

# 活けしめ脱血が函館産天然ブリの品質に及ぼす影響

緒方由美、吉岡武也、榊原滋\*、石毛友里絵\*、河井裕輝\*

## Effects of Instant Killing and Bleeding on the Quality of Wild Caught Yellowtail *Seriola quinqueradiata* from Hakodate, Japan

Ogata Yumi, Takeya Yoshioka, Shigeru Sakakibara\*, Yurie Ishige\*, Yuuki Kawai\*

### 要 旨

函館産天然ブリの付加価値向上を図ることを目的に、函館産天然ブリの品質に及ぼす活けしめ脱血の効果を魚肉の鮮度、色調、臭いの分析により評価した。鮮度指標 K 値は、水揚げ直後に船上で神経締めしたブリで最も増加が遅く、魚肉の色調は、船上で脱血したブリで良好であった。魚肉の臭気成分は、普通肉よりも血合肉で多くの成分が検出され、脱血していないブリの血合肉は脱血したものに比べてアルコール類とアルデヒド類が多く検出された。以上の結果から、船上での活けしめ脱血は函館産天然ブリの品質向上に有効であることが示された。

### 1. はじめに

ブリ *Seriola quinqueradiata* は、東シナ海、日本海、太平洋の我が国沿岸で漁獲される回遊魚である。もともとは九州や四国、中国地方沖などの温暖な地域での漁獲量が多かったが、海水温上昇などを理由に回遊域が北上し、北海道でも多く漁獲されるようになった。北海道では 2011 年以降に漁獲量が急増し、2020 年は過去最多の 15,457 トンを記録し<sup>1)</sup>、都道府県別では長崎県を抑えて全国 1 位となった<sup>2)</sup>。漁獲量の増加にともない関東などの大都市への出荷量も増加しており、東京都中央卸売市場のブリ類の取り扱い実績によると、2011 年 1 月から 2012 年 1 月は 4%だった北海道産ブリのシェアは、2023 年 1 月から 2024 年 1 月は 15%で全国 1 位になり<sup>3)</sup>、北海道を代表する魚種の一つとなっている。

ブリは、サーモンとマグロに次いで人気の寿司ネタでもあるように<sup>4)</sup>、生食の需要が高い魚種である。基本的に魚介類は刺身などの生食可能な高品質なものほど高値で取引される。そのため、

鮮度や品質を保つための漁獲方法や活けしめ方法、温度管理などが研究され、その有効性が多種多様な魚種で報告されるとともに、水産物の付加価値を高めるため、活けしめや脱血処理などを施した水産物のブランド化の取り組みが全国的に展開されている。函館市においては、戸井町でブリの一本釣りが行なわれ、船上で活けしめと脱血したものがブランド化されているが、このように活けしめや脱血などの処理が行なわれるのはまだまだ少数である。現場で働く漁業者も活けしめや脱血したほうがブリの品質が良好に保たれることは経験や感覚的に理解していると思うが、定置網で漁獲された天然ブリを活けしめ脱血したときの鮮度や品質変化を示したデータはなく、品質にどのくらいの違いが現れるのかは不明である。そこで本研究では、函館産天然ブリの付加価値向上を図ることを目的として、活けしめ脱血したブリの鮮度、色調、臭いの分析を行ない、函館産天然ブリの品質に及ぼす活けしめ脱血の効果を検討した。

\*北海道渡島総合振興局

責任著者連絡先 (Yumi Ogata) : ogata@techakodate.or.jp

## 2. 実験方法

### 2.1 実験材料

函館市沖にて定置網漁で漁獲されたブリ 12 尾 (魚体重  $4.2 \pm 0.5$  kg) を実験材料とした。

### 2.2 致死および処理方法

漁獲したブリを以下の方法で処理した。船上で神経締めと脱血処理したもの (船上神経締め脱血区)、船上で脱血処理したもの (船上脱血区)、海水氷に入れて致死させ、帰港後に港にて脱血処理したもの (陸上脱血区)、海水氷に入れて致死させたもの (対照区) とした。神経締めは、脳締め後にピアノ線で脊髄を破壊して行ない、脱血処理は、鰓膜に包丁を入れ、入鰓動脈を切断して行なった。船上神経締め脱血区と船上脱血区は、脱血処理後、直ちに海水氷に入れて放血と冷却を行なった。陸上脱血区は、港で脱血処理後、海水氷に約 30 分間入れて放血した。各試験区につき 3 尾ずつ処理し、これらの処理は日頃からブリの神経締めと脱血を行なっている函館市の漁業者が実施した。それぞれの方法で処理した後、発泡スチロール箱に共試魚と氷を入れて研究室に運搬した。研究室に搬入後、1 尾ずつビニール袋に入れ、5°C の冷蔵庫で 5 日間保管した。経時的に解剖用メスで頭側から順に背肉を切り出し、K 値、色調、臭気成分の測定に用いた。

### 2.3 K 値

日本農林規格 (JAS0023)<sup>5)</sup> に従って算出した。背部普通筋 2 g を冷 5% 過塩素酸溶液中でホモジナイズし、水酸化ナトリウム溶液で pH2.5 - 3.0 に調整後、純水で 50 mL に定容した。これを氷蔵して得られた上澄みに対して 100 mM リン酸緩衝液 (pH7.5) を 20 mM になるように加えて中和し、0.45  $\mu$ m メンブレンフィルターで濾過して ATP 関連化合物濃度の測定用試料とした。ATP 関連化合物濃度の測定は高速液体クロマトグラフィーで行ない、得られた ATP 関連化合物濃度から K 値を算出した。すなわち、装置は UHPLC Nexera X2 (島津製作所社製)、カラムには CAPCELL PAK C18 AQ (5  $\mu$ m、4.6 $\times$ 250 mm、大阪ソーダ社製) を用い、カラム温度 40°C、溶離液 50 mM リン酸緩衝液 (pH 7.0)、流速 1 mL/min、検出波長 260

nm で ATP 関連化合物濃度を測定し、ATP 関連化合物総量に対するイノシンとヒポキサンチンの合計の百分率を K 値 (%) とした。

### 2.4 色調

分光測色計 (CM-700d、コニカミノルタ社製) を用いて普通筋と血合筋の L\*値 (+L\* = 白色、-L\* = 黒色)、a\*値 (+a\* = 赤色、-a\* = 緑色)、b\*値 (+b\* = 黄色、-b\* = 青色) を測定した。同一試料について 3 回ずつ測定し、平均を求めた。

### 2.5 臭気成分

普通筋と血合筋を包丁でミンチにし、それぞれ 1 g ずつを 20 mL ガラスバイアル瓶に採取し、内部標準物質として 10 ppm シクロヘキサノール 5  $\mu$ L を添加して、40°C で 30 分間攪拌した。ヘッドスペースに生じた揮発性成分を SPME ファイバー (50/30  $\mu$ m DVB/CAR/PDMS、スペルコ社製) に 40°C で 30 分間攪拌しながら捕集し、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) に供した。GC/MS の分析条件は次のとおりである。ガスクロマトグラフ: (Agilent Technologies 社製)、質量分析計: (Agilent Technologies 社製)、カラム: DB-WAX (30 m  $\times$  0.25mm  $\times$  0.25  $\mu$ m、Agilent Technologies 社製)、カラム温度: 40°C 10 分間保持後、昇温速度 4°C/min で 230°C まで上昇、キャリアガス: He、流量: 1.5 mL/min、注入口温度: 250°C、イオン化電圧: 70 eV (EI)、イオン源温度: 230°C。化合物の同定は、n-アルカン (C4 - 30) との保持時間と質量スペクトルライブラリ (NIST Masa Spectra Data Base) の比較により行ない、さらに、ライブラリーサーチした結果に対してアロマサーチ (AromaOffice) を行なった。分析結果は内部標準物質に対するピーク面積比で表した。

## 3. 実験結果

### 3.1 K 値

K 値の経時変化を図 1 に示した。K 値は魚類の鮮度指標として活用される指標であり、数値が小さい程鮮度が良好であると評価される。いずれの試験区も K 値は直線的に増加した。最小二乗法により回帰式を求め、一日あたりの K 値の増加

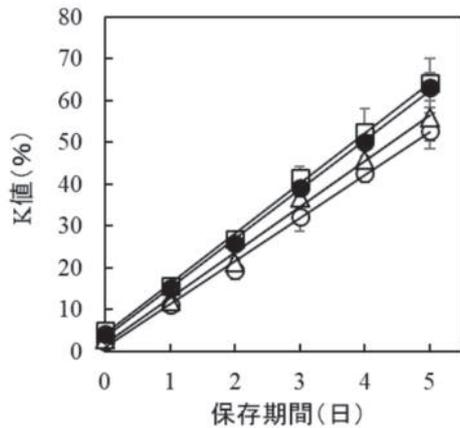


図1 ブリ普通筋のK値変化

○：船上神経締め脱血区、△：船上脱血区  
□：陸上脱血区、●：対照区

量を算出した結果、船上神経締め脱血区 10.3%、船上脱血区 10.9%、陸上脱血区 12.0%、対照区 11.8%であり、一日あたりのK値の増加量は船上神経締め脱血区が最も小さかった。

### 3.2. 色調

切り身の外観の経時変化を図2に示した。保存0日目の船上神経締め脱血区と船上脱血区は、普通筋に透明感があり、赤みが弱い。陸上脱血区と対照区の普通筋は赤みが強く、全体的に暗い見た目であった。いずれの試験区も保存期間が進むにつれて、透明感がなくなり、普通肉の黄みが強くなり、くすんだ色合いに変化した。特に普通筋と血合筋が接する境界面付近の色の変化が顕著であり、船上神経締め脱血区と船上脱血区に比べて、陸上脱血区と対照区で褐変が進行していることが目視で確認できた。

切り身のL\*a\*b\*値の測定結果を図3に示した。船上神経締め脱血区と船上脱血区の普通筋は陸上脱血区と対照区に比べて、明度を表すL\*値が高く、プラスの値で赤色を表すa\*値が低い値を示し、目視で確認できた色合いと一致した。また、保存期間にともなってプラスの値で黄色を表すb\*値が普通筋で増加していることも目視の結果と一致した。血合筋のL\*a\*b\*値は試験区間に差が見られなかった。

### 3.3 臭気成分

保存0日目と5日目のブリの普通筋と血合筋の臭気成分の分析結果を表1に示した。普通筋は



図2 ブリ魚肉の外観変化

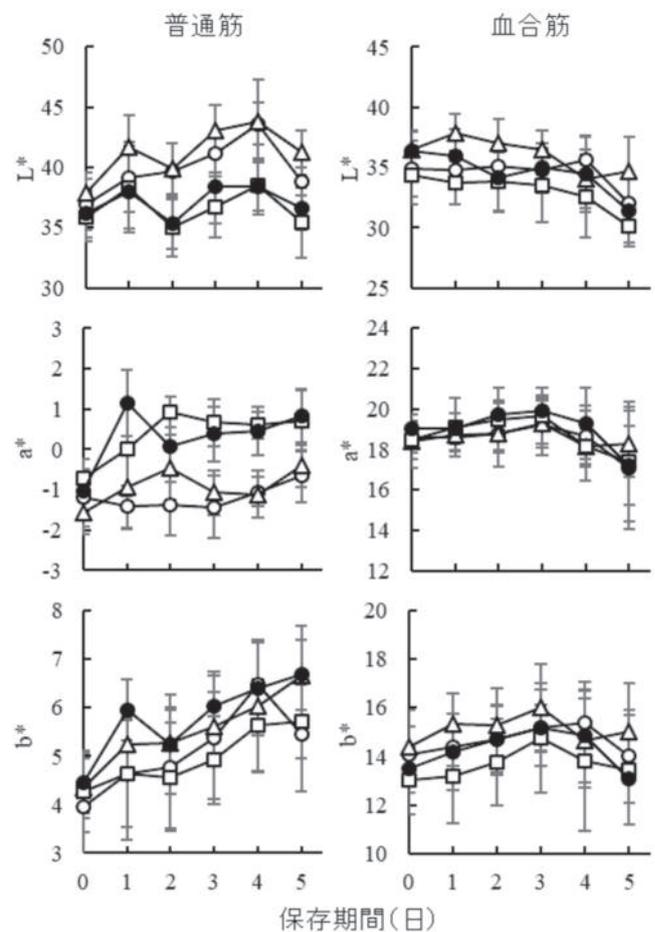


図3 ブリ魚肉の色調変化

○：船上神経締め脱血区、△：船上脱血区  
□：陸上脱血区、●：対照区

3種類、血合筋は33種類が同定され、いずれの試験区も血合肉のほうが同定された臭気成分の種類が多かった。保存0日目の普通筋の臭気成分数は、船上神経締め脱血区が2種類、船上脱血区が2種類、陸上脱血区が2種類、対照区が3種類

表 1 ブリ魚肉の臭気成分の変化

普通筋	船上神経締め脱血区		船上脱血区		陸上脱血区		対照区	
	0 day	5 day						
Alcohols								
Pent-1-en-3-ol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01±0.01	0.01±0.01
Hydrocarbons								
Pentadecane	0.03±0.03	0.04±0.04	0.08±0.04	0.04±0.00	0.03±0.01	0.01±0.01	0.06±0.02	0.02±0.02
Heptadecane	0.02±0.02	0.02±0.03	0.07±0.03	0.03±0.01	0.02±0.02	ND	0.05±0.02	0.01±0.01
血合筋								
	船上神経締め脱血区		船上脱血区		陸上脱血区		対照区	
	0 day	5 day						
Alcohols								
Pentanol	ND	ND	ND	ND	ND	0.01±0.01	ND	0.05±0.02
1-penten-3-ol	0.03±0.01	0.07±0.04	0.04±0.03	0.18±0.10	0.04±0.01	0.10±0.05	0.06±0.06	0.43±0.20
Cis-2-penten-1-ol	ND	0.04±0.06						
3-pentanone-2-ol	ND	0.01±0.02						
(Z)-2-pentenol	0.01±0.01	0.04±0.03	0.02±0.01	0.09±0.05	0.02±0.01	0.05±0.04	0.02±0.01	0.20±0.17
Hexanol	ND	0.02±0.02						
Oct-1-en-3-ol	0.01±0.01	0.04±0.06	ND	0.05±0.02	0.02±0.01	0.05±0.02	ND	0.24±0.11
(E)-2-octenol	ND	0.01±0.02						
Aldehydes								
Propanal	ND	ND	ND	0.03±0.05	ND	ND	ND	0.10±0.15
(E)-2-pentenal	ND	0.01±0.02	ND	0.03±0.03	ND	0.02±0.01	ND	0.11±0.05
Hexanal	0.01±0.01	0.03±0.05	0.01±0.02	0.12±0.08	0.01±0.02	0.09±0.05	0.02±0.04	0.49±0.21
(E)-2-hexenal	ND	0.01±0.01	ND	0.01±0.01	ND	0.01±0.01	ND	0.10±0.07
(E,E)-2,4-hexadienal	ND	0.02±0.02						
Heptanal	ND	0.01±0.01	ND	0.01±0.01	ND	0.02±0.01	ND	0.10±0.04
(Z)-4-heptenal	ND	ND	ND	ND	ND	0.01±0.01	ND	0.04±0.02
(E,E)-2,4-heptadienal	0.02±0.01	0.11±0.18	0.01±0.01	0.14±0.16	0.04±0.05	0.15±0.08	0.05±0.09	0.97±0.57
Octanal	ND	0.01±0.01	ND	0.02±0.02	ND	0.02±0.02	ND	0.10±0.04
(E)-2-Octenal	ND	0.01±0.01	ND	0.01±0.01	ND	ND	ND	0.07±0.04
Nonanal	ND	0.01±0.01	ND	ND	ND	0.01±0.02	ND	0.05±0.02
(E,Z)-2,6-nonadienal	ND	0.02±0.04	ND	ND	ND	ND	ND	0.11±0.14
(E,E)-2,4-decadienal	ND	0.01±0.02						
Benzaldehyde	ND	ND	ND	0.02±0.04	ND	ND	ND	0.07±0.12
Hydrocarbons								
Pentadecane	0.04±0.00	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.05	0.06±0.01	0.03±0.00	0.03±0.03	0.07±0.01
Heptadecane	0.01±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01	0.05±0.02	0.06±0.04	0.02±0.03	0.01±0.01	0.05±0.01
Ketones								
3-hydroxy-2-butanone	0.05±0.09	0.12±0.07	0.14±0.04	0.18±0.11	0.18±0.06	0.07±0.06	0.10±0.09	0.05±0.08
1-Penten-3-one	ND	0.01±0.01	ND	0.02±0.02	ND	0.01±0.01	ND	0.07±0.03
2,3-pentadione	ND	0.02±0.03	ND	0.08±0.07	0.01±0.02	0.04±0.05	ND	0.04±0.07
3-hexanone	0.01±0.01	ND	0.01±0.02	ND	ND	ND	ND	0.08±0.14
2,3-Octanedione	ND	ND	ND	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.02	ND	ND
2-methyl-3-octanone	ND	0.01±0.02	ND	0.01±0.02	ND	0.01±0.02	ND	0.07±0.06
3,5-octadiene-2-one	ND	0.02±0.04	ND	ND	ND	ND	ND	0.14±0.15
(E,E)-3,5-octadien-2-one	ND	0.01±0.01	ND	ND	0.01±0.02	0.02±0.03	ND	0.04±0.02
Furans								
2-Ethylfuran	ND	0.01±0.01	ND	0.03±0.01	0.02±0.02	0.02±0.01	ND	0.08±0.02

内部標準物質に対するピーク面積比を3検体平均±標準偏差で表す。

ND：不検出

であり、保存 5 日目もほぼ同じ成分が同定された。一方、保存 0 日目の血合筋の臭気成分数は、船上神経締め脱血区が 9 種類、船上脱血区が 8 種類、陸上脱血区が 12 種類、対照区が 7 種類であるのに対して、保存 5 日目はそれぞれ 21 種類、19 種類、21 種類、33 種類に増加した。同定された血合筋の臭気成分をアルコール類、アルデヒド

類、炭化水素類、ケトン類に分類し、各種類の合計を図 4 に示した。保存 0 日目の血合筋は、いずれの種類も生成量は少なく、試験区間に大きな違いは見られなかった。保存 5 日目になると、アルコール類とアルデヒド類、ケトン類が増加し、特に、脱血をしていない対照区でアルコール類とアルデヒド類が著しく増加した。船上神経締め脱血

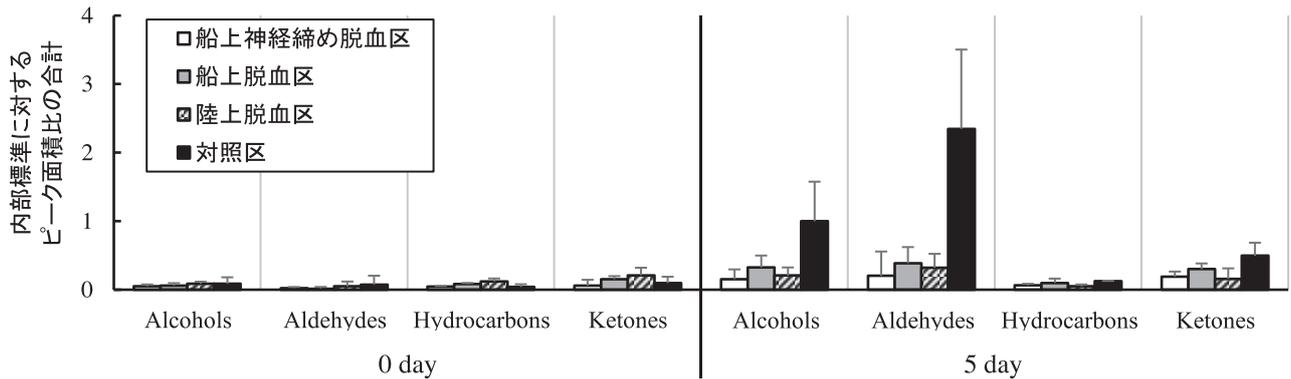


図4 ブリ血合肉の臭気成分の変化

区と比較すると、対照区のアルコール類は6.5倍、アルデヒド類は11.6倍高かった。その中でも高い値を示した成分は、1-pente-3-ol、1-octen-3-ol、hexanal、(E,E)-2,4-heptadienalであり、魚臭さ、脂臭さ、酸化臭を感じさせる成分であった。以上の結果から、ブリ魚肉中の臭気成分の変化は主に血合筋に起因し、脱血処理により血合筋の臭気成分の生成を抑制できることが示された。

#### 4. 考察

K値は、ATP分解を利用して開発された魚類の鮮度指標であり、魚類の死後、ATPがADP、AMP、IMP、HxR、Hxに連続的に分解されることに基づき、ATPからHxまでのATP関連化合物の総量に対するHxRとHxの合計の占める割合として定義される。神経締めなどの活けしめ処理は、魚を暴れさせずに致死できるため、筋肉中に高濃度のATPを残すことができる。その結果、K値の増加が遅れ、魚類の鮮度保持に有効であると言われている。今回の試験では、水揚げから6、7時間後に最初のATP関連化合物の抽出を行なった。そのときのATP濃度は、対照区と陸上脱血区がすべての検体で検出下限値以下、船上脱血区と船上神経締め脱血区もそれぞれ3尾中2尾は検出下限値以下であり、神経締めしても6、7時間でATPはほぼ消失することがわかった。しかしながら、その後のK値の増加は船上神経締め脱血区が最も遅かったことから、水揚げ直後のATPは対照区よりも船上神経締め脱血区のほうが多かったと考えられた。K値の増加速度に注目すると、すべての検体は水揚げ初日から5日目まで同じ温度で保管したにもかかわらず増加速度に差がみ

られた。ATP関連化合物の分解は酵素反応により進行するため、温度が同じであれば分解速度は同じになるはずである。それにも関わらず試験区間でK値の増加速度に差があったということは、温度以外の他の因子がATP関連化合物の分解に関与していることが示唆されるため、これについては今後検討する予定である。

魚の生臭さの代表的な成分の一つにトリメチルアミンがあるが、養殖ブリでは、魚肉の揮発性成分の主体はアルデヒドやアルコールなど脂質分解物であり、脂質の酸化臭が不快な臭いとして感じられることが報告されている<sup>9,8)</sup>。今回の試験においても鼻で嗅いだ時に最も強く感じられたのは脂質の酸化臭であり、時間経過にともなって対照区では脂質の酸化臭が強く感じられた。GC/MSによる臭気成分分析の結果、脱血していない対照区の保存5日目の血合肉は、他の試験区よりも同定された臭気成分の種類と量が多いことから、脱血は保管中のブリの臭いの軽減に有効であることが示された。

養殖ブリでは、普通肉よりも血合肉で過酸化脂質量が多く、過酸化脂質量と臭いに相関があることが報告されている<sup>8)</sup>。平塚らは、脱血していないカツオ肉で揮発性成分のアルコール類とアルデヒド類が多く、その理由は血液が魚肉の脂質酸化を促進させるためであると報告している<sup>9,10)</sup>。また、辻らは、脱血したサケから製造した筋子の過酸化脂質量が非脱血のサケから製造したものより低く、その要因として、脱血によりヘモグロビンとメト化物が減少したことを挙げている<sup>11)</sup>。田村らは、赤ワインと魚介類を食べ合わせたときに感じる生臭さについて、赤ワイン中の

二価鉄が原因であるとし、二価鉄によって hexanal や 1-octen-3-ol、(E,E)-2,4-heptadienal といった魚の生臭みや脂質の臭いを発するカルボニル化合物が増加することを報告している<sup>12)</sup>。血液中のヘモグロビンと血合肉に多く含まれるミオグロビンは二価鉄を有することから、今回の試験において、脱血しなかったブリの血合肉でアルコール類やアルデヒド類が増加した原因は、血液が脂質酸化を促進するとともに、ヘモグロビンとミオグロビンの二価鉄がカルボニル化合物の生成に関与したためと推察された。また、ブリでは脱血により筋肉中のコラーゲン分解による肉質の軟化が抑制されること<sup>13)</sup>や、酸性条件下で働く血液由来のカテプシン等の自己消化酵素が肉質を軟化させること<sup>14)</sup>、脂質酸化が血合肉の褐変を進行させること<sup>15)</sup>が報告されており、これらの研究は、脱血により、ブリ刺身の品質に重要な肉質や血合肉の鮮やかな赤色が維持できることを示している。

## 5. おわりに

多くの魚種で活けしめ脱血による鮮度保持効果が報告されている。ブリ類でも同様の報告がされているが、入手のしやすさや均一な試料として扱いやすいことから養殖ブリが使用されてきた。養殖ブリの研究報告も参考になるものの、函館産天然ブリの付加価値向上のためには、実際に函館で行なわれる漁法で水揚げされるブリのデータを収集することが重要と考え、本研究を実施した。その結果、函館で水揚げされる天然ブリにおいても船上で神経締め脱血することにより品質が向上するという結果が得られた。函館の定置網漁では一度に数種類の魚種が大量に水揚げされるため、水揚げされたすべてのブリに対して神経締めと脱血を施すことは現実的ではないが、魚体サイズが大きく、脂のりがよい個体を優先して処理するだけでも価格やブランド力を高める効果があると考えている。現在ブリの活けしめを実施している漁業者やこれから活けしめを考えている漁業者に今回得られた結果を活用いただき、函館産ブリの付加価値向上やブランド化に繋がりたいと考えている。

## 謝辞

本研究は、北海道渡島総合振興局の「ブリの活用連携促進事業」により実施した。関係各位に心より御礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) 北海道水産現勢、北海道庁
- 2) 令和2年漁業・養殖業生産統計. 海面漁業生産統計調査、農林水産省
- 3) 北の食トレンド. 北海道新聞、7月28日(2024)
- 4) マルハニチロ「回転寿司に関する消費者実態調査2024」. 月刊養殖ビジネス、第61巻、第60号(2024)、pp.60-64
- 5) 魚類の鮮度(K値)試験方法 – 高速液体クロマトグラフ法、農林水産省(2013)
- 6) Tanimoto S, Kitabayashi K, Fukushima C, Sugiyama S, Hashimoto T : Fish Sci, Vol.81 (2015), pp.1145-1155
- 7) Tanimoto S, Kikutani H, Kitabayashi K, Ohkita T, Arita R, Nishimura S, Takemoto R, Mabuchi R, Shimoda M : Fish Sci, Vol.84 (2018), pp.135-148
- 8) Sohn J, Taki Y, Ushio H, Kohata T, Shioya I, Ohshima T : J. Food. Sci., Vol.70 (2005), pp.490-496
- 9) 平塚聖一、青島秀治、小泉鏡子、加藤登 : 日本水産学会誌、77巻、6号(2011)、pp.1089-1094
- 10) 平塚聖一、羽田好孝、小泉鏡子 : 日本水産学会誌、82巻、1号(2016)、pp.28-32
- 11) 辻浩司、野俣洋、蛭谷幸司、信太茂春、佐藤暁之 : 水産技術、6巻、1号(2013)、pp.27-32
- 12) Tamura T, Taniguchi K, Suzuki Y, Okubo T, Takata R, Konno T : J. Agric. Food Chem., Vol.57, No.18 (2009), pp.8550-8556
- 13) Ando M, Nishiyabu A, Tsukamasa Y, Makinodan Y : J. Food Sci., Vol.64, No.3 (1999), pp.423-428
- 14) 蔣形、袁鵬翔、宮崎里帆、平坂勝也、原研治、橘勝康、谷山茂人 : 日本水産学会誌、86巻、1号(2020)、pp.20-25
- 15) 久保久美子、桑原浩一、野口絵理香、谷山茂人、橘勝康、村田昌一 : 日本水産学会誌、84巻、3号(2018)、pp.408-416