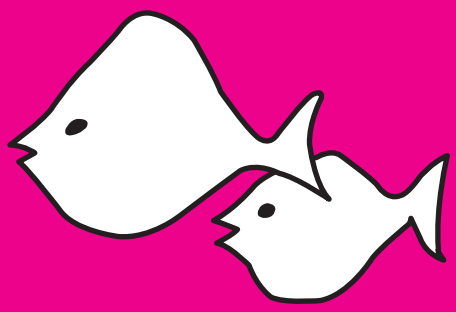
道総研

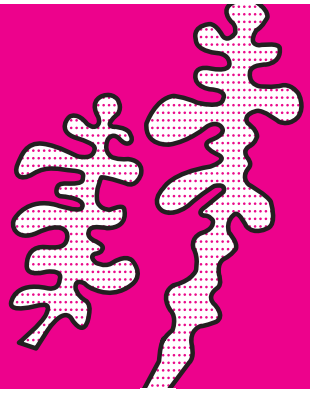
ISSN 0914−6849

HOKUSUISHI DAYORI

北水試だより

▷浜と水試を結ぶ情報誌◁





目　　次／・地まきホタテガイ漁場における海底可視化システムの進展…… 1
・道総研さけます・内水試における養殖サーモン用飼料に
関する試験研究の現状と課題… 5

資源管理・海洋環境シリーズ

・藻場の維持・再生に向けた海洋環境モニタリング……10

資源増殖・水産工学シリーズ

・バカガイの垂下養殖条件および養殖バカガイの
品質評価について……14

水産加工シリーズ

・高品質な冷凍刺身商材に適したマサバの鮮度を
保証する氷蔵時間を探る……17

各水試発トピックス

・城研究主任（栽培水試）が
「2018年度水産海洋学会論文賞」を受賞！……20
・上ノ国町で養殖されたアサリはとってもとっても Ottimo！ …21
・令和元年度（2019年度）水産研究本部成果発表会を
開催しました……22

第99号
2019/9

地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部

地まきホタテガイ漁場における海底可視化システムの進展

キーワード：地まきホタテガイ漁業、画像解析技術、ホタテガイ漁場可視化システム

ホタテガイ漁場可視化コンソーシアム

北海道立総合研究機構はホタテガイ漁場可視化コンソーシアムを結成し、農林水産技術会議の公募型予算である「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）を受託し、3年間（2016年4月～2019年3月）の試験研究を終了しました。

ホタテガイ漁場可視化コンソーシアムの構成員は、網走水産試験場（道総研）、工業試験場（道総研）、熊本大学、新潟大学、滋賀県立大学、恵比寿システム株式会社の6機関です。

このコンソーシアムは多様な組織が集まり、受託研究「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」での技術開発の達成を目的として結成されました。さらに、紋別漁業協同組合は協力機関として、北海道水産林務部は普及担当機関として共同研究にかかわっています。

この受託研究は自然環境（爆弾低気圧による大時化等）や経済環境（CPTPP等）の変化に対応可能な地まきホタテガイ漁業の基盤強化を目的とし、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」の構成要素としての役割を負っています。

地まきホタテガイ漁業の国際競争力強化のための生産量の安定および品質向上を図るには「きめ細かな漁場ケア」が不可欠です。

本研究の目的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「画像解析技術」の応用による、「ホタテガイ漁場可視化」技術の達成となります。

ホタテガイ漁場可視化技術は、主要な地まきホタテガイ漁場内（水深10～80m）の効率的動画撮影と画像からの自動認識技術とそれを実現するための情報処理技術システムです。

ホタテガイの自動認識技術は、大規模データ処理が可能となる高度情報処理技術と融合することにより、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被害調査が可能となります。

ホタテガイ漁場可視化技術の実用化を目指した研究計画（図1）は4つの項目に分かれています。

項目1「海底画像の安定かつ安価な撮影方式の確立」

けん引式撮影機材の改良による効率化および大時化被害漁場の大規模資源量調査および放流種苗の追跡調査を実施し、漁場モニタリング技術の現地指導を図ります。

項目2「海底画像からのホタテガイ認識技術の開発」

底質およびホタテガイを認識する頑健なアルゴリズムを実現します。

項目3「大規模な海底画像の効率処理やシステム設計を含む実用化技術の確立」

高速な画像処理システムを実現します。

項目4「海底情報可視化に関する技術の開発」

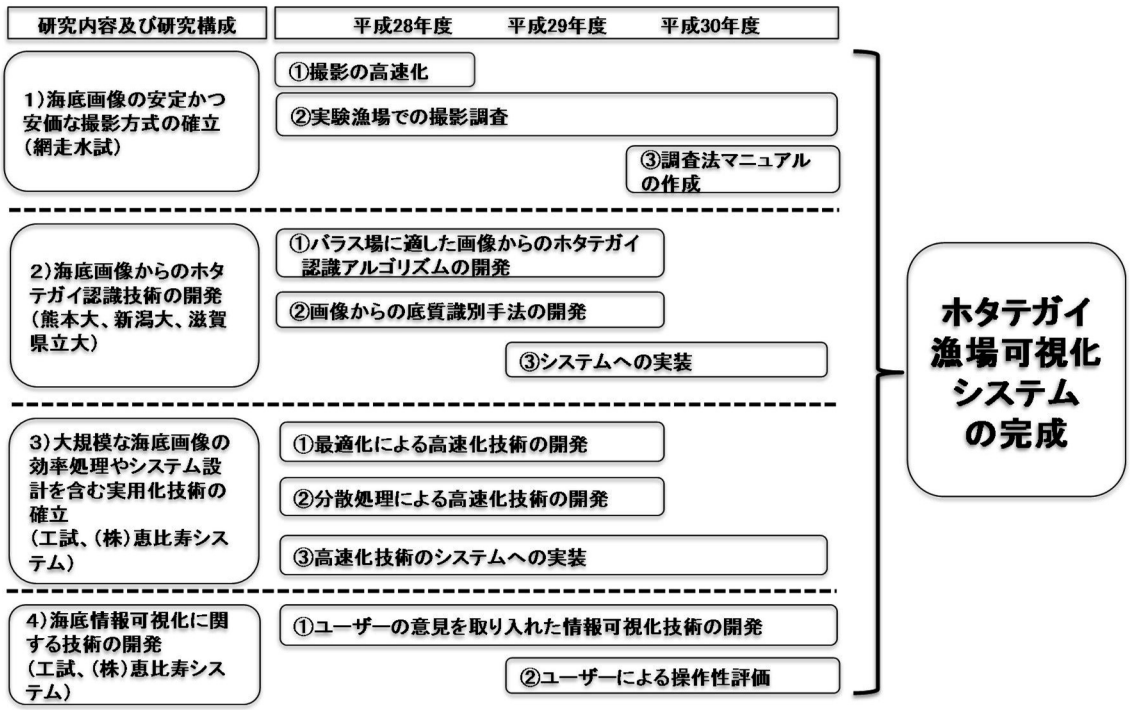


図１　研究計画「効率的で頑健な地まきホタテガイ漁業を支える海底可視化技術開発」のスケジュール

生産者が情報を活用しやすいユーザーインタフェイスを実現します。

以上の研究成果を踏まえた調査マニュアルを作成し、普及機関と連携することで、ホタテガイ漁場可視化技術の北海道全域へ技術移転を図ることを目指しています。

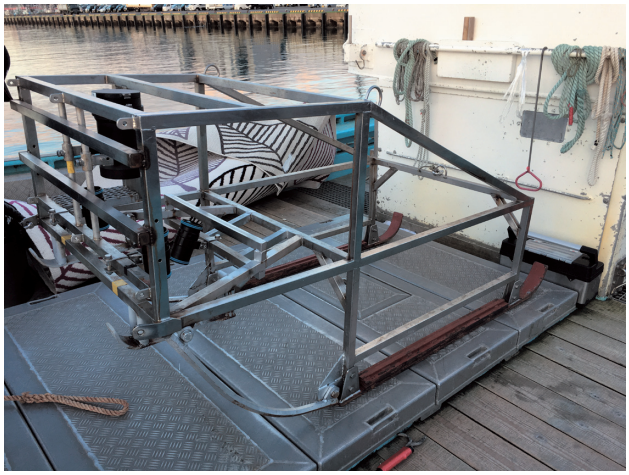


図２　改良されたけん引式撮影装置

ホタテガイ漁場可視化技術はどこまで進歩したか？

研究計画を構成する４項目の研究達成状況について説明します。

項目１「海底画像の安定かつ安価な撮影方式の確立」

けん引式海底画像撮影装置を改良し、撮影可能速度を3,704m/時（２マイル/時）から4,630m/時（2.52マイル/時）へ高速化しました。

これにより単位時間当たり1.26倍の撮影面積の増加が可能になりました。

この機材（図２）を運用することで、大時化被害海域および新規放流種苗の密度変化の追跡調査を実施し、資源量推定精度（相対誤差）５％未満を達成できました。

さらにこれまでの研究成果を踏まえて動画撮影（海底画像撮影調査）によるホタテガイ資源量調査マニュアルを作成しました。

項目２「海底画像からのホタテガイ認識技術の

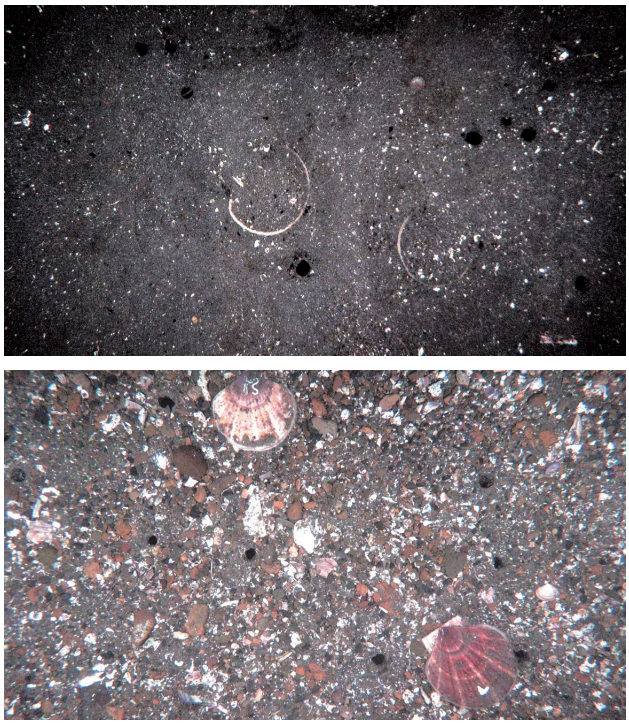


図３　ノイズの少ない画像（上：砂泥底）およびノイズの多い画像（下：バラス場）

開発」

ホタテガイ自動認識に利用している技術（ハフ変換）は砂泥底のような背景の色彩が単調な海域での認識は得意でしたが、細かい礫や貝殻破片が認識ノイズとして働くバラス場では認識率が低下する欠点がありました（図３）。

この障害を軽減するために新たな認識アルゴリズムを開発することで、認識率90％以上を達成しました。

認識の障害となる海底を事前に分類するために、底質を認識可能なアルゴリズムを開発し、底質認識率90％以上を達成しました。その結果をふまえて、底質に適応した認識システムを試作し、実利用に耐えうるシステムとして構築しました。

ノイズの除去にはモルフォロジーフィルターバンク（画像内の対象の形を利用した認識法）という手法を、底質の分類には畳み込みニューラルネットワーク（CNN：ヒトの脳の積層を模倣した計算手法）という手法を応用しています。

項目３「大規模な海底画像の効率処理やシステム設計を含む実用化技術の確立」

ホタテガイ自動認識技術は計算時間がかかるのが欠点でした。そのため、大量のデータ処理を実用的な時間で達成するためにはプログラムの高速化が必須でした。

そこで、単体のコンピュータを用いてホタテガイ認識処理を行い、様々な底質に適したホタテガイ認識処理を行う際の処理時間について、従来のプログラム比で５倍以上の高速化を実現しました。

また、複数のコンピュータを用いて様々な場に適したホタテガイ認識処理を行う際の処理時間について、クラウド上で取り扱うシステム設計を行い、従来のプログラム比で５倍以上高速化しました。

ホタテガイ漁場の現地視察と各漁業協同組合への聞き取り調査を通じて、海底可視化システムを実現するためのハードウェア構成やソフトウェア設計に関する要望をお聞きした上で設計書を作成し、項目４の聞き取り調査結果をシステムに反映した「ホタテガイ漁場可視化システム」を作成しました。

項目４「海底情報可視化に関する技術の開発」

ホタテガイ生産者への聞き取り調査から、ホタテガイ生産の操業計画を立てる上で数値データを地図情報に重畳することに加え、ホタテガイ密度の分布や底質の種類を地図上に表現する情報可視化技術を開発しました。

海底可視化システムで解析結果を表示するために必要なクラウドサーバを準備することで、誰にでも使いやすいシステム（効果的なユーザーインタフェイスを反映した操作環境）を構築しました。

今後の活用

撮影した動画は画像処理を経て数値化されるこ

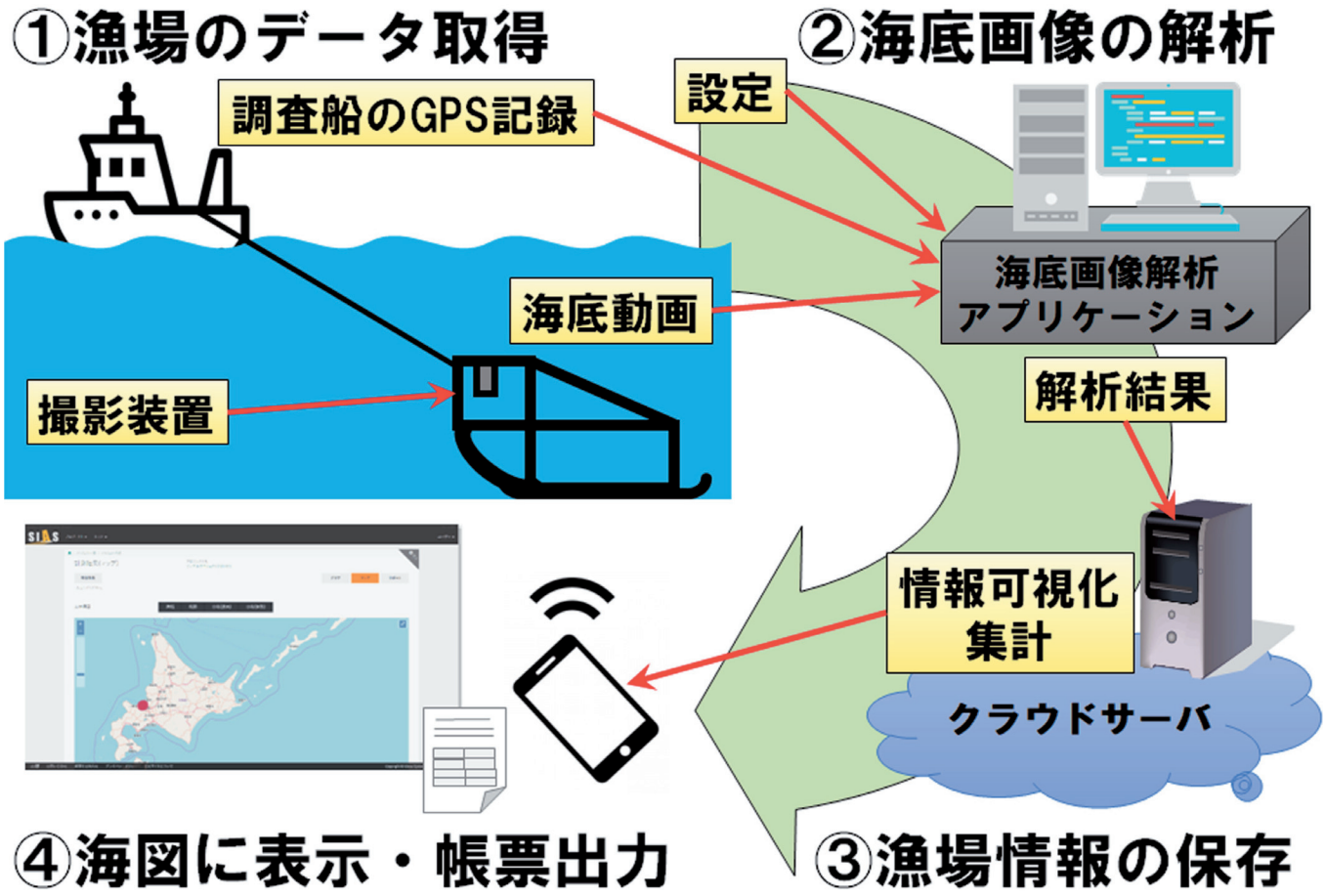


図４　ホタテガイ漁場可視化システムの概要

とにより、漁場管理に役立つ有用なデータとなります。そのための仕組みとして構築されたのがホタテガイ漁場可視化システムです（図４）。このシステムはコンソーシアム構成員の恵比寿システム株式会社がアプリケーションを作成し、運用を担当します。

ホタテガイ漁場可視化技術を利用することで、コンピュータ上に利用可能な莫大な海底画像データの蓄積が可能となります。

将来、大規模画像データベースに対してビッグデータ解析を適用することにより、放流数管理、成長予測など、まだまだ技術開発の余地を残す分野の発展の起爆剤として機能することが期待されます。

（柒原康裕　網走水試調査研究部

報文番号 B2435）

道総研さけます・内水試における養殖サーモン用飼料に関する試験研究の現状と課題

キーワード：低魚粉飼料、発酵大豆粕、メチオニン、リジン、農作物残渣、アミノ酸

はじめに

FAO によると、世界の一人あたりの年間魚類消費量は1980年代の10kg から2016年の20kg まで急増し、世界の漁業および養殖業生産量は、2030年までに２億トンに達すると見込まれています。天然の漁獲量は、1990年以降は横ばいで推移し、養殖の貢献度は1980年度以降高まっています。

近年、世界的な養殖サーモンの人気の高まりや、養殖用飼料価格の高騰がさけます類の魚価の上昇を招いています。そのため、ノルウエー、チリ等で養殖されたサーモンが高値で取り扱われるようになり、単価の面で輸入品との差が減少し、日本各地で養殖が試みられているご当地サーモンを含む養殖サーモンに対する期待が高まっています[1)]。

さけます類を含む魚類養殖を行う上では、水、飼料、種苗、疾病対策が基本となりますが、全国養鱒技術協議会の平成29年度アンケート調査によると、さけます類養殖の事業費に占める餌料費の割合は５割であることが明らかにされています。輸入魚粉の主体を占めている南米魚粉の供給が不安定になり、魚粉価格が高騰しています。魚粉は配合飼料の主要な原料であることから、飼料価格が高騰して養殖業の経営負担増加につながっています。そのような現状を受け、餌料費削減対策をいかに講じるかが国内外における喫緊の課題となっており、魚粉代替タンパクを活用した飼料すなわち低魚粉飼料の開発研究が世界的に急ピッチで進められています。

そこで、本稿では道総研さけます・内水面水産試験場で取り組んでいる低魚粉飼料開発の試験研究の現状を報告します。

前報[2)]では、食品加工研究センターで研究開発中の発酵大豆粕（以下、HRO-FSBM）を利用した低魚粉飼料研究に関する短期実験の結果を報告し、魚粉を HRO-FSBM で約５割代替した飼料をニジマスに３週間給餌した場合、摂餌性や成長など飼育成績が市販飼料と同等であることを紹介しました。今回は、長期飼育下での市販発酵大豆粕や HRO-FSBM の有効性を評価するため、飼育実験を行いました（実験①、写真１）。

また、コスト面を視野に、高価な必須アミノ酸を添加しなくても良いように魚粉を２割程度配合した低魚粉飼料の設計条件下での市販発酵大豆粕や魚粉代替タンパク源として有望視されているチキンミール（鳥の肉骨粉）、さらには現在摂餌促進物質として実用研究を進めているホタテウロエキスの添加効果なども調べました（実験②）。



写真１　飼育実験の様子

実験①：道総研発酵大豆粕（HRO-FSBM）の飼料原料としての有効性

HRO-FSBMをコーングルテンミールとともに飼料に併用配合して低魚粉飼料を設計し、ニジマス（平均体重85.7g）に対する有効性を調べるため、60L角形水槽を用いて1水槽あたり13尾収容し、61日間の飼育実験を行いました（飼育水温8.5～9.2℃）（2反復実験）。

実験区は、対照区の魚粉区（1区）、市販のエクストルーディッドペレット（EP）飼料を給餌した区（2区）、未発酵の大豆粕を用いた大豆粕区（3区）、後述する実験②の市販発酵大豆粕Bを用いた市販発酵大豆粕区（4区）、HRO-FSBMを飼料に低レベルで配合した区（5区）、HRO-FSBMを飼料に高レベルで配合した区（6区）の計6区設定しました。EP飼料は、エクストルーダーという機械で製造される飼料であり、中に気泡が多く含まれ、沈降速度を調整しやすく、また脂質の含有量を調整しやすい特徴があります。

魚粉配合率は、魚粉区の1区および市販EP区の2区が52%、低魚粉飼料グループの3～6区が28%に設計しました。

飼育試験の評価項目は、増重率（増重量／開始時の体重×100）、飼料効率（増重量／摂餌量×100）としました。

試験飼料は市販のミートチョッパー（ひき肉を作る機械）で造粒し、60℃で乾燥した後に試験開始まで5℃で保存しました。

各区の増重率（%）、飼料効率（%）を表1に示します。表には記しておりませんが、どの区もエサ食いの程度に差は観察されませんでした。増重率および飼料効率は、HRO-FSBM低レベル配合飼料の5区が市販区の2区より有意に高くなり、低魚粉飼料として設計した3区～6区の中で最も高くなりました。また、魚粉区の1区と比較しても、HRO-FSBM低レベル配合飼料の5区の増重率は遜色なく、飼料効率では有意に高くなりました（$p<0.05$）。このことは、飼料に対してHRO-FSBMを低レベルで他の植物性原料などと併用配合することで、低魚粉飼料の質を改善でき、魚粉主体飼料と同等の飼育成績を得ることを示しています。一般的に、EP飼料はドライペレット（DP）飼料より消化吸収が優れていることが知られています。今回用いた試験飼料は自作のDP飼料であり、EP飼料よりも有意に飼育成績が良い結果が得られました。このことから今回の配合率でEP飼料化を図れば、さらに良好な飼育成績となる可能性が考えられます。今後は、HRO-FSBMの適正添加量について検証するとともに、HRO-FSBMを配合したEP飼料の給餌効果についても調べる予定です。

実験②：ホタテウロエキス、市販発酵大豆粕、チキンミールの餌料価値

市販の未発酵の大豆粕と、市販発酵大豆粕2種類を（2種はそれぞれ製品が異なります。）、コーングルテンミールなど植物タンパク源とともに飼料に併用配合して低魚粉飼料（魚粉配合率2割前後）を設計し、ニジマス（平均体重75.2g）に対する有効性を評価しました。飼育水槽には60L角形水槽を用いて1水槽あたり15尾収容し、73日間の飼育実験を行いました（飼育水温8～10℃）（2反復実験）。

実験区は、対照区の魚粉区（7区）、未発酵の市販大豆粕を用いた大豆粕区（8区）、市販発酵大豆粕A区（9区）、市販発酵大豆粕B区（10区）、10区にホタテウロエキスを乾燥重量換算で1%添加した区（11区）、同じく10区にホタテウロエキスを乾燥重量換算で2%添加した区（12区）、10区にチキンミールを配合した区（13区）、そして参考として市販EP飼料区（14区）を設けました。

表１　実験①における各区の飼育成績（61日間）

	1区	2区	3区	4区	5区	6区
	魚粉	市販EP	大豆粕	市販FSBM	HRO-FSBM 低レベル	HRO-FSBM 高レベル
魚粉配合率（%）	57	52	28	28	28	28
増重率（%）	63.9±1.0　BC	60.1±2.9　CD	66.1±2.9　BC	57.7±3.0　D	69.7±2.4　AB	60.4±5.1　CD
飼料効率（%）	76.5±0.4　c	75.4±2.2　c d	80.8±3.2　b	70.4±1.7　d	85.0±3.4　ab	72.9±5.0　cd

*異なるアルファベットを有する値どうしは統計的有意差有り（ダンカンの多重比較検定、有意水準5%）

表２　実験②における各区の飼育成績（73日間）

	7区	8区	9区	10区	11区	12区	13区	14区
	魚粉	大豆粕	市販発酵大豆粕A	市販発酵大豆粕B	10区＋ホタテウロエキス1%	10区＋ホタテウロエキス2%	10区＋チキンミール	市販EP
魚粉配合率（%）	52	26	26	26	26	26	14	52
総摂餌量（g/tank）	1030.0±24.6	1035.1±11.8	1103.0±2.6	1070.4±30.1	1078.5±13.6	1034.2±26.5	943.4±94.1	1087.9±19.4
増重率（%）	85.1±9.6	73.1±8.8	79.8±4.0	74.0±4.7	81.9±5.2	74.8±2.8	59.6±10.5	73.8±0.6
飼料効率（%）	89.9±8.5	78.4±4.2	82.4±3.7	79.0±4.0	85.8±3.7	81.3±1.1	71.9±5.7	75.2±1.9

*統計的有意差は認められませんでした（ダンカンの多重比較検定、有意水準5%）。

試験飼料は、飼料メーカーに外注してEP飼料に加工しました。魚粉配合率は、魚粉区の７区および市販区が52%、低魚粉飼料グループの８～13区が26%、チキンミール配合区の13区が14%と最も低くなっています。

飼育試験の評価項目は、総摂餌量（g/tank）、増重率、飼料効率としました（表２）。

各項目において統計的有意差は認められなかったものの（ダンカンの多重比較検定，$p>0.05$）、平均値について、低魚粉＋ウロエキス１%飼料である11区は低魚粉飼料として設計した８区～13区の中で増重率および飼料効率が最も高く、魚粉区に最も近い飼育成績となりました。さらに、市販EP飼料を給餌した14区と比較しても増重率や飼料効率が遜色ありませんでした。ホタテウロエキスの添加効果は、クロソイ等で飼料効率が改善されることが明らかとなっています[3]ので、さけます類に対する餌料価値を今後も継続して検討予定です。

大豆油粕はメチオニンが少なく、コーングルテンミールはリジンが少ないといったように、植物性原料により特定のアミノ酸が魚粉よりも少ない特徴があります[4]。そのため、複数原料を組み合わせてアミノ酸組成を考慮しながら低魚粉飼料を設計することにより、魚粉区と同等の飼育成績が得られることが知られています。今回の試験飼料については、コーングルテンミールとの併用により、チキンミール配合区の13区以外は魚粉区に匹敵した飼育成績になったと考えられます。

今回の実験では、チキンミールと植物タンパク源と併用配合することによる飼育成績改善効果[5]は認められませんでした。低魚粉飼料は、飼育水温により成長や飼料効率に対する影響が変化することが明らかにされています[4]。既報の実験[5]が14℃で行われたのに対し、本実験は９℃前後で実施しており、飼育水温の違いがチキンミールの有効性に影響していると推察されます。

おわりに

北海道内には低魚粉飼料開発で有用と思われる飼料原料が道総研発酵大豆粕以外にも多くあり、これらを上手に活用することで北海道産養殖サーモンの差別化につながる低魚粉飼料を開発できると考えられます。当場では、農作物残渣、食品製造残渣および未利用な動物タンパク源を活用した低コスト飼料開発を産官学連携により並行して検討を進めております。特に、低コスト化では、飼料原料の原材料費だけではなく、養殖魚の飼料効率の改善効果や成長促進効果も加味して総合的に評価することが必要であり、その視点で共同研究を実施中です。

当場では閉鎖循環式養殖システム開発についても産官学連携で共同研究を実施しておりますが[6]、閉鎖循環式飼育では生物濾過になるべく負荷をかけず栄養成分のロスが少なく、なおかつ飼育魚のフンを系外に効率よく排出しやすい飼料の開発が求められており、海外にて研究が開始されております[7]。

養魚飼料は、魚類養殖の重要要素の「水・餌・種・疾病対策」に深く関わり、これらを総合的に効率よく研究する視点が今後益々必要になってくると思われます。北海道におけるサーモン養殖事業振興に向けて、北海道内水面漁業連合会、道内各地の内水面養殖場の皆様にはこれまで通りご協力、ご助言いただきながら、これからも検討を進めて参ります。今回の報告では試験飼料の詳細な配合比は、協力機関の企業の秘匿情報が含まれることから非公開とさせていただきました。可能な限り早期に市販されるよう検証を重ねて参ります。

引用文献

1）佐々木義隆（2017）北海道における内水面サケマス養殖の現状と特徴，北水試だより，94，19–22.

2）佐藤敦一（2019）サケ・マス養殖における飼育水と飼料に関する試験研究の現状と課題，北水試だより，98，22–25.

3）Nobukazu Sato, Wakasugi M, Nobuta S (2015) Availability of fisheries by-product materials with cadmium removal treatment as a feed ingredient for fingerling Black rockfish *Sebastes schlegeli*. Bull. Fish. Res. Agen, 40：61–65.

4）横山佐一郎（2016）魚粉低減飼料の定義と研究開発　～補足すべき栄養の検討～，月刊養殖ビジネス2016年臨時増刊号，緑書房，70–74.

5）Feng Lu, Haga Y, Satoh S (2015) Effects of replacing fishmeal with rendered animal protein and plant protein sources on growth response, biological indices, and amino acid availability for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Fisheries Science, 81：95–105.

6）佐藤敦一（2019）北海道の循環式陸上養殖新素材を活用した生物ろ過技術の開発，月刊養殖ビジネス2019年臨時増刊号，緑書房，126–128.

7）山本義久（2015）水産増養殖での閉鎖循環飼育システムの展開，日本海水学会誌，69,225–237.

（佐藤敦一　さけます・内水試内水面資源部

報文番号 B2436）

資源管理・海洋環境シリーズ

藻場の維持・再生に向けた海洋環境モニタリング

キーワード：藻場、水温、塩分、栄養塩

はじめに

日本海沿岸では、重要な水産資源であるコンブ類などの海藻が繁茂する藻場が磯焼けで減少しており、藻場の再生や造成を目指した技術開発が行われています。磯焼けで藻場がなくなった場所で再び藻場を育て増やしていくには、持続的に繁茂する藻場の環境（例えば水温や塩分、海藻の肥料として重要な窒素といった栄養塩など）を明らかにすることが重要となります。そのため、藻場の環境モニタリング調査を2015年から開始しました。

モニタリング海域

調査点を設定した忍路湾は小樽市と余市町の間に位置する日本海に突き出した半島に取り囲まれた湾で（図１）、北西方向に湾口が開いています。湾の西側は急峻な地形が続く岩礁域で、持続して繁茂する藻場が湾奥から湾口まで連続して分布しています。

調査点は、湾奥（A，B）、湾央（C）、湾口（D）の３か所（４点）に設定しました。各調査点で海藻が繁茂する水深１m 未満の岩盤上を表層、海藻がない海底付近（A：３m，B：１m，C：２m，D：５m）を底層としました（図２）。

モニタリングの概要

2015年４月から、A 点は原則として隔週で、B から D 点は波浪の静穏時に各月１回から２回の頻度で調査しました。

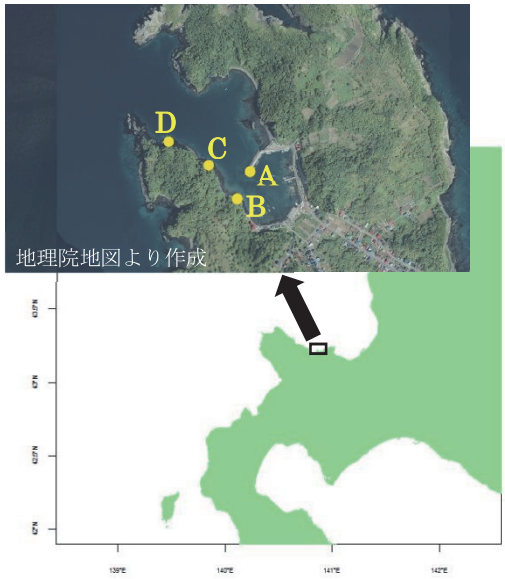


図１　モニタリング海域周辺と調査点
（小樽市忍路地区）

バケツを使って表層から採水し、水温を水銀棒状水温計で計測し、塩分分析用サンプルと栄養塩分析用サンプルを採取しました。その後、水温・塩分計（RINKO–Profiler, JFE）を海底まで沈めて、

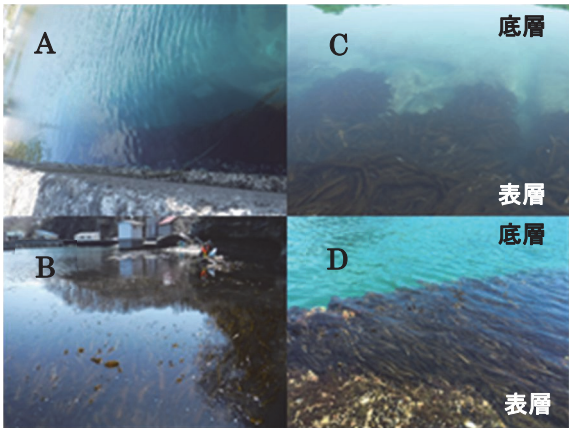


図２　各調査点の状況詳細

海面付近から海底直上までの水温と塩分を測定しました。

2016年６月からは海藻が繁茂していない環境と比較するために、底層の塩分分析用と栄養塩分析用サンプルを追加して採取しました。

採取した各サンプルは実験室まで持ち帰り、それぞれ専用の分析装置を使って分析しました。

結果と考察

各調査点の水温の推移を図３に示しました。全ての調査点で４月から水温の上昇が始まり、８月に最高水温となり、９月から２月まで水温が低下し、２月に最低水温となる季節変化が見られました。４月から最高水温となる８月までは、多くの調査点で表層の水温（白抜き）が底層（黒塗り）よりも高く、水温が低下する９月から２月までは表層と底層の水温に差はありませんでした。

年ごとの違いが現れたのは最も冷やされる２月の最低水温でした。2016年は約５℃でしたが、2017年、2018年は５℃を下回り、2019年は1.9℃となりました。

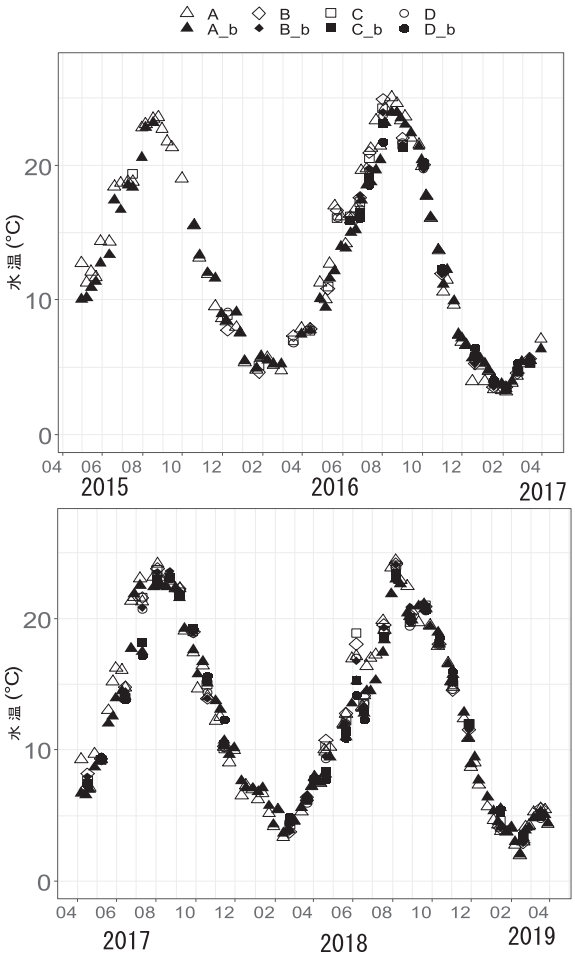


図３　各調査点の水温値の推移
b は底層を表す。

各調査点での塩分の推移を図４に示しました。塩分は、底層では年を通して概ね33～33.5ですが、３月から５月には、融雪水などが表層に流入してくるために各点表層の塩分が20以下にまで低下しました。また、６月から10月にかけても、降雨等による淡水の流入により表層で急激な塩分の低下が観測されています。2015年と2016年は６月から10月には表層の塩分低下はあまり見られませんでしたが、2017年と2018年には塩分低下が多く見られました。

栄養塩濃度（硝酸態窒素＋亜硝酸態窒素）の推移を図５に示しました。栄養塩濃度は秋から冬に上昇して、２月に5.0μmol/L 付近まで達しました。その後は下降に転じ、６月以降は０近くで推移します。そして再び秋から冬に上昇する周期的な変化が見られました。

秋から冬にかけて栄養塩濃度の上昇は、大気と接する海面が冷やされることで表層付近の海水が重くなって沈み込み、深いところにある栄養塩濃度が高い海水とよく混ざることによるものです。一方、春以降の低下は表層付近に運ばれた高い濃度の栄養塩（肥料）は植物プランクトンや海藻などに利用されて６月には使い切られてしまうことを示しています。

一般的に栄養塩濃度が低い６月から10月でも、表層にときおり高い値が見られ、突発的に栄養塩が添加される出来事があることが解ります。これは、河川水など陸域から流れ込む淡水は海水より

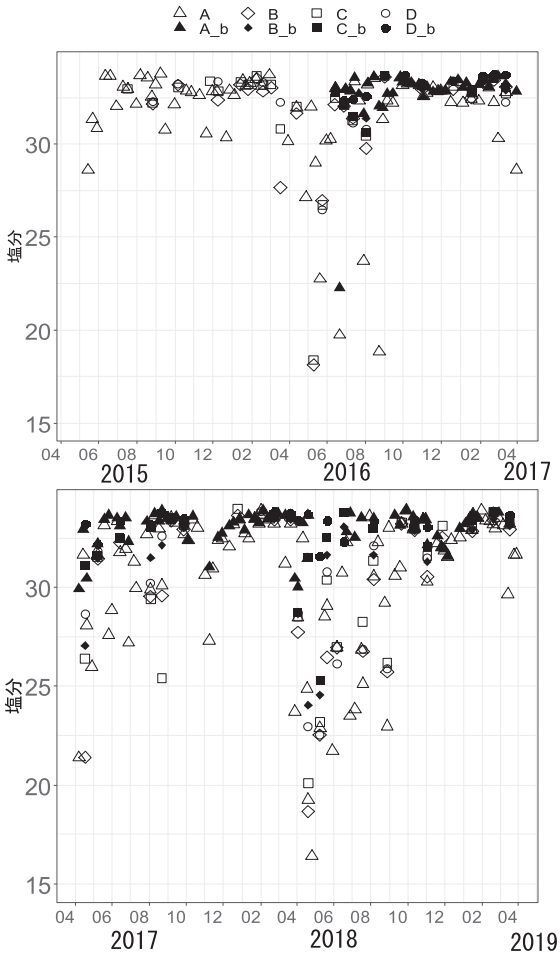


図４　各調査点での塩分変化の推移
b は底層を表す

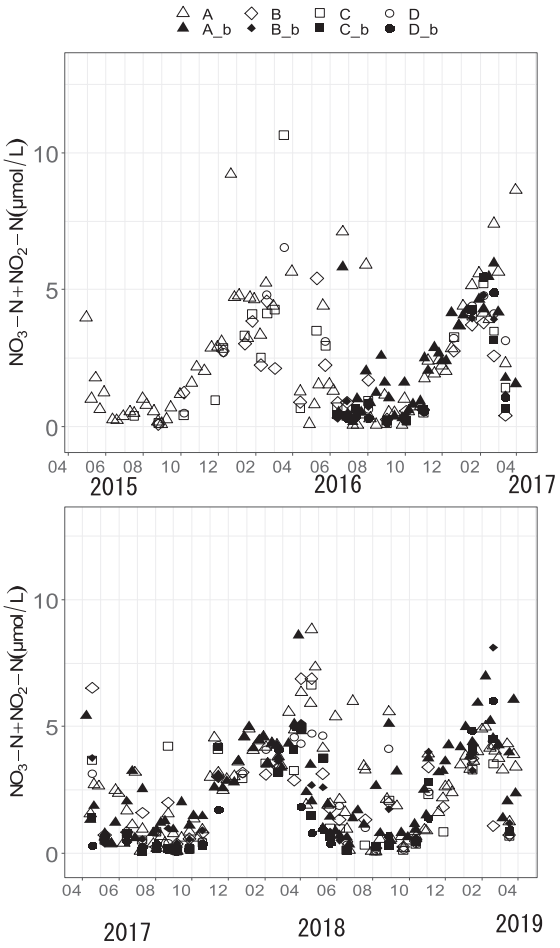


図５　各調査点での栄養塩濃度の推移（窒素）
b は底層を表す。

も高い栄養塩濃度であることから、降雨などが濃度を上昇させた可能性が考えられます。

そのため、春から秋にかけての各調査点の表層の塩分と栄養塩濃度との関係を調べました。

表層の塩分と栄養塩の関係

A から D 点の 4 月から10月までの表層の塩分と栄養塩濃度の関係を図 6 に示しました。各調査点共に塩分が低下すると栄養塩濃度が増加する右下がりの関係が見られました。これは、淡水の流入によって栄養塩が表層に供給されることを示しています。

2018年のように塩分の低下する現象が多く見られた年は多くの栄養塩が表層に分布する藻場に供

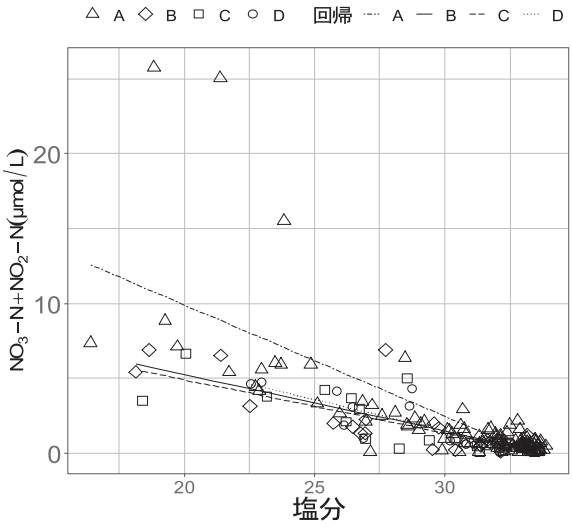


図６　各調査点の塩分と栄養塩との関係（４～10月）

給され、逆に少ない2016年は藻場への栄養塩の供給が少なかったと想定されます。

観測点周辺での春と秋の藻場の調査では、2018年は春から秋に藻場が大きく減少しなかったこと（未発表）から、4月から10月の栄養塩の供給量と藻場の維持との関連性の解明が今後期待されます。

今後に向けて

今後のモニタリングでは、水温塩分計を設置して融雪や降雨による淡水が混ざって引き起こされる急激な塩分の低下などの藻場の環境変動を詳細に把握することで、塩分と栄養塩濃度の関係から藻場への栄養塩の供給量をより詳しく把握できるようになります。

それによって、より効率的な藻場の再生手法の開発や藻場の維持に好適な場所の解明に繋がっていくことを期待しています。今後も地道な調査を継続していきます。

参考文献

1）佐藤政俊，安永倫明，奥村裕弥（2018）沿岸環境モニタリング，平成29年度道総研中央水産試験場事業報告書，pp.56–59.

2）道津光生，野村浩貴，太田雅隆，岩倉祐二（1999）北海道南西部沿岸の磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成要因について，日本水産学会誌　65（2），pp.216–222

3）船野　隆（1983）ホソメコンブの生態　第2報　北海道立水産試験場報告　第25号別冊

4）阿部徹，裵義光，並木嘉男（2005）河川を軸とした土砂及び栄養塩類の動態に関する研究，河川環境総合研究所報告，No.11 pp.9–20.

5）寺田竜太（2011）藻場の長期モニタリング，海洋と生物 195 vol.33 no.4，pp.291–297.

（安永倫明　中央水試資源管理部

報文番号 B2437）

資源増殖・水産工学シリーズ

バカガイの垂下養殖条件および養殖バカガイの品質評価について

キーワード：バカガイ、養殖、品質評価

はじめに

バカガイは江戸前寿司でアオヤギとして利用される潜砂性二枚貝です。北海道周辺海域での水揚げは、2009年頃まで年間500トン程度ありましたが、その後減少し2015年には166トンまで落ち込み、直近の統計がある2017年には230トン程度となっています。バカガイの漁業は天然資源に依存しているため、禁漁などによる資源管理が行われてきましたが、資源回復に向けた有効な道筋が立っていないのが現状です。一方、近年潜砂性二枚貝であるアサリを対象にした垂下養殖技術が開発され、この方法をバカガイにも応用して海面で垂下養殖ができる可能性が出てきました。

そこで本研究では、バカガイの垂下養殖に有効な飼育密度や養殖資材について調べました。更に、海面で養殖したバカガイを用いて、プロの料理人による品質評価を行ないました。

バカガイの海面養殖条件の検討

バカガイの垂下養殖に適した飼育密度を調べるために、2016年６月にせたな町にて桁引網で漁獲された平均殻長69mmの天然バカガイを用いて、海砂を10L入れた丸型の飼育容器に８個、16個および32個と収容数を変えた３つの群を設けました（図１）。2016年９月および12月に引き上げたところ、試験期間中にはほとんど死亡は見られず、入れた貝の数が少ないほど成長が良いという結果が得られました（図２）。

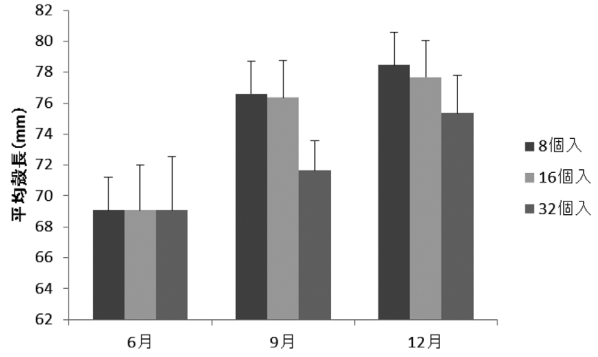


図２　異なる飼育密度で垂下したバカガイの平均殻長の変化



図１　異なる密度でバカガイを垂下した際の飼育容器の様子
左から、８個入、16個入、32個入

次に、飼育に適した容器を調べるため、海砂を10L 入れた丸型容器と角型の容器を用意し、それぞれに16個のバカガイを入れて、2016年６月に垂下試験を開始しました（図３）。2016年９月および12月に引き上げたところ、試験期間中にほとんど死亡は見られず、角型容器よりも丸型容器で飼育すると成長が良いという結果が得られました（図４）。

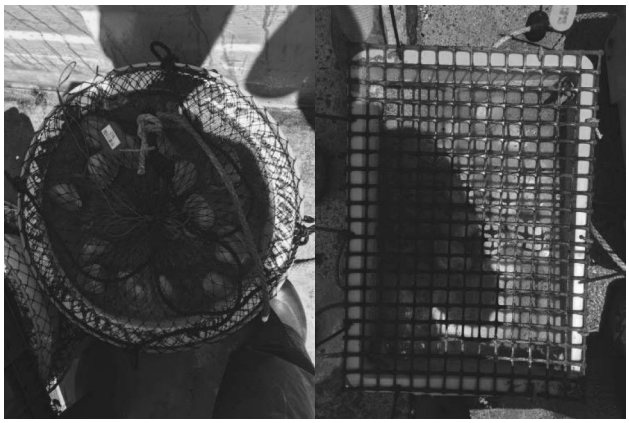


図３　容器の形状の検討に用いた養殖容器
左：丸型容器、右：角型容器

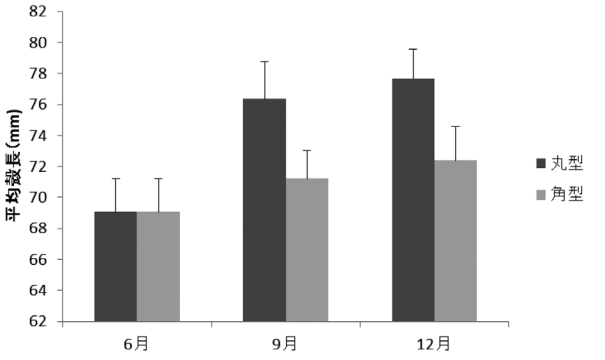


図４　異なる容器で垂下飼育したバカガイの平均殻長の変化

飼育密度や飼育容器を検討した結果、バカガイの垂下飼育の際には、成長を重視する場合には、丸型容器を用いて１かごに１kg（16個程度）以下で飼育するのが良いということが明らかになりました。一方、出荷までの間、一時的に畜養しておくだけであれば、容器の形状は角型でも問題なく、１箱に２kg（32個程度）入れてもほとんど死なないということが明らかになりました。

2014年から2018年までの東京中央卸売市場でのバカガイの平均取引価格は、北海道の漁期である６～７月は1600円/kg 程度ですが、年末年始は価格が上がり、2200～2900円/kg にもなります。本研究で得られたバカガイの垂下養殖技術を用いて、出荷時期を年末に調整することで、1.5倍程度の価格で販売できる可能性があります。

養殖バカガイの品質評価

12月まで海面養殖したバカガイを用いて、18名のプロの料理人にご協力いただき、食材としての品質を評価しました。その結果、身の味、出汁の味ともに、７割以上の料理人が大変良い、または良いと評価してくださいました（図５）。この他にも大きさや鮮度等様々な評価を受けた結果、食材としての総合評価は、「高品質：50%」「普通：38%」と普通以上の評価を88%の料理人から得ることができました。

バカガイの調理例とその他意見

養殖バカガイの品質評価にご協力いただいたプロの料理人の方々のご厚意により、サンプルとして提供したバカガイを利用して様々な調理例の

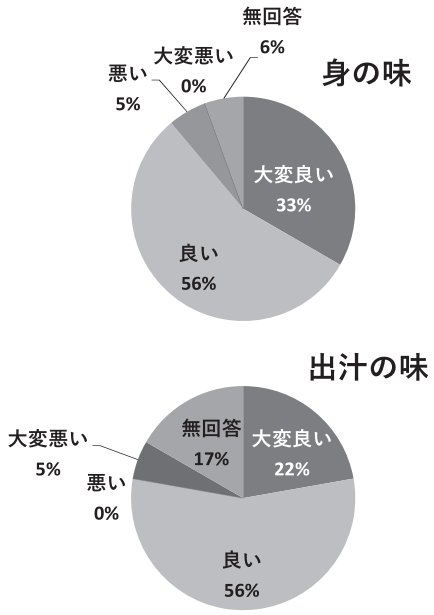


図５　養殖バカガイの食材としての評価結果



バカガイとジャガイモのソテー



ムール貝とバカガイのワイン蒸し



バカガイのムニエル
ケッパー風味



ガーリックバター焼き



バカガイのサラダ



バカガイのマリネ，オレンジ風味

図６　バカガイを使った洋食料理の例

フィードバックをいただくこともできました。これにより、寿司だねとして和食食材の印象が強かったバカガイですが、意外なことに洋食でも様々な料理に活用できることが分かりました。また、味以外の面では、殻付きで良く砂抜きがされている点について高く評価して下さった料理人の方がいらっしゃいました。さらに、バカガイを殻付きで入手できると斧足以外にも小柱などを個別に料理に活用できるという点について良い評価をくださった料理人の方もいらっしゃいました。これらの貴重な意見は、生産者側にフィードバックしました。

まとめ

本研究で得られた結果から、天然バカガイを海面で垂下養殖することにより、食材として十分な品質のバカガイを生産できることが明らかになりました。さらに、本技術を活かして出荷時期調整を行うことで、限りある生産物をより高く販売できる可能性が見えてきました。

また、料理人の方々に評価を受ける中で、バカガイは和食以外にもフレンチやイタリアンでも十分に活用いただけることが分かってきました。養殖バカガイは活力が高いため「活貝流通」が可能であり、天然物とは異なるこのような特徴を生かすことで今後食材としての利用拡大につながることが期待できます。

（川崎琢真　栽培水試栽培技術部

報文番号 B2438）

水産加工シリーズ

高品質な冷凍刺身商材に適したマサバの鮮度を保証する氷蔵時間を探る

―マサバの凍結前の氷蔵時間による鮮度低下と冷凍刺身商材の品質との関係―

キーワード：サバ類、冷凍フィレ、冷凍刺身商材、凍結前の鮮度、肉質、外観

はじめに

サバ類（マサバ・ゴマサバ）は全国各地で多く水揚げされている、国内で人気が高い魚の一つです。近年、各地でサバ類のブランド化が進み、中には生食用生鮮魚では約2000円/kgで取引されているものもあります。

道東産サバ類（大半がマサバ）は、10月になると脂肪量が約20%以上になる（図１）、脂の乗りが極めて高い魚ですが、生食する場合はアニサキス症の問題があるため、一度凍結しなければなりません。このことから、道東産サバ類の付加価値を上げるためには、高品質な冷凍刺身商材の開発が必要と考えられます。

サバ類の冷凍刺身商材の食感や身色等の品質は、凍結前の鮮度が大きく影響することが知られていますが、凍結前の鮮度がどの程度までであれば高品質な冷凍刺身商材に適するのか分かっていません。そこで、凍結前の氷蔵中の鮮度低下が冷凍刺身商材の品質に及ぼす影響を科学分析値と官能評価から検討しました。

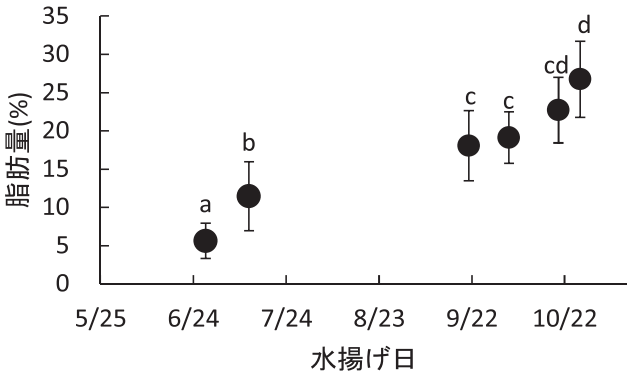


図１　道東産サバ類の脂肪量の季節変動（2017年）．エラーバーは標準偏差を示す（n＝12）．異なるアルファベット間で有意差を示す（p＜0.05、Tukey法）．

試験試料と前処理

漁獲による暴れ・疲労具合による影響を除き、品質に及ぼす因子を、致死から凍結までの氷蔵時間に絞るため、試料は活マサバ（大分県産：養殖）を使用しました。１～５日間無給餌安静蓄養後、図２のように１尾ずつ丁寧に首折り処理しました。首折り処理とは、活締めと脱血を道具なしで簡便に行う方法で、主に西日本で普及している技術です。致死から凍結までの氷蔵時間（０℃）を０、２、８、14、24、48、72時間とし、凍結前の鮮度が異なるマサバを調製しました。試料はフィレ処理後、真空包装し、－30℃エタノールに浸漬して急速凍結し、冷凍保管による品質劣化を防ぐため、実験に供するまで２～６か月間超低温（－80℃）で保管しました。



図２　首折り処理

分析項目

冷凍肉（背側普通肉）についてはATP（アデノシン三リン酸）、K値およびpHを分析しました。ATPは死後硬直前の高鮮度な魚肉に含まれる成分であり、高鮮度域の指標の一つです。K値は鮮度指標の一つで、値が低いほど鮮度が良いことを示します。pHは魚肉タンパク質の変性要因と知られています。また、解凍肉（2℃で15時間解凍）については、魚肉の保水性を示す解凍ドリップと、食感（歯ごたえ）を表すレオメーターによる物性、および外観を調べ、官能評価を行いました。

凍結前の氷蔵時間経過に伴う冷凍肉の成分変化

冷凍肉のATP含量は、氷蔵時間が0時間から2時間まで8～9μmol/gを維持していましたが、8時間後には減少し、14時間後には殆ど消失していました（図3a）。K値は致死直後が0.3%で、その後氷蔵時間の経過により上昇し、72時間後には13.9%に達しました。pHは0時間から2時間まで6.8付近でしたが、その後低下し、14時間以降になると、マサバ筋肉内で到達する最低値に相当する5.6～5.8付近まで低下したことから（図3b）、14時間以降で肉質の劣化が進みやすいと考えられました。

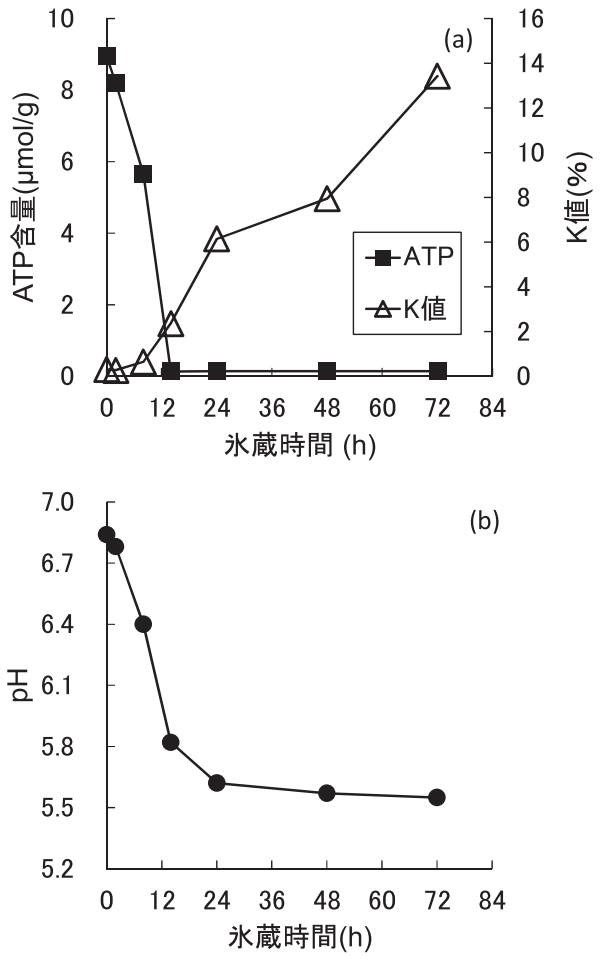


図3　致死から凍結までの氷蔵時間が冷凍マサバ肉中の成分に及ぼす影響.
(a)：ATPとK値，(b)：pH．代表値のみ（n＝1）示す.

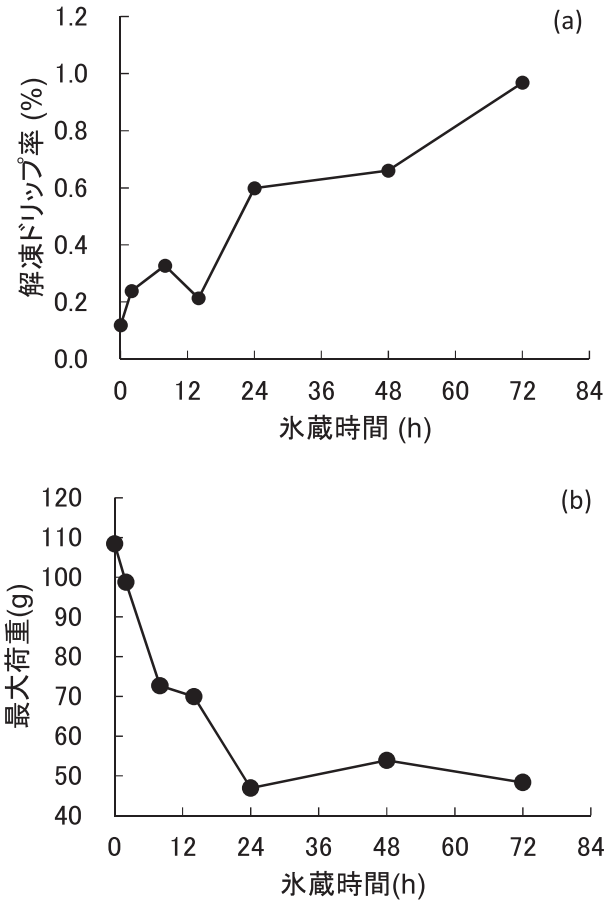


図4　致死から凍結までの氷蔵時間がマサバの肉質に及ぼす影響.
(a)：解凍ドリップ率，(b)：物性．直径10mmの平面プランジャーで測定速度60mm/min．で押し込み、歪み率40%における最大荷重を算出した．代表値のみ（n＝1）示す.

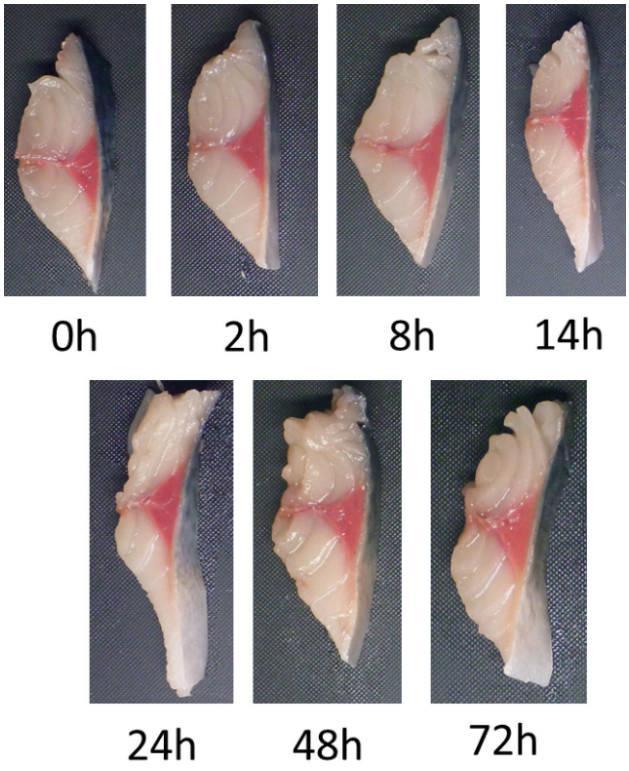


図５　致死から凍結までの氷蔵時間が異なる冷凍マサバ肉の解凍後の写真.
写真は標準光源5000K に当てて撮影し，画像補正カラーチャート CASMATCH を用いて色調を補正した.

表１　マサバ解凍肉の官能評価の結果

試験区	結果
①0h, 8h, 14h	有意な差なし ⇒8h,14hは0hと遜色ない好ましさと評価
②24h, 48h, 72h	72hは有意に好まれなかった
③0h, 14h, 48h	48hは有意に好まれなかった
④14h, 24h	14hは24hより有意に好まれた

氷蔵時間経過に伴う解凍肉の品質変化

解凍ドリップ率は、氷蔵24時間以降に増加し、物性は、24時間までに低下する傾向がみられました（図４）。また、外観では、血合肉の色調に大きな違いはみられませんでした（図５）。

これら冷凍マサバの解凍肉の官能評価（嗜好試験）を実施したところ（表１）、①０、８、14時間の試験区では、氷蔵時間の経過による有意な差はみられず、氷蔵14時間以内の冷凍マサバの好ましさは、最も鮮度の高い０時間と遜色ない評価であったことがわかりました。次に、②24、48、72時間の試験区では、72時間の好ましさが24時間と48時間に比べて有意に低く（$p<0.05$）、冷凍刺身商材としての品質が低いことがわかりました。③０、14、48時間の試験区では、48時間の好ましさは０時間と14時間に比べて有意に低く（$p<0.05$）、冷凍刺身商材としての品質が低いことがわかりました。④14、24時間の試験区では、14時間は24時間に比べて有意に好まれました（$p<0.05$）。以上の科学分析と官能評価の結果から、氷蔵14時間以内に凍結したマサバは、致死直後に急速凍結した、最高品質のマサバと遜色ない好ましさが得られることが明らかとなりました。

おわりに

本研究では、氷蔵時間の経過に伴う魚肉成分の変化と官能試験による冷凍刺身商材の品質を調べ、冷凍刺身商材として高品質が保証される氷蔵時間は14時間程度である可能性を示しました。サバ類は国民的な食用魚であると同時に、扱い方次第では高級魚に変貌する魚です。脂肪量が多くて美味な道東産サバ類の消費を拡大するお手伝いができるように、引き続き研究を進める所存です。

最後に、本研究は日本科学協会の笹川科学研究助成による助成を受けて実施したものであります。ここに記して深く感謝申し上げます。

（守谷圭介　釧路水試加工利用部

報文番号 B2439）

各水試発トピックス

城研究主任（栽培水試）が「2018年度水産海洋学会論文賞」を受賞！

2019年３月22日に東京海洋大学品川キャンパス楽水会館で開催された水産海洋学会の2018年度学会賞授賞式において、城幹昌研究主任（現：水産研究本部）が2018年度水産海洋学会論文賞を受賞しました（写真１）。

受賞の対象になった論文「標識放流による北海道オホーツク海沿岸における未成熟ミズダコの移動，成長，経験水温および漁場水温の季節変化」は、北海道にとって重要な水産資源であるミズダコの移動、成長および生息水温などの基礎的な生態を明らかにしたものです。今回の受賞では、漁業者と共同で調査を行い、それを論文化するというのは水産海洋学会の目指す姿であり、論文としての完成度も高い点を高く評価されました。

本研究ではバイオロギングという新しい手法を取り入れて解析を行っています。ミズダコに小型（５cm×１cm 程度）の水温ロガー（写真２：水温を１時間毎に記録するように設定）を装着して放流して、再漁獲することにより、その個体が経験した水温情報を得ることができます。この手法で得られたデータと、過去に北海道オホーツク海沿岸で行われた標識放流調査で得られた移動・成長に関するデータ、さらにはミズダコ漁場の海底に水温計を設置して得られた漁場水温データとを組み合わせながら解析を進めました。その結果、成長は夏～秋季に早く、冬～春季に遅いこと、移動距離は比較的小さいものの、季節的な深浅移動が顕著で７～９月には深場へ、10月以降は浅場へ移動する傾向があることが明らかになりました。そして水温との関係から、夏季の深場への移動は沿岸の高水温の回避によるものであると推察されました。

本論文で得られた知見はミズダコの資源管理を進めるにあたり大いに活用され、漁業の安定化に大きく貢献するものと期待されます。

（三原行雄　栽培水試調査研究部）



写真１　授賞時記念撮影

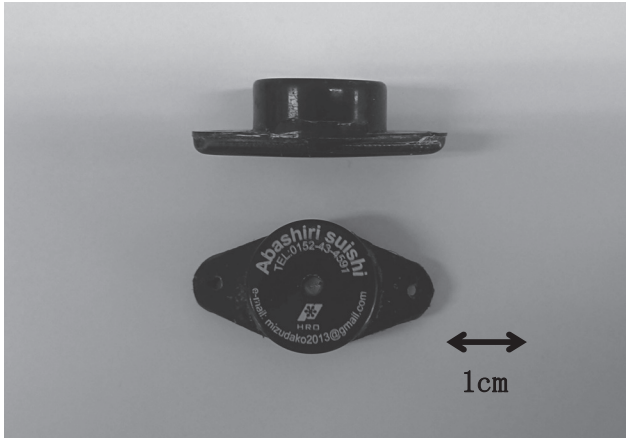


写真２　ミズダコに装着した水温ロガー

各水試発トピックス

上ノ国町で養殖されたアサリは とってもとっても Ottimo!

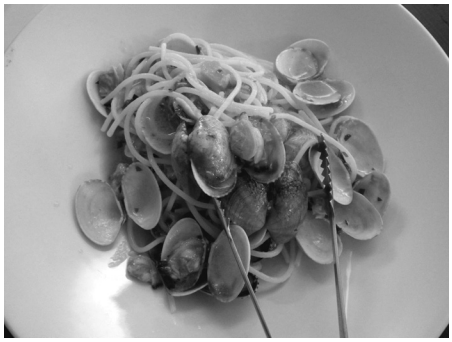
道総研の重点研究「日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究」が最終年度を迎え、６月11日、上ノ国町にある上ノ国漁港（大崎地区）で行っていたアサリ養殖技術開発試験を終えました。この試験で生産されたアサリを使った調理テストと、漁業者とシェフとの意見交換会を７月16日に行いました。

この事業のサポーターシェフの一人、札幌にあるレストラン「リッチ」の川崎シェフが、当日は定休日にもかかわらずこの会の開催に協力してくださいました。参加者は上ノ国町でアサリ養殖にトライしている漁業者さん３名、ひやま漁協上ノ国支所、上ノ国町役場、道庁水産林務部、株式会社 WMI、私ども道総研重点研究のアサリチームのメンバーとシェフ２名の22名でした。川崎シェフが調理してくださった料理は、昆布のだし汁でアサリを煮た汁物、酒蒸し、ボンゴレビアンコ、鶏肉のマリニエールソースの４品。汁物や酒蒸しでは、昆布に負けない香りや風味、雑味がなく純粋なアサリのうまみ、柔らかい食感を。また、パスタは固めにゆでられ、よくかむことで、麺になじんだアサリの味をより強く感じられました。マリニエールソースは、鶏肉に負ないアサリのうまみを強く味わうことができました。全てにおいてアサリが活かされたとても美味しい料理でした。漁業者さんたちも地元で養殖されたアサリのおいしさを実感していました。

川崎シェフからは、「イタリアのボンゴレベラーチ（ヨーロッパアサリ）という貝に似ている。うまみやミネラル感が強い。砂をかんでいないのがよい。冷凍しても味がよく出る。ぜひ使いたい。」と高い評価をいただきました。また、漁業者さんや漁協からは、アサリ養殖を行うためには「労力や生産する場所、貝毒検査料が問題」などの一方、「興味深い養殖対象種」、「アワビの養殖を行う計画なので、未利用の枠の部分でアサリ養殖をやってみては」、「頑張って作りたい」という前向きな意見もいただきました。

重点研究は今年度で終了しますが、漁業者さんが行うアサリ養殖試験をこれからも全力でサポートしていきたいと考えています。

（清水洋平　中央水試資源増殖部）



ボンゴレビアンコ



鶏肉のマリニエールソース



調理テストの風景

各水試発トピックス

令和元年度（2019年度）水産研究本部成果発表会を開催しました

令和元年８月７日（水）10：00～16：00に、札幌市の北海道立道民活動センターかでる２・７で、「令和元年度（2019年度）水産研究本部成果発表会」を開催しました。

当日は道内各地から水産関係団体や行政機関、試験研究機関、一般の方々ら281名に来場いただきました。

発表会では水産研究本部の研究員が研究成果の中から口頭・ポスターにて計13題を発表するとともに、アルビノ（白化）ニジマスや、ドローンで撮影したサクラマスの映像の展示も行いました。

さらに、環境科学研究センター、食品加工研究センターおよび工業試験場が行っている水産に関係する研究について紹介をするコーナーを設置しました。

当日来場された方に記入していただいたアンケート結果から、来場された皆さんが各発表に対して深い興味を持たれた様子がうかがえました。さらに、発表会の運営や研究内容に関するお褒めの言葉や、今後の研究の展開に関する要望など多数のご意見をお寄せいただきました。これらのご意見は今後の運営や研究の参考とさせていただきます。

（佐々木典子　水産研究本部企画調整部）



口頭発表の様子（左上）、ポスター発表の様子（右上）、アルビノニジマスの展示（左下）
環境科学研究センター、食品加工研究センターおよび工業試験場のポスターの展示（右下）

○職員の表彰

令和元年春の叙勲

・元函館水産試験場試験調査船金星丸通信長　須貝忠司（瑞宝単光章　地方自治功労）
・元釧路水産試験場試験調査船北辰丸機関長　佐田正美（瑞宝単光章　地方自治功労）

2018年度水産海洋学会論文賞

・栽培水産試験場調査研究部　城　幹昌（現：水産研究本部企画調整部（道庁水産林務部出向））

水産研究本部図書出版委員会

委員長　木村　　稔
委　員　萱場　隆昭　中多　章文　赤池　章一
　　星野　　昇　森　　立成　浅見　大樹
事務局　宮腰　靖之　富樫　佳弘　上田　吉幸

水産研究本部出版物編集委員会

委員長　宮腰　靖之
委　員　山口　幹人　板谷　和彦　馬場　勝寿　清水　洋平
　　辻　　浩司　武田　忠明　隼野　寛史　畑山　　誠
　　浅見　大樹　水野　伸也
事務局　富樫　佳弘　上田　吉幸　（作業補助：石川さやみ）

＊　　＊　　＊　　＊　　＊

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
085-0027　釧路市仲浜町４－25
電　話 0154（23）6221
ＦＡＸ 0154（24）7084

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99号

令和元年９月27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