



道総研

令和元年度

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. 道南海域における二枚貝生産のリスクとなる新奇プランクトンの基礎情報収集 (職員研究奨励事業・シーズ探索)	5
2. 成熟誘導技術によるガゴメの早期種苗生産と促成養殖の普及(職員研究奨励事業・技術支援)	8
3. 日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究(重点研究)	12
4. 漁業生物の資源・生態調査研究(経常研究)	15
4. 1 イカ類	15
4. 2. 1 スケトウダラ(道西日本海檜山海域)	29
4. 2. 2 スケトウダラ(道南太平洋)	35
4. 3 ホッケ	42
4. 4 イワシ・サバ類	47
4. 5 養殖ホタテガイの成長モニタリング調査	51
4. 6 噴火湾環境調査	54
5. 海洋環境調査研究(経常研究)	
5. 1 定期海洋観測	56
6. 栽培漁業技術開発調査(経常研究)	
6. 1 マナマコ	58
7. 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)	59
8. ホタテ貝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	66
9. 養殖コンブ生産安定化試験Ⅱ(経常研究)	71
10. 水産資源調査・評価推進委託事業(公募型研究)	
10. 1 我が国周辺水産資源調査	76
10. 2 国際水産資源調査(クロマグロ)	77
11. 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)	
11. 1 スケトウダラ日本海北部系群	79
11. 2 スケトウダラ太平洋系群	82
12. 革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)(公募型研究)	
12. 1 ICT技術による噴火湾養殖ホタテガイ育成状況モニター技術開発	86
13. 北海道資源生態調査総合事業(受託研究)	
13. 1 資源・生態調査	90

13. 1. 1 エビ類 (トヤマエビ)	90
13. 1. 2 アカガレイ	98
13. 2 資源管理手法開発試験調査	
13. 2. 1 ホッケ	104
14. 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)	106
15. 養殖ホタテガイ生産安定化試験 (受託研究)	107
16. 対EU輸出向けホタテガイに係るプランクトン検査委託業務 (受託研究)	115
17. コンブ養殖漁業振興研究 (受託研究)	117
18. クロマグロ定置網入網環境調査 (受託研究)	134
II その他	
1. 技術の普及および指導	139
2. 試験研究成果普及・広報活動	143
3. 研修・視察来場者の記録	145
4. 所属研究員の発表論文等一覧	146

函館水産試験場概要

1. 所在地

(令和2年3月31日現在)

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

(令和2年3月31日現在)

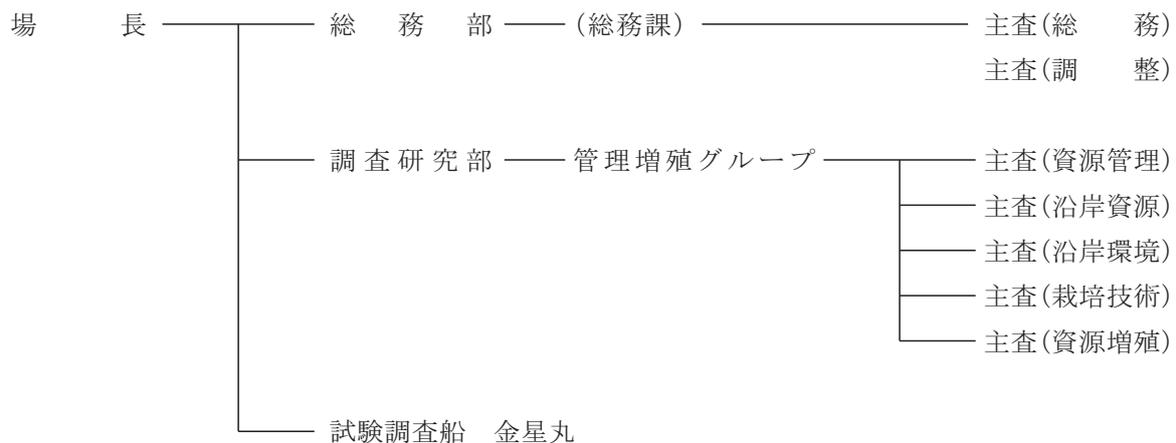
研究室	共用実験施設	海洋調査関連施設
通年使用施設 4 面積 252.0 m ²	通年使用施設 10 面積 135.1 m ² 各月使用施設 4 面積 136.8 m ²	通年使用施設 2 面積 187.3 m ²

※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、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

(令和2年3月31日現在)

	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

(令和2年3月31日現在)

区分	金額	備考
人件費	256,172千円	
管理費	84,778千円	
業務費	102,772千円	研究費, 研究用施設・機械等含む
合計	443,722千円	

7. 職員名簿

(令和2年3月31日現在)

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 西 田 芳 則

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 職 員 前 田 高 志

研 究 職 員 夏 池 真 史

研 究 職 員 有 馬 大 地

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 青 山 登

二 等 航 海 士 酒 井 勝 雄

三 等 航 海 士 関 川 達 也

一 等 機 関 士 宮 崎 正 人

二 等 機 関 士 川 井 靖 志

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 一

船 員 浅 野 文 一

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. 道南海域における二枚貝生産のリスクとなる新奇プランクトンの基礎情報収集（職員研究奨励事業・シーズ探索）

担当者	調査研究部	夏池真史・金森 誠
共同研究機関	水産研究・教育機構	水産技術研究所
協力機関	渡島地区水産技術普及指導所	

(1) 目的

道南海域では、噴火湾のホタテガイ養殖を中心とした二枚貝生産が水産業生産量・生産額の4割を占める。二枚貝は、水中の植物プランクトン等をろ過摂食することで成長する一方、有毒植物プランクトンを摂餌して毒を体内に蓄積すると毒化する。毒化した貝を人が食べて起こす食中毒を貝毒と呼ぶ。国内では、麻痺性毒または下痢性毒を産生するプランクトンの出現が知られ、都道府県で二枚貝生産海域における出現量が監視されている。これら有毒プランクトンによって二枚貝の毒性が基準を超えると、出荷が規制されるため、養殖二枚貝の安定出荷の妨げとなる。他方、一部の植物プランクトン種は、独特の赤い色素を有し、大量出現したこの種を二枚貝がろ過摂食すると、貝の内臓組織が赤く着色する場合（赤変）がある。東北地方のマガキ養殖では、赤変したカキは、「血ガキ」と呼ばれて消費者から敬遠されるため、出荷価格が下落する。貝毒と赤変の原因プランクトンの出現は、二枚貝生産上のリスクとなり得る。

道南海域における貝毒プランクトンの定期調査で、これまで麻痺性貝毒原因種として主に *Alexandrium tamarense* (*A. tamarense* species complex Group I) が報告されてきた。他方、その他の麻痺性貝毒原因種として *A. catenella* (*A. tamarense* species complex Group IV) が、噴火湾において1988年秋季にまとまって出現して養殖ホタテガイを毒化させたことが報告されている。その後、道南海域における *A. catenella* の出現はほとんど報告されていない。しかし、2018年秋季に噴火湾および函館湾において *A. catenella* と形態学的に類似する種を顕微鏡観察で検出した。北海道における *A. catenella* の出現は約30年ぶりとなり二枚貝への毒化リスクが懸念された。さらに、近年の分子分類学的な研究によって旧 *A. tamarense* および旧 *A. catenella* は種名が変更された。すなわち、両種を含む数種は上種 (*A. tamarense* species complex) を形成

し、上種内には有毒/無毒種を含む5つのクレード (Group I~V) が存在する。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⁾。さらに、この *A. tamarense* species complex 内の種同定は形態学的には困難であり、分子生物学的な種査定が必要とされている¹⁾。以降の本文では分類体系変更以前の命名法に則り、旧名で種名を表記する（ここでは、旧 *A. catenella* (現 *A. pacificum* Group IV) を *A. catenella*, 旧 *A. tamarense* (現 *A. catenella* Group I) を *A. tamarense* とする)。

他方、2018年8月の噴火湾八雲沖の養殖ホタテガイ成長モニタリングにおける調査で、ある深度層で養殖されているホタテガイ中腸腺の赤変を確認した。同時に行ったプランクトンの顕微鏡観察によって、ホタテガイの赤変が見られた水深帯で高密度に出現し、赤みがかった色調を有する植物プランクトン種を発見した。この種は細胞の形態から、渦鞭毛藻綱ギムノディニウム目 (Gymnodiniales) の1種 (以下 Gymnodiniales sp.) と考えられたが、国内において出現が報告されている既存種の中で形態学的に完全に一致する種がなかった。

以上のように2018年に道南海域において、麻痺性貝毒ないし赤変という二枚貝生産上のリスクとなり得る植物プランクトン2種 (*A. catenella* 類似種と Gymnodiniales sp.) が出現したため、両種に関する基礎的な情報、すなわち種同定および出現状況、*A. catenella* 類似種の麻痺性貝毒成分組成を明らかにすることが本研究の目的である。

(2) 経過の概要

ア 貝毒原因種および赤変原因種の種同定

2018年10月15日に噴火湾八雲の3マイル沖定点の水

深5m層から採集した海水試料中の*A. pacificum*様細胞を単離して5株を得た。同様に、2018年11月3日、9日に函館港内の函館水産試験場地先の水深0mから採集した海水試料から単離した5株を得た。各株の細胞捕集物からDNAを抽出して、*A. pacificum*に種特異的なプライマー (Acat-F3, Acat-R2)²⁾を用いてPCRを行った。得られた増副産物をラダーマーカーとともに電気泳動してバンドパターンを確認した。

赤変原因種の細胞から培養株を得られなかったため、2018年8月31日に噴火湾砂原沖および2019年函館湾から単離した1細胞を、光学顕微鏡を用いて形態を観察するとともに、DNAを抽出してD1/D2領域を含むLSU-rDNAの部分配列をPCRによって増幅した。得られた増幅産物の配列を解読して、データベースで相同性検索するとともに近縁種との分子系統解析を試みた。また、赤変原因種がまとめて出現した2019年8月27日の静狩沖から採集した30m層海水試料中の細胞を走査電子顕微鏡で観察した。

イ 出現状況

津軽海峡の知内および函館、噴火湾内の八雲沖において、2018年8月から2020年3月の期間、月に1回の頻度で層別採水を実施した。知内および八雲は貝毒モニタリングと同じ定点であり、函館は水産試験場地先の函館港内の岸壁である。得られた海水1Lを孔径3μmのトラックエッチメンブレンで10mLにろ過濃縮して、0.5~1mLを光学顕微鏡を用いて観察し、*A. catenella*およびGymnodiniales sp.の細胞数を計数して密度を求めた。なお、ここで*A. catenella*と同定した細胞は、従来の分類体系に従って1'と4'の鎧板の縫合線上の腹孔の有無で*A. tamarense*と*A. catenella*を分類した。

ウ 毒性分析

アの噴火湾および函館港内で得た*A. catenella*様培養株各3株の細胞捕集物の抽出液から高速液体クロマトグラフィによって、各麻痺性貝毒成分 (STX, neoSTX, dc-GTX3, GTX1~4, C1, C2) を測定した。

(3) 得られた結果

*A. catenella*様の培養から得たDNAと*A. catenella*に種特異的なプライマーによるPCRの電気泳動像を確認した結果、すべての株で*A. catenella* (Group IV)に相当する配列長のバンドパターンを得たことから (図1)、単離したすべての株を*A. catenella* (*A. tamarense*

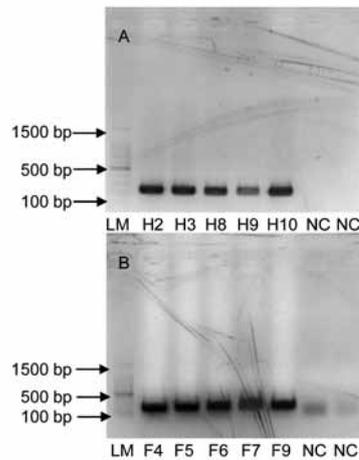


図1 函館湾 (H2, H3, H8, H9, H10) および噴火湾 (F4, F5, F6, F7, F9) より単離した*A. catenella*株から抽出したDNAによるPCR産物の電気泳動像。LMはラダーマーカー、NCはDNAを添加しないネガティブコントロール。

species complex group IV)と同定した。

赤変原因種であるGymnodiniales sp.のLSU-rDNAの配列と相同性の高い配列をBLASTによって検索したところ、本種はギムノディニウム目 (Gymnodiniales) のケラトペリディニウム科 (Ceratoperidiniaceae) に属する種と最も高い相同性を示した。本研究で得た配列と、データベースに登録されているケラトペリディニウム科数種の配列、またギムノディニウム目他科の配列を含む分子系統樹を作成したところ、本研究で得た配列は、ケラトペリディニウム科内で独立したクレードを形成した。また、光学顕微鏡 (図2A) および走査型電子顕微鏡 (図2B) による観察の結果、これまでに知られているケラトペリディニウム科内の種や、過去に報告されている本種と似たギムノディニウム目の種と形態的に一致せず、特有の形態を有した。これらことから、赤変原因種 (Gymnodiniales sp.) をケラトペリディニウム科の新種と判断した。なお、既

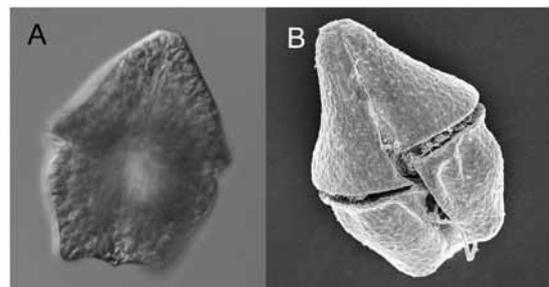


図2 Gymnodiniales sp.の倒立型光学顕微鏡像 (A) と走査型電子顕微鏡像 (B)。

知のケラトペリディニウム科全種において、赤潮による魚類などのへい死や、貝毒産生性などの有害性は知られていない。

A. catenella は知内では出現しなかったが函館および八雲で夏～秋に出現し、2018年11月に函館で最大4450細胞/L、八雲で2018年10月に最大50細胞/L出現した。*A. catenella* の出現期間中に、道南海域において養殖ホタテガイなどの二枚貝類で麻痺性貝毒の顕著な増加は確認されなかった(平成30年度 貝毒プランクトン調査結果報告書：

<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/kankyou/kaidoku/att/yosatsu2018.pdf>)。

Gymnodiniales sp. は春～夏に出現し、知内で2019年5月と7月に最大80細胞/L、函館で2018年8月と2019年7月に最大40細胞/L、八雲で2018年8月に最大1450細胞/Lに達した。このとき、養殖ホタテガイで中腸腺の赤変が確認された。

噴火湾および函館湾から単離されたすべての *A. catenella* 株から麻痺性貝毒成分が検出された。各株の毒量は10.2~65.8 fmol cell⁻¹の範囲であり、すべての株で主要な毒成分は弱毒成分のC2で70.1~87.3%の範囲であった(図3)。本研究で得られた *A. catenella* 株の毒量および毒組成は、国内の他海域で報告されている値と概ね同程度であった。

文献

- 1) Litaker RW, Fraga S, Montresor M, Brosnahan ML, Anderson DM, Hoppenrath M, Murray S, Wolny J, John U, Sampedro N, et al. 2018. A practical guide to new nomenclature for species within the "Alexandrium tamarense species complex". *Harmful Algae News* 61: 13-15.
- 2) Nagai S. 2011. Development of a multiplex PCR assay for simultaneous detection of six Alexandrium species (Dinophyceae). *J. Phycol.* 47: 703-708.

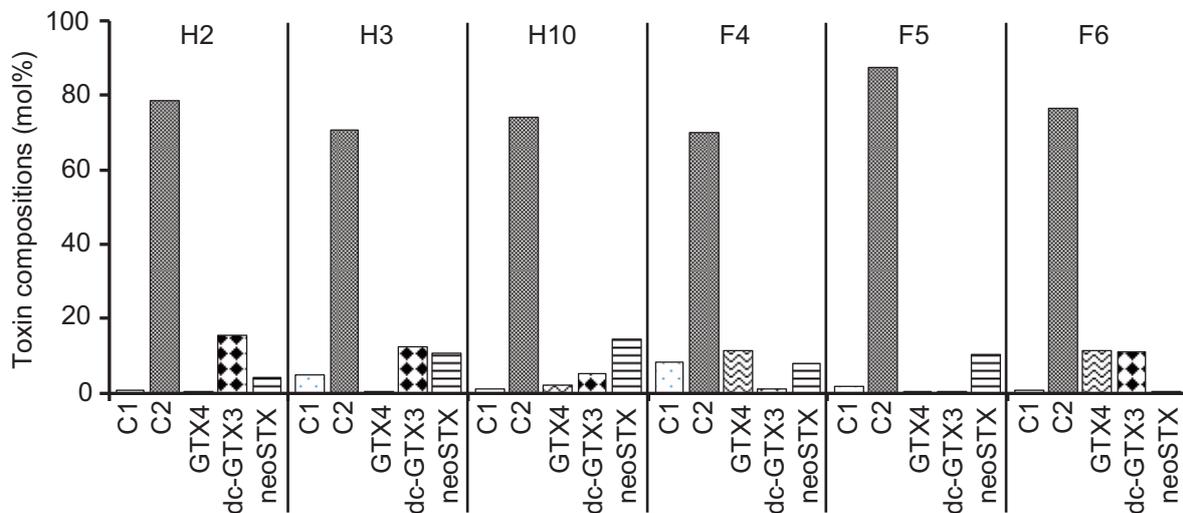


図3 函館湾 (H2, H3, H10) および噴火湾 (F4, F5, F6) より単離した *A. catenella* 株の毒組成。

2. 成熟誘導技術によるガゴメの早期種苗生産と促成養殖の普及 (職員研究奨励事業：技術支援型)

担当者 調査研究部 前田 高志・北川 雅彦
協力機関 渡島地区水産技術普及指導所，
南かやべ漁業協同組合，北海道大学

(1) 目的

種苗生産施設を利用したガゴメの成熟誘導技術と促成養殖ガゴメの収穫適期を漁業者および漁業協同組合に提案する。



図1 調査地点



写真1 種苗センターの水槽で成熟誘導中のガゴメの葉片。

(2) 経過の概要

ア ガゴメ胞子体の成熟誘導

2019年6月26日、函館市大船町沖に生育する天然のガゴメ胞子体を採集し、乾燥しないようにビニル袋に入れ、函館市安浦町の南かやべ漁業協同組合西部種苗センターに輸送した(図1)。茎状部や葉状部の枯死部を切除した後、葉状部から30~40cm角の葉片を切り出し、76枚の葉片を得た。それらの葉片を加熱殺菌した濾過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表面の付着物や粘液を除去した。次いで、30水槽を準備し、これらに葉片を2~4枚ずつ収容した(写真1)。葉片は酸化ゲルマニウムを添加した100Lの栄養強化海水(NT-ES培地)中で通気培養し(新原・菊池, 1985)、水温12~13℃、光周期8時間明期:16時間暗期、照度5,000~5,500luxの条件下で成熟誘導した。葉片は7~10日ごとに観察し、子嚢斑形成の有無を調べた。その際、培養液は全量交換した。

イ ガゴメ胞子体の種苗生産

(ア) 種苗培養

2019年8月20日、培養液中から葉片を取り出し、表面の水分を除去した後、葉片全体をペーパータオルで包み、冷暗所で1晩保存した。翌日、殺菌した海水に葉片を浸漬し、遊走子液を得た。100Lの栄養強化海水で満たした30水槽に採苗器(約280mの撚糸を巻き付けた枠)を投入し、速やかに遊走子液を分注し、撚糸上に遊走子を付着させた。翌日、培養液を全量交換し、その後は生産現場の種苗生産工程に従って、種苗を培養した。

(イ) 種苗培養水槽中に発生した藍藻類の種判別

種苗を培養する過程で、種苗糸表面に緑色(以下、緑色株)と赤色(以下、赤色株)の2種類の藍藻類が発生したため、ミトコンドリアゲノム中の16SリボソームRNA(16SrRNA)遺伝子領域の塩基配列から種判別を試みた。

試料からのDNA抽出には、DNeasy Plant mini Kit(QIAGEN)を用いた。得られたDNA溶液は、GENECLEAN II kit(MP-Biomedicals)を用い、付属のプロトコルに従って精製した。それらをPCRの鋳型とし、Bhuvaneswariら(2016)の方法を参考に3種類のプライマーペア、①16S1R:F-AGAGTTTGATCCTGGCTCAGと16S740:R-

TCTACGCATTTACCGCTAC (Seo and Yokota, 2003), ② CYA-359 : F-GGGGAATTTCCGCAATGGGとCYA-781 (a) : R-GACTACTGGGGTATCTAATCCCATTまたはCYA-781 (b) R-GACTACAGGGTATCTAATCCCTTT (Nubel *et al.*, 1997), ③CYA-359:F-GGGGAATTTCCGCAATGGG (Nubel *et al.*, 1997)と16S-1494:R-GTACGGCTACCTTGTACGAC (Tillet *et al.*, 2001)を使用し, PCR16SrRNA遺伝子領域の塩基配列を増幅した。なお, 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30回繰り返す, 72 $^{\circ}$ C (10分)とした。PCR産物は, エタノール沈殿法により夾雑物を除去した後, 適当な濃度となるように精製水中に溶解させた。これらを鋳型とし, Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems)を使用し, 付属のプロトコルに従って, サイクルシーケンス反応を行った。反応後の産物は, エタノール沈殿法により夾雑物を除去し, 10.0 μ lのHi-Di Formamidに溶解させた。それらはSeqStudio Genetic Analyzer (Life Technologies)を用いて電気泳動した後, Sequence Analysis ver. 5.4 (Applied Biosystems)を使用して塩基配列を決定し, MEGA X (Tamura *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同性の高い配列を検索して種を判別した。

ウ 早期生産種苗を用いた養殖試験

種苗糸は2019年10月21日, 函館市大船町沖の養殖施設に仮殖した。その後, それらを3cm程度の長さに細断して養成網に挟み込み, 本養成を開始した。種苗は現場の方法に則して養殖し, 1か月毎に養殖個体を1株分採集し, サイズの大きい方から20個体を選択し, 葉長や葉幅, 葉湿重量, 乾燥歩留りを測定した。また, 付着生物の有無を観察し, 種別にその数を計数した。

(3) 得られた結果

ア ガゴメ胞子体の成熟誘導

成熟誘導開始から28日目には, 子嚢斑が形成された葉片(以下, 成熟葉片)が見られはじめた(図1)。

その後, 成熟葉片の割合は急速に増加し, 培養35日目には48.0%, 42日目には78.3%, 50日目には91.9%に達した。8月中旬には, 子嚢斑が十分に形成されたため, 2019年8月21日に採苗を実施した(写真2)。

成熟誘導中, 葉片表面にヤドリミドロ類の増殖が認められた。付着数は, 葉状部の先端に近い部分から切り出した葉片に多く, 葉元付近から切り出した葉片では付着数は少なかった。また, 葉状部の縁辺に多く, 中帯部付近は少ない傾向が見られた。

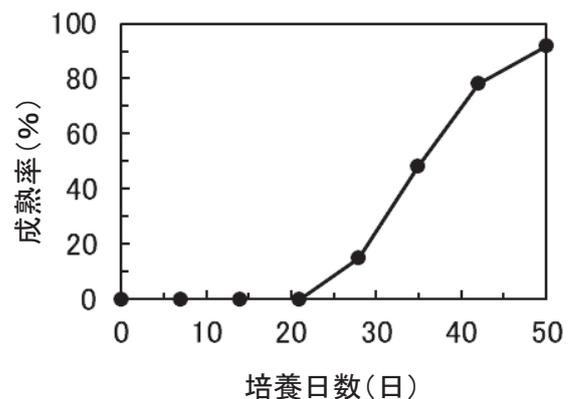


図2 成熟誘導したガゴメ葉片の成熟率の推移

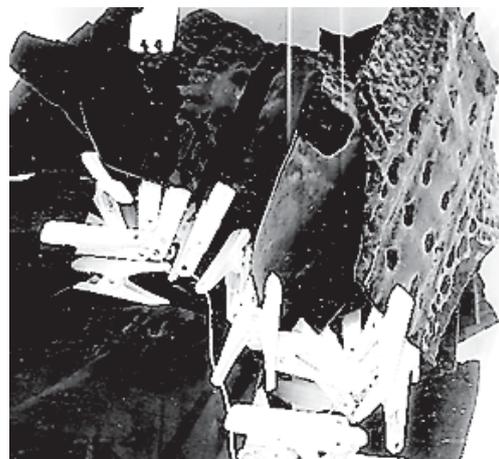


写真2 成熟誘導によって作出したガゴメの母藻。

イ ガゴメ胞子体の種苗生産

(ア) 種苗培養

2019年8月22日から2019年10月中旬にかけて、南かやべ漁業協同組合西部種苗センターにおいて培養水槽30槽を用いて促成ガゴメ種苗を培養した。一部の水槽で藍藻類が発生したものの、最終的には約8,000mの種苗糸が生産された。それらの種苗の一部が生産者に配布された。

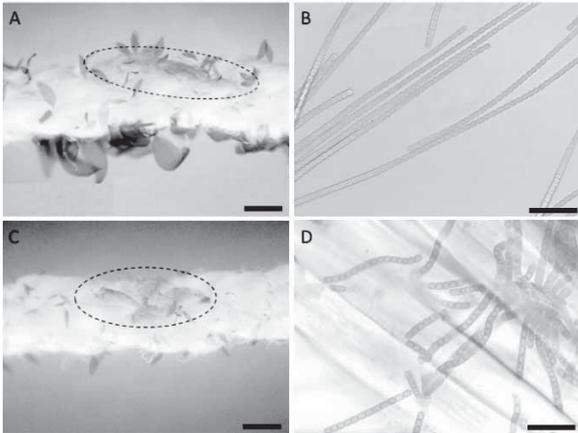


写真3 培養中のガゴメ種苗糸表面に発生した藍藻類。A: 緑色株(写真中の破線で囲まれた部分), B: 緑色株の拡大, C: 赤色株(写真中の破線で囲まれた部分), D: 赤色株の拡大。スケールバーは1 mm(A, C); 10 μ m(B, D)。

(イ) 種苗糸水槽中に発生した藍藻類の種判別

解析の結果、緑色株については16SrRNA遺伝子の部分配列1175bp、同様に赤色株については928bpの部分配列が得られた。BLASTによって緑色株は*Leptolyngbya* sp. (DDBJ accession No. KC818275)、赤色株は*Leptolyngbya* cf. *ectocarpi* (DDBJ accession No. KU951732) または*Leptolyngbya ectocarpi* (DDBJ accession No. KU951733) と最も高い相同性を示したことから、いずれも*Leptolyngbya*属またはその近縁な関係にあることが明らかとなった。

これら2種では16SrRNA遺伝子の塩基配列だけではなく、形態的な違いが認められた。また、緑色株は運動性を示すことなどから、これらは異種であると考えられる(写真3)。なお、種苗培養期間中にこれらは急速に増殖することはなく、種苗の生育を阻害するような影響は認められなかった。

ウ 早期生産種苗を用いた養殖試験

早期生産種苗は、2020年1月までの生育は良好であったが、2~3月にかけて退色が認められた。4月以降、生育状況は好転し、3月の調査時には、平均葉長は79.8 \pm 31.6cm(最大136cm)、平均葉幅は11.0 \pm 4.1cm(最大18.0cm)、葉状部の湿重量は44.8 \pm 36.5g(最大119.1g)となった(図3)。この時まで乾燥歩留り(実入りの指標)は大きく変化せず、10%台で推移した。

今後は、付着生物の発生状況や実入りの程度を考慮し、収穫適期を検討する予定である。本事業は単年度で終了となるため、収穫時のデータは次年度以降、関連する研究課題の報告書内に記載する。

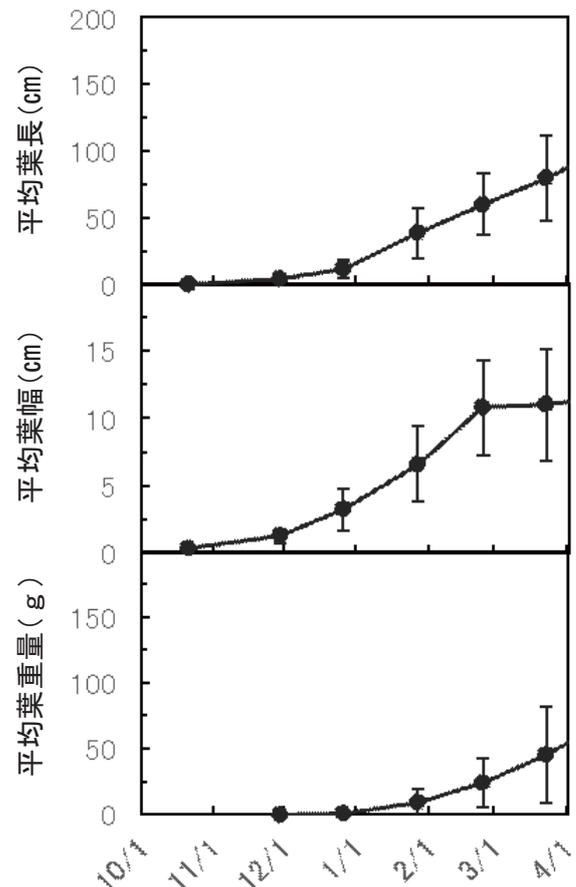


図3 養殖ガゴメの生育状況。エラーバーは標準偏差を示している。

参考文献

- Bhuvaneshwari T, Deviram G, Uma L, Prabakaran D. Validation of Selected Oscillatoriales from Various Indian Coasts through Phenetic and 16S rRNA Gene. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2016; 5: 944-520.
- 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.
- 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.
- Nubel U, Garcia-Pichel F, Muyzer G. PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria. *App. Env. Mic.* 1997; 63: 3327-3332.
- Seo PS, Yokota A. The phylogenetic relationships of cyanobacteria inferred from 16S rRNA, gyrB, rpoC1 and rpoD1 gene sequences. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 2003; 49: 191-203.
- Tillett D, Neilan BA. Xanthogenate nucleic acid isolation from cultured and environmental cyanobacteria. *J. Phycol.* 2000; 36: 251-258.

3. 日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究（重点研究）

担当者 調査研究部 金森 誠・夏池 真史
 共同研究機関 栽培水産試験場，中央水産試験場，
 地質研究所，工業試験場
 協力機関 上ノ国町，檜山地区水産技術普及指導所ほか

(1) 目的

近年、北海道における日本海海域の漁業生産は低迷しており、漁協組合員一人当たりの生産額は他海域を大きく下回っている。日本海海域の生産を底上げする新たな漁業振興策を推進することが喫緊の課題である。日本海海域では漁業者の減少に伴い漁港遊休区域の有効活用も課題となっている。漁港内の静穏域を利用した養殖漁業は有効な活用方法の一つと考えられる。そのため、漁港内環境の養殖生産への適性把握が求められている。二枚貝は無給餌で養殖できるため、収益性に優れ、環境負荷も少ない養殖対象魚種である。アサリは日本海海域と同じく暖流の影響が強い津軽海峡の漁港（函館漁港）における養殖試験で良好な成長・生残が確認され、日本海海域への展開が期待されている。本課題では道南日本海の上ノ国漁港（大崎地区）において、アサリの垂下養殖技術の開発と実証を行うことを目的とする。

(2) 経過の概要

試験用養殖筏において、アサリの垂下養殖試験を実施した。試験海域の水深は約3m、養殖筏のサイズは6m×6mの鋼製である。2018～2019年は基質量、養殖期間が成長、生残に与える影響の評価および単位面積あたりの収量試験を課題とした（表1）。なお、基質量試験の基質なしの籠のみ、籠同士が絡むことを防ぐため、錘（約1kg）を付けた。

基質量および養殖期間試験では、試験終了時に生貝全個体の殻長、収量試験では生貝の総重量の測定を行った。基質量および養殖期間試験については、各籠から無作為に抽出した15個体について、殻長に加えて、殻高、殻幅、殻付き重量（湿重量）および軟体部重量（湿重量）を測定した。15個体以外の養殖アサリはシェフによる製品評価に供するため、中央水試資源増殖部に提供した。

表1 アサリ養殖試験の試験条件

	基質量試験	養殖期間試験	収量試験（1年養殖）	収量試験（2年養殖）
基質種類	札幌軟石	札幌軟石もしくは砂利+軽石	札幌軟石	札幌軟石
基質量	15L, 10L, 5L, なし	10L	10L	10L
段数	1段吊り	1段吊りもしくは2段吊り	2段吊り	2段吊り
養殖期間	2018年6月～2019年6月	2017年6月～2019年6月 2017年12月～2019年6月 2018年6月～2019年6月	2018年6月～2019年6月	2018年6月～2019年6月 (2017年6月から養殖していたアサリを使用)
籠交換	3ヶ月に1回	3ヶ月に1回	半年に1回	半年に1回
種苗	平均殻長10.6mm	平均殻長4.8-9.3mm	平均殻長9.1mm	平均殻長31.1mm (2年目養殖開始時)
籠数	各条件3籠	各条件3籠もしくは6籠	25籠	25籠
共通条件	容器：丸籠（目合1分，直径40cm×高さ10cm），初期密度：100個体／籠			

(3) 得られた結果

ア) 基質量試験

基質量15L, 10Lおよび5Lの間では, 殻長, 生残および肥満度【 $CF = \text{軟体部重量} \times (\text{殻長} \times \text{殻高} \times \text{殻幅})^{-1} \times 10^5$ 】に差は見られなかった(図1)。5Lの基質厚は4cm(40mm), 試験終了時の養殖アサリの殻長は約30mmであったことから, 少なくとも殻長+10mm程度の厚さの基質があれば, アサリの成育に大きな支障はないと考えられる。一方, 基質なしでは, 殻長が小さく, 生残率も低く, 成育は不良であった。ただし, 肥満度のみは高かった。基質なしのアサリは基質ありと比較して, 殻が黒ずみ, 丸みを帯びるなど外観的な特徴が認められた(図2)。アサリのプロポーシオンを示す指標の一つとして, 丸型指数(殻幅/殻長)がある。基質量15, 10および5Lのアサリでは丸型指数が 0.40 ± 0.016 (平均値±標準偏差, $N=133$)であったのに対して, 基質なしのアサリの丸型指数は 0.42 ± 0.019 (同上, $N=45$)と高かった(t -検定 $P < 0.001$)。基質なしのアサリは基質がある場合と比較して, 殻長方向の成長が抑制され, 殻が丸みを帯びた矮小した状態となり, 結果的に容積に対する軟体部重量の割合が高く, 肥満度が高くなった可能性がある。

イ) 養殖期間試験

養殖期間試験の結果, 殻長は養殖期間に比例して, 大きくなる一方, 生残数と肥満度は養殖期間が長くなっても大きな変化が見られなかった(図3)。これまでの試験から養殖アサリの生残は養殖開始時の初期サイズに依存することが明らかとなっている(平成29年度道総研函館水産試験場事業報告書)。また, この初期サイズに依存した減耗は養殖開始から半年以内の早い段階で生じる(金森 未発表)。従って, 試験海域の条件で5~10mmのアサリを垂下養殖した場合, 養殖開始から半年以降は減耗がほとんどないため, 養殖期間に比例した減耗は見られなかったと推測される。本事業では, 養殖アサリの出荷サイズとして殻長30mm以上を目標としている。養殖期間試験終了時の生貝における殻長30mm以上の割合は, 2年養殖で97.6%, 1年半養殖で82.1%であったのに対して, 1年養殖では28.8%であった。本海域では1年半以上の養殖が適していると考えられる(図4)。

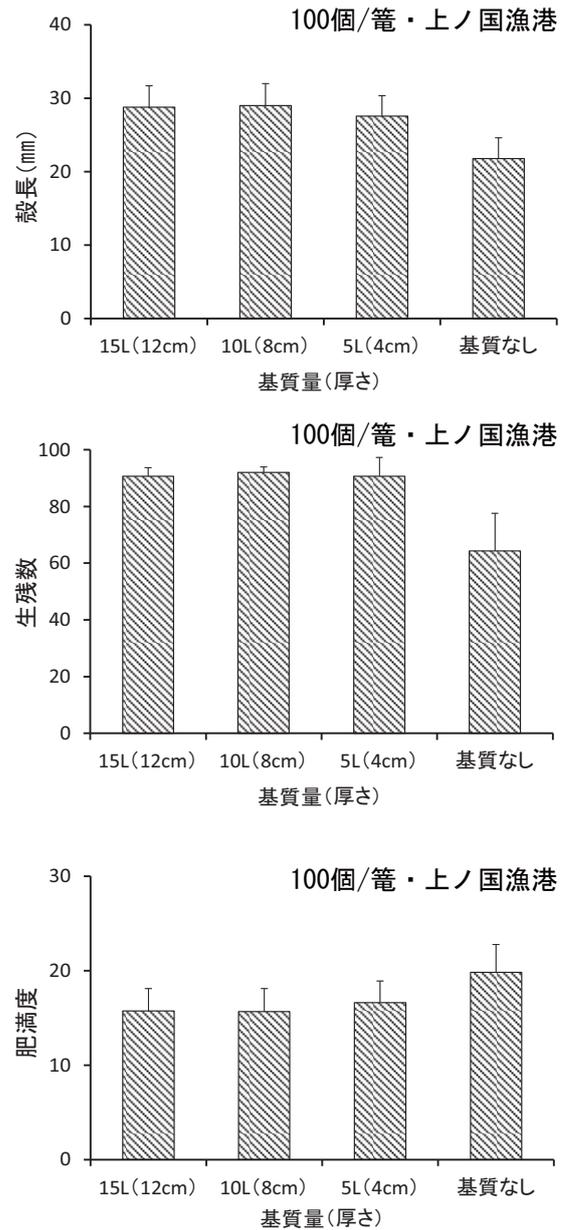


図1 基質量試験終了時の養殖アサリの平均殻長, 生残数, 肥満度



図2 異なる基質量で養殖したアサリの外観
左上: 基質なし, 右上: 基質 5L, 左下: 基質 10L, 右下: 基質 15L

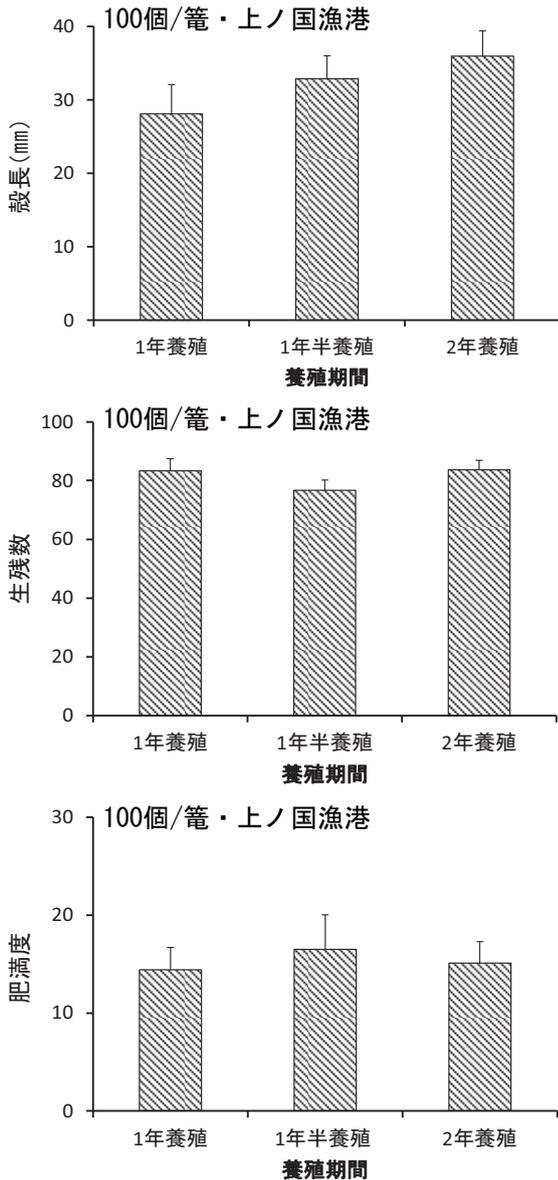


図3 養殖期間試験終了時の養殖アサリの平均殻長，生残数，肥満度。縦棒は標準偏差を示す。1年養殖，1年半養殖の生残数は実測値，2年養殖は1年養殖終了時に100個体／籠で試験を設定し直していることから，各籠の2年目の生残数に1年養殖終了時の生残率（87.8%）を乗じて生残数とした。

ウ) 収量試験

1年養殖は1籠あたり平均395gのアサリが，2年養殖では1籠あたり907gのアサリが生産された（図5）。養殖期間試験の結果から2年養殖が本海域に適していると考えられることから，2年養殖の場合で収量を検討する。今回の収量試験は2.4m×2.4mの区画に丸籠を2段吊りで25連，計50籠を垂下して行った。従って，単位面積あたりの収量として，907g／籠×50籠×(2.4m×2.4m)⁻¹で計算され，1㎡あたり約7.9kgが見込まれる。これらの試験の結果から，本海域で1tの養殖アサリの生産を目標とする場合，漁港あるいは港湾内の静穏域126.6㎡（正方形であれば約11.3m×11.3mの区画）を占有し，試験と同様の条件で2年間養殖を行えば良いと考えられる。

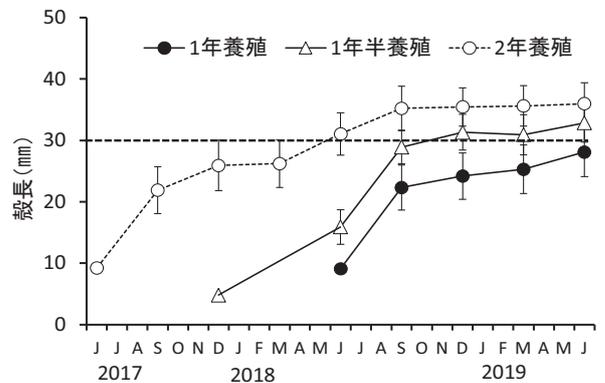


図4 養殖期間試験における平均殻長の季節変化
縦棒は標準偏差を示す。

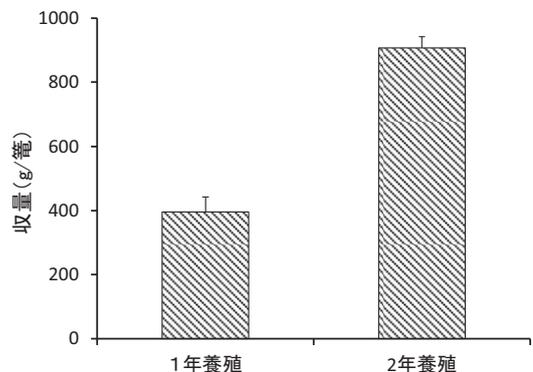


図5 収量試験における1籠あたりの生産量
縦棒は標準偏差を示す。それぞれ25籠で試験を行ったが，破損・流出した籠があったため，1年養殖は23籠，2年養殖は24籠の平均値である。

4. 漁業生物の資源・生態調査研究（経常研究）

4. 1 イカ類

担当者 調査研究部 有馬 大地

（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来遊する群を対象として、来遊時期と来遊量、日齢と成長、成熟状態などをモニタリングし、その年の来遊状況を把握する。来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来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（1985～2018年）及び水試速報値（2019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2019年6月～2020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、大成、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、各年の来遊水準の指標として資源評価を行った。

イ 調査船調査

調査船金星丸（151トン、1300馬力）により、2019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6月18日～26日に行った調査と8月18日～22日に行った調査はそれぞれ日本海スルメイカ漁場一斉調査、太平洋いか類漁場一斉調査の一環として、資源評価事業における調査を行った。

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況を把握するため、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。2019年は6月～翌年1月に函館港イカ釣り（函館魚市場）、7月～9月、11月～12月に南茅部（木直）定置網、10月に森港定置網、8月と9月に江差港イカ釣り、11月～12月に奥尻港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漁獲量が多く銘柄が揃っているイカ釣り漁船から、下水発泡を1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100尾以上を抽出して生物測定を行った。

これらは全て資源評価事業の一環として行った。

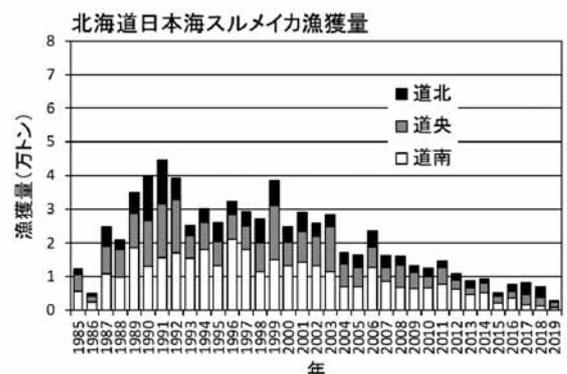


図1 北海道日本海における生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化。

(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年には最低の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年代から減少傾向で、2015年には5,130トンまで減少した。2019年の漁獲量は2,833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、近年は道南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。しかし2019年は道北の漁獲量が前年の約1/8程度で非常に少なかった。

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が、2019年は全期間を通して非常に少なかった。

道央日本海も道南日本海と同様に例年7月に漁獲量のピークが見られるが、その後は11月に再び小さなピークが見られる傾向がある。近年は道南と同様に漁期前半の7～8月の漁獲量は大幅に減少したが、漁期後半の10～11月の漁獲量は漁期前半程の減少は見られず、7月の漁獲量を上回る年が続いている。2019年は7月と10月に漁獲量のピークが見られたが、全体的に前年を下回っていた。

道北日本海については例年8～10月に漁獲量が多く、近年も8～10月に漁獲量のピークが見られた。また道北では2016年は過去平均を常に下回ったが2017年と2018年は比較的漁獲量が多く、月によっては過去平均を上回った。2019年は11月にピークが見られたが、全期間を通して漁獲量が非常に少なかった。

2019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。特に近年漁獲量の割合が高かった道北海域で大幅に減少した。

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、特に大成、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

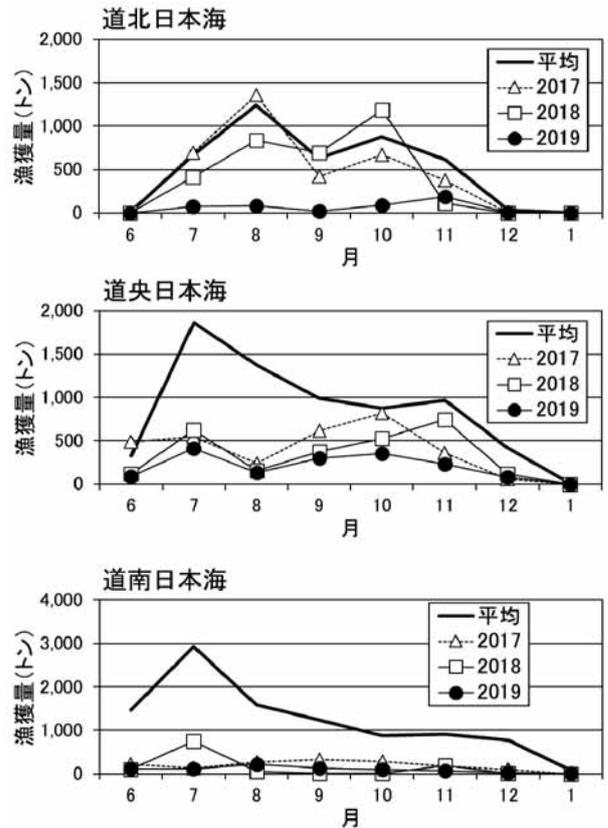


図2 道北、道央および道南日本海の月別漁獲量。平均は1985年～2018年の平均。

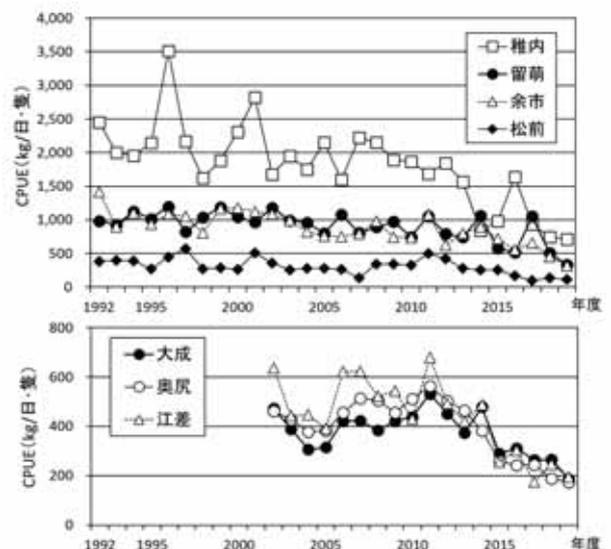


図3 北海道日本海代表港7港のCPUEの経年変化。

あるが、大きく増加している年も見られた。これらの結果からも2015年以降のスルメイカのCPUEは道央・道南を中心に減少幅が大きいと考えられる。

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、2018年は1992年以降で最低の224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。2019年の来遊水準指数は26で過去最低となった。

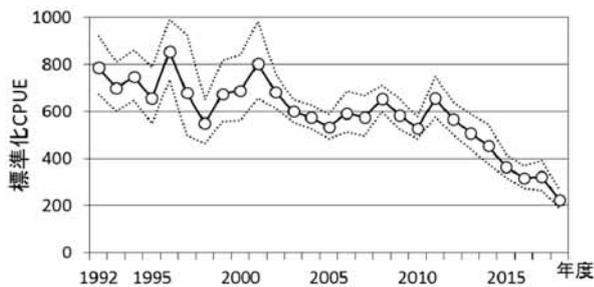


図4 代表港7港の標準化CPUEの経年変化。

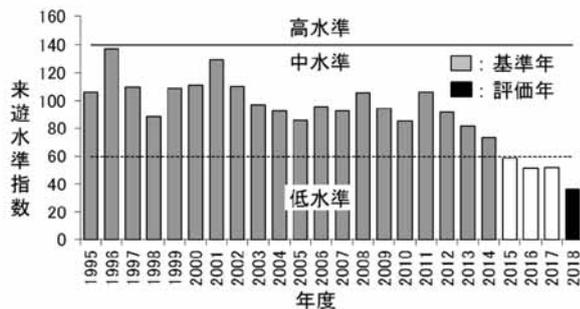


図5 北海道日本海におけるスルメイカの来遊水準 (来遊状態を表す指標：標準化CPUE)

(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トンを記録した。

その後は2010年まで2～5万トンの範囲で変動し、2010年以降は緩やかに、2015年以降は急激に減少した。2019年の漁獲量は3,089トンで過去5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表5～7, 図7に示した。

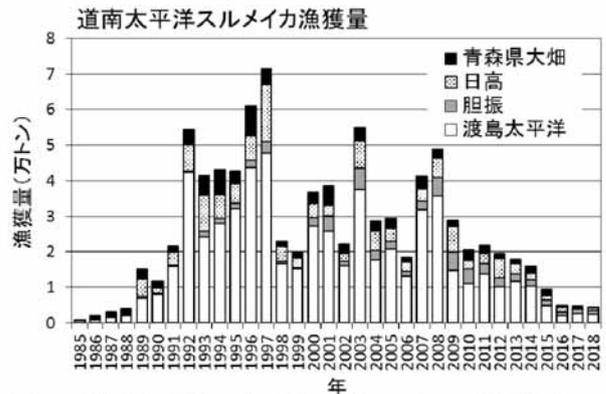


図6 道南太平洋における生鮮スルメイカ漁獲量の経年変化。

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。2019年は11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。

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、2019年の10月の漁獲量は例年の半分程度で、胆振海域においてもスルメイカの入遊量は減少していたと考えられた。

日高では例年8月～10月にかけて漁獲量が多いが、2019年は11月に単発的なピークが見られた。11月以外にはほぼ漁獲が見られず、渡島太平洋同様に、近年は全期間通して平均を下回る漁獲量が続いている。

道南太平洋においては、漁獲の大半を占める渡島太平洋で10～11月中心に漁獲量が激減した。この時期の主な漁獲対象は冬季発生系群と考えられるが、2015年以降は再生産関係の悪化により、冬季発生系群の資源量全体が激減しており、渡島太平洋における漁獲量激減も資源量全体の激減に起因すると考えられる。¹⁾

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。ただし延出漁隻数についても1980年代から減少傾向であるため、CPUEは漁獲量よりも変動が小さいが、2010年以降はCPUEでも減少傾向が見られた。

函館港における2018年、2019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。2019年は7月下旬に漁獲量のピークが見られた

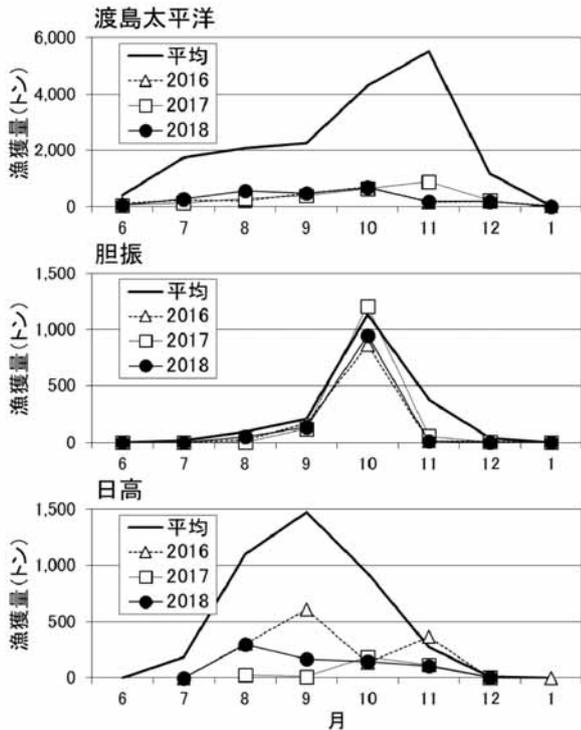


図7 渡島太平洋、胆振、日高の月別漁獲量。

が、その後は常に低調であった。出漁隻数も7月下旬にピークがあり、前年度とほぼ同様の傾向だった。CPUEは6～7月、10月、12月に上昇した。また1月には恵山岬沖を中心に漁場が形成されたため、1月も漁獲が継続した。出漁する漁船は少なかったが、終漁直前まで漁場形成された。

漁期後半は、渡島太平洋同様に冬季発生系群が主要な漁獲対象である。このことから2019年は冬季発生系群の成熟に伴う南下回遊によって、終漁間際まで漁獲が続いたと考えられるが、過去平均と比較すると低い

水準であるため、函館港近海への来遊量は依然として少ないと考えられる。

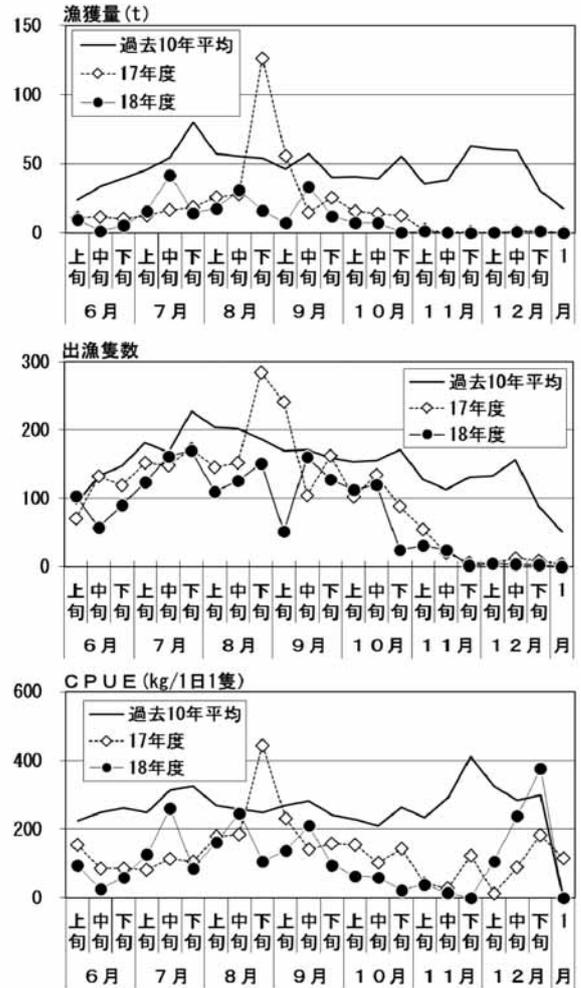


図9 函館港におけるイカ釣りによる生鮮スルメイカの旬別漁獲量とCPUE。

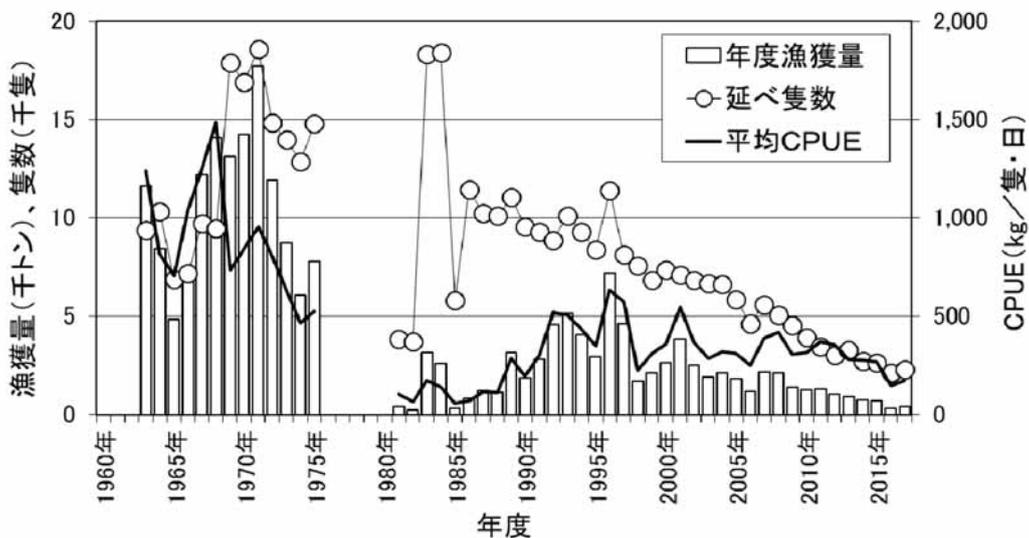


図8 函館港におけるイカ釣りによる生鮮スルメイカ漁獲量、延べ出漁隻数およびCPUEの経年変化。
1976年から1980年はデータ欠落。

イ 調査船調査

(ア) 日本海スルメイカ北上期調査 (5/20-25)

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5.2~11.0°Cの範囲にあり、北西側と南西側は低水温域で、北緯40°線から沿岸にかけて高水温域が広がっていた。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) はいずれの調査点でも非常に低く、調査が現在の形になった2001年以降で最低のCPUEであった。

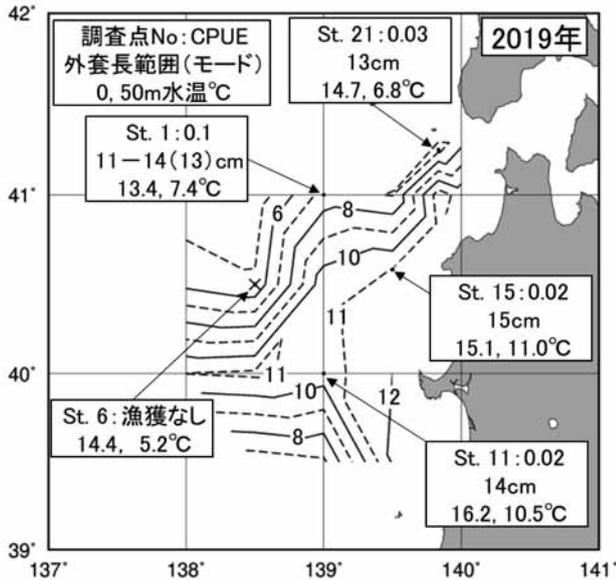


図10 日本海スルメイカ北上期調査結果。●は漁獲調査点で大きさはCPUEに比例(1以下は同じ大きさ)。等温線は深度50mの水温。

(イ) 日本海・太平洋スルメイカ漁場一斉調査 (6/18-26)

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4.0~11.8°Cで、岩内沖St. 4のみ高水温となっていた。また瀬棚沖のSt. 3では局所的に水温が高くなっていた。漁獲調査もSt. 4のCPUEが最も高かった(19.9)が、他の調査点では漁獲なしか非常に低く、全体平均では非常に低いCPUE(3.9)であった。またSt. 3で128尾、St. 4では642尾の標識放流を行った。

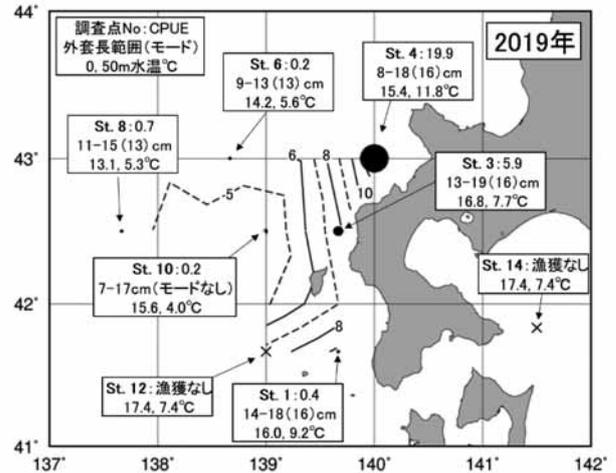


図11 日本海スルメイカ漁場一斉調査結果。図の見方は図9と同様。

(ウ) 太平洋スルメイカ漁場一斉調査 (8/18-22)

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9.8~19.1°Cであった。調査海域全体の50m水温に注目すると、津軽海峡から浦河沖にかけて高水温帯が広がっていたことから、津軽暖流は浦河沖まで波及し、時計回りに流れる渦モードであると考えられた。漁獲調査の結果、スルメイカはSt. 8とSt. 16のみで漁獲され、南茅部沖のSt. 1'と浦河沖のSt. 15'では漁獲がなかった。

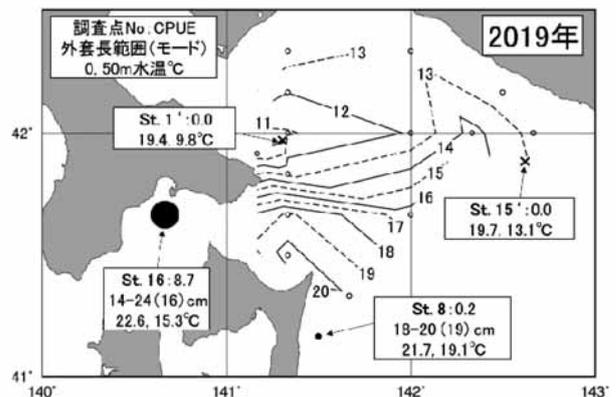


図12 道南太平洋いか類漁場一斉調査結果。図の見方は図9と同様。

(エ) 11月道南太平洋スルメイカ調査 (11/4-8)

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13.0~17.6°Cであった。また津軽海峡から浦河沖にかけて暖水が波及していたことから、津軽暖流は8月調査と同様に渦モードであると考えられた。漁獲調査の結果、全ての調査点でスルメイカが漁獲されたが、CPUEはいずれも非常に低かった。

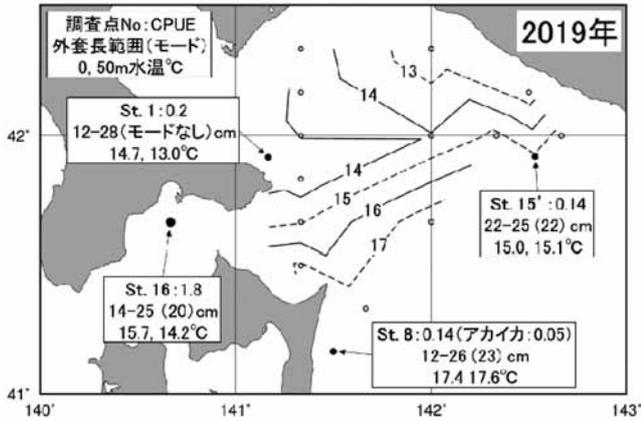


図 13 11月道南太平洋スルメイカ調査結果。図の見方は図9と同様

(オ) 標識放流調査結果

5月と6月の調査船調査時に標識放流を行った結果、積丹～余市沖にかけて再捕が2尾あった。

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～10月に檜山～石狩湾にて7尾が再捕された。

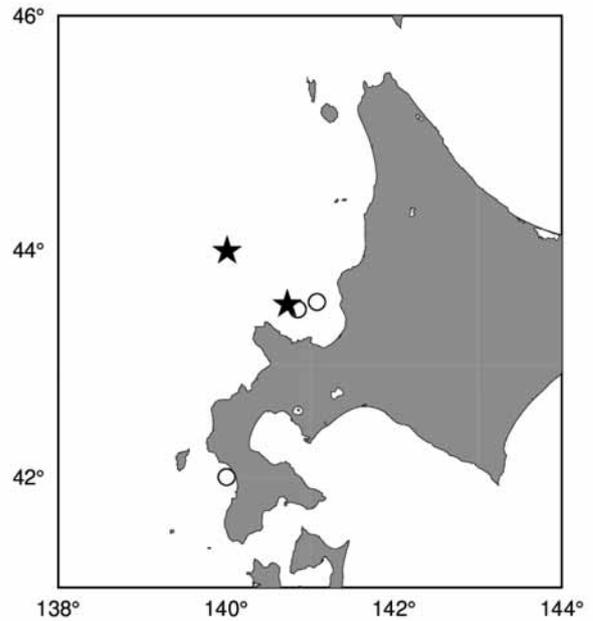


図 15 北上期調査時の標識放流調査結果。★は放流地点。○は再捕地点。

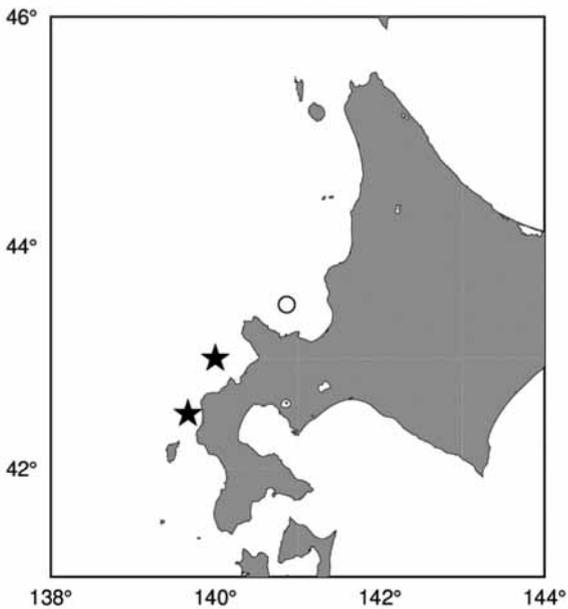


図 14 北上期調査時の標識放流調査結果。★は放流地点。○は再捕地点。

表 9 漁場一斉調査時の標識イカ情報

再捕日	再捕地点	再捕場所詳細
7月5日	積丹沖	43° 29 140° 51
8月27日	石狩湾沖	43° 33 141° 05
9月10日	熊石沖	不明
9月28日	檜山沖	42° 00 140° 00
9月29日	檜山沖	42° 00 140° 00
10月15日	石狩湾?	加工会社からの報告
10月22日	石狩湾?	加工会社からの報告

表 8 北上期調査時の標識イカ情報

再捕日	再捕地点	再捕場所詳細
6月27日	積丹沖	
7月15日	余市沖	43° 29 140° 52

ウ 漁獲物調査

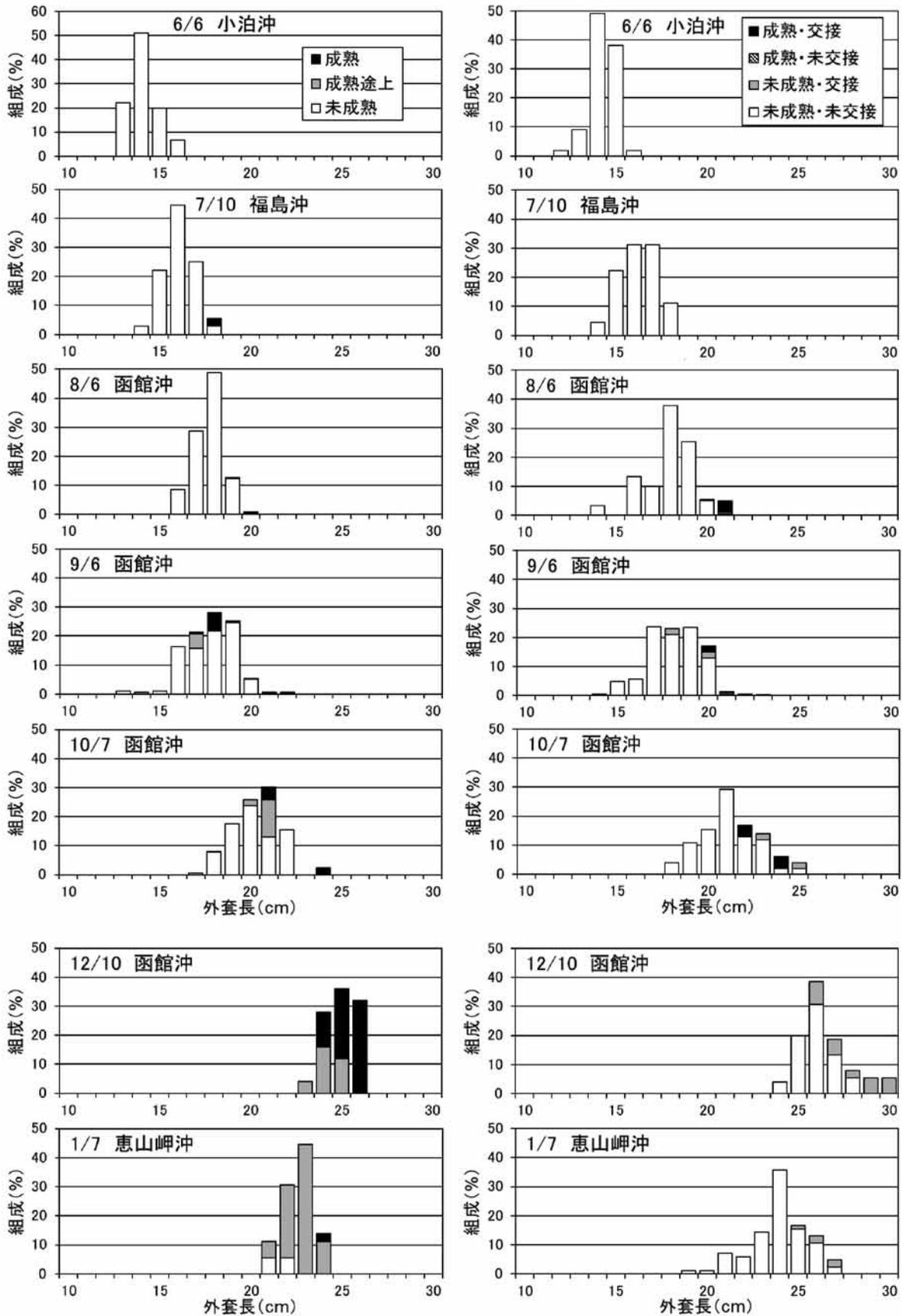


図16 函館港における2019年度の雄(左列)と雌(右列)の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
 未・未: 未成熟・未交接, 未・交: 未成熟・交接, 成・未: 成熟・未交接, 成・交: 成熟・交接

函館港、檜山イカ釣り、南茅部（木直）＋森定置網の漁獲物調査の結果をそれぞれ図16～図19に示した。

函館港では6月～10月にかけて外套長のモードが徐々に大型になり、12月には雄で25cm、雌で26cmとなったが、1月になるとモードはやや小さくなった。成熟度に注目すると、10月までは雌雄ともに未成熟個体が大半を占め、大型個体を中心に成熟の進んだ個体が稀に出現する程度であったが、12月には雄は成熟および成熟途上の個体のみ出現し、雌の大型個体では交接済が多かった。ただし1月には雄は成熟途上、雌は未成熟・未交接が大半であった。このことから、12月には成熟を終えた冬季発生系群が津軽海峡に来遊していたと考えられた。

檜山でも外套長のモードが大きくなっていったが、

12月にはモードが小さくなっていった。成熟度に注目すると8月と9月は未成熟個体が大半であった。11月には大型個体中心に雄の成熟途上、成熟個体が多かったが、12月には未成熟個体の割合が増えていた。また雌では11月、12月も未成熟・未交接の個体が大半であった。

檜山の漁獲物調査では漁期後半になっても雌雄ともに成熟個体や交接済の割合が少ないことから、成熟が進み南下する個体群を捕捉できていないと考えられる。この要因としては、月1回の標本採集では捕捉できないほど短期間で成熟個体群が南下した可能性やイカ釣り漁船が操業する海域よりもかなり沖合を通過して南下した可能性が考えられる。

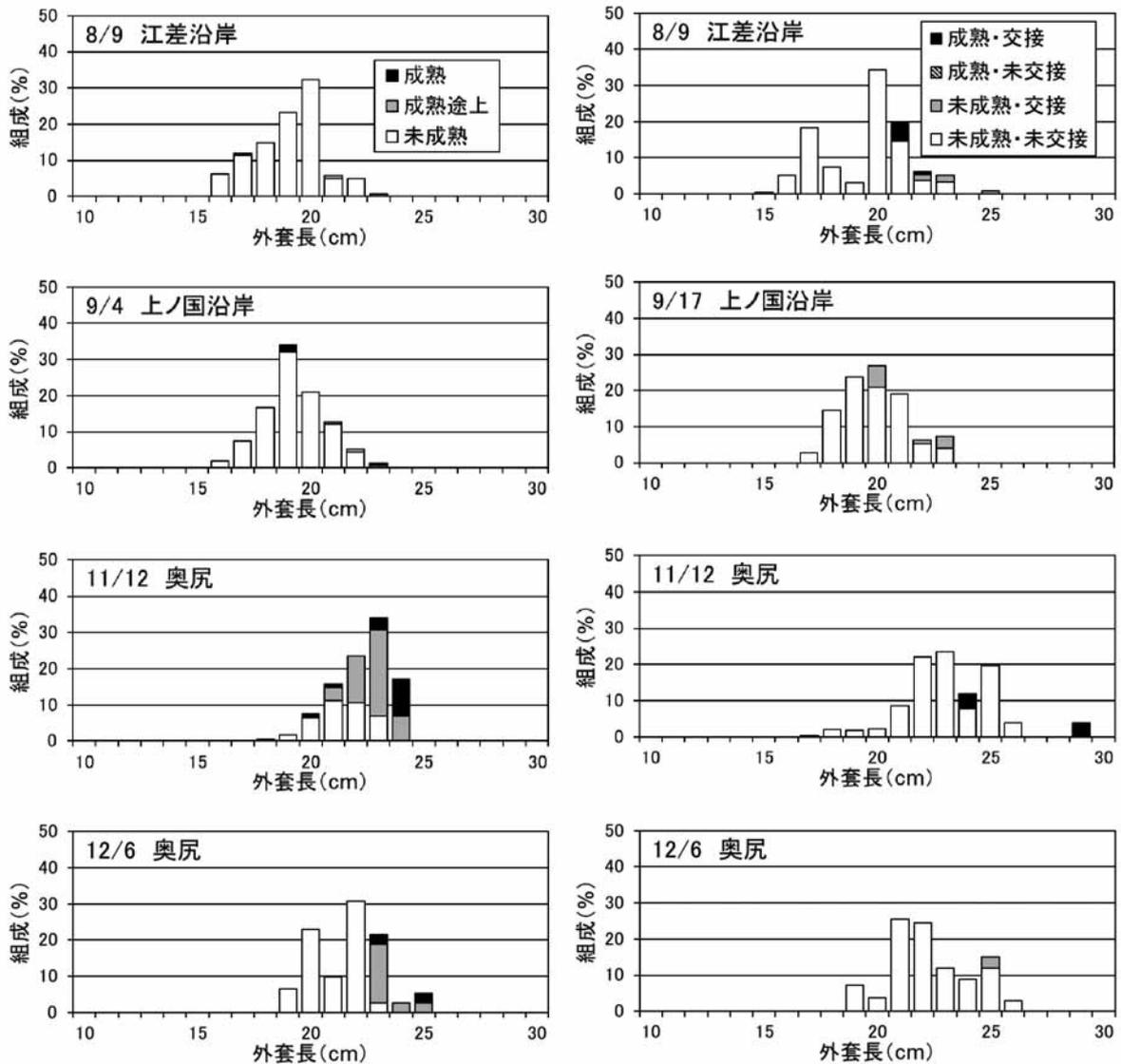


図17 檜山における2019年度の雄（左列）と雌（右列）の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

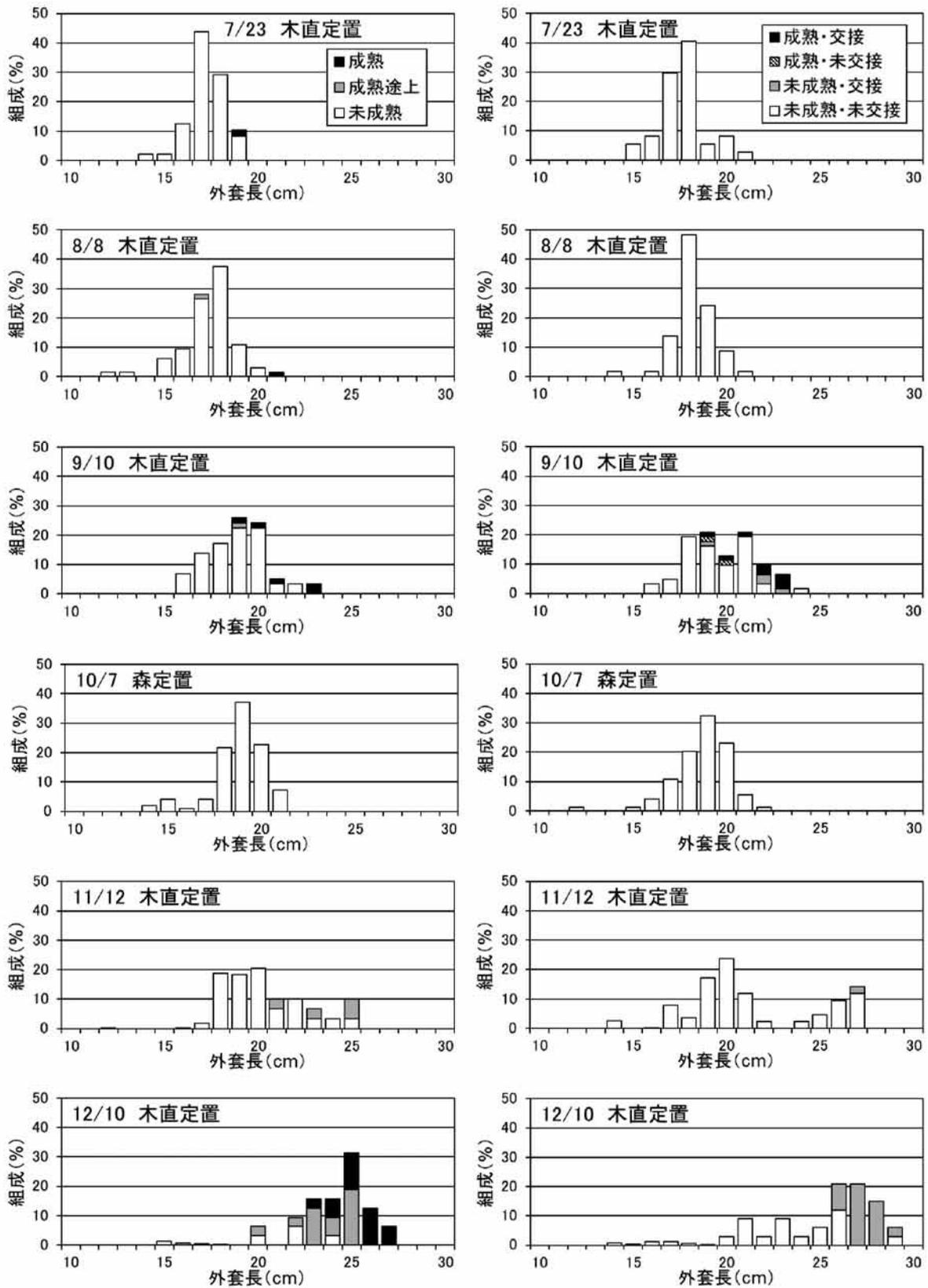


図 18 南茅部（木直）と森の定置網における 2019 年度の雄（左列）と雌（右列）の外套長組成と成熟度。ラベルは漁獲日と漁場。
未・未：未成熟・未交接，未・交：未成熟・交接，成・未：成熟・未交接，成・交：成熟・交接

太平洋側の南茅部（木直）、森定置網の漁獲物の外套長のモードは9月にかけて徐々に大きくなったが、11月にはサイズ組成が小型から大型までバラつき、12月には大型個体主体の組成となった。また成熟度に注目すると、9月には雌雄ともに成熟、交接個体が一定数出現していたが、10月と11月には未成熟個体が主体となり、12月には雄では成熟、成熟途上が多く、雌では大型個体を中心に交接済の個体が多かった。

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、9月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。10月～11月には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、12月には道東太平洋などの沖合域で成熟したスルメイカが津軽海峡から日本海を南下する途中で漁獲されたのではないかと考えられる。

（4）2019年の漁況のまとめ

北海道日本海における2019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2019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。前年度までは道北の漁獲量が増加傾向であったため、主漁場が北にシフトしている可能性が考えられたが2019年度は道北海域での漁獲量はほとんどない。北海道日本海で漁獲の主対象となる秋季発生系群では、発生時期にあたる秋季の日本海の高水温化が稚仔の生残率の低下を引き起こしている可能性が指摘されていたが²⁾、2019年度はこれに加えて、対馬暖流の流路が大陸寄りに流れていたため、スルメイカが北上する際に朝鮮半島東岸～ウラジオストクに多く北上していた可能性が示唆されている²⁾。こういった海洋環境の変化が漁場の変化へとつながっている可能性がある。

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。これはこの時期に漁獲の主体となる冬季発

生系群の再生産可能海域が2015年以降縮小していることが主要因とされている¹⁾。2019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、日高でも前年を下回っていたことから道南太平洋全体では前年を下回る漁獲量となった。しかし2019年度はオホーツク海や羅臼では前年度を大きく上回る漁獲量であったため、太平洋沖合域を回遊する個体群は増加したと考えられる。ただし2015年以前と比較すると依然として低い水準であるため、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。

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、再生産時の海洋環境の変化が主要因で来遊量や資源量が減少したと考えられる。スルメイカは単年性の資源であるため今後再生産環境が変化することで、資源量が増加する可能性はあるが、現在の状況が継続するのか、劇的に変化するのかは不明である。

これらの状況を踏まえて、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と調査研究によって明らかにすることが必要と考えられる。

引用文献

- 1) 中央水産研究所：令和元（2019）年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価。令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価。水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構。2020。（オンライン）
<<http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201918.pdf>>
- 2) 日本海区水産研究所，中央水産研究所：令和元（2019）年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価。令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価。水産庁増殖推進部・国立研究開発法人水産研究・教育機構。2020。（オンライン）
<<http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201919.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	年号	北海道日本海										道南太平洋					
		宗谷 日本海	留萌	道北	後志	石狩	道央	檜山	渡島 日本海	道南	合計	渡島 太平洋	胆振	日高	道南 合計	青森県 大畑	合計
1985	昭和 60	1,002	669	1,671	4,866	12	4,878	3,085	2,569	5,654	12,203	643	62	18	723	228	950
1986	61	292	396	687	1,894	7	1,901	1,112	1,206	2,317	4,906	918	14	280	1,212	909	2,121
1987	62	3,365	2,254	5,620	8,134	24	8,158	6,780	4,063	10,843	24,621	1,747	35	75	1,858	1,223	3,081
1988	63	1,300	1,585	2,885	8,147	7	8,154	6,755	3,043	9,798	20,836	1,994	118	415	2,527	1,483	4,010
1989	平成 1	2,909	3,388	6,298	10,089	13	10,102	12,507	6,053	18,559	34,960	6,991	438	4,940	12,369	2,741	15,110
1990	2	9,119	4,336	13,455	13,393	22	13,415	7,630	5,432	13,062	39,932	8,185	187	1,597	9,970	1,693	11,663
1991	3	9,413	3,644	13,057	15,888	23	15,911	11,110	4,444	15,554	44,522	16,052	297	3,539	19,888	1,687	21,575
1992	4	3,679	2,633	6,312	15,777	10	15,786	12,304	4,723	17,027	39,125	42,287	444	7,395	50,126	4,265	54,391
1993	5	1,327	1,466	2,792	6,836	16	6,852	8,865	6,566	15,431	25,075	24,168	1,582	10,135	35,885	5,644	41,529
1994	6	2,886	1,338	4,224	7,883	14	7,896	10,877	7,086	17,964	30,083	28,007	1,366	6,737	36,110	6,921	43,031
1995	7	4,644	859	5,503	7,251	7	7,258	8,973	4,220	13,193	25,954	32,134	1,561	5,400	39,095	3,623	42,718
1996	8	2,859	1,067	3,926	7,165	11	7,176	13,095	7,939	21,033	32,135	43,612	2,108	6,910	52,630	8,323	60,953
1997	9	3,588	620	4,208	6,908	8	6,916	11,871	6,183	18,053	29,177	47,686	3,306	15,947	66,939	4,561	71,500
1998	10	4,560	2,320	6,880	8,481	9	8,490	7,602	3,878	11,480	26,849	16,757	533	4,208	21,498	1,408	22,906
1999	11	5,411	1,909	7,320	16,038	6	16,044	11,467	3,479	14,946	38,310	15,075	481	2,868	18,424	1,364	19,788
2000	12	2,674	1,721	4,395	7,182	16	7,198	9,450	3,691	13,142	24,734	27,151	2,446	4,049	33,646	3,031	36,677
2001	13	4,380	1,295	5,675	9,092	2	9,095	9,823	4,393	14,216	28,986	25,907	4,215	2,891	33,013	5,555	38,568
2002	14	1,788	1,866	3,653	8,772	6	8,778	9,967	3,229	13,196	25,627	16,200	1,236	2,234	19,670	2,581	22,251
2003	15	2,029	1,605	3,634	13,224	4	13,228	9,748	1,698	11,447	28,308	37,442	6,026	7,710	51,178	3,796	54,974
2004	16	1,803	1,359	3,162	6,917	1	6,918	5,607	1,351	6,958	17,038	17,842	2,591	5,306	25,740	2,974	28,714
2005	17	1,934	1,821	3,756	5,682	2	5,684	5,873	1,123	6,996	16,435	20,709	2,341	3,477	26,527	2,996	29,523
2006	18	1,593	2,881	4,474	6,353	1	6,354	9,643	2,933	12,576	23,404	13,105	1,368	2,780	17,252	1,188	18,441
2007	19	2,669	1,041	3,710	3,989	1	3,990	6,936	1,637	8,573	16,273	31,797	2,374	3,418	37,589	3,716	41,305
2008	20	1,348	1,346	2,694	6,464	1	6,466	5,838	1,028	6,866	16,026	35,645	5,260	5,319	46,224	2,511	48,735
2009	21	783	1,245	2,028	4,949	1	4,949	4,988	1,358	6,346	13,323	14,700	5,229	7,111	27,041	1,785	28,825
2010	22	1,749	705	2,454	3,540	1	3,541	5,006	1,500	6,506	12,501	11,194	3,905	2,506	17,605	2,990	20,595
2011	23	1,392	674	2,066	5,114	0	5,114	5,633	1,864	7,497	14,677	13,808	2,859	2,936	19,603	2,114	21,717
2012	24	1,041	659	1,700	2,864	12	2,876	4,820	1,356	6,176	10,752	10,180	2,480	5,581	18,241	1,407	19,648
2013	25	1,411	774	2,186	2,010	0	2,010	3,624	1,040	4,664	8,859	11,672	2,143	2,879	16,693	1,287	17,980
2014	26	650	568	1,219	2,807	1	2,808	4,081	1,061	5,143	9,169	10,419	1,773	1,787	13,979	1,900	15,879
2015	27	733	241	974	1,980	1	1,980	1,626	550	2,176	5,130	4,909	1,526	1,198	7,634	1,827	9,461
2016	28	1,814	205	2,019	1,944		1,944	2,649	891	3,540	7,503	2,086	1,083	1,412	4,582	291	4,873
2017	29	2,550	982	3,533	3,133	0	3,133	1,227	275	1,502	8,167	2,588	1,395	341	4,324	292	4,616
2018	30	1,773	1,464	3,237	2,665	0	2,665	967	168	1,134	7,036	2,400	1,154	718	4,272	117	4,389
2019	令和 1	430	36	465	1,602	0	1,602	483	282	766	2,833	1,951	824	314	3,089	226	3,315

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2 1985~2018年までの道北日本海における月別漁獲量。

道北日本海		年度\月												3 4~9月計		10~3月計		年度計				
年度	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1985			1		177	661	221	328	265	18									1,061	610	1,671	
1986					9	232	72	187	186	1									313	374	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	1						2,079	2,129	4,208	
1998		0	0	2	693	2,818	1,023	1,743	577	21	0			3					4,536	2,344	6,880	
1999		0	0	7	1,093	1,975	1,343	1,498	1,363	41									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										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	
平均		0	0	8	666	1,238	625	878	616	33	1	1	4	2,530	1,524	4,053						

表3 1985～2019年までの道央日本海における月別漁獲量。

道央日本海															
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		1		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	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	2,787	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	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	485	548	240	617	824	359	58	1	0	1	1,891	1,242	3,133
2018		4	120	621	155	378	525	742	120		1		1,278	1,388	2,667
2019		0	88	415	138	300	351	232	78	0			940	661	1,602
平均	6	6	324	1,868	1,377	990	877	964	419	13	5	3	4,564	2,273	6,836

表4 1985～2019年までの道南日本海における月別漁獲量。

道南日本海															
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	0		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		15,177	5,856	21,033
1997		0	4,780	5,834	1,710	1,286	1,022	2,180	1,204	36	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	119	218	123	106	71	19	2			568	198	766
平均	0	0	1,464	2,922	1,586	1,234	879	913	774	77	17	3	7,205	2,633	9,838

表5 1985～2019年までの渡島太平洋における月別漁獲量。

渡島太平洋															
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	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	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
平均	4	5	385	1,697	2,033	2,210	4,192	5,370	1,147	25	10	47	6,331	10,753	17,084

表6 1985～2019年までの胆振における月別漁獲量。

胆振															
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			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		0	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	0	66	99	1,076	331	9	0			165	1,416	1,582
1994		0	42	125	76	915	201	5	0	0	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	6	232	287	966	675	208		0	0	525	1,849	2,374
2008	1	0	0	1	72	465	2,864	1,549	309	0	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	0	1,496	984	2,480
2013	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	32	68	0	0	0	221	602	824
平均	0	0	0	16	95	212	1,112	370	41	3	3	2	324	1,526	1,850

表7 1985～2018年までの日高における月別漁獲量。

日高																
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	
平均	0	0	1	182	1,098	1,430	907	274	9	0		3	2,653	1,188	3,841	

4. 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
 協力機関 檜山振興局水産課
 檜山地区水産技術普及指導所

(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（2019年度の一部は水試集計速報値），ひやま漁協の漁獲日報から集計した。また，11～2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）の松前町と福島町の漁獲量は，漁業生産高報告（2019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) 2019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。2019年度の檜山管内の漁獲量は597トンと低水準ではあるが，前年度（347トン）の1.7倍に増加した（表1）。檜山管内の漁獲金額は0.9億円で，前年度（0.8億円）よりやや増加した（表1）。

渡島管内における漁獲量と漁獲金額は，それぞれ3トン，167千円で，檜山管内と比べて少なかった（表1）。

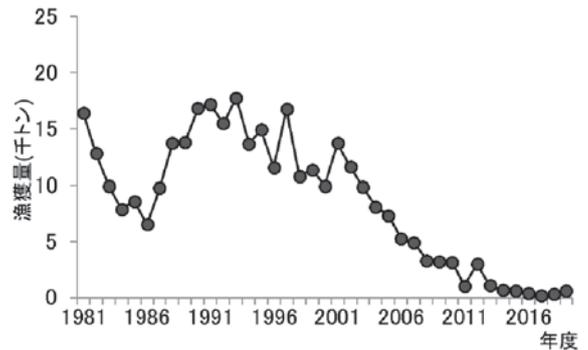


図1 檜山管内におけるスケトウダラ漁獲量の経年変化

表1 スケトウダラの地区別漁獲量と金額

(漁獲量：トン、金額：千円)

	2018年度漁期計		2019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	6	0	0	-	-
乙部	347	80,394	597	93,684	172	117
江差	0	4	0	0	-	-
上ノ国	0	1	0	0	-	-
奥尻	0	0	0	0	-	-
合計	347	80,406	597	93,684	172	117
松前	2	88	3	167	171	190
福島	0	0	0	0	-	-
合計	2	88	3	167	171	190

※ 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。
 2019年度のデータの一部は水試速報集計値を使用。

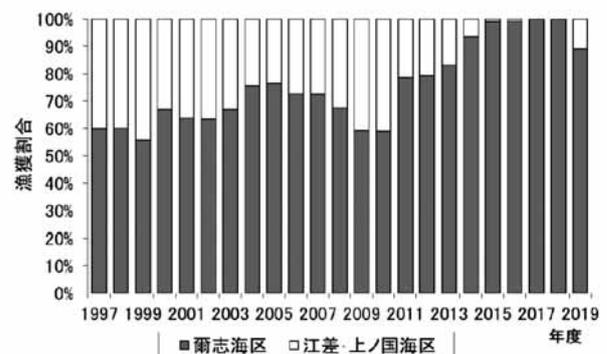


図2 檜山管内における地区別漁獲割合の経年変化

檜山管内のスケトウダラ漁獲量を地区別にみると、爾志海区（熊石+乙部）の漁獲割合は1997～2010年度までは全体の70%前後で推移したが、2011年度以降徐々に増加し、2015年度以降はほぼ100%で推移している（図2）。これは資源量の減少に伴って、魚群の分布が主産卵場である爾志海区に集中したためと考えられた。

b 漁獲物の特徴

2015～2019年度の檜山海域における延縄漁獲物の尾又長組成と年齢組成を図3に示す。

2016年度までは、比較的資源豊度が高い2005年級群と2006年級群（2015年度ではそれぞれ10歳と9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2010年級群（8歳）と2012年級群（6歳）が漁獲の主体となり、2019年度は2012年級群に加え、2015年級（5歳）と2016年級（4歳）が主に漁獲された。この間の尾又長は、概ね40～50cm台が主体で推移したが、2019年度は若齢化に伴い40cm以下の小型魚もまとめて漁獲された。

c 漁獲動向と漁獲努力量

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4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。2019年度の漁獲量は469トンで前年（324ト

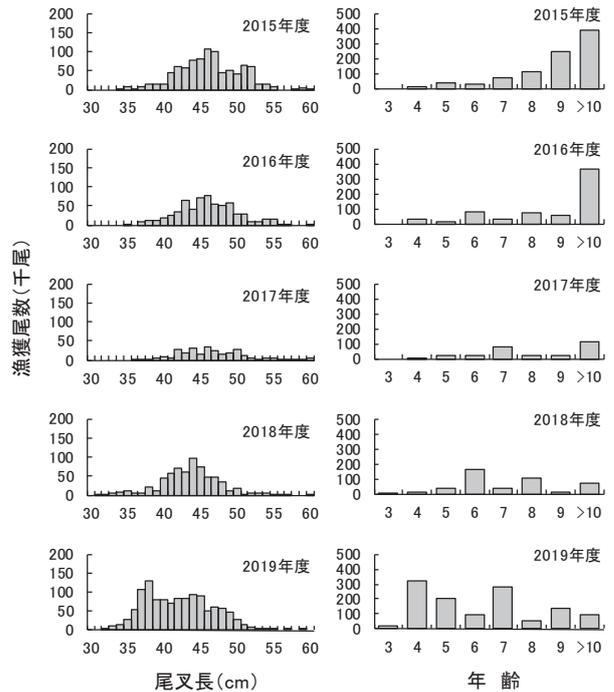


図3 檜山海域において延縄で漁獲されたスケトウダラの尾又長組成と年齢組成

ン)を上回った。また、平均CPUEも1.5トンと前年(1.3トン)を上回った。

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、2019年度は魚体が小型化したこともあり144円に下がった。

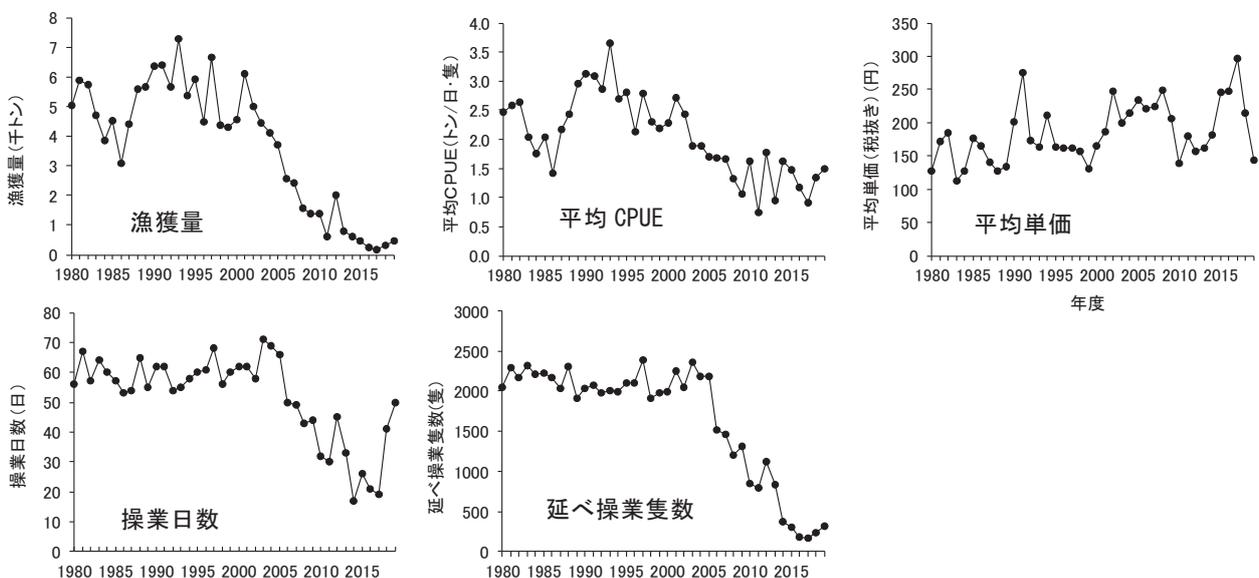


図4 すけとうだら延縄漁業による漁獲結果の経年変化（乙部町）

2019年度の操業日数は50日で、前年(41日)をやや上回った。また、延べ操業隻数は312隻で、前年(241隻)を上回った。

乙部町の豊浜地区におけるすけとうだら延縄漁で使用した縄数は、1998年度以降減少傾向が続き、2015年度以降は1998年度比で10%以下の低水準で推移している(図5)。2019年度の縄数は7,930鉢と低水準ではあるが前年(5,805鉢)をやや上回った。

以上のように、平均単価を除き漁獲量や漁獲努力量は低水準ながらも前年を上回った。これは、2015年級群や2016年級群のように近年の中では比較的豊度の高い年級群が漁獲に加入してきたことと、天候に恵まれて出漁日数が増えたためと考えられた。

d 道西日本海の漁獲動向

道西日本海(福島町～稚内市)のスケトウダラ漁獲量は、1970～1992年度まではおおよそ8～15万トンで推移した(図6)。1993年度には10万トンを下回り、その後減少傾向を示した。2001、2002年度はやや増加したものの、2004年度以降は再び減少傾向で推移している。2013年度には1万トンを下回る9,553トンとなり、TACがABC相当に削減された2015年度は5,390トンまで減少した。その後は横ばいで推移し、2019年度は5,241トンで前年(5,636トン)よりも減少した。

漁業別でみると、積丹半島以北を漁場としている沖合底曳網漁業の漁獲量の減少が大きく、1989～1992年

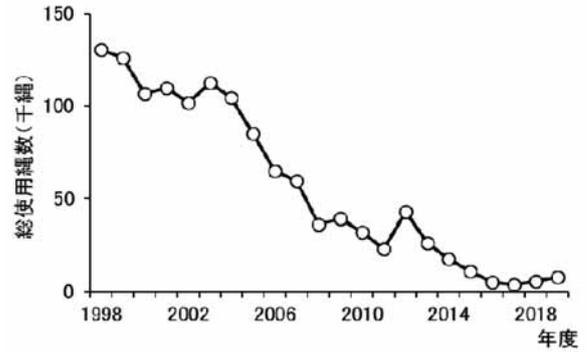


図5 すけとうだら延縄漁で使用した縄数の経年変化(乙部町豊浜地区)

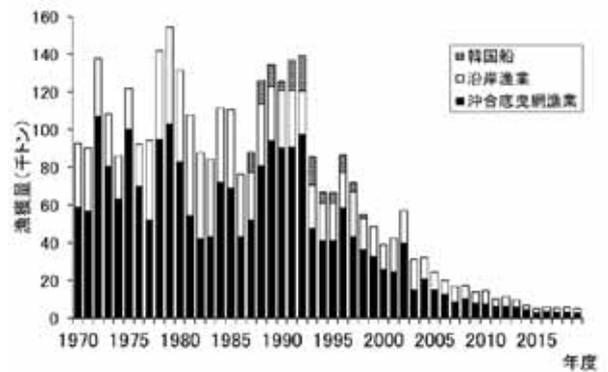


図6 道西日本海におけるスケトウダラの漁業別漁獲量の推移

度には9万トン台の漁獲量があったが、1993年度以降、減少傾向が続き、2015年度は2,814トンにまで減少し

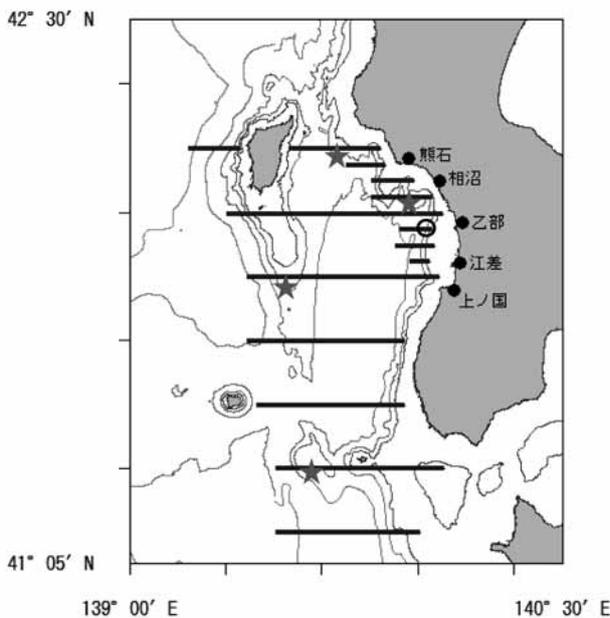


図7 スケトウダラ調査海域図
実線(—)は魚探調査ライン
星印(★)はトロール調査点
黒丸(●)は海洋観測点

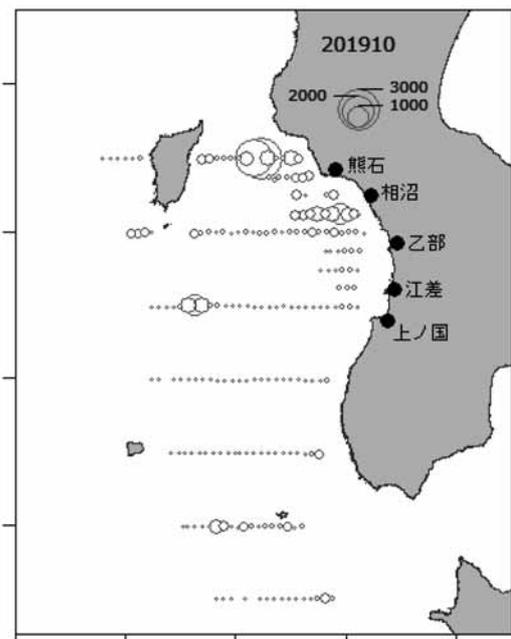


図8 調査海域全体の魚群の水平分布
○の大きさが魚群反応量を示す

た(図6)。その後は横ばいで推移し、2019年度は2,768トンで前年(3,095トン)よりも減少した。

沿岸漁業は1979年の5.7万トンを最高に減少傾向となり、2005年度に1万トンを下回った(図6)。その後も減少傾向が続き、2019年度は2,428トンで前年(2,517トン)よりもやや減少した。

イ 海上調査

(ア) 産卵群漁期前分布調査(新規加入量調査)

2019年10月14~20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7)。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

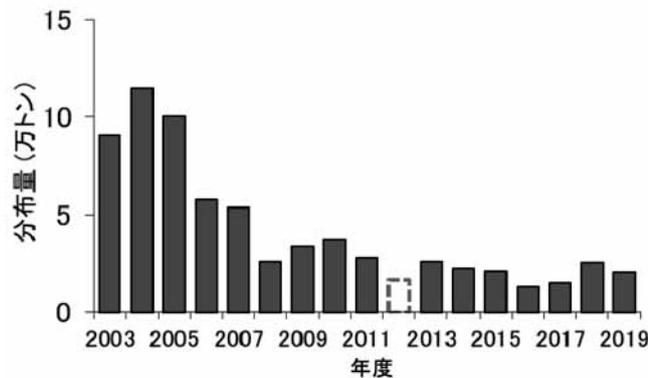


図9 檜山海域のスケトウダラ現存量の推移
※2012年は荒天による欠測等により過小評価されているため参考値

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8)。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(2018年)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

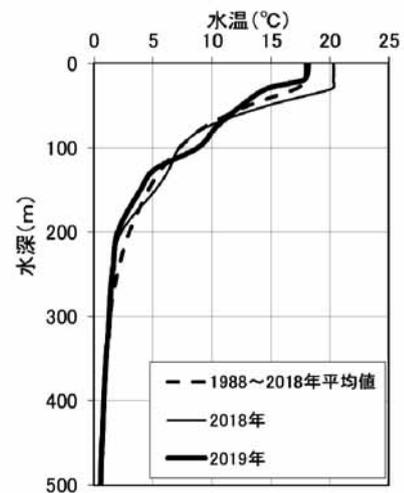


図10 乙部沖の10月の鉛直水温分布

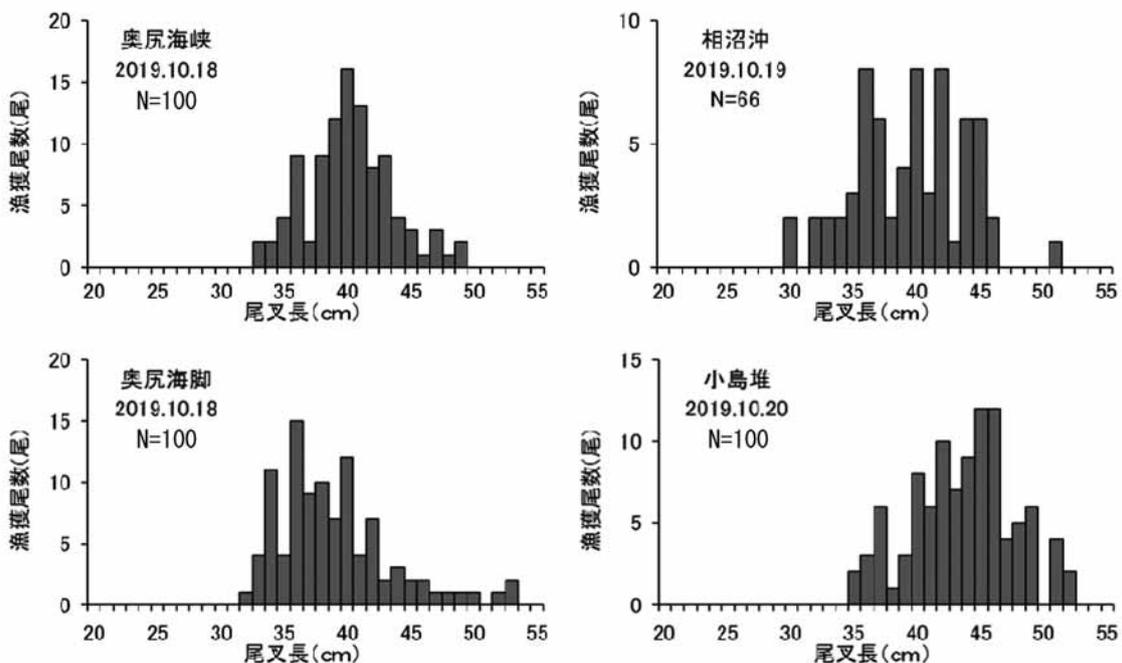


図11 着底トロール調査で漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

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、2008年以降低水準で推移している(図9)。2019年度の分布量は21,074トンで、前年(25,875トン)の約8割に減少した。

c 水温環境

この時期スケトウダラが多く分布する水深300m以深の水温は1.3℃以下でほぼ平年並であった(図10)。

d 着底トロールによる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7)。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11)。

(イ) 産卵群漁期中分布調査(新規加入量調査)

2019年12月9~11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12)。

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13)。一方、10月の漁期前調査ではスケトウダラがまとまって分布していた奥尻島の南側や松前小島堆周辺ではほとんど分布が見られなかった。また、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14に示す。2019年のスケトウダラ分布量は1,654トンで、前年(829トン)の約2倍に増加した。ただし、分布量が多かった2008年以前と比較すると引き続き低水準で推移している。

c 水温環境

この時期スケトウダラが多く分布する水深300~500mの水温は2.1℃以下で平年並であった(図15)。

d 着底トロールによるスケトウダラの尾叉長組成

魚探反応が大きかった2調査点で着底トロールを実施した(図12)。主な漁獲対象となる尾叉長40cm以上のスケトウダラに加え、35cm前後の小型の個体もまとまって漁獲された(図16)。

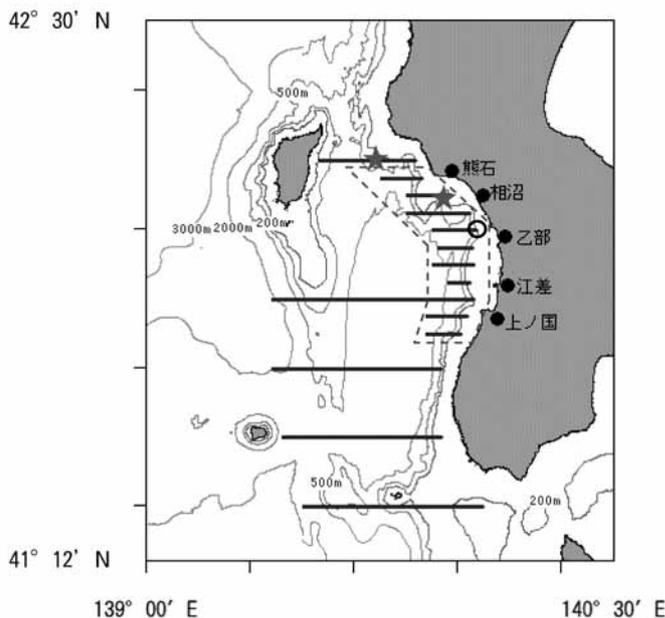


図12 スケトウダラ調査海域図
 実線(—)は魚探調査ライン
 破線は図14の魚群反応量を算出した範囲
 星印(★)はトロール調査点
 黒丸(○)は海洋観測点

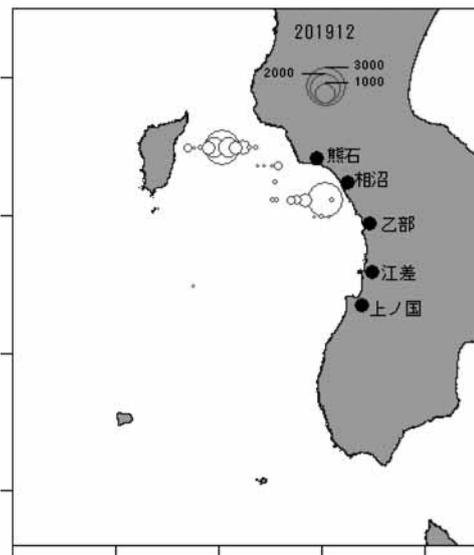


図13 調査海域全体の魚群の水平分布
 ○の大きさが魚群反応量を示す

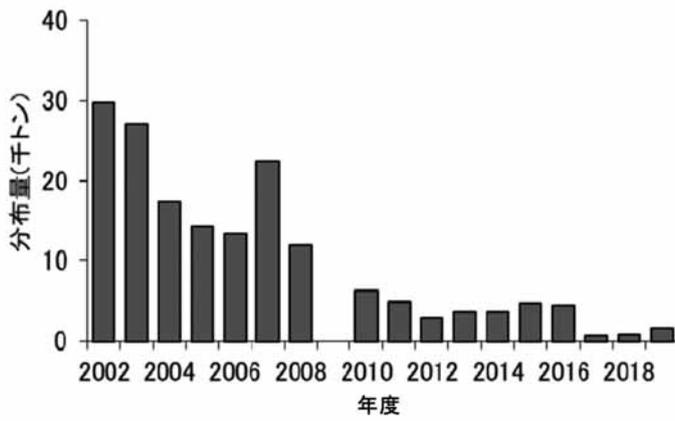


図 14 延縄漁場とその周辺のスケトウダラ分布量の推移 ※2009 年は荒天で調査できず

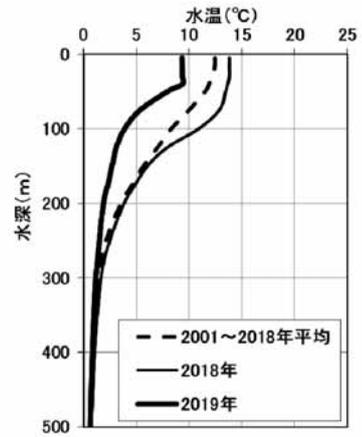


図 15 乙部沖の 12 月の鉛直水温分布

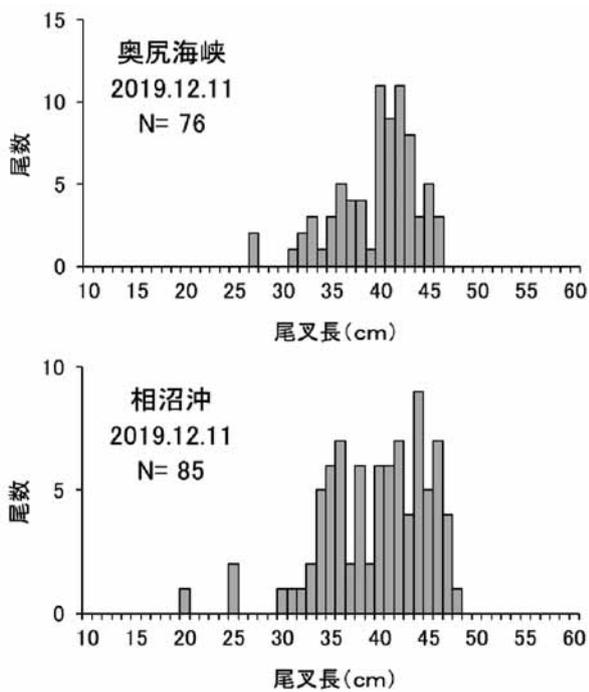


図 16 着底トロール調査で漁獲したスケトウダラの尾叉長組成

4. 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、2019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进行评估した。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、この直線の間接点を算出するツールを用いて、漁具の中間点を割り出し、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（const-

ant)。

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

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は操業日誌の記録が行われた2010年～2019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

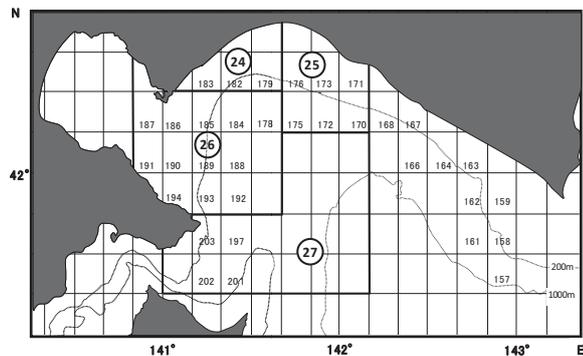


図1 沖底漁業における資源量指数の集計対象海区

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)。

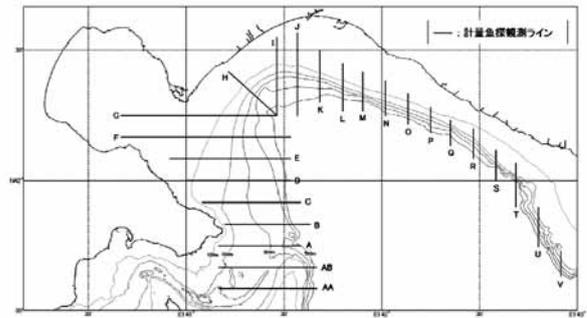


図2 産卵来遊群分布調査海域

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: 2019年8月27日～9月2日
- 2次調査: 2019年11月13～29日
- 3次調査: 2020年1月14～19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。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。

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

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*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し網漁業協議会、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

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

年度計 (4~3月), 2019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

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傾向となり、2018年度は3.5万トンになった。2019年度は前年度を上回り4.0万トンとなった(表2、図3)。

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となっており、2019年度の漁獲量は2.7万トンであった。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。2019年度は376トンとなり

1985年度以降の最低値となった。なお、定置網における漁獲の主体は渡島管内であるが(図4)、2008～2012年度に日高管内で、2011～2013および2017年度に胆振管内で定置網における漁獲量が1千トンを超えた。しかし、2018年度以降は定置網漁獲量が1千トンを超えた海域はなかった(図4)。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2万トン前後でほぼ横ばいで推移していたが、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、2019年度は1.2万トンとなった(表2、図3)。

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、1966～1974年度および1984～1997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。1998年度以降は高豊度年級群(1994、1995、2000、2005、2007年級群)が漁獲対象となった年度にのみ漁獲量が大きく増加する傾向がみられた(図5)。最近では高豊度年級群が発生していないことから、2010年度に5万トン台になって以降、減少傾向となっており、

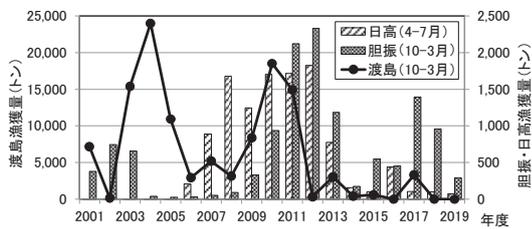


図4 定置網漁業におけるスケトウダラ漁獲量の推移(振興局別)

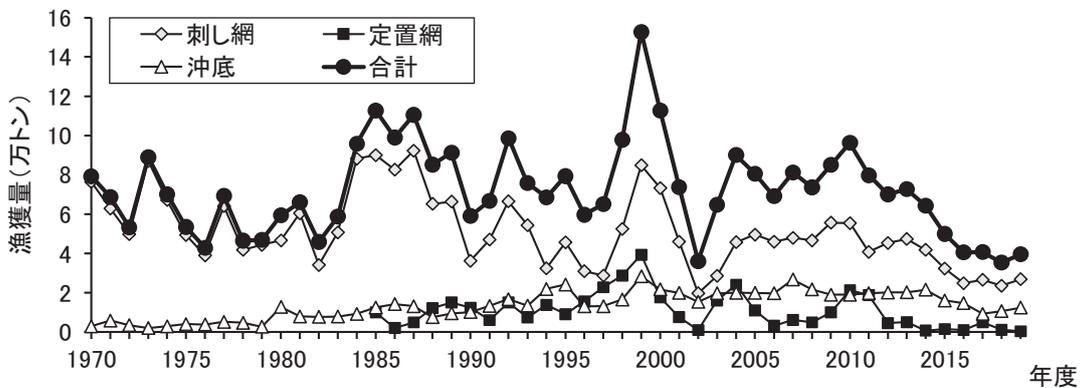


図3 道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁業種別漁獲量の推移

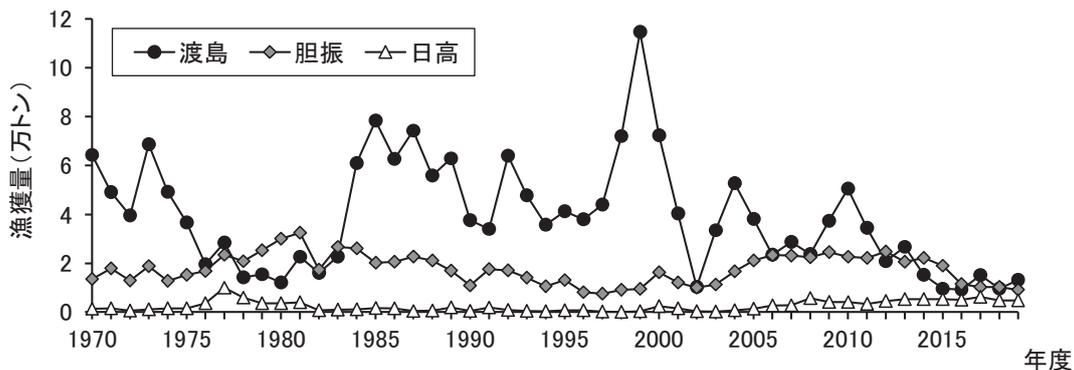


図5 道南太平洋海域におけるスケトウダラ振興局別漁獲量の推移

2014～2019年度は0.9～1.5万トンで推移している。2019年度は1.3万トンで前年度（1.0万トン）を上回った。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る。とくに、2005～2014年度は2.1万～2.5万トンで比較的安定して推移したが、2015年度以降は減少傾向となっており、2019年度の漁獲量も前年度（1.0万トン）をやや下回る0.9万トンであった。日高管内の漁獲量は、他の2つの地域と比べると少なく、1970年度以降、1976～1981年度を除き、3千トン未満で推移していたが、2008年度以降、おおよそ3千～6千トンで推移している。2019年度は4.8千トンで前年度と同量であった。

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、1,400前後で推移している。2019年度は1,475であった（図6）。

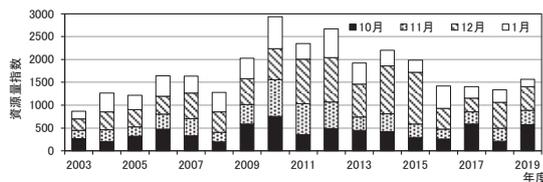


図6 刺し網漁業の資源量指数の推移

(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、2014年度には32.7となった。その後は、2016年度を除き、30前後で推移しており、2019年度は34.3であった（図7）。なお、2016年度は17.3と低い値となったが、2016年度は秋季～冬季にかけて、産卵場周辺海域が高水温となっており、漁期終盤になっても魚群が沖合の深場に留まっていたことから、刺し網での漁獲が困難となったため、CPUEが低い値になったものと考えられる。

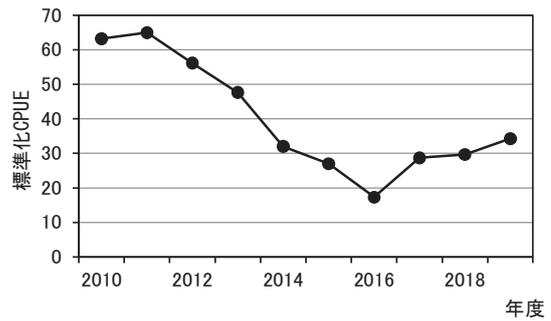


図7 刺し網漁業操業日誌に基づく標準化CPUEの推移

(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1990年度以降では最大の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（3.5万）も2017年度と同程度であったが、2019年度には再び増加し、5.7万となった（図8）。

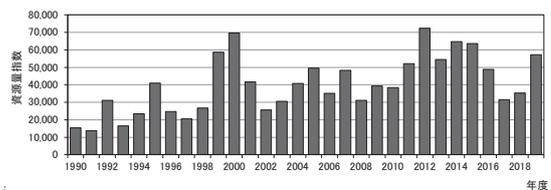


図8 沖底漁業の資源量指数の推移

(イ) 漁獲物の生物測定調査

2017～2019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9に示した。2019年度の漁獲物の尾叉長は21～63cmの範囲にあり、45cmにモードがみられた。年齢は6歳（2013年級群）が最も多く、次いで5歳（2014年級群）、4歳（2015年級群）の順で、4～6歳で全漁獲物の72%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10に示した。1次調査（8月下旬）の反応量（m²/nm²）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

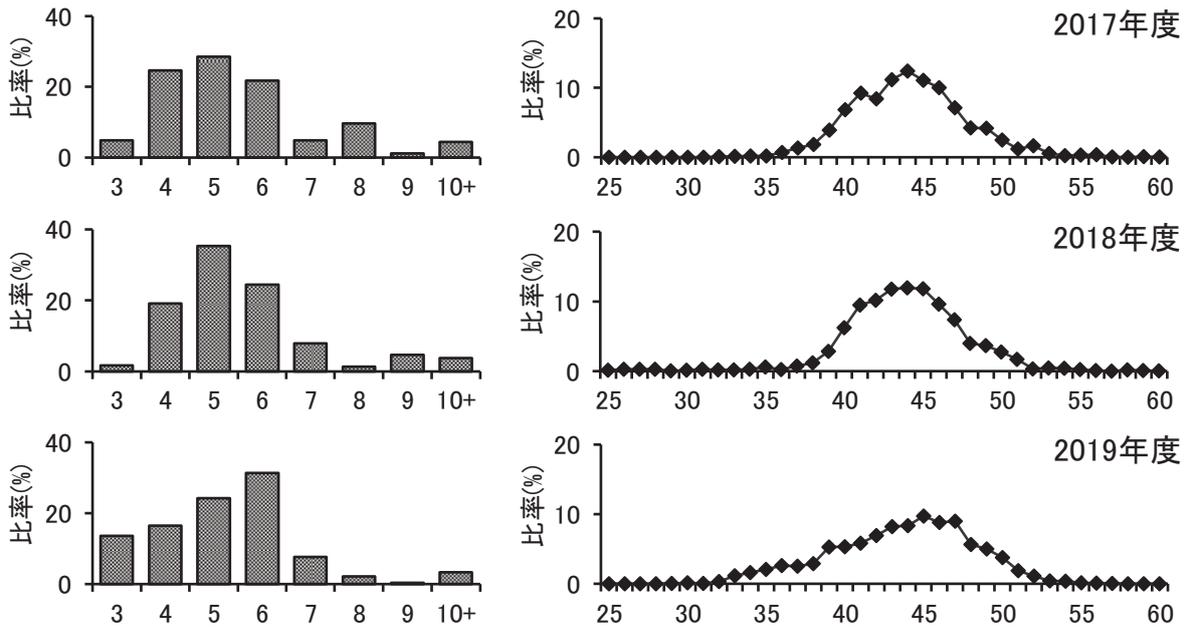


図9 道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁獲量の年齢および尾叉長組成

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年度以降は、2018年度(8.0万)を除くと、16万前後で推移しており、2019年度には15.5万であった。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年度以降で最高の420.3万まで急増した。その後は、増減はあるものの減少傾向となっており、2019年度は46.7万となった。

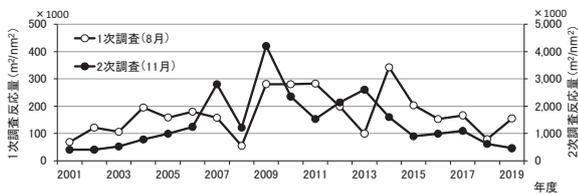


図10 スケトウダラ調査時期別の魚探反応量(MASC累積値)

両調査で得られた反応量を、それぞれの平均値で基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11)。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4.46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年度はやや増加し1.21となった。

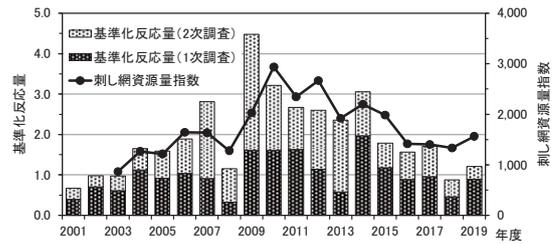


図11 調査時期別の基準化反応量および刺し網資源量指数の推移

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、2年連続で発生した高豊度年級群(1994および1995年級)の漁獲加入により1998年度には2.5億尾、1999年度には3.0億尾と増加した。その後も高豊度年級群(2000・2005・2007・2009年級群)の加入と衰退により漁獲尾数は増減し、2004年度には2000年級群の漁獲加入により1.8億尾、2009及び2010年度には2005年級群の加入によりそれぞれ1.7億尾、1.8億尾まで増加した。2011年度以降も2007年級群や2009年級群の加入があったことから、2014年度まで1億尾以上の漁獲尾数があったが、2015年度以降は豊度の低い年級群の加入が続いたため、漁獲尾数は減少し、2019年度には0.6億尾となった(図12)。

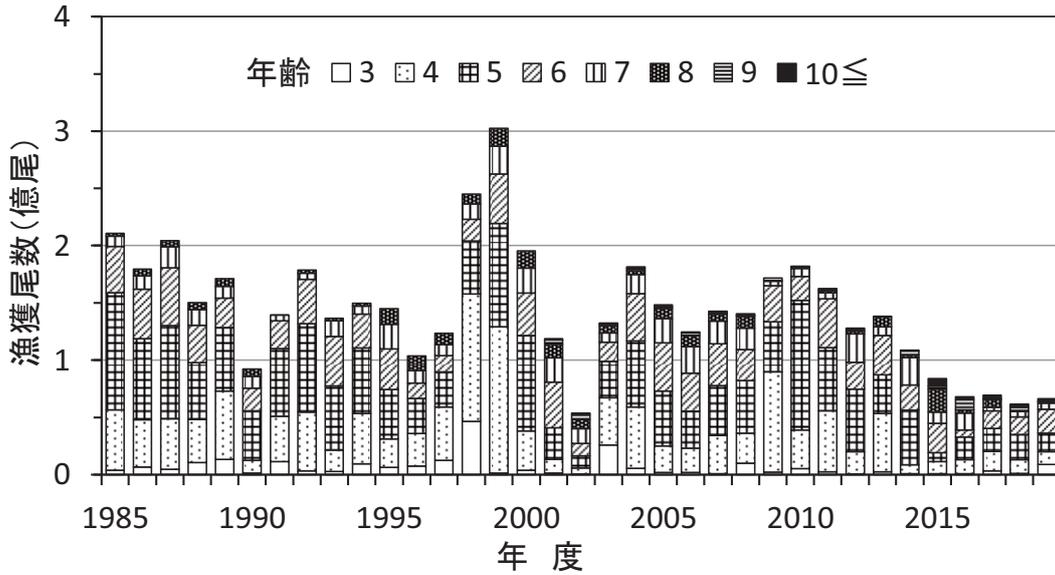


図 12 道南太平洋海域におけるスケトウダラの年齢別漁獲尾数の推移

(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、2003～2018年

度の16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、低水準とした。2019年度の刺し網漁業の資源量指数を用いた水準指数は84であったことから（図13）、2019年度の資源水準は中水準と判断した。

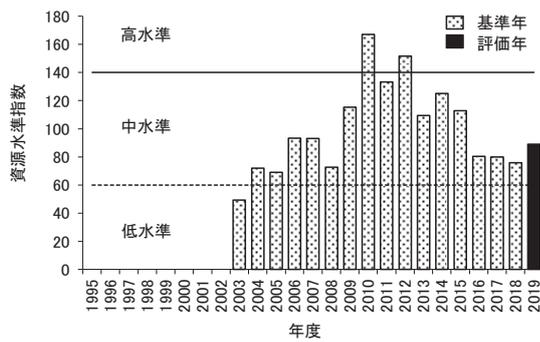


図 13 道南太平洋海域におけるスケトウダラの資源水準（資料は刺し網資源量指数）

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し網漁業協議会、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平成31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。

4. 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1985～2018年の漁業生産高報告と2019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

産卵海域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。2019年に生物測定の対象とした漁協および漁法は、松前さくら漁協（刺し網）、ひやま漁協奥尻支所（底建網）、ひやま漁協上ノ国支所（刺し網）、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）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。

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

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

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

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

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（5歳+）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。2019年の1～4歳の F は、2016～2018年の平均値とした。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を算出した。なお、本資源では漁期年を1月～12月としたことから、資源尾数・資源重量ともに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月～12月に産卵し、12月～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歳魚時点）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月～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対し1歳では成熟しない個体もいることから、道北での事例を参考に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た、

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トンになった。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。道南太平洋では1985年に1千トン台まで減少した後増加傾向に転じて1990年には8千トン台となった。その後は道南日本海と同様に2002年まで増減を繰り返した。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。

2019年の海域別・漁法別の漁獲量を2018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548%に増加し、底建網の漁獲量も前年比149%に増加した。一方、刺し網の漁獲量は前年比58%に減

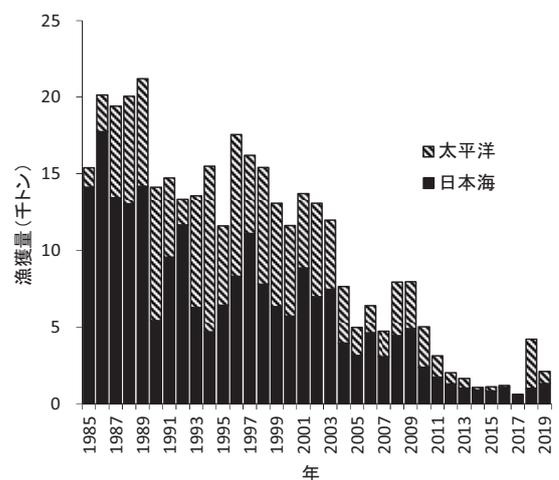


図1 道南海域の海域別ホッケ漁獲量の推移

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	2019年			2018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	314	0	315	57	1	57	556.2	35.9	548.0
	底建網	423	291	714	170	308	478	248.5	94.4	149.2
	刺し網	134	85	219	222	157	378	60.6	54.3	58.0
	まき網	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	その他	40	25	65	44	43	87	91.4	58.8	75.3
	小計	911	402	1,313	492	509	1,001	185.2	79.0	131.2
道南太平洋	定置網	477	24	502	2,324	112	2,436	20.5	21.5	20.6
	底建網	20	6	26	589	66	655	3.4	8.7	3.9
	刺し網	146	66	212	35	64	99	418.5	102.8	214.3
	まき網	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	その他	34	22	56	5	9	15	658.3	228.7	380.7
	小計	678	117	795	2,953	252	3,205	23.0	46.6	24.8
	合計	1,589	519	2,108	3,445	760	4,205	46.1	68.2	50.1

注) 2019年の漁獲量は水試集計の速報値

少し、総漁獲量は前年比131%となった。道南太平洋では、刺し網の漁獲量が前年比214%に増加したが、定置網は前年比21%に減少し、底建網も前年比4%に減少したことで、総漁獲量は前年比25%となった。まき網による操業は、道南太平洋では2007年に操業隻数が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、道南太平洋では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。なお、2019年は両海域とも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年以降減少傾向が続き、2015年には45トンとなった。2018年は前年(57トン)から増加して111トンとなり、2019年もほぼ同量の116トンであった。同地区の底建網の漁家数は、2004年まで20軒程あったものが次第に減少し、2019年は10軒となった(図2-B)。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10トン前後となり、2019年は12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60百万尾を超え、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ものの、2019年は5.5百万尾に減少した。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年～2017年は2歳以上が主体であった。漁獲尾数が急増した2018年は1歳魚が90%近くを占め、翌2019年は2歳魚が75%を占めた。これらはいずれも2017年級群であった。

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、

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

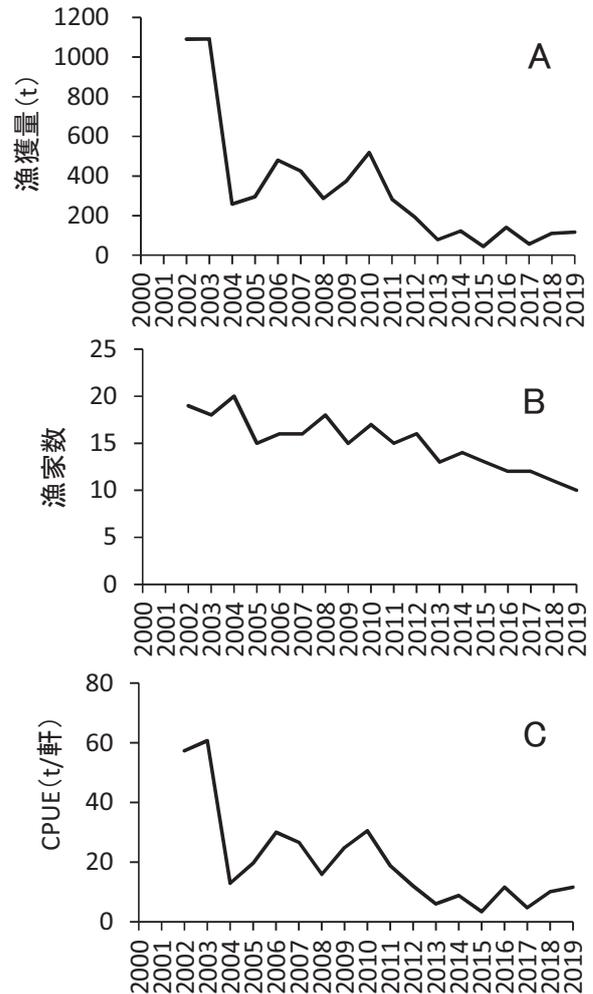


図2 ひやま漁協上ノ国支所および松前さくら漁協における10～12月の底建網によるホッケの総漁獲量(A)、総漁家数(B)および漁家1軒当たりの漁獲量(C)の推移

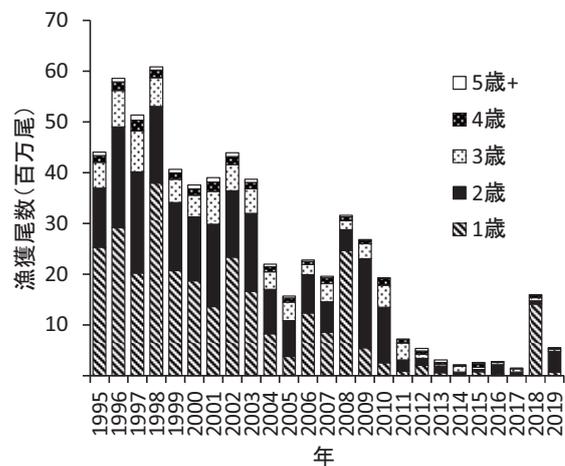


図3 道南海域におけるホッケの年齢別漁獲尾数の推移

35.6百万尾に増加したが、続く2018年級の加入が少ないことで2019年の資源尾数は16.1百万尾に減少した。

資源重量の推移を図4-Bに示した。資源重量は1996年に45.5千トンとな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8.9千トンに増加したが2019年は6.0千トンに減少した。

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。2019年級ではやや増加して4.4千トンとなった。

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年級～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31.8百万尾に増加したが、2018年級では3.4百万尾に減少した。

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、翌2018年級では1.9に低下した。

カ 現在の資源水準と動向

年齢別漁獲係数および年齢別漁獲率（年齢別漁獲尾数/年齢別資源尾数）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歳魚を中心に漁獲していた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が漁獲率上昇の主因であると考えられる。2歳魚の漁獲率は2010年までは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

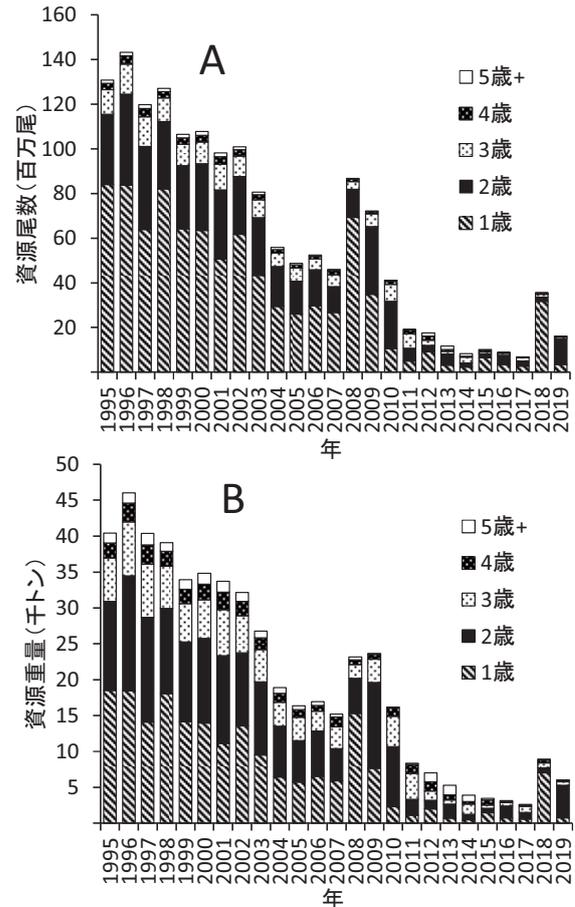


図4 道南海域におけるホッケの資源尾数 (A) と資源重量 (B) の推移

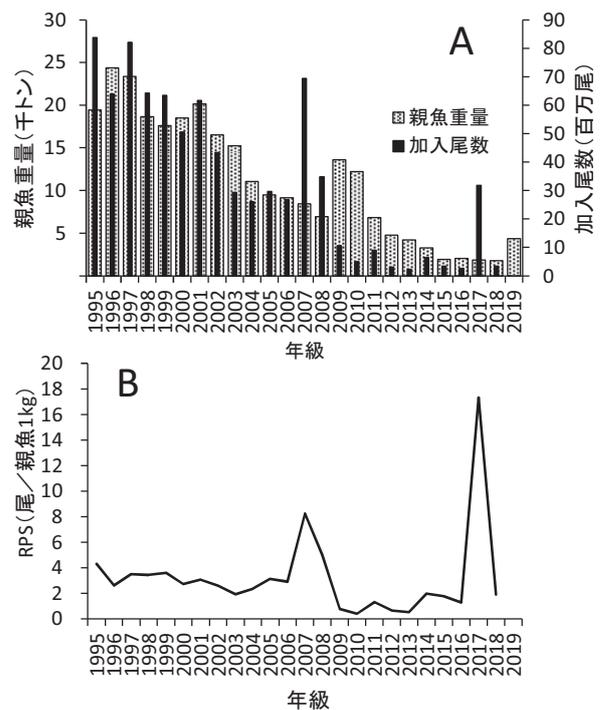


図5 加入尾数と親魚重量 (A) およびRPS (B) の推移

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。

2019年度の資源水準を資源重量により判断した(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。2019年の資源水準指数は25であり低水準と判定された。

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点では2,818個体が採捕された。

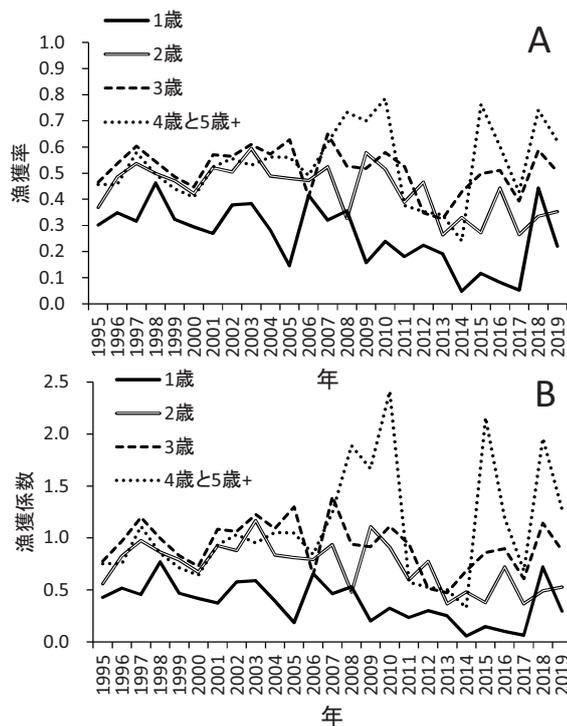


図6 年齢別の漁獲率(A)と漁獲係数(B)の推移

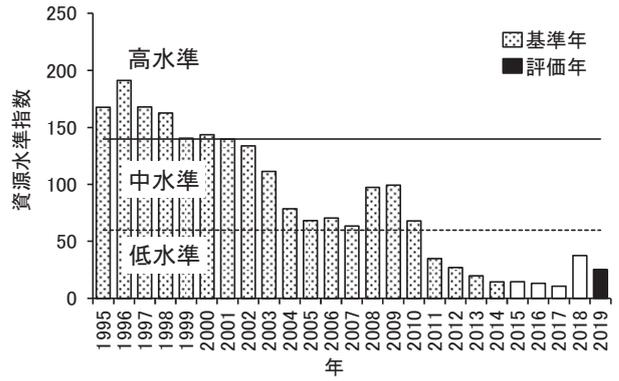


図7 道南海域におけるホッケの資源水準 (資源量指標: 資源重量)

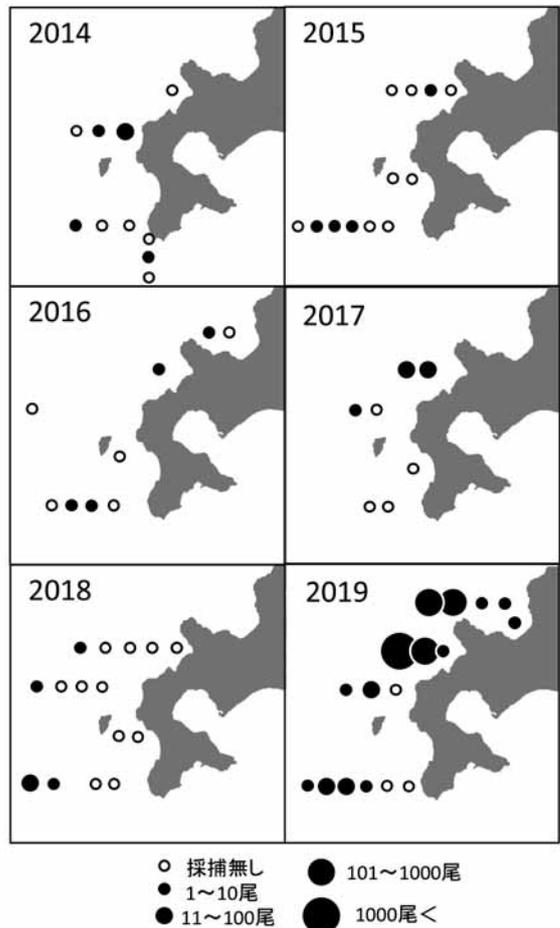


図8 丸稚ネットによるホッケ仔稚魚の採捕数

4. 4 イワシ・サバ類

担当者 調査研究部 渡野邊雅道 有馬 大地

(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

6～11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、第一背鰭における1～9番目の棘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。

2019年の渡島管内の累計漁獲量は2,176.0トンで、2018年（6,053.0トン）の約1/3に減少した（表1）。一方、胆振管内、日高管内の漁獲量はそれぞれ2.3トン、1.4トンで、ほとんど漁獲されなかった。

漁業種別では、ほぼ全量（99.93%）が定置網と底建網で漁獲された。

(イ) 生物測定結果

6/18に津軽海峡内の上磯沖の定置網で漁獲されたマイワシの測定を行った（図1）。体長組成は、14cm台にモードが見られ、平均体長は14.5cmであった。

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	3,337.9	11.5	0.1	3,349.4
2002年計	851.0	10.0	0.3	861.3
2003年計	351.0	3.0	0.8	354.8
2004年計	280.6	6.9	0.1	287.6
2005年計	75.2	13.1	0.0	88.3
2006年計	465.6	6.4	0.2	472.2
2007年計	279.5	2.0	0.0	281.5
2008年計	82.9	2.6	0.1	85.6
2009年計	254.9	0.9	0.2	256.0
2010年計	515.4	0.9	0.0	516.3
2011年計	3,799.9	1.7	1.3	3,802.9
2012年計	558.7	0.6	2.4	561.7
2013年計	4,359.3	3.4	2.8	4,365.5
2014年計	21,729.0	1.7	9.3	21,739.9
2015年計	7,977.7	2.7	3.2	7,983.6
2016年計	2,836.9	1.3	1.4	2,839.6
2017年計	14,989.2	0.2	0.0	14,989.4
2018年計	6,053.0	1.0	4.2	6,058.2
2019/01	-	-	-	0.0
2019/02	-	-	-	0.0
2019/03	-	-	-	0.0
2019/04	-	-	-	0.0
2019/05	0.0	0.0	-	0.0
2019/06	107.5	0.2	1.0	108.7
2019/07	62.2	0.8	0.4	63.4
2019/08	350.0	-	-	350.0
2019/09	78.9	-	-	78.9
2019/10	2.8	-	0.0	2.8
2019/11	121.1	0.2	0.0	121.3
2019/12	1,453.6	1.1	-	1,454.7
2019年計	2,176.0	2.3	1.4	2,179.8

出典：北海道水産現勢及び指導所集計速報値

2018,2019年は暫定値

※「0.0」は漁獲量50kg未満、「-」は漁獲無し

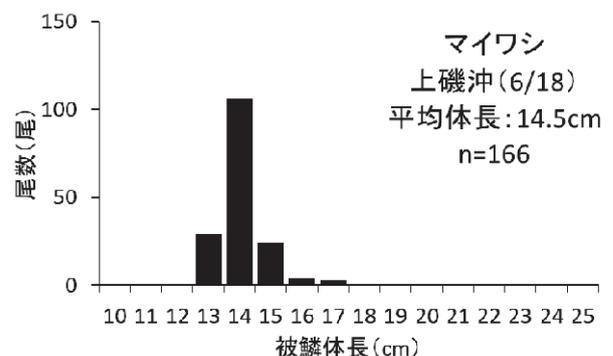


図1 定置網で漁獲されたマイワシの体長組成

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)。

2019年の渡島管内の累計漁獲量は648.1トンで、2018年(57.1トン)を大幅に上回った(表2)。しかし、3千トン以上を漁獲していた2014年以前と比較すると低水準である。一方、胆振管内、日高管内ではほとんど漁獲がなかった。

(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

年/管内	(単位:t)			
	渡島	胆振	日高	道南計
2001年計	4,087.9	1.3	0.0	4,089.2
2002年計	15,012.0	7.4	0.1	15,019.6
2003年計	10,450.0	5.5	0.0	10,455.5
2004年計	8,226.1	15.7	0.0	8,241.8
2005年計	4,259.4	15.4	0.0	4,274.8
2006年計	11,700.4	7.2	0.0	11,707.7
2007年計	9,920.5	12.0	0.0	9,932.5
2008年計	6,341.5	9.9	0.2	6,351.5
2009年計	14,854.2	3.4	0.0	14,857.6
2010年計	22,911.1	3.8	0.0	22,914.9
2011年計	6,535.0	6.6	0.0	6,541.6
2012年計	13,509.0	4.5	0.0	13,513.4
2013年計	3,704.4	2.3	0.0	3,706.7
2014年計	3,589.3	2.2	0.0	3,591.5
2015年計	381.3	0.9	0.0	382.3
2016年計	421.5	0.0	0.0	421.5
2017年計	956.3	0.0	0.0	956.3
2018年計	57.1	0.3	0.0	57.4
2019/01	0.4	-	-	0.4
2019/02	-	-	-	0.0
2019/03	1.4	-	-	1.4
2019/04	0.0	-	-	0.0
2019/05	-	-	-	0.0
2019/06	4.6	0.0	-	4.6
2019/07	77.0	0.0	-	77.0
2019/08	9.1	-	-	9.1
2019/09	165.4	-	-	165.4
2019/10	42.4	-	-	42.4
2019/11	54.8	-	-	54.8
2019/12	292.9	-	-	292.9
2019年計	648.1	0.0	0.0	648.1

出典: 北海道水産現勢及び指導所集計速報値
2018,2019年は暫定値

※「0.0」は漁獲量50kg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)。

2019年の渡島管内の累計漁獲量は17,805.2トンで、2018年(4,503.3トン)の約4倍に増加し、2001年以降では最も多かった(表3)。一方、胆振管内、日高管内の漁獲量は、それぞれ138.2トン、670.1トンで渡島管内に比べ少なかった。

漁業種別では、ほぼ全量(98.12%)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(6/21)、渡島半島東岸の木直沖(7/23、9/25)、森沖(9/27、11/7)の定置網で漁獲されたサバ類の測定を行った(図2)。

マサバ、ゴマサバともに尾叉長組成のモードは、概ね30cm前後に見られたが、9/25のマサバは18cmにモードを持つ小型個体であった。

各サンプルのマサバの尾数割合は、6/21(浦河)が100%、7/23(木直)が62%、9/25(木直)が95%、9/27(森)が11%、11/7(森)が72%であった。

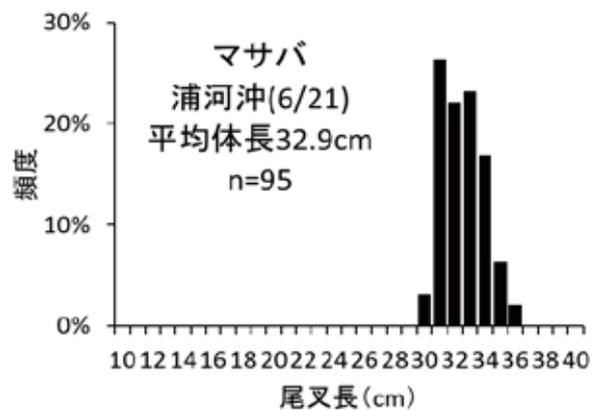


図2 定置網で漁獲されたサバ類の尾叉長組成

表3 道南太平洋におけるサバ類の漁獲量

(単位:t)

年/管内	渡島	胆振	日高	全道計
2001年計	714.3	0.5	0.4	715.2
2002年計	795.0	0.3	0.0	795.3
2003年計	7,118.1	1.7	0.2	7,120.0
2004年計	4,754.5	3.5	0.0	4,758.0
2005年計	4,190.8	1.0	0.0	4,191.8
2006年計	197.2	0.2	5.9	203.3
2007年計	6,540.4	0.2	8.4	6,548.9
2008年計	2,212.9	4.6	3.2	2,220.8
2009年計	116.8	0.0	0.0	116.9
2010年計	5,013.1	11.6	2.9	5,027.6
2011年計	234.0	2.4	0.1	236.5
2012年計	604.5	5.5	48.6	658.5
2013年計	6,583.9	12.7	79.7	6,676.3
2014年計	5,849.2	19.4	83.6	5,952.1
2015年計	3,095.2	84.7	690.8	3,870.7
2016年計	2,714.5	22.7	608.9	3,346.2
2017年計	2,456.4	93.3	690.7	3,240.4
2018年計	4,503.3	136.2	1,500.8	6,140.3
2019/01	0.0	-	-	0.0
2019/02	0.0	-	-	0.0
2019/03	-	-	-	0.0
2019/04	0.0	-	-	0.0
2019/05	0.4	-	42.8	43.3
2019/06	55.3	2.7	564.4	622.3
2019/07	19.3	0.0	9.6	28.9
2019/08	332.2	4.3	4.4	340.9
2019/09	239.8	19.7	5.2	264.7
2019/10	611.2	30.0	6.6	647.8
2019/11	5,889.6	35.6	35.7	5,960.9
2019/12	10,657.4	45.8	1.4	10,704.6
2019年計	17,805.2	138.2	670.1	18,613.5

出典：北海道水産現勢及び指導所集計速報値

2018,2019年は暫定値

※「0.0」は漁獲量50kg未満, 「-」は漁獲無し

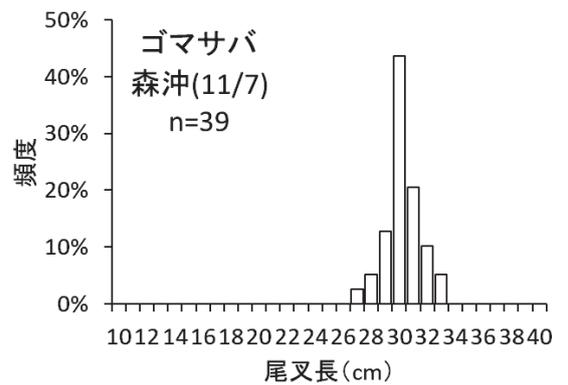
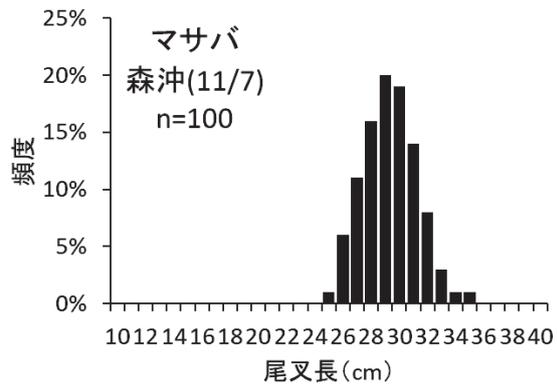
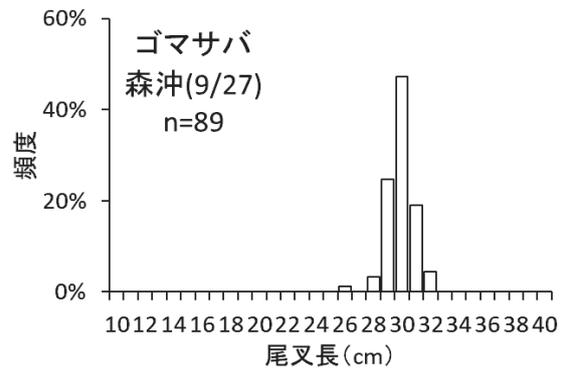
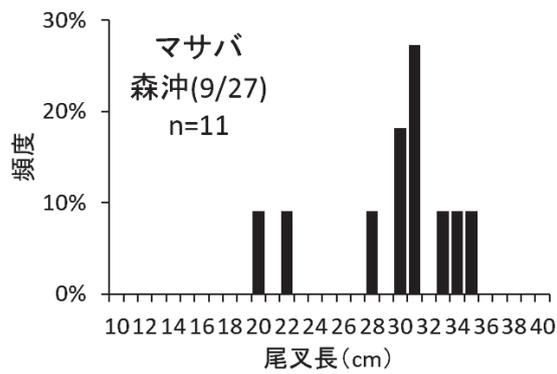
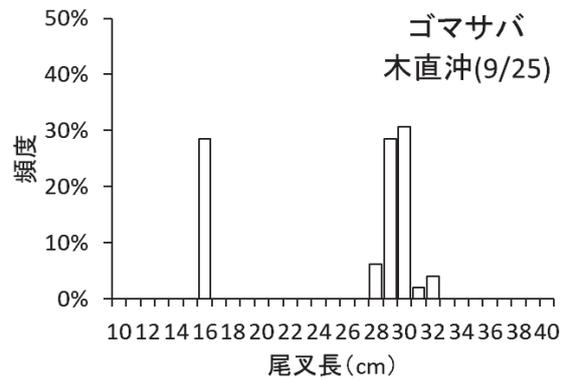
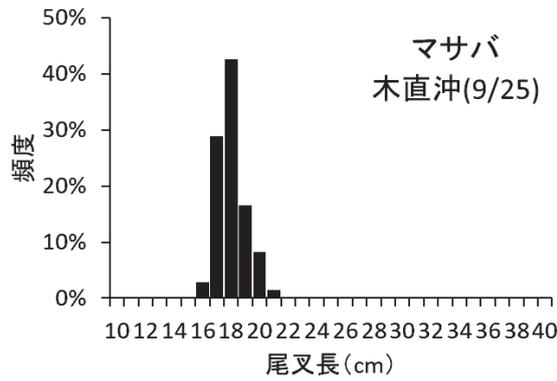
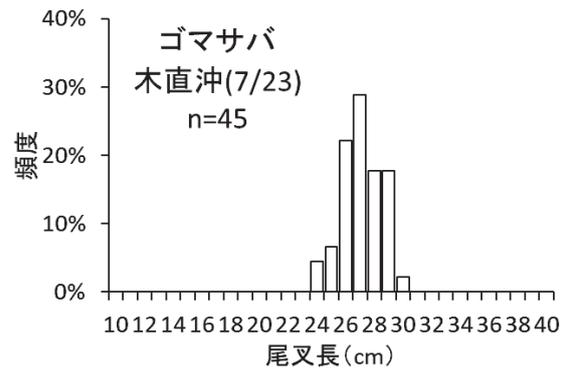
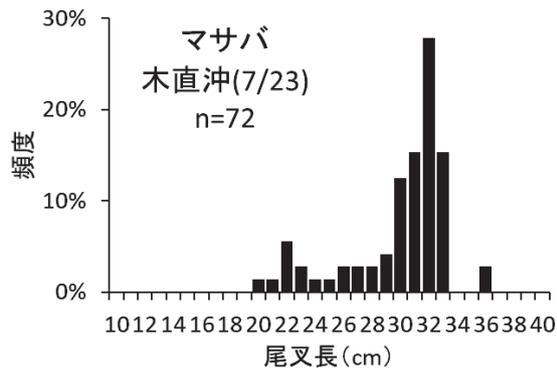


図2のつづき

4. 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4～12万トン、金額で146～348億円を水揚げする地域の基幹産業である(2014～2018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、「15. 養殖ホタテガイ生産安定化試験」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。なお、2020年3月の下層のホタテガイの軟体部重量はミスにより測定されなかった。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、2019年春に耳吊りしたホタテガイの成長・生残を2019年7月～2019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、2019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。

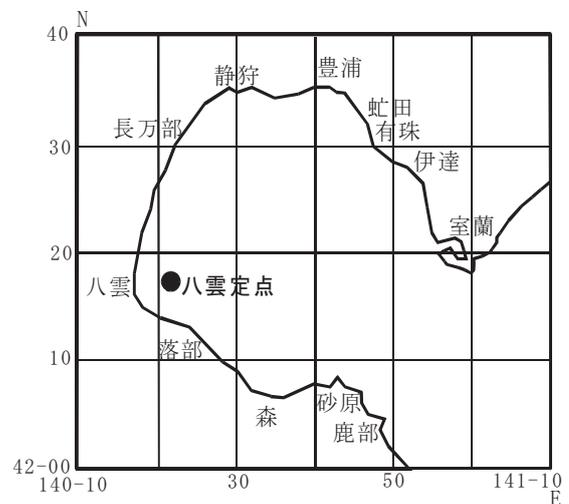


図1 調査定点

結果の分析には過去に得られたデータも用い、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 ± 0.6 g（平均±標準偏差）、標準年では、 14.6 ± 2.1 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2 C）。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

2019年耳吊り貝の生殖巣重量を除く各部位重量は7～翌6月にかけて概ね標準年を上回って推移した（図2 A, B, C, D）。成長良否の指標としている2月の貝柱重量は、 17.1 ± 5.6 g（平均値±標準偏差）であった（図2 C）。この値は過去の標準年の平均値を上回り（過去29年間で上位3番目）、良好な成長であった。2020年4～5月の生殖巣重量および生殖巣指数は過去の数値よりも低いことから、例年よりも1ヶ月産卵が早かったと推測される（図2 E, F）。本年の貝柱重量は測定開始の7月から一貫して標準年よりも高い値であったことから、本年の良好な成長は、稚貝から耳吊後の春～初夏の間に起因すると考えられる。測定に用いた貝を提供して頂いている生産者によると、本年の耳吊り開始は例年より1ヶ月早かったとのことなので、稚貝の成長が良好であった可能性がある。また、早い時期に耳吊できたことによって、耳吊り後の成育期間が長くなったために成長できた可能性がある。

調査期間中の水温は10～12月で例年よりも高いことが特徴であった（図3 A）。本年の10～12月の期間、クロロフィルa濃度は低く推移していたのに対し（図3 B）、同期間のホタテ貝柱は高い生長量を示したことから、餌である植物プランクトンの絶対量以外の要因が高成長に作用したと考えられる。2020年の2月に顕著なクロロフィルa濃度の増加が見られ、同時に中腸腺と貝柱重量の増加が見られたため、ホタテガイの成長に寄与したと考えられる。他方、3月にはクロロフィルa濃度は大きく減少したため、貝柱の成長が停滞した可能性がある。

前年の2018年耳吊り貝は本調査を開始以降最低の生残率（15%）を記録し、噴火湾全体で低生残が大きな

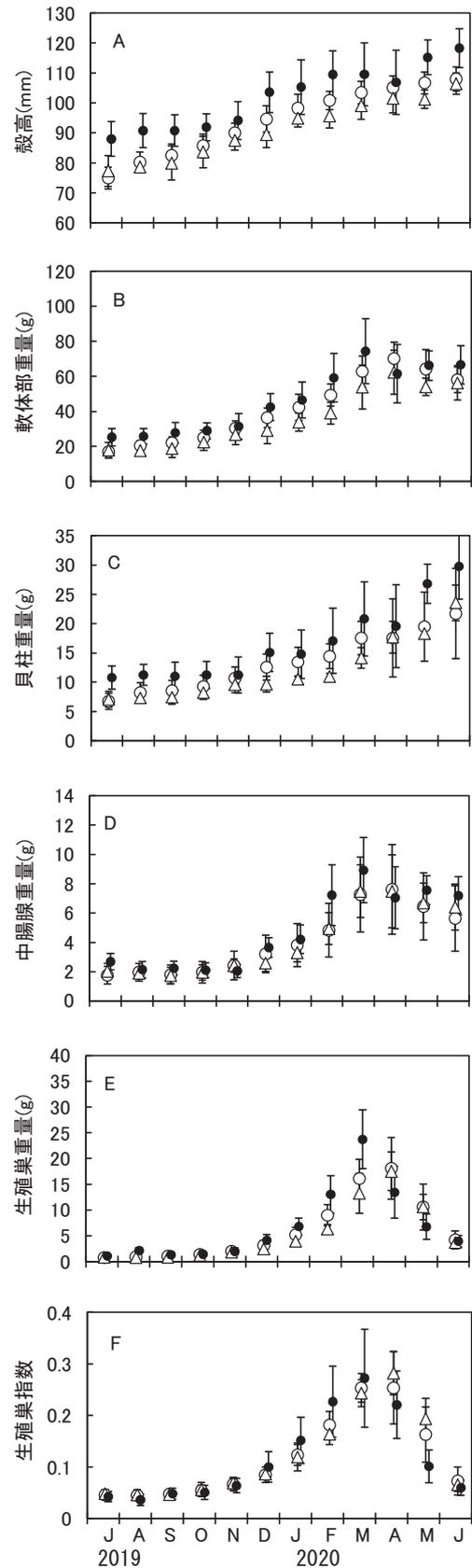


図2 八雲定点における耳吊り養殖ホタテガイ（2齢貝）の殻高（A）、軟体部重量（B）、貝柱重量（C）、中腸腺重量（D）、生殖巣重量（E）、生殖巣指数（F）の季節変化。○：標準年、△：成長不良年、●：2019年耳吊り貝。縦棒は標準偏差。

問題となった(図4)。2019年耳吊り貝は、過去最低を記録した2018年耳吊り貝よりも生残率が高かったが(41.8%, 低生残が問題となった2016年耳吊り貝の生残率(41.9%)と同程度であり、ホタテガイの生残率が非常に低い年が2年連続した。他方、2019年耳吊りの貝成長が良好であったことは、先述の通り耳吊り開始時期が早かったことに加え、生残率が低いために生残した個体は、相対的に多くの餌を摂餌できた可能性が考えられる。

2019年耳吊り貝の出荷時期の死殻は、殻高70~85mmの割合(63%)が最も高かった(図5)。2017年以前は70mm以下の小型の稚貝が死殻の大半を占めており、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3年連続した特徴である。この死殻径の変動から推定して、耳吊り貝のへい死サイズは近年変化しており、より大きい成長段階でも減耗する傾向があること、そのため、耳吊り貝がへい死に至る要因は過去と異なっている可能性がある。

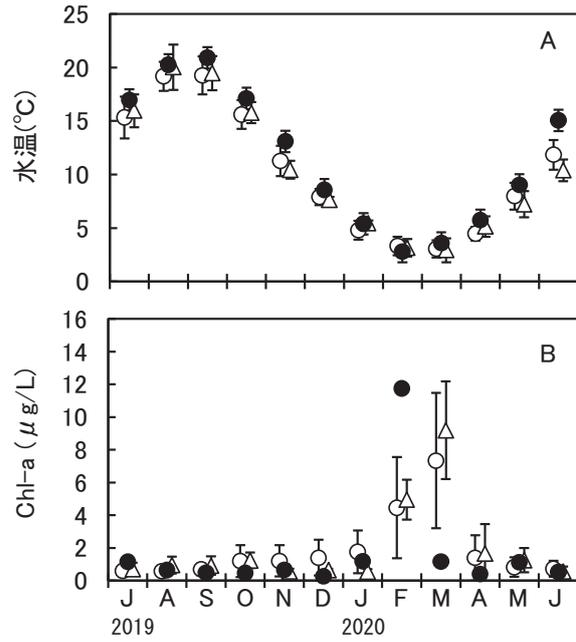


図3 八雲定点における深度5, 10, 15mの平均水温(A)と平均クロロフィルa濃度(B)の季節変化。○: 標準年, △: 成長不良年, ●: 2019年耳吊り貝。縦棒は標準偏差。

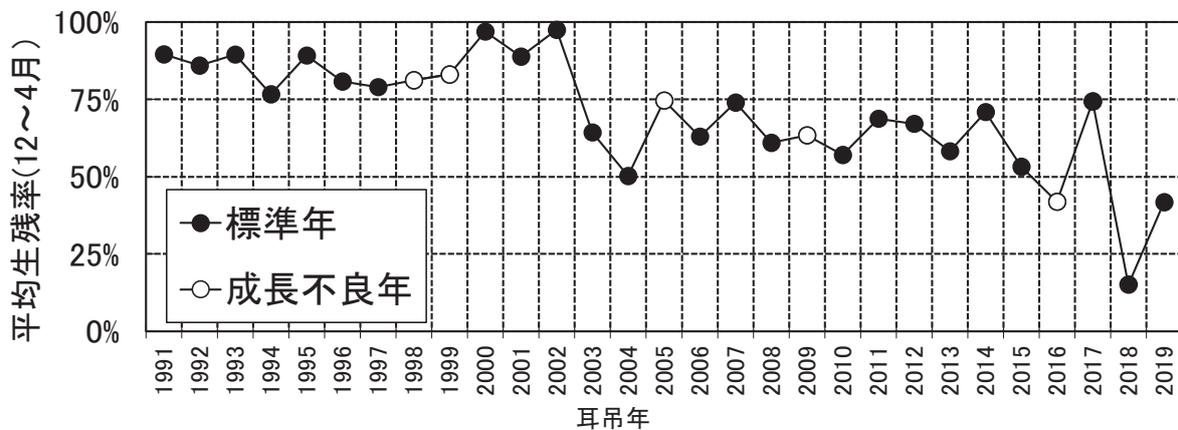


図4 八雲における1991~2019年耳吊りホタテガイ(2齢貝)生残率の経年変化。

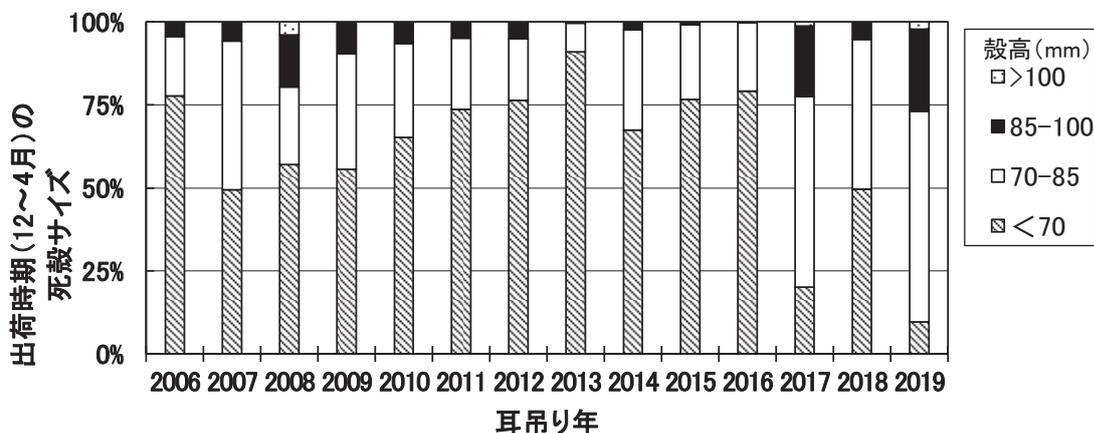


図5 八雲における2006~2019年耳吊りホタテガイ(2齢貝)死殻の殻高組成の経年変化。

4. 6 噴火湾環境調査

担当者 調査研究部 西田 芳則 渡野邊 雅道
 協力機関 渡島北部地区水産技術普及指導所
 釧路水産試験場

(1) 目的

噴火湾では、ホタテガイ養殖のほか、アカガレイやトヤマエビ等の様々な漁船漁業が営まれ、これらは地域の重要な産業になっている。また、湾外では、秋季から冬季にかけてスケトウダラが産卵のために来遊し、渡島東部沖は主要な漁場となっている。

一方、これらの漁業の盛況は噴火湾内および湾外の海洋環境の影響を強く受ける。例えば、夏季に湾内が高水温化すると養殖ホタテガイ成貝の成長や生残に影響が生じる。また、湾中央部底層に形成される貧酸素水塊によって底生漁業生物の分布や資源量が変動すると考えられる。スケトウダラではその漁場形成に水温環境が強く影響しており、噴火湾周辺の水溫構造は漁業生産上極めて重要となる。そのため、噴火湾と周辺海域の海況を詳細に把握し、その情報を漁業活動へ活かすことは極めて重要である。

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

噴火湾における水塊交替、底層の溶存酸素量、水温、塩分布、流況などを把握するため、2019年5月8～9日、6月4～5日、7月16～17日、7月26～27日、9月9～10日、11月20～21日、2020年2月15～16日に、図1に示す調査点においてCTDおよびRD社製ADCPを用いて海洋観測を実施した。また、9月にはSta. 23, 29, 31, 38地点において、不攪乱柱状採泥器を用いて海底泥を採取し、泥中の硫化物濃度を調べた。なお、本調査は、2月においては調査船北辰丸、それ以外の月については金星丸により実施した。

噴火湾において水塊（沿岸親潮、津軽暖流）の流入状況を数値的に把握するため、2015年度に作成したプログラム(per1)を用いて水塊の湾内占有率を求めた。なお、沿岸親潮の水温及び塩分はそれぞれ3℃以下及び33.0以下、津軽暖流のそれは6℃以上及び33.6以上である。

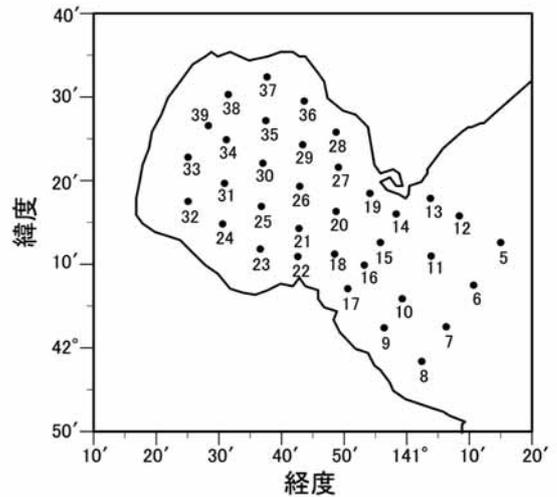


図1 調査点

(3) 得られた結果

ア 噴火湾の水塊交替

噴火湾における沿岸親潮及び津軽暖流水の湾内占有率を図2に示す。沿岸親潮の湾内占有率は2019年2月では2%であったが、その後同水塊が湾内へ大量流入し、5月に36%と平年の2倍以上になった。この沿岸親潮の占有率が平年よりも高い状況は7月まで持続した。噴火湾では、2016年から、沿岸親潮の流入が認められなかったが、そのような現象は2019年をもって解

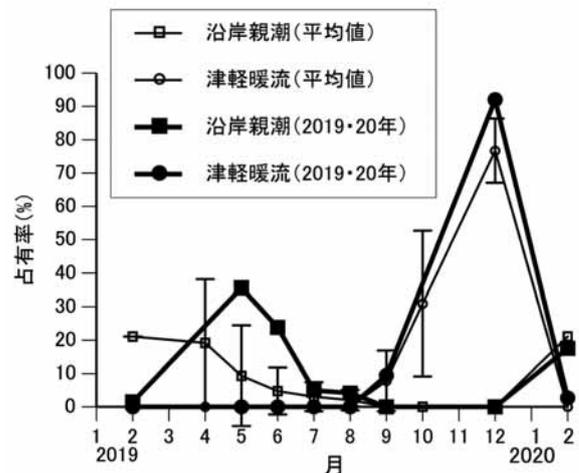


図2 噴火湾に分布する水塊の湾内占有率 (平均値の算出期間は2006～2014年)

消された。津軽暖流水の湾内占有率は、2019年9月時点では約9%とほぼ平年並みであったが(標準偏差内)、その後増加し、12月には約92%と平年を上回った。

また2020年2月における沿岸親潮の湾内占有率は18%でありほぼ平年並みであった。

イ 噴火湾底層の溶存酸素量

2019年7月下旬における噴火湾底層の溶存酸素量を図3に示す。なお、海底から直上5~10mまでの層を底層とした。湾中央部において、溶存酸素量3ml/L以下の貧酸素水塊の形成が認められた。一方、9月中旬には溶存酸素量3ml/L以下の海域はみられなかった(図省略)、2019年は7月下旬から9月にかけて貧酸素水塊が解消されたと考えられる。噴火湾中央部底層の溶存酸素量は、平均的にみると9月に最低になるため、2019年は例年よりも早く貧酸素化が生じたことになる。

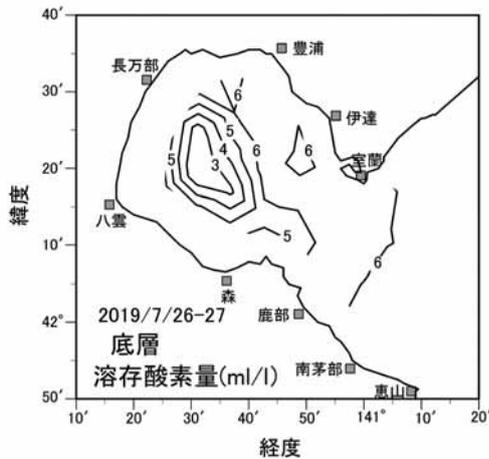


図3 噴火湾底層における溶存酸素量の水平分布

ウ 噴火湾の底質

噴火湾の海底表面にける硫化物量を表1に示す。採泥した4地点のうち3地点では硫化物は検出されなかった。湾中央部ST31の硫化物量は0.01mg/g乾泥であったが、汚染基準値(0.2mg/g乾泥)よりは低い値であった。

表1 噴火湾底層における硫化物量

調査日	調査点	硫化物量 (mg/g乾泥)
2019/9/10	ST.23	0
2019/9/9	ST.29	0
2019/9/9	ST.31	0.01
2019/9/10	ST.38	0

エ 噴火湾内外の流れ

2019年9月、11月における流速ベクトルの水平分布を図4に示す。例年湾内では6月頃から湾全域を覆う時計回りの渦が形成されるが、本年9月の観測においても時計回りの渦が明瞭に認められた(図4上)。

11月下旬では、湾外において、恵山から室蘭に至る比較的強い時計回りの循環流が認められた。津軽暖流が湾内へ流入するメカニズムについては解明されていないが、湾口部で発生する時計回りの循環流により暖流が湾内へ流入することがモデル実験により報告されている。今後、過去データの解析、現地観測を通し、暖流の湾内流入と湾外の時計回り循環流との関連について明らかにする必要があると考える。

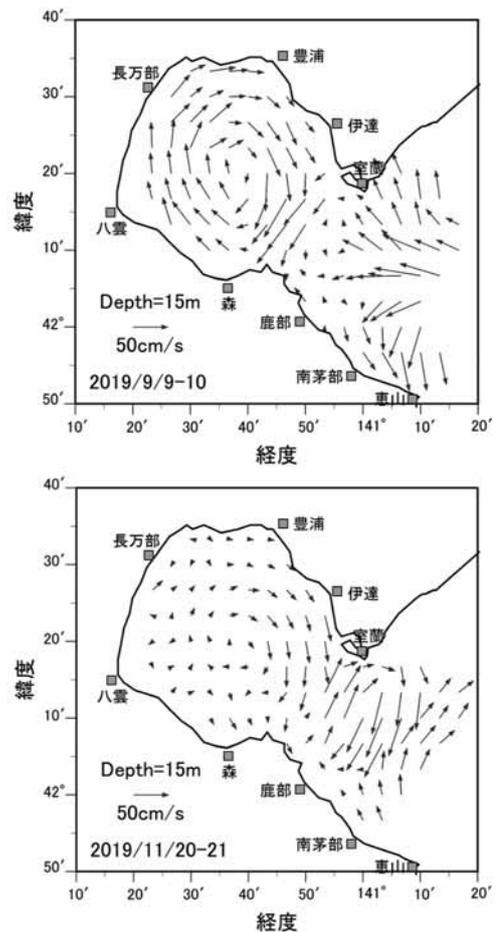


図4 2019年(上)9月(下)11月における流速ベクトルの水平分布

5. 海洋環境調査研究（経常研究）

5. 1 定期海洋観測

担当者 調査研究部 西田 芳則 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

主要魚種の資源管理，漁場・漁況予測に資するため，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，海洋の構造およびその変動と生産力についての研究を進展させる。

(2) 経過の概要

ア 定期観測

調査船金星丸を用い，道南太平洋の定期観測を図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月の観測において東経141度30分以東の観測点については調査船北辰丸により実施し，また2月の観測は，全点北辰丸により実施した。

定期観測の内容は，基本的には，調査全点におけるCTD（SBE-9plus）観測（最大600mまで），表面水の測温と塩検用の採水，透明度の観測，Sta. D01での貝毒プランクトンの採水，Sta. D24，D42での動物プランクトンの採集である。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，改良型ノルパックネットを用い，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した。なお，調査船の航行中は

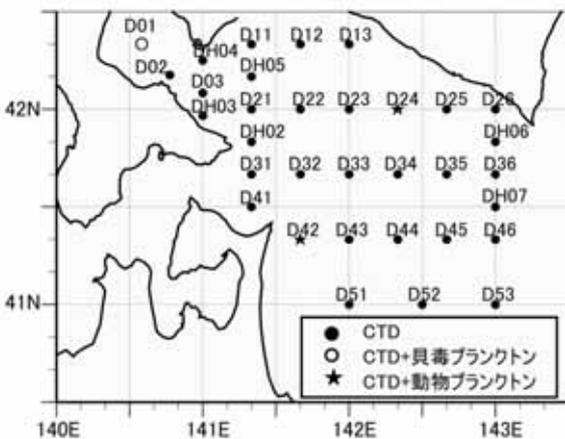


図1 道南太平洋定期観測定点
（4，6，8，10月）

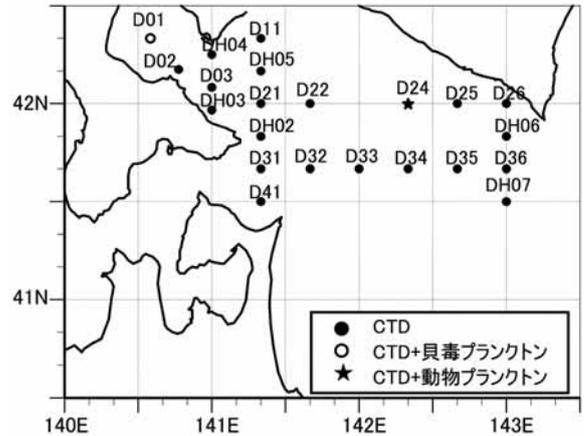


図2 道南太平洋定期観測定点（12月）

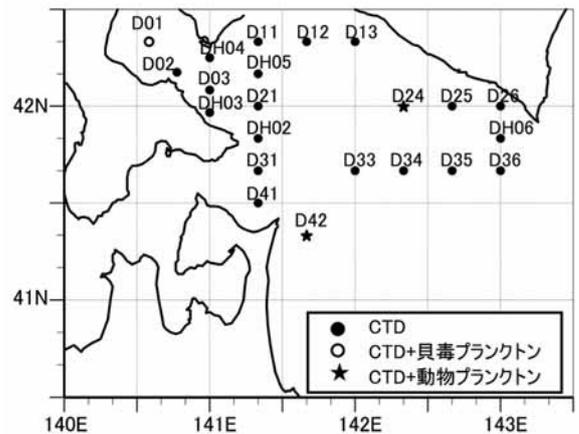


図3 道南太平洋定期観測定点（2月）

表1 令和元年度道南太平洋定期観測実施結果

月	金星丸			北辰丸		
	観測開始年 月日	観測終了年 月日	観測 点数	観測開始年 月日	観測終了年 月日	観測 点数
4	2019/4/22	2019/4/24	33	観測無し		
6	2019/6/4	2019/6/7	33	観測無し		
8	2019/7/26	2019/7/29	33	観測無し		
10	2019/9/24	2019/9/26	33	観測無し		
12	2019/11/20	2019/11/25	11	2019/11/26	2019/11/27	11
2	観測無し			2020/2/15	2020/2/21	22

ADCP (RD300kHz) による流れの連続観測を実施した。
令和元年度の調査実績を表1に示した。

イ 海況速報

中央水産試験場海洋環境グループが定期観測データを取りまとめ、その結果を「海況速報」として年6回、中央水試ホームページで公表した。

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

(3) 得られた結果

令和元年度中央水産試験場事業報告書を参照。

6. 栽培漁業技術開発調査（経常研究）

6. 1 マナマコ

担当者 調査研究部 酒井 勇一

(1) 目的

北海道でマナマコの人工種苗放流に取り組む機関は年々増加している（図1）。本種の種苗生産では、幼生飼育時のほか、着底初期にもキートセラス・グラシリス（以下キートセラス）を餌料として用いている。

幼生飼育期間は10日から16日と種苗生産機関によって差があるものの、幼生100万個体を育成するためには通常800億～1,400億細胞のキートセラスが必要である。また、これまでの研究で、着底初期から体長2mmに達するまでの1か月間キートセラスを給餌すると、市販の海藻粉末を用いた場合よりもマナマコの成長が向上すること、その適正量は1万細胞/日/mlであることが明らかになったが、一方でこの育成期間に必要なキートセラスの量は、幼生飼育期間のおよそ30倍と膨大であることもわかった（図2）。

キートセラスは近年市販されるようになってきているものの、道内の販売元ではマナマコなどの種苗生産規模の拡大により需要増大に対応できなくなっている。キートセラスの使用量を抑えた種苗生産技術の開発は、マナマコの栽培漁業を推進するうえで重要な課題である。そこで、着底稚仔の育成にも活用できる人工餌料の開発を目指した。

(2) 経過の概要

本試験では、H27～H29年に実施した（農技会の研究事業名）において開発した水産無脊椎動物用餌料の給餌効果について検証した。併せて、新規開発餌料の市販化のため、北海道森町にある（株）ワイエスフーズと技術援助契約を結び市販化をすすめた。

(3) 得られた結果

7月12日に栽培公社熊石事業所で生産した鹿部産マナマコの変態期幼生100個体（変態率84.7%）ずつを1.6Lのプラスチック容器に6器に収容した。この半数に市販濃縮キートセラスを週1回1.4ml（7万細胞/水槽）、残り半数に提携するワイエスフーズで試作した製品を332mgずつ週1回給餌した。飼育期間中は連続換水（7換水/日）とした。1か月後に体長と生残個体数を計数して生残率を求めた。

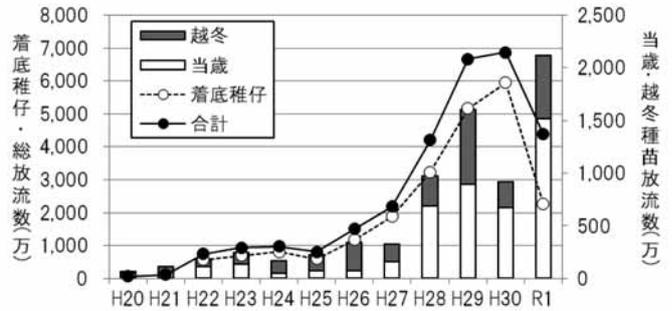


図1 マナマコ種苗の発育段階別放流量

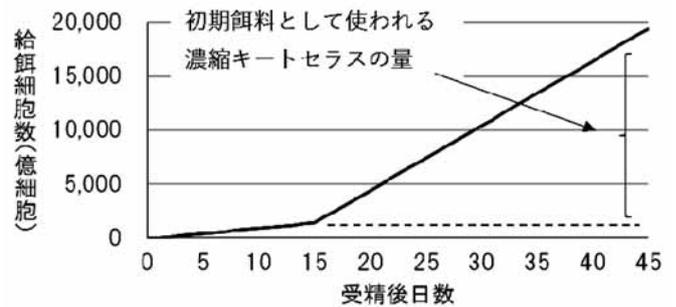


図2 15日間1t水槽で100万個体の幼生飼育した後、7.5t水槽1基に移した場合の延べ給餌細胞数(億細胞)

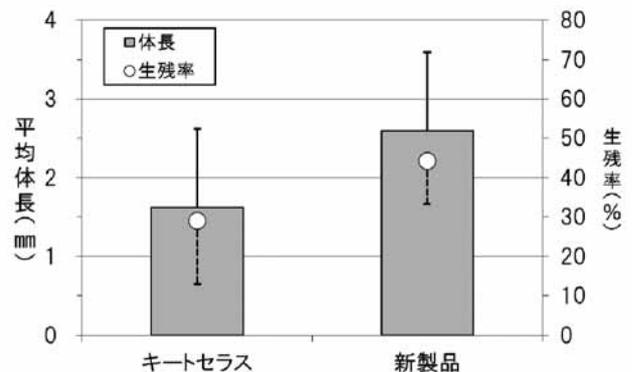


図3 体長0.4mmの着底稚仔にキートセラスを1か月給餌した場合と新製品(マナコの離乳食)を給餌した場合の平均体長と生残率

この結果、従来のキートセラス給餌と同等の成長と生残が得られた。

本製品は令和2年6月から市販化される。

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 ひやま漁業協同組合、奥尻潜水部会、恵山漁業協同組合
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
ひやま漁業協同組合、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（重点研究2006～2008年）、関係機関に配布して種苗生産技術を普及した。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、最終年度に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て、後日DNAを抽出した。これを用いて上述の8マイクロ座のアリル型を調べて、フリーソフトPARFEX¹⁾を用いて親子鑑定を行い、人工種苗を判別した。

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17日、5月31日と、秋漁期の12月6日、2月7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。

また、操業日誌と売上傳票を元に調査海域での漁獲量と金額を調べ、人工種苗の混獲率から漁業生産への寄与の程度を検討した。

（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5日に雌14個体と雄52個体から236.2万個の受精卵を採取した。幼生育成水槽の冷却装置を固定するために針金を用いたため、ここから溶出した金属によるとみられる大量斃死が生じ、着底稚仔の生産数は10.7万個であった（生残率4.6%）。これを8月22日に3等分した上で、O、Q、Kの3漁港の海底に設置した採苗器の上から振りかけた。

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。

8月5日採卵群の斃死分を補完するため、8月19日に雌3個体雄5個体から得た66万個の受精卵を育成し、9月4日に着底稚仔10.2万個体、変態期幼生15.5万個の合計25.7万個体を3等分してビニール袋に封入した。これを潜水で、8月22日に振りかけた既存の採苗器上に重ねて振りかけた。

12月9日に、人工採苗器2器と天然採苗器2器を回収した。採苗器から回収した個体は、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。

このうち天然採苗器から回収した個体（1個体）と人工採苗器から回収した個体（合計623個体から漁港別に19～21個体を抽出）について親子鑑定を行った。

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

5月13日と11月22日に、放流区を中心に8方向に伸ばした100mのライントランセクト調査を行い、平成26～29年に放流した種苗を追跡調査した。回収した個体は重量を測定後、触手を採取した。

また、6月2日、3日、4日、7日に放流区周辺および漁港をまたぎ直線距離で500m程度離れた場所で

胴突き漁獲した70個体から触手を採取し99.5%エタノールに固定した。

(イ) せたな町大成区

7月8日, 9月4日, 12月9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。

さらに, 6月12日, 6月13日, 6月20日にO漁港周辺で漁獲された300個体から触手を採取し, 99.5%エタノールに固定した。

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, 産卵期である7月26日(以降, 産卵期調査)と, 夏眠期に相当する9月26日(以降, 夏眠期調査)に, それぞれ平均重量238.5±68.3gと平均重量209.0±22.0gのマナマコを採取した。このうち4個体の背面に発信器(V5-1H, VEMCO社)を装着して放流した。また在来個体をそれぞれ8個体および5個体採取して生殖巣と消化管を確認した。

産卵期調査は8月29日までの34日間, 夏眠期調査は10月25日までの29日間とした。

産卵期調査では8月2日と8月15日に, 夏眠期調査では10月1日にそれぞれ平均重量239.9±52.4gと平均重量173.6±34.5gのマナマコ10個体に, 連番を打ったスパゲッティタグを装着して放流区に追加放流した。元和漁港の底質は縁辺を除き砂で覆われているため, 放流区として長辺60cm程度の転石を1㎡の範囲で3段になるように設置した。

各試験では概ね1週間間隔で潜水して, 発信器およびスパゲッティタグ装着個体を探索した。装着個体を見つけた場合は, 表出(海面から見える位置)しているか隠遁(海面から見えない位置)かを確認した後, 直上水面に浮上して, 陸上の定点からレーザー距離計(DISTO S910, Leica社)で測距した。また, 発信器装

表1 発信器およびスパゲッティタグ装着個体の放流状況

時期	発信器	放流日	最終確認日	調査期間	備考*
産卵期	発信器A	7月26日			追跡調査で確認・回収なし
	発信器B	7月26日	8月2日	7	別個体装着後回収できず
	発信器C	7月26日	8月2日	7	別個体装着後回収できず
	発信器D	7月26日	8月2日	7	別個体装着後回収できず
	発信器E	8月7日	8月15日	8	別個体装着後回収できず
	発信器F	8月7日	8月15日	8	別個体装着後回収できず
夏眠期	スパゲッティ	8月2日	8月7日	5	8/7に回収
		8月15日	8月21日	6	8/26調査終了
	発信器G	9月26日	10月1日	5	別個体(発信器M)に装着
	発信器H	9月26日	10月1日	5	別個体装着後回収できず
	発信器I	9月26日	10月1日	5	別個体(発信器K)に装着
	発信器J	9月26日	10月1日	5	別個体(発信器L)に装着
	発信器K	10月1日	10月7日	6	別個体(発信器N)に装着
	発信器L	10月1日	10月7日	6	回収なし
	発信器M	10月7日	10月24日	17	10/24回収
	発信器N	10月18日	10月24日	6	10/25回収
	スパゲッティ	10月1日	10月24日	23	10/25調査終了

*: 発信器からの情報は, 潜水調査で装着が確認できている調査期間分のデータのみを利用した

表2 R1年度漁獲物調査の結果

漁期	調査日	分析 個体数	人工種苗数			人工種苗混獲率			平均重量 (g)	漁獲量 (kg)	推定漁獲 個体数
			H22	H23	H24	H22	H23	H24			
春	5月17日	100	1	0	0	0.50	0.50	0.00	176.4	1,414.5	8,019
	5月31日	100	0	1	0						
秋	12月7日	100	1	0	0	1.01	0.00	0.00	125.0	1,330.6	10,645
	2月7日	98	1	0	0						
合計		398	3	1	0	0.75	0.25	0.00		2,745.1	18,664

着部位のびらんなどにより脱落が懸念された場合は, 別個体に付け替えた(表1)。

発信器から発信される超音波の受信情報に基づく装着個体の位置推定は, 北海道大学が行った。

産卵期調査では, 8月2日に放流したスパゲッティタグ装着個体を8月7日に回収した。また8月17日に改めて別の10個体にスパゲッティタグを装着して放流し, 翌週21日に回収した。取り残した発信器およびスパゲッティタグ装着個体を8月28日と29日に再度探索した上で産卵期調査を終了した。

夏眠期調査では10月1日にスパゲッティタグ装着個体を放流し10月24日に回収するまで, 潜水調査時にその位置のみを確認・記録し, 標識の付け替えは行わなかった。取り残した発信器およびスパゲッティタグ装着個体を再度10月25日に探索して夏眠期調査を終了した。

いずれの調査でも, 回収個体は解剖して, 生殖巣がある場合は卵径または精子の活性を, 消化管がある場合はその重量を測定した。

令和2年1月10日に元和漁港上空でドローン(Phan-

tom 4 Advanced, DJI社)を飛ばして、漁港内の底質を確認した。

エ) 人工種苗放流が放流地先の遺伝的多様性に及ぼす影響調査

せたな町大成区と奥尻町のライントランセクト調査で回収した個体のアレル頻度から、遺伝的多様性の指標となるアレルリッチネス(調査個体数を考慮したアレル数)、平均ヘテロ接合度(期待値)、近交係数(F_{is})、同じ集団から無作為に選んだ2個体の相関)の経年変化を検討した。これらの指標はフリーソフトFSTATを用いて算出した²⁾。

また、新しいマーカーを開発するため、(株)KURABOの次世代シーケンス受託サービスを利用して、せたな町大成区で回収した個体の縦走筋から抽出したDNAの全ゲノム解析とSSR(単純反復配列)の探索を委託した。

(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

漁獲物の調査日と分析個体数、人工種苗の混獲率を表2に示した。本年度分析した398個体のうち、平成22年放流個体は3個体、平成23年放流個体は1個体で、平成24年放流個体は確認できなかった。

漁獲物から抽出した個体の平均重量は春漁期で176.4g、秋漁期は125.0gであった。操業日誌から、この2漁期の漁獲量はそれぞれ1,415kgと1,331kgであり、調査時の平均重量から推定した漁獲個体数は合計18,664個体であった。また市場の売上伝票から、両漁期の水揚げ金額はそれぞれ879.3万円と688.4万円であった。

放流群毎の混獲率から、平成22年に放流した個体の漁獲収益は春漁期87,937円、秋漁期103,260円であったと推定された。同様に平成23年放流個体の漁獲収益は、87,937円であったと考えられた(表3)。

漁獲物を入手できなかった平成28年度を除き、平成25年からの本年度までの6か年の人工種苗の漁獲回収数から求めた投資効率(漁獲収益/種苗放流経費)は、平成22年放流群が11.18、平成23年と平成24年放流群がそれぞれ1.93と1.41であった。

放流個体の回収時の重量と、放流後日数との関係を図1に示した。同じ年の放流個体であっても、成長は大きくばらついていた。平成22年に放流した種苗は本年度も漁獲されており、放流後9.6年は生き残ることを確認した。

表3 放流年級別の混獲率と累積漁獲回収率・投資効率

操業年度	人工種苗放流年			3カ年合計
	H22年	H23年	H24年	
H25年	1.39	0.00	0.00	1.39
H26年	1.77	0.35	1.42	3.55
H27年	1.33	0.33	0.00	1.67
H29年	0.69	0.34	0.34	1.38
H30年春	1.80	0.40	0.40	2.60
H30年秋	1.00	0.00	0.00	1.00
R1年春	0.50	0.50	0.00	1.00
R1年秋	1.01	0.00	0.00	0.50
累積漁獲回収数	936	248	191	1,427
放流数	58,000	470,000	274,000	802,000
累積漁獲回収率(%)	1.61	0.05	0.07	0.18
A:種苗放流経費(円)	70,361	115,240	109,175	294,776
H25年	66,793	0	0	66,793
H26年	77,088	16,504	62,973	156,565
H27年	111,032	27,531	0	138,563
H29年	32,866	16,195	16,195	65,256
H30年春	173,869	74,515	74,515	322,899
H30年秋	134,039	0	0	134,039
R1年春	87,937	87,937	0	175,874
R1年秋	103,260	0	0	103,260
B:人工種苗水揚げ(円)	786,883	222,682	153,683	1,163,248
投資効果指数(B/A)*	11.18	1.93	1.41	3.95

漁業者が記録した操業日誌と、漁獲物から抽出してマイクロサテライトDNAマーカーを利用した親子鑑定から判別した人工種苗の混獲率から、水揚げされた放流種苗を推定

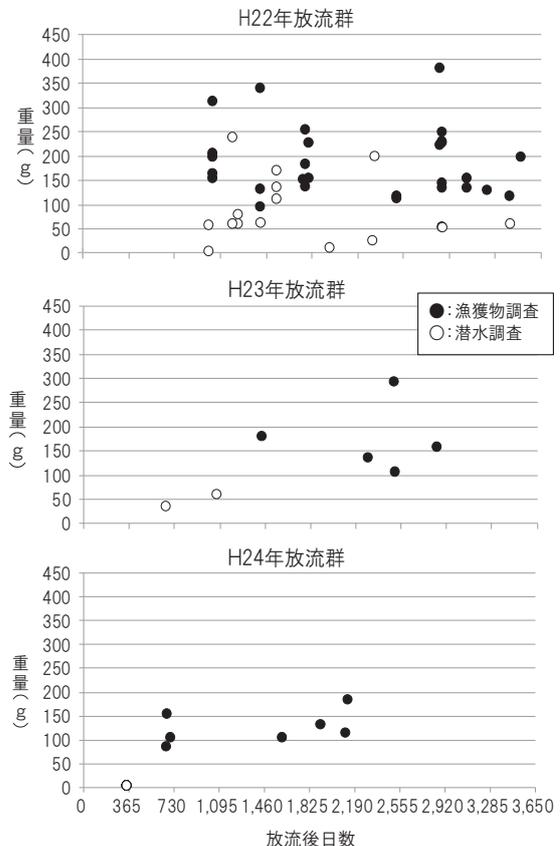


図1 放流ロット別の成長

表4 採苗器から回収した幼ナマコの由来別個体数

採苗器	漁港	回収数	体長±SD (mm)	親子鑑定 供試数	R1年放流人工種苗数		残留率(%) ¹⁾		天然個体		H30以前放流人工	
					8/5採卵	8/15採卵	8/5採卵	8/15採卵	個体数	比率	個体数	比率
天然	Q	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	K	1	15.9	1	1	0	100	0	0	0.00	0	0.00
	O	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
人工	Q	276	6.32±4.29	20	7	4	0.27	0.06	8	40.00	1	5.00
	K	244	6.49±4.11	19	15	0	0.54	0.00	4	21.05	0	0.00
	O	103	7.91±5.43	21	12	0	0.17	0.00	7	33.33	2	9.52
合計		624		61	35	4	1.00	0.05	19	31.15	3	4.92

1) 採苗器への残留個体のうち、人工種苗の比率を放流数で割り返した比率

(イ) せたな町大成区

12月9日に全ての天然採苗器と潜水で着底稚仔を振りかけた人工採苗器のうち2器を回収した。Q漁港とO漁港に設置した天然採苗器にはマナモコは付着しておらず、K漁港に設置した天然採苗器からマナモコ1個体を回収した。この個体と3漁港に設置した人工採苗器から回収した個体の中から19~21個体、計61個体を調べた(表4)。

K漁港の天然採苗器から回収した個体は8月5日に放流した人工種苗であった。天然採苗器は、潜水者が人工採苗器に種苗を振りかけた後、潜水したまま移動して所定の位置に設置した。このため、潜水者に付着した個体がここまで運ばれて生き残ったか、放流後に放流区からここまで拡散した可能性が考えられる。

一方、人工採苗器から回収した個体の21.1~40.0%は天然個体であった。Q漁港では、8月5日に採卵し

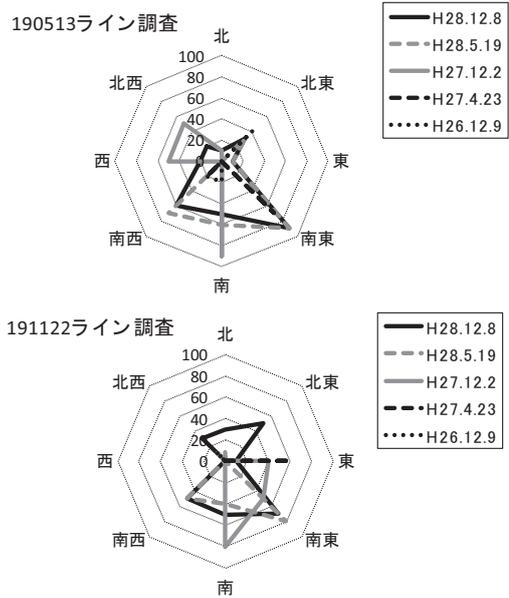


図2 放流種苗の分散範囲(奥尻)
図中の数値は放流地点からの距離(m)

表5 ライトランセクト調査で回収された個体数と放流ロット別の混入率、推定残留数および推定残留率

調査年度			H26年 ^{**}		H27年 ^{**}		H28年		H29年		H30年		R1	
調査日			6月3日	11月20日	4月23日	12月2日	5月19日	12月6日	5月17日	12月7日	5月14日	12月22日	5月13日	11月22日
調査での回収個体数			15	106	105	30	240	70	230	129	382	159	173	65
放流月日	区分	放流時体長												
混入率(%)	H26.12.9	当歳	7.1mm		1.0	0.0	2.9	4.3	5.2	1.6	2.1	2.5	1.7	3.1
	H27.4.23	越冬	10.4mm			0.0	15.0	1.4	5.7	3.1	2.9	4.4	4.6	3.1
	H27.12.2	当歳	5.5mm				4.6	4.3	3.0	5.4	8.1	5.7	6.9	12.3
	H28.5.19	越冬	12.8mm					24.3	8.7	14.0	13.4	13.2	14.5	10.8
	H28.12.8	当歳	14.7mm						16.5	20.2	20.7	23.9	31.2	47.7
推定残留数	H26.12.9	当歳	7.1mm		12	0	59	98	467	35	283	220	63	1
	H27.4.23	越冬	10.4mm			0	173	59	263	67	114	161	212	82
	H27.12.2	当歳	5.5mm				35	35	412	128	718	188	502	259
	H28.5.19	越冬	12.8mm					63	346	259	691	930	1,213	243
	H28.12.8	当歳	14.7mm						530	361	1,468	1,605	1,535	730
残留率(%)	H26.12.9	当歳	7.1mm		0.0	0.0	0.2	0.4	1.9	0.1	1.1	0.9	0.3	0.0
	H27.4.23	越冬	10.4mm			0.0	0.5	0.2	0.7	0.2	0.3	0.5	0.6	0.2
	H27.12.2	当歳	5.5mm				0.0	0.0	0.4	0.1	0.8	0.2	0.5	0.3
	H28.5.19	越冬	12.8mm					0.1	0.4	0.3	0.7	1.0	1.3	0.3
	H28.12.8	当歳	14.7mm						0.4	0.3	1.2	1.3	1.3	0.6
人工種苗混入率(%)					1.0	0.0	22.5	34.3	39.1	44.2	47.1	49.7	59.0	76.9
人工種苗残留率(%)					0.0	0.0	0.2	0.1	0.7	0.2	0.9	0.8	0.9	0.4

** : ライトランセクト調査は東西南北4方向に合計800m実施し、H28年以降は東西南北を含む8方向計800mで実施

た人工種苗と8月19日に採卵し9月4日に重ねまきした人工種苗に加え、平成27年に放流した着底稚仔が確認できた。K漁港では、8月5日に採卵した人工種苗のみが確認された。O漁港では、8月5日に採卵した人工種苗の他、平成28年と29年に放流した着底稚仔がそれぞれ1個体確認できた。これにより、水中で着底稚仔を基質に直接振りかけても生き残ることが確認された。

今後は残りの個体の分析をすすめ、水中で海底面に着底稚仔を直接振りかけて放流する効果について検討する。

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

今年度の調査で放流種苗が図2の範囲に分散していた。この分散範囲内の人工種苗混入率と密度から、残留個体数と放流数に対する残留率を推定し、これまでの推定結果と合わせて表5に示した。調査ライン上で確認できた回収数(在来個体含む)、混入率、推定残留率のいずれもが調査ごとに変動したが、概ね放流後2.5年目の調査時に人工種苗の残留数(率)がピークを迎え、その後減少する傾向が認められた。また、重ね巻きを繰り返すと、後に播いた個体ほど見つけやすくなる傾向が認められた一方で、放流地先での人工種苗の割合は増加し、相対的に在来個体数は減少した。後に播いた個体ほど見つかりやすくなるのは、放流地先の底質の間隙などが先に放流された個体などによって埋められたため、表出しやすくなったためで、在来個体の相対的な減少は、その拡散によるのではないかと考えられた。

一方、越冬種苗と当歳種苗の残留数(率)に顕著な違いは認められなかった。

ライントランセクト調査で回収した放流種苗の成長を図3に示した。どの放流群も成長のばらつきが大き

かったが、当歳種苗放流(H26.12月放流, H27.12月放流, H28.12月放流)・越冬種苗放流(H27.4月放流, H28.5月放流)とも100g以上の漁獲サイズが確認できたのは放流後2年目以降であった。また最も長期間追跡しているH26.12月放流群では、放流3年目に251.9gに達した個体が見られた一方で、5年たっても36.3gの個体も認められた。同じ生産ロットでも成長差が大きいこと、成長の早いロットは当歳・越冬とも2年で漁獲サイズに達することが、上述の残留率に両者の差が認められなかった要因の一つと考えられる。

6月18日に胴突きで漁獲された70個体のうち、1個体が平成27年4月放流種苗(重量175.0g)であった。この個体の漁獲日は放流後1,517日目に当たる。

(イ) せたな町大成区

7月8日, 9月4日, 12月9日に、O漁港で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

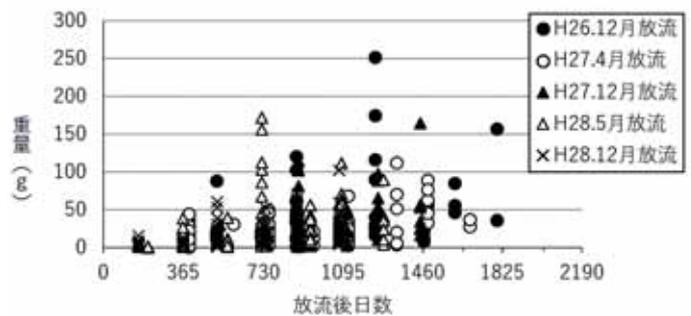


図3 放流ロット別の成長

表6 ライントランセクト調査で回収した個体の親子鑑定結果

調査日	回収個体数	人工種苗数	うち複数の親候補がある個体
7月8日	19	7	2
9月4日	5	1	1
12月9日	6	2	0

表7 O漁港周辺での漁獲物中の放流種苗の混獲率と累積回収数

平均体長 (mm)	放流日	放流数 (万)	漁獲調査日									累積回収 個体数	累積回収 率(%)
			H27.5.19	H28.5.23	H29.6.13	H30.5.11	H30.6.12	H30.6.18	R1.6.12	R1.6.13			
越冬	13.2	H26.6.13	3.2	1.0	1.4	1.5	10.0	0.0	3.0	0.0	0.0	17	0.05
	16.7	H27.6.10	1.5		0.0	1.5	3.0	2.0	0.0	2.0	2.0	10	0.07
当歳	9.11	H27.12.9	2.0	0.0	0.0	4.5	2.0	5.0	8.0	5.0	7.0	30	0.15
	5.4	H28.11.28	8.7		0.0	0.0	4.0	11.0	12.0	12.0	12.0	51	0.06
着底稚仔	0.4	H26.8.5	7.2	0.0	5.6	6.0	1.0	5.0	3.0	5.0	4.0	26	0.04
	0.4	H27.8.5	4.6		0.0	3.0	2.0	3.0	0.0	4.0	1.0	12	0.03
	0.4	H28.7.21	6.9			0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	3.0	8	0.01
人工種苗混獲率(%)				1.0	7.0	16.4	23.0	27.0	28.0	29.0	29.0	154	0.05

回収したのべ30個体のうち、人工種苗の可能性のある個体は10個体であった。このうち3個体に複数の親候補が認められた(表6)。同一個体に複数の親候補が挙がったことから、今後新しいマーカーを開発して親子鑑定精度を高める。

今年〇漁港周辺で漁獲された人工種苗の混獲率を、これまでの漁獲物調査結果と合わせて表7に示した。体長13.2mm以上の越冬種苗、同5.4mm以上の当歳種苗同様、荷さばき所で育成した着底稚仔由来の個体も混獲されていた。

表8 スパゲッティタグ装着個体の産卵期(左)と夏眠期の移動距離

期間	個体No.	調査期間 ¹⁾	放流区からの直線距離(m)	生活環 ²⁾	備考
産卵期	No.1	5	6.2	♀成熟後期	回収
	No.2	5	6.2	♀成熟後期	回収
	No.3	5	4.7	♀成熟後期	回収
	(8/2) No.4	7	26.6	♀成熟後期	8/9回収
	~ No.5	5	5.3	♀成熟後期	回収
	8/7) No.6	5	5.3	♀成熟後期	回収
	No.7	5	5.3	♀成熟後期	回収
	No.8	5	5.2	♀成熟後期	回収
	No.9	13	24.4	♂放出期	8/21回収
	No.10	13	30.7	♂放出期	8/21回収
	No.11	6	1.0	♂放出期	
	No.12	6	0.7	♀放出期	
	(8/15) No.13	6	0.6	♂放出期	
	~ No.14	6	0.0	生殖巣なし	回収
	8/21) No.15	6	0.6	♂放出期	
	No.16	6	0.5	♂放出期	
	No.17	6	1.0	♀放出期	
	No.18	6	0.6	♀放出期	
夏眠期	No.21	6	1.9		
	No.22	6	1.9		
	No.23	6	1.9		位置確認のみ
	(10/1) No.24	6	1.9	未測定	
	~ No.25	6	1.9		
	10/7) No.26	6	1.9		
	No.27	6	1.9		
	No.28	6	1.9		
	No.29	6	1.9		
	No.30	6	1.9		
	No.21	11	0.9		
	No.22	11	1.5		位置確認のみ
(10/7) No.23	11	0.9	未測定		
~ No.24	11	0.9			
10/18) No.25	11	0.9			
No.26	11	0.9			
No.27	11	1.5			
No.28	11	1.5			
No.21	6	1.2	未計測		
No.22	6	0.7	未計測		
No.23	6	0.7	消化管退縮		
(10/18) No.25	6	0.7	消化管退縮	回収	
~ No.26	6	31.1	未計測		
10/24) No.27	6	0.7	消化管退縮		
No.28	6	0.3	消化管退縮		
No.29	17	11.9	未計測		

1) 放流から回収されるまでの日数を示す

2) 雌は卵径、雄は精子活性を基準とし、雌雄不明な夏眠期は消化管重量を基準に判断した

ウ) マナマコの表出率に影響する物理的要因の検討

発信器装着個体放流時とスパゲッティ装着個体回収後にそれぞれの個体を解剖した結果、産卵期試験のうち8月7日までは成熟期(卵径 $\geq 150\mu\text{m}$)から放出期、これ以降8月21日までは放出期であった。また夏眠期試験では、試験開始時に1個体のみが消化管を保有していた(消化管重量指数1.5%)。また10月24日時点で生殖巣を持っている個体は認められず、消化管も退縮していた(消化管重量指数 $\leq 0.22\%$)。

スパゲッティタグ装着個体の発見位置から推定した移動距離(直線距離)を表8に示した。個体差があるものの産卵期調査のうち8月7日までの行動範囲は、これ以降8月21日まで(産卵期試験後期)や夏眠期に比べ広がった。

表9 スパゲッティタグ装着個体の発見率

期間	放流日	調査日	発見率(%) ¹⁾	表出率(%) ²⁾
産卵期	8月2日	8月7日	70.0	14.3
	8月15日	8月21日	100.0	75.0
夏眠期	10月1日	10月7日	100.0	0.0
		10月18日	88.9	0.0
		10月24日	88.9	0.0

1) 産卵期調査では8/29、夏眠期調査では10/25までに回収できた総個体数に対する調査時の発見数の割合

2) 調査時に発見した個体数のうち表出していた個体の割合

表10 発信器装着個体の行動圏面積

期間	個体No.	調査期間	50%行動圏(m ²) ^{※1}	95%行動圏(m ²) ^{※2}
産卵期	発信器B	7	1.2	4.8
	発信器C	7	1.5	6.3
	発信器D	7	134.3	819.4
	発信器E	8	1.8	6.7
	発信器F	8	32.3	243.5
	発信器G	5	0.7	2.7
夏眠期	発信器H	5	0.6	2.7
	発信器I	5	2.7	10.2
	発信器J	5	0.7	2.7
	発信器K	6	1.3	6.3
	発信器L	6	0.3	1.8
	発信器M	17	0.4	1.7
	発信器N	6	3.6	19.0

※1: 利用確率が高い方から50%の行動範囲の面積

※2: 利用確率が高い方から95%の行動範囲の面積

今回の試験地は昨年までの試験地（恵山町女那川）に比べて隠遁可能な転石の範囲が少なく、放流区への残留個体が多かったため、潜水調査によるスバゲッティタグ装着個体の発見率は高かった。また、夏眠期調査では表出している個体は認められなかった（表9）。

発信器装着個体の50%行動圏面積と95%行動圏面積を表10に示した。産卵期調査では個体差が大きく、最も移動した個体の7日間の50%行動圏面積は134.3㎡に達した。一方、夏眠期は産卵期に比べて狭い範囲を行動圏としていた。今年度の結果は、昨年度の試験地での結果に比べ行動圏が狭くなっていた。

こうした行動圏とこれに与える環境の把握は、本種の密度推定や生態解明にとって不可欠な情報である。特に資源添加効果を図るためには、正確な密度推定が必要となるため、後も行動特性に関わる情報を集める予定である。

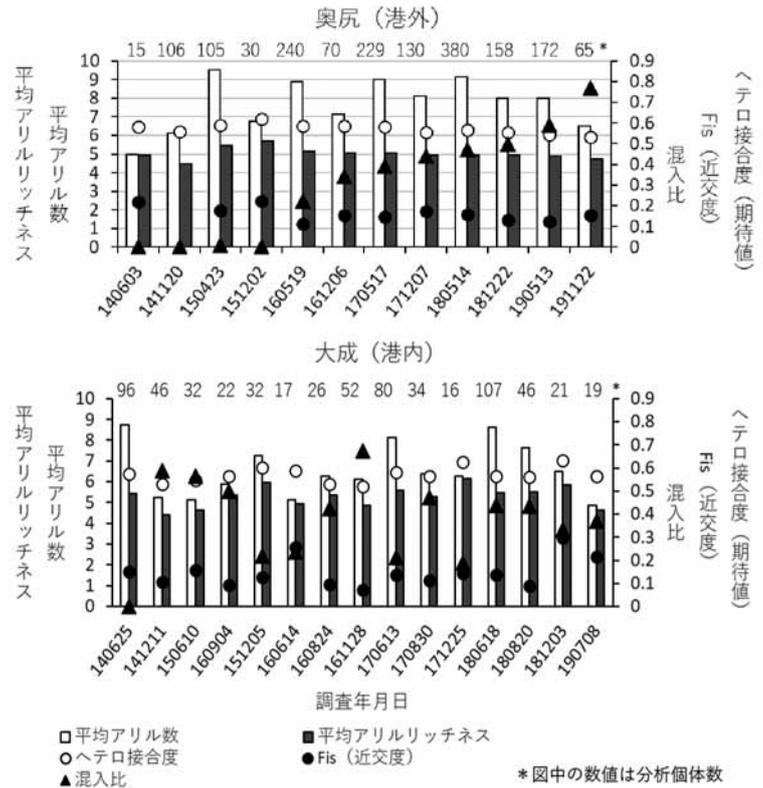


図4 奥尻地区（上図）とせたな町大成区（下図）の遺伝的指標の経時変化

エ) 人工種苗放流が放流地先の遺伝的多様性に及ぼす影響調査

奥尻町とせたな町大成区で行ったライントランセクト調査で回収した全個体の平均アリルリッチネス、ヘテロ接合度、近交係数を人工種苗の混入率と合わせてそれぞれ図4に示した。

せたな町大成区では近交係数がやや増加し、平均アリル数とアリルリッチネスは減少傾向にある。

（株）KURABOに委託して、Illumina MiSeqにより300bpのリード長で、ペアエンドシーケンスを行い、全ゲノム解析を行った。

この結果、44.2億bp、1,470万リードの塩基配列を決定した。この情報を元にSSRを探索した。SSRを含む領域は40.6万か所あり、このうち77.8%に当たる31.6万か所が2塩基SSR、3塩基SSRが21.7万か所確認できた。今後これらの中からプライマーを作成して、親子鑑定に有効なSSRマーカを探索する。

表11 全ゲノム解析結果に基づくSSR^{*}マーカーの探索結果（委託結果）

分析項目	結果	分析方法
解読した塩基配列数(bp)	4423910176	Illumina MiSeqによる 300bpリード長のペア エンドシーケンス
リード数（ペアエンド合算）	14697376	
クオリティスコアが20%を上回っている割合 ^{\$}	899	
クオリティスコアが30%を上回っている割合 ^{\$}	824	
分析したシーケンス数	4318177	MISA pipeline [#] による SSR探索
分析した塩基数(bp)	2019450859	
確認されたSSR数	623708	
2塩基SSR数	316254	
3塩基SSR数	217467	
4塩基SSR数	71190	
5塩基SSR数	12124	
6塩基SSR数	6673	

※：単純反復配列(Simple Sequence Repeat)

\$：クオリティスコア20%（30%）は読み取った配列が間違いである確率が1%（0.1%）であることを示す

#：SSR探索に開発されたフリーソフト

参考文献

- 1) Sekino, M. and Shigeno K. (2011) PARFEX ver 1.0: an EXCEL™-based software package for parentage allocation.
- 2) Goudet J (1993). The genetics of geographically structured populations. PhD thesis. 304p. University of Wales, College of Bangor.

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・西田芳則
 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
 栽培水産試験場

(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。また、参考資料とするため、噴火湾の湾央（定期海洋

観測定点D01）で金星丸による調査を実施した。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。

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）。

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
	自粛規制	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

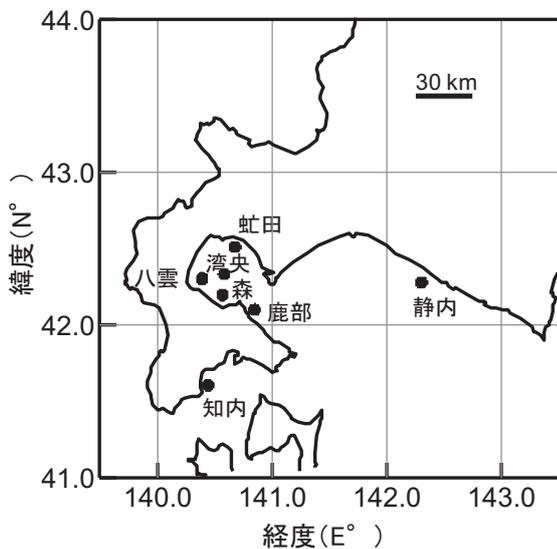


図1 調査点の位置図

(3) 得られた結果

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。

ここでは2019年の麻痺性貝毒原因プランクトン *Alexandrium 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（2019年1～12月）で報告する。

ア 貝毒プランクトンの出現状況

A. tamarensis は1～7月および12月に出現した（表3）。*A. tamarensis* が出現した水温は2.2～14.5℃，塩分は28.93～34.01であった。最高出現密度は7月17日の太平洋中部（静内）の1180細胞/Lであり，出現した深度0mの水温は16.3℃，塩分は32.31であった（表4）。なお，津軽海峡（知内）では，*A. tamarensis* は出現しなかった。

Dinophysis fortii は4～9月に出現した（表3）。*D. fortii* が出現した水温は5.7～20.1℃，塩分は31.41～34.06であった。最高出現密度は7月8日の噴火湾南西部（森）の深度10mおよび7月23日の噴火湾東部（虻田）の深度15mの90細胞/Lであり，出現した深度での水温はそれぞれ13.6，17.1℃，塩分は32.35，32.09であった（表4）。

Dinophysis acuminata は2～9月に出現した（表3）。*D. acuminata* が出現した水温は0.5～23.2℃，塩分は

30.58～34.08であった。最高出現密度は7月23日の虻田での300細胞/Lであり，出現した深度10mの水温は17.3℃，塩分は32.07であった（表4）。これは*D. fortii* が最高出現密度を記録した同一日，同一調査点であった。*Dinophysis norvegica* は3～8月に出現した（表3）。*D. norvegica* が出現した水温は2.3～21.1℃，塩分は30.58～33.91であった。最高出現密度は6月18日の静内での130細胞/Lであり，出現した深度10mの水温は8.9℃，塩分は32.42であった（表4）。

参考として，湾央で実施した調査では，6月5日に*D. fortii* が最大160細胞/L，*D. acuminata* が最大70細胞/Lが出現し，湾央における*D. fortii* の出現量は貝毒プランクトン調査点の年間最高密度（130細胞/L）と同程度であった。

これまでの調査（表5）における海域ごとの*A. tamarensis*，*D. fortii*，*D. acuminata* および*D. norvegica* の最高出現密度の経年変化（表6～9）を見ると，2019年は*A. tamarensis* が太平洋中部で比較的高密度（最大1180細胞/L）に出現した。これは太平洋中部における1989年以後の*A. tamarensis* の最高出現密度であった。太平洋中部における*A. tamarensis* の出現量が噴火湾内よりも噴火湾外で多くなる状況は，2018年から2年連

表3 *Alexandrium tamarensis* および *Dinophysis* 属3種の出現時期・水温・塩分

海域 (調査点)	<i>A. tamarensis</i>			<i>D. fortii</i>			<i>D. acuminata</i>			<i>D. norvegica</i>		
	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	時期 (月)	水温 (℃)	塩分
太平洋中部 (静内)	4-7	2.5 - 13.9	31.4 - 33.1	6-9	7.8 - 18.7	31.4 - 34.1	2-9	0.5 - 21.0	32.2 - 34.1	4-8	3.0 - 14.9	32.3 - 33.3
噴火湾東部 (虻田)	2.5-7	3.7 - 14.5	32.0 - 33.6	5-9	7.1 - 19.6	32.1 - 33.6	3-8	2.6 - 18.4	31.5 - 33.2	3-6,8	2.6 - 13.0	32.0 - 33.0
噴火湾西部 (八雲)	1-6,12	2.2 - 13.5	28.9 - 34.0	5-8	5.8 - 20.1	32.1 - 32.6	3,5-8	2.3 - 21.1	30.6 - 33.7	3,5,6,8	2.3 - 21.1	30.6 - 32.8
噴火湾西部 (森)	7	13.6	32.4	7-8	5.7 - 14.9	32.3 - 32.6	3,5-8	2.0 - 16.7	31.9 - 32.6	4,6-8	2.7 - 13.6	32.2 - 32.6
噴火湾湾口 (鹿部)	3,6	3.5 - 12.4	32.7 - 32.8	6-8	5.7 - 20.1	32.3 - 32.8	5-8	3.7 - 20.3	32.1 - 32.9	5,6	3.7 - 14.0	32.4 - 32.9
津軽海峡 (知内)	-	-	-	4,5	9.4 - 11.5	33.9 - 34.0	4,5,9	9.4 - 23.2	33.9 - 34.1	5	13.4	33.9

表4 *Alexandrium tamarensis* および *Dinophysis* 属3種の最高出現密度とその出現時期・水温・塩分

海域 (調査点)	<i>A. tamarensis</i>				<i>D. fortii</i>				<i>D. acuminata</i>				<i>D. norvegica</i>			
	最高密度 (細胞/L)	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	最高密度 (細胞/L)	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	最高密度 (細胞/L)	時期 (月)	水温 (℃)	塩分	最高密度 (細胞/L)	時期 (月)	水温 (℃)	塩分
太平洋中部 (静内)	1,180	7	16.3	32.3	40	6,8	8.9-15.0	32.4-34.1	210	7	16.3	32.3	130	6	8.9	32.4
噴火湾東部 (虻田)	20	4-6	3.7-14.5	32.0-32.8	90	7	17.1	32.1	300	7	17.3	32.1	30	5,6	5.5-8.1	32.0-32.4
噴火湾西部 (八雲)	20	5,6	7.8-13.5	28.9-32.5	60	7	16.6	32.2	260	6	11.0	32.3	60	6	7.8	32.5
噴火湾西部 (森)	10	7	13.6	32.4	90	7	13.6	32.6	90	6	6.5	32.4	70	6	6.5	32.4
噴火湾湾口 (鹿部)	190	6	14.0	32.4	50	7	14.8	32.4	120	6	14.0	32.4	110	6	5.7	32.7
津軽海峡 (知内)	-	-	-	-	60	5	11.5	33.9	20	5	11.5	33.9	10	5	11.5	33.9

続している。2018年には太平洋中部で*A. tamarense*が高密度で出現した後に、噴火湾の湾口部に近い室蘭や砂原において、ホタテガイの出荷自主規制値を超える毒化が発生した（平成30年度道総研函館水産試験場事業報告書、59-62頁参照）。後述のように、2019年は噴火湾内においてホタテガイの出荷自主規制値を超える毒化は発生しなかったが、8月後半に噴火湾東部海域において出荷自粛を超える毒化が発生した。このように、噴火湾外における*A. tamarense*の出現量が増加した後、噴火湾内においてホタテガイの毒量が増加することが2年連続しており、今後、噴火湾外における*A. tamarense*の出現量に注意が必要かもしれない。

イ 二枚貝等の出荷規制

2019年は麻痺性貝毒および下痢性貝毒による出荷自主規制値を超えるホタテガイの高毒化は確認されなかった。ただし、噴火湾東部海域において8月28日から10月3日まで、出荷自粛値を超えるホタテガイの毒化が確認されている。

表5 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	
2005-		森沖3km, 八雲沖3マイル	
噴火湾東部		1979-1980	礼文華沖2km
		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	
太平洋西部	1979-2004	なし	
	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6 *Alexandrium tamarensis* 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 湾口	噴火湾 北西・南 西部	噴火湾 東部	太平洋 西部	太平洋 中部
1979			4,340	10,900		
1980	10	220	10,940	2,740		
1981	750	740	1,100	44,400		3,300
1982	0	40	60	20		240
1983		13,750	1,440	14,520		
1984		2,460	50,540	4,880		
1985		8,320	2,280	3,380		
1986		1,200	18,820	3,080		
1987		200	8,720	5,760		
1988		40	500	80		
1989		7,340	39,580	9,400		3,960
1990		700	1,300	740		40
1991		660	1,420	3,960		80
1992		20	180	20		0
1993		20	60	60		60
1994		400	2,820	240		100
1995		280	5,540	240		0
1996		60	60	60		20
1997		40	100	100		60
1998		40	20	20		0
1999		60	300	100		20
2000		20	140	20		0
2001		80	40	40		
2002		20	0	280		0
2003		400	180	80		20
2004		5,080	880	450		10
2005	0	100	40	20	0	10
2006	60	600	1,180	1,130	340	50
2007	10	500	630	40	150	0
2008	0	30	150	30	10	
2009	0	970	970	390	10	30
2010	0	30	730	300		90
2011	0	270	1,400	360		40
2012	0	20	160	80		10
2013	0	240	420	170		10
2014	20	20	20	20		10
2015	0	200	690	2,760		20
2016	30	40	60	60		10
2017	0	40	60	60		10
2018	10	20	210	60		700
2019	0	190	20	20		1,180

注) 四角内の数字は各海域の最高出現密度を示す。

表7 *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 湾口	噴火湾 西部	噴火湾 東部	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980	50	160	520	700		
1981	190	260	180	740		180
1982	110	160	400	40		160
1983		1,850	4,800	5,425		
1984		360	1,080	1,020		
1985		580	400	980		
1986		400	2,820	840		
1987		140	140	200		
1988		340	920	140		
1989		320	360	300		120
1990		140	180	180		100
1991		340	380	60		20
1992		40	80	20		40
1993		200	80	80		0
1994		240	320	660		0
1995		80	40	60		60
1996		20	60	20		20
1997		0	40	100		0
1998		40	100	40		20
1999		260	220	440		20
2000		260	20	160		0
2001		240	120	160		
2002		60	80	20		20
2003		80	40	20		40
2004		140	120	480		200
2005	20	170	500	990	110	20
2006	10	100	40	50	60	100
2007	0	10	30	20	30	0
2008	10	10	50	20	40	
2009	10	40	50	30	0	80
2010	10	110	100	10		130
2011	280	40	40	110		20
2012	10	20	10	160		190
2013	10	120	20	110		210
2014	20	70	60	30		20
2015	0	20	10	30		100
2016	10	110	180	50		140
2017	10	50	180	110		220
2018	30	590	60	60		730
2019	60	50	90	90		40

注) 四角内の数字は各海域の最高出現密度を示す。

表 8 *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 湾口	噴火湾 北西・南 西部	噴火湾 東部	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980						
1981		60	20	100		
1982		80	160	180		
1983			(140)			
1984			(380)			
1985						
1986						
1987						
1988		100	140	40		
1989		280	680	380		20
1990		80	160	220		0
1991		40	60	120		0
1992		200	200	700		140
1993		440	620	740		200
1994		500	360	2,680		80
1995		260	1,000	2,360		40
1996		500	1,420	320		280
1997		20	620	380		20
1998		80	80	60		60
1999		20	260	480		0
2000		640	1,920	780		20
2001		60	0	80		
2002		60	120	200		100
2003		940	920	720		20
2004			40	40	50	20
2005	10	40	30	30	40	70
2006	10	80	250	120	120	70
2007	80	50	100	50	20	10
2008	40	140	1,470	610	40	
2009	10	330	640	790	30	280
2010	10	90	280	370		30
2011	40	950	590	600		110
2012	20	230	420	310		30
2013	10	140	960	280		30
2014	30	80	210	150		1,010
2015	70	470	1,090	200		180
2016	10	520	1,120	410		6,710
2017	40	620	230	490		250
2018	40	150	200	220		810
2019	20	120	260	300		210

注)四角内の数字は各海域の最高出現密度を示す。括弧内の数字は付表1に示す調査点の一部の調査点の結果しかないと示す。

表 9 *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 湾口	噴火湾 北西・南 西部	噴火湾 東部	太平洋 西部	太平洋 中部
1979						
1980						
1981		340	0	300		
1982		260	40	60		
1983			(460)			
1984			(380)			
1985						
1986						
1987						
1988		160	440	180		
1989		180	180	160		120
1990		240	1,080	480		40
1991		880	1,560	1,860		100
1992		280	240	320		460
1993		160	420	160		200
1994		520	920	1,140		220
1995		440	2,040	1,060		60
1996		640	1,400	820		820
1997		20	260	120		40
1998		20	60	40		20
1999		100	140	1,140		20
2000		20	100	40		0
2001		100	20	280		
2002		140	20	60		460
2003		200	500	160		100
2004		300	180	350		60
2005	0	70	100	180	60	440
2006	0	170	140	160	400	290
2007	0	70	110	170	170	0
2008	0	10	60	40	30	
2009	0	90	60	30	0	80
2010	10	50	700	180		750
2011	0	40	30	60		70
2012	30	130	300	250		190
2013	0	40	80	60		10
2014	70	400	130	240		290
2015	0	60	60	20		70
2016	0	280	150	50		1,510
2017	0	150	140	120		120
2018	0	20	40	40		40
2019	10	110	70	30		130

注)四角内の数字は各海域の最高出現密度を示す。括弧内の数字は付表1に示す調査点の一部の調査点の結果しかないと示す。

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
 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。

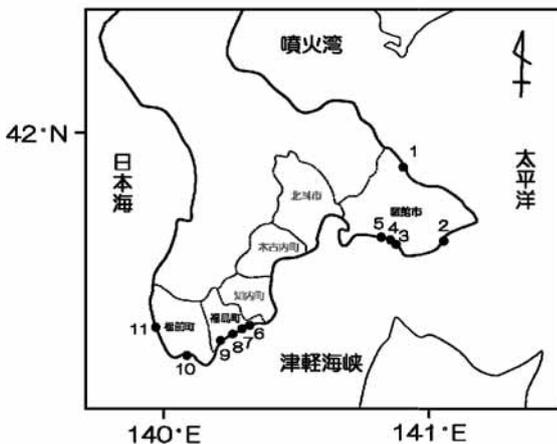


図1 養殖コンブの生育状況調査およびアンケート調査の実施地点. 函館市（1：大船町，2：日浦町，3：釜谷町，4：小安町，5：石崎町），福島町（6：福島，7：白符，8：吉岡，9：松浦），松前町（10：白神，11：江良）。

(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

函館市3地点：釜谷町，小安町，石崎町，福島町4地点：福島，白符，吉岡，松浦，松前町2地点：白神，江良のコンブ養殖漁業者を対象にヒドロゾア類の付着状況に関するアンケート調査を実施し，ヒドロゾア類の発生時期や付着数などに関する情報を収集した（図1）。

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-（ア）の調査時に養殖マコンブを採集し，それら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

モハネガヤの成長や成熟に及ぼす水温の影響を明らかにするとともに，海水中に浮遊するモハネガヤの個体数を定量する技術の開発に必要な幼生を得るため，飼育試験を行った。試験には，養殖マコンブの葉状部に付着した状態のモハネガヤの群体（生殖莢形成）と，プラスチック製の板に付着させた状態のエダフトオペリアの群体を用いた。前者は100Lの濾過海水中で，後者は5Lの濾過海水中で飼育した。1週間毎に飼育水を採取し，幼生等の放出の有無を調べた。

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

前年度の調査時，促成マコンブ表面に付着するハネガヤ科の一種を採集した（写真1）。本種にはヒドロ茎に複数の側枝が見られ，モハネガヤとは形態的に異なることから，別種であること予想された。そこで，18SrRNA遺伝子領域の塩基配列から種の特異性を試みた。

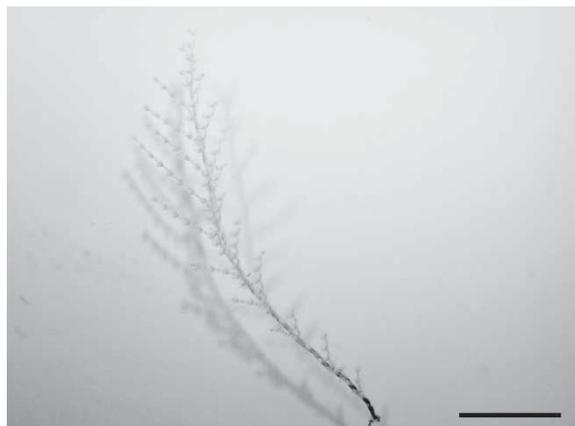


写真1 養殖マコブの葉状部表面から採取されたハネガヤ科の一種。スケールバーは1 cm。

本種および近隣の地域から採集したモハネガヤの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、ホモジナイザーを用いてよく破碎した。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-AACCTGGTTGATCCTGCCAGT と LR:R-CCAACCTACGAGCTTTTAACTG、②C(F):F-CGGTAATCCAGCTCCAATAG と YR:R-CAGACAAATCGCTCCACCAAC、③O(F):F-AAGGGCACCACGAGGAGTGGAG と BR:R-TGATCCTCCGAGGTTACCT 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回繰り返し、72 $^{\circ}$ C (10分) とした。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 (Tamura *et al.*, 2018)

を用いてアラインメントを行い、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同性の高い配列を検索して種を判別した。

(3) 得られた結果

ア 養殖マコブの生育状況と養殖漁場の海洋環境調査

(ア) 養殖マコブ生育状況調査

2019年に収穫した養殖マコブ（以下、2019年の養殖個体）の平均の葉長と湿重量は、大船町と日浦町では6月、石崎町では7月に最大となった（図2、図3）。この時、各地点の平均葉長-平均湿重量（ \pm 標準偏差）は、大船町では567.0 \pm 93.3cm-1213.6 \pm 201.5g、日浦町では689.6 \pm 111.9cm-2073.4 \pm 568.0g、石崎町では806.3 \pm 119.4cm-1808.9 \pm 367.6gであった。

2019年の養殖個体の平均葉幅は、大船町では4月以降に大きな変化は認められなかった（図4）。大船町と日浦町では6月に最大となり、石崎町では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28.3 \pm 2.8cm、日浦町では29.5 \pm 3.8cm、石崎町では26.6 \pm 3.9cmであった。大船町では6~7月にかけて葉幅が著しく狭くなる傾向が見られた。

2019年の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5月以降、急速に増加する傾向が見られた（図5）。7月の調査時には乾燥歩留りは、大船町では15.4 \pm 0.9%、日浦町では12.5 \pm 1.6%、石崎町では17.3 \pm 1.1%となった。2020年の養殖個体は、12月から翌年3月かけての平均乾燥歩留りは大きく変化することなく、8~10%台で推移した。

2019年4月以降の養殖個体の日間生長量は、いずれの地点も減少する傾向が見られた（図6上）。一方、

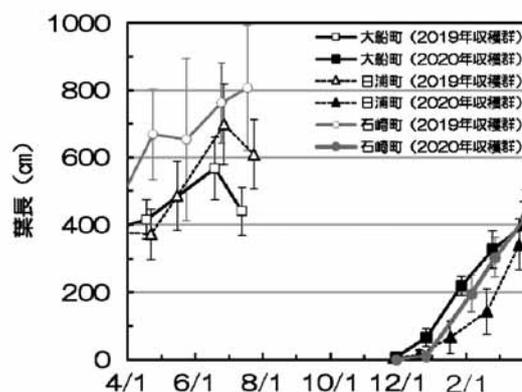


図2 養殖マコブの葉長の季節変化。エラーバーは標準偏差を示している。

4月以降の養殖個体の日間末枯量は概ね増加し、6～7月は日間生長量を大きく上回った。2020年の養殖個体については、大船町と石崎町では3～4月の日間末枯量は大きな変化は認められなかった(図6下)。

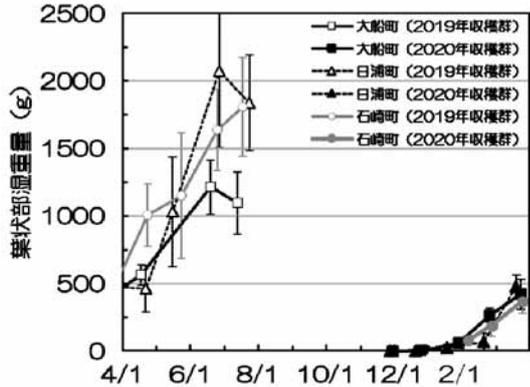


図3 養殖マコブの湿重量の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している.

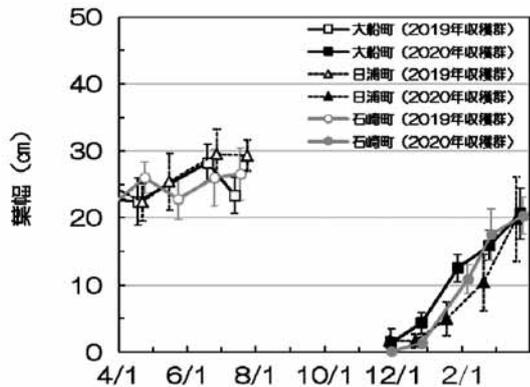


図4 養殖マコブの葉幅の季節変化. エラーバーは標準偏差を示している.

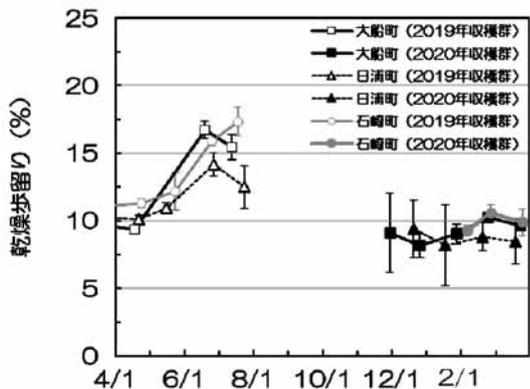


図5 養殖マコブの乾燥歩留りの季節変化. エラーバーは標準偏差を示している.

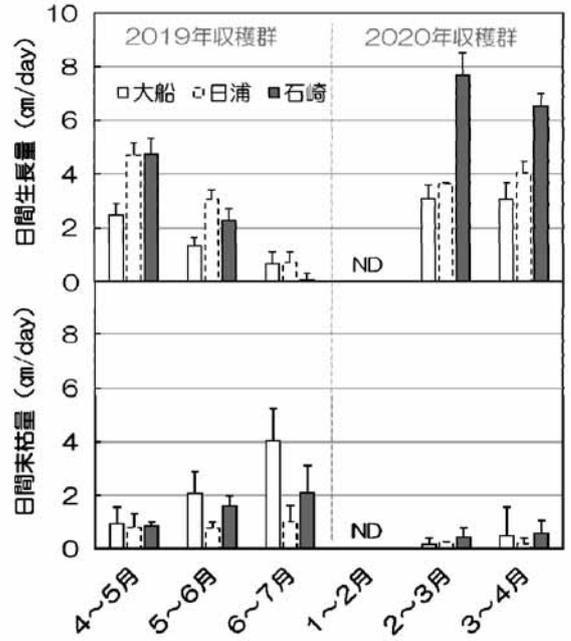


図6 養殖マコブの日間生長量(上)と日間末枯量(下)の季節変化. エラーバーは標準偏差, NDはデータないことを示している.

(イ) コブ養殖漁場の海洋環境調査

大船町沖の水温は、2019年4月1日～2019年7月17日にかけて2.7～17.2℃で推移した(図7)。また、2019年10月1日～2020年3月31日にかけては、1.4～19.4℃で推移した。2020年は2月上旬に水温が1℃台まで低下し、3月31日まで1.4～4.8℃の低水温で推移した。

日浦町沖の水温は、2019年4月1日～2019年7月23日にかけて3.1～17.2℃で推移した。また、2019年10月25日～2020年3月31日にかけては、2.2～17.5℃で推移した。

石崎町沖の水温は、2019年4月1日～2018年7月18日にかけて5.8～19.3℃で推移した。2019年11月29日～2020年3月31日にかけては3.7～17.1℃で推移した。2月以降は、断続的な水温の変化が認められた。

日積算光量子量は2019年4月以降、いずれの地点においても急速に増加する傾向が見られた(図9)。2019年10月～2020年3月にかけての日積算光量子量は低く推移し、大船町沖では平均値は5.0mol/m²/day、日浦町沖では4.2mol/m²/day、石崎町では4.3 mol/m²/dayであった。

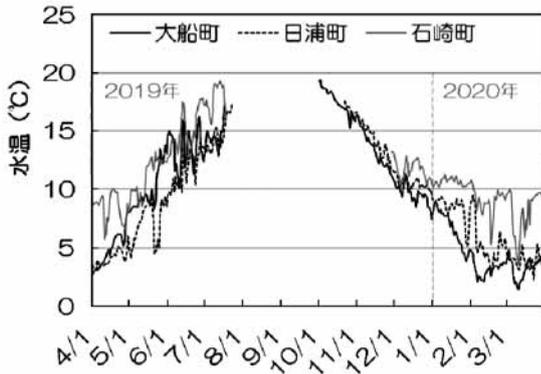


図7 コンブ養殖期間中の漁場水温の推移。

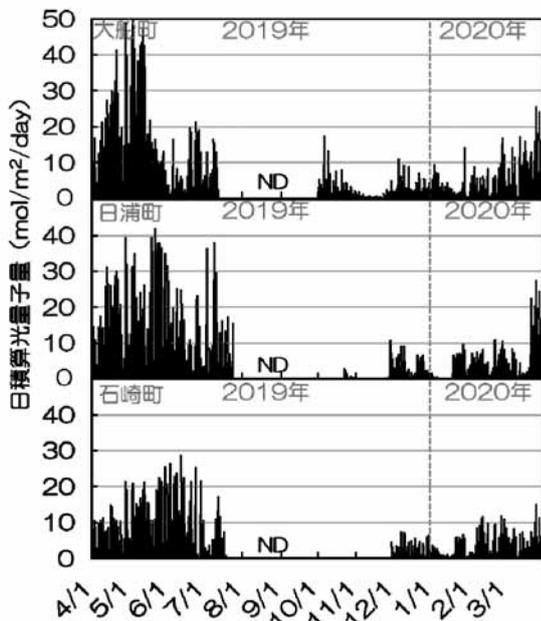


図9 養殖施設の設置水深における日積算光量子量の推移。NDは調査期間外等の理由によってデータを取得できなかったことを示している。

イ モハネガヤの付着状況に関するアンケート調査

渡島管内の9地点でアンケート調査を実施し、福島町および松前町の6地点で回答が得られた。これらの地区では、前年度に比べて早い時期からヒドロゾア類が付着しはじめ、その付着数も多かった。

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

2019年7月、大船町と石崎町では少数の付着が認められ、前者では養殖コンブの葉状部1枚あたり0.04±0.21個体、後者では0.6±0.9個体のヒドロゾア類が付着した(図10)。付着数は、前年度に比べて顕著に少

なかった(図11)。なお、日浦町沖では調査期間中にヒドロゾア類の付着は認められなかった。

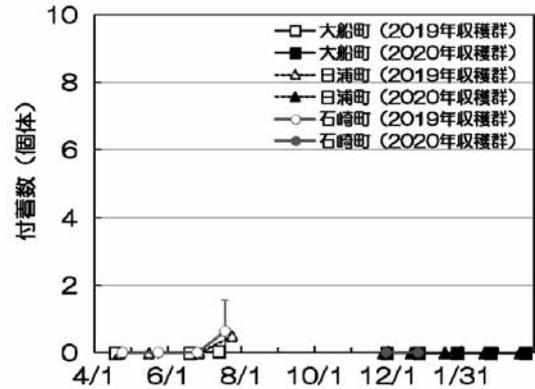


図10 促成養殖コンブに付着するヒドロゾア類の付着数の季節変化。エラーバーは標準偏差を示している。

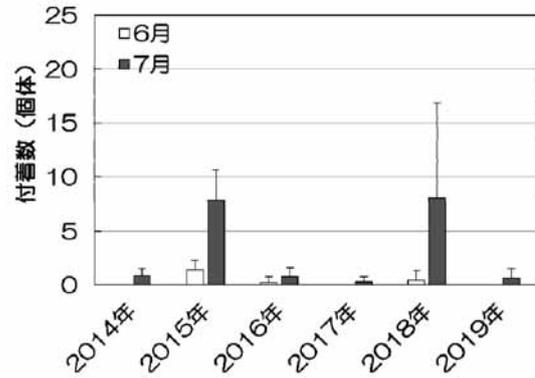


図11 石崎町沖の促成養殖コンブにおけるヒドロゾア類の発生状況。エラーバーは標準偏差を示している。

(イ) モハネガヤの飼育試験

モハネガヤは飼育開始から2日後、プラヌラ幼生と考えられる遊泳個体の放出が観察された(写真2A)。それらは長径約300μmの楕円形をなし、マコンブ胞子体とともに水槽に収容すると、1~2日後にはマコンブの葉状部表面に付着した(写真2B)。3~4日目には直立部の形成が認められた。

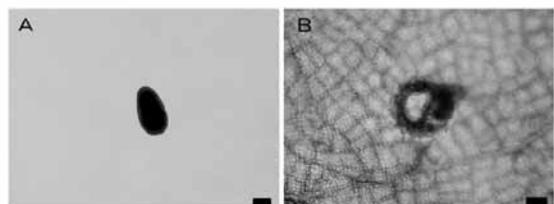


写真2 モハネガヤの幼生。A: 海水中を遊泳する幼生。B: マコンブ胞子体表面に付着した幼生。スケールバーは100μm。

エダフトオベリアは、飼育開始から1週間後に多数の浮遊個体（クラゲ）の放出が認められた。

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

解析の結果、本種およびモハネガヤの18SrRNA遺伝子の1168bpの部分配列を決定した。これら塩基配列は、完全に一致したことから、本種はモハネガヤの形態が変異したものであることが示唆された。なお、本種の塩基配列は、*Plumularia filicaulis* (DDBJ accession No. FJ550565) と最も高い相同性を示したものの、その値は98.5%にとどまった。

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.

10. 水産資源調査・評価推進委託事業（公募型研究）

10. 1 我が国周辺水産資源調査

担当者 調査研究部 萱場 隆昭, 下田 和孝, 武藤 卓志
渡野邊 雅道, 有馬 大地

（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に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2019年4月～2020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

2019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。

10. 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、中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）において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実施されている。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、国立研究開発法人水産研究・教育機構を代表として水産庁より委託を受け実施する。

（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に、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管理期間と同様に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なり、沿岸漁業では引き続きブロック管理が実施された。また、現行の漁獲可能量（TAC）制度を活用した「くろまぐろ型TAC」の検討と試験実施が行われた。

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。また、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。

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、1985～2018年の漁業生産高報告と2019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179.8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、2019年も総漁獲量の89%に当たる160.6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。水揚げされたクロマグロは10kg未満の個体から最大で190kg台の個体まで大きな個体差があった。魚体重組成では10kg台と20kg台の個体が最も多く、ともに全体の30%以上を占めた。次いで30kg台の個体が多く20%強を占めた。体重100kgを超えるような大型個体は、全体の約1%であった。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。

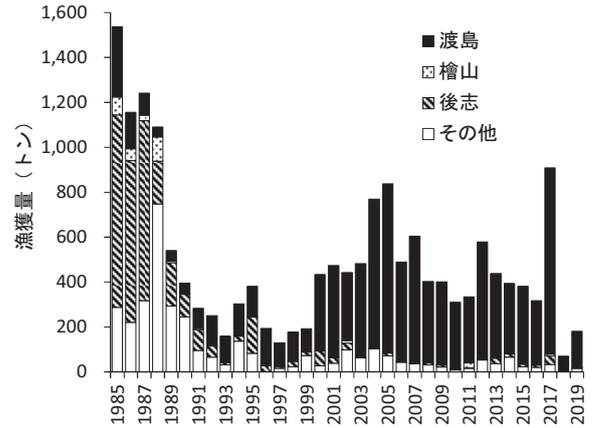


図1 北海道におけるクロマグロ漁獲量の推移

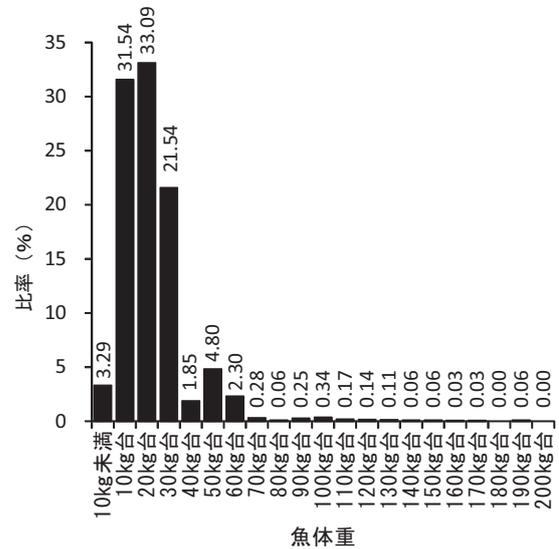


図2 渡島管内の漁業協同組合（松前さくら漁協、福島吉岡漁協および戸井漁協）で水揚げされたクロマグロの魚体重組成

11. 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）

11. 1 スケトウダラ日本海北部系群

担当者 調査研究部 渡野 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
北海道区水産研究所
日本海区水産研究所

（1）目的

スケトウダラ日本海北部系群については、資源評価調査事業により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。

なお、生殖腺重量指数と肥満度は以下の方法で求めた。

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

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

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北海道区水産研究所に提出した。

（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ず、経年的な変化（傾向）も見られなかった。

（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た。当該資源は1990年代後半以降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年度以降の年齢割合の年変動を図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）の出現に応じて年齢組成は変化していると考えられた。

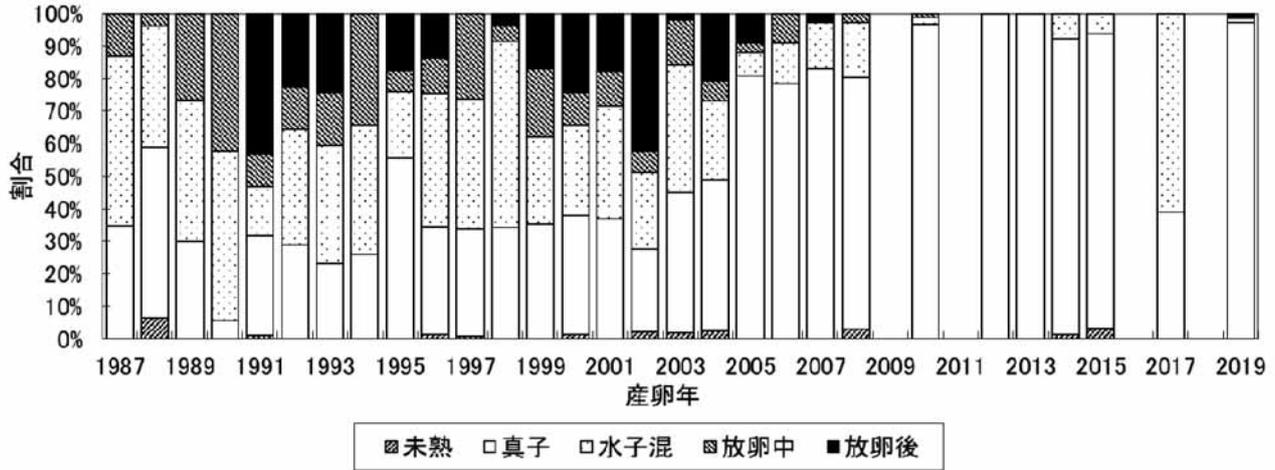


図1 檜山海域で漁獲されたスケトウダラ卵の成熟割合の推移 (1月中下旬)
2009, 2011, 2016, 2018年はデータ無し

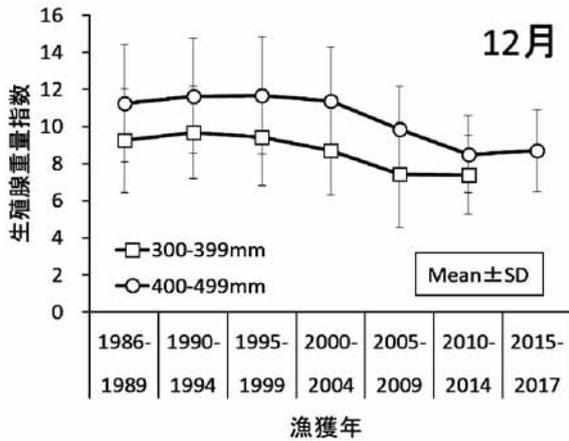


図2 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの生殖腺重量指数の推移

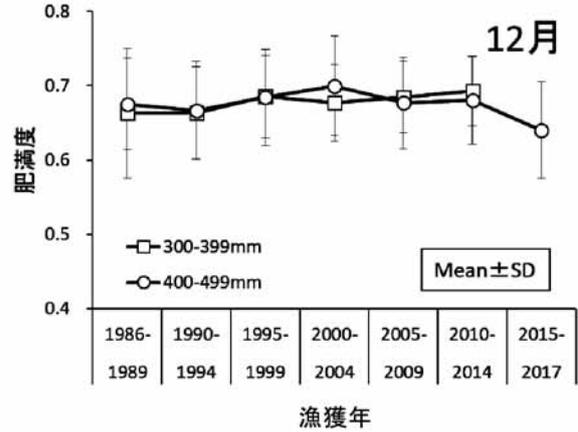


図3 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの肥満度の推移

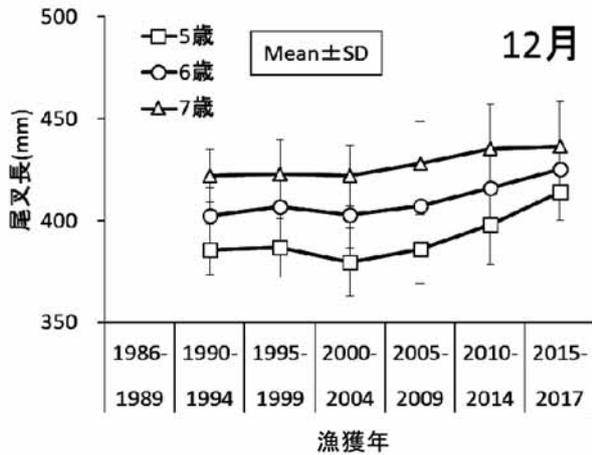


図4 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの尾叉長の推移

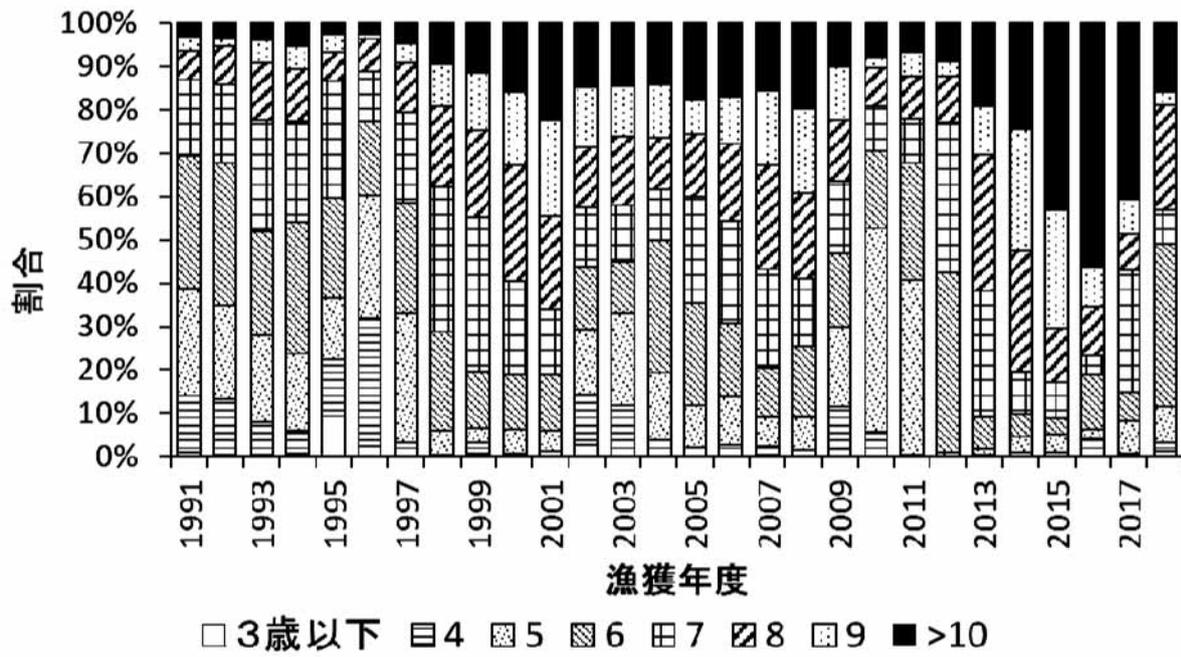


図5 檜山海域で漁獲されたスケトウダラの年齢組成の推移

11. 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)に道南太平洋及び道東太平洋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する。

2019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(金星丸)

2019年11月13～29日(金星丸)

2019年11月12～13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

2019年5月9～13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。

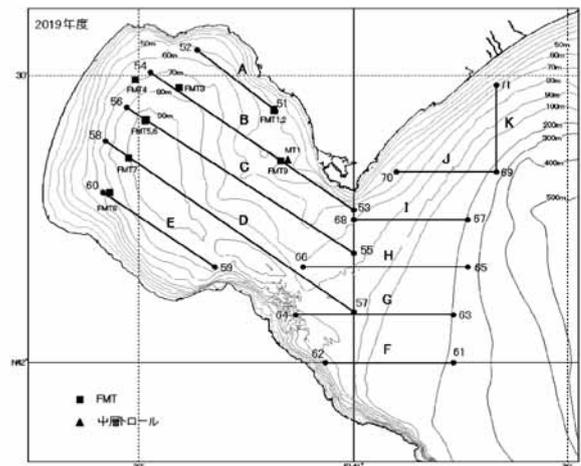


図1 調査海域

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

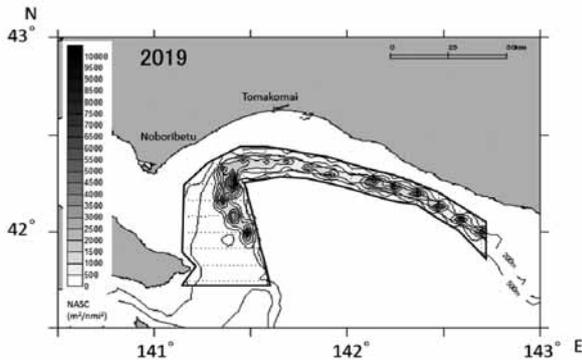


図2 産卵場周辺海域におけるスケトウダラ産卵群の分布 (2019年11月)

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、2019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、胆振沖（登別沖）に濃密な反応が、日高沖にもこれに準ずる反応がみられた。日高沖（N42° 10.18, E142° 24.21付近）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、多峰型の組成を示し、34cmに主モード、37, 42, 45cmに副モードがみられた（図3）。また、登別沖で行った海洋観測の結果、水深100~200mにかけては、過去平均（2002~2018年の同時期に行った観測の平均値）よりも1℃前後高かった。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220m以深に形成されており、過去平均よりも20m程度深場となっていた（図4）。

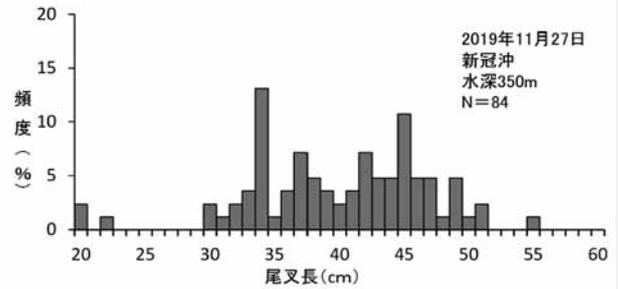


図3 トロールにより漁獲されたスケトウダラの体長（尾叉長）組成

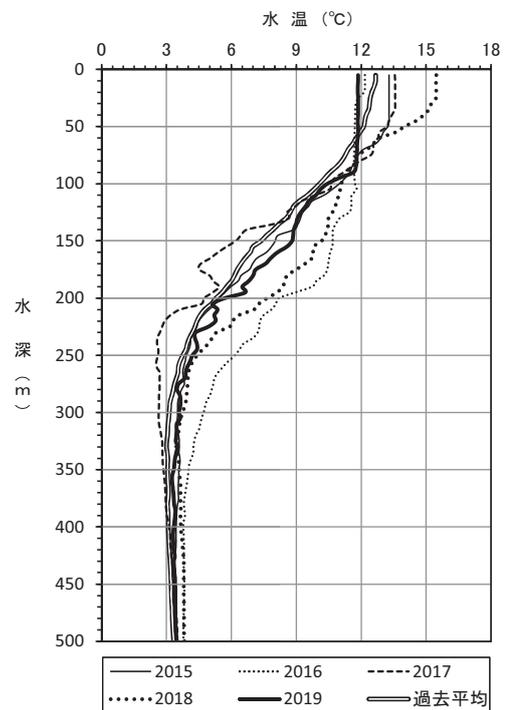


図4 11月中旬における登別沖（N42° 15' , 141° 28' ）の水温の鉛直分布

イ 初期成長・生残メカニズムの解明

(ア) 魚群の分布

2019年5月のスケトウダラ稚魚とみられる魚群反応は、前年5月と同様、噴火湾内の湾奥域に観察された（図5）。2016および2017年の同時期に実施した調査では、湾口域に比較的強い反応がみられ、稚魚が湾外へ移動する時期は早いものと推察したが、2019年は2018年度と同様、湾外への移動時期は遅いと考えられた。

(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、Eucalanus属、Pseudocalanus属の3属のカイアシ類の

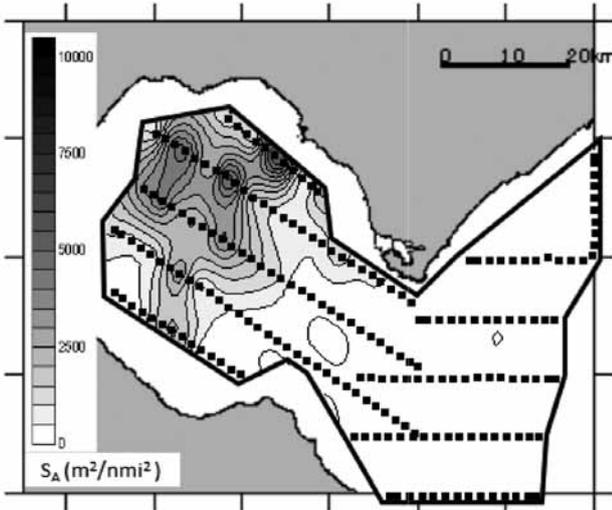


図5 5月におけるスケトウダラ稚魚の魚群反応

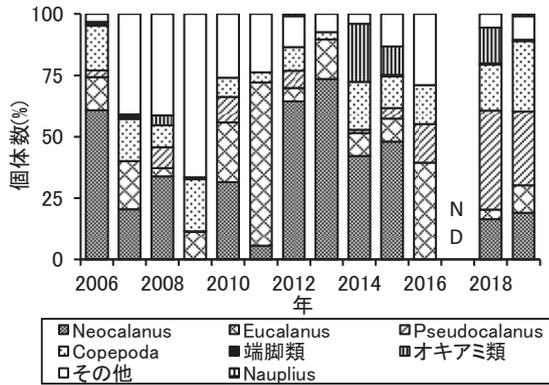


図6 スケトウダラ稚魚の胃内容物組成

占める割合が高かった。ただし、これら主要3種の占める割合は、年により大きく異なり、2006年、2012～2015年はNeocalanus属が、2011年および2016年はEucalanus属が、2018および2019年度はPseudocalanus属の占める割合が高かった(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による曳網記録を表2に示した。2019年は、深度25～75m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30.6mmで、2018年(30.7mm)と同程度であった。なお、5月の稚魚のサイズは、年により差がみられた他、採集深度が深くなるほど大型化する傾向がみられたが、2019年はそれほど採集深度と全長の間に明瞭な関係はみられなかった(図7)。

また、FMTと中層トロールによる比較試験の結果、採集されたスケトウダラ稚魚のサイズ(平均全長±SD)は、FMT採集個体では、28.7±4.0mm、中層トロール採集個体では38.9±4.9mmとなり、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。

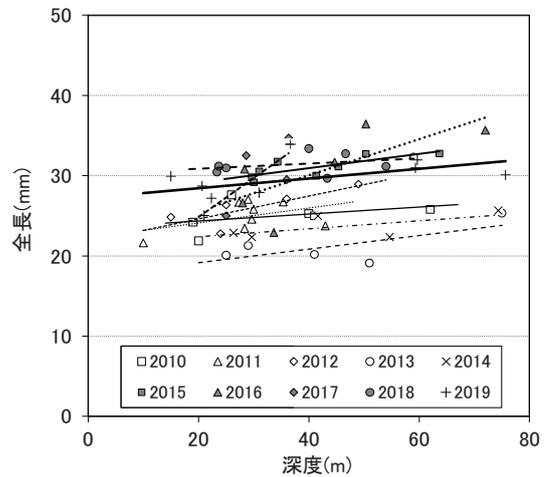


図7 5月に噴火湾内でFMTにより採集されたスケトウダラ稚魚の分布深度と平均全長の関係(太線が2019年)

表2 フレームトローネット(FMT)の曳網記録

調査年月日	May12FMT1	May12FMT2	May12FMT3	May12FMT4	May12FMT5	May12FMT6	May12FMT7	May12FMT8	May13FMT9	May13MT1*
網番号	20190512	20190512	20190512	20190512	20190512	20190512	20190512	20190512	20190513	20190513
時間	6:50	7:28	8:50	10:05	11:28	12:06	13:08	14:06	5:18	6:41
位置	N42°25.658 E140°48.749	N42°25.705 E140°48.781	N42°28.275 E140°35.236	N42°29.291 E140°29.417	N42°25.058 E140°30.744	N42°25.604 E140°30.017	N42°21.514 E140°27.647	N42°17.534 E140°25.263	N42°21.132 E140°49.319	N42°20.906 E140°49.708
水深(m)	47.3	44.4	78.3	69.5	92.9	90.2	85.8	62.5	50.8	48
曳網方向(°)	314	315	300	200	290	130	135	100	121	97
時間	6:55	7:33	8:57	10:13	11:34	12:15	13:15	14:11	5:22	6:52
曳網開始	N42°25.815 E140°48.518	N42°25.890 E140°48.557	N42°28.461 E140°35.393	N42°28.949 E140°29.296	N42°25.175 E140°30.525	N42°25.258 E140°30.610	N42°21.269 E140°27.945	N42°17.497 E140°25.535	N42°21.060 E140°49.510	N42°20.730 E140°50.485
水深(m)	45.3	45.1	77.3	71.4	92.4	92	86.9	64.3	50.4	46.6
ワープ長	始(m) 65	120	180	190	90	280	140	85	80	95
	中(m) 67	120	180	190	90	280	140	85	80	85
	終(m) 67	120	180	190	90	280	140	85	80	85
曳網深度	始(m) 13	36	60	56	22	76	30	20	20	25
	中(m) 17	37	59	61	24	76	32	25	22	22
	終(m) 15	37	59	62	21	75	31	18	20	18
船速(kt)	2.2	2.3	2.1	2.2	2.5	2.5	2.4	2	2.3	0.3
曳網時間(min)	10	10	10	10	15	15	10	10	10	10
時間	7:05	7:43	9:07	10:23	11:49	12:30	13:25	14:21	5:22	7:02
揚網開始	N42°26.094 E140°48.149	N42°26.142 E140°48.250	N42°28.660 E140°35.113	N42°28.619 E140°29.204	N42°25.561 E140°29.915	N42°24.839 E140°31.323	N42°20.927 E140°28.287	N42°17.418 E140°26.043	N42°20.898 E140°49.959	N42°20.642 E140°50.231
水深(m)	45.3	44.8	76.8	73.4	89.6	93.6	88.1	67.6	49.3	44.9
時間	7:08	7:48	9:13	10:29	11:51	12:38	13:30	14:24	5:35	7:05
揚網終了	N42°26.148 E140°48.088	N42°26.226 E140°48.159	N42°28.789 E140°34.975	N42°28.493 E140°29.192	N42°25.609 E140°29.847	N42°24.695 E140°31.589	N42°20.841 E140°28.367	N42°17.407 E140°26.109	N42°20.872 E140°50.040	N42°20.604 E140°51.645
水深(m)	45.3	44.7	75.8	73.4	89.9	94	88.2	67.9	49	44.9
ろ水計(回転数)	11580	12290	12728	13072	14830	26715	15155	12550	10230	
スケトウダラ採集尾数	305	360	112	185	245	75	42	56	130	1.6 kg

*中層トロー

12. 革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）(公募型研究)

12. 1 ICT技術による噴火湾養殖ホタテガイ育成状況モニター技術開発

担当者 調査研究部 西田 芳則
 協力機関 中央水産試験場
 渡島北部地区水産技術普及指導所
 北海道水産林務部水産振興課
 長万部漁業協同組合

(1) 目的

我が国にとって道産ホタテガイは重要な輸出品目であり、噴火湾の養殖ホタテガイはその一翼を担っていたが、2015年にホタテ稚貝が大量へい死し、2017年の生産量は約2万トンと平常の5分の1まで落ち込んだ。

2015年にホタテ稚貝がへい死した理由には諸説提唱されているが、生存した稚貝では外部異常（貝殻が変形、欠ける状態）が多く、この外部異常は物理的な傷害によって生じるため、波浪による施設の振動などが一因となりへい死を誘発したと考えられる。その一方で、噴火湾では、ヨーロッパザラボヤの大量付着によりさまざまな問題が生じており、ザラボヤを除去する作業（貝掃除）が新たに加わったため、ホタテ稚貝の管理が行き届かなくなっていることもその問題の一つとしてあげられる。このため、生産量を早期に回復するためには、施設の防振対策や養殖管理の効率化が求められる。

そこで、本研究では、これら諸問題を解決するため、養殖施設の振動を抑制する技術開発、ホタテガイの状態（成長、生残、健康度など）を陸上から監視できる音響を活用した通信ネットワークの構築、加えて、貝掃除の効率化を図るため、ヨーロッパザラボヤの付着状況を今よりも迅速に漁業者へ配信するシステムの開発を行う。

なお、本報告では、函館水試が主担当の「ホタテ稚貝のへい死を低減させる管理手法の開発」についてのみ記載する。

(2) 経過の概要

ア 養殖施設の振動がホタテ稚貝の生残率に与える影響評価

現在までの研究により、養殖施設を主に振動させる外力は波浪に伴う水粒子の円運動であることがわかった。水粒子の円運動は下層ほど小さくなる。そこで、

ホタテ稚貝の異常貝率を低減させる技術を確立するため、長万部漁業協同組合の協力のもと、岸に対し平行、垂直に設置されている2つの養殖施設において、幹綱深度の異なる実験区をそれぞれ3区設定した。設定した幹綱深度は、岸に対し平行、垂直な施設ともに5m、10m、15mである（表1）。なお、長万部で最も発達する南東からの波浪の進行方向に対して、岸に平行（垂直）な施設の設置方向は垂直（平行）になる。

表1 各実験区の設定

	施設の岸に対する設置方向	設定した幹綱深度(m)	実際の平均幹綱深度(m)	稚貝平均収容個体数(/段)
実験区1	平行	5	9	59
実験区2	平行	10	15	55
実験区3	平行	15	19	61
実験区4	垂直	5	9	55
実験区5	垂直	10	14	56
実験区6	垂直	15	18	50

2019年11月21日に稚貝の本分散を実施し、育成試験を開始した。本試験に供した稚貝は11月上旬に羅臼から搬入し、本実験施設で一時的に養成していたものである。また、丸カゴ（1連10段付）に収容したホタテ稚貝の平均殻高は25.9mmであり、各実験区における1段あたりの収容個体数は表1の通りである。2020年2月20日に全実験区の丸カゴをそれぞれ6連回収し、ホタテ稚貝の成長、異常貝出現率を求めた。

幹綱深度のモニタリングには水圧計を用い、全実験区の丸カゴに同測器を装着し、測定間隔は60秒とした。

養殖施設の振動特性の把握には流速計と加速度計を用いた。前年度の結果から、幹綱深度と異常貝率との間には、岸に平行な施設では高い負の相関関係が得られた。しかし、岸に垂直な施設では、幹綱深度を深くしたにも拘わらず異常貝率の高かった実験区があり、このため、幹綱深度と異常貝率との間に高い相関関係は

得られなかった。異常発生率が高くなった要因については、保有する観測機器の台数に限りがあり、その実験区には流速計、加速度計を設置しなかったため不明である。そこで、今年度は、岸に垂直な施設の振動特性を把握することに主眼を置き、同施設の全ての実験区(実験区4～6)に流速計と加速度計を設置し、各実験区の振動特性を比較することにした。これにより、岸に平行な施設においては、所有する流速計、加速度計の台数に限りがあるため、両観測機器は設置していない。加速度計の観測設定は、測定間隔0.2秒の連続観測とし、流速計のそれは1時間毎に0.2秒間隔で300データ取得することとした。

本研究では、丸カゴの振動を表す指標として有義加速度振幅を定義する。有義加速度振幅は、1時間に得られたx軸、y軸、z軸方向の加速度データをそれぞれゼロアップクロス法により個々の波に分解し、波の最大値と最小値との差分から加速度振幅を求め、それを大きい順に並べ替え、上位3分の1までのデータを平均したものである。ここで、有義加速度振幅が大きい(小さい)ことは丸カゴの振動振幅が大きい(小さい)ことを示す。また、波浪に伴う流速変動を表す指標として、得られた流速データについても上記と同様な手法により処理し、有義流速振幅を求めた。ここで、有義流速振幅が大きい(小さい)ことは丸カゴが受ける流速が大きい(小さい)ことを示す。

時化時の稚貝の状況を視覚的に捉えるため、岸に平行な施設の丸カゴにタイムラプスカメラを装着した。なお、所有するタイムラプスカメラの台数に限りがあるため、岸に垂直な施設の丸カゴには同機器は設置していない。タイムラプスカメラの設定については、毎

日11:30～12:00の時間帯において2秒間隔で写真撮影を行うこととした。

(3) 得られた結果

ア 養殖施設の振動がホタテ稚貝の生残率に与える影響評価

各実験区における幹綱深度の時間変化を図1に示す。各実験区の幹綱深度はほぼ一定に保たれており、それぞれ実験区1, 2, 3, 実験区4, 5, 6の順に深くなっていた。両施設ともに、実験区間では概ね5mの深度差で幹綱が設置されていたが、実測深度は当初設定より約5m程度深くなっていた(表1, 図1)。

長万部における風応力の時間変化を図2に示す。本年度の育成試験期間中は、2020年1月29～30日、および2月17日に連吹した南東風を除いては、大きな時化は無かった。

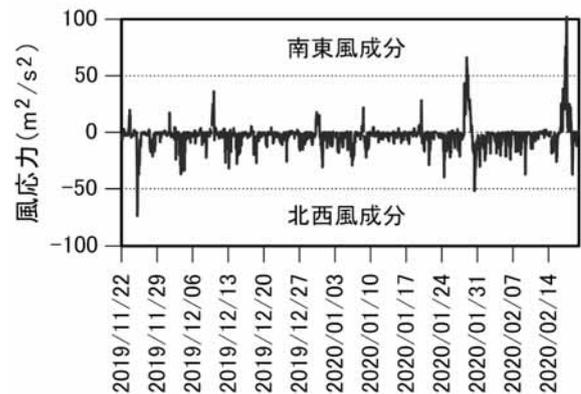


図2 長万部における風応力の時間変化

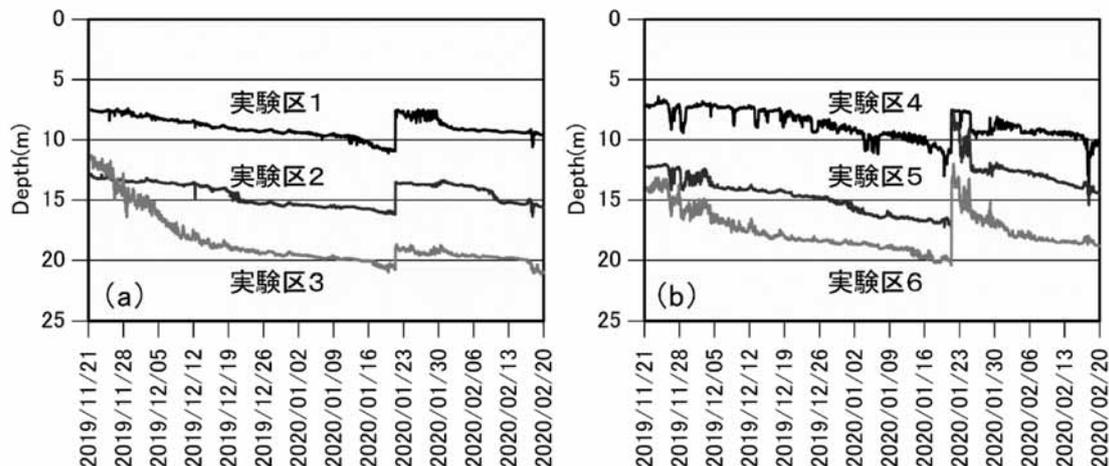


図1 各実験区における幹綱深度の時間変化

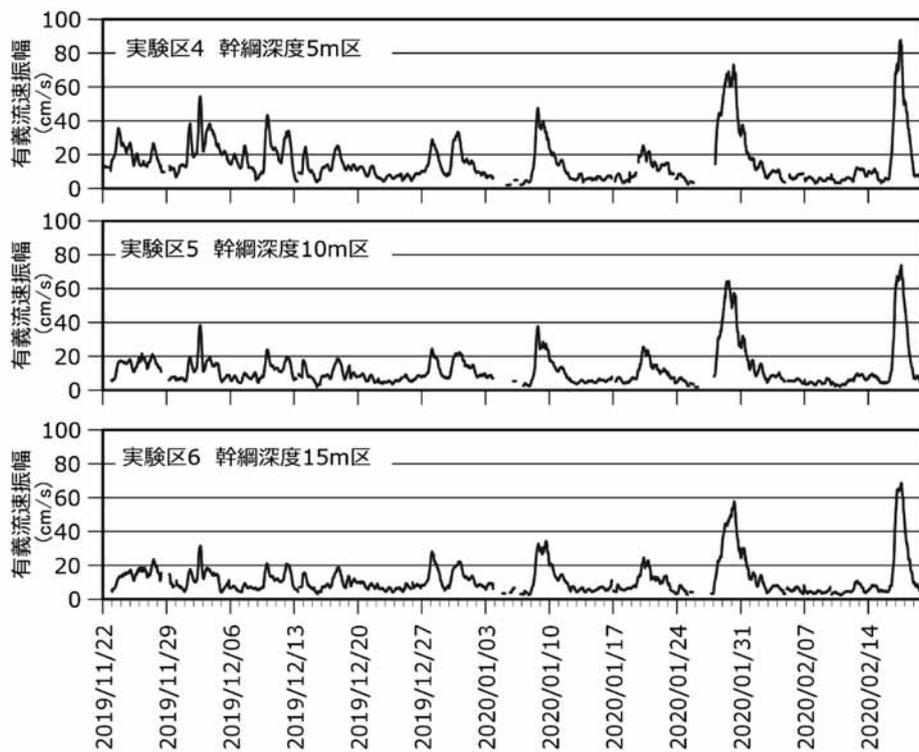


図3 岸に垂直な施設の各実験区における有義流速振幅の時間変化

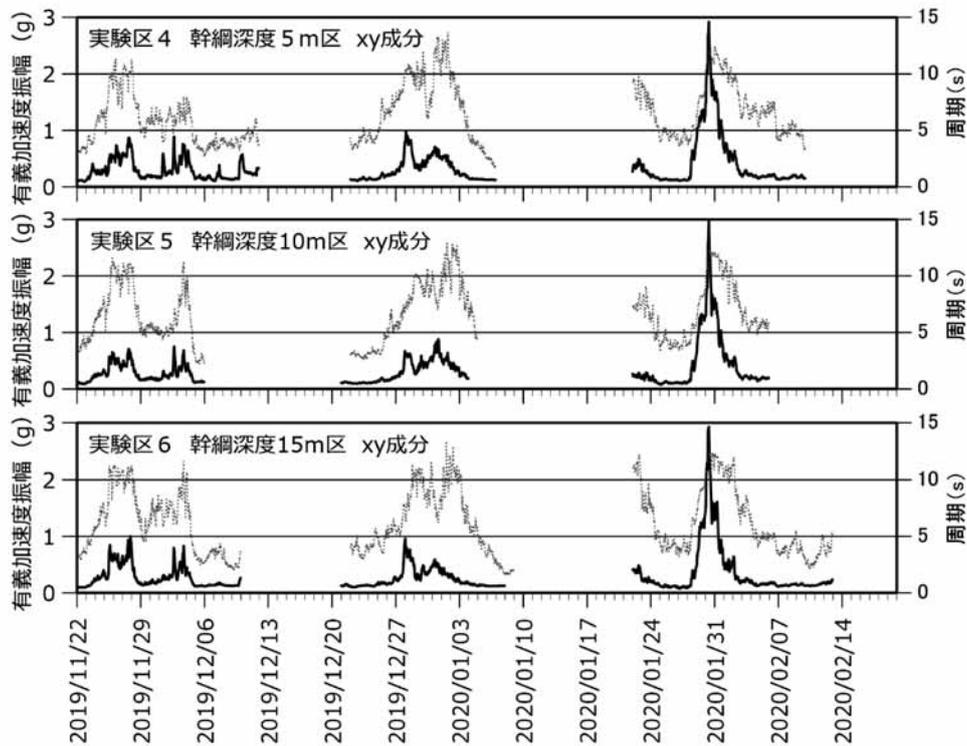


図4 岸に垂直な施設の各実験区における有義加速度振幅と周期の時間変化
(実線：有義加速度振幅，破線：周期)

各実験区における有義流速振幅の時間変化を図3に示す。有義流速振幅は、各実験区ともに、比較的強い南東風が連吹した2020年1月下旬と2月中旬に増大した。実験区4、5及び6における有義流速振幅の最大値は、1月下旬の場合、73cm/s、64cm/s及び57cm/s、2月中旬の場合87cm/s、73cm/s及び68cm/sであり、幹網深度の浅い実験区ほど大きかった。ただし、幹網深度の深い実験区6においても有義流速振幅は50cm/s以上と速いため、幹網深度による流速振幅差は生じているものの、その差は大きくないと考えられる。

実験区4～6における有義加速度振幅の時間変化を図4に示す。有義加速度振幅は前述した有義流速振幅と同様に、南東風が連吹した2020年1月下旬に最大になった。その最大値は各実験区ともに約3Gに達し、幹網の垂下深度による有義加速度振幅の違いはみられなかった。有義加速度振幅が最大になった時の周期は、いずれの実験区においても十数秒と比較的長いことから、1月下旬に生じた波浪は波長が水深に比べて十分長い深海波であった可能性が高い。すなわち、深海波では流速の大きな鉛直差は生じないため、丸カゴの振動は各実験区ともほぼ同じになったと考えられる。

試験終了の2月20日における各実験区の殻の伸び率を図5に示す。殻の伸び率は、両施設共に幹網深度の浅い実験区ほど高い傾向にある。また、殻の伸び率を施設間で比較すると、殻の伸び率は岸に垂直に設置した実験区4～6の方が平行に設置した実験区1～3よりも上回った。現在までの研究により、岸に垂直な施設では、時化時に施設は大きくは移動しないため、波浪に伴う流速変動をほぼ直接受ける。一方、岸に平行な施設では、波の山(谷)の通過とともに施設は波の進行と同じ(逆の)方向へ移動する。すなわち、波浪に

伴う流速の方向と施設の移動方向が同じになり、このため、丸カゴが受ける流速は相対的に小さくなる。したがって、岸に垂直な施設において殻の伸び率が高かったのは、岸に平行に設置されている施設よりも流速フラックスが大きいことに起因して餌料供給量が多かったためと考える。

次に試験終了時での各実験区における異常貝率を図6に示す。異常貝率は岸に平行な施設よりも垂直な施設で高かった。岸に垂直な施設では、幹網深度が最も深い実験区6(平均深度18m)でも異常貝率が9%と高率であり、垂下深度による大きな差はみられなかった。これは、前述したように、1月下旬に生じた波浪は波長が水深よりも十分長い深海波であったため、この波の特性により流速の大きな鉛直差は生じず、丸カゴの振動が各実験区ともほぼ同じであったことが要因と考える(図4参照)。

一方、岸に平行な施設においては、異常貝率に幹網深度による差は生じていない。ここで注目すべきは、前年度までの結果では、幹網深度の浅い実験区では十数%の異常貝を生じていたが、今年度の結果では、幹網深度の浅い実験区1においても異常貝率は約5%と過去2年に比べ高率にはならなかったことである。1月下旬に生じた波浪時のタイムラプス映像から、各実験区ともに、丸カゴの水平移動は確認されたが、ホタテ稚貝が丸カゴ内を移動することはほとんど無かった。したがって、このことが岸に平行な施設において異常貝率が低率になった一要因と考える。1月下旬に生じた波浪が深海波であったため、丸カゴのゆっくりとした水平振動が稚貝の移動を誘起させなかった可能性が示唆される。

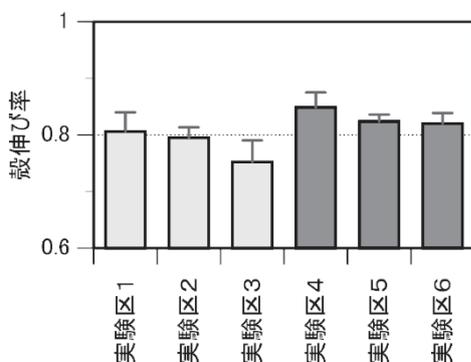


図5 試験終了時における各実験区の殻の伸び率
殻の伸び率=(試験終了時殻高-試験開始時殻高)/試験開始時殻高

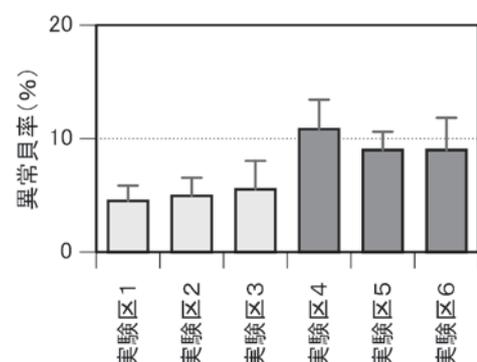


図6 試験終了時における各実験区の異常貝率

13. 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。

13. 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・有馬 大地

（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魚種：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把握を行う。

作成の資料とした。

また前年度の調査及び評価に従い，各魚種の資源評価書を作成し，令和元年度資源評価調査部会で内容を検討した。そして，その結果を水産資源管理会議で報告した。

（2）経過の概要

実施内容は，トヤマエビ及びアカガレイについて記載した。ただし，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，得られた資料を担当の栽培水試に送付し，資源評価書

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2019年度版」として印刷公表した。

13. 1. 1 エビ類

担当者 調査研究部 有馬 大地

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。集計を開始した1993年から1998年までは渡島と胆振を合わせた隻数だが，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は，1985～2018年は漁業生産高報告，2019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（表1，図2，図3）。

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。

トヤマエビでは漁獲の中心となる噴火湾海域（砂原漁協～いぶり噴火湾漁協伊達支所）のえびかご漁業について，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（図3）。

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～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

噴火湾海域におけるえびかご漁の漁期中に各月1回、森町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資料の銘柄別漁獲量(kg)から銘柄別の抽出率を算出した。なお、2013年については漁期短縮のため11月の漁獲は行われなかったが、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、噴火湾のトヤマエビの年齢組成を推定した。孵化日を1月1日として設定し、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、春漁で漁獲されるエビは「.0」で、秋漁で漁獲されるエビは「.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、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ものをトヤマエビの平均成長とした(式(1)、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)の方程式¹⁾で表した(式(2))。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。

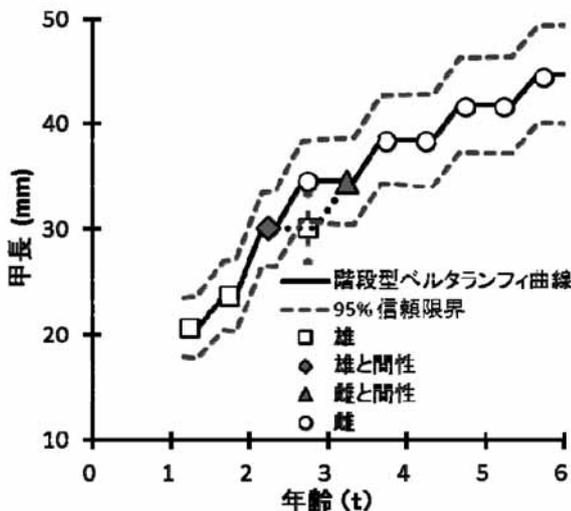


図1 噴火湾におけるトヤマエビの成長モデル。

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⁾。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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(インテジヤ)、*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。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。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、*s*と*S*は式(2)の係数、 $\omega_{j,ks}$ と $\omega_{j,ka}$ と $\omega_{m,ka}$ 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、 $f(t, j)$ 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 $P(j_i|l_i)$ は甲長 l_i の個体 i が j 歳に属する確率(事後確率)、 $\omega_{i,j}$ は個体 i が j 歳の事前確率、 $PD_{i,j}$ は個体 i の j 歳正規分布における確率密度、 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。

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)は田内田中の方法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(1994年の春漁は1994.0年、秋漁は1994.5年)。

このVPAでは、春漁の3.0歳以下の資源尾数と秋漁の2019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2018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2019年秋漁終了時点では2020年春漁の漁獲係数が不明であるため、2019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2019年以外は式(8)で、2019年以外の春漁4.0+歳は式(9)で、秋漁の2019年は式(10)で計算した。また、春漁2019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2019年3.0歳の F の値 $F_{(3.0,2019)}$ を再度 F に入力する。これを $F_{4.0}=F_{3.0}$ となるまで繰り返して、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2019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、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年に最低の111トンまで減少した。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、1985~2019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。2019年での各海域での漁獲の割合は渡島が85%、胆振が13%、日高が2%であった。

表1 道南太平洋海域のエビ類漁獲量(トン)

種名 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

資料：漁業生産高報告(1985～2018年)及び水試集計速報値(2019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。空白は漁獲無し。

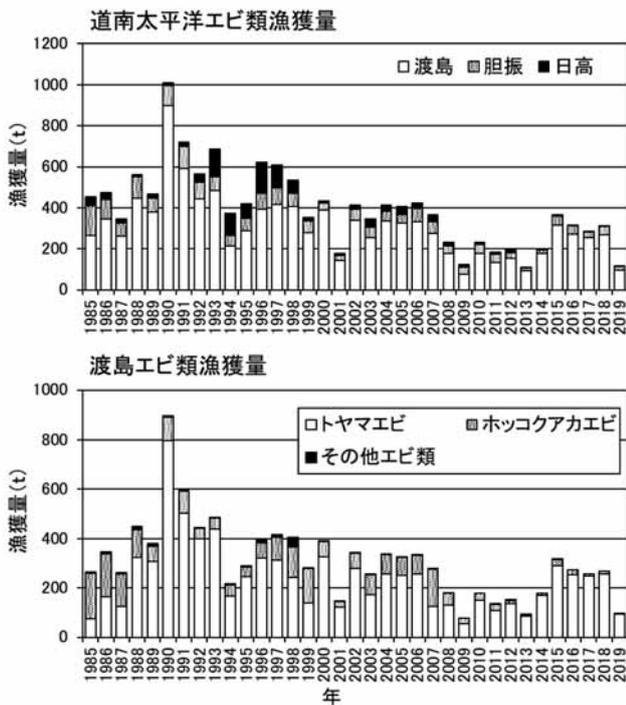


図2 道南太平洋の管内別のエビ類漁獲量(上図)と渡島管内の種類別エビ類漁獲量(下図)。

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減少し、2009年には77トンを記録した。その後2013年まで200トンを下回る漁獲量であったが、2014年と2015年に漁獲量が増加し、2015～2018年の4年間は200トンを上回る漁獲量となった。しかし2019年には再び減少し97トンであった。

漁獲されたエビ類の主体はトヤマエビであり、1985～2019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。1980年代や2007年にはホッコクアカエビが半分以上を占めた年もあったが、2009年以降は30トン未満と漁獲量が少ないため、大半をトヤマエビが占めていた。2019年ではトヤマエビが96%、ホッコクアカエビが4%であった。

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			計	延べ出漁	CPUE年間	春漁CPUE		秋漁CPUE	春漁	秋漁	その他	計
	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	4	1	9	14	267
2019	27	66		0	1		27	67	0	94	2146	42.9	28.0	54.8	4	1	9	14	108

資料：漁業生産高報告（1985～2018年）及び水試集計速報値（2019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。空白は漁獲無し。

噴火湾海域と噴火湾沖海域のえびかご漁業で漁獲されたトヤマエビの漁獲量, 出漁隻数およびCPUEを表2, 図3に示した。噴火湾海域のえびかご漁業によるトヤマエビの漁獲量は, 1990年の787トン进行ピークに増減を繰り返しながら減少した。特に2007～2013年の漁獲量は200トン未満が続いていたが2014年以降は漁獲量が増加した。漁期別の漁獲量では, 基本的に春漁が秋漁を上回っており, 2000年以降は全て秋漁の漁獲量の

方が多かった。

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, 漁獲量が最低となった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, 2017年には2,723隻まで増加したが, その後は減少傾向で, 2019年には2,146隻に減少した。

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CPUEが春漁CPUEを上回っていた。特に漁獲量が増加した2014年から秋漁の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日・1隻を記録した。

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トン前後になっており, 緩やかに減少した。噴火湾海域で漁獲量が増加し始めた2014年以降も20トン以下の漁獲量であった。

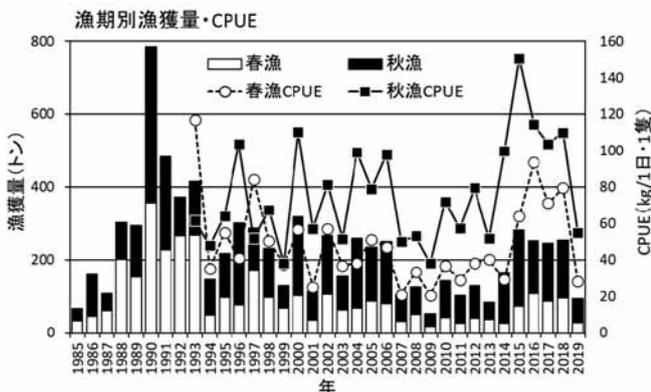


図3 噴火湾海域の漁期別漁獲量とCPUE。

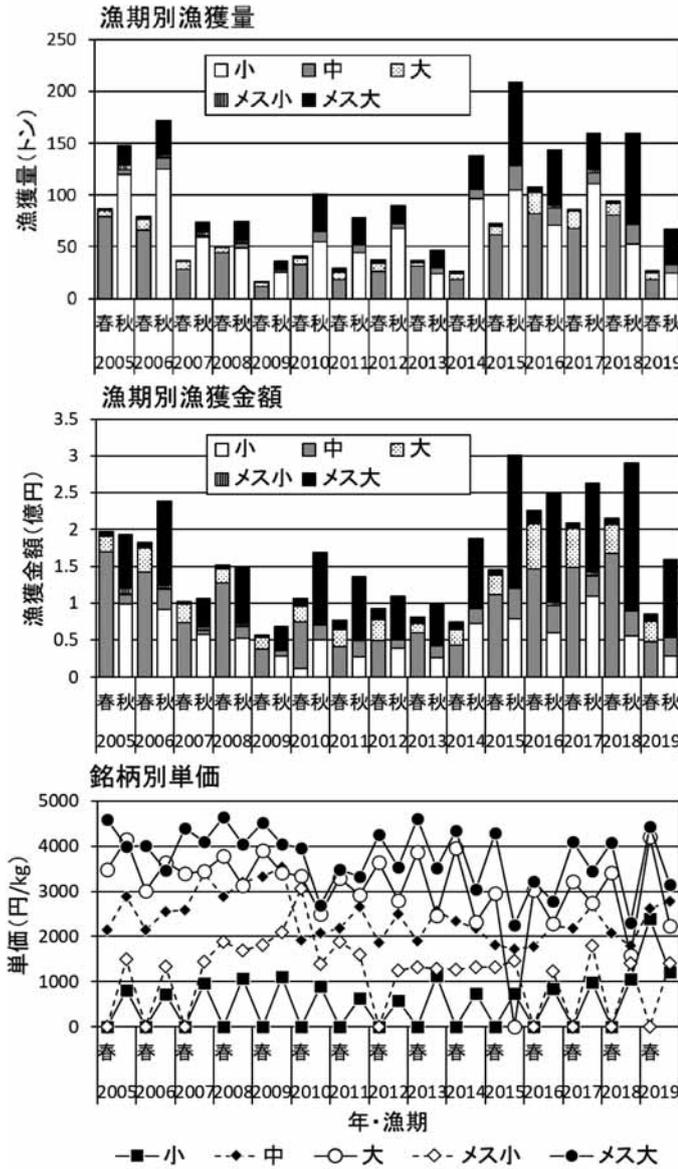


図4 2005～2019年の漁期別と銘柄別の漁獲量，漁獲金額および単価

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。単価が高いメス大や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。2018年の秋漁では単価は大きく下がっており，いずれの銘柄も3,000円/kgを下回った。

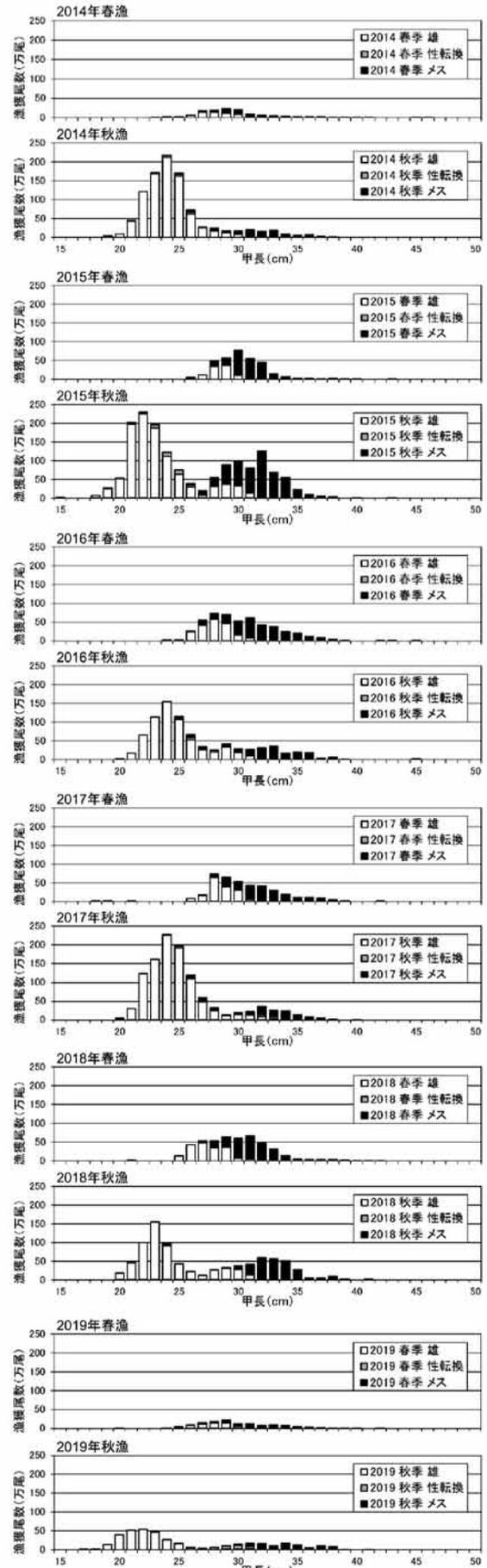


図5 2014～2019年に噴火湾海域で漁獲されたトヤマエビの漁期別甲長組成。

イ 漁獲物調査

漁期中の漁獲物測定結果および銘柄別漁獲量から求めた2013～2019年の漁期別の甲長組成を図5に示した。共通して、秋漁では漁獲に新規加入したと考えられる甲長20～25mm程度の小型の雄が主体となり、翌年の春漁では30mm前後の雌雄の個体が主体となることが多かった。2019年の春漁の甲長のモードは雄が28～29mm（2018年27mm）、雌が31mm（2018年31mm）であった。2019年秋漁の甲長のモードは雄が22mm（2018年23mm）、雌が34mm（2018年32mm）で秋漁の雄以外は2018年よりやや大型の組成であった。

ウ 資源評価

漁獲物の甲長組成に混合正規分布モデルを当てはめることにより求められた、春漁および秋漁における噴火湾トヤマエビの年齢別漁獲尾数の経年変化を図6に示した。秋漁では漁獲に新規加入した1.5歳の雄、春漁ではそれが脱皮した後の2.0歳が漁獲の主体となっており、その漁期で最も若齢の年級群が漁獲の主体となるのが特徴である。なお1997年にえびかごの目が12節（結節から結節までの長さ14mm）以上から10節（結節から結節までの長さ17mm）以上に拡大され、1999年から春漁の小銘柄（1.0歳に相当するサイズ）を自主禁漁し、再放流を行っているため、1999年以降の春漁では1.0歳はほとんど漁獲されていない。

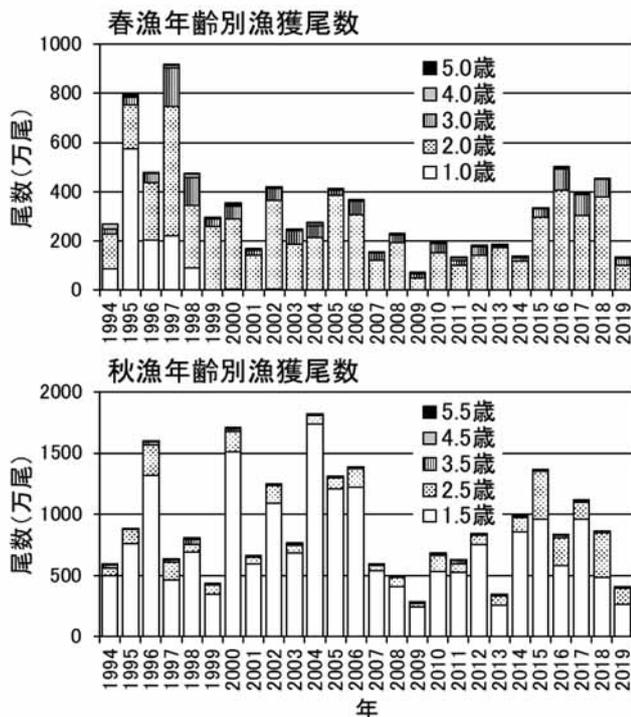


図6 1994～2019年の年齢別漁獲尾数。

各漁期の年齢別漁獲尾数を用いてVPAにより推定した年齢別資源尾数と資源重量を図7に示した。資源尾数の大半を占める春漁の1.0歳に注目すると、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2,000万尾を大きく上回り、2017年には3,000万尾を上回った。ただし2018年、2019年と1.0歳が少ない年が続いており、特に2019年は781万尾と1994年以降では最も少ない。2.0歳以上の資源尾数も2019年から急減したため、全体の資源尾数は1,197万尾、資源重量は122トンと1994年以降で最低となった。

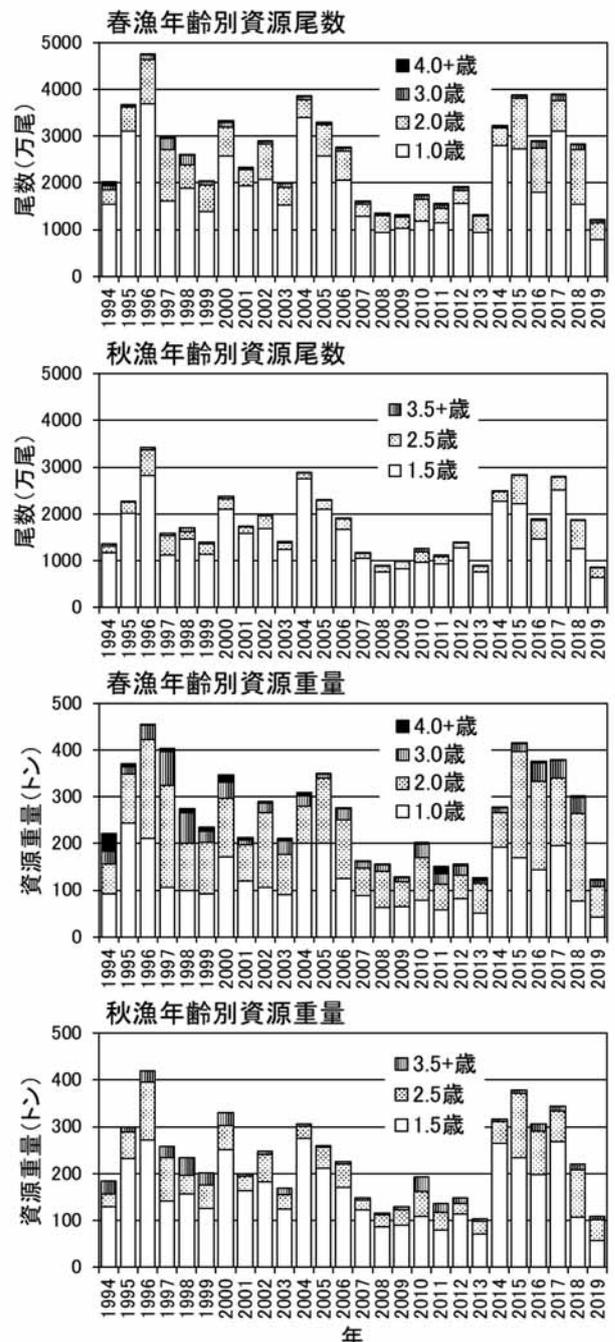


図7 1994～2019年の年齢別漁獲尾数(上2段)、および年齢別資源重量(下2段)。

春漁時の1.0歳以上の資源重量を指標として基準年を1995～2014年までの20年間とし、それらの資源重量の平均値を100として標準化して、100±40の範囲を中水準、その上および下をそれぞれ高水準、低水準として噴火湾海域のトヤマエビの資源水準の判断を行った。2019年の資源水準は低水準となった。2020年秋漁に漁獲加入する1.5歳の加入量が現時点では不明であるため、今後の資源動向については不明である。

(4) まとめ

以上の結果から、噴火湾のトヤマエビ漁業は春漁、秋漁ともに最も若齢の年級群への依存度が高く、卓越年級群に頼った漁業であるのが特徴であり、安定した漁業のためには漁業形態の見直しが必要だと考えられる。函館水産試験場では目合拡大による小型個体の漁獲圧低下と、その管理効果について北海道大学大学院水産科学研究院との共同研究を行っている。

また現状の資源評価では半期毎のVPAを用いているが、最近年の若齢の推定精度が低くなるという問題点がある。噴火湾のトヤマエビ漁業では若齢個体が漁獲の大半を占めていることから、何らかの資源評価手法の改良が必要と考えられる。また現状では秋漁期が終わり、銘柄別漁獲量が集計されるまで新規加入した年級群の規模を把握できないため、次の漁期や次年度以降の資源動向予測が困難という問題点もある。これ

らの問題を解決するためには、秋漁解禁前に小型の若齢個体も含めて分布密度の調査を実施して、漁況予測情報を提供しつつ、VPAのチューニング指標として活用し、資源評価の精度向上を図ることが課題である。

(5) 引用文献

- 1) Tanaka and Tanaka (1990) A method for estimating age-composition from length-frequency by using stochastic growth equation. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1209-1218.
- 2) 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.
- 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 と漁業管理。東海区水産研究所研究報告，28，1-200 (1972)

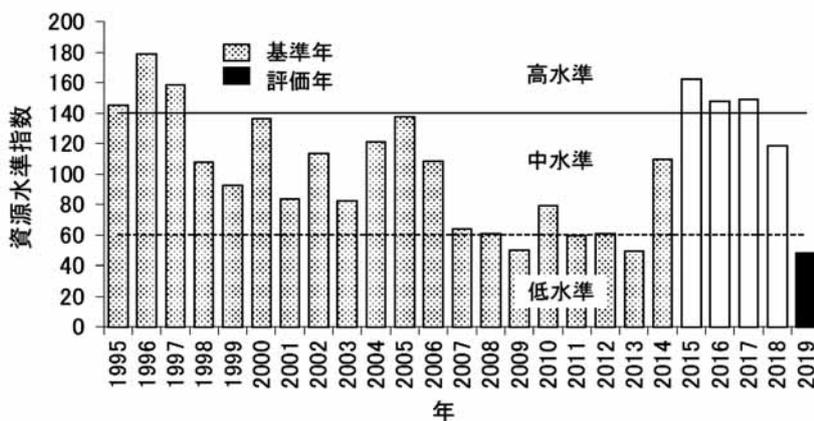


図8 噴火湾におけるトヤマエビの資源水準 (資源状態を示す指標：春漁期の1歳以上の資源重量)

13. 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1985～2018年は漁業生産高報告、2019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。2019年の測定回数は5月30日、9月18日および10月31日の3回（627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釧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）。2019年は2月15～16日に北辰丸で実施した。

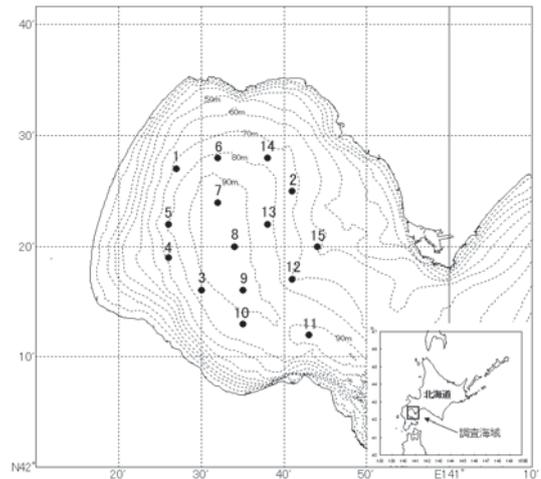


図1 アカガレイ若齢魚調査地点図

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。

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。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。

(イ) 資源量の推定

噴火湾のアカガレイ資源は、漁獲尾数の多い年級群とそれ以外の年級群の漁獲尾数が著しく異なり、それ以外の年級群ではある年齢での漁獲尾数が0となる年もみられた。そこで、これまでの調査結果から漁獲尾数の多い7年級群（1989、1991、1995、2003、2004、

2008, 2009) について、VPAにより年齢別資源尾数と漁獲係数の推定を行い、それ以外の年級群については初期資源尾数のみを別途計算した。

a 高豊度年級群に対するVPA

下記のPopeの近似式²⁾に基づいて、3歳（新規加入年齢）から10歳（最高齢）までの年齢別資源尾数と漁獲係数を計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{0.5M} \quad (1)$$

$$N_{10,y} = C_{10,y} \cdot e^{0.5M} / (1 - e^{-F_{10,y}}) \quad (2)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \cdot e^{0.5M}}{N_{a,y}} \right) \quad (3)$$

ここで、 N は資源尾数、 F は漁獲係数、 C は漁獲尾数、 M は自然死亡係数、 a は年齢、 y は年を表す。 M は田内・田中の式³⁾から0.25とした ($M=2.5/10$)。最高齢の漁獲係数 $F_{10,y}$ は、年級群ごとに漁獲尾数が減少し始める年齢（6～7歳）から10歳までの漁獲尾数の平均減少率より年齢間の全減少係数 Z を求め、 Z より M を減じて得られた値を用いた。

b 低豊度年級群の3歳資源尾数

上記で得られた高豊度年級群の3歳資源尾数に対する累積漁獲尾数の比を求め（0.20～0.44）、その平均値（0.32）をそれ以外の年級群の累積漁獲尾数に乗じることによって得られた値を、便宜的にそれ以外の年級群の3歳資源尾数（新規加入尾数）とみなした。

表1 噴火湾におけるアカガレイの漁獲量（トン）

	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

※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

(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1)。近年では、2006年に過去最低値を記録した後、2007年からは5年連続して漁獲量は前年を上回り、2011年には1,500トンまで増加したが、その後、減少傾向となっており、2018年は572トン、2019年は452トンであった。

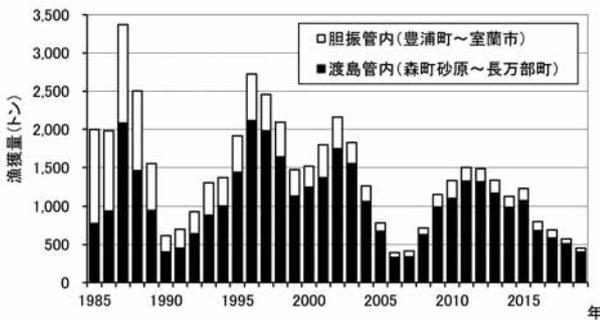


図2 噴火湾アカガレイ漁獲量の経年変化

漁獲量を渡島と胆振の管内別にみると、1985年以降、渡島の漁獲量が増加し続けており、近年では噴火湾全体の漁獲量の8割以上を占める(表1)。渡島の中でも砂原、森、落部漁協の漁獲量が多く、2019年では噴火湾全体の漁獲量の88%を占めた。

(イ) 漁獲努力量

2005年以降の砂原漁協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っており、2017年には2005年以降最低の2,300隻台となった。2017年以降はほぼ横ばいとなっており、2019年は2,400隻台であった(図3)。

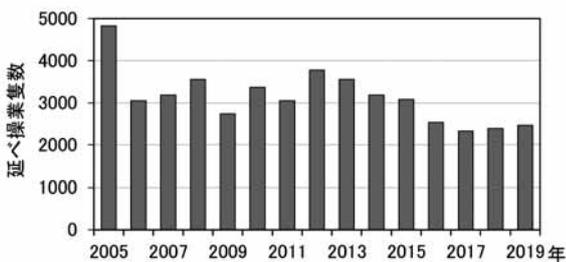


図3 かれい刺し網漁業における延べ操業隻数の推移(代表地区)

イ 生物調査

(ア) 刺し網漁獲物調査

アカガレイの全長および年齢別漁獲尾数の推移を図4, 5に、年級群別漁獲尾数の推移を図6に示した。

噴火湾海域のアカガレイの年級群の出現状況をみると、各年の漁獲物は豊度の高い1, 2年級群によって支えられており、数年に一回の割合で発生する豊度の高い年級群の加入と衰退により、資源状態は変動している。1999~2006年までは1995年級群が漁獲物の大部分を占めていたが、2002年(7歳)をピークに漁獲尾数は減少し、2007年(12歳)には1995年級群はほとんどみられなくなった。それに代わって、2007年には2003年級群(4歳)、2008年には2004年級群(4歳)が漁獲加入し、漁獲尾数は増加し始め、2011年には、この2つの年級群で漁獲尾数全体の8割を占めた。2012年には2003年級群(9歳)、2004年級群(8歳)とも漁獲尾数が減少したが、これらに代わり、2008年級群(4歳)が漁獲加入したことで漁獲尾数は維持された。2013年には2009年級群(4歳)が加入し、2008および2009年級群が漁獲物の主体となったが、2009年級群の豊度は2003・2004年級群ほど高くないのみみられたことから、漁獲尾数は2013年以降減少傾向となっている。2017年には豊度の高い年級群とみられる2013年級群¹⁾(4歳)の加入がみられたものの、2013年級群の4歳~6歳時(2017~2019年)の漁獲尾数は、高豊度の年級群としては少なかったことから、全体の漁獲尾数も2019年は2018年を下回った(図6)。

なお、本資源の特徴として、年齢組成は豊度の高い年級群の加入、衰退により大きく変化するが、全長組成が大きく変化する年は少ない(図5)。同じ年級群であっても、その成長には個体差があり、成長の良い個体から選択的に漁獲されているものと考えられる。

(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2月に採集されたアカガレイの全長および年齢組成を図7に示した。1歳~3歳での採集状況から、2008年級群、2009年級群は高豊度の年級群になると予測され、実際に高豊度の年級群となった。しかし、後続の2010年級群~2012年級群は、この調査ではほとんど採集されなかったことから、低豊度の年級群とみられている。2013年級群は、高豊度の年級群と推定されている¹⁾が、4歳~6歳時における刺し網漁業での漁獲尾数は、高豊度の年級群としては最も低位であった2009年級群を下回っていた。なお、2018年及び2019年2月のソリ

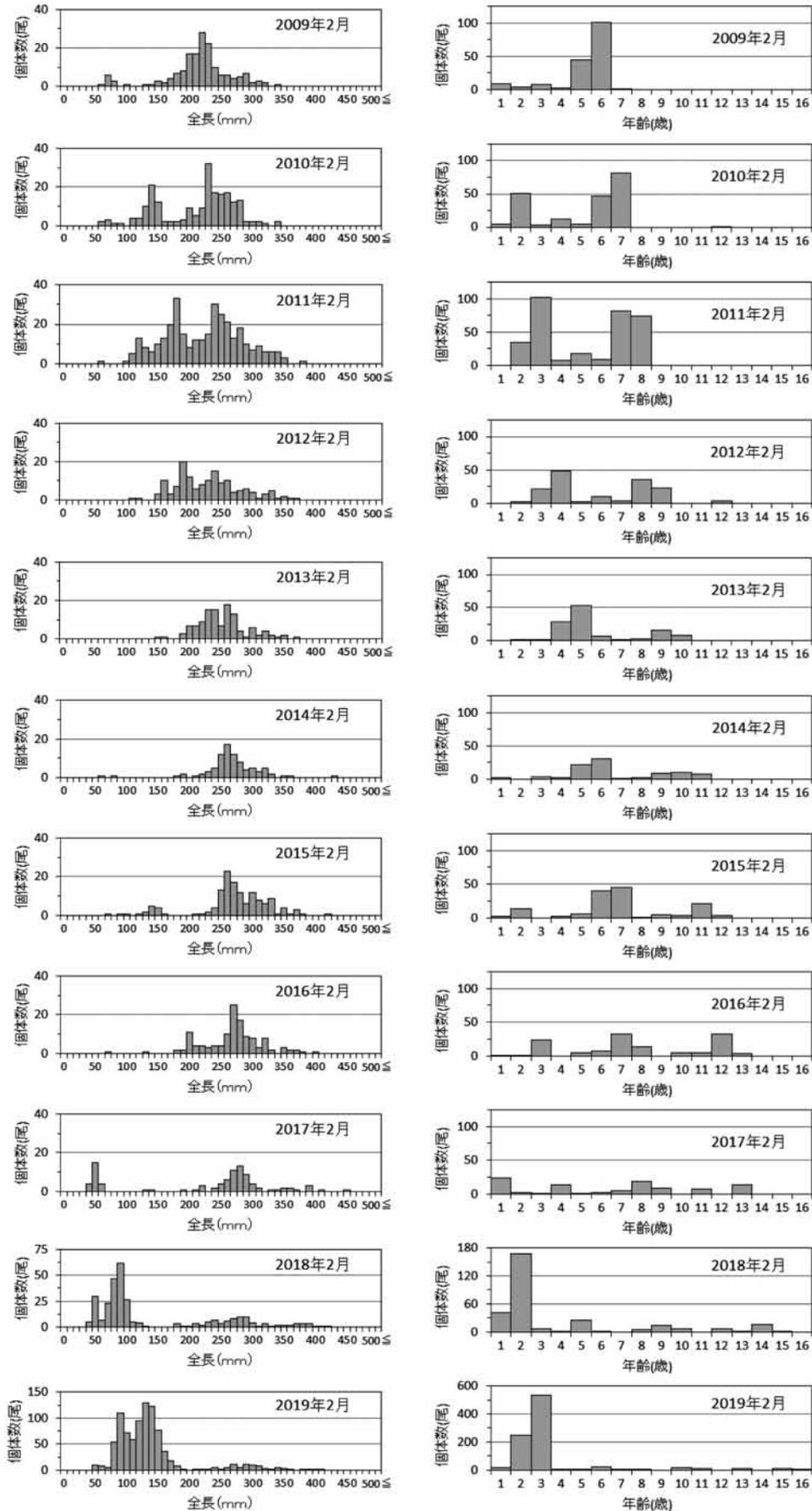


図7 ソリネットで漁獲されたアカガレイの全長(左)・年齢(右)組成の経年変化

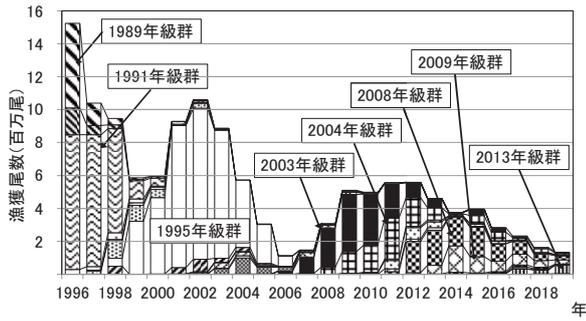


図6 噴火湾海域におけるアカガレイの年級群別漁獲尾数の推移

ネット調査, 2016年級群の採集尾数は, 2008年以降では2歳時(2018年調査)及び3歳時(2019年調査)としては, 調査を開始した2008年以降で最多となった。また, 2017年級群の採集尾数も1歳時(2018年調査)及び2歳時(2019年調査)は, 2016年級群の採集尾数をさらに上回ったことから, この両年級群は高豊度の年級群となる可能性が高いと推察される。

ウ 資源評価

(ア) 現在までの資源状態

加入尾数(3歳資源尾数)は, 年級群により大きく変動し, 1995年級群では約2億尾となったが, 百万尾を下回る年級群もみられた(図8)。このうち, 加入尾数が2千万尾を上回った年級群を高豊度年級群と定義し, 1989, 1991, 1995, 2003, 2004及び2008を高豊度年級群とみなした。2009年級群についても, まだ漁獲対象となっており, 今後, 高豊度年級群になる可能性が高いことから高豊度年級群に含めた。なお, 高豊度年級群の資源尾数は, 各年級群とも3歳時に比べ, 5~6歳時には半減する傾向がみられた(図9)。

また, 各年齢における漁獲係数(F)の推移は, 1991年級群以前に発生した高豊度年級群に比べて, そ

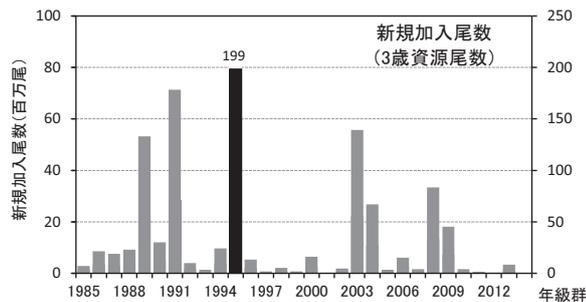


図8 アカガレイ3歳資源尾数の推移

れ以降に発生した高豊度年級群の方が低い傾向がみられた(図10)

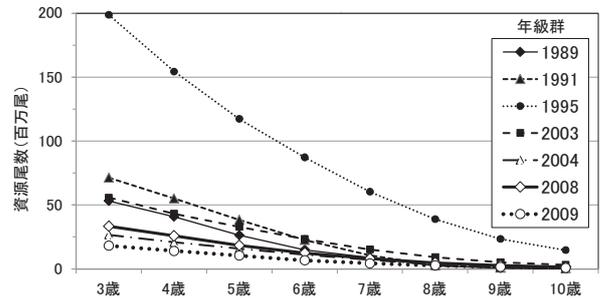


図9 アカガレイ高豊度年級群の資源尾数の推移

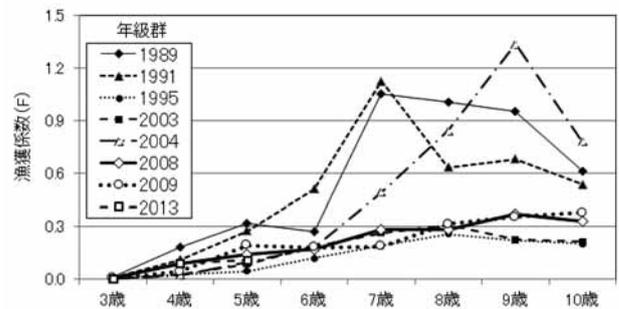


図10 アカガレイ高豊度年級群の漁獲係数(F)の推移

(イ) 2016年の資源水準

1995年以降の漁獲量の推移から資源水準の評価を行った。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。その結果, 2019年の水準指数は31であったことから, 低水準と判断した(図11)

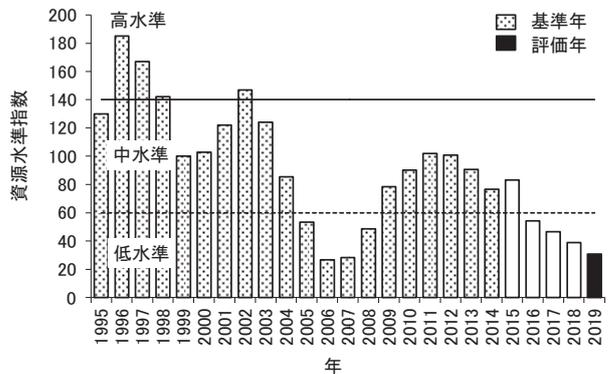


図11 噴火湾海域におけるアカガレイの資源水準

(ウ) 今後の資源動向

当海域のアカガレイ資源は数年間隔で不規則に発生する高豊度年級群で構成されており、資源量や漁獲量はこれらの豊度や発生間隔に応じて大きく変動している。2013～2018年まで漁獲物の主体であった2008、2009年級群は、2020年にはそれぞれ12歳、11歳となり、漁獲尾数は今後も減少していくと考えられる。これらに変わって2019年に漁獲物の主体となった2013年級群も高豊度の年級群とみられているが¹⁾、先述したとおり2009年級群を下回る豊度であると考えられることや2020年には7歳となることから、これらの年級群の2020年度の漁獲尾数は2019年を下回る可能性が高い。しかし、2020年にはソリネット調査物の結果から高豊度の年級群になると推測されている2016年級群(図7)が4歳となって漁獲加入するとみられることから、全体の漁獲尾数は増加に転じる可能性が高いと考えられる。ただし、漁獲尾数が増加したとしても、4歳時は

体重が軽いので、漁獲量まで増加に転じる可能性は低いものと判断される。そのため、資源動向は横ばいと判断した。

文献

- 1) 高津哲也, 中屋光裕, 亀井佳彦, 小林直人, 飯田高大, 金谷彩友美, 細野拓也, 水野 悠, Tran Nguyen Hai NAM, 高 偉峰: 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(令和元年度), (財)北水協会(2020)(印刷中)
- 2) Pope, J. G.: An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin, 9, 65-74 (1972)
- 3) 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)

13. 2. 資源管理手法開発試験調査

13. 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、資源水準の低い状態が続いており、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って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。2019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の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

2019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。5月から6月にかけて太平洋側の砂原、木直および恵山で水揚げされた漁獲物は2歳魚の割合が90～99%と非常に高かった。このうち、木直の漁獲物は2歳魚の体長分布が270mm台と310mm台にモードを持つ双峰型の分布を示した。奥尻の4月～6月の漁獲物は2歳魚の割合が60%と他地区と比べて低い一方、1歳魚の割合は27%と他の地区と比べて高かった。奥尻では11月～12月の漁獲物でも同様の傾向が見られ、2歳魚と1歳魚の割合はそれぞれ63%および13%であった。11月～12月に恵山、上ノ国および松前で水揚げされた漁獲物は2歳魚が75%前後を占め、1歳魚の割合は5%前後と低かった。これらの地区では3歳以上の個体も20%程度含まれていた。

以上のように、2019年の漁獲物の特徴は、年間を通じて2歳魚(2017年級)が60%～90%以上を占め、主

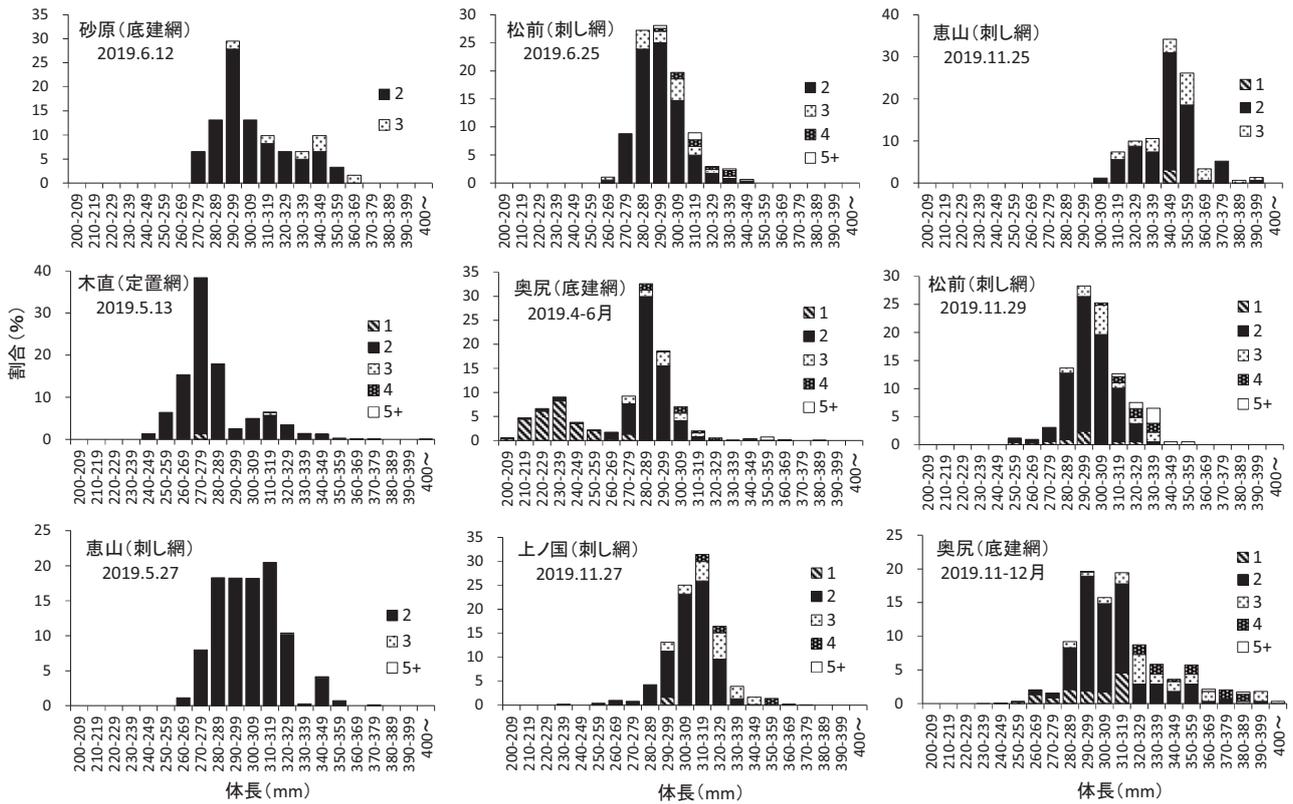


図1 2019年に道南海域で漁獲されたホッケの年齢体長組成

な漁獲対象となったことであった。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13.7%（747千尾），2歳魚が74.4%（4,064千尾），3歳魚が7.8%（426千尾），4歳魚が3.2%（176千尾），5歳以上が0.9%（50千尾）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（1998～2017年級）の中では2007年級の漁獲尾数が最も多かった。2017年級も1歳での漁獲尾数が2007年級の6割程度と2008年級以降の10年級（2008～2017年級）の中では最も多かった。2017年級の2歳での漁獲尾数は2007年級の約2割にとどまったが，総漁獲尾数は最近10年級の中では最多となる可能性が高い。資源回復に向けてはこうした高豊度年級を資源の再生産に結び付けることが重要であると考えられる。具体的な資源管理方策については他の課題や関係水試の成果を受けて今後検討する。

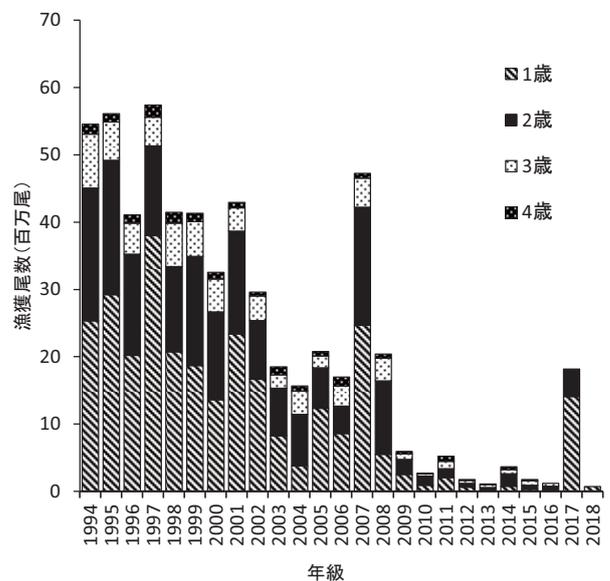


図2 ホッケの年級別漁獲尾数の推移
2015年級以前は4歳までの漁獲尾数。2016年級は3歳まで，2017年級は2歳まで，2018年級は1歳のみの漁獲尾数

14. 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・西田 芳則
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

2019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（社）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

2019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146点、道西日本海（福島町～積丹岬）の83点、合計229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、大型クラゲは出現しなかった（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）。

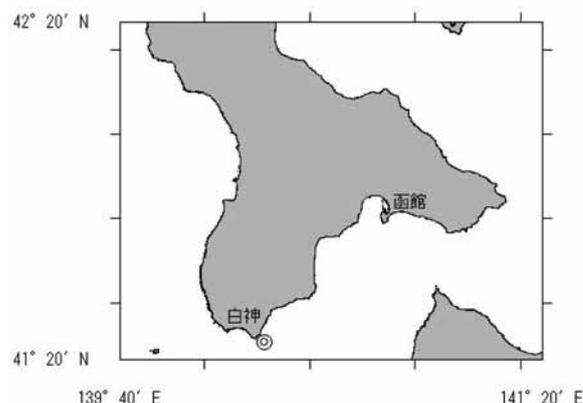


図1 沿岸調査定点（◎：調査定点）

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	0
	中旬	0
	下旬	0
11月	上旬	0
	中旬	0
	下旬	0
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
8/28-9/1	道南太平洋	0
9/9-11	道南太平洋	0
9/24-26	道南太平洋	0
10/1/4	道西日本海	0
10/14-17	道西日本海	0
11/4-7	道南太平洋	0
11/20-21	道南太平洋	0
12/6-12	道西日本海	0

調査点数 道南太平洋：146点，道西日本海：83点

15. 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・西田 芳則・渡野邊 雅道・夏池 真史
共同研究機関	栽培水産試験場・中央水産試験場・稚内水産試験場・北海道大学 熊本大学・滋賀県立大学
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・後志地区水産技術普及指導所 留萌地区水産技術普及指導所・同留萌南部支所

（1）目的

噴火湾を中心とした養殖ホタテガイ生産は北海道の基幹漁業の一つである。ホタテガイの養殖は天然採苗、無給餌飼育など生産システムの環境依存性が強い。そのため、低コスト、環境負荷が小さいなどの利点がある一方で、採苗不良、へい死（原因不明の大量死）、汚損生物の大量付着など、環境の変化あるいは年変動に起因する生産不安定化要素を抱えている。特に2015年以降は、噴火湾を含む道内の広範囲で養殖ホタテガイのへい死が問題化し、加工流通業などの関連産業も含め、大きな打撃を受けている。また、これまで噴火湾のみで報告されていた外来種ヨーロッパザラボヤの漁業被害が日本海でも報告されるようになり、広域的な実態把握と対策が急務となっている。北海道のホタテガイ養殖漁家の経営を安定化させるために、これらの生産不安定化要素に対応するための試験研究の推進、拡充が強く求められている。本試験では、ホタテガイ養殖の生産不安定化要素に対して、科学的な根拠をもった適切な対策の推進あるいは現場での対応を支援することを目的として、採苗良否の要因解明、浮遊幼生発生量調査の技術向上、へい死要因の解明、へい死軽減技術の検討およびヨーロッパザラボヤの生態と被害実態の解明に取り組む。なお、（2）経過の概要以降は、函館水産試験場が担当している研究項目のみを扱う。

（2）経過の概要

ア 採苗良否の要因解明

（ア）卵質評価（卵巣卵壊死率）

2019年4月8日に伊達、虻田、八雲および森の噴火湾4地区からそれぞれ10個体の養殖ホタテガイ（2018年耳吊り貝）の卵巣を採取し、卵母細胞壊死率を調べた。ただし、伊達地区のみ放流漁場で漁獲後、養殖施設で畜養しているホタテガイをサンプルとした。

（イ）浮遊幼生期海洋環境および沖合浮遊幼生調査

ホタテ浮遊幼生の分布動態を把握するため、2019年5月8～9日、2019年6月4～5日に図1に示す調査点において、北原式ネットを用いた深度15mからの鉛直曳きによりホタテ浮遊幼生を採集した。また、同調査点において、海面から海底付近までCTD観測を実施した。さらに調査船航行時にRD社製ADCPにより流れの連続観測を行った。なお、ADCPでは層厚8m毎に流れのデータが得られるが、ホタテ浮遊幼生は表層に多く分布することから、約10～20m深のデータを解析に使用した。

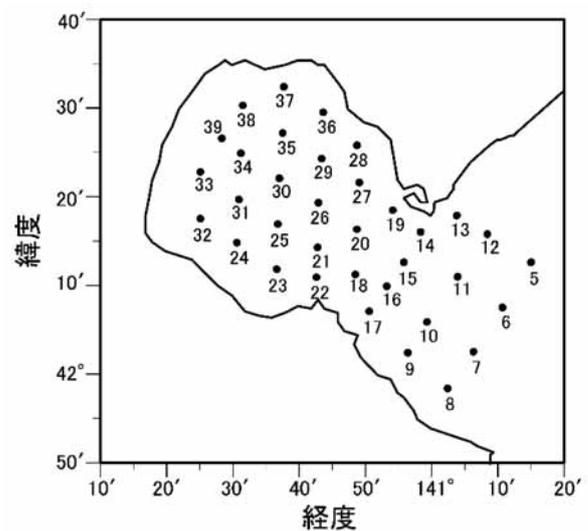


図1 ホタテ浮遊幼生調査地点

イ へい死要因の解明およびへい死軽減技術の向上

（ア）特異的海洋現象のモニタリング調査

a 水塊交替の把握

噴火湾における水塊交替を把握するため、2019年5月8～9日、6月4～5日、7月16～17日、7月26～27日、9月9～10日、11月20～21日、2020年2月15～16日に、図1に示す調査点において調査船を用いたCTD観測を実施した。水塊（沿岸親潮および津軽暖流）

の流入状況については、2015年度に作成したプログラム(perl)を用いて水塊の湾内占有率を求めた。なお、各水塊の判断基準は、沿岸親潮は水温3℃以下かつ塩分33.0以下、津軽暖流は水温6℃以上かつ塩分33.6以上とした。

b 夏季沿岸環境調査

(a) サンプリング

2019年7～9月に伊達、虻田、礼文、長万部、八雲、森、鹿部沿岸の7地点で環境観測および採水を行った。環境観測についてはSTD(RINKO-Profiler ASTD102, JFEアドバンテック株式会社)を用い、水温、塩分および溶存酸素の鉛直分布を観測した。採水深度は礼文、長万部、八雲、森、鹿部は深度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、森は月2回、その他の定点は月1回である。

(b) サンプル処理・分析

試水300mlをWhatman GF/Fフィルターでろ過し、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の観察を行い分類群別の密度を計測した。

(イ) へい死要因サーベイランス

ホタテガイ稚貝(2019年種苗)の成長、生残および外部異常貝と閉殻筋膿瘍の発生の季節変化を明らかにするため、2019年8月～2020年2月まで、毎月、噴火湾の特定の海域から稚貝を採取した。8月は本分散前の稚貝をザブトン籠1段(1連10段の5段目)から、9～11月は9月に本分散を行った稚貝を丸籠1段(1連20段の8～12段目)から採取した。12月の調査において段により死貝率、外部異常貝率に大きなバラツキが見られたことから、8～12段の範囲で隣接する成育が良好な段(良好段)と悪い段(不良段)から稚貝を採取した。なお、函館水試では、サンプルの採取、殻長の測定、正常生貝数、外部異常生貝数、死貝数の計数および病理検査用サンプルの発送を担当した。

ウ ヨーロッパザラボヤの生態とホタテガイへの影響調査

(ア) 耳吊りホタテガイへの付着状況

2019年6月～2020年2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1連より、ホタテガイを養殖ロープの上部、中部および下部から採取した。採取数は、2019年6月～11月が各5枚、2019年12月～2019年2月が各3枚である。調査の対象としたホタテガイは2019年春の耳吊り貝(2018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ヨーロッパザラボヤ対策として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(以下、未除去貝)を対象とした。

(イ) ホタテガイへの影響

ヨーロッパザラボヤの付着の影響を評価するため、出荷時期(2019年12月～2020年2月)において、ウ(ア)の調査で引き揚げた耳吊連(約13m)の上部、中部および下部から各10個体を採取し、殻高、全重量、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「4.5 噴火湾養殖ホタテガイの成長モニタリング」で得られた付着物を除去したホタテガイ(除去貝)の調査結果と比較した。なお、2月の調査では、船上に引き揚げる際に、ヨーロッパザラボヤの増重によりロープから海中に脱落するホタテガイが多く、ウ(ア)の付着物調査用のサンプルのうち下層は1個体、ウ(イ)の成長調査用のサンプルのうち中層は7個体、下層は3個体のみの採取となった。

(3) 得られた結果

(ア) 卵質評価(卵巣卵壊死率)

卵母細胞の壊死率は平均13.0%で、過去15年の平均(16.7%)をやや下回り(図2, 3)、産卵前の卵巣卵質は概ね平年並みであった。壊死率は虻田地区でやや高くなったものの、渡島海域、胆振海域、湾奥側、湾口側などの地理的な視点からは特徴は認められなかった。

噴火湾では1992～2008年の種苗密度や環境データを比較した結果、生殖巣が発達する時期の2月のクロロフィル*a*濃度が低いことによって採苗不良が発生し得

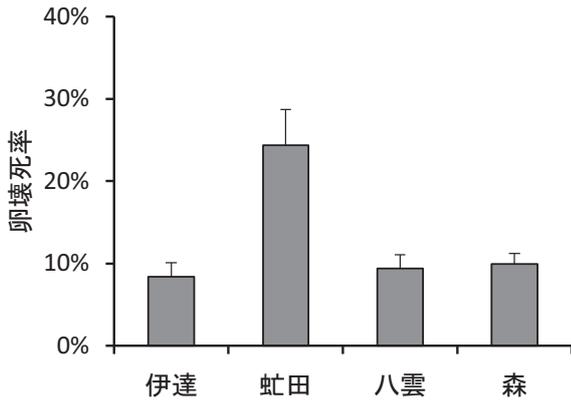


図2 噴火湾各地のホタテガイ卵母細胞壊死率 (縦棒は標準誤差)

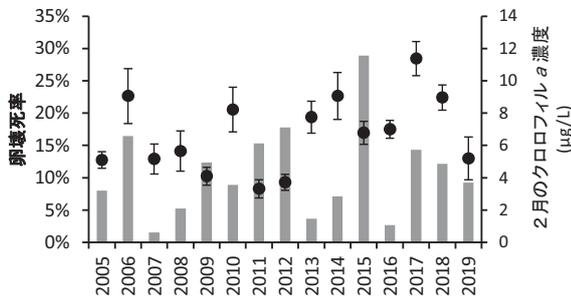


図3 卵母細胞壊死率 (●, 縦棒は標準誤差) とクロロフィルa濃度 (棒グラフ)。

ること、卵壊死率と種苗密度の間に負の相関があることが指摘されている(水試だより, 77, pp1-6など)。しかし2009年以降, 2月のクロロフィルa濃度(八雲地区)は1.5~11.6 µg/Lの範囲で(図3), 卵壊死率は8~28%の範囲で大きく変動しているにも関わらず, 採苗不良は発生していない。そのため, この変動範囲を外れるほど極端に低い2月のクロロフィルa濃度や非常に高い産卵前の卵壊死率でなければ, 採苗不良の直接的な要因とはならないと推察された。

(イ) 浮遊幼生期海洋環境および沖合浮遊幼生調査

2019年5月8~9日におけるホタテガイ浮遊幼生分布密度を図4に示す。ホタテ浮遊幼生は湾内全域に出現していたが, 大部分の地点では分布密度は100個体/トン以下であり, 例年よりも低かった。浮遊幼生殻長組成のモードが150 µmであったことから, 発生初期の状況であったと考えられる。また, ホタテ浮遊幼生は湾口部には出現していたが, 湾外にはほとんど分布していなかった。同時期における13m深流速ベクトルの水平分布を図5に示す。湾口部では, 胆振側から湾外へ流出し, 渡島側から湾内へ流入する流れがみられた。したがって, この流れにより湾内は半閉鎖的な

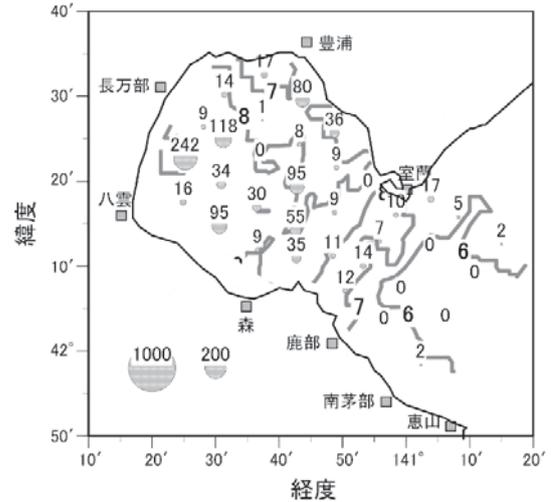


図4 2019年5月8~9日におけるホタテガイ浮遊幼生分布密度 (○印, 個体数/トン) と10m深水温

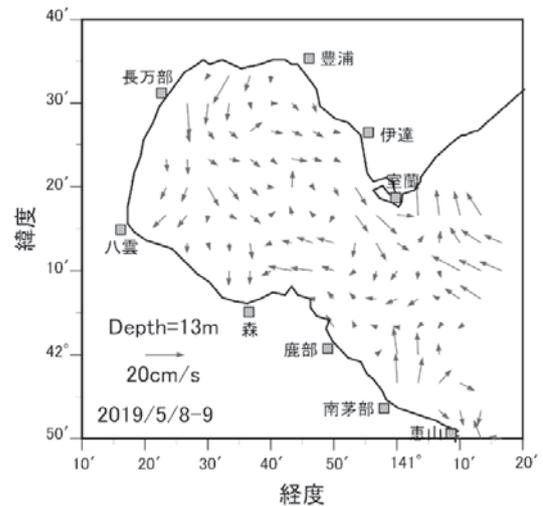


図5 2019年5月8~9日における13m深流速ベクトルの水平分布

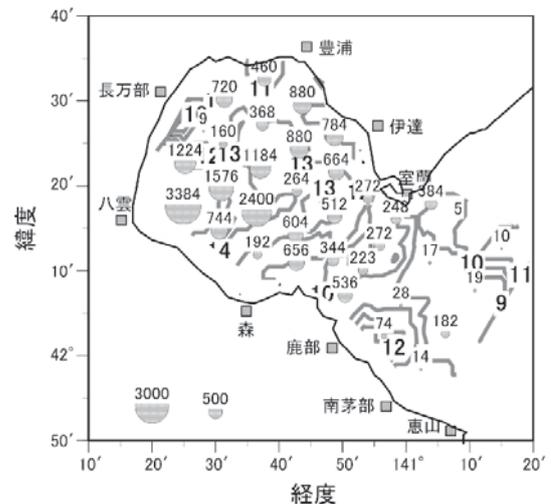


図6 2019年6月4~5日におけるホタテガイ浮遊幼生分布密度 (○印, 個体数/トン) と10m深水温

状況であったと考えられる。

2019年6月4～5日におけるホタテガイ浮遊幼生分布密度の水平分布を図6に、13m深流速ベクトルの水平分布を図7に示す。ホタテ浮遊幼生は、5月とは異なり、湾中央渡島側を中心に約1,000個体台と多数出現していた。また、ホタテ浮遊幼生の湾外での分布密度は低い。流速ベクトルの水平分布から、湾内には時計回りの渦が形成されており、その中心は湾中央渡島側にある。したがって、例年通り、ホタテ浮遊幼生はこの渦にトラップされ湾外には流出しにくい状況であったことが考えられる。

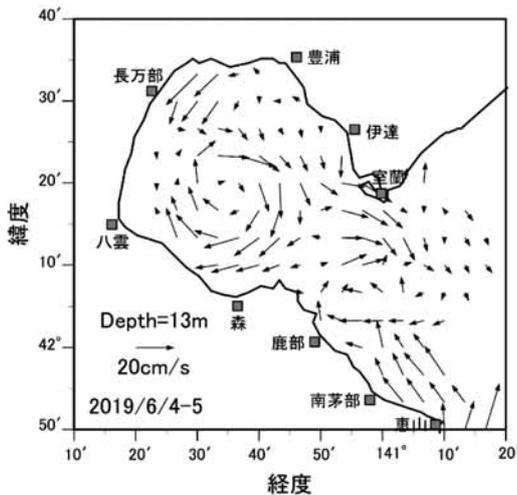


図7 2019年6月4～5日における13m深流速ベクトルの水平分布

イ へい死要因の解明およびへい死軽減技術の向上

(ア) 特異的的海洋現象のモニタリング調査

a 水塊交替の把握

噴火湾における沿岸親潮、津軽暖流水の湾内占有率を図8に示す。沿岸親潮の湾内占有率は2019年2月では2%であったが、その後同水塊が湾内へ大量流入し、5月では36%と平年の2倍以上になった。この沿岸親潮の占有率が平年よりも高い状況は7月まで持続した。噴火湾では、2016年から、沿岸親潮の流入が認められなかったため、3年ぶりの流入となる。なお、2020年2月における沿岸親潮の湾内占有率も18%であり、ほぼ平年並みであった。一方、津軽暖流水の湾内占有率は、2019年9月時点では約9%とほぼ平年並みであったが、その後増加し、12月には約92%と平年を上回った。従って、2019年度の水塊交替の特徴として、沿岸親潮の流入が遅かったこと、春季に例年よりも大量に残留したこと、および、津軽暖流水流入量が多かったことが挙げられる。

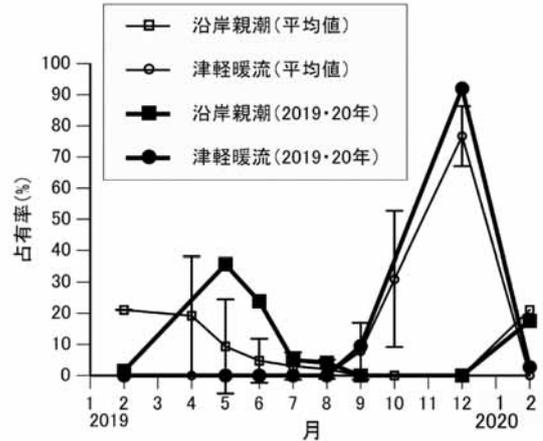


図8 噴火湾に分布する水塊の湾内占有率

b 夏季沿岸環境調査

(a) 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場合、8月前半の0m深、8月後半の0～20m深、9月前半の0m深、9月後半の0～10m深で水温20℃以上となる地点が見られ、平均値では8月前半の0m深、

表1 各地点の水温(℃)

灰色の層は高水温(20℃以上)を示す。

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	16.7	-	21.2	-	21.6	-
	10m	14.3	-	15.6	-	19.1	-
	20m	10.5	-	11.4	-	16.9	-
	30m	-	-	-	-	-	-
虹田	0m	16.0	18.4	21.8	20.6	22.0	18.5
	10m	15.5	17.3	14.2	20.5	19.6	18.7
	20m	15.2	17.1	8.6	19.3	18.9	17.0
	30m	-	-	-	-	-	-
礼文	0m	-	17.7	-	20.7	-	20.8
	10m	-	17.1	-	20.5	-	20.5
	20m	-	15.4	-	20.4	-	19.7
	30m	-	9.7	-	18.2	-	17.7
長万部	0m	-	16.7	-	21.5	-	19.7
	10m	-	16.4	-	20.3	-	19.7
	20m	-	15.6	-	19.7	-	16.9
	30m	-	15.6	-	19.3	-	15.0
八雲	0m	-	17.3	-	21.1	-	21.4
	10m	-	17.0	-	20.3	-	21.3
	20m	-	15.5	-	20.0	-	19.5
	30m	-	-	-	17.4	-	16.4
森	0m	15.0	17.5	19.9	20.8	20.8	18.8
	10m	13.4	16.3	15.8	20.2	19.7	18.7
	20m	12.7	16.1	7.2	20.1	17.7	16.6
	30m	11.0	12.4	4.9	18.1	12.0	13.8
鹿部	0m	-	14.8	-	20.3	-	18.9
	10m	-	14.6	-	20.1	-	18.9
	20m	-	13.8	-	20.1	-	17.8
	30m	-	11.0	-	19.9	-	15.3
平均	0m	15.9	17.1	21.0	20.8	21.4	19.7
	10m	14.4	16.5	15.2	20.3	19.5	19.7
	20m	12.8	15.6	9.1	19.9	17.8	17.9
	30m	11.0	12.2	4.9	18.6	12.0	15.6

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	32.11	-	31.76	-	31.58	-
	10m	31.95	-	32.31	-	33.57	-
	20m	32.48	-	32.79	-	33.70	-
	30m	-	-	-	-	-	-
虻田	0m	32.08	31.71	31.85	32.06	30.21	32.87
	10m	32.15	32.07	32.42	32.09	33.15	33.27
	20m	32.16	32.09	32.54	33.05	33.64	33.80
	30m	-	-	-	-	-	-
礼文	0m	-	31.98	-	31.09	-	32.43
	10m	-	32.07	-	32.06	-	33.07
	20m	-	32.20	-	32.13	-	33.65
	30m	-	32.51	-	33.06	-	33.73
長万部	0m	-	32.10	-	31.53	-	31.53
	10m	-	32.10	-	32.14	-	32.14
	20m	-	32.10	-	33.44	-	33.44
	30m	-	32.16	-	33.78	-	33.78
八雲	0m	-	32.08	-	30.58	-	32.09
	10m	-	32.09	-	32.01	-	32.20
	20m	-	32.32	-	32.31	-	33.42
	30m	-	-	-	33.70	-	33.48
森	0m	32.21	32.00	31.72	31.20	32.70	33.05
	10m	32.39	32.13	32.36	32.18	33.44	33.06
	20m	32.53	32.20	32.46	32.22	33.51	33.38
	30m	32.47	32.30	32.57	33.35	33.15	33.73
鹿部	0m	-	32.38	-	32.16	-	32.16
	10m	-	32.43	-	32.30	-	32.30
	20m	-	32.54	-	33.04	-	33.04
	30m	-	32.75	-	33.51	-	33.51
平均	0m	32.13	32.04	31.78	31.44	31.50	32.36
	10m	32.16	32.15	32.36	32.13	33.39	32.67
	20m	32.39	32.24	32.60	32.70	33.62	33.46
	30m	32.47	32.43	32.57	33.48	33.15	33.65

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	7.9	-	7.3	-	7.2	-
	10m	8.7	-	8.2	-	7.1	-
	20m	9.4	-	8.8	-	6.5	-
	30m	-	-	-	-	-	-
虻田	0m	8.1	7.7	7.5	7.0	7.3	7.3
	10m	8.1	7.9	8.3	7.0	7.2	7.3
	20m	8.2	8.0	9.1	7.1	7.0	7.3
	30m	-	-	-	-	-	-
礼文	0m	-	7.6	-	7.1	-	7.0
	10m	-	7.5	-	7.0	-	7.2
	20m	-	7.3	-	7.0	-	7.3
	30m	-	7.2	-	6.8	-	6.3
長万部	0m	-	8.2	-	7.6	-	7.9
	10m	-	8.5	-	7.6	-	7.9
	20m	-	8.6	-	7.5	-	8.2
	30m	-	8.5	-	7.5	-	7.3
八雲	0m	-	8.4	-	7.8	-	7.4
	10m	-	8.2	-	7.6	-	7.4
	20m	-	8.2	-	7.4	-	7.9
	30m	-	-	-	6.4	-	6.3
森	0m	9.1	8.5	8.2	7.9	8.0	7.9
	10m	9.9	8.6	8.9	7.7	7.9	7.9
	20m	9.9	8.4	9.8	7.7	7.6	7.9
	30m	9.6	8.8	9.1	7.6	8.4	7.6
鹿部	0m	-	9.1	-	8.0	-	8.0
	10m	-	9.1	-	8.0	-	7.8
	20m	-	9.0	-	8.0	-	7.9
	30m	-	9.2	-	7.8	-	8.1
平均	0m	8.4	8.3	7.7	7.6	7.5	7.6
	10m	8.9	8.3	8.5	7.5	7.4	7.6
	20m	9.1	8.2	9.2	7.4	7.0	7.8
	30m	9.6	8.4	9.1	7.2	8.4	7.1

8月後半の0~20m深、9月前半の0m深が水温20℃以上となっていた。塩分および溶存酸素は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9、10に示した。7月下旬に水温躍層が発達し、8月中旬に急速に解消

されたと考えられる。そのため多くの稚貝が垂下されている10~20m深の水温は8月前半~後半にかけて、虻田、森ともに5~10℃変化している(表1)。この垂下深度の水温急変は、月1回の観測点では十分に把握できておらず、夏季の垂下深度の海洋環境変化を把握するためには適切な観測頻度の設定が重要だと考えられる。

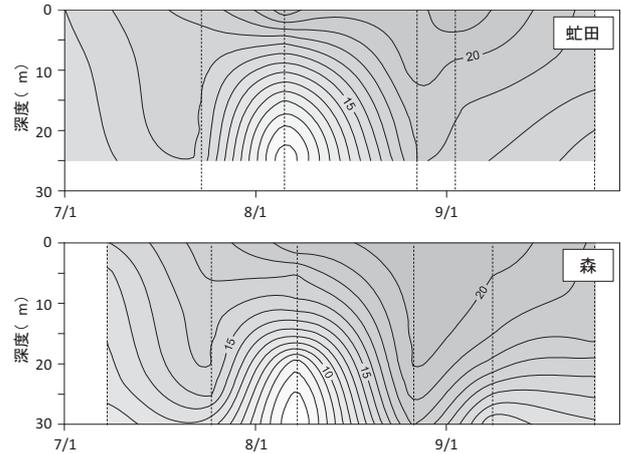


図9 虻田および森の水温鉛直分布の季節変化
等値線上の数値は水温(°C)、破線は観測日を示す

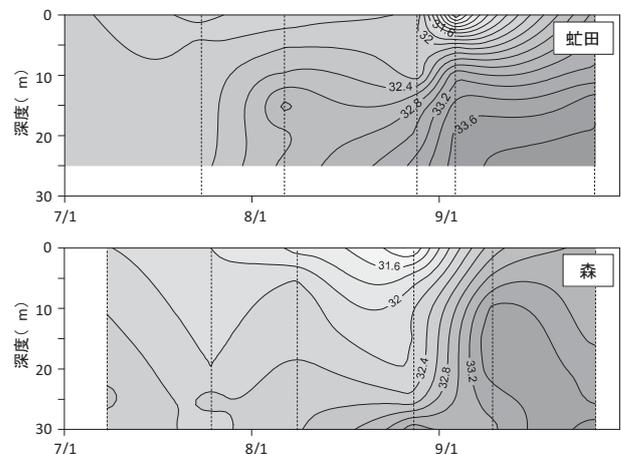


図10 虻田および森の塩分鉛直分布の季節変化
等値線上の数値は塩分、破線は観測日を示す

(b) クロロフィルa, 植物プランクトン組成

7~9月における各定点のクロロフィルa濃度を表4に示した。クロロフィルa濃度0.57 μg/L未満(八雲, 2003~2018年, 7~9月, D=5~15mの平均値)をクロロフィルa濃度の基準とした場合、7月後半~8月後半および9月後半の渡島側(長万部, 八雲および森)で基準より低い層が見られた。

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

11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。平均値を見ると7月と9月は全深度で中心目珪藻と羽状目珪藻が96%以上を占めていたのに対して、8月前半の0~10m深、8月後半の30m深は中心目珪藻と羽状目珪藻で占める割合が66~81%と前後の時期と比較して低下していた。これらの層では渦鞭毛藻の占める割合は15~27%と比較的高かった。

表4 各地点のクロロフィルa濃度(μg/L)
灰色の層は平年値(0.57μg/L)未満を示す。

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	0.59	-	0.67	-	0.67	-
	10m	0.83	-	0.67	-	0.67	-
	20m	3.03	-	1.70	-	1.70	-
	30m	-	-	-	-	-	-
虻田	0m	1.43	2.43	1.89	0.67	1.37	0.85
	10m	0.71	0.93	0.75	0.67	0.83	0.60
	20m	1.39	0.83	2.46	0.61	2.90	2.47
	30m	0.90	0.99	1.21	0.97	1.19	1.48
礼文	0m	-	1.03	-	0.61	-	0.78
	10m	-	0.82	-	0.84	-	0.88
	20m	-	0.81	-	0.68	-	1.14
	30m	-	0.50	-	0.60	-	1.38
長万部	0m	-	0.52	-	0.43	-	0.48
	10m	-	0.70	-	0.66	-	1.32
	20m	-	0.91	-	0.91	-	0.63
	30m	-	1.08	-	0.37	-	0.43
八雲	0m	-	3.53	-	1.13	-	0.51
	10m	-	1.09	-	0.65	-	0.43
	20m	-	1.06	-	0.65	-	0.85
	30m	-	0.69	-	0.34	-	1.56
森	0m	0.99	0.87	1.20	0.69	0.95	0.51
	10m	0.74	0.83	0.44	0.46	0.64	0.53
	20m	0.74	1.31	0.98	0.49	0.89	0.65
	30m	0.93	1.18	0.96	0.38	0.69	1.35
鹿部	0m	-	1.25	-	0.58	-	0.78
	10m	-	2.08	-	0.60	-	0.80
	20m	-	2.10	-	0.84	-	0.84
	30m	-	1.31	-	0.66	-	0.93
平均	0m	1.00	1.61	1.25	0.68	1.00	0.65
	10m	0.76	1.08	0.62	0.65	0.71	0.76
	20m	1.72	1.17	1.72	0.70	1.83	1.10
	30m	0.91	0.96	1.09	0.55	0.94	1.19

(イ) へい死要因サーベイランス(噴火湾)

稚貝(2019年種苗)の生残率(1段の生貝数/全数x100)、外部異常貝率(1段の外部異常貝数/生貝数x100)および正常貝の平均殻長は表5のとおりである。12月以降、生残率の低下および外部異常貝率の増加が見られ、特に不良段では顕著であった。今回、良好段と不良段は同じ丸籠の隣接する段から採取した。そのため用いた稚貝のロットや本分散の作業条件に差はなかったと考えられる。また、深度差は1段の高さ(20cm)であり、水温や塩分などの環境条件に差が生じていたとは考えにくい。さらに、密度に関しても12月と2月のサンプルは不良段の方が高かったが、1月のサンプルは良好段の方が高く、一貫した傾向は見られなかった。そのため、管理条件や環境条件以外に、段によ

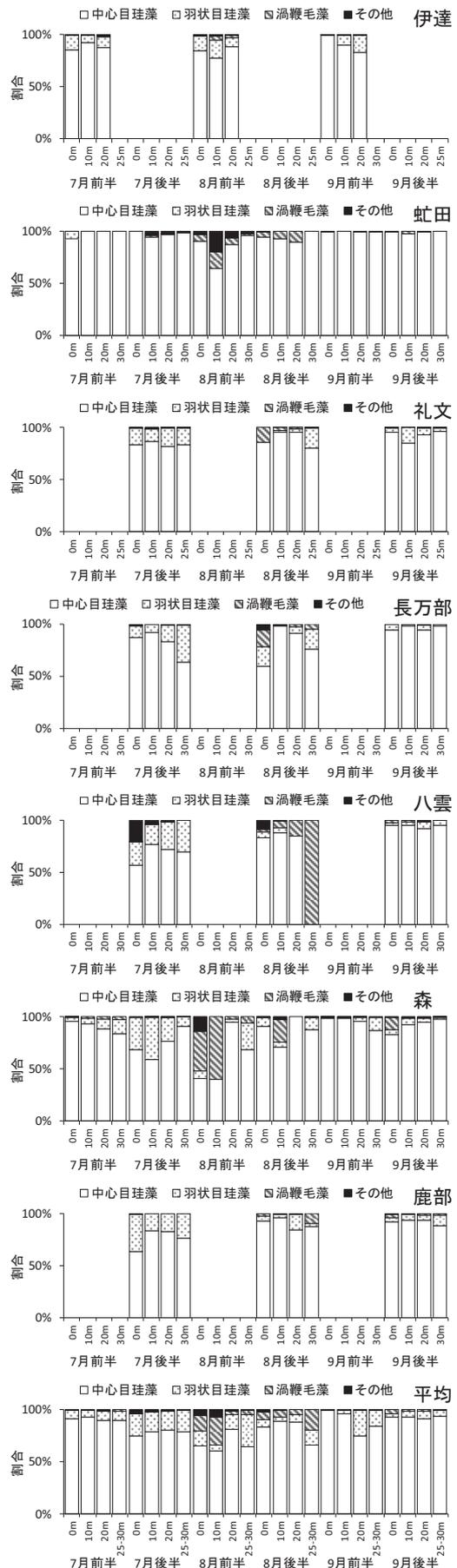


図11 植物プランクトンの密度組成

て稚貝の生残や外部異常貝の発生に影響する要素があると考えられた。

表5 稚貝の生残率, 生貝の外部異常貝率および正常貝の平均殻長

採取月年日	生残率	外部異常貝率	平均殻長 ±標準偏差 (mm)	備考
2019年8月26日	99.3%	2.7%	15.3±1.96	本分散前
2019年9月19日	98.5%	1.6%	20.4±2.58	本分散後
2019年10月17日	94.8%	1.8%	31.0±3.55	
2019年11月12日	86.8%	0.0%	40.7±4.29	
2019年12月17日	93.6%	0.0%	50.9±3.95	良好段
	86.5%	44.4%	45.6±7.03	不良段
2020年1月14日	84.4%	15.8%	56.1±6.95	良好段
	79.5%	65.7%	56.2±4.17	不良段
2020年2月20日	83.8%	19.4%	60.3±5.93	良好段
	78.0%	82.6%	50.0±8.09	不良段

ウ ヨーロッパザラボヤの生態とホタテガイへの影響調査

(ア) 耳吊りホタテガイへの付着状況

ヨーロッパザラボヤのホタテガイ上の付着個体数は、6～8月に急増した(図12)。この間、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8～9月に大きく減少し、以降は概ね緩やかに減少した。過去(2010～2018年)の平均値と比較すると、7～8月の付着個体数は非常に多かったが、9月以降は平年並の密度で推移した。体長5mm未満の稚ボヤは、6～8月に多く見られ、9月以降、体長は1月あたり7mmのペースでほぼ直線的に増加した(図13)。各月の平均体長は概ね、過去の平均並みであった。付着重量の数値は6～12月までは平年並で推移したが、1月および2月は平年よりも増加し、2月にはホタテガイ1枚あたり415.0gに達した(図14)。2月の未除去貝の平均重量は115.8gであったことから、この時、ホタテガイの3.6倍の重量のヨーロッパザラボヤが付着していたことになる。12月～2月の除去貝に付着していたヨーロッパザラボヤの平均重量(6.6g)は未除去貝に付着していたヨーロッパザラボヤの平均重量(292.9g)の1/40以下であり(図15)、両者を比較することで、ヨーロッパザラボヤのホタテガイへの影響を評価できると考えられる。

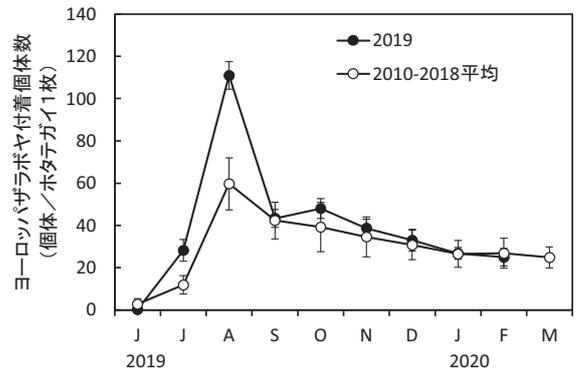


図12 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ付着個体数の季節変化(縦棒は標準誤差)

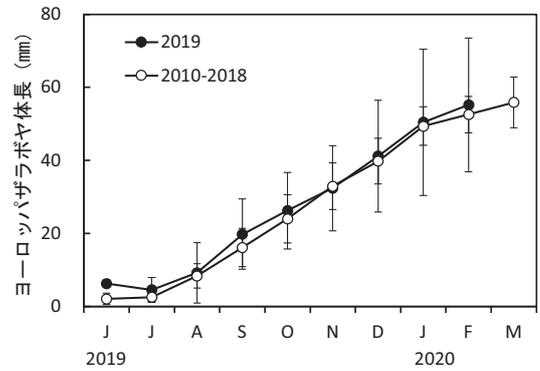


図13 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ平均体長の季節変化(縦棒は標準偏差)

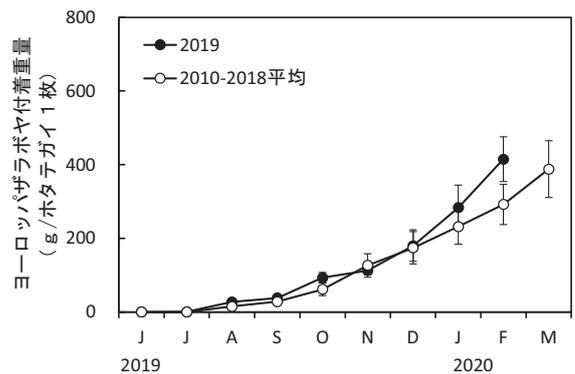


図14 噴火湾八雲調査点におけるヨーロッパザラボヤ付着重量の季節変化(縦棒は標準誤差)

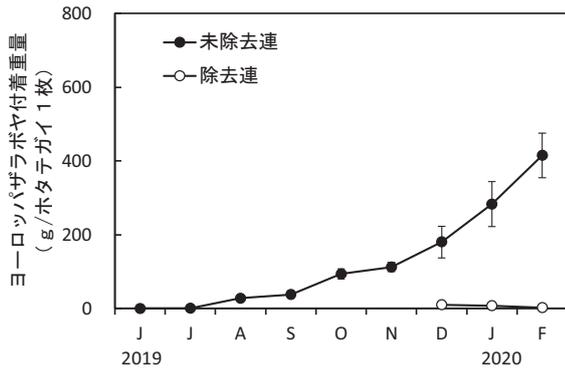


図15 未除去連と除去連におけるヨーロッパザラボヤ付着重量の季節変化（標準誤差）

(イ) ホタテガイへの影響

殻高，軟体部，閉殻筋，中腸腺，生殖腺重量および生殖巣指数は，常に除去貝が未除去貝よりも高い数値であり，ヨーロッパザラボヤの影響と考えられた（図16）。除去貝に対する未除去貝の比率（12月～2月の平均値）は，殻高が93.4%，軟体部重量が76.6%，中腸腺重量が70.1%，生殖腺重量が58.0%，生殖巣指数が72.7%であった。部位別に見ると生殖巣重量への影響が顕著で，生殖巣指数も低くなっている。従って，未除去貝では，生殖巣の成熟が遅れている，もしくは，サイズに見合った発達をしていないことになる。なお，過去の除去貝と未除去貝の比較においても生殖巣の発達に特に大きな差が見られることが指摘されており，これは2019年耳吊り貝の出荷時期にだけ見られた特殊な現象ではない（平成27年度，平成28年度函館水産試験場事業報告書）。一方，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）」に緩和されることも明らかとなっており，ホタテガイおよびヨーロッパザラボヤの密度に対して依存性があると考えられる（平成24年度，平成30年度函館水産試験場事業報告書）。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（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大量付着によるホタテガイ成長への影響は餌競合によりもたらされ，その影響は成熟時期の短期的な餌条件が反映される生殖巣の発達に対して，特に大きいと考えるのが妥当であろう。

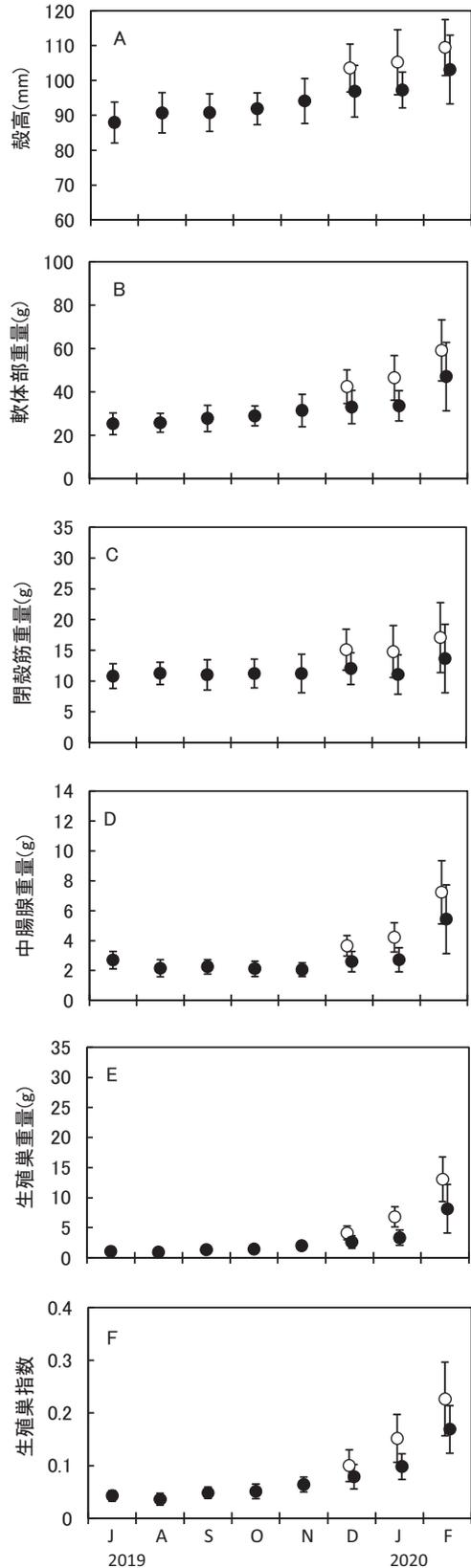


図16 噴火湾八雲調査点におけるホタテガイの (A) 殻高，(B) 軟体部重量，(C) 閉殻筋重量，(D) 中腸腺重量，(E) 生殖巣重量，(F) 生殖巣指数の季節変化（●：未除去貝，○：除去貝，縦棒は標準偏差）

16. 対EU輸出向けホタテガイに係るプランクトン検査委託業務（受託研究）

担当者 調査研究部 金森 誠・夏池 真史・北川 雅彦

（1）目的

北海道産ホタテガイのEU輸出に際して必要な衛生基準の一部を満たすために、毒素産生性プランクトンの検査を実施する。

（2）経過の概要

日本産ホタテガイのフランス向け輸出は1974年に始まり、1989年には4,400t（製品ベース）58億円を記録した。しかし、1990年に輸出された冷凍ホタテガイから規制値を超える貝毒が検出されたとして、日本産ホタテガイのフランスへの輸入が禁止された。1992年には、輸入禁止措置がEU全体に拡大された。その後、1995年3月に一時輸入禁止措置が解禁されたが、同年4月のEUによる査察の結果、「日本の衛生管理体制が不十分」とされ、日本産水産物の輸入が全面的に禁止された。同年12月にはホタテガイを除く水産物に関しては禁輸措置が解除された。1996年3月に日本の厚生労働省が、EUに流通するホタテガイ等二枚貝の衛生要件を定めたEU指令に基づき「対EU輸出ホタテガイ等二枚貝の取扱要領」を策定した。この時点で、貝毒等の行政職員によるモニタリングが義務化された。2001年9月にEUによる査察が青森県で実施され、翌年6月に青森県陸奥湾東部海域産ホタテガイの輸入再開がEUにより決定され、2003年1月から輸出が再開された。2003年2月に、北海道厚生局による噴火湾北西部海域の海域指定承認を受け、北海道が同海域を海域指定した。2003年3月には噴火湾北西部海域がEU官報に公示され、輸出が再開された。同様に2005年11月に網走中

部海域、2012年9月に宗谷北東部海域および網走北部海域、2013年9月に網走南部海域、2014年1月に宗谷南部海域がEU官報に公示された。

貝毒等のモニタリング義務化を受け、北海道は指定海域ごとに「北海道対EU輸出ホタテガイ管理要領」を策定し、EU向け出荷時期に指定海域における貝毒等のモニタリングを実施している。モニタリング項目は貝毒・微生物・化学物質検査、毒素産生性プランクトン検査であり、検体の採取は行政職員による実施が義務づけられている。

函館水産試験場は、毒素産生性プランクトンの検査を担当している。なお、2013年度までは網走水産試験場が宗谷北東部海域、網走北部・中部・南部海域の検査を担当していた。委託元は、2014年度より北海道から北海道ほたて漁業振興協会に変更された。

（3）得られた結果

北海道貝類対策委員会が策定したサンプリング計画に基づき、表1に示す毒素産生性プランクトンについて16回、256検体の検査を行った（表2）。噴火湾北西部海域は海域未解放、網走北部海域は海域解放直後に麻痺性貝毒による規制がかかったため、検査は行われなかった。各種プランクトンの出現密度は北海道ほたて漁業振興協会および北海道水産林務部に報告した。今年度の毒素産生性プランクトン出現密度の結果概要は表3のとおりである。なお、検査は（株）福田水文センターに再委託している。

表1 検査対象となっている毒素産生性プランクトン

	麻痺性貝毒プランクトン	脂溶性(下痢性)貝毒プランクトン
噴火湾北西部海域	<i>Alexandrium tamarense</i>	<i>Dinophysis fortii</i>
	<i>Alexandrium catenella</i>	<i>Dinophysis acuminata</i>
	<i>Gymnodinium catenatum</i>	<i>Dinophysis norvegica</i> <i>Dinophysis tripos</i>
宗谷北東部・南部海域、網走北部・中部・南部海域	<i>Alexandrium tamarense</i>	<i>Dinophysis acuminata</i> (ovum)
	<i>Alexandrium catenella</i>	<i>Dinophysis caudata</i> <i>Dinophysis fortii</i> <i>Dinophysis infundibulus</i> <i>Dinophysis mitra</i> <i>Dinophysis norvegica</i> <i>Dinophysis rudgei</i> (rotundata) <i>Dinophysis tripos</i>

表2 毒素産生性プランクトンの検査回数

生産海域	検査回数（検体数）
噴火湾北西部海域	0 (0)
宗谷北東部海域	5 (80)
宗谷南部海域	2 (32)
網走北部海域	0 (0)
網走中部海域	5 (80)
網走南部海域	4 (64)

表3 検査実施海域の毒素産生性プランクトンの出現密度(細胞/L)

	宗谷北東部			宗谷南部			網走中部			網走南部		
	2019.6.4-2019.7.29			2019.5.27-2019.6.11			2019.5.7-2019.7.2			2019.5.7-2019.7.1		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大
<i>A. tamarense</i>	4	0	120	0	0	0	498	0	6,110	264	0	5,350
<i>A. catenella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. acuminata(ovum)</i>	1	0	40	3	0	10	35	0	420	15	0	210
<i>D. caudata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. fortii</i>	5	0	30	9	0	30	22	0	310	16	0	260
<i>D. infundibulus</i>	0	0	10	0	0	0	1	0	10	1	0	10
<i>D. mitra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. norvegica</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	50	2	0	30
<i>D. rudgei(rotundata)</i>	5	0	20	2	0	10	7	0	50	4	0	40
<i>D. tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

17. 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
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を開発する。

（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
天然のマコンブを採集することができなかつたため、次年度に遺伝子解析の結果を含めて報告する。

イ 種苗生産用母藻群落の造成試験

近年、函館市沿岸全域で天然コンブの生産量は急減しており、既に種苗生産に使用するための母藻の確保すらも困難な状況になっている。在来の個体群の遺伝的多様性に配慮した藻場造成手法を開発するため、長期保存配偶体を利用した小規模群落（個体群）の造成試験を実施し、それらの遺伝的多様度を評価した。

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（以下、NT-ES培地）中に懸濁させた（新原・菊池 1985）。この配偶体液を10cm×10cmのタイル（以下、基質）の表面に滴下した。次いで、基質全体をラップで包み、10℃の暗所で保存し、配偶体を定着させた3種類の基質（3試験区）：雌牡配偶体を付着させた基質、雄性配偶体を付着させた基質、雌性配偶体および雄性の配偶体を付着させた基質、対象区として配偶体を定着させていない基質をそれぞれ4枚ずつ作製した。なお、使用した配偶体の一部は、遺伝子解析のため、乾燥後に保存した。

2019年11月21日、函館市女那川町の尻岸内養殖場の岸壁に2本の幹綱を設置した（図2、図3）。先述した基質はプラスチックの板に固定し、試験区ごとにロープで連結させ、4枚1組の状態で幹綱から垂下した。

2020年3月19日、設置した基質を回収し、基質表面に付着していたコンブ目植物の胞子体をすべて回収し、形態的な特徴から種を同定し、その数を計数した。マ

コンブの胞子体については、サイズの大きい方から20個体を選出し、水道水で表面をよく洗浄した後、遺伝子解析を実施するまで乾燥状態で保存した。

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を用いた（Sekino and Kakehi 2012）。



図1 サンプル採集地点および調査地点。

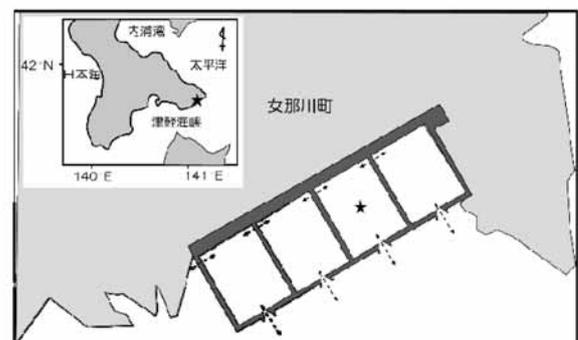


図2 試験に使用した函館市女那川町の尻岸内養殖場の模式図。★は試験に使用したプール。図中の矢印は海水が出入りする箇所を示している。

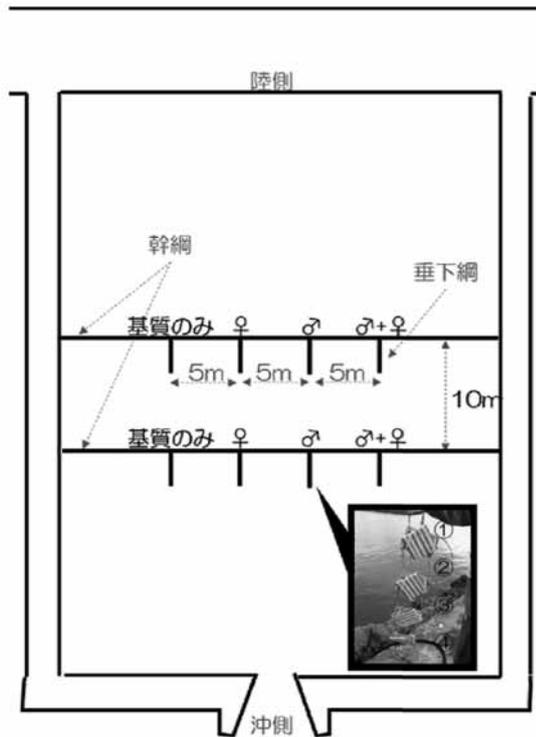


図3 基質を設置した施設の模式図. 図中の♀は雌性配偶体を付着させた基質, ♂は雄性配偶体を付着させた基質, ♀+♂は雌性配および雄性の配偶体を付着させた基質を設置したことを示している.

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4月～2020年2月にかけて、函館市大船町の漁港内斜路（水深1.7m）に形成されたマコンブ群落を対象に胞子体の成熟状況を調査した（図1）。材料のマコンブ胞子体は、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に測定した値とした。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、葉状部裏面の子嚢斑形成範囲（%）を調べた（図4）。なお、各値は、1年目胞子体と2年目胞子体を加入年ごとに分けて算出した。

子嚢斑形成に関与する環境要因を特定するため、マコンブ群落が形成されている水深帯にH0B0ペンダントシリー温度/照度計（Onset Computer Corporation）および小型メモリー光量子計（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。各機材は調査時に洗浄し、付着物などを取り除いた。観測結果は、月ごとに平均値を算出して示した。

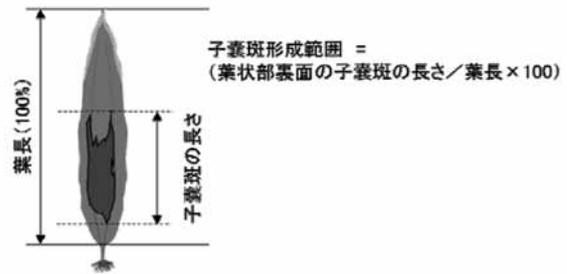


図4 マコンブ胞子体の子嚢斑形成範囲の計算方法.

b 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

材料のマコンブ胞子体は、2018年7月20日、2019年7月18日に函館市石崎町沖で採集した（図1）。いずれの年も、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）を切り取った。葉片は、滅菌海水で表面をよく洗浄し、ペーパータオルを用いて付着物や粘液を除去した。それらを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。1週間毎に培養液を全量交換し、その際に子嚢斑形成の有無を観察した。

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、これらを滅菌した濾過海水に浸漬し、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、10LのNT-ES培地中でおおよそ2か月間、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。

生産した種苗は、2018年度は11月20日、2019年度は11月29日に函館市石崎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。2018年度は、2019年5月24日、6月25日、7月18日に現地で生産された種苗由来の養殖個体（センター種苗）とともに試験種苗を採集し、葉長、葉幅、葉乾燥重量、乾燥歩留まりを測定した。2019年度に沖出した種苗は、1か月ごとに1または2株を採集し、葉長、葉幅、葉乾燥重量、乾燥歩留まりを測定した。

(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、2018年4月21日、5月28日、6月20日、2019年4月18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、その際に子嚢斑形成の有無を観察した。

2018年6月18日、2019年8月13日、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で一時的に保存し、9月下旬から水温10℃、光量子量80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dとし、10Lまたは20LのNT-ES培地中で約2か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。

2018年度の養殖試験では、9月26日、10月15日、10月30日、11月5日、11月21日、2019年度の試験では、10月21日に函館市大船町沖の養殖施設に試験種苗を設置した。1か月毎にサンプルを採集し、葉長、葉幅、葉状部の湿重量、乾燥歩留まりを測定した。なお、2018年度の試験では、沖出しした時期と養殖個体のサイズの違いを比較した。

また、1株あたりの個体数(密度)と収穫時のサイズの関係を調べるため、2018年度の試験では、2019年2月22日に10個体/株及び15個体/株に密度調整したものと、未調整株(平均33個体/株)を用意し、これらを同年の7月まで養成した後、採集して間引きによる生長促進効果を検証した。また、2019年度の試験では、2020年2月24日に5個体/株、10個体/株、15個体/株、20個体/株、25個体/株に密度調整した株と、未調整株(平均37個体/株)を用意し、前年度の試験と同様に密度と収穫物のサイズの関係を検証した。

なお、2018年度からは同市内の日浦町、2019年度は浜町、小安町においても同様の方法で生産した種苗を用いた養殖試験を開始した。試験種苗は、日浦町では2018年10月25日、2019年10月22日、浜町では11月22日、小安町では11月3日に沖出した。

(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)。2018年度の試験では雌性配偶体0.045g、雄性配偶体0.014g、2019年度の試験では雌性配偶体を0.300g、雄性配偶体0.123gを使用した。ハンドミキサーを用い、それらの配偶体を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週間静地培養した。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培地中でおよそ2か月間、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、2018年度の養殖試験では11月19日、2019年度では11月5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か月毎に調査を行い、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 長期保存種苗糸を用いた養殖試験

材料には、2017年2月25日、函館市日浦町沖で採集したマコンブ胞子体を用いた(図1)。葉状部から6枚の円形葉片(直径1.5cm)を切り取り、滅菌海水で葉片表面をよく洗浄した後、ペーパータオルを用いて付着物や粘液を除去した。それらは500mlのNT-ES培地中で約7週間通気培養し、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。1週間毎に培養液を全量交換し、その際に子嚢斑形成の有無を観察した。

作出した母藻を用いて採苗し、採苗器はプラスチック袋に收容して規程の半分の濃度の1LのNT-ES培地中で水温10℃、光量子量1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の条件下で約19か月間保存した。その後、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培地中でおよそ2か月間、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。

生産した種苗は、2018年11月19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か月毎に調査を行い、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。

(ウ) 健苗育成技術開発

a 種苗生産工程の検証および改良

(a) LED照明器具を用いた配偶体の成熟試験

材料には、2015年9月3日に函館市古武井町沖で採集されたマコンブと2017年4月11日に同市尾札部町沖で採集されたガゴメの配偶体を用いた(図1)。配偶体は滅菌処理したメスで細断した後、25mlのNT-ES培地とともに直径90mmのプラスチックシャーレに収容した。培養条件は水温8℃、光量子量 $15\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dとし静置状態で3週間培養した。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(図5)。仁光電機と日本医化については各社ホームページに掲載された測定データを示した(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。

配偶体の成熟率は、3枚のシャーレから無作為に抽出した50個体の雌性配偶体の卵形成の割合とした。

(b) LED照明器具を用いた孢子体の育成試験

材料には、2015年9月3日に函館市古武井町沖で採集されたマコンブと2017年4月11日に同市尾札部町沖で採集されたガゴメの配偶体から作出した10個体の孢子体を用いた(図1)。前項の配偶体の成熟試験と同様の照明装置5機種を使用し、水温8℃、光量子量 $40\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、光周期12L:12Dとし、500mlのNT-ES培地中で2週間通気培養した。培養液は1週間毎に全量交換し、その際に孢子体の葉長、葉幅、葉面積を測定し、培養期間中の各相対生長率を算出した。また、培養試験の終了時の葉形(葉長/葉幅)を比較した。

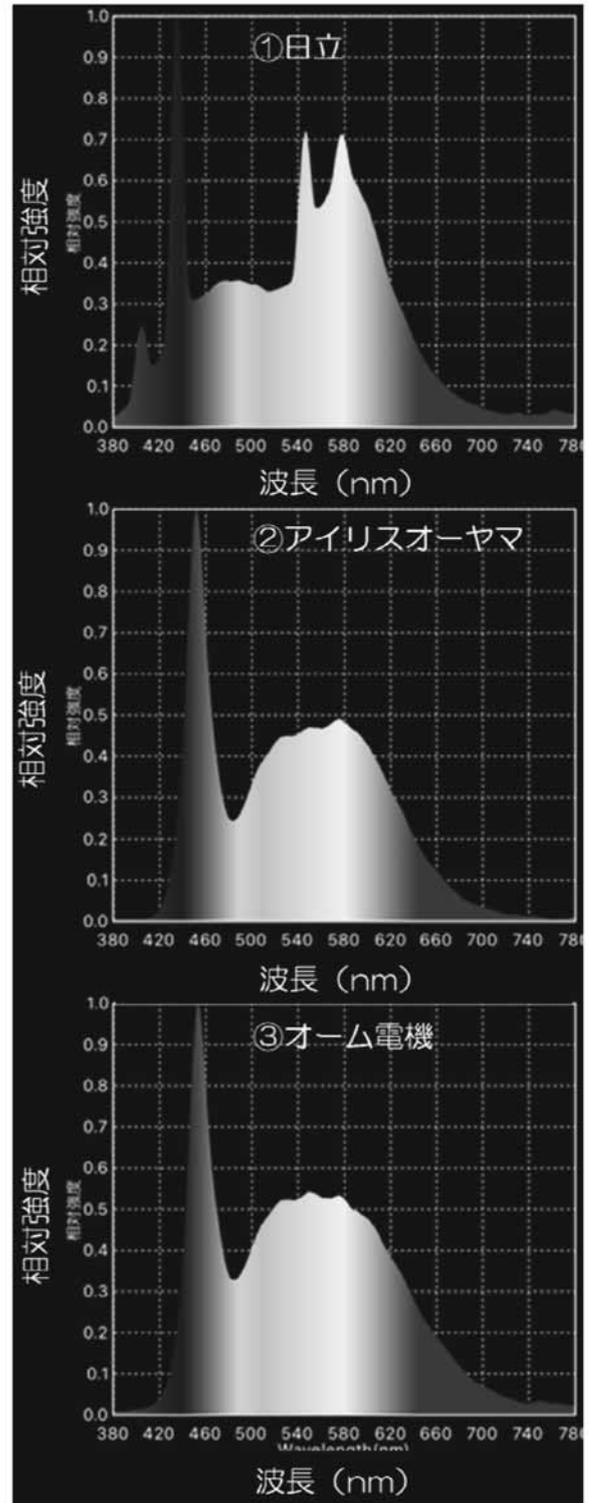


図5 試験に使用した蛍光灯とLEDの波長分布特性.

(c) LEDで育成した種苗を用いた養殖試験

材料の成熟したマコンブ胞子体は、2020年9月21日に函館市古武井町沖で採集した(図1)。子囊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、前項の配偶体の成熟試験と同様の照明装置5機種を使用し、水温10℃、光量子量40 μmol/m²/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。

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か月ごとに調査を実施し、採集した個体の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。

(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

2019年10月22日~2020年1月31日にかけて日浦町沖で促成マコンブ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サイズの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ン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。これらの機器類は、約1か月間隔にデータを回収した。

(3) 得られた結果

ア 各地域の天然マコンブが持つ特徴のデータベース化

天然のマコンブを採集することができなかったため、次年度に遺伝子解析の結果を含めて次年度以降に報告することとする。

イ 種苗生産用母藻群落の造成試験

沖側の施設に設置した、配偶体を付着させていない基質ではマコンブの付着数は少なかった(表1)。そ

他の基質では配偶体の付着の有無にかかわらず、多数のマコンブが着生した(写真1)。次いで、チガイソの付着数も多く、スジメもわずかに見られた。試験によって得られたマコンブの遺伝子解析の結果は、次年度に報告する。

表1 配偶体を付着させた基質表面に付着(加入)したマコンブ目植物の個体数。

	陸側施設				沖側施設			
	基質番号	マコンブ	チガイソ	スジメ	基質番号	マコンブ	チガイソ	スジメ
♂+♀	①	55	13	0	①	18	5	0
	②	24	22	0	②	43	3	0
	③	58	13	0	③	45	5	1
	④	43	10	0	④	54	0	0
	平均	45	15	0	平均	40	3	0
♂	①	62	17	0	①	28	12	0
	②	34	14	0	②	61	11	0
	③	42	5	0	③	46	11	0
	④	65	2	0	④	103	10	0
	平均	51	10	0	平均	60	11	0
♀	①	39	23	0	①	51	3	0
	②	72	18	0	②	33	14	0
	③	58	5	0	③	36	5	0
	④	78	10	0	④	28	9	0
	平均	62	14	0	平均	37	8	0
基質のみ	①	47	1	0	①	33	16	0
	②	53	0	0	②	32	8	0
	③	74	2	0	③	16	5	0
	④	49	7	0	④	25	6	0
	平均	56	3	0	平均	27	9	0

♂+♀: 雌性配偶体と雄性配偶体 ♂: 雄性配偶体 ♀: 雌性配偶体

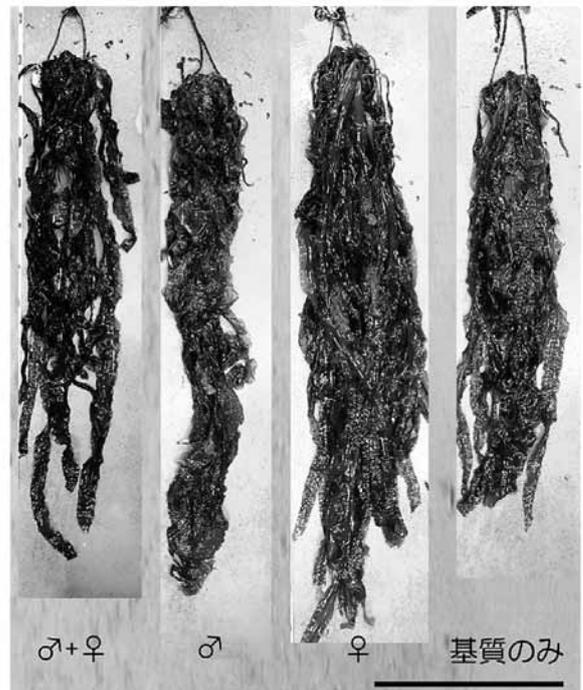


写真1 多数のマコンブが付着した基質(2020年3月19日に回収)。♀+♂は雌性および雄性の配偶体を付着させた基質、♂は雄性配偶体を付着させた基質、♀は雌性配偶体を付着させた基質を示している。

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

2018年に加入した2年目の孢子体(以下, 2018年加入群)の乾燥歩留りは, 4~6月にかけて急速に増加し, 7月に最大の19.0%に達した後は減少に転じた(図6)。これらの孢子体は同年8月には消失した。

2019年に加入した1年目の孢子体(以下, 2019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, その後は増加する傾向が見られた。9月に最大の17.3%に達した後は, 一貫して減少し, 12月以降は11%台で推移した。2020年は, 2月の調査時に孢子体(以下, 2020年加入群)の芽生えが観察された。2月に採集された個体の乾燥歩留りは測定できなかったが, 3月は9.6%であり, 前年と同程度で推移した。

2018年加入群の成熟率は5月以降に急速に高まり, 6月以降は80%以上で推移した(図7)。2019年加入群の孢子体は, 6月以降, 徐々に成熟率が高まり, 10~11月はすべての個体に子嚢斑が形成された。12月以降は低下する傾向が見られた。2020年加入群については, 3月の調査時点までに子嚢斑の形成は認められなかった。

2018年加入群の葉状部の子嚢斑形成範囲は, 5月以降に急速に拡大し, 7月には58.9%に達した(図8)。6月には, 半数以上の個体の葉状部両面に子嚢斑が形成された(図9上)。2019年加入群の孢子体は, 7~9月にかけて徐々に子嚢斑が拡大する傾向が見られた。その後, 急速に拡大してその形成範囲は79.8%に達した。10月には, 90%以上の個体の葉状部両面に子嚢斑が形成されたが, 11月以降は徐々に縮小し, 翌年の2月までにはほとんどが消失した(図9中)。

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, 9月に最高の20.7℃となり, その後は徐々に低下して翌年2月には3.1℃となった(図10)。なお, 観測期間中, 漁港内の水温は最高で24.9℃まで上昇した。漁港内海底付近の月別の平均光量子量は, 4~6月にかけて150.9~191.0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で推移した(図11)。7月以降は急速に低下して29.6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ となった。その後は50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 前後で推移した。

今回, 加入年ごとに孢子体の乾燥歩留りの推移を調べた結果, 2年目の孢子体では4月以降に増加し, それに伴って成熟率が高まった。1年目の孢子体につ

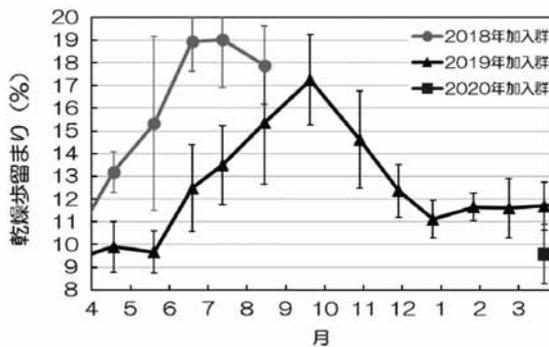


図6 2019年4月~2020年2月にかけてのマコンブ孢子体の乾燥歩留りの季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している。

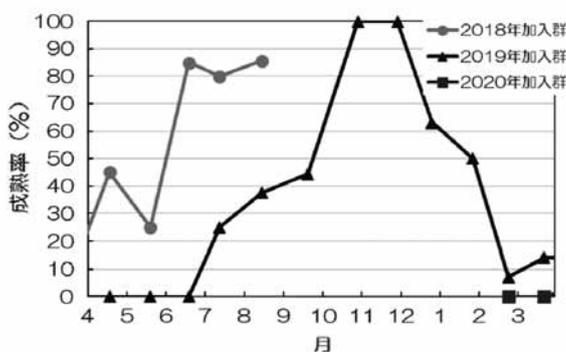


図7 2019年4月~2020年3月にかけてのマコンブ孢子体の成熟率の季節的变化。

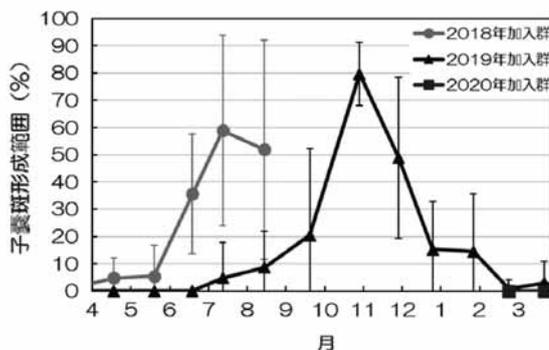


図8 2019年4月~2020年3月にかけてのマコンブ孢子体の子嚢斑形成範囲の季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している。

いても同様の傾向が見られたものの, 乾燥歩留りの増加は6月以降であったため, 2年目の孢子体に比べて成熟時期は遅かった。これらから, 孢子体の乾燥歩留りの増加と成熟が密接な関係にあると考えられる。

3か年のマコンブ孢子体の成熟状況の調査を通して, 特に1年目の孢子体では, 成熟時期に大きな年変動があることが見出されている。養殖コンブでは, 間引きによって乾燥歩留りの増加が促進される。従って,

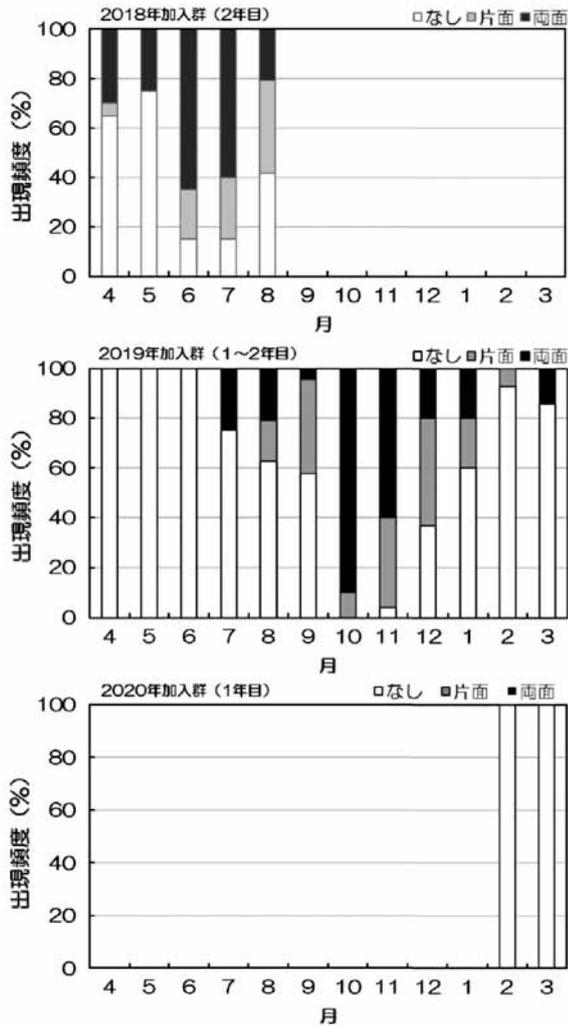


図9 2019年4月～2020年3月にかけてのマコンブ胞子体葉状部の裏面と表面の子嚢斑形成率の季節的变化。

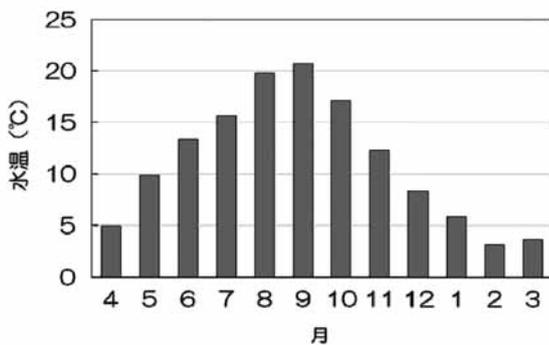


図10 2019年4月～2020年3月にかけての大舟漁港内の月別の平均水温の推移。

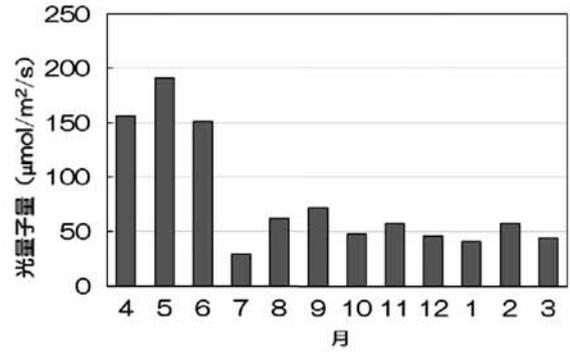


図11 2019年4月～2020年3月にかけての大舟漁港内の月別の平均光量子量の推移。

天然コンブの場合、個体群密度が胞子体の成熟時期に影響を及ぼすひとつの要因になり得る。

b 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

2019年5月、センター種苗の平均葉長は 708.4 ± 185.5 cm, 平均葉幅は 23.9 ± 3.3 cm, 乾燥歩留りは 12.1 ± 1.4 %であった(図12-14)。一方、試験種苗の平均葉長は 770.4 ± 119.7 cm, 平均葉幅は 23.8 ± 3.2 cm, 乾燥歩留りは 13.4 ± 1.0 %であった。

同年6月、センター種苗の平均葉長は 764.7 ± 132.0 cm, 平均葉幅は 26.0 ± 3.6 cm, 乾燥歩留りは 15.9 ± 0.3 %であった。一方、試験種苗の平均葉長は 791.7 ± 119.7 cm, 平均葉幅は 24.9 ± 2.4 cm, 乾燥歩留りは 18.4 ± 0.9 %であった。このとき、センター種苗の多くは葉元の形状が楔型であったのに対して、試験種苗の多くは既に葉元の形状が円形となっていた(写真2)。

同年7月、収穫時のセンター種苗の平均葉長は 806.3 ± 185.5 cm, 平均葉幅は 26.6 ± 3.9 cm, 乾燥歩留りは 17.3 ± 1.1 %であった。一方、試験種苗の平均葉長は 783.5 ± 117.1 cm, 平均葉幅は 25.6 ± 2.2 cm, 乾燥歩留りは 20.1 ± 1.0 %であった。

2019年度に沖出した試験種苗は、2020年3月の時点で芽落ちや形態的な異常は認められなかった。

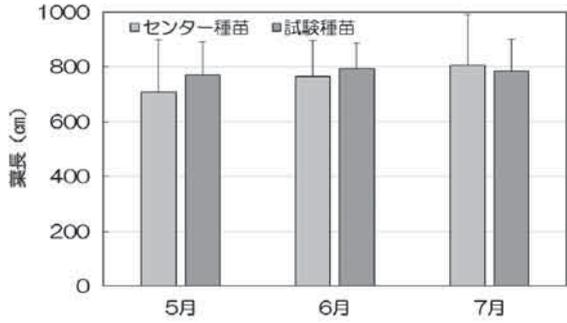


図 12 2019年5～7月の養殖個体の葉長。エラーバーは標準偏差を示している。

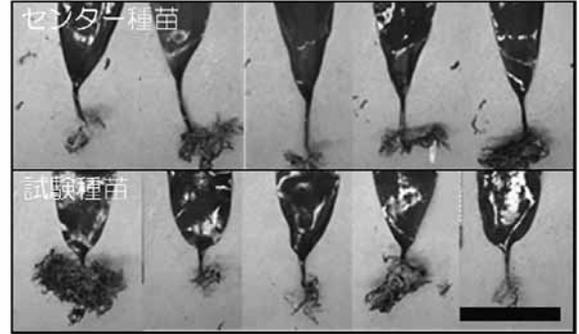


写真 2 センター種苗(上)と試験種苗(下)の葉元形状の比較(2019年6月25日撮影)。スケールバーは20cm。

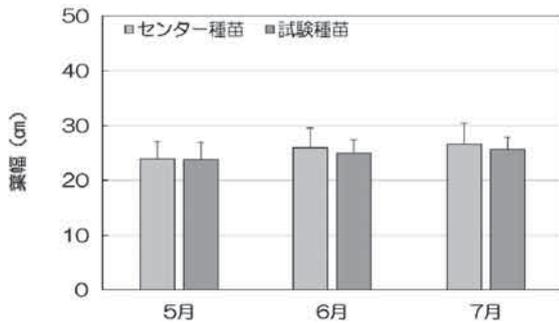


図 13 2019年5～7月の養殖個体の葉幅。エラーバーは標準偏差を示している。

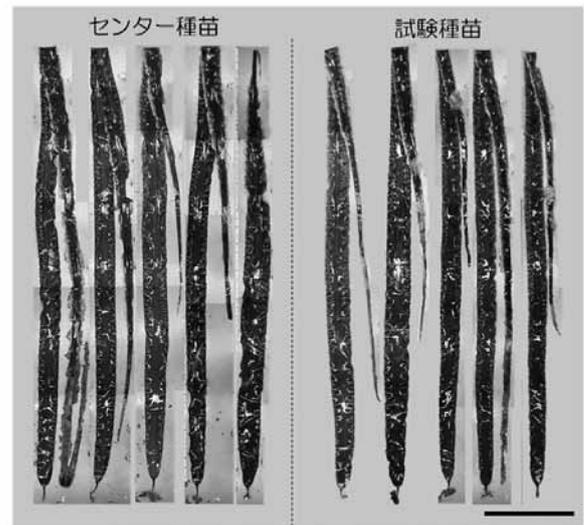


写真 3 収穫時のセンター種苗と試験種苗(2019年7月18日撮影)。スケールバーは100cm。

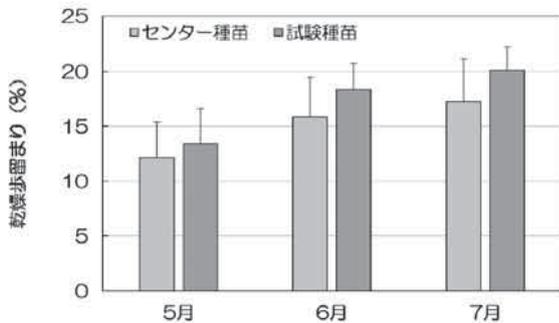


図 14 2019年5～7月の養殖個体の乾燥歩留り。エラーバーは標準偏差を示している。

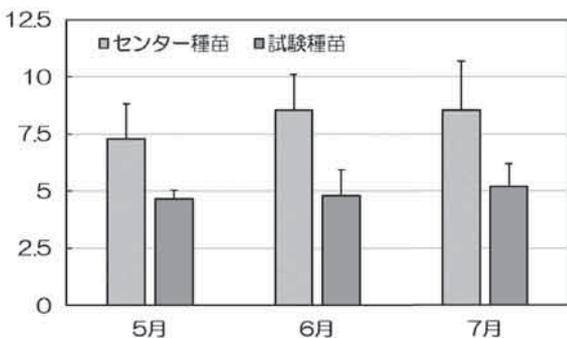


図 15 2019年5～7月の養殖個体の茎長。エラーバーは標準偏差を示している。

センター種苗と試験種苗の葉長に大きな差異は認められなかったものの、試験種苗の葉幅はわずかに狭かった(図13, 写真3)。また、試験種苗は茎状部が著しく短く、その特徴からセンター種苗とは容易に区別することができた(図15)。5月の時点では、両種苗の乾燥歩留りに差異は認められなかったが、6月以降、試験種苗の乾燥歩留りは顕著に高い値を示し、かつ葉元の形状が早くから円形になることから、早期に実入りする特徴があることが示唆された。なお、試験種苗の葉幅、茎状部の長さ、早期に実入りする特徴は継代しても失われなかったことから、これらは遺伝形質であることが伺える。なお、本養殖試験では促成養殖コンブを継代して使用しているが、少なくとも2世代目(孫)までは外見的な異常等の問題は認められない。

3回の養殖試験を経て、成熟誘導技術を利用して生

産した種苗の健苗性が示された。また、その収穫物は、一般に生産された種苗由来の養殖個体に遜色なかった。マコンブの成熟誘導技術は、現場展開されていないが、2020年度は函館市小安町で活用されることが決まっており、徐々に生産現場に浸透しつつある。今後は、生産現場でも実施可能な低コストかつ簡便な成熟誘導技術を開発し、速やかに技術普及することが求められる。

(b) 成熟誘導技術を利用したガゴメの促成養殖試験

大船町における2018年度の試験では、9月26日と10月15日に沖出した試験種苗は芽落ちが発生したため、観察を中止した。10月30日、11月7日、11月21日に沖出した種苗はいずれも生残した。これらの種苗は、沖出し時期が早いほど大型の個体に生長する傾向が見られた（H30年度報告書参照）。なお、9月に沖出した種苗については、沖出し直後に付着生物に覆われ、肉眼サイズの種苗は一時的にすべて消失した。翌年の1月、撚糸の表面に残存していたと考えられる配偶体由来の胞子体の発芽が観察されたものの、この時の葉長は2～3cmに留まった。

以下、芽落ち等が見られなかった10月30日に沖出した種苗についての生育状況の結果について示す。2019年2月までの生長は前年度並で推移し、平均葉長が 48.4 ± 25.7 cm、平均葉幅は 8.5 ± 4.1 cmとなった（図16-18）。それ以降、2～4月にかけて生長量が急速に低下し、4月には葉状部に退色が見られ、大型の個体では縁辺部、小型の個体では葉状部全体が黄色ないし白色を呈した。6月以降、大型の個体では色調の改善が認められたものの、小型の個体では復調することはなく、枯死する個体が多数見られた。養殖個体のサイズは6月に最大となり、葉長は 110.1 ± 36.0 cm、葉幅は 10.4 ± 4.7 cm、湿重量は 81.3 ± 68.8 gとなった。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3月から7月にかけて一貫して増加する傾向が見られ、7月には $16.6 \pm 1.1\%$ に達した（図19）。1株あたりの湿重量は7月の調査時に 2.3 ± 0.4 kgであり、前年度の試験に比べて収量が大きく減少したうえ、葉状部の色調も悪かった（写真9）。

養殖個体に付着する主な生物はコケムシ類であり、5月には葉状部先端付近、6月以降は葉状部の広い範囲に付着した。その他、吸管虫類やヒドロゾア類、ホタテガイの付着も認められた。

2019年度の試験では、種苗の芽落ちなどは見られず、10月から翌年の2月にかけての種苗の生育状況は良好

であり、養殖個体のサイズは前年度を大きく上回った。しかし、2～3月にかけて前年度と同様に生育状況が急速に悪化した。著しい退色は認められなかったものの、この期間中の生長量は大きく低下し、葉幅はほとんど変化しなかった。

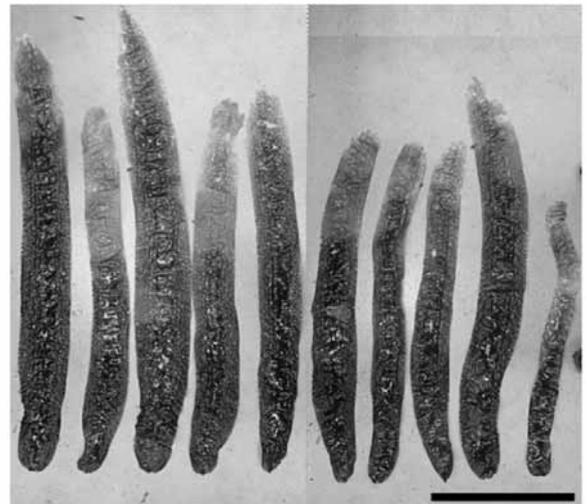


写真4 大船町における2018年度の養殖試験の収穫物（2019年7月13日撮影）。スケールバーは50cm。

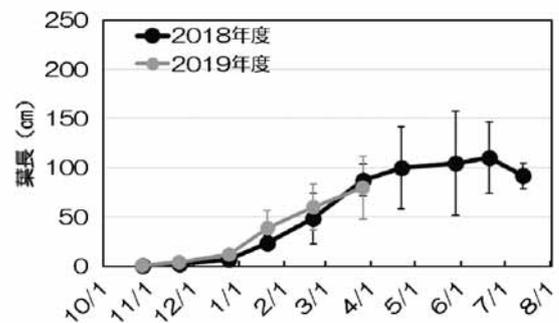


図16 養殖ガゴメの葉長の季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している。

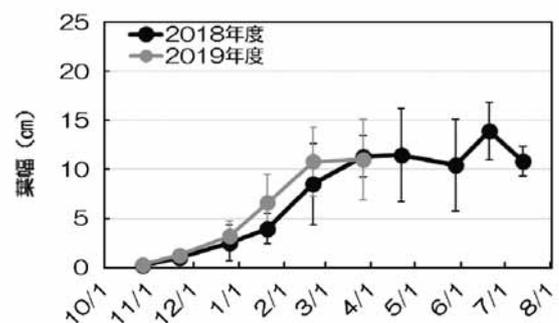


図17 養殖ガゴメの葉幅の季節的变化。エラーバーは標準偏差を示している。

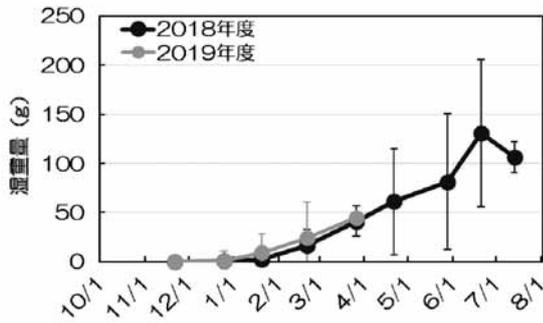


図18 養殖ガゴメの葉状部湿重量の季節的変化. エラーバーは標準偏差を示している.

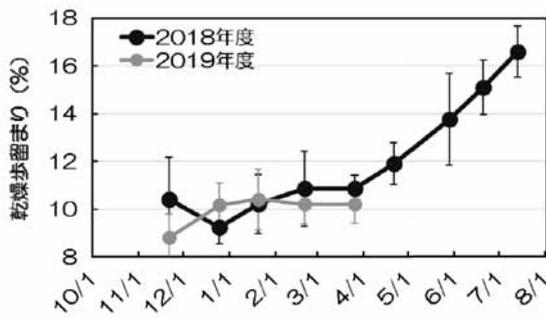


図19 促成養殖ガゴメの葉状部乾燥歩留まりの季節的変化. エラーバーは標準偏差を示している.

間引きの効果を検証した結果、10個体/株に密度を調整した株では平均の葉長101.4±6.3cm、15個体/株では86.5±15.4cm、未調整株では91.9±12.9cmであった(図20)。また、平均葉幅は10個体/株では13.0±1.6cm、15個体/株では11.2±0.9cm、未調整株では10.8±1.5cmであった(図21)。湿重量は10個体/株に密度を調整した株では142.6±16.7g、15個体/株では103.1±22.7g、未調整株では73.5±17.5gであった(図22)。葉長と密度に関係性は見出せなかったが、葉幅は密度が低いほど、広がる傾向が認められた。同様に湿重量も低密度ほど増加する傾向が見られた。なお、株ごとに湿重量の上位5個体を抽出し、葉長や葉幅、葉湿重量を比較したが大きな差異は認められず、むしろ密度を調整していない株の方が大型の個体が見られた。

日浦町における試験では、2018年度は種苗を沖出し後、イトグサ類の着生やヨコエビ類による摂食によって標本が得られない程度まで種苗が芽落ちしたため、同年の12月に種苗の定期的な観察を中止した。その後、種苗糸上にわずかに残存していた種苗が急速に生長し、翌年7月には葉長が2mに達する大型の個体に生長した(写真5)。2019年度の試験においても種苗の芽落

ちが見られたものの、前年度に比べて生残率は高かった。なお、暖簾式と延べ縄式の方法で養殖試験を行ったが、後者の方が生残率は高く、生育も良好であった。なお、同年、浜町と小安町では、種苗の芽落ち見られず、生育も良好であった。

早期種苗生産技術をはじめ、沖出し時期の検討や間引きの効果の検証など、ガゴメの促成養殖技術の確立のために必要な情報が蓄積されつつある。また、冬季の低水温が養殖個体の生育不良につながる可能性があることなど、養殖個体の生長に影響を及ぼす環境要因の特定も進められている。今後は、収量の増加と品質の向上のため、養殖条件や収穫適期などを検討することが求められる。

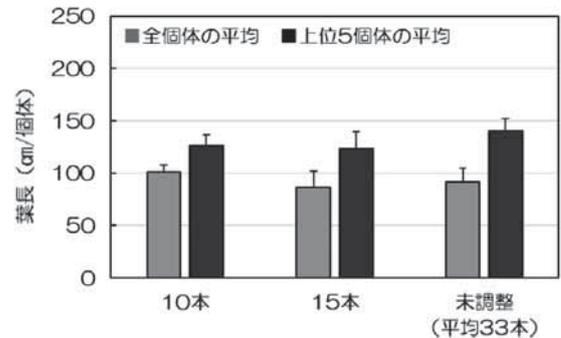


図20 養殖ガゴメの密度と葉長との関係.

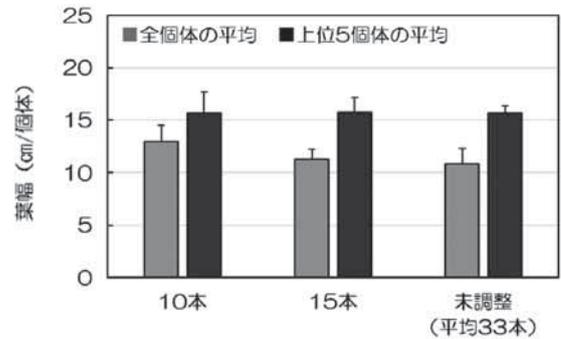


図21 養殖ガゴメの密度と葉幅の関係.

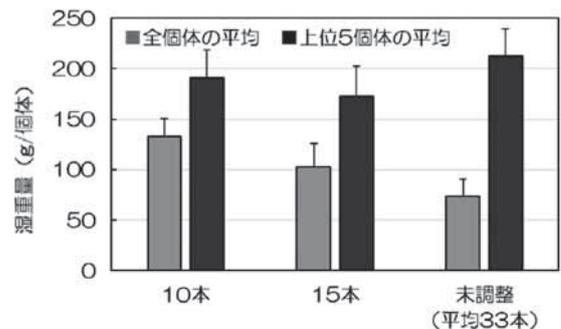


図22 養殖ガゴメの密度と湿重量の関係.



写真5 日浦町における2018年度養殖試験の収穫物（2019年7月24日撮影）。スケールバーは50cm.

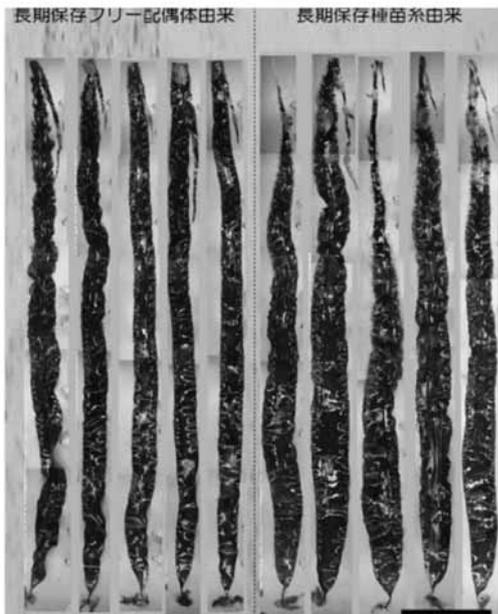


写真6 長期保存配偶体由来の養殖個体（2019年7月24日）。破線の左側が長期保存フリー配偶体由来の養殖個体，右側が長期保存種苗系由来の個体。スケールバーは50cm.

(イ) コンプ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

2018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 617.4 ± 36.1 cm，葉幅は 21.7 ± 2.6 cmとなった（写真6，図23-24）。一方，センター種苗は，平均葉長は 609.1 ± 102.8 cm，葉幅は 29.3 ± 2.3 cm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。試験種苗の葉幅は，センター種苗に比べて著しく狭かったため，湿重量にも300g以上の差が生じた（図25）。乾燥歩留まりは試験種苗で $13.1 \pm 1.0\%$ ，センター種苗で $12.5 \pm 1.6\%$ であった（図26）。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。

2019年度の試験では，2019年2月の調査時には，平均葉長は 111.9 ± 54.1 cm，葉幅 8.2 ± 3.3 cmとなり，前年度の試験と同程度の生長が見られた（図27-28）。なお，今のところ，種苗に形態的な異常等の問題は認められていない。

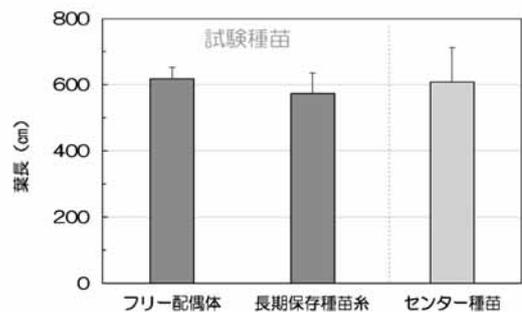


図23 長期保存配偶体から生産した種苗とセンター種苗の収穫時期における葉長の比較。エラーバーは標準偏差を示している。

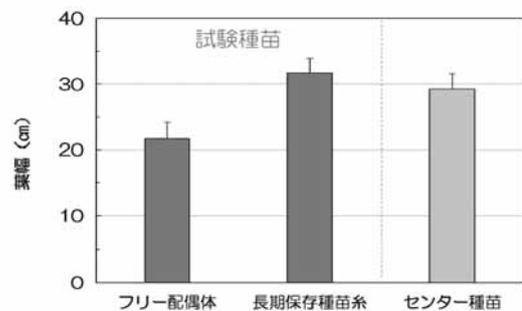


図24 長期保存配偶体から生産した種苗とセンター種苗の収穫時期における葉幅の比較。エラーバーは標準偏差を示している。

b 長期保存種苗系を用いた養殖試験

2018年度の試験では、種苗の沖出しが11月中旬と遅れたものの、養殖個体の生育は良好であり、収穫となる7月まで生長が見られた(図29-30)。7月には平均葉長は573.6±61.0cmとなった。また、平均葉幅は31.7±2.3cmとなり、湿重量とともにセンター種苗由来の養殖個体に遜色ないサイズとなった(写真6, 図23-25)。また、乾燥歩留まりについては、15.1±0.6%に達した(図26)。

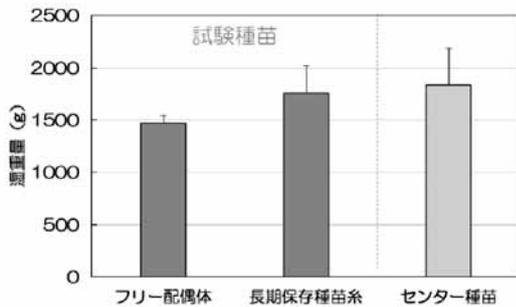


図25 長期保存配偶体から生産した種苗とセンター種苗の収穫時期における湿重量の比較。エラーバーは標準偏差を示している。

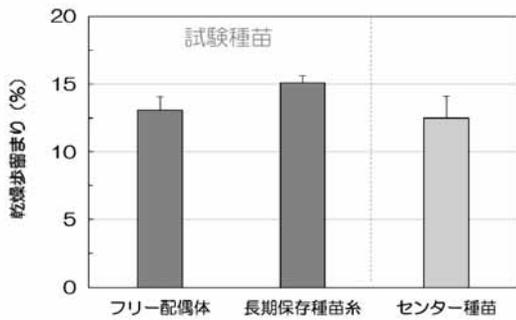


図26 長期保存配偶体から生産した種苗とセンター種苗の収穫時期における乾燥歩留まりの比較。エラーバーは標準偏差を示している。

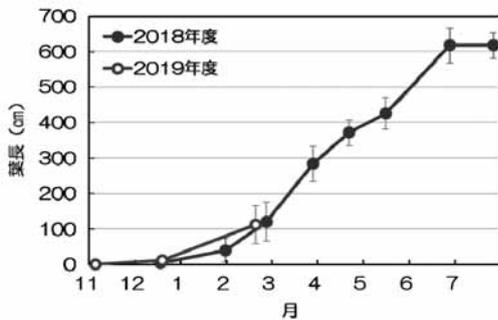


図27 長期保存フリー配偶体由来の養殖個体の葉長の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している。

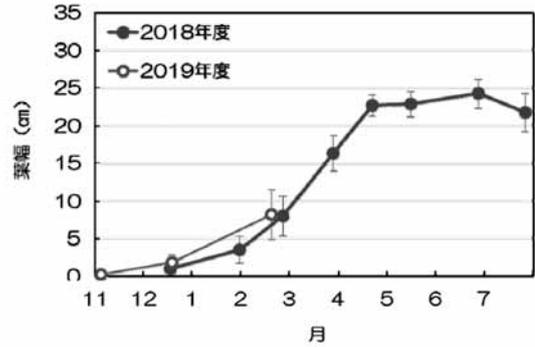


図28 長期保存フリー配偶体由来の養殖個体の葉幅の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している。

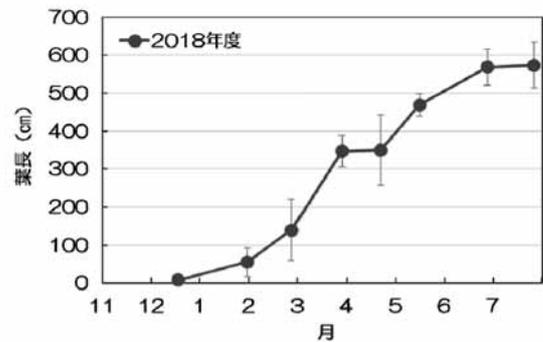


図29 長期保存種苗系由来の養殖個体の葉長の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している。

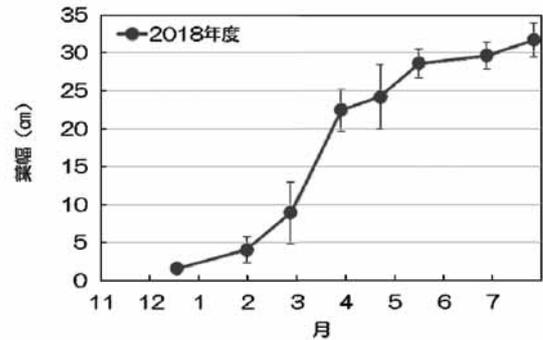


図30 長期保存種苗系由来の養殖個体の葉幅の季節的変化。エラーバーは標準偏差を示している。

(ウ) 健苗育成技術開発

a 種苗生産工程の検証および改良

(a) LED照明器具を用いた配偶体の成熟試験

マコンブ配偶体では、照明によって成熟までの期間が大きく異なった(図31)。日立では培養14日目に成熟率は80%以上に達し、21日目にはほとんどの配偶体に卵または発芽体が観察された。アイリスオーヤマでは、培養10日目から成熟する個体が見られ、12日目までに44%の配偶体に卵が形成された。培養14日目以降、成熟率は緩やかに増加し、培養21日目には90%に達した。オーム電機および仁光電機では、成熟率は培養12日目まで約10%で推移した。前者は、他の照明に比べて成熟が遅くなる傾向が見られ、培養21日目の成熟率は76%にとどまった。一方、後者では、12日目以降に急速に成熟率が高まり、培養21日目には93%の配偶体に卵または発芽体が観察された。日本医化では、成熟率は培養14日目まで日立と同程度で推移した。その後も成熟率は緩やかに増加し、培養21日目には97%に達した。

ガゴメの配偶体はマコンブに比べて成熟が早く、アイリスオーヤマを除いたいずれの照明下でも、培養10日目には配偶体に急速に卵が形成されはじめ、培養14日目までにほとんどが成熟した(図32)。アイリスオーヤマでは、著しく成熟が遅く、培養10日目にも5%に留まった。21日目には成熟率は96%に達したものの、他の照明に比べて成熟率は緩やかに増加する傾向が見られた。

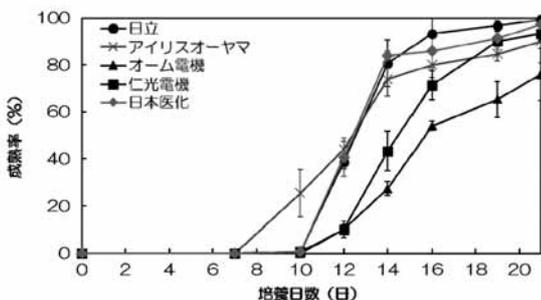


図31 蛍光灯およびLEDで培養したマコンブ配偶体の成熟率の推移。エラーバーは標準偏差を示している。

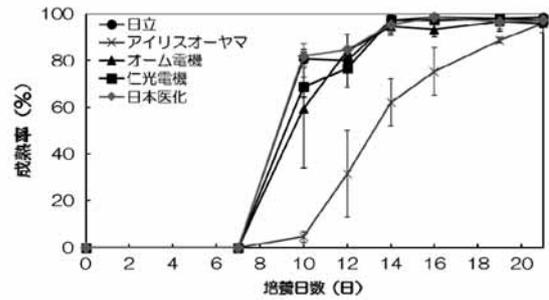


図32 蛍光灯およびLEDで培養したガゴメ配偶体の成熟率の推移。エラーバーは標準偏差を示している。

(b) LED照明器具を用いた孢子体の育成試験

いずれの照明下でも、マコンブおよびガゴメの孢子体は、葉状部や茎状部、付着器の伸長が観察された(写真7)。また、少数の個体に形態的な異常が認められたものの、概してその出現頻度は低かった。アイリスオーヤマで育成したマコンブ孢子体は、葉状部が顕著に細長くなる傾向が見られた(葉形: 3.83 ± 0.18) (図33)。一方、同照明下で育成したガゴメ孢子体の葉状部は、ずんぐりとした形になる傾向が見られた(葉形: 1.48 ± 0.06) (図34)。また、LEDで育成したマコンブ孢子体の葉状部は、蛍光灯に比べて色調が薄くなる傾向が見られ、ガゴメの孢子体でも同様の傾向が認められた。

マコンブ孢子体葉長の相対生長率は、日立で $11.8 \pm 0.7\%/day$ 、オーム電機で $11.6 \pm 0.3\%/day$ 、仁光電機 $12.0 \pm 0.4\%/day$ 、日本医化で $12.2 \pm 0.4\%/day$ であった(図35)。これら4種の照明では、大きな差異は見られなかった。アイリスオーヤマでは $8.3 \pm 0.45\%/day$ と、他の照明に比べて低い値を示した。各照明下での葉幅と葉面積の相対生長率の優位性は、葉長のそれと同様の関係が認められ、日立、オーム電機、仁光電機、日本医化では大きな差異は認められず、アイリスオーヤマでは顕著に低くなった。ガゴメ孢子体葉長の相対生長率は、日立で $6.9 \pm 0.3\%/day$ 、アイリスオーヤマで $6.1 \pm 0.2\%/day$ 、オーム電機で $7.2 \pm 0.2\%/day$ 、仁光電機 $7.2 \pm 0.3\%/day$ 、日本医化で $7.5 \pm 0.5\%/day$ であり、アイリスオーヤマではわずかに低い値を示した(図36)。

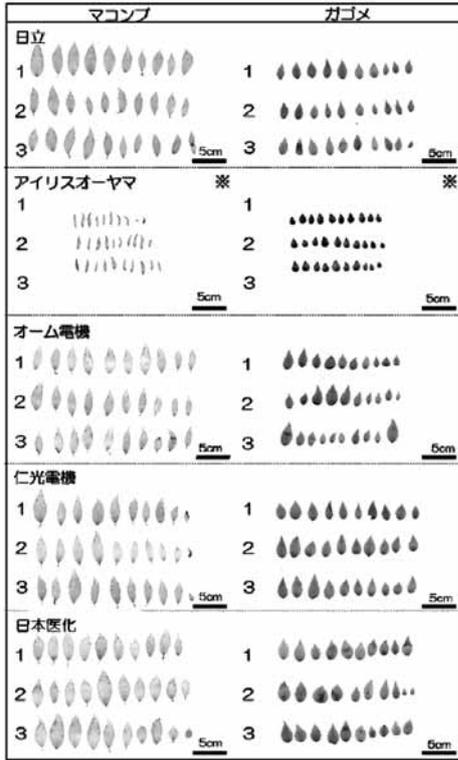


写真7 蛍光灯およびLEDで培養したマコンプとガゴメの孢子体.

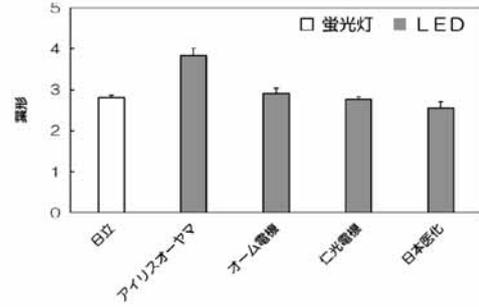


図33 蛍光灯およびLEDで培養したマコンプ孢子体の葉形. エラーバーは標準偏差を示している.

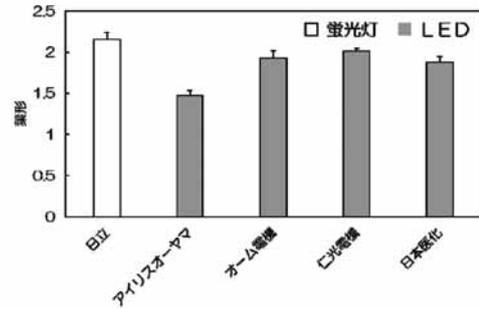


図34 蛍光灯およびLEDで培養したガゴメ孢子体の葉形. エラーバーは標準偏差を示している.

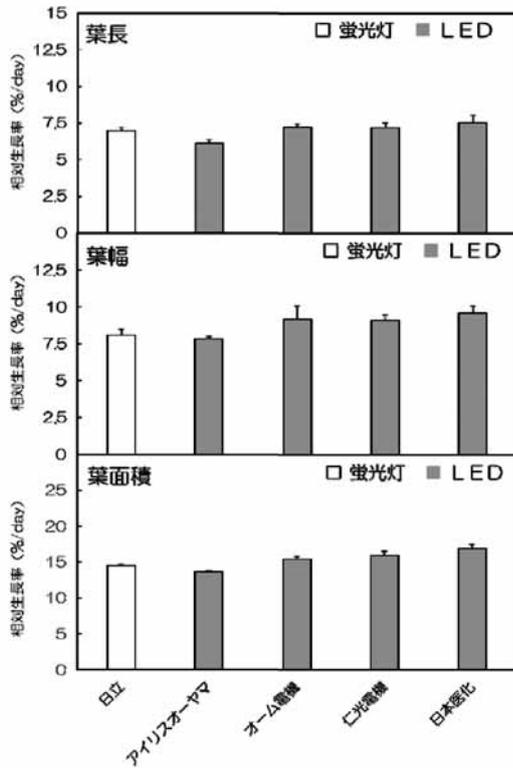


図35 蛍光灯またはLEDで培養したマコンプ孢子体の相対生長率. エラーバーは標準偏差を示している.

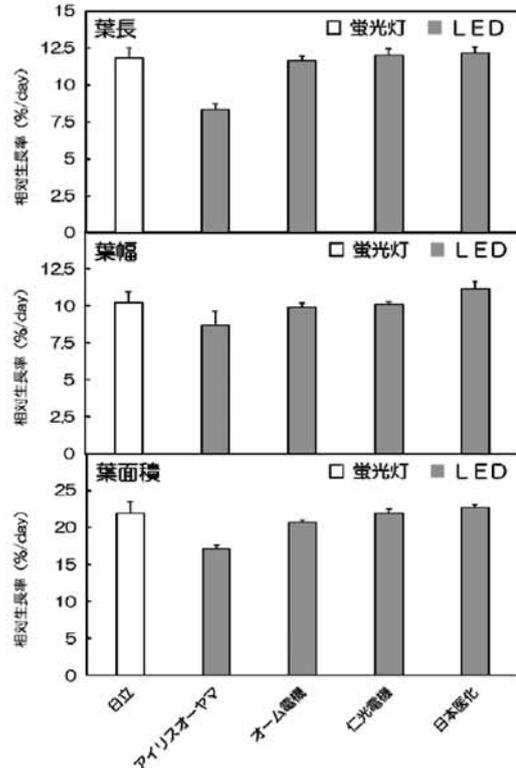


図36 蛍光灯またはLEDで培養したガゴメ孢子体の相対生長率. エラーバーは標準偏差を示している.

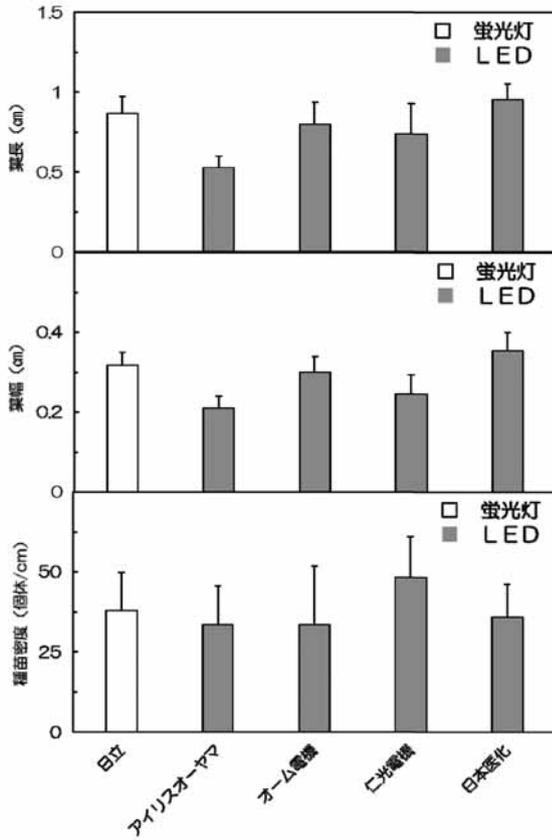


図37 蛍光灯またはLEDで培養したマコンプ種苗のサイズと種苗密度（沖出し時：2019年11月5日）。エラーバーは標準偏差を示している。

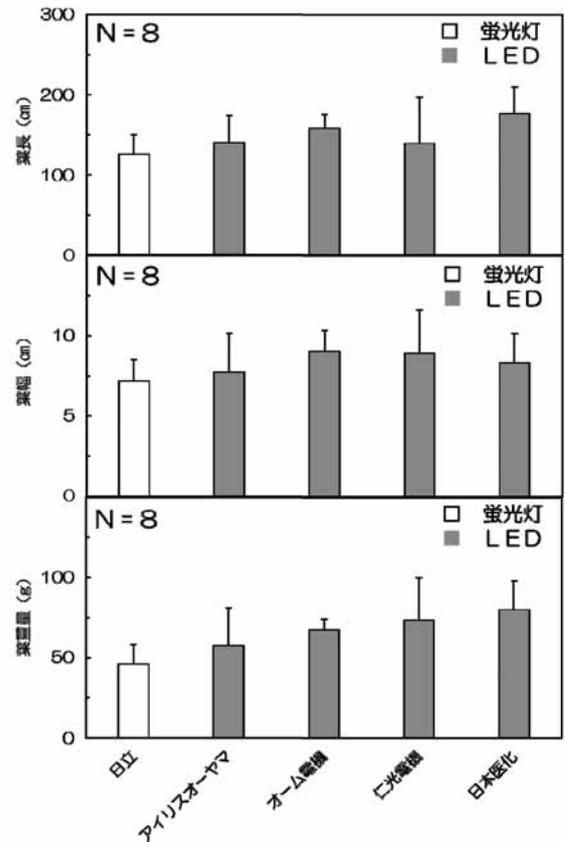


図38 蛍光灯またはLEDで培養したマコンプ種苗のサイズと種苗密度（2020年2月19日）。エラーバーは標準偏差を示している。

(c) LEDで育成した種苗を用いた養殖試験

沖出しの直前の各種苗のサイズ（葉長－葉幅）は、日立では0.87±0.1cm－0.32±0.03cm、アイリスオーヤマでは0.53±0.07cm－0.21±0.03cm、オーム電機では0.80±0.14cm－0.30±0.04、仁光電機では0.74±0.19cm－0.24±0.05cm、日本医化では0.95±0.1－0.35±0.05cmであった（図37）。種苗密度は、仁光電機で最も高く、48.2個体/cmであった。他の照明で育成した種苗は、33.6～37.8 個体/cmと大きな差異は認められなかった。

2020年2月19日の調査では、各種苗の生残数は日立では10個体/株、アイリスオーヤマでは10個体/株、オーム電機では20個体、仁光電機では8個体株、日本医化では16個体/株であった。また、各種苗のサイズは、日立では125.8±24.6cm－7.2±1.4cm（湿重量46.0±12.3g）、アイリスオーヤマでは140.1±34.3－7.7±2.4cm（湿重量75.7±23.3g）、オーム電機では158.4±17.6cm－9.1±1.3cm（湿重量67.5±6.7g）、仁光電機では139.1±57.9cm－8.9－2.7cm（湿重量73.5±26.6g）、

日本医化では176.5±33.4cm－8.3±1.8（湿重量80.1±18.0g）であった（図38）。LEDで育成した種苗のサイズは、蛍光灯で育成したものに遜色なく、形態的な異常等も見られなかった。

これらの養殖個体は2020年7月に収穫し、そのサイズを比較する。沖出し時の種苗のサイズを考慮し、各照明器具の有効性について検証し、生産現場での使用の可否を検討する予定である。

(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

促成マコンプ種苗の生残率は、緩やかに低下し、11月27日までに21.8%となった。生残率はその後も低下を続け、12月19日まで4.8%となった（図39）。それ以降は、生残率に大きな変化は見られなかった。

(b) 漁場環境調査

調査期間中、日浦町沖の水温は5.2～17.5℃で推移

した(図40)。11月上旬の平均水温は15.7℃, 11月中旬は14.1℃, 11月下旬は12.6℃であった。12月中は10℃台で推移し, 大きな変化は見られなかった。

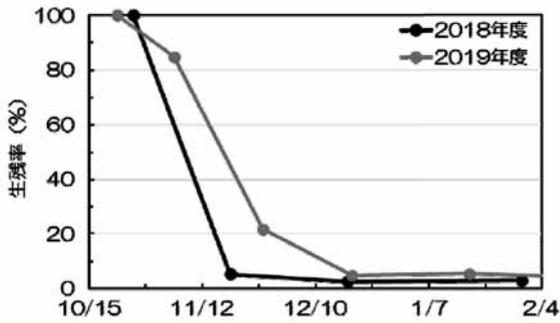


図39 日浦町沖の促成マコブ種苗の生残率.

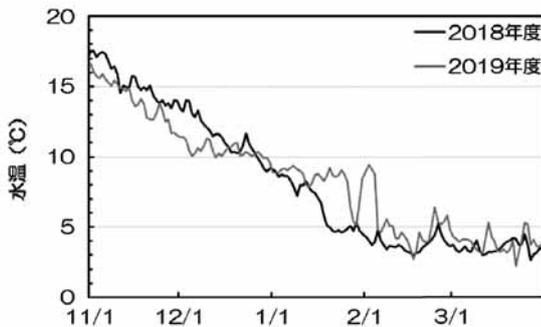


図40 2019年11月から2020年3月にかけて日浦町沖の水温の推移.

戸井漁協管内の一部地域およびえさん漁協管内の広い範囲で発生した養殖コンブの脱落の要因を解明するため2015~2019年度に, 種苗の生残状況を調査した。なお, この期間中に芽落ちが発生した年はあったが, 2014年度に報告があったような脱落は発生しなかった。

日浦町沖の養殖業者から芽落ちあるいは種苗の生残率の低下が報告された年は, 2015年度及び2018年度であった。これらの年の種苗生残率は1~2%と低い値を示しており(図41), 種苗を沖出した直後のみならず, 12月頃まで減耗が続いた。

日浦町沖の水温を時期別に見ると, 2015年度や2018年度, 2019年度は, 11~12月中旬にかけて水温が高く推移しており, 特に芽落ちが発生した年は11月下旬~12月中旬まで水温が低下しなかった(表2, 図42)。2019年については, 沖出しから11月中旬まで高水温で推移していたものの, その後は水温が低下したためか, 生残率の著しい低下は認められなかった。11月下旬~12月中旬にかけての水温に着目し, この期間の水温と2015~2019年度の種苗の生残率との関係を解析した結

果, 両者の間には負の相関関係が認められた(図43)。従って, 日浦町沖ではこの期間の水温が高く推移すると, 種苗は芽落ちが生じやすくなると考えられる。

また, 芽落ち発生時に残存した種苗には, ヨコエビ類による摂食痕やイトグサ類などの付着が観察された。そのため, 11月下旬~12月中旬にかけて高水温で推移すると, ヨコエビ類の摂食圧やイトグサ類の付着量が増加することで芽落ちが生じる可能性がある。今後はこれらの生物の生態を考慮した調査研究を行うことで, 芽落ちや脱落の発生機序が明らかになると考えられる。

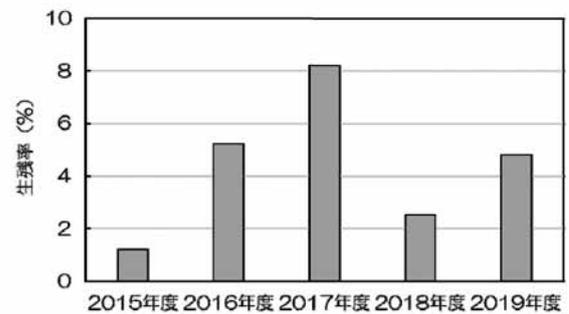


図41 2015~2019年度の種苗の生残率の比較. 各値は12月中旬の調査時の値を掲載している。

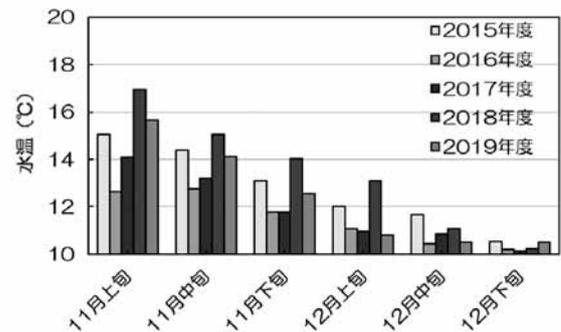


図42 日浦町沖の時期別の平均水温

表2 日浦町沖の時期別の平均水温

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
11月上旬	15.0	12.6	14.1	17.0	15.7
11月中旬	14.4	12.8	13.2	15.0	14.1
11月下旬	13.1	11.8	11.8	14.0	12.6
12月上旬	12.0	11.1	11.0	13.1	10.8
12月中旬	11.7	10.5	10.9	11.1	10.5
12月下旬	10.5	10.2	10.2	10.2	10.5

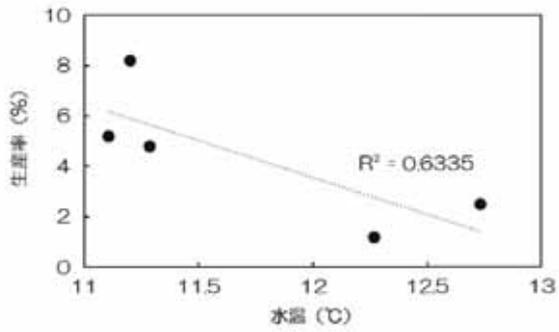


図43 2015～2019年度の種苗の生残率の比較. 各値は12月中旬の調査時の値を掲載している.

参考文献

- 絵面良男・原安彦・木村喬久. 促成マコソブ種苗糸赤変病害の防除法. 日本水産学会誌 ; 1990. 56: 2045-2051.
- 前田高志. マコソ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) 2018:29-40.
- 新原義昭, 菊池和夫. コソ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.
- Sekino M, Kakehi S. PARFEX v1.0: an EXCEL™-based software package for parentage allocation. Conservation Genetics Resources, 2012; 4:275-278.

18. クロマグロ定置網入網環境調査（受託研究）

担当者 調査研究部 西田 芳則 下田 和孝
 協力機関 えさん漁業協同組合，南かやべ漁業協同組合
 北海道水産林務部

（1）目的

渡島半島太平洋沿岸の定置網周辺海域において海洋環境モニタリングを実施し、クロマグロの定置網への大量入網に関わる環境要因の解明に向けた基礎資料を得る。

（2）経過の概要

ア 海洋環境モニタリング

2019年5月から12月にかけて、大船地区（函まぐろ・いか・さけ定置第1号）、尾札部地区（函まぐろ・いか・さけ定置第10号）および楸法華地区（函まぐろ・いか・ぶり・さけ定置第2号）に自記式水温計（Tidbit）と流向流速計（compact-EM）を垂下方式で設置し、それぞれ1時間毎の連続観測を行った（図1）。各観測機器の設置深度は、水温計が深度2m、10m、20m、30m、50m、流向流速計が深度10mである。

また、沿岸域の流速変動に沖合域の流れが及ぼす影響を評価するため、道南太平洋海域において函館水試所属試験調査船金星丸のADCP（Acoustic Doppler Current Profiler）により測流した流れのデータも解析に使用した。



図1 調査対象地区

イ 漁獲統計調査

えさん、南かやべ漁業協同組合で記録した定置網の操業日誌を基に北海道水産林務部が作成する漁業生産高報告（水試集計速報値）から、前述した定置網毎にクロマグロおよびその他魚類の日毎の入網尾数を調べた。

（3）得られた結果

ア 海洋環境モニタリング

（ア）漁場の流向流速環境

2019年7月31日から10月9日までの大船、尾札部、楸法華地区における流速ベクトルの時間変化を図2に示す。3地区ともに7月末から8月下旬にかけては南東方向の流れが卓越していたが、8月末以降は大船地区では北西方向の周期的な流向変化が見られ、楸法華地区では南方向の流れが卓越した。大船地区で北西方向の流れが生じた時は、尾札部地区では南東あるいは南西方向の流れが強くなる傾向にあった。

金星丸のADCPによる測流調査から、7月下旬では胆振海域から渡島海域へ向かう反時計回りの循環流がみられたが（図3）、9月上旬では沖の西向きの流れが沿岸付近で渡島側と胆振側に分離する振り分け潮が発生していた（図4）。この振り分け潮が発生した9月上旬において、図4から読み取った各地区の流れは、大船地区では弱く、尾札部、楸法華地区ではそれぞれ南東、南方向の流れとなった。これらの傾向は定置網に設置した流向流速計による観測結果と概ね一致していた（図2の破線で囲んだ期間）。そこで、振り分け潮が発生した期間を推定するために定置網に設置した流向流速計の観測データを分析した結果（大船地区で流速が弱まるか北西方向の流れが生じた時、または尾札部地区で南西、南東方向の流れが強まった場合に振り分け潮が生じたと仮定）、8月27～30日、9月3～7日、9月9～11日、9月14～16日及び9月20～24日に振り分け潮が発生していたと推察された。

（イ）漁場の水温環境

各地区における水温鉛直分布の時間変化を図5に示す。7月中旬から8月中旬までは、全地区ともに、水温は成層しており、全層一様に昇温、降温する変動がみられた。また、7月28日から8月10日、8月13日から15日にかけては、深度15m以浅の表層を中心に水温は一時的に18℃以上になった。8月中旬以降では、各地区ともに水温成層が弱まり、深度30m以浅の表中層の水温は18～20℃とほぼ均質になった。

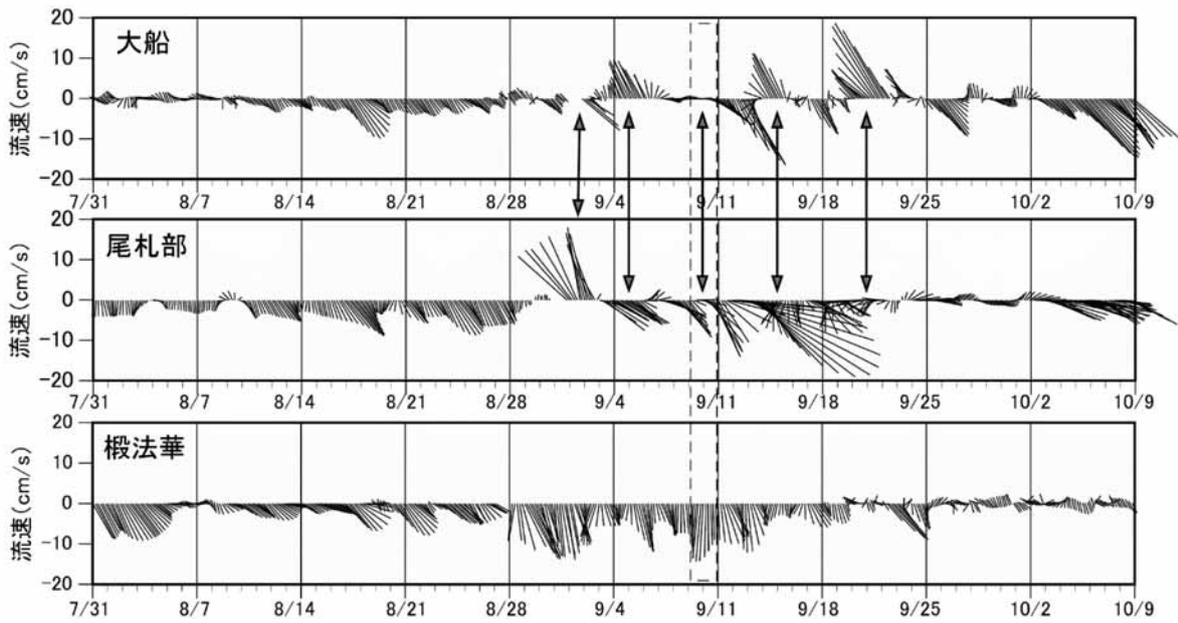


図2 各地区における流速ベクトルの時間変化。図中の縦矢印は振り分け潮の発生を示す。破線で囲った期間は調査船による9月における流れの観測日にあたる(図4)。

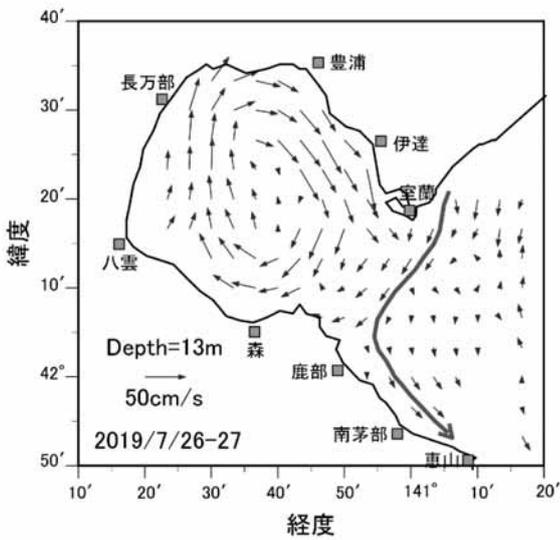


図3 2019年7月下旬の道南太平洋海域における13m深流速ベクトルの水平分布。図中の太矢印は胆振から渡島に至る循環流を示す。

7月26~29日に実施した定期観測で得られた道南太平洋の10m深水温と13m深流速ベクトルの水平分布を図6に示す。津軽海峡東口から連なる流速50cm/s以上の強い流れが津軽暖流であり、道南太平洋では時計回りの渦を形成している。この流れと水温の水平分布か

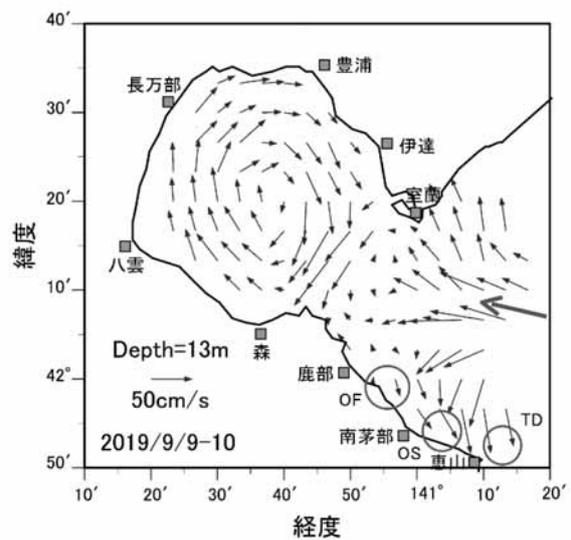


図4 2019年9月上旬の道南太平洋海域における13m深流速ベクトルの水平分布。図中の太矢印は津軽暖流からの暖水波及を示す。OF: 大船, OS: 尾札部, TD: 楸法華

ら、津軽暖流の水温は18~20℃である。そのため、定置網漁場において、7月下旬から8月中旬にかけて一時的に水温が18℃以上に上昇した現象、また8月中旬以降に表中層の水温が18℃以上になった現象は津軽暖流の渡島半島への接岸によるものと推察された。

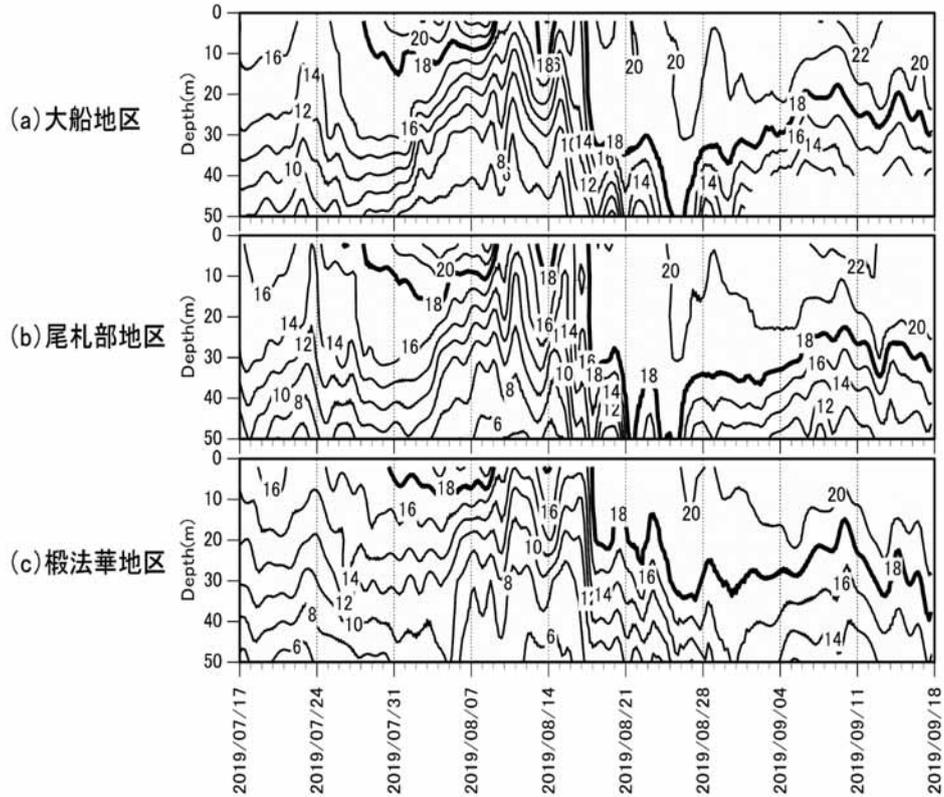


図5 各地区における水温鉛直分布の時間変化

イ 漁獲統計調査

2019年7月31日から10月23日の期間における重量30kg未満のクロマグロ（以下、小型クロマグロ）の地区別放流尾数を図7に示す。なお、いずれの定置網でも7月31日までは小型クロマグロを100尾以上放流した事例はなく、大量入網は生じていなかった。今年度の

放流実績で特徴的なのは、100尾を超える放流が頻繁に実施された時期と期間が地区間によって異なることである。すなわち、大船地区では8月25日までに100尾以上の放流が頻度高く行われていたが、それ以降は大規模な放流は無く入網数が大きく減少した。これに対し、椴法華地区では、8月25日までは100尾を越す

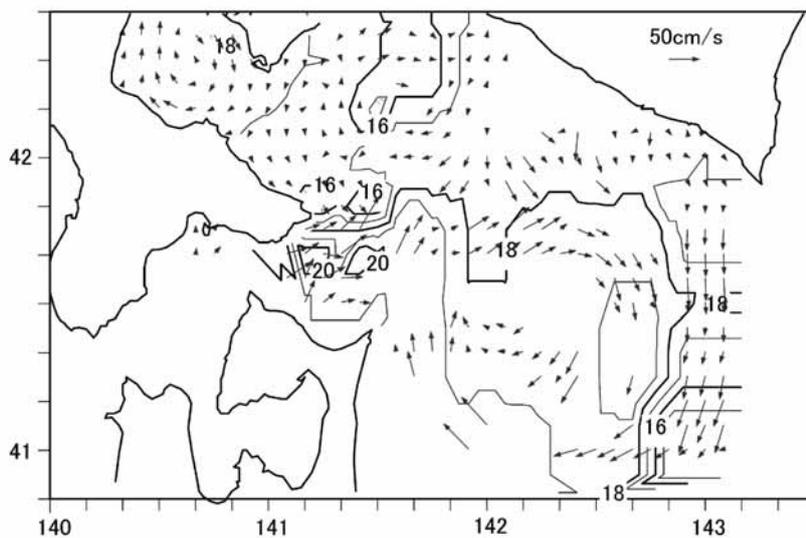


図6 2019年7月下旬の道南太平洋における10m深水温と13m深流速ベクトルの水平分布

放流は無く、それ以降から大規模な放流の頻度が増加し10月中旬まで続いた。両地区の中間に位置する尾札部地区では8月上旬から10月まで期間全体を通してコンスタントに大規模な放流が行われた。これらのことから、渡島半島沿岸への小型クロマグロの来遊傾向は8月下旬を境に変化し、それ以前では尾札部以北に、それ以降からは尾札部より南側の海域へ来遊したと考えられる。

小型クロマグロの入網状況と海洋環境を比較したところ、8月25日以前においては大船地区及び尾札部地区で大量入網の発生頻度が高かった。また大船地区で8月7日に約1000尾の大量放流が行われた翌日に尾札部地区で約3000尾の大量放流が実施され、大船地区で8月17～22日に約300～500尾の放流が行われた後に、尾札部地区で8月20日からまとまった放流が継続するなど、小型クロマグロの定置網への入網はより北側に位置する大船地区から先行して生じる傾向があった。前述のように、8月上旬には表層水温が一時的に18～20℃まで昇温するなど津軽暖流の接岸が観測されており、これに伴って小型クロマグロが沿岸域へ回遊し定置網へ大量入網したと考えられる。特に渡島半島

北部太平洋の沿岸域では反時計回りの循環流が卓越していたことから(図2, 3), 流れの上流側にあたる大船地区の定置網からクロマグロの入網が生じたと推察される。

また8月26日から10月までにおいては、尾札部地区とより南側の榎法華地区で小型クロマグロの大量入網が観測された。大量入網が生じた期間(100尾以上の放流の実施期間)は①8月25～28日, ②8月29日～9月3日, ③9月3～8日, ④9月10～15日, ⑤9月18～22日であったが(図7), これらは前述した振り分け潮が生じた期間(図7矢印)とほぼ一致していた。そのため、8月下旬以降は、津軽暖流接岸時の暖水波及によって生じる振り分け潮が小型クロマグロの入網に強く影響した可能性がある。

以上のことから、渡島半島太平洋沿岸における小型クロマグロの来遊には海洋環境が強く関連し、特に津軽暖流の接岸動態が小型クロマグロの定置網への大量入網に影響すると考えられる。本研究は単年度の実施であったが、道南海域へのクロマグロの来遊機構を理解するためには今後も継続した調査が必要と考えられる。

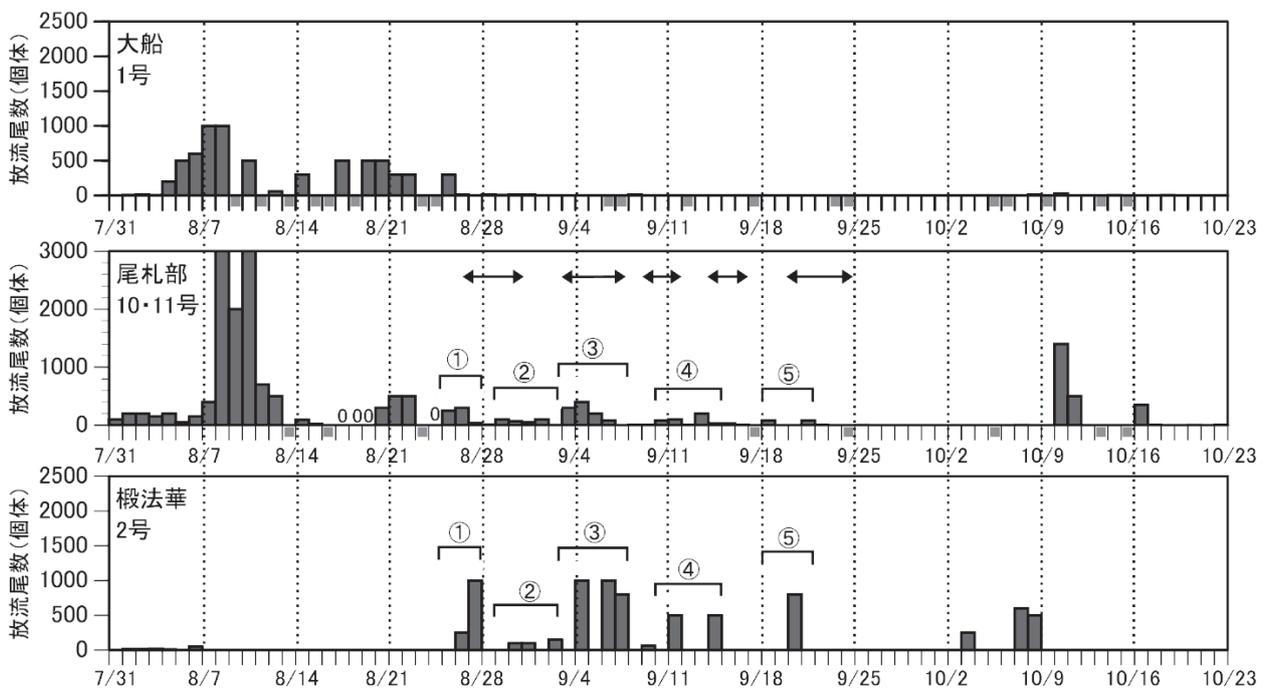


図7 各地区における小型クロマグロ放流尾数の日変化。図中の両矢印は振り分け潮が発生した期間を示す。横軸の灰色網掛け部分は定置網の網上げが行われなかった日を示す(大船, 尾札部)。「0」の表示は網上げを行ったが入網が確認されなかったことを示す。

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・ 電話	民間企業	1	北海道内のスケトウダラの漁獲状況について	渡野邊
技術指導	4月	函館市	指導所	1	ヨーロッパザラボヤ類似標本の同定依頼	金森
技術指導 (講師派遣)	4月	白老町	漁業関係者	20	放流稚仔追跡調査結果報告	酒井
技術相談	4月	電話	マスコミ関係	1	道南海域の天然マコンブの不作について	前田
技術相談	4月	電話	漁業関係者	1	講演依頼	前田
技術相談	4月	電話	マスコミ関係	1	マコンブとリシリコンブの関係について	前田
技術相談	4月	電話	北海道	1	道南海域の海藻の胞子放出時期について	前田
技術相談	4月	メール	指導所	1	養殖コンブの種苗生産に用いられるESIの使用量の変遷について	前田
技術相談	4月	メール	一般市民	1	ヨーロッパザラボヤの酸性体液について	夏池
技術相談	4月	電話	漁業関係者	1	高分子ゲルを利用したコンブ類の遊走子散布事業の効果や手法について	前田
技術相談	4月	函館市	研究機関	1	ダルスの養殖に関して	前田
技術相談	4月	函館市	漁業関係者	2	アワビの放流効果について	前田
技術相談	4月	電話	指導所	1	えさん地区の促成養殖コンブの生育不良について	前田
技術相談	4月	電話	民間企業	1	促成養殖マコンブに見られる龍紋について	前田
技術相談	4月	函館市	漁業関係者	2	現在、石崎町沖で養殖している養殖試験の拡大について	前田
技術相談	5月	函館市	国	2	魚種判別依頼	渡野邊
技術相談	5月	メール	一般市民	1	ヨーロッパザラボヤの噴火湾の侵入時期、ヨーロッパザラボヤの海底環境への影響について	夏池
技術相談	5月	電話	漁業関係者	1	アワビの放流効果について	前田
技術相談	5月	電話	漁業関係者	2	アワビの放流効果について	前田
技術相談	5月	函館市	研究機関	2	コンブに関する分析について	前田
技術相談	5月	函館市	民間企業	1	コンブの親子鑑定の委託について	前田
技術相談	5月	埼玉県	国	1	海藻の有機認証制度について	前田
技術相談	5月	函館市	漁業関係者	1	種苗生産施設で使用するLED蛍光灯の有効性について	前田
技術相談	5月	電話	民間企業	1	太陽光型LED蛍光灯を利用したコンブ種苗の育成について	前田
技術相談	5月	函館市	民間企業	1	太陽光型LED蛍光灯を利用したコンブ種苗の育成について	前田
技術相談	5月	函館市	指導所	2	立縄礁の効果調査について	前田
技術相談	5月	電話	マスコミ関係	1	日本海スルメイカ調査結果について	有馬
技術相談	5月	函館市	指導所	1	ワカメ養殖について	前田
技術相談	5月	電話	漁業関係者	1	コンブの生態と養殖についての研修依頼	前田
技術相談	5月	電話	指導所	1	ワカメの種苗生産について	前田
技術相談	5月	電話	函館市	1	コンブ類の生長や再生について	前田
技術指導 (企業指導)	6月	函館市	指導所	1	釜谷町沖の促成養殖コンブの付着物について	前田
技術指導 (企業指導)	6月	函館市	指導所	1	養成網に付着するコンブの由来に関して	前田

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
技術指導 (企業指導)	6月	函館市	研究機関	1	モヅクのサンプル採集について	前田
技術相談	6月	メール	北海道	1	ガゴメ研究の今後の展開について	前田
技術相談	6月	電話	漁業関係者	1	昆布出汁が白濁した原因について	前田
技術相談	6月	メール	漁業関係者	1	水産物JASについて	前田
技術相談	6月	電話	漁業関係者	1	マコンブの胞子体の再生についての情報提供	前田
技術相談	6月	メール	指導所	1	クビフリンについて	酒井
技術相談	6月	函館市	指導所	2	ウニ類の成熟調査について	酒井・萱場
技術相談	6月	メール	市町村	1	着底稚仔放流に関わる効果について	酒井
技術相談	6月	函館市	一般市民	2	函館市内の公園で捕まえた魚の種名について	武藤・下田
技術相談	6月	電話	民間企業	1	函館のスルメイカ不漁の要因について	有馬
技術相談	6月	メール	研究機関	1	道南海域のヒジキについて	前田
技術指導 (企業指導)	7月	函館市	北海道	25	ブリ缶詰販売に向けての技術指導について	北川
技術相談	7月	電話	民間企業	1	北海道内のスケトウダラの漁獲状況について	渡野邊
技術相談	7月	電話・ メール	一般市民	1	ズワイガニの黒変について	渡野邊
技術相談	7月	メール	指導所	1	コンブに見られる斑点状のキズの原因について	前田
技術相談	7月	電話	指導所	1	ワカメ種苗の輸送方法について	前田
技術相談	7月	函館市	漁業関係者	1	養殖コンブの施設に付着したマコンブの二年目への移行試験について	前田
技術相談	7月	函館市	マスコミ関係	1	道南海域の天然コンブの減産について	前田
技術相談	7月	函館市	民間企業	1	ノルウェーでのナマコ養殖に向けた情報収集	酒井
技術相談	7月	電話	指導所	1	ウニの成熟、卵巣内異物について	酒井
技術相談	7月	函館市	教育機関	4	幼生飼育方法	酒井
技術相談	7月	電話	研究機関	1	貝毒プランクトンモニタリングについて	夏池
技術相談	7月	メール	漁業関係者	1	三陸でのホタテガイ赤変について	夏池
技術相談	7月	函館市	マスコミ関係	1	道南周辺海域でのスルメイカ不漁の要因について	有馬
技術相談	7月	函館市	マスコミ関係	1	養殖ガゴメについて	前田
技術相談	7月	電話	漁業関係者	1	コンブの異常の原因について	前田
技術相談	7月	函館市	指導所	8	砂原ナマコ採苗・育成について	酒井
技術指導	8月	函館市	教育機関	1	ヨーロッパザラボヤの画像提供依頼	金森
技術指導 (講師派遣)	8月	函館市	教育機関	30	栽培漁業について	酒井
技術相談	8月	電話	民間企業	1	津軽海峡内の水温の変化について	渡野邊
技術相談	8月	電話	教育機関	1	大学内での採卵試験について	酒井
技術相談	8月	電話	指導所	1	自記式水温計のデータ読み取りについて	前田
技術相談	8月	電話	マスコミ関係	1	天然コンブの資源回復に向けた取り組みについて	前田
技術相談	8月	函館市	漁業関係者	1	早期沖出のガゴメ養殖について	前田
技術相談	8月	函館市	漁業関係者	1	酸化ゲルマニウム溶液の作製方法について	前田
技術相談	8月	電話	指導所	1	サロマ湖漁協での幼生飼育時のネロ対応について	酒井
技術相談	8月	電話	指導所	1	着底稚仔の給餌などについて	酒井
技術相談	8月	電話	マスコミ関係	1	天然コンブの資源回復に向けた取り組みについて	前田
技術相談	8月	電話	漁業関係者	1	培養液の調整について	前田

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	8月	電話	指導所	1	培養液の調整について	前田
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	今年のホタテの耳吊貝、稚貝の生残状況、今年の親潮の流入状況、ブランクトンの出現状況について	夏池
技術相談	9月	函館市	民間企業	4	1年養殖ガゴメの製品について	前田
技術相談	9月	電話	指導所	1	種苗の長期保存について	前田
技術相談	9月	電話	指導所	1	コンブの種類やその用途、加工に関すること、新しい増殖手法などの情報提供の依頼	前田
技術相談	9月	函館市	函館市	1	沿岸漁業大学の講師派遣依頼	前田
技術相談	9月	電話	漁業関係者	1	ホタテ養殖かごに付着する生物の種類について	前田
技術相談	9月	電話	漁業関係者	1	天然コンブに関する打合せと説明会の開催依頼	前田
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	第2回イカ資源評価と予測に関する講演会の発表内容とその後の経過について	有馬
技術相談	9月	電話	函館市	1	会議で使用したプレゼンテーション資料の提供依頼	前田
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	第2回イカ資源評価と予測に関する講演会の発表内容とその後の経過について	有馬
技術相談	9月	電話	指導所	1	培養液の濁りについて	前田
技術相談	9月	函館市	教育機関	1	スルメイカの不漁の要因について	有馬
技術指導 (企業指導)	9月	函館市	指導所	1	種苗センターで発生したピンク菌の対応について	前田
技術指導 (企業指導)	9月	函館市	漁業関係者	1	ガゴメ種苗生産に用いる酸化ゲルマニウム溶液の調整指導	前田
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	母藻投入について	前田
技術相談	9月	電話	マスコミ関係	1	第2回イカ資源評価と予測に関する講演会での講演内容について	有馬
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	道南太平洋海域スケトウダラニュースの内容について	武藤
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	ナマコ3銘柄について	酒井
技術相談	10月	電話	マスコミ関係	1	苫小牧漁港のスルメイカ漁獲量について	有馬
技術相談	10月	電話	指導所	1	種苗センターで発生した細菌症様の現象について	前田
技術相談	10月	電話	漁業関係者	1	既存の施設を利用したマコンブの成熟誘導について	前田
技術相談	10月	電話	漁業関係者	1	種苗生産中のガゴメの着生密度について	前田
技術指導 (企業指導)	10月	函館市	漁業関係者	1	種苗生産技術指導	前田
技術指導 (企業指導)	10月	函館市	漁業関係者	1	マコンブ採苗に係る技術指導	前田
技術相談	10月	電話	教育機関	1	ヒドロゾア類が付着したコンブの画像利用について	前田
技術相談	10月	メール	函館市	1	マコンブの種苗生産時に発生するピンク、赤斑病についての情報提供依頼	前田
技術相談	11月	電話	マスコミ関係	1	道南太平洋におけるスケトウダラの漁況について	武藤
技術相談	11月	電話	漁業関係者	1	ガゴメを採苗と密度について	前田
技術相談	11月	函館市・ 電話	マスコミ関係	1	ホタテガイへい死の実態と要因について	金森
技術相談	11月	メール	民間企業	1	環境省藻場調査のヒアリング調査の協力依頼	前田
技術相談	11月	電話	漁業関係者	1	ガゴメ種苗生産の生育不良について	前田
技術相談	11月	電話	漁業関係者	1	小安町沖の海中の遊走子数について	前田
技術相談	11月	電話	北海道	1	ナマコの輸出状況について	酒井

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
技術指導 (講師派遣)	11月	森町	漁業関係者	40	「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季の気象・海洋環境」および「2019年夏季の噴火湾環境調査結果」の講演依頼	金森・夏池
技術指導 (講師派遣)	11月	長万部町	漁業関係者	28	「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季の気象・海洋環境」の講演依頼	金森
技術指導 (企業指導)	11月	函館市	漁業関係者	1	種苗センターで発生したピンク菌の対応について	前田
技術相談	12月	メール	指導所	1	ナマコの移植効果について	酒井
技術相談	12月	メール	指導所	1	ナマコの流通・放流効果などについて最新情報の提供依頼	酒井
技術相談	12月	電話	マスコミ関係	1	アワビ養殖(海洋牧場)について	酒井
技術相談	12月	来場	北海道	1	ナマコ増殖礁に関わる情報提供依頼	萱場・酒井
技術相談	12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	12月	電話	マスコミ関係	1	南茅部沖の定置網にサバが大量に入網したことについて	武藤
技術相談	12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	12月	函館市	指導所	1	2年養殖種苗に発生した小型褐藻類について	前田
技術指導 (企業指導)	12月	函館市	教育機関	50	ブリおよびニシン魚臭抑制缶詰試作品に係る技術指導について	山本・北川
技術相談	1月	メール	市町村	1	コンブについての講演依頼	前田
技術相談	1月	函館市	研究機関	2	ファインナノバブルを用いたホタテ養殖管理について	萱場、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	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	函館市	民間企業	1	道南海域のコンブ類の生産について	前田
技術相談	2月	函館市	民間企業	1	コンブについて	前田
技術相談	2月	函館市	教育機関	1	磯焼けの状況について	前田
技術相談	2月	函館市	民間企業	1	アマノリの生育状況について	前田
技術相談	2月	函館市	指導所	1	ワカメの養殖事業について	前田
技術相談	2月	函館市	マスコミ関係	1	東日本大震災の貝毒プランクトンの発生への影響について	夏池
技術相談	2月	電話	北海道	1	旧南茅部町沖に設置した漁礁にコンブの種苗を設置する有効な方法について	前田
技術相談	2月	電話	マスコミ関係	1	乙部沖で漁獲されたオレンジ色のスケトウダラについて	武藤
技術相談	2月	電話・メール	マスコミ関係	1	ヤリイカの分布・生態について	有馬
技術相談	2月	函館市	市町村	1	ナマコ種苗生産、放流技術について	酒井、萱場
技術相談	3月	函館市	漁業関係者	2	魚礁に着生したコンブ類の種類について	前田
技術相談	3月	電話・メール	指導所	1	栄養塩分析の結果の解釈について	前田
技術相談	3月	メール	水産関係企業	1	白老での人工リーフのナマコ資源量について	酒井
技術相談	3月	メール	北海道	1	南茅部におけるウニの養殖について	酒井
技術相談	3月	郵送	北海道	1	南茅部におけるアワビの養殖について	酒井
技術相談	3月	メール	マスコミ関係	1	養殖コンブの末枯、収穫時期、サイズ等について	前田
技術相談	3月	電話	マスコミ関係	1	道南海域の天然コンブの減産の原因について	前田
技術相談	3月	訪問	マスコミ関係	1	養殖コンブの技術の変遷について	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
函館市漁協石崎青年部 通常総会	函館市	平成31年4月26日	20	講演「養殖コンブに関する研究報告」 (前田)	函館市漁協
函館水産試験場・渡島地区 専務参事会意見交換会	函館市	令和元年5月21日	30	講演「養殖ホタテガイに関する調査研究 について」(金森)	函館水試・ 渡島地区 漁協専務 参事会
令和元年度イカ資源評価と 予測に関する講演会	函館市	令和元年5月28日	200	講演「道南海域におけるスルメイカの漁 況と2019年度北上期調査結果」(有馬)	函館国際水 産・海洋都 市推進機構
コンブ養殖意見交換会	函館市	令和元年6月7日	10	講演「コンブの生態について」(前田)	八雲町漁協
令和元年度ほたて情報交換会	札幌市	令和元年7月10日	141	講演「噴火湾養殖ホタテガイ生産安定化 試験委託研究経過及び結果報告」(金森)	北海道 ほたて漁業 振興協会
コンブ試験研究報告	函館市	令和元年7月10日	10	講演「LED灯光器を用いたコンブ種苗生 産試験」(前田)	えさん漁協
噴火湾ホタテ生産振興協議会 総会	函館市	令和元年7月23日	49	講演「ホタテガイへい死に関する調査研 究について」(金森)	噴火湾 ほたて生産 振興協会
コンブ生産技術検討会議	函館市	令和元年7月26日	40	講演「コンブ漁業・養殖業の振興に向け た技術について」(前田)	函館水試
令和元年度噴火湾ホタテガイ 調査報告会	洞爺湖町	令和元年8月22日	50	講演「稚貝へい死年の気象・海洋環境に ついて」(金森)	栽培水試
令和元年度第2回イカ資源 評価と予測に関する講演会	函館市	令和元年8月27日	140	講演「2019年度漁期前半のスルメイカの 漁況と道南・道東太平洋スルメイカ調査 結果」(有馬)	函館国際水 産・海洋都 市推進機構
令和元年度噴火湾ホタテガイ 調査報告会	室蘭市	令和元年9月2日	50	講演「稚貝へい死年の気象・海洋環境に ついて」(金森)	栽培水試
渡島・檜山総合振興局研修会	函館市	令和元年9月6日	20	講演「コンブのはなし」(前田)	渡島・檜山 振興局
胆振地区すけとうだら刺網 漁業協議会通常総会	登別市	令和元年9月10日	40	講演「道南太平洋海域のスケトウダラ資 源と漁況予測」(武藤)	胆振地区 すけとうだら 刺網漁業 協議会
マコンブ藻場着生対策に 関わる意見交換会	函館市	令和元年9月11日	50	講演「促成養殖の調査・研究に関する報 告」(前田)	南かやべ 漁協
胆振渡島地区すけとうだら 刺網漁業協議会通常総会	登別市	令和元年9月24日	116	講演「道南太平洋海域のスケトウダラ資 源と漁況予測」(武藤)	胆振渡島地 区すけとう だら刺網漁 業協議会
鹿部商工会水産部会・鹿部 水産加工協青年部合同講習会	鹿部町	令和元年9月27日	11	講演「道南太平洋海域のスケトウダラ資 源と漁況予測」(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	令和元年9月30日	15	講演「道南太平洋海域のスケトウダラ資 源と漁況予測」(武藤)	室蘭漁協
鹿部町議会研修	函館市	令和元年10月10日	15	講演「天然コンブについて」(前田)	鹿部町

会議名等	開催地	開催日	人数	内 容	備考
研究成果地域説明会 (礼文町)	礼文町	令和元年10月28日	20	講演「マナマコの種苗生産と放流効果」 (酒井)	稚内水試
令和元年度ほたて養殖部会 研修会	森町	令和元年11月13日	40	講演「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季 の気象・海洋環境」(金森) 講演「2019年夏季の噴火湾環境調査結果」 (夏池)	森漁協 ほたて養殖 部会
令和元年度渡島北部地区 漁業士会ホタテ研修会	長万部町	令和元年11月15日	28	講演「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季 の気象・海洋環境」(金森)	渡島北部地 区漁業士会
沿岸漁業大学	函館市	令和元年11月22日	30	講演「コンブの急減について考える」 (前田)	函館市役所 南茅部支所
渡島南部漁業士会研修	函館市	令和元年11月29日	20	講演「マナマコについて」(酒井) 講演「1年養殖ガゴメと促成養殖ガゴメ」 (前田)	渡島南部 漁業士会
令和元年度 ナマコ種苗生産研究会	愛知県 名古屋市	令和元年11月13日	20	講演「北海道におけるナマコ研究につい て」(酒井)	増養殖 研究所
革新的技術開発・緊急展開 事業最終報告会	函館市	令和2年1月27日	64	講演「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季 の気象・海洋環境」(金森) 講演「ホタテへい死を低減させる管理手 法の開発」(西田)	長万部漁協
ウニ種苗生産担当者会議	札幌市	令和2年1月30日	10	講演「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」(酒井)	ウニ種苗 生産担当者 会議
砂原漁協ホタテ養殖部会総会	森町 (砂原)	令和2年1月31日	40	講演「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季 の気象・海洋環境」(金森) 講演「2019年夏季の噴火湾環境調査結果」 (夏池)	砂原漁協 ほたて養殖 部会
6単協ホタテ部会交流会	函館市	令和2年2月3日	50	講演「噴火湾のホタテ稚貝へい死と夏季 の気象・海洋環境」(金森)	6単協ホタ テ部会交流 会事務局
函館地方气象台研修会	函館市	令和2年2月14日	20	講演「近年の海洋水温の変化と生物・漁 業への影響について」(萱場)	函館地方 气象台
2019年度貝毒担当者会議	札幌市	令和2年2月26日	40	講演「道南海域における麻痺性貝毒原因 プランクトンAlexandrium catenellaに ついて」(夏池) 講演「ホタテガイ中腸腺の赤変原因プラ ンクトンについて」(夏池)	函館地方 气象台

3. 研修・視察来場者の記録

区 分	人数	来場年月日	摘 要	
道外	6	令和元年8月2日	山形県	山形県議会
管内	81	令和元年7月11日		函館水産高等学校
管内	987	令和元年7月21日		一般公開（金星丸等）
管内	9	令和元年9月9日		鹿部町議会
道外	15	令和元年9月17日		東南アジア漁業開発センター
道内	47	令和元年10月21日		北海道漁業研修所研修生
道外	1	令和2年2月6日	大分県	大分県水産センター研修生

4. 所属研究員の発表論文等一覧

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. **金森誠 (函館水試)**. 試験研究は今, 888 (2019.8)

Development of ultra-performance liquid chromatography with post-column fluorescent derivatization for the rapid detection of saxitoxin analogues and analysis of bivalve monitoring samples. Watanabe, R. (中央水研), **Kanamori, M. (函館水試)**, Yoshida, H. (栽培水試), Okumura, Y. (東北水研), Uchida, H., Matsushima, R., Oikawa, H., Suzuki, T. (中央水研). *Toxins*, 11, 573 (2019.10)

Repeated selective enrichment process of sediment microbiota occurred in sea cucumber guts. Yamazaki, Y. (北大), **Sakai, Y. (函館水試)**, Mino, M. (北大), Suda, M., Hattori, M. (理研), Meirelles, P.M. (Bahia連邦大), Thompson, F. (リオネジャネイロ連邦大), Sawabe, T. (北大). *Environmental Microbiology Reports*, 11, 797-807 (2019.11)

北海道海域における貝毒原因プランクトン発生と二枚貝毒化. 宮園章 (釧路水試), 品田晃良, 嶋田宏 (中央水試), **夏池真史 (函館水試)**. 令和元年日本水産学会秋季大会シンポジウム (2019.9)

麻痺性貝毒原因プランクトンの発生防止と毒化軽減技術 (1) 養殖水深による二枚貝毒化の相違と毒化軽減対策. 渡邊龍一 (中央水研), **金森誠 (函館水試)**, 吉田秀嗣 (栽培水試), 奥村裕 (東北水研), 内田肇, 松嶋良次, 及川寛, 鈴木敏之 (中央水研). 令和元年日本水産学会秋季大会シンポジウム (2019.9)

Prorocentrum lima 給餌ホタテガイにおける下痢性貝毒の蓄積動態. 松嶋良次 (中央水研), **金森誠 (函館水試)**, 扇田いづみ, 高坂祐樹 (青森水総研), 足立真佐雄 (高知大農), 吉野敦 (トロピカルテクノプラス), 内田肇, 渡邊龍一, 及川寛, 鈴木敏之 (中央水研). 令和元年日本水産学会秋季大会 (2019.9)

二枚貝の生理学は謎だらけ: ホタテガイの神経内分泌と生殖生理について. 長澤一衛, Thitphuree, T. (東北大院・農), 松原伸 (サントリー生有研), **金森誠 (函館水試)**, 佐竹炎 (サントリー生有研), 尾定誠 (東北大院・農). 第44回日本比較内分泌学会シンポジウム (2019.11)

道南日本海における垂下養殖アサリの成長・生残と形態的特徴. **金森誠 (函館水試)**, 川崎琢真, 井上智, 清水洋平 (栽培水試), 木村直和 (上ノ国町). 令和元年度日本水産学会北海道支部 (2019.11)

噴火湾におけるホタテガイ及びヨーロッパザラボヤの餌競合. 向田知樹, 工藤勲 (北大院水), **金森誠, 夏池真史 (函館水試)**. 2019年日本ベントス・日本プランクトン学会合同大会 (2019.9)

Coccidian Parasite in Sea Cucumber (*Apostichopus japonicus*) Ovaries. Unuma, T. (北水研), Tsuda, N (北水研), **Sakai, Y. (函館水試)**, Kamaishi, T (増養殖研), Sawaguchi, S. (水研機構本部), Itoh, N. (東大), Yamano, K. (増養殖研). *Reference: Biol. Bull.*, 238, 64-71 (2020.2)

噴火湾でアカガレイの新たな卓越年級群が発生か!?. **武藤卓志 (函館水試)**. 試験研究は今, 900 (2020.2)

ホタテガイ血球の細胞学的解析と造血組織特定への試み. 長澤一衛, Mokrina, M. (東北大院・農), **金森誠, 夏池真史 (函館水試)**, 尾定誠 (東北大院・農). 令和2年日本水産学会春季大会 (2020.3)

Quantitative analysis of reproductive status and evidences of “minor” spawning event in *Mizuhopecten yessoensis* in Funka Bay. Mokrina, M., Nagasawa, K. (東北大院・農), **Kanamori, M., Natsuike, M. (函館水試)**, Osada, M. (東北大院・農). 令和2年日本水産学会春季大会 (2020.3)

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 (函館水試)**, 下野学 (渡島地区水指松前支所), 篠野恵利香, 高木力 (北大院水). 令和2年日本水産学会春季大会 (2020.3)

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 (北大院水), **酒井勇一 (函館水試)**, 下野学(渡島地区水指松前支所), 高木力 (北大院水). 令和2年日本水産学会春季大会 (2020.3)

2001年～2019年の日本海スルメイカ北上期調査におけるスルメイカの分布状況と経年変化. **有馬大地 (函館水試)**, 澤村正幸 (釧路水試), 三橋正基 (稚内水試). 令和2年日本水産学会春季大会 (2020.3)

新しいガゴメ養殖技術の確立を目指して. **前田高志 (函館水試)**, 北水試だより, 100, 20-24 (2020.3)

令和元年度 道総研函館水産試験場事業報告書

令和 3 年 3 月

編集・発行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
水産研究本部 函館水産試験場

〒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
Tel.0138-83-2892
