

会議報告

平成26年度さけます資源部第1回連絡会議ワークショップ
「地域特性に合った増殖事業の展開に向けて」

伴 真俊*1・佐藤 俊平*1・浦和 茂彦*1・斎藤 寿彦*1・高橋 昌也*2・高橋 悟*3・薄 健太*4・徳田 裕志*5・坂本 準*6・小松 信治*7・小軽米 成人*8・坂上 哲也*9・桑木 基靖*10・羽賀 正人*11・吉野 州正*12・飯田 真也*12・中島 歩*1

日本のサケ資源は、長年にわたる増殖事業により高水準を維持しています。現在の基本的な増殖技術は、この間の様々な技術開発や調査結果に基づいて構築され、マニュアル化されています。しかしながら、北日本の各地に点在する増殖現場は、自然環境要因（増殖用水、河川や沿岸環境など）、生物的要因（親の年齢構成や大きさ、卵サイズ、採卵時期など）や社会環境要因（施設能力、労働力、経費など）、更にそれらが複合して発生する魚病などそれぞれ異なる地域特性を抱え、画一的な手法では対応できない状況も見受けられます。稚魚の放流についても、現在の目標値（沿岸水温

5℃、放流サイズ1g以上）が全てのふ化場に当てはまる訳ではありません。このような現状において、増殖現場では地域特性に合わせた様々な対策を講じているようですが、その情報が整理・共有されているとは必ずしもいえません。

そこで、サケの生物学的特性と増殖実態を地域別に把握するとともに、過去に行った標識放流試験結果を整理し、地域特性に合った稚魚放流を検討することを目的として、内部ワークショップを企画しました。以下にワークショップの演題と発表内容の概略を紹介します。

1. サケの地域特性

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1) 日本系サケの遺伝的個体群構造 | 佐藤 俊平・浦和 茂彦 |
| 2) 日本系サケの生物学的特性 | 斎藤 寿彦 |
| 3) 日本系サケ地域個体群におけるふ化放流の現状 | 高橋 昌也・伴 真俊 |

2. 各地の増殖事業の現状 -地域特性に対応した工夫と課題-

- | | |
|---|--------|
| 1) 徳志別事業所における増殖用水と沿岸水温に関わる課題と工夫 | 高橋 悟 |
| 2) 北見管内の増殖事業の現状 | 薄 健太 |
| 3) 伊茶仁川におけるサケ稚魚生産体系について | 徳田 裕志 |
| 4) 低密度飼育管理による放流の実践状況 | 坂本 準 |
| 5) 北海道エリモ以東海区東部地区における増殖事業の現状 | 小松 信治 |
| 6) 増殖用水と沿岸水温に関わる課題と工夫-えりも以東海区西部地区(十勝川)- | 小軽米 成人 |
| 7) 養魚池管理における不明減耗の抑制について | 坂上 哲也 |
| 8) 千歳さけます事業所の増殖事業の現状 | 桑木 基靖 |
| 9) 本州太平洋地区のふ化場における現状について | 羽賀 正人 |
| 10) 本州日本海における増殖事業の現状 | 吉野 州正 |

3. 地域特性に合った稚魚放流の検討

- | | |
|--|-------|
| 1) 本州日本海地区における放流適期の検討 | 飯田 真也 |
| 2) 北海道各地における時期別のサケ稚魚放流試験結果：耳石温度標識放流の結果から | 中島 歩 |

*1 北海道区水産研究所（北水研）さけます資源部、*2 水産庁、*3 北水研徳志別さけます事業所、*4 北水研斜里さけます事業所、*5 北水研伊茶仁さけます事業所、*6 北水研虹別さけます事業所、*7 北水研鶴居さけます事業所、*8 北水研十勝さけます事業所、*9 北水研静内さけます事業所、*10 北水研千歳さけます事業所、*11 東北区水産研究所さけます資源グループ、*12 日本海区水産研究所さけます調査普及グループ。

1. サケの地域特性

サケの地域特性を論議する際、日本系サケの個体群構造を把握しておくことは不可欠です。サケは高い母川回帰能力を有するため、それぞれの母川や地域環境に適応した特性を持ち、遺伝的に異なる個体群が成立していると推測されることから、北海道区水産研究所（当時の北海道さけ・ますふ化場およびさけ・ます資源管理センター）では 1980 年代後半から日本系サケの遺伝的個体群構造解析を始めました。当時は遺伝マーカーとしてアロザイムを用い、20 遺伝子座を分析して個体間の系統樹を作成したところ、北海道地域は 5 地域個体群（オホーツク、根室、えりも以東、えりも以西、北海道日本海）、本州は 2 地域個体群（本州太平洋、本州日本海）に分かれること、これらの地域間では遺伝的分化が生じており、その程度は特に北海道地域と本州地域の間で大きいことが明らかとなりました。2000 年代以降のマイクロサテライト DNA や SNP^{*1}を用いた研究においても基本的には同様の結果が得られており、日本系サケには現時点で少なくとも遺伝的に異なる 7 つの地域個体群が存在することが示されました（図 1）。これら 7 つの地域個体群は、それぞれが長い時間をかけて地域に適応した結果生じたと考えられることから、地域個体群の遺伝構造を攪乱しないような形で増殖事業を展開することが重要です。また、定期的な遺伝モニタリングを通じて、日本系サケの遺伝的多様性や個体群構造に変化が生じていないか注視していく必要があります。

では、遺伝的に異なる地域個体群にはどのような違いがあるのでしょうか。日本系サケの生物学的特性における地域差について調べてみました。調査では、1994-2008 年度に上記 7 地域個体群から採集されたサケの総漁獲数、河川そ上盛期、河川そ上盛期の沿岸水温、4 年魚の尾叉長、成熟年齢、4 年魚の繁殖形質（卵径および孕卵数）を比較しました。その結果、調べた生物学的特性の全てにおいて、地域間あるいは幾つかの地域グループ間で違いが認められました。また、いくつかの特性では河川個体群の緯度経度に沿った変化があるようです。特に、日本海に沿った河川個体群における河川そ上盛期（図 2）、尾叉長、成熟年齢および卵径は、津軽海峡を境にして明瞭に変化していました。北海道では、河川そ上盛期が 1960 年代に比べて早くなっており、これは人工ふ化放流事業によるそ上時期の人為的改変の影響であると考えられます。河川そ上盛期の早期化により、

産卵回遊時のサケは沿岸域においてより高い海水温を経験するようになりました。各河川個体群の尾叉長で補正した卵径は、調査期間にわたり小型化の傾向を呈しています。このように、いくつかの生物学的特性では人為的改変の影響が認められたものの、日本系サケの生物学的特性には地域的な差異が今なお存在することが分かりました。

最後に、このような遺伝的・生物学的差異を示すサケを対象にした増殖事業の実態を、過去 20 年間にわたり海区毎に整理してみました。オホーツク海区は、2000 年代以降高い資源量を維持しています。ここでは、沿岸水温が 8℃に達する 5



図 1. 遺伝的個体群構造解析から明らかになった日本系サケの 7 個体群。

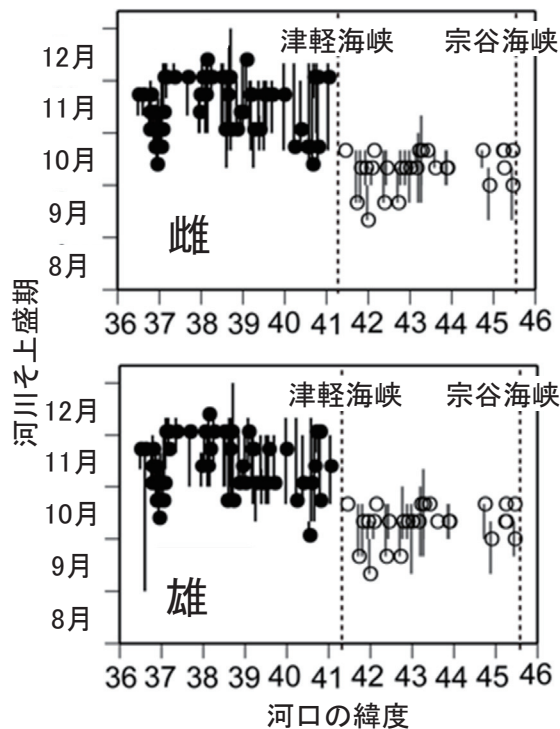


図 2. 日本海側沿岸における河口緯度と河川そ上盛期（河川捕獲数が総数の 50%に達する時期）の関係（斎藤ら 2015 を改変）。○：北海道日本海側、●：本州日本海側。

^{*1} Single Nucleotide Polymorphism（一塩基多型）：核酸の塩基配列中に認められる一塩基の変異。生物種集団内の多様性を調べる際に用いられる。

根室南部地区の虹別さけます事業所では、長年にわたって適サイズ（1g）のサケ稚魚を適期（5月上旬以降）に放流してきましたが、2002（H14）年から河川遡上数の低迷が続いています。その要因の一つとして、最近の飼育が過去に比べて高密度になっていることが考えられます。そのため、飼育密度を従来の20 kg/m³から18 kg/m³未満に低く設定し、稚魚へのダメージを軽減する飼育手法を検討しています。また、飼育日数を60日未満に設定し、駆虫処理を浮上直後と30-35日後の2回にして3回目を回避することで、稚魚へのダメージを軽減する手法を導入しました。結果として、2014（H26）年の放流群は成長が早く、餌料効率が高くなりました。この「低密度飼育管理」による放流効果を検証するため、耳石温度標識を付けて放流したサケ稚魚の分布、降下スピード、胃内容物重量指数、魚の栄養状態、および河川環境等を調査しています。

鶴居さけます事業所があるえりも以東東部の地域では、釧路川の遡上数の減少にともなう種卵不足、沿岸漁獲量の低迷にともなう漁業経営の逼迫が生じております。民間ふ化場では、健苗放流による回帰率の向上を目指し、許容量に見合った飼育管理と徹底した駆虫を励行しております。また、鶴居さけます事業所は来遊不振の原因究明を目的に、全ての時期別放流群に異なる耳石パターンを施し、釧路川と沿岸域で稚魚の降下状況や成長等を把握する予定です。

えりも以東西部地区におけるサケの来遊数は、2010（H22）年に大きく減少した後やや回復傾向にあります。この地区では、沿岸水温が5℃を超えて放流適期となる5月上旬から中旬に合わせて放流が行えるよう、水温調整装置の導入等の施設整備が進められました。そのため、以前は適期前の3月に放流が開始されていましたが、近年の放流は多くが5月上旬以降となり、70-80%の稚魚が適期内に大型のサイズで放流できるようになりました。十勝事業所でも種卵管理時の水温調整が可能となり、卵の時期別収容と水温調整を組み合わせることで適期放流の割合を高める体制が整ってきました。今後は、飼育管理区分ごとに異なるパターンの耳石標識を付け、放流サイズや放流時期の違いによる回帰効果の比較を行う予定です。

静内さけます事業所は、仔魚期の減耗を抑制する技術開発として遮光の有無の影響を調査してきました。一般に、養魚池は全面を遮光シートで覆い、暗くすることで仔魚の安静を保ち、無駄な動きを与えない管理が良いとされています。しかし、静内さけます事業所で2009（H21）年度に行った仔魚の安静維持試験の際に、観察のため遮光シート無しで管理したところ、そちらの死亡数の

方が少ない結果となりました。この結果を踏まえ、2010（H22）年度から遮光シートと透明シート、およびシート無しで比較しましたが、やはりシートで覆わないほうの減耗が少ないという結果になりました。ただし、シート無しの池でも減耗率には幅があります。そこで、2013（H25）年度は全ての遮光シートを外し、砂利の敷設量を2009（H21）年度試験で結果の良かった通常管理の0.7倍量で管理した試験区を設けて比較しています。

千歳さけます事業所では仔稚魚の魚病等が認められることがあり、浮上直後と放流までの平均2~3回程度の食酢食塩浴を行いながら健苗育成に努めています。また、回帰率を向上させるため、これまでと時期を変えた放流を行っています。2006（H18）年級以前は2月から4月中旬までの8旬で放流していましたが、2007（H19）年級からは試験放流群を含む3月中旬から4月中旬の4旬、2012（H24）年級以降は新たに3放流群を設定し、3月上旬から4月中旬の5旬での放流を実施中です。

東北水研さけます資源グループが技術普及のために巡回している本州太平洋沿岸の5県（青森、岩手、宮城、福島、茨城）は、ふ化放流事業の運営を海面漁協か内水面漁協が行っています。北海道に次ぐ秋サケの漁獲量がある岩手県は海面漁協が運営するふ化場が多く、その他の県は内水面漁協の運営が多くなっています。近年、秋さけ来遊不振の影響で水揚げから抛出される協力金だけではふ化場の運営が困難なため、県が補助金による支援を行っています。資金面の改善には資源の底上げが不可欠ですが、今漁期から数年間は東日本大震災の影響で来遊数の減少が危惧されま（図4）。さけますふ化放流事業は4年後の資源量維持に向けた先行投資であることから、東北水研さけます資源グループは、各県、県増殖協会とふ化場が連携し、良い親魚と種卵の確保がスムーズに行えるよう助言を行っています。

本州日本海の秋サケ資源は北海道や本州太平洋と比べて低い水準にあり、放流適期の解明が急

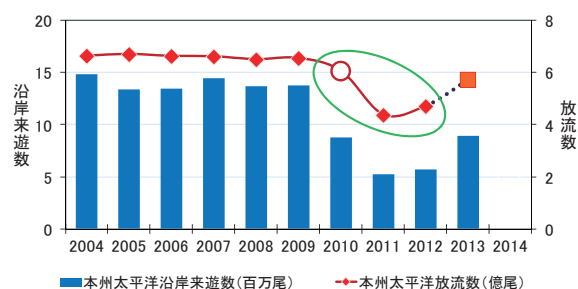


図4. 本州太平洋域の沿岸来遊数と放流数の推移。

がれています。これまでの調査から、一部の県では今までより早い時期の放流が効果的であるとの知見も得られており、今後さらに情報を集積することで新たな展開が期待されます。

3. 地域特性に合った稚魚放流の検討

稚魚を放流するにあたり、前述のとおり 1g 以上の稚魚を沿岸水温が 5-10℃の時期に放流することが推奨されています。しかし、北日本に広く点在するふ化場にはこの基準が当てはまらない場所もあることから、適期・適サイズは地域毎に把握する必要があります。この点を明らかにするため、これまでに多くの耳石温度標識魚が放流されてきました。ここでは、本州日本海と北海道における標識魚の回収結果から得られた知見を紹介いたします。

サケのふ化放流効果を高めるためには、その生態に適した時期に放流を実施することが重要であり、本州日本海地区においても当地区固有の放流適期を解明することが求められています。今回は、山形県月光川水系のふ化場から放流するサケについて、放流時期・サイズ別に異なる耳石温度標識を施し、それぞれの回収率を推定しました。その結果、3月下旬放流群に比べ、2月下旬から3月中旬放流群が高い値を示しました。また、既存の知見として、当地区は対馬暖流の影響を強く受けるため、高水温、高塩分濃度、貧酸素であり、親潮域である太平洋地区に比べてプランクトン量が少ないこと、餌料生物量は対馬暖流の発達によって4月以降に減少する傾向があること、当地区のサケおよびカラフトマス幼稚魚は胃内容量が生息密度に依存し、密度効果による成長停滞を起こす可能性があること、等が得られています。これらの情報と今回の結果、ならびに稚魚の遊泳速度と移動先の沿岸水温を考慮すると、当地区の放流は、現在主群となっている3月下旬放流を分散させ、3月中旬以前に放流する割合を高めた方が望ましいと考えられます。

北海道区水産研究所のさけます事業所では2006 (H18) 年級以降のサケ稚魚全てに耳石温度標識が施されており、時期別・サイズ別に放流されたサケ稚魚の回収結果が蓄積されてきました。4ヵ所のさけます事業所（斜里、静内、八雲および天塩）から放流され、2013 (H25) 年までに回収した標識魚の河川回帰率と、放流体重や沿岸水温の関係について調べたところ、放流時期の沿岸水温や平均放流体重が河川回帰率に強く影響している可能性が明らかになってきました^{*1}。また、効果的であった放流時期とサイズが地域によっ

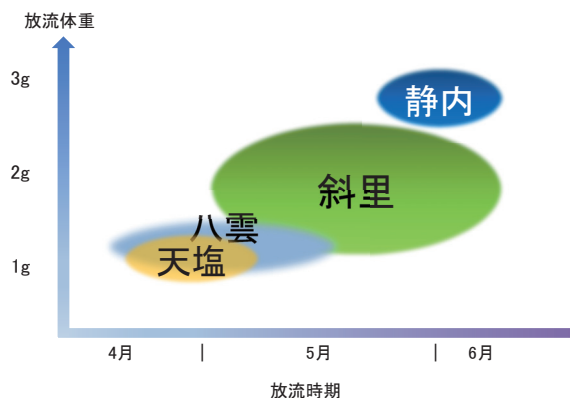


図5. 斜里、静内、八雲、天塩さけます事業所における効果が高かった放流時期とサイズのイメージ。

て異なっていたことから、サケ稚魚の初期生残に関わる要因には地域差がある可能性も示唆されました（図5）。しかし、サケの回帰率に影響を与える要因として、沿岸水温とサイズ以外の要因にも目を向けておく必要があります。北海道区水産研究所では、得られた結果を今後より多面的に解析し、各地域の特性に合わせた放流手法を構築する予定です。

4. まとめ

今回のワークショップでは地域特性に合った増殖事業の展開に向けて、サケの生物特性、増殖事業現場の課題と対策、放流適期と適サイズに関する試験結果が紹介されました。第1部の「サケの地域特性」では、日本系のサケが遺伝的にみて7つの地域個体群に分かれること、いくつかの生物学的特性は増殖事業による人為的改変の影響が認められるものの、地域的な差異が今なお存在すること、種苗の飼育放流手法が地域で異なる変遷を遂げていること等が示されました。第2部の「各地の増殖事業の現状」では、現場の様々な課題とその対処法が示されました。中でも、増殖用水の量や質など施設状況と放流数・体サイズの関係、魚病等への対処法は今後も技術的改善に向けた取り組みが必要な課題として特筆されます。また、資金難や高齢化など、技術だけでは解決し難く、行政と連携した支援が必要な問題も提起されました。第3部の「地域特性に合った稚魚放流の検討」では、耳石温度標識魚の回収結果を整理することで、放流適期・適サイズが地域毎に異なること、放流時期の決定も沿岸環境の年変動や中長期的変化を考慮する必要があること等が

*1 関連記事を本誌15ページに掲載しています。

明らかになりつつあります。今回のワークショップを通じて各地の増殖事業に関する認識を共有したことで、より地域の特性に合った増殖事業に向けた技術開発の必要性を再認識しました。

参考文献

齋藤寿彦・岡本康孝・佐々木 系. 2015. 日本系サケの生物学的特性. 水産総合研究センター研究報告, 39. (印刷中)