



道総研

令和 3 年度

# 道総研栽培水産試験場 事業報告書

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
水産研究本部 栽培水産試験場

令和 5 年 3 月

(2023 年)

# 令和3年度 道総研 栽培水産試験場 事業報告書

## 目 次

### 栽培水産試験場概要

1 所在地	1
2 主要施設	1
3 機構	1
4 職員配置	1
5 経費	1
6 職員名簿	2
7 水産生物飼育試験計画の概要	3

### 調査及び試験研究の概要

#### I 栽培技術部所管事業

1 北海道養殖サーモンプロジェクト（チャレンジプロジェクト）	4
2 栽培漁業基盤調査研究（経常研究）	
2. 1 粗放培養用微細藻類群の探索と保存	5
3 栽培漁業技術開発調査（経常研究）	
3. 1 放流基礎調査事業（マツカワ種苗生産）	7
3. 2 放流基礎調査事業（キツネメバル）	12
3. 3 キタムラサキウニ養殖に関する技術開発	14
3. 4 シシャモ栽培に向けた漁業基礎研究	17
4 北海道の海水を用いた魚類養殖の技術開発と効率化に関する研究（経常研究）	
4. 1 アイナメ	24
4. 2 サクラマス	26
5 資源生態解明に向けたシシャモの環境応答に対する研究—成長・生残と成熟—（経常研究）	28
6 養殖用種苗生産技術の開発に向けた道産エゾイシカゲガイの生物特性解明（経常研究）	32
7 環境情報を活用した養殖ホタテガイ稚貝の順応的管理手法の構築（経常研究）	34
8 マツカワの種苗生産施設にみられた新興感染症の診断および治療・予防技術の開発（経常研究）	35
9 噴火湾養殖ホタテガイ生産安定化モニタリング試験（受託研究）	
9. 1 浮遊幼生発生量調査の技術支援	37
10 外海域におけるホタテガイ稚貝生産技術改善調査（受託研究）	
10. 1 付着稚貝の環境耐性試験	38
11 養殖業成長産業化技術開発事業（公募型研究）	41
12 食品製造残渣及び水産系廃棄物を活用した養殖サーモン成魚用の低コスト餌料開発（公募型研究）	43
13 基質表面加工による養殖カキへの標識付与に関する研究（公募型研究）	44
14 ホタテガイのフランシセラ感染症の総合的対策に向けた基盤的研究（公募型研究）	45

## II 調査研究部所管事業

1 漁業生物の資源・生態調査研究（経常研究）	
1. 1 スケトウダラ	46
1. 2 マガレイ	48
1. 3 ソウハチ	52
1. 4 ハタハタ	54
1. 5 キチジ	55
1. 6 マツカワ	56
1. 7 シシャモ	60
1. 8 ケガニ	64
1. 9 岩礁域・砂泥域の増殖に関する試験研究	
1. 9. 1 岩礁域の増殖に関する研究（概況）	73
1. 9. 2 ホッキガイ	75
2 栽培漁業技術開発調査（経常研究）	
2. 1 放流基礎調査事業（マツカワ放流）	77
3 資源評価調査（公募型研究）	81
4 資源量推定等高精度化事業 スケトウダラ太平洋系群（公募型研究）	83
5 北海道資源生態調査総合事業（受託研究）	
5. 1 資源・生態調査研究	86
5. 2 資源管理手法開発試験調査 シシャモ（えりも以西胆振・日高海域）	87
6 噴火湾養殖ホタテガイ生産安定化試験（受託研究）	
6. 1 夏季沿岸海洋環境調査	90

## III その他

1 技術の普及および指導	
1. 1 栽培技術部	92
1. 2 調査研究部	92
2 観察来場者等の記録	93
3 所属研究員の発表論文等一覧	94

## 栽培水産試験場 概要

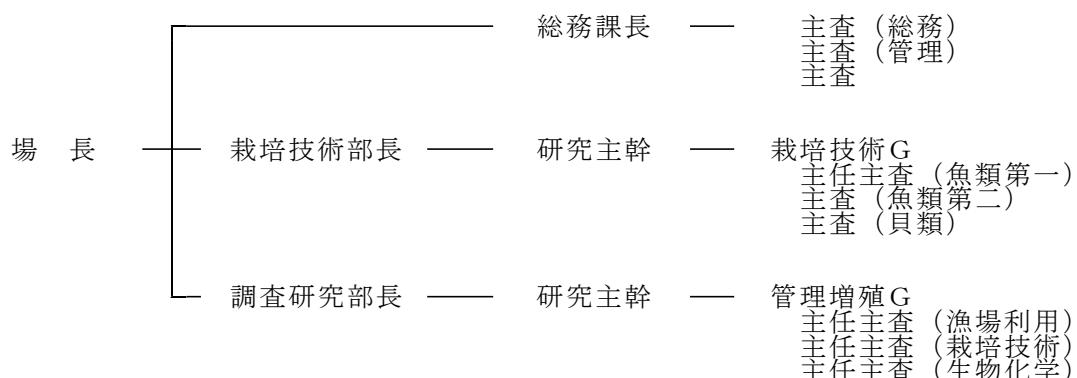
## 1 所在地

郵便番号	所 在 地	電 話 番 号	ファックス番号
051-0013	北海道室蘭市舟見町 1丁目156番3号	0143-22-2320	0143-22-7605

## 2 主要施設

敷地面積	建物面積	取水関係
約 17,100 m <sup>2</sup>	管理研究棟 2,841 m <sup>2</sup> 親魚棟 879 m <sup>2</sup> 量産棟 1,275 m <sup>2</sup> 貝類甲殻類棟 1,100 m <sup>2</sup> 隔離飼育棟 146 m <sup>2</sup> 取水ろ過棟 660 m <sup>2</sup> 調査機器保管庫 98 m <sup>2</sup>	取水管の延長 L = 780 m 取水能力 130~200 t / 時

3 機構



## 4 職員配置

部別 職種別	総務課	栽培技術部	調査研究部	合計	摘要
行政職	5			5	
研究職		7	8	15	
合計	5	7	8	20	

(令和3年4月1日現在)

## 5 経費（予算）

区分	予算額	備考
支出	169,850千円	総支出額（人件費を除く）

## 6 職員名簿 (令和3年4月1日現在)

場 長 佐 藤 伸 治

### 総務課

課 長	山 田 真
主査 (総務)	佐 稲 藤 浩 文
主査 (管理)	山 藤 修 一
主査	佐 藤 裕

### 栽培技術部

部 長	清 水 洋 平
研究主幹	三 坂 尚 行
主任主査 (魚類第一)	松 田 泰 平
研究主任	田 園 大 樹
主査 (魚類第二)	岡 田 のぞみ
主査 (貝類)	川 井 崎 琢 真智
研究職員	上

### 調査研究部

部 長	森 立 成
研究主幹	福 田 裕 豊
主任主査 (漁場利用)	藤 岡 崇
研究職員	坂 上 順
専門研究員	村 上
主任主査 (栽培技術)	菜 原 康 裕
主任主査 (生物化学)	吉 田 秀 淳
研究職員	安 宅 瞽 樹

## 7 水産生物飼育試験計画の概要

魚種\月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
<b>飼育試験生物</b>												
マツカワ	仔稚魚飼育									採卵		
*キツネメバル	採仔	仔稚魚飼育							親魚飼育			
ホッキガイ		採卵	幼生・稚貝飼育									
アサリ			採卵	幼生・稚貝飼育								
バカガイ		採卵	幼生・稚貝飼育									
イワガキ		採卵	幼生・稚貝飼育									
ヤマトシジミ		採卵	幼生・稚貝飼育									
*アイナメ			採卵	仔稚魚飼育								
サクラマス			採卵	仔稚魚飼育	幼魚・親魚飼育							
ウニ	採卵・幼生飼育							稚仔・親飼育				
シシャモ	採卵・仔稚魚飼育											
<b>餌料生物</b>												
ワムシ	大量培養				原株培養							
アルテミア	大量培養											
キートセラス	原株・大量培養											
パブロバ	原株・大量培養											
テトラセルミス	原株・大量培養											

\*親魚（親貝）を周年養成

## I 栽培技術部所管事業

### 1 北海道養殖サーモンプロジェクト（チャレンジプロジェクト）

担当者 栽培技術部 三坂尚行・井上 智

共同研究機関 さけます・内水面水産試験場・上川農業試験場

協力機関 函館水産試験場

#### （1）目的

本道の漁業生産は近年減少傾向にあり、沿岸域全体として漁家経営が厳しくなってきている。このような中、我が国ではサーモン商品の需要が高まり、全国的にサーモン養殖の取り組みが広がっている。本道においても、令和元年ころから道南や道東海域で自治体や漁協を中心としたサーモン養殖試験が取り組まれ始めた。水産研究本部でもサーモン養殖の事業化に向けた研究をスタートさせていたが、この取り組みをさらに加速させるため、道総研本部を中心としてチャレンジプロジェクトを立ち上げた。

#### （2）経過の概要

本プロジェクトを令和4年度から本格始動させるため、本年度は各地域で行われているサーモン養殖試験に対する技術支援と、養殖を実施している企業や試験を行っている地域との情報交換を行った。

#### ＜材料と方法＞

##### ア 技術指導

サーモン養殖試験を実施している地域や海面養殖用種苗の生産を担っている企業に対し、海水馴致や飼育方法、ワクチン接種などについて現地や電話等により技術指導を行った。

##### イ 情報交換

情報交換は養殖試験を行っている道内地域や種苗生産企業、本州で養殖を行っている企業と対面およびWeb会議システムにより行った。

#### （3）得られた結果

##### ア 技術指導

主な技術指導の実施状況については、「IIIその他 1 技術の普及および指導」に記載した。

##### イ 情報交換

情報交換の実施状況については、表1に取りまとめた。サー

モン養殖の事業化に向けた本プロジェクトの、「事業採算性・持続性のある事業体の形成と拡大」について、せたな町、木古内町および大樹町と協働して実施することとした。

表 サーモンチャレンジプロジェクトにおける情報交換  
の実施状況

日	方式	対象
6月11日	Web	ニチモウグループ 大樹町
6月11日	Web	大樹漁業協同組合 大樹サクラマス養殖事業化研究会
6月21日	Web	王子サーモン株式会社
6月28日	Web	株式会社FRDジャパン
6月29日	Web	根室市ベニザケ養殖協議会 奥尻町
7月26日	対面	せたな町
7月7日	Web	伊藤組土建株式会社
7月13日	対面	北海道（魚類等養殖事業化推進会議）
7月14日	Web	北海道漁連協同組合連合会
7月14日	Web	日本水産株式会社 弓ヶ浜水産株式会社
8月6日	Web	木古内町
10月26日	対面	北海道（魚類等養殖事業化推進会議）

## 2 栽培漁業基盤調査研究（経常研究）

### 2. 1 粗放培養用微細藻類群の探索と保存

担当者 栽培技術部 川崎琢真

共同研究機関 函館水産試験場調査研究部

協力機関 檜山地区水産技術普及指導所せたな支所

檜山地区水産技術普及指導所奥尻支所

奥尻町

#### (1) 目的

ウニ類、マナマコ、二枚貝類などの種苗生産を行う多くの機関では、浮遊幼生期または着底後稚仔の育成のために微細藻類であるキートセラスを濃縮した市販品（濃縮キートセラス）を購入して餌として利用しているが、季節的な需要の集中による供給の不安定性や、濃縮餌料自体の購入費用によるコスト増大が課題になっている。そのため、現在使用されている濃縮キートセラスに代わる、「安価」で「安定」して「大量」に入手できる微細藻類餌料が求められている。西日本海域では、主として種苗生産のコスト低減を目的とし、粗放培養による大量の天然微細藻類餌料生産や、クルマエビの養殖池に自然に大量発生する微細藻類をアサリの種苗生産に用いる方法などが開発されており、これらの活用は北海道でも実践できる可能性が高い。

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

#### (2) 経過の概要

2021年は、2020年までに採取・保存した微細藻類群のうち、20°C保存した6種について再培養試験を行うとともに、共同研究機関である函館水産試験場と連携して、保存した微細藻類群の特徴をとりまとめた。

#### <材料と方法>

##### ア 保存した微細藻類の再培養による増殖水温調査

6か月以上寒天培地（海水1Lに対し、培養液KW-21（第一製網）を1mL、珪酸ソーダ（北海道曹達）を1mL、Ager（和光純薬）を5g）で保存した微細藻類群を、保存水温と同じ温度で1L

の液体培地（海水1Lに対し、培養液KW-21（第一製網）を1mL、珪酸ソーダ（北海道曹達）を1mL）に拡大して1週間通気培養した（再培養液）。再培養液を種として保存水温±5°Cの範囲で1Lの液体培地で通気培養し、増殖確認を行った。再培養液1mLを1Lの培養液中に加えて2週間通気培養し、開始時、1週間後、2週間後に、川崎ら（2017）の方法に準じて吸光度値により細胞密度の変化を確認した。また、培養状態から浮遊性・沈降性のタイプについて判別を行った。

##### イ 再培養時の微細藻類群の特性確認

アにて得られた再培養液について、その構成種、連鎖の有無、細胞サイズ等を調べるため、担当する函館水試へ一部を供した。また、2020年度のデータと併せて、保存した微細藻類群の特性をまとめた。

#### (3) 得られた結果

##### ア 保存した微細藻類の再培養による増殖水温調査

20°C保存6種について再培養を行った結果、保存水温±5°Cの範囲で概ねすべての群で増殖が確認された（図1）。増殖に伴う吸光値は、培養性状が浮遊の種でのみ、明瞭な増加が認められた（図2）。アッケシL20やせたな20の1週間目までは吸光値の増大が見られなかったが、培養状態としては目視では増殖が確認されており、沈降性の性状を示す微細藻類群では、吸光値での増殖確認は有効でないと考えられた。



図1 再培養試験時の様子 (20°C保存4種)

左列から、場内20、トヨウラ20、ムロラン20、セタナ20の保存微細藻類の順  
上行：25°C培養 中行：20°C培養 下行：15°C培養の順

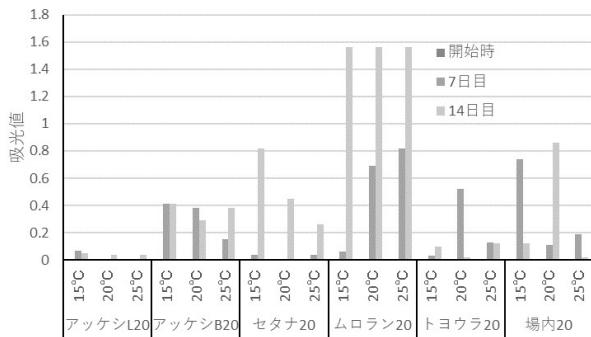


図2 再培養時の吸光値の変化 (20°C保存6種, 3水温)

表1 保存した微細藻類群の各種特性

保存水温 (°C)	保管名	増殖確認 水温帯 (°C)	培養時性状 (浮遊/沈降)	構成種	単体/連鎖	平均細胞サイズ (長さ×幅μm)
15	トヨウラ15	10-20	沈降	羽状目珪藻の2種混合	単体・塊状	9×5
	セタナ15		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体	20×3
	ノトロ15		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	17×2
	アッケシB15		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	15×3
	アッケシL15		沈降	不明羽状目1種	単体	14×4
	場内15		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体	14×5
20	トヨウラ20	15-25	浮遊	<i>Chaetoceros tenuissimus</i>	単体	5×5
	セタナ20		沈降	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	17×6
	アッケシB20		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	12×4
	アッケシL20		沈降	<i>Navicula salinicola</i> ?	単体	20×6
	ムロラン20		浮遊	複数種混合 (※有害種含む、廃棄予定)	単体	羽状目珪藻12×6, 真正眼点藻類sp4×4
	場内20		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	18×4
25	セタナ25	20-30	浮遊	緑藻類の一種と羽状目珪藻が混合	単体	4.5×4.5
	ノトロ25		沈降	羽状目珪藻二種混合	単体・塊状	18×8
	ハコダテ25		浮遊	<i>Entomoneis</i> 属の一種	単体・塊状	10×6
	アッケシB25		浮遊	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	単体・塊状	9×4
	アッケシL25		沈降	<i>Navicula salinicola</i> ?	単体	19×6

#### イ 再培養時の微細藻類群の特性確認

函館水試にて調べられた保存微細藻類群の特性について、表1に取りまとめた。保存された微細藻類群は、ほぼすべてが単一の単体藻類または2種程度に集約されており、いずれも細胞サイズが5-20μm程度と微小なタイプであった。すべての保存水温で、*Phaeodactylum tricornutum*が保存された。また、その他数種の珪藻類が保存された。

#### (4) 参考文献

川崎琢真・清水洋平・多田匡秀 (2017)

吸光光度計を利用した餌料用微細藻培養密度の簡易推定法 (短報) 水産技術, 第9卷1号, 27-31

### 3. 栽培漁業技術開発調査（経常研究）

#### 3. 1 放流基礎調査事業（マツカワ種苗生産）

担当者 栽培技術部 松田泰平  
 共同研究機関 京都大学農学研究科  
 協力機関 北海道栽培漁業伊達センター

##### （1）目的

北海道ではマツカワの資源増大を目指し、2006年から人工種苗の大量生産および大規模放流による事業化実証試験を開始した。100万尾の全長80mm種苗が北海道栽培漁業伊達センター（以下、伊達センター）で生産され、えりも以西海域の各地先から放流されている。一方、伊達センターにおける種苗生産工程の中では、産卵時期の早期化、人工受精における受精率の低下、形態異常の頻出、種苗における雌雄比の偏りなど生産効率や健苗育成に関する課題が顕在化してきている。伊達センターにおける大量種苗生産は栽培漁業実証試験の根幹となる部分であるため、技術的課題への対応が急務である。課題の解決に向けて種苗生産工程における現状の問題点を整理し、親魚の成熟条件や採卵方法、仔稚魚の育成条件等を再検討し、種苗生産現場に合わせて技術改良をはかる。

##### （2）経過の概要

採卵不調対策に関しては、伊達センターにおいて養成由来が異なる親魚の採卵結果から産卵盛期や受精率の動向を解析した。形態異常および雌雄比の偏りに関しては、伊達センター産種苗での出現状況を調査するとともに、高密度飼育下で浮遊期の飼育水温を日齢別に14°Cから13°Cに変化させる試験を実施し、その影響を調べたほか、13°Cより低い水温飼育における密度の影響を把握した。また、無眼側の着色型黒化に関して、ヒラメで出現抑制に効果があるとされる網敷飼育についてマツカワで検証した。なお、敷網飼育試験に関しては京都大学との共同研究として実施しており、投稿論文にとりまとめられる予定があるため、ここでは結果の概要のみを記述する。

採卵不調対策として実験を予定していた精子の短期保存法については、採卵前（2月）に採取した精子の状態が悪く、保存がきかなかったため、実験を中止した。

##### ＜材料と方法＞

###### ア 産卵盛期調査

伊達センターにおいて2021年の採卵に用いられた親魚は、人工3~8歳魚と2017年および2019年にえりも町周辺海域で漁獲され、伊達センターで養成されている再捕魚（以下、「17年再捕魚および’19年再捕魚」）および2020年10月から11月に漁獲され、2020年12月まで北海道栽培漁業えりもセンター（以下、えりもセンター）で蓄養された再捕魚（’20年えりも再捕群）から構成されている（表1）。このうち’17年再捕魚および’19年再捕魚は2020年の採卵に使用された後、2021年7月から10月まで伊達センター内で閉鎖循環飼育され（閉鎖循環群）、人工4~8歳魚は2020年7月からえりもセンターに移送されて越夏した後、11月に伊達センターに再移送されている（えりも移送群）。人工3歳魚は今回が初回成熟であり、2歳時にはえりもセンターに移送されず伊達センターでそのまま養成された（伊達越夏群）。2021年3月2日を第1回目として4日間隔で行われた採卵結果からそれぞれの群について、雌親魚1尾・1回あたりの採卵量および受精率の平均値を採卵回次毎に求めた。これらの値を比較解析し、今期における成熟・産卵の動向を群毎に調べた。

表1 伊達センターにおける親魚構成（2021年）

親魚群	由来・年齢	尾数	
		♀	♂
伊達越夏群	人工 3歳	120	124
えりも移送群	人工 4歳	18	47
	人工 5歳	27	15
	人工 6歳	5	13
	人工 7歳	4	5
	人工 8歳	5	2
えりも再捕群	’20年再捕魚	130	36
閉鎖循環飼育群	人工 4歳	34	10

###### イ 形態異常出現状況・雌雄比調査

伊達センターにおいて稚魚（平均全長30~40mm）を大きさで選別する前に、生産ロット毎に200~300

尾をサンプリングして観察し、形態異常について白化、両面有色、逆位とともに坦鰭骨異常および無眼側黒化（非着色型）の出現率を求めた。併せて、一部の個体については栽培水試に移送して約3週間飼育し、近年出現が継続している脊椎彎曲（側彎）について有無の判定を行った。

放流種苗の雌雄比については、伊達センターおよびえりもセンターで中間育成されていた放流直前の80mm種苗を生産ロット毎に50～100尾サンプリングし、5～10%ホルマリン海水で固定した。また、昨年度から放流試験が開始された小型種苗（全長50mm）についても放流直前に約100尾をサンプリングし、冷凍保存した。これらサンプルを開腹し、生殖腺の外部形状から雌雄を判別した。なお、伊達センターでは2018年から試験的に14°Cより低い水温（13.0および13.5°C）で種苗生産が実施されている。

#### ウ 形態異常および雌雄比適正化に関する試験

2021年3月30日に伊達センターの親魚（雌23尾×雄30尾）を用いて受精卵を得た。受精卵を栽培水試で卵管理し、4月10日に孵化完了した仔魚を飼育試験に用いた。飼育には1,000L、500Lおよび200Lポリカーボネート製水槽を用い、餌料系列については例年どおり、ワムシ（10～24日齢）－アルテミア（25～55日齢）－配合飼料（50日齢～）とした。生物餌料の栄養強化として、ワムシには生クロレラ-ω3（クロレラ工業）、アルテミアにはスーパーカプセル（クロレラ工業）を使用した。

##### （ア）日齢別水温降下試験

これまで全長30mmまでの適正飼育水温とされてきた14°Cでは、高密度などのストレスで性比が雄に偏ることがわかった。一方、13°Cで飼育すると性比における雌率は増加するが、成長が遅れ、白化の割合が増加するというマイナス効果も見られる。そこで、性比の観点からどの日齢まで14°C飼育が可能かを飼育試験により調べた。

表2のとおり5試験区を設定した。1,000Lポリカーボネート水槽4基および500Lポリカーボネート水槽1基に、3日齢の孵化仔魚を9,000尾/tの密度で収容した。4日齢からは0.5-1.0°C/日の割合で昇温し、試験区Iでは9日齢から90日齢まで13°Cとした。試験区IIでは10日齢から20日齢まで14°C、試験区IIIでは10日齢から30日齢まで14°C、試験区IVでは10日齢から40日齢まで14°Cとし、その後の

水温はそれぞれ90日齢まで13°Cとした。試験区Vは10日齢から90日齢まで14°Cとした。80～90日齢において形態異常の仕分けを行い、正常個体については120日齢まで延長飼育後、冷凍保存した。冷凍サンプルについては、解凍後に生殖腺の外部形状から雌雄を判別し、雌雄比を求めた。

表2 水温降下試験における試験区設定

試験区	飼育水温	
	14°C	13°C
I	－	10-90日齢
II	10-19日齢	20-90日齢
III	10-29日齢	30-90日齢
IV	10-39日齢	40-90日齢
V	11-90日齢	－

##### （イ）密度別低水温飼育試験

200Lポリカーボネート水槽3基に3段階の密度（中密度区：4,500尾/t、高密度区：9,000尾/t、超高密度区：18,000尾/t）で3日齢の孵化仔魚を収容した。4日齢から10日齢で12°Cになるよう昇温した。10日以降は中密度区と高密度区で82日齢まで、超高密度区では92日齢まで12°Cで飼育した。このうち、高密度区については52日齢から10日毎にサンプリングを行い、MS222で麻酔後、5%海水ホルマリンで固定した。全て試験区の最終サンプルにおいて形態異常の仕分けを行い、試験区間で出現状況を比較した。固定サンプルの観察を京都大学で実施し、発育ステージ別に、黑色素胞を幼体型と成体型に分けて出現状況を調べ、白化個体の出現開始時期の特定を試みた。

##### （ウ）網敷飼育試験

ヒラメで無眼側黒化に発現抑制効果が確認されている敷網飼育をマツカワで調べた。まだ無眼側黒化が発現していない75日齢の稚魚を用いて500Lのポリカーボネート水槽で85日間の飼育を実施した。試験区として、水槽内にナイロン製もじ網（青色、目合約2mm×2mm）を設置した試験区（敷網区）、約2cmの高さに砂を敷いた試験区（敷砂区）および何も設置しない試験区（対照区）を設定し、各試験区に75尾ずつ収容した。飼育期間終了後、全数についてMS222で麻酔後、10%ホルマリン海水で固定した。固定サンプルについて京都大学で無眼側の写真撮影を行い、写真の画像解析から黒化面積率や平均輝度を算出した。

## (3) 得られた結果および考察

## ア 産卵盛期調査

図1に各養成親魚群の採卵量と平均受精率の推移を示した。採卵はえりも移送群、えりも再捕群および閉鎖循環飼育群で3月上旬（3月2日）から始ま

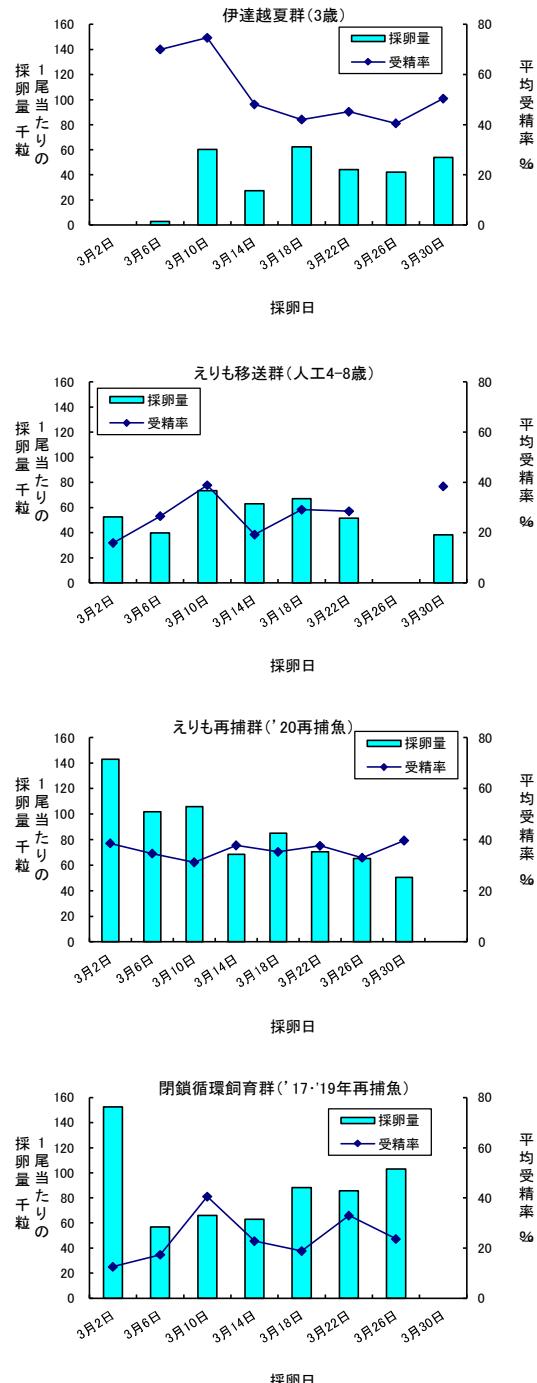


図1 養成履歴が異なる雌親魚群における日別採卵量および受精率の推移

り、成熟が遅れていた伊達越夏群（3歳）は、8日後（3月10日）からまとまった量の採卵が可能となっていた。えりも再捕群と閉鎖循環群では初回の採卵量が最大であったため、遅くとも2月下旬には産卵可能な状態となり、産卵の早期化が起きていた可能性が推察された。2020年度冬期の水温は高めに推移し、旬最低水温が2.9°Cと高かったうえ、冬期間の温度差（最高水温-最低水温）も1.7°Cと小さかった。これらの現象は過去に産卵の早期化が起きた年と特徴が一致していた。また、2月下旬に採取した精子が短期保存できなかったことから、雄においても成熟が早期化していたと考えられる。各親魚群間の比較では、採卵量は例年どおり前年10~11月に漁獲されたえりも再捕群が最も多かった。閉鎖循環飼育群は昨年度より多かったが、閉鎖循環に用いた親魚が昨年の人工4歳魚から'19年および'17年の再捕魚に変わり、魚体が大きくなつたためだと考えられた。伊達越夏群は初回成熟である3歳魚から構成されており、昨年度と同程度の採卵量であったが、えりも移送群は昨年度の採卵量の1/2から2/3程度と少なかつた。えりもセンターにおける2020年9月期の水温は例年より約2°C高く推移し、養成中のへい死も例年より多かつた（へい死率35%）ことから、養成中の高水温が成熟にも悪影響を与えた可能性が示唆された。

表3に親魚群別に成熟率（産卵個体率）と受精率を示した。伊達越夏群は昨年（79%）に比べて成熟率が低下したが、受精率は例年（24-37%）より高く、50%を超えた。えりも移送群の成熟率は、4歳魚が83%で特に高かつたのに対し、5歳以降は50%以下（6歳魚は全個体成熟せず）と低かつた。受精率も同じ傾向で、4歳魚が36%だったのに対し、5歳以降は22%以下と低かつた。えりも再捕群は、成熟率、

表3 養成方法が異なる雌親魚群の成熟率と平均受精率の比較

親魚群	由来・年齢	単位: %	
		成熟率 (産卵個体率)	平均受精率
伊達越夏群	人工 3歳	47.5	51.3
	人工 4歳	83.3	35.9
	人工 5歳	40.7	21.9
	人工 6歳	0.0	0.0
	人工 7歳	50.0	20.2
	人工 8歳	40.0	6.5
えりも再捕群	'20年再捕魚	60.8	36.5
閉鎖循環飼育群	'17-'19年再捕魚	64.7	24.2

受精率とともに昨年度と同等に高かった。閉鎖循環飼育群の成熟率は高かったが、受精率は昨年の数値(31%)の8割程度に留まった。

#### イ 形態異常出現状況・雌雄比調査

2021年度の形態異常出現状況を表4に、これまでの傾向を図2および3に示した。2021年の形態正常率は41.5~57.5%（生産群間平均51.8%）で、昨年度に比べてやや上昇したもの、正常率が60%を超えていた2016年以前のレベルには達しなかった。担鰭骨異常の出現は平均28.1%で、2016年以降、継続して35%以上の高い出現率を示したが、今年度は減少した。正常個体と担鰭骨異常個体を合わせた歩留りは平均79.9%となり、80%を下回って昨年度より低下した。形態異常の種類別では、白化の出現が一部の13.0°C飼育の生産群（R2およびR4）で20%を超え、両面有色の出現は0.2~10.3%（正逆合計）と生産群間でばらつきが大きいものの全般的に增加了。無眼側黒化（非着色型）はごく少ない出現率ながら、半数以上の生産群で出現した。ここ数年連続して出現している脊椎彎曲個体については、生産群

表4 2021年伊達センターにおける形態異常出現状況調査結果

生産群	飼育水温(°C)	正常		白化		両面有色		無眼側黒化		坦鰭骨異常		単位: %
		正位	逆位	正位	逆位	正位	逆位	黒化	異常			
R1	13.0	49.0	6.9	7.1	2.5	5.2	1.5	0.0	0.0	27.6		
R2*	13.0	41.5	3.0	22.9	7.6	0.7	0.2	0.0	0.0	24.2		
R3*	13.5	54.3	3.7	9.3	2.1	2.2	0.6	0.3	0.3	27.5		
R4	13.0	51.4	1.4	17.5	5.4	0.2	0.0	0.2	0.2	24.0		
R4	13.5	60.2	4.2	4.0	1.3	2.0	0.4	0.2	0.2	27.7		
R5*	13~14	48.5	3.6	9.2	3.1	1.1	0.8	0.3	0.3	33.4		
R6	13.0	57.5	3.9	1.5	1.3	5.5	0.9	0.0	0.0	29.3		
R6	13.5	52.2	4.1	1.3	0.8	7.7	2.6	0.3	0.3	31.1		

\*: R2・R3・R5の種苗は大量へい死による生産不調があったため、放流には使用されていない

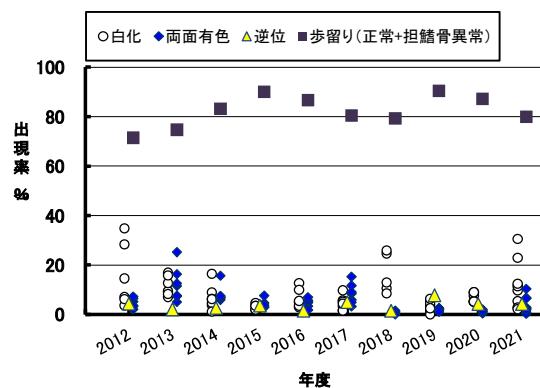


図2 伊達センター産放流種苗における形態異常出現率の推移（生産群別）

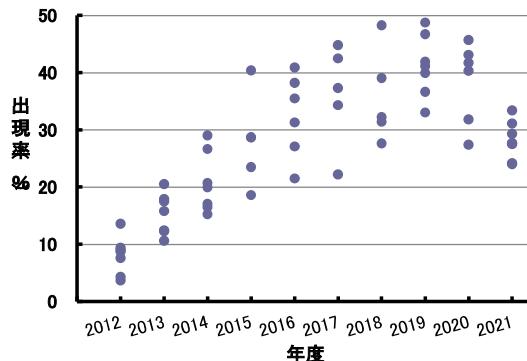


図3 伊達センター産放流種苗における担鰭異常出現率の推移

R5で28%の出現が確認されたが、放流用種苗では出現しなかった。

2021年度の性比調査結果を表5~6に示した。今年度の80mm種苗の雌出現率（以下、雌率）は0~54.0%（生産群間平均30.6%）であった。中間育成機関別に比較すると、えりもセンターで雌率が低い傾向が見られ、伊達センターで中間育成した生産回次後半の生産群（R4以降）では、性比が雌雄ほぼ1:1となっていた。今年度の生産では2回次目（R2）と3回次目（R3）の生産群において大きな生産不調（生残率約10%）があり、100万尾放流確保のために通常では放流に用いない小型魚を放流種苗とした生産群（伊達センターR4+R5）の雌率は0%だった。7月に実施した小型放流試験用の50mm種苗については、雌出現率が29.2%（7月20日放流、生産群R6）およ

表5 2021年伊達センター産放流種苗における雌出現率（80mm種苗）

中間育成機関	生産群	雌出現率(%)
えりもセンター	R1	30.0
	R1+4	26.0
	R4	12.2
	R4	42.0
伊達センター	R5	54.0
	R6	50.0
	R4+R5	0.0

表6 2021年伊達センター産放流種苗における雌出現率（50mm種苗）

中間育成機関	生産群	雌出現率(%)	放流日
伊達センター	R6	29.2	7月20日
	R4+R6	17.9	7月30日

び 17.9%（7月30日放流、生産群 R4+R6）となり、後者で特に低かった。これら雌率の低下要因は成長が良くなかった小型魚を用いたためと考えられた。

#### ウ 形態異常および雌雄比適正化に関する試験

##### (ア) 日齢別水温降下試験

全ての試験区において20日齢までに大量へい死が起き、90日齢での生残率は8.0～12.0%と極めて低くなかった。細菌およびウイルス検査を実施したが原因菌は特定されず、へい死原因是不明である。本試験の目的は高密度下で日齢別に水温を14°Cから13°Cに変化させ、性比と形態異常への影響を見ることがあったが、大量へい死により、高密度下ではなくたため、ここでは参考値として、性比と形態異常の結果を記した（表7）。各試験区の性比（雌率）は9日齢以降13°CだったI区で44%だったのに対し、残りの試験区は雌率19～23%とほぼ半減していた。この結果から、20日齢の時点で既に水温（14°C）の影響で雌率の低下（雄化）を誘引していることが示唆された。形態異常については、白化が試験区Iで最も多く、他の試験区の1.5～3.2倍の出現となった。

表7 水温降下試験における雌雄比と形態異常の出現結果

試験区	飼育水温	雌雄比 (雌率)	単位：%		
			正常	白化	両面有色
I	13°C(9日齢以降)	44	72.8	21.9	2.1
II	13°C(20日齢以降)	19	84.7	6.8	0.7
III	13°C(30日齢以降)	19	89.4	14.7	0.7
IV	13°C(40日齢以降)	23	82.3	10.3	2.5
V	14°C(10日齢以降)	21	86.5	7.0	4.1

\*: 正常は担鱗骨異常を含み、白化および両面有色は逆位分も含む数値

##### (イ) 密度別低水温飼育試験

本試験においても水温降下試験と同様に、15日齢～25日齢時に大量へい死が起きた。最終の生残率が5.9～14.9%で極めて低かったため、ここでも参考値として記した（表8）。白化の出現が最初に確認され

表8 低水温飼育試験における形態異常の出現結果

試験区	単位：%		
	正常	白化	両面有色
中密度	81.1	9.4	5.7
高密度	54.5	22.3	10.6
超高密度	54.8	26.3	4.4

\*: 正常は担鱗骨異常を含み、白化および両面有色は逆位分も含む数値

たのは眼の移動が始まるGステージ（平均全長12.5mm）であった。飼育密度別では、形態正常率（担鱗骨異常を含む）は中密度区のみで高く、高密度および超高密度区で約55%と低かった。白化の出現は中密度区で9%，高密度区で22%，超高密度区で26%となり、密度が高い試験区で白化の出現率が高かった。

##### (ウ) 網生簀飼育試験

何も敷いていない対照区の個体と比較して、砂敷区および網敷区で飼育された個体は着色型黒化の面積率が少なく、有意に無眼側黒化が抑制された。また、砂敷区と網敷区の比較では差が見られなかった。これらの結果から、マツカワでも敷網飼育することで、砂敷飼育と遜色なく、無眼側黒化を抑制できることが明らかになった。

## 3. 2 放流基礎調査事業（キツネメバル）

担当者 栽培技術部 田園大樹・松田泰平

### （1）目的

キツネメバルは日本海沿岸、神奈川県以北の太平洋、朝鮮半島東岸から南部に分布し、北海道においては沿岸の岩礁域に生息する。本種は高価なことと漁獲量が少ないとことなどから、増殖対策が強く望まれている。資源水準の低い本種にとって、資源の維持増大を図るために人為的な増殖（種苗放流）と資源管理が必要と考えられ、種苗生産技術の開発に欠かせない成熟過程や仔魚の生残過程に関する知見は非常に重要で、早急に明らかにする必要がある。本種は、近縁種のクロソイと近似していると考えられるが、種苗生産の基礎となる成長や成熟・産仔などの生態に関する知見は断片的なものに限られている。そこで、本事業ではキツネメバルの成熟や産仔、仔稚魚の飼育や稚魚期の成長要因の解明など、種苗生産に関する生理・生態的な特性についての基礎資料を得ることを目的とした。また、生産された種苗を用いて、放流技術に関する試験を行い、その効果についても把握する。

### （2）経過の概要

#### ア 親魚養成

せたな町大成区より搬入した天然親魚、および2015年以降に採集し、継続して産仔に用いている雌の親魚を用いて親魚養成試験を行った。飼育には20 m<sup>3</sup>円形水槽を用いた。飼育水温は、自然海水温が4°C未満の時は4°C台に調温し、それ以外では自然海水温とした。数日に1度、冷凍した生魚や配合飼料を給餌して飼育した。2020年11月にホルモン処理を行い、12月に雄の親魚は解剖して生殖腺を取り出し精子を得て、雌の親魚に人工授精処理を行った。

#### イ 産仔

人工授精親魚を遮光幕で覆いをした4 m<sup>3</sup>楕円形水槽に収容し、産仔まで自然水温で飼育した。

#### ウ 仔稚魚飼育

自然交尾により腹部が膨満した親魚から2021年6月9日に、また人工授精した親魚から6月15日に得られた仔魚を用いて、種苗生産試験を行った。飼育水槽には、6 m<sup>3</sup>円形水槽6基（水量5 m<sup>3</sup>）を用いた。このうち6月9日に得られた仔魚について15,000尾（低密度）、25,000尾（中密度）、35,000尾（高密度）の3密度で収容した。6月15日に得られた仔魚については密度を設定せず、任意の数の仔魚を収容した。仔魚を収容した直後は止水で飼育を開始したが、気温が上昇したことから直ちに自然水温の海水の流水飼育とした。以降、飼育水温が16°Cから高く

ても22°C以下になるように調温海水と自然水温の海水を組み合わせ、徐々に流量を増やした。各水槽の仔魚には、飼育水槽収容日から数えて15日目まではワムシを、10から49日目まではアルテミアを、41日目から飼育試験終了までは配合飼料を給餌した。6月9日に産仔された仔魚について、収容日から20日ごとに各水槽から30尾を無作為に抽出し、仔魚期は万能投影機に投射して、稚魚期は直接ノギスを用いて全長を計測した。測定した各試験区30尾の全長について、Steel-Dwass 多重比較検定を行った。

#### エ 種苗放流

2021年10月16日、仔稚魚飼育試験で生き残った個体をせたな町大成区上浦漁港内に放流した。

#### オ 放流効果調査

2021年7月8日にせたな町大成区沖で釣獲したキツネメバル16尾について、胸鰭の先端部を採取しDNA抽出を行った。過年度までに得られている2018～2020年の187標本と併せて遺伝子解析を試みた。

### （3）得られた結果

#### ア 親魚養成

人工授精を行った13個体のうちすべてで腹部が膨満し、産仔し得る状態となった。これらの腹部が膨満した個体を2021年4月に、産仔を行わせて仔魚を回収する4 m<sup>3</sup>楕円形水槽に移動した。また、飼育中に自然に成熟が進んだことで腹部が膨満した雌3個体についても、仔魚を回収する水槽に移動した。

#### イ 産仔

人工授精を行った親魚を収容した水槽では2021年6月5日から順次産仔がみられ、大半の親魚が正常に産仔した。このうち6月15日に生まれた仔魚を飼育試験に用いた。また、飼育中に自然に成熟が進み、腹部が膨満した3個体のうち1個体が飼育下で交尾に成功しており、6月9日に正常に産仔したことから飼育試験に用いた。

#### ウ 仔稚魚飼育

2021年6月9日に生まれた仔稚魚の全長の変化を図1に、仔稚魚飼育の結果を表1に示した。飼育期間中、水質の悪化や疾病等による大量死は起こらなかったが、徐々に減耗し、飼育終了時の生残率は44%～26%と過年度に比べると低かった。飼育期間を通じて全長の推移は、低密度区で他の試験区より有意に高い値を示したが、中密度区と高密度区ではほとんど差が見られなか

った(図1)。一方、生残率は高密度区と中密度区が40%前後だったのに対し、低密度区は26%と他の試験区よりも低い値となった。

## エ 種苗放流

2021年10月15日に平均全長 $\pm$ SDが61.5 $\pm$ 2.9 mm(低密度), 52.0 $\pm$ 4.3 mm(中密度), および52.5 $\pm$ 13.5 mm(高密度)の種苗、合計約28,500尾、および任意の数を飼育して生残した平均全長43.9 mmの個体、約76,000尾をせたな町大成区の上浦漁港内に放流した。

## オ 放流効果調査

2018年から2021年に採集されたサンプルについて遺伝子解析による人工種苗由来魚であるかの判別を試みたが、技術的な問題があり、結果が得られなかった。

表1 各試験区の仔魚の収容、生産尾数と生残率

	収容尾数	生産尾数	生残率
高密度	35,000	13,657	39%
中密度	25,000	11,013	44%
低密度	15,000	3,893	26%

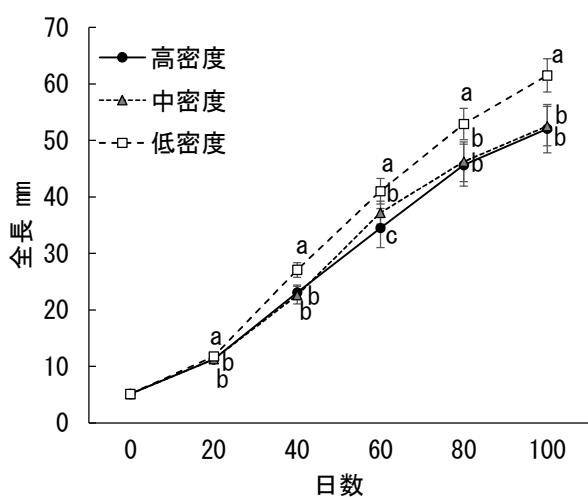


図1 各試験区の仔魚の全長の推移

符号はSteel-Dwass 多重比較検定の結果、異なるクラス間に有意な差があることを示す。

### 3. 3 キタムラサキウニ養殖に関する技術開発

担当者 栽培技術部 川崎琢真

共同研究機関 北海道大学水産学部

(公財) 函館市域産業振興財団

協力機関 桧山地区水産技術普及指導所せたな支所

ひやま漁協大成支所、(株)北三陸ファクトリー

#### (1) 目的

キタムラサキウニは日本海沿岸の重要な漁業対象種であるが、同海域では海藻類の繁茂が芳しくないことから身入が悪く、漁獲量や単価の低迷が生じている。このような状況を打開するため、カゴ養殖による身入改善が試みられているが、餌料として有効なものが見いだされていない。ウニ養殖用の飼料として、本課題の共同研究グループはキタムラサキウニの可食部の肥大機構に着目した配合飼料を開発して室内試験で有効性を示しているが、海面養殖での有効性は検証していない。

そこで本研究では、海中で本配合飼料を用いた飼育試験を行い、平均歩留まり（生殖巣指数）15%以上を達成できる養殖条件（飼育密度、給餌条件、養殖時期）を明らかにする。これにより、本配合飼料の有効性を示す。また、養殖したウニの可食部について、味および身色の評価を行い、養殖開始時のキタムラサキウニの状態（成熟度、年齢等）との関連性を明らかにする。

#### (2) 経過の概要

2021年は、試験場内での密度別飼育試験および、春と秋に海中でのキタムラサキウニ養殖試験を行ない、飼育条件および身の味や色等の可食部品質の調査を行った。海面養殖試験で生産されたウニを用いて、協力機関で加工用原料としての品質評価を行った。

#### ＜材料と方法＞

##### ア 密度別飼育試験

せたな町産天然キタムラサキウニを2021年4月27日に栽培水産試験場に運搬し、5月21日まで馴致飼育した。試験用ウニ（平均殻径：55.5mm 平均重量：65.5g）の飼育密度を100cm<sup>2</sup>当たり0.63個（以下低密度区）、1個（以下中密度区）、1.27個（以下高密度区）に設定し、各群3カゴ（W20×D10×H10cm）に収容した。給餌は週1回とし、水温の変化に合わせてウニの重量当たり5-10%の割合で配合飼料（はぐくむたね 北三陸ファクトリー）を給餌した。試験期間中は、水温・生残率を調べた。試験開始時および10週目に殻径、重量および生殖巣重量を測定した。

また、6月25日から7月16日までの3週間における残餌量を測定した。

##### イ 海中養殖試験

春から夏の養殖試験として、2021年4月27日にせたな町長磯漁港の養殖カゴ（φ60×200cm）に、カゴあたり400個の天然キタムラサキウニ（アと同一群）を収容した。給餌は、ウニ用配合飼料（アと同様）を用い、週1回、4kg（ウニ収容重量の約15%）を給餌した。6月8日に中間測定を行った後、配合飼料の給餌を継続するカゴと、養殖コンブを飽和給餌するカゴを設け、7月8日の水揚げまで海中養殖試験を継続した。試験の開始時、中間測定および終了時に、殻径、重量、生殖巣重量を測定した。

秋から冬の養殖試験として、11月19日にせたな町長磯漁港の養殖カゴに、カゴあたり約370個（重量で30kg）の天然キタムラサキウニ（平均殻径：58.5mm 平均重量：81.4g）を収容した。給餌は、ウニ用配合飼料（アと同様）を用い、週1回、4kg（重量の約15%）を給餌した。海水温が10°Cを下回った時期には、給餌量を5%程度まで徐々に減らした。養殖試験は2022年2月9日まで実施し、開始時および終了時に殻径、重量、生殖巣重量を測定した。

##### ウ 製品品質評価試験

2022年2月9日に水揚げした養殖ウニについて、ウニ加工業者にて、品質評価を実施し、生うに製品および加工製品用原料としての評価を受けた。

#### (3) 得られた結果

##### ア 密度別飼育試験

密度別飼育試験の結果、試験終了時の各群の成長関連形質である殻径および重量には有意な差は見られなかった。10週間の飼育期間中、高密度区でのみウニの死亡が確認され、終了時点での平均生残率が83.3%であった。その他の2区では死亡個体は見られなかった。試験開始時の平均生殖巣指数は8.6%であり、10週目の各群の生殖巣指数はいずれも25%を超える十分な身入

りが確認された一方、高密度区ほど値が低下した。各群から得られた可食部の総重量は中密度区で最も多かった。また、平均残餌率は中密度区で最も小さかったことから、同一空間で飼育した本試験では、中密度区の飼育密度が養殖として最も効率的な飼育密度であったと考えられた（表1）。

表1 密度別飼育試験の結果

	低密度区	中密度区	高密度区
収容密度 (個/100cm <sup>2</sup> )	0.63	1	1.27
平均生残率	100%	100%	83.3%
生残数 (終了時/開始時)	21/21	33/33	35/42
平均生殖巣指数 (終了時±SD%)	29.1 ±3.4	27.9 ±2.2	27.1 ±3.5
可食部総重量 (g)	355.1	493.1	478.9
平均残餌率 (週当たり)	3.4%	0.2%	7.9%

#### イ 海中養殖試験

春から夏の養殖試験の結果、養殖終了時のウニの大きさは平均殻長  $50 \pm 4.4\text{mm}$  ( $SD$ )、平均重量  $53 \pm 10\text{ g}$  ( $SD$ ) であり、試験期間中の成長は見られなかった。平均生残率は  $75 \pm 9\%$  ( $SD$ ) であり、餌料の変更による差は見られなかった。養殖ウニの歩留まりは、開始時の約 8%から 5 週目には約 17%にまで増大し、終了時の 10 週目の平均は各試験区とも約 18%と販売に十分な身が入った。試験群間に有意な差はなく、前年の結果とも同様であった（図1）。いずれの群でも身色、食味ともに製品として問題は見られなかった。

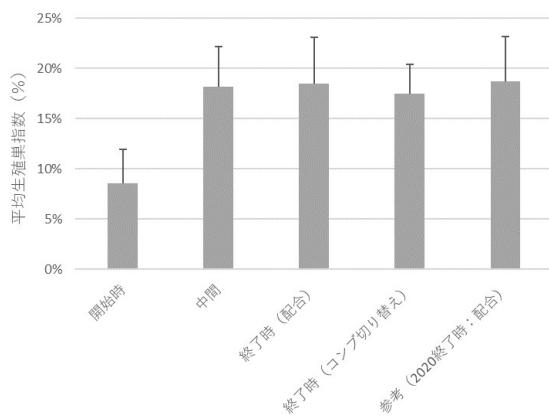


図1 春の養殖試験における各試験区の生殖巣指数

秋から冬の養殖試験の結果、養殖終了時のウニの大きさは平均殻長  $56.4 \pm 4.8\text{mm}$  ( $SD$ )、平均重量  $74 \pm 18\text{ g}$  ( $SD$ ) であり、試

験期間中の成長は見られなかった。平均生残率は  $72 \pm 16\%$  ( $SD$ ) であり、カゴ毎のばらつきが大きかった。養殖ウニの平均歩留まりは、開始時の約 8%から終了時には約 14%にまで増大し、販売に十分な身が入った。水揚げ時の身色、食味ともに製品として問題は見られなかった（図2）。

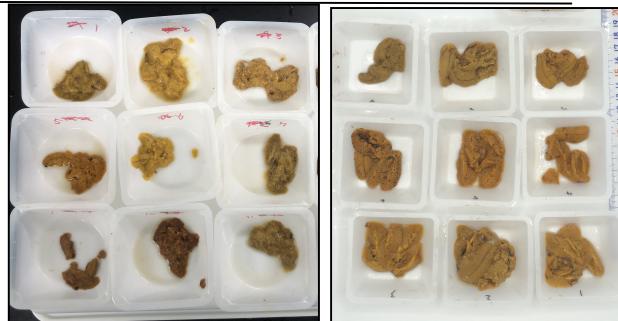


図2 秋の養殖試験における開始時（左）および終了時（右）の生殖巣の様子

#### ウ 製品品質評価試験

秋の養殖試験にて生産された養殖ウニについて、専門のウニ加工業者に運送し、加工用原料としての品質評価を行った結果、荷受け、加工、製品化および発送の各過程における評価を得られ、改善点の抽出ができた。

##### ① 養殖ウニの出荷時の状況評価（図3）

- 運搬時の問題の有無：あり（割れ、棘ぬけの選別）
- 到着時の斃死等の有無：あり（品質には問題なし）
- 加工前の製品の破損等の有無：なし

【コメント】梱包方法も上下厚手のスポンジを使用していて良い。発送から到着まで中一日が経過していたが、到着時にウニがまだ動いていて状態がよかつた。ただ棘抜きのウニがあり、発送の段階での棘抜きか到着してからの棘抜きかは分からぬ。異臭がしたため今後の発送の際には、棘抜けウニは入れない方がいい。



図3 養殖ウニの加工業者搬入時の様子

左上：到着時の梱包状態 右上：箱内の梱包状態  
左下：到着したウニ 右下：棘ぬけのウニ（矢印）

② 身入り・身色・味の評価 (図4)

身入りの良否：まあまあ

身の色の良否：良い

身の味の評価：良い

【コメント】社内で今年の各地の養殖ウニの中で最もおいしいとの意見が多数であった。



図4 加工時のウニ可食部の様子

③ 加工時の問題の有無 (図5)

加工用原料としての良否：良い

【コメント】殻サイズが小さいものは剥きにくい。天然ウニと比べ可食部から内蔵片をはずしにくい。



図6 養殖ウニを用いた塩水ウニ製品例



図5 生うに製品選定作業の様子

④ 販売上の課題の有無 (図6)

ウニ製品として販売する上での品質：良い

【コメント】ウニの歩留まり・色の良さが価格に反映するので、すべてが良い状態が理想である。

⑤ 加工から販売までの総括意見

加工製品の出荷から販売までの過程の課題の有無：なし

【コメント】製品のサンプル出荷等を行ったが、クレーム等も無く、天然ウニの場合と遜色が無いと判断する。

### 3. 4 シシャモ栽培漁業に向けた基礎研究

担当者 栽培技術部 岡田のぞみ・松田泰平  
協力機関 さけます・内水面水産試験場、  
鶴川漁業協同組合、ひだか漁業協同組合

#### (1) 目的

シシャモの資源の維持増大のため、各海域にあった高度な資源管理を実践するとともに、孵化直前卵あるいは孵化仔魚を河川に放流する事業を行っているが、近年、漁獲加入量に結びつかないという現象が繰り返し観察されている。そのため、シシャモ資源の増殖に向けて種苗を海中へ直接放流するため、一定期間飼育する技術の開発研究に対して要望が挙げられている。

これまでの研究から、0歳6月下旬における大型個体（体長23mm以上）の密度と1歳のCPUEの年変動が一致することが知られている。そこで、6月下旬に天然の大型サイズ以上の種苗を生産・放流できれば、放流種苗の資源加入が期待できる<sup>1)</sup>。そこで本事業では、フィールドにおける減耗期後の生残に有利とされる体サイズ（6月下旬に体長23mm以上）の種苗を生産する技術を開発する。

#### (2) 経過の概要

##### ＜材料と方法＞

###### ア 種苗生産工程の再検討

体サイズの大きい種苗の生産期間短縮を図ることを目的とし、既往研究で未着手または検討が不十分と考えられる「収容（飼育密度）」や「餌料の系列」等の適切な飼育条件と飼育特性を明らかにすることで飼育技術を改良する。

###### （ア）収容（飼育）密度試験

本試験では、生産数、生産コスト（餌料量、生産期間）、健苗性（ばらつき、肥満度、形態異常）を指標にして、効率の良い種苗生産（目標体長23mm）を目指した最適な飼育密度を調べた。

鶴川下流域でふくべ網により採集した親魚から卵と精子を得て、乾導法による人工受精を行って受精卵を得た。受精後、カオリンを使って受精卵の粘質を除去した。これら受精卵を30L透明パンライト水槽（受精卵水槽）に収容し、孵化まで水温を1～10℃に調整して管理した。飼育水には、水道水を市販の水質調整剤（コントラコロライン、スペクトラムプランズジャパン（株））を用いて残留塩素を中和したものを用いた。水替えは2～3日に1度の頻度で行い、受精卵水槽と同じ水温に調温した水を飼育水のおよそ70%と入れ替えた。水カビ防除のために、受精24時間後から発眼するまで、水換え前にプロノポール製剤（ハイセス、エランコジャパン（株））を用いて30分間薬浴した。これら受精卵から孵化した仔魚を飼育試験に用いた。飼育試験には500L透明パンライト水槽を用い、1水槽あたり2,500尾（従来密度）、

5,000尾、10,000尾の仔魚を収容した。各区とも2水槽ずつ設置し、10,000尾区についてはさらに1水槽追加した。飼育水温は11℃に設定し、通気量は150mL/min、注水量は1L/min（約3換水/日）とした。飼育水中に冷蔵ナンノクロロプロシス（ヤンマリンK-1、クロレラ工業（株））を1日2回、水槽あたり40-80mlを添加した。給餌は試験開始後2日目から行い、給餌回数は9:30および13:30の2回とした。孵化後2日目～10日目にワムシを、8日目以降にアルテミアを給餌した。1回当たりの給餌個体数は2,500尾区を基準として翌朝の飼育水中に残らないように調整し、5,000尾区は2倍量、10,000尾区は4倍量を給餌した。DHA藻類を主体としたマリングロスEX（マリンテック（株））でシオミズツボワムシ（以下ワムシ）およびアルテミア幼生（以下アルテミア）（アメリカ、ソルトレイク産）を栄養強化した。

底掃除を休日以外に毎日行い、死亡数をカウントした。試験開始後70日目に全数を取り上げて計数した。各区50尾ずつ体長を測定した後、105℃のドライオーブンで24時間乾燥させ、個別に乾燥重量を測定した。

肥満度と体長の関係を調べたところ有意な相関が認められ、標本の体長によって肥満度が変化すると判断された。そこで相対肥満度を次式により求めた。

$$\text{相対肥満度} = \frac{\text{乾燥重量 (mg)}}{\text{標準乾燥重量 (mg)}} \div \text{標準乾燥重量 (mg)}$$

$$\text{標準乾燥重量 (mg)} = 3.2439 \times 10^{-3} \times \text{体長 (mm)}$$

体長に対して体重が大きく外れ値を示す個体は短軸症である可能性があったため、相対肥満度が1.5を超える個体を奇形個体として計数した。また、成長差の指標として体長の平均値の変動係数を求めた。

###### （イ）餌料の系列

現行のシシャモ飼育における初期餌料としては、孵化後3日目からワムシを与え、2週目頃からアルテミアに切り替えている。本試験では、ソルトレイク産に比べて1～2割小型であるベトナム産アルテミアや配合飼料の初期餌料としての利用を検討した。

###### a 初期餌料の検討

孵化仔魚の摂餌対象の変化を確認する実験として、孵化仔魚にワムシ、ベトナム産アルテミア、配合飼料を同時に与えてそれぞれの被摂餌個体数を計数した。実験には（ア）と同じ受精卵から孵化した仔魚を用い、1,000Lの透明パンライト水槽に15,000尾を収容した。飼育水温、通気量、注水量、ナンノクロロプロシスの添加は（ア）と同様とした。孵化後3日目より8日目まで、9:30および13:30にワムシ（100万個体）、ベトナム産ア

表1 シシャモ仔稚魚への給餌量試験

実施日	日齢	平均体長	発達段階	生物飼料	給餌密度	総給餌量	あんどの目 合い
2021/4/8	6	10.3mm	卵黄仔魚	ワムシ	5尾/mL一定 7.9尾/mL (2回)	790万尾	50目
2021/4/9	7						
2021/4/14	12	11.9mm	pre-flexion	アルテミア	0.5尾/mL一定 0.6尾/mL (2回)	55万尾	50目
2021/4/16	14	13.1mm					
2021/4/26	24	16.8mm	flexion	アルテミア	1.0尾/mL一定 1.1尾/mL (2回)	109万尾	50目
2021/4/27	25						
2021/5/20	48	20.6mm	post-flexion	アルテミア	1.5尾/mL一定 3.1尾 (2回)	279万尾	40目
2021/5/21	49						

ルテミア (10 万個体), 配合飼料 (若魚 1 号, 1g) を給餌した。11:30 に 30 尾を取り上げて MS-222 で麻酔した後, 実体顕微鏡により腸管を観察し, 各餌について摂餌された個体数を計数した。

#### b 初期飼料の違いによる成長と生残の比較

孵化仔魚は (ア) と同じ受精卵から得た。初期飼料としてベトナム産アルテミアを与える試験区 (アルテミア区) と対照群として従来通りワムシを与える試験区 (ワムシ区) をそれぞれ 2 槽ずつ設定した。さらに比較としてソルトレイク産アルテミアを与える試験区 (ソルトレイク区) と, 配合飼料とワムシを同時に与える試験区 (配合飼料区) をそれぞれ 1 槽ずつ設定した。水槽には 500 L 透明パンライト水槽を用い, 各水槽に 2,500 尾の孵化仔魚を収容した。

給餌は孵化後 2 日目から行い, 回数は 1 日に 9:30 および 13:30 の 2 回とした。1 回当たりの給餌個体数は従来の給餌量を参考に飽和給餌とし, 翌朝の飼育水中に残らないように調整した。アルテミア区は, 孵化後 21 日目までベトナム産アルテミアを, ワムシ区は孵化後 21 日までワムシを給餌し, 両区とも 15 日目以降にソルトレイク産アルテミアを加えて給餌した。また, ソルトレイク区は実験期間を通してソルトレイク産アルテミアを与えた。配合飼料区は, 孵化後 7 日目まで朝に配合飼料 (若魚 1 号, 日本農産工業 (株)) を 1 回 0.5g, 午後にワムシを与えた。8 日目以降はワムシ区と同じ飼料系列とした。ワムシおよびアルテミアは DHA 藻類を主体としたマリングロス EX (マリンテック (株)) で栄養強化した。飼育水温, 通気量, 注水量, ナンノクロロプシスの添加は (ア) と同様とした。

毎日朝の給餌後 10 尾ずつ取り上げて MS-222 により麻酔した後, 実体顕微鏡により腸管を観察し, 摂餌している個体数を計数した。全ての仔魚が摂餌したことを観察するまで腸管の観察を実施した。底掃除は休日を除く毎日を行い, 死亡数をカウントした。1 週間おきに 30 尾を抽出し, 万能投影機に投射して体長をノギスで測定した。試験開始後 70 日目に全数を取り上げ, 生残尾数を計数し, 各水槽 50 尾の体長を測定した。

#### c 配合飼料給餌試験

b の追加試験として, 配合飼料の給餌方法の改良を試み, 配合

飼料給餌の有無による仔魚の成長と生残を比較した。孵化仔魚は (ア) と同じ受精卵から得た。500L 透明パンライト水槽 2 基にそれぞれ 7,500 尾の孵化仔魚を収容した。孵化後 2 日目より配合飼料区は, 9:30, 10:30, 11:30, 12:30, 13:30 および 15:30 に配合飼料 (若魚 1 号と 2 号, 0.4g) を自動給餌器で与え, 13:30 にはワムシ (孵化後 11 日目まで) とソルトレイク産アルテミアも併せて給餌した。対照区は 9:30, 13:30 にワムシ (孵化後 11 日目まで) とアルテミアを給餌した。11:30 にそれぞれの実験区から 30 尾ずつ取り上げて MS-222 で麻酔後, 実体顕微鏡により腸管を観察し, 配合飼料, ワムシ, アルテミアそれぞれについて摂餌された個体数を計数した。

試験開始後 70 日目に全数を取り上げ, 生残尾数を計数し, 各水槽 50 尾の体長を測定した。

#### d 目安の給餌量

これまでの飼育では, 1 日 2 回 (9:30, 13:30) に給餌を行い, 翌日水槽内に生物飼料が残らない程度に量を調節していた。給餌量は仔魚の発達段階や給水量等に応じて調整する必要があると考えられる。そこで, 飼育水中の残餌量や消化管内の摂餌量を定期的に調べる事で, 目安の給餌量を検討した。

始めに海水かけ流しによる餌生物の流失量を確認するため, 500L 透明パンライト水槽 (注水量 1L/min (約 3 換水/日)) に餌生物を 1 回 (9:30) あるいは 2 回 (9:30, 13:30) 投入し, 1 時間毎に飼育水中の餌生物数を計数した。

試験のため, (ア) と同じ受精卵から得られた孵化仔魚 6,200 尾を 500L 透明パンライト水槽に収容した。飼育水温, 通気量, ナンノクロロプシスの添加は (ア) と同様とした。注水量も (ア) と同様に 1L/min (約 3 換水/日) とした。給餌は孵化後 3 日目から行い, 1 日あたりの給餌回数は 9:30 および 13:30 の 2 回とした。孵化後 3 日目~10 日目はワムシを, 8 日目以降はソルトレイク産アルテミアを給餌した。試験の概要を表 1 に示した。試験は 4 つの発育段階で実施した。1 日目は飼育水中の餌生物の密度が一定になるように, 9:30 から一時間毎に飼育水中の餌生物個体数を計数し, 不足分を補う量を給餌した。実験 2 日目は 1 日目に給餌した総尾数を 9:30 と 13:30 の 2 回に分けて給餌した。

表2 飼料量と収容尾数の異なるシシャモ仔魚飼育結果

試験区	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3
収容尾数*	3,928	3,969	3,761	5,946	9,548	10,820	11,491
60日目生残尾数**	2,498	2,288	1,914	4,117	3,117	<b>5,237</b>	5,017
生残率	65%	58%	51%	<b>69%</b>	33%	48%	44%
70日目生残尾数**	2,315	2,149	1,813	1,446	2,815	<b>5,051</b>	4,054
生残率	<b>60%</b>	55%	49%	24%	30%	47%	35%
70日目体長 (mm)	23.0	25.2	<b>27.2</b>	25.6	26.2	26.6	26.4
平均±SD	±1.6	±1.8	±2.2	±1.5	±2.4	±1.6	±1.5
相対肥満度	0.77±0.08	1.04±0.12	0.88±0.09	1.13±0.08	1.02±0.15	1.06±0.09	-
体長の変動係数	0.07	0.07	0.08	0.06	0.09	0.06	0.06
奇形率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.0%	2.0%	
総給餌量							
ワムシ(百万尾)	39.0		78.0		78.0		
アルテミア(百万尾)	45.6		91.2		182.4		
生産10,000尾あたり							
必要水槽数	4.3	4.7	5.5	6.9	3.6	<b>2.0</b>	2.5
ワムシ(百万尾)	168	181	430	539	277	<b>154</b>	192
アルテミア(百万尾)	<b>197</b>	212	503	631	648	361	450

太字は第一位を示す。\* 収容尾数は毎日死亡数と生残尾数から算出した。\*\*標本として取り除いた分を除く。

2時間毎に仔稚魚を20尾ずつ取り上げ、MS-222で麻酔した後、実体顕微鏡により腸管を観察し、摂餌された餌料生物の個体数を計数した。

#### イ 早期稚魚生産技術の検討

シシャモ孵化における積算水温は300~400°Cとされており<sup>2)</sup>、受精卵管理の水温を調整することで孵化時期を早めることができる。早期に孵化させる群（2月孵化群）と対照区として天然と同時期（4月）に孵化させる群（4月孵化群）の仔魚の成長・生残過程を比較検討し、前者を用いて早期に種苗を生産する技術を確立させる。

受精卵は（ア）と同じものを用いた。2月孵化群は卵管理の水温を2.0~8.3°Cに調整し、2021年2月3日に孵化させた。4月孵化群（対照群）は水温を1.2~9.8°Cに調整し、2021年4月27日に孵化させた。飼育試験には500Lパンライト水槽を用い、孵化仔魚を2,500尾ずつ収容した。孵化仔魚50尾について、MS-222で麻酔した後、実体顕微鏡下で写真を撮影し、画像処理ソフトImageJ（<http://rsb.info.nih.gov/ij/>）を用いて体長と側面から見た卵黄面積を測定した。

飼育水温は10~11°Cに設定し、光条件は日中の蛍光灯による電照と窓からの採光により自然日長とした。通気量は150mL/min、注水量は一日に約3回転するよう1L/minに調整した。飼育水中に冷蔵ナンノクロロプロシン（ヤンマリンK-1、クロレラ工業（株））を1日2回添加した。給餌は試験開始後3日目から行い、給餌回数は9:30および13:30の2回とした。孵化後3日目~22日

目にワムシを、11日目以降にソルトレイク産アルテミアを給餌した。1回当たりの給餌個体数は、翌朝の飼育水中に残らないように調整し、4月孵化群については同量を与えた。ワムシおよびアルテミアはDHA藻類を主体としたマリングロスEX（マリンテック（株））で栄養強化を行った。

休日を除く毎日底掃除を行い、死亡数をカウントした。孵化後70日目に全数を取り上げて計数し、50尾についてはMS-222で麻酔した後、万能投影機に投射して体長を測定した。

#### （3）得られた結果

##### ア 種苗生産工程の再検討

###### （ア）収容（飼育）密度試験

表2に生産結果を示した。試験区1は2,500尾、試験区2は5,000尾、試験区3は10,000尾を収容する計画だったが、生残数から逆算した収容尾数は試験区1と試験区2-1で約4,000尾であり、同じ収容尾数に対して餌料量の違いが結果に影響を与えたと考えられる。飼育日60日までの生残率は、4~6千個体/500L水槽において生残率が50%を超えた。1万個体/500Lでは生残率は33~48%であった。飼育日70日における生残率は、4千個体/500L水槽においておよそ50%に対して、6千個体/500L水槽では60日以降に原因不明の斃死により24%となった。1万個体/500Lでは30~47%であった。図1に試験終了時の平均体長と平均相対肥満度を示した。給餌量が異なる4千個体/500L水槽においては、給餌量が2倍多い方（2-1）が少ない方（1-1, 1-

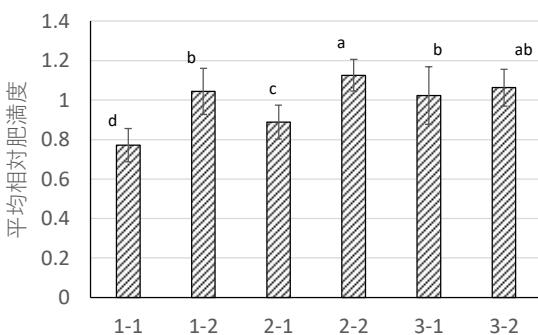
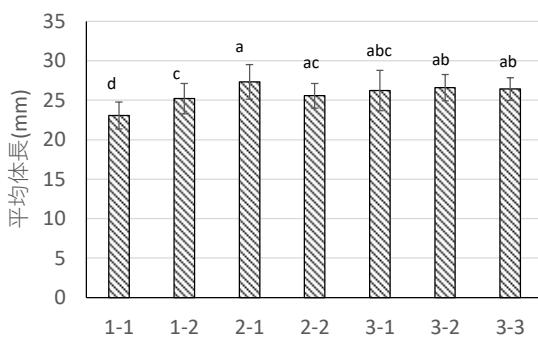


図1 シシャモ稚魚の平均体長と平均相対肥満度  
バーは標準偏差を示す  
異なるアルファベット間で有意差あり  
(多重比較検定 Steel-Dwass 法,  $p < 0.05$ )

2) より飼育日 70 日時の成長が良かった。このことは給餌密度が成長に影響することを示唆する。試験終了時の相対肥満度は、6 千個体～1 万個体/500L 水槽で高い傾向が見られた。これらのことから、低い飼育密度により生残率が良く安定した生産が可能となる一方で、飼育密度が高くても給餌密度を高めることで成長および相対肥満度が向上することが分かった。500L 水槽に約 1 万個体を収容した区は、収容密度の少ない区に比べ生残率が低くなつたものの、1 万個体の稚魚を生産するための水槽数が少なく抑えられ、飼育スペースが狭い場合には有効であると考えられた。ただし、約 1 万個体収容した区では奇形個体が見られたため、注意が必要である。

#### (イ) 飼料の系列

##### a 初期餌料の検討

図2 に給餌 2 時間後における餌別の摂餌率の変化を示した。

表3 初期餌料量の異なるシシャモ仔魚飼育結果

	ワムシ給餌			アルテミア給餌		
	ワムシ1	ワムシ2	+配合飼料	ベトナム1	ベトナム2	ソルトレイク
収容尾数*	2,338	2,192	2,671	1,934	1,913	2,438
生残数	1,463	1,521	1,824	1,089	1,049	1,445
生残率**	74%	81%	81%	67%	64%	68%
平均体長	21.8 ± 1.7mm	23.3 ± 1.7mm	23.6 ± 1.7mm	24.1 ± 2.1mm	23.7 ± 1.9mm	23.5 ± 1.7mm

\*収容尾数は生残数と死亡数の累積から逆算して推定した。\*\*生残率は標本として取り上げたものを除いて計算した。

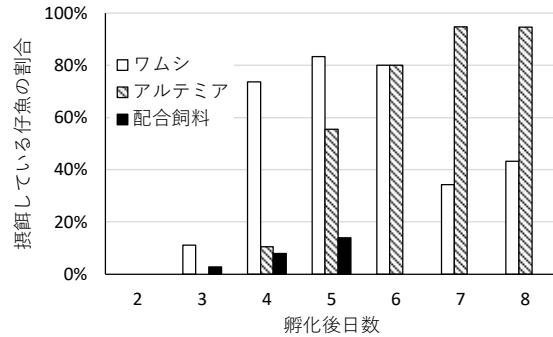


図2 シシャモ孵化仔魚の給餌2時間後の摂餌率の変化

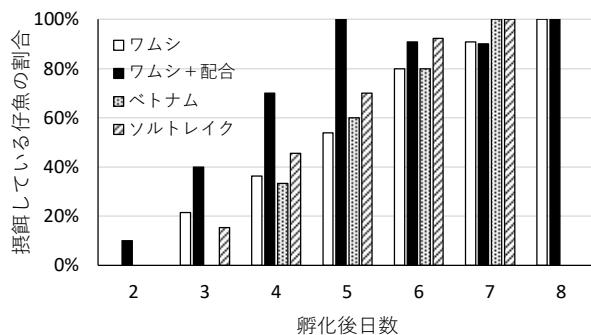


図3 シシャモ仔魚の摂餌率の変化

ワムシと配合飼料の摂餌は孵化後 3 日目の仔魚から見られた。ベトナム産アルテミアは 4 日目から摂餌され、7 日目にベトナム産アルテミアを摂餌している個体の割合が 90% を超えた。ベトナム産アルテミアに比べてワムシや配合飼料の摂餌開始が早く、配合飼料も初期仔魚への餌料として利用できることが分かった。

##### b 初期餌料の違いによる成長と生残の比較

図3 にシシャモ仔魚の摂餌率の変化を示した。配合飼料を与えた区で摂餌開始が最も早く、孵化後 5 日目には全ての個体で摂餌が見られた。ワムシやアルテミアを給餌した区で摂餌率が 90% を超えたのは 7 日目だった。図4 に孵化後 7 日目までの平均体長を示した。ワムシに配合飼料を加えた区が、アルテミアを給餌した区よりも成長が良かった。表3 に試験終了後の生残と体長を示した。生残率はワムシを給餌した方が高い傾向が見られた。平均体長はワムシ給餌区 1 のみが小さく、その他の区では明確な差が見られなかった (多重比較検定 Tukey-Kramer 法)。ワムシ給餌区 1 は生残率も成長も悪いことから、生育を妨げる何

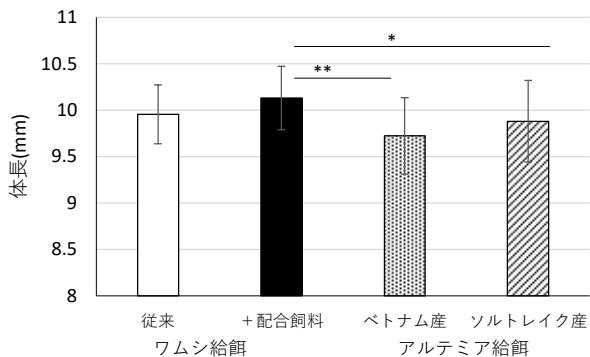


図4 繁殖後7日目のシシャモ仔魚の平均体長  
バーは標準偏差を表す。  
(多重比較検定 Tukey-Kramer 法  
\*: p<0.05, \*\*: p<0.01)

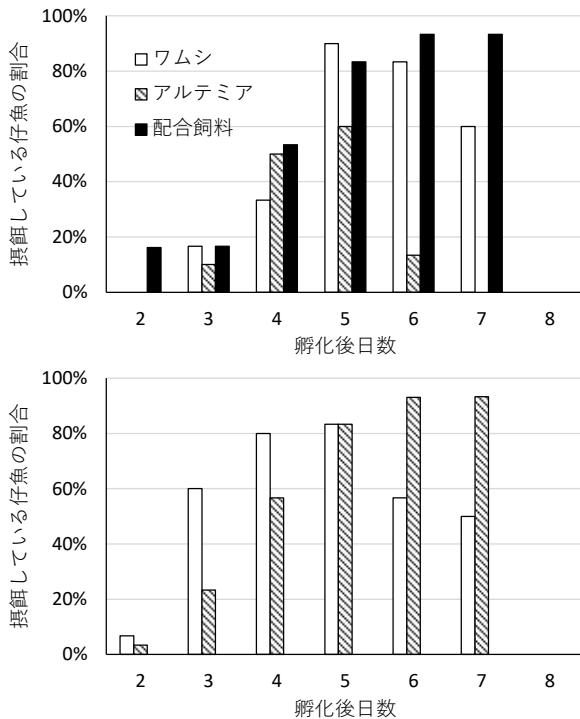


図5 シシャモ孵化仔魚の給餌2時間後の摂餌率の変化  
上：午前中は配合飼料のみ給餌  
下：ワムシとソルトレイク産アルテミアを同時に給餌

らかの要因（水槽の場所など）があった可能性がある。飼育密度（生残数）が成長に影響すると考えられ、配合飼料を給餌した区は生残数が一番多いにもかかわらず平均体長に差が見られないことから、ワムシと配合飼料を同時に給餌することで成績が良くなると考えられた。

### c 配合飼料給餌試験

配合飼料の摂餌を促すため、午前中の給餌を配合飼料のみにすると、前日の食べ残し分のワムシやソルトレイク産アルテミ

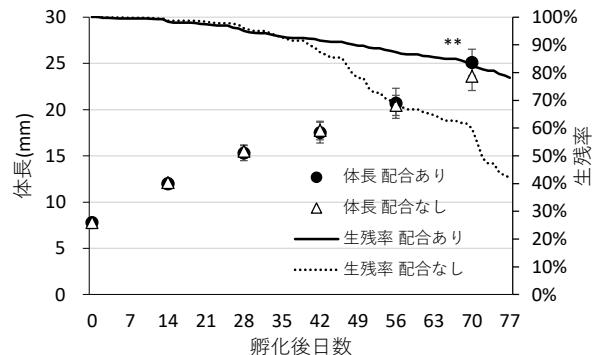


図6 給餌条件の異なるシシャモ仔魚の平均体長と生残率の変化 (Student's t-test, \*\*: p<0.01)

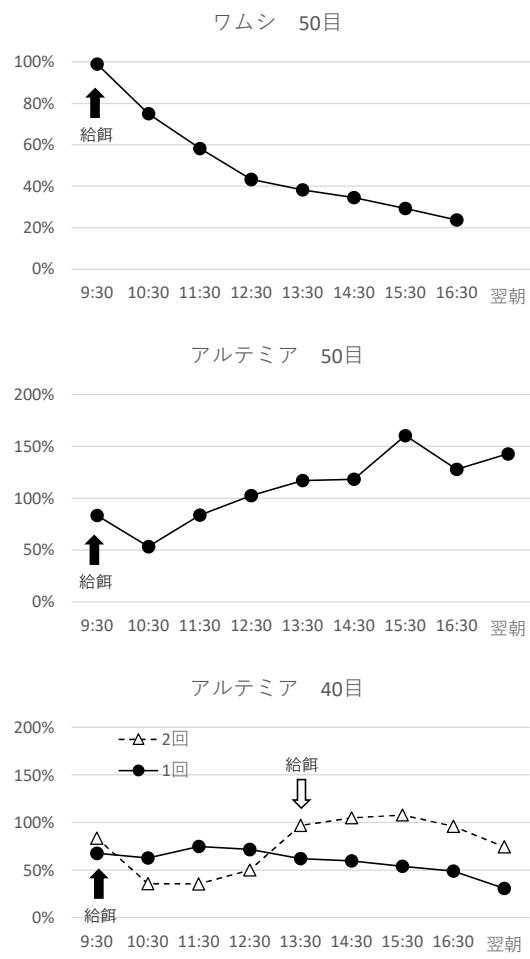


図7 水槽中のワムシおよびアルテミアの密度の変化

アの摂餌が見られるものの、5日目には80%以上の個体が配合飼料を摂餌していた（図5上）。ワムシとソルトレイク産アルテミアのみを同時に与えた場合、6日目よりワムシに比べてソルトレイク産アルテミアを摂餌している仔魚の割合が高くなった（図5下）。3種類の餌を同時に与えた場合も7日目よりベトナム産アルテミアを摂餌する仔魚の割合が高くなり、配合飼料の摂餌が

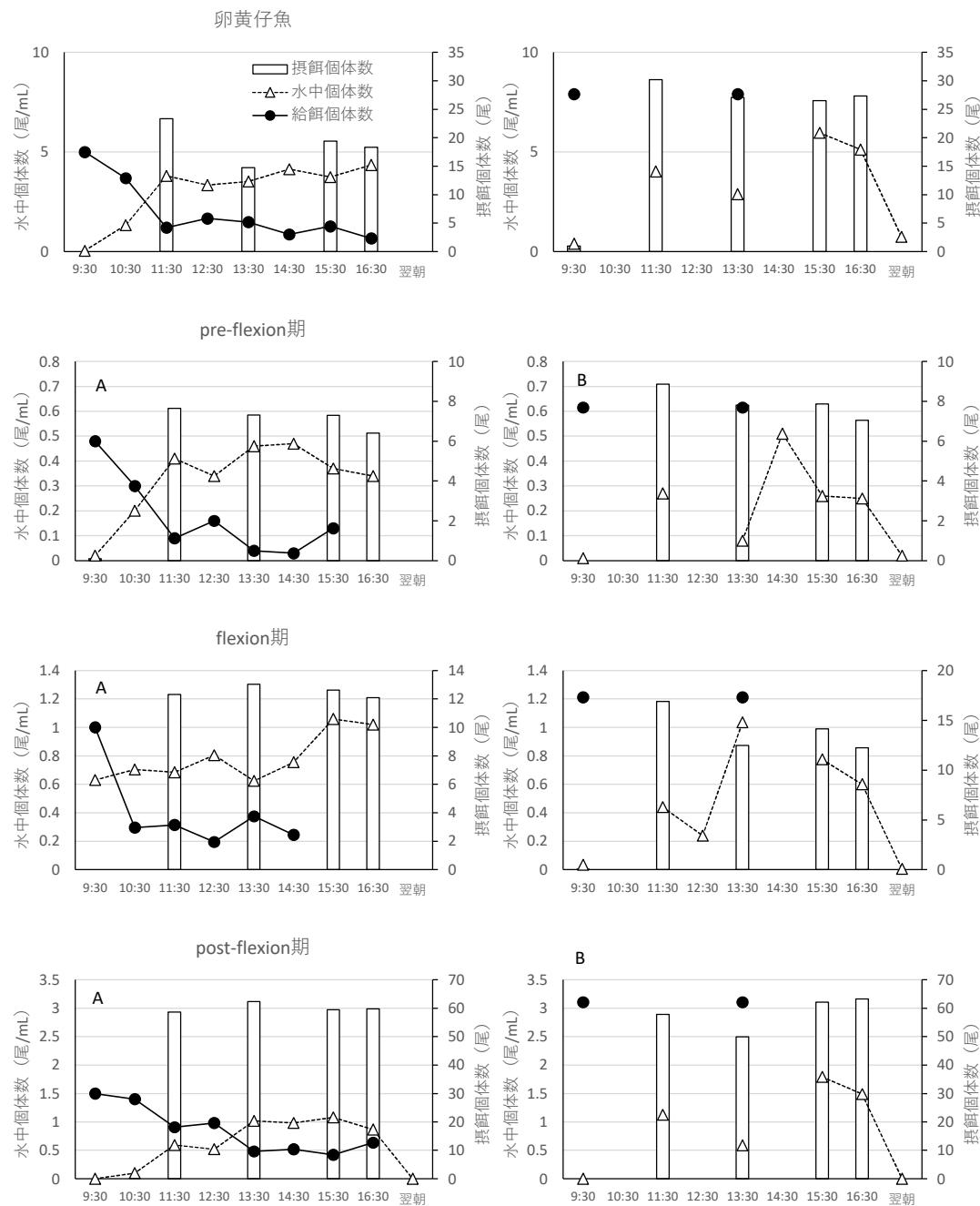


図8 シシャモ仔魚の各発育段階における、餌生物を一定の密度になるように1時間毎に給餌した場合の摂餌尾数の変化（左）と、同じ量を1日2回に分けて給餌した場合の摂餌尾数の変化（右）

見られず、シシャモ仔魚のアルテミアへの選好性が認められた。一日の始めに配合飼料のみを給餌することで、配合飼料を確実に摂餌させることができると考えられた。

図6に配合飼料を与えたシシャモ仔魚と与えなかったシシャモ仔魚の平均体長と生残率の変化を示した。これまでの飼育試験でもflexion期の生残率の低下が問題になっていたが<sup>3)</sup>、初期から配合飼料を与えることで生残率が向上した。また、70日目の平均体長は、配合飼料を与えた方が有意に大きかった。変態前

に配合飼料のみに切り替えることで奇形個体の出現が見られた一方で<sup>4)</sup>、初期餌料として配合飼料と生物飼料を用い、変態後（孵化後99日目）に配合飼料のみに切り替えたシシャモを288日齢まで継続飼育し、860尾中100尾観察した結果奇形個体は見られなかった（データ省略）。これらのことから、孵化後2日目頃から配合飼料（午前）とワムシ（午後）を餌として与え、数日遅れて午後にソルトレイク産アルテミアの給餌を開始するのが良いと考えられた。

#### d 目安の給餌量

図7に、水槽中のワムシ、アルテミアの密度の変化を示す。あんどの目合いが50目の場合、ワムシは飼育水と共に流出し、4時間後には38%まで低下した。アルテミアの場合はほとんど流出することがなかった。目合いを40目に拡大すると、アルテミアも流出し、4時間後には62%まで低下したが、2回給餌することで密度を維持することができた。

図8に、ワムシ、ソルトレイク産アルテミアの給餌と水中の密度、摂餌個体数を示した。ワムシの水中密度を一定に保つと、卵黄仔魚（孵化後6日目）は1個体あたり平均15~30尾のワムシを摂餌していた（図8上段A）。午後になると消化の進んでいない新しいワムシが腸管内に観察され、朝に摂餌したワムシは4時間程度で消化されたように見受けられた。また、同じ量のワムシを1日2回に分けて給餌した結果（図8上段B）、腸管内のワムシは一定量に保たれていたことから、朝の給餌で4時間分、午後の給餌で4時間分のワムシを給餌する、1日2回の給餌が妥当であると考えられた。同様に、pre-flexion期の仔魚は6~9尾（図8 2段目A）、flexion期の仔魚は12~17尾（図8 3段目A）、post-flexion期の仔魚は50~63尾（図8 4段目A）のアルテミアを摂餌していた。水中のアルテミア密度がそれぞれ0.5尾/mL、1.0尾/mL、1.5尾/mLになるように1時間毎にアルテミアを捕つた結果、必要な総アルテミア尾数は55.4万尾、109.1万尾、279.2万尾であった。午後になると消化の進んでいない新しいアルテミアが腸管内に観察されたことから、このタイミングで2回目の給餌を行うことが妥当であると考えられた。また、16:30に摂餌尾数が増えていないことから、夜間に向けた給餌は不要であると考えられた。今回は500L水槽に6,200尾収容し1日約3換水した場合の目安の総給餌量を、水中の餌密度が一定になるようにして求めた（表1）。実験cで示したように、シシャモは仔魚期から配合飼料を餌として利用できることから、生物飼料に加えて配合飼料を給餌することでワムシやアルテミアの総給餌量をより減らすことができると考えられた。

#### イ 早期稚魚生産技術の検討

試験開始時の平均体長は2月孵化群で $7.3 \pm 0.2$ mm、4月孵化群で $8.7 \pm 0.3$ mmで2月孵化群の方が小さかった（Student's t-test,  $p < 0.01$ ）（図9）。しかし、70日目の平均体長は2月孵化群で $23.2 \pm 1.5$ mm、4月孵化群で $23.6 \pm 1.5$ mmで有意な差は見られなかった。孵化仔魚の卵黄面積は2月孵化群で $0.55 \pm 0.06$ mm<sup>2</sup>、4月孵化群で $0.20 \pm 0.06$ mm<sup>2</sup>で2月孵化群の方が大きいことから、卵内における卵黄による成長で孵化時の体長差が補われたと推測された（図10）。生残率は2月孵化群が71%、4月孵化群が73%とほぼ変わらなかった。

管理水温を調整し受精卵を早く孵化させることによる早期に稚魚を生産する技術が確立される可能性が示された。これにより、今後も種苗生産技術の開発を進めることで、早い時期に目標

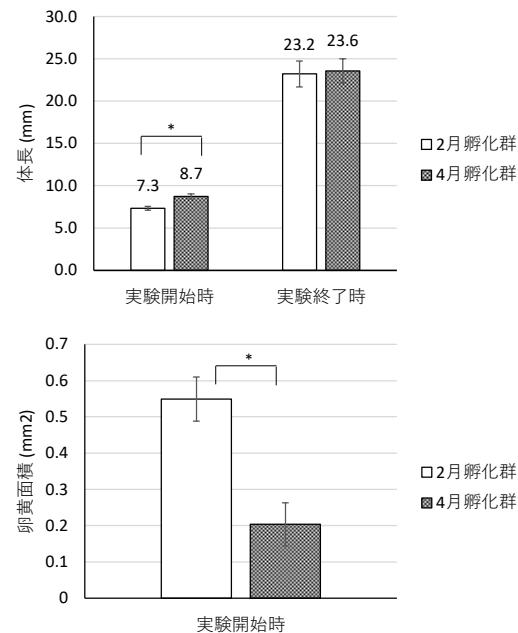


図9 孵化時期の異なるシシャモ仔魚の体長（上）と卵黄面積（下）

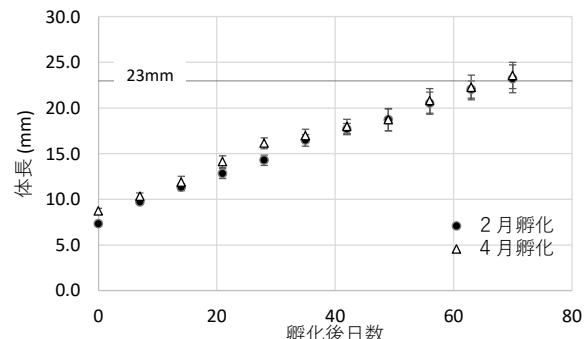


図10 孵化時期の異なるシシャモ仔魚の体長の変化  
体長23mmに到達する時期は2月孵化群においては4月中旬、4月孵化群においては6月中旬。

体長の稚魚を、あるいは6月下旬により大きい種苗を生産することも可能となる。

#### (4) 参考文献

- 石田太郎 (2019) 鶴川系シシャモ資源の加入量変動機構解明に向けた基礎的研究. 平成29年度栽培水産試験場事業報告書, 79-82.
- 尾見美 (1977) シシャモの卵発生速度に及ぼす水温の影響. 北水試月報, 34, 10-18.
- 石田遼太郎 (2016) 飼育実験によるシシャモの生態研究. 北水試だより, 93, 10-15.
- 岡田のぞみ (2020) 生態研究を目的としたシシャモ飼育技術の確立. 平成30年度栽培水産試験場事業報告書, 82-86.

## 4 北海道の海水を用いた魚類養殖の技術開発と効率化に関する研究

### 4. 1 アイナメ（経常研究）

担当者 栽培技術部 井上 智  
共同研究機関 熊本大学、滋賀県立大学  
協力機関 上ノ国町

#### （1）目的

北海道ではサケ・マス、スケトウダラやホッケ等の天然漁獲量が近年減少を続け、2016年には86万トンとなり、統計開始以来、初めて100万トンを割り込んだ。世界の天然魚漁獲量も1980年代後半以降頭打ちとなり、2010年は8,952万であった。また、世界の養殖業生産量は、淡水魚のコイ、フナ、ティラピアや工業原料の海藻類を中心に増加が続いているが、2010年には7,894万トンと天然漁獲量と拮抗する規模となった。一方、海面生産量における魚類養殖の占める割合は大きくなっているが、安定供給やトレーサビリティおよび品質面で優位性が高まっており、高度にブランド化され高値で取引されている。そのため北海道でも、商流側や加工業者から、魚介類の安定供給や履歴の明らかな特産製品の生産につなげるため、地元での魚類養殖生産増加に対する要望が挙げられている。そこで日本海漁業の振興につながる養殖事業が見込めるアイナメを研究対象とした。アイナメは東京では高値で取引されている高級魚であり、養殖という管理された環境で生産することができれば、安全で高付加価値な活魚として出荷することが可能となる。本研究ではアイナメの種苗生産の効率化・安定化技術を確立させ、幼魚から出荷サイズまでの成長を追跡し、養殖に必要な飼料効率などを調査する。また、養殖中の魚の行動解析に必要な撮影手法の確立を試み、養殖の効率化・省力化システム開発につながる基礎知見を得ることを目的とする。

#### （2）経過の概要

室蘭産アイナメの孵化仔魚に与える初期飼料についての検討を行った。また、若齢魚(1+)の飼料効率を求めた。行動解析手法開発ではサクラマスで用いられた手法がアイナメに適応できるかについて検討を行った。

#### ＜材料と方法＞

##### ア アイナメの種苗生産の安定化および養殖適性の把握に関する研究

アイナメ孵化仔魚が無給餌で生残できる日数を調べるために、10L プラケースに30粒の受精卵を収容して孵化させ、14°Cで無給餌飼育を行った。

仔魚飼育時の生物飼料から配合飼料への切り替えでは餌の切り替えが原因と思われる斃死が発生している。この餌の切り替えによる斃死を防止するため、孵化直後から配合飼料を給餌できるか検討を行った。500L パンライト水槽3槽に孵化当日から翌日の孵化仔魚を各500尾ずつ収容し、14°C海水のかけ流しで飼育を行った。孵化仔魚に対してアルテミア1回/日、配合飼料1回/日、配合飼料4回/日(自動給餌)の条件で給餌を行った。

上記試験開始から20日時点まで唯一生残したアルテミア給餌区～配合飼料の給餌を行って摂餌するか確認した。

500L パンライト水槽2槽を用いてアイナメ若齢魚(1+)に市販配合飼料を給餌して飼料効率を求める。飼育水温は自然水温とし、試験開始時に13.3°Cで試験終了時は19.2°Cであった。

##### イ 効率生産に向けた行動解析手法開発基礎研究

サクラマスで用いられる行動量を基にした行動解析手法と同様に撮影を行った。広角レンズのカメラで水槽全体が画角に収まるようにし、30秒に1回のペースで全22回の配合飼料を給餌した際のアイナメの行動を撮影した。撮影したデータは共同研究機関が行う解析に供した。

#### （3）得られた結果

##### ア アイナメの種苗生産の安定化および養殖適性の把握に関する研究

14°Cで飼育したアイナメ孵化仔魚の無給餌生残指数(SAI)は34.6で最も長い生残日数は孵化から10日間であった(表1)。

給餌条件の検討では試験開始7日で配合飼料4回/日(自動給餌)は全滅し、配合飼料1回/日も試験開始13日で全滅した。このことから配合飼料4回/日(自動給餌)では摂餌不良もしくは食べすぎによる詰まりなどを起こし、配合飼料1回/日では摂餌は行えたが栄養素や消化に問題があり長く生残できなかったと考えられる。

試験開始20日にアルテミア給餌区へ配合飼料を給餌したところ配合飼料の摂餌を確認できた(図1)。そのためアイナメ孵化仔魚にはアルテミアなどの生物飼料給餌期間が必要であり、生物飼料から配合飼料への餌の切り替えで生じる斃死は切り替え時期など別の対策が必要であることが判明した。

表1 14°Cで飼育したアイナメ孵化仔魚の無給餌生残

経過日数	死亡個体	生残個体
1	0	30
2	0	30
3	0	30
4	1	29
5	0	29
6	0	29
7	2	27
8	10	17
9	6	11
10	11	0

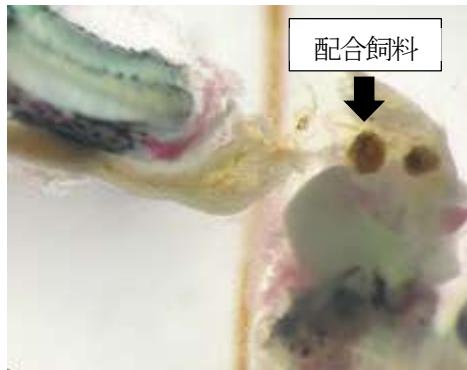


図1 アイナメ仔魚が摂食した消化管内の配合飼料

飼料効率試験では、試験開始時の飼育数は合計 133 尾で魚体重は平均 38.3g であり、93 日飼育後の飼育数は 116 尾で魚体重は平均 80.9g であった(図2)。その間の給餌量は個体あたり 57.7g であったため飼料効率は 64.0% であった。稚魚(0+) の飼料効率が 79%~150% であった事と比べると成長に伴って飼料効率が低下することが判明した。

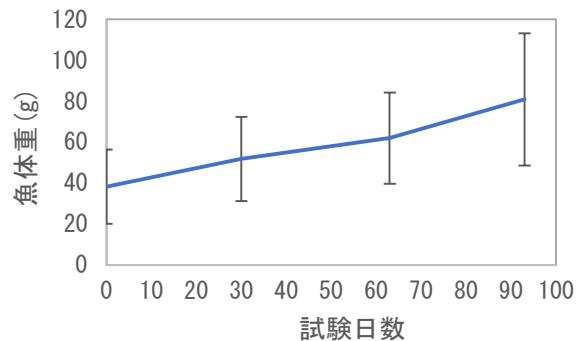


図2 アイナメ若齢魚(1+)の成長

#### イ 効率生産に向けた行動解析手法開発基礎研究

画像の変化量を行動量として解析すると、給餌したタイミングにピークが現れた(図3)。前半は目視での行動量とグラフの強度が一致してみえるが、後半は目視の行動量が少ないタイミングでもピークが現れており、給餌による水面の揺らぎなどが影響している可能性がある。アイナメはサクラマスに比べて動きが少なく、環境のノイズを受けやすいと考えられた。

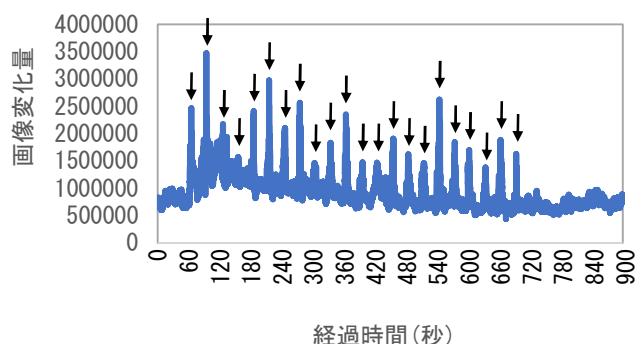


図3 アイナメに給餌した時の行動量解析結果(1分時点から30秒ごとに22回給餌、矢印: 給餌タイミング)

## 4. 2 北海道の海水を用いた魚類養殖の技術開発と効率化に関する研究 (サクラマス) (経常研究)

担当者 栽培技術部 三坂尚行

共同研究機関 熊本大学・滋賀県立大学

### (1) 目的

世界の養殖生産量は増加が続いているが、天然漁獲量を上回るようになった。北海道では近年天然漁獲量が減少を続けていることもあり、商流側や加工業者から、魚介類の安定供給や履歴の明らかな特産製品の生産につなげるため、地元での魚類養殖生産増加に対する要望が挙げられている。なかでもサケ科魚類の海面養殖に対するニーズが多く出されるが、それを進めるにあたっては、高成長等の優良系統選抜育種のため、高成長個体からの次世代生産が必要である。しかし親魚の海水から淡水への適切な移行時期が明らかになっておらず、また移行に伴って海水由来の病原体を淡水域に持ち込む危険性が指摘されている。

本研究では、日本海漁業の振興につながる養殖事業が見込めるサクラマスを研究対象とし、養殖用優良系統の選抜育種のために、海水で成長した高成長個体を淡水に移行する適切な時期を検討するとともに、病原体遮断のために海水中での最終成熟を試み、それにいたる効率およびそこから得られた卵による再生産の可能性について検討する。また、養殖中の魚の行動解析を試み、養殖工程の効率化・省力化システム開発につながる基礎知識を得ることを目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア サクラマス養殖用優良系統の次世代生産手法開発

親魚の適切な淡水移行時期を把握するため、栽培水産試験場で海水飼育した森在来系のサクラマス2+雌親魚について、水産試験場内に設置した淡水の閉鎖循環型水槽へ、6月および7月に移行させる群と海水で継続飼育する群に分けた。それについて、8月下旬から9月中旬にかけて、交配試験を行うとともに、海水中で排精した精子を人工精しようで100倍に希釈してから交配する試験も実施した。これらについては発眼率・浮上率を算出した。

#### イ 効率生産に向けた行動解析手法開発基礎研究

1+サクラマス幼魚を20尾収容した500L容量の水槽を用い、水温10°Cの11月と、水温1.4°Cの2月に、魚体重あたり0.1%の配合飼料を20秒おきに15回与え、その際の魚の活動量の画像を撮影し、活動量の比較を行った。

### (3) 得られた結果

#### ア サクラマス養殖用優良系統の次世代生産手法開発

8月26日に淡水で成熟した雌の卵に、淡水・海水で排精した雄の精子を用いて交配したところ、淡水排精雄を用いた交配ではほぼ8割以上の発眼率・浮上率が得られたのに対し、海水排精雄を用いた交配ではばらつきが見られた(表1)。9月7日に、海水で成熟した雌の卵に、淡水・海水で排精した雄の精子を用いて交配したところ、発眼率は低くばらつきが見られ、浮上率も低下したが、淡水で成熟した雌の卵に淡水・海水で排精した雄の精子を用いて交配したところ、ほぼ8割以上の高い発眼率が得られた。しかしこれらも浮上率はやや低下した(表2)。9月14日に海水で成熟した雌の卵に淡水・海水で排精した雄の精子を用いて交配したところ、淡水排精雄を用いた交配では70%以上の比較的高い発眼率が得られたが、浮上率はやや低くなかった。海水排精雄を用いた交配では0~95%と発眼率は大きくばらつき、浮上率もやや低くなった(表3)。これらのことから、淡水に移行させた雌雄を用いた交配では、ほぼ安定して高い発眼率が得られ、移行時期は6月・7月で差はないものの、海水で成熟させた雌雄を用いた交配では、発眼率のばらつきが大きく、それは雌・雄にそれぞれに起因する場合の両方があることが示唆された。また、海水中で成熟した雄の精子を人工精しようで希釈したところ、発眼率がやや改善する場合があることが示された。

表1 8月26日に行なった淡水移行・海水成熟雌雄を用いた交配

♀	♂	発眼率(%)	浮上率(%)
6月淡水移行-1	6月淡水移行	96.4	95.2
6月淡水移行-1	7月淡水移行	95.2	91.9
6月淡水移行-1	海水-1	100.0	95.1
6月淡水移行-1	海水-2	40.0	40.0
6月淡水移行-2	6月淡水移行	96.7	88.0
6月淡水移行-2	7月淡水移行	97.0	97.0
6月淡水移行-2	海水-1	94.4	93.1
6月淡水移行-2	海水-2	53.7	53.7
7月淡水移行-1	6月淡水移行	95.1	95.1
7月淡水移行-1	7月淡水移行	98.1	96.2
7月淡水移行-1	海水-1	100.0	96.8
7月淡水移行-1	海水-2	13.2	13.2
7月淡水移行-2	6月淡水移行	79.6	79.6
7月淡水移行-2	7月淡水移行	91.9	91.9
7月淡水移行-2	海水-1	97.3	96.0
7月淡水移行-2	海水-2	38.3	38.3

表2 9月7日に行った淡水移行・海水成熟雌雄を用いた交配

♀	♂	発眼率(%)	浮上率(%)
海水-1	海水-1	0.0	0.0
海水-2	海水-2	0.0	0.0
海水-3	海水-3	37.3	30.5
海水-1	海水-1人工精しょう希釈	9.1	1.9
海水-2	海水-2人工精しょう希釈	0.0	0.0
海水-3	海水-3人工精しょう希釈	54.8	35.6
海水-1	7月淡水移行-1	5.4	0.6
海水-2	7月淡水移行-2	0.0	0.0
海水-3	7月淡水移行-3	32.8	20.1
7月淡水移行-1	7月淡水移行-1	89.5	77.6
7月淡水移行-1	海水-1	82.9	62.9
7月淡水移行-1	海水-2	78.7	61.3
7月淡水移行-1	海水-3	77.4	53.6

表3 9月14日に行った淡水移行・海水成熟雌雄を用いた交配

♀	♂	発眼率(%)	浮上率(%)
海水-1	海水-1	12.7	7.3
海水-1	海水-2	95.4	80.0
海水-1	海水-3	93.9	66.7
海水-1	海水-4	62.7	35.6
海水-1	7月淡水移行-1	94.4	72.2
海水-1	7月淡水移行-2	95.8	68.1
海水-2	海水-1	0.0	0.0
海水-2	海水-2	65.8	31.6
海水-2	海水-3	88.9	48.1
海水-2	海水-4	25.0	14.6
海水-2	7月淡水移行-1	70.2	19.3
海水-2	7月淡水移行-2	90.2	22.0

## イ 効率生産に向けた行動解析手法開発基礎研究

11月と2月の給餌時の活動量を解析したところ、前者の活動量は後者のほぼ2倍となることが示された(図1)。このことから摂餌活動が活発な高水温時と、摂餌活動が停滞する低水温時の活動量を画像解析によって定量的に示すことが可能になった。

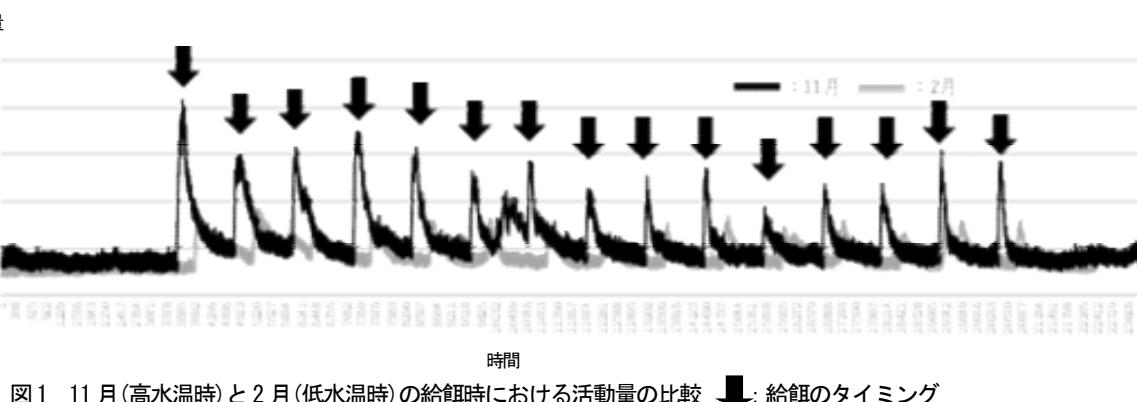


図1 11月(高水温時)と2月(低水温時)の給餌時における活動量の比較 ↓: 給餌のタイミング

## 5 資源生態解明に向けたシシャモの環境応答に対する研究－成長・生残と成熟－（経常研究）

担当者 栽培技術部 岡田のぞみ・松田泰平  
協力機関 さけます・内水面水産試験場  
鶴川漁業協同組合  
ひだか漁業協同組合

### (1) 目的

道南太平洋海域のシシャモの漁獲量は、かつては 1,000 トンを超えたがその後減少し、近年では 2012～2015 年に 36 トン以下、2020～2021 年には 8 トン以下と低い漁獲量水準で不漁であった。既往の研究では、仔魚期の減耗は成長速度が関与していると推定されており、仔魚期の成長速度は水温や餌などの環境変化により影響を受けると考えられる。また、当海域では 2018 年から 2 年連続で漁獲物の体サイズが小型化して問題となっており、水温や餌などが原因の一つとして考えられる。

当海域におけるシシャモの資源管理対策として、雌雄合計 60 万尾以上を鶴川へ遡上させることを具体的な資源管理目標値としてあげている。しかしながら、資源管理の目標値として親魚量よりも産卵量を指標とした方が、より安全である。産卵量は遡上親魚量と親魚の体長組成や年齢組成によって年変動するが、それに加えて、成熟過程の進行が環境の影響を受けることで体長と成熟する卵数の関係に変化が生じ、産卵量に影響する可能性がある。そこで、シシャモ資源をより高度に維持管理し、漁業を安定化させるため、従来の野外調査データに飼育試験により得られた資源変動要因となる成長・生残や成熟・産卵量に影響を与える環境要因のデータを統合して新しい資源管理対策を策定することが求められている。

本研究では新しい資源管理対策の策定に向け、フィールドでは把握が難しい環境に応答したシシャモの生態に関するデータを飼育試験により取得する。

### (2) 経過の概要

#### <材料と方法>

##### ア 卵および仔魚期の環境要因がふ化仔魚の成長・生残に与える影響

鶴川におけるシシャモの孵化時期は 4 月～5 月でこれは年にによって変動し、2012～2015 年の不漁をもたらした 2011～2014 年級群は、孵化仔魚の出現盛期が遅い傾向がみられたことが報告されている<sup>1)</sup>。本実験は、卵管理水温の変化による孵化時期の違いが、仔魚の成長にどのような影響を及ぼすか、また、孵化後の環境（水温）が仔魚の飢餓耐性にどのような影響を及ぼすかを調べることを目的に実施した。

###### (ア) 卵管理水温別仔魚飼育試験

鶴川に遡上したシシャモ親魚から採卵・採精し、乾導法により人工授精を行った。受精卵はカオリンを使って粘質除去を行い、30L 透明パンライト水槽に収容した。飼育水には、市販の水質調整剤により残留塩素を中和した水道水を用いた。水替えは 2～3 日に 1 度の頻度で行い、飼育水のおよそ 70 %を入れ替えた。水カビ防除を目的に、受精 24 時間後以降発眼するまで、水換え前に 30 分間プロノポール製剤（ハイセス、エランコジャパン（株））による薬浴を行った。初期水温は 8°C に設定した。胚体が形成された受精後 8 日目に水温を 5°C に下げ、その後眼胞、耳胞の形成が確認された受精後 31 日目に 1°C に下げた。受精後 121 日目となる 2021 年 3 月 18 日に受精卵の半分を透明パンライトに収容して徐々に水温を上昇させることで受精後 136 日目（4 月 2 日）に孵化した仔魚を 4 月上旬ハッチ群として試験に用いた。積算水温は 386°C 日、水温上昇開始から孵化までの日数は 15 日間だった。残りの受精卵の水温を受精後 156 日目（4 月 22 日）から上昇させ、受精後 162 日目となる 4 月 28 日に孵化した仔魚を 4 月下旬ハッチ群として試験に用いた。積算水温は 398°C 日、水温上昇開始から孵化までの日数は 6 日間だった。

孵化仔魚は MS-222 により麻酔を行った後、実体顕微鏡下で写真撮影を行い、開口の有無を確認した。画像解析により体長（脊索長）と側面から見た卵黄の面積を測定した。

卵質を評価するため、無給餌生残指数（Survival Activity Index, 以下 SAI）を調べる実験を以下の手順で行った。ふ化仔魚を 30 尾ずつ 5 個のポリプロピレン製食品保存容器（水量 750mL）に収容し、人工気象器（LPH-100S, (株)日本医化器械製作所）内で 10°C、24 時間点灯で管理した。3 日おきに飼育水の 1/3 (250mL) の水換えを行い、全数が死亡するまで毎日死亡数をカウントした。これらの結果を次式に代入して SAI を算出した。

$$SAI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i$$

N: 試験開始時の孵化仔魚数

hi : i 日目の累積斃死尾数

k : 生残尾数が 0 となるまでの日数

また、孵化後 20 日目までの成長を比較するため、飼育試験を行った。孵化仔魚 2,500 尾を 500 L 透明パンライト水槽に収容した。飼育水温は 10～11°C に設定し、注水量は 200mL/min（約

3 換水/日)とした。飼育水中に冷蔵ナンノクロロプロシス(ヤンマリンK-1, クロレラ工業(株))を1日2回添加した。給餌は試験開始後3日目から行い、給餌回数は9:30および13:30の2回とした。孵化後3日目～10日目はワムシを、8日目以降はアルテミアを給餌した。1回当たりの給餌個体数は、シシャモの飼育密度に応じて変え、翌朝の飼育水中に残らないように調整した。ワムシおよびアルテミアはDHA藻類を主体としたマリングロスEX(マリンテック(株))で栄養強化を行った。休日を除く毎日底掃除を行い、死亡数をカウントした。試験開始後21日目に各水槽100尾を抽出し、万能投影機に投射して体長をデジタルノギスで測定した。

#### (イ) 水温別仔魚飼育試験

鶴川に遡上した親魚から人工授精により受精卵を得て(ア)と同様に粘質除去と水カビ防除を行った。水温を5°C～10°Cで管理し、2021年1月25日に孵化した仔魚を試験に用いた。

##### a 水温がSAIに与える影響

シシャモ仔魚が経験する水温による、飢餓耐性の違いを調べるために、(ア)と同じ方法で無給餌飼育を行い、SAIを算出し比較した。飼育水温は5°C, 8°C, 11°Cとした。

##### b 摂餌開始時期と卵黄吸收過程、PNRの推定

シシャモ孵化仔魚の水温別摂餌開始時期を調べるための飼育試験には、500L透明パンライト水槽を用い、1水槽あたり5,000尾の仔魚を収容した。飼育水温は、5°C, 8°C, 11°Cとし、通気量は30mL/min、注水量は200mL/min(約3換水/日)とした。飼育水中に冷蔵ナンノクロロプロシスを1日2回添加した。試験開始後1日目から、1日2回、ベトナム産小型アルテミアを飼育水1mLあたり0.2個体となるように給餌した。朝(9:30)の給餌1時間後(10:30)に、30尾の仔魚を取り上げてMS-222で麻酔をかけ、実体顕微鏡下で腸管内のアルテミアの個体数を計数した。

PNR推定のための飼育試験には500L透明パンライト水槽を用い、1水槽あたり10,000尾の仔魚を収容した。飼育水温は、5°C, 8°C, 11°Cとし、通気量は30mL/min、注水量は200mL/min(約3換水/日)とした。飼育水中に冷蔵ナンノクロロプロシスを1日2回添加した。毎日10尾ずつ実体顕微鏡下で写真撮影を行い、画像から卵黄面積を測定した。卵黄の吸収が確認された日に、給餌試験を開始した。設定水温(5°C, 8°C, 11°C)毎に30尾ずつ3個のポリプロピレン製食品保存容器(水量750mL)に収容し、ナンノクロロプロシス120μL、小型アルテミア(2個体/mL)およびワムシ(10個体/mL)を給餌した。温度勾配恒温器(TG-180CCFL-5LD、(株)日本医化器械製作所)内で2時間保温した後、仔魚を取り上げ、MS-222で麻酔後、腸管内の餌生物の個体数を計数した。毎日実験を行い、摂餌率が最も高かった日の半分になった日をPNR(Point of no return:回復可能な飢餓の臨界点)とした<sup>2)</sup>。

##### イ 環境要因が稚魚の成長に与える影響

鶴川に遡上した親魚から人工授精により受精卵を得てア(ア)と同様に粘質除去と水カビ防除を行った。水温を孵化するまで1°C～10°Cで管理した。孵化仔魚を1,000Lパンライト水槽に収容し、ワムシ、アルテミア、配合飼料を給餌した。

体長30mm台の稚魚の試験には、119日齢の稚魚(平均体長33.4±4.2mm)を用いた。200Lパンライト水槽を用い、1水槽あたり100尾の稚魚を収容した。設定水温は3パターン(14, 18, 22°C)、給餌回数は2パターン(毎日給餌、週2回給餌)とし、各試験区トリプルで計18水槽を用いた。水温14°Cで収容後、1日2°Cずつ上昇させ、4週間飼育した。餌は配合飼料おとひめC1(日清丸紅)を飽和給餌となるように与えた。休日を除く毎日底掃除を行い、死亡数をカウントした。実験最終日は餌止めを行い、各水槽30尾ずつ体長と湿重量を測定し、生残数を計数した。

同様に体長50mm台の稚魚の試験には、212日齢の稚魚(平均体長56.5±5.8mm)を用いた。飼育試験には200Lパンライト水槽を用い、1水槽あたり150尾の稚魚を収容した。その他については体長30mm台稚魚の試験と同様に行った。

#### (3) 得られた結果

##### ア 卵および仔魚期の環境要因が孵化仔魚の成長・生残に与える影響

###### (ア) 卵管理水温別仔魚飼育試験

図1に、卵管理水温の推移を示した。水温を上昇させ始めてから孵化までに、4月上旬孵化群は15日間、4月下旬孵化群は6日間かかった。表1に飼育試験結果を示した。孵化時平均体長は4月下旬に孵化させた群の方が有意に小さかったが、3週間後および10週間後の体長に差が見られなかった。孵化時の卵黄サイズは4月上旬孵化の方が有意に小さかった。SAIは4月下旬孵化群の方が大きかったが有意な差は見られなかった。また、孵化時には全ての仔魚が開口していた。今回の実験では、4月上旬孵化の方が孵化時の卵黄サイズが小さかったことから、孵化前に卵内で卵黄による成長が進んだために孵化時の体長が大きく、また卵黄が小さいことから孵化後の成長が遅くなったと考えられる。

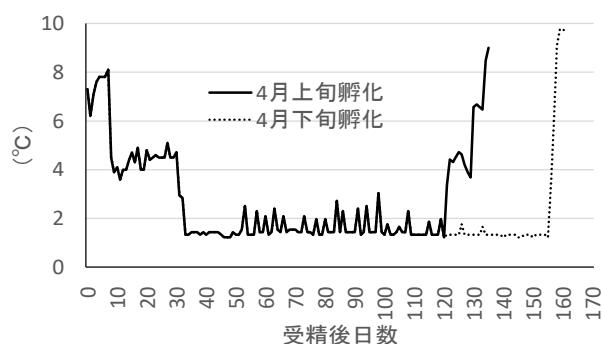


図1 受精卵の卵管理水温の変化

表1 卵管理水温別仔魚飼育試験結果

	4月上旬孵化	4月下旬孵化
孵化日	2021/4/2	2021/4/28
積算水温	392°C日	398°C日
平均飼育水温	10.4°C	10.3°C
孵化時平均体長	8.7mm	8.5mm **
卵黄面積	0.23mm <sup>2</sup>	0.26mm <sup>2</sup> *
無給餌生残指數(SAI)	107	113
3週間後平均体長	14.9mm	14.9mm
瞬間成長率(0-3週間)	2.5%	2.7%
10週間後平均体長	20.8mm	21.3mm
瞬間成長率(3-10週間)	0.7%	0.7%

Student's t test \*: p&lt;0.05, \*\*: p&lt;0.01

瞬間成長率 SGR =  $100 \times (\ln SL_{t_2} - \ln SL_{t_1}) / t$  $SL_{t_1}$ :前回測定時平均体長(mm),  $SL_{t_2}$ :測定時平均体長(mm)

t:測定間の日数

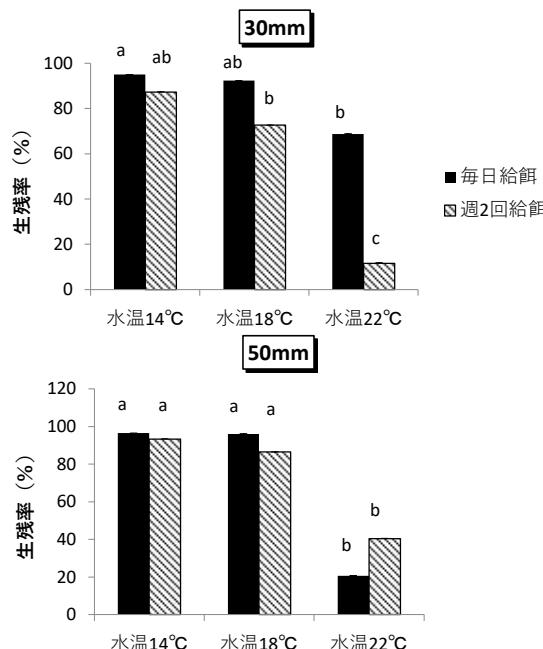


図2 異なる水温と給餌回数で飼育したシシャモ稚魚の生残率

二元配置分散分析を行った結果交互作用が認められたため、全群間で多重比較検定 (Scheffe's F test) を行った。異なる記号間で有意差あり。

4月上旬孵化群の方が水温上昇から孵化までの日数が長かったために、孵化前の卵黄を使った成長が進んだと推測された。卵黄の影響のない孵化後3週間以降の成長には差が見られなかったことから、卵期の水温がその後の仔魚の成長に直接影響しないと考える。

#### (イ) 水温別仔魚飼育試験

##### a 水温がSAIに与える影響

シシャモ孵化仔魚のSAIは水温が低いほど大きくなることが明らかになった。

##### b 摂餌開始時期と卵黄吸収過程、PNRの推定

シシャモ孵化仔魚の摂餌開始時期、卵黄消失時期、PNRはいず

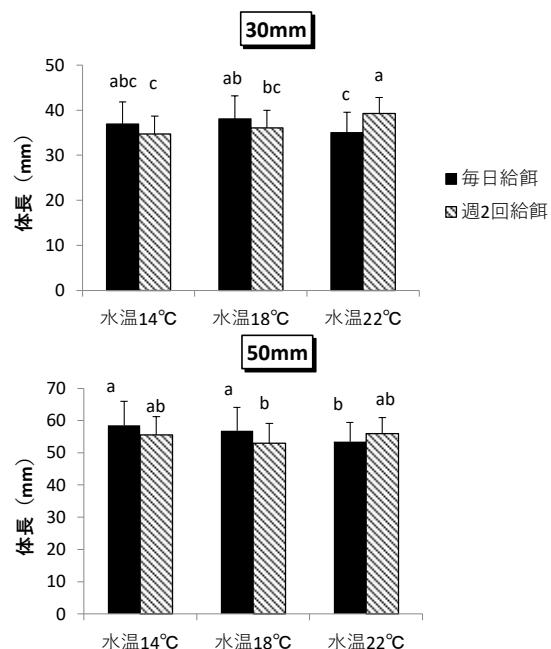


図3 異なる水温と給餌回数で飼育したシシャモ稚魚の平均体長

二元配置分散分析を行った結果交互作用が認められたため、全群間で多重比較検定 (Scheffe's F test) を行った。異なる記号間で有意差あり。

れも、水温が低いほど遅いことが明らかになった。

#### イ 環境要因が稚魚の成長に与える影響

図2に、各試験区における平均生残率を示した。逆正弦変換を行って二元配置分散分析を行った結果、30mm稚魚では、飼育水温と給餌回数に交互作用が認められ、高水温で餌が少ないと生残率が低下すると考えられた。一方50mm稚魚では飼育水温と給餌回数には相殺作用の交互作用が認められ、給餌回数によらず22°Cで生残率が低下する可能性があった。

図3に実験終了時の平均体長を示した。30mm稚魚では、飼育水温と給餌回数に交互作用が認められ、高水温で餌が少ないと平均体長が大きかった。50mm稚魚でも飼育水温と給餌回数に交互作用が認められ、同じ18°Cでも餌料量が少ないと平均体長が小さいが、14°Cや22°Cでは差が見られなかった。また、毎日給餌では高水温(22°C)で体長が小さかったが、週2回給餌では体長に差が見られなかった。両方の実験において、22°Cの高水温区は生残率が低く、餌あたりが良かったために成長が促進されたか、実験開始時に小さかった個体が死亡したために、実験終了時の平均体長が大きくなった可能性がある。飼育密度の違いは成長に影響を与えるため、死亡個体が出ないように実験条件を変える必要がある。または、実験終了時の体長ではなく、個体の成長を示す指標の探索が望まれる。

(4) 参考文献

- 1) 吉田秀嗣, 新居久也, 藤井 真, 今野義文, 工藤 智:道南太平洋海域におけるシシャモの不漁要因について(資料), 北海道水産試験場研究報告 2021 ; 99 : 25-30
- 2) Dou, S. Z., Masuda, R., Tanaka, M. and Tsukamoto, K. Effects of temperature and delayed initial feeding on the survival and growth of Japanese flounder larvae. *J. Fish. Biol.* 2005; 66: 362-377

## 6 養殖用種苗生産技術の開発に向けた道産エゾイシカゲガイの生物特性解明（経常研究）

担当者 栽培技術部 井上 智  
共同研究機関 鈎路水産試験場  
協力機関 根室地区水産技術普及指導所、根室漁業協同組合、胆振地区水産技術普及指導所、鶴川漁業協同組合、いぶり噴火湾漁業協同組合

### （1）目的

全道的に漁獲が減る中、漁業生産の安定化と向上のため新たな養殖対象種の開発が求められている。近年はニジマスやサクラマスなどの魚類養殖が活発に試みられているが、低労力で行える無給餌養殖の対象として二枚貝養殖など魚類以外の種についても要望が出ている。エゾイシカゲガイは北方域に生息する雌雄同体の潜砂性二枚貝であり、近縁種には本州から九州に存在するイシカゲガイやエゾイシカゲガイより大型なオオイシカゲガイが存在する。道内ではホタテガイ漁やホッキガイ漁で混獲されることがあるが、漁獲量が少ないため有効活用されていない。また、道北ではホタテガイ採苗の際にエゾイシカゲガイの稚貝が混入しているという報告がある。エゾイシカゲガイは高級な寿司ネタとして扱われており、令和3年度の岩手県産エゾイシカゲガイの東京卸売市場での販売単価は1kgあたり3,400円を超え、養殖対象種として有望である。宮城県では採卵や浮遊幼生飼育に関する試験が行われたものの、稚貝の着底や中間育成に関する情報はなく、また産卵期や幼生飼育の好適環境など地域差も考えられるため、道産エゾイシカゲガイに適した種苗生産技術を開発する必要がある。そのため本研究では道産エゾイシカゲガイの種苗生産技術開発に向け、親貝の成熟や幼生飼育における好適水温・密度、稚貝の着底様式などの生物特性を明らかとすることを目的とする。

### （2）経過の概要

北海道産エゾイシカゲガイの産卵誘発を行い誘発するためには必要となる刺激条件の検討を行った。また、産卵誘発により得られた受精卵から孵化したD型幼生を異なる温度で飼育することで、幼生飼育に適した水温を調査した。

### ＜材料と方法＞

#### ア 採卵条件の検討

11月18日に搬入し、5°Cで飼育している北海道産エゾイシカゲガイを親貝とし、4月13日、4月20日および5月1日に産卵

誘発を行った。産卵誘発の刺激として、すべての誘発において親貝飼育水温から5°Cの昇温および海水への紫外線照射を行った。そのうち4月20日の誘発では親貝を前日夕方から一晩冷蔵庫(4°C)に入れる干出を行った。得られた受精卵を1トンパンライト水槽に収容し、D型幼生移行率を調べた。

#### イ 人工種苗飼育条件の検討

先ほどの試験で得られた3日齢のD型幼生を用い、飼育可能水温を調べるために8°C、13°Cおよび18°Cの異なる水温に設定した100Lパンライト水槽に1.0個体/mLとなるように収容した。餌は150万細胞/mLのキートセラスを初期は1日1回50mLを与え、以後2日毎に50mL増量した。14日間の飼育を行い成長・生残について調査した。

### （3）得られた結果

#### ア 採卵条件の検討

4月13日と20日の産卵誘発ではいずれも産卵しなかった(表1)。5月1日に18個体をパンライト水槽に収容し、10°Cに昇温した紫外線照射精密ろ過海水をかけ流して産卵誘発を行うと、1時間30分で産卵・放精する個体が現れた。産卵誘発開始から約10時間で18個体中15個体が放卵・放精した。この結果から、エゾイシカゲガイの採卵は他の二枚貝と同様に海水への紫外線照射と昇温で誘発できると考えられた。干出を行わなくても産卵することは確認できたが、干出による影響の有無は求められなかった。得られた受精卵を13°Cで管理すると翌日にはトロコフォア幼生となり、2日でD型幼生となった。D型幼生移行率は104%であった。

表1 道産エゾイシカゲガイ産卵誘発の結果

日付	産地	誘発個体数	飼育温度(°C)	誘発温度(°C)	その他刺激	反応個体	卵数(粒)
4月13日	鶴川	13	5	10	紫外線	0	0
4月20日	鶴川	10	5	10	干出+紫外線	0	0
5月1日	鶴川	18	5	10	紫外線	15	700万

#### イ 人工種苗飼育条件の検討

水温別にD型幼生を飼育すると温度が上がるにつれて成長が良くなることが判明した(図1)。一方で生残率は8°Cと13°Cで46.7%および45.3%であったが、18°Cは21.7%と低かった(図2)。このことから、道産エゾイシカゲガイの浮遊幼生は13°C前後で飼育したときに生産成績が良好となることが判明した。

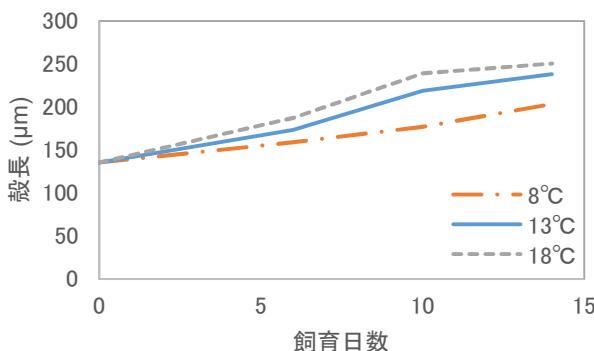


図1 エゾイシカゲガイ浮遊幼生の温度別飼育における成長

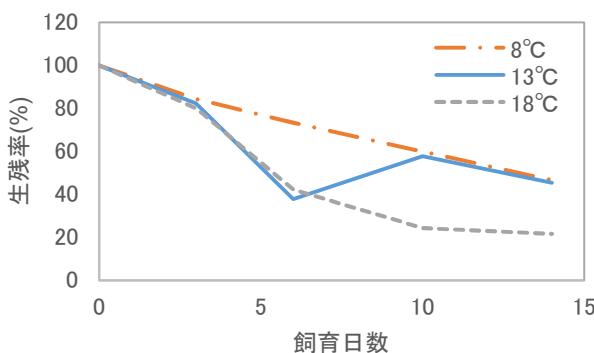


図2 エゾイシカゲガイ浮遊幼生の温度別飼育における生残率

## 7. 環境情報を活用した養殖ホタテガイ稚貝の順応的管理手法の構築（経常研究）

担当者 栽培技術部 三坂尚行

共同研究機関 函館水産試験場

### (1) 目的

噴火湾のホタテガイ養殖は道南地域の基幹産業である。しかし近年、中間育成中の稚貝（生後1年未満）のへい死が頻発し、年間生産量が4割以下に落ち込み、地域経済に深刻な影響をもたらしている。稚貝のへい死には長期的または短期的に変動する海洋環境が強く関わっていると考えられる。そのため、稚貝へい死年の環境要因の理解を深化させるとともに、管理手法によるへい死低減効果を実証し、環境情報を活用した稚貝の順応的管理手法を構築することができれば、ホタテガイ養殖の生産安定化に大きく寄与することが期待される。本試験では環境要因のうち、仮分散時期の水温および給餌条件について、条件を変えて室内で飼育試験を行い、その後の生残や成長に及ぼす影響を把握することを目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア 室内試験における稚貝飼育

令和3年8月1日に胆振管内の一漁家で、仮分散時期の稚貝を採集し、8月5日に栽培水産試験場に設置した100L容量のパンライト水槽内に吊したザブトンかごに300個体ずつを収容した（平均殻長7.9mm）。水槽は4つ用意し、水槽周辺に調温海水を流すことにより、2つの水槽は20°Cに、残りの2つは15°Cに設定した。1トン容量パンライト水槽に、稚貝の餌となるキートセラスを培養し、各水温の水槽の1つにはキートセラスを滴下により毎日連続的に給餌し、各水温の水槽のもう1つには、隔日で滴下給餌した。以下水温20°C毎日給餌を20A、20°C隔日給餌を20B、15°C毎日給餌を15A、15°C隔日給餌を15Bとする。

#### イ 室内飼育した稚貝の自然海域での養成

栽培水産試験場で養成した各稚貝の生貝を、9月15日に渡島管内一漁家の漁場に設置したザブトンかごに収容した。これらの稚貝については、10月に丸かごを用いて、1段あたりの生貝数を50個体に分散し、翌年3月まで養成し、生残数や正常貝・外部異常貝の計数および殻長の測定を行った。

### (3) 得られた結果

#### ア 室内試験における稚貝飼育

栽培水産試験場で飼育中の平均水温は、20A,Bで20.0°C、15A,Bで15.1°Cであった。飼育期間中の水槽中のキートセラス濃度は、20A, 15Aで4,890~92,560個体/ml、20B, 15Bで0~32,890

個体/mlの間で推移した。

9月6日に殻長の測定及び生残数・死亡数の計数を行ったところ、20A, 20B, 15A, 15Bの生貝の平均殻長はそれぞれ15.5mm, 12.3mm, 13.3mm, 11.4mmであった。このことから、水温と給餌条件は仮分散稚貝の成長に影響を及ぼすことが示唆された。また生残率はそれぞれ88.1%, 96.1%, 84.2%, 95.2%と、隔日給餌群の方がやや高くなかった（表1）。

#### イ 室内飼育した稚貝の自然海域での養成

3月に稚貝を取り上げたところ、20A, 20B, 15A, 15Bの正常貝の平均殻長はそれぞれ50.4mm, 50.1mm, 50.7mm, 51.0mmであった。また、すべての試験区で生残率は98%以上であり、正常貝率も95%以上であった（表2）。

これらのことから、仮分散時の水温・給餌条件の違いは、本分散後の成長や生残、正常貝率には影響しない可能性が示唆された。

表1 水温15°C, 20°Cで毎日給餌(A), 隔日給餌(B)した仮分散稚貝の平均殻長と生残率

	20A	20B	15A	15B
平均殻長(mm)	15.5	12.3	13.3	11.4
生残率(%)	88.1	96.1	84.2	95.2

表2 水温15°C, 20°Cで毎日給餌(A), 隔日給餌(B)した仮分散稚貝を自然海域で養成した後の平均殻長、生残率および正常貝率

	20A	20B	15A	15B
平均殻長(mm)	50.4	50.1	50.7	51.0
生残率(%)	100.0	99.5	98.0	100.0
正常貝率(%)	98.5	95.9	97.0	96.7

## 8. マツカワの種苗生産施設にみられた新興感染症の診断および治療・予防技術の開発（経常研究）

担当者 栽培技術部 松田泰平  
 共同研究機関 さけます・内水面水産試験場  
 内水面資源部  
 協力機関 北海道栽培漁業伊達センター

### (1) 目的

2017年と2019年に、マツカワ種苗生産施設または中間飼育施設で種苗の大量死が発生した。2017年の症例では、未同定のウイルス様微生物が分離され、感染試験により全長20mm程度の種苗で死亡が確認された。2019年の症例では、他魚種で病原性が報告されている*Pseudomonas anguilliseptica*（以下、*Pa*）が分離された。両症例はマツカワで初の発症例であり、両微生物の感染源の把握、診断技術と予防法の開発は行なわれていない。カレイ目魚類細菌病の治療には、抗菌剤の塩酸オキシテトラサイクリン（以下、OTC）の投与が承認されているが、マツカワの*Pa*感染症に対するOTCの適切な処方は不明である。マツカワ種苗生産の安定化には、両微生物とともに疫学情報収集による感染源の把握、診断技術および予防・治療法の検討および開発が必要である。そこで、未同定のウイルス様微生物や*Pa*感染症によるマツカワ種苗の死亡被害を防ぐため、両微生物について診断技術の検討・開発、疫学調査、予防・治療法の予備試験を行う。

### (2) 経過の概要

課題として、診断技術開発、疫学予備調査、治療・予防法の開発を設定した。このうち、栽培水試では治療・予防法の開発の細課題として、ハーブ毒性試験とOTC吸収試験を担当した。予備試験で*Pa*に対するハーブの効果を平板ディスク法で検討したこと、オレガノやハッカで阻止円ができる 것을確認した。そこで、オレガノ精油やハッカ精油を添加した飼料を給餌して、*Pa*に対しての予防・治療効果を検討する。今年度は事前試験として、ハーブ類のマツカワへの短期的および長期的な毒性を調べた。また、マツカワの*Pa*感染症に対するOTCの適切な処方は不明であるため、始めにマツカワのOTCに対する吸収能を調べた。

### <材料と方法>

#### ア マツカワ新興感染症の治療・予防法の開発

##### (ア) ハーブ毒性試験

平均全長 $38.1 \pm 2.8\text{mm}$ 、平均体重 $0.6 \pm 0.1\text{g}$ のマツカワを1試験区あたり30尾ずつ100Lパンライト水槽3槽に収容した。給餌には配合飼料（おとひめEP2、日清丸紅飼料）を用い、オレガノが成分として含まれている市販のサーモンリキッド（大橋資材）を規定量（ $22\mu\text{l/g}$ ）および10倍量（ $220\mu\text{l/g}$ ）添加した飼料を給餌する試験区と無添加飼料を給餌する対照区を設定した。2021年7月1日から9月30日まで、この3種の飼料を給餌し、死亡数と成長を観察した。

ハッカについては、忌避性を観察するために同サイズのマツカワ30尾を入れた100Lパンライト水槽を1試験区あたり3水槽用意した。試験ではハッカ油を配合飼料に0.02%、0.2%添加したもの用意し、体重当たり10%量給餌して摂餌状況を観察した。対照として、無添加の配合飼料を給餌し、摂餌状況を比較観察した。

##### (イ) OTC吸収試験

平均全長 $43.7 \pm 3.1\text{mm}$ 、平均体重 $0.9 \pm 0.2\text{g}$ のマツカワを1試験区あたり30尾×100Lパンライト水槽3槽に収容した。給餌には配合飼料（おとひめEP3、日清丸紅飼料）を用い、OTCを魚体重1kgあたり50mgとなるように飼料と混合した。7日間給餌し、最後の給餌から2時間後にサンプリングした。対照区として無添加の飼料を給餌し、試験区と同様にサンプリングした。サンプリング後、頭部・腹部・尾部を除去した個体を1試験区当たり10尾ずつプールにしてOTCの測定まで $-80^\circ\text{C}$ に冷凍保存した。解凍後、サンプルを10尾プールで残留OTCの測定に供した。

残留OTC量の測定は食品に残留する農薬等の試験法のオキシテトラサイクリン、クロルテトラサイクリンおよびテトラサイクリン試験法（食品に残留す

る農薬、飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法(平成17年1月24日付け食安発第0124001号厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知、第三章 個別試験法))に準じて実施した。

### (3) 得られた結果および考察

#### ア マツカワ新興感染症の治療・予防法の開発

##### (ア) ハーブ毒性試験

対照区で水槽から飛び出して死亡した1例以外、サーモンリキッドを飼料に添加した2試験区を含めて死亡は無く、サーモンリキッド添加飼料による死亡に至るような長期的毒性は認められなかった。しかし、10倍量給餌区で摂餌量の低下が見られ、試験終了後の全長・体重は対照区および規定量給餌区よりも小さかった(表1)。今後、油分またはオレガノが摂餌量に影響するかを検討する必要がある。

表1 オレガノ含有飼料添加物(サーモンリキッド)のマツカワに対する給餌試験結果

	生残率(%)	平均全長(mm)	平均体重(g)
対照区	98.9*	83.1±5.9	8.0±1.7
規定量給餌区	100	82.4±6.0	7.9±1.8
10倍量給餌区	100	78.5±6.1	7.2±1.9

\*:1尾飛び出しによる死亡

ハッカ添加の飼料を体重当たり 10% 量給餌した試験区でも、給餌 1 時間後の観察では対照区と同じ程度摂餌し、2 時間後には残餌がなかったため、忌避性はないと考えられた。また、給餌日から 3 日間の観察では死亡はなかったため、短期的に死亡に至る毒性はないと考えられた。

##### (イ) OTC 吸収試験

対照区および試験区とも投与期間中の死亡はなかった。得られた検体から OTC 吸収量を分析した結果、対照区では全て検出限界以下 ( $< 0.02 \mu\text{g/g}$ ) であったのに対し、OTC 投与区では  $0.04 \sim 0.06 \mu\text{g/g}$  であった(表2)。なお、対照区の 1 水槽分と OTC 投与区の 1 水槽分の検体については分析中の事故により、測定できなかった。

さけます・内水面水産試験場で実施した試験では、*Pa* の OTC 最小阻止濃度が  $0.04 \mu\text{g/ml}$  であったことから、今回分離された *Pa* に対して規定量の OTC 投与が有効となる可能性が示された。しかし、最終日の給餌後の体内残留量と最小阻止濃度がほぼ同じで

表2 標定量の OTC を 7 日間マツカワ稚魚に投与したときの体内残留量

試験区	OTC濃度 ( $\mu\text{g/g}$ )	試験区	OTC濃度 ( $\mu\text{g/g}$ )
対照1-1	no-data	OTC1-1	no-data
対照1-2	no-data	OTC1-2	no-data
対照1-3	no-data	OTC1-3	no-data
対照2-1	<0.02	OTC2-1	0.06
対照2-2	<0.02	OTC2-2	0.06
対照2-3	<0.02	OTC2-3	0.04
対照3-1	<0.02	OTC3-1	0.05
対照3-2	<0.02	OTC3-2	0.04
対照3-3	<0.02	OTC3-3	0.04

あったことから、給餌後の時間の経過とともに体内的残留量が最小阻止濃度よりも下回り、耐性菌が発生する可能性も考えられた。そのため、今後は体内的残留時間を検討する必要がある。また、今回の体内残留濃度では検出限界に近いことから、更に濃い濃度の OTC を投与し、体内的残留濃度を上昇させる検討を行う必要がある。

## 9 噴火湾ホタテガイ生産安定化モニタリング試験（受託研究）

### 9. 1 浮遊幼生発生量調査の技術支援

担当者 栽培技術部 川崎琢真

共同研究機関 函館水産試験場調査研究部

協力機関 胆振地区水産技術普及指導所

#### (1) 目的

ホタテガイ養殖は天然採苗、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、採苗不良、へい死、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。噴火湾のホタテガイ養殖漁家の経営を安定化させるために、これらの要素に対応する試験研究の推進、拡充が強く求められている。

そこで本研究では、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。

#### (2) 経過の概要

栽培水産試験場では、2021年春のホタテガイ浮遊幼生発生量調査のために必要なホタテガイ幼生染色キットの製作と配布による現場への技術支援を行った。

#### <材料と方法>

##### ア ホタテガイ幼生発生量調査用染色キットの要望聞き取りとキットの制作・配布

2021年春の天然ホタテガイ幼生の発生量調査に用いる染色キットの要望を集約するため、水産技術普及指導所を通じて各浜からのキットの要望数をとりまとめた。染色キットは、清水ら(2014, 2015, 2016)にて開発されたホタテガイ幼生免疫染色技術を、川崎(2018, 2021)にて現場向けに改良し、赤色染色キットとして製作・配布した。また、技術習得の要望があつた浜に対しては、実技を含む研修を行った。

#### (3) 得られた結果

##### ア 2022年の幼生染色キット要望と配布状況および研修実施

ホタテガイ幼生染色キットの聞き取りの結果、全道で合計1480回分の要望を受けた(表1)。これに対してキットを作製し、各要望元に配布した。研修については、2地区で実施した(表2)。

表1 ホタテガイ幼生染色キットの配布状況

送付先	配布数	備考
渡島北部地区水産技術普及指導所	20セット(600回分)	キットは漁協に配布
胆振地区水産技術普及指導所	4セット(400回分)	キットは漁協に配布
後志地区水産技術普及指導所	2セット(60回分)	
上記 岩内支所	2セット(60回分)	うち1セットは黒色
石狩地区水産技術普及指導所	1セット(30回分)	
留萌地区水産技術普及指導所	3セット(90回分)	
宗谷地区水産技術普及指導所	1セット(30回分)	
上記 枝幸支所	1セット(30回分)	
網走西部地区水産技術普及指導所	3セット(90回分)	
網走東部地区水産技術普及指導所	3セット(90回分)	
根室地区水産技術普及指導所標津支所	1セット(30回分)	

表2 ホタテガイ幼生染色技術研修実施状況

日付	要望機関	参加人数	参加者所属
4月14日	渡島北部地区水産技術普及指導所	15名	漁協、市町村、普及所
4月21日	網走東部地区水産技術普及指導所	15名	漁協、市町村、普及所

#### (4) 参考文献

- 清水洋平, 犬野俊明, 成田伝彦, 板倉祥一, 榎本洸一, 戸田真志, 川崎琢真, 高畠信一, 岩井俊治, 山下正兼(2016)ホタテガイ幼生分布調査に有用な免疫染色技術の実用的改善 北水試研報 89, 1-8
- 清水洋平・川崎琢真・高畠信一・岩井俊治・山下正兼 (2015) ホタテガイ幼生分布調査現場への普及に向けた免疫染色技術の簡易化, 北水試研報 87, 93-96
- 清水洋平・岩井俊治・高畠信一・川崎琢真・山下正兼 (2014) ホタテガイ幼生簡易同定に用いる高特異的ポリクローナル抗体の作製, 水産技術 7 (1), 31-36
- 川崎琢真 (2018) ホタテガイ浮遊幼生発生量調査の軽労力化への取り組み 試験研究は今 No. 860
- 川崎琢真 (2021) ホタテガイ幼生発生量調査の労力軽減に向けた技術開発 北水試だより No. 103

## 10 外海域におけるホタテガイ稚貝生産技術改善調査（受託研究）

### 10. 1 付着稚貝の環境耐性試験

担当者 栽培技術部 岡田のぞみ・三坂尚行・清水洋平  
共同研究機関 網走水産試験場・中央水産試験場・熊本大学・  
滋賀県立大学・網走漁業協同組合・紋別漁業協同組合

#### (1) 目的

北海道の基幹産業であるホタテガイ漁業の中核となる技術は、天然採苗と稚貝の中間育成である。近年の種苗生産地での採苗不振などもあり、オホーツク海でも地場での採苗や中間育成への需要が高まっている。噴火湾や日本海などの種苗生産地ではこれら技術発展が進んでいるが、オホーツク海は、流氷の到来など、他海域とは異なる海洋環境下で中間育成を行うため、稚貝の成長、生残と外的条件の関係は未解明な部分が多く、知見の集積が望まれている。加えて、海水温の上昇や籠の振動による負の影響はオホーツク海を含む道内各地で懸念されおり、ホタテガイへのダメージの定量化が望まれている。

#### (2) 経過の概要

一般的に高水温によるストレスで発現するとされる熱ショックタンパク質 70 (以下 HSP70) について、稚貝の高水温ストレスの指標として利用できるかどうかを調べるために、まずは、稚貝の高水温飼育実験と HSP70 の検出および定量手法の検討を行った。

#### <材料と方法>

##### ア 稚貝の高水温暴露実験およびサンプル採取

稚貝は網走漁業協同組合より入手し、クール便により栽培水試へ搬送した。稚貝の平均殻長は 10.5mm だった。到着した日（8月 31 日）から実験開始（9月 28 日）までの 28 日間、餌としてキートセラスを与えて 15°C に調温した海水で馴致を行った。実験には 200L パンライト水槽を用い、ヒーターにより水温を 15°C, 18°C, 21°C および 24°C に設定した。各水槽には野菜かご（外寸 353×228×90mm, サンコー）を 2 つ浮かべ、実験開始時にそれぞれ 100 個体のホタテガイ稚貝を収容した。2 つの野菜かごのうち 1 つは経時的なサンプリング用とし、他方は実験終了時の生残数を計数するために用いた。サンプリングは、実験開始時（収容前）、開始 3 時間後、1 日後、3 日後、7 日後に行い、各水温区から 10 個体を無作為に採取した。採取した稚貝を実験水槽と同温度に調整した麻酔薬（4% 塩化マグネシウム 6 水

和物、50% 海水）に入れ、貝殻が閉じなくなったところで切開し、外套膜を取り出した。外套膜を氷上で冷却した 1.5mL サンプルチューブ中の 0.1mL のタンパク質抽出液 (EzRIPA Lysis kit, ATTO) を入れ、ペッスルですりつぶした。その後、13,000g で 1 分間遠心し、上澄みをサンプルとした。サンプルは使用まで 30°C で保存した。サンプル中のタンパク質濃度は、Coomassie (Bradford) Protein Assay Kit (サーモサイエンティフィック社) を用いて測定した。

##### イ ウエスタンブロッティングによる HSP70 の検出

電気泳動には 12.5% ゲル濃度の e-PAGE L HR (ATTO) を用いた。泳動条件は 20mA で 1 枚当たり 75 分とした。1μg/μL の濃度に調整したサンプル 5μL を 5μL の EzApply (ATTO) と混合し、電気泳動に供した。泳動したサンプル数は、各水温区とも 3 個体とした。サイズマーカーには EzProtein Ladder (ATTO) を用いた。プロッティングには QBlot kit (ATTO) を用い、プロッティング条件は 12V で 30 分とした。タンパク質が転写されたメンブレンを 5% 濃度となるように Tween20 を加えたトリス緩衝液 (pH 6.8, TBST) 50mL により 1 時間室温で洗浄した。次いで 1 次抗体 (Anti HSP70 Rabbit Polyclonal antibody, 10995-1-AP, Proteintech 社) をプロッキングバッファー (Super Block Blocking Buffer in TBS, サーモサイエンティフィック社) で 2,500 倍希釈した抗体溶液 5mL に浸し、37°C で 1 時間反応させた。1 次抗体反応後、TBST を用いて室温で 10 分間 3 回洗浄した。2 次抗体 (Alkaline Phosphatase-conjugated Anti-Rabbit IgG, 111-005-003, Immuno, Research 社) をプロッキングバッファーで 2,500 倍希釈した抗体溶液 5mL に浸し、4°C で 1 晩反応させた。TBST を用いて室温で 10 分間 3 回洗浄した後、5mL の発色基質 (BCIP/NBT solution, B6404, Premixed, Sigma 社) により発色させた。発色反応は水道水により停止させた。

##### ウ ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) による HSP70 の定量

プレートには細胞培養用 96 ウェルプレート (168055, サーモサイエンティフィック社) を用いた。固相化は、蒸留水で

0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ に希釈したサンプルを1ウェルあたり50 $\mu\text{L}$ 入れ、4°Cで1晩行った。その後、サンプルを廃棄し、スキムミルク（北海道スキムミルク、雪印メグミルク）を5%濃度となるようにトリス緩衝液(TBS)に溶解して作製したブロッキング溶液300 $\mu\text{L}$ により37°Cで1時間ブロッキング処理を行った。TBSを用いて10分間3回洗浄を行い、洗浄液を取り除いた後、1次抗体(Anti-HSP70 Rabbit Polyclonal antibody, 10995-1-AP, Proteintech社)をTBSで2,000倍希釈した抗体溶液50 $\mu\text{L}$ を加え、4°Cで1晩反応させた。1次抗体反応後、ブロッキング処理を同様に行い、300 $\mu\text{L}$ のTBSを用いて10分間3回の洗浄を行った。洗浄液を取り除いた後、2次抗体(Goat Anti-Rabbit IgG, HRP-conjugated, 4050-05, Southern Biotech社)をTBSで5,000倍希釈した抗体溶液50 $\mu\text{L}$ を加え、4°Cで1晩反応させた。2次抗体の反応後、300 $\mu\text{L}$ のTBSを用いて10分間6回の洗浄を行った。ELISA POD基質TMBキット(ナカラライテスク社)を用いて30分間発色させたのち、1M硫酸で反応を停止させた。吸光度はマイクロプレートリーダー(MTP-320, コロナ電気株式会社)を用いて測定した。ELISAの繰り返しは各サンプルとも2回とし、平均値を得た。水温別飼育実験スタート時のサンプルの平均値を1として、実験区の値を算出した。実験区間の差はフィッシャーのLSD法により調べた。

### (3) 得られた結果

#### ア 稚貝の高水温暴露実験およびサンプル採取

水温別飼育実験終了時の生残率を図1に示した。15°C区では、全個体が生残した。18°C区と21°C区の生残率はそれぞれ98%および97%だった。24°C区では16個体が死亡し、生残率が84%となった。これらのことから、18°Cを超えた水温が継続すると、特に24°Cを超えると、死亡する危険性があることが分かった。

#### イ ウエスタンプロッティングによるHSP70の検出

ウエスタンプロッティングの結果を図2に示した。稚貝の抽出液を泳動したレーン(①～⑤)では、ヒトのHSP70(P)とほぼ同位置に染色されたバンドが示された(図2矢頭)。このことは、本実験で用いたHSP70に対する抗体がホタテガイのHSP70を認識し、このタンパク質の検出に利用できると考えられた。また、飼育実験スタート時(①)であってもバンドが確認できた。このことは、このタンパク質が実験開始前から発現していたことを示している。実験開始3時間後(図2-A)から7日目(図2-D)まで、各水温区(②～⑤)でもバンドを確認することができていることから、飼育水温にかかわらず、実験スタート時から7日後までHSP70の発現が継続していることがわかった。

#### ウ ELISAによるHSP70の定量

ELISAの結果を図3に示した。実験開始後3時間では、スタート時に比べ、18°C区のみ吸光度比に有意な差が見られた(図

3-A,  $p<0.05$ )。1日後には、実験区の吸光度比がスタート時の2.3～3.0倍となり、スタート時と実験区間で優位な差が見られたものの(図3-B,  $p<0.01$ )、実験区間では有意な差が見られなかった( $p>0.05$ )。温度変化のなかつた15°C区でも他の加温区同様に吸光度比が高まつたことは、HSP70の発現が、水温による影響だけではなく、水槽の移動によるストレスでも起つたことを示唆する。実験開始後3日では、15°C区の吸光度比が大きく低下し、この区と他の実験区の間で有意な差が見られた(図3-C,  $p<0.01$ )。実験開始後7日では再び、スタート時とすべての間で優位な差が見られ(図3-D,  $p<0.01$ )、吸光度比がスタート時の1.4～1.6倍となつた。この時、実験区間で有意な差は見られなかった(図3-D,  $p>0.05$ )。これらのことは、実験開始後1日までにHSP70が多く発現し、その後、減少はするものの、発現量を維持するために再び発現したものと考えられた。

本実験により、ウエスタンプロッティングおよびELISAにより、熱ショックタンパク質HSP70の検出と定量を行うことができた。しかしながら、両手法の結果から、水温別飼育実験を行つた初期の段階において、水温刺激を与えなかつた15°Cの稚貝に本タンパク質の発現が認められた。このことは、実験開始の水槽移送時のハンドリングによるストレスでも本タンパク質が発現したことを示唆する。よつて、高水温ストレスの指標としてのみの目的で、HSP70を利用することは適切とは考えられず、より適切な候補となるマーカーが見つかるまで、本研究を休止することが妥当と考えた。

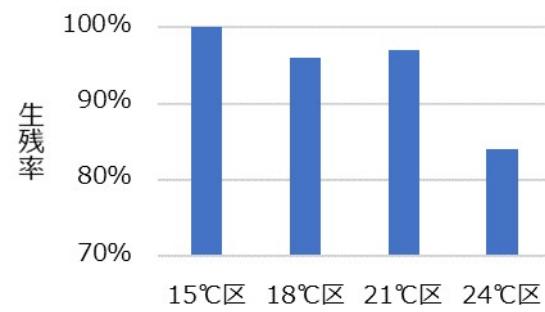


図1 高水温暴露実験終了時の生残率

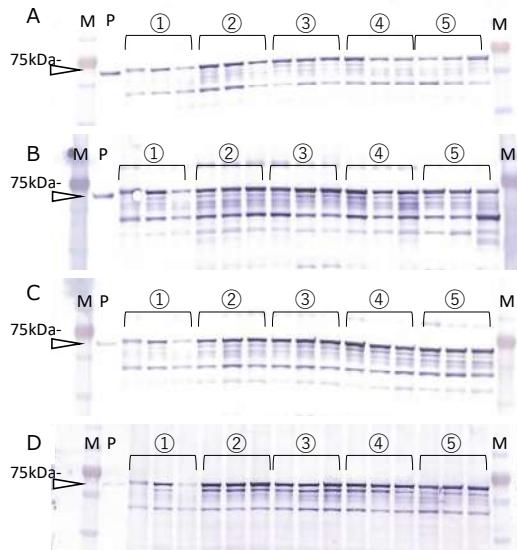


図2 ウエスタンブロッティングの結果

A : 3 時間後, B : 1 日後, C : 3 日後, D : 7 日後  
 ① : スタート時, ② : 15°C区, ③ : 18°C区, ④ : 21°C区,  
 ⑤ : 24°C区  
 M : サイズマーカー, P : ヒトHSP70 (ポジティブコントロール)  
 矢頭 : HSP70

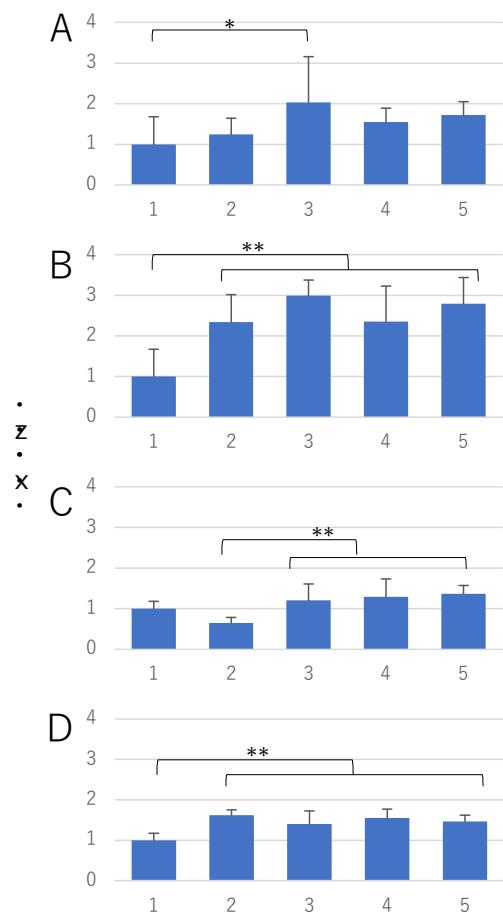


図3 ELISAの結果

A : 3 時間後, B : 1 日後, C : 3 日後, D : 7 日後  
 1 : スタート時, 2 : 15°C区, 3 : 18°C区, 4 : 21°C区,  
 5 : 24°C区  
 \* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$

## 11. 養殖業成長産業化技術開発事業（公募型研究）

担当者 栽培技術部 三坂尚行・川崎琢磨・井上 智  
 共同研究機関 水産研究・教育機構、さけます・内水面  
 水産試験場、北海道大学

### (1) 目的

近年養殖サーモン類は、寿司、刺身等の生食需要に対応するため、海外からの輸入が増えた一方で、国産の生産は伸びていない。その理由として、特に大量生産を行う上で重要な手法である海面養殖において、夏季の水温上昇により、生食用素材として市場に求められる大型個体の生産のための十分な飼育期間が確保できないという点や、海外で行われている、高成長等有利な形質を持つ優良系統の育種が実施されていないことなどがあげられる。

そのため、生食の需要が高いにもかかわらず国産養殖魚の供給が少ないために国内シェアを拡大することができていないニジマスや在来マス類を対象とし、短期間の飼育でも大型となる高成長優良系統を開発するための育種基盤を構築する必要がある。それにはまず国内に生息あるいは各機関に生息・飼育されている集団を網羅的に収集して遺伝的多様性を解析し、現状を把握するとともに、優良系統の作出につなげていく必要がある。

北海道ではサクラマスについて、各養殖系統や天然集団を交配し、養殖用優良系統の始祖となる選抜基礎集団を作出するとともに、成長と遺伝的な特徴から選抜育種を行うまでの基礎的な遺伝情報を収集することを目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア その年の秋に成熟に向かわない春季種苗適正サイズの把握

種苗を海水に投入した後、その年の秋に成熟しない春期のサイズを把握するため、さけます内水試で飼育し、ピットタグにより個体標識した森在来系種苗を令和2年11月に3群(i:0+秋海水 R2.11月から栽培水試で海水飼育 ii:0+秋半海水循環 同時期から栽培水試で加温循環半海水飼育 iii:1+春海水 さけます内水試で継続飼育し、R3.4月から栽培水試で海水飼育)に分け、令和3年5月から、各群を半数ずつ、栽培水試と大樹の海中網いきすで飼育した。これらについては、途中1~2回の魚体測定を行った後、9月から10月にかけて、成熟の有無を観察した。

#### イ 大型魚生産のための秋期種苗適正サイズの把握

春期に2kg以上のサイズとなる大型魚を生産するうえで、その前年の秋期に必要となる種苗サイズを把握するために、さけます内水試で飼育し、ピットタグにより個体標識した森在来系種苗を、令和2年5月および11月に栽培水試に輸送して、11月から令和3年5月まで成長を追跡した。冬期の水温は日本海に合

わせて4°C以上になるよう調整した。またフィールドでもデータを収集するために、木古内町釜谷漁港の網いきすに、さけます内水試で養成し、ピットタグで個体標識した後に栽培水試で海水馴致した種苗を令和3年11月に投入し、飼育試験を開始した。

### (3) 得られた結果

#### ア その年の秋に成熟に向かわない春季種苗適正サイズの把握

i, ii, iiiそれぞれの令和3年4月23日の平均体重は212.7g, 283.5g, 214.0gであった。栽培水試での飼育試験において、これらを10月20日に成熟の有無を確認したところ、i, iiについてはそれぞれ成熟率が76.9%, 70.4%であったのに対し、iiiは全く成熟魚が見られなかった。またi, ii, iiiそれぞれの平均魚体重は674.5g, 869.5g, 665.4gであった(図1)。大樹の網いきす養殖では、9月末の赤潮によりほとんどが斃死したが、その際に斃死魚の成熟の有無を観察したところ、i, ii, iiiそれぞれの成熟率は98.0%, 95.9%, 12.0%であった。

栽培水試で飼育したi, iiについて、4月と10月の種苗サイズ・成熟の有無の関係を見たところ、4月の種苗サイズと成熟の有無には明確な関連が見られなかった(図2)。大樹の飼育試験の結果も併せて考えると、その年の秋の成熟には、春期の種苗サイズよりも、海水もしくは半海水への移行時期が大きく関わっていることが示唆された。

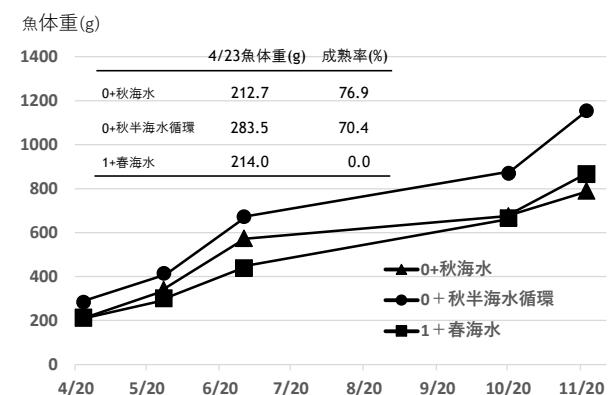


図1 栽培水試で0+秋～1+春に海水・半海水に投入した1+春以降のサクラマス種苗の成長と成熟率

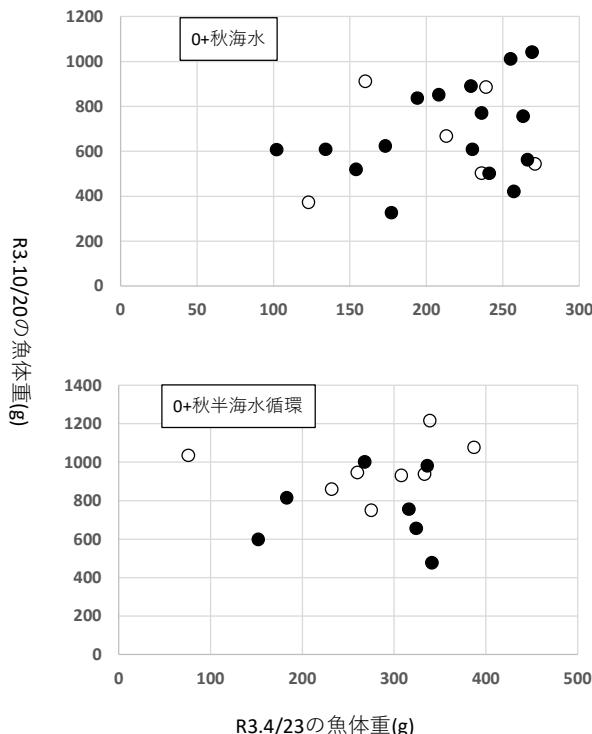


図2 栽培水試で0+秋に海水・半海水投入した種苗の翌年  
4月・10月の魚体重と成熟の関係  
(●：成熟 ○：未成熟)

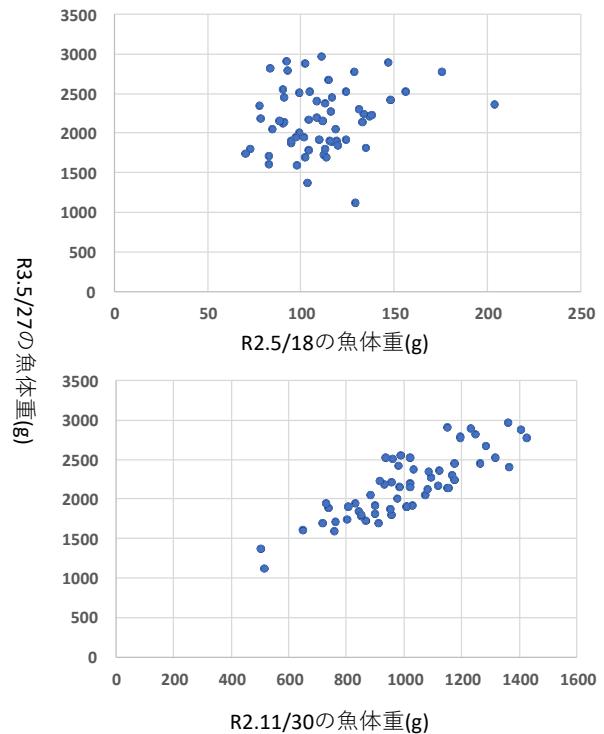


図3 栽培水試でR2年5月に海水投入した種苗の、R2年  
5月および11月の体重と翌年5月の魚体重の関係

#### イ 大型魚生産のための秋期種苗適正サイズの把握

令和2年5月および11月に栽培水試で海水投入した種苗の平均体重はそれぞれ110.9g, 387.0g であった。これらを令和3年5月まで飼育したところ、それぞれの平均体重が 2,167.6g, 1,257.9g となった。前者について、令和2年5月の魚体重と令和3年5月の魚体重の関係を見たところ、相関は見られなかつたが、令和2年11月と令和3年5月の魚体重の間には有意な正の相関が見られた(図3)。また、後者についても、令和2年11月と令和3年5月の魚体重の間には有意な正の相関が見られた。このことから、春期に大きなサイズの養殖魚を生産するためには、前年秋に大きな種苗を選ぶこと、また、2kg以上のサイズにするためには、現時点で秋期に 700~800g 以上のサイズが必要であることが示唆された。

木古内町釜谷漁港の網いヶす養殖試験には、令和3年11月に平均体重 273.8g の種苗を 220 尾輸送したが、輸送直後に輸送蓄養時のスレによると思われるへい死が相次いだため、12 月に平均体重 414.9g の種苗 56 尾を追加輸送した。

## 12 食品製造残渣及び水産系廃棄物を活用した養殖サーモン成魚用の低コスト ト餌料開発（公募型研究）

担当者 栽培技術部 井上 智・三坂尚行  
 共同研究機関 さけます・内水面水産試験場  
 釧路水産試験場  
 中央水産試験場  
 エネルギー・環境・地質研究所

### (1) 目的

近年、天然魚介類の漁獲量が頭打ちとなっている中、世界的な魚介類への需要増に対応するため、計画生産可能な養殖への期待が高まり、国内でもご当地サーモンの養殖生産が活発化している。飼料コスト削減のためには、魚粉タンパクや魚油に代わる安価な原料といった飼料組成の改善に関する検討を行う必要がある。そこで本研究では道内のジャガイモから製造されるデンプンの廃液から造られる飼料タンパク、燻製工場から定期的に排出されるサーモン残渣オイル、ホタテ未利用資源等の水産系廃棄物の3つに注目し、これらを北海道特有の養魚用飼料原料として活用し、養殖サーモン用の低コスト飼料を開発する。

### (2) 経過の概要

サクラマス1歳魚に対し、魚粉の一部をポテトプロテインで置換した飼料を給餌し、成長および飼料効率を調査した。また、サクラマス2歳魚に対し6トン円形FRP水槽で魚油をサーモン残渣オイルに置換した飼料による成長追跡試験を行った。

#### <材料と方法>

##### ア 道内産業廃棄物を活用した環境配慮型の低コスト飼料開発

魚粉の一部をポテトプロテイン(PP)に置換した配合飼料を4種作製した。500Lパンライト水槽を用い、サクラマス1歳魚に対し餌の給餌試験を2群で行った。試験は2週間を行い、毎日摂餌率を測定し試験後に魚体重を測定した。飼料への摂餌性が想定より悪かったため、摂餌性を改善させた飼料で同様に2週間の試験を行った。

\*ポテトプロテイン飼料については論文化を予定しているためここでは詳細な条件を記載しない。

6トン円形FRP水槽を用い、魚油の25%をサーモンオイル(SO)に置換した飼料で飼育試験を行った。80日間飼育を行い、1ヶ月おきに魚体重を測定した。

### (3) 得られた結果

#### ア 道内産業廃棄物を活用した環境配慮型の低コスト飼料開発

摂餌率はポテトプロテインが増えるほどに減少した(図1)。摂餌性を改善させた飼料を用いた場合、摂餌率の改善が見られたものの、ポテトプロテインの含量が増えるほど摂餌率が低下する傾向に変化はなかった。

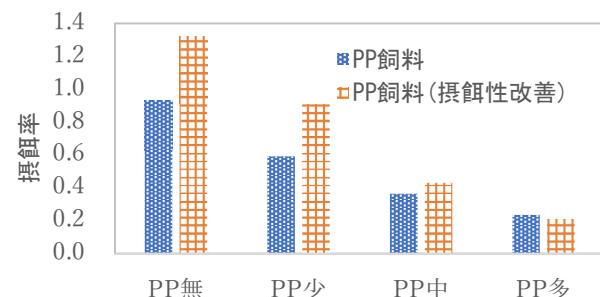


図1 サクラマス1歳魚にポテトプロテイン飼料を給餌したときの飼料効率

SO飼料による試験では、SO 0%の対照区とSO 25%の試験区では成長に差は見られなかった(図2)。飼料効率についてはSO 0%が平均59.6%に対してSO 25%が平均67.5%であり魚油をSOに置換することにより飼料効率が改善することが判明した。

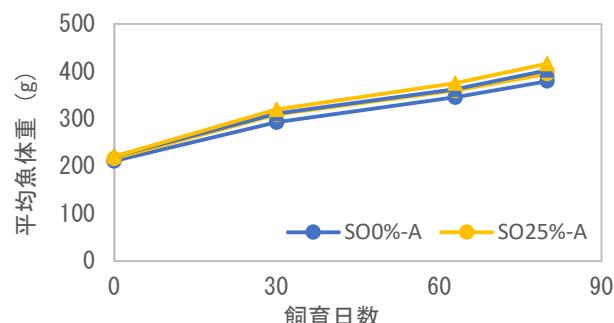


図2 サクラマス2歳魚にSO飼料を給餌したときの成長

## 13 基質表面加工による養殖カキへの標識付与に関する研究（公募型研究）

担当者 栽培技術部 川崎琢真

協力機関 檜山地区水産技術普及指導所

奥尻支所、奥尻町

### （1）目的

東日本大震災の被災以降、東北でのマガキ天然種苗の供給不安定が生じ、各生産地で独自のマガキ種苗生産に関する取り組みが増えている。これに伴う地域ブランドの乱立が生じているが、生息環境に依存して多様な外観を生じるカキ類の特性上、同一海域で生産したカキの銘柄を客観的に見分けることは不可能である。そこで本研究では、養殖に用いるカキ類稚貝の生産に関して、人工種苗生産の際に標識が可能になる技術の開発を目的とする。

※論文執筆予定のため本事業報告書には成果の詳細は記載しない。

### （2）経過の概要

2020 年度までに沖出した資材について、奥尻町の養殖施設から回収を行ない、標識付与の結果を確認した。2021 年度に新たに作製した試験用基質について、イワガキ稚貝を付着させ 2021 年 5 月 20 日に奥尻町の養殖施設に沖出した。

### ＜材料と方法＞

#### ア 試験用基質の製作とイワガキ稚貝の付着

採苗資材として、樹脂とセメントを用いて作製した 6 種各 4 枚の試験用基質および焼成セラミックスとセメントを用いて作製した試験用基質 4 種各 3 枚の計 36 枚を用いた。人工種苗生産用の母貝には奥尻町産のイワガキを用いた。栽培水産試験場で 2019 年までに開発したイワガキ人工種苗生産技術により着底期 幼生を生産し、先述の採苗資材にイワガキ稚貝を付着させた。 2021 年春の沖出しまで試験場内で給餌飼育を行った。

#### イ イワガキ左殻への標識付与状況の調査

2020 年までに沖出した、イワガキ種苗が付着した試験用基質を 2021 年 5 月 20 日と 9 月 28 日に回収した。回収した基質は栽培水産試験場に持ち帰り、基質から剥離して、左殻への標識の付与状況を確認した。

### （3）得られた結果

#### ア 試験用基質の製作とイワガキ稚貝の付着

2021 年 3 月からイワガキの種苗生産を行い、得られた着底期 幼生約 400 万個を用いて、付着基質 1 枚に 1,000 個の幼生の割 合で着底させた。採苗の結果、すべての採苗資材について着底 稚貝の付着が確認された。得られたイワガキの稚貝は、2021 年 5 月 20 日に奥尻町で沖出した。

#### イ イワガキ左殻への標識付与状況の調査

2021 年 5 月 20 日および 9 月 28 日に、2019 年までに沖出し していた試験基質を合計 79 枚回収した。栽培水産試験場にて、回 収した基質からイワガキを剥離し、各試験条件におけるイワガ キ左殻への標識の付与の確認を行った結果、試験した 50 パター ンのうち、28 パターンで明瞭な標識が、18 パターンで不明瞭な がら認識可能な標識が確認された。残り 4 パターンでは、標識 が認識不能もしくは、イワガキの斃死により付着貝が回収不能 であった。

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

担当者 栽培技術部 三坂尚行

共同研究機関 東京大学、函館水産試験場

### (1) 目的

噴火湾のホタテガイ養殖は道南地域の基幹産業である。しかし2015年以降、稚貝の生育不良と耳吊り後の生残低下が頻発している。これまでの調査で閉殻筋に膿瘍を発症しているホタテガイが見られること、耳吊り1連あたりの生残率と膿瘍の発症率には負の相関があること、膿瘍部に細菌 *Francisella halioticida*(以下 Fh 菌)が大量に感染していることなどが判明した。また東京大学等が行った感染試験により、Fh 菌はホタテガイに致死性の病原性を示すことが明らかとなった。これらのことから養殖ホタテガイの生育不良や生残低下にはFh 菌の関与が疑われる。一方これまでの調査で、Fh 菌の保菌率が高いにもかかわらず膿瘍発症率が低い事例や、保菌率が低いにもかかわらず生残率が低下する事例もあり、対策を検討する上で必要な、Fh 菌の感染実態に関する疫学的な情報、疾病発生機序に関する病理学的な情報、防疫に関する情報が不足している。そのため、本研究ではフィールドでの調査及び実験学的手法により、本感染症に関する知見を集積し、防疫や養殖技術の改良に資することを目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア 種苗の移動によるFh 菌拡散可能性の検討

噴火湾胆振地区の1漁家において、8月の仮分散、9月本分散の稚貝を採集するとともに、その後ザブトンかごに収容した稚貝を耳吊り前の3月まで、2月を除いて毎月30個体採取し、閉殻筋を用いてFh 菌対象のPCR 検査を行い、かごの段毎のへい死率・欠刻変形・内着発生率を調査した。

#### イ 北海道南部海域における養殖場の疫学調査

噴火湾胆振地区の1漁家において、4月の耳吊り開始時から3月の取り上げ時まで、地場貝由来の耳吊り連を2月を除いて毎月1連を買い上げて、全体の生残率、内着発生率、膿瘍発症率を調査するとともに、上・中・下段から10個体ずつを採取し、閉殻筋を用いてFh 菌対象のPCR 検査を行った。移入貝由来の耳吊り連についても、2ヶ月に1度程度買い上げて同様の調査を行った。また、1~2月に胆振の4地区から耳吊り1連ずつを買い上げて同様の調査を行い、Fh 菌保有率の季節的変動や、地理的なFh 菌の浸潤状況等について調査した。

#### ウ 飼育試験による再現・検証と改良養殖法の開発

11月に噴火湾胆振地区の1漁家で採取した稚貝を用い、人為培養したFh 菌の人為感染試験を実施した。稚貝を $1.6 \times 10^5$ CFU のFh 菌液に浸漬する前後に水温変化を与え、それによる感染・へい死への影響を把握することを試みた。浸漬後は40日間毎日へい死の有無を観察し、へい死が見られた際には菌分離を試みるとともに、PCR 検査による保菌の有無を解析した。

### (3) 得られた結果

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

## II 調査研究部所管事業

### 1. 漁業生物の資源・生態調査研究（経常研究）

#### 1. 1 スケトウダラ

担当者 調査研究部 藤岡 崇

共同研究機関 函館水産試験場調査研究部

##### （1）目的

道南太平洋海域におけるスケトウダラの資源評価に不可欠な漁獲物の生物測定および漁獲統計調査を行う。

##### （2）経過の概要

###### ア 漁獲統計調査

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である。なお、2020年度および2021年度については水試集計速報値である。また、沖合底びき網漁業（以下、沖底と略）の漁獲量は、北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報（集計範囲は中海区「襟裳以西」）から集計した。集計期間は4月～翌3月とした。

###### イ 漁獲物の生物測定調査

2021年10～2022年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、成熟度等の情報を入手した。

##### （3）得られた結果

###### ア 漁獲統計調査

1997年より当海域のスケトウダラはTACにより漁獲量が管理されるようになった。この下で、2007, 2009, 2010, 2011, 2012および2013年度には行政指導による刺し網漁業の操業規制が行われた。2012～2013年度は、恵山、南茅部、鹿部地区を除く渡島、胆振管内のスケトウダラ固定式刺し網漁業において例年より半

月遅い10月15日から漁獲を開始した。2014年度以降はすべての地区で例年どおり10月1日解禁であった。

当海域全体のスケトウダラ漁獲量は、1980年代後半は8～11万トン、1990年～1997年では5～8万トン前後で増減を繰り返してきた。その後、1998～2000年度には9～15万トン台の非常に高い漁獲量を記録したが、2002年度には1985年度以降で最低の3.6万トンまで急減した。2003年度になると再び増加に転じ、2004年度には9万トン台となった後は6.4～9.6万トンの間でほぼ横ばいで推移していた。2014年度以降の漁獲量は減少傾向となり、2018年度には3.5万トンになった。その後やや増加し2020年度は4.3万トン、2021年度は4.8万トンとなった（表1）。

漁法別にみると、2021年度の漁獲量は刺し網漁業では2.7万トンで前年度（2.1万トン）と比べて増加し、定置網漁業では6,819トンと前年度（7,392トン）に比べて減少した。沖底漁業は14,379トンと前年度（13,949トン）に比べて増加した（表1、図1）。

沿岸漁業の地区別漁獲量は、渡島管内では2000年代から減少傾向で、胆振管内では2000年代にはそれ以前と比較して多い傾向にあったが2015年度から減少傾向にある。日高管内は他の2地区と比較すると漁獲量は少ないが2000年台以降徐々に増加しつつある（図1）。

###### イ 漁獲物の生物測定調査

2021年度は、刺し網漁獲物については登別と様似に水揚げされたものの中から標本を採集した。標本の採集状況は、登別は10月12日～2月7日に計5回、461個体であった。様似は、12月16日から1月19日に計2回、200個体を測定した。沖底漁獲物に

については室蘭に水揚げされたものの中から標本を採取した。標本の採集状況は、2022年1月18日に100個体であった。これらについては、生物測定を行つ

たのち、耳石を用いて年齢査定を行い、他海域のデータと合わせて、年齢別漁獲尾数の算出を行い、資源評価に供した。

表1 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			沖底	合計	年度	沿岸			沖底	合計
	刺し網	定置網	その他				刺し網	定置網	その他		
1985	89,928	9,991	249	12,540	112,708	2005	49,539	10,960	219	19,838	80,556
1986	82,644	1,972	250	14,108	98,973	2006	45,933	3,177	285	19,743	69,139
1987	92,222	4,950	222	13,164	110,559	2007	47,873	6,136	535	26,699	81,243
1988	65,242	12,093	260	66,364	143,959	2008	46,613	4,928	411	21,652	73,604
1989	66,388	15,039	408	136,321	218,155	2009	55,673	9,962	410	18,968	85,012
1990	36,276	12,351	393	10,048	59,069	2010	55,362	21,241	616	19,027	96,246
1991	47,042	5,989	440	13,259	66,729	2011	40,769	18,750	449	19,769	79,738
1992	66,473	15,009	374	16,734	98,590	2012	45,325	4,581	131	20,086	70,123
1993	54,338	7,268	781	13,349	75,735	2013	47,335	4,997	148	20,229	72,709
1994	32,409	13,711	496	21,931	68,546	2014	41,778	759	105	21,529	64,171
1995	45,644	9,069	334	24,222	79,268	2015	32,455	1,416	118	15,464	49,453
1996	30,940	15,565	245	9,506	56,255	2016	24,776	924	117	14,702	40,520
1997	28,771	22,807	252	13,079	64,909	2017	26,551	4,900	58	9,211	40,720
1998	52,388	28,675	206	16,508	97,778	2018	23,552	1,084	83	10,541	35,260
1999	84,911	39,255	254	28,320	152,740	2019	26,809	376	32	12,358	39,576
2000	73,289	17,525	183	21,606	112,603	2020	21,428	7,392	46	13,949	42,524
2001	46,015	7,552	354	19,843	73,762	2021	26,938	6,756	28	14,379	48,101
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						

年度計（4～3月）、2020および2021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

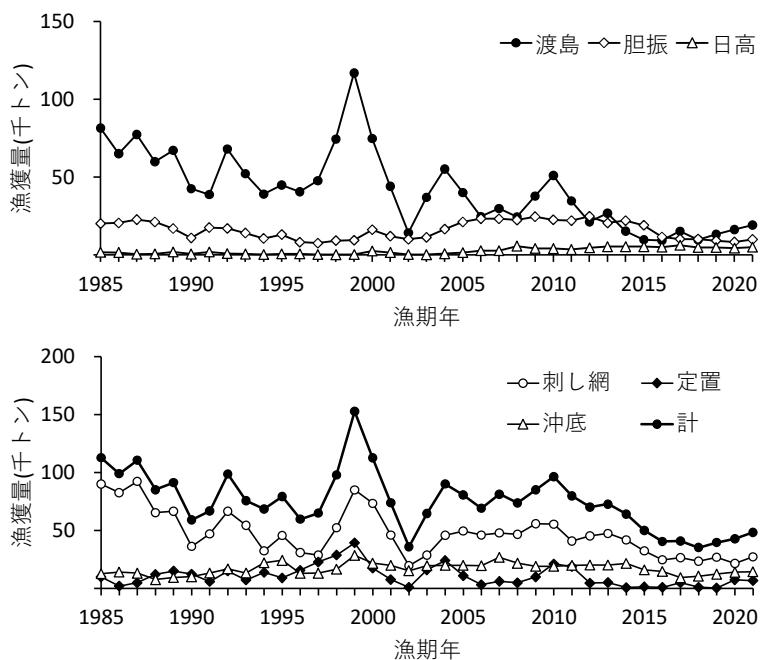


図1 道南太平洋海域におけるスケトウダラの振興局別（上），漁業種別漁獲量（下）

## 1. 2 マガレイ

担当者 調査研究部 坂上 嶺

### (1) 目的

道南太平洋海域におけるマガレイの資源動向と生態的特性を把握し、マガレイ資源の維持と有効利用を図るため資源評価（年度は2020年8月1日～2021年7月31日）を行う。

### (2) 経過の概要

漁獲量および漁獲物調査による漁獲物の年齢組成に基づいて、2020年度の資源評価を行った。

#### ア 漁獲量

1985年度以降について、次により年度による集計を行った。沿岸漁業については、漁業生産高報告（1985年8月～2020年12月）、および水試集計速報値（2021年1～7月）を用いて漁獲量を集計した。集計範囲を渡島振興局管内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を除く）、胆振振興局管内および日高振興局管内とした。

これら年度集計のほかに、長期的な漁獲動向を把握するために、1954年以降の漁獲量について暦年集計も行った。1984年以前の資料として、北海道水産現勢を用いた。

#### イ 漁獲物年齢組成

苫小牧地区で主漁期である2021年の5～7月に3回、刺し網漁業により漁獲された漁獲物を銘柄別に購入し、個体ごとに体長、体重、性別を測定したほか、耳石を採取して年齢を査定した。さらに2004～2017年度の年齢査定を見直した。

これらにより得られた銘柄別・雌雄別の体長組成および年齢組成を標本採集日の苫小牧漁協における銘柄別漁獲量、および道南太平洋海域における漁期年の漁獲量により引き伸ばして雌雄別の年齢別漁獲尾数を推定した。

### (3) 得られた結果

#### ア 漁獲量の推移

暦年集計の漁獲量は1974～1976年に1,500トンを超えていたが、1977年以降減少し、1991年以降は200～300トン台で推移し、2011年以降はやや増加し500トン前後で推移している（図1上）。1985年度以降について年度集計の漁獲量をみると、1985年度に634トンあったが、1992年度には238トンまで減少し、2005年度まで200～300トン台で推移した。2006年度以降増加傾向となり、2012年度では漁獲量は660トンに增加了。2014年度には364トンへ減少し、2017年度には1985年度以降では最高の669トンとなったが、2020年度は457トンとなった（図1下、表1）。

マガレイは、主に産卵期である5～6月に漁獲（全体

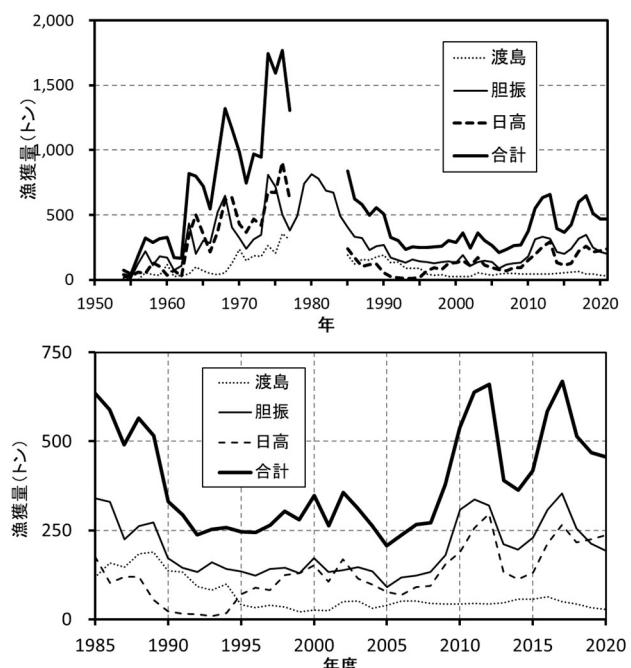


図1 道南太平洋におけるマガレイ漁獲量の推移

上図：暦年集計（1月～12月），1978～1984年の渡島・日高漁振興局管内については未集計

下図：年度集計（8月～翌年7月）

の約7%）され、ほとんどがかれい刺し網による漁獲（全体の約93%）で占められている（図2）。

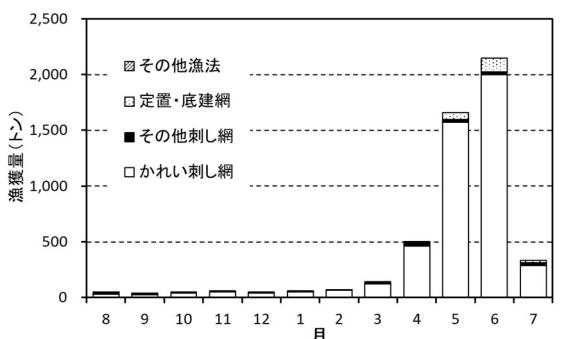
1985年度以降の漁獲金額については、1985～1989年度は5億円を超えていたが、その後減少し2005年には1.1億円へ低下した。2012年度には2億円以上へ増加したが、その後再び減少し、2020年度は約1.1億円

**表1 道南太平洋におけるマガレイの地域別漁獲量**

年度	漁獲量(トン)	漁獲金額	単価	年度	漁獲量(トン)	漁獲金額	単価
渡島 胆振 日高 合計	(万円) (円/kg)			渡島 胆振 日高 合計	(万円) (円/kg)		
1985 117 341 177 634	51,690	815		2003 51 146 115 312	16,999	545	
1986 158 330 102 590	52,890	897		2004 31 135 97 263	14,409	548	
1987 147 224 120 491	52,170	1,063		2005 39 90 77 207	11,131	538	
1988 183 262 120 565	58,424	1,034		2006 51 117 69 237	11,537	486	
1989 189 272 55 516	56,308	1,091		2007 52 123 91 266	13,356	503	
1990 136 172 23 351	40,143	1,214		2008 45 133 93 271	12,655	467	
1991 133 145 16 294	35,838	1,219		2009 43 180 154 378	14,857	393	
1992 91 133 14 238	28,453	1,195		2010 42 307 188 538	19,873	369	
1993 83 160 9 252	27,217	1,081		2011 44 334 257 638	19,521	306	
1994 99 141 18 258	27,445	1,065		2012 43 320 297 660	20,376	309	
1995 41 134 70 245	23,314	951		2013 46 211 133 390	14,129	362	
1996 32 123 89 244	19,807	810		2014 56 196 112 364	14,108	388	
1997 40 142 83 264	21,460	812		2015 57 229 131 417	14,171	340	
1998 34 145 125 304	21,630	711		2016 63 308 213 584	15,839	271	
1999 21 130 129 280	17,357	619		2017 49 354 266 669	15,974	239	
2000 25 172 151 348	23,271	668		2018 43 255 216 514	11,212	218	
2001 24 133 106 264	18,383	697		2019 32 212 224 468	8,821	188	
2002 49 138 169 357	21,830	612		2020 28 192 237 457	11,034	241	

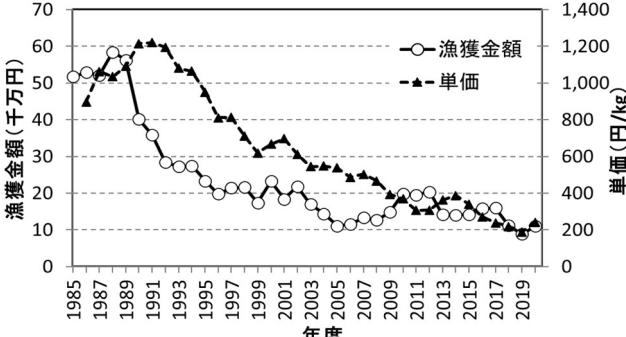
資料：漁業生産高報告（速報値含む）集計期間：8月～翌年7月、2019年1～7月は水試集計速報値

渡島振興局の集計範囲：函館市恵山地区～長万部町、ただし八雲町熊石地区を除く



**图2 道南太平洋海域におけるマガレイの漁業種類別月別漁獲量(2010～2019年度平均)**

資料：漁業生産高報告



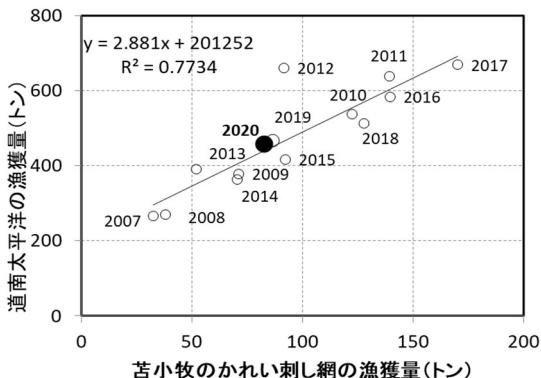
**图3 道南太平洋海域におけるマガレイの漁獲金額と単価の推移**

となった。単価については、1987～1994年度は1,000円/kg以上だったが、その後、減少傾向が続いている。2020年度は241円/kgとなった。漁獲金額・単価は1985年度以降では最低となった2019年度よりわずかに回復している（図3）。

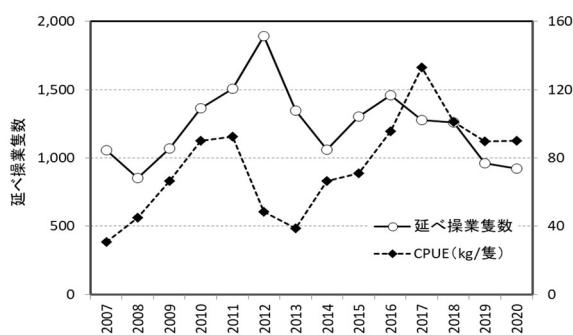
#### イ 漁獲努力量、CPUEの推移

かれい刺し網漁業は、漁獲対象のカレイの種類によって漁具（目合）、漁場、漁期が異なるため、マガレイを主対象とした正確な漁獲努力量は不明であるが、道南太平洋海域では漁獲量が最も多い苦小牧漁協（2014～2020年度の平均で道南太平洋の約23%）のかれい刺し網による漁獲量は道南太平洋全体の漁獲量を反映していると考えられる（図4）。

そこで、苦小牧漁協におけるかれい刺し網漁業（2007年度以降）の延べ操業隻数を集計した。苦小牧漁協の延べ操業隻数は、2012年度に1,895隻と高くなっているが、



**图4 苦小牧のかれい刺し網の漁獲量と道南太平洋の漁獲量との関係**



**图5 苦小牧におけるかれい刺し網漁業の操業隻数とCPUEの推移**

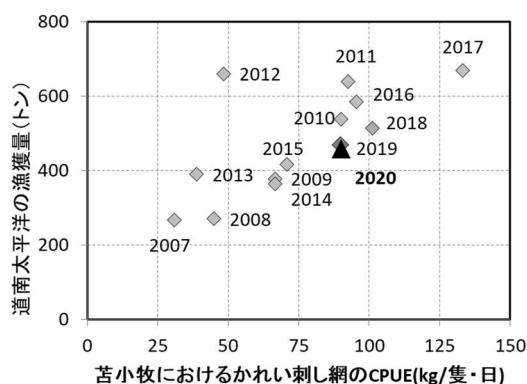


図6 苦小牧におけるかれい刺し網漁業のCPUEと道南太平洋海域漁獲量との関係

その後、2014年度には1,061隻と減少した。2016年度では1,461隻と再び増加したが、以降減少を続けており、2020年度は921隻であった（図5）。

苦小牧漁協におけるかれい刺し網漁業のCPUE（kg/隻・日）は2013年度に38.8と減少したが、その後増

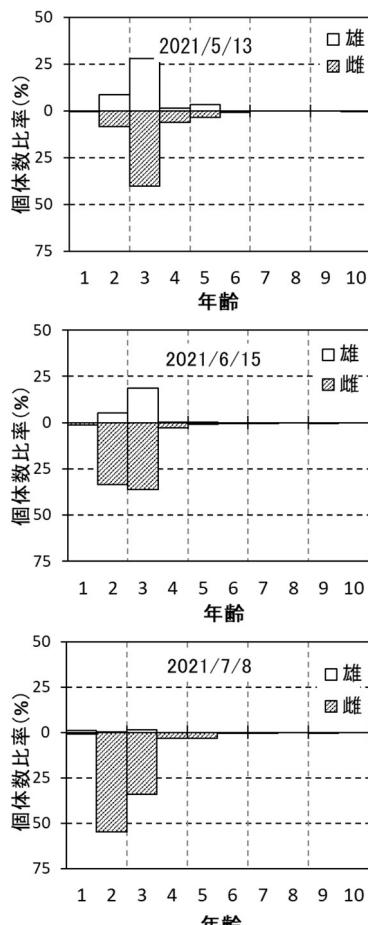


図7 漁獲物の年齢組成（苦小牧）  
上図：5月，中図：6月，下図：7月

加し2017年度には170.2と高くなつた。2020年度では前年度（89.8）をわずかに上回り90.0となつた（図5）。

苦小牧漁協におけるかれい刺し網漁業のCPUEと道南太平洋海域における漁獲量との関係によると、2012年度を除き正の相関がみられる。2012年度は同漁協におけるソウハチの漁獲量が1985年度以降最高（1,273トン）となり、ソウハチを主対象とした操業隻数が多かったため、マガレイのCPUEが低くなつたと考えられる（図7）。

#### ウ 現在までの資源状態

2020年度（2021年5～7月）の苦小牧漁協における漁獲物の年齢組成によると、2～3歳の雄が大部分を占めていた（図7）。

2004年以降の年齢別漁獲尾数では、例年、雌雄ともに2～4歳が主体で雌の比率が高いが、2005、2008、2018年度のように雄の比率が高い年度も見られている。漁獲量が急増した2010～2012年度に、2007・2008年級がそれぞれ2～3歳にかけて継続して漁獲され漁獲物の主体を構成していたことから、これら年級は豊

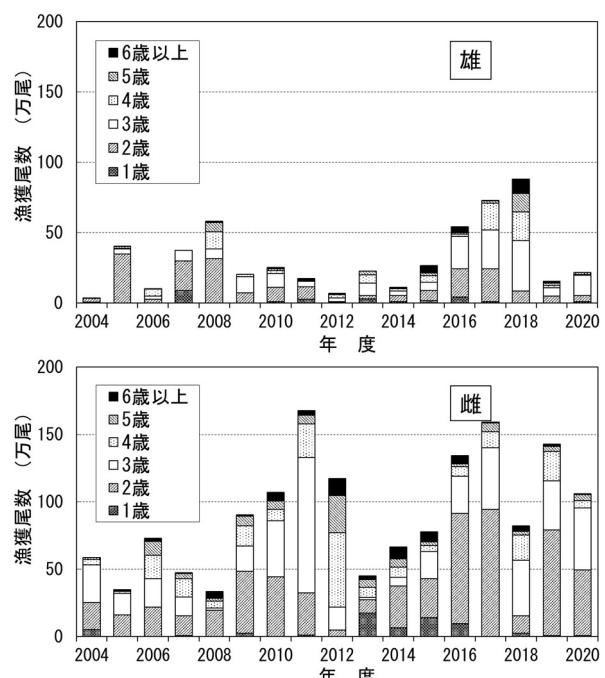


図8 道南太平洋海域におけるマガレイの年齢別漁獲尾数  
上：雄，下：雌

度が高かったと考えられる（図8）。

これらの特徴から、2014・2015年級も同様に豊度が高かったと考えられ、それらの年級の漁獲加入によって、2016～2018年度に再び漁獲量が増加した。2020年度は2017年級と2018年級が漁獲物の主体を占めていた。2017年級（3歳）の雌は2歳時点（2019年度）の漁獲尾数が2014・2015年級並みであったことから豊度の高い年級群である特徴を示している（図8）。

## エ 評価年の資源水準

資源水準は年度集計の漁獲量を用いて判断した。1996～2015年度（20年間）の漁獲量の平均値を100とし、 $100 \pm 40$ 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。2020年度の資源水準指数は130だったことから、「中水準」と判断された（図9）。

## オ 今後の資源動向

本資源の動向は年級群豊度の影響を強く受けていると考えられる。2016～2018年度は、2015年級と2014年級の豊度が高く高水準を維持した。2021年度では2020年度に比べ2018年級（3歳）は多くなると思われるが、2019年級（2歳）の加入量は不明であることから予測は困難である。しかし近年の漁獲量は500トン前後で推移していること、CPUEは80（kg/隻）以上を維持し

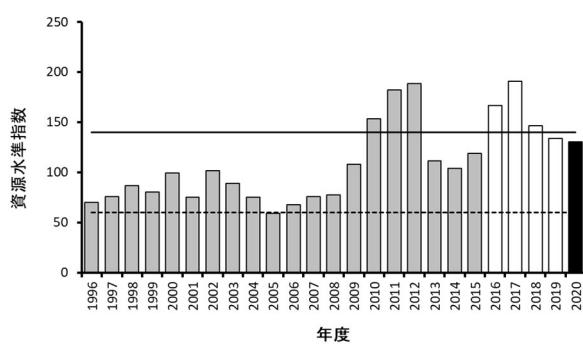


図9 道南太平洋海域におけるマガレイの資源水準

ていることから、今後の資源動向は「横ばい」とした。

## 1. 3 ソウハチ

担当者 調査研究部 藤岡 崇  
協力機関 函館水産試験場調査研究部

### (1) 目的

渡島（太平洋側），胆振，日高振興局管内のソウハチについて、資源評価に必要な漁獲統計調査、漁獲物の生物測定調査を行う。

### (2) 経過の概要

本報告書では当海域のソウハチ漁期年度（8月～翌年7月）を基準にした場合の2020度漁期（2020年8月～2021年7月）の各結果について述べる。

#### ア 漁獲量

沿岸漁業の漁獲量は、1960～1967年は漁業養殖業生産統計年報、1968～1977年は北海道農林水産統計年報（1968年属人、1969～1977年属地）、1978～1984年は函館水産試験場室蘭支場調べ、1985年以降は漁業生産高報告（集計範囲は渡島総合振興局のうち旧恵山町～長万部町、胆振総合振興局および日高振興局）から収集した。2021年の沿岸漁業の漁獲量については、各地区水産技術普及指導所調べ資料に基づいて中央水試が集計した暫定値を用いた。沖合底びき網漁業の漁獲量は北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報（襟裳以西海域）から収集した。1984年以前は暦年で、1985年以降については漁期年で集計した。1978～1984年の渡島支庁、日高支庁における沿岸漁業漁獲量に関するデータは無い。

#### イ 漁獲物の生物測定と資源評価

2020年度には、胆振管内の刺し網漁獲物標本は苦小牧で、渡島管内の刺し網漁獲物標本は砂原で、沖合底びき網の漁獲物標本は室蘭で、それぞれ採取し、生物

測定を行った。これらのデータを用いて、雌雄別にVPAによる年齢別資源尾数を算出し、年齢別雌雄別の平均体重を乗ずることで3歳以上の資源重量を算出した。

### (3) 得られた結果

#### ア 漁獲量

道南太平洋海域におけるソウハチの漁獲量は1960～1970年代5,000トンを超える高い水準にあった。その後、統計資料が途切れるが、1985年には206トンにまで減少した（図1）。月別漁獲統計が整備された1985年度以降を漁期年（8月～翌年7月）で見ると、1985～1989年度は200～700トン台で増減していたが、1990年代前半には1991年度を除いて200トン台の低い水準で推移した。1995度以降ゆるやかに変動しながら増加傾向を示し、2000年度に1,000トンを超えた（表1）。2003、2004年度は1,800トン台と高い水準であったが、2005年度から3年連続して減少し、2007年度は2000年度以降では最低の1,007トンとなった。しかし、2008年度には増加に転じて、2013年度の漁獲量は4,577トンに達した。その後3千～4千トン台で増減を繰り返し、2020年度は3,543トンの漁獲があった。

2020年度の沿岸漁業における振興局別漁獲量は、渡島管内では569トンで、前年度（808トン）と比べて減少した（表1）。胆振管内では766トンで、前年度（740トン）と比べてやや増加した。日高管内では1,611トンと増加した（前年度1,280トン）。各管内とも、沿岸漁業による月別の漁獲量は産卵前～産卵期の5～6月に多い。

沖底漁業の漁獲量は、1990年代に100トン未満で推移していたが、2000年度には326トンと漁獲量は急増

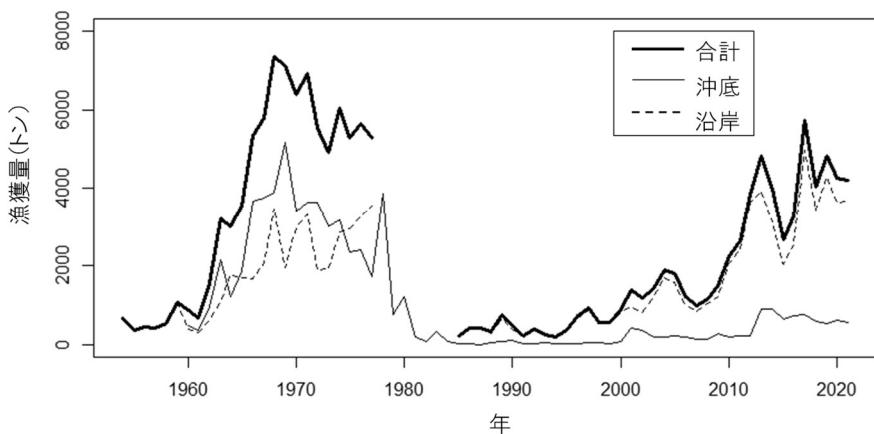


図1 道南太平洋における漁業種別のソウハチ漁獲量（暦年集計）

表1 道南太平洋におけるソウハチ漁獲量（漁期年度集計）

年度	沿岸漁業			沖底	合計	単位：トン
	渡島	胆振	日高			
1985	227	98	19	344	8	351
1986	328	157	6	491	2	493
1987	141	69	17	227	5	232
1988	344	317	12	674	108	782
1989	195	242	13	449	131	580
1990	79	84	4	166	31	197
1991	241	136	3	380	16	396
1992	127	94	6	227	32	259
1993	100	64	7	171	16	187
1994	88	119	59	267	12	279
1995	178	280	248	706	27	733
1996	218	315	293	826	40	867
1997	174	214	157	545	47	592
1998	216	176	65	457	16	473
1999	285	330	108	723	54	777
2000	450	410	186	1,046	326	1,372
2001	343	304	156	803	356	1,159
2002	603	314	176	1,093	283	1,376
2003	981	494	184	1,659	153	1,812
2004	936	489	204	1,628	195	1,823
2005	625	266	222	1,113	273	1,386
2006	423	329	154	906	117	1,023
2007	466	265	168	899	108	1,007
2008	610	318	242	1,169	189	1,358
2009	997	565	372	1,935	231	2,166
2010	984	683	647	2,314	215	2,529
2011	1,540	1,010	896	3,447	198	3,645
2012	1,968	1,269	424	3,662	478	4,139
2013	1,817	1,115	364	3,296	1,280	4,577
2014	1,334	696	868	2,898	442	3,340
2015	964	655	860	2,479	852	3,331
2016	977	987	1,883	3,846	803	4,650
2017	1,084	912	1,205	3,201	556	3,756
2018	880	904	2,020	3,804	527	4,331
2019	808	740	1,280	2,828	501	3,328
2020	569	766	1,611	2,945	598	3,543

2020年度は暫定値

した（表1）。その後は2011年度まで100～300トンで増減を繰り返していたが、2012～2020年度では400～1,280トンと以前よりも高い水準で推移している。

#### イ 漁獲物の生物測定と資源評価

2020年度の沖底漁獲物の生物測定は、2021年1月26日に行った。銘柄ごと（中、小、バラ）に標本を購入し、合計162個体について生物測定を行い、年齢査定を行った。胆振管内の刺し網漁獲物については、2021年6月3日、7月13日に苫小牧において標本を採取し、生物測定および年齢査定を行った。各調査日の生物測定個体数は、それぞれ173、169であった。渡島管内の刺し網漁獲物については、2020年8月20日、2021年5月20日に砂原で標本を採取し、生物測定および年齢査定を行った。各調査日の生物測定個体数は、それぞれ313、217個体であった。

これらのデータを基に、VPAによって算出された当海域のソウハチの3歳以上の資源重量は約20.7千トンで、前年度（23.1千トン）に比べて減少した。詳細な資源評価結果については資源管理会議の調査評価部会で発表され、水産資源管理マニュアルやウェブサイト（<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>）で公開されているためここでは省略する。

## 1. 4 ハタハタ

担当者 調査研究部 安宅 淳樹  
 協力機関 鈎路水産試験場調査研究部  
 函館水産試験場調査研究部  
 日高地区水産技術普及指導所  
 日高管内栽培漁業推進協議会

### (1) 目的

北海道太平洋海域におけるハタハタの資源評価に必要な漁獲統計調査などを行う。

### (2) 経過の概要

鈎路水産試験場および函館水産試験場の担当者と協力し、北海道太平洋海域のハタハタの資源評価を行った。

### (3) 得られた結果

2021年度の主産地のハタハタ漁獲量は渡島・胆振管内海域では40トンで前年より増加、日高・十勝管内海域では52トンで前年より減少、鈎路管内海域では8トンで前年から横ばい、根室海域では14トンで前年より減少した(図1)。得られた結果は資源管理会議・調査評価部会で承認され、水産資源管理マニュアルおよびウェブサイトで公開されているため、本事業報告書では資源評価等の詳細については省略する。

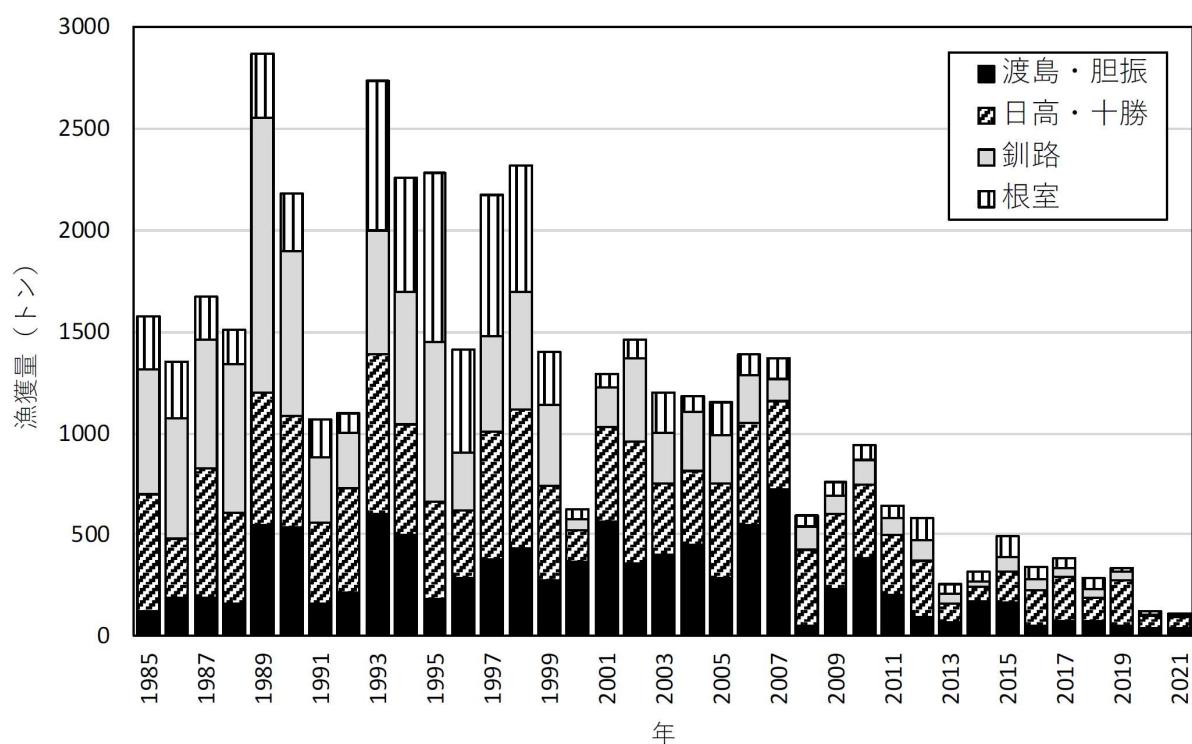


図1. 北海道太平洋海域のハタハタ漁獲量

## 1. 5 キチジ

担当者 調査研究部 安宅 淳樹

### (1) 目的

北海道周辺海域におけるキチジの来遊動向を把握し、資源管理型漁業を推進するための基礎資料とする。

### (2) 経過の概要

釧路水産試験場の担当者と協力し、北海道周辺海域のキチジの資源評価を行った。

### (3) 得られた結果

2021年度のキチジ漁獲量は太平洋海域で293トンで前年より増加、オホーツク海では144トンで前年より減少した（図1）。得られた結果は資源管理会議・調査評価部会で承認され、水産資源管理マニュアルおよびウェブサイトで公開されているため、本事業報告書では資源評価等の詳細については省略する。

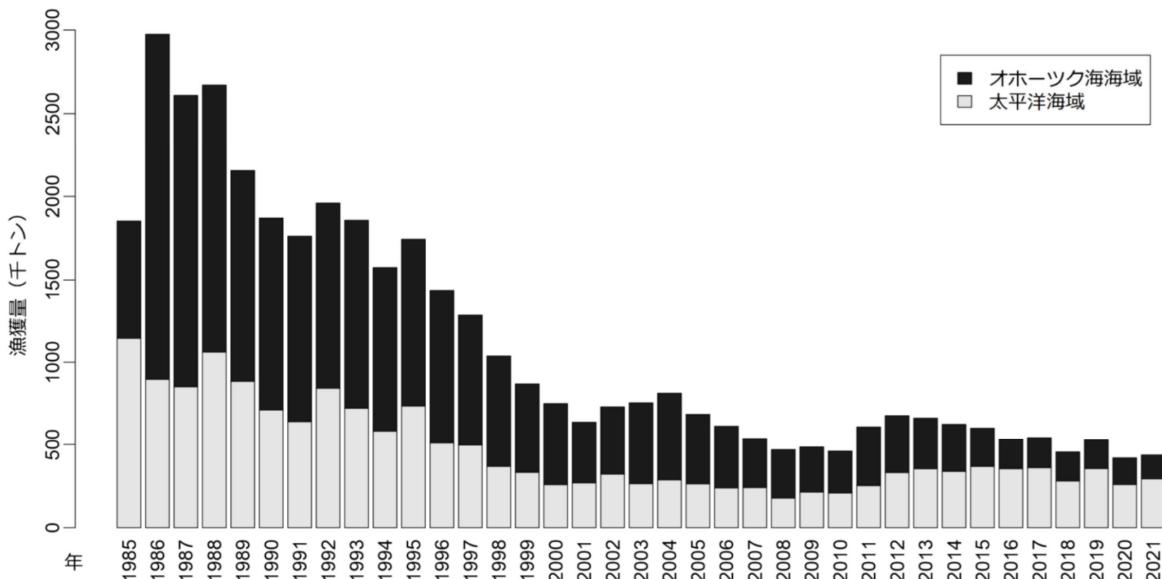


図1. 北海道周辺海域におけるキチジ漁獲量

## 1.6 マツカワ

担当者 調査研究部 坂上 嶺  
協力機関 えりも以西栽培漁業振興推進協議会  
北海道栽培漁業振興公社  
胆振・日高・十勝・釧路・根室地区  
水産技術普及指導所  
釧路水産試験場

### (1) 目的

北海道のマツカワ漁獲量は1980～1990年代には極めて低い水準にあったが、えりも以西海域（図1）において2006年に開始された100万尾規模の人工種苗放流事業により、年間150トン前後まで回復した。さらに近年の研究により、本種は広域の産卵回遊を行い、索餌場である北海道沿岸海域と産卵場である本州常磐沖合海域との間を往復することが明らかにされた。

マツカワは2014年度から北海道の資源評価種に加えられた。広域の産卵回遊を行う本種の生態に基づき、北海道（えりも以東および以西海域）および本州太平洋海域（図1）を対象とし、これらの範囲における漁獲実態を把握するとともに、資源解析および評価を行うこととされた。本事業はマツカワの資源評価に用いる基礎資料収集を目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア 人工種苗放流尾数および漁獲量

人工種苗放流尾数は、公益社団法人北海道栽培漁業振興公社（以下栽培公社）および水試資料を用いた。

漁獲量は4～3月の年度集計とし、北海道の漁獲量は、水産技術普及指導所集計資料（1994～2005年度）、栽培公社集計資料（2006～2007年度）、北海道水産現勢および暫定値（2008～2021年度）を用いた。本州の漁獲量は、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城各県水試集計資料を用いた。

#### イ 年齢別漁獲尾数

以下の手順により、2002～2021年度の年齢別漁獲尾数を海域ごとに求めた。

えりも以西海域：本事業報告書II.2「放流基礎

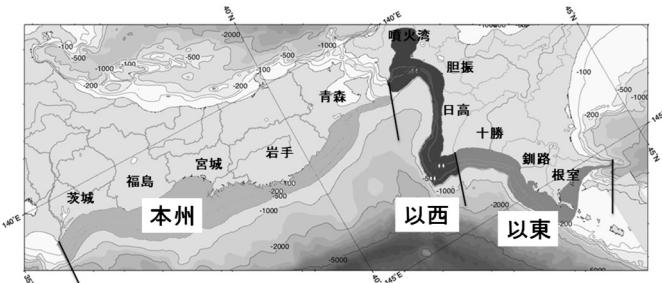


図1 北海道～本州におけるマツカワの主漁場図  
えりも以西：渡島振興局のうち南かやべ以北、胆振、日高振興局  
えりも以東：十勝、釧路、根室総合振興局  
本州：青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県

調査事業（マツカワ放流）」（2）ウに記載した手法を用いて年齢別漁獲尾数を求めた。

えりも以東海域および本州：えりも以西海域に準ずる手法により年齢別漁獲尾数を求めた。集計単位は、えりも以東海域では各振興局管内における延べ15漁業種、本州においては海域全体とした。

#### ウ 年齢別資源尾数および資源重量

以下の手順により2002～2021年度の年齢別資源尾数及び資源重量を求めた。

イで得られた年齢別漁獲尾数を全海域について集計し、コホート解析により年齢別資源尾数を求めた。年齢別資源重量は、漁獲物標本の年齢別平均体重を年齢別資源尾数に乗じて算出した。なお、解析手法の詳細は「2021年度資源評価書（マツカワ）」<sup>1)</sup>に記載されている。

#### エ 2021年度の資源水準と今後の資源動向

ア～ウで得られた年齢別漁獲尾数等を用いて同年度の資源水準を評価した。また、今後の資源動向について推察した。

### (3) 得られた結果

#### ア 人工種苗放流尾数および漁獲量

北海道における人工種苗放流は、北海道区水産研究所により、えりも以東海域で1987年から開始された。1990年代にはえりも以西海域でも放流が開始され、2000年代前半には両海域合わせて年間20万尾前後が放流された。

2006年度から、栽培公社による100万尾規模の種苗生産および放流が、えりも以西海域において開始された。以降、両海域合わせて年間90万～150万尾の放流が行われたが、2017年度は栽培公社における著しい種苗生産不調により計7万尾の放流に留まった（図2）。

北海道における漁獲量は、最初の大規模放流群（2006年度放流群）が2歳となった2008年度に134トンまで急増し、2009～2018年度は150～196トンで推移した。しかし、2019年度に146トン、2020年度は121トンに減少し、2年連続で2008年度以降の最も低い水準となった（図3）。これは、後述するように2017年度の放流数が少なかったことが主因と考えられる。一方で2021年度の漁獲量は129トンと昨年度よりわずかに上昇した。

本州の漁獲量は北海道と同様に推移し、1990年代には1トン未満～1トン台であったものが2000年代に徐々に増加、2008～2010年に20～30トン台まで急増した。しかし2011年の震災以降減少し、近年は10トン未満となる年が多い（図3）。

2021年度の漁獲金額は全道1.13億円、本州を合わせて1.29億円で、2008年度以降で最も低かった（図3）。

#### イ 年齢別漁獲尾数

2002～2007年度の総漁獲尾数は1.5万～7.2万尾で推移したが、大規模放流群が2歳になった2008年度に19万尾まで急増、2009年度には22万尾に達した（図4）。2010年度以降はやや減少し、15万～17万尾で推移している。年齢構成をみると2009年度までは、ほとんどが2歳および3歳であったが、2010年度以降、4歳以上が徐々に増加し、2015年度以降は約3万尾、漁獲の20%前後を占めている（図4）。

2019年度および2020年度にみられた漁獲量減少の要因について、漁獲物標本（えりも以西

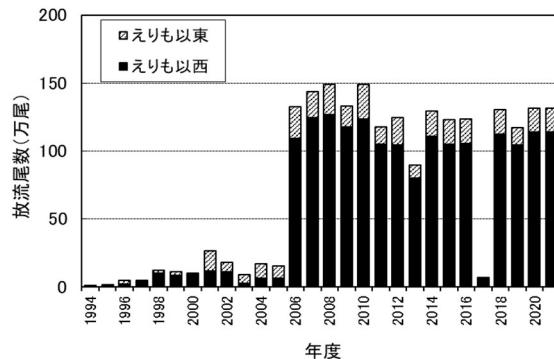


図2 マツカワ人工種苗放流尾数の推移(北海道)

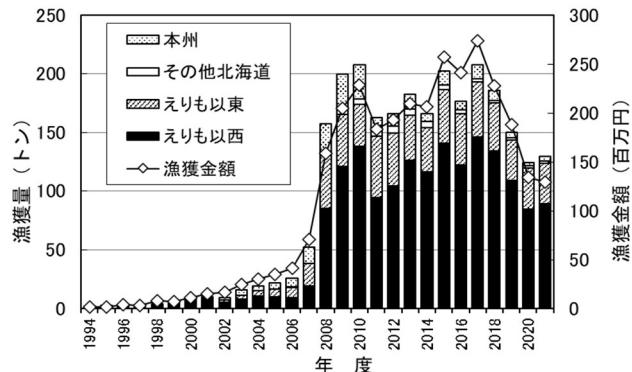


図3 マツカワの漁獲量と漁獲金額の推移(北海道～本州)

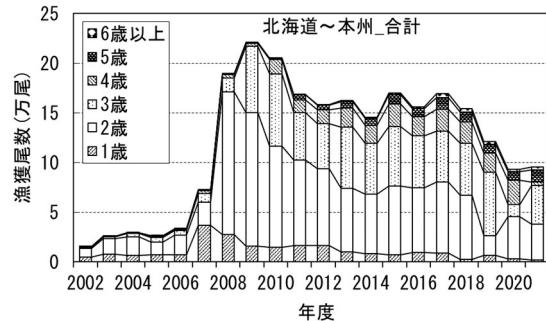


図4 マツカワの年齢別漁獲尾数の推移(北海道～本州)

および以東から採取）の年齢組成の推移から検討した（図5）。2019年度は2歳、2020年度は3歳が著しく少なく、それぞれ全標本の7%および9%となる特異な組成であった（図5上、中）。少なかったのはいずれも2017年級群であり、2017年は前述のように種苗生産不調により放流数が計画の1/10以下となった年である。従って、2017年度の放流数の大幅減が、2019年度および2020年度の漁獲量減少の主因と考えられた。一方で2021年度の漁獲標本の年齢組成は2歳

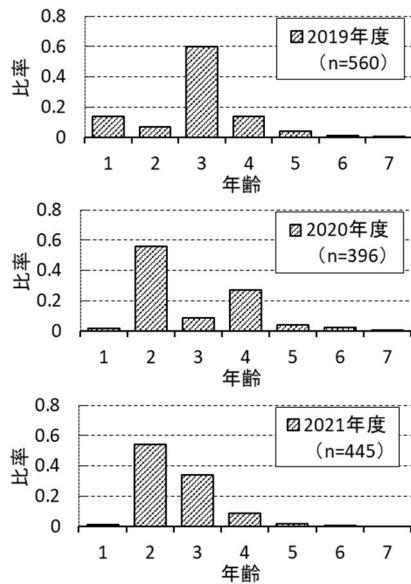


図5 えりも以西および以東で採集したマツカワ漁獲物標本の年齢組成  
上：2018年度、中：2019年度、下：2020年度

(54%) および3歳(34%)が大部分を占め、2017年度の放流数激減の影響を脱したものと考えられる（図5下）。

#### ウ 年齢別資源尾数および資源重量

総資源尾数（1歳以上）は2002～2006年度まで7万～16万尾であったが、大規模放流群が加入した2007年度に60万尾、2008年度に86万尾まで急増した（図6）。2009～2017年度の総資源尾数は80万尾前後で推移したが、2018年度以降は放流数が激減した2017年級群の加入が極めて少ないことにより、51～62万尾に急減した（図6）。

年齢構成の推移をみると、雌雄ともに2009年度まではほとんどが1～2歳であったが、2010年度以降3歳以上が徐々に増加し、2017年度は雄で計10.3万尾(19.3%)、雌では計9.9万尾(28.0%)に達している（図6）。その後前述の2017年級群の放流数大幅減に伴い、一時的に1～3歳魚が減少したが、2017年度以前の水準に回復しつつある。

総資源重量は2007年度まで100トン未満であったが、2008年度に253トン、2009年度には327トンまで急増した。総資源重量は2012年度以降さらに増加し、2015～2018年度に400トン以上に達した（図7）。しかし、上述のように2017年放

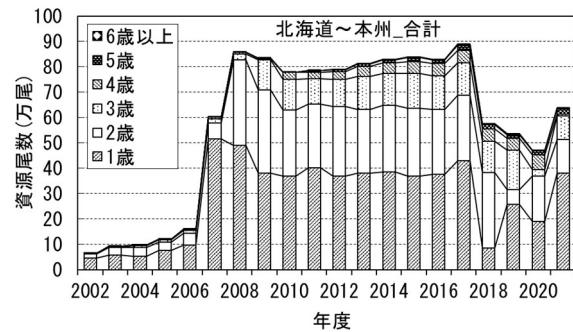


図6 マツカワの年齢別資源尾数の推移（北海道～本州）

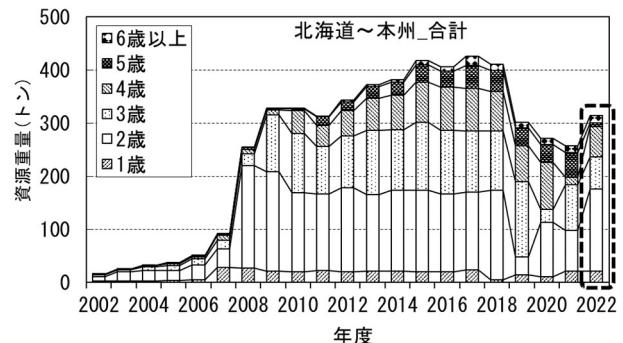


図7 マツカワの年齢別資源重量の推移  
太枠内は予測値

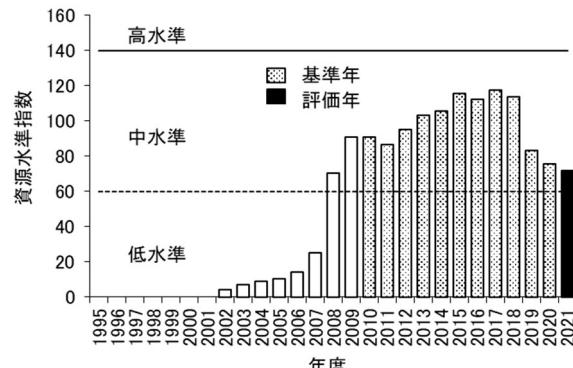


図8 マツカワ資源水準  
資源状態を表す指標は漁獲量

流群の加入が著しく少なかったため、総資源重量は2020年度に273トン、2021年度は259トンに減少した。年齢構成をみると、2012年度以降3歳以上の重量が明瞭に増加し、2015年度以降は計100～140トンに達している（図7）。このことは、上述のように3歳以上の雌資源尾数の増加に対応している。

#### エ 2021年度の資源水準と資源動向

1歳以上の資源重量により資源水準を判断した。2009～2019年度における平均資源重量を100とする指標を用い、 $100 \pm 40$ 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。2021年度の資源水準指数は72で中水準と判断された（図8）。

2022年度の推定資源重量は317トンで、2021年度（260トン）から約21%の増加となったことから、今後の資源動向を増加とした（図7）。2018年度以降の放流が順調に行われていることから、2歳および3歳の資源重量はともに例年の水準まで回復傾向が見込まれる。一方で、各年級群の生残率や漁獲割合の変動次第では、資源重量の増加量が非常に小さくなる可能性がある。

#### （4）参考文献

- 1) 北海道立総合研究機構水産研究本部. マツカワ（北海道～常磐以北太平洋）. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>

## 1. 7 シシャモ

担当者 調査研究部 安宅 淳樹

共同研究機関 さけます・内水面水産試験場

協力機関 日高地区水産技術普及指導所静内支所

えりも以西海域ししゃも漁業振興協議会

胆振管内ししゃも漁業振興協議会

### (1) 目的

道南太平洋海域（えりも以西胆振・日高海域）のシシャモ資源の安定化を図るために、各地の漁業実態などを総合的に考慮した適切な資源管理措置を実践していく必要がある。本事業では、漁獲統計調査、漁獲物調査の結果をもとに、資源管理型漁業を推進するための基礎資料を作成する。

### (2) 経過の概要

#### ア 漁獲統計調査

胆振及び日高管内の漁獲量は、漁業生産高報告から集計した。ただし、2021年については、各地区水産技術普及指導所調べに基づいて中央水試が集計した速報値（暫定値）を用いた。CPUE（1日1隻あたりの漁獲量(kg/日・隻)）は、ししゃもこぎ網漁業漁獲成績報告書から、漁獲量及び操業日数と隻数を集計して算出した。資源水準は、ししゃもこぎ網漁業のCPUEを用いて判断した。

#### イ 漁獲物調査

漁期中のししゃもこぎ網当業船漁獲物の生物測定データを用いて、年齢別漁獲尾数を算出した。年齢査定は耳石の表面から観察される輪紋を計数して行った。

### (3) 得られた結果

#### ア 漁獲統計調査

道南太平洋海域におけるシシャモの漁獲量の推移を図1および表1に示した。1960年代の漁獲量は一年おきに増減を繰り返して変動し、1968年には1,034ト

ンを記録した。1972年以降は概ね200～300トンで推移していたが、1987年から減少の一途をたどり、1990年には15トンとなった。そのため、1991～1994年の4年間、ししゃもこぎ網漁業の自主休漁措置がとられた。漁業が再開された1995年以降2011年までは概ね100～200トンで推移していた。しかし、2012年に27トンまで減少し、その後も36トン以下の低い水準が続き、2015年には12トンまで減少した。2016年以降は100トン前後で推移していたが、2019年には66トンに減少、2020年は8トンまで減少した。2021年は1.8トンと1985年以降過去最低の漁獲量を更新した。漁業種別の漁獲量の推移では、ししゃもこぎ網による漁獲が54～94%、刺し網が4～46%、その他漁業が0～3%を占めていた（図2）。2021年の漁獲量は、ししゃもこぎ網が1.6トン（87%）、刺し網が0.2トン（13%）、その他漁業が0トン（0%）だった。

ししゃもこぎ網漁業の延べ操業隻数の推移を図3に示した。自主休漁明けの1995年以降、延べ操業隻数は約1,000～1,500隻で推移していたが、2012～2015年には約550～850隻に減少した。その後増加して2016年以降は約1,000隻弱で推移していたが、2020年に659隻まで減少し、2021年は313隻だった。刺し網漁業の努力量として、日高地区の延べ操業隻数の推移を図4に示した。索餌期（5～9月）における延べ操業隻数は、2008年の600隻をピークに減少し、2012～2015年には60隻を下回った。2016年以降は150～250隻で推移していたが、2021年は4隻まで減少した。産卵期（1～11月）における延べ操業隻数は、2006～2011年は約300～400隻で推移していたが、

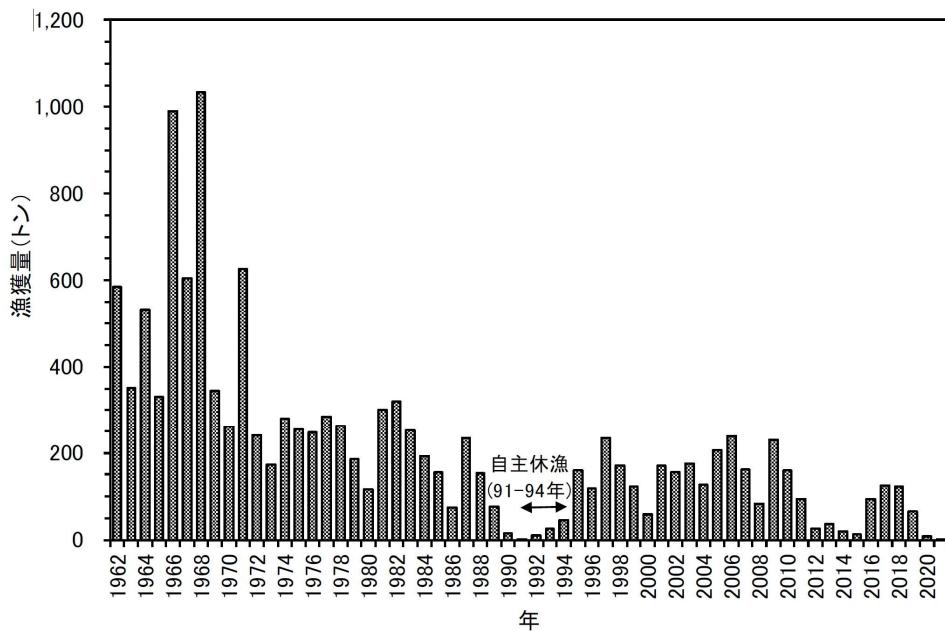


図1 道南太平洋海域におけるシシャモ漁獲量

注)えりも町には、えりも漁協庶野支所分（道東太平洋）を含むため、えりも町は除いた。

表1 道南太平洋海域におけるシシャモの市町村別漁獲量

年	胆振管内										日高管内						合計*		
	豊浦	洞爺湖	伊達	室蘭	登別	白老	苫小牧	厚真	むかわ	小計	日高	新冠	新ひだか	浦河	様似	えりも	小計*		
1985	0	0	0	0	0	0	22	20	63	105	43	5	1	2	0	7	51	156	
1986	0	0	0	0	0	0	17	6	18	41	27	2	1	3	0	15	33	74	
1987	0	0	0	0	0	0	33	28	81	142	66	8	7	10	0	30	91	234	
1988	0	0	0	0	0	0	30	19	53	102	45	2	3	2	0	2	52	154	
1989	0	0	0	0	0	1	0	17	10	32	60	13	1	0	1	0	37	16	76
1990	0	0	0	0	1	1	5	0	7	14	1	0	0	0	0	34	1	15	
1991	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	28	1	2
1992	0	0	0	0	2	0	2	0	1	5	1	0	1	2	0	58	5	9	
1993	0	0	0	0	2	0	0	0	4	7	2	0	9	5	2	62	18	25	
1994	0	0	0	0	0	0	2	5	12	19	19	2	1	1	2	51	25	44	
1995	0	0	2	0	1	1	6	19	49	78	55	9	10	6	0	50	81	159	
1996	0	0	0	0	0	0	5	17	55	77	33	3	3	2	0	37	41	118	
1997	0	0	0	0	2	0	11	31	114	158	56	10	6	5	0	88	76	234	
1998	0	0	0	0	3	0	16	28	80	127	37	2	3	1	0	54	43	170	
1999	0	0	0	0	1	0	9	26	62	98	15	2	5	2	0	32	24	122	
2000	0	0	0	0	2	0	1	13	19	36	22	0	0	0	0	52	23	58	
2001	0	0	1	0	1	1	19	28	61	112	48	4	6	1	0	127	60	171	
2002	0	0	1	0	1	1	12	23	73	111	39	2	3	0	0	72	44	155	
2003	0	0	0	0	2	1	14	24	79	120	40	5	9	1	0	62	56	175	
2004	0	0	0	0	1	0	9	16	42	69	48	3	4	1	0	58	57	126	
2005	0	0	1	0	2	1	2	15	23	73	117	55	6	23	5	0	50	90	206
2006	1	0	0	0	2	1	26	35	86	150	75	5	5	3	0	58	88	238	
2007	0	0	0	0	3	1	7	29	48	88	61	4	5	3	0	67	73	161	
2008	0	0	0	0	1	0	3	10	17	32	31	2	18	0	0	22	51	84	
2009	0	0	0	0	3	1	14	27	87	132	75	7	14	3	0	45	99	230	
2010	0	0	0	0	2	1	11	25	50	90	49	5	15	1	0	42	70	160	
2011	0	0	0	0	3	1	2	6	23	35	30	7	16	4	0	42	58	93	
2012	0	0	0	0	1	1	2	6	13	22	4	0	0	0	0	38	5	27	
2013	0	0	0	0	0	0	1	5	14	20	15	0	0	0	0	19	16	36	
2014	0	0	0	0	0	0	2	2	13	17	3	0	0	0	0	12	3	20	
2015	0	0	0	0	0	0	1	2	6	9	2	0	1	0	0	45	3	12	
2016	0	0	0	0	0	0	5	10	40	56	32	1	3	1	0	17	37	93	
2017	0	0	0	0	0	0	5	10	62	77	41	1	4	1	0	24	47	124	
2018	0	0	0	0	0	0	5	23	45	74	48	0	1	0	0	37	49	123	
2019	0	0	0	0	0	0	1	5	33	39	25	0	1	0	0	14	27	66	
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	0	0	0	0	15	5	8	
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	16	0	2	

注)えりも漁協庶野支社分（道東太平洋）を含むため、日高管内の小計および合計からえりも町を除いた。

2012～2015年には100隻を下回った。2016年以降は150隻以上で推移していたが、2020年は54隻まで減少し、2021年は30隻だった。

道南太平洋海域におけるししゃもこぎ網漁業のCPUE（1日1隻当たりの漁獲量）の経年変動は漁獲量の変動とほぼ同様の傾向を示している（図5）。CPUEは休漁明けの1995年から2011年までは約50～180kg/(日・隻)の間で増減を繰り返していたが、2012～2015年には4年連続して40kg/(日・隻)を下回った。その後、2016～2018年には84～122kg/(日・隻)に増加したが、2019年には70kg/(日・隻)に減少した。その後、2020年に7kg/(日・隻)、2021年には5kg/(日・隻)と過去最低値を更新した。

資源状態を表す指標には、ししゃもこぎ網漁業のCPUE（1日1隻当たりの漁獲量）を用いた。2000～2019年のCPUEの平均値を100として各年の値を標準化し、 $100 \pm 40$ の範囲を中心とした、その上下をそれぞれ高水準、低水準とした。2021年の資源水準指数は5であり、2000年以降では過去最低の低水準となった（図6）。

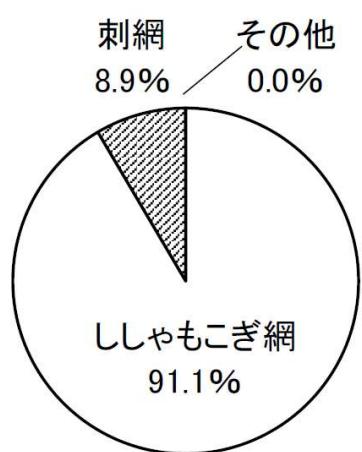


図2 道南太平洋海域におけるシシャモの漁業種別の漁獲比率

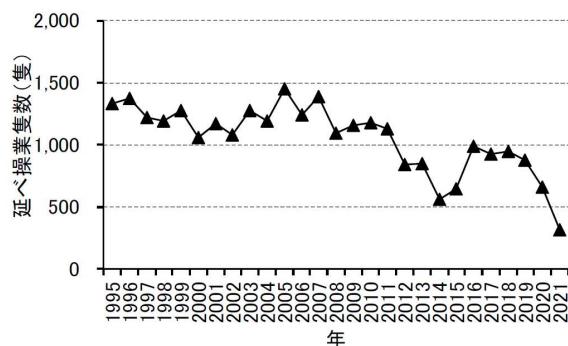


図3 道南太平洋海域におけるししゃもこぎ網漁業の延べ操業隻数の推移

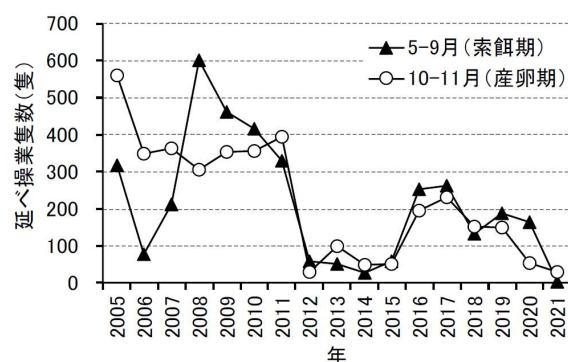


図4 日高地区における刺し網漁業の延べ操業隻数の推移

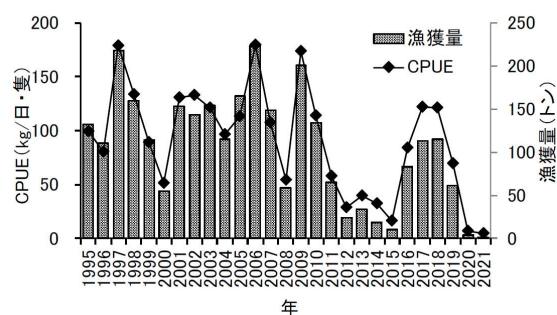


図5 道南太平洋海域におけるししゃもこぎ網漁業のCPUEと漁獲量

注) 2021年の漁獲量は水試集計速報値

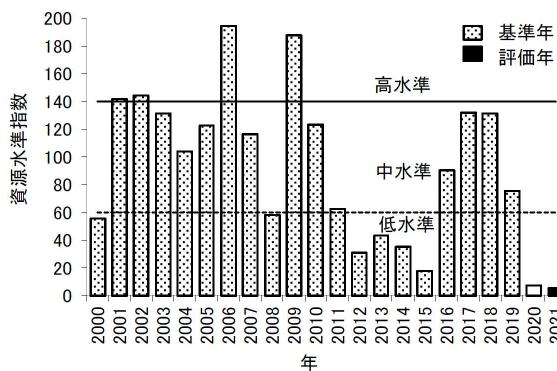


図 6. 道南太平洋海域におけるシシャモの資源水準

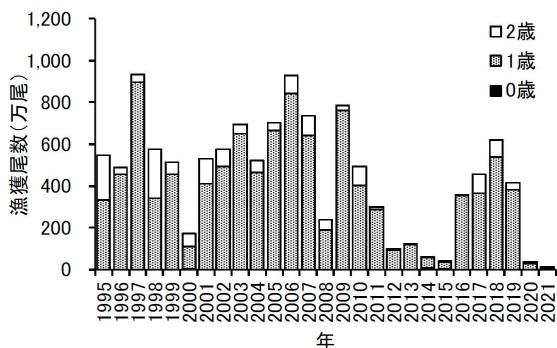


図 7. 道南太平洋海域におけるシシャモの年齢別漁獲尾数

#### イ 漁獲物調査

道南太平洋海域におけるシシャモの年齢別漁獲尾数をみると、概ね8割前後が1歳魚で占められており、1歳魚の多寡が資源水準に大きく寄与している(図7)。1歳魚の漁獲尾数は、2012～2015年には31～118万尾だったが、2016～2019年は350万尾以上に増加した。しかし、2020年には前年より約353万尾少ない28万尾、2021年には5.9万尾まで減少した。2021年の総漁獲尾数は6.5万尾と推定された。

道南太平洋海域においては、資源状態の悪い年の特徴として魚体が大型化することが多い<sup>1,2)</sup>。2021年に漁獲主体となった2020年級群では2017～2019年級群と比べて大型化したものとの、資源状態が良かった2001～2002年、2006年および2009年の漁獲主体となった2000～2001年級群、2007および2008年級群と比較すると大型化していなかった。体サイズの変動メカニズムの詳細について、研究する必要がある。

#### (4) 参考文献

- 1) 渡辺安廣, 田中伸幸: I-1-(4) シシャモ. 昭和63年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 8-11 (1989)
- 2) 渡辺安廣, 田中伸幸: I-1-(4) シシャモ. 平成年度北海道立函館水産試験場事業報告書, 5-7 (1989)

## 1. 8 ケガニ

担当者 噴火湾 調査研究部 村上修

胆振太平洋・日高 調査研究部 福田裕穀

共同研究機関 函館水産試験場

協力機関 渡島北部地区・胆振地区・日高地区水産技術普及指導所、渡島・胆振総合振興局水産課、日高振興局水産課

### (1) 目的

噴火湾海域、胆振太平洋海域および日高海域に分布するケガニ資源について、資源の維持と有効利用を図るため、資源密度調査を実施して2021年度（2021年4月～2022年3月）の資源評価を行う。

### (2) 経過の概要

#### ア 漁獲統計調査

漁業情報として、1954～1984年までは北海道水産現勢、1985年以降は渡島、胆振、日高の各振興局の報告資料から漁獲量を収集した。噴火湾海域及び胆振太平洋海域については1997年以降、日高海域については1999年以降の操業隻数を、同報告資料から収集した。

#### イ 資源調査

##### （ア）調査方法

a 噴火湾海域：「噴火湾海域におけるかにかご試験操業実施要領」に指定された調査区域を基本に、噴火湾内の水深10m以深の範囲を調査対象海域（資源密度推定範囲）に設定した（図1）。各年の調査期間を2～4月とし、1997年では19点、1998～1999年では20点、2000～2006年では16点、2007～2011年では17点、2012～2017年では24点、2018年では25点、2019年から八雲の1ラインが追加され30点の調査点を設定し、40～50個ずつの試験用かにかご（2～2.5寸目合）を1昼夜設置し、ケガニ標本を採集した（図1）。

採集されたケガニについて、調査点毎に全数を計数したほか、雌雄別に100個体を上限として甲長、頭胸甲の硬度等を測定した。

b 胆振太平洋海域：「かにかご漁業（けがに）の許可

等に関する取扱方針（胆振振興局管内胆振太平洋海域）」に指定された調査区域を基本に、水深10～120mの範囲を調査対象海域（資源密度推定範囲）に設定した

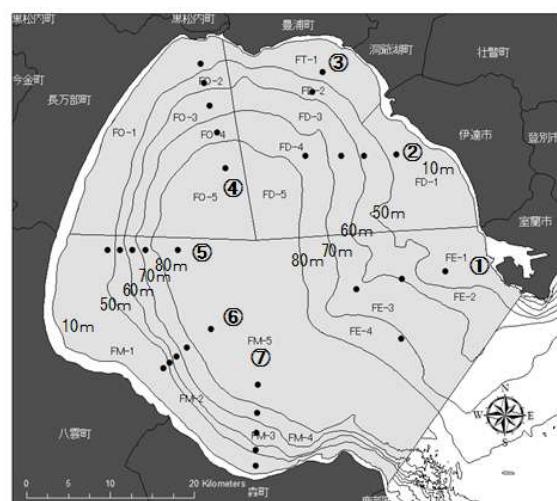


図1 噴火湾海域資源調査計画調査点（●）と資源密度推定範囲（薄いグレー）  
丸数字は調査線番号、記号は領域番号

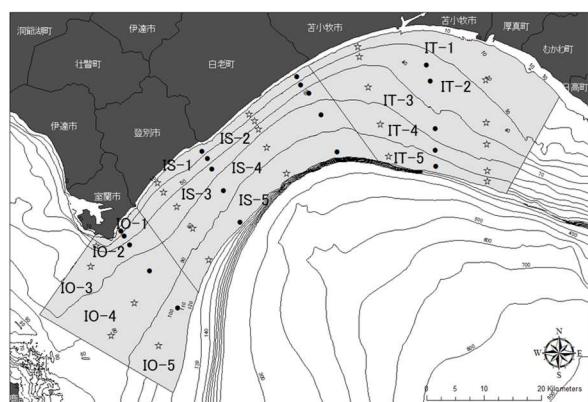


図2 胆振太平洋海域資源調査計画調査点（●）  
従来点、☆2018年度増設点）と資源密度推定範囲（薄いグレー）  
記号は領域番号

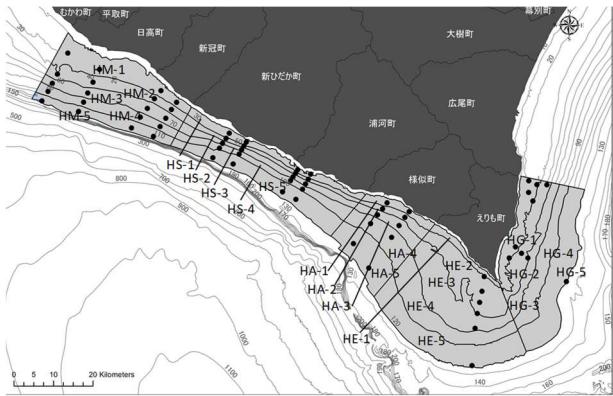


図3 日高海域資源調査計画調査点（●）と資源密度推定範囲（薄いグレー）記号は領域番号

(図2)。調査は、1997～2010年が3月、2011～2019年が4月、2020年以降は5月に実施している。対象海域内に、1997～2010年では15点、2011～2017年では20点(図2の●印：従来点)、2018年から45点(従来点に25点を増設：図2の☆印)の調査点を設定し、40個ずつの試験用かにかごを1昼夜設置、ケガニ標本を採集した。採集されたケガニについて、噴火湾海域と同様に計数・測定した。

なお、甲長組成並びに資源尾数等の推定にあたっては、過去の調査結果との比較のため2018年度以降についても従来調査点20点のデータのみを使用した。

**c 日高海域：**日高海域は操業許可が日高西部海域と東部海域とに分離されているが、評価単位については、これら2海域を合わせて日高海域としている。「かにかご漁業(けがに)の許可等に関する取扱方針(日高振興局管内西部沖合海域)」および「同(日高振興局管内東部沖合海域)」指定された調査区域を基本に、水深10～120mの範囲を調査対象海域(資源密度推定範囲)に設定した(図3)。

各年の調査期間を5～6月とし、1996年では20点、1997～1998年では22点、1999～2003年では27点、2004～2006年では39点、2007～2015年では56点、2016年からは66点(図3)に40～50個ずつの試験用かにかごを1昼夜設置し、ケガニ標本を採集した。採集されたケガニについて、噴火湾海域と同様に計数・測定した。

#### (イ) データ処理方法

**a 調査点付近の分布密度推定：**調査により採集された雄ケガニ個体数を用い、平山<sup>1)</sup>による次式により、調査点付近の1m<sup>2</sup>当たりの雄ケガニ密度(漁獲対象外甲長および硬度を含む)を計算した。

$$N = \frac{C_{(D)}}{fS} \quad (1)$$

$$S = (n - 1) \times 2S_u + \pi r^2 \quad (2)$$

$$S_u = D' \sqrt{r^2 - D'^2} + \frac{r^2 (\pi - 2c)^{-1} D'}{2} \quad (3)$$

ただし、

$$D' = \frac{D}{2}, \quad 0 \leq D' \leq r \quad (4)$$

ここで、N：資源密度、C<sub>(D)</sub>：かご間隔Dで設置したときの採集個体数、f：かごの漁獲効率、S：1調査点あたりの誘集面積、n：調査点に設置したかご数、r：かごの誘集半径である。

採集漁具の仕様、およびこれまでの研究結果<sup>2)</sup>に従い、D=12m、r=40mとした。fは不明であるが、一定を仮定した。なお、これらの条件においては、1調査点あたりの誘集面積(S)は、n=40の場合は42,325.67m<sup>2</sup>、n=50の場合は51,889.55m<sup>2</sup>と計算される。

**b 調査対象海域の分割：**水深、調査点配置、および行政区界を考慮し、噴火湾海域では20領域、胆振太平洋海域では15領域、日高海域では25領域に對象海域を区分し(図1～3)，それぞれの面積を計算した。

**c 領域ごとの分布密度ならびに評価対象海域の分布個体数推定：**bで区分された各領域に対し、aで推定した調査点付近の雄ケガニ密度をあてはめて領域ごとの分布密度とした。これらを各領域の面積で重み付けした上で合計し、各年の評価対象海域の分布個体数とした。ただし、(1)式のf(漁獲効率)は1と仮定し、分布個体数については相対値とした。各領域への密度のあてはめには、原則として次のルールを適用した。

- 1) 領域に含まれる調査点(付近)の密度を、その領域の分布密度とする。調査点が複数含まれる場合は平均する。
- 2) 対象領域に調査点が含まれない場合、水深帯が同等の隣接領域に含まれる調査点の値を引用する。
- 3) 水深帯が同等の隣接領域にも適当な調査点が含まれない場合、等深線に対して鉛直方向に隣接する領域に含まれる調査点の値を引用する。この場合、可能な限り深浅

両方向から引用して平均する。

4) 3)の処理も不可能な場合には、海域全体の調査点配置を考慮して引用する調査点を判断する。

**d 資源個体数・資源重量**：分布個体数のうち、甲長 80 mm 以上のものを資源個体数とした。ただし、噴火湾海域および胆振太平洋海域においては、調査時期が脱皮期にあたることから、甲長 68mm 以上 80mm 未満の堅甲個体については漁期開始までに脱皮するものと仮定して、次の(5)式により甲長を脱皮後に変換した上で、資源個体に含めた。

$$CL_a = 1.035CL_b + 10.575 \quad (5)$$

ただし、 $CL_a$ は脱皮後甲長 (mm)、 $CL_b$ は脱皮前甲長 (mm)である。次に、資源個体数を 1mm 区間で作成した甲長組成に振り分け、下記の甲長一体重関係式により資源重量に変換した。ただし、W は体重(g)、CL は甲長 (mm) である。

噴火湾海域の軟甲個体に対しては(6)式を、堅甲個体に対しては(7)式を、胆振太平洋海域の軟甲個体には(8)式を、堅甲個体には(9)式を、日高海域の個体には(10)式を適用した。

$$W = 4.893 \times 10^{-4} \times CL^{3.043173} \quad (6)$$

$$W = 0.691 \times 10^{-4} \times CL^{3.479826} \quad (7)$$

$$W = 4.078 \times 10^{-4} \times CL^{3.067217} \quad (8)$$

$$W = 2.328 \times 10^{-4} \times CL^{3.198333} \quad (9)$$

$$W = 1.727 \times 10^{-4} \times CL^{3.27077} \quad (10)$$

なお、甲長組成は、2017 年度までは各調査点の 1mm 毎の組成を単純に合計していたが、2018 年度の評価から領域毎の面積で重み付けを行い算出した。

**e 調査年度の加入量および次年度の予測加入量**：噴火湾海域および胆振太平洋海域については、調査時期が脱皮期にあたることから、次年度に漁獲対象サイズに成長すると期待される甲長 68mm 以上 80mm 未満の軟甲雄個体（次年度漁期開始までに 1 回脱皮を仮定）、および甲長 56mm 以上 68mm 未満の堅甲雄個体（次年度漁期開始までに 2 回脱皮を仮定）を次年度の加入群とした。

これら加入群のうち、後者については(5)式により脱皮後の甲長を予測した上で、前者・後者それぞれに(6)あるいは(8)式を適用して体重に変換し、それらを積算して次

年度の予測加入量とした。日高海域については、評価年に漁獲対象サイズに成長したと推定される甲長 80mm 以上 91mm 未満の軟甲雄の分布個体数を(10)式で重量に変換して加入量、次年度に漁獲対象サイズに成長することが期待される甲長 68mm 以上 80mm 未満の雄の分布個体数を同様に変換して次年度の予測加入量とした。

**f 資源量指標および予測加入量指標**：資源重量は、噴火湾海域では 1997～2016 年度の平均、胆振太平洋海域では 1997～2009 年度の平均、日高海域では 1996～2015 年度の平均をそれぞれ 100 として各年の値を標準化し資源量指標とした。

予測加入量指標は、噴火湾海域では 1998～2017 年度の平均、胆振太平洋海域では 1998～2010 年度の平均、日高海域では 1997～2016 年度の平均をそれぞれ 100 として各年の値を標準化し資源量指標とした。

### (3) 得られた結果

#### ア 噴火湾海域

##### (ア) 漁獲量の推移

本海域の漁獲量は 1986 年度に 444 トンに達していたが、1987 年度以降に急激に減少した。そのため、1990～1991 年度に禁漁措置が実施された（表 1、図 4）。

1992 年度から試験操業として再開されると同時に許容漁獲量制が導入された。許容漁獲量は 1992 年度では 228 トンに設定されたが、1994 年度以降は 60～114 トンの範囲で設定されていた。1992 年度以降の漁獲量は、許容漁獲量以下の 36.0～107.8 トン（許容量達成率約 15～100%）で推移していた。2021 年度では許容漁獲量 88 トンに対し、実漁獲量は 87.6 トンで許容量達成率は 99.6% となった（表 1、図 4）。

漁獲金額は 2000 年度から 2014 年度まで 1～2 億円だったが、近年、単価が上昇したことにより 2021 年度は過去最高の 3.72 億円となり、単価は 4,241 円/kg となった（表 1）。

##### (イ) 現在までの資源動向

#### a 試験操業の CPUE

操業 CPUE は 2006 年度までは 80kg/隻・日以下で推移し

ていたものの、2007年度に増加して以降、80kg/隻・日以上で推移している。2009～2011年度、および2016年度は150kg/隻・日を超える高い値だったが、翌2017年度には89kg/隻・日と半減した。2021年度は前年度(98.2kg/隻・日)より増加し124.7kg/隻・日となった(図5)。

### b 資源量指数の推移

資源調査によって得られた資源量指数は、本海域の漁獲対象群の資源量指数は、2007～2009年度では251～363と極めて高かった。2012～2015年度には46～79で推移していたが、2016年度には前年度比で約2倍の116へ一時的に増加した。2017年度には再び半減したが、2021年度は前年(59.9)に比べ大きく増加し93.6となった(図6)。

### (ウ) 資源水準

資源量指数を用いて資源水準を判断した。資源水準指数

表1 噴火湾海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量

年度	噴火湾合計					単価
	漁獲量(トン) <sup>*1</sup>	許容漁獲量 <sup>*2</sup>	許容量達成率(%)	漁獲金額(億円)	単価	
かにかご	刺し網	合計	漁獲量(トン)	達成率(%)	(円/kg)	
1985	263.0	20.0	283.0			
1986	416.0	28.0	444.0			
1987	143.0	23.0	166.0			
1988	144.0	31.0	175.0			
1989	38.0	9.0	47.0			
1990						
1991						
1992	33.0	33.0	228	14.5		
1993	60.0	60.0	114	52.6		
1994	60.0	60.0	76	78.9		
1995	49.0	49.0	74	66.2		
1996	46.2	46.2	63	73.3		
1997	65.2	65.2	76	85.7		
1998	72.4	72.4	74	97.8		
1999	80.5	80.5	84	96.2		
2000	67.3	67.3	84	80.5	1.08	1,601
2001	75.7	75.7	91	83.0	1.21	1,593
2002	79.9	79.9	111	72.0	1.39	1,736
2003	37.6	37.6	68	55.6	0.94	2,506
2004	36.0	36.0	60	60.0	0.78	2,160
2005	41.7	41.7	60	69.6	0.85	2,043
2006	63.4	63.4	80	79.3	0.93	1,459
2007	91.6	91.6	96	95.4	1.03	1,124
2008	93.2	93.2	100	93.2	1.21	1,298
2009	91.8	91.8	100	91.8	1.26	1,376
2010	95.8	95.8	100	95.8	1.62	1,692
2011	97.4	97.4	100	97.4	1.68	1,728
2012	73.6	73.6	76	96.9	1.92	2,607
2013	69.2	69.2	76	91.0	1.76	2,543
2014	67.6	67.6	76	88.9	1.90	2,820
2015	73.2	73.2	76	96.4	2.21	3,011
2016	107.8	107.8	114	94.6	3.12	2,898
2017	66.9	66.9	76	88.0	2.66	3,980
2018	69.0	69.0	76	90.8	3.05	4,425
2019	76.0	76.0	76	100.0	3.15	4,145
2020	73.5	73.5	76	96.7	2.82	3,840
2021	87.6	87.6	88	99.6	3.72	4,241

\*1 渡島・胆振振興局報告資料(集計期間:4月～翌年3月)

\*2 1999年度では当初の76トンが漁期中に変更された

は、1997～2016年度の20年間における資源量指数の中央値(64.5)を100として、25～75パーセンタイル区間(資源水準指数71.6～169.3)を中水準とし、その上下を各々高水準、低水準とした。2021年度の資源水準指数は145.1で、昨年度(92.8)を大きく上回ったが、資源水準は継続して「中水準」となった(図7)。

### (エ) 今後の資源動向

2022年度の予測加入量指数は、前年度(61.1)に比べ横ばいの61.6となり、2022年度の加入量は少ないと考えられるが(図8)、2007年度および2016年度における漁獲対象群の資源量指数の急激な増加(図6)については、予

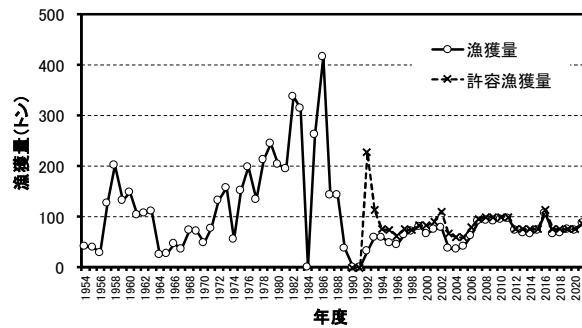


図4 噴火湾海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量の経年推移

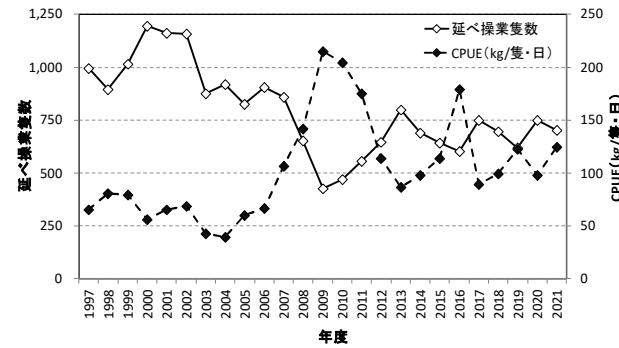


図5 噴火湾海域における操業 CPUE の推移

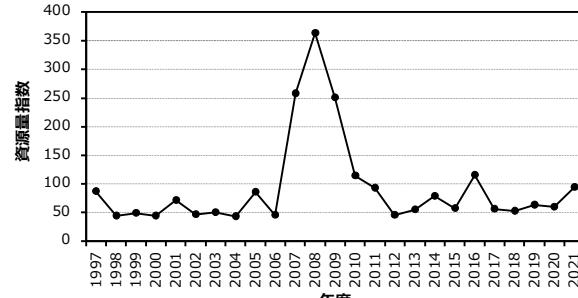


図6 噴火湾海域における甲長80mm以上雄の資源量指数(1997～2016年度の平均値を100)の推移

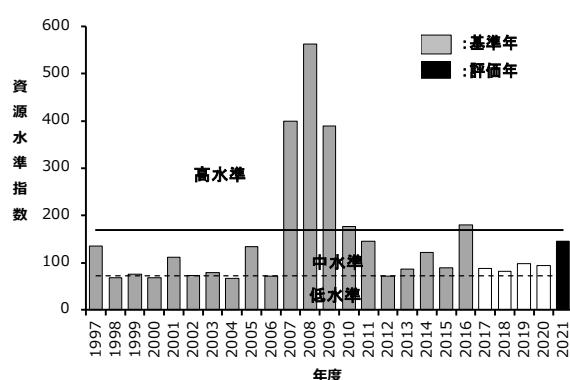


図 7 噴火湾海域におけるケガニの資源水準(資源状態を表す指標: 資源調査による資源量指数)  
1997~2016 年度の資源量指数の中央値を 100 として、25 ~75 パーセンタイル区間(資源水準指数 71.6~169.3)に対応する範囲を中水準とし、その上下を各々高水準、低水準とした。

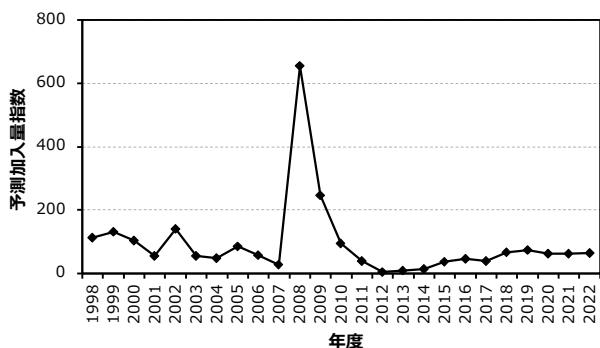


図 8 噴火湾海域における予測加入量指数の推移

想加入量指数からは予測できなかったことから、今後の資源量の動向は明らかではない。

#### イ 胆振太平洋海域

##### (ア) 漁獲量の推移

本海域の漁獲量は 1988 年度に 273 トンだったが、1989 年度に資源量が急減したため、1990~1991 年度に禁漁措置が施された(表 2、図 8)。1992 年度から漁法をかにかごのみに限定した許容漁獲量制度が導入され、試験操業として漁獲が再開された。2007 年度より資源状態がある程度回復したと判断され、許可漁業に移行した。許容漁獲量は、1992 年度に 165 トンに設定され、1993~2005 年度は 190

表 2 胆振太平洋海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量

年度	胆振太平洋		
	漁獲量(トン) <sup>*1</sup>	許容漁獲量 <sup>*2</sup> (トン)	許容量達成率
1985	229.0	29.0	258.0
1986	230.0	34.0	264.0
1987	111.0	28.0	139.0
1988	219.0	54.0	273.0
1989	136.0	43.0	179.0
1990			禁漁
1991			禁漁
1992	165.0	165.0	165.0 100.0%
1993	208.0	208.0	220.0 94.5%
1994	202.8	202.8	202.8 100.0%
1995	203.0	203.0	231.0 87.9%
1996	145.6	145.6	190.0 76.6%
1997	121.7	121.7	201.0 60.5%
1998	172.6	172.6	197.0 87.6%
1999	192.5	192.5	192.5 100.0%
2000	192.5	192.5	192.5 100.0%
2001	195.2	195.2	195.2 100.0%
2002	250.3	250.3	251.0 99.7%
2003	240.6	240.6	250.0 96.2%
2004	199.4	199.4	207.0 96.3%
2005	194.4	194.4	198.0 98.2%
2006	224.1	224.1	230.0 97.4%
2007	271.0	271.0	276.0 98.2%
2008	320.0	320.0	320.0 100.0%
2009	320.0	320.0	320.0 100.0%
2010	320.0	320.0	320.0 100.0%
2011	370.0	370.0	370.0 100.0%
2012	295.7	295.7	302.0 97.9%
2013	276.5	276.5	300.0 92.2%
2014	274.6	274.6	302.0 90.9%
2015	225.8	225.8	297.0 76.0%
2016	202.3	202.3	286.0 70.7%
2017	117.2	117.2	176.0 66.6%
2018	68.1	68.1	72.0 94.5%
2019	28.8	28.8	33.0 87.3%
2020	78.0	78.0	78.0 100.0%
2021	94.0	94.0	94.0 100.0%

\*1 胆振総合振興局報告資料(集計期間: 4 月~翌年 3 月)

\*2 1994 年度では当初の 165 トンが漁期中に変更された

~251 トンの間を上下、2006~2011 年度は 230 トンから 370 トンへと上昇、2012 年度に一旦減らされたが、その後 2016 年度までは、ほぼ横ばいで 286~302 トンが設定された。実漁獲量(実際の漁獲量)は、1999~2012 年度では許容漁獲量とほぼ同量であった。

しかし、2013 年度以降は、許容漁獲量がほぼ据え置かれ

たのに対して、実漁獲量は減少が続き、その差が開いていった。2017年度には許容漁獲量を176トンと大幅に引き下げたにもかかわらず、実漁獲量は117トンにまで落ち込み、許容漁獲量達成率は7割を切った。

2018年度以降は許容漁獲量がさらに低く設定された結果、実漁獲量は許容漁獲量と同等となり、自主休漁地区を除く実質の許容漁獲量達成率は100%となった（表2の達成率は自主休漁地区を含む）。2021年度の実漁獲量は許容漁獲量と同じ94トン（前年度比1.21）であった。

#### （イ）現在までの資源動向

##### a 操業 CPUE

けがにかご漁業の操業 CPUE（1隻・1日当たり漁獲量）は1997～2009年度では増減があったものの緩やかな増加傾向を示し、2009年度には299kg/隻・日に達した（図9）。

しかし、2010年度以降は一転して減少が続き、2017年度には1997年度以降最低の64.2kg/隻・日となり、2018年度も同等の64.7kg/隻・日であった。2019年度以降の操業CPUEは100kg/隻・日程度で推移し、2021年度は113.5kg/隻・日であった。

##### b 資源量指数の推移

漁獲対象群の調査 CPUE を重量変換して算出した資源量指数は、2002～2006年度は100程度と中位安定して推移していたが、2007～2010年度には140を超える高い値となり、その後減少して、2013年度以降は再び100前後で推移していた（図10）。

しかし、2017年度に27.1（前年度比0.26）と大きく減少して、その後も40以下と低位横ばいで推移し、2021年度の資源量指数は37.0（前年度比1.36）であった。

#### （ウ）資源水準

1997～2014年の18年間の資源量指数の平均（99.5）を100としたものを資源水準指数として資源水準を判断した。資源水準指数が $100 \pm 40$ （資源量指数で $99.5 \pm 39.8$ ）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。2021年度の資源水準は、資源水準指数が37.2（資源量指数37.0）であることから「低水準」と判断された（図11、図中の実線：資源量指数139.3、破線：資源量指数59.7）。

#### （エ）今後の資源動向

資源量指数は2017年度以降、5年連続して低水準域にあり（図11）、2021年度のけがにかご漁業の操業 CPUEは前年から上昇したもの、2014年度以前の操業 CPUEと比較すると、高い水準とは言えない（図10）。卓越年級群の発生は引き続き見られず、次年度加入が期待される予測加入量もきわめて低位である（図12）。

これらのことから、本海域の資源状態は低水準域にあり、資源動向は横ばいで、回復の兆しは認められない。

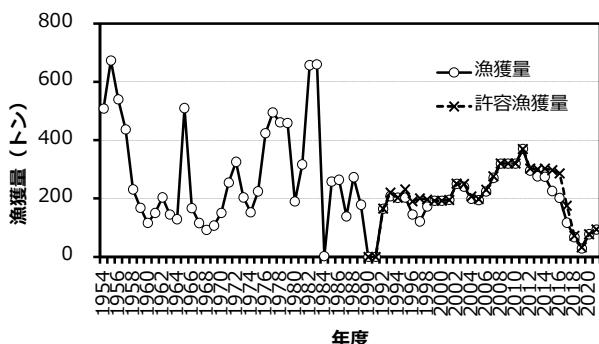


図9 胆振太平洋海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量の経年推移

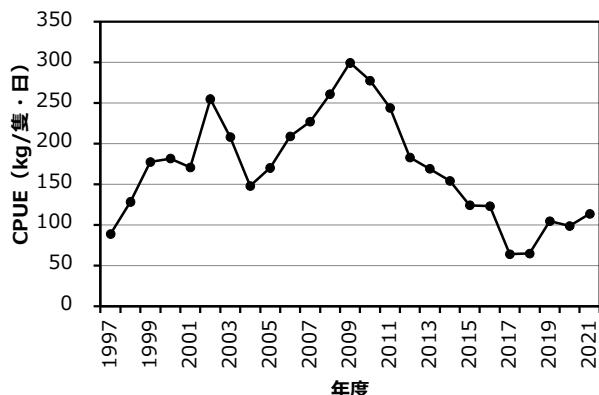


図10 胆振太平洋海域における操業 CPUE の推移

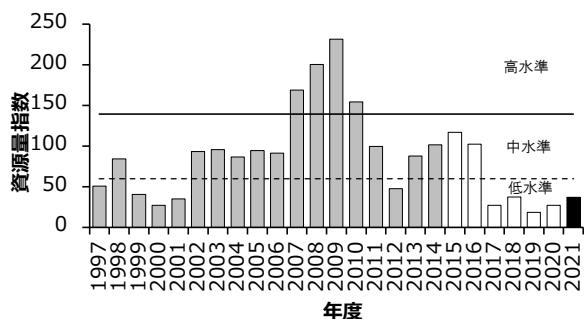


図11 胆振太平洋海域における資源量指数の推移および水準判定

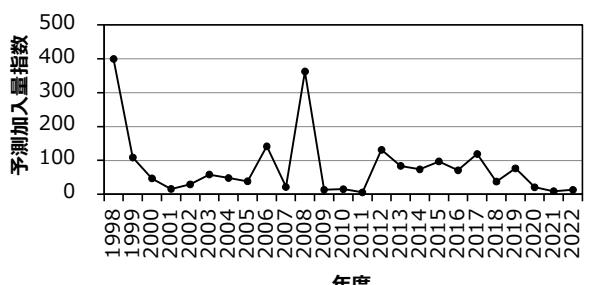


図12 胆振太平洋海域における予測加入量指数の推移

## ウ 日高海域

### (ア) 漁獲量の推移

西部海域では1993年度から、東部海域では1990年度から許容漁獲量制が導入されている。両海域を合わせた漁獲量は1997～1998、2012、2016、2019年度を除き、概ね許容漁獲量と同様に推移し、1986～2000年度の漁獲量は低い水準（57～112トン）で続いた。漁獲量は2001年度から増加し2014年度までは162～292トンの範囲で推移したものの、2015年度以降では減少傾向になった。2019年度では許容漁獲量189トンに対し漁獲量は80.9トンと、許容量達成率は42.8%と特に低くなった。2021年度では許容漁獲量41トンに対し漁獲量は前年度に比べさらに減少し31.9トン（前年比）となり、許容量達成率は77.8%と低かった（表3、図13）。海域別では2021年度の西部海域の漁獲量は、許容漁獲量18.25トンに対し9.9トン、東部海域では同22.75トンに対し22.0トンと、両海域とも許容漁獲量に達しなかった。（表3、図13）。

漁獲金額については2002年度の約6.5億円をピークに、その後、約4～6億円で推移していたが、2017年度には約2.8億円に減少し、2021年度は億円となった。単価については2006年度以降、約2千円/kg前後で推移していたが、2015年度以降は漁獲量減少などのため上昇した。2021年度は過去最高の5,976円/kgとなった（表3）。

表3 日高海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量

年度	日高西部*1						日高東部*1						東西計				
	漁獲量(トン)*2			許容漁獲量*3			漁獲量(トン)*2			許容漁獲量*3			漁獲量	許容漁獲量	許容量達成率	漁獲金額	単価
	かにかご	その他	合計	(トン)	かにかご	その他	合計	(トン)	かにかご	その他	合計	(トン)	(トン)	(%)	(億円)	(円/kg)	
1985	49.0	63.5	112.5		22.7	66.1	88.8					201.3			3.46	1,721	
1986	20.0	15.1	35.1		29.7	34.8	64.5					99.6			2.45	2,463	
1987	22.7	9.6	32.3		36.2	18.7	54.9					87.2			2.91	3,341	
1988	21.7	3.8	25.5		70.7	4.4	75.1					100.6			3.71	3,685	
1989	20.4	3.9	24.3		69.1	9.9	79.0					103.3			3.49	3,377	
1990	20.9	1.4	22.3		52.7	25.6	78.3		69.0			100.6			5.83	5,792	
1991	11.1	2.9	14.0		20.6	22.0	42.6		43.0			56.6			2.54	4,488	
1992	34.8	1.5	36.3		28.8	21.7	50.5		43.0			86.8			3.29	3,788	
1993	11.9	2.2	14.1		39.6	26.8	65.8		39.0			79.9	78.6	101.6	2.44	3,053	
1994	33.9		33.9		40.8		64.8		65.0			98.8	105.8	93.4	2.42	2,447	
1995	32.1		32.1		36.3		80.0		80.0			112.1	116.3	96.4	3.33	2,972	
1996	27.0		27.0		36.3		76.1		80.0			103.1	116.3	88.6	3.17	3,075	
1997	16.4		16.4		23.8		48.6		73.0			65.0	96.8	67.1	1.95	3,003	
1998	17.0		17.0		25.0		47.8		70.0			64.9	95.0	68.3	2.33	3,592	
1999	19.6		19.6		27.0		54.4		66.0			74.0	93.0	79.6	2.22	2,995	
2000	31.1		31.1		33.0		58.1		65.0			89.2	98.0	91.1	2.39	2,681	
2001	49.6		49.6		53.0		127.7		127.7			128.0	177.3	181.0	98.0	3.81	
2002	66.4		66.4		68.0		155.3		155.3			171.0	221.7	239.0	92.8	6.53	
2003	45.8		45.8		51.0		152.1		152.1			157.0	197.8	208.0	95.1	5.10	
2004	56.5		56.5		59.0		116.4		116.4			156.2	172.9	215.2	80.4	4.63	
2005	70.8		70.8		90.0		200.0		200.0			200.0	270.8	290.0	93.4	6.42	
2006	80.7		80.7		90.0		200.0		200.0			280.7	290.0	96.8	4.62	1,645	
2007	75.9		75.9		90.0		210.0		210.0			210.0	285.9	300.0	95.3	5.88	
2008	86.3		86.3		90.0		210.0		210.0			210.0	296.3	300.0	98.8	5.74	
2009	84.7		84.7		90.0		200.5		200.5			210.0	285.2	300.0	95.1	5.95	
2010	85.7		85.7		90.0		170.7		170.7			210.0	256.4	300.0	85.5	4.52	
2011	71.9		71.9		82.0		179.5		179.5			188.0	251.4	270.0	93.1	5.04	
2012	58.2		58.2		87.0		138.2		138.2			198.0	196.5	285.0	68.9	3.98	
2013	59.9		59.9		87.0		197.3		197.3			198.0	257.2	285.0	90.3	4.70	
2014	66.4		66.4		88.0		176.2		176.2			202.0	242.6	290.0	83.7	4.74	
2015	33.3		33.3		67.0		128.7		128.7			153.0	161.9	220.0	73.6	4.37	
2016	28.9		28.9		40.0		61.2		61.2			120.0	90.1	160.0	56.3	3.98	
2017	13.8		13.8		18.0		44.4		44.4			54.0	58.2	72.0	80.8	2.80	
2018	15.7		15.7		20.8		53.3		53.3			62.3	69.0	83.0	83.1	3.54	
2019	29.3		29.3		47.3		51.6		51.6			141.8	80.9	189.0	42.8	3.74	
2020	13.3		13.3		17.5		27.8		27.8			52.5	41.1	70.0	58.7	2.35	
2021	9.9		9.9		18.3		22.0		22.0			22.8	31.9	41.0	77.8	3.35	

\*1 日高西部海域：日高町（旧門別町）～様似町、日高東部海域：えりも町、のそれぞれ沿岸海域

\*2 漁獲量データ：1992年度以降のかにかご漁獲量は日高振興局報告資料、それ以外は漁業生産高報告による。  
(集計期間:4月～翌年3月)

\*3 日高西部海域では1993年度から、日高東部海域では1990年度から設定

1995および2002年度の日高東部海域では、それぞれ当初72.4トン、157トンを漁期中に変更

2003および2010年度の日高西部海域ではそれぞれ当初38トン、48トンを、日高東部海域ではそれぞれ当初148トン、98トンを漁期中に変更

## (イ) 現までの資源動向

## a 操業CPUE

操業CPUEは2013年度には112(kg/隻・日)と高かったが、その後、減少傾向になり2017年度には38.5(kg/隻・日)と2016年度以降低い状態が続いている(図14)。

## b 資源量指数の推移

西部海域と東部海域を併せた日高海域の資源量指数は、1996～2000年度では14.2～48.8で推移していたが、2001年度から増加し、2006年度では201.8と高くなった。その後、2011年度に81.8まで低下したが、2013年度に再び増加して151.3となった。2015年度以降は減少傾向に

なり、2017年度には27.0まで低下した。2019年度は137.9と大きく増加し高水準となったものの、2020年度は38.9、2021年度はさらに下回り26.1へ減少した(図15)。

## (ウ) 資源水準

資源水準指数は、1996～2015年度の20年間における資源量指数の中央値を100として、25～75パーセンタイル区間(資源水準指数56.8～139.2)を中心水準とし、その上下を各々高水準、低水準とした。2021年度の資源水準指数は昨年度に続き「低水準」となった(図16)。

### (工) 今後の資源動向

本資源の予測加入量指数は、概ね加入量指数と正の相関があり、加入状況の予測指標として有用な指標であると考えられていた。2021年度の資源調査による2020年度の予測加入量指数は前年度(27.0)をさらに下回り、1986年度以降最低の8.3となった。2021年度の加入量は2020年度に比べさらに減少すると思われるが、2002年度や2019年度の加入量指数の増加や1999年度の加入量指数の減少については、予測加入量からは予測できなかった(図17)。

2022年度の予測加入量指数は、2021年度予測(27.0)に比べさらに減少し1986年度以降最低の8.3であるため、2022年度の加入量は2021年度に比べて減少すると考えられる。また、2021年度の許容漁獲量は1985年以降最低の41.0トンで、操業CPUEも1999年以降最低の20.7(kg/隻・日)であった。これらのことから、今後の資源動向を「減少」と判断した。

### (4) 文献

- 1) 平山信夫:3-4 かご漁業の漁業管理. 日本水産学会編, 水産学シリーズ36 かご漁業, 東京, 恒星社厚生閣, pp. 120-139, (1981)
- 2) 西内修一:ケガニ資源密度調査. 昭和62年度事業報告書. 北海道立網走水産試験場, pp. 15-43 (1988)

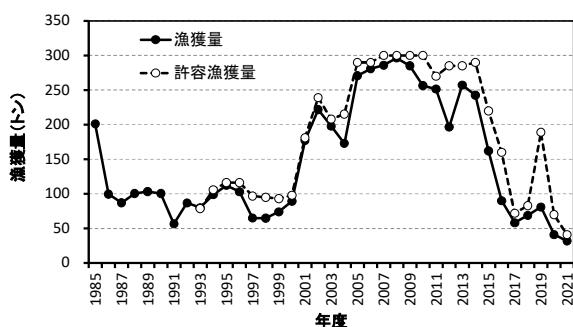


図 13 日高海域におけるケガニ漁獲量および許容漁獲量の経年推移

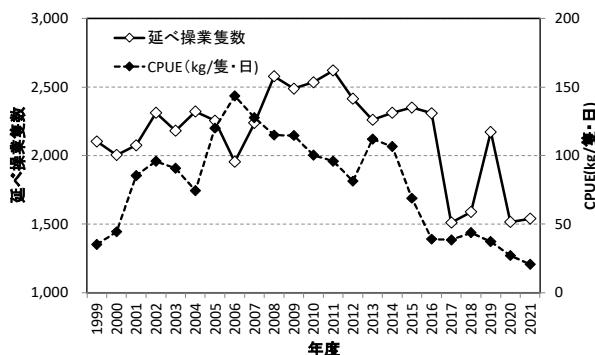


図 14 日高海域における延べ操業隻数と操業CPUEの推移

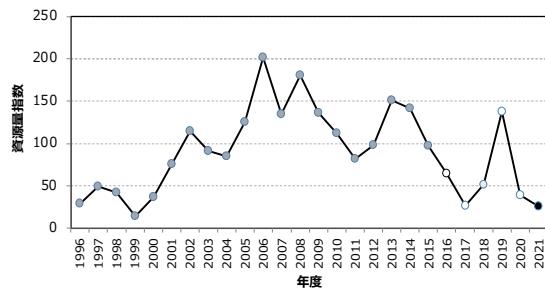


図 15 日高海域における甲長80mm以上雄の資源量指標(1996-2015年度の平均を100)の推移

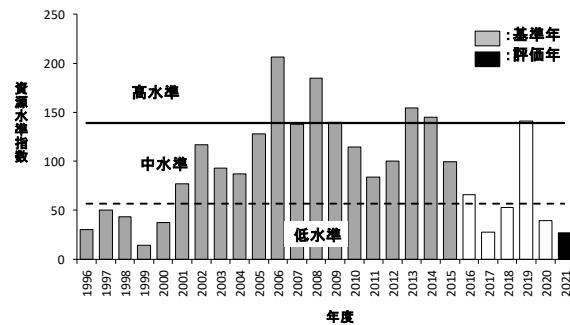


図 16 日高海域におけるケガニの資源水準  
(資源状態を表す指標: 資源調査による資源量指標)  
1996-2015年度の資源量指標の中央値を100として、25~75パーセンタイル区間(資源水準指標 56.8~139.2)に対応する範囲を中水準とし、その上下を各々高水準、低水準とした。

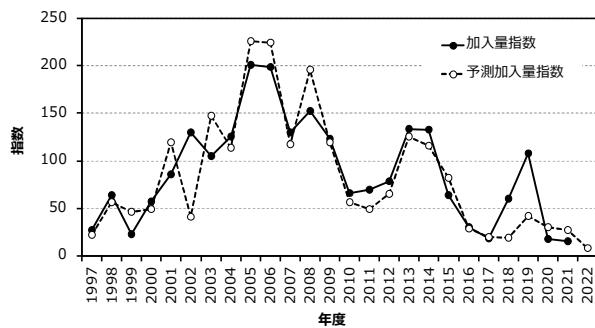


図 17 日高海域における予測加入量指数と加入量指標の推移

## 1. 9 岩礁域・砂泥域の増殖に関する試験研究

### 1. 9. 1 岩礁域の増殖に関する研究（概況）

担当者 調査研究部 桑原康裕

#### （1）目的

胆振・日高管内の岩礁域における資源増殖対策等を検討する際の基礎データを得るために、ウニ類、エゾアワビ、マナマコ、コンブ類等を対象に漁業・資源のモニタリングや生態的研究を行う。

#### （2）経過の概要

ウニ類、エゾアワビ、マナマコ、コンブ類等について漁業と資源の実態に関する情報を収集するとともに、指導所等が実施する調査に協力・助言する。

#### （3）得られた結果

##### ア 動物類

2021年の胆振・日高管内におけるウニ類の漁獲量はエゾバフンウニが23トンで昨年から減少、キタムラサキウニは13トンで昨年よりも減少した（図1、北海道水産現勢より、以下同）。

マナマコは2007年の212トンをピークに2012年まで減少し、近年は漸増傾向であったが、2021年は約100トンであった（図2）。

エゾアワビの漁獲はほぼ胆振管内の噴火湾沿岸に限られているが漁獲量は近年急増しており、2021年は約6.0トンで1985年以降の最大値を更新した（図

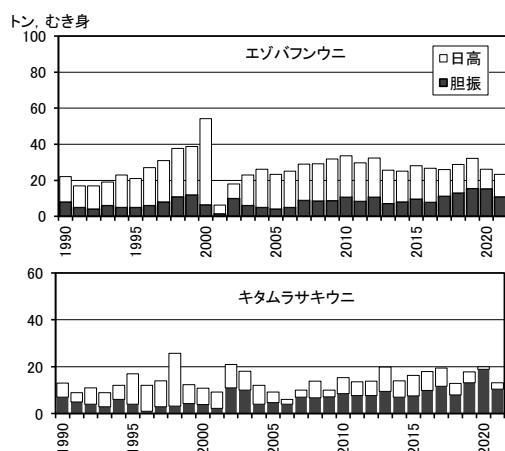


図1 胆振・日高管内におけるウニ類の漁獲量

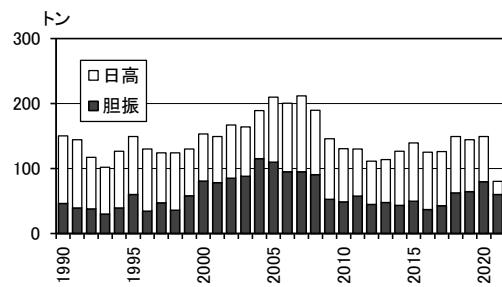


図2 胆振・日高管内におけるマナマコの漁獲量

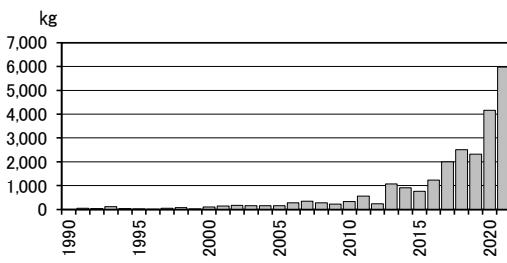


図3 胆振管内におけるエゾアワビの漁獲量

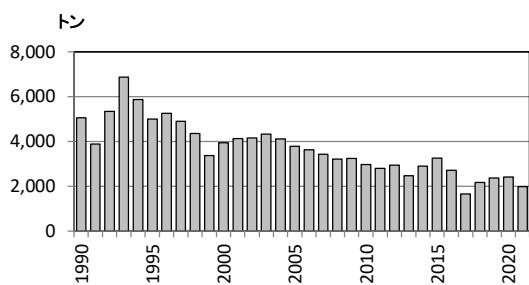


図4 日高管内におけるミツイシコンブの漁獲量

3)。同様に水揚金額も急増し、2021年は約3,437万円となった。

##### イ コンブ類

胆振管内ではマコンブ、ヤヤンコンブ、ミツイシコンブなどが生産され、かつては100トンを超える年も

あつたが、徐々に減少し 2021 年は約 1 トンの生産であった。

日高管内で生産されるコンブはほぼミツイシコンブに限られ、金額では同地域の全漁業生産の 25%を超える重要漁業である。1990 年以降は 4,000~6,000 トン程度の漁獲量で推移してきたが、2005 年に 4,000 トンを割り込んで以降、生産量を徐々に減らし、2017 年には 2,000 トンを下回った。2018 年以降は様似町およびえりも町の生産量が回復し、2021 年は約 1,961 トンの生産となったが、日高管内全体としては低水準に留まっている（図 4）。

近年日高管内でみられているミツイシコンブの減産には着業者数の減少の他に、環境の変化などの影響も懸念されている。日高振興局水産課ではコンブの減産原因と対策について検討するため、日高地域コンブ生産安定対策会議を立ち上げている。当水試もこの会議に参加し、対策の検討や指導所等が実施する調査の方法や解析等への助言を行っている。

特筆すべき事項としては、2021 年 9 月下旬以降、北海道太平洋岸東部にカレニア属赤潮が発生し、日高地方南部からはウニ類等に漁業被害が報告された。2022 年漁獲量は赤潮の影響が表れる可能性が予測され、岩礁域資源の動向に対して、注意が必要である。

## 1. 9. 2 ホッキガイ

担当者 調査研究部 桑原康裕  
協力機関 胆振地区水産技術普及指導所

### (1) 目的

ホッキガイ（標準和名ウバガイ）は本道における重要な沿岸漁業資源であり、なかでも胆振太平洋海域（室蘭市～むかわ町地先：以下本海域）は全道における漁獲量の約3割を占める主要産地である。本海域のホッキガイ資源は、その大部分が数年～十数年に一度発生する卓越発生群によって構成されることが特徴である。

本調査は、本海域におけるホッキガイ資源管理に活用するため、漁獲量、資源量、稚貝発生状況等の基礎資料を収集することを目的とする。

### (2) 経過の概要

#### ア 漁獲量

漁獲量および金額は、北海道水産現勢の胆振総合振興

局管内における1985年以降の値を用いた。2021年については暫定値である。

#### イ 資源量調査

資源量調査はいぶり中央漁協および鶴川漁協では漁期前の4～6月に、苫小牧漁協では夏漁場および冬漁場操業終了後のそれぞれ10月および3月に実施された。

### (3) 得られた結果

#### ア 漁獲量

本海域における漁獲量は噴流式桁網が導入された1980年代後半に急増し、1990年代には1,500トン～2,000トン台に達した。2000年代以降は1,800トン前後から漸減傾向を示し、近年は1,400トン前後で推移していたが、2021年度は前年より約20%増加し1,549トン

表1 ホッキガイ漁獲量の推移（胆振総合振興局管内）

単位 (kg)

年	いぶり噴火湾漁協			室蘭漁協		いぶり中央漁協			苫小牧漁協		鶴川漁協		合計
	豊浦	有珠	伊達	室蘭		登別	虎杖浜	白老	苫小牧	厚真	むかわ		
1985	-	-	8,424	2,746	9,151	3,179	20,848	185,269	81,030	129,504		440,151	
1986	-	-	16,830	3,158	12,595	2,138	28,117	297,376	74,000	128,251		562,465	
1987	-	175	17,172	2,502	12,628	1,347	73,072	323,346	76,124	157,464		663,830	
1988	-	-	15,840	4,333	16,616	3,552	113,601	519,038	87,281	189,401		949,662	
1989	-	-	15,433	2,821	7,564	1,118	113,220	657,254	114,773	284,098		1,196,281	
1990	2,966	-	-	6,312	24,684	4,159	173,476	713,307	189,645	491,138		1,605,687	
1991	1,915	417	9,389	-	26,380	3,240	108,498	920,971	166,941	706,712		1,944,463	
1992	2,681	-	1,909	9,861	19,648	5,098	102,239	929,383	169,199	337,118		1,577,136	
1993	6,008	-	4,043	11,076	25,259	10,477	139,747	1,184,215	215,061	349,216		1,945,103	
1994	9,337	-	-	13,624	57,706	19,041	133,306	1,250,956	314,608	503,476		2,302,054	
1995	4,562	-	-	1,613	188,606	22,702	135,683	1,131,825	221,030	473,885		2,179,906	
1996	3,215	-	6,131	16,709	228,334	37,986	159,245	1,170,792	156,783	412,352		2,191,547	
1997	1,056	-	3,921	19,233	285,543	41,101	142,113	1,152,482	193,855	475,306		2,314,610	
1998	1,093	-	4,623	20,153	395,510	44,108	155,981	998,990	122,225	337,506		2,080,189	
1999	373	-	3,647	26,285	272,613	50,694	156,664	955,245	100,260	212,742		1,778,523	
2000	818	1,902	-	26,344	424,359	84,213	182,164	888,296	54,845	112,311		1,775,252	
2001	1,218	404	3,748	22,053	321,622	68,800	200,014	897,520	37,300	68,750		1,621,429	
2002	771	-	4,754	19,657	724,375	68,624	224,500	892,221	74,247	99,940		2,109,089	
2003	235	-	10,097	19,693	406,834	66,825	208,784	839,369	86,278	162,068		1,800,182	
2004	1,561	-	-	19,214	407,993	64,188	230,352	834,764	100,830	158,544		1,817,446	
2005	-	-	-	17,912	326,834	66,582	216,857	829,015	99,649	220,366		1,777,214	
2006	116	-	-	13,407	402,698	65,894	169,292	840,635	103,562	182,079		1,777,681	
2007	49	-	-	18,692	322,718	61,826	197,612	882,027	129,032	230,657		1,842,612	
2008	63	-	12,561	8,988	177,749	61,670	199,304	825,181	192,059	255,826		1,733,411	
2009	-	-	12,725	9,123	198,503	61,443	211,694	814,157	250,459	298,081		1,856,185	
2010	-	-	18,762	6,195	157,044	56,182	224,324	741,149	288,726	296,227		1,788,608	
2011	-	-	5,422	5,238	126,101	64,837	222,550	691,485	200,167	301,702		1,617,501	
2012	-	-	2,192	6,932	118,795	49,959	192,510	684,492	202,454	326,120		1,583,454	
2013	1	-	-	5,399	95,863	40,126	216,370	679,838	218,534	285,508		1,541,638	
2014	-	-	843	7,705	97,595	30,180	206,053	650,665	203,503	219,067		1,415,611	
2015	6	-	-	8,425	115,873	25,406	154,066	641,210	231,258	268,448		1,444,692	
2016	-	-	-	9,348	95,185	30,633	185,579	715,408	134,025	270,116		1,440,294	
2017	-	-	1,591	8,554	83,086	32,296	164,235	751,164	107,570	200,010		1,348,506	
2018	-	-	2,299	6,866	81,663	24,503	172,816	816,261	79,630	226,470		1,410,506	
2019	-	-	976	5,580	98,014	6,783	158,304	842,168	109,580	241,592		1,461,091	
2020	-	-	-	8,071	-	-	-	-	-	-		1,293,133	
2021	-	-	-	5,550	82,749	11,100	192,471	866,853	160,982	229,604		1,549,309	

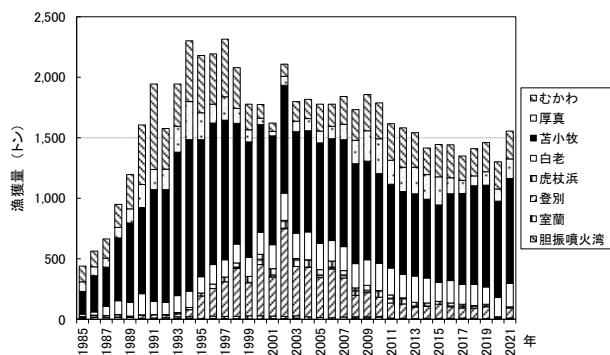


図1 ホッキガイ漁獲量の推移（胆振管内）

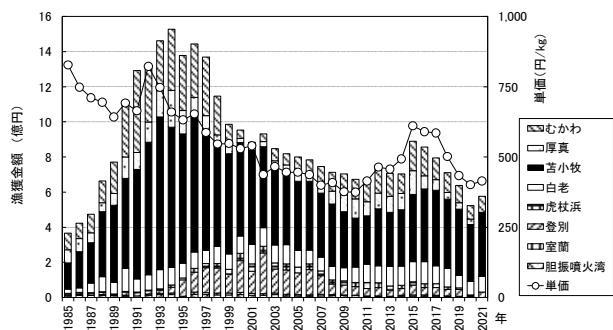


図2 漁獲金額・単価の推移（胆振管内）

となつた（表1、図1）。

2020年度は新型ウィルス感染症の流行に伴う魚価の下落が著しく、いぶり中央漁協登別本所では操業を取り止めた。2021年度はいぶり中央漁協登別本所も操業を実施しており、すべての組合で漁獲量が増加した。

2021年度の漁獲金額（海域全体）は前年より約24%増の6.5億円、平均単価は414円/kgで前年(401円/kg)より増加した（図2）。2021年度は新型ウィルス感染の影響が低減したことは要因として推測された。

#### イ 資源量調査

資源量調査の調査結果は例年通り胆振地区水産技術普及指導所によりとりまとめられて、各組合に報告済みである。

## 2. 栽培漁業技術開発調査（経常研究）

### 2. 1 放流基礎調査事業（マツカワ放流）

担当者 調査研究部 坂上 嶺  
 協力機関 胆振・日高地区水産技術普及指導所  
 (公社) 北海道栽培漁業振興公社  
 えりも以西栽培漁業振興推進協議会  
 えりも町栽培漁業振興協議会

#### (1) 目的

マツカワは冷水性の大型カレイで、成長が早く高価であることから栽培漁業対象種として有望視されている。えりも以西海域（函館市～えりも町地先、図1）では2006年度から栽培漁業事業化実証試験が開始された。本試験は年間100万尾規模の人工種苗マツカワ放流により、栽培漁業の事業化を試みるものである。

本調査は、本試験の放流効果把握および本海域における放流技術を確立するための基礎知見収集を目的とする。

#### (2) 経過の概要

##### ア 人工種苗放流尾数および漁獲統計

人工種苗放流尾数は、公益社団法人北海道栽培漁業振興公社（以下栽培公社）および水試資料を用いた。漁獲統計は4～3月の年度集計とし、水産技術普及指導所集計資料（1994～2005年度）、栽培公社集計資料（2006～2007年度）、北海道水産現勢および暫定値（2008～2021年度）を用いた。なお、以下の記述における小海区区分は図1に示したとおり。

##### イ 標本調査

本海域において漁獲されるマツカワの年齢組成、成長、成熟状況等を把握するために、漁獲物および未成魚標本を採取し、精密測定を行った。年齢査定は耳石により行い、加齢日を4月1日とした。

##### ウ 放流効果の把握

以下の手順により解析を行った。

##### (ア) 漁獲物の全長組成

2002～2010年度はえりも以西海域内全37市場

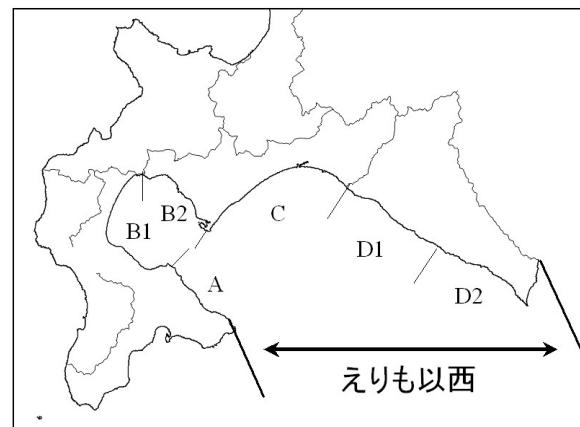


図1 えりも以西海域

アルファベット・数字は小海区を示す

A：渡島（渡島振興局管内太平洋）

B1・B2：噴火湾（渡島・胆振振興局管内噴火湾）

C：胆振太平洋（胆振振興局管内太平洋）

D1・D2：日高（日高振興局管内太平洋西部・東部）

において漁獲物の全長を測定し、月別組成を求めた。2011～2021年度は同市場の荷受け重量を尾数で除した個体重量を全長－体重関係式（月別または半期別）により全長に変換した。

##### (イ) 年齢と全長、全長別雌確率

2007～2021年度の漁獲物標本を材料とし、年齢－全長関係式を雌雄別に求めた。同標本の雌雄別全長を用いて、応答変数に二項分布を仮定した一般化加法モデルにより、全長別の雌確率を半期別に求めた。

##### (ウ) 年齢別漁獲尾数と漁獲回収率

年齢別漁獲尾数は小海区を単位とし、月別に算出した。Baba *et al.*<sup>1)</sup>の方法により、(イ)で求めた年齢－全長関係式および雌確率を用いて、(ア)で求めた漁獲物の全長組成から、雌雄別の年齢確率を算出し、各単位における漁獲尾

数（漁獲量/平均体重）を乗じた。得られた年齢別漁獲尾数を年級別に集計し、これを各年級の放流尾数で除することにより当該年級の漁獲回収率を求めた。なお、解析手法の詳細は「2021年度資源評価書（マツカワ）」<sup>2)</sup>に記載されている。

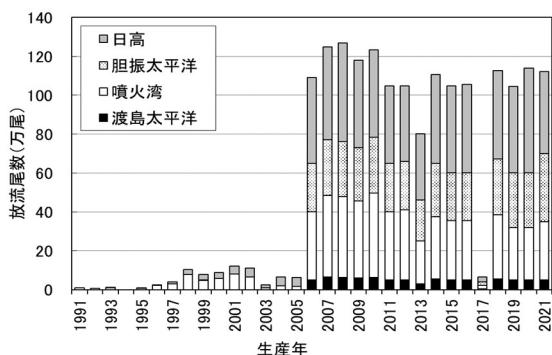


図2 人工種苗放流尾数の推移(えりも以西海域)

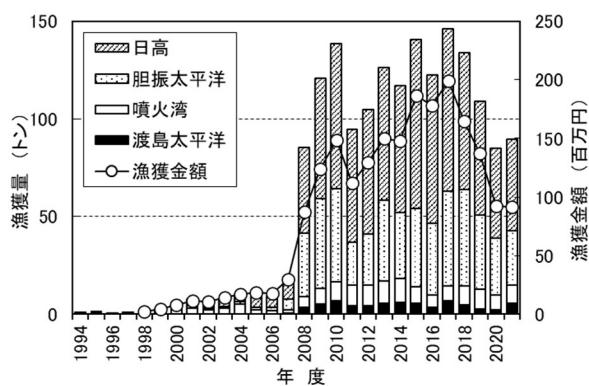


図3 漁獲量および金額の推移(えりも以西海域)

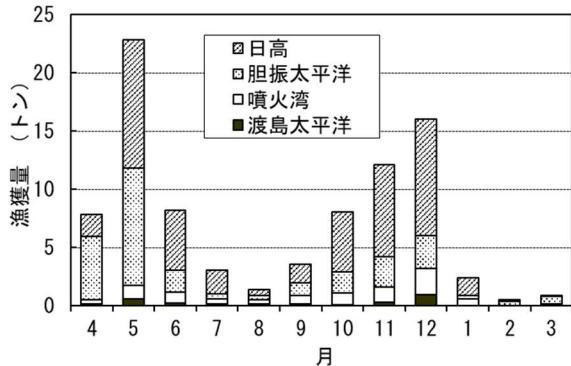


図4 2021年度の小海区別・月別漁獲量

## (エ) 小型種苗の放流試験

人工種苗放流にかかる経費削減を目的に、現状で全長80mmの放流サイズを50mm程度まで小型化することが検討され、2020年度から小型種苗の20万尾規模の試験放流が開始された。放流時の種苗の平均全長について集計した。

### (3) 得られた結果

#### ア 人工種苗放流尾数および漁獲統計

えりも以西海域では1991年度から年間10万尾前後の小規模な人工種苗放流が行われてきたが、栽培公社による100万尾規模の種苗生産・放流が2006年度から開始された（図2）。以降、2019年度までに年間80万尾～127万尾の放流が行われたが、2017年度は著しい種苗生産不調のため計6.5万尾の放流に留まった。2021年度は全長58～133mmの種苗が1地点あたり平均2.1万尾、計131万尾放流された。

えりも以西海域における漁獲量は2006年度まで数トン～10トン台であったが、最初の100万尾規模の放流群（2006年級）が2歳となった2008年度に88トンに急増、2009～2019年度は95

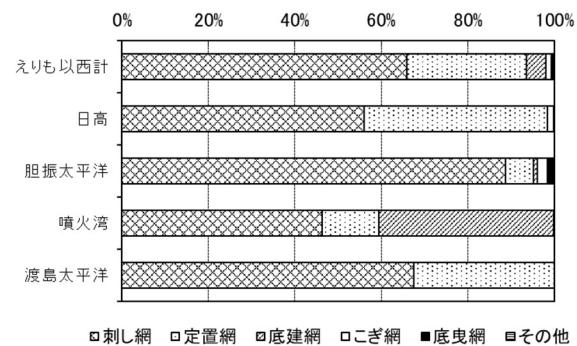


図5 2021年度の漁法別漁獲量比率

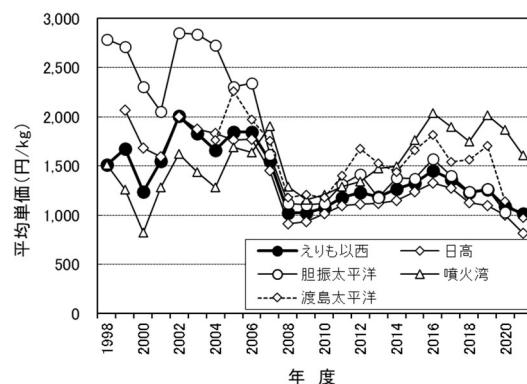


図6 平均単価の推移

表1 漁獲物・未成魚調査標本概要（2021年度）

調査名	小海区	地区	月	漁法	性別	年齢							計	
						0	1	2	3	4	5	6<		
漁獲物調査	噴火湾胆振	豊浦	5	刺網、定置網、底建網	雄		5	4					9	
					雌		30	11	2				43	
	胆振太平洋	室蘭	6・7 11・12	刺網	雄		4		1				5	
					雌		1		4				5	
	苫小牧	5・6		刺網	雄		24	3		1			28	
					雌		17	6	5				28	
	鶴川	11		ししゃもこぎ網	雄	1	2	1	1				5	
					雌		1						1	
	日高西部	厚賀	11・12	刺網、定置網	雄	1	7	12	22	6			48	
					雌		1	1	3	1	3		9	
未成魚調査	日高東部	荻伏	12	刺網	雄		7	20	12	2			41	
					雌					8	2		10	
	未成魚調査計				雄	2	49	40	36	9	0		136	
未成魚調査	胆振太平洋	鶴川	10	ししゃもこぎ網		28	6						34	
	日高西部	富浜	10・11	ししゃもこぎ網			3						3	
	未成魚調査計					28	9						37	

～146トンで推移したが、2021年度は89.6トンと2008年度以降では最低であった2020年度よりわずかに上昇した（図3）。漁獲金額は2009～2019年度は1億円台で推移したが、2021年度は9.1千万円に減少し、2008年以降最低値であった。（図3）。

2021年度の小海区別、月別、漁法別漁獲量の特徴は次のとおりで、いずれも例年と大きな違いは見られなかった。

- ・漁獲量の大部分は日高および胆振太平洋が占める（図3）。
- ・ピークは5月と12月で、1～3月は少ない（図4）。
- ・日高では刺し網主体だが、他では定置網類の比率が高い（図5）。

平均単価は、漁獲量が急増した2008年度に約1,000円/kgまで低下した後、やや回復し、近年は1,200～1,400円/kg台で推移したが（図6）、2021年度は1,018円/kgと昨年度から引き続き低下している。単価低迷の一因として、新型ウィルス感染症の流行による消費の落ち込みが考えられる。

#### イ 標本調査

2021年度の漁獲物標本調査は噴火湾、胆振太平洋および日高から計232尾、未成魚標本は胆振太平洋および日高から計37尾を採集し、測定した（表1）。これらの測定資料は下記ウにおける年齢別漁獲尾数の算出等に用いられた。

#### ウ 放流効果の把握

##### （ア）年齢別漁獲尾数

図7にえりも以西海域における年齢別漁獲尾数の推移を示した。2002～2007年度の総漁獲尾数は0.7万～2.3万尾で推移したが、大規模放流群が2歳に達した2008年度に10.3万尾まで急増し、2010年度には14.0万尾に達した。2011～2018年度の総漁獲尾数は9.5万～11.9万尾で安定して推移したが、2020年度までに6.3万尾まで急減した（図7）。

総漁獲尾数が急減した2019および2020年度の年齢構成をみると、通常大きな割合を占める2歳および3歳のうち、2019年度は2歳、2020年度は3歳が極めて少なかった。少なかったのはいずれも2017年生まれであることから、上述したように2017年度の放流尾数が非常に少なかったことが漁獲尾数急減の主因と考えられる。同様に、

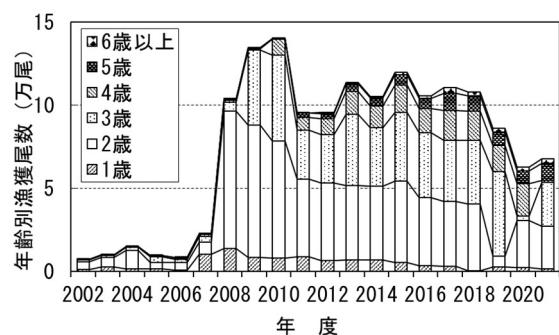


図7 年齢別漁獲尾数の推移（えりも以西海域）

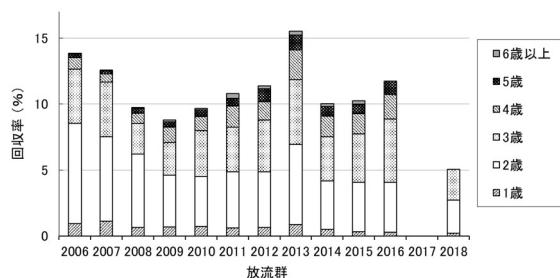


図8 放流年別の漁獲回収率(えりも以西海域) 2016年度は5歳、2018年度は3歳までの暫定

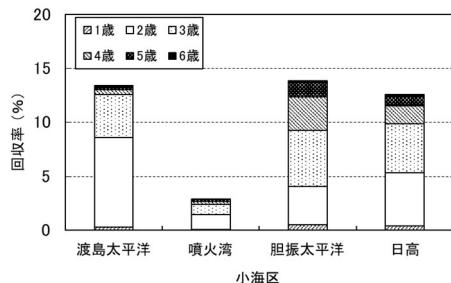


図9 2015年度放流群における小海区別漁獲回収率(見かけ上の回収率)a

2021年度の年齢別漁獲尾数では4歳が極めて少ない(図7)。

#### (イ) 漁獲回収率

えりも以西海域における2006~2018年度放流群(2017年級群を除く)の漁獲回収率を図8に示した。漁獲回収率は10%前後の高い水準を維持し、6歳まで回収が終了した2006~2015年放流群では8.8~15.5%であった。2015年度放流群における小海区別の漁獲回収率(見かけ上の漁獲回収率)を図9に示した。過去の放流群と同様に、見かけ上の漁獲回収率には顕著な地域差が見られ、渡島太平洋、胆振太平洋および日高では約13~14%と高いのに対し、噴火湾では約2%と低かった。これらの地域差は漁獲努力量の差のほか、放流後の生残率の差や成長に伴う移動により生じている可能性があることから、地域の漁業実態や環境特性に応じた放流手法について検討する必要がある。

#### (ウ) 小型種苗と通常種苗の全長組成

2021年度に放流された小型種苗(20万尾)の平均全長は58.2~60.9mm(7/20, 7/30の計2回放流)であったのに対し、通常種苗(95万尾)は81.6~96.6mm(8/6~9/17の期間で計25回放

流)であり、両者の重複は少なかった。今後、漁業等により再捕される小型放流魚と通常サイズの放流魚は放流時の全長に比例する耳石の放流障害輪径により識別する計画である。

#### (4) 参考文献

- 1) Baba K, Sasaki M, Mitsutani, N. Estimation of age composition from length data by posterior probabilities based on a previous growth curve, application to *Sebastodes schlegelii*. Can J Fish Aquat Sci 2005;62:2475-2483.
- 2) 北海道立総合研究機構水産研究本部. マツカワ(北海道～常磐以北太平洋). <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>

### 3. 資源評価調査（公募型研究）

担当者 調査研究部 藤岡 崇

#### （1）目的

我が国周辺200海里水域内の漁業対象資源の性状を科学的根拠に基づいて評価し、生物学的漁獲許容量の推計に必要な資料を収集するため、水産庁長官が国立研究開発法人水産研究・教育機構に委託して実施する我が国周辺水域資源調査等推進対策委託事業の資源評価調査のうち、国立研究開発法人水産研究・教育機構で担うことが困難な、地域の市場調査、沿岸域の調査船調査等きめの細かい調査、あるいは広い海域において同時に行う漁場一斉調査を行うことを目的とする。

#### （2）経過の概要

令和2年度資源評価調査委託事業実施要領に基づき、以下の調査を実施した。

##### ア 生物情報収集調査

主要水揚げ港の漁獲統計データを収集するとともに、生物測定調査で得られた結果とあわせて年齢組成データ等を取得した。調査魚種はスケトウダラで、室蘭（沖底）1回、登別（刺し網）1回について生物情報収集調査を行った。

本項の結果については、「漁業生物の資源生態調査スケトウダラ」を参照のこと。

##### イ 生物測定調査

本項の結果については、「漁業生物の資源生態調査スケトウダラ」を参照のこと。

##### ウ 刺し網漁業のCPUE調査

道南太平洋でスケトウダラを主に漁獲する漁業であるすけとうだら刺し網の漁獲成績報告書（以下、漁績）および各地区的代表船から提出を受けた操業日誌（以下、日誌）を基に、月別のCPUE（漁獲量/漁具数）を算出した。漁績に基づくCPUEは2003年度から、日誌に基づく

CPUEは2010年度から集計が可能である。なお、2~3月は年によっては操業がされていないこともあるため、CPUEは10~1月に限定して算出した。

##### エ 沖底船業務委託による漁獲調査

スケトウダラの分布状況を把握するため、調査船を用いた計量魚探調査と漁獲試験調査を実施しているが、同時に各種漁業が行われているため調査船では漁獲試験が十分に行えない場合がある。そこで沖合底びき網漁船に調査を委託し、スケトウダラ分布状況把握のための補完データを得た。室蘭漁協所属5隻および日高中央漁協所属1隻により合計16回の曳網調査を行い、スケトウダラの尾叉長組成を把握した。

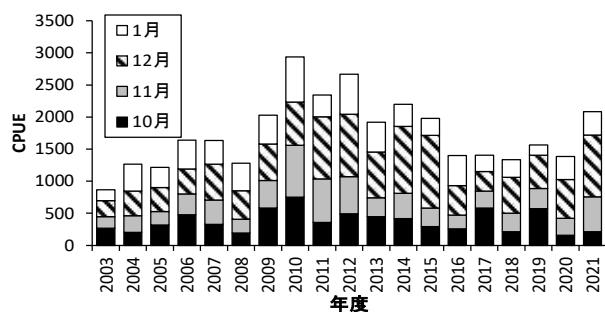


図1 すけとうだら刺し網の漁績 CPUE（漁獲量／漁具数）

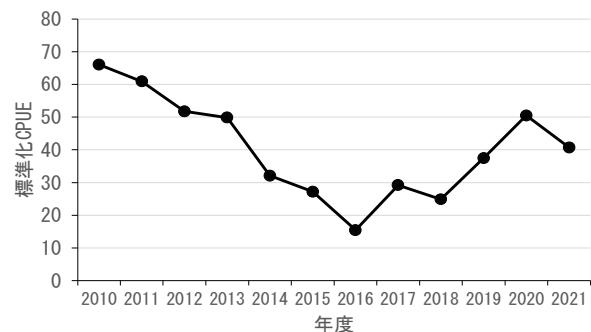


図2 すけとうだら刺し網の操業日誌に基づく標準化CPUE

## (3) 得られた結果

漁獲 CPUE は 2010~2012 年度は 2,300~2,900 台, 2013~2015 年度は 2,000 台の水準で推移していた。2016 年度以降は 1,600 を下回り, 2021 年度の漁獲 CPUE は 2,085 で, 2020 年度 (1,388) より増加した (図 1)。

操業日誌に基づく標準化 CPUE は 2010 および 2011 年度は 60 を上回っていたが, その後連続して減少して 2016 年度には 15.4 となった。2017 年度以降はやや増加し, 2021 年度は 40.6 と前年度 (50.5) より減少した (図 2)。

沖底船業務委託による漁獲調査の漁獲位置および概

要を図 3 および表 1 に示した。11 月 30 日から 12 月 16 日にかけて合計 23 回の曳網調査を行った。渡島胆振沖および日高沖の尾叉長組成を図 4 に示した。日高沖の漁場では, 尾叉長 204~657mm のスケトウダラが漁獲され, 32cm~44cm の個体が多く, 45~53cm の個体も比較的多く漁獲された。渡島胆振沖の漁場では, 尾叉長 105~625mm のスケトウダラが漁獲され, 38~45cm の個体が多く漁獲された。

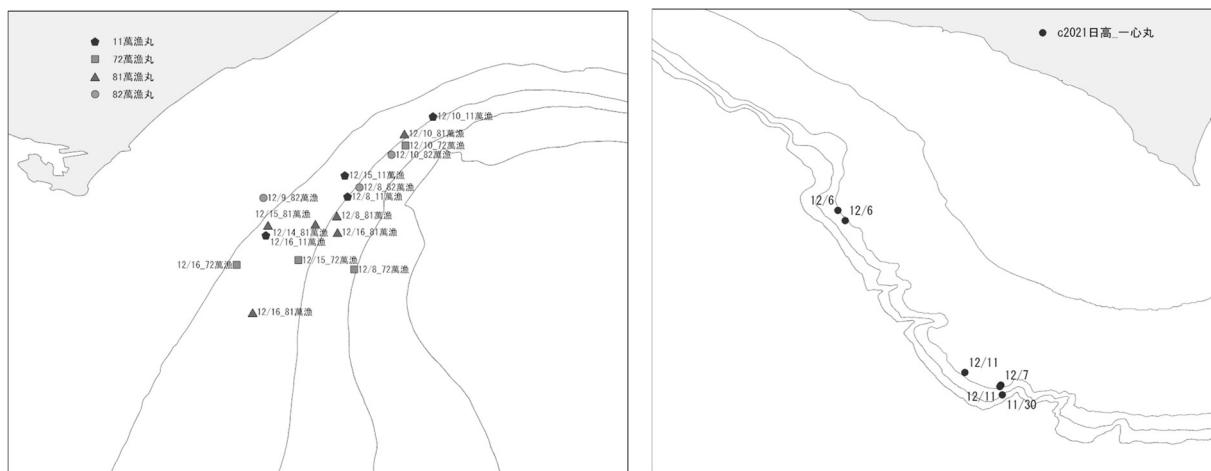


図 3 沖底船業務委託調査の曳網位置

表 1 沖底船業務委託調査の概要

漁船名	採集年月日	漁獲水深	測定尾数
第11萬漁丸	12月8日	186	117
	12月10日	109	91
	12月15日	131	98
	12月16日	107	94
第72萬漁丸	12月8日	263	115
	12月10日	222	98
	12月15日	159	86
	12月16日	102	120
雄島 胆振	12月8日	191	62
	12月10日	122	60
	12月14日	97	60
	12月15日	152	60
第81萬漁丸	12月16日	131	60
	12月16日	152	60
	12月8日	200	81
	12月9日	89	88
第82萬漁丸	12月10日	216	87
	11月30日	252	61
	12月6日	201	62
	12月6日	261	64
日高 第31一心丸	12月7日	173	67
	12月11日	196	73
	12月11日	201	68

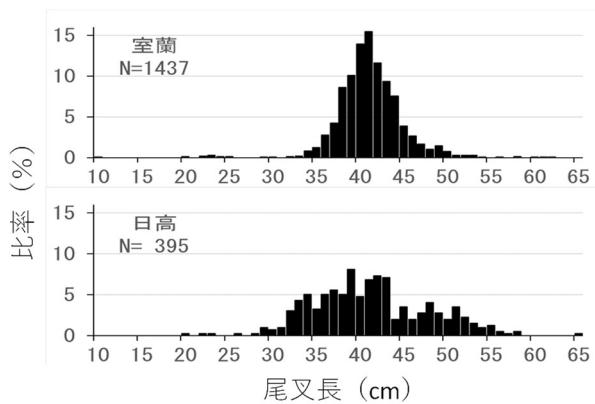


図 4 沖底船委託調査で漁獲されたスケトウダラの尾叉長組成

## 4. 資源量推定等高精度化事業 スケトウダラ太平洋系群（公募型研究）

担当者 調査研究部 藤岡 崇  
 共同研究機関 函館水産試験場調査研究部,  
                   釧路水産試験場調査研究部  
                   水産研究・教育機構、北海道大学

### （1）目的

噴火湾およびその周辺海域におけるすけとうだら刺し網漁場の分布状況を明らかにし、これに影響を与える環境要因の探索を試みる。

### （2）経過の概要

#### ア すけとうだら刺し網漁場の把握

GIS ソフトウェア (ArcGIS) 上に操業日誌の記録の協力を得ている各地区の代表船の操業位置と日別の CPUE (単位網長あたりの漁獲量 (kg)) を投影した。次に、緯度経度1分ごとのメッシュをポリゴンフィーチャーとして作成し、解析ツールの空間結合機能を用いて、メッシュ区画ごとの平均 CPUE を算出した。

#### イ スケトウダラの分布と環境要因

2018～2021 年の計量魚探調査結果から 10m 層毎に NASC 値を出力し、GIS ソフトを用いて各層 NASC 値に同時期に行なった海洋観測結果から水温塩分のデータを付与した。これらのデータを用いて GAM によるモデルを検討した。

$\log(\text{NASC}+\text{constant}/10) \sim$   
 $s(\text{depth})+s(\text{temp})+s(\text{sal})+s(\text{Lat\_M})+s(\text{Lon\_M})+s(\text{tim})$   
 $e)+yaer$

### （3）得られた結果

#### ア すけとうだら刺し網漁場の把握

2010～2011 年度は、海域全体で漁場が水深 300m よりも浅い海域に形成されていた（図 1）。しかし、2012 年度以降は漁場が水深 300m よりも深場に形成されはじめるとともに、特に渡島側の恵山岬周辺では水深 200～300m 帯の利用が減少し、沖へ漁場がシフトした。また、

各区画における平均 CPUE も、2010～2011 年度は平均で 1 日 1 隻 3 トン以上の区画が多かったのに対し、2012 年度では渡島側で平均 1 日 1 隻 3 トン未満の区画が増加し、それ以降は胆振側でも 1 日 1 隻 3 トン未満の区画がほとんどを占めるようになった。2016 年度以降は、1 日 1 隻 5 トン以上の区画がほとんどみられなくなり、300～400m 帯の利用が増加した。2018 年度は胆振側の浅海域で CPUE が比較的高い海域が認められたが、2019 年度は CPUE が低いエリアが増大するとともに、400 m 等深線付近の深場を利用する傾向が続いている。2020 年度は 1 日 1 隻 3 トン以上の区画が増加した。2021 年度は 1 日 1 隻 5 トン以上の区画が増加した。2021 年度の月ごとの漁場位置は（図 2）、10 月は 200～400m 帯の利用が多く、1 日 1 隻 3 トン未満の区画が多い。12 月になると 100m 以浅の利用が増加し、1 日 1 隻 3 トン以上の区画が増加した。1 月は噴火湾内や胆振沖で 1 日 1 隻 5 トン以上の区画がみられたが、2 月になると漁場利用が減少した。

#### イ スケトウダラの分布と環境要因

調査結果と予測値の比較を図 3 に示した。おおまかな分布傾向は再現できたと思われるが、予測値は今後再検討する必要があると考えられた。

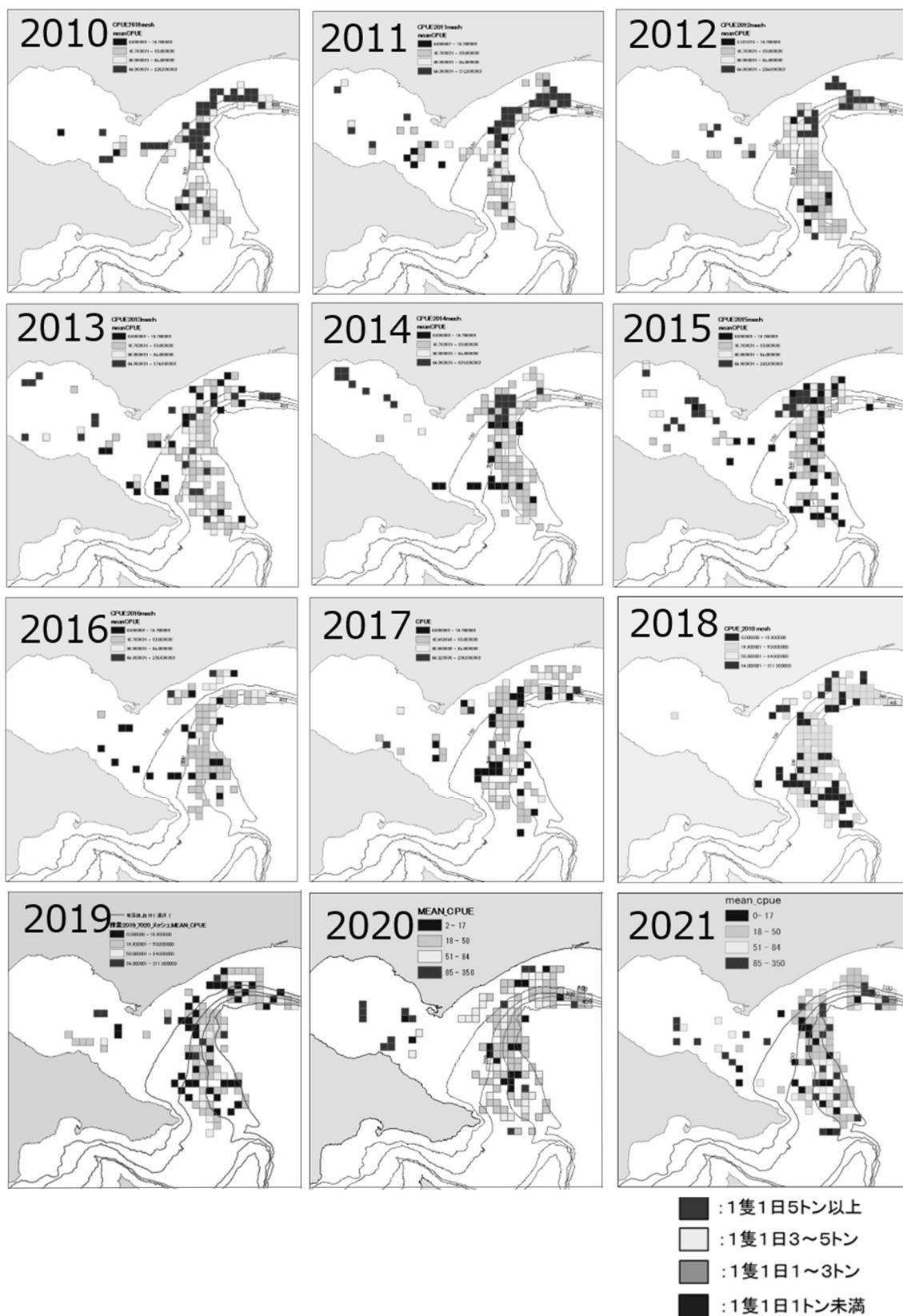


図1 年度ごとの緯度経度1分メッシュごとの平均CPUE (2010~2020年度)

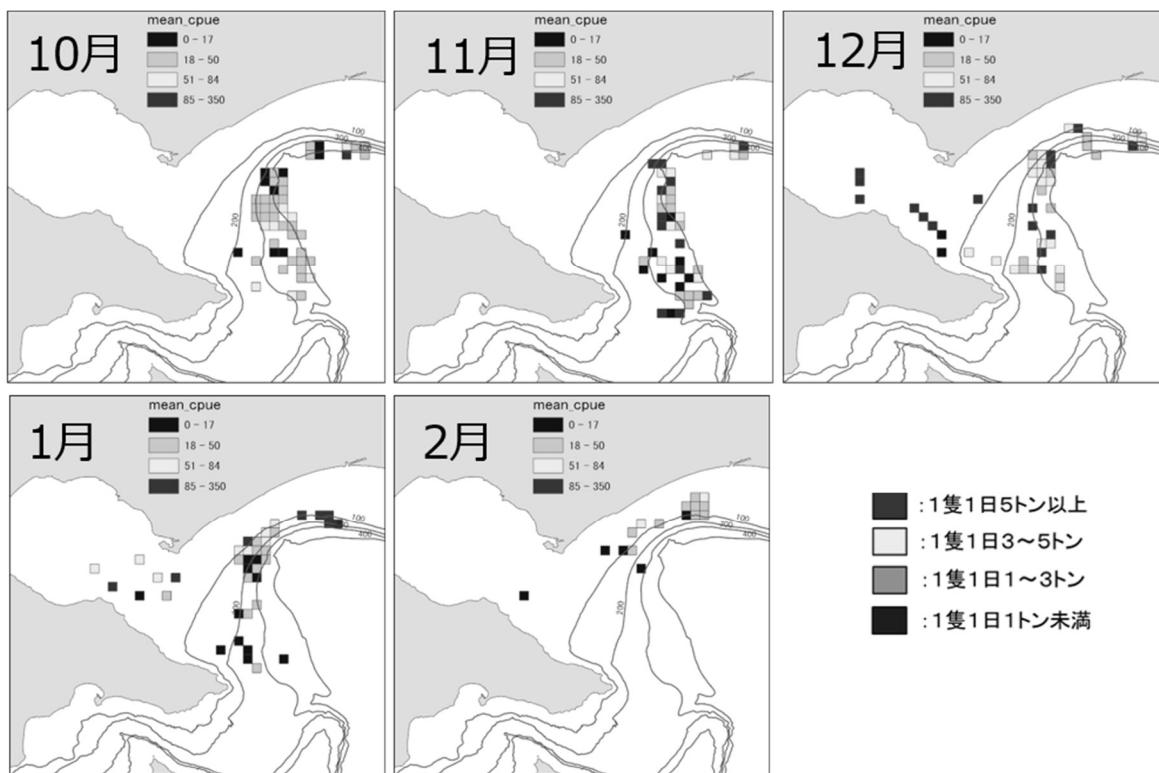


図2 月ごとの緯度経度1分メッシュごとの平均CPUE（2020年度）

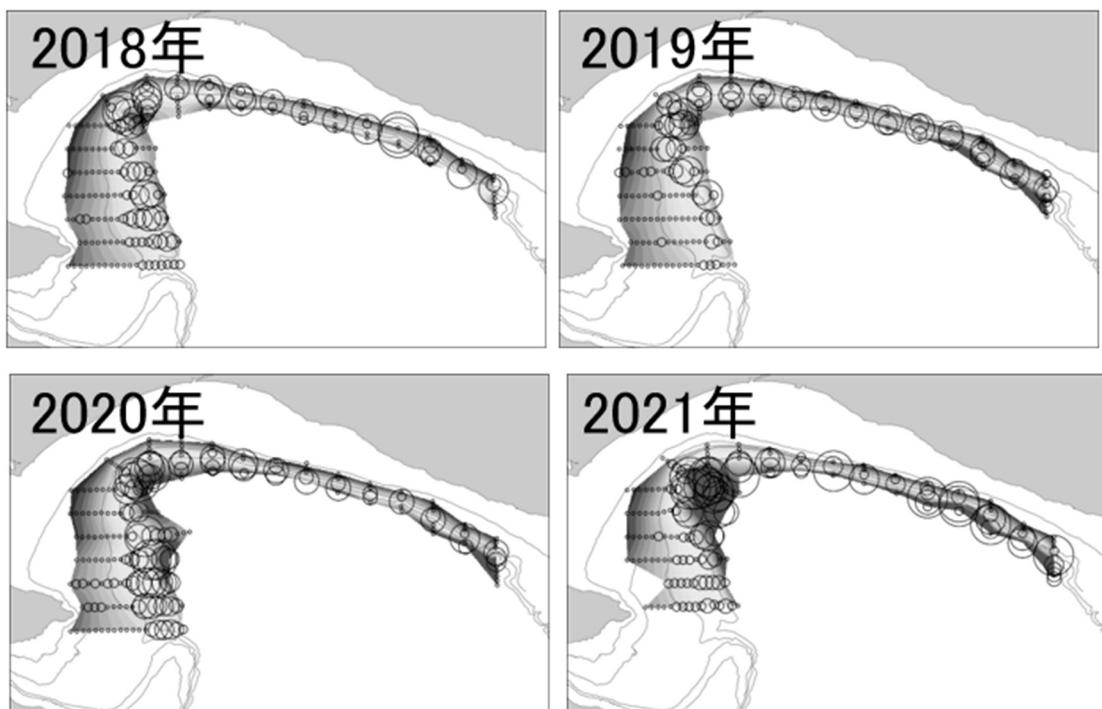


図3 調査結果と予測値の比較

## 5. 北海道資源生態調査総合事業（受託研究）

### 5. 1 資源・生態調査研究

担当者 調査研究部 森 立成・福田裕毅・  
村上 修・吉田秀嗣・藤  
岡 崇・安宅淳樹・坂上  
嶺

#### （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8魚種（スケトウダラ、マガレイ、ソウハチ、マツカワ、シシャモ、ハタハタ、キチジ、ケガニ）の資源状況及び生態等の把握を行う。

#### （2）経過の概要

実施内容については、本誌II 1. 漁業生物の資源・生態調査研究（経常研究）等に一括して掲載した。

また、前年度の調査及び評価にしたがい魚種毎に資源の評価書を作成し、令和3年度資源評価調査部会で内容を検討した。そして、その結果を水産資源管理会議で報告した。

作成され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「北海道水産資源管理マニュアル2021年度版」として印刷公表した。

## 5. 2 資源管理手法開発試験調査 シシャモ（えりも以西胆振・日高海域）

担当者 調査研究部 安宅 淳樹  
 共同研究機関 さけます・内水面水産試験場  
 協力機関 日高地区水産技術普及指導所静内支所  
 えりも以西海域ししやも漁業振興協議会  
 胆振管内ししやも漁業振興協議会

### (1) 目的

道南太平洋海域（えりも以西胆振・日高海域）のシシャモ資源の安定化を図るために、各地の漁業実態などを総合的に考慮した適切な資源管理措置を実践していく必要がある。本事業では、漁期前分布調査、河川遡上日予測調査の結果をもとに、資源状態に見合った操業体制などについて検討し、漁業者自らによる資源管理体制の確立を目指す。

### (2) 経過の概要

#### ア 漁期前分布調査

本調査は、索餌期のシシャモ分布密度から秋期の来遊資源量を予測する手法を開発することを目的に実施している。2021年5月25日～6月1日に安平川、鶴川、日高富浜、日高厚賀の各前浜において、ししやもこぎ網を用いて索餌期のシシャモを採集し、分布密度と体長・体重を調べた。年齢査定は耳石の表面から観察される輪紋を計数して行った。

#### イ 河川遡上日予測調査

再生産力を利用して資源を安定させるには、産卵親魚を確保する必要がある。道南太平洋海域で主要な産卵河川である鶴川では、親魚60万尾以上の遡上を目標としている。そのため、ししやも漁業の終漁日については「栽培水試の発表する遡上予測日をもって終漁とする。ただし、これに依らず、遡上予測日以前に終漁する場合のみ、胆振・日高地区間協議により別途決定する。」ことが2018年度に試行され、2019年度え

りも以西海域ししやも漁業振興協議会総会で設定された。本調査は、卵巣の成熟度の変化から河川遡上時期を予測する技術開発を目的としている。鶴川及び日高富浜で漁獲されたシシャモ雌の体長、体重及び卵巣重量を測定し、生殖腺重量指数 ( $GSI = \text{卵巣重量} \div \text{体重} \times 100$ ) の変化から河川遡上日を予測した。

### (3) 得られた結果

#### ア 漁期前分布調査

採集されたシシャモの体長組成は95～99mmにモードを持ち、平均体長は103mm、平均体重は12.7gで、前年より大きかった（図1）。また、1歳が67.7%を占め、2歳以上は32.3%であった。

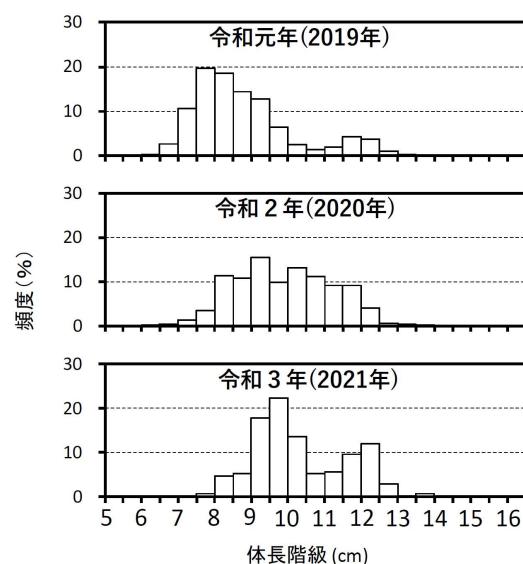


図1 シシャモの体長組成

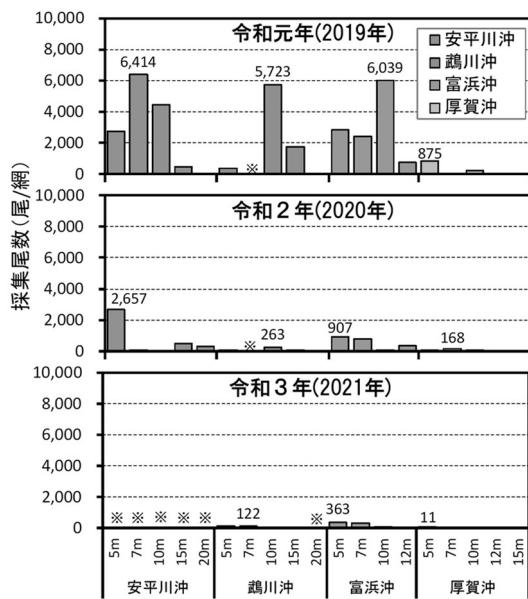


図2 シシャモの地点別採集尾数

※：調査できなかったことを示す

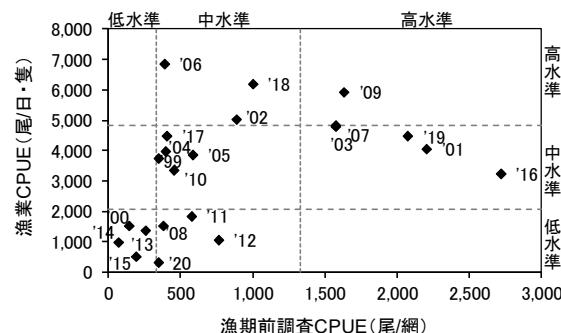


図3 道南太平洋海域におけるシシャモ漁期前調査 CPUE とししゃもこぎ網漁業 CPUE との関係

注1) 図中の添字は、西暦下2桁を示す。

注2) 漁期前調査 CPUE の水準は、1999～2019 年の平均値の  $100 \pm 60\%$  を中水準 (331～1,326 尾/日・隻)、その上下をそれぞれ高水準、低水準とした。注3) 漁業 CPUE の水準は、1999～2019 年の平均値の  $100 \pm 40\%$  を中水準 (2,070～4,831 尾/日・隻)、その上下をそれぞれ高水準、低水準とした。

調査点別の採集尾数をみると(図 2)，富浜沖の水深 5m 地点で最も多く (363 尾/網)，次いで富浜沖の水深 7m 地点 (298 尾/網) で多く採集された。

1999 年以降の漁期前分布調査の CPUE とその年のししゃもこぎ網漁業 CPUE との関係を図 3 に示した。2021 年の漁期前調査 CPUE は 69 尾/網と低水準だったことから、漁業 CPUE は前年と同じ低水準と推測され、2021 年の資源動向は横ばいと予想した。

#### イ 河川遡上日予測調査

シシャモでは産卵する雌個体の生殖腺の成熟に伴って、10 月上旬から卵巣重量が急速に増大する。道南太平洋海域では卵巣重量が体重の 18～25% 程度に達すると河川への遡上を開始することが知られている。2014 年から運用している「GSI22 法」では、雌の生殖腺重量指数 ( $GSI = \text{卵巣重量} \div \text{体重} \times 100$ ) が 22 に達する日を遡上開始予測日としてきた。しかし、過去の遡上開始時期の GSI を整理したところ、実際の遡上開始時期の GSI は年ごとに異なる値であることが推測されたため 2021 年から運用を開始する「GSI 推定法」では、遡上開始時期の GSI を水温から推定し、その推定した GSI 値に達する日を遡上開始予測日とする<sup>1)</sup>。水温から推定した結果、2021 年の遡上開始時期の GSI は 20.0 と推定された。

2021 年に鶴川及び日高富浜で漁獲されたシシャモ雌の GSI の変化を図 4 に示した。GSI が 10 以上となった 10 月 22 日から 11 月 1 日における 4 標本 (GSI 10.4

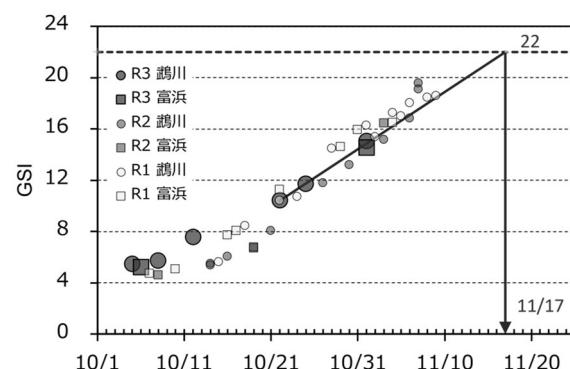


図4 「GSI 推定法」を用いた遡上開始予測

～14.5) を用いて直線回帰式を求め、遡上開始日を11月17日と予測し、11月8日付けで関係機関に報告した。

#### (4) 参考文献

- 1) 安宅淳樹, 吉田秀嗣: シシャモの河川遡上予測日を予測する新手法について. 試験研究は今. No. 932 (2021)

## 6. 噴火湾養殖ホタテガイ生産安定化試験（受託研究）

### 6. 1 夏季沿岸海洋環境調査

担当者 調査研究部 福田 裕毅

共同研究機関 函館水産試験場 北海道大学

協力機関 渡島北部地区・胆振地区水産技術普及指導所

#### (1) 目的

噴火湾のホタテガイ養殖では、稚貝の成育不良などが夏季の環境と関わっている可能性が指摘されており、漁業関係者から夏季の噴火湾の環境について調査の要望がある。そこで、栽培水試では夏季に伊達沖で採水と環境調査を実施している。

#### (2) 経過の概要

##### ア 調査地点と調査時期

調査地点は伊達市沖のホタテガイ養殖施設近傍の St. 1 ~4 である（図 1）。調査は 2021 年 7 月 27 日、8 月 30 日と 10 月 1 日の 3 回実施した。

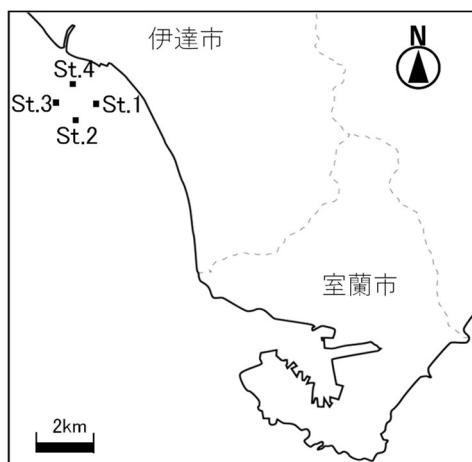


図 1 調査地点

##### イ 調査項目

各調査地点では、メモリーCTD (ASTD103 : JFE アドバンテック株式会社) を用いて、水深 1mごとの水温、塩分および溶存酸素濃度を測定した。また St. 3 ではバンドン採水器を用いて、水深 0m, 10m, 20m と海底水深より 5m 浅い水深で採水を行った。採水した海水は速やかに褐色瓶に保存し、冷蔵状態で函館水試へ送った。

#### (3) 得られた結果

図 2 に水温、塩分および溶存酸素濃度の鉛直分布を示した。7 月 27 日では、水深約 5m で水温と塩分が大きく変化することから、このあたりに躍層が存在することがうかがえる。しかし、8 月 30 日にはそのように水温や塩分が水深が大きくなるにつれて急激に変化する様子は見られなくなり、10 月 1 日には海面から海底までほぼ同じ値となっていた。

採水した海水は函館水試でクロロフィル a や栄養塩の濃度測定とプランクトン検鏡に供試された。

これらの観測結果および海水の分析結果は、函館水試が調査速報として函館水試の HP に掲載するとともに、ホタテガイ養殖に夏季の環境が及ぼす影響を明らかにするためのデータとして活用している。

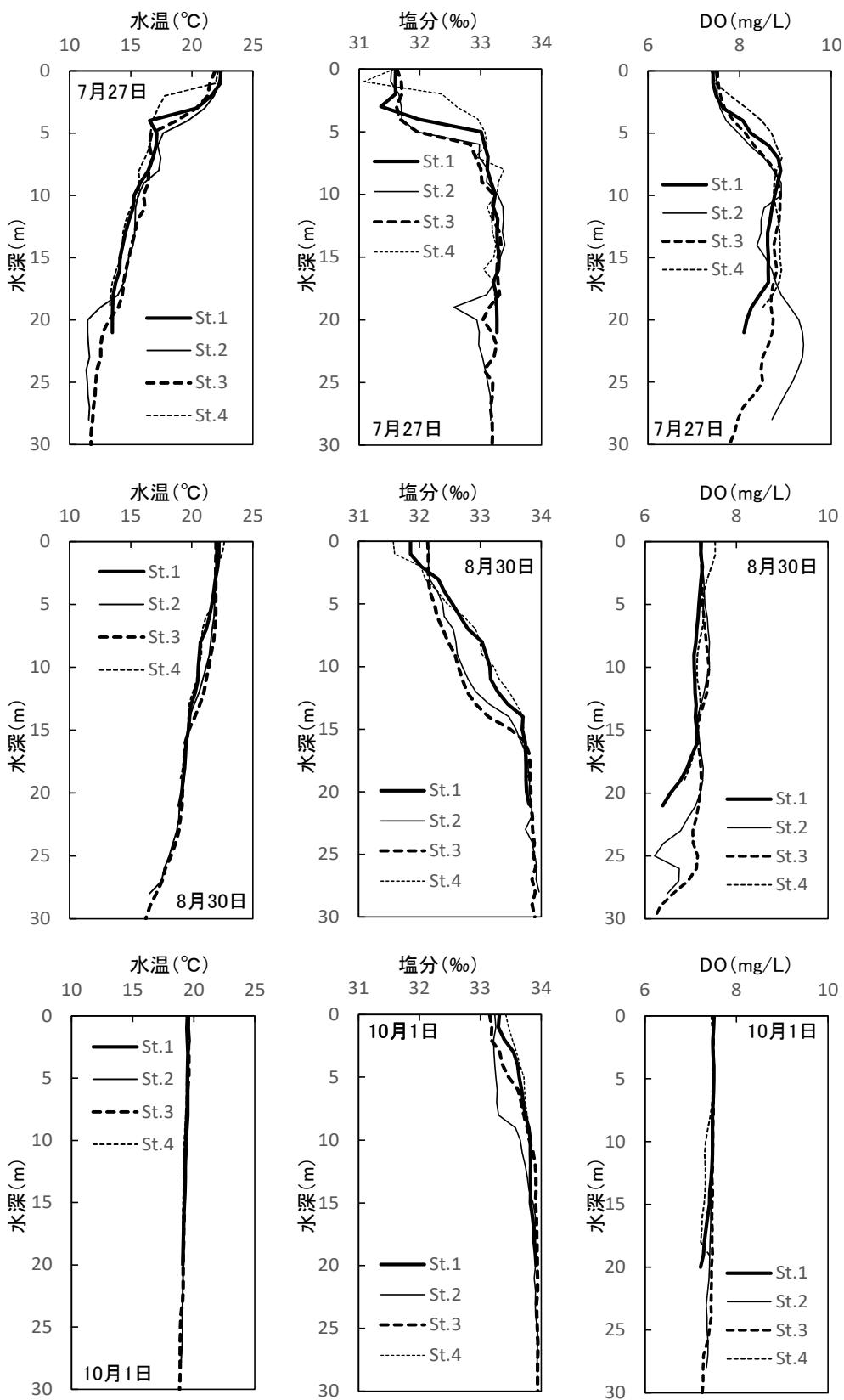


図2 噴火湾の伊達沖で観測された水温、塩分および溶存酸素濃度の鉛直分布

**III その他****1. 技術の普及および指導****1. 1 栽培技術部**

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)	4月	森町・網走市 漁業関係者		28	免疫染色法について概要説明と実践	川崎
技術指導(講師派遣)	4月	瀬棚町 漁業関係者		3	キートセラスの培養法の技術指導	川崎
技術指導	4月	更別村 民間企業		15	海中養殖用種苗の生産技術指導	三坂・川崎
技術指導(講師派遣)	5月	島牧村 漁業関係者		3	マゾイの親魚提供および初期餌料提供を行った	川崎
技術指導	5月	更別村 民間企業		4	海中養殖種苗生産におけるワクチン接種指導	三坂・川崎・井上
技術指導	5月	大樹町 漁業関係者		7	海中養殖試験に係る海水馴致・測定指導	三坂・川崎・井上
技術指導	6月	伊達市 漁業関係者		3	マツカワ形態異常選別指導	松田
技術指導	6月	場内 漁業関係者			ワムシ培養指導	松田
技術指導	7月	場内 奥尻町・せたな町		4	海中養殖試験に係る技術指導	三坂・川崎
技術指導	8月	岩内町 漁業関係者		3	養殖魚の麻酔及び測定方法	清水・三坂
技術指導	9月	せたな町 漁業関係者		3	海中養殖試験魚の測定方法等にかかる指導	三坂
技術指導	10月	場内 漁業関係者		5	放流用エゾバフンウニの測定・計数	清水・川崎
技術指導	10月	大樹町 漁業関係者		3	海中養殖試験魚の測定指導	三坂・川崎・井上
技術指導	10月	木古内町 北海道・漁業関係者		8	海中養殖試験に係る飼育方法等の指導	三坂
技術指導	10月	せたな町 せたな町		5	せたな町養殖試験魚の販売に関する助言	三坂
技術指導	10月	場内 漁業関係者		3	マツカワ雌雄判別	松田
技術指導	11月	室蘭市 普及技術指導所		2	ホッキガイ種苗生産に関する技術指導	川崎・井上
技術指導	11月	室蘭市 普及技術指導所		1	ホタテガイ採苗調査に関わるラーバソーティング手法の説明	川崎
技術指導	11月	更別村 民間企業		2	海中養殖用種苗生産にかかる技術指導	三坂
技術指導	11月	泊村 漁業関係者		10	海中養殖試験に係る技術指導	三坂
技術指導(講師派遣)	11月	室蘭市 普及技術指導所		10	ホタテガイ免疫染色についての説明	川崎
技術指導	11月	伊達市 漁業関係者		3	マツカワ魚病対策(採血)指導、親魚選別指導	松田
技術指導	3月	電話 民間企業		1	養殖ウニの取り扱い方法についての技術指導	川崎
技術指導	3月	伊達市 漁業関係者		3	マツカワ採卵指導	松田

**1. 2 調査研究部**

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	6月	登別市 漁業関係者		20	ケガニの資源評価調査について	福田
マスコミ	7月	電話 マスコミ関係		1	左巻きツブについて	桑原
マスコミ	7月	電話 マスコミ関係		1	ホッケ漁獲量増加について	村上
一般相談	8月	電話 不明		1	アヤボラから刺激臭がする	桑原
マスコミ	9月	来場 マスコミ関係		1	シシャモ漁業について取材	安宅
一般相談	9月	来場 マスコミ関係		1	イタンキ浜にうちあがったマグロ	村上
マスコミ	10月	電話 マスコミ関係		1	シシャモの漁獲状況と調査について	安宅
マスコミ	11月	電話 マスコミ関係		1	シシャモの不漁について	安宅
マスコミ	11月	電話 マスコミ関係		1	シシャモの遡上予測日について	安宅
マスコミ	11月	電話 マスコミ関係			日高ケガニの資源動向について	村上
マスコミ	11月	電話 マスコミ関係		1	シシャモの不漁について	安宅
一般相談	1月	メール 普及技術指導所		1	肉食性巻貝類の密度による産卵数への影響について	桑原

## 2. 観察来場者等の記録

(令和3年度)  
2021年4月～2022年3月

### 観察来場者

1. 道 内 34 件 129 人

3. 海 外 0 件 0 人

2. 道 外 2 件 7 人

4. 合 計 36 件 136 人

(道内内訳)

振興局管内別	官公庁等		漁協等		学校関係		会社関係		その他		合計	
	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数
胆 振	2	2	1	2	3	70	6	7	4	8	16	89
日 高	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4
十 勝	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
釧 路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
根 室	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
網 走	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宗 谷	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
留 萌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
上 川	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
空 知	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石 狩	1	3	2	3	0	0	10	22	0	0	13	28
後 志	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
檜 山	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
渡 島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	7	16	4	6	3	70	16	29	4	8	34	129
主な観察来場者の所属	1.	官公庁関係 (1) 国・道・議会 (2) 独法、その他	3.	学校関係 (1) 先生・生徒	5.	その他 (1) 町会・ロータリークラブ等 (2) ボランティア団体、他						
	2.	漁協等 (1) 漁協青年部、女性部	4.	会社関係 (1) 水産関係 (2) 建設関係等								

(道外内訳)

都府県名	官 庁		漁 协		学 校		会 社		その 他		合 計	
	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数
青 森 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩 手 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山 形 県	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
宮 城 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新潟 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茨 城 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
千 葉 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
埼 玉 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東 京 都	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
神 奈 川 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
石 川 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
静 岡 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
福 井 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
愛 知 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
京 都 府	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大 阪 府	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3
福 岛 県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	1	4	0	0	0	0	1	3	0	0	2	7

(海外内訳)

国名(地域)	官 庁		漁 协		学 校		会 社		その 他		合 計	
	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数	件数	人数
ロシア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
韓 国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中 国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マレーシア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アフリカ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他の	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(海外内訳に随行者も含めた)

R3 年度所属研究員の発表論文等一覧 (2021. 4~2022. 3)

Molecular characterization of fshb and lhb subunits and their expression profiles in captive white-edged rockfish, *Sebastes tacjanowskii*. : Yo Yamaguchi, Jun Nagata, Osamu Nishimiya, **Takuma Kawasaki**, Naoshi Hiramatsu, Takashi Todo Comparative Biochemistry and Physiology 261, 2021. 8

Changes in the Hepatic Expression of Three Vitellogenin Subtype Genes During Ovarian Development in Female White-edged Rockfish (*Sebastes tacjanowskii*). : Jun Nagata, Satoru Wada, Osamu Nishimiya, Meiqin Wu, Yuji Mushirobira, Yo Yamaguchi, Takanori Yokono, **Takuma Kawasaki**, Takahiro Matsubara, Takashi Todo, Akihiko Hara, Naoshi Hiramatsu Zoological Science, 38(5):451-458 2021. 8.

ホタテガイ幼生発生量調査の労力軽減に向けた技術開発 **川崎琢真 (栽培水試)**, 金森誠 北水試だより No. 103, 2021. 9

Morphological and Molecular Phylogenetic Analyses of an Ectoparasitic Trichodinid Ciliate, *Tricodina hokkaidensis* n. sp., Infecting Artificially Reared Barfin Flounder *Verasper moseri* : Shinya Mizuno, **Taihei Matsuda**, Shotaro Nishikawa and Shingo Ito. Fish Pathology, 56(3), 115-121, 2021. 9

エゾバフンウニの棘抜け : **田園大樹 (栽培水試)** 試験研究は今 939, 2021. 10

クロソイ養殖の効率化に向けた補償成長に関する給餌試験 : 芝竜太郎・山口耀・竹内真論・木村和世・平井輝孝・**川崎琢真 (栽培水試)**・清水宗敬・東藤孝・平松尚志 令和3年度日本水産増殖学会第19回大会, 要旨集No. 6, 2021. 11

キツネメバル種苗生産マニュアルを公開します : **田園大樹 (栽培水試)** 北水試だより 104, p 23, 2022. 3

ドローンと水位計を用いた簡易な干潟地形測量方法 : **福田裕毅 (栽培水試)**・近田靖子 水産技術 14, 31-36, 2021. 8

日本海海域における漁港静穏域の二枚貝養殖技術開発 : **福田裕毅 (栽培水試)**・大澤賢人 月刊養殖ビジネス 第59巻1号, 42-46, 2022. 1

シシャモの河川遡上開始日を予測する新手法について : **安宅淳樹 (栽培水試)** 試験研究は今 No. 932, 2021. 6

漁場可視化技術を実現する撮影ツールとしての水中ドローン : **葉原康裕 (栽培水試)** 試験研究は今 No. 947, 2022. 2

令和 3 年度  
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
水産研究本部 栽培水産試験場  
事業報告書

令和 5 年 3 月 発行

編集 栽培水産試験場  
発行 〒 051-0013  
北海道室蘭市舟見町 1 丁目 156 番 3 号  
TEL 0143-22-2320  
FAX 0143-22-7605

印刷 株式会社 日光印刷