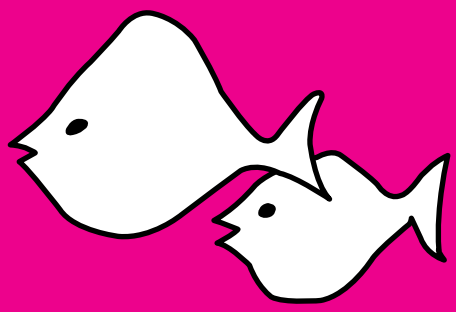
道総研

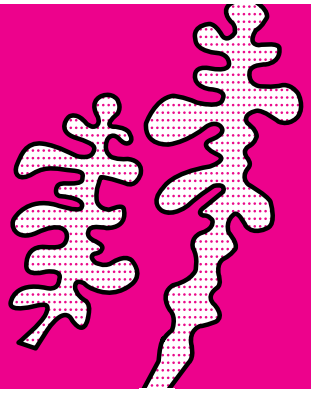
ISSN 0914−6849

HOKUSUISHI DAYORI

北水試だより

▷浜と水試を結ぶ情報誌◁





目　次／・ホタテガイ漁場可視化技術開発～技術の発展と展望…… 1
・サケ稚魚の種苗性を判断する簡便な方法の開発…… 5
資源管理・海洋環境シリーズ
・飼育実験によるシシャモの生態研究……10
・スケトウダラとマダラの精巣はなぜ「タチ」と呼ぶのか……16
資源増殖・水産工学シリーズ
・ホソメコンブ遊走子を付けた石材による
　新たな藻場造成手法の取組……19
水産加工シリーズ
・冷凍ホッケフィレの品質について……22
北水試百年こぼれ話
・⑪研究者とペンネーム……25
各水試発トピックス
・オットセイの分布調査に取り組んでいます……27
・NPAFC（北太平洋溯河性魚類委員会）年次会議に参加して …28
・今年の秋サケ来遊予測の公表を終えて……29
・中央水産試験場一般公開を開催……30

第93号
2016/10

地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部

ホタテガイ漁場可視化技術開発～技術の発展と展望

桒原　康裕

キーワード：地まきホタテガイ漁業、けん引式海底動画撮影装置、画像解析技術、資源量推定

ホタテガイ漁場可視化技術開発の黎明期

戦前の1942年（昭和17年）７月、北海道立水産試験場の澁谷・清水・木下は常呂漁場沖の潜水調査を実施しました。天然ホタテガイの垂直分布は潮間帯から水深83m に達し、主漁場となる30～50 m の水深帯を潜水により調査することは、現在でも十分危険な作業です。この困難な調査の結果は、ホタテガイ増殖黎明期にオホーツク海の天然ホタテガイ漁場を目視で調査した貴重な成果です。

戦後になると、1961年～1965年に北海道大学水産学部の田村正教授を中心とした潜水艇「くろしおII号」チームはオホーツク海から根室海峡にかけての大規模ホタテガイ漁場調査を行い、桁網の漁獲効率やホタテガイの分布特性を明らかにしました。「くろしおII号」による天然ホタテガイ漁場の視覚的な直接観察は、桁網や採泥による間接的な調査結果では得られないホタテガイ漁場特性、特にホタテガイの成長と底質の関係を解き明かすことで、地まきホタテガイ漁場の科学的評価の基礎固めに貢献しました。

1970年代後半から調査機材として水中ビデオカメラが利用可能となり、網走漁業協同組合がビデオカメラ調査技術開発を試み、船上でテレビ画面からの目視計数による資源量調査を開始しました。その成果は札幌で開かれた第29回全道漁村青少年婦人活動実績発表大会で網走漁協ホタテ貝増殖研究会により「水中テレビとデッカを活用したホタテ貝資源調査について」として発表され、高い評価を得て北海道代表に選ばれました。

ホタテガイ漁場可視化技術開発の発展期

1980年代半ばから、ホタテガイ漁場の海底写真撮影技術が常呂漁業協同組合と（株）海洋探査により開発が始まり、北海道大学水産学部の五嶋聖治助教授（現特任教授）によりその有効性が論文発表されたことで、オホーツク海沿岸での資源量推定調査手法として広がり始めました（図１）。

1990年代のフィルム写真は船上でのフィルム交換や陸上での現像・焼き付けの手間がありましたが、デジタル写真に移行することで、フィルム写真の制約が緩和され、撮影枚数のさらなる増加が可能となりました。しかしながら撮影後の処理が目視で行われたため、データ処理効率の悪さが技術的制限要因でした。その後も漁場の写真や動画による観察が漁業現場の自主的な努力により続けられていますが、撮影機材の進歩に伴う画像デー



図１　海底写真撮影装置



図２　けん引式海底動画撮影装置

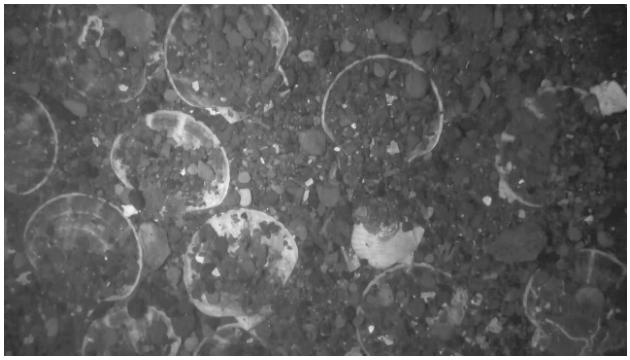


図３　動画から切り取った静止画像例

タの増大に、人間によるデータ処理が追いつかない状況が顕在化しました。

そこで画像からホタテガイを情報処理により高速かつ正確に自動判別することで、技術上のブレイク・スルーをめざし、網走水試と公立はこだて未来大学は2000年代後半にホタテガイ画像解析の基礎研究を開始しました。その最初の成果として2010年に情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム（UBI）研究会第26回 UBI 研究発表会優秀論文受賞（一般論文「ホタテ漁場での資源量調査を目的とした海底画像解析に関する検討」）を受賞し、基本的な原理に関しては「画像処理装置、特許第5709483号（特願2010−260450)」として特許を取得しました。

技術レベル向上への追い風となったのは高解像度のハイビジョンビデオカメラが普及期に入ったことです。主な家電メーカーから安価にビデオカメラを調達できるようになり、画像データ量の飛躍的な増大をもたらしました。

これを契機に、北海道立総合研究機構（以下、道総研）重点領域特別研究「漁場海底画像を利用したホタテガイ高精度資源量推定技術開発（H.23（2011）～H.25（2013）年度)」に取り組みました。この時の共同研究機関は熊本大学（公立はこだて未来大学の共同研究者は熊本大学に移動）でした。

この研究では、ホタテガイ漁場資源量推定調査を「海底動画から切り取った静止画像からホタテガイを自動計数する」ことで実現しました。そこでの目標はけん引式撮影装置と画像解析技術の開発です。けん引式撮影装置（図２）に関しては、装置けん引用ロープ以外の電源・送信ケーブル類の取り回しが、撮影上の障害となり、耐圧・防水ケーブルが高価である点を考慮し、操作性の高い安価な仕組みとするために、すべて記録型の機材を使用しました。画像解析技術に関しては写真に利用した方法論を応用しつつ、底質に応じた適切な高精度アルゴリズムを開発し、海底動画から切り取った静止画像（図３）を処理することに主眼を置きました。上記の動画撮影と画像からの自動判別技術の融合により、地まきホタテガイ漁場の資源量推定技術を開発しました。重点研究の成果に関しては、道総研第一期成果集（http : //www.hro.or.jp/pdf/06chapter2.pdf）として公開されており、研究成果は一部の地まきホタテガイ漁業現場に活用されつつあります。

次いで道総研産業技術研究本部工業試験場を加え、民間資金による受託研究「ホタテガイ高精度資源量推定技術の実用化試験（H.26（2014）～H.28（2016）年度)」に取り組み、動画撮影による漁場調査法の安定化に取り組んでいます。本研究には熊本大学および新潟大学が共同研究機関とし

て参加しています。

ホタテガイ漁場可視化技術開発の新規事業

道総研は平成28年度より農林水産技術会議予算の「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち地域戦略プロジェクト）に参加しています。この公募型予算は実証研究型で、ホタテガイ（地まき放流：増殖）と秋サケ（ふ化放流事業：増殖）の２品目に対する北海道の地域戦略「生産現場が即応できる新たな増殖技術の開発による漁業生産の回復に伴う国際競争力がある道産水産物の輸出拡大」の達成を目的とした研究開発です。

地まきホタテガイ漁業は近年の爆弾低気圧による大時化被害（図４）に対する対策の策定が緊急課題となっています。さらに国際競争力強化のための品質向上には「きめ細かな漁場ケア」が不可欠です。そのためには漁業従事者が手軽に海底のホタテガイの様子見ができるような技術開発が必要です。これらを象徴する技術開発上のキーワードとして全面に打ち出したのが「ホタテガイ漁場可視化」です。

この研究は網走水試を中核として、工業試験場、熊本大学、新潟大学、恵比寿システム株式会社、紋別漁業協同組合（協力機関）、北海道（普及機関）が共同して「ホタテガイ漁場可視化コンソーシアム」を結成し、産学官一体となって「効率的で頑健な地まきホタテガイ漁業を支える海底可視化技術開発」を担当します。

今回のキーポイントは、ホタテガイの自動判別による大規模データ処理が可能となる高度情報処理技術です。地まきホタテガイ漁場の状況を正確かつ迅速に把握し、資源量の推定、漁場被害発生時における追加放流数の検討など早期復旧対策や漁場修復に資する技術開発が可能となる基盤的技術開発、すなわち、自然環境（大時化等）や経済



図４　大時化被害により堆積したホタテガイ死殻

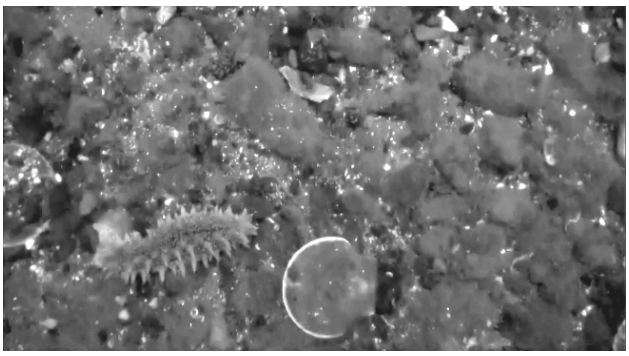


図５　マナマコとホタテガイ

環境（TPP 等）の変化に対応できる地まきホタテガイ漁業につながることが最終目標となります。

研究内容は以下の４課題です。カッコ内はホタテガイ漁場可視化コンソーシアム参加の研究担当機関です。

１．海底画像の安定かつ安価な撮影方式の確立（網走水産試験場）

２．海底画像からのホタテガイ認識技術の開発（熊本大学、新潟大学）

３．大規模な海底画像の効率的な解析処理技術の開発及びシステム化の実現（工業試験場、恵比寿システム株式会社）

４．海底情報可視化技術の開発（工業試験場、恵比寿システム株式会社）

以上の課題を３年間の研究期間でクリアし、北海道の地まきホタテガイ漁業の競争力の向上につなげていきたいと考えています。

ホタテガイ漁場可視化技術の展望

地まきホタテガイ漁業の発展を概観すると、黎明期から可視化技術開発の成果を時代ごとにうまく取り込んで進歩しています。ホタテガイ漁場可視化技術の進歩は、黎明期の人間による漁場の直接的な目視観察から始まり、機材による海底画像撮影と船上での目視・計数へ移行し、発展期には陸上での目視・計数、さらに目視を代替する画像解析へと移行しており、その技術的発展はより安全で自動化する方向、人間の関与を減らす方向への技術進化の歴史として捉えることができます。

今後、ホタテガイ漁場可視化技術は、調査の簡易化、省力化、自動化だけでなく、発展著しい水中ドローン、情報通信技術（ICT）、人工知能（AI）や仮想現実（VR）技術と融合することで、まだまだ伸び代を持つ有望な技術領域でもあります。また「可視化」という観点から、ホタテガイ以外の水産生物（図５）にも応用できる可能性が高く、汎用性のある技術として今後拡張・発展する潜在力も秘めています。

以上のように、ホタテガイ漁場可視化技術は、北海道沿岸の地まきホタテガイ漁業を支え、北海道水産業の持続的発展に寄与する価値ある応用技術の一つとして発展し続けることが予想されます。

（くわはらやすひろ　網走水試調査研究部

報文番号 B2399）

サケ稚魚の種苗性を判断する簡便な方法の開発

小山　達也

キーワード：サケ稚魚、種苗性、i-STAT、血中ナトリウム量、グルコース量

１．はじめに

北海道の秋サケ資源は人工ふ化放流事業によって支えられていますが、近年の秋サケ来遊量は4,000万尾前後と低迷し、かつ、海区間の格差が大きくなっています。こうした状況に対し放流後の沿岸環境等の影響について調査研究が行われていますが、各ふ化場から放流される稚魚の「種苗性」も回帰率を左右する重要な要素と考えられます。

ここで、「種苗性」という言葉について解説します。一般に、水産増殖を目的として種苗放流を行う場合，質の高い種苗を放流することが重要です。ウナギの研究で有名な塚本勝巳先生（東京大学名誉教授・日本大学教授）は著書の中で種苗性について次のように記しています。「種苗性とは放流種苗としての“適性”である。具体的には放流効果に直接影響を及ぼす形態的・生理的・生態的諸特性によって評価される」。

サケの回帰率を評価する際にもしばしばその種苗性が論議されています。しかし、全道のたくさんのふ化場から毎年放流されているサケ稚魚に対し行われている種苗性の評価は、放流前に海水（塩分33‰）の入った水槽に稚魚数十尾を投入して、48時間以内の生残率を調べる試験が行われている程度です。この試験は海水適応能が著しく低下した稚魚を検出するには有効ですが、サケ稚魚の種苗としての質の良し悪しを評価するにはもっと感度のよい評価基準が望まれます。

一方、最近のサケの種苗性の研究では、体全体のATP量を測定することが有効だと分かってきました。ATPとはアデノシン三リン酸のことで、「生体のエネルギー通貨」とも言われ、生物に必要不可欠なエネルギーの供給源です。これまでの研究により、健康な稚魚では体全体ATP量が10～100 pmol/g体重の範囲にあり、池で過密になったり、飼育水の溶存酸素が低くなるなど悪条件下で飼育された稚魚ではこの範囲から外れることがわかっています（水野2013）。この指標は有効ですが、測定にはサンプルとする稚魚を急速超冷凍する必要があり、測定時の検体の取り扱いや薬品の調合等の操作に熟練した技術が不可欠です。

そこで、もっと手軽にサケ稚魚の種苗性を評価できる方法はないかと考え、評価手法の実験を試みてきました。それらについてご紹介いたします。

２．稚魚の行動とATP値は合致していなかった

最初に、池を泳いでいるサケ稚魚の動きを観察し、各個体の俊敏性、集群性、給餌に対する反応等を総合的に捉えて稚魚の健康度を判断しました。客観的とは言い難い基準ですが、健康度が低下した稚魚は見るからに動きが鈍く、人が近づいても逃げようとしないといったことさえあります。

道内のふ化場のいくつかに出向いて、それらサケ稚魚の行動に基づいて「良い、普通、悪い」と三段階に分けて判断してみました。同時に、池からサンプリングした稚魚の体全体ATP量を測定し、両者を照らし合わせてみました（表１）。前述のと

表1　各ふ化場で観察した良否とATP量の数値

観察した良否	ふ化場	体全体ATP量(pmol/g体重) 平均値	標準偏差
普通と判断	D	6.2	1.13
	A	9.6	1.72
	N	11.5	3.31
	G	12.0	3.01
	P	17.7	5.33
	I	20.9	4.42
	B	23.4	5.67
	O	26.1	6.45
	K	39.8	10.11
	F	84.5	43.30
良いと判断	L	9.0	2.14
	R	11.6	3.14
	M	15.3	3.70
	C	18.7	5.24
	H	35.2	10.51
悪いと判断	E	10.7	1.97
	Q	36.0	9.82
	J	48.2	12.98

おり、体全体ATP量の健康基準値は10～100pmol/g体重の値が適正とされています。

表1に示したように、必ずしも観察した稚魚の行動とATPの測定値は合致しませんでした。稚魚の泳ぎが俊敏でないと判断された稚魚でありながらATP値では問題が無かったり、また、その逆で活発に群れをなして泳いでいる稚魚にもかかわらずATP値が低かったという例がみられました。種苗性を判断する材料として、こうした稚魚の行動から何らかのカギを得られないかと探ったのですが、どうもこうした行動の記録といった点からのアプローチは難しいようです。

3．血液分析機器「i-STAT」の活用を検討

次に、池での遊泳行動等の見た目での評価基準でなく、生理的な項目の数値で種苗性を客観的に判断してみることを検討してみました。生理的な項目には体全体ATP量を始め様々な指標が考えられますが、先ほども述べましたが、簡便に測定が可能で、結果をいち早く得ることができる評価方法を検討してみました。

話は水産研究からそれますが、医療・臨床現場では即時に患者さんに対応するために迅速で正確な必要検査項目の測定が求められます。したがって、そうした現場で用いられている機器は即座に測定でき、操作が容易、しかも、軽量で場所を取らずにコンパクトという点が要求されます。これらに加え最近では新生児や乳児にも対応するため、測定に必要とする検体量が微量でも可能といった便利な機器が使用されています。

こうした機器のひとつとして「i-STAT」(扶桑薬品工業株式会社)という血液分析測定機器があります。この機器はアメリカ合衆国で獣医学部の先生により開発されましたが、現在、医療機器のひとつとして多くの病院でも使用されています。測定項目によりそれぞれ使用する専用のカートリッジがあり、検体を注入したカートリッジをi-STATにセットして目的とする成分、項目を瞬時に測定することができます。最近では手軽に持ち運びが可能なことから診療施設以外の在宅医療現場、または震災災害時の現場などでの有効性も強調されているところです。本機は北海道内で200台以上が使用されているそうですが、医療分野、畜産分野別の稼働状況は半々の割合とのことです。サケ稚魚を対象とした活用事例はありませんでしたが、ここでは稚魚の種苗性の評価にこの機器の活用を検討してみました。

4．i-STATを使うにあたっての工夫

このようにi-STATという血液分析機器の使用を考えたわけですが、サケ稚魚で用いるには一工夫する必要がありました。その理由は、対象とするサケ稚魚が小さく一尾から十分な量の血液が採取できないことでした。測定するのに必要な血液の検体量は65μℓです。実際のところは60μℓでも測定







図１　採血、血液分析に係る器具

可能なのですが、放流直前のサケ稚魚で最も小さなサイズは0.8グラム程、このサイズのサケ稚魚から採取できる血液量は６～８μℓで１個体のみからの採血量では必要量を確保するのは不可能です。そこで数尾の血液をプールしたり、採血した血液を遠心分離して上澄み液である血漿成分を検体としたり、希釈液を用いるなどの工夫をすることで必要量の60μℓを確保しました。

現在行っている操作過程の様子を図１に示し、具体的な手順を以下に記します。

・１検体につき４尾の稚魚を用意する。
・尾柄部を切断しヘマトクリット毛細管で６～８μℓ以上（管の長さで６～８mm）採血する。
・この毛細管を3000rpm で15分間遠心分離する。
・遠心分離後の毛細管から血漿をマイクロピペットで３μℓ取り出し、マイクロチューブ等に４尾分をプールする。
・４尾分プールした12μℓの血漿に希釈液を48μℓ混合し、総量で60μℓにする。

５．どういった状況の血液を分析するのか

i-STAT ではナトリウム、カリウム、クロールの各種電解質、その他にグルコースを同時に測定出来ます。このうち、血中ナトリウム量は以前からサケ・マス類の幼魚の海水適応能の評価に用いられています。海水中でサケ稚魚は体内の水分が体外へ流出するのを海水を飲むことにより補い、併せて、入ってきた塩類を鰓から排出することにより、血中ナトリウム量を一定に保つといった浸透圧調節が働きます。海水適応能が低い稚魚はこの浸透圧調節が働かず血中ナトリウム量が高くなることから、海水に入れた後の数値は種苗性を判断する指標になるのです。いままで、液体中の微量な物質の測定にはメンテナンスを適切に施した原子吸光光度計という専門的な測定機器とそれを扱う熟練した技術が必要でしたが、i-STAT を用いることで簡単かつ迅速に測定することが期待できます。また、一般的な海水の塩分濃度は33～34‰ですが、その塩分の海水に投入した場合では血中ナトリウム量に明瞭な違いが出ないことが多いため、通常の海水より塩分が高い海水（42‰）に投入することによる強度の負荷試験での血中ナトリウム量も測定してみました。

また、グルコース量はストレスにより増加することが知られています。海水に入れた時に稚魚が苦痛を感じたならばグルコース量の上昇も観察されるかもしれません。そこで、これらの観点で i-STAT による血液分析を行いました。

6．各ふ化場で数値測定してみた結果

道内の約20か所のふ化場で飼育中のサケ稚魚をサンプリングし、種苗性を評価するため前述の海水適応能に係る血液分析実験を行いました。実験の概要ですが、先ほども述べたように通常の海水の塩分である33‰海水とそれよりも高塩分の42‰海水の二つの試験区と、これに対する淡水の対照区を設けました。これら３種類の淡水、海水を15～18ℓ入れたバケツにエアレーションを施し24尾から36尾のサケ稚魚を投入し24時間後に採血しました。

投入24時間後の斃死状況（表２）をみてみると、33‰海水では斃死はほとんどみられず、二か所のふ化場で数尾が斃死したのみでした。42‰海水では約半数のふ化場で斃死がみられ、その斃死数は数尾のふ化場が殆どでしたが、ただ一か所のふ化場では全数が死に至りました。

次に、i-STAT で測定した血中ナトリウム量の数値をみると、淡水、各海水濃度にかかわらず140mmol/L 前後の値で殆ど変化しないふ化場、海水の濃度により徐々に上昇するふ化場、また、急激に上昇して42‰海水では170mmol/Lを超えるふ化場がありました（図２）。唯一42‰で全数斃死したふ化場では33‰海水で既に170mmol/L を超えました。また、淡水での血中ナトリウム量を見てみると、140mmol/L 前後を示すふ化場が大多数でしたが、中には130mmol/L 前後と低い値を示すふ化場も見られ、これらふ化場の多くでは42‰海水で血中ナトリウム量が高い値を示しました。

同時に測定したグルコース量は（図３）、淡水中では多くのふ化場で60mg

表２　海水適応能試験における斃死数

ふ化場	塩分濃度		
	淡水	33‰	42‰
A	0／24	0／24	1／24
B	0／37	0／37	0／36
C	0／27	0／26	0／27
D	0／30	0／30	3／30
E	0／28	0／31	0／30
F	0／24	0／24	0／24
G	0／24	0／24	0／24
H	0／30	0／30	0／30
I	0／35	0／31	0／30
J	0／30	0／30	0／30
K	0／31	0／30	3／30
L	0／24	2／24	25／25
M	0／24	0／25	0／24
N	0／24	0／24	3／24
O	0／30	0／30	0／32
P	0／31	0／30	11／30
Q	0／31	1／30	1／30
R	0／30	0／31	6／30

（斃死数／供給尾数）

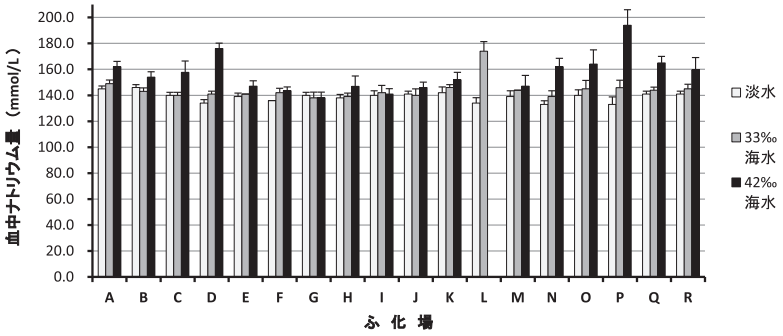


図２　各ふ化場における各海水濃度の血中ナトリウム量

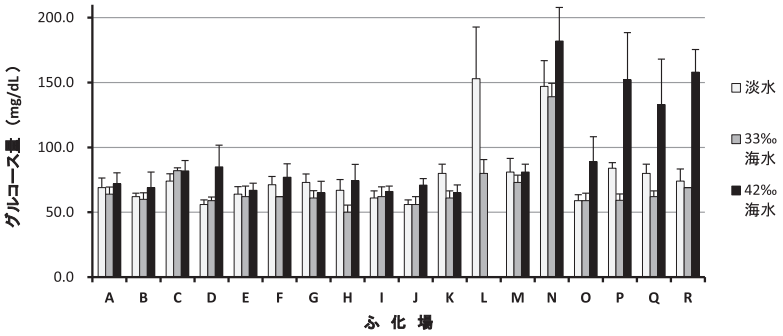


図３　各ふ化場における各海水濃度のグルコース量

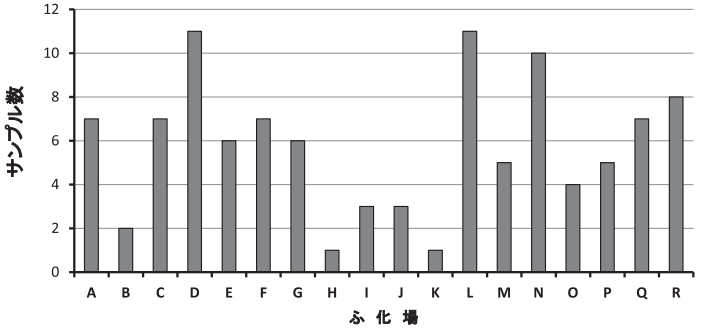


図４　各ふ化場で ATP 量が 8～200pmol/g 体重から外れたサンプル数

/dL 前後から80mg/dL の値でしたが、中には100mg/dL を遙かに超える値のふ化場も見られました。33‰海水での値は淡水と比較すると同値か若干低下する値を示すところが大部分でした。このことは通常の海水中ではストレスを殆ど受けず淡水よりも代謝が促されることを意味しているのかもしれません。42‰海水では淡水、33‰海水よりも高い値を示し、中にはその上昇が急激で100mg/dL を超えるふ化場もいくつか見られました。

いままで、塩分33‰の海水による適応能試験の生残率が唯一の種苗性の目安となっていましたが、今回の調査から一般的な塩分の海水よりも更に高塩分の海水を用いた負荷試験のほうがより的確に判断できる事が分かりました。

7．i-STAT 測定値と ATP 値の比較対比

今回、稚魚の体全体 ATP 量は各ふ化場において15個体をサンプリングし測定に供しましたが、その内の８～200pmol/g 体重を外れたサンプル数について図４に示しました。これら結果を先の i–STAT で測定した血中ナトリウム量、グルコース量の値と比較すると血中ナトリウム量が高い値を示したふ化場（図２の D,L,P)、または、グルコース量が高い値を示したふ化場（図３の L,N）は ATP 値が８～200pmol/g 体重を外れた個体数が多いふ化場と大方呼応することが分かりました。すなわち、i–STAT による血液分析測定値を指標にして種苗性を判断できる可能性が示されました。

8．おわりに

増殖事業現場では健康な稚魚を放流したいというのが飼育担当者の誰もが望んでいることでしょう。サケ稚魚は身体の具合悪さを訴えることが出来ません。健康に不安を憶えるサケ稚魚のそうしたシグナルをいち早く感じ取ることが出来れば良いのですが、行動面だけからそれを把握するのが難しい場合もあります。人間でさえ定期的な健康診断を行うことによる早期発見、早期治療が推奨されているところです。

さて、本報告では i–STAT という便利な医療機器を利用することでサケ稚魚の血液性状を把握した上でその種苗性を判断する可能性について紹介しました。このほかにも最近では安価な測定機器もあり、その一つとして血糖値（グルコース量）を測る簡易測定器はかなりの機種が出回っています。種苗性を把握する一つの手段にこうした機器の利用も切り口になる可能性があり現在、その検討も進めているところです。

客観的に種苗性を判断する項目を見いだすこと、そして、その項目を測定する機器として最近の簡易な医療機器を利用すること、この二つの両輪がかみ合うことでサケ稚魚の種苗性把握、引いてはサケの回帰率向上に上手くつながればと考え、今も研究を続けているところです。

参考文献

水野伸也（2013）健康な種苗をそだてるために.「サケ学大全」(帰山雅秀・永田光博・中川大介編)，北海道大学出版会，札幌，169–172.

塚本勝巳（1993）種苗の質.「放流魚の健苗性と育成技術」(水産学シリーズ93)，恒星社厚生閣，102–113.

（こやまたつや　さけます内水試さけます資源部

報文番号 B2400）

資源管理・海洋環境シリーズ

飼育実験によるシシャモの生態研究

キーワード：シシャモ、生態、飼育、仔魚、稚魚、成熟、野外調査

はじめに

シシャモは、北海道の太平洋沿岸海域のみ生息し、産卵期になると河川に遡上する遡河性魚類*です。毎年、産卵期間近の10～11月になると、遡上のために河口域に集まりつつある魚群を対象に、主に「ししゃもこぎ網漁業」によって漁獲され、その多くが干物として加工されます。シシャモの干物は、北海道を訪れる観光客のお土産品としての知名度は非常に高く、なかでもむかわ町で加工されたものは「鵡川ししゃも」と呼ばれ、北海道を代表する特産品の一つとなっています。

主に鵡川に産卵遡上すると考えられている胆振～日高海域に生息しているシシャモは、漁獲され水産物として利用される漁獲対象資源である一方、環境省により「絶滅のおそれのある地域個体群」（http : //www.env.go.jp/press/101457.html）に指定されている保護の必要な希少な水産生物でもあり、これまで資源の管理に向けた様々なとりくみが行われてきました。ところが、近年、仔稚魚期に大きく減耗（死亡）してしまう年が連続して起こった結果、資源量は過去最低水準にまで減少しており、希少種でもあるシシャモ資源の持続的な利用を考えるうえで、その原因の究明が急がれています。そこで、栽培水産試験場では、複数の研究機関と共同でシシャモ資源量の変動要因を明らかにすることを目的とした調査・研究（鵡川系シシャモ資源の加入量変動機構解明に向けた基礎的研究）[1)]を開始しました。

これら調査・研究は、春～秋にシシャモ仔稚魚を採集し、様々な角度から減耗原因を調べるという野外調査を中心とした研究課題で構成されていますが、制約の多い野外調査だけでは限界があるのも事実です。そこで、野外調査の不得意な部分を飼育実験で補えないかと考え、栽培水試では、2013年から繰り返しシシャモ仔稚魚の飼育を試みてきました。

シシャモ仔稚魚の飼育は、これまでに数名[2)]により試みられてきたようなのですが、失敗例が多かったためか記録として残された情報があまりにも少なく、最初は手探り状態からのスタートでした。それでも、飼育水温などの物理環境や餌生物の栄養成分を工夫することにより、なんとか仔稚魚の飼育に成功し、ここ数年はコンスタントに成魚にまで育てることが出来るようになりました。また、飼育実験により野外仔稚魚の減耗要因を探るために役立つ情報もいくつか得られてきましたので、併せて紹介いたします。

シシャモ飼育の進捗状況

これまでに行った飼育実験のうち最も順調に飼育できた試験区の結果をご紹介しますと、孵化後50～60日目に７～８％が死亡するという、比較的急速な生残率の低下が見られたものの、それ以外の時期は目立った死亡は観察されず、114日齢になっても85％を超える高い生残率を実現できました（図１上段）。もちろん、毎回このような高い生

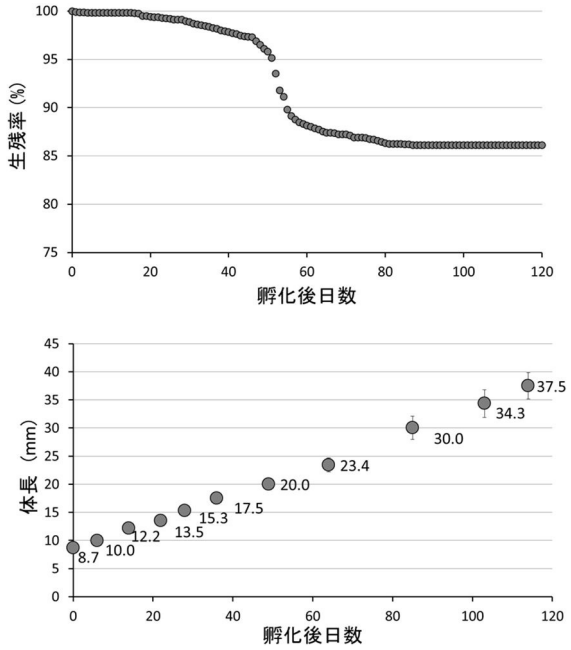


図１　飼育下におけるシシャモ仔魚の生残率（上段）および平均体長（下段）の推移

残率は得られていませんが、2015年以降に行われた飼育では、100日齢時の生残率が50％を下回ることはなくなっています。

孵化時に8.7mm であった平均体長は、64日目には23.4±1.2mm に、85日目になると30.0±2.0mm に達し（図１下段）、この飼育により、シシャモ仔魚が稚魚へと発育していく様子を初めて連続的に観察することが出来ました（図２）。また、鵡川河口域で採集された野外仔稚魚の体長は、孵化後およそ２ヶ月で16～23mm、３ヶ月では23～33mm[3)]と報告されており、飼育仔稚魚と大差は見られません。魚種により、飼育下では野外仔稚魚と同じような成長速度が得られないという話をよく耳にするのですが、シシャモについてはそのようなことはなく、野外仔稚魚の成長過程を飼育下で再現する、といった程度の飼育実験は可能な段階に来ていると思われます。

その後、2013年から2016年にかけて、仔稚魚を対象とした、いくつかの飼育実験を行ったのですが、飼育実験の予備用として準備していた仔稚魚を飼

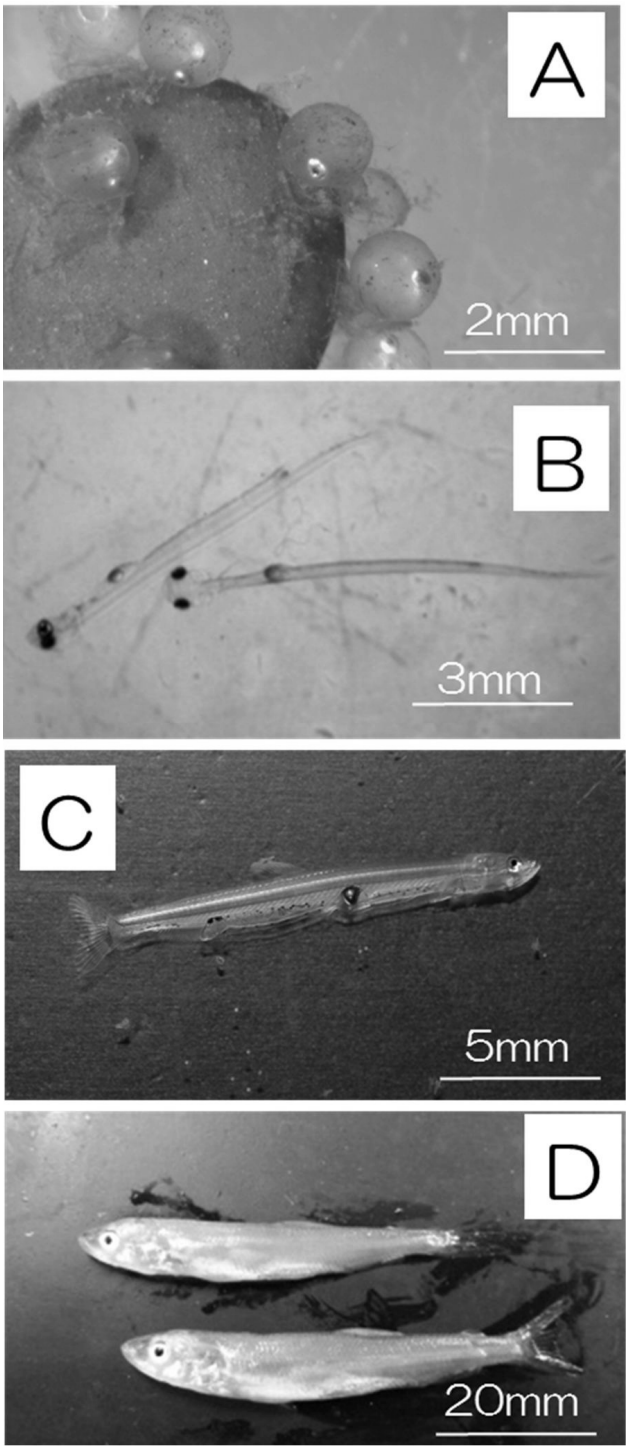


図２　飼育シシャモの発育過程
（Ａ：受精卵、Ｂ：０日齢、Ｃ：56日齢、Ｄ：114日齢）

育し続けたところ、早い個体では０歳の秋（孵化後約６～７ヵ月）に体長100mm を超える大型個体が現れはじめ、大型個体のなかには尻鰭が伸張し体色が黒ずむという成熟雄に特有の特徴を示す個体が外観から確認できるようになりました。開腹



図３　飼育下で成熟した雌成魚（０歳、体長101mm、上段：生存時、下段：開腹後）



図４　飼育下で128～142mmに成長し成熟した雄成魚（１歳、上段：生存時、下段：開腹後）

して生殖腺を観察してみると、外観から成熟雄と判断された個体の精巣は大きく発達し、白濁している様子から、精子形成が完了していることが確認できました。また、卵黄蓄積期、あるいは排卵期に達した成熟した雌の生殖腺の特徴を持つ個体もみられ、雌についても生殖腺（図３）の観察から成熟していたことが確認できました。

孵化後６～７ヵ月目に成熟しなかった個体群を、さらに１年間飼育したところ、０歳時とは比較にならないくらい大きく成長し（図４）、０歳時よりも高い割合（後述）で成熟させることが出来ました。これら成魚からは人工受精と自然産卵により受精卵が得られ、受精卵からは元気な仔魚が孵化してきましたので、雌雄ともに受精可能な段階まで成熟が進んでいたことは間違いありません。

耳石輪紋の形成過程

野外で採集された仔稚魚の成長・生残過程を調べるためには、今や耳石日輪解析は不可欠な手法となっていますが、耳石日輪解析を活用する際には、事前に耳石輪紋が１日に１本形成されていることを確認しておくとともに、孵化後何日目から輪紋が形成されるかを知っておく必要があります。そのための方法はいくつかありますが、孵化日の分かっている仔魚を飼育し、日齢の増加に伴い輪紋数がどのように増えていくのかを観察する方法が、最も信頼性が高いとされています。そこで、飼育したシシャモ仔稚魚を使って日齢と耳石輪紋数を比較してみたところ、耳石輪紋（図５）は、孵化後５～６日目に形成を開始し、その後、１日に１本の頻度で形成されていることが確認できました（図６上段）。また、稚魚の耳石の大きさ（耳石径）と体長の関係には、累乗式が良く当てはまること（図６下段）も分かりました。ここでは詳しい解析の仕方[4]は割愛しますが、これら基礎的な情報が得られたことで、仔稚魚が、いつ生まれ、どのような成長過程を経てきたかを個体レベルで知ることが出来るようになり、野外仔稚魚の減耗要因を調べるための準備の一つが整いました。

野外仔稚魚の体長を正確に把握するために

数種の魚種では仔魚期における僅かな体長[5]、あ

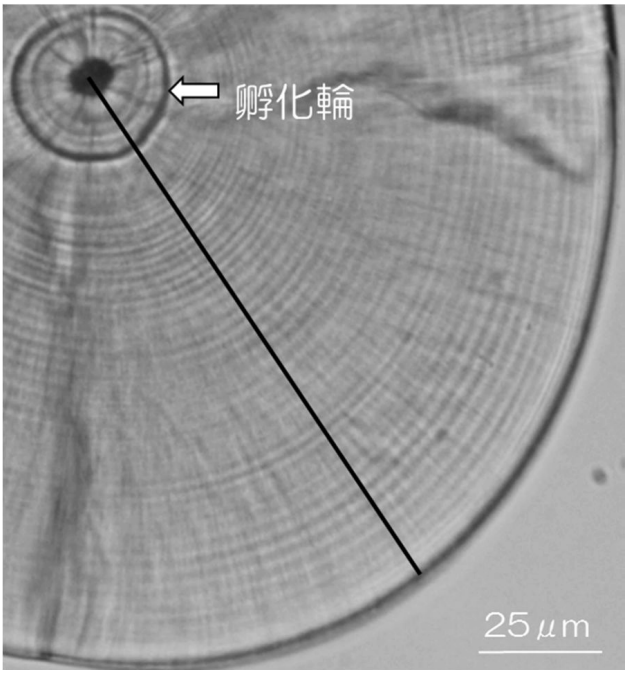


図５　シシャモ稚魚の耳石（体長28.5mm、49日齢）

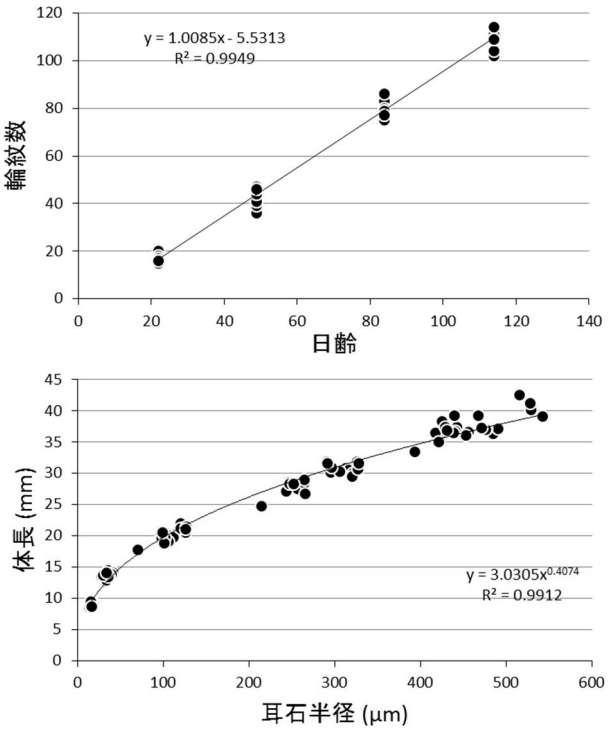


図６　シシャモ仔稚魚の日齢と耳石輪紋数の関係（上段）および耳石半径と体長の関係（下段）

るいは成長速度[6]の違いが、数倍の生残率の変動を引き起こすことが知られており、仔稚魚の成長・生残過程を調べるためには、可能な限り体長を正確に計測する必要があります。野外調査で採集された仔稚魚、とりわけ体長20mmに満たない仔魚は、死亡直後から急速に腐敗が進むため、採集後速やかに95%程度のエチルアルコールで固定して持ち帰りますが、エチルアルコールの脱水作用により体長は生存時と比較して小さくなってしまいます。一方、秋に採集される体長40mmを超えるような大型個体は、通常、冷蔵、あるいは冷凍で保存し、固定されることなく体長が計測されます。そのため、小型個体の体長の計測結果には縮んだ分の誤差が生じることに加えて、固定されずに計測された大型個体の体長との連続性が保てないという問題が起こります。そこで、飼育仔稚魚を使って固定前後の体長を比較したところ、固定前（生存時）と固定後の体長差は、体長が大きくなるにつれて指数関数的に大きくなること、つまり体長毎にどのくらい縮んでいるかを知ることが出来ました（図７）。この結果が得られたことで、固定された後の仔稚魚の体長から、生存時の体長を推定できるようになり、固定に伴う問題点が解消されました。

初めて分かったシシャモの成熟生態

今回、シシャモを長期間に亘り飼育出来たことにより、０歳（孵化後６～７ヶ月）で0.1～14.2%（雌雄込）、１歳（孵化後約1.5年）になると雄で65.3%、雌では87.3%の個体を成熟させることが出来ました。自然界のシシャモが０歳で成熟したという報告はないようですが、飼育下では１割を超える個体が成熟する場合もあることから、条件が整えば孵化後６～７ヶ月程度で成熟するためのポテンシャルを備えているのは間違いないでしょう。

どのくらいの体長になったら何割が成熟するといった成熟体長に関する情報は、資源を持続的に利用するための基礎的な情報として不可欠です。栽培水試では、数十年間に亘り、産卵のために河口域に集まってきた成魚を対象に生物測定結果を

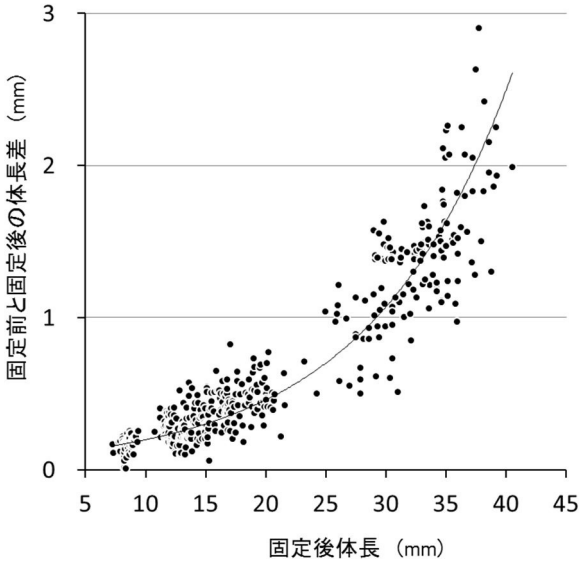


図７　シシャモ仔稚魚を95％エチルアルコールで固定後の体長と固定前（生存時）と固定後の体長差

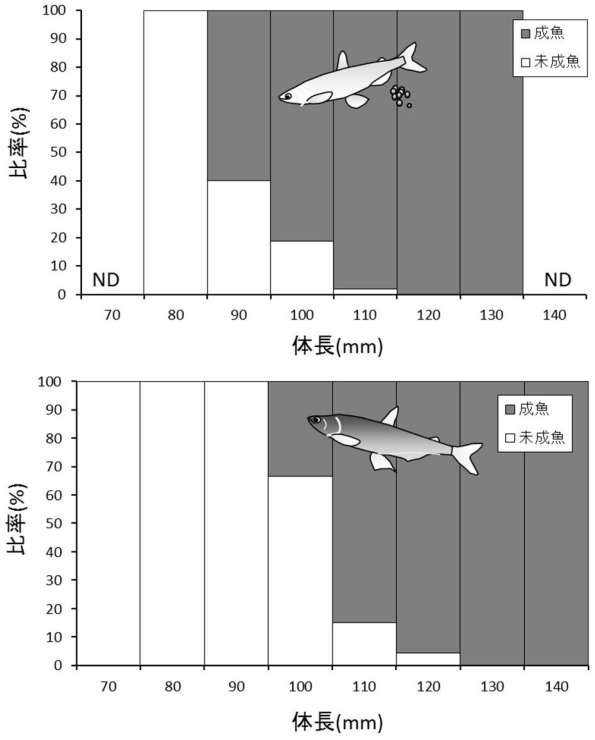


図８　飼育シシャモの成熟体長（上段：雌、下段：雄）

蓄積してきましたが、成熟しなかった個体群の情報が得られないため、成熟体長は明らかに出来ずにいました。今回、飼育下で成熟させることが出来たことにより、シシャモの体サイズ別の成熟割合が初めて明らかになりました（図８）。飼育下の結果を、そのまま野外の出来事として考えるのは危険ですが、雌で90mm 台、雄では100mm 台で成熟個体が現れ始める点は、野外での観察結果と共通しており、ある程度、野外での状況を表している可能性はありそうです。

さいごに

これまで、シシャモ孵化仔魚を飼育の最高記録は、ふくしま海洋科学館の職員たちによる169日齢（体長39mm）[1)]だったのですが、ここ数年間に行われた栽培水試の飼育により、この記録を大きく塗り替えることが出来ました。シシャモは、研究の歴史は比較的長いものの、分からないことが多い魚類でもあります。今回、孵化仔魚から成魚までの飼育が実現し、生活史を通したシシャモの飼育実験が行えるようになったことで、シシャモという魚を理解するための、新たな手法が加わったといえます。今後は、野外調査だけでは調べることが難しかったシシャモの生態などの知見が、飼育実験を通じて次々に明らかになっていくかもしれません。

なお、現在、栽培水試ではシシャモの飼育法を確立するための研究課題（生態研究を目的としたシシャモ飼育技術の確立）を、今年から３年間の計画で展開中です。本項では紙面の都合により「シシャモの飼育法」には全く触れられませんでしたが、シシャモ仔稚魚の飼育には、他の魚にはない、シシャモ特有の注意すべき点は間違いなくあり、この研究課題を通じて健全にシシャモを成長させるための条件を明らかにしていく予定です。機会があれば、この研究課題の結果についても本誌でご紹介できればと考えています。

最後になりましたが、シシャモ飼育を始めるに際して貴重な情報を提供いただいた、公益社団法人　栽培漁業振興公社　岡田鳳二技術顧問、新居

久也部長、公益財団法人ふくしま海洋科学館の松崎浩二環境展示チームリーダーおよび公益財団法人千歳青少年教育財団　サケのふるさと千歳水族館　菊池基弘館長に心より感謝いたします。また、河川内での成魚の採集や受精卵の入手にご協力いただいた鵡川漁業協同組合および釧路市漁業協同組合の皆様に、本紙面をお借りしお礼申し上げます。

＊：産卵の時などに海から川に生活の場を変える魚類の総称。北海道ではサケやカラフトマスが有名。

参考文献

1）石田良太郎（2016）　鵡川系シシャモ資源の加入量変動機構解明に向けた基礎的研究．平成26年度栽培水産試験場事業報告書，91－92.

2）松崎浩二・藤井芳・猿渡敏郎（2010）クレイゼル水槽を使用したシシャモ仔稚魚の育成．水産増殖学会　第9回大会講演要旨集，8–9.

3）工藤　智・春日井潔（2004）シシャモの海洋生活初期における資源生態調査（受託研究）．魚と水，40，71–80.

4）Campana, S.E.（1990）How reliable are growth back-calculations based on otoliths?. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47, 2219–2227.

5）Garrido, S, Ben-Hamadou, R, Santos A.M.P., Ferreira, S, Teodósio, M.A., Cotano, U, Irigoien, X, Peck, M.A., Saiz, E, Ré., P (2015) Born small, die young : Intrinsic, size-selective mortality in marine larval fish. Nature Scientific Reports, 5 : 17065, 1–10.

6）Houde, E.D.（2008）Emerging from Hjort's Shadow. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 41, 53–70.

（いしだりょうたろう　栽培水試調査研究部

報文番号 B2401）

資源管理・海洋環境シリーズ

スケトウダラとマダラの精巣は なぜ「タチ」と呼ぶのか

キーワード：スケトウダラ、マダラ、精巣、白子、タチ、狩人（マタギ）、内臓呼称、膵臓、卜占

はじめに

魚の雄の生殖腺（精巣）は一般的には白子と呼びますが、北海道ではスケトウダラ（通常スケソあるいはスケソウ＝助宗と呼ぶ）やマダラ（真鱈、通常タラと呼ぶ）の場合に「タチ」と呼ぶのが一般的です。スーパーマーケットの食品売り場では、スケトウダラの精巣は「助タチ」、マダラは「真タチ」と区別して表示・販売されています。タチは乳白色で、房状になっており（図１、２）、タラ科魚類の精巣の特徴的な形態です。

20年くらい前までは、スケトウダラやマダラの漁獲が沿岸で始まる晩秋から初冬になると、マスコミからタチの呼び名の由来について問い合わせが水産試験場に来るのが風物詩のようでした。その後、平成８年頃からインターネットが普及し始め、水産物の冷蔵輸送・保存技術が発達した今日では問い合わせも皆無になりました。昭和の頃は冬場の漁師町のごく一部で珍味として食べられていた生のマダラのタチを使った刺身（タチ刺し）や天ぷらなどの料理が、今日では多くの居酒屋でも普通にみられて消費されるようになり、マダラの雄の値段が雌より高くなるほどです。

私もスケトウダラやマダラの調査担当者でしたので、何回かマスコミ対応をしました。下ネタ好きの水試の先輩は、「平家一門の子弟など貴族の「むすこ」をきんだち（公達）と言うのが語源ですよ」などと怪しげなことを言っていました。

そこで何か根拠になる文献はないかと調べてみると、中央水試の図書室にある岩波書店の「広辞苑第三版（1983）」に「たち」の項目があり、「獣の臓腑。狩人はこれを尊重して山の神に捧げ、または賞味する。たつ。」と記載されていました。そこで「産卵期のタラ科魚類の腹を開くと精巣（白子）があふれんばかりに飛び出し、いかにも獣の

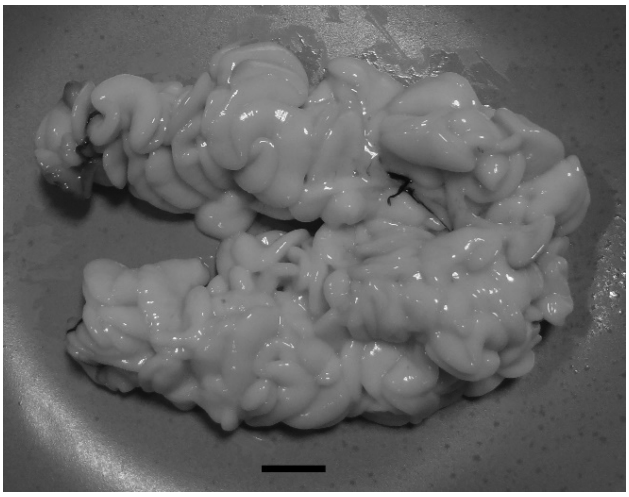


図１　成熟したスケトウダラの精巣（助タチ）の１尾分（横黒バーは１cm）

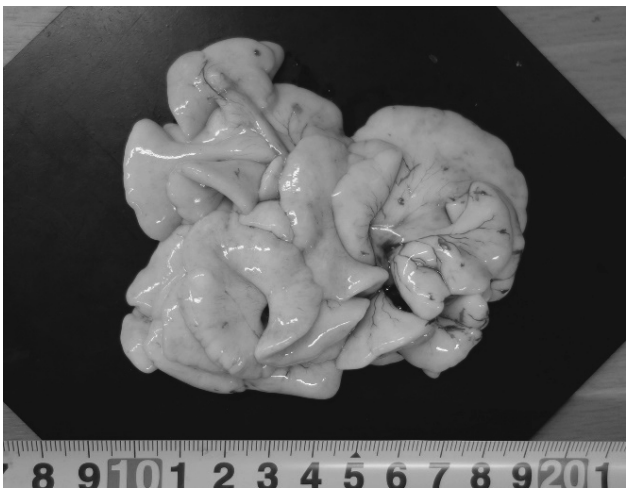


図２　成熟したマダラの精巣（真タチ）の一部

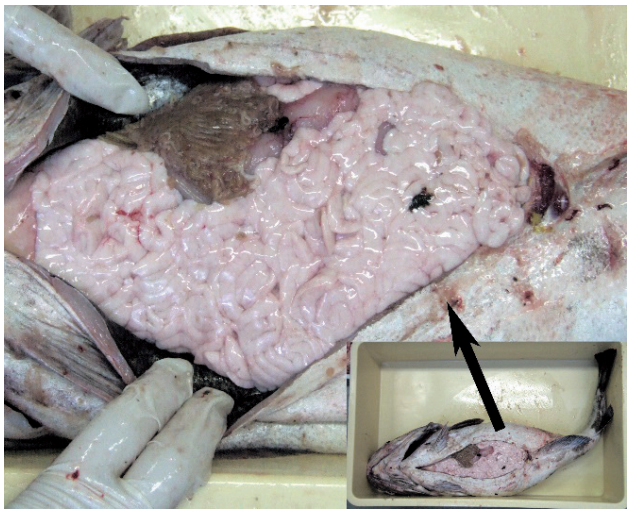


図３　成熟したマダラ（雄：尾叉長86cm、体重8277g、生殖腺重量1907g）の腹を開いたところ。腹内は精巣で埋まり、上方に胃の一部と幽門垂が見える（拡大写真の横幅は400mm）

内臓のように見える（図３）ので、狩人が使う「たち（たつ）」と同じ呼び方になったのでしょう」と説明してきました。

北海道以外での呼び方は？

本州ではスケトウダラはマイナーな魚種で、マダラのほうがメジャーな水産資源であるため、マダラの白子についての呼び方を、文献とインターネット情報も合わせて調べてみました。

青森県（脇野沢）では北海道と同じ鱈の料理である「白子（たつ）汁」（川岸、1982）があり、道南地方と同様に「チ」と「ツ」の区別をつけない発音の土地柄なので、北海道と同じ呼び方といえます。山形県においては冬場のマダラを使った鍋料理の「どんがら汁」は冬の風物詩であり、白子については同じ庄内地方でも鶴岡では「タツ」、酒田では「ダダミ」と呼ばれるそうです。秋田県人の方は「ダダミ（ダダメ）」でないと唾が出てこないとか。石川県でも「ダダミ」、岩手では「キク」と呼ぶそうです。

北海道から日本海に沿って石川県まで分布するマダラの精巣の呼び方は、山形県でタチとダダミが境界となっており、太平洋側は見た目の形からの呼び方になっているようです。見た目の表現としては、ほかに雲腸（くもわた）、雲子（くもこ）、菊子（きくこ）がみられました。

以上、なるべく「故郷の親はこう言っていた」というものをセレクトしてまとめてみたのですが、ネット情報もそれなりに信憑性があるように思いました。ただ、本州日本海側でメジャーな「ダダミ」という呼び方の由来については想像することすらできませんので、関係県の方にお任せすることにして、ここでは北海道での呼び方である「タチ」について、広辞苑の狩人に関係する記述を手がかりに調べてみました。

狩人が呼ぶ「タチ」とは

千葉（1977）は「狩猟伝承研究後篇（風間書房）」の中で、狩人が用いる野獣の内臓呼称を調べ、「膵臓が全国的にタチの名称で知られ」、「狩猟を事とするアイヌ族は、半月形をしている点で膵と脾とを同じ Chup の名で呼び、区別しない」が「非狩猟農耕民と考えられる日本民族では特別に呼び分け、南西諸島から青森県まで同様であるというのは、これが卜占（注：ボクセン、占うこと）に用いられたためではないか」、「奥羽のマタギたち（注：かつて、独特な文化を持ち、狩猟を生業としていた人たち）の間にかなり広く認められるものに、膵臓を火にあぶって、粘膜がふくれてパチンとはねる方向を見て、その方角に向かって次の獲物を求める占いがある」と記述しています。

タチの語源については、「九州あたりでは、猪（注：イノシシ）のこの部分に弾丸が当たると、大いに怒って山中を狂い走る。つまり、腹を立てるからタチだなどと解説する者もあるが、占に用いる処からみて神の示現を意味するタツという言

葉とも関係するであろう。腹がタツなどという言葉も、この器官あたりにムカムカとする感覚が起こるところからの、人にも獣にも通じた呼称であったのかもしれない」と述べています。

「膵」は日本生まれの字

土屋（2001）は膵臓の語源について調べています。それによると、膵臓という臓器は中国や日本では西洋医学が入るまでその存在が知られておらず、五臓六腑には含まれていなかったそうです。鎖国をしていた江戸時代に「蘭学事始」で有名な杉田玄白が西洋医学を導入したことは、私も中学校の授業で学んだことを記憶しています。オランダ語の図入り簡約解剖書「ターヘル・アナトミア（もともとはドイツ人クルムス原著の解剖図譜のオランダ語訳本で1734年アムステルダム刊)」を入手していた杉田玄白は西洋の医書の正確さを試したいと思い、前野良沢らと1771年江戸の北郊の小塚原の刑場で刑死体の解剖に立ち会う機会を得て、「解体新書」を1774年に出版しました。しかし杉田玄白らは膵臓の alvleesh というオランダ語を訳しきれず、大きな腺と解釈し大機里爾としました。なお、解体新書の機里爾（キリール）を「腺」、大機里爾を「膵」と、それぞれ新しい国字を作って発表したのは宇田川玄真で、1805年に刊行した「医範提綱」でこれらの字が初めて世に出ることになったということです。

おわりに

以上のように、一つ一つの文字にも奥深いものがあります。しかし「膵臓」がマタギの呼ぶ「タチ」であることはわかりましたが、これがスケトウダラやマダラの精巣とどうつながるのかはわかりませんでした。ただ、成熟したスケトウダラやマダラの精巣と膵臓の形や色が似ていることは事実です。そして森林資源の多い東北地方を中心に、町場の住人とは異なる文化を持つマタギが多く活動していたこと、また、より未開拓の地である本州北端から北海道では、マタギたちも当然のことながら豊富な水産資源も含めて文化や慣習などの規範に左右されず、自由に利用（狩猟）できたであろうと考えられます。そして私が成熟したマダラの雄の腹を開いた時に感じた印象と同じように、そこに獣の内臓のイメージを抱き、タチと呼んだのではないでしょうか。

引用・参考文献

大木　昌．近代化と「山の文化」の変容－マタギ文化の歴史的検討を通して－．明治学院大学国際学部附属研究所　研究所年報.2012；15、10–46.

改訂版角川古語辞典（武田祐吉・久末潜一編）．角川書店．1968.

川岸信一郎．鱈の来る村．伝統と現代社.1982.

広辞苑第三版（新村　出編）．岩波書店.1983.

千葉徳爾．狩人の内臓呼称．狩猟伝承研究後篇（風間書房）．1977；88–99.

土屋涼一．膵の語源について．胆と膵.2001；22（12)、1133–1137.

山形県農産物マーケティング協議会．山形のうまいもの（TAMIYA　CREATIVE　J 2 企画デザイン）．1998.

http : //www.4071.net/feature/kanndara.html. 特集「寒鱈汁がうまい！」庄内の冬.2015（2016年８月８日現在 http : //www.4071.net/「庄内を遊ぼう！」の HP は休止しています）.

（吉田英雄　水産研究本部企画調整部

報文番号 B2402）

資源増殖・水産工学シリーズ

ホソメコンブ遊走子を付けた石材による新たな藻場造成手法の取組

キーワード：磯焼け、ホソメコンブ、遊走子、石材

はじめに

北海道南西部日本海沿岸では、磯焼けによる餌不足のため、ウニ類の身入不良やエゾアワビの成長不良など沿岸漁業にとって深刻な状況が続いています。水産試験場では、磯焼けの持続要因である「ウニ類の食圧」対策を中心に研究を進めてきました。その結果、ウニ類の除去や、流速による摂餌活動の抑制により、ホソメコンブ（以下コンブ）藻場が回復する事例が得られています。

ところが、最近、ウニ除去区内や流速を高めた嵩上げ礁でも、冬の水温が高い年にはコンブが生育しない事例が出てきました。

そんな中、ウニ除去区にコンブ遊走子を付けたコンクリート板を海底に固定した試験では、冬期水温が高い年でも安定してコンブが生育することが分かってきました。このことは、最近の磯焼け漁場ではウニの食圧に加えて遊走子不足が生じていることを示唆しています。そこで、ウニ除去＋コンブ遊走子の補強を行うことに注目しました。

遊走子を付けたコンクリート板の海底への固定作業は潜水作業を伴うため、漁業者自身が行うことは困難です。そこで、漁業者が扱うことができる重量の石材にコンブ遊走子を付着させ、海底に設置することで、ウニ類の餌となるコンブ藻場を回復する方法を検討しています。この報告では、現在、取り組んでいる研究の途中経過を紹介します。



図１　コンテナに石材を入れてコンブ遊走子液に漬け込む様子（ドブ漬け）

試験方法

本研究で用いた石材は網袋に石を入れた「石詰め礁」と呼ばれるものです。その重量は約30kgで、船から漁場に投入することができる重さです。試験は寿都町矢追地区の沿岸で行いました。

１．流動環境による設置海域の選定

平成27年８月17日に、試験対象海域の海底地形をサイドスキャンソナーで測量し、同時に流向流速計を水深６ｍの海底に設置して、９月16日まで実際の流れを観測しました。これらの結果を基に、瀬棚港で観測している有義波高データ（運輸省港湾局全国港湾海洋波浪情報網：NOWPHAS）を沖波条件として使い、沿岸の海底付近での流れを計算し、石材が時化で飛ばない設置場所の選定を行いました。

２．石詰め礁海藻繁茂試験

平成27年11月５日に寿都港でコンブ遊走子を石

材に付ける作業を行いました。コンブ母藻は事前に採取し、洗浄後に水分を拭き取り、新聞紙で包んで乾燥させたものを用いました。これらの母藻を100ℓコンテナに入れた海水に漬けると、30分ほどで海水が茶色に濁り、遊走子が放出されたことが確認されました。この遊走子原液（100ℓ）を３段階（低濃度・中濃度・高濃度）に希釈して、その中に石材を入れました（ドブ漬け：図１）。

翌日（11月６日）に、石材をコンテナから取り出し、寿都港内の水深１mの海底に移動し、試験開始まで保管しました。その後、11月20日に試験実施場所の矢追沿岸まで船外機船で石材を輸送し、海底（水深1.5m、３m、4.5m）に潜水で設置しました。設置数は水深1.5mが８個（３濃度×２個、対照区２個）、水深３mと4.5mが11個（３濃度×３個、対照区２個）でした。今回は、初めての取組だったので、各水深とも石材を連結して海底にアンカーピンで固定しました。また、対照区は２個を連結しただけで、ピンによる固定はしませんでした。設置作業後に、ウニ類の食害を防ぐために周囲のウニ類を除去しました。

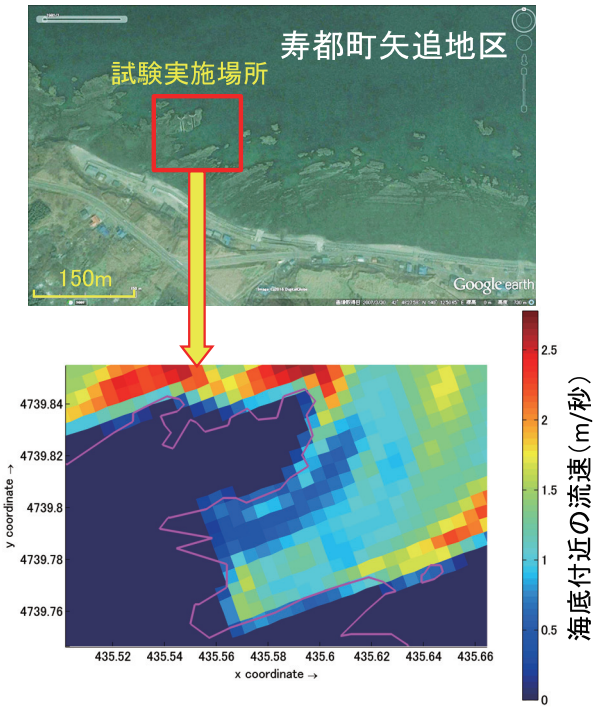


図２　試験実施場所（上）と周辺の底面流速分布（下：冬の時化時の予測値）

コンブの生育状況について、平成28年春に潜水による観察と写真撮影を行いました。

結果

１．流動環境による設置海域の選定

平成27年夏の調査・観測から事前に試験場所沿岸の流動環境を評価しました。基質の移動や流失に影響する冬の時化た時の流速分布を計算で推定した結果を図２に示しました。入江の外側は赤くなっており、海底付近の流速が２m／秒を超えていますが、入江の内側は１m／秒以下と流れが緩やかであることが分かります。この入江の中を試験区として設定しました。

表１　ドブ漬け処理におけるコンブ遊走子濃度の比較

濃度区分	遊走子数/ℓ	備考
低濃度	130万	通常のコンブ種苗生産濃度
中濃度	1300万	コンブ種苗生産の約10倍
高濃度	8160万	コンブ種苗生産の約 60倍

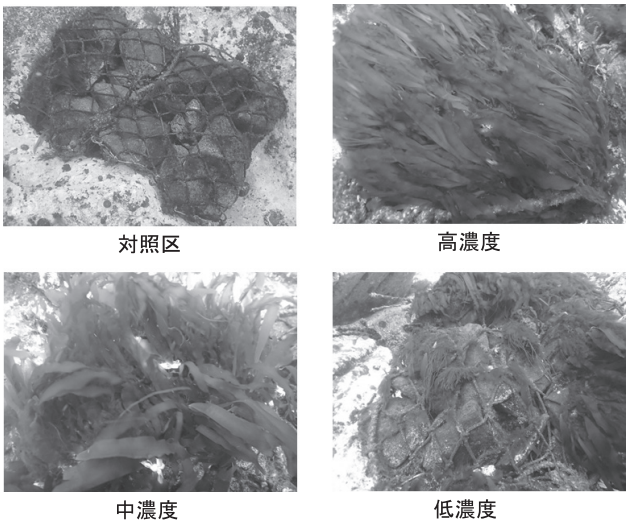


図３　水深1.5mに設置した石材上のコンブの生育状況（２月）

２．石詰め礁海藻繁茂試験

ドブ漬けでコンブ遊走子を石材に付ける際に、濃度を３段階に調整しましたが、実際の濃度を調べた結果を表１に示しました。

高水温貧栄養下では配偶体の成熟・生残率が低いことが想定されたので、通常のコンブ種苗生産に比べて約10倍（中濃度）と約60倍（高濃度）の試験区を設定しました。

設置したこれらの石材上にどのようにコンブが生育しているかを、平成28年２月から潜水で観察を始めました。２月の状況は、水深1.5mの「高濃度」と「中濃度」にはコンブの生育が確認されましたが、同水深の「対照区」や水深３mおよび4.5mの石材にはコンブは生育していませんでした（図３）。この時期にコンブの生育が確認できた条件は、水深が浅く流速が速い場所であることと、遊走子の濃度が「中濃度」および「高濃度」と高いことが挙げられます。

２月と６月の観察結果を表２と表３にまとめました。２月にはコンブの生育が確認できなかった水深1.5mの「低濃度」や「対照区」、水深３mの各濃度区にも６月にはコンブが生育していました。他方、水深4.5mでは全ての濃度区と「対照区」にはフクロノリなど他の海藻は生育していましたが、コンブは確認できませんでした。また、水深３mの「対照区」は、波によって近くの溝の中まで流されており、コンブは生育していませんでした。

今回の野外試験は、冬の水温が高くてコンブの生育が少ない環境でも、ある程度の流れがある場所に、ウニ除去を行うと同時に人為的にコンブ遊走子を付けた石材等を設置することで、コンブ藻場造成できることを示唆しています。

しかし、石材の流失を防ぐために、今回は石材同士を連結し、さらに海底にピン固定する工法を用いましたが、実際に漁業者が行える方法ではありません。石材を連結だけで海底に設置するような簡便な方法を実施する場合には、冬季の時化時でも石材が流失しない場所を選ぶことが重要になります。その一方で、流速が遅くなるとコンブが生育しないリスクも発生します。

本研究は平成28年度まで続くので、今年の秋には海底に設置する方法を「①連結＋ピン固定」と「②連結のみ」の二通りにし、水深別に設置して石材の波による流失状況とコンブの生育状況を比較する予定です。

まだ先は長いですが、将来的には漁業者自身が自分の漁場に、ウニやアワビの餌となる藻場を作ることができればと考えています。

本研究は北海道水産林務部受託研究「藻場再生に向けた新たな手法の研究開発業務」として実施しています。

（干川　裕　中央水試資源増殖部

報文番号 B2403）

表２　ドブ漬け遊走子濃度と設置水深の組み合わせによる石材へのホソメコンブ生育状況の比較（２月）

水深	高濃度	中濃度	低濃度	対照区	備考
1.5m	○	○	×	×	
3m	×	×	×	×	
4.5m	×	×	×	×	

（○:生育あり、×:生育なし）

表３　ドブ漬け遊走子濃度と設置水深の組み合わせによる石材へのホソメコンブ生育状況の比較（６月）

水深	高濃度	中濃度	低濃度	対照区	備考
1.5m	○	○	○	○	
3m	○	○	○	×	対照区移動
4.5m	×	×	×	×	

（○:生育あり、×:生育なし）

水産加工シリーズ

冷凍ホッケフィレの品質について

キーワード：ホッケ、冷凍フィレ、凍結保管温度、ドリップ、Ca^{2+}-ATPase 活性、物性

はじめに

道産ホッケの漁獲量は、1998年には約23万トンありましたが、2009年以降急減し、2014年には３万トンを下回りました。このような漁獲量の大幅な減少は、資源の減少によるものであり、漁船の操業の仕方や加工・流通にも大きな変化をもたらしています。資源状態のよいときは、すり身向けに小型魚を漁獲していましたが、近年は各漁業において、資源回復を目指し漁獲努力を控え、もっぱら「開き」などを製造するため、冷凍加工向けの中型以上のホッケが、漁獲の中心となってきています。また、ファストフィッシュのような新しい市場ニーズへの対応による消費拡大など、高付加価値化技術の開発も求められています。そこで、本研究では、高付加価値化の基礎技術として、高品質な冷凍ホッケフィレを製造するための凍結保管条件（保管温度と期間）について検討しました。



図１　漁獲されたホッケ





図２　ホッケ剥皮フィレ
a 内臓側、b 皮側

試験に用いたホッケと測定項目

試験には、2013年６月４日に北海道羅臼沖で漁獲されたホッケ25尾（体長：31.8±1.0cm、体重：561.7±56.3g）を用いました（図１）。漁獲・水揚げの後、市場から購入、水試実験室搬入後、１夜氷蔵したホッケを剥皮フィレとし（図２）、真空包装後、エアブラスト凍結し、－10、－20、－30、－40、－80℃の冷凍庫に保管し、０、１、３、６、12ヶ月後に背肉部のドリップ量（解凍後に生成する水分量）、Ca^{2+}-ATPase 活性（タンパク質変性の

指標）および物性の評価手法の１つである破断強度（筋肉の固さ）をそれぞれ測定しました。そして、結果を保管温度別、保管期間別に比較しました。

ドリップ量の変化

ドリップ量は、解凍ドリップ量に圧出ドリップ量を加えて算出しました。解凍ドリップ量は、解凍前後のフィレ重量の差から求め、解凍ドリップ測定後の肉片10g に、20分間、１kg の加重を行い、底面積10cm^{2}の円柱状のドリップ測定器具を用い、圧出ドリップ量を測定しました（図３）。

１～12ヵ月間凍結保管したホッケフィレのドリップ量は、保管温度で異なり、－10℃保管で26.5～35.8%、－20℃で21.6～26.8%、－30℃で11.0～16.0%、－40℃で13.6～16.2%、－80℃で13.2～16.7%であり、－10℃と－20℃保管と比較して、－30℃以下の保管では、ドリップ量が少ない結果となりました（図４）。

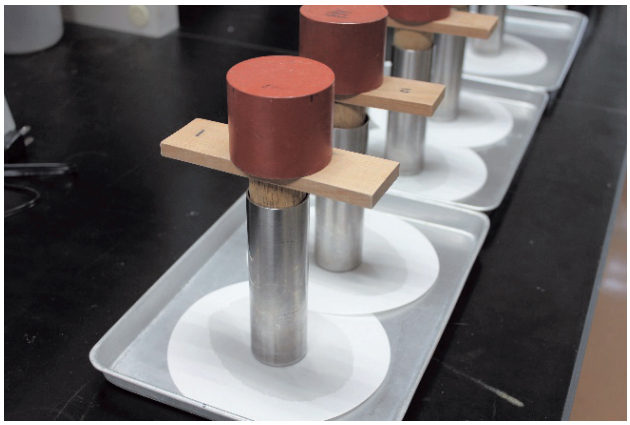


図３　圧出ドリップの測定

Ca^{2+}-ATPase 活性の変化*

凍結保管１～12ヵ月間の保管温度の違いによるホッケフィレの筋肉変性を検討するため Ca^{2+}-ATPase 活性の変化を調べました。凍結前を100%とすると、－10℃保管では、32.2～15.3%、－20℃で54.1～34.7%、－30℃で71.8～56.9%、－40℃で72.8～67.3%、－80℃で91.6～80.5%であり、凍結保管温度が高いほど、Ca^{2+}-ATPase 活性が減少する傾向にあり、－10℃および－20℃保管では、６ヵ月目で40%以下になり、冷凍変性がより速く進むと考えられました（図５）。

物性の変化

生鮮肉との食感の違いを明らかにするため、破断強度を調べました。破断強度は、ホッケ背肉部

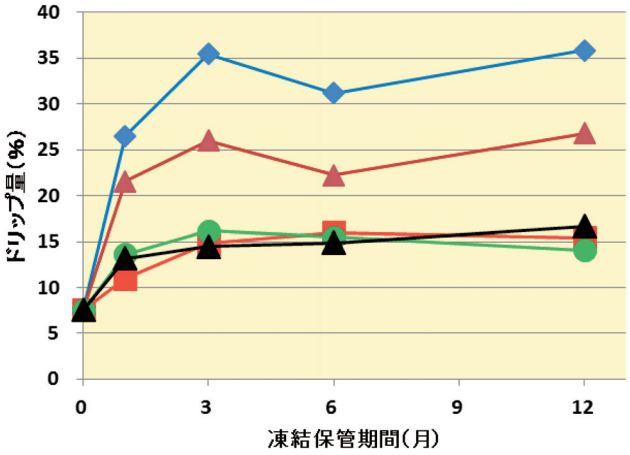


図４　異なる温度で凍結保管したホッケフィレのドリップ量の変化（n＝５）
－10℃（◆），－20℃（▲），－30℃（■），－40℃（●），－80℃（▲）

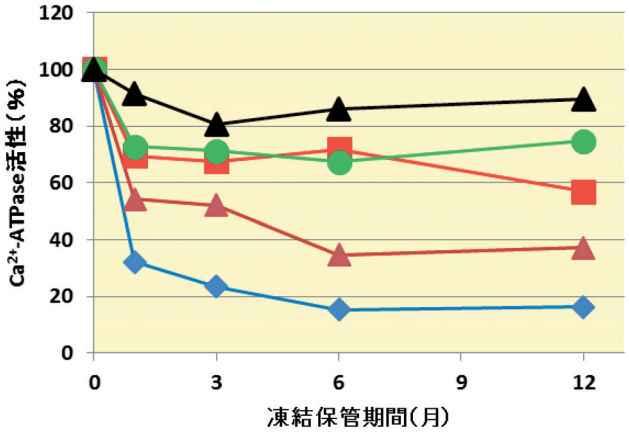


図５　異なる温度で凍結保管したホッケフィレの Ca^{2+}-ATPase 活性の変化（n＝５）
－10℃（◆），－20℃（▲），－30℃（■），－40℃（●），－80℃（▲）

を脊椎骨に平行に、5ｇ程度の直方体に切り出し、サン科学 CR-500DX で、カミソリ刃プランジャーを用い、試料台スピード 6 cm/min に設定し、筋繊維に垂直に破断したときの最大強度として求めました（図６）。

１～12ヵ月間凍結保管したホッケフィレの破断強度は、保管温度で異なり、－10℃保管では、402～557g、－20℃で248～446g、－30℃で185～243g、－40℃で163～208g、－80℃で165～194g であり、凍結前の214g と比較して、－10℃および－20℃保管では、破断強度が大きくなる傾向にありました（図７）。

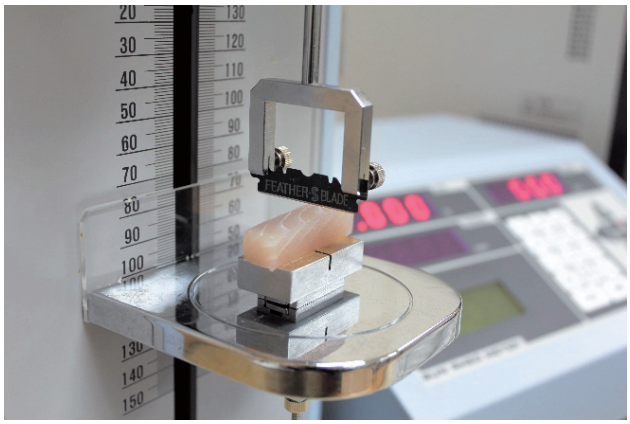


図６　破断強度の測定

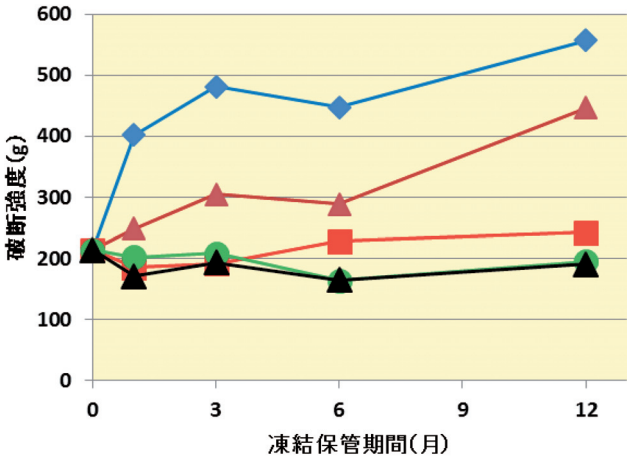


図７　異なる温度で凍結保管したホッケフィレの破断強度の変化（n＝５）
－10℃（◆），－20℃（▲），－30℃（■），－40℃（●），－80℃（▲）

おわりに

ホッケフィレの保管温度の違いによるドリップ量および破断強度の変化は、－10℃、－20℃保管区に比べ、－30、－40、－80℃保管区でドリップ量が少なく、生鮮肉（図７：０月目の値）に近い破断強度が得られることが、明らかになりました。また、Ca^{2+}-ATPase 活性の残存率についても、－10℃および－20℃の保管温度では、大きく減少し、この保管温度では、筋肉の凍結変性が進んでいることが認められました。これより、12ヵ月の凍結保管期間において凍結変性を少なくするためには、ホッケフィレの凍結保管温度を、－30℃以下にすることが望ましいと考えられました。

＊：カルシウムイオンで活性化され、ATP（生体内のエネルギー物質）を分解する酵素の活性を表し、タンパク質変性の指標となる。

（麻生真悟　釧路水試加工利用部
報文番号 B2404）

北水試百年こぼれ話 ⑪ 研究者とペンネーム

キーワード：明治30年の北海道庁水産課員写真、出所発見、北海之水産、研究者、ペンネーム、秋味三平

まず本題に入る前に、北水試こぼれ話シリーズの第①回（北水試だより77号、2009）で紹介した「明治30年の北海道庁水産課員の写真（写真１）」の出所が判明したので報告します。

きっかけは、同僚からの「外部の研究者からの依頼で、北水試の倉上政幹元場長のイワシの文献を探して欲しい」という頼まれごとでした。依頼された文献名は「北水」というわかりにくいものでしたが、中央水試図書室所蔵の北海道水産會発行の「北海之水産」49号（1933）の中で発見し、どこかで見たような口絵（表が写真で裏に説明書き）が付いていることに気づきました。前後の号を確認したところ、51号（1934）に「秋味三平」氏が投稿した「三十八年前の水産課員を語る」が掲載されており、しかも口絵（写真１）のページが切り取られていました（写真２、３）。

ちなみに表紙には「倉上政幹氏の蔵書印」が押



写真１　「北海之水産」第五十一號の口繪（おもて面）

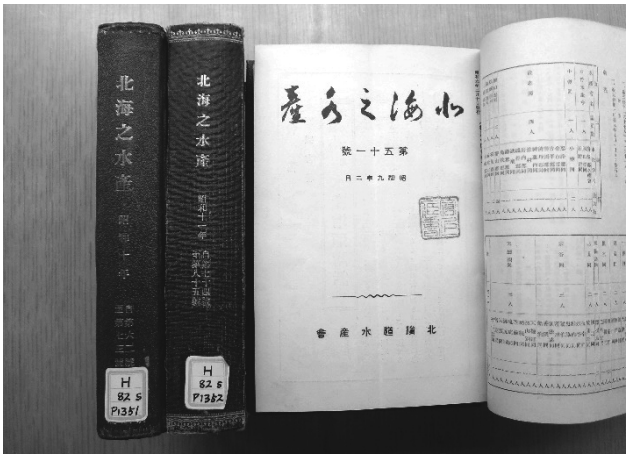


写真２　中央水試図書室所蔵の「北海之水産」と秋味三平氏の投稿文が掲載されていた51号の表紙（「倉上蔵書」という朱印が押されている）

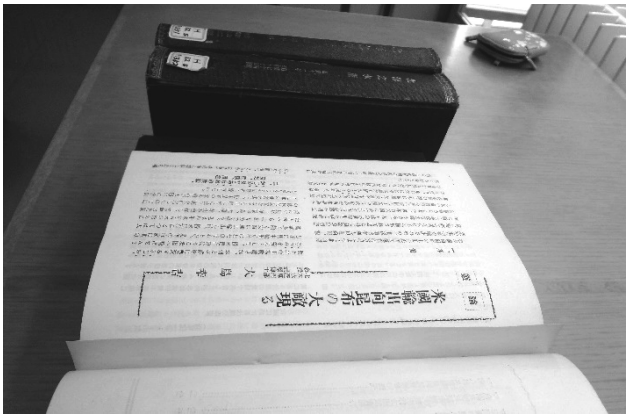


写真３　切り取られた口絵の跡

印されており、寄贈文献のようです。

おそらく北水試50周年記念誌（未完成）を作成するための資料として、1950年当時の編集担当者が切り取ったものと考えられました。

なお、秋味三平氏は北海之水産47号（1933）に「鮭鱒孵化事業三十有二年の思ひ出」という投稿

をしており、この記述は「北海道鮭鱒ふ化放流事業百年史（1985、北海道さけ・ますふ化放流百年記念事業協賛会発行)」の第４章（372–373ページ）の元西別ふ化場長の内海重左衛門氏の経歴と回想を紹介した内容と一致することから、秋味三平氏は内海氏のペンネームであると断定できました。

ペンネームは小説家など著述業一般で使われますが、研究者は研究論文を書く上でその内容に対して責任を持ち、読者の質問等に答える必要から本名を使うのが一般的です。北水試の研究者では、大正時代から昭和の初めにかけて、趣味や批評・方言録といった内容を業界誌など一般向けの雑誌に投稿する場合に使用していた例が多く見られます。秋味三平氏の回想録は、痛快とも思える明治時代の北海道庁水産課員のはちゃめちゃぶりやさけますふ化事業の創生期に苦労された先人達への敬愛の思いがしたためられており、本名ではなかなか書けない内容と思います。

私が研究者のペンネームに興味を持ったのは、学生時代に研究テーマをスケトウダラに絞り、文献を手当たり次第に集めていた時に見つけた「朝鮮之水産（朝鮮水産會発行)」という文献でした。奇しくも今回紹介した「北海之水産」と同系列の文献です。その第28号（1926）に「北魚生」という著者が「めんたい片々」という題で、明太魚（めんたい＝スケトウダラ）の名の由来を「保証の限りではないが」と断った上で「五百年前韓北明川郡の太某と称する漁夫、初めて此魚を捕いて時の郡守に献し郡守即ち之を明太魚と命名せりと云ふ」と記述しています。しかし著者の本名はわかりませんでした。

なお「北海之水産」には1923年以前に「北海道水産組合聯合會と北水協會」から発行された同じ名前の雑誌があり、図書室には39号（1917）から飛び飛びに118号（1923年）までありますが、これにも著者特定不能な研究者のペンネームの例として、「北渓漁波」、「釣遊閑人」、「北冥漁叟」、「八十八生」などがみられます。

ただ「○○生」という「生」を最後に付けるペンネームが当時流行っていたようで、後継雑誌の「北海之水産（北海道水産會発行)」でも、「北水試」所属を明記した上で「きのした生」、「今井生」といったものがあります。これらは内容からも筆者（木下虎一郎、今井晴一）がみえみえでペンネームとは言えないのですが、今となっては著者が特定できるのでむしろ有り難いことです。

研究者の調査研究現場での思い出話や失敗談は、普段の職場の酒の肴として出るものの、数十年単位の「記念誌」でもあまり多くは残らず、昔話としての口伝も20年くらいが限界です。北水試の冷凍すり身技術の開発のように、日常の研究生活（北水試の場合は夕方の仲間との一杯飲み）の中での失敗に「発明」のヒントがあったという話は、ノーベル賞でもよく聞く話です。ペンネームに頼らずともこうした雑文を残すことは、温故知新の観点からも重要ではないでしょうか（自画自賛)。

さて今回の雑文の落ちですが、なんと残念なことに、15年程前に私自身が関わった北水試百周年記念事業の保存資料の中にこの切り抜きを発見できず、本物を元に戻すことはできませんでした。仕方なく当時作成した電子画像データからプリントして挟み込み、60有余年を経ましたが、修復しておきました。改めて古い資料をきちんと保存・管理していくのはなかなか大変なことだと痛感しました（反省)。

（吉田英雄　水産研究本部企画調整部

報文番号 B2405）

各水試発トピックス

オットセイの分布調査に取り組んでいます

平成28年５月９日から27日にかけてオットセイの海上分布調査を行いました。この調査は平成27年度から実施されている有害生物（オットセイ）生態把握調査の一環で、道北・道央日本海におけるオットセイの海上分布を明らかにすることを目的としています。

オットセイは、北太平洋に広く分布する鰭脚類の一種で、夏季にオホーツク海やベーリング海で繁殖し、冬季にカリフォルニア沖や道東～三陸沖まで南下回遊します。本種は日本海にも来遊しますが、その生態はほとんど注目されてきませんでした。しかし近年、日本海では本種と漁業との軋轢が顕在化しており、共存を模索するうえでこの海域への来遊状況の把握が急務となっています。

オットセイは繁殖期以外の時期にはほとんど上陸しません。そのため、日本周辺海域でオットセイがどこにどれくらいいるのかを調べる際には船からの目視調査が一般的に用いられます。船のアッパーブリッジから調査員が双眼鏡を片手にオットセイを探します。オットセイは日中、海上で休息していることが多く、慣れてくると簡単に見つけることができます（写真１）。回遊中は基本的には単独で生活していますが、数頭から数十頭のオットセイが集団で見られることもあります。オットセイを発見した際には発見位置、同時に発見した個体数、船からの距離や角度などを記録します。この時期の日本海ではオットセイ以外にもトドやイルカ、クジラなど様々な海棲哺乳類を見ることができます（写真２）。

目視調査の結果をもとに、オットセイが多く分布する海域や分布密度を推定することができます。また、調査船に搭載されている様々な観測機器や衛星画像などの情報を合わせて解析することで、オットセイの分布に影響する海洋環境を明らかにできると期待されます。

（堀本高矩　稚内水試調査研究部）



写真１　休息しているオットセイ。ヒレを海面からあげていることが多い



写真２　群泳するシャチ。遭遇することは少ないが存在感は圧倒的

各水試発トピックス

NPAFC（北太平洋溯河性魚類委員会）年次会議に参加して

平成28年５月16～20日に韓国釜山市で開催された第24回 NPAFC 年次会議に参加しました。NPAFC は1993年２月に発効した『北太平洋における溯河性魚類の系群の保存のための条約』に基づき国際機関として設立され、『条約区域における溯河性魚類（さけます類）の系群の保全を推進すること』を目的とし，さけます類の母川を抱える加盟国（カナダ，日本，韓国，ロシアと米国）が協力して，科学調査と取締活動を実施しています。

今回の年次会議で私は科学調査について議論する科学調査統計小委員会（CSRS）に参加させていただきました。本委員会ではまず、2015年のさけます類の漁獲量や放流数が報告されました。次に、2011～2015年の科学計画に対するレビューが行われ、2016～2020年の NPAFC 科学計画（新科学計画）案も提示され、議論が行われました。また、CSRS には５つのワーキンググループがあり、それぞれのグループでの取り組み結果や計画が報告されました。現在、NPAFC が中心となり、2018–2019年を国際さけます年（International Year of the Salmon；略名 IYS）に制定し、さけます類と生息環境に関する野外調査を集中的に実施することが計画されています。今回の年次会議では IYS に関わる議論も多くなされました。

本会議に参加した各国では、主に政府機関と国立の研究機関により代表団を構成していました。道総研からも参加しましたが、アメリカ代表団にも州の研究者が参加していました。北海道は日本におけるさけます類の主要な生産地であり、放流事業や調査研究の中心地でもあります。北海道でのさけます類の資源評価や来遊予測、その他の調査研究を行う上で、世界的なさけます資源の動向や調査研究の情報を得ることはとても有意義です。最近、北海道を含む日本系のさけます類の資源量は1990年代後半あるいは2000年代前半よりも低い水準で推移しています。さけます類が生育するベーリング海では顕著な水温上昇が報告されており、北海道のさけます類の資源変動を理解するにも世界的なさけます類の資源動向や北太平洋の海洋環境についての情報が不可欠と言えると思います。今後も道総研から NPAFC 年次会議に参加する機会が得られることに期待したいと思います。今回、年次会議に参加する機会を与えていただきました日本代表団の岡本純一郎政府代表、水産庁の保科正樹増殖推進部長、北海道区水産研究所の福若雅章さけます資源研究部長、浦和茂彦博士、ならびに関係者の皆様に心よりお礼を申し上げます。

（宮腰靖之　さけます内水試さけます資源部）



写真　会場となったロッテホテルプサンのロビーにて（右から、北水研の福若部長、著者、左は北水研の浦和研究開発専門員）

各水試発トピックス

今年の秋サケ来遊予測の公表を終えて

さけます・内水面水産試験場では平成15年以降、秋サケの来遊数を予測し、公表しています。当場のサケの来遊予測では、沿岸での定置網で漁獲される尾数のほかに、河川への親魚の遡上数を推定しています。特に，河川に遡上する親魚数が捕獲計画よりも大幅に不足すると予想された地区では、どのようにして必要数の親魚を確保するか、増殖事業協会、漁業者、行政などの関係者が集まり対策が検討されます。親魚の捕獲数に不足を生じると、計画数の稚魚を放流することができなくなることから親魚確保の見通しを示すことが来遊予測の最も重要な役割となっています。

来遊予測の公表は毎年６月下旬あるいは７月上旬に開催される北海道連合海区漁業調整委員会の場で行われます。それに引き続き、北海道定置漁業協会が全道８ヶ所で開催する現地対話集会の場で各地の来遊予測の数値を説明して廻ります。主催者である定置漁業協会の会長や事務局の皆さんと約10日かけて全道を廻るのがさけます・内水面水産試験場の来遊予測担当者の恒例行事となっています。今年の現地対話集会は７月４日から13日までの間、網走市、中標津町、釧路市、余市町、稚内市、函館市、登別市、様似町で開催されました。来遊予測が前年を下回ったり、河川での捕獲数が捕獲計画を下回る予測となった地区では、説明する時もそれに対しての質疑を受ける時も大変緊張するものですが、現地対話集会は関係者の皆さんの声を聞く大変よい機会となっています。漁業や増殖現場の情報はとても参考になりますので、忌憚のないご意見をお聞かせいただけたらと思っております。

また、例年８月上旬には北海道水産物荷主協会主催の全国サケ・マス・魚卵大手荷受・荷主取引懇談会でも来遊予測について説明しています。さらに、さけます・内水面水産試験場のホームページでも来遊予測の数値を公表しています。たくさんの方に関心を持っていただいているサケの来遊予測ですので、より正確な予測とわかりやすい説明ができるよう努力していきたいと思います。

（藤原　真　さけます内水試さけます資源部）





写真　現地対話集会の会場の様子（平成28年７月４日網走市）

各水試発トピックス

中央水産試験場一般公開を開催

毎年恒例の中央水産試験場一般公開を平成28年７月10日（日）に開催しました。

当日は朝からの雨と風で昨年度来場者数269人を下回るのではと思っていたのですが、フタを開けてみると３割増しの350人、しかも午前中の２時間で昨年度を超え、随時受付の９種類の体験イベントブースでは順番待ち、大混雑対応のため臨時で手伝いに入るなど、うれしい悲鳴でした。

直前や当日とドタバタもありましたが、中央水産試験場各部各グループ並びに後志地区水産技術普及指導所の皆様のご尽力により、ケガや大きな混乱も無く終了しまして、あらためましてお疲れ様でした、そしてありがとうございました。





海の実験室（上）とニシンの骨の観察の様子（下）

来場者から回答いただいたアンケートによりますと楽しんでいただけた様子が伺えましてありがたい限りです。余市町からの来場が最も多く、次いで札幌市と例年どおりの傾向の中、新潟県という方もおられました。また、水産試験場を知っているが道総研を知らない、道総研を知っているが総合研究機構だとは知らなかったという方が昨年度同様に多数おられましたので、継続的かつ丁寧なPRに今後も取り組ませていただこうと思うところです。

大きな事故等はありませんでしたが反省点は多々あります。駐車場でのスムーズな誘導、各イベント位置の案内方法、変更イベントのお知らせ方法、中央水路の事前安全対策などなど。次年度に向けて更なる改善に努めてまいります。

（池田秀樹　水産研究本部企画調整部）





地曳き網体験（上）とタッチプールの様子（下）

水産研究本部図書出版委員会

委員長　夏目　雅史
委　員　三橋　正基　辻　　浩司　赤池　章一
　　山口　幹人　佐々木正義　宮腰　靖之
事務局　前田　圭司　池田　秀樹　吉田　英雄

水産研究本部出版物編集委員会

委員長　前田　圭司
委　員　中明　幸広　星野　　昇　宮園　　章　中島　幹二
　　木村　　稔　武田　忠明　宮腰　靖之　春日井　潔
　　佐々木義隆　中島美由紀
事務局　池田　秀樹　吉田　英雄　（作業補助：大下　芹香）

＊　　＊　　＊　　＊　　＊

表紙右上記号　ISSN　0914−6849の説明

ISSN は、International Standard Serial Number（国際標準逐次刊行物番号）の略です。逐次刊行物に付与される国際的なコード番号で、ISDS（International Serials Data Systems；国際逐次刊行物データシステム）という組織のもとで逐次刊行物の組織や検索に利用されます。

この番号は、国立国会図書館 ISDS 日本センターから割り当てられるものです。

本誌の内容の一部、あるいは全部を無断で複写複製（コピー）することは、法律で認められた場合を除き、著者の権利の侵害となる恐れがありますので、必要な場合には、あらかじめ北海道立総合研究機構水産研究本部企画調整部あてご連絡くださるようお願いします。

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

本誌は、下記の水産試験場の広報誌です。本誌に対するご質問、ご意見がありましたら最寄りの水試までお寄せ下さい。

地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部

中　央　水　産　試　験　場
046-8555　余市郡余市町浜中町238
電　話 0135（23）7451
ＦＡＸ 0135（23）3141

函　館　水　産　試　験　場
040-0051　函館市弁天町20－５
函館市国際水産・海洋総合研究センター内
電　話 0138（83）2892
ＦＡＸ 0138（83）2849

釧　路　水　産　試　験　場
085-0024　釧路市浜町２－６
電　話 0154（23）6221
ＦＡＸ 0154（23）6225

網　走　水　産　試　験　場
099-3119　網走市鱒浦１－１－１
電　話 0152（43）4591
ＦＡＸ 0152（43）4593

稚　内　水　産　試　験　場
097-0001　稚内市末広４－５－15
電　話 0162（32）7177
ＦＡＸ 0162（32）7171

栽　培　水　産　試　験　場
051-0013　室蘭市舟見町1－156－3
電　話 0143（22）2320
ＦＡＸ 0143（22）7605

さけます・内水面水産試験場
061-1433　恵庭市北柏木町３－373
電　話 0123（32）2135
ＦＡＸ 0123（34）7233

北水試だより　第93号

平成28年10月14日発行
編集・発行　北海道立総合研究機構水産研究本部
ホームページアドレス　http : //www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/index.html
印刷　岩橋印刷株式会社