

令和6年度

さけ・ます等栽培対象資源対策事業  
さけ・ます不漁対策

調査報告書

さけ・ます等栽培対象資源対策共同研究機関  
さけ・ます不漁対策グループ

(地独) 北海道立総合研究機構

岩手県水産技術センター

(一社) 十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会

(一社) 渡島管内さけ・ます増殖事業協会

(一社) 日本海さけ・ます増殖事業協会

(一社) 根室管内さけ・ます増殖事業協会

秋田県

山形県

富山県

(大) 北海道大学大学院水産科学研究院

(大) 東北大学大学院農学研究科

(学) 北里研究所

(研) 水産研究・教育機構

令和7年3月

# 令和6年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業 さけ・ます不漁対策調査報告書

## 目次

序章	1
第1章 調査結果	
課題ア 大型種苗等飼育技術及び放流手法技術開発	
小課題1) 成長促進効果等を高めるための管理技術の開発ならびに改善	
a) 流速管理による健苗生産技術の検討	2
b) シロザケの成長が最大となる環境条件の把握	6
c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善	15
小課題2) 成長促進効果等を高めるための餌料・餌料添加物の開発と実証	
a) ビタミンC添加等による高温耐性向上効果の検証	32
b) サケ稚魚の成長・代謝特性の解明と魚油添加の効果検証	37
小課題3) 海中飼育技術の活用によるサケ種苗の大型化及び実証のための放流	
a) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 1:北海道	41
b) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 2:本州太平洋	49
小課題4) 放流手法の開発ならびに適正化の効果検証	
a) 油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証	56
b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証	60
c) 北海道東部における放流サイズや放流時期等の適正化の検討	62
d) 東北日本海における放流サイズや放流時期等の適正化の検討	65
課題イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査	
小課題1) 稚魚沿岸帯泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査	
a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1	69
b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性	109
c) サケ幼稚魚の地理的起源推定	115
d) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析	121
e) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 2	129
f) 東北から北海道太平洋における海洋環境観測及び稚魚採捕調査	148
g) 東北日本海における環境観測及び稚魚採捕調査と耳石日周輪解析	154
小課題2) 数理モデルを用いた大型サケ稚魚の行動様式の検証	
a) 粒子追跡実験による稚魚の移動経路シミュレーション	166
小課題3) 回帰親魚の標識確認調査	
a) 北海道(釧路川(雪裡川)、静内川、知内川、余市川)	172
b) 東北太平洋(織笠川、熊野川)	182
c) 東北日本海(最上川(鮭川)、最上小国川、寒河江川)ほか海面)	184
d) 本州日本海(富山県神通川水系)	187
課題ウ 事業検討協議会	189
第2章 成果の要約	192

## 序 章

我が国のサケの来遊数（沿岸漁獲数と河川捕獲数の合計）は、1960年代後半の約500万尾から1990年には6,000万尾を超え、30年間で10倍以上に増加した。この来遊資源の飛躍的な増加は、給餌・適期放流（給餌して大型に育てたサケ稚魚を、沿岸域の水温が上昇して餌生物の生産が高くなった時期に放流すること）の実践や、1976/77年のレジームシフトに伴う海洋環境の好転が影響したと言われている（Mayama 1985、Kaeriyama 1998）。その後、1990年代以降の来遊数は4400万～8900万尾と年変動が大きく、2010年漁期以降は来遊数が4000万～5000万尾前半の水準で推移するようになった。その後も来遊数は年々減少が続き、2021年には来遊数が2000万尾を割り込むまでに減少した。翌2022年漁期は地域によっては来遊数の回復がみられたものの、2023年漁期以降は再び減少し、2024年漁期は1786万尾（北海道1765万尾、本州21万尾、2025年1月31日現在）と1989年以降で最も少なくなっている。

水産庁では、2014年開始の太平洋サケ資源回復調査事業およびその後継事業であるサケ資源回帰率向上調査事業、さけ・ますふ化放流抜本対策事業と、サケの来遊数回復を目指した事業を継続して実施してきた。これら事業の成果として、各地で放流されたサケ稚魚の移動回遊のプロセスや、沿岸環境要因との対応について様々な成果を得るとともに、サケ稚魚放流直後の河川における減耗を回避するための下流域への輸送放流や海中飼育放流の効果の検証、人工ふ化放流事業により生産された稚魚の健苗性評価手法と健苗育成技術等の開発等に取り組んできた。また、放流されたサケの回帰率向上を図るため、これまで実施してきた北海道や本州太平洋側に加え本州日本海側など北日本全地域においてモデル河川と沿岸調査水域を設定し、近年変化しつつある海洋環境下における地域ごとの放流適期適サイズの見直しや検証のために、幼稚魚の生残に及ぼす環境要因に関する調査を実施してきている。そして2022年度からは新たに「さけ・ます不漁対策事業」をスタートさせ、現在はその3年目となる。本事業では、先行事業において大型のサケ稚魚を放流した場合にその回帰率が向上するという結果が得られたことに着目し、各事業参画機関がサケ稚魚の大型化や遊泳力・健苗性向上に関する種々の取組を行っている。また、これまでの先行事業における課題を引き継ぐ形で、降海後のサケ稚魚がどこを北上回遊してオホーツク海まで辿り着くのか、またその過程で経験する各種環境条件と生残との関係についての情報を得るべく、沿岸域での稚魚・幼魚の追跡調査ならびに移動経路解明のための研究課題を設定し、実施している。

近年の地球温暖化の急速な進行による海洋環境の悪化は、減少の一途をたどる日本のサケ資源にさらに大きな影響を与えるものと考えられるが、本事業を通じて日本のサケ資源の回帰率向上に少しでも繋がる手法を見出すべく、事業参画機関と力を合わせて取り組んで参りたい。

共同研究機関 さけ・ますグループ研究総括  
（研）水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源生態部長 佐藤俊平

## 第1章 調査結果

### 課題ア 大型種苗等飼育技術及び放流手法技術開発

#### 小課題1) 成長促進効果等を高めるための管理技術の開発ならびに改善

##### a) 流速管理による健苗生産技術の検討

執筆者：岩手県水産技術センター 岡部聖

##### 実施機関及び担当者

北里大学：笠井宏朗、清水恵子

岩手県水産技術センター：清水勇一、岡部聖、太田倫太郎

##### 【目的】

飼育流速の違いがサケ稚魚の成長、遊泳力、体成分等に与える影響を調査し、遊泳力を強化するための飼育方法及び健苗性評価方法の検討を行うことを目的とする。

##### 【方法】

大規模飼育試験は、流速 0.5～2.0 cm/秒の飼育池を対照区、流速 3.0～5.0 cm/秒の飼育池を試験区として、令和 5 年級のサケ稚魚各 12 万尾を水深・密度を同一にして飼育した。流速は、①外部ポンプによる新水の注入量の増加および②循環式流速変動装置（有限会社タカツ産業社製）を用いた飼育水の循環により強化した。流速の強化は令和 6 年 3 月 11 日（給餌飼育 21 日目）から開始し、午前 7 時 45 分から午後 3 時 45 分までの 8 時間を強化工程、それ以外の時間を対照区と同じ流速の安息工程とした。また、餌付け完了後の試験区には、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® TCAC 5 %（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 10 倍希釈し、希釈溶液を標準餌料（日清丸紅飼料株式会社製、サケ EPC ORG-1、2 及び CF-3、4）に重量比で 5 % 添加した、アスタキサンチンオイル添加餌料を給餌した。1 週間ごとに尾叉長、体重及びトリグリセリド（TG）含有率を測定したほか、池出し直後、1 g 台（流速強化工程開始前）、2 g 台（調整放流後）及び放流直前に遊泳力を測定した。遊泳力は、遊泳力測定装置（有限会社タカツ産業社製）を用いて、瞬間遊泳力（1 秒毎に流速を 1 cm 上昇、N=20）及び持続遊泳力（60 秒毎に流速を 1 cm 上昇、N=10）を測定した。TG 含有率は、ラボアッセイ™ トリグリセライド（富士フィルムワコーシバギ株式会社製）を用いて各個体（N=20）の胴体及び消化管を調べた。各試験区は試験区別の耳石温度標識を施標し、令和 6 年 3 月 28 日に半数を、4 月 16 日に残り半数を熊野川に放流した。

小規模飼育試験は、流速強化および餌料による効果を検証することを目的として、屋内のミニチュア水槽にて、令和 5 年級サケ稚魚の淡水飼育を行った。流速は外部ポンプにより強化し、試験区は流速約 5.0 cm/秒、対照区（アスタ餌区及び通常餌区）は約 0.5 cm/秒で、水深・密度・給餌量を同一にして飼育した。流速の強化は令和 6 年 4 月 30 日から開始し、午前 5 時から 8 時及び午前 10 時から午後 3 時の合計 8 時間を強化工程、それ以外の時間を対照区と同じ流速の安息工程とした。月曜日から金曜日を流速強化工程有り、土曜日と日曜日を安息日とし、令和 6 年 6 月 13 日まで飼育した。試験区及び対照区（アスタ餌区）には上記と同様に標準餌料（サケ EPC CF-4）を調整したアスタキサンチンオイル添加餌料を給餌した。試験開始前、2 週間後、4 週間後及び 6 週間後に尾叉長・体重及び瞬間・持続遊泳力（N=7～10）を測定した。なお、両遊泳力の測定には同一の個体を用い、持続遊泳力の測定後に 5～10 分間の休息工程を挟み、瞬間遊泳力を測定した。

### 【結果及び考察】

大規模飼育試験では、試験区と対照区で尾叉長・体重に差は見られなかった（図1）。また、瞬間遊泳力についても、試験区・対照区間で差は見られなかった。持続遊泳力については、試験区では成長に伴う増加が見られなかった（図2）。流速強化工程を実施後のTG含有率については、試験区の方が対照区と比較して、筋肉・消化管ともに高い傾向にあった（図3）。

小規模飼育試験では、アスタキサンチンオイル添加餌料を給餌した試験区と対照区（アスタ餌）が、対照区（通常餌）と比較して遊泳力が上回る傾向にあった（図4）。

次年度（令和6年級）の大規模飼育試験では、アスタキサンチンオイルをより効果的に稚魚に投与するために、酸化や水中への流出を防止する添加方法を実践するほか、流速強化工程のスケジュールを見直し、飼育流速強化と高エネルギー餌料給餌の組み合わせによる効果を改めて検証する。また、小規模飼育試験で採用した、同一個体を用いての瞬間・持続遊泳力の測定法により、各個体の遊泳力をより正確に評価できる可能性があることから、次年度の試験では、同法により遊泳力を評価する。

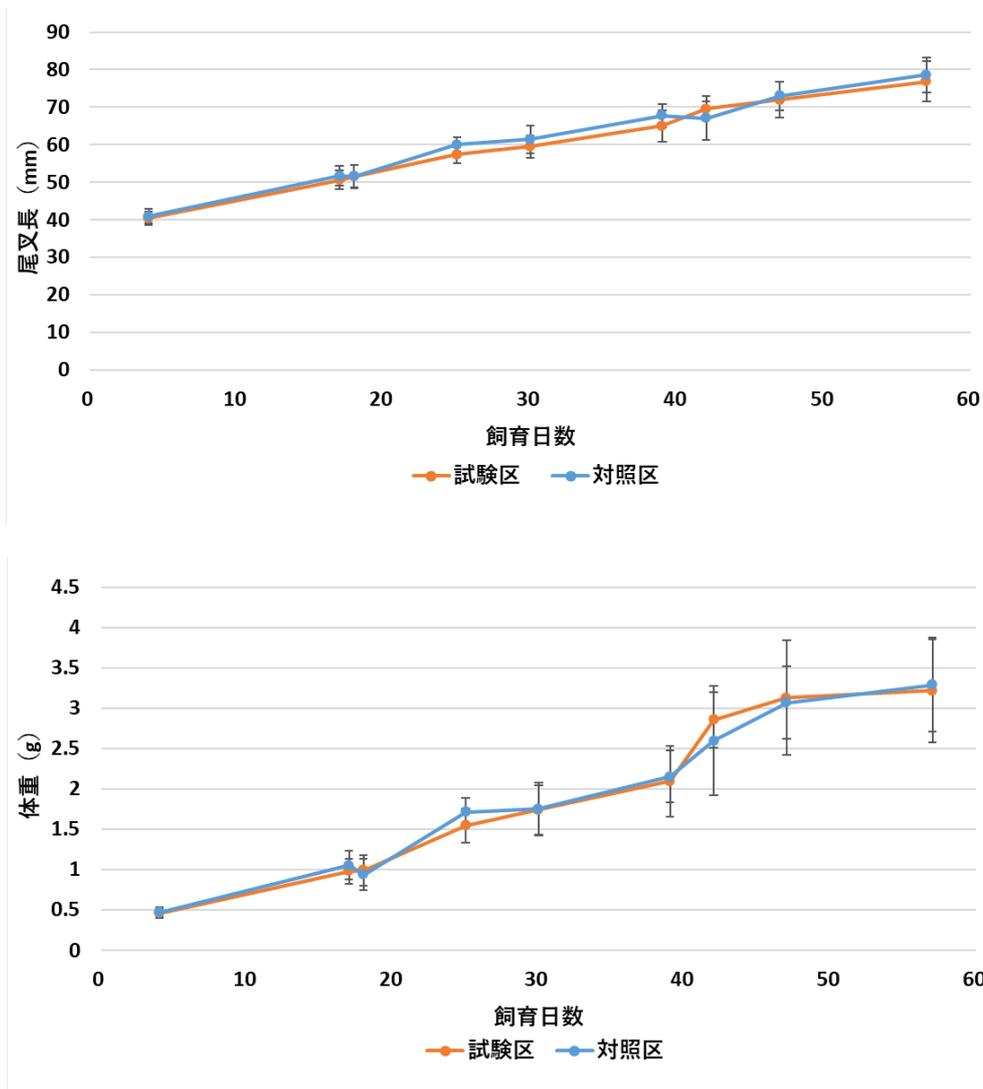


図 1. 大規模飼育試験における尾叉長・体重の推移 (N=10~30)

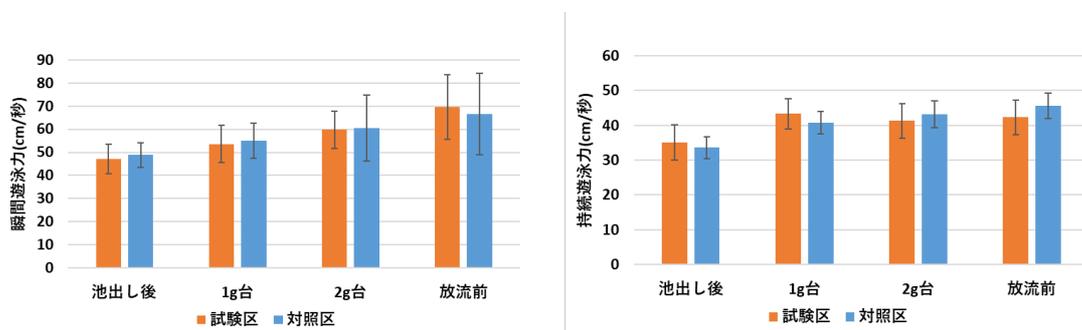


図 2. 大規模飼育試験における瞬間・持続遊泳力の推移

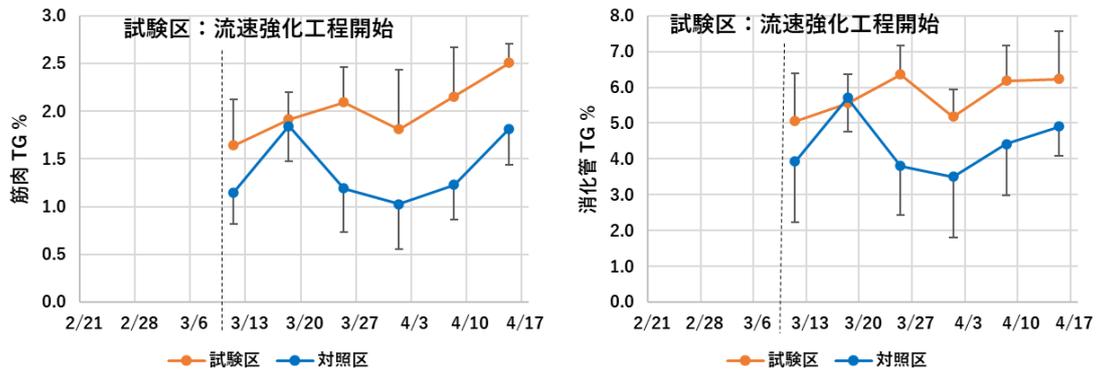


図 3. 大規模飼育試験における TG 含有率の推移

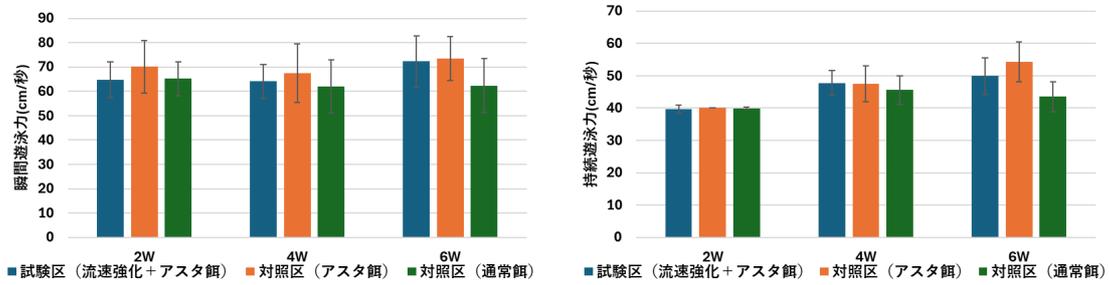


図 4. 小規模飼育試験における持続・瞬間遊泳力の比較

## b) シロザケの成長が最大となる環境条件の把握

執筆者：水産技術研究所 養殖部門 生産技術部 今井智

### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産技術研究所 養殖部門 生産技術部 (宮古)

：森田哲男・今井智・小島大輔

同 環境・応用部門 沿岸生態システム部 (宮古)：佐々木系

同 水産資源研究所 さけます部門 資源生態部 (宮古)：八谷三和

### 【目的】

シロザケ放流サイズの大型化、さらには成長促進だけでなく抑制も含めた、成長をコントロールする技術を探索する。成長は環境条件（水温、光強度、波長、日長、塩分等）に大きく依存するが、できる限り網羅的に成長が最大（最小）となる環境条件を明らかにする。令和5年度は成長コントロールに必要な光波長のうち青色光照射による海水順応性の向上と成長促進に関する再現性の確認を行う。

### 【方法】

#### ① 異なる水温下における光波長が成長へ及ぼす影響

屋内の実験場に500L黒色パンライト水槽（実水量400L）を4面設置し、白色LEDパネルと青色LEDパネルを設置する光波長区を設け、それぞれに成長が優れる12°C区と成長が鈍化する6°C区の水温区を設け2×2要因の試験を設定した（図1）。実験に使用する種苗は、水産研究・教育機構静内さけます事業所から同機構水産技術研究所宮古庁舎へ発眼卵で宅急輸送し、淡水井戸水で孵化管理し浮上させた。各試験水槽には、配合飼料に餌付いた稚魚（平均尾叉長42.0±2.0mm、平均体重0.58±0.09g）を200尾ずつ収容し、30日間の試験を開始した。換水率は1日に27回転とした。LED光源の光強度は水面で平均5.0μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>となるように設定し、点灯時間は7:00~17:00とした。給餌はゼンマイ式自動給餌器（FIAP クロックワークフィーダー）を用いて7:00~16:00まで行い、すべての水槽で残餌が発生する飽食給餌とした。配合飼料は成長に応じて粒径が大きいものに切り替えた（餌付A、餌付B、EPC-0、EPC-1）。試験終了時に麻酔をかけて、各槽から50尾ずつランダムサンプリングして尾叉長、体重を測定した。また、各槽から16尾について尾部を切断して毛細管により採血を行った。そのうち10尾については、Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase 活性（以下、NKA活性と記す）測定用の鰓サンプルを採取した。測定後に供試魚全数を光波長および水温履歴ごとに分けた海水水槽へ直接移行した。海水移行から1・3・6・12・24・48および96時間後に各槽からランダムに16尾を取りあげ、上記の方法で採血を行った。毛細管は12,000rpmで5分間遠心分離し、得られた血漿を用いて浸透圧を測定した。鰓サンプルからNKA活性を測定し、血漿浸透圧の値とともに異なる光波長および水温間で飼育したシロザケの海水順応性の検討に用いた。

#### ② 淡水飼育期間の水温と光波長が海水中での成長へ及ぼす影響

試験①において淡水飼育されたシロザケ稚魚を、別に設けた海水水槽へ直接投入し32日間の成長を把握した。飼育水槽は試験①と同じ規格の水槽を用い、自然水温の砂濾過海水（塩分約34‰）を注水し、換水率は1日に36回転に設定した。試験期間中の海水温は8.8~15.3°Cの範囲であった。給餌方法は試験①と同じ条件とした。海水飼育時の光環境条件は、全水槽とも建物天井部で点灯する白色LED照明光と環境光のみとした。試験終了時に麻酔をかけて各水槽からランダムに50尾の尾叉長と体重を測定した。

### 【結果と考察】

#### ① 異なる水温下における光波長が成長へ及ぼす影響

試験区における30日後の尾叉長は青色12°C（平均75.5mm）>白色12°C（平均74.9

mm) >青色 6°C (平均 58.2 mm) >白色 6°C (平均 56.9 mm) の順に大きかった (図 2)。二元配置分散分析から、尾叉長へ対して光波長は有意に影響し ( $p = 0.017$ )、水温にも有意な影響が認められ ( $p < 0.0001$ )、交互作用は認められなかった ( $p = 0.86$ 、表 1)。体重は青色 12°C (平均 3.69g) >白色 12°C (平均 3.53g) >青色 6°C (1.53g) >白色 6°C

(1.45g) の順に大きかった (図 3)。二元配置分散分析から、体重に対して光波長は有意に影響し ( $p = 0.0045$ )、水温にも有意な影響が認められ ( $p < 0.0001$ )、交互作用は認められなかった ( $p = 0.86$ 、表 2)。肥満度は青色 12°C (平均 8.54) >白色 12°C (平均 8.28) >白色 6°C (平均 7.83) >青色 6°C (平均 7.75) の順に大きかった (図 4)。二元配置分散分析から、肥満度に対して光波長は有意な影響は示されなかったが ( $p = 0.18$ )、水温では有意な影響が示され ( $p < 0.0001$ )、交互作用が示された ( $p = 0.02$ 、表 3)。すべての群間で肥満度を比較すると、青色 12°C と白色 12°C との間に有意差が認められ、6°C の白色と青色は 12°C の区よりも有意に小さかった (図 4、Tukey-Kramer 検定)。

鰓の NKA 活性は白色 12°C (平均 23.5) >青色 12°C (平均 21.5) >白色 6°C (平均 20.7) >青色 6°C (18.3) の順に大きかったが、二元配置分散分析から光波長と水温間には、いずれも鰓の NKA 活性に対して有意な影響は検出されなかった (表 4)。水槽間の NKA 活性の比較においても有意差が認められなかったが (図 5)、血漿浸透圧の動態では水温および波長間で異なる結果が示された。水温 6°C においては、いずれの波長においても淡水時と同等の浸透圧に戻るまで 24 時間後を要した (図 6)。12°C においては白色では海水移行 96 時間後まで淡水時と同等に戻らなかったが、青色では海水移行後の浸透圧は淡水時と同等に保持出来ていた。水温間では血漿浸透圧のベースラインが異なり、6°C よりも 12°C の方が高く保たれていた。淡水から海水への進入に伴い、環境中の塩分が急上昇することから、予め浸透圧を高く維持できることは海水進入後の生理学的ストレスを低減する効果が期待される。NKA 活性は、一般的に海水への移行準備の生理指標として使用されるが、昨年度と同様に血漿浸透圧の動態から見た海水順応性の高さとの間に一致が認められなかった。海水順応は鰓だけでなく、腸や腎臓などの他器官の機能をあわせた生理現象であることから、今後は他器官の調整能力に関する指標を求めることが必要かも知れない。これらの結果から、淡水飼育時に予め青色を知覚させる方法で飼育することで速やかに海水環境へ順応できる可能性が示唆された。

## ② 淡水飼育期間の水温と光波長が海水中での成長へ及ぼす影響

異なる光波長と水温下で飼育したシロザケ稚魚を、直接海水へ移行し 32 日間飼育した。海水飼育開始時 (淡水飼育終了時) に水槽間で認められた体サイズ差は、海水移行後も尾叉長 (図 7) および体重では維持されていた (図 8)。しかし、肥満度は白色経験群の方が青色経験群よりも有意に高かった (図 9)。飼育中の給餌条件は飽食給餌であるが、青色経験群は海水移行後の光条件が視感度特性からみた好適条件 (長谷川, 2006) から外れているが白色経験群ではこの変化がない。このことから、青色経験群では光環境の悪化が起こっており、本来要求する量よりも潜在的に少ない量の餌しか摂餌していない可能性は否定できない。また、青色経験群では、淡水時から水槽内において高い群泳性が観察されていた。このため、長期間にわたる自発的な遊泳によって遊泳能力が向上し、白色経験群よりも代謝が活発になったことから肥満度が低く示された可能性が考えられる。

今年度の実験から、淡水飼育期における青色光の照射が海水順応性を向上させる現象について昨年度の再現性を得ることが出来た。しかし、成長については、一部の水温区で肥満度が向上する傾向が得られるという僅かな差に留まった。海水移行後については、淡水時と海水時での水温条件の変化、光環境条件の変化が交絡要因となり結果の解釈を妨げたと考えられる。シロザケの生活史を考えると、淡水から海水へ移行後は、環境中の光環境は短波長の青色が優占する環境への移行を意味する。海水順応性の違いは、海水中での成長や生残に影響すると考えられることから、放流後の影響を考察するために淡水時と同じ

光環境と水温条件において海水中で継続的に成長を比較することが今後は必要と考えられる。また、飼育中に観察された青色光群における高い群泳性は捕食者回避能力や回遊するための移動能力を直接的に規定すると考えられる。このため、スタミナトンネル等を用いた遊泳力の測定による検証が必要と考えられる。

**【引用文献】**

長谷川英一（2006）通し回遊魚の視覚のメカニズム. さけ・ます資源管理センターニュース, 16, 4-11.

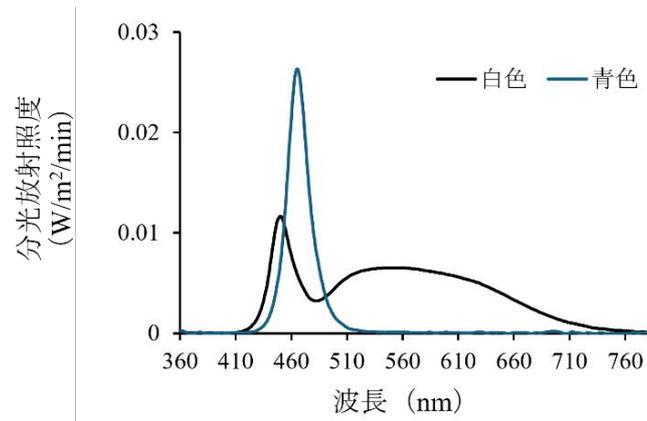


図 1. LED 光源の波長分布特性

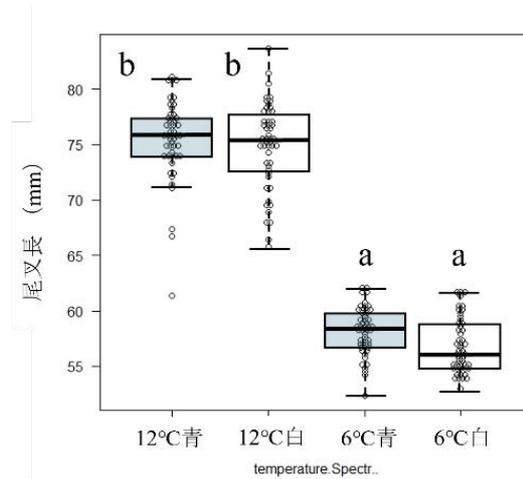


図 2. 異なる光波長と水温下における尾叉長の水槽間比較 Tukey-Kramer test、異なるアルファベットは有意差を示す (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセントイル値、上辺は 75 パーセントイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ を表す)。

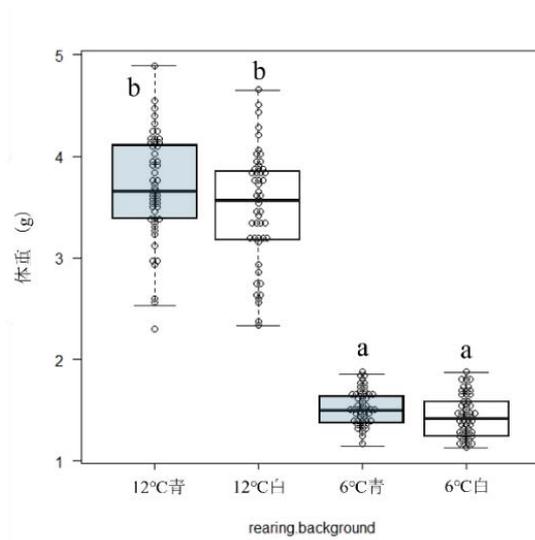


図3. 異なる光波長と水温下における水槽間の体重の比較 Tukey-Kramer test、異なるアルファベットは有意差を示す（箱ひげ図のボックス下辺は25パーセンタイル値、上辺は75パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ を表す）。

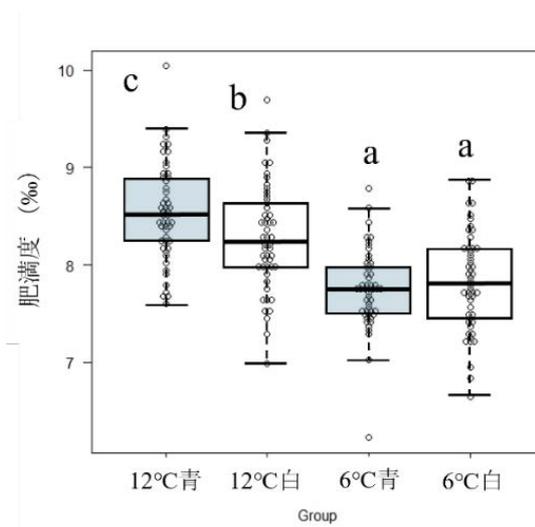


図4. 異なる光波長と水温下における水槽間の肥満度の比較（箱ひげ図のボックス下辺は25パーセンタイル値、上辺は75パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ を表す）。

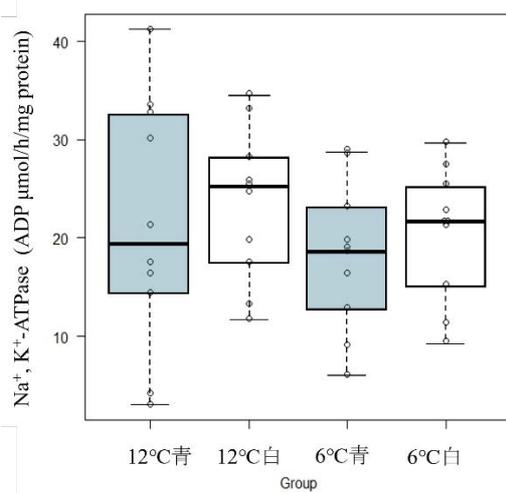


図 5. 異なる光波長と水温下における鰹の NKA 活性の水槽間比較 (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセンタイル値、上辺は 75 パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数-1.5xIQR と第三四分位数+1.5xIQR を表す)。

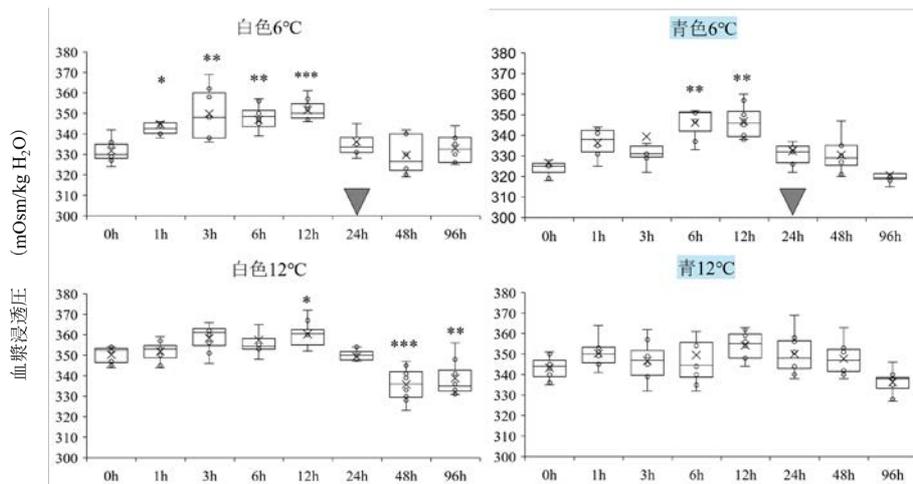


図 6. 異なる光波長と水温下で飼育したサケ稚魚の海水直接移行前後の血漿浸透圧の動態 Dunnet 検定；アスタリスクは 0h との間の統計学的な有意差を示す (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセンタイル値、上辺は 75 パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は最大値と最小値を示す)。

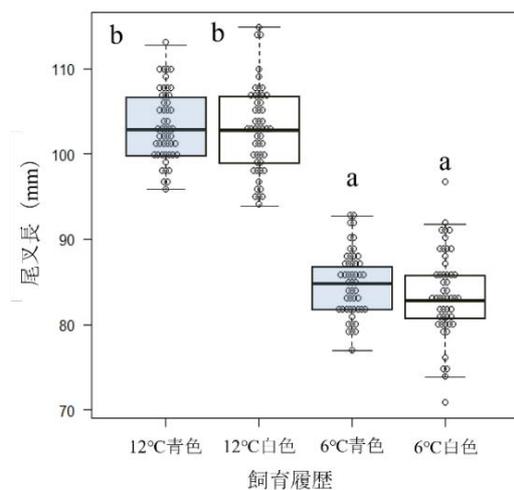


図 7. 海水飼育終了時の尾叉長の比較 Tukey-Kramer test ; 異なるアルファベットは有意差を示す (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセンタイル値、上辺は 75 パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ を表す)。

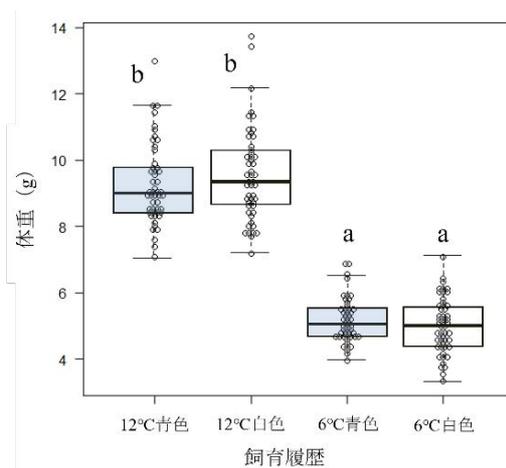


図 8. 海水飼育終了時の体重の比較 Tukey Kramer test ; 異なるアルファベットは有意差を示す (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセンタイル値、上辺は 75 パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ を表す)。

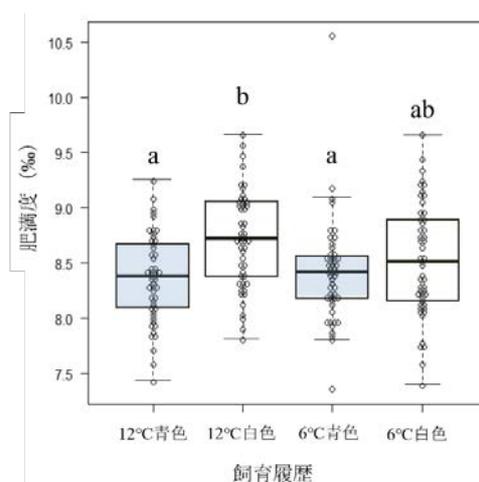


図 9. 海水飼育終了時の肥満度の比較 Tukey Kramer test ; 異なるアルファベットは有意差を示す (箱ひげ図のボックス下辺は 25 パーセンタイル値、上辺は 75 パーセンタイル値、太線は中央値、ひげの位置は第一四分位数 $-1.5 \times IQR$  と第三四分位数 $+1.5 \times IQR$  を表す)。

表 1. 淡水飼育終了時の尾叉長に対する二元配置分散分析の結果

目的変量	因子	自由度	平均平方	F	P
尾叉長	光波長	1	0.00	5.7211	<b>0.01771 *</b>
	水温	1	0.67	1675.5626	<b>&lt; 2e-16 ***</b>
	光波長×水温	1	0.00	1.4371	0.23206
	残差	196	0.08		

表 2. 淡水飼育終了時の体重に対する二元配置分散分析の結果

目的変量	因子	自由度	平均平方	F	P
体重	光波長	1	0.0320	8.2427	<b>0.004541 **</b>
	水温	1	7.2700	1869.7566	<b>&lt; 2.2e-16 ***</b>
	光波長×水温	1	0.00	0.0295	0.863741
	残差	196	0.7621		

表 3. 淡水飼育終了時の肥満度に対する二元配置分散分析の結果

目的変量	因子	自由度	平均平方	<i>F</i>	<i>P</i>
肥満度					
	光波長	1	0.00	1.7787	0.18386
	水温	1	21	77.1433	< 7.929e-16 ***
	光波長×水温	1	1	5.4904	0.02012 *
	残差	196	0.08		

表 4. 淡水飼育終了時の鰓の NKA 活性に対する二元配置分散分析の結果

目的変量	因子	自由度	平均平方	<i>F</i>	<i>P</i>
NKA活性					
	光波長	1	48.7	0.6017	0.4430
	水温	1	93.8	1.1578	0.2891
	光波長×水温	1	0.5	0.0056	0.9406
	残差	36	2915.0		

### c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 和泉梓佐  
小役丸隼人

#### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部

技術課：平林幸弘、和泉梓佐、小役丸隼人

根室事業所：渡邊誠

千歳事業所：楠茂恵一、石原剛、羽二生一将

鶴居事業所：濱谷司、小野ゆい、小浦学人

伊茶仁事業所：徳田裕志、三輪拓也、川口玲央

静内事業所：加藤雅博、横田泰明、川上良美

八雲事業所：羽賀正人、松波優希、柳橋幸明

天塩事業所：八重樫博文、濱崎薫、岡本大輝、荒内勉

同 さけます部門 資源生態部 増殖グループ：伴真俊

#### 【背景】

近年、初夏の海水温の立ち上がり早い傾向にあり、サケ稚魚の離岸水温と考えられている13℃に達する時期が以前と比較して早くなる年が多い。特に中・後期群は、前期群に比べて稚魚の飼育開始時期が遅くなるため、海水温の昇温が早期化すると飼育可能な期間が短くならざるを得ない。その結果、中・後期群は離岸サイズとして望ましいサイズに成長できる稚魚の割合が減少し、沿岸域で生き残る割合が減り、ひいては資源の減少を招いている可能性がある。このため、稚魚を短期間のうちに成長させる飼育技術を検討することを目的とし、管理水温や管理条件が異なる北海道内6事業所でi)～iii)の試験を事業規模もしくは水槽規模で実施した(図1)。

#### i) サケ標準給餌率の再検討に関する試験

##### 【目的】

現在のふ化放流事業では、ライトリッツの給餌率表の8割を基準としたサケ標準給餌率表(北海道さけ・ますふ化場1996)を参考に1日の給餌量を決定し管理を行うふ化場が多い。しかしながら、ライトリッツの給餌率表は、ニジマスを対象魚としてデータを収集した表であり、特にサケのふ化放流事業で想定される成長サイズの範囲に重点をおいて最適給餌率を検討されたものではない。そこで本試験では、サケのふ化放流事業における最適な給餌率を水温や給餌率、成長の視点から再検証し、放流時期までに、より効率的に大型化に繋がる給餌手法を検討した。

##### 【方法】

###### <事業規模>

事業規模の施設と種卵数を対象に異なる飼育水温で管理する稚魚(2022(令和4)～2024(令和6)年級)について、データ収集を行った。実施事業所は、鶴居、伊茶仁、静内の3事業所とした。試験区は管理水温に基づくサケ標準給餌率に対して1割増区と2割増区を設定した。旬に2回程度の頻度で魚体測定(60尾)を行い、試験設定に見合った給餌量となるよう補正し、魚体測定日から次の魚体測定日までの期間は、飼料効率を100%と仮定し、設定した給餌率を維持した。試験期間を通して、一定の環境・条件で管理を続け、試験開始から終了までの管理状況を把握することとした。各事業所では、管理状況に合わせて1シーズン当たり1～2回ずつ試験を実施した。管理用水の温度は、1時間に1回の頻度で測定した。また、2022(令和4)年級静内事業所の2回目の試験においては、試験終了時に体成分・血液成分の分析と瞬発遊泳力の測定を行い、稚魚の健苗性や遊泳力に

についても評価した。得られたデータについては  $t$  検定 ( $p < 0.05$ ) もしくは Tukey 法 ( $p < 0.05$ ) を用いて統計処理を行った。各事業所における試験設定は以下のとおり。

(鶴居事業所)

2022 (令和 4) ~2023 (令和 5) 年級飼育用水温は、平均 7.5°C とし、以下の区分で試験を実施した。

《2022 年 (令和 4) 年級》

- ・標準給餌率区 (以下、対照区) : 給餌率 2.7 % (10/7、10/11 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.2 % (9/29、10/4 採卵群)

《2023 (令和 5) 年級》

- ・対照区 : 給餌率 2.7 % (9/25 採卵群)
- ・1 割増区 : 給餌率 3.0 % (10/6 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.2 % (10/10 採卵群)

(伊茶仁事業所)

2022 (令和 4) ~2023 (令和 5) 年級飼育用水温は、平均 8.0°C とし、1 シーズン当たり 2 回の試験を以下の区分で実施した。

《2022 (令和 4) 年級》

1 回目

- ・対照区 : 給餌率 2.8 % (10/4 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.4 % (9/27 採卵群)

2 回目

- ・対照区 : 給餌率 2.8 % (11/15 採卵群)
- ・1 割増区 : 給餌率 3.1 % (11/15 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.4 % (11/22 採卵群)

《2023 (令和 5) 年級》

1 回目

- ・対照区 : 給餌率 2.8 % (9/29 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.4 % (9/29 採卵群)

2 回目

- ・対照区 : 給餌率 2.8 % (11/10 採卵群)
- ・1 割増区 : 給餌率 3.1 % (11/16 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.4 % (11/24 採卵群)

2024 (令和 6) 年級飼育用水温は、平均 8.0°C とし、以下の区分で実施中である。

- ・対照区 : 給餌率 2.8 % (11/12 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.4 % (11/22 採卵群)

(静内事業所)

2022 (令和 4) 年級飼育用水温は、平均 9.0°C、2023 (令和 5 年) 級飼育水温は平均 10.0°C とし、1 シーズン当たり 1~2 回の試験を以下の区分で実施した。

《2022 年 (令和 4) 年級》

1 回目

- ・対照区 : 給餌率 3.0 % (10/26 採卵群)
- ・1 割増区 : 給餌率 3.3 % (11/7 採卵群)

2 回目

- ・対照区 : 給餌率 3.0 % (11/28, 12/2 採卵群)
- ・1 割増区 : 給餌率 3.3 % (11/28 採卵群)
- ・2 割増区 : 給餌率 3.6 % (11/28 採卵群)

試験終了直後に各区から 20 尾を抽出し、体成分及び血液成分（肝臓グリコーゲン（Gly）、筋肉トリグリセリド（Tri）、血漿グルコース（Glu）、血漿トリグリセリド（Tri）、ヘマトクリット値（Ht））を分析し比較を行った。また、各区から 30 尾を抽出し、遊泳力測定装置（北水産業製）を用いて測定し、瞬発遊泳力（cm/s）を算出し比較を行った。  
瞬発遊泳力（cm/s）＝流量（L/min）×1000／60／断面積（5.07cm<sup>2</sup>）

≪2023（令和 5）年級≫

- ・ 対照区：給餌率 3.4 %（11/24 採卵群）
- ・ 1 割増区：給餌率 3.7 %（11/15・11/20・11/24 採卵群）
- ・ 2 割増区：給餌率 4.1 %（11/15 採卵群）

2024（令和 6）年級飼育水温は、平均 10.0℃とし、以下の区分で実施中である。

- ・ 対照区：給餌率 3.4 %（11/26 採卵群）
- ・ 1 割増区：給餌率 3.7 %（11/26 採卵群）
- ・ 2 割増区：給餌率 4.1 %（11/26・12/2 採卵群）

<水槽規模>

地下水や湧水で管理する稚魚（2024（令和 6）年級群）について、データ収集を行った。実施事業所は、伊茶仁、千歳の 2 事業所で各区分は管理水温に基づくサケ標準給餌率に対して 2 割増区と 4 割増区を設定した。供試尾数は 3 千尾で 7 日に 1 回程度の頻度で魚体測定（60 尾）を行い、試験設定に見合った給餌量となるよう補正し、魚体測定日から次の魚体測定日までの期間は、飼料効率を 100 % と仮定し、設定した給餌率を毎日維持した。試験期間を通して、一定の環境・条件で管理を続け、試験開始から終了までの管理状況を把握することとした。管理用水の温度は、1 時間に 1 回の頻度で測定した。得られたデータについては Tukey 法 ( $p < 0.05$ ) を用いて統計処理を行った。各事業所における試験設定は以下のとおり。

2024（令和 6）年級飼育水温は、平均 8.0℃とし、以下の区分で実施中である。

（伊茶仁事業所）

- ・ 対照区：給餌率 2.8 %（10/4 採卵群）
- ・ 2 割増区：給餌率 3.4 %（10/4 採卵群）
- ・ 4 割増区：給餌率 3.9 %（10/4 採卵群）

（千歳事業所）

- ・ 対照区：給餌率 2.8 %（11/10 採卵群）
- ・ 2 割増区：給餌率 3.4 %（11/10 採卵群）
- ・ 4 割増区：給餌率 3.9 %（11/10 採卵群）

## 【結果及び考察】

<事業規模>

各事業所の各試験区における飼育管理結果を表 1～2 に示した。各試験結果の詳細は以下のとおり。

（鶴居事業所）

2022（令和 4）年級は、試験期間中の飼育水温は対照区が平均  $7.6 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 、2 割増区が平均  $7.4 \pm 0.02^\circ\text{C}$  で推移し、特に疾病等は発生せず稚魚の状態は両区ともに良好であった。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図 2 に示した。試験期間 59 日を通しての飼料効率は、対照区 106 %（給餌量：1.31kg/千尾）、2 割増区 103 %（給餌量：1.70kg/千尾）であった。体重は、試験開始から 34 日後に対照区が平均  $0.89 \pm 0.17 \text{ g}$ 、2 割増区が平均  $0.95 \pm 0.13 \text{ g}$  となり、2 割増区が有意に大きくなり、それ以降試験終了まで 2 割増区が有意に大きい体重で推移した。

2023（令和5）年級は、試験期間中の飼育水温は対照区が平均  $7.5 \pm 0.05^\circ\text{C}$ 、1割増区が平均  $7.4 \pm 0.04^\circ\text{C}$ 、2割増区が平均  $7.5 \pm 0.05^\circ\text{C}$  で推移し、特に疾病等は発生せず稚魚の状態は両区ともに良好であった。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図3に示した。試験期間53～54日を通しての飼料効率は、対照区97%（給餌量：1.01kg/千尾）、1割増区102%（給餌量：1.25kg/千尾）、2割増区92%（給餌量：1.40kg/千尾）であった。体重は、試験開始から8日後に対照区が平均  $0.44 \pm 0.07\text{ g}$ 、試験開始から10日後に1割増区が平均  $0.50 \pm 0.06\text{ g}$ 、2割増区が平均  $0.48 \pm 0.05\text{ g}$  となり、対照区と比較して1割増区、2割増区が有意に大きくなった。それ以降試験終了までは対照区と比較して1割増区、2割増区が有意に大きい体重で推移したが、1割増区と2割増区の間には有意差はなかった。比較する区分の試験開始から魚体測定までの経過日数が異なる場合は、日間成長の値を使用して全区分とも同じ経過日数で比較できるよう補正したが結果は同様であった。

（伊茶仁事業所）

2022（令和4）年級は、全区分において試験期間中の稚魚の生残率は高く、全体的には良好な状態を維持していたが、特に2回目の試験終了直前に全区分で原虫症を発症している。

1回目

試験期間中の飼育水温は対照区が平均  $7.9^\circ\text{C} \pm 0.20^\circ\text{C}$ 、2割増区が平均  $7.8 \pm 0.21^\circ\text{C}$  で推移した。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図4に示した。試験期間28～31日を通しての飼料効率は、対照区84%（給餌量：0.50kg/千尾）、2割増区91%（給餌量：0.53kg/千尾）であった。両区の試験終了時の体重は、対照区が平均  $0.80 \pm 0.12\text{ g}$ 、2割増区が平均  $0.85 \pm 0.13\text{ g}$  という結果となり、2割増区が有意に大きい結果となった。ただし、両試験区の試験期間には3日間の差があり（対照区：31日、2割増区：28日）、その差が試験終了時の体重結果に影響した可能性も考えられるため、日間成長の値を使用して両試験とも31日間の試験期間となるよう補正した値についても *t* 検定を用いて比較したが結果は同様であった。

2回目

試験期間中の水温は対照区が平均  $8.4^\circ\text{C} \pm 0.05^\circ\text{C}$ 、1割増区が平均  $8.4^\circ\text{C} \pm 0.15^\circ\text{C}$ 、2割増区が平均  $8.4 \pm 0.21^\circ\text{C}$  で推移した。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図5に示した。試験期間32～34日を通しての飼料効率は、対照区108%（給餌量：0.56kg/千尾）、1割増区92%（給餌量：0.61kg/千尾）、2割増区80%（給餌量：0.63kg/千尾）であった。各区の試験終了時の体重は、対照区が平均  $0.94 \pm 0.12\text{ g}$ 、1割増区が平均  $0.90 \pm 0.10\text{ g}$ 、2割増区が平均  $0.84 \pm 0.10\text{ g}$  となり、対照区が2割増区と比較して有意に大きく、1割増区が2割増区と比較し有意に大きい結果となった。ただし、3試験区の試験期間には、最大2日間の差があり（対照区：34日、1割増区：33日、2割増区：32日）、その差が試験終了時の体重結果に影響した可能性も考えられるため、日間成長の値を使用して全試験区分とも33日間の試験期間となるよう補正した値についても Tukey 法を用いて比較したが結果は同様であった。

2023（令和5）年試験期間中は、特に疾病等は発生せず稚魚の状態は全試験区で良好だった。

1回目

試験期間中の飼育水温は対照区が平均  $7.8 \pm 0.49^\circ\text{C}$ 、2割増区が平均  $7.9 \pm 0.32^\circ\text{C}$  で推移した。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図6に示した。試験期間32日を通しての飼料効率は、対照区108%（給餌量：0.56kg/千尾）、2割増区101%（給餌量：0.73kg/千尾）であった。体重は、試験開始から22日後に対照区が  $0.73 \pm 0.10\text{ g}$ 、2割増区が平均  $0.87 \pm 0.11\text{ g}$  となり、対照区と比較して2割増区が有意に大きくなり、それ以降試験終了まで2割増区が有意に大きい体重で推移した。

## 2 回目

試験期間中の水温は対照区が平均  $8.4 \pm 0.59^\circ\text{C}$ 、1 割増区が平均  $8.3 \pm 0.56^\circ\text{C}$ 、2 割増区が平均  $8.5 \pm 0.67^\circ\text{C}$  で推移した。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図 7 に示した。試験期間 34～37 日を通しての飼料効率は、対照区 100 % (給餌量：0.63kg/千尾)、1 割増区 93 % (給餌量：0.66kg/千尾)、2 割増区 92 % (給餌量：0.66kg/千尾) であった。各区の試験終了時の体重は、対照区が平均  $0.99 \pm 0.13 \text{ g}$ 、1 割増区が平均  $0.98 \pm 0.12 \text{ g}$ 、2 割増区が平均  $0.95 \pm 0.15 \text{ g}$  となり、3 試験区の間には有意な結果はなかった。ただし、3 試験区の試験期間には、最大 3 日間の差があり (対照区：34 日、1 割増区：35 日、2 割増区：37 日)、その差が試験終了時の体重結果に影響した可能性も考えられるため、日間成長の値を使用して全試験区分とも 34 日間の試験期間となるよう補正した値についても比較したが結果は同様であった。

(静内事業所)

2022 (令和 4) 年級試験期間中は、特に疾病等は発生せず稚魚の状態は全試験区で良好だった。

## 1 回目

試験期間中の飼育水温は両区とも平均  $9.7 \pm 0.05^\circ\text{C}$  であった。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図 8 に示した。試験期間 49 日間を通しての飼料効率は、対照区 101 % (給餌量：1.30kg/千尾)、1 割増区 101 % (給餌量：1.48kg/千尾) であった。試験終了時の体重は、対照区が平均  $1.69 \pm 0.55 \text{ g}$ 、1 割増区平均  $1.95 \pm 0.48 \text{ g}$  となり、1 割増区が有意に大きい結果となった。

## 2 回目

試験期間中の飼育水温は全区とも平均  $9.6 \pm 0.38^\circ\text{C}$  であった。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図 9 に示した。試験期間 43 日間を通しての飼料効率は、対照区 117 % (給餌量：1.09kg/千尾)、1 割増区 117 % (給餌量：1.24kg/千尾)、2 割増区 108 % (給餌量：1.51kg/千尾) であった。体重は、試験開始から 28 日後に対照区が平均  $0.87 \pm 0.24 \text{ g}$ 、1 割増区が平均  $0.85 \pm 0.24 \text{ g}$ 、2 割増区が平均  $0.98 \pm 0.25 \text{ g}$  となり、それ以降試験終了まで、2 割増区が対照区、1 割増区と比較して有意に大きく、対照区と 1 割増区の間には有意な差がない結果となった。試験終了直後の体成分と血液成分 (肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Glu、血漿 Tri、Ht) の分析結果は、対照区でそれぞれ肝臓 Gly：平均  $3.18 \pm 1.34 \%$ 、筋肉 Tri：平均  $1.87 \pm 0.46 \%$ 、血漿 Glu：平均  $89.96 \pm 18.85 \text{ mg/ml}$ 、血漿 Tri：平均  $579.78 \pm 311.91 \text{ mg/dl}$ 、Ht：平均  $46.85 \pm 4.82 \%$  であった。1 割増区は、肝臓 Gly：平均  $3.12 \pm 1.07 \%$ 、筋肉 Tri：平均  $1.91 \pm 0.45 \%$ 、血漿 Glu：平均  $89.48 \pm 15.41 \text{ mg/ml}$ 、血漿 Tri：平均  $555.60 \pm 250.77 \text{ mg/dl}$ 、Ht：平均  $45.25 \pm 5.29 \%$  となった。2 割増区は、肝臓 Gly：平均  $3.43 \pm 1.40 \%$ 、筋肉 Tri：平均  $2.37 \pm 0.64 \%$ 、血漿 Glu：平均  $87.09 \pm 13.65 \text{ mg/ml}$ 、血漿 Tri：平均  $526.91 \pm 193.43 \text{ mg/dl}$ 、Ht：平均  $45.55 \pm 3.90 \%$  となった。3 区分ともに体成分および血液成分分析の結果に有意な差はなかった。

試験終了直後の瞬発遊泳力の測定結果 (平均、最大、最小) は、対照区でそれぞれ  $57.10 \pm 9.25 \text{ cm/s}$ 、 $110.45 \text{ cm/s}$ 、 $21.47 \text{ cm/s}$ 、1 割増区でそれぞれ  $57.76 \pm 9.24 \text{ cm/s}$ 、 $110.45 \text{ cm/s}$ 、 $21.47 \text{ cm/s}$ 、2 割増区でそれぞれ  $63.05 \pm 7.06 \text{ cm/s}$ 、 $104.87 \text{ cm/s}$ 、 $27.84 \text{ cm/s}$  となった。3 区分間の瞬発遊泳力に有意な差はなかった。

2023 (令和 5) 年級の試験期間中の飼育水温は両区とも平均  $9.7 \pm 0.06^\circ\text{C}$  で推移し、特に疾病等は発生せず稚魚の状態は両区ともに良好であった。試験期間中の体重、飼料効率、日間成長の推移を図 10 に示した。試験期間 41 日間を通しての飼料効率は、対照区 115 % (給餌量：1.27kg/千尾)、1 割増区 107 % (給餌量：1.47kg/千尾)、2 割増区 97 % (給餌量：1.63kg/千尾) であった。各区の試験終了時の体重は、対照区が平均  $1.83 \pm 0.31 \text{ g}$ 、1 割

増区が平均  $1.95 \pm 0.37$  g、2割増区が平均  $1.96 \pm 0.31$  g となり、3試験区の間には有意な結果はなかった。しかしながら尾叉長については、試験開始から21日後に対照区が平均  $4.84 \pm 0.22$  cm、1割増区が平均  $4.93 \pm 0.24$  cm、2割増区が平均  $4.97 \pm 0.25$  cm となり、対照区と比較して2割増区が有意に大きくなった。それ以降試験終了までは対照区と比較して2割増区が有意に大きい尾叉長で推移したが、対照区と1割増区、1割増区と2割増区の間には有意差はなかった（図11）。

#### <水槽規模>

2024（令和6）年級から試験を開始しており、現在データ収集中。

#### まとめ

2022（令和4）年級については、鶴居事業所および静内事業所の試験結果から、飼育開始から体重0.9gに達する前後までは、現状のサケ標準給餌率を目安として飼育管理を行うことで、稚魚の餌要求に見合った無駄のない給餌ができると考えられた。さらに体重0.9g前後以降試験実施範囲では、標準給餌率の2割増しの給餌量を与えることで、稚魚の成長をより促進できると考えられた。しかしながら2023（令和5）年級については、標準給餌率と比較して割増し給餌を行った区分の方が大型となる傾向はあるが、1割増区と2割増区の効果の差は不明瞭であり、飼料効率は1割増区と比較して2割増区が低い傾向にあったことから、割増給餌が稚魚の早期大型に効果がありそうであるが、適正な割増率については、さらにデータを蓄積し、検証する必要があると考えられた。今後もデータの蓄積が必要であることから、令和6年度についても引き続き、伊茶仁事業所、静内事業所で事業規模を継続実施すると共に事業規模では実施が困難であった魚体サイズや割増率の条件下を水槽規模の試験で実施している。

#### ii) 給餌開始時期の再検討に関する試験

##### 【目的】

ふ化放流の現場の多くでは、仔魚の8割以上の腹部が縫合したタイミングを浮上＝飼育開始の目安としている。通常、浮上時の積算水温は、ふ化仔魚の臍嚢サイズや管理環境により幅はあるが、概ね  $900^{\circ}\text{C} \sim 1,000^{\circ}\text{C}$  である。しかしながら、組織学的にはそれ以前から、消化吸収器官の基本構造が仔魚に備わっていると報告されている（伴ほか1995）。

そこで特に、飼育開始が遅く飼育期間が短くならざるを得ない後期採卵群について、従来よりも早期に浮上させ給餌を開始することでより長い飼育期間を確保し、従来よりも大型サイズでの放流が可能となるか検証する。

##### 【方法】

通常、浮上の目安にしている積算温度よりも早期に稚魚を浮上させ給餌を開始した場合の稚魚の発育や形体に及ぼす影響を、事業規模の施設及び種卵数による試験で比較した。実施事業所は鶴居と八雲の2事業所で実施年級は、2022（令和4）年級～2023（令和5）年級とした。

本試験では、通常浮上区と早期浮上区を設定し、早期浮上区は、各事業所で通常浮上させている積算温度に対して、 $85 \sim 130^{\circ}\text{C}$ （日数で9～18日）程度早く浮上させた。なお、両事業所の仔魚管理（養魚池）および稚魚管理（飼育池）を行った施設の状況は表3に示したとおりである。試験開始日はふ化月日（その区分全体の60%以上がふ化した日）とし、両区とも試験期間が同一日数となるよう試験終了日を決定した。

浮上時には、稚魚の卵黄重量を測定し、卵黄吸収の度合いを確認した。給餌開始以降は、旬に1回の水切り魚体測定を実施して稚魚の魚体重を把握し、給餌量を算出して飼育を継続した。試験終了時には、魚体測定（60尾）を行って体サイズを把握するとともに、健苗性を確認するため、海水適応能試験（供試魚60尾を塩分33の人工海水60L以上に投入し、

48 時間後の生残率を算出)のほか、各区 20 尾を抽出し体成分及び血液成分(肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Gly、血漿 Tri、Ht)を分析し比較を行った。

その他、2023(令和 5)年級の八雲事業所については、通常浮上区(2,3n-4nH)と早期浮上区(2,3n-3nH)で異なる耳石コードを施標して放流した後、週 1 回を目安に遊楽部川河口で引き網調査を各標識魚が採集されなくなるまで実施した。なお、放流場所の八雲事業所から調査地点の位置関係については図 12 に示した。また、得られたデータについては  $t$  検定 ( $p < 0.05$ ) を用いて統計処理を行った。各事業所における試験区の浮上積算温度および給餌率は以下のとおり。

#### ・鶴居事業所試験

2022(令和 4)年級:通常浮上区(積算温度 930°C)に対して早期浮上区(積算温度 850°C)を設定した。試験開始時期を積算水温 500°C 時点とし、試験期間中の給餌率は 2.8%とした。

2023(令和 5)年級:通常浮上区(積算温度 930°C)に対して早期浮上区(積算温度 850°C)を設定した。試験開始時期を積算水温 500°C 時点とし、試験期間中の給餌率は 2.9%とした。

#### ・八雲事業所試験

2022(令和 4)年級:通常浮上区(積算温度 970°C)に対して早期浮上区(積算温度 830°C)を設定した。試験開始時期を積算水温 470°C 時点とし、飼育期間中の給餌率は 2.8%とした。

2023(令和 5)年級:通常浮上区(積算温度 940°C)に対して早期浮上区(積算温度 840°C)を設定した。試験開始時期を積算水温 490°C 時点とし、飼育期間中の給餌率は 2.8%とした。

### 【結果及び考察】

試験実施中の管理経過を表 4 に示した。2022(令和 4)年級の試験日数は鶴居事業所で 86 日間、八雲事業所で 92 日間となった。2023(令和 5)年級の試験日数は、鶴居事業所で 83 日間、八雲事業所で 81 日間となった。両事業所における試験結果の詳細は以下のとおり。

#### ・鶴居事業所試験

##### 1) 浮上時の稚魚の外観及び卵黄重量

2022(令和 4)年級~2023(令和 5)年級の浮上時稚魚の外観(腹部の縫合状態)を図 13 示した。早期浮上区の方は卵黄が露見している個体が多く見られた。

2022(令和 4)年級~2023(令和 5)年級の浮上時卵黄重量を図 14 示した。2022(令和 4)年級では、通常浮上区が平均  $0.018 \pm 0.009$  g、早期浮上区が平均  $0.047 \pm 0.015$  g であり、早期浮上区が有意に大きかった。

2023(令和 5)年級は、通常浮上区が平均  $0.021 \pm 0.009$  g、早期浮上区が平均  $0.053 \pm 0.014$  g であり、早期浮上区が有意に大きかった。

##### 2) 稚魚の管理状況

2022(令和 4)年級では、試験期間 86 日の中で給餌を行った日数は早期浮上区で 34 日間、通常浮上区で 21 日間となり、早期浮上区は、通常浮上区よりも給餌日数を 13 日間延長することができた。

2023(令和 5)年級では、試験期間 83 日の中で給餌を行った日数は早期浮上区で 31 日間、通常浮上区で 22 日間となり、早期浮上区は、通常浮上区よりも給餌日数を 9 日間延長することができた。

2 年を通じて、早期浮上区は通常浮上区と比較して飼育初期の餌の食い付きがやや悪いとの報告があった。しかし、試験期間全体では、両区とも摂餌は良好で魚病の発生も無く、管理上の問題はなかった。

##### 3) 試験終了時の体重、海水適応能、体成分・血液成分

2022（令和4）年級稚魚の体重は、通常浮上区が平均  $0.57 \pm 0.12$  g、早期浮上区が平均  $0.82 \pm 0.11$  g となり、早期浮上区の方が有意に大きかった。海水適応試験は両区ともに生残率 100% であった（表5）。

体成分と血液成分（肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Glu、血漿 Tri、Ht）の分析結果は、通常浮上区は、肝臓 Gly：平均  $6.94 \pm 1.64$  %、筋肉 Tri：平均  $0.56 \pm 0.39$  %、血漿 Glu：平均  $96.26 \pm 9.25$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $370.86 \pm 87.99$  mg/dl、Ht：平均  $40.69 \pm 2.24$  % であった。早期浮上区は、肝臓 Gly：平均  $4.98 \pm 1.73$  %、筋肉 Tri：平均  $1.16 \pm 0.33$  %、血漿 Glu：平均  $90.31 \pm 9.01$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $617.58 \pm 134.69$  mg/dl、Ht：平均  $42.35 \pm 5.01$  % となった。

早期浮上区は通常浮上区と比較して、筋肉 Tri、血漿 Tri の値が有意に高かった。一方、肝臓 Gly については通常浮上区の方が早期浮上区と比較して有意に高い値となった。肝臓 Gly については、早期浮上区の方が有意に低い結果となっているが、もともと変動しやすい値であり、浮上積算温度の違いによる影響ではないと考えられる。

2023（令和5年）級の体重は、通常浮上区が平均  $0.67 \pm 0.11$  g、早期浮上区が平均  $0.73 \pm 0.13$  g となり、早期浮上区の方が有意に大きかった。

海水適応試験は両区ともに生残率 100% であった（表5）。

体成分と血液成分（肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Glu、血漿 Tri、Ht）の分析結果は、通常浮上区は、肝臓 Gly：平均  $3.54 \pm 1.57$  %、筋肉 Tri：平均  $1.28 \pm 0.25$  %、血漿 Glu：平均  $60.09 \pm 9.29$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $331.99 \pm 41.68$  mg/dl、Ht：平均  $39.55 \pm 5.41$  % であった。早期浮上区は、肝臓 Gly：平均  $3.81 \pm 1.52$  %、筋肉 Tri：平均  $1.20 \pm 0.22$  %、血漿 Glu：平均  $63.51 \pm 6.89$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $430.36 \pm 101.15$  mg/dl、Ht：平均  $37.50 \pm 3.85$  % であった。

早期浮上区は通常浮上区と比較して、血漿 Tri の値が有意に高い値となった。

#### ・八雲事業所試験

##### 1) 浮上時の稚魚の外観及び卵黄重量

2022（令和4）年級～2023（令和5）年級浮上時稚魚の外観（腹部の縫合状態）を図15に示した。早期浮上区の方は卵黄が露見している個体が多く見られた。

2022（令和4）年級～2023（令和5）年級稚魚の浮上時の卵黄重量を図16に示した。2022（令和4）年級では通常浮上区で平均  $0.000 \pm 0.000$  g であり、卵黄は完全に吸収されていたが、早期浮上区は平均  $0.028 \pm 0.010$  g であり有意に大きかった。

2023（令和5年）級では、通常浮上区が平均  $0.018 \pm 0.012$  g、早期浮上区が平均  $0.057 \pm 0.015$  g であり、早期浮上区が有意に大きかった。

##### 2) 稚魚の管理状況

2022（令和4）年級は、試験期間92日の中で給餌を行った日数は早期浮上区で38日間、通常浮上区で20日間となり、早期浮上区は、通常浮上区よりも給餌日数を18日間延長することができた。

2023（令和5）年級は、試験期間81日の中で給餌を行った日数は早期浮上区で46日間、通常浮上区で35日間となり、早期浮上区は、通常浮上区よりも給餌日数を11日間延長することができた。

早期浮上区では、2022（令和4）年級は飼育初期の餌の食べ付きの悪さ、2023（令和5）年級では飼育初期に池底に停滞する多くの稚魚と摂餌活性のばらつきが報告されている。しかし、試験期間全体では、両区とも摂餌は良好で魚病の発生も無く、管理上の問題は発生しなかった。

##### 3) 試験終了時の体重、海水適応能、体成分・血液成分

2022（令和4年）級の体重は、通常浮上区が平均  $0.49 \pm 0.02$  g、早期浮上区が平均  $0.78 \pm 0.15$  g となり、早期浮上区の方が有意に大きかった。

海水適応試験は両区ともに生残率 100% であった（表5）。

体成分と血液成分（肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Glu、血漿 Tri、Ht）の分析結果は、通常浮上区は、肝臓 Gly：平均  $6.94 \pm 1.64$  %、筋肉 Tri：平均  $0.56 \pm 0.39$  %、血漿 Glu：平均  $96.26 \pm 9.25$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $370.86 \pm 87.99$  mg/dl、Ht：平均  $40.69 \pm 2.24$  %であった。早期浮上区は、肝臓 Gly：平均  $4.98 \pm 1.73$  %、筋肉 Tri：平均  $1.16 \pm 0.33$  %、血漿 Glu：平均  $90.31 \pm 9.01$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $617.58 \pm 134.69$  mg/dl、Ht：平均  $42.35 \pm 5.01$  %となった。

早期浮上区は通常浮上区と比較して、筋肉 Tri、血漿 Tri の値が有意に高かった。一方、肝臓 Gly については通常浮上区の方が早期浮上区と比較して有意に高い値となった。

2023（令和 5）年級の体重は、通常浮上区が平均  $0.93 \pm 0.18$  g、早期浮上区が平均  $1.20 \pm 0.21$  g となり、早期浮上区の方が有意に大きかった。

海水適応試験は両区ともに生残率 100 %であった（表 5）。

体成分と血液成分（肝臓 Gly、筋肉 Tri、血漿 Glu、血漿 Tri、Ht）の分析結果は、通常浮上区は、肝臓 Gly：平均  $0.41 \pm 0.49$  %、筋肉 Tri：平均  $1.44 \pm 0.27$  %、血漿 Glu：平均  $70.91 \pm 11.35$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $321.56 \pm 81.67$  mg/dl、Ht：平均  $50.85 \pm 3.83$  %であった。早期浮上区は、肝臓 Gly：平均  $1.73 \pm 1.22$  %、筋肉 Tri：平均  $1.29 \pm 0.21$  %、血漿 Glu：平均  $66.68 \pm 7.39$  mg/ml、血漿 Tri：平均  $194.72 \pm 84.61$  mg/dl、Ht：平均  $48.30 \pm 3.64$  %となった。

早期浮上区は通常浮上区と比較して、肝臓 Gly の値が有意に高く、血漿 Tri の値は有意に低かった。2022（令和 4）年級は全ての体成分と血液成分の分析項目で早期浮上区が高い傾向を示したが、2023（令和 5）年級は前年と比較して試験終了時の体重が大型であったため、特に栄養蓄積の違いが不明瞭になったと考えられた。

#### 4) 稚魚の放流と降下状況

両区の放流と河川での稚魚の降下状況について表 6 に示した。早期浮上区は試験終了 6 日後に平均体重  $1.45 \pm 0.23$  g で 366 千尾、通常浮上区は試験終了 3 日後に平均体重  $1.04 \pm 0.21$  g で 318 千尾を放流した。早期浮上区は、4/23 の調査で平均体重  $1.12 \pm 0.38$  g の稚魚が 5 尾採集され、4/30 の調査で平均  $1.80 \pm 0.13$  g の稚魚が 2 尾採集された。通常浮上区の稚魚は、4/30 の調査で平均体重  $1.20 \pm 0.22$  g の稚魚が 5 尾採集された。5/14 の調査では、両区共に稚魚は採集されなかった。

以上から、両区共に放流時点よりも大型の稚魚が河川で採集されており、放流後も河川内で稚魚が成長していることが示唆された。なお、4/23 の調査で採集された早期浮上区の稚魚の平均体重は放流時点より小さかったが、これは放流の時点で早期浮上区の方が通常浮上区と比較して大型であったことから、放流後はより大型の稚魚から速やかに降海したのではないかと考えられた。

#### まとめ

2022（令和 4）年級～2023（令和 5）年級で試験を実施した結果、通常よりも早期に浮上させ給餌を開始することで、同一日数の管理期間の中で給餌日数を増やすことができ、結果としてより早期に大型化させることができた。また、早期浮上区の栄養状態は概ね通常浮上区以上であり、放流後も通常浮上区同様に河川で成長していることも示唆された。以上より、早期浮上の手法はサケ稚魚を早期に大型化する管理手法となりえると考えられた。

ただし、本手法は、従来基本としてきた手法とは異なるものであり、早期浮上区の方は、飼育開始直後に摂餌や遊泳活性が低い事象も見られるため、今後もデータの蓄積が必要である。引き続きデータ蓄積のため、令和 6 年級についても鶴居、天塩事業所で事業規模の試験を継続している。

#### 【引用文献】

- 伴 真俊・長谷川裕康・阿部邦夫 (1995) サケの発育にともなう消化器官系の組織学的変化. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 49: 21-26.  
北海道さけ・ますふ化場 (1996) 稚魚の管理. さけ・ますふ化事業実施マニュアル, 46-55.

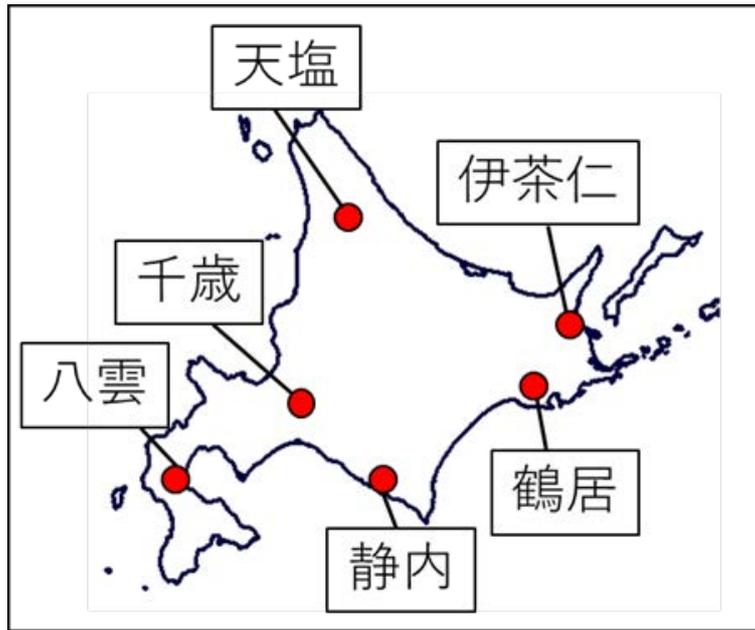


図 1. 各試験を行った事業所の位置図

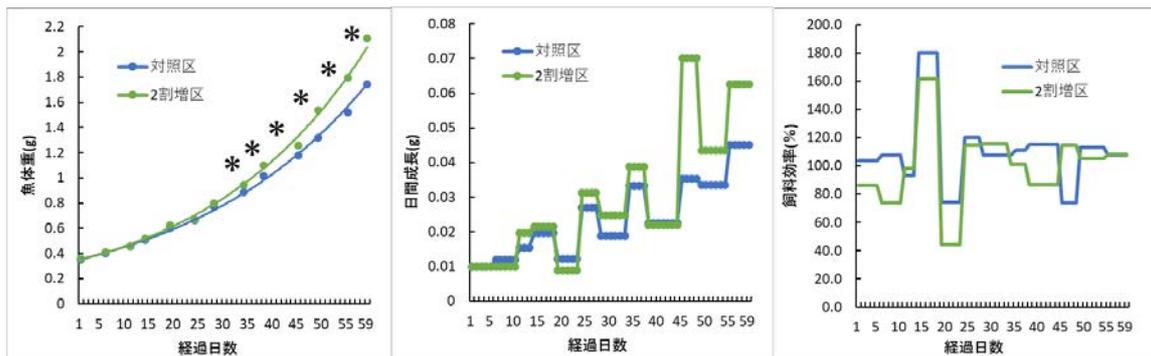


図 2. 鶴居事業所における 2022 (令和 4) 年級 2 試験区の魚体重 (g)・日間成長 (g)・飼料効率 (%) の推移

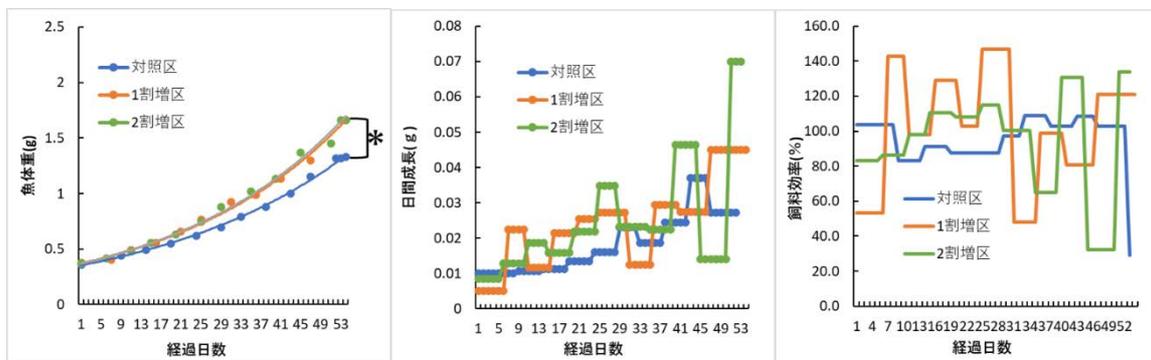


図 3. 鶴居事業所における 2023 (令和 5) 年級 3 試験区の魚体重 (g)・日間成長 (g)・飼料効率 (%) の推移

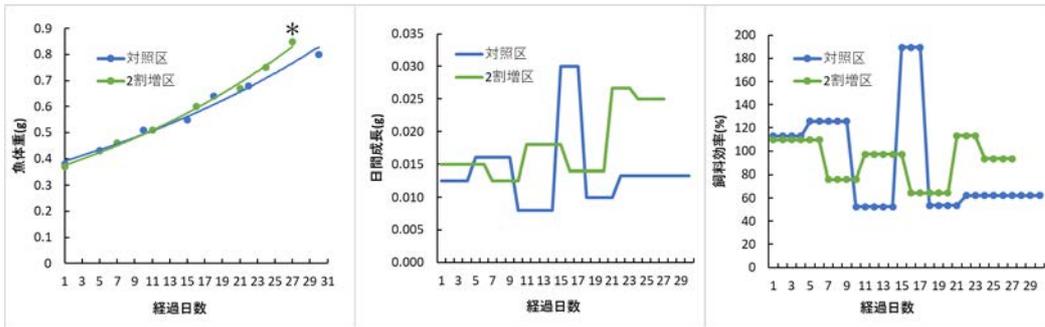


図4. 伊茶仁事業所における2022（令和4）年級1回目の2試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

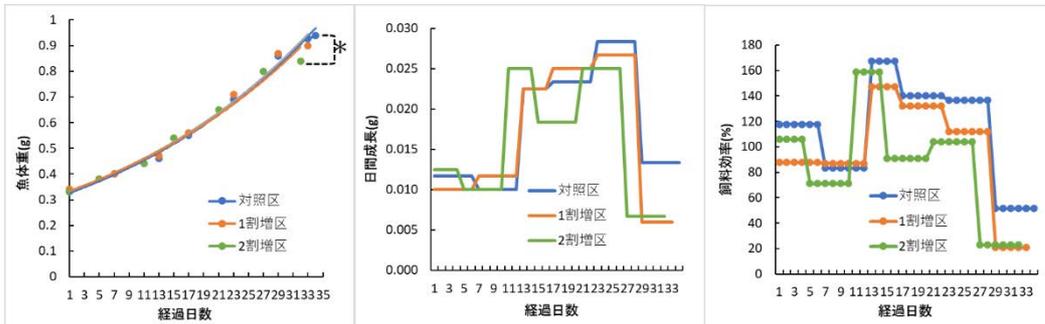


図5. 伊茶仁事業所における2022（令和4）年級2回目の3試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

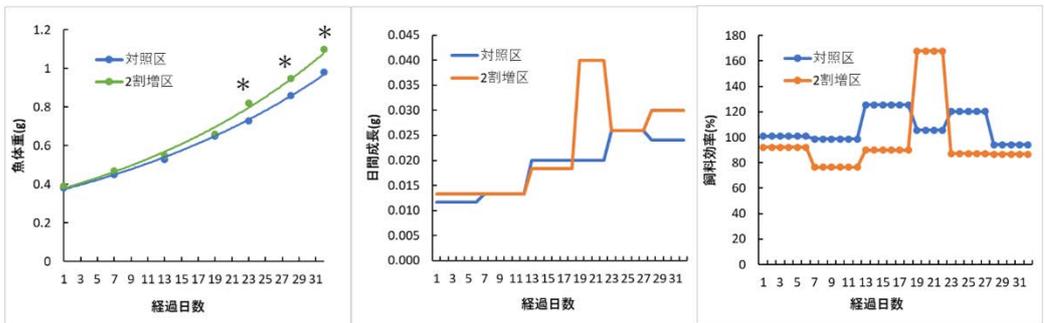


図6. 伊茶仁事業所における2023（令和5）年級1回目の2試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

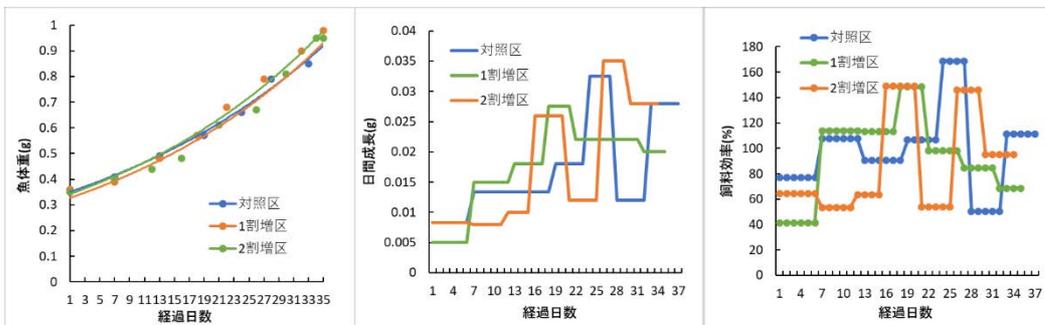


図7. 伊茶仁事業所における2023（令和5）年級2回目の3試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

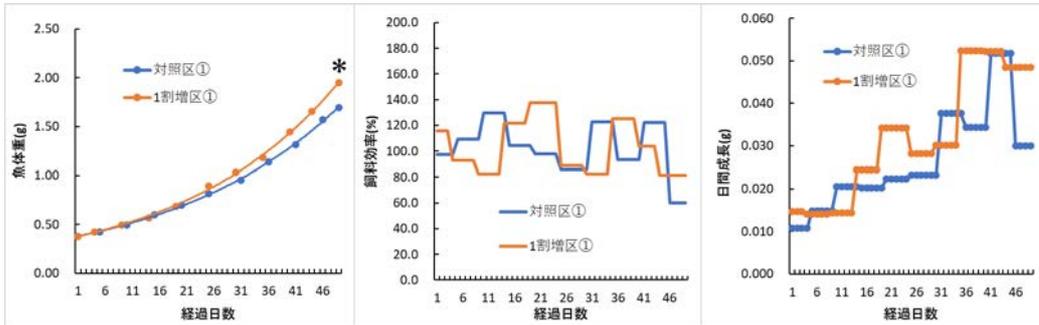


図 8. 静内事業所における 2022（令和 4）年級 1 回目の 2 試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

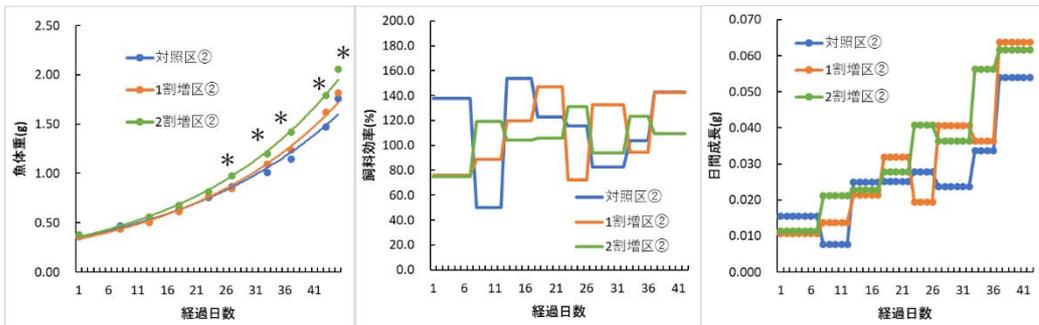


図 9. 静内事業所における 2022（令和 4）年級 2 回目の 3 試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

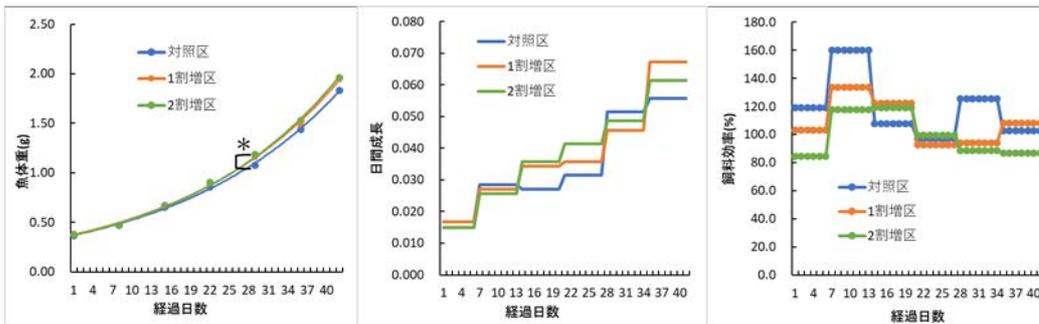


図 10. 静内事業所における 2023（令和 5）年級の 3 試験区の魚体重（g）・日間成長（g）・飼料効率（%）の推移

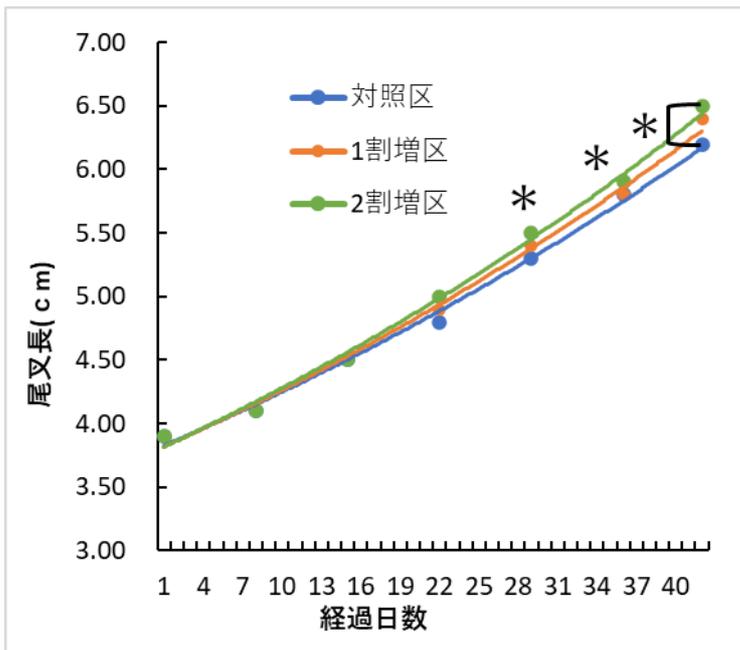


図 11. 静内事業所における 2023 (令和 5) 年級の 3 試験区の尾叉長 (cm) の推移



図 12. 八雲事業所、遊楽部ふ化場および調査地点の位置関係 (赤点線は遊楽部川)  
 (出典：国土地理院タイル (<https://maps.gsi.go.jp>) を基に作成)

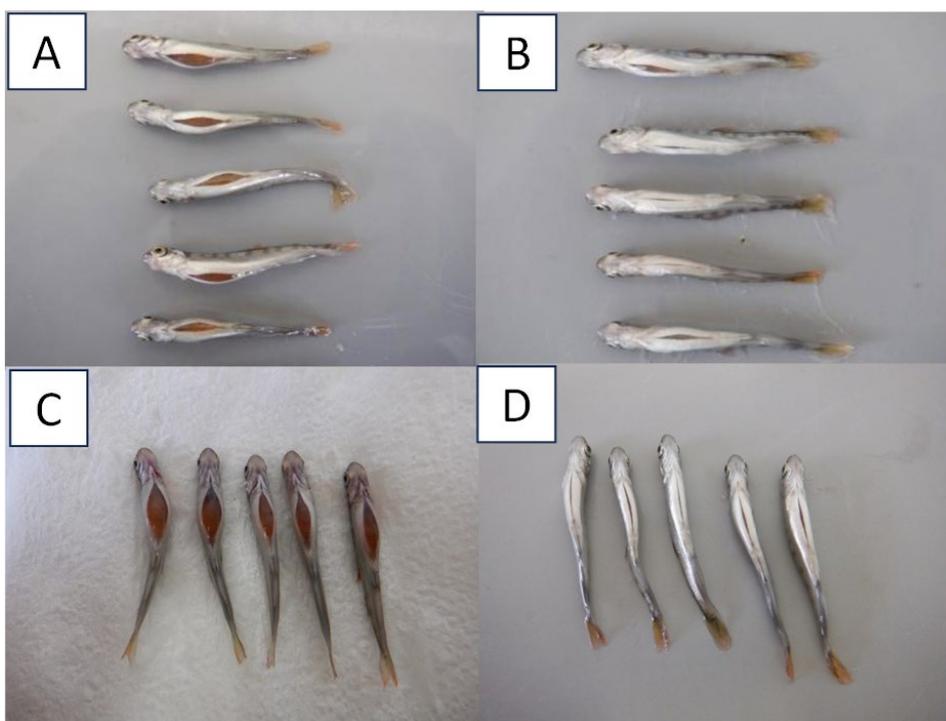


図 13. 鶴居事業所試験における浮上稚魚の外観 (A：令和4年級早期浮上区、B：令和4年級通常浮上区、C：令和5年級早期浮上区、D：令和5年級通常浮上区)

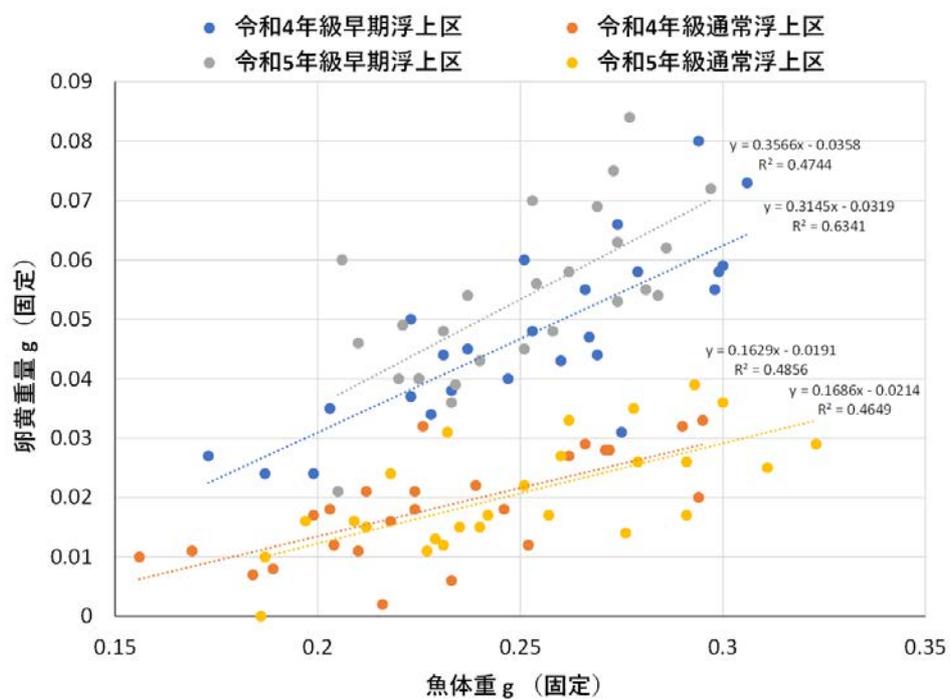


図 14. 鶴居事業所試験における浮上時卵黄重量

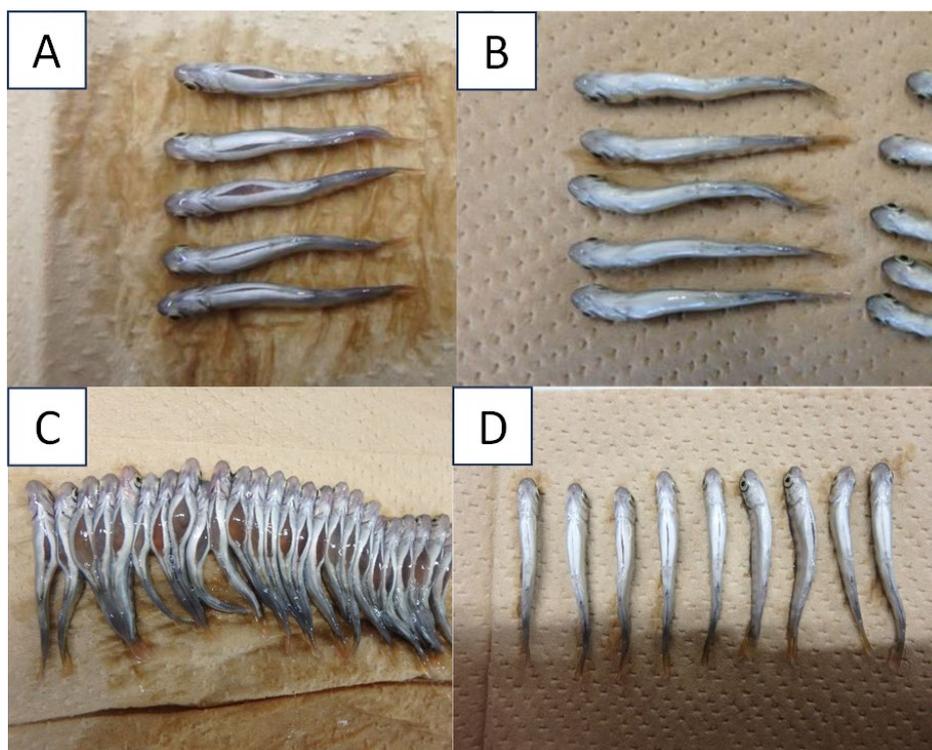


図 15. 八雲事業所試験における浮上稚魚の外観 (A：令和4年級早期浮上区、B：令和4年級通常浮上区、C：令和5年級早期浮上区、D：令和5年級通常浮上区)

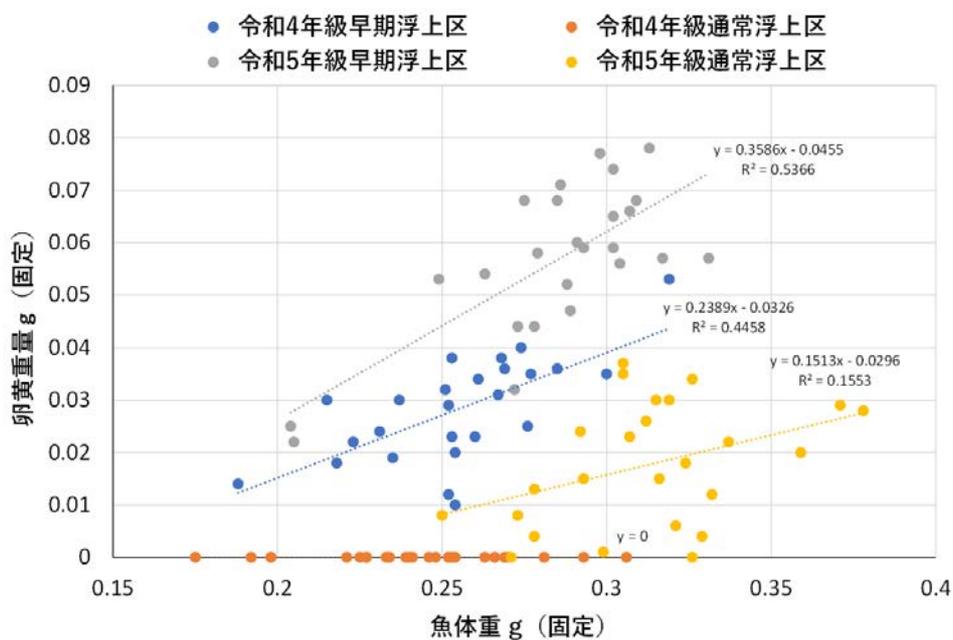


図 16. 八雲事業所試験における浮上時卵黄重量

表 1. 2022（令和4）年級各事業所の各試験区における飼育管理結果

2022(令和4)年級	鶴居事業所			伊茶仁事業所						静内事業所		
	7.5°C基準			8.0°C基準						9.0°C基準		
	1回目		1回目		2回目		2回目		1回目		2回目	
	標準	2割増	標準	2割増	標準	1割増	2割増	標準	1割増	標準	1割増	2割増
給餌率(%)	2.7	3.2	2.8	3.4	2.8	3.1	3.4	3	3.3	3	3.3	3.6
用水の種類	湧水	湧水	井戸水	井戸水	井戸水+ 混合水	井戸水+ 混合水	井戸水+ 混合水	地下水	地下水	地下水	地下水	地下水
平均水温(°C)	7.6	7.4	8	7.8	8.4	8.4	8.4	9.7	9.7	9.6	9.6	9.6
試験期間(日)	59	59	31	28	34	33	32	49	49	43	43	43
供試尾数(千尾)	254	510	1114	549	526	526	563	1286	1590	349	350	349
開始平均魚体重(g)	0.35	0.36	0.38	0.37	0.33	0.34	0.33	0.38	0.38	0.36	0.36	0.38
終了時平均魚体重(g)	1.74	2.11	0.80	0.85	0.94	0.90	0.84	1.69	1.95	1.47	1.62	1.79
生残率(%)	99.6	99.8	99.8	100	99.8	99.8	99.8	98.5	99.4	98.8	99.4	99.7
日間成長(g)	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
飼料効率(%)	106	103	84	91	108	92	80	101	101	117	117	108

表 2. 2023（令和5）年級各事業所の各試験区における飼育管理結果

2023(令和5)年級	鶴居事業所			伊茶仁事業所						静内事業所		
	7.5°C基準			8.0°C基準						10.0°C基準		
	1回目		1回目		2回目		2回目		1回目		2回目	
	標準	1割増	2割増	標準	2割増	標準	1割増	2割増	標準	1割増	2割増	
給餌率(%)	2.7	3.0	3.2	2.8	3.4	2.8	3.1	3.4	3.40	3.74	4.08	
用水の種類	湧水	湧水	湧水	井戸水	井戸水	井戸水+ 混合水	井戸水+ 混合水	井戸水+ 混合水	地下水	地下水	地下水	
平均水温(°C)	7.5	7.4	7.5	7.9	7.8	8.4	8.3	8.5	9.7	9.7	9.7	
試験期間(日)	53	54	53	32	32	37	35	34	41	41	41	
供試尾数(千尾)	700	1238	1180	502	503	1012	583	448	443	437	437	
開始平均魚体重(g)	0.36	0.38	0.37	0.38	0.36	0.36	0.36	0.35	0.37	0.38	0.38	
終了時平均魚体重(g)	1.33	1.66	1.66	0.98	1.1	0.99	0.98	0.95	1.83	1.95	1.96	
生残率(%)	99.7	99.7	99.5	99.8	99.8	99.9	99.8	99.8	99.1	98.9	99.1	
日間成長(g)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.017	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	
飼料効率(%)	97	102.2	92	107.8	101.4	100	93	92	115.4	106.7	97	

表 3. 鶴居事業所と八雲事業所で試験を行った施設の状況

事業所	対象年級	試験区分	養魚池情報					飼育池情報				
			平均水温 (°C)	長さ (m)	幅 (m)	水深 (cm)	流速 (cm/秒)	平均水温 (°C)	長さ (m)	幅 (m)	水深 (cm)	流速 (cm/秒)
鶴居 事業所	令和4年級	通常浮上区	7.6	30.4	1.68	10.5	0.72	7.5	20.4	5.2	50	0.77
		早期浮上区										
	令和5年度	通常浮上区	7.6-7.7	30.4	1.68	10.5	0.74	7.4-7.6	20.5	5.2	50	0.77
		早期浮上区										
八雲 事業所	令和4年度	通常浮上区	7.1	28.8	1.65	12.0	0.45	6.4	30	3.0	50	0.67
		早期浮上区						6.7				
	令和5年度	通常浮上区	10.4	28.8	1.65	10.0	0.56	7.5	30	3.0	40	0.86
		早期浮上区										

表 4. 鶴居事業所と八雲事業所における各試験区の管理経過

事業所	対象年級	試験区分	試験実施尾数(千尾)	ふ化(試験開始)		浮上		給餌開始	試験終了		給餌期間	試験期間
				月日	積算温度	月日	積算温度		月日	月日		
鶴居事業所	令和4年級	通常浮上区	1,103	12/28	500.3	2/22	936.6	3/3	3/23	0.57	21	86
		早期浮上区	1,104	1/3	500.8	2/17	851.2	2/24	3/29	0.82	34	86
	令和5年級	通常浮上区	1,173	12/31	503.0	2/26	935.0	3/1	3/22	0.67	22	83
		早期浮上区	1,169	12/27	501.0	2/9	840.0	2/17	3/18	0.73	31	83
八雲事業所	令和4年級	通常浮上区	1,470	1/4	473.3	3/16	973.4	3/17	4/5	0.49	20	92
		早期浮上区	1,307	1/12	470.2	3/6	843.0	3/7	4/13	0.78	38	92
	令和5年級	通常浮上区	383	2/2	486.0	3/17	929.0	3/19	4/22	0.93	35	81
		早期浮上区	464	1/22	491.0	2/24	841.0	2/26	4/11	1.20	46	81

表 5. 鶴居事業所と八雲事業所における各試験区の試験終了時の海水適応能試験結果

実施事業所	対象年級	試験区分	実施日		水温 °C	供試 尾数	斃死 尾数	生残 尾数	生残率 %	供試魚		塩分濃度 ‰
			開始日	終了日						尾叉長(cm)	体重(g)	
鶴居事業所	令和4年級	通常浮上区	3/25	3/27	7.5	100	0	100	100	4.3	0.57	33
		早期浮上区	3/30	4/1	7.5	100	0	100	100	4.7	0.82	33
	令和5年級	通常浮上区	3/18	3/20	7.5	100	0	100	100	4.4	0.67	33
		早期浮上区	3/22	3/24	7.5	100	0	100	100	4.6	0.73	33
八雲事業所	令和4年級	通常浮上区	4/5	4/7	8.5	100	0	100	100	4.2	0.49	33
		早期浮上区	4/11	4/13	8.0	100	0	100	100	4.7	0.78	33
	令和5年級	通常浮上区	4/22	4/24	7.5	100	0	100	100	5.1	0.93	33
		早期浮上区	4/3	4/5	5.7	100	0	100	100	5.4	1.20	33

表 6. 引網調査時に採集された各試験区稚魚の降下状況

試験区分	耳石標識	放流数(千尾)	放流月日	採捕月日	放流～採捕までの日数	採捕数(尾)	放流時尾叉長(cm)	放流時体重(g)	放流時肥満度	採捕時尾叉長(cm)	採捕時体重(g)	採捕時肥満度	放流場所
早期浮上区	2,3n-4nH	318	4/25	4/30	5	5	5.2	1.04	7.40	4.73	1.07	10.10	遊楽部ふ化場
			4/25	5/21	26	1				3.72	0.56	10.84	遊楽部ふ化場
通常浮上区	2,2n,5nH	176	4/26	4/30	4	6	5.4	1.16	7.37	4.40	0.77	9.06	遊楽部ふ化場
			4/26	5/21	25	1				4.70	1.00	9.66	遊楽部ふ化場

## 小課題 2) 成長促進効果等をもつめるための餌料・餌料添加物の開発と実証

### a) ビタミン C 添加等による高温耐性向上効果の検証

執筆者：富山県農林水産総合技術センター 水産研究所 甲谷葵

#### 実施機関及び担当者

富山県農林水産総合技術センター 水産研究所：甲谷葵、野村幸司

#### 【目的】

近年、全国的にサケ漁獲量が低迷し、富山県でも同様の傾向である。サケ不漁の原因として、太平洋側では稚魚期の海水温の急上昇が挙げられており、富山県沿岸においてもサケ稚魚降海期の海水温が上昇傾向である。このことから、適切な時期にサケ稚魚を放流するため、サケ稚魚の生息に適した水温を調査するとともに、生残率向上のため、ニジマスで効果のみられたビタミン C 等の給餌により（石川 2014、中村 2020）、高水温に耐えうる稚魚の生産を試みる。

#### 【方法】

##### (1) ビタミン C 給餌放流試験

黒部川内水面漁業協同組合で 2024 年 11 月 15 日および 18 日に採卵されたサケ発眼卵 300 千粒を用い、VC 区 150 千粒および対照区 150 千粒の 2 群に分けて試験を実施した。

まず、ビタミン C 給餌が回帰率に与える効果を検証するため、発眼卵には耳石 ALC 標識を施標した。ALC 溶液（浸漬濃度は 200 ppm）は水酸化ナトリウムにより pH7 付近に調整の上、VC 区では 24 時間閉鎖循環を 1 回（標識コード A1H）、対照区では同様の閉鎖循環を積算水温約 50°C の間隔を空けて 2 回（標識コード A2H）実施した。

その後、浮上した稚魚に対し（積算水温 900°C 以降）、VC 区ではサケ・マス稚魚用飼料にビタミン C（1%、L-アスコルビン酸：食品添加物）および油脂（5%、食用なたね油）を添加した餌料、対照区では油脂（5%）のみを添加した餌料を、いずれの試験区とも同様の給餌率により給餌した。

##### (2) ビタミン C 給餌高温耐性試験

2023 年級の放流に用いた VC 区および対照区から各 1,000 尾を抽出し、富山水研において、屋外に設置した FRP 水槽（0.5 t）に冷海水（5~10°C）をかけ流し、2024 年 3 月 22 日から 2025 年 3 月 10 日まで（1）と同様の給餌を行った。飼育魚は、概ね月 1 回の頻度で魚体測定（各区 30 尾/回）を行い、4~12 月の間に 11 回、高温耐性試験を行った。魚体測定結果は *t* 検定により、VC 区と対照区の有意差を検討した。高温耐性試験では、冷海水飼育中のサケを加温調整した高水温海水（約 20°C）の水槽（止水）に試験区毎に角ザルに收容し、ヒーターによる加温を維持した状態で水温および生残率の経時変化を記録した。

##### (3) 採卵時期別飼育試験

黒部川内水面漁業協同組合で 2023 年 11 月 8 日および 9 日に採卵された群（早期群）ならびに 12 月 4 日および 7 日に採卵された群（後期群）から各 1,000 尾を抽出し、富山水研において屋外に設置した FRP 水槽（0.5 t）に表層海水（10~28°C）をかけ流し、早期群は 2024 年 3 月 6 日、後期群は同年 3 月 22 日からいずれの群も全てへい死するまでサケ・マス用配合飼料を用いた給餌を行った。給餌率はいずれの群も同様とし、飼育魚は概ね月 1 回の頻度で魚体測定を行うとともに、生残率の経時変化を記録した。

#### 【結果及び考察】

##### (1) ビタミン C 給餌放流試験

給餌は 2025 年 2 月 18 日から 3 月 13 日まで実施し、3 月 14 日に黒部川において、VC 区および対照区各 135 千尾を輸送放流した。放流から 4 年後の耳石解析により回帰率を推定

する予定である。

#### (2) ビタミン C 給餌高温耐性試験

VC 区および対照区の平均体重は、2024 年 8 月までは、ほぼ同じ値で推移したが、9 月以降は VC 区が対照区を有意 ( $p < 0.01$ ) に上回った (図 1)。生残率は、VC 区の方が対照区に比べ高い傾向がみられ、2022 年級と同様の結果であった (図 2)。

高温耐性試験では、8 月期の試験までは VC 区が生残率が対照区よりも高めに推移する傾向が見られた (図 3)。しかし、体重差が表れた 9 月以降は、生残率の推移にほとんど差が見られなくなった。

#### (3) 採卵時期別飼育試験

飼育期間中の表層海水は、約 11~25°C の範囲で経時的に昇温した。早期群は 21.5°C を超えた時点から生残率が急激に低下し、24.0°C の時点で生残率が 0% となった。一方、後期群は 23.6°C までは生残率 80% 以上で維持をしていたが、その後は急激に低下した (図 4)。

試験期間中の両群の平均体重の推移をみると、比較試験開始直後の 3 月 25 日時点は、早期群が 1.05±0.21g、後期群が 0.57±0.13g であり、約 2 倍の体重差がみられた。その後、両群とも 6 月 24 日 (試験 92 日目) の時点で最大値に達し、早期群で 7.8g、後期群で 7.9g となり、5 月 24 日からの 1 カ月間の体重増加をみると、早期で 47.2%、後期で 113.5% となり、後期群の成長率は早期群の 2 倍以上の値を示し、体重差がほぼ解消される結果となった。(図 5)。

#### 【引用文献】

- 石川孝典 (2014) マス類飼料へのビタミン C の最適投与量. 養殖ビジネス, 2014(4), 52-54.
- 中村永介 (2020) 養鱒現場での「ビタミン C」活用～魚の健康管理～. 富士養鱒場だより, 246, 1-3.

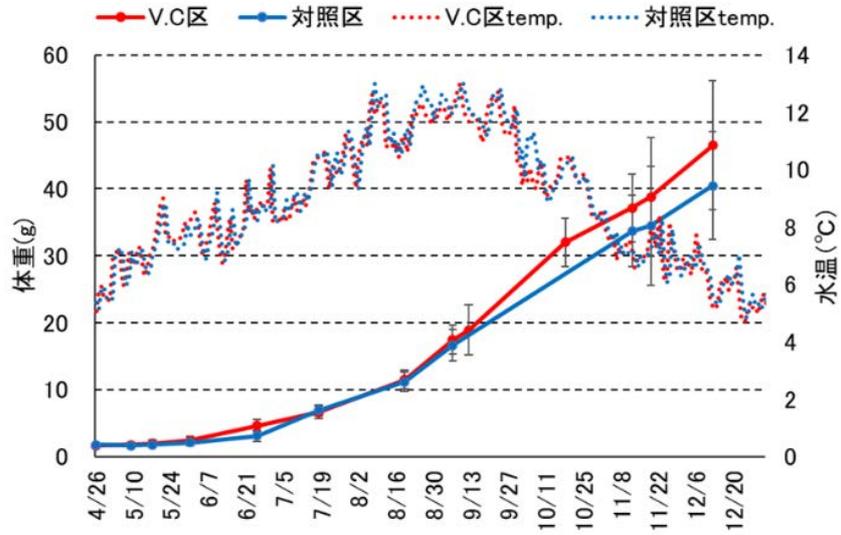


図1. ビタミンC区と対照区の平均体重と飼育水温

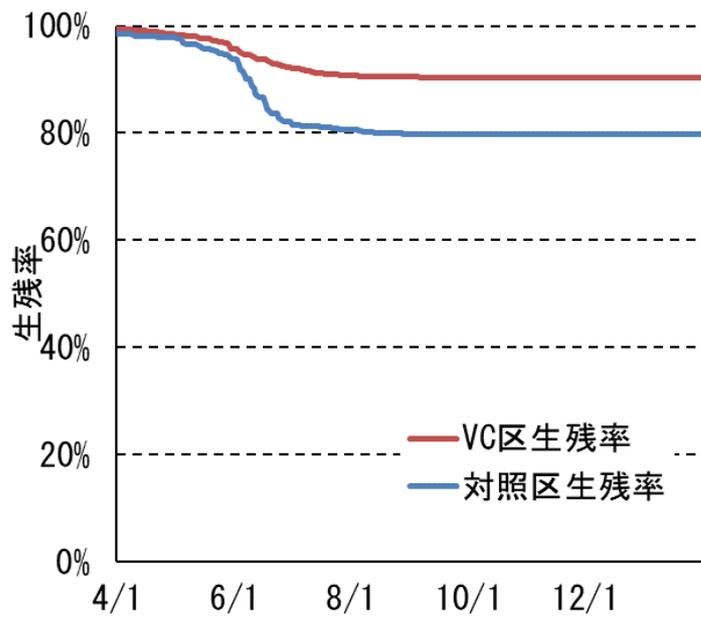


図2. ビタミンC区と対照区の生存率

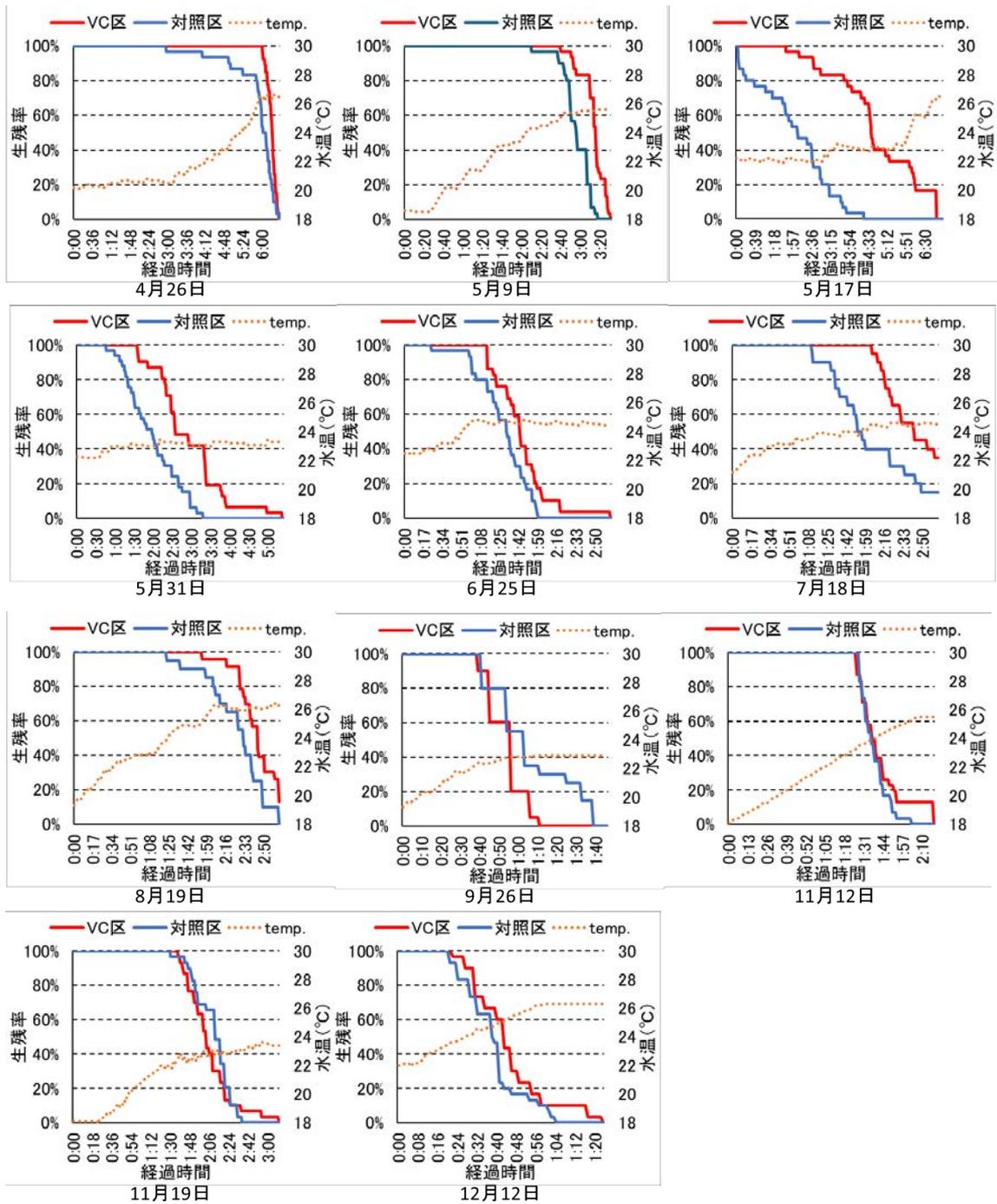


図3. 高温耐性試験結果

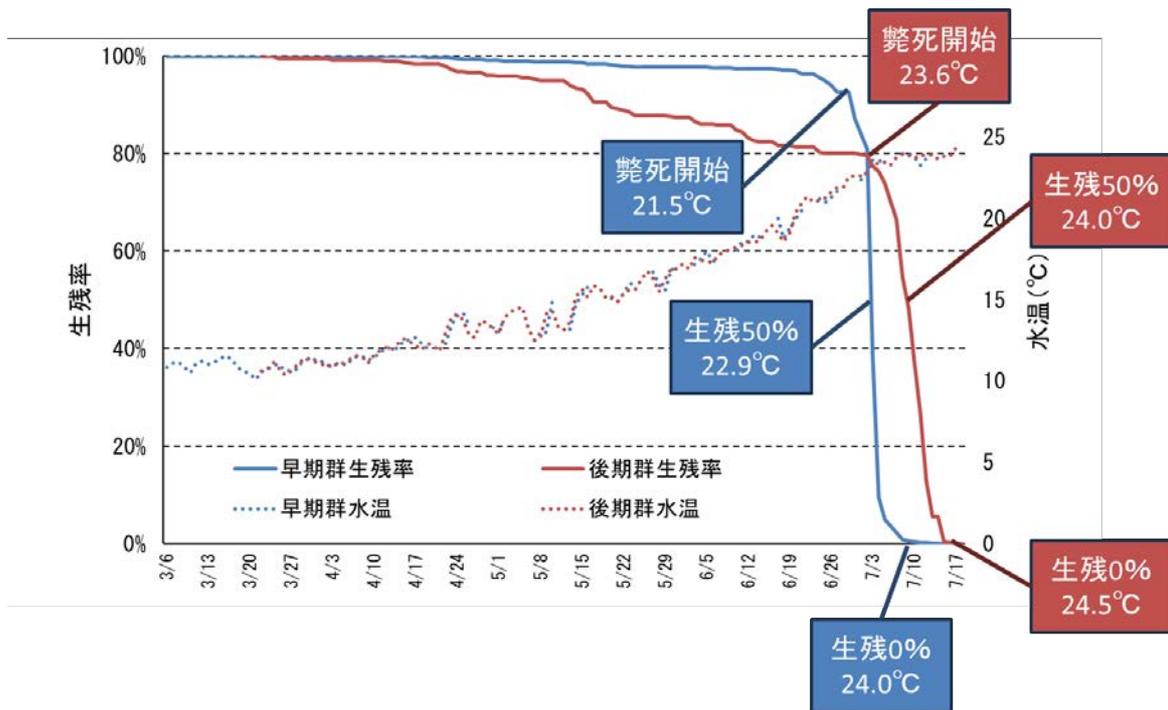


図 4. 早期群および後期群の生存率と飼育水温

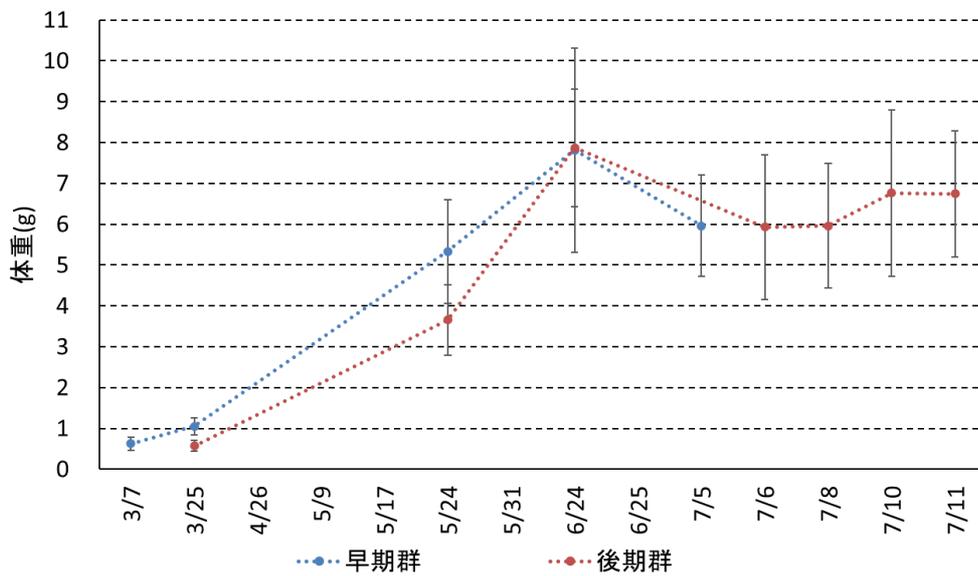


図 5. 早期群および後期群の平均体重変化

## b) サケ稚魚の成長・代謝特性の解明と魚油添加の効果検証

執筆者：北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 さけます資源部 虎尾充

### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 さけます資源部： 虎尾充

#### 【目的】

サケ稚魚にとって海洋生活初期は主要な減耗期の 1 つであり、体サイズや成長率が減耗に大きく関係していることが示唆されている。水温と摂餌は成長に関わる主要な要因であるが、水温がサケ稚魚の摂餌量、成長に与える影響の知見は少ない。本研究では、飼育実験によって、1. 海水移行後のサケ稚魚の成長特性と、2. その内的条件である代謝に与える水温と摂餌量の関係を明らかにし、サケ稚魚の成長にとっての適水温を検討する。また、3. 魚油添加飼料の給餌が海水移行後のサケ稚魚の成長率向上に寄与するかどうか検証する。

#### 【方法】

##### 1. 海水移行後のサケ稚魚の摂餌量と水温が成長に与える影響

水温と摂餌量が海水移行後のサケ稚魚の成長に与える影響を調べる飼育試験を 2024 年 1～2 月に北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場の屋内飼育施設において行った。試験に用いたサケ稚魚は、2023 年 9 月 4 日に日本海さけ・ます増殖事業協会の協力で、北海道日本海側の千歳川由来の卵から得た。

冷却水循環装置で水温を 8°C に調整した 4 本の恒温水槽内に、人工海水を満たしたガラス水槽 (45×30×32 cm) をそれぞれ 3 本設置した。ガラス水槽には外部濾過装置を備えた閉鎖循環系を構築した。平均体重約 1.5 g まで育てた稚魚を麻酔して尾叉長と体重を測定し、麻酔から回復後に 30 尾ずつ各ガラス水槽に収容した。収容したサケ稚魚を 3 日間の水温調整期間を含めて 10 日間飼育した。1 回目の試験では水温を段階的に調整し 3°C、8°C、14°C、20°C に調整した。2 回目の試験では同様に水温を 5°C、11°C、17°C、23°C に調整し、合計 8 つの水温区を設定した。馴致期間中を含めて、海水飼育開始後のサケ稚魚には解凍アルテミアを与えた。それぞれの水温区で、飽食量給餌区、飽食量の 1/2 量の給餌区、1/4 量給餌区の 3 試験区を設定した。給餌は毎日 9 時と 16 時の 1 日 2 回とし、飽食区ではサケ稚魚の摂餌状況を見ながら摂餌しなくなるまで飽食量を与えた。給餌前後のアルテミア重量を測定し、その差をサケ稚魚の摂餌量とした。1/2 量給餌区と 1/4 量給餌区にはそれぞれの水温区の飽食量の 1/2 と 1/4 の量のアルテミアを給餌した。10 日間の飼育後に稚魚の尾叉長と体重を測定し、日間成長率を求めた。また、摂餌効率 (給餌量に対する増重量の比) を求めた。

##### 2. 海水移行後のサケ稚魚の水温と代謝特性の関係

2024 年 5 月に 2023 年 10 月 27 日採卵の千歳川由来のサケ稚魚 (平均尾叉長 51mm、平均体重 1.0g) を 8°C に調整した人工海水を満たした水槽 4 つに 30 尾ずつ収容した。4 水槽はそれぞれ水温 5°C 区、8°C 区、13°C 区、20°C 区に設定し、3 日間の馴致期間中に段階的に設定水温に調整した。収容したサケ稚魚には解凍したアルテミアを飽食量給餌した。

海水飼育 8 日目から各水温区から無作為にサケ稚魚を 3～4 個体を抽出し、代謝速度を測定した。代謝速度は一般に酸素消費速度の計測で求められる (阿部 2022)。酸素消費速度は Blazka 型スイムトンネル呼吸計 (Loligo Systems 社、デンマーク) を用いて個体別に測定した。生命維持に必要な最小限の酸素消費速度である休止代謝速度 (RMR) と最大代謝速度 (MMR) を測定し、その差である絶対有酸素代謝余地 (AAS) を求め、水温との関係を検討した。

##### 3. 魚油添加飼料の給餌が海水移行後のサケ稚魚の成長率に与える影響

2024 年に 2 回の試験を行った。1 回目の試験では、体重約 0.8 g の北海道千歳川由来のサケ稚魚を 3 群に分け、配合飼料群、配合飼料に魚油を重量比 5 % 添加した飼料を与えた群 (FO5 %)、魚油 10 % 添加飼料を給餌した群 (FO10 %) を設定し、14 日間給餌飼育した。

給餌率は収容した稚魚重量の4%とした。給餌飼育後、配合飼料群・FO5%群・FO10%群それぞれについて、鰭切除標識によって個体識別し尾叉長を測定したサケ稚魚20尾を3セットずつ用意した。標識した稚魚を水温8°Cの人工海水を満たした40Lガラス水槽に収容し、それぞれ解凍アルテミアを1日1回、飽食量を与える群（飽食区）、飽食量の1/2量を与える群（1/2量区）および1/4量を与える群（1/4量区）を設定した。14日間の海水飼育後に全ての稚魚の尾叉長を測定し、日間成長率を算出した。2回目の試験では、配合飼料群、FO10%群、サーモンリキッド2%添加飼料を給餌した群（SL2%）を用いて同様に海水移行後の日間成長率を明らかにした。海水移行後の給餌量区ごとにSteel-Dwass法で日間成長率の多重比較検定を行った。

### 【結果及び考察】

#### 1. 海水移行後のサケ稚魚の摂餌量と水温が成長に与える影響

水温と成長率の関係式から、飽食条件下で尾叉長の日間成長率が最も高くなる水温は16.6°C、体重では16.7°Cと推定された（図1）。低水温およびこれらの閾値を超えた高水温では成長率が急激に低下した。飽食量給餌区の摂餌効率も12.9°Cで最も高かった（図2）。海水移行後のサケ稚魚の最適成長水温は16°C、最適摂餌効率水温は13°Cとする既往の知見（Torao 2022）と近い結果が得られた。

給餌量を制限した試験区では、適水温範囲内であってもサケ稚魚の成長率は低かった。今後、最適な放流条件の探索には、水温とともに餌生物現存量の評価が重要と考える。

#### 2. 海水移行後のサケ稚魚の水温と代謝特性の関係

RMRは海水温の上昇とともに上昇した（図3）。一方、MMRは13°Cまでは上昇したが、20°Cでは頭打ちになった。MMRからRMRを差し引いたAASは、今回の4つの設定水温では13°Cで最大となった。

AASは魚類が日々の活動に費やすことができる有酸素代謝の容量と捉えることができ、実際にAASと遊泳能力や餌の消化能力には正の相関がみられている（阿部 2022）。今回得られたサケ稚魚のAASから見た最適水温は13°Cと考えられ、摂餌効率が最大となる水温と一致した。しかし、検体数が少ないので検体数を増やすとともに、水温範囲も広げて試験を行う必要がある。

#### 3. 魚油添加飼料の給餌が海水移行後のサケ稚魚の成長率に与える影響

実験1では、1/2量給餌区において対照群に比べてFO5%群、FO10%群の日間成長率は高く（図4）、FO5%群で有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。1/4量給餌区では、対照群に対してFO5%群、FO10%群ともに日間成長率は有意に高かった（ $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ ）。実験2では、1/4量給餌区において対照群に比べてFO10%群で有意に日間成長率が高かった（ $p < 0.01$ ）。海水移行後の給餌量が極めて少ない場合に、配合飼料群に比べて魚油添加群で成長率が高いことが示唆された。魚油添加量の違いによる成長率の違いは認められなかった。サーモンリキッド添加群では1/4量給餌区で配合飼料群に比べて平均成長率は高かったが、統計的な有意差は認められなかった。

淡水飼育時に配合飼料に5%以上の魚油を添加して給餌することで、放流後に極めて悪い餌条件下でサケ稚魚の成長が補償される可能性がある。しかし成長率の差は0.1mm/day程度と小さく、この成長差が生き残りに影響するかは不明である。

### 【引用文献】

阿部貴晃 2022, 異なる水温環境への魚類の代謝応答—サケ科魚類の温度適応を中心として—。日本生態学会誌, 72: 73–83.

Torao M. 2022, Effect of water temperature on the feed intake, growth, and feeding efficiency of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* after seawater transfer. *Aquaculture Science.*, 70: 97–106.

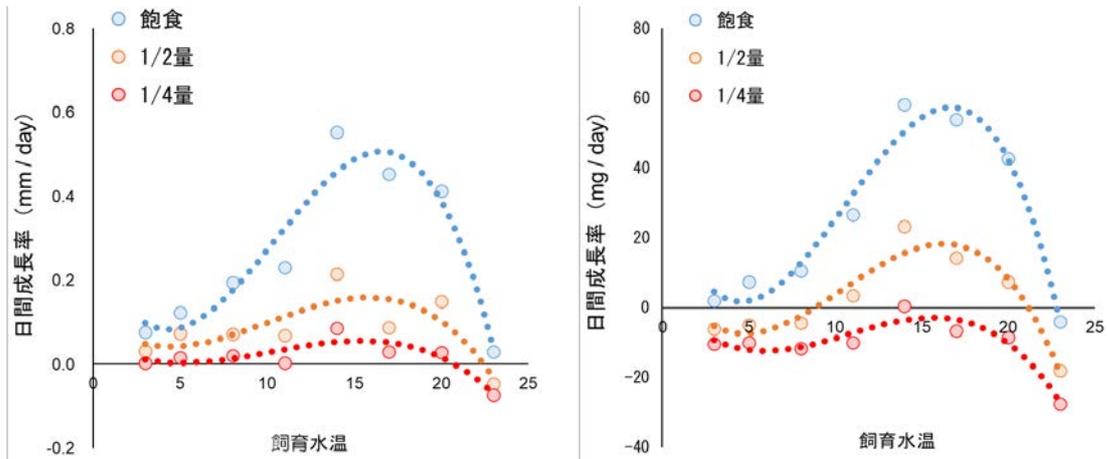


図1. 飼育水温と日間成長率（左：尾叉長，右：体重）の関係 青はアルテミア飽食量給餌区，橙は飽食量の1/2量給餌区，赤は1/4量給餌区を示す。

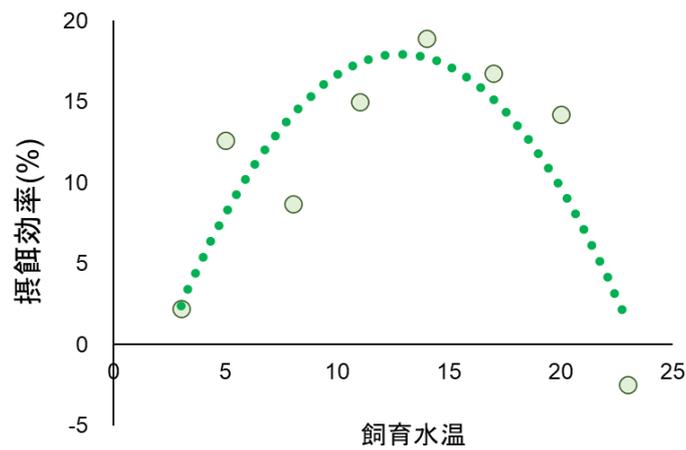


図2. アルテミア飽食給餌条件下での飼育水温とサケ稚魚の摂餌効率の関係

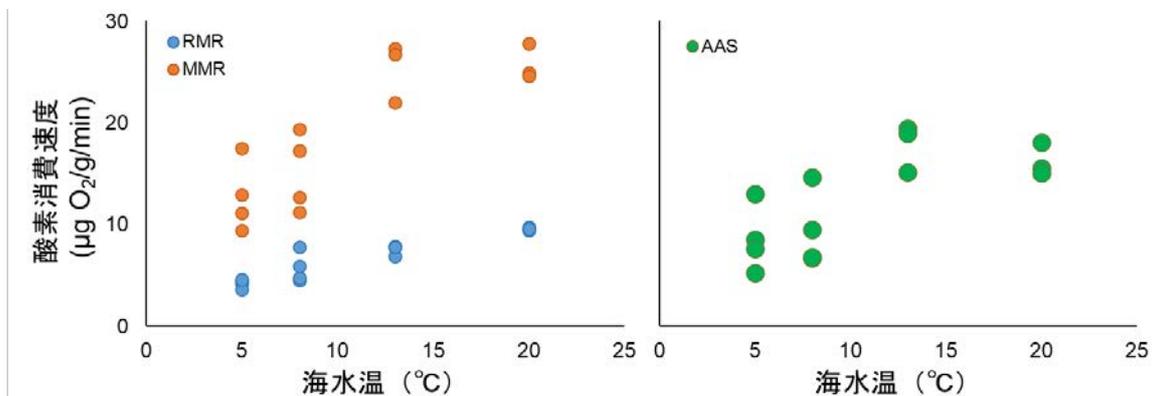


図3. 海水移行後サケ稚魚の水温別の休止代謝速度（RMR）と最大代謝速度（MMR）、および絶対有酸素代謝余地（AAS）

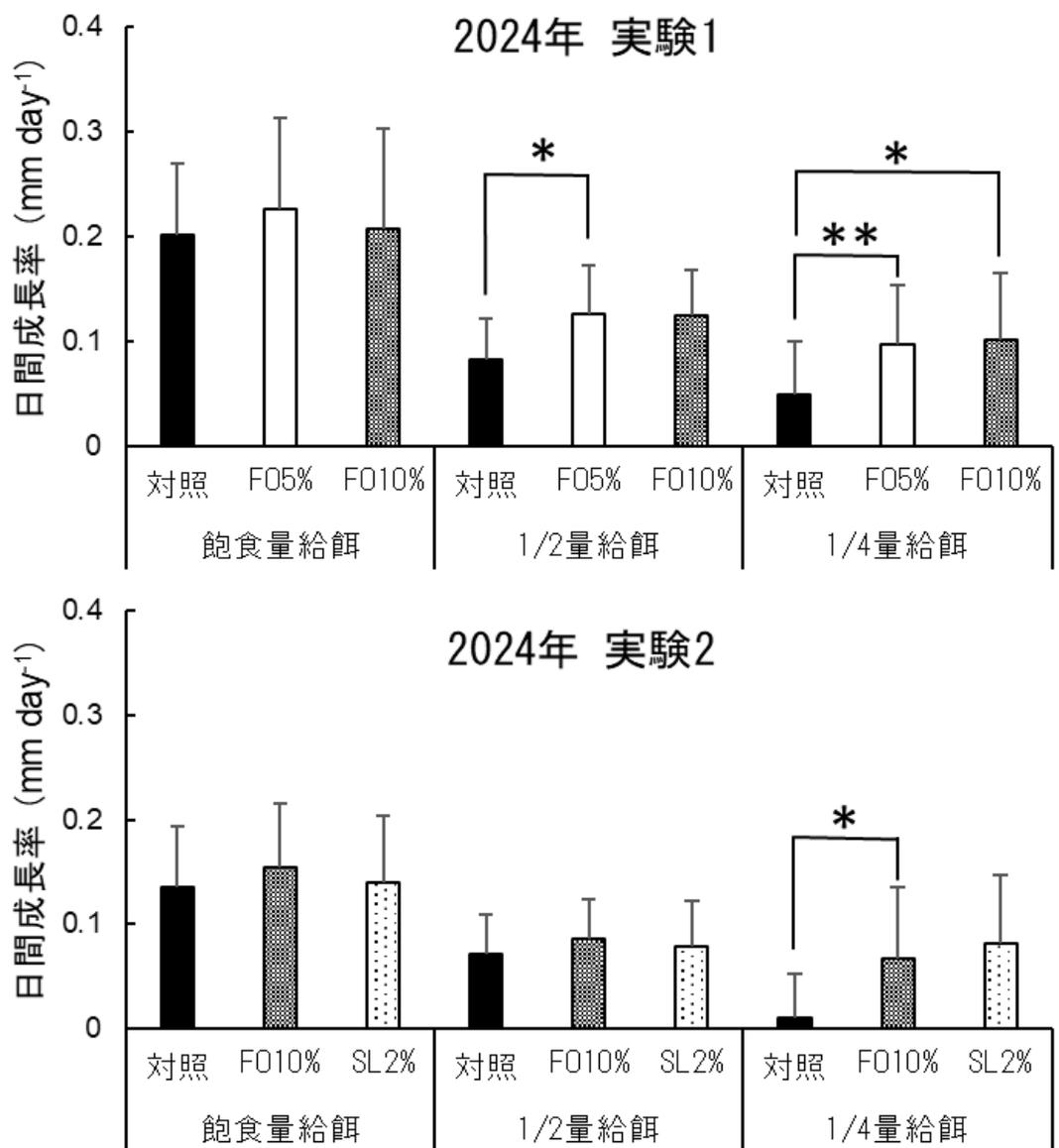


図4. 淡水飼育時に魚油添加飼料を給餌したサケ稚魚の海水移行後の異なる給餌量における成長率 \*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$ 。いずれも Steel-Dwass 法による多重比較検定

### 小課題 3) 海中飼育技術の活用によるサケ種苗の大型化及び実証のための放流

#### a) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 1:北海道

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 日田和宏

##### 実施機関及び担当者

十勝・釧路管内さけ・ます増殖事業協会：新出幸哉、二瓶健志、後藤隆史

日本海さけ・ます増殖事業協会：安藤孝雄、安藤雅規、佐藤献二郎

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部

技術課：日田和宏

根室事業所：中島歩

十勝事業所：福田勝也

千歳事業所：楠茂恵一

尻別事業所：羅津三則

##### 【目的】

えりも以東海区 (i) 及び北海道日本海区 (ii) において耳石標識サケ幼稚魚を海中飼育放流により大型化し、沿岸等における採集調査により追跡して、その後の成長、回遊などを従来サイズの海中飼育群と比較する。

##### 【方法】

- i. 令和 6 年級について、厚内漁港に設置した生簀で 1 ヶ月程度海中飼育を行い同時期に異なるサイズで放流し沿岸域において追跡するため、札内ふ化場にて大型放流群 (2.0 g 以上) 1,140 千粒、通常放流群 (2.0 g 以下) 1,140 千粒の発眼卵に耳石温度標識を施標した。大型放流群は札内ふ化場で仔稚魚管理し、放流尾数 1,000 千尾の生産を行った。通常放流群は更別第 1 ふ化場で仔稚魚管理し、放流尾数 1,000 千尾の生産を行った。
- ii. 令和 6 年級について、古平漁港に設置した生簀で大型化した稚魚と古平ふ化場で生産された稚魚を同時期に放流し沿岸域において追跡するため、古平漁港の海中飼育放流群 1,700 千粒と古平川からの自然放流群 1,700 千粒の発眼卵に京極ふ化場にて耳石温度標識を施標した。仔稚魚管理は古平ふ化場で行い、各放流尾数 1,500 千尾の生産を行った。

##### 【進捗状況】

○令和 6 年級耳石温度標識放流魚について

- i. 令和 6 年級、えりも以東海区、厚内漁港海中飼育の中止。

令和 6 年度は、全国的なサケ来遊不振の中、えりも以東地区の最終的な種卵確保数が、移入卵を含めても 114 百万粒となり、当初計画の 209 百万粒に対して種卵確保実績が 54 % と深刻な種卵不足の状況至った。

このことから、課題実施地区では来春の稚魚放流数が大幅に減少することが決定的であり、4 年後の漁業資源だけでなく、種卵確保にも大きく影響することが懸念される。

そのなかで、本課題を実行しても、海中飼育稚魚は回帰率の向上は期待されるが、基本的に河川に回帰そ上しないため、再生産親魚にはなりえないといった種卵確保に至る懸念が払拭できないことから、令和 6 年度の海中飼育試験を断念し、その分の種卵を主要増殖河川である十勝川の河川放流に充て、今後の種卵確保に繋げるのが最善策であると協議結果を導き出し、今年度は中止とした。なお、本内容は、令和 7 年 2 月開催の第 2 回検討行議会にて、全体周知を行った。

- ii. 余市川で捕獲したサケ親魚から令和 6 年 10 月 11 日に 1,177 千粒、令和 6 年 10 月 12 日に千歳川で捕獲した親魚から 523 千粒を採卵受精し、合計 1,700 千粒を海中飼育群として

種卵を確保した。令和6年10月28日に余市川で捕獲したサケ親魚から935千粒を採卵、受精し、同日に千歳川で捕獲したサケ親魚から765千粒を採卵、受精し、合計1,700千粒を自然放流群として、種卵を確保した。

確保した種卵は、京極ふ化場に收容し耳石温度標識を施した。耳石温度標識コードは、海中飼育群に2,2,1,4Hを古平ふ化場からの自然放流群に2-3,2Hの耳石標識コードを標識した。

耳石温度標識を確実に施すことを確認するため、標識中の水温変化をデータロガーで記録したところ、問題なく推移した(図1)。

施標後は両試験群とも古平ふ化場にて仔稚魚管理を行い試験群のうち、海中飼育群は3月上旬に古平漁港へ設置する海中生け簀へ移送後、2次飼育管理へ移行し、古平ふ化場から自然放流される群とともに4月上旬に放流予定である。

参考として、R6.本事業実施場所の古平ふ化場における、耳石温度標識卵歴や放流数予定時期を表1に、海中飼育実施場所及び北日本海地区における古平海中飼育実施場所を図2に、R5年度に実施したえりも以東海区における厚内海中飼育実施場所を図3に示す。

### 【結果】

○令和5年級耳石温度標識放流魚について

i. 十勝川で捕獲したサケ親魚から令和5年10月12日に1,207千粒を採卵、受精し、令和5年10月23日に1,150千粒、合計2,357千粒の種卵を確保。確保した種卵を検卵まで更別第1ふ化場にて、收容・管理を実施した。

検卵後の発眼卵2,169千粒を幕別ふ化場へ移し、海中飼育大型群放流群の耳石温度標識2,1-4Hを令和5年10月12日採卵群に、海中飼育通常放流群の耳石温度標識2,1,5Hを令和5年10月23日に標識した。

幕別ふ化場で耳石温度標識を施したのち、海中飼育大型放流群は札内ふ化場にて仔魚管理へ移行、海中飼育通常放流群は更別第1ふ化場にて仔魚管理へ移行し、2月下旬に飼育を開始した。

それぞれの施設にて飼育管理を行い、海中飼育大型放流群は令和6年4月9日に平均魚体重1.65gで、もう一方の海中飼育通常管理群は令和6年4月10日に平均魚体重1.25gで厚内漁港へ設置した2基の生簀にて別々に二次飼育管理へ移行した。

その後、22日ほど二次飼育管理を実施し、令和6年5月2日に両群放流を実施した。結果、海中飼育大型放流群は、平均魚体重2.07g、1,056千尾、海中飼育通常放流群は平均魚体重1.93g、1,064千尾、合計2,120千尾を放流し、試験目的である大型放流と通常の差を設けた放流結果となり、試験を終了した。

ii. 余市川で捕獲したサケ親魚から令和5年10月12日に1,659千粒、令和5年10月25日に1,700千粒を採卵、受精し、合計3,359千粒を京極ふ化場に收容した。

10月12日採卵群は海中飼育群として2,2,1,4Hを施標し、10月25日採卵群は古平ふ化場からの自然放流群として2-3,2Hの耳石標識コードを京極ふ化場にて施標後、両試験群とも古平ふ化場にて仔・稚魚管理を実施した。

試験群のうち、海中飼育群及び自然放流群は、令和6年2月24日に古平ふ化場にてふ上平均魚体重0.38gから飼育管理を古平ふ化場で開始した。

令和6年3月12日に平均魚体重1.28gで古平ふ化場から古平漁港に設置した海中生け簀へ移送し二次飼育管理へ移行し、自然放流群は、継続して古平ふ化場で管理した。

両試験群の放流について、令和6年4月1日に海中飼育群は、平均魚体重1.53g、1,485千尾を放流した。自然放流群は、同日に1.16g、1,537千尾を放流し試験を終了した。

令和5年級の調査場所、i及びiiの試験における耳石温度標識放流魚の卵歴や放流数、サ

イズ等の結果を表 2 に示す。

海中飼育生け簀に設置した水温計から、試験期間中の水温変化を昨年度との比較対比を併せたグラフを作成し、えりも以東海区分として図 4 に北日本海区分として図 5 に示した。

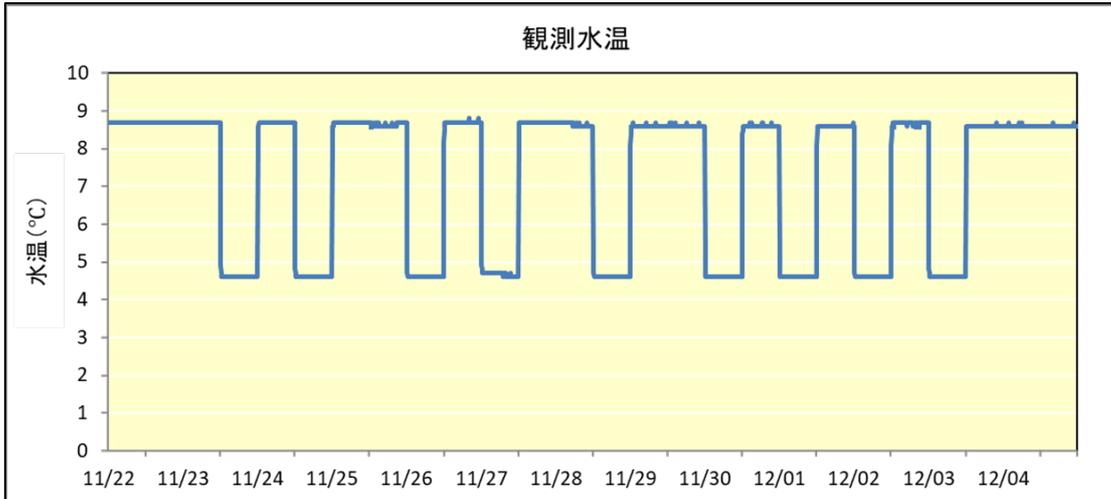
その中で、えりも以東海区では、海中飼育期間中の平均水温が 1.7℃高く推移した（令和 4 年級 2023/4/12～2023/5/1 平均水温 5.7℃）（令和 5 年級 2024/4/09～2024/5/02 平均水温 6.0℃）。北日本海区では、えりも以東海区とは異なり、2.1℃低く推移した（令和 4 年級 2022/3/14～2022/4/4 平均水温 7.9℃）（令和 5 年級 2023/3/12～2023/4/1 平均水温 5.7℃）。

ふ化場から海中飼育へ移行後の平均魚体重と海中飼育実施期間から放流までの体重推移のグラフを昨年度の比較対比と併せたグラフを作成し、えりも以東海区 厚内漁港管理群を図 6 に、北日本海区 古平漁港海中飼育群を図 7 に自然放流群を図 8 へ示す。

#### 【考察】

放流サイズの結果から、目的の海中飼育による大型化を図ることができ、令和 6 年度、春季沿岸域幼稚魚調査で採捕された際には、経路や成長度合等の把握に関する情報が得られ、課題イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査にて結果へ反映されると考える。

試験区分 1：海中飼育放流群 (2,2,1,4H)



試験区分 2：自然放流群 (2-3,2H)

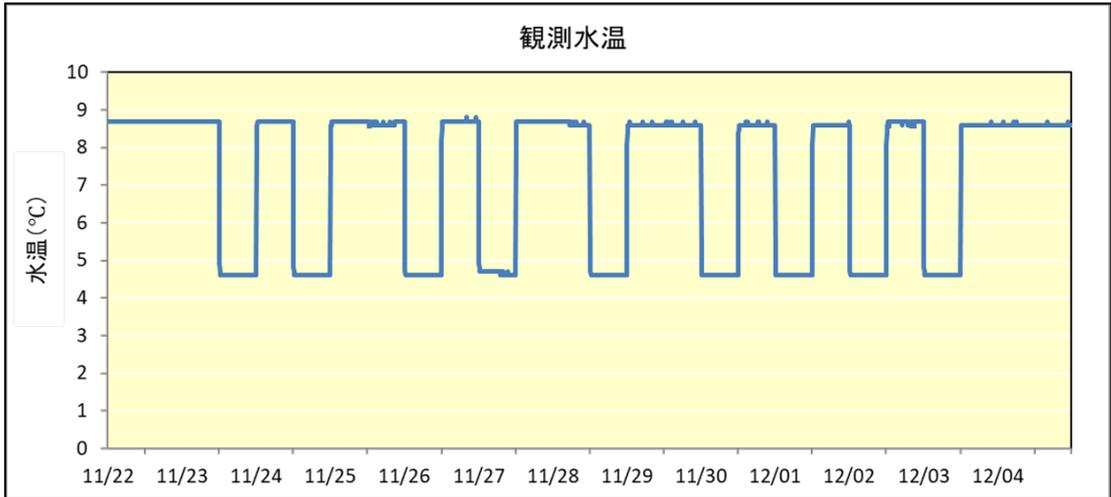


図 1. 令和 6 年級に対する耳石温度標識施標時の水温変化（京極ふ化場）  
 試験区分 1：海中飼育放流群、試験区分 2：自然放流群  
 標識方法：原水を基点に 2°C 上げ 2°C 下げ



図 2. 令和 6 年度の古平漁港海中飼育実施位置



図 3. 令和 5 年度の厚内漁港海中飼育実施位置

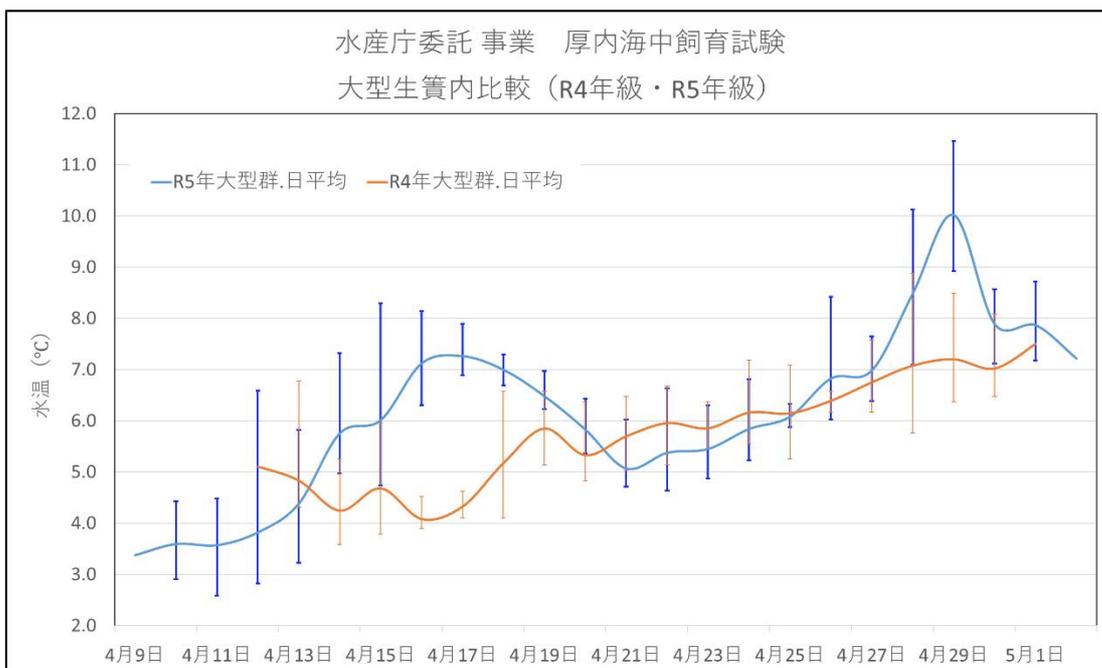


図 4. えりも以東海区 厚内海中飼育期間中の平均水温 (R4 年級と R5 年級の比較) エラーバーは最大値と最小値を示す。

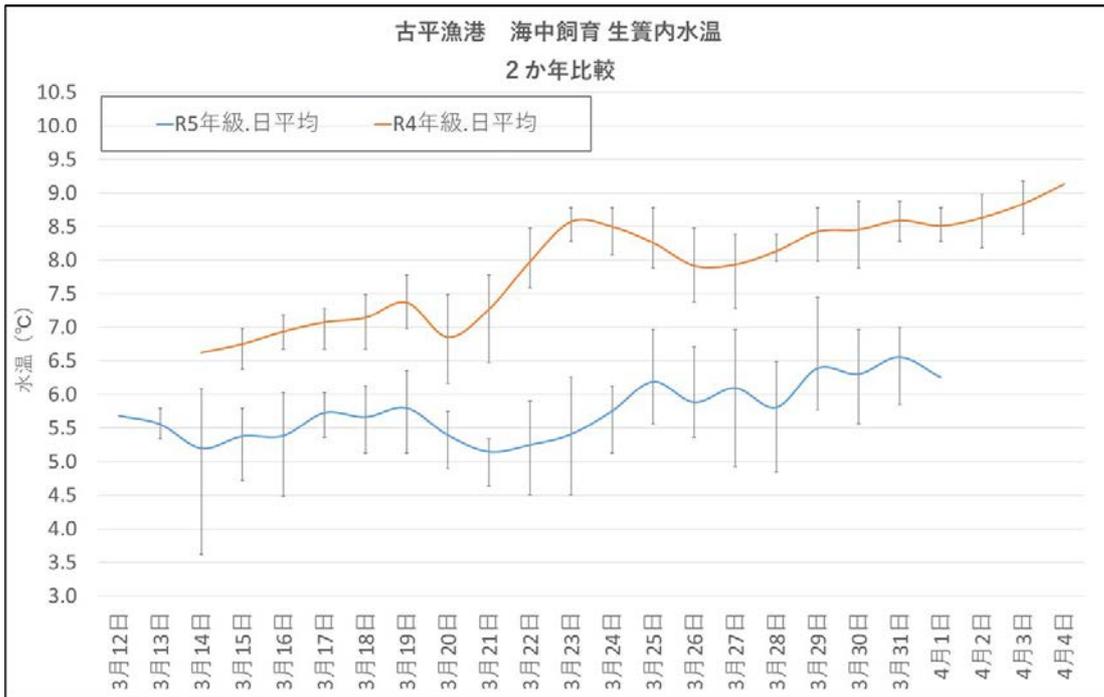


図 5. 北日本海区 古平海中飼育期間中の平均水温 (R4 年級と R5 年級の比較) エラーバーは最大値と最小値を示す。

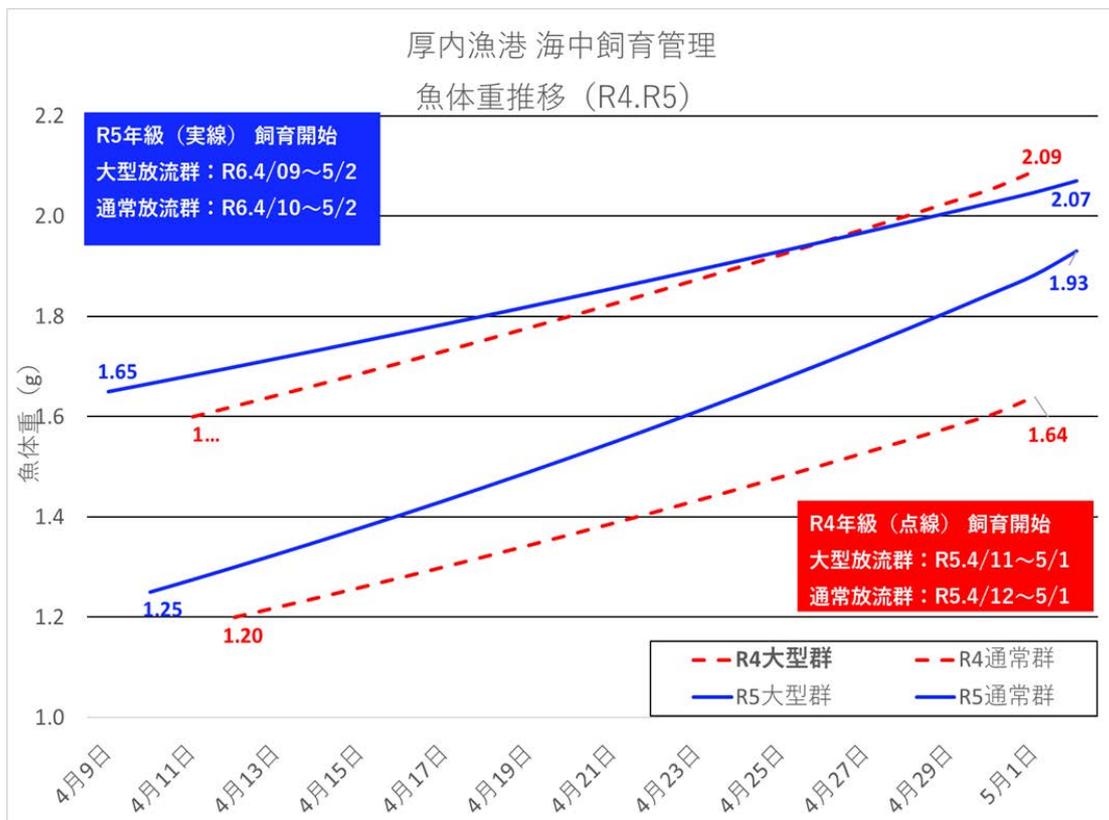


図 6. えりも以東海区 厚内漁港海中飼育群 R4 年級と R5 年級の比較

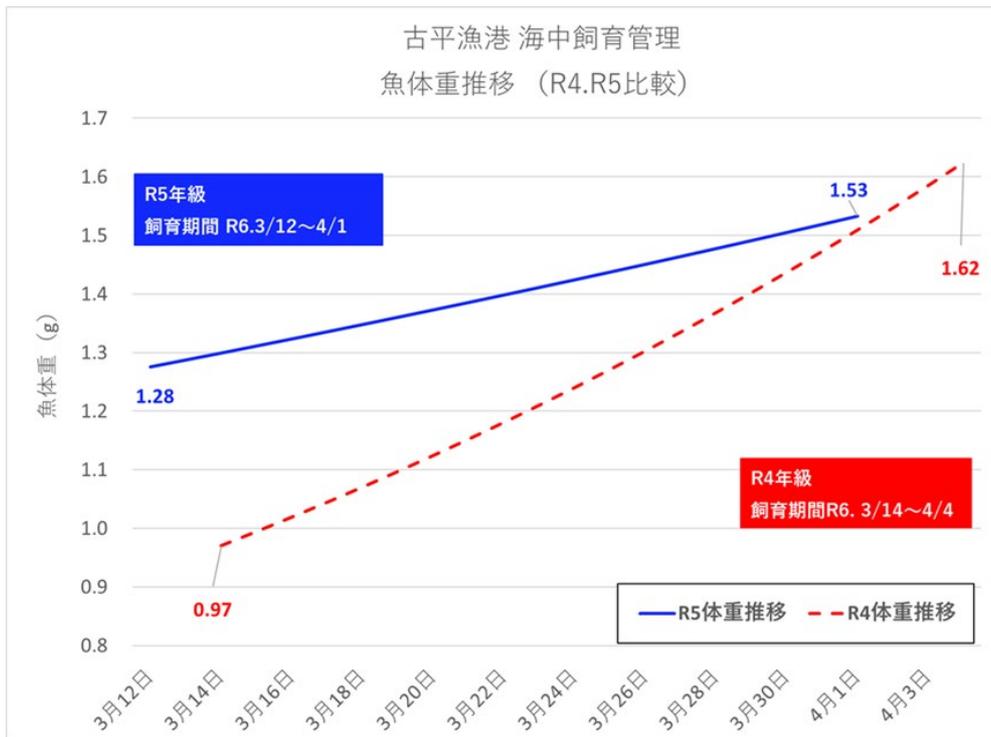


図 7. 北日本海海区 古平漁港海中飼育群 R4年級とR5年級の比較

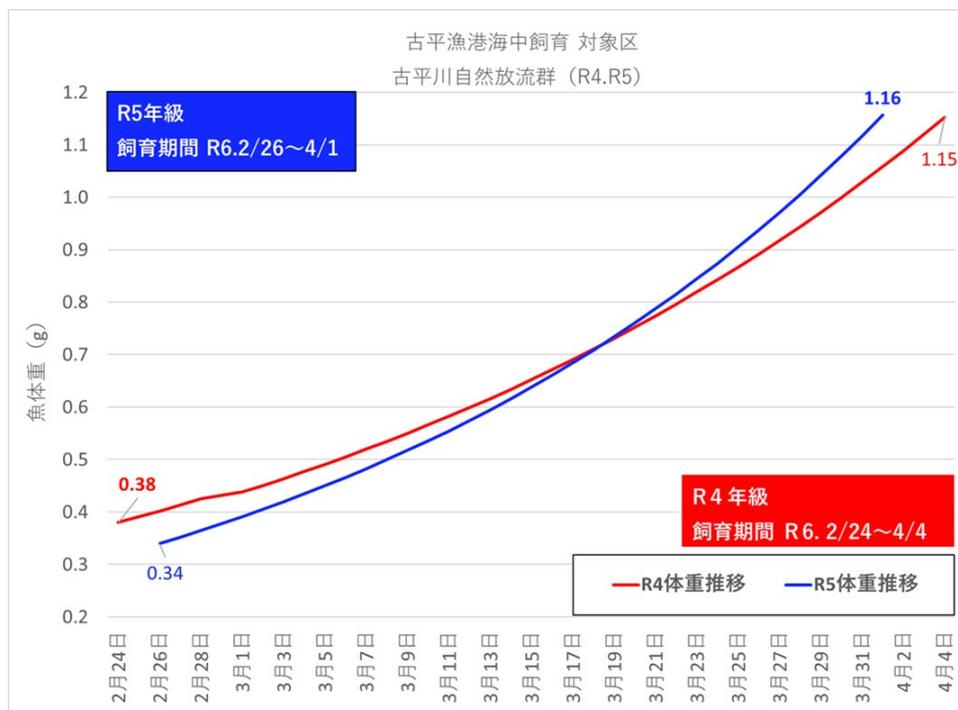


図 8. 北日本海海区 古平ふ化場自然放流群 (対象群) R4年級とR5年級の比較

表 1. 令和 6 年級 古平ふ化場における耳石温度標識卵歴と放流数及び放流時期計画

標識施設	生産ふ化場	放流場所	標識区分	採卵月日	標識 発眼卵数	耳石温度 標識コード	放流 尾数(計画)	放流 月日(計画)
京極 ふ化場	古平	古平漁港	海中飼育群	R6.10.11 (余市)	1,127	2,2,1,4H	1,500	4月上旬
				R6.10.12 (千歳)	492			
				計 1,619				
		古平川	自然放流群	R6.10.28 (余市)	893	2-3,2H	1,500	4月上旬
				R6.10.28 (千歳)	719			
				計 1,612				
総計					3,231		3,000	

表 2. 令和 5 年級 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 放流結果

標識施設	生産ふ化場	放流場所	標識区分	採卵月日	標識 発眼卵数	耳石温度 標識コード	放流尾数/ サイズ	放流 月日
幕別 ふ化場	更別第1	厚内漁港	海中飼育 大型放流群	R5.10.12	1,056千粒	2,1-4H	1,056千尾 2.07g	R5.5.2
			海中飼育 通常放流群	R5.10.23	1,074千粒	2,1,5H	1,064千尾 1.93g	
			総計 2,130千粒					
標識施設	生産ふ化場	放流場所	標識区分	採卵月日	標識 発眼卵数	耳石温度 標識コード	放流 尾数(計画)	放流 月日(計画)
京極 ふ化場	古平	古平漁港	海中飼育群	R5.10.12	1,542千粒	2,2,1,4H	1,485千尾 1.58g	R5.4.1
				R5.10.25	1,586千粒	2-3,2H	1,537千尾 1.00g	
		総計 3,128千粒						

## b) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 2: 本州太平洋

執筆者：岩手県水産技術センター 清水勇一

### 実施機関及び担当者

岩手県水産技術センター：清水勇一、岡部聖、太田倫太郎

北海道大学大学院水産科学研究院：向井 徹、長谷川浩平、闊乃肇

北里大学：笠井宏朗、清水恵子

水産研究・教育機構 水産技術研究所 水産工学部：澤田浩一、福田美亮、山本晋玄

### 【目的】

海中飼育を活用した種苗の大型化に資するための技術を開発する。

### 【方法】

岩手県の山田湾を試験実施海域とした。海中飼育施設は、織笠川河口から 300 m の位置にあるタテ 10 m × ヨコ 10 m の生簀 2 基を使用した。サケ稚魚は 1.0 g 程度に到達した時点で海中生簀内へと移送し、成長により大型化する過程で大目合への切り替えを行う大目網群と、目合を変えずに飼育する通常群の 2 群を設定し、個別の耳石温度標識を施標した。大目網群の生簀網は 2 段構造とし、側面 4 面において通常網（網目 26 節）と大目網（網目 16 節）を連結した。稚魚投入時は通常網（4 m）とし、体重が 2 g に到達した時点で生簀枠に結わえておいた大目網部分（2 m）を海中に落網した。また、給餌については、給餌率表の基準の 1.25 倍の量を、AI 自動給餌機（餌ロボ、パシフィックソフトウェア株式会社製）を用いることにより、魚の行動に合わせた給餌を試みた。AI 自動給餌機は、魚群の分布密度と活動量の変化から「食欲レベル」を 0～10 の 11 段階に評価し、モニタリングするシステムとなっている。給餌時間は、2 月 23 日から 4 月 4 日までは 9:00、11:00、13:00、15:00 の 4 回で一回当たり 30～60 分、4 月 5 日から 4 月 15 日は 9:00 から 17:00 まで連続と設定した。飼育は、各試験群 40 万尾とし、令和 6 年 2 月 22 日から同年 4 月 15 日まで実施し、3 月 22 日に大目網部分を落網した。

試験中は、概ね 1 週間毎に 50 尾をサンプリングし、尾叉長、体重を測定した。放流時に 50 尾をサンプリングし、得られた稚魚の尾叉長及び体重を測定するとともに耳石を取り出して、既往のとおりの周輪紋解析により日別の尾叉長及び成長速度を推定した。また、ア-1)-a)の大規模実証試験施設における飼育試験と同様の方法で、海中生簀収容前（2 月 19 日）および放流前（4 月 15 日）に瞬間遊泳力と持続遊泳力を測定した。さらに、1 週間毎に稚魚 20 尾を海中生簀から採集し、北里大学の海水飼育施設で一晩絶食させた後、魚体を凍結保存した。適宜、魚体を解凍した後、胴体と消化管について、ア-1)-a)と同様の方法で、各部位のトリグリセリド（TG）量を測定した。

大目網からのサケ稚魚の逃避については、音響プロファイラー（AZFP、周波数 125、200、455、769 kHz）により前年度と同様に密度解析を行った。さらに、光学カメラをステレオカメラとして、3 月 22、31 日、4 月 7、14 日の 4 日間撮影し、録画データをもとに前年同様に逃避個体の体長を推定した。

### 【結果及び考察】

AI 自動給餌機による給餌は、どの食欲レベルでも一定量を一定時間給餌する傾向が見られた。また、1 日に 4 回給餌した 2 月 23 日から 4 月 4 日までは、給餌時間に各食欲レベルの頻度が上昇したが、9 時から 17 時まで連続給餌した場合、大目網群の AI 自動給餌機は 8～10 の高い食欲レベルで 9 時から 10 時の朝間の割合が高く、通常群では、9～10 の食欲レベルで 11 時から 13 時の昼間の割合が高まった（図 1）。このことから、サケ稚魚は、餌が十分ある場合、朝間から昼間の食欲が最も増すと推定された。

大目網群と通常群の尾叉長は、10 日ごとのサンプリングデータでは放流時まで明確な差

は無かったが、放流時にサンプリングした個体の耳石日周輪紋からの推定では、常に大目網群が大きい傾向が見られた。特に、給餌時間を長くした4月5日以降、大目網群の成長速度が大きくなり、尾叉長の差が大きくなった(図2)。遊泳力は、海水移行前は両群の遊泳力に差はないものの、放流直前の時点では、大目網群の瞬間遊泳力、持続遊泳力ともに通常群に比べて有意( $t$ 検定、 $p < 0.05$ )に高まった(図3)。TG含有率は、両群とも差が認められず、胴体および消化管ともに緩やかに上昇して、これまで確認されていた海水移行後1ヶ月程度の低下が見られなかった(図4)。また、これまで同様消化管のTG含有率は胴体と比べて高かった。

大目網生簀に設置したプロファイラーの送受波器の方向が3月26日まで網の外側に向いていたため、最も密度が変化する大目網を落網した3月22日から3月26日までの密度変化をとらえることができなかった。3月27日以降の密度変化は、これまでと同様に日周変化を示した(図5)。また、4月1日の12時前後には残餌と思われるエコーが見られたことから、給餌効率を把握するためにも今後詳細な解析が必要である。

光学カメラにより、大目網からのサケの逃避は、切り替え直後の3月22日のみ観察された(図6)。サイズは、切り替え直前の実測尾叉長(平均69.1 mm)、最後まで残った個体の耳石から推定した尾叉長(平均65.2 mm)、光学カメラから推定した尾叉長(63.2 mm)の順に小さかったことから、大目網切り替え直後に小型魚が逃避したと考えられた(図7)。

以上より、AI自動給餌機により十分な給餌が行われたため、消化管を含む腹腔部位にエネルギーが蓄えられ、特に小型魚が抜けた大目網群の稚魚が大型に成長して、遊泳力が高まったと考えられた。今年度も、海中生簀の大目化による稚魚の成長促進と腹腔部位へのエネルギー蓄積量の増加、遊泳力強化が認められたが、逃避した稚魚は小型魚がわずかに確認されたのみであり、その具体的な要因が生簀容積の増加によるものかは、はっきりしなかった。また、AI自動給餌機により朝間から昼間の食欲レベルが上昇することが分かったが、一定量を給餌している現状はAI機能を十分に発揮しているとは言い難い。

令和6年度試験では、通常網も大目網と同様に2段構造として容積変化させ、給餌量を倍、削減率を50%、朝間の給餌量を増やす設定でAI学習を促進し、両試験区とも効率的に給餌させることで、大目網海中飼育の効果を検証していきたい。

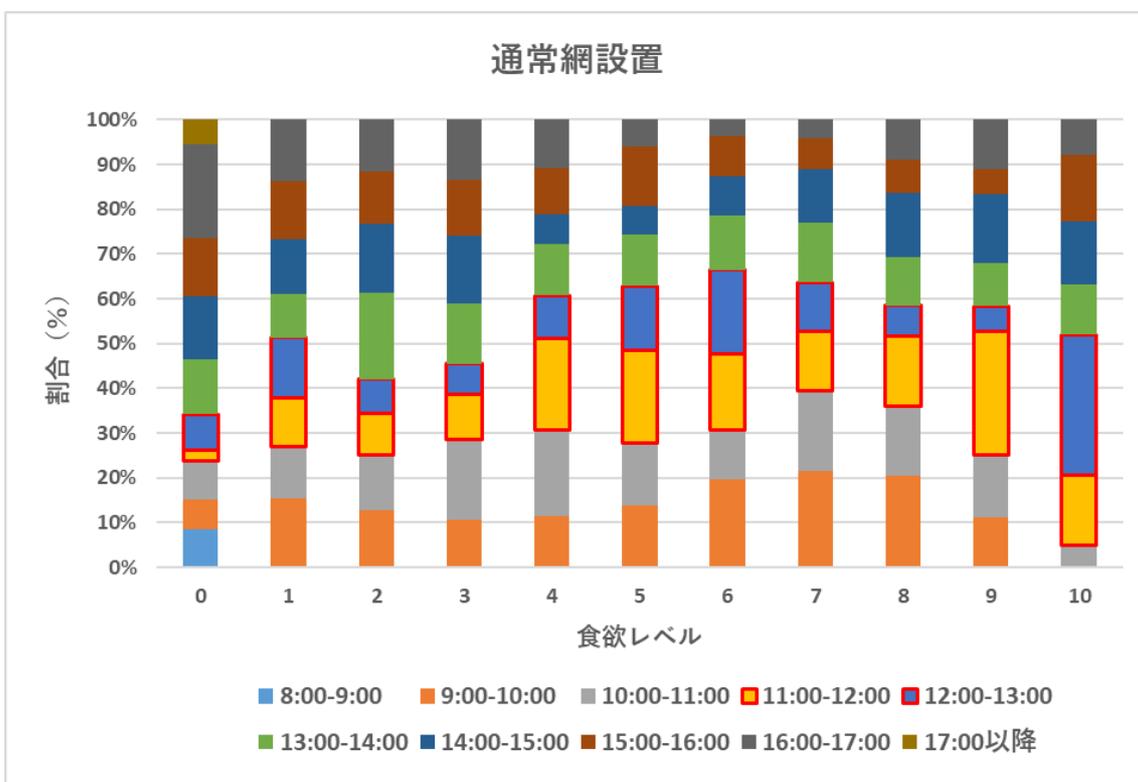
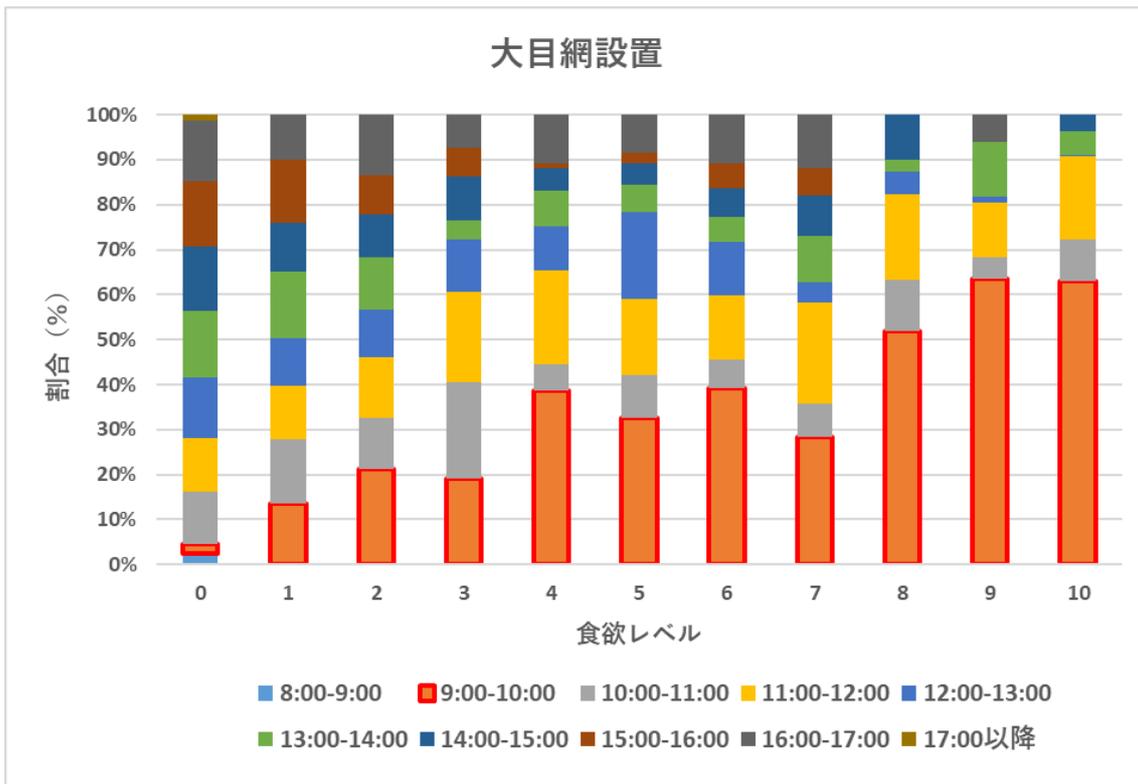


図1. 大目網群（上）と通常群（下）の海中生簀に設置した AI 自動給餌機による連続給餌時（4月5日以降）における時間別食欲レベルの割合

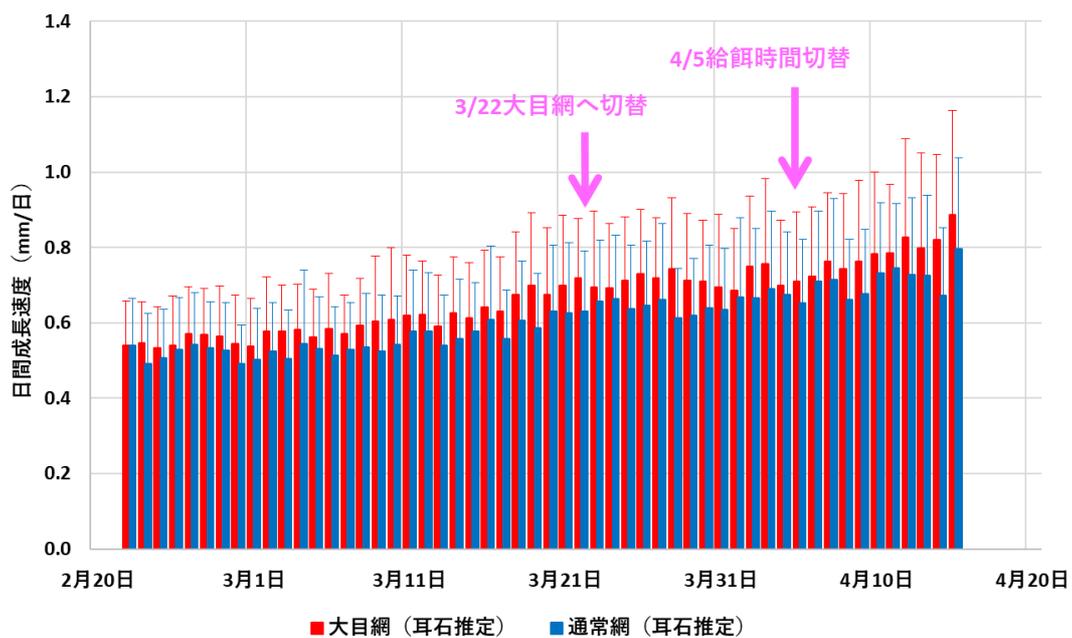
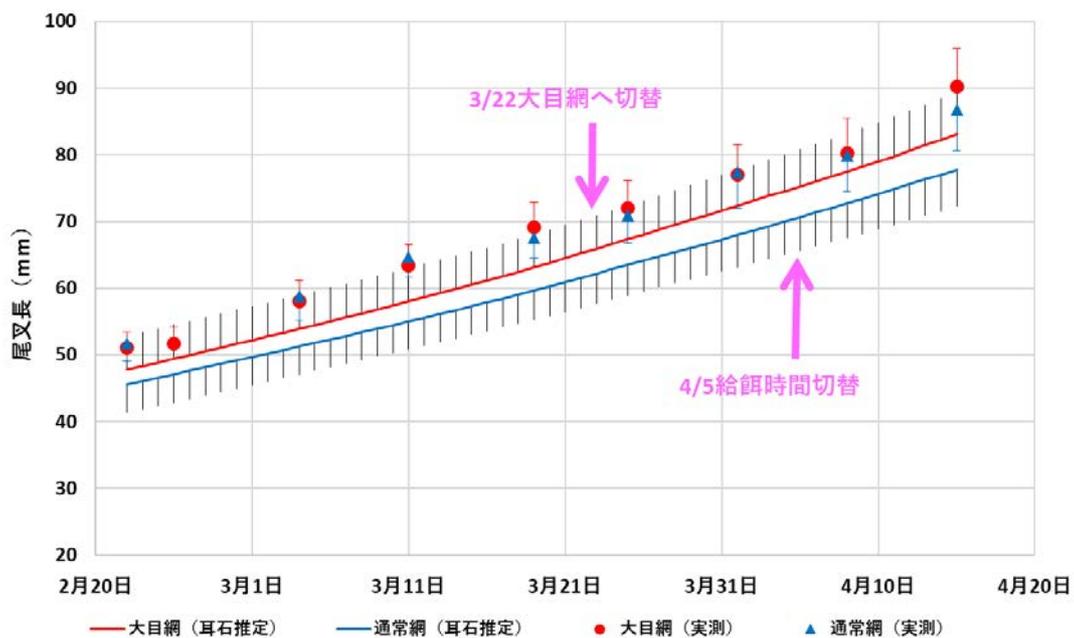


図2. 尾叉長 (上) と耳石日周輪紋から推定した日間成長速度 (下) の推移

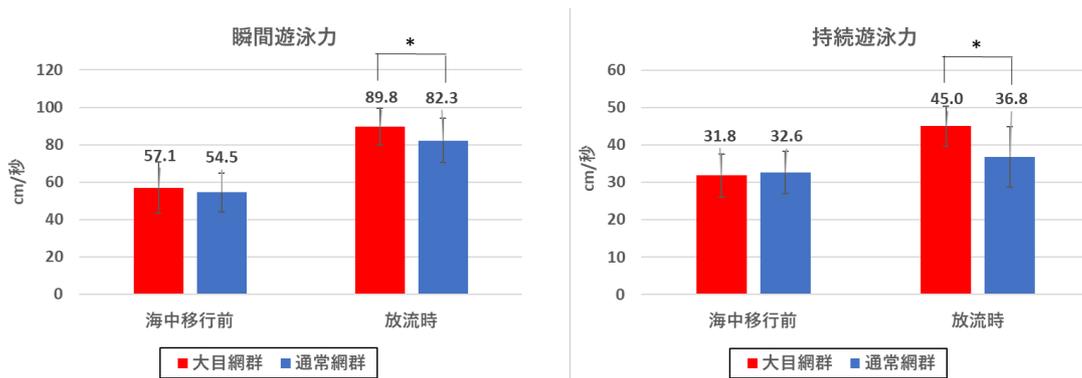


図3. 海水移行前と放流時の瞬間・持続遊泳力比較 (\* :  $t$  検定  $p < 0.05$ )

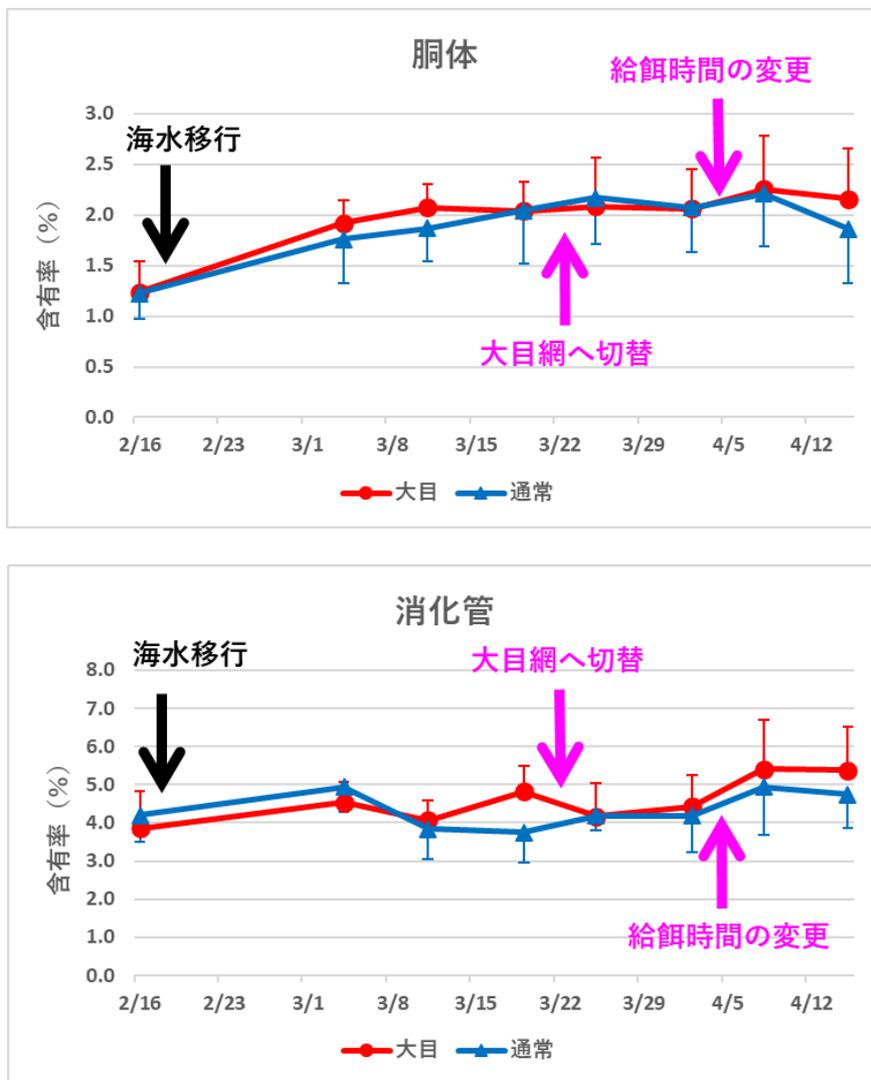


図4. 胴体（上）と消化管（下）のトリグリセリド含有率の推移

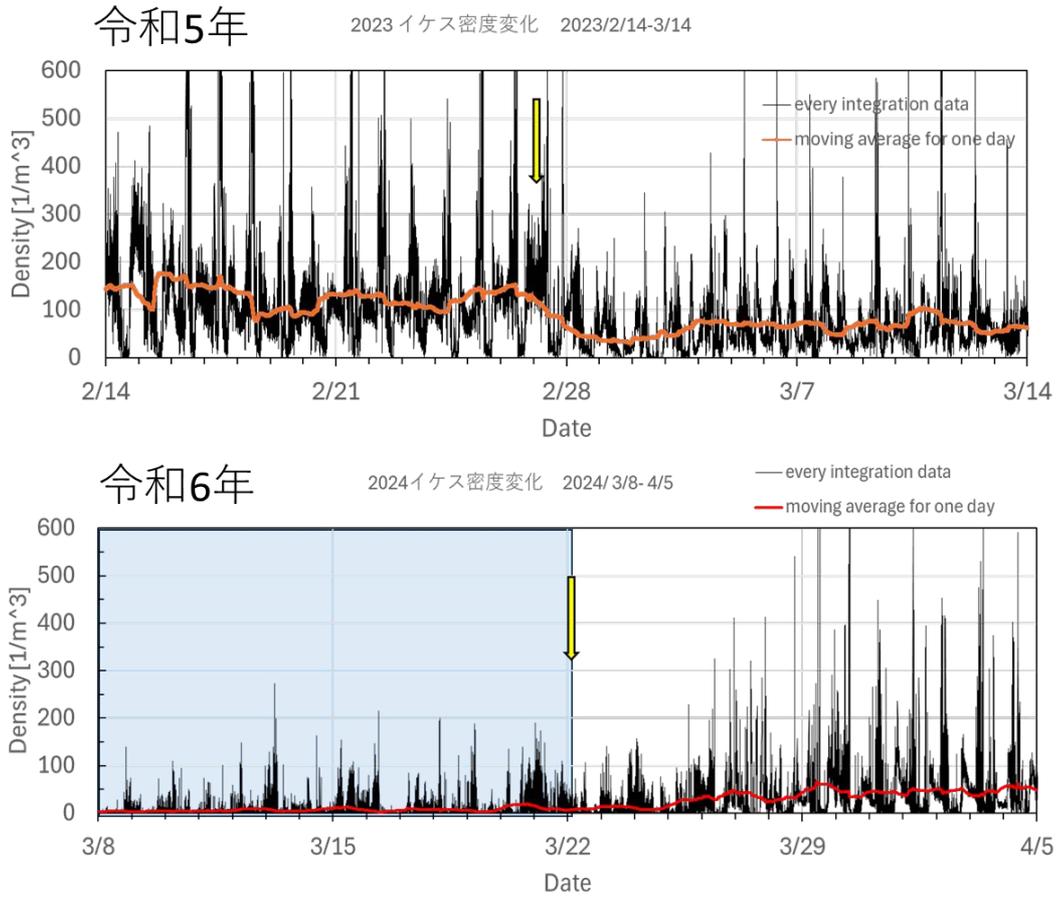


図 5. 大目網生簀内の平均魚群密度の変化 黄色の矢印は大目網を落網した日を示す。



図 6. 光学カメラにより捉えた大目網を抜ける稚魚（左）と網の外の魚群（右）

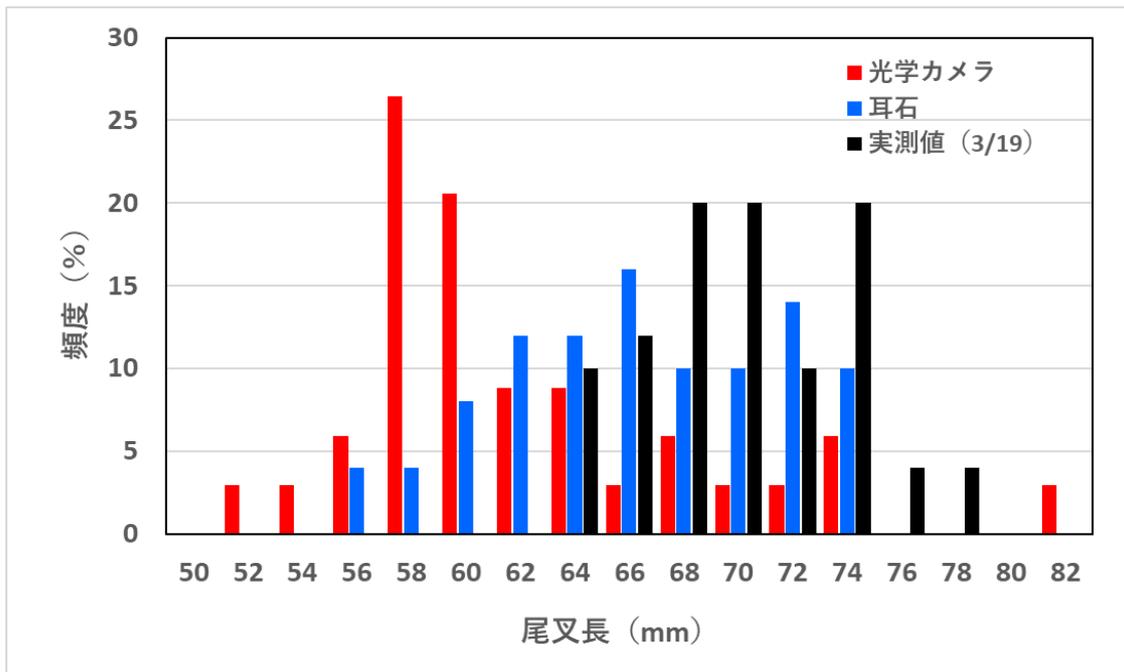


図7. 光学カメラ（赤）と耳石（青）から推定した3月22日時点の推定尾叉長および実測した尾叉長（黒、3月19日サンプリング）の頻度分布

## 小課題 4) 放流手法の開発ならびに適正化の効果検証

### a) 油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証

執筆者：北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 大森始

#### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 さけます資源部：下田和孝、大森始  
虎尾充、小亀友也

同 道東センター： 實吉隼人

渡島管内さけ・ます増殖事業協会： 柳元孝二、鈴木慎、中村昌睦

#### 【目的】

北海道におけるサケ来遊数は近年減少傾向にある。来遊数の変動には放流されたサケ稚魚の生残率が大きな影響を与えていると考えられている。放流後のサケ稚魚の生残率を高め、その後の回帰率を向上させるためには、サケ稚魚の種苗性を高めることが重要と考えられる。本試験では油脂添加した餌料をサケ稚魚に与え、栄養状態や遊泳力などの種苗性が向上するかどうか検討した。

#### 【方法】

えりも以西道南地区の河川において 2023 年に回帰した親魚から採卵、受精させた卵のうち 10 月 30 日から 11 月 10 日の採卵群を対照群、11 月 13 日から 16 日の採卵群を油脂添加群（以下、油脂群）として発眼卵期に耳石温度標識を施して 2 群に区別した。対照群の卵履歴は知内川産、油脂群は知内川産のほか茂辺地川産と戸切地川産の卵を用いた。標識コードは対照群を 2,3-2H、油脂群を 2-2,3H とした。知内ふ化場において対照群は 2024 年 2 月 11 日から 19 日、油脂群は 3 月 1 日から飼育し、油脂群には配合餌料に魚油を主体とするフィードオイルを給餌量の 3 % 添加して飼育した。飼育中は飼育池面積や注水量などの飼育条件が同一となるよう努めた。放流前に種苗性の指標と考えられる項目を測定した後、対照群は 3 月 25 日と 4 月 3 日、油脂群は 4 月 3 日に放流した（表 1）。

栄養状態は冷凍したサンプルの体長と体重を測定した後、対照群 19 尾、油脂群 28 尾の肝臓中のグリコーゲン含量と対照群 22 尾、油脂群 28 尾の筋肉中のトリグリセリド含量を市販のキットを用いて測定した。分析に使用した肝臓と筋肉の重量でそれぞれの含量を除いて組織重量当たりの含量を求めた。

遊泳力は大熊ほか（1998）に従い、スタミナトンネルを用いて各群 20 尾の瞬発遊泳速度を測定した後、体長と体重を測定した。

血液性状は高濃度海水への浸漬による負荷を与えた後の血中グルコース量を種苗性の指標とした。淡水、人工海水を用いて作成した塩分 33 と 42 の海水、各 20 L の計 3 区に各群 30 尾を投入した。24 時間後に生残した稚魚から 10 尾について体重を測定した後、尾柄部を切断して血液を採取し、簡易血糖測定器により血中グルコース量を測定した。

また、飢餓耐性を調べるため、4 月 5 日にサケ稚魚をさけます・内水面水産試験場（恵庭市）に輸送した。屋内に設置した 60 L 水槽に各群 110 尾ずつ収容し、給餌をせずに淡水のかけ流しで飼育を行い、斃死魚を計数した。

#### 【結果及び考察】

栄養状態の指標と考えられる肝臓中グリコーゲン含量の平均値と標準偏差は対照群が  $0.05 \pm 0.02$  %、油脂群が  $0.06 \pm 0.02$  % と油脂群の方が高く、筋肉中トリグリセリド含量では対照群が  $1.56 \pm 0.48$  %、油脂群が  $1.11 \pm 0.31$  % と対照群の方が有意に高い値を示した（*t* 検定、 $p < 0.05$ ）（図 1）。分析に使用したサケ稚魚は前日に餌止めしたサンプルだったが、知

内ふ化場の飼育水温が高いことから、代謝によって肝臓中のグリコーゲンは速やかに分解されたと考えられた。

遊泳力は瞬発遊泳速度の尾叉長比で示した。平均値と標準偏差は対照群が  $7.9 \pm 1.3$  FL/s、油脂群が  $7.7 \pm 1.3$  FL/s となり、有意な差は見られなかった（図 2）。

血液性状について生残した稚魚の平均血中グルコース量を測定した。平均値と標準偏差は対照群が淡水区  $55.0 \pm 7.3$  mg/dL、塩分 33 区  $56.1 \pm 9.5$  mg/dL、塩分 42 区  $66.8 \pm 18.8$  mg/dL、油脂群では順に  $69.4 \pm 14.2$  mg/dL、 $41.2 \pm 7.1$  mg/dL、 $76.2 \pm 33.1$  mg/dL を示し、淡水区と塩分 33 区で有意な差が見られた（図 3）。油脂群の塩分 42 区のみで 24 時間後に 3 尾の稚魚が斃死した。

飢餓耐性の試験では、対照群は最初の斃死が確認されたのは試験開始から 19 日目であったのに対し、油脂群は 7 日目であった。また、試験開始から半数斃死に至ったのは対照群は 33 日目、油脂群は 13 日目と油脂群の方が短かった（図 4）。

これまでに 2018～2020 年級のサケ稚魚にはハーブオイル、2021 年級以降のサケ稚魚にはフィードオイルを添加した餌料を与え種苗性が向上するかどうか検討してきた。2023 年級以外の年級では筋肉中トリグリセリド含量は対照群より油脂群の方が高い傾向があることから、栄養状態の向上のためには油脂添加の効果があるのかも知れない。

近年、知内川のサケ親魚の遡上が低調なことから、2024 年級から放流河川を戸切地川に変更する。戸切地川産単独での種卵確保はできなかったが、他河川からの移殖を受け 2025 年春に放流前の種苗性について調査する。

#### 【引用文献】

大熊一正ほか（1998）スタミナトンネルを用いて測定したサケ稚魚の突進速度．さけ・ます資源管理センター研究報告，1，45－48．

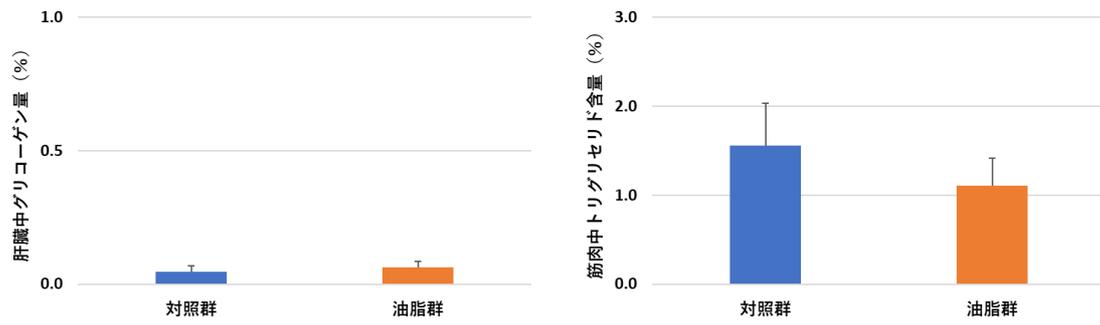


図 1. 放流前のサケ稚魚の栄養状態 (エラーバーは標準偏差)

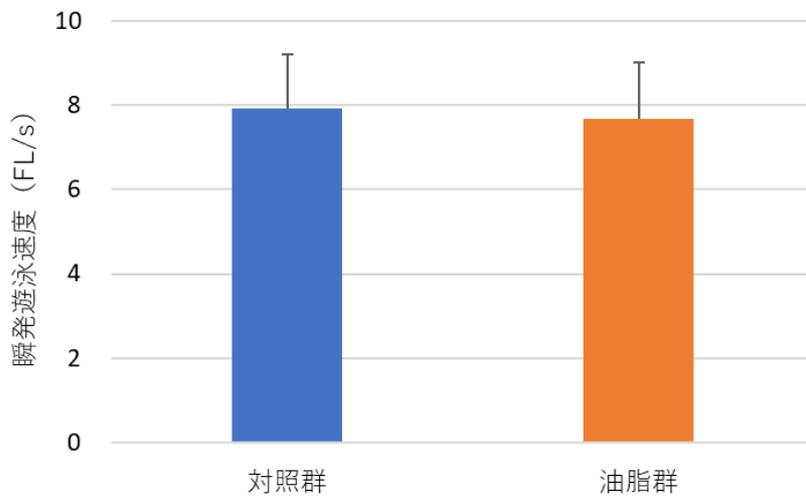


図 2. 体長当たりの瞬発遊泳速度 (エラーバーは標準偏差)

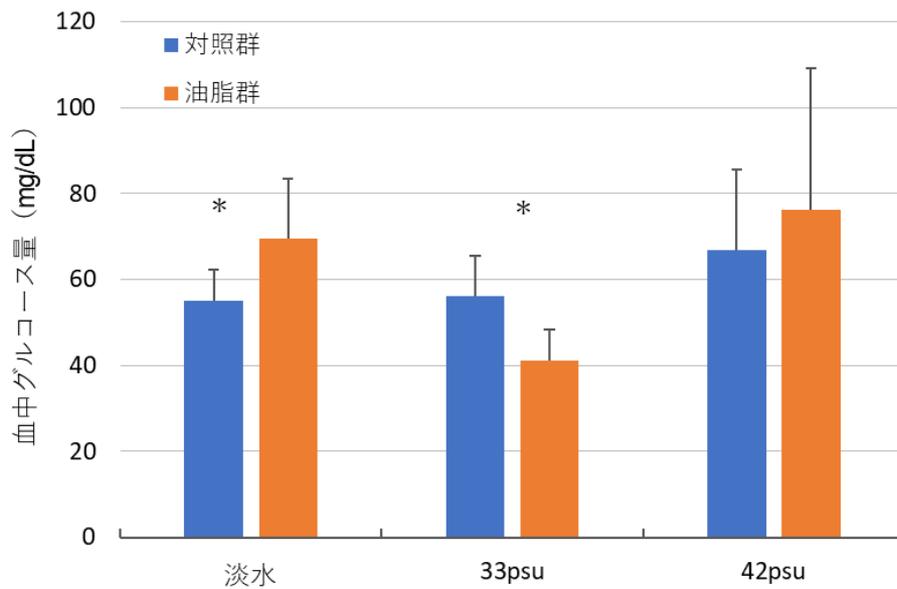


図 3. 高濃度海水試験後の血中グルコース量 (エラーバーは標準偏差)

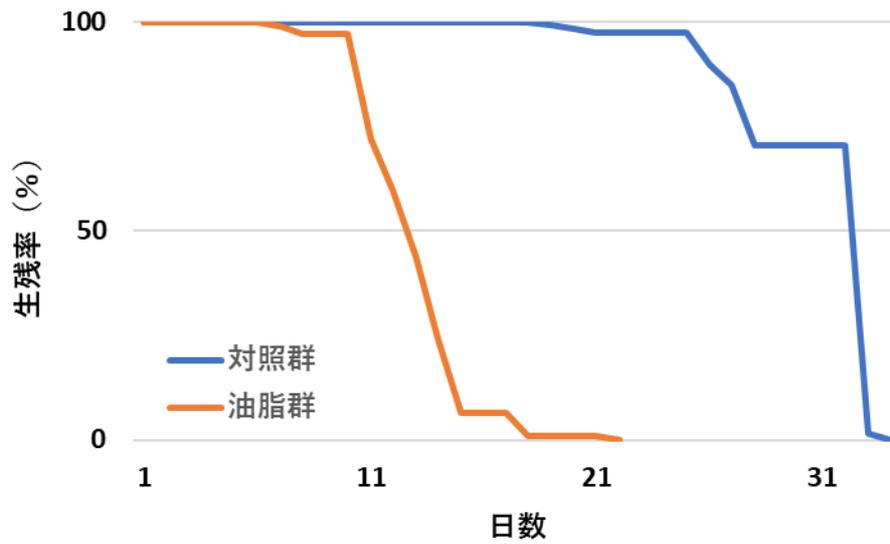


図 4. 飢餓耐性試験におけるサケ稚魚の生残率

表 1. 知内ふ化場におけるサケ稚魚の飼育概況

試験群	採卵月日	飼育開始	試験終了	添加期間 (日)	放流サイズ (g)	尾数 (千尾)	耳石標識
対照群	10/30~11/10	2/11~19	3/25~4/3		1.65~2.05	2,316	2,3-2H
油脂群	11/13~16	3/1	4/3	34	1.52	1,416	2-2,3H

## b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証

執筆者：北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 道東センター 實吉隼人

### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 道東センター：實吉隼人、刀祢和樹  
根室管内さけ・ます増殖事業協会： 蠣崎宏、平澤勝秋、田中恒彦、川村斗史亜、堀章、  
大野正喜、岩渕大昌

### 【目的】

稚魚の成長や生残に適した放流時期等を検証するため、根室海区において耳石標識サケ幼稚魚を放流し、採集調査により追跡する。

### 【方法】

根室南部地区の西別川において 2023（令和 5）年に回帰した親魚から採卵、受精させた卵に本別ふ化場において耳石温度標識を施し、4月上旬放流群と4月下旬放流群の2群に区別して管理し、魚体重 1 g 以上の稚魚各 1,500 千尾を生産して西別川に放流する。2024（令和 6 年）年級についても同様の放流試験を行うために本別ふ化場において発眼卵に耳石温度標識を施し、各群概ね 1,500 千尾の稚魚を生産する。

### 【結果及び考察】

2023 年級では、2023 年 9 月 26 日西別川採卵群を 4 月上旬放流群、10 月 17 日採卵群を 4 月下旬放流群として発眼卵期に西別川の本別ふ化場において耳石温度標識を施した。標識コードは 4 月上旬放流群を 2,3,5H、4 月下旬放流群を 2,9H とした。4 月上旬放流群は 1,670 千尾を生産し、2024 年 4 月 10 日に本別ふ化場より放流、4 月下旬放流群は 1,615 千尾を生産し、4 月 27 日に同様に放流した（表 1）。放流サイズは 4 月上旬放流群（2,3,5H）では尾叉長 49.0 mm、体重 1.04 g、4 月下旬放流群（2,9H）では尾叉長 51.0 mm、体重 1.22 g であった。西別川では 3 月上旬から 5 月上旬にかけて 2023 年級群のサケ稚魚 44,884 千尾を放流した。

2024 年級は 2024 年 9 月 27 日採卵群を 4 月上旬放流群、10 月 15 日および 17 日の採卵群を 4 月下旬放流群として、発眼卵期に西別川の本別ふ化場において耳石温度標識を施した。施標卵数と標識コードについては 4 月上旬放流群が 1,147 千粒で 2,3,5H、4 月下旬放流群が 1,284 千粒で 2,9H とした（表 2）。引き続き本別ふ化場で管理し、各群 1 g 程度での放流を予定している。

表 1. 2023 (R5) 年級の標識放流試験群の放流結果

年級	放流河川	放流旬	放流月日	放流数 (千尾)	体長 (mm)	体重 (g)	標識 コード	採卵月日	捕獲河川
2023 (R5)	西別	4月上旬	4月10日	1,670	49.0	1.0	2,3,5H	9月26日	西別
		4月下旬	4月27日	1,615	51.0	1.2	2,9H	10月17日	

表 2. 2024 (R6) 年級の標識放流試験群の生産状況

年級	放流河川	放流旬	施標卵数 (千粒)	標識 コード	採卵月日	捕獲河川
2024 (R6)	西別	4月上旬	1,147	2,3,5H	9月27日	西別
		4月下旬	1,284	2,9H	10月15・17日	

### c) 北海道東部における放流サイズや放流時期等の適正化の検討

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 平林幸弘

#### 実施機関及び担当者

十勝・釧路管内さけ・ます増殖事業協会：新出幸哉、林紀幸、後藤隆史、渡邊勝亮  
水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部

技術課：平林幸弘、日田和宏  
根室事業所：渡邊誠、中島歩  
鶴居事業所：小野ゆい

#### 【目的】

放流サイズや放流時期等の適正化の効果を検証するため、えりも以東海区において耳石標識サケ幼稚魚を放流し、採集調査により追跡する。

#### 【方法】

令和5年級については、釧路川における放流時期の違いによる放流効果を検証するため、芦別ふ化場から4月上旬と下旬に同サイズの耳石温度標識稚各1,000千尾の放流を行う(図1)。令和6年級については、釧路川における放流時期や放流サイズの違いによる回帰効果の検証を行うため、芦別ふ化場において4月上旬及び下旬に同サイズ放流する耳石温度標識稚魚各1,300千尾、鶴居事業所において同時期放流する大型サイズ及び通常サイズの耳石温度標識稚魚各1,200千尾を生産する。

#### 【結果及び考察】

(令和5年級の放流)

4月上旬放流群の種苗生産のため、釧路川で捕獲されたサケ親魚から令和5年9月11日に1,200千粒、4月下旬放流群も同河川のサケ親魚から令和5年10月2日に1,296千粒を採卵した。両群ともに芦別ふ化場に収容し、4月上旬放流群に2n,2n-2H、4月下旬放流群に2n-2n,2Hの耳石温度標識コードを施標した(図2)。標識後、仔魚管理及び稚魚飼育管理も芦別ふ化場にて行い、4月上旬放流群は4月1日に平均体重2.17gの稚魚を1,091千尾、4月下旬群は4月21日に平均体重2.39gの稚魚を1,205千尾、芦別ふ化場から釧路川支流鶴居芦別川へ自然放流した(表1)。両群の放流サイズは計画(2.0g)よりやや大型となった。なお、放流後に釧路川河口域において、毎旬(4月中旬～6月中旬)実施した曳網による稚魚採集において、4月15日に4月上旬放流群2尾、4月23日～5月2日に4月下旬放流群5尾が採集された。

(令和6年級の稚魚生産)

芦別ふ化場で生産する4月上旬放流群用に、釧路川で捕獲されたサケ親魚から令和6年9月20日～9月24日に1,550千粒、4月下旬放流群用に、同河川のサケ親魚から令和6年10月7日～10月11日に1,550千粒を採卵した。両群ともに芦別ふ化場に収容し、4月上旬放流群に2n,2n-2H、4月下旬放流群に2n-2n,2Hの耳石温度標識コードを施標した(図3)。両群とも芦別ふ化場にて仔稚魚管理を行い、それぞれの放流時期に放流サイズ2.0gの稚魚を放流する予定である。

鶴居事業所で生産する大型サイズ放流群用に釧路川で捕獲されたサケ親魚から令和6年9月13日に676千粒、通常サイズ放流群用に釧路川及び幌戸川で捕獲されたサケ親魚から令和6年9月13日～9月27日に600千粒を採卵した。当初は両群とも1,300千粒を計画していたが、回帰不振による親魚不足のため、規模は半数程度となった。両群ともに鶴居事業所に収容し、大型サイズ放流群に2,11H、通常サイズ放流群に2,3-4Hの耳石温度標識コードを施標した。両群とも鶴居事業所にて仔稚魚管理を行い、4月中旬にそれぞれの放流サイズの稚魚を600-500千尾放流する見込みである。

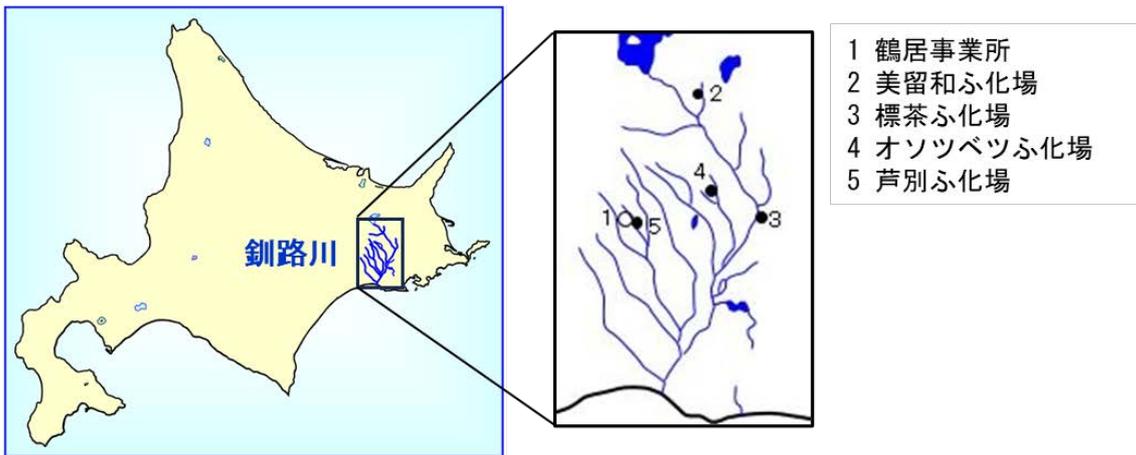


図 1. 釧路川と芦別ふ化場、鶴居事業所の位置

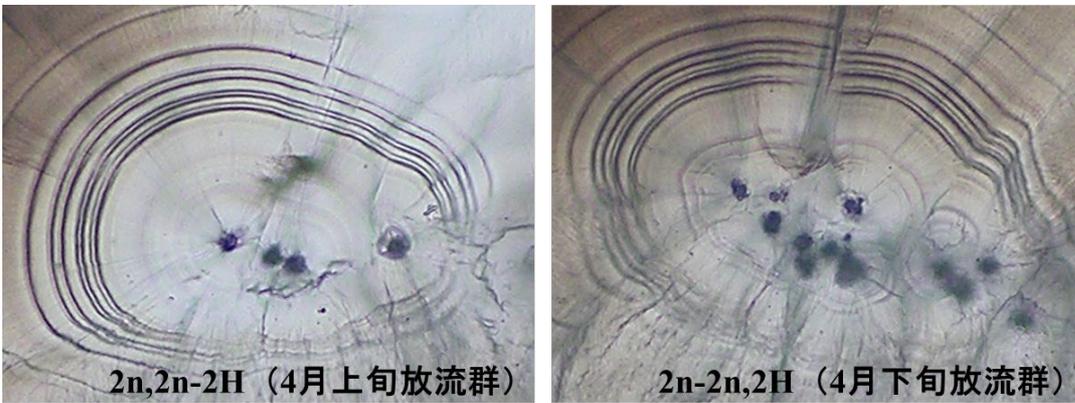


図 2. 令和 5 年級の 4 月上旬放流群と 4 月下旬放流群の耳石温度標識画像

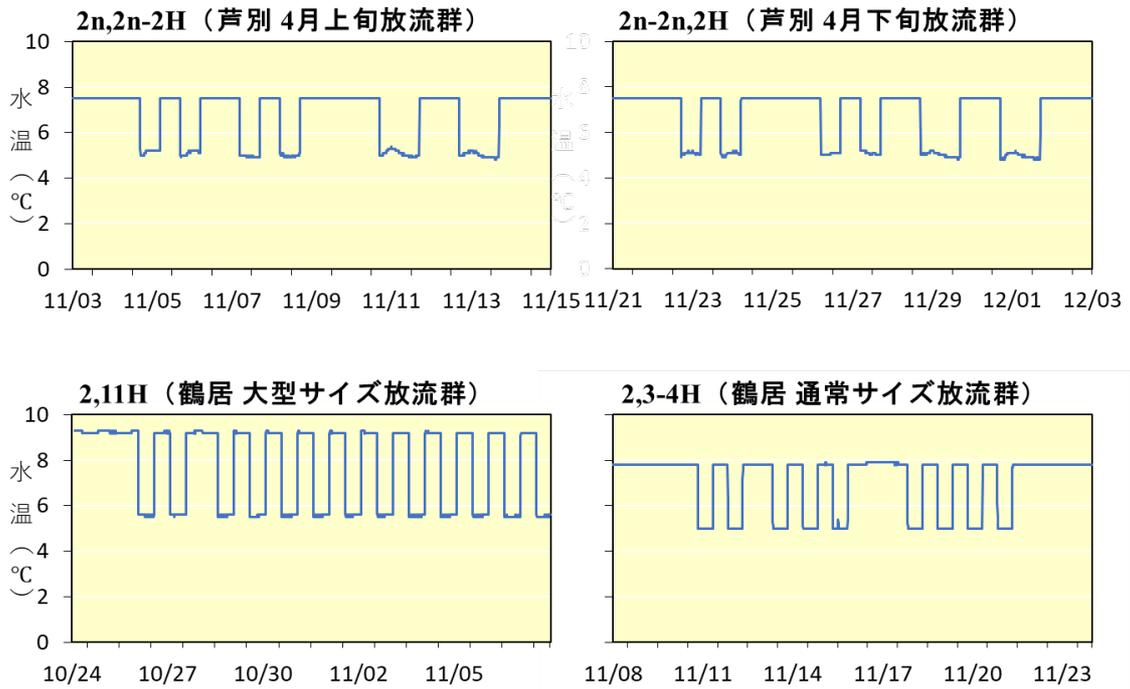


図3. 令和6年級耳石温度標識放流群の標識施標期間の水温度変化

表1. 芦別ふ化場耳石温度標識稚魚の放流結果（令和5年級）

標識群	採卵日	採卵数 (千粒)	捕獲水系 (捕獲場)	標識 ふ化場	標識 コード	放流日	放流数 (千尾)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
4月上旬放流群	9/11	1,200	釧路川(芦別)	芦別	2n,2n-2H	4/1	1,091	6.2	2.17
4月下旬放流群	10/2	1,296	釧路川(芦別)	芦別	2n-2n,2H	4/21	1,205	6.5	2.39

#### d) 東北日本海における放流サイズや放流時期等の適正化の検討

執筆者：山形県内水面水産研究所 齋藤哲

##### 実施機関及び担当者

山形県内水面水産研究所 内水面水産振興部：齋藤哲

##### 【目的】

近年の地球温暖化によりサケにとって不適な沿岸海水温の変化が進行していることから、放流後の河川や沿岸での減耗を軽減するための技術として種苗の大型化に期待が集まっている。しかし、種苗の大型化は施設の拡張を伴わなければ放流数の減少、飼育経費の増大につながるため、種苗の適正なサイズの検討が必要である。また、春期の沿岸水温の上昇が速くなっているため、放流適期の再検討も必要である。本調査研究では試験生産した大型サイズと従来サイズ（約 1.0 g）の標識稚魚を同日放流して親魚回帰まで追跡し、その効果を評価し、前述の検討を行う。

##### 【方法】

2024 年級について、大型サイズと従来サイズの両群を月光川水系のふ化場（山形県遊佐町）において採卵し、両群とも同水系柞川ふ化場内に設置された耳石温度標識装置（TR-H224DCHAS/有限会社タカツ産業）に発眼卵を収容し、耳石温度標識を施した。大型サイズ群は施標直後に赤川ふ化場（山形県鶴岡市）に移送して育成し、従来サイズ群は施標後に月光川水系のふ化場で中間育成後赤川本流に移送し、3 月中下旬に同日放流する計画とした。大型サイズ群は月光川水系高瀬川ふ化場で採卵した後期群 30 万尾（耳石コード：2,2,1,2H）、従来サイズ群は同水系箕輪ふ化場で採卵した後期群 30 万尾（耳石コード：2,2,1-2H）とし、なお、卵管理時の水温が高瀬川ふ化場は 15℃前後、箕輪ふ化場は 11℃前後と差があるため、同時期の採卵であっても浮上時期に差が生じ、大型サイズ群と従来サイズ群の設定が可能である。

##### 【結果及び考察】

（採卵）親魚の回帰が不調となったことから、大型サイズ群は当初予定していた高瀬川ふ化場から箕輪ふ化場での採卵となり、2024 年 11 月 21 日から 22 日にかけて 33.0 万粒を採卵し、受精直後卵を高瀬川ふ化場に移送した。従来サイズ群は箕輪ふ化場で 11 月 30 日に 36.5 万粒を採卵した。

（発眼卵施標）大型サイズ群 30.3 万粒を 12 月 11 日に淘汰、翌 12 月 12 日に検卵をした後、同日に施標（2-2,1,2H）作業を開始し、12 月 23 日に完了後、赤川ふ化場に移送した。

従来サイズ群 36.5 万粒を 12 月 28 日に淘汰、翌 29 日に検卵し、同日に施標（2,2,1-2H）作業を開始し、2025 年 1 月 9 日に完了後、箕輪ふ化場に再収容した。

（飼育管理）発眼卵施標後、大型サイズ群は赤川ふ化場、従来サイズ群は箕輪ふ化場に収容して飼育管理を行った。今後、大型サイズ群は体重 2.5 g 以上まで育成する。従来サイズは 0.8 g 程度まで箕輪ふ化場で育成後、3 月上旬に赤川ふ化場に移送する。放流は 3 月中下旬に赤川本流への同日放流を予定している。

##### 【2023 年度放流結果】

2023 年級の生産及び放流結果について表 1 に示す。大型サイズ群を箕輪ふ化場で 2023 年 11 月 22 日から 23 日にかけて 32.9 万粒を採卵し、従来サイズ群は箕輪ふ化場で 11 月 30 日に 36.0 万粒を採卵した。発眼卵施標後、大型サイズ群は赤川ふ化場、従来サイズ群は箕輪ふ化場に移送して飼育管理を行った。従来サイズ群は 3 月 15 日に体重 0.6 g で赤川ふ化場に移送した。両群ともに赤川ふ化場で飼育を続け、3 月 22 日に大型サイズ群 31.0

万尾、従来サイズ群 30.5 万尾の全数を放流した。放流時の体重は大型サイズ群が 3.47 g/尾、従来サイズ群が 0.97 g/尾であった。

大型稚魚の飢餓耐性を確認するため、無給餌下での生存日数を確認した。3月22日、赤川ふ化場で生産した従来サイズ稚魚（平均体重 1.2 g/尾、従来区）及び大型稚魚（平均体重 3.6 g/尾、大型区）を山形県内水面水産研究所に活魚で輸送し試験を開始した。稚魚は各区 6 尾ずつ使用し、魚体測定後に個別飼育可能な水槽（1 区画の容量 35 cm×17 cm×10 cm、図 1）に 1 尾ずつ収容した。試験期間中は無給餌とし、飼育水は水温 10.6～11.5℃の井戸水をかけ流しで使用した。

試験開始時及び斃死時の魚体測定結果、斃死までの日数を表 2 に、生残尾数の推移を図 2 に示す。試験開始時の肥満度について *t* 検定を実施したところ有意差は見られなかった。また、斃死時に全個体で魚病が疑われる症状はなく、餓死と判断した。従来区では試験開始から 33～45 日後に斃死し、平均生存日数は 38 日であった。大型区では試験開始から 45～67 日後に斃死し、平均生存日数は 60 日であった。従来区と比較し、大型区は絶食下での生存日数が 1.6 倍長かったことから、飢餓耐性に優れることが示された。



図 1. 試験に使用した水槽

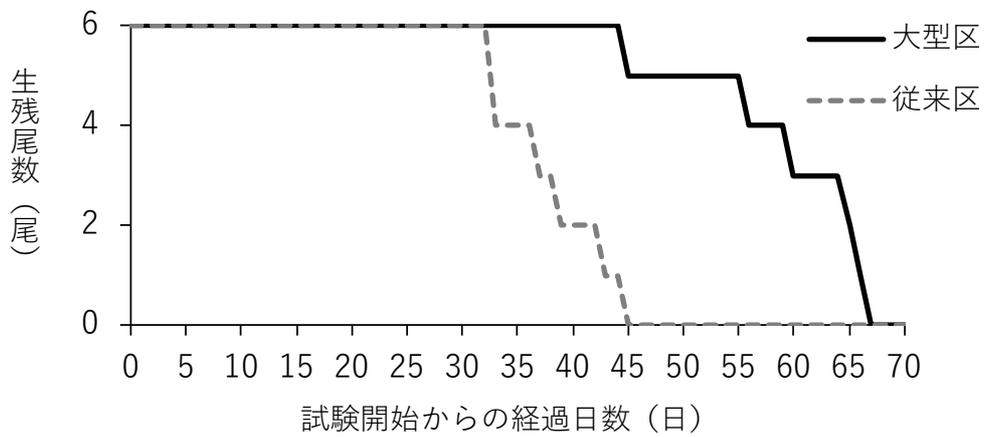


図 2. 各区の生残尾数の推移

表 1. 2023 年級の生産及び放流結果

	標識コード	採卵ふ化場	採卵日	採卵数 (万粒)	放流日	放流尾数 (万尾)	放流時体重 (g/尾)
大型サイズ群	2-2.1.2H	箕輪	2023年11月22～ 23日	32.9	2024年3月22日	31.0	3.47
従来サイズ群	2.2.1-2H	箕輪	2022年11月22日	36.0	2024年3月22日	30.5	0.97

表 2. 各区の魚体測定結果及び絶食環境下での生存日数

試験開始時(2024.3.22)				斃死時			
従来区	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	斃死日	体重(g)	肥満度	生存日数
No.1	52.0	1.2	8.53	5月4日	0.7	4.98	43
No.2	52.2	1.2	8.44	4月30日	0.6	4.22	39
No.3	54.7	1.2	7.33	4月24日	0.7	4.28	33
No.4	55.6	1.4	8.15	4月28日	0.8	4.65	37
No.5	54.6	1.2	7.37	4月24日	0.7	4.30	33
No.6	50.5	1.2	9.32	5月6日	0.7	5.44	45
平均	53.3	1.2	8.16		0.7	4.63	38
大型区	尾叉長(mm)	体重(g)	肥満度	斃死日	体重(g)	肥満度	生存日数
No.1	75.2	3.0	7.05	5月6日	2.0	4.70	45
No.2	75.8	3.4	7.81	5月17日	1.9	4.36	56
No.3	76.5	3.9	8.71	5月27日	2.1	4.69	66
No.4	80.9	4.5	8.50	5月28日	2.5	4.72	67
No.5	76.6	3.5	7.79	5月26日	1.7	3.78	65
No.6	77.5	3.3	7.09	5月21日	1.7	3.65	60
平均	77.1	3.6	7.86		2.0	4.33	60

※ 肥満度=体重(g)÷尾叉長(cm)<sup>3</sup>×1,000

## 課題イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査

### 小課題 1) 稚魚沿岸帯泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査

#### a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1

編者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 森下匠

#### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部：羽二生一将<sup>\*1</sup>、中島歩<sup>\*2</sup>、<sup>\*4</sup>、松岡澄<sup>\*3</sup>、濱崎薫<sup>\*5</sup>、坂上哲也、大貫努、小松信治、渡邊誠、日下部奏太、大澤美貴、佐田巖、吉野州正、小軽米成人、楠茂恵一、富田泰生、石原剛、八重樫博文、岡本大輝、荒内勉、加藤雅博、横田泰明、川上良美、福澤博明、山谷和幸、平間美信、高崎大輔、森下匠、外山義典、江連睦子

\*1：1)-a)-①【厚田沿岸域】主担当

\*2：1)-a)-②【昆布森沿岸域】主担当

\*3：1)-a)-③【えりも以西地区】主担当

\*4：1)-a)-④【昆布森漁港】主担当

\*5：1)-a)-⑤【宗谷港】主担当

## 1)-a)-① 定点環境観測及び稚魚採捕調査1（北海道厚田）

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 羽二生一将

### 【目的】

沿岸域におけるさけ・ます類幼稚魚の分布状況や生息環境等を調べるとともに、定点観測により水温情報等を把握し、ふ化放流及び来遊資源評価のための基礎資料とする。

### 【方法】

石狩市厚田区にて第三十八長生丸（6.6 t）を用船し、3月下旬～6月上旬まで旬1回ずつ厚田沿岸の海洋観測及びさけます類幼稚魚採捕調査を行った。調査定点は厚田港から沖合にかけて、定点1（沖0.5 km）、定点2（沖1.0 km）、定点3（2.0 km）及び定点4（10.0 km）の4か所を設定した。海洋観測ではCTD（JFEアドバンテック、兵庫）による海水温、塩分濃度等の鉛直観測、透明度板を用いた透明度の目視観測、プランクトンネットを用いたプランクトン採集を実施した。採集したプランクトンは湿重量の計測を行った。また、定点2の水深3 m下にメモリー式水温計（ケー・エンジニアリング、東京）を設置し、1時間ごとに海水温を記録した。

### 【結果及び考察】

#### 1. 沿岸水温

2024年春季沿岸水温<sup>\*</sup>を図1に示した。日平均水温は記録開始時点（3月30日）ですでに5℃を超えており、8℃に達したのは4月20日、13℃に達したのは5月31日だった。過去5か年平均（2019年～2023年）の13.0℃への平均到達日は6月1日であり、2024年はほぼ同時期であった。また、サケ幼稚魚の沿岸域における生息適水温とされる8.0～13.0℃の期間は42日間であり、過去5か年平均と同様だった。なお、4月下旬、5月上旬及び5月中旬は適水温期間だったものの著しい水温上昇が確認された。

#### 2. プランクトン及び海洋観測

プランクトン湿重量を図2-1～2-4に示した。ただし天候不良や濾水計の不調によりデータが収集出来なかった旬については、データなしとした。2024年のプランクトン湿重量は、2024年は全定点において4月下旬に突出して増えたものの、それ以外の旬では少ない結果となった。特に5月上旬以降は過去の平均値に比べて非常に少ない結果となった。なお、プランクトン湿重量が高い値を示した4月下旬の動物プランクトン分類群組成では、全定点でオキアミ類が大部分を占めていた（詳細はイ-1-bの結果を参照）。

調査概要と海洋観測の結果を表1に示した。調査地点の水深3 m深塩分濃度は、3月下旬から4月中旬にかけて比較的低い値だったが、近隣の河川からの流入水が影響していると考えられた。

#### 3. サケ幼稚魚採捕状況

2011～2024年までの年ごとのサケ幼稚魚採捕尾数を図3、また2022～2024年までの旬ごとの採捕尾数を図4に示した。2024年のサケ幼稚魚採捕尾数は2,522尾であり、過去5年間（361～1,444尾）と比較すると非常に多い結果となった。2024年の採捕ピークは4月中旬であり、過去5か年の採捕ピークであった5月上旬よりも2旬早かった。また、4月中旬よりも採捕尾数は少ないものの、これまでの採捕ピークである5月上旬にも多く採捕された。

#### 4. 耳石解析結果

2024年に採捕されたサケ幼稚魚の耳石解析結果を図5に示した。放流由来と割合は千歳川が37.0%、古平川（自然放流群）が3.6%、古平漁港（海中飼育群）が2.3%、北海道

日本海側4河川（放流体制緊急転換事業）が1.0%、北海道9河川（サケ資源回復加速化事業）が0.6%、豊平川さけ科学館由来が0.2%、無標識が55.3%であった。

古平川（自然放流群）及び古平漁港（海中飼育群）から放流された耳石温度標識魚（以下、標識魚）の割合は昨年よりも大幅に増加した。また無標識については、過去5か年（2019～2023）平均割合の41.9%と比べて高い結果となった。

千歳川に放流されるサケ稚魚は採卵時期別の回帰状況の把握や、回帰率向上に有効な放流時期と体サイズを調査するために6パターンの耳石温度標識が施されている。また、古平では、本事業で実施している海中飼育技術活用によるサケ種苗の大型化試験のため2パターンの標識魚が同日（4月1日）に放流された（表2）。2024年に確認された千歳川標識魚における採卵時期別の比較では、中期の採捕率がやや高かった。また、4月下旬に放流された体サイズの異なる標識魚において、0.9gで放流されたサケ幼稚魚の採捕率は0.6g放流よりも高い値を示した。古平標識魚の2つの区分で比較した場合、古平川へ自然放流されたサケ幼稚魚の採捕率は、古平漁港から放流された群より高かった。

## 5. サケ幼稚魚の体サイズ

図6に2024年に採捕された千歳川標識魚と無標識魚における標識パターンごとの体重の推移を示した。千歳川由来のサケ幼稚魚の魚体重は0.68～1.82gであった。千歳川標識魚の魚体重は5月上旬まで増加傾向を示したが、5月中旬以降は減少した。また、一部標識魚は放流した旬に採捕されていた。

## 6. 考察

2024年春季の厚田沿岸の水温環境は、調査開始時点（3月30日）で既に5℃に達していたこと、また8.0～13.0℃の期間が過去5か年平均と同様であったことから、サケ幼稚魚の生息環境としては良好だったと考えられる。

一方で、プランクトン湿重量は、4月下旬を除いたすべての旬において過去10か年よりも低い値であったことから、餌料環境としては不良だったと推測された。特に5月上旬以降のプランクトン湿重量は著しく値が低かったことから、より厳しい餌料環境であった可能性が示唆された。

2024年のサケ幼稚魚採捕数は過去13年間の平均採捕尾数の約2倍であり、例年採捕尾数が少ない3月下旬～4月中旬に多く採捕された。2024年の採捕ピークは4月中旬であったが、千歳さけます事業所から2024年3月上旬～中旬にかけて例年よりも3,000千尾程度多いサケ稚魚が放流されたことが影響したと考えられた。さらに、例年の採捕ピークである5月上旬にもサケ幼稚魚が多く採捕されたことが採捕数増加につながったと推測された。

旬ごとの採捕尾数と千歳標識魚の体重の推移から、サケ幼稚魚は放流後すぐに降海し、5月上旬まで沿岸域で成育した後、大型魚から順次離岸したと思われた。例年、5月下旬に急激な水温上昇が確認されているが、2024年は5月12日～5月17日にかけて水温が10.5℃から12.5℃に上昇しており、サケ幼稚魚の多くはこの水温上昇のタイミングで離岸したと推察される。

2024年は無標識魚の割合が過去5年間よりも高かったが、その要因として古平川由来の標識魚が多かったように、近隣の民間ふ化場魚も多く採捕された可能性がある。近年、厚田沿岸域では水温変化が著しいこと、採捕のピークが変化していることから海洋環境の変化に合った放流手法を今後検討していくことが重要だと考えられる。

\* なお、春季厚田沿岸水温データには、水産庁国際水産資源調査・評価推進補助事業にて収集された値を使用した。

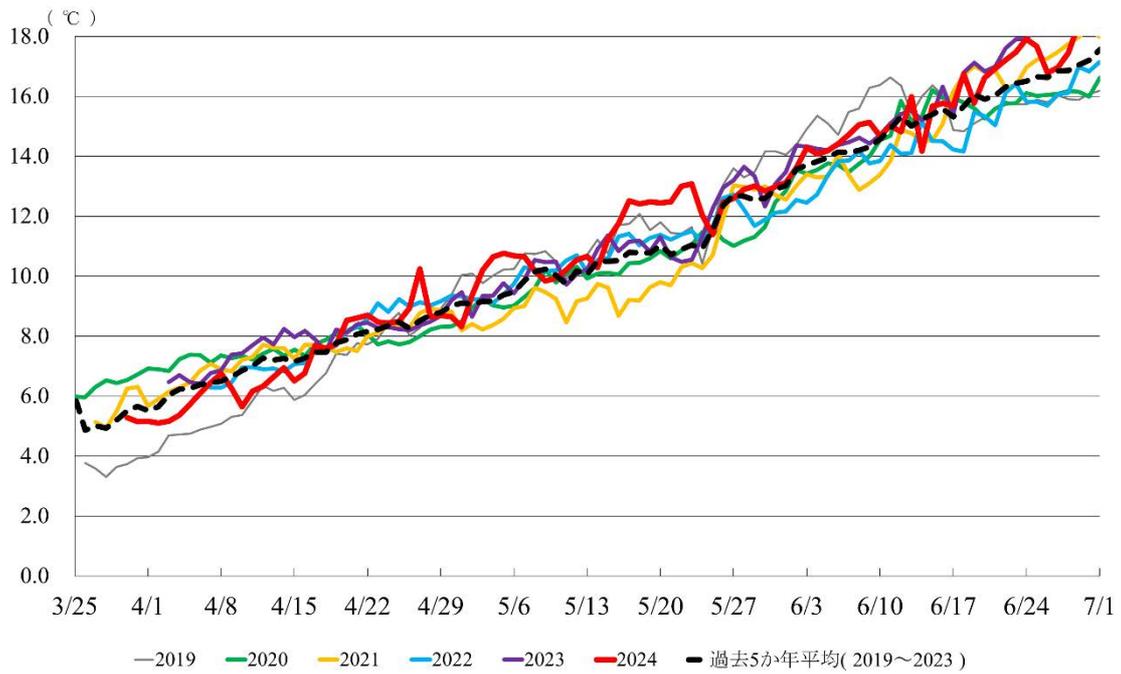


図1. 厚田沿岸域における水温の推移

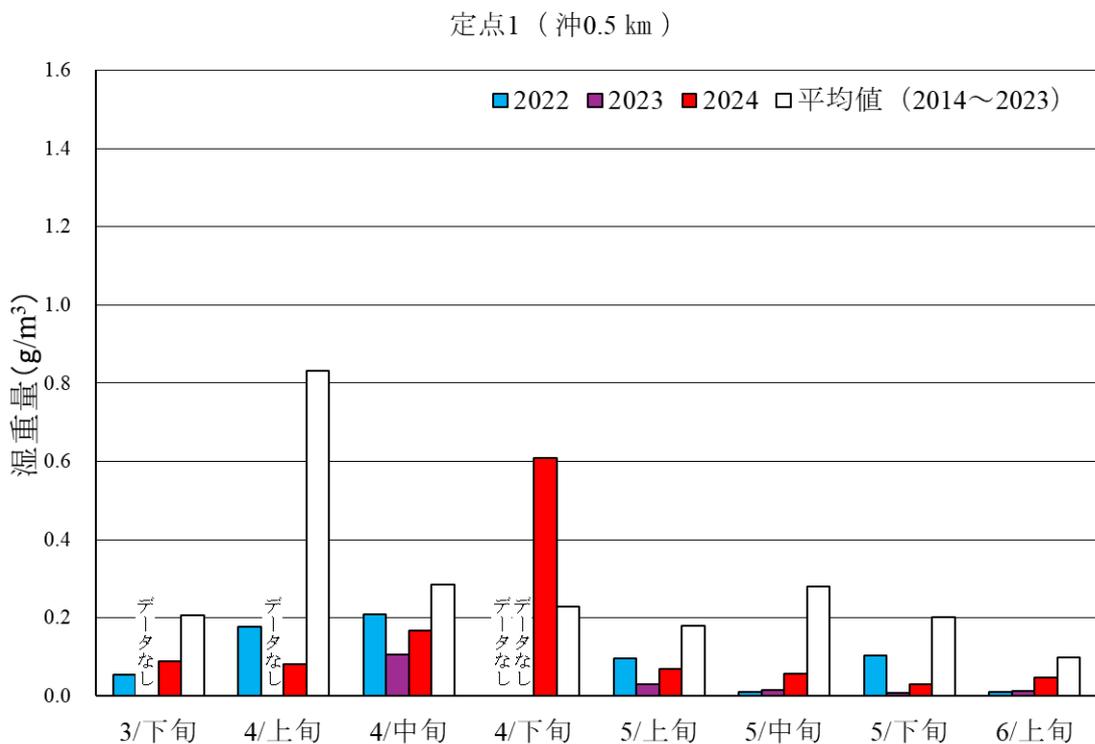


図2-1. 厚田沿岸域における定点ごとのプランクトン湿重量 (定点1) 天候不良や濾水計不調によりデータが収集出来なかった年はデータなしと表記。

定点2（沖1.0 km）

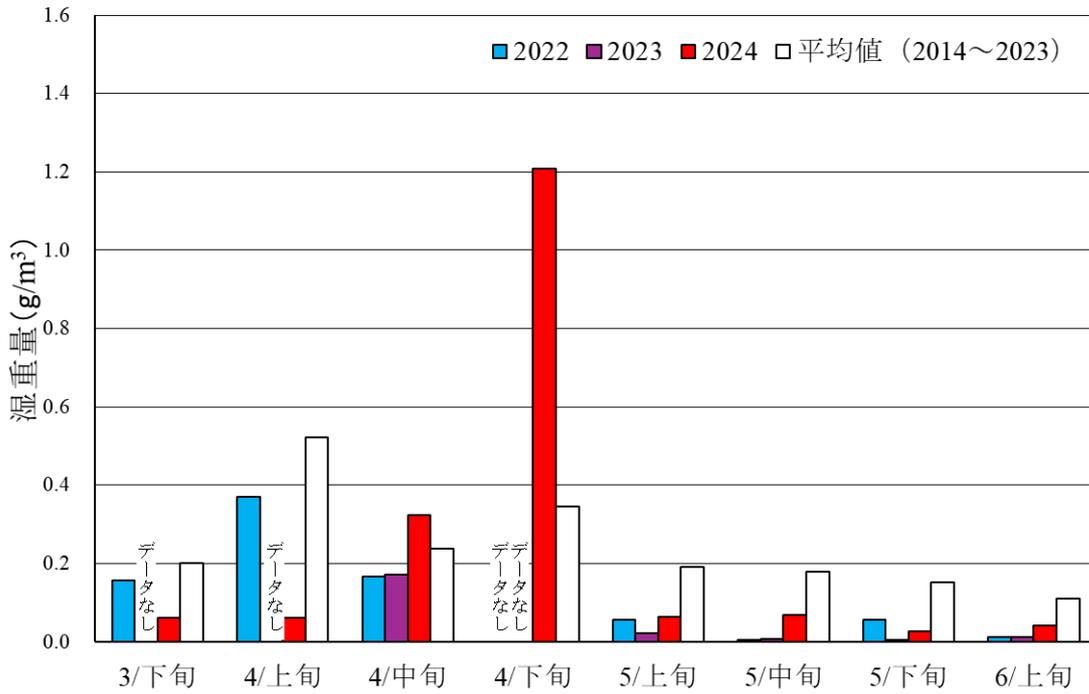


図 2-2. 厚田沿岸域における定点ごとのプランクトン湿重量（定点 2） 天候不良や濾水計不調によりデータが収集出来なかった年はデータなしと表記。

定点3（沖2.0 km）

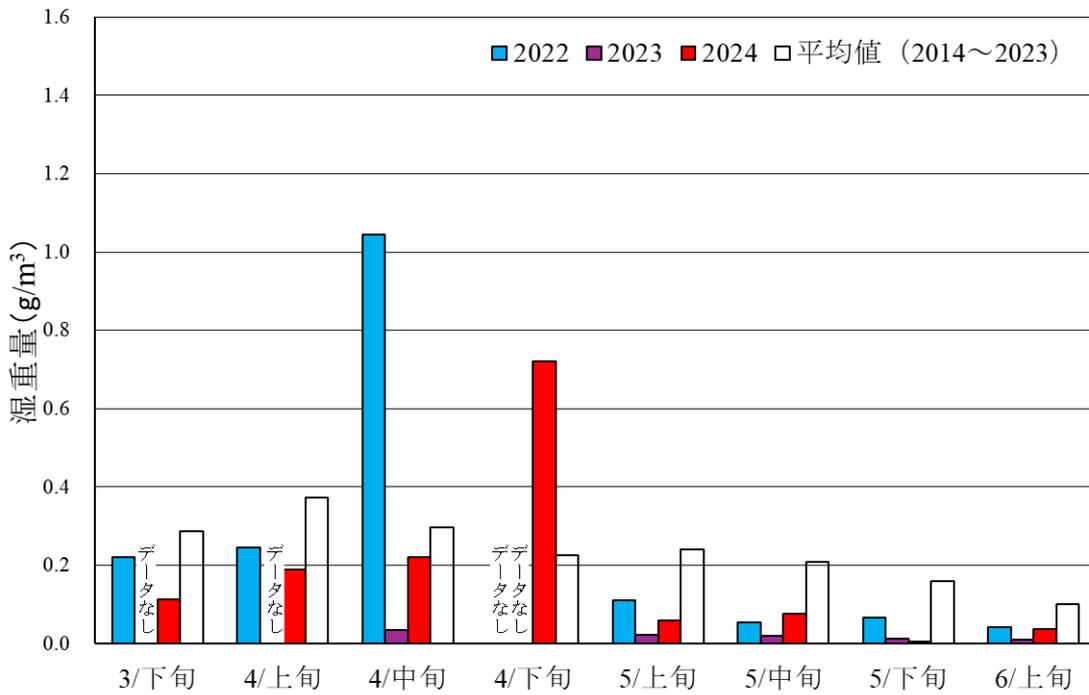


図 2-3. 厚田沿岸域における定点ごとのプランクトン湿重量（定点 3） 天候不良や濾水計不調によりデータが収集出来なかった年はデータなしと表記。

定点4（沖10.0 km）

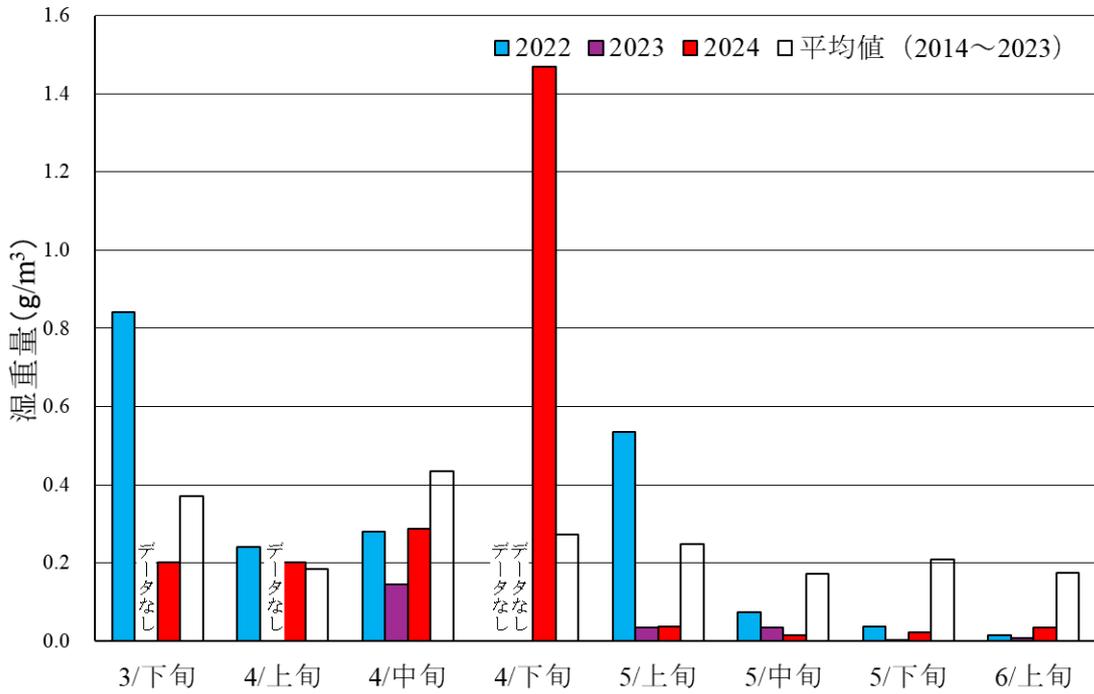


図 2-4. 厚田沿岸域における定点ごとのプランクトン湿重量（定点 4） 天候不良や濾水計不調によりデータが収集出来なかった年はデータなしと表記。

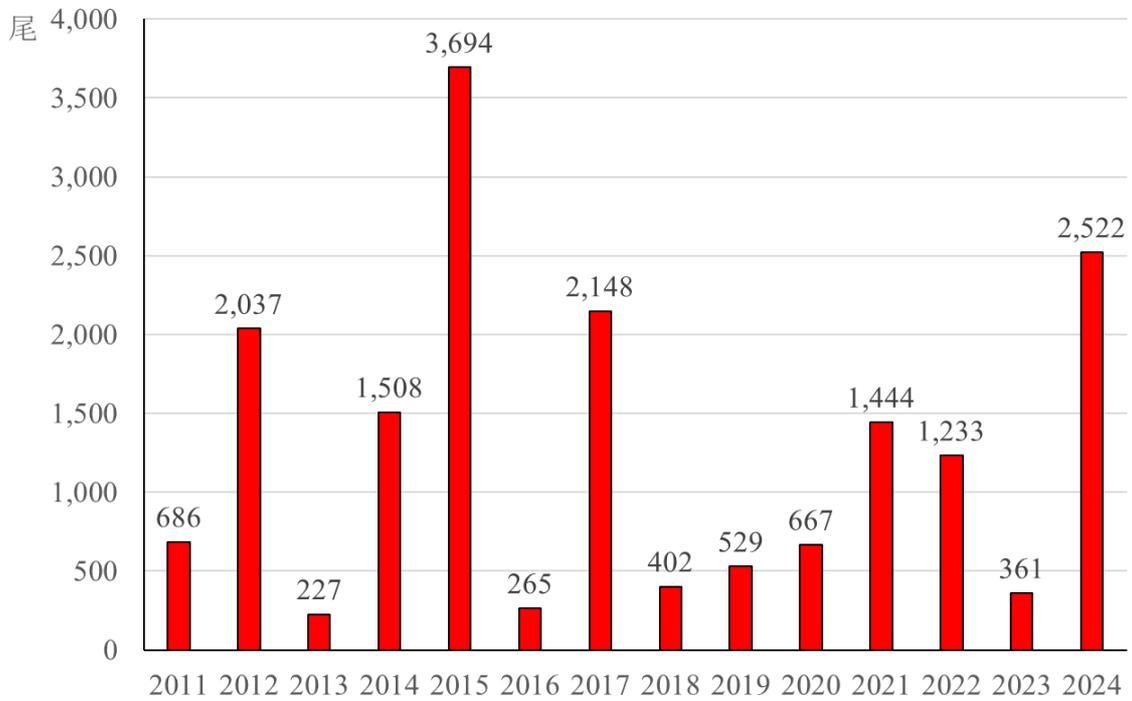


図 3. 厚田沿岸域における年ごとのサケ幼稚魚採捕尾数 2016年4月下旬～5月下旬は調査船トラブルのため調査未実施。

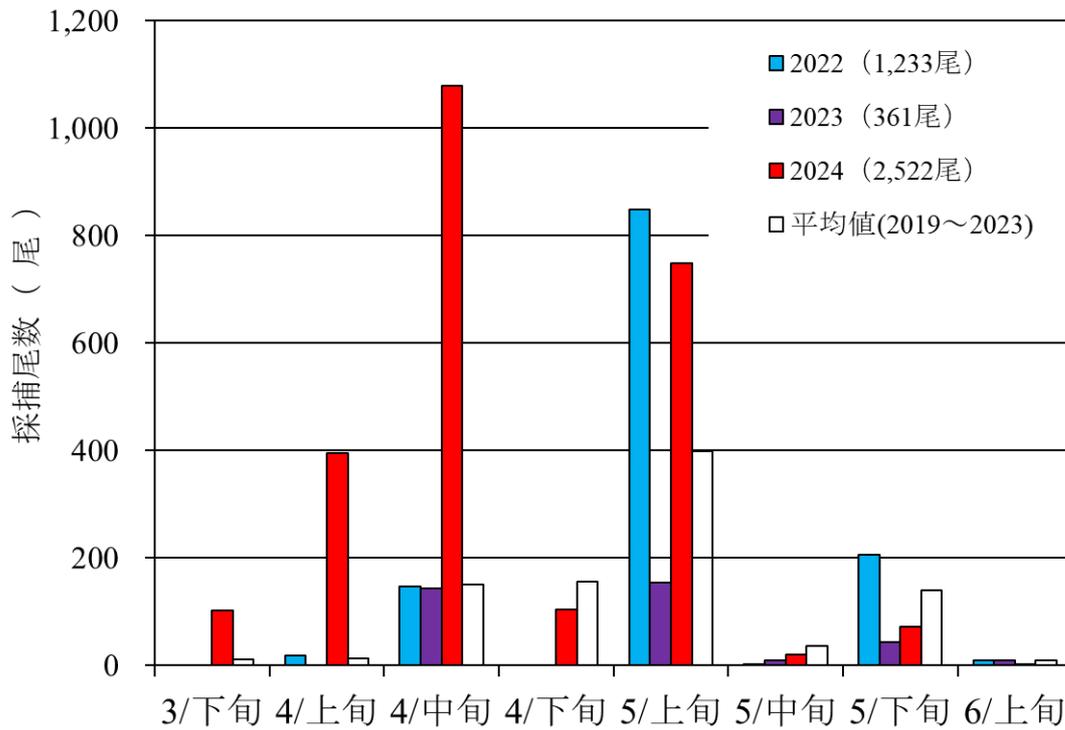


図 4. 厚田沿岸域における旬ごとのサケ幼稚魚採捕状況

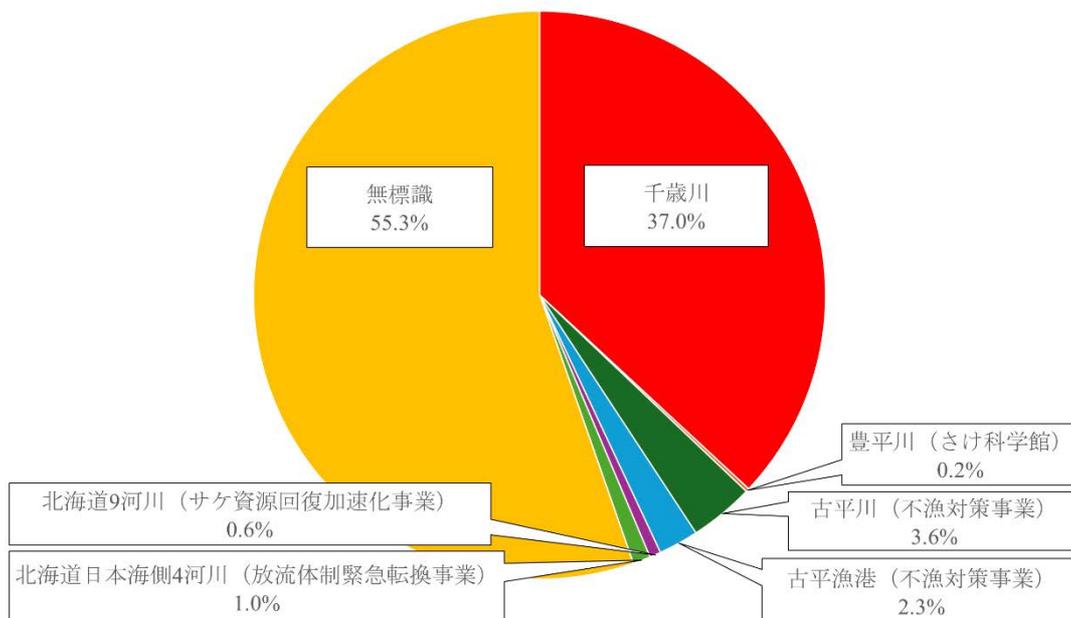


図 5. 採捕されたサケ幼稚魚の耳石解析結果

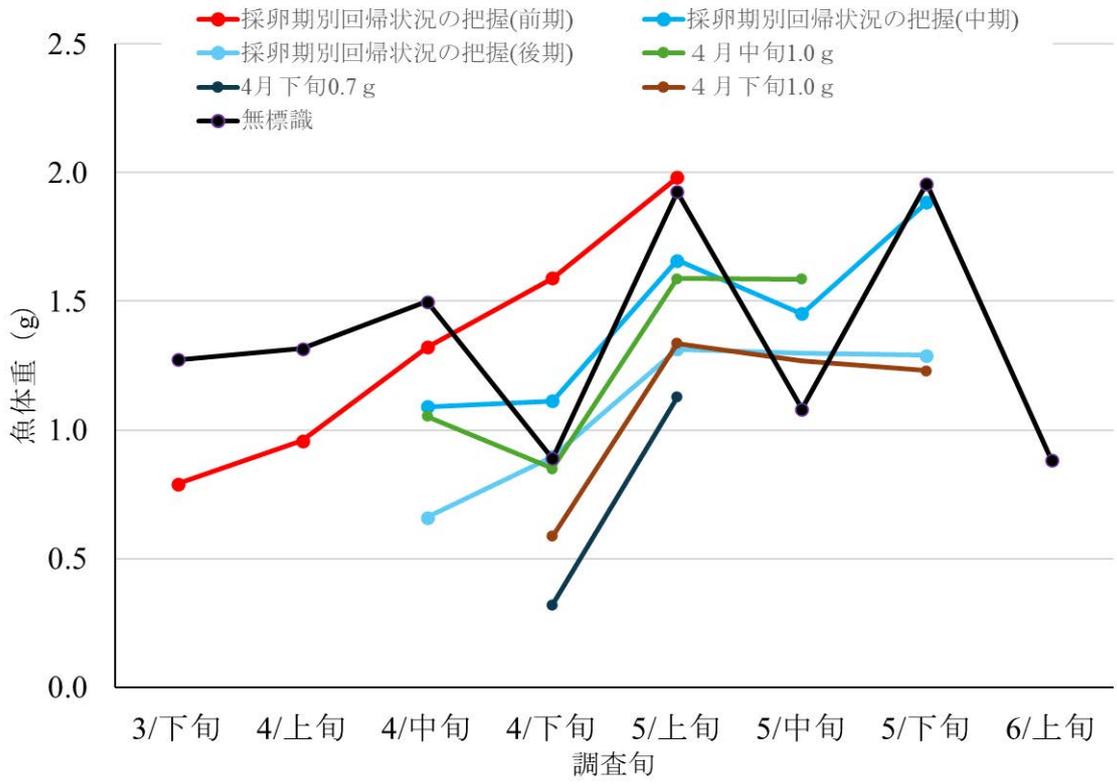


図 6. 2024 年の厚田沿岸域調査で採捕されたサケ幼稚魚の魚体重の推移

表 1. 調査概要と海洋観測結果

調査月日	観測開始時刻	定点	距岸 (km)	水深 (m)	水深3m水温 (°C)	水深3m塩分 (PSU)	透明度 (m)	プランクトン湿重量 (g/m <sup>3</sup> )	サケ幼稚魚採捕数	魚体重 (g)			備考
										最小	平均	最大	
3月25日	7:41	4	10.0	30	4.5	32.29	8.0	0.089	-	-	-	-	採捕なし
3月25日	8:48	3	2.0	20	4.5	31.19	2.0	0.060	7	0.58	0.98	1.54	
3月25日	9:42	2	1.0	18	4.7	28.79	2.0	0.112	95	0.47	0.89	2.27	
3月25日	10:31	1	0.5	16	4.9	27.27	2.0	0.203	-	-	-	-	採捕なし
4月3日	7:38	4	10.0	29	4.9	30.89	2.2	0.081	32	0.21	1.13	2.71	
4月3日	8:46	3	2.0	20	5.6	29.64	2.4	0.060	53	0.47	1.35	2.29	
4月3日	10:05	2	1.0	18	6.3	23.36	2.4	0.188	147	0.16	1.07	2.49	
4月3日	10:11	1	0.5	16	6.3	32.58	2.0	0.201	163	0.20	1.22	2.90	
4月17日	7:21	4	10.0	31	7.7	29.44	1.0	0.167	210	0.28	1.54	3.87	
4月17日	8:27	3	2.0	20	8.4	28.85	2.0	0.324	199	0.25	1.47	3.70	
4月17日	9:11	2	1.0	18	8.4	29.20	1.0	0.221	428	0.19	1.33	3.23	
4月17日	9:17	1	0.5	15	8.7	29.15	1.0	0.287	242	0.19	1.36	3.52	
4月25日	7:21	4	10.0	31	8.6	32.29	7.0	0.608	-	-	-	-	採捕なし
4月25日	8:30	3	2.0	21	8.4	31.80	4.0	1.208	14	0.23	0.84	2.08	
4月25日	9:12	2	1.0	17	8.6	32.33	4.0	0.720	17	0.20	0.81	2.42	
4月25日	9:56	1	0.5	15	8.8	31.99	4.0	1.469	74	0.23	1.06	3.11	
5月8日	7:29	4	10.0	31	9.0	33.28	5.0	0.068	-	-	-	-	採捕なし
5月8日	8:19	3	2.0	21	9.3	29.93	1.0	0.063	147	0.76	2.22	4.90	
5月8日	8:59	2	1.0	18	9.0	30.69	1.0	0.060	403	0.36	1.71	4.31	
5月8日	9:42	1	0.5	17	9.1	31.80	1.0	0.037	198	0.21	1.65	4.63	
5月14日	7:24	4	10.0	31	9.7	31.28	2.0	0.058	-	-	-	-	採捕なし
5月14日	7:54	3	2.0	20	9.8	31.03	2.0	0.069	9	0.45	1.29	1.87	
5月14日	8:38	2	1.0	17	9.8	31.34	3.0	0.075	3	0.92	1.64	2.06	
5月14日	9:24	1	0.5	16	10.0	30.80	3.0	0.016	8	0.35	0.82	1.66	
5月29日	7:32	4	10.0	31	13.0	32.60	4.0	0.030	-	-	-	-	採捕なし
5月29日	8:35	3	2.0	20	12.8	33.07	3.0	0.027	2	1.08	2.02	2.97	
5月29日	9:22	2	1.0	18	12.9	31.79	1.0	0.006	23	0.23	0.76	2.50	
5月29日	10:09	1	0.5	15	13.1	32.96	1.5	0.022	46	0.31	1.00	4.02	
6月3日	7:21	4	10.0	30	14.2	31.92	4.0	0.048	-	-	-	-	採捕なし
6月3日	8:23	3	2.0	21	14.3	31.76	3.5	0.042	-	-	-	-	採捕なし
6月3日	9:34	2	1.0	19	14.8	31.78	4.5	0.037	1	-	0.68	-	
6月3日	9:38	1	0.5	17	14.7	31.49	4.5	0.035	-	-	-	-	採捕なし

表 2. 厚田沿岸域調査で採捕された千歳川及び古平川由来のサケ幼稚魚の放流サイズと採捕率

放流由来	試験区分	放流日	放流数 (千尾)	放流時平均魚体重 (g)	採集尾数 (尾)	採捕率 (%)
千歳川 (石狩川)	採卵期別回帰状況の把握 (前期)	3/1-4/2	15,532	0.89	499	0.0032
	採卵期別回帰状況の把握 (中期)	4/8-4/11	6,493	1.03	226	0.0035
	採卵期別回帰状況の把握 (後期)	4/15	953	0.98	30	0.0031
	長期モニタリング (4月中旬、1.0g放流)	4/15-4/18	5,325	1.11	114	0.0021
	4月下旬放流でのサイズ比較試験 (4月下旬、0.7g放流)	4/23	999	0.62	29	0.0029
	4月下旬放流でのサイズ比較試験 (4月下旬、1.0g放流)	4/23	950	0.91	34	0.0036
古平川	不漁対策事業 海中飼育技術活用によるサケ種苗の大型化 及び実証のための放流(自然放流群)	4/1	1,537	1.16	92	0.0060
古平漁港	不漁対策事業 海中飼育技術活用によるサケ種苗の大型化 及び実証のための放流(海中飼育群)	4/1	1,485	1.53	57	0.0038

## 1)-a)-② 定点環境観測及び稚魚採捕調査 2 (北海道昆布森)

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 中島歩

### 【目的】

昆布森沿岸に設定した定点において、サケ幼稚魚の分布、豊度、魚体サイズ及び生息環境をモニタリングする。採捕されたサケ幼稚魚の放流由来を耳石温度標識で識別すると共に、遺伝的系群識別や日周輪解析による降海・成長履歴調査に供する。

### 【方法】

調査は2024年6月4日から7月25日の期間に原則週1回の計8回実施した。

環境観測定点1～4（距岸約0.4 km、1.3 km、3.5 km、及び7.8 km）において環境観測を行うとともに定点2～4間の調査ライン K01～K03（距岸距離はそれぞれ約1.5～3.5 km、3.7～5.7 km、5.8～7.8 km）において2艘曳網によるサケ幼稚魚採捕を行った。それぞれの調査水域について図1に示す。

環境観測ではCTDを用いて水温・塩分の鉛直観測を行った。また改良型NORPACネットにより、定点1は水深10 m層、定点2～4は水深20 m層からの鉛直曳きによりプランクトンを採集し、中性ホルマリンで固定後にプランクトン湿重量を測定して現存量を調べた。さらに観測定点2の水深3 mに記録式水温計を設置し、1時間ごとの海水温変化を記録した。

2艘曳網による幼稚魚採捕において、曳網は距離2 kmまたは20分間の早い方とした。なお6月19日調査のK01においては、K02で多数入網したことから曳網距離を1 kmへ短縮した。また6月26日調査においてはK02の曳網時、袋網の破損により幼稚魚が逃逸した可能性がある。採捕したサケ幼稚魚は持ち帰り、凍結後、解凍状態で尾叉長と体重を測定した。また耳石標識コードから放流由来を調べ、標識コードの放流平均尾叉長を基準にそれぞれの採集日までの日間成長率を求めた。また、遺伝分析標本として尾鰭の一部を採取したほか、各定点のサケ幼稚魚最大10尾について、胃内容物量の測定及び胃内容物組成分析に供するため、胃部を切り出し10%海水ホルマリンで固定した。

### 【結果及び考察】

#### 1. 海水温及び塩分分布

観測定点2に設置した記録式水温計による水温観測結果を図2に示す。日平均水温は過去10年平均（以下、平年）と同等かやや低く推移し、沿岸水温が8℃を越えたのは6月10日で平年より3日遅く、13℃に達したのは7月29日で平年より5日遅かった。

6月以降の環境観測調査ごとの、水深3 m下の水温について図3、塩分濃度について図4にそれぞれ示す。6月4日には観測定点1のみ8℃を上回っており、その後、6月14日には全定点で8℃を超えた。最終調査の7月25日においても岸寄りの2定点では13℃未満であった。塩分濃度は7月9日まで32.3～32.6の変動であり、7月16日以降はやや上昇した。

#### 2. プランクトン湿重量について

観測定点ごとの海水1 m<sup>3</sup>中のプランクトン湿重量の推移について図5に示す。いずれの定点も6月4日調査時に最大で、特に植物プランクトンが非常に多かった。その後、6月19日調査では岸寄りの2定点で高まった以外は概ね200 mg/m<sup>3</sup>以下であった。またほとんどの調査日において、定点1及び2の湿重量は定点3及び4よりも高い傾向が見られた。

2015～2024年の調査旬別に平均プランクトン湿重量を図6に示す。調査旬ごとのプランクトン湿重量は年々低下する傾向にあり、特に2021年から2023年については調査開始の6月上旬から低い傾向が見られた。2024年においては6月上旬に高い値であったが、6月中旬以降は2021年以降と同様の傾向を示した。

### 3. サケ幼稚魚等の採捕状況

調査日ごとの定点別採捕数を図7に、CPUEを図8に示す。サケ幼稚魚は6月14日から7月16日にかけて計1,912尾を採捕し、6月19日調査で1,369尾と最多であった。また、6月4日と7月25日調査ではサケ幼稚魚は採捕されなかった。CPUEは各曳網地点とも6月19日調査で最大となり、以降は低下した。

### 4. サケ幼稚魚の体サイズ等

調査時期別の尾叉長と肥満度の分布を図9に示す。尾叉長12cm以上の大型は6月中旬までに採捕され、7月以降は尾叉長8cm未満の割合が増加した。幼稚魚の肥満度は大型で高い傾向が見られたほか、ほとんどの個体で7以上であった。耳石標識コードによる判別から、北海道太平洋側の主要4河川（十勝川、釧路川、静内川、遊楽部川）について2018～2024年の平均放流尾叉長と昆布森2艘曳網調査による採捕時の平均尾叉長を図10に示す。平均放流尾叉長は十勝川、静内川及び遊楽部川で微増または増加しているが、採捕時の平均尾叉長は静内川及び遊楽部川では低下傾向が見られた。

### 5. 耳石温度標識確認結果と標識魚の日間成長率

採捕されたサケ幼稚魚のうち耳石標識の有無を確認できた1,912尾について、放流由来の内訳とそれらの尾叉長の範囲を表1に示す。標識魚は522尾（27.3%）で、「えりも以西河川」を除くと十勝川由来が121尾と最も多かった。標識魚の多くは6月19日調査までに確認された。北海道太平洋側の主要4河川について、放流月日ごとの日間成長率を図11に示す。日間成長率が0.8%（ $\approx 0.06$  mm/day）以上であった個体は、十勝川では4月中旬～5月上旬、釧路川では4月下旬～5月上旬、静内川では4月中旬～下旬、遊楽部川では4月上旬～下旬であった。十勝川及び釧路川由来の放流時期別の日間成長率について図12に示す。十勝川由来についてはほとんどの標識魚が6月19日調査までに、釧路川由来でも4月下旬までの放流群が6月19日調査までにそれぞれ確認された。

### 6. 考察

6月以降の環境観測では、各観測地点の水深3mの塩分濃度は7月上旬にかけて32.5前後で小幅に変動していた。またプランクトン湿重量の年推移からも、近年同様、親潮の影響はほとんど受けていないものと見られた。今後、詳細に餌料環境や成長状態を推察するため、胃内容物調査や耳石日周輪解析が必要である。

CPUEから、2024年は6月19日前後をピークに幼稚魚が昆布森沿岸を通過したと考えられた。図示していないものの、幼稚魚の滞泳時期に沿岸水温が極端に下がった年を除くと昆布森沿岸でCPUEが高まる時期は例年6月中旬あるいは下旬であり、前倒しや後ろ倒しの傾向は見られていない。特にえりも以東地区からの放流にあたっては、これらの時期に遅れることなく離岸できるような放流が望ましいと考える。

静内及び遊楽部の遠方の河川由来で、2018年以降本調査によって採捕される標識魚の尾叉長が小さくなる傾向が見られた。このことは親潮由来のプランクトンが少ないことで、胆振あるいは日高沿岸を離岸するサイズが小さくなっているか、離岸後の成長が遅くなっている可能性がある。さらにこれらの河川由来の放流月日別の日間成長率を見ると、静内川由来では4月中下旬の放流初期でより高く、5月上中旬で低くなる傾向があった。特に離岸サイズが小さくなる放流後期の群で、離岸後の成長が十分でなかった可能性がある。遊楽部川由来ではいずれの放流旬でも他の放流由来よりも高い日間成長率を示しており、より生存能力の高い個体が選別的に生き残っている様子が窺われた。一方、十勝及び釧路川由来では近年の放流盛期である4月中旬～5月上旬の放流群にかけて日間成長率の高まりが見られるほか、その多くが6月中旬頃までに昆布森沿岸を通過したと考えられた。このことから、十勝川、釧路川とも、近年の放流時期としては理にかなっていると考えられた。一方で両河川の資源状況が上向いていないことから、離岸サイズに達するまでの減耗が相当大きいも

のと推察される。

本州太平洋側由来の標識魚では、サンプル数が少ないものの体サイズがいずれも 10 cm 未満と、過去の傾向に比べると大幅に小型であった。岩手県や宮城県沿岸においては、黒潮の影響による高水温の海域を津軽暖流に逆らって北上するため、回遊の過程で十分に成長することができていない可能性が示唆される。



図1. 調査地点図 定点1～4は環境観測定点、赤矢印 K01～K03は2艘曳網による稚魚採捕の調査ライン、赤◎は水温の定点観測位置であることをそれぞれ示す。出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>)。地理院タイル（電子国土基本図）に調査地点を追記して掲載。

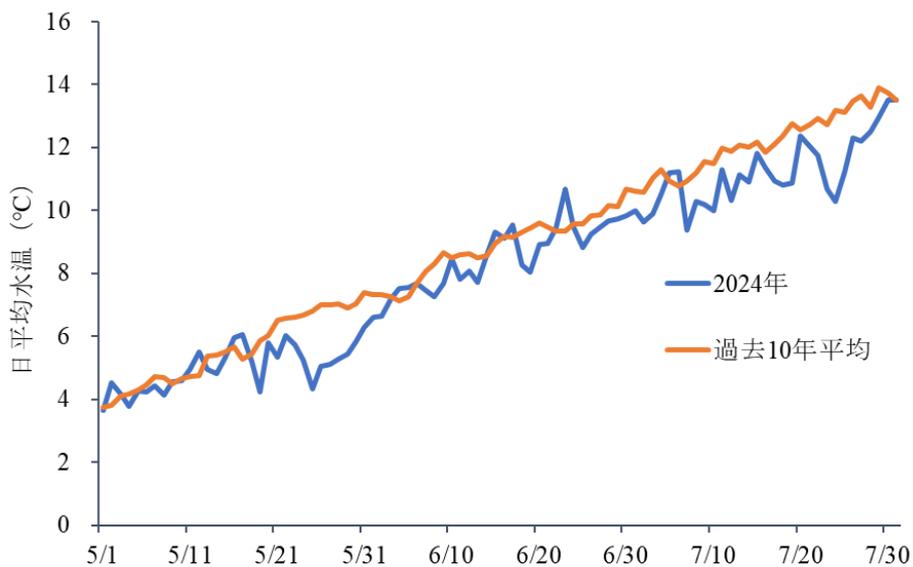


図2. 観測定点2水深3m下の日平均海水温 2024年及び過去10年平均を表す。

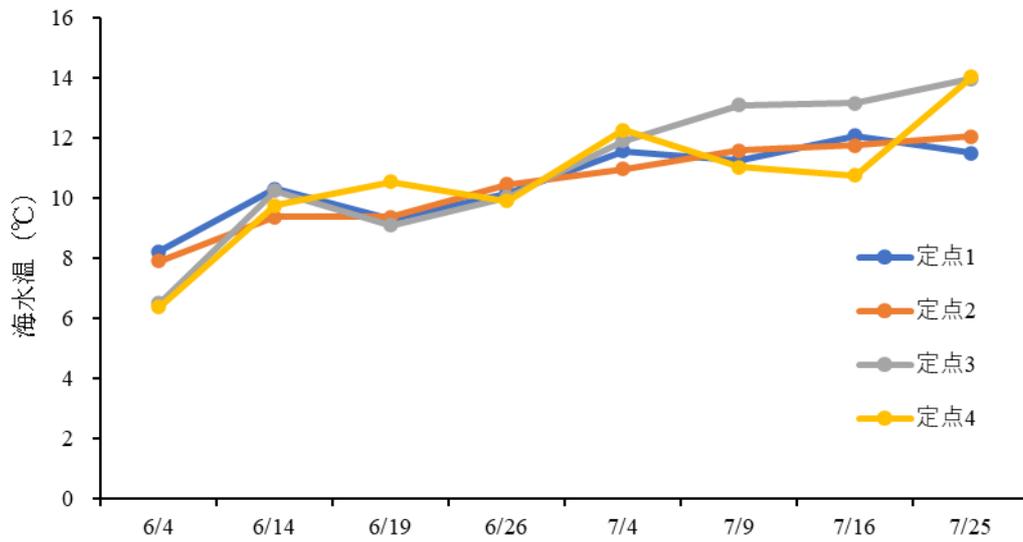


図 3. 2024 年の各観測定点における水深 3 m 下の水温

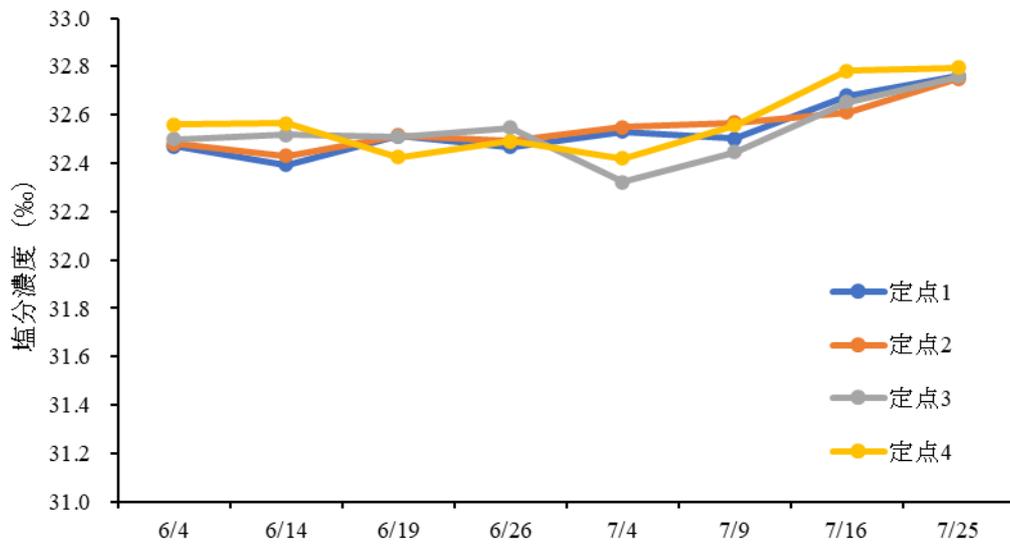


図 4. 2024 年の各観測定点における水深 3 m 下の塩分濃度

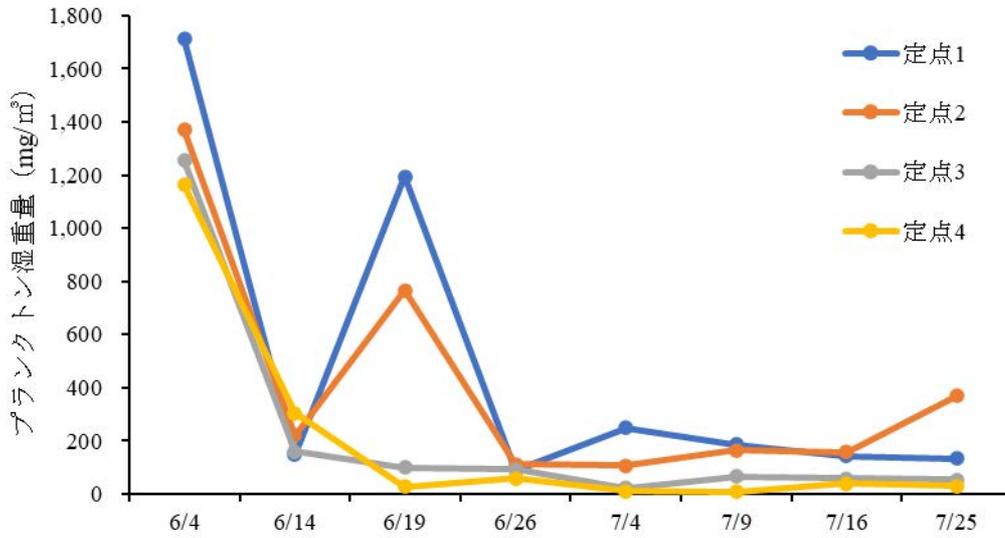


図 5. 2024 年の 2 艘曳網調査における定点ごとのプランクトン湿重量

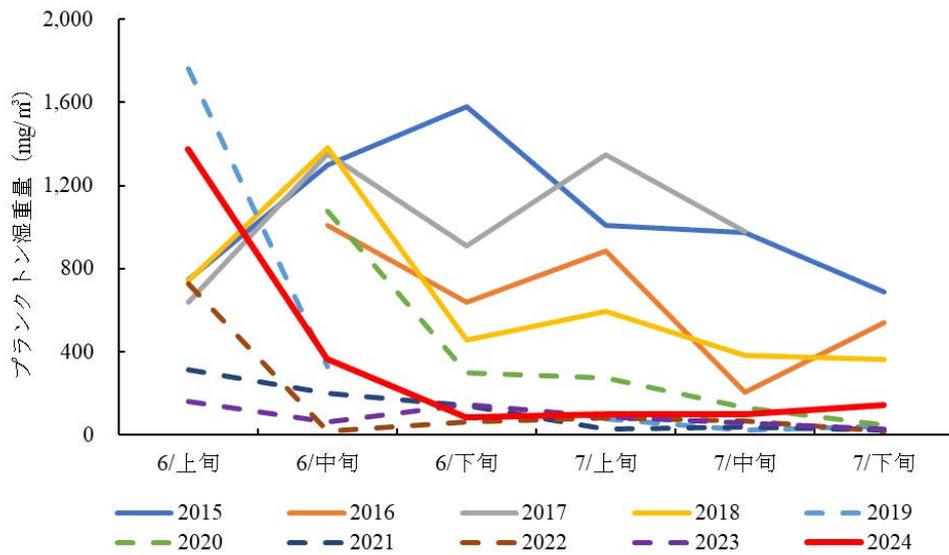


図 6. 2015～2024 年の旬平均プランクトン湿重量 湿重量は旬及び各定点の平均を示す。

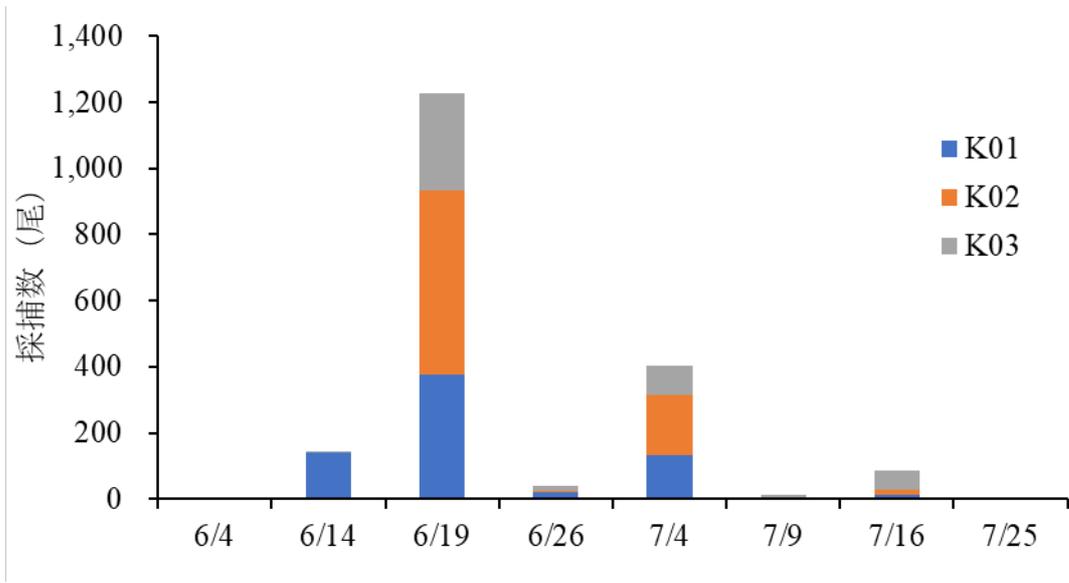


図 7. 2024 年の 2 艘曳網調査における定点ごとのサケ幼稚魚採捕数 6/19 の K01 では曳網距離を 1 km としたほか、6/26 の K02 では曳網後袋網の破損が確認された。

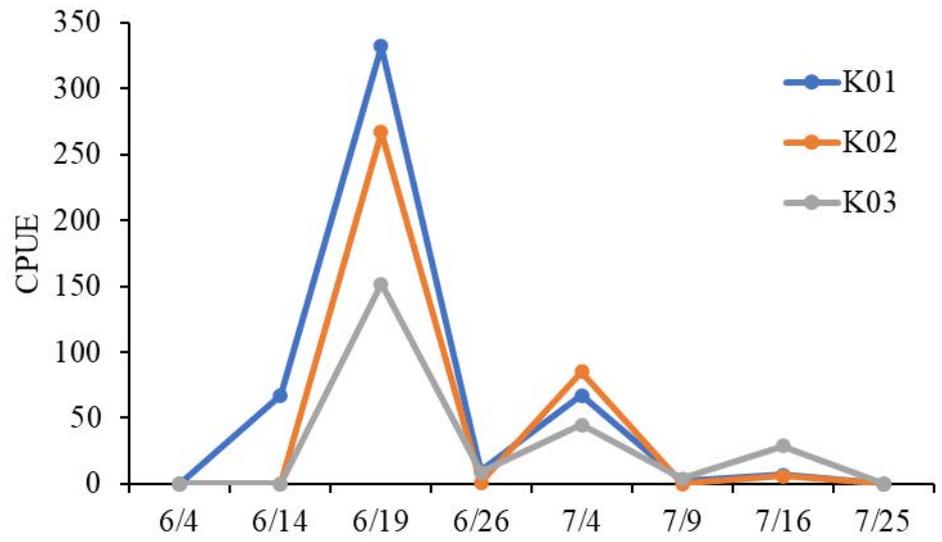


図 8. 2024 年の 2 艘曳網調査における定点ごとのサケ幼稚魚 CPUE

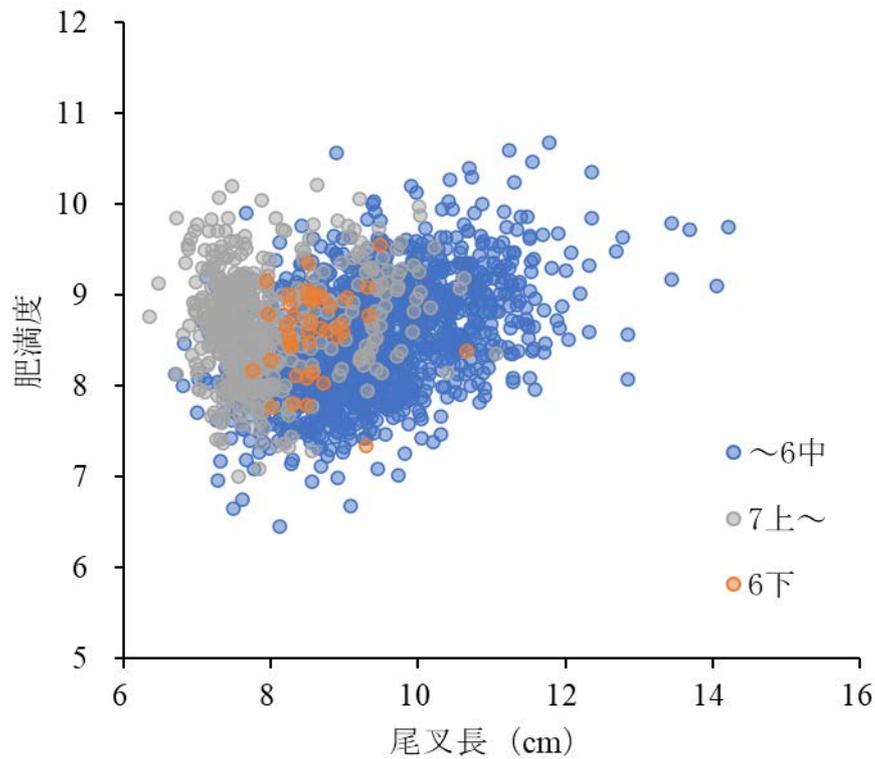


図 9. 2024 年の 2 艘曳網調査で採捕されたサケ幼稚魚の調査時期ごとの尾叉長と肥満度の関係

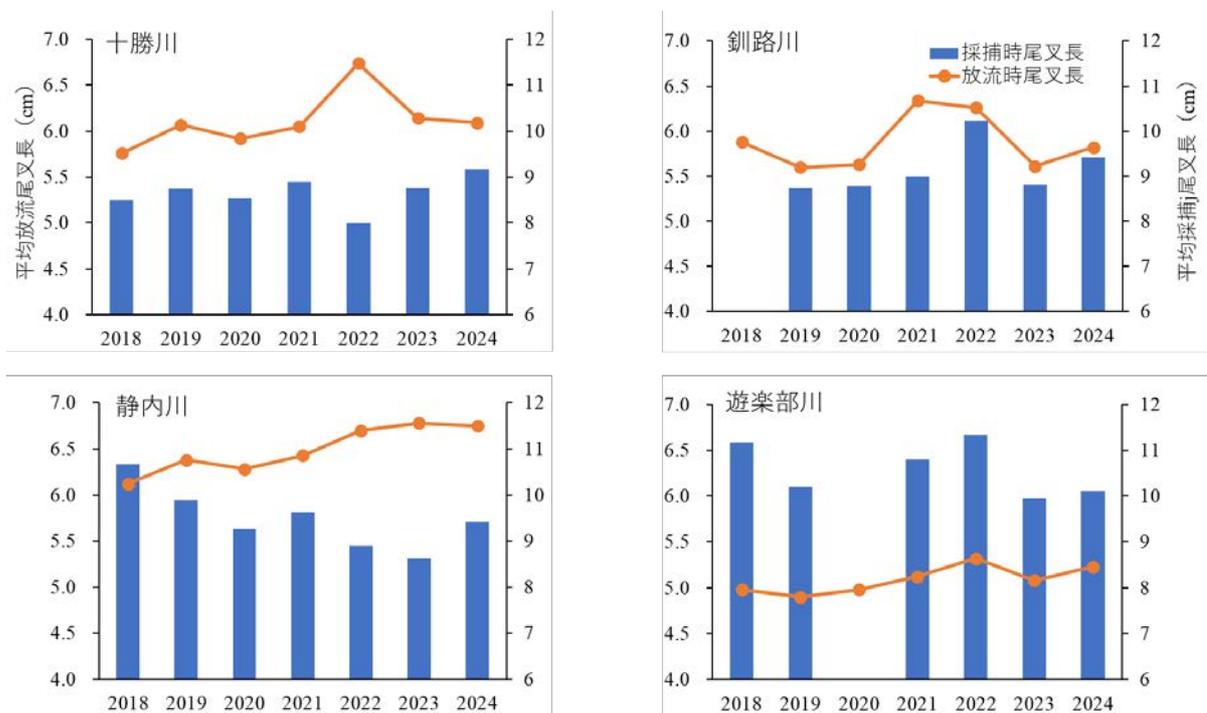


図 10. 2018～2024 年において北海道太平洋側 4 河川に放流されたサケ幼稚魚の平均放流尾叉長と 2 艘曳網調査で採捕されたサケ幼稚魚の平均尾叉長の推移

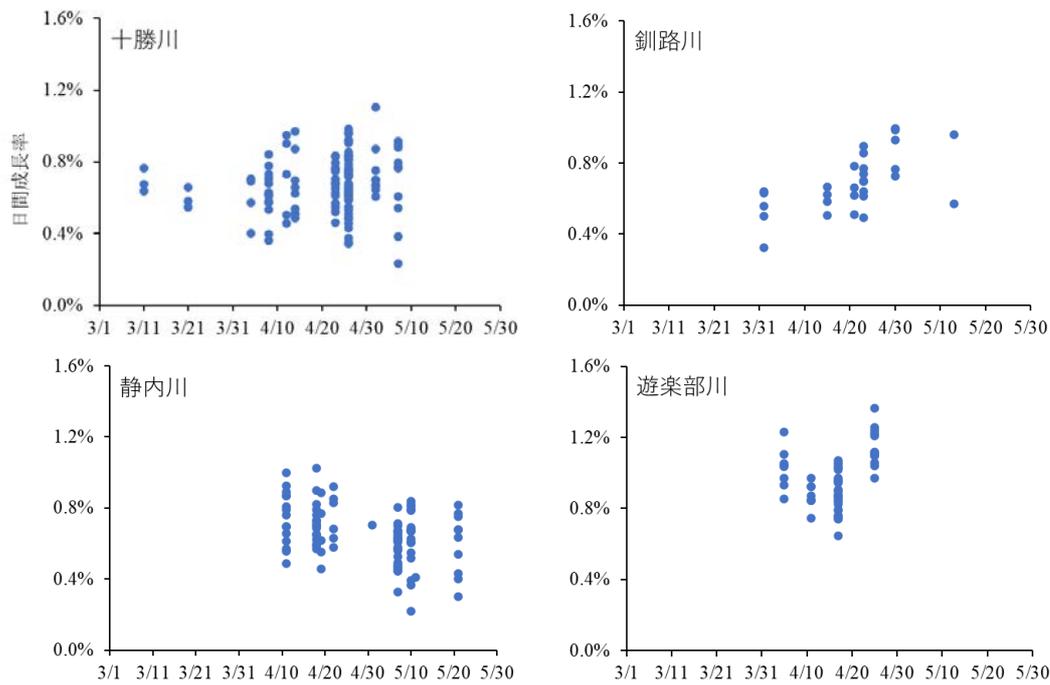


図 11. 2024 年の 2 艘曳網調査における北海道太平洋側 4 河川の放流月日と日間成長率

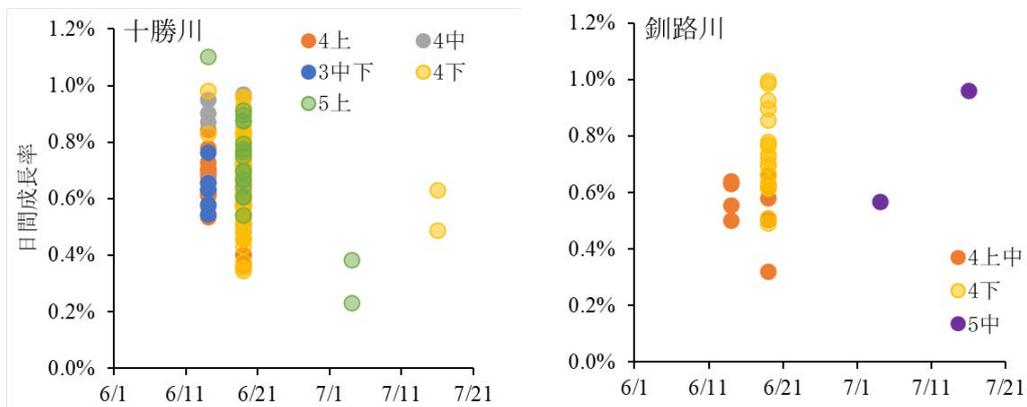


図 12. 2024 年の 2 艘曳網調査で採捕された十勝川及び釧路川由来標識魚における放流旬ごとの日間成長率

表 1. 2024 年の 2 艘曳網調査で採捕されたサケ幼稚魚における放流由来ごとの採捕数と尾又長 「えりも以西河川」は日高幌別、敷生、知内及び遊楽部川のいずれかから放流された標識群。

放流由来	調査月日								合計 (尾)	尾又長 (cm)		
	6/4	6/14	6/19	6/26	7/4	7/9	7/16	7/25		平均	最少	最大
えりも以西河川		6	98	4	25		9		142	9.20	7.35	13.44
十勝川		24	92		2		2		120	9.18	6.98	12.36
静内川		10	78	4	1		1		94	9.41	7.56	11.90
遊楽部川		1	55	2					58	10.12	8.71	12.33
釧路川		4	37		1		1		43	8.87	6.72	10.86
道内河川		13	23	1			1		38	9.99	7.63	12.36
厚内漁港		4	15	1					20	9.14	8.12	10.14
知内川		4							4	12.10	11.73	12.77
山田湾			2						2	8.75	8.04	9.45
気仙沼大川			2						2	9.29	8.77	9.81
川袋川		1							1	14.21	14.21	14.21
無標識		76	825	29	374	13	72		1,389	8.84	6.35	14.06
合計	0	143	1,227	41	403	13	86	0	1,913	8.99	6.35	14.21

## 1)-a)-③ 定置網等における稚魚採捕調査 1 (北海道太平洋岸えりも以西)

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 松岡澄

### 【目的】

春定置網の揚網時に採捕したサケ幼稚魚の耳石標識や遺伝的系群識別から、サケ幼稚魚の放流由来、移動時期・経路、体サイズの変遷を把握する。

### 【方法】

調査場所は、虎杖浜及び春立沿岸に設置された春定置網とした(図1)。サケ幼稚魚の採捕は、定置網の揚網時にたも網を用いて行った。採捕したサケ幼稚魚は持ち帰り、冷凍後に体サイズ測定のほか、耳石及び遺伝サンプルを採取した。耳石は温度標識の有無を調べ、標識コードから放流由来を特定した。また、1時間ごとの海水温の変化を調べるために記録式水温計を各調査場所の距岸約1kmの海面下3m層に設置した。

### 【結果】

#### 1. 沿岸水温

2024年春季の各調査場所における日平均水温の推移を図2に示した。サケ幼稚魚が沿岸での生息に適しているとされる水温帯8~13℃(以下、適水温帯)に着目すると、虎杖浜では5月6日に8℃に達し、6月8日に13℃を超えた。春立では5月中の日平均水温が過去5カ年平均水温よりも2~3℃程高く推移し、5月15日に8℃に達した。翌16日には10℃まで上昇したものの5月26日には5℃近くまで急激に低下し、6月8日まで平均8℃で推移した。その後、水温は大きく上昇し、6月14日に13℃を超えた。

また、春季の適水温帯の期間を図3に示した。両地点における2024年春季の適水温帯の期間は昨年よりも短く、適水温の始期及び終期は早かった。

#### 2. サケ幼稚魚採捕状況

2024年の採捕調査は、虎杖浜で5月17日~6月13日、春立で5月23日~6月26日の期間に実施した(図4)。また、サケ幼稚魚の採捕尾数は虎杖浜で323尾、春立で2,875尾であった。なお、春立では6月19日及び26日にも採捕調査を行ったがサケ幼稚魚は採捕されなかった。採捕尾数及び耳石温度標識魚(以下、標識魚)と無標識魚数を図5に示した。春立の採捕尾数は昨年よりも少なかったものの2,500尾を超え、過去3番目に多かった。2024年の春立での採捕期間は5月23日~6月13日であり、2023年と比較すると開始で7日間、終了で3日間早かった。

採捕尾数のうち標識魚の占める割合は虎杖浜で11.1%、春立で29.7%であった。虎杖浜の標識割合は例年よりも低かったものの、春立では昨年に次いで2番目に多い割合であった。

標識魚の放流由来を表1に示した。例年は、両地点において静内川由来の標識魚が最も多く確認されるが、2024年は遊楽部川由来の標識魚が虎杖浜で7尾、春立で234尾と静内川由来標識魚と同数もしくは多く見られた。そのほか、えりも以東の十勝川や釧路川由来、また水産庁補助事業や道事業で耳石温度標識を施された標識魚が確認された。また、本州由来の標識魚では、本州太平洋側由来が1尾、本州日本海側由来が3尾確認された。

#### 3. 体サイズ組成

2024年における調査日ごとのサケ幼稚魚の採捕尾数と尾叉長(以下、FL)を図5,6に示した。虎杖浜では、5月中旬からFL6~8cm前後の個体が採捕され始め、採捕尾数の最も多かった5月23日にはFL5~10cmの幅広い体サイズの個体が見られた。

春立では5月下旬からFL6~11cm前後の個体が採捕され始め、6月中旬にFL7~11cmの個体を採捕したのち、6月下旬以降の採捕はなかった。

#### 4. 耳石温度標識別の放流・採捕結果

##### ・八雲さけます事業所（遊楽部川）標識魚（図 7）

4 月上旬から 4 月下旬にかけて 7 パターンの標識群が遊楽部川へ放流され、そのうち 6 パターンの標識群が確認された。ほぼ全ての標識群は 6 月 11 日に春立で採捕され、体サイズは FL 8.0~10.0 cm 前後であった。確認された標識魚は、4 月上旬~4 月下旬に放流（10 月中旬~12 月中旬採卵）された標識群であり、4 月中旬放流（9 月下旬~10 月上旬採卵）の標識群は確認されなかった。

##### ・豊畑ふ化場（静内川）標識魚（図 8）

4 月中旬から 5 月下旬にかけて 5 パターンの標識群が静内川へ放流され、全ての標識群が採捕された。4 月放流の標識群は 5 月下旬から 6 月上旬にかけて FL 8.0~11.0 cm で採捕された。5 月下旬に放流されたサケ幼稚魚は、5 月下旬から 6 月中旬にかけて FL 6.0~9.0 cm で採捕されており、他の標識群の採捕時の尾叉長よりも小さかった。

##### ・静内さけます事業所（静内川）標識魚（図 9）

4 月中旬から 5 月下旬にかけて 5 パターンの標識群が静内川へ放流され、全ての標識群が採捕された。標識魚は、4 月放流の標識群が 5 月中旬~6 月中旬にかけて FL 7.0~10.0 cm で、5 月放流の標識群が 5 月下旬~6 月中旬にかけて FL 6.0~9.0 cm で採捕された。最後に放流された標識群については、豊畑ふ化場と同様の傾向が見られ、ほかの標識群の採捕時の尾叉長よりも小さかった。また、例年は採捕時期が遅くなるほど小型サイズのサケ幼稚魚が採捕される傾向にあったが、2024 年はその傾向が見られなかった。

#### 5. 考察

2024 年の両定点における採捕期間は、過去の知見と同様の結果を示し、サケ幼稚魚は沿岸水温 8℃となった時期に採捕され始め、13℃以上となった時期以降はほぼ採捕されなかった。2024 年の虎杖浜は採捕尾数が 2023 年からやや減少している。減少した要因は定かではないが、船上からの目視観察において、2023 年は数百尾程度の群れが確認出来たのに対し、2024 年では数十尾程度の群れの確認に留まっており、サケ幼稚魚の密度自体が低かったことが分かっている。また、春立では過去 3 番目に多い採捕尾数となったが、採捕終了期間は例年よりも早くなっていた。これまでの沿岸水温と採捕期間の関係から、適水温帯の形成時期が早くなったことに伴って、サケ幼稚魚の離岸時期も早期化したと考えられた。

耳石温度標識の結果から、2024 年は遊楽部川由来の標識魚が多数確認されており、春立での出現数は過去最多であった。過去最多となった要因として、潮流などが影響した可能性が考えられる。2023 年、2024 年の 5 月における日別海流を比較すると（図 10）、2024 年の海流は 5 月 20 日頃には東向きに流れ始め、5 月 30 日頃には 2023 年よりも速い海流が流れていた。このことから、稚魚が東向きに移動しやすかった可能性が考えられる。2023 年級の標識群はすべて 4 月中に FL 5 cm 前後で放流されており、採捕時に FL 8~10 cm 前後であったことから、少なくとも春立沿岸に到達するまでは順調に成長できていると推察される。本州日本海側のサケ幼稚魚が採捕されたことも潮流が影響しているかもしれない。

2024 年の春立で採捕された静内川由来の標識魚では、例年と異なり採捕時期が遅くなるほど小型になる傾向が見られなかった。また、遊楽部川由来の標識魚が多数採捕された 6 月 10 日前後の採捕は少なかった。静内川由来のサケ幼稚魚は前述の通り、潮流の影響から西向きには移動せず春立沿岸で成長し、水温が大きく上昇した 6 月 8 日以降に遊楽部川由来のサケ幼稚魚とともに東へ移動した可能性が考えられる。

静内さけます事業所では、近年、適水温帯の形成期間が早くなっている状況を踏まえ放流時期の早期化を検討しており、今後の沿岸調査結果と回帰状況の動向を注視していく必要があると考える。

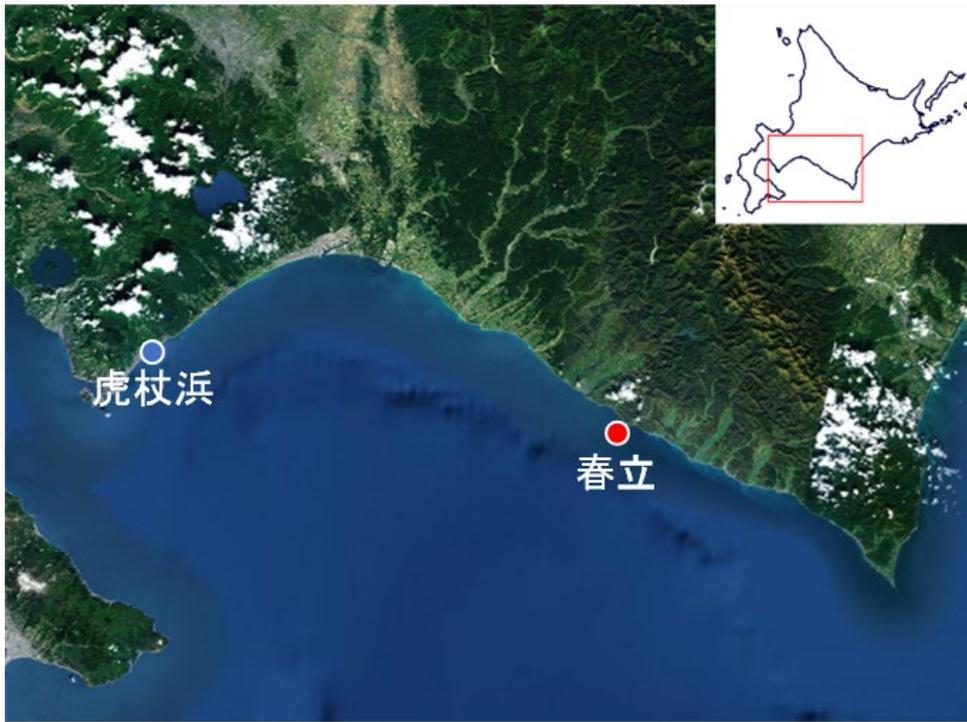


図 1. えりも以西地区におけるサケ幼稚魚採捕調査場所

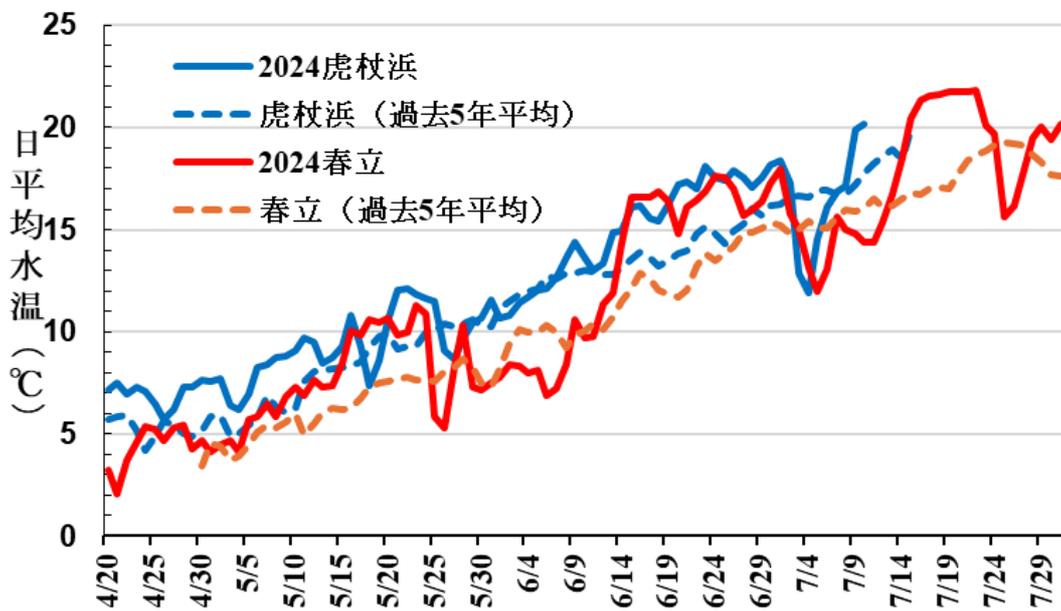


図 2. 2024 年春季の虎杖浜と春立の 3 m 深における日平均水温の推移

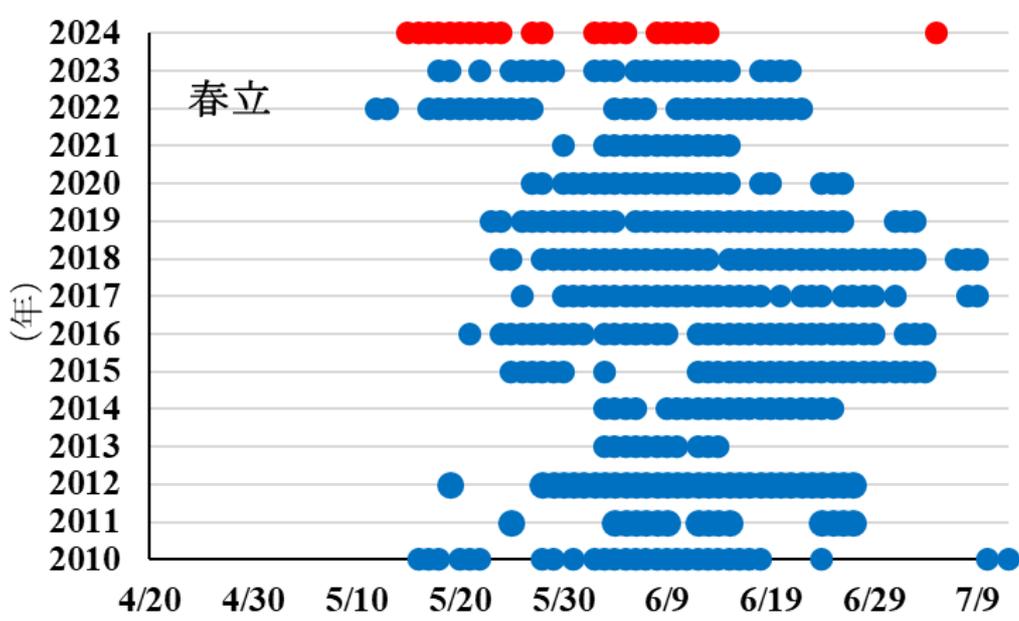
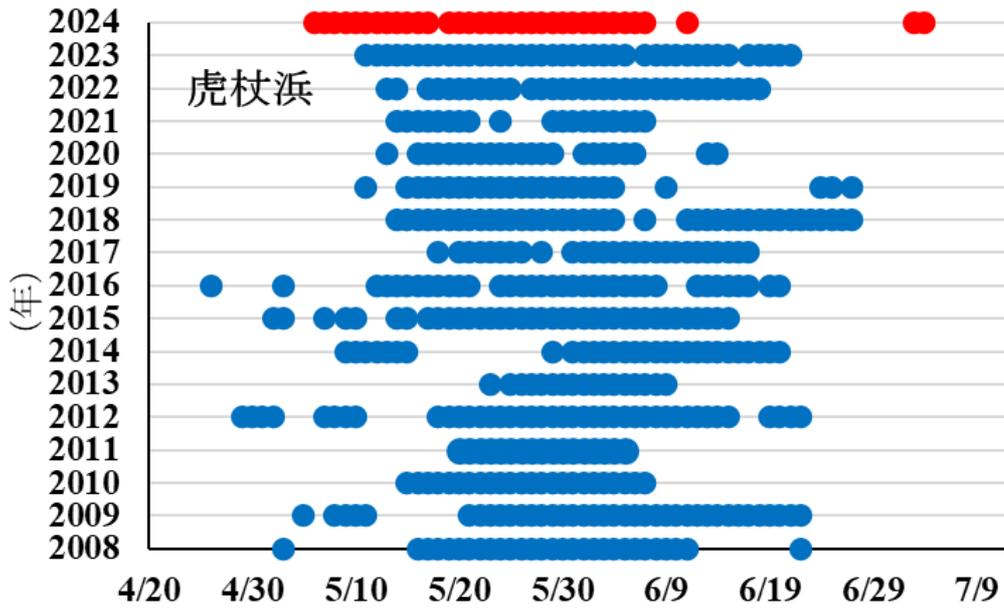


図3. 虎杖浜と春立における日平均水温 8~13℃帯の期間

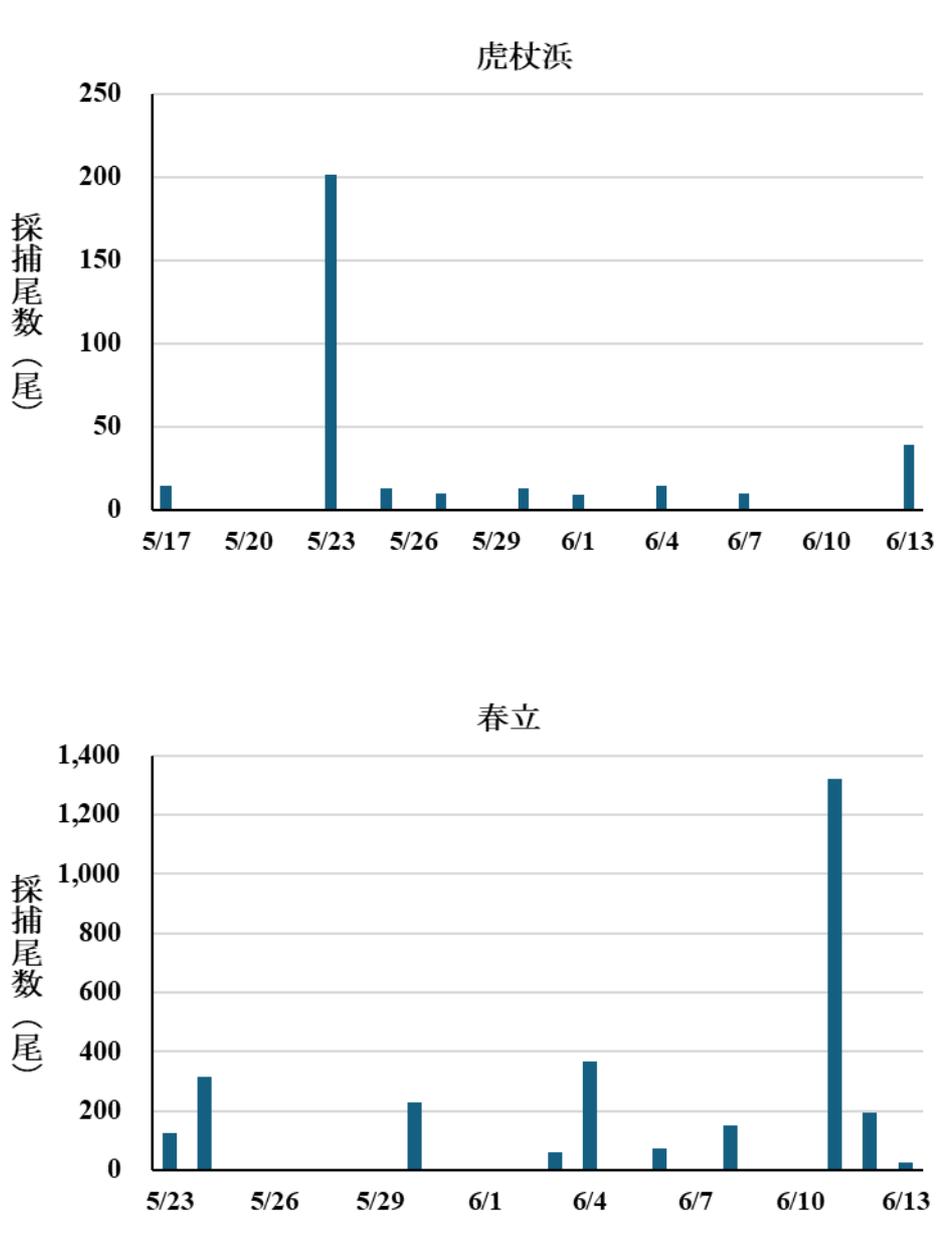


図 4. 2024 年の虎杖浜と春立における調査日ごとの採捕尾数 春立では 6 月 19 日及び 26 日に調査をしているが採捕なしのため、図には表されていない。

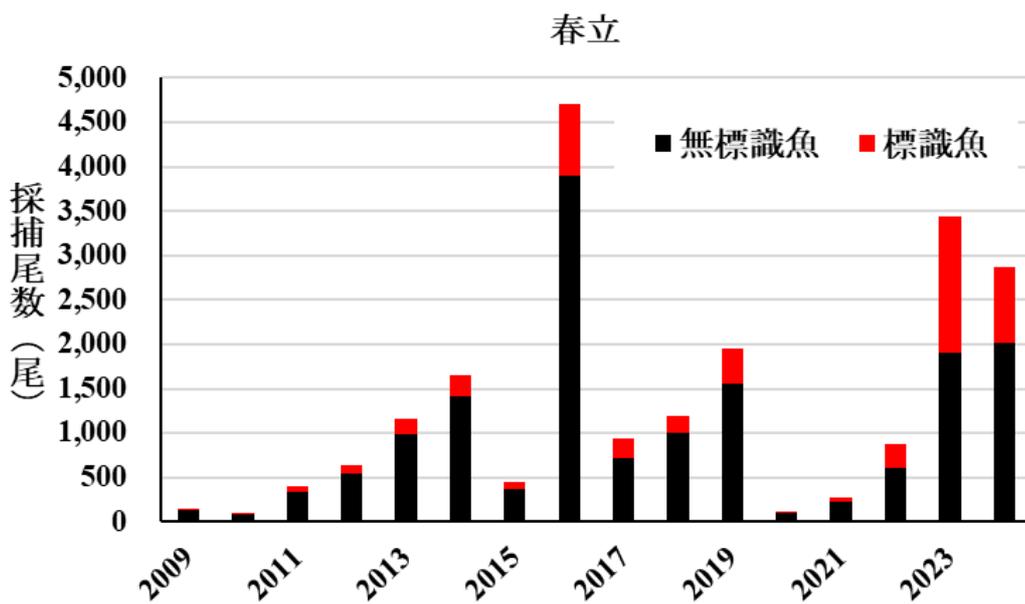
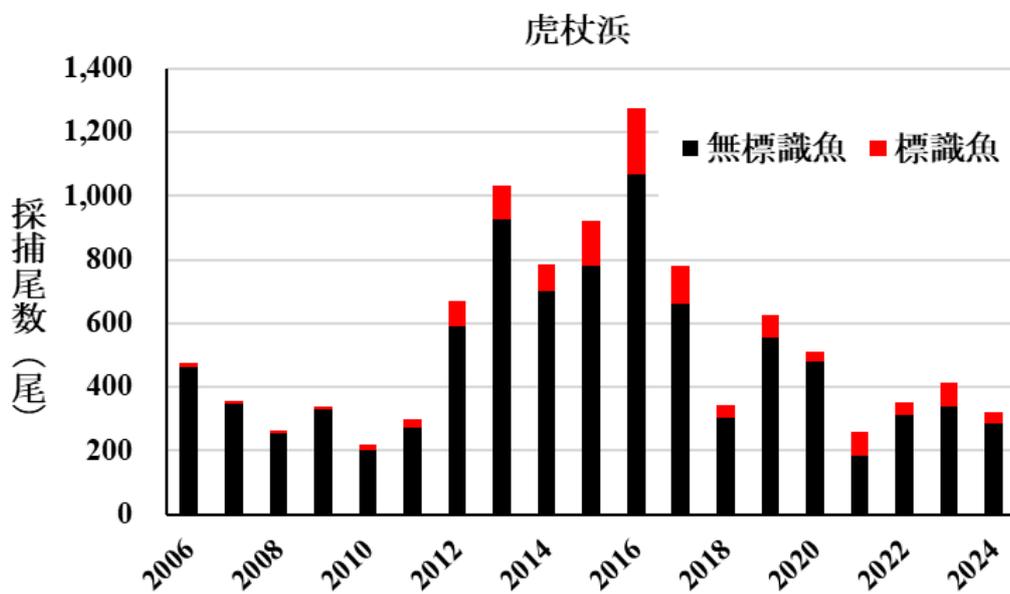


図5. 虎杖浜と春立における標識魚及び無標識魚の採捕尾数

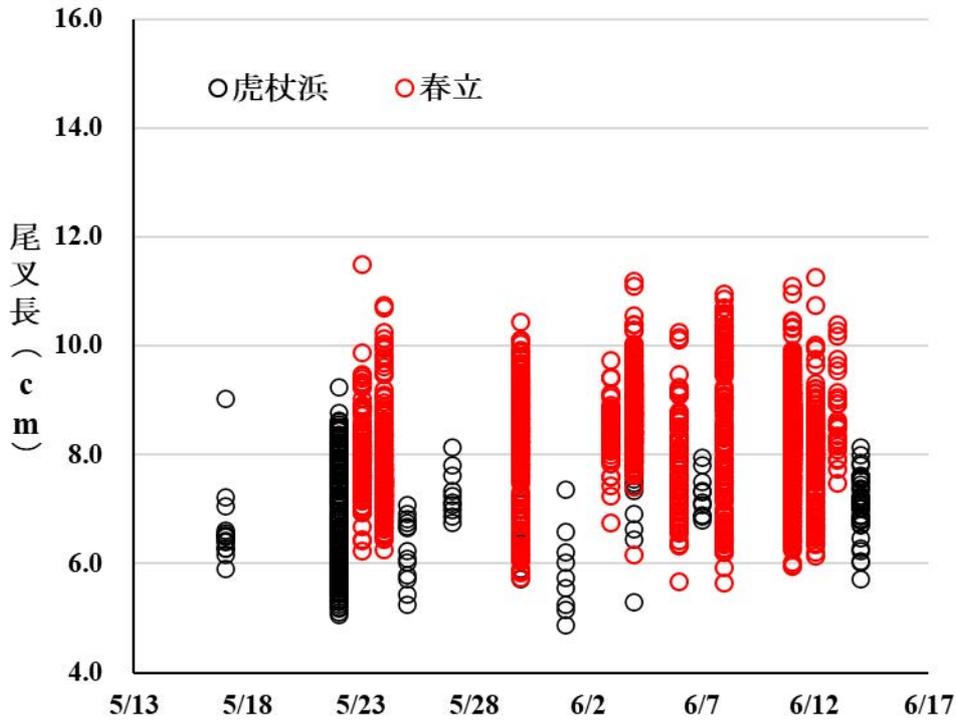


図 6. 2024 年春季の虎杖浜と春立における採捕日と尾叉長の推移 見やすくするため、虎杖浜の採集日を一部実際より前後数日ずらして表示している。

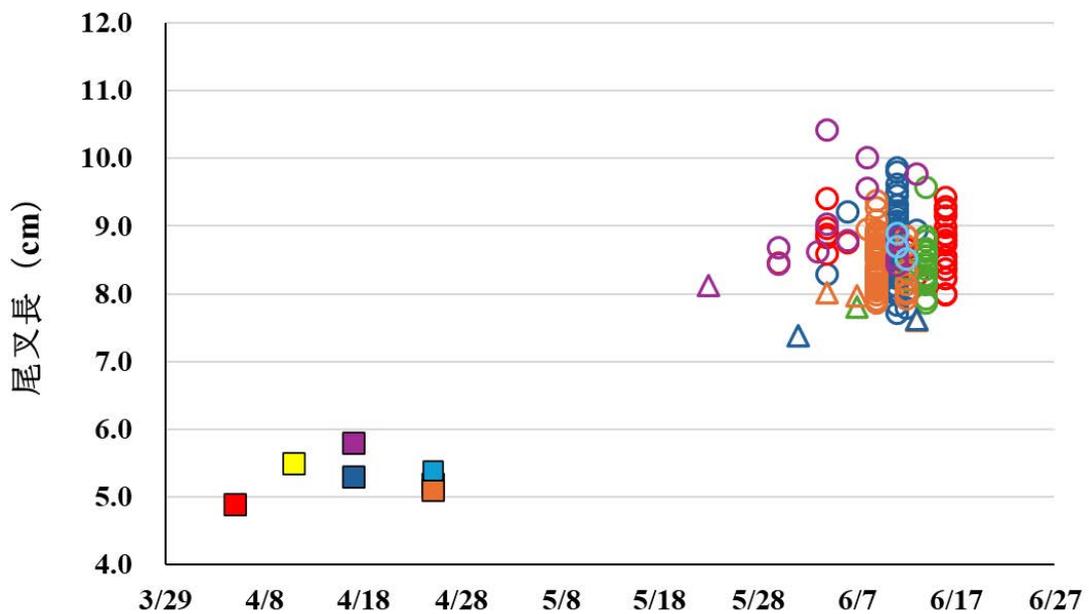


図 7. 八雲さけます事業所（遊楽部川）からの放流及び沿岸での採捕結果 ■のプロットは各標識群の放流日と尾叉長を示す。○、△のプロットはそれぞれ虎杖浜、春立での採捕日と尾叉長を示す。いずれも標識コード別に色分けしている。なお、○のプロットは見やすくするために、実際の採捕日より前後数日ずらして表示している。

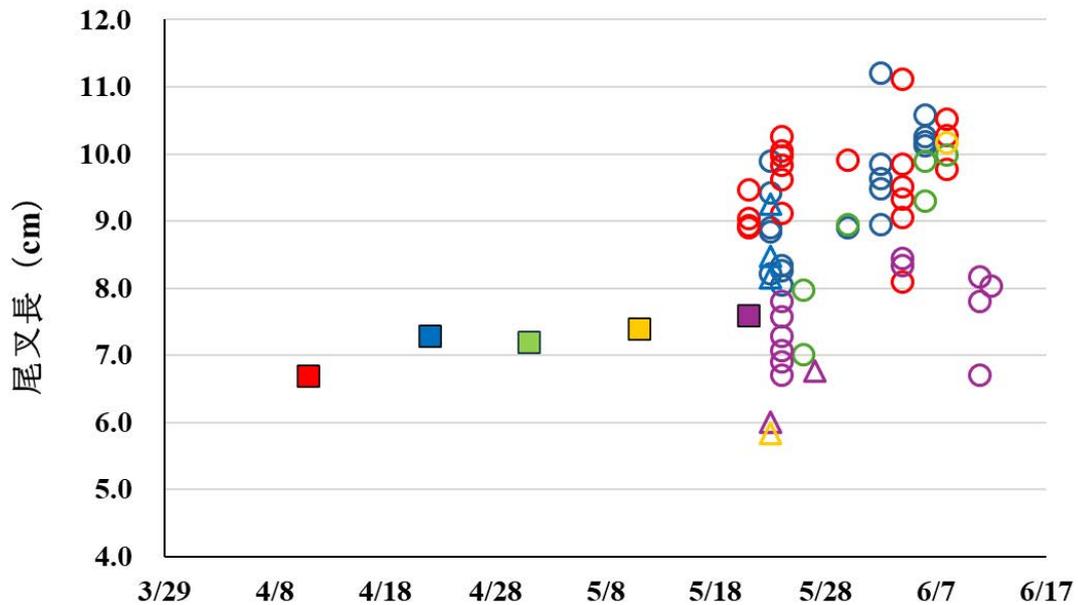


図 8. 豊畑ふ化場（静内川）からの放流状況及び沿岸での採捕状況 ■のプロットは各標識群の放流日と尾叉長を示す。○、△のプロットはそれぞれ虎杖浜、春立での採捕日と尾叉長を示す。いずれも標識コード別に色分けしている。なお、○のプロットは見やすくするために、実際の採捕日より前後数日ずらして表示している。

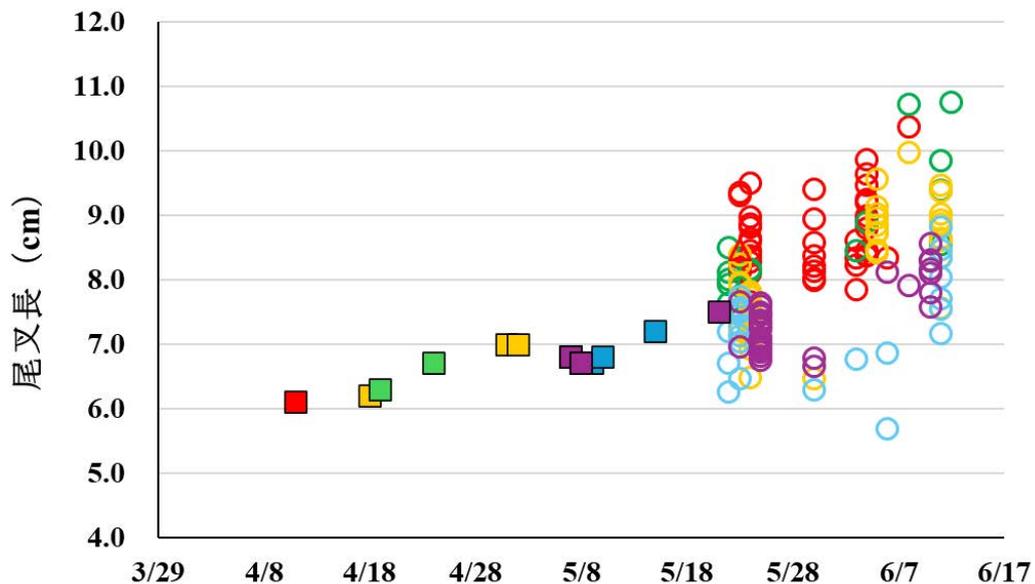


図 9. 静内さけます事業所（静内川）からの放流状況及び沿岸での採捕結果 ■のプロットは各標識群の放流日と尾叉長を示す。○、△のプロットはそれぞれ虎杖浜、春立での採捕日と尾叉長を示す。いずれも標識コード別に色分けしている。なお、○のプロットは見やすくするために、実際の採捕日より前後数日ずらして表示している。

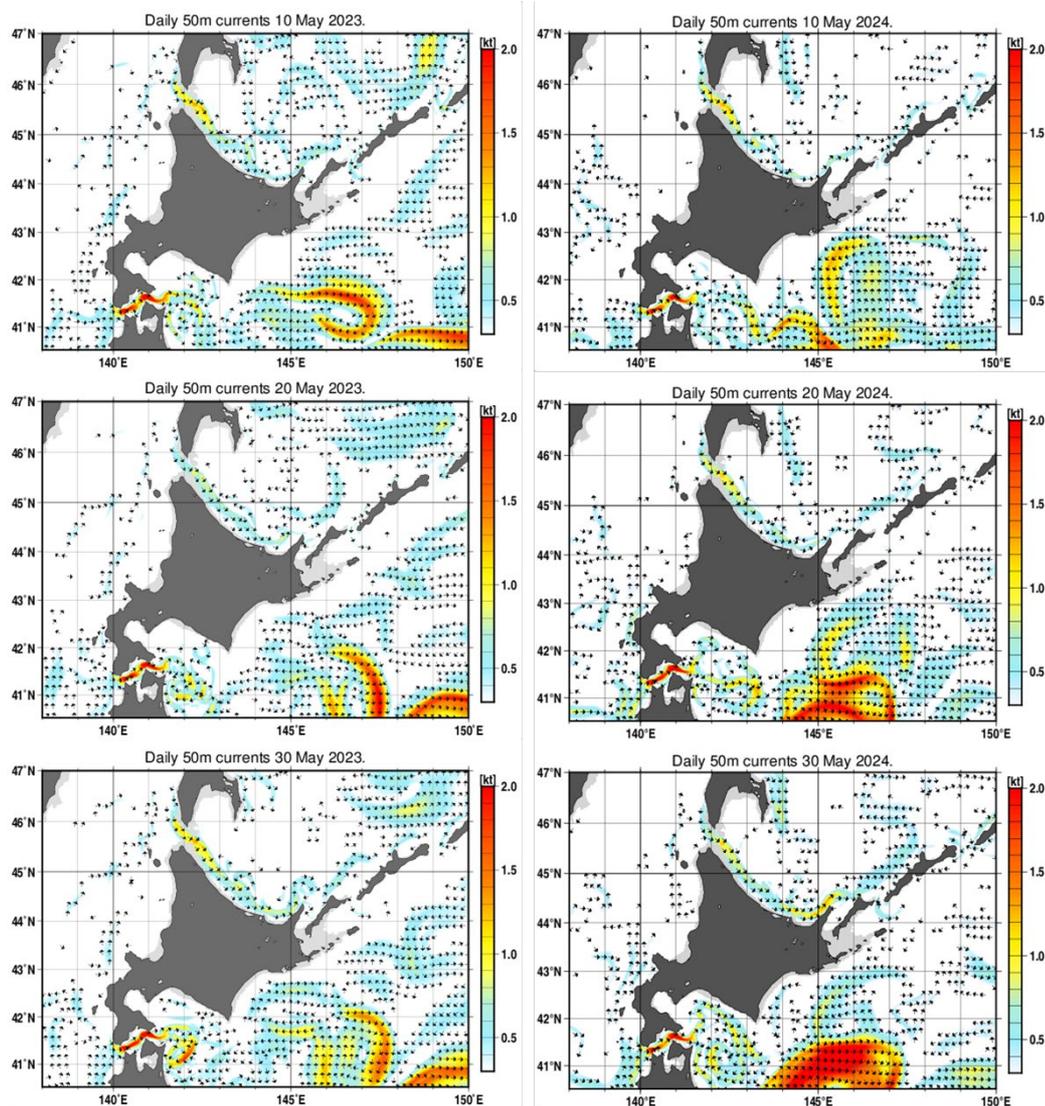


図 10. 北海道周辺海域における日別海流（気象庁より図を引用：  
[https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/current\\_HQ.html](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/current_HQ.html), 2025年1月31日）左が2023年、右が2024年で、上から5月10日、20日、30日のデータとなっている。色は流れの速さ（単位：1ノット≒0.5 m/s、図では kt と記載）を表し、図の右にあるスケールを用いて色分けされている。また、矢印は海流が流れていく向きを示している。流速 0.2 ノット未満の矢印は描画されていない。

表 1. 2024 年の虎杖浜と春立における調査期間とサケ幼稚魚解析結果 複数の河川、ふ化場から放流されている場合は事業名として表記した。

耳石標識尾数（放流水系・ふ化場別）

	調査場所	虎杖浜	春立
	調査期間	5/17～6/13	5/23～6/26
	静内川（静内）	1	170
	静内川（豊畑）	6	57
	知内川（知内）		13
	遊楽部川（八雲）	7	234
	十勝川（更別第2）	2	37
	十勝川（十勝）	1	20
	釧路川（鶴居）		3
	釧路川（芦別）		3
放流河川 <sup>※1</sup> （放流元ふ化場）	北海道太平洋側4河川①（放流体制緊急転換事業） <sup>※2</sup>	7	157
	北海道太平洋側4河川②（放流体制緊急転換事業） <sup>※3</sup>	8	77
	北海道日本海側4河川（放流体制緊急転換事業） <sup>※4</sup>		1
	北海道9河川（サケ資源回復加速化事業） <sup>※5</sup>	3	78
	川尻漁港（熊野）		1
	赤川（赤川）		1
	月光川（箕輪・榊川）		1
	三面川（三面）	1	
	無標識	287	2,015

※1 複数の河川、ふ化場から放流されている場合は、地域及び河川数（事業名）で表記

※2 知内川（知内）、日高幌別川（日高幌別）、鳥崎川（遊楽部）、茂辺地川（遊楽部）、敷生川（敷生）

※3 日高幌別川（日高幌別）、鳥崎川（遊楽部）、茂辺地川（遊楽部）、敷生川（敷生）

※4 尻別川（京極）、相沼内川（京極）、後志利別川（瀬棚）、天塩川（中川）

※5 尻別川（京極）、十勝川（札内）、釧路川（オソツベツ）、天塩川（中川）、標津川（中標津）、頓別川（頓別）、沙流川（沙流）、戸切地川（上磯）、信砂川（信砂）

## 1)-a)-④ 港湾における稚魚採捕調査 1 (北海道昆布森漁港)

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 中島歩

### 【目的】

本調査では、主に釧路川へ放流された耳石温度標識魚を採捕することで、降海初期におけるデータ収集を目的とする。

また、放流されたサケ幼稚魚の一部には放流時期や放流サイズごとに異なる耳石温度標識を施標していることから、放流後の成長速度を解析することで釧路川における最適な放流時期・サイズを探る手がかりとする。

### 【方法】

昆布森夜間調査（以下、夜間調査）は2019年から2024年にかけて、5月中旬から6月中旬の間に2回または3回、日没後（19時～22時）の昆布森漁港沖及び漁港内において実施した（本事業では2022年から2024年にかけて実施）。採捕は、海面に照射した光に集まったサケ幼稚魚を、たも網で捕獲する灯火採集によって行った。また、調査時には表面水温も測定した。採捕したサケ幼稚魚は持ち帰り、凍結後、解凍状態で尾叉長と体重を測定した。また耳石標識コードから放流由来を調べ、標識コードの放流平均尾叉長を基準にそれぞれの採集日までの日間成長率を求めた。

2024年は5月15日から5月30日にかけて計3回実施した。

### 【結果及び考察】

#### 1. 海水温

夜間調査時の表面水温は7.0～7.6℃であった。

#### 2. サケ幼稚魚等の採集状況

夜間調査における調査年及び調査時期ごとの幼稚魚の採捕尾数と、このうち釧路川由来標識魚の割合を図1に、2024年の調査日ごとの採捕尾数と釧路川由来標識魚の割合を図2に示す。6年間の調査における平均採捕数は214尾、うち釧路川由来の標識魚は19尾(8.9%)であった。2024年の採捕数は計56尾で、2022年に続いて少なかった。

#### 3. サケ幼稚魚の体サイズ等

夜間調査における調査年ごとのサケ幼稚魚の尾叉長と肥満度を図3及び4に、釧路川由来標識魚の放流から採捕までの日数を図5にそれぞれ示す。サケ幼稚魚の尾叉長はほとんどが8cm未満で、5～7cmの個体が多かった。肥満度は8～9の個体が多かったものの、年によってバラツキの度合いが異なり、2023年では特に大きかった。釧路川由来の採捕までの日数は2019年では20～28日と短く、他の年では30～50日が多かった。

2024年に夜間調査で採捕された56尾のサケ幼稚魚について、調査日別の尾叉長と肥満度の関係を図6に示す。尾叉長は5～6cmが多く、肥満度は総じて7以上であった。5月30日調査では5.5cm以上の個体が多くみられた。

#### 4. 耳石温度標識確認結果と標識魚の日間成長率

夜間調査において確認された標識魚の内訳を表1に示す。標識魚のほとんどは釧路川由来で占められた。そのほか、2019年に静内川由来が1尾確認され、2023、2024年には釧路川を含む道内各地区の河川由来を示す標識コードが確認された。釧路川由来の標識魚のうち、放流月日が明確なものについて放流時の平均尾叉長と採捕時の尾叉長からおよその日間成長率を求めた。放流日ごとの日間成長率を図7に、釧路川のサケ幼稚魚の旬別放流数を図8に示す。標識魚の採捕数が少ない2022年及び2024年を除くと、2019、2020、2023年では、釧路川への稚魚放流数が増加する4月中旬あるいは4月下旬放流群で日間成長率が

低い傾向が見られた。

## 6. 考察

夜間調査の採捕数が少なかった 2022 年は釧路川の放流数が少なく、採捕数が最多の 2023 年では周辺河川を含めほぼ計画通りの放流数となった。このことから、調査海域のサケ幼稚魚の分布状況は放流数にも左右されると考えられる。サケ幼稚魚の放流由来は類推されるものを含めほぼ全て釧路川由来と見られることから、周辺河川から放流され、図 3 に見られるように離岸サイズに満たない体サイズのサケ幼稚魚が調査海域周辺を利用している様子がうかがわれた。また標識魚の放流月日によると、5 月中下旬に調査した 2023 年は 3 月中旬から 5 月中旬の幅広い時期の標識群が見られ、6 月上中旬に調査した 2019 年では放流から日の浅い 5 月中下旬放流群のみが見られた。時期と成長によって、分布するサケ幼稚魚は入れ替わっているものと考えられた。

2024 年の夜間調査では、幼稚魚の肥満度は 2023 年のような大きなバラツキは見られず、5 月 30 日調査ではより大きな個体も見られ、5 月中の無標識魚を含めたサケ幼稚魚の状態は比較的良好であったと考えた。

2019、2020、2023 年では、釧路川への放流数が増加する 4 月中、下旬放流群の日間成長率が低い傾向がみられた。昆部森で実施している 2 艘曳網調査で採捕されるこれら標識魚の成長率は比較的高いが、夜間調査で採捕されたこれら標識魚は成長率が低かったことから、放流平均サイズより小さかった上、餌の競合等により成長が遅れたことで岸寄りにとり残されたと考えられた。

2019～2024 年にかけて実施した夜間調査により、釧路川東岸側沿岸で成長する釧路川由来の放流魚について一定の情報が得られたことから、2024 年をもって本調査を休止する。



図 1. 2024 年の夜間調査の調査地点

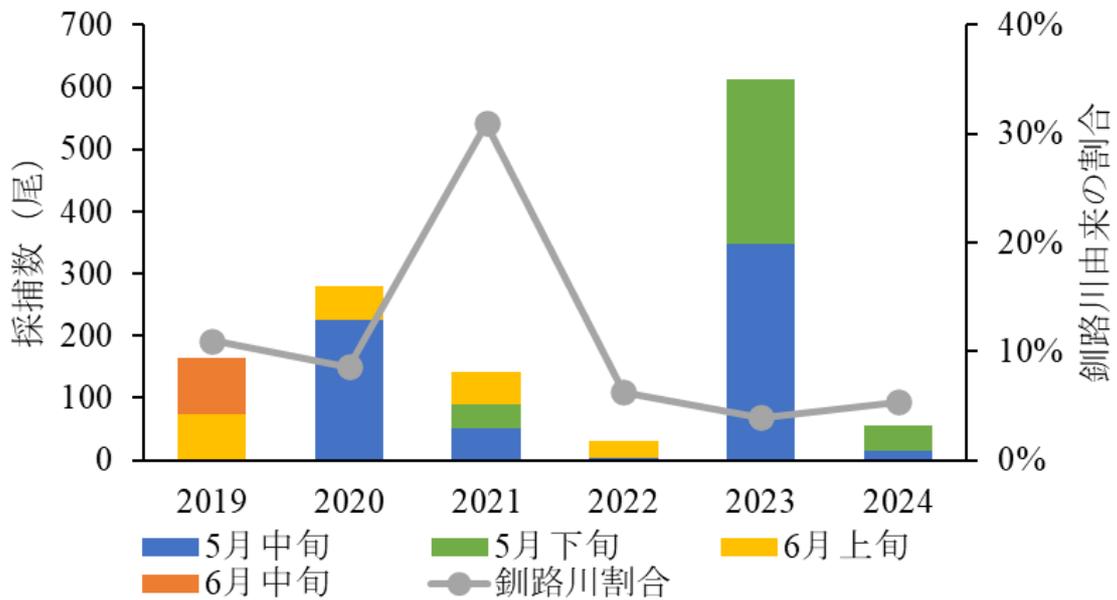


図 2. 2019～2024 年の夜間調査における旬ごとのサケ幼稚魚採捕数及び鉦路川由来標識魚の割合

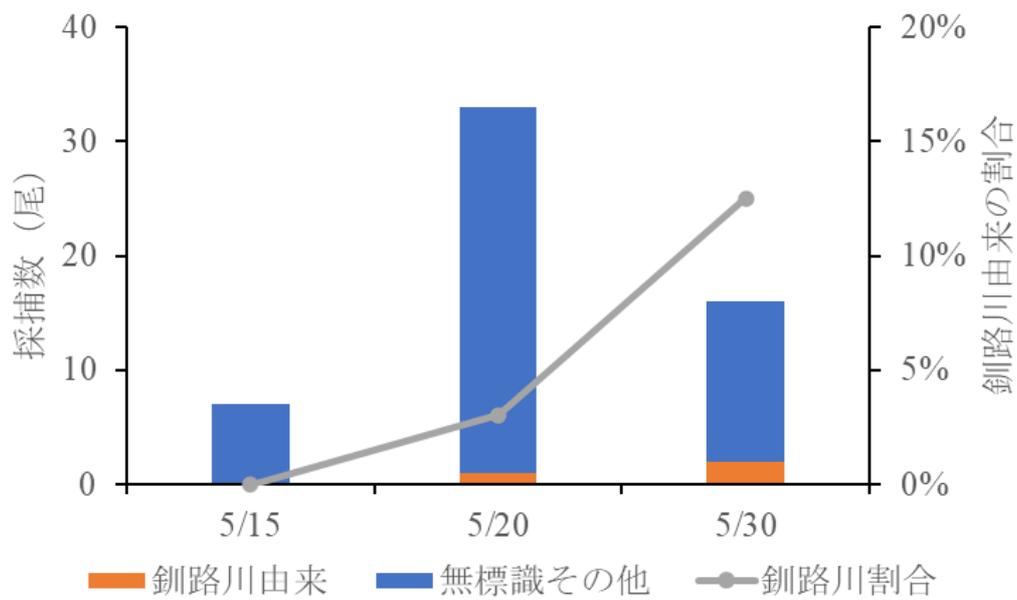


図 3. 2024 年の夜間調査における採捕数と釧路川由来標識魚の混入率

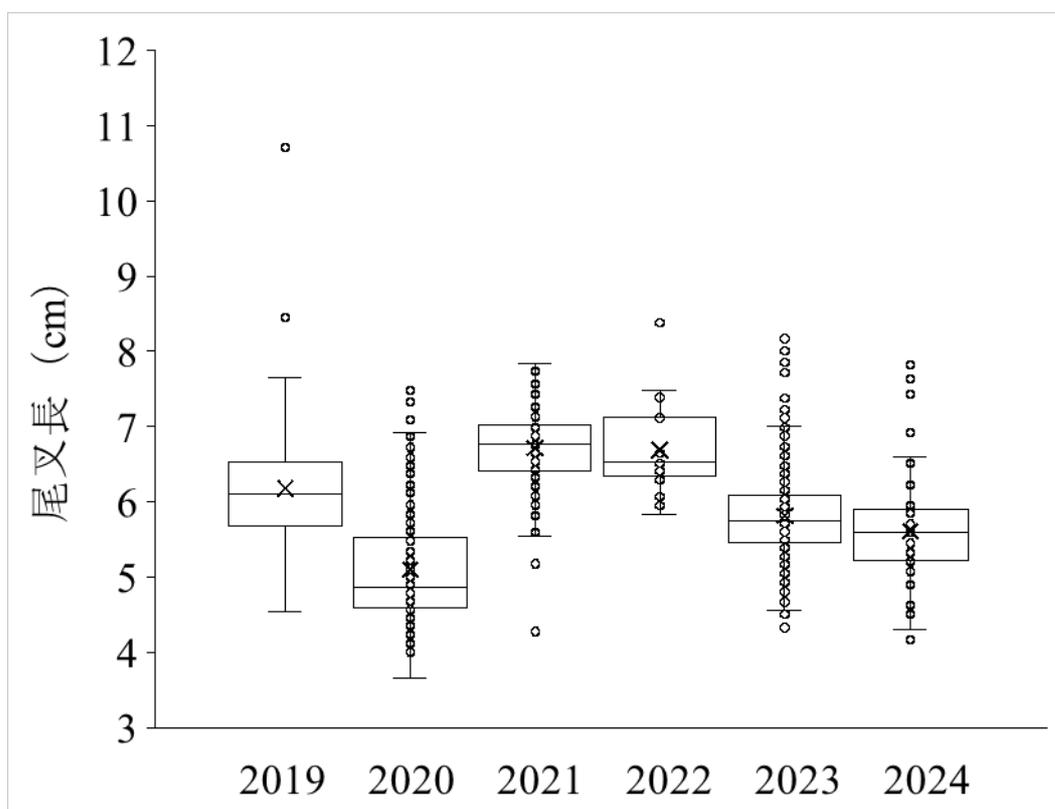


図 4. 2019～2024 年の夜間調査におけるサケ幼稚魚の尾叉長

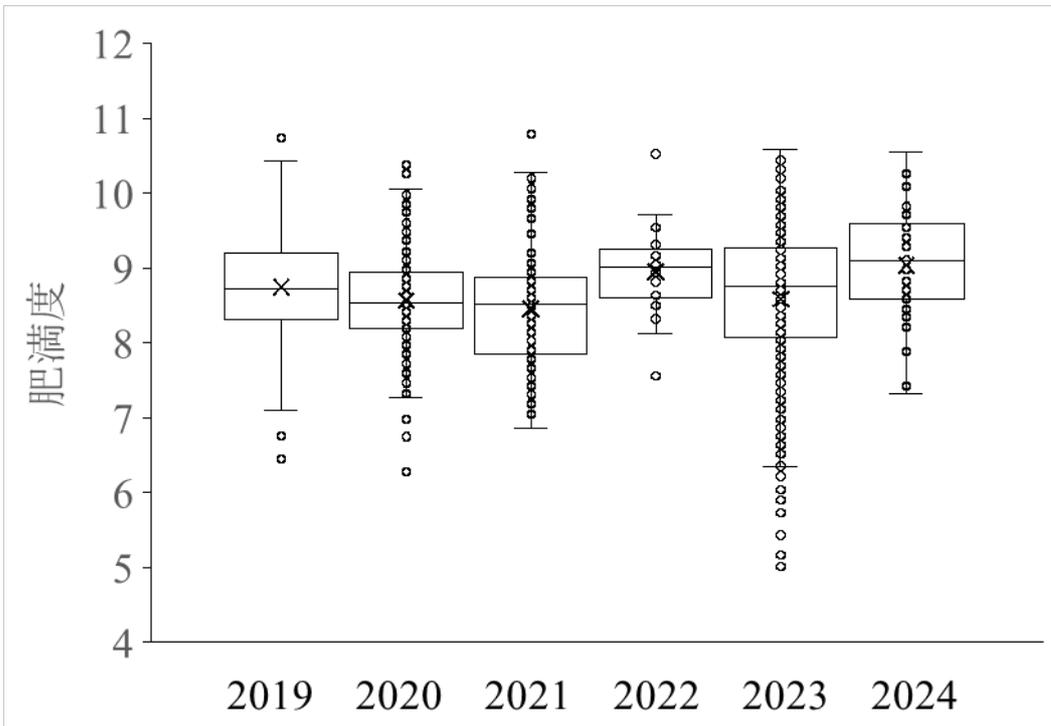


図 5. 2019～2024 年の夜間調査におけるサケ幼稚魚の肥満度

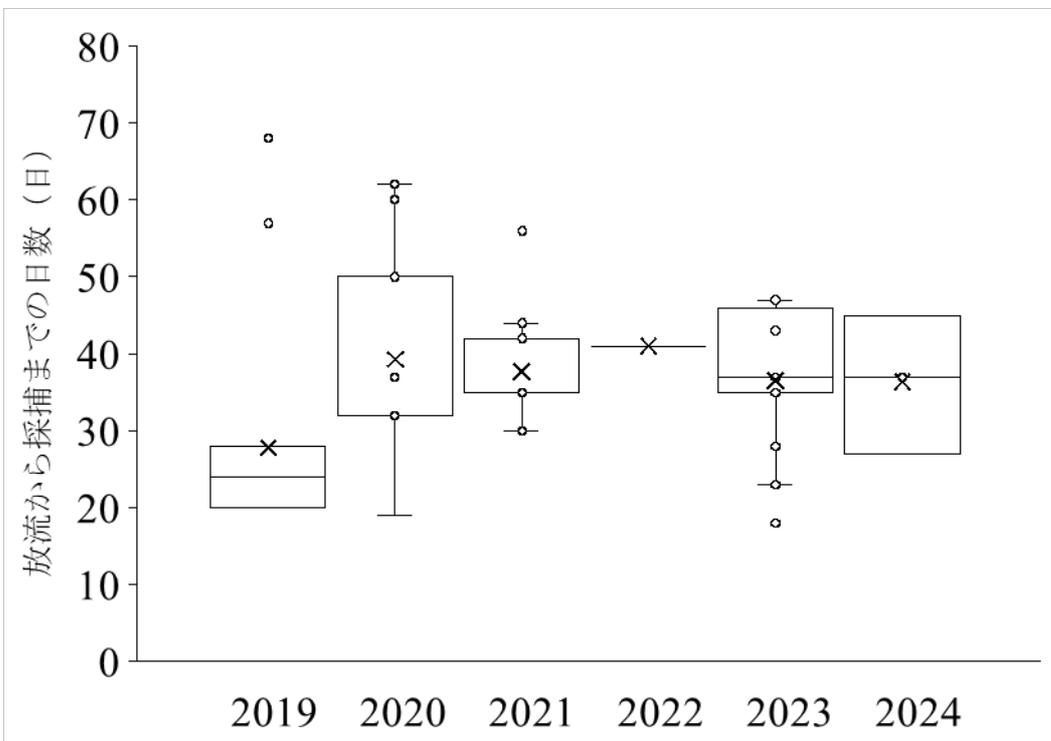


図 6. 2019～2024 年の夜間調査による釧路川由来のサケ幼稚魚の放流から採捕までの日数

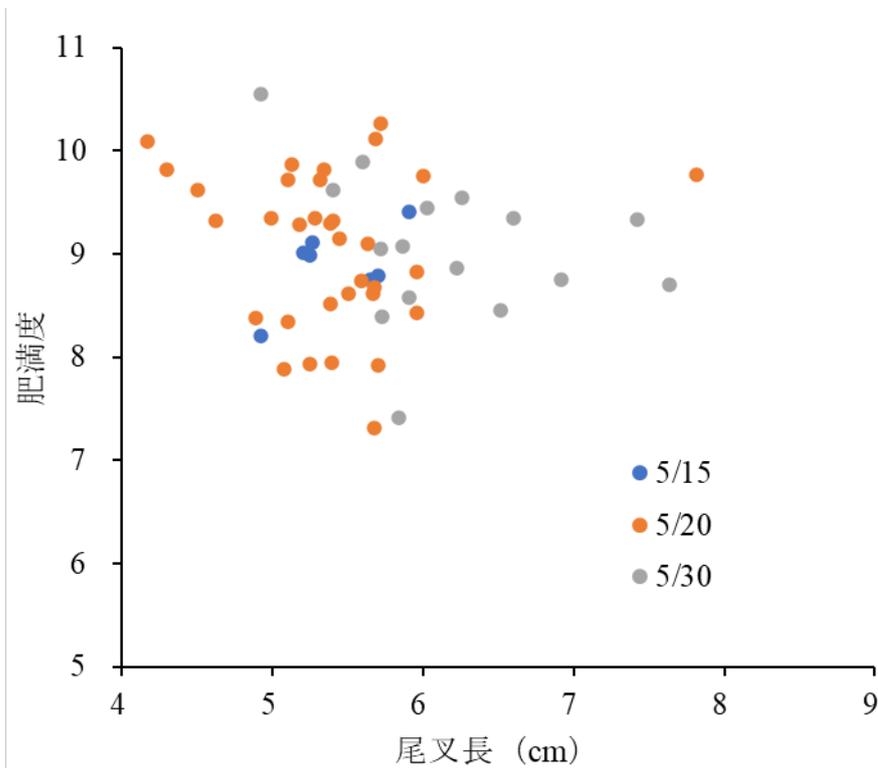


図 7. 2024 年の夜間調査で採捕されたサケ幼稚魚における調査日ごとの尾叉長と肥満度の関係

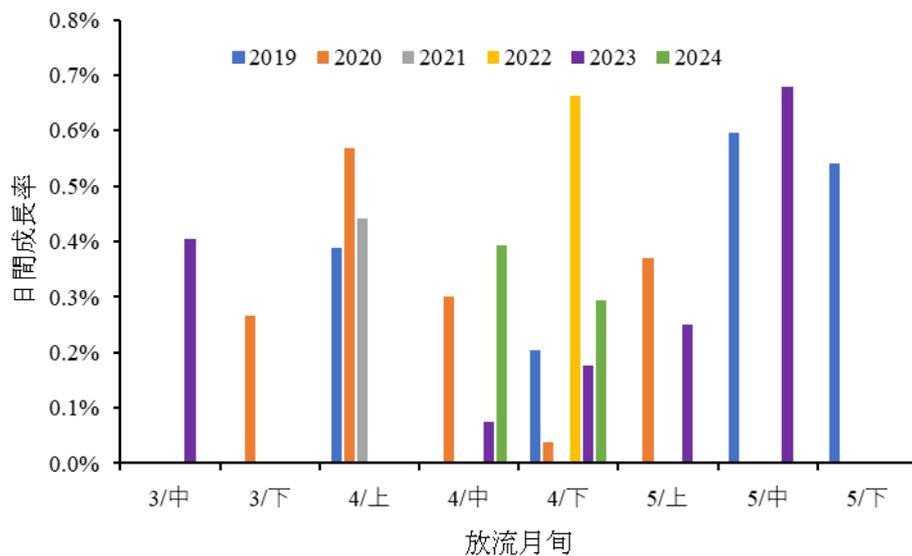


図 8. 2019～2024 年の夜間調査で確認された釧路川由来サケ幼稚魚における放流旬ごとの日間成長率 2023 年の 5 月上旬、5 月中旬における採捕尾数は 1 尾。

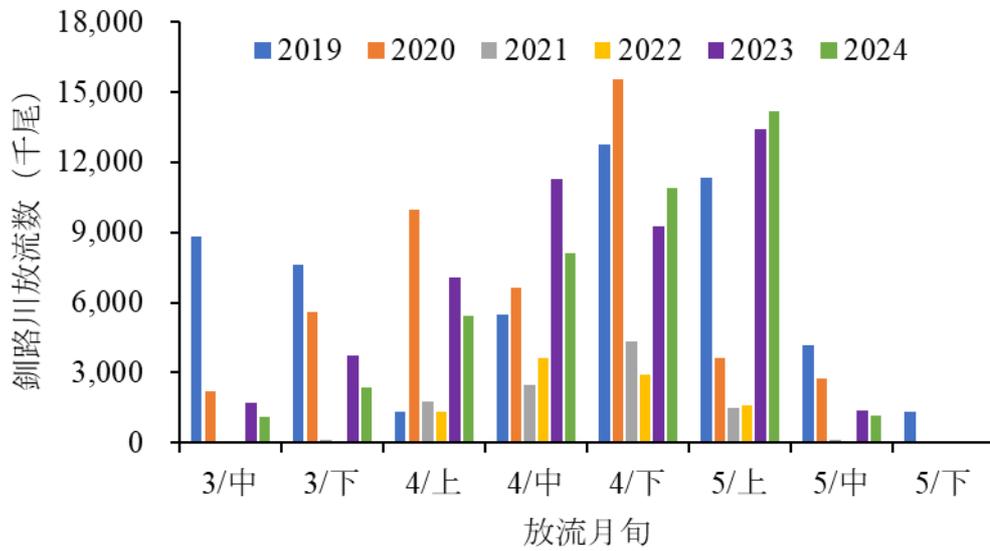


図 9. 2019～2024 年における釧路川のサケ稚魚の旬別放流数

表 1. 2024 年の夜間調査で確認された耳石標識魚の内訳 「道内河川」はオホーツク、北海道日本海、根室、えりも以東、えりも以西及び道南各海区の計 9 河川のいずれかから放流された標識群。

調査年	鶴居	芦別	芦別・オソツ・美留和	釧路川下流域	静内川	道内河川	合計
2019	17	1			1		19
2020	21	3					24
2021	2	2		40			44
2022		2					2
2023	24		16			3	43
2024	3					1	4

## 1)-a)-⑤ 港湾における稚魚採捕調査 2 (北海道宗谷港)

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部 濱崎薫

### 【目的】

さけます幼稚魚の分布状況や生息環境等を明らかにするため、港湾に蝟集するさけます幼稚魚の採捕および環境観測を実施する。採捕したさけます幼稚魚の耳石温度標識を確認し、それらの移動時期・経路・体サイズなどの変遷を把握する。

### 【方法】

宗谷港での調査は、5月9日～6月25日の期間に合計10回、それぞれ調査員3～4名で2時間30分程度行った。日没後、防波堤上から港内に向けて集魚灯を点灯し、灯下に寄ってきたサケ幼稚魚をたも網を用いて採捕した。調査時は環境観測として、塩分・水温計にて調査地点の表層及び底層の海水温と塩分を測定するとともに、調査地点付近（水深1.5m前後）に記録式水温計を設置して1時間間隔で海水温の連続観測を行った。2021年まで調査を行っていた定点1が物理的要因により進入不能となったため、2022年からは定点2で調査を実施した（図1）。また、2023年からは荒天時の予備地点として定点3を追加した。

### 【結果及び考察】

#### 1. さけます幼稚魚採捕結果

幼稚魚採捕は5月9日～6月25日の間に定点2で計10回行い、サケ幼稚魚821尾を採捕した（表1、図2）。採捕のピークは5月中旬であり、5月15日の調査では561尾のサケ幼稚魚が採捕された。一方、6月は採捕数が減少し、5回実施した調査の合計の採捕数は49尾に留まった。また、今年には昨年に引き続きカラフトマス幼稚魚は採捕されなかった。

#### 2. 水温及び塩分濃度観測結果

5月9日から6月25日までの期間において、調査地点での表層水温は7.8～15.5℃であった（図3）。調査地点付近に設置した連続観測の水温データは、調査地点と概ね同様の推移を示した。

調査地点の塩分濃度は、表層で30.1～34.2、底層で33.0～34.4であった。

#### 3. サケ幼稚魚の体サイズ測定結果

図4にサケ幼稚魚の尾叉長分布を示す。採捕されたサケ幼稚魚の尾叉長は3.2～7.1cmの範囲であり、平均5.4cmであった。尾叉長5.0cm台のサケ幼稚魚は最も多く出現し、割合は全体の56.4%を占めた。一方、沖合移行サイズと考えられる8.0cm以上に達した個体は採捕されなかった。

#### 4. 耳石分析結果

採捕されたサケ幼稚魚の耳石を分析した結果を表2に示す。耳石温度標識魚（以下、標識魚）は821尾のうち13尾に確認され、その全てが北海道の河川に由来するサケ幼稚魚であった。標識魚の由来は、天塩川が4尾、国補助事業（北海道日本海4河川統一標識）が4尾、道委託事業（北海道9河川統一標識）が2尾、石狩川が3尾であった。天塩川、国補助事業、道委託事業により放流されたサケ稚魚は5月中旬から5月下旬の間に採捕された一方、石狩川へ放流されたサケ稚魚は5月下旬から6月上旬にかけて採捕されており、出現時期にずれが見られた（図5）。

天塩さけます事業所（以下、天塩事業所）から放流された天塩川由来の標識魚は、2月中旬～4月下旬放流群が1尾（尾叉長4.4cm）、4月上旬1.0g放流群が1尾（尾叉長6.0cm）、4月下旬1.0g放流群が1尾（尾叉長4.6cm）、5月上旬1.2g放流群が1尾（尾叉長5.6cm）確認された。

2024年の宗谷港における標識魚の採捕数及び総採捕数に占める標識魚の割合は、過去の調査と比較していずれも最低であった（図6）。

## 5. 結果を踏まえての考察

2024年の調査におけるサケ幼稚魚採捕のピークは5月中旬であり、6月中旬以降は採捕数が減少した。これはここ数年の調査と同様の傾向であった。ただし、5月15日に採捕された561尾については、前日の5月14日に宗谷港海中飼育の放流があり、港内に留まっていた放流魚がまとまって採捕された可能性がある。カラフトマス幼稚魚については、昨年の調査に引き続き採捕されていないが、宗谷港に近い増幌川において、2023年の親魚回帰不振に伴う種卵不足により、カラフトマス稚魚が放流されていないことが要因の一つと考えられる。

2024年の宗谷港内の水温は例年より変動幅が大きく、複数回の上昇と下降が観測された。その要因の一つとして、調査期間中に宗谷岬周辺は強い寒波や暖気に何度か見舞われており、気象条件が港内水温に影響を与えた可能性があるとして示唆された。

過去の調査において、表層水温が15℃を超えた調査日ではサケ幼稚魚は採捕されていない。今年も同様の傾向を示し、表層水温が15℃を超えた6月18日はサケ幼稚魚が採捕されなかった。以上のことから、サケ幼稚魚は表層水温15℃を境に宗谷港外に移動すると推測された。

体サイズについて、尾叉長7cm台の稚魚は2尾のみの採捕、8cm以上の稚魚は採捕されず、大型魚が例年と比較して非常に少ない結果となった。耳石解析の結果では標識魚の割合が著しく低く、遠方由来の大型魚が少なかったことが影響したと考えられる。

標識魚の採捕数及び総採捕数に占める標識魚の割合は、過去の調査と比較して最低であった。一方で、標識魚の内訳を見ると、それぞれの採捕数は少ないながらも、例年採捕される標識の種類は概ね確認された。そのため、ある特定の標識群の生き残りが悪かったのではなく、標識魚が宗谷港に入りづらい要因があったのではないかと推測される。今年の調査では6月18日を除く9回の調査でサケ幼稚魚が採捕された一方、標識魚が採捕されたのは5月15、5月21日、6月4日、6月5日の4日間であった。後者はいずれも宗谷港内の水温が過去平均とほぼ同じであった日と一致している。前述のとおり、今年は気象の影響で港内水温が乱高下したと推測され、遊泳力の比較的大きい遠方由来の標識魚は、港内の高水温または低水温を避けて沖合を通過した可能性がある。

今年の調査は標識魚の採捕数が合計で13尾に留まり、明確な考察が難しい状況であった。翌年以降の調査でも同様の状況が続く場合は、より多くの標識魚を採捕するため調査地点の変更も検討している。

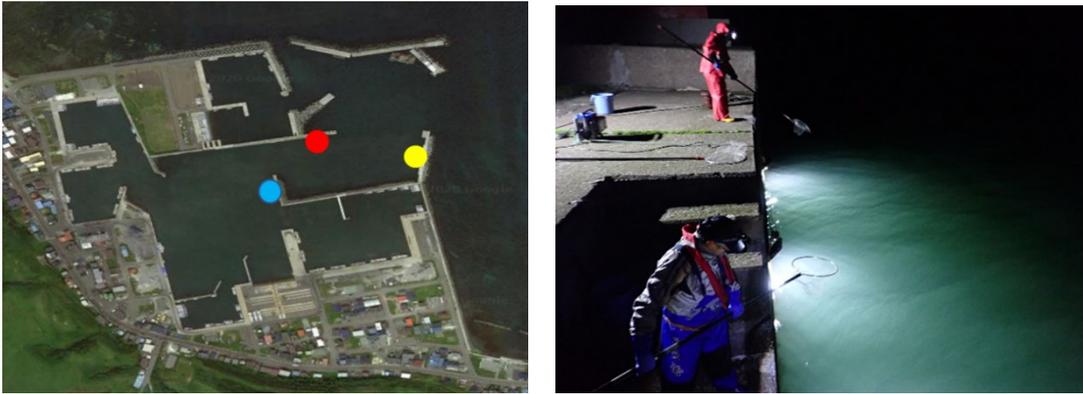


図1. さけます幼稚魚採捕を行った地点と採捕の様子  
 (左) 黄丸は 2021 年まで幼稚魚採捕を実施した調査点 (定点 1)、赤丸は 2022 年からの調査点 (定点 2)。2023 年から青丸の地点を荒天時の予備調査点として追加 (定点 3)。  
 (右) たも網を構えて集魚灯に集まるさけます幼稚魚を待つ調査員。

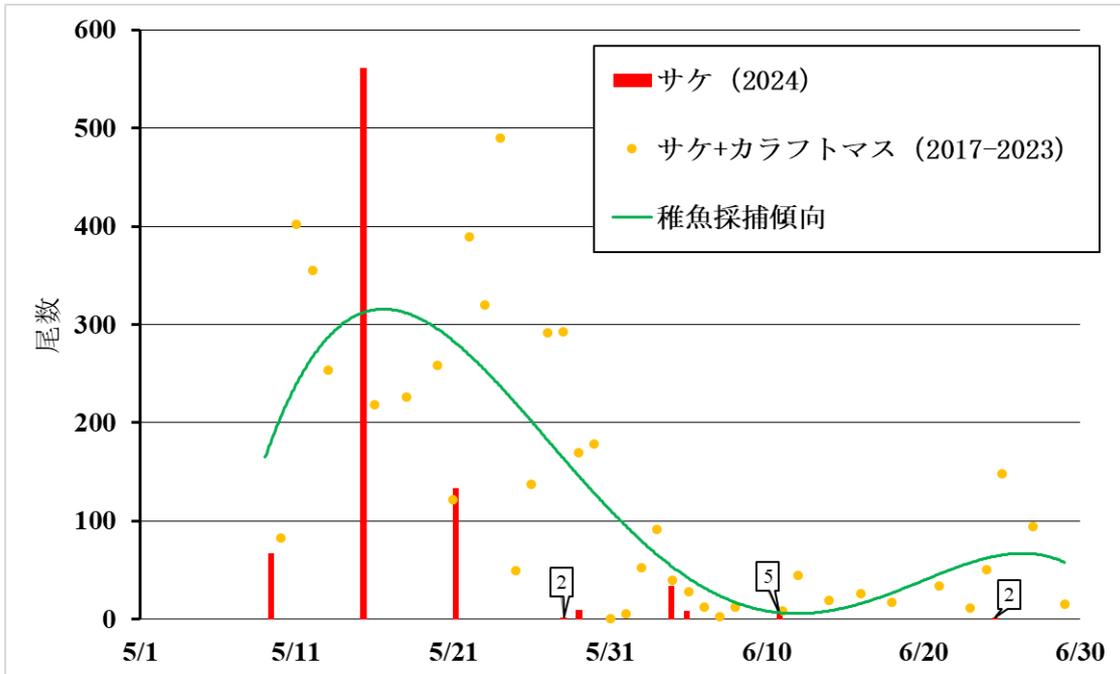


図2. 2024 年宗谷港におけるさけます幼稚魚の採捕尾数と 2017 年～2023 年までの採捕数及び傾向 赤■は 2024 年のサケ幼稚魚採捕数、黄●は過去の月日におけるさけます幼稚魚採捕数、緑線は過去の採捕数から算出したさけます幼稚魚採捕傾向を示す。

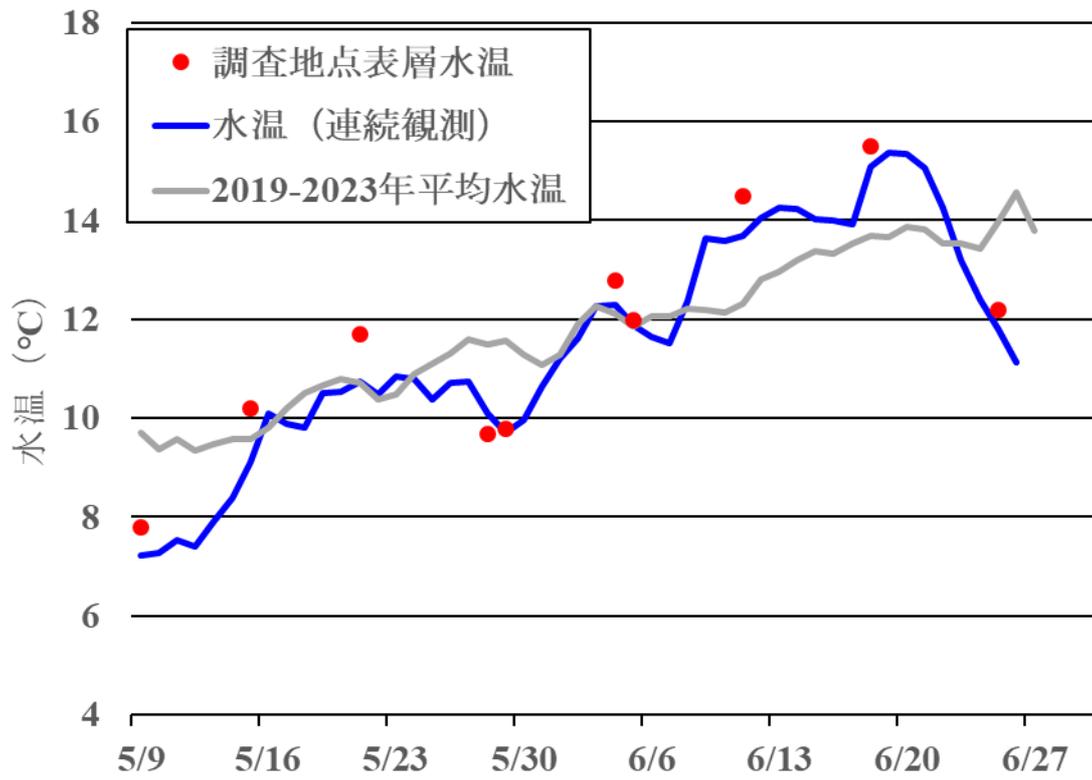


図3. 2024年宗谷港の表層水温と過去5年間の日平均水温 調査地点表層水温は調査日における19時30分の観測値を示す。

## b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源生態部 佐藤智希

### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源生態部：佐藤智希

#### 【目的】

課題イー1)－a)の北海道厚田沿岸および太平洋昆布森沿岸において採集された動物プランクトン試料について、種組成および個体数密度を分析し、サケ幼稚魚が沿岸に生息する時期の餌料環境の変動を把握する。また、同沿岸域において採捕されたサケ幼稚魚の胃内容物組成の変動を把握する。

#### 【方法】

それぞれの沿岸域においてノルパックネットにより採集された動物プランクトン試料は、プランクトン分割器を使用して二分割し、一方の試料は 0.001 g 精度で湿重量を測定し、採集時に測定された濾水計の値を元に濾水量を算出し、単位体積あたりの生物量 ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) を見積もった。もう一方の試料は、種類別あるいは分類群ごとに個体数を計数し、算出された濾水量を元に、単位体積あたりの個体数密度 ( $\text{個体}/\text{m}^3$ ) を見積もった。

サケ幼稚魚の胃内容物分析は、各採集日各定点最大 10 尾について分析を実施した。尾又長および魚体重を測定した後、胃を取り出し、10%ホルマリン海水で固定した。その後、胃から内容物を取り出し 0.001 g の精度で重量を測定して胃内容物重量指数（魚体重あたりの胃内容物重量の割合）を算出した。さらに、内容物は可能な限り下位の分類群まで同定し、個体数を計数した。また、損傷の程度が低い内容物について、同一種類 5 個体上限に、体長を測定した。

#### 【結果及び考察】

##### 1. 動物プランクトン生物量、個体数密度および分類群組成

2024 年の厚田沿岸域における動物プランクトン生物量は（4 定点の平均）は、0.021 から  $1.002 \text{ g}/\text{m}^3$  の範囲で変動し、3 月下旬から 4 月下旬にかけて増加したが、その後時期の経過とともに減少する傾向がみられた。生物量は、最近 4 年（2020～2023 年）と比較すると 4 月下旬に  $1.0 \text{ g}/\text{m}^3$  程度となり高い傾向がみられたが、それ以外の時期は概ね同程度であった（図 1）。

動物プランクトン個体数密度（4 定点の平均）は、197.5 から  $1784.9 \text{ 個体}/\text{m}^3$  の範囲で変動し、生物量と同様の季節変動を示し、4 月下旬が最も高かった。個体数密度は、生物量と同様に最近 4 年と比較すると概ね同程度であった（図 1）。

分類群組成は、4 月中旬まではカイアシ類（大型カラヌス目カイアシ類；雌成体の体長が 2 mm 以上、小型カラヌス目カイアシ類；雌成体の体長が 2 mm 未満、およびその他カイアシ類；カラヌス目以外のカイアシ類）の占める割合が高い傾向にあったものの、それ以降大きく減少し、枝角類や棘皮類の占める割合が高い傾向にあった（図 1）。分類群組成は最近 4 年と比較すると、枝角類や棘皮類の占める割合が増加する傾向にあった。

2024 年の昆布森沿岸における動物プランクトン生物量（4 定点の平均）は、0.089 から  $1.382 \text{ g}/\text{m}^3$  の範囲で変動し、6 月 2 週に最も高かったが、それ以降急激に減少し、6 月 3 週以降は概ね同程度で大きな変動はみられなかった（図 2）。生物量は最近 4 年と比較すると、高い時期はあるものの、調査期間を通じて低い傾向にあった。

動物プランクトン個体数密度（4 定点の平均）は、1017.5 から  $5812.5 \text{ 個体}/\text{m}^3$  の範囲で変動し、6 月には  $3000 \text{ 個体}/\text{m}^3$  程度と比較的高い傾向にあったが、7 月には  $2000 \text{ 個体}/\text{m}^3$  程度とわずかに低くなる傾向にあった。個体数密度は、最近 4 年と比較するとやや高い傾向にあった（図 2）。

分類群組成は、カイアシ類（大型カラヌス目カイアシ類、小型カラヌス目カイアシ類およびその他カイアシ類）の占める割合が6月5週を除き低い傾向にあり、これらに代わって枝角類やフジツボ類の占める割合が高い傾向にあった。この傾向は最近4年と同様の傾向にあった（図2）。

2024年における両海域の動物プランクトン個体数密度および生物量は最近4年（2019～2022年）と大きく変化しておらず、過去と比較しても低い傾向にあり（佐藤2022）、特にサケ幼稚魚の降海後に主に摂餌されているカイアシ類の割合が低く、枝角類、フジツボ類、棘皮類などのような体内にあまり栄養を蓄えない分類群の占める割合が高かったことから、サケ幼稚魚にとって厳しい餌料環境であったと推測される。

## 2.サケ幼稚魚の食性

### 2-1 サケ幼稚魚の胃内容物重量指数（SCI: Stomach Contents Index）

厚田沿岸における2024年の胃内容物重量指数（魚体中に占める胃内容物重量の割合）は、0.08から6.06%の範囲にあり、調査期間を通じての平均値は1.5%で、最近2年（2022: 1.6%、2023年: 1.2%）と同様に低い傾向にあった（図3）。また、胃内容物重量指数が3%を超える個体はあまりみられなかった。

昆布森沿岸における2024年の胃内容物重量指数は、0.23から7.26%の範囲にあり、調査期間を通じての平均値は2.6%で、2023年の2.3%に続き比較的高い傾向にあった（図4）。6月4週および7月3週で平均値が2%以下であったものの、それ以外では3%を超えていて比較的高い傾向にあった。胃内容物重量指数は、最近4年では7月に入ると、わずかに低い傾向がみられていたが、2024年は、7月になっても比較的高い傾向にあった。

今後、両海域の胃内容物組成の分析結果を合わせ、2024年の摂餌状況を評価する予定である。

### 2-2 胃内容物組成（2023年）

2023年に厚田沿岸域において1艘曳網により採集された幼稚魚のうち、98尾について胃内容物を調査した。そのうち、空胃個体は11尾で、最近4年では最も多かった。

厚田沿岸域における胃内容物組成（個体数比）は、各採集日で優占する分類群は異なるが、サケ稚魚はこれまでの報告と同様に多様な餌生物を利用していた（図5）。2023年には、3月下旬から4月にかけて荒天等の影響により調査が実施できなかったために季節変動の単純比較はできないが、4月中旬および5月上旬には、その他カイアシ類、大型カラヌス目カイアシ類および小型カラヌス目カイアシ類が優占していた。しかし、5月中旬以降、それらの占める割合は低くなり、枝角類や十脚類の占める割合が高くなっていった。最近4年（2019～2022年）の胃内容物組成と比較すると、2023年は大型カラヌス目カイアシ類の占める割合が低く、これまでと比較して大きく変化している傾向がみられた。

2023年に昆布森沿岸域において2艘曳網より採集された幼稚魚のうち、120尾について胃内容物を調査した。空胃個体は1尾であり、これまで同様に少なかった。

昆布森沿岸域における胃内容物組成（個体数比）は、厚田沿岸域と同様に多様な餌生物を利用していた（図6）。2023年には、6月には大型カラヌス目カイアシ類、十脚類や魚卵・仔稚魚類の比較的大型の分類群を利用していたが、7月以降変化し、陸棲昆虫類、その他カイアシ類、枝角類の占める割合が高くなった。特に陸棲昆虫類はこれまでも胃内容物として出現していたが、これまでと比較して最も多く出現する傾向がみられた。

両沿岸域では、動物プランクトン個体数密度が近年、過去と比較して低い傾向がみられているが（佐藤2022、佐藤2024）、特にサケ幼稚魚の要求が高いと考えられている大型の動物プランクトン個体数密度が近年より少ない傾向にある。胃内容物調査の結果、枝角類のような栄養に乏しい分類群の占める割合がある時期を境に比較的高かったことから、サケ幼稚魚にとって厳しい餌料環境であったと推測される。

**【引用文献】**

佐藤智希ほか.(2022) (3)-1-f. 動物プランクトンの群集構造 令和 3 年度さけ・ますふ化放流  
抜本対策事業調査報告書. 106-110.

佐藤智希.(2024) イ-1)-b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性 令和 5 年度さけ・ます等栽培対象  
資源対策事業さけ・ます不漁対策事業調査報告書. 115-118.

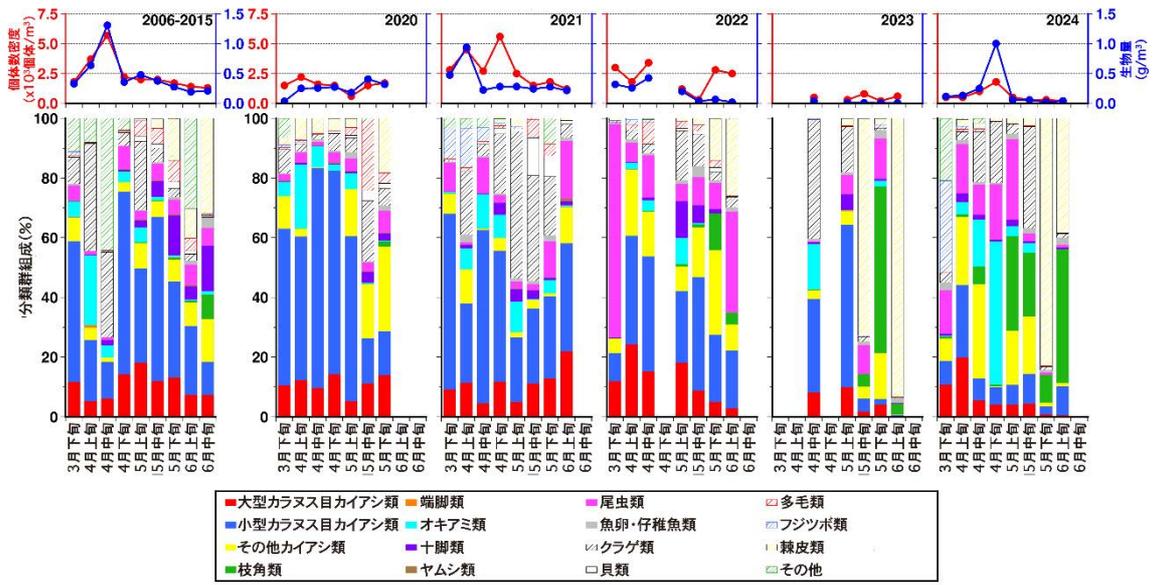


図 1. 厚田沿岸域における動物プランクトン生物量、個体数密度および分類群組成 (4 定点の平均値)

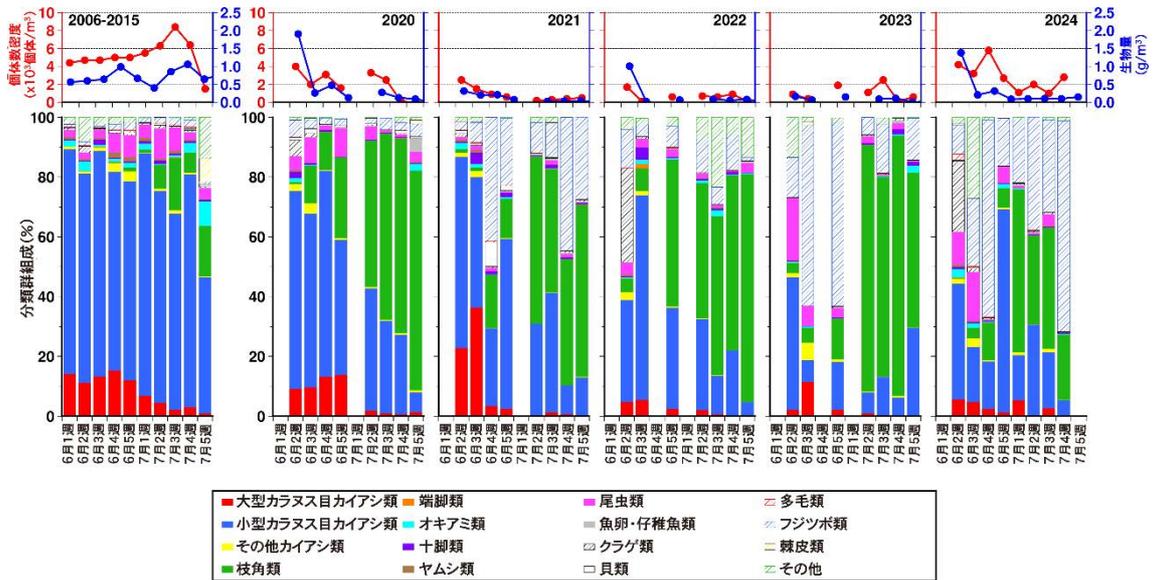


図 2. 昆布森沿岸域における動物プランクトン生物量、個体数密度および分類群組成 (4 定点の平均値)

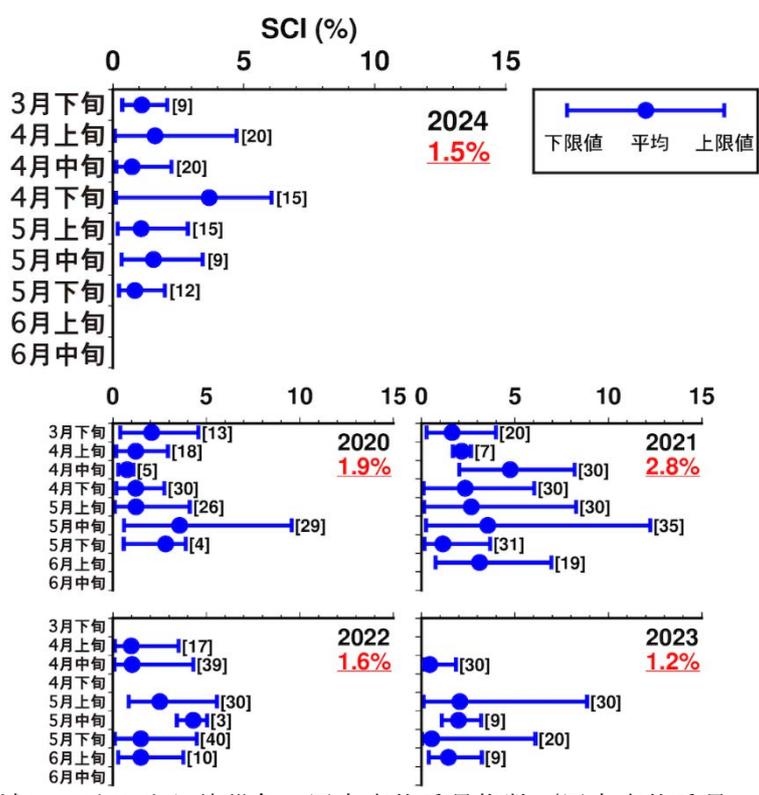


図3. 厚田沿岸域におけるサケ幼稚魚の胃内容物重量指数（胃内容物重量-（魚体重-胃内容物重量）\*100） 図中のカッコ内は調査個体数、赤字は年平均値

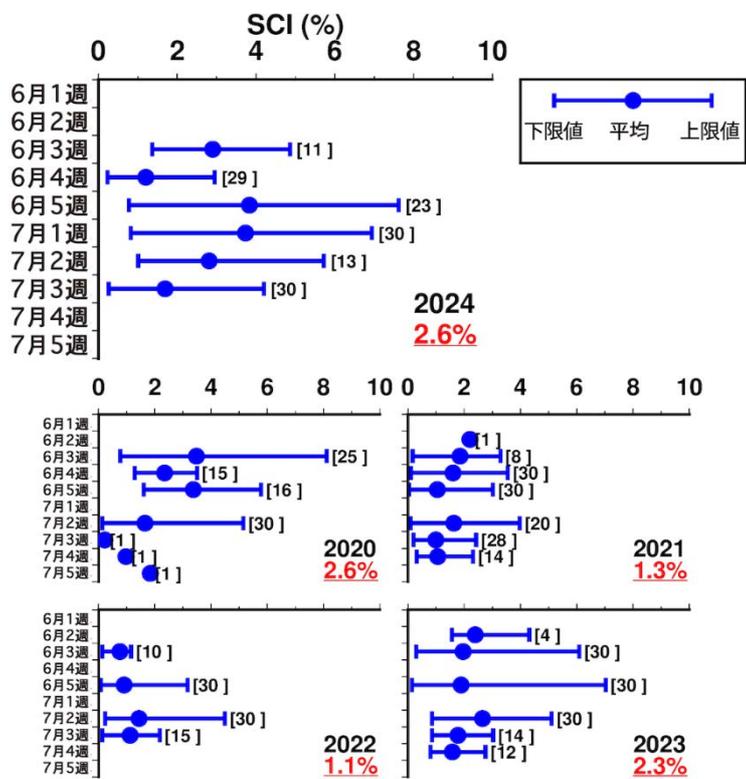


図4. 厚田沿岸域におけるサケ幼稚魚の胃内容物重量指数（胃内容物重量-（魚体重-胃内容物重量）\*100） 図中のカッコ内は調査個体数、赤字は年平均値

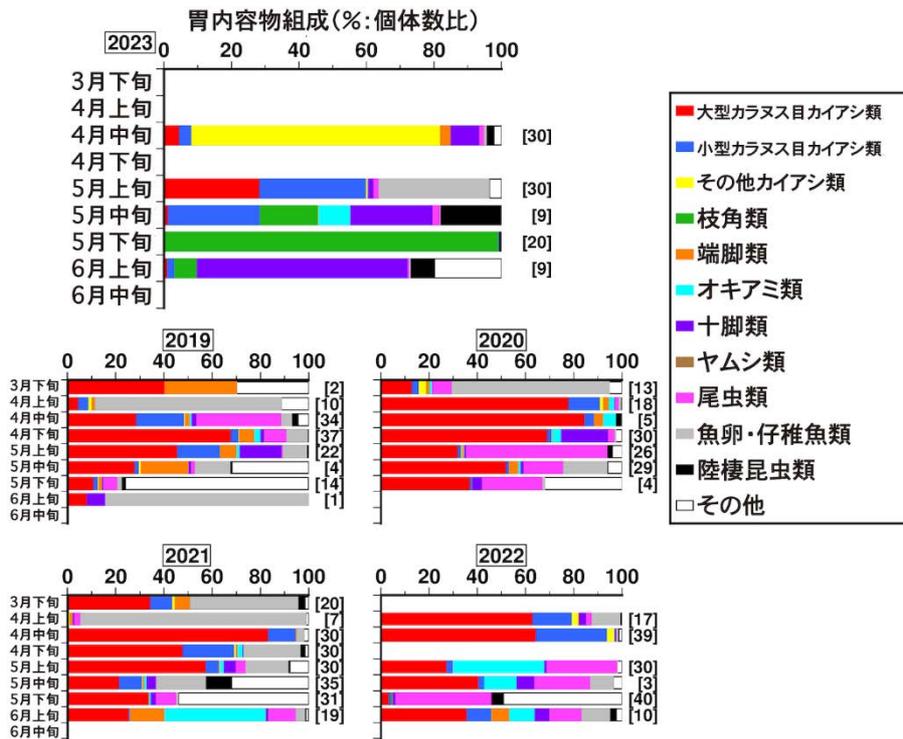


図 5. 厚田沿岸域におけるサケ幼稚魚の胃内容物組成（個体数比） カッコ内は調査個体数

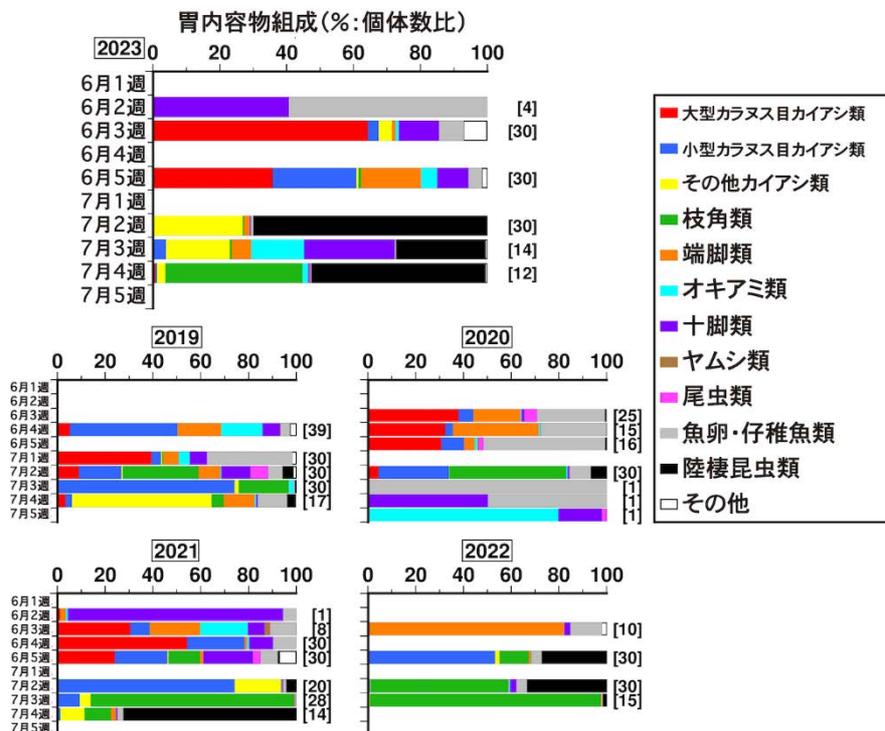


図 6. 昆布森沿岸域におけるサケ幼稚魚の胃内容物組成（個体数比） カッコ内は調査個体数

### c) サケ幼稚魚の地理的起源推定

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源生態部 小倉裕平

#### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源生態部：小倉裕平

#### 【目的】

課題イ-1) -a) で採捕したサケ幼稚魚のうち、北海道太平洋沿岸および昆布森で採集された個体について、耳石温度標識の確認と遺伝分析を行い、その地理的起源を明らかにするとともに、それらの移動時期・経路・魚体サイズなどを把握する。

#### 【方法】

2024年5月中旬～7月中旬にかけて実施された北海道における定点環境観測及び稚魚採集調査（以下稚魚採捕調査、虎杖浜・春立・昆布森、図1）において採集されたサケ幼稚魚について、各個体の尾叉長および体重を測定し、頭部より耳石標本を採集した。また同時に尾部等の体組織を採集し、99%エタノールで固定して遺伝標本とした。

採集した耳石標本は標準的な方法で標識の有無を確認し、標識魚については標識パターンから放流されたふ化場を特定した。また、遺伝標本から Puregene DNA Extraction Kit (QIAGEN) を用いて DNA を抽出した。抽出した DNA を 384 ウェルプレートに分注し、既知の SNP（一塩基多型）マーカー45 遺伝子座を用いて TaqMan 法による遺伝子型の決定をリアルタイム PCR（QuantStudio 7 Flex リアルタイム PCR システム、ThermoFisher Scientific）で行った。得られた遺伝子型データをもとに条件付き最尤法による遺伝的系群識別を行い、採集場所別・尾叉長別（小型魚：10 cm 未満、大型魚：10 cm 以上）で地理的起源を推定した。推定した地理的起源は北海道日本海・北海道オホーツク海/根室海峡、北海道太平洋、本州太平洋、本州日本海の 5 地域である。また、大型魚の地理的起源の推定は、まとまった採集があった春立と昆布森について行った。

#### 【結果及び考察】

稚魚採捕調査を実施した 3 定点で合計 5,103 個体のサケ幼稚魚が採捕された（表 1）。その内訳は虎杖浜 323 個体、春立 2,868 個体、昆布森 1,912 個体で、春立における採集個体数が過半数を占めた。各調査地点で採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長±標準偏差は、虎杖浜が  $6.83\pm 0.91$  cm、春立が  $8.31\pm 0.83$  cm、昆布森が  $8.99\pm 1.17$  cm となり、虎杖浜が最も小さく、その他の 2 地点ではほぼ同じであった（図 2）。また、虎杖浜・春立では平均尾叉長が昨年（2023 年）よりも小さかった。各調査地点におけるサケ幼稚魚の尾叉長分布を見ると、虎杖浜では 7cm 付近に、春立は 8cm 付近に、昆布森は 9cm 付近にそれぞれピークを持つ一峰型を示した（図 3）。虎杖浜では尾叉長が 10cm 未満の小型魚のみが採集されたが、春立・昆布森では 10cm 以上の大型魚も分布が見られた。

稚魚採捕調査で採集された 5,103 のうち耳石を得られなかった 4 個体を除く 5,099 個体について標識の有無ならびに放流されたふ化場の由来を確認した。その結果、全部で 1,413 個体（27.7%）の耳石標識魚が確認され、このうち 1,034 個体がえりも以西地域、250 個体がえりも以東地域、2 個体が北海道日本海地域、5 個体が本州太平洋地域、4 個体が本州日本海地域のふ化場を由来としていた。また、118 個体は北海道共通コードが施標され放流された個体であった（表 2）。定点別にみると、虎杖浜・春立ではえりも以西地域のふ化場由来の個体が優占し、その多くは静内川（静内さけます事業所、豊畑ふ化場）、えりも以西共統一コード（日高幌別・敷生・遊楽部または日高幌別・敷生・知内・遊楽部）または遊楽部川（八雲さけます事業所）由来の耳石標識魚であった（表 2）。また北海道共通コードが施標された個体も多数出現した。一方、昆布森では小型魚はえりも以西地域およびえりも以東地域のふ化場由来の個体が同程度分布していたが、大型魚ではその大

多数がえりも以西地域のふ化場由来の個体であった。

稚魚採捕調査の定点において、本州由来のサケ幼稚魚は合計 9 個体確認された。その由来は本州太平洋地域が気仙沼大川（大川ふ化場）、熊野川（熊野ふ化場）と織笠川（織笠ふ化場）、本州日本海地域が月光川（箕輪・柗川ふ化場）、三面川（三面川ふ化場）、赤川（赤川ふ化場）または川袋川（川袋ふ化場）であった。気仙沼大川由来の個体は昆布森で 2 個体、熊野川由来の個体は春立で 1 個体採集された。また月光川由来の個体は春立で 1 個体が確認され、織笠川由来の個体は昆布森で 2 個体採集された。これらは尾叉長 10cm 未満の小型魚であった。一方で、赤川由来の個体は春立で 1 個体、川袋川由来の個体は昆布森で 1 個体確認され、これらは 10cm 以上の大型魚であった。（表 2）。

稚魚採捕調査で得られたサケ幼稚魚について、小型魚（尾叉長 10 cm 未満）と大型魚（尾叉長 10 cm 以上）それぞれについて、遺伝的系群識別による地理的起源推定を行い、2015 年以降の結果と比較した（図 4）。小型魚では調査地点を通じて北海道系（日本海地域、オホーツク・根室地域、太平洋地域）が多数を占め、特に北海道太平洋系の割合が例年同様高い傾向を示した（図 4A）。また、いずれの地点でも本州日本海系が推定され、特に虎杖浜では過去の結果と比較して割合が高かった。一方、大型魚においても北海道太平洋系が最も高い割合を占めており、本州系も推定された。春立における大型魚では小型魚と同様北海道日本海系の割合が比較的高く、次いで本州日本海系の割合が高かった。また、昆布森の大型魚において推定された本州系は小型魚と異なり太平洋系であった（図 4B）。

今回調査した 3 地点で得られたサケ幼稚魚の平均尾叉長は、虎杖浜と春立では昨年と比較して小型であった。一方、昆布森で採集されたサケ幼稚魚の平均尾叉長は小型化傾向であったが、2024 年は大型化した。各調査定点で採集されたサケ幼稚魚に占める大型魚の割合は虎杖浜で 0%、春立で 2.3%（2,859 個体中 67 個体）、昆布森で 1.9%（1,912 個体中 363 個体）を示し、前年と比較するとその割合はいずれも低下していた（2023 年：それぞれ、6.9%、5.2%、佐藤 2024）。ここから、2024 年は 2023 年よりも大型のサケ幼稚魚が少ない、あるいは早期に離岸してしまった可能性が考えられた。一方で、2024 年に各調査地点で採集された本州由来のサケ幼稚魚はその多くが尾叉長 10cm 未満の小型魚であった。過去の調査結果からは、本州由来のサケ放流魚は尾叉長 10cm 以上の大型魚として北海道の太平洋沿岸（厚賀・春立付近）にたどり着き、その後昆布森を経てオホーツク海に移動すると推定されていた（佐藤 2016）。しかし、近年の遺伝的系群識別や耳石標識の結果は本州由来の小型魚でも、太平洋沿岸に到達できることを示している。

#### 【引用文献】

- 佐藤俊平ほか. (2016) (1-6) 耳石標識と遺伝分析によるサケ稚魚の移動動態の解明. 平成 27 年度太平洋サケ資源回復調査委託事業 調査報告書. 47-55.
- 佐藤俊平 (2022) (3) 沿岸環境・幼稚魚追跡調査①北海道における沿岸環境・幼稚魚追跡調査(厚田、昆布盛、えりも以西・以東定置網、宗谷海峡) g. サケ幼稚魚の地理的起源推定. 令和 3 年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業さけ・ますふ化放流抜本対策事業 調査報告書. 111-118.
- 佐藤俊平 (2024) 小課題 1) 稚魚沿岸対泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査 b) サケ幼稚魚の地理的起源推定. 令和 5 年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業さけ・ますふ化放流抜本対策事業 調査報告書. 119-127.



図 1. 2024 年 5 月－7 月にサケ幼稚魚を採集した北海道太平洋沿岸の調査定点および沖合調査海域

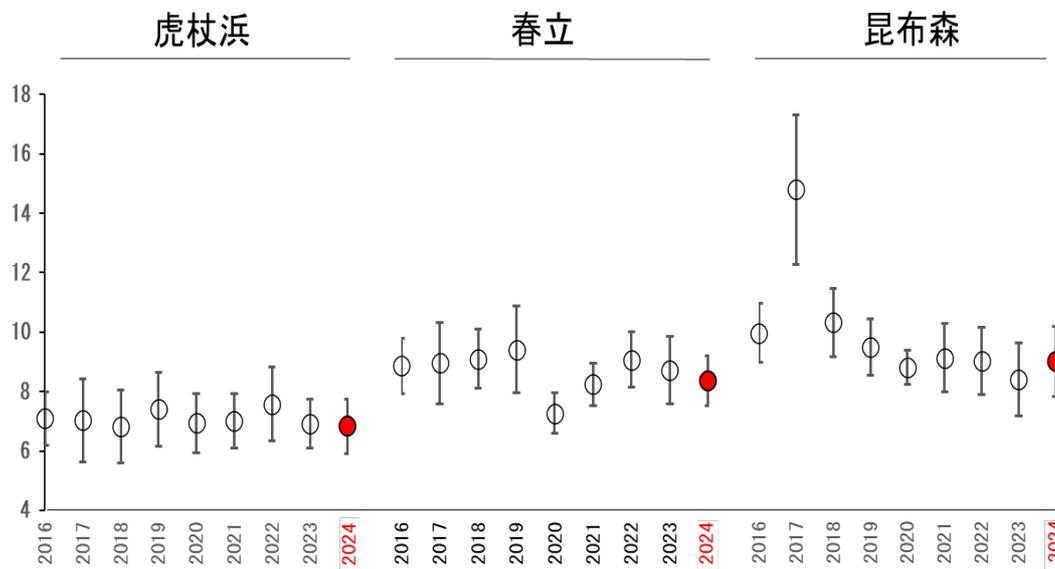


図 2. 2016－2024 年の北海道太平洋沿岸の調査定点および沖合調査で採集されたサケ幼稚魚の平均尾長と標準偏差 赤丸で示したグラフは 2024 年の結果を示す。

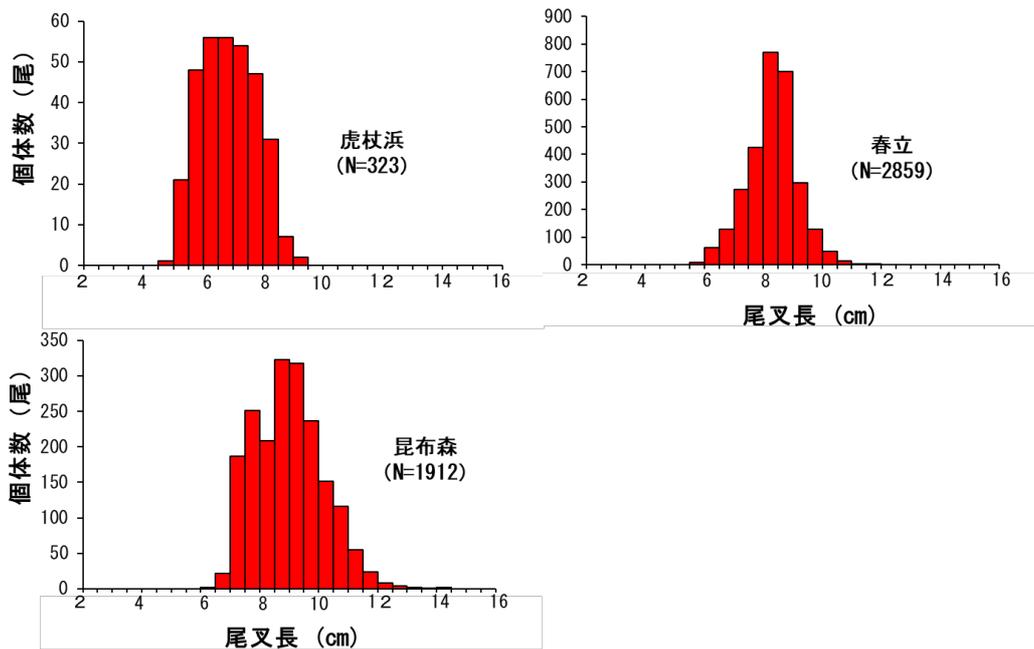


図 3. 2024 年の北海道太平洋沿岸の調査地点および沖合調査で採集されたサケ幼稚魚の尾叉長分布

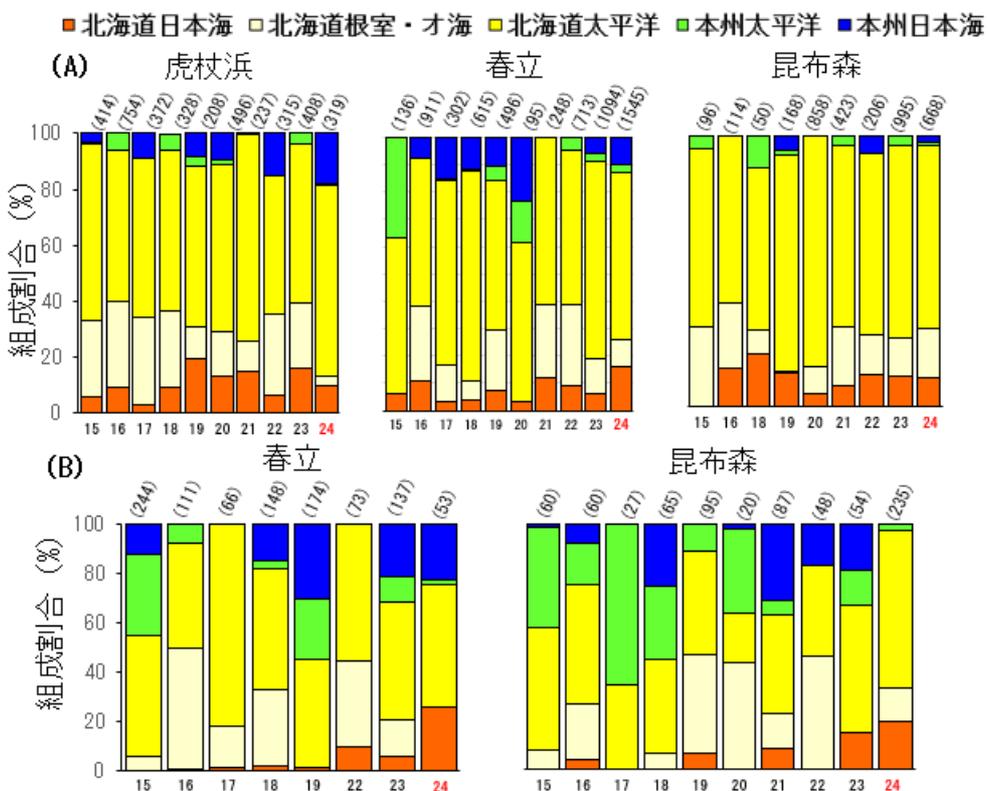


図 4. 遺伝的系群識別により推定した 2015 年ー2024 年の北海道太平洋沿岸の調査地点および沖合調査で採集されたサケ幼稚魚の地理的起源 (A) 小型魚(尾叉長 10cm 未満)、(B) 大型魚(尾叉長 10cm 以上)。グラフの上部の数字は分析個体数を示す。

表 1. 2024 年に北海道太平洋沿岸における定点環境観測及び稚魚採捕調査ならびに北海道太平洋沖調査で採集されたサケ幼稚魚の時期別採集尾数 ーは調査未実施を示す。

調査期間	虎杖浜	春立	昆布森
	5/17-6/13	5/23-6/13	6/14-7/16
5 月中旬	14	-	-
5 月下旬	237	670	-
6 月上旬	33	655	0
6 月中旬	39	1543	1369
6 月下旬	-	0	41
7 月上旬	-	-	416
7 月中旬	-	-	86
7 月下旬	-	-	0
合計	323	2868	1912

表 2. 2024 年に北海道太平洋沿岸における定点環境観測及び稚魚採捕調査ならびに北海道太平洋沖調査で採集されたサケ幼稚魚から見つかった尾叉長別の耳石温度標識魚の個体数とその放流起源 小型魚:尾叉長 10 cm 未満、大型魚:尾叉長 10 cm 以上。虎杖浜は小型魚のみ採集。

放流起源	虎杖浜		春立		昆布森	
	小型魚	小型魚	大型魚	FL 不明	小型魚	大型魚
北海道えりも以西						
知内	0	10	3	0	0	4
八雲	7	232	2	0	27	31
静内	1	166	3	1	62	12
豊畑	6	46	11	0	13	8
知内・日高幌別・遊楽部・敷生	7	151	6	0	55	29
日高幌別・遊楽部・敷生	8	75	2	0	49	9
北海道えりも以東						
十勝	1	17	3	0	70	9
更別第 2	2	34	3	0	29	12
鶴居	0	3	0	0	22	1
芦別	0	3	0	0	5	1
芦別・オソツベツ・美留和	0	0	0	0	12	1
厚内漁港	0	0	0	0	19	1
北海道日本海						
京極・瀬棚・中川	0	1	0	0	1	0
共通コード						
京極・札内・オソツベツ・中川 ・上標津・頓別・沙流・上磯・信砂	2	33	2	0	3	5
京極・札内・オソツベツ・中川 ・中標津・頓別・沙流・上磯・信砂	1	40	2	1	15	14
本州太平洋						
気仙沼大川	0	0	0	0	2	0
熊野	0	1	0	0	0	0
織笠	0	0	0	0	2	0
本州日本海						
箕輪・枅川	0	1	0	0	0	0
三面	1	0	0	0	0	0
赤川		0	1	0	0	0
川袋		0	0	0	0	1
由来不明	0	0	0	0	0	0
耳石無し	0	4	0	0	0	0
無標識魚	287	1,975	29	7	1,163	225

#### d) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源生態部 斎藤寿彦

##### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 さけます部門 資源生態部：斎藤寿彦

##### 【目的】

課題イ-1)-a)「北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1」で採捕した幼稚魚の耳石日周輪解による降海・成長履歴の把握や調査データの分析などを通じて、放流魚の生残条件について検討する。

##### 【方法】

日本海側の厚田沿岸域で採集された石狩川および古平漁港（海中飼育）由来のサケ耳石温度標識魚を主な供試魚とした。耳石温度標識の確認に使用しなかった耳石を用いて、既往の方法により降海時の尾叉長（以下、FL）、降海月日、降海から採捕までの日数を推定し、降海後の成長速度（採集時 FL-降海時 FL）/降海から採捕までの日数を評価した。厚田沿岸域では、これまでのモニタリング結果から、単位漁獲努力量（曳網 1 km）当たりの幼稚魚採集数と当該年級の親魚の河川回帰数に正の相関関係が認められている。この結果は、放流魚の年級群豊度（回帰数の多寡）が厚田沿岸到達までの生残りに大きく依存していることを示唆している。今年度は、2023年に採集された耳石温度標識魚（2022年級）の標識パターン（標識コード：以下、HC）について降海履歴の推定を実施した。推定された成長速度について2016～2022年級の間で比較を行った。また、余市川起源の標識魚についても降海履歴の推定に着手することとし、今年度は2020～2021年に採集された耳石温度標識魚（2019～2020年級）の分析を行った。

最近の研究によれば、沿岸域で高成長を遂げたサケ幼稚魚は初期生残も良い可能性が指摘されている（例えば、Honda et al. 2017、2019）。そこで、沿岸域で高成長を獲得する要因を検討する目的で、本事業で分析した2016～2022年級の石狩川産サケについて、個体の成長速度に、降海月日や降海サイズがどのように影響するかを明らかにするため、成長速度を従属変数、調査年、調査年の平均動物プランクトン湿重量、降海月日、降海サイズ、沿岸滞泳期間（降海月日から採集月日までの日数）および耳石温度標識 HC を説明変数とする一般化加法モデルを構築した。モデル選択（説明変数の組み合わせ）は、赤池情報量規準（以下、AIC）により検討し、AIC が最小となるモデルを採択した。なお、構築するモデルの誤差分布は全てガンマ分布を仮定した。過去に石狩湾で実施されたサケ幼稚魚調査によれば、サケ幼稚魚が石狩湾を離れて北上回遊を開始する時の最小サイズは FL 70 mm であることが報告されている（眞山ほか 1982）。例年、厚田沿岸域でサケ幼稚魚がまとまって採集されるのは5月下旬までであることから、厚田沿岸域のサケ幼稚魚は5月下旬までに当該海域を離岸するものと思われる。そこで、モデル選択でベストモデルとなったモデルによる成長速度の推定値を使い、5月25日（5月下旬の代表月日）における FL の期待値を推定し、FL 70 mm に到達可能な降海月日と降海サイズの組み合わせについて検討した。

また、これまでに計測した余市川産サケ耳石温度標識魚（2019～2022年級）の成長速度と同じ年級の石狩川産サケ耳石温度標識魚の成長速度を、二元配置の分散分析（年級、放流起源および両者の交互作用）で比較した。

##### 【結果及び考察】

2023年の厚田沿岸域では、2023年4月6日から6月6日まで計6回の調査で、のべ17回の曳網が行われ、合計361尾のサケ幼稚魚が採集された（菅原 2024）。石狩川および古平漁港（海中飼育）から放流された標識魚の割合は、それぞれ43.6%および0.6%であっ

た（菅原 2024）。本分析では、これら石狩川の標識魚のうち、調査日および調査定点ごとに最大 20～30 尾を無作為抽出したものを耳石日周輪解析のサンプルとした。また、古平漁港の標識魚については 2 個体全てを耳石日周輪解析に使用した。分析に用いたサンプルの放流履歴、採集履歴および耳石日周輪解析の結果を表 1 に示す。

耳石日周輪解析の結果、石狩川産の標識魚の降海月日は 3 月 26 日から 5 月 2 日と推定された、このうち、実際の放流日以前に降海したと推定された個体は、HC 2-1,4H の 8 尾（最も早い放流月日との差：平均 1 日、範囲 1-2 日）、HC 2-2-3H の 13 尾（最も早い放流月日との差：平均 3 日、範囲 1-5 日）、HC 2-3-2H の 1 尾（最も早い放流月日との差：1 日）および HC 2-3,3H の 3 尾（最も早い放流月日との差：6 日、範囲 2-10 日）であった。しかし、これらの個体は推定降海日と実際の放流日との乖離が平均 3 日ほどと僅かであったことから、日周輪解析の測定誤差が推定結果に与える影響は軽微であるものと考え、これらの個体も含めて以後の分析を行うことにした。古平漁港の標識魚は 3 月 14 日に海中生簀に収容されたが、厚田沿岸域で採集された 2 尾から推定された海水移行日は 3 月 13 日および 3 月 18 日であり、実際の生簀収容月日とは -1～+4 日の乖離があった。

2023 年に採集された標識群ごとの成長速度（降海から再捕までの体成長）は平均 0.32～0.51 mm/日と推定された（表 1）。2019 年に採集された標識魚では、標識群ごとに平均成長速度と沿岸域での回収率との関係を調べたところ、両者に統計学的に有意な正の相関が認められた（斎藤ほか 2021）。同様の分析を 2023 年の採集魚について実施したが、標識群ごとの平均成長速度と回収率の間には統計学的に有意な関係は認められなかった（スピアマンの順位相関： $\rho = -0.29$ ,  $p < 0.05$ ）。したがって、2019 年に観察されたような成長速度の大きな標識群ほど沿岸域での回収率が高くなるという傾向は、2020 年以降 4 年連続で認められなかった。

2017～2023 年の厚田沿岸における石狩川産標識魚の成長速度（年平均値）を比較した結果、2023 年の成長速度はいずれの年のよりも小さかった（図 1、クラスカルウォリステスト： $\chi^2 = 252.300$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$ 、[多重比較] ボンフェローニ補正によるウィルコクソン順位和検定： $p < 0.0001 \sim 1$ ）。2017～2023 年に厚田沿岸域でノルパックネットにより採集された動物プランクトン湿重量について、成長速度と同様に年平均値の比較を行った結果、2017～2022 年の動物プランクトン湿重量の年平均値は 0.19～0.38 g/m<sup>3</sup>であったのに対して、2023 年のそれは 0.03 g/m<sup>3</sup>に過ぎず、2023 年の動物プランクトン湿重量は 2017～2022 年の値を大きく下回った（クラスカルウォリステスト： $\chi^2 = 61.288$ ,  $df = 6$ ,  $p < 0.0001$ 、[多重比較] ボンフェローニ補正によるウィルコクソン順位和検定： $p < 0.0001 \sim 1$ ）。以上のことから、2023 年の成長速度が過去の年を下回ったのは、餌生物量の減少が影響した可能性が考えられる。

2019～2022 年に推定された石狩川産標識魚と余市川産標識魚の成長速度には、年の効果（二元配置の分散分析： $F(3, 1595) = 1.304$ ,  $p > 0.05$ ）および放流起源の効果（二元配置の分散分析： $F(1, 1595) = 3.221$ ,  $p > 0.05$ ）は認められなかったが、年と放流起源の交互作用（二元配置の分散分析： $F(3, 1595) = 6.447$ ,  $p < 0.0001$ ）が検出された（図 2）。単純主効果の検定を実施したところ、2019 年の石狩川産標識魚と余市川産標識魚の成長速度にのみ統計学的に有意な差が検出された（ $p < 0.0001$ ）。石狩湾に降海した後の両河川由来の標識魚は 2020～2022 年については同じような成長を遂げたのに対して、2019 年には両河川で異なる成長を示したとの結果であるが、その理由については不明である。

成長速度を従属変数とする一般化加法モデルを検討するため、様々な説明変数を組み合わせた全 64 モデルを検討した（表 2）。モデル選択の結果、上位 7 モデルの全てに沿岸滞泳期間、降海サイズおよび降海月日の 3 変数が説明変数として含まれていた。図 3 に、# 58 モデルの、成長速度に対する放流サイズ、降海月日および沿岸滞泳期間の効果をそれぞれ示す。降海月日の効果は 1 月 1 日からの日数で 106 日（4/17）以降に降海したときに成長速度は高まる傾向が認められた。降海サイズは、FL 45.4 mm 以上で成長速度に対してプラスの効果が得られる可能性が示された。沿岸滞泳期間は降海直後からしばらくの期間は

成長速度に対してマイナスの効果として作用し、降海後 9 日目にマイナス効果が最大となり、それ以降沿岸域に生息する日数が増加するとともに成長速度への効果が増加に転じ、20 日以降になるとプラスの効果を示すようになった。なぜ、降海直後の約 3 週間弱の期間、成長速度にマイナスの効果が認められるのか明確な理由を指摘することは困難であるが、もしかしたら降海直後は海水への馴致など淡水とは異なる環境への適応が必要となるため、成長の一時的な停滞が生じるのかもしれない。

表 2 に示した #58 モデルで推定した成長速度の予測値を用いて、5 月 25 日に到達可能な FL の推定値を図 4 に示した。図 4 には 5 月 25 日に FL 70 mm に達するラインを示した。眞山ほか (1982) は、サケ幼稚魚が石狩湾を離れて北上回遊を開始する時の最小サイズが FL 70 mm であることを報告している。つまり、図 4 で示した FL 70 mm ラインを超える降海月日と降海サイズの条件をクリアすれば、サケ幼稚魚が厚田の調査海域を離岸する 5 月下旬までに北上回遊に適した FL 70 mm 以上に成長することが可能になると推察された。

#### 【引用文献】

- Honda K., et al. (2017) Growth rate characteristics of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* originating from the Pacific coast of Japan and reaching Konbumori, eastern Hokkaido. *Fish. Sci.*, 83: 987-996.
- Honda K., et al. (2019) First report of growth rate of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* captured in the Sea of Okhotsk offshore. *Ichthyol. Res.*, 66: 155-159.
- 眞山 紘ほか. (1982) 石狩産サケの生態調査-I 1979 年春放流稚魚の降海移動と沿岸帯での分布回遊. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 1-17.
- 斎藤寿彦ほか. (2021) 3)-1-4. 【サケ幼稚魚の耳石日周輪解析】令和 2 年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業 さけ・ますふ化放流抜本対策 調査報告書. 53-55.
- 菅原 楓. (2024) 1)-a-①. 定点環境観測及び稚魚採捕調査 1 (北海道厚田). 令和 5 年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業 さけ・ますふ化放流抜本対策 調査報告書. 69-76.

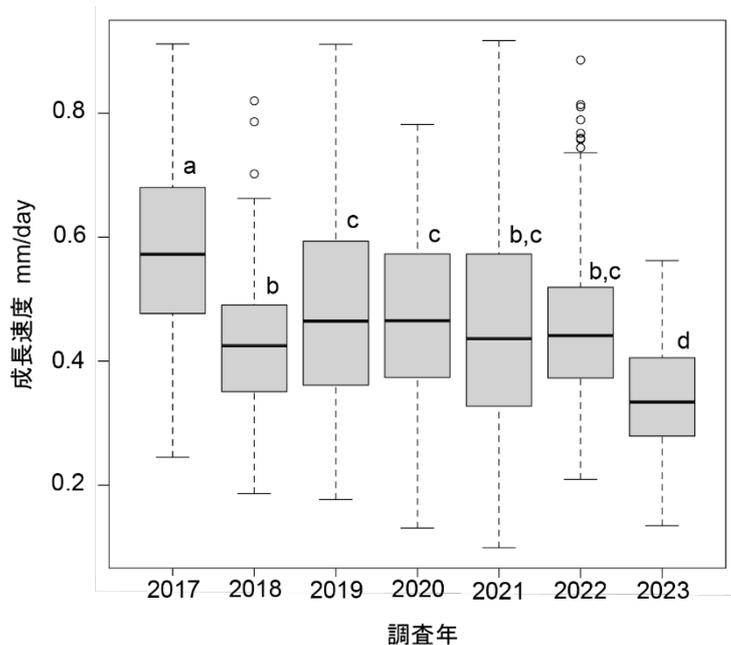


図 1. 厚田沿岸域で採集された石狩川産耳石温度標識サケの成長速度（箱ひげ図） グラフ中のアルファベットは統計学的な有意差を表す

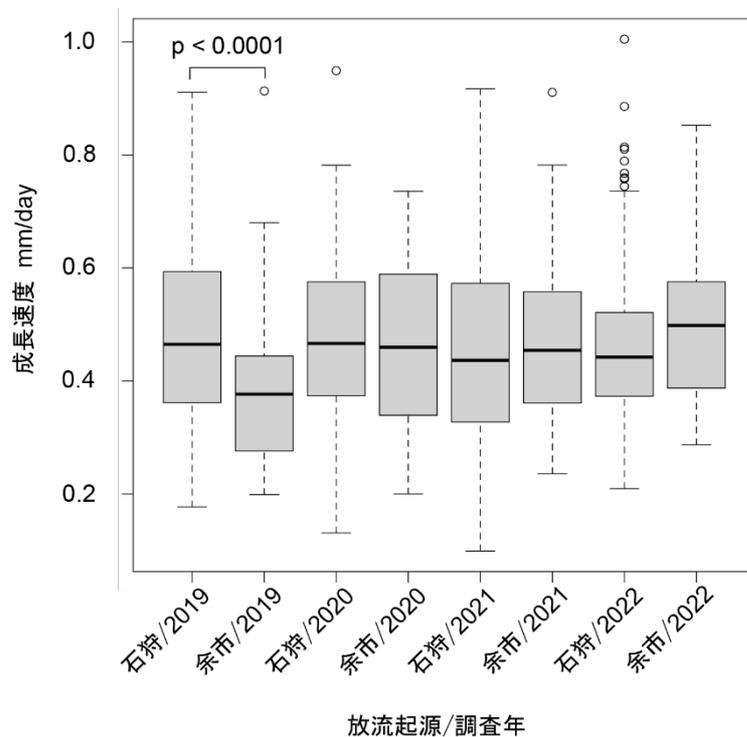


図 2. 2019～2022 年の厚田沿岸調査で採集された石狩川産耳石温度標識魚と余市川産耳石温度標識魚の成長速度 二元配置の分散分析の結果、放流起源および調査年の主効果は認められなかったが、放流起源と調査年の交互作用のみ統計学的に有意となった ( $p < 0.0001$ )。単純主効果の検定を行ったところ、2019 年のみ両者に有意な違いが検出された ( $p < 0.0001$ )。

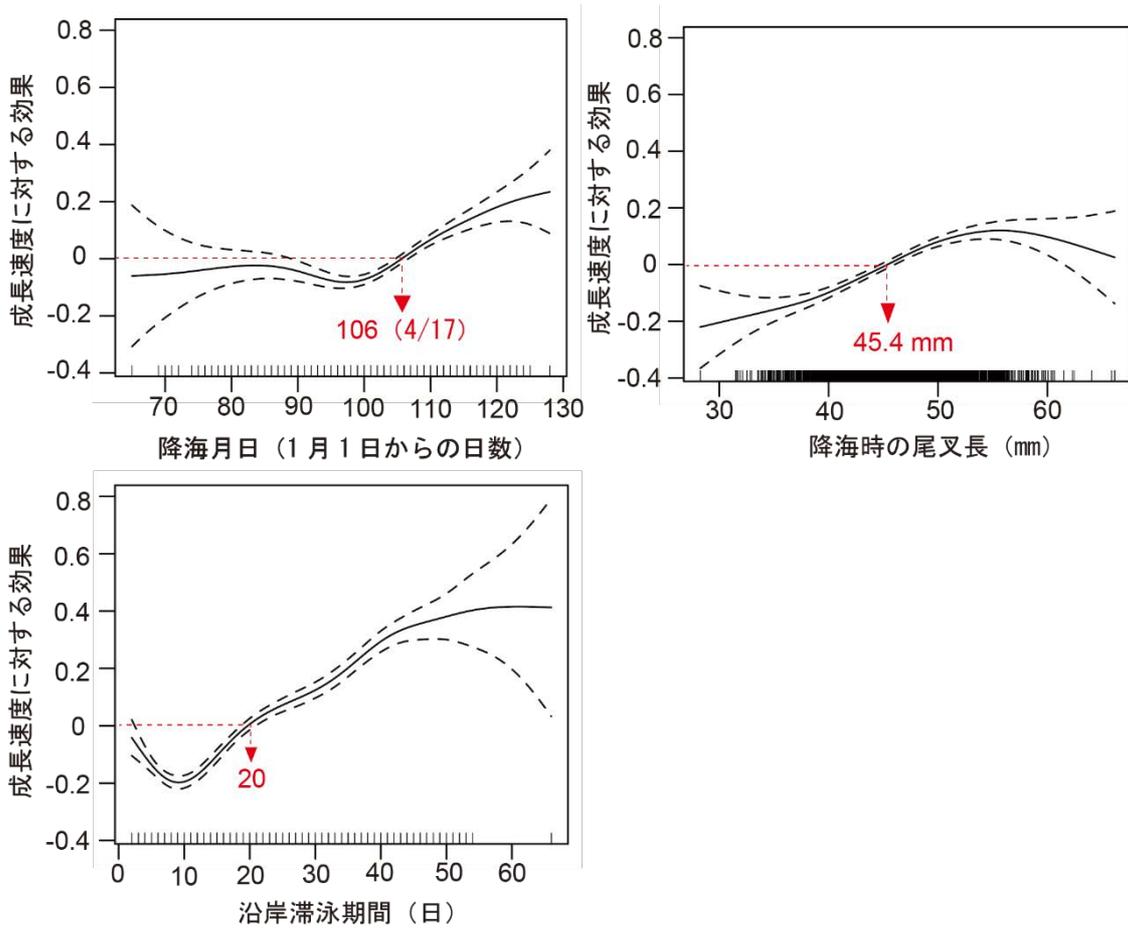


図3. 厚田沿岸で2017～2023年に採集された石狩産サケ幼稚魚の成長速度に影響を及ぼす要因。表2のモデル#58において認められた、降海月日、降海サイズ及び沿岸滞泳期間と成長速度の関係を示す。それぞれ説明変数が赤字以上の値のとき、成長速度にプラスの効果が発作用する。

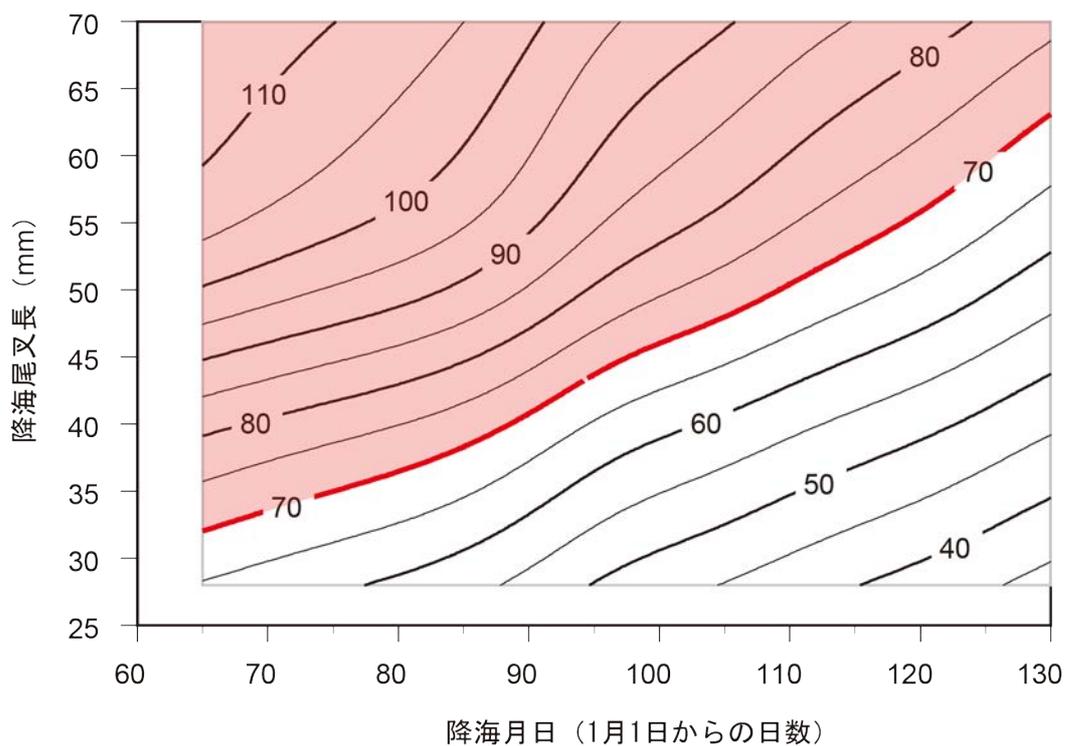


図4. 表2モデル#58において、成長速度の予測値を使って5月25日までに到達可能な尾又長を推定したコンター図（標識の効果は一定値に固定） 5月25日までに尾又長70mm以上に成長するためには赤網掛けで示した降海月日および降海尾又長が必要になることを意味する。

表 1. 2023 年厚田沿岸域で採集された石狩川および古平海中飼育起源の標識サケの放流履歴、採集履歴および日周輪解析結果

水系	標識 コード	放流履歴			厚田での採集履歴				耳石日周輪解析の結果			
		放流月日	放流サイズ <sup>*3</sup> (mm)	放流数 (千尾)	採集月日	再捕数	再捕サイズ <sup>*1</sup> (mm)	回収率 <sup>*2</sup>	標本数	推定降海日 <sup>*1</sup>	推定降海 <sup>*1</sup> サイズ(mm)	成長速度 <sup>*1</sup> (mm/日)
石狩川	2-1,4H	2023/4/14,18	48.70	5,372	4/18-5/24	39	46.21 (35.22-57.73)	7.26	33	4/18 (4/12-5/2)	42.25 (36.85-49.84)	0.33 (0.15-0.47)
	2-2-1,2H	2023/4/25	50.00	1,006	5/24	2	54.79 (53.81,55.76)	1.99	1	5/3	42.66	0.51
	2-2-3H	2023/4/14	47.01	6,458	4/18-5/24	43	47.33 (34.05-57.82)	6.66	41	4/18 (4/9-5/1)	43.04 (32.55-51.33)	0.32 (0.13-0.50)
	2-3-2H	2023/4/25	46.00	1,064	5/9-5/24	11	45.46 (36.42-58.01)	10.34	8	4/28 (4/24-5/1)	42.52 (39.12-45.51)	0.35 (0.23-0.52)
	2-3,3H	2023/4/18	47.00	1,027	5/9-5/24	10	48.20 (43.82-54.28)	9.74	10	4/20 (4/8-5/1)	39.44 (37.03-43.07)	0.40 (0.28-0.56)
	2,3-3H	2023/3/1~4/14	47.38	15,318	4/18-5/24	53	50.42 (38.29-68.89)	3.46	47	4/12 (3/26-4/23)	44.32 (34.49-52.12)	0.37 (0.18-0.56)
古平海中飼育	2,2,1,4H	2023/3/14 <sup>*4</sup>	-	1,542	4/18	2	57.69 (52.89,62.48)	1.30	2	3/17 (3/13,3/18)	45.66 (42.84,48.48)	0.36 (0.32,0.39)

\*1：表中の数値は測定値あるいは推定値の平均を、括弧内はその範囲をそれぞれ示す。降海日が放流日より早く推定されたケースを含む。

\*2: 回収率= (再捕数/放流数) ×10<sup>6</sup>

\*3: 同一標識コードの群が複数日にわたって放流されている場合は放流数による加重平均で放流サイズを算出。

\*4：海中飼育開始月日

表 2. 2017～2023 年に厚田沿岸域で採集した石狩川産サケ幼稚魚 (n = 1,971) における成長速度を従属変数とする一般化加法モデル (モデル選択) 全モデル 64 のうち上位 7 モデルを示す。説明変数の “+” はモデルに採択された変数を表す。HC は標識コードの違いを、s ( ) はスプライン関数をそれぞれ示す。モデルの誤差項はガンマ分布を仮定。

モデル#	説明変数							GCV	AIC	ΔAIC	モデルにより説明された デビアンس%	統計的に有意 (p<0.05) な説明変数
	定数	HC	調査年	動物プランクトン	s(沿岸滞泳期間)	s(降海サイズ)	s(降海月日)					
58	-0.8882	+			+	+	+	0.050606	-3487.9	0	55.3%	HC、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
60	-0.6137	+	+		+	+	+	0.050606	-3487.9	0	55.3%	調査年、HC、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
62	-0.8624	+		+	+	+	+	0.050606	-3487.9	0	55.3%	HC、動物プランクトン、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
64	-1.027	+	+	+	+	+	+	0.050606	-3487.9	0	55.3%	HC、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
63	-0.6897		+	+	+	+	+	0.050998	-3470.6	17.3	53.0%	調査年、動物プランクトン、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
61	-0.9814			+	+	+	+	0.050998	-3470.6	17.3	53.0%	動物プランクトン、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数
59	-0.5868		+		+	+	+	0.050998	-3470.6	17.3	53.0%	調査年、s(沿岸滞泳期間)、s(降海サイズ)、s(降海月日)、定数

GCV:一般化クロス・バリデーション規準

AIC: 赤池情報量規準

ΔAIC: AIC最小モデルとの当該モデルのAICとの差

## e) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 2

執筆者：北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 大森始、實吉隼人、  
刀祢和樹

### ① 津軽海峡海域における海洋観測及び稚魚採捕調査

#### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場 さけます資源部：

大森始、小亀友也、下田和孝

同

道東センター：實吉隼人

渡島管内さけ・ます増殖事業協会：柳元孝二、鈴木慎

#### 【目的】

近年のサケ漁業は深刻な不漁が続き、増殖現場からはサケ資源の早期回復に向けた取り組みが望まれている。道南地区の津軽海峡海域は多くの増殖河川を有し、知内川や戸切地川などでは様々な試験放流が行われており、放流されたサケ稚魚の経路となる海洋環境の把握は重要と考えられる。そこで、放流後のサケ稚魚の移動や栄養状態などを調査するため、サケ稚魚が通過すると考えられる漁港で採捕調査を行った。また、沿岸の海洋観測から当地域の放流時期などに関する情報を蓄積した。本事業の油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証において、知内川に 2024 年春に放流された標識魚の追跡を行った。

#### 【方法】

2024 年 4 月 3 日に知内川から放流した標識魚について、その翌日と 3 日後、5 日後に知内町の中の川漁港と北斗市の上磯漁港において夜間にタモ網を用いて 15 分間のサケ稚魚採捕を行った（図 1）。また、両漁港において日中に目視による稚魚の分布状況についても調べた。採捕したサケ稚魚は 100 尾を上限に冷凍して実験室へ持ち帰り、魚体測定をした後に耳石標識を確認した。標識魚が確認された際には肝臓中のグリコーゲン含量と筋肉中のトリグリセリド含量を市販のキットを用いて測定した。上磯漁港と中の川漁港の一部の稚魚は、5 %中性ホルマリンで一晩固定した後に 70 %エタノールに置換し、魚体測定、耳石標識の確認をした。

2024 年の 2 月下旬から 6 月上旬まで毎月 1 回、北斗市上磯地区沿岸において海洋観測を行った（図 1）。観測は上磯地区の戸切地川河口に位置する上磯漁港の 2 km 沖合の地点

（St. 2）で表面水温、透明度など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。

#### 【結果及び考察】

中の川漁港では放流翌日の 4 月 4 日に 14 尾、3 日後の 4 月 6 日に 11 尾のサケ稚魚を採捕した。放流から 5 日後の 4 月 8 日には採捕されなくなり（図 2）、日中の目視でも稚魚の分布は確認されなかった。4 月 4 日に採捕した稚魚のうち知内川から放流した油脂群が 1 尾見つかった。その個体の肝臓中グリコーゲン含量は 0.04 %、筋肉中トリグリセリド含量は 1.24 %であった。上磯漁港では調査期間中に 314 尾のサケ稚魚を採捕した。戸切地川から放流された稚魚が 306 尾と無標識の稚魚が 8 尾であり、知内川から放流された稚魚は確認できなかった。

2024 年の上磯沿岸の St. 2 における表面水温は 3 月上旬から、放流の目安とされる 5 °C を概ね上回り、4 月上旬には沿岸での分布の適水温である 8 °C に到達し、その上限である 13 °C は 5 月中旬に超えた（図 3）。上磯地区沿岸の St. 2 における動物プランクトンの湿重量は 2021 年と 2024 年は 4 月中旬に、2022 年は 5 月上旬に増加する傾向にあったが、2023 年は明瞭な増加が見られず、調査期間中低位で推移した（図 4）。動物プランクトンの分類

群組成を湿重量比で示した（図 5）。カイアシ類、枝角類及び尾虫類が調査期間中に出現し、カイアシ類ではクラウソカラヌス *Pseudocalanus newmani*、枝角類ではウミオオメミジンコ *Podon leuckarti*、尾虫類ではサイズチボヤ *Fritillaria borealis* が優先した。

これまでの調査結果から、知内川から放流されたサケ稚魚は近隣の漁港に滞在しても数日で移動したり、漁港を経由せず速やかに沖へ移動する傾向にあった。当地区のサケ稚魚の放流時期については、海水温の観測結果から見ると3月中の放流も可能ではあるが、動物プランクトンが増加するのは4月に入ってからなので、現在行われている4月上旬の放流は概ね適当と考えられた。

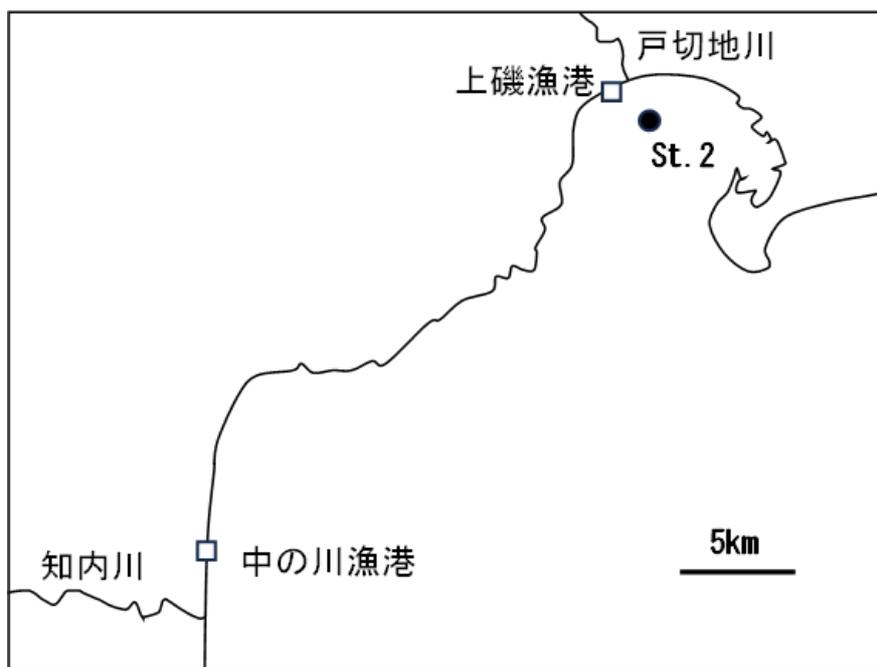


図 1. 津軽海峡海域の調査地点

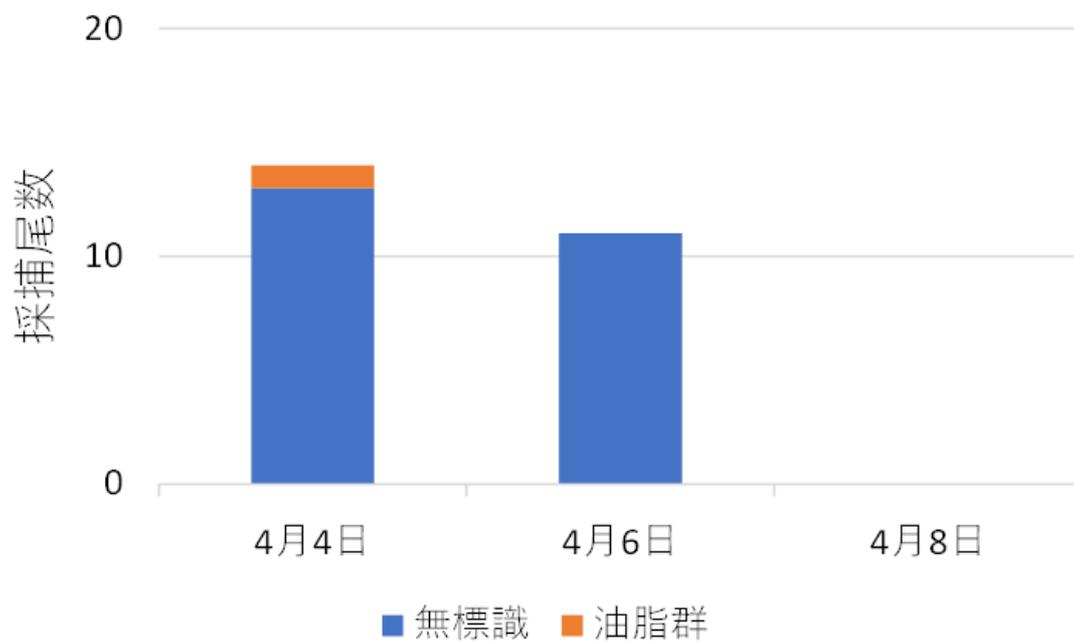


図 2. 中の川漁港におけるサケ稚魚採集尾数の推移

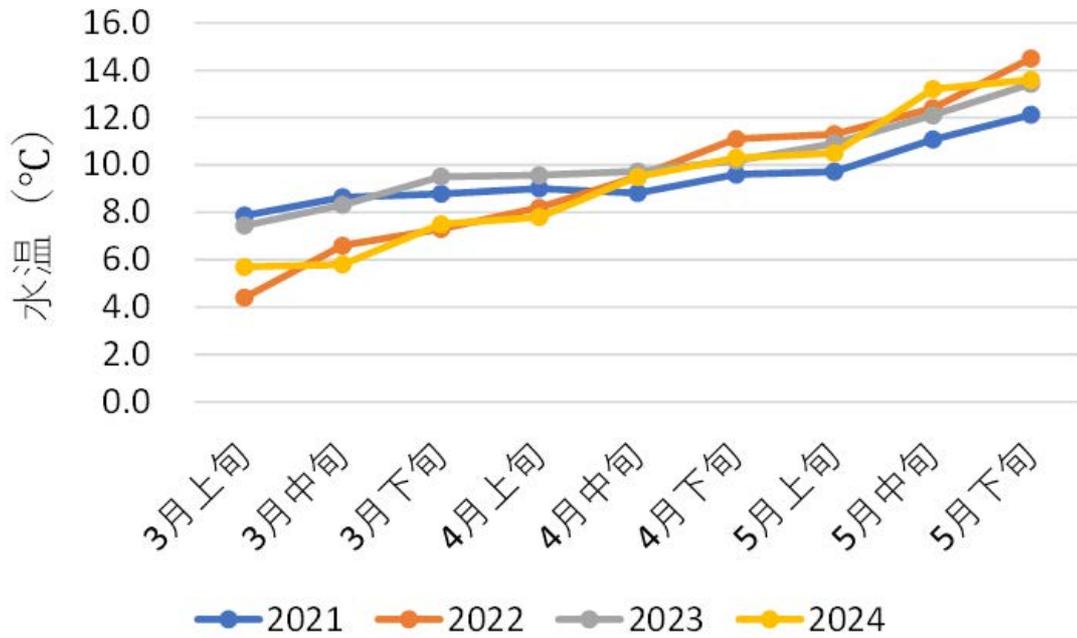


図3. 上磯沿岸水温の推移

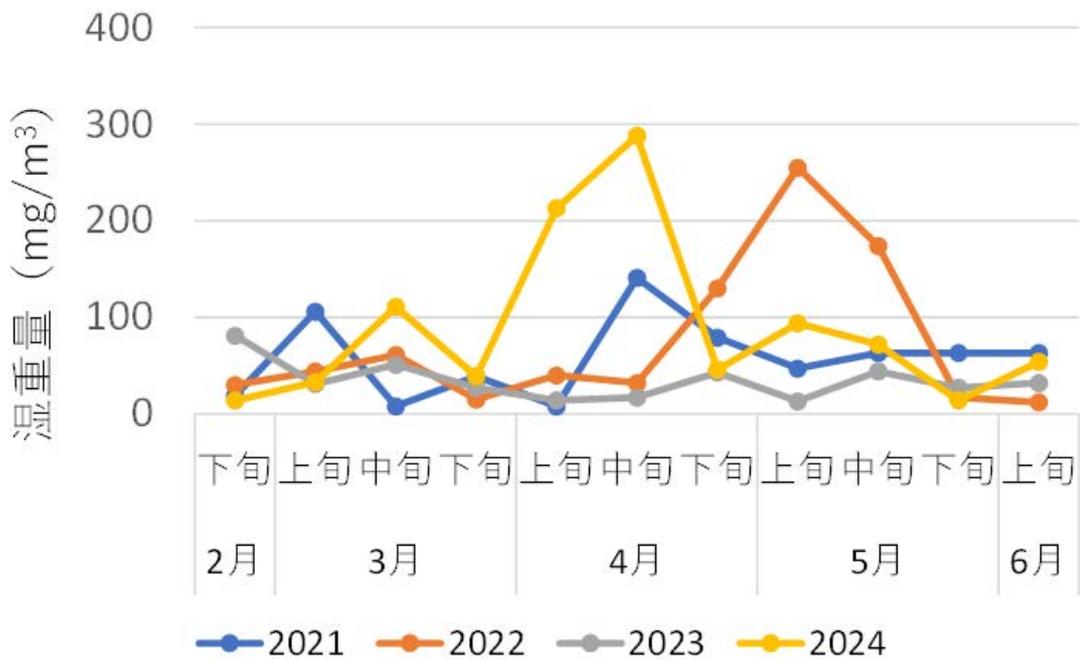


図4. 上磯沿岸の動物プランクトンの湿重量

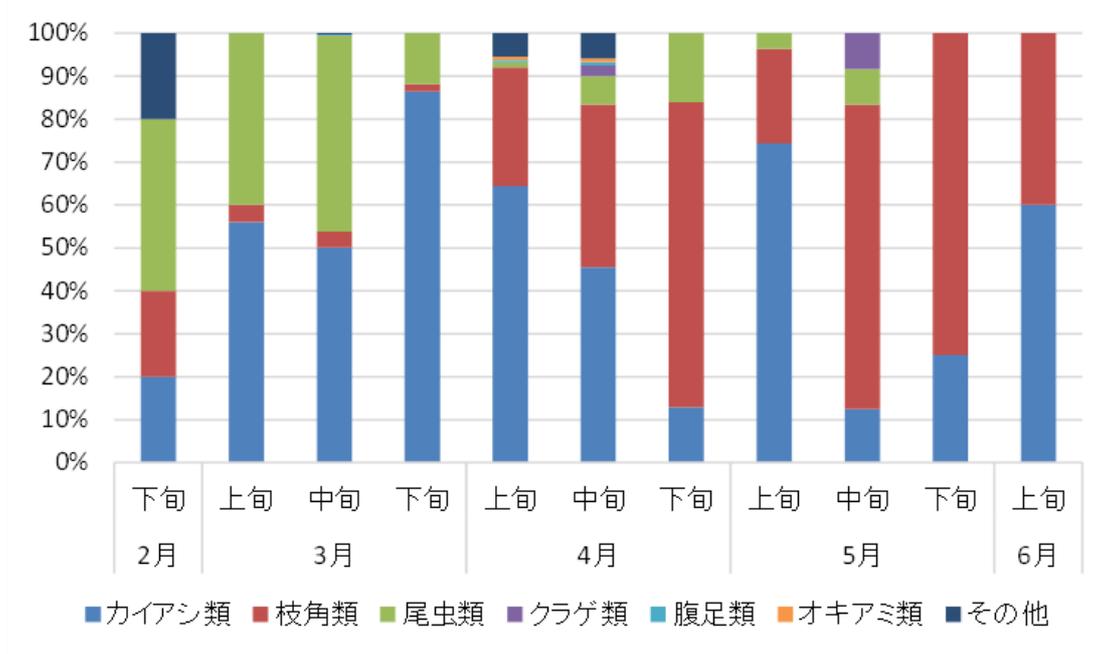


図 5. 上磯沿岸の動物プランクトンの分類群組成

## ② 根室湾～太平洋における海洋観測

### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます内水面水産試験場 道東センター：實吉隼人、刀祢和樹  
伊藤雅浩、春日井潔

### 【目的】

えりも以東東部根室半島沿岸および根室南部別海沿岸における、サケ幼稚魚の生息適期を把握する。

### 【方法】

2024年4月上旬から7月中旬にかけて、えりも以東海区東部地区の歯舞沿岸（歯舞漁港沖合）1 km および4 km 沖の地点で、また2024年4月上旬から6月下旬にかけて、根室海区南部地区の別海沿岸（西別川河口沖合）1 km および7 km 沖の地点で、それぞれ毎旬1回の海洋観測を実施した（図1）。各観測地点において、表面水温および透明度の測定、CTDを用いた水温・塩分の鉛直観測、ならびにノルパックネットを用いた海底直上からの鉛直曳きによる動物プランクトンの採集を行った。また、それぞれの海洋観測の際には、歯舞漁港および別海漁港においても表面水温の測定およびCTDによる鉛直観測を実施した。採集した動物プランクトンはプランクトン分割器を用いて二分割し、一方を単位体積当たりの湿重量の測定に使用し、他方を動物プランクトン組成の分析に用いた。動物プランクトン組成の分析には、歯舞沿岸では4月中旬（4 km 沖は4月下旬）から6月下旬、別海沿岸では4月上旬から6月上旬までに採集した試料を使用した。カイアシ類は種レベル、その他の動物プランクトンは目レベルまで同定を行い、それぞれの分類群の個体数および湿重量を求めた。

### 【結果及び考察】

#### 1) 歯舞沿岸について

サケ稚魚の放流の目安とされる5°Cに表面水温が達したのは、漁港内が4月下旬、1 km 沖が5月中旬、4 km 沖が5月上旬であった（図2）。各観測地点の表面水温がサケ稚魚の沿岸分布の適水温範囲（8–13°C）であったのは、1 km 沖で6月上旬から7月中旬（計5旬）、4 km 沖で6月中旬から7月上旬（計4旬）であった。CTDによる観測では、深度5 mの塩分は観測期間を通じて33以下を示した（図2）。透明度は、両地点とも4月中旬に低い値を示した後、5月上旬に最も高い値を示した（図2）。その後は5.5–6 mの範囲で推移したが、7月上旬に再び低下した。透明度と水温、塩分の変化に明瞭な関係はみられなかった。

単位体積当たりの動物プランクトンの総湿重量は、1 km 沖では増減を繰り返しながら推移しており、4月下旬、5月下旬、6月下旬、7月中旬にそれぞれ高い値を記録した。一方、4 km 沖では5月下旬にピークを記録し、6月下旬にも増加が見られた（図3）。動物プランクトン組成の推移を見ると、1 km 沖では、4月中旬から下旬にかけて十脚類（クモガニ科ほか）の幼生が多く出現した。その後、5月下旬にはクラゲ類が優占し、湿重量の大半を占めた。カイアシ類は期間を通じて出現しており、冷水性の*Pseudocalanus* 属（*P. newmani* と *P. minutus*）が5月中旬までは優占したが、5月下旬から6月上旬にかけては沿岸性・汽水性の*Acartia* 属が優占した（図4）。6月中旬には、カイアシ類を含むほとんどの動物プランクトンが減少し、動物プランクトンの総湿重量は最低値を記録した（図3）。4 km 沖では、期間を通じてカイアシ類が組成の大半（38–83%）を占めた（図3）。1 km 沖とは異なり、*Pseudocalanus* 属の個体数は5月下旬以降も多く、カイアシ類全体の大半を占めた（図4）。また両地点ともに、*Neocalanus* 属に代表される大型のカイアシ類も少数ながら継続的に確認された。

## 2) 別海沿岸について

4月中旬にはすべての観測地点で表面水温が5°Cに達した(図5)。その後、沖合の水温は5月中旬に8°Cに達し、適水温の範囲内である期間は6月上旬までの3旬であった。深度5mの塩分は観測期間中33以下であったが、上下しながら緩やかに上昇する傾向が見られた(図5)。透明度については、1km沖では4月上旬に2.5mと低い値を示したが、その後は4月中旬、5月中旬、6月中旬にそれぞれ高い値を記録した。6月下旬には再び2.5mまで低下したが、これは港外で行われていた浚渫工事の影響が考えられる。7km沖では、基本的には同時期の1km沖よりも高い透明度を示し、季節的な変化も1km沖と同様であったが、最も高い透明度を記録したのは1km沖より1旬早い6月中旬であった。また、6月下旬には7km沖でも透明度の低下が確認された。

単位体積当たりの動物プランクトンの総湿重量は、1km沖では4月中旬に一度増加した後、5月中旬に顕著なピークを示した。一方、7km沖では1旬早い5月上旬にピークを迎え、その後は減少傾向となり、6月上旬に最低値を記録した(図6)。動物プランクトンの組成について、1km沖では4月上旬から中旬にかけてヤムシ類が多く、5月中旬にはクラゲ類が優占した。5月上旬から下旬にかけては、フジツボ類が多く確認されたが、6月上旬には多くの動物プランクトンが著しく減少した(図6)。カイアシ類は、歯舞沿岸と比べて沿岸性・汽水性の*Acartia*属の割合が高く、冷水性の*Pseudocalanus*属は少ない傾向であった(図7)。7km沖では5月上旬から下旬にかけてクラゲ類が多く確認された(図6)。カイアシ類は4月上旬から5月下旬にかけて、*Pseudocalanus*属を中心に1km沖よりも多くの個体が見られたが、小型の種がほとんどであった。また、1km沖と同様に6月上旬にはいずれの種も減少した(図6; 図7)。

別海沿岸では、汽水性・沿岸性のカイアシ類が多く外洋性の大型種が少なかったこと、そして塩分濃度が低いことを踏まえると、本海域の海洋環境は河川水の影響を強く受けていると推察される。



図1. 歯舞沿岸および別海沿岸における調査定点 黄色○は調査定点を示す。

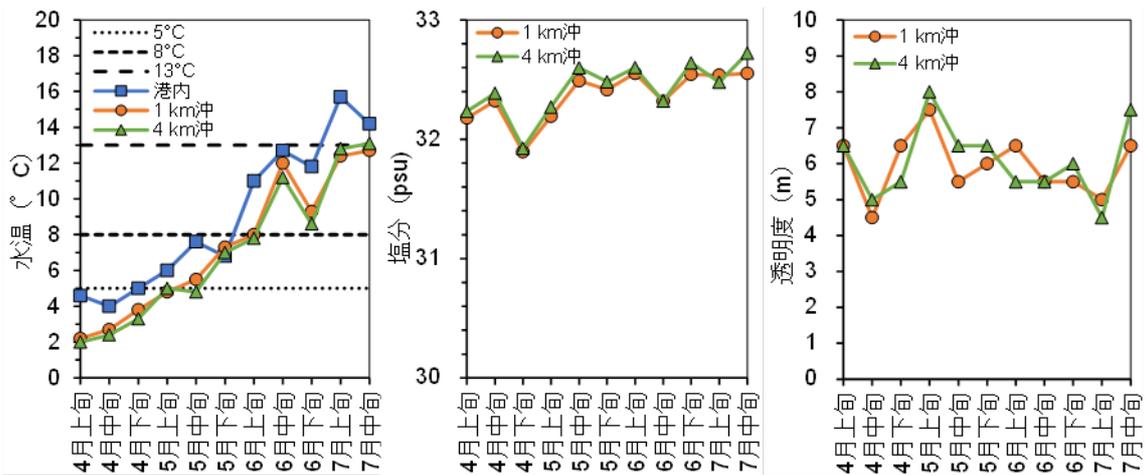


図2. 歯舞沿岸における表層水温（左）、深度5 mの塩分（中央）、透明度（右）

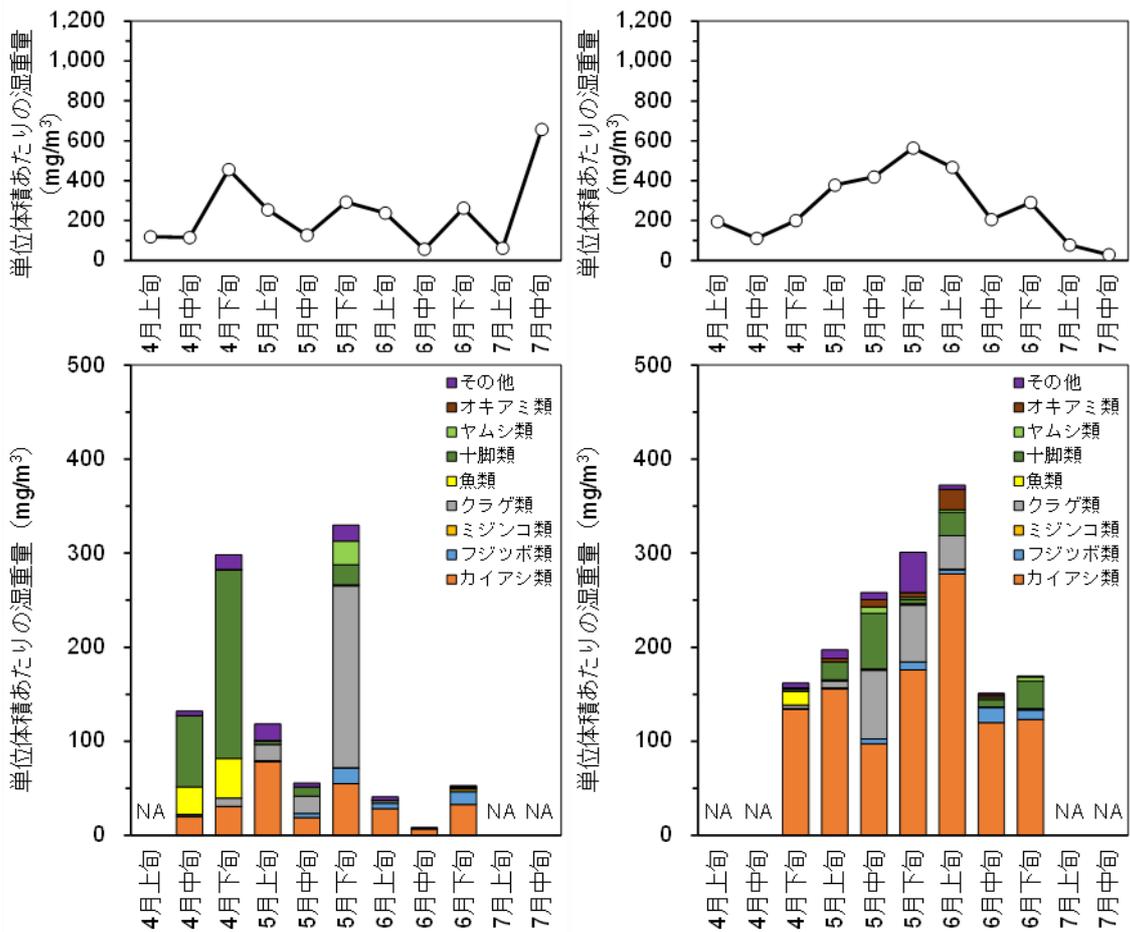


図3. 歯舞沿岸における動物プランクトンの総湿重量（上）と分類群ごとの湿重量（下）（左：1 km 沖、右：4 km 沖） NA は分類群ごとの個体数および湿重量の分析を実施していない月を示す。

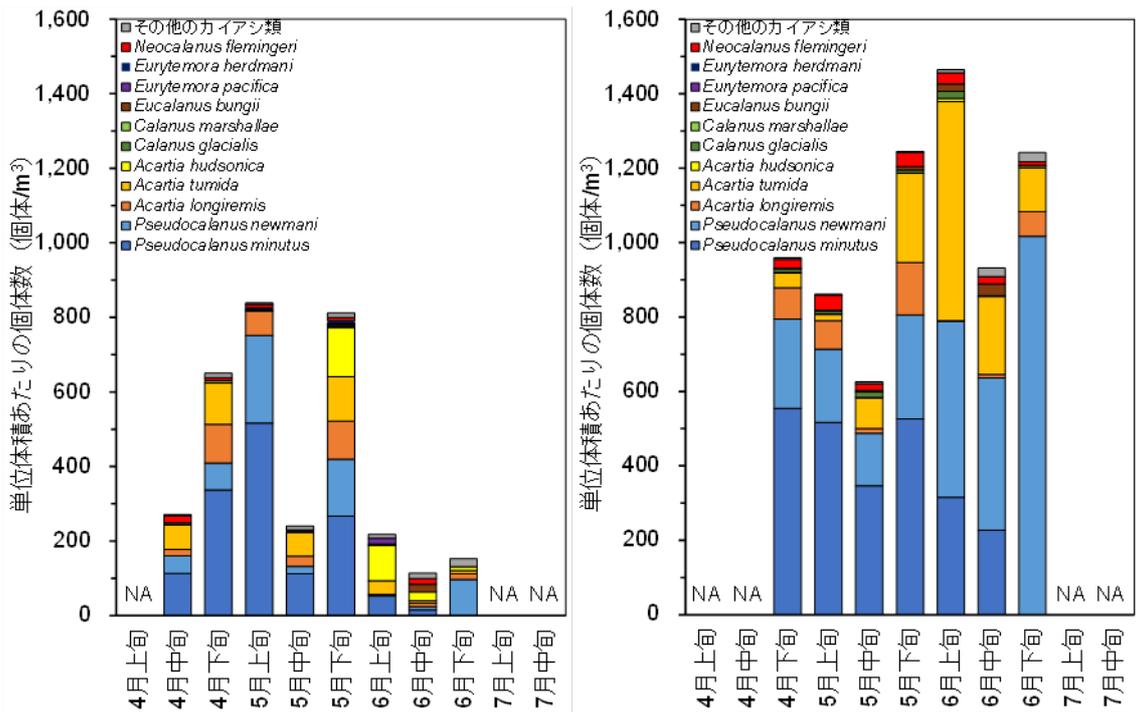


図4. 歯舞沿岸における主要なカイアシ類組成（左：1 km 沖、右：4 km 沖） NA は分類群ごとの個体数および湿重量の分析を実施していない月を示す。

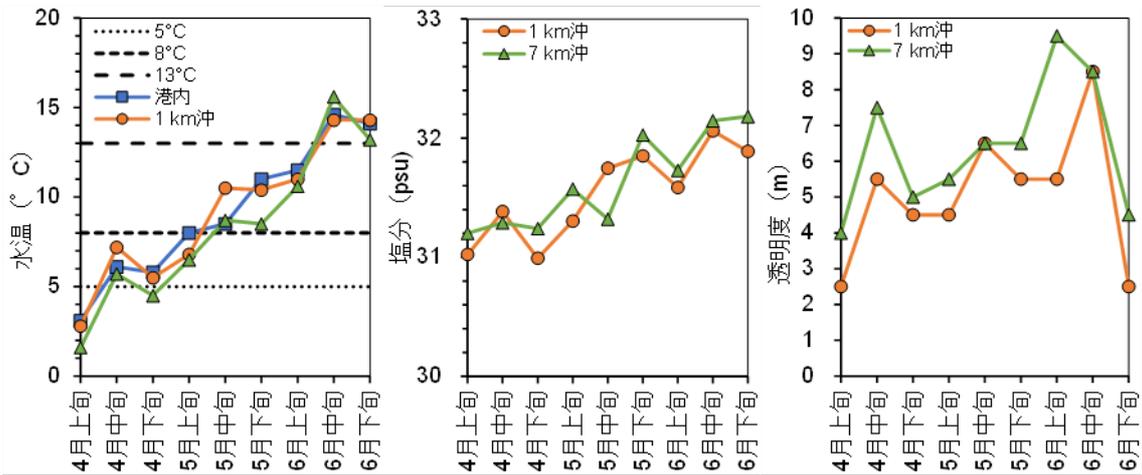


図5. 別海沿岸における表層水温（左）、深度5 mの塩分（中央）、透明度（右）

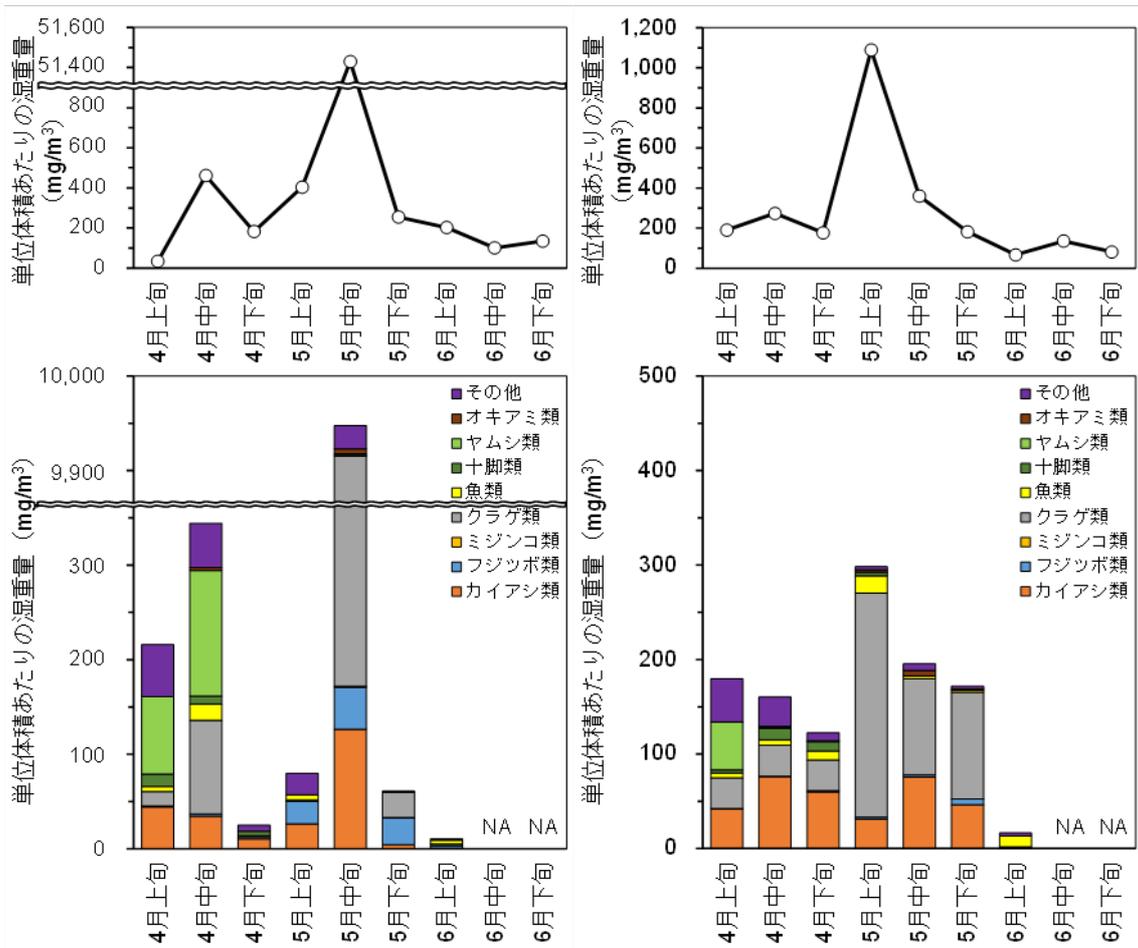


図 6. 別海沿岸における動物プランクトンの総湿重量（上）と分類群ごとの湿重量（下）  
 （左：1 km 沖、右：7 km 沖） NA は分類群ごとの個体数および湿重量の分析を実施していない月を示す。

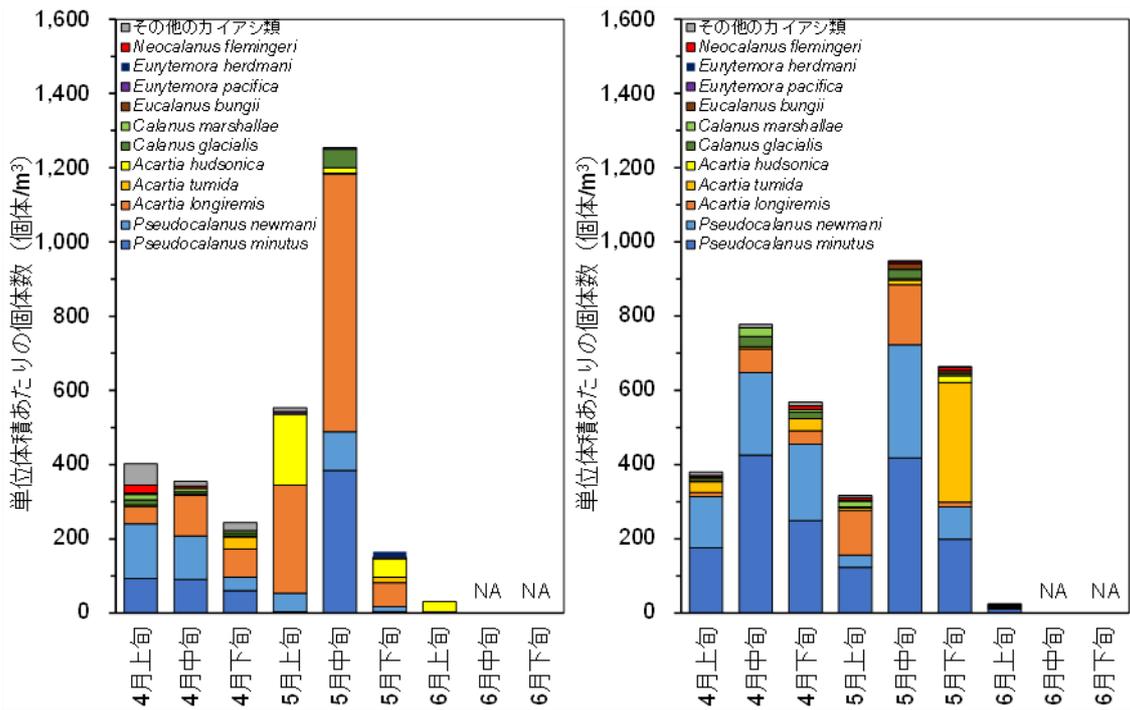


図7. 別海沿岸における主要なカイアシ類組成 (左: 1 km 沖、右: 7 km 沖) NA は分類群ごとの個体数および湿重量の分析を実施していない月を示す。

### ③ 根室湾沿岸における稚魚採捕調査

#### 実施機関及び担当者

北海道立総合研究機構 さけます内水面水産試験場道東センター：實吉隼人、刀祢和樹  
春日井潔、伊藤雅浩  
根室管内さけ・ます増殖事業協会

#### 【目的】

本事業の根室地区における最適な放流時期の検証において放流された、耳石温度標識を施したサケ稚魚を採集調査により追跡し、それらの移動や成長について把握する。

#### 【方法】

2024年の4月中旬から5月下旬にかけて旬1回、根室南部地区の西別川において稚魚採集を行った(図1)。採集地点は標識魚を放流した本別ふ化場から約80km下流にある捕獲場の上流側で、日中に投網により採集した。また、4月中旬から6月下旬にかけて概ね旬1回、根室管内の羅臼地区、標津地区、野付地区、別海地区、根室半島地区のそれぞれ4~5カ所、計21カ所の渚帯や漁港において、地曳網によるサケ稚魚採集調査を行った(図1)。別海地区の別海漁港と走古丹漁港では4月下旬から6月上旬に、根室半島地区の幌茂尻漁港とトーサムポロ漁港では5月上旬から6月上旬に、同地区の瑠瑠瑠漁港においては6月上旬と6月中旬に旬1回、夜間にたも網による30分間のサケ稚魚採集調査を行った。西別川の河口とトーサムポロ漁港の距岸約1km沖の地点では、5月上旬から6月上旬にかけて旬1回、漁船による地曳網を用いた曳き網採集を行った。それぞれの調査時には表面水温を測定した。採集した稚魚の一部を5%中性ホルマリンで固定して実験室に持ち帰り、概ね4時間後に70%エタノールに置換し、魚体測定、胃内容物重量の測定および耳石標識の確認を行った。

本事業の標識魚、4月上旬放流群(標識コード;2,3,5H、放流日;4月10日)と4月下旬放流群(標識コード;2,9H、放流日;4月27日)について、各調査で採集した両標識群の放流後の移動や体サイズ等を比較した。また、両群ともに放流時に70尾の稚魚を採集し、他のサンプルと同様に固定して魚体測定を行い、放流時の体サイズを求めた。放流時の体サイズは4月上旬放流群が体長45.0mm、体重0.85g、4月下旬放流群が体長49.9mm、体重1.15gであった。

#### 【結果及び考察】

西別川での調査では期間中に78尾の稚魚を採集した。図2には投網10投当たりの採集尾数と水温の推移を示した。採集のピークは5月上旬にあった。水温は4月中では12℃前後で5月上旬には8.3℃と下がり、5月中旬には15.4℃に上昇した。本事業の耳石標識魚は、4月上旬放流群を4月中旬に1尾、4月下旬放流群を5月上旬に3尾採集した。採集した標識魚の体サイズの平均は、4月上旬放流群が体長42.3mm、体重0.50g、肥満度6.60、4月下旬放流群は体長48.7mm、体重0.84g、肥満度7.21であった。図3には採集したすべての稚魚の体長と肥満度の平均値について推移を示した。体長は概ね50mm前後で推移した。肥満度は5月上旬まで7程度を示したが、5月中旬以降は6.5程度に低下した。4月上旬放流群と4月下旬放流群は、両群ともに放流した翌旬には下流域まで移動することが示され、いずれも成長はみられなかった。

渚帯での地曳網による採集調査では、全地区でおよそ7,100尾の幼稚魚を採集し、そのうち1,497尾をサンプルとして耳石標識の有無を確認した。図4には別海地区と根室半島地区における稚魚採集数の推移と水温の推移を示した。両地区ともに5月中旬に最も多くの稚魚を採集した。沿岸でのサケ稚魚の分布の適水温である8~13℃の期間は、両地区ともに5月上旬から6月上旬の4旬であった。図5には本事業の標識魚について、調査旬ご

とに採集場所と採集数を示した。4月上旬放流群については、5月中旬に別海地区と根室半島地区で合計4尾採集した。4月下旬放流群については、5月上旬に別海地区で計6尾、5月中旬に別海地区で6尾、根室半島地区で2尾の計8尾、5月下旬に根室半島地区で計3尾の合計17尾採集した。図6には地曳網で採集した両群の体サイズと摂餌状況について各採集旬の平均値を示した。4月上旬放流群は5月中旬に体長54.2 mm、体重1.33 g、肥満度8.39を示した。4月下旬放流群は5月上旬では体長、体重ともに放流時と同程度であったが、5月中旬には体長54.1 mm、体重1.23 g、肥満度7.62を示し、5月下旬には体長57.0 mm、体重1.51 g、肥満度8.19であった。摂餌状況の指標となる胃内容物重量指数（胃内容物重量／（体重－胃内容物重量）×100）は、4月上旬放流群は5月中旬に1.21%を示し、4月下旬放流群は5月上旬に走古丹漁港で採集した個体が高い値を示し、平均で2.57%、5月中旬に0.92%、5月下旬に0.58%となった。両群ともに5月中旬の採集数が多く、この時期の両群の体サイズは同程度であった。また、どちらの群も根室北部地区での採捕はなく、降海後は概ね南下して根室半島沿いに移動し、適水温を超える前に渚帯からは移動したと推察される。

漁港でのたも網による夜間の採集調査では、合計で1,037尾の稚魚を採集し、そのうち739尾をサンプルとして耳石標識の有無を確認した。図7に別海地区と根室半島地区の各漁港における稚魚の採集数と水温を示した。別海漁港では5月中旬に333尾と最も多くの稚魚を採集したが、翌旬には大きく減少した。走古丹漁港では大きな増減はなかった。別海漁港の水温は7℃から10℃の間で緩やかに昇温し、走古丹漁港では調査開始から8℃を超え、5月中旬には15℃となった。根室地区の幌茂尻漁港では5月中旬に39尾と最も多くの稚魚を採集したが、前後の時期の採集数は少なく、トーサムポロ漁港でも期間を通じて採集数は少なかった。6月に実施した瑤瑤漁港では上旬、中旬ともに比較的多くの稚魚を採集した。水温は5月上旬では7℃台であったが、以降はいずれの漁港も8～13℃の範囲にあった。図8には本事業の標識魚の採集場所と採集尾数を示した。4月上旬放流群を別海漁港で4月下旬と5月中旬に各1尾、合計2尾採集した。4月下旬放流群については、5月上旬に別海漁港と走古丹漁港で計4尾、5月中旬に別海漁港と走古丹漁港、幌茂尻漁港で計6尾、5月下旬には走古丹漁港で1尾、6月に調査を行った瑤瑤漁港では、6月上旬と中旬に各1尾採集し、合計13尾を採集した。図9には両群の体サイズについて示した。4月上旬放流群は4月下旬では放流時と同程度の体サイズであったが、5月中旬に採集した個体は概ね体長50 mm、体重1 gであった。4月下旬放流群も5月中旬には平均体長は50 mm、体重は1 gを超え、肥満度は7.5程度を示した。6月上旬と中旬に瑤瑤漁港で採集した個体は、いずれも体長は60 mmを超え、体重は2 g程度であった。

5月上旬から6月上旬に行った西別川河口沖とトーサムポロ漁港沖で行った漁船による曳網での採集調査では、稚魚の採集はなかった。

2024年の稚魚採集調査から、4月上旬放流群、4月下旬放流群はいずれも放流の翌旬には西別川の下流域に移動し、降海後は概ね南下して根室半島沿いに移動すると推察される。根室南部地区の渚帯では、両群ともに水温が8℃に達した後に出現し、13℃の適水温の上限になる前に渚帯から移動していた。両群が最も多く渚帯に出現した5月中旬では、両群の体サイズに差はみられなかった。

本事業の標識魚を含め、2024年は5月中旬に渚帯での稚魚の分布が増加した。本事業の課題イ小課題1-e②で実施した別海1 km沖での海洋観測において、5月中旬には沿岸水温が8℃を超え、餌生物であるカイアシ類の出現が増加したことが示されており、稚魚の分布が増えた時期の沿岸は好適な環境であった可能性が考えられる。



図 1. 根室沿岸における幼稚魚採集調査地点

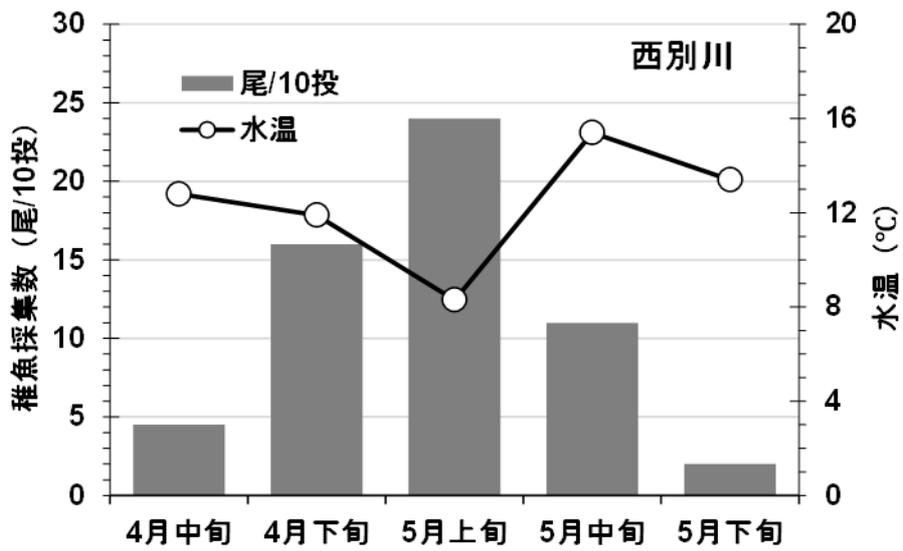


図 2. 西別川におけるサケ稚魚の採集数と水温

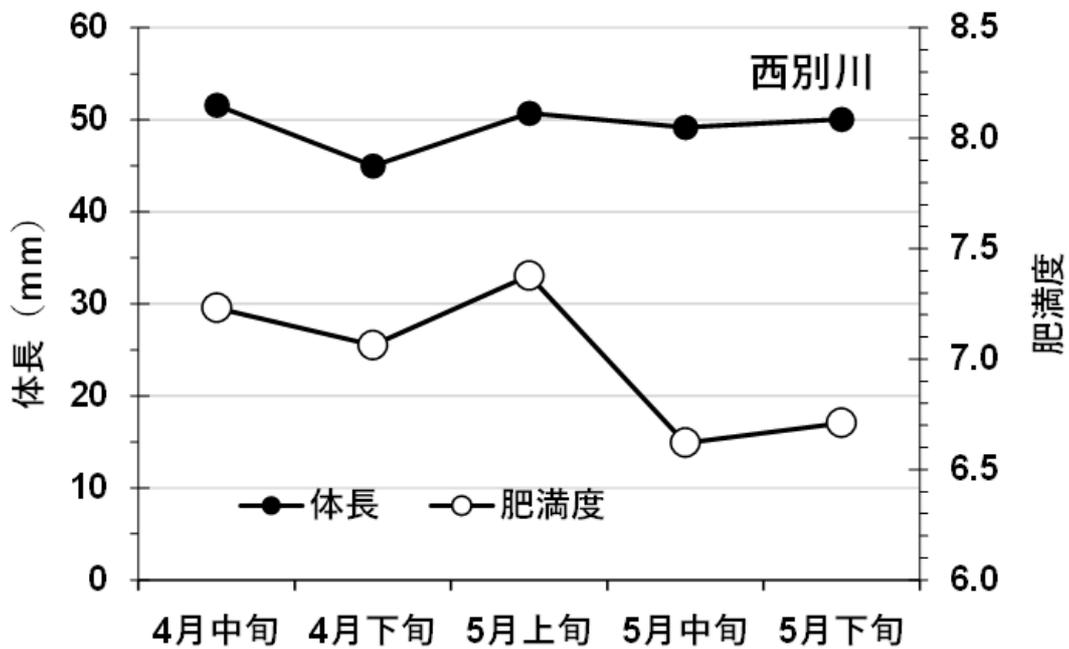


図 3. 西別川におけるサケ稚魚の体長と肥満度

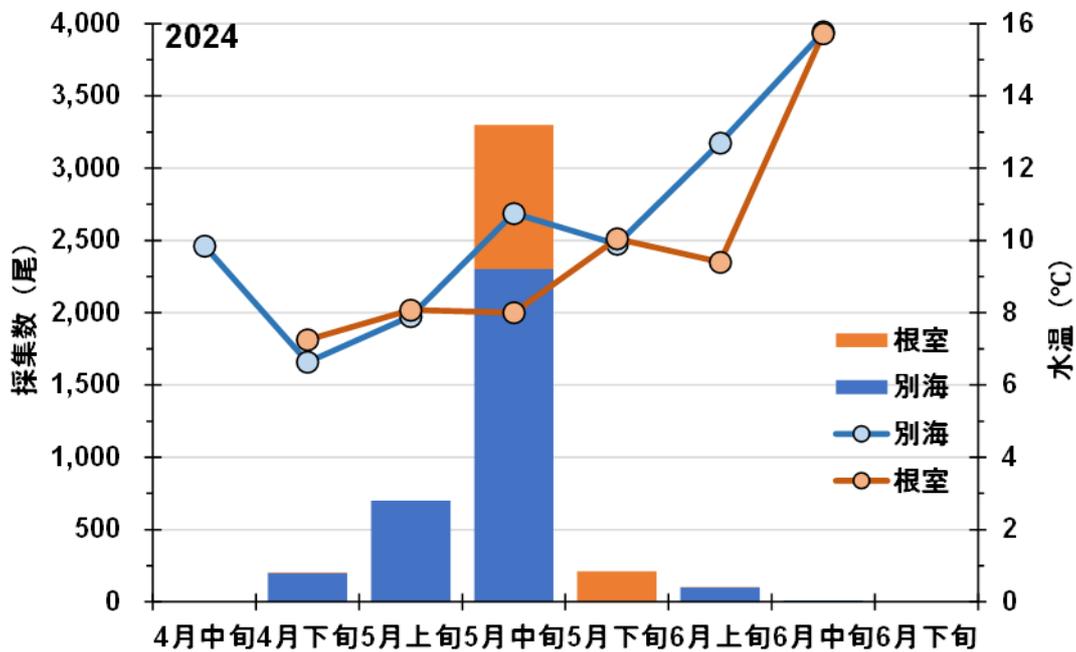


図 4. 根室南部地区における地曳網のサケ稚魚採集数と平均水温



図5. 地曳網による標識稚魚の採集場所と採集尾数

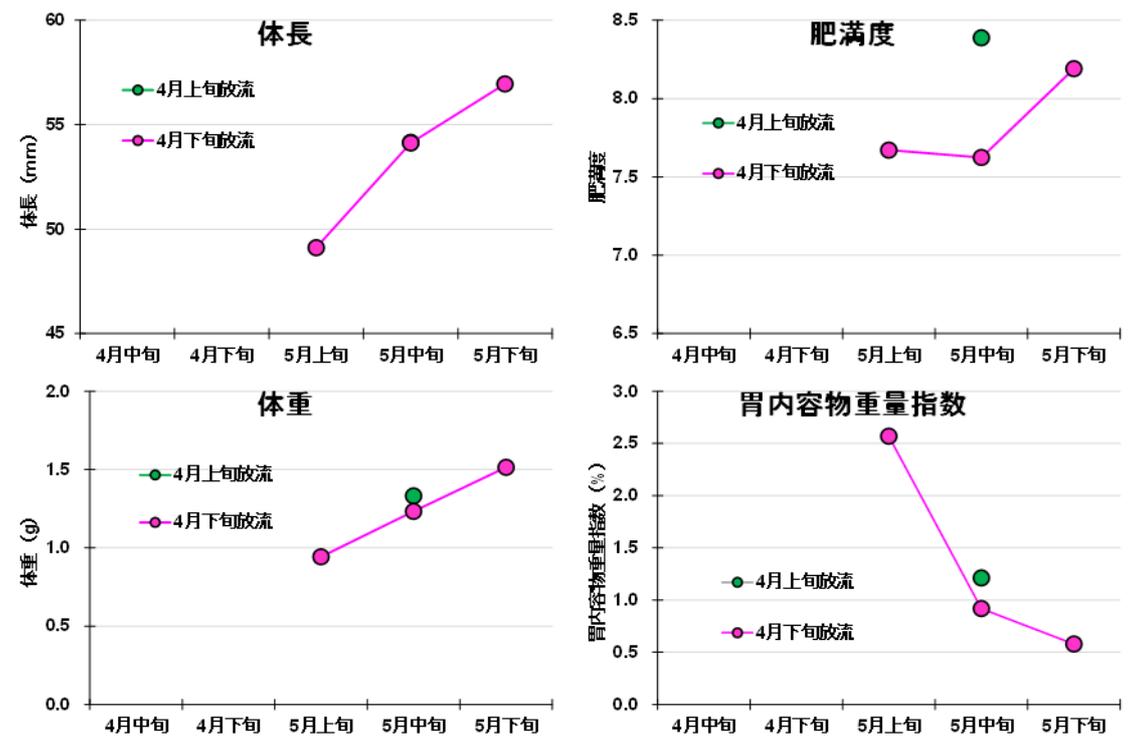


図6. 地曳網で採集した標識稚魚の体サイズと摂餌状況

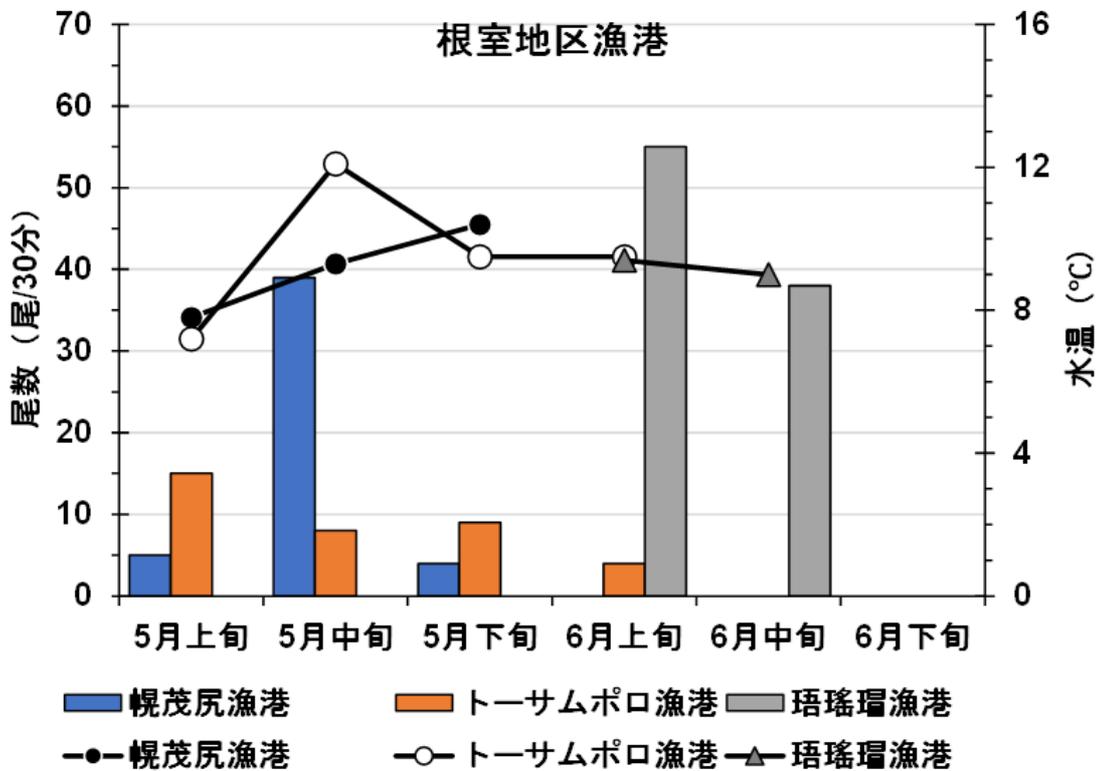
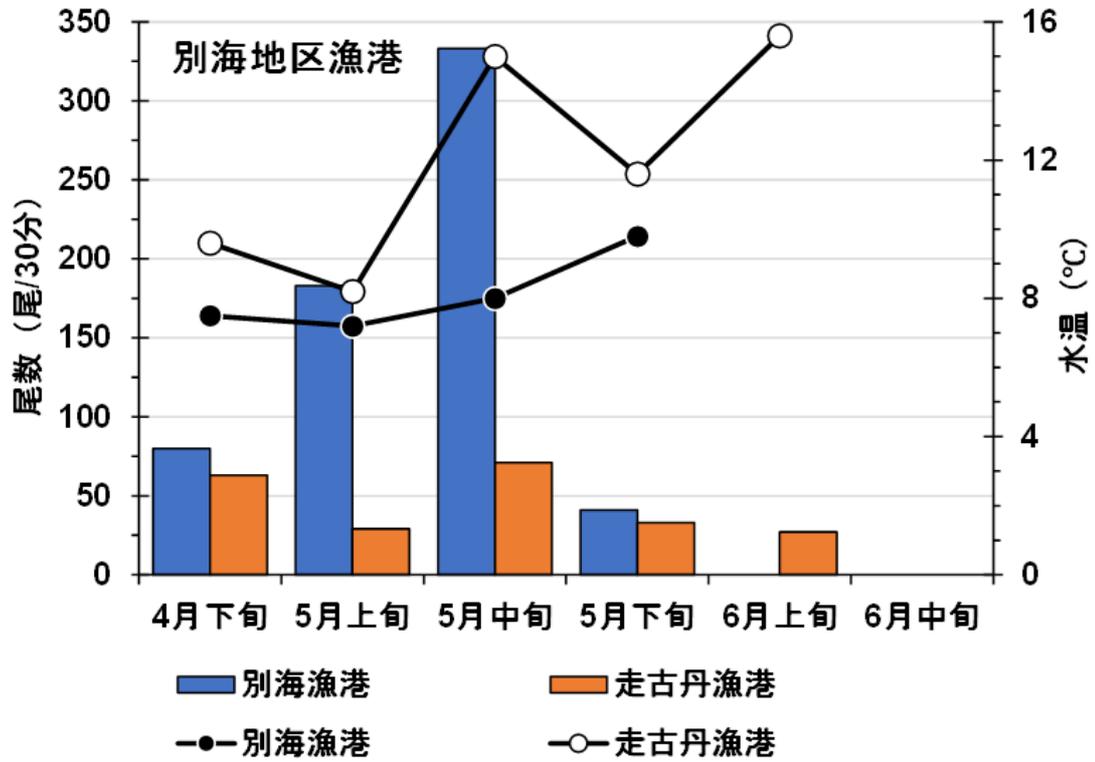


図7. 漁港での夜間採集による稚魚の採集数と水温

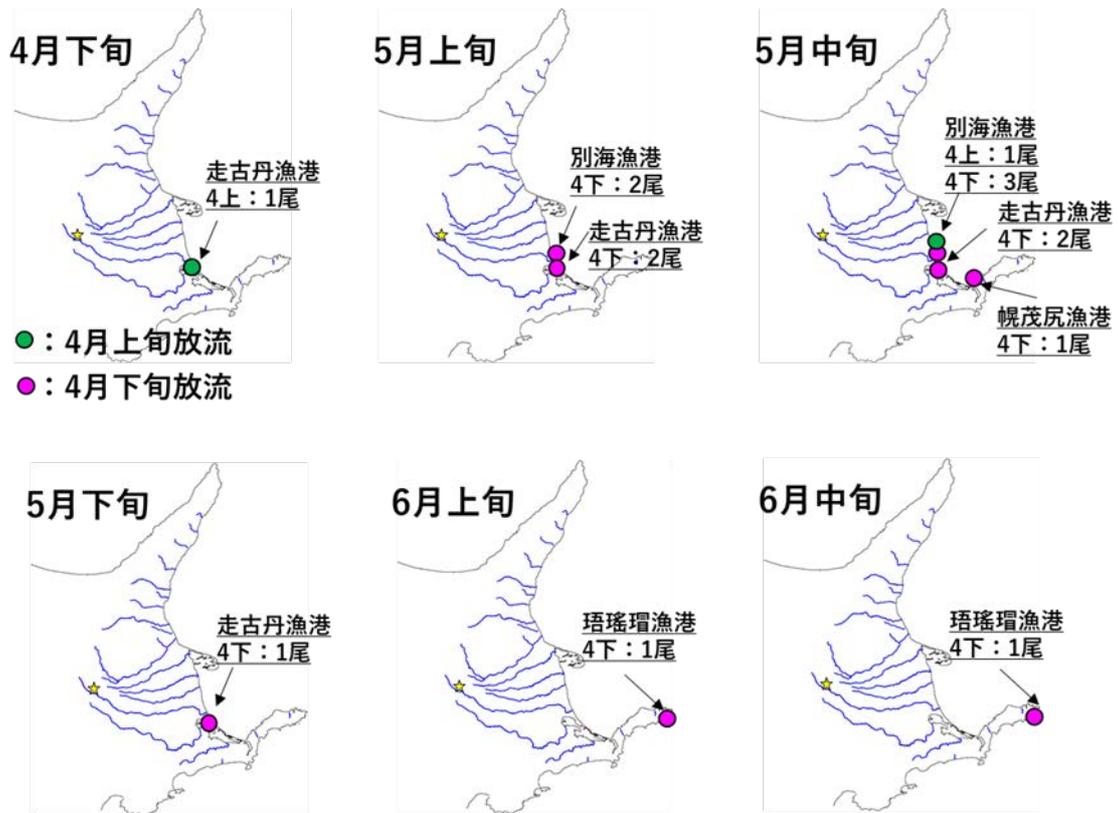


図 8. 漁港での夜間採集による標識稚魚の採集場所と採集数

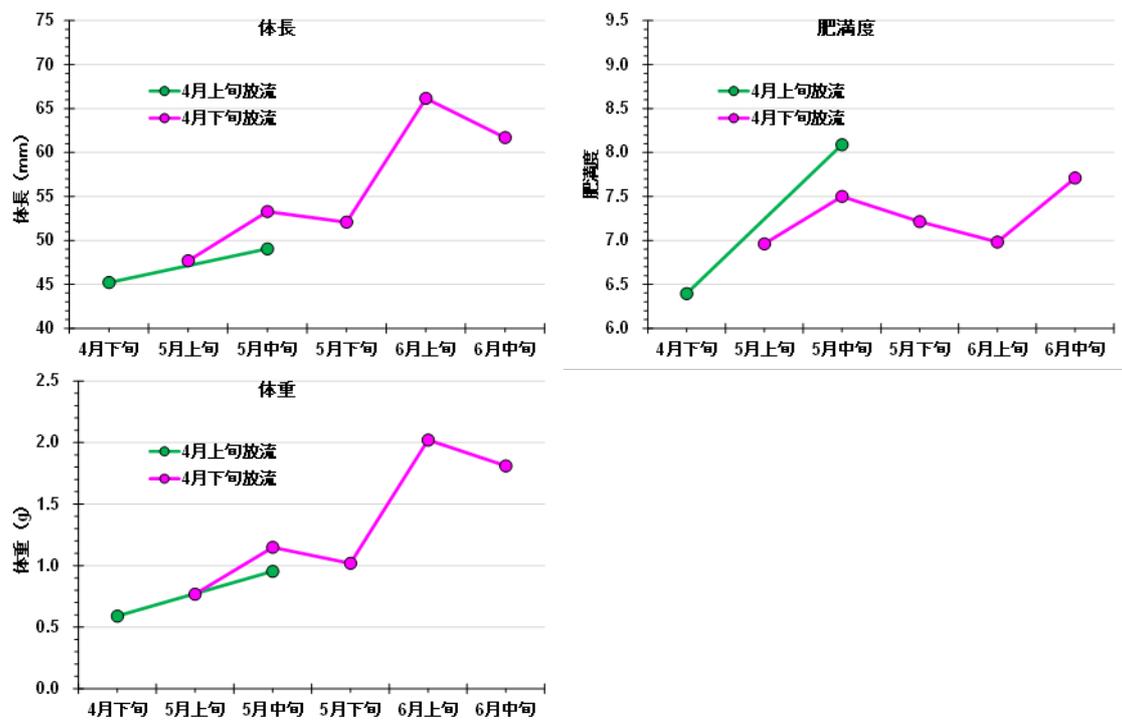


図 9. 夜間採集で採集した標識稚魚の体サイズ

## f) 東北から北海道太平洋における海洋環境観測及び稚魚採捕調査

執筆者：岩手県水産技術センター 清水勇一

### 実施機関及び担当者

岩手県水産技術センター：清水勇一、岡部聖、太田倫太郎

北海道大学大学院水産科学研究院：向井徹、長谷川浩平、閻乃箏

水産研究・教育機構 水産技術研究所 水産工学部：澤田浩一、福田美亮、山本晋玄

### 【目的】

サケ稚魚の北上回遊期における東北から北海道太平洋沿岸域の海洋環境を把握し、サケ稚魚の移動実態や成長履歴等を明らかにする。

### 【方法】

岩手県沿岸及び北海道太平洋沿岸において、岩手県所属の漁業指導調査船「岩手丸」を用いて、海洋観測とサケ稚魚の採捕調査を行った。サケ稚魚の採捕は、昼間は表層トロール（3ノット、30分間曳網）、夜間は集魚灯及びタモ網を用いて実施した。また、採捕調査に合わせて、水温と塩分の観測、ノルパックネット鉛直20m曳による動物プランクトンの採集も行った。採捕したサケ稚魚から耳石を採取し、耳石温度標識によりその由来を確認したほか、既往の方法により耳石日周輪紋から成長履歴を確認した。また、山田湾氷場漁場に音響プロファイラーを設置し、課題ア-3)-b)で放流した稚魚の成育環境のモニタリングを行った。なお、本調査は、課題ア-1)-a)及び課題ア-3)-b)で放流した稚魚の追跡調査も兼ねている。

### 【結果及び考察】

岩手県沿岸調査は、令和6年4月24日、26日、6月3日及び5日に実施した。各調査日とも稚魚の採捕はなく、令和元年級以降、採捕がない状況が続いた（図1）。令和6年調査時の表面海水温は10.5～16.0℃と非常に高く、6月調査時の動物プランクトン密度は4月と比べて低下した。令和6年の閉伊埼定点における表面海水温は、平成26年以降最も高く、動物プランクトン湿重量は平均的であった（図2）。また、山田湾氷場漁場に設置した音響プロファイラーにより、平成25年以降のT-Sダイアグラムを作成したところ、令和6年は黒潮水が湾の中まで観測された。また、塩分と水温は基本的に正の相関関係が見られたが、表層水の影響が強かった平成29、30年を境にその変化が急激になった（図3）。さらに、同プロファイラーによるモニタリングで推定された、サイズ別動物プランクトン密度は、1mm以下および1-2mmでは表層水、50mm以上のサケ稚魚が利用する2-3mm以上では、水温5～8℃、塩分33.5前後の親潮水の影響が強い時に上昇が認められた（図4）。

北海道太平洋沿岸調査は、令和6年6月18日及び19日に実施し、計46尾のサケ稚魚を採捕した（図5）。耳石の観察から、そのうち17尾に北海道由来の耳石温度標識が認められた。また、海水移行日は4月中旬から5月中旬と幅が広く、釧路沖の定点以外では、海水移行日が遅くなるほど日間成長速度が速いことが推定された（表1）。なお、釧路沖定点で採捕された稚魚の日間成長速度は、他の定点より遅い傾向が見られた。また、厚岸および釧路沖の水温、塩分、動物プランクトンの年推移を図6に示した。水温は、サケ稚魚の生息適水温である5～13℃の範囲内であったが、塩分は表層水の分布を示す33以下であることが多かった。また動物プランクトン密度は、令和元年以降、低い傾向が見られたが、令和6年は比較的高かった。

以上のように、令和元年以降、本州から北海道の太平洋側では、津軽暖流に加えて黒潮続流の北偏により水温が高く、餌となる動物プランクトン密度が低い傾向にあり、このことがサケ稚魚の生残率低下につながっていると考えられる。今後もサケ稚魚の追跡調査と

海洋環境のモニタリングを継続し、サケの北上経路の実態を把握する必要がある。

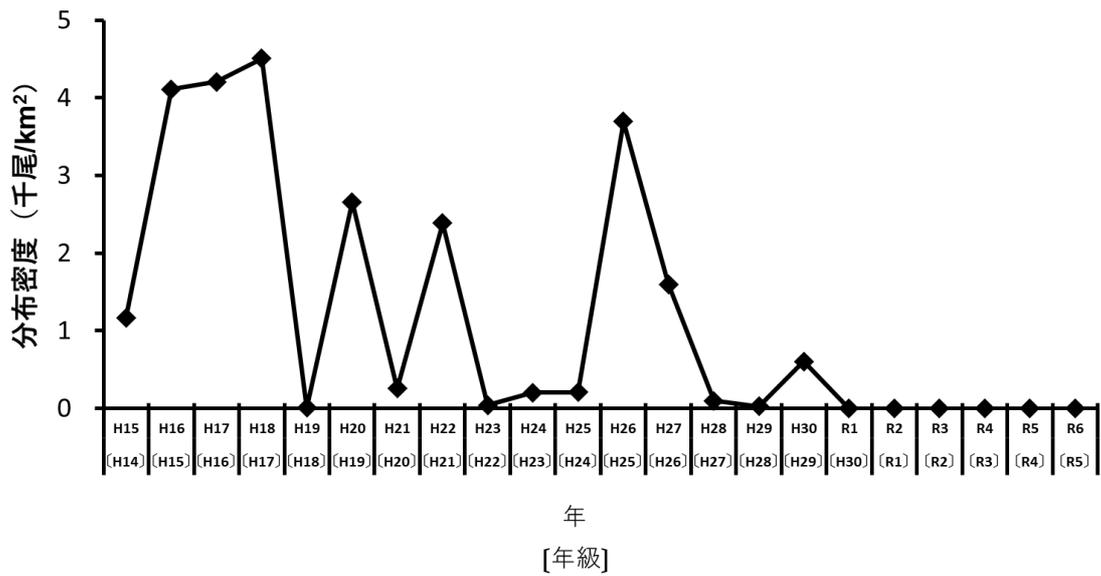


図1. 岩手県沿岸表層トロール調査による稚魚分布密度の推移 5月下旬から6月上旬の平均値、[ ]内は年級。

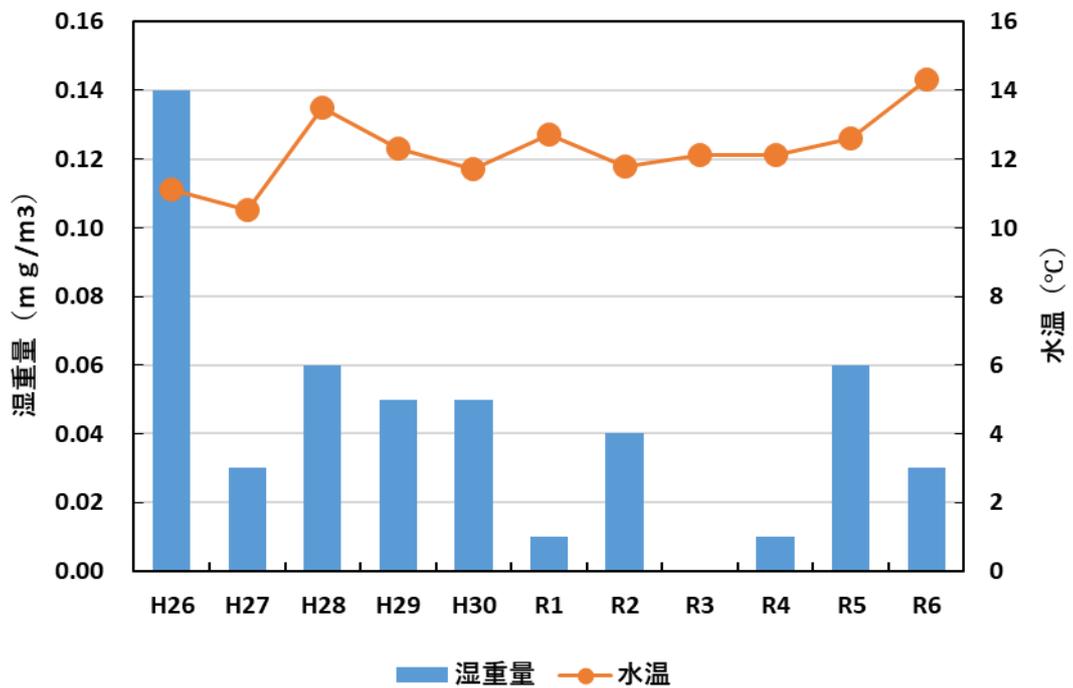


図2. 閉伊埼定点における表面海水温及び動物プランクトン湿重量の推移 5月下旬から6月上旬の平均値。

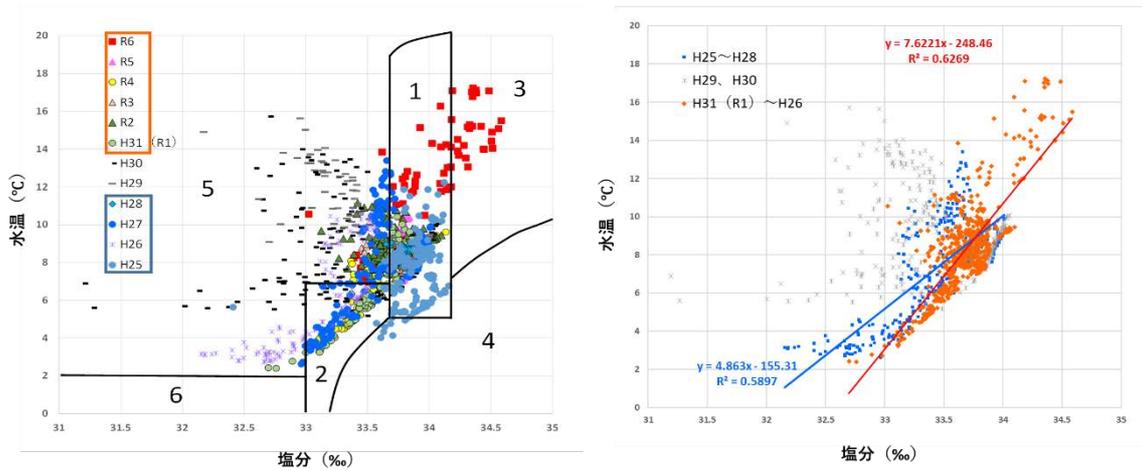


図3. 山田湾氷場漁場に設置したプロファイラーによる春季の T-S ダイアグラム 年別 (左、1 津軽暖流水、2 親潮水、3 黒潮水、4 深層水、5 表層水、6 沿岸親潮水 (Hanawa and Mitsudera1987)) と年代別 (右) に図示した。

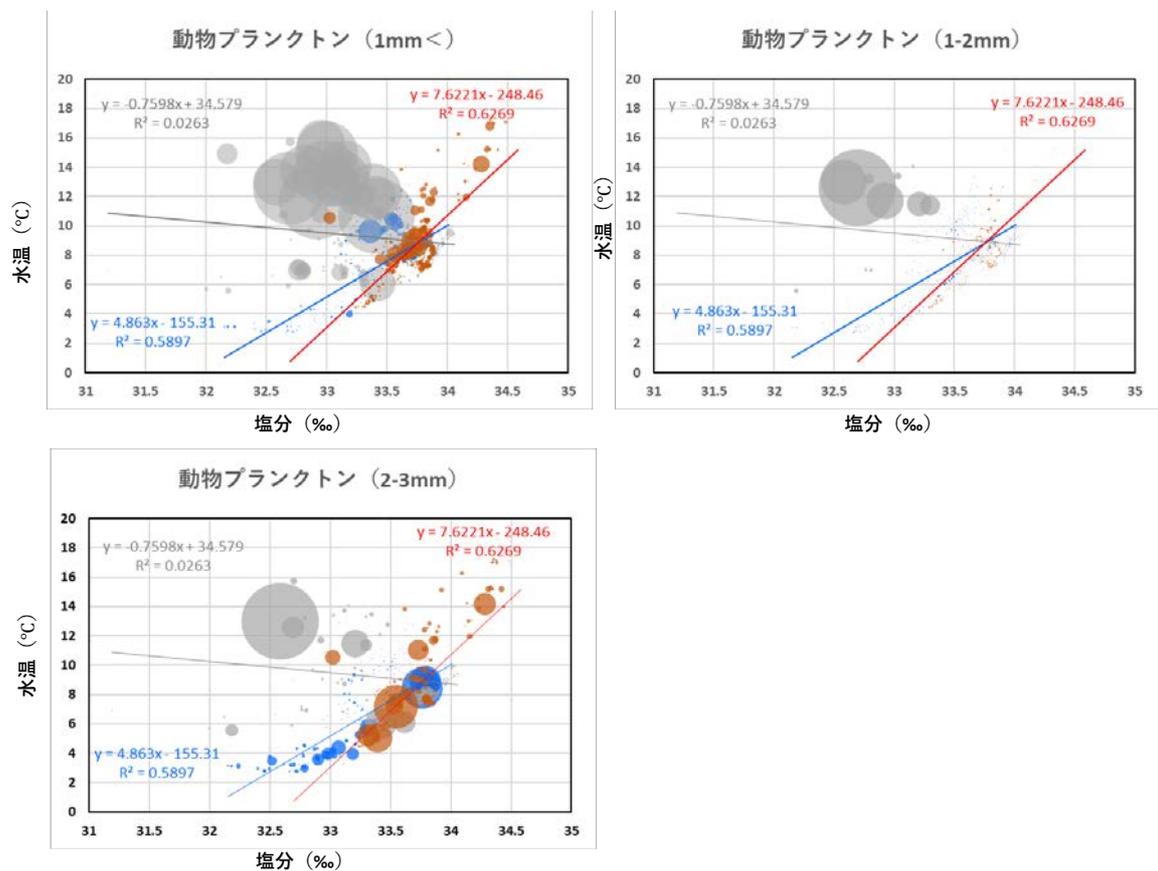


図4. 山田湾氷場漁場におけるサイズ別プランクトン密度と T-S との関係 色分けは図3の年代別、丸の大きさはプランクトン密度の高低を示す。

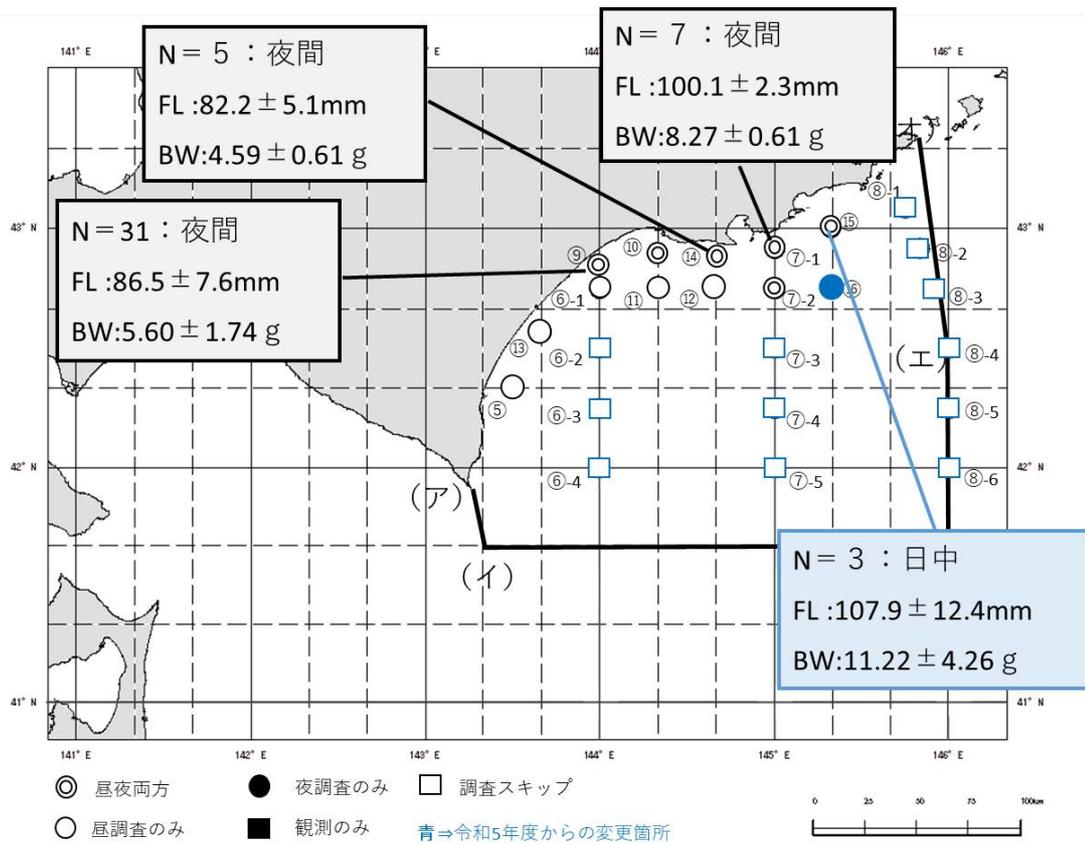


図 5. 岩手丸による令和 6 年北海道沿岸調査における稚魚の採捕数

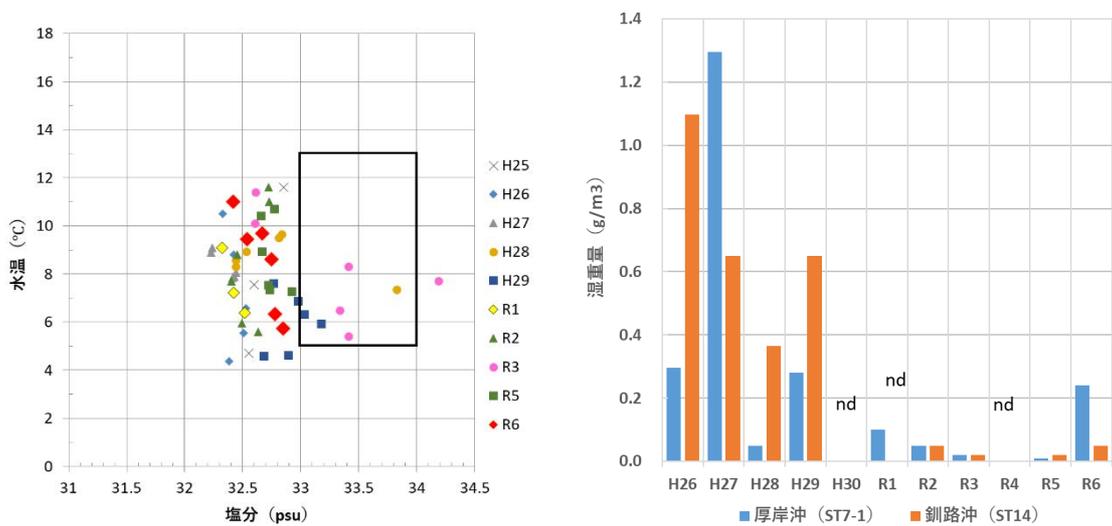


図 6. 厚岸沖 (ST7-1) と釧路沖 (ST14) における T-S ダイアグラム (左) と動物プランクトン密度 (右) の推移

表 1. 採捕したサケの標識、耳石日周輪紋からの海水移行日と体長、成長速度推定結果

採捕日	採捕場所	耳石温度標識	採捕時		推定			
			尾叉長 (mm)	体重 (g)	海水移行日	移行サイズ (mm)	日間成長速度 (mm/day)	
R6.6.18	ST7-1 厚岸沖	2,3,1,2H	99.1	8.2	R6.4.26	59.7	0.7	
		無し (N=6)	100.0±2.5	8.2±0.6	R6.4.26±4日	58.8±3.3	0.8±0.1	
	ST9 十勝沖		2,1-3,2H	80.3	4.3	R6.4.15	58.4	0.3
			2,4-4H	87.8	5.8	R6.4.16	64.5	0.4
			2,5,4H	87.2	5.9	R6.4.18	57.3	0.5
			2,2n-2nH	79.6	4.1	R6.4.23	56.3	0.4
			2,5,4H	80.0	4.4	R6.4.25	53.9	0.5
			2,2n-2nH	84.9	4.5	R6.5.9	57.3	0.7
			2,4-4H	88.5	6.2	R6.5.9	57.8	0.8
			2,4-4H	82.9	4.8	R6.5.11	57.7	0.7
			2,2,5H	88.1	5.5	R6.5.15	61.0	0.8
			2,2n-2nH	81.6	4.4	R6.5.18	55.1	0.9
			無し (N=20)	87.6±8.9	5.9±2.0	R6.5.4±9日	57.2±4.7	0.7±0.1
		ST14 釧路沖		2-8H	78.7	4.1	R6.4.25	56.1
			2,2n-2nH	84.6	4.7	R6.5.5	59.1	0.6
			2,5,4H	85.1	5.0	R6.5.11	62.3	0.6
			無し (N=2)	81.5±8.8	4.6±1.0	4/30±6日	55.4±10.0	0.5±0.1
	R6.6.19	ST15 浜中沖	2-7H	122.0	16.1	R6.4.7	55.1	0.9
			2-7H	103.1	8.8	R6.4.15	57.8	0.7
			2-1,3,2H	98.7	8.7	R6.4.18	52.8	0.7

## g) 東北日本海における環境観測及び稚魚採捕調査と耳石日周輪解析

執筆者：山形県水産研究所 粕谷和寿

### ① 吹浦沖～象潟沖調査

#### 実施機関及び担当者

山形県水産研究所 スマート漁業推進部：高澤俊秀

山形県水産研究所 浅海増殖部：粕谷和寿

東北大学大学院農学研究科：片山知史

#### 【目的】

山形県のサケ資源は昭和終期から平成初期にかけて大きく落ち込んだものの、その後は回復基調に移り、比較的良好な回復（2008～2015年の平均では来遊19万尾、単純回復率0.59%）を維持してきたが、2016～2023年の平均は11万尾と低迷している。サケの減耗は放流から沿岸生活期にかけて最も大きいとされていることから、降海期の2～5月にかけて沿岸域において耳石温度標識魚（以下、標識魚）を追跡再捕し、本州日本海における幼稚魚の初期生態（移動、成長）を把握するとともに沿岸水温や動物プランクトンなど海洋環境との関係を解明することにより、放流魚の生残条件についての検討を行う。

#### 【方法】

秋田・山形県境海域において山形県漁業試験調査船「最上丸」による曳網採集を主とする調査であり、併せて水温・塩分測定、動物プランクトン採集を行った（図1）。採集されたサケ幼稚魚は冷凍保存し、後日、魚体測定のほか、標識魚の識別、耳石日周輪解析等に供した。

##### 1) 沿岸稚魚調査 2023年級

時期：2024年3月上旬～5月上旬（各旬1日）

場所：山形県遊佐町吹浦沖の1km、秋田県にかほ市象潟沖の1、2kmの3定線に加え、補完調査として4月16日に吹浦沖の2、5kmの2線を実施した。

採集方法：表層トロール（ニチモウ製D-LC-3型表中層網、袖網間隔7m、袖網高さ1.5m）を用いた往復表層曳き（曳網速度2.0knot、片道時間30min）

項目：幼稚魚採集数、体サイズ、耳石温度標識のコード判別、耳石日周輪解析 他

##### 2) 沿岸環境調査

時期：2024年3～5月

水温：前記の3定点における水深別CTD測定

県栽培漁業センター（鶴岡市三瀬）の用水温測定

塩分：前記の3定点等における水深別CTD測定

動物プランクトン：前記の3定点におけるNORPACネットによる鉛直曳き採集と分析

##### 3) 耳石日周輪解析

2022年級群について2023年春に沿岸稚魚調査で再捕した標識魚を、コード判別のため作製した耳石プレパラートを用いて日周輪解析を行い、放流・降海チェックの判定や縁辺部輪紋の計数を試み、再捕までの経過日数や放流後の成長について解析した。

#### 【結果及び考察】

##### 1) 沿岸稚魚調査

###### ① 調査実施日と往復曳網数

最上丸による調査は2024年3月6日、3月25日、3月26日、4月4日、4月15日、4月16日、4月22日、5月2日の計8日間実施し、往復曳網数は計24回であった。

## ②調査日別の採集数（図2、表1）

本年の採集数は581尾と前年よりも少なくなった。例年3月に稚魚が多く採集され、4月以降大幅に採集数が減少する傾向があり、前年の3月は3,053尾、4月は101尾であった。これに対し、本年の3月は234尾と極端に少なく、4月は334尾と異例の多さであった。

## ③調査定線別の採集数（図3）

調査定線別の採集尾数は、吹浦沖1km、象潟沖1km、象潟沖2kmでそれぞれ408尾、4尾、14尾であり、補完調査では、吹浦沖2kmで155尾、吹浦沖5kmでは採集されなかった。

## ④体サイズ（図4）

調査期間中の体サイズは体重0.4～8.9g(平均2.6g)、尾叉長33～99mm(平均59mm)であった。4月15日の吹浦沖1km、4月16日の吹浦沖2kmでは大型の稚魚が採集され、平均尾叉長はそれぞれ68mm、76mmで、最大は4月15日の99mmであった。2018年度以降に採集した稚魚の尾叉長は概ね40～60mmの範囲であったことを考えると、本年4月に採集した稚魚はかなり大きいことが分かる。

## ⑤標識魚の放流状況と再捕数（表1）

標識魚の放流は秋田県の川袋川、本県の月光川と赤川、新潟県の三面川、富山県の黒部川と神通川と庄川の7水系で実施された。これらの放流数は計10,743千尾であった。放流時期は2月中旬～3月中下旬、その体サイズ（平均体重）は0.55～3.47gの範囲にあった。

調査で再捕された標識魚は124尾であり、採集尾数の21.3%を占めていた。放流水系別の再捕数は調査海域に近い川袋川と月光川の2河川はそれぞれ66尾、27尾であり、赤川で29尾、三面川、富山県の河川（黒部川若しくは神通川）はそれぞれ1尾であった。

## ⑥標識魚の再捕日と体サイズ（図5）

放流水系別の再捕数と体サイズ（調査日平均）の推移については、川袋川は4月15日、4月16日にそれぞれ25尾、36尾再捕され、1.7～7.0gであった。月光川は3月6日から再捕され、4月16日が最も多く（13尾）、0.8～5.4gであった。赤川は4月15日、4月16日にそれぞれ16尾、13尾再捕され、2.4～8.9gであった。三面川及び富山県の河川はそれぞれ4月15日に1尾採捕され、体サイズは3.9gと5.5gであった。

## 2) 沿岸環境調査（図6～10）

3月6日～5月2日の調査日の表層水温（水深2m）は吹浦沖1kmでは8.6℃から12.5℃、象潟沖1kmでは8.4℃から12.1℃へと上昇した。調査海域から約50km南に位置する県栽培漁業センター（鶴岡市三瀬）の用水温（距岸640m、水深5mにおいて取水）は、月平均3月は9.1℃、4月は11.5℃、5月は14.6℃であり、1991年から2020年までの過去30年平均（9.1℃、9.3℃、10.8℃、14.2℃）に対して、それぞれ0.0℃、0.7℃、1.4℃、0.4℃高かった。

調査日の動物プランクトン個体密度は、吹浦沖1kmが35～3,144個体/m<sup>3</sup>、象潟沖1kmが40～4,894個体/m<sup>3</sup>、象潟沖2kmが282～3,321個体/m<sup>3</sup>であった。吹浦沖1kmでは4月下旬、象潟沖1、2kmでは4月の中旬に発生ピークがあった。動物プランクトンの優占種は、吹浦沖1kmの3月6日、4月22日はカイアシ類、3月25日、4月4日は枝角類、4月15日、5月2日は尾虫類であった。吹浦沖2、5kmではカイアシ類が優占していた。象潟沖1kmでは、3月6日、5月2日はカイアシ類、3月25日、4月4日は尾虫類、4月15日、4月22日は枝角類が優占していた。象潟沖2kmでは、3月6日、4月22日、5月2日はカイアシ類、3月25日、4月4日は尾虫類、4月15日は枝角類が優占していた。胃内容物指数は吹浦沖1、2kmで2.3～7.3%、象潟沖1、2kmでは0.6%～4.3%であった。胃内容物の優占種は、吹浦沖1kmの3月6日、3月25日、4月15日でカイアシ類、5月2日で魚類、吹

浦沖 2 km はオキアミ類であった。象潟沖 1 km の 3 月 25 日はオキアミ類、5 月 2 日で端脚類、象潟沖 2 km の 3 月 6 日で端脚類、3 月 25 日でカイアシ類が優占していた。採集した動物プランクトン種組成と胃内容物のそれを比較すると、短脚類ではプランクトン採集でわずかしか採集されなかったのに対し、胃内容物では多く出現している。一方で尾虫類はプランクトン採集で多く採集されたにもかかわらず、胃内容物には含まれていなかった。

本年は動物プランクトンの個体密度が 4 月中旬から増加し、また、稚魚採集数も 4 月中旬に増加しており、動物プランクトンの増殖に合わせて移動していた可能性が伺えた。4 月 20 日頃に急激な水温上昇が確認され、このことによりサケ稚魚が調査海域から忌逃したと考えられる。

### 3) 耳石日周輪解析

#### 2022 年級群 (図 11~13)

2023 年 3 月 6 日~5 月 11 日に再捕した月光川水系、三面川水系標識魚について耳石観察を行った。再捕までの経過日数は、月光川水系由来の標識魚では、放流後 4~17 日であり、海洋移動後 2~11 日と推定された。三面川水系の標識魚については、放流後 25~39 日であり、海洋移動後 5~9 日であった。

平均尾叉長について、月光川水系は採集時の 40.0~52.0 mm (平均 46.1 mm) に対し、放流時は 38.7~51.7 mm (平均 43.5 mm)、海洋移動時は 39.4~52.0 mm (平均 44.7 mm) と推定された。三面川水系は採集時の 50.0~64.0 mm (平均 56.8 mm) に対し、放流時は 40.8~57.5 mm (平均 49.0 mm)、海洋移動時は 47.7~61.5 mm (平均 54.9 mm) と推定された。

また、海洋移動後の日間成長速度について、月光川水系では 0.147~0.387 mm/d (平均 0.272 mm/d) と推定され、三面川水系では 0.249~0.423 mm/d (平均 0.307 mm/d) と推定された。2021 年級群の全体の平均 0.201 mm/d よりも高い成長速度であった。沿岸の主要な餌生物であるカイアシ類の個体数について、2022 年春の調査では 100 個体/m<sup>3</sup>、2023 年春は 178 個体/m<sup>3</sup>であったことから、餌環境が影響したものと推察された。

なお、赤川の耳石については現在解析中であり、今後結果を報告する。

### 4) その他

関連した情報収集のため、宮城県および本州沿岸でのサケ稚魚の混獲状況、および漁獲された魚種の捕食状況を調べた。石巻魚市場における定置網混獲物およびユメカサゴ、キツネメバルの胃内容物からは、サケ稚魚は検出されなかった。

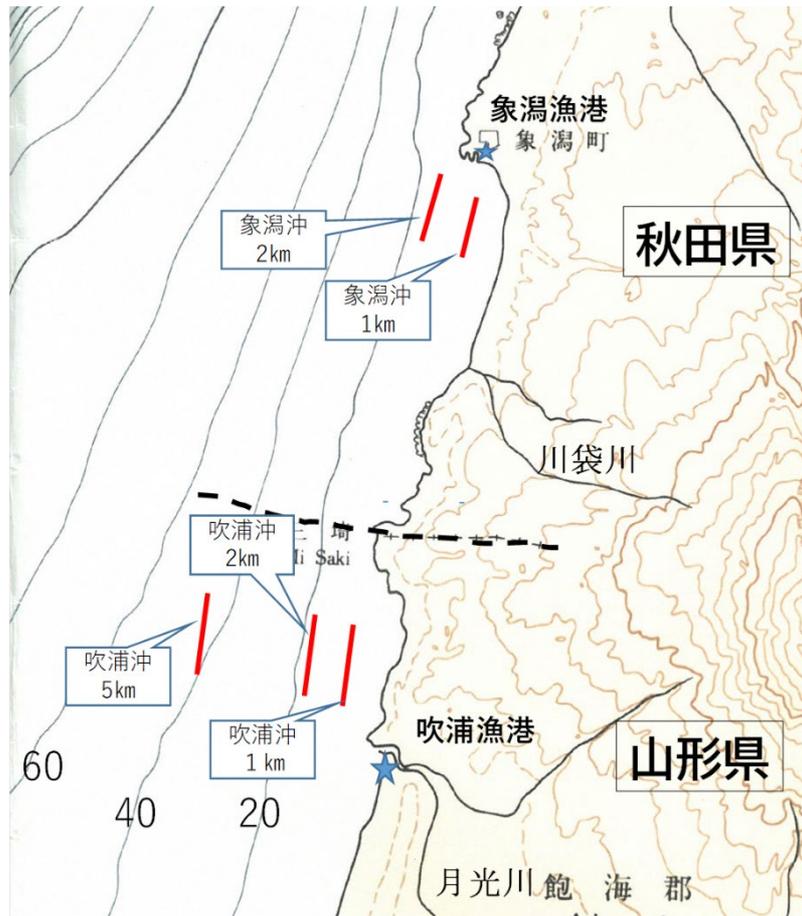


図 1. 沿岸調査の位置 (2024 年春)

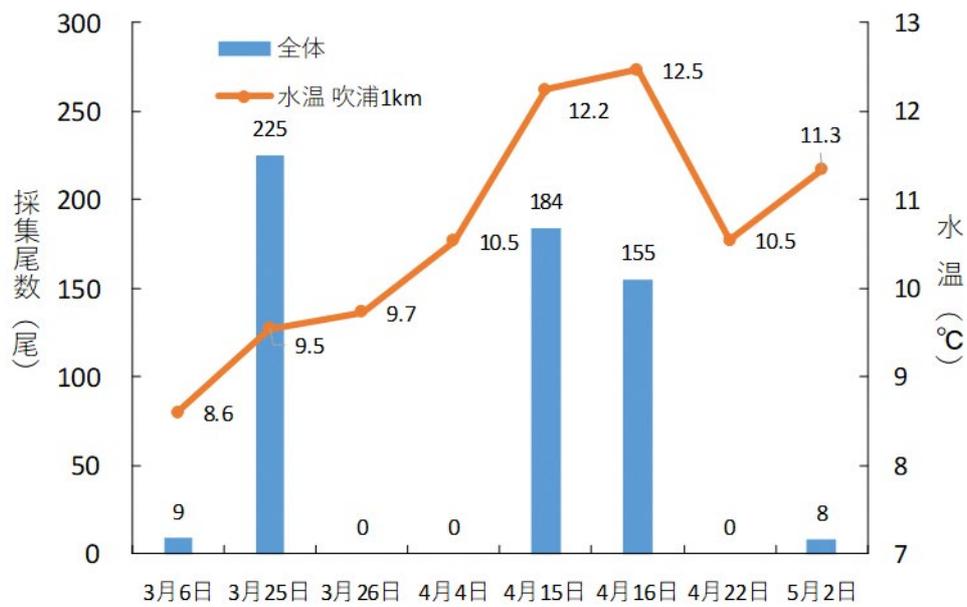


図 2. 調査日別の採集数 (2024 年春)

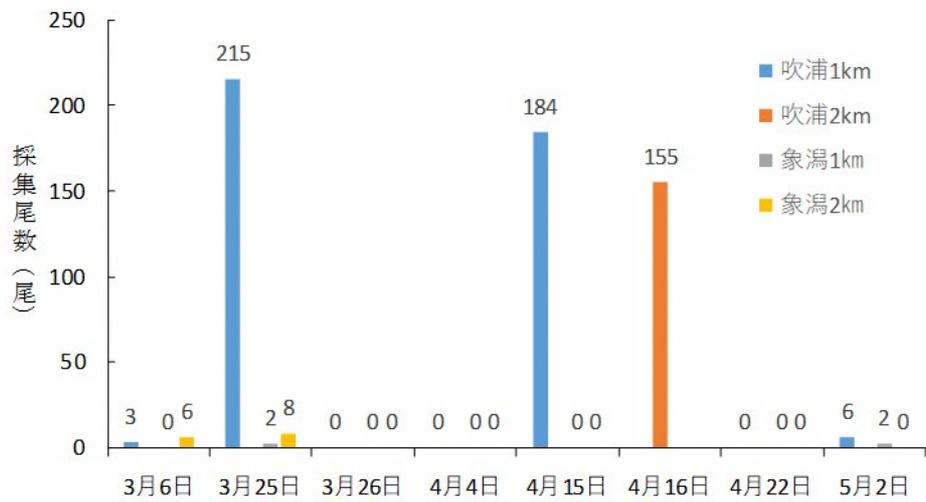


図3. 調査定点別の採集数 (2024年春)

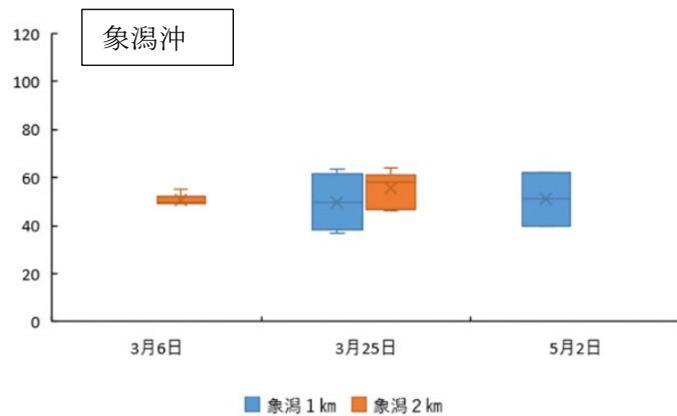
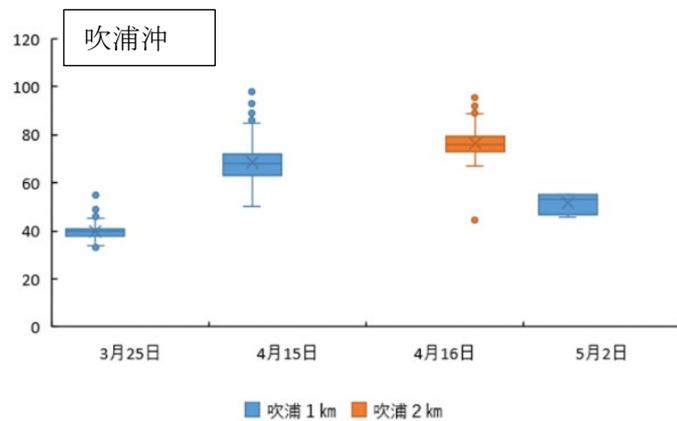


図4. 調査定点別の尾叉長 (2024年春)

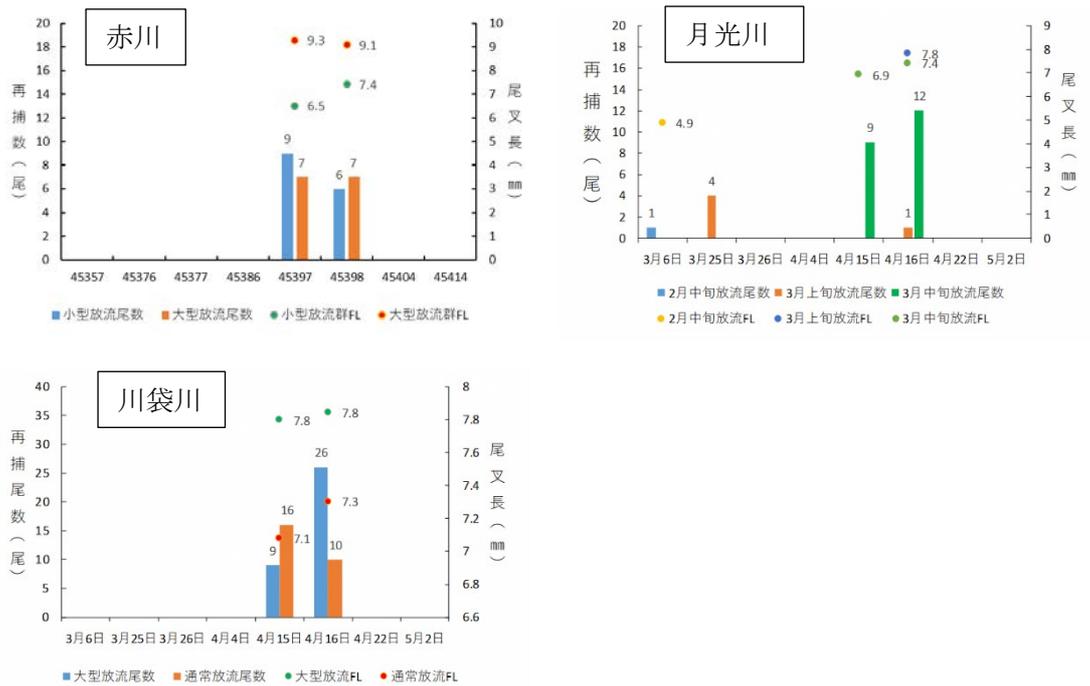


図 5. 標識魚の採捕状況 (2024 年春)

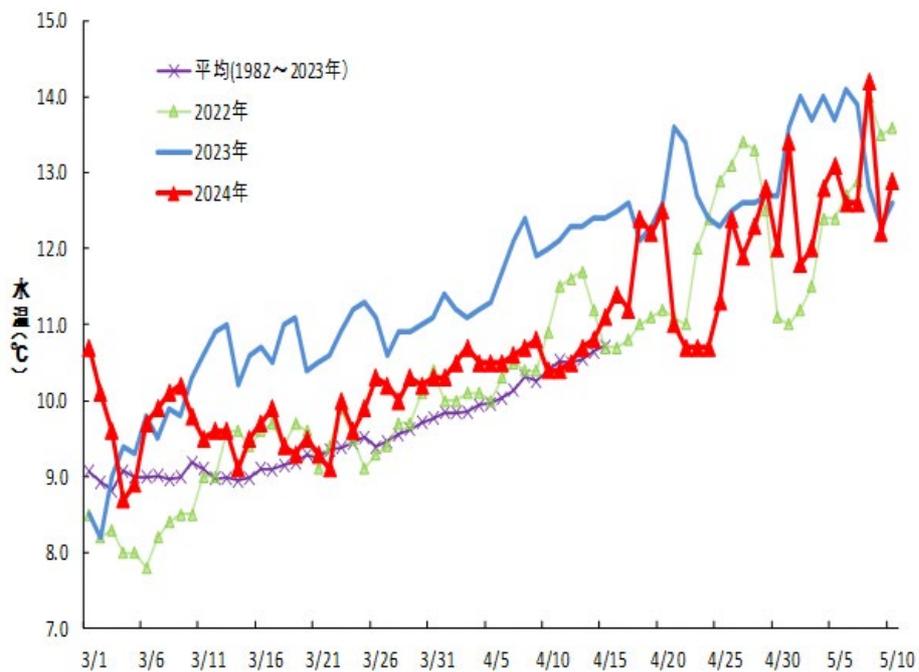


図 6. 沿岸表層の海水温の推移 (2022~2024 年) 山形県栽培漁業センターの用水温 (鶴岡市、水深 5m)。

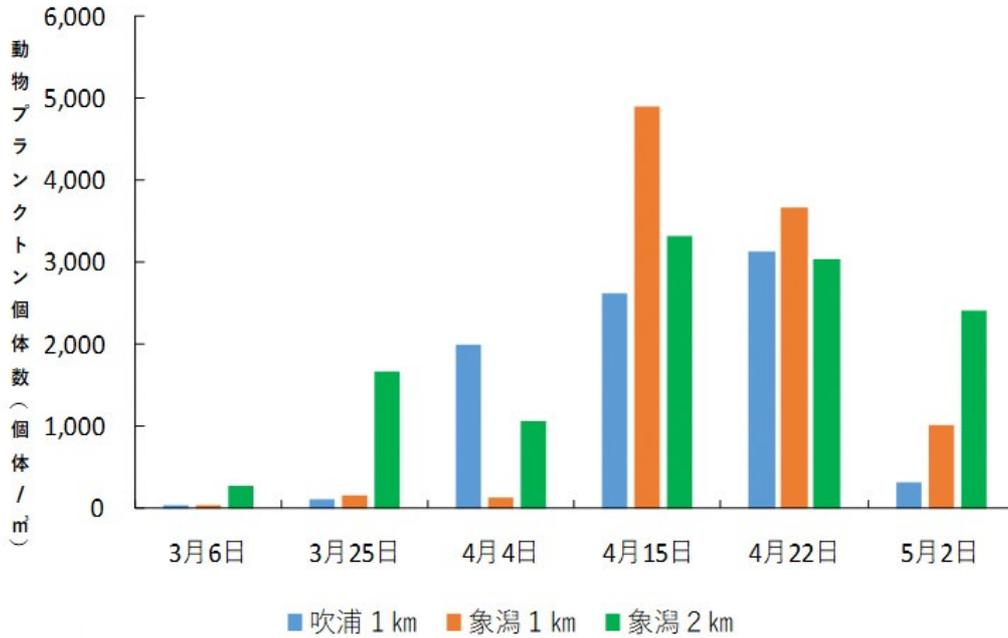


図7. 動物プランクトンの個体密度 (2024年春)

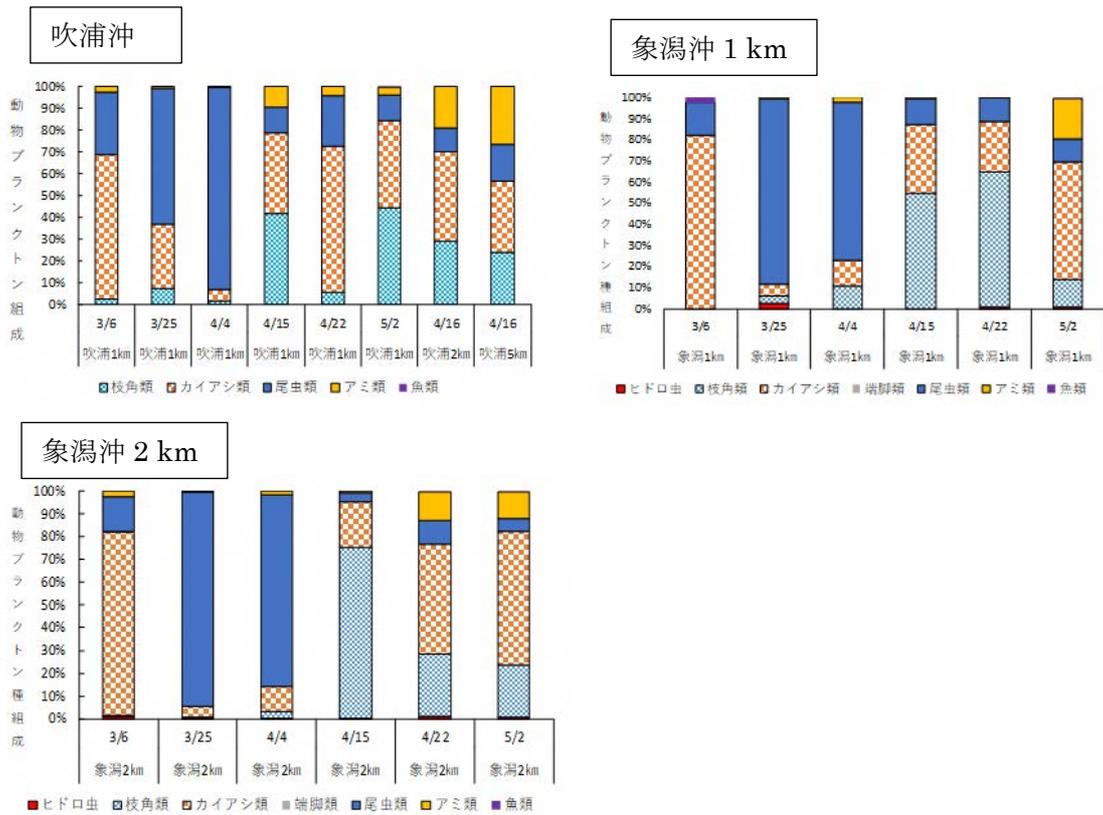


図8. 動物プランクトンの種組成 (2024年春)

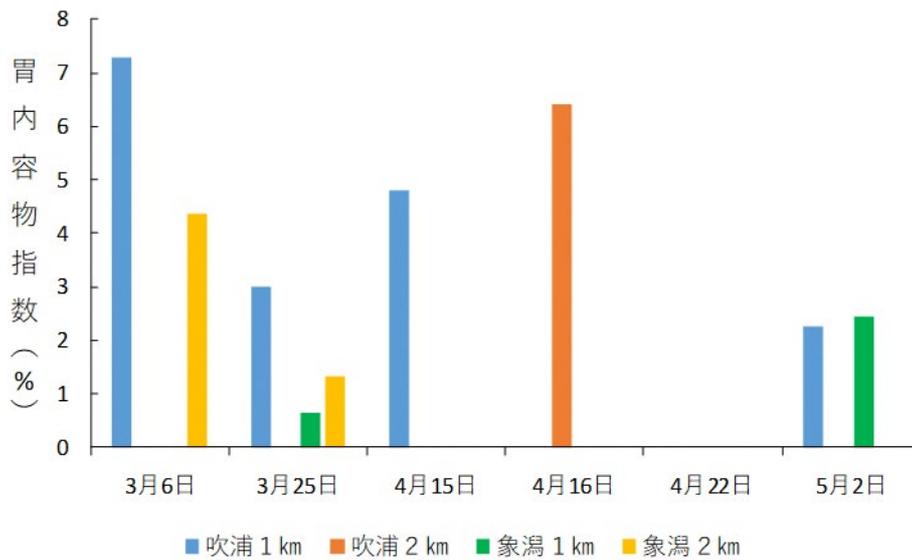


図 9. 稚魚の胃内容物指数 (2024 年春)

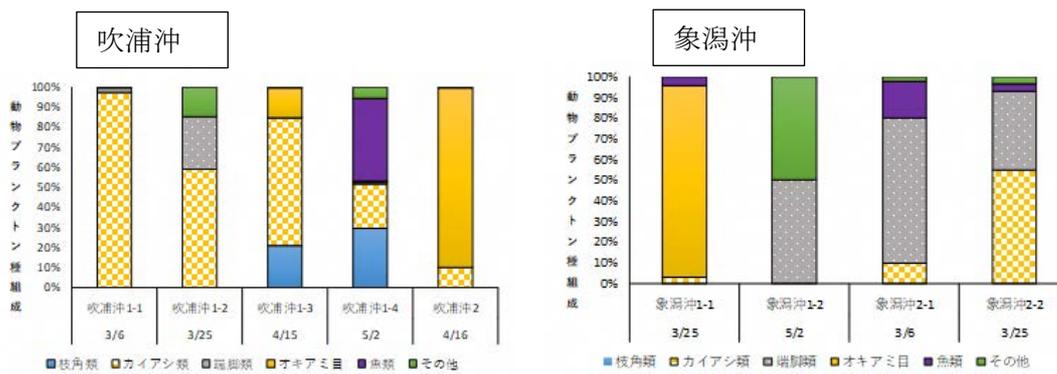


図 10. 胃内容物の動物プランクトン種組成 (2024 年春)

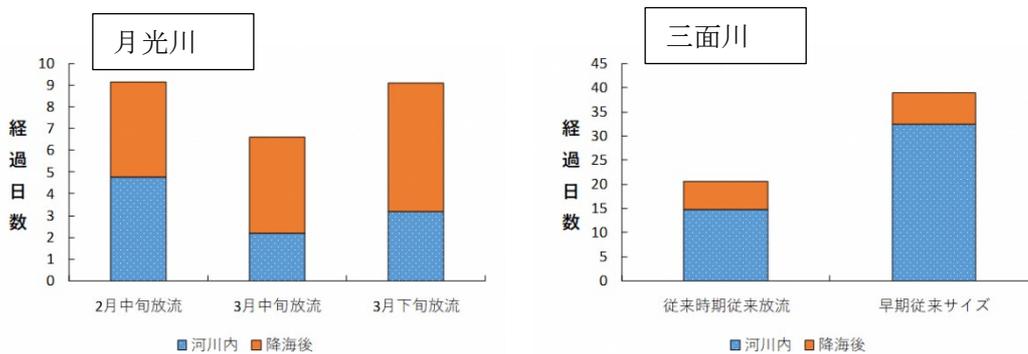


図 11. 耳石日周輪解析による放流後経過日数 (2024 年春)

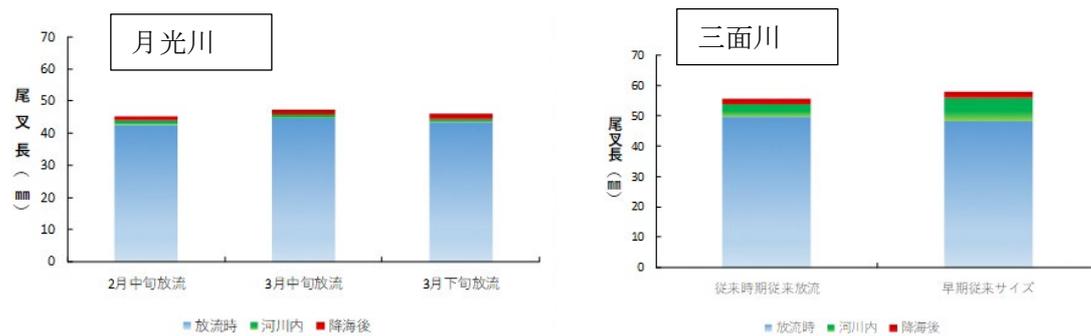


図 12. 耳石日周輪解析による放流時、降海時の平均尾叉長 (2023 年春)

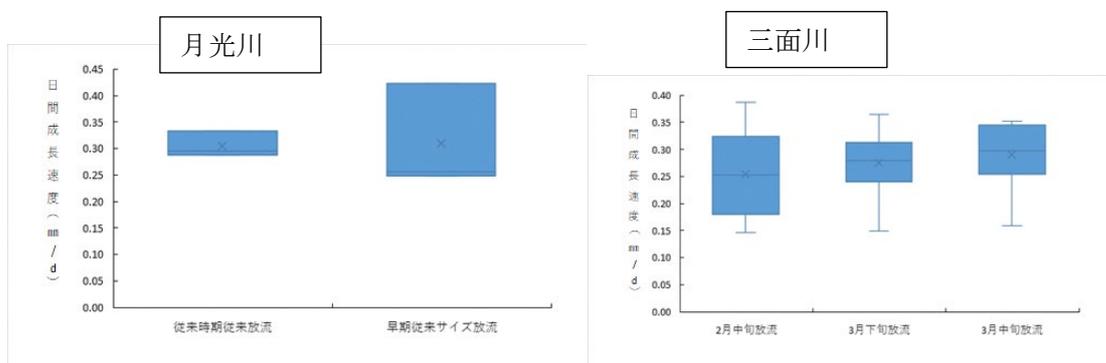


図 13. 耳石日周輪解析による降海後の日間成長速度 (2023 年春)

表 1. 標識魚の放流と再捕結果の概要 (2024 年級)

放流水系名	耳石標識	耳石試験区	放流元 ふ化場	放流開始 年月日	放流数 (千尾)	平均魚体重 (g)	再捕数 (尾)	再捕平均体重 (g)
川袋川	2,1,2,2H	通常放流区	川袋	2024/3/6	2569	0.91	26	3.8
	2-1,2H	大型放流区		2024/3/13	1507	1.8	40	4.6
月光川 (箕輪, 栴川)	2,2,2H	2月中旬放流群	栴川	2024/2/19	670	0.86	1	1.1
	2,2-1,2H	3月上旬放流群	箕輪	2024/3/10	790	0.92	1	5.1
			栴川	2024/3/8	660	0.95		
	2,2-2H	3月中旬放流群	栴川	2024/3/20	759	1.27	25	3.5
箕輪			2024/3/18	920	0.95			
赤川	2,2,1-2H	小型放流群	赤川	2024/3/22	305	0.97	15	3.4
	2-2,1,2H	大型放流群			310	3.47	14	7.4
三面川	2,7nH	晩期大型サイズ放流	三面	2024/3/7	1051	0.85	1	3.9
黒部川			黒部	2024/2/28	281	0.53		
神通川	2,6nH	低密度	神通	2024/2/22	166	0.6	1	5.5
庄川			庄川	2024/3/5	150	0.67		

## ②男鹿半島沖調査

執筆者：秋田県水産振興センター 土田織恵

### 実施機関及び担当者

秋田県水産振興センター 資源部 : 藤田学、土田織恵  
山形県水産研究所 海洋資源調査部 : 高澤俊秀  
山形県水産研究所 浅海増殖部 : 粕谷和寿  
東北大学大学院農学研究科 : 片山知史

### 【目的】

サケ資源の大きな変動要因として稚魚放流後の初期減耗が挙げられることから、沿岸生活期における幼稚魚の回遊生態や成長・生き残りに関する環境要因を解明することによって、放流時期の最適化のための手法を確立する。

### 【方法】

#### 1. 漁具の購入

令和6年度から調査開始のため、調査に必要な表層トロール網の購入を行った。なお、山形県との共同調査であるため、山形県と同型の調査網を購入した。

#### 2. 漁具のテスト操業

制作した表層トロール網について、操業手順や網成りを確認するため、秋田県の調査指導船「千秋丸」でテスト操業を実施した。

時期：令和7年2月17日

場所：秋田県男鹿市沖合海域（船川沖）距岸2～4 km

#### 3. 稚魚採捕調査

サケ稚魚採捕及び沿岸環境調査を実施。

時期：令和7年3月12日

場所：秋田県男鹿市船川沿岸

距岸：1～5 km（1 km おき 5 線、1 線 1 km 東西往復曳き）

使用船舶：秋田県調査指導船「千秋丸」

手法：表層トロール網、海洋観測、プランクトンネット曳き

調査項目：魚体測定、耳石採取、水温、塩分、プランクトン沈殿量等

### 【結果及び考察】

#### 1. 漁具の購入

ニチモウ株式会社の簡易式サンプリングギアを購入した（図1）。

型式：D-LC-3型 通常型

契約日：令和6年6月17日

納入日：令和6年12月13日

#### 2. 漁具のテスト操業

一連の調査手順（投網・網なり確認・揚網）に従い操業を合計5回実施し、その都度手順の確認と見直しを行った。

### 3. 稚魚採捕調査

令和7年3月12日に秋田県男鹿半島沿岸（図2）において調査を行った。その結果、距岸3km地点の調査ラインを東向きに曳航した調査においてサケ稚魚1個体が採集された。海洋観測等の結果については、現在解析中である。

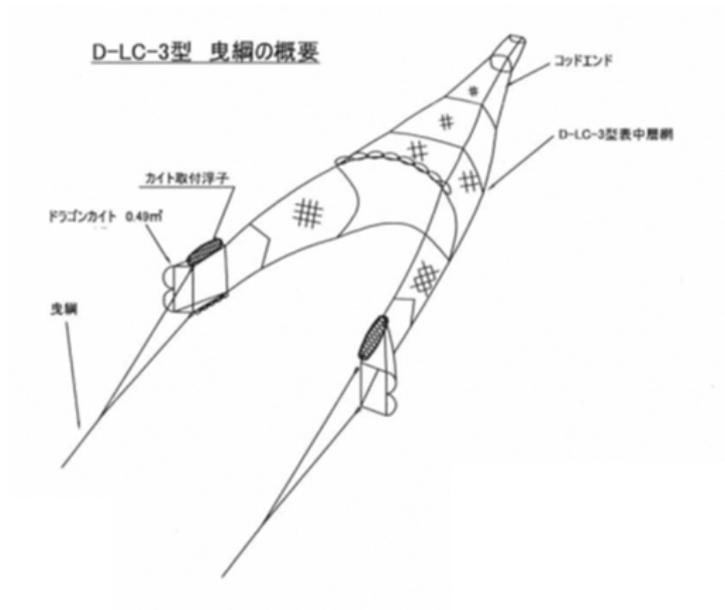


図 1. 購入した漁具図



図 2. 調査海域図

## 小課題 2) 数理モデルを用いた大型サケ稚魚の行動様式の検証

### a) 粒子追跡実験による稚魚の移動経路シミュレーション

執筆者：水産資源研究所 水産資源研究センター 海洋環境部 東屋知範

#### 実施機関及び担当者

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター 海洋環境部：東屋知範、  
黒田寛

#### 【目的】

先行事業で取り組んできた本課題において、稚魚の大型化を要素に加えたシミュレーションを行い、大型化の効果を検討する一助とする。

#### 【方法】

##### 1. サケ稚魚生物エネルギーモデルのチューニング

太平洋側のサケ稚魚を対象に餌密度の効果や遊泳速度による代謝を定量的に考慮したサケ稚魚生物エネルギーモデル導入 (Megrey et al. 2002、Kamezawa et al. 2007、Yoon et al. 2015) した。サケ稚魚生物エネルギーモデルは以下の式で表される。

$$dW/dt = \{C - (R + SDA + F + E)\} * W * CALz / CALf \quad (1)$$

$$R = ar * W^{-br} * \exp(cr * T) * \exp(dr * U) \quad (2)$$

$$R = ar * W^{-br} * \{ \exp(cr * T) + \exp(dr * U) \} \quad (3)$$

(1)式はサケ 1 個体当たり単位時間当たりの体重の増分（つまり成長量）を表す。ここで W はサケの体重（湿重量; ww g）、t は時間（day）、C は餌の消費による体重増加速度（g prey•g fish<sup>-1</sup>•d<sup>-1</sup>）、SDA は消費における特異動的作用による体重減少速度（g prey•g fish<sup>-1</sup>•d<sup>-1</sup>）、R は呼吸または代謝による体重減少速度（g prey•g fish<sup>-1</sup>•d<sup>-1</sup>）、F は排出による体重減少速度（g prey•g fish<sup>-1</sup>•d<sup>-1</sup>）、E は排泄による体重減少速度（g prey•g fish<sup>-1</sup>•d<sup>-1</sup>）である。CALz は餌である動物プランクトンのエネルギー当量（cal•g zooplankton<sup>-1</sup>）、CALf は魚のエネルギー当量（cal•g fish<sup>-1</sup>）である。式(1)、(2)の各項に含まれる基本パラメータは Megrey et al. (2002)、Kamezawa et al. (2007)、Yoon et al. (2015)に従う。(1)式の C は温度関数 Fc(t) と捕食関数 ρ で構成され、それぞれ水温と餌密度の関数である。式(2)と式(3)(Iino et al., 2024)の R は exp(cr•T)の標準代謝率と exp(dr•U)の運動代謝率で構成されており、式(2)が積、式(3)が和の形で表現されている。U は遊泳速度(m•s<sup>-1</sup>)である。

##### 2. 日本海側 2019 年～2022 年の粒子追跡実験

2019 年～2022 年の 3 月 1 日～7 月 31 日の期間について、高解像度海洋循環モデル再解析値を用いて、石狩川河口付近から毎日 1680 個の粒子を投入し粒子追跡実験を行う(図 1.)。投入した粒子は常に表層に位置し、表層流速で受動的に移動するように設定する。各粒子の位置、その時の水深、経験水温、オホーツク海への到達有無を記録する。そして投入日ごとに、投入数に対するオホーツク海（45°N、142°E 以東）に達した粒子数の割合(ある日の投入粒子のオホーツク海到達数/日投入数)を調べ、更にそれら粒子が以下条件に適合した割合(適合率)を調べる。適合率の経年変化が回帰量の経年変化と似る条件を探ることで、回帰量に関係する海洋環境条件を推定する。①経験水温条件。オホーツク海に到達した粒子の内、日本海とオホーツク海での経験水温が 2.7°C～16.7°C（コントロール）、5°C～13°C、8°C～13°Cの 3 ケースを良好水温とする条件。②沿岸条件。日本海とオホーツク海において、粒子が 50m 以浅、100m 以浅、200m 以浅の海域を移動する条件。沿岸条件は水深が浅いほ

ど、粒子が岸近くを移動することを意味する。オホーツク海内での粒子の経験時間は最長 20 日間とした。

## 【結果及び考察】

### 1. サケ稚魚生物エネルギーモデルのチューニング

これまで太平洋側のサケ稚魚に使用した生物エネルギーモデルでは式(1)、(2)を使用した。しかし、遊泳速度  $U$  を変化させると、式(2)の運動代謝率項は式(3)のそれより急激に変化する。そのため流れに逆らい移動できる程の遊泳速度を式(2)に与えると、サケ稚魚は成長しなかった。しかし観測では、降海地点より上流域海域で再捕されたサケ稚魚は放流時より成長していた。本年度では Iino et al. (2024)による式(3)とパラメータを採用し、体長の 5 倍程度の遊泳速度を与えてもサケ稚魚が成長できるように生物エネルギーモデルをチューニングした。

### 2. 日本海側 2019 年～2022 年の粒子追跡実験

2019 年から 2022 年の石狩湾から投入した粒子のうち、オホーツク海に到達した粒子の到達率を図 2. に示す。横軸には投入日、左縦軸には到達率、右縦軸には投入地点である石狩湾の水温変化を示す。青棒はオホーツク海に達したが  $2.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  より低い水温を経験した割合、緑棒は良好な経験水温でオホーツク海に達した割合 ( $2.7\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{経験水温} \leq 15.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ )、赤棒はオホーツク海に達したが  $15.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  より高温を経験した割合、黒棒はオホーツク海に達しない割合をそれぞれ示した。2019 年同様に 2020 年、2021 年も相対的に緑棒が高く多く、良好な経験水温でオホーツク海まで達する。更にこれら 3 年では、沿岸水温が  $8\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$  になった時に投入された粒子でも良好な経験水温内でオホーツク海まで達していることが注目される。しかし、回帰量は 2019 年、2020 年、2021 年を経験した順に減少しており、粒子追跡実験によるオホーツク海到達率だけでは回帰量変動を説明できない。

経験水温条件  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$  や  $8\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13\text{ }^{\circ}\text{C}$  の適合率は、コントロールの適合率より低くなる(図 3.)。そして 2019 年～2022 年の経験水温の適合率(緑)の経年変化は、回帰量の経年変化と似ていない。このことは、日本海とオホーツク海での経験水温は回帰量変動に影響を及ぼしていないことを示唆する。次に日本海とオホーツク海の両海域における沿岸条件の適合率を図 4. に示す。50m 以浅の移動を指標とする沿岸条件では、適合する粒子はほとんど無かった。これは海洋物理モデルの解像度が要因と思われる。200m 以浅の移動を指標とする沿岸条件の適合率は図 2. の到達率よりかなり低くなる。しかし 90 日～150 日(4 月～5 月)の適合率は 2019 年、2020 年、2021 年の順に低くなり、回帰量の経年変化と似る。このことは、サケ稚魚がオホーツク海に達すること、オホーツク海までの回遊経路が陸棚域に限定されることが回帰に対して重要であることを示唆する。

2019 年～2021 年の粒子の平均軌跡とその標準偏差を図 5. に示す。日本海における 2019 年の平均軌跡は 2020 年、2021 年のより北海道沿岸に沿っており、標準偏差も小さかった。日本海における 2021 年の平均軌跡は 2019 年のより沖に位置しその標準偏差も大きかった。粒子がオホーツク海に入ってから、2019 年では 6 月ごろから宗谷暖流の本流から外れるほど標準偏差が大きくなった。一方 2020 年、2021 年ではその平均軌跡は北海道沿岸付近にあり、標準偏差も小さかった。ここでは示さないが、北海道沿岸域における 2019 年の表層の東西流速成分は、東方向(岸向き)が卓越し、2020 年、2021 年では西方向(沖合い向き)が卓越した。そのため、2019 年は他の 2 年に比べ粒子がより北海道沿岸域を北上しオホーツク海に到達した。この東西流の変動は、対馬暖流の変動だけでなく、春季における気象擾乱によっても生じたと考えられる。

本調査では粒子が経験する日本海からオホーツク海までの海洋環境条件で回帰量の変動を説明しようと試みた。将来的には粒子投入量の時間的変化や粒子の質も考慮する必要がある。

【引用文献】

- Iino., et al.(2024) Body size- and temperature-related metabolic traits of juvenile chum salmon during northward migration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 81, 1514-1527. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2023-0334>
- Kamezawa Y., et al. (2007) A fish bioenergetics model of Japanese chum salmon (*Oncorhynchus keta*) for studying the influence of environmental factor changes. *Bull. Jpn. Soc Fish. Oceanogr.* 7, 87–95.
- Megrey, B.A., et al. (2002) A generalized fish bioenergetics/biomass model with an application to Pacific herring. *PICES Scientific Report* 20, 4–12.
- Takagi S., et al. (2022) Controlling factors of large-scale harmful algal blooms with *Karenia selliformis* after record-breaking marine heatwaves. *Frontiers in Marine Science.* 9, 939393. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.939393>
- Yoon S., et al. (2015) Potential habitat for chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Western Arctic based on a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model. *Progress Oceanogr.* 131, 146–158. DOI:10.1016/j.pocean.2014.12.009

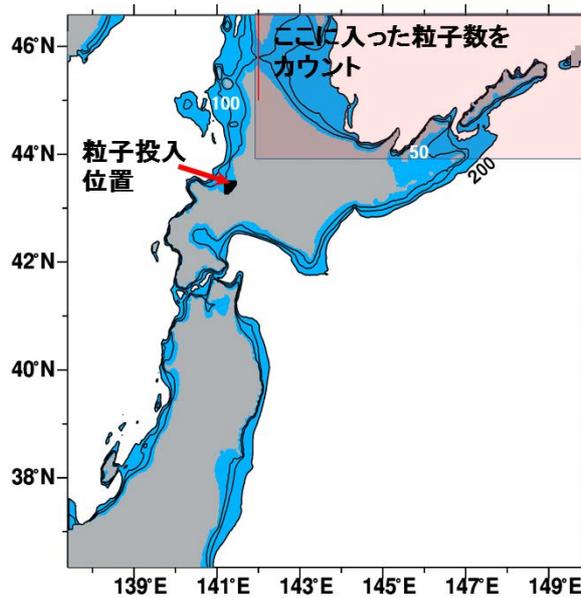


図1. 粒子の投入地点（黒とオホーツク海到達地点（ピンク））沿岸条件に関する50m、100m、200m等水深線の分布。

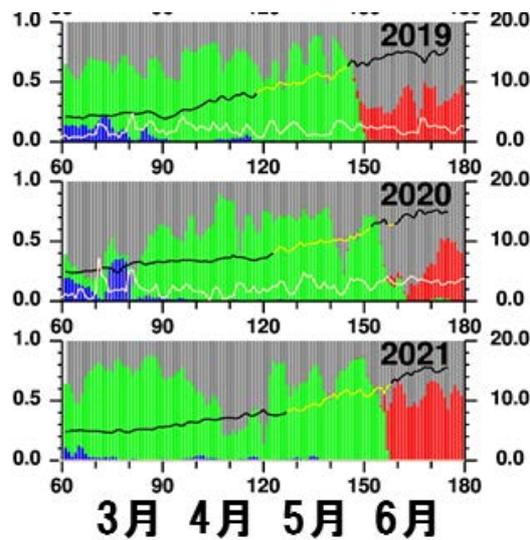


図2. 石狩湾沿岸からオホーツク海に到達する割合を各投入日で示す。左縦軸はオホーツク海に到達した割合、右縦軸は水温。青棒：2.7°Cより低温、緑棒：良好な経験水温（2.7°C～15.7°C）、赤棒：15.7°Cより高温を経験、黒棒：オホーツク海に到達しなかった粒子の割合。黒線：投入地点の表面水温、黄色線は投入地点の水温が8°C～13°Cの場合。

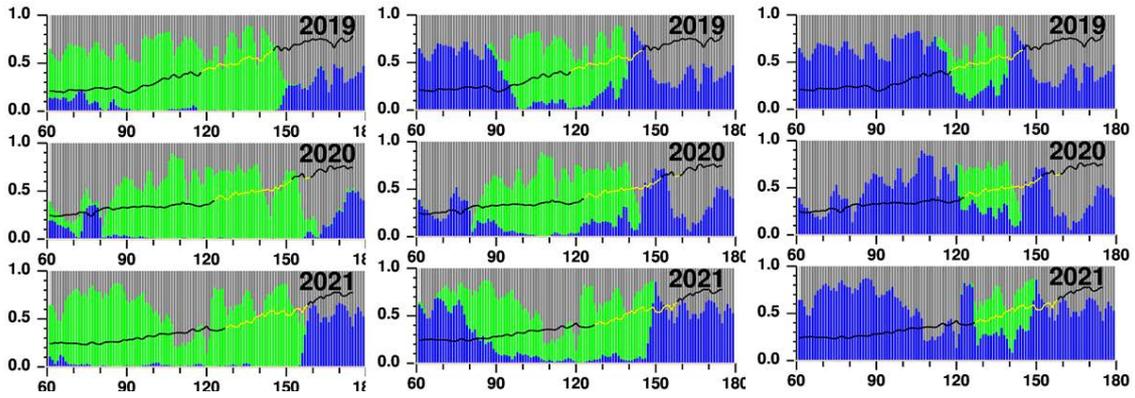


図3. 石狩湾沿岸からオホーツク海に到達しかつ日本海域での経験水温条件の適合率を各投入日で示す。左縦軸は割合。青棒：オホーツク海に達するが日本海域での経験水温条件に適合しなかった割合、緑棒：オホーツク海に達し日本海域での経験水温条件も適合した割合。左から、経験水温条件 2.7°C~15.7°C（コントロール）、5°C~13°C、8°C~13°Cの場合。

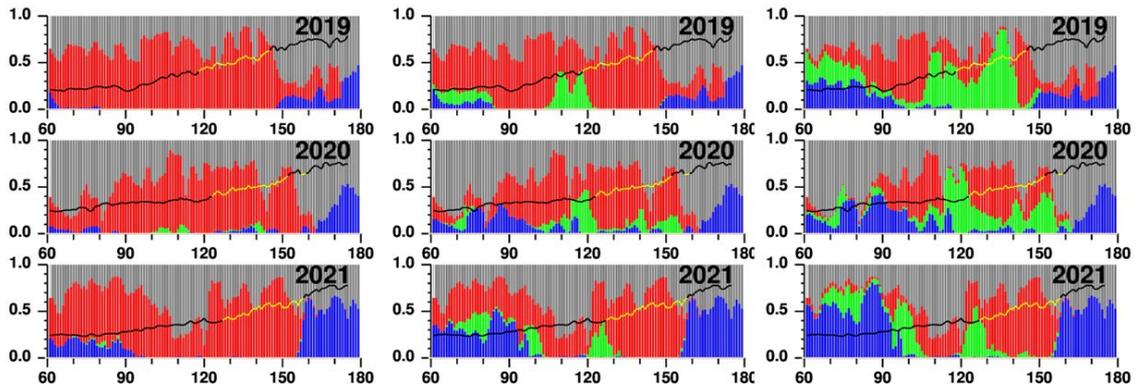


図4. 石狩湾沿岸からオホーツク海に到達しかつオホーツク海と日本海での沿岸条件の適合率を各投入日で示す。左縦軸は割合。青棒：オホーツク海に達するが 2.7°C~15.7°C（コントロール）の水温条件に適合しなかった割合。赤棒：オホーツク海に達するがオホーツク海と日本海での沿岸条件に適合しなかった割合、緑棒：オホーツク海に達しかつ日本海とオホーツク海において沿岸条件に適合した割合。左から沿岸条件 50m、100m、200m 以浅の場合。

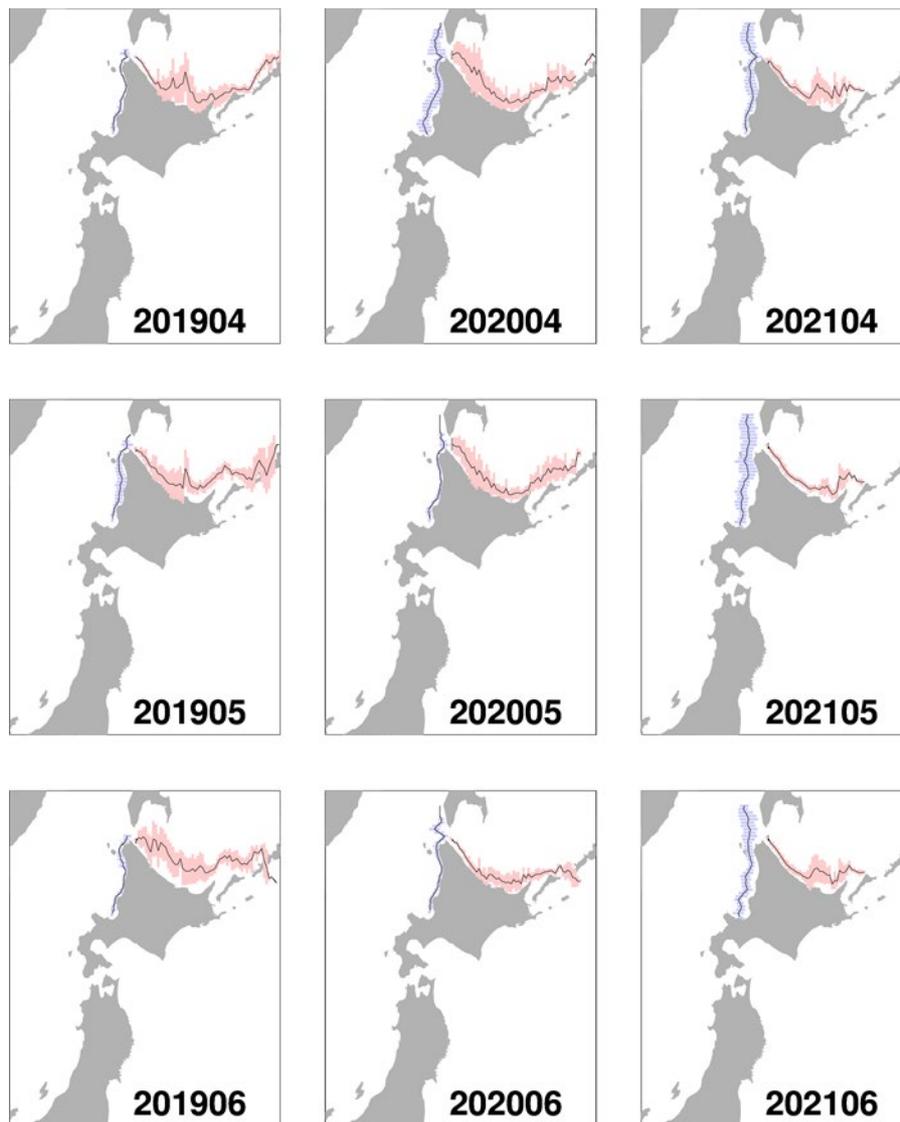


図 5. 2019 年、2020 年、2021 年の粒子の平均軌跡と標準偏差 日本海では経度方向に平均と標準偏差を計算、オホーツク海では緯度方向に平均、標準偏差を計算。縦に月別、横に年別に示す。黒線：平均軌跡。青：日本海側の標準偏差。赤：オホーツク海の標準偏差。

### 小課題 3) 回帰親魚の標識確認調査

#### a) 北海道（釧路川（雪裡川）、静内川、知内川、余市川）

執筆者：水産資源研究所 さけます部門 資源生態部 河村眞美  
資源増殖部 小役丸隼人

#### 実施機関及び担当者

水産資源研究所 さけます部門 資源生態部：河村眞美

水産資源研究所 さけます部門 資源増殖部：日田和宏、小役丸隼人、中島歩、小浦学人、  
羽二生一将、横田泰明

北海道立総合研究機構 さけます内水面水産試験場：村上豊、大森始

十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会： 新出幸哉、林紀幸、佐藤友春、外崎祐太

渡島管内さけ・ます増殖事業協会： 柳元孝二、鈴木慎、中村昌睦

日本海さけ・ます増殖事業協会： 安藤孝雄、安藤雅規、佐藤猷二郎、赤城伸哉

#### 【目的】

先行の水産庁委託事業において標識放流した魚が放流河川へ回帰することから、放流パターン別回帰状況を解析し、ふ化放流手法の改良に活用する。

#### 【方法】

釧路川（雪裡川）、静内川、知内川、余市川へ溯上する親魚から鱗及び耳石を採取し、年齢及び耳石標識パターンを解析することで、標識放流群毎の河川回帰率を算出した。

併せて、回帰率向上につなげるため、これまで行ってきた各放流条件の結果を評価する必要がある。そのため、釧路川と静内川の2013年級から2018年級のデータを使用し、応答変数 Y を5歳時までの推定河川捕獲数とし、説明変数 X として年級（カテゴリカル変数）、放流サイズ、放流時 SST か放流月日、放流時の北進方向の流向流速、放流時の東進方向の流向流速の6つを選び、各河川で一般化加法モデルを構築した。放流時 SST と放流月日は相関があるため、両方の変数を同じモデルには入れていない。また、放流尾数が応答変数に大きく影響を与えるのは明らかのため、対数変換した後、オフセットとしてモデルに組み込んだ。6つの説明変数の組み合わせの違いで47モデルを（表4）作成し、分散分析を行って、応答変数の変動を最もよく説明するモデルを各河川で選択した。

#### 【結果】

##### ①釧路川

##### 1) 溯上状況

本流：2024年の釧路川本流での捕獲は9月上旬より開始され、捕獲終了となる11月中旬までに3,199尾（前年比31.4%）であり、旬別では10月下旬の913尾が最も多い捕獲数となった。

支流雪裡川：2024年の雪裡川での捕獲は8月下旬より開始され、捕獲終了となる11月下旬までに10,658尾（前年比40.5%）であり、旬別では10月中旬の2,465尾が最も多い捕獲数となった。

雪裡川へ8月下旬から11月下旬までに溯上したサケ親魚から旬毎に雌雄5~50尾程度の鱗及び耳石を採取し、再生鱗等を除く解析可能な906尾分の年齢及び耳石温度標識パターンを解析した。

##### 2) 耳石標識解析状況

耳石温度標識放流を行った芦別ふ化場産の標識魚(3~5年魚)の耳石標識解析結果について報告する。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された5年魚(2019年級)では、3つの標識パターンのうち、油脂未添加給餌群・自然放流区 2n,2n-2H 標識が39尾、油脂添加給餌群・自然放流区 2n-2n,2H 標識が26尾、油脂添加給餌群・輸送放流区 2n-2n,3H 標識群が27尾確認された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された4年魚(2020年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂未添加給餌群・自然放流区 2n,2n-2H 標識が78尾、油脂添加給餌群・自然放流区 2n-2n,2H 標識が87尾確認された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された3年魚(2021年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂未添加給餌群・自然放流区 2n,2n-2H 標識が7尾、油脂添加給餌群・自然放流区 2n-2n,2H 標識が37尾確認された。

2年魚(2022年級)の標識は発見されなかった。

### 3) モデルの検討

釧路川で選択されたモデルは以下の通り。s()はスプライン関数を示し、自由度4と設定を統一した。

$$\sum 5 \text{歳時までの推定河川捕獲数} = s(\text{放流時 SST}, 4) + s(\text{放流時の北進方向の流向流速}, 4) \\ + s(\text{放流時の東進方向の流向流速}, 4) + \text{offset}(\log \text{放流尾数}) \quad (p < 0.00001)$$

図3に、選択されたモデルの5歳時までの推定河川捕獲数に対する放流時 SST、放流時の北進方向の流向流速、放流時の東進方向の流向流速の効果を示す。5歳時までの推定河川捕獲数は、SSTが5-6°Cのとき、海況が穏やかなときに増加傾向を示した。

## ② 静内川

### 1) 遡上状況

2024年の静内川での捕獲は9月中旬より開始され、捕獲終了となる12月上旬までに43,668尾(前年比84.7%)であり、旬別では10月下旬の11,865尾が最も多い捕獲数となった。静内川へ9月中旬から12月上旬までに遡上したサケ親魚から旬毎に雌雄50尾程度の鱗及び耳石を採取し、再生鱗等を除く解析可能な897尾分の年齢及び耳石温度標識パターンを解析した。

### 2) 耳石標識解析状況

耳石温度標識放流を行った豊畑ふ化場産の標識魚(4~6年魚)の耳石標識解析結果について報告する。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された6年魚(2018年級)では、5つの標識パターンのうち、9月下旬採卵区、2019/4/9放流群 2,3,1,2H 標識が1尾、10月下旬採卵区、2019/5/9放流群 2,3,1,4H 標識が1尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された5年魚(2019年級)では、5つの標識パターンのうち、9月下旬採卵区 2020/04/20放流群 2,3,1,2H 標識が13尾、9月下旬採卵区 2020/04/20放流 2,3,1,5H 標識が11尾、10月中旬採卵区 2020/4/11~4/16放流群 2,3,1,3H 標識が7尾、10月下旬採卵区 2020/4/27~5/11放流群 2,3,1,4H 標識が4尾、11月採卵区 2020/5/21~5/26放流群 2-3,1,3H 標識が1尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された4年魚(2020年級)では、5つの標識パターンのうち、9月下旬採卵区、2021/4/15放流群 2,3,1,2H 標識が54尾、10月上・中旬採卵区、2021/4/12~15放流群 2,3,1,3H 標識が84尾、10月下旬採卵区、2021/4/12~5/7放流群 2,3,1,4H 標識が94尾、9月下旬採卵区、2021/4/15放流群 2,3,1,5H 標識が62尾、11月採卵区、2021/5/11~25放流群 2-3,1,3H 標識が63尾発見された。

3年魚(2021年級)以降の耳石標識解析結果は、「さけ・ます放流体制緊急転換事業」での

放流となるので掲載しない。

### 3) モデルの検討

静内川で選択されたモデルは以下の通り。s()はスプライン関数を示し、自由度4と設定を統一した。

$$\sum 5 \text{ 歳時までの推定河川捕獲数} = \text{年級} + s(\text{放流サイズ}, 4) \\ + s(\text{放流時の北進方向の流向流速}, 4) + \text{offset}(\log \text{ 放流尾数}) \quad (p < 0.00001)$$

図4に、選択されたモデルの5歳時までの推定河川捕獲数に対する放流サイズ、放流時の北進方向の流向流速の効果を示す。5歳時までの推定河川捕獲数は、放流サイズが大きくなるほど、穏やかな海況であるほど増加する傾向が見られた。

### ③知内川

#### 1) 遡上状況

2024年の知内川での捕獲は10月上旬より開始され、捕獲終了となる12月下旬までに515尾(前年比11.1%)であり、旬別では10月上旬の260尾が最も多い捕獲数となった。知内川へ11月上旬から11月下旬までに遡上したサケ親魚から旬毎に雌雄5~50尾程度の鱗及び耳石を採取し、再生鱗等を除く解析可能な203尾分の年齢及び耳石温度標識パターンを解析した。

#### 2) 耳石標識解析状況

耳石温度標識放流を行った知内ふ化場産の標識魚(3~6年魚)の耳石標識解析結果について報告する。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された6年魚(2018年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂添加飼料による健苗性向上試験 未添加対照群 2,3-2H 標識が2尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された5年魚(2019年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂添加飼料による健苗性向上試験 油脂添加区 2-2,3H 標識が2尾、油脂添加飼料による健苗性向上試験 未添加対照群 2,3-2H 標識が1尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された4年魚(2020年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂添加飼料による健苗性向上試験 油脂添加区 2-2,3H 標識が16尾、油脂添加飼料による健苗性向上試験 未添加対照群 2,3-2H 標識が34尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された3年魚(2021年級)では、2つの標識パターンのうち、油脂添加飼料による健苗性向上試験 油脂添加区 2-2,3H 標識が6尾、油脂添加飼料による健苗性向上試験 未添加対照群 2,3-2H 標識が8尾発見された。

2年魚(2022年級)の標識は発見されなかった。

### ④余市川

#### 1) 遡上状況

2024年の余市川での捕獲は9月中旬より開始され、捕獲終了となる10月下旬までに12,689尾(前年比37.8%)であり、旬別では10月上旬の4,897尾が最も多い捕獲数となった。余市川へ9月下旬から10月下旬までに遡上したサケ親魚から旬毎に雌雄50尾程度の鱗及び耳石を採取し、再生鱗等を除く解析可能な394尾分の年齢及び耳石温度標識パターンを解析した。

#### 2) 耳石標識解析状況

耳石温度標識放流を行った余市ふ化場産の標識魚(3~6年魚)の耳石標識解析結果について

て報告する。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された6年魚(2018年級)では、3つの標識パターンのうち、放流時期の違いによる放流効果検討3月下旬放流区 2019/03/27 放流群 2,2,1,4H 標識が1尾、同試験4月中旬放流区 2019/4/19 放流群 2,2,1,5H 標識が1尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された5年魚(2019年級)では、3つの標識パターンのうち、北海道における回遊経路追跡用標識稚魚の生産4月中旬放流区 2020/4/13～2020/4/20 放流群 2,2,1,4H 標識が11尾、同試験3月下旬放流区 2020/3/2～2020/3/16 放流群 2,2,1,5H 標識が6尾、同試験4月上旬放流区 2020/3/19～2020/3/24 放流区 2-3,2H 標識が6尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された4年魚(2020年級)では、3つの標識パターンのうち、放流時期の違いによる放流効果検討3月中旬放流区 2021/4/8～2021/4/15 放流群 2,2,1,4H 標識が118尾、同試験3月下旬放流区 2021/3/15～2021/3/19 放流群 2,2,1,5H 標識が43尾、同試験4月上旬放流区 2021/3/25～2020/3/29 放流区 2-3,2H 標識が101尾発見された。

「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」で放流された3年魚(2021年級)では、3つの標識パターンのうち、放流時期の違いによる放流効果検討4月中旬放流区 2022/4/8 放流群 2,2,1,4H 標識が2尾、同試験3月中旬放流区 2022/3/11～2022/3/22 放流群 2,2,1,5H 標識が9尾、同試験4月上旬放流区 2022/3/14～2022/4/1 放流区 2-3,2H 標識が30尾発見された。

年級(年齢)毎の標識発見数を表2に示した。また、各河川の雌雄別旬捕獲数に各標識放流群の混入率を乗じて標識放流群毎の回帰親魚数を推定し、過年度調査分とともに表3-1及び表3-2に示し、その中で本年度に回帰した年級までの累積数を放流数で除して推定回帰率を算出した。

図1に調査河川と放流ふ化場、図2と表1に2024年調査河川における年別捕獲数を示した。

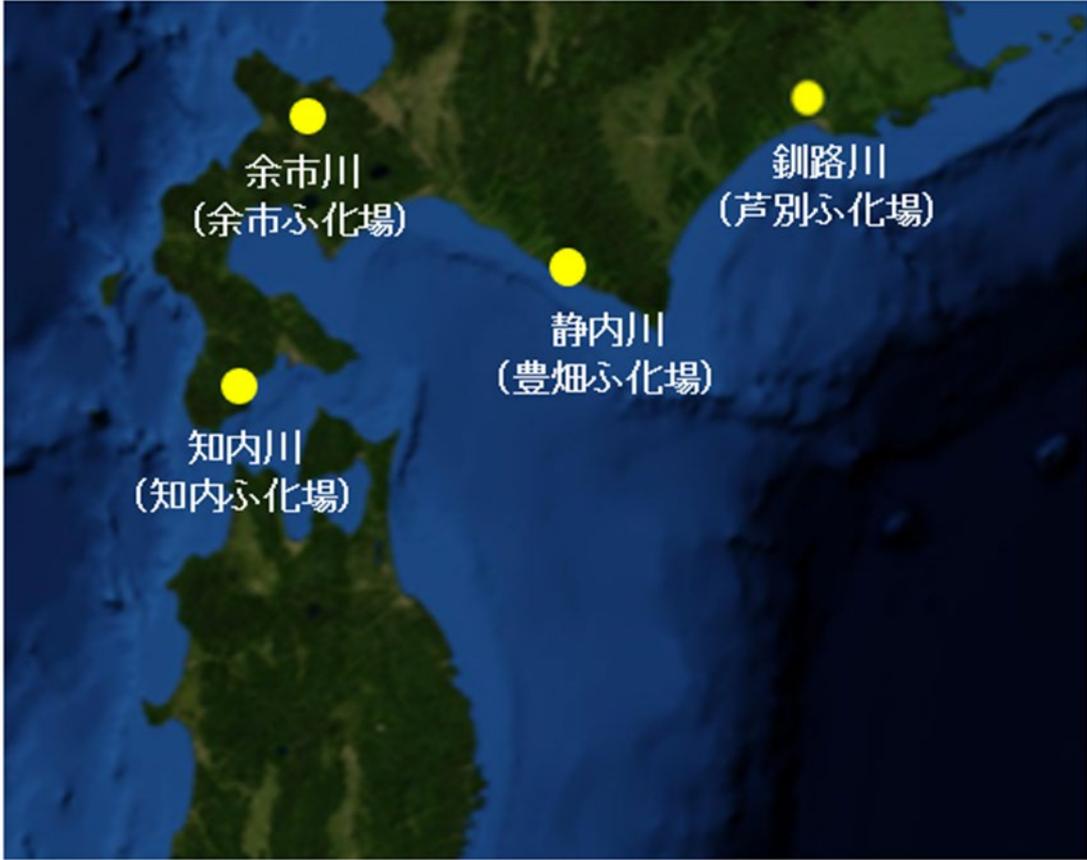


図 1. 2024 年回帰親魚調査河川

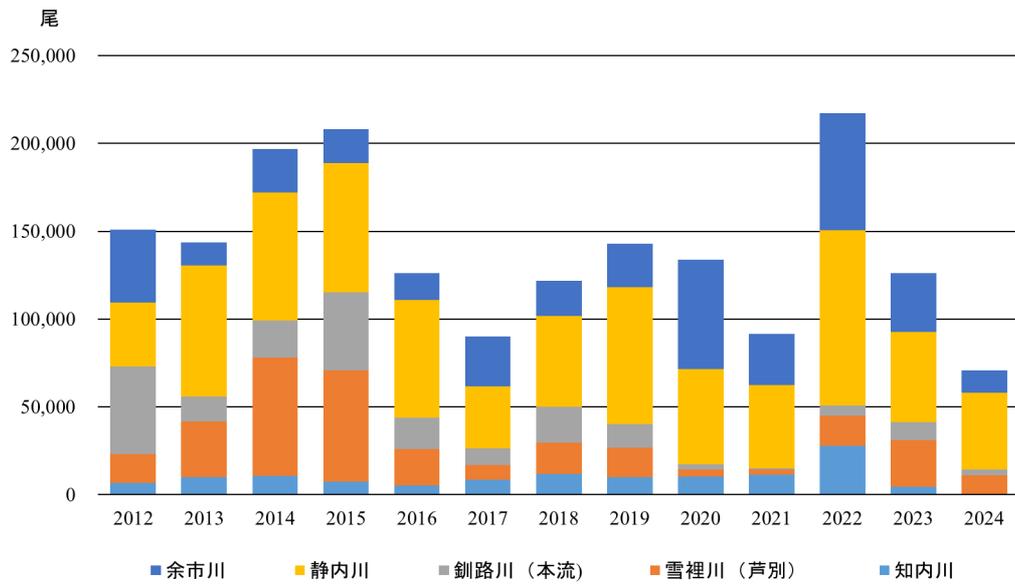


図 2. 調査河川における河川別捕獲数

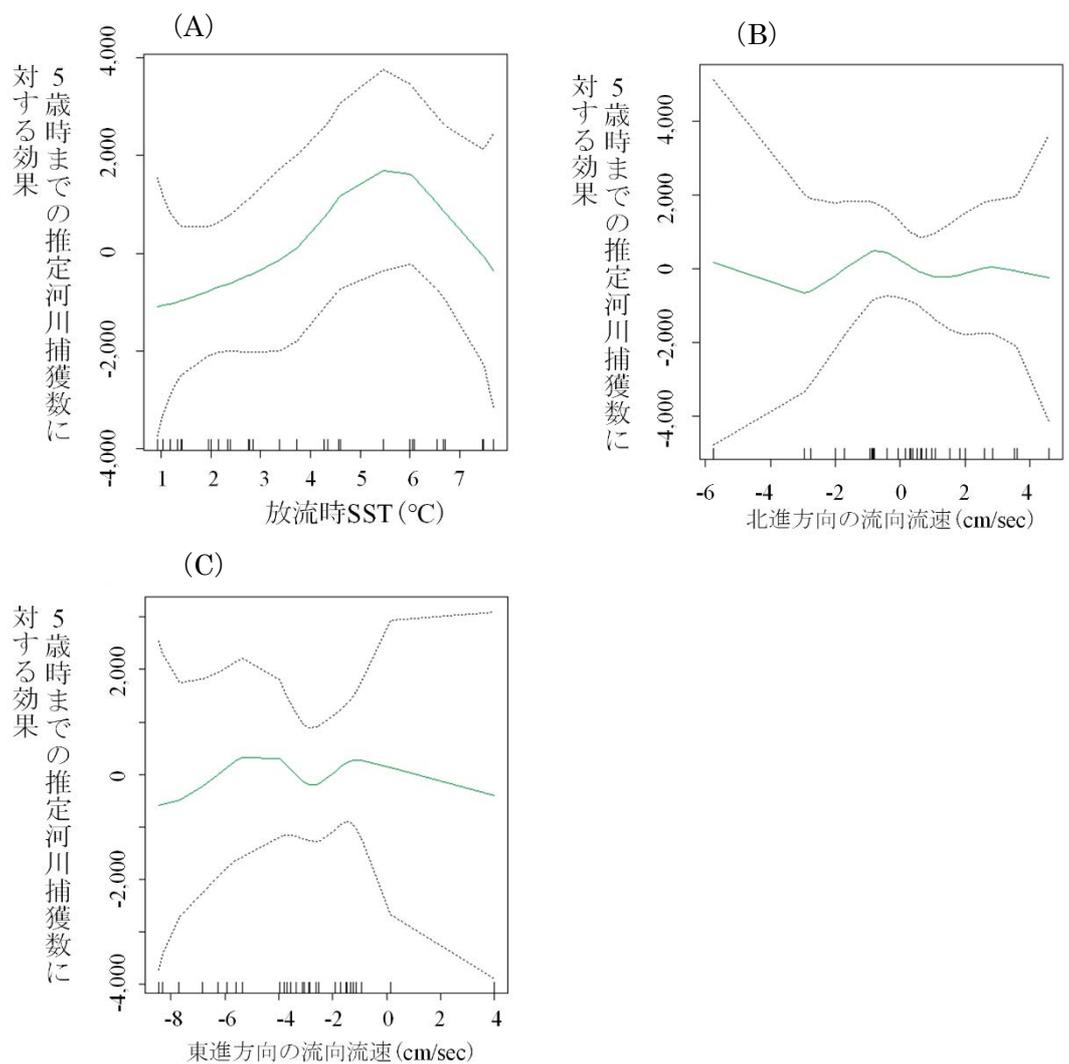


図3. 釧路川における選択されたモデルによる5歳時までの推定河川捕獲数に対する放流時 SST (A)、放流時の北進方向の流向流速 (B)、放流時の東進方向の流向流速 (C) の効果

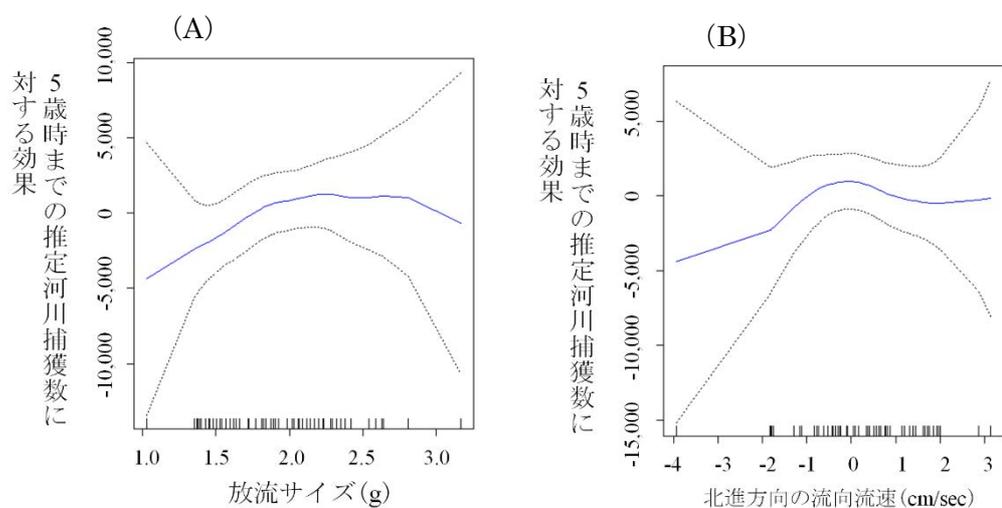


図4. 静内川における選択されたモデルによる5歳時までの推定河川捕獲数に対する放流サイズ (A)、放流時の北進方向の流向流速 (B) の効果

表1. 調査河川における河川別捕獲数

調査河川/ 年別捕獲数	単位:尾												
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
知内川	6,834	9,865	10,693	7,591	5,422	8,521	11,813	10,079	10,480	11,522	27,934	4,633	515
雪裡川(芦別)	16,218	31,947	67,568	63,252	20,727	8,409	18,031	16,678	3,748	2,783	16,965	26,323	10,658
釧路川(本流)	50,034	13,892	21,012	44,470	17,888	9,308	20,173	13,612	3,204	818	5,940	10,183	3,199
静内川	36,395	74,737	72,710	73,419	66,971	35,311	51,718	77,627	54,269	47,309	99,684	51,572	43,668
余市川	41,549	13,387	24,686	19,528	15,159	28,714	20,096	25,101	62,053	29,058	66,742	33,600	12,689

表 2. 調査河川における年級（年齢）毎の標識発見数（単位：個）

調査河川	耳石標識 コード	不漁対策 事業	ふ化放流抜本対策事業				
		2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚	
		2022年級	2021年級	2020年級	2019年級	2018年級	
釧路川 (芦別川)	2n,2n-2H	0	7	78	39	0	
	2n-2n,2H	0	37	87	26	0	
	2n-2n,3H				27	0	
	2n-3n,2H						
静岡内川	2,3,1,2H			54	13	1	
	2,3,1,3H			84	7	0	
	2,3,1,4H			94	4	1	
	2,3,1,5H			62	11	0	
	2-3,1,3H			63	1	0	
知内川	2,3-2H	0	8	34	1	2	
	2-2,3H	0	6	16	2	0	
余市川	2,2,1,4H		2	118	11	1	
	2,2,1,5H		9	43	6	1	
	2-3,2H		30	101	6	0	

○灰色部は標識未実施および未掲載を示す。

表 3-1. 2024 年度回帰親魚調査で確認された耳石標識放流魚標識別推定回帰率

河川	事業名	年級	耳石温度 コード	標識推定尾数(尾)					累計	放流尾数 (千尾)	推定 回帰率	放流旬	放流 魚体重 (g)
				2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚					
知内川	ふ化放流 抜本対策 事業	2018	2,3-2H	0	1,109	3,651	334	4	5,098	1,500	0.340%	4月中旬	1.43
			2-2,3H	0	1,590	6,247	276	0	8,113	1,404	0.578%	4月中旬	1.56
		2019	2,3-2H	0	35	101	1		137	1,319	0.010%	4月下旬	1.40
			2-2,3H	0	76	71	3		150	1,425	0.011%	4月中旬	1.23
		2020	2,3-2H	0	101	81			182	1,379	0.013%	4月中旬	1.56
			2-2,3H	17	71	29			117	1,392	0.008%	4月中旬	1.39
	2021	2,3-2H	0	25				25	1,456	0.002%	4月中旬	1.26	
		2-2,3H	0	20				20	1,518	0.001%	4月中旬	1.14	
	不漁対策 事業	2022	2,3-2H	0					0	1,447	0.000%	4月上旬	1.41
			2-2,3H	0					0	1,410	0.000%	4月上旬	1.34
余市川	ふ化放流 抜本対策 事業	2018	2,2,1,4H	0	1,406	3,751	1,406	28	6,591	1,417	0.465%	3月下旬	1.13
			2,2,1,5H	0	3,005	20,896	5,935	53	29,889	1,943	1.538%	4月中旬	1.18
			2-3,2H	295	4,173	10,087	1,363	0	15,918	1,805	0.882%	4月上旬	1.00
		2019	2,2,1,4H	0	3,234	3,397	355		6,986	1,627	0.429%	4月中旬	1.01
			2,2,1,5H	0	2,650	6,968	240		9,858	2,033	0.485%	3月上旬	1.15
			2-3,2H	161	6,260	6,370	193		12,984	2,354	0.552%	3月中旬	1.03
		2020	2,2,1,4H	0	712	4,275			4,987	1,476	0.338%	4月上旬	1.11
			2,2,1,5H	93	564	1,519			2,177	2,001	0.109%	3月中旬	1.04
			2-3,2H	93	1,988	2,362			4,444	1,946	0.228%	4月下旬	1.04
		2021	2,2,1,4H	0	76				76	1,042	0.007%	4月中旬	1.32
	2,2,1,5H		0	217				217	2,036	0.011%	3月中旬	1.14	
	2-3,2H	45	587				632	1,967	0.032%	3月下旬	1.11		

○標識発見数と河川捕獲数から標識回帰尾数を推定し、放流数で除して推定回帰率を示した。

表 3-2. 2024 年度回帰親魚調査で確認された耳石標識放流魚標識別推定回帰率

河川	事業名	年級	耳石温度 コード	標識推定尾数(尾)					累計	放流尾数 (千尾)	推定 回帰率	放流旬	放流 魚体重 (g)
				2年魚	3年魚	4年魚	5年魚	6年魚					
静内川	ふ化放流 抜本対策 事業	2018	2,3,1,2H	0	1,251	3,840	861	7	5,959	457	1.304%	4月上旬	1.93
			2,3,1,3H	0	2,237	4,552	924	0	7,713	1,496	0.516%	4月上旬	1.89
			2,3,1,4H	123	5,929	8,084	2,000	7	16,143	2,016	0.801%	5月下旬	2.23
			2,3,1,5H	0	800	2,663	780	0	4,243	453	0.937%	4月上旬	1.64
			2-3,1,3H	0	3,340	2,105	159	0	5,604	1,505	0.372%	5月下旬	2.64
		2019	2,3,1,2H	0	665	3,262	128		4,055	487	0.833%	4月中旬	2.32
			2,3,1,5H	0	544	3,995	205		4,744	486	0.976%	4月中旬	2.23
			2,3,1,3H	113	635	3,238	65		4,051	1,474	0.275%	4月中旬	2.13
			2,3,1,4H	0	1,182	5,634	127		6,943	1,782	0.390%	5月中旬	2.41
			2-3,1,3H	0	47	1,181	76		1,304	1,718	0.076%	5月下旬	2.12
	2020	2,3,1,2H	0	256	901			1,157	440	0.263%	4月中旬	2.11	
		2,3,1,3H	0	1,248	2,772			4,020	1,522	0.264%	4月中旬	2.37	
		2,3,1,4H	0	4,174	7,363			11,537	1,767	0.653%	5月上旬	2.79	
		2,3,1,5H	0	749	1,090			1,839	440	0.418%	4月中旬	2.09	
釧路川 (芦別川)	ふ化放流 抜本対策 事業	2018	2n,2n-2H	0	50	798	93	0	941	1,256	0.075%	3月下旬	1.66
			2n-2n,2H	0	3	973	174	0	1,150	1,372	0.084%	3月下旬	1.35
			2n-2n,3H	0	0	35	74	0	109	1,348	0.008%	4月上旬	1.09
		2019	2n,2n-2H	0	184	1,474	382		2,040	1,344	0.152%	3月下旬	1.63
			2n-2n,2H	0	258	1,640	168		2,066	1,344	0.154%	3月下旬	1.60
			2n-2n,3H	0	40	1,156	215		1,411	1,366	0.103%	4月上旬	1.40
		2020	2n,2n-2H	0	555	1,176			1,731	1,281	0.135%	4月上旬	1.81
			2n-2n,2H	0	463	1,229			1,692	1,297	0.130%	4月上旬	1.77
	2021	2n,2n-2H	0	108				108	1,323	0.008%	4月上旬	2.10	
2n-2n,2H		0	282				282	1,321	0.021%	4月下旬	1.90		
不漁対策 事業	2022	2n,2n-2H	0					0	546	0.000%	4月上旬	2.43	
		2n-2n,2H	0					0	551	0.000%	4月下旬	2.46	

○標識発見数と河川捕獲数から標識回帰尾数を推定し、放流数で除して推定回帰率を示した。



## b) 東北太平洋（織笠川、熊野川）

執筆者：岩手県水産技術センター 清水勇一

### 実施機関及び担当者

岩手県水産技術センター：清水勇一、岡部聖、太田倫太郎

#### 【目的】

海中飼育試験及び流速強化試験の効果を検証するため、放流河川に遡上する親魚から鱗及び耳石を採取し、耳石温度標識パターンから試験区毎の河川回帰率を算出する。

#### 【方法】

織笠川及び熊野川に遡上した雌雄の親魚について、各旬 20～50 尾から鱗及び耳石を採取し、年齢査定と耳石温度標識パターンの確認を行い、試験区毎の放流数から河川回帰率を算出した。なお、回帰率の算出には、回帰の主群となる 3～5 歳魚を用いた。

#### 【結果】

織笠川では令和 6 年 10 月 18 日から令和 7 年 1 月 14 日まで調査を実施した。今漁期は 1,147 尾の親魚がそ上し、そのうち 803 尾の鱗から年齢査定を行った。また、636 尾から耳石を取り出し、温度標識の確認を行っているところである。そ上した親魚の年齢組成は、2 歳 0.3 %、3 歳 8.4 %、4 歳 84.0 %、5 歳 7.0 %、6 歳 0.3 % と 4 歳魚（令和 2 年級）が中心となっていた。なお、令和元年級から令和 3 年級は、表 1 のとおり標識放流しており、令和元年級は、今回の耳石温度標識の確認により効果を検証する。

熊野川では令和 6 年 10 月 28 日から同年 12 月 24 日まで調査を実施した。今漁期は 286 尾の親魚がそ上し、201 尾の鱗から年齢査定を行った。そのうち 154 尾について耳石温度標識の確認を行った。そ上した親魚の年齢組成は、2 歳 1.0 %、3 歳 18.9 %、4 歳 76.2 %、5 歳 3.5 %、6 歳 0.3 % と 4 歳魚（令和 2 年級）が中心となっていた。流速強化試験の年級別の放流状況を表 2 に示した。令和元年級の回帰率は、流速強化区が 0.0000 %、対照区が 0.0023 % となり、平成 30 年級（前年度報告）と同様に対照区が流速強化区を上回った（図 1）。流速強化区は排水を循環することにより飼育環境が悪化し、稚魚の成育に悪影響を及ぼした可能性があり、その傾向に同調する結果となった。また、令和 2 年級の 3、4 歳魚、令和 3 年級の 3 歳魚に当該試験区の標識魚は確認されなかった。

今後、織笠ふ化場の耳石温度標識の確認を進めるとともに、次年度に回帰する親魚の鱗及び耳石温度標識の調査を継続し、各試験の効果の検証を行う。

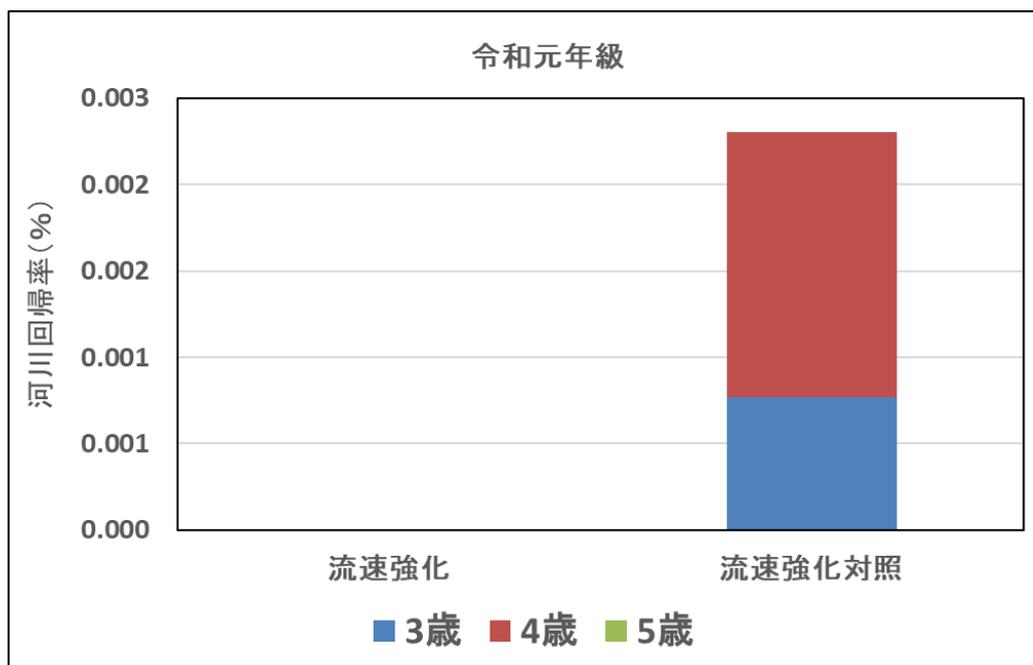


図1. 熊野川における令和元年級の回帰率 (3~5歳魚) ※5歳魚の回帰は確認されなかった。

表1. 山田湾海中飼育試験の年級別の放流状況 (令和元年級から令和3年級)

年級	試験群	標識	採卵日	海面移動日	海面移動サイズ		放流日	放流サイズ		標識放流尾数 (千尾)
					尾叉長(mm)	体重(g)		尾叉長(mm)	体重(g)	
R1年級	海中飼育群	2-2.2H	2019/11/27	2020/3/24	50.9	0.98	2020/4/22	70.6	3.06	400
	短期海中飼育群	2.2nH	2019/11/29	2020/3/24	52.0	1.00	2020/4/7	58.8	1.51	400
	大目海中飼育群	2.5H	2019/11/25	2020/3/23	53.2	1.06	2020/5/13	85.4	5.29	400
	河川放流群	2n-2H	2019/11/30	-	-	-	2020/4/20	66.7	2.24	400
R2年級	海中飼育群	2.2nH	2020/11/28	2021/3/5	44.3	0.58	2021/4/20	74.2	3.39	400
	短期海中飼育群	2-2.2H	2020/11/25	2021/3/5	47.5	0.73	2021/3/16	51.9	0.97	400
	大目海中飼育群	2.5H	2020/11/28	2021/3/5	46.4	0.68	2021/5/11	99.3	7.89	400
	河川放流群	2n-2H	2020/12/18	-	-	-	2021/4/27	66.0	2.14	400
R3年級	河川放流群	2n-2H	2020/12/23	-	-	-	2021/5/25	68.7	2.56	700
	海中飼育群	2-2.2H	2021/11/29-30	2022/3/22	47.2	0.79	2022/5/18	83.6	4.78	300
	大目海中飼育群	2.5H	2021/11/29-30	2022/3/22	46.9	0.77	2022/5/18	90.9	6.12	300
	河川放流群	2n-2H	2021/12/2-9	-	-	-	2022/4/26	63.0	2.03	163
	河川放流群(4月中旬3g)	2.2nH	2021/12/15-22	-	-	-	2022/4/16-29	72.0	3.00	320
	河川放流群(5月中旬8g)	2.2nH	2021/12/16-18	-	-	-	2022/5/11	100.0	8.06	322

表2. 流速強化試験の年級別の放流状況 (令和元年級から令和3年級)

年級	試験群	標識	採卵日	放流日	放流サイズ		標識放流尾数 (千尾)
					尾叉長(mm)	体重(g)	
R1	対照区	2.5H3	2019/12/20	2020/4/24	60.6	1.78	130
	流速強化区	2.5H2	2019/12/20	2020/4/24	60.9	1.64	130
R2	対照区	2.5H3	2020/12/14	2021/5/10	67.9	2.83	76
	流速強化区	2.5H2	2020/12/14	2021/5/10	68.1	2.91	73
R3	流速強化区	2.5H2	2021/12/20-23	2022/5/14	76.4	4.05	14

### c) 東北日本海（最上川（鮭川、最上小国川、寒河江川）ほか海面）

執筆者：山形県水産研究所 粕谷和寿

#### 実施機関及び担当者

山形県内水面水産研究所 内水面水産振興部（以下、山形内水研）：齋藤哲  
山形県水産研究所（以下、山形水研） 浅海増殖部：粕谷和寿

#### 【目的】

先行事業において最上川に表 1 のとおり放流した標識魚が親魚回帰するため、河川捕獲や海面漁獲の状況を明らかにする。

#### 【方法】

- 1) 河川回帰親魚調査（山形内水研 担当）  
時期：2024 年 10 月中旬～11 月下旬  
場所：最上川水系支流である寒河江川、最上小国川、鮭川の採捕場  
項目：魚体測定、鱗による年齢判別、耳石温度標識のコード判別  
目標検体数：各河川 100～200 尾
- 2) 海面親魚調査（山形水研 担当）  
時期：2024 年 10 月中旬～12 月上旬  
場所：山形県漁業協同組合由良総括支所（鶴岡市由良） 他  
項目：魚体測定、鱗による年齢判別、耳石温度標識のコード判別 他  
目標検体数：定置網水揚げ個体 600 尾（各旬 100 尾）

#### 【結果及び考察】

- 1) 河川回帰親魚調査
  - (1) 寒河江川：当該採捕場において 2024 年 10 月 18 日、10 月 25 日、11 月 1 日の 3 日間で、計 44 尾を調査した。
  - (2) 最上小国川：当該採捕場において 10 月 25 日、11 月 1 日、11 月 15 日の 3 日間で、計 103 尾を調査した。
  - (3) 鮭川：当該採捕場（ウライ）において 11 月 8 日、11 月 15 日、11 月 22 日の 3 日間で、計 53 尾を調査した。今後、上記の 3 河川の合計 200 尾は採取した鱗から年齢査定を行うとともに、耳石コード判別を国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所さけます部門に依頼する。これらの結果をもとに 3 支川への最上川放流群の回帰状況を明らかにする。

#### 【2023 年度河川回帰親魚調査結果】

2023 年度は同様の調査を寒河江川、最上小国川、鮭川で行い、それぞれ 3 回ずつの調査で寒河江川は 34 尾、最上小国川は 197 尾、鮭川（支流の真室川での刺網採捕親魚も含む）は 112 尾を調査した（表 2）。その結果、2019 年級の標識魚が寒河江川で 2 尾、最上小国川で 14 尾、鮭川で 6 尾確認され、2020 年級の標識魚が寒河江川で 2 尾、最上小国川で 13 尾、鮭川で 3 尾確認された。2018 年級及び 2021 年級は確認されなかった。

#### 2) 海面親魚調査（表 4）

##### ①2023 年回帰群

耳石コード判別の結果、226 尾の検体中、標識魚は 31 尾であった。  
放流水系別では、最上川は 5 尾（2020 年級）、月光川は 2 尾（2019 年級 1 尾、2020 年級 1 尾）、その他の水系は 24 尾（2019 年級 3 尾、2020 年級 20 尾、2021 年級 1 尾）であった。

②2024年回帰群

10月24日～11月11日に計189個体の検体を入手した。魚体測定や採取した鱗からの年齢査定を行うとともに耳石を摘出した。摘出した耳石は国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所さけます部門に送付した。

表 1. 各区の魚体測定結果及び絶食環境下での生存日数

年級	標識コード	放流河川(支流名)		尾数(千尾)
2018	2n-2n,2H	鮭川	本流	100
			真室川	200
		最上小国川	350	
2019	2,2-1,2H (一部2-2,1,3H 2-2,1,3nH)	寒河江川		312
		最上小国川		312
		鮭川	泉田川	406
2020	2-2,1,2H 2,2,1-2H	寒河江川		345
		最上小国川		345
		鮭川	泉田川	400
2021	2-2,1,2H 2,2,1-2H	寒河江川		290
		最上小国川		320
		鮭川	泉田川	404

表 2. 2023 年度の河川回帰親魚調査概要

	調査日	調査尾数(尾)
寒河江川	10月17日、10月24日、11月2日	34
最上小国川	10月24日、11月2日、11月9日	197
鮭川	11月9日、11月16日、11月22日	112

\* 鮭川は支流の真室川における刺し網採捕の親魚 13 尾も含む

表 3. 2023 年度の河川回帰親魚調査における標識魚及び無標識魚尾数

年級	寒河江川		最上小国川		鮭川(真室川)		備考
	標識魚(尾)	無標識魚(尾)	標識魚(尾)	無標識魚(尾)	標識魚(尾)	無標識魚(尾)	
2018	0	1	0	15	0(0)	1(8)	5年魚
2019	2	23	14	89	6(0)	26(5)	4年魚
2020	2	6	13	65	3(0)	52(6)	3年魚
2021	0	0	0	0	0(0)	0(0)	2年魚

\* 括弧内の数値は真室川の結果

表 4. 海面親魚調査の耳石コード判別結果 (2023 秋)

耳石コード	放流河川	年齢	年級	尾数
2-2,1,2H	最上川	3	2020	5
2,1-2H	月光川	3	2020	1
2,1-2H	月光川	4	2019	1
他県由来標識魚				24

#### d) 本州日本海（富山県神通川水系）

執筆者：富山県農林水産総合技術センター 水産研究所 野村幸司

#### 実施機関及び担当者

富山県農林水産総合技術センター 水産研究所：野村幸司、古川嵩恭

#### 【目的】

富山県ではサクラマス資源維持のため、稚魚放流やスマルト放流を継続しているが、河川、海面ともに漁獲量の低迷が続いている。サクラマスは河川生活期間が長く、スマルト放流を行う場合は1年半もの飼育期間が必要であり、多大な労力とコストを要していることから、増殖手法の抜本的な見直しが必要である。このことから、ヤマメでは一定の増殖効果が確かめられた発眼卵放流（岸・徳原 2017）をサクラマスに応用し、回帰状況を検証する。

#### 【方法】

##### (1) 2020 年埋設群

標識魚の試験放流は、神通川水系黒川において、2020 年 11-12 月に埋設放流（試験区：A1H および A2H）および 2021 年 4 月に稚魚放流（対照区：3H）により実施した。サクラマスの回帰年度である 2023 年 10-11 月に神通川水系で増殖用親魚として富山漁業協同組合により採捕されたサクラマス親魚 76 個体の耳石を解析した。

##### (2) 2021 年埋設群

標識魚の試験放流は、神通川水系黒川において、2021 年 11-12 月に埋設放流（試験区：A1H）および 2022 年 4 月に稚魚放流（対照区：3H）により実施した。サクラマスの回帰年度である 2024 年 10-11 月に神通川水系で増殖用親魚として富山漁業協同組合により採捕されたサクラマス親魚を収集した。

#### 【結果及び考察】

##### (1) 2020 年埋設群

サクラマスの回帰年度である 2023 年 10-11 月に神通川水系で採捕したサクラマス親魚 76 個体の耳石を解析した結果、埋設放流由来（A2H）が 1 個体、稚魚放流由来（3H）が 18 個体確認された。稚魚放流由来魚の魚体サイズ（尾叉長、体重）は、無標識魚よりも有意に小さかった。また、稚魚放流由来魚は、メスがオスよりも有意に大きかった（図 1）。

##### (2) 2021 年埋設群

サクラマスの回帰年度である 2024 年 10-11 月に神通川水系で採捕したサクラマス親魚 33 個体を回収した。今後、これらの耳石を解析する予定である。

#### 【引用文献】

岸 大弼・徳原哲也 (2017) ヤマメ稚魚放流個体および発眼卵放流個体の残存状況と費用対効果の比較. 岐阜県水産研究所研究報告, 62: 1-7.

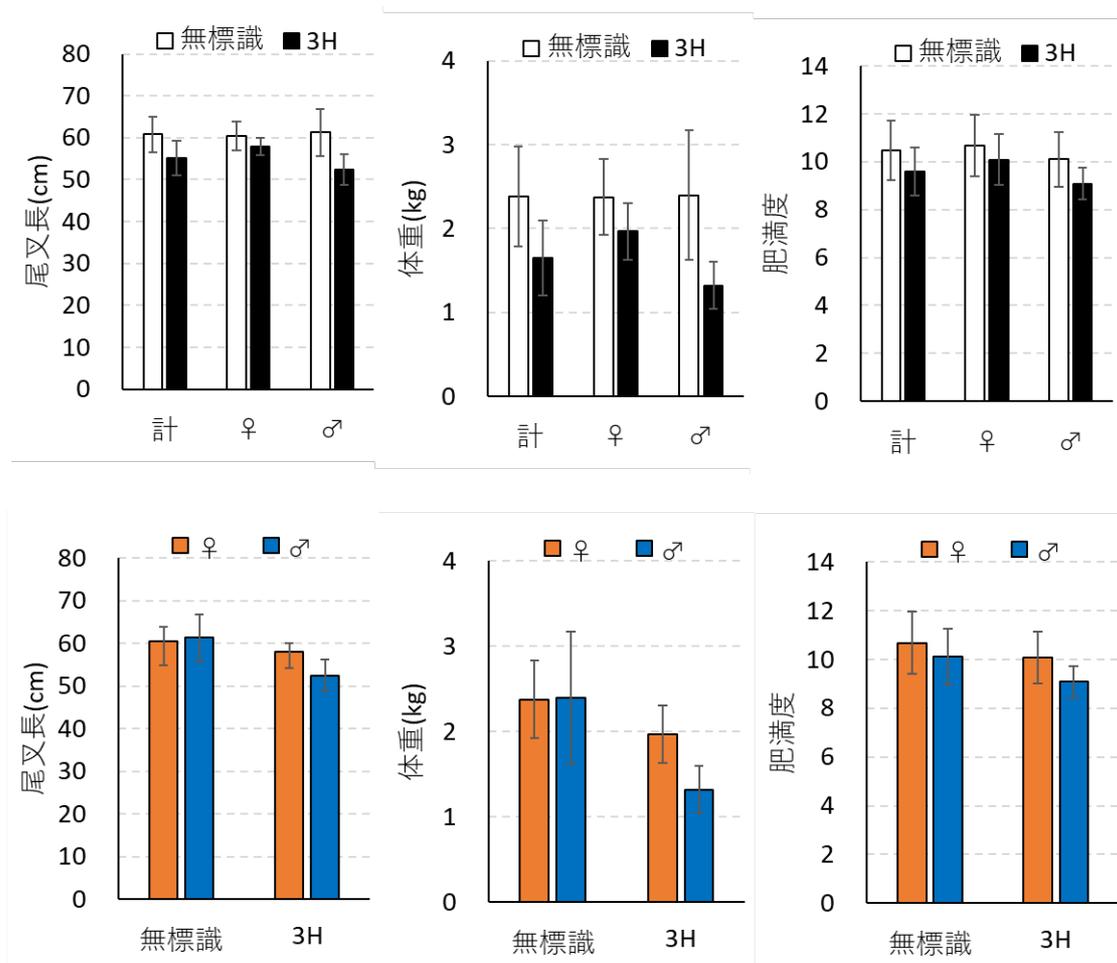


図1. 上段：無標識魚と稚魚放流由来魚（3H）の体サイズの比較  
 下段：由来別の雌雄体サイズの比較

## 課題ウ 事業検討協議会

### 【目的】

外部専門家を含む検討会を開催し、本事業の調査実施計画および調査結果について検討する。

### 【結果】

令和6年度は2024年7月25日に第1回検討会を、また2025年1月29日に第2回検討会をそれぞれ札幌市内会議場にて開催した（下記）。第1回検討会では今年度の実施計画ならびに前年度第2回検討会開催時点で実施途中あるいは年度を跨いで実施された調査・試験結果の報告が行われた。また第2回検討会では今年度実施された課題のうち暫定的な調査結果が出ているものについて、その内容報告ならびに検討が行われた。なお、現在実施中ならびに年度を跨いで調査あるいは試験が行われる課題については、次年度第1回検討会で結果報告が行われる予定である。

第2回検討会では、予定された結果報告のほか、種苗の大型化等に関連する掛増し経費の算出に関する報告も行われた。これは種苗の大型化を行う上でどの程度の経費増となるのかを把握するために実施されたものである。その結果、大型化を行う施設の違いやどの程度の大型化を目指すのかといったことにより、経費の掛かり方に違いがあることが明らかとなった。

開催した2回の事業検討会において、外部専門家からは以下のような講評・ご指摘をいただいた。

- ・現在経験したことが無い地球温暖化や地球沸騰化により海水温の上昇が深刻化し、特に本州太平洋側における回帰率の低下は危惧するものがあるが、サケ稚魚サイズの大型化・遊泳能力の強化・高温耐性を目指した試験などについて注目すべきデータが出てきている。各機関におけるこれらデータの情報交換や測定方法等の共有が重要である。さらには得られた成果をどう現場に還元するかも問われてくる。これまで蓄積されてきたデータについては、解析が終わっているところまででよいので、どのような環境で放流すればサケの回帰率を向上させる可能性があるのかについて示してほしい。本事業の成果で現在のサケ資源をいかに現状維持していくかという観点に立ち、地球沸騰化に対抗できるようなサケの人工ふ化放流事業を継続させていく努力が必要である（第1回検討会）。
- ・6点ほど伝えたいことがある：1) 回帰率の地域差が生じる要因を精査すること、2) 移殖放流群の移殖履歴を記録すること、3) 2017年9月に水産機構から公表された「さけ・ま増殖事業における種卵の長距離移殖に対する考え方」について、最新の情報を反映させ、現状の課題と今後の対応策を述べること、4) 衛星リモートセンシングや数値予測モデルを利用したサケ来遊遅くモデルが開発されているが、このような知見は重要であるので本事業においてもこうした沿岸環境や来遊数の予測システムの導入を検討してほしい、5) これまで得られている放流時期・放流体サイズ・沿岸水温・動物プランクトン現存量・海流の状況と親魚の回帰数の関連をわかりやすくまとめること、6) 定置網での沿岸漁獲数と河川遡上数の関係を解析する新たなプロジェクトを推進していただきたい（第2回検討会）。

### 記

#### 令和6年度第1回検討会

- ① 日時：2024年7月25日（木）13：00～17：25
- ② 場所：第2水産ビル 3階 3G会議室（札幌市中央区北3条西7丁目1番地）
- ③ 外部専門家：上田宏 名誉教授（北海道大学）
- ④ 出席者：外部専門家1名、水産庁増殖推進部栽培養殖課1名、共同研究機関11機関44名の合計46名（この他、オブザーバーとして2機関3名が参加）
- ⑤ 議事内容：下記に従って、実施計画の説明および質疑応答を行った。

## 議事次第

- 1 挨拶  
会議主催者：水産資源研究所さけます部門長  
事業委託元：水産庁増殖推進部栽培養殖課
- 2 出席者紹介
- 3 全体計画説明 [資源研さけます部門資源生態部長]
- 4 細部計画（前年度結果）説明
  - ア 大型種苗等飼育技術及び放流手法技術開発
    - 1) 成長促進効果等を高めるための管理技術の開発ならびに改善
      - a) 流速管理による健苗生産技術の検討 [岩手水技セ]
      - b) シロザケの成長が最大となる環境条件の把握 [技術研養殖部門]
      - c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善 [資源研さけます部門]
    - 2) 成長促進効果等を高めるための餌料・餌料添加物の開発と実証
      - a) ビタミンC添加等による高温耐性向上効果の検証 [富山水研]
      - b) サケ稚魚の成長・代謝特性の解明と魚油添加の効果検証 [道総研]
    - 3) 海中飼育技術の活用によるサケ種苗の大型化及び実証のための放流
      - a) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 1：北海道 [資源研さけます部門]
      - b) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 2：本州太平洋 [岩手水技セ]
    - 4) 放流手法の開発ならびに適正化の効果検証
      - a) 油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証 [道総研]
      - b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証 [道総研]
      - c) 北海道東部における放流サイズや放流時期等の適正化の検討 [資源研さけます部門]
      - d) 東北日本海における放流サイズや放流時期等の適正化の検討 [山形水研]
  - イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査
    - 1) 稚魚沿岸帯泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査
      - a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1 [資源研さけます部門]
      - b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性 [資源研さけます部門]
      - c) サケ幼稚魚の地理的起源推定 [資源研さけます部門]
      - d) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析 [資源研さけます部門]
      - e) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 2 [道総研]
      - f) 東北から北海道太平洋における海洋環境観測及び稚魚採捕調査 [岩手水技セ]
      - g) 東北日本海における環境観測及び稚魚採捕調査と耳石日周輪解析 [山形水研, 秋田水振セ]
    - 2) 数理モデルを用いた大型サケ稚魚の行動様式の検証
      - a) 粒子追跡実験による稚魚の移動経路シミュレーション [資源研資源研究セ]
    - 3) 回帰親魚の標識確認調査
      - a) 北海道（釧路川（雪裡川）、静内川、知内川、余市川） [資源研さけます部門]
      - b) 東北太平洋（織笠川、熊野川） [岩手水技セ]
      - c) 東北日本海（最上川（鮭川、最上小国川、寒河江川）ほか海面） [山形水研]
      - d) 本州日本海（富山県神通川水系） [富山水研]
- 5 外部専門家講評
- 6 その他

## 令和6年度第2回検討会

- ① 日時：2025年1月29日（水）13：00～17：35
- ② 場所：第2水産ビル 8階 8BC会議室（札幌市中央区北3条西7丁目1番地）
- ③ 外部専門家：上田宏 名誉教授（北海道大学）
- ④ 出席者：外部専門家1名、水産庁増殖推進部栽培養殖課2名、共同研究機関15機関54名の合計57名（この他、オブザーバーとして2機関3名が参加）
- ⑤ 議事内容：下記に従って、実施計画の説明および質疑応答を行った。

### 議事次第

#### 1 挨拶

会議主催者：水産資源研究所さけます部門長

事業委託元：水産庁増殖推進部栽培養殖課

#### 2 結果報告

##### ア 大型種苗等飼育技術及び放流手法技術開発

##### 1) 成長促進効果等を高めるための管理技術の開発ならびに改善

a) 流速管理による健苗生産技術の検討 [岩手水技セ]

c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善 [資源研さけます部門]

##### 2) 成長促進効果等を高めるための餌料・餌料添加物の開発と実証

a) ビタミンC添加等による高温耐性向上効果の検証 [富山水研]

##### 3) 海中飼育技術の活用によるサケ種苗の大型化及び実証のための放流

a) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発1：北海道 [資源研さけます部門]

b) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発2：本州太平洋 [岩手水技セ]

##### 4) 放流手法の開発ならびに適正化の効果検証

a) 油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証 [道総研]

b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証 [道総研]

##### イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査

##### 1) 稚魚沿岸帯泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査

a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査1 [資源研さけます部門]

b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性 [資源研さけます部門]

c) サケ幼稚魚の地理的起源推定 [資源研さけます部門]

d) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析 [資源研さけます部門]

e) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査2 [道総研]

f) 東北から北海道太平洋における海洋環境観測及び稚魚採捕調査 [岩手水技セ]

g) 東北日本海における環境観測及び稚魚採捕調査と耳石日周輪解析 [山形水研+秋田水振セ]

##### 2) 数理モデルを用いた大型サケ稚魚の行動様式の検証

a) 粒子追跡実験による稚魚の移動経路シミュレーション [資源研資源研究セ]

##### 3) 回帰親魚の標識確認調査

a) 北海道（釧路川（雪裡川）、静内川、知内川、余市川） [資源研さけます部門]

b) 東北太平洋（織笠川、熊野川） [岩手水技セ]

c) 東北日本海（最上川（鮭川、最上小国川、寒河江川）ほか海面） [山形水研]

d) 本州日本海（富山県神通川水系） [富山水研]

#### 3 連絡事項

#### 4 外部専門家講評

#### 5 その他

## 第2章 成果の要約

本事業では、さけ・ます人工ふ化放流事業における飼育・放流技術の高度化、特に大型のサケ稚魚を生産・放流する為の技術開発に主眼を置くとともに、その稚魚が北上回遊する過程での生残や環境との関係を解明すべく各種課題を設定し、実施している。本年度得られた成果のうち主要な成果について、以下にその要約を記す。

なお、秋に産卵し翌年の春に降海するサケの生活史の特徴のため、本報告書作成時点ではまだ本年度の試験が始まっていない、あるいは試験中の課題（現在その実験に用いるサケ稚魚を飼育準備中）や、前年度末から本年度前半に掛けて実施した調査・試験の報告を含む。

### 課題ア 大型種苗等飼育技術及び放流手法技術開発

#### 小課題1) 成長促進効果等を高めるための管理技術の開発ならびに改善

##### ア-1)-a) 流速管理による健苗生産技術の検討

アスタキサンチンオイル添加餌料を給餌し、流速約5 cm/秒の遊泳力強化工程（8時間/日）を実施した試験区と、通常通り飼育した（流速0.5 cm/秒）対照区の2群を比較すると、肥満度やトリグリセリド含量について、試験区で増加傾向が認められたが、飼育流速の強化による遊泳力への影響は特定できなかった。令和6年度は餌料の投与方法や遊泳力強化工程に改善を加え、それぞれの効果を把握する。

##### ア-1)-b) シロザケの成長が最大となる環境条件の把握

異なる光波長条件（白色および青色）と2段階の水温（6および12℃）を組み合わせさせて飼育したところ、12℃では青色光で肥満度が白色光より有意に高く示された。これらの稚魚を淡水から海水へ直接移行すると、12℃青色光区では血漿浸透圧に有意な上昇が示されず安定していたことから高い海水順応性を持つと考えられた。これらの稚魚を同一海水温で32日間飼育すると、試験終了時の青色経験群では白色経験群より肥満度が有意に低かった。青色経験群では淡水飼育時から、高い群泳性が観察されていた。このことから、白色経験群との肥満度の違いに青色経験群で示された高度な遊泳が影響した可能性が考えられる。今後は飼育光の違いが遊泳能力へ及ぼす影響の検証が必要と考えられる。

##### ア-1)-c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善

###### i) サケ標準給餌率の再検討に関する試験

サケ標準給餌率に対して1割増、2割増で給餌する区を設定し比較することで、放流までにより効果的に大型化に繋がる給餌手法を検討した。2022（令和4）年級については、鶴居事業所および静内事業所の試験結果から、飼育開始から魚体重0.9gに達する前後までは、現状のサケ標準給餌率を目安として飼育管理を行うことで、稚魚の餌要求に見合った無駄のない給餌ができると考えられた。さらに魚体重0.9g前後以降試験実施範囲では、標準給餌率の2割増しの給餌量を与えることで、稚魚の成長をより促進できると考えられた。しかしながら2023（令和5）年級については、標準給餌率と比較して割増し給餌を行った区分の方が大型となる傾向はあるが、1割増区と2割増区の効果の差は不明瞭であり、飼料効率も1割増区と比較して2割増区が低い傾向にあったことから、割増給餌が稚魚の早期大型に効果がありそうであるが、適正な割増率については、さらにデータを蓄積し、検証する必要があると考えられた。今後もデータの蓄積が必要であることから、令和6年度についても引き続き、伊茶仁事業所、静内事業所で事業規模を継続実施すると共に事業規模では実施が困難であった魚体サイズや割増率の条件下を水槽規模の試験で実施している。

###### ii) 給餌開始時の再検討に関する試験

特に、飼育開始が遅く飼育期間が短くなるを得ない後期採卵群について、従来よりも早期に浮上させ給餌を開始することでより長い飼育期間を確保し、従来よりも大型サイズでの放流が可能となるか検証した。2022（令和4）～2023（令和5）年級を対象に2事業所で実施した結果から、通常よりも早期に浮上させ給餌を開始することで、同

一日数の管理期間の中で給餌日数を増やすことができ、結果としてより早期に大型化させることができた。また、試験終了時の稚魚の状態にも問題点は見当たらなかったことから、サケ稚魚を早期に大型化する管理手法となりえると考えられた。ただし、早期浮上の手法は、従来基本としてきた手法とは異なるものであることから、今後もデータの蓄積が必要である。そのため、令和6年級についても引き続き、鶴居、天塩事業所で事業規模の試験を継続している。

#### 小課題2) 成長促進効果等を高めるための餌料・餌料添加物の開発と実証

##### ア-2)-a) ビタミンC添加等による高温耐性向上効果の検証

ビタミンC添加餌料を与えた試験区および対照区の2群でサケ稚魚を飼育し、2025年3月に放流した。また同様に飼育した群の冷海水での飼育試験では、試験区の成長が良好であった。採卵時期別の表層海水での飼育試験では、後期群の生残率および成長が早期群と比較して良好であった。

##### ア-2)-b) サケ稚魚の成長・代謝特性の解明と魚油添加の効果検証

水温と摂餌量の異なる条件下で海水移行後のサケ稚魚の成長を調べたところ、飽食条件では最適な成長水温は16~17°C、摂餌効率が最も高いのは13°Cと考えられた。絶対有酸素代謝余地(AAS)を指標とした代謝の最適水温も13°Cで一致した。給餌量を制限した試験区では、適水温範囲内であってもサケ稚魚の成長率は低く、最適な放流条件の探索には水温とともに餌生物現存量の評価も必要である。また、魚油添加飼料の給餌は、海水移行後の摂餌量が極めて少ない環境下でサケ稚魚の成長率を補償する可能性ある。

#### 小課題3) 海中飼育技術の活用によるサケ種苗の大型化及び実証のための放流

##### ア-3)-a) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 1:北海道

本小課題は、えりも以東海区(i)、北海道日本海区(ii)において耳石標識サケ幼稚魚を海中飼育放流により大型化し、沿岸等における採集調査により追跡して、その後の成長、回遊などを従来サイズの海中飼育群と比較する目的である。令和6年級では、えりも以東海区(i)において、全国的な来遊不振の中、深刻な種卵不足の状況に至り、厳しい状況の中、確保した種卵を基本的に河川遡上しないことから、再生産親魚になりえない懸念が払拭できないため、海中飼育試験を断念して確保した種卵を主要増殖河川である十勝川への河川放流に充てることを協議し、えりも以東海区(i)では今年度は中止になった。なお、北海道日本海区(ii)では、計画通り種卵が確保され、計画どおり進捗していること、考察として、令和6年春に放流された令和5年級耳石放流魚の試験毎の放流時期、サイズから目的の大型化を図った放流結果に至ったこと、令和6年度、春季沿岸域幼稚魚調査で採捕された際には、経路や成長度合等の把握に関しての情報が得られると考えられることを本文内で示している。

##### ア-3)-b) 海中飼育によるサケ種苗の大型化にかかる管理技術の開発 2:本州太平洋

岩手県山田湾に目合を組み合わせた海中生簀を設置し、サケ稚魚が成長により大型化する過程で大目合への切り替えを行う大目網群と、目合を変えずに飼育する通常群の2群を飼育した。両群ともAI自動給餌機を用いて給餌を行い、食欲レベルをモニタリングした。大目網群では、網目切り替え後の小型魚の逃避が光学カメラの観察や耳石日周輪紋による成長解析により推定された。AI自動給餌機により、特に小型魚が抜けた大目網群で成長と遊泳力の促進効果が認められたが、これが生簀容積の増加によるものかどうかは、特定できなかった。令和6年級は、AI自動給餌機でより効率的に給餌させ、通常網を2段構造として同容積で比較することで、大目網海中飼育の効果を検証していきたい。

#### 小課題4) 放流手法の開発ならびに適正化の効果検証

##### ア-4)-a) 油脂添加餌料による回帰率向上効果の検証

これまでに2018~2020年級のサケ稚魚にはハーブオイル、2021年級以降のサケ稚魚にはフィードオイルを添加した餌料を与え種苗性が向上するかどうか検討してきた。2023

年級以外の年級では筋肉中トリグリセリド含量は対照群より油脂群の方が高い傾向があることから、栄養状態の向上のためには油脂添加の効果があるのかも知れない。

#### ア-4)-b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証

北海道西別川においてサケ稚魚 2 群を、時期を変えて放流し、追跡により成長・生残を調べることを目標とし、2023 年級群を放流し、2024 年級群の稚魚は飼育中である。

#### ア-4)-c) 北海道東部における放流サイズや放流時期等の適正化の検討

北海道釧路川に同サイズで放流時期を変えたサケ稚魚 2 群を放流し、追跡により成長・生残を調べることを目標とし、令和 5 年級のサケ稚魚を令和 6 年 4 月上旬、下旬にそれぞれ 2.17 g、2.39 g サイズで放流した。令和 6 年級は、放流時期を変えた放流及び放流サイズを変えた放流を行うためのサケ稚魚を飼育中である。

#### ア-4)-d) 東北日本海における放流サイズや放流時期等の適正化の検討

### 課題イ 沿岸稚魚・幼稚魚追跡調査及び移動経路の解明調査

#### 小課題 1) 稚魚沿岸滞泳期における沿岸環境調査及びサケ幼稚魚追跡調査

##### イ-1)-a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1

水産機構さけます部門が主体となり、北海道各地の沿岸域（厚田沖、昆布森沖、えりも以西の春定置網、昆布森漁港周辺ならびに宗谷港）にてさけ・ます類幼稚魚の分布状況や生息環境を把握する調査を実施した。採捕したサケ幼稚魚の耳石温度標識から、太平洋側各調査地では北海道太平洋側及び北海道日本海側の河川から放流された個体が、また日本海側の調査地では北海道日本海側の河川から放流された個体がそれぞれ検出された。昆布森沖及びえりも以西の春定置網では本州太平洋側または本州日本海側のふ化場から放流された個体が合計 9 尾確認された。

##### イ-1)-b) サケ幼稚魚の餌料環境と食性

課題イ-1)-a)で得られた厚田沿岸域および昆布森沿岸域における動物プランクトン試料を用いて生物量、個体群密度および分類群組成、曳き網によって採集されたサケ稚魚の胃内容物をそれぞれ調べた。2024 年の動物プランクトン生物量および個体数密度は、最近 4 年間と比較すると厚田沿岸域では同程度、昆布森沿岸域では比較的高い傾向にあったが、両地域とも過去（2006-2015 年）と比較して低い傾向にあった。分類群組成は、カイアシ類の占める割合が低く、枝角類やベントス浮遊幼生が優占していた。胃内容物重量指数は、厚田沿岸域では低かったが、昆布森沿岸域では、比較的高い傾向にあった。2023 年に採集されたサケ稚魚の胃内容物組成は、調査期間の前半と後半で大きく異なっていた。

##### イ-1)-c) サケ幼稚魚の地理的起源推定

課題イ-1)-a)およびイ-1)-f)で得られたサケ幼稚魚について、耳石標識ならびに遺伝分析により地理的起源を調べた。耳石標識が確認された 1,413 個体中、1,034 個体がえりも以西地域、250 個体がえりも以東地域、2 個体が北海道日本海地域、5 個体が本州太平洋地域、4 個体が本州日本海地域のふ化場を由来としていた。遺伝的系群判別の結果、小型魚（尾叉長 10cm 未満）および大型魚（尾叉長 10cm 以上）の双方において、本州太平洋系および本州日本海系が一定割合推定された。以上の結果は、本州由来の小型魚も、太平洋沿岸に到達できることを示している。

##### イ-1)-d) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析

日本海側の厚田沿岸域で 2023 年に採集されたサケ幼稚魚の耳石日周輪解析結果から得られた成長速度を従属変数とする一般化加法モデルを検討した。推定した成長速度の予測値を用いて、サケ幼稚魚が離岸する 5 月下旬までに北上回遊に適した FL 70 mm 以上に成長することを可能とする放流サイズと時期の「ウインドウ」を示した。

##### イ-1)-e) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 2

道総研さけます内水試が主体となり、北海道各地の沿岸域（津軽海峡の北海道沿岸、根室半島沿岸、根室湾、歯舞沿岸）にてさけ・ます類幼稚魚の分布状況や生息環境を把握する調査を実施した。2023 年級群については津軽海峡沿岸では 4 月上旬、根室では 5 月中

旬に、齒舞は6月中旬までに適水温の8°Cに達した。4月上旬と4月下旬に西別川から放流した標識魚はそれぞれ7尾と33尾が再捕され、根室南部地区では概ね5月下旬まで分布した。

#### イ-1)-f) 東北から北海道太平洋における海洋環境観測及び稚魚採捕調査

岩手県沿岸及び北海道太平洋沿岸において、岩手県所属の漁業指導調査船を用いて海洋観測と稚魚の採捕調査を行った。岩手県沿岸調査(4月下旬及び5月下旬)では稚魚を採捕できなかったが、北海道調査(6月下旬)では46尾の稚魚を採捕した。17尾の北海道由来の耳石温度標識魚が確認され、海水移行日が遅いほど成長が速い傾向にあった。また、本州から北海道の太平洋側では、暖流の影響により水温が高く、餌となるプランクトン密度が低い傾向が観測された。

#### イ-1)-g) 東北日本海における環境観測及び稚魚採捕調査と耳石日周輪解析

秋田・山形両県沿岸にて表層トロールにより採集したサケ稚魚の耳石標識を分析した結果、秋田県の川袋川、本県の月光川と赤川、新潟県の三面川、富山県の神通川及び黒部川の5水系起源の標識魚計581尾を確認した。沿岸観測の結果、動物プランクトンの分布密度は少ない状況であった。耳石日周輪分析の結果、2023年春の成長速度は前年より高く、動物プランクトン分布密度が成長に影響したものと推察された。

#### 小課題2) 数理モデルを用いた大型サケ稚魚の行動様式の検証

##### イ-2)-a) 粒子追跡実験による稚魚の移動経路シミュレーション

高解像度海洋循環モデル再解析値を用いて、2019年～2021年の3～7月にかけて石狩川河口付近から毎日粒子を投入する粒子追跡実験を実施した。石狩湾から投入した粒子は、3年共に良好な水温を経験し、オホーツク海への到達率も高いことが示された。しかし、2019年、2020年、2021年の春季を経験したサケの回帰量はこの順に減少し、粒子追跡実験によるオホーツク海到達率だけでは回帰量の変動を説明できない。そこで日本海とオホーツク海の両海域での良好な経験水温幅を5°C～13°C、8°C～13°Cにした経験水温条件や50m、100m、200m以浅海域の回遊を指標とする沿岸条件を新たに加えて粒子追跡実験をおこなった。その結果、200m以浅海域を回遊する沿岸条件の適合率が2019年、2020年、2021年の順に低くなった。このことは、サケ稚魚がオホーツク海に到達できること、そして回遊経路が陸棚域に限定されることが回帰量に対し重要であることを示唆する。

#### 小課題3) 回帰親魚の標識確認調査

本小課題については、過去に実施された先行事業で実施された多岐にわたる各種試験放流の結果に関連しており、かつその量も膨大であることから、ここでは一部を除き実施内容のみを記載し、結果については記載しない。詳細については本文をご覧ください。

##### イ-3)-a) 北海道(釧路川(雪裡川)、静内川、知内川、余市川)

先行事業で放流されたサケの回帰率を算出すべく、北海道内4河川に溯上した親魚から鱗及び耳石を採取して年齢及び耳石標識パターンを把握し、試験群毎の回帰率を算出した。併せて、釧路川(雪裡川)と静内川の2013年級から2018年級のデータを使用し、応答変数Yを5歳時までの推定河川捕獲数、説明変数Xとして年級(カテゴリカル変数)、放流サイズ、放流時SSTか放流月日、放流時の北進方向の流向流速、放流時の東進方向の流向流速の6つを選び、一般化加法モデルを構築することで、両河川での放流条件の検討を実施した。結果、釧路川では、SSTが5-6°Cのとき、海況が穏やかなときに5歳時までの推定河川捕獲数が増加した。静内川では、放流サイズが大きくなるほど、穏やかな海況であるほど5歳時までの推定河川捕獲数が増加する傾向がみられた。

##### イ-3)-b) 東北太平洋(織笠川、熊野川)

先行事業で放流されたサケの回帰率を算出すべく、岩手県内2河川に溯上した親魚から鱗及び耳石を採取して年齢及び耳石標識パターンを把握し、試験群毎の回帰率を算出

した。流速管理による遊泳力を強化した飼育を試みた平成 30 年級、令和元年級では、試験区が対照区よりも回帰率が低かった。これは飼育中に飼育環境が悪化し、魚病が発生したことが原因であると考えられた。

イ-3)-c) 東北日本海（最上川（鮭川、最上小国川、寒河江川）ほか海面）

先行事業で最上川に放流されたサケの回帰率を算出すべく、山形県沿岸ならびに最上川水系 3 河川で採捕した親魚から鱗及び耳石を採取した。2023 年回帰群については、最上川起源の標識魚 40 尾を確認した。2024 年回帰群については、今後、採捕魚の年齢及び耳石標識パターンの解析ならびに回帰状況についての検討を行う。

イ-3)-d) 本州日本海（富山県神通川水系）

先行事業で神通川水系河川に埋設放流したサクラマス<sup>1</sup>の状況を検証すべく、回帰親魚の耳石を解析した。2020 年の埋設群については、採捕した親魚 76 個体から 19 個体の標識魚が確認された。2021 年埋設群については親魚が 34 個体回収されており、今後その耳石を解析する。

報告書とりまとめ担当：

佐藤俊平（水産研究・教育機構水産資源研究所さけます部門資源生態部）