

異なる締め方によるアカガレイの鮮度保持効果

野口俊輔, 熊木豊

Effects of different killing methods on the freshness
of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius*

Shunsuke Noguchi and Yutaka Kumaki

The effects of different killing methods on the freshness of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius* were determined by examining the temporal variations of rigor mortis and ATP-related compounds. The rigor index was maximized 24 hours after struggled killing and 48 hours after both instant killing and spinal cord destruction. That is, the progression of rigor mortis was slower and freshness was higher after instant killing and spinal cord destruction than after struggled killing. The K-value was 17% for instant killing and 7% for spinal cord destruction 30 hours after killing. In addition, the proportion of inosine monophosphate was at almost the maximum value even 30 hours following spinal cord destruction. These results demonstrate that spinal cord destruction is appropriate when distributing the flathead flounder *Hippoglossoides dubius* for sashimi in the Keihanshin area.

キーワード: アカガレイ, 脊髄破壊, 鮮度保持, 硬直指数, K 値

アカガレイ *Hippoglossoides dubius* は、京都府の駆け廻し式底びき網漁業（以下、底びき網漁業）において重要な漁獲対象種である。京都府漁業協同組合（以下、漁協）の漁獲統計資料によると、年間のアカガレイの漁獲量および金額は約 99 トンおよび約 4 千万円（いずれも 2013 ~ 2017 年平均値）であり、底びき網漁業による漁獲物のうち漁獲金額ではズワイガニ *Chionoecetes opilio* に次いで多い。

アカガレイは主に煮付け用食材として利用され、特に冬季に大型の卵巣を有する成熟雌の需要は高い。しかし、成熟雌であっても体長 30 cm 以上の大型サイズでは 1 尾あたりの単価は一定あるいはサイズの増大に伴い微減する傾向がある。この要因として、煮付け用食材としては大きすぎることが挙げられる（野口・熊木, 2018）。そこで漁協は、2015 年より大型サイズのアカガレイの付加価値向上を目指し、刺身用食材とするために体重 600 g 以上（体長約 35 cm 以上）の個体を対象に、活魚出荷の取組を開始した。これまでアカガレイの刺身は、鮮度低下を理由に主に底びき網漁業者の間でのみ食べられていたが、この取組により京都市を中心とする京阪神地域でも食べられるようになった。漁業者によって活かした状態で産地市場に水揚げされたアカガレイは、全て漁協によって買い取られ、市場内の活魚水槽に保管された後、注文に応じて活魚のままあるいは脊髄破壊（後述）した後に各取引先へ販売される。ただし、活

魚の輸送にはコストがかかることに加え、アカガレイ成魚の生息水温は主に水温 2°C 以下であることから（廣瀬, 2007）、不適切な管理による水温上昇で斃死するリスクがある。そのため現在では脊髄破壊後に輸送されるものが中心となっている。脊髄破壊による鮮度保持効果についてはマダイ *Pagrus major*, ブリ *Seriola quinqueradiata* (Ando *et al.*, 1996), マアジ *Trachurus japonicus* (Mishima *et al.*, 2005), イサキ *Parapristipoma trilineatum* (岡本ら, 2006) などの報告がある。一方で、アカガレイの脊髄破壊による鮮度保持効果についての知見はなく、その有効性は明らかではない。そこで本研究では、異なる締め方による死後硬直や ATP 関連物質の経時変化から、脊髄破壊による鮮度保持の効果を明らかにした。

試料と方法

硬直指数の測定 死後硬直の程度から異なる締め方による鮮度保持効果を調べるため、尾藤ら (1983) の方法に従い硬直指数を測定した。試料には、2018 年 2 月 23 日に府内の底びき網漁業により漁獲され、2 月 27 日まで舞鶴市場内の活魚水槽で保管していたアカガレイを用いた (Table 1)。締め方は、水槽から取り上げたのち氷の中で苦悶死させたもの（以下、野締め）、延髄切断により即殺したもの（以下、延髄切断）、延髄切断により即殺し、水温 5°C の海水中で数分間脱血した後にワイヤーで脊髄を破壊したもの

Table 1 Basic information for *Hippoglossoides dubius* individuals collected around the coast of Kyoto Prefecture

Date		Postmortem indicator	Killing method	Number of individuals	Body length (cm)		Body weight (g)	
Caught	Killed				Mean ± S.D.	Mean ± S.D.		
23 Feb. 2018	27 Feb. 2018	Rigor index	Struggled killing	5	33.6 ± 1.7	648.0 ± 89.5		
			Instant killing	5	35.3 ± 1.6	720.0 ± 107.0		
			Spinal cord destruction	5	37.1 ± 1.7	752.0 ± 120.7		
		ATP-related compounds	Instant killing	3	36.8 ± 1.7	789.1 ± 225.9		
			Spinal cord destruction	3	34.9 ± 0.5	662.6 ± 47.0		

(以下、脊髄破壊)の3通りとした。これらの締め方ごとに5尾を試験に供した。測定時間は、締めてから0, 3, 6, 12, 24, 30, 36, 48, 54および78時間後とした。試料は、アカガレイを産地市場から京阪神地域等まで保冷車で輸送する際の温度を想定し、4～5℃に設定した冷蔵庫で保管した。

ATP 関連物質の測定 異なる締め方による鮮度保持効果を調べるため、HPLC法によりATP関連物質の分析を行い、鮮度の指標とされるK値(Saito *et al.* 1959)を求めた。また、うま味成分の1つであるIMPのATP関連物質に占める割合を求めた。測定には硬直指数と同じ漁獲・保管条件の試料のうち、延髄切断および脊髄破壊の個体を各3尾用いた(Table 1)。分析には、部位による差が生じないように背側中央付近の部位から採取した筋肉片を用いた。全ての筋肉片は個別にポリエチレン製の袋に収容し、-20℃に冷却したエチルアルコール中に浸漬して速やかに冷凍し、ATP関連物質の分解に関わる酵素を失活させた。測定の間は、締めてから0, 12, 30および54時間後とした。

結 果

硬直指数 硬直指数の測定結果をFig. 1に示した。野締め区の平均硬直指数(最大値～最小値、以下同様)は、3試験区のうち最も早く上昇し、12時間後に61%(3～89%)、24時間後に最大の85%(70～93%)となった後、緩やかに解硬した。また、野締め区における経過時間ごとの個体差は大きかった。延髄切断区および脊髄破壊区では、僅かに脊髄破壊区の上昇が遅かったものの、いずれも48時間後に最大の78%(74～83%)および78%(76～82%)となった後、緩やかに解硬した。硬直に要する時間の個体差は、延髄切断区より脊髄破壊区で小さかった。また、両区と野締め区の平均硬直指数の差は12時間後に最大であった。

ATP 関連物質 K値の測定結果をFig. 2に示した。延髄切断区の平均K値(最大値～最小値、以下同様)は、12時間後に4%(4～5%)と低い値であったが、

その後、30時間後に17%(10～23%)、54時間後に37%(35～42%)と上昇した。一方、脊髄破壊区のK値は、30時間後においても7%(6～9%)と低い値を維持していた。その後、54時間後には30%(27～33%)であった。参考値として宮嶋ら(2008)によるアカガレイの野締め後、5℃で保管した際のK値の経時変化を図中に記した。

うま味成分の1つであるイノシン酸のATP関連物質に占める割合をFig. 3に示す。平均イノシン酸の割合(最大値～最小値、以下同様)は、延髄切断区では締めた直後に最も高く86%(83～89%)、12時間後には85%(82～88%)であった。一方、脊髄破壊区では12時間後に最も高く83%(80～84%)であり30時間後でも82%(80～84%)と高かった。

考 察

脊髄破壊されたアカガレイの流通について漁協から聞き取ったところ、活魚を締める時間としては主に7時頃および13時頃の2通りがあることがわかった。本府の北部地域の小売店等へ出荷される魚は朝に締められたものであり、当日中に店頭並びその日の夕食で食べられることが想定される。夕食を19時と仮定すると、締めてから12時間後が初めて食卓にのぼる時間である。一方、京阪神地域へ出荷される魚は、主に昼に締められたものであり、翌日に店頭並び、その日の夕食、すなわち締めてから30時間後に食卓にのぼることが想定される。つまり、現状の流通形態においては締めてから12時間後および30時間後が鮮度を評価する上での重要なポイントとなる。硬直指数の結果より、野締めに比べ延髄切断や脊髄破壊処理により死後硬直を遅らせる効果があることが明らかとなり、締めてから12時間後は、野締め区と他の2試験区の間で平均硬直指数の差が最も大きい時間であった。また、この時間の野締め区では個体差が大きく、既に90%程度とほぼ完全に硬直した個体も見られた。一般的に、苦悶死による筋収縮のエネルギー源であるATPの消失が硬直を早める要因として挙げられる(岩本, 1991)。本研究において野締めを行っている最中によく暴れる個体とそうでない個体が見られた。即殺された延髄切断区や

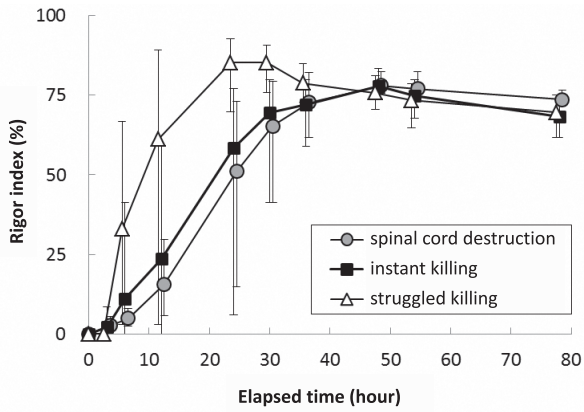


Fig. 1 Temporal variations of the rigor index for three different killing methods of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius*. Symbols indicate means, and error bars represent minimum and maximum values.

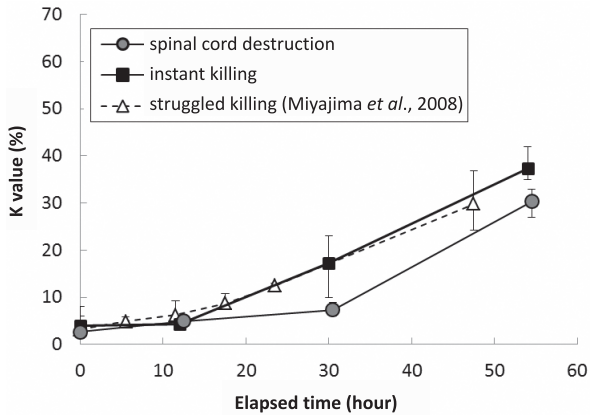


Fig. 2 Temporal variations of the K values for three different killing methods of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius*. Symbols indicate means, and error bars represent minimum and maximum values.

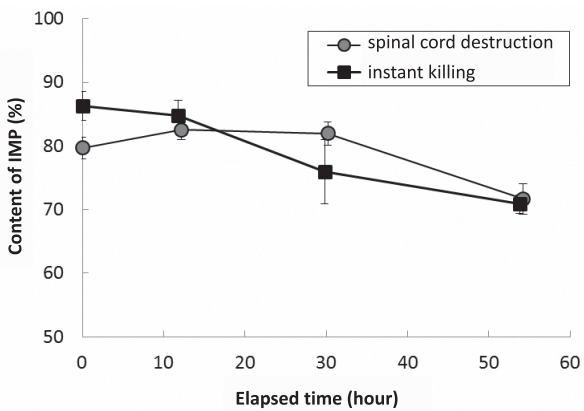


Fig. 3 Temporal variations of the content of inosine monophosphate (IMP/ATP-related compounds \times 100%) for three different killing methods of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius*. Symbols indicate means, and error bars represent minimum and maximum values.

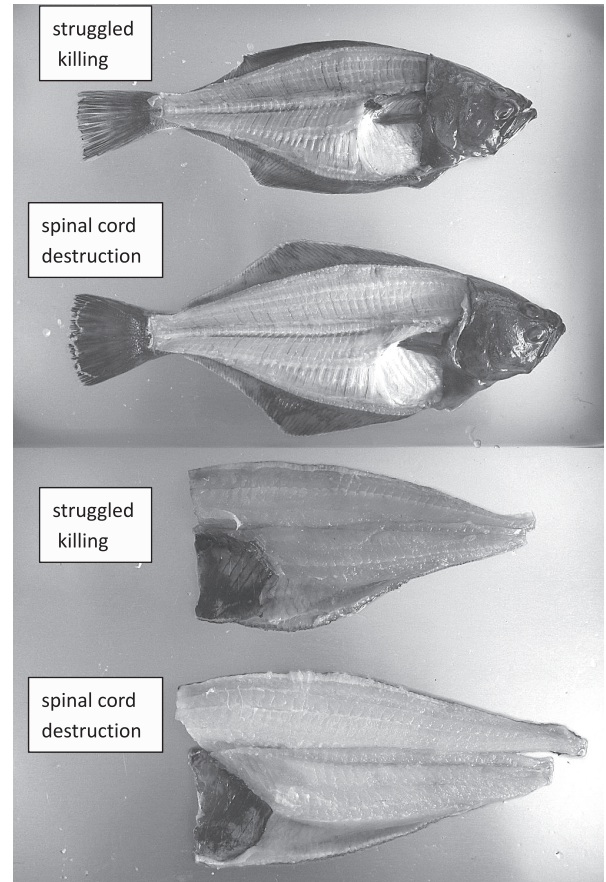


Fig. 4 Photographs showing meat color of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius* (30 h after killing).

脊髄破壊区の魚に比べ、野締め区では致死過程で暴れることにより ATP が多く消費された個体があったことになり、このような致死過程の差が硬直指数において個体差が生じる要因と推測される。一方、最大硬直までの硬直指数の個体差は脊髄破壊区で最も小さく、品質を統一する上で脊髄破壊は有効であると考えられた。締めてから 30 時間後は、野締め区では解硬途中であり、このときには筋肉の保水率の低下や筋原線維構造の脆弱化などの鮮度低下を示す現象が始まっている（関, 1991）。延髄切断区および脊髄破壊区では未だ硬直途中であり、野締めに比べて延髄切断や脊髄破壊による鮮度保持効果は高いことが明らかとなった。

生化学的な指標である K 値については、一般的な目安として 20% 以下が生食用、40% 以下が加熱用に適し、60% 以上では初期腐敗とされている（小関ら, 2006）。いずれの試験区においても締めてから 12 時間後では 5% 程度であり、本府の北部地域への流通を想定した場合は刺身用として問題ない値といえる。また、締めてから 12 時間後では、イノシン酸量の割合は延髄切断区および脊髄破壊区ともに 80% 以上で

あり、うま味成分が高い状態であった。脊髄破壊区では、30時間後においても平均K値は7%であり、京阪神地域への流通を想定した場合においても十分刺身用として利用できることが明らかとなった。また、イノシン酸量の割合は30時間後に最大値に近い82%であり、うま味成分が高い状態を維持していた。一方、延髄切断区は平均K値は同時間に17%であり、個体によっては20%を越えていることから刺身用として利用できる限界に近い値であった。また、野締め区（宮嶋ら，2008）においても延髄切断区と似た推移を示し、30時間後には20%を僅かに下回る値と推測された。これらのことから、締めてから12時間で食べられる場合、延髄切断あるいは脊髄破壊により十分良い状態を保つことが明らかとなったが、締めてから30時間程度要する場合、脊髄破壊がより適していると言える。

当所の研究員を対象に、野締めおよび脊髄破壊30時間後のアカガレイの刺身を用いた官能試験を実施したところ、脊髄破壊の歯ごたえは良く、野締めは「柔らかすぎる」という意見が複数挙げられた（野口，未発表）。肉質の軟化は最大硬直時にはかなり進行していることが明らかとなっており（豊原・安藤，1991），締めてから30時間後でも硬直の進行途中である脊髄破壊と、すでに解硬途中である野締めとの間には差が表れたと考えられる。Fig. 4は、野締めおよび脊髄破壊30時間後の身色の写真であるが、野締め後に比べ脊髄破壊後で透明感があり、より白いことが見て取れる。マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae* では活魚の脱血処理により筋肉の透明感が高まり、脱血の指標とされる鉄含有量が減ったことが報告されており（野中・小林，2017），アカガレイにおいてもこのような効果があるかもしれない。

宮嶋ら（2008）は野締めのアカガレイを用いて保管温度が鮮度に及ぼす影響を調べたところ、5℃より1℃保管の方がK値の上昇を遅らせると報告している。今後、脊髄破壊後のアカガレイにおいても保管温度の影響を明らかにすることで、鮮度保持効果をより高めることができる可能性があり、本府の刺身用アカガレイをこれまで以上に広範囲へ流通させることができると考えられる。

文 献

Ando M, Banno A, Haitani M, Hirai H, Nakagawa T, Makinodan Y. 1996. Influence on post-mortem rigor of fish body and muscular ATP consumption by the distribution of spinal cord in several fishes. *Fish. Sci.* **62**: 796-799.

廣瀬太郎. 2007. 新潟県沖日本海におけるアカガレイの産卵生態 - 産卵場，産卵期中の親魚の移動および成熟状態 -. 日本海区水産研究所主要研

究成果集. **2**: 2-5.

岩本宗昭. 1991. 魚類の死後硬直. 恒星社厚生閣: 74-82.

Mishima T, Nonaka T, Okamoto A, Tsuchimoto M, Ishiya T, Tachibana K, Tsuchimoto M. 2005. Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture, Japan. *Fish. Sci.* **71**: 187-194.

宮嶋俊明, 伊藤光史, 藤原邦浩, 山崎 淳. 2008. 駆け廻し式底曳網で漁獲されたアカガレイの鮮度に及ぼす保存温度の影響 (短報). 京都海セ研報, **30**: 63-64.

野口俊輔, 熊木 豊. 2018. 京都府舞鶴市場におけるアカガレイの出荷実態と効率的な出荷方法の検討 (短報). 京都海セ研報, **40**: 5-8.

野中太緒, 小林正三. 2017. 底びき網で漁獲されるマコガレイの活け締めによる品質向上. 千葉水総研報, **11**: 17-22.

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. 東海水研報, **109**: 89-96.

岡本 昭, 濱田友貴, 三浦勝貴, 野中 健, 桑原浩一, 大迫一史, 三嶋敏雄, 橘 勝康. 2006. 養殖イサキの死後変化に及ぼす刺殺条件と保存温度の影響. 日水誌, **72**: 918-923.

小関聡美, 北上誠一, 加藤 登, 新井健一. 2006. 魚介類の死後硬直と鮮度 (K 値) の変化. 東海大紀要海洋学部, **4**: 31-46.

Saito T., Arai K., Matsuyoshi M. 1959. A new method for estimating the freshness of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **24**: 749-750.

関 伸夫. 1991. 魚類の死後硬直. 恒星社厚生閣: 31-41.

豊原治彦, 安藤正史. 1991. 魚類の死後硬直. 恒星社厚生閣: 42-49.