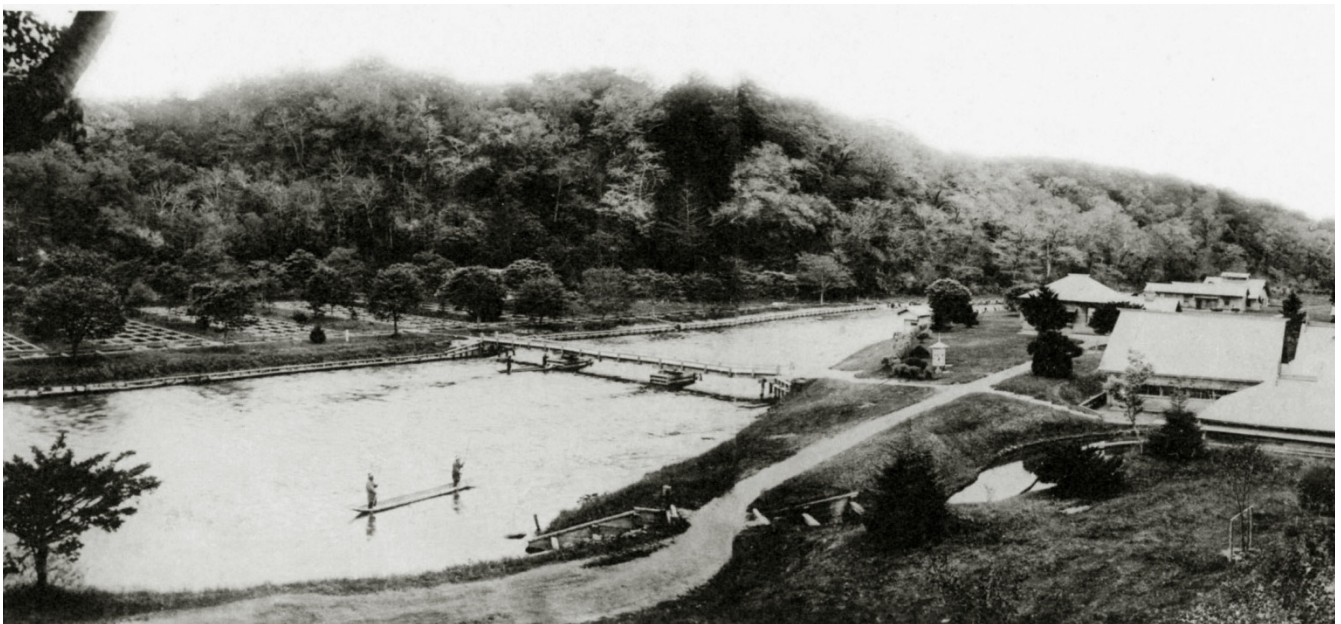


SALMON 情報

第7号

2013年3月

- DNA から見た日本系サケの遺伝的集団構造とその多様性
- アーカイバルタグを利用した回帰サケの行動解析
- 日本系サケのベーリング海までの回遊要因とベーリング海から日本沿岸に回帰するときの遊泳行動
- 東日本大震災からの岩手県さけ増殖事業復興状況と資源回復への課題
- サケ科魚類のプロファイル-11 ギンザケ
ほか



編集 北海道区水産研究所



独立行政法人
水産総合研究センター

目次

研究成果情報

- DNA から見た日本系サケの遺伝的集団構造とその多様性 …… 佐藤俊平 3
- アーカイバルタグを利用した回帰サケの行動解析 …… 長谷川英一 8
- 日本系サケのベーリング海までの回遊要因と
ベーリング海から日本沿岸に回帰するときの遊泳行動 …… 東屋知範 12

技術情報

- サケの採卵時期の違いによる親魚の回帰時期と回帰年齢 …… 高橋 悟 16
- コラム：採卵（発生）時期と捕獲（回帰）時期について …… 安達宏泰 18

トピックス

- 東日本大震災からの岩手県さけ増殖事業復興状況と
資源回復への課題 …… 小川 元・清水勇一・石黒武彦 20

会議報告

- 平成 24 年度さけます資源部第 1 回連絡会議ワークショップ
「さけますふ化場で問題となる疾病の実態と対策」 …… 浦和茂彦・ほか 24
- さけます関係研究開発等推進会議 …… 安達宏泰 29
- 第 20 回北太平洋溯河性魚類委員会年次会議 …… 浦和茂彦 32

さけます情報

- サケ科魚類のプロファイル-11 ギンザケ …… 小関右介 34
- 北太平洋と日本におけるさけます類の資源と増殖 …… 平林幸弘 38



mini column

表紙の写真は今から約 90 年前、大正期の千歳さけます事業所を写したものです。現在の写真(右)では、矢印の位置から見た光景にあたります。2枚を比べると今の施設はずいぶん近代的に変貌していますが、千歳川兩岸のふ化施設とそれを繋ぐ橋の配置、鬱蒼とした周囲の森は当時と変わらないように見えます。2012 年度の千歳川のサケ捕獲数は 40 万尾あまり。表紙の中で舟を漕ぐ二人には想像もしない数字かも知れませんが、彼ら大先輩達から此処で重ねてきた試行錯誤が今の資源を支える土台となっているのは確かです。



研究成果情報

DNA から見た日本系サケの遺伝的集団構造とその多様性

さとう しゅんぺい

佐藤 俊平 (北海道区水産研究所 さけます資源部)

はじめに

サケ (シロザケ) *Oncorhynchus keta* は北太平洋一帯に広く分布しており, 日本をはじめ韓国・ロシア・カナダ・米国において重要な水産資源の一つとなっています. その資源量は太平洋サケ属ではカラフトマス *O. gorbuscha* について多く, またその商業漁獲量も 2010 年では沿岸 5 カ国で約 31 万 3000 トンとなっています (NPAFC Statistical Yearbook, <http://www.npafc.org/>). サケはその水産資源としての重要性から, 古くよりふ化放流事業による資源造成が行われてきました. 2010 年の北太平洋におけるサケの総放流数は約 31 億尾で, そのうち日本からの放流数は約 18 億尾と総放流数の約 58% を占めています (NPAFC Statistical Yearbook).

一方, ふ化放流事業により放流された種苗が生態系に負の影響を与えるのではないかと指摘が以前よりされています (例えば Hilborn 1992). また近年では, 「遺伝的多様性の保全」が強く叫ばれるようになってきました. 遺伝的多様性とは種多様性・生態系多様性と共に生物多様性の構成要素の一つとされるもので, 個体や集団内で見られる遺伝的な変異の大きさのことであり, 生物多様性の根幹をなすものと考えられていますが, ふ化放流事業が遺伝的多様性に与える影響も懸念

されています. 日本では, 2012 年 9 月に「生物多様性国家戦略 2012-2020」が閣議決定されており, その中でさけます増殖事業は「北太平洋の生態系との調和を図り, 生物として持つ種の特性と多様性を維持することに配慮して実施する」とともに「天然魚との共存可能な人工種苗放流技術の開発の高度化を図り, 河川及びその周辺の生態系にも配慮した, さけます増殖事業を推進する」と明記されています. つまり, さけます類の生物多様性や遺伝的多様性を持続的に守るような増殖 (ふ化放流) と資源管理を実行することが求められているといえます. そのためには, まず日本系サケがどのような遺伝的集団構造や遺伝的特徴を持ち, また遺伝的多様性は現在どのような状況であるのかを正確に把握することが重要となります.

ここでは, これまで行われてきた日本系サケおよび北太平洋サケの遺伝的集団構造や遺伝的多様性に関する研究を紹介するとともに, 今後の課題について考えてみたいと思います.

DNA を用いて日本系サケと北太平洋サケの遺伝的集団構造を明らかにする

2000 年以降, 日本系サケおよび北太平洋サケの遺伝的集団構造解析は, ミトコンドリア DNA やマイクロサテライト, 一塩基多型 (SNP) とい

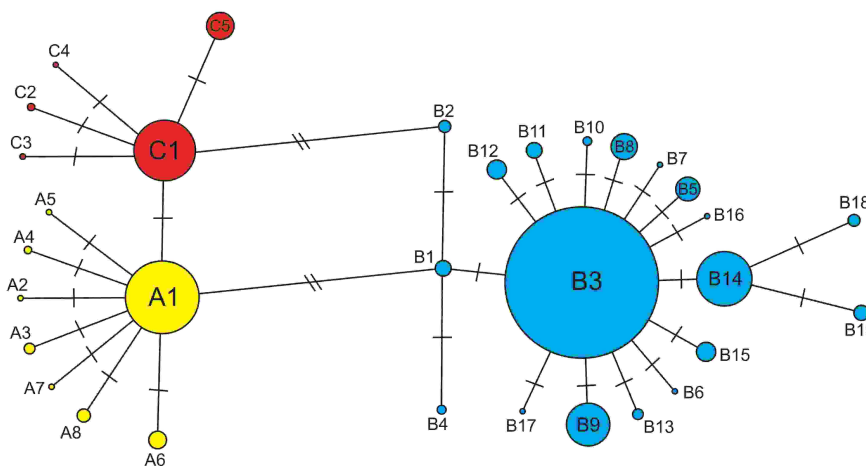


図 1. サケミトコンドリア DNA ハプロタイプのネットワーク図. (Yoon et al. 2008 を改変). スラッシュは 1 塩基の変異を, 数字はハプロタイプ番号を示す. 円の大きさは当該ハプロタイプの出現頻度に比例する.

った複数の DNA レベルの遺伝マーカーを用いて行われてきました。ミトコンドリア DNA は細胞質内にあるミトコンドリアという器官に含まれる DNA で、核 DNA とは異なります。また変異性が高いことから、多くの生物において、遺伝的集団構造の解析に使われています。日本 17 集団、韓国 1 集団、ロシア 30 集団、カナダ・米国 48 集団の合計 96 集団から採集した 4,200 個体以上の標本について、ミトコンドリア DNA を用いた分析を行ったところ、全部で 32 種類の異なった塩基配列（ハプロタイプ）が見つかりました（Yoon et al. 2008）。これらの関係をネットワーク図で示すと図 1 のようになります。32 種類のハプロタイプは A・B・C という 3 つのグループ（クレード）に分かれ、各クレードには中心となる出現頻度の高いハプロタイプが存在しました。ハプロタイプの分布パターンを調べてみると日本と韓国の集団では全てのクレードに属するハプロタイプが分布しており、中でもクレード A が高い割合を示しました（図 2）。ロシア地域では、沿海州の集団では日本・韓国同様全てのクレードに属するハプロタイプが分布していましたが、それ以外の集団ではクレード B と C のハプロタイプだけが分布していました。一方、カナダ・米国の集団では分布しているハプロタイプの 99%以上がクレード B に属するものであり、アジア地域と比べ明らかに分布パターンが異なっていました。日本・ロシア・

北米（カナダと米国）の 3 地域で固有のハプロタイプ数を調べてみると、日本地域で最も多く、ロシア地域、北米地域の順で少なくなっていました。またハプロタイプ多様度（遺伝的多様性の指標の一つ）も日本地域で最も高い値を示しました。さらに近隣結合法による系統樹を作成したところ、日本・韓国・ロシア沿海州地域、沿海州を除くロシア地域、北西アラスカ地域、北西アラスカを除く北米地域の 4 地域に分かれました（Sato et al. 2004）。分子分散分析という統計解析を行ったところ、この 4 地域間では明瞭な遺伝的分化が生じていることが明らかとなり、さらに日本においては、北海道地域・本州太平洋地域・本州日本海地域の 3 地域間で弱いながらも遺伝的に分化した「地域集団」が存在することが示されました（Sato et al. 2004; Yoon et al. 2008）。

ではマイクロサテライトによる分析ではどうなのでしょう。マイクロサテライトは核 DNA 上に存在する塩基の繰り返し配列のことで、変異性が非常に高く、犯罪捜査での個人特定や親子鑑定などにも使われる遺伝マーカーです。このマイクロサテライト 14 遺伝子座を使って、日本系サケ 26 集団（北海道 16 集団、本州太平洋 5 集団、本州日本海 5 集団）にロシア 1 集団と北米 3 集団を加えた合計 30 集団について近隣結合法による系統樹を作成しました（図 3）。その結果、日本集団とロシア・北米集団は明確に異なっており、さ

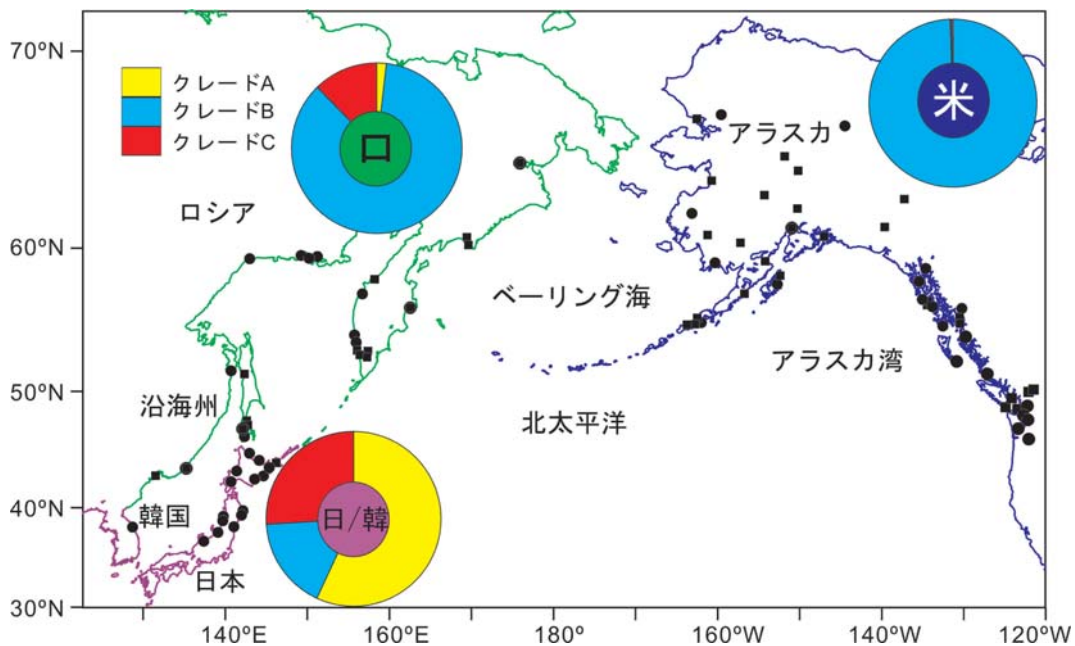


図 2. 北太平洋におけるサケミトコンドリア DNA ハプロタイプの分布パターン (Sato et al. 2004 および Yoon et al. 2008 のデータから作図)。各クレードを示すアルファベットと色は図 1 と対応。地図上の黒丸は Sato et al. (2004) の標本採集地点を、黒正方形は Yoon et al. (2008) の標本採集地点を示す。それぞれの円グラフの中心の色は海岸線の色と対応し、各海岸線の標本採集地点のデータが含まれていることを示す。

らに日本集団は北海道 5 地域(日本海・根室海峡・オホーツク海・太平洋東部・太平洋西部), 本州太平洋, 本州日本海の合計 7 つの地域集団に分かれることが示されました (Beacham et al. 2008). またマイクロサテライト 14 遺伝子座の対立遺伝子の平均値と合計数はロシア・北米集団よりも日本集団で高く, 遺伝的多様性が日本系サケで大きいことが示されました. 同様に, 北太平洋全体の

サケ 381 集団 (日本 26 集団, 韓国 1 集団, ロシア 34 集団, カナダ 185 集団, 米国 135 集団) を対象に, 同じマイクロサテライト 14 遺伝子座を使って分析した結果でも, やはり日本系サケ集団はロシア・北米集団と比較して対立遺伝子の平均値と合計数が高く, その遺伝的多様性は北太平洋サケ集団全体の中でも大きいことが示唆されました. また近隣結合法による系統樹でも, 日本集団はその他の集団と明確に分かれていることが示されました (Beacham et al. 2009a).

一方, 一塩基多型 (SNP) による研究では, ミトコンドリア DNA やマイクロサテライトとは若干違った結果が示されています. SNP とは, 塩基配列上の一塩基に見られる変異のうち, 一定以上の頻度 (概ね 1% 以上) で観察されるものを指し, 近年遺伝マーカーとして利用されるようになってきました. 北太平洋のサケ 114 集団 (日本 16 集団, 韓国 1 集団, ロシア 10 集団, カナダ・北米 87 集団) について, SNP53 遺伝子座を遺伝マーカーに用いて主成分分析を行ったところ, これまでの二つの遺伝マーカーによる結果同様, 日本系サケ集団は外国集団と大きく異なっていました (図 4). しかし, 遺伝的多様性の指標の一つである平均ヘテロ接合度やアليلリッチネスは, これまでと異なり外国集団よりも若干低い値を示しました (Seeb et al. 2011). 日本系サケ集団の遺伝的多様性について, SNP 分析の結果が他の二つの遺伝マーカーによる結果と異なる理由は現在のところ不明です. 現在サケで使用されている SNP マーカーは, 北米系サケ集団間で比較の変異性の高いものが優先して選択されているので, 日本系集団と北米系集団間で遺伝的多様性を比較するには不向きなのかもしれません. SNP を用いたサケの遺伝的集団構造に関する研究はまだ始まったばかりですので, 今後の進展に期待するところです.

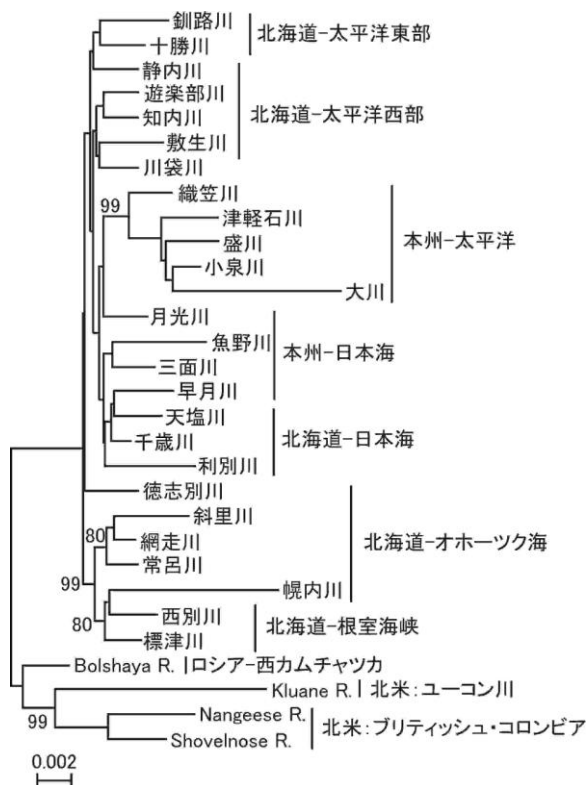
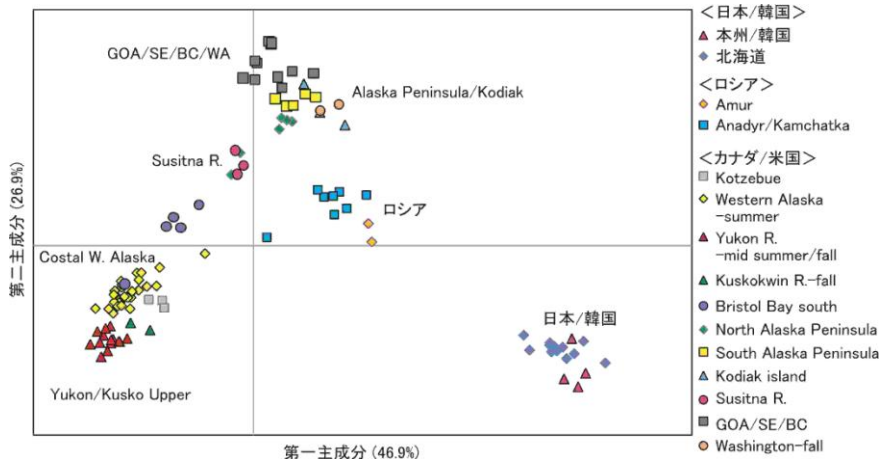


図 3. マイクロサテライト 14 遺伝子座のデータを元にした, 日本系サケ 26 集団および外国系サケ 4 集団の近隣結合法による系統樹. Beacham et al. (2008) を改変. 数値は 1000 回繰り返しによるブートストラップ値を示す.

図 4. SNP53 遺伝子座の解析データを元にした, 北太平洋サケ 114 集団の主成分分析結果. Seeb et al. (2011) を改変. 図は分析したサケ集団間の遺伝的距離を視覚化したものの.



以上3つの研究結果は、アジア側、特に日本系サケの遺伝的集団構造が、北太平洋全体を見渡しても特徴的であることを基本的に示しています。過去に行われた研究においても、アジア側（特に日本系）のサケ集団は北米側の集団と比較して遺伝的にかなり異なることが示されています（例えば Taylor et al. 1994; Seeb and Crane 1999）。そして、アジア側のサケ集団がこのような遺伝的集団構造や遺伝的多様性を持つ背景として、更新世の時代に氷河の後退などでアジア側にできたレフュジア（refuge, 退避場所）の存在が影響していると推察されています（Taylor et al. 1994; Beacham et al. 2009a）。日本系サケ集団はアジアの中でもその分布域の南限に位置していることから、その遺伝的集団構造や遺伝的多様性には、過去に起こった地質学的な環境変動が大きく影響しているのかもしれない。

遺伝マーカーによる遺伝的集団構造解析結果の応用と今後の課題

遺伝マーカーを用いた研究により、日本系サケの遺伝的集団構造や遺伝的多様性が明らかになってきました。これらのデータは、日本系サケの保全単位の設定など、今後遺伝的多様性に配慮したふ化放流事業を展開していく上で基礎的な情報になると考えられます。また、日本系サケを含めた北太平洋サケの遺伝的集団構造の解析データは、沿岸域あるいは沖合域におけるサケ混合集団の地理的起源を推定する際に、基準データとして利用可能です（例えば Beacham et al. 2009b ; Sato et al. 2007 ; Seeb et al. 2011）。現在、日本では夏のベーリング海でさけます類の資源生態調査を行っていますが、その調査内容の一つに、ベーリング海で採集されたサケの地理的起源について遺伝的手法による推定があります。ミトコンドリア DNA を基準データに用いてサケの地理的起源の推定を行った研究では、日本系サケはベーリング海全体に広く分布すること、その分布様式には偏りがあることなどが明らかになってきました（例えば Sato et al. 2009）。この結果は、沖合海域における日本系サケの資源動態の把握や詳細な回遊経路の推定などに役立つものと考えられます。

一方、いくつかの課題もあります。例えば、サケの遡上時期は一つの河川で数ヶ月にわたり続きますが、そのため同じ河川や地域であっても、遡上時期により遺伝的特性や遺伝的集団構造が違っている可能性があり、これは保全単位を設定する上で重要な要素となります。実際に、北米のユーコン川では遡上時期が異なる夏ザケと秋ザケで遺伝的集団構造が異なり、その一つの要因として遡上のタイミングが影響しているという報告があ

ります（Olsen et al. 2008）。また北海道南部の遊楽部川では、サケの前期遡上群と後期遡上群で遺伝的分化が生じていることが示唆されています（中原 2004 ; Yokotani et al. 2009）。太平洋さけます類（サケ・ギンザケ *O. kisutch*・マスノスケ *O. tshawytscha*・カラフトマス）の遡上時期や産卵行動には「時計遺伝子」と呼ばれる遺伝子が関与していることが示唆されていますが、時計遺伝子には種間および種内で変異（多様性）が存在すること、その多様性はサケおよびマスノスケで強い緯度クライン*を示すこと、そしてその多様性が適応的に働き遡上時期や産卵行動を調節している可能性があることを示した研究結果もあります（O'Malley et al. 2010）。日本においても、増殖河川に帰ってきたサケ親魚の遡上時期と採卵時期の関係を調べたところ、サケ親魚はそれらが採卵された時期とほぼ同じタイミングで遡上し、この傾向は年齢にかかわらず同じであることが示されました（高橋 2013）。この結果は、日本系サケの遡上時期も上記で示した「時計遺伝子」などの働きにより、遺伝的に決定されている可能性があることを示唆しています。このようなサケの遡上時期と遺伝構造・遺伝的多様性に関する研究は、これから実施すべき重要な課題の一つと考えており、北海道区水産研究所でも現在進行中の第三期中期計画の中で取り組みを開始したところです。

おわりに

はじめに述べたように、サケは日本の水産業にとって重要な魚種であり、その安定供給のためには、ふ化放流事業を実施することは不可欠です。一方、北太平洋の中でも特徴的な遺伝的集団構造を示す日本系サケの遺伝的多様性を高く保つことは、地球温暖化やそれに伴う水温上昇といった海洋環境の変化に対し、日本系サケが上手く適応し生き残るために重要な要素であり、ひいては将来にわたり日本系サケを水産資源として利用していくための基盤となります。そのため、日本系サケについて適切な保全単位を設定し、その遺伝的集団構造や遺伝的多様性に変化がないか常にモニターしていくことは大切です。同時に、日本系サケの遺伝的集団構造について未解明の部分明らかにし、遺伝的多様性を保全するための新たな知見を蓄積していくことも重要です。今後も日本系サケ資源を持続的に利用していくために、その遺伝的多様性を守りながらふ化放流事業を実施していくことが強く求められています。

* 緯度クライン：低緯度から高緯度にかけて生じる、ある形質の連続的な変化。

引用文献

- Beacham, T. D., J. R. Candy, K. D. Le, and M. Wetklo. 2009a. Population structure of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) across the Pacific Rim, determined from microsatellite analysis. *Fish. Bull.*, 107: 244-260.
- Beacham, T. D., J. R. Candy, C. Wallace, S. Sato, S. Urawa, N. V. Varnavskaya, K. D. Le, and M. Wetklo. 2009b. Microsatellite stock identification of chum salmon on a Pacific Rim basis. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 29:1757-1776.
- Beacham, T. D., S. Sato, S. Urawa, K. D. Le, and M. Wetklo. 2008. Population structure and stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from Japan determined by microsatellite DNA variation. *Fish. Sci.*, 74: 983-994.
- Hilborn, R. 1992. Hatcheries and the future of salmon in the Northwest. *Fisheries*, 17: 5-8.
- 中原立喜. 2004. シロザケ (*Oncorhynchus keta*) のオスの繁殖形質にはたらく人工孵化放流の影響. 北海道大学大学院農学研究科環境資源学専攻修士課程論文, 札幌. 25p.
- Olsen, J. B., B. G. Flannery, T. D. Beacham, J. F. Bromaghin, P. A. Crane, C. F. Lean, K. M. Dunmall, and J. K. Wenburg. 2008. The influence of hydrographic structure and seasonal run timing on genetic diversity and isolation-by-distance in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65: 2026-2042.
- O'Malley, K. G., M. J. Ford, and J. J. Hard. 2010. Clock polymorphism in Pacific salmon: evidence for variable selection along a latitudinal gradient. *Proc. R. Soc., B* 277: 3703-3714.
- Sato, S., M. Yoon, S. Abe, and S. Urawa. 2007. Update of mitochondrial DNA baseline for stock identification of chum salmon. NPAFC Doc. 1019. 26p.
- Sato, S., S. Moriya, T. Azumaya, H. Nagoya, S. Abe, and S. Urawa. 2009. Stock distribution patterns of chum salmon in the Bering Sea and North Pacific Ocean during the summer and fall of 2002–2004. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 5: 29-37.
- Sato, S., H. Kojima, J. Ando, H. Ando, R. L. Wilmot, L. W. Seeb, V. Efremov, L. LeClair, W. Buchholz, D.-H. Jin, S. Urawa, M. Kaeriyama, A. Urano, and S. Abe. 2004. Genetic population structure of chum salmon in the Pacific Rim inferred from mitochondrial DNA sequence variation. *Env. Biol. Fish.*, 69: 37-50.
- Seeb, L. W., and P. A. Crane. 1999. High genetic heterogeneity in chum salmon in western Alaska, the contact zone between northern and southern lineages. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 128: 58-87.
- Seeb, L. W., W. D. Templin, S. Sato, S. Abe, K. Warheit, J. Y. Park, and J. E. Seeb. 2011. Single nucleotide polymorphisms across a species' range: implications for conservation studies of Pacific salmon. *Mol. Ecol. Res.* 11: 195-217.
- 高橋悟. 2013. サケの採卵時期の違いによる親魚の回帰時期と回帰年齢. *SALMON 情報*, 7: 16-18.
- Taylor, E. B., T. D. Beacham, and M. Kaeriyama. 1994. Population structure and identification of North Pacific Ocean chum salmon (*Oncorhynchus keta*) revealed by an analysis of minisatellite DNA variation. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 51: 1430-1442.
- Yokotani, R., N. Azuma, H. Kudo, S. Abe, and M. Kaeriyama. 2009. Genetic differentiation between early- and late-run populations of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) naturally spawned in the Yurappu river inferred from mitochondrial DNA analysis. *Fish. Genet. Breed. Sci.* 39: 9-16.
- Yoon, M., S. Sato, J. E. Seeb, V. Brykov, L. W. Seeb, N. V. Varnavskaya, R. L. Wilmot, D. H. Jin, S. Urawa, A. Urano, and S. Abe. 2008. Mitochondrial DNA variation and genetic population structure of chum salmon *Oncorhynchus keta* around the Pacific Rim. *J. Fish. Biol.*, 73: 1256-1266.

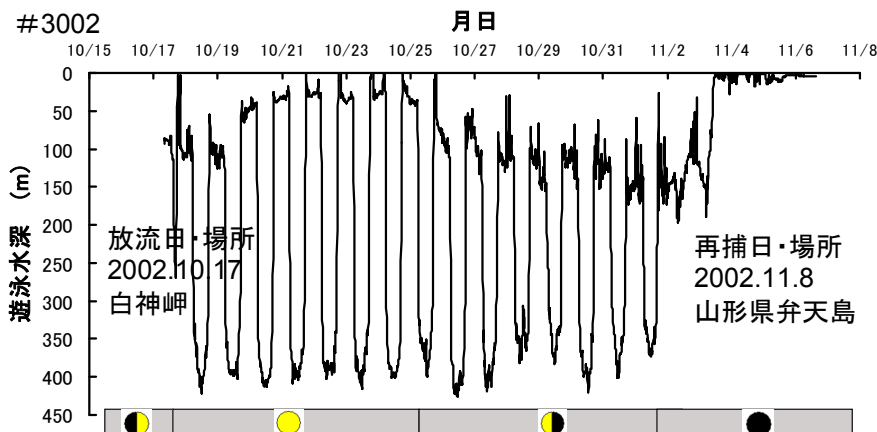


図2. 遊泳水深の変化. 図下方の棒表示は上弦, 満月, 下弦および新月の各月齢時期を表します. (Hasegawa 2012 を改変)

齢と比較して浅かったのが7例あり, 各種統計検定を行ったところ, この差は有意でした.

新月は夜間見えません. 上弦月は真夜中から日出時まで見えません. また, 下弦月は日没時から夜中まで見えません. 一方, 満月は一晩中見えています.

そのため, サケは東の水平線から表れ, 西の水平線に沈む満月の時に遊泳方向を選択する機会が多くなると考えられます.

満月の光が届く水深では, サケは遊泳方向を選択し易くなるため, 水平方向の遊泳速度が速くなると考えられます. 月齢毎の遊泳速度を調べるために, 北海道でディスクタグを付けて放流されて10日間以上経ってから本州で再捕されたサケ81個体について, 遊泳速度と再捕されるまでの期間で満月期を含む割合との関係調べました(図3).

ここで遊泳速度は, 放流地点から再捕地点までの直線距離と再捕までに要した日数から求めました. 図から満月期を多く含む場合ほど遊泳速度が速い傾向にあることがわかり, 満月の存在が遊泳方向を見極めるのに役立つ, その結果として遊泳速度が速くなることが示唆されました.

表1. 月照時間帯における平均遊泳水深±標準偏差. (Hasegawa 2012 を改変)

タグ番号 #	水深 (m)			
	新月期	上弦期	満月期	下弦期
127	79.9 ± 143.3	105.6 ± 122.7	26.7 ± 40.0	70.3 ± 43.0
106	132.8 ± 103.8	48.0 ± 62.5	4.5 ± 0.1	
168		29.5 ± 9.8	11.0 ± 10.1	
228		18.3 ± 12.3	13.3 ± 11.4	
2884			31.8 ± 21.2	11.8 ± 7.3
3002	118.8 ± 63.0	102.1 ± 48.0	49.5 ± 46.0	108.5 ± 43.0
3004		81.2 ± 18.4	50.2 ± 39.1	
10	90.6 ± 12.2	77.5 ± 18.8	10.8 ± 23.5	
166	31.6 ± 20.7	28.7 ± 23.1	29.4 ± 18.9	39.3 ± 21.4
2757	63.2 ± 17.1	27.6 ± 29.2	52.0 ± 18.2	40.0 ± 11.5

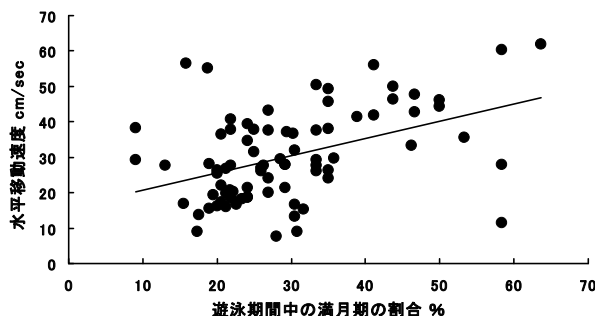


図3. 再捕されるまでの満月期の割合と水平方向の移動速度との関係. 直線は $y=0.484x + 15.934$ に回帰しています. (Hasegawa 2012 を改変)

サケの生物時計の確認

2003年10月31日に北海道の地球岬沖でアーカイバルタグを付けて放流されたサケが同年11月27日に岩手県の田老川で再捕されました. このサケは11月8日から13日の間水深114m以深のところで浅深移動を繰り返し行っていました(図4). 恐らく表層の暖かい水で浮上行動が阻害されたのだと考えられます. 昼間の平均遊泳水深は 293.9 ± 39.0 m, 夜間の平均遊泳水深は 254.6 ± 23.4 m で, この差は統計上有意なものでした.

この行動の繰り返し周期を統計学的に求めたところ24時間でした. なお, このサケの昼夜間の

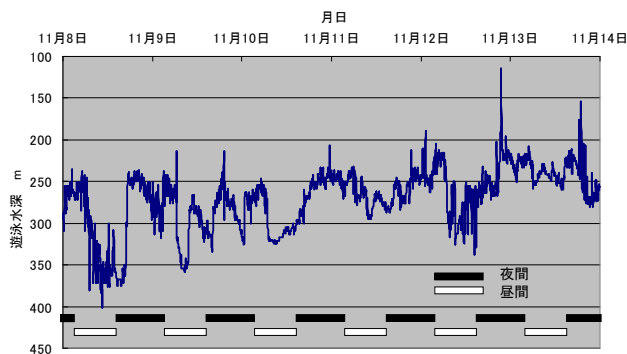


図4. 水深114m以深で繰り返されたサケの浅深移動. (Hasegawa 2012 を改変)

時間帯については当時の函館の日出時刻、日没時刻から求めました。昼間であっても光がほとんど届かない水深で昼夜間の規則的な浅深移動を行っていることから、サケは一日間のサイクルに応じた生物時計を持っているのではないかと考えられました。

本州太平洋岸に回帰するサケに対する津軽暖流の影響

2001 年 11 月 7 日に根室半島沖で放流し、同年 11 月 29 日に岩手県の山田湾にて再捕されたサケ（表 1. #127）と上述の地球岬沖で放流し岩手県の田老川にて再捕されたサケの 3 次元的な遊泳行動をアーカイバルタグデータから得られる水温・水深情報、海底水深図（TopoView）及び海洋観測データなどを利用して解析しました。

その結果、津軽海峡東部海域を通過するのに要した日数は、2001 年がほぼ 1 週間、2003 年がほぼ 2 週間と見積もられました。両年の同時期同海域における水温分布構造を図 5 に示します。

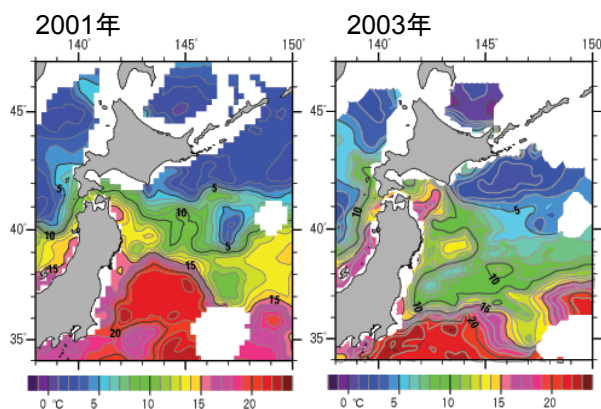


図 5. 水深 100m における水温分布（函館海洋気象台提供）。

図から明らかなように、2003 年の方が 2001 年よりも津軽暖流が強勢であったことが視えます。両年の岩手県へのサケの来遊（河川捕獲尾数、沿岸漁獲尾数の旬別推移）は、2003 年の方が遅くなりました。

この回帰時期の遅れが北海道沿岸でも同様に見られるとしたら、来遊の遅れは津軽海峡東岸海域を通過する以前にすでに起こっていたことになり、えりも以西海域での河川捕獲時期には両年で差がないどころか、沿岸漁獲時期はむしろ 2003 年の方が早いことがわかりました。

また、この両来遊群の採卵時期に差があれば、回帰時期にもそれが反映することが考えられます。しかし、主群である 4 年前の採卵時期には差は見られませんでした。

すなわち、アーカイバルタグデータから推測された通過日数の違いは両年の津軽暖流の強勢の差の影響と考えられます。

おわりに

日中の太陽光は夜間の月明かりよりも明るい。最も清澄な消散係数（光が吸収・散乱されて弱まっていく度合い）が 0.033 の海における水深 400 m の太陽光の明るさは $10^{-1} \mu W cm^{-1}$ です。この値は満月の時の海面の明るさと同じです（Clarke and Denton 1962）。

魚の鉛直移動の規則的リズムは適当な環境光の明暗サイクルに従い、Godin (1981) はカラフトマス *Oncorhynchus gorbuscha* の日中の活動リズムが明暗サイクルと明らかに同調していることを観察しました。

一方、餌生物の分布の変化（Shimazaki and Mishima 1969）や外敵の出現（Ohman et al. 1983; Ohman 1990）、あるいは水温変化（Walker et al. 2000）や海潮流などがこのリズムに影響することもあります。

満月期の夜間の月明かりは最も明るく、また最も長く水面を照らします。サケは恐らく回帰する方位を定めるためにこれを有効に利用しているものと思われませんが、様々な外部要因にも左右されるようです。



（イラスト提供：田杭佳純氏）

引用文献

- Clarke, G. L. and Denton, E. J. 1962. Light and animal life. In *The sea*, Vol. 1 (ed. M. V. Hill), 456-468. Interscience, New York.
- Godin, J. G. 1981. Circadian rhythm of swimming activity in juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Marine Biology*, 64: 341-349.

- Hasler, A. D. and Scholz, A. T. 1983. Olfactory imprinting and homing in salmon, Springer-Verlag, Berlin, New York.
- 長谷川英一. 2010. サケ採卵時期の津軽暖流による影響. Promotional Report of Research and Development Projects for Application in Promoting New Policy of Agriculture Forestry and Fisheries, grant number 1916, Development of Quality Evaluation System and Advancement of Stocking Technology for Salmon Export Promotion, National Salmon Resources Center, Fisheries Research Agency, 67-72.
- Hasegawa, E. 2012. Chum salmon *Oncorhynchus keta* respond to moonlight during homeward migrations, *Journal of Fish Biology*, 81: 632-641.
- 長谷川英一・奈良和俊・広井修. 2004. 親魚標識放流結果を利用した網揚げ規制効果の見積もり方法についての一考察. さけ・ます資源管理センター技術情報, 170: 17-49.
- Ogura, M. 1994. Migratory behavior of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the open sea. *Bulletin of National Research Institute of Far Seas*, 31: 1-139.
- Ohman, M. D., Frost, B. W., and Cohen, E. B. 1983. Reverse diel vertical migration: an escape from invertebrate predators. *Science*, 220: 1404-1407.
- Ohman, M. D. 1990. The demographic benefits of diel vertical migration by zooplankton. *Ecological Monographs*, 60: 257-281.
- Quinn, T. P. 1980. Evidence for celestial and magnetic compass orientation in lake migrating sockeye salmon fry. *Journal of Comparative Physiology*, 137: 243-248.
- Quinn, T. P. and Brannon, C. L. 1982. The role of celestial and magnetic cues by orienting sockeye salmon smolts. *Journal of Comparative Physiology*, 147: 547-552.
- Quinn, T. P. and Groot, C. 1983. Orientation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) after internal and external magnetic field alteration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 1598-1606.
- Quinn, T. P. and Groot, C. 1984. Pacific salmon (*Oncorhynchus*) migrations: orientation versus random movement. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1319-1324.
- Quinn, T. P., TERHart, B. A. and Groot, C. 1989. Migratory orientation and vertical movements of homing adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in coastal waters. *Animal Behaviour*, 37: 587-599.
- Shimazaki, K., and Mishima, S. 1969. On the diurnal change of the feeding activity of salmon in the Okhotsk Sea. Contribution No. 29 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University (in Japanese).
- Soeda, H., Yoza, K., Shimamura, T., and Hasegawa, E. 1987. On the swimming behavior of chum salmon in early migratory season off the coast of Hokkaido, Okhotsk Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53: 1827-1833.
- Walker, R. V., Myers, K. W., Davis, N. D., Aydin, K. Y., Friedland, K. D., Carlson, H. R., Boehlert, G. W., Urawa, S., Ueno, Y. and Anma, G. 2000. Diurnal variation in thermal environment experienced by salmonids in the North Pacific as indicated by data storage tags. *Fisheries Oceanography*, 9: 171-186.

研究成果情報

日本系サケのベーリング海までの回遊要因とベーリング海から日本沿岸に回帰するときの遊泳行動

あずまや とものり

東屋 知範 (北海道区水産研究所 生産環境部)

はじめに

サケ (*Oncorhynchus keta*) は太平洋さけ・ます類のなかでカラフトマスに次いで多い種です。その中で日本系サケの個体群はほとんどが孵化放流によって維持されています (Kaeriyama 1999; Hiroi 1998)。近年サケの遺伝解析だけでなく耳石温度標識によって、日本系サケは北太平洋亜寒帯海域全体に分布回遊していることが確かめられるようになってきました。これらの研究によると、放流・降海後の日本系サケ幼稚魚は沿岸水域で3ヶ月程度過ごした後、1年目の初夏から晩秋にかけてオホーツク海で生活します (図 1)。そして水温の低下に伴い 11 月頃にオホーツク海を離脱して南下を開始し、北太平洋西部域で最初の越冬を行います。その後夏までにベーリング海へ北上すると考えられています。ベーリング海で索餌回遊をして成長した後、北太平洋東部で越冬した日本系サケは、ベーリング海と北太平洋東部の間で季節による南北移動を繰り返しながら摂餌し成長します。そして最終成熟を迎える初夏になると順次ベーリング海を離脱して、日本沿岸の母川に回帰すると考えられています。しかしなぜ日本系サケがはるか遠いベーリング海や北太平洋東部まで回遊するのか明らかではありません。そこで簡単なサケ回遊数値モデルを作成し、日本系サケがベーリング海まで回遊する要因を調べてみました (Azumaya and Ishida 2004)。

サケ回遊数値モデル

サケ回遊数値モデルは計算機で数値的に動かし、そのために、モデル内のサケは粒子として扱い、自泳による能動的な移動と海流による受動的な輸送を粒子の移動要因と仮定しました。ここでサケの自泳速度はサケの体長/秒とし、自泳する方向は好適水温としました。季節毎のサケの好適水温は、観測で得られたサケの生息分布と水温の関係から決定しました。具体的にモデルの数値計算は次のような過程で行います。①現在の粒子の位置を基準位置とし自泳方向と粒子の位置における海面流速を求めます。このとき、自泳方向は気象庁による $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ グリッド月平均表面水温データから、粒子の位置における水温と粒子の周りの水温を評価し決定します。一方、 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ グリッドの月平均風データ (Hellerman and Rosenstein 1983) と人工衛星 TOPEX/Poseidon による月平均海面高度データを用いて $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ グリッドの海面流速を計算し、粒子の位置を囲む流速データから粒子の位置における流速を見積もります。②自泳速度と流速に数値モデルの計算時間間隔 (10 分) をかけ 10 分間に粒子が移動する距離を計算します。③現在の粒子の位置に移動距離を加え新しい粒子の位置を求めます。④新しい粒子の位置を基準位置として更新します。①~④の計算過程を繰り返すことによって、降海した 9 月から翌々年の 2 月までのサケの回遊経路を推定し

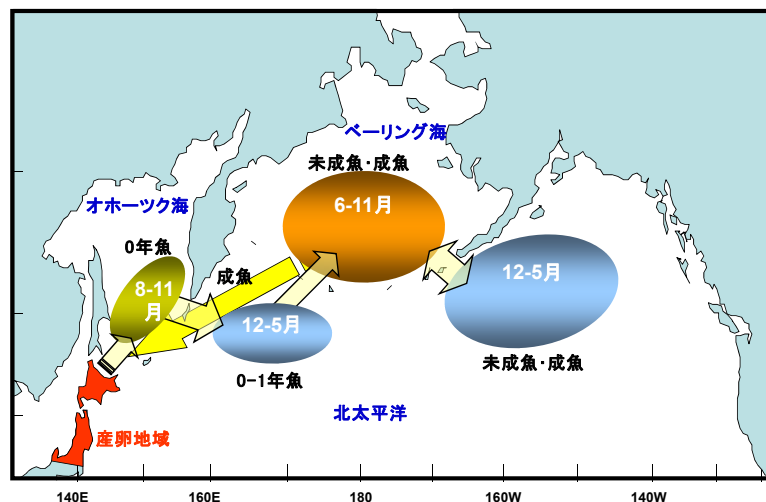


図 1. 日本系シロザケの主要な回遊経路の推定図 (浦和 2000 を改変)。

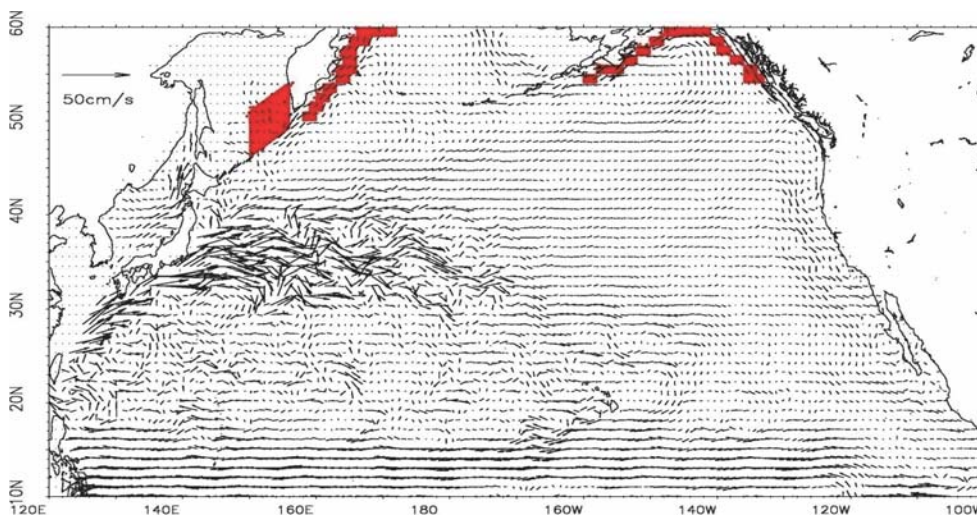


図 2. サケを模した粒子のスタート地点 (赤塗). 左からアジア系群, 東カムチャッカ系群, 北アメリカ系群. 矢印は回遊モデルで用いた TOPEX/Poseidon と風データから計算した 9 月における海面における流向・流速. (Azumaya and Ishida 2004 を改変)

ました. このモデルでは夏季にオホーツク海に入る日本系を含むアジア系群, 東カムチャッカ系群そして北アメリカ系群のサケを模した計 480 個の粒子を, 図 2 に示した場所にスタート地点として置きました. 数値実験ではサケの自泳と海流による輸送の場合 (ケース 1), サケの自泳のみの場合 (ケース 2) そして海流の輸送のみの場合 (ケース 3) のそれぞれについての回遊経路を計算し日本系サケがベーリング海まで回遊する要因を調べました.

図 3(a)にケース 1 の計算結果の平均回遊経路を示します. ケース 1 では日本系を含むアジア系群のサケは秋から冬にかけて南方向に移動しオホーツク海から北太平洋に出ました. その後アジア系群のサケは北太平洋で 40° N の 180° 付近にかけて分布越冬し, 翌年の春季には 40° N に沿って東に移動し 6 月から北へ移動しました. 7 月にはアジア系群のサケはベーリング海に入りました. 次の冬季にはアジア系群のサケは再び南下し中部北太平洋からアラスカ湾へ移動しました. 北アメリカ系群のサケは夏季に北西へ移動し冬季に南東に移動しておりアラスカ湾を楕円状に回遊をしました. このケース 1 のモデル結果は Fredin et al. (1977) の結果や浦和 (2000) の調査結果 (図 1) と似ており, 本サケ回遊数値モデルは現実サケの回遊経路を良く再現しているようです. 一方, ケース 2 ではアジア系群のサケは秋から冬にかけて南方向へ向かい, オホーツク海から北太平洋に移動します (図 3(b)). 春まで 40° N 付近に留まり, 夏季になると再びオホーツク海に戻ってしまいました. このケース 2 ではアジア系群のサケはベーリング海まで達することができず, 回遊範囲が西部北太平洋とオホーツク海に限られました. この

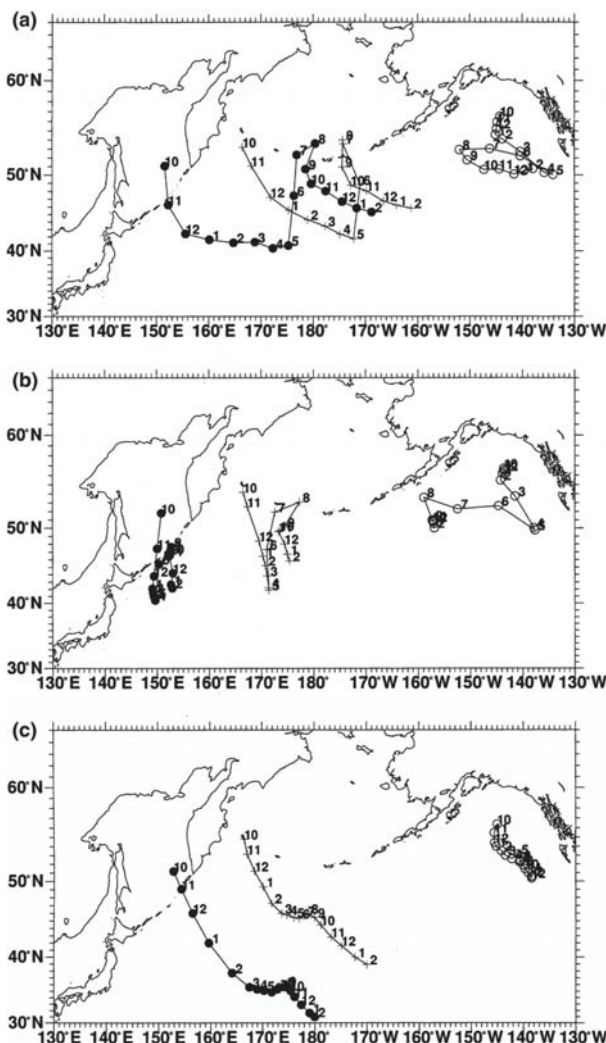


図 3. サケ回遊数値モデルによる回遊経路の計算結果. (a) ケース 1: 自泳と海流による輸送, (b) ケース 2: 自泳のみ, (c) ケース 3: 海流による輸送のみ. ●は日本系を含むアジア系群, +は東カムチャッカ系群, ○は北アメリカ系群の平均回遊経路, 数字は月を示す. (Azumaya and Ishida 2004 を改変)

ようにサケの自泳のみという条件では現実的な回遊経路を再現できませんでした。次にケース 3 ではアジア・東カムチャッカ系群のサケは 40° N より南まで移動し夏季にベーリング海に入ることにはできませんでした (図 3(c))。このように海流による輸送のみという条件でも現実的な回遊経路を再現できませんでした。従って、自泳による能動的移動と海流による受動的輸送という2つ要素が合わさることによって、アジア系群のサケは日本からはるか離れたベーリング海や中部北太平洋まで回遊すると考えられます。

アーカイバルタグに記録された回帰するサケの遊泳行動

母川に回帰する時の実際のサケの遊泳行動を調べるため、1998 年～2000 年のさけ・ます資源調査において、夏季ベーリング海中央部で採集されたサケの成熟個体の体内にアーカイバルタグ (NWM 製) を装着し同地点で放流しました。放流した同年の秋に北海道沿岸でアーカイバルタグが装着されたサケ 5 個体が回収されました。アーカイバルタグにはサケがベーリング海から北海道沿岸に回帰するまでの間に経験した海水温 (経験水温)、水深、体温そして光強度が 256 秒または 512 秒間隔で記録され、サケの詳細な遊泳行動が明らかになってきました。図 4(a) に示すようにサケは昼間と夜間では遊泳行動が異なっており、昼間は数分の間に 60 m 以上も潜ったり浮上したりして盛んな鉛直遊泳行動が観察されました。これ

に対し夜間は表層に滞在し昼間のような盛んな鉛直遊泳行動はみられませんでした。サケの昼間の平均遊泳深度と標準偏差は 20 m, 32.9 m であるのに対し、夜間ではそれぞれ 4 m, 9.6 m となり、昼間の平均遊泳深度は夜間よりかなり深く変動も大きいことがわかりました。遊泳深度にともない昼間の平均経験水温と標準偏差も 8.8°C, 3.4°C であり、夜間の 10.6°C, 2.4°C より低く変動も大きいです。何故このような行動をするのでしょうか。サケの餌生物は夜間には海面に分布し昼間には下層へ移動します。そのため餌生物の行動とサケの遊泳行動は同期していると考えられます。しかし餌生物のいる下層にずっとサケが滞在すればよさそうに思えますが、実際は図 4(a) のような約 20 分周期の鉛直遊泳行動をしています。このような行動はサケが餌をついばんでいるためとも考えられます。一方、サケの体温 (図 4(b) の太線) をみると、昼間の平均体温・標準偏差 (9.0°C, 2.9°C) で夜間 (10.7°C, 2.3°C) と経験水温ほど昼間と夜間の差がありませんでした。昼間の体温の標準偏差は経験水温の標準偏差より小さく、体温の変動が経験水温の変動より小さいことがわかります。サケの体温をサケの体の熱伝導率と経験水温から推定すると図 4(b) の細線になり、サケの体温を良く再現できます (Azumaya and Ishida 2005)。つまりサケがゆっくり鉛直遊泳行動すると、体温は水温に近づいてゆきます。しかし、観測されたような短い周期で鉛直遊泳行動をおこなうと、下層の水温まで体温が低下する前にサケは表層へ移動するので、結果的にサケの体温は下層の水温まで低

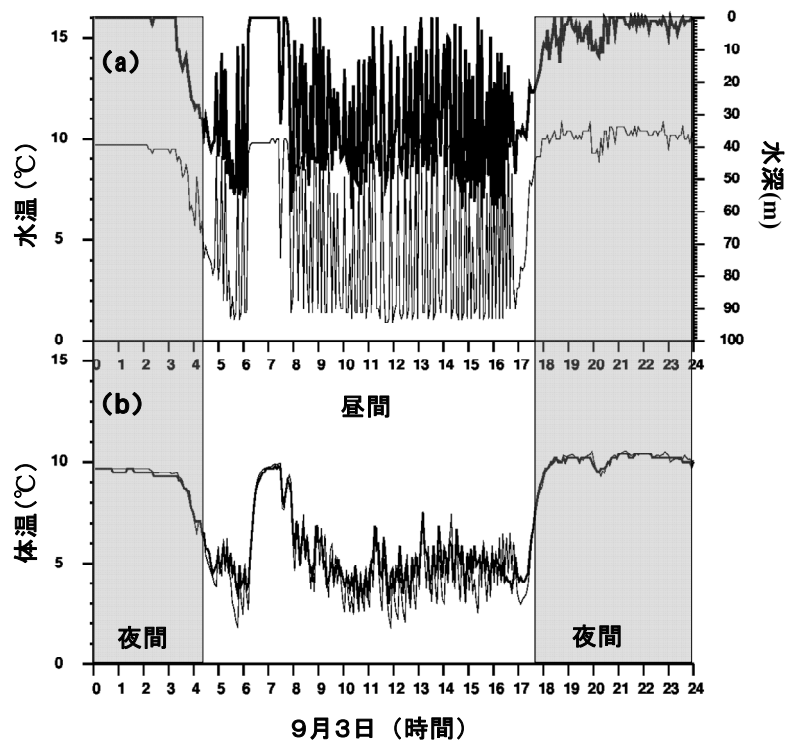


図 4. アーカイバルタグで記録された 1998 年 9 月 3 日の遊泳水深・経験水温・体温の時間変化。アーカイバルタグは 1998 年 7 月 12 日北緯 56 度 30 分、東経 180 度で採集されたサケに装着され、サケは同日・地点で放流された。同年 10 月 10 日に標津沖でこのサケは再捕され、アーカイバルタグは回収された。(a) 水深 (太線)、経験水温 (細線)。(b) 体温 (太線)、水温と体の熱伝導率から推定した体温 (細線)。網掛けは夜間を示す。(Azumaya and Ishida 2005 を改変)

下せず、その変動は小さくなります。季節毎のサケの生息水温を調べると、冬季に観測された生息水温 (2.7°C) は最も低く、サケの生息下限水温と考えても良いでしょう (Azumaya et. al. 2007)。アーカイバルタグで昼間に記録されたサケの体温は 3°C 以下には低下しませんが、経験水温は 1°C 以下に低下することもあり、下層の水温はサケにとって低すぎる可能性があります。もしサケが餌を捕るために下層に滞在し続けたら、体温が生息下限水温より低下してしまいます。そのため、昼間に観測された頻繁な鉛直遊泳行動は体温を維持するという役割もあるのかもしれない。

おわりに

日本系サケの回遊経路やその時の遊泳行動が次第に明らかになってきました。しかし、日本系サケの降海してからオホーツク海までの回遊経路、ベーリング海から日本沿岸までの回帰経路やその回帰方法など、日本系サケの回遊についてだけでも多くの不明な部分が残っています。紹介したサケ回遊数値モデルは、サケの母川回帰までは再現できません。母川回帰までをモデルによって再現するには、モデルの中にサケが母川に回帰する方法や条件を入れなければなりません。最近の研究では、生まれた母川の地磁気情報を粒子に記録させておき、海洋生活期から母川回帰する時になると、記録された地磁気情報と粒子の周りの磁場を評価して、粒子が母川まで戻る数値モデルがつけられています (Bracis and Anderson 2012)。

引用文献

- Azumaya, T., and Ishida, Y. 2004. An evaluation of the potential influence of SST and currents on the oceanic migration of juvenile and immature chum salmon (*Oncorhynchus keta*) by a simulation model. *Fish. Oceanogr.*, 13: 10-23.
- Azumaya, T., and Ishida, Y. 2005. Mechanism of body cavity temperature regulation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during homing migration in the North Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.*, 14: 81-96.
- Azumaya, T., Nagasawa, T., Temnykh, O. S. and Khen, G. V. 2007. Regional and seasonal differences in temperature and salinity limitations of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 4: 179-187.
- Bracis, C., and Anderson J. J. 2012. An investigation of the geomagnetic imprinting hypothesis for salmon. *Fish. Oceanogr.*, 21: 170-181.
- Fredin, R.A., Major, R.L., Bakkala, R.G. and Tanonaka, G. 1977. Pacific Salmon and the High Seas Salmon Fisheries of Japan (Processed report). Northwest and Alaska Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, Seattle, WA, USA. 324 p.
- Hellerman, S. and Rosenstein, M. 1983. Normal monthly windstress over the world ocean with error estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, 13:1093-1104.
- Hiroi, O. 1998. Historical trends of salmon fisheries and stock conditions in Japan. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 1: 23-27.
- Kaeriyama, M. 1999. Hatchery programmes and stock management of Pacific salmon. In *Stock Enhancement and Sea Ranching*, ed. B. R. Howell, E. Moksness and T. Svasand. Blackwell, Oxford. pp. 153-167.
- 浦和茂彦. 2000. 日本系サケの回遊経路と今後の研究課題. さけ・ます資源管理センターニュース, 5: 3-9.

技術情報

サケの採卵時期の違いによる親魚の回帰時期と回帰年齢

たかはし さとる
高橋 悟 (北海道区水産研究所 さけます資源部)



はじめに

サケの回帰時期は、その魚が生まれた時期に関係しているといわれます。これは、過去のふ化放流事業の中で行われた外部標識放流試験によって得られた知見ですが、最近では、石狩川における採卵時期と回帰時期の関係について SALMON 情報 No.3 (これまでの耳石温度標識魚から得られた結果：高橋史久) で紹介されており、そこでも回帰時期が採卵時期に関係していることが示唆されています。また、ふ化放流事業関係者の間では、サケが回帰してくる時期の中でもシーズン初期の魚には高齢魚が占める割合が大きく、遅くなるにつれて若齢魚の割合が大きくなるということをよく耳にします。

1998年級(平成10年級)以降、さけ・ます資源管理センター(現、北海道区水産研究所)は、サケ稚魚に様々なパターンの耳石温度標識を施して放流してきました。それらの中には回帰が終了し、標識パターンによって採卵時期を特定することができる親魚も多く含まれており、採卵情報と回帰情報が結び付いたデータが蓄積されてきています。今回はこのような耳石温度標識データを用いてあらためて採卵時期によって回帰特性の違いが生じているのか検証してみましたので紹介いたします。

今回使用したデータ

今回はこれまで蓄積されてきた耳石温度標識データの中から、採卵旬を特定することができ、既に3~6年魚が回帰した43群を抽出し分析に用いました(表1)。ただし、個々の河川について分析するにはデータ数がまだ充分とは言えないため、本稿では複数河川の回帰情報をひとくくりにして扱ったことを申し上げます。

表1. 分析に使用した標識放流群43群の内訳。該当するマス目にその群数を示す。全43群の採卵時期は9月下旬から11月下旬までの7旬、放流河川は北海道7河川。

年級	放流水系	採卵旬							総計
		9下	10上	10中	10下	11上	11中	11下	
1998	石狩川	1	1		1				3
	徳志別川					1			1
	伊奈仁川		1		1			1	3
2001	静内川		2						2
	徳志別川					1	1		2
	石狩川	1							1
2002	伊奈仁川		1		1		1		3
	静内川		2						2
	斜里川			1		1			2
2003	伊奈仁川		1		1		1		3
	静内川		2						2
	遊楽部川						1		1
2004	斜里川			1		1			2
	石狩川					2			2
	静内川		2						2
2005	遊楽部川		1						1
	斜里川			1		1			2
	石狩川	1	1		1				3
	釧路川				1			1	2
	静内川		1		1	1	1		4
総計		3	15	3	7	8	5	2	43

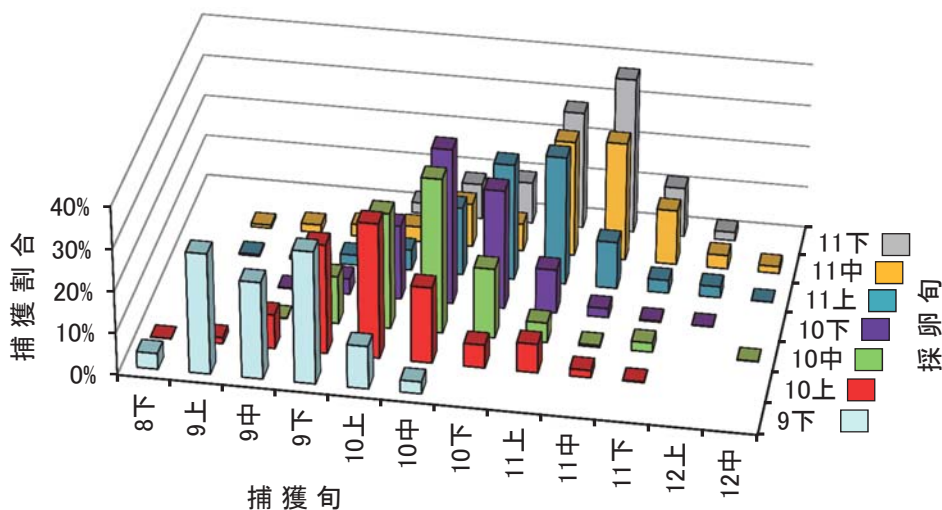


図1. 採卵旬別サケの河川回帰状況。9月下旬-11月下旬の各旬に採卵されたサケが、親魚となって回帰した時に、どの時期に捕獲されたかを割合で示す。

サケの採卵時期と回帰時期

サケ親魚の回帰調査については、遡上期である9～12月の各旬、それぞれの河川で捕獲された雌雄各50尾を対象として、鱗による年齢査定および耳石標識の確認を行っています。

それによって得られた情報を用いて回帰状況を概観するため、種苗の採卵旬毎にその親魚がどの時期にどれだけ捕獲されたかを調べてみました(図1)。それぞれのサケ親魚が捕獲された期間は、平均で2ヶ月ほど(最短20日、最長3ヶ月)の幅をもち、自らの採卵旬を中心として広がっているように見えます。

次に、各々の標識放流群について河川捕獲時期の平均値を求めて、採卵時期との対応を図示しました(図2)。その結果、サケ親魚は概ね採卵された時期をめがけて河川に回帰し、中でも採卵された時期が遅くなるほど比較的早めに回帰する傾向が見られました。

さらに、回帰年齢別に採卵時期と捕獲時期との関係を調べたところ、いずれの年齢でも図2と同様の傾向を示し、また、高齢魚の方が若齢魚よりも早めに回帰する傾向が見られました(図3)。

サケの採卵時期と回帰年齢

次に、採卵時期によってサケの回帰年齢は異なるのかを確認するため、採卵旬別の年齢組成(3～6年魚)を調べてみました(図4)。

その結果、9月下旬採卵群の回帰魚は、4年魚52%、5年魚43%という割合でしたが、採卵時期が遅くなるほど4年魚の割合が上昇、5年魚の割合は低下し、11月下旬採卵群では4年魚70%、5年魚25%の割合となっていました。つまり、採卵旬によって回帰親魚の年齢組成が異なるようでした。なお、3年魚と6年魚については、採卵時期と回帰年齢の関係ははっきりしませんでした。

まとめ

採卵時期別に施標された耳石温度標識放流群の回帰を調べたところ、これまで言われているように、サケは採卵された時期近くに帰ってくるという傾向を示し、この傾向は回帰年齢に関わらず同じであることが分かりました。さらに、早い時期の採卵群は4-5年魚、遅い時期の採卵群は4年魚が回帰の主体であり、採卵時期により回帰親魚の年齢組成も異なることが分かりました。これらのことから、サケは採卵時期によって異なる回帰特性を示すことが改めて確認されました。

また、採卵時期による特性ではありませんが、採卵時期が同じ群では、高齢で回帰するものほど

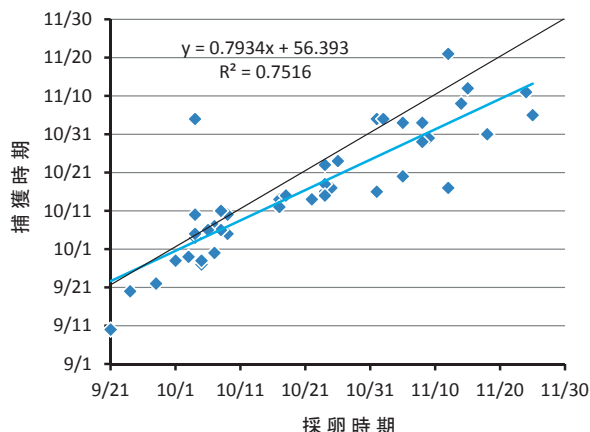


図2. 各標識放流群の採卵時期と捕獲時期の対応関係。青実線はその回帰直線を表す。黒実線は採卵時期と捕獲時期が等しい場合を示す。

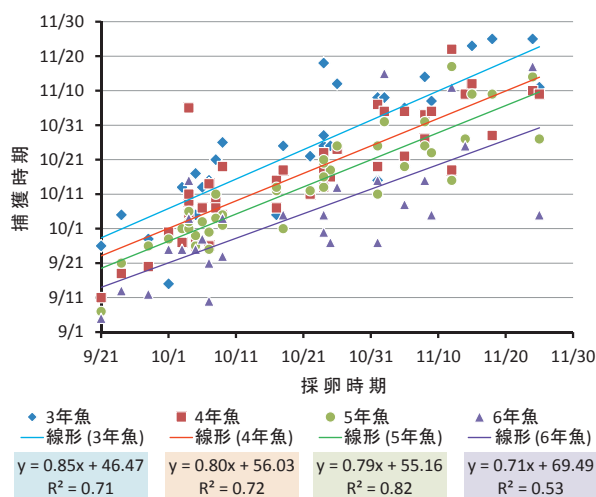


図3. 回帰年齢別にみた採卵時期と捕獲時期の対応関係。各標識放流群の捕獲時期を年齢(3年魚～6年魚)別に分けて示した。4本の実線は各年齢についての回帰直線を表す。

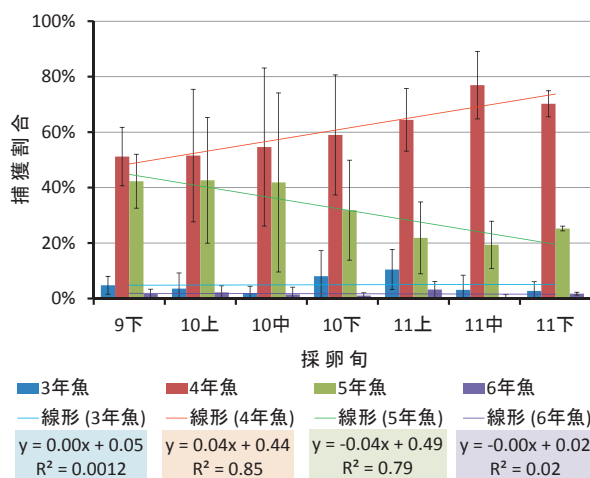


図4. 採卵旬別の回帰年齢(3年魚～6年魚)の割合。それぞれの年齢割合は各標識放流群における年齢組成を採卵旬毎に平均した値で、割合は種苗採卵旬毎の百分率となる。棒グラフに付与されているバーは標準偏差を示す。

若齢で回帰するものよりも早く回帰する傾向も認められました。

おわりに

サケの回帰時期は自らの採卵時期に対応しており、裾野の広い資源造成および持続的な資源管理を行うためには、採卵時期が偏らないように留意することが大切であるとあらためて感じるころです。今回は複数河川の情報を一括して取り扱いましたが、今後さらにデータが蓄積されましたら、

河川間による違いなども検証していきたいと思っております。

本稿の執筆に当たり、河川捕獲に関する情報の提供や回帰親魚調査にご協力いただいた北海道さけ・ます増殖事業協会並びに各管内さけ・ます増殖事業協会の皆様に深く感謝いたします。

北海道区水産研究所では、今後も耳石温度標識放流および回帰親魚調査を行って情報収集に努めて参りますので、今後とも関係各機関の方々にはご協力およびご助言を賜りたく思っておりますので、よろしくお願いたします。



コラム

採卵(発生)時期と捕獲(回帰)時期について

あだち ひろやす
安達 宏泰 (北海道区水産研究所 業務支援課)

本編では、耳石温度標識によって発生履歴を特定することができる群について、その回帰状況を分析し、発生時期と捕獲時期の間に一定の対応関係が認められたことが述べられています。同じような調査は過去にも行われており、例えば、「北海道さけ・ますふ化場事業成績書(昭和60年度)」では、「石狩川支流千歳川で10月中旬に採卵された発生群は、自らの授精時期と良く一致する成熟・産卵時期をもって回帰することが明らかにされた」と報告されています。このような過去の調査によって得られた知見が、今も続く時期別資源造成計画などのふ化放流事業に係る計画策定の基礎になっているのですが、普段はなかなか実感されることがないように思われますので、特徴的な例を示したいと思います。(ア)

(ア) ご記憶の方も多いと思いますが、北京オリンピックが開催された平成20年度は、北海道の秋サケ来遊数が8年振りに4,000万尾を下回り、加えて河川そ上率も例年より低かったため、関係者の皆さんは種卵確保に大変ご苦労されたことと思います。当所が行うふ化放流においても、特に千歳さけます事業所の採卵時期別収容数を大きく変更せざるを得ず、例年より早い時期の採卵群が少なく、遅い時期にシフトした形の種卵収容になりました(図1)。

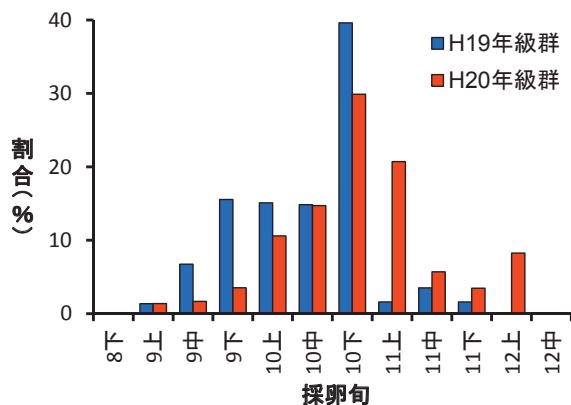


図1. 千歳川への採卵旬別放流割合.

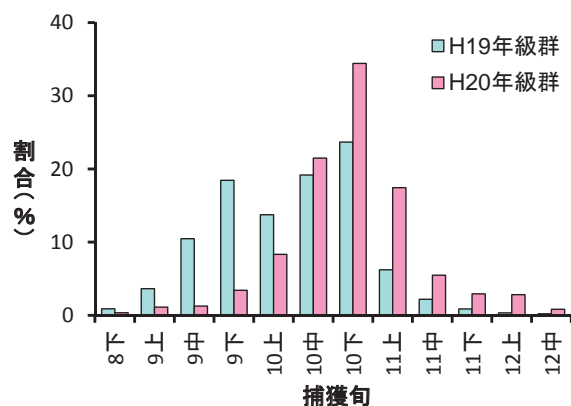


図2. 千歳川での4年魚旬別捕獲割合.

このように収容・放流された平成20年級群の主群(4年魚)が平成24年秋に回帰しました。その捕獲の様子を例年と同様の採卵時期別収容が行われた平成19年級4年魚のケースと並べて見ると(図2), 早い時期の捕獲割合は小さく、遅い時期の割合が大きいという採卵時期別収容割合とよく似た形となっており、回帰したサケは「自らの授精時期と良く一致する成熟・産卵時期をもっている」ことが事業規模で示されたように見えます。

一方、平成24年の秋サケ来遊期は過去に例を見ないほど海水温が高く、その影響についても検討する必要があると思われます。過去に行われた標識は人の手による鰭切りであったため、外観で標識を確認することができるという利点はありませんでしたが、放流数は現在の耳石温度標識と比較するとはるかに少なく、全体像を高い精度で把握することは困難でした。大量標識が可能な耳石温度標識を導入したことによって、得られる情報量が大幅に増加しました。今後も本編のような報告を通じて現場に役立つ情報を提供していきたいと思えます。

トピックス

東日本大震災からの岩手県さけ増殖事業復興状況と資源回復への課題

おがわ げん しみず ゆういち

小川 元・清水 勇一（岩手県水産技術センター）

いしぐる たけひこ

石黒 武彦（北海道区水産研究所 特任部長）

ふ化場の被災状況

2011 年 3 月 11 日（金）14:46 に発生したマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震は、最大震度 7 の激震のみならず、波高 10m 以上、最大遡上高 40.1m に及ぶ大津波を引き起こし、東北太平洋岸の沿岸部に壊滅的な被害をもたらしました（図 1）。

岩手県のさけ稚魚は、その約 99% が沿岸河川に整備されたふ化場で飼育・放流されていましたが、それらのふ化場の殆どが河口付近にあったため、押し寄せた津波によって甚大な被害を被りました（図 2）。

県北部にある下安家ふ化場では、安家川に架かる橋が津波によって破壊され、流出した上部構造物が飼育池を破壊しながら漂流しました。県中央部にある津軽石川ふ化場では、付近にあったプロパンガス充填場から流失した多数のボンベがふ化場の敷地内を漂い、飼育池やふ化室などを破壊しました。県南部にある気仙・陸前高田ふ化場では、防潮林と思われる松の木が大量の土砂とともに飼育池に堆積しました。さらに、津波来襲の直前まで緊急放流作業を行っていたふ化場職員 3 名の生命までも奪いました。

2011 年 4 月に岩手県水産技術センターが実施した被害状況調査では、岩手県沿岸 27 河川に整備された 28 ふ化場のうち、被災を免れたふ化場が川尻、県北（県営）、小本、松山及び甲子の 5 ふ化場、配管の亀裂や電気系統の故障など軽微被災が久慈及び織笠の 2 ふ化場、増設した分場が被災した部分被災が普代、田老、鶴住居及び盛の 4 ふ化場、基幹設備の大部分が被災し稚魚生産不能となった大規模被災が有家、高家、下安家、明戸、撰待、津軽石、重茂、大沢、関口、大槌、小鎗、片岸、熊野、吉浜、浦浜、綾里及び気仙・陸前高田の 17 ふ化場であり、28 ふ化場中 23 ケ所の施設が被害を受けていたことが明らかになりました（図 3）。

この時点において、2011 秋までに復旧可能な稚魚生産能力は、被災を免れたふ化場で約 5 千万尾、小規模な補修で稼働可能なふ化場で約 7 千万尾、配管の新設やふ化槽・ふ上槽等の整備など中規模な補修によって約 1 億 4 千万尾、合計で 2008 年度実績の 59% に当たる 2 億 6 千万尾程度と見込まれていました。

ふ化場の復旧状況と復旧過程における問題点

震災から数週間ほどでふ化場職員によるふ化場の瓦礫撤去作業が始まり、自衛隊による遺体捜索が行われる中、飼育池に堆積した土砂をスコップで丁寧に取り除き、借りてきた重機を操作して大きな瓦礫を撤去する様子が各地で見られました。ふ化場職員の中には自宅や親族を失った人も多く、必死に作業する姿には、心中を察するに余りあるものがありました。また、全国から駆けつけてくれたボランティアの方々が手作業で懸命に瓦礫撤去作業を行う姿が至るところで見られ、温かい支援の心が感じられました。

2011 年 6 月、国の第 1 次補正予算によるふ化場の施設復旧補助事業が認められ、本格的な復旧



図 1. 岩手県水産技術センターに押し寄せた津波。



図 2. 津波によって破壊された下安家ふ化場。

が始まりました。しかしながら、被害を受けたのはふ化場だけではなく、道路、住居、ライフライン、学校、病院、漁港など街にある全ての機能の復旧が同時期に始まったため、その業務量は地元設計業者や工事施工業者の対応能力を超えるものになってしまいました。

特に、ふ化槽やふ上槽などの特殊な器具は、元々取り扱う業者が少なく、需要が供給能力を上回り、それまでは取り扱ったことがない業者に製作を依頼する事例もありました。さらには、ふ化場の配管に用いる塩化ビニール管も仮設住宅建設のための需要が急増したため、確保に時間がかかり、工期の遅れが心配されました。

しかし、さけへの依存度が高い岩手県沿岸部では、1年でも稚魚放流を行わなければ、その4~5年後にさけは帰ってこないことが深く理解されており、厳しい状況の中で懸命な努力が続けられ、2011年9月時点で復旧が見込まれる稚魚生産能力は、3億2千万尾に上方修正されました。これ

は4月時点での復旧見込みを6千万尾ほど上回り、2008年実績の73%に当たります。

これは、この時点までの復旧が難しいと見込まれていた下安家ふ化場の一部、津軽石ふ化場の一部、大槌ふ化場の一部及び気仙・陸前高田ふ化場の復旧工事が極めて精力的に進められた結果でした(図4)。

一方、有家ふ化場、撰待ふ化場及び重茂ふ化場では、設計業者が対応能力を上回る件数を請け負ったため、期日までに設計を完了することができず、復旧工事も翌年に延伸されました。

今回、被災からの復旧において重要であったことが3点ほど挙げられます。

1つ目は、経営責任者が復旧させるという強い意志を持ち、その意思を早急に周囲に示すということです。被災後の惨状を目の当たりにした時、何から手を付けるべきか分からないという虚脱状態に陥るのが人間の常ですが、そこからいち早く脱して、すべきことを意識し、それを周囲に示すことこそが復旧に向けての最初の大きな一歩となったように思われます。

実際、さけへの依存度が高い経営体は、必ずさけのシーズンまでにふ化場を復旧させ、4年後の資源を絶やさないと明確な意思を被災直後から強く持ち、周りに示していたからこそ、進むべき方向を見出し、具体的に取り組まなければならないことを明確に理解し、着実に実行してきました。経営者の意思決定が早かった経営体ほど早急に復旧工事に着手し、補助事業導入手続きと同時に業者及び部材を確保する手配を行ったことによって、さけのシーズンを迎えるまでには復旧工事を完了させていました。

2つ目は、経営体の資金力が挙げられます。ふ化場に限らず様々な施設の復旧工事が始まると、復旧に要する部材の不足が顕在化してきました。部材を優先的に確保するには、対価を確実に回収

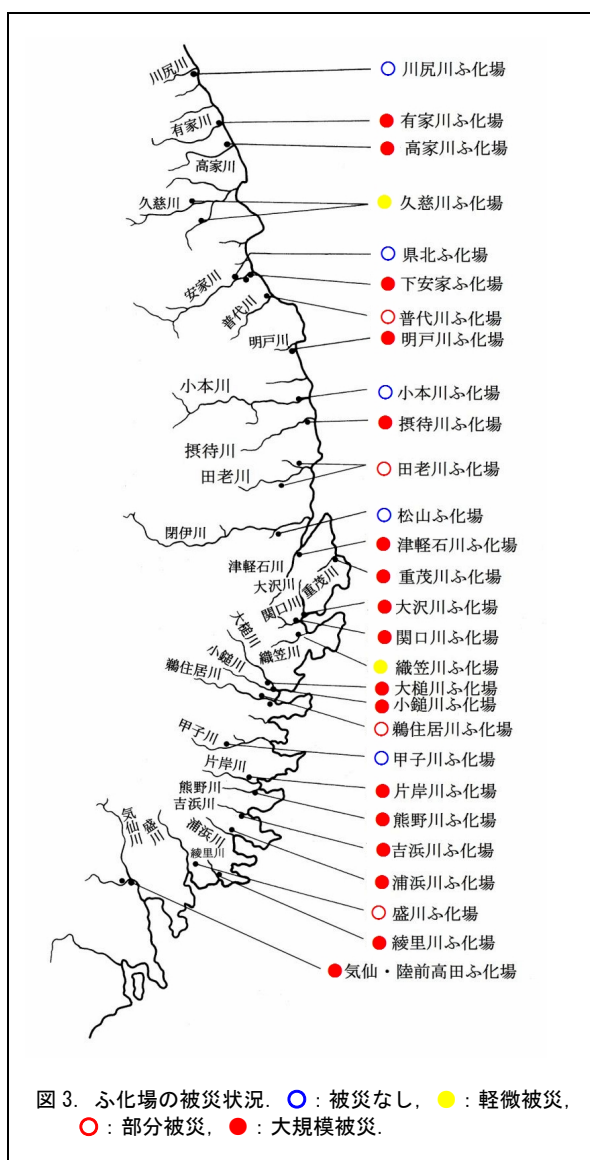


図4. 復旧された下安家ふ化場。

できる保証があることが必要であり、経営体の資金力は大きな担保となるとともに、補助事業の導入が早期に決定される裏付けにもなりました。

3つ目は、経営者と復旧に携わる関係者との信頼関係であり、資金力以上に大切なことだったと思われます。

常日頃、誠実な業務を行ってきたことによって育まれた信頼関係は、「あそこが困っているから、何とかしてやらなければならない。」「あそこが困っているから、何とかしてやってくれないか。」という思いとなって地域のネットワークを動かし、互いに困難な状況の中にありながら難工事が成し遂げられた例もありました。

有事に強い経営体は、必ず復興するんだという強い意志を示し、常日頃の誠実な経営による信用を得てきたということであり、これらのことは、ふ化場に限らず、漁業の再開や被災地の復興において共通するよう思われます。

震災後初の秋さけ漁業とさけ増殖事業の状況

東日本大震災後初となる 2011 年の秋さけ回帰数は、岩手県水産技術センターにより、2010 年と同程度の 602 万尾と予測されていました。津波によって被災した定置網が完全復旧に至っていないことから、海面での漁獲圧力が減少して河川捕獲数が増加し、再生産用種卵は十分に確保されることが見込まれていました。

しかしながら、実際の回帰数は 281 万尾と予測された回帰数の 47%、2010 年実績の 50%と大きく減少し、必要とする種卵 3 億 9 千万粒に対して確保された種卵は 3 億 2 千万粒に留まりました。

親魚不足を想定していなかったとはいえ、68%であった雌親魚の使用率を 83%程度まで高め、綿密な種卵移殖調整を行えば予定数確保は不可能ではなかったのに、悔いが残る結果となりました(図 5)。

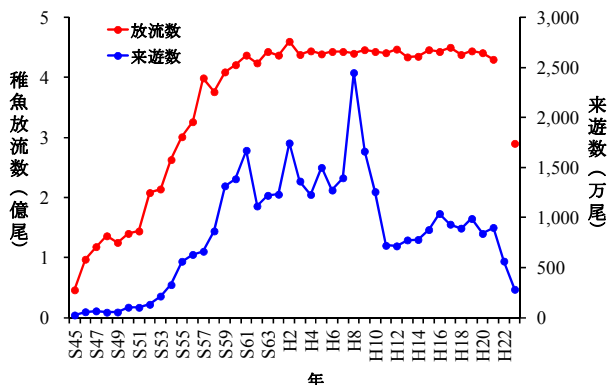


図 5. 岩手県のさけ稚魚放流数と来遊数の推移。

資源回復への課題

岩手県内のふ化場の稚魚生産能力は、2011 年秋までに震災前の 72%程度まで復旧しました。震災直後の瓦礫や土砂が堆積した惨状からは、とても想像できない復旧率です。しかし、これは資源造成の手段の復旧であり、真に復旧させなければならぬのは、秋さけ資源そのものです。

2011 年度の放流数は 2 億 9 千万尾であり、近年の平均的な放流数に対して 66%に留まります。2011 年秋の単純回帰率が 0.6%と低い値であったことを考えると、津波に襲われた 2011 年春と復旧途上の 2012 年春に放流された稚魚が回帰してくる 2014 年から 2016 年にかけての秋は、流通・加工を含む水産業界が深刻な状況に陥ることが懸念されています。

また、秋さけの漁獲金額が減少することは、ふ化場の母体である漁業協同組合の経営を圧迫し、将来の資源を造成するためのふ化放流事業費の捻出を困難にする恐れがあります。

ふ化放流事業の規模縮小が、将来の秋さけ漁獲金額の減少を招き、それがまたふ化放流事業の規模を縮小させるという負の連鎖を避けるためには、秋さけの恩恵を受ける全ての漁業者がふ化放流事業に対してその費用を応分に負担する体制を早急に構築することが適当と考えられます。

さらに、震災前の岩手県では例年 4 億 4 千万尾のサケ稚魚を放流していたにもかかわらず、回帰数はここ 10 年以上低位で推移しています。不振が続いている要因が海洋環境条件の変化にある可能性もあることから過去に行われた海洋観測の結果を検証するとともに、稚魚の放流にあたっては、従来にも増して時期やサイズと海洋環境条件との折り合いを意識して実施することが必要です。

震災・復興を目の当たりにして思うこと

震災後、被災したふ化場の被災状況をいち早く調査するため、営業を再開した内陸の工事関係用具量販店から安全靴と防塵用ゴーグルを購入し、リュックサックにおにぎりや飲料水、携帯ラジオ、無線機、デジタルカメラを詰め込み現場に赴きました。

安全靴は瓦礫に潜む釘を踏み抜かないよう、ゴーグルは埃で目を傷つけないよう、食料や水は現地調達が可能であるため、ラジオは余震や津波に関する情報を得るため、無線機は携帯電話がつかない場合の連絡手段として、デジタルカメラはその惨状を記録するためでした。

現場で見た光景は想像を絶するものであり、とても現実の物とは思えませんでした。一晩経てば元どおりの風景になるように心のどこかで思っ

いましたが、そんなことはありませんでした。あの異臭に包まれた光景は一生忘れられないことでしょう。現場で会ったふ化場担当者とはお互いに生きていることを喜び合う一方、悲しい訃報にも接しました。彼らは皆逞しく、優しく、その身に起こった不幸を心の中に封じ込め、明るく振る舞ってくれました。

この筆舌に尽くしがたい辛酸に報いられるのは、秋にたくさんのさけが帰ってきて浜が活気に包まれることですが、現実には厳しいものでした。これから数年間は、もっと厳しい状況に置かれるかも知れません。

現時点において、回帰が低迷している原因は特定されておらず、その増殖に関わる者として本当に申し訳ない気持ちでいっぱいですが、関係者の皆様の協力を仰ぎながら、原因と対応策を見出して、浜をたくさんのさけで溢れさせたい。それが最後まで稚魚放流を続け犠牲となったふ化場職員から託された使命だと考えています。

最後に、北海道さけ・ます増殖事業協会をはじめとする関係機関と団体の皆様には、ふ化放流用機材の提供などの温かいご支援をいただき深く感謝申し上げます。

(原著：小川元・清水勇一 岩手県水産技術センター)

おわりに

この記事は、岩手県水産技術センターの小川さん、清水さんが日本水産学会に投稿された論文をベースに書き改められたものです。

2011年3月11日は、さけますセンター（現北海道区水産研究所）に働く私たちにとっても忘れられない日となりました。沿岸の市町村が大津波に飲み込まれるテレビ映像を目の当たりして、私たちは東北水研に勤務する同僚やふ化放流事業が縁となって知り合った多くの方々の安否を気遣っていました。その中に今回寄稿をお願いした小川

さんや清水さんも含まれていました。

一方、私たちは、徐々に明らかになっていった想像を絶する津波の規模から、三陸沿岸の多くのふ化場が被災したことを確信しました。秋さけ資源への影響を小さくするには、できるだけ早くふ化放流事業を再開することが必要と考え、4月の被災ふ化場事前調査を手始めに様々な活動を通じてふ化放流事業復興の支援に努めてきました。前号のSALMON情報（第6号）にその一例を掲載したところですが、2012年度も引き続きふ化放流施設の復興整備工事に関する助言などを通じて支援活動を継続しています。

今回の報告は、まさに被災地の中でさけますふ化放流事業を復興させた方々の記録であり、今後とも日本のどこかで発生する可能性が高い大震災への教訓となるものです。北海道と同様に三陸地方の秋サケは、漁業のみならず、加工・流通業を含め地域産業を支える重要な水産資源となっています。そのサケ資源を支えるのがふ化放流事業です。その復興に使命感をもって取り組まれた方々のご努力により、被災1年目で当初の見込みを上回る復興を成し遂げています。改めて関係者のご努力に敬意を表します。

震災によるさけ資源への影響は2014年以降避けられない見通しです。今後ともふ化放流事業にご努力されることに期待するとともに、私たちも可能な限りの支援協力を惜しまないことをお誓いするものです。

最後に、1枚の写真を掲載しました。この写真は、私たちが発信したさけますふ化放流事業の復興プランを受け、被災した東北区水産研究所塩釜庁舎から3月20日に送られてきたメールに添付されていたものです。ようやく通信手段が回復したことを知らせるもので、水研センターの東北地方の拠点である東北区水産研究所からの支援要請を得て本格的に復興支援に着手する契機となったものです。

(石黒武彦 北海道区水産研究所)



2011年3月19日の松島湾にかかる月。

会議報告

平成 24 年度さけます資源部第 1 回連絡会議ワークショップ

「さけますふ化場で問題となる疾病の実態と対策」

うらわ しげひこ よしみず まもる おおせこ のりひさ ばん まさとし ひらさわ かつあき ひらま よしのぶ
 浦和 茂彦*1・吉水 守*2・大迫 典久*3・伴 真俊*1・平澤 勝秋*4・平間 美信*5

(*1 北海道区水産研究所 さけます資源部, *2 北海道大学大学院 水産科学研究院, *3 増養殖研究所 魚病診断・研修センター, *4 北海道区水産研究所 根室さけます事業所, *5 北海道区水産研究所 千歳さけます事業所)

2012 年 7 月 11 日に北水研札幌庁舎で職員を対象に開催されたワークショップ「さけますふ化場で問題となる疾病の実態と対策」の概要を紹介する。

さけます類のウイルス・細菌病や原虫病に関しては、長年に渡り疫学や発生機序などの研究が行われ、対策が普及して防除効果を上げている。しかし、常に既往感染症の再発や新たな病原体の国内侵入の危険性に晒されており、防疫体制を維持・強化することが必要である。一方、ふ化場で頻繁に発生するイクチオボド症など原虫病は、2003 年の薬事法改訂後、駆虫の困難性が増し、それが近年のサケ資源減少の一因として疑われている。さらに卵や仔稚魚の飼育過程において、卵膜軟化症や水腫症など原因不明の疾病が発生し、生残率を低下させている。

本ワークショップでは、さけます類の種苗生産過程で問題となる疾病の実態を把握し、有効な対策を検討すると共に、残された課題を整理し、今後の研究開発の方向性を論議した。

なお、2012 年 8 月 1 日に札幌で開催されたさけます関係研究開発等推進会議の成果普及部会において、ワークショップのトピックが紹介された（本誌 29 頁参照）。

1. さけます類の BKD, IHN およびヘルペスウイルス病対策

さけます類の病気対策を考えるにあたり、孵化放流魚を対象にリスクが想定される病原体をリストアップし、魚種ごとに対策を定める必要がある（吉水 2012）。サケの場合、ハイリスクな病原体として、サケ科魚ヘルペスウイルス（OMV）、せつそう病原菌、細菌性腎臓病（BKD）原因菌、鰓病原菌があげられる。一方、伝染性脾臓壊死症（IPN）ウイルス、CSV（サケレオウイルス）、ウイルス性旋回病・ウイルス性赤血球壊死症・赤血球封入体症候群の原因ウイルスおよび冷水病原菌のサケに対するリスクはさほど高くない。ビブリオ病、BKD、カラムナリス病、連鎖球菌症は放流時の水温での発症リスクは低い。サクラマスは周年飼育されることから、伝染性造血器壊死症（IHN）、BKD、せつそう病、鰓病の他、上記

疾病の発症が危惧される。

さけます類で親から子に垂直伝播する病気として IPN, BKD, 冷水病が知られている。最近になって、BKD および冷水病共に原因菌の卵表面生菌数が $10^7/g (= cm^2)$ 以上の場合、受精の有無にかかわらず原因菌が卵門から卵腔に進入し、そこで生存することが明らかにされた。従って、採卵時の卵表面の菌数を下げることが重要である。確実な対処法は体腔液に病原体を持たない、あるいは持っていたとしても菌数あるいはウイルス数が少ない親魚を採卵に使用することである。また、受精前に等張液で 1 回洗浄するごとに、細菌およびウイルスの数は 1 桁減少するので（小原ら 2010）、等張液による卵洗浄は極めて有効な防除法である（図 1）。この時期に卵消毒を実施すると、ふ化場内への侵入を防止できる。一方で、卵の細胞膜内に病原体が存在すると、胚は感染して死亡することが古くから知られており、このことは、胚が形成され発眼期に達した卵の内部には病原体が存在しないことを意味する。つまり、発眼卵の表面を消毒して病原体を殺したのち、病原体フリーの用水で管理すれば、健康な稚魚を得られる。

その後は、放流までの飼育水温で増殖し発症に至る病原体対策を立てることが必要となる。サクラマスでは、夏場に高水温に曝されるため、BKD をはじめ各種の病気が発生しやすい。発症に至らなくても病原体キャリアーが存在する蓄養池の



図 1. 受精前卵の洗浄試験。

排水に親魚が遡上・蓄養されれば親魚の感染リスクは高くなる。感染試験では、サケおよびニジマスから分離した IHNV を 100 感染粒子/ml になるよう調整した飼育水に 1 時間浸漬した魚の累積死亡率は、孵化後 1 カ月齢のサケで 10-30%、サクラマスでは約 80%であった。ヒメマス、サクラマス、ギンザケとニジマス由来の OMV で同様に攻撃した魚の累積死亡率は、サケの 1-5 カ月齢で 80%以上、ヒメマスは 100%、サクラマスの 1-3 カ月齢で 80%以上であった。株間ではニジマス由来株の病原性が最も強かった。BKD 原因菌を 1 尾あたり約 106-107 菌体腹腔内に注射した場合、サケの累積死亡率は 100%、サクラマスで 10%、ギンザケでは 6%であった（いずれも孵化後 5 カ月齢）。また、サケに関してはヘルペスウイルスに十分注意する必要がある、水温が 15 °C を超える場合には BKD に対する注意が必要である。

（吉水 守 北海道大学大学院水産科学研究所）

2. さけます類の冷水病の実態と対策

日本ではアユの冷水病としてよく知られている細菌性冷水病は、元来さけます類の疾病であり、1940 年代に北米で発見されて以来、ヨーロッパ諸国のニジマスや大西洋サケに流行して甚大な被害を及ぼしてきた。原因菌は *Flavobacterium psychrophilum* で、日本では 1987 年に徳島で稚アユから初めて分離された後、1990 年に宮城、岩手のギンザケふ化場で冷水病が発生し、以後ニジマス、ヤマメなどマス類に感染して問題となっている（大迫 2009）。北海道ではサケの成熟親魚から冷水病原菌が検出されたことが 2006 年春の水産学会で初めて報告された。

北海道におけるさけます類の冷水病の実態を把握するために 2006 年秋から 2008 年秋までの 3 年間にわたり、全北海道内の河川を対象に、河川遡上したサケ、サクラマス、ベニザケ、カラフトマスの成熟親魚について、冷水病原菌の保有状況調査を実施した（大迫 2009）。その結果、調査した全ての河川において雌サケの体腔液から原因菌が検出され、平均検出率は 2006 年に 85%、2007 年に 91.1%、2008 年には 98%であった。さらに、雄サケの精液でも 78~100%と極めて高い検出率を示した。サクラマスでの平均検出率は、2006 年に 59.4%、2007 年に 72.9%、2008 年には 86%、カラフトマス（2007 年のみ）で平均 80.7%、ベニザケでは 2006 年、2007 年および 2008 年の調査でそれぞれ 55、78.3、77% の検出率を示した。これらのことから、北海道内のいずれの河川においても、遡上するさけます類は魚種にかかわらず高率に保菌していることが明らかになり、冷水病原菌が既に全道的に蔓延していることが

予想される。

2006 年のサケ親魚の体腔液から分離された菌株について、PCR 産物の制限酵素切断断片による多型解析（PCR-RFLP）を行ったところ、サケ科魚類から分離された菌は、全て A 型（アユ型）ではなく、B 型（サケマス型）であり、アユの冷水病由来ではないものと考えられた。また、北海道の北部及び東部で比較的多型が少なく、南部ではその逆に多い傾向が示されており、北部や東部では病原体の導入後からの経過期間が南部より短いか、または南部では複数の型の菌株が導入されたと考えられる。

対策として、天然河川が汚染されているため清浄化は難しい。卵内への病原菌の侵入を防ぐため、親魚の蓄養期間を短くするなどして体腔液や精液中の菌濃度を上げないようにし、イソジン消毒により卵表面の菌を十分殺菌し、ふ化後には湧水など汚染されていない水で飼育することにより種苗に対する病気のリスクはかなり低減できるものとする。なお、アユの冷水病対策として水産庁から出されている「アユ疾病に関する防疫指針（2011 年 12 月）」では、種苗の来歴カードの導入や、飼育環境の確保、施設・器具類の消毒、飼育管理、薬剤（アユのみが対象）による治療等が記載されており、さけます類の冷水病対策にも参考になるとと思われる。

（大迫典久 増養殖研究所魚病診断・研修センター）

3. さけます類の原虫病対策

ふ化場のさけます類に出現する主な外部寄生性原虫は、鞭毛虫類のイクチオボド *Ichthyobodo* spp.、繊毛虫類のトリコジナ *Trichodina truttae* とキロドネラ *Chilodonella piscicola* である（浦和 2003）。特に、イクチオボドは約 40%のふ化場で発生し、体表に寄生してサケ稚魚の海水適応能力を大幅に減少させる。他の外部寄生原虫 2 種も、さけます類の増殖過程で減耗を引き起こすことが感染実験などにより明らかである。病害の程度は、寄生虫の種類により異なり、寄生様式、寄生数、宿主の状態および環境によって影響を受ける。これら寄生虫による減耗を防止するには、原因種と発生状況を正確に把握する必要がある。

原虫病対策として、まず感染経路の遮断が考えられる。トリコジナとキロドネラの繊毛虫類 2 種は河川水を用いたふ化場で頻繁に発生し、天然魚が主な感染源と推定される。しかし、イクチオボドは飼育用水の種類に関係なく発生し、直接感染以外の伝搬機構も存在することが示唆され、用水の変更や処理による防除は困難に思える。良好な飼育環境下では宿主の持つ生体防御能力によっ

て自然回復する。しかし、自然に回復するのを待っているだけでは、放流適期を逸する可能性がある。従って、いったん寄生を受けてしまった稚魚は、放流前に寄生虫を駆除して回復を促進させる必要がある場合が多い。

外部寄生原虫類の駆除にはホルマリンが極めて有効であり、濃度 1/4000 (250 ppm) の 60 分浸漬浴で寄生したイクチオボドの 99.9%が駆除される。しかし、ホルマリンは水産動物に対する医薬品として認証されておらず、2003 年の薬事法改訂後は使用が禁止されている。さけます類の原虫病に対する代替の認証医薬品はない。そこで、日常的に食用として使われる塩類や食酢を用いてイクチオボドやトリコジナの駆除実験を行った。塩化ナトリウムや食塩を用いた駆除実験では、濃度 5%で 5-10 分浴により、イクチオボドをほぼ駆除できた。この濃度で健康なサケ稚魚は 30 分以上生残可能である。しかし、試験に用いたサケ稚魚はイクチオボドの大量寄生を受け海水適応能力が低下していたので、10 分以上の浸漬浴を行うと死亡する稚魚もいた。イクチオボドは海水中でも増殖可能なので、低濃度の塩類では駆除効果が低い。

食酢(穀物酢、酸度 4.2)の場合、濃度 1% (pH 3.9) で 10 分浴によりイクチオボドを 99.9%駆除可能であるが、稚魚に対するストレスが大きい。一方、食酢濃度 0.4% (pH 4.5) で 60 分浴では、99.3%駆除され、海水適応能力にも影響を与えないなど稚魚への負担は少ない。トリコジナに対しては、食酢濃度 0.4%で 5 分程度でほぼ 100%駆除できる。食酢濃度 0.2% (pH 5.6) では、イクチオボドやトリコジナに対して駆除効果は低い。なお、食酢の種類や飼育用水により駆除効果が異なるので、駆除作業時に水素イオン濃度(pH)を測定するのが望ましい。また、食酢を含む飼育水は排水基準 (pH 5.8~8.6) に準じて処理すべきである。(浦和茂彦 北水研さけます資源部)

4. ふ化場におけるサケ仔稚魚の減耗要因実態調査

北日本の重要な水産物であるサケ資源を造成するため、各地のふ化場から毎年約 20 億尾の稚魚が放流されている。人工ふ化放流の工程は、概ね卵期、仔魚期、稚魚期の飼育管理に分けられるが、限られたふ化用水と施設能力で放流数を維持するため、各工程では集約的な管理が余儀なくされている。このような条件下では、恒常的あるいは突発的な減耗が生じることがあり、関係者を悩ませている。

北海道では、採卵から種苗放流までの間に約 12% (2008~2010 年級の平均) の減耗が生じてお

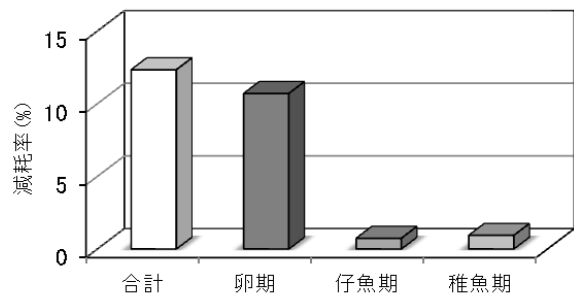


図 2. 北海道のふ化場におけるサケの発育段階別減耗率。

り、そのうち約 87%が卵期に集中していた(図 2)。聞き取り調査の結果、卵期の減耗要因は主として水カビ病や卵膜軟化症(野村 2005)であった。対処法として、ふ化器に収容した卵の攪拌、緑茶抽出物やパイセスによる薬浴、注水方法や収容方法の工夫等が定着しているものの、改善の余地が残されている(高橋 2011)。

仔魚期には、以前から報告されている水腫症に加え(野川・八木沢 2011)、積算水温が 700-850°C の発育段階で生じる原因不明の減耗が問題になっている。この疾病は複数年にわたって同一のふ化場で発生し、大量減耗を引き起こす場合がある。また、稚魚期にかけて慢性的な死亡が続いたり、原虫の寄生を併発するなどの例も知られている。これまでに、対処法を開発するための水質影響試験、ウイルスや細菌の感染等を調べているが、いまだに原因は特定できていない。早急な発症要因の究明と改善策の開発が望まれている。

稚魚期の減耗要因として、様々な原虫病、細菌性疾患、ウイルス性疾患が挙げられるが、恒常的な問題となっているのは原虫病である(浦和 2003)。原虫病には塩水や食酢浸漬が対処法として活用されているが、浸漬濃度、回数、浸漬時期等について常法が確立されていない。また、この作業は多くの労力を要するため、作業の簡略化や感染予防技術を開発する必要がある。

(伴真俊・伊藤洋満・川名守彦・高橋悟 北水研ふ化放流技術グループ)

5. ふ化場で発生している各種疾病とその対応状況

2003 年改正薬事法の施行により、水カビ病用のマラカイトグリーンや原虫病用のホルマリンなど未承認医薬品の使用が完全に出来なくなった。卵の水カビ病に対する代替の承認薬品としてパイセス(有効成分:プロノポール)が市販された。このほか、様々な代替品が模索され、現在では卵膜軟化症や原虫病に対しては食用として日

常に用いられているカテキンや食酢・食塩水なども効果があることが分かっている。しかし、パイセスに関しては、使用後の廃液を高倍率で希釈する必要があるため普及が進んでいない。また、食酢や食塩水浴に関しては、原虫の寄生数が多い場合は処理による稚魚へのダメージが大きいことから、各地のふ化場で濃度や時間を症状に合わせて対応する必要があり、常法が確立されていないのが現状である。

北海道東部やオホーツク海沿岸のふ化場で取り組んでいる疾病毎の対応を概観すると、卵期での卵膜軟化症については、カテキン浴を300~950 ppmで30分、あるいは350~2,000 ppmで60分間実施している。水カビ病については、ふ化場毎に影響が異なり、攪拌、カテキン浴やパイセス浴が使用されている一方で、対策の不要なふ化場も存在する。稚魚期のトリコジナ症については、食酢または食塩、あるいは食酢と食塩を水に溶かした溶液の他、沿岸付近に立地しているふ化場では海水を利用した駆虫が行われている。これに対し、イクチオボド症は、宿主の海水適応能力を減少させるため、食塩や海水による駆虫は濃度や浸漬時間によって病魚が死亡する事があり、ふ化場毎に用法、用量を試行錯誤しながら対応している。過去に使用してきたホルマリンは寄生虫症に対しいわば万能薬であったのに対し、食酢や食塩浴は、駆虫効果が劣り作業が煩雑であるため、作業効率の低下につながっている。



図3. 養魚池で発生する仔魚の原因不明疾病. 仔魚のさいのう付近の体幹に出血斑が見られることもある(下図).

仔魚期では、積算温度700°C以降で死亡が始まり、浮上時あるいは飼育初期に体全体が水カビで覆われた斃死魚が出現する疾病が各地のふ化場で近年多発し問題となりつつある(図3)。十数年前から一部のふ化場で見られた現象で、過去には原因解明のためふ化場間の比較(発症ふ化場と未発症ふ化場双方の卵の入れ替え)などが試みられたが、未だ解決には至っていない。2011年度に徳志別、伊茶仁、鶴居さけます事業所で冷水病に似た症状を示す病魚の検査を行ったが、病原ウイルスや細菌は分離されなかった。一般的に病気の発症にはストレスやそれによる生体防御能力の低下が関与している事から、卵そのものの状態(親魚や採卵方法)や卵・仔魚管理(使用する水や管理方法)の過程で複数のストレス要因が蓄積され、これが一定のレベルに達した際に斃死を引き起こしていると思像される。今後は、仔魚期の原因不明疾病の原因や対応策の究明と、稚魚期の原虫病に対する効果的な駆虫方法の開発が必要不可欠である。

(平澤勝秋 北水研根室さけます事業所)

6. 千歳・八雲さけます事業所における浸漬方法の改良による作業軽減の試み

近年のふ化放流事業は、適期・適サイズを目指したサケの陸上飼育を行っているが、飼育期間が長期に亘るため魚病が発症しやすい環境にある。サケ飼育時期に細菌性鰓病や原虫病が高い頻度で発症する八雲さけます事業所と千歳さけます事業所で、疾病対策作業の効率化・省力化に向けた技術開発を行った。

八雲さけます事業所は、飼育池から浸漬用タンクへの稚魚移動を活魚ポンプで行う事で少人数(最低2名)での作業が可能となり、浸漬用タンク

活魚ポンプ使用による浸漬作業

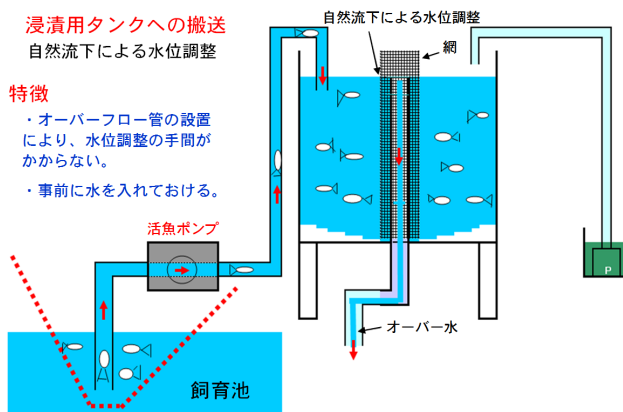


図4. 八雲さけます事業所における活魚ポンプと大型FRP水槽(4トン)を利用した浸漬システムの概略図。

クを高所に設置したことにより作業終了後の飼育池への稚魚移動時間が短縮された(図 4)。浸漬用タンクにオーバーフロー管と吸い込み防止網を設置し、タンクから水が溢れるのを防いでいる。一連の流れにより、浸漬時間も一律となり、稚魚へのダメージが軽減された。

千歳さけます事業所では飼育池が多数あり、池面積も広く飼育量が多いことから、作業的な省力化を目指し、飼育池内をパネルで小区画に仕切り浸漬を試みた。その結果、飼育池から浸漬タンクへの移動時間が無くなり、作業時間が短縮された。(平間美信 北水研千歳さけます事業所)

7. 総合討論「さけます類の疾病防除のための今後の研究開発」

ウイルス病や細菌感染症に対する有効な防除方法を確立するには、疾病の発症要因の分析とリスク管理の導入が必要であることが提案された。発症要因の分析に加えて、魚の発育別あるいはふ化放流の作業段階別に重要な管理点(Critical Control Point)の設定が必要で、特に親魚管理では感染履歴、ウイルス保有量や病原体の種類を調べる事が必要であることが提案された。そのため診断技術はほぼ確立されている。ウイルス保有量の把握は時間と労力を要するが、リアルタイム PCR の利用が考えられる。

健苗育成のためには、健康な親魚を採卵に使用することが大切であることが示唆された。水カビに覆われた雌親魚で保菌数が多かったことから、外観が悪く、カビが寄生していたり、スレや病気が疑われる親魚は使用しないことが望ましい。

近年の採卵工程では、受精後に卵洗浄をしないで直接吸水槽へ収容する場所が多い。このような状態だと卵門が閉じるまでの 10 分間に卵内へ病原体が侵入するリスクが増える。受精前に洗卵することで問題は解決するが、従来のように受精卵を洗浄した後吸水槽に収容する事でも病原体が卵内へ侵入するリスクを低減させることが示唆された。関連して、今年(2012 年)秋に行うサクラマスやサケ未受精卵に対するシャワー方式による洗卵試験計画が伊茶仁さけます事業所より説明された。湖河性魚類に対する洗卵試験は、おそらく日本で初めての試みである。

サケは比較的病気に強い魚であるが、サケにも強い病原性を示すウイルスや細菌が存在する。例えば、サケ科魚ヘルペスウイルス(OMV)と細菌性腎臓病原菌にサケは高い感受性を持つ。これらが放流魚や野生魚の自然死亡にどの程度影響を与えているか今後調査する必要がある。

さけます類の冷水病については、解っていないことが多い。2006 年から 3 年間冷水病原菌の

検査が全道的に行われ、さけます類では高い保菌状況であることが明らかになった。その後年数が経過したので、再度調査し冷水病が更に蔓延しているか否か把握すべきことが示唆された。

原虫病に関する今後の研究開発課題は以下の通りである。駆虫方法について、基本的な室内試験は行われているが、各ふ化場で水温など条件が異なることから、各ふ化場にあった駆虫方法の開発および省力化開発が必要である。原虫病のリスク評価(資源に与える影響)について詳しく調べるが必要である。安全で作業の容易な技術の開発も必要であり、例えば道さけます・内水面水産試験場では道産ハーブの抽出物を餌に混ぜて投与する駆虫技術を開発中である。

サケ仔魚の原因不明減耗は、複数の事業所で発生している。養魚池でサケ仔魚 25%程度の減耗が出た例もある。症状は冷水病に類似し、感染症が疑われ病原体検査が行われているが、原因となるウイルスや細菌は今のところ分離されていない。複合的なストレスにより引き起こされるとの考えもある。

「さけます類の疾病防除のための今後の研究開発」をまとめると以下の通りである。

- 発症要因の分析とリスク管理を導入した防疫対策
- 原虫病(特にイクチオボド症)のリスク評価、安全で効果的な防除方法の開発
- 仔魚期減耗要因の解明と対策の開発
- 野生魚に対する各種疾病のリスク評価

参考文献

- 野川秀樹・八木沢功. 2011. さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史(飼育管理編). 水産技術, 3(2): 67-89.
- 野村哲一. 2005. サケ・マス卵の病気-ミズカビ病と卵膜軟化症-. 魚と卵, 171: 29-43.
- 小原昌和・小川 滋・笠井久会・吉水 守. 2010. 養殖サケ科魚類の人工採卵における等調液洗卵法の除菌効果. 水産増殖, 58: 37-43.
- 大迫典久. 2009. サケ科魚類を守る取り組み-冷水病原菌の保有状況調査-. SALMON 情報, 3: 11-13.
- 高橋 悟. 2011. サケ種卵に対するミズカビ対策. SALMON 情報, 5: 15-17.
- 浦和茂彦. 2003. さけ・ます類に外部寄生する原虫類の病理と対策. さけ・ます資源管理センターニュース, 11: 1-6.
- 吉水 守. 2012. 魚類ウイルス病とその防疫・防除に関する研究. 日水誌, 78: 358-367.

会議報告

さけます関係研究開発等推進会議

あだち ひろやす

安達 宏泰（北海道区水産研究所 業務支援課）

はじめに

平成 24 年 8 月 1 日に札幌市において、「さけます関係研究開発等推進会議」を開催しました。本会議は、さけます類に関する研究開発や個体群維持のためのふ化放流について、関係行政・試験研究機関及び増殖団体等との情報交換を密にし、連携強化を図ることにより、さけます類に関する総合的な研究開発等を効率的かつ効果的に推進することを目的に設置したもので、研究開発の計画・成果等に関する情報交換と連携研究の可能性等を検討する「研究部会」、研究開発等の成果普及・情報交換とニーズの把握を行う「成果普及部会」で構成されています。

研究部会

9 時 30 分から水産庁、7 道県試験研究機関、水産総合研究センター関係各研究所および 3 道県水産行政部局、2 大学の 64 名参加の下で「研究部会」を開催しました。北海道区水産研究所福田所長の挨拶の後、議事に入りました。

・各機関における研究開発の実施状況 北海道区水産研究所が示した各道県の試験研究機関および水産総合研究センターの平成 24 年度のさけます関連調査研究課題の一覧表に沿って、各試験研究機関から平成 24 年度研究計画の補足説明および平成 23 年度研究成果情報が紹介されました。

また、各試験研究機関が行った平成 23 年度の標識放流結果と平成 24 年度の標識放流計画につ

いて北海道区水産研究所が報告し、変更等があった場合には北海道区水産研究所さけます資源部に報告していただくことが確認されました。

・さけます類の研究開発内容についての意見交換

(1) サケの来遊数変動について情報交換

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場から「北海道におけるサケの来遊状況」、新潟県内水面水産試験場から「新潟県南部でのサケ来遊数の減少について」、岩手県水産技術センターから「岩手県の沿岸滞泳期におけるサケ幼稚魚の状況」が紹介され、北海道区水産研究所が「2011 年サケ来遊状況：来遊不振から学ぶ」と題して昨年度の来遊状況および太平洋側の隔年変動の状況等を紹介しました。

その後、各地のサケの来遊数変動に関する情報交換を行い、問題解決に向けた今後の課題として、初期減耗や前期群減少の要因を特定するための作業仮設の構築と検証、不漁時における資源管理目標に関する研究、ふ化放流現場での種苗生産工程の再確認等が挙げられ、今後も連携して調査研究に取り組むことが確認されました。

(2) さけます類の自然再生産の助長およびふ化放流と野生魚の共存を目指した研究開発についての情報交換

北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場から、「北海道で取り組んでいる野生サケ研究について」、石川県水産総合センターから「手取川における自然産卵親魚と降下稚魚について」が紹介され、北海道区水産研究所が「サケマスの自然再生産量の現状について」を紹介した後、さ



写真 1. 「研究部会」会議全景.



写真 2. 「研究部会」の座長を務めた永沢さけます資源部長.

けます類の自然再生産に関する情報交換が行われました。

今後の課題として、野生魚に関する分布調査、利用、管理方策およびふ化放流魚との相補的管理による資源維持の可能性を模索することの必要性等が挙げられ、このような検討には河川管理者を交えた意見交換も必要と認識されました。

また、昨年要望があった共同応募が可能なプロ研課題案として「自然再生産を利用した（さけます類）来遊安定化技術の開発」が提示され、今後、来年度のプロ研応募を視野に入れて連絡を取り合うことが確認されました。

・その他 岩手県水産技術センターから、東北から北海道にかけての太平洋側のサケ来遊数減少の原因究明に向けて、基礎情報の収集を目的とする「太平洋沿岸におけるサケ幼稚魚の分布等に関する研究」について共同研究の要望があり、翌日、岩手県水産技術センター、北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場を含めた打合せを行うこととしました。

また、さけますに関するモニタリングデータの CD を、後日配布することが了承されました。

成果普及部会

14 時半からは関係道県の行政機関、増殖団体、漁業団体等が加わり、170 名の参加の下で「成果普及部会」を開催しました。

北海道区水産研究所福田所長の挨拶に続き、来賓を代表して水産庁増殖推進部栽培殖課前課長からご挨拶をいただいた後、議事に入りました。

・成果発表

(1) サケ防疫連絡協議会の設立

水産総合研究センター井上理事が、この協議会が北海道におけるさけますふ化事業に携わる機関が連携してサケ科魚類の疾病の予防・防疫対策を推進するための体制を構築し、我が国のさけます類の漁業の持続的発展に寄与することを目的として設立されたものであることを説明しました。

(2) リスク管理に基づくさけます類の細菌およびウイルス病対策

北海道大学の吉水特任教授から、サケ科魚類の病原体（細菌とウイルス）リスク評価と有効な防疫対策が紹介されました。サケに対するリスクの高い病原体として、ヘルペスウイルス、細菌性腎臓病（BKD）原因菌、細菌性鰓病原因菌、せつそう病原菌が挙げられ、防疫のための重要な管理点として、病原体フリー用水の確保、河川水使用時の殺菌、卵消毒、飼育水温などが指摘されました。また、親から子に垂直伝播する BKD および

冷水病の有効な防除法として、受精前の等張液による卵洗浄が紹介されました。

(3) さけます類の原虫病対策

北海道区水産研究所さけます資源部浦和次長が、ふ化場で飼育されたさけます類の稚魚に外部寄生する原虫類：イクチオポド、トリコジナとキロドネラの発生状況、病原性および有効な対策を紹介しました。病害の程度は原虫の種類により異なり、魚の状態や飼育環境にも影響を受けるので、原因種と発生状況を正確に把握することの必要性を指摘しました。

また、低濃度の食酢を用いた駆虫試験の結果を紹介し、原虫の種類により効果が異なること、駆虫作業時には水素イオン濃度（pH）を測定し、排水が河川環境等に影響を与えないように充分配慮する必要があることを説明しました。

・情報提供

(1) 平成 23 年度サケ来遊の総括及び今年度見込み

北海道区水産研究所が、昨年の会議で報告したシブリング法と環境要因等を使った重回帰モデルによる平成 23 年度のサケ来遊見込みについて、見込み値と実際の来遊数を比較し、いずれも見込み値が実績よりも過大に評価されていたことを報



写真 3. 「成果普及部会」会議全景。



写真 4. 「成果発表」での発表者。リスク管理に基づくさけます類の細菌およびウイルス病対策：北海道大学吉水特任教授（左）、さけます類の原虫病対策：さけます資源部浦和次長（右）。



写真5. 「情報提供」での発表者. 平成23年度サケ来遊の総括及び今年度見込みについて：斎藤資源評価グループ長（左）、東日本大震災からの復興状況について：岩手県水産技術センター小川主査専門研究員（右）。

告しました。平成24年度のサケ来遊見込みについて、シブリング法（対象エリア：オホーツク&根室，太平洋，日本海）と環境要因等を使った重回帰モデル（同：オホーツク&根室，えりも以西&本州太平洋）により推定した結果を紹介し、手法の違った複数の方法で見込み値を検討することによって推定精度の向上に繋がることが期待されることを説明しました。

(2) 東日本大震災からの復興状況

岩手県水産技術センターから、岩手県における東日本大震災によるふ化場の被害状況について、被災直後の残存生産能力は被災前の32%であったことが紹介されました。また、7月1日現在の復旧状況が震災前の72%相当であり、今後着手する施設整備で90%まで復旧する見込みであるが、資材不足等で今漁期に間に合うかがカギとなっていることが説明されました。また、真の復興は低迷しているさけの回帰尾数を回復させることであり、種卵確保対策が喫緊の課題であることが説明されました。

・意見交換 最後に、本推進会議や水産総合研究センター等に対する要望や意見交換の場を設けました。北海道さけ・ます増殖事業協会から、「北海道及び本州の太平洋海域に面しているほとんどの地域では、近年、さけの来遊量が減少傾向にあり、その減少要因は、様々な説があるものの解明されていない。さけ資源の回復は急務であり、こ

の減少要因の解明をお願いしたい。」と要望があり、北海道区水産研究所が、「太平洋沿岸域における来遊数減少をはじめ、さけ資源の不安定な変動は当センターとしても大きな問題であると認識しています。北海道や岩手県の研究機関等とも意見交換しながら、資源変動に関する研究を継続的に取り組んできました。今後も海洋環境を取込んだ資源動態モデルやシミュレーションなど新しい手法を取り入れながら、関係機関と連携して様々な視点から検討を重ねていきたいと考えています。」と回答しました。

アンケート結果

本推進会議の参加者を対象に、今後の会議をより充実させるためのアンケート調査を実施しました。質問「会議内容は業務に役立つ内容でしたか」に対し、「はい」47%、「まあまあ」41%、「あまり」または「いいえ」10%で、「配付資料は役立つ内容でしたか」に対し、「はい」43%、「まあまあ」45%、「あまり」または「いいえ」各6%の回答でした。「業務に役立つ内容」や「取り組むべき課題」としては、主に道県機関の担当者がサケ来遊資源情報を、民間増殖団体等の担当者が原虫症対策を挙げています。

おわりに

本推進会議は、北海道区水産研究所と関係道県の試験研究機関、行政機関、団体等との情報交換を密にし、ニーズを把握して相互の連携強化を図り、さけますに関する研究開発並びに個体群維持のためのふ化放流を効率的かつ効果的に推進するために開催しているものです。さけますに関係する様々な機関や団体が一堂に会して情報や意見交換ができる貴重な機会であり、ブロック推進会議とは異なる「分野別推進会議」に位置付けて開催しています。

会議終了後には、参加された皆様にアンケート調査へのご協力をお願いしており、寄せられたご意見、ご要望を踏まえ本推進会議をより充実したものとすよう努めて参りますので、関係者の皆様には今後ともご参加いただきますようよろしくお願ひします。

会議情報

第20回北太平洋溯河性魚類委員会(NPAFC)年次会議

うらわ しげひこ

浦和 茂彦 (北海道区水産研究所 さけます資源部)

さけます類は、北太平洋を広く回遊し様々な地域個体群が混合して海洋生活する特性を持つことから、国際協力による海洋調査や資源管理が不可欠です。北太平洋溯河性魚類委員会 (NPAFC, <http://www.npafc.org/>) は 1993 年に発効した「北太平洋における溯河性魚類の系群の保存のための条約」により設立され、カナダ、日本、韓国、ロシアと米国の 5 カ国が加盟しています。条約対象魚種は、ベニザケ、カラフトマス、サケ、ギンザケ、マスノスケ、サクラマスとスチールヘッドの太平洋さけます類 (サケ属) 7 種です。条約水域内 (北緯 33 度以北の太平洋と接続する水域の公海) でのさけます漁業は全面禁止されており、これにより我が国のサケを含む各国起源の資源が保全されています。科学調査統計 (CSRS)、取締 (ENFO) と財政運営 (F&A) の各小委員会があり、CSRS では科学分科会と資源評価、耳石標識、系群識別、ベーリング海さけ・ます調査 (BASIS)、タグ標識の各作業グループが活動しています。2012 年 10 月 7 日より第 20 回 NPAFC 年次会議が Санкт-Петербург (ロシア) で開催され、日本からは岡本・長谷両政府代表をはじめとする 10 名が参加しました。ここでは CSRS の概要を紹介します。

さけます漁獲量と放流数

2011 年加盟国の総商業漁獲量は約 105 万トンと、2009 年 (114 万トン) に続いて史上 2 番目に多く、太平洋さけます類は引き続き高い資源レベルにあることが確認されました。国別ではロシアが約 50 万トンと全体の約半分を占め、特にカラフトマスは約 39 万トンと 2009 年の最高記録 (約 42 万トン) に迫る漁獲量でした。魚種別の総漁獲量は、カラフトマスが 59 万トン (57%) と最も多く、サケが 28 万トン (27%)、ベニザケが 15 万トン (14%) でした。日本のサケ漁獲量は約 13 万トンで、サケ全体の 47% を占めました。各国からの総放流数は約 45 億尾で前年よりも 13.5% 減少しました。これは東日本大震災の影響により本州太平洋沿岸からの放流数が含まれていないためです。漁獲や放流に関する統計データは、本号 38 頁に掲載されており、NPAFC のホームページ (www.npafc.org) でも最新データを閲覧できます。

NPAFC 科学計画に基づく研究活動

NPAFC 科学計画は、加盟各国が共同研究などを行うためのガイドラインであり、ほぼ 5 年毎に更新されています。現在の科学計画 (2011-2015 年版) のテーマは「気候変動下の海洋生態系におけるさけます類の生産予測」で、研究課題として、1) さけます幼魚の回遊と生残、2) ベーリング海におけるさけます類の生産に与える気候変動の影響、3) 北太平洋におけるさけます類の冬期の生残過程、4) 主要系群の生物学的モニタリング、5) 資源管理のための系群識別手法の開発と応用が含まれています。

CSRS では、これらの研究課題毎にレビューを行いました。科学ドキュメント合計 55 編が各国や作業グループなどより提出され、主要な論文についてプレゼンテーションと質疑応答を行いました。日本は、2011-2012 年に出版された論文等の要旨を



写真 1. 古都 St. Petersburg の Park Inn Pribaltiyskaya で開催された第 20 回 NPAFC 年次会議。



写真 2. 日本から参加した研究者とカナダから来た女性通訳陣。何か嬉しそうに V サインしていた。... 坂の上の雲なのか。

研究課題毎に掲載した文献集を提出しました (Doc 1417). また、海洋でのサクラマスが生残に関する研究成果、海況変化とサケ回帰資源の応答、今年のベーリング海における北光丸調査結果、自然産卵サケの北海道における分布、遺伝的系群識別調査の進捗状況などについて紹介しました。

グループ活動

科学分科会 (SSC) は、附託事項やワークショップ・シンポジウムの開催計画などについて検討しました。2013 年 4 月 25-26 日にホノルルで第 3 回幼魚ワークショップ (NPAFC Third International Workshop on Migration and Survival Mechanisms of Juvenile Salmon and Steelhead in Ocean Ecosystems) が開催されます。また、2015 年 5 月の第 23 回年次会議に合わせて「さけます類の生産予測」に関するシンポジウム (NPAFC International Symposium on Forecasting Pacific Salmon Production) が開催されることになりました。2015 年の年次会議開催国は日本の順番となります。なお、カナダから「国際さけます年 (International Year of the Salmon)」を定めて国際共同研究を推進する意欲的な提案があり、継続して検討することになりました。

資源評価作業グループは、1925 年以後のさけます類の資源状況に関するステータス・レポートを更新しました (Doc 1422)。また、漁獲統計データの電子化に取り組むことになり、そのための予算が F&A で承認されました。検索可能な統計データが NPAFC のホームページ上で 2014 年までに一般にも公開される予定です。

耳石標識作業グループは、耳石標識放流データベース (<http://npafc.taglab.org/>) の更新を行いました。2012 年に各国のふ化場から放流された耳石標識魚数は約 24 億尾と前年よりも 12%増加しました。日本からはサケ稚魚 2 億 6239 万尾、カラフトマス稚魚 2397 万尾が耳石標識を施されて放流されています。

系群識別作業グループでは、各魚種の系群識別のための遺伝的基準群の整備状況を論議しました。特に各魚種ともロシア系基準群の不足がネックとなっていますが、ロシアよりカラフトマスの遺伝標本が提供されることになり、大きな進展となりました。

タグ標識作業グループは、2012 年における沖合標識放流と 2011 年の標識魚再捕記録を収録したドキュメントを共同作成し委員会に提出しました。日本は、サケが遊泳する水域の水温等をモニタリングするため、ベーリング海で水温、水深や方位 (地磁気) を記録できるデータロガーをサケに装着して放流しています。近年、北日本では産卵回遊時の高水温が問題となっていますが、サケの遊

泳行動を解析するために貴重なデータとなります。標識魚の回収についてご協力をお願いいたします。

将来の会合

年次会議は、これまで秋に開催されてきましたが、中間会合と合わせた効率的な運営を図るため、2014 年より 5 月に開催されることになりました。2013 年は移行のための暫定的な年となり、単独で CSRS 会議が 4 月 23-24 日にホノルルで開催され、引き続き第 3 回幼魚ワークショップが開催されます。2014 年の年次会議は米国で開催される予定です。

日本が提出したドキュメント

(これらのドキュメントは www.npafc.org で閲覧やダウンロードできます)

Doc 1383: Results of 2011 Salmon Research by the *Oshoro maru* (2011 年おしよろ丸によるさけます調査の結果)

Doc. 1384: Incidental Catches of Anadromous Fish by Japanese Research Vessels in the North Pacific Ocean in 2011 (2011 年度北太平洋での日本の調査船によるさけます類の混獲)

Doc. 1385: Proposed Cruise Plans of Japanese Research Vessels for Salmon in the North Pacific Ocean in 2012 (2012 年北太平洋における日本のさけます調査船の航海計画)

Doc. 1386 (Rev.1): Cruise Plans of Japanese Research Vessels Involving Incidental Takes of Anadromous Fish in the North Pacific Ocean in 2012 (2012 年北太平洋においてさけます類の混獲を含む日本の調査船計画)

Doc. 1387 (Rev.1): Proposed Otolith Marks for Brood Year 2012 Salmon in Japan (さけます類 2012 年級群に対する日本の耳石標識計画)

Doc. 1401: Japan Salmon Commercial Fisheries Catch Statistics for 2011 (2011 年日本におけるさけます類の商業漁獲統計)

Doc. 1402: Preliminary 2011 Salmon Enhancement Production in Japan (2011 年日本におけるさけます類の増殖 (暫定))

Doc. 1417: Japanese Bibliography in 2011-2012 for NPAFC Science Plan (NPAFC 科学計画に対応した 2011-2012 年日本の文献集)

Doc. 1418: Releases of Otolith Marked Salmon from Japan in Fall of 2011 and Spring of 2012 (2011 年秋と 2012 年春に放流された耳石標識さけます類の放流)

Doc. 1419: The Summer 2012 Japanese Salmon Research Cruise of the R/V *Hokko maru* (2012 年夏期の北光丸によるさけます調査)

さけます情報

サケ科魚類のプロファイル-11 ギンザケ

こせき ゆうすけ

小関 右介 (長野県水産試験場 佐久支場)

ギンザケ (学名: *Oncorhynchus kisutch*, 英名: coho salmon, silver salmon) は、サケ科サケ属に分類される太平洋サケの 1 種である。海洋生活期の成魚は、その名のとおり体側が光り輝く銀白色を呈し、体背部と尾びれ上葉には小黒点が散在する。産卵期を迎えた成熟魚は、体色が濃いオリーブ色またはえび茶色になるとともに、とくに雄では体側に沿って帯状に赤い婚姻色が発達する (図 1)。この婚姻色は個体によっては体全体に広がり非常に鮮やかなものとなる。また、サケ属共通の特徴として、雄は吻が伸長して鉤状に曲がる、いわゆる“鼻曲がり”を示す。この特徴から、成熟雄は“カギバナ (hooknose)”ともよばれる。平均的な成魚のサイズは、体長 60~70 cm、体重 3~5 kg であるが、まれに 15 kg を越す大物もみられる。

分布

アジア側の沿海州中部およびサハリンから北米側のカリフォルニア州モンレー湾までの北太平洋地域に広く分布する (図 2)。日本では索餌回遊中の個体が沿岸で漁獲されることがある。過去に北海道の川に迷い込みとして遡上した例がある

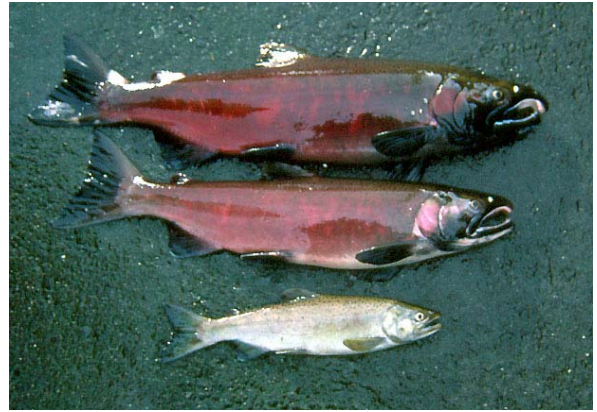


図 1. ギンザケ成熟雄 (撮影 Ian Fleming)。大きなカギバナ (上・中) と早熟なジャック (下)

が (疋田 1956; 菊池ら 1998), 恒常的な産卵はみられない。1970 年代に北米から北海道に何度か移植放流されたが (石田ら 1975, 1976; 奈良ら 1979; 梅田ら 1981), いずれも定着には至らなかった。北米, ヨーロッパ, 南米, 韓国など, 世界各地でも移植放流が多数行われてきたが, アメリカ五大湖を除いてほとんど成功していない (Sandercock 1991)。

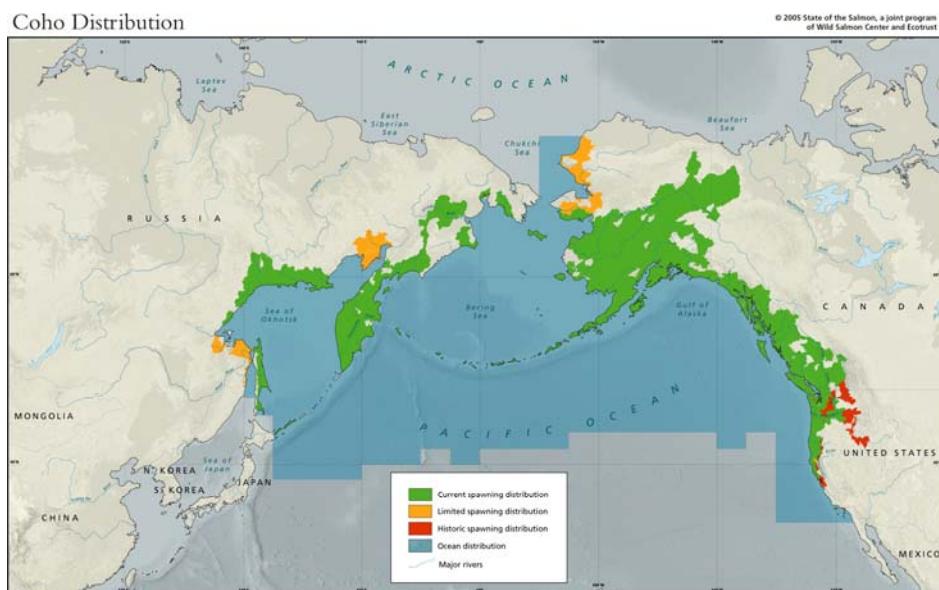


図 2. ギンザケの地理的分布 (State of the Salmon, a joint program of Ecotrust and The Wild Salmon Center による)。緑色は現在の産卵分布, 黄色は限定的な産卵分布, 赤色は過去の産卵分布, 青色は海での分布をそれぞれ示す。

生活史および生態

ほかの太平洋サケと同様、川と海を回遊する生活史をもつ。卵は春に川底の砂礫の中でふ化し、礫の間から浮上した稚魚はふつう1年間の淡水生活を送る。はじめは川岸など、流れの弱い場所でユスリカ幼虫などの小型無脊椎動物を食べるが、成長とともに流れのある流心部に移動してなわばりをつくり、陸生および水生昆虫をはじめとする流下生物を活発に食べる。秋になり、水温の低下とともに摂餌活動が低下すると、稚魚は深く流れの緩やかな淵に移動し、倒木や川岸のえぐれなどの物陰に身を潜めて越冬する。

翌春、体長10cm以上に成長した幼魚は海洋生活に適応するために銀毛変態（スマルト化）し、小さな群れをつかって川を下る。北の地方では1年でスマルトサイズに達しない個体もあるが、それらはさらに1年川に留まってスマルトとなる。海に降りた幼魚は、魚類、オキアミ、イカなどを食べて急速に成長する。海での分布様式および回遊ルートは系群により異なるが、表面水温8~10°Cの水域に高密度で分布することから、好適水温の時空間分布と密接に関連していると考えられている（Manzer et al. 1965; 待鳥 1972a, b）。後述する早熟雄を除くほとんどの個体が、海でひと冬過ごしたのち翌年の秋に成熟を迎えて母川に戻る。したがって、成熟年齢は多くの場合3年で、北の個体群では4年魚が混じる。

個体群や年による違いはあるが、産卵期はおおむね11~1月である。産卵行動は基本的にサケと同じで、雌は尾びれを使って砂礫底を掘り、卵を産む巣穴（産卵床）を作る。このとき周囲にはたいがい複数の雄が集まり、雌をめぐる争う。一般に争いの勝敗は体サイズによって決まり、大きな個体が雌とペアになり産卵する（図3）。一方、他の小さな個体はペアの産卵に素早く突入して放精する、いわゆる“スニーキング”戦術によって繁殖成功を得ようとする。産卵が終わると、雌は尾びれで産卵床上流の砂礫を巻き上げて卵を埋める。こうした産卵を何度か行ったのち、やがて雌雄とも力尽きて死ぬ。

雄の代替生活史

上記のような生活史のほかに、ギンザケには海でひと夏過ごただけで成熟して川に戻る2年魚の雄“ジャック（jack）”が出現する。早熟なジャックは体長30~40cmとカギバナよりもかなり小さく二次性徴も発達しないので（図1）、かつては非適応的な成長異常とみなされていた。しかし、近年の研究により、大きなスマルト（すなわち稚魚期に成長がよかった個体）ほどジャックになり

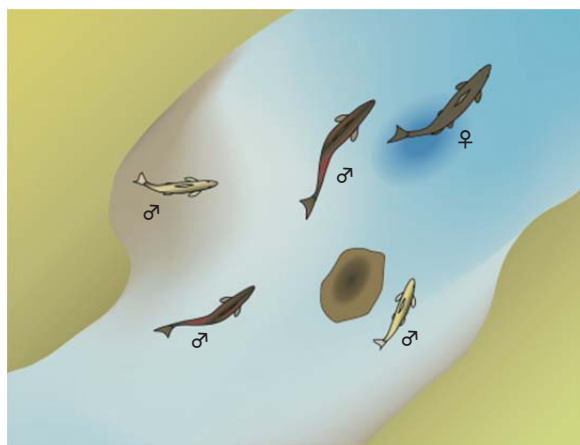


図3. ギンザケ産卵集団の模式図。産卵を控えた雌にはたいがい複数の雄が集まる。その中の大きな個体（カギバナ）が雌を獲得し、近づくほかの雄を追い払う。一方、劣位雄はスニーキングによって繁殖成功を得ようとする。小さなジャックは浅瀬や岩陰などを利用して雌の近くに留まることができるのでスニーキングの成功率が高い。

やすいこと（たとえば、Vøllestad et al. 2004; Koseki and Fleming 2006）、ジャックはその小さな体ゆえに浅瀬や岩などの物陰に身を潜めて高いスニーキング成功を収めること（図3; Gross 1985）が明らかとなった。こうした知見から、現在ではジャックは個体群の中の優れた個体が採択する“代替生活史”であり、短期回遊による高い回帰率（生存率）とスニーキングによる繁殖成功によってカギバナよりも平均的に高い適応度を得ているものと考えられている（小関・Fleming 2004）。

漁獲制限サイズに満たないジャックは、漁業資源という点ではほとんど価値がない。それゆえ、人工ふ化放流事業ではジャックを採卵時の雄親に用いず、集団から排除する方針がとられてきた（Vøllestad et al. 2004; 下田 2001 も参照）。しかし、この小さな早熟雄は野生個体群の保全という点では重要な意味をもつ（詳しくは、小関・Fleming 2004 を参照）。たとえば、ジャックはその繁殖成功を通じて有効集団サイズ（次世代に遺伝的に貢献する個体数）を増加させ、年級群間の遺伝子流動を生み出すので（Van Doornik et al. 2002）、個体群の遺伝的多様性の維持に貢献する。さらに、ジャックは通常の成熟魚とは異なる個体数変動パターンを示すので（Koseki and Fleming 2006, 2007）、環境の変化などによりある年級群の個体数が大きく減った場合に個体群が受ける人口学的、遺伝学的影響を緩和する役目を果たす。一方で、ジャックが個体群にとって好ましくない存在となる場合もある。ほかのサケ科魚類同様、ギンザケでも人工環境下で生まれ育ったふ化場魚（とくに雄）は、野生魚よりも繁殖能力が低いことが知られている

(Fleming and Gross 1993). しかし、これはジャックには当てはまらないようで、ふ化放流由来のジャックは野生のジャックと同等の繁殖成功を収めるので (Thériault et al. 2011), ふ化場魚と野生魚の間の交雑を助長し、結果的に野生魚の遺伝的特性を損なう存在となりうるのである。したがって、ギンザケ個体群を適切に管理・保全するためには、回帰親魚の数だけを問題にするのではなく、その中の代替生活史の頻度とその出自についても注意を払う必要がある。同じことは、やはり雄に河川残留型とよばれる代替生活史が存在するサクラマスなどについてもいえるだろう。

資源と利用

ギンザケはほかの太平洋サケに比べて資源量が小さい。近年の世界のギンザケ漁獲量をみると、年間2万トン前後であり(図4)、太平洋サケ類全体の漁獲量のわずか2~3%でしかない。その一方で養殖(海面)による生産量は現在年間10万トンを越え、タイセイヨウサケ、ニジマスに次いで多い。最大の生産国はチリで、養殖ギンザケの実に9割が本来サケマス類の生息していない南米で生産され、日本やアメリカなどに輸出されている。

日本では、1975年の宮城県志津川湾での試験生産を皮切りとして海面養殖が始まった(奈良1992)。本来の分布域を外れた日本沿岸で行われる海面養殖は夏の高温(20℃以上)を避ける形で行われる。すなわち、10~11月に内水面養殖業者から購入した150g前後の種苗を海中の生け簀に移して飼養し、翌年4~7月に1kg以上に育った魚を順次出荷する。主要生産地域の三陸沿岸を中心に、ピークの1991年には生産量は2万7千トンに達した(図5)。しかし、その後ノルウェーおよびチリ産サケマスの輸入増による価格低迷などから生産量は大きく減少し、近年は年間1万トン強で推移している。国際的な需給動向の変化の中、消費者の嗜好の変化に合わせた生食商品の普及拡大や輸入品との差別化(ブランド化)など、価格の安定を図るさまざまな努力がなされているものの、生産者は不安定な経営を強いられている。

参考文献

- Fleming, I. A. and Gross, M. R. 1993. Breeding success of hatchery and wild coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in competition. *Ecol. Appl.*, 3: 230-245.
- Gross, M. R. 1985. Disruptive selection for

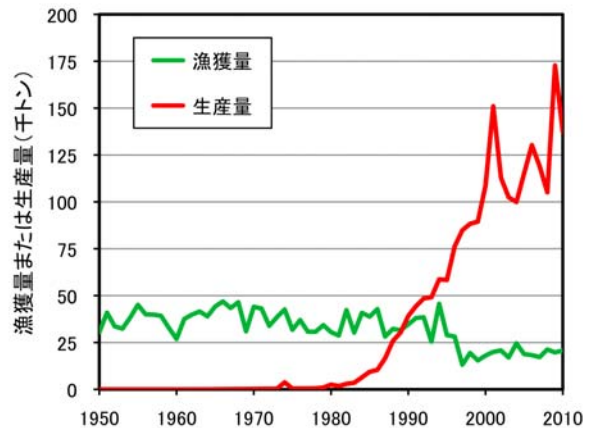


図4. 世界のギンザケ漁獲量および養殖生産量の推移 (FAO Fishery Statisticによる)

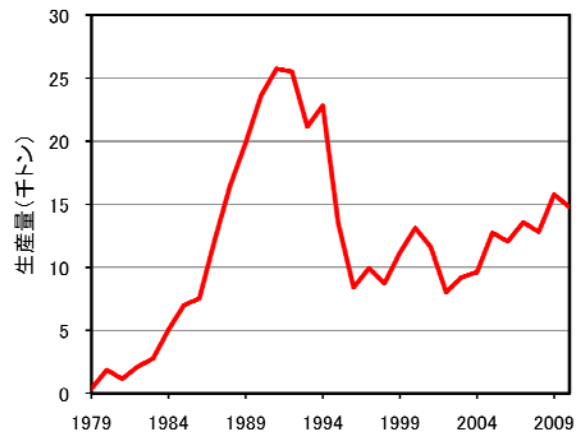


図5. ギンザケ国内養殖生産量の推移 (農林水産省漁業・養殖業生産統計による)

alternative life histories in salmon. *Nature*, 313: 47-48.

- 疋田 裕雍. 1956. 北海道沿岸及び河川で捕られる太平洋鮭鱒類. 孵化場試験報告, 11: 25-44.
- 石田昭夫・田中哲彦・亀山四郎・佐々木金吾・根本義昭. 1975. ユーラップ川に放流した北米産ギンザケについて. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 29: 11-15.
- 石田昭夫・辻 弘・細川隆良・奈良和俊. 1976. 標津川に放流した北米産ギンザケについて. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 30: 47-53.

- 菊池基弘・浦和茂彦・大熊一正・帰山雅秀. 1998. 千歳川に遡上したギンザケ (*Oncorhynchus kisutch*). さけ・ます資源管理センター研究報告, 1: 39-43.
- 小関右介・Fleming, I. A. 2004. 繁殖から見た生活史二型の進化: 性選択と代替繁殖表現型. 『サケ・マスの生態と進化』(前川光司 編), 文一総合出版, 東京. pp. 71-106.
- Koseki, Y. and Fleming, I. A. 2006. Spatio-temporal dynamics of alternative male phenotypes in coho salmon populations in response to ocean environment. *J. Anim. Ecol.*, 75: 445-455.
- Koseki, Y. and Fleming, I. A. 2007. Large-scale frequency dynamics of alternative male phenotypes in natural populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): patterns, processes, and implications. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 64: 743-753.
- 待鳥精治. 1972a. 北西太平洋における産卵回遊初期のギンザケの分布域と回遊方向. 遠洋水産研究所研究報告, 6: 95-100.
- 待鳥精治. 1972b. 水温, 餌生物からみたギンザケの南北方向の分布特徴. 遠洋水産研究所研究報告, 6: 101-110.
- Manzer, J. T., Ishida, T., Peterson, A. E., and Hanavan, M. G. 1965. Salmon of the North Pacific Ocean. Part V. Offshore distribution of salmon. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.* 15. 452 p.
- 奈良和俊. 1992. 世界のサケ・マス類養殖の現状と問題点. 魚と卵, 161: 59-68.
- 奈良和俊・清水 勝・奥川元一・松村幸三郎・梅田勝博. 1979. 標津川に放流した北米産ギンザケについて. 第2報. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 33: 7-16.
- Sandercock, F. K. 1991. Life history of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In Groot, C., Margolis, L. (eds). *Pacific salmon life histories*. Univ. of British Columbia Press, Vancouver. pp. 395-445.
- 下田和孝. 2001. サクラマスのジャックの分岐に関わる成長および雄親の生活型の影響. 北海道水産孵化場研究報告, 55: 13-17.
- Thériault, V., Moyer, G. R., Jackson, L. S., Blouin, M. S., and Banks, M. A. 2011. Reduced reproductive success of hatchery coho salmon in the wild: insights into most likely mechanisms. *Mol. Ecol.*, 20: 1860-1869.
- 梅田勝博・松村幸三郎・奥川元一・佐沢力男・本間広巳・荒内 学・笠原恵介・奈良和俊. 1981. 伊茶仁川に放流した北米産ギンザケについて. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 35: 9-23.
- Van Doornik, D. M., Ford, M. J., and Teel, D. J. 2002. Patterns of temporal genetic variation in coho salmon: estimates of the effective proportion of 2-year-olds in natural and hatchery populations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 131: 1007-1019.
- Vøllestad, L. A., Peterson, J., and Quinn, T.P. 2004. Effects of freshwater and marine growth rates on early maturity in male coho and Chinook salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 133: 495-503.

さけます情報

北太平洋と日本におけるさけます類の資源と増殖

ひらばやし ゆきひろ

平林 幸弘 (北海道区水産研究所 業務支援課)

2011年の北太平洋

漁獲数

第20回NPAFC年次会議における各国の報告によると、2011年1-12月の北太平洋の漁獲数は6億696万尾で、前年の4億2,304万尾に対し143%、2009年と並ぶ史上最高の水準でした(図1A)。

これを魚種別に見ると、カラフトマスが最も多い4億5,870万尾で全体の76%を占め、前年比177%と大きく増加しました。次いでサケが8,516万尾(構成比14%、前年比94%)、ベニザケが5,553万尾(構成比9%、前年比85%)と続き、これら3魚種で全体の98%以上を占めています。ギンザケとマスノスケは、それぞれ600万尾(前年比95%)、150万尾(前年比108%)となりました(図1A)。地域別では、ロシアが3億6,649万尾と最も多く、以下、アラスカ州1億7,737万尾、日本

4,614万尾、カナダ973万尾、WOCI(ワシントン、オレゴン、カリフォルニア、アイダホ州)719万尾、韓国3万尾と続いています(図1B)。

人工ふ化放流数

2011年1-12月に各国から人工ふ化放流された幼稚魚数は45億1,226万尾と集計されています。東日本大震災の影響により日本の放流数に本州太平洋分が含まれていないため、前年の52億4,351万尾より約7億尾少なくなっています(図1C)。

魚種別ではサケが24億6,754万尾で半数以上を占め、これに次ぐカラフトマスの13億8,372万尾と合わせると全体の8割以上を占めます(図1C)。地域別では日本が13億5,909万尾、アラスカ州15億3,838万尾、ロシア9億3,523万尾、カナダ3億3,666万尾、WOCI3億2,200万尾、韓国2,090万尾となっています(図1D)。

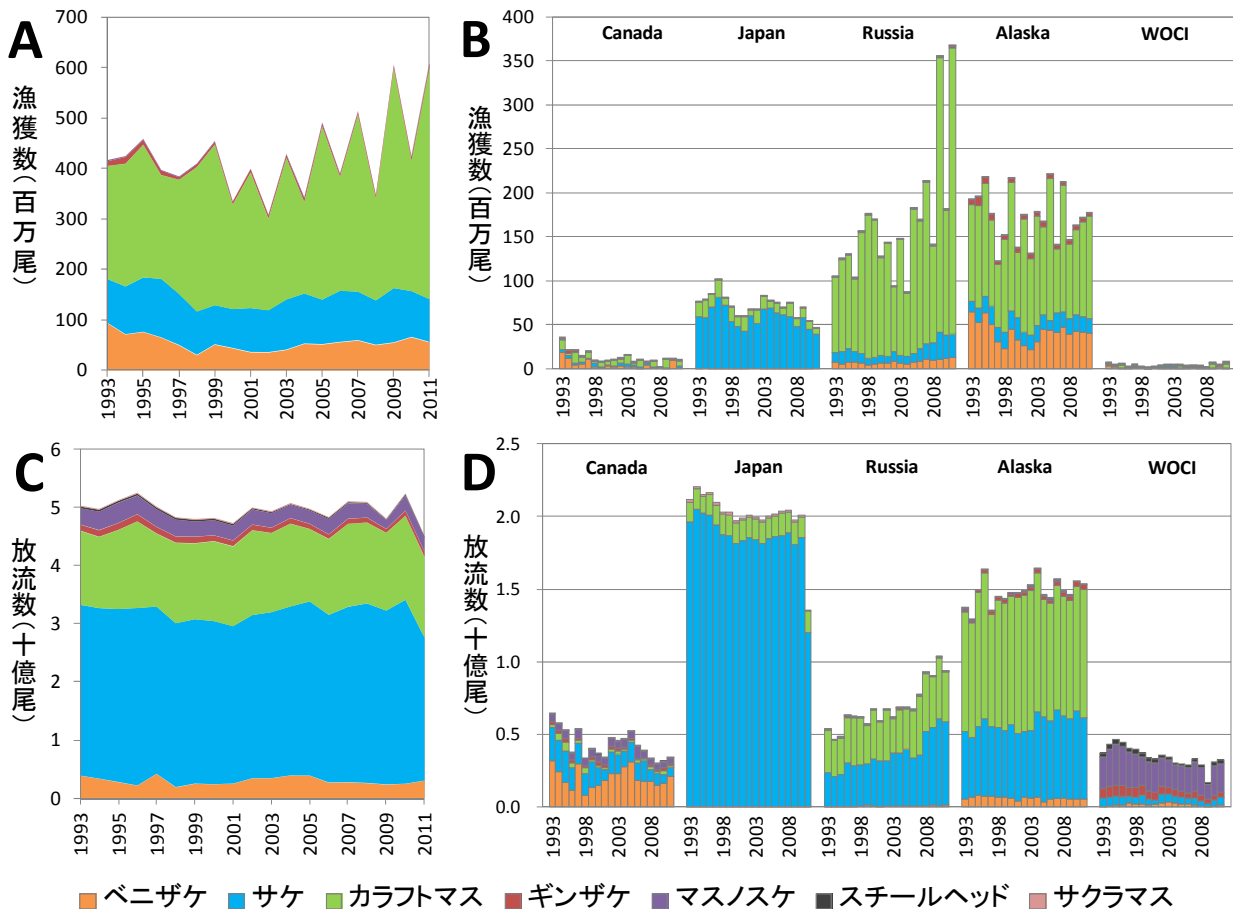


図1. 北太平洋におけるさけます類の魚種別漁獲数 (A)、地域別魚種別の漁獲数 (B)、魚種別人工ふ化放流数 (C) 及び地域別魚種別の人工ふ化放流数 (D)。1993-2009年は「NPAFC Statistical Yearbook」による確定値。2010年以降はNPAFC年次報告等で示された暫定値。1998年までのロシアにはEEZ(排他的経済水域)で他国が漁獲したものを含む。WOCIはワシントン、オレゴン、カリフォルニア、アイダホ州の合計。韓国は他国に比べ漁獲尾数・放流尾数ともわずかなため、図中では省略している。

2012 年度の日本

サケ

2012 年度の来遊数（沿岸漁獲と河川捕獲の合計）は 12 月 31 日現在で 4,510 万尾、前年度同期比 104% となっています（図 2）。近年の来遊数をみると、2003-2007 年度には 7,000 万尾前後の高い水準にありましたが、その後減少し 2010 年度以降は 4,000 万尾台が続いています。地域別には北海道より本州、日本海側より太平洋側の減少が大きく、今年度の本州太平洋側では 2003-2007 年度同期の 4 割程となっています。

総採卵数は 12 月 31 日現在で 18 億 2,164 万粒、採卵計画数の 90% となっています。北海道では、太平洋側で計画数を下回ったものの、全体の充足率は 97% となりました。本州は前年同期を上回っていますが、計画を満たすことは困難とみられ、放流数も減少するものと予想されます。

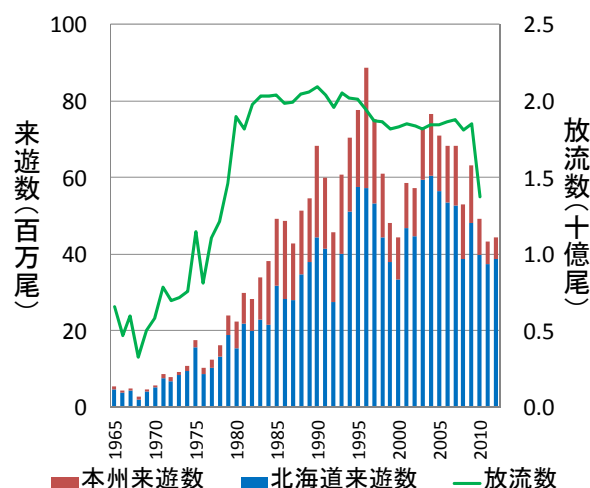


図2. 日本におけるサケの来遊数と人工ふ化放流数。2012 年度来遊数は12月31日現在。2010年度放流数は岩手、宮城県を含まない。

カラフトマス

主産地の北海道における 2012 年度来遊数は 222 万尾で前年度比 40% に減少しました。カラフトマスは来遊資源が隔年で変動する特徴があり、2003 年度以降、奇数年は豊漁年、偶数年は不漁年にあたっていましたが、2010 年度からは 3 年連続で減少しています。その結果今年度は、1989（平成元）年度以降で最も少ない来遊数になりました。総採卵数は 1 億 2,033 万粒で計画数の 74% に留まり、放流数も減少するものと見込まれます（図 3）。

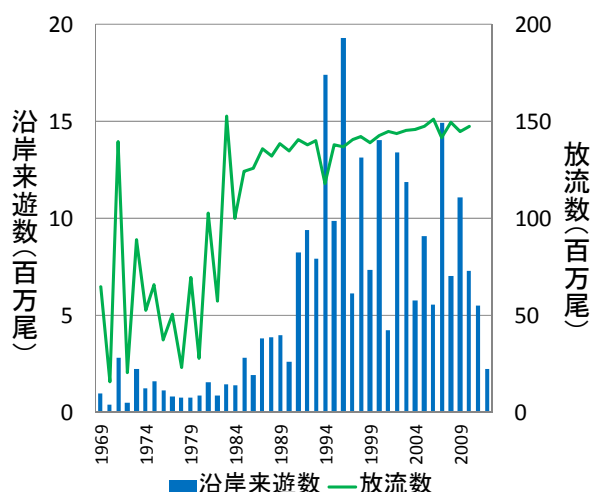


図3. 日本におけるカラフトマスの来遊数と人工ふ化放流数。

サクラマス

2012 年度の北海道における河川捕獲数は 8,226 尾で前年度比 47% と半減しました。2000 年度以降の捕獲数には大きな年変動が見られ、今年度はその間では比較的少ない尾数でした。採卵数は 252 万粒で計画数の 64% となりました。なお、2010～2012 年度の本州河川捕獲数については現在確認中です（図 4）。

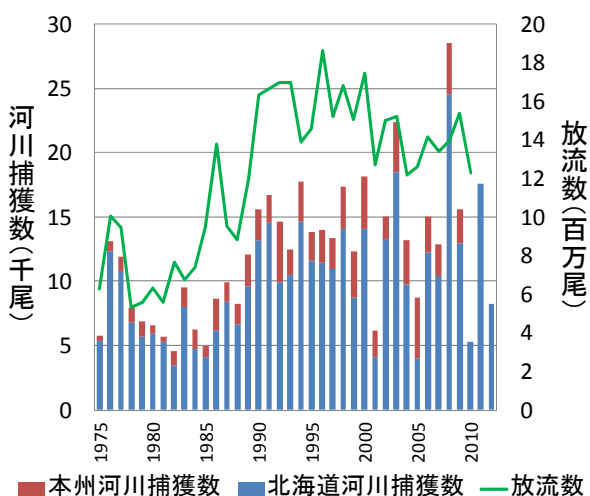


図4. 日本におけるサクラマスの河川捕獲数と人工ふ化放流数。2010-2012年度の本州河川捕獲数は確認中。

ベニザケ

2012 年度の北海道 3 河川（安平川・静内川・釧路川）における河川捕獲数は 697 尾で前年度比 55% となりました。



北海道 遊楽部川の紅葉（二海郡八雲町鉛川付近）
撮影：八雲さけます事業所 日田和宏

発行：独立行政法人水産総合研究センター

編集：独立行政法人水産総合研究センター 北海道区水産研究所

〒062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2条2丁目4-1

TEL 代表 011-822-2131 業務支援課 011-822-2161

FAX 代表 011-822-3342

URL <http://hnf.fra.affrc.go.jp/>

E-mail www-hnf-info@ml.affrc.go.jp

執筆：水産総合研究センター北海道区水産研究所，水産工学研究所，増養殖研究所
岩手県水産技術センター 北海道大学大学院水産科学研究院 長野県水産試験場

SALMON 情報 編集委員会

安達宏泰(委員長)，江連睦子，平林幸弘，佐々木 系，矢野 豊，高橋 悟，森田健太郎

本誌掲載記事，図，写真の無断転載を禁じます。
