

研 究 分 野	3 生産性・市場性の高い産地形成に関する技術開発	部 名	漁業資源部
研 究 課 題 名	(1) 秋サケ増殖に関する研究		
予 算 区 分	県単（さけ・ます増殖緊急強化対策事業）、国庫委託（さけます等栽培対象資源対策事業）		
試験研究実施年度・研究期間	平成24～令和5年度		
担 当	（主）岡部 聖、太田 倫太郎 （副）清水 勇一		
協 力 ・ 分 担 関 係	水産振興課、国立研究開発法人水産研究・教育機構（水産資源研究所、水産技術研究所）、北海道さけ・ます内水面水産試験場、一般社団法人岩手県さけ・ます増殖協会、北里大学、北海道大学、東京大学、静岡大学、唐丹町漁業協同組合、三陸やまだ漁業協同組合		

<目的>

岩手県の秋サケ回帰尾数は、平成8年度をピークに近年低迷しており、回帰尾数減少の原因解明と回復に向けた対策が求められている。

本研究では、確実な種卵確保による増殖事業の推進に資するため、資源変動を把握しながら回帰予測の精度向上を図ることを目的に、放流稚魚の追跡調査と回帰親魚の年齢・魚体サイズ・耳石等に係る調査を行った。また、早急な資源回復に資するため、人為的に関与できる種苗生産・放流技術の改良と普及を目的に、沿岸の高水温化に対応した放流時期やサイズの検討、環境変化に強い種苗を生産するための飼育環境や餌料、系統の検討を行うとともに、稚魚放流後の初期減耗を緩和するための海水馴致放流等の技術開発を行った。

<試験研究方法>

1 岩手県沿岸及び北海道太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚の分布状況

放流後のサケ幼稚魚の分布状況を明らかにするため、漁業指導調査船「岩手丸」（以下、岩手丸）により表層トロール網（ニチモウ製LCネット、袖網間隔10m、袖口高さ7m）を用いて採集調査を実施した。表層トロールは、日中、3ノットで30分間曳網し、採捕尾数と曳網面積から分布密度を算出した。採集調査と併せて、CTD（シーバード社 SBE9plus）による水温・塩分の測定とノルパックネットによる動物プランクトンの採集を行った。岩手県沿岸における調査点は、野田湾、宮古湾、山田湾、大槌湾、釜石湾、唐丹湾及び吉浜湾の各湾口付近の7地点並びに八木、黒埼、熊の鼻、閉伊埼、トドヶ埼及び尾埼の6地点の距岸距離5マイル以内の沿岸海域とした。また、北海道太平洋沿岸域における調査定点を図1に示した。同調査では、表層トロール網による調査に加え、夜間に海面を集魚灯で照らし、蟄集してきた稚魚をタモ網で採集した。採捕した稚魚からは耳石を採集し、標識を確認したほか、日周輪紋解析を行い降海時期や体サイズから稚魚の放流後の成長速度を推定した。

2 親魚の回帰状況

県内の沿岸河川のうち、片岸川、織笠川及び津軽石川にそ上した親魚については、それぞれの河川で盛期を中心に雌雄各100～300尾程度を目安に魚体測定と年齢査定を行ったほか、各河川の雌最大50尾については、繁殖形質（卵数等）を測定した。なお、その他の河川については、（一社）岩手県さけ・ます増殖協会が、そ上したサケ親魚から雌雄約2千尾の鱗を採取し、年齢査定を行った。

3 秋サケ回帰予測

令和5年度の回帰尾数は、2歳魚の予測には平成23年度から令和元年度までの算術平均、3歳魚以上の予測にはシブリング法を用いて予測した。なお、回帰尾数は自然対数を底とする対数変換を行った（令和3年度予測より実施）。各河川の予測値は、あらかじめシブリング法により推定し、それらに対数変換した値を基に、時期別の年齢組成・資源変動を加味した補正をかけて作成した。

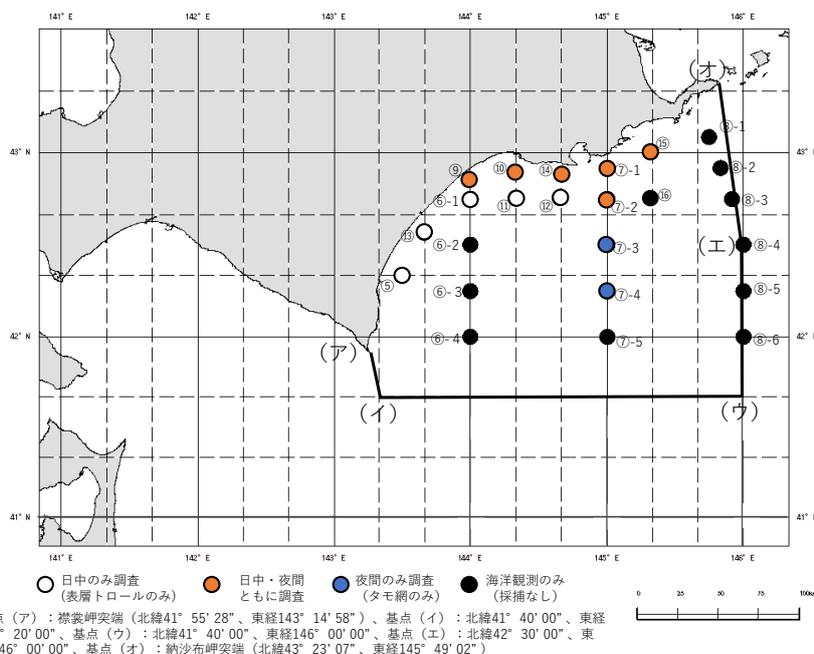


図1 北海道太平洋沿岸域におけるサケ幼稚魚採捕調査定点

4 サケ大規模実証試験施設での種苗生産・放流技術の開発

(1) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の追跡調査

令和4年級の試験魚を放流後、山田湾、唐丹湾及び釜石湾において、漁業指導調査船「北上丸」（以下、北上丸）による火光利用敷網を用いた追跡調査を行い、採捕数を各試験区で比較した。また、採捕した稚魚の耳石について、耳石温度標識魚を中心に日周輪紋解析を行い、降海時期や体サイズから稚魚の放流後の成長速度を推定した。なお、これまでに大規模実証試験施設で標識放流した試験区を表1に示した。

表1 大規模実証試験施設で実施した試験（平成26～令和4年級）

年級※1	実施試験		試験設定	
平成26	密度	低密度10kg/m ³	通常密度20kg/m ³	高密度30kg/m ³
平成27	密度	低密度15kg/m ³	通常密度20kg/m ³	高密度25kg/m ³
平成28	餌料	サケEPC区	サケDPC区	マスEPC区
平成29	餌料	サケEPC区	海産魚用EPC区	マスEPC区
	餌料	サケEPC区	乳酸Ca添加区	
平成30	密度	低密度10kg/m ³	通常密度20kg/m ³	高密度50kg/m ³
	移入	北上川水系砂鉄川	沿岸河川片岸川	
	流速強化	流速強化区2cm/s	対照区0.5cm/s	
	餌料	サケEPC区	アスタキサンチン添加区	オイル添加区
令和元	流速強化	流速強化区2cm/s	対照区0.5cm/s	
	移入	北上川水系砂鉄川	沿岸河川片岸川	
	大型稚魚放流	3～4g放流		
	餌料	アスタキサンチン添加区	オイル添加区	
令和2	流速強化	流速強化区2cm/s	対照区0.5cm/s	
	移入	北上川水系砂鉄川	沿岸河川片岸川	
	大型稚魚放流	4g以上放流		
	餌料	アスタキサンチン添加区	対照区(サケEPC)	
令和3 ※2	流速強化	流速強化区3～5cm/s		
	移入	北上川水系砂鉄川	沿岸河川片岸川	
	大型稚魚放流	4g以上放流	10g以上放流	
令和4 ※3	餌料	アスタキサンチン添加区	オイル添加区	
	流速強化	流速強化トレーニング区	対照区	
	大型稚魚放流	10g以上放流	1～2g台放流	

※1 年級は生まれ年度を示す。令和6年度には4歳魚となる令和2年級主体の回帰見込み。

※2 標識した試験魚は概ね平均4g以上で放流。

※3 試験用種卵不足のため、秋田県由来の発現卵及び山形県由来の受精卵を移入。

(2) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の飼育試験

大規模実証試験施設に試験用種卵を収容した。飼育はサケふ化飼育管理の手引（平成20年度版）に従った。餌料には、主に県内の標準餌料であるサケEPC（日清丸紅飼料株式会社製）を用い、ライトリッツの給餌率表を参考に、概ね飽和給餌となるように体重の3～6%の割合で給餌した。飼育水には大規模実証試験施設の井戸水（水温10～13℃台）を用いた。概ね1週間毎に10～30尾（放流時は100尾）の尾叉長と体重を測定した。

令和4年級の試験区を表2に示した。最適餌料の探索、遊泳力強化手法の検討及び適期適サイズ放流の検討を行うための試験区を設定し、各試験区について、成長及び遊泳力（後述、ア）により健苗性を評価した。なお、沿岸滞泳期における分布と成長を把握するため、各試験区において、一部の稚魚を除き個別の耳石温度標識を施標し、放流後に沿岸域での追跡調査を行った。

表2 令和4年級の大規模実証試験施設における試験

採卵年月日	試験区	調整放流年月日	調整放流尾数(尾)	最終放流年月日	合計放流尾数(尾)
令和4年12月10日	アスタ区	令和5月3月30日	102,235	令和5年5月17日	189,515
		令和5年4月20日	46,718		
令和4年12月10日	餌料対照区	令和5月3月30日	91,780	令和5年5月17日	190,904
		令和5年4月20日	44,257		
令和4年11月2,3日	流速強化区	令和5月2月20日	70,130	令和5年4月20日	146,098
		令和5年3月13日	24,685		
		令和5年4月7日	22,368		
令和4年11月3日	流速強化対照区	令和5月2月20日	71,720	令和5年4月20日	145,964
		令和5年3月13日	22,970		
		令和5年4月7日	22,986		
令和4年12月10日	長期飼育試験区	令和5月5月8日	17,338	令和5年6月14日	45,414
令和4年12月10日	短期飼育試験区	-	-	令和5年3月30日	80,744

ア 遊泳力測定試験

池出し直後、魚体重1～2g 台時点及び放流直前の各試験区のサケ稚魚について、稚魚1尾を内径34mmの円形パイプ型水槽（有限会社タカツ産業社製、流速制御型遊泳力測定装置）に封入し、ポンプにより水流を起し強制的に遊泳させることで、遊泳力を測定した。流速10cm/秒から1分間に1cm/秒ずつ流速を強め、遊泳できなくなった時点の流速を持続遊泳力とし、10cm/秒から1秒に1cm/秒ずつ流速を強め、遊泳できなくなった時点の流速を瞬間遊泳力とした。持続遊泳力については5尾、瞬間遊泳力については20尾を測定した。

イ 最適餌料の探索

総カロテノイド-アスタキサンチン混合液（サイエンテック株式会社製、アスタアップ®TCAC10%（アスタキサンチン含有量85～93%））をフィードオイル（日清丸紅飼料株式会社製、AオイルS16）で20倍希釈し、希釈溶液を重量比で5%標準餌料に添加した餌料を与えるアスタキサンチンオイル添加餌料区（以下、アスタ区）とフィードオイル単独を5%添加した餌料を与えるオイル添加餌料区（以下、餌料対照区）を設定した。

ウ 遊泳力強化手法の検討（さけます等栽培対象資源対策事業のうちさけます不漁対策事業）

流速強化区では、通常の井戸からの注水の他に、排水ポンプにより未使用井戸から追加の注水を行ったほか、半循環ポンプシステムにより飼育池の排水を注水部へと戻すことで、流速を上げて遊泳力強化を試みた。日中の6時間（9時～15時）に循環ポンプを用いて流量1,300L/分の強化行程とし、それ以外（15時～翌朝9時）は流速を弱めて流量600L/分の安息行程とした。概ね1週間ごとに、アと同様の手順で流速強化区及び対照区の遊泳力を測定した。

エ 適期適サイズ放流及び大型稚魚放流の検討

サイズを重視した放流手法の効果を検討するため、放流適期外の6月まで飼育を行い、10g程度の稚魚を放流する長期飼育試験区及び3月下旬で1g程度の稚魚を放流する短期飼育試験区を設定した。

(3) 精子凍結保存試験及び高水温耐性試験

砂鉄川令和4年11月28日そ上及び片岸川令和4年11月30日そ上の雄から精子を採取し、藤本(2022)の手順で凍結保存した。沿岸河川甲子川から令和5年1月10日にそ上した雌1尾分(約2,100粒)の未受精卵を用いて、前述の凍結精子を受精させることで、2種類の交雑稚魚を作成した(表3)。同稚魚は、室内にてプラスチック小水槽(30cm×50cm×40cm)内で飼育した。給餌量、飼育水温の条件については、(2)と同様である。表3に示した各試験群について、概ね1g台時点の稚魚を26.5℃の水中に投入し、通常遊泳の状態から魚体が転覆し遊泳が不可能となるまでの時間(平衡感覚喪失時間)を測定した。

表3 令和4年級の高水温耐性試験群

採卵月日	試験区	雌親魚の由来	採精月日	雄親魚の由来	精子の状態	尾数
令和5年1月10日	交雑区	甲子川	令和4年11月28日	砂鉄川	凍結精子	700
令和5年1月10日	交雑区	甲子川	令和4年11月30日	片岸川	凍結精子	700
令和5年1月10日	対照区	甲子川	令和5年1月10日	甲子川	生	700

(4) 耳石温度標識を付した放流魚の回帰率調査

平成30年以降、熊野川にそ上した3~5歳魚について、毎年旬1回、雌雄各100尾を目標として鱗による年齢推定を行った。同時期に雌雄込みで50尾を目標に鱗と耳石を採集し、年齢と耳石温度標識の有無を確認した。旬ごとに算出した年齢別回帰尾数に標識率を乗じることにより、標識魚のそ上尾数の総数を推定し、各試験区の放流尾数を除して回帰率(推定回帰尾数÷放流数×100)を算出した。

令和5年に5歳魚まで回帰した平成30年級では、大規模実証試験施設において、給餌餌料、飼育流速、他河川系群の移入及び飼育密度に着目した試験区を設定した(表4)。餌料試験としては、哺乳類にて運動のエネルギー源とされる、乳酸カルシウムを通常餌料(サケEPC)に添加した試験区及び通常餌料単独を給餌する対照区をそれぞれ2群設定した。流速強化試験としては、前述の半循環ポンプシステムにより、排水を注水部に戻して飼育流速を強化した流速強化区(流速約2cm/秒、密度10kg/m³)と対照区(流速約0.5cm/秒、密度10kg/m³)を設定した。他河川系群の移入試験としては、北上川水系砂鉄川から受精卵を移入し、片岸川系群と比較した。密度試験としては、高密度試験区(密度50kg/m³)を設定し、通常密度(20kg/m³)で飼育した試験区及び低密度(10kg/m³)で飼育した試験区と比較した。

表4 大規模実証試験施設における平成30年級の各試験区の放流実績

年級	採卵日	放流年月日	試験区	平均尾叉長(mm)	平均体重(g)	放流尾数
平成30年	平成30年 11月13日	平成31年 2月27日	乳酸カルシウム 添加餌料区 (2月下旬放流)	51.71	1.11	210,204
			餌料対照区 (2月下旬放流)	51.65	1.16	212,374
	平成30年 12月6日	平成31年 4月12日	乳酸カルシウム 添加餌料区 (4月上旬放流)	51.37	1.00	164,308
			餌料対照区 (4月上旬放流)	51.67	0.99	166,724
	平成30年 12月11日	平成31年 4月22日	流速強化区	59.91	1.70	88,682
			流速強化対照区	59.08	1.63	90,836
	※平成30年 12月10日	平成31年 4月22日	高密度飼育区	49.63	0.94	265,579
	※平成30年 11月4日	※平成31年 2月19日	北上川水系 移入試験区	51.80	1.26	377,371

※採卵日及び放流日が複数日にまたがったため、重心となる日付を記載。

5 海中飼育試験(さけます等栽培対象資源対策事業のうちさけます不漁対策事業)

(1) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の飼育試験

試験は北海道大学、北里大学、水産研究・教育機構の水産技術研究所神栖庁舎・宮古庁舎及び三陸やまた漁業協同組合と連携して実施した。令和4年級は、県内サケのそ上不振により、試験用種卵を確保するために秋田県野村川産の種卵80万粒を移入し、群別の耳石温度標識を施標した。試験は、通常海中飼育群（以下、通常群）及び大目網海中飼育群（以下、大目網群）の2試験群を設定し、それぞれ40万尾を飼育試験に用いた。大目網群は、通常の飼育網（26節、目合約12mm）と大目網（16節、目合約20mm）を結合し、2段式の海中飼育生簀を用いて飼育した試験群である。海中飼育開始時は通常目合いで飼育を行い、魚体重が2gに到達した時点で大目網部分を海中に落網することで（図2）、潮通しの改善による飼育環境の改善と一部稚魚の逃避により、適正密度での飼育による大型種苗の生産と健苗性向上を目的としている。

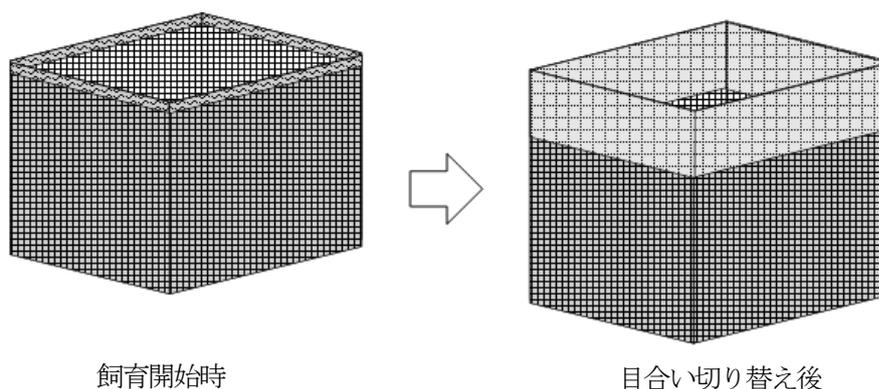


図2 海中飼育開始時と目合い切替え後の大目網群の生簀模式図

各試験群は、魚体重約1gに達した令和5年2月3日に海中生簀に収容し、海中飼育を開始した。概ね1週間ごとに各試験群50尾の尾叉長と体重を測定したほか、海中生簀収容時、目合いの切替え時（令和5年2月27日）及び放流前（令和5年4月11日）において、4-(2)-アと同様の手順で遊泳力を測定した。さらに、概ね1週間ごとに各試験群20尾を採捕して活魚で北里大学三陸キャンパスに移送し、海水飼育施設で24時間絶食後にドライアイスで凍結保存した。適宜解凍後、消化管、肝臓、頭部及び胴体のトリグリセリド（以下、TG）含量を測定し、検体重量に対する含有率を算出した。

海中飼育中の餌料にはサケEPC CF-3を用い、自動給餌機により9時、11時、13時、15時の4回（令和5年3月28日以降は17時の給餌を加えて5回）に分けて、ライトリッツの給餌率表を参考にし給餌した。また、令和5年3月23日から、大目網群にはAI自動給餌機（パシフィックソフトウェア株式会社製・餌ロボ）を設置し、給餌量を最大で10%削減する設定のAI機能を用いた給餌を試みた。

大目網切替え以降の飼育密度の変化を推定するため、大目網生簀に音響プロファイラー（AZFP）を設置した。密度解析には125kHzのエコーグラムを用い、魚群が安定している午後7時から午前3時の間のデータを用いた。サケ稚魚の平均ターゲットストレングス（以下、TS）を、定期的な体長（FL）計測で得られた関係式（ $TS=20\log FL-69.2$ ）に代入して求め、1分ごとの体積散乱強度をTSで除することで収容密度を推定し、その変化から稚魚の逃避尾数を推定した。さらに、逃避個体のサイズを推定するため、放流前に採捕した各試験群20尾から耳石を採取して日周輪紋解析を行い、大目網切替時の尾叉長を推定し、切替時に測定した尾叉長組成と比較したほか、海水移行日から放流までの成長速度について、比較を行った。

試験終了後は各試験群を山田湾に放流し、放流後は北上丸による火光利用敷網調査（4-(1)）及び船外機船による山田湾内の1艘まき網調査により、稚魚の追跡を行った。

(2) 耳石温度標識を付した海中飼育放流魚の回帰率調査

平成30年以降、織笠川にそ上した3～5歳魚について、4-(4)と同様の方法で回帰率を算出した。

令和5年に5歳魚まで回帰した平成30年級では、通常群と大目網群に加え、短期海中飼育群（以下、短期群）及び河川放流群（以下、河川群）の4試験群を設定した（表5）。通常群では約1ヶ月間海中飼育生簀で稚魚を飼育し、短期群では海中飼育期間を2週間に短縮した。また、河川群は海中飼育の3試験群の対照群として織笠ふ化場で飼育、放流した。なお、大目網群では海中生簀投入時から大目網での飼育を試みたが、目が稚魚に対して大きく、生簀投入後1日程度でほとんどの稚魚が逃脱した。

表5 山田湾海中飼育試験における平成30年級の各試験区の放流実績

年級	試験区	採卵日	放流年月日	平均尾叉長(mm)	平均体重(g)	放流尾数
平成30年	海中飼育群 (通常群)	平成30年 11月22,23日	平成31年 4月8日	59.33	1.75	350,000
	大目網海中飼育群 (大目群)	平成30年 11月22,23日	平成31年 3月9日	49.55	0.95	350,000
	短期海中飼育群 (短期群)	平成30年 11月22,23日	平成31年 3月22日	53.73	1.14	350,000
	河川放流群 (河川群)	平成30年 11月27日	平成31年 3月24日	58.70	1.52	200,000
			平成31年 3月28日	61.50	1.79	189,000

<結果の概要・要約>

1 岩手県及び北海道沿岸におけるサケ幼稚魚の分布状況

令和5年春季（令和4年級）の調査では、岩手県沿岸では過去4年の調査と同様に採捕はなく、分布密度は0尾/km²であった（図3）。

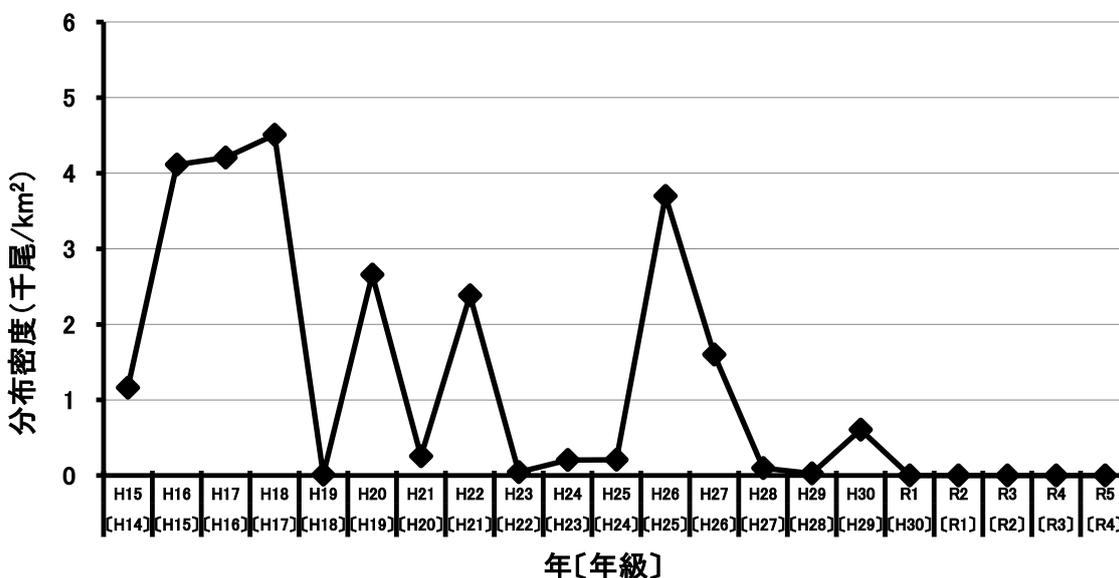


図3 表層トロール調査によるサケ幼稚魚分布密度の経年変化

また、北海道太平洋沿岸では、令和5年6月23～25日に調査を実施し、計146尾のサケ稚魚を採捕した。そのうち27尾に耳石温度標識が認められ、北海道由来が26尾、岩手県由来（サケ大規模実証試験施設由来）が1尾であった。耳石から標識魚の成長履歴を調べると、5月に60mm以上で海水移行した個体が多く出現しており、平均成長速度は0.7mm/日と速い傾向であった。また、岩手県由来の1尾は令和5年5月8日に調整放流された長期飼育試験区の個体であり（表2）、海水移行時の推定サイズは64.1mmであった。

2 親魚の回帰状況

(1) 令和5年度の回帰状況

令和5年度の沿岸漁獲（海産親魚捕獲含む）及び河川捕獲を合わせた回帰尾数は44千尾（令和4年度169千尾、対前年比26%）となり、回帰尾数は統計開始以降で最低となった（図4）。

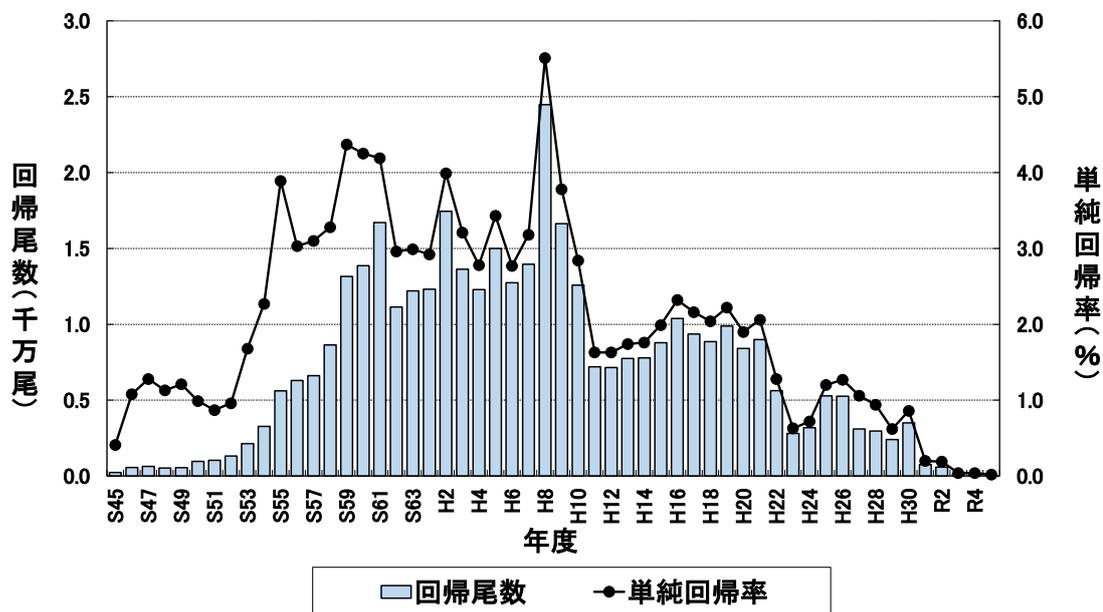


図4 年度別回帰尾数と単純回帰率

回帰尾数の内訳は、沿岸漁獲28千尾（対前年比24.9%）、河川捕獲が15千尾（対前年比30.2%）、海産親魚捕獲が1千尾（対前年比17.7%）であり、特に海面での漁獲量の減少傾向が続いている（図5）。
 地区別漁獲割合では、県北の漁獲割合が77%と非常に高い割合を占め、県央が17%、県南が6%と令和2年以前と比較して極端に低くなった（図6）。

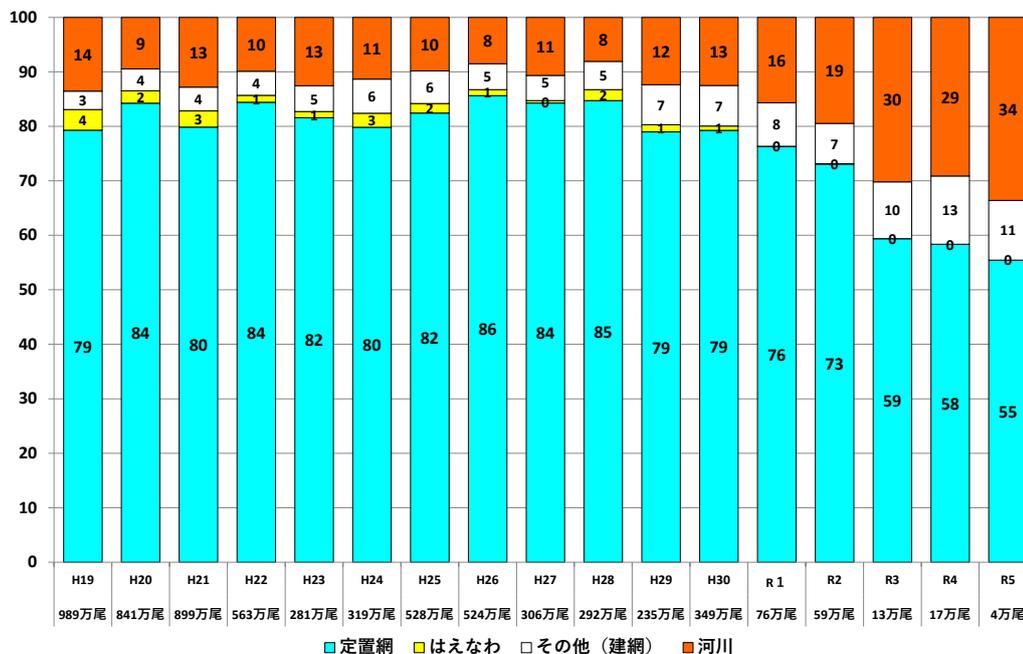


図5 サケ漁業種別漁獲割合の推移

図中の数字は割合、グラフ下部の数字は漁獲尾数

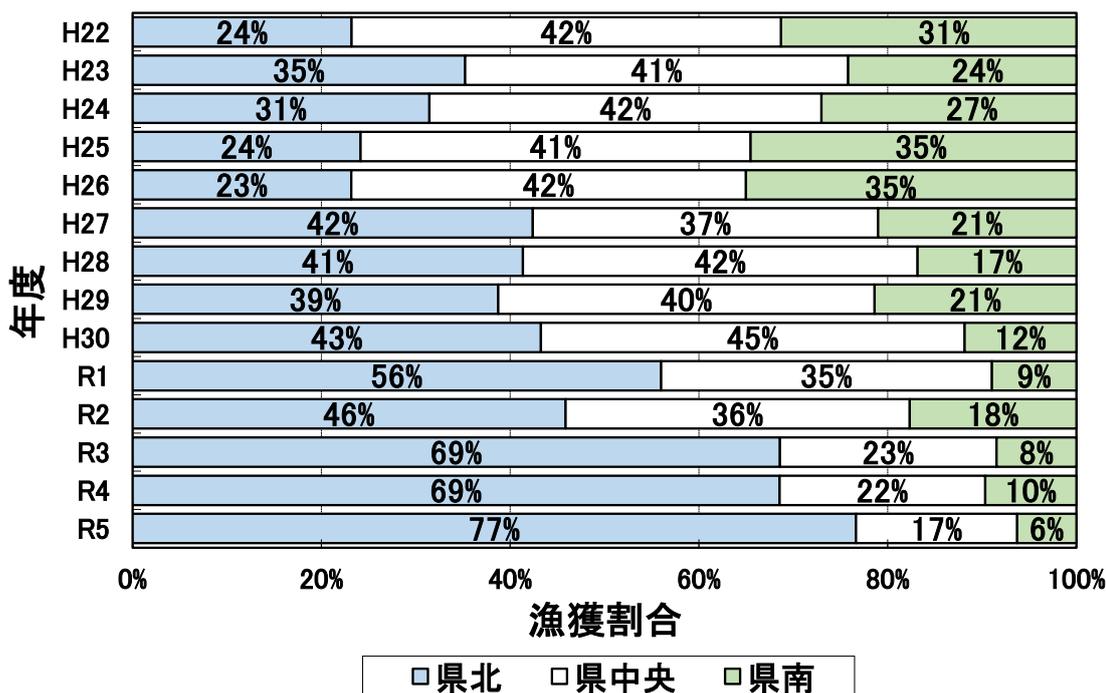


図6 サケ地区別漁獲割合の推移

(2) 年齢構成、体サイズ及び繁殖形質調査結果

主群となる4歳魚において、片岸川、織笠川及び津軽石川に回帰した雌4歳魚の体重は、前年を上回った(図7)。また、4歳魚の平均孕卵数は、織笠川では2,495粒(平成8～令和5年の平均値2,714粒)、津軽石川では2,855粒(同3,057粒)であり、いずれも平均値を下回る傾向にあった(図8)。なお、片岸川については、令和5年度はそ上親魚不足のため、繁殖形質の調査を実施できなかった。

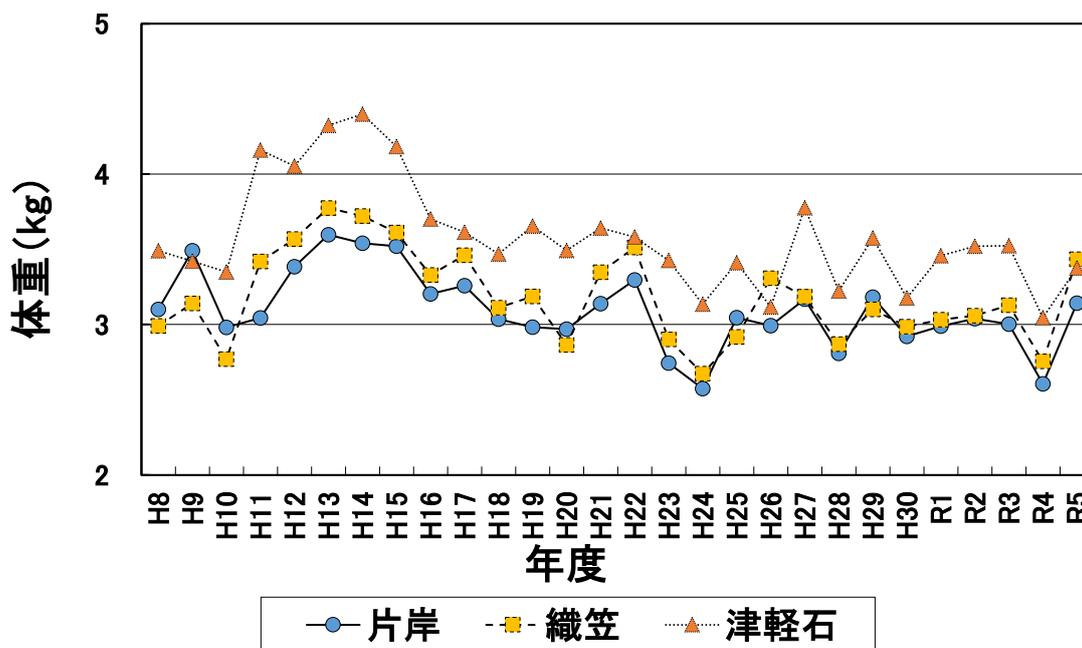


図7 調査3河川における雌4歳魚の体重の経年変化

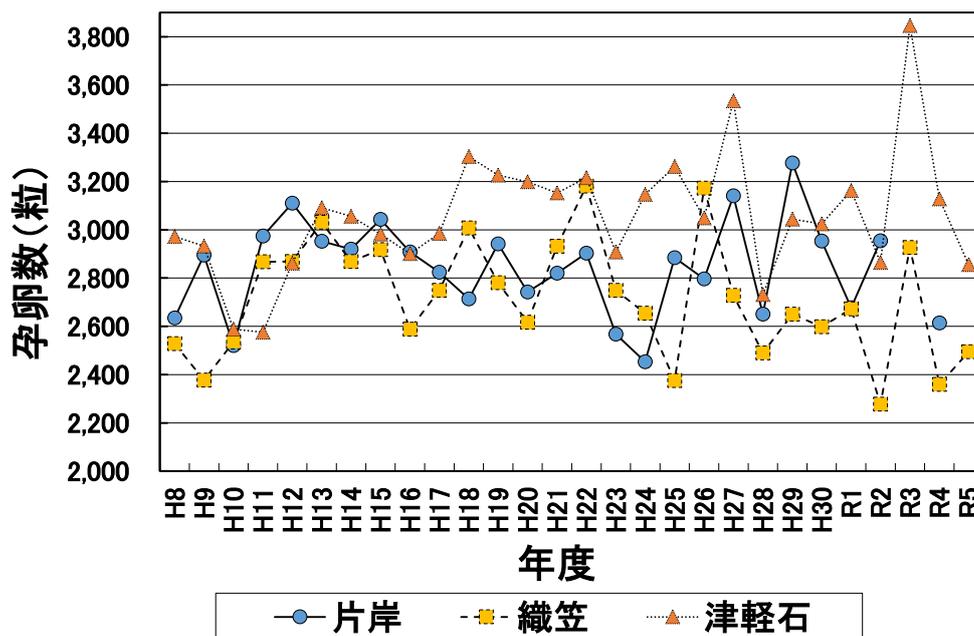


図8 調査3河川における孕卵数の経年変化

3 秋サケ回帰予測

令和5年度の子測尾数は中央値98千尾であったが、回帰実績は44千尾となり、予測値を下回った(図9)。旬ごとの水揚量実績を見ると、全体的に予測値よりも低めで推移し、12月中旬にピークを迎えたものの、そのまま減少した。なお、平成27年級以降、回帰親魚は3歳魚の割合が上昇して若齢化の傾向にあり、予測精度の低下の要因と考えられた(図10)。

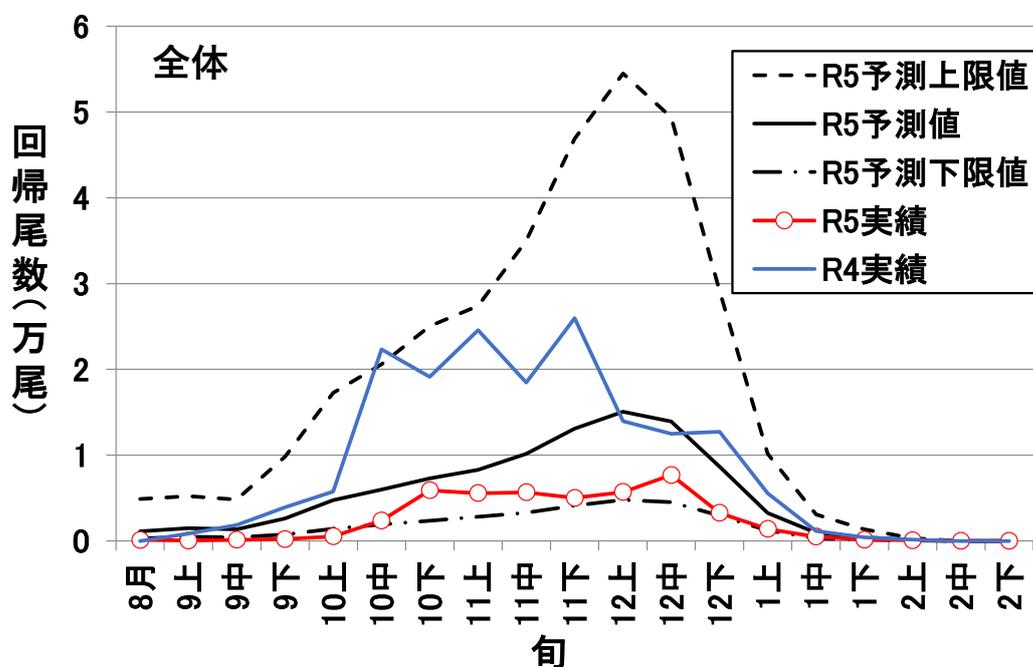


図9 令和5年度の子測回帰の予測値と実績値

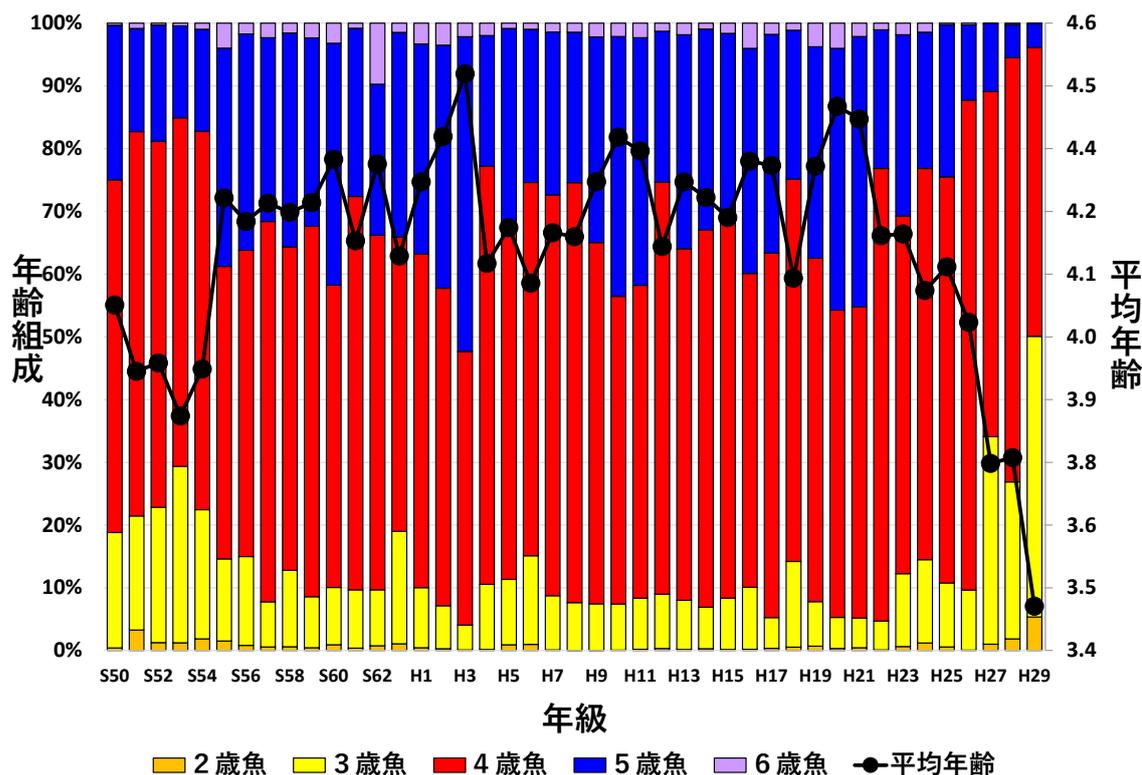


図10 年級ごとの回帰親魚の年齢組成割合

4 サケ大規模実証試験施設での種苗生産・放流技術の開発

(1) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の追跡調査

令和5年3月23日から6月6日までの期間に、216尾のサケ幼稚魚を採捕し、そのうち26尾が耳石温度標識魚であった。耳石を解析したところ、サケ大規模実証試験施設から標識放流された令和4年級稚魚はそのうち17尾であり、唐丹湾及び釜石湾で採捕された。標識種類毎の採捕数は、アスタ区8尾（採捕率0.0042%）、餌料対照区3尾（同0.0016%）、流速強化区3尾（同0.0021%）及び流速強化対照区3尾（同0.0021%）であった。

(2) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の飼育試験

各試験区における最終放流時の平均尾叉長、体重、肥満度及び瞬間・持続遊泳力を表6に示す。アスタ区及び流速強化区と各対照区間において、尾叉長、体重、肥満度及び遊泳力については差は見られなかった。なお、長期飼育試験区では、他の試験区と比較して遊泳力が増加していたことから、長期的な飼育による体サイズの増加に伴い、遊泳力が向上することが認められた。

表6 令和4年級の試験放流魚の平均尾叉長、体重、肥満度及び遊泳力

試験区	平均尾叉長(mm)	平均体重(g)	肥満度	平均瞬間遊泳力(cm/秒)	平均持続遊泳力(cm/秒)
アスタ区	83.35	4.73	8.17	67.10	39.40
餌料対照区	80.91	4.38	8.27	65.25	49.00
流速強化区	79.14	5.24	10.57	60.70	46.40
流速強化対照区	80.03	5.54	10.81	65.15	43.40
長期飼育試験区	100.63	9.87	9.69	87.73	67.20
短期飼育試験区	53.31	1.13	7.46	50.15	39.00

尾叉長、体重、肥満度：N = 100、瞬間遊泳力：N = 20、持続遊泳力：N = 5

(3) 精子凍結保存試験及び高温耐性試験

令和4年級の甲子川産稚魚及び砂鉄川・片岸川雄との交雑稚魚の平衡感覚喪失時間を比較したところ、交雑稚魚の方が、平衡感覚喪失時間が長い傾向が見られた（図11）。

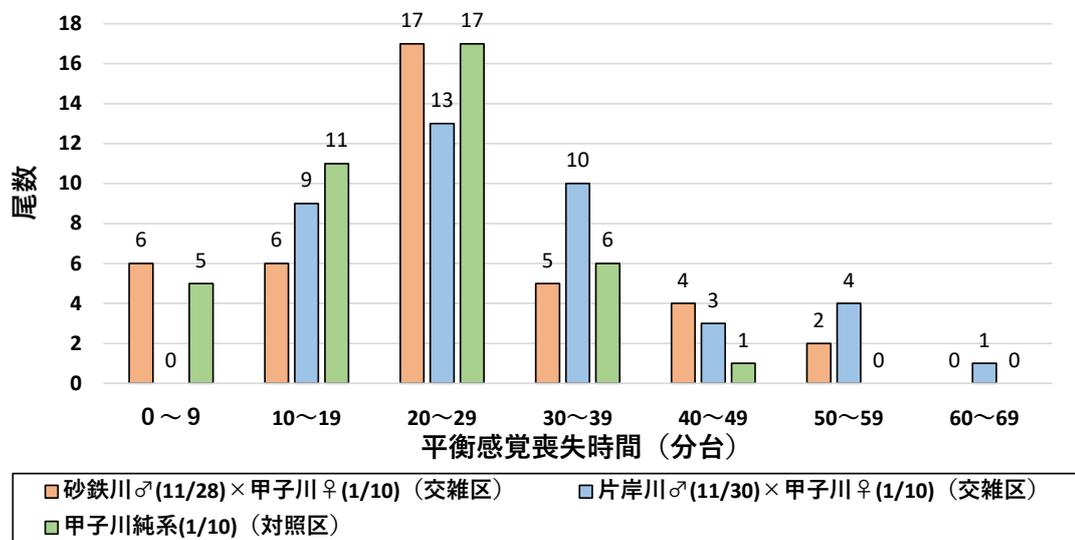


図11 受精に用いた雄親魚の由来による平衡感覚喪失時間の比較

(4) 耳石温度標識放流魚の回帰率調査

令和3～5年度に熊野川で採捕された3～5歳魚の耳石温度標識の解析により求めた各試験区の回帰率を表7に示した。

各試験区の回帰率を見ると、乳酸カルシウム添加餌料区と対照区では差が見られなかったが、これまでの結果と同様に、2月下旬放流群の回帰率が4月上旬放流群と比較して低かった。また、流速強化区の回帰率は、対照区よりも低くなったが、当該年級の流速強化区では排水を利用したことにより冷水病が発生し、それが回帰率の低下につながったものと考えられた。高密度飼育区では、同時期に通常密度（20kg/m³）で飼育した餌料対照区（4月上旬放流）よりも回帰率が低くなり、過度な高密度飼育は回帰率の低下につながることが明らかとなった。

表7 大規模実証試験施設からの平成30年級試験放流魚（3～5歳魚）の回帰率

試験区	年度別推定回帰尾数(尾)			推定回帰尾数 合計 A	放流数(尾) B	回帰率(%) A/B*100
	令和3年度	令和4年度	令和5年度			
乳酸カルシウム 添加餌料区 (2月下旬放流)	4	4	0	8	210,204	0.0038
餌料対照区 (2月下旬放流)	10	7	0	17	212,374	0.0080
乳酸カルシウム 添加餌料区 (4月上旬放流)	2	37	8	47	164,308	0.0286
餌料対照区 (4月上旬放流)	0	33	12	45	166,724	0.0270
流速強化区	0	1	1	2	88,682	0.0023
流速強化対照区	2	10	1	13	90,836	0.0143
高密度飼育区	0	10	2	12	265,579	0.0045
北上川水系 移入試験区	16	27	4	47	377,371	0.0125
合計	34	129	28	191	1,576,078	0.0121

5 海中飼育試験（さけます等栽培対象資源対策事業のうちさけます不漁対策事業）

(1) 令和4年級（令和5年春放流）稚魚の飼育試験

尾叉長、体重は、海水移行時点から通常群より大目網群が大きい傾向にあった（図12）。また、遊泳力は、生簀移送前には差は見られなかったが、放流前の時点では、大目網群の持続遊泳力が通常群に比べて有意に高くなった（図13）。

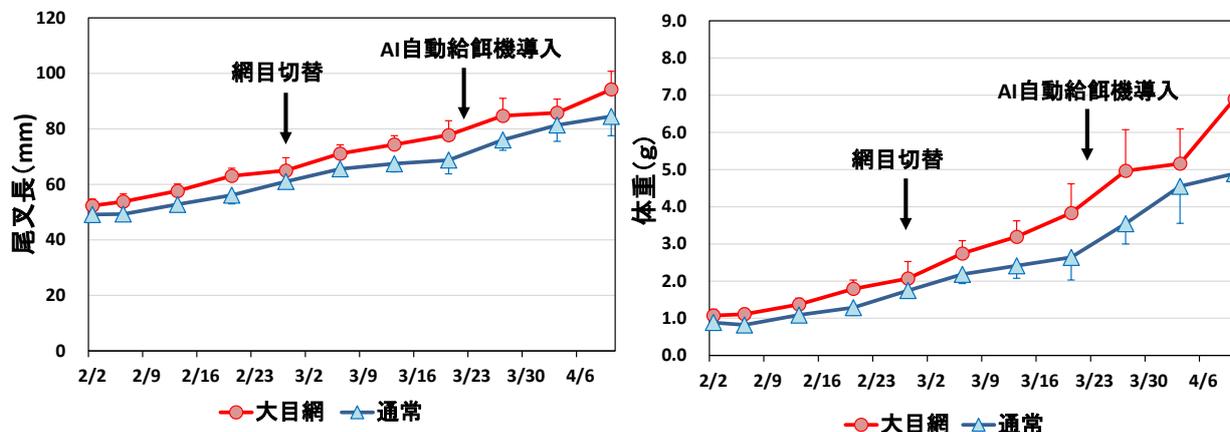


図12 大目網群及び通常群における尾叉長及び体重の推移



持続遊泳力

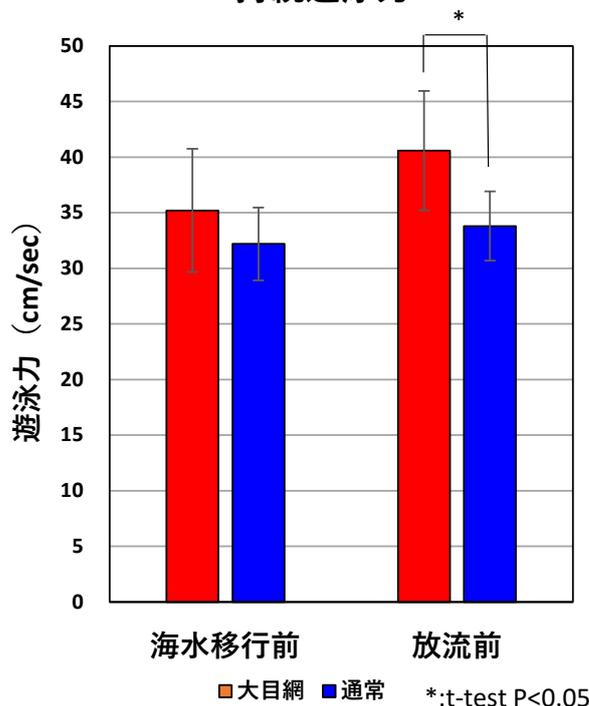


図13 大目網群及び通常群における持続遊泳力の比較 (N=5)

TG含有率の推移を図14に示した。両群ともに同様の増減傾向を示し、胴体では緩やかに上昇した一方で、消化管では、海水に移行した2月3日以降、1ヶ月程度の間低下し、その後回復する傾向が見られた。また、消化管のTG含有率は他の部位に比べて高く、変動も大きかった。肝臓を除き、大目網群の方が通常群と比較してTG含有率が高い傾向にあった。

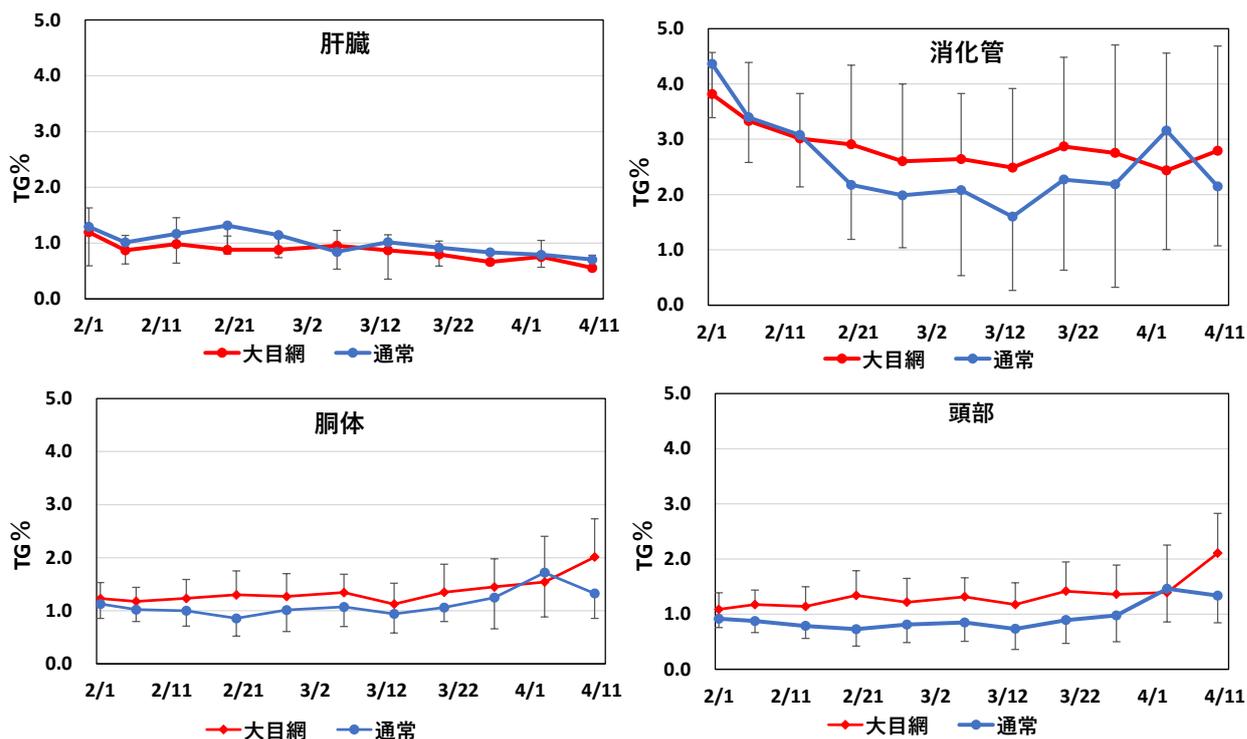


図14 各部位におけるTG含有率の推移

音響プロファイラーにより推定された平均収容密度を、大目網切替前後で比較すると、切替後（平均 50.6 ± 38.2 ）は切替前（平均 102.4 ± 67.0 ）の49%となった（図15）。また、網目切替後には、前年度と同様に、魚群の日周期的な深浅移動が観測された。生簀が深くなったことで、生簀内の体積は切替前の175%に増加しており、切替前の生簀中の稚魚の尾数が変わらず、切替後も同程度の尾数となった場合の収容密度は、切替前の57%となることから、その差である8%の稚魚が、切替後に大目網から逃避したと考えられた。

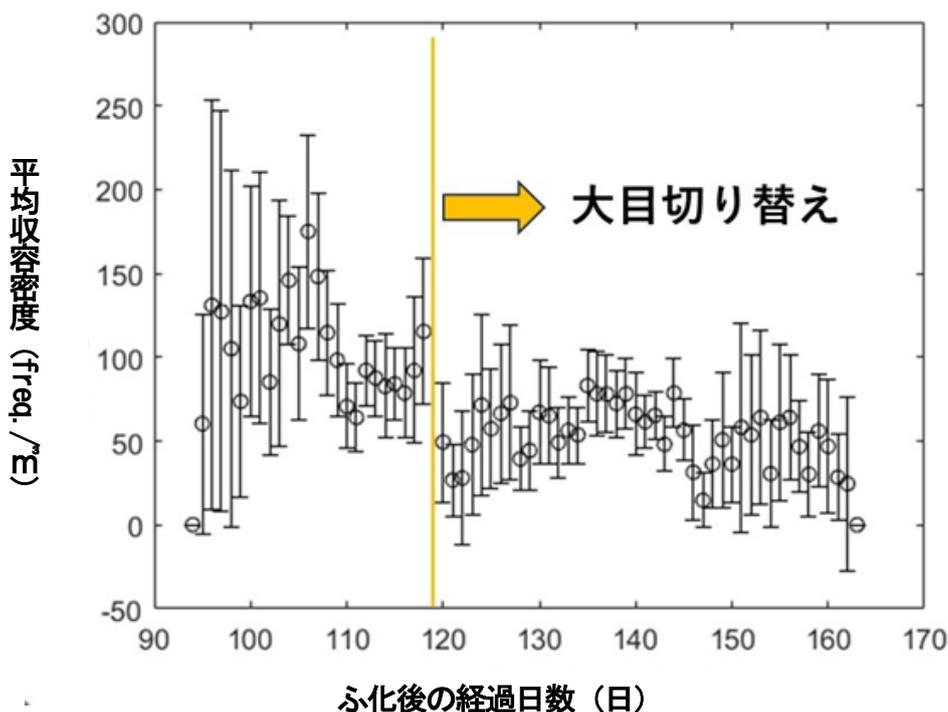


図15 令和4年級の大目網群における生簀内収容密度の変化

放流時（4月11日）の稚魚の耳石日周輪紋から推定した2月27日の尾叉長は、大目網群では通常群と比べて、70 mm以上の個体の割合が極端に低かった（図16）。このことから、大目網切替後には大型の個体が優先的に生簀内から逃脱したことが推察された。

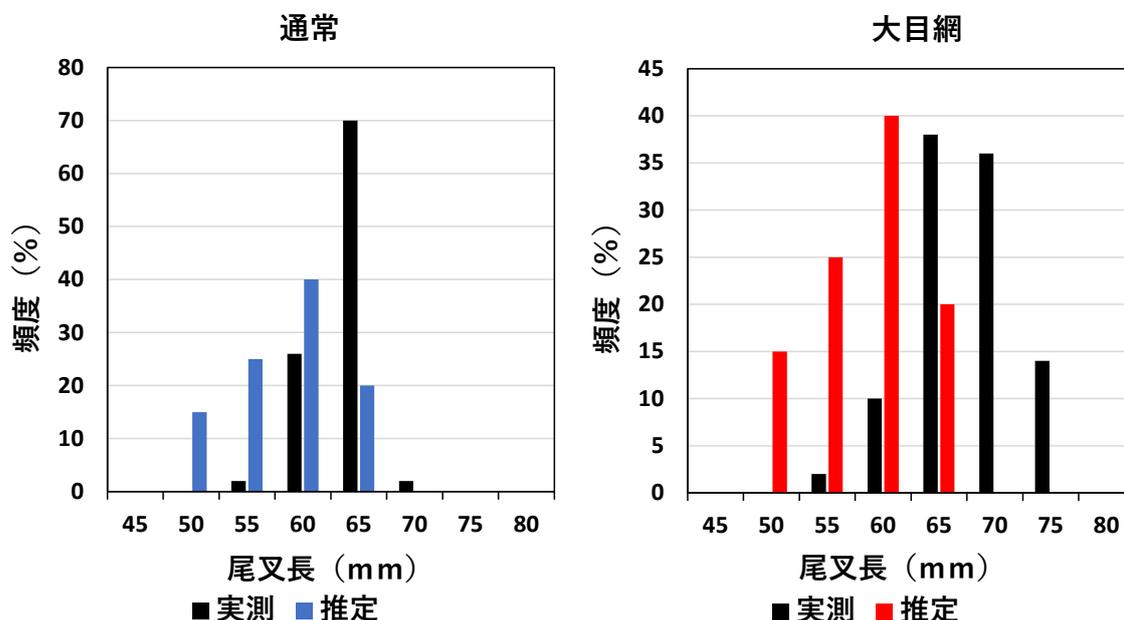


図16 耳石日周輪紋解析による大目網切替時の推定尾叉長と実測値との比較

耳石日周輪紋から推定した1日あたりの尾叉長成長速度について、①海水移行後から大目網群の目合切替まで（2月4日～26日）、②網目切替からAI給餌機設置まで（2月27日～3月22日）、③AI給餌機設置後から放流まで（3月23日～4月11日）の3期間に分けて比較すると、全期間において大目網群の成長速度が通常群を上回った。また、期間③においては、大目網群の成長速度が有意に大きかった（図17）。

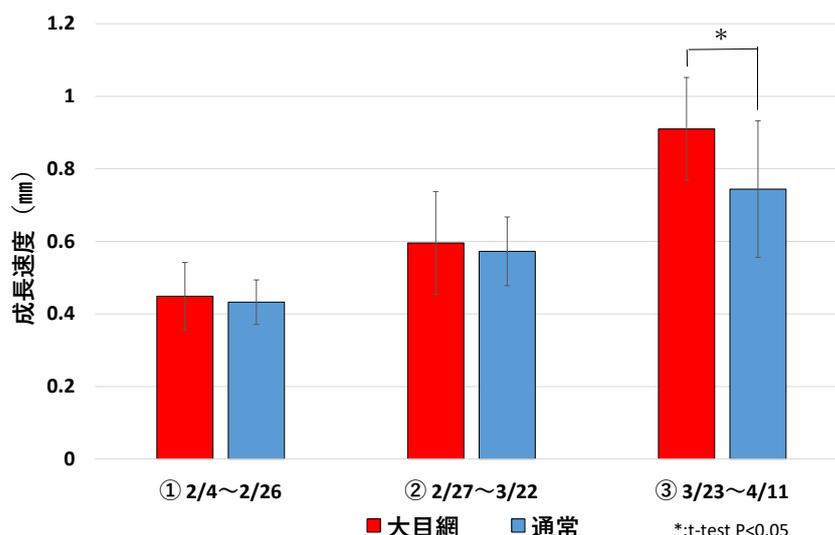


図17 海中飼育の各期間における成長速度の比較

北上丸による火光利用敷網による追跡調査（4-(1)）では、山田湾で63尾の稚魚が採捕され、そのうち9尾が耳石温度標識魚であり、全て通常群（採捕率0.0023%）であった。また、山田湾におけるまき網による追跡調査では、令和5年5月19日に4尾の稚魚を採捕したが、耳石温度標識魚は採捕されなかった。

(2) 耳石温度標識を付した海中飼育放流魚の回帰率調査

平成30年級の各試験群の回帰率を比較すると、通常群(0.0323%)、河川群(0.0180%)、大目網群(0.0086%)、短期群(0.0083%)の順に高かった(表8)。大目網群の実質的な放流日は3月9日と早期であったことから(表5)、大目網群と短期群においては、放流サイズが小さかったことが回帰率に影響していると考えられる。

表8 山田湾海中飼育試験における平成30年級試験放流魚(3~5歳魚)の回帰率

試験区	年度別推定回帰尾数(尾)			推定回帰尾数 合計 A	放流数(尾) B	回帰率(%) A/B*100
	令和3年度	令和4年度	令和5年度			
海中飼育群 (通常群)	46	60	7	113	350,000	0.0323
大目網海中飼育群 (大目群)	8	20	2	30	350,000	0.0086
短期海中飼育群 (短期群)	13	16	0	29	350,000	0.0083
河川放流群 (河川群)	19	49	2	70	389,000	0.0180
合計	86	145	11	242	1,439,000	0.0168

<今後の問題点>

- 1 岩手県及び北海道沿岸におけるサケ幼稚魚の分布状況
サケ稚魚の初期減耗要因及び放流後の動向を解明するため、モニタリングの継続が必要である。
- 2 親魚の回帰状況
岩手県の回帰資源状況の把握及び採卵に必要な回帰予測を行うため、モニタリング調査の継続が必要である。
- 3 秋サケ回帰予測
近年、回帰親魚の若齢化が顕著となっており、シブリング法では回帰尾数が過大に予測される傾向にある。資源の変動要因について再検討し、予測手法を見直す必要がある。
- 4 サケ大規模実証試験での種苗生産・放流技術の開発
 - (1) 令和5年級(令和6年春放流)稚魚の追跡調査
北上丸による追跡調査を継続し、耳石日周輪紋を解析して、稚魚放流時の餌料環境・流速・魚体サイズが幼稚魚期の成長、生残および放流後の動向に与える影響を把握する。
 - (2) 飼育試験(令和5年級)

遊泳力は降海後の適応能力を評価する指標として有効と考えられるため、今後も各試験区において測定を実施し、サケ親魚の回帰状況の調査結果と合わせ、回帰率との関連性を評価する必要がある。

 - ア 最適餌料の探索
これまで油脂添加餌料については、成長の促進に一定の成果が見られているが、回帰率の向上への寄与が確認できる結果はまだ得られておらず、引き続き有望な餌料の探索を継続する必要がある。
 - イ 遊泳力強化方法の検討(さけます等栽培対象資源対策事業のうちさけます不漁対策事業)
令和4年級では、循環ポンプを有効活用することで飼育流速の強化を実現したが、遊泳力の向上には至らなかった。今後は、給餌量等の飼育条件との関係を明らかにし、稚魚の遊泳力強化に資するような飼育方法を探索する必要がある。
 - ウ 河川間の卵・稚魚移出入試験の検討
令和4年度から県内ふ化場が拠点・サブふ化場体制に移行し、受精卵、発眼卵及び稚魚のふ化場間移送が増加しているため、卵および稚魚の移送に係る知見のニーズが高まっている。特に、親魚が卵・稚魚期のどの段階を記憶して母川回帰に至るかは判明しておらず、早急に調べる必要がある。
 - エ 適期適サイズ放流(大型稚魚放流)及び移送放流の検討
遊泳力の高い大型稚魚の放流や海洋環境を考慮した適期適サイズ放流の効果を検証する必要がある。

る。また、春季の沿岸における海水温上昇が深刻となる中で、北海道沖への移送など、高水温に対応した放流技術に対するニーズが高まっていることから、早急に試験を実施する必要がある。

オ 高水温耐性試験

由来の異なる精子を用いることで、稚魚の高水温耐性が向上する傾向が見られたことから、現場実装レベルでの高水温耐性種苗の生産に向けて、精子の凍結保存に係る技術開発及びサケ稚魚の高水温耐性メカニズムの解明を進める必要がある。

5 海中飼育試験（さけます等栽培対象資源対策事業のうちさけます不漁対策事業）

大目網での海中飼育によって、サケ稚魚の遊泳力や内臓脂肪の蓄積が促進された可能性が示唆されているが、海水移行後のTG含有率の低下等、稚魚への給餌方法について、改善の余地が残された。今後は稚魚の摂餌の様子を観察し、成長との関係を明らかにすることで、より大型かつ健康な稚魚の生産に向けた摂餌方法を開発する必要がある。

<次年度の具体的計画>

親潮の弱勢化や黒潮続流の北偏により、三陸沿岸域は高水温化傾向にあることから、これまでの課題解決と海洋環境の変化に対応するため、次のとおり計画を再構成した。

- 1 サケ資源の変動要因の検討
サケ稚魚追跡調査の継続とこれまで収集した鱗・耳石サンプルを用いた成長解析
- 2 海洋環境の変化に対応できる強い種苗生産・放流技術の開発・普及
 - (1) 油脂類添加餌料の検討（フィードオイル+イサダクリル）
 - (2) 高水温耐性種苗の生産効率向上の検討
 - (3) 大型魚・海中飼育手法の検討（流速強化、大目網海中飼育）
 - (4) 移送放流の検討、実施（北海道沖、県内ふ化場間等）
 - (5) 熊野川、織笠川における回帰親魚調査
- 3 ふ化放流体制再編に伴うふ化場有効活用手法の開発
ふ化場におけるサケマス海面養殖用種苗生産の検討

<結果の発表・活用状況等>

- 1 研究発表等
岡部 さけますふ化放流事業の概要（令和5年度いわて水産アカデミー講義）
清水 令和5年度岩手県秋さけ回帰予報（定置大謀研修会）
岡部 サケ親魚の由来が稚魚の高水温耐性に与える影響について（令和5年度成果報告会）
令和5年度岩手県秋サケ回帰予報（水技HP、年1回）
秋サケ回帰情報（水技HP、年3回）
サケ稚魚放流情報（水技HP、年5回）
- 2 研究論文・報告書等
岡部、清水 サケ精子の由来が卵の発生に与える影響について（岩手県水産技術センター研究報告）
飯野、北川、阿部、長坂、清水、太田、川島、河村 サケ稚魚の成長速度とエネルギー配分量に及ぼす海水温と餌料の影響（SALMON情報）
岡部、清水、長坂、成島、日下部 由来の異なるサケ精子が卵発生と稚魚の高水温耐性に与える影響（令和5年日本水産学会秋季大会、口頭発表）
飯野、清水、佐藤、北川 サケ稚魚と餌料環境のエネルギー需給関係が回帰率に及ぼす影響（2023年度水産海洋学会研究発表大会、口頭発表）
楊、閻、長谷川、向井、清水、岡部、太田 懸垂法を用いたサケ稚魚の広帯域腹方向ターゲットストレンクス特性について（令和6年日本水産学会春季大会、口頭発表）