



日本海北部海域ニシン最高の漁獲量

当公社羽幌事業所生産の日本海北部海域ニシン稚魚200万尾の放流が6月上旬から始まります。

北部海域の令和6年級の採卵は2月19日に実施し、厚田で当日水揚された親魚メス700尾・オス200尾を羽幌事業所へ直接運搬し、同所内で採卵・人工授精を行い、受精卵3,707万粒を収容しました。3月上旬にふ化した稚魚は順調に放流サイズの全長60mmまで成長しています。関係者の皆様に感謝申し上げます。

4月末現在の北部海域のニシン総漁獲数量は5,705トで、平成8年のニシンプロジェクト発足以来最高を更新しました。また南部海域も4月末までに800トを超える水揚が記録されたほか、2月28日には神恵内村沿岸で70年ぶりの群来が確認されるなど、種苗放流と資源管理の効果が着実に現れています。

CONTENTS 目次

漁業士発 アクアカルチャーロード…………… 2

青年漁業士 (いぶり中央漁協)

ほんま のぶたか
本間 庸高さん

栽培漁業技術情報…………… 3

令和5年度種苗生産結果

栽培公社紙上大学◆今月の講座…………… 4~9

環境変動に対応したコンブ養殖技術の開発
道総研稚内水産試験場 主査 前田 高志

明日の浜へチャレンジ…………… 10~11

そや、頭を使ってより良うしたろ!~大型施設で生産効率UP~
利尻漁協杵形支所 中辻漁業部

浜のトピックス…………… 12

伊達事業所 一時休止のお知らせ
栽培公社新人紹介

海洋環境の変化に向き合い 持続可能な漁業の実現を

いぶり中央漁協虎杖浜地区で青年部長を務める本間庸高さん(39)は、奥様・二女との4人家族。祖父の代から続く漁業者の家系で育ち、現在は胆振地区漁青連会長の重責を担っています。「水揚が伸びない厳しい時代こそ協力の力が必要」と語る本間さんに、地元漁業の現状と青年部活動について話をうかがいました。

経験則が通じない時代に

本間さんは3月にえび籠漁業、4月につづ籠漁業にそれぞれ着業し、6月末まで操業。7月10日から毛ガニかに籠漁業を1ヶ月行った後、10月1日から翌年2月までスケソウ刺網漁業を営むスケジュールで操業しています。つづ籠漁業で主に漁獲されるのはケツブです。「現在はキロ170円前後で推移しています。地元にツブの加工技術を持つ企業がありそこで処理されています」と地域の状況を話します。

えび籠漁は岸から約17マイルの好漁場を主戦場としていますが近年、漁場の海況が大きく変化しているそうです。「タコが好んで棲息するような場所でエビが大量に漁獲されることなど考えられませんでした。経験則だけでは漁場を確保できなくなってきているので、地元漁業者や加工事業者らと情報を共有しながら、組合全体の取扱増加を図っています」と本間さん。虎杖浜・登別の地域全体の協力により、地元水産業の維持・強化が図られています。

変わる海洋環境 難敵に苦心

胆振管内のスケソウ刺網漁は10月の

操業解禁から年内を陸から離れた水深500mライン付近の漁場で操業し、年明けから徐々に陸側の浅い場所へ漁場を移していきます。「ここ数年、水深400m付近での漁獲量が増えています。温暖化の影響で、産卵場が深い位置へ移動しているのかもしれない」と本間さん。普段は年が明けたら水深70~80mの浅い場所に網を刺しますが、今年は水深100m以浅の漁場での操業を断念せざるを得ない状況となりました。「漁場にオオズワイガニが大量にいたからです。数名が網を入れましたが、大量にかかったカニに網まで切られるなど、まともに操業できなかったようです」と振り返ります。

本間さん自身も昨夏の毛ガニ漁で大量のオオズワイガニが籠へ入り、苦戦を強いられました。海洋環境の変化が、前浜にも影響を及ぼしています。

協同の心で持続可能な漁業を

オオズワイガニの大量発生に頭を悩ませる虎杖浜・登別両地区では現在、特採による有効利用調査を実施しています。「登別沿岸の水深20~30mの海域はホッキの好漁場で、本来はかごでカニを獲る場所ではありませんが、桁網で混獲されるカニが操業を妨げています。登別で揚がるオオズワイガニは型が小さく、浜値がキロ30円程度。漁業者1人が1日300kg採捕しても、1万円以下にしかありません。調査は操業の合間に行うので負担も大きいです」と本間さんは、厳しい現状を口にします。

青年部では毎年9月に開かれる「登別港まつり」で、地場産水産物の直販



いぶり中央漁協
青年漁業士 ほんま のぶたか 本間 庸高 さん

を行っています。最も人気の催しは、1等景品の秋サケ(メス)をはじめ、旬の地場産水産物が参加者全員に当たる「海鮮くじ」です。イベントの売上は青年部が積み立てし、先進地視察などの資金として使用されます。青年部ではこれまで、九州のサバ畜養施設のほか、船のアンカーを作る小樽の鋳物工場などを見学したそうです。また、胆振地区漁青連は毎年、室蘭大谷高校で出前授業を行い、高校生に秋サケの捌き方を伝えています。講師は各地区が持ち回りで務めており、管内では活発な青年部活動が展開されています。

本道漁業は転換期の真っ只中。持続可能な漁業の実現には「魚単価の維持」と「水産資源と水揚の回復」が必須と本間さんは考えています。「魚価の高騰は必ず反動が来ますので、漁業者と加工事業者が共存共栄できる価格の維持が我々にとって最良と言えます。

浜は漁獲物を買ってくれる仲買や、煩雑な事務作業に時間を割いてくれる漁協職員など、様々な人の協力と理解があつて初めて成り立ちます。特に我々は、異なる地区の漁業者が共同で漁港や海面を利用し、船団として生産活動を続けているので、団結とチームワーク、周囲への気配りが必須です」と協同精神の大切さを強調します。

栽培公社における令和5年度の種苗生産結果

北海道栽培漁業振興公社における令和5年度の種苗生産結果をお知らせします。令和5年度は、魚病の発症によりエゾアワビの供給を停止しましたが、他の魚種については計画どおりの生産を達成し、マナマコについては平均全長30mmの大型種苗の生産を実現し、道内の浜に供給することができました。

【ヒラメ】

令和3年度から種苗生産を羽幌事業所に一本化しましたが、令和3年度も令和4年度もアクアレオウイルスが発症したため、北部海域、南部海域ともに放流計画数を下回った放流となりましたが、令和5年度はアクアレオウイルスの防疫体制の強化が実を結び、平均全長89.7mm種苗を計画どおり北部海域と南部海域にそれぞれ660千尾（合計で1,320千尾）を41地区に放流しました。

さらに、全国豊かな海づくり大会北海道大会の「育てる漁業体験塾」へ全長66.6～122.1mm種苗16千尾、「大会記念リレー放流」へ同28千尾を供給しました。

【マツカワ】

伊達事業所において全長30mmの種苗を1,500千尾生産し、中間育成後に、伊達事業所において平均全長90.8mmの種苗を600千尾、えりも事業所において平均全長93.9mmの種苗を300千尾、さらに伊達事業所において、平均全長61.6mmの小型種苗放流試験用200千尾、合計で1,100千尾をえりも以西海域の44地区に放流しました。また、えりも以東海域に対し180千尾を供給しました。

さらに、全国豊かな海づくり大会北海道大会の「育てる漁業体験塾」へ全長87.5～104.8mm種苗4千尾、「大会及び大会記念リレー放流」へ同35千尾を供給しました。

【エゾアワビ】

熊石事業所において、殻長20～30mm種苗772千個を道内の要望先に供給する予定でしたが、8月に北海道では初となる筋萎縮症の発症が確認されたため、令和5年度の種苗の供給を停止しました。

【ニシン】

羽幌事業所及び瀬棚事業所において、平均全長69.4mmの種苗2,000千尾を生産し、日本海北部海域（稚内市～積丹町）に放流しました。なお、このうち留萌海域放流分の450千尾は、留萌産親魚を用いて瀬棚事業所において生産しました。また、このほか瀬棚事業所では、後志南部海域（神恵内村～島牧村）分として、平均全長62.0mm種苗400千尾、檜山海域（せたな町～上ノ国町）分として平均全長62.5mm種苗1,000千尾をそれぞれの協議会に供給しました。

【マナマコ】

熊石事業所及び瀬棚事業所において、平均全長20mmの稚マナマコ2,076千個、瀬棚事業所において今年度から平均全長30mmの大型種苗328千個を生産し、道内の要望先に供給しました。



表 令和5年度種苗生産結果

魚種	事業所	平均全長 (mm)	生産実績 (千尾・千個)	備考
ヒラメ	羽幌	98.6	660	日本海北部海域（稚内市～積丹町）
		80.8	660	日本海南部海域（神恵内村～函館市磯法華）
		66.6～122.1	44	海づくり大会「体験塾」、「記念リレー放流」
マツカワ	伊達	90.8	600	渡島～胆振海域
		61.6	200	小型種苗放流試験（日高海域）
		55.2～87.7	180	えりも以東海域
	えりも	93.9	300	日高海域
	伊達・えりも	87.5～104.8	39	海づくり大会「体験塾」、「大会・記念リレー放流」
エゾアワビ	熊石		0	筋萎縮症発症のため、種苗供給停止
	羽幌	70.2	1,550	日本海北部海域（稚内市～積丹町、除く留萌管内）
ニシン	瀬棚	66.8	450	日本海北部海域（留萌管内）
		62.0	400	後志南部海域（神恵内村～島牧村）
		62.5	1,000	檜山海域（せたな町～上ノ国町）
マナマコ	熊石	20	1,458	要望先に供給
	瀬棚	20	618	要望先に供給
		30	328	要望先に供給

道総研稚内水産試験場
調査研究部 主査

前田高志

今月の講座

環境変動に対応したコンブ養殖技術の開発

北海道におけるコンブ類の生産状況

北海道におけるコンブ類の生産額はホタテガイやサケ類に次いで大きく、その額は176億円にのぼります。コンブ漁業は北海道沿岸各地の約50もの市町村で営まれており、多くの沿岸漁業者にとって重要な収入源となっています¹⁾。

北海道におけるコンブ類の生産量は、1970～1990年代前半にかけて、多い年では30,000トン以上が生産されていました¹⁻³⁾。しかし、その後は減産が続き、2016年には約半分の15,000トンとなり、昨年の2022年には約11,000トンまで減少しています。コンブ漁業には天然に生育するコンブ類を採取する天然コンブ漁と、海面に設置した養殖施設で育成したコンブ類を収穫する養殖業があります。前者の生産量は一貫して減少傾向にありますが、後者は1960年代に技術が確立された後は、生産量は徐々に増加し、毎年4,000～5,000トンで推移しています。近年は養殖による生産量が全体の約3～4割程度を占めるようになっており、養殖業はコンブ類の生産安定を図るうえで重要な役割を担っています。

北海道内の地域ごとに、近年のコンブ類生産状況を見ると、特に根室管内や釧路管内、日高管内、渡島管内、宗谷管内の生産量が大きく、これらの地域が主な産地となっています(図1)¹⁻²⁾。天然コンブ漁が中心の根室管内や釧路管内、日高管内の生産量は、近年大きく減産しています。養殖業が中心となっている渡島管内の生産量は比較的安定していますが、近年は養殖業において様々な問題が発生しています。宗谷管内の生産量はほかの地域に比べると安定していますが、養殖業では渡島管内と同様に問題が発生しています。

一般社団法人北海道水産物検査協会の調査によると、道内のコンブ漁業就業者数は、2003年には9,476人でしたが、2023年には5,419人となっており、この20年間で4割以上も減少しています(図2)。漁業者数減少に加え、高齢化に伴う労働力の低下は減産の大きな原因となっていると考えられます。また、近年の天然コンブの不漁やコンブ養殖で発生している問題を見ていると、高水温化をはじめとした環境変化もまた生産量に影響を及ぼして

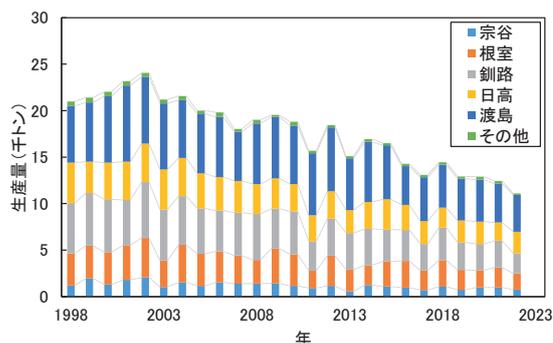


図1 北海道における地域別のコンブ類の生産量の推移

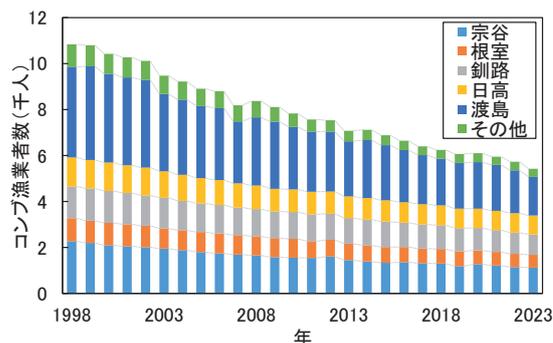


図2 北海道における地域別のコンブ漁業者数の推移

いと推察されます。本稿では、特に道南海域におけるコンブ養殖業について、環境変化に伴って発生していると考えられる諸問題を取り上げ、環境変化に対応した養殖技術の開発に向けた取り組みを紹介します。

道南海域におけるマコンブの促成養殖

マコンブは道南海域に分布し、出汁昆布やおぼろ昆布などの原料に使用されます。本種は、1ミリメートルにも満たない微小な配偶体と数メートルに達する巨大な胞子体が世代交代する、いわゆる異型世代交代と呼ばれる生活環を持ちます。1年目は冬期に発芽して夏ごろまで生長します。その後は生長が停滞し、夏から秋にかけて葉状部の表面に子嚢斑が形成されます。枯死せずに生残した1年目の胞子体は再生長し、2年目の胞子体になります。2年目の胞子体は1年目に比べて子嚢斑が形成される時期が早く、初夏には子嚢斑が形成される個体が見られます。子嚢斑からは鞭毛を有する胞子(以下、遊走子)が放出されます。遊走子は海底の岩や岩盤などに付着して発芽し、

雌性または雄性的配偶体になります。冬季までこの状態で過ごし、それぞれの配偶体に形成された卵と精子が受精し、発生したものが1年目の胞子体です。

北海道南部の渡島半島沿岸では、マコンブの促成養殖が行われています。促成養殖は、約1年間で天然の2年目胞子体に引けを取らない高品質な個体を栽培する手法です。昭和42～44年にかけて行われた養殖試験を通して技術が開発されました⁴⁾。マコンブの促成養殖は次のような工程で行われています(図3)。

○種苗生産(8月下旬～10月上旬)

- ・母藻採集：子嚢斑が形成された天然の胞子体(母藻)を採集します。

- ・採苗：母藻から放出された遊走子を採苗器(塩ビ管の枠に撚糸を巻き付けたもの)に附着させます。

- ・培養：陸上施設内の制御環境下で種苗を育成します(約7週間)。

○仮殖(10月中下旬～11月上旬)

- ・海面水温が18℃まで低下したら、種苗糸を養殖施設に垂下して短期間育成します。

○本養成(11月上旬～8月中旬)

- ・3cm程度の長さに細断した種苗糸を養成網に差し込み、間引きや根しばりなどを行いながら育成します。

○収穫(7月上旬～8月中旬)

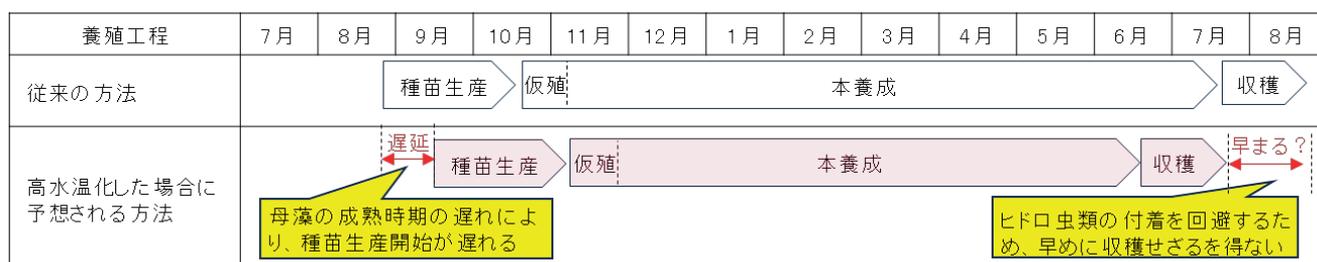


図3 現在のマコンブの促成養殖工程と将来的に予想される変化

マコンブの促成養殖で発生している 主な問題

道南海域では2016年以降に天然マコンブが急減して多くの地域で養殖用の母藻を確保することに苦慮し、種苗生産に必要な数の母藻すら確保できない地域も見られました。また、近年は種苗生産の時期になっても母藻の子嚢斑が十分に発達せず、採苗不良が発生する頻度が高まっています。特に2023年は母藻の子嚢斑形成が著しく遅れ、採苗が約1ヶ月遅延する地域が見られるなど、複数の地域で深刻な問題に発展しました。

渡島半島南部の津軽海峡に面した函館市戸井地区以西の地域では、水温が高くなる6月頃からモハネガヤやエダフトオベリアなどのヒドロ虫類が養殖コンブに附着しはじめます。モハネガヤが附着すると、それらを手作業で擦り落とす必要があり、多大な時間と労力を要し、生産効率は著しく損なわれます。モハネガヤの附着は1986～1987年頃から問題視されはじめました⁵⁾。また、2018～2020年に漁業者を対象にしたヒドロ虫類に関する聞き取り調査では、「30年くらい前は主にコケムシ類が附着していた」、「ヒドロ虫類による問題の発生頻度は現在ほど多くなかった」との回答が得られています。

将来的に高水温化が進めば、天然資源は減少し、母藻の不足はより深刻化すると考えられます。また、母藻の成熟時期は遅れ、ヒドロ虫類の付着被害は激化することが予想され、養殖工程を変更せざるを得ない状況に直面するかもしれません(図3)。そこで、こうした問題を解

決するため、マコンブやガゴメコンブを用いて、環境変化に対応した養殖技術の開発に取り組みました。

母藻不足の対策：長期保存配偶体を利用した種苗生産技術の確立

長期保存配偶体を用いた種苗生産技術は、北海道外のワカメ養殖では既に実用化されていますが⁶⁻⁷⁾、道内のコンブ養殖ではほとんど普及していませんでした。そこで、まずはマコンブの配偶体を長期保存する技術の開発に取り組み、光量子量 $1\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の低光量下では、雌雄の配偶体を分離することなく、簡易的に長期保存できることを明らかにしました⁸⁾。また、マコンブの配偶体を使用して種苗生産を行い、それらを用いて繰り返し養殖試験を行うことで、収穫物が製品化に足る品質となることを確認しました。

次にガゴメコンブの配偶体を用いた種苗生産試験を紹介します。試験には、函館市日浦町沖で採集したガゴメコンブ胞子体由来の雌性配偶体と雄性配偶体を3:1の重量比で混合した後、スティックブレンダーでよく破碎して用いました。本試験は、種苗生産に使用した配偶体の重量と生産した種苗の密度との関係を明らかにするため、配偶体6.3mg、12.5mg、25.0mg、37.5mg、50.0mgを使用した5つの試験区を設定しました。採苗器(10mの撚糸を巻き付けたプラスチック板)に塗布した配偶体は、水温10℃、光量子量 $80\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12時間明期(L):12時間暗期(D)(以下、12L:12D)の条件下、5Lの

栄養強化海水（以下、NT-ES培地）⁹⁾中で2週間静置培養しました。その後は1週間ごとに培地を交換しながら、同条件でさらに3週間通気培養しました。試験終了時、採苗器から4cmの種苗糸5本を無作為に切り出し、それらに付着した孢子体を計数しました。

試験の結果、撚糸1cmあたりの種苗数（平均値±標準偏差）は、使用した配偶体が6.3mgでは35.5±3.0個体/cm、12.5mgでは47.1±4.9個体/cm、25.0mgでは94.7±12.7個体/cm、37.5mgでは124.6±14.6個体/cm、50.0mgでは187.0±36.3個体/cmであり、配偶体の使用量が多いほど高密度になりました（図5-6）。一般に種苗センターで生産される種苗糸の密度は、種苗出荷時に1cmあたり100～200個体（肉眼で観察できるサイズ）ですので、25.0mg以上の配偶体を使用することで、この密度に近い種苗糸を生産できることがわかりました。現在は本試験の手順に従って種苗生産を行い（図4）、養殖試験などに利用しています。

将来的に配偶体を用いて養殖に使用される全ての種苗糸が賄えるようになれば良いですが、生産現場には大量の配偶体を保存できるような設備がないことや、多くの種苗センターでは常駐の職員がいないことから、それはな

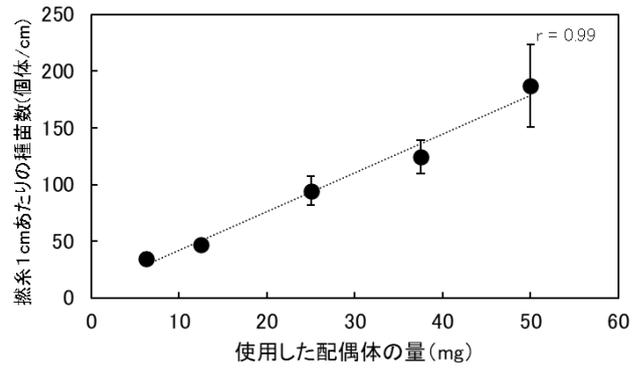


図6 配偶体の使用量と種苗密度の関係

かなか難しいと感じています。照明装置を入れた家庭用の冷蔵庫等を使用し、温度8～10℃、光量子量 $1\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下、NT-ES培地⁹⁾中で少量の配偶体を保管、それらを用いて100～200個体の孢子体を養殖し、後述する成熟誘導技術によって母藻を作出して種苗生産に用いる方が、従来通りの方法で採苗できるため、作業性や費用面の観点から現実的かもしれません。今後、道内の種苗生産担当者と意見交換を重ね、より効率的かつ生産現場にあった方法を検討していきたいと考えています。



図4 長期保存配偶体を用いた種苗生産の手順

使用した配偶体重量	6.3 mg	12.5 mg	25.0 mg	37.5mg	50mg
採苗器					
種苗糸					

図5 長期保存配偶体を用いて生産したガゴメコンブの種苗糸(培養5週目)

母藻の成熟時期の変化の対策：成熟誘導技術の開発

成熟誘導は室内の制御環境下、水槽中で未成熟な胞子体を培養することで子嚢斑の形成を促す操作です。マコンブについては、胞子体の葉片を用いて子嚢斑が形成される条件が探索されています¹⁰⁾。また、葉状部各所から切り出した葉片を用いて子嚢斑の形成パターンが調べられています¹¹⁾。これらの先行研究を参考に、マコンブやガゴメコンブの効率的な成熟誘導の条件を探索しました。ここでは、前項と同様にガゴメコンブを例に成熟誘導試験や、種苗生産施設を利用した成熟誘導技術の実証試験について紹介します。

成熟誘導試験

ガゴメコンブの子嚢斑形成に及ぼす水温や光量子量、光周期の影響を調べるため、水温についての試験区は5条件(7.5℃、10℃、12.5℃、15℃、17.5℃)、光量子量についての試験区は5条件(40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、光周期についての試験区は4条件(4L:20D、6L:18D、8L:16D、10L:14D)を設定して培養試験を行いました。試験には、室内培養によって得られた葉長23～70cmの胞子体を用いました。それぞれの試験区で6個体の胞子体を使用し、各個体の葉状部中央付近から直径1cmの円形の葉片を切り出し、それぞれの胞子体由来する6枚の葉片を1組とし、500mlのNT-ES培地⁹⁾中で通気培養しました。その他の培養条件は、水温の試験区では光量子量120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期8L:16D、光量

子量の試験区では水温12.5℃、光周期8L:16D、光周期の試験区では水温12.5℃、光量子量80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ としました。培養液は1週間毎に全量交換し、子嚢斑形成の有無を観察しました。試験終了時に面積を測定し、葉片の面積あたりの子嚢斑面積(以下、子嚢斑面積)を算出しました。試験は3回行い、各試験で使用した合計18枚の子嚢斑面積についてKruskal-Wallis検定を行い、Steel-Dwass法による多重比較を行いました。

水温についての試験では、水温12.5～17.5℃では、培養3週目に子嚢斑が形成されはじめ、培養5週目にはほとんどの葉片に子嚢斑が形成されました(図7左)。水温7.5～10℃では高温の条件に比べて成熟が遅く、特に7.5℃では培養6週目にもかかわらず、子嚢斑が形成された葉片の割合は16.7%にとどまりました。子嚢斑面積は12.5℃では32.3%、15℃では36.9%と大きく、10℃と17.5℃はおおよそ20%でした(図8左)。7.5℃では子嚢斑が形成されない葉片も多く、葉片の面積あたりの子嚢斑面積は0.9%にとどまりました。

光量子量については、いずれの条件においても培養4週目に子嚢斑が形成されはじめ、6週目にはすべての葉片に子嚢斑が形成されました(図7中)。40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ では、他の条件に比べて子嚢斑形成がわずかに遅れる傾向が見られました。子嚢斑面積はいずれの条件間にも有意な差はありませんでした(図8中)。

光周期については、8L:16Dでは培養3週目には子嚢斑が形成されはじめました(図7右)。培養4週目以降の子嚢斑が形成された葉片の割合は8L:16Dと10L:14Dは同程度に推移し、培養4週目には50%、5週目には100%となりました。これらの条件に比べ、暗期の長い4L:20Dと6L:18Dでは子

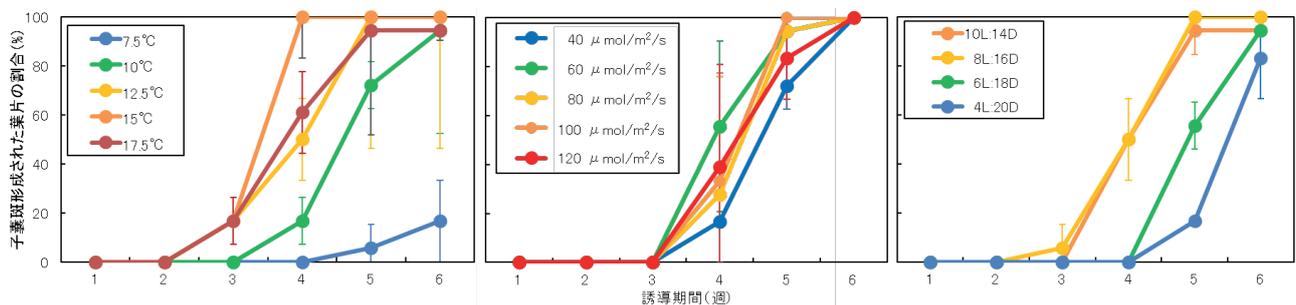


図7 ガゴメ葉片の子嚢斑形成に及ぼす水温や光量子量、光周期の影響。エラーバーは標準偏差を示している

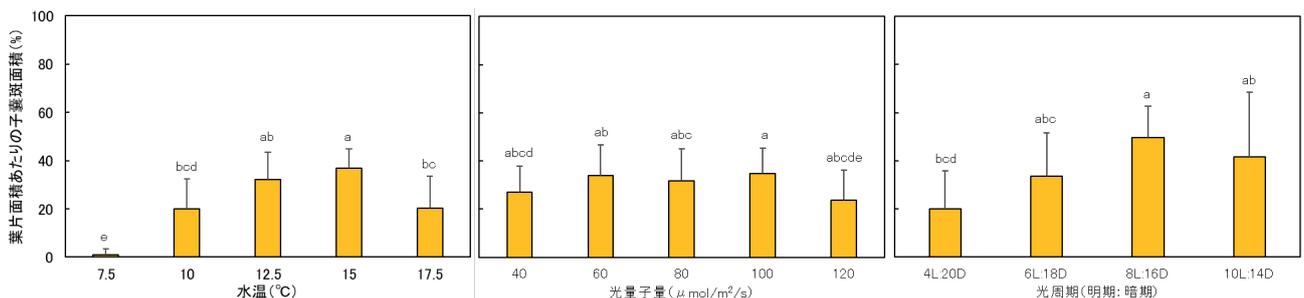


図8 異なる水温や光量子量、光周期の条件下で培養した葉片に形成される子嚢斑の面積の比較。エラーバーは標準偏差を示している。異なるアルファベットは有意差があることを示している(Steel-Dwass検定, $p < 0.01$)。

囊斑の形成が遅れる傾向が見られました。子囊斑面積は、4L:20Dと8L:16Dでは有意な差がありましたが、その他の条件間では大きな差異はありませんでした（図8右）。

以上の結果から、子囊斑が形成されるまでの期間や子囊斑の面積を考慮して、ガゴメコンブの成熟誘導は水温12.5～15℃、光量子量は60～80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期は8L:16Dで行うのが適切であることがわかりました。注意すべき点として、成熟誘導中の水槽にヤドリミドロ類が混入した場合、水温が15℃以上になると急速に増殖することが報告されています¹²⁾。天然のガゴメコンブを用いた場合はヤドリミドロ類が混入する可能性が高く、その増殖を抑えるために水温は12.5℃に設定するようにしています。本試験の結果、ガゴメコンブ胞子体の葉片を4～6週間成熟誘導することで、子囊斑が形成されることが確認でき、効率よく成熟させる条件が特定されました。

また、葉長が1m以下の1年目の胞子体でも母藻に使用できることが示されました。天然のガゴメコンブ胞子体は1年目には成熟せず、2年目の10月頃から子囊斑が形成されることが報告されています¹³⁾。本技術が活用されることで効率良く母藻を作出でき、さらに1年目の養殖個体や室内で育成した個体も母藻に使用することができ、天然個体に依存しない持続的な養殖が可能となりました。また、早期種苗生産が可能となったことにより、本種の促成養殖技術の開発につながりました¹²⁾。

種苗生産施設を利用した成熟誘導技術の実証試験

成熟誘導技術の実用化を図るため、南かやべ漁業協同組合の西部種苗センターで実証試験を行いました。試験には、函館市大船町沖から採集した複数のガゴメコンブの胞子体を使用しました。まず、それらの葉状部を30～40cm角に切り、76枚の葉片にした後、2～4枚を1組にして30個の水槽に均等に振り分け、酸化ゲルマニウムを添加した100LのNT-ES培地⁹⁾中で通気培養しました。なお、葉片が水槽の底に沈むと成熟誘導に必要な光量子量を確保できなかったため、葉片は水槽内に浮かべたプラスチック製のバスケット内に収容することで、水面付近に固定した状態にしました（図9）。その他の条件は水温12～13℃、光量子量68～74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期8L:16Dに設定して成熟誘導しました。葉片は7～10日ごとに観察し、その際に培養液を全量交換しました。

試験の結果、開始から28日目には、子囊斑が形成された葉片が見られはじめました。その後、その割合は急速に増加し、培養35日目には48.0%、42日目には78.3%、50日目には91.9%に達しました。これらの母藻を使用することで、結果的に約8,000mの種苗糸を生産することができ

ました。

本試験を通して成熟誘導技術が普及し、既に戸井漁協では技術が導入され、マコンブやガゴメコンブの成熟誘導が行われています。しかし、



図9 種苗センターを利用した成熟誘導実験の様子。

現状では子囊斑が形成されるまでに約1ヶ月半の期間を要するなど、技術改良の余地が残されています。今後は成熟誘導条件の最適化を図り、コスト削減につなげる必要があります。

ヒドロ虫類問題の対策：早期収穫を実現するための早熟株を用いた養殖試験

ヒドロ虫類のモハネガヤについては、発生状況の調査⁵⁾や飼育試験¹⁴⁾などが行われていますが、いまのところ有効な対策は見出されていません。そこで、早期に実入りする特徴を有するマコンブ（以下、早熟株）を利用することで、ヒドロ虫類が付着する前に早期の収穫が可能か否かを検証しました。

2017年に小安町沖で採集した個体から得られた種苗を用いて養殖試験を行ったところ、6月から乾燥歩留まりが高まり、7月には乾燥歩留まりが約20%まで増加し、早熟株である可能性が見出されました。以降は養殖個体を継代して種苗生産して養殖試験を行いました。養殖個体は5～7月に採集して乾燥歩留まりを測定しました。

試験の結果、早熟株の各月における乾燥歩留まりは、一般に養殖される株（対照区）に比べて高く推移し（表1）、早熟株は6月には対照区の7月並みの値になることが明らかとなりました。乾燥歩留まりの値を見る限りでは、早熟株は1ヶ月程度早く収穫することが可能なので、付着生物問題の対策になり得ると考えられました。今回、選抜を重ねることなく、単に母藻の選定によって短期間のうちに早熟株を確立できたことは、将来的に育種学的研究に取り組むうえで重要な知見となると考えています。ところで、本養殖試験を通じて、早熟株の付着器や茎状部の形が一般に養殖されている株とは明らかに異なることに気がつきました。これらの特徴は継代しても失われることがなかったことから、遺伝形質であることが示唆されました。近年は、高温耐性株をはじめとした有用株の開発に関する要望が増加しています。育種学的研究の基盤となる知見の蓄積を図るため、今後も有用なコンブ類の株を収集するとともに、室内培養試験や養殖試験などを進めるつもりです。

表1 5～7月にかけての早熟株の乾燥歩留まり※ (%) の推移。

		5月	6月	7月
2018年	早熟株	-	17.5±1.6(N=4)	20.4±1.0(N=8)
	対照区	-	14.0±1.4(N=5)	16.7±1.5(N=7)
2019年	早熟株	13.4±1.0(N=6)	18.4±0.9(N=6)	20.1±1.0(N=12)
	対照区	12.1±1.4(N=5)	15.9±0.3(N=5)	17.3±1.1(N=11)
2020年	早熟株	14.2±1.1(N=10)	17.9±1.3(N=10)	18.2±1.5(N=5)
	対照区	13.6±0.5(N=5)	15.7±0.7(N=5)	17.2±1.8(N=15)

Nは測定した個体数

※乾燥歩留り：湿重量に対する乾燥重量の割合で実入りのひとつの指標

おわりに

将来的に高水温化をはじめとした環境変化が進めば、従来通りの養殖を継続することは、一層難しくなると考えられます。本研究を通して、環境変化に対応した、いくつかの養殖技術を開発できました。それらの技術を利用することで、種苗生産時期や収穫時期が調整可能となり、今後、環境変化が進んだとしても従来に近いスケジュール感で養殖を継続できると考えられます。また、長期保存配偶体を用いた種苗生産技術と成熟誘導技術を併用することで、毎年遺伝的に均質な母藻が作出でき、それらの母藻を種苗生産に用いることで完全養殖が可能となります。この方法であれば、養殖個体の継代を繰り返すことによって遺伝的多様性が低下する問題も回避することができます。

本稿で紹介した技術は開発から普及まで、実に数年もの時間を要しました。緊急性の高い課題でありながら、早期の実用化を実現できなかった点は、大いに反省すべき点と考えます。本研究がコンブ漁業のさらなる振興に貢献できるよう引き続き研究を進めていきます。

謝辞

マコンブやガゴメコンブの成熟誘導技術の開発は、H26～R2年度に函館市より受託した研究の一環として実施しました。また、成熟誘導技術の実証試験の結果は、道総研職員奨励事業で得られた結果をまとめたものです。本研究を進めるにあたり、南かやべ漁協、えさん漁協、戸井漁協、銭亀沢漁協ならびに函館市漁協の方々にご協力いただきました。関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 平成8年～令和4年北海道水産現勢(1998～2023), 北海道水産林務部, 札幌.
- 2) 昭和45年～平成7年北海道水産現勢(1972～1997), 北海道水産部, 札幌.

- 3) 田澤伸雄(1990)北海道昆布漁業史(私家版).
- 4) Hasegawa Y (1971) Forced cultivation of *Laminaria*. 水産庁北海道区水産研究所研究報告, 37:49-52.
- 5) 門間春博, 佐々木茂, 金子孝(1992) ハイドロゾア防除試験. 北海道立函館水産試験場平成2年度事業報告書, 291-299.
- 6) 二羽恭介, 原田和弘(2016) 室内培養のフリー配偶体を用いた瀬戸内海におけるワカメの促成栽培試験. 藻類, 64:10-18.
- 7) 棚田教生, 多田篤司, 中西達也, 團昭紀, 吉田吾郎(2020) フリー配偶体と塗布法を用いたワカメの種苗生産法の生産現場における実用化. *Algal Resources*, 13:111-115.
- 8) 前田高志(2020) 養殖コンブ種苗生産工程基礎研究(栽培技術改良試験)(受託研究). 平成29年度道総研函館水産試験場事業報告書, 136-141.
- 9) 新原義昭, 菊地和夫(1985) コンブ種苗病害防除に関する研究-III. 昭和59年度指定調査研究事業報告書(昭和57～59年総括).
- 10) Mizuta H, Nimura K, Yamamoto H (1999) Inducible conditions for sorus formation of the sporophyte discs of *Laminaria japonica* Areschoug (Phaeophyceae). *Fisheries science*, 65:104-108.
- 11) 二村和視, 水田浩之(2002) マコンブ藻体片における子嚢斑形成パターン. 水産増殖, 50:157-162.
- 12) 前田高志, 北川雅彦, 伊勢諭至, 板倉祥一, 宮崎義弘(2020) 新しいガゴメ養殖技術の確立を目指して. 北水誌だより, No.100:20-24
- 13) 谷敬志, 川越力, 松本世津子, 水田浩之, 安井肇(2015) 函館沿岸に生育する褐藻ガゴメ *Saccharina sculpera* 胞子体の季節的消長と形態形成. 水産増殖, 63:235-244.
- 14) 前田高志, 八川皓太(2022) 養殖コンブ生産安定化試験II. 令和2年度道総研函館水産試験場事業報告書, 111-124.

明日の浜へ チャレンジ! そや、頭を使ってより良うした3! ～大型施設で生産効率UP～

利尻漁協沓形支所 中辻漁業部

利尻島の養殖コンブの採取作業は6月下旬から8月上旬までの約50日間のうち、沖に出られる20日間前後を使って行われます。利尻でのコンブ乾燥は基本的に天日干しですが、日が照って風が無い好条件下で作業できるのは年に10～15日程度。また近年は海水温上昇の影響で、コンブの品質低下を招く刺胞動物「ヒドロゾア」の付着量が増え、その付着時期が年々早期化し、漁業者を悩ませています。

そのような状況を受け、中辻漁業部代表の中辻清貴さんは「コンブ養殖を続けていくためには、天候に左右されず、ヒドロゾアの付着が始まる前に水揚げできる体制が必要」と考え、機械乾燥の可能性に着目。大型乾燥施設の導入を決定しました。



▲中辻漁業部の大型作業倉庫

刈り取り・乾燥作業を効率化

中辻さんはまず、酪農で使用される鉄骨造の牛舎をヒントに、160坪の大型作業倉庫と55坪の大型乾燥施設を自らの干場内に建設しました。施設設置にあたり中辻さんは、採取したコンブを積んだままのトラックが作業倉庫内に直接入り、そのまま刈り取りと乾燥の下準備ができるよう内部を整理。そのまま隣の乾燥室にコンブを搬入できる動線を整えました。養殖コンブの採取は一般的に、沖で刈り取ったものを船積みし、陸揚げして干場で乾燥



▲刈り取り作業の様子

させますが中辻さんは、養殖ローブを施設から外し、コンブがついたままの状態に舟に積み込み、それをトラックに乗せて作業倉庫に直接搬入しています。

限られた空間での刈り取り作業の効率化対策として中辻さんは、天井を支える鉄骨に滑車を取り付け、そこに綱を吊してコンブを刈り取る方式を採用。刈り取り時にあらかじめ製品規格に切り揃えることで、製品づくりにかかる時間も短縮しました。「コンブを持ち上げて干場に並べる作業は実に大変です。少しでも楽に作業したいと思って考えたのがこの方法です」と中辻さんは言います。

乾燥室内は、コンブを並べた木枠を台車に積み重ねることで省スペース化。コンブの搬入から設置までの一連の流れを考慮し機材を設置しました。木枠1折の大きさは縦2m・幅1.1mで、現在使用している約千枚の木枠は中辻さん自ら製作。1折あたり最低4～5枚のコンブを並べることを想定し、



▲干場に併設した大型乾燥施設

製品規格に合わせて大きさを決めました。倉庫内で使用できる台車は最大24台、乾燥機導入により6人分の省力化に成功しました。



▲乾燥前の準備



▲木枠は中辻さんの自作

3年かけて乾燥効率を大幅改善

中辻さんは令和2年、乾燥機5台と扇風機18台を乾燥施設内に設置し、機械乾燥の試験に着手しましたが、施設全体に温風が行き渡らず乾きムラが発生。その解消のため翌年、直径1mの工業用送風機10台を施設内の天井に設置し、温風を室内全体に循環させられるよう工夫を施すことで乾きムラの解消に成功しました。「1年目はしっかり熱をかけることを重視したのですが、暖気が天井に上ってしまい、そのまま排気されてしまいました。乾きムラを解消するため、室内の台車を入れ替えながら乾燥させていきました」と初年度を省みます。

2年目に中辻さんが導入した工業用送風機は主に酪農の現場で使用されて



▲大型乾燥施設の内部

いるもので、牛舎に溜まったメタンガスの排出が主な用途だそうです。「送風機メーカーも漁業関係者からの大量発注は初とのこと、用途や設置場所などを視察に来ました。メーカーが公開している風の流れのシミュレーションを利用し、それをもとに送風機を設置しました」と当時を振り返ります。

乾燥効率が大きく向上した一方で、電気使用料が大幅に増えたことから中辻さんは令和4年、地元鉄工所の協力でコンブ乾燥用の大型の特製薪ストーブを製作しました。このストーブは、炉内に取り付けた数枚の鉄板で空気の流れを作り、燃え残った可燃ガスをさらに燃焼させる（二次燃焼）構造になっています。二次燃焼は排煙と煙の匂いを抑制する効果が得られる技術で、中辻さんのコンブ乾燥にも大きなメリットをもたらしました。「驚いたのは吸気の良いさです。黒々とした色の良いコンブを作るには、乾燥室内の湿度をい



▲特製の薪ストーブ



▲乾燥機5台が並ぶ中辻漁業部の乾燥施設

かに早く排出するかがカギ。ストーブを焚くと、外の煙突から水がポタポタと垂れ落ちてくるくらいの除湿効果があり、品質面では確実にプラスになりました」と語る中辻さん。肝心のエネルギーコストも「灯油使用量は従来の半分、総体で30%削減できました」と、大きな効果を口にしします。

コンブ漁業の未来を創る

利尻島では間も無く養殖コンブの採取が始まります。中辻さんによると、今期のコンブは成長が早く、5月上旬の時点で約4mの長さまで伸びているそうです。昨年は6月中旬から沿岸水温が一気に上昇し、それと同時にかつてない量のヒドロゾアが付着。製品化に至らなかったコンブが多く発生し、漁業者は大きな打撃を受けました。

中辻さんは今期、付着物対策の一環でコンブ洗浄機を導入します。「ヒドロゾアが付着した自分のコンブを道南の漁業者に洗浄してもらい、効果を実感しました。昨年は乾燥作業を例年より早く終わらせたので、他地区を視察できました。洗浄機の情報はそこで得られました」と中辻さんは言います。一般的に、洗浄機の付着物除去能力を高めるためには硬いブラシを使いますが、コンブを傷つけてしまうリスクが生じます。中辻さんが今回導入する洗浄機は、ブラシの硬さ以外の部分で洗浄効果を高め、コンブの品質を維持する工夫がなされています。洗浄機メーカーでは「中辻さんが使用する洗浄機で有用な効果が確認できれば、それがリシリコンブ用洗浄機の基本モデルになる」としています。

兵庫県出身の中辻さんが利尻島で腕を磨き、先代から事業を引き継いで14年。今では新規就業希望者を受け入れる側になっています。受け入れた研修生3名が利尻島で漁業者として活躍しており、後継者育成にも一役買っています。前例や慣習にとらわれず、未来のコンブ漁業を創造し続ける中辻さんは近年、今後の方向性を考える機会が増えている

と言います「利尻島のコンブ漁業者は皆、誇りを持って高品質の製品づくりに励んでいます。リシリコンブは贈答用需要の大きい商材なので、品質重視の製品づくりは当然だと思いますが、近年は加工用コンブの値段が上がっています。規格として最下級の「根食い虫等マル海加工用」を減らし、付着物の無い加工用コンブを増やすことでも、経営安定化と省力化が図られます。両方をバランス良く生産するのは容易ではありませんので、折コンブ・加工用のどちらかに偏るのではなく、コンブの出来を見ながら年ごとに最良の選択をしていくことになると思います」と、今後の道筋を考えています。

中辻さんは自らのチャレンジを「正解かどうかは解らない」と言いますが、利潤を元手に設備投資し販売額を拡大する行動は、市場理論や経営学の観点では普通の経済活動です。

将来的な担い手不足が避けられない中で省力化と生産拡大を両立させるブレイクスルーに挑む中辻さんの取り組みは、今年3月に開かれた第29回全国青年・女性漁業者交流大会漁業経営改善部門で最高賞となる農林水産大臣賞を受賞。高い評価を受けています。

中辻さんはコンブ漁業の未来は決して暗くないと思っています。新しいことを始めれば、必ず新たな課題が出てきます。師匠はいつも『漁師は頭を使え』と指導してくれました。その教えを守り、利尻のコンブ漁業をより良いものにしていきます」と意気込みを語ってくれました。



▲師匠の教えを胸に邁進する中辻清貴さん

浜のトピックス

マツカワの種苗生産について

伊達事業所では、隣接する北電の伊達火力発電所が冷却用に取水している海水を利用しマツカワの種苗を生産していますが、令和6年3月末をもって伊達火力発電所が休止することになり、その後の取水が困難となりました。

マツカワは、人工種苗放流により太平洋沿岸の貴重な資源となっていることから、北海道では、新たな取水施設の整備を行うことを決定しました。ただし、本格稼働までには5年程度を要することから、当会社においては、その間、他の事業所を活用した種苗生産について、北海道及び道総研水産試験場と連携し、総合的に検討しています。

なお、令和6年度の種苗生産は、北電の取水ポンプが9月まで稼働することになったため、伊達事業所での種苗生産が可能となり、現在、順調に仔魚を育成しています。

新人紹介



支援助成事業室 室長 おおた たけお 太田 剛雄

このたび北海道庁を退職し、4月に入社しました太田です。道庁では主に魚礁や藻場・干潟など漁場の整備を担当していました。

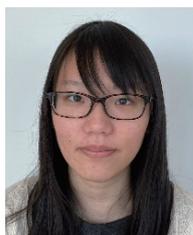
会社では水産多面的機能発揮対策事業の担当として、浜が取り組む藻場・干潟の保全、赤潮被害からの漁場環境の回復、海の安全確保などの活動をお手伝いさせていただきますのでよろしくお願いいたします。



調査事業本部 技術部 調査課 うしの しげお 氏野 秀哉

4月から入社しました氏野と申します。

私は学生時代、酪農学園大学の水質科学研究室で洞爺湖のウチダザリガニにおける水銀蓄積の研究をしていました。ここで学んだ知識と経験を活かし北海道の水産資源保全という重要な役割を担えるよう精進したいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。



調査事業本部 企画部 契約課 やました かりん 山下 花梨

4月に入社した山下です。大阪で生まれ育ち、北海道大学では魚類体系学講座で学ばせていただきました。第二の故郷となる北海道の水産業に貢献する仕事をさせていただけること、とてもうれしく思います。

少しでも会社の力になれるよう、日々精進して参ります。ご指導のほどよろしくお願いいたします。