

## サケ脱血処理装置の開発

多田 達実, 鈴木 慎一, 辻 浩司\*, 野俣 洋\*\*, 蛭谷 幸司\*\*\*

### Development of Assistant Machine for Blood Drawing of Salmon

Tatsumi TADA, Shinichi SUZUKI,  
Kohji TSUJI\*, Hiroshi NOMATA\*\*, Kohji EBITANI\*\*\*

#### 抄 録

道産サケの品質向上を図り国内需要を増加させるために活締め・脱血処理が道内各地で行われ始めている。本研究では船上の限られたスペースで安全かつ効率的に脱血作業を行う装置開発に取り組んだ。振り子ローラーの自重によって魚体サイズの違いに適応して魚体を装置内に誘導・固定する無動力な機構を考案し、活魚に弱い電流を流すことで動きを麻痺させて装置内での魚の暴れを防止する技術を確認した。また、それらを組み合わせて的確な脱血処理を行う単純構造の装置を開発し、船上における試験によりその性能を確認した。

キーワード：サケ，脱血処理装置，電気麻痺

#### Abstract

Immediate killing or blood drawing are beginning to be held in Hokkaido to increase domestic demand of Hokkaido salmon by improve salmon quality. In this study we made efforts to develop blood drawing equipment that works safely and efficiently in a limited space on board. We developed the device for inducing and fixing of fish adaptable to differences in size of fish with the weight of the roller pendulum. And we also established the technology of electric paralysis that prevents the rampage of the fish in the operation machine by weak current through the fish body. Finally we developed a simple structured blood drawing machine to perform accurate blood drawing and confirmed the performance of that by on-board test.

KEY-WORDS : salmon, drawing blood machine, electric paralysis

#### 1. はじめに

本道のサケ漁業は、年間水揚げ15万トンを超える重要な漁業に成長しているが、養殖のサケが大量輸入されている中、道産サケの国内需要は伸びず、一方で国内需要と同程度の量が中国で加工され欧米に再輸出されているのが現状である。そのような状況の中、品質向上による国内需要の確保・拡大が急務となっている。そのため、サケ定置網漁（図1）にお

いて活締め・脱血が道内各地で行われ始めており、装置導入をせずに手締めによる活締めを試行している地区もある（図2）。

本研究では船上の限られたスペースで安全かつ効率的に脱血処理を行う装置開発に取り組み、魚体サイズの違いに対応し、装置内での魚の暴れを防止して的確な脱血処理を行う単純構造の装置を開発した。

\* (地独)北海道立総合研究機構 網走水産試験場, \*\* (地独)北海道立総合研究機構 水産研究本部, \*\*\* (地独)北海道立総合研究機構 中央水産試験場

\* Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization Abashiri Fisheries Research Institute, \*\* Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization Fisheries Research Department, \*\*\* Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization Central Fisheries Research Institute

事業名：重点研究

課題名：脱血処理による道産サケの高品質化と安定供給システムの開発（平成20～22年）



図1 サケ定置網漁



図2 船上手締め作業

## 2. 基本設計

### 2.1 サケの身体特徴とエラの構造

脱血処理装置を開発するに当たり、サケの構造を文献や解剖などにより調査した。サケの体長（尾叉長）の平均はオスで約69cm、メスで約67cmであり、それぞれ±12cm程度の幅がある。<sup>1)</sup> また呼吸器官のエラは図3に示すような構造となっており、海水に触れて酸素を吸収する鰓弁が左右4個ずつあり、そこで酸素を取り込んだ血液は鰓弁のつけ根にある鰓弓の内部にある太い血管を通して心臓に戻る仕組みとなっている。

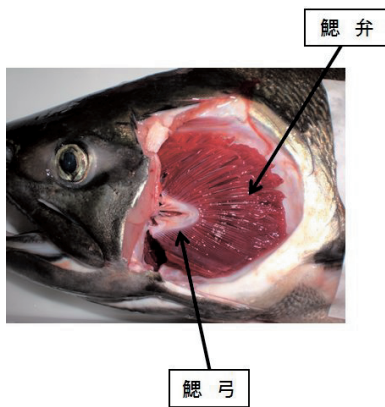


図3 サケのエラ周囲の構造

### 2.2 脱血条件の確認

釧路水産試験場では、効率的な脱血ができる条件を得るためサケと同系のニジマスで鰓弓の切断箇所や放血条件を得る試験を行った。その結果を図4に示す。試験の結果、サケを生かした状態で鰓弓（図3）を1本以上切削し、常温の海水中で5～20分間放血させ、その後、水を入れた海水中で冷却

することにより、放血量が最も多くなることを見出した。また、鮮度（ATP量が多い）を保ちながら放血量も多めにする場合は、延髄を切削後、直ちに鰓弓も切削する必要があることも分かった。そこで本研究では、脱血を目的に安定して鰓弓を1本以上切削する装置の開発を目標とした。

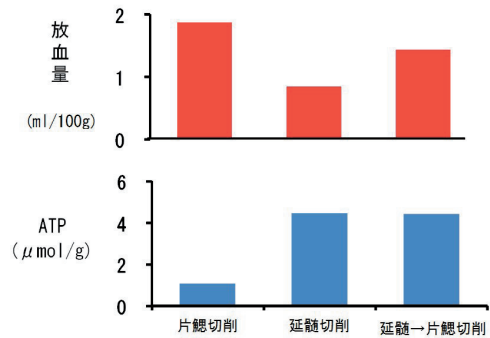


図4 脱血条件試験結果

### 2.3 装置に求められる機能

前述の脱血条件を満足する装置については、定置網船の船上での作業を前提として基本構想を行い、併せて目標性能を整理した。図5に装置の基本構想を示す。定置網から船上に揚げられたサケを1尾ずつ取り出し、脱血処理し、その後放血用の水槽に投入する。この一連の作業・処理においては、活きがよく暴れるサケを沈静化する技術、1尾ずつサケを取り出し整列する技術、脱血処理を行うための把持・固定技術および鰓弓を的確に切削する技術が必要となる。なお、沈静化技術は、網上げ直後のサケを一次置きする水槽から1尾ずつ取り出す際に必要となる一次沈静化と脱血処理のため魚体を固定する際に必要となる二次沈静化の両方に必要となる。また、開発装置の目標性能を市場から求められる処理量と船上で対応可能な要員数などを考慮して表1のように決定した。

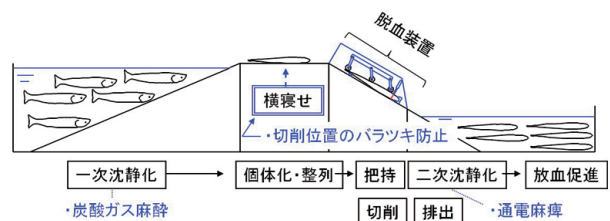


図5 装置の基本構想

表1 目標性能

	目 標
操作要員	1～2名
処理能力	200～300 尾/時間 (12～18秒/尾)
大きさ	定置網漁船に搭載可能
装置価格	300万円以下

### 3. 沈静化技術

#### 3.1 沈静化の方法

網上げ後の活サケは大型魚でもあり脱血作業を行う際暴れ、人手で扱うには大きな労力がかかる。そのため、一般的にはその際、炭酸ガスでバブリングした水槽に活魚を一定時間入れ沈静化する所謂「炭酸ガス麻酔」が利用されている(図6)。この方法はサケを弱らせるという側面も持っているが作業が簡便であり一度に多数を処理することができる特徴を有する。そこで本開発装置においても、「炭酸ガス麻酔」を一次沈静化の方法の候補とすることとした。また、二次沈静化の方法としては、水産の調査・衛生管理の現場で利用されている通電により魚体を麻痺させる方法<sup>2), 3)</sup>を利用することとし、装置内での沈静化を行うこととした。なお、通電条件については、サケへの電気麻痺に関する知見が少ないため試験により条件を見出した。



図6 炭酸ガス麻酔

#### 3.2 確認試験

先行する研究では、体長300mm前後の魚種の頭部に陽極、尾部に陰極を接続し、電圧24V、電流30mA程度を通電することで脊髄への信号を遮断して麻酔効果が得られたと報告されている。<sup>2)</sup> また、時期的に生きているサケを入手することが困難だったため、入手が容易なサケと同型の紡錘形の魚、ソイ (*Sebastes vulpes*) や淡水魚であるがサケと同系のニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) を用いて通電麻痺の確認試験を行った。

##### 3.2.1 ソイを用いた通電試験

通電による麻痺効果を確認するため、図7のようにL字の金属電極を頭部と尾部に接触させて通電試験を行った。体長206mm~260mm、150g~300gのソイ、20尾へ電流値(10, 30, 50mA)、電圧値(6~25V)と通電時間(10秒, 30秒)を変化させて通電時と通電後の状態を観察した。その結果、電流10mA、電圧6Vでも通電中は動きが停止し、胸ビレ、背ビレが痙攣していた。しかし、通電後は即時、動き出した。電流50mA、電圧25Vを30秒間通電した場合のみ、通電後も停止状態を維持し、その後、回復した。通電した全数、その後の体調不良などの状態変化は無かった。

この結果より通電による麻痺固定実現の可能性が高まり、次にサケと同程度の大きさで同系種であるニジマスによる試験を実施して通電条件を絞り込んだ。

##### 3.2.2 ニジマスを用いた通電試験

ニジマスは、サケ目サケ科に属する淡水魚でありサケと同サイズになる。そのため、通電条件と沈静効果との関係を試験により確認した。体長400mm~620mm、1100g~3100gのニジマス、9尾へ通電時間(60秒)を一定にして電流値(11~25mA)、電圧値(10, 20V)を変化させて通電時と通電後の状態を観察した(図8)。その結果、ソイよりも魚体は大きい、通電中のヒレの痙攣が激しく見られ、ソイに比べ通電効果が大きいように見て取れた。通電時のエラの切削には解剖用のハサミを使用した。(図9)。手でエラ蓋を持ち上げ切削してもニジマスは動かず、併せて行った回遊調査用の認識タグを背ビレの下方にφ3程度の針を突き刺して取り付け作業時もニジマスは動かず手間無く行うことができた(図10)。

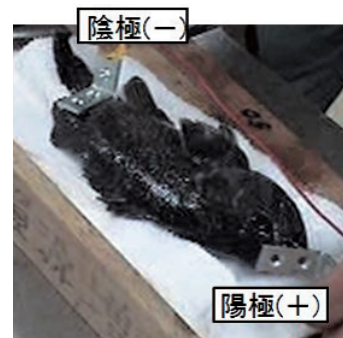


図7 ソイの通電試験



図8 ニジマスの通電試験



図9 ニジマスの鰓切削





図10 タグ付け作業

### 3.3 サケ類を用いた通電試験

前述の2種の魚による確認試験から、通電による沈静方法の有効性を確認できたため、定置網漁で捕獲したカラフトマス (*Oncorhynchus gorbusha*), サケ (*Oncorhynchus keta*) を使用して具体的な通電条件を設定するための試験を行った。表2に試験で使用した魚体計測値を示す。体長450mm~520mm, 1700g~1900gのカラフトマス, 8尾, 体長650mm~680mm, 3500g~4200gのサケ, 4尾について電圧, 電流値を変えて, 通電時およびエラ切削時の状況を確認した。また, 鮭頭部の大きさ, 形状の違いに適応する電極について検討し, 図11のような傾斜する台の下に柔軟性のあるスチールウールを重ねて設置して魚の頭部が重力によって電極に密着し, 形状の違いを吸収することを想定した試験台を試作して実験した。なお, 尾部の電極は作業者が手で当てた (図12)。図13は, エラの切削の様子である。

この試験の結果, 淡水魚のニジマスに比べて高電圧, 大電流が必要なことを確認した。試験時は, 電極の当て方が悪い場合など, 跳ね上がるものが数尾あったが, 通電中は, 暴れずに動きを止め固定でき, エラの切削時も動くことが無く脱血装置の固定機構として有効であることが確認できた。また, 金属製の電極では, 非常に錆が出やすく, 材質について検討が必要なが確認された。そのため, 船上試験機では, 陽極側を錆びずに柔軟性のある非金属の導電性ゴムを用い, 頭部の形状違いにも対応させた (図14)。陰極側は, 耐錆性が高いステンレス製の魚体固定用の振り子ローラーへ密着する機構とした (図15)。

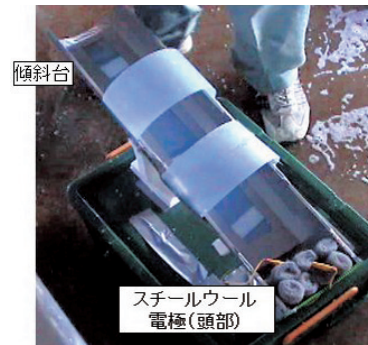


図11 試作した作業台



図12 通电の様子



図13 鰓切削の様子

表2 検体魚の魚長、魚重

検体番号	試験魚		
	魚種	魚長 (mm)	魚重 (kg)
1	カラフトマス	489	1.7
2	↑	498	1.72
3	↑	515	1.74
4	↑	448	1.04
5	↑	446	1.12
6	↑	487	1.46
7	↑	487	1.48
8	↑	524	1.88
1	サケ	682	4.2
2	↑	666	3.52
3	↑	652	3.8
4	↑	665	3.78



図14 船上試験機の陽極





図15 船上試験機の陰極

## 4. 固定・把持機構

### 4.1 従来方法とその課題

活サケを装置に挿入して適切な切削位置に魚体を固定するためには柔軟な魚体を押さえ込む機構が必要となる。サケは自然物であり幅や長さといった形状が一定でないことから、固定・把持機構には不定形状に追従する機能が必要となる。一般に魚を扱う装置では対向した柔軟な一對のベルトや魚体の外形に相似形な凹型の押さえ板による挟み込み機構が用いられている。<sup>4), 5)</sup> ベルト式においては不定形な魚体を固定すると同時に位置決めすることが難しく且つベルトを駆動する動力が必要となる。また、型で挟み込む方式では、押さえる魚の大きさのバラツキに適応することが難しく、魚体の大きさを事前に揃えておく選別作業が必要となる。

### 4.2 振り子ローラーによる魚体固定

本開発装置では魚体の固定方法として振り子の先端に配置したローラーを自重により魚体に追従させて定規となるテーブルに押さえ込む機構を採用した。図16にその構造を示す。この方式では、魚体は、振り子ローラーとテーブルの間に押し込まれるようにして挿入され、挿入された魚体は振り子ローラーを押し上げながら移動し、ゲートに当たって所定の固定位置で停止する。この方法は構造が単純でありながら魚体サイズのバラツキに適応でき、無動力であるため、装置全体のコストを抑えることができる。

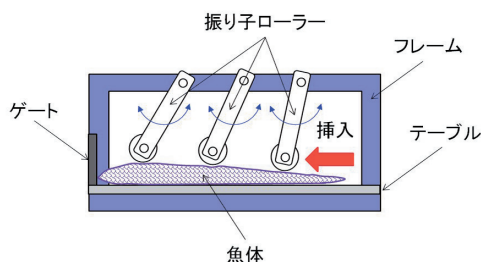


図16 振り子ローラーによる魚体固定

## 5. 切削機構

### 5.1 切削位置の検討

前述のように脱血では左右4個ずつある鰓の付け根にある鰓弓を切断することが効果的である。本研究では、サケの頭部の寸法を計測し、魚体のバラツキに対して高確率な切削ができる位置の検討を行った。図17に頭部寸法測定的位置および測定状況写真を示す。本測定では鼻先と目の位置を基準として、鰓蓋の曲線の特徴点となるA～Cの3点位置および頭部の大きさを計測した。その結果を図18(オス)と図19(メス)に示す。本測定の結果から、切削目標となる鰓弓の存在位置には確率が高い領域があることが確認された。

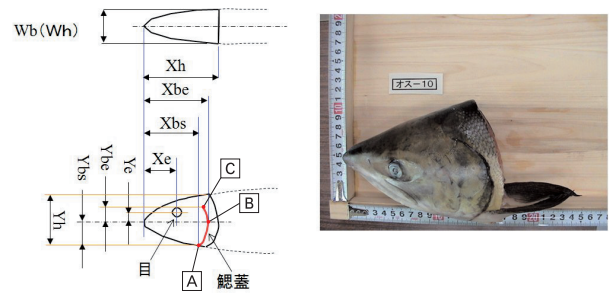


図17 頭部寸法測定

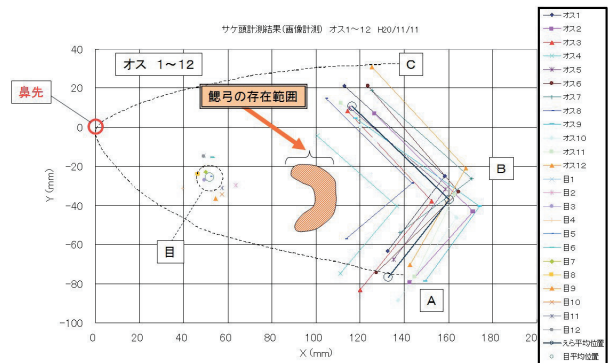


図18 頭部測定結果(オス)

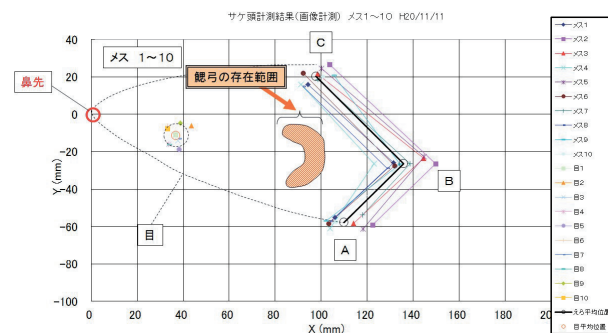


図19 頭部測定結果(メス)

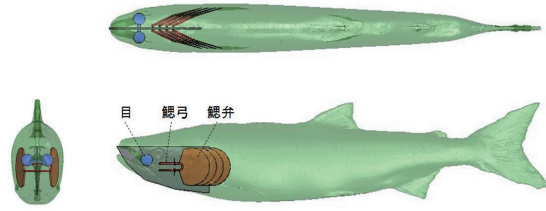


図20 サケ 3 Dモデル

### 5.2 3Dモデルによる切削機構の検討

本研究では、切削機構の簡素化のため切り込み位置を固定した場合に魚体サイズのバラツキがあっても鰓弓を高確率で切断できるよう、3次元モデルを用いたシミュレーションにより切り込み位置を検討した。図20に作成したサケの3Dモデル（オス）を図21に切削刃の形状と切り込み位置の関係をシミュレーションした結果を示す。

本シミュレーションにより、直進刃による切り込みにおいて刃物サイズや切り込み方向を適当に選ぶことにより、刃物位置を固定しても高確率で鰓弓を切断できることが分かった。

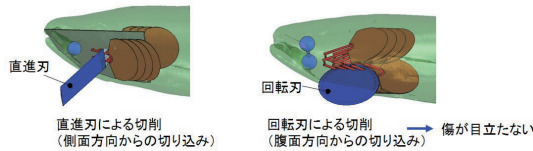


図21 3Dモデルによる切削位置検討

### 5.3 刃物機構

前述のシミュレーション結果を踏まえて、設計した刃物の図面を図22に、試作した切削機構を図23に示す。刃物は一般的な刃物鋼製とし、切削時に捉えた鰓弓が刃物から逃げないように中央部が窪んだ刃付としたものを3種類（A、B、C）試作した。なお、刃物はロッドが回転しないガイド付きエアシリンダを押し込みのアクチュエータとする機構とした。図24に刃物を選定するために行なった頭部の切削試験状況を、表3にその試験結果を示す。試験において押しつけ力や切断状態を調べた結果、頂角60度で側刃が付いており切削抵抗が小さい刃物（C）を採用することとした。

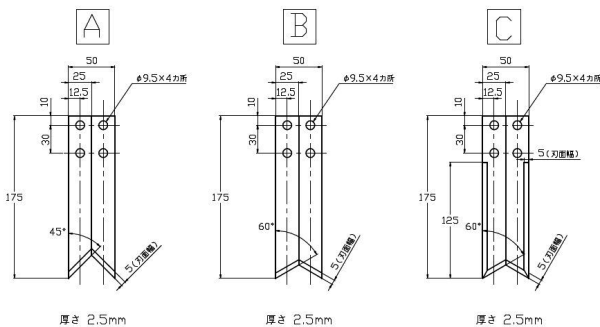


図22 刃物図面

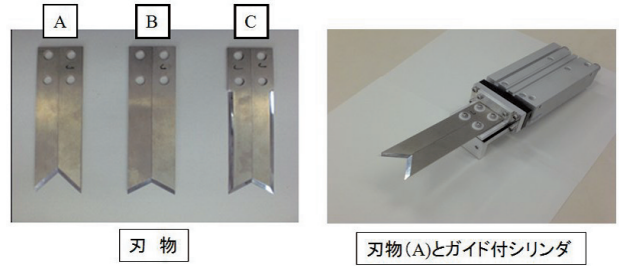


図23 刃物と刃物駆動機構

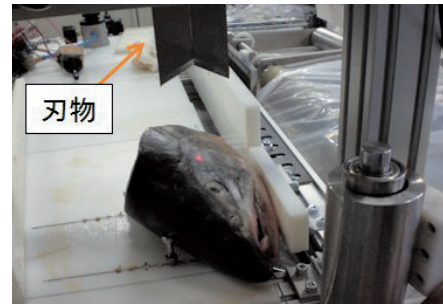


図24 刃物性能試験

表3 刃物性能試験結果

切削状態は鰓を外皮側から数え、完全切断した場合を●、傷が付いた場合を▲と表示

試験番号	刃物	圧力 (MPa)	押しつけ力 (kgf)	切削状態				
				刃物側	裏側	裏側	裏側	
オス大1	B (60度)	試験調整用	-	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大2	B (60度)	0.64	32	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大3	B (60度)	0.64	32	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大4	B (60度)	0.64	32	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大5	C (60度+側刃付)	0.5	25	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大6	C (60度+側刃付)	0.5	25	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大7	C (60度+側刃付)	0.5	25	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大8	A (45度)	0.5	25	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大9	A (45度)	0.64	32	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
オス大10	A (45度)	0.64	32	刃物側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目
				裏側	1枚目	2枚目	3枚目	4枚目

## 6. 試作装置と実証試験

### 6.1 装置の構造と動作

図25に開発した脱血処理装置の構造を示す模式図を、図26に試作装置の外観写真を示す。本装置では、①向かって右方向から側面を下に向け傾斜したテーブルに沿わせて挿入されたサケは振り子ローラーにより押さえつけられながら鼻先がゲートに当たるまで滑り落ち、鼻先がゲートの当たり面の電極に触れ、同時に尾部が負の電極となる振り子ローラーに触れた所で、サケの頭から尾に向け電流が流れ、サケは麻痺して外部の刺激に反応しなくなる。②その状態になってから刃



物部をエアシリンダにより上下させ所定の位置への切り込みを行う。③その後、刃物部を後退させてからゲートを開けることにより切削されたサケはテーブルを重力により滑り落ち、放血槽に移動する。

なお、本脱血処理装置は図26に示すようにサケの進行方向に前下がり傾斜を持つと同時に切削の基準となるサケの腹が常に切削の定規となる案内に当たるようその方向へも傾斜を持つように設置される。また、開発した装置にはサケが装置から飛び出さず正規の位置に納まるようにガイドなどが多く付加されている。

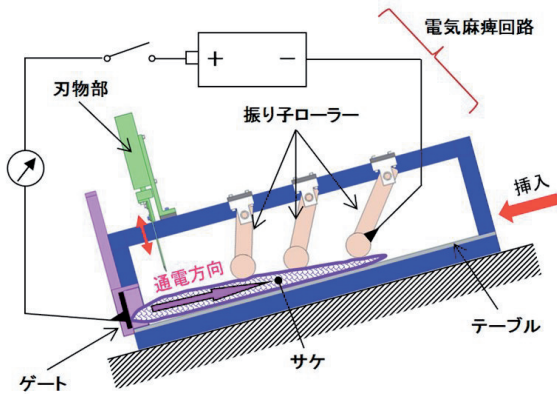


図25 装置の基本構造

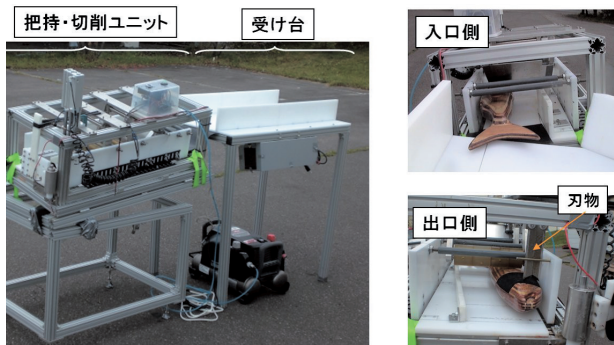


図26 試作装置の外観

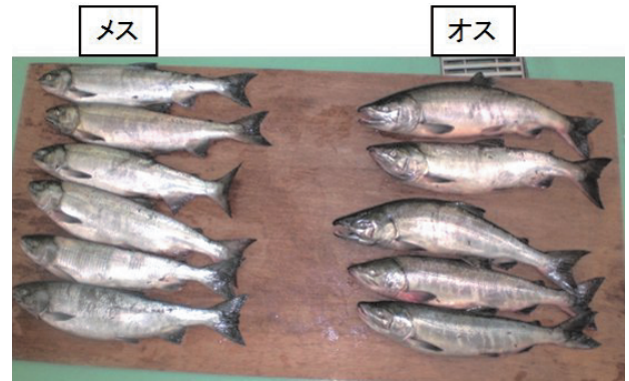


図28 脱血処理を行ったサケ



図29 脱血処理後のエラ

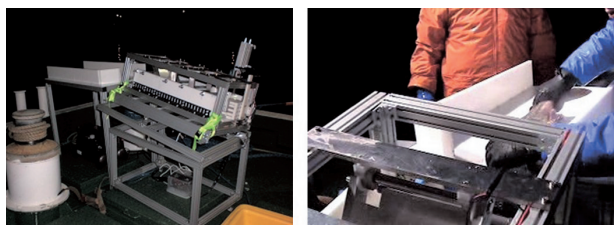


図27 実証試験



図30 脱血処理後のサケの内蔵 (左：オス、右：メス)

## 6.2 実証試験とその結果

定置網漁の漁船で行った実証試験の様子を図27に示す。本試験では、網上げ直後の活サケを受け台に一時載せ、一尾ずつ手送りにより試作装置の定位置にセットして切削を行い、



表 4 実証試験結果

試験体	Bブナ 11尾 (内訳:オス5尾、メス6尾)
処理時間	18秒/尾 以下 (200尾/時間 以上)
切削・脱血性能	鰓弓切断率: 8/11 尾 脱血成功率: 10/11 尾

本試験の結果以下のことが明らかとなった。

- ・処理時間については、18秒/尾となり現段階の装置で目標値を満足した。
- ・切削/脱血機能については、雄5尾+雌6尾、計11尾の試験において、鰓弓を切断した数は11尾中8尾であり、解剖による内臓の状態観察から、11尾中10尾が良好に脱血されていることを確認した。

## 7. 実用システムの検討

現状装置の実用化に向けた課題の整理を表5に示す。

基本機能の改良点として、

- ・把持・切削ユニットの一人作業化のための自動化
- ・サケの個別挿入を容易とするための誘導・整列機構

が必要であり、実用機とするための機能として、刃物などの耐久性や刃物周辺部の安全性確保などの課題が残されている。

これらの課題については研究開発を継続し実用機としてできる限り早く製品化したいと考えている。

表 5 残された課題

基本機能	操作の自動化(一人操作)
	誘導・整列の容易化
実用機能	コストダウン
	軽量化
	耐久性(刃物、可動部)
	安全性(刃物周辺)

## 8. まとめ

本研究により、船上の限られたスペースに設置して脱血処理を行う高効率でコンパクトな装置を開発することができた。今後は、操作の自動化や網上げ後のサケの個別誘導・整列機構の改良に取り組み、コストや耐久性、安全性を満足する実用装置の開発を道内企業と行う予定である。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、標津町 農林水産課加工開発担当係長佐々木 克之様より試験の調整および試験補助をして頂きました、ここに心より感謝申し上げます。

また、標津漁業協同組合には試験の場を提供して頂き、か

つ装置利用者としての貴重な意見を頂きました。記して感謝致します。

## 引用文献

- 1) 大熊一正・鈴木俊哉：アムールの秋サケ/2000年の日ロ共同調査結果概要とアムール川サケ資源の現状、さけ・ます資源管理センター、技術情報No168, pp33-46, (2002)
- 2) 二階堂英城・尾花博幸 他：海産魚における電気麻酔効果の検討、栽培漁業センター技法, 3号, pp9, (2005)
- 3) 笠井久会・渡辺研一 他：水産用ワクチン注射装置に組み込む電気麻酔の開発ならびにその安全性について、日本水産学会大会講演集要旨集, 2007巻, pp211, (2007)
- 4) 本田高男・村井正徳 他：魚の高鮮度活〆装置の開発、高知県工業技術センター、研究報告 No.36, pp15-18
- 5) 中山力：サケの自動エラ取り装置(アクアロボ岩手), NIKKEI MECHANICAL 1994.6.13, pp56-59, (1994)