

令和4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

さけ・ます等栽培対象資源対策共同研究機関
さけ・ます不漁対策事業グループ

(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
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5年3月

令和4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	11
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	15
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	17
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	19
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	21
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	27
b) 北海道根室地区における最適な放流時期の検証	33
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	35
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	37
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	
a) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 1	38
b) サケ幼稚魚の地理的起源推定	91
c) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析	99
d) 北海道における定点環境観測及び稚魚採捕調査 2	109
e) 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	136
f) 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	140
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	150
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)	159
b) 東北太平洋(織笠川、熊野川)	165
c) 東北日本海(最上川(鮭川、最上小国川、寒河江川)ほか海面)	168
d) 本州日本海(富山県神通川水系)	170
課題ウ 事業検討協議会	172
第2章 成果の要約	175

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44百万～89百万尾と年変動が大きく、2010年漁期以降は来遊数が40百万～50百万尾前半の水準で推移するようになった。2016年漁期～2020年漁期の来遊数は全国で20百万～32百万尾とさらに大きく下回り、2021年には来遊数が20百万尾を割り込むまでに減少した。翌2022年漁期は地域による漁模様の格差が拡大したのが特徴で、北海道日本海では67百万尾弱と史上最高水準での回帰が見られた一方、北海道太平洋（7百万尾）ならびに本州日本海（449千尾）は2020年と同程度まで回復するに留まり、本州太平洋は390千尾と、2021年の335千尾に続き、極めて低調な回帰に終わった（2022年度漁期の回帰尾数はいずれも2023年2月20日現在）。

水産庁では、過去9年にわたり、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を継続して実施してきた。これらの事業の成果として、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「さけ・ますふ化放流抜本対策事業」により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結果が得られたことから、2022年度からは大型のサケ稚魚を生産・放流するための技術開発に主眼をおいた「さけ・ます不漁対策事業」をスタートするに至った。各参画機関がサケ稚魚の大型化や遊泳力の強化、高温耐性の向上等、サケ稚魚の放流後の生残率を高めるために必要な種苗生産・放流技術の開発を実施した。また、先行事業における課題を引き継ぐ形で、降海したサケ稚魚がどこを北上回遊してオホーツク海へ辿り着くのか、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、耳石標識を活用した沿岸域での稚魚・幼魚の追跡調査ならびに移動経路解明のための分析、先行事業で耳石標識放流が実施された河川において、サケ親魚の回帰率確認調査を行い、放流手法の改善を図った。

先行事業から数えて10年目となる本年、この新たな事業を通じて、日本のサケ資源の回帰率向上に繋がる手法を見出すべく、各参画機関と力を合わせ、努力を続けて参りたい。

本事業の実施に当たり多大な協力をいただいた（公社）北海道さけ・ます増殖事業協会、（一社）日高管内さけ・ます増殖事業協会の方々に厚くお礼申し上げる。

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 本田聡

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：岩手県水産技術センター 長坂剛志

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、長坂剛志

【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、健苗性評価方法及び健苗生産方法の検討を行うことを目的とする。

【方法】

流速強化による効果を検証するため予備実験として、北里大学三陸臨海教育研究センターにて飼育池を模したミニチュア水槽による稚魚のトレーニング実験を行った。流速は外部ポンプにより強化し、強化群は流速約 5.0 cm/sec、対照群は 0 cm/sec とした。月曜日から金曜日をトレーニング有り、土曜日と日曜日は安息日とし 3 週間行った。1 日のスケジュールは表 1 に示すとおりとし、強化時間は合計 7.5 時間とした。なお、掃除と給餌の時間はポンプを停止した。また、試験開始時と終了時に尾叉長・体重を測定し肥満度を算出した。さらに各試験群 8 尾の持続遊泳力測定を行った。

予備試験の結果をもとに、令和 4 年級における試験を設定した。現在のサケ稚魚飼育技術の基本とされている流速 1 cm/sec 以上を対照群、それよりも早い流速 (3-5 cm/sec) を流速強化群として、各 15 万尾を水深・密度を同一条件においた上で飼育を行い、成長や遊泳力、体成分等を比較した。流速は、換水率を考慮して外部ポンプによる新水の注入量を増加し、(有)タカツ産業社製の循環式流速変動装置を用いて飼育水を循環させることにより強化した。流速強化工程は令和 5 年 2 月 13 日から開始し、魚病等の発生を最小限にするため、午前 10 時から午前 11 時と午後 1 時 30 分から午後 2 時 30 分の合計 2 時間を強化工程、それ以外の時間を流速 0.5 cm/sec の安息工程とした。設定流速については、試験前に、各飼育池の流速を池底から 10 cm、10 秒間の平均値を(株)kenek 社製 VP-1500 で測定、確認した。試験中は、1 週間ごとに尾叉長、体重、遊泳力を測定した。遊泳力は、(有)タカツ産業社製遊泳力測定装置を用い、瞬発遊泳力 (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=5) を測定した。また、流速強化による効果を評価するため、体成分測定用のサンプリングを 1 週間ごとに実施した。また、試験群別に運動負荷を与えた際の、遺伝子発現、血糖値、乳酸値、体成分の変化について調べるため、持続遊泳力と同様の方法により負荷を与えた稚魚のサンプリングも実施した。

【結果及び考察】

予備実験では、強化群と対照群で尾叉長・体重・肥満度に差はみられなかった (表 2)。持続遊泳力は、強化群で平均 61.4 cm/sec、対照群で平均 45.6 cm/sec と強化群が上回った (図 1)。以上より、尾叉長 80 mm 程度の稚魚に対して流速 5.0 cm/sec のトレーニングにより持続遊泳力が向上することが示された。飼育池の流速は、強化群の強化工程では注水部で逆流がみられ、注水部を除いた平均流速

は 4.5 cm/sec であった（図 2）。また、対照群および強化群の安息工程は、強化群同様に注水部で逆流がみられ、注水部を除いた平均流速は対照群 0.3 cm/sec、強化群の安息工程で 0.5 cm/sec であり（図 2）、概ね予備実験の条件を実現できた。

今後は、飼育池規模の実験結果とトリグリセリド等体成分の他、代謝関連遺伝子の発現を分析し、民間ふ化場規模でも効率的に成長促進と遊泳力を強化する飼育条件の検討が必要である。

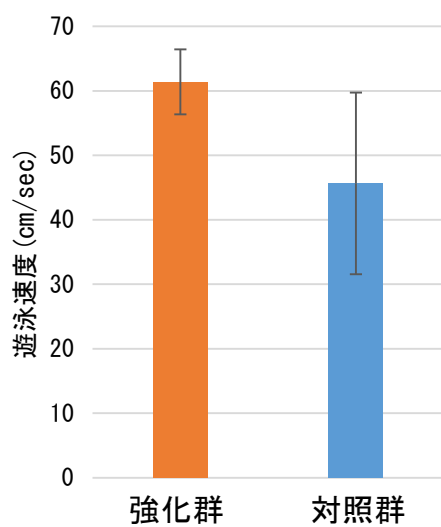


図 1. 予備実験における持続遊泳力測定結果

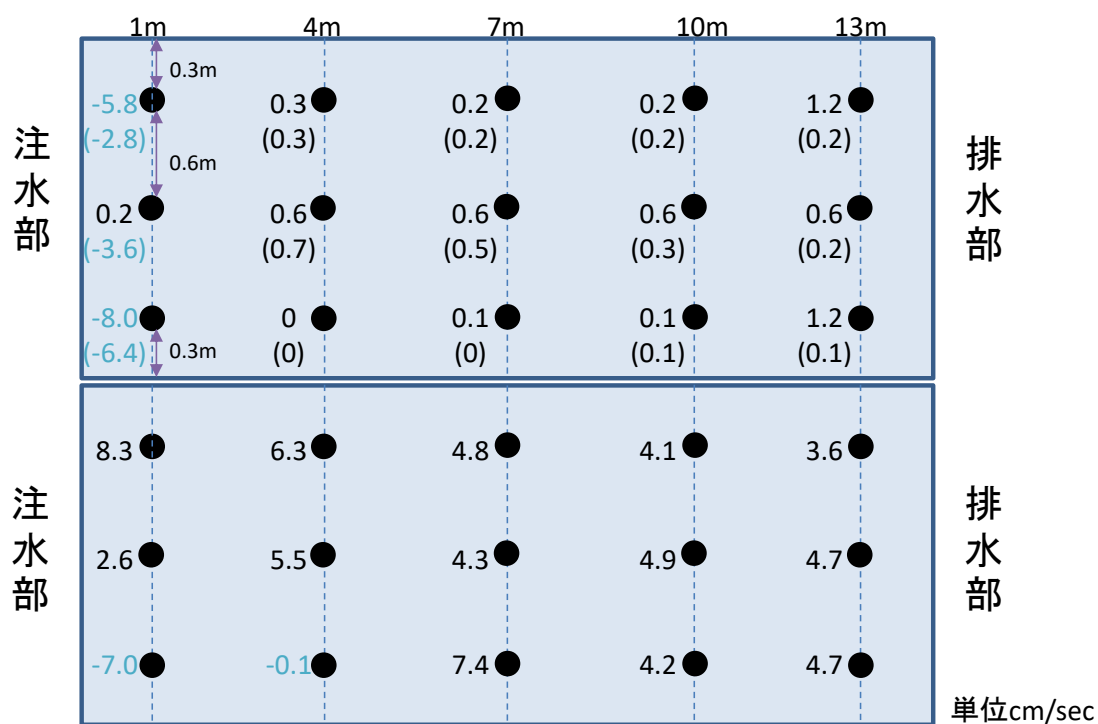


図 2. 飼育池の流速測定結果（上図は強化群の安息工程とカッコ内は対照群。下図は強化群の強化工程）

表 1. 予備実験での飼育スケジュール

時刻	スケジュール
5:30	ポンプ稼働
8:30	ポンプ稼働停止、給餌、掃除
10:00	ポンプ稼働
13:00	ポンプ停止、給餌
14:30	ポンプ稼働
16:00	ポンプ停止、給餌

表 2. 予備実験開始時と終了時の体重、尾叉長、肥満度

	試験群	体重 (g)	SD	尾叉長 (mm)	SD	肥満度	SD
開始時		3.82	0.62	80.4	4.58	7.29	0.35
終了時	対照群	6.96	1.41	95.37	5.9	7.91	0.36
	強化群	7.55	1.27	99.06	5.33	7.7	0.39

SD: 標準偏差、肥満度: $\text{体重}/\text{尾叉長}^3 \times 1000$

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 清水大輔

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）

：清水大輔・今井智・小島大輔・湯浅啓

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4年度は成長コントロールに必要な水温条件を把握する。

【方法】

① 飼育温度による成長速度比較試験（淡水での飼育）

500L 黒色 FRP 水槽（実水量 400L）6 面に、4、8、12、16、20、24℃の飼育水温の試験区を設定し 2 カ月間の飼育試験を行った。供試魚は宮古漁協津軽石ふ化場で採卵し、水産技術研究所宮古庁舎において、淡水の井水（10.5℃）で管理してふ化・浮上させ、完全に配合飼料（日清丸紅飼料 マス餌付スーパーA）に餌付いた受精後 73 日のシロザケ稚魚 600 尾（平均尾叉長 39.2 mm、平均体重 0.45g）を用い、各試験区 100 尾を収容して試験を開始した。試験区の飼育水は井水を加温した調温淡水で、換水率は 500%/日とし、試験開始後 1 日 2℃ずつ水温を上昇または降下させて設定水温まで調節した（図 1）。試験は屋内で行い、日長は白色 LED 光を 7：00～17：00 まで点灯した 10L14D とし、水面の照度は約 100lx だった。給餌はゼンマイ式自動給餌機（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、全ての試験区で残餌が出る飽食給餌とした。なお、残餌は 16：00～17：00 に底掃除を行い、その日のうちに除去した。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）。試験開始 1 カ月、試験終了時（2 カ月）に、麻酔をかけて尾叉長、体重を測定した（各試験区 50 尾）。

② 異なる水温で淡水飼育したシロザケの海水移行試験（海水での飼育）

試験①において、異なる水温で淡水飼育したシロザケ稚魚を海水飼育に切替、1 か月間の生残・成長を把握することで海水適応能を評価した。飼育水槽は試験①の水槽をそのまま使用し、試験①終了時から 3 日間かけて、自然水温の砂ろ過海水を注水して、水温および塩分濃度を自然水温、100%海水（塩分濃度：約 33‰）に調節した（図 1）。光条件、給餌方法などの飼育条件は試験①と同様とした。試験終了時（試験開始 1 カ月）に、麻酔をかけて尾叉長、体重を測定した（各試験区 50 尾）。

【結果と考察】

① 飼育温度による成長速度比較試験（淡水での飼育）

2 カ月（60 日）の試験期間に、4℃区で 2 尾、8℃区で 1 尾、12℃区で 0 尾、16℃区で 4 尾、20℃区で 1 尾、24℃区で 70 尾が斃死した。生残率は 4～20℃区ではいずれも 95%以上で有意差はなく、24℃区のみ 30%と有意に低かった（図 2）。また、24℃区では脊椎湾曲や鰓蓋欠如など形態異常が多く、試験終了時の形態異常率は 93.3%であった（4～20℃区：3.6%）。

2 カ月間の成長は尾叉長・体重ともに、16℃区>20℃区≥12℃区>8℃区≥24℃区>4℃区の順となり、最も成長の良かった 16℃区と 20℃区は 1 カ月かからずに目標としていた放流サイズである 3g に達した（図 3）。また、従来の飼育水温 8～12℃と比較して低水温

の4℃区では、成長は低下した。

以上のことから、淡水飼育期の水温について、18℃までは高い水温ほど成長が良く、生残率の低下や形態異常率の増加が認められないことから、成長を促進にするは18℃、成長を停滞させるには4℃が利用可能と考えられる。

② 異なる水温で淡水飼育したシロザケの海水移行試験（海水での飼育）

異なる水温で淡水飼育した大きさの異なるシロザケ稚魚を海水移行することで、海水適応能を評価した。1 カ月（30 日）の試験期間に、4℃区で5 尾（生残率95%）、8℃区で1 尾（99%）、12℃区で2 尾（98%）、16℃区で4 尾（96%）、20℃区で13 尾（89%）、24℃区で5 尾（83%）が斃死し、生残率は4～20℃では有意差はなく、24℃区のみ有意に低かった（図4）。

海水移行1 カ月後の尾叉長・体重は、試験②開始時のサイズと同様の16℃区 $\geq$ 20℃区 $\geq$ 12℃区 $>$ 8℃区 $\geq$ 24℃区 $\geq$ 4℃区の順のままだったが、差は若干縮小した（図5）。尾叉長および体重の瞬間成長率（specific growth rate; SGR）の推移は、淡水飼育時は尾叉長・体重の測定結果と同様に、16℃区が最も高く、20℃区、12℃区、8℃区、24℃区、4℃区の順だったが、海水移行後は、移行時のサイズが最も小さい4℃区が最も高く、24℃区、8℃区、12℃区、20℃区と逆転した（図6）。一般的に成長率はサイズが小さいほど高くなる傾向があるため、海水移行時に大型個体の海水適応能が低く、成長が停滞したとは考えられない。そのため、体側（表現型）だけで成長を評価するのは難しく、今後は血漿浸透圧等の生理解析を加えて評価していきたい。

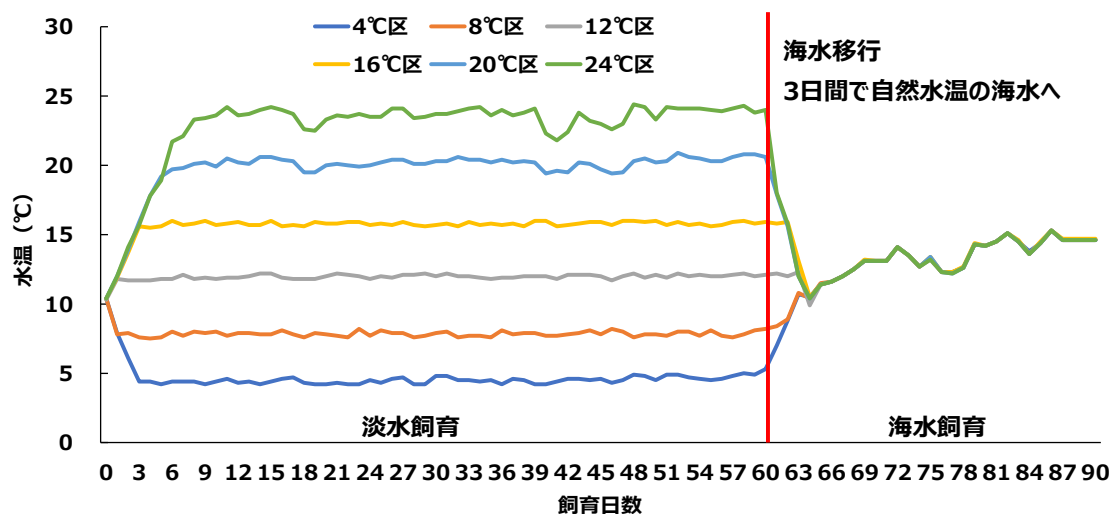


図 1. シロザケの飼育温度による成長速度比較および海水移行試験における設定水温

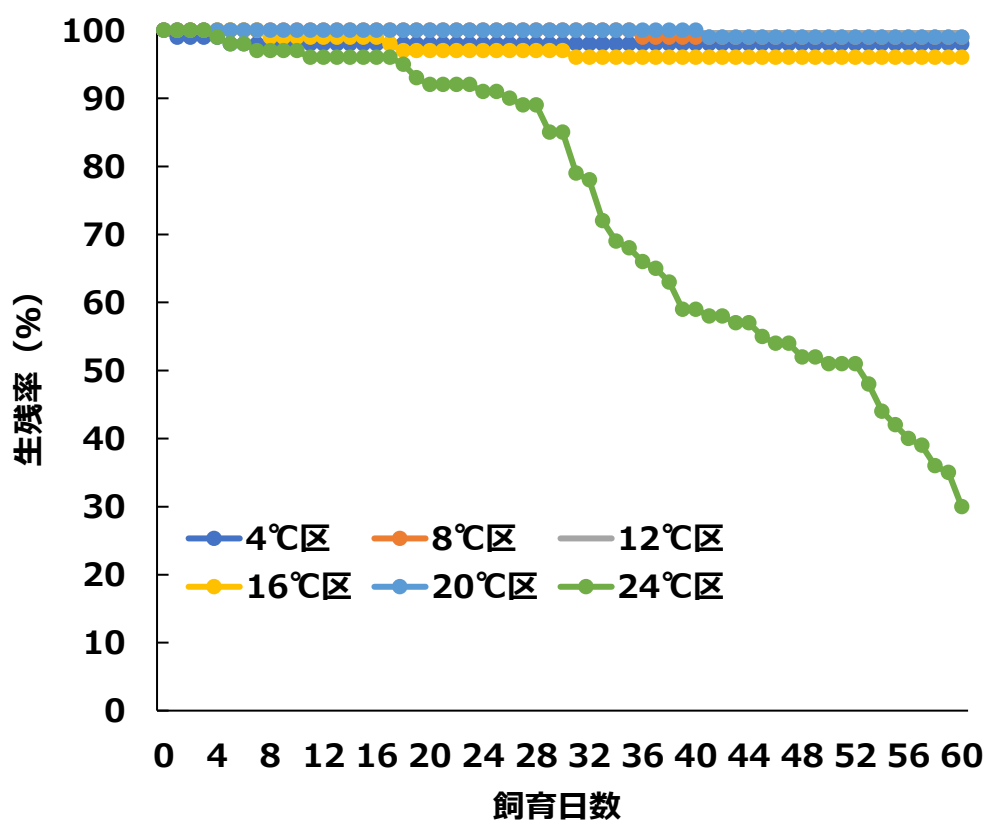


図 2. シロザケにおける淡水飼育時の飼育温度が生残に与える影響

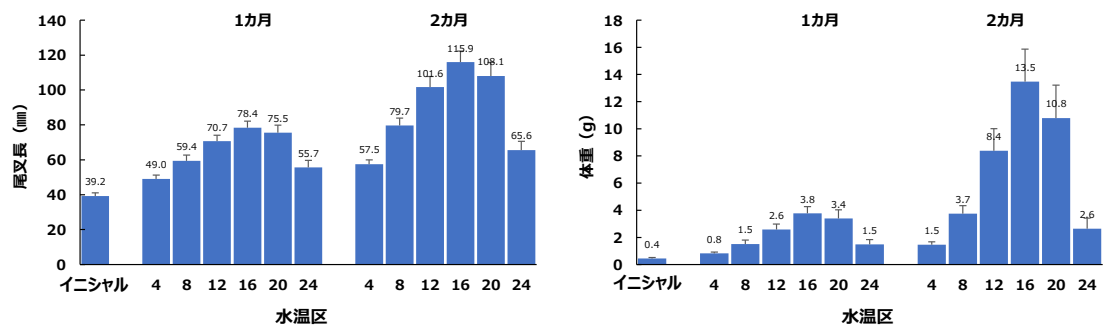


図 3. シロザケにおける淡水飼育時の飼育温度が成長（尾叉長：左、体重：右）に与える影響

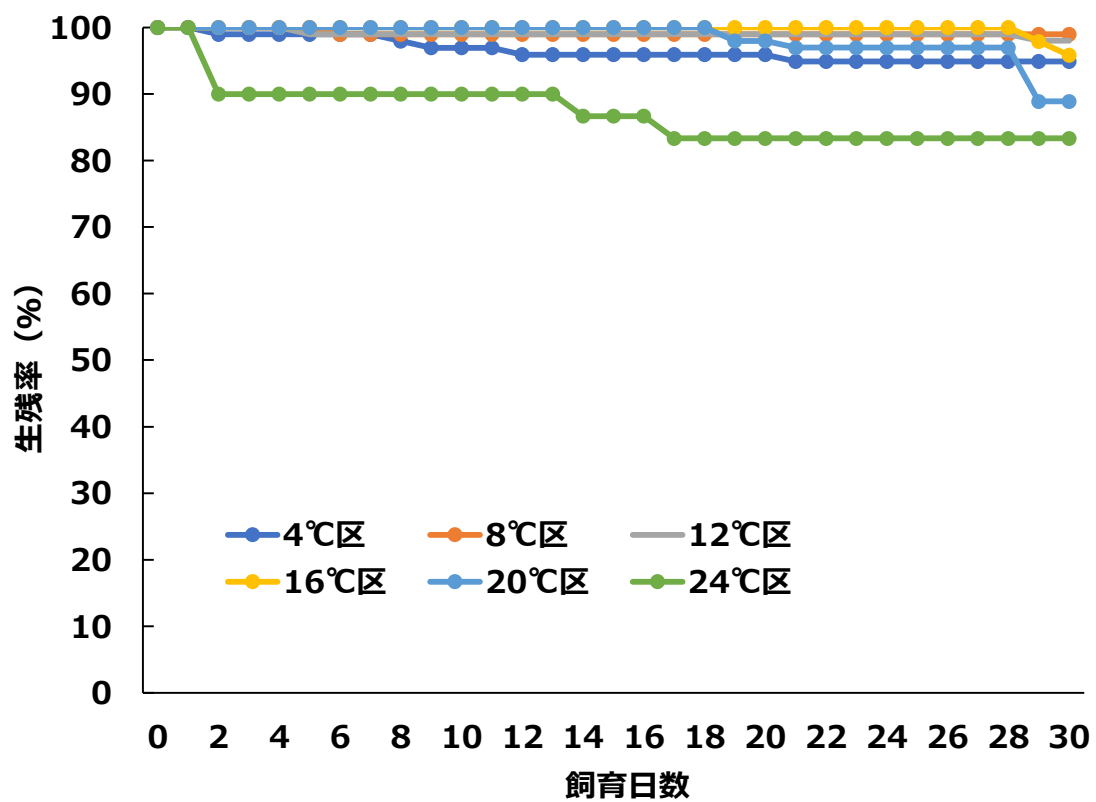


図 4. 淡水飼育時の飼育温度が海水移行後の生残に与える影響

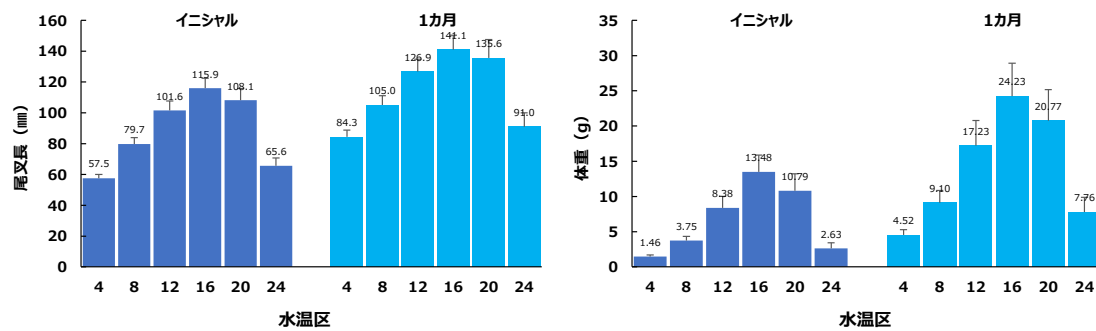


図 5. 淡水飼育時の飼育温度が海水移行後の成長（尾叉長：左、体重：右）に与える影響

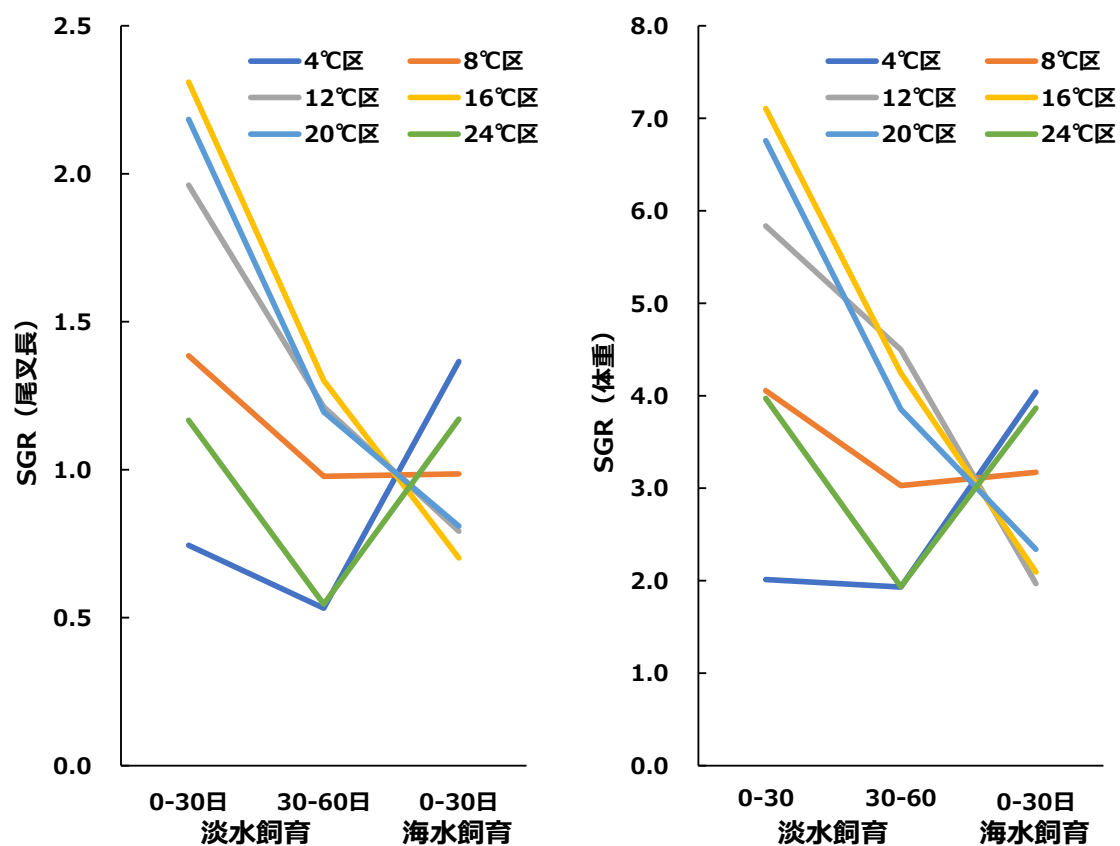


図 6. 異なる水温で飼育した淡水飼育時および海水移行後の瞬間成長率（specific growth rate; SGR）

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 吉田梓佐

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： 福澤 博明

根室事業所：中島 歩

千歳事業所：石原 剛

鶴居事業所：吉野 州正、渡邊 勝亮、下平 幸太

伊茶仁事業所：栗林 誠、永尾 桃子、三輪 拓也

静内事業所：大貫 努、加藤 雅博、羽二生 一将

八雲事業所：八重樫 博文、松波 優希、柳橋 幸明

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に比較して早くなる年が多い。前期群に比べて採卵時期が遅い中・後期群は稚魚の飼育開始時期が遅いため、海水温の昇温が早期化すると飼育可能な時期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、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 4 事業所で i)～iii)の試験を事業規模で実施した(図 1)。

【目的】

i) サケ標準給餌率の再検討に関する試験

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を参考に給餌率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収集されたデータであり、サケを対象としたデータではない。この試験では、サケ飼育管理における飼料効率が高い給餌率を管理水温毎に、更には体サイズ毎に検証し、放流時期までに、より効率的に大型化に繋がる給餌量を検討する。

ii) 給餌開始時期の再検討に関する試験

ふ化放流の現場の多くでは、仔魚の半数以上の腹部が縫合したタイミングを浮上＝給餌開始の目安としている。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℃～1000℃である。しかしながら、組織学的にはそれ以前から仔魚には外部からの栄養を消化・吸収する機能が備わっていると報告されている。

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。

iii) 降下日数短縮による飼育期間延長に関する試験

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、飼育期間延長を図ることを目的に、稚魚を輸送し放流することで河川での降下期間の短縮が可能かどうか検証する。

【方法】

i) サケ標準給餌率の再検討に関する試験

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についてデータ収集を行う。実施事業所は、伊茶仁、鶴居、静内の3事業所とする。試験区は実施事業所のサケ標準給餌率に対して1割増区と2割増区を設定する。旬に2回程度の頻度で魚体測定を行い、試験設定に見合った給餌量となるよう補正し、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。試験終了時には、魚体測定、瞬発遊泳力の測定、体成分の分析を行い稚魚の健苗性や遊泳力についても評価する。

ii) 給餌開始時期の再検討に関する試験

試験区は、各事業所の通常時期に対して、日数で10～16日、積算温度で80～130℃程度早く浮上させるよう設定する。試験期間は、ふ化～飼育試験終了までとし、試験期間は試験区と対照区で同一日数とした。両試験区共に積算700℃および浮上時に消化器官の組織標本の作製及び臍嚢重量を測定し、仔魚の消化器官の発達状況及び臍嚢吸収度合いを確認する。試験終了時には、魚体サイズの測定及び健苗性（海水適応能・体成分分析・遊泳力測定）を確認する。

iii) 降下日数短縮による飼育期間延長に関する試験

試験を実施する八雲事業所は、遊楽部川河口から約15.5km上流に位置する施設であり、4月中旬を放流の適期としている。また稚魚は施設の飼育池から水路を通して河川へ合流する方法で放流を行っている。（以下 通常放流）

その通常放流に対し、適期から1旬遅い4月下旬に遊楽部川河口から約6.5km上流にあるサケ捕獲場まで輸送し河川放流する群（以下 輸送放流）を設定した。比較対象として、4月下旬に通常放流する群も設定する。放流群の設定を下記①～③に纏めた。①～③の放流群には異なる耳石温度標識コードを施標し、遊楽部川河口で旬1回の引き網調査を行い、稚魚の河川降下状況を確認する。八雲事業所施設、輸送放流地点（遊楽部川サケ捕獲場）、遊楽部川河口の位置関係については図2の通り。

- ① 4/中通常放流区
- ② 4/下通常放流区
- ③ 4/下輸送放流区

【結果及び考察】

i) サケ標準給餌率の再検討に関する試験

各事業所において、表1に示す通りの種卵を確保した。各事業所にて2月から試験を実施した。

ii) 給餌開始時期の再検討に関する試験

鶴居、八雲の各事業所において、表2に示す通りの種卵を確保した。各事業所にて12月下旬～1月中旬にかけて試験を開始した。

iii) 降下日数短縮による飼育期間延長に関する試験

飼育管理については、表3の通りである。
の放流は、4/20、②③の放流は4/25を予定しており、放流後、旬1回を目安に河川調査を実施して降下状況を把握する。

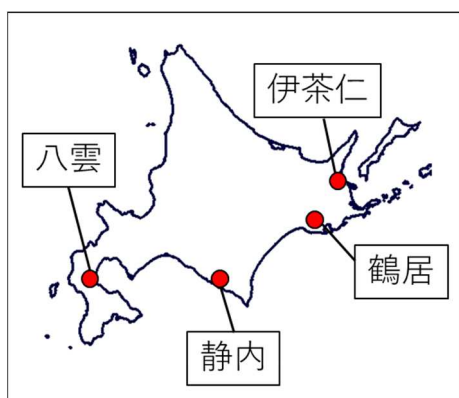


図 1. 事業所位置



図 2. 放流地点と河口の位置関係

表 1. サケ標準給餌率の再検討に関する試験実施状況

事業所	試験内容	試験開始	採卵数(千粒)	備 考
静内	標準	3 / 上	1,382	2 区分
	3.0%	3 / 下	363	
	1 割増	3 / 上	1,744	2 区分
	3.3%	3 / 下	363	
	2 割増	3 / 下	363	1 区分
	3.6%			
鶴居	標準	2 / 中	1,220	1 区分
	2.7%			
	2 割増	2 / 中	1,168	1 区分
伊茶仁	3.2%			
	標準	2 / 下	1,116	2 区分
	2.8%	3 / 下	511	
	1 割増	3 / 下	511	1 区分
	3.1%			
	2 割増	2 / 中	558	2 区分
	3.4%	4 / 上	549	

表 2. 給餌開始時期の再検討に関する試験実施状況

事業所	試験内容	試験時期	採卵数(千粒)	備 考
鶴居	早期浮上	1/3～3/下	1,104	浮上UT850℃
	通常浮上	12/28～3/下	1,103	浮上UT930℃
八雲	早期浮上	1/12～4/中	1,307	浮上UT840℃
	通常浮上	1/4～4/上	1,470	浮上UT970℃

表 3. 降下日数短縮による飼育期間延長に関する試験実施状況

事業所	試験内容	放流時期	採卵月日	採卵数(千粒)	標識コード
八雲	①通常放流	4/中	11/7	1,307	2,2n,4nH
	②通常放流	4/下	11/1	757	2,3n-2nH
	③輸送放流	4/下	11/1	756	2,3n-4nH

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

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】

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、ニジマスで効果の見られたビタミン 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

黒部川の 2022 年 11 月 15 日採卵群からの種苗を用いて試験を実施した。試験には 330 千粒の発眼卵を用い、2 等分してそれぞれを試験区および対照区とした。発眼卵には耳石 ALC 標識を施標し、試験区は A1H、対照区は A2H とした。ALC 溶液は水酸化ナトリウムを加えて pH を中性に調整の上、浸漬濃度は 200ppm とし、A1H は 24 時間閉鎖循環を 1 回、A2H は 24 時間閉鎖循環を 2 回（積算水温約 50℃の間隔を空けて）実施した。

給餌にはサケ・マス稚魚用飼料を用い、試験区は飼料にビタミン C（L-アスコルビン酸：食品添加物）1%および油脂（食用なたね油）5%を添加、対照区には油脂 5%のみを添加した。給餌期間中は 5 日毎に魚体重を測定した。

2. ビタミン C 給餌飼育試験

ビタミン C 給餌試験に用いた試験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（5t）に冷海水（5～10℃）をかけ流し、給餌放流試験同様の給餌を行った。

3. 採卵時期別飼育試験

黒部川の 2022 年 10 月 21 日および 24 日採卵群（早期群）ならびに 12 月 2 日および 6 日採卵群（後期群）から各 1,000 尾抽出し、富山水研において屋外に設置した FRP 水槽（5t）に表層海水（10～28℃）をかけ流し、通常の給餌を行った。

【結果及び考察】

1. ビタミン C 給餌放流試験

給餌は 2023 年 2 月 14 日から 3 月 5 日まで実施し、3 月 7 日に黒部川において、試験区 163 千尾および対照区 157 千尾のサケ稚魚を輸送放流した。放流から 4 年後の親魚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 給餌飼育試験

2023 年 3 月 7 日に富山水研の水槽へ収容し、給餌を開始した。これらの群は次年度、水温上昇試験に使用する予定である。

3. 採卵時期別飼育試験

早期群は2023年2月13日、後期群は3月15日に富山水研の水槽へ収容し、給餌を開始した。これらの群は、今後全ての個体がへい死するまで表層海水での飼育を継続予定である。

【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

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。本報告では、③魚油添加飼料の給餌効果について報告する。

【方法】

体重約 0.7 g に育てた北海道千歳川由来のサケ稚魚を 250 L-FRP 製水槽に 600 尾ずつ収容した。市販のサケ稚魚用配合飼料を与えた群（配合飼料群）と、配合飼料に魚油を重量比 5% で添加した飼料を与えた群（魚油 5% 群）を設定し、15 日間淡水掛け流し（水温 7～8℃）で飼育した。給餌は飽食量を与えた。15 日間の給餌飼育後（平均尾叉長 55mm、平均体重 1.4g）、の配合飼料群と魚油 5% 群それぞれについて、鰭切り標識によって個体識別し尾叉長と体重を測定したサケ稚魚 12 尾を 3 セットずつ用意した。稚魚を水温 8℃ 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と体重を測定し、尾叉長の瞬間成長率（ SGR_{FL} 、%/day）を次式で算出した。

$$SGR = [(\ln X_2 - \ln X_1)/T \times 100]$$

X_1 ：試験開始時の稚魚の尾叉長、 X_2 ：試験終了時の稚魚の尾叉長、 T ：飼育期間（14 日）

各群の SGR は二元配置分散分析を行い有意差が認められた場合、Scheffe's F test で多重比較検定を行った。

【結果及び考察】

配合飼料群の SGR_{FL} は、飽食区 > 1/2 量区 > 1/4 量区の順に高く、給餌量によって成長が制限されていると考えられた。一方、魚油 5% 群の SGR_{FL} は飽食量 > 1/2 量区 $\approx$ 1/4 量区となった。多重比較検定の結果、配合飼料群の 1/4 量区が配合飼料群と魚油添加群の飽食量区に対して、 SGR_{FL} が有意に低かった（Scheffe's F test、 $p < 0.05$ 、図 1）。これらの結果は、十分に餌を摂餌できる場合にはサケ稚魚の成長に対する魚油添加飼料給餌の効果は見られず、極端に餌が少ない環境下では成長率の低下を軽減する可能性がある。今後も検証が必要である。

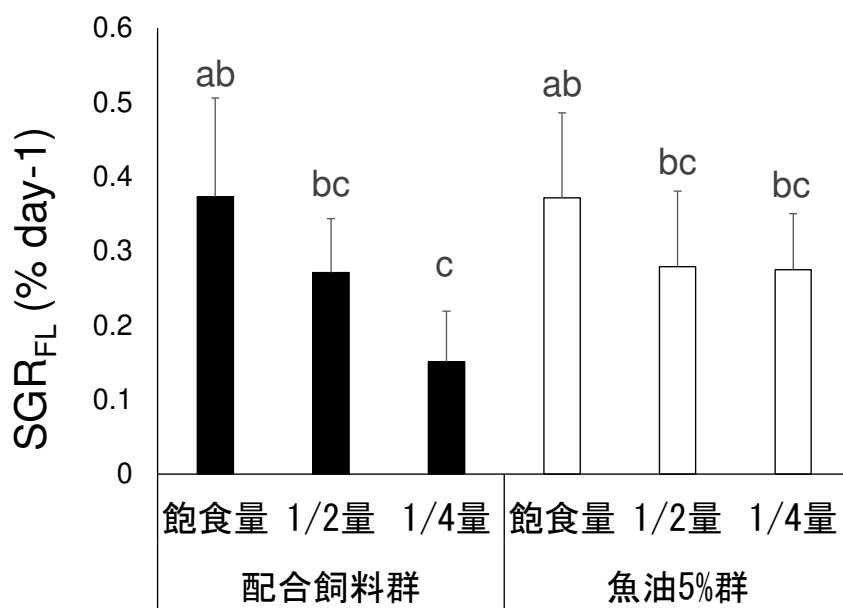


図 1. 淡水飼育時に配合飼料を与えた群（配合飼料群）と魚油 5%添加飼料を給餌した群（魚油 5%群）を、異なるアルテミア給餌率（飽食量、飽食量の 1/2 量、1/4 量）で海水飼育した場合の尾叉長の瞬間成長率（SGR_{FL}）の比較
誤差線は標準偏差を示す。バー上の同じアルファベットがある場合は統計的有意差がない（Scheffe's *F* test、 $p > 0.05$ ）。

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 羽賀正人

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： 羽賀正人

根室事業所： 中島歩、江田幸玄

十勝事業所： 一家秀嘉

千歳事業所： 徳田裕志、石原剛

尻別事業所： 濱谷司

【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、沿岸等における採捕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 4 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する。大型放流群は札内ふ化場で仔稚魚管理し、放流尾数 1,000 千尾の生産を行う。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 千尾の生産を行う。
- ii. 令和 4 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する。仔稚魚管理は古平ふ化場で行い、各放流尾数 1,500 千尾の生産を行う。

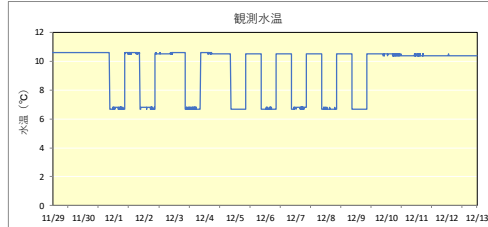
【結果及び考察】

- i. 十勝川で捕獲したサケ親魚から 10 月 11 日に 1,140 千粒、10 月 22 日に 1,140 千粒を採卵、受精し、札内ふ化場に収容した。10 月 11 日採卵群は海中飼育通常群として 2,1,5H、10 月 22 日採卵群は海中飼育大型群として 2,1-4H の耳石標識コードを札内ふ化場にて施標した（図 1）。海中飼育通常群は更別第 1 ふ化場にて仔稚魚管理を行った。4 月上旬に海中生け簀へ移送し、5 月上旬に放流予定である。また、海中飼育大型群は札内ふ化場にて仔稚魚管理を行った。4 月上旬に海中生け簀へ移送し、5 月上旬に海中飼育通常群と同日に放流予定である（図 2）。
- i. 余市川で捕獲したサケ親魚から 10 月 12 日に 1,700 千粒、10 月 27 日に 1,758 千粒を採卵、受精し、京極ふ化場に収容した。10 月 12 日採卵群は海中飼育群として 2,2,1,4H、10 月 27 日採卵群は古平ふ化場からの直接放流群として 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、海中飼育群は 3 月上旬に海中生け簀へ移送し、3 月下旬に放流した。古平ふ化場からの直接放流群も海中飼育群と同日に放流した（図 3）。

施標区分：厚内漁港海中飼育通常放流群

標識方法：原水を基点に4℃昇温・降温

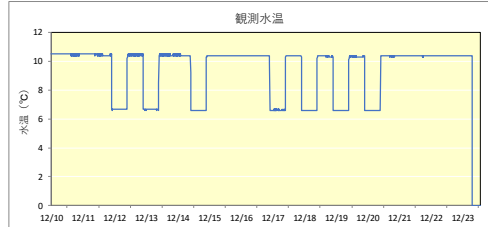
対象群	ハッチコード	原水を基点に4℃昇温・降温	15日	25日	35日	45日	55日	65日	75日	85日	95日	105日	115日	125日	135日	145日	155日
厚内ふ化場	2.1.5H		原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水



施標区分：厚内漁港海中飼育大型放流群

標識方法：原水を基点に4℃昇温・降温

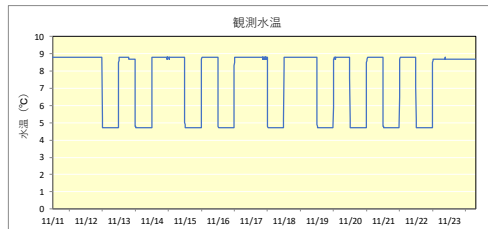
対象群	ハッチコード	原水を基点に4℃昇温・降温	15日	25日	35日	45日	55日	65日	75日	85日	95日	105日	115日	125日	135日	145日	155日
厚内ふ化場	2.1.4H		原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水



施標区分：古平漁港海中飼育群

標識方法：原水を基点に2℃上げ2度下げ

対象群	ハッチコード	原水を基点に2℃上げ2度下げ	15日	25日	35日	45日	55日	65日	75日	85日	95日	105日	115日	125日	135日	145日	155日
古平ふ化場	2.2.1.4H		原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水



施標区分：古平ふ化場直接放流群

標識方法：原水を基点に2℃上げ2度下げ

対象群	ハッチコード	原水を基点に2℃上げ2度下げ	15日	25日	35日	45日	55日	65日	75日	85日	95日	105日	115日	125日	135日	145日	155日
古平ふ化場	2.2.2H		原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水	原水

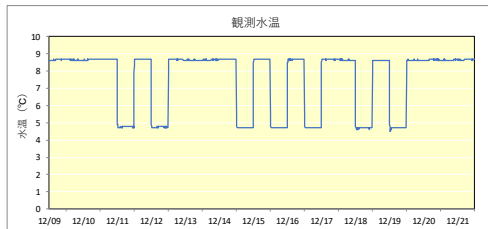


図 1. 耳石温度標識装置生産水の水温観測

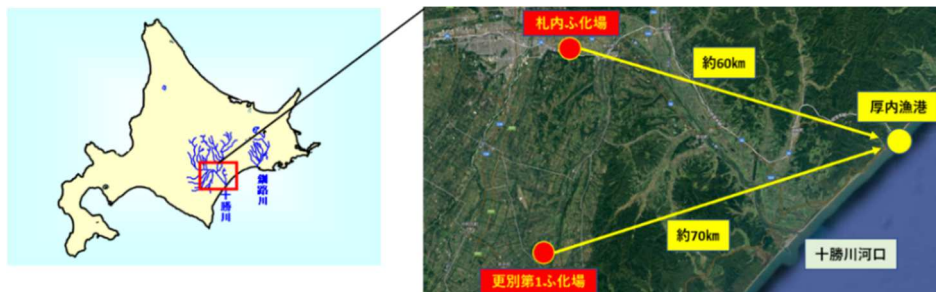


図 2. 厚内漁港海中飼育放流試験の実施場所



図 3. 古平漁港海中飼育放流試験の実施場所

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 長坂剛志

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、長坂剛志

北海道大学大学院水産科学研究院：向井 徹、長谷川浩平、閻 乃筭

北里大学：笠井宏朗、清水恵子

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：八谷三和

同 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部：佐々木系

同 水産工学部：澤田浩一、松裏知彦
鈴木健吾、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】

岩手県下閉伊郡山田町の山田湾を試験実施海域とした。海中飼育施設は、織笠大橋から 300 m の位置に設置してあるタテ 10 m × ヨコ 10 m の生簀を使用した。試験は、通常群（網目 26 節）、大目網群（網目 16 節）とし、試験別の耳石コードを施標した。令和 3 年級は各 30 万尾を投入した。大目網群の生簀網は 2 段構造とし、側面 4 面において通常網と大目網部分を連結した。稚魚投入時は通常網（3 m）とし、体重が 2 g 到達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。海中飼育は、令和 4 年 3 月 22 日から同年 5 月 17 日まで実施し、同年 4 月 25 日に大目網部分を落網した。

試験中は、10 日程度毎に 50 尾をサンプリングし、尾叉長、体重を測定した。遊泳力は、瞬発遊泳力と持続遊泳力を池出し、海中生簀収容、目合いの切替え、放流のタイミングで測定した。体成分測定用に、生簀移送直前の令和 4 年 3 月 21 日に織笠ふ化場で採集し、個体ごとに体重と尾叉長を測定後、消化管と肝臓を摘出した。摘出した肝臓と魚体はすぐに、消化管はデジタルカメラで撮影した後、ドライアイスで凍結した。生簀移送後の 3 月 30 日、4 月 13 日、27 日、5 月 11 日、17 日には、各生簀から稚魚を採集したのち、海水をかけ流した水槽に入れ一晩おき、翌日、3 月 21 日と同様の処理をした。次に、肝臓、消化管、魚体を解凍し、魚体については頭部と胴体に分け、各部位のトリグリセリド含有量を測定し、検体の重量に対する抽出されたトリグリセリドの重量の割合（%）を算出した（以下、トリグリセリド含有率とする）。また、個体ごとに撮影した消化管の画像は、画像解析ソフト imageJ を用いて消化管全体面積と脂肪組織面積を測定し、消化管における脂肪組織面積の割合を算出した。そして消化管のトリグリセリド含有率と脂肪組織面積の割合について比較を行った。

生簀内の飼育密度を調査するため、音響プロファイラー（AZFP）によって網目の切替え前後の魚群の状態から推定した。音響プロファイラーは、探知体積を広げ、音響信号の飽和を防ぐため送受波器を 45° 傾け、125、200、455、769 kHz のうち 125、200 kHz は令和元年級試験から約 16 dB 感度を下げた。密度推定には 125 kHz を用い、送受波器から 2 m から 4.56 m までの範囲について 1 分毎の体積散乱強度を求めた。音響ビーム幅と探知距離から計算した探知体積は、125 kHz の音響ビームの立体角 0.011 と距離の範囲から 0.3 m³ と小さいことに留意する必要がある。サケ稚魚の平均ターゲットストレングスは、定期的な体長計測で得られた体長を、体長と平均 TS の関係式（ $TS = 20 \log FL - 69.2$ ）に代入して求めた。令和 3 年級では、光学カメラはステレオカメラとし、令和 4 年 4 月 25 日（目合いの切替）と 4 月 30 日に撮影を行った。撮影した映像で網から抜け出る稚魚の尾叉長を推定した。

なお、令和 4 年級も同様の試験を実施した。

【結果及び考察】

令和 3 年級試験では、網目の切替え以降に大目網群の成長と遊泳力が通常群を上回った（令和 3 年度事業報告書で報告）。各部位におけるトリグリセリド含有率は、肝臓と他の部位では異なる変動を示した。肝臓のトリグリセリド含有率は海面移行直前に 1%程度を示し、4 月 27 日までほぼ 1%で推移したが、5 月 11 日には両群ともに大きく低下し、放流直前の 5 月 17 日には 0.5%まで低下した。消化管のトリグリセリド含有率は海面移行直前に約 3%示し、生簀移行後の 3 月 30 日まで大きな変動がなかったが、4 月 13 日に両群ともに 1.7%程度まで大きく低下した。その後、徐々に回復していったが、目合を切り替えた 4 月 25 日以降は大目網群の回復が早く、放流直前には大目網群は 3.2%、通常群は 2.7%を示した。胴体、頭部のトリグリセリド含有率は生簀移行後には大目網群と通常群に大きな差は見られなかったが、大目網切り替え後には消化管の変動と同調し、放流直前には通常群より大目網群のほうが高い値を示した。また、放流直前の各部位におけるトリグリセリド含有率は、両群ともに消化管が最も高く、肝臓が最も低かった（図 1）。消化管のトリグリセリド含有率と画像解析により算出した脂肪組織面積の割合については正の相関がみられた（図 2）。本試験により、海中生簀で飼育した稚魚は、生簀移行後に体のトリグリセリド含有率が低下するが、成長とともに回復することが分かった。さらに、大目網に切り替えることでトリグリセリド含有率の回復が速まることも分かった。また、大目網群の成長と遊泳力が、通常群を上回ることも分かってきたので、今後、トリグリセリド蓄積量、成長、遊泳力との関係を調査する必要がある。加えて、消化管のトリグリセリド含有率と脂肪細胞の面積に相関が見られたことや放流前に消化管と胴体、頭部のトリグリセリド含有率が同調して変動したことから、消化管における内臓脂肪量が魚体全体の脂質蓄積量の目安になる可能性が考えられる。今後、現場ですぐに結果が得られるような脂質蓄積量に関する目視判別の基準を検討する。

音響プロファイラーにより推定した飼育密度は、目合いの切替から 9 日間は徐々に低下し、その後一定になったが、15 日目以降に大きく低下し、20 日目にかけて上昇した（図 3）。目合いの切替以降は、1 日の密度変化が規則的になり、昼間に低下、夜間に上昇した（図 4）。また、夜間に浮上した個体が一定数抜け出ていくと仮定した場合、放流時には 4 割程度まで密度は低下したと推定された（表 1）。一方、光学カメラによる観察では、網目から抜け出ていく稚魚の様子が観察された（図 5）。抜け出た稚魚の推定尾叉長は実測データとほぼ一致し、撮影した 2 日間で平均尾叉長に大きな差はなく、40～80mm 台で 60 mm 台が多かった（表 2、図 6）。今回、大目網への切り替え 15 日目以降、急激な密度低下が観測された。光学カメラでの推定では 80mm 台までの稚魚の抜け出しを確認したが、成長とともに稚魚が大型化する中、急激に密度が低下する原因は不明である。今後、光学カメラによる撮影頻度を増加させ、加えて、飼育実験等で網目から抜け出せる稚魚サイズについて調べていくことが必要である。

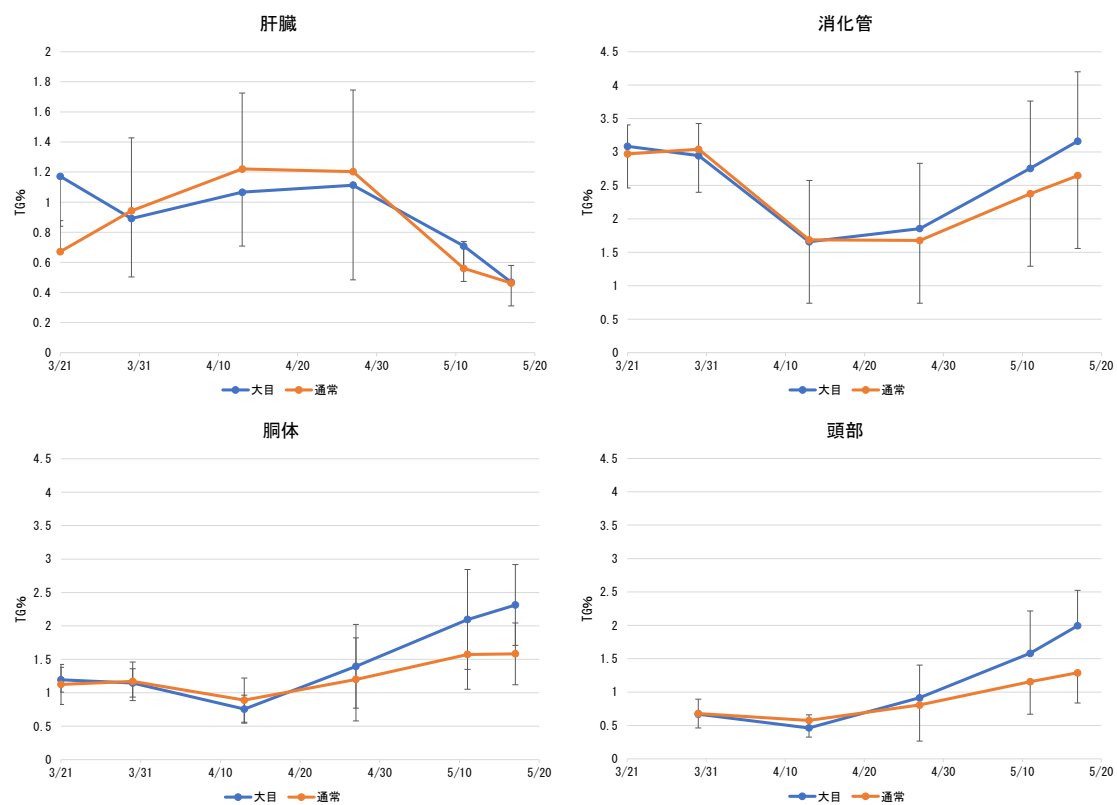


図 1. 各部位におけるトリグリセリド含有率の推移

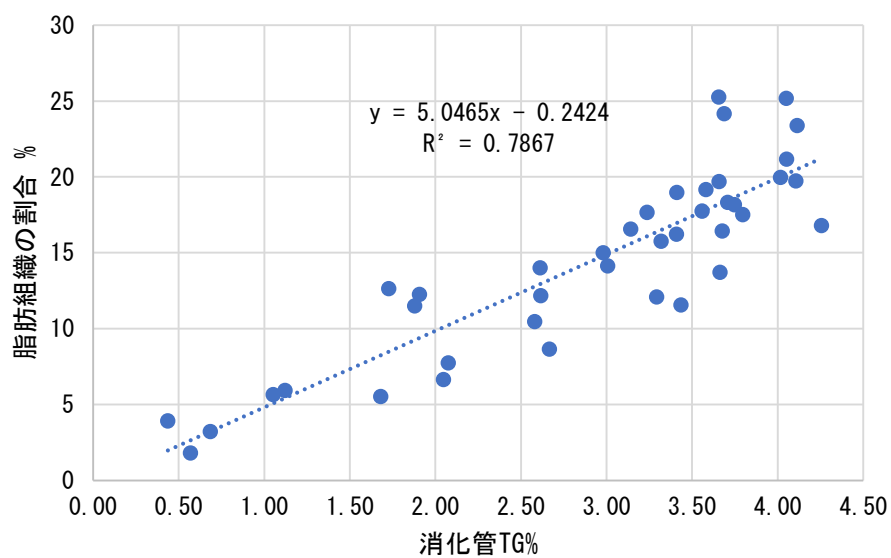


図 2. 消化管のトリグリセリド含有率と脂肪組織面積の割合の分布図

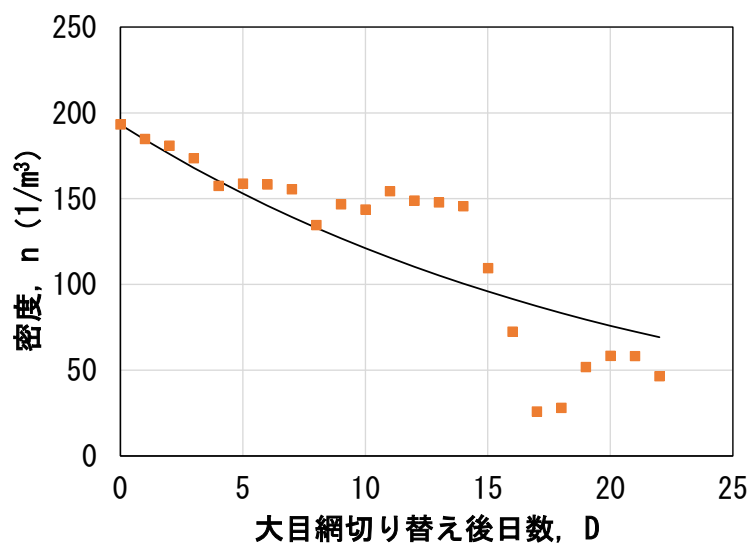


図 3. 目合い切替後の音響による推定密度変化

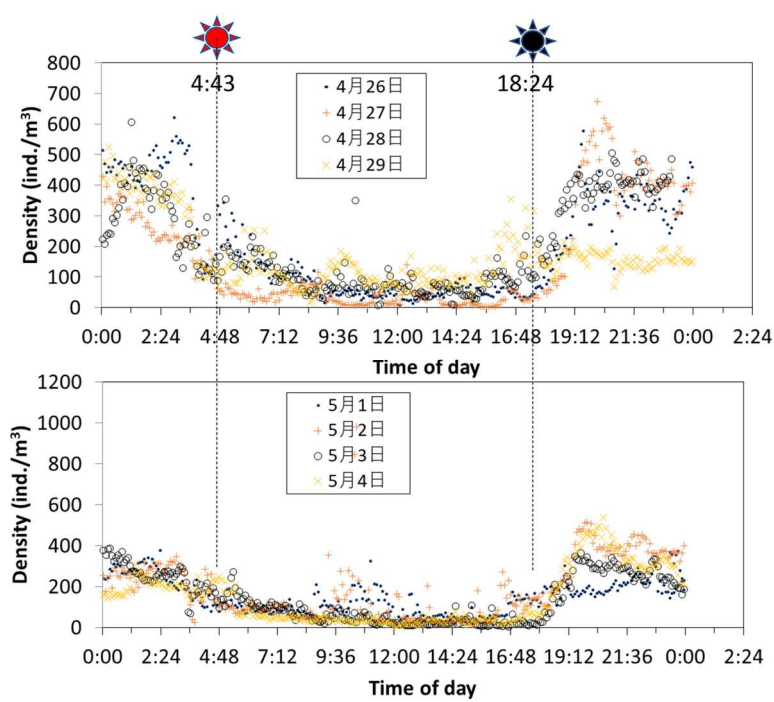


図 4. 目合い切替後の 1 日での音響による推定密度変化



図 5. 光学カメラにより観察した稚魚の網抜け

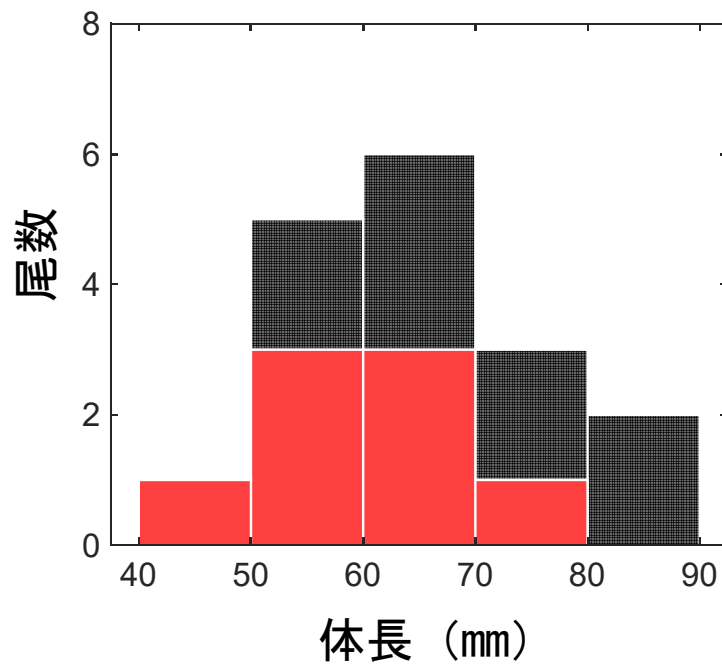


図 6. 光学カメラにより推定した稚魚の尾叉長
(赤：4月25日、灰色：4月30日)

表 1. 音響データから推定した稚魚密度の変化（※尾数は密度に比例すると仮定）

日数	密度(尾/m ³)	尾数※	平均魚体重(g)	魚体測定日
0	193.2	300,000	1.98	4月25日
5	152.7	237,063	2.83	4月30日
10	120.6	187,329	3.86	5月6日
15	95.3	148,029	4.45	5月11日
20	75.3	116,974	—	—
22	68.6	106,460	6.12	5月17日

表 2. 光学カメラにより推定した平均尾叉長と実測値

	カメラ推定値		実測値	
	平均尾叉長(mm)	標準偏差	平均尾叉長(mm)	標準偏差
4月25日	64.3	9.8	61.9	5.2
4月30日	60.6	9.8	69.0	5.5

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 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】

放流するサケ稚魚の種苗性向上を目指し、油脂添加した配合餌料を与えた群（油脂群）とその対照群を比較放流して回帰効果を検証する。

【方法】

えりも以西海区道南地区の知内川において 2021（令和 3）年に回帰した親魚から採卵、受精させた卵のうち 11 月 11 日の採卵群を対照群、11 月 13 日と 15 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。ハッチコードは対照群を 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を 2022 年 3 月 12 日、油脂群を 3 月 17 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 % 添加して飼育を行った。4 月 11 日に試験を終了し、健苗性の指標の各項目を測定した後、両群ともに 4 月 16 日に放流した（表 1）。

栄養状態は各群 30 尾を冷凍し、体長と体重を測定した後、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測定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して組織重量あたりの含量で示した。

遊泳力は大熊ら（1998）に従い、スタミナトンネルを用いて各群 10 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健苗性の指標として測定した。淡水、人工海水により作成した 33 psu と 42 psu の海水、各 20L の計 3 区に各群 30 尾を投入して 24 時間後に生残した個体数を計数し、生残した稚魚のうち 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、油脂添加による飢餓耐性への効果を調べるため、放流直前に稚魚をさけます・内水面水産試験場（恵庭市）に輸送し、魚体測定をした後に各群 60L 水槽に入れ、給餌をせずに淡水のかけ流しで飼育を行い、斃死魚を毎日計数した。

2022 年においても知内川に回帰した親魚から採卵し、対照群と油脂群を設定して発眼卵期に耳石温度標識を施し、油脂添加餌料による健苗性の向上について調査を行う。

【結果及び考察】

栄養状態の指標は肝臓中の平均グリコーゲン含量は油脂群で 1.70 %、対照群で 1.01 %、筋肉中の平均トリグリセリド含量はそれぞれ 1.56 % と 1.31 % で、油脂群のグリコーゲン含量、トリグリセリド含量がともに有意に高い値を示した（t 検定、 $p < 0.05$ ）（図 1）。

遊泳力は、瞬発遊泳速度の尾又長比で示した。平均値と標準偏差は油脂群が 10.0 ± 1.7 FL/s、対照群が 10.4 ± 1.7 FL/s となり、有意な差はみられなかった（図 2）。

血液性状の測定のために稚魚を海水に投入したが、24 時間後までに斃死はみられなかった。生残した稚魚の平均血中グルコース量は、油脂群で淡水区 85.2 mg/dL、33 psu 区

81.0 mg/dL、42 psu 区 78.0 mg/dL、対照群では順に 82.5 mg/dL、89.2 mg/dL、96.9 mg/dL を示し、有意な差はみられなかった（図 3）。

飢餓耐性の試験では、油脂群は試験開始 34 日目までに、対照群は 30 日目までに半数が斃死した（図 4）。

原虫の防除効果があるハーブオイルを含んだサーモンリキッド MM（長岡実業株式会社）を添加していた 2020 年級までと同様に、フィードオイルを添加した 2021 年級においても油脂群で筋肉中のトリグリセリド含量が向上していた。栄養状態の向上のためにはフィードオイルも効果があると考えられた。各ふ化場において重視する効果を考慮して使用する油脂を検討する必要があると考えられる。

2022（令和 4）年 11 月 11 日と 11 月 14 日の知内川採卵群を、それぞれ対照群と油脂群として耳石温度標識を施した（表 1）。2023 年春に油脂添加餌料の給餌試験を開始した。放流前に健苗性について調査を行う。

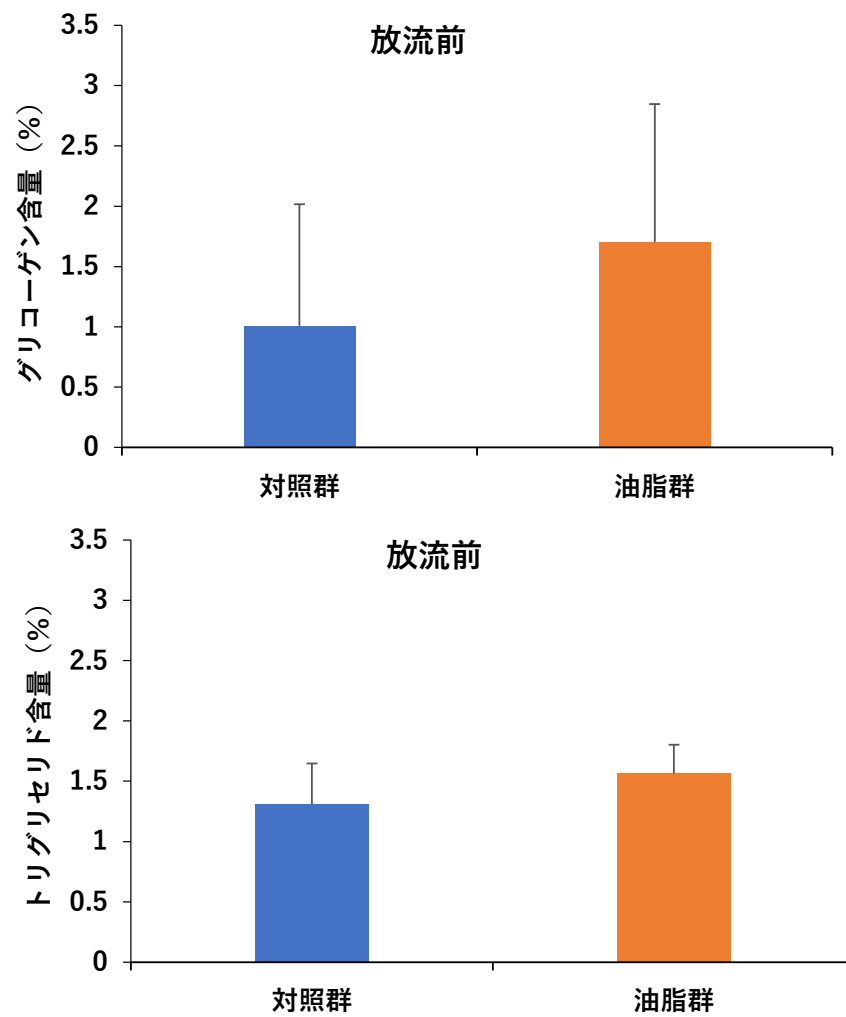


図 1. 2021 年級の放流前の稚魚の栄養状態
エラーバーは標準偏差を示す。
(上段 ; グリコーゲン含量、下段 ; トリグリセリド含量)

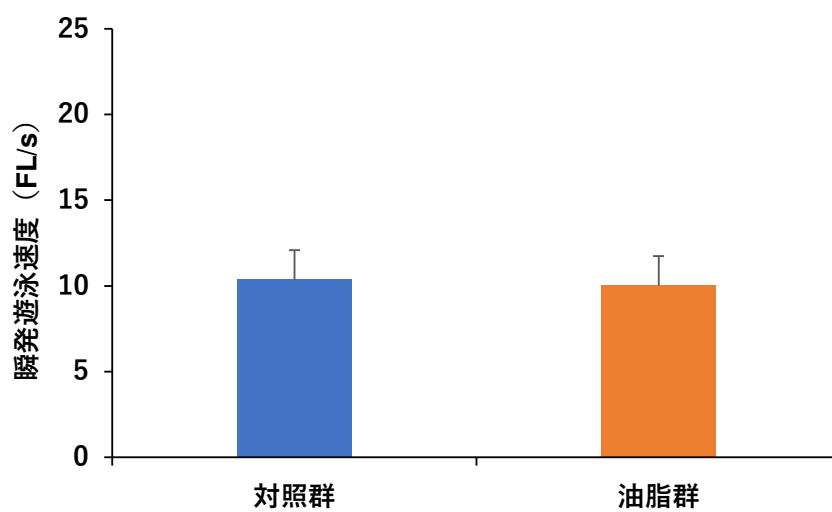


図 2. 尾叉長当たりの瞬発遊泳速度
エラーバーは標準偏差を示す。

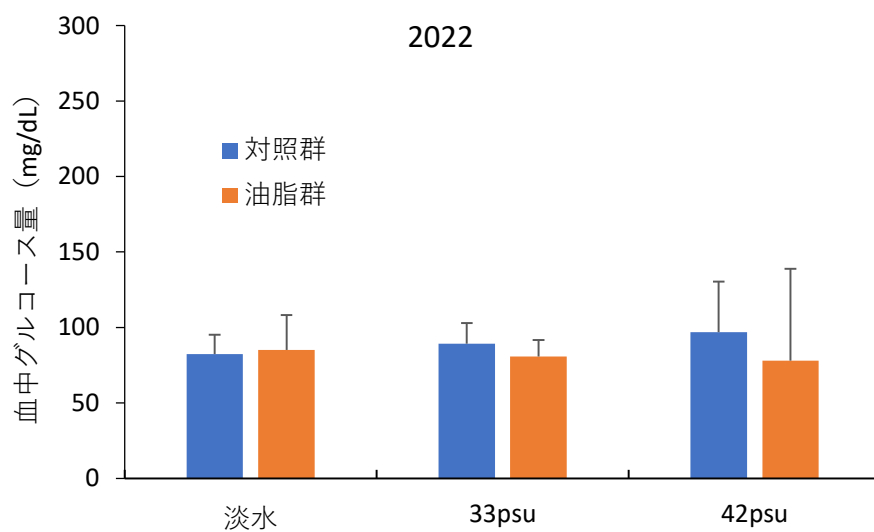


図 3. 高塩分試験生残魚の血中グルコース量
エラーバーは標準偏差を示す。

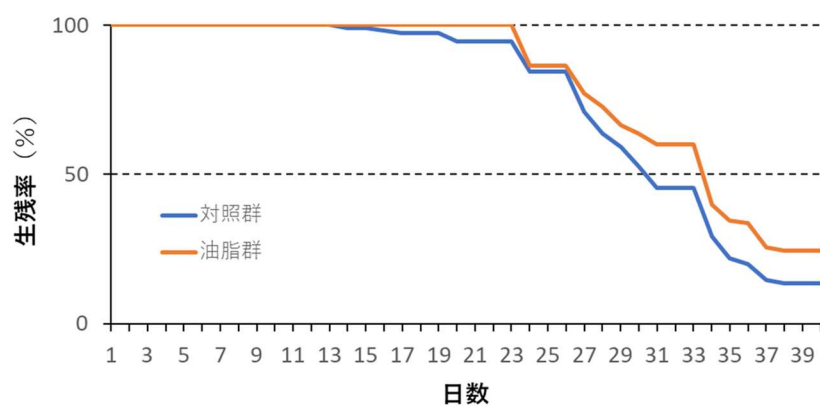


図 4. 絶食試験における稚魚の生残率

表 1 知内ふ化場における標識放流群の飼育概況
(上段；2021 年級群、下段；2022 年級群)

2021年級

試験群	採卵月日	飼育開始	試験終了	添加開始	添加期間 (日)	サイズ (FL・BW)	尾数 (千尾)	耳石標識
対照群	11月11日	3月12日	4月11日	—	—	5.5cm 1.26g	1,456	2,3-2H
油脂群	11月13・15・19日	3月17日	4月11日	3月17日	25	5.4cm 1.14g	1,518	2-2,3H

2022年級

試験群	採卵月日	飼育開始	試験終了	添加開始	添加期間 (日)	サイズ (FL・BW)	発眼卵数 (千粒)	耳石標識
対照群	11月11日	3月中旬	4月中旬				1,481	2,3-2H
油脂群	11月14日	3月中旬	4月中旬				1,434	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、伊藤雅浩
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、堀章、大野正喜

【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、採捕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 2022（令和 4）年に回帰した親魚から採卵、受精させた
卵に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 以上で西別川に放流する。

【結果及び考察】

2022 年 10 月 14 日採卵の 1,200 千粒を 4 月上旬放流群、11 月 2 日採卵の 1,220 千粒を
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。ハ
ッチコードは 4 月上旬放流群を 2,3,5H、4 月下旬放流群を 2,9H とした。施標時の水温を
図 1 に示した。引き続き本別ふ化場において管理し、放流を行う。

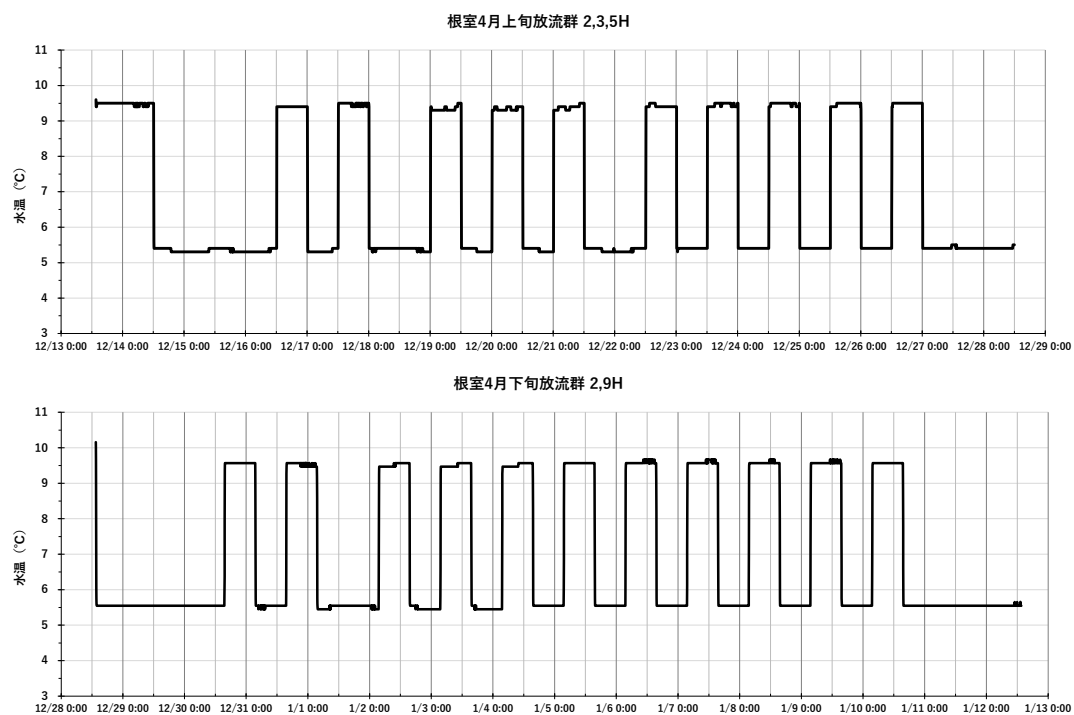


図 1. 2022（令和 4）年級 耳石温度標識施標時の水温
（上段；4 月上旬放流 2,3,5H 下段；4 月下旬放流 2,9H）

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 羽賀正人

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

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：羽賀正人

根室事業所：中島歩、江田幸玄

鶴居事業所：渡邊勝亮

【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、採捕調査により追跡する。

【方法】

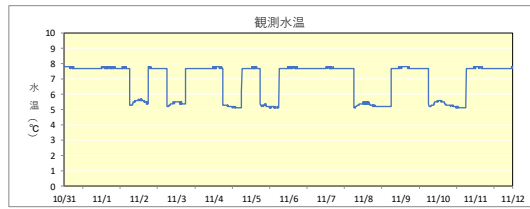
令和4年級について、芦別ふ化場において同サイズで放流時期の違いによる回帰効果の検証を行うため、同ふ化場にて4月上旬放流群として530千粒、4月下旬放流群として530千粒の発眼卵に耳石温度標識を施標する。仔稚魚管理は芦別ふ化場で行い、各放流尾数500千尾の生産を行う。

【結果及び考察】

4月上旬放流群として、釧路川本流の美留和および支流の芦別、オソツベツで捕獲したサケ親魚から9月12日に408千粒、9月16日に192千粒の計600千粒を採卵、受精し、芦別ふ化場に収容した後、2n,2n-2Hの耳石標識コードを施した（図1）。また、4月下旬放流群として芦別および幌戸で捕獲したサケ親魚から9月30日に600千粒を採卵、受精し、芦別ふ化場に収容した後、2n-2n,2Hの耳石標識コードを施した。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で放流する（図2）。

標識方法：原水を基準に2.5～2.6℃降溫

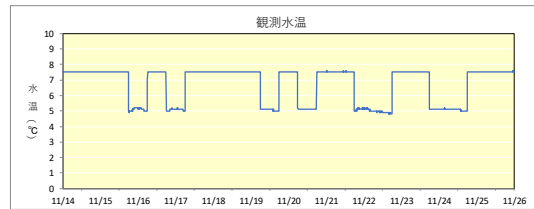
対象群	ハッチ コード	25℃基準に 降溫日数	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12
芦別 上水場	2n,2n,2H													



施標区分：同サイズ4月上旬放流群

標識方法：原水を基準に2.5～2.6℃降溫

対象群	ハッチ コード	25℃基準に 降溫日数	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12
芦別 上水場	2n,2n,2H													



施標区分：同サイズ4月下旬放流群

図 1. 耳石温度標識装置生産水の水温観測

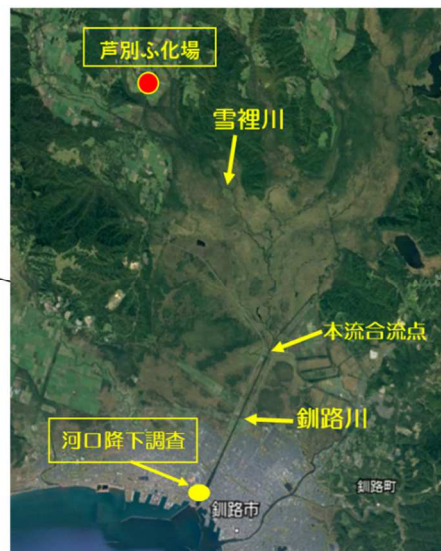


図 2. 同サイズ・放流時期別試験の実施場所