったことを報告している。本研究のアユにおいても、5°C貯蔵よりも0°C貯蔵でK値が低く推移し、その差は経過時間とともに大きくなつたことから、氷温に近い低温で保存することで、より鮮度を保持できると考えられた。

腸抜きの有無で鮮魚アユの鮮度を比較したところ、特に養殖アユで腸抜きの方が鮮度の低下が緩やかであることが示唆された(第2図、第3図)。マサバ*Scomber japonicus*では、血液中のコラーゲン分解活性をもつプロテアーゼ量が血抜きによって減少することで、コラーゲンの分解が遅延し、鮮度低下の一つの指標である軟化が抑制されたと考えられている

(Sato et al., 2002)。アユにおいても傷みやすい内臓を除去すると同時に一定量の血液も抜くことで、より鮮度が保たれた可能性があるが、その機序については今後検討する必要がある。

養殖アユおよび漁獲アユを半年間にわたって長期間冷凍保存しても、解凍直後では鮮魚を締めた直後程度の低いK値を維持できることが明らかとなつた(第6図、第7図)。しかしながら、冷凍アユにおいては、鮮魚アユの貯蔵後12–24時間まで見られたような腸抜き処理によると考えられる鮮度保持効果が認められず、解凍後6時間まではかえって腸抜きの方が腸有りよりも高いK値を示した。この理由については不明であるが、アユを冷凍保存する際には鮮度保持を目的とした腸抜きは必要ではないことが示唆された。

鮮魚を5°Cで保存した場合(第2表、第4表)と比べると、冷凍アユを解凍して5°Cで保存した場合(第5表、第6表)の方が、K値の上昇速度が大きくなつた。魚肉を冷凍した際には細胞内外に生成した氷結晶によって細胞の物理的破壊が起こることが知られているため(石崎・落合, 2010)、アユを締めた直後の冷凍保存は鮮度保持に有効であるが、解凍後は速やかに消費するのが望ましいといえる。マダイ*Pagrus major*等の他魚種では、養殖魚の方が漁獲魚よりも冷蔵保存中の筋原線維の断片化率の上昇が速く、脆弱な肉質であり(橘・植本, 1990)、冷凍保存後の解凍の際にも養殖魚の方が漁獲魚よりも細胞の損傷が激しく、各種酵素による鮮度低下が起こりやすいことが想定される。一方、アユでは逆に漁獲魚の方が養殖魚よりも、冷凍保存後の解凍の際に鮮度低下が速い傾向にあった(第8図、第9図)。このことから、養殖アユと漁獲アユの肉質には差異があることが示唆され、両者の鮮度変化の差異に影響していると推定される。そのため、今後は、養殖アユと漁獲アユの肉質について、応力や硬直指数の測定および筋原線維の構造観察等によって詳しく検証することが望まれる。

要 約

1. 県内産養殖アユ及び漁獲アユを用い、鮮魚及び冷凍アユについて、締め方の違いによる鮮度の差異を、K値を指標として比較した。
2. 鮮魚では、養殖アユのK値は野締め、氷締め、腸抜

きの順に低く、より鮮度が保たれる傾向であった。漁獲アユも同様の傾向を示したが、個体によるばらつきが非常に大きく、友釣りによって漁獲されたアユは、おとりとして使われた時間や強度が個体によって異なるからと考えられた。

3. 養殖アユ、漁獲アユともに解凍魚は鮮魚に比べて K 値の上昇が速く、解凍後は速やかに消費することが望ましいと考えられた。
4. 漁獲アユの解凍魚は鮮魚に比べて K 値の上昇が特に速い傾向があり、漁獲アユの肉質が関係している可能性があることから、今後は養殖アユと漁獲アユの応力や硬直指数の比較が必要であると考えられた。

謝 辞

長良川漁業協同組合の上田一二氏より、アユの腸抜きの手法の指導を受けた。材料の調達および分析試料の調製等では、同僚諸氏の支援を受けた。K 値の分析に関しては、岐阜大学大学院連合農学研究科のスタッフに協力いただいた。ここに記して各位に深謝する。

文 献

- 新井 肇・松原利光・西塔正孝・内田直行・鈴木平光.
2011. ニジマスの鮮度に及ぼす低温流通の効果. 群
馬県水産試験場研究報告, 17:1-10.
- 後藤功一・武藤義範・タンマウォン マナスイカン・中野浩
平. 2016. 致死条件の違いがアユの鮮度関連指標に
及ぼす影響. 岐阜県水産研究所研究報告, 61:
11-15.
- 原 徹. 2016. 大型マス類の鮮度保持マニュアル, 岐阜
県 水 産 研 究 所 ホ ー ム ペ ー ジ
<http://www.fish.rd.pref.gifu.lg.jp/gijutsu/sendohoji/160201-sendo-hoji.pdf>
- 原 徹・中野浩平. 2017. 活魚輸送密度、絞め方および
保存方法が三倍体ニジマスの鮮度に与える影響. 岐
阜県水産研究所研究報告, 62: 35-39.
- 北海道農林水産部. 2007. 生鮮水産物鮮度保持マニュ
アル(概要版): 8-21.
- 胡 亜芹・張 佳琪・蛯谷幸司・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.

井嶋重尾. 1989. パーシャルフリージング法によるコアユ
の鮮度保持. 滋賀県水産試験場研究報告, 41:
58-61.

石崎松一郎・落合芳博. 2010. 魚介類成分の加工貯蔵
中の変化. 渡部終五(編), pp.55-80. 水産利用化学
の基礎. 恒星社厚生閣, 東京.

農林水産省. 2017-2019. 内水面漁業生産統計調査,
農 林 水 产 省 ホ ー ム ペ ー ジ :
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyo_sei/index.html

Saito T., K. Arai and M. Matsuyoshi. 1959. A New
Method for Estimating the Freshness of Fish. Bulletin
of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 24:
749-750.

Sato K., S. Uratsuji, M. Sato, S. Mochizuki, Y.
Shigemura, M. Ando, Y. Nakamura and K. Ohtsuki.
2002. Effect of slaughter method on degradation of
intermasucular type V collagen during a short-term
chilled storage of chub mackerel *Scomber japonicus*.
Journal of Food Biochemistry, 26: 415-428.

橋 勝康・榎本六良. 1990. マダイ. 平山和次(編).
pp.48-54. 養殖魚の価格と品質. 恒星社厚生閣, 東
京.

内山 均・江平重男・小林 宏・清水 宦. 1970. 挿発性
塩基、トリメチルアミン、ATP 関連化合物の魚類鮮度
判定法としての測定意義. 日本国水産学会誌, 36:
177-187.

潮 秀樹・金子 元. 2010. 水産物の鮮度保持. 渡部終
五(編), pp.41-54. 水産利用化学の基礎. 恒星社厚
生閣, 東京.

Watabe S., Ushio H., Iwamoto M., Yamanaka H. and
Hashimoto K. 1989. Temperature-dependency of
rigor-mortis of fish muscle, Myofibrillar
Mg²⁺-ATPase activity and Ca²⁺ uptake by
sarcoplasmic reticulum. Journal of Food Science, 54:
1107-1110.

渡部終五. 2010. 序論. 渡部終五(編), pp.1-9. 水産
利用化学の基礎. 恒星社厚生閣, 東京.

横山芳博・坂口守彦. 1998. 魚介類筋肉の死後におけ
る ATP の代謝とその周辺. 比較生理生化学, 15:
193-200.