



図 1. 神通川におけるサクラマス増殖用親魚捕獲数の推移



図 2. 山田川長沢堰堤（上）と堰堤直下で確認されたサクラマス親魚（下）

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、本事業の実施計画および調査結果について検討する。

【結果】

令和4年度は、2022年7月28日に第1回検討会を、また2023年2月21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回目は調査計画の説明と検討を、第2回目は調査結果の暫定的報告と検討を実施した。

外部専門家からは、

- ・10年にわたる先行事業の中で得られた成果として、海洋環境の変化によりこれまでの適期・的サイズ放流が合致しないケースが見られるようになったことが挙げられる。今回のさけ・ます不漁対策事業では、「大型種苗の飼育技術と放流手法技術の開発」を挙げ、具体的に何をしたら良いかを明確にしたことが特徴。各海域において、どんなふ化放流をすると回帰率が安定するかを示すアプローチが必要となる。沿岸幼稚魚の追跡調査についても、どのような沿岸環境の時にどのように放流した結果、どのような回帰となったのか、過去の結果を解析し、各地域においてどのような放流方法が回帰率を高めるのかについて先の放流課題と併せて取り組んでいくことが非常に重要(第1回検討会)
- ・昨年度オホーツクや日本海側で回帰が向上したのは、関係者のご苦勞の賜。しかし、北海道と本州の太平洋側では、どうして増えないのかが非常に大きな問題として残っている。これらの課題を解決していく上でも、データベースの共有やこれまでの解析結果を皆で改めて練り直すといったことが重要。これまで10年間いろいろと試行錯誤する中で、資源回復のための方向性が少しは見えてきた部分もあるので、それをもっと開花させてほしい。どのように稚魚を放流すれば回帰率をコントロールできるということを世界に向けてアピールしていけるようになることを期待(第2回検討会)

といった指摘があった。

記

・令和4年度第1回検討会

- ① 日時：2022年7月28日(木) 13:15~17:30
- ② 場所：第2水産ビル 4階 4S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12機関 35名の計37名
- 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. 調査計画説明

全体計画(水研機構水産資源研究所さけます部門資源生態部)

細部計画：

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 [資源研さけます部門]
 - b) サケ幼稚魚の地理的起源推定 [資源研さけます部門]
 - c) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析 [資源研さけます部門]
 - d) 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]
 - 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 [岩手水技セ]
 - 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 [山形水研]
 - 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. 外部専門家講評
 4. その他

・令和4年度第2回検討会

- ① 日時：2023年2月21日(火) 13:00~17:45
- ② 場所:第2水産ビル 4階 4S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12機関 38名の計40名
- ⑤ 議事内容：下記に従って、調査結果の報告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]
 - 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) 成長促進効果等をも高めるための餌料・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 [資源研さけます部門]
 - b) サケ幼稚魚の地理的起源推定 [資源研さけます部門]
 - c) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析 [資源研さけます部門]
 - d) 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]
 - 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 [岩手水技セ]
 - 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 [山形水研]
 - 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. その他
- 耳石標識稚魚採集データベースの作成について
 - 令和5年度検討会の持ち方について
 - これまでの諸事業で得られた結果の整理について
4. 外部専門家講評

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飼育試験や調査等が継続しているものや、先行事業から継続して実施されている調査・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

流速 5 cm/sec の水槽で泳がせる流速強化群と流速 0 cm/sec の下で泳がせる対照群の 2 群で予備実験を行ったところ、流速強化群の方が高い持続遊泳力を獲得する結果が示された。その後より大型の実験水槽を用いて同様の実験を実施しており、今後は遊泳力に加えて体成分の比較や代謝関連遺伝子の発現の分析を進める。

ア-1)-b) シロザケの成長が最大となる環境条件の把握

複数の飼育水温の下でサケ稚魚の成長速度を比較した結果、淡水飼育期については、成長を促進するには 18°C、成長を停滞させるには 4°C が利用可能と考えられた。これら異なる水温で淡水飼育した大きさの異なるサケ稚魚を海水移行させ飼育を継続したところ、海水移行後にはサイズの差は若干縮小し、また瞬間成長率は移行時のサイズが最も小さかった 4°C 区が最大で、淡水飼育時に成長の良かった水温区の成長率が低くなった。今後、血漿浸透圧等の生理解析を加えて海水適応能について評価を進める。

ア-1)-c) 大型種苗等育成のための既存管理技術の改善

管理水温や管理条件が異なる 4 事業所にて、サケ標準給餌率、給餌開始時期、降下日数短縮による飼育期間延長について検討するため、サケ稚魚の飼育試験を実施している。

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 添加餌料を与えた実験区ならびに対象区の 2 群でサケ稚魚を飼育し、2023 年 3 月に放流した。また同様に飼育した群の海水での飼育試験を実施した。

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

魚油添加餌料がサケ稚魚の成長に与える効果は、摂餌条件により結果が異なり、十分に餌を摂餌できる場合には効果は見られず、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ことを示す可能性が示された。

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

試験に使用するサケ稚魚への耳石温度標識を施標し放流する。

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け簀を設置し、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群と、目合を変えずに飼育する群の 2 群を飼育したところ、大目網に切り替えた群において、成長と遊泳力、そしてトリグリセリド含量の回復度合いが対照群を上回った。

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

フィードオイルを添加した餌料を用いて飼育したサケ稚魚（以下油脂群）は、肝臓中のグリコーゲン含量、筋肉中トリグリセリド含量共に対照群に比べて有意に高い値を示し、フィードオイルの添加が栄養状態の向上に効果があると考えられた。遊泳力、海水投入後の平均血中グルコース量、飢餓耐性については両群間で有意な差はみられなかった。

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、耳石標識を行った 4 月上旬放流群と 4 月下旬放流群を放流する。

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

北海道釧路川支流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、耳石標識を行った 4 月上旬放流群と 4 月下旬放流群を放流する。

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

山形県赤川にサイズの異なるサケ稚魚 2 群を放流し、追跡調査により成長・生残を調べることを目標とし、耳石標識を行った大型サイズ群と従来サイズを 3 月中下旬に放流した。

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、えりも以西およびえりも以東地区の春定置網、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。採捕したサケ稚魚の耳石標識から、太平洋側各地では北海道太平洋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。本州のふ化場から放流された個体は、えりも以東の大樹漁港で 2 尾確認されたのみであった。

イ-1)-b) サケ幼稚魚の地理的起源推定

課題イ-1)-a) で得られたサケ幼稚魚のうち、北海道太平洋側の調査で得られた標本について、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 363 個体中、312 個体がえりも以西地域、48 個体がえりも以東尾地域、1 個体が北海道日本海地域、2 個体が本州太平洋地域由来であった。遺伝的系群判別からは、尾叉長 10cm 未満の小型魚、尾叉長 10cm 以上の大型魚ともに北海道太平洋系が高い割合を占めた一方、本州太平洋系は出現しない、若しくは極めて低い割合に留まった。

イ-1)-c) サケ幼稚魚の耳石日周輪解析

日本海側の厚田沿岸域で 2021 年に採捕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)-d) 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、釧路から昆布森にかけての道東沿岸、オホーツク海）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。オホーツク海で実施した調査船調査では計 2,385 個体のサケマス類幼稚魚が採捕されたが、耳石標識の解析の結果、オホーツク海、根室海域ならびに日本海から放流された幼魚は検出されたものの、北海道太平洋岸ならびに本州のふ化場由来の個体は発見されなかった。

イ-1)-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

岩手県沿岸において、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い、放流前の海中飼育群と大目網群の稚魚をそれぞれ 1 尾ずつ採捕した。

イ-1)-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

秋田・山形両県沿岸にて表層トロールにより採捕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、本県の月光川と最上川、新潟県の三面川の4水系起源の標識魚計409尾を確認した。耳石日周輪における降海チェックの位置から、サケ稚魚は降海直後から北上を開始している可能性が示唆された。

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ならびに岩手県沿岸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については、実験した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。これは2022年千歳川における回帰量の増加の要因である可能性がある。北海道太平洋沿岸域におけるサケ稚魚の餌密度の時空間分布を得るため、3次元NEMURO+を用いて2021年1月1日から360日間の低次生産生態系シミュレーションを行ったところ、餌生物より水温環境がサケ稚魚の成長に影響することを示す結果が得られた。今後はより現実的なサケ稚魚の経路を推定するために、海洋環境効果を取り入れたサケ稚魚生物エネルギーモデルと粒子追跡モデルを結合してシミュレーションを行う。

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。

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。

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。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¹の状況を検証すべく、回帰親魚の耳石を解析した。2018年の埋設群については、採捕した親魚からは標識魚が確認されなかった。2019年埋設群については親魚が5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：

本田聡（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）