



道総研

令和2年度

道総研函館水産試験場 事業報告書

北海道立総合研究機構

水産研究本部函館水産試験場

目 次

函館水産試験場概要

1. 所在地	1
2. 賃貸の状況	1
3. 試験調査船	1
4. 機構	2
5. 職員配置	2
6. 経費	2
7. 職員名簿	3

調査および試験研究の概要

I 調査研究部所管事業

1. 環境変動に対応したコンブ養殖技術の開発に向けた基礎研究 (職員研究奨励事業・シーズ探索型ファーストステージ)	5
2. 多段式育成手法を活用した道産エゾバフンウニの効率的な種苗生産体系の開発 (重点研究)	8
3. 漁業生物の資源・生態調査研究 (経常研究)	
3. 1 イカ類	10
3. 2. 1 スケトウダラ (道西日本海檜山海域)	24
3. 2. 2 スケトウダラ (道南太平洋)	29
3. 3 ホッケ	36
3. 4 イワシ・サバ類	41
3. 5 養殖ホタテガイの成長モニタリング調査	45
3. 6 噴火湾環境調査	49
4. 海洋環境調査研究 (経常研究)	
4. 1 北海道周辺海域の海況に関する調査	52
5. 栽培漁業基盤調査研究 (経常研究)	
5. 1 粗放培養用微細藻類群の探索及び保存	53
6. 栽培漁業技術開発調査 (経常研究)	
6. 1 栽培漁業地域展開事業	56
7. マナマコ資源増大研究Ⅲ. マナマコ人工種苗放流技術マニュアル化試験 (経常研究)	58
8. ホタテ貝等二枚貝類に関するモニタリング (経常研究)	62
8. 1 貝毒プランクトンモニタリング調査	
9. 養殖コンブ生産安定化試験Ⅱ (経常研究)	67
10. 環境情報を活用した養殖ホタテガイ稚貝の順応的管理手法の構築 (経常研究)	72
11. 水産資源調査・評価推進委託事業 (公募型研究)	
11. 1 我が国周辺水産資源調査	76
11. 2 国際水産資源調査 (クロマグロ)	77
12. 水産資源調査・評価推進事業 (資源量推定等高精度化推進事業) (公募型研究)	
12. 1 スケトウダラ日本海北部系群	79
12. 2 スケトウダラ太平洋系群	82
13. 有害生物出現調査及び情報提供委託事業 (大型クラゲ出現調査及び情報提供) (公募型研究)	88

14. ザラボヤ被害防止ネットワーク構築委託事業（公募型研究）	87
15. ホタテガイのフランシセラ感染症の総合的対策に向けた基盤的研究（公募型研究）	90
16. 北海道資源生態調査総合事業（受託研究）	
16. 1 資源・生態調査	
16. 1. 1 エビ類（トヤマエビ）	91
16. 1. 2 アカガレイ	99
16. 2 資源管理手法開発試験調査	
16. 2. 1 ホッケ	104
17. 養殖ホタテガイ生産安定化試験（受託研究）	106
18. コンブ養殖漁業振興研究（受託研究）	111

II その他

1. 技術の普及および指導	125
2. 試験研究成果普及・広報活動	127
3. 研修・視察来場者の記録	129
4. 所属研究員の発表論文等一覧	130

令和2年度道総研函館水産試験場事業報告書の利用について

本報告書の内容や図表等を無断で複写、転載することを禁止します。本報告書には受託研究や共同研究等で得られたデータも含まれている場合があります。また、漁獲量などの一部に暫定値を使用している場合があることから、企業活動や論文作成などに係わり図表やデータを使用する場合、内容を引用する場合には、お問い合わせください。

問い合わせ先：道総研函館水産試験場総務部（電話 0138-83-2892）

函館水産試験場概要

1. 所在地

郵便番号	所在地	電話番号・FAX番号
040-0051	北海道函館市弁天町20番5号 函館市国際水産・海洋総合研究センター内	電話 0138-83-2892 (代表) 0138-83-2893 (調査研究部) FAX 0138-83-2849

2. 賃貸の状況

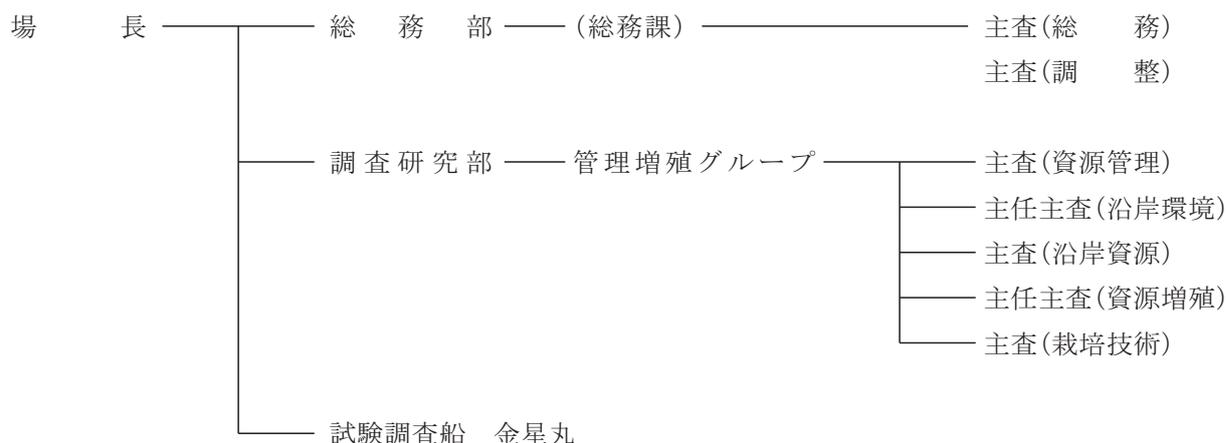
研究室	共用実験施設	海洋調査関連施設
通年使用施設 4 面積 252.0 m ²	通年使用施設 10 面積 135.1 m ² 各月使用施設 4 面積 136.8 m ²	通年使用施設 2 面積 187.3 m ²

※平成26年6月1日から函館市国際水産・海洋総合研究センターに入居（賃借）。

3. 試験調査船

船名	トン数	馬力	船質	進水年月	主要設備
金星丸	151 t	1,300 ps	鋼船	H13. 1	甲板機械装置：バウスラスター，ベッカーラダー 漁撈設備：全自動イカ釣機，オッタートロール， ラインホーラー／ネットホラー 航海計器：レーダー，電子海図情報装置， 気象衛星受画装置 観測装置：CTD測定装置，科学魚群探知機， 多層音波潮流計

4. 機構



5. 職員配置

	総務部	調査研究部	金星丸	計
研究職		11		11
事務職	5			5
海事職			15	15
合計	5	11	15	31

6. 経費

区分	金額	備考
人件費	222,920千円	
管理費	88,793千円	
業務費	49,863千円	研究費, 研究用施設・機械等含む
合計	361,576千円	

7. 職員名簿

場 長 山 本 和 人

総務部

部 長 森 田 茂 紀

総務課

総務課長(兼) 森 田 茂 紀

主 査(総務) 吉 田 幸 司

主 査(調整) 榊 原 滋

専 門 主 任 工 藤 利 恵

調査研究部

部 長 萱 場 隆 昭

管理増殖グループ

研 究 主 幹 奥 村 裕 弥

主任主査(資源管理) 武 藤 卓 志

主任主査(沿岸環境) 渡 野 邊 雅 道

主 査(沿岸資源) 下 田 和 孝

主任主査(資源増殖) 酒 井 勇 一

主 査(栽培技術) 金 森 誠

研 究 主 任 前 田 高 志

研 究 主 任 夏 池 真 史

研 究 職 員 八 川 皓 太

専 門 研 究 員 北 川 雅 彦

金星丸

船 長 葛 西 利 彦

機 関 長 大 嶋 康 裕

航 海 長 若 林 幸 夫

通 信 長 名 和 仁

一 等 航 海 士 花 川 良 治

二 等 航 海 士 酒 井 勝 雄

航 海 主 任 浅 野 文 一

一 等 機 関 士 宮 崎 正 人

二 等 機 関 士 川 井 靖 志

操 機 長 山 上 修 司

司 厨 長 成 田 徹 也

船 員 石 橋 聖 也

船 員 金 丸 昇 平

船 員 樋 口 和 樹

船 員 新 山 悠

調査および試験研究の概要

I 調查研究部所管事業

I 調査研究部所管事業

1. 環境変動に対応したコンブ養殖技術の開発に向けた基礎研究 (職員研究奨励事業・シーズ探索型ファーストステージ)

担当者 調査研究部 前田高志
協力機関 戸井漁業協同組合

(1) 目的

仮殖の効果を解明し、高温耐性種苗の生産技術の開発に資する基礎的知見を得る。また、高温耐性種苗を用いた養殖試験を実施し、その有効性を示す。

(2) 経過の概要

ア マコブの成熟誘導

2020年7月6日、函館市小安町沖から10個体のマコブ胞子体を採集した(図1)。それらを滅菌海水中でよく洗浄するとともに、ペーパータオルを用いて葉状部表面の付着物を除去した後、茎状部や付着器、葉状部の不要な部分を切除し、葉片とした。それらを成熟誘導装置に收容し(図2)、水温12℃、 $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期6時間明期:18時間暗期(以下、8L:16D)の条件下、40Lの栄養強化海水中(以下、NT-ES培地)(新原・菊池 1985)で通気培養した。なお、培養液は1週間毎に全量交換し、その際に葉片の子嚢斑形成の有無を観察した。



図1 調査地点

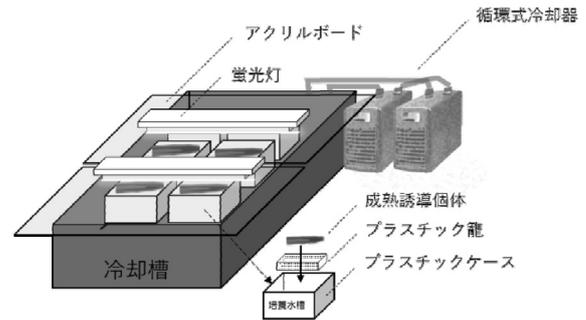


図2 マコブの成熟誘導に用いた装置の模式図

イ 高水温下での種苗培養試験(仮殖の効果検証)

(ア) マコブの種苗密度に及ぼす水温の影響

アで生産した種苗糸を4cmの長さに細断し、それらを1水槽あたり4本ずつ收容し、水温10条件:10℃、12℃、14℃、16℃、18℃、20℃、22℃、23℃、24℃、25℃、光量子量 $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下、1LのNT-ES培地中で通気培養した。観察は1週間ごとに行い、生残個体数を計数し、密度の変化を比較した。なお、本試験と予備試験の結果に違いが認められたため、2020年10月17日、小安町沖から新たに採集した母藻から生産した種苗を用い、追試験を実施した。試験終了後、各試験区から10個体を抽出して乾燥させ、この後の遺伝子解析に用いた。

(イ) 異なる水温で培養した配偶体由来のマコブ種苗の生育に及ぼす水温の影響

アで生産した種苗糸を採苗直後に水温10℃、光量子量約 $1 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下で2週間培養した。次いで、この種苗糸を4等分に切断し、それぞれ水温10℃、20℃、22.5℃、25℃で2週間培養した。その後、水温10℃、光量子量約 $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下で培養し、葉長数ミリメートルの胞子体種苗を得た。これら4種類の種苗を水温5条件:10℃、20℃、22℃、24℃、25℃、光量子量 $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下で2週間培養し、生

残状況を観察するとともに日間相対生長率を比較した。

(ウ) 高水温下で培養した種苗の遺伝子解析

イ- (ア) で得られた個体からのDNA抽出には、DNeasy Plant mini kit (QIAGEN) を用いた。乾燥したサンプル葉状部を1.5mLのマイクロチューブに入れ、同キットに付属するAP1 buffer 50 μ Lを加え、65 $^{\circ}$ Cで1~2分間インキュベートした後、これをホモジナイザーでよく破碎した。以降の操作は、同キット付属のプロトコルに従った。得られた抽出液は、GENECLEAN II kit (MP-biomedicals) を用いて精製した。それらをPCRの鋳型とし、Veritiサーマルサイクラー (Applied Biosystems) を使用してマイクロサテライト座を含む配列を増幅した。反応液はMultiplex PCR Master Mix 2.5 μ L (QIAGEN), 1 μ Mフォワードプライマー 0.05 μ L, 20 μ M リバースプライマー 0.05 μ L, 10 μ M 蛍光修飾プライマー 0.05 μ L, DNA抽出液0.8 μ L, 蒸留水 1.55 μ Lを混合し、全量を5 μ Lに調整した。また、PCRの条件は、95 $^{\circ}$ C (15分), [94 $^{\circ}$ C (30秒) -57 $^{\circ}$ C (1分30秒) -72 $^{\circ}$ C (1分)] を30回繰り返し、72 $^{\circ}$ C (10分) に設定した。PCR産物はGeneScan 500LIZ Size Standard (Applied Biosystems) と混合し、Seq Studio (Applied Biosystem) を用いて電気泳動した。

ウ 高温耐性種苗を利用した養殖試験

本試験では、高温耐性種苗を作出できなかったため、アで生産した種苗を用い、早期沖出しの効果を検証することとした。種苗は、2020年10月14日に函館市小安町沖の養殖施設に設置した。早期沖出しの効果を検証するため、2021年3月に無作為に選択した5株(1株3~5個体で構成される)について、すべての個体の葉長および葉幅を測定し、これらの値を乗じて葉面積とした。同様に通常の時期(11月中旬)に沖出しされた養殖種苗(対照区)を測定した。各平均値の差をt-検定により比較し、早期沖出しの効果を検証した。

(3) 得られた結果

ア マコンブの成熟誘導

マコンブ葉片の成熟誘導を開始してから3週目には、子嚢斑が形成されはじめた。試験期間中、機器類の不具合によって一時的に培養水温が上昇したものの、葉片は6週目には採苗可能な状態になった。

今回の成熟誘導試験に用いた装置は、生産現場の種苗生産施設の培養装置を小型化したものである。従っ

て、種苗生産施設においても同様の方法でマコンブの成熟誘導が可能であり、本技術は速やかに生産現場に普及できることが示された。

イ 高水温下での種苗培養試験(仮殖の効果検証)

(ア) マコンブの種苗密度に及ぼす水温の影響

10 $^{\circ}$ Cまたは12 $^{\circ}$ C以上では、高水温ほど種苗の密度が低下する傾向が見られた(図3)。いずれの試験においても、24 $^{\circ}$ C以上ではほとんどの個体が枯死した。なお、1回目の試験に使用した種苗は18 $^{\circ}$ Cでも生長が認められたが、2回目のものでは同水温で葉状部の大部分が枯死しており、種苗の生育状況に明らかな差異が見られた(写真1)。これらの種苗は異なる母藻から生産しており、この高温耐性能の差は、両者の遺伝的な違いによるものと推察された。

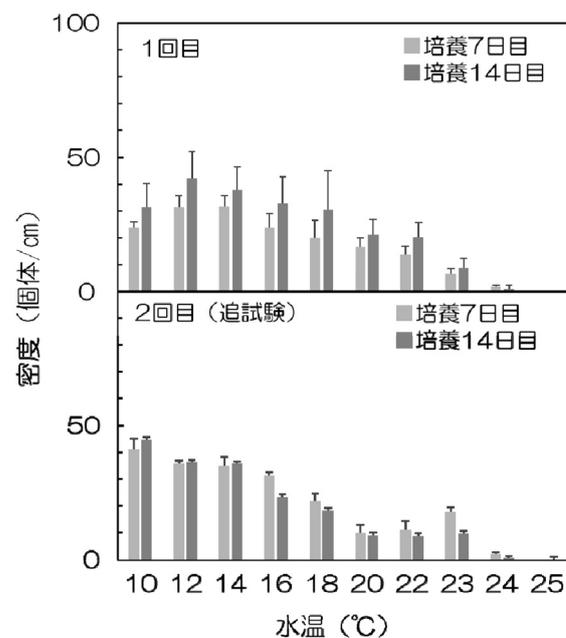


図3 小安産マコンブ種苗の密度に及ぼす水温の影響。エラーバーは標準偏差を示している

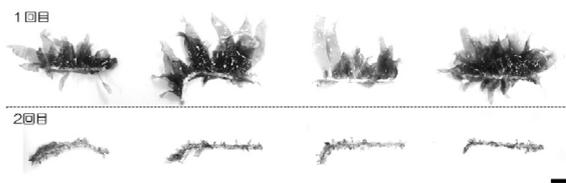


写真1 18 $^{\circ}$ Cで培養した種苗。スケールバーは1 cm

(イ) 異なる水温で培養した配偶体由来のマコンブ種苗の生育に及ぼす水温の影響

いずれの種苗も10℃, 20℃, 22℃, 24℃では生残り、25℃では培養1週目にすべての個体が枯死した(図4)。10℃でこれら4種類の種苗を培養した場合、相対生長率に差異が見られ、10℃で培養した配偶体由来の種苗は、他の3種類の種苗に比べて低い値を示した。配偶体を高水温下で培養したが、それらから生産した種苗に高水温耐性は認められなかった。

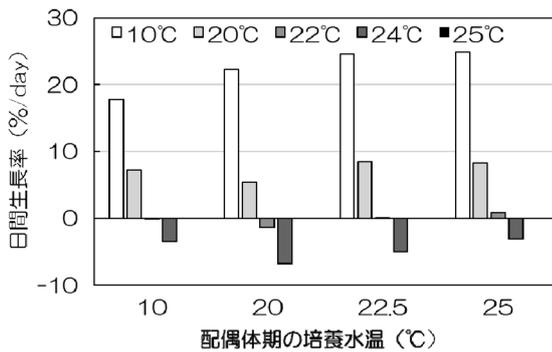


図4 異なる水温で培養した種苗の相対生長率の比較

(ウ) 高水温下で培養した種苗の遺伝子解析

機材の不具合によって結果が得られなかったため、省略する。

ウ 高温耐性種苗を利用した養殖試験

2020年12月28日の調査では、早期沖出し種苗の葉長(±標準偏差)は162.5±42.5cm、葉幅は10.2±2.2cm、葉重量は58.2±24.1gであった。一方、対照区の葉長14.4±4.3cm、葉幅は2.2±0.6cm、葉重量は0.5±0.3gであったことから、早期に沖出しする効果が顕著に表れた。2021年3月4日の調査では、両種苗の葉長に差が見られなくなったが(図5)、葉幅や葉面積には統計的に有意な差が見られた(図6-7)。

参考文献

新原義昭, 菊池和夫. 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) 1985.

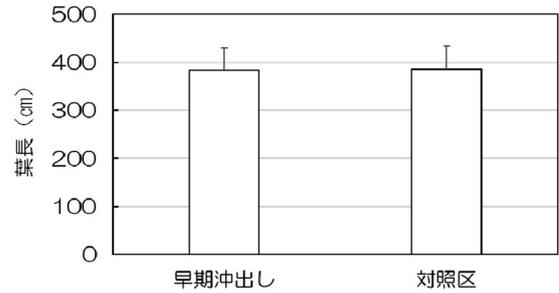


図5 2021年3月の養殖個体の葉長. エラーバーは標準偏差を示している

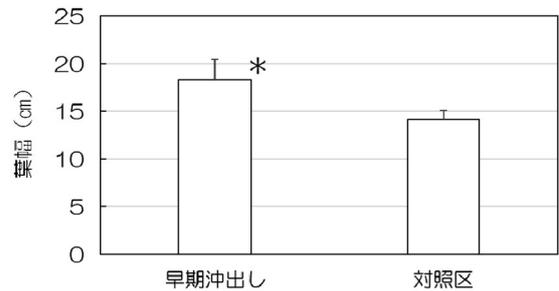


図6 2020年3月の養殖個体の葉幅. エラーバーは標準偏差を示している

*Significant different (p < 0.05, t-test)

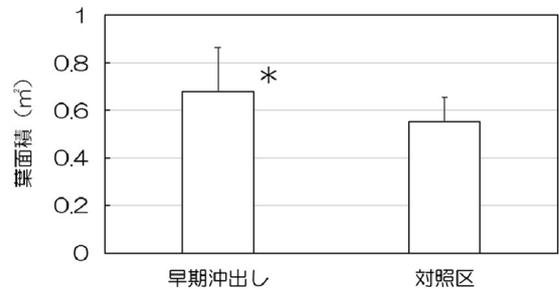


図7 2020年3月の養殖個体の葉面積. エラーバーは標準偏差を示している

*Significant different (p < 0.05, t-test)

2. 多段式育成手法を活用した道産エゾバフンウニの効率的な種苗生産体系の開発（重点研究）

担当者 調査研究部 酒井勇一・前田高志
 協力機関 水産研究・教育機構水産資源研究所
 上磯郡漁協

(1) 目的

放流や養殖素材としてエゾバフンウニの人工種苗の需要は高い。本種の種苗生産施設では大型水槽に *Ulvelia lenz* を繁茂させた波板（以下ウルベラ波板）を用いて種苗を育成しているが、大量の海水を使用する一方で、飼育密度や水質の管理が困難である。また、このウルベラ波板の培養には加温海水を要するうえ、波板の洗浄などの作業が多く、現有施設では多量の種苗生産に対応することが困難となっている。

そこで飼育水量を減らし、飼育密度や水質の管理が容易にできる多段式水槽による育成手法と、これに適した餌料系列を開発し、人工種苗の成長と生残を向上させて、且つ、ランニングコストや作業労力を軽減した新たな種苗生産体系を構築する。

(2) 経過の概要

本試験では、殻径5mm以上の後期稚ウニの飼料開発を水産研究・教育機構水産資源研究所が担当し、R3年度からは、開発した技術を上磯郡漁協ウニ種苗センターで用いて実証試験する。

ア) 多段式水槽を活用したエゾバフンウニの効率的な育成技術開発

換水率を調整した300mlのトレイに初期稚ウニ（殻径2-4mm）を0.42個体/cm²となるように収容した。ウルベラ波板を常に残餌があるように飽食量与えて26日間育成して換水率の影響を検討した。各試験区は2区とし、以下の式から日間成長率を算出して比較した。

日間成長率（ $\mu\text{m}/\text{日}$ ）= $1000 \times (\text{終了時殻径} - \text{開始時殻径}) / \text{飼育日数}$

イ) 多段式水槽での管理に適した餌料の探索・開発と給餌系列の検討

初期稚ウニの育成に適した餌料を探索するため、道内の主要なウニ種苗生産施設で付着珪藻を採取して株を単離した。

道内に広く分布し、培養が容易な緑藻（ヒトエグサ、アナアオサ、ウスバアオノリ）とマコンブ粉末及びこのシート化飼料を与え、初期餌料としての価値を検討した。平均殻径 $0.36 \pm 0.05\text{mm}$ の着底直後の稚ウニ35個体を、300mlの容器に収容し、6換水/時で連続換水して30日間飼育した。各容器には25cm²ウルベラ板と、これと同等面積の緑藻3種とコンブシート、0.020gのコンブ粉末を給餌した。

水産資源研究所（釧路拠点）では、市販の乾燥日高昆布を90℃の湯に5~45分間浸漬してだし殻を調製し、殻径6mmの後期稚ウニ10個体に給餌して乾燥コンブ給餌個体と成長を比較した。

(3) 得られた結果

ア) 多段式水槽を活用したエゾバフンウニの効率的な育成技術開発

従来の種苗生産（0.07個体/cm²）より6倍程度高い収容密度であっても、換水率を4~8換水/時に高めることで従来の換水率（0.3換水/時）に比べて成長率が増加した（図1 Shirley-William検定 $P < 0.05$ ）。

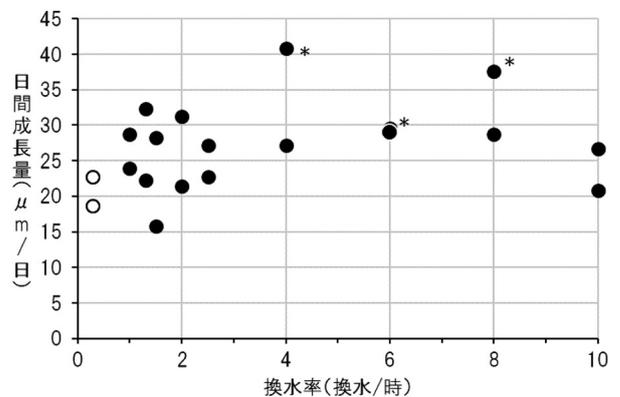


図1 2-4mm種苗の換水率別の日間成長率
 * : 従来の換水率(○)に対して有意に高い(Shirley-William検定 $P < 0.05$)

イ) 多段式水槽での管理に適した餌料の探索・開発と給餌系列の検討

図2の5地点から写真1の20株を単離・保存した。単離した株は今後半流動培地と液体培地で静置培養し、簡便に管理できる手法を検討する。

着底直後の稚ウニへの給餌試験では、与えたすべての餌飼料でウルベラ波板と同等の効果が認められた(図3)。今後単離した付着珪藻の給餌試験を行い、最も効率的に育成できる餌飼料を検討する。

殻径6mmの後期稚ウニは、乾燥昆布に比べて湯通しした方が、成長がよくなった(図4)。湯通ししたコンブ(コンブ出し殻として廃棄される)でも後期稚ウニの飼料として活用できることが明らかになったため、摂餌量が増える時期の餌確保の選択肢が広がった。

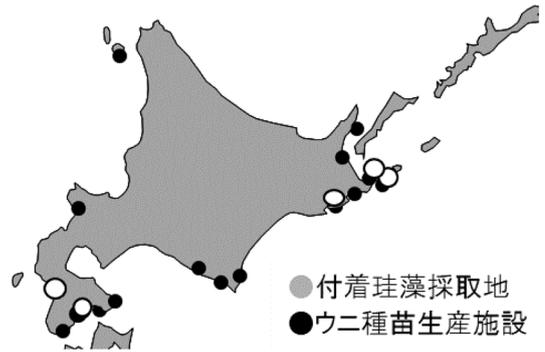


図2 ウニ種苗生産施設と付着藻類の採取場所

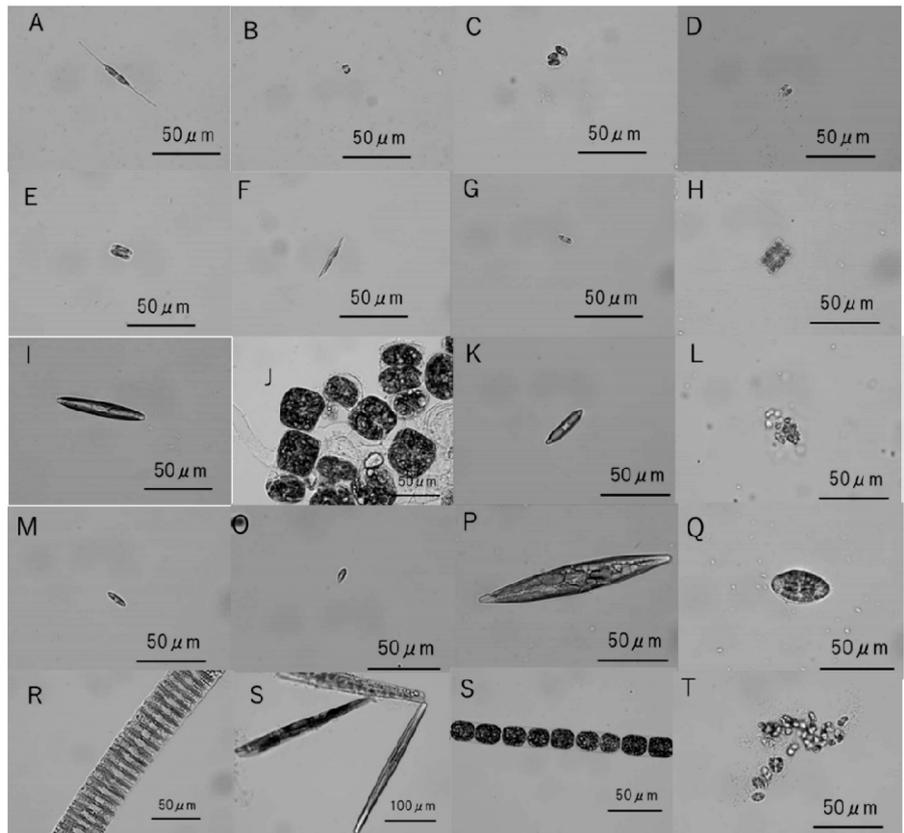


写真1 単離した付着珪藻類

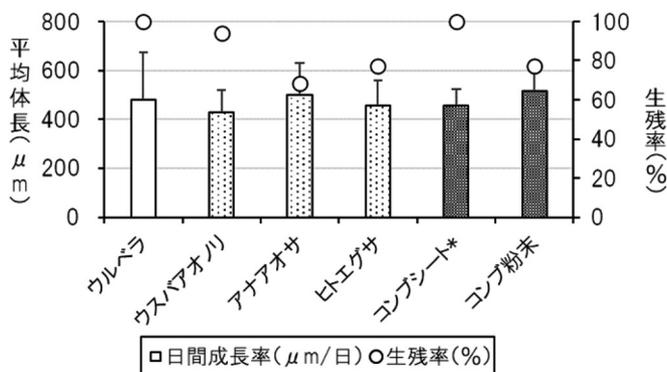


図3 着底から0.8mm(収容から30日目)の平均
エラーバーは標準偏差を示す
餌飼料による有意差なし(Tukey検定 P>0.05)
*コンブシートはコンブ粉末をシート状に加工したもの

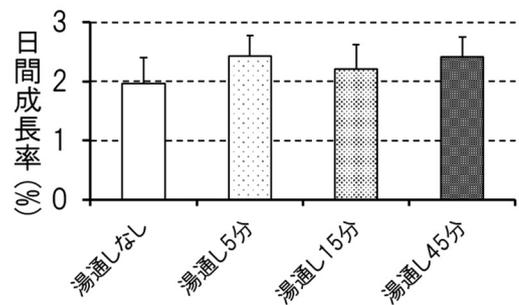


図4 6mm種苗に日高コンブの出し殻を給餌したときの日間成長率
エラーバーは標準偏差を示す
* 左端と有意差(Dunnett法; P<0.05)

3. 漁業生物の資源・生態調査研究（経常研究費）

3. 1 イカ類

担当者 調査研究部 奥村裕弥・渡野邊雅道

(1) 目的

北海道の重要魚種であるスルメイカについて、北海道日本海及び道南太平洋海域に來遊する群を対象として、來遊時期と來遊量、日齡と成長、成熟状態などをモニタリングし、その年の來遊状況を把握する。來遊条件としての海洋環境との関係を解析し、漁場形成機構に関する知見を蓄積する。これらの情報を基に精度の高い漁況予報を目指す。また北海道日本海に來遊したスルメイカを対象に資源評価を実施する。

調査によって得られたデータや情報は、全国会議などで報告し、調査船調査結果や漁況予報については、随時漁業者他、関係機関へ情報提供を行う。

(2) 経過の概要

ア 漁獲統計調査

北海道日本海及び道南太平洋海域のスルメイカ漁況を把握するため、生鮮スルメイカの漁獲量について、漁業生産高報告（1985～2019年）及び水試速報値（2020年）を用いて漁獲統計調査を行った。集計期間は4月から翌年3月までの年度集計である。檜山管内の漁獲量は八雲町熊石地区を含む。渡島日本海は松前町と福島町の漁獲量、渡島太平洋は八雲町熊石地区を除く知内町～長万部町までの漁獲量、宗谷日本海は枝幸町、浜頓別町、猿払村および宗谷漁協を除く宗谷管内の漁獲量として集計した。また参考データとして青森県産業技術センター水産総合研究所で集計した青森県大畑地区のスルメイカ漁獲量データを用いた。

函館港の近海イカ釣りについては、函館魚市場株式会社において2020年6月～2021年1月に水揚げされたスルメイカの漁獲統計資料（日別、銘柄別の漁獲量及び水揚げ隻数）を収集し、CPUE（1日1隻当たりの漁獲量）を算出した。このほか北海道日本海の7港（松前、江差、久遠、奥尻、余市、留萌、稚内）についても、漁業協同組合提供の漁獲統計資料を用いて月別の出漁隻数と漁獲量を求め、CPUE（1日1隻あたり漁獲）を算出した。得られた代表港7港の月別CPUEを一般化線形モデル（GLM）により標準化し、各年の來遊水準の指標として資源評価を行った。

イ 調査船調査

試験調査船金星丸（151トン、1300馬力）により、2020年5～11月に4回の調査を行った。調査船調査の調査項目は、CTDによる海洋観測、気象・海象の観測、自動イカ釣り機による漁獲調査、漁獲されたイカの生物測定である。結果については道総研で発行している「北海道浮魚ニュース」として速報を作成し、管内の漁業協同組合、市町村及び関係団体へ随時配布した。なお実施した各調査は、資源評価事業における調査として実施した。

ウ 漁獲物調査

道南周辺海域で水揚げされた生鮮スルメイカの状態を把握するため、各調査地点で月1回の頻度で漁獲物の生物測定を行った。2020年は6～10月に函館港イカ釣り（函館魚市場）、7～12月に函館市木直町の定置網、7月に瀬棚港イカ釣り、10月に奥尻港イカ釣り、10月と12月に浦河港のイカ釣り、9月に苫小牧港のイカ釣りによる漁獲物の測定を行った。

イカ釣りの漁獲物は銘柄が揃っているイカ釣り漁船もしくはその日の全ての漁獲物から全銘柄を下氷発泡1もしくは2函ずつ購入して生物測定を行い、銘柄別の漁獲函数から水揚げ日のサイズ組成を算出した。定置網の標本については無選別で10Kg以上または100尾以上を抽出して生物測定を行い、日別漁獲量から水揚げ日のサイズ組成を計算した。

これらは全て資源評価事業の一環として行った。

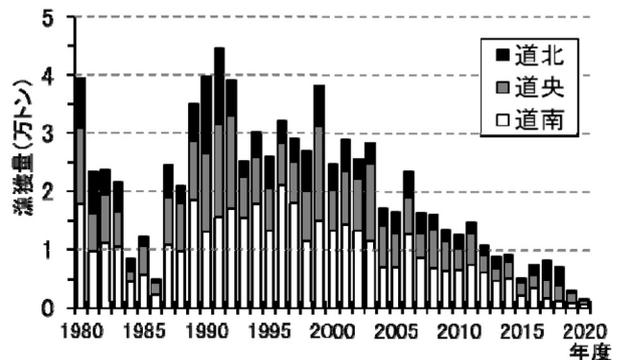


図1 北海道日本海における生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化。

(3) 得られた結果

ア 漁獲統計調査

(ア) 北海道日本海

漁獲統計が現在の様式となった1985年以降の北海道日本海（渡島管内福島町～宗谷管内宗谷地区を除く稚内市）のスルメイカ漁獲量の経年変化を図1、表1に示した。1986年には4,906トン記録したが、その後急激に増加し、5年後の1991年には最高の44,522トン記録した。その後は2～4万トンの範囲で変動していたが2000年代から減少傾向となり、2015年に1万トンを下回った。2020年の漁獲量は1,461トンで1985年以降では最も少ない漁獲量となった。海域別では過去には道南と道央で8割程度を占めていたが、2020年は道南と道央の漁獲量が減少したため、道北の漁獲量の割合が相対的に大きくなった。

道北、道央および道南日本海における月別漁獲量を表2～4、図2に示した。道南日本海では例年7月に漁獲量が最も多くなり、その後右肩下がりに減少する傾向がある。2020年は6月に2019年を上回ったが、7月以降は下回る漁獲量で推移した。

道央日本海は例年7月と11月に漁獲量のピークが見られるが、近年は漁期前半の7月にピークは見られるが11月にピークは見られない。2020年は漁期を通して低調に推移し、2019年の1,601tから半分以下の618tと大きく減少した。

道北日本海については例年8～11月に漁獲量が多く、8月に漁獲量のピークがある。近年は漁期前半の7～8月の漁獲量が大きく減少しており、漁期後半の10月11月に漁獲量のピークが見られる。2020年の漁獲は過去平均を常に下回り、漁期前半は2019年の半分程度で推移し、10月に若干上回るが、全期間を通して低調であった。2019年の漁獲量の75%程度であった。

2020年の日本海では全ての海域で漁獲量が大幅に減少していたことから、北海道への来遊量は非常に少なかったと考えられる。特に道央海域での漁獲量が前年の半分以下にまで大幅に減少した。

北海道日本海代表港7港のCPUE（1日1隻あたりの漁獲量）の経年変化を図3に示した。2010年以降はいずれも減少傾向にあるが、特に久遠、奥尻、江差では2015年以降急激に減少し、松前や余市でも減少傾向が見られた。一方で稚内や留萌は全体的に減少傾向ではあるが、大きく増加している年も見られた。

2020年の港別年間CPUEは、松前を除く6港で前年を下回った。特に、留萌港ではイカ釣りによる漁獲が無

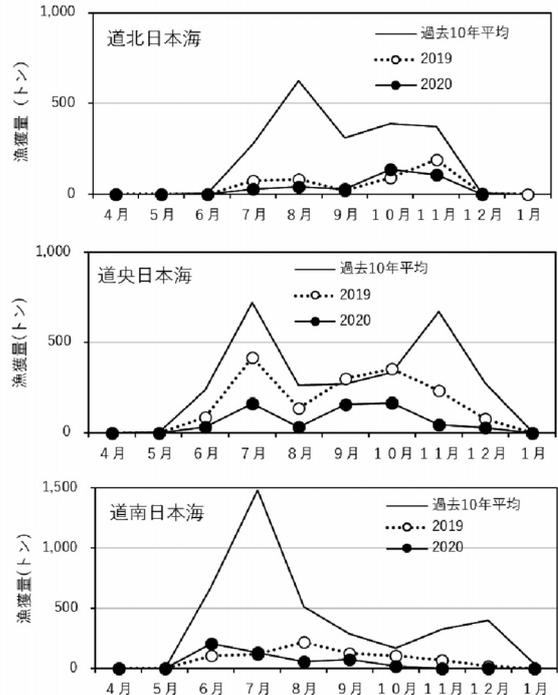


図2 道北、道央および道南日本海の月別漁獲量。過去10年平均は2010年～2019年の平均値。

く（エビ桁曳きによる漁獲のみ）、CPUEが欠測となった。

一般化線形モデル（GLM）によって標準化した代表港7港のCPUEを図4に示した。2010年以降減少傾向が続いており、2020年は1992年以降で最低の202であった。標準化CPUEを指標として来遊水準を表したのが図5である。2010年までは増減を繰り返しながら中水準を維持していたが、2011年以降減少し、2015年以降は低水準が続いている。2020年の来遊水準指数は25で過去最低となった。

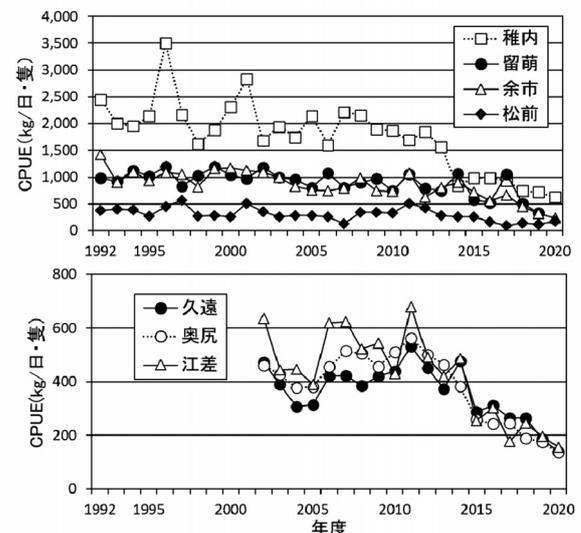


図3 北海道日本海代表港7港のCPUEの経年変化。

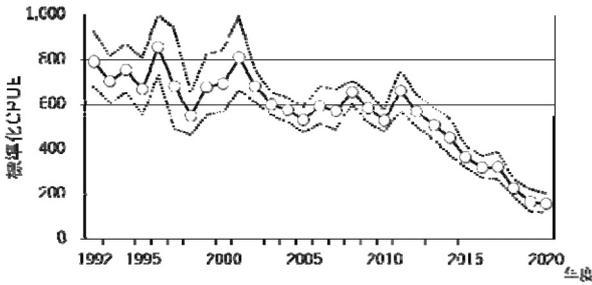


図4 代表港7港の標準化 CPUE の経年変化。

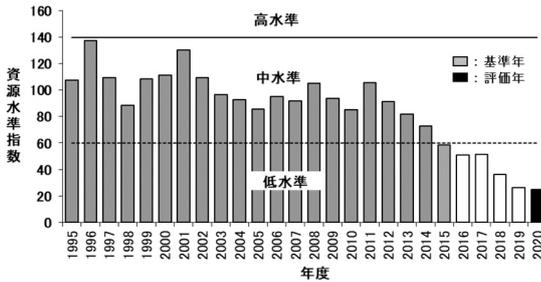


図5 北海道日本海におけるスルメイカの来遊水準 (来遊状態を表す指標：標準化 CPUE)

(イ) 津軽海峡～道南太平洋

道南太平洋（八雲町熊石地区，松前町，福島町を除く渡島管内～日高管内および青森県大畑地区）の生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化を表1，図6に示した。

1985年の漁獲量は950トンと非常に少なかったが，1990年代から急激に漁獲量が増加し1997年には最高の71,500トン記録した。

その後は2010年まで2万～5万トンの範囲で変動し，2010年以降は緩やかに，1万トンを下回った2015年以降は急激に減少した。2020年の漁獲量は2,761トンで2019年を下回り，1985年，1986年について過去3番目に少なかった。

渡島太平洋（八雲町熊石地区，松前町，福島町を除く渡島管内），胆振および日高における月別漁獲量を

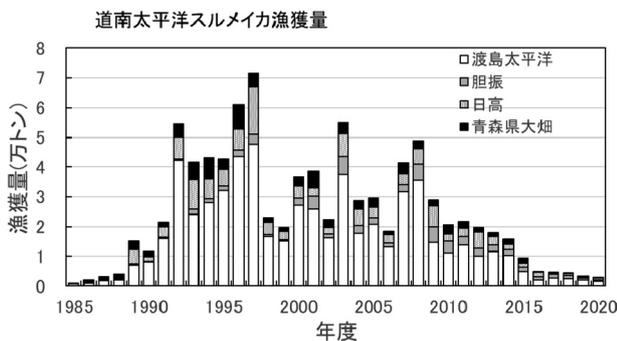


図6 道南太平洋における生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化。

表5～7，図7に示した。

渡島太平洋では例年7月から漁獲が増加し始め，10～11月に急増する傾向があるが，近年は常に過去平均を大幅に下回っており，特に本来漁獲量が増加する10～11月の漁獲量が非常に少ない。2020年は10月に漁獲量のピークが見られたが，依然として水準は低いままである。2020年の漁獲量は1,499tで過去3番目に低い値であった。

胆振海域では10月から始まる沖合底曳網漁業の影響で，10月のみ1,000トンを上回る単発的なピークが見られる。この傾向は現在も変わらないが，2020年の10月の漁獲量は2019年度と同程度の例年の半分程度に留まった。胆振海域での2020年の漁獲量は2019年の72%程度の599tであり，胆振海域においてもスルメイカの来遊量は減少した。

日高では例年8～10月にかけて漁獲量のピークが見られる。2020年は9月にピークが見られたが，低い水準であり，例年漁獲が無い12月に漁獲があった。一年を通して漁獲量は渡島太平洋同様に平均を下回ったが，唯一2019年の漁獲量（314t）を上回る533 tとなった。

道南太平洋においては，漁獲量が激減した渡島太平洋の10～11月の主な漁獲対象は冬季発生系群と考えられるが，近年冬季発生系群の資源量全体が低迷しており，渡島太平洋における漁獲量の低下と関連すると考えられる。

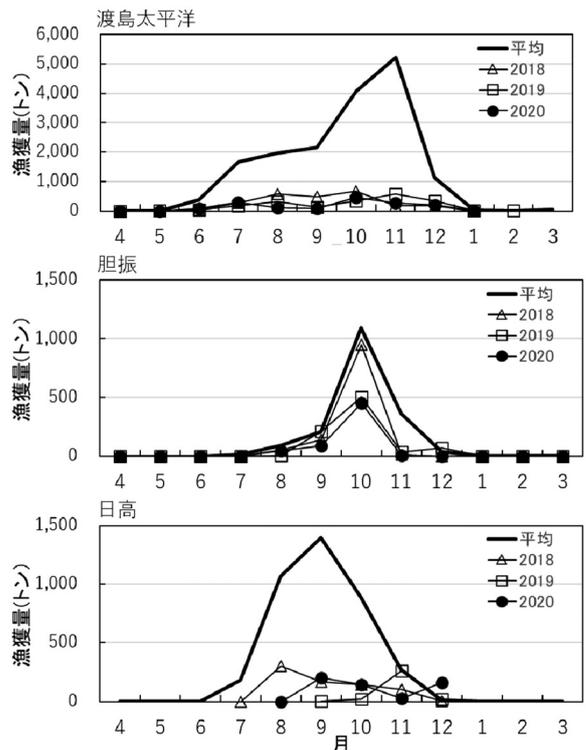


図7 渡島太平洋、胆振、日高の月別漁獲量。

函館港における1963年以降の生鮮スルメイカ漁獲量、延出漁隻数およびCPUEの経年変化を図8に示した。1960～1970年代には漁獲量は1万トンを超える年も多かったが1980年代には急減した。その後1990年代には再び増加したが、2001年以降は年々減少傾向にある。2015年以降は500 t以下で推移し、2020年は123tであった。延出漁隻数も1980年代から変動はあるが一貫して減少しており、2020年は1985年以降最も少ない1,130隻であった。CPUEは漁獲量よりも変動が小さく、1990年以降はほぼ横ばいで推移していたが、2010年以降は減少傾向であり、2020年は100を下回る83であった。

函館港における2019年、2020年および過去10年平均の漁獲量、出漁隻数およびCPUEの旬別変化を図9に示した。2020年の漁獲量は7月下旬と10月中旬にピークが見られたが、漁期を通して常に低調であった。出漁隻数も7月下旬と10月下旬にピークがあり、11月以降は激減した。CPUEは6月、10月、1月に上昇した。

6月の漁期始めは前年を上回るCPUEであったが、7月以降は前年を下回る状況で推移した。漁期後半11月以降は漁獲量と出漁隻数が激減しており、津軽海峡付近で漁場が形成されなかったと考えられる。漁期後半の漁獲主体となる冬季発生系群が低い水準であることも、函館港近海への来遊量が少ない原因の一つと考えられる。

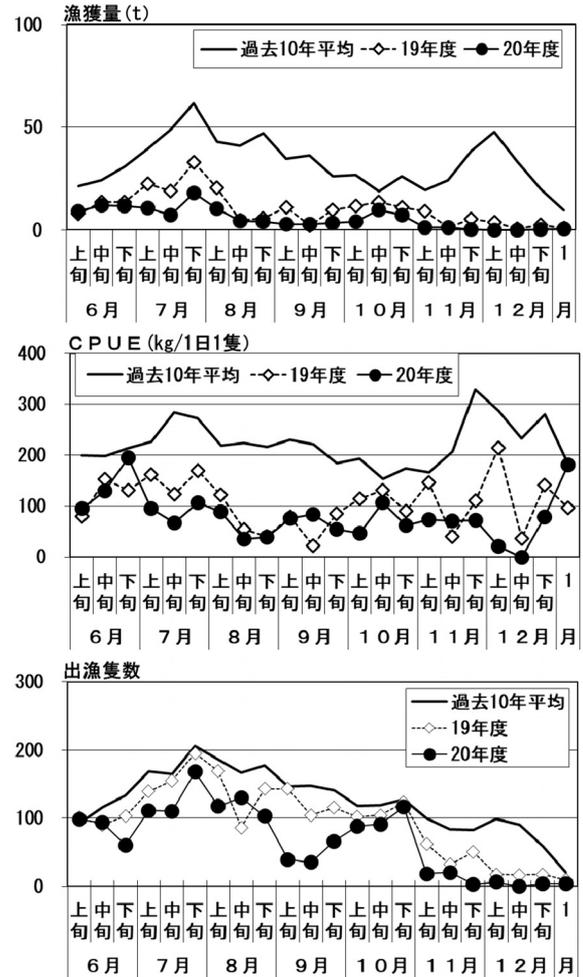


図9 函館港におけるイカ釣りによる生鮮スルメイカの漁獲量、出漁隻数およびCPUEの旬別変化。

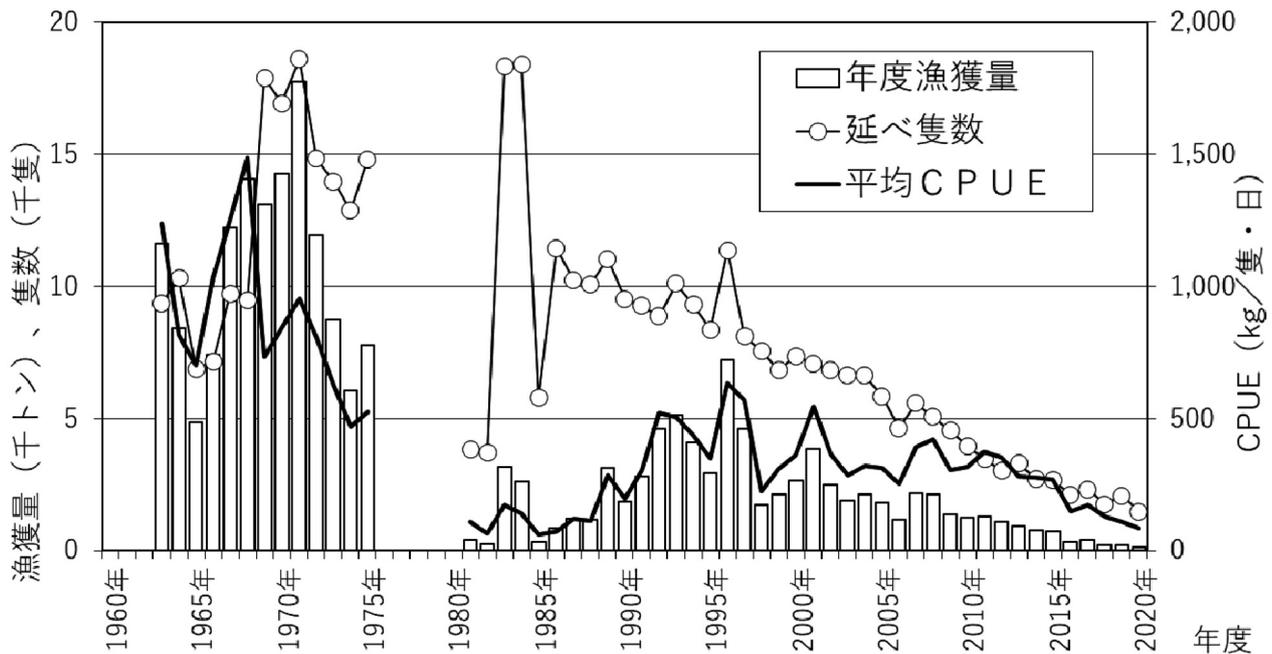


図8 函館港におけるイカ釣りによる生鮮スルメイカ漁獲量、延べ出漁隻数およびCPUEの経年変化。1976年から1980年はデータ欠落。

イ 調査船調査

(ア) 日本海スルメイカ北上期調査 (5/15-22)

調査結果を図10に示した。漁獲調査点5点における深度50mの水温は8.8~11.4℃の範囲にあり、東経139度線付近から沿岸側に10℃を超える水温帯が広がり、調査海域の北西側では水温が4℃以下となっていた。スルメイカのCPUE（イカ釣り機1台1時間あたりの漁獲尾数）は0.03~17.0の範囲で、5地点の平均は3.4となり、昨年の平均（0.03）を上回ったが過去5年平均（6.6）を下回った。外套長のモードも14cmであり、2019年の13cmよりは大きい、過去5年平均の15cmよりは小さい結果であった。また、St.6において573尾の標識放流を行った。

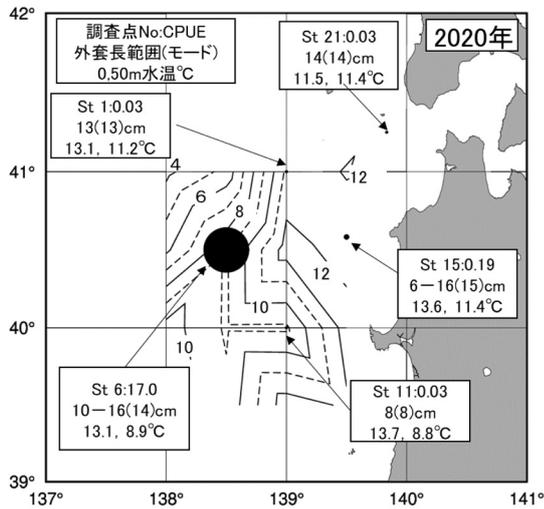


図10 日本海スルメイカ北上期調査結果。●は漁獲調査点で大きさはCPUEに比例（1以下は同じ大きさ）。等温線は深度50mの水温。

(イ) 日本海・太平洋スルメイカ漁場一斉調査 (6/15-23)

調査結果を図11に示した。日本海の漁獲調査点7点における深度50mの水温は5.1~13.1℃で、瀬棚沖 St. 8を除いた各点は昨年よりも高くなっていた。10℃以上の水温帯は岩内沖合および北緯42°以南に広がり、瀬棚沖に冷たい水塊が張り出していた。

漁獲があった日本海の7点のCPUEは0.1~8.9の範囲となった。平均CPUEは2.9となり、昨年の平均3.9も過去5年平均13.7も下回った。漁獲物の外套長組成は13cmと16~17cmにモード持つ2峰型であり、2019年の16cm、過去5年平均の17~19cmよりも小型であった。またSt.4で59尾、St.12では232尾の標識放流を行った。

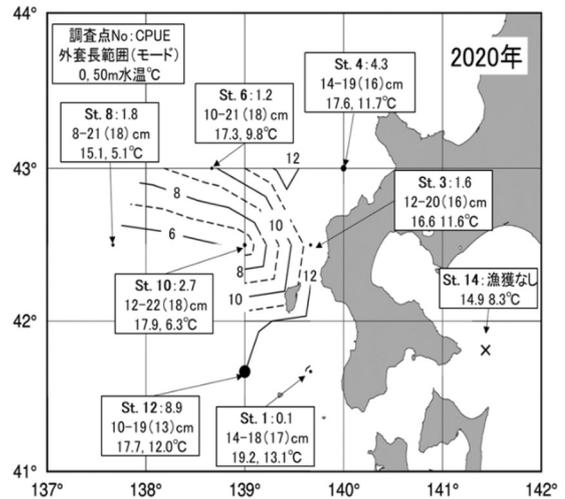


図11 日本海スルメイカ漁場一斉調査結果。図の見方は図10と同様。

(ウ) 太平洋スルメイカ漁場一斉調査 (8/17-21)

調査結果を図12に示した。漁獲調査点4点における深度50mの水温は11.9~17.8℃であった。調査海域全体の50m水温分布は、日高湾奥の苫小牧沖の12℃以下の冷たい水温帯があり、津軽海峡東口から浦河沖にかけて高い水温帯が広がっていた。この分布から津軽暖流は日高湾に広く張り出していると考えられる。漁獲調査では、浦河沖のSt.15で漁獲がなかったが、他の3点では漁獲された。

漁獲があった点のCPUEは南茅部沖のSt.1で0.4、函館沖のSt.16で2.4、北下半島沖St.8で4.3であった。平均CPUEは1.8であり、2019年と過去5年平均を下回った。また、St.8において63尾の標識放流を行った。

(エ) 11月道南太平洋スルメイカ調査 (11/5-7, 15-16)

調査結果を図13に示した。漁獲調査点4点における深度50mの水温は15.0~16.1℃であった。また津軽海

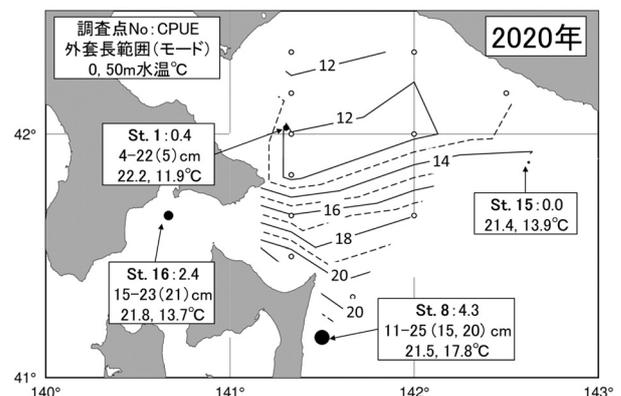


図12 道南太平洋いか類漁場一斉調査結果。図の見方は図10と同様。

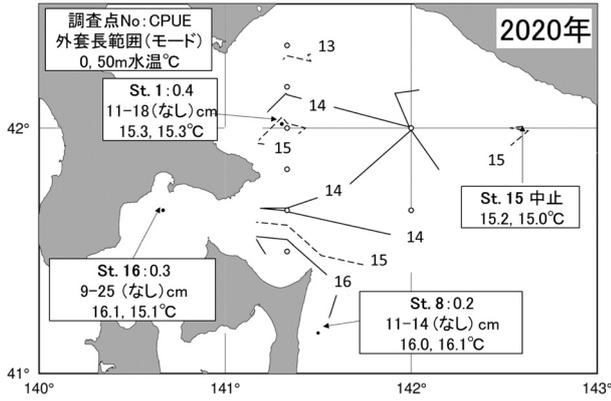


図13 11月道南太平洋スルメイカ調査結果。図の見方は図10と同様。

峡から日高沿岸にかけて暖水が分布し、日高湾奥部の苦小牧沖には13℃以下の冷たい海水が分布した。16℃以上の温かい海水は下北半島沿いに南下しており、津軽暖流水は下北半島沿いに南下していると考えられた。

漁獲があった調査点のCPUEは渡島半島東岸沖St.1で0.4、下北半島沖のSt.8で0.2、函館沖St.16で0.3であった。3点の平均CPUEは0.3で2019年の平均0.58を下回り、過去5年平均0.34も下回った。これはスルメイカの分布が少ない現状をよく表していた。

(オ) 標識放流調査結果

5月、6月、8月の調査船調査時に標識放流を行ったが、5月と6月の放流個体の採捕はなかった。8月の下北半島沖で1尾が採捕された(表8)。

また日本海スルメイカ漁場一斉調査時の他機関放流分については7月～8月に稚内周辺海域で4尾と積丹沖で1尾の計5尾が再捕された(表9)。

ウ 漁獲物調査

函館港、檜山管内のイカ釣りによる漁獲物、函館市木直地区の定置網の漁獲物、苦小牧港、浦河港のイカ釣りの漁獲物調査の結果をそれぞれ図14～図16に示した。

函館港では6月に外套長15cm、7月に17cm、8月に17cmにモードがあり、大型個体が少なかった。10月に外套長のモードが20cmを超える状況となった。10月以降は漁獲量が少ないため、サンプルを得られなかった。

成熟状況は漁期を通して未成熟の個体が大変を占め

表8 8月調査時の標識イカ情報。

放流日	再捕日	放流地点 緯度・経度	再捕地点 緯度・経度	漁業種
8月17日	10月9日	40° 57.2 N 141° 30.2 E	40° 58.8 N 141° 27.2 E	イカ釣り (白糠沖)

表9 漁場一斉調査時の標識イカ情報

放流日	再捕日	放流地点 緯度・経度	再捕地点 緯度・経度	漁業種
7月3日	7月20日	44° 40.9 N 140° 01.3 E	45° 01.0 N 140° 05.0 E	イカ釣り
7月3日	7月27日	44° 40.9 N 140° 01.3 E	45° 31.5 N 141° 00.9 E	イカ釣り
7月5日	7月27日	44° 40.9 N 141° 00.9 E	45° 31.6 N 141° 03.6 E	イカ釣り
7月7日	7月28日	44° 01.9 N 139° 59.3 E	45° 31.7 N 141° 04.5 E	イカ釣り
7月7日	8月31日	44° 01.9 N 139° 59.3 E	43° 18.2 N 140° 43.6 E	イカ釣り

るが、雄雌ともに8月から大型の個体を中心に成熟した個体が確認された。雄の熟度が進んだ個体の出現と対応して、交接済みの雌の個体が出現した。このことから、8月から成熟を終えた大型個体が津軽海峡に来遊・通過していたと考えられた。檜山でも7月は未成熟の個体が大半を占めるが、10月の奥尻沖の個体は成熟度が高い個体で占められており、10月以前に成熟個体が南下を開始していると考えられる。

太平洋側の木直地区の定置網の漁獲物の外套長のモードは8月まで20cm以下の個体が主体であったが、10月には大型の個体が主体となった。11月から12月末には大型個体から17cmを中心とした組成に変化していった。また成熟度に注目すると、10月・11月には雌雄ともに成熟、交接個体が出現し、特に雄は大型個体で熟度が進んだ個体が大半を占めた。しかし12月には未成熟個体が主体となり、12月末には雄では成熟途上個体が現れた。苦小牧沖・浦河沖では、9月10月は木直地区の個体よりも大型の個体が多いが、未成熟の個体が大半を占めていた。12月末の浦河沖の個体は大型個体が大半を占めており、雄はほぼ成熟個体で占められ、雌はほぼ未成熟の個体で占められていた。

この海域では漁期前半は日本海から津軽海峡を超えて太平洋へ回遊する秋季発生系群の一部や太平洋を北上した冬季発生系群が主体となり、漁期後半には成熟が進み、津軽海峡経由で日本海を南下する冬季発生系群が主体となって漁獲される。このことから7～9月までは日本海もしくは太平洋を北上回遊したスルメイカが主体で、10月までには成熟した個体から産卵のための南下回遊が始まっていたと考えられる。11月から個体群が入れ替わり未成熟の冬季発生系群が主に漁獲されたと考えられる。また12月に浦河沖で採られたような大型の成熟個体が木直地区で獲られていないことから、定置網の漁期中に回遊してこなかったもしくは

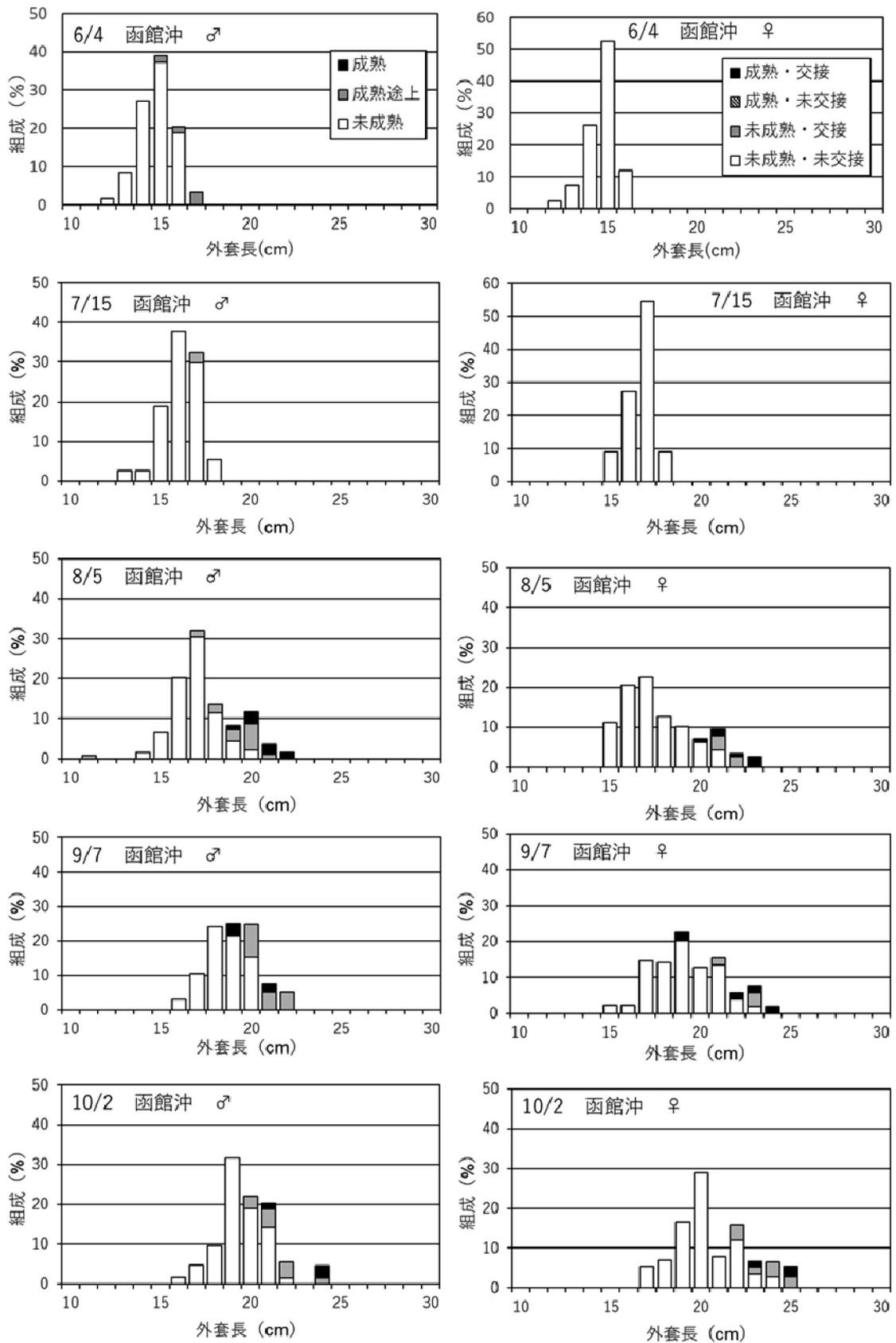


図 14 函館港における 2019 年度の雄（左列）と雌（右列）の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
 未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

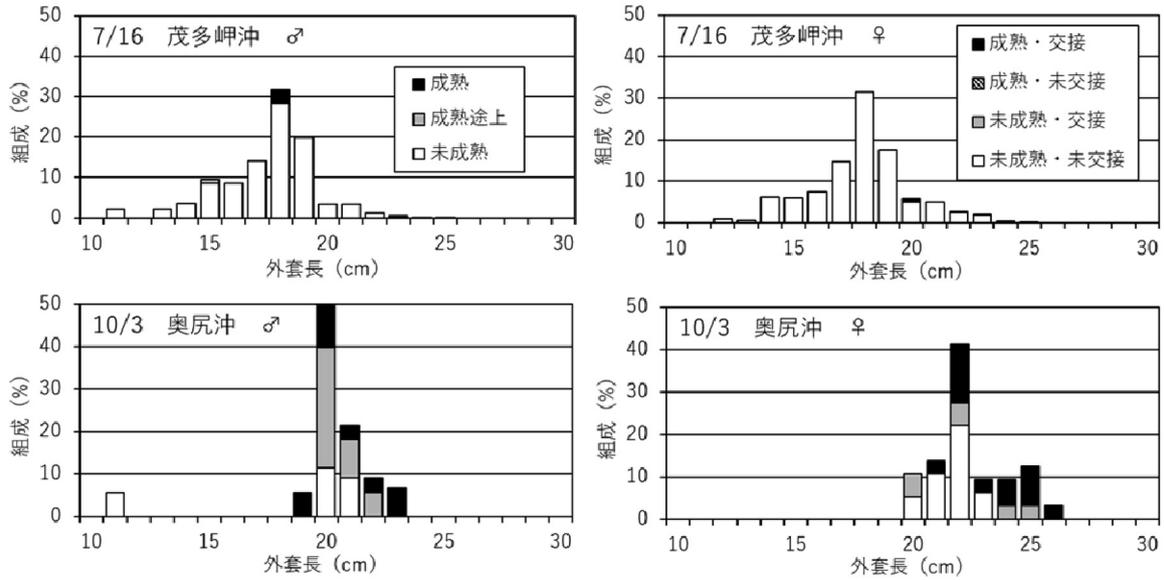


図15 檜山における2019年度の雄(左列)と雌(右列)の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

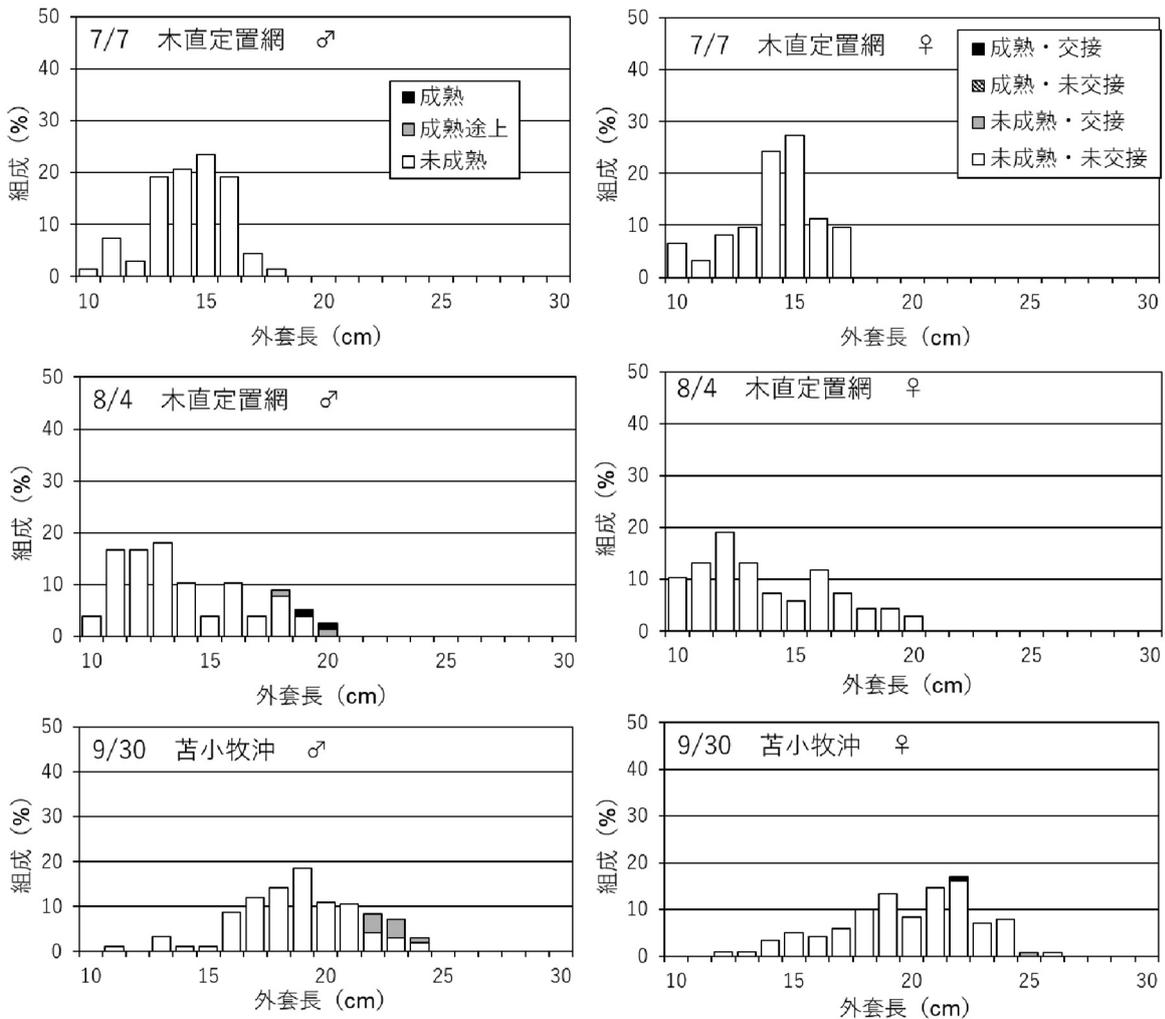


図16 函館市木直町の定置網と苫小牧沖・浦河沖での釣りの漁獲物における2020年度の雄(左列)と雌(右列)の
外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

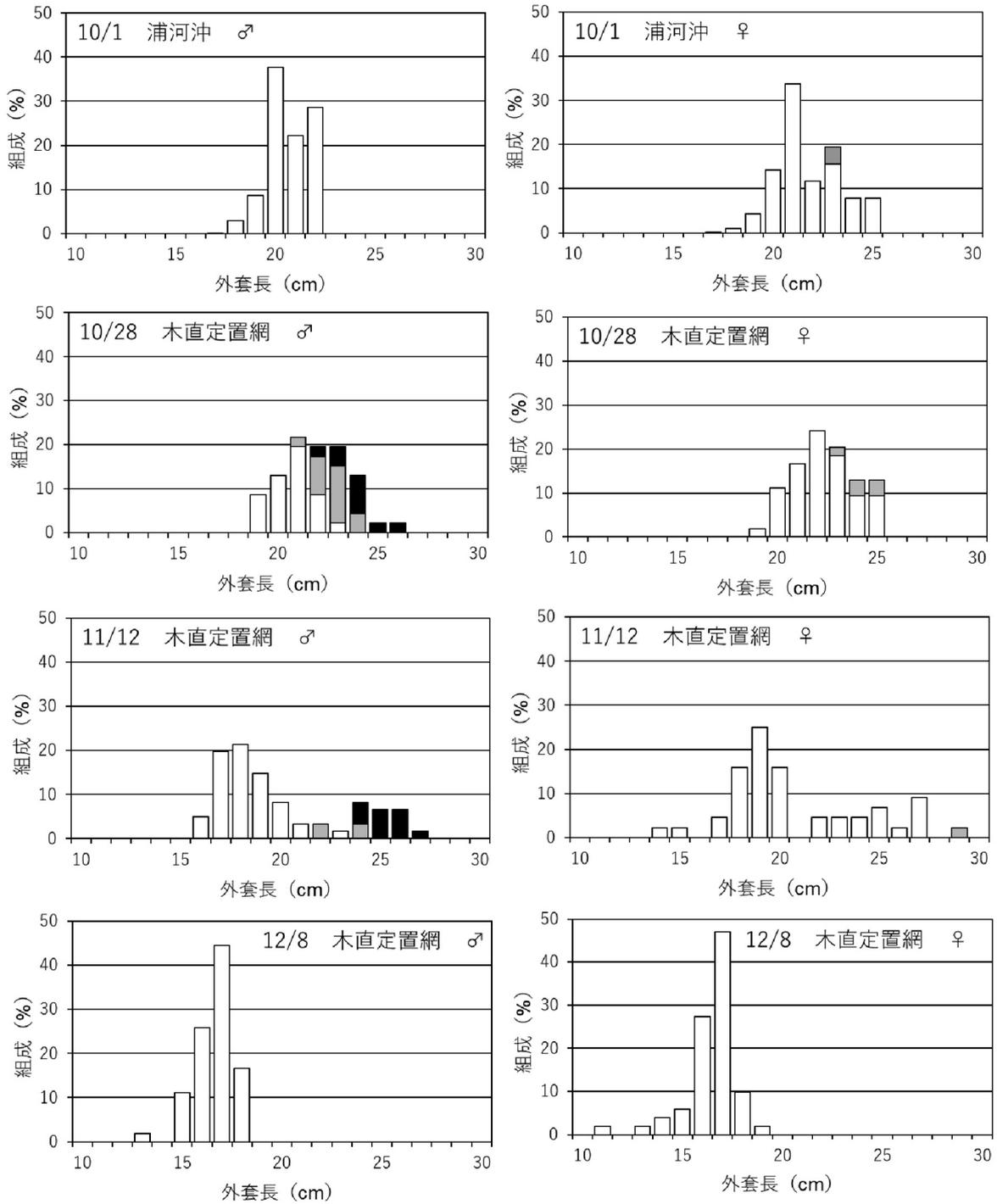


図 16 続き 函館市木直町の定置網と苫小牧沖・浦河沖での釣りの漁獲物における 2020 年度の雄（左列）と雌（右列）の外套長組成と成熟度。 ラベルは漁獲日と漁場。

未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

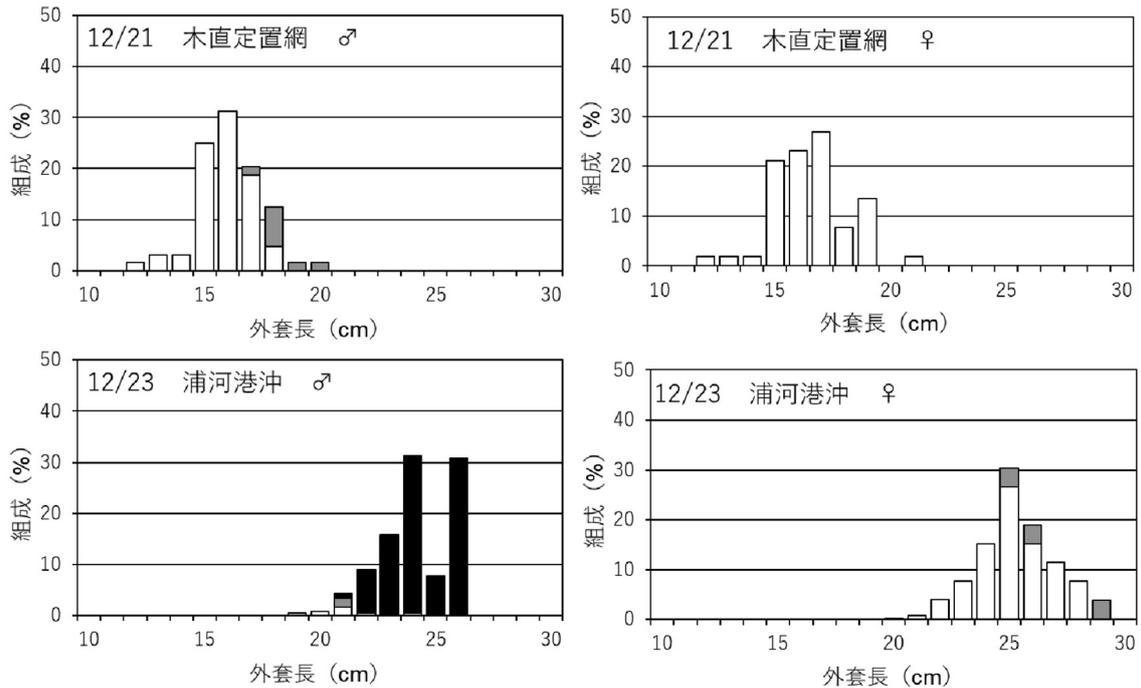


図 16 続き 函館市木直町の定置網と苫小牧沖・浦河沖での釣りの漁獲物における 2020 年度の雄（左列）と雌（右列）の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

南下が遅れたと思われる。

(4) 2020年の漁況のまとめ

北海道日本海における2020年度の漁況は全期間を通して低調な漁獲量で推移した。標準化CPUEによる2020年の来遊水準は低水準で1992年以降では最低となり、北海道日本海へ来遊するスルメイカが依然として減少していると考えられる。2020年度は道北海域・道央海域・道南海域での漁獲量が前年を下回り、特に道央海域での漁獲量の減少が大きかった。北海道日本海で漁獲の主対象となる秋季発生系群では、2020年の資源量が2019年の198千トンを上回る221千トンと推定され¹⁾、2019年を上回る漁獲を期待したが、佐渡以南の海域での漁獲は順調にもかかわらず、本道沿岸まで北上しなかった。この原因は不明である。

道南太平洋では、2015年以降渡島太平洋を中心に従来の漁獲量のピーク時期であった10～11月の漁獲量が激減した。2020年度の渡島太平洋では11月に漁獲量のピークが見られたが、全体の漁獲量としては非常に少なかった。胆振は前年を下回ったが、日高では前年を若干上回ったが依然として低水準である。道南太平洋全体では2019年を下回る漁獲量であった。また2020年は釧路では2019年を上回る漁獲量であったが、オホーツク海や根室などが2019年より減少したことから太平洋沖合域を回遊する個体群は減少もしくは横ばいと考

えられる。冬季発生系群の資源量全体が少ない状態は継続していると考えられる²⁾。

以上のことから現在のスルメイカ資源を取り巻く状況として、日本海を回遊する秋季発生系群も、太平洋を回遊する冬季発生系群も来遊量が減少したと考えられる。スルメイカは単年生の資源であるため今後再生産環境が好転することで、資源量が増加する可能性はあるが、資源量の変化については不明である。

これらの状況から海洋環境の変化に伴う回遊経路、漁場形成および成熟・成長等の変化について、今後も継続的なモニタリングによって、海況変化との関係を明らかにすることが大変重要であると考えられる。

引用文献

- 1) 水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター：令和2（2020）年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価. 2020. 12. 4（オンライン）
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume-a_20201116.pdf
- 2) 水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター：令和2（2020）年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価. 2020. 12. 4（オンライン）
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume-w_20201116.pdf

表1 北海道日本海および道南太平洋における生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化。0は1トン未満、空白は漁獲なし。

西暦	北海道日本海										道南太平洋						
	振興局別						海域別				合計	振興局別			海域別		合計
	宗谷 日本海	留萌	石狩	後志	檜山	渡島 日本海	道北	道央	道南	渡島太 平洋		胆振	日高	道南 合計	青森県 大畑		
1985	1,002	669	12	4,866	3,085	2,569	1,671	4,878	5,654	12,203	643	62	18	723	228	950	
1986	292	396	7	1,894	1,112	1,206	687	1,901	2,317	4,906	918	14	280	1,212	909	2,121	
1987	3,365	2,254	24	8,134	6,780	4,063	5,620	8,158	10,843	24,621	1,747	35	75	1,858	1,223	3,081	
1988	1,300	1,585	7	8,147	6,755	3,043	2,885	8,154	9,798	20,836	1,994	118	415	2,527	1,483	4,010	
1989	2,909	3,388	13	10,089	12,507	6,053	6,298	10,102	18,559	34,960	6,991	438	4,940	12,369	2,741	15,110	
1990	9,119	4,336	22	13,393	7,630	5,432	13,455	13,415	13,062	39,932	8,185	187	1,597	9,970	1,693	11,663	
1991	9,413	3,644	23	15,888	11,110	4,444	13,057	15,911	15,554	44,522	16,052	297	3,539	19,888	1,687	21,575	
1992	3,679	2,633	10	15,777	12,304	4,723	6,312	15,786	17,027	39,125	42,287	444	7,395	50,126	4,265	54,391	
1993	1,327	1,466	16	6,836	8,865	6,566	2,792	6,852	15,431	25,075	24,168	1,582	10,135	35,885	5,644	41,529	
1994	2,886	1,338	14	7,883	10,877	7,086	4,224	7,896	17,964	30,083	28,007	1,366	6,737	36,110	6,921	43,031	
1995	4,644	859	7	7,251	8,973	4,220	5,503	7,258	13,193	25,954	32,134	1,561	5,400	39,095	3,623	42,718	
1996	2,859	1,067	11	7,165	13,095	7,939	3,926	7,176	21,033	32,135	43,612	2,108	6,910	52,630	8,323	60,953	
1997	3,588	620	8	6,908	11,871	6,183	4,208	6,916	18,053	29,177	47,686	3,306	15,947	66,939	4,561	71,500	
1998	4,560	2,320	9	8,481	7,602	3,878	6,880	8,490	11,480	26,849	16,757	533	4,208	21,498	1,408	22,906	
1999	5,411	1,909	6	16,038	11,467	3,479	7,320	16,044	14,946	38,310	15,075	481	2,868	18,424	1,364	19,788	
2000	2,674	1,721	16	7,182	9,450	3,691	4,395	7,198	13,142	24,734	27,151	2,446	4,049	33,646	3,031	36,677	
2001	4,380	1,295	2	9,092	9,823	4,393	5,675	9,095	14,216	28,986	25,907	4,215	2,891	33,013	5,555	38,568	
2002	1,788	1,866	6	8,772	9,967	3,229	3,653	8,778	13,196	25,627	16,200	1,236	2,234	19,670	2,581	22,251	
2003	2,029	1,605	4	13,224	9,748	1,698	3,634	13,228	11,447	28,308	37,442	6,026	7,710	51,178	3,796	54,974	
2004	1,803	1,359	1	6,917	5,607	1,351	3,162	6,918	6,958	17,038	17,842	2,591	5,306	25,740	2,974	28,714	
2005	1,934	1,821	2	5,682	5,873	1,123	3,756	5,684	6,996	16,435	20,709	2,341	3,477	26,527	2,996	29,523	
2006	1,593	2,881	1	6,353	9,643	2,933	4,474	6,354	12,576	23,404	13,105	1,368	2,780	17,252	1,188	18,441	
2007	2,669	1,041	1	3,989	6,936	1,637	3,710	3,990	8,573	16,273	31,797	2,374	3,418	37,589	3,716	41,305	
2008	1,348	1,346	1	6,464	5,838	1,028	2,694	6,466	6,866	16,026	35,645	5,260	5,319	46,224	2,511	48,735	
2009	783	1,245	1	4,949	4,988	1,358	2,028	4,949	6,346	13,323	14,700	5,229	7,111	27,041	1,785	28,825	
2010	1,749	705	1	3,540	5,006	1,500	2,454	3,541	6,506	12,501	11,194	3,905	2,506	17,605	2,990	20,595	
2011	1,392	674	0	5,114	5,633	1,864	2,066	5,114	7,497	14,677	13,808	2,859	2,936	19,603	2,114	21,717	
2012	1,041	659	12	2,864	4,820	1,356	1,700	2,876	6,176	10,752	10,180	2,480	5,581	18,241	1,407	19,648	
2013	1,411	774	0	2,010	3,624	1,040	2,186	2,010	4,664	8,859	11,672	2,143	2,879	16,693	1,287	17,980	
2014	650	568	1	2,807	4,081	1,061	1,219	2,808	5,143	9,169	10,419	1,773	1,787	13,979	1,900	15,879	
2015	733	241	1	1,980	1,626	550	974	1,980	2,176	5,130	4,909	1,526	1,198	7,634	1,827	9,461	
2016	1,814	205	1	1,944	2,649	891	2,019	1,944	3,540	7,503	2,086	1,083	1,412	4,582	291	4,873	
2017	2,550	982	0	3,133	1,227	275	3,533	3,133	1,502	8,167	2,588	1,395	341	4,324	292	4,616	
2018	1,773	1,464	0	2,667	967	168	3,237	2,667	1,134	7,038	2,395	1,155	718	4,268	117	4,385	
2019	430	36	0	1,602	483	282	465	1,602	766	2,833	1,951	826	314	3,091	226	3,317	
2020	335	14	0	618	378	116	349	618	494	1,461	1,499	599	533	2,631	130	2,761	

表2 1985～2020年までの道北日本海における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計	
1985			1		177	661	221	328	265	18				610	1,671	
1986					9	232	72	187	186	1				313	687	
1987			1	1	669	2,165	1,133	891	757	4			3,968	1,652	5,620	
1988			0		395	1,547	755	174	14	0			2,696	188	2,885	
1989					619	3,150	984	734	800	11			4,753	1,545	6,298	
1990			0	8	3,601	3,508	2,403	1,729	1,810	395	1		9,520	3,934	13,455	
1991			0	5	3,481	2,723	649	4,259	1,931	10			6,858	6,200	13,057	
1992					1,194	2,254	874	1,559	410	20	0		4,322	1,989	6,312	
1993				12	988	788	395	246	341	22			2,183	609	2,792	
1994			0	28	715	1,215	780	545	804	135			2,739	1,485	4,224	
1995		0	0	6	365	1,447	625	2,487	562	10	0	1	2,443	3,060	5,503	
1996				8	379	1,058	692	780	1,002	7			2,137	1,789	3,926	
1997				14	90	1,401	574	1,497	594	36	1	0	2,079	2,129	4,208	
1998		0	0	2	693	2,818	1,023	1,743	577	21	0		4,536	2,344	6,880	
1999		0	0	7	1,093	1,975	1,343	1,498	1,363	41	0		4,418	2,902	7,320	
2000		0		11	557	1,213	633	1,009	944	24	2		2,415	1,980	4,395	
2001				14	469	1,062	913	2,503	693	21			2,458	3,217	5,675	
2002				16	740	1,166	991	461	233	46	0		2,913	741	3,653	
2003			0	5	558	941	536	1,009	518	65			2,041	1,593	3,634	
2004				17	757	793	236	487	867	5			1,804	1,358	3,162	
2005				1	646	876	330	811	1,083	9			1,853	1,902	3,756	
2006			0	1	548	1,610	799	551	945	20			2,958	1,516	4,474	
2007				0	514	1,118	806	678	560	33			2,438	1,272	3,710	
2008					468	837	730	337	322	0			2,035	659	2,694	
2009				1	617	516	285	348	257	4	0		1,419	609	2,028	
2010					318	547	339	388	848	15			1,203	1,251	2,454	
2011				1	205	671	279	319	554	38			1,155	911	2,066	
2012				8	330	645	329	71	315	2			1,312	388	1,700	
2013				1	300	540	327	467	549	2			1,168	1,018	2,186	
2014				1	273	393	164	244	144	0			831	388	1,219	
2015				1	97	296	274	160	139	0			668	306	974	
2016				7	98	879	255	286	495	1			1,238	781	2,019	
2017				9	693	1,356	425	671	379	0			2,483	1,050	3,533	
2018				0	413	838	690	1,183	112	0			1,941	1,295	3,237	
2019				1	73	82	23	93	189	5			179	287	465	
2020				1	29	44	29	136	108	1			103	246	349	
平均		0	0	6	644	1,205	609	858	602	28	0	0	4	2,502	1,488	3,950

注) 道内の漁獲量は漁業生産高報告および水試集計速報値。渡島太平洋は函館港水揚げの船凍イカを除く。

表3 1985～2020年までの道央日本海における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計
1985	35		13	1,302	1,566	767	480	336	381	0			3,682	1,197	4,878
1986			1	254	532	221	322	419	133	19			1,008	893	1,901
1987	0	7	116	1,686	3,099	1,429	1,201	489	127	3	1		6,336	1,822	8,158
1988	0	0	20	2,308	3,883	1,543	283	104	12	0	1	0	7,754	399	8,154
1989	0	6	183	2,539	2,724	2,069	1,350	1,019	146	0	54	12	7,521	2,582	10,102
1990	4	22	484	3,658	2,623	2,659	2,297	855	777	26	9	2	9,450	3,965	13,415
1991	7	16	528	6,679	3,198	1,971	2,312	915	285	0	0	0	12,398	3,512	15,911
1992	19	13	232	4,191	4,280	1,997	2,958	1,420	670	0	0	5	10,733	5,053	15,786
1993	22	7	231	3,125	1,661	854	461	457	27	1	4	5,902	950	6,852	
1994	7	22	372	2,387	1,254	1,712	748	1,022	370	1	0	5,755	2,141	7,896	
1995	8	6	290	1,431	1,294	1,217	2,179	722	110	0	2	4,246	3,013	7,258	
1996		7	59	1,718	1,718	1,231	1,193	947	301			4,734	2,442	7,176	
1997	1	2	336	2,365	1,571	1,070	647	639	284	2	0	5,344	1,572	6,916	
1998	0	1	165	1,492	2,267	1,724	1,259	811	691	80		5,649	2,841	8,490	
1999		7	390	3,465	1,851	1,637	1,896	2,639	4,040	114	3	1	7,351	8,693	16,044
2000		5	360	1,733	1,301	939	663	2,034	154	8		4,338	2,860	7,198	
2001	21	4	942	2,560	1,101	1,122	785	2,172	388			5,749	3,345	9,095	
2002	0	35	888	2,989	1,310	1,829	920	548	258	1		7,050	1,728	8,778	
2003	0	0	395	2,724	2,546	1,872	2,032	2,930	716	11	0	7,538	5,690	13,228	
2004	0		676	1,547	1,052	930	859	1,573	282	0		4,205	2,713	6,918	
2005	0	0	349	1,542	1,162	750	620	905	338	18	0	3,803	1,881	5,684	
2006	0		585	2,035	1,063	582	389	1,322	371		6	4,266	2,088	6,354	
2007	5	2	821	968	455	535	278	683	203	37		3,278	1,203	3,990	
2008			232	1,314	1,205	755	800	1,443	709	2	2	4	3,506	2,960	6,466
2009	0	0	287	2,091	828	555	422	609	157	0		3,761	1,188	4,949	
2010	0	224	999	407	407	448	427	583	32		14	2,037	1,503	3,541	
2011	0	31	1,601	627	245	404	1,641	560	5		0	2,505	2,610	5,114	
2012			546	918	417	205	54	298	431	5		2,087	789	2,876	
2013	2	77	348	141	116	274	485	556	9	0	0	684	1,326	2,010	
2014			282	1,044	157	79	161	833	233	12	5	1	1,562	1,246	2,808
2015	1	0	298	428	134	180	95	765	77	1	1	0	1,042	938	1,980
2016	0		214	292	190	149	167	911	21			845	1,098	1,944	
2017	0	0	485	548	240	617	824	359	58	1	0	1	1,891	1,242	3,133
2018	4	120	621	155	378	525	741	120			1	1,278	1,388	2,666	
2019	0	0	88	415	138	300	351	232	78	0		940	661	1,601	
2020	0	0	32	161	31	157	166	44	27	0	0	380	238	618	
平均	6	7	330	1,909	1,412	1,010	891	984	429	13	5	3	4,670	2,320	6,990

表4 1985～2020年までの道南日本海における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計
1985			402	2,549	633	661	420	157	811	22			4,244	1,410	5,654
1986			42	689	356	219	218	281	497	13	1		1,307	1,010	2,317
1987			1,296	2,939	2,519	1,240	1,490	764	587	8			7,994	2,849	10,843
1988			400	4,061	2,549	1,438	353	725	245	26			8,448	1,350	9,798
1989			1,819	8,338	2,422	2,755	1,682	941	558	44			15,334	3,225	18,559
1990	0	1	2,192	2,487	2,240	1,711	1,780	768	1,568	297	11	6	8,631	4,431	13,062
1991	0		2,298	3,392	2,387	2,442	1,771	1,869	1,350	39		4	10,520	5,033	15,554
1992			2,168	3,842	3,942	1,863	1,288	1,591	2,301	32		0	11,814	5,213	17,027
1993	0	1,139	2,439	3,482	4,032	1,887	1,667	771	14			11,091	4,340	15,431	
1994	1	2,601	5,347	3,032	2,759	2,614	1,173	353	77			7	13,740	4,223	17,964
1995			2,047	5,315	2,981	1,128	1,136	267	319	0			11,471	1,722	13,193
1996	0	1,282	5,861	4,134	3,900	2,943	1,692	1,009	212	1		1	15,177	5,856	21,033
1997	0	4,780	5,834	1,710	1,286	1,022	2,180	1,204	36	1		1	13,610	4,443	18,053
1998	0	1,553	2,730	1,964	2,545	1,435	599	652	2				8,792	2,688	11,480
1999	0	1,814	4,799	2,286	1,303	1,122	1,503	1,356	651	111			10,203	4,743	14,946
2000			2,350	2,482	1,614	1,432	927	2,530	1,799	8			7,878	5,264	13,142
2001			3,214	5,100	1,316	789	1,242	1,498	1,056				10,419	3,797	14,216
2002	1	2,811	4,671	2,142	1,462	439	725	922	8	15	0		11,087	2,109	13,196
2003			1,195	2,375	1,261	1,848	1,663	2,315	757	33	0		6,679	4,767	11,447
2004			1,112	1,147	747	773	767	1,476	915	15	5		3,779	3,179	6,958
2005			1,784	1,142	1,595	703	489	625	610	47	1	1	5,224	1,772	6,996
2006	0	2,212	4,342	1,979	1,775	880	590	785	12				10,309	2,267	12,576
2007	0	1,952	1,975	1,527	739	622	662	1,056	39				6,193	2,380	8,573
2008			1,067	1,822	526	701	575	983	1,078	116	0		4,115	2,751	6,866
2009			910	1,749	942	790	272	1,123	509	51			4,391	1,955	6,346
2010			1,089	1,827	650	336	343	417	1,536	309	0		3,902	2,604	6,506
2011	0	595	2,748	1,665	718	208	740	822	0				5,726	1,771	7,497
2012			1,430	2,576	617	754	249	153	398	0			5,377	800	6,176
2013			904	1,930	396	338	438	231	412	14			3,568	1,096	4,664
2014			976	2,091	645	122	46	582	622	59			3,834	1,308	5,143
2015			382	815	282	107	11	546	28	5			1,586	590	2,176
2016			1,007	1,841	409	52	40	138	54				3,308	232	3,540
2017	0	217	133	268	329	279	176	98		1			948	553	1,502
2018			95	746	60	16	9	193	16				917	217	1,134
2019			108	114	145	88	91	67	19	2			454	179	634
2020			209	130	58	76	19	0	2	0			472	22	494
平均	0	0	1,504	3,004	1,626	1,267	902	938	796	71	13	3	7,401	2,704	10,105

表5 1985～2020年までの渡島太平洋における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計
1985		0	8	23	145	90	70	297	11	0			265	378	643
1986		0	0	11	88	100	150	490	79	0			199	719	918
1987		0	15	301	436	404	251	234	104				1,157	590	1,747
1988	0	1	7	6	163	285	1,108	383	41		0		462	1,532	1,994
1989	0		10	135	1,790	1,284	1,458	1,765	539	11			3,219	3,772	6,991
1990	1	3	92	964	852	681	1,293	3,482	645	99	74		2,593	5,593	8,185
1991		4	114	641	1,308	3,969	5,603	3,614	780	1	18		6,036	10,015	16,052
1992	0	2	327	3,397	5,862	5,744	15,737	10,922	290	5		1	15,333	26,955	42,287
1993	0	2	219	803	3,450	4,826	7,855	5,609	1,402	2	0	0	9,300	14,868	24,168
1994	0	13	557	2,837	4,338	4,527	8,445	5,328	1,950	10		0	12,273	15,734	28,007
1995	0	0	435	2,101	1,846	2,425	4,607	19,345	1,373	1		0	6,808	25,326	32,134
1996	0	0	749	6,117	5,788	7,433	13,424	9,478	498	20	5	100	20,088	23,524	43,612
1997	53	10	1,922	3,332	4,783	6,977	15,695	14,327	580	8	0		17,076	30,610	47,686
1998	0	0	155	1,492	1,434	2,165	3,429	5,815	2,168	62	1	36	5,245	11,513	16,757
1999	0	13	382	864	2,738	3,282	4,396	2,425	925	50			7,279	7,796	15,075
2000	0	1	351	2,033	2,434	2,390	5,149	13,817	965	10			7,209	19,941	27,151
2001		12	529	1,919	3,124	5,103	8,918	5,818	484				10,687	15,220	25,907
2002	0	0	1,605	4,377	1,968	1,453	1,881	4,696	208	12	0		9,402	6,797	16,200
2003	5	0	490	3,737	4,945	3,272	11,406	10,562	3,011	14			12,449	24,993	37,442
2004		6	525	3,544	2,747	2,172	4,541	3,183	1,114	5	1	5	8,993	8,849	17,842
2005		1	548	3,167	4,259	2,364	1,882	6,907	1,027	115		437	10,340	10,368	20,709
2006	2	2	391	2,648	2,700	2,406	2,826	1,212	854	49	13	3	8,149	4,956	13,105
2007	13	51	1,025	2,974	1,704	1,779	4,518	13,874	5,791	55	13		7,546	24,251	31,797
2008	2	12	1,258	2,439	1,906	3,643	7,516	16,439	2,384	36	7	3	9,259	26,386	35,645
2009	14	4	414	1,489	1,232	916	4,228	5,509	858	9	0	28	4,068	10,632	14,700
2010	0	2	164	1,588	2,300	588	1,686	2,519	2,298	48		1	4,641	6,553	11,194
2011	1	2	305	2,536	1,458	1,172	2,494	3,892	1,897	52			5,474	8,334	13,808
2012			223	806	1,688	2,262	1,097	3,062	971	47	25		4,978	5,202	10,180
2013	0	0	181	1,259	1,095	1,284	920	3,963	2,954	10	6		3,819	7,853	11,672
2014	0	0	76	545	624	473	1,146	5,491	2,057	5			1,719	8,700	10,419
2015	0	140	507	567	398	621	1,684	989	4	0	0		1,613	3,297	4,909
2016	4	5	123	222	213	480	706	147	169	17			1,047	1,040	2,086
2017	0	0	46	127	275	384	643	888	225				832	1,756	2,588
2018	0	0	43	280	572	471	669	187	173	0			1,365	1,029	2,395
2019	0	5	42	172	307	137	340	578	347	21	1		664	1,287	1,951
2020	0	0	83	290	104	85	455	274	191	18			561	938	1,499
平均	4	5	377	1,658	1,979	2,151	4,088	5,228	1,121	25	10	47	6,171	10,481	16,652

表6 1985～2020年までの胆振における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計
1985				0	6	22	29	4	0				28	33	62
1986	0	0	0	0	0	2	10	2	0			0	2	12	14
1987	0	0	0	0	1	5	6	8	0	15			6	29	35
1988	0	2	0	0	1	11	67	8	5	24			14	104	118
1989	0	0	0	0	49	138	107	140	2			0	189	249	438
1990	0	0	0	0	9	51	43	44	2	0		38	61	126	187
1991	0	0	0	0	5	38	162	88	3	0			44	253	297
1992		0	0	0	39	51	262	40	0		52		90	354	444
1993			0	0	66	99	1,076	331	9	0			165	1,416	1,582
1994			0	42	125	76	915	201	5	0	0		243	1,122	1,366
1995	0	0	1	18	105	84	1,054	295	2			0	210	1,352	1,561
1996	0	0	0	63	211	146	1,014	658	16				420	1,687	2,108
1997		0		12	85	210	2,908	91	1	0			307	2,999	3,306
1998		0	0	1	64	36	80	345	7				101	433	533
1999			0	17	102	230	128	3	0	0	0	0	349	132	481
2000	0	0	0	64	182	399	769	1,013	18	0	0	0	645	1,801	2,446
2001	0	0		14	183	356	2,183	1,479		0	0	0	553	3,661	4,215
2002	0	0		0	34	157	772	273	0				191	1,044	1,236
2003		0	0	0	9	354	4,554	1,089	20		0		363	5,663	6,026
2004			2	216	266	387	1,461	245	12	0	0	2	871	1,720	2,591
2005	0	0	0	18	101	139	1,482	596	5		0	0	258	2,083	2,341
2006	0	0	0	0	25	76	1,116	19	130	0		0	102	1,266	1,368
2007	0	0	0	0	6	232	287	966	675	208		0	525	1,849	2,374
2008	1	0	0	1	72	465	2,864	1,549	309		0	0	539	4,721	5,260
2009		0		4	122	564	4,004	510	25	0			691	4,539	5,229
2010	0	0	0	2	111	278	2,594	855	65	0	0	0	391	3,514	3,905
2011			0	0	171	358	1,477	835	17	0	0	0	529	2,329	2,859
2012	0	0	0	79	507	909	615	367	2		0	0	1,496	984	2,480
2013	0	0	0	2	249	521	737	461	167	5	0	0	772	1,371	2,143
2014		0	0	0	115	268	940	411	37	0	1	1	384	1,390	1,773
2015	0	0	0	0	7	74	1,018	190	224	13	0	0	82	1,445	1,526
2016	0	0	0	0	23	170	864	13	12	2	0	0	193	890	1,083
2017	0	0	0	0	4	121	1,207	57	7	0	0	0	124	1,271	1,395
2018	0	0	0	1	50	140	947	12	3	0	0	0	193	963	1,155
2019	0	0	0	0	8	212	502	34	68	0	0	0	221	605	826
2020	0	0	0	0	47	91	452	4	3	1	0	0	139	460	599
平均	0	0	0	16	94	209	1,094	360	40	3	3	2	319	1,496	1,816

表7 1985～2020年までの日高における月別漁獲量。

年度\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4～9月計	10～3月計	年度計	
1985					12	2	3	2						13	5	18
1986				0	0	158	108	14						158	122	280
1987				0	13	44	2	16	0					57	18	75
1988			0	0	4	62	294	55	0					66	349	415
1989					708	3,113	557	550	8			3	3,822	1,118	4,940	
1990			0	0	358	363	420	455	0					721	876	1,597
1991		0	0	2	1,434	767	1,170	166	0					2,204	1,335	3,539
1992		0	0	26	857	3,588	2,919	5	0					4,471	2,924	7,395
1993				41	1,386	5,144	3,108	385	72					6,571	3,565	10,135
1994			6	334	2,106	1,274	2,418	562	37	0				3,720	3,017	6,737
1995	0		0	324	1,426	1,926	1,696	24	4					3,676	1,724	5,400
1996			0	371	1,153	3,381	1,603	396	5					4,905	2,004	6,910
1997			0	48	2,775	9,178	3,924	21	0	0				12,001	3,946	15,947
1998				1	946	678	2,159	411	13					1,626	2,582	4,208
1999			0	125	1,525	1,047	164	6						2,698	170	2,868
2000			0	505	1,494	1,088	642	319	0					3,088	962	4,049
2001				13	567	1,202	942	168						1,782	1,110	2,891
2002			0	11	640	1,068	493	23						1,719	516	2,234
2003			0	87	1,217	3,471	1,486	1,449	1					4,775	2,935	7,710
2004			2	774	1,378	1,626	1,158	366	3					3,780	1,526	5,306
2005			0	6	1,639	556	803	474	0					2,201	1,277	3,477
2006				18	1,917	657	55	133	0					2,592	188	2,780
2007			1	634	1,355	594	648	187	0					2,582	835	3,418
2008				30	1,624	1,495	1,686	484	1					3,149	2,170	5,319
2009			1	781	3,127	2,442	512	247						6,352	759	7,111
2010			0	1	1,170	881	263	189	1					2,052	453	2,506
2011			1	342	1,343	389	483	378						2,075	862	2,936
2012			1	899	2,950	936	413	351	32					4,785	796	5,581
2013			0	85	1,288	647	489	369						2,020	858	2,879
2014				3	286	801	477	219						1,090	696	1,787
2015					5	681	164	337	11					686	512	1,198
2016				0	304	610	133	365	1	0				914	499	1,412
2017					25	11	185	115	6					36	306	341
2018				0	300	168	145	103	1					469	249	718
2019						5	23	262	24					5	309	314
2020					1	201	142	28	161					202	331	533
平均	0	0	1	182	1,067	1,396	886	268	14	0		3	2,731	1,214	3,945	

3. 2. 1 スケトウダラ（道西日本海檜山海域）

担当者 調査研究部 渡野邊雅道・武藤卓志

(1) 目的

道西日本海におけるスケトウダラの魚群行動，漁場形成機構，数量変動等の要因を解明し，資源評価と漁況予測技術の精度を高め，漁業経営の安定を図る。

(2) 経過の概要

ア 陸上調査

檜山振興局管内（以下，檜山管内）の漁獲量は，漁業生産高報告（2020年度の一部は水試集計速報値）とひやま漁協の漁獲日報から集計した。また，12～2月のすけとうだら延縄漁業の漁期中に乙部地区に水揚げされたスケトウダラを購入し，生物測定を行った。

渡島総合振興局管内（以下，渡島管内）の松前町と福島の漁獲量は，漁業生産高報告（2020年度の一部は水試集計速報値）から集計した。また，漁獲量が少なかったため生物測定は実施しなかった。

イ 海上調査

道西日本海におけるスケトウダラ産卵群の分布状況を明らかにするために，金星丸を用いて，すけとうだら延縄漁業の漁期前（10月）と漁期中（12月）に新規加入量調査（計量魚探調査，海洋観測調査，着底トロール調査）を実施した。

ウ 成果の広報

調査結果は，マリンネット北海道のHPで公開したほか，檜山すけとうだら延縄漁業協議会などで報告した。

(3) 得られた結果

ア 陸上調査

(ア) 2020年度漁期の漁業の概要

a 漁獲量と漁獲金額

1981年度以降の檜山管内におけるスケトウダラの漁獲量は，1980年代前半から中盤にかけて減少し，1986年度には6,534トンまで低下した（図1）。1993年度には17,770トンまで増加したが，その後は減少傾向が続いている。2020年度の檜山管内の漁獲量は371トンで，前年度（597トン）の約6割に減少した（表1）。檜山管内の漁獲金額は0.5億円で，前年度（0.9億円）の約5割に減少した（表1）。一方，渡島管内ではスケトウダラはほとんど漁獲されなかった（表1）。

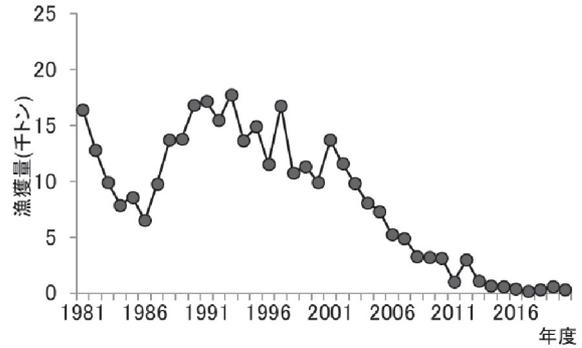


図1 檜山管内におけるスケトウダラ漁獲量の経年変化

表1 スケトウダラの地区別漁獲量と金額

	2019年度漁期計		2020年度漁期計		前年対比 (%)	
	数量	金額	数量	金額	数量	金額
せたな	0	0	0	0	-	-
熊石	0	0	0	0	-	-
乙部	597	93,684	371	48,428	62	52
江差	0	0	0	0	-	-
上ノ国	0	0	0	0	-	-
奥尻	0	0	0	0	-	-
合計	597	93,684	371	48,428	62	52
松前	3	167	0	2	1	1
福島	0	0	0	0	-	-
合計	3	167	0	2	1	1

※ 4月～翌年3月計（漁業生産高報告）。2019年度は暫定値。
 せたな：旧瀬棚町，旧北檜山町，旧大成町の合計値。
 漁獲量、金額には延縄漁業以外の漁法で漁獲されたものも含む
 なお熊石は現在は八雲町熊石。
 2020年度のデータの一部分は水試速報集計値を使用。

b 漁獲動向と漁獲努力量

スケトウダラの主要な水揚げ地である乙部町におけるすけとうだら延縄漁業の漁獲量，平均CPUE（1日1隻あたりの漁獲量），平均単価，操業日数，延べ操業隻数の経年変化を図2に示す。

漁獲量と平均CPUEは，1980年代前半から中にかけてともに減少し，1986年度にはそれぞれ3,081トン，1.5トンまで低下した。その後は増加傾向となり，1993年度には漁獲量が7,293トン，平均CPUEは3.6トンとなった。1994年度以降は年変動があるものの再び減少傾向となった。2020年度の漁獲量は288トンで前年（469トン）を大きく下回ったが，平均CPUEは1.4トンで前年（1.5トン）とほぼ同じだった。

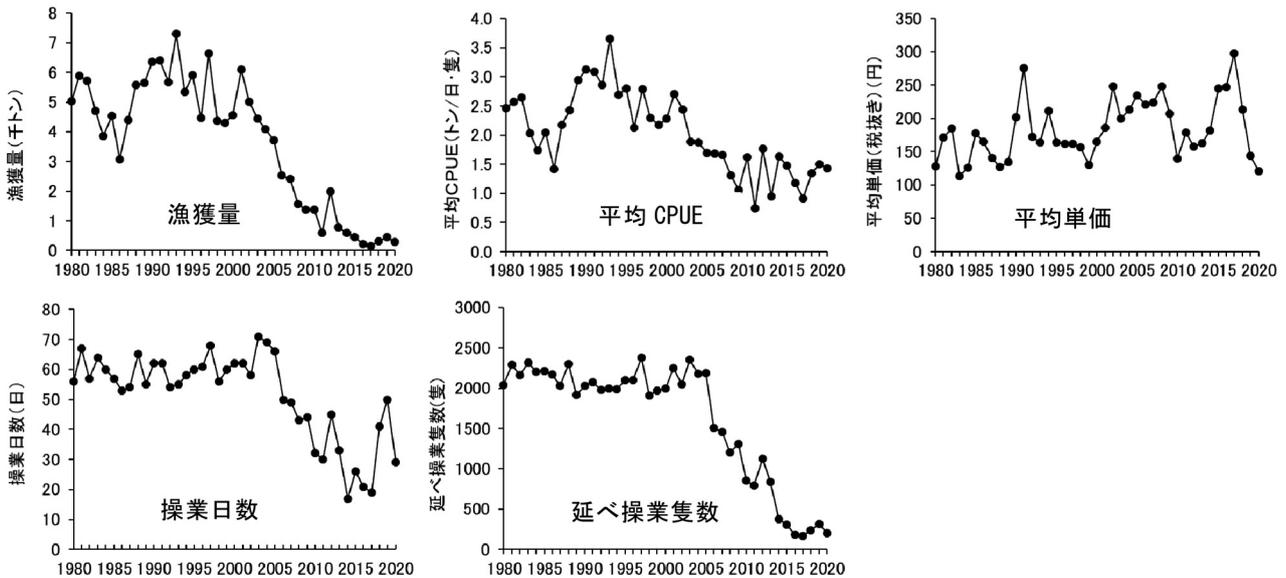


図2 すけとうだら延縄漁業による漁獲結果の経年変化 (乙部町)

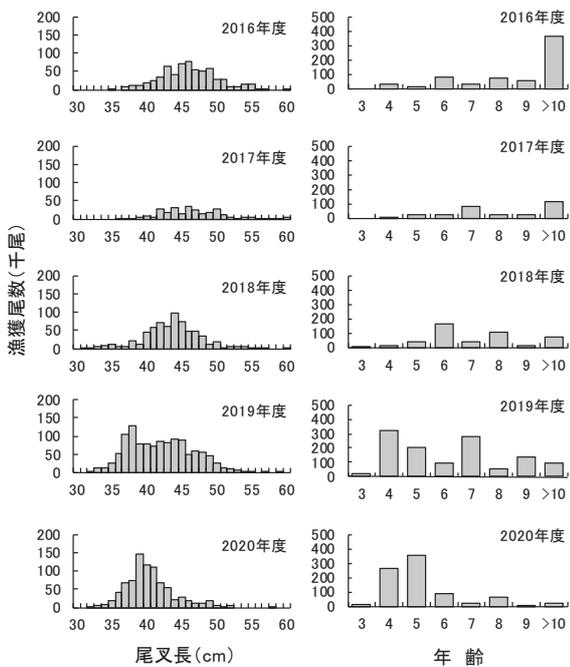


図3 檜山海域において延縄で漁獲されたスケトウダラの尾叉長組成と年齢組成

平均単価 (円/kg) は、2009年度まで変動を繰り返しながら上昇傾向にあったが、2010～2014年度は190円以下の安価で推移した。これは道南太平洋のスケトウダラの豊漁が影響したと考えられる。2015～2018年度は250円前後で推移したが、2020年度は魚体が小型化したこともあり121円に下がった。

2020年度の操業日数は29日で、前年 (50日) の約6割に減少した。また、延べ操業隻数は202隻で、こちらも前年 (312隻) の約6割に減少した。

○ 漁獲物の特徴

2016～2020年度の檜山海域における延縄漁獲物の尾叉長組成と年齢組成を図3に示す。

2016年度は、比較的資源豊度が高い2005年級群と2006年級群 (それぞれ11歳と10歳) が主体に漁獲されていた。2018年度になると近年では比較的豊度が高いと考えられる2012年級群 (6歳) と2010年級群 (8歳) が漁獲の主体となった。2019年度は2012年級群に加えて2015年級 (4歳) が多く漁獲され、2020年度になると2015年級 (5歳) と2016年級 (4歳) が主体に漁獲された。この間の尾叉長は、2018年度までは概ね40～50cm台が主体であったが、2019年度以降は若齢化に伴い40cm以下の小型魚も多く漁獲された。

イ 海上調査

(ア) 産卵群漁期前分布調査 (新規加入量調査)

2020年10月13～20日に積丹半島以南の海域で、計量魚探調査、海洋観測調査、着底トロールによる漁獲調査を実施した (図4)。計量魚探調査では調査海域に設定した調査線上を航走し、EK60 (Simrad社製) を用いて音響データを収録した。音響データ収録中の船速は10ktとし、海況に応じて適宜減速した。海洋観測調査では、CTD (SeaBird社製) を用いて水温および塩分の観測を行った。

ここではスケトウダラの主漁場が形成される奥尻島以南海域の調査結果について記す。

a 道南日本海海域における魚群の分布

スケトウダラは、主に奥尻海峡周辺に分布していた

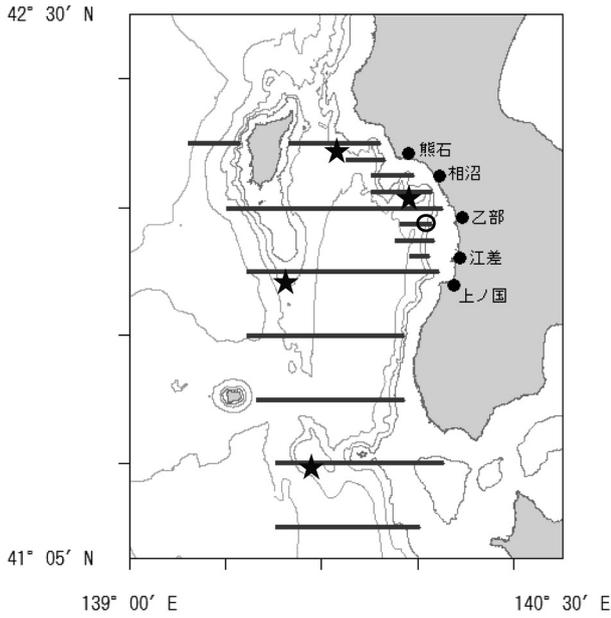


図4 スケトウダラ調査海域図

実線(—)は魚探調査ライン
 星印(★)はトロール調査点
 黒丸(○)は海洋観測点

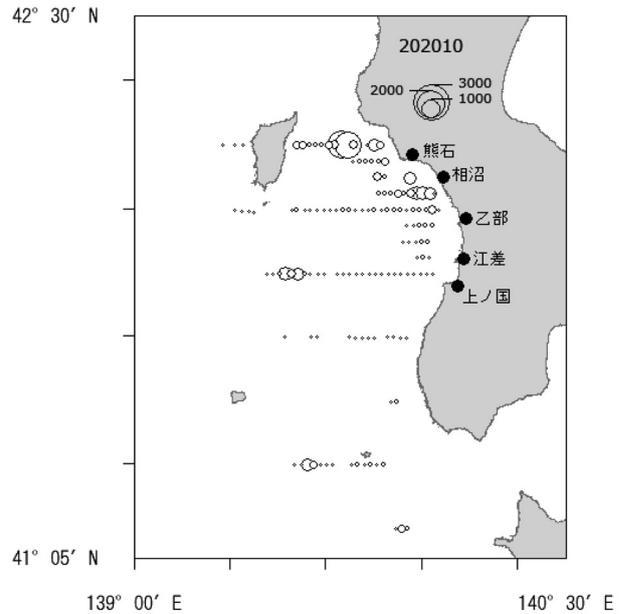


図5 調査海域全体の魚群の水平分布

○の大きさが魚群反応量を示す

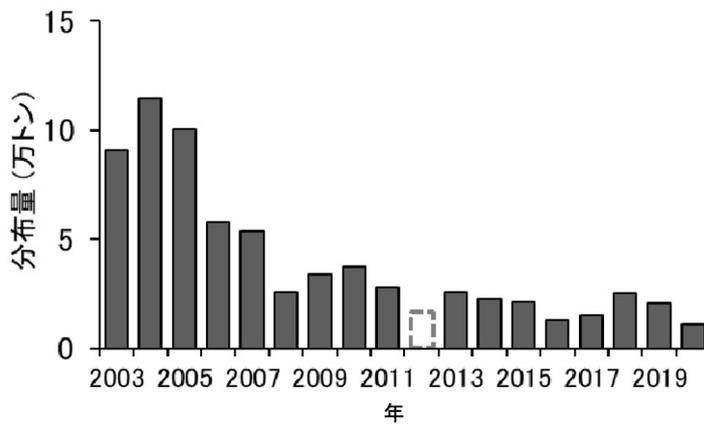


図6 檜山海域のスケトウダラ現存量の推移

※2012年は荒天による欠測等により過小評価されているため参考値

(図5)。奥尻海脚や松前小島周辺(小島堆)にもまとまった分布が見られたが、前年(図無し)よりも少なかった。

スケトウダラ漁場が形成される沿岸域では、相沼沖にまとまった分布が見られた。

b スケトウダラの分布量

計量魚探調査結果から推定された檜山海域のスケトウダラ分布量は、2002年をピークに減少傾向となり、2008年以降は低水準で推移している(図6)。2020年の分布量は11,094トンで、前年(21,074トン)の約5割に減少した。

c 水温環境

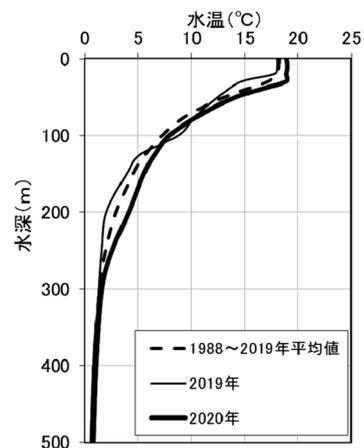


図7 乙部沖の10月の鉛直水温分布

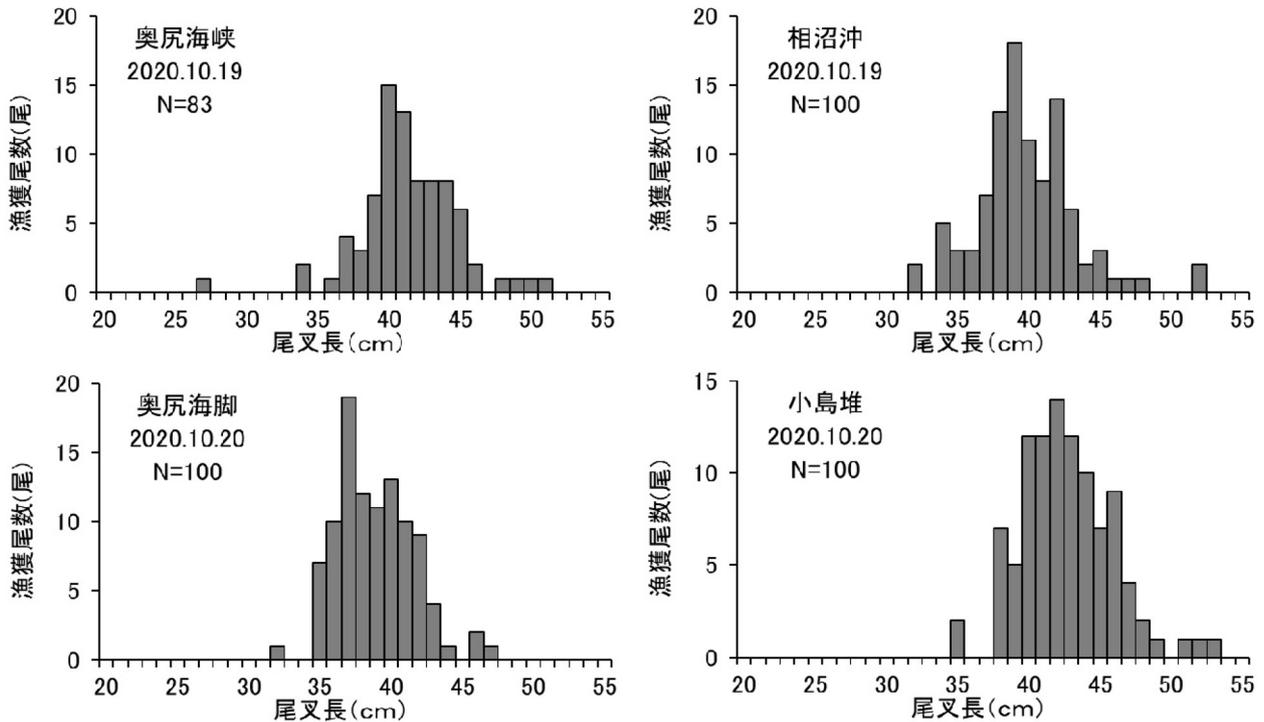


図8 着底トロール調査で漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

スケトウダラ漁場が形成される乙部沖(図4)の水温は、深度300m以浅は平年よりも1℃前後高かったが、スケトウダラが主に分布する300m以深は、概ね平年並みであった(図7)。

d 着底トロールで漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

トロール調査は魚探反応が大きかった奥尻海峡(奥尻島の東)、奥尻海脚(奥尻島の南)、相沼沖(熊石と乙部の間)、小島堆(松前小島の西側)の4調査点で実施した(図4)。いずれの海域でも尾叉長35cm以上の成魚が主体に採集された。海域別に見ると、北側の奥尻海峡、相沼沖、奥尻海脚では尾叉長35cm~45cm台が多く、南側の小島堆では尾叉長40cm~50cm台が多く採集され、南側の方が大きかった(図8)。

(イ) 産卵群漁期中分布調査(新規加入量調査)

2020年12月2~10日に、奥尻島以南の檜山海域で計量魚探調査、海洋観測調査、着底トロール調査を、「(ア)産卵群漁期前分布調査」と同様に実施した(図9)。

a 檜山海域における魚群の分布

スケトウダラ魚群の多くは奥尻海峡から相沼沖にかけて分布していた(図10)。一方、江差沖や上ノ国沖ではほとんど魚群が分布していなかった。

b スケトウダラの分布量

計量魚探調査結果から推定された、すけとうだら延縄漁場とその周辺のスケトウダラ分布量を図11に示す。2020年のスケトウダラ分布量は1,274トンで、前年(1,654トン)の約8割に減少し、引き続き低水準で推移していた。

c 水温環境

この時期スケトウダラが多く分布していた水深300~500mの水温は1.9℃以下で平年並であった(図12)。

d 着底トロールで漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

トロール調査は魚探反応が大きかった奥尻海峡(奥尻島の東)と相沼沖(熊石と乙部の間)で実施した(図9)。両調査点の組成に大きな違いは無く、尾叉長35~40cmのスケトウダラが主体に漁獲された(図13)。

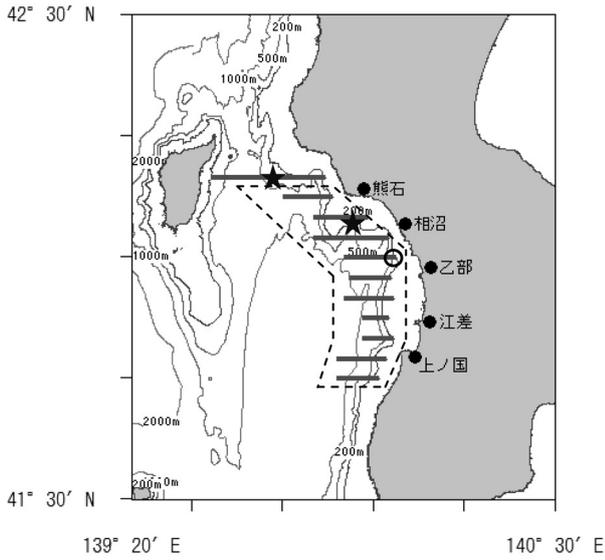


図9 スケトウダラ調査海域図
 実線(—)は魚探調査ライン
 破線は図12の魚群反応量を算出した範囲
 星印(★)はトロール調査点
 黒丸(○)は海洋観測点

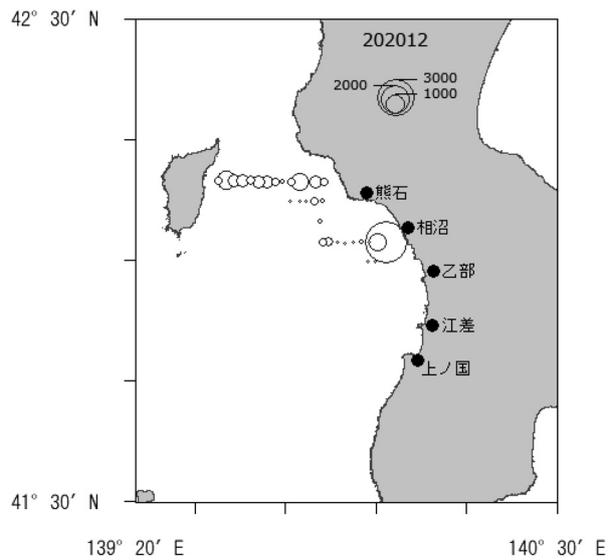


図10 調査海域全体の魚群の水平分布
 ○の大きさが魚群反応量を示す

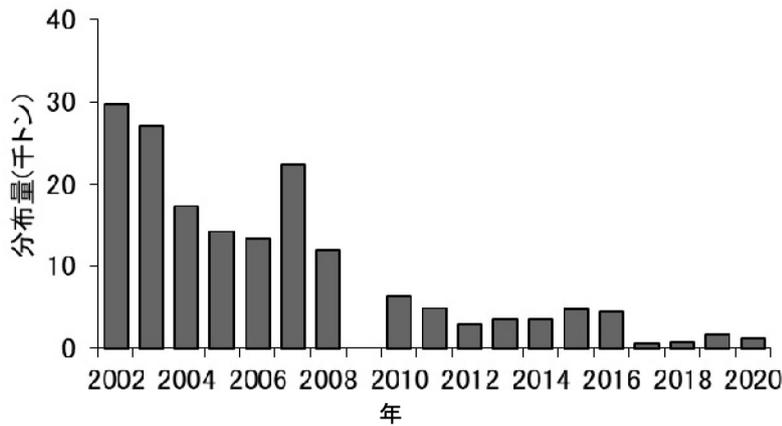


図11 延縄漁場とその周辺のスケトウダラ分布量の推移 ※2009年は荒天で調査できず

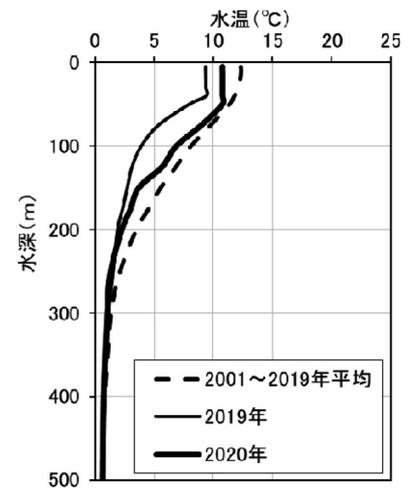


図12 乙部沖の12月の鉛直水温分布

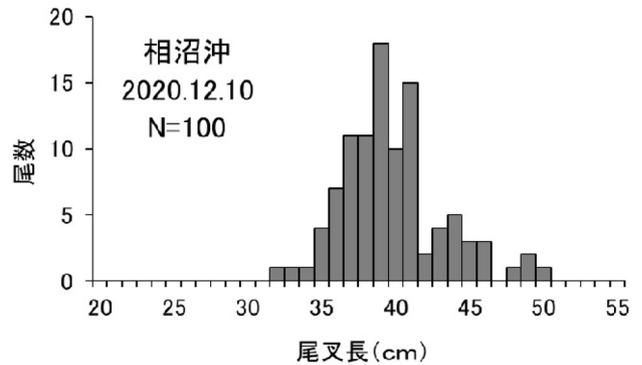
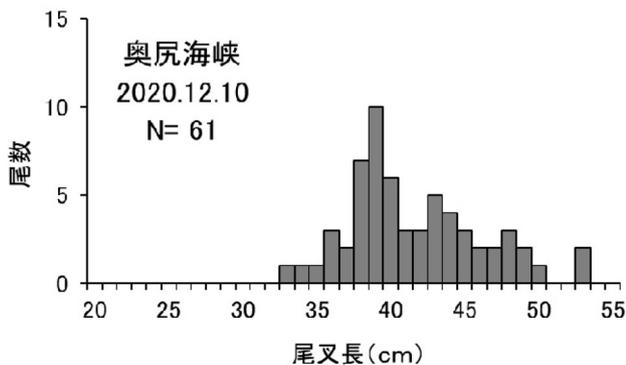


図13 着底トロール調査で漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

3. 2. 2 スケトウダラ（道南太平洋）

担当者 調査研究部 武藤卓志
共同研究機関 栽培水産試験場

（1）目的

道南太平洋海域におけるスケトウダラの魚群行動、漁場形成機構、数量変動等の要因を解明し、資源評価と漁況予測技術の精度を高め、漁業経営の安定を図る。

（2）経過の概要

ア 漁獲物調査

（ア）漁獲統計調査

a 漁獲量

刺し網、定置網およびその他の沿岸漁業における漁獲量については漁業生産高報告から集計した。集計範囲は、渡島総合振興局のうち函館市恵山地区（旧恵山町）～長万部町（ただし八雲町熊石地区（旧熊石町）は除く）、胆振総合振興局および日高振興局から収集した。なお、2020年度については水試集計速報値であり、一部北海道水産林務部漁業管理課集計値（暫定値）を含む。また、沖合底びき網（以下、沖底）漁業の漁獲量は、北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報（以下、沖底年報）から集計した。集計範囲は中海区「襟裳以西」で漁区別に収集した。集計年は年度（4月～翌3月）とした。

b 漁業情報

（a）刺し網漁業の資源量指数

渡島および胆振総合振興局が2003年度から収集しているスケトウダラ固定式刺し網漁業漁獲成績報告書（以下、漁績）を入手し、スケトウダラ漁獲量の比較的多い南かやべ、鹿部およびいぶり中央漁協での月別の漁獲量、網数データから刺し網漁業の月別資源量指数を算出した。月別資源量指数は、漁獲成績報告書から月別・漁区別CPUE（kg／反）を集計し、漁区別CPUEを月別に合算することにより算出した。なお、月別資源量指数は、毎月漁場を通過する漁獲量を表していると考え、10月～1月の月別資源量指数を合算したものを年間の刺し網の資源量指数とし、年毎の産卵親魚の来遊量を評価した。また、漁区別CPUEの算出に使用した漁区は、ほぼ毎年使用されている182～194及び197漁区に限定した。ただし、各月、網数データはあるものの、漁獲量が0の漁区は集計対象から除外した。

なお、刺し網1反の長さは渡島管内では27m、胆振管内では45mと、海域により異なるため、網長45mを1反と定義し、反数を努力量の指標値として用いた。集計期間については、スケトウダラ固定式刺し網漁業の漁期は10月～3月となっているが、TACによる操業規制等で2月以降の操業を行わなかった年度があることから、2月以降は含まず10月～1月とした。

（b）刺し網の標準化CPUE（操業日誌）

操業日誌は、2010年度より渡島及び胆振地区のスケトウダラ刺し網船団の代表船（18隻）に依頼し、操業日ごとの操業位置（緯度・経度）、使用した網数（反）、漁獲量（kg）を記入したものである。この操業日誌のデータを用いて標準化CPUEを算出した。

得られたデータからArcGISを用いて、漁具の中央部の水深の推定を行った。日誌に記録された緯度・経度情報から、網の両端の位置をArcMap上にプロットし、両点を結ぶ直線を描画し、これを漁具の設置位置とした。次に、この直線の間中点を算出するツールを用いて、漁具の間中点を割り出し、別途作成した海底等深線のポリゴンから深度データを読み取り、漁具中間点における水深とした（1m単位）。こうして得られた水深を7つの階級（～100m、～150m、～200m、～250m、～300m、～350m、～400m以浅）に分類したものを漁具の中央部の水深（Depth）とした。操業エリアは沖底漁区を基準とし、海域を11の操業エリアに分割した。日誌に記録された操業位置のうち投網開始位置を基準にして、各操業データに操業エリアの情報を紐付けした。

CPUEの標準化には正規分布を仮定した一般化線形モデルを利用し、応答変数に対数変換した船別日別のCPUEを、説明変数に年、月、漁具の中央部の水深、漁具の浸漬日数、根拠港、操業エリアを用いた。CPUEは操業エリア、月、水深ごとに年変動パターンに違いがみられたので、これらの説明変数はそれぞれの年との交互作用項としてモデル化した。操業データの中には漁獲が0であったデータも含まれたため、応答変数はCPUEに定数項を加え対数変換したものとした。この定数項には、平均CPUEの10%の値を与えた（cons-

tant)。

$\log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim \text{Year} * \text{Month} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Year} * \text{Depth} + \text{Duration} + \text{Port} + \text{Intercept}$

ここで、CPUEは日別船別の漁獲量(kg)を努力量(網長)で割った値、Year操業日誌の記録が行われた2010年～2020年、Monthは10月～翌年2月とし(Areaは前述の方法で設定した操業エリア、Depthは前述の方法で推定した漁具の中央における水深(m)、Durationは漁具の浸漬日数(1日～3日)、Portは根拠港(例えば、南かやべ漁協白尻港所属船であれば白尻)である。すべての説明変数はカテゴリカル変数として用いた。

(c) 沖底漁業の資源量指数

沖底年報の襟裳以西海域のうち、スケトウダラの産卵場周辺海域(沖底年報の海区コードの小海区24～27:図1)を緯度および経度10'メッシュで分割した漁区において、10月～1月の漁区別漁獲量を漁区別曳網回数(全曳網数)で除すことにより、漁区別CPUE(1曳網あたりの漁獲量(kg))を算出した。この漁区別CPUEを合算したものを沖底漁業の資源量指数とした。なお、沖底漁業の主漁期は9月～2月であるが、9月においては産卵場周辺海域(24～27海区)での漁獲量が少ないこと、また、2月では努力量の年変動が大きく資源量指数を算出するのに適していないことから、この2ヶ月は集計対象には含めなかった。また、資源量指数では、曳網回数が10回以下の漁区は集計対象から除外した。

(イ) 漁獲物の生物測定調査

10～3月の漁期中にスケトウダラ漁獲物の生物測定を行い、性別、年齢および体長(尾叉長)組成、成熟度等の情報を得た。標本の採集場所は、鹿部(刺し網:10～1月、各月1回)、登別(刺し網:10～2月、各

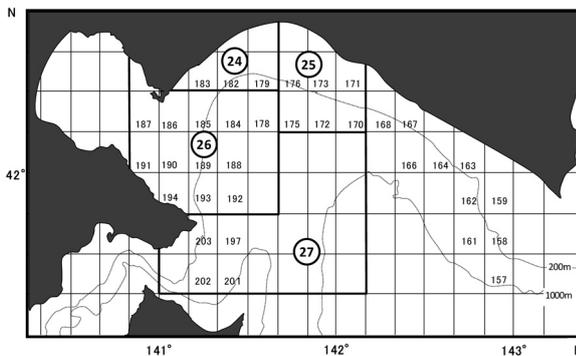


図1 沖底漁業における資源量指数の集計対象海区

月1回)、室蘭(沖底:12～1月、各月1回)であった。

イ 調査船調査(産卵来遊群分布調査)

函館水産試験場調査船金星丸(151トン)を使用して、道南太平洋海域の水深50～500mにおけるスケトウダラ産卵来遊群の分布調査を行った(図2)。

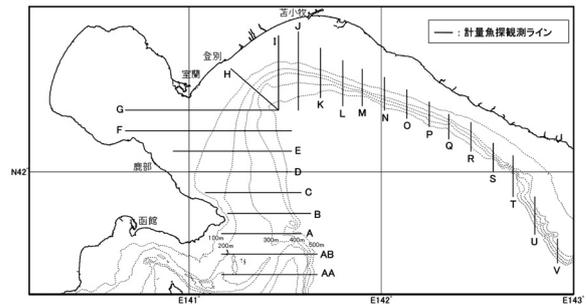


図2 産卵来遊群分布調査海域

調査はスケトウダラ刺し網漁業漁期前の8月下旬(1次調査)、漁期中(産卵期直前)の11月下旬(2次調査)および産卵期の1月中旬(3次調査)の3回実施した。調査の概要は以下のとおりである。

(ア) 調査期間

- 1次調査:2020年9月4～9日
- 2次調査:2020年11月11～16日
- 3次調査:2021年1月15～21日

(イ) 調査内容

等深線に対して垂直に主に5マイル間隔で設定した調査線上を航走し、金星丸に搭載した計量魚群探知機EK-60(シムラッド社製)により音響データを収録した(設定値は表1)。音響データ収録中の船速は10ktを基本とし、海況により適宜減速した。音響データを収録した範囲は、1次調査はAA～V調査線、2次調査はA～T調査線、3次調査はC～L調査線とした。収録した音響データの解析は、計量魚探データ解析用ソフトウェアEchoview(Myriax社製)を用いて行った。

表1 計量魚探(EK-60)の設定値

周波数	38 kHz
送信出力	2.0 kW
パルス幅	1.0 msec
EDSU	0.1 nmi
積分深度	10～500 m
Threshold	-70 dB

また、魚種確認およびスケトウダラ生物情報取得のためのトロール調査を実施した。

調査海域内のスケトウダラ反応量は、平均NASC値 (m^2/nmi^2) に調査面積を乗じて算出した累積NASC i 値で示した。平均NASC値は、次式に従って算出した。

$$\text{平均 NASC 値} = \sum_i \left(\text{NASC}_i \times \frac{L_i}{\sum_i L_i} \right)$$

ここで、NASC i 、 L_i は調査線 i の平均NASC値 (m^2/nmi^2) および調査線長を示す。

ウ 資源解析

(ア) 年齢別漁獲尾数の推定

漁期中に地区別、漁業種類別に漁獲物の生物測定を行い、月別、地区別、漁業種類別の平均体重および年齢組成を算出した。次に、月別、地区別、漁業種類別の漁獲量を、それぞれ対応する平均体重で除して得た漁獲尾数に年齢組成比を乗じて年齢別漁獲尾数を算出した。

(イ) 資源水準の推定

刺し網漁業の資源量指数、沖底漁業の資源量指数、産卵来遊群分布調査時に実施した計量魚探による反応量（1次及び2次調査）のデータを解析して現在の資源水準を推定した。

エ 漁況予報

産卵来遊群分布調査（1次調査）および資源解析結果に基づいて行った漁況予報については、胆振渡島すけとうたら刺網漁業協議会、室蘭漁業協同組合沖底船に対して報告した。また、産卵来遊群分布調査（1～3次調査）終了後に、調査結果を取りまとめて、漁況予測資料としてFAX、函館水試ホームページ

(<http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/hakodate/>) で公表した。

(3) 得られた結果

ア 漁獲物調査

(ア) 漁獲統計調査

a 漁獲量

1997年よりTAC対象種に指定されたことから、それ以降の漁獲量は管理されている。刺し網漁業においては、2007、2009、2010、2011、2012および2013年度に行政指導による操業規制が行われた。2007、2009および2010年度はTAC満量に伴う操業期間の切り上げ、

2011～2013年度は、操業開始日の先送りを行った。

このような状況の中で、当海域の漁獲量は、1960年代後半～1997年度の間、4万～11万トン前後で推移してきた。1999年度には高豊度年級群になった1994および1995年級群が漁獲の主体となり、漁獲量は過去最高の15万トンを記録したが、その後、漁獲量は急減し、2002年度には1985年度以降で最低の3.6万トンとなった。その後、高豊度の年級群が2000、2005、2007年に発生したため、2003年度以降の漁獲量は増加に転じ、2004～2013年度はほぼ7万トン以上で推移した。しかし、2010年度以降は豊度の低い年級群の発生が続いたことから、2014年度以降の漁獲量は減少し、2018年度には1985年度以降で最低の3.5万トンになったが、2019年度は4.0万トン、2020年度は4.3万トンと2年連続して前年度の漁獲量を上回った（表2、図3）。

表2 道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁業種別漁獲量（単位：トン）

年度	沿岸漁業				沖底	合計
	刺し網	定置網	その他	小計		
1985	89,928	9,991	249	100,168	12,540	112,708
1986	82,644	1,972	250	84,866	14,108	98,973
1987	92,222	4,950	222	97,394	13,164	110,559
1988	65,242	12,093	260	77,595	7,514	85,108
1989	66,388	15,039	408	81,835	9,403	91,238
1990	36,276	12,351	393	49,021	10,048	59,069
1991	47,042	5,989	440	53,471	13,259	66,729
1992	66,473	15,009	374	81,857	16,734	98,590
1993	54,338	7,268	781	62,386	13,349	75,735
1994	32,409	13,711	496	46,616	21,931	68,546
1995	45,644	9,069	334	55,046	24,222	79,268
1996	30,940	15,565	245	46,749	12,969	59,718
1997	28,771	22,807	415	51,992	13,079	65,071
1998	52,388	28,675	206	81,270	16,508	97,778
1999	84,911	39,255	254	124,420	28,320	152,740
2000	73,289	17,525	183	90,998	21,607	112,605
2001	46,015	7,552	354	53,920	19,843	73,762
2002	19,685	922	169	20,776	15,237	36,013
2003	28,665	16,037	265	44,966	19,726	64,692
2004	45,779	24,043	284	70,107	19,935	90,042
2005	49,539	10,960	219	60,718	19,838	80,556
2006	45,933	3,177	285	49,395	19,743	69,139
2007	47,873	6,136	535	54,544	26,699	81,243
2008	46,613	4,928	411	51,952	21,652	73,604
2009	55,673	9,962	410	66,044	18,968	85,012
2010	55,362	21,241	616	77,219	19,027	96,246
2011	40,769	18,750	449	59,969	19,769	79,738
2012	45,325	4,581	131	50,038	20,086	70,123
2013	47,335	4,997	148	52,480	20,229	72,709
2014	41,778	759	105	42,642	21,529	64,171
2015	32,338	1,416	118	33,872	16,009	49,880
2016	24,776	924	117	25,818	14,702	40,520
2017	26,551	4,900	61	31,512	9,211	40,723
2018	23,552	1,084	86	24,723	10,541	35,264
2019	26,809	376	32	27,218	12,358	39,576
2020	21,302	7,384	46	28,732	13,795	42,527

年度計（4～3月）、2020年度は暫定値

集計範囲：函館市恵山地区（旧恵山町）からえりも町

漁法別にみると、当海域の主要漁業である刺し網漁業の漁獲量は海域全体と同様の増減傾向となっていたが、2020年度は海域全体では4.3万トンと2019年度(4.0万トン)よりもやや増加したのに対し、刺し網漁業では2019年度の2.7万トンから2020年度は2.1万トンとやや減少し、増減傾向が異なった。定置網漁業では、2004および2010年度は2万トンを上回ったのに対し、2002、2014および2016年度は1千トンを下回るなど、漁獲量の年変動が大きい。2020年度は7,384トンとなり、2019年度(376トン)を大きく上回った。なお、定置網漁業の漁獲量は、渡島管内の噴火湾内で多い傾向がみられる。沖底漁業では、1980年代半ばまでは1万トン未満の漁獲量で推移していたが、その後は徐々に増加し、1999年度には2.8万トンを記録した。それ以降も2014年度までは2万トン前後で推移していたが、2015年度から3年連続して減少し、2017年度には0.9万トンとなった。2018年度以降は再び増加し、2020年度には1.4万トンとなった(表2)。

沿岸漁業の漁獲量を振興局別にみると、渡島管内の漁獲量は変動が大きく、1970～1974年度および1984～1989年度では4万トンを上回ったのに対し、1976～1983年度では2万トン前後にとどまった。1990年度以降は、1992、1998～2000、2004、2010年度に5万トンを上回り、とくに1999年度には1970年度以降で最大の11万トンとなった。それ以外の年度についても2002年度を除き2万トン以上を維持していたが、2014年度に2万トン、2015、2016、2018年度には1万トンを下回った。ただし、2019年度には1.3万トン、2020年度には1.6万トンと2年連続で前年度をやや上回った。胆振管内の漁獲量は渡島管内と比較すると変動は小さく、1990年代半ばを除き、おおよそ1万～3万トンで推移していた。とくに、2005～2014年度までは2.1万～2.5万トンで推移したが、2015年度以降、減少傾向となっており、2020年度の漁獲量も前年度と同程度の0.9万トンであった。日高管内の漁獲量は、渡島、胆振管内より少なく、1970年度以降、1976～1981年度を除き、

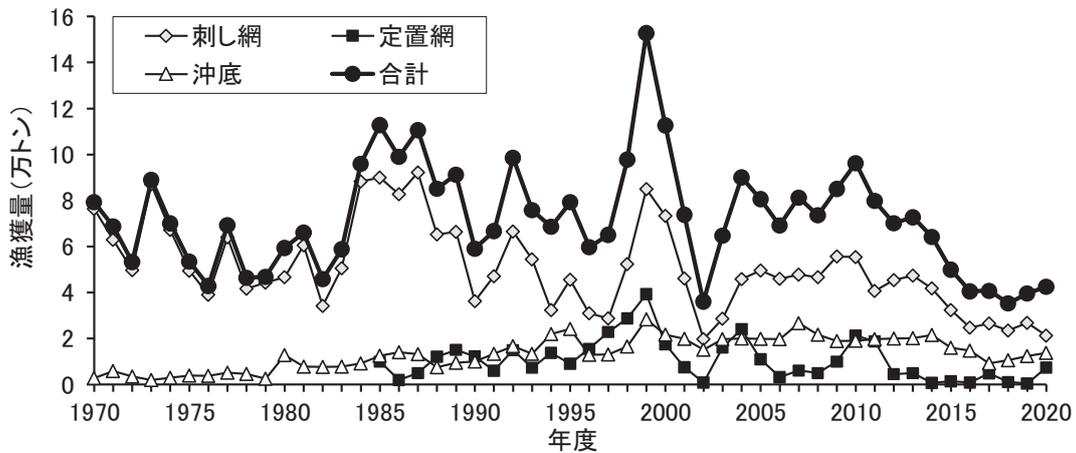


図3 道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁業種別漁獲量の推移

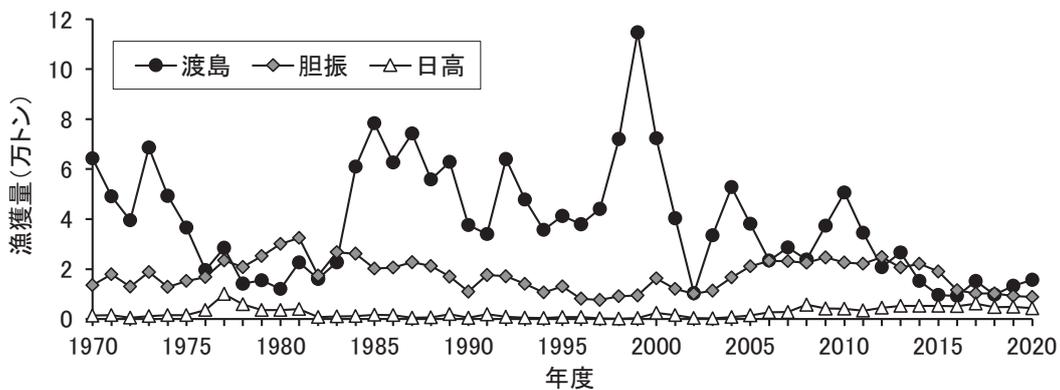


図4 道南太平洋海域におけるスケトウダラ振興局別漁獲量の推移

3千トン未満で推移していたが、2008年度以降、おおよそ3千～6千トンでそれ以前と比べ高い水準で推移している。2020年度は4.3千トンで前年度（4.8千トン）とよりもやや減少した。

b 漁業情報

(a) 刺し網漁業の資源量指数（漁獲成績報告書）

漁獲に占める割合が最も高い刺し網漁業の資源量指数は、2003年度には800台であったが、その後、増加傾向を示し、2006、2007年度には1,600台になった。2008年度にはやや下がったものの、2009年度には2005年級群の加入により2,000台、2010年度には2,900台まで増加した。その後は増減を繰り返しながらも徐々に減少し、2016年度には1,400台となったが、2016年以降は、2019年度に1,500台となった以外は1,400前後で推移している。2020年度は1,388であった（図5）。

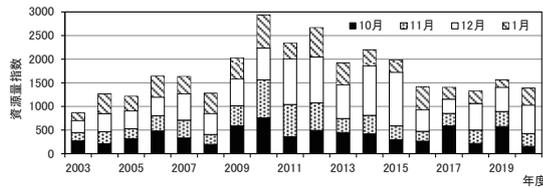


図5 刺し網漁業の資源量指数の推移

(b) 刺し網漁業の標準化CPUE（操業日誌）

代表船に依頼した操業日誌に基づく標準化CPUEは、2010および2011年度は60を上回ったが、その後減少し、2016年度には15.6となった。しかし、2017年度以降は増加傾向に転じ、2019年度には34.9、2020年度は46.0となった（図6）。

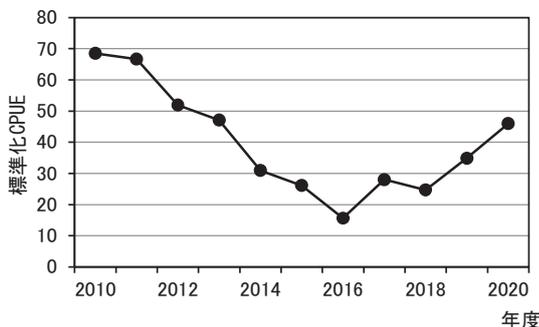


図6 刺し網漁業操業日誌に基づく標準化CPUEの推移

(c) 沖底漁業の資源量指数

沖底漁業における資源量指数は、1990～1998年度までは1995年度の4万台を除き、1万～3万程度で推移していたが、1999年度には5.9万、2000年度には7.0万

まで急増した。2002～2010年度は約2.6～5.0万で増減していたが、2011、2012年度と2年連続で前年度を大きく上回り、2012年度は7.2万となった。その後、2013～2015年度までは、5万～6万台で推移してしたが、2016、2017年度と急減し、2017年度は3.2万となった。2018年度以降は再び増加傾向となり、2020年度は1990年度以降で最大の8.9万となった（図7）。

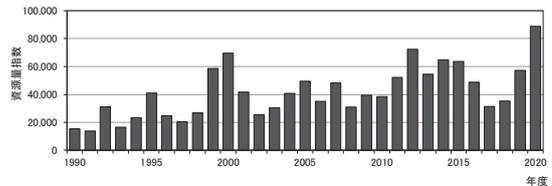


図7 沖底漁業の資源量指数の推移

(イ) 漁獲物の生物測定調査

2018～2020年度のスケトウダラ漁獲物の尾叉長および年齢組成を図8に示した。2020年度の漁獲物の尾叉長は29～64cmの範囲にあり、41cmにモードがみられた。年齢は4歳（2016年級群）が全漁獲尾数の6割を占め、5歳（2015年級群）、6歳（2014年級群）がこれに続き、4～6歳で全漁獲物の87%を占めた。

イ 調査船調査（産卵来遊群分布調査）

計量魚探調査によるスケトウダラ産卵群の反応量（NASC累積値）の経年変化を図9に示した。1次調査（8月下旬）の反応量（m²/nmi²）は、2001～2008年度では5.6万～19.5万の範囲で推移していたが、2009年度に28.1万まで急増した。その後、2013年度に10.0万まで減少したものの、2015年度まではおおむね20～30万で変動していた。2016年度以降10から15万程度で推移しており、2020年度8.4万であった。2次調査（11月中旬）の反応量は、2001および2002年度には41.0万程度であったが、その後、連続して増加し、2007年度には280.1万になった。2008年度には122万まで減少したが、2009年度には調査を開始した2001年度以降で最高420.3万まで急増した。その後は、減少傾向となっており、2019年度は46.7万となった。しかし、2020年度は99.8万まで増加した。

両調査で得られた反応量を、それぞれの平均値で標準化した値の合計値は、刺し網資源量指数とほぼ同様の推移をしていた（図10）。2001～2008年度は0.67～2.82の範囲で推移していたが、2009年度には4.47まで急増した。それ以降は減少傾向となり、2018年度は0.88となったが、2019および2020年度は1.2前後となった。

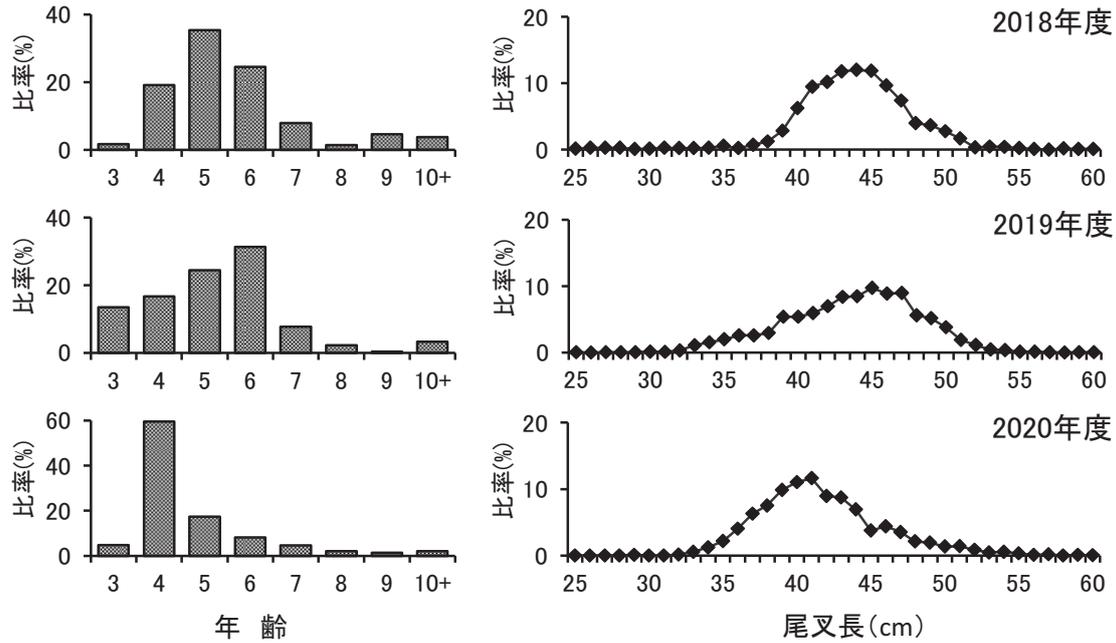


図8 道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁獲量の年齢および尾叉長組成

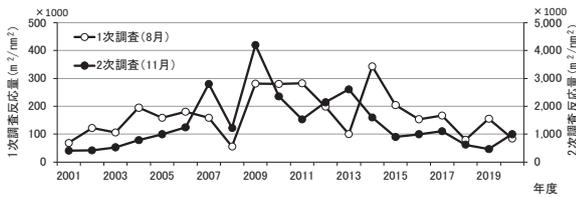


図9 スケトウダラ調査時期別の魚探反応量 (NASC累積値)

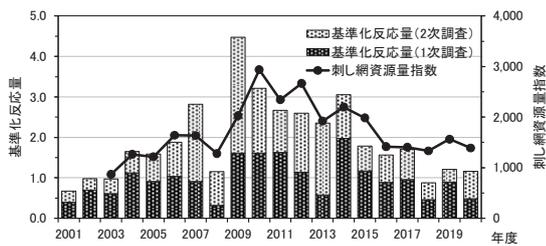


図10 調査時期別の基準化反応量および刺し網資源量指数の推移

ウ 資源解析

(ア) 年齢別漁獲尾数の推移

1980年代中頃以降、4～6歳を中心に1億尾～2億尾で推移していたが、1998年度には2.5億尾、1999年度には3.0億尾と増加した。その後、2004年度には1.8億尾、2009および2010年度にはそれぞれ1.7億尾、1.8億尾まで増加した。2011年度以降も2014年度まで1億

尾以上の漁獲尾数があったが、2015年度以降、漁獲尾数は減少し、2019年度には0.6億尾となった。ただし、2020年度0.9億尾まで増加した(図11)。

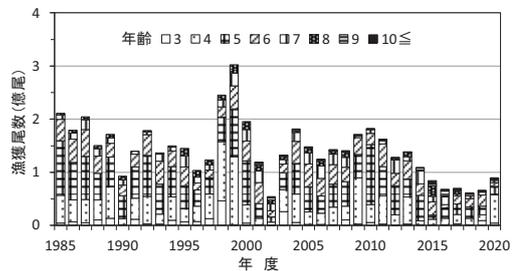


図11 道南太平洋海域におけるスケトウダラの年齢別漁獲尾数の推移

(イ) 現在の資源水準および今後の資源動向

資源水準の判断に関しては、道南太平洋海域の漁獲量の6割以上を占め、産卵群の分布の中心域で漁業を行っている刺し網漁業の資源量指数(漁績)を用いた。資源水準を評価した期間については、刺し網漁業の資源量指数を算出する基となった漁獲成績報告書データの収集が2003年度から開始されたため、2003～2019年度の17年間とした。この間の平均値を100とし、100±40の範囲を中水準、その上下をそれぞれ高水準、低水準として資源水準の判断を行った。その結果、2020年度の水準指数は79であったことから(図12)、2020年度の資源水準は中水準と判断した。

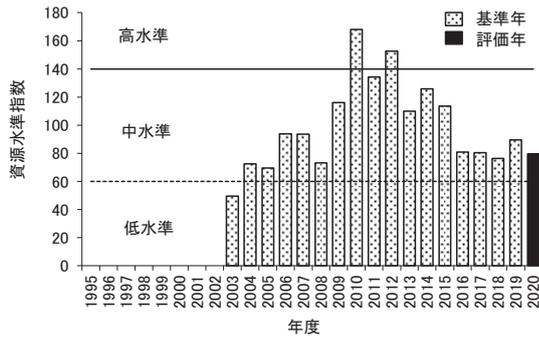


図 12 道南太平洋海域におけるスケトウダラの資源水準 (資料は刺し網資源量指数)

エ 漁況予報

産卵来遊群分布調査1次調査の結果に基づき、胆振渡島すけとうたら刺網漁業協議会、室蘭漁業協同合沖底船に対して、漁期前半の漁況予測に関して報告を行うと共に、道南太平洋海域スケトウダラニュース令和2年度第1号を作成し、FAXおよび函館水産試験場ホームページ (www.hro.or.jp/list/fisheries/research/hakodate/index.html) において公表した。また、2次調査、3次調査の結果についても、道南太平洋海域スケトウダラニュース第2号および第3号として、第1号と同様、FAXおよび函館水産試験場ホームページで公表した。

3. 3 ホッケ

担当者 調査研究部 下田和孝

(1) 目的

道南海域(渡島・檜山管内)におけるホッケ資源の数量変動を明らかにし、資源管理のための基礎資料を得るとともに資源評価の精度を高めることを目的とする。

(2) 経過の概要

ア 漁獲量

漁獲統計データは1985～2019年の漁業生産高報告と2020年の水試集計速報値を用いた。漁期年を1月～12月とし、道南日本海と道南太平洋の2海域に分けて漁獲量を集計した。集計範囲は、檜山管内の全地区と渡島管内の松前地区～函館市石崎地区を道南日本海とし、渡島管内の函館市小安地区～長万部地区を道南太平洋とした。ただし、日本海側に面している八雲町熊石地区(旧熊石町)は道南日本海に含めた。

イ 努力量およびCPUE

ホッケの主要な産卵海域の一つである道南日本海側に位置する漁業協同組合(ひやま漁協上ノ国支所、松前さくら漁協)からホッケの水揚げデータの提供を受け、底建網によるホッケの漁獲量と漁家数を集計した。水揚げ日は天候や漁況によって左右されるため、水揚げ日数や積算隻数を漁獲努力量の指標とし難いことから、漁家数を漁獲努力量の指標とした。この漁家数で産卵期(10～12月)における総漁獲量を除して求めた値をCPUE(トン/漁家1軒)とした。

ウ 年齢別漁獲尾数

道南海域におけるホッケの主産地を対象に、市場での規格毎に漁獲物の生物測定を行った。2020年の生物測定は、松前さくら漁協(刺し網)、ひやま漁協奥尻支所(底建網)、えさん漁協(刺し網)、砂原漁協(底建網)および南かやべ漁協木直支所(定置網)を調査対象とした。測定項目は体長、体重、性別、成熟度、生殖腺重量、肝臓重量および年齢とした。規格毎の年齢組成を各漁協・漁法の規格別漁獲量で引き伸ばして漁協・漁法別の年齢組成とした。この年齢組成を海域全体の漁獲量で漁法毎に引き伸ばし、これらを合算して道南海域全体の年齢別漁獲尾数を求めた。なお、年齢査定は2007年から実施したため、2006年以前については海域・漁法別のAge-Length Keyにより体長組成

を年齢組成に変換した。

エ 資源尾数および重量

資源尾数はPopeの近似式を用いたコホート解析(VPA)で算出した。4歳以下の資源尾数の算出には下式(1)を、最近年および最高齢(5歳以上のプラスグループ)の資源尾数については式(2)を、漁獲死亡係数の算出には式(3)を用いた。また、5歳以上のプラスグループの資源尾数が比較的多いことを考慮して、5歳の資源尾数を式(4)により求め、4歳資源尾数の算出に用いた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}e^{M/2} \dots (1)$$

$$N_{a,y} = C_{a,y}e^{M/2} / (1 - e^{-F_{a,y}}) \dots (2)$$

$$F_{a,y} = -\ln(1 - C_{a,y}e^{M/2} / N_{a,y}) \dots (3)$$

$$N_{5,y} = (1 - e^{-(F_{5^+,y} + M)})C_{5^+,y}e^{M/2} / (1 - e^{-F_{5^+,y}}) \dots (4)$$

ここで、 $N_{a,y}$ はy年度のa歳の資源尾数、 C は漁獲尾数、 M は自然死亡係数、 F は漁獲死亡係数を表す。最高齢(5歳+)の F は4歳の F と同じ値とした。また、最近年の最高齢の F はMS-EXCELのソルバー機能を用いて4歳の F と一致する値を求めた。2020年の2～4歳の F は2017～2019年の平均値とし、1歳の F は漁獲状況の類似する2018年の値を適用した。年齢毎の資源尾数に各年齢の平均体重を乗じて資源重量とした。なお、本資源では漁期年を1～12月としたことから、資源尾数と資源重量は1月1日時点の値である。

オ 新規加入尾数、親魚尾数

道南海域に生息するホッケは10～12月に産卵し、12～2月にふ化することから便宜的に1月1日をふ化日とし、n年の1月1日をふ化日とする年級をn年級と定義した。また、n+1年(1歳時点)の資源尾数をn年級の新規加入尾数とした。n年級の親魚尾数はn-1年の10～12月時点の成熟個体数であることから、便宜的にn年の2歳以上の初期資源尾数(1月1日時点の資源尾数)をn年級の親魚尾数とみなした。ただし、2歳以上ではほぼすべての個体が成熟するのにに対し1歳では成熟しない個体もいることから、道北海域

での事例を参考に1歳の成熟率を80%と仮定し、1歳の成熟個体数はn年の2歳資源尾数に成熟率(0.8)を乗じた尾数とした。

カ 仔稚魚分布調査

調査船金星丸で実施している4月の道西日本海定期海洋観測の際に、丸稚ネット(口径1.3m、長さ4.2m)を用いて夜間にホッケの仔稚魚を採捕した。採捕地点は、定期海洋観測定点のうち夜間に観測を実施した定点とした。曳網時間と船速はそれぞれ10分間2ノットとした。採捕した仔稚魚類を90%エタノールで固定して持ち帰り、稚内水産試験場で魚種の査定とホッケ仔稚魚の計数を行った。

(3) 得られた結果

ア 漁獲量

道南海域におけるホッケの漁獲量の推移を図1に示した。1980年代後半には2万トン台の漁獲があったが、1990～2003年は14千トン前後で推移した。2004年に7.6千トンと急減し2007年まで5千トン前後で推移した。2008と2009年には約8千トンとなったが、2010年以降は減少が続き、2017年には599トンとなった。2018年は4,205トンに増加したが、2019年は2,108トンに半減し、2020年は5,800トンに再び増加した。

海域別にみると、道南日本海では1985～1989年には14千トン前後の高い漁獲水準で推移していたが、1990年には5千トン台に急落した。1991～2003年はおよそ6千～12千トンの間を2～3年おきに増減を繰り返し、2004年以降は4千トン前後で推移した。2010年以降さらに減少して2014年には891トンだった。2016年には

1,055トンとやや増加したが、2017年は552トンに減少した。2018年は1,001トンに増加し、2019年はさらに増加して1,313トンとなったが、2020年は721トンに減少した。道南太平洋では1985年には1千トン台であったが翌年以降増加し、1990年には8千トンを超えた。その後は2002年まで1千トン台から10千トン台の間で推移した。2003～2007年は減少傾向が続き2千トンを下回ったが、2008～2009年は3千トン台となった。2010年以降は減少が続いて2017年には47トンまで減少した。2018年は3,205トンに大幅に増加したが2019年は795トンに減少したものの、2020年には5,079トンに急増した。

2020年の海域別・漁法別の漁獲量を2019年と対比して表1に示した。道南日本海では、定置網の漁獲量が前年比35.8%に減少し、底建網の漁獲量も前年比61.5%に減少した。また、刺し網の漁獲量も前年比41.6%に減少し、総漁獲量は前年比54.9%となった。道南太

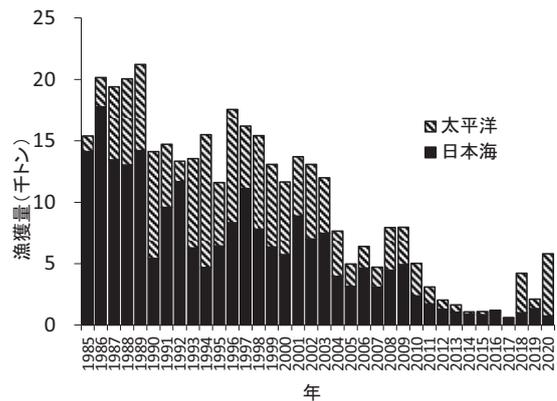


図1 道南海域の海域別ホッケ漁獲量の推移

表1 道南海域におけるホッケの海域別・漁法別漁獲量(単位:トン)

海域	漁法	2020年			2019年			対前年比(%)		
		春季 (1～6月)	秋期 (7～12月)	年計	春季 (1～6月)	秋期 (7～12月)	年計	春季 (1～6月)	秋期 (7～12月)	年計
道南日本海	定置網	111	1	113	314	0	315	35.4	452.8	35.8
	底建網	214	225	439	423	291	714	50.6	77.2	61.5
	刺し網	55	36	91	134	85	219	41.3	42.2	41.6
	まき網	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	その他	50	29	79	40	25	65	124.4	114.3	120.5
	小計	430	291	721	911	402	1,313	47.2	72.4	54.9
道南太平洋	定置網	3,395	665	4,060	477	24	502	711.1	2760.1	809.4
	底建網	560	74	634	20	6	26	2777.1	1302.1	2451.8
	刺し網	173	123	296	146	66	212	118.3	186.4	139.4
	まき網	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	その他	69	19	89	34	22	56	203.4	89.7	159.3
	小計	4,198	881	5,079	678	117	795	619.0	751.0	638.5
	合計	4,628	1,172	5,800	1,589	519	2,108	291.2	225.8	275.1

注) 2020年の漁獲量は水試集計の速報値

平洋では、定置網の漁獲量が前年比809.4%に増加し、底建網も前年比2,451.8%に急増した。また、刺し網の漁獲量は前年比139.4%に増加し、総漁獲量は前年比638.5%となった。

まき網による操業は、道南太平洋では操業隻数が2007年に8隻から6隻へと減少し、2013年には5隻となり2014年以降は操業を見合わせている。また、道南日本海では2017年に約1トンの水揚げがあったことを除き、2009年以降操業を見合わせている。2020年も両海域ともにまき網の操業は行われなかった。

イ 努力量およびCPUE

産卵海域周辺に位置するひやま漁協上ノ国支所および松前漁協での10～12月の底建網による水揚げ量は、2003年までは千トンを超えていたが2004年に258トンに急減し、その後は200トン台から500トン台で推移した(図2-A)。2011年以降はさらに低位で推移するようになり、2020年の漁獲量は129トンであった。同地区の底建網の漁家数は、2004年まで約20軒であったがその後次第に減少し、2019年は10軒となった(図2-B)。2020年は12軒に増加したが、増加した2軒の水揚げ量はいずれも30kg未満と少なかった。底建網によるCPUE(漁獲量/漁家数)は、2003年まで60トン程度であったが、2004年に急減し、その後は20～30トンで推移した(図2-C)。2011年以降さらに低下して10トン前後となり、2020年は11トンであった。

ウ 年齢別漁獲尾数

道南海域におけるホッケの年齢別漁獲尾数を図3に示した。総漁獲尾数は1998年には60百万を超え、2003年までは40百万尾前後で推移していた。2004～2007年には20百万尾前後に減少したが、2008～2009年には30百万尾程度に増加した。その後急速に減少して2011年には10百万尾を下回り、2017年には1.5百万尾となった。2018年は15.9百万尾に増加したが2019年は5.5百万尾に減少し、2020年には28.7百万尾に再び増加した。年齢組成をみると、漁獲尾数の多かった2003年以前や2008年は1歳魚の割合が40～60%以上を占めたが、漁獲量の少ない2011～2017年は2歳以上が主体であった。漁獲尾数が増加した2018年と2020年は1歳魚が90%近くを占めた。

エ 資源尾数および資源重量

VPAによって算出した資源尾数の推移を図4-Aに示した。資源尾数は1996年の143百万尾から徐々に減少して2004～2007年には50百万尾前後となった。2008年は2007年級の加入により86.7百万尾に増加したが、

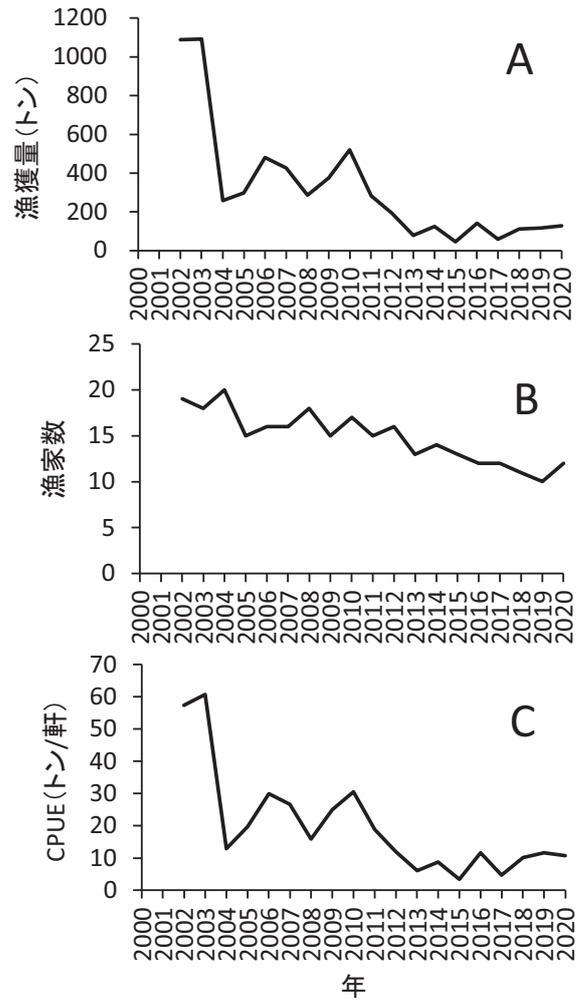


図2 ひやま漁協上ノ国支所および松前さくら漁協における10～12月の底建網によるホッケの総漁獲量(A)、総漁家数(B)および漁家1軒当たりの漁獲量(C)の推移

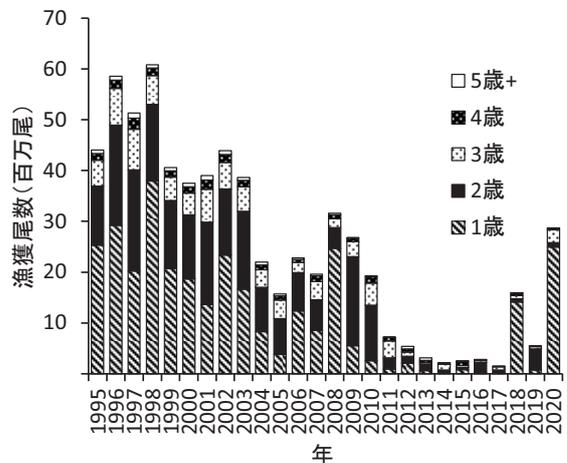


図3 道南海域におけるホッケの年齢別漁獲尾数の推移

2011年以降は加入の少ない年級が続き資源尾数は20百万尾以下に減少した。2018年は2017年級の加入により37.0百万尾に増加し、2020年も2019年級の加入により67.3百万尾に増加した。

資源重量の推移を図4-Bに示した。資源重量は1996年に45.5千トンであったが次第に減少し、2004～2007年は17千トン前後で推移した。2008年と2009年は2007年級と2008年級の加入により25千トン近くまで増加したもののその後は減少傾向が続き、2017年には2.6千トンとなった。2018年は8.3千トンに増加し、2020年はさらに増加して17.6千トンとなった。

オ 産卵親魚量、加入尾数および再生産成功率 (RPS)

親魚重量、加入尾数およびRPS (加入尾数/親魚重量)の推移を図5に示した。2003年級以前の親魚重量は15千トンを超えていたが、2004年級以降減少し2008年級では6.9千トンとなった(図5-A)。2009年級と2010年級は12千トン以上に増加したものの、その後再び減少し、2015～2018年級は2千トン前後で推移したが、2019年級と2020年級では4.5千トンを超えた。

加入尾数は1995年級および1997年級では80百万尾を超え、2002年級までは50百万尾前後で推移した(図5-A)。2003～2006年級では30百万尾弱に減少したが2007年級は70百万尾に増加した。2009年級を境に加入量は減少し2016年まで10百万尾以下で推移した。2017年級は32.8百万尾に増加し、2019年級では58.0百万尾にさらに増加した。

2006年級以前のRPSは2.0～4.0の範囲で推移した(図5-B)。2007年級は8.2に上昇したが、2009年級以降は0.4～2.0の低い値で推移した。2017年級は17.3とこれまでの最高値となったが、2018年級では1.9に低下し、2019年級では12.1に上昇した。

カ 現在の資源水準と動向

年齢別漁獲率 (年齢別漁獲尾数/年齢別資源尾数) および年齢別漁獲係数の推移を図6に示した。1歳魚の漁獲率は、2005年(0.15)を除くと2008年までは0.27～0.41で推移したが、2009年から2017年は0.05～0.24に低下した(図6-A)。これには、若齢魚を中心に漁獲していたまき網が操業を休止したことや、1歳魚の漁獲量が多い底建網の漁家数が減少したこと(図2-B)が関係していると推測される。2018年の1歳魚の漁獲率は0.44に上昇したが、2018年は春期の太平洋の定置網や底建網での漁獲量が多く(表2)、加入直後の2017年級がこれらに大量入網したことで漁獲率が上昇したと考えられる。2歳魚の漁獲率は2010年まで

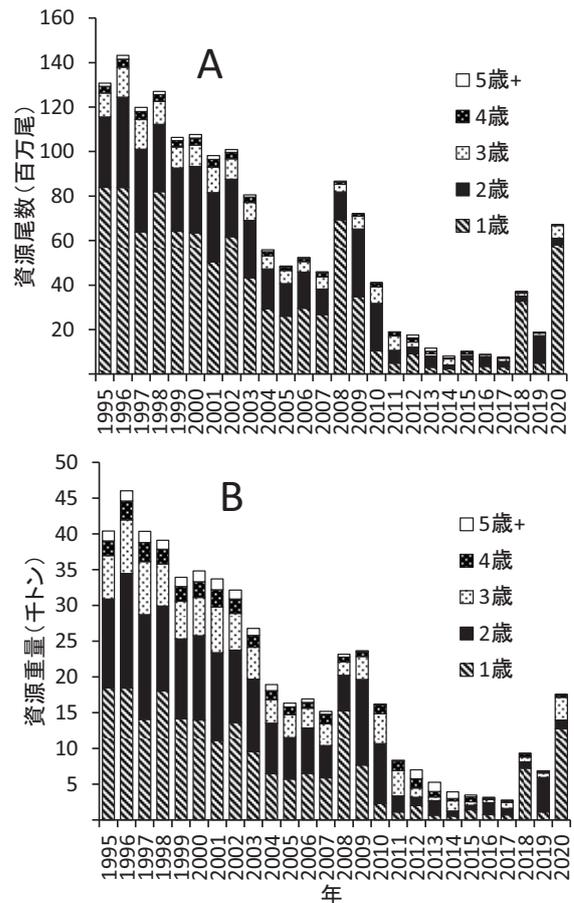


図4 道南海域におけるホッケの資源尾数(A)と資源重量(B)の推移

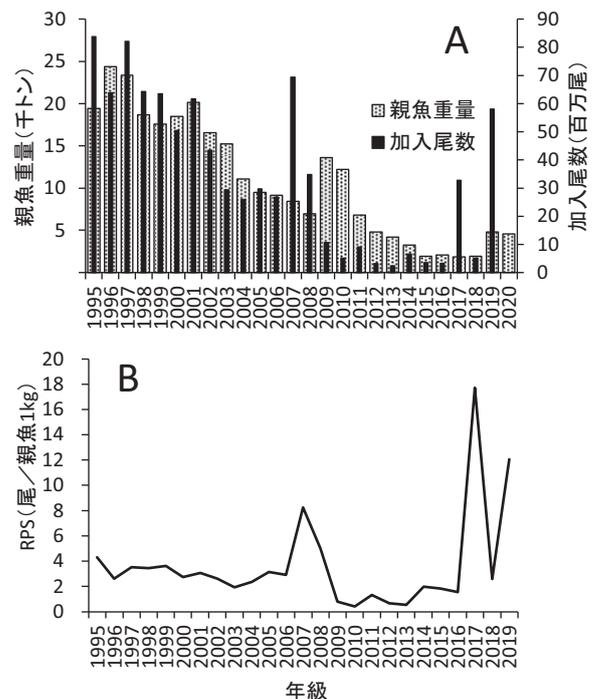


図5 加入尾数と親魚重量(A)およびRPS(B)の推移

は0.5前後で推移し、その後は0.4前後にやや低下した。3歳魚の漁獲率は1995年以降概ね0.5前後で推移している。4歳魚（同5歳+）の漁獲率は3歳以下と比べて年変動が大きく、2008～2009年や2015年は0.7を超えた一方、2011～2014年は0.4以下であった。

漁獲係数は漁獲率と同様の動向を示した（図6-B）。1歳魚は2017年までは低下傾向にあったが、2018年に上昇した。2歳魚の漁獲係数は2010年までは0.8前後で推移し、その後は0.5前後にやや低下した。3歳魚の漁獲係数は1995年以降概ね0.9前後で推移している。2008年以降の4歳魚（同5歳+）の漁獲係数は3歳以下と比べて年変動が大きかった。

2020年度の資源水準を資源重量により判定した（図7）。1995～2014年の資源重量の平均を100として標準化し、水準指数が100±40の範囲を中水準、その上下をそれぞれ高水準および低水準とした。2020年の資源水準指数は73であり中水準と判定された。

キ 仔稚魚分布調査

道南日本海におけるホッケ仔稚魚の採捕数を図8に示した。2019年の調査では17定点のうち14定点で仔稚魚が採捕され、採捕地点数と採捕個体数はこれまでで最も多かった。2019年の採捕個体数は特に岩内沖と積丹半島沖の定点で多く、最も多い岩内西方沖合の定

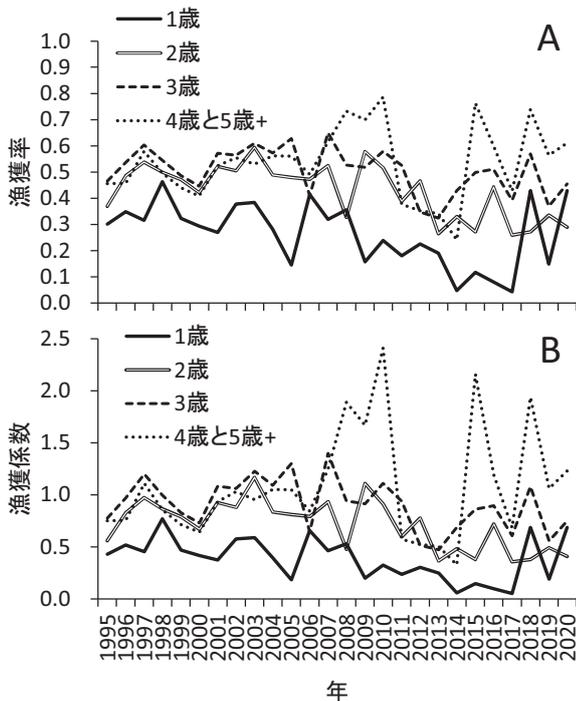


図6 年齢別の漁獲率(A)と漁獲係数(B)の推移

点では2,818個体が採捕された。2020年は15定点のうち9定点でホッケ仔稚魚が採捕されたが、前年と比べると各定点での採捕数は少なかった。

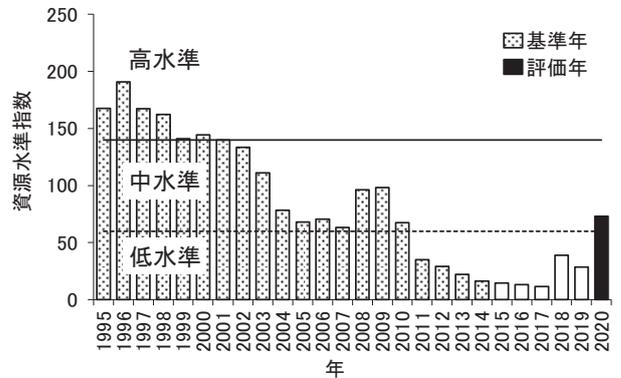


図7 道南海域におけるホッケの資源水準
(資源量指標：資源重量)

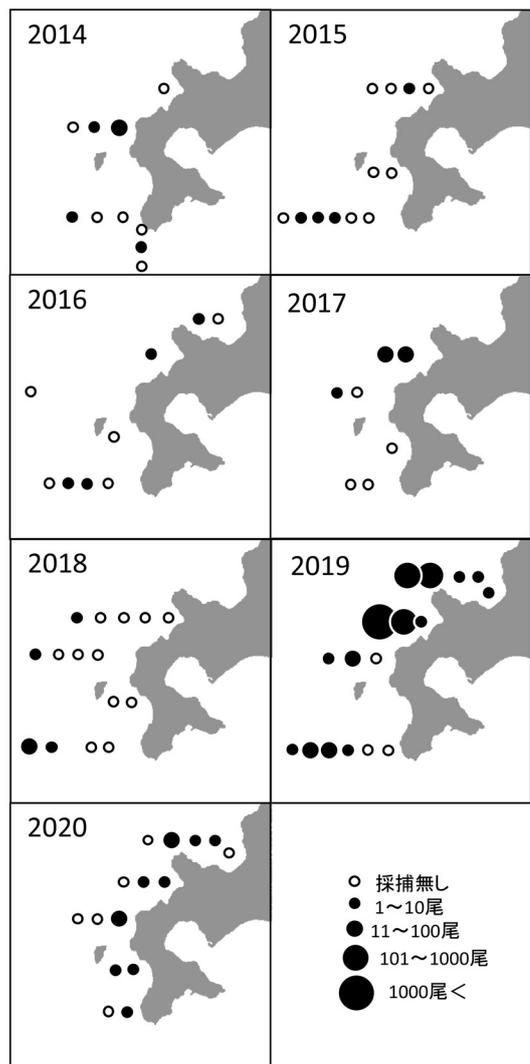


図8 丸稚ネットによるホッケ仔稚魚の採捕数

3. 4 イワシ・サバ類

担当者 調査研究部 渡野邊雅道・下田和孝

(1) 目的

道南太平洋海域に來遊するイワシ類（マイワシ・カタクチイワシ）とサバ類（マサバ・ゴマサバ）について、漁獲データおよび生物データを収集し、資源評価や資源変動機構の解明に役立てる。

(2) 経過の概要

ア 漁獲統計調査

北海道水産現勢、指導所集計速報値を用いて、渡島総合振興局、胆振総合振興局、日高振興局管内におけるイワシ類とサバ類の魚種別、地域別の漁獲量を集計した。

イ 生物測定調査

6～12月に定置網等で漁獲されたイワシ類およびサバ類の標本を採取し、生物測定を実施した。なお、第一背鰭の1～9棘までの基部長と尾叉長との比率からマサバとゴマサバを判別した。

(3) 得られた結果

ア マイワシ

(ア) 漁況の経過

マイワシ漁獲量のほぼ全量が渡島管内で漁獲され（表1）、渡島管内の中でも森沖から木直沖までの渡島半島東岸で漁獲が多い。

2020年の渡島管内の累計漁獲量は8,534トンで、2019年（2,176トン）の約4倍に増加した（表1）。一方、胆振管内と日高管内の漁獲量は5トン未満で、ほとんど漁獲されなかった。

漁業種別では、ほぼ全量（99.9%）が定置網・底建網で漁獲された。

(イ) 生物測定結果

津軽海峡内の上磯沖（6/29、9/29）、渡島半島東岸の木直沖（6/16、12/18）と森沖（9/16）の定置網に入網したマイワシの測定を行った（図1）。

体長組成は、12～22cmの範囲にあり、時期や海域により変化した。ほぼ同時期に漁獲されても、海域によって体長組成は異なっていた（例えば、6月の木直沖と上磯沖、9月の森沖と上磯沖）。

表1 道南太平洋におけるマイワシの漁獲量

(単位:t)				
年/管内	渡島	胆振	日高	道南計
2001年計	3,338	12	0	3,349
2002年計	851	10	0	861
2003年計	351	3	1	355
2004年計	281	7	0	288
2005年計	75	13	0	88
2006年計	466	6	0	472
2007年計	280	2	0	281
2008年計	83	3	0	86
2009年計	255	1	0	256
2010年計	515	1	0	516
2011年計	3,800	2	1	3,803
2012年計	559	1	2	562
2013年計	4,359	3	3	4,366
2014年計	21,729	2	9	21,740
2015年計	7,978	3	3	7,984
2016年計	2,837	1	1	2,840
2017年計	14,989	0	0	14,989
2018年計	6,053	1	4	6,058
2019年計	2,176	2	1	2,180
2020/01	1	0	-	1
2020/02	-	-	-	0
2020/03	-	-	-	0
2020/04	0	-	-	0
2020/05	881	0	0	881
2020/06	955	0	3	958
2020/07	461	0	1	462
2020/08	324	0	-	324
2020/09	111	-	-	111
2020/10	129	0	0	129
2020/11	2,402	0	-	2,402
2020/12	3,270	0	1	3,272
2020年計	8,534	0	5	8,539

出典:北海道水産現勢及び指導所集計速報値

2019,2020年は暫定値

※「0」は漁獲量50kg未満,「-」は漁獲無し

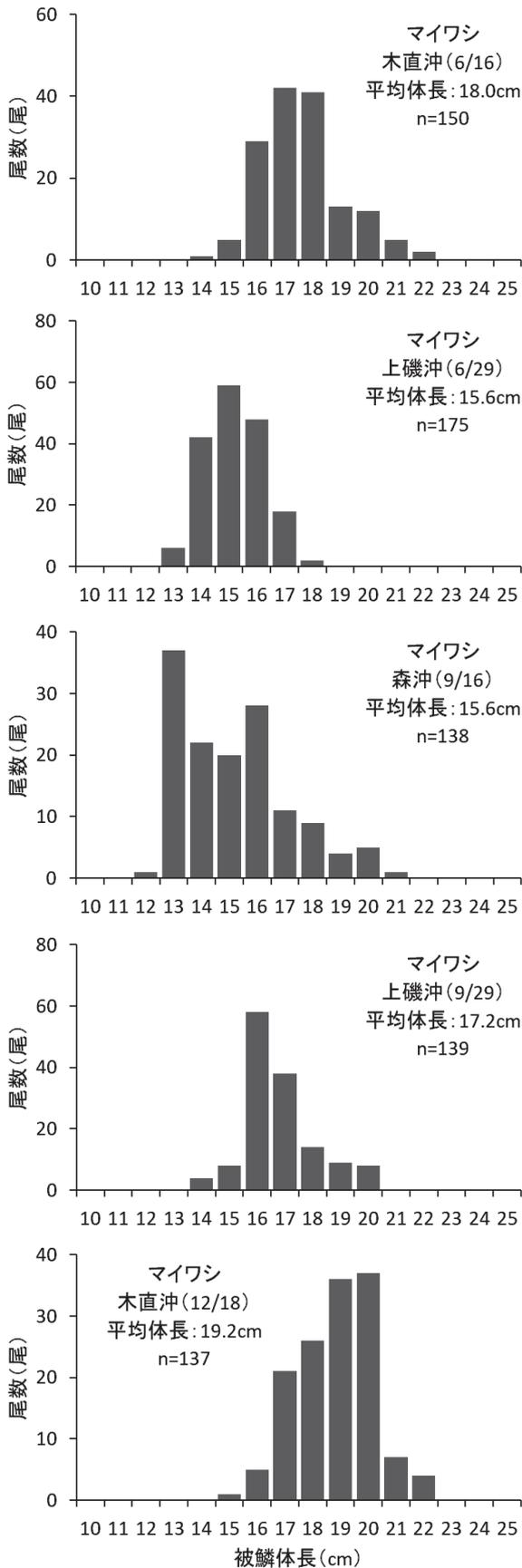


図1 定置網で漁獲されたマイワシの体長組成

イ カタクチイワシ

(ア) 漁況の経過

道南太平洋では、カタクチイワシのほぼ全量が渡島管内で漁獲されている(表2)。

2020年の渡島管内の累計漁獲量は423トンで、2019年(648トン)を下回った。渡島管内では2014年以前は年間3千トン以上を漁獲していたが、2015年以降は1千トン以下の低水準で推移している。

一方、胆振管内、日高管内では漁獲されなかった。

(イ) 生物測定結果

カタクチイワシの測定は実施しなかった。

表2 道南太平洋におけるカタクチイワシの漁獲量

(単位:t)				
年/管内	渡島	胆振	日高	道南計
2001年計	4,088	1	0	4,089
2002年計	15,012	7	0	15,020
2003年計	10,450	5	0	10,455
2004年計	8,226	16	0	8,242
2005年計	4,259	15	0	4,275
2006年計	11,700	7	0	11,708
2007年計	9,921	12	0	9,933
2008年計	6,341	10	0	6,352
2009年計	14,854	3	0	14,858
2010年計	22,911	4	0	22,915
2011年計	6,535	7	0	6,542
2012年計	13,509	4	0	13,513
2013年計	3,704	2	0	3,707
2014年計	3,589	2	0	3,592
2015年計	381	1	0	382
2016年計	422	0	0	422
2017年計	956	0	0	956
2018年計	57	0	0	57
2019年計	648	0	0	648
2020/01	-	-	-	0
2020/02	-	-	-	0
2020/03	-	-	-	0
2020/04	-	-	-	0
2020/05	0	-	-	0
2020/06	0	-	-	0
2020/07	2	-	-	2
2020/08	5	-	-	5
2020/09	73	-	-	73
2020/10	-	-	-	0
2020/11	-	-	-	0
2020/12	342	-	-	342
2020年計	423	0	0	423

出典：北海道水産現勢及び指導所集計速報値
2019, 2020年は暫定値

※「0」は漁獲量 50 kg未満, 「-」は漁獲無し

ウ サバ類

(ア) 漁況の経過

道南太平洋では、サバ類の多くは渡島管内で漁獲されているが、2015年頃から胆振管内や日高管内でもまとまって漁獲されるようになった(表3)。

2020年の渡島管内の累計漁獲量は16,603トンで、2019年(17,805トン)をやや下回ったものの、2001年以降では2番目に多かった(表3)。一方、胆振管内、日高管内の漁獲量は、それぞれ186トン、2,839トンで2019年(138トン、370トン)を上回り、両管内ともに2001年以降では最も多かった。

漁業種別では、ほぼ全量(97.9%)が定置網・底建網で漁獲された。

(イ) 生物測定結果

日高管内の浦河沖(6/11)、渡島半島東岸の木直沖(6/16)、津軽海峡内の上磯沖(7/3)、渡島半島東岸の森沖(9/15)と木直沖(11/12、12/18)の定置網で漁獲されたサバ類の測定を行った(図2、3)。

マサバの尾叉長組成は16~36cmの範囲にあり、時期や海域により大きく変化した。一方、ゴマサバの尾叉長組成は18~33cmの範囲にあり、マサバと同様に時期や海域により大きく変化した。

各サンプルのマサバの尾数割合は、浦河沖(6/11)が100%、木直沖(6/16)が98%、上磯沖(7/3)が100%、森沖(9/15)が57%、木直沖(11/12、12/18)が54%と89%であった。

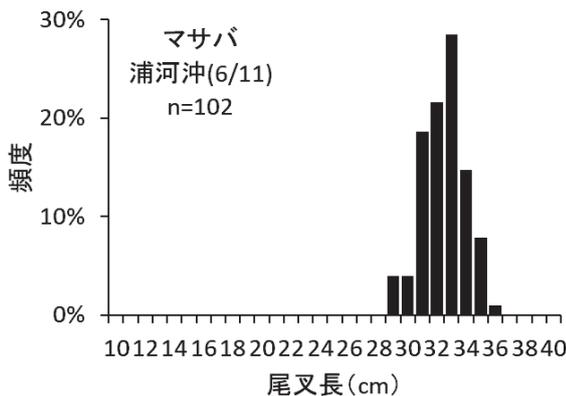


図2 定置網で漁獲されたマサバの尾叉長組成

表3 道南太平洋におけるサバ類の漁獲量

年/管内	(単位:t)			
	渡島	胆振	日高	全道計
2001年計	714	1	0	715
2002年計	795	0	0	795
2003年計	7,118	2	0	7,120
2004年計	4,754	3	0	4,758
2005年計	4,191	1	0	4,192
2006年計	197	0	6	203
2007年計	6,540	0	8	6,549
2008年計	2,213	5	3	2,221
2009年計	117	0	0	117
2010年計	5,013	12	3	5,028
2011年計	234	2	0	237
2012年計	604	5	49	659
2013年計	6,584	13	80	6,676
2014年計	5,849	19	84	5,952
2015年計	3,095	85	691	3,871
2016年計	2,715	23	609	3,346
2017年計	2,456	93	691	3,240
2018年計	4,503	136	1,501	6,140
2019年計	17,805	138	670	18,613
2020/01	1	1	0	2
2020/02	0	0	-	0
2020/03	0	-	-	0
2020/04	-	-	-	0
2020/05	303	0	2	305
2020/06	748	32	2,022	2,802
2020/07	479	41	348	869
2020/08	314	3	3	320
2020/09	460	9	3	473
2020/10	707	29	85	821
2020/11	7,066	48	220	7,334
2020/12	6,524	23	155	6,702
2020年計	16,603	186	2,839	19,627

出典：北海道水産現勢及び指導所集計速報値

2019、2020年は暫定値

※「0」は漁獲量 50 kg未満、「-」は漁獲無し

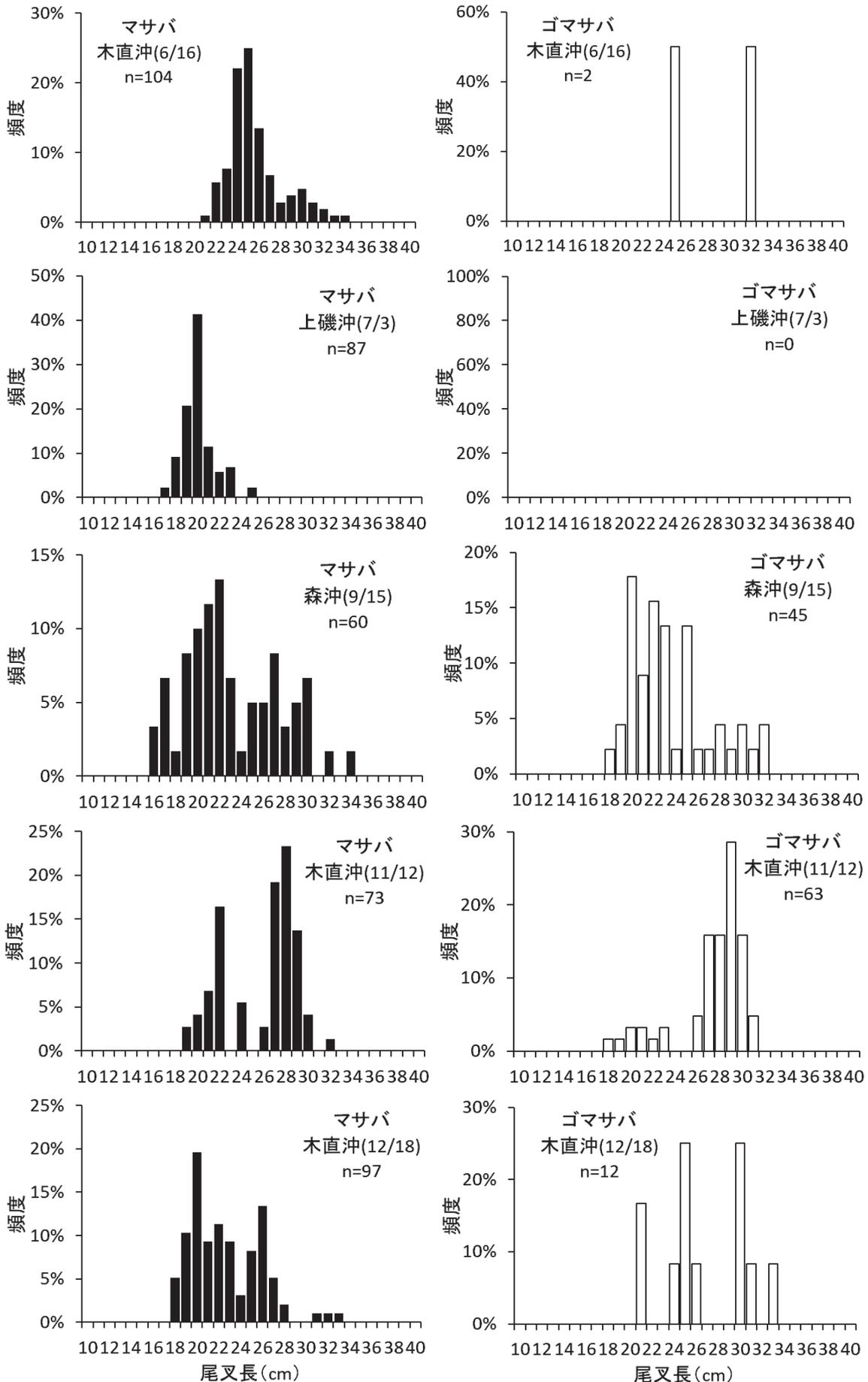


図3 定置網で漁獲されたマサバとゴマサバの尾叉長組成

3. 5 養殖ホタテガイの成長モニタリング調査

担当者 調査研究部 夏池真史・金森 誠

(1) 目的

噴火湾のホタテガイ養殖漁業は年間3～12万トン、金額で83～348億円を水揚げする地域の基幹産業である(2015-2019年、鹿部町・森町・八雲町・長万部町・豊浦町・洞爺湖町・伊達市・室蘭市のホタテガイの生産量、生産額)。耳吊りホタテガイの生産量は、その成長良否と死亡率の年変動によって左右される。毎年ホタテガイの成長・生残状況を環境要因とともに把握し、経年的な変化の度合いを知ることはホタテガイ養殖漁業の持続的発展のための重要な基礎資料となる。本調査では、各年のホタテガイの成長・生残状況を環境要因とあわせて把握、蓄積することを目的として、1991年度から継続してモニタリングを実施している。

2008年以降、噴火湾ではホタテガイに外来種ヨーロッパザラボヤが大量に付着し、操業上の大きな問題となっている。ヨーロッパザラボヤの養殖ホタテガイの成長に及ぼす影響については、「14ザラボヤ被害防止ネットワーク構築委託事業」で扱う。

(2) 経過の概要

ア ホタテガイの成長、生残調査

本モニタリングは1991年度より継続して行われている。年により調査を行う新貝の切り替え時期や測定手順に違いがあったが、2005年度以降は以下の表1に基づいて実施している。なお、2007年7月以降調査協力漁業者を変更している。

表1 モニタリング手法の概要

対象貝	八雲産耳吊り貝(噴火湾産種苗のもの)
期間	7月～翌6月(7月で新貝に切り替え)
測定	殻高・全重を測定後、軟体部を殻から分離し全軟体部重量を測定した後、各器官をハサミ等で腑分けし測定する。

ホタテガイの測定は毎月1回、八雲漁港の3マイル沖に設けた定点(図1、水深32m)付近に垂下されている耳吊り本養成ホタテガイ(1連約200個体)を対象として行った。耳吊りロープ(約13m)の上部、中部(おおよそ中央部)および下部から各10個体を採取

した。採取した貝は、殻高、全重量、軟体部重量、貝柱(閉殻筋)重量、中腸腺重量、生殖巣重量を測定した。また、1連の全個体について生死判別を行い、耳吊り1連あたり200枚と仮定して、生貝数から生残率を算出した。死殻については、死亡時期を推定するため殻高を測定した。本報告では、2020年春に耳吊りしたホタテガイの成長・生残を2020年7月～2021年6月の期間について調査した結果をとりまとめる。なお、2020年11月以降は秋に漁業者が付着物を除去したホタテガイを調査対象とした。

イ 漁場環境調査

漁場環境調査はホタテガイの成長、生残調査時に実施した。調査定点(図1)において、他項目水質計(RINKO-Profiler ASTD102, JFEアドバンテック)による水温の鉛直分布および採水による深度0, 5, 10, 15, 20, 25, 30m層のクロロフィルa濃度の調査を実施した。クロロフィルaは試水300mlをGF/F濾紙で濾過後、DMFで抽出し、蛍光光度計にて分析した。ホタテガイの成長と漁場環境の比較については、ホタテガイの垂下深度である5, 10, 15m層の平均値を用いた。

結果の分析には過去に得られたデータも使い、冬季のホタテガイ貝柱の増重が遅い年(成長不良年)とそれ以外の年(標準年)に区別した。この区別は、出荷

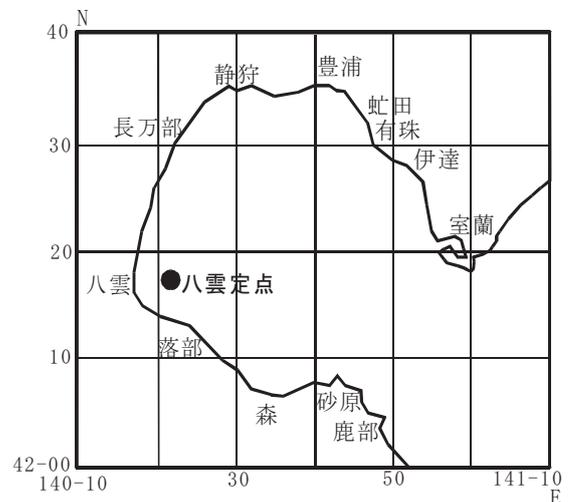


図1 調査定点

時期の2月の貝柱重量を基準とし、数値が低い5ヶ年(1999, 2000, 2006, 2010, 2017年耳吊り貝)を成長不良年とした。成長不良年の2月の貝柱重量は、 $11.0 \pm 0.6\text{g}$ (平均±標準偏差)、標準年では、 $14.6 \pm 2.1\text{g}$ (平均±標準偏差)であり、成長不良年の貝柱は標準年の約3/4の重量である(図2C)。過去の成長不良年に共通する環境の特徴は、11~1月におけるクロロフィルaの低濃度であり、秋~冬季の餌量不足は出荷時期の成長不良の直接的原因と推測される(図3)。

(3) 得られた結果

2020年耳吊り貝の各部位重量は7~翌6月にかけて概ね標準年を上回って推移した(図2A, B, C, D)。成長良否の指標としている2月の貝柱重量は、 $15.6 \pm 4.4\text{g}$ (平均値±標準偏差)であった(図2C)。2020年耳吊り貝は、過去の標準年の平均値を上回る過去30年間で高い方から数えて6番目の数値であり、良好な成長であった。生殖巣重量および生殖巣指数の減少は、4月から5月にかけてやや鈍化するものの、2021年3月から6月にかけて見られることから、この時期に産卵が進んだと推測される(図2E, F)。本年の貝柱の成長は測定開始の7月から一貫して概ね良好であったことから、良好な成長の要因は測定開始前にあったと推察される。調査協力漁業者によると、近2年は耳吊り開始時期を以前より早めたとのことで、早い耳吊り開始時期が、成長が良い要因の一つの可能性はある。

調査期間中の水温は2021年2月を除いて例年よりも高いことが特徴であった(図3A)。特に、2020年8月から9月にかけて各層の水温が 20°C を超え、標準年の平均よりも 1°C 以上高かった。この期間のクロロフィルa濃度は標準年の平均値よりもやや高かったにも関わらず、貝柱重量がほとんど増加していないため、高水温がストレスとなって成長が停滞した可能性がある。一方で夏以降、クロロフィルa濃度は2020年11月、2021年2, 3月に標準年よりも高く(図3B)、本年の貝柱の良好な成長の要因の一つとなった可能性がある。

2020年耳吊り貝の出荷時期にあたる2020年12月から翌3月までの平均生残率は54%であり(図4)、噴火湾全体で低生残(いわゆる、へい死)が大きな問題となった2018年(生残率15%)および2019年(生残率42%)より高かった。しかし、調査開始以降6番目に生残率が低い値であり、生残が良好な年ではなかった。

2020年耳吊り貝の出荷時期(1~3月、例年12月の死殻サイズも含めるが、本年はミスで欠測)の死殻は、

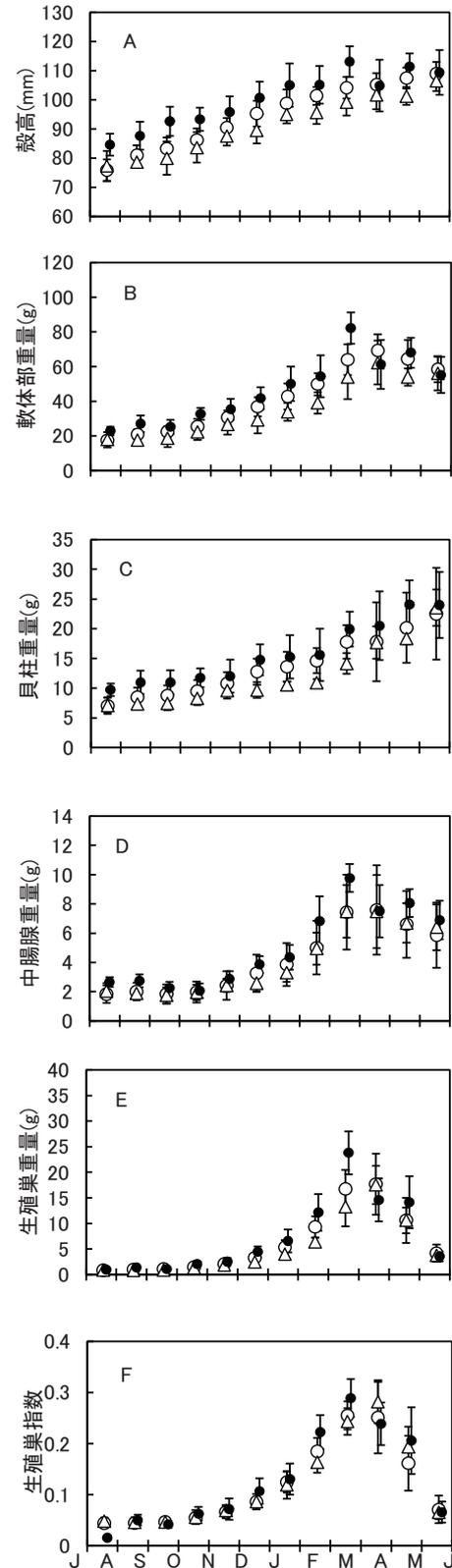


図2 八雲定点における耳吊り養殖ホタテガイ(2齢貝)の殻高(A)、軟体部重量(B)、貝柱重量(C)、中腸腺重量(D)、生殖巣重量(E)、生殖巣指数(F)の季節変化。○: 標準年, △: 成長不良年, ●: 2020年耳吊り貝。縦棒は標準偏差。

殻高70~85mmの割合（68%）が最も高かった（図5）。大きいサイズの死殻の割合が大きくなるのは、2017年耳吊り貝以降4年連続した特徴である。2020年耳吊り貝は、耳吊り開始時期が早く、成長の測定を開始した2020年7月の段階で殻高の平均値が85mmに達していたため（図2A）、耳吊り後早い時期に死亡していた可能性がある。しかし、調査協力漁業者によると耳吊り時のサイズは耳吊り年に関わらず55mm程度とのことなので、耳吊り貝の死亡は、貝がある程度成長してから発生したと考える方が妥当である。2016年耳吊り貝以前には耳吊り貝の死殻サイズのモードが70mm以下であることから、貝の死亡は耳吊り後早い段階で発生し、その要因として耳吊りによるストレスが指摘されている（例えば平成28年度函館水産試験場事業報告書、33~35頁）。しかし2017年以降、死殻サイズのモードがより大きいサイズにあり、死亡の要因が変化している可能性がある。

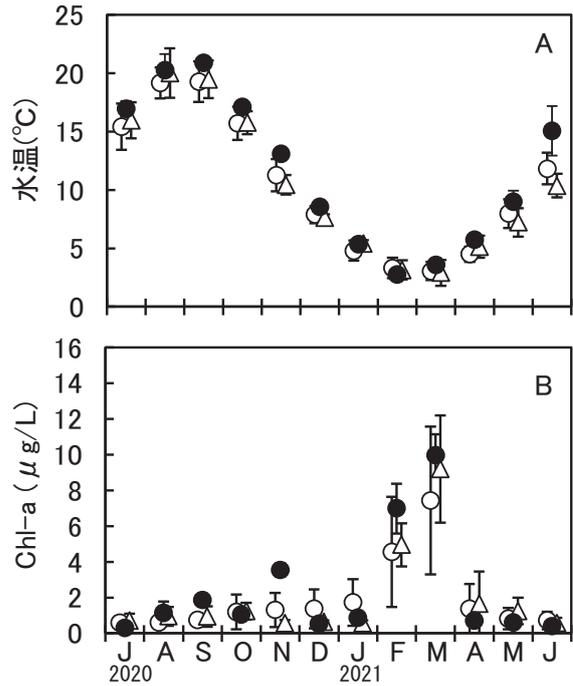


図3 八雲定点における深度5, 10, 15mの平均水温 (A) と平均クロロフィル a 濃度 (B) の季節変化。○：標準年，△：成長不良年，●：2020年。縦棒は標準偏差。

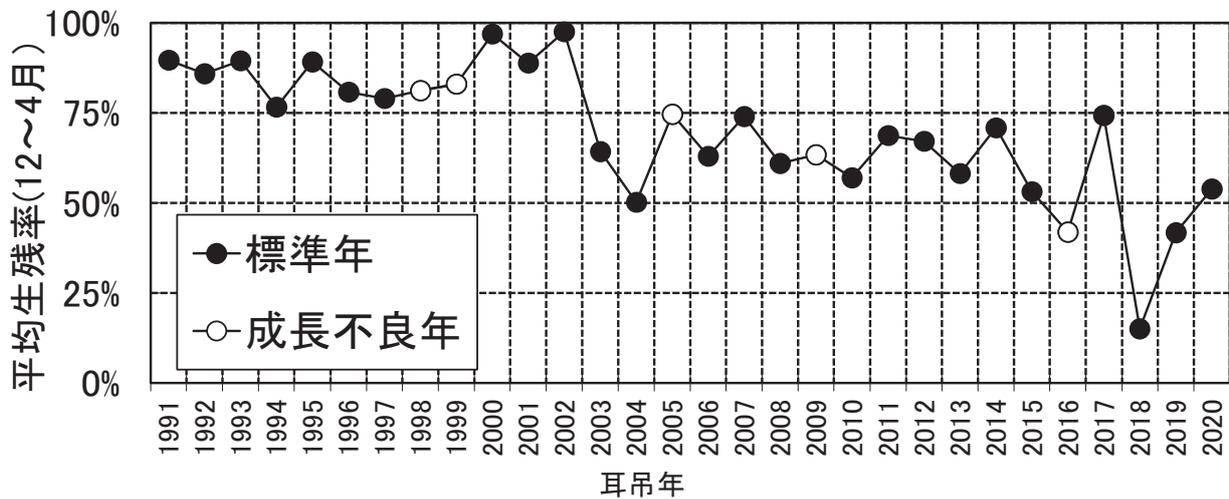


図4 八雲における1991~2020年耳吊りホタテガイ（2 齢貝）生存率の経年変化。

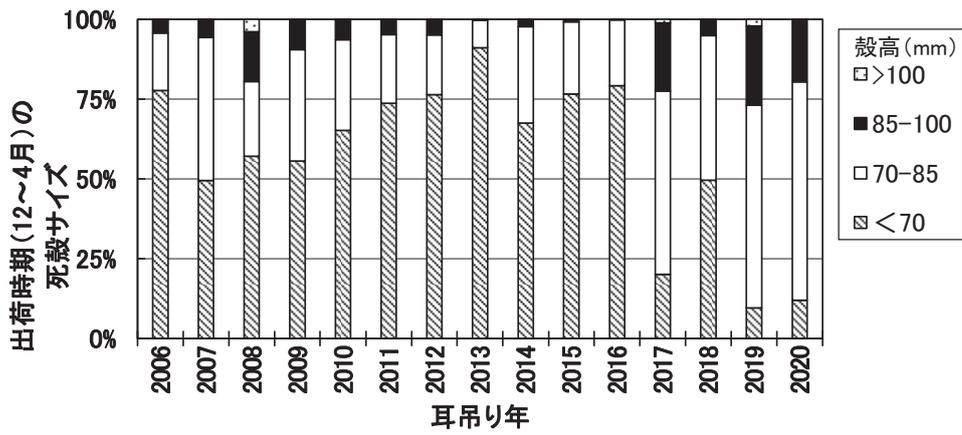


図5 八雲における2006~2020年耳吊りホタテガイ(2齢貝)死殻の殻高組成の経年変化。

3. 6 噴火湾環境調査

担当者 調査研究部 渡野邊雅道・奥村裕弥
協力機関 釧路水産試験場

(1) 目的

噴火湾およびその周辺海域は、スケトウダラ等の回遊性魚類やカレイ等の底生魚類の好漁場となっている。また、ホタテガイやコンブ等の養殖漁業も盛んに行われ、水産業や関連する地元産業にとって重要な海域である。これらの漁業は一見安定しているように見えるが、次のような課題を抱えている。スケトウダラ漁業では、胆振側に偏って主漁場が形成される年があり、その結果渡島側の漁獲量が激減する。アカガレイ漁業では、夏季に噴火湾の底層に形成される貧酸素水塊により漁場位置が変化し、さらには餌料生物の減少によって、アカガレイの資源量の低下や成長の悪化が報告されている。養殖ホタテガイ漁業では大量へい死が発生する年があり、天然コンブの水揚げ量は近年減少傾向にある。また、近年はブリ等の暖海性魚類の水揚げが増加しており、漁獲される魚の種類にも変化が見られる。これらの現象は少なからず海洋環境の影響を受けていると考えられる。

本研究では、定期的に噴火湾およびその周辺海域の海況を調査し、その結果を解析するとともに、関係機関に情報提供することで、噴火湾海域における漁業生産の安定化に資することを目的とする。

(2) 経過の概要

ア 海洋環境調査

噴火湾およびその周辺海域の海洋環境を把握するため、試験調査船金星丸および試験調査船北辰丸を用いて、2020年の5月7～10日、6月2～3日、7月14～15日、8月1日、9月7～8日、11月25～26日、2021年の2月14～20日に以下の調査を実施した。

図1に示す35定点で、CTD (SBE-9Plus, Sea-Bird社製)による水温、塩分、溶存酸素濃度(金星丸のみ)、ADCPによる流向流速観測を実施した。また、St. 30, 31, 34, 38では、ASTD (JFEアドバンテック社製)を用いて海表面から海底直上までの水温、塩分、溶存酸素濃度の観測を実施した。

イ ホタテガイラーバ調査

5月の海洋環境調査時に15定点で北原式ネットによ

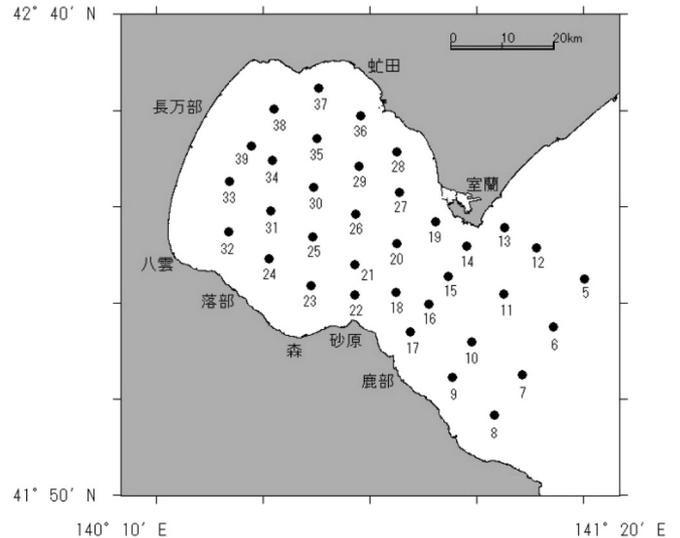


図1 全湾の海洋環境調査点図
図中の数字は調査点番号

る15m鉛直曳きを実施し、ホタテガイラーバの採集を行った。

ウ 情報配信

調査船による環境調査で得られた結果をもとに「噴火湾環境情報」を作成し、関係者にメールで情報配信するとともに、マリンネット北海道HP上で公開した。

(3) 得られた結果

ア 海洋環境調査

(ア) 噴火湾中央部の水温と塩分の季節変化

2020年2月から2021年2月までの噴火湾中央部(St. 31)における水温と塩分の季節変化を図2に示す。

2020年2月の底層には高塩分な冬季噴火湾水が、表中層には低温低塩分な親潮系水が分布していた。この親潮系水の分布水深は月を追うごとに深くなり、中底層に8月頃まで滞留していた。一方、6月から9月頃までの表層には大気からの加熱や融雪水などの淡水供給による高温低塩分な夏期噴火湾表層水が形成されていた。

10月になると中底層には親潮系水に替わって高温高塩分な津軽暖流水が出現した。12月以降は大気からの

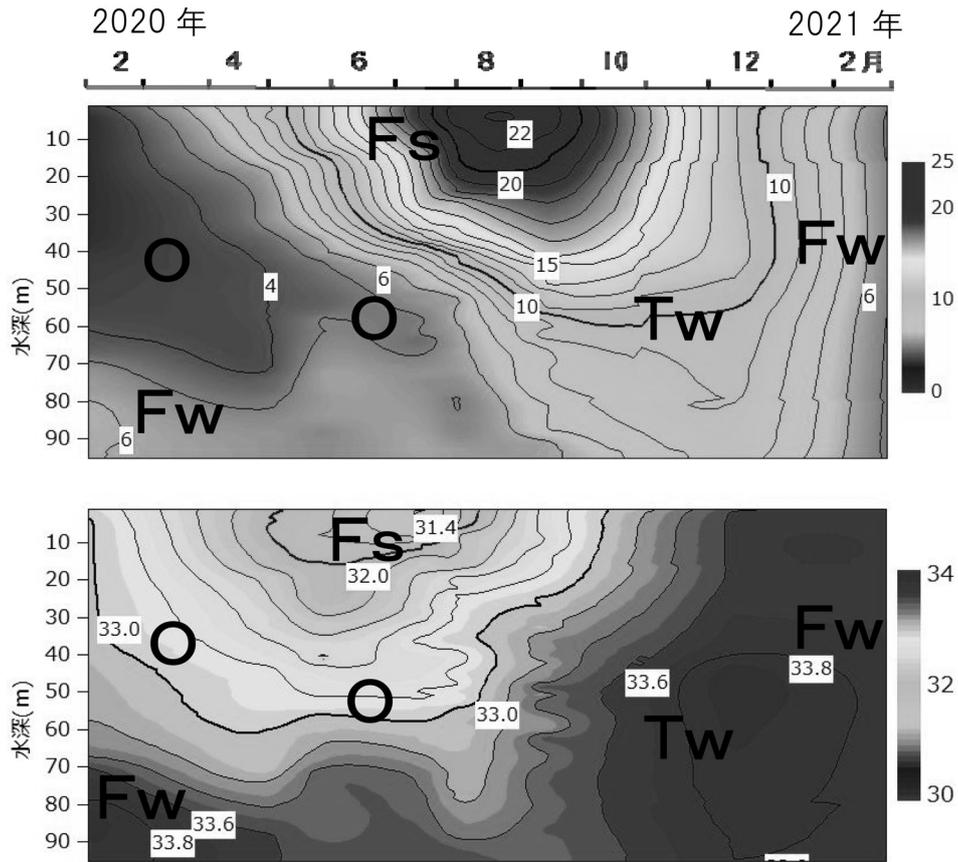


図2 噴火湾中部 (St. 31) における水温と塩分の推移 (上:水温(°C), 下:塩分)
 O: 親潮系水, Fs: 夏期噴火湾表層水, Tw: 津軽暖流水, Fw: 冬季噴火湾水

冷却により鉛直混合が進み、2021年2月には海面から海底まで低温高塩分で一様な冬季噴火湾水が形成されていた。

以上のように、令和2年度の噴火湾では、春には表層から低温低塩な親潮系水が、秋には中底層から高温高塩な津軽暖流水が流入し、例年通り順調に水塊交替

が行われた。

(イ) 貧酸素水塊の発達と解消状況

噴火湾中部 (St. 31) の海底直上における溶存酸素量の季節変化を図3に示す。参考のため、過去の観測結果を加え2019年2月から2021年2月までを示す。

例年噴火湾の深層部では、春から夏にかけて溶存酸

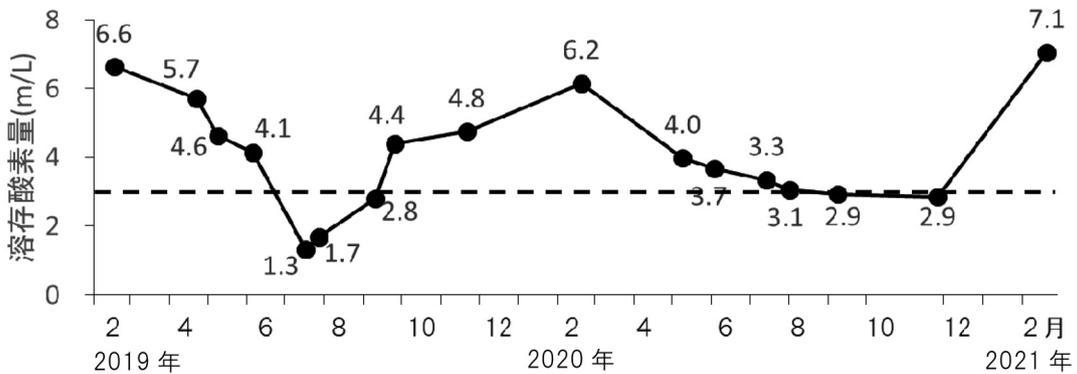


図3 海底直上における溶存酸素量の月変化 (St31)
 破線は、貧酸素水の基準値の3ml/Lを示す。

素量が減少し続け貧酸素水が形成されるが、秋以降に酸素濃度が高い津軽暖流水が湾内の底層に流入すると貧酸素状態が解消される。

2020年度の溶存酸素量は4月以降減少し続け、9月の調査時には2.9ml/Lまで低下して貧酸素水(3ml/L以下)となった。11月になっても貧酸素状態は解消されなかったが、2021年の2月の調査時には7.1ml/Lまで上昇し貧酸素状態は解消されていた。

イ ホタテガイラーバ調査

ホタテガイラーバは湾内に広く分布し、平均密度は454個/トンで前年同時期(45個/トン)の約10倍であった(図4)。また、湾中央部で1,419個/トンと最も多く採取された。殻長は小型の150~160 μ mが中心であった。

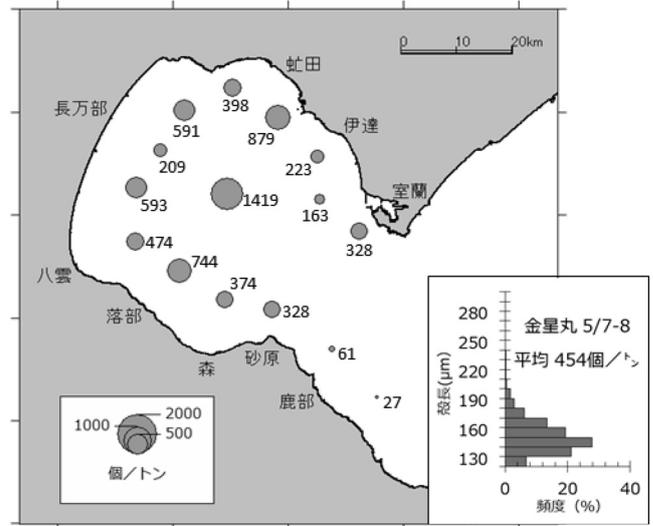


図4 ホタテガイラーバの分布と殻長組成

4. 海洋環境調査研究（経常研究）

4. 1 北海道周辺海域の海況に関する調査

担当者 調査研究部 奥村裕弥・渡野邊雅道
 協力機関 中央水産試験場資源管理部海洋環境G

(1) 目的

北海道周辺海域の沿岸から沖合にかけての漁場環境を定期的かつ長期的に調査して、海洋の構造および変動と生産力についての調査研究を発展させる。また、その結果を逐次漁業者及びその関係者へ報告するとともに、資源の調査研究結果と併せて水産資源や漁場形成予測に役立てる。

(2) 経過の概要

ア 道南太平洋海域

試験調査船金星丸による道南太平洋海域の海洋観測を図1（4，6，8，10月），図2（12月）及び図3（2月）に示す各定点において実施した。なお，12月の海洋観測では東経141度30分以東の定点，2月の海洋観測では全点を試験調査船北辰丸により実施した。

観測項目は，CTD（SBE-9plus）による水温・塩分の測定（最大600mまで），表面水の测温と塩分測定用の採水，透明度の測定である。これに加えてSta. D01では貝毒プランクトンの採水，Sta. D24，D42では動物プランクトンの採集を実施する。貝毒プランクトンの採水層は0m，10m，20m，30m，40mである。また，動物プランクトンは，改良型ノルバックネットを用い，Sta. D24では深度150mと500m，D42では深度150mからの鉛直引きにより採集する。なお，航海中はADCP

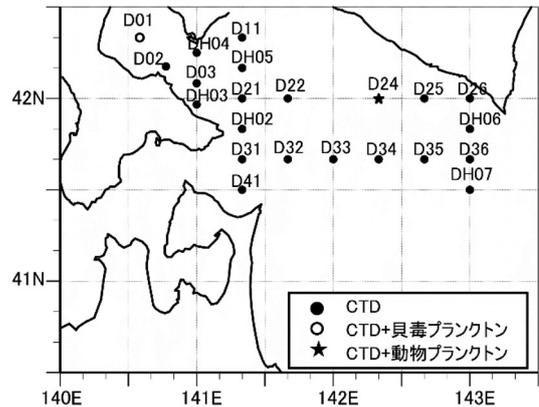


図2 道南太平洋海域観測定点（12月）

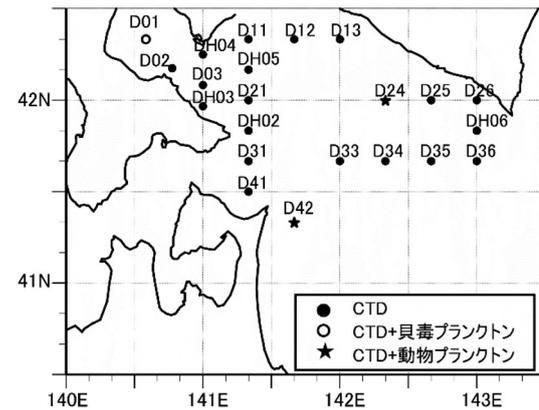


図3 道南太平洋海域観測定点（2月）

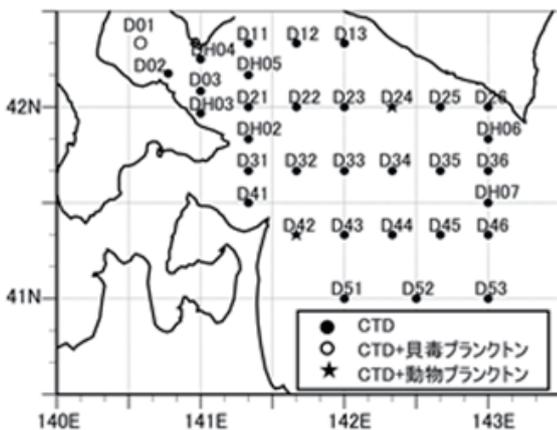


図1 道南太平洋海域観測定点（4，6，8，10月）

対象月	金星丸		北辰丸	
	観測期間	観測点数	観測期間	観測点数
4	4/21～4/24	34	---	---
6	6/2～6/5	33	---	---
8	7/29～8/2	33	---	---
10	10/6～10/9	34	---	---
12	11/11～11/13 11/24～11/28	6 5	12/6～12/7	10
2	---	---	2/14～2/22	23

表1 令2年度道南太平洋海域観測実施結果

(RD300kHz) による流れの連続測定を実施した。令和2年度の調査実績は表1に示した通りである。

(3) 得られた結果

観測データは速やかに「定点観測データ公開地図」に公開するとともに、全道周辺海域の観測結果は「海況速報」として、中央水試資源管理部が取り纏めて年

6回ホームページ上に公表した。

<https://webgis.hro.or.jp/marinenet/mapApp/>

<http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/kankyousokuhou/index.html>

5. 栽培漁業基盤調査研究（経常研究）

5. 1 粗放培養用微細藻類群の探索および保存

担当者	調査研究部 夏池真史
共同研究機関	栽培水産試験場栽培技術部
協力機関	檜山地区水産技術普及指導所せたな支所 檜山地区水産技術普及指導所奥尻支所 奥尻町

(1) 目的

ウニ類、ナマコ、2枚貝類などの種苗生産では、浮遊幼生期又は着底後稚仔の育成のために市販の濃縮キートセラスという微細藻類を餌として利用しているが、季節的な需要の集中による供給不安定や、濃縮餌料自体の購入費用によるコスト増大が課題になっている。そのため、現在使用されている濃縮キートセラスに代わる、「安価」で「安定」して「大量」に入手できる微細藻類餌料が求められている。西日本海域では、主として種苗生産のコスト低減を目的とし、天然微細藻類の粗放培養による大量の餌料生産や、クルマエビの養殖池に自然に大量発生する微細藻類をアサリの種苗生産に用いる方法などが開発されており、これらの活用は北海道でも実践できる可能性が高い。

そこで本研究では、無脊椎動物の種苗生産用餌料として利用上の課題が生じている市販の濃縮微細藻類に代わる餌料を開発することを目的とし、容易に培養可能な天然微細藻類群を探索・保存する。得られた微細藻類は、培養水温別に保存を行うとともに、粗放的な大量培養による増殖確認を行う。さらに、大量増殖を行った培養液中の構成種およびサイズ等の特徴を把握する。

(2) 経過の概要

本事業では、続く「ア 微細藻類群の探索」「イ 微細藻類群の保存」「ウ 保存した微細藻類の再培養による増殖水温調査」を栽培水産試験場が担当し、「ア 微細藻類群の探索」における初期培養の構成種と「エ 再培養時の微細藻類群の特性確認」を函館水産試験場が担当した。本報告では両試験場担当分を経過の概要まで示し、(3) 得られた結果については、函館水産試験場担当分のみ示すこととした。

ア 微細藻類群の探索

2019～2020年にかけて周年を通して道内各地で、海水を採水した（表1）。得られた海水は栽培水産試験場に持ち込み、採取海水1Lを滅菌海水で5Lにメスアップし、人工気象器（LPH-100S日本医科器械製作所）内で15、20または25℃のいずれか採取水温に近い水温で初期培養を行った。1週間の初期培養を行った後、微細藻類の構成種を確認した。初期培養時は、海水1Lに対し、1mLの藻類培養液（KW-21 第一製網）および1mLの珪酸ソーダ溶液（3号 北海道槽達）を加えて培養液とした。培養は通気培養とし、24時間LED照明により光を照射した。

イ 微細藻類群の保存

初期培養により増殖した各微細藻類群1mLを、前述の培養液に0.1%寒天（和光純薬）を加えた滅菌培養液を入れた50mLの樹脂製フラスコ（90025 BM機器）中に添加し、保存株とした。保存株は、多段式高温器（MTI-201 東京理科器械）内でLED照明1灯による24時間の光の照射をされた状態で静置培養とし、保存温度は初期培養水温と同様とした。

ウ 保存した微細藻類の再培養による増殖水温調査

保存後6か月以上経過した微細藻類群は、保存水温と同様の温度で1週間の通気培養で再拡大を行った。再拡大した各微細藻類群は、保存水温±5℃の範囲で通気培養時して増殖確認を行った。培養液および恒温器はア初期培養時と同様とした。保存溶液1mLを1Lの培養液中で2週間通気培養し、開始時、1週間後、2週間後に、川崎ら（2017）¹⁾ に準じて細胞密度の変化を吸光度値により確認した。また、培養状態から浮遊性・沈降性のタイプについて判別を行った。

エ 再培養時の微細藻類群の特性確認

ウにて保存後に再度大量増殖させた微細藻類群を光

学顕微鏡で観察し、構成種、連鎖の有無、細胞サイズ等を測定した。

(3) 得られた結果

ア 微細藻類群の探索

初期培養直後の構成種は、採集場所や採集地域によって変動するものの、浮遊性の中心目珪藻の*Skeletonema*属や*Chaetoceros*属、*Thalassiosira*属や、羽状目珪藻の*Nitzschia*属などが優占するが多かった(表1)。これらの種は沿岸域において浮遊性植物プランクトンとして頻繁に出現する。種不明の底生性の羽状目珪藻も散見されたが、種組成に占める割合は5%以下であった。他方、保存後に再培養し、大量増殖後に得た微細藻類群では、*Phaeodactylum tricorutum*などの底生性の羽状目珪藻1~2種が優占する場合はほとんどで

(表2)、保存を経て種構成が大きく変化した。構成種は培養中で部分的に不定形の細胞塊を形成するものの、単体性でサイズは5~20μm程度であった。水産生物に対して有害・有毒性を示す微細藻類種は確認されなかった。これらのことから初期培養直後の微細藻類は、採取時の種組成をある程度反映して増殖する一方で、保存の過程で、初期培養中ではマイナーであったものの長期保存に適したごく限られた種が選抜されると推察された。

文献

- 1) 川崎琢真・清水洋平・多田匡秀. 吸光光度計を利用した餌料用微細藻培養密度の簡易推定法. 水産技術 9 : 27-31.

表1 採集した天然微細藻類の初期培養時の構成種

採集日時	採集場所	培養水温	主要な構成種(初期培養時)
2019/7/26	豊浦沖	15°C	<i>Dactylosolen fragilissimus</i> , <i>Skeletonema</i> spp.などの中心目珪藻類
2019/6/13	能取湖	15°C	<i>Chaetoceros didymus</i> , <i>Skeletonema</i> spp.などの中心目珪藻類
2019/6/27	瀬棚沿岸	15°C	<i>Skeletonema</i> spp., <i>Chaetoceros curvisetus</i> などの中心目珪藻類
2019/9/17	豊浦沖	20°C	<i>Nitzschia</i> sp.などの羽状目珪藻類や中心目珪藻類の <i>Thalassiosira</i> sp.
2020/7/7	瀬棚(長磯)	20°C	種不明の羽状目珪藻類1種
2020/7/7	室蘭沿岸	20°C	中心目珪藻類の <i>Thalassiosira</i> sp.と種不明の羽状目珪藻1種
2020/9/17	厚岸湖口	20°C	中心目珪藻類の <i>Skeletonema</i> spp.と種不明の羽状目珪藻類数種
2020/9/17	厚岸湾口	20°C	中心目珪藻類の <i>Skeletonema</i> spp.と種不明の羽状目珪藻類数種
2019/8/6	能取湖	25°C	中心目珪藻類の <i>Chaetoceros</i> spp.
2019/8/26	函館湾	25°C	中心目珪藻類の <i>Thalassiosira</i> sp.
2019/9/13	瀬棚沖	25°C	<i>Nitzschia</i> sp.などの羽状目珪藻類や中心目珪藻類の <i>Thalassiosira</i> sp.

表2 保存した微細藻類群の特性

保存名	増殖確認水温	培養性状	構成種	単体/連鎖	平均細胞サイズ (長さ×幅μm)
瀬棚15°C	10-20°C	浮遊	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	単体	20×3
能取15°C	10-20°C	浮遊	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	単体・塊状	17×2
豊浦15°C	10-20°C	沈降	羽状目珪藻1種	単体・塊状	9×5
瀬棚25°C	20-30°C	浮遊	種不明の緑藻類と羽状目珪藻が混合	単体	4.5×4.5
能取25°C	20-25°C	沈降	種不明の羽状目珪藻2種が混合	単体・塊状	18×8
函館25°C	20-30°C	浮遊	羽状目珪藻の <i>Entomoneis</i> 属	単体・塊状	10×6

6. 栽培漁業技術開発調査（経常研究）

6. 1 エゾアワビ

担当者 調査研究部 酒井勇一

(1) 目的

道内で唯一エゾアワビの種苗を生産している北海道栽培漁業振興公社熊石事業所（以下、公社）で、波板飼育を行っている殻長5mm未満の初期稚貝の成長不良が生じ問題となっている。そこで初期稚貝の最適な初期餌料を探索するために、この育成時期である5月に当地で発生する付着珪藻の単離と拡大培養の可否並びに初期稚貝への給餌試験を行った。

(2) 経過の概要

5月17日と28日に熊石事業所の水槽に生える珪藻を採取して、これまで稚貝の成長に良いとされている付着珪藻種を単離した。単離した珪藻のうち、*Cylindrotheca* sp. を1Lフラスコと市販の8L梅酒瓶で拡大培養したのち、公社に搬入して、7.5t水槽への拡大培養を行った。

さらに、公社で生産した殻長 1.28 ± 0.26 mmのエゾアワビ稚貝を搬入して、6穴ウエルに収容した単離珪藻を給餌し、摂餌の有無と脱糞の有無を倒立顕微鏡で観察した。

(3) 得られた結果

公社の取水から、付着珪藻 *Cylindrotheca* sp., *Stauroneis* sp., *Navicula* sp., *Rhabdonema* sp., *Melosia* sp.（韓国でアワビ用餌料として乾燥粉末を販売）を栽培公社の飼育水から単離した（写真1）。

このうち、*Cylindrotheca* sp., *Stauroneis* sp., *Navicula* sp. を1Lのフラスコで通気培養した。これらに加え、上磯郡漁協ウニ種苗生産センターの取水から採取した *Achnanthes* sp. を1Lフラスコで通気培養を行った。このうち *Cylindrotheca* sp. と *Achnanthes* sp. はアワビの初期餌料として餌料価値が高いと報告されている（河村, 1998）。

Cylindrotheca sp. は1Lフラスコで3日間培養したのち、2等分して市販の8L梅酒瓶2基でさらに4日間通気培養して、栽培公社に供与した。栽培公社では8L梅酒瓶2本から7.5t水槽に拡大培養して、12日間でアワビの餌料として給餌できた（培養密度は未計数）。

一方、*Stauroneis* sp. と *Navicula* sp. は1Lフラスコ

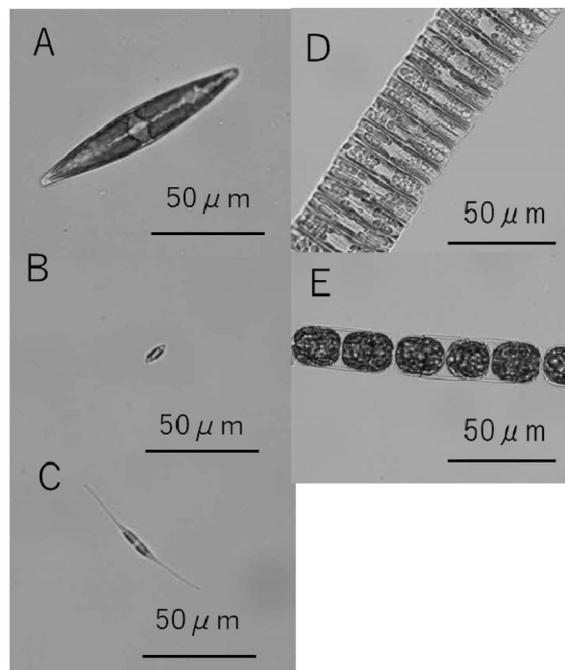


写真1 熊石事業所の取水から採取・単離した付着藻類
A: *Stauroneis* sp. B: *Navicula* sp.
C: *Cylindrotheca* sp. D: *Rhabdonema* sp.
E: *Melosia* sp.

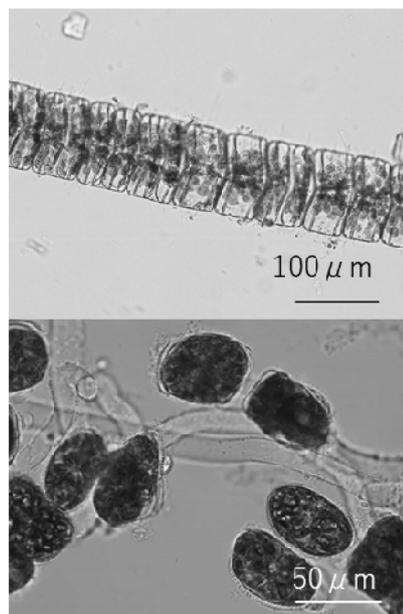


写真2 単離した *Achnanthes* sp.
1: 採取時 2: 単離して静置培養時

での通気培養で、培養液中での増殖に比べフラスコのガラス面への付着が多く、フラスコからの剥離時にフロックを形成した。アワビ餌料として波板への早期の拡大培養を行うためには、こうした珪藻のフロックを均一に拡散させる工夫が必要であると考えられた。

Achnanthes sp. は単離株の静置培養時およびフラスコでの通気培養時に粘液柄を形成し、上記2種より増殖しなかった(写真2)。本種の採取時は粘液柄を形成しておらず、波板育成時の餌料として活用するためには粘液柄を形成しない状態での拡大培養技術を開発する必要があると考えられる。

5月29日に単離した付着珪藻のうち *Cylindrotheca* sp., *Stauroneis* sp., *Navicula* sp., *Achnanthes* sp. を6穴マイクロプレート(IWAKI)に収容し、6月2日に平均殻長 1.28 ± 0.26 mmの初期稚貝に給餌した。6月9日に倒立顕微鏡で摂餌と糞の有無を観察し、いずれの珪藻も摂餌したことを確認した。

今後、上記以外の付着珪藻を含め初期稚貝が摂餌する藻類の探索と、その餌料価値や拡大培養手法の開発を行い、初期稚貝の *Ulvela lenz* に代わる餌候補を探索する。

(4) 参考文献

河村知彦(1998) 付着珪藻—その生態と付着生物群集における役割, *SESSILE ORGANISMS* 15(1) 15-22.

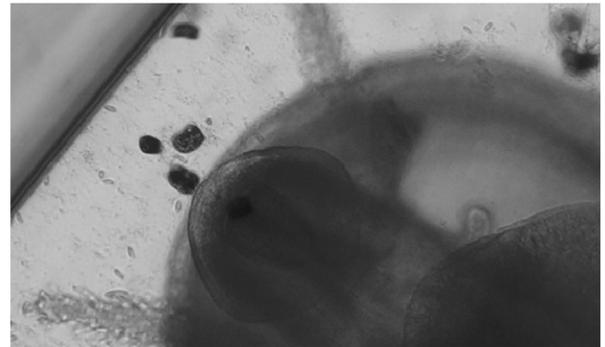


写真3 *Achnanthes* sp. を摂餌初期稚貝

7. マナマコ資源増大研究Ⅲ. －マナマコ人工種苗放流技術マニュアル化試験－（経常研究）

担当者 調査研究部 酒井勇一

協力機関 いぶり中央漁業協同組合，胆振地区水産技術普及指導所
ひやま漁業協同組合，奥尻潜水部会，奥尻町
奥尻地区水産技術普及指導所，せたな町
檜山地区水産技術普及指導所檜山北部支所
檜山地区水産技術普及指導所，乙部町
北海道大学大学院水産科学研究院

（1）目的

近年のマナマコ単価の高騰に伴い，道内各地で漁獲圧が増し，資源の維持・増大を目指した人工種苗放流事業が行われている。道総研ではマナマコ人工種苗の陸上育成マニュアルを作成して，関係機関に配布して種苗生産技術を普及した（重点研究2006～2008年）。

また，東北大学と共同で，ミトコンドリアDNAの塩基配列と8マイクロ座のアリル型を指標に，北海道の系群構造を把握して，遺伝的多様性の保全に配慮した放流用種苗生産指針を作成してホームページ上で公表した。さらに，親子鑑定に基づく放流種苗判別技術を開発した（重点研究2009～2012年）。これ以降は，このDNA標識技術を用い，放流種苗の放流効果について検討してきた（経常研究2013～2017年）。

2018年度から2022年度までの5カ年間で，放流サイズ別の資源添加効果を調べ，放流技術マニュアルを作成する。

（2）経過の概要

漁獲物を含む1g以上の個体からは触手を，触手採取が困難な1g未満のマナマコと着底稚仔は全身を99.5%エタノールで固定した。ここからDNAを抽出して上述の8マイクロ座のアリル型を調べて，PARFEX¹⁾を用いて親子鑑定を行い，人工種苗を判別した。

本年度はコロナウイルス蔓延により奥尻町では漁獲物調査のみを実施した。R2年は遺伝分析機器の故障，PCR分析用消耗品類が入手困難となり，分析の一部は次年度に行う。

ア) 着底稚仔放流による資源添加効果の検討

（ア）白老地区

春漁期の5月15日，5月29日，6月15日，6月18日と，秋漁期の11月27日，12月16日，R3年1月25日の

漁獲物各100個体から，触手を採取して99.5%エタノールで固定した。このうち11月27日とR3年1月25日の漁獲物の親子鑑定を行った。

（イ）せたな町大成区

せたな町大成区のQ漁港荷さばき所で，8月3日に雌15個体と雄31個体から423.4万個の受精卵を採取した。これを荷捌き所に設置した1t水槽4基で育成した。8月13日に採苗器を投入し，8月24日に着底稚仔をQ，K，Oの3漁港にそれぞれ10.6万個体，5.8万個体，2.6万個体放流した。

また，各放流区から50m程度離れた場所（O漁港では15m離れた場所）に，着底稚仔を付着させていない採苗器（以降，天然採苗器と称す）2器を設置した。

12月9日に，人工採苗器2器と天然採苗器2器を回収して稚ナマコを採取し，メントールで麻酔して，体長を測定したあと99.5%エタノールで固定した。

イ) 当歳・越冬種苗放流による資源添加効果の検討

（ア）奥尻地区

放流区から0.3～2.0km以上離れた潜水漁場の漁獲物を4月8日と4月10日に各100個体入手した。また，放流区周辺の洞突き漁場からは5月14日と6月10日の漁獲物をそれぞれ100個体入手し，親子鑑定を行った。

（イ）せたな町大成区

8月24日と12月3日に，O漁港で放流区から南北方向に270mのライントランセクト調査を行った。このとき回収した個体は重量を測定後，触手を採取して，99.5%エタノールに固定した。また4月13日と6月12日に直線距離でそれぞれ2.5～3.0kmと0.5～1.0km離れた漁場で漁獲された各100個体の親子鑑定を行った。

ウ) ナマコの表出率に影響する物理的要因の検討

乙部町元和漁港(70m×75m×水深4m)で、放流区を含めNo.1～9の10か所の転石区を、5～10m間隔で設置した。また、港湾内部に受信機を5基設置した(St.1～5, 図1)。

10月9日(夏眠期)と2月22日(回復期)に表1に示した発信機またはスパゲッティタグをマナマコに装着して放流した。

夏眠期調査では放流密度が行動に与える影響を確認するために、10月19日と27日に5個体ずつスパゲッティタグ装着個体を潜水で追加放流するとともに、放流個体を探索した。11月11日に放流した個体をすべて回収した。

回復期調査では2月22日に、発信機とスパゲッティタグをそれぞれ6個体、19個体に装着して放流した。3月4日、25日、4月2日、5日に潜水調査を行った。これらの調査で装着個体を見つけた場合は、直上水面に浮上して、陸上の基点からレーザー距離計(DISTO S 910, Leica社)で発見位置を測距した。また、各投石区で標識をつけていない個体(在来個体)が認められた場合は、目視で30g以下を小、80g以下を中、これ以上を大として個数を記録した。4月2日にすべての放流個体と受信機を回収した。この時回収した受信機のデータをもとに4月5日に再度潜水して未発見の発信機装着個体を探索した。回収個体は回収時重量を計測した。受信データからの位置推定は北海道大学が担当した。

令和3年3月5日に元和漁港上空50mからドローン(Phantom 4 Advanced, DJI社)で試験地の底質を撮影し、この画像からこの港湾内の砂場と転石の面積をフリーソフトImage Jを用いて推定した。

(3) 得られた結果

ア) 着底稚仔放流による資源添加効果の検討

(ア) 白老地区

H22年放流群はR3年1月の漁獲物にも漁獲されており、放流から10年半は生き残ることが明らかになった(図2)。

(イ) せたな町大成区

12月9日に天然採苗器と人工採苗器を各2器回収した。Q漁港とK漁港に設置した天然採苗器には稚ナマコは付着しておらず、O漁港に設置した天然採苗器から稚ナマコ2個体を回収した。人工採苗器への稚ナマコの付着数はK漁港が最も高かった(表2)。

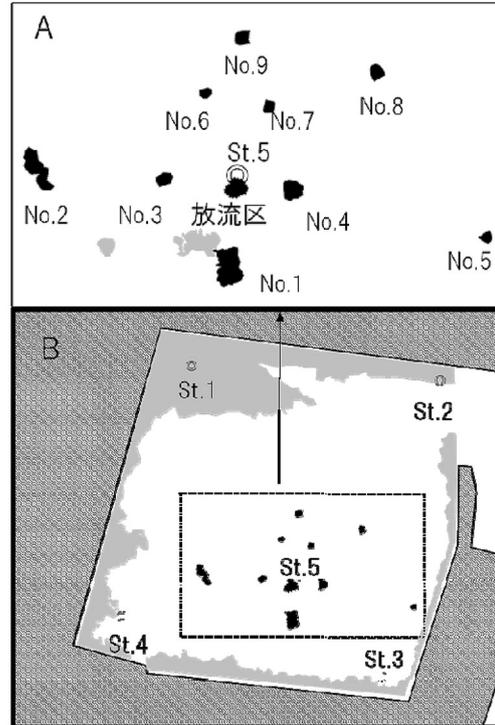


図1 港湾に設置した受信機と投石区及び転石の位置

上図Aは下図Bの囲み部分の拡大図

■ 礎石を含む従来の港湾の転石部 ■ 投石部 ◎ 受信機

表1 マナマコ行動調査概要

調査時期	装着物	個体数	放流日	平均重量(g)
夏眠期	発信機	4	10月9日	186.8
10/9-11/11	スパゲッティタグ	10	10月9日	129.9
		5	10月19日	144.0
		5	10月27日	134.0
回復期	発信機	6	2月22日	173.7
2/22-4/5	スパゲッティタグ	19	2月22日	213.8

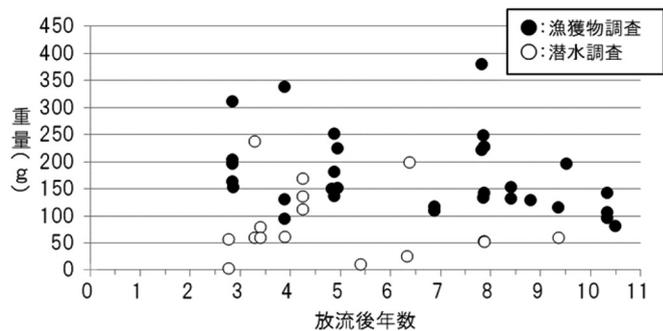


図2 H22年放流群の成長

表2 採苗器から回収した稚ナマコのサイズと個体数

地区	天然採苗器		人工採苗器	
	個体数	平均体長±SD	個体数	平均体長±SD
Q漁港	0	-	13	16.4±12.5
K漁港	0	-	189	8.05±3.8
O漁港	2	17.9±8.5	25	9.4±4.1

イ) 当歳・越冬種苗放流による資源添加効果の検討

(ア) 奥尻地区

奥尻地区への放流種苗を表3に、漁獲物調査結果を表4に示した。放流区から330m以上離れた水深20m以深の潜水漁場では、H26年12月放流群からH28年5月放流群まで、放流区を中心とした胴突き漁業ではこれまで放流したすべての放流群が漁獲されていた。

表3 奥尻地区での放流種苗

放流種苗	平均体長(mm)	放流数	No.
H26.12.9.	7.13	25,192	①
H27.4.23.	10.4	35,663	②
H27.12.2	5.5	95,622	③
H28.5.19.	12.8	94,430	④
H28.12.8.	14.7	50,160	⑤*
H29.5.17	13.5	72,330	⑤*
合計		373,397	

* : H28.12.8放流個体とH29.5.17放流個体は同じ親由来で判別不能

表4 当歳・越冬種苗放流地周辺での混獲率(奥尻町)

漁獲日	H30年			R1年	R2年			
	4月17日	4月26日	5月14日	6月18日	4月8日	4月10日	5月14日	6月10日
調査個体数	99	100	100	70	100	99	100	99
人工種苗数	3	1	2	1	3	2	24	6
混獲率(%)	3.0	1.0	2.0	1.4	3.0	2.0	24.0	6.1
平均重量(g)	148.7	346.0	96.1	175.0	212.7	227.8	122.8	193.0
漁獲方法	胴突き	潜水	胴突き	胴突き	潜水	潜水	胴突き	胴突き
漁場	放流区周辺	15m以深	放流区周辺	放流区周辺	20-25m	20-22m	放流区周辺	放流区周辺
由来	①	①	①	①	②③④	①②	①②③④⑤	②④⑤

① H26.12月放流 ② H27年4月放流 ③ H27年12月放流 ④ H28年5月放流 ⑤ H28年12月放流

(イ) せたな町大成区

〇漁港への放流種苗(表5)の追跡調査を8月24日と12月3日に行った。放流区から南北に計270mのライントランセクト調査を行い、それぞれ3個体と54個体を回収した。

4月13日と6月12日に、放流区から直線距離でそれぞれ2.0~2.5kmと0.5~1.0km離れた漁場で漁獲された各100個体の親子鑑定を行った結果、それぞれ6個体、13個体の放流種苗が見つかった(表6)。着底稚仔放流個体も2年半ほどで放流区から2.0km以上離れた漁場に分散したことが明らかになった。

表5 〇漁港での放流種苗

	放流数	放流サイズ(mm)
H26_着底	7.2	0.4
H27_着底	4.6	0.4
H28_着底	6.9	0.4
H29_着底	12.1	0.4
H30_着底	1.8	0.4
R1_着底	12.1	0.4
R2_着底	10.6	0.4
H26_越冬	3.2	13.2
H27_越冬	1.5	16.7
H28_当歳	8.7	5.4
H29_当歳	6.1	8.1
H30_当歳	4.5	10.1
R1_当歳	4.1	6.6
R2_当歳	3.9	14.4

表6 漁獲物中の放流種苗

漁獲日	放流区から漁場までの直線距離	分析個体数	混獲率(%)	由来
4月13日	2.0~2.5km	100	6	H30_当歳, H29_着底
6月12日	0.5~1.0km	100	13	H28, H29, H30_当歳, H28, H29_着底

ウ) マナマコの表出率に影響する物理的要因の検討

ドローン画像から放流した港内の底質は79.8%が砂場で、試験用に設置した10か所の投石区の面積は0.6%であった(表7)。

放流した発信機及びブスパゲッティタグ装着個体の分散範囲は、夏眠期には放流区からの直線距離で最大10.5mであったのに対し、回復期では25.7mで、回復

期の分散範囲が広く放流区から移出した個体も多かった(図3)。

夏眠期調査では、10月9日に放流した個体各1個体が、10月19日(10日目)と10月27日(18日目)に隣接するNo.7区に移出していた。また、これら移出個体は調査期間内にこの移出先から移動しなかった。放流区内の在来個体を含むマナマコの重量は、放流時を除

くと、放流区の投影面積(1.4㎡)に対して最大2,980gであった(表8)。

夏眠期調査で、放流区外からの在来個体の移入があり、放流時の密度の影響を把握できないと考えられたため、回復期調査では一度にすべての標識個体を放流した。放流区から移出および不明となった個体は、放流区外からの移入が最も多かった放流10日目(3月4日)で10個体、31日目の3月25日に3個体、39日目の4月2日に2個体であった。

調査期間中に発見できた標識個体のうち、放流区からの移出個体は発信機を装着した3個体(No.1, 3, 7区へ移出)、スパゲッティタグを装着した6個体(No.1, 3, 6, 9区)で、前者ではNo.1とNo.3区に移出した個体の再移出が認められ(設置した投石区以外の転石場)、後者で1個体が再移出した(No.6区からNo.7区へ)。放流区内のマナマコの総重量は、放流時を除くと2,234g~3,300gであった。

標識個体の発見率と表出率を表9に示した。発見率は、調査時点で標識の脱落がないことが確実であった個体数(装着数)を母数とし、調査時に発見できた個体数の割合を、表出率は発見個体のうち水面方向から体の半分以上が確認できた個体の割合を示す。夏眠期は回復期に比べ発見率は高く、表出率は低かった。

参考文献

- 1) Sekino, M. and Shigeno K. (2011) PARFEX ver 1.0: an EXCELTm-based software package for parentage allocation.

表8 放流区内のマナマコ密度

調査日	夏眠期				回復期			
	10月9日	10月19日	10月27日	11月11日	2月22日	3月4日	3月25日	4月2日
装着個体 ¹⁾ 個体数	14	18	23	22	25	15	12	10
装着個体 ¹⁾ 総重量(g)	2,046	2,648	3,318	2,425	4,583	2,820	2,297	2,020 ³⁾
在来個体 個体数	0	3	2	0	0	6	1	2
在来個体 総重量(g) ²⁾	0	90	130	0	0	480	80	214 ³⁾
放流区内の推定重量(g)	2,046	2,738	3,448	2,980 ³⁾	4,583	3,300	2,377	2,234
放流前の放流区内推定重量(g)	0	2,018	2,778	2,980	0	3,300	2,377	2,234

1)スパゲッティタグ及び発信機装着個体
 2)30g以下、80g以下、80g以上を目安に目視で在来個体数を計数した結果から重量を推定
 3)回収時計測重量

表9 調査時期別の発見率と表出率

調査日	夏眠期			回復期				
	10月19日	10月27日	11月11日	3月4日	3月25日	4月2日	4月5日	
装着数*	スパゲッティ	10	15	19	18	17	13	7
装着数*	発信機	4	3	3	6	6	6	2
発見率	スパゲッティ	90.0	100.0	100.0	77.8	94.1	92.3	14.3
発見率	発信機	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	66.7	100.0
表出率**	スパゲッティ	0.0	33.3	47.4	71.4	75.0	91.7	100.0
表出率**	発信機	0.0	0.0	33.3	100.0	66.7	100.0	100.0

*:調査時点で脱落がないことが明確な個体数
 **:発見個体のうち水面から見て確認できる位置にいた個体の割合

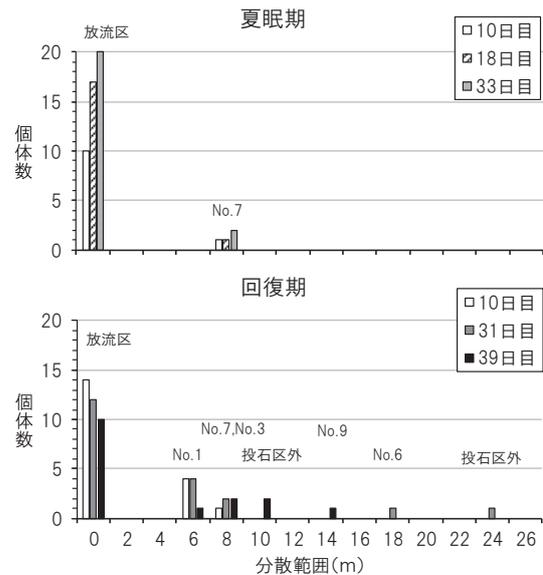


図3 スパゲッティタグ及び発信機装着個体の分散範囲
 図中のNo. は投石区の名称をそのほかは投石区以外の場所を示す

表7 ドローン画像から推定した港湾内の底質別の投影面積

	面積 (㎡)	比率 (%)
港湾内面積 ¹⁾	5,984	100.0
港湾の礎石	1,159	19.4
港湾の転石	18	0.3
投石面積	35	0.6
砂面積	4,775	79.8

1)港湾の開口部内側面積

8. ホタテガイ等二枚貝類に関するモニタリング（経常研究）

8. 1 貝毒プランクトンモニタリング調査

担当者 調査研究部 夏池真史・金森 誠
 協力機関 日高地区地区水産技術普及指導所
 胆振地区水産技術普及指導所
 渡島北部地区水産技術普及指導所
 渡島地区水産技術普及指導所

(1) 目的

北海道全域における貝毒プランクトンの出現と貝毒発生傾向を把握して、二枚貝類等の計画的出荷をサポートすることを目的とする。

(2) 経過の概要

ア モニタリング調査

調査は北海道沿岸の18海域18定点で実施され、現地での採水、水温・塩分測定は、水産技術普及指導所、漁業協同組合および水産試験場が担当した。なお、2019年から噴火湾西部が噴火湾北西部・同南西部にそれぞれ細分化された。函館水産試験場は、図1に示す太平洋中部（静内）、噴火湾東部（虻田）、噴火湾北西部（八雲）、噴火湾南西部（森）、噴火湾湾口部（鹿部）、津軽海峡（知内）の6海域6定点で麻痺性貝毒原因プランクトン *Alexandrium* 属および下痢性貝毒原因プランクトン *Dinophysis* 属の検鏡と結果の速報を担当した。各調査点の調査時期と回数は表1に示した。その他の定点における検鏡と結果の速報等は、中央水

産試験場が担当した。なお、これまで実施していた試験調査船 金星丸による湾央の調査点による採水調査は、過去の出現密度と同時期に実施されたモニタリング調査点の出現密度とを比較したときに特徴的な傾向がみとめられなかったため、今年度より実施しないこととした。

表1 各調査点の調査時期と回数

調査点/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
静内	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
虻田	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1
八雲	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
森	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
鹿部	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
知内	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
湾央	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

表2 二枚貝等の国内出荷規制基準値

貝毒の種類	規制区分	部位	規制基準値
麻痺性貝毒	自粛規制	可食部	3 MU/g
		中腸腺*	20 MU/g
下痢性貝毒	自主規制	可食部	4 MU/g
		可食部	0.08mgOA当量/kg
下痢性貝毒	自主規制	可食部	0.16mgOA当量/kg

*: 中腸腺による規制の対象種はホタテガイ

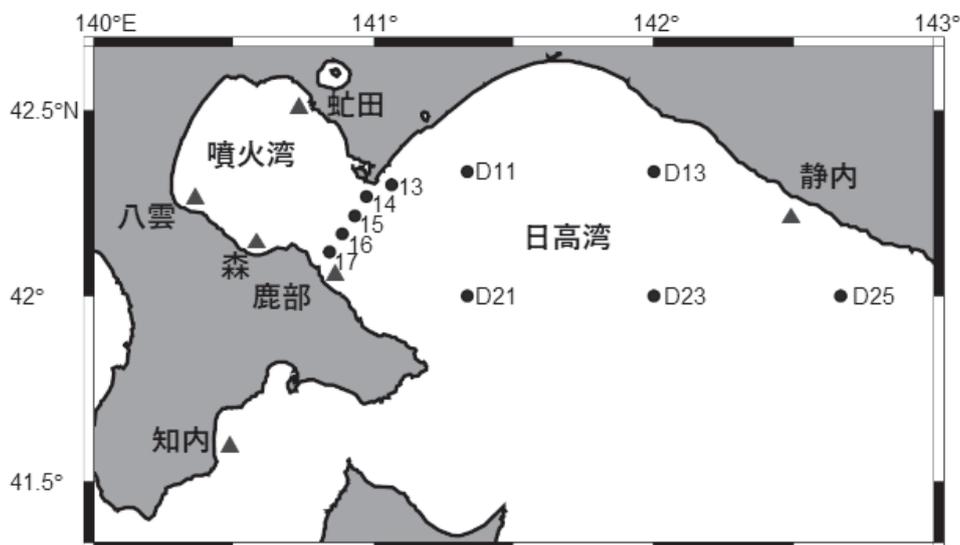


図1 モニタリング調査点（▲）と臨時広域調査点（●）の位置図

二枚貝類等の出荷規制については、北海道水産林務部の報告を用いた。規制は北海道独自の自粛規制と国による自主規制の2段階からなっている(表2)。

イ 臨時広域調査

道南海域において、噴火湾外の太平洋中部(静内)における*Alexandrium*属細胞密度が増加した後、噴火湾内においてホタテガイの毒量が増加することが近2年(2018年, 2019年)連続しており、噴火湾外で増殖した*Alexandrium*属個体群が湾内に流入することによって、ホタテガイの毒量が増加する可能性があった。しかし、噴火湾が太平洋と接続する日高沖(日高湾)における*Alexandrium*属の出現量は静内1点しか調べられていないため、日高湾広域における出現状況はほとんど明らかになっていない。そこで、2020年6月2~3日と7月13~14日に試験調査船金星丸によって日高湾内の10定点(図1)の0, 10, 20m層から採取した海水試料を検鏡して、*Alexandrium*属細胞密度を調べた。

ウ 種名の変更とその対応

近年の分子分類学的な研究によって、これまで形態学的に*A. tamarense*とされた種を含む数種は*A. tamarense* species complexを形成し、5種(Group I~V)に再編された。この中で、国内においてこれまで*A. tamarense*とされてきた種の大部分は*A. catenella*(*A. tamarense* species complex Group I)になり、これまで*A. catenella*とされてきた種の大部分は*A. pacificum*(*A. tamarense* species complex Group IV)になる¹⁾。昨年度、函館水産試験場の職員研究奨励事業において実施した*A. tamarense* species complexの分子生物学的な種査定によって、道南海域では冬から初夏に*A. catenella*(旧*A. tamarense*)が出現すること、盛夏から秋に*A. pacificum*(旧*A. catenella*)が出現することが明らかになった²⁾。これらを踏まえて以降の本文では、これまで、冬から初夏に出現する*A. tamarense* species complexを*A. catenella*、盛夏から秋に出現する*A. tamarense* species complexを*A. pacificum*とする。

(3) 得られた結果

モニタリング調査の結果は「貝毒プランクトンモニタリング速報」として関係機関に電子メールで配信し、道総研函館水産試験場のホームページに公開した。また、詳細は「赤潮・特殊プランクトン予察調査報告書」

として道総研中央水産試験場のホームページに公開されている。また、イ 臨時広域調査の結果および、津軽海峡における麻痺性貝毒プランクトン原因種*A. minutum*の出現状況について、北海道水産試験場研究報告にそれぞれ報告したので詳しくはそちらを参考されたい^{3), 4)}。

ここでは2020年の麻痺性貝毒原因プランクトン*A. catenella*(旧*A. tamarense*)および下痢性貝毒原因プランクトン*D. fortii*, *D. acuminata*, *D. norvegica*の出現状況と出現した水温・塩分の概要について記載する。これら3種の下痢性貝毒原因プランクトンは、下痢性原性を有するOA群を高毒量でもつことがあるため、噴火湾では注意を要する種である(平成26年度道総研函館水産試験場事業報告書, 111-113頁参照)。なお、本調査は、貝毒プランクトンの生態に合わせて、暦年単位(2020年1~12月)で報告する。

ア 貝毒プランクトンの出現状況

モニタリング調査において、*A. tamarense* species complexは2~7月に出現し(表3)、本種が出現した水温は2.8~15.0°C、塩分は27.79~34.08であった。この出現時期は、*A. catenella*(旧*A. tamarense*)の出現時期と一致するため、2020年に出現した*A. tamarense* species complexは、すべて*A. catenella*とみなした。*A. catenella*の最高出現密度は6月22日の噴火湾東部(虻田)の5400細胞/Lであり、出現した深度25mの水温は7.8°C、塩分は33.02であった(表4)。なお、津軽海峡(知内)では、6月17日に最大90細胞/Lの*A. catenella*が出現した。このとき、*A. tamarense* species complexと形態がよく似た麻痺性貝毒原因種*A. minutum*(ただし国内において本種による二枚貝の毒化は報告されていない)が同所的に最大270細胞/L出現した。6月の臨時広域調査で、日高湾で*A. catenella*が40~480細胞/Lの範囲で出現した。また、7月の臨時広域調査では、1点のみで10細胞/Lの*A. catenella*が検出された。2020年は、*A. catenella*が太平洋中部で6月前半に比較的高密度(最大460細胞/L)に出現した。これは1989年以後の太平洋中部において、2019年, 2018年に次いで3番目に高い値であった。6月前半の臨時広域調査においても日高湾の広域で高密度の*A. catenella*が確認された。その後の6月後半に噴火湾内において*A. catenella*が高密度で出現したことから、噴火湾外で増殖した本種個体群が湾内に流入することによって、ホタテガイの毒量が増加した可能

性が高いと考えられた。

*Dinophysis fortii*は5～8月に出現した。*D. fortii*が出現した水温は5.4～18.9℃、塩分は32.16～34.02であった。最高出現密度は7月6日の噴火湾東部(虻田)の深度25mおよび7月8日の噴火湾湾口部(鹿部)の深度30m、太平洋中部(静内)の深度30mの100細胞/Lであり、出現した深度での水温はそれぞれ12.2, 9.1, 14.5℃、塩分は32.85, 32.66, 33.61であった。

*Dinophysis acuminata*は1～7月と9～10月に出現した。*D. acuminata*が出現した水温は0.4～19.9℃、塩分は27.79～33.98であった。最高出現密度は6月3日の静内での390細胞/Lであり、出現した深度30mの水温は7.2℃、塩分は33.43であった。*Dinophysis norvegica*は3～7月に出現した。*D. norvegica*が出現した水温は2.5～12.8℃、塩分は31.72～33.43であった。最高出現密度は5月24日の八雲での60細胞/Lであり、出現した深度10mの水温は9.0℃、塩分は31.93であった。

これまでの調査(表3)における海域ごとの*A. catenella*, *D. fortii*, *D. acuminata*および*D. norvegica*の最高出現密度の経年変化(表4～7)を見ると、*Dinophysis*属の出現量はおおむね例年通りであったが、太平洋中部および噴火湾における*A. catenella*の出現量は近年、増加傾向にあるといえる。

イ 二枚貝等の出荷規制

太平洋西部海域において6月10日から11月13日まで、噴火湾東部海域において6月19日から10月3日まで、噴火湾北西部海域において9月7日から10月17日まで(6月25日から9月7日まででは出荷自粛)、噴火湾南西部において6月26日から10月8日まで麻痺性貝毒によるホタテガイの出荷自主規制措置がとられた。

文献

- 1) 坂本節子. 2020. *Alexandrium*属における分類と種名変更の現状. 月刊海洋52: 200-204.
- 2) 夏池真史・金森 誠. 2020. 令和元年度道総研函館水産試験場研究報告pp. 5-7.
- 3) 夏池真史・金森 誠・渡野邊雅道・葛西利彦・佐藤政俊. 2020. 近年の噴火湾および日高湾における麻痺性貝毒原因渦鞭毛藻*Alexandrium catenella* (Group I)の出現状況. 北海道水産試験場研究報告99: 1-8.

- 4) 夏池真史・金森 誠. 2020. 津軽海峡における渦鞭毛藻*Alexandrium minutum*の出現(短報). 北海道水産試験場研究報告99: 9-12.

表3 津軽海峡から太平洋中部海域における貝毒プランクトン調査点

生産海域	調査年	調査点
津軽海峡	1979	なし
	1980	知内沖4.2km
	1981-1982	木古内沖5.5km
	1983-2004	なし
	2005-	知内沖2km
噴火湾湾口	1979	なし
	1980-1982	南茅部沖1.8km
	1983	大船沖1, 3, 5マイル, 鹿部沖1マイル*
	1984-2004	鹿部沖1マイル*
	2005-	鹿部沖2.7km
噴火湾西部	1979-1980	砂原沖1.5km
	1981-1982	落部沖1.5km
	1983	砂原沖1, 2マイル, 落部沖1, 3, 5マイル(落部沖1.5km**), 八雲沖1, 3, 5マイル, 国縫沖1, 3, 5マイル
	1984	落部沖1, 3, 5マイル(落部沖1.5km**), 国縫沖1, 3, 5マイル
	1985-1999	落部沖1, 5マイル, 国縫沖1, 5マイル
	2000-2004	八雲沖3マイル
噴火湾東部	2005-	森沖3km, 八雲沖3マイル
	1979-1980	礼文華沖2km
太平洋西部	1981-1982	虻田沖4.4km
	1983	礼文沖1, 3, 5マイル, 虻田沖1, 3, 5マイル, 伊達沖1, 3, 5マイル
	1984	虻田沖1, 3, 5マイル
	1985-1999	虻田沖1, 5マイル
	2000-	虻田沖1マイル
	1979-2004	なし
太平洋中部	2005-2009	苫小牧沖0.5km
	2010-	なし
太平洋中部	1979-1980	なし
	1981-1982	静内沖3km
	1983-1988	なし
	1989-2001	日高沖***
	2002-2004	門別沖****
	2005-2007	様似沖2.2km
	2008	なし
	2009-	静内沖2.5km

*: 1983-1999年は、鹿部町から室蘭市沖までの湾口横断調査のst.1を示す。

**：落部沖1.5kmと落部沖1マイルとは、水温・塩分が同じだったことから同調査点と推察される。

***：日高から下北半島沖の定線調査のst.1(42° 10' N, 142° 30' E)を示す。

****：門別から下北半島沖の定線調査のst.1(42° 20' N, 142° 00' E)を示す。

表4 *Alexandrium catenella* の最高出現密度 (細胞/L) の経年変化

年/ 海域	津軽海 峡	噴火湾北 西・南西部	噴火湾 東部	噴火湾 湾口	太平洋 西部	太平洋 中部
1979		4340	10900			
1980		10940	2740	220		
1981		1,100	44,400	740		3,300
1982		60	20	40		240
1983		1,440	14,520	13,750		
1984		50,540	4,880	2,460		
1985		2,280	3,380	8,320		
1986		18,820	3,080	1,200		
1987		8,720	5,760	200		
1988		500	80	40		
1989		39,580	9,400	7,340		3,960
1990		1,300	740	700		40
1991		1,420	3,960	660		80
1992		180	20	20		0
1993		60	60	20		60
1994		2,820	240	400		100
1995		5,540	240	280		0
1996		60	60	60		20
1997		100	100	40		60
1998		20	20	40		0
1999		300	100	60		20
2000		140	20	20		0
2001		40	40	80		
2002		0	280	20		0
2003		180	80	400		20
2004		880	450	5,080		10
2005	0	40	20	100	0	10
2006	60	1,180	1,130	600	340	50
2007	10	630	40	500	150	0
2008	0	150	30	30	10	
2009	0	970	390	970	10	30
2010	0	730	300	30		90
2011	0	1,400	360	270		40
2012	0	160	80	20		10
2013	0	420	170	240		10
2014	20	20	20	20		10
2015	0	690	2,760	200		20
2016	30	60	60	40		10
2017	0	10	10	40		30
2018	10	210	60	20		700
2019	0	20	20	190		1,180
2020	90	940	5,400	1,090		460

表5 *Dinophysis fortii* の最高出現密度 (細胞/L) の経年変化

年/ 海域	津軽海 峡	噴火湾北 西・南西部	噴火湾 東部	噴火湾 湾口	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980		50	520	700	160	
1981		190	180	740	260	180
1982		110	400	40	160	160
1983			4,800	5,425	1,850	
1984			1,080	1,020	360	
1985			400	980	580	
1986			2,820	840	400	
1987			140	200	140	
1988			920	140	340	
1989			360	300	320	120
1990			180	180	140	100
1991			380	60	340	20
1992			80	20	40	40
1993			80	80	200	0
1994			320	660	240	0
1995			40	60	80	60
1996			60	20	20	20
1997			40	100	0	0
1998			100	40	40	20
1999			220	440	260	20
2000			20	160	260	0
2001			120	160	240	
2002			80	20	60	20
2003			40	20	80	40
2004			120	480	140	200
2005	20	500	990	170	110	20
2006	10	40	50	100	60	100
2007	0	30	20	10	30	0
2008	10	50	20	10	40	
2009	10	50	30	40	0	80
2010	10	100	10	110		130
2011	280	40	110	40		20
2012	10	10	160	20		190
2013	10	20	110	120		210
2014	20	60	30	70		20
2015	0	10	30	20		100
2016	10	180	50	110		140
2017	10	180	110	50		220
2018	30	60	60	590		730
2019	60	90	90	50		40
2020	20	70	100	100		100

表6 *Dinophysis acuminata* の最高出現密度 (細胞/L) の経年変化

年/ 海域	津軽海 峡	噴火湾北 西・南西部	噴火湾 東部	噴火湾 湾口	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980						
1981		20	100	60		
1982		160	180	80		
1983		140				
1984		380				
1985						
1986						
1987						
1988		140	40	100		
1989		680	380	280		20
1990		160	220	80		0
1991		60	120	40		0
1992		200	700	200		140
1993		620	740	440		200
1994		360	2,680	500		80
1995		1,000	2,360	260		40
1996		1,420	320	500		280
1997		620	380	20		20
1998		80	60	80		60
1999		260	480	20		0
2000		1,920	780	640		20
2001		0	80	60		
2002		120	200	60		100
2003		920	720	940		20
2004		40	50	40		20
2005	10	30	30	40	40	70
2006	10	250	120	80	120	70
2007	80	100	50	50	20	10
2008	40	1,470	610	140	40	
2009	10	640	790	330	30	280
2010	10	280	370	90		30
2011	40	590	600	950		110
2012	20	420	310	230		30
2013	10	960	280	140		30
2014	30	210	150	80		1,010
2015	70	1,090	200	470		180
2016	10	1,120	410	520		6,710
2017	40	230	490	620		250
2018	40	200	220	150		810
2019	20	260	300	120		210
2020	30	210	240	310		390

表7 *Dinophysis norvegica* の最高出現密度 (細胞/L) の経年変化

年/ 海域	津軽海 峡	噴火湾北 西・南西部	噴火湾 東部	噴火湾 湾口	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980						
1981			0	300	340	
1982			40	60	260	
1983			460			
1984			380			
1985						
1986						
1987						
1988			440	180	160	
1989			180	160	180	120
1990			1,080	480	240	40
1991			1,560	1,860	880	100
1992			240	320	280	460
1993			420	160	160	200
1994			920	1,140	520	220
1995			2,040	1,060	440	60
1996			1,400	820	640	820
1997			260	120	20	40
1998			60	40	20	20
1999			140	1,140	100	20
2000			100	40	20	0
2001			20	280	100	
2002			20	60	140	460
2003			500	160	200	100
2004			180	350	300	60
2005	0	100	180	70	60	440
2006	0	140	160	170	400	290
2007	0	110	170	70	170	0
2008	0	60	40	10	30	
2009	0	60	30	90	0	80
2010	10	700	180	50		750
2011	0	30	60	40		70
2012	30	300	250	130		190
2013	0	80	60	40		10
2014	70	130	240	400		290
2015	0	60	20	60		70
2016	0	150	50	280		1,510
2017	0	140	120	150		120
2018	0	40	40	20		40
2019	10	70	30	110		130
2020	0	60	20	20		50

9. 養殖コンブ生産安定化試験Ⅱ（経常研究）

担当者 調査研究部 前田高志・八川皓太
 協力機関 渡島地区水産技術普及指導所
 渡島地区水産技術普及指導所松前支所
 南かやべ漁協，えさん漁協，戸井漁協
 銭亀沢漁協，函館市漁協，上磯郡漁協
 福島吉岡漁協，松前さくら漁協，函館市

（1）目的

道南海域におけるコンブ養殖で問題となるモハネガヤの生態と発生量の変動要因を解明し，養殖コンブ収穫期に発生するモハネガヤの付着状況を予測する手法を開発するとともに，その対策に資する情報を収集する。

（2）経過の概要

ア 養殖コンブの生育状況と養殖漁場の海洋環境調査

（ア）養殖コンブ生育状況調査

函館市内の3地点，大船町沖と日浦町沖，石崎町沖において（図1），前年度と同様の方法で促成養殖マコンブの生育状況を調査した。

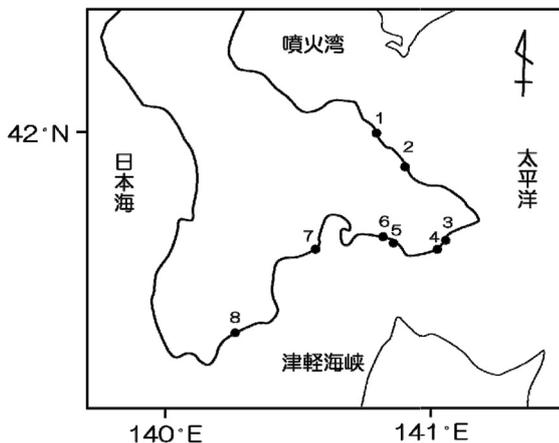


図1 養殖コンブの生育状況調査およびサンプリング地点。鹿部町（1：鹿部），函館市（2：大船町，3：日浦町，4：浜町，5：小安町，6：石崎町），北斗市（7：当別），福島町（8：福島）

（イ）コンブ養殖漁場の海洋環境調査

ア-（ア）の調査地点の養殖施設に自記式の水温計

（Onset Computer Corporation）と光量子量計（JFEアドバンテック株式会社）を設置し，前年度と同様の方法で養殖漁場環境の連続観測を行った。

イ モハネガヤの付着状況に関するアンケート調査

十分な数の調査結果が得られなかったため，省略する。

ウ 道南海域におけるモハネガヤの生態学的研究

（ア）モハネガヤの発生状況の調査

アの調査時に養殖マコンブを採集し，それらの表面に付着して，群体を形成するモハネガヤやエダフトオペリア等のヒドロゾア類の発生時期や付着数を調べた。

（イ）モハネガヤの飼育試験

2020年10月4日，函館市浜町沖でモハネガヤが付着したマコンブ胞子体を採集した。それらからモハネガヤが付着した箇所を切り取り，5枚の葉片を得た。それらを水温15℃，100Lの濾過海水中で飼育した。飼育水は通気によって常に攪拌した。また，モハネガヤが付着する葉片が枯死することを防止するため，照明装置を設置し，光量子量40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，光周期12時間明期：12時間暗期に設定した。さらに，飼育水には通常の1/2の濃度となるようにNT-ES培地を添加した（新原・菊池，1985）。飼育水は1週間毎に全量交換し，その際にモハネガヤの観察を行い，ヒドロ根長を測定するとともに生殖莢形成の有無を調べた。

エ 分子生物学的手法によるモハネガヤの発生時期の把握

前年度に実施したモハネガヤの飼育試験の結果，本種のプラヌラ幼生が得られた。しかし，幼生の形態的特徴から種を同定することは困難であると考えられた。そこで，簡易的に種判別が可能な手法の開発ため，

18SrRNA 遺伝子の塩基配列 (18SrDNA) を決定した。

材料には、道南海域の6地点から採集したモハネガ

表1 道南海域6地点から採集したモハネガヤの標本.

種名	採集日	採集地	個体数
モハネガヤ	※	鹿部町鹿部	5
	2018年8月20日	函館市大船町	3
	2018年8月23日	函館市日浦町	4
	2018年7月26日	函館市小安町	4
	2018年7月12日	北斗市当別	6
	2018年9月13日	福島町字福島	3

※漁業者から提供された乾燥サンプルのため、採集日不明

ヤの液浸標本を用いた (図1, 表1)。ヒドロ茎およびヒドロ花 (直立する幹部) を5本切り取り、蒸留水中でよく洗浄した後、マイクロチューブに入れ、ホモジナイザーを用いて組織をよく破碎した。次いで、DNeasy Blood tissue kit (QIAGEN) を用い、付属のプロトコルに従ってDNAを抽出した。

これを鋳型とし、3種類のプライマーペア、①A(F): F-AACCTGGTTGATCTGCCAGTとLR: R-CCAACACTACGAGCTTTTAACTG, ②C(F): F-CGGTAATCCAGCTCCAATAGとYR: R-CAGACAAATCGCTCCACCAAC, ③O(F): F-AAGGGCACCACCAGGAGTGGAGとBR: R-TGATCCTCCGCAGGTTACCTを用い18SrRNA遺伝子領域をPCRによって増幅した (Apakupakul *et al.* 1999, Medlin *et al.* 1988)。PCRにはVeriti Thermal Cycler (Applied Biosystems) を用い、反応液組成は Multiplex PCR Master Mix 12.5 μ L (QIAGEN), 20.0 μ M フォワードプライマー 1.0 μ L, 20.0 μ M リバースプライマー 1.0 μ L, DNA抽出液 1.0 μ L, 蒸留水 9.5 μ L を混合し、全量を25.0 μ L に調整した。また、反応条件は、95 $^{\circ}$ C (15分), [94 $^{\circ}$ C (30秒) - 57 $^{\circ}$ C (1分) - 72 $^{\circ}$ C (1分30秒)] を35~40回繰り返す、72 $^{\circ}$ C (10分) とした。なお、増幅効率が悪い場合や非特異的な増幅が見られた場合は、アニーリングの温度を調整し、同様の条件で反応させた。増幅産物はGFX PCR DNA and Gel Band Purification Kit (GE healthcare) を使用し、製品のプロトコルに従って精製した。これらを鋳型としてBig Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) を用いて反応し、その産物はBig Dye X Terminator Purification Kit (Applied Biosystems) を用いて精製した後、SeqStudio Genetic Analyzer (Life Technologies) を用いて電気泳動した。次いで、Sequence Analysis ver. 5.4 (Applied Biosystems) を使用して塩基配列を決定し、MEGA X (Kumar *et al.*, 2018) を用いてアラインメントを行った。次いで、DNA Data Bank of Japan (DDBJ) のBasic Local

Alignment Search Tool (BLAST) を利用し、得られた塩基配列と相溶性の高い配列を検索し、それらを比較することで本種の特異的な配列を探索した。

(3) 得られた結果

ア 養殖コンブの生育状況と養殖漁場の海洋環境調査

(ア) 養殖コンブ生育状況調査

2020年に収穫された養殖マコンブの葉長と湿重量は、いずれの地域においても6月に最大となった (図2-3)。この時、各地点の平均葉長-平均湿重量 (士標準偏差) はそれぞれ、大船町では622.3 \pm 52.1 cm - 1511.6 \pm 163.8 g, 日浦町では476.4 \pm 72.5 cm - 1265.6 \pm 272.2 g, 石崎町では892.2 \pm 155.0 cm - 1818.0 \pm 285.0 g であった。

葉幅は大船町と石崎町では3~6月にかけて徐々に広がり、6月に最大となった (図4)。日浦町では6月以降に急速に広がり、7月に最大となった。各地点における最大時の平均葉幅は、大船町では28.5 \pm 4.5 cm, 日浦町では28.1 \pm 5.2 cm, 石崎町では29.4 \pm 3.0 cm であった。大船町では6~7月にかけて葉幅が狭くなる傾向が見られた。

養殖個体葉上部の平均乾燥歩留りは、いずれの地点においても3~7月にかけて、徐々に増加する傾向が見られた (図5)。7月の調査時には、大船町では17.6 \pm 1.2%, 日浦町では13.7 \pm 1.4%, 石崎町では17.2 \pm 1.8% となった。

養殖個体の日間生長量は4~7月にかけて、いずれの地点においても減少する傾向が見られた (図6上)。一方、同期間の日間末枯量は、概ね増加する傾向が見られ、5~7月は日間生長量を大きく上回った (図6下)。

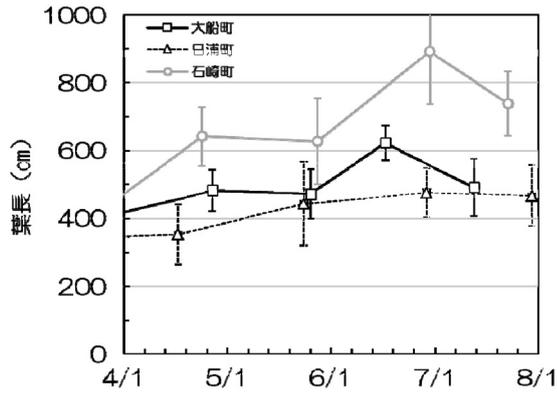


図2 養殖マコブの葉長の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している

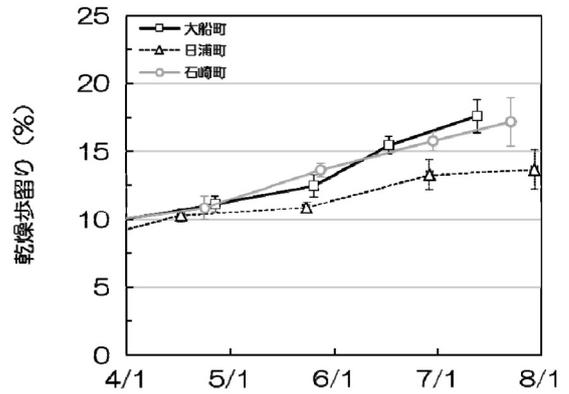


図5 養殖マコブの乾燥歩留りの季節変化. エラーバーは標準偏差を示している

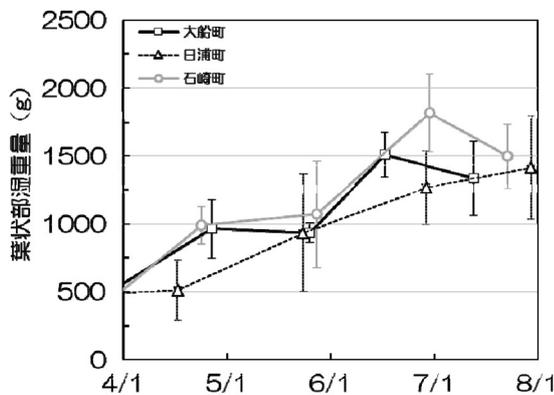


図3 養殖マコブの湿重量の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している

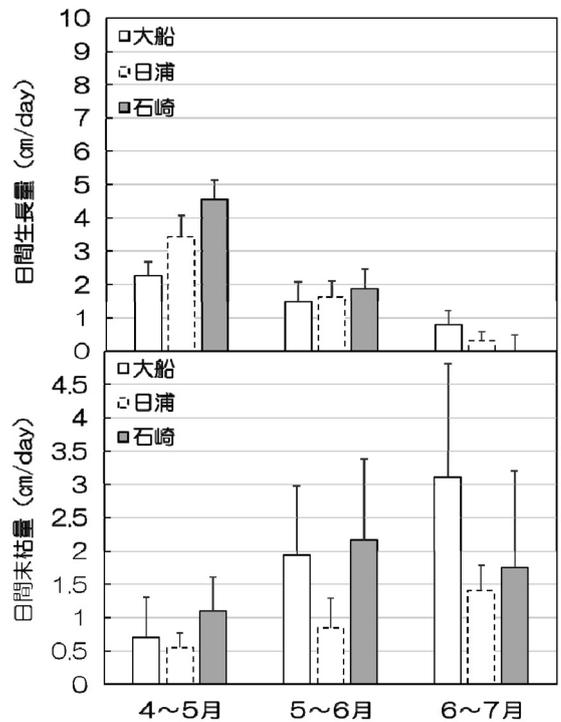


図6 養殖マコブの日間生長量(上)と日間末枯量(下)の季節変化. エラーバーは標準偏差, NDはデータないことを示している

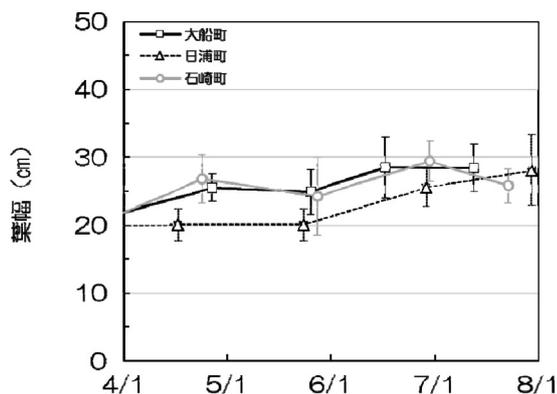


図4 養殖マコブの葉幅の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している

(イ) コブ養殖漁場の海洋環境調査

2020年4月1日～2020年7月31日にかけて、大船町沖は3.9～20.4℃、日浦町沖は4.1～20.0℃で推移した(図7)。石崎町は同期間、5.8～22.2℃で推移し、7月の水温は例年よりも高かった。6月上中旬、日浦町沖の水温は、他の2地点に比べて低く推移した。なお、日積算光量子量の推移は、図8に示した。

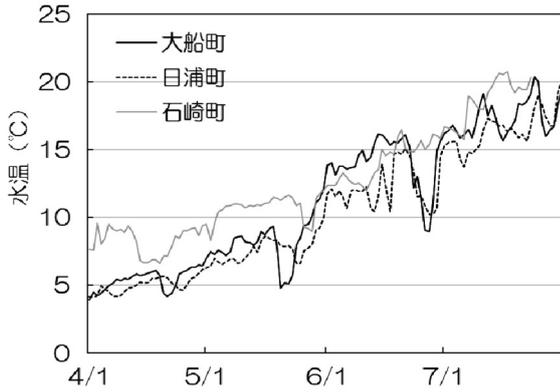


図7 コンブ養殖期間中の漁場水温の推移

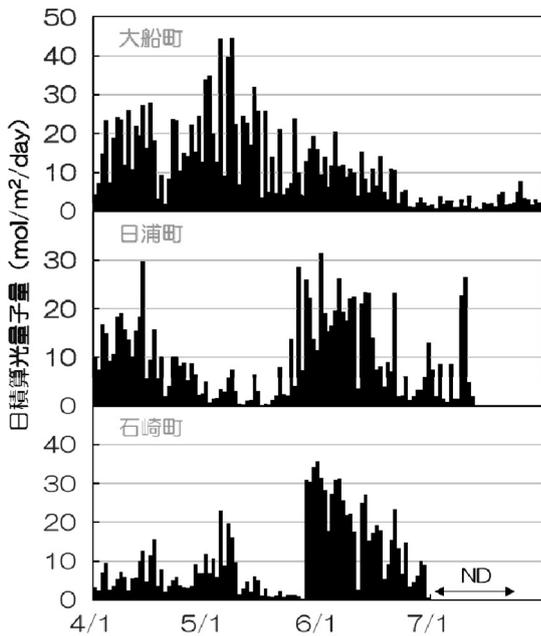


図8 養殖施設の設置水深における日積算光量子量の推移. NDは調査期間外等の理由によってデータを取得できなかったことを示している

イ モハネガヤの付着状況に関するアンケート調査
十分な数の調査結果が得られなかったため、省略する。

ウ 道南海域におけるモハネガヤの生態学的研究

(ア) モハネガヤの発生状況の調査

いずれの地点においても、5月にはヒドロゾア類の付着が見られはじめた(図9)。大船町沖ではコケムシ類の付着数は増加したものの、6~7月にかけてヒドロゾア類はほとんど増加しなかった。日浦町沖では6月までほとんど付着は見られなかったが、7月には

増加し、養殖コンブ1個体あたり 14.8 ± 9.4 個体が付着した。石崎町沖では、5~6月にかけて徐々に増加した。7月には 35.5 ± 23.8 個体のヒドロゾア類が付着した。石崎町沖の付着数は、前年度に比べて顕著に多かった(図10)。

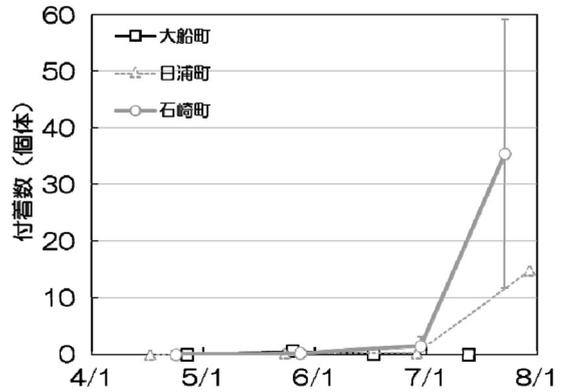


図9 促成養殖コンブに付着するヒドロゾア類の付着数の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している

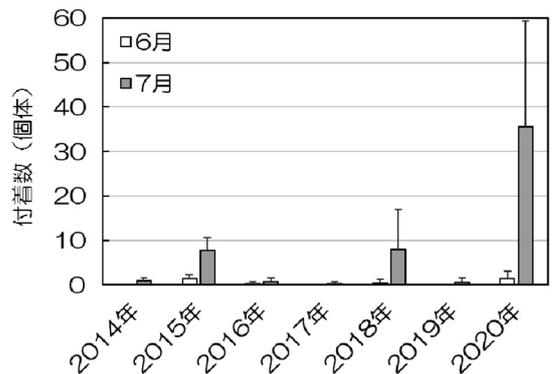


図10 石崎町沖の促成養殖コンブにおけるヒドロゾア類の発生状況. エラーバーは標準偏差を示している

(イ) モハネガヤの飼育試験

飼育開始から2週目までは生残したものの、ヒドロ根の伸長はほとんど認められなかった。また、生殖莢の形成も見られなかった。モハネガヤは $15 \sim 17^\circ\text{C}$ では急速に成長すると考えられているが(門間ら1992)、今回、 15°C で飼育試験を行ったが、そのような著しい成長は観察されなかった。閉鎖環境下での飼育であったため、餌料環境が成長に影響を及ぼしたと考えられた。長期間の飼育試験を行うには、今後、本種の摂餌特性を解明し、餌料環境の検討が必要であると言える。

エ 分子生物学的手法によるモハネガヤの発生時期の把握

6地点から採集したモハネガヤの解析の結果、18SrRNA遺伝子の1,667bpの部分配列を決定した。25個体間で4座位において塩基置換が見られ、トランジション型の変異であった。8パターンの遺伝子型が見られたが、これらのパターンと地理的分布には関係性は見出されなかった。データベースにおける検索では、完全に一致する塩基配列はなかった。本種として登録された配列(FJ550565)とは98.5%(1646bp/1,670bp)が一致し、その他の近縁種とでは、いずれも相同性は97%以下であった。今回の解析によって得られた配列において、種特異的かつプライマーが設計可能な領域が見出された。今後は、PCR-RFLPなどを利用した簡易的な種識別法を開発する予定である。

参考文献

- Apakupakul K, Sidall ME, Burreson EM. Higher level relationships of leeches (Annelida: Clitellata: Euhirudinea) based on morphology and gene sequences, *Mol. Phylogenet. Evol.* 12, 1999, 350-359.
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Mol. Biol. Evol.* 2018, 35: 1547-1549.
- Medlin L, Elwood HJ, Stickel S, Sogin ML. The characterization of enzymatically amplified eukaryotic 16S-like rRNA-coding regions, *Gene* 71, 1988, 491-499.
- 門間春博, 佐々木茂, 金子孝. ハイドロゾア防除試験. 平成元年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 1992, 291-299.
- 新原義昭, 菊池和夫. 1985. コンプ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. 環境情報を活用した養殖ホタテガイ稚貝の順応的管理手法の構築 (経常研究)

担当者	調査研究部	金森 誠・渡野邊雅道 夏池真史・北川雅彦
共同研究機関	中央水産試験場	
協力機関	渡島北部地区水産技術普及指導所 胆振地区水産技術普及指導所 水産振興課（渡島地区在勤）	

(1) 目的

噴火湾のホタテガイ養殖は10万t・170億円を生産する道南海域の基幹漁業である。近年、中間育成中の稚貝の正常貝率の低下（以下、成育不良）が頻発し、大きな問題となっている。稚貝で成育不良が生じると、耳吊り後の夏～秋に成育不良の程度に応じた減耗が生じ、2年後の生産量が減少する。特に2015年と2017年生まれの稚貝で生じた成育不良は深刻で、噴火湾渡島海域（長万部～砂原地区）の正常貝率は、いずれの年も50%を下回り、同海域の2年後の出荷時期の耳吊り貝の生残率は20%を下回った（金森 2021）。なお、同地区の1992～2014年生まれの稚貝の平均正常貝率は87%、出荷時期の耳吊り貝の平均生残率は78%である。この稚貝の深刻な成育不良とその後の出荷貝の低い生残率のため、噴火湾の2017年の生産量は3万6千t、2019年の生産量は2万9千tと例年の約1/3まで落ち込み、地域経済に深刻な影響をもたらした。2015年前後に養殖方法に大きな変化が生じてはいないことから、稚貝の深刻な成育不良は環境の年変動と深く関わっていると考えられる。これまでの分析で、稚貝の正常貝率が80%未満の年には夏季の環境に共通する特徴が見出されている（金森 2019）。一方、胆振地区水産技術普及指導所が行った広域実態調査では、稚貝の管理方法（本分散時期および本分散後の密度）が成育不良発生時の正常貝率に影響を与えていることを示唆するデータが得られている。従って、稚貝の成育不良が起きる環境下においても、それを早期に認識して管理方法を調整することで、その影響を緩和できる可能性がある。そのためには稚貝の成育不良年の環境特性の理解を深化させるとともに、管理手法による成育不良の低減効果を実証し、環境情報を活用した稚貝の順応的管理手法を構築する必要がある。本研究の目的は養殖ホタテガイ稚貝の成育不良に関わる環境要因を抽出、効率的な観測体制を確立するとともに、噴火湾の環境情報を活用したホタテガイ稚貝の順応的管理手法を構築する

ことである。

(2) 経過の概要

ア 稚貝成育不良に関わる環境要因の抽出

前年度に別課題（水産研究本部長枠「海洋環境情報を活用した噴火湾養殖ホタテ稚貝のへい死リスク低減対策の確立—データベースの構築と効果的な研究体制の設計—」）によって整理した環境および養殖ホタテガイの長期モニタリングデータに2020年のデータを追加して分析を行った。2000～2020年の森、虻田地区の月2回および八雲地区の月1回の水温・塩分の鉛直分布データを7月前後半、8月前後半および9月前後半の6区分に分けた後、稚貝の成育不良年（翌3月の正常貝率が80%未満の年、2002、2003、2009、2015、2017、2018および2019年：以下、成育不良年）と稚貝の成育良好年（翌3月の正常貝率が80%以上の年、上記の成育不良年以外：以下、成育良好年）に分けて整理した。

イ 管理技術が稚貝の成育不良に及ぼす影響の検証

2020年8月～翌3月に管理条件を操作した稚貝育成試験を実施した。養殖試験の概要は表1のとおりである。仮分散密度：3条件、本分散時期：2条件および本分散密度：3条件により、18通りの組み合わせで試験を計画した。9月の本分散実施後の時化で仮分散密度150個/籠の連が流出したため、10月本分散・仮分散密度150個/籠・本分散密度30、50および70個/段の3通りは実施できず、15通りの条件を比較することになった。本分散後の各条件のレプリケートは、N=6（6段）としたが、9月本分散・仮分散密度150個/籠・本分散密度70個/段のみ稚貝数が不足したためN=5（5段）となった。

仮分散～本分散の期間の成育を評価するため、9月および10月の本分散時に各仮分散密度条件から3籠を試験場に持ち帰り、各籠の正常生貝数、外部異常生貝

数および死貝数の計数を行うとともに、生貝100個体の殻長を測定した（各密度3籠×100個体=300個体を測定）。中間育成終了時の成育を評価するため、3月の試験終了時に、全ての段の正常生貝数、外部異常生貝数および死貝数の計数を行うとともに、各段から10個体（各条件6段×10個体=60個体を測定、9月本分散・仮分散密度150個/籠・本分散密度70個体/段のみ5段×10個体=50個体を測定）の殻長を測定した。夏～秋に稚貝が経験している水温および籠の振動や傾きを把握するため、加速度計、水温計、圧力計を取り付けたザブトン籠および丸籠を垂下し、観測を行った。また、養殖施設周辺の環境を把握するため、流速計・圧力計：2層、塩分計・圧力計：2層による環境観測を行った。なお、函館水試は観測機器の設置・回収等を実施したが、観測データの解析は中央水試で担当していることから、(3)得られた結果において、この環境観測の結果は扱わない。

表1 稚貝育成試験の概要

種苗	噴火湾産
養殖海域の深度	17m
養殖施設幹綱深度	2ヒロ
テボ	1ヒロ半（仮分散、本分散共通）
仮分散漁具	2分ザブトン籠（10籠/連）・ 錘200匁
仮分散実施年月日	R2.8.4
仮分散密度	150, 300, 600個体/籠
本分散漁具	3分丸籠（10段）・錘1kg
本分散実施年月日	R2.9.11, R2.10.27
本分散密度	30, 50, 70個体/段
試験終了（回収）	R3.3.12

(3) 得られた結果

ア 稚貝育成不良に関わる環境要因の抽出

育成不良年と成育良好年の水温鉛直分布を比較すると、8月後半以降に明瞭な差が見られた。育成不良年は、8月後半の0および5m深の水温が低い一方、20~30m深の水温が高く、鉛直方向の勾配が小さかった（図1）。また、9月の水温は前半、後半ともに全層で低かった。成育不良年と成育良好年の塩分鉛直分布は水温ほど明瞭な差はなかったが、成育良好年は8月後半の0m深の塩分が低いことが特徴的であった（図2）。気象庁が公表している室蘭観測点の2000~2020年の8月の降水量のデータを成育良好年と成育不良年で比較したところ、統計的に有意な差はなかった

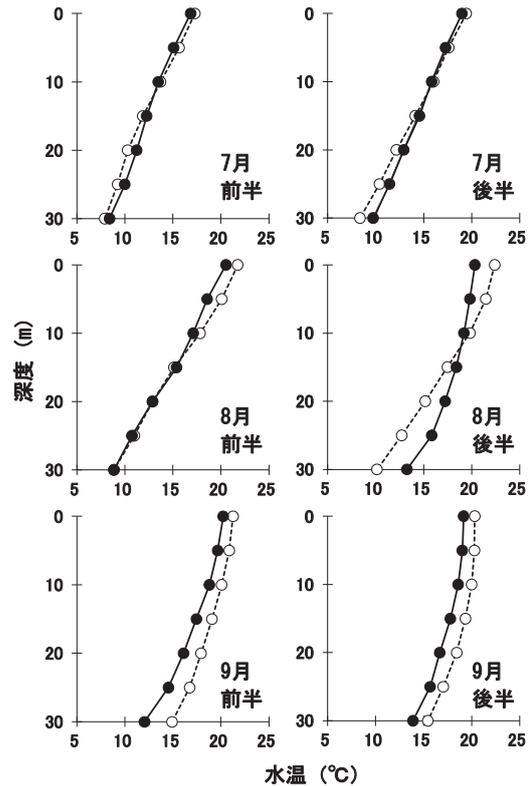


図1 噴火湾のホタテガイ養殖海域における夏季水温の鉛直分布 ○成育良好年、●成育不良年。

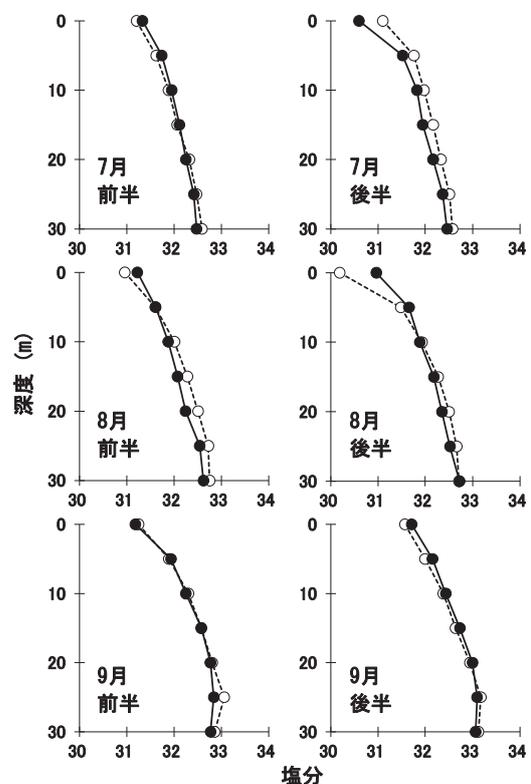


図2 噴火湾のホタテガイ養殖海域における夏季塩分の鉛直分布 ○成育良好年、●成育不良年。

(成育良好年：平均値±標準偏差=173.5±84.4mm/月，成育不良年：同上154.0mm±82.9mm/月，ウェルチのt-検定P=0.70)。そのため，成育良好年の0m深の塩分が低い理由は，8月の降水量が多く，河川水等の海域への流入量が多いためではなく，流入した淡水が鉛直方向に混合されにくいためと推測される。

イ 管理技術が稚貝の成育不良に及ぼす影響の検証

9月本分散時と10月本分散時の稚貝を比較すると，10月本分散の方が，成長に伴い殻長は大きくなっていたが(図3)，死貝および外部異常貝の増加により，正常貝率は低下していた(図4)。一方，9月本分散時，10月本分散時のいずれにおいても，殻長や正常貝率に対する仮分散密度の影響は小さく，密度による明瞭な差は認められなかった。また，今回の試験では，仮分散時の密度設定は，約20mlの容器を用意し，すり切りで150個体と見なして計量したが，実密度は設定密度よりもやや低かった(設定密度：実密度=150個/籠：135.3個/籠(N=3，9月のみ)，300個/籠：255.7個/籠(N=6)，600個/籠：498.2個/籠(N=6))。なお，本分散密度は直接計数して設定したため，仮分散

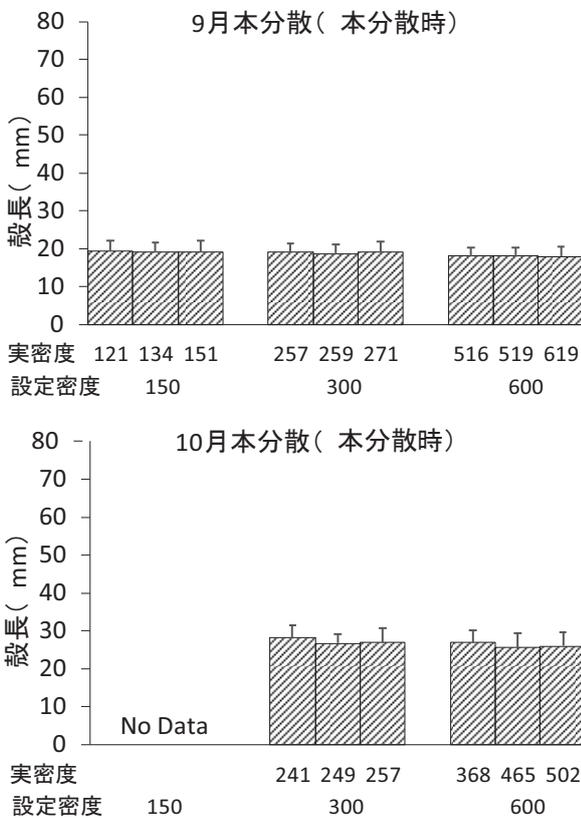


図3 本分散時の稚貝の殻長
各条件3籠から100個体を測定した結果。縦棒は標準偏差を示す。

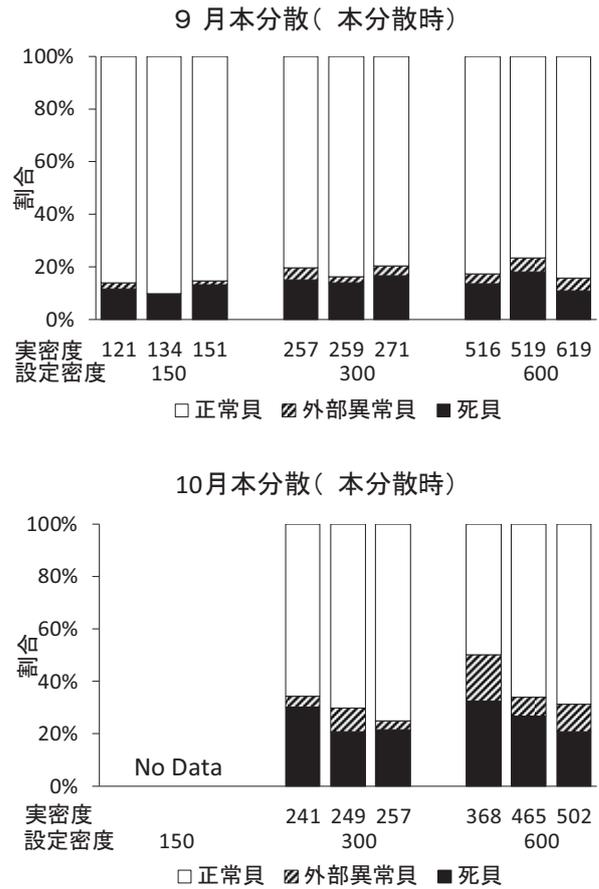


図4 本分散時の稚貝の正常生貝，外部異常生貝，死貝の割合 各条件3籠から全個体を測定した計数した結果を示す。

密度と異なり，ほぼ設定密度どおりである。

試験終了時の稚貝の殻長は，9月本分散の方が10月本分散よりも大きかった(図5)。また，ほとんどの条件で本分散密度が低い方が殻長は大きく，成長に対する密度効果が認められた。一方，仮分散密度の殻長への影響は，9月本分散では不明瞭であった。稚貝の正常貝率は，9月本分散では，仮分散密度，本分散密度に関わらず，全ての条件で平均値は80%以上であった(図6上)。一方，10月本分散では，仮分散密度600個/籠・本分散密度30，50，70個/段および仮分散密度300個/籠・本分散密度50，70個/段で正常貝率は80%未満となった(図6下)。金森(2021)より，噴火湾の成育不良の目安は正常貝率80%未満とみなすと，9月本分散では成育不良は見られず，10月本分散では，ほとんどの条件で成育不良が発生していたことになる。昨年環境下においては，本分散時期の早遅による影響が大きく，遅い時期(10月下旬)に本分散を実施した場合は，成育不良が発生しやすかったと考えられる。また，成育不良が発生した10月本分散における正常貝

率は、仮分散および本分散密度の影響を受けていた。さらに仮分散密度300個/籠の条件では、本分散密度を30個/段にすることで、成育不良の発生を抑制できていたが、仮分散密度600個/籠では、本分散密度を30個/段にしても、成育不良の抑制効果は小さかった。成育不良が発生したときの正常貝率への密度の影響は、本分散密度よりも仮分散密度の方が大きいと考えられた。このことは、昨年環境下において、成育不良をもたらす環境要因は本分散後（11月以降）ではなく、本分散前（10月以前）に存在していた可能性を示唆している。

本試験から、稚貝の成育良否は、単一の管理条件ではなく、複数の管理条件の組み合わせによって変化することが示された。この管理条件の影響は、環境が異なることで、さらに変化することが想定される。環境情報を活用したホタテガイ稚貝の順応的管理手法を構築するためには、本試験を複数年にわたって実施することで、環境の年変動と管理条件の組み合わせの影響の変化を検証する必要がある。

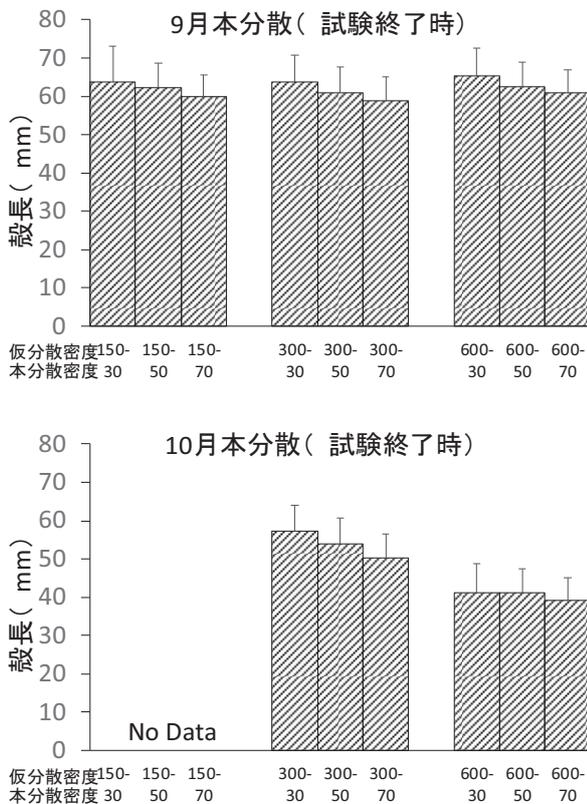


図5 試験終了時の稚貝の殻長

各条件から60個体（9月本分散の仮分散密度150個/籠→本分散密度70個体/段のみ50個体）を測定した結果。縦棒は標準偏差を示す。

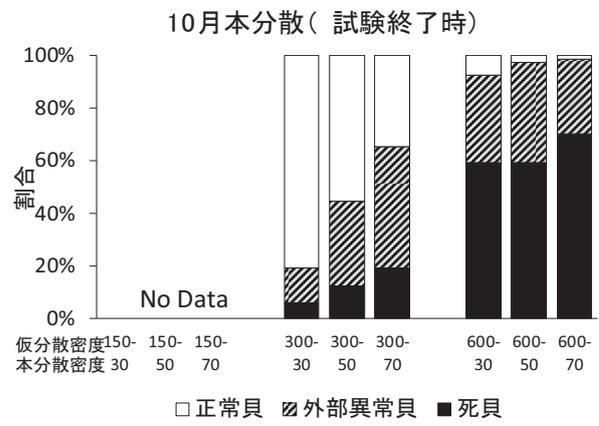
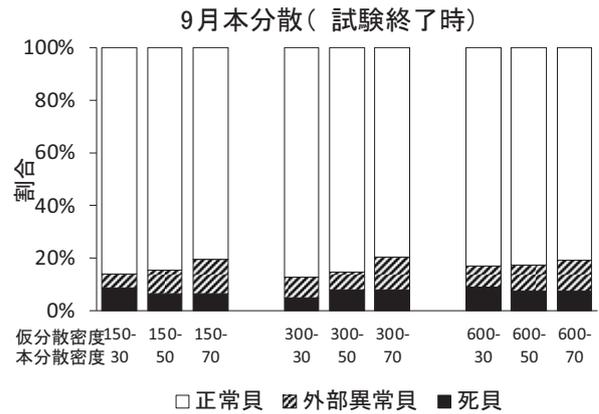


図6 試験終了時の稚貝の正常生貝, 外部異常生貝, 死貝の割合 各条件の全個体を計数した結果を示す。

参考文献

金森 誠. 噴火湾養殖ホタテガイのへい死年の気象・海洋環境について. 試験研究は今 2019 No. 888
 金森 誠. 噴火湾養殖ホタテガイの稚貝成育不良の実態 試験研究は今. 2021 No. 924

11. 水産資源調査・評価推進委託事業（公募型研究）

11. 1 我が国周辺水産資源調査

担当者 調査研究部 萱場隆昭, 奥村裕弥, 下田和孝
武藤卓志, 渡野邊雅道

（1）目的

本課題は我が国200海里水域内の漁業対象資源の性状を評価し、生物学的漁獲許容量の推計に必要な資料を収集することを目的とする。

水産庁長官が国立研究開発法人水産研究・教育機構を代表機関として委託する我が国周辺水域資源評価等推進対策委託事業の資源評価調査のうち、各地域の市場調査や沿岸域の調査船調査および広域で同時実施する漁場一斉調査を各都道府県の水産試験場等で行う。函館水産試験場では北海道周辺の16魚種29系統群のうち7魚種10系統群を担当する。

（2）経過の概要

資源評価調査委託事業実施要領に基づいて、生物情報収集調査、生物測定調査、漁場一斉調査および新規加入量調査を実施した。調査対象種は、スケトウダラ、ホッケ、スルメイカ、サバ類、マイワシ、カタクチイワシおよびブリとした。調査対象地区は、函館市、江差町、乙部町、八雲町（旧熊石町）、松前町、鹿部町、森町、道西日本海、道南太平洋およびえりも以西太平洋とし、調査期間は2020年4月～2021年3月とした。調査項目は以下の通りである。

ア 生物情報収集調査

各魚種の主要な水揚げ漁協の漁獲統計データを収集し、生物測定調査の結果と合わせて漁獲物の年齢・体長組成データ等を取得した。

イ 生物測定調査

主要な水揚げ漁協で対象魚種の漁獲物標本を購入して生物測定を行い、成長や成熟等に関する知見を取得した。なお、測定項目は全長、体長、体重、成熟度、耳石による年齢査定等とした。

ウ 漁場一斉調査

スルメイカ秋季発生系群および冬季発生系群の全国一斉調査に参画し、漁獲状況調査を行った。

エ 新規加入量調査

計量魚探およびトロールを用い、スケトウダラ太平洋系群および日本海北部系群の新規加入量、体長組成等を調査した。

（3）得られた結果

2020年度の本調査により得られた資料を関係する各水産研究所に提出し、国立研究開発法人水産研究・教育機構の各水産研究所が主催する会議等において資源評価を検討する際の基礎資料として用いられた。資源評価結果は各水産研究所が作成した資源評価報告書として公表された。

11. 2 国際水産資源調査（クロマグロ）

担当者 調査研究部 下田和孝

（1）目的

我が国周辺水域を含む中西部太平洋のクロマグロ資源の保存管理は、北太平洋まぐろ類国際科学委員会（ISC）の資源評価結果に基づき中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）で実施している。本事業は、クロマグロの資源評価と資源管理を行うための科学的データを収集することを目的とし、水産庁より委託を受けた国立研究開発法人水産研究・教育機構を代表機関として実施する。

（2）経過の概要

WCPFCでの国際合意に基づいて、2024年までに少なくとも60%の確率で親魚資源量を歴史的中間値（約4.3万トン）まで回復させることを暫定目標と定めている。この達成に向け30kg未満の小型魚の漁獲量を2002年から2004年までの平均漁獲実績（8,015トン）から半減する措置が2015年（平成27年）1月に導入された。日本では、平成27年1月1日～平成28年6月30日を第1管理期間と定め、沿岸漁業では全国を6ブロックに分けて、ブロック毎に漁獲上限を設けて管理することとした。

第2管理期間（平成28年7月1日～平成29年6月30日）においても第1管理期間と同様の措置が導入され、小型魚の漁獲上限を4,007トンとした。加えて大型魚についても2002年から2004年までの平均漁獲実績である4,882トンを超えないように管理することとした。沿岸漁業では引き続きブロック管理が実施されるとともに、現行の漁獲可能量（TAC）制度を活用した「くろまぐろ型TAC」が試験的に導入された。

第3管理期間（平成29年7月1日～平成30年6月30日）も引き続き「くろまぐろ型TAC」の試験実施が行われた。また、それまでのブロック管理から都道府県別の管理に移行しつつ、定置網については共同管理も継続した。WCPFCによる保存管理措置として漁獲上限を超過した場合には超過分が翌年以降の漁獲枠から差し引かれることになり、小型魚については第2管理期間の超過量（333.5トン）と大型魚に振り替えた250トンを差し引いた3,423.5トンが日本全体の漁獲上限となった。また、大型魚は2002年から2004年までの年間平均漁獲量（4,882トン）に小型魚から振替えた250

トンを加算した5,132トンを漁獲上限とした。

第4管理期間（平成30年7月1日～平成31年3月31日）には都道府県毎に配分量を定めるTAC制度へと移行した。北海道では第3管理期間中に道南の定置網で小型魚の大量入網があり、本道に割り当てられた配分量を超過していた。この超過分が第4管理期間以降の配分量から差し引かれることとなり、第4管理期間の小型魚の配分量は道留保分の8.3トンのみとなった。なお大型魚の配分量は208.4トンであった。なお、第4管理期間は9か月間であったことから、配分量もそれに見合うよう調整が行われた。

第5管理期間（平成31年4月1日～令和2年3月31日）も引き続き小型魚の配分量は道留保分のみであったが、大型魚の配分量のうちの80.2トンを大臣許可漁業の小型魚の配分量と融通することで、最終的な配分量は小型魚91.5トン、大型魚199.8トンとなった。

第6管理期間（令和2年4月1日～令和3年3月31日）も引き続き小型魚の配分量は道留保分のみであったが、大型魚の配分量の一部を大臣許可漁業の小型魚の配分量と融通し、また第5管理期間の繰り越し分の追加配分があったことで、最終的な配分量は小型魚124.8トン、大型魚308.5トンとなった。

漁獲状況調査

渡島総合振興局管内の漁業協同組合（松前さくら漁協、福島吉岡漁協、戸井漁協および南かやべ漁協）からクロマグロの漁獲データの提供を受け、日別、漁法別（定置網、釣り、延縄）、銘柄別（メジ・マグロ等）、製品別（ラウンド・セミドレス）の漁獲尾数と漁獲重量を集計した。また、1985～2019年の漁業生産高報告と2020年の水試集計速報値を用いて振興局別のクロマグロの漁獲重量を集計した。

（3）得られた結果

漁獲状況調査

北海道におけるクロマグロの漁獲量は、1988年までは1,000トンを超えていたが、1989年以降急速に減少し1990年代は200トン前後で推移した（図1）。2000年以降渡島管内での漁獲量が増加し、2005年には全道の漁獲量は837.0トンとなった。2006年以降は400トン前

後で推移し、数量管理の始まった2015年の漁獲量は380.6トン、翌2016年は316.5トンとなった。2017年には小型魚で配分量（第3管理期間：111.81トン）を超過する漁獲があり、漁獲量は908.6トンに増加した。

このため第4管理期間の小型魚の配分量が削減され、2018年の漁獲量は69.5トンに減少した。2019年は大型魚から小型魚への配分量の振替があり、漁獲量は181.3トンに増加した。2020年は第5管理期間からの繰り越し分が追加配分されたことを反映して漁獲量は314.4トンに増加した。2000年以降ほぼすべての年で渡島管内の漁獲量が全道の約8割以上を占めており、2020年も総漁獲量の88%に当たる275.9トンが渡島管内での水揚げであった。

渡島管内の漁業協同組合（松前さくら漁協、福島吉岡漁協および戸井漁協）に水揚げされたクロマグロの魚体重組成（多くは鰓と内臓を除去したセミドレス状態で測定された値）を図2に示した。2020年に水揚げされたクロマグロは10kg未満の個体から最大で210kg台の個体まで大きな個体差があった。魚体重組成では20kg台の個体が最も多く、次いで50kg台の個体が多かった。2019年と比べると、40kg以上の個体の割合が増加するとともに、体重100kgを超える大型個体の割合が1%未満から3.7%に増加した。なお、TAC制度の小型魚、大型魚の区分では、セミドレス状態での計量で概ね27kg以上の個体を大型魚として扱っている。また、図2には他府県所属の船により漁獲された個体も含まれている。

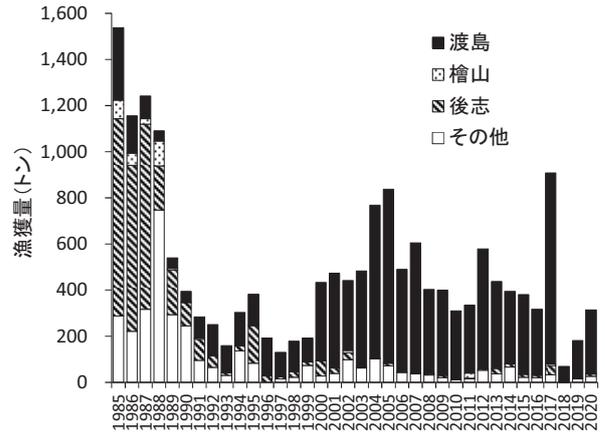


図1 北海道におけるクロマグロ漁獲量の推移

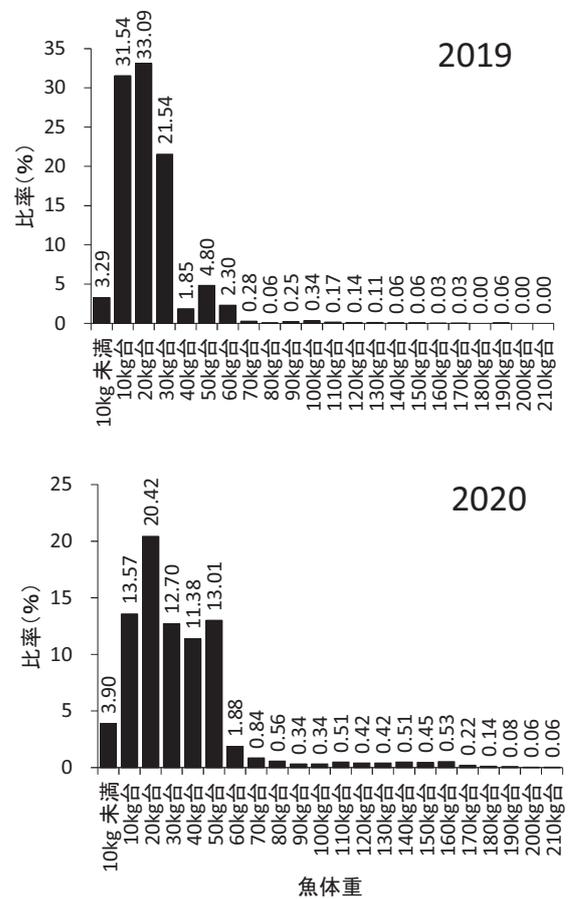


図2 渡島管内の漁業協同組合（松前さくら漁協、福島吉岡漁協および戸井漁協）で水揚げされたクロマグロの魚体重組成

12. 水産資源調査・評価推進事業（資源量推定等高精度化推進事業） （公募型研究）

12. 1 スケトウダラ日本海北部系群

担当者 調査研究部 渡野邊雅道・武藤卓志
共同研究機関 中央水産試験場・稚内水産試験場
水産研究・教育機構 水産資源研究所

（1）目的

スケトウダラ日本海北部系群については、我が国周辺水産資源調査で資源量の推定や生物学的許容漁獲量(ABC)の算定が行われているが、その精度に最も影響を及ぼす要因は加入量である。また、漁業者との意見交換会や資源評価説明会などにおいて、近年は加入量変動メカニズムに関する質問や研究要望を多数受けている。そこで漁業・調査船調査データの解析および輸送モデルを用いたシミュレーションなどにより、加入量変動メカニズムの解明や有効な加入量早期把握指標の探索を試み、資源量推定やABC算定の精度向上を図る。

（2）経過の概要

ア 繁殖特性の変動に関わる環境要因と母性効果の把握

檜山海域において、すけとうだら延縄漁船で漁獲されたスケトウダラの雌について、成熟度組成、生殖腺重量指数、肥満度、尾叉長および年齢の過去データを整理し、年変動を調べた。

生殖腺重量指数と肥満度は以下の方法で求めた。

$$\text{生殖腺重量指数} = \text{生殖腺重量(g)} / \text{体重(g)} \times 100$$

$$\text{肥満度} = \text{体重(g)} / \text{尾叉長(cm)}^3$$

イ その他

解析結果については、本事業の取りまとめ機関である水産研究・教育機構水産資源研究所に提供し、令和2年度高精度化事業スケトウダラ検討会で報告した。

（3）得られた結果

ア 繁殖特性の変動に関わる環境要因と母性効果の把握

（ア）成熟度組成の年変動

檜山海域で漁獲されたスケトウダラ（雌）の1月中旬下旬の成熟状況を見ると、1989～2004年までは概ね3～5割が産卵個体（放卵中、放卵後）であったが、2005年以降はその割合が低くなっていた（図1）。特に、2007年以降は産卵個体がほとんど出現しておらず、

近年は産卵期が遅れる傾向が見られた。

（イ）生殖腺重量指数の年変動

体長別の生殖腺重量指数（以下、GSI）の年変動（5年平均の推移）を図2に示す。体長別に見ると、大型の方がGSIの値が高かった。また、2000年代後半以降、GSIが低下する傾向が見られた。これは、産卵期が近年遅くなっている（成熟の遅れ）ことを反映していると考えられた。

（ウ）肥満度の年変動

体長別の肥満度の年変動（5年平均の推移）を図3に示す。体長による肥満度の差は見られなかった。また、1980年代後半から2010年代前半までは肥満度は横ばいで推移したが、2010年代後半以降は低下した。

（エ）尾叉長の年変動

年齢別の尾叉長の年変動（5年平均の推移）を図4に示す。各年齢ともに2000年代後半以降、大型化している。当該資源は1990年代後半以降は資源状態が悪化しており、この資源状態の変化に伴い成長様式に変化が見られた可能性がある。

（オ）年齢組成の年変動

1991年度以降の年齢組成の年変動を図5に示す。8歳以上の高齢魚の漁獲割合は、1990年代後半以降高い傾向が見られるが、基本的には高豊度年級群（'98, '06, '12, '15, '16）の出現に応じて年齢組成は変化していると考えられた。

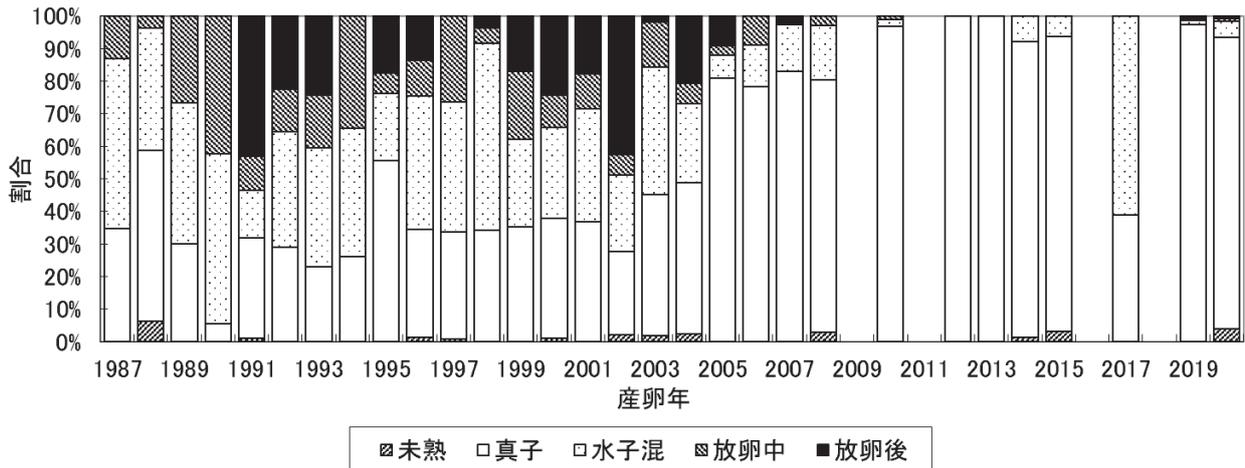


図1 檜山海域で漁獲されたスケトウダラ卵の成熟割合の推移 (1月中下旬)
2009, 2011, 2016, 2018年はデータ無し

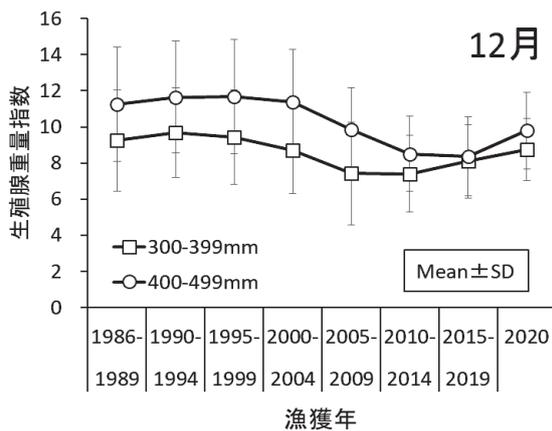


図2 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの生殖腺重量指数の推移

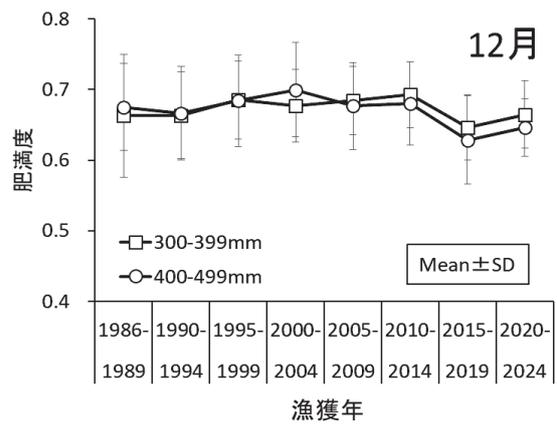


図3 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの肥満度の推移

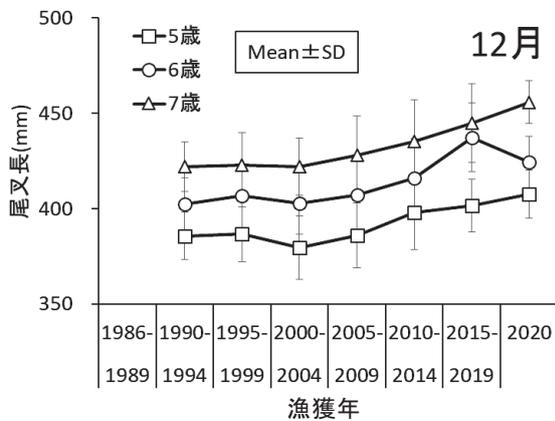


図4 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの尾叉長の推移

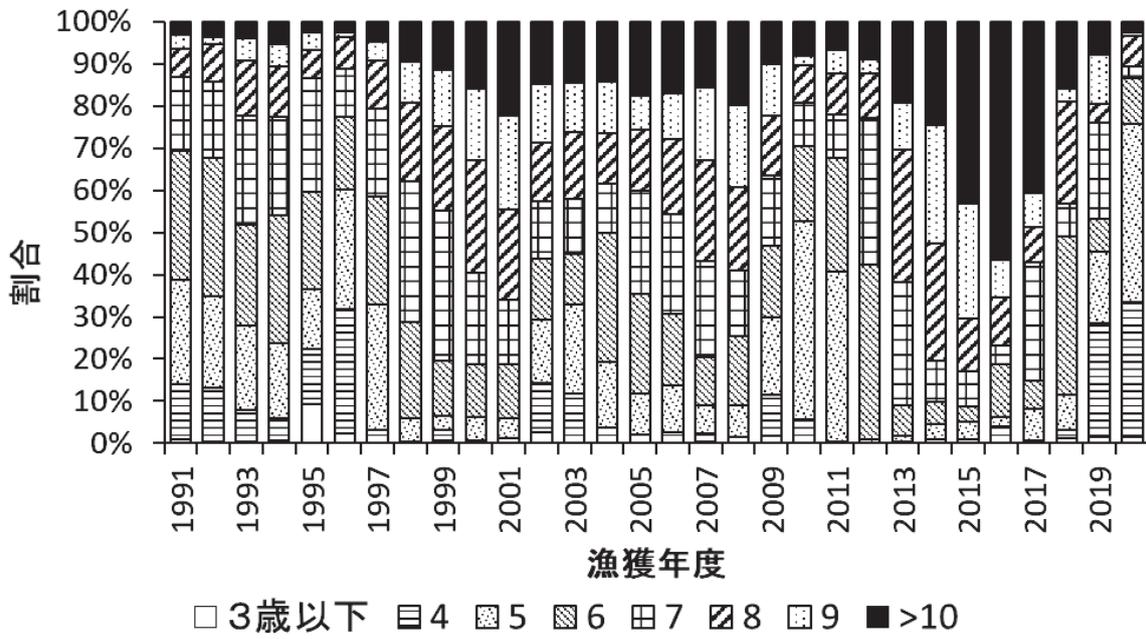


図5 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの年齢組成の推移

12. 2 スケトウダラ太平洋系群

担当者 調査研究部 武藤卓志・渡野邊雅道
 共同研究機関 栽培水産試験場, 釧路水産試験場
 北海道区水産研究所

(1) 目的

漁業・調査船調査データの解析および輸送モデルを用いたシミュレーションなどにより、加入量変動メカニズムの解明や有効な加入量早期把握指標を得ることによって、資源量推定やABC算定の妥当性向上を図る。

(2) 経過の概要

本研究事業は、平成27年度に終了した「資源変動要因分析調査事業：水産庁委託研究事業」の後継課題として実施した。スケトウダラ太平洋系群の資源変動メカニズムを明らかにしていくとともに、加入量や資源量等の推定精度を高めることで、資源評価の精度向上を目指すこととしており、道総研函館水産試験場は下記の課題について参画した。

- ・産卵場形成に影響を及ぼす環境要因の探索
- ・初期成長・生残メカニズムの解明
- ・個体ベースモデルによる初期浮遊生活史の再現

ア 産卵場形成に影響を及ぼす環境要因の探索

金星丸（函館水試調査船）及び北辰丸（釧路水試調査船）を運航して、産卵期直前（11月）に道南太平洋海域においてスケトウダラ産卵群の分布状況を調査するとともに、産卵場の形成位置、形成時期、規模の経年変化を把握した。

2020年度においては、下記の調査を実施した（なお、本調査は資源評価事業の一環として実施した）。

(ア) 調査時期

2020年11月11～16日（金星丸）

2020年11月11～12日（北辰丸）

(イ) 調査内容

調査内容については、本事業報告書4.2.2スケトウダラ（道南太平洋）の調査船調査（産卵来遊群分布調査）を参照のこと。

イ 初期成長・生残メカニズムの解明

前事業（資源変動要因分析調査事業）からの継続調査として、下記の調査を実施した。

(ア) 調査時期

2020年5月7～11日

(イ) 調査内容

スケトウダラ幼稚魚の成育場である噴火湾およびその周辺海域において、図1に示した調査線上を航走し、金星丸に搭載した計量魚群探知機EK-60（Simrad社製）により音響データを収録した。調査線は互いに平行に等間隔で設定し、音響データ収録中の船速は10ktを基本としたが、海況により適宜減速した（図1）。使用したEK-60の設定値は表1に示した。収集した音響データの解析は、計量魚探データ解析用ソフトウェアEcho View（Myriax社製）を用いて行った。また、魚群反応の強かった点において、フレームトロールネット（FMT：2m×2m）を用いてスケトウダラ稚魚のサンプリングを実施した。なお、FMTでは大型の稚魚がネットから逃避する可能性が考えられることから、FMTの他に中層トロールによるサンプリングも実施し、採集された稚魚の体長組成に両者で差が生じるか比較試験を行った。採集した稚魚は、全長を計測した後、一部については、食性を調べるために胃を摘出して、胃の内容物の種組成、種別重量を調べた。さらに、この他に、CTDによる水温塩分観測およびNORPACネット（口径45cm、目合0.33mm）の鉛直曳き（海底上10mまたは深度150mから海面まで）による餌料生物プランクトン調査を実施した。

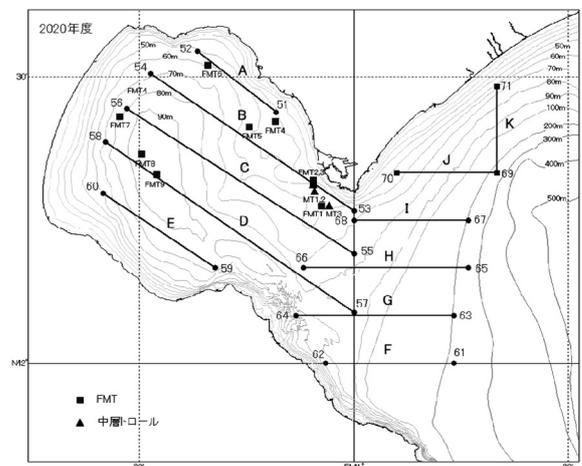


図1 調査海域

表1 EK-60の設定値

周波数	38,120 kHz
パルス幅	1.0 msec
EDSU	0.1 nmi
積分深度	0~100 m
Threshold	-70 dB

ウ 個体ベースモデルによる初期浮遊生活史の再現

本課題は、太平洋系群の仔稚魚期における体長、生残、分布、成長等を適切に再現できる個体データベースを構築し、初期生活史の解明を試みることを目的としているが、課題の主体は北水研が行うことになっており、函館水試は、調査船調査の結果等から個体ベースモデルの構築に必要な仔稚魚データを提供した。

(3) 得られた結果

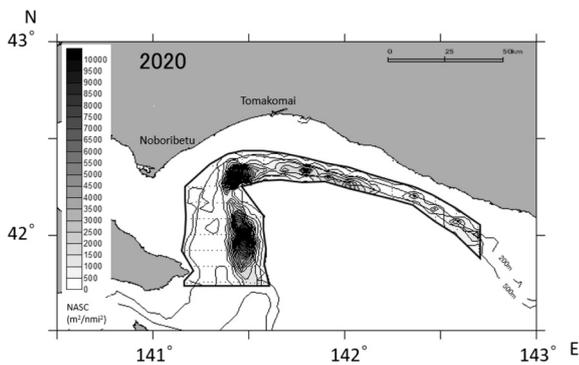


図2 産卵場周辺海域におけるスケトウダラ産卵群の分布(2020年11月)

ア 産卵場形成に影響を及ぼす環境要因の探索

スケトウダラ太平洋系群の産卵場となっている噴火湾湾口域周辺において、2020年11月の産卵群の分布状況は図2に示す通りである。スケトウダラ産卵群は、渡島沖(南茅部~鹿部沖)及び胆振沖(登別沖)に濃密な反応がみられた。鹿部沖(N42° 01.67, E141° 28.79;水深430m)において、トロールにより漁獲物調査を行ったところ、漁獲されたスケトウダラは、尾叉長範囲28~52cm,モード40cmであった(図3)。また、登別沖で行った海洋観測の結果、水深100~300mにかけて、過去平均(2002~2019年の同時期に行った観測の平均値)よりも1~2℃程度、水温は高かった。なお、スケトウダラ産卵群の好適水温である5℃以下の水温は、水深270m以深となっており、過去平均よりも60m程度深場に形成されていた(図4)。

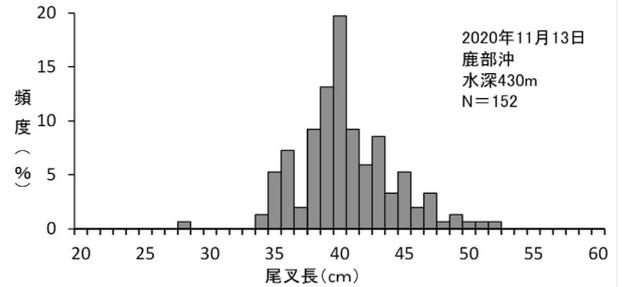


図3 トロールにより漁獲されたスケトウダラの体長(尾叉長)組成

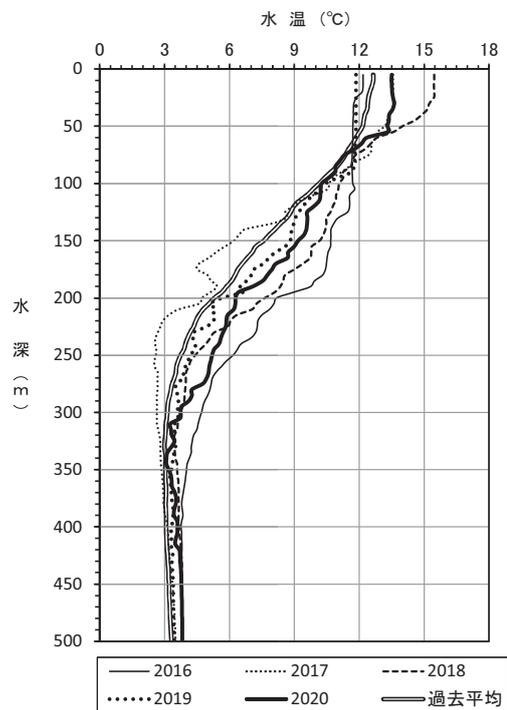


図4 11月中旬における登別沖(N42° 15' , 141° 28')の水温の鉛直分布

イ 初期成長・生残メカニズムの解明

(ア) 魚群の分布

2020年5月のスケトウダラ稚魚とみられる魚群反応は、2018及び2019年5月と同様、噴火湾内の湾奥域に観察された(図5)。2016及び2017年5月では、湾口域に比較的強い反応がみられたことから、2018年以降の湾内から湾外への移動時期は2016及び2017年と比べると遅いと推察された。

(イ) 胃内容物調査結果

5月に噴火湾内で採集されたスケトウダラ稚魚の胃内容物はカイアシ類が主体であり、特にNeocalanus属、

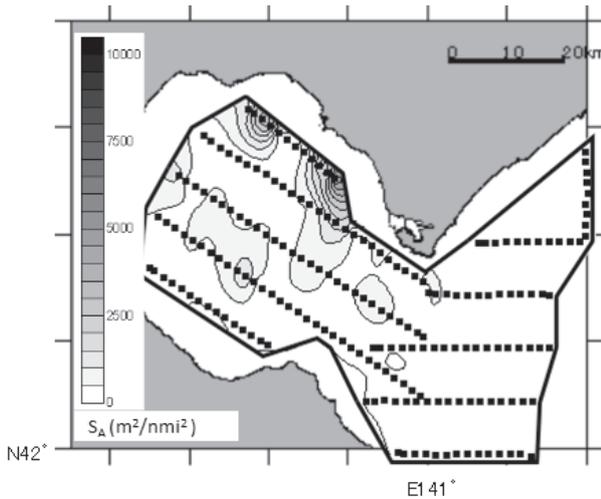


図5 5月におけるスケトウダラ稚魚の魚群反応

Eucalanus 属, *Pseudocalanus* 属の3属のカイアシ類の占める割合が高かった。ただし、これら3属のカイアシ類の割合は、年により大きく異なり、2006年、2012～2015年は *Neocalanus* 属, 2011年及び2016年は *Eucalanus* 属, 2018年は *Pseudocalanus* 属の占める割合が高かった。なお、2020年はこれら3属以外のカイアシ類の割合が最も高くなっていた(図6)。

ウ スケトウダラ稚魚のサンプリング結果

5月のスケトウダラ稚魚のFMT及び中層トロールによる曳網記録を表2に示した。2020年は、深度20～

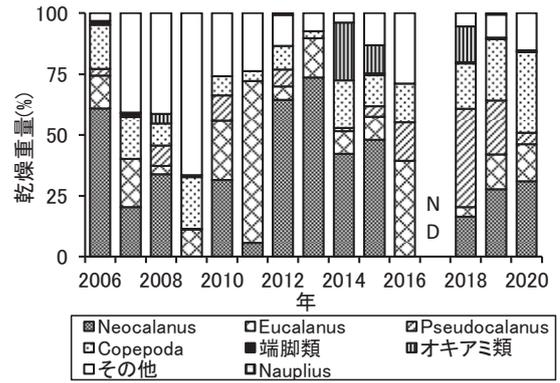


図6 スケトウダラ稚魚の胃内容物組成

70mにかけてFMTによる稚魚のサンプリングを行ったが、曳網地点のCPUEで重み付けした平均全長は28.3mmで、2019年(30.6mm)よりもやや小型となった。なお、5月の稚魚のサイズは、年により差がみられる他、採集深度が深くなるほど大型化する傾向もみられている。

また、FMTと中層トロールにより採集されたスケトウダラ稚魚のサイズ(平均全長±SD)を比較した結果、噴火湾内の深度40mで採集された稚魚では、FMT採集個体では、30.5±5.3mm、中層トロール採集個体では38.9±7.7mmとなり、2019年の調査結果と同様、遊泳力の強い大型個体はFMTから逃避している可能性が高いことが判明した。

表2 フレームトローネルネット(FMT)の曳網記録

網番号	May10FMT1	May10FMT2	May10FMT3	May10FMT4	May10FMT5	May11FMT6	May11FMT7	May11FMT8	May11FMT9	May10MT1*	May10MT2*	May10MT3*
調査年月日	20200510	20200510	20200510	20200510	20200510	20200511	20200511	20200511	20200511	20200510	20200510	20200510
時間	6:53	7:53	8:31	9:44	10:37	7:00	8:41	9:44	10:36	13:38	14:31	15:16
位置	N42°15.881 E140°55.088	N42°19.246 E140°53.761	N42°18.384 E140°53.854	N42°25.383 E140°48.905	N42°24.535 E140°45.127	N42°31.016 E140°39.526	N42°25.296 E140°26.820	N42°21.783 E140°29.649	N42°19.406 E140°32.573	N42°19.286 E140°53.582	N42°17.593 E140°54.002	N42°15.940 E140°54.785
水深(m)	59.1	46.8	52.5	41.4	51.7	59.7	77.5	92.9	94.3	0	0	0
曳網方向(°)	90	160	0	150	125	315	50	160	290	170	353	90
時間	6:57	7:57	8:35	9:48	10:40	7:03	8:46	9:48	10:40	13:58	14:39	15:35
曳網開始位置	N42°15.877 E140°55.268	N42°19.105 E140°53.811	N42°18.507 E140°53.834	N42°25.210 E140°49.025	N42°24.464 E140°45.253	N42°31.140 E140°39.377	N42°25.512 E140°27.159	N42°21.559 E140°29.786	N42°19.480 E140°32.288	N42°18.452 E140°53.822	N42°18.032 E140°53.905	N42°15.918 E140°55.936
水深(m)	59.5	48	52	42.3	51.5	59.4	78.8	92.8	94.2	52.4	54	60.6
ワープ長	始(m) 115	101	80	93	92	90	240	150	140	115	50	127
	中(m) 115	101	80	93	92	90	240	150	140	0	0	0
	終(m) 115	101	80	93	92	90	240	150	140	0	0	0
曳網深度	始(m) 45	40	20	27	30	22	70	35	32	40	27	39
	中(m) 45	39	21	30	30	22	70	35	35	0	0	0
	終(m) 48	36	20	34	35	22	68	32	34	40	24	39
船速(kt)	2.3	2.3	2	2	2.5	2.1	2.1	2.2	2.5	0	0	0
曳網時間(min)	10	15	15	15	15	15	15	15	15	10	5	5
時間	7:07	8:12	8:50	10:03	10:55	7:18	9:01	10:03	10:55	14:08	14:44	14:40
揚網開始位置	N42°15.883 E140°55.784	N42°18.559 E140°53.958	N42°18.917 E140°53.741	N42°24.696 E140°49.345	N42°24.142 E140°45.828	N42°31.630 E140°38.853	N42°25.936 E140°27.743	N42°20.888 E140°29.930	N42°19.676 E140°31.475	N42°18.022 E140°53.927	N42°18.247 E140°53.808	N42°15.970 E140°56.311
水深(m)	60.1	52.1	48	40.8	48	57.1	80.8	92.5	93.9	55.2	53	61.1
時間	7:10	8:15	8:52	10:06	10:58	7:21	9:08	10:08	10:59	14:11	14:51	15:48
揚網終了位置	N42°15.877 E140°55.867	N42°18.495 E140°53.964	N42°18.939 E140°53.726	N42°24.629 E140°49.369	N42°24.102 E140°45.897	N42°31.693 E140°38.800	N42°26.037 E140°27.010	N42°20.786 E140°29.924	N42°19.711 E140°31.339	N42°17.794 E140°53.615	N42°18.498 E140°53.590	N42°16.203 E140°56.563
水深(m)	60.3	52.3	47.8	40.4	48	57	81.2	92.7	93.9	0.48 mile	0.26 mile	0.29 mile
ろ水計(回転数)	9042	10148	11082	13970	12115	15761	18359	19085	17940			
スケトウダラ採集尾数	64	48	118	16	187	18	25	57	151	1.8	0.6	1

*中層トローネル

13. 有害生物出現調査並びに有害生物出現情報収集・解析及び情報提供委託事業（大型クラゲ出現調査及び情報提供事業）（受託研究）

担当者 調査研究部 渡野邊雅道
共同研究機関 中央水試資源管理部海洋環境G

（1）目的

全国的な大型クラゲ動態調査に協力して、その出現情報を迅速に把握し、これを漁業者などに提供・広報する。このことによって、今後の出現予測や被害防止のための施策に役立てるとともに、操業の効率化と漁獲対象資源の効率的利用に資する。

（2）経過の概要

ア 沿岸調査定点での目視調査

2020年の9月から12月まで、松前町白神地区の底建網漁業者から大型クラゲ（主にエチゼンクラゲ）の入網情報を得た（図1）。調査方法は、漁場への行き帰りや底建網操業時に大型クラゲの大きさや数量等を漁業者に記録してもらい、定期的に送られてくる入網情報を(株)漁業情報サービスセンター（以下、JAFIC）へ送付した。

イ 調査船による目視調査

2020年の9月から12月まで、当场試験調査船金星丸がCTD観測を行った地点で大型クラゲの目視調査を行った。調査は、道南太平洋（襟裳岬～函館市）の165点、道西日本海（福島町～積丹岬）の87点、合計252点で実施した。調査結果は、適宜JAFICや関係者にメールで送信した。

ウ 成果の広報

本事業の結果は、他地区の結果とあわせてJAFICおよび北海道水産林務部水産振興課のHPで公表した。

（3）得られた結果

ア 底建網における目視調査

調査を実施した松前地区では、4年ぶりに大型クラゲが目視されたが、合計で10個体とわずかであった（表1）。

イ 調査船による目視調査

調査船による沖合域での目視調査では、大型クラゲは目撃されなかった（表2）。

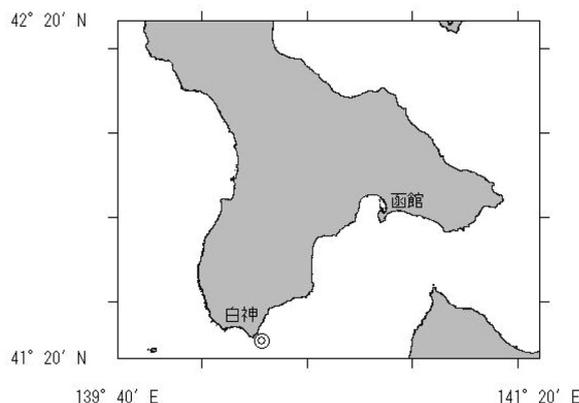


図1 沿岸調査定点（◎：調査定点）

表1 調査定点における大型クラゲの目視数

調査期間		松前
9月	上旬	0
	中旬	0
	下旬	0
10月	上旬	1
	中旬	0
	下旬	6
11月	上旬	1
	中旬	0
	下旬	2
12月	上旬	0
	中旬	0
	下旬	0

表2 調査船による大型クラゲの目視数

調査期間	海域	目視数
9/4-9/10	道南太平洋	0
9/28-10/1	道西日本海	0
10/6-10/9	道南太平洋	0
10/13-10/20	道西日本海	0
11/5-11/7	道南太平洋	0
11/11-11/16	道南太平洋	0
11/25-11/27	道南太平洋	0
12/2-12/9	道西日本海	0

調査点数 道南太平洋：165点、道西日本海：87点

14. ザラボヤ被害防止ネットワーク構築委託事業（公募型研究）

担当者 調査研究部 金森 誠・夏池真史
 協力機関 渡島北部地区水産技術普及指導所
 胆振地区水産技術普及指導所

（1）目的

噴火湾では2008年以降、北大西洋原産の外来種ヨーロッパザラボヤ *Asciidiella aspersa* (Müller, 1776) が垂下養殖ホタテガイに大量付着し、問題となっている。このホヤは大型で成長が早く、しかも群棲するため、ホタテガイ1枚当たりの付着重量が1kgに達することもある。ヨーロッパザラボヤの大量付着は本養成時における施設管理経費の増大、水揚げ時における作業効率の低下とホタテガイ脱落による損失、出荷時における付着物処理費の増大をもたらし、ホタテガイ養殖漁業に深刻な影響を及ぼした。そのため、噴火湾ではヨーロッパザラボヤによる漁業被害軽減対策として、生産者による秋の付着物除去作業（洋上駆除）が広く行われている。本委託事業では、ヨーロッパザラボヤの生態に応じた付着物除去作業を漁業関係者等が連携して効果的・効率的に実施するため、モニタリングおよび情報共有体制を構築するとともに、その生産低減防止効果の評価を実施する。

（2）経過の概要

ア ヨーロッパザラボヤ付着状況調査および情報配信

（ア）ヨーロッパザラボヤ付着状況調査

2020年6月～2021年1月に、毎月、ホタテガイに付着したヨーロッパザラボヤの調査を行った。八雲沖3マイル定点付近に垂下された本養成ホタテガイを買い上げ、養殖ロープの上部、中部および下部から養殖ホタテガイを採取した。採取数は、2020年6月～12月が各5枚（計15枚）、2020年1月が各3枚（計9枚）である。調査の対象としたホタテガイは2020年春の耳吊り貝（2019年種苗）である。採取したホタテガイは、船上で1枚ずつチャック付きビニール袋に分け入れ、試験場に持ち帰った。持ち帰ったホタテガイは、肉眼および実体顕微鏡を用いて観察を行い、殻上に付着するヨーロッパザラボヤおよびその他付着物を取り外し、それぞれホタテガイ1枚あたりの付着重量の測定を行った。付着重量の測定後、ヨーロッパザラボヤについては、全個体の体長（体軸の前後方向の長さ）を測定した。なお、調査地区では漁業者が秋に付着物除去を行っ

ているが、本調査では付着物を除去していないホタテガイを調査対象とした。

（イ）情報配信

（ア）の調査結果については、漁業関係者間で情報共有を図るため、ホヤ類調査結果速報として各地区水産技術普及指導所を介して、噴火湾海域の関係漁協に配信するとともに、函館水産試験場のHPで公表した。

イ ホタテガイへの影響

ヨーロッパザラボヤ付着の影響を評価するため、2020年12月および2021年1月の調査において、付着物を除去した耳吊り連と除去していない耳吊り連（約13m）を引き揚げ、それぞれ上部、中部および下部から各10個体を採取し（以下、除去貝、未除去貝とする）、殻高、殻長、殻付重量、軟体部重量、閉殻筋（貝柱）重量、中腸腺重量、生殖巣重量を測定した。得られた結果はウェルチの*t*-検定により、各測定項目の平均値の差を検討した。

（3）得られた結果

ア ヨーロッパザラボヤ付着状況調査および情報配信

（ア）ヨーロッパザラボヤ付着状況調査

ヨーロッパザラボヤのホタテガイ上の付着個体数は、6～7月は2010～2018年の平均値（以下、平年値）を下回っていたが、8月に急増して平年値を上回った（図1）。2020年は7～8月の間に多くのヨーロッパザラボヤがホタテガイに付着したと考えられる。付着個体数は8～11月にかけて減少し、11月には平年値を大きく下回った。平年値では、9月以降個体数の減少が緩やかとなるが、2020年は9月以降も減少が続いたためである。2020年9月の噴火湾は地元で「やませ」と呼ぶ沖からの風が強く吹く日の頻度が高く、時化が多かった。気象庁の室蘭観測点において、最大風速風向が湾口側（南東方向：南南東～東南東）であった日数は2000～2019年9月の平均値が8.5日であったのに対して、2020年は16日となっており、2000年以降で最多であった。9月の時化の多さが影響して、平年よりも

ヨーロッパザラボヤが脱落しやすかったのかもしれない。体長5mm未満の稚ボヤは、8月に多く見られ、9月以降、平均体長は1月あたり6～8mmのペースでほぼ直線的に増加した(図2)。8月以降の体長は、平年値よりもやや小さかった。7月の付着個体数が平年よりも少なかったことを踏まえると、2020年は付着が例年よりもやや遅く、成長もやや遅れたと考えられる。付着重量は10月までは増加したが、それ以降は横這いで推移した(図3)。例年、10月以降はヨーロッパザラボヤの付着重量は急増するが、今年度は付着個体数の減少により、この急増が起きなかったため、調査終了時の2021年1月の付着重量は平年値の10分の1程度であった。

(イ) 情報配信

(ア) で得られた調査結果は、7～11月に令和2年度ホヤ類調査結果速報No.1～5として、渡島北部地区水産技術普及指導所、胆振地区水産技術普及指導所に情報配信を行った。各漁協に対しては、両指導所から情報が配信された。また、速報は函館水産試験場のHP

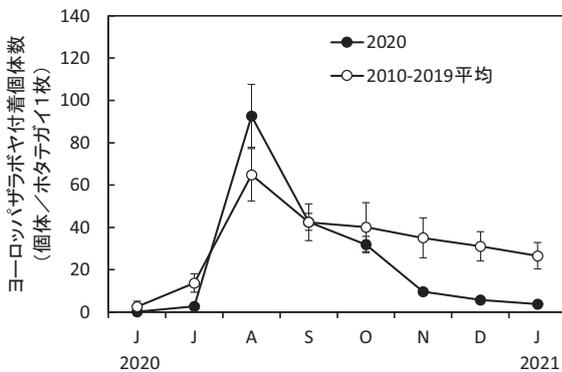


図1 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ付着個体数の季節変化(縦棒は標準誤差)

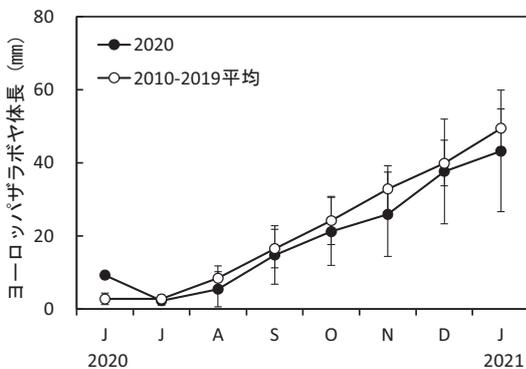


図2 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ平均体長の季節変化(縦棒は標準偏差)

で随時公表した。情報配信した内容については、業界紙等に延べ6回掲載され、漁業関係者への情報周知が促進された。

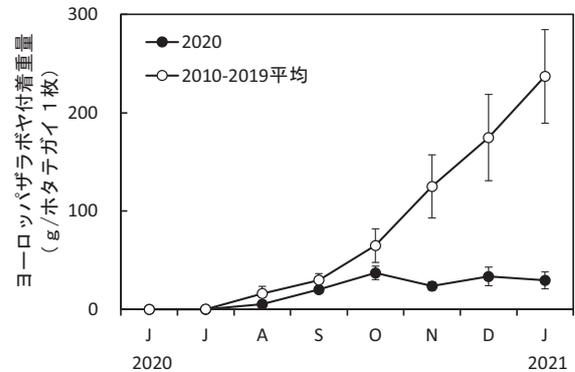


図3 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ付着重量の季節変化(縦棒は標準誤差)

(イ) ホタテガイへの影響

12月、1月ともに殻高、殻長、軟体部、閉殻筋、中腸腺、および生殖腺重量は、全て除去貝が未除去貝よりも高い数値で、12月の殻高および1月の生殖腺重量以外は全て有意な差が認められた(表1, 2)。除去貝に対する未除去貝の比率は殻高が95.8～96.9%、殻長が94.7～95.9%、殻付重量が87.8～88.6%、軟体部重量が85.2～85.4%、閉殻筋重量が85.1～86.3%、中腸腺重量が81.6～84.3%、生殖腺重量が79.9～89.4%であった。従って、出荷時期の養殖ホタテガイに対する付着物除去作業の効果は、殻高・殻長において3～5%、各重量においては10～20%程度と考えられた。一方、過去の調査では、ヨーロッパザラボヤの付着重量が多い場合、部位別重量では30%以上の差が生じることもあった(平成22～30年度道総研函館水産試験場事業報告書)。影響が大きかった年と比較すると、今年度は11月以降のヨーロッパザラボヤの付着個体数が少なかったため、その影響が限定的だったと考えられる。過去にもヨーロッパザラボヤのホタテガイ成長への影響は、「ヨーロッパザラボヤの付着が少ない年(例えば2012年)」「養殖ホタテガイの生残が低い年(例えば2018年)」に緩和されており、この影響はホタテガイおよびヨーロッパザラボヤの双方の密度に依存性があると考えられる。また、北海道大学が行った安定同位体比の分析結果から、ヨーロッパザラボヤの大量付着はホタテガイが摂食する餌の質に影響を与えていることが示唆されている(北水協会水産学術研究・改良補

助事業報告書（平成23年度）。そのため、ヨーロッパザラボヤの付着によるホタテガイ成長への負の影響は

餌競合によりもたらされていると推測され、付着物除去作業により、それが緩和されると考えられる。

表1 除去貝と未除去貝の調査結果（12月）

	A：除去貝（平均値±標準偏差）	B：未除去貝（平均値±標準偏差）	比率（B/A）
殻高（mm）	100.6 ± 5.7	97.4 ± 8.6	96.9%
殻長（mm）	101.1 ± 5.9	96.9 ± 8.6 *	95.9%
殻付重量（g）	100.8 ± 13.8	89.3 ± 20.1 *	88.6%
軟体部重量（g）	41.8 ± 6.4	35.7 ± 10.0 **	85.4%
閉殻筋重量（g）	14.8 ± 2.7	12.7 ± 2.7 *	86.3%
中腸腺重量（g）	3.9 ± 0.6	3.2 ± 0.9 **	81.6%
生殖巣重量（g）	4.5 ± 1.1	3.6 ± 1.2 **	79.9%

*, **は除去貝と未除去貝の平均値に統計的な差があることを示す（*t*-検定 *： $p<0.05$ ，**： $p<0.01$ ）。

表2 除去貝と未除去貝の調査結果（1月）

	A：除去貝（平均値±標準偏差）	B：未除去貝（平均値±標準偏差）	比率（B/A）
殻高（mm）	105.2 ± 6.8	100.8 ± 9.1 *	95.8%
殻長（mm）	105.9 ± 8.1	100.4 ± 9.8 *	94.7%
殻付重量（g）	115.0 ± 20.3	101.0 ± 22.5 *	87.8%
軟体部重量（g）	48.0 ± 9.2	40.9 ± 11.2 **	85.2%
閉殻筋重量（g）	15.0 ± 3.3	12.8 ± 4.9 *	85.1%
中腸腺重量（g）	4.2 ± 0.8	3.5 ± 1.0 **	84.3%
生殖巣重量（g）	5.9 ± 2.2	5.3 ± 1.6	89.4%

*, **は除去貝と未除去貝の平均値に統計的な差があることを示す（*t*-検定 *： $p<0.05$ ，**： $p<0.01$ ）。

15. ホタテガイのフランシセラ感染症の総合的対策に向けた基盤的研究（公募型研究）

担当者 調査研究部 金森 誠

（1）目的

噴火湾のホタテガイ養殖は道南海域の基幹漁業であるが、近年稚貝の成育不良と耳吊り後の生残低下が頻発している。東京大学と道総研水試が行った調査により、閉殻筋に膿瘍を発症しているホタテガイが見られること、耳吊り貝の生残率と膿瘍の発症率は負の相関を持つこと、膿瘍部から細菌 *Francisella halioticida*（以下Fh菌）が検出されることなどが判明した（Kawahara et al. 2018）。また、東京大学他が行った感染実験により、Fh菌はホタテガイに致死性の病原性を示すことが明らかとなった（Kawahara et al. 2019）。そのため、養殖ホタテガイの成育不良や生残低下にはFh菌の関与が強く疑われる。一方、これまでの調査では、Fh菌の保菌率と生残率の季節変化に関連性を見いだせない事例も多いが、得られた結果を考察するための感染実態に関する疫学的な情報、病原体の性状や疾病発症機序に関する病理学的な情報等が不足しており、この感染症に関する総合的な基盤研究が求められている。本研究の目的は、本感染症に関する基盤的な研究に取り組み、防疫や養殖技術の改良に必要な情報を得ることである。

（2）経過の概要

ア 種苗の移動によるFh菌拡散可能性の検討

種苗（稚貝）がFh菌に感染する時期を明らかにし、種苗の移動による拡散リスクを検討するため、2020年8月～2021年3月まで、特定の海域から、毎月、ザブトン籠1籠もしくは丸籠1段から稚貝を採取して、保菌率の調査を実施した。1月および2月の調査では、丸籠の段によって稚貝の成育に差が見られたため、中層付近で隣接した成育が異なる段から、それぞれサンプルを採取した。サンプルの採取は函館水試で行い、Fh菌特異的遺伝子を対象としたPCR法による検査は東京大学で実施した（PCR検査数：8～12月はN=30、1～2月はN=60）。

イ 北海道南部海域における養殖場の疫学調査

本感染症の感染動態を明らかとするため、2020年4月～2021年3月まで、毎月、特定の海域から、養殖ホタテガイ（耳吊り貝）1連の生残率・保菌率の調査を行った。アの保菌率調査で得られたサンプルについて

も生残率および外部異常貝率を調査し、保菌率の季節変化と対応する生残率および外部異常貝率のデータを得た。また、稚貝の管理条件と保菌率の関係を明らかにするため、管理条件の異なった稚貝について、3月に保菌率の調査を行った。いずれの調査についても、サンプルの採取および生残率、外部異常貝率の調査は函館水試で実施し、Fh菌特異的遺伝子を対象としたPCR法による検査は東京大学で実施した（PCR検査数：耳吊り貝は各月N=30、管理条件別の稚貝は表1のとおり）。

表1 管理条件別の稚貝PCR検査の概要

仮分散密度 (個体/籠)	本分散時期	本分散密度 (個体/段)	PCR検査数
300	9月	30	30
300	9月	50	30
300	9月	70	29
600	9月	30	30
600	9月	50	30
600	9月	70	30
300	10月	30	30
300	10月	50	30
300	10月	70	30
600	10月	30	19
600	10月	50	30
600	10月	70	30

（3）得られた結果

魚病に関する研究成果は適切な方法で情報公開を行う必要があるため、本事業報告書では結果に関する具体的なデータおよび記述は見合わせることにする。

参考文献

- Kawahara, M., M. Kanamori, G. B. Meyer, T. Yoshinaga, and N. Itoh. *Francisella halioticida*, Identified as the Most Probable Cause of Adductor Muscle Lesions in Yesso scallops *Patinopecten yessoensis* Cultured in Southern Hokkaido, Japan. 魚病研究 2018; 53(2): 78-85.
- Kawahara, M., G. B. Meyer, E. Kim, M. P. Polinski, T. Yoshinaga, and N. Itoh. Parallel studies confirm *Francisella halioticida* causes mortality in Yesso scallops *Patinopecten yessoensis*. Disease of Aquatic Organisms 2019; 135: 127-134.

16. 北海道資源生態調査総合事業（受託研究）

（1）目的

担当海域の重要漁業生物について調査を実施し、資源評価・管理措置の検討を行う。その結果を行政施策

の検討会議，漁業者との諸会議等で報告することにより，資源の維持・増大と計画的漁業経営に寄与する。

16. 1 資源・生態調査研究

担当者 調査研究部 管理増殖グループ 武藤卓志・下田和孝

（1）目的

委託業務処理要領に基づき、当水試においては次の6種：エビ類（トヤマエビ）、アカガレイ、ソウハチ、マガレイ、ハタハタ及びケガニの資源状況及び生態等の調査を行う。

に提供した。

前年度の調査及び資源評価に従って各魚種の資源評価書を作成し、令和3年度資源評価調査部会で内容を検討するとともに、検討結果を水産資源管理会議で報告した。

（2）経過の概要

ここでは、トヤマエビ及びアカガレイの調査結果について記載した。ソウハチ、マガレイ、ハタハタ（道南太平洋海域）及びケガニ（噴火湾海域）については、得られた調査結果を資源評価の担当場である栽培水試

作成した評価書はマリンネット (<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/index.asp>) で公表するとともに、ダイジェスト版を

「北海道資源管理マニュアル2020年度版」として印刷公表した。

16. 1. 1 エビ類

担当者 調査研究部 下田和孝
共同研究機関 北海道大学大学院水産科学研究院

（1）目的

道南太平洋のエビ類，特に噴火湾海域のトヤマエビの生態特性と資源動向に関する調査を行い，資源管理を実施するための基礎資料を得る。

延出漁隻数はえびかご漁業漁獲成績報告書を用いて，漁期別（春漁期：3月1日～4月30日，秋漁期：9月1日～11月10日）に集計した。調査開始当初（1993～1998年）は渡島と胆振を合わせた隻数だったが，1999年以降は渡島管内のみを対象として延出漁隻数を集計した。

（2）経過の概要

ア 漁獲統計調査

エビ類全体の漁獲統計を，1985～2019年は漁業生産高報告，2020年は水試集計速報値を用いて，種別，管内別，年別の漁獲量を集計した。

CPUEについても延出漁隻数の集計に合わせて，1993～1998年までは渡島と胆振を合わせたえびかごの漁獲量からCPUEを算出し，1999年以降は渡島のえびかごの漁獲量のみを用いてCPUEを算出した。

トヤマエビについては主産地の噴火湾海域（砂原漁協～いぶり噴火湾漁協伊達支所）のえびかご漁業を対象に，漁獲努力量の指標として延出漁隻数を集計しCPUE（1日1隻あたり漁獲量）を算出した。

また参考値として，噴火湾沖海域（えさん漁協榎法華支所～鹿部漁協および室蘭漁協～鶴川漁協）のえびかごによる漁獲量も集計した。

イ 漁獲物調査

噴火湾海域のえびかご漁の漁期中に各月1回、森漁協所属のえびかご漁船から漁獲物を購入し、銘柄別に生物測定を行った。測定した標本の重量と内浦湾えびかご漁業協議会で集計した資料の銘柄別漁獲量 (kg) から銘柄別の抽出率を算出し、これらのデータを用いて漁獲物の年齢・甲長組成を求めた。なお、2013年については漁期短縮のため11月を自主休漁としたが、2014年以降については従来どおりの漁期となっている。

ウ 資源評価

トヤマエビは年齢形質が知られていないため、漁獲物の生物測定から得られた甲長組成に混合正規分布モデルを当てはめて、年齢組成を推定した。孵化日を1月1日とし、個体*i*の年齢(*t_i*)は $t_i = j_i + d_i/365'$ として成長解析を行った (*j_i*は年齢の整数部分, *d_i*は個体*i*の1月1日から漁獲日までの日数, 365'は通常年は365で閏年は366)。なお、年齢表記を簡素化するために、文章中および式中では、年齢の小数点以下を、春漁の漁獲物では「.0」、秋漁の漁獲物では「.5」で表現した。

脱皮で成長するトヤマエビの成長特性を反映するため、成長式は、ベルタランフィの成長曲線を改変した階段型ベルタランフィ成長曲線に成長の年変動項を付け足した式(1)で表した(図1)。ただし、年変動項の値は±2.0mmまでとし、データ数の多い1歳と2歳だけに年変動項を付け足した。また、各正規分布の標準偏差は年齢とともに増加すると仮定して、Tanaka and Tanaka (1990)¹⁾による式(2)で表した。これらの式に平均値および標準偏差が従う混合正規分布モデルを式(3)の対数尤度関数によって、トヤマエビの甲長データに当てはめた。

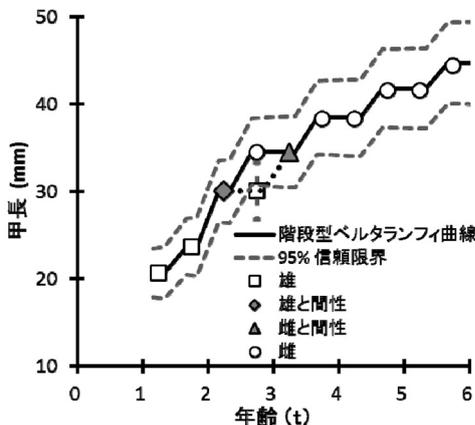


図1 噴火湾におけるトヤマエビの成長モデル

なお、秋漁には、この成長曲線には従わず、直前の春漁2.0歳と同じ平均値を持つ2.5歳雄の正規分布を一つ多く設定した。また、年齢別漁獲尾数はこの混合正規分布モデルからベイズの定理により求められる事後確率を用いて式(4)により計算した²⁾。

$$(1) f(t) = L_{max} \times \langle 1 - \exp \left[-k \frac{\text{int}\{M_j(t + M_0)\}}{M_j} \right] + t_0 \rangle + IV$$

$$[j = \text{int}(t)]$$

$$(2) \sigma(t) = \sqrt{s + (S/2k)[1 - \exp(-2kt)]} \quad (s \geq 0, S \geq 0)$$

$$(3) \ln L(L_{max}, k, t_0, S, \omega_{j,ks}, \omega_{j,ka}, \omega_{m,ka}, IV_{j,ks}, IV_{j,ka})$$

$$= \sum_{ks=1}^{fs} \sum_{i=1}^{nks} \lambda_i \left\langle \ln \left\{ \sum_{j=a_{min}}^{a_{max}} \omega_{j,ks} N[l_i f(t_{i,j}), \sigma(t_i)] \right\} \right\rangle$$

$$+ \sum_{ka=1}^{fa} \sum_{i=1}^{nka} \lambda_i \left\langle \ln \left\{ \sum_{j=a_{min}}^{a_{max}} \omega_{j,ka} N[l_i f(t_{i,j}), \sigma(t_i)] \right\} \right\rangle$$

$$+ \omega_{m,ka} N[l_i, f(2.25)] | IV = IV_{j,ks}, \sigma(2.25) \rangle \Bigg\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=a_{min}}^{a_{max}} \omega_{j,ks} = 1, \sum_{j=a_{min}}^{a_{max}} \omega_{j,ka} + \omega_{m,ka} = 1, \\ -2.0 \leq IV_{j,ks} \leq 2.0 (j = 1, 2), IV_{j,ks} = 0 (j < 2), \\ -2.0 \leq IV_{j,ka} \leq 2.0 (j = 1), IV_{j,ka} = 0 (j < 1) \end{array} \right\}$$

$$(4) P(j|l_i) = \frac{\omega_{i,j} PD_{i,j}}{\sum_{j=a_{min}}^{a_{max}} \omega_{i,j} PD_{i,j}}$$

ここで、式(1)における*f(t)*は年齢*t*における予測平均甲長、*L_{max}*, *k*, *t₀*は階段型ベルタランフィ曲線の係数、intは小数点を切る捨てる関数(インテジャ)、*M_j*は*j*歳における脱皮回数、*M₀*は脱皮のタイミングを決める定数である。なお*M_j*および*M₀*の値はヒストグラムの変化等を考慮して推測して入力した。*IV*は平均値の年変動の補正項。式(2)におけるσ(*t*)は年齢*t*における正規分布の標準偏差、*s*と*S*は係数、*k*は階段型ベルタランフィ曲線と共通の係数である。式(3)における*L_{max}*, *k*, *t₀*は階段型ベルタランフィ曲線の係数*l*, *s*と*S*は式(2)の係数、*ω_{j,ks}*と*ω_{j,ka}*と*ω_{m,ka}*はそれぞれ春漁*j*歳と秋漁*j*歳および秋漁2.5歳雄の事前確率、*IV_{j,ks}*と*IV_{j,ka}*はそれぞれ*ks*春漁期と*ka*秋漁期における*j*歳の平均値の年変動補正項、*fs*

は春漁期の数、 fa は秋漁期の数、 nks と nka はそれぞれ ks 春漁期と ka 秋漁期の測定個体数、 λ_i は i 番目データの抽出率の逆数、 a_{min} と a_{max} はそれぞれ設定した最小年齢および最高年齢、 l_i は個体 i の甲長、 $f(t_{ij})$ は個体 i の漁獲日における j 歳の予測甲長、 $\sigma(t_i)$ は年齢 t_i の正規分布の標準偏差、 $N[l_i, f(t_i, j), \sigma]$ は正規分布の確率密度。式(4)における $P(j|l_i)$ は甲長 l_i の個体 i が j 歳に属する確率(事後確率)、 ω_{ij} は個体 i の j 歳の事前確率、 PD_{ij} は個体 i の j 歳正規分布における確率密度、 a_{max} と a_{min} はそれぞれ設定した最小年齢および最高年齢である。

上記の式により得られた年齢別漁獲尾数からVPA³⁾により年齢別資源尾数を漁期別に推定した。噴火湾におけるトヤマエビの寿命を6歳として、VPAにおける最高年齢を春漁では4歳以上(4.0+歳)、秋漁では3.5歳以上(3.5+歳)のプラスグループとして扱った。自然死亡係数(M)は田中の方法⁴⁾から0.42、春漁と秋漁の間の M は0.21とした。なお、ここでは春漁と秋漁での年齢差は0.5歳として表現した。また計算式を適切に表現するために、秋漁では漁獲年に0.5を加え表現した(例えば、1994年の春漁は1994.0年、秋漁は1994.5年と表記した)。

このVPAでは、春漁の3.0歳以下の資源尾数と秋漁の2020年以外の1.5歳、2.5歳および3.5+歳の資源尾数を式(5)で、春漁4.0+歳と秋漁の2019年の1.5歳、2.5歳および3.5+歳の資源尾数を式(6)で、秋漁3.5歳の資源尾数を式(7)で計算した。ただし2020年秋漁終了時点では2021年春漁の漁獲係数が不明であるため、2020年秋漁のみ3.5歳の式(7)における漁獲係数 $F_{a+0.5,y+0.5}$ の代わりに $F_{a+0.5,y-0.5}$ を用いて、翌漁期の春漁ではなく前漁期の春漁の漁獲係数を用いて資源量を推定した。

$$(5) N_{a,y} = N_{a+0.5,y+0.5}e^M + C_{a,y}e^{M/2}$$

$$(6) N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - e^{-F_{a,y}}}e^{M/2}$$

$$(7) N_a = N_{a+}(1 - e^{-(F_{a+,y} + F_{a+0.5,y+0.5} + 2M)}) \quad (a = 3.5)$$

ここで a は年齢(春漁の小数点以下0.0、秋漁の小数点以下0.5)、 y は漁獲年(春漁の小数点以下0.0、秋漁の小数点以下0.5)、 F は漁獲係数、 C は漁獲尾数、 N は資源尾数、 M は漁期間の自然死亡係数(0.21)を

表す。また、各年齢の資源尾数に年別・年齢別・漁期別平均体重を乗ずることで資源重量を求めた。

漁獲死亡係数(F)は、春漁の3.0歳以下と秋漁の2020年以外は式(8)で、2020年以外の春漁4.0+は式(9)で、秋漁の2020年は式(10)で計算した。また、春漁2020年4.0+歳の $F_{(4.0+,2019)}$ に適当な値(1.0程度)を入力し、計算される2020年3.0歳の F の値($F_{(3.0,2019)}$)を再度 F を入力する。これを $F_{4.0} = F_{3.0}$ となるまで繰り返し、VPAを実施した。

$$(8) F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y}e^{M/2}}{N_{a,y}}\right)$$

$$(9) F_{4.0+,y} = F_{3.0,y}$$

$$(10) F_{a,y} = \frac{1}{5}(F_{a,y-1} + \dots + F_{a,y-5})$$

(3) 得られた結果

ア 漁獲統計調査

1985年から2020年までの道南太平洋におけるトヤマエビ、ホッコクアカエビおよびその他エビ類の漁獲量の推移を表1と図2に示した。エビ類全体の漁獲量は1990年の1,008トンが最高となり、その後増減を繰り返しながらも徐々に減少し2013年に111トンとなった。翌年以降、渡島でのトヤマエビの漁獲量の増加に伴い2018年までは300トン前後で推移したが、2019年に減少に転じ、2020年は過去最少の95トンとなった。管内別ではいずれの年も渡島の漁獲量が大半を占めており、1985~2020年の平均で海域全体の78%であった。次いで胆振が15%、日高が7%の順となった。2020年の各海域の漁獲割合は渡島が86%、胆振が12%、日高が2%であった。

渡島管内におけるエビ類の漁獲量は、道南太平洋全体の漁獲量と同様に1990年にピークの897トンとなった後、増減を繰り返しながらも減少傾向を示し、2009年には過去最少の77トンとなった。その後2013年まで200トンを下回る漁獲量であったが、2014年から2015年にかけて増加し、2015~2018年の4年間は200トンを上回った。しかし2019年には再び減少して97トンとなり、2020年は82トンとなった。

表1 道南太平洋海域のエビ類の漁獲量(トン)

年\管内	トヤマエビ				ホッコクアカエビ				その他エビ類				合計			
	渡島	胆振	日高	合計	渡島	胆振	日高	合計	渡島	胆振	日高	合計	渡島	胆振	日高	合計
1985	75	15	33	123	185	116	7	308	6	11	6	24	266	143	46	455
1986	164	19	29	212	172	66	2	241	8	9	4	21	345	94	35	474
1987	126	19	12	158	131	37	4	172	6	7	3	17	263	63	20	346
1988	323	48	3	375	113	47	2	162	12	9	3	24	449	104	8	561
1989	306	37	17	360	63	24	1	88	12	6	2	20	381	67	20	468
1990	798	50	9	857	93	44	2	139	6	6	1	12	897	99	12	1008
1991	504	50	17	572	88	51	2	141	0	5	1	6	592	106	20	718
1992	398	51	36	485	44	30	3	76	2	1	2	5	443	82	40	566
1993	438	47	121	606	46	18	3	67	2	1	12	15	485	67	135	687
1994	168	30	104	302	44	19	1	64	4	1	2	7	216	50	107	373
1995	245	41	69	355	40	18	1	58	5	1	2	8	290	59	72	421
1996	322	43	147	513	60	34	1	95	11	1	3	15	393	78	152	622
1997	312	44	104	460	92	38	1	131	12	0	4	16	416	82	109	608
1998	242	37	60	339	124	28	1	153	40	0	3	43	405	66	64	535
1999	140	17	11	168	138	41	1	180	1	0	4	5	278	58	15	352
2000	326	17	9	352	62	18	0	81	0	0	2	2	388	35	11	434
2001	122	11	7	140	23	12	0	36	0	0	2	2	145	23	9	177
2002	279	24	15	318	61	30	0	91	0	0	3	4	340	55	19	413
2003	171	19	38	228	82	33	0	115	0	0	3	3	253	52	41	346
2004	257	16	28	301	77	31	0	109	0	0	3	4	335	47	31	413
2005	252	14	35	301	72	29	0	102	0	0	4	4	325	43	39	407
2006	256	31	23	310	75	31	1	108	2	0	2	4	334	62	26	422
2007	125	26	35	185	150	29	1	181	1	0	1	2	276	55	37	368
2008	131	21	14	166	47	14	1	63	0	0	1	1	178	36	16	230
2009	56	8	13	77	21	25	0	46	0	0	1	1	77	33	15	125
2010	149	16	9	174	29	27	0	56	0	0	1	1	178	43	10	232
2011	108	15	5	128	25	28	0	53	0	0	3	3	133	43	8	183
2012	137	12	11	148	11	15	0	26	6	0	3	9	154	26	15	183
2013	86	3	3	92	6	12	0	19	0	0	1	1	92	15	4	111
2014	170	4	1	175	8	12	1	20	0	0	1	1	178	15	3	196
2015	289	12	3	305	26	32	1	59	0	0	1	1	316	44	5	365
2016	254	14	2	263	18	27	0	46	0	0	0	0	272	41	3	309
2017	248	12	1	232	9	14	0	23	0	0	0	0	257	26	2	255
2018	255	12	2	269	14	26	0	40	0	0	1	1	269	38	4	311
2019	93	5	2	100	4	10	0	13	0	0	1	1	97	15	3	115
2020	78	3	1	82	4	8	0	12	0	0	0	0	82	12	2	95

資料：漁業生産高報告（1985～2019年）及び水試集計速報値（2020年）。渡島は恵山漁協樞法華支所～長万部漁協の合計値。漁獲量の0は0.5トン未満。

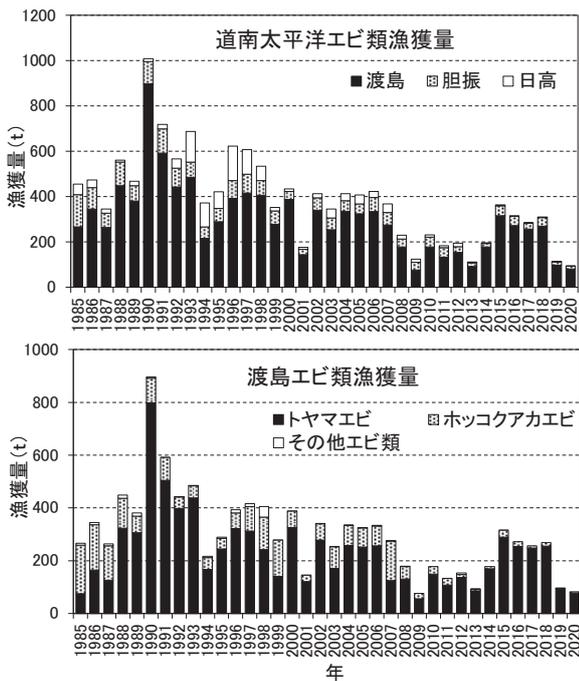


図2 道南太平洋の管内別のエビ類漁獲量(上図)と渡島管内の種類別エビ類漁獲量(下図)

渡島管内で漁獲されたエビ類は主にトヤマエビであり、1985～2020年の平均で78%を占めた。次いでホッコクアカエビが21%、その他エビ類が1%であった。ホッコクアカエビは1980年代や2007年には半分以上を占めた年もあったが、2009年以降の漁獲量は30トン未満と少なく、大半をトヤマエビが占めていた。2020年にはトヤマエビが95%、ホッコクアカエビが5%であった。

噴火湾海域と噴火湾沖海域のえびかご漁業でのトヤマエビの漁獲量、出漁隻数およびCPUEを表2と図3に示した。噴火湾海域での漁獲量は、1990年の787トンピークに増減を繰り返しながら減少した。特に2007～2013年は200トン未満の年が続いていたが2014年を境に増加した。漁期別の漁獲量では、秋漁が春漁を上回る年が多く、2000年以降は全ての年で秋漁の漁獲量の方が多かった。

表2 噴火湾海域と噴火湾沖海域のえびかご漁業によるトヤマエビの漁獲量, 出漁隻数およびCPUEの推移

年	噴火湾海域									噴火湾沖海域				総計					
	渡島管内			胆振管内			計			延べ 出漁	CPUE 年間	春漁 CPUE	秋漁 CPUE		計				
	春漁	秋漁	その他	春漁	秋漁	その他	春漁	秋漁	その他						春漁	秋漁	その他		
1985	33	33	1	0			33	33	1	67					1	6	10	18	85
1986	44	113	1	0	1	0	45	114	1	160					6	0	7	14	174
1987	60	47	0	0		0	60	47	1	107					8	6	23	37	144
1988	199	101	0	2	1	0	201	102	0	303					36	11	20	66	370
1989	151	138	1	2	3	0	152	141	1	294					22	4	20	46	340
1990	346	415	1	10	14	0	356	429	2	787					19	5	36	60	847
1991	220	248	1	7	7	0	228	255	2	484					39	5	22	66	550
1992	259	100	0	7	5	0	266	105	0	372					39	5	33	77	449
1993	258	145	0	10	3	0	268	148	0	416	4704	88.5	116.9	61.4	24	10	34	68	484
1994	47	94		1	2	0	49	96	0	145	3414	42.6	34.9	47.8	21	4	21	46	192
1995	94	118	0	2	3	0	96	121	1	217	3636	59.8	55.0	64.0	34	2	27	64	281
1996	71	219		4	6	0	76	225	0	301	4026	74.8	40.9	103.5	25	6	33	64	365
1997	167	111	0	4	4		171	115	0	287	4265	67.3	84.3	51.7	34	3	29	66	353
1998	95	129	0	3	4	0	97	133	0	230	3906	58.9	50.2	67.5	20	3	21	43	273
1999	66	59	0	2	1	0	67	60	0	128	3302	37.8	37.6	38.1	13	2	14	28	156
2000	100	211	0	2	6		102	216	0	319	3661	84.8	56.5	110.2	10	1	13	23	342
2001	33	78		1	1	0	34	79	0	113	2597	42.7	25.0	57.0	9	1	9	19	132
2002	102	158	0	3	2	0	105	160	0	265	3821	68.1	57.1	81.5	13	2	23	38	303
2003	60	92	1	2	2		62	94	1	156	3395	44.6	36.9	51.6	16	1	17	34	190
2004	65	187	0	2	5		67	191	0	259	3582	70.3	38.3	99.2	5	1	8	14	273
2005	83	146	0	4	1		87	147	0	234	3465	66.0	51.2	79.0	7	2	23	31	265
2006	75	168	0	4	4		79	172	0	251	3327	73.1	46.8	97.8	18	1	17	36	287
2007	29	74	1	1			30	74	1	104	2878	35.8	20.8	50.1	16	2	28	46	151
2008	49	74	0	2	0		51	75	0	126	2860	43.1	33.4	53.1	12	1	14	26	152
2009	16	36	0	1	0		16	36	0	52	1700	30.2	20.5	38.1	4	1	7	12	64
2010	39	100	0	2	1		41	101	0	142	2465	56.8	36.8	72.1	4	1	18	23	165
2011	24	76	0	1	0		25	77	0	102	2154	46.5	28.9	57.3	8	1	12	21	123
2012	37	89	0	1			39	89	0	128	2099	60.3	38.2	79.5	6	1	14	20	148
2013	35	46		1			36	46	0	83	1778	46.0	40.1	51.7	2	1	4	7	89
2014	26	138		1			26	138	0	164	2272	72.1	29.0	99.7	1	1	7	9	174
2015	70	209		2			72	209	0	281	2484	112.4	63.9	150.8	5	3	13	20	302
2016	106	143		2	1		108	143	0	251	2384	104.4	93.5	114.3	7	0	9	16	268
2017	85	159	0	2			86	159	0	245	2723	89.6	71.2	103.7	4	1	9	14	259
2018	93	159		1	0		94	159	0	253	2615	96.3	79.5	110.0	7	1	7	15	268
2019	27	66		0	1		27	67	0	94	2146	42.9	28.0	54.8	1	2	4	6	100
2020	25	51		1	0		25	52	0	77	1504	50.5	36.6	61.9	1	0	3	4	81

資料：漁業生産高報告（1985～2019年）及び水試集計速報値（2020年）。渡島は恵山漁協榎法華支所～長万部漁協の合計値。漁獲量の0は0.5トン未満。

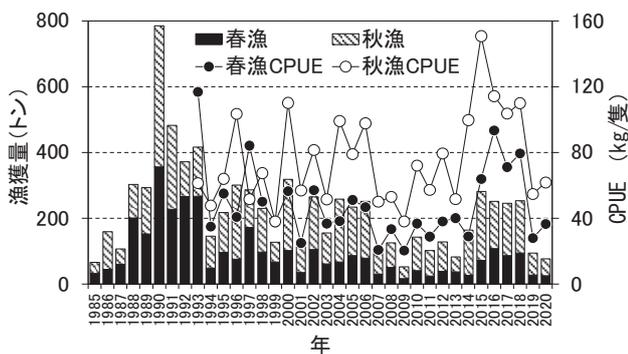


図3 噴火湾海域の漁期別漁獲量とCPUE

延べ出漁隻数は統計を開始した1993年の4,704隻から徐々に減少し、2009年には1,700隻まで減少した。その後漁獲量の増加と共に出漁隻数も増加して2017年には2,723隻まで増加したがその後減少し、2020年には1,504隻となった。CPUEは漁獲量の変化と同様の傾向を示しており、2000年以降は常に秋漁のCPUEが春漁のCPUEを上回っていた。漁獲量が増加した2014年からは特に秋漁のCPUEが大幅に増加し、2015年秋漁では1993年以降で最高の150.8kg/1隻となった。

噴火湾沖海域でのトヤマエビの漁獲量は1990年代には60トン前後で安定していたが、2000年代には30トン前後、2010年代には20トン前後となり、緩やかに減少している。噴火湾海域で漁獲量が増加した2014～2018年の期間も20トン以下の漁獲量で推移した。

2005年以降えびかご協議会で集計されている銘柄別漁獲量、漁獲金額および単価の変化を図4に示した。銘柄別漁獲量の推移を見ると、全期間を通して、春漁では中、秋漁では小が漁獲の主体となっていた。一方で漁獲金額では、春漁で中が主体となる傾向は同様であるが、秋漁では小の割合は半分以下が多く、メス大が主体となる年が多かった。銘柄別単価を見ると大やメス大などの大型個体の単価が最も高く、小銘柄の2～4倍であった。単価が高い大やメス大では漁期毎の変動が大きく、春には単価が上がり、秋には単価が下がるという傾向が共通して見られた。2015年以降、平均単価は上昇傾向にあったが、2018年の秋漁以降は低下傾向を示すようになり、2020年は2,151円/kgとなった。

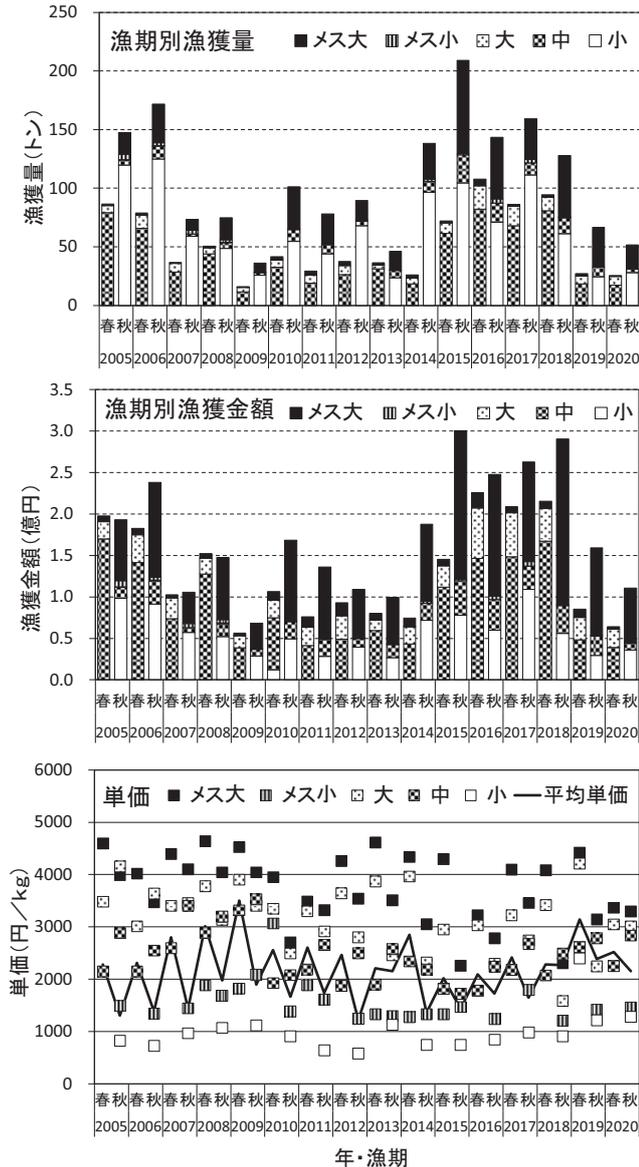


図4 2005～2020年の漁期別と銘柄別の漁獲量、漁獲金額および単価

イ 漁獲物調査

銘柄毎に測定した漁獲物の甲長組成を銘柄別の漁獲量で重みづけして求めた組成を図5に示した。いずれの年も秋漁では新規加入した甲長20～30mm程度の小型の雄が主体となり、春漁では25～35mmの雌雄が主体であった。また、春季・秋季ともに甲長30mm前後には性転換中の個体が含まれていた。2020年の春漁の甲長のモードは雄が28mm、雌が31mmであり、いずれも年による変動幅の範囲内に含まれていた。前年の春季と比べると雄では1mm程度小さく、雌では前年と違いは見られなかった。2020年秋漁の甲長のモードは雄が23～25mm、雌が32～33mmであり、いずれも年による変動幅の範囲内に含まれていた。前年と比べると雄では2mm程度大きく、雌では2mm程度小さかった。

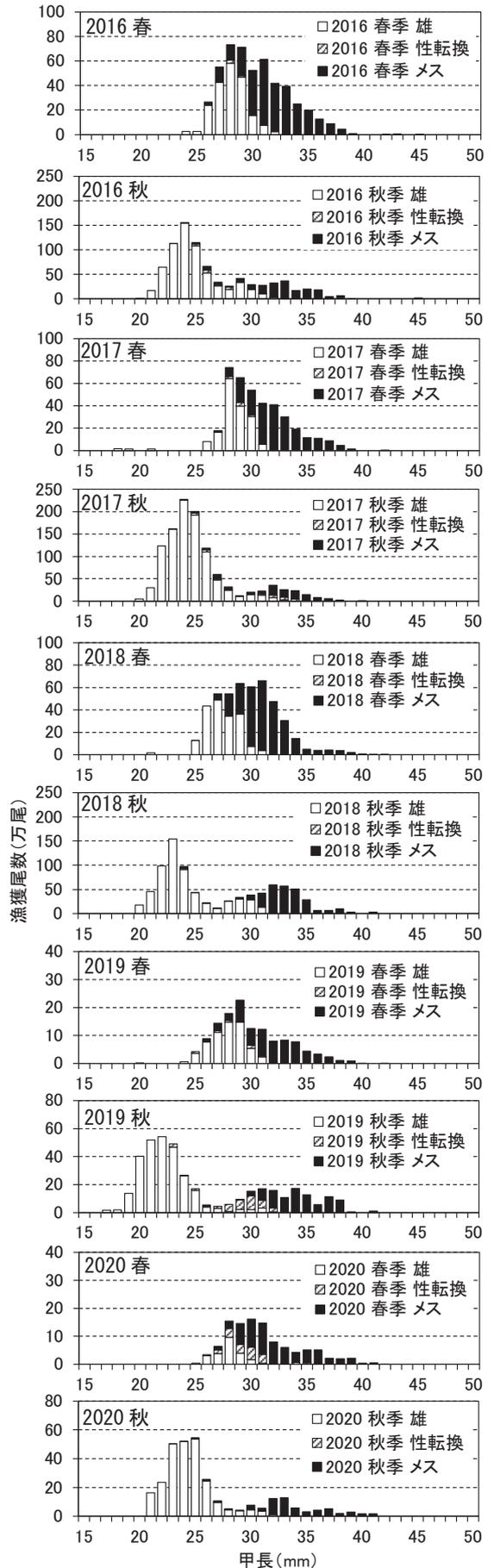


図5 2016～2020年に噴火湾海域で漁獲されたトヤマエビの漁期別甲長組成

ウ 資源評価

1994～2020年の春漁および秋漁における年齢別漁獲尾数を図6に示した。1997年にえびかごの目合が12節（結節から結節までの長さで14mm）以上から10節（同17mm）以上に拡大されるとともに、1999年からは春漁の小銘柄（1.0歳に相当）を自主禁漁とした。このため、1999年以降の春漁では1.0歳はほとんど水揚げされおらず2.0歳が漁獲の主体となっている。一方、秋漁では小銘柄を水揚げするため、春から脱皮成長した1.5歳が漁獲物の主体となっている。漁獲尾数は2007年から2013年にかけて低迷したが、2014年の秋漁で約1000万尾に増加し、続く2015年の春漁でも300万尾を超える水揚げとなった。両季ともに2019年に急減し、2020年はさらに減少して総漁獲尾数は春漁で106.8万尾、秋漁で307.3万尾となった。

各漁期の年齢別漁獲尾数を用いてVPAにより求めた年齢別資源尾数を図7に示した。資源尾数の大半を占める春漁期の1.0歳に着目すると、2007年以降は1,000万尾前後の少ない年が続いていたが、2014年、2015年と連続して2,700万尾を上回り、2017年も2,800万尾を上回った。2018年は1,205万尾に減少し、2019年は670万尾、2020年は651万尾に減少した。2.0歳以上の資源尾数も2019年から減少し、2020年の春漁期の総資源尾数は914万尾と1994年以降で最も少なくなった。資源重量でも同様に2020年の春漁期はこれまでで最も少ない105トンであった（図8）。

春漁期の1.0歳以上の資源重量を指標に資源水準を判定した。1995年から2014年までの20年間を基準年とし、その期間における春漁期の資源重量の平均値を100として標準化を行い100±40の範囲を中水準とし、その上および下をそれぞれ高水準および低水準とした。2020年の資源水準指数は42であり、資源水準は低水準と判定された（図9）。

本資源は資源尾数・資源重量とも1歳が大きな割合を占めるが、現時点では1歳加入量を判断する指標がないため、今後の資源動向は不明とした。

本資源では漁獲物の大半が秋漁の1.5歳と春漁の2.0歳であり、資源の多くが雌への性転換前に漁獲されている。ただし、雌親の資源重量とその子世代の加入量との間に関係性が見られないことから（図10）、雌親の保護が資源回復に直結するとは明言し難い。今後は高単価の大型高齢個体を中心に利用する漁業形態へと移行して資源の有効利用を図りつつ、副次的に産卵個体の増加を促すことが現実的であると考えられる。北

海道大学と実施している共同研究を通じて、トヤマエビの目合い選択性が実験的に明らかになったことから⁵⁾、今後この成果を活用して関係機関および漁業者とともに具体的な資源管理方策を検討する。

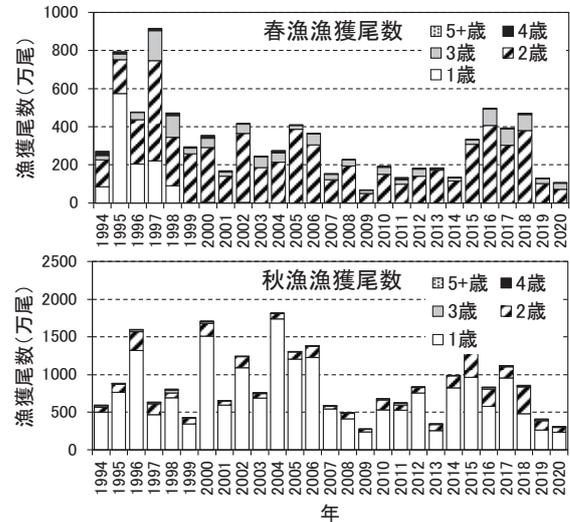


図6 1994～2020年の年齢別漁獲尾数

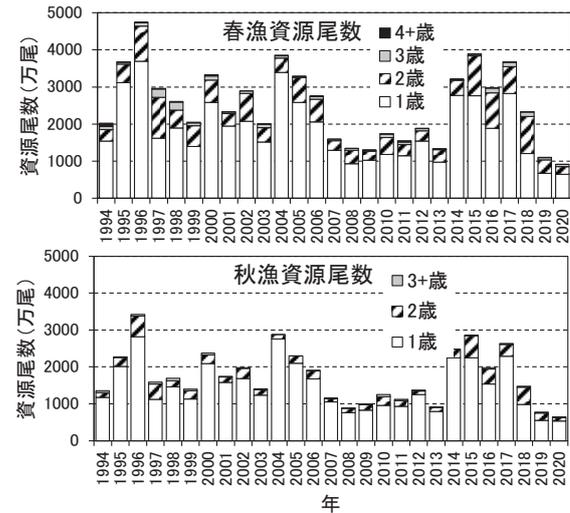


図7 1994～2020年の年齢別資源尾数

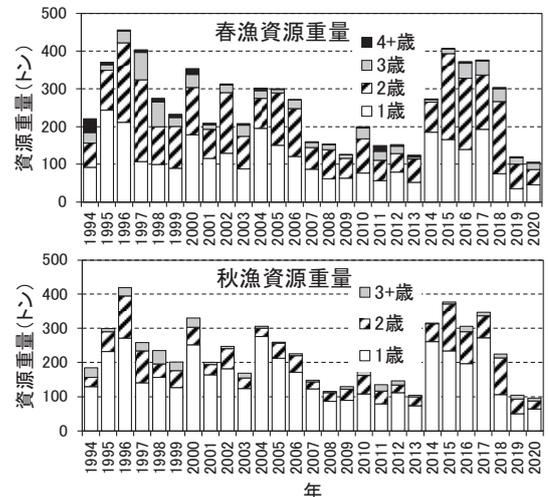


図8 1994～2020年の年齢別資源重量

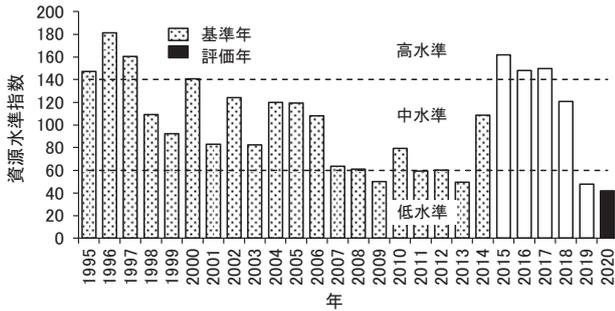


図9 噴火湾におけるトヤマエビの資源水準

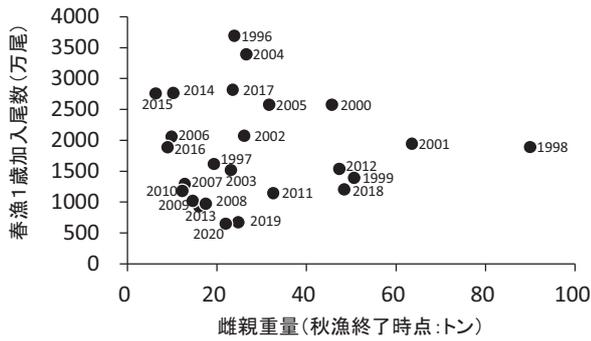


図10 噴火湾におけるトヤマエビの雌親の資源重量と春漁期の1歳加入尾数との関係（マーカー横の数値は1歳加入年を示す）

文献

- 1) Tanaka and Tanaka: A method for estimating age-composition from length-frequency by using stochastic growth equation. Nippon Suisan Gakkaishi, 56:1209-1218 (1990)
- 2) Baba, Sasaki and Mitsutani: Estimation of age composition from length data by posterior probabilities based on a previous growth curve: application to *Sebastes schlegelii*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62:2475-2483 (2005)
- 3) 平松一彦: VPA (Virtual Population Analysis). 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告—資源解析手法教科書—. 東京, 日本水産資源保護協会, 104-128 (2001)
- 4) 田中昌一: 水産生物の population dynamics と漁業資源管理, 東海水研報, 28, 1-200 (1960)
- 5) 光崎健太, 藤森康澄, 山本潤, 富安信, 有馬大地, 澤村正幸, 清水晋: 水槽実験によるトヤマエビ *Pandalus hypsinotus* に対するかご漁具の網目選択性の推定. 日本水産工学会誌, 57:91-97 (2021)

16. 1. 2 アカガレイ

担当者 調査研究部 武藤卓志

(1) 目的

噴火湾海域のアカガレイは沿岸漁業者にとって重要な漁業資源となっている。この資源は、主に豊度の高い年級群によって構成され、その出現状況により漁獲量が大きく変動する。この海域のアカガレイについては、持続的利用を目的とした管理方策の設定が望まれる資源の1つであり、科学的な知見に基づく資源評価を行い、管理方策検討のための基礎資料の収集を目的としている。

(2) 経過の概要

ア 漁獲統計調査

漁獲統計は1985～2019年は漁業生産高報告、2020年については水試集計速報値（暫定値）を使用した。集計地区は、噴火湾の砂原、森、落部、八雲町、長万部、いぶり噴火湾（豊浦支所、虻田本所、有珠支所、伊達支所）、及び室蘭（沖合底曳き網漁業を除く）漁協で、地区ごとに水揚げされたアカガレイ漁獲量と漁獲金額を月別に集計した。本種の漁獲量の大部分はかれい刺し網漁業（共同漁業権）によるものであり、噴火湾のかれい刺網の承認隻数は622隻以内（関係7漁協総計、実着業数は300～400隻程度）となっている。

イ 生物調査

(ア) 刺し網漁獲物調査

アカガレイの資源診断に必要な基礎的生物データを収集するために刺し網漁獲物の生物測定を行った。

漁獲物標本は砂原漁協から銘柄別に入手し、全個体の全長、体長、重量、性別、成熟度、生殖巣重量の測定と胃内容を調べ、年齢査定のために耳石の採取を行った。年齢は耳石を顕微鏡観察することにより輪紋数を計測し、銘柄毎に漁獲量で引き延ばすことによって、年齢別漁獲尾数を算出した。2020年の測定回数は5月28日、8月20日および10月22日の3回（505尾測定）であった。

(イ) 調査船調査（アカガレイ若齢魚調査）

年級群の発生状況を漁獲対象（4歳以上）となる前に把握するため、函館水試試験調査船金星丸または鉏路水試試験調査船北辰丸を運航して、ソリネットを用いた若齢魚調査（2ノット、10分曳）を2007年から実

施している。なお、2014年までは、年2回（7月、2月）実施していたが、2015年からは年1回（2月のみ）に集約した（図1）。今年度は2020年2月19～20日に北辰丸で実施した。

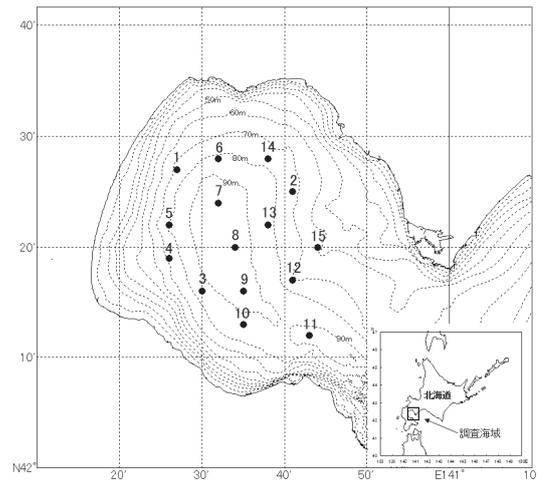


図1 アカガレイ若齢魚調査地点図

ウ 資源評価

(ア) 年齢別漁獲尾数

1985～1995年については、北大うしお丸のトロール調査¹⁾によるアカガレイの4歳以上の年齢別採集尾数を入手し、これに平均体重を乗じて重量組成に変換し、毎年の漁獲量で引きのばすことで年齢別漁獲重量を得た。各年齢の平均体重で除して年齢別漁獲尾数とした。ただし、高豊度年級群については、3歳で一部漁獲加入するため、4歳以上の漁獲尾数の5%を便宜的に3歳時の漁獲尾数と仮定した。

1996年以降については、主に砂原漁協に水揚げされた刺し網漁獲物を銘柄別に入手し、耳石により年齢を査定した後、砂原漁協から報告された月別銘柄別漁獲量および漁業生産高報告を用いて、海域全体の組成に引きのばして年齢別漁獲尾数を算出した。

(3) 得られた結果

ア 漁獲統計調査

(ア) 漁獲量

噴火湾海域におけるアカガレイの漁獲量は、周期的に大きく変動しており、1985年以降では、最高は1987

年の3,373トン、最低は2006年の392トンと10倍近い差がみられる(表1, 図2)。近年では、2006年に392トンと大きく落ち込んでから5年連続して増加し、2011年には1,500トンまで増加した。その後、再び減少傾向となり、2019年は452トン、2020年は1985年以降で

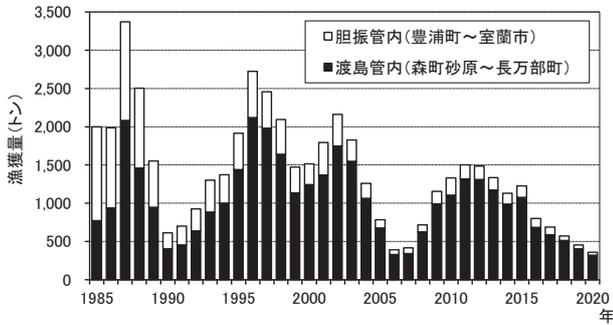


図2 噴火湾アカガレイ漁獲量の経年変化

最低の357トンとなった。

漁獲金額は、1985~2003年まではおおむね8億円以上、2005~2019年は2~6億円程度で推移したが、2020年は2億円を下回った(1.5億円)。また、単価(円/kg)は、1994~2007年は400~600円台で推移し、2008~2015年には300円前後まで下落した。2016年以降は400円台まで回復している。

(イ) 漁獲努力量

2005年以降の代表地区におけるかれい刺し網漁業の延べ操業隻数の推移をみると、2006~2015年は2009年を除き、おおよそ3,000隻~3,700隻で推移していた。しかし、2012年の3,700隻台をピークに減少傾向となり、2017年以降は2,500隻前後の低い水準で推移している(図3)。

表1 噴火湾におけるアカガレイの漁獲量(トン)

年	渡島総合振興局						胆振総合振興局					合計	
	砂原漁協	森漁協	落部漁協	八雲漁協	長万部漁協	計	いぶり噴火湾漁協				室蘭漁協		計
							豊浦支所	虻田本所	有珠支所	伊達支所			
1985年	204	305	127	63	74	772	629	88	318	19	170	1,224	1,996
1986年	422	235	128	86	63	936	528	37	352	10	121	1,048	1,983
1987年	795	702	361	115	107	2,080	613	119	424	6	130	1,293	3,373
1988年	469	478	347	51	114	1,459	419	50	438	0	138	1,044	2,503
1989年	303	267	308	22	47	947	209	28	260	0	107	604	1,551
1990年	152	88	139	4	20	404	70	5	80	0	57	212	615
1991年	194	80	123	30	28	455	102	8	101	0	34	245	700
1992年	315	137	143	19	26	638	90	8	139	0	51	288	926
1993年	403	188	229	20	41	882	120	10	222	0	67	419	1,300
1994年	503	214	234	17	34	1,002	126	27	154	0	61	367	1,369
1995年	698	298	326	51	65	1,439	157	32	192	0	94	475	1,913
1996年	974	519	495	63	65	2,116	246	38	207	0	116	607	2,723
1997年	898	444	574	23	41	1,981	173	22	178	0	103	476	2,457
1998年	718	399	432	47	41	1,637	203	21	171	0	61	456	2,092
1999年	391	275	385	57	26	1,133	138	25	132	0	44	339	1,473
2000年	461	259	441	59	22	1,242	102	19	98	0	54	274	1,516
2001年	586	292	423	46	20	1,368	191	22	133	0	81	428	1,796
2002年	766	344	551	58	28	1,747	215	15	95	0	88	414	2,161
2003年	731	348	437	19	12	1,548	132	9	85	0	51	277	1,825
2004年	395	285	338	33	12	1,063	110	8	45	0	31	195	1,258
2005年	199	219	227	25	4	675	55	4	37	0	13	109	783
2006年	72	100	141	15	2	330	40	3	9	0	9	62	392
2007年	84	111	118	19	7	340	57	6	8	0	6	77	417
2008年	184	182	209	41	10	626	68	4	8	0	8	88	715
2009年	218	379	282	73	40	991	136	6	14	0	8	163	1,154
2010年	291	351	356	64	40	1,102	171	11	29	0	15	226	1,328
2011年	367	436	446	45	25	1,319	142	4	19	0	16	181	1,500
2012年	470	386	400	35	19	1,310	143	10	11	0	10	175	1,485
2013年	483	310	327	31	21	1,171	121	12	15	0	15	163	1,334
2014年	394	311	238	26	17	986	120	0	13	0	10	143	1,129
2015年	402	278	331	37	27	1,075	128	0	11	0	11	150	1,225
2016年	266	169	226	11	10	682	91	1	13	0	12	117	799
2017年	237	150	183	11	7	588	83	1	11	0	5	100	688
2018年	240	125	135	4	8	513	50	0	7	0	2	59	572
2019年	171	117	109	1	3	401	45	0	3	0	2	51	452
2020年	135	91	92	1	2	320	28	0	3	0	6	37	357

※2006年から室蘭漁協は室蘭機船と合併したが、この表からは沖合底曳き網漁獲量は除いた

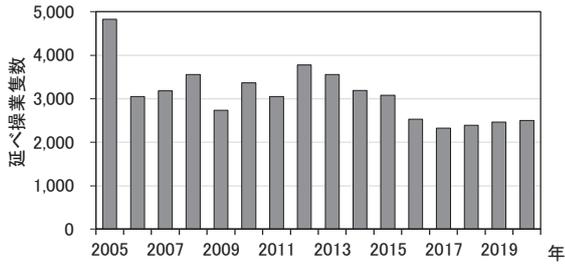


図3 かれい刺し網漁業における延べ操業隻数

イ 生物調査

(ア) 刺し網漁獲物調査

当海域のアカガレイ資源は、数年置きに発生する豊度の高い年級群により支えられている。2020年度の刺し網漁獲物の年齢組成は、4歳（2016年級群）、7歳（2013年級群）、11歳（2009年級群）及び12歳（2008年級群）でほぼ占められていた（図4）。また、全長組成は、32cmに主モード、40cm及び43cmにモードがみられる多峰型を示した（図5）。

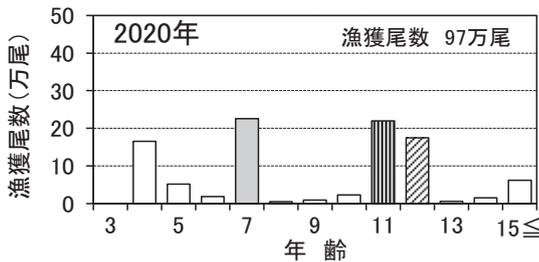


図4 アカガレイ漁獲物の年齢別漁獲尾数

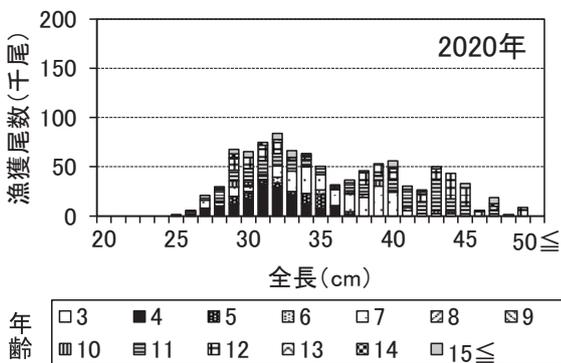


図5 アカガレイ漁獲物の全長別漁獲尾数の経年変化

当海域の年級群別の漁獲尾数の推移をみると（図6）、1999～2006年までは1995年級群が大部分を占めており、2002年（7歳）にはこの年級群だけで漁獲尾数が900

万尾を上回ったが、2002年をピークに1995年級群の漁獲尾数は減少し、2007年（12歳）には10万尾を下回った。それに代わって、2003年級群が2007年、2004年級群が2008年から漁獲加入したため、2007年から漁獲尾数は増加に転じ、2011年にはこの2年級群で全体の漁獲尾数の8割を超える460万尾に至った。2012年には2008年級群、2013年には2009年級群が加入したが、2012年には2003、2004年級群とともに漁獲尾数が減少したことや2013年に漁獲加入した2009年級群は、2003及び2004年級群と比べると豊度が低い年級群とみられたことから、漁獲尾数は2013年以降、再び減少傾向となった。2017年に漁獲加入した2013年級群は、2019年には漁獲物の主体となったが、4～7歳時における漁獲尾数の推移から2009年級群よりもさらに低い豊度と推測され、7歳となった2020年にはすでに減少傾向となっている（図6）。

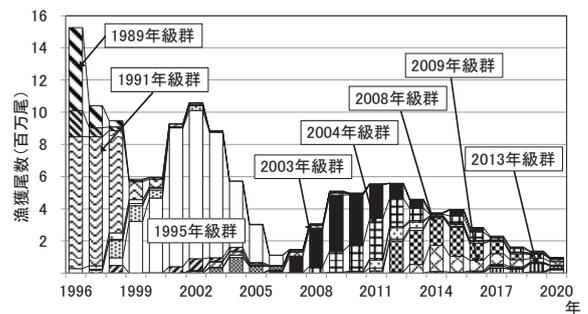


図6 アカガレイの年級群別漁獲尾数の推移

また、各年級群の12歳までの漁獲尾数の推移をみると（図7）、1985年以降で500万尾以上漁獲された年級群が7年級群（1989、1991、1995、2003、2004、2008、2009年級群）あり、この7年級群を高豊度年級群とみなした。これらの高豊度年級群はおおよそ5～7歳で漁獲のピークを迎え、その後は徐々に漁獲尾数が減少する傾向がみられる。ここで、年齢ごとの利用状況を

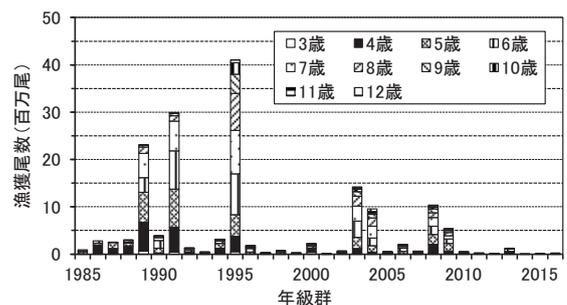


図7 アカガレイの年級群別漁獲尾数の推移

見るために、12歳までに漁獲されたる累積漁獲尾数のうち、3～6歳までに漁獲された割合を年級群ごとに比べると、1989、1991年級群は3～6歳までに7割程度が漁獲されたのに対し、1995年級群以降は5割前後となっていた(図8)。

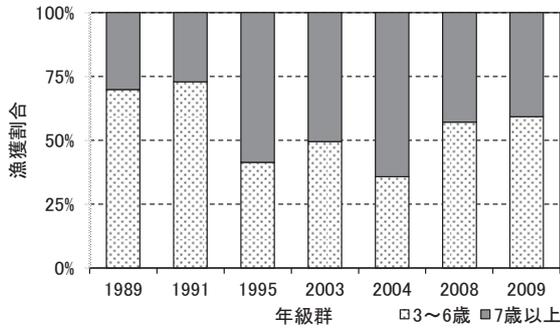


図8 アカガレイ高豊度年級群の3～6歳の年級群別漁獲尾数の推移

(イ) 調査船調査(アカガレイ若齢魚調査)

アカガレイ若齢魚調査(ソリネット調査)で2020年2月に採集されたアカガレイの年齢組成を図9に示した。ソリネットによるこれまでの若齢魚調査の結果、高豊度年級群と判断された2008、2009年級群は1～3歳での採集数が多く、低豊度年級群と推測された2010～2012年級群は1～3歳での採集数が少なかったことから、本調査で年級群豊度が予測可能であると考えられる。なお、2020年2月調査では、4歳(2016年級群)、3歳(2017年級群)の採集数が多く、特に2016年級群はこれまでの本調査の結果1)や北大が実施した調査結果2)から高豊度年級群となる可能性が高いと推察される。

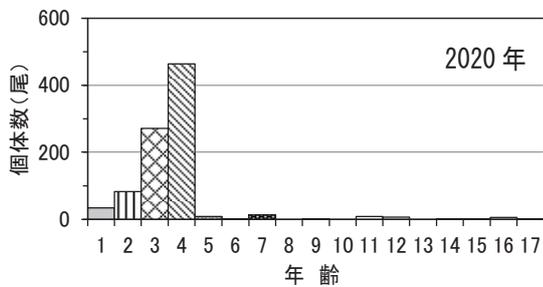


図9 ソリネット調査で採集されたアカガレイの年齢組成

ウ 資源評価

(ア) 現在までの資源状態

この海域のアカガレイ資源は、高豊度年級群とそれ以外の年級群の年齢別漁獲尾数が著しく異なり、高豊度年級群以外では年齢別漁獲尾数が0になってしまう年級群も出現することがある。このことから、資源水準の評価には漁獲量を用いた。1995～2014年までの20年間の漁獲量の平均値を100として各年を標準化して、100±40の範囲を中水準とし、その上下を高水準、低水準として資源水準の判断を行った(図10)。その結果、2020年の水準指数は24であったことから、低水準と判断した。

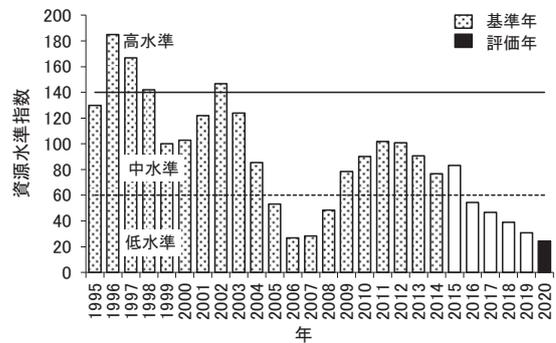


図10 噴火湾海域におけるアカガレイの資源水準

(イ) 今後の資源動向

当海域のアカガレイ資源は数年間隔で発生する高豊度年級群で構成され、その発生状況によって資源量や漁獲量は大きく変動する。2013～2018年まで漁獲主体であった2008、2009年級群は、2021年にはそれぞれ13歳、12歳となり、漁獲への寄与はほとんど期待できない。豊度がやや高いと考えられる2013年級群の7歳での漁獲尾数は6歳時点よりも減少したことから、2021年の8歳での漁獲尾数は2020年を下回る可能性が高い。一方で、ソリネット調査の結果から高豊度年級群と推察される2016年級群は、2021年には5歳となって漁獲尾数がさらに増加することが期待される。また、2021年に4歳となり漁獲加入する2017年級群もソリネットによる若齢魚調査から豊度が高い年級群と考えられるが、4歳は成長の早い一部の個体しか漁獲対象にならないこと(図4、5)や2016年級群よりは豊度が低いと推定されることから(図9)、2021年の漁獲物にはそれほど含まれないものと考えられる。そのため、2008、2009、2013年級群の減少分を2016年級群の増加分で補う状況となると考えられるが、2016年級群の増

加分だけで大幅な資源状態の回復は期待できないと判断し、資源動向は横ばいとした。

文献

- 1) 武藤卓志：噴火湾でアカガレイの新たな卓越年級群が発生か!?. 試験研究は今 2020;No. 900
- 2) 高津哲也，中屋光裕，亀井佳彦，小林直人，飯田高大，細野拓也，水野 悠，Tran Nguyen Hai NAM，高橋昂大：噴火湾における底生生物資源と漁場環境に関する研究（3）底生魚類資源の変動．水産研究助成事業報告（令和2年度），（財）北水協会（2021）（印刷中）

16. 2. 資源管理手法開発試験調査

16. 2. 1 ホッケ

担当者 調査研究部 下田和孝

(1) 目的

ホッケ道南群は道南太平洋、津軽海峡および道南日本海に分布し、刺し網、定置網、底建網、まき網などで漁獲される。その漁獲量は2004年に減少して以降、不安定な状態が続いており、資源の持続的利用に向けた管理方策の検討が求められている。2006～2007年度に実施したホッケ専門部会による取組みを基盤に、資源状態や再生産状況に見合った適正な管理方策の提示に向けて2008～2012年度および2013～2017年度の2期間にわたり年齢や成熟、初期生残に関する課題を設定して高度資源管理指針を取りまとめた。2018～2022年度に実施する本研究課題では、資源評価の効率化、迅速化および高精度化に必要な技術開発と漁獲圧の低減に向けた資源管理手法の開発を目的とし、以下の8課題を設定した。

ア 資源評価手法高度化に関する課題

- (ア) 近年の北海道周辺のホッケ資源構造の解明と現状評価単位の妥当性検証
- (イ) 資源管理効果の迅速な検証方法の確立
- (ウ) 初期生残機構の解明
- (エ) 計量魚探による現存量推定精度向上のためのTS推定

イ 管理方策に関する課題

- (ア) 武蔵堆海域の産卵場の確認
- (イ) 小型魚の混獲を軽減する刺網の適正目合の探索
- (ウ) 底建網による小型魚の漁獲回避技術の検証
- (エ) 管理指針の更新・管理方策の提言

なお、本課題は稚内水産試験場、中央水産試験場、栽培水産試験場、釧路水産試験場および網走水産試験場と協同で実施し、函館水産試験場では研究課題ア(ア)に関して道南海域の主要地区で水揚げされるホッケの生物測定調査を行い年齢構成の経年変動傾向を明らかにするとともに、漁獲物の年齢と体長との関係を地域間で比較する。また、研究課題イ(エ)に関して資源管理方策の検討を行う。

(2) 経過の概要

ア 生物測定調査

道南海域のホッケの主産地を対象に、春期と秋期の年2回、規格毎に漁獲物の生物測定を行った。2020年の対象地区(漁協、漁法)は、松前(松前さくら漁協、刺し網)、奥尻(ひやま漁協奥尻支所、底建て網)、上ノ国(ひやま漁協上ノ国支所、刺し網)、恵山(えさん漁協、刺し網)、砂原(砂原漁協、底建て網)および木直(南かやべ漁協木直支所、定置網)とした。測定項目は体長、体重、性別、成熟度、生殖腺重量、肝臓重量および年齢とした。規格毎の年齢体長組成を各漁協・漁法の規格別漁獲量で引き伸ばして漁協・漁法別の年齢体長組成とし、これを全規格分合算して各地区の年齢体長組成とした。

イ 資源管理方策の検討

2013～2017年度に実施した先行課題では道南海域における資源管理に向け、1～2歳の若齢魚を獲り残すことで産卵親魚量を確保する対策が必要なことを提言した。現行課題では道南海域における最近の生物測定調査結果やその他課題の成果を基に、より具体的な管理方策を検討する。

(3) 得られた成果

ア 生物測定調査

2020年に道南海域で水揚げされたホッケ漁獲物の年齢・体長組成を図1に示した。太平洋側の砂原および木直で水揚げされた漁獲物は年間を通じて1歳魚(2019年級)の割合が82～100%と高かった。砂原の1歳魚は2月時点では体長200mm未満の個体が主体であったが、5月には210mm台にモードを持つようになり、9月には250mm台にモードは移行した。木直の漁獲物でも同様に、春季から晩秋にかけて1歳魚のモードが220mm台から250～260mm台へと移行した。一方、恵山および松前の刺し網による漁獲物では、3歳魚(2017年級)が75～93%を占めた。2017年級は近年では豊度の高い年級で、2018年に太平洋側で漁獲量の増加をもたらした。2019年には日本海側で漁獲の主対象となった。この残存資源が2020年に体長300mm以上に成長して刺し網の漁獲対象になったと考えられる。奥尻の11月の底建網の漁獲物にも3歳魚が36%含まれていたが、そ

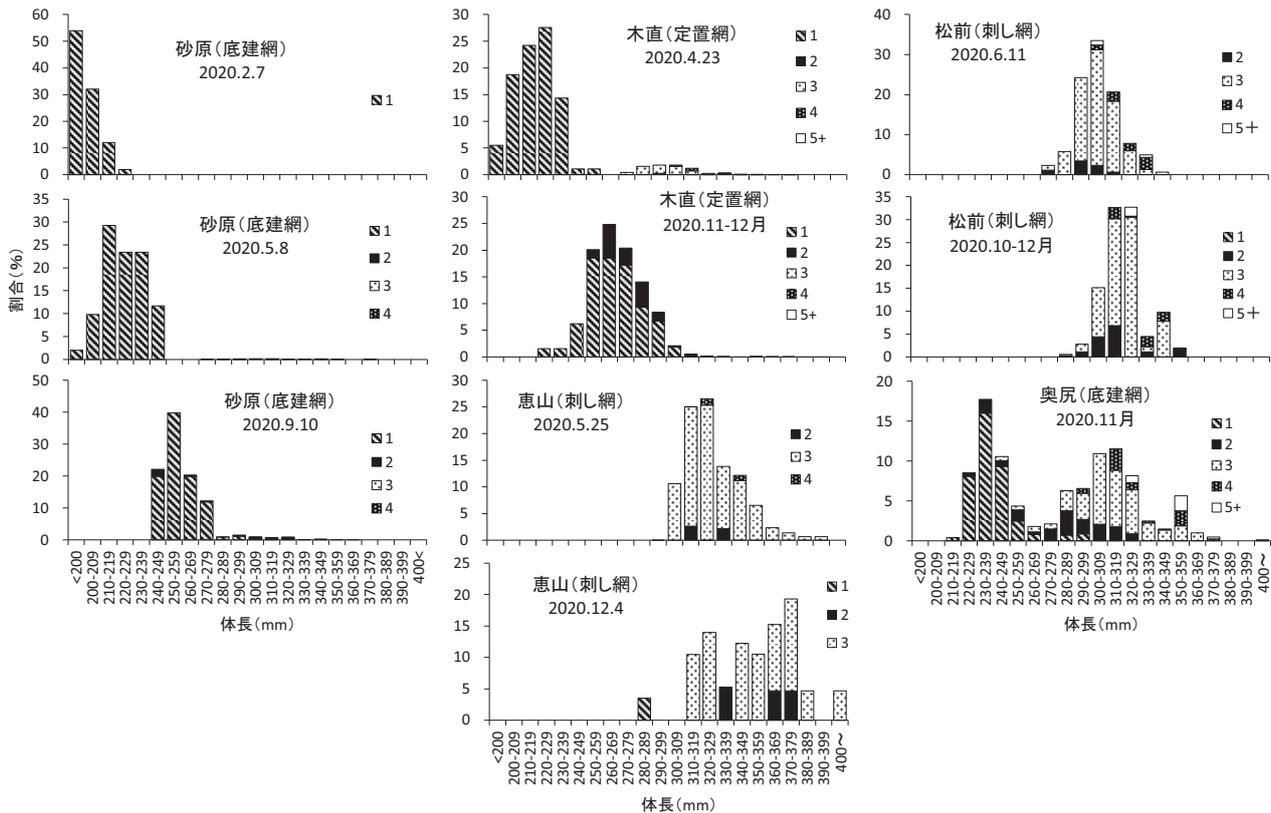


図1 2020年に道南海域で漁獲されたホッケの年齢・体長組成

の体長は同時期の松前の刺し網のものとは比べてモードが20mm小さかった。また、奥尻の底建網の漁獲物には1歳魚(2019年級)も39%含まれていたが、2歳魚(2018年級)は16%と少なく、年級による豊度の違いが漁獲物の組成に反映されていた。

各地区の年齢組成を漁法・海域(道南日本海, 道南太平洋)毎の漁獲量で引き延ばして合算し、道南海域全体の年齢組成を求めたところ、1歳魚が86.8%(24,914千尾)、2歳魚が3.1%(898千尾)、3歳魚が8.8%(2,540千尾)、4歳魚が1.1%(303千尾)、5歳以上が0.2%(62千尾)であった。

イ 資源管理方策の検討

年級別の漁獲尾数を図2に示した。過去20年級(2000~2019年級)の中では2019年級の1歳漁獲尾数が最も多く、次いで2007年級が多かった。2017年級の1歳漁獲尾数も2019年級や2007年級の6割程度と過去20年級の中では5番目に多かった。2017年級と2019年級は道央日本海~オホーツク海海域でも漁獲量が多く、また両年級は調査船による稚魚調査でも採集尾数が多いので道南海域における資源動向との同調性が認められる(詳細は稚内水産試験場および中央水産試験場の事業報告書参照)。令和2年度末に作成された本事業の中間報告書では道央日本海~オホーツク海海域の資

源管理方策として、近年の再生産状況は必ずしも良好ではないことから自主規制下にある現状の漁獲圧を維持することが重要であること、および稚魚の発生状況や秋の0歳魚分布調査の結果を活用した資源管理の必要性を提言している。道南海域の資源は約10倍の資源規模を持つ道央日本海~オホーツク海海域の資源の影響を受けている可能性があり、今後、海域間で連携した取り組みの検討が必要である。

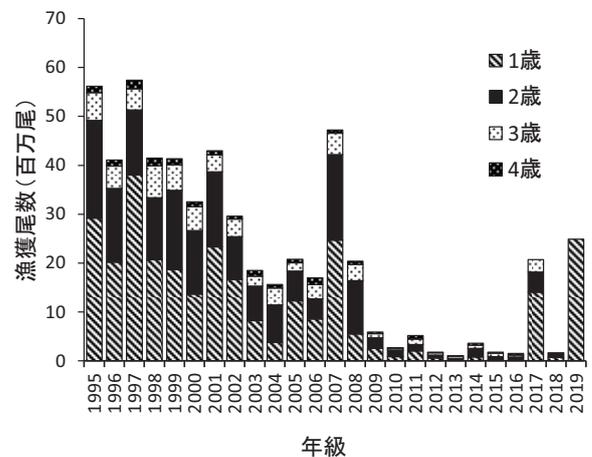


図2 ホッケの年級別漁獲尾数の推移
2016年級以前は4歳までの漁獲尾数。2017年級は3歳まで、2018年級は2歳まで、2019年級は1歳までの漁獲尾数

17. 養殖ホタテガイ生産安定化試験（受託研究）

担当者	調査研究部	金森 誠・渡野邊雅道 夏池真史・北川雅彦
共同研究機関	栽培水産試験場・北海道大学	
協力機関	渡島地区水産技術普及指導所 渡島北部地区水産技術普及指導所 胆振地区水産技術普及指導所	

（1）目的

噴火湾のホタテガイ養殖は10万t・170億円（1991～2017年平均）を生産する道南海域の基幹漁業である。近年、中間育成中の稚貝（生後1年未満）の正常貝率低下（以下、稚貝成育不良）および耳吊り貝の生残低下により、年間生産量は4割以下に落ち込む年もあり、地域経済に深刻な影響をもたらしている。稚貝成育不良が記録されている年とそれ以外の年で夏季の環境を比較すると、成育不良年には「平均気温が低い」「日照時間が短い」「海面水温が低い」「水温躍層の発達が弱い」といった共通する特徴が認められることが指摘されている（金森 2019）。そのため、夏季の環境条件が稚貝の成育不良に直接的あるいは間接的に関わっている可能性が考えられる。

本調査の目的は噴火湾において夏季の広域沿岸環境調査を実施し、環境要因の時空間的な変動を明かとし、稚貝成育不良の要因解明に向けた基礎資料を得ることである。

（2）経過の概要

ア サンプルング

2020年7～9月に伊達、虻田、八雲、森沿岸の4地点で環境観測および採水を行った。また、8月後半については、比較的調査地点間の距離が離れている虻田、八雲間を補完する調査点として静狩沿岸を選定し、環境観測を実施した。環境観測はSTD（RINKO-Profiler ASTD102, JFEアドバンテック株式会社）を用いて、水温、塩分および溶存酸素の鉛直分布を観測した。採水深度は八雲、森は深度0m, 10m, 20m, 30m, 伊達と虻田は水深30m未満のため、深度0m, 10m, 20m, 25mとした。調査頻度は虻田、森で月2回、伊達、八雲で月1回である。各地区の観測・採水は胆振地区および渡島北部地区の水産技術普及指導所の協力を得た。

イ サンプル処理・分析

1) クロロフィル a, 植物プランクトン分析

試水300mlをWhatman GF/Fフィルターでろ過を行い、フィルターをN-Nジメチルホルムアミドに浸漬することにより抽出したクロロフィル a をTrilogy 蛍光光度計（Turner Designs 社）により定量した。分析法は酸添加法を用いた。試水500mlは濃縮後、倒立顕微鏡を用いて植物プランクトンの形態観察を行い分類群別の細胞数を計測した。

2) 栄養塩分析

試水10mlを冷凍保存し、オートアナライザーQuAAtro（Bran+Luebbe 社）を用いて溶存態無機窒素（NH₄, NO₃, NO₂）、リン酸態リン（PO₄）、ケイ酸（SiO₂）の各濃度を測定した（測定機関：北海道大学）。

（3）得られた結果と考察

ア 水温、塩分、溶存酸素

7～9月各定点の水温、塩分、溶存酸素を表1、2及び3に示した。水温20℃以上、塩分30未満（噴火湾ホタテガイ養殖の手引き他）、溶存酸素5.7mg/L未満（持続的な養殖生産の確保を図るための基本方針）をホタテガイの成育環境として好ましくない基準とした。全地点の平均値で見ると8月前後半の0m深、9月前半の0、20m深、9月後半の0～20m深で水温20℃以上であった。また、地点別で見たときに、虻田で8月から9月にかけて水温20℃以上になる層が多かった。塩分は30.4～33.3、溶存酸素は6.6～9.7mg/Lの範囲であり、基準を下回る層はなかった。

月に2回調査を実施した虻田、森の水温、塩分鉛直分布の季節変化を図1、2に示した。2020年は8月後半まで水温躍層が維持された一方で（図1）、9月前半以降、水温躍層が急激に解消され、深度間の水温差が見られなくなった。虻田では調査期間を通して塩分躍層が深度10～20m付近に形成される一方で、森では

表1 各地点の水温(°C)

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	19.5	-	20.0	-	20.1
	10m	-	16.0	-	18.5	-	20.0
	20m	-	15.4	-	15.9	-	20.2
	25m	-	14.1	-	15.2	-	20.0
虻田	0m	18.7	21.0	21.9	22.2	22.0	20.6
	10m	17.2	19.3	21.0	22.2	20.4	20.4
	20m	15.1	16.7	18.4	19.6	21.2	20.4
	25m	12.2	16.0	14.3	16.7	20.2	19.8
静狩	0m	-	-	-	21.6	-	-
	10m	-	-	-	19.3	-	-
	20m	-	-	-	15.1	-	-
	30m	-	-	-	10.6	-	-
八雲	0m	-	20.6	-	21.1	-	19.9
	10m	-	17.8	-	20.3	-	19.8
	20m	-	16.2	-	20.0	-	19.8
	30m	-	10.4	-	17.4	-	19.8
森	0m	18.8	18.0	19.8	21.4	19.2	19.6
	10m	15.8	17.7	17.7	18.0	19.3	19.9
	20m	13.8	15.4	14.2	12.6	19.8	20.1
	30m	9.3	13.7	8.2	8.6	19.5	20.2
平均	0m	18.8	19.8	20.8	21.3	20.6	20.0
	10m	16.5	17.7	19.3	19.7	19.9	20.0
	20m	14.4	15.9	16.3	16.6	20.5	20.1
	30m	10.7	13.5	11.3	13.7	19.8	19.9

灰色の層は高水温(20°C以上)を示す。

表2 各地点の塩分

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	31.62	-	32.23	-	32.85
	10m	-	32.88	-	32.63	-	32.89
	20m	-	33.13	-	33.05	-	33.06
	30m	-	33.29	-	33.15	-	33.04
虻田	0m	31.24	30.72	31.32	32.20	32.08	31.78
	10m	31.84	31.71	31.90	32.20	32.80	32.88
	20m	32.55	33.00	32.80	32.58	33.24	33.20
	30m	32.85	33.20	32.67	33.14	33.03	33.14
静狩	0m	-	-	-	31.77	-	-
	10m	-	-	-	32.36	-	-
	20m	-	-	-	32.74	-	-
	30m	-	-	-	32.90	-	-
八雲	0m	-	30.80	-	30.43	-	32.79
	10m	-	32.14	-	31.92	-	32.85
	20m	-	32.75	-	32.80	-	32.87
	30m	-	32.40	-	32.90	-	32.91
森	0m	31.61	32.11	31.93	32.40	32.89	32.71
	10m	32.43	32.21	32.62	32.71	32.94	32.89
	20m	32.63	32.60	32.72	32.99	33.19	32.97
	30m	32.41	32.93	32.57	32.82	33.32	33.05
平均	0m	31.42	31.31	31.62	31.81	32.48	32.53
	10m	32.13	32.23	32.26	32.36	32.87	32.88
	20m	32.59	32.87	32.76	32.83	33.21	33.02
	30m	32.63	32.96	32.62	32.98	33.17	33.03

表3 各地点の溶存酸素(mg/L)

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	8.0	-	8.1	-	7.6
	10m	-	8.9	-	8.3	-	7.5
	20m	-	8.8	-	8.9	-	7.2
	30m	-	8.4	-	8.8	-	7.0
虻田	0m	7.8	7.6	7.3	6.9	7.2	7.2
	10m	7.8	7.4	7.2	6.9	7.0	6.9
	20m	8.6	8.1	7.8	7.6	6.6	6.7
	30m	8.1	8.3	8.5	8.1	6.8	6.7
静狩	0m	-	-	-	7.6	-	-
	10m	-	-	-	8.0	-	-
	20m	-	-	-	8.7	-	-
	30m	-	-	-	9.2	-	-
八雲	0m	-	7.6	-	7.9	-	7.4
	10m	-	8.2	-	7.5	-	7.3
	20m	-	8.7	-	8.2	-	7.3
	30m	-	8.0	-	8.1	-	7.0
森	0m	8.0	8.1	7.8	7.5	7.7	7.7
	10m	8.9	8.2	8.2	8.2	7.7	7.6
	20m	9.0	9.0	9.0	9.3	7.6	7.2
	30m	9.6	9.2	9.2	9.7	7.6	7.2
平均	0m	7.9	7.8	7.5	7.6	7.5	7.5
	10m	8.4	8.2	7.7	7.8	7.4	7.3
	20m	8.8	8.7	8.4	8.5	7.1	7.1
	30m	8.8	8.5	8.8	8.8	7.2	7.0

比較的塩分躍層の発達が悪かった。塩分の数値を見ると、虻田では10m以浅が8月前半まで32未満であったのに対して、森では32未満となることはほとんどなく、虻田は森と比較して表層水が低塩分となっていた。両地点の塩分鉛直分布の季節変化の差は河川水の影響の受けやすさの違いに起因しているのかもしれない。なお、期間中、調査を実施した沿岸域では、塩分33.6以上の津軽暖流水は確認されなかった。

過去の稚貝の成育不良年においては、8月に水温躍層が悪化する特徴が見られる(金森 2019)。2020年の8月は、後半まで水温躍層が維持されており、この特徴は見られなかった。本調査で得られた水温および塩分の調査結果および稚貝の成育不良と夏季海洋環境に関する見解については、各月ごとにまとめ、噴火湾環境情報として、各地区指導所経由で関係漁協に情報配信するとともに、函館水産試験場のHPで公表した(<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/hakodate/section/zoushoku/tpc0530000008bq.html>)。なお、2021年3月に各地区水産技術普及指導所が実施した稚貝調査結果では、10地区のうち8地区で、前年よりも稚貝の正常貝率が高く、情報配信における見解と矛盾しない結果であった。

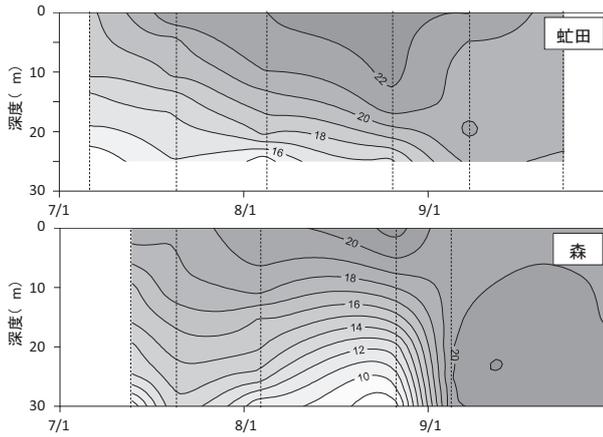


図1 虻田および森の水温の鉛直分布の季節変化等値線上の数値は水温を示す。破線は観測を実施したタイミングを示す。

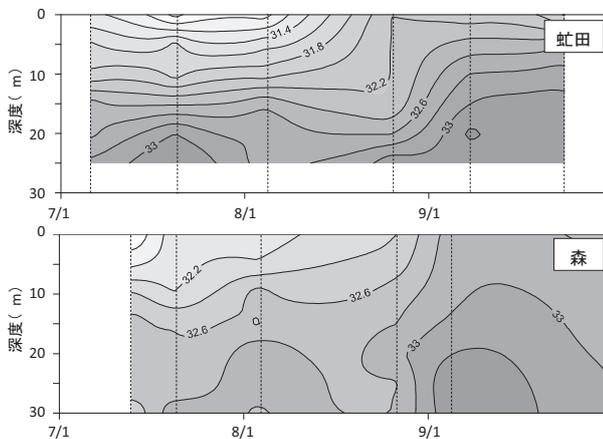


図2 虻田および森の塩分の鉛直分布の季節変化等値線上の数値は塩分を示す。破線は観測を実施したタイミングを示す。

イ クロロフィル a、植物プランクトン組成

7～9月各定点のクロロフィルa濃度を表4に示した。函館水試による八雲地区の長期モニタリング結果から、2003～2018年、7～9月、D = 5～15mの平均値0.57 μg/Lを目安とし、クロロフィル a 濃度0.50 μg/L未満を低クロロフィル a 濃度の基準とした。伊達では基準を下回らなかったが、7～8月に虻田、八雲、森で、9月後半に虻田で基準を下回る層があり、特に7月後半に八雲と森、8月後半に虻田と森で基準を下回る層が多くなった。

分類群別（中心目珪藻、羽状目珪藻、渦鞭毛藻およびその他藻類）の植物プランクトン密度の組成を図3に示した。各地点ともに中心目珪藻の割合が高く、次に羽状目珪藻の割合が高かった。8月前半の森の中層および、9月の各地点の表層で中心目珪藻と羽状目珪

表4 各地点のクロロフィル a 濃度

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	1.57	-	1.12	-	0.82
	10m	-	0.61	-	0.88	-	1.31
	20m	-	1.25	-	1.40	-	0.76
	30m	-	1.20	-	1.50	-	0.59
虻田	0m	1.68	1.17	0.92	0.31	1.79	0.89
	10m	0.47	0.34	0.57	0.29	0.75	0.68
	20m	0.90	0.71	0.52	0.32	0.65	0.58
	30m	2.23	1.12	2.53	1.02	0.58	0.48
八雲	0m	-	0.78	-	1.39	-	1.22
	10m	-	0.26	-	0.74	-	1.91
	20m	-	0.43	-	1.73	-	1.47
	30m	-	1.76	-	1.54	-	1.01
森	0m	0.76	0.20	0.65	0.41	0.73	1.43
	10m	0.43	0.22	0.51	0.27	0.77	0.84
	20m	0.50	0.30	0.46	0.51	0.72	0.78
	30m	0.89	0.51	0.74	0.62	0.71	0.51
平均	0m	1.22	0.93	0.79	0.81	1.26	1.09
	10m	0.45	0.36	0.54	0.55	0.76	1.18
	20m	0.70	0.67	0.49	0.99	0.69	0.90
	30m	1.56	1.15	1.63	1.17	0.65	0.65

灰色の層は低濃度（0.5 μg/L 未満）を示す。

藻の割合がやや低下し、渦鞭毛藻およびその他の藻類の割合が増加した。

ウ 栄養塩

7～9月各定点の栄養塩濃度を表5、6および7に示した。植物プランクトンの生長制限要因となり得る基準を溶存態無機窒素 (NH₄, NO₃, NO₂) 0.5 μM未満、リン酸態リン (PO₄) 0.1 μM未満、ケイ酸 (SiO₂) 1.0 μM未満とした場合、溶存態無機窒素は調査期間を通して全地点で数値の低い層が頻繁に見られ、森ではすべての時期、深度において基準を下回った。また、虻田でも8月後半、八雲でも7月後半と9月後半の全層で、基準値を下回った。PO₄は9月前半を除いて全地点で低い数値が見られた。特に、虻田、八雲、森では、表～中層で基準値を下回る層が多かった。一方、SiO₂は、7月前半から8月前半にかけて森で低い値が多く見られたものの、その他の地点で基準を下回る頻度は少なかった。また、平均値を見ると、表層もしくは底層で濃度が高い傾向が見られ、河川水と底質の両方から供給があると考えられる。

エ 2019年と2020年の環境要因の比較

2019年は8月前半に形成されていた水温躍層が、8月後半に急激に解消されていた。また、9月に津軽暖流水（塩分33.6以上）の流入が認められた（表8）。他方、2020年は8月後半まで水温躍層が維持されてい

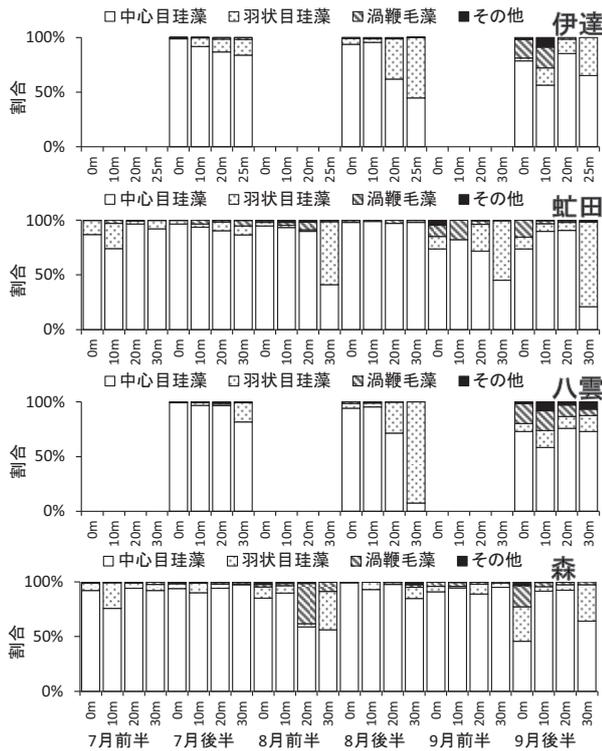


図3 各地点の植物プランクトン組成

表5 各地点の溶存態無機窒素濃度 (NH₄, NO₃, NO₂) (μM)

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	1.87	-	0.87	-	0.20
	10m	-	0.77	-	0.15	-	0.23
	20m	-	0.16	-	0.16	-	1.07
	25m	-	0.37	-	1.95	-	1.10
虻田	0m	0.62	0.14	0.20	0.16	0.13	0.26
	10m	0.15	0.21	0.15	0.14	0.20	0.14
	20m	1.02	0.43	0.16	0.19	0.65	0.67
	25m	0.72	1.25	0.70	0.16	1.33	0.91
八雲	0m	-	0.11	-	0.26	-	0.19
	10m	-	0.16	-	1.73	-	0.21
	20m	-	0.17	-	0.57	-	0.47
	30m	-	0.15	-	2.77	-	0.33
森	0m	0.15	0.18	0.15	0.15	0.26	0.44
	10m	0.15	0.15	0.36	0.13	0.17	0.14
	20m	0.13	0.15	0.19	0.16	0.17	0.16
	30m	0.14	0.18	0.14	0.15	0.19	0.36
平均	0m	0.39	0.58	0.17	0.36	0.19	0.27
	10m	0.15	0.32	0.26	0.54	0.18	0.18
	20m	0.57	0.23	0.18	0.27	0.41	0.59
	30m	0.43	0.49	0.42	1.26	0.76	0.67

灰色の層は低濃度 (0.5 μM 未満) を示す。

た。また、2020年は、9月に津軽暖流水の流入は見られなかった。ただし、水温は全層で20℃前後と2019年よりも高かった。クロロフィルa濃度については、層によるバラツキが大きいが、各時期の全層の平均値と比較すると、8月後半を除き、2019年の方が高かった

表6 各地点のリン酸態リン濃度 (μM)

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	0.12	-	0.08	-	0.08
	10m	-	0.07	-	0.10	-	0.10
	20m	-	0.11	-	0.12	-	0.14
	25m	-	0.19	-	0.39	-	0.20
虻田	0m	0.12	0.09	0.08	0.07	0.10	0.07
	10m	0.09	0.08	0.07	0.07	0.10	0.07
	20m	0.07	0.07	0.08	0.09	0.20	0.13
	25m	0.12	0.26	0.32	0.16	0.24	0.06
八雲	0m	-	0.08	-	0.09	-	0.08
	10m	-	0.07	-	0.09	-	0.08
	20m	-	0.07	-	0.23	-	0.08
	30m	-	0.12	-	0.54	-	0.08
森	0m	0.09	0.09	0.06	0.09	0.12	0.18
	10m	0.09	0.09	0.07	0.07	0.12	0.06
	20m	0.10	0.08	0.08	0.09	0.12	0.07
	30m	0.16	0.08	0.12	0.21	0.11	0.09
平均	0m	0.10	0.09	0.07	0.08	0.11	0.11
	10m	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.08
	20m	0.09	0.08	0.08	0.13	0.16	0.11
	30m	0.14	0.16	0.22	0.32	0.17	0.11

灰色の層は低濃度 (0.1 μM 未満) を示す。

表7 各地点のケイ酸濃度 (μM)

定点	深度	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
伊達	0m	-	16.81	-	8.03	-	4.76
	10m	-	1.99	-	1.79	-	5.25
	20m	-	2.44	-	2.69	-	6.62
	25m	-	5.68	-	10.02	-	7.66
虻田	0m	5.50	3.98	4.52	1.86	16.73	14.47
	10m	0.71	1.21	1.97	2.04	3.14	4.50
	20m	0.49	1.18	1.37	2.17	5.38	3.78
	25m	4.12	3.33	11.47	2.51	5.93	3.54
八雲	0m	-	2.13	-	24.73	-	6.36
	10m	-	1.58	-	4.89	-	6.03
	20m	-	0.77	-	7.85	-	6.27
	30m	-	5.29	-	13.26	-	6.00
森	0m	3.96	0.79	1.85	7.43	3.09	16.21
	10m	1.60	0.92	1.09	1.54	2.68	5.61
	20m	0.34	0.52	0.62	1.06	3.05	4.29
	30m	0.53	0.37	0.97	1.77	2.55	4.01
平均	0m	4.73	5.93	3.19	10.51	9.91	10.45
	10m	1.15	1.43	1.53	2.56	2.91	5.35
	20m	0.42	1.23	0.99	3.44	4.22	5.24
	30m	2.33	3.67	6.22	6.89	4.24	5.30

灰色の層は低濃度 (1.0 μM 未満) を示す。

(表8)。2019年、2020年ともに出現するプランクトンの大半は珪藻類であったが、珪藻類の出現数が少なくなると渦鞭毛藻類やその他のプランクトンの割合が多くなる時期が2019年は8月であったのに対して、2020年は9月であった(図4)。2019年と2020年は8

月の成層化の程度が異なっていたと考えられ、これが植物プランクトンの量や群集組成に影響しているのかもしれない。2019年と比較して2020年の栄養塩は期間を通じて低く、季節性よりも大きなスケールの年変動の影響と推測される(表8)。

前述のとおり、各地区指導所による2021年3月の稚貝調査結果では、多くの地区で、2020年生まれの稚貝の方が前年生まれの稚貝よりも正常貝率が高かった。従って、8月後半に水温躍層が維持されている年の方が、「稚貝のデキが良い」という傾向は、近2年にも当てはまっている。また、2年間の調査結果から、夏季の噴火湾沿岸における環境は時空間的に大きな変動が見られる。8月後半まで水温躍層が維持されることが、稚貝の成育良否とどのように関係しているかを解明するために、これらの環境要因を継続してモニタリングすることが必要だと考えられる。

参考文献

金森誠. 噴火湾養殖ホタテガイのへい死年の気象・海洋環境について. 試験研究は今2019; 888.

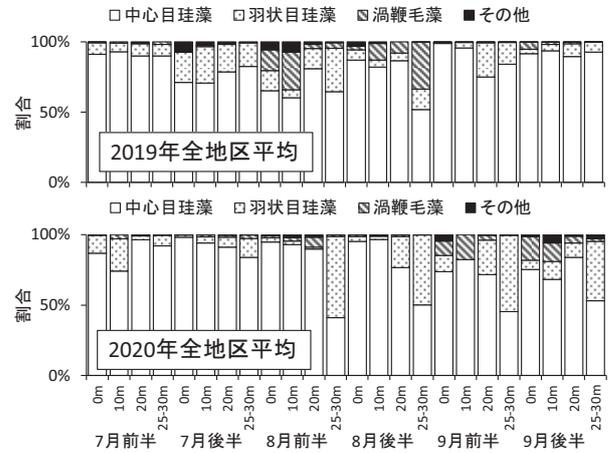


図4 2019年と2020年の深度層ごとの植物プランクトン組成(全地点平均)

表8 2019年と2020年における環境要因の全地点(伊達, 虻田, 八雲, 森)平均

	2019年全地点平均						2020年全地点平均					
	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
水温(°C)												
0m	15.9	17.7	21.0	20.8	21.4	19.6	18.8	19.8	20.8	21.2	20.6	20.0
10m	14.4	16.9	15.2	20.3	19.5	19.6	16.5	17.7	19.3	19.7	19.9	20.0
20m	12.8	16.2	9.1	19.8	17.8	17.7	14.4	15.9	16.3	17.0	20.5	20.1
25-30m	12.0	14.7	7.0	18.2	15.4	15.5	10.7	13.5	11.3	14.5	19.8	19.9
塩分												
0m	32.13	31.93	31.78	31.28	31.50	32.67	31.42	31.31	31.62	31.81	32.48	32.53
10m	32.16	32.10	32.36	32.09	33.39	32.85	32.13	32.23	32.26	32.36	32.87	32.88
20m	32.39	32.20	32.60	32.53	33.62	33.53	32.59	32.87	32.76	32.86	33.21	33.02
25-30m	32.37	32.21	32.66	33.45	33.53	33.72	32.63	32.96	32.62	33.00	33.17	33.03
クロロフィルa濃度(µg/L)												
0m	1.00	2.28	1.25	0.83	1.00	0.62	1.22	0.93	0.79	0.81	1.26	1.09
10m	0.76	0.95	0.62	0.59	0.71	0.52	0.45	0.36	0.54	0.55	0.76	1.18
20m	1.72	1.06	1.72	0.58	1.83	1.32	0.70	0.67	0.49	0.99	0.69	0.90
25-30m	1.24	0.95	1.43	0.57	1.33	1.46	1.56	1.15	1.63	1.17	0.65	0.65
溶存有機態窒素(µM)												
0m	0.30	0.59	0.66	0.73	0.71	0.46	0.39	0.58	0.17	0.36	0.19	0.27
10m	0.33	0.47	0.70	0.77	0.36	0.37	0.15	0.32	0.26	0.54	0.18	0.18
20m	0.36	0.53	1.11	0.74	1.99	0.53	0.57	0.23	0.18	0.27	0.41	0.59
25-30m	0.63	1.44	3.81	3.64	3.54	2.11	0.43	0.49	0.42	1.26	0.76	0.67
リン酸態リン(µM)												
0m	0.16	0.20	0.10	0.12	0.09	0.10	0.10	0.09	0.07	0.08	0.11	0.11
10m	0.17	0.14	0.20	0.13	0.09	0.10	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.08
20m	0.20	0.20	0.38	0.11	0.31	0.16	0.09	0.08	0.08	0.13	0.16	0.11
25-30m	0.29	0.38	0.89	0.70	0.43	0.41	0.14	0.16	0.22	0.32	0.17	0.11
ケイ酸(µM)												
0m	1.97	7.36	13.39	15.91	19.18	3.77	4.73	5.93	3.19	10.51	9.91	10.45
10m	0.84	1.57	3.19	7.69	3.12	2.71	1.15	1.43	1.53	2.56	2.91	5.35
20m	0.95	2.69	5.86	4.40	7.75	2.70	0.42	1.23	0.99	3.44	4.22	5.24
25-30m	1.82	6.69	12.70	15.72	8.37	8.20	2.33	3.67	6.22	6.89	4.24	5.30

18. コンプ養殖漁業振興研究（受託研究）

担当者 調査研究部 前田高志・八川皓太
 協力機関 南かやべ漁業協同組合，えさん漁業協同組合
 戸井漁業協同組合，函館市漁業協同組合，函館市

（1）目的

本研究では函館市沿岸に生育するマコンブの多様性を把握し、適切な資源管理手法や藻場造成の方法を検討する。また、近年の温暖化等の海洋環境変化に対応したコンブ養殖技術の改良を行う。

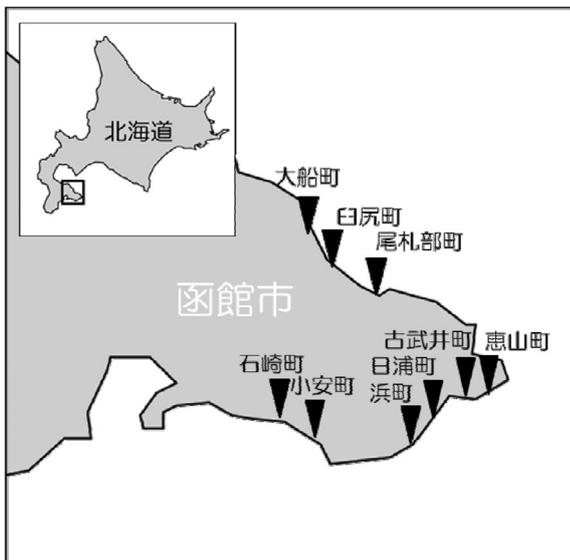


図1 サンプル採集地点および調査地点.

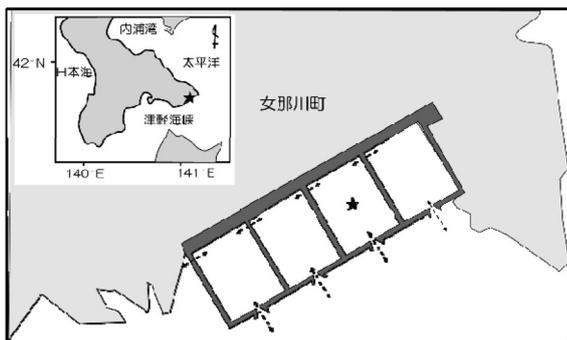


図2 試験に使用した函館市女那川町の尻岸内養殖場の模式図。★は試験に使用したプール。図中の矢印は海水が入り出る箇所を示している

（2）経過の概要

ア 各地域の天然コンブが持つ特徴のデータベース化
 材料のマコンブの胞子体は、2021年7月6日に函館市小安町沖、2021年7月31日に同市浜町沖から採集し

た(図1)。

イ 種苗生産用母藻群落の造成試験

材料のマコンブの配偶体は2015年9月3日、函館市古武井町沖から採集した(図1)。雄性および雌性の配偶体を、それぞれハンドミキサーで細断した後、栄養強化海水中(以下、NT-ES培地)(新原・菊池 1985)に懸濁させた。次いで、10cm×10cmのタイルに撚糸を巻き付け(以下、基質)、その表面に配偶体液を塗布し、雌性配偶体を付着させた基質、雄性配偶体を付着させた基質、雌性および雄性の配偶体を付着させた基質を4枚ずつ作製した。これを10℃の暗所で2週間保存し、配偶体を基質表面に定着させた。なお、この後の遺伝子解析のため、使用した配偶体の一部は、乾燥させて保存した。

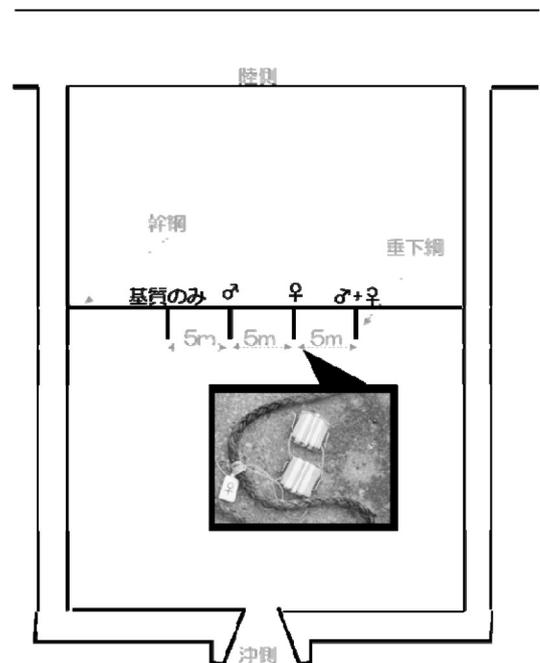


図3 基質を設置した施設の模式図。図中の♀は雌性配偶体を付着させた基質、♂は雄性配偶体を付着させた基質、♀+♂は雌性と雄性の配偶体を付着させた基質を設置したことを示している

配偶体を定着させた基質は2枚1組とし、プラスチックの板に固定し、ロープで連結させた。2020年11月

24日、函館市女那川町の尻岸内養殖場内に設置した網からそれらを垂下し、遺伝子解析の試料として適したサイズの胞子体が出現するまで放置した(図2-3)。前年度および2020年度試験に使用した配偶体および基質表面から回収した胞子体からのDNAの抽出およびマイクロサテライト座を含む配列の増幅は、前田(2018)の方法に従った。これらの配偶体と胞子体の親子鑑定には、PARFEX v1.0 (Sekino and Kakehi 2012) を用いた。

ウ 種苗生産技術の改良および養殖工程で発生する問題の対応

(ア) 養殖コンブ種苗生産技術の検証及び改良

a 天然コンブの成熟状況調査

2020年4月～2021年3月にかけて、函館市大船町の大舟漁港内斜路(水深1.7m)に形成されたマコンブ群落内の胞子体の成熟状況を調査した(図1)。胞子体は陸上または船上から無作為に採集し、葉状部の湿重量と乾重量を測定し、乾燥歩留り(湿重量に対する乾燥重量の割合)を算出した。なお、乾燥重量は温風乾燥機を用い、60℃で2日以上乾燥させた後の測定値を採用した。また、子嚢斑が形成された個体の出現頻度(成熟率)や子嚢斑の形成状況、葉状部裏面(腹側)の子嚢斑形成範囲(%)を調べた(図4)。

子嚢斑形成に影響を及ぼす環境要因を特定するため、調査対象の群落が形成されている水深帯にHOB0ペンダントシリーズ温度/照度計(Onset Computer Corporation)および小型メモリー光量子計DEF12-L(JFEアドバンテック株式会社)を設置し、水温および光量子量を連続観測した。それらの結果は、月ごとに平均値を算出して示した。

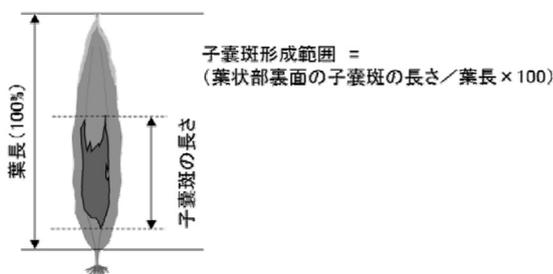


図4 マコンブ胞子体の子嚢斑形成範囲の計算方法

b コンブ類の成熟制御技術の開発

(a) ガゴメ葉片の子嚢斑形成に及ぼす光周期の影響

材料には、函館市浜町沖で養殖されていた、ガゴメ

胞子体6個体を用いた(図1)。それぞれの胞子体葉状部の中央部付近から直径1cmの円形葉片を12枚ずつ切り出し、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培地とともに水槽に収容した(図5)。それらを光周期4条件:4時間明期:20時間暗期(以下、4L:20D),6L:18D,8L:16D,10L:14D,水温12.5℃,光量子量80μmol/m²/sの条件下で6週間の通気培養を行った(図5)。なお、各試験区で3つの水槽を使用し、培地は1週間毎に全量交換し、その際に子嚢斑形成の有無を調べた。

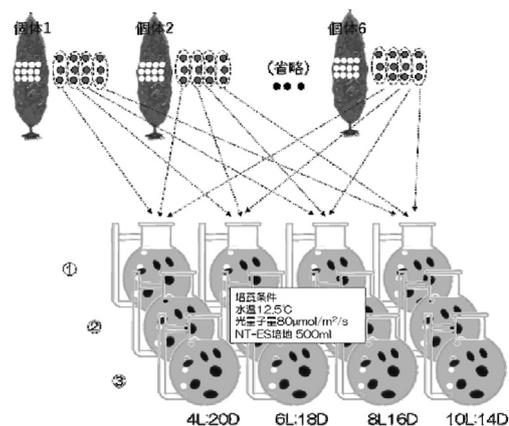


図5 成熟誘導試験のイメージ

(b) ミツイシコンブ葉片の子嚢斑形成に及ぼす水温の影響

材料には函館市浜町沖で養殖されていた、ミツイシコンブ胞子体6個体を用いた(図1)。それぞれの胞子体の葉状部中央部付近から直径1cmの円形葉片を15枚ずつ切り出し、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培地とともに水槽に収容した。それらを水温5条件:7.5℃,10.0℃,12.5℃,15.0℃,17.5℃,光量子量80μmol/m²/s,光周期8L:16Dの条件下で6週間の通気培養を行った。各試験区で3つの水槽を使用し、培地は1週間毎に全量交換し、その際に子嚢斑形成の有無を調べた。

c 成熟誘導技術を利用して生産した種苗を用いた養殖試験(早期実入り株を用いた養殖試験)

(a) 成熟誘導個体由来種苗の健苗性の評価

材料のマコンブ胞子体は、2019年7月18日に函館市石崎町沖、2020年7月29日に同市小安町沖で採集した(図1)。3個体の胞子体を使用し、それぞれの葉状部から6枚の円形葉片(直径1.5cm)を切り取って用いた。葉片は、滅菌海水で葉片表面をよく洗浄し、ペー

パータオルを用いて付着物や粘液を除去した。葉片は500mlのNT-ES培地中で通気培養し、水温10℃、光量子量 $80 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期8L:16Dの条件下で、成熟誘導した。なお、培養液は1週間毎に全量交換した。

子嚢斑が形成された葉片は、滅菌海水を用いて表面を洗浄し、余分な水気を除去した後、直径90mmプラスチックシャーレ中に入れ、冷暗所に一晚保存した。翌日、それらの葉片を滅菌した濾過海水に浸漬して遊走子液を得た。約10mの撚糸を巻き付けたプラスチックの板（以下、採苗器）に遊走子を付着させ、水温10℃、光量子量 $80 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下で、10LのNT-ES培地中でおおよそ2ヶ月間、通気培養して種苗（以下、実験種苗）を生産した。なお、培養期間中は1週間毎に培地を全量交換した。

生産した種苗は、2019年度は2019年11月29日、2020年度は2020年11月24日に函館市石崎町沖と小安町沖の養殖施設に設置した。養殖試験開始後、種苗は現地の養殖工程に則して育成した。2019年度の試験種苗は、2020年5月28日、6月30日、7月23日に採集し、現地の種苗生産施設で生産された種苗由来の養殖個体（センター種苗）の葉長や葉幅、葉状部湿重量、乾燥歩留まりを比較した。なお、7月に採集した実験種苗は、小安町沖で採集した*。

※石崎町沖で養殖試験中の個体は、すべて収穫されてしまったため、小安町の養殖個体で代用した。それらの個体は、既に茎状部と付着器が除去されており、その部位の測定はできなかった。

(b) 成熟誘導技術を利用したガゴメの促成養殖試験

材料の天然および養殖ガゴメの胞子体は、2019年4月18日、2020年5月26日に函館市大船町沖で採集した（図1）。それらの葉状部から直径2.1cmの葉片を6枚切り出し、滅菌海水中で葉片表面をよく洗浄するとともにペーパータオルを用いて、付着物や粘液を除去した。葉片は500mlのNT-ES培地中で通気培養し、水温12.5℃、光量子量 $80 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期8L:16Dで成熟誘導した。1週間毎に培養液を全量交換し、その際に子嚢斑斑形成の有無を観察した。

子嚢斑が形成された葉片を滅菌海水中で洗浄し、余分な水気を除去した後、直径90mmプラスチックシャーレ中に入れ、冷暗所に一晚保存した。翌日、これらの葉片を滅菌濾過海水に浸漬して遊走子液を得た。遊走子を付着させた採苗器は、500mlのNT-ES培地とともにプラスチック容器に入れ、8℃、約 $1 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、

12L:12Dで保存した。その後、種苗は水温10℃、光量子量 $80 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dの条件下、10Lまたは20LのNT-ES培地中で通気培養した。なお、培養期間中は1週間毎に培地を全量交換した。

2019年度は2019年10月21日、2020年度は2020年10月17日に函館市大船町沖の養殖施設にガゴメの試験種苗を設置した。1ヶ月毎にサンプルを採集し、葉長や葉幅、葉状部の湿重量、乾燥歩留まりを測定した。なお、2019年度の試験では、1株あたりの個体数（密度）と収穫時のサイズの関係（間引きによる生長促進効果）を調べるため、2020年2月24日に株の密度を5個体、10個体、15個体、20個体、25個体に調整した株、密度を調整していない株（以下、未調整株）を4株ずつ用意した。それらを同年の6月16日に採集し、株を構成する個体の中からサイズの大きい上位5個体の葉長や葉幅、湿重量、乾燥歩留まりを測定し、密度と収穫物のサイズの関係（以下、間引きの効果）を検証した。なお、2019年度は大船町のほか、日浦町や浜町、小安町においても同様の方法で生産した種苗を用いて養殖試験を行った。2020年度は、富浦町（假法華地区）を加えた5地点で養殖試験を開始した。大船町以外の地点については、養殖ガゴメの主な収穫時期である6月のデータのみを示した。

(イ) コンブ類配偶体の長期保存

a 長期保存配偶体由来の種苗を用いた養殖試験

材料には、2015年9月3日に函館市古武井町で採集したマコンブ由来の長期保存フリー配偶体を用いた（図1）。2019年度の試験では雌性配偶体を300mg、雄性配偶体123mgを使用した。スティックブレンダー（テスコム電気株式会社）を用い、これらの配偶体を150mlの滅菌濾過海水中で30秒間細断した。これを採苗器に直接注ぎ、さらに150mlのNT-ES培地を加え、2～3週間の静地培養を行った。配偶体が撚糸に付着した後は、水温10℃、光量子量 $80 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12D、10LのNT-ES培地中でおおよそ2ヶ月間、通気培養して試験種苗を生産した。なお、培養期間中は1週間毎に培地を全量交換した。

試験種苗は、2019年度は11月5日、2020年度は11月24日に函館市日浦町沖の養殖施設に設置した（図1）。養殖開始後は1または2ヶ月毎に調査を行い、1株を採集して葉長や葉幅を測定するとともに、形態的な異常の有無などを観察した。

b ガゴメのフリー配偶体を用いた種苗生産試験

材料には、函館市日浦町沖で採集されたガゴメ胞子体由来の長期保存フリー配偶体を用いた。配偶体から余分な水分を除去した後、試験に使用する配偶体を計り取り、スティックブレンダー（テスコム電気株式会社）を用いて、100mlの滅菌濾過海水中で60～90秒間細断した（図6）。配偶体破砕液をフィルターで濾過して濃縮した後、12mlの滅菌濾過海水に再懸濁した。その半量の6mlを、10mの撚糸を巻き付けたプラスチック枠（以下、採苗器）の片面に塗布した。なお、配偶体は、雌性配偶体と雄性配偶体を3：1の重量比で混合して用い、各試験区では6.3mg、12.5mg、25.0mg、37.5mg、50.0mgを使用した。

配偶体を塗布した後、採苗器を水槽内に固定し、水温10℃、光量子量80μmol/m²/s、光周期12:12Dの条件下で、5LのNT-ES培地中で2週間静置培養した。静置培養終了後は、培地を全量交換し、同様の培養条件でさらに3週間通気培養した。培養試験終了時、採苗器から4cmの種苗糸5本を無作為に切り出し、それらに付着した肉眼で観察可能なサイズの胞子体数を計数した。また、それぞれの試験区において、サイズの大きい20個体を抽出し、葉長や葉形（葉長と葉幅の比の値）を比較した。

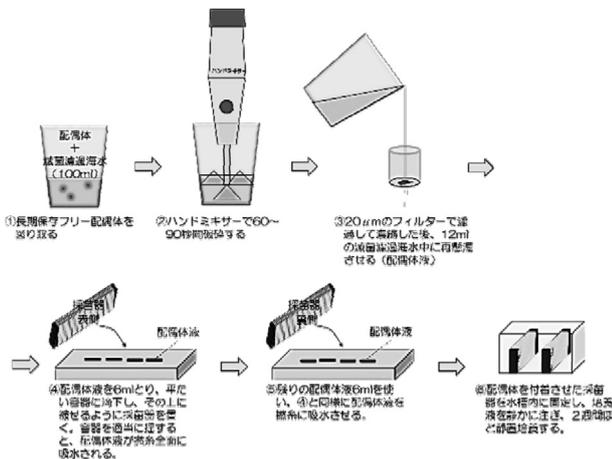


図6 長期保存フリー配偶体を使用した種苗生産

(ウ) 健苗育成技術開発

a LED照明器具を使用した養殖試験

材料の成熟したマコンプ胞子体は、函館市古武井町沖から採集した（図1）。子嚢斑が形成された部分を切り取り、滅菌海水を用いて表面を洗浄し、余分な水気を除去した後、直径90mmプラスチックシャーレ中に入れ、冷暗所に一晚保存した。翌日、これらの葉片は

滅菌した濾過海水に浸漬して遊走子液を得た。採苗器に遊走子を付着させ、水温10℃、光量子量40μmol/m²/s、光周期12L:12D、10LのNT-ES培地中でおよそ2ヶ月間、通気培養して試験種苗を生産した。なお、培養期間中は1週間毎に培地を全量交換した。また、照明には、①直管蛍光灯（日立グローバルライフソリューションズ株式会社）（以下、日立）と4種類のLED：②直管型LED（アイリスオーヤマ株式会社）（以下、アイリスオーヤマ）、③直管ライト（株式会社オーム電機）（以下、オーム電機）、④太陽光型LED（株式会社仁光電機）（以下、仁光電機）、⑤3in1LED照明ユニット（株式会社日本医化器械製作所）（以下、日本医化）を用いた。日立とアイリスオーヤマ、オーム電機の製品については、Lighting Passport (ASENSE TEK) を用いて波長分布特性を調べた（R1年度報告書参照）。仁光電機と日本医化については、各社のホームページに掲載された測定値または数値を示した（太陽光型LED：<http://www.uk-niko-denki.co.jp/>、3in1LED照明ユニット：<http://www.nihonika.co.jp/product/1285.html>）。なお、日本医化は、3つの波長、B（青）：445nm、G（緑）：520nm、R（赤）：660nmを同じ強度に調整して用いた。

生産した種苗は葉長と葉幅、種苗密度を測定した後、2019年11月5日に函館市日浦町沖の養殖施設に設置した。その後は、現地の養殖方法に則して種苗を育成した。2020年12月から2ヶ月ごとに調査を実施し、形態的な異常の有無などを観察した。2020年4月に間引きを実施し、1株あたり5個体に密度を調整した。その後、2020年7月30日に各種苗由来の養殖個体を4株ずつ採集した。なお、オーム電機で育成した種苗由来の養殖個体は、間引き後に一部の個体が出し、株あたり4個体となった。そのため、その他の試験区についても、株の中でサイズの大きい上位4個体の測定値を用いて、葉長や葉幅、葉重量、乾燥歩留まり、葉形を比較した。

(エ) 洋上栽培技術の検証および改良

a 養殖種苗の芽落ちに関する調査

2020年10月26日～2021年1月18日にかけて日浦町沖で促成マコンプの種苗の生残状況を調査した（図1）。調査時、養殖施設から種苗糸を1本または2本採取した。種苗糸に付着する目視可能な胞子体の個体数を計数し、沖出し前の種苗糸に付着していた個体数から種苗の生残率を算出した。

b 漁場環境調査

日浦町沖で促成マコブの種苗の生育状況調査の期間中、養殖施設にHOB0ペンダントシリーズ温度/照度計(Onset Computer Corporation)を設置した。

(3) 得られた結果

ア 各地域の天然コンブが持つ特徴のデータベース化

解析に必要な天然のマコブを採集することができなかったため、本項目については省略する。

イ 種苗生産用母藻群落の造成試験

2019年度に採集した個体からは、付着させた配偶体由来の個体を検出することはできなかった。2020年度の試験では、加入した孢子体を採集できておらず、分析結果を示すことができなかった。今後、設置した基質上に加入個体が認められた場合、一部を遺伝子解析に供し、他の個体は母藻として使用可能か否かを検証する予定である。

ウ 種苗生産技術の改良および養殖工程で発生する問題の対応

(ア) 養殖コンブ種苗生産技術の検証及び改良

a 天然コンブの成熟状況調査

2019年に加入した2年目の孢子体(以下、2019年加入群)の乾燥歩留りは、5月以降に急速に増加し、7月には最大の19.5%に達した(図7)。2019年加入群は9月には消失した。2020年に加入した1年目の孢子体(以下、2020年加入群)の乾燥歩留りは、5月まで9%台で推移していたが、その後、急速に増加する傾向が見られた。8月には一時的に減少したが、9月に再び増加して最大の17.6%に達した。その後は一貫して減少し、1月以降は11%台で推移した。2021年は、1月の調査時に孢子体(以下、2021年加入群)の加入が観察された。2021年1~2月はサンプルを採集することができず、現地での観察にとどまった。3月の乾燥歩留りは、前年と同程度であった。

2019年加入群の成熟率は5月以降に急速に高まり、5~6月は約60%で推移し、8月までにはすべての個体が成熟した(図8)。2020年加入群は、6月以降に成熟した個体が観察されはじめ、10~11月はすべての個体に子嚢斑が形成された。12月以降、成熟率は低下する傾向が見られた。2021年加入群については、3月の調査時点までに成熟した個体は認められなかった。

2019年加入群の子嚢斑形成範囲は、4~5月にか

て徐々に拡大し、6月には60%を上回った(図5)。5月以降は、半数近くの個体の葉状部両面に子嚢斑が形成された(図9上)。2020年加入群では、8月以降に急速に子嚢斑が拡大する傾向が見られ、9月には80.2%に達した。11月には多数の個体の葉状部両面に子嚢斑が形成された(図9下)。その後は縮小し、翌

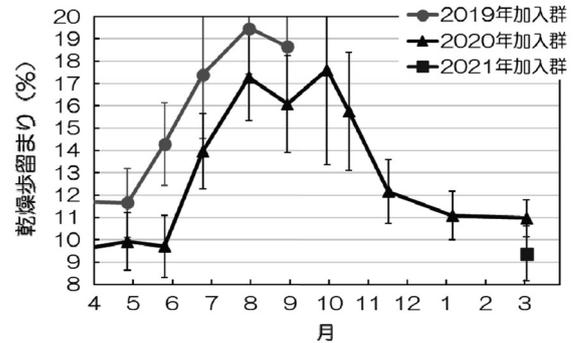


図7 2020年4月~2021年3月にかけてのマコブ孢子体の乾燥歩留りの季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している

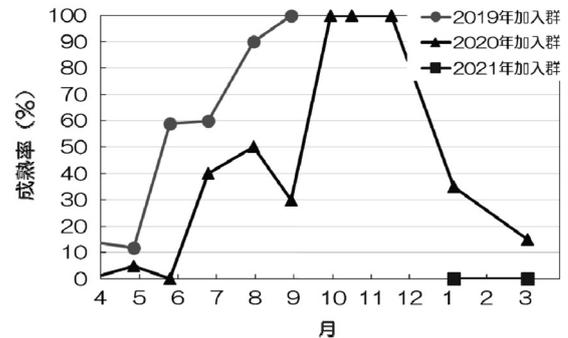


図8 2020年4月~2021年3月にかけてのマコブ孢子体の成熟率の季節的变化

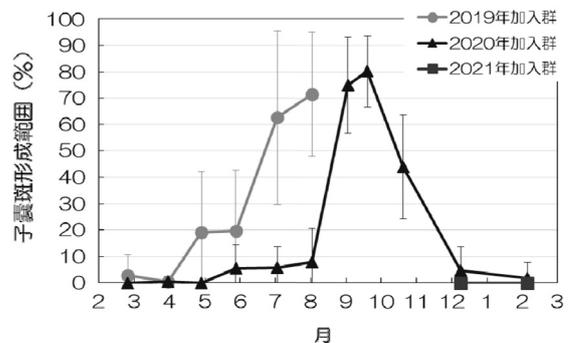


図9 2020年3月~2021年4月にかけてのマコブ孢子体の子嚢斑形成範囲の季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している

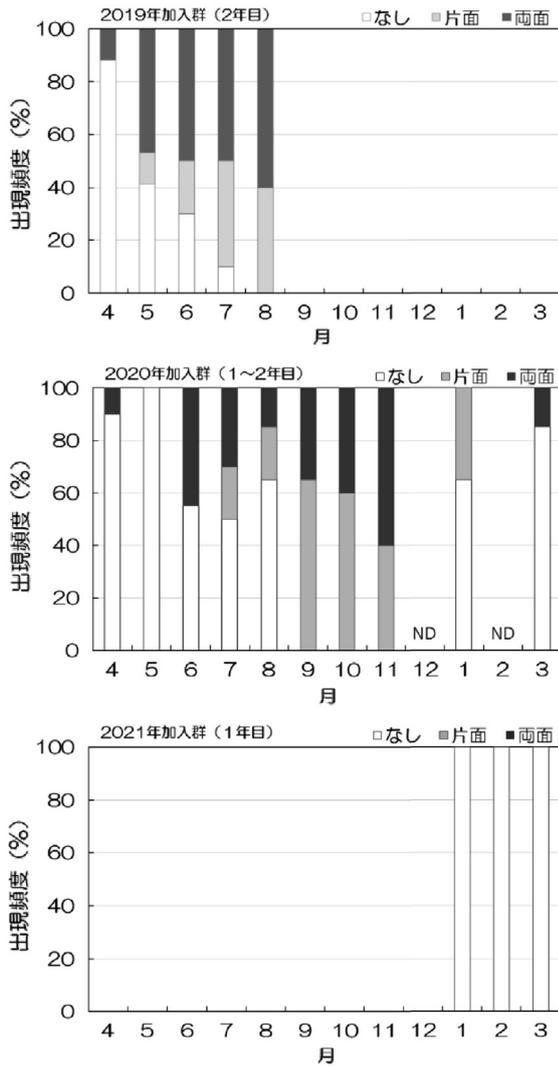


図10 2020年4月～2021年3月にかけてのマコンブ胞子体葉状部の子嚢斑形状状況。NDはデータが得られなかったことを示す。特に表記がなく、データが無い区間については、胞子体が消失した時期である

年の12月までにはほとんどが消失した。2021年加入群については、先述の通り、2021年3月までに、成熟個体は観察されていない(図9下)。

大舟漁港内の月別の平均水温は4月以降、徐々に上昇する傾向が見られ8月に最高の20.4℃となり、その後は徐々に低下して翌年2月には3.4℃となった(図11)。漁港内海底付近の光量子量は、7月以降に増加する傾向が見られ、8月、10月は約108 μmol/m²/sで推移した。10月以降は徐々に低下した(図12)。

b コンブ類の成熟制御技術の開発

(a) ガゴメ葉片の子嚢斑形成に及ぼす光周期の影響

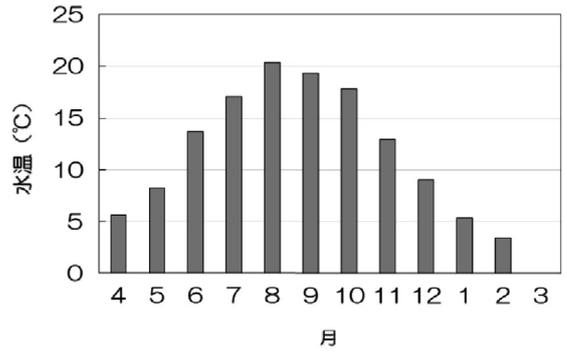


図11 2020年4月～2021年2月にかけての大舟漁港内の月別の平均水温の推移

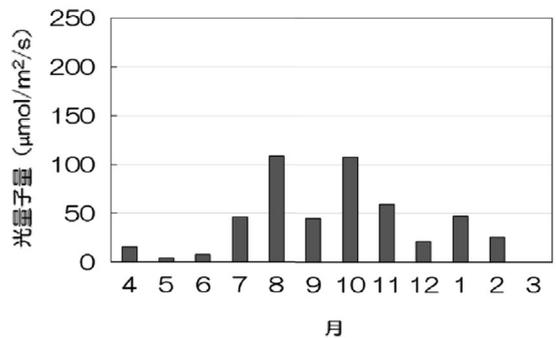


図12 2020年4月～2021年2月にかけての大舟漁港内の月別の平均光量子量の推移

8L:16Dでは培養3週目には子嚢斑が形成されはじめた(図13)。培養4週目以降の子嚢斑形成率は、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%となった。これらの条件に比べ、4L:20Dと6L:18Dでは子嚢斑の形成が遅く、暗期が長くなるほど子嚢斑の形成が遅れる傾向が見られ、4L:20Dでは培養5週目においても、子嚢斑形成率は17%にとどまった。

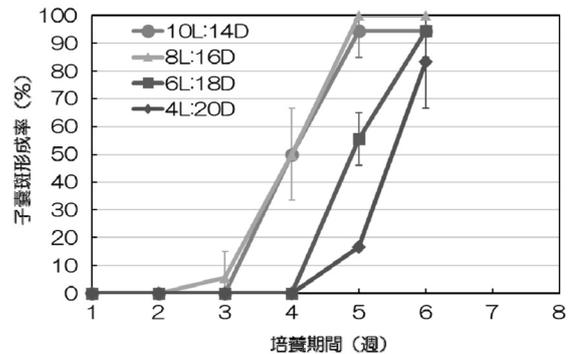


図13 ガゴメ葉片の子嚢斑形成に及ぼす光周期の影響。エラーバーは標準偏差を示している

(b) ミツイシコンブ葉片の子嚢斑形成に及ぼす水温の影響

子嚢斑の形成は10℃で早く、7.5℃ではわずかに遅れる傾向が見られた(図14)。培養5週目には10～12.5℃ではすべての葉片に子嚢半斑が形成された。子嚢斑が形成されるまでの期間にわずかな差は見られたものの、その他の条件下でも、ほとんどの葉片に子嚢斑が形成された。

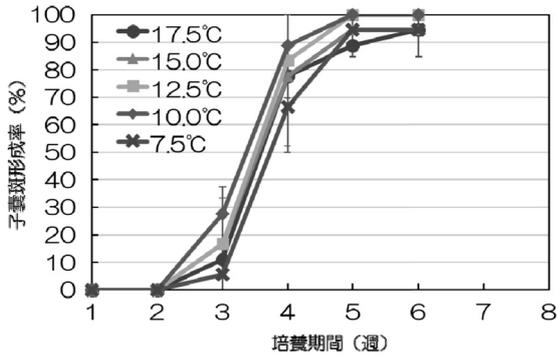


図14 ミツイシコンブ葉片の子嚢斑形成に及ぼす水温の影響。エラーバーは標準偏差を示している

c 成熟誘導技術を利用して生産した種苗を用いた養殖試験

(a) 成熟誘導個体由来種苗の健苗性の評価

2020年5月、センター種苗の平均葉長(±標準偏差)は709.0±121.3cm, 平均葉幅は23.8±4.1cm, 乾燥歩留りは13.6±0.5%であった(図15-17)。一方、実験種苗の平均葉長は741.4±132.7cm, 平均葉幅は24.1±2.7cm, 乾燥歩留りは14.3±1.1%であった。

同年6月、センター種苗の平均葉長は820.6±118.8cm, 平均葉幅は25.7±4.9cm, 乾燥歩留りは15.7±0.7%であった。一方、実験種苗の平均葉長は719.6±114.9cm, 平均葉幅は25.0±3.8cm, 乾燥歩留りは17.9±1.2%であった。

同年7月、収穫時のセンター種苗の平均葉長は738.5±95.3cm, 平均葉幅は25.8±2.5cm, 乾燥歩留りは17.2±1.8%であった(写真1)。一方、実験種苗の平均葉長は688.4±49.8cm, 平均葉幅は27.2±3.5cm, 乾燥歩留りは18.2±1.5%であった。

実験種苗由来の養殖個体は、センター種苗に比べて葉長がやや短くなる傾向が見られたが、乾燥歩留まりは高く推移した。なお、実験種苗は付着器が小さく、茎状部が短い特徴を示した(図18)。

2020年度に沖出しした試験種苗は、2021年1月の時点で、芽落ちや形態的な異常等の問題は認められなかった。

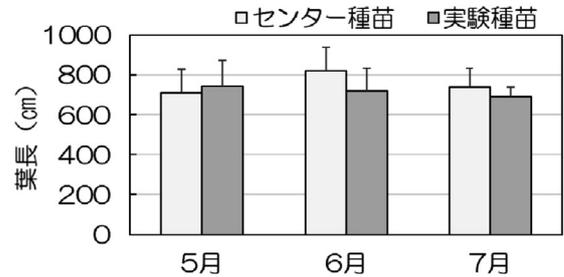


図15 2020年5～7月の養殖個体の葉長。エラーバーは標準偏差を示している

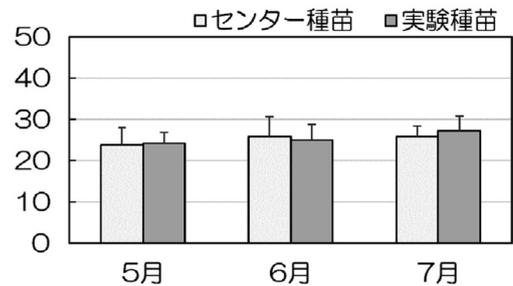


図16 2020年5～7月の養殖個体の葉幅。エラーバーは標準偏差を示している

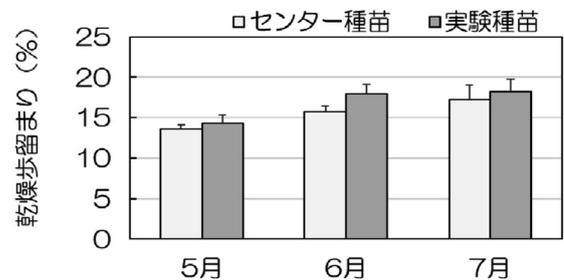


図17 2020年5～7月の養殖個体の乾燥歩留り。エラーバーは標準偏差を示している

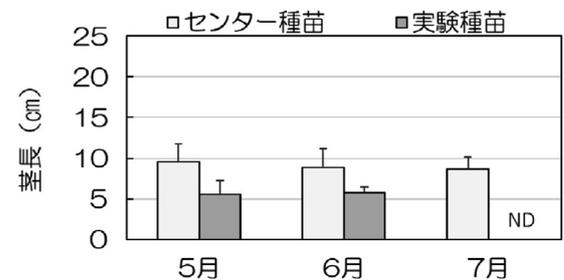


図18 2020年5～7月の養殖個体の莖長。エラーバーは標準偏差を示している。NDはデータが得られなかったことを示す

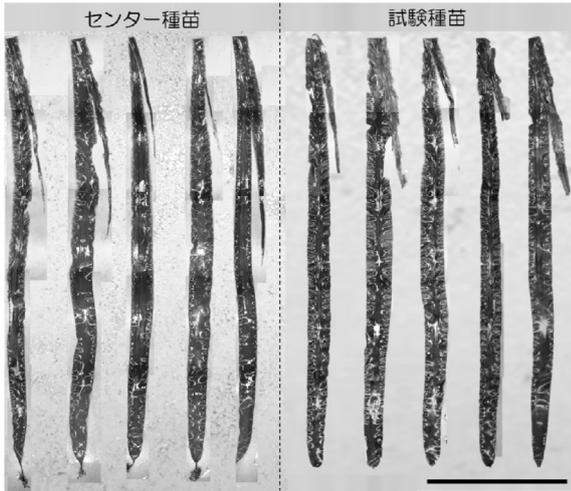


写真1 7月に採集した養殖個体。写真中の左側はセンター種苗由来の養殖個体、右側は実験種苗由来の養殖個体。スケールバーは100 cm

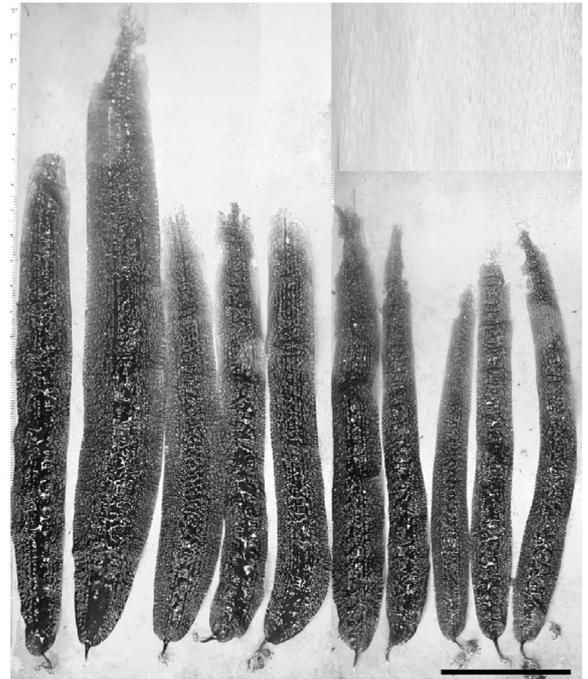


写真2 2019年度の養殖試験で得られた収穫物（2020年7月13日撮影）。スケールバーは50 cm

(b) 成熟誘導技術を利用したガゴメの促成養殖試験

2019年度の試験では、2019年12月～翌年の4月まで葉長は一定の速度で伸長を続けたが、それ以降は生長量が減少した（図19）。葉幅については、2020年2月までは急速に広がり、それ以降は5月までほとんど変化せず、横這いの状態であった（図20）。養殖個体のサイズは6月に最大となり、葉長は133.4±36.3cm、葉幅は14.0±3.5cm、湿重量は161.9±89.4gとなった（図21）。その後、末枯れに伴い葉長は短くなり、湿重量も減少した。乾燥歩留まりは2020年12月～翌年3月まではほとんど変化が見られなかったが、それ以降は徐々に増加し、7月には15.5±1.0%に達した（図22）。養殖個体のサイズは前年度の試験に比べて大型となり（写真2）、1株あたりの湿重量については7月の調査時に3.4±0.1kgとなり、収量は大きく増加した。

収穫期の5～7月にかけて養殖個体に付着する主な生物はコケムシ類であり、その数は昨年に比べて少なかった。その他、ヒドロゾア類やホタテガイの付着が見られた。

2020年度の試験では、仮殖時に種苗の生育不良が確認され、ヒドロゾア類の付着も見られた。また、ホッケが養成網や種苗糸表面に付着する生物を摂食する際、種苗を芽落ちさせる問題も発生した。これによって本養成開始直後に多数の種苗が損傷したため、仮殖していた予備の種苗を用い、12月中旬に本養成を開始し、養殖試験を再開した。

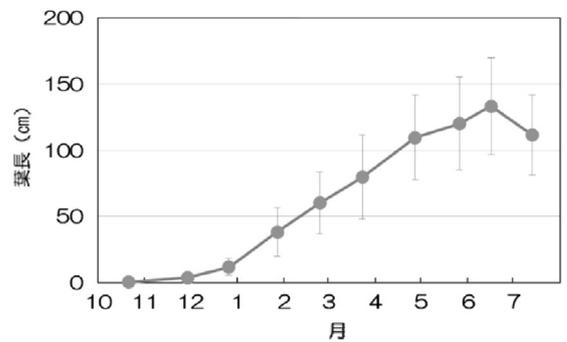


図19 養殖ガゴメの葉長の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している

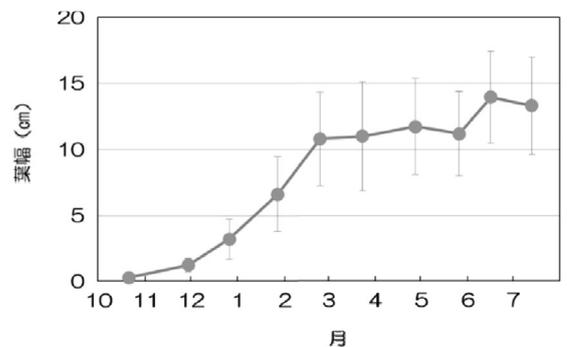


図20 養殖ガゴメの葉幅の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している

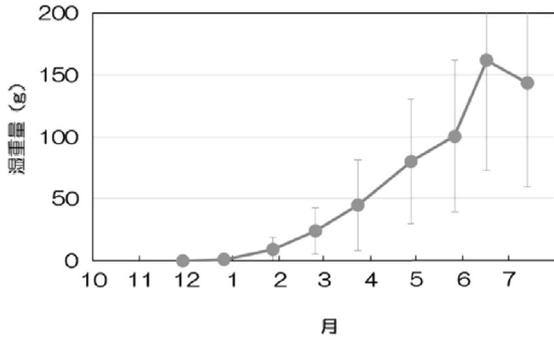


図21 養殖ガゴメの葉状部湿重量の季節的変化. エラーバーは標準偏差を示している

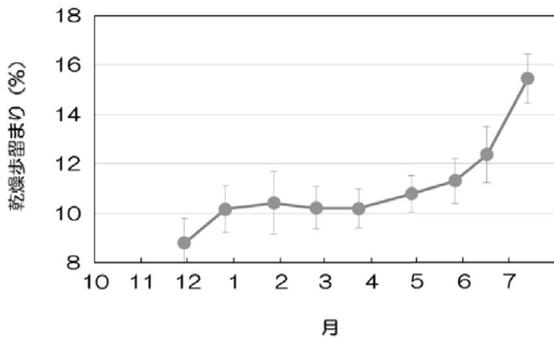


図22 促成養殖ガゴメの葉状部乾燥歩留まりの季節的変化. エラーバーは標準偏差を示している

間引きの効果を検証した結果、密度を5個体/株に調整した株では葉長189.4±7.3cm, 10個体/株では187.7±10.9cm, 15個体/株では168.2±12.2cm, 20個体/株では178.9±17.9cm, 25個体/株では178.8±9.3cm, 未調整株では177.5±7.3cmであった(図23)。葉幅については、5個体/株に密度を調整した株では20.6±2.9cm, 10個体/株では18.3±1.5cm, 15個体/株では19.2±2.0cm, 20個体/株では17.8±1.8cm, 25個体/株では16.8±0.9cm, 未調整株では18.3±0.7cmであった(図24)。

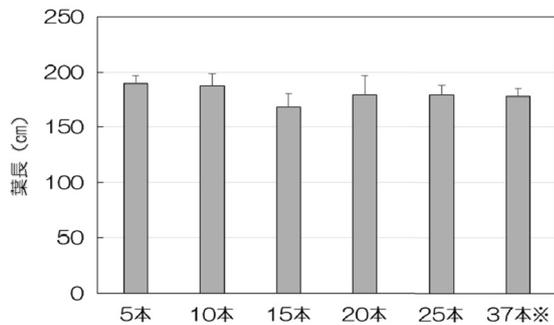


図23 養殖ガゴメの密度と葉長との関係. エラーバーは標準偏差を示している. 図中の※は密度調整をしていない株を示す

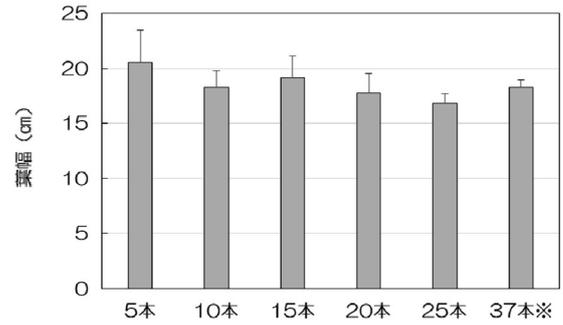


図24 養殖ガゴメの密度と葉幅の関係. エラーバーは標準偏差を示している. 図中の※は密度調整をしていない株を示す

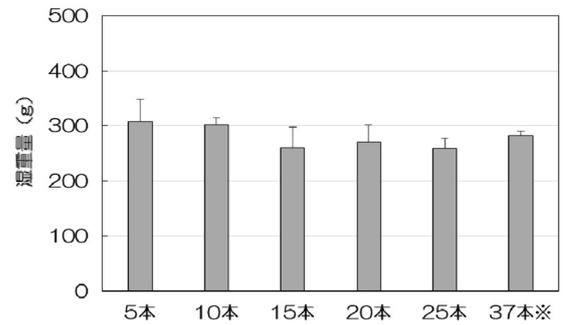


図25 養殖ガゴメの密度と湿重量の関係. エラーバーは標準偏差を示している. 図中の※は密度調整をしていない株を示す

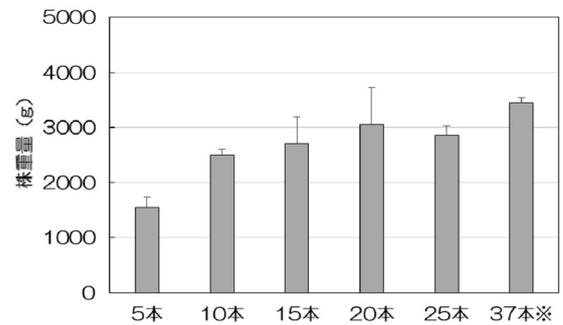


図26 養殖ガゴメの密度と株重量の関係. エラーバーは標準偏差を示している. 図中の※は密度調整をしていない株を示す

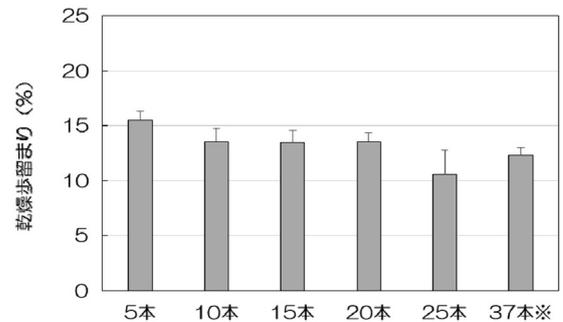


図27 養殖ガゴメの密度と乾燥歩留まりの関係. エラーバーは標準偏差を示している. 図中の※は密度調整をしていない株を示す

湿重量は、5個体/株に密度を調整した株では307.6 ± 40.7 g, 10個体/株では301.5 ± 12.1 g, 15個体/株では259.9 ± 37.6 g, 20個体/株では270.2 ± 31.4 g, 25個体/株では258.425 ± 18.2 g, 未調整株では281.8 ± 7.4 gであった(図25)。なお、株あたりの重量は、5本/株では1538.0 ± 203.7 g, 10本/株では2493.4 ± 106.5 g, 15本/株では2699.6 ± 499.8 g, 20本/株では3052.6 ± 665.4 g, 25個体/株では2862.9 ± 165.9 g, 未調整株では3455.1 ± 86.4 gであった(図26)。

乾燥歩留まりは5本/株では15.6 ± 7.3%, 10本/株では13.5 ± 1.2%, 15本/株では13.7 ± 0.9%, 20本/株では13.6 ± 0.8%, 25個体/株では10.6 ± 2.2%, 未調整株では12.3 ± 0.7%であった(図27)。10~20個体/株ではほとんど差異はなかったが、5個体/株と25個体/株では約5%の差が生じた。

間引きによって葉長に顕著な変化は現れなかったが、葉幅は密度が低下するほど、広がる傾向が認められた。湿重量や乾燥歩留まりについても同様の傾向が見られた。

2019年度、日浦町における試験では、軽度の種苗の芽落ちが見られたものの、前年度に比べて生残率は高かった(表1)。なお、暖簾式と延べ縄式の方法で養殖試験を行ったが、後者では生残率が高く、その後の生育も良く、5月には全長が300cmに達する個体も見られた。乾燥歩留まりは、5月以降に増加しはじめ、6月には13.1 ± 1.7%, 7月には15.5 ± 1.6%, 8月には16.7 ± 2.6%に達した(写真3, 表2)。浜町と小安町では、種苗の芽落ちは見られず、その後の生育も良好であった。両地点とも5月以降には、葉長200cmを上回る個体が出現した。

2020年度の日浦町、浜町における試験では、種苗の芽落ちが見られた(表1)。また、生育不良も認められ、ヒドロゾア類の付着も見られた。富浦町や小安町では芽落ちは発生せず、3月までの生育は良好であった。

表1 種苗沖出し時の水温と芽落ちの発生状況。

養殖試験実施地点	種苗沖出し日	漁場水温	備考
函館市 大船町沖	2019年 10月21日	17.0 °C	
	2020年 10月17日	18.1 °C	芽落ち
富浦町沖	2020年 10月28日	16.8 °C	
日浦町沖	2019年 10月22日	17.6 °C	軽度の芽落ち
	2020年 10月19日	18.5 °C	芽落ち
	2020年 10月26日	16.4 °C	軽度の芽落ち
浜町沖	2019年 11月3日	16.0 °C	
	2019年 11月22日	ND	
	2020年 10月19日	18.5 °C	芽落ち
	2020年 10月26日	16.7 °C	軽度の芽落ち
小安町沖	2019年 10月30日	16.1 °C	
	2019年 11月3日	16.5 °C	
	2020年 11月25日	15.1 °C	

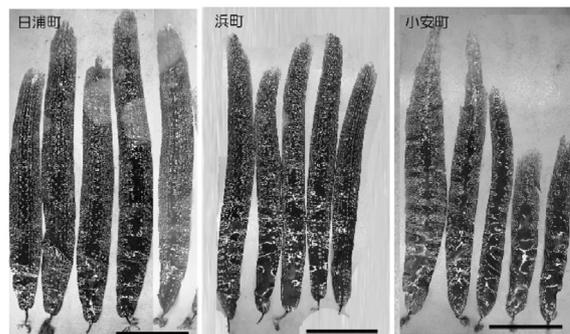


写真3 日浦町, 浜町, 小安町における2019年度の養殖試験で得られた収穫物(2020年6月撮影)。スケールバーは50 cm。

表2 4地点における促成ガゴメの収穫物の特徴。

	大船町	日浦町	浜町	小安町
養殖開始日	2019年10月21日	2019年10月22日	2019年11月23日	2019年11月3日
採集日	2020年6月16日	2020年6月29日	2020年6月14日	2020年6月29日
葉長 (cm)	165.5 ± 12.9	161.8 ± 31.4	181.4 ± 35.1	144.5 ± 40.5
葉幅 (cm)	16.2 ± 3.6	14.9 ± 4.0	18.0 ± 4.4	19.3 ± 6.6
葉形 (葉長/葉幅)	10.5 ± 1.6	10.9 ± 0.9	10.2 ± 1.5	8.0 ± 2.4
葉重量 (cm)	243.1 ± 75.9	231.3 ± 109.7	247.1 ± 99.0	241.0 ± 108.2
乾燥歩留まり (%)	12.2 ± 1.1	13.1 ± 1.7	11.0 ± 0.9	13.3 ± 1.6

(イ) コンブ類配偶体の長期保存

a 長期保存配偶体由来の種苗を用いた養殖試験

2019年度の試験では、7月の調査時の試験種苗は、平均葉長(±標準偏差)は480.5 ± 71.4cm, 葉幅は23.0 ± 2.3cmとなった(写真4, 図28-29)。一方、センター種苗は、平均葉長は467.3 ± 89.6cm, 葉幅は28.1 ± 5.2cmであった。両種苗の葉長に大きな差異は認められなかったものの、試験種苗の葉幅はセンター種苗に比べて著しく狭く、湿重量は300g以上の差が生じた(図30)。乾燥歩留まりは試験種苗では13.1 ± 1.0%, センター種苗では12.5 ± 1.6%であった(図31)。なお、収穫物に形態的な異常等の問題は認められなかった。

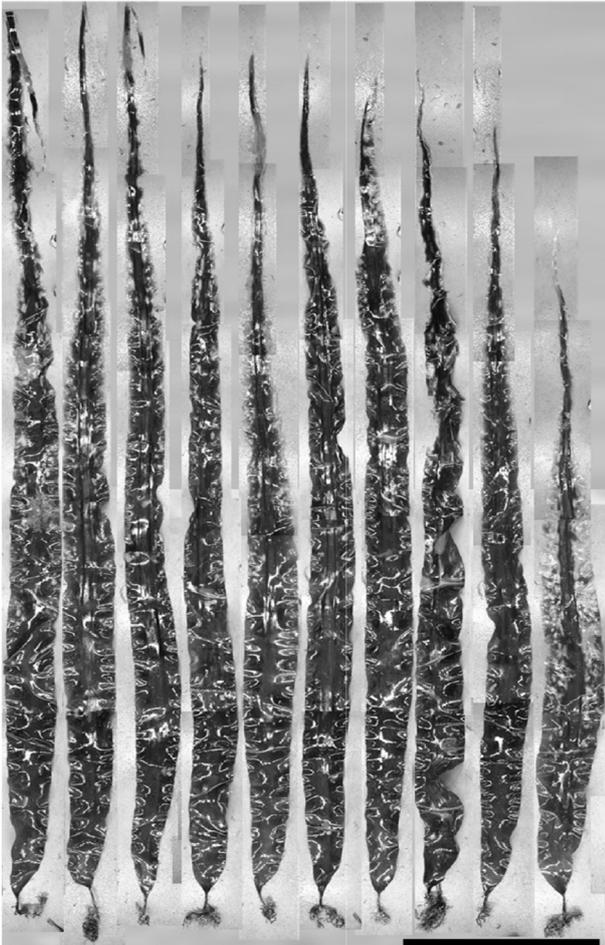


写真4 長期保存配偶体由来の養殖個体(2020年7月30日)。スケールバーは100 cm

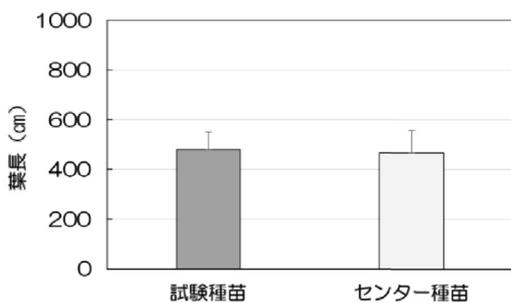


図28 長期保存配偶体から生産した種苗と通常の種苗の収穫時期における葉長の比較。エラーバーは標準偏差を示している

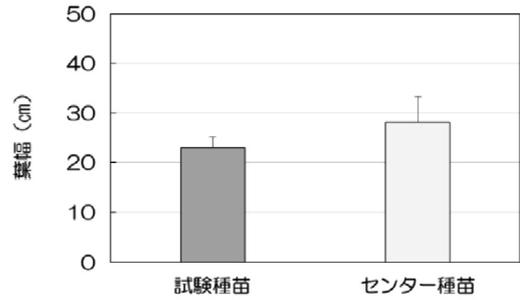


図29 長期保存配偶体から生産した種苗と通常の種苗の収穫時期における葉幅の比較。エラーバーは標準偏差を示している

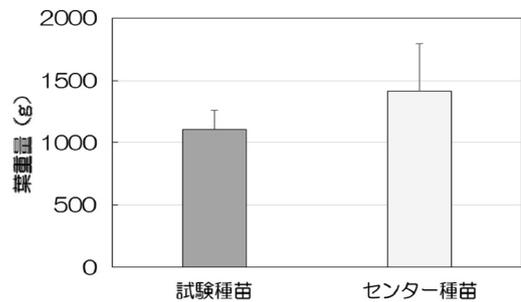


図30 長期保存配偶体から生産した種苗と通常の種苗の収穫時期における湿重量の比較。エラーバーは標準偏差を示している

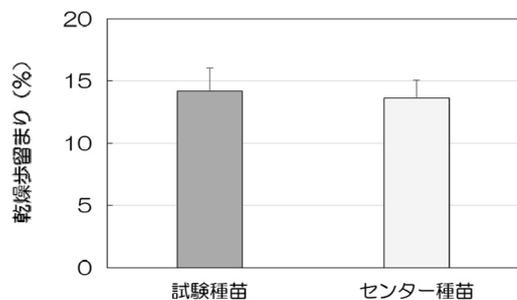


図31 長期保存配偶体から生産した種苗と通常の種苗の収穫時期における乾燥歩留まりの比較。エラーバーは標準偏差を示している

b ガゴメのフリー配偶体を用いた種苗生産試験

撚糸1 cmあたりに付着する種苗の数(種苗密度)は、6.3mgで 35.5 ± 3.0 個体/cm、12.5mgで 47.1 ± 4.9 個体/cm、25.0mgで 94.7 ± 12.7 個体/cm、37.5mgで 124.6 ± 14.6 個体/cm、50.0mgで 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な種苗となった(図32-33)。配偶体の使用量が25.0mg以上使用することで、均一かつ高密度な種苗糸を生産することができた。

図32 長期保存配偶体を使用して生産した種苗

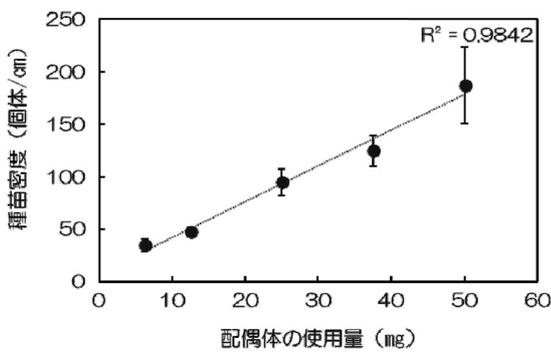
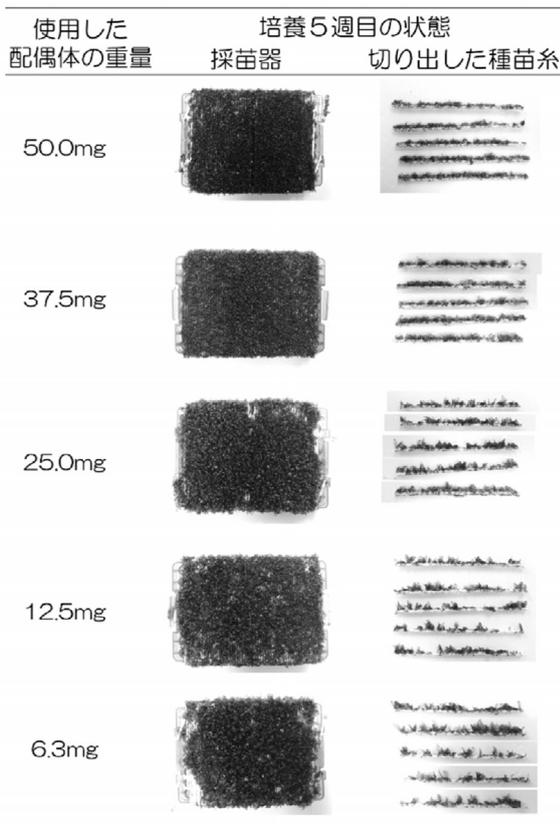


図33 配偶体の使用量と種苗密度の関係

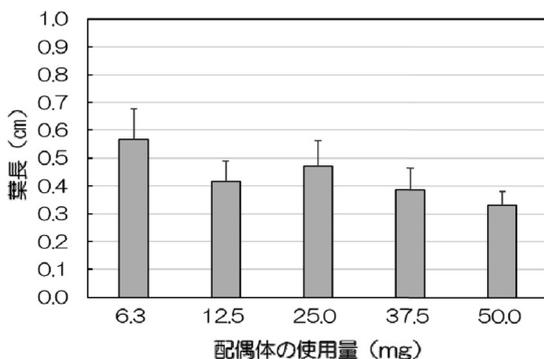


図34 配偶体の使用量と種苗サイズの関係

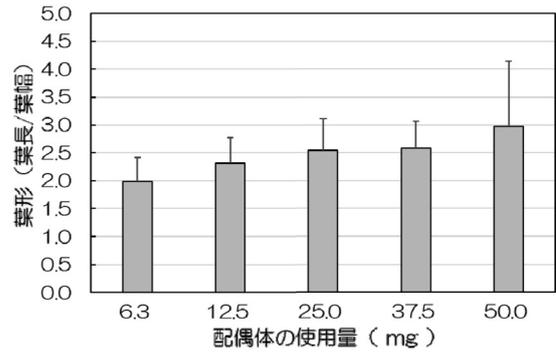


図35 配偶体の使用量と種苗の葉形の関係

一方、使用量が12.5mg以下の場合には密度の低い部分が認められた。

種苗のサイズは使用した配偶体の量が少ないほど、言い換えれば、密度が低いほど大きくなる傾向が見られた(図34)。また、低密度な条件下では、種苗の葉幅が広がる傾向が見られ、葉形はずんぐりとした形となった(図35)。

(ウ) 健苗育成技術開発

a LED照明器具を使用した養殖試験

各照明で育成した種苗由来の養殖個体の葉長は、日立では452.5±26.6cm, アイリスオーヤマでは482.3±15.9cm, オーム電機では505.1±41.0cm, 仁光電機では494.4±99.5cm, 日本医化では487.8±51.4cmであった(図36)。また、葉幅は日立では19.7±1.3cm, アイリスオーヤマでは19.8±1.2cm, オーム電機では22.3±2.2cm, 仁光電機では20.5±0.4cm, 日本医化では20.6±2.8cmであった(図37)。

葉重量は、日立では1011.1±83.9g, アイリスオーヤマでは1178.6±90.2g, オーム電機では1328±154.8g, 仁光電機では1093.3±185.1g, 日本医化では1256.4±258.9gであった(図38)。乾燥歩留まりは、日立では13.2±1.0%, アイリスオーヤマでは13.1±0.8%, オーム電機では14.0±1.7%, 仁光電機では12.8±1.6%, 日本医化では13.7±1.2%であった(図39)。

葉形は、日立では22.9±1.4, アイリスオーヤマでは24.6±1.8, オーム電機では23.4±3.9, 仁光電機では24.3±5.0, 日本医化では24.4±3.0であった(図40)。

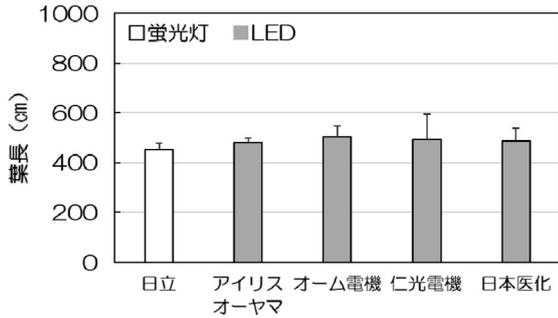


図36 蛍光灯またはLEDで培養した種苗由来の養殖個体の収穫時の葉長の比較. エラーバーは標準偏差を示している

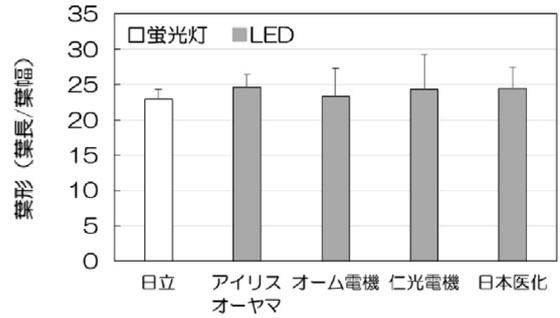


図40 蛍光灯またはLEDで培養した種苗由来の養殖個体の収穫時の葉形の比較. エラーバーは標準偏差を示している

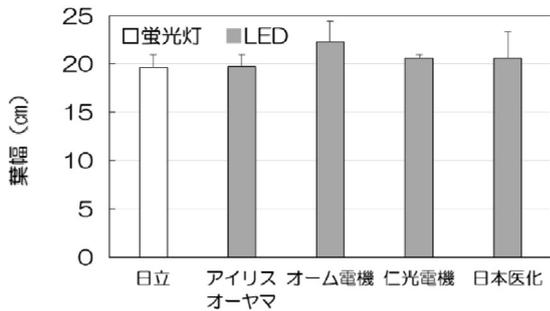


図37 蛍光灯またはLEDで培養した種苗由来の養殖個体の収穫時の葉幅の比較. エラーバーは標準偏差を示している

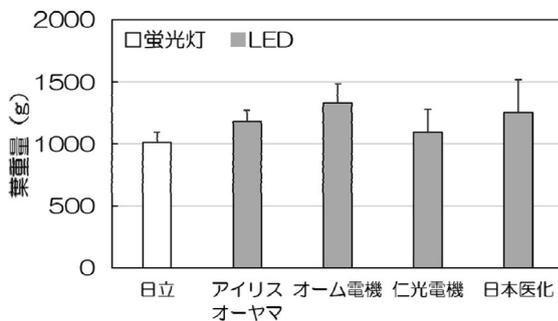


図38 蛍光灯またはLEDで培養した種苗由来の養殖個体の収穫時の葉重量の比較. エラーバーは標準偏差を示している

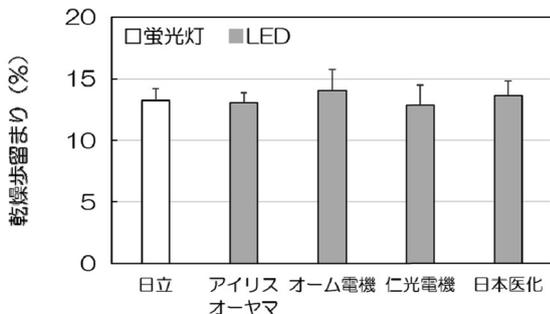


図39 蛍光灯またはLEDで培養した種苗由来の養殖個体の収穫時の乾燥歩留まりの比較. エラーバーは標準偏差を示している

(エ) 洋上栽培技術の検証および改良

a 養殖種苗の芽落ちに関する調査

(a) 生育状況調査

沖出し後、促成マコブ種苗の生残率は、急速に低下し、11月24日までに13.1%となった(図41)。その後はほとんど減少が認められず、1月18日まで大きく変化せず、23.6%で推移した。

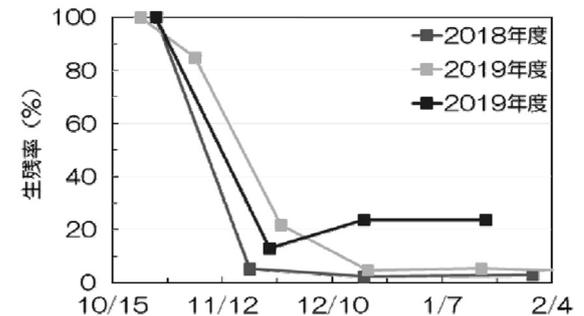


図41 日浦町沖の促成マコブ種苗の生残率

(b) 漁場環境調査

調査期間中、日浦町沖の水温は7.4~16.8℃で推移した(図42)。11月下旬の水温は13.4℃、12月上旬は12.3℃、12月中旬は11.6℃であった。

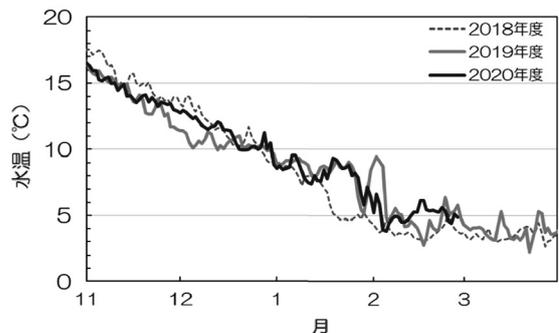


図42 2020年11月から2020年3月にかけて日浦町沖の水温の推移

参考文献

- 1) 前田高志. 2018. マコンブ遊走子の拡散距離を考慮したスポアバック効果の再検証. 水産研究助成事業報告(平成29年度), 北水協会:29-40.
- 2) 新原義昭, 菊池和夫. 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).
- 3) Sekino M, Kakehi S (2012) PARFEX v1.0: an EXCELTM-based software package for parentage allocation. Conservation Genetics Resources, 4:275-278.

Ⅱ そ の 他

Ⅱ そ の 他

1. 技術の普及指導

指導事項	指導月	実施場所 又は方法	対象者	人数	指導事項の概要	担当者
技術相談	4月	メール	マスコミ関係	1	促成コンブ種苗の生産について	前田
技術相談	4月	メール	漁業関係者	4	八雲町沖での促成コンブの生育状況について	前田
技術相談	4月	メール	指導所	1	コンブの採苗から種苗配布までの恒温室での培養管理方法について	前田
技術相談 (企業指導)	4月	電話	漁業関係者	1	幼生飼育中のウニの飼育指導	酒井
技術相談	4月	メール	漁業関係者	1	水産振興課が発行しているホタテガイへい死対策便りの内容について	金森
技術相談	4月	メール	指導所	1	フノリ, マフノリについて	前田・八川
技術相談	5月	電話	北海道	1	環境変動に関する研究課題の概要	前田
技術相談	5月	メール	漁業関係者	1	小定置で混獲された透明な魚について	金森
技術相談 (企業指導)	6月	電話	漁業関係者	1	幼生飼育中のウニの飼育指導	酒井
技術相談	6月	電話	指導所	1	ナマコの放流サイズと時期について	酒井
技術相談 (企業指導)	6月	電話	漁業関係者	2	中間育成アワビの飼育指導	酒井
技術相談	7月	電話	研究機関	1	アワビの摂餌適水温について	酒井
技術相談	7月	電話・ メール	マスコミ関係	1	北海道深海で捕獲されるイレズミコンニャクアジについて	萱場
技術相談	8月	メール	民間企業	1	ホタテガイ養殖の現状と課題について	金森
技術相談	8月	メール	漁業関係者	1	生産者向けに函館水試調査結果を試験情報について	金森
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	函館湾でイワシと思われる魚が大量に死んでる要因について	渡野邊
技術相談 (企業指導)	9月	メール	民間企業	1	コンブ種苗付着用の供試体のサイズや形状について	前田
技術相談	9月	メール	研究機関	1	尾札部町沖の生物調査のデータの有無について	前田
技術相談 (企業指導)	9月	電話	研究機関	1	せたなでのナマコ飼育指導	酒井
技術相談	9月	電話	国	1	今年の噴火湾のヨーロッパザラボヤの付着状況、ホタテガイの生残について	金森
技術相談	9月	メール	マスコミ関係	1	函館水産試験場が取り組むガゴメの促成養殖について	前田
技術相談	9月	メール	民間企業	1	貝毒プランクトン (At complex) の種名の扱いおよび画像からのA, ostefeldiiの種査定について	金森
技術相談	9月	メール	研究機関	1	稚ウニ用餌料としての生コンブの入手方法について	前田
技術相談	9月	電話	指導所	1	岩内でのナマコ幼生飼育指導	酒井
技術相談	9月	電話・ メール	マスコミ関係	1	アカザラガイの分布生態, 説明内容について確認	金森
技術相談	9月	訪問	民間企業	1	道南海域の天然コンブの資源について	前田
技術相談	10月	メール	北海道	1	コンブ種苗の地域間移動についての情報提供	前田・八川
技術相談 (企業指導)	10月	メール	指導所	1	恵山地区の促成養殖コンブ種苗の生育不良について	前田
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	函館港内のメソディニウム赤潮について	夏池

指導事項	指導月	実施場所 又は方法	対象者	人数	指導事項の概要	担当者
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	スケトウダラニュースについて	武藤
技術相談 (企業指導)	10月	メール	漁業関係者	1	促成養殖ガゴメの種苗について	前田
技術相談	10月	メール	民間企業	1	実験に使用する培養液について	前田
技術相談 (企業指導)	10月	電話	漁業関係者	1	促成マコンプ種苗成育指導	前田
技術相談	10月	電話	他県	1	ダルスの養殖技術に関する情報共有	前田
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	噴火湾環境調査結果について	渡野邊
技術相談 (企業指導)	10月	電話	漁業関係者	1	培養液に関する技術指導	前田
技術相談	10月	メール	漁業関係者	1	種苗センターへのLEDの試験的導入に関して	前田・八川
技術相談	10月	メール	一般市民	1	函館港内の赤潮について	夏池
技術相談 (企業指導)	10月	電話	市町村	1	港内のメソディニウム赤潮の消滅方法について	夏池
技術相談	10月	電話	漁業関係者	1	マコンプの種苗の生育状況について	前田
技術相談	11月	訪問	北海道	3	ブリの節加工について教えていただきたい	北川
技術相談	11月	電話	マスコミ関係	1	津軽海峡の潮目について	渡野邊
技術相談	11月	メール・ 電話	マスコミ関係	1	養殖ホタテガイの管理方法と画像提供依頼	金森
技術相談	11月	電話	マスコミ関係	1	スケトウダラニュースの内容について	武藤
技術相談	11月	メール	漁業関係者	1	促成マコンプの養殖施設に付着する生物について	前田
技術相談	11月	訪問	マスコミ関係	1	スケトウダラ漁況について	武藤
技術相談	12月	電話	マスコミ関係	1	日本海で実施していた養殖アサリ試験について	金森
技術相談	1月	電話	マスコミ関係	1	日本海のスケトウダラ漁獲量が増加した要因について	渡野邊
技術相談	1月	電話	マスコミ関係	1	スケトウダラニュースの内容について	武藤
技術相談	1月	訪問	漁業関係者	1	ミツイシコンブの早期生産種苗について	前田
技術相談	1月	電話・ 郵送	民間企業	2	魚礁を撮影したビデオに映っている魚について	武藤
技術相談	2月	訪問	漁業関係者	3	ワカメや未利用海藻の種苗生産について	前田
技術相談	2月	電話	漁業関係者	1	ウニの肥育試験の相談	前田
技術相談	2月	メール	北海道	1	ブリ節の製品化に取り組んでいる研究担当者の紹介依頼	北川
技術相談	2月	電話	マスコミ関係	1	スケトウダラニュースの内容について	武藤
技術相談	2月	電話	市町村	1	ワカメのメカブの熟度について	前田
技術相談	3月	電話	市町村	1	函館市内の大森浜に生息するカニについて	武藤
技術相談	3月	電話	研究機関	1	シジミ用餌料培養方法について	酒井
技術相談	3月	訪問	指導所	1	茎状部や葉状部が癒合した奇形コンブについて	前田
技術相談	3月	訪問	民間企業	複数	ガゴメの研究事例について	前田
技術相談	3月	訪問	市町村	1	ワカメの採苗方法について	前田
技術相談	3月	訪問	市町村	1	種苗を保存・培養する冷蔵庫について	前田
技術相談	3月	訪問	漁業関係者	1	ワカメ養殖の不調の原因について	前田
技術相談	3月	電話	漁業関係者	1	ダルスの識別方法について	前田
技術相談	3月	訪問	マスコミ関係	1	ガゴメ、ワカメ、早期種苗生産に関する研究事例紹介	前田

2. 試験研究成果普及・広報活動

会議名等	開催地	開催日	人数	内 容	備考
コンブ試験研究報告会	函館市	令和2年5月27日	10	養殖試験中の促成ガゴメなどの観察結果について（前田）	函館水試
コンブ試験研究報告会	函館市	令和2年6月29日	10	LED照射下で育成したマコンブ種苗生産について（前田）	函館水試
ガゴメ養殖試験意見交換会	函館市	令和2年7月1日	9	ガゴメ促成試験結果について（前田）	函館水試
スケトウダラ太平洋系群に関する漁況情報交換会	登別市	令和2年7月21日	30	太平洋系群の函館水試実施の調査結果（武藤）	水産研究所
噴火湾ホタテ生産振興協議会総会並びに調査研究報告会	函館市	令和2年7月28日	46	噴火湾養殖ホタテガイのへい死に関する調査研究について（萱場）	噴火湾 ホタテ生産 振興協議会
スケトウダラ太平洋系群に関する漁況情報交換会	函館市	令和2年7月28日	40	太平洋系群の函館水試実施の調査結果（武藤）	水産研究所
スケトウダラ日本海系群に関する漁況情報交換会	乙部町	令和2年7月30日	15	日本海系群の函館水試実施の調査結果（渡野邊）	水産研究所
胆振すけとうだら刺網協議会総会	登別市	令和2年9月15日	40	道南太平洋海域のスケトウダラの資源動向（武藤）	胆振地区す けとうだら 刺し網漁業 者協議会
胆振渡島すけとうたら刺網協議会総会	函館市	令和2年9月18日	50	道南太平洋海域のスケトウダラの資源と漁況（武藤）	胆振・渡島 地区すけと うだら刺し 網漁業者協 議会
鹿部商工会水産部会講習会	鹿部町	令和2年9月24日	11	道南太平洋海域のスケトウダラの資源と漁況（武藤）	鹿部商工会 水産部会・ 鹿部水産加 工協
室蘭漁協沖底部会研修会	室蘭市	令和2年9月30日	15	道南太平洋海域のスケトウダラの資源と漁況（武藤）	室蘭漁協
室蘭漁協沖底部会研修会	室蘭市	令和2年9月30日	15	スルメイカ資源と漁況（奥村）	室蘭漁協
研究普及連絡会議	室蘭市	令和2年10月6日	38	R2年の貝毒プランクトンの出現状況とホタテガイの毒化について（夏池）	胆振・日高 振興局、同 管内指導所
研究普及連絡会議	室蘭市	令和2年10月6日	38	ヨーロッパザラボヤの体液がホタテガイに及ぼす影響について（金森）	いぶり噴火 湾漁協・ ぎよれん 室蘭支店
北海道ほたて漁業振興協会 室蘭支部	虻田町	令和2年10月27日	32	噴火湾養殖ホタテガイに関する調査研究について（金森）	いぶり噴火 湾漁協・ ぎよれん 室蘭支店
いぶり噴火湾漁協礼文ホタテ 養殖部会研修会	豊浦町	令和2年11月13日	15	噴火湾養殖ホタテガイに関する調査研究について（金森）	いぶり 噴火湾漁協 礼文支所
森漁協ホタテ養殖部会研修会	森町	令和2年11月27日	20	噴火湾養殖ホタテガイのへい死と夏季海洋環境（金森）	森漁協
森漁協ホタテ養殖部会研修会	森町	令和2年11月27日	20	近年の噴火湾および日高沖における麻痺性貝毒プランクトンの出現状況（夏池）	森漁協

会議名等	開催地	開催日	人数	内 容	備考
北海道なまこ増殖研究会	札幌市 web	令和3年1月14日	140	ナマコ増殖研究会_研究進捗状況 (酒井)	全道ナマコ 種苗生産 担当者
ナマコ部会研修会	豊浦町	令和3年1月26日	10	着底稚仔島資源添加技術について (酒井)	いぶり 噴火湾漁協 礼文支所
砂原漁協青年部研修会	森町	令和3年2月15日	10	ナマコの種苗生産技術と放流効果について	砂原漁協
鹿部漁協昆布採取漁業部会 通常総会	鹿部町	令和3年3月17日	30	立縄礁を利用したマコンブ母藻群落造成 試験について (前田)	資料提供
大成ナマコ協議会総会	せたな町	令和3年3月19日	20	大成町で行っている調査結果について (酒井)	ひやま漁協 大成支所

3. 研修・視察来場者の記録

区 分	人数	来場年月日	摘 要	
道内	4	令和2年7月20日	北海道	北海道庁総務部長ほか施設視察
道内	2	令和2年11月17日	奥尻町	ワカメ種苗生産技術研修
道外	1	令和2年11月20日	宮城県	海藻養殖視察
管内	5	令和2年12月22日		函館水産高等学校
道内	6	令和2年2月10日	北海道	水産林務部長ほか施設視察

4. 所属研究員の発表論文等一覧

噴火湾の海洋環境の季節変化と経年変化. **渡野邊雅道** (函館水試). 北水試だより102号.

近年の噴火湾および日高湾における麻痺性貝毒原因渦鞭毛藻 *Alexandrium catenella* (Group I) の出現状況. **夏池真史**, **金森 誠**, **渡野邊雅道**, 葛西利彦, 佐藤政俊. 北水試研報 99: 1-8

津軽海峡における渦鞭毛藻 *Alexandrium minutum* の出現 (短報). **夏池真史**, **金森 誠**. 北水試研報 99: 9-12

北海道函館湾および噴火湾から単離された有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium pacificum* の麻痺性貝毒成分組成ならびに水温, 塩分, 光強度に対する増殖特性. **夏池真史**, **金森 誠**, 菅原 玲, 坂本節子. 日本プランクトン学会報 68: 1-9

北海道海域における麻痺性貝毒原因プランクトン発生と二枚貝毒化. 宮園 章, 嶋田 宏, 品田晃良, **夏池真史**. 月刊海洋 52(4)165-170.

養殖水深による二枚貝の麻痺性貝毒による毒化の相違と毒化軽減対策. 渡邊龍一, 奥村裕, **金森 誠**, 吉田秀嗣, 内田肇, 松島良次, 及川寛, 鈴木敏之. 月刊海洋 52(5)212-216

Seasonal composition of immature germ cells in the Yesso scallop identified by vasa-like gene (my-vlg) and protein expression, with evidence of irregular germ cell differentiation accompanied with a high mortality event. Mokrina, M., K. Nagasawa, **M. Kanamori**, **M. Natsuike**, and M. Osada. Aquaculture Reports 19 100613 (Online)

Identification of timing of scallop morphological deformity and mortality from shell oxygen isotope records. Zhao, L., T. Higuchi, **M. Kanamori**, **M. Natsuike**, N. Misaka, N. Sugihara, K. Tanaka, K. Shira. Marine Environmental Research 163 105149 (Online)

北海道南部海域におけるホタテガイのフランシセラ感染症の季節変化. 河原未来・**金森 誠**・**夏池真史**・良永知義・伊藤直樹. 令和3年度日本魚病学会春季大会要旨集.

噴火湾養殖ホタテガイの稚貝成育不良の実態—生産現場における長期モニタリングデータの分析から—. **金森 誠**. 試験研究は今924号.

An annual faecal 16S amplicon sequencing of individual sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) demonstrates the feeding behaviours against eukaryotes in natural environments. Y. Yamazaki, **Y. Sakai**, S. Mino and T. Sawabe. Aquaculture Research. 2020; 51. 3602-3608.

マナマコ初期餌料の開発. **酒井勇一**・**前田高志**. 試験研究は今. 912号.

北海道朱鞠内湖水系におけるイトウの生活史に沿った食性と生態的地位の変遷. **下田和孝**・中島美由紀・川村洋司. 魚類学雑誌 (2020) 67: 223-229.

A hemolytic compound 3,7,11,15-tetramethyl-hexadecan-1,19-sodium disulfate found in the invasive European sea squirt, *Asciidiella aspersa*. Nagai, H., S. Shibahara, R. Matsushima, H. Uchida, **M. Kanamori**, Y. Nogata and M. Kamio, Fisheries Science. 87(1)145-150

Coccidian Parasite in Sea Cucumber (*Apostichopus japonicus*) Ovaries. TATSUYA UNUMA, NORIKO TSUDA, **YUICHI SAKAI**, TAKASHI KAMAISHI, SAYUMI SAWAGUCHI, NAOKI ITOH AND KEISUKE YAMANO Biol. Bull. 238: 64-71. (February 2020)

Tracking the dynamics of individual gut microbiome of sea cucumber *Apostichopus japonicus* during gut regeneration. Yohei Yamazaki, **Yuichi Sakai**, Juanwen Yu, Sayaka Mino and Tomoo Sawabe (2020), PeerJ 8: e10260 DOI 10. 7717.

マナマコの季節的な行動—I 潜水調査時のマナマコの発見率と分散範囲, **酒井勇一**・下野学・篠野恵利香・高木力 令和2年度日本水産学会春季大会 講演要旨集56p.

マナマコの季節的な行動-II 個体位置推定と生息環境の影響評価, 篠野恵利香・**酒井勇一**・下野学・高木力 令和2年度日本水産学会春季大会 講演要旨集56p.

Tracking the dynamics of individual gut microbiome of sea cucumber *Apostichopus japonicus* during gut regeneration. Y. Yamazaki, J. Yu, S. Mino, T. Sawabe, **Y. Sakai** 令和2年度日本水産学会北海道支部大会 要旨集 7P

令和 2 年度
道総研函館水産試験場事業報告書

令和 4 年（2022年） 3 月発行

編集 北海道立総合研究機構水産研究本部
発行 〒040-0051 北海道函館市弁天町 20 番 5 号
電話 0138-83-2892（代表）
印刷 有限会社 道活印刷

© 2022 Fisheries Research Department
Printed in Japan

Correct citation for this publication :

Annual Report of 2020 Fiscal Year.
Hakodate Fisheries Research Institute,
Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization,
Hakodate, Hokkaido, Japan 2022, 232p. (In Japanese)