

Ⅱ. 給餌方法の違いがサケ稚魚におよぼす影響に関する試験

【目的】

所によって様々な方法で行われている給餌方法の違いがサケ稚魚におよぼす影響について比較試験を行い、行動面からの健苗性評価指標を検討する。

【方法】

給餌方法の異なる 2 群でサケ稚魚を飼育し、放流サイズに成長した稚魚を一定期間水槽に収容して遊泳行動をビデオ撮影する。その際、鳥のカイトなどを用いて逃避行動をひき起こした場合の遊泳行動についても検討する。撮影した映像から、遊泳速度や成群性を簡便に判定するための映像資料の作成を試みる。同時に体成分の検査による健苗性指標との比較を行う。

【結果及び考察】

① 令和 2 年級サケ稚魚の飼育状況

本試験に供試したサケ稚魚は、水産資源研究所さけます部門静内事業所において事業規模で行った給餌面積の異なる給餌方法の試験により生産した個体の一部である。採卵は全面給餌群が 11 月 9 日、下流給餌群が 11 月 13 日であった。採卵後は通常の卵・仔魚管理を行い、3 月上旬に浮上、給餌飼育はそれぞれ 3 月 18 日および 24 日から開始した。使用した飼育池は屋外施設の A-5、A-4 飼育池でそれぞれ 65 万尾、77 万尾を収容した。給餌開始から 2 日間は餌付けのため、北水研稚魚飼料 A 号を通常撒布方法で給餌し、3 日に A 号と B 号を併用、4 日目以降は B 号に切り替えるとともに給餌方法を池の下流側に半面に集中して給餌する方法（下流半面給餌区）と、数回に分けて池全体にばらまく方法（全面給餌区）の 2 群に分けて飼育試験を開始した。飼育期間の水温は 9.0-9.4℃であった。両群の平均個体重量（水切り重量および 60 尾測定値平均重量）の推移を図 2-1 に示す。

実験に使用した試験群では、全面給餌区の飼料効率が 102.1%、下流半面給餌区が 125.6% であり、下流半面給餌区の方で飼料効率が高い結果となった。

② 健苗性指標値

健苗性指標比較のための基礎資料として、行動観察試験に供試した令和 2 年級の静内事業所生産群のサケ稚魚の体成分分析等を行った。図 2-2 に体成分等の分析結果を示す。静内事業所生産群のサケ稚魚の体成分と、過去 2 回の行動観察試験に供試した千歳事業所および鶴居事業所生産群のサケ稚魚の体成分と比較した場合、令和 2 年級の静内事業所生産群のサケ稚魚では、肝臓グリコーゲンの含有量がやや少なかったものの、その他の指標値は高い結果であった。

③ 行動観察試験

異なる給餌方法で飼育した稚魚を、川に見立てた水槽に収容し、行動のビデオ映像を撮影した。なお、逃避行動の刺激となる鳥のカイトが、2 群の試験区の稚魚に同時に見えるようにするため、図 2-3 に示すように水槽を二つ並べた上を鳥のカイトが通過する様にセッティングした。撮影したビデオ映像を、流体解析ソフト FtrPIV (3.1.37.13) を用いて解析することにより、稚魚群の遊泳速度を算定した。撮影したビデオ映像において水面への光の映り込みが少ない領域を選定して解析領域とし、逃避行動などがみられる映像を 2 秒間切り出して解析を行った。画像の時間間隔は 1/30 秒で、同一のカットから、給餌方法の異なる稚魚の映像領域をそれぞれ抽出して解析した。図 2-4 に解析に用いた反転画像の例を示す。なお、稚魚の動きはセルの画素パターンの移動に基づいて算出されるためセル毎の値として算出される。この場合、稚魚が写っていないセルでは遊泳速度が 0 となるため、遊泳速度が 0 となったセルを除いて解析を行った。各セルで算出された稚魚の遊泳速度について、通常遊泳時の頻度分布を給餌条件別に図 2-5 に、鳥のカイトで脅した場合の頻度分布を給餌条件別に図 2-6 に示す。安静状態では、稚魚の遊泳速度は毎秒 40~50 mm 程度で毎秒 100 mm を超

えることはほとんどなかった。一方、鳥のカイトで脅した場合は、毎秒 100 mm 以上の遊泳速度が記録されたセルが増加しており、稚魚が逃避行動を取ったことがわかる。しかし、給餌方法の異なる 2 群間で、逃避行動時の遊泳速度の頻度分布に大きな違いは見られなかった。

また、稚魚の群に着目した場合、給餌方法の異なる 2 群間で魚群の形成状況に違いがあるように見受けられたため、魚群の大きさについての検討を行った。魚群の大きさは、9 個の頂点を持つ多角形で囲んだ面積として、8 分間のビデオ画像を 1 秒間隔で測定した。通常遊泳時の魚群サイズの測定結果を図 2-7、鳥のカイトで脅した場合の魚群サイズの測定結果を図 2-8 に示す。魚群サイズは、水槽を往復する行動に伴い周期的に変動していた。魚群の大きさは、通常遊泳時の方がやや大きく広がっており、また下流半面給餌区の方がやや大きくなる傾向が見られた。鳥のカイトによって脅した場合は、一時的に魚群の大きさが縮小するものの、5 分程度で元の魚群の大きさに戻る様子が観察された。脅す前の魚群の大きさに戻る早さは全面給餌群と下流給餌群の間で大きな違いは見られなかった（図 2-8）。

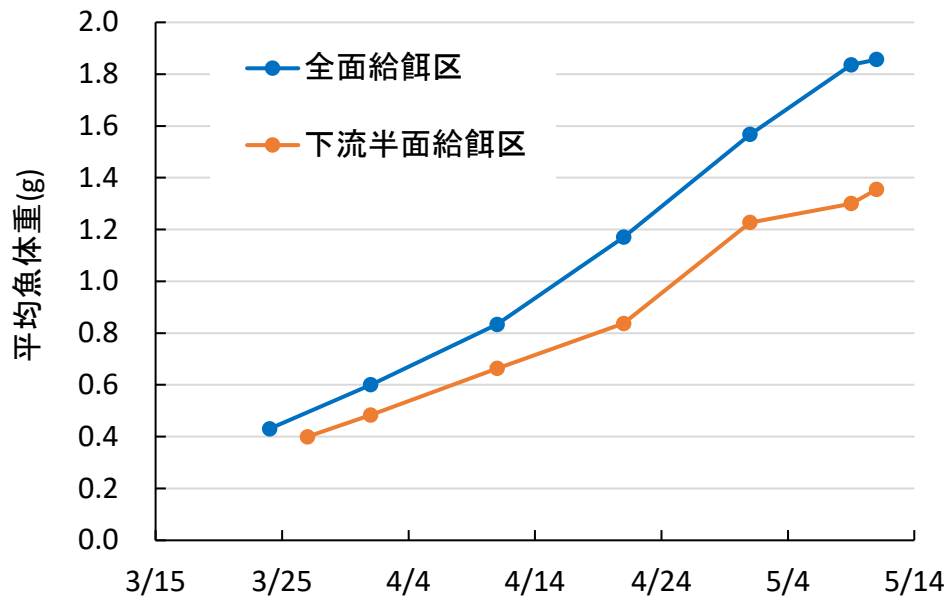


図 2-1. 平均魚体重の推移

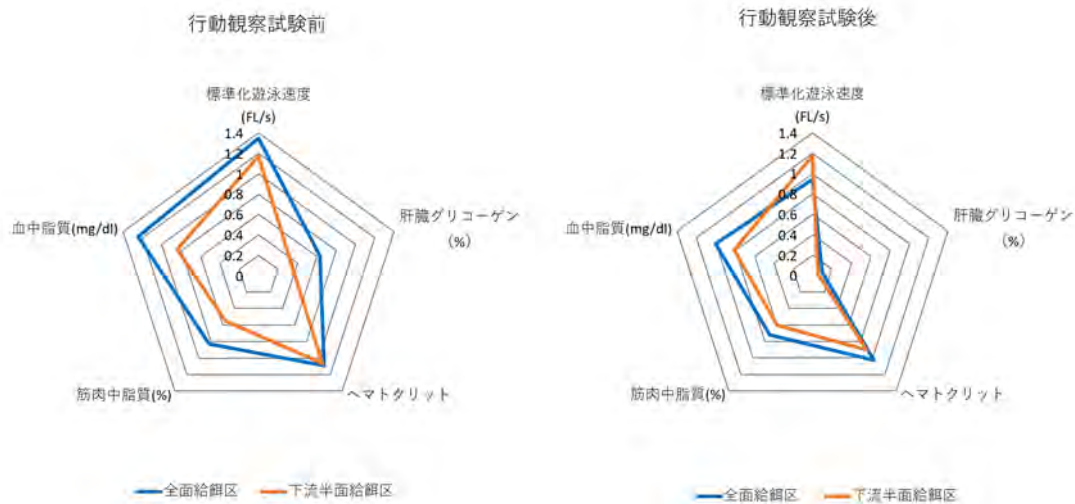
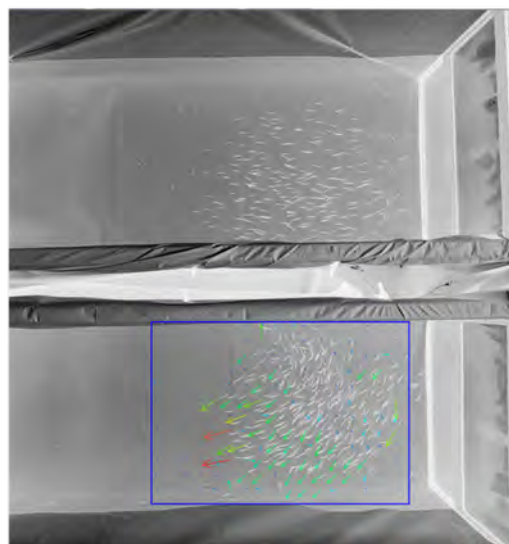
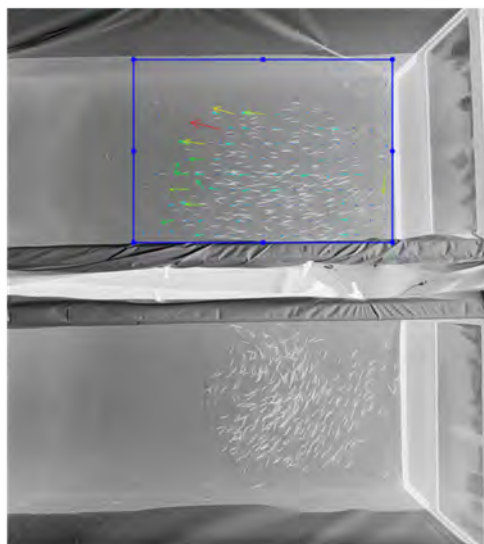


図 2-2. 行動観察試験に供試した静内事業所生産群のサケ稚魚の体成分等指標値 (行動観察試験前後の値を示した)



図 2-3. 行動観察試験時の水槽配置

全面給餌区



下流半面給餌区

図 2-4. 遊泳速度の解析例（青枠で囲んだ範囲が解析領域）

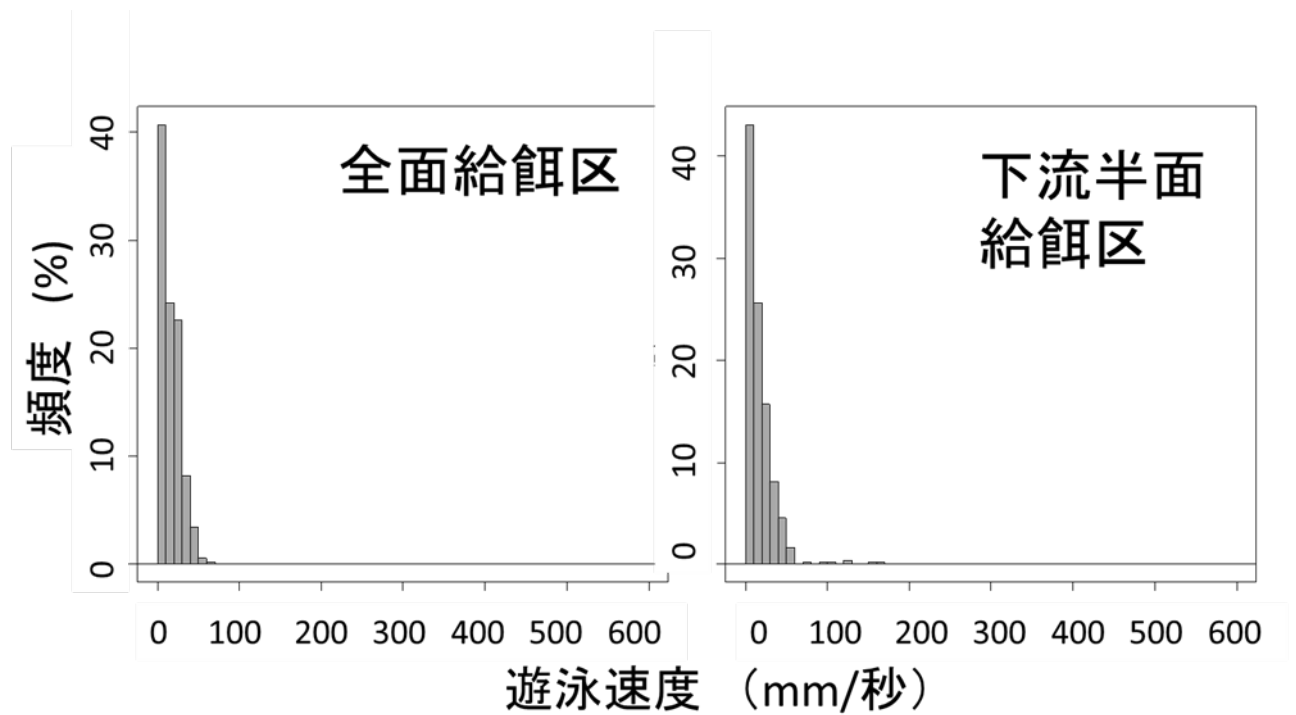


図 2-5. 通常遊泳時の遊泳速度の頻度分布

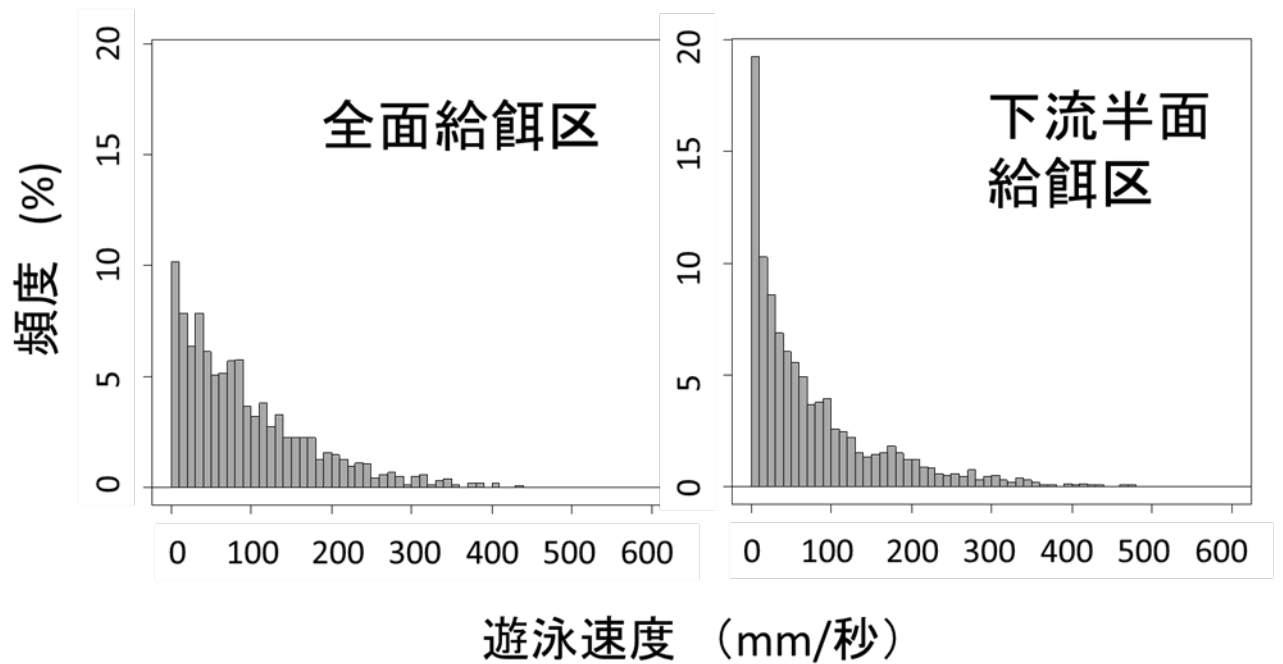


図 2-6. 鳥のカイトで脅した場合の遊泳速度の頻度分布

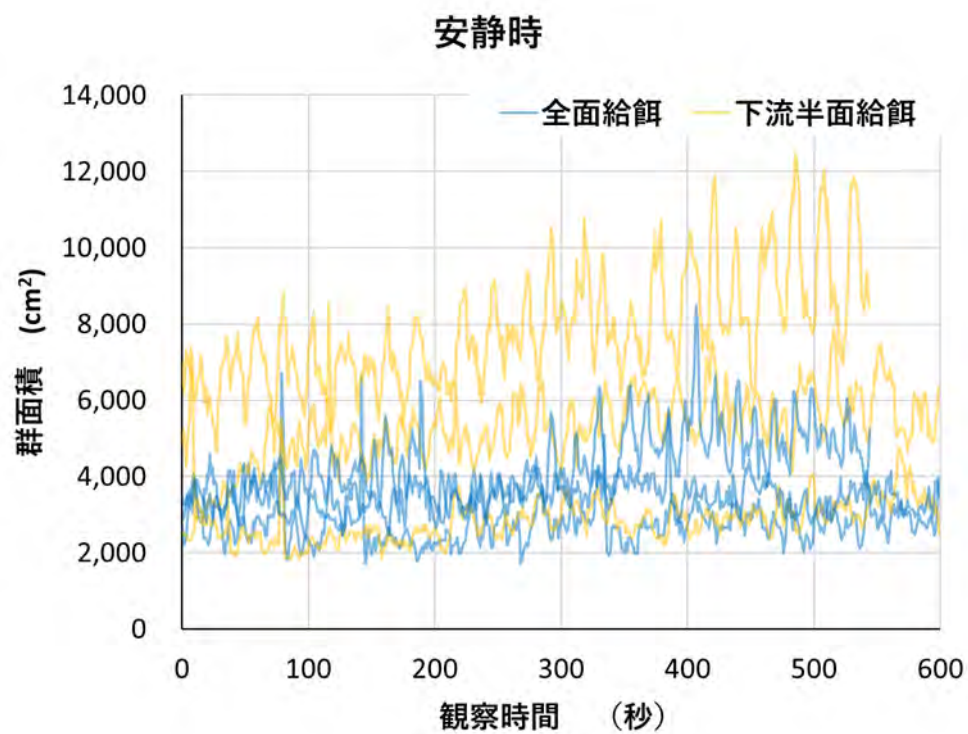


図 2-7. 通常遊泳時の魚群サイズの変化

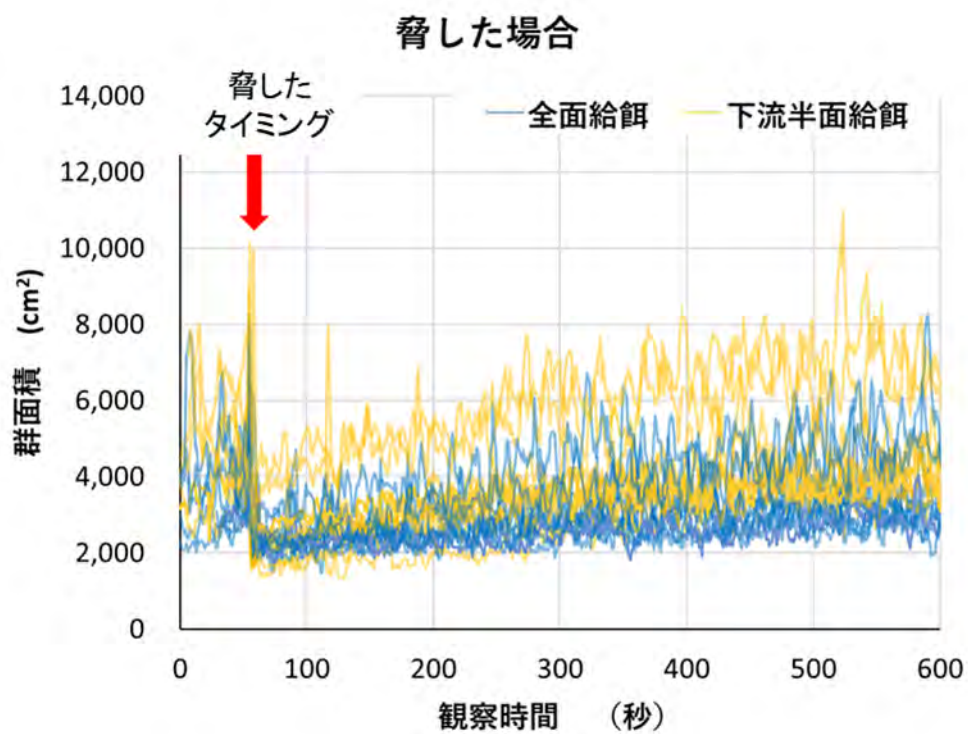


図 2-8. 鳥のカイトで脅した場合の魚群サイズの変化

③ 健苗育成技術開発試験 2

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

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、長坂剛志

【目的】

遊泳力が高い稚魚は生残率も高いという仮説に基づいて、稚魚の遊泳力を強化するための飼育方法を開発するため、遊泳力測定方法および稚魚の生理学的応答を考慮したトレーニング法と健苗性の評価手法を検討することを目的とする。

【方法】

令和 2 年級では、岩手県水産技術センターの大規模実証試験施設（釜石市唐丹町）で耳石温度標識を施標した稚魚による飼育放流試験を実施した。試験は 8 万尾を 2 群用意し、一方は通常の飼育（以下、対照区、流速は 0.5 cm/s）、もう一方は(有)タカツ産業社製循環式流速変動装置を用いて飼育水を循環し、池出しから放流まで流速を強化（以下、強化区）して飼育した。強化区は、午前 6 時から午後 6 時まで流速 2.0 cm/s の強化工程、午後 6 時から翌午前 6 時まで 0.5 cm/s の安息工程とした。試験中は、1 週間ごとに尾叉長、体重、血糖値を測定した。また、池出し直後、体重 1 g 時点及び放流直前の計 3 回(有)タカツ産業社製遊泳力測定装置により遊泳力を測定した。遊泳力は、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、尾叉長が 8 cm 程度のサケについて、持続遊泳力測定で 50 cm/s を境界に 50 cm/s 以上（以下、G1）、50 cm/s 未満 30 cm/s 以上（以下、G2）、30 cm/s 未満（以下、G3）の 3 グループに選別し、1 週間程度グループ別に給餌飼育を行った。その後、サケに対する運動強度の影響を調査するため、G1 と G2 について、持続遊泳力と同じ測定方法で流速値が 20、30、40 cm/s の段階でサンプリングし、血中乳酸値を測定した。さらに、絶食がサケの遊泳力に与える影響を調査するため、G1 と G3 について、2 日間と 5 日間絶食させ、再び持続遊泳力を測定した。

エネルギー代謝に関する生理学的指標の探索のため、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ミニチュア水槽による稚魚の運動実験を行い、運動前後の血糖値、血中乳酸値、筋肉におけるトリグリセリド含量、グリコーゲン含量を測定した。また、エネルギー代謝関連遺伝子として、AMPK（細胞のエネルギー状態の恒常性）、HK（解糖系）、FABP3（脂肪酸取り込み）、PPAR- β （脂肪酸の β 酸化）の発現レベルを分析した（表 1）。尾叉長が 7 cm 程度のサケを 2 日間無給餌飼育した後、流速可変式の水槽に 30 尾収容し、30 分間の安静後に 10 尾を運動前のサンプルとした。残りの 20 尾について流速を 2 cm/s から 7 cm/s まで 2 分毎に 1 cm/s ずつ上昇させ、流速 8 cm/s（1.1 尾叉長/秒）に達した時点から 60 分間遊泳させ、10 尾を運動後のサンプルとした。

令和 3 年級では、親魚不足のため強化区 1 万 4 千尾のみの試験設定となった。強化区は月曜日から土曜日の午前 8 時から午後 4 時までを強化工程とし、池出し 10 日目から流速を強化した。流速強化は、排水の循環利用をやめ、通常稼働井戸からの注水 200L/分に加えて、未使用井戸から外部ポンプ 2 基の注水（1 基あたり 200L/分）により行った。飼育池の流速は池底から 10cm、10 秒間の平均値を(株)kenek 社製 VP-1500 で測定した。試験期間中は、瞬発及び持続遊泳力を(有)タカツ産業社製の遊泳力測定装置によりおよそ 1 週間ごと（6 週目を除く）に放流直前まで測定した。

【結果及び考察】

令和 2 年級の放流は、強化区が平均体重 2.91 g、対照区が平均体重 2.83 g で令和 3 年 5 月

10 日に行った。なお、試験中の成長は両試験区で同程度の推移であった。瞬発遊泳力は、両試験区同程度であり、持続遊泳力は強化区が上回る傾向があった（図 1）。血糖値は、斃死数が増加する前に変動が見られた（図 2）。今後、稚魚の健康状態と血糖値の変動との関係を明らかにする必要がある。

選別した G1 と G2 について異なる運動強度での血中乳酸値の調査を行った結果、流速 20、30 cm/s では両グループの値は同程度であったが、流速が 40 cm/s 時点では、G1 には大きな変化は見られなかったのに対し、G2 では上昇する傾向が見られた（図 3）。本実験において G2 のサケの血中乳酸値が 40 cm/s で高めに移行したことから、サケでもヒトなど哺乳類と同様に運動強度が高くなると血中乳酸値が上昇することが分かった。また、G1 では 40 cm/s でも血中乳酸値が上昇しなかったことから、40 cm/s の運動強度は、持続遊泳力が低かった G2 のサケにとって負荷の程度が大きかったことが考えられた。

G1 と G3 について 2 日または 5 日間絶食させ、再び持続遊泳力を測定した結果、G1 では 2 日間または 5 日間絶食させた後も 50 cm/s 以上の遊泳力を維持した個体が確認され、その割合はそれぞれ 40%（15 尾中 6 尾）、23%（13 尾中 3 尾）であった。一方、G3 では絶食させた後に 50 cm/s 以上の遊泳力を示した個体は 0 尾だった（表 2）。

尾叉長 7 cm 程度のサケを流速 8 cm/s（1.1 尾叉長／秒）で 60 分間遊泳させ、運動前後の各指標の変化について調査した結果、血糖値と血中乳酸値については運動前後で大きな変化は見られず、サケにとって過剰な運動負荷ではないことが分かった。また、筋肉中のトリグリセリド含量は運動後に上昇した（図 4）。加えて、筋肉におけるエネルギー代謝に関連する遺伝子についても、運動後に発現レベルが上昇した（図 5）。

令和 3 年級試験において、流速は注水部 0.5 cm/s、中央部 6 cm/s、排水部 4.8 cm/s で、換水率の理論値は 3.6 回/時であった。成長は、飼育日数の経過に伴って尾叉長の上昇が見られたが、強化開始から 3 週目及び 5 週目において肥満度の低下がみられた（図 6）。瞬発遊泳力は、強化開始 3 週目以降に緩やかに上昇した（図 7）。持続遊泳力は、強化開始から 5 週目で一旦低下したものの、7 週目に再び上昇した（図 7）。持続遊泳力と肥満度の推移を比較すると、持続遊泳力と肥満度は強化開始から 5 週目に低下し、同調する傾向が見られた。

本開発試験により、(有)タカツ産業社製遊泳力測定装置を用いてサケ稚魚の瞬発遊泳力（瞬発力）および持続遊泳力（持久力）を測定する方法を確立した。(有)タカツ産業社製循環式流速変動装置を用いて飼育流速を速めることで、サケ稚魚の持続遊泳力が向上する傾向がみられ、持続遊泳力が高いグループのサケは、数日間絶食しても遊泳力を維持できる個体がいることが分かった。運動によるサケ稚魚の生理学的応答としては、運動強度により血中乳酸値が変化すること、血中乳酸値が大きく上昇しない程度の流速で 1 時間程度遊泳した場合、筋肉中のトリグリセリド含量が上昇し、エネルギー代謝関連遺伝子の発現レベルが上昇することが分かった。今後は、サケ稚魚の成長段階に合わせた飼育流速と強化時間の最適条件、給餌方法等を探索し、ふ化場で実施可能なトレーニングプログラムを構築する必要がある。

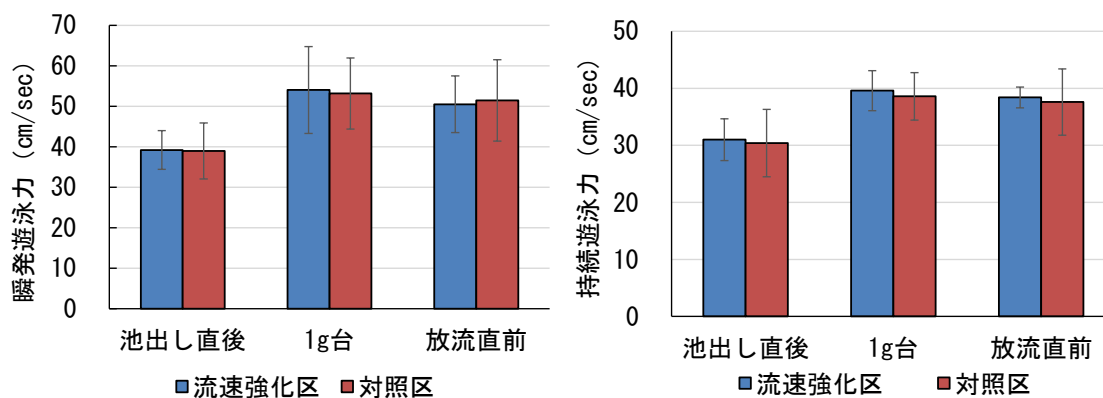


図 1. 強化区と対照区における瞬発・持続遊泳力の推移

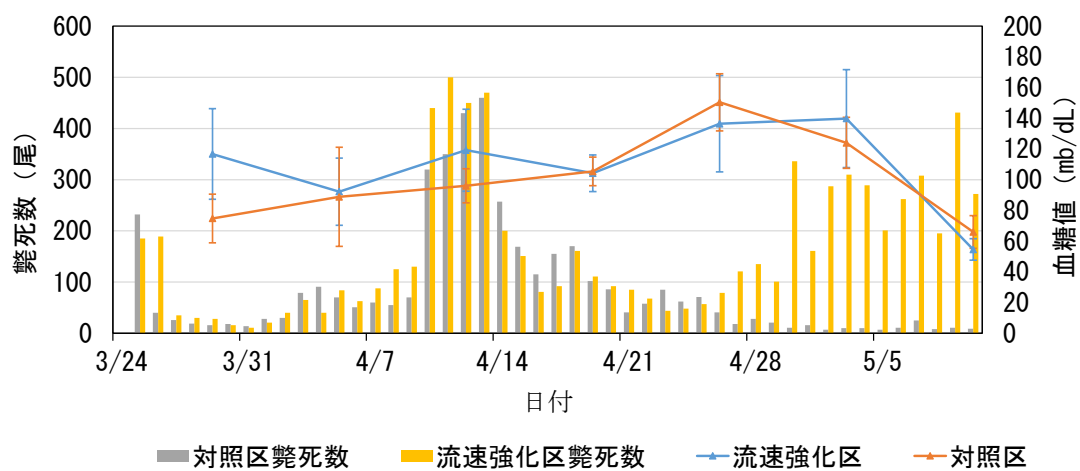


図 2. 流速強化区と対照区における血糖値と斃死数の推移

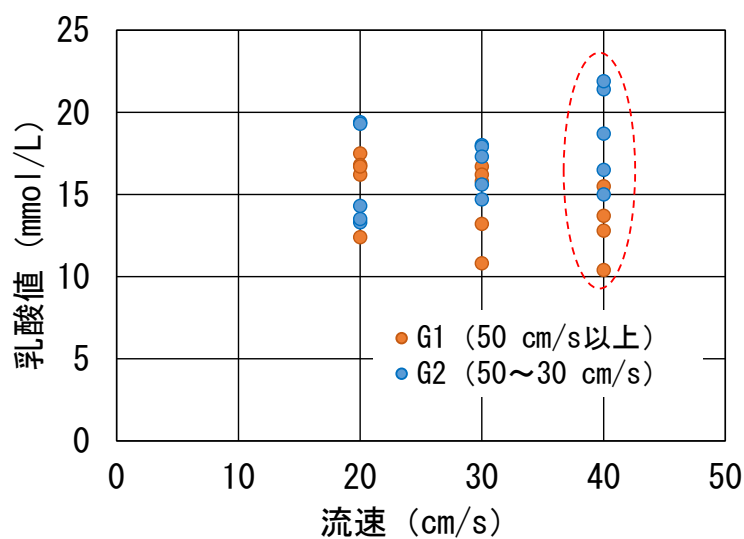


図 3. G1 及び G2 における流速 20、30、40 cm/s での血中乳酸値

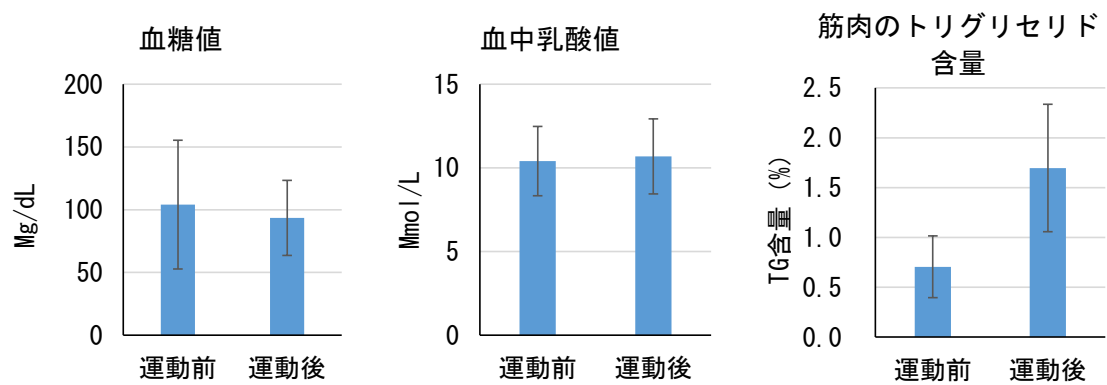


図 4. 運動前後の血糖値、血中乳酸値、筋肉トリグリセリド含量

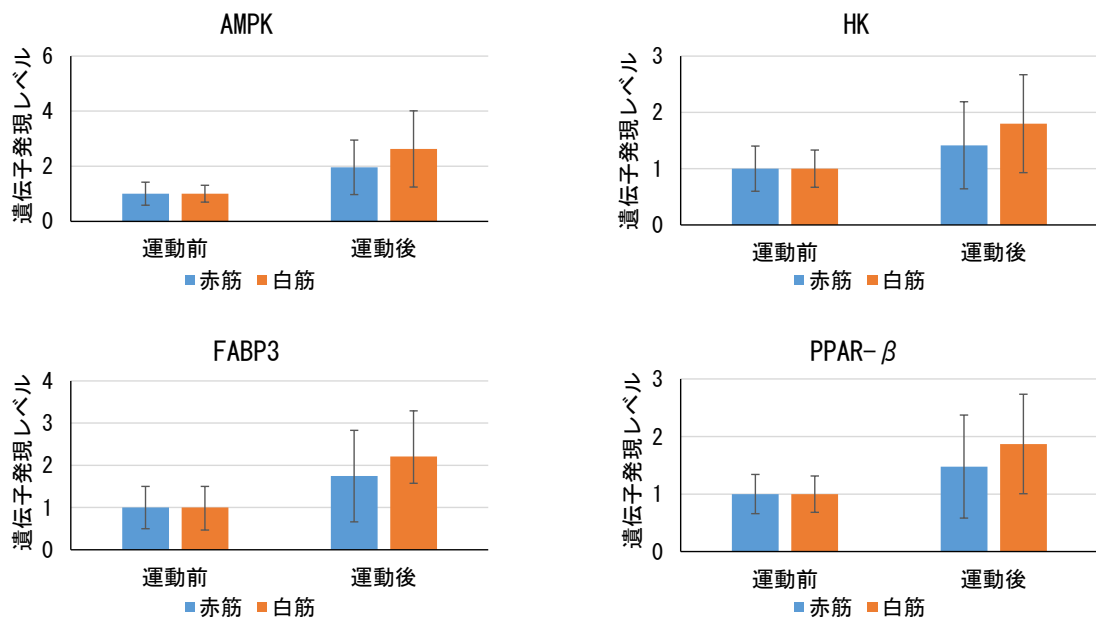


図 5. 筋肉におけるエネルギー代謝関連遺伝子の発現

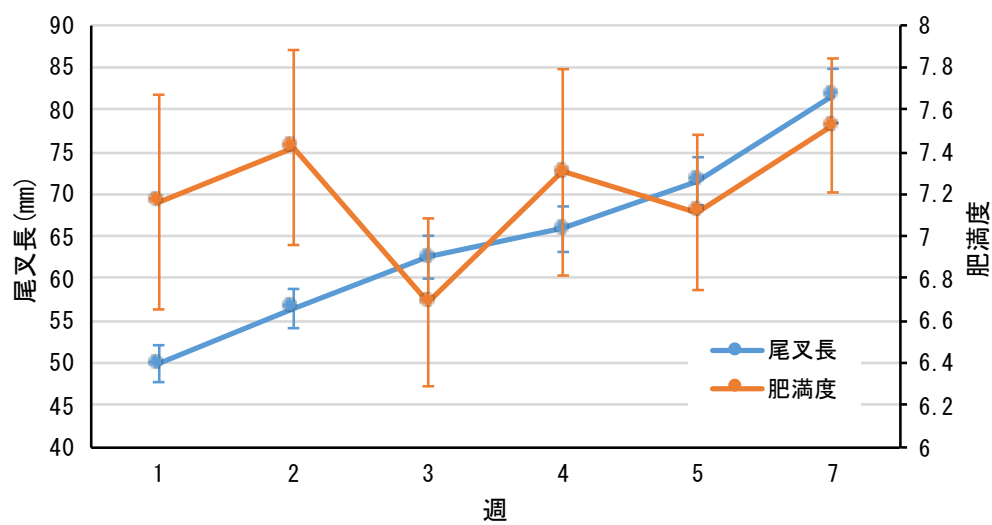


図 6. 令和 3 年級における強化区の尾叉長及び肥満度の推移

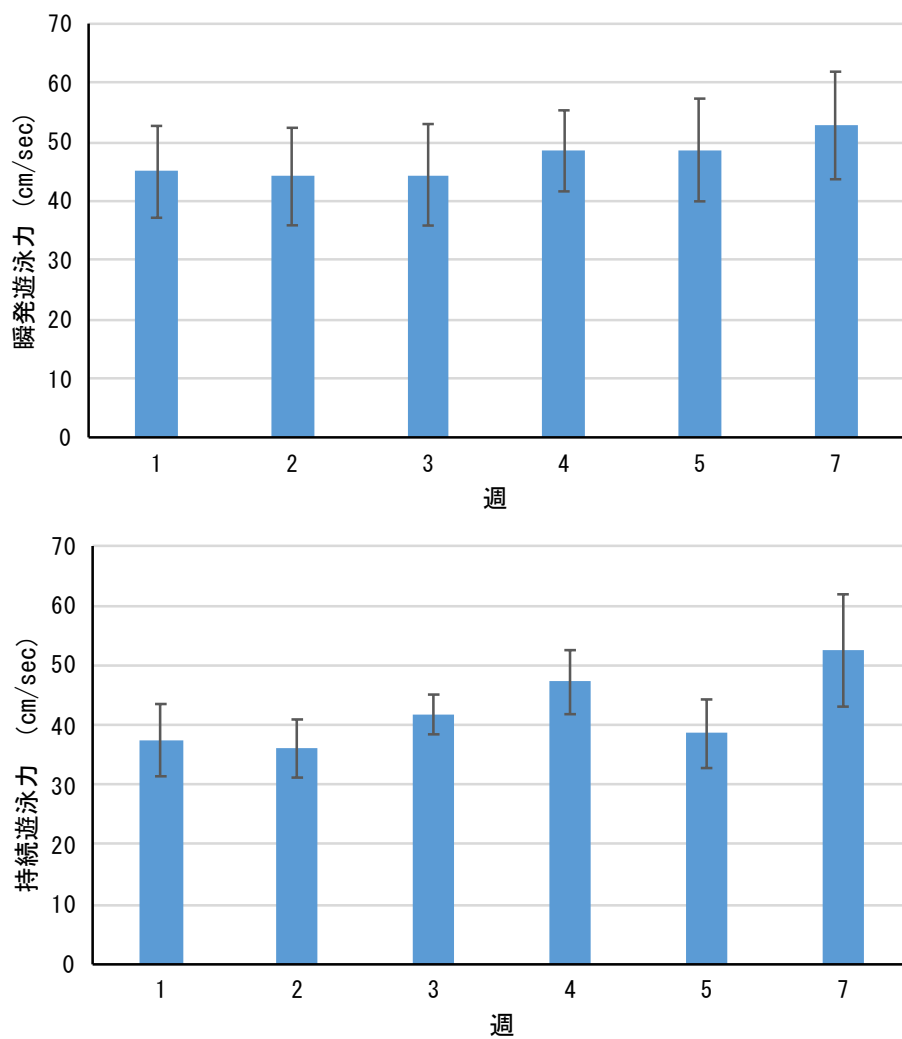


図 7. 令和 3 年級における強化区の瞬発遊泳力（上）及び持続遊泳力（下）の推移

表 1. 解析した遺伝子一覧と主な機能

名称	機能
AMP-活性化プロテインキナーゼ (AMPK)	細胞のエネルギー状態の恒常性に関する酵素
ヘキソキナーゼ (HK)	解糖系に関わる酵素
脂肪酸結合タンパク質3型 (FABP3)	多価不飽和脂肪酸の細胞内輸送に関わるタンパク質
ペルオキシゾーム増殖剤応答性受容体 (PPAR- β)	脂肪酸の β 酸化の亢進。ミトコンドリアの増加。

表 2. G1 及び G3 における絶食日数別の持続遊泳力測定結果

グループ	流速	絶食日数	
		2日間	5日間
		個体数	
G1	50 cm/s以上	6	3
	50 cm/s未満	9	10
合計		15	13
G3	50 cm/s以上	0	0
	50 cm/s未満	15	13
合計		15	13

④ 海水適応能試験

執筆者（一般社団法人全国さけ・ます増殖振興会 内海邦夫）

実施機関及び担当者

一般社団法人全国さけ・ます増殖振興会：内海邦夫

【目的】

本州域のふ化場におけるサケ稚魚の海水適応能試験の普及と試験結果データの収集を行い、今後の飼育法の改善等に資する。

【方法】

本試験の円滑な実施のため、試験実施マニュアル（図1）や事業体系図（図2）を対象ふ化場の他、各県庁や各県増殖団体等の関係機関に通知するとともに、試験に必要な資機材を送付した。

本年度は本州域のふ化場 96 箇所において実施中である。

【結果及び考察】

令和3年度の各県の試験結果は（表1）のとおりであるが、表には参考として平成30年度から令和2年度の適応率も記している。なお、各ふ化場の試験結果については、水産資源研究所及び本会技術普及員と情報を共有しており、現場における技術普及の際の参考としている。

令和3年度は96ふ化場中88箇所で開催された。生産不調等により試験魚が確保できなかったふ化場8箇所で開催できなかった。281回の試験中、適応率100%は223回（79.49%）、90%台は55回（19.6%）、60～80%台は3県から各1例ずつ3例のみとなった。60～80%台の各年度の件数は、平成30年度が8件、令和元年度が4件、令和2年度が3件で、年度を重ねるごとに減少傾向となった。

試験開始年度の平成30年度には適応率が65%のふ化場があった。このふ化場では、捕獲体制に変更があり卵・仔魚期の各段階においてへい死が発生したことが判明したことから、この関係を直接結びつけることはできないものの、令和2年度には改めて捕獲、採卵工程に関する手引きを作成し各ふ化場に普及した。

本委託事業を通じ、本試験の有用性の認識が深まったと思われ、今後は各ふ化場自らが前期・中期・後期の3群に試験を実施し、放流稚魚の健苗性を確認することが望まれる。

海水適応能試験実施マニュアル

1. 放流2週間前の稚魚を70尾(供試尾数60尾+予備10尾)用意します。
2. 稚魚は、試験前24時間から餌止めします。
3. 10リットルのふ化用水を入れたポリバケツに「人工海水の素10リットル用」1袋を溶かし、水槽に入れます。計5袋を同様に溶かし入れます。
4. この水槽にポンプからエアを入れて、一晩置きます。
(水槽の設置は、ふ化室等一定の室温の下で、水温の変化を抑制する
ポンプの設置は、気泡がかからない水槽横等に設置する)
5. 24時間餌止めした稚魚60尾を水槽に入れ、48時間観察して下さい。
6. この間は餌は与えず、死亡した稚魚はその都度取り上げてください。
7. 適応率を4の表に記入して下さい。
適応率の求め方
60尾のうち、48時間内に6尾死亡した場合
(生残尾数:54尾÷供試尾数:60尾)×100=適応率は90%になります。

0

図 1-1. 海水適応能試験実施マニュアル (その 1)

1. 当会から配布した資機材



1

図 1-2. 海水適応能試験実施マニュアル (その 2)

2. 人工海水の作り方

- (1) ポリバケツ10リットルにふ化用水を入れ、「人工海水の素10リットル用」を1袋ずつ入れ、塩ビのパイプ等でかき混ぜ、溶かす。



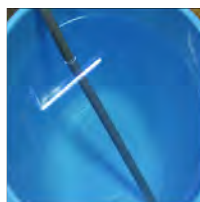
【ご注意】
お送りするものとパッケージが異なる場合がございます

- ①ポリバケツに10リットルのふ化用水を入れ、海水の素を1袋入れる。



- (2) 10リットルずつ水槽に入れる。

- ②かき混ぜ、溶かす。(塩ビパイプ等)



10リットル×5回=50リットル



2

図 1-3. 海水適応能試験実施マニュアル (その 3)

3. 稚魚の採集方法と試験の実施

- ①、②飼育池から70尾(供試尾数60尾+予備10尾)採集し、③ふ化槽で24時間餌止めします。④60尾を水槽に移し、⑤へい死稚魚は随時除き餌止めしたまま48時間後に生き残った尾数を表に記入します。



図 1-4. 海水適応能試験実施マニュアル (その 4)

4. 令和3年度 さけ・ますふ化放流抜本対策事業 「海水適応能試験」 事業体系図

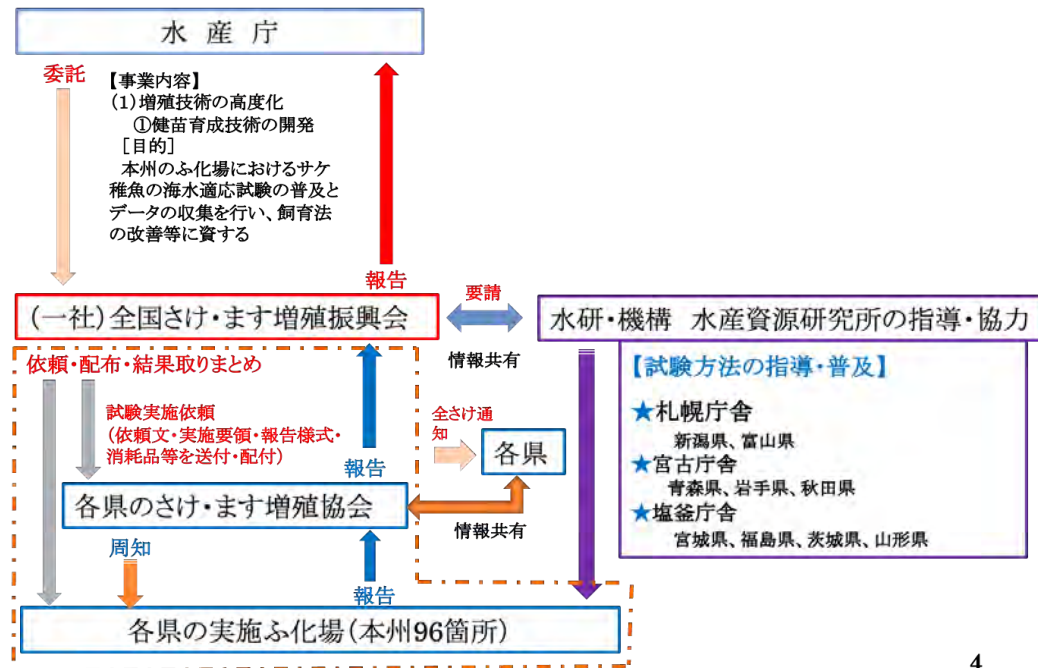


図 2. 事業体系図

表 1. 令和 3 年度の海水適応能試験結果

県名	漁協数 (ふ化場数)	回数	採卵月日	試験 開始月日	試験 終了月日	のべ試験 回数 (回)	供試尾数 (60尾)	露死尾数 (尾)	生残尾数 (尾)	令和3年度 適応率 (%)	令和2年度 適応率 (%)	令和元年度 適応率 (%)	平成30年度 適応率 (%)
A 県	11	1～3 回	2021/9/30 ～/12/27	2022/2/2 ～/4/20	2022/2/4 ～/4/22	31	60～75	0～3	57～75	95～100	96～100	95～100	83～100
B 県	17 (19)	2～8 回	2021/9/30 ～2022/1/8	2022/1/19 ～/5/7	2022/1/21 ～/5/9	60	30～60	0～2	30～60	97～100	85～100	95～100	97～100
C 県	10	1～3 回	2021/10/14 ～/12/21	2022/1/29 ～/3/22	2022/1/31 ～/3/24	19	10～60	0～7	10～60	88～100	93～100	85～100	65～100
D 県	4	1～3 回	2021/10/24 ～/12/4	2022/2/1 ～/4/4	2022/2/3 ～/4/6	6	60	0～21	39～60	65～100	95～100	98～100	97～100
E 県	3	1～3 回	2021/11/8 ～/12/25	2022/1/24 ～/2/22	2022/1/26 ～/2/24	8	60	0～2	58～60	97～100	95～100	97～100	100
F 県	5	3 回	2021/10/6 ～/12/9	2022/2/10 ～/3/26	2022/2/12 ～/3/28	15	60	0	60	100	98～100	100	100
G 県	12 (14)	1～9 回	2021/10/7 ～/12/11	2022/1/25 ～/3/23	2022/1/27 ～/3/25	39	50～60	0～1	50～60	98～100	90～100	100	83～100
H 県	16	1～3 回	2021/9/29 ～/12/17	2022/1/18 ～/3/25	2022/1/20 ～/3/27	45	60～87	0～8	52～81	87～100	90～100	85～100	77～100
I 県	6	1～24回	2021/10/19 ～/12/9	2022/1/29 ～/3/20	2022/1/31 ～/3/22	58	60～70	0～4	56～70	93～100	68～100	86～100	98～100
9 県	84 (88)	1～24回	2021/9/29 ～2022/1/8	2022/1/18 ～/5/7	2022/1/20 ～/5/9	281	10～87	0～21	10～81	65～100	68～100	85～100	65～100

(2) 放流手法技術開発

① 北海道における輸送放流、海中飼育放流試験

水産資源研究所 さけます資源増殖部 羽賀正人

実施機関及び担当者

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、川上仁

十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会： 新出幸哉、後藤隆史、林紀幸

水産資源研究所 さけます資源増殖部： 羽賀正人、高橋悟、大橋亮介、佐田巖、渡邊誠、
矢部貴大、吉野州正、渡邊勝亮、下平幸太

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： 隼野寛史、下田
和孝、實吉隼人、虎尾充、渡辺智治

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： 春日井潔、小山達
也、橋本龍治

【目的】

北海道東部において耳石標識サケ幼稚魚を河川下流域への輸送放流や海中飼育放流し、沿岸等における採集調査により追跡して、その後の成長、回遊などをふ化場から直接河川に放流した群と比較する。

【方法】

a. 海中飼育放流

根室地区で平成 30 (2018) 年級から令和 3 (2021) 年級の 4 年級群について、西別川河口周辺に設置した生簀にて 1 カ月程度海中飼育した後に放流する。また、対照群として同数の稚魚を海中飼育稚魚の放流時期に同程度のサイズで西別川に自然放流する。両群とも発眼卵にそれぞれ別の耳石温度標識を本別ふ化場で施標し、生産ふ化場にて海中飼育試験群と対照群の各 1,500 千尾の稚魚生産を行う。

b. 下流域輸送放流

釧路地区で平成 30 (2018) 年級から令和元 (2021) 年級の 4 年級群について、生産ふ化場から雪裡川合流点付近の釧路川本流に輸送放流する。また、対照群として同数を生産ふ化場から自然放流する。両群とも発眼卵にそれぞれ別の耳石温度標識を芦別ふ化場で施標し、生産ふ化場にて下流域放流群と対照群の各 1,200 千尾の稚魚生産を行う。

【結果及び考察】

a. 海中飼育放流

平成 30 (2018) 年級から令和 3 (2021) 年級の 4 年級群については本別ふ化場にて各群の耳石温度標識を施標した。生産ふ化場から西別川河口近くの風蓮湖内に設置した海中飼育生簀 (図 1) への輸送方法は、稚魚輸送用タンク内を塩分濃度 1% にして塩分馴致させながら 80 分ほど運搬し、幅 5 m×10 m、水深 4 m、目合い 2 mm の網生簀 2 基へ収容した (図 2)。餌は一般のふ化場で使用している乾燥配合飼料を与え、1 日の給餌率は体重の約 3 % を自動給餌機により給餌するとともに、食い気がある場合は手撒きによる給餌も行った。放流時期は海中飼育群の放流月日に合わせて対照区の放流を行った (表 1)。

平成 30 (2018) 年級は両群の仔稚魚管理を西別ふ化場で行い、海中飼育群は 1,616 千尾を 4 月 11~12 日に平均尾叉長 4.8 cm、平均体重 0.92 g で海中移行させ、14 日間海中飼育実施後の 4 月 26 日に平均尾叉長 5.1 cm、平均体重 1.11 g で生簀を解放して放流した。対照区の河川放流群も同日に西別ふ化場の放水路から 1,620 千尾を平均尾叉長 5.1 cm、平均体重 1.06 g で自然放流した。

令和元（2019）年級は両群の仔稚魚管理を西別ふ化場で行い、海中飼育群は 1,677 千尾を 4 月 6～7 日に平均尾叉長 4.4 cm、平均体重 0.71 g で海中移行させ、20 日間海中飼育実施後の 4 月 26 日に平均尾叉長 5.1 cm、平均体重 1.03 g で生簀を解放して放流した。対照区の河川放流群も同日に西別ふ化場の放水路から 1,509 千尾を平均尾叉長 4.8 cm、平均体重 0.98 g で自然放流した。

令和 2（2020）年級は両群の仔稚魚管理を西別ふ化場で行い、海中飼育群は 1,662 千尾を 4 月 12～13 日に平均尾叉長 5.1 cm、平均体重 1.10 g で海中移行させ、16 日間海中飼育実施後の 4 月 28 日に平均尾叉長 5.8 cm、平均体重 1.48 g で生簀を解放して放流した。対照区の河川放流群は 4 月 23 日に西別ふ化場の放水路から 1,700 千尾を平均尾叉長 4.9 cm、平均体重 1.04 g で自然放流した。

令和 3（2021）年級は両群の仔稚魚管理を本別ふ化場で行い、海中飼育群は 1,648 千尾を 4 月 21～22 日に平均尾叉長 4.8 cm、平均体重 0.92 g で海中移行させ、7 日間海中飼育実施後の 4 月 27 日に平均尾叉長 5.1 cm、平均体重 1.12 g で生簀を解放して放流した。対照区の河川放流群は同日に本別ふ化場の放水路から 1,645 千尾を平均尾叉長 5.8 cm、平均体重 1.90 g で自然放流した。

平成 30 年級から令和 2 年級群の放流時の体成分測定として、各群 30 尾の肝臓糖分量や筋肉脂肪量および瞬発遊泳力の測定を実施した（図 3）。遊泳力は北水産業製の遊泳力測定装置を用い、水温約 8 °C で瞬発遊泳速度を測定した。肝臓糖分量では河川放流群が有意に高く（t 検定、 $P>0.05$ ）、筋肉脂肪量では海中飼育群が有意に高かった（t 検定、 $P>0.05$ ）。瞬発遊泳速度では両群に差は見られなかった。令和 3 年級については過去 3 年の体成分と遊泳力測定の結果で傾向に差が見られなかったため実施しないこととした。また、平成 30 年級から令和 3 年級群について海中飼育の放流時に放流稚魚 30 尾の胃内容物を調べたが、天然餌料の摂取はみられなかった。

b. 下流域輸送放流

平成 30（2018）年級から令和 3（2021）年級の 4 年級群については芦別ふ化場にて各群の耳石温度標識を施標し、生産ふ化場から雪裡川合流点付近の釧路川本流（図 4）に 4 t 活魚タンクを使用して延ベタンク数 5～6 台の輸送放流を実施した。放流時期は下流域輸送放流の放流月日に合わせて対照区の放流を行った（表 2）。

平成 30 年（2018）年級は両群の仔稚魚管理を芦別ふ化場で行い、4 月 3 日に 1,348 千尾、平均尾叉長 5.2 cm、平均体重 1.09 g の稚魚を下流域へ輸送放流した。対照区の河川放流群は 3 月 26 日に同ふ化場から 1,372 千尾、平均尾叉長 5.3 cm、平均体重 1.35 g で自然放流した。

令和元年（2019）年級は両群の仔稚魚管理を芦別ふ化場で行った。4 月 3 日に 1,366 千尾、平均尾叉長 5.6 cm、平均体重 1.40 g の稚魚を下流域へ輸送放流する予定であったが、3 月中旬の大雨により釧路川流域が大氾濫し、輸送放流点までの砂利道が軟弱化したため稚魚輸送用の大型トラックでは運行困難な状態となったことから、令和元年級の輸送放流試験は断念し、予定していた放流群は同日に芦別ふ化場から自然放流した。対照区の河川放流群は 3 月 27 日に同ふ化場から 1,344 千尾、平均尾叉長 5.8 cm、平均体重 1.60 g で自然放流した。

令和 2（2020）年級から両群の仔稚魚管理を美留和ふ化場に変更して実施した。輸送放流地点は春期の降雨や融雪増水の影響を受けずに放流地点まで輸送トラックがアクセス出来る場所として、雪裡川合流点付近の本流左岸側（釧路川捕獲場）に変更した（図 5）。4 月 19～20 日の 2 日間で 1,291 千尾、平均尾叉長 5.4 cm、平均体重 1.34 g の稚魚を下流域への輸送放流を実施した。輸送には積み込みから放流まで 120 分ほど要したが、輸送の前と後に稚魚 30 尾ずつ瞬発遊泳速度を測定したが差は見られず、放流地点の水温も 6.4～7.7 °C で適水温であったことから、稚魚へのダメージも少なく良好な状態で河川へ放流されたと思われる。対照区の河川放流群は 4 月 20 日に同ふ化場から 1,156 千尾、平均尾叉長 5.4 cm、平均体重 1.34 g で自然放流した。

令和3（2021）年級は両群の仔稚魚管理を美留和ふ化場で行い、下流域への輸送は令和2年級と同地点へ4月11～12日の2日間で1,255千尾、平均尾叉長6.1 cm、平均体重1.75 gの稚魚を下流域へ輸送放流した。輸送の前と後に稚魚30尾ずつ瞬発遊泳速度を測定したが差は見られず、放流地点の水温も6.4～7.7℃で適水温であったことから、稚魚へのダメージも少なく良好な状態で河川へ放流されたと思われた。対照区の河川放流群は4月19日に同ふ化場から1,250千尾、平均尾叉長6.2 cm、平均体重2.00 gで自然放流した。

令和2年級について、芦別ふ化場から油脂無添加群放流の2日後の4月8日から6月中旬まで週1回、釧路川河口右岸において曳網により稚魚採集調査を実施した（図6）。採集された稚魚の耳石温度標識分析により、本委託事業における各試験群の標識魚ほか、鶴居さけます事業所から放流された耳石標識放流群も確認された（表3）。無標識魚には芦別ふ化場や釧路川本流の3カ所のふ化場からの放流魚が多く含まれると考えられた。輸送放流群および自然放流群は放流後の4月28日の調査から確認されが、輸送放流群は5月1日に1尾確認されたのみであることから、比較的短期間で河口域を通過したと思われた。自然放流群は5月31日まで確認され、放流後約40日間河川内に滞留していたが、最終確認時の平均尾叉長は60.7 mmまで成長しており、5月中には河口域を通過したと思われた（図7）。令和3年級については、放流後の河口域及び沿岸域での稚魚採集調査は現在実施中であり、今後の採集結果による解析について期待されるところである。

なお、この放流群は1) ①の「油脂添加による健苗性向上試験」も兼ねており、自然放流群、輸送放流群ともに油脂添加された飼料が与えられた。

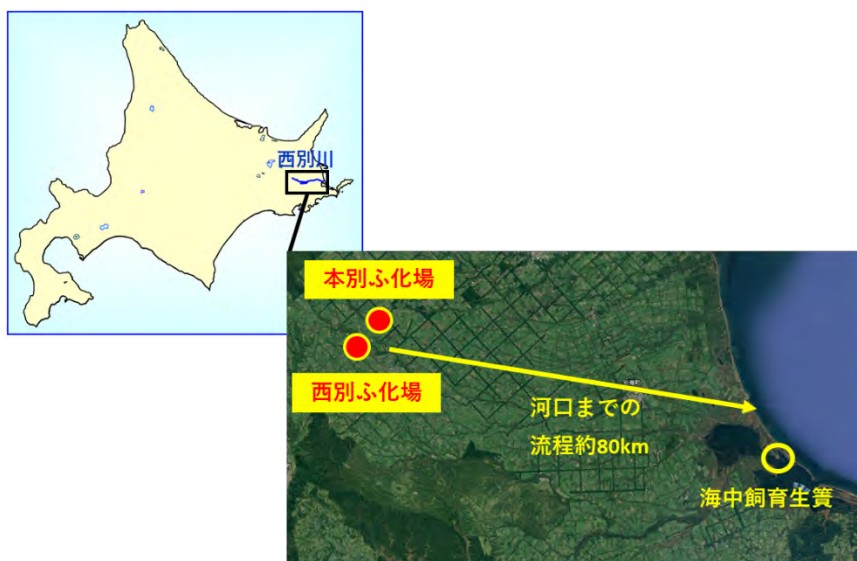


図 1. 西別川と風蓮湖海中飼育地点



図 2. 風蓮湖の海中生け簀

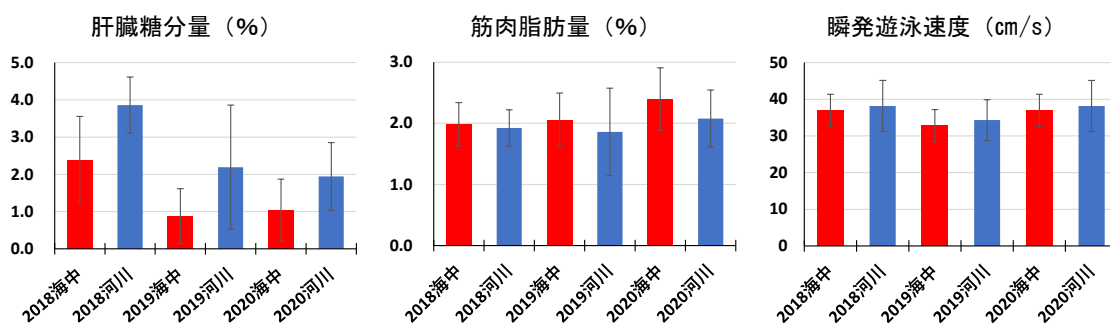


図 3. 平成 30 (2018) 年級～令和 2 (2020) 年級における海中飼育群と河川放流群の栄養状態と瞬発遊泳速度 (バーは標準偏差)

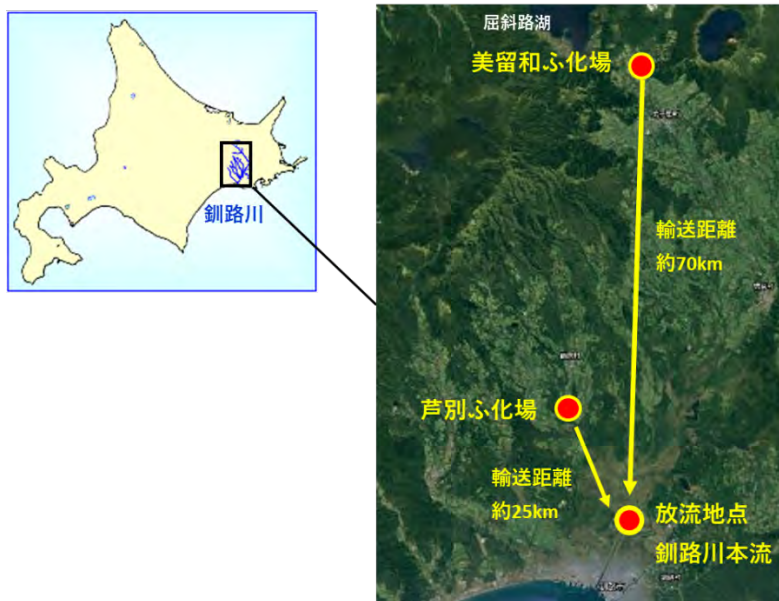


図 4. 令和 2 年級の釧路川下流域輸送放流



図 5. 令和 2 年級の釧路川下流域輸送放流変更地点



図 6. 釧路川河口域幼稚魚採集調査実施地点

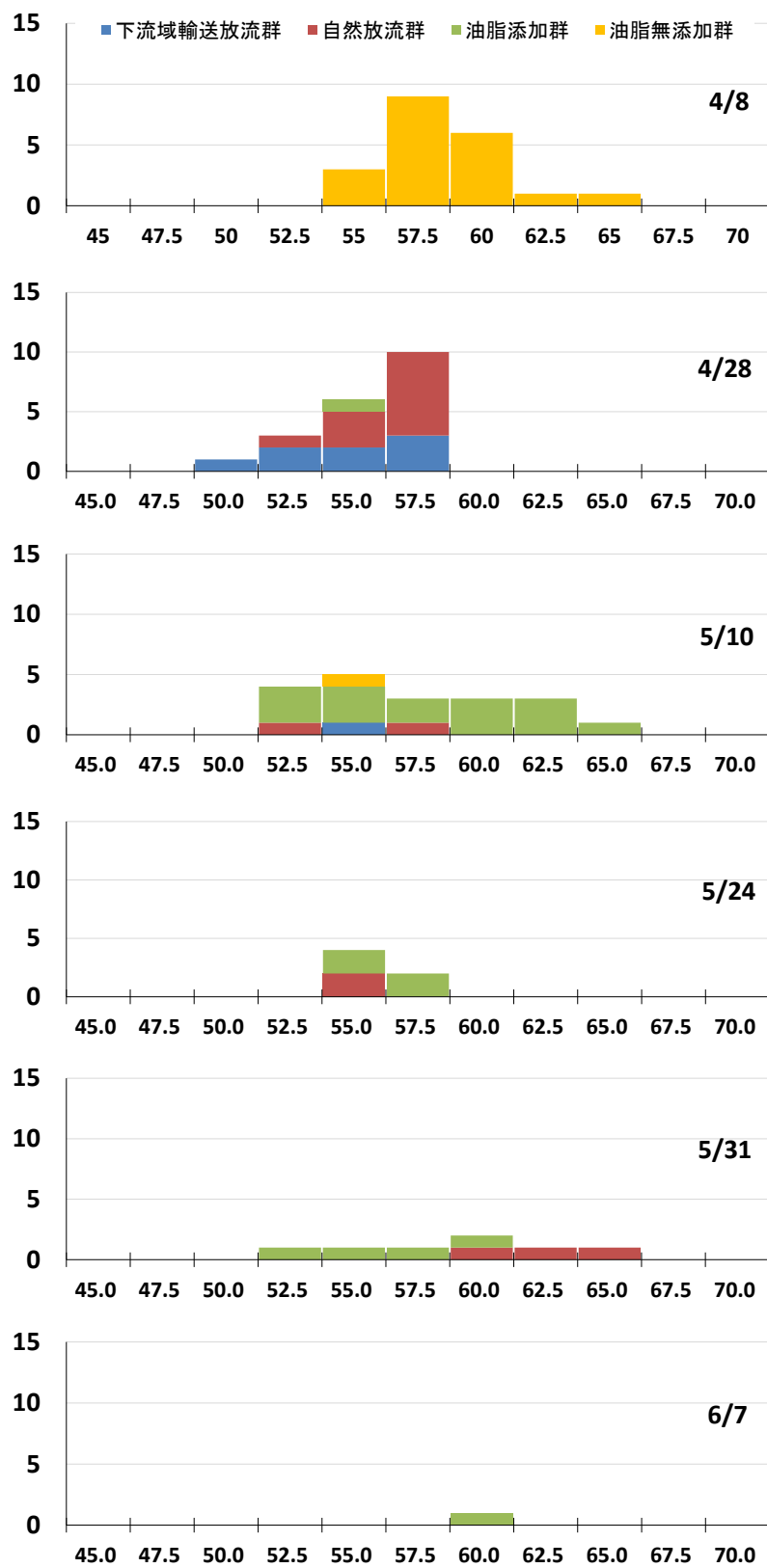


図 7. 令和 2 年級 釧路川河口採集稚魚の調査日毎の尾叉長分布

表 1. 海中飼育放流試験の放流結果

年級	放流群	採卵日	捕獲水系	採卵数 (千粒)	耳石温度 標識コード	放流日 (海中飼育期間)	放流日	放流数 (千尾)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
平成30 (2018)	海中飼育群	10/6	風蓮・ 当幌	1,844	2,3,6H	4/26 (4/12-26)	4/26	1,616	5.1	1.11
	自然放流群	10/23	西別	1,800	2,3,5H	4/26	4/26	1,620	5.1	1.06
令和元 (2019)	海中飼育群	10/11	風蓮	1,903	2,3,6H	4/27 (4/6-27)	4/27	1,677	5.1	1.03
	自然放流群	10/25	西別	1,718	2,3,5H	4/27	4/27	1,509	4.8	0.98
令和2 (2020)	海中飼育群	10/11	風蓮・ 別当賀	1,800	2,9H	4/28 (4/13-28)	4/28	1,662	5.8	1.46
	自然放流群	10/25	西別	1,800	2,3,5H	4/23	4/23	1,700	4.9	1.04
令和3 (2021)	海中飼育群	10/18・19	標津・ 別当賀	1,800	2,9H	4/27 (4/21-27)	4/27	1,648	5.1	1.12
	自然放流群	9/24~28	西別	1,808	2,3,5H	4/27	4/27	1,645	5.8	1.90

表 2. 釧路川下流域輸送放流試験の放流結果

年級	実施場所	放流群	採卵日	採卵数 (千粒)	耳石温度標識 コード	放流日	放流数 (千尾)	尾叉長 (cm)	体重 (g)
平成30 2018	芦別 ふ化場	自然放流群	9月24日	1,540	2n-2n,2H	3月26日	1,372	5.3	1.35
		下流域 輸送放流群	9月29日	1,530	2n-2n,3H	4月3日	1,348	5.2	1.09
令和元 2019	芦別 ふ化場	自然放流群	10月11日	1,903	2n-2n,2H	3月27日	1,344	5.8	1.60
		下流域 輸送放流群	10月25日	1,718	2n-2n,3H	4月3日 増水により自然放流	1,366	5.6	1.40
令和2 2020	美留和 ふ化場	自然放流群	10月19~23日	1,430	2n-3n,2H	4月20日	1,156	5.4	1.34
		下流域 輸送放流群	10月15日	1,330	2n-2n,3H	4月19~20日	1,291	5.4	1.34
令和3 2021	美留和 ふ化場	自然放流群	9月17日	1,489	2n-3n,2H	4月19日	1,250	6.2	2.00
		下流域 輸送放流群	9月17日	1,490	2n-2n,3H	4月11~12日	1,255	6.1	1.75

表 3. 令和2年級 釧路川河口域サケ稚魚採集調査の結果

	4/7	4/15	4/27	5/9	5/17	5/23	5/30	6/6	6/15	計
輸送放流群			8	1						9
自然放流群			10	2	1	2	3			18
油脂添加群			1	14		4	4	1		24
油脂無添加群	20			1						21
鶴居標識群(4群)	1			27		16	14	4		62
無標識魚	64	4	4	37	2	175	126	39	2	453