

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

原 徹, 中野浩平*

Effects of live fish transport density, lethal condition and preservation method
on freshness of triploid rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*

TORU HARA, KOHEI NAKANO¹

近年、消費者の魚離れが進み、全国的に鮮魚の購入量が減少しているが、大型マスを含むサケ科魚類の購入量は横這い状態である（総務省，2009-2014）。また、サケ・マスの輸入量は2012年以降減少しているが（財務省，2012-2014）、サケ・マスの国内生産量は横這い傾向にある（農林水産省，2012-2014）。

一方、本県の養殖業者を対象に行った聞き取り調査では、三倍体ニジマスの生産量は増加傾向にある（原、未発表）。本県で生産された三倍体ニジマスは、主に県内で消費されていることから、三倍体ニジマスの生産量の増加は大型マスに対する県内の根強い需要が反映されていると考えられる。この需要を取り込み、県内産三倍体ニジマスの生産量をさらに増加させるためには、競合する外国産および他県産の大型マス類との差別化が必要と考えられる。県内産を外国産および他県産と比較した場合、県内産の利点は、養殖業者から出荷して消費者の手に渡るまでに要する時間が短いため、より鮮度の良いものを供給できることと考えられる。

魚介類では、鮮度の良否が価値を大きく左右するため、鮮度の保持は水産資源の利用加工の上で最も重要な課題として研究されてきた。このため、ヒラメやババガレイ、サンマ、ニシン等の海産魚では鮮度の良いものを安定供給するために、魚種ごとに最適な絞め方や保存方法を示した鮮度保持マニュアルが作成されている（北海道水産農林部，2007）。しかし、三倍体ニジマスをはじめとする淡水産の大型マス類は、鮮度保持に関する研究は行われているものの知見が少なく（降幡・近藤，2010；新井ほか，2011）、鮮度保持マニュアルもない。県内の養殖業者は、それぞれの経験に基づいて魚を絞めて保存しており、加工業者に入荷される魚の鮮度は出荷養殖業者毎に異なっている。このように、現状では消費地に近いという利点を高鮮度という形で十分に活かされていない。

そこで、鮮度の良い県内産三倍体ニジマスを安定的に流通させるために、鮮度を保持するための絞める直前の活魚輸送密度、絞め方および保存方法について検討し、知見が得られたので報告する。

キーワード：鮮度、輸送密度、絞め方、保存方法、大型マス、全雌三倍体ニジマス、K値

材料と方法

試験 1 活魚輸送条件（活魚輸送密度の違いによる経過時間に伴う鮮度の比較）

供試魚として、県内の養殖業者で生産された全雌三倍体ニジマスを用いた。活魚輸送密度は、水槽に水 1t を入れ、その中に活かした状態で積載する魚体量 (kg) のことで、単位としては、kg (魚体重)/t (水) で表示される。

* 岐阜大学大学院連合農学研究科

本試験では、全雌三倍体ニジマス 20 尾（平均体重 1.4kg）を輸送する際の水槽内の水量を 1t、0.5t、および 0.25t と変え、水 1t に対して魚体重 28kg、56kg および 113kg となるように 3 区を設定した（以下、輸送密度 28kg/t 区、56kg/t 区、113kg/t 区と称す）。

全雌三倍体ニジマスを県内養殖業者から当所まで約 1 時間 30 分をかけ活魚輸送して、当所の一時蓄養池に収容し、30 分後に供試魚を活絞めした。包丁で延髄を切断後に鰓弓下部を切断して、氷冷水中（4℃）で 5 分間脱血し、魚体をビニール袋に入れて発泡スチロール箱に収容し、約 6kg の氷で魚体を覆い、完全に蓋をして冷蔵室（約 10℃）で貯蔵した。

各区とも絞めてから 0 時間後、3 時間後、24 時間後、48 時間後に各 5 尾から K 値（Saito et al., 1959; 内山ほか, 1970）を測定するための試料を採取した。

K 値を測定するための ATP 関連物質抽出は、胡ほか（2013）に従った。すなわち、全雌三倍体ニジマスの背鰭下から 1.5g の筋肉を採取し、50ml のディスポーザブルプラスチック遠沈管中で 10ml の 5%PCA（過塩素酸）溶液を用い、氷冷しながらガラス棒で 10 分間潰し、そこへ一定量の 1M KOH 溶液を添加して pH3.0 になるように調整した。その後メスフラスコを用いて蒸留水で全量を 25ml に合わせた。これを静置して得られた上清のうち 5ml をポアサイズ 0.45 μm のメンブレンフィルター（ザルトリウス社製ミニザルト RC15）に透過させ、懸濁成分を除去した。このうちの 4ml に 0.1M のリン酸緩衝液 1ml を加えて中和し、ATP 関連物質のアデノシン三リン酸（ATP）、アデノシン二リン酸（ADP）、アデニル酸（AMP）、イノシン酸（IMP）、イノシン（Ino）およびヒポキサンチン（Hyp）の測定用試料とした。これを 2.0ml の冷凍保存用チューブに 1.5ml 入れて、-80℃のディープフリーザーで凍結保存し、岐阜大学大学院連合農学研究科に搬送後液体クロマトグラフィー（東ソー製 8020）で ATP 関連物質をそれぞれ測定し、次式（ $K \text{ 値} \% = ((\text{Ino} + \text{Hyp}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{Ino} + \text{Hyp})) \times 100$ ）により K 値を算出した。

試験 2 絞め方の比較（活絞めおよび野絞めによる経過時間に伴う鮮度の比較）

包丁で延髄を切断後に鰓弓下部を切断して、氷冷水中（4℃）で 5 分間脱血し、魚体をビニール袋に入れて発泡スチロール箱に入れ、約 6kg の氷で魚体を覆い、完全に蓋をして冷蔵室で貯蔵した区を活絞め区とした。また、氷を敷き詰めたコンテナで 30 分間放置して死亡させ、その後活絞めと同様の方法で保存した区を野絞め区とした。各区とも絞めてから 0 時間後、3 時間後、24 時間後、48

時間後に各 5 尾から K 値（Saito et al., 1959; 内山ほか, 1970）を測定するための試料を採取した。K 値を測定するための ATP 関連物質は、試験 1 と同様に、胡ほか（2013）に従った。また、両区とも絞めてから 0 時間後から 12 時間後までは 1 時間間隔、その後は 24 時間後、36 時間後および 48 時間後に各 5 尾について硬直指数（尾藤ほか, 1983）を測定した。

硬直指数の測定は、尾藤ほか（1983）に従い、絞めた後体長を測定し、頭部側の魚体を体長の半分だけまな板の上に乗せ、まな板からはみ出した尾部側半分の魚体の垂下長（L）と致死直後の垂下長（Lo）から、次式（硬直指数 $\% = 100 \times (L_0 - L) / L_0$ ）により算出した。測定した K 値および硬直指数から各区の鮮度を比較した。

試験 3 保存方法の比較（氷冷方法の違いによる経過時間に伴う鮮度の比較）

包丁で延髄を切断後に鰓弓下部を切断して、氷冷水中（4℃）で 5 分間脱血し、その後魚体をビニール袋に入れて発泡スチロール箱に収容し、約 2kg の氷を 2 隅に盛って冷蔵室で貯蔵した区を氷 2 盛り区とした。また、同様に絞めた後、魚体をビニール袋に入れて底面に約 4kg の氷を敷き詰めた発泡スチロール箱に収容し冷蔵室で保存した区を氷底面区とした。

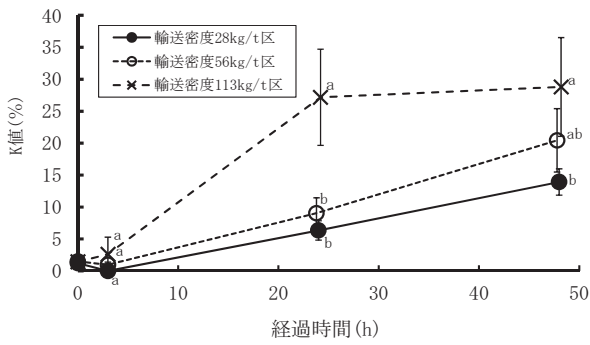
両区の魚体の冷却状況を明らかにするため、背鰭と側線の間部分の筋肉に金串を 15cm 差し込んで穴を開け、自記式水温記録器（株式会社ティアンドレイ製おんどとり Jr. TR-52i）のセンサーを入れ、10 分間毎の筋肉温度を計測した。

また、両区とも絞めてから 0 時間後、3 時間後、24 時間後、48 時間後に各 5 尾から K 値（Saito et al., 1959; 内山ほか, 1970）を測定するための試料を採取した。K 値を測定するための ATP 関連物質は、試験 1 と同様に、胡ほか（2013）に従った。

結果および考察

活魚輸送密度の比較

第 1 図に活魚輸送密度の違いによる活絞め処理後の経過時間に伴う K 値の推移を示した。処理 0 時間後の K 値は、輸送密度 28kg/t 区で 1.2%、輸送密度 56 kg/t 区で 1.5%、輸送密度 113 kg/t 区で 1.4%であった。処理 3 時間後の K 値は、輸送密度 28kg/t 区で 0%、輸送密度 56kg/t 区で 1.0%、輸送密度 113kg/t 区で 2.6%と輸送密度が高いほど K 値が高い傾向を示したが、その差は有意ではなかった（Tukey の多重比較、 $p > 0.05$ ）。しかし、処理 24 時間後にはい

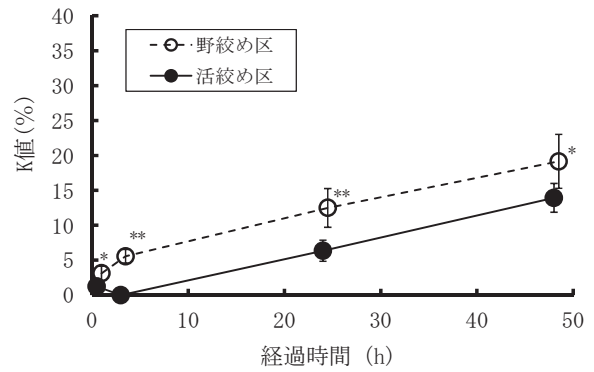


第1図 活魚輸送密度の違いによるK値の推移

垂線は標準偏差、同じアルファベットの間には有意差がないことを表す。(Tukeyの多重比較, $p > 0.05$)

ずれの輸送密度においてもK値が上昇し、輸送密度28kg/t区で6.4%、輸送密度56kg/t区で9.0%、輸送密度113kg/t区で27.2%となった。輸送密度が高いほどK値が高いという傾向はより明瞭になり、輸送密度28kg/t区と輸送密度113kg/t区との間に有意差が認められた(Tukeyの多重比較, $p < 0.05$)。また、処理48時間後のK値は、輸送密度28kg/t区で13.9%、輸送密度56kg/t区で20.4%、輸送密度113kg/t区で28.8%となり、輸送密度28kg/t区と輸送密度113kg/t区との間に有意差が認められた(Tukeyの多重比較, $p < 0.05$)。これらの結果から、活絞め前の活魚輸送密度が低いほど経過時間に伴うK値の上昇は緩やかで、鮮度が保持されやすいことが明らかになった。

県内養殖業者への聞き取り調査では、全雌三倍体ニジマスは鮮魚で量販店に出荷し、店頭で刺身として陳列するまでに要する時間は約24時間ということであった。このため量販店で販売後に消費者が食するまでの時間を考慮すると、処理24時間から48時間後にかけて生食用の鮮度を保持しているのが望ましいと考えられる。刺身などの生食用食材の鮮度管理の目安はK値20%以下とされており(北海道水産農林部, 2007)、まず処理24時間後の各区のK値をこの値と比較すると、輸送密度113kg/t区では27.2%で20%を超えていたため、113kg/tの高密度で輸送すると活絞め処理24時間後には生食として提供できなくなると考えられる。一方、輸送密度56kg/t区の処理48時間後のK値は20.4%であった。絞める直前の活魚輸送密度が高いほど三倍体ニジマスにかかる負担が多くなり、それが絞めた後の鮮度を低下させる一因になっていたため、高密度で三倍体ニジマスの鮮度を保持するための活魚輸送密度は56kg/t以下が望ましいと考えられる。



第2図 絞め方の違いによるK値の推移

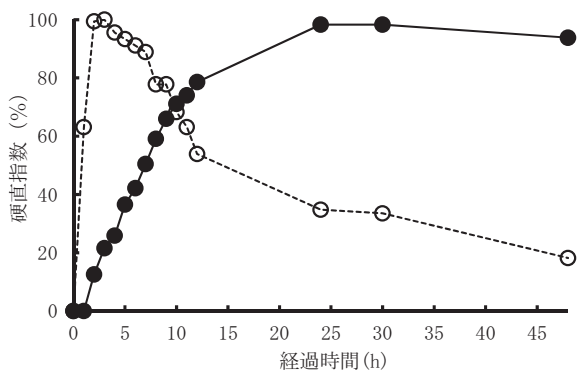
垂線は標準偏差、*は両区間に有意差があることを表す。(Welchのt検定, $*p < 0.05$, $**p < 0.01$)

絞め方の比較

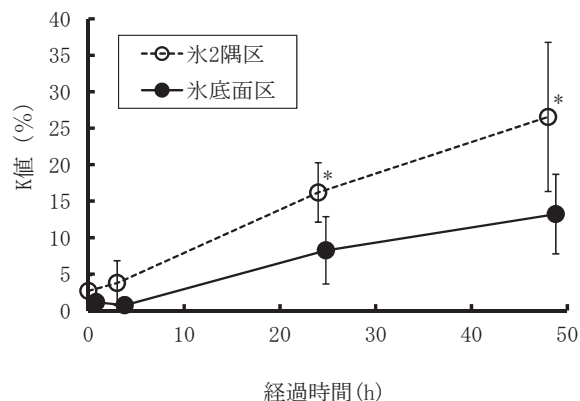
第2図に活絞め区および野絞め区の処理後の経過時間に伴うK値の推移を示した。活絞め区のK値は、処理0時間後、3時間後、24時間後および48時間後のいずれにおいても野絞め区のK値より有意に低い値で推移し(Welchのt検定, $p = 0.002-0.037$)、活絞めは野絞めより鮮度を保持できることが示された。

第3図に活絞め区および野絞め区の経過時間に伴う硬直指数の推移を示した。活絞め区の硬直指数は、処理後緩やかに上昇し、12時間後に80%まで上昇した。一方、野絞め区の硬直指数は、処理1時間後には急激に63%まで上昇し、3時間後には100%に達した。降幡・近藤(2010)が信州サーモンで行った知見では、硬直指数は脊椎切断による即殺(活絞め)では12時間後に90%まで上昇したが、苦悶死(野絞め)では処理後急激に上昇し、3時間後には100%に達しており、本研究と同様の結果であった。魚の死後変化は、硬直、解硬、軟化、腐敗という順に進行するので(上村, 2001)、硬直が緩やかに進むほどその後の解硬および腐敗の進行も遅くなる。このため完全硬直に達する時間は、鮮度の目安となる。本試験結果より、活絞め区の完全硬直に達する時間は野絞め区に比べて9時間以上遅いことから、活絞めは野絞めより鮮度を保持できると考えられる。

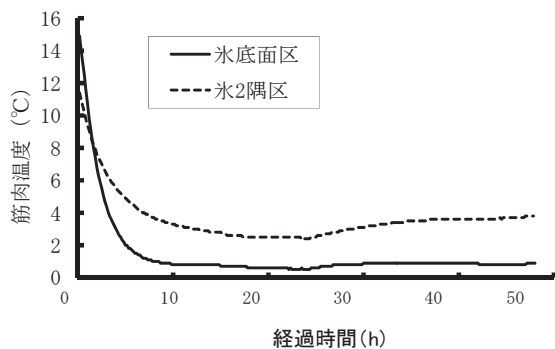
北海道水産農林部の海産魚の鮮度保持マニュアル(2007)では、魚種に関わらず高鮮度を保持できる絞め方は活絞めとされている。また、降幡・近藤(2010)の信州サーモンにおける知見でも、即殺(活絞め)の方が悶絶死(野絞め)よりも鮮度を保持できると報告されている。さらに、降幡・近藤(2011)は、延髄後部付近の脊椎骨を切断した即殺と頭部殴打による即殺を比較したところ、延髄後部付近の



第3図 活絞めおよび野絞めの経過時間に伴う硬直指数の推移
黒丸実線は活絞め区を、白丸破線は野絞め区を表す



第5図 氷冷方法の違いによるK値の推移
垂線は標準偏差、*は両区間に有意差があることを表す。(Welchのt検定, $p < 0.05$)



第4図 経過時間に伴う筋肉温度の推移

脊椎骨を切断した即殺の方が鮮度を保持できると報告している。頭部を殴打した場合、神経が筋肉に繋がっているため、筋肉の運動が継続し、ATPが消費されるが、魚の神経を切断すれば、魚はその後筋肉を動かすことができなくなるため、頭を殴打した場合よりATPの消費が抑えられ、鮮度を保持できると考えられる。このことから、即殺でより鮮度を保持するためには、活絞めする時に、いかに暴れさせることなく、素早く神経を切断するかが重要と考えられる。

保存方法の検討

氷2盛区と氷底面区の筋肉温度の推移を第4図に示した。氷2盛区では、一時的に3°Cまで低下したが、発泡スチロール内の氷が全て解けてしまうと3.8°Cまで上昇した。それに対し氷底面区では、発泡スチロール内の氷が全て溶けてしまうことはなく、処理11時間後から48時間後まで1°C以下で推移したことから、氷底面区の方が筋肉温度を氷温に近い状態で維持できることが示された。

第5図に氷2盛区と氷底面区の経過時間に伴うK値の推移を示した。氷底面区のK値は、処理0時間後、3時間後、

24時間後および48時間後のいずれにおいても氷2盛区のK値より低い値で推移し、24時間後および48時間後の両区のK値にはそれぞれ有意差が認められた(Welchのt検定, $p = 0.021, 0.042$)。これにより、多くの氷を用いて筋肉温度を氷温に近い温度に保つ方が、よりニジマスの鮮度を保持できることが明らかになった。

北海道水産農林部の海産魚の鮮度保持マニュアル(2007)によると、海産魚のマダイやヒラメについては、過度の冷却を避け、5~10°Cで保冷することにより高鮮度を保持できるとされているが、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。一方、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、本研究と同様の結果であったことから、全雌三倍体を含むニジマスについては、氷温に近い低温で保存することにより、鮮度を保持できると考えられる。

要 約

1. 県内養殖業者により生産された全雌三倍体ニジマスを供試魚とし、鮮度の指標としてK値および硬直指数を用いて、高鮮度を保持するための活魚輸送密度、絞め方および保存方法について検討した。
2. 活魚輸送密度については、輸送密度113kg/t区の24時間後のK値が27.2%と高く、高密度輸送に伴う鮮度低下が認められた。輸送密度56kg/t区の48時間後のK値(20.4%)は、刺身など生食用の限界値であったことから、三倍体ニジマスを高鮮度保持するための活魚輸送密度は

56kg/t 以下が望ましいと考えられる。

3. 活絞めおよび野絞めの処理後の経過時間に伴う K 値の推移から、活絞めは野絞めと比較して K 値の上昇が緩やかであった。また、活絞めおよび野絞めの硬直指数の推移から、野絞めは処理後 3 時間で完全硬直に達したが、活絞めは緩やかに硬直が進んだ。これらの結果から、活絞めは野絞めより鮮度を保持できることが明らかになった。
4. 保存方法については、発泡スチロール箱に氷 2 盛と氷底面の氷冷方法の違いについて比較したところ、氷底面の方が筋肉温度を氷温に近い状態に保つことができ、K 値を低い状態に保てることが明らかになった。

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.

尾藤方通・山田金次郎・三雲泰子・天野慶之. 1983. 魚の死後硬直に関する研究-I 改良 CUTTING 法による魚体の死後硬直の観察. 東海区水産研究所研究報告, 109: 89-96.

降幡 充・近藤博文. 2010. 信州サーモンの硬直指数に対

する殺処理方法と貯蔵温度の影響. 平成 21 年度長野県水産試験場事業報告: 31.

降幡 充・近藤博文. 2011. K 値に対する致死方法と貯蔵温度の影響. 平成 22 年度長野県水産試験場事業報告: 25.

胡 亜芹・張 佳琪・蛭谷幸司・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, 79: 219-225.

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.

上村 健. 2001. 鮮度とは?. 鹿児島県水産技術開発センター機関誌「うしお」, 287: 6-7.

農林水産省. 2012-2014. 漁業養殖業生産統計:
http://www.maff.go.jp/j/tokei/seiryu/kaimen_gaisuu.html

Saito, T., K. Arai and M. Matsuyoshi. 1959. A new method for estimating the freshness of fish. Bull. Jan. So. Sci. Fish., 24: 749-750.

総務省. 2009-2014. 家計調査:
<http://www.stat.go.jp/data/kakei/>

内山 均・江平重男・小林 宏・清水 亘. 1970. 揮発性塩基、トリメチルアミン、ATP 関連化合物の魚類鮮度判定としての測定意義. 日本水産学会, 36: 177-187.

財務省. 2012-2014. 貿易統計:
<http://www.customs.go.jp/toukei/info/>