

National Salmon Resources Center (NASREC) Newsletter

SALMON

8

さけ・ます資源管理センターニュース No. 8 2002年2月

発行
独立行政法人
さけ・ます資源管理センター

〒062-0922
札幌市豊平区中の島2条2丁目4-1
TEL (011) 822-2131 (代表)
<http://www.salmon.affrc.go.jp/>



釧路川へ回帰した降海型ベニザケ親魚 (1999年9月18日, 北口裕一撮影) (本誌1-7頁参照)。

目次

日本産ベニザケ増殖のための生理学的アプローチ	1
さけ・ます資源管理連絡会議の概要	8
第9回北太平洋溯河性魚類委員会年次会議	9
日口漁業専門家・科学者会議	10
サケ科魚類のプロファイル-2 サクラマス	11
北太平洋と日本におけるさけ・ます類の資源と増殖	15
業務日誌 (2001年6月-2001年12月)	18

日本産ベニザケ増殖のための生理学的アプローチ

ばん まさとし
伴 真俊（調査研究課主任研究員）

はじめに

ベニザケは、サケ属魚類のなかで最も多様な初期生活史を示す。大別すると、幼稚魚期に海へ降りて索餌回遊する降海型と、一生を淡水中で過ごす陸封型に分けられる（図1）。さらに降海型は、浮上後の1-3年を湖沼で過ごした後スモルト化して海洋生活へ移行する湖沼型や、浮上後短期間で降海する海洋型、あるいは幼魚期を河川で過ごした後に降海する河川型に細分される。また、陸封型も、性比や外見的特徴が降海型と変わらない *kokanee* と、主として雄に現われ第二次性徴が不明瞭な *residual* に分かれる（Burgner 1991）。

降海型と陸封型では、産卵場所の分布域にも違いがみられる。例えば、降海型ベニザケが溯上するアジア側の主要河川はカムチャツカ半島南端を南限とし、日本には分布していない。しかし、陸封型ベニザケは我が国にも生息し、阿寒湖とチミケップ湖でその自然繁殖が確認されている。現在、支笏湖や洞爺湖、十和田湖、中禅寺湖等に生息する陸封型ベニザケ（＝ヒメマス）は、阿寒湖産の陸封型ベニザケが移殖されたといわれている。

さけ・ます資源管理センターでは、1961年以来、このヒメマスから降海型ベニザケ資源を造成する試みが続けられている。当初、育成された幼魚は道東の西別川へ放流されていたが、現在の放流河川は安平川、静内川、釧路川の各水系に移った。ベニザケ親魚の回帰が定着するまで、主として用いられた種苗は支笏湖産ヒメマスであるが、1970年前後にアラスカ産ベニザケ卵が移殖された経緯もある。この間、西別川では1971年に2,609尾、1988年に490尾の親魚が、また安平川では1991年の5,421尾を最高に1995年まで毎年1,000尾を超える親魚が回帰している（佐藤2001）。

この結果は、ベニザケ幼魚を浮上後約16ヶ月間池中飼育し、降海型幼魚（スモルト）に変態させてから放流する技術の導入に依るところが大きい。しかし、残念ながら資源量は安定せず、特に最近では回帰尾数の低下が目立っている。本稿では、現在のベニザケ増殖技術をより発展させ、安定した高回帰率を実現するために、ベニザケの生理特性をスモルト化の側面から解析した結果と、それに基づいた新たなベニザケ増殖手法について紹介する。

ヒメマスのスモルト化

ベニザケ幼魚は、海洋生活への移行に際し淡

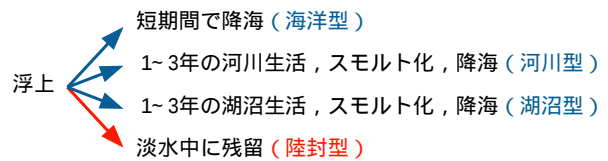


図1. ベニザケの初期生活史。青矢印は降海型を、赤矢印は陸封型を示す

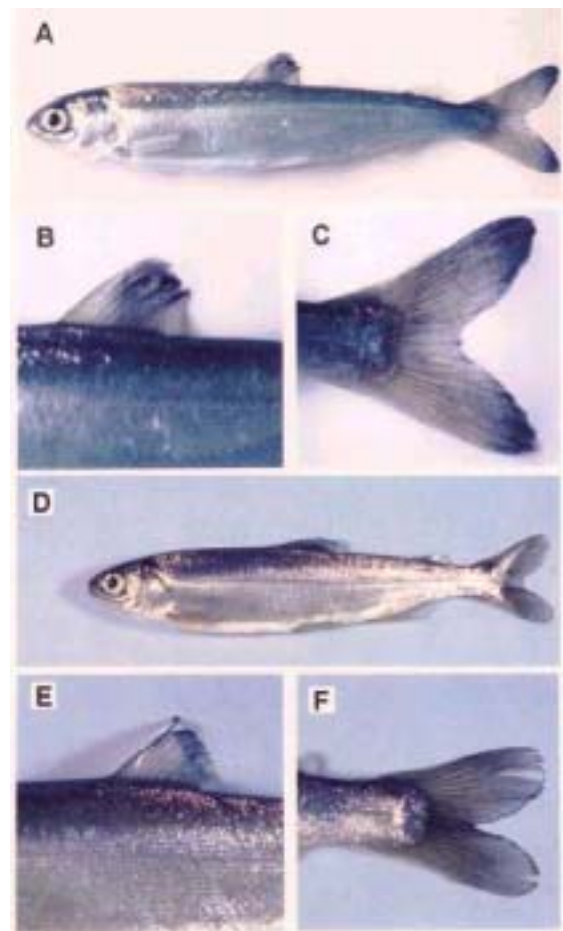


図2. ベニザケ1年魚の降海型（スモルト；A）と陸封型（D）、および両者の背鰭（B、E）と尾鰭（C、F）の拡大図。スモルトの背鰭と尾鰭縁辺部には明瞭なつま黒が認められる。

水でスモルト化する。スモルト化とは、体色の銀白化や背鰭と尾鰭末端部が黒色化するつま黒化等の外見的变化と（図2）、海水適応能の獲得や母川記憶等の生理的变化、および降河行動に代表される行動的变化をとともなう複雑な変態現象である。ヒメマスは何世代にも亘って淡水中で再生産を繰り返す、海洋生活を経験していないため、スモルト化する能力を失っているかもしれない。

この点を確かめるため、北海道大学洞爺臨湖

実験所で飼育されているヒメマス1年魚を用い、1993年3-7月の毎月1回、スモルトの発現状況を調べた (Ban et al. 1999). このヒメマスは、約100年前に阿寒湖から移殖されて以来、淡水中で再生産を繰り返してきた。まず、海水適応能を調べるために、飼育池から無作為抽出した10尾の魚を塩分33の人工海水に直接投入する海水移行試験を行い、24時間後の血清ナトリウム濃度 (血清Na) を原子吸光光度計で測定した。降河行動は、幅0.45 m、長さ10 mの人工河川を階段状に4分割し、最上流域に移した魚のうち、最下流部に設けたトラップまで移動した個体を降河魚として計数して調べた。つま黒は目視で観察し、50尾中つま黒を発現した個体の数を銀化率とした。

その結果、海水移行された魚の血清Naは3月と7月に175 mEq/L以上を示したが、4-6月の間は165 mEq/L以下を維持した。つま黒は、5-6月にかけて75%以上の個体に認められた (図3)。また、降河行動を起こした魚は4-6月に確認された。

海水適応能を獲得した魚は、淡水から海水へ直接投入された場合でも体内に入ってくる余分な塩分を排泄し、投入後24時間以内に血清Naを170 mEq/L未満に下げることができる (Wedemeyer et al. 1980)。逆に、海水適応能が低い魚を海水へ投入すると、過剰な塩分を排泄できないため、身体の正常な機能が疎外されて死んでしまう。今回の海水移行試験結果は、ヒメマスが4-6月にかけて非常に高い海水適応能を獲得していたことを示している。さらに、この時期のヒメマスはつま黒を発現するとともに、降河行動も示した。以上の結果は、洞爺湖産ヒメマスが降海型ベニザケと同様、春季にスモルト化することを示している。現在、洞爺湖の流出河川はダムで仕切られているため魚の降河行動は阻止されるが、魚の移動に支障のない流出河川があれば、自然条件下でも降海型ベニザケが出現すると予想される。

ベニザケのスモルト化機構

日本で降海型ベニザケ資源を造成できた一つの背景として、ヒメマスが維持しているスモルト化するための潜在能力をうまく引き出したことがあげられる。今後、この資源を高位で安定した状態に高めるためには、ベニザケのスモルト化機構を明らかにし、その性質を増殖事業に反映することが重要である。

スモルト化して海洋生活へ移行する魚にとって重要な機能的変化は、海水適応能の獲得である。海水適応能を高めた魚は、鰓に塩類細胞と呼ばれる特殊な細胞 (図4) を発達させ (Uchida and Kaneko 1996)、そこに多量に分布する酵素

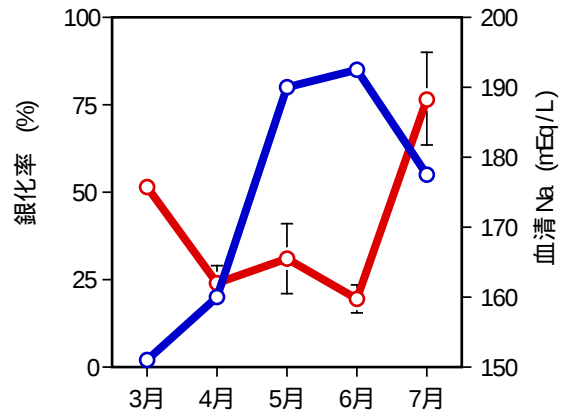


図3. 洞爺湖産ヒメマス1年魚の銀化率 (青) と海水移行24時間後の血清ナトリウム濃度 (血清Na; 赤) の変化。図中の縦線は標準誤差を示す。(Ban et al. 1999 を改編)

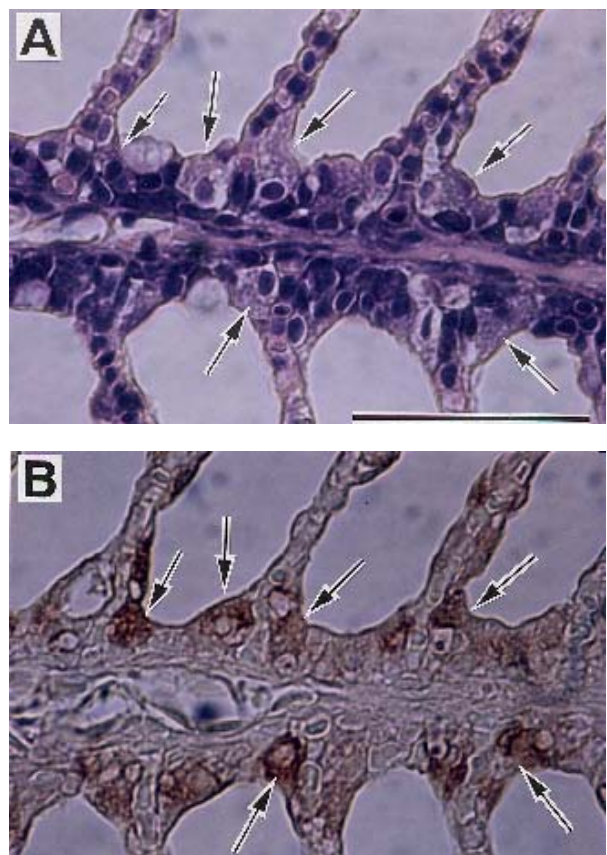


図4. ベニザケ1年魚スモルトの鰓の組織断面図。ヘマトキシリン-エオシン染色 (A) と Na^+, K^+ -ATPase の α サブユニット抗体による酵素抗体染色 (B)。矢印は塩類細胞を示す。バーは10 μm を示す。

(Na^+, K^+ -ATPase) の働きで余分な塩分を体外へ能動的に排出し恒常性を維持する (Zaugg et al. 1985)。

Hoar (1939) は、スモルト化した大西洋サケの甲状腺が良く発達していることを初めて組織学的に報告した。その後、放射免疫測定法等の分析手法が開発され、血清中のホルモン濃度が測

定できるようになると、スモルト化にともなうチロキシン (T_4)、コーチゾル (Cortisol)、成長ホルモン (GH) 等の動態が明らかになってきた (Folmar and Dickhoff 1979; Nichols and Weisbart 1985; Schmitz et al. 1994)。ここでは、ベニザケのスモルト化にともなう海水適応能の獲得過程と、 T_4 、Cortisol、GHの動態を調べた結果について紹介する。

まず、海水適応能の周年変化を調べるために、さけ・ます資源管理センター千歳支所で飼育されたベニザケを用い、0年魚の7月から1年魚の7月まで1年間に亘り、ヒメマスの場合と同様毎月1回の海水移行試験を行って血清Naを測定した。同時に海水移行前の魚から鰓を採集し、 Na^+ , K^+ -ATPase活性 (ATPase活性) を分析した。さらに、1年魚の1月から7月における、血清中の T_4 濃度 (血清 T_4) を放射免疫測定法で、コーチゾル濃度 (血清コーチゾル) とGH濃度 (血清GH) を酵素免疫測定法で測定した。

血清Naは、0年魚の8月に167 mEq/L、1年魚の6月に159 mEq/Lまで低下したが、10月から翌年の4月の間は高い値を示した (図5)。逆に、鰓の Na^+ , K^+ -ATPase活性は0年魚の8月と1年魚の6月にピークを示したが、10月から翌年の4月までは低かった (図5)。0年魚の8月および1年魚の6月における平均尾叉長は、各々89 mmおよび148 mmを示し、この時期の魚には明瞭なつま黒が認められた。血清 T_4 は1月以降一貫して上昇し、4月に5.8 ng/mLのピークを迎えると、6月には1.7 ng/mLまで低下した (図6)。一方、血清GHと血清コーチゾルは各々3月と4月に一過性のピークを迎えた他は低い値に留まった。

海水適応能に果たす鰓の Na^+ , K^+ -ATPaseの役割については、Zaugg and McLain (1970) がギンザケで報告して以来、多くの成果が発表されている (Clarke and Hirano 1995)。今回示した結果も、血清Naの低下と鰓のATPase活性の上昇が同調していたことから、ベニザケの海水適応能の発達過程に鰓の Na^+ , K^+ -ATPaseが重要な役割を果たしていることは明らかである (Ban and Yamauchi 1991)。

ATPase活性は長日条件下で高まることから、マスノスケ (Ewing et al. 1979) やニジマス (Zaugg 1981) で報告されている。ベニザケの場合も酵素活性は周期性を示し、0年魚の夏季と1年魚の春季に活性が高まった。このことから、鰓の Na^+ , K^+ -ATPaseを活性化し、海水適応能の発達を促す一つの環境要因として春から夏の長日化があげられる。また、0年魚が海水適応能を高め、つま黒を示した8月の体サイズから判断して、尾叉長90 mm前後がスモルト化するための最小サイズと予想される。

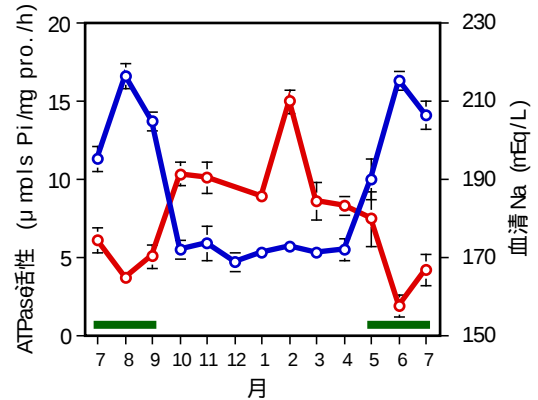


図5. ベニザケ0年魚の7月から1年魚の7月における鰓の Na^+ , K^+ -ATPase活性 (ATPase活性; 青) と海水移行24時間後の血清ナトリウム濃度 (血清Na; 赤) の変化。図中の縦線は標準誤差を示す。図中の横線 (緑) は、つま黒の発現時期を示す。(Ban and Yamauchi 1991 を改編)

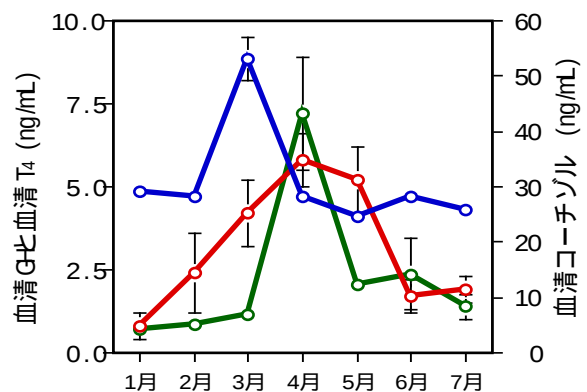


図6. ベニザケ1年魚の1月から7月における血清中の成長ホルモン濃度 (青)、チロキシン濃度 (赤)、およびコーチゾル濃度 (緑) の変化。図中の縦線は標準誤差を示す。

海水適応能の発達に關係するホルモンとして、これまでに T_4 (Dickhoff et al. 1985)、コーチゾル (Specker and Schreck 1982)、GH (Komourdjian et al. 1976)、インシュリン様成長因子 (McCormick 1996) 等が報告されている。今回の実験でも、3月から4月にかけて血清 T_4 、血清コーチゾル、血清GHの上昇が認められたことから、これらのホルモンがベニザケの海水適応能の発達過程に何らかの役割を担っていると思われる。

今回の結果から、ベニザケのスモルト化の一過程として、尾叉長が約90 mmに達した幼魚が春から夏の長日化刺激を受けると、 T_4 、コーチゾル、GHの分泌が促され、鰓では Na^+ , K^+ -ATPaseが発達することで海水適応能を獲得する経路が考えられる。

スモルト化と内分泌系

魚体内で起きる様々な生理作用は、ホルモンを仲介役として営まれている。ベニザケがスモルト化し海水適応能を獲得する過程で T_4 、コチゾル、GH等が関与する可能性を前述したが、各々のホルモンが果たす具体的な役割はその動態を調べるだけでは分からない。ここでは、各ホルモンをベニザケに投与し、スモルト化におよぼす影響を調べた結果を紹介する。

実験に際し、スモルト化していないベニザケ0年魚を20尾ずつ4群に分け、各群に生理食塩水、 T_4 、コチゾル、GHを投与した。ホルモンの投与濃度は魚体重当たり10 μg に設定し、生理食塩水とGHは皮下注射で、 T_4 とコチゾルは餌に混ぜて経口で与えた。投与期間は1996年11月10日から30日までとし、注射投与は4日毎に計5回、経口投与は毎日行った。投与後の12月2日に海水移行試験を行って血清NaとATPase活性を調べるとともに、つま黒の発現を確認した。

実験終了時の平均尾叉長は、97-101 mmの範囲で4群間に有意差はなかった。つま黒は T_4 投与群の78%の個体にのみ認められた。しかし、ATPase活性は、コチゾル投与群が他の3群より有意に高い値を示した(図7)。逆に血清Naは、コチゾル投与群が他の3群に比べて有意に低かった(図7)。

このように、コチゾルはベニザケの海水適応能を向上させたが、 T_4 とGHは明瞭な作用を示さなかった。また、McCormick and Bern (1989)はコチゾルを含む溶液中でギンザケ幼魚の鰓を培養し、ATPase活性を上昇させている。これらの結果から、海水適応能の獲得過程で働く主要なホルモンはコチゾルであると考えられる。Pelis and McCormick (2001)は、GHとコチゾルの複合投与がコチゾルの単独投与に比べ、 Na^+, K^+ -ATPaseの活性化に有効であることを示している。したがって、GHにはコチゾルの補助的作用があるのかもしれない。

T_4 は古くからスモルト化に関係するホルモンとして知られているが、海水適応能の発達に単独で直接作用したという報告はない。しかし、 T_4 はサケやギンザケ幼稚魚の走日性を高めたり(Iwata et al. 1989)、ビワマスの降河行動を誘発する(Hujioka et al. 1990)等、行動的变化を誘起するとの報告がある。また、ヒラメの変態過程等、形態的变化にも T_4 は重要な役割を果たすことが知られている(Tanangonan et al. 1989)。今回の実験においても、 T_4 の投与はつま黒の発現に効果があった。これらのことから、 T_4 は主としてスモルト化過程のなかで形態的、行動的变化に影響することが予想される。

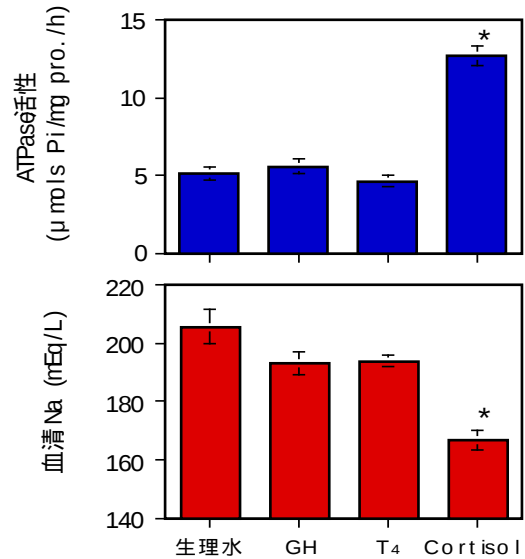


図7. 生理食塩水、チロキシン (T_4)、成長ホルモン (GH)、およびコチゾル (Cortisol) を投与したベニザケ0年魚における、鰓の Na^+, K^+ -ATPase活性 (ATPase活性; 上図) と海水移行24時間後の血清ナトリウム濃度 (血清Na; 下図)。図中の縦線は標準誤差を示す。図中の*は、コチゾル投与群と他の3群の有意差 ($p < 0.001$) を示す。

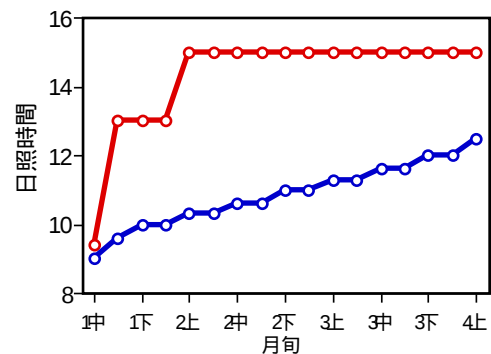


図8. 蛍光灯で調節した自然日長群 (青) と長日群 (赤) の日照時間。

日照時間によるスモルト化の制御

日照時間の長日化が、スモルト化を促す環境要因である可能性は既に紹介した。この点を確認するために、人為的な長日条件下で飼育されたベニザケが、スモルト化過程で受ける影響を調べた実験例を紹介する (Ban 2000)。

1994年1月中旬にベニザケ1年魚を100尾ずつ2群に分け、ビニールシートで覆った水槽へ移して4月上旬まで飼育した。日照時間は40 wの蛍光灯を用いて調節し、1月中旬の9時間明期、15時間暗期から4月上旬の12.5時間明期、11.5時間暗期まで、日照時間を徐々に増加させた群を自然日長群とした(図8)。他方、1月中旬から2月上旬までを13時間明期、11時間暗期とし、その後4月上旬まで15時間明期、9時間暗期に設定した群

を長日群とした。飼育水温は8℃に設定した。実験期間中、毎月1回20尾の魚を無作為に抽出し、つま黒の発現状態を調べるとともに、ATPase活性と血清Naを調べた。

血清Naは両群とも時間経過にともなって低下した(図9)。しかし、その低下傾向には違いがあり、長日群は自然日長群に比べて約20 mEq/Lほど低い値を示した。また、ATPase活性も両群共に増加したが、増加傾向は長日群の方が明らかに高く、4月における長日群の活性値は自然日長群の約2.5倍に達した(図9)。また、つま黒は4月の長日群にのみ認められた。

これら海水適応能と外見的特徴から、長日群は4月の時点で自然日長群より早くスモルト化したと判断できる。この結果は、日照時間を調整することで、スモルト化の時期を制御できることを示している。

降海型ベニザケ資源を造成するうえで、種苗性の高いスモルトの育成と、育成したスモルトを適切な時期に放流することは、資源量を左右する重要な課題である。現在のスモルト放流は、毎月1回の海水移行試験にともなう血清Naの動態から、魚が海水適応能を獲得したと判断される時期を目処に行っている。しかし、放流時の海洋環境が常に魚にとって好適であるとは限らない。海洋の水温や餌環境等を考慮した適切な放流時期の検討と、それに合わせたスモルト放流技術の開発を進めるうえで、日照時間によるスモルト化時期の制御は有効な手段といえる。

今後の課題と新たな試み

日本におけるベニザケ増殖は、40年以上の歴史を重ねる間に一定の成果を上げてきたものの、その資源量は未だに不安定で低い状態にある。過去の放流実績から判断して、ベニザケの資源造成に1年魚スモルト放流が効果的なことは明らかである。しかし1年魚スモルトを育成するためには、①約16ヶ月の池中飼育が必要であり、それが魚病発生の危険性を高める、②飼育施設および飼育用水の面で十分な数の放流種苗を確保できない、③長期飼育にともなって経費が嵩む、等の問題を起こしている。最後に、これらの問題を軽減するための一手法として試験的に取り組んでいる、0年魚スモルト育成のための技術開発について紹介する。

ベニザケ0年魚が8月にスモルト化した例は既に紹介した。しかし、この時期は河川水温と海水水温ともに高く、ベニザケの放流には適していない。もし、0年魚の成長を現在より早めれば、1年魚と同様5月にスモルト化させて放流することができるかもしれない。そのため、さけ・ます資源管理センター静内事業所で、水温10℃の

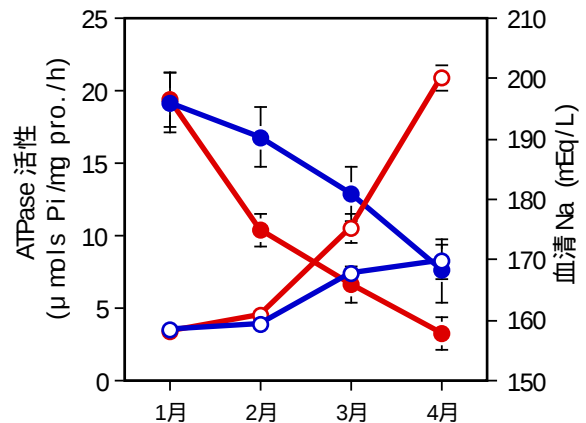


図9. 自然日長群（青）と長日群（赤）の1月から4月における鰓の Na^+, K^+ -ATPase活性（ATPase活性；白抜き丸）と海水移行24時間後の血清ナトリウム濃度（血清Na；塗りつぶし丸）の変化。図中の縦線は標準誤差を示す。（Ban 2000を改編）

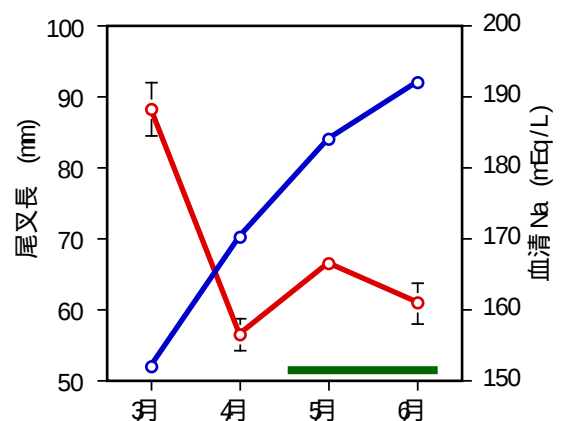


図10. 成長を促進したベニザケ0年魚の3月から5月における尾叉長（青）と海水移行24時間後の血清ナトリウム濃度（血清Na；赤）の変化。図中の横線（緑）はつま黒の発現期間を示す。図中の縦線は標準誤差を示す。



図11. 成長を促進させた結果つま黒を発現した5月のベニザケ0年魚

湧水を用い、2000年10-2001年6月までの間、受精直後の卵期から浮上後の幼稚魚期における発育と成長を促進させた群をスマルト化させる実験を行った。その結果、2001年5月下旬には0年魚の平均尾叉長をほぼ90 mmに到達させることができた。このサイズは、1年魚スマルト育成用に飼育している同時期の魚に比べて約35 mmほど大きい。この群を海水移行試験に供した結果、4月から6月までの血清Naが低い値を示した（図10）。また、この群は5月上旬以降、明瞭なつま黒を発現した（図11）。この結果から十分にスマルト化したと判断されたベニザケ0年魚スマルトを、2001年5月下旬に静内川へ放流した。今秋か来秋、これらの放流魚が一尾でも多く親となって回帰することが期待される。

本稿では、ベニザケ増殖技術の開発に欠かせないスマルト化機構の解明に関する研究結果と、0年魚スマルト育成の可能性について紹介した。今後は飼育実験と放流実験を併用し、より詳細なスマルト化機構の調査とスマルトの最適放流時期の検討を進めながら、現行の1年魚スマルト放流手法に改善を加えていく予定である。

引用文献

- Ban, M., and K. Yamauchi. 1991. Seasonal changes in seawater adaptability of the hatchery reared juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery, 45: 25-33.
- Ban, M. H. Haruna, and H. Ueda. 1999. Seawater tolerance of lacustrine sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) from Lake Toya. Bull. Natl. Salmon Resources Center, 2: 15-20.
- Ban, M. 2000. Effects of photoperiod and water temperature on smoltification of yearling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Bull. Natl. Salmon Resources Center, 3: 25-28.
- Burgner, R. L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). In Pacific salmon (edited by C. Groot and L. Margolis). UBC Press, Vancouver. pp. 1-118.
- Clarke, W. C., and T. Hirano. 1995. Osmoregulation. In Pacific salmon (edited by C. Groot, L. Margolis, and W. C. Clarke). UBC Press, Vancouver. pp. 317-379.
- Dickhoff, W. W., C. V. Sullivan, and C. V. W. Mahnken. 1985. Thyroid hormones and gill ATPase during smoltification of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 45: 376-385.
- Ewing, R. D., S. L. Johnson, H. J. Pribble, and J. A. Lichatowich. 1979. Temperature and photoperiod effects on gill (Na^+K^+)-ATPase activity in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). J. Fish. Res. Board. Can., 36: 1347-1353.
- Folmar, R. C., and W. W. Dickhoff. 1979. Plasma thyroxine and gill Na^+K^+ ATPase changes during seawater acclimation of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Com. Biochem. Physiol. 63A: 329-332.
- Hoar, W. S. 1939. The thyroid gland of the Atlantic salmon. J. Morph., 65: 309-325.
- Hujioka, Y., S. Fushiki, M. Tagawa, T. Ogasawara, and T. Hirano. 1990. Downstream migratory behavior and plasma thyroxine levels of Biwa salmon *Oncorhynchus rhodurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1773-1779.
- Iwata, M., T. Yamanome, M. Tagawa, H. Ida, and T. Hirano. 1989. Effects of thyroid hormone on phototaxis of chum salmon and coho salmon juveniles. Aquaculture, 82: 329-338.
- Komourdjian, M. P., R. L. Saunders, and J. C. Fenwick. 1976. The effects of porcine somatotropin on growth and survival in seawater of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. Can. J. Zool., 54: 531-535.
- McCormick, S. D. 1996. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor I on salinity tolerance and gill Na^+ , K^+ -ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*): Interaction with cortisol. Gen. Comp. Endocrinol., 101: 3-11.
- McCormick, S. D., and H. A. Bern. 1989. In vitro stimulation of Na^+K^+ -ATPase activity and ouabain binding by cortisol in coho salmon gill. Am. J. Physiol., 256: 707-715.
- Nichols, D. J., and M. Weisbart. 1985. Cortisol dynamics during seawater adaptation of Atlantic salmon *Salmo salar*. Am. J. Physiol. 248: 651-659.
- Pelis, R. M., and S. D. McCormick. 2001. Effects of growth hormone and cortisol on $\text{Na}^+\text{K}^+\text{2Cl}^-$ cotransporter localization and abundance in the gills of Atlantic salmon. Gen. Comp. Endocrinol., 124: 134-143.
- 佐藤恵久雄. 2001. 北太平洋と日本におけるさけ・ます類の資源と増殖. さけ・ます資源管理センターニュース, 7: 14-16.
- Schmitz, M., I. Berglund, H. Lundqvist, and B. Th. Bjornsson. 1994. Growth hormone response to seawater challenge in Atlantic salmon, *Salmo salar*, during parr-smolt transformation. Aquaculture, 121: 209-221.
- Specker, J. L., and C. B. Schreck. 1982. Changes in plasma corticosteroids during smoltification of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Gen. Comp. Endocrinol. 46: 53-58.

- Tanangonan, J. B., M. Tagawa, M. Tanaka, and T. Hirano. 1989. Changes in tissue thyroxine level of metamorphosing Japanese flounder *Paralichthys llivaceus* reared at different temperature. Nippon Suisan Gakkaishi. 55: 485-490.
- Uchida, K., and T. Kaneko. 1996. Enhanced chloride cell turnover in the gills of chum salmon fry in seawater. Zool. Sci. 13: 655-660.
- Wedemeyer, G. A., R. L. Saunders, and W. C. Clarke. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. Mar. Fish. Rev., 42: 1-14.
- Zaugg, W. S. 1981. Advanced photoperiod and water temperature effects on gill $\text{Na}^+\text{-K}^+$ adenosine triphosphatase activity and migration of juvenile steelhead (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 758-764.
- Zaugg, W. S., and L. R. McLain. 1970. Adenosinetriphosphatase activity in gills of salmonids: seasonal variations and salt water influences in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Comp. Biochem. Physiol. 35: 587-596.
- Zaugg, W. S., E. F. Prentice, and F. W. Waknitz. 1985. Importance of river migration to the development of seawater tolerance in Columbia River anadromous salmonids. Aquaculture, 51: 33-47.

さけ・ます資源管理連絡会議の概要

いしくろ たけひこ
石黒 武彦（企画課連絡調整係長）

当センタ-では、私どもが行う業務に対するニーズの把握、成果の発表などを目的に、昨年8月30日札幌市において、さけ・ます資源管理連絡会議（以下連絡会議）を開催しました。連絡会議には、さけ・ますふ化放流事業に関係する国や道県の行政機関、試験研究機関及び民間増殖団体などから114名の方々に出席を頂きました。

主催者を代表して大西理事長が挨拶し、来賓を代表して水産庁栽培増殖課奈良課長補佐から挨拶を受け、薫田総括部長を座長に以下の話題を提供し、質疑応答を行いました。

1. 中期計画の概要等について
2. 近年のサケ資源の来遊状況について
3. さけ・ますふ化放流について
4. さけ・ますの系群保全
5. 耳石温度標識放流の現状と今後の展開

また、センタ-業務に対するニ-ズを把握するため、アンケート調査への協力を依頼しました。

連絡会議の内容やアンケート調査の結果については、当センタ-ホームページで公開しております。また、センタ-中期計画については本紙7号に、耳石温度標識放流については2号と7号にも掲載しておりますので、詳しくはそちらをご覧ください。ここでは、議題2の中の「来遊資源の推定方法」と議題3の中の「増殖効率化モデル事業中間報告」について、その概要をご紹介します。

来遊資源の推定方法

わが国のサケ資源の適正な評価と管理を目指して実施しているデ-タベ-スの活用例として、サケ来遊資源の推定方法を紹介しました。

来遊数の推定には、低年齢魚の来遊数からその後の来遊数を推定する方法が一般に用いられています。しかし、近年では8年魚での回帰がみられるなどの高齢化が進み、この方法では、推定値と実績に大きな差が生じるようになっていきます。そこで一般的な推定方法のほか、これを補完する方法として、来遊数と体サイズやカラフトマス豊度とサケ豊度に観察される相関性、年級群毎の回帰率の変動幅にみられる周期性などに着目した推定を試みました。その結果、い

ずれの方法においても平成13年秋のサケ来遊数は総じて前年を上回ると推察されました。

増殖効率化モデル事業中間報告

本事業は、少ない放流数で現状の来遊資源を維持することによる増殖コストの低減の可能性を検討するため、稚魚の放流時期と放流サイズの違いにより、サケの回帰率がどの程度変化するかを調べるものです。

放流時期と放流サイズの異なる2群の標識稚魚の放流は、北海道の12河川において平成13年春をもって終了しており、現在は標識魚の確認を中心に事業を実施しています。

これまでに確認された回帰標識魚は、平成11年に114尾、平成12年に3,146尾の合計3,260尾となっています。既に4年魚まで回帰している平成9年級群について、確認された尾数の多寡と、放流時の沿岸水温及び平均体重の違いの関連を見ますと、以下の3点が認められます。

1. 水温5℃以上で1.0 gと1.5 g以上で放流された群（4組）では、すべてで1.5 g以上群が1.0 g群よりも多く標識魚が確認されています。
2. 水温5℃以上で1.1 gと1.3 gで放流された群（1組）では、2群間の標識魚確認数にはほとんど差は見られません。
3. 水温5℃以下で0.7 gで放流された群と、水温5℃以上で1.1 g以上で放流された群（7組）では、7組中4組で1.1 g以上群の方が0.7 g群よりも多くの標識魚が確認されています。

当センタ-では、標識魚の確認を平成12年級が5年魚で回帰する平成17年まで継続することとしており、これら回帰結果を踏まえて本事業のとりまとめを行う予定です。

本年の連絡会議は、昨年と同じ時期に開催する予定です。当センタ-では、関係者が一同に会する連絡会議を関係者のご意見やご要望をお聴きできる貴重な機会と考えております。ご多忙な時期とは思いますが、引き続きより多くの方々にご出席して頂きたいと思っております。

第9回北太平洋溯河性魚類委員会年次会議

うらわ しげひこ
浦和 茂彦（調査研究課遺伝資源研究室長）

第9回北太平洋溯河性魚類委員会 (NPAFC) 年次会議が2001年10月28日から11月2日にカナダBC州の州都ビクトリアで開催され、日本からは水産庁の弓削審議官と日本栽培漁業協会の今村理事長を代表とした7名が参加しました。本会議に加え、科学調査統計小委員会 (CSRS)、取締小委員会 (ENFO) と財政運営小委員会 (F&A) が開かれ審議が行われました。CSRS は北水研の石田国際海洋資源研究官が議長を務め、科学調査研究活動のレビューのため、日本18編、米国16編、カナダ7編、ロシア5編の科学ドキュメントが提出されました。今回のトピック事項は、国際共同さけ・ます調査が採択されたことであり、これについて紹介したいと思います。

前回の年次会議（東京）では、(1) ベーリング海さけ・ます調査、(2) 北太平洋さけ・ます幼魚調査、および (3) 冬季さけ・ます調査を柱とした NPAFC 新科学計画が策定されました。これを受けて、今回の年次会議では具体的な調査をどのように進めるか論議されました。その結果、2002年よりベーリング海とその周辺海域においてさけ・ます類に関する国際共同調査 (NPAFC Bering-Aleutian Salmon International Survey, 略して BASIS) が実施されることになりました。加盟国による共同調査計画の策定は、NPAFC の前身である INPFC 時代を含めた約半世紀の間で初めてのことであり、その背景には、4カ国を起源とするさけ・ます類が共通してベーリング海を生息地として利用していること、さけ・ます資源量が近年減少傾向にあり、海洋での長期資源変動要因の解明が必要であることなどがあります。日本系サケも夏季の間ベーリング海に多く分布するので（センターニュース5号の記事参照）、この海域における共同調査は大きな意味をもちます。

BASIS の目的は、ベーリング海でさけ・ます類の生産に関与する様々な環境要因や生物学的要因を今後5年間モニタリングし、さけ・ます類の環境収容力にアプローチすることです（図1）。基本的な調査定点はベーリング海全体を網羅しており（図2）、各国の協力が必要不可欠です。これによって資源量予測精度が向上し、全国各地域のさけ・ます類の保全管理がより適切に行えるようになることが期待されます。

年次会議では BASIS のガイドラインが策定され、計画を円滑に進めるためワーキンググループ (BASIS WG) が形成されました。このガイドラインに従って、各国は調査計画を提出し、WG で調整が行われて年次計画が作られ、共同

BASISの目的

NPAFC 科学計画 2001-2005: KEY QUESTIONS

- さけ・ます類の季節移動とベーリング海生態系との関係
- ベーリング海の生産力とさけ・ます類の成長速度の長期変動に影響を与える主要な生物学的、気候および海洋環境要因
- ベーリング海のさけ・ます集団間における資源変動傾向の類似性と生残に関わる共通要因
- さけ・ます類を生産するベーリング海生態系の収容力の限界

BERING-ALEUTIAN SALMON INTERNATIONAL SURVEY (BASIS) 2002-2006

さけ・ます類の生産に関与する環境および生物学的要因をモニタリングし評価する:

- さけ・ます類の移動と分布パターン
- さけ・ます類の摂餌と成長傾向
- さけ・ます類の死亡プロセス
- 魚類のバイオマス
- 餌および捕食者のバイオマス
- 海洋環境の変動
- 気候変動

さけ・ます類の環境収容力
ベーリング海におけるさけ・ます類の環境収容力に影響する環境変動と密度依存現象の機構を解明

資源予測
広域的あるいは地域的さけ・ます集団の資源量傾向を予測する能力を改善

将来のさけ・ます生産力
ベーリング海におけるさけ・ます類の生産力の理解や将来予測を改善

さけ・ます類集団の保全
生態系におけるさけ・ます類集団の持続的保全のための管理計画の促進

図1. BASISの流れと目的。

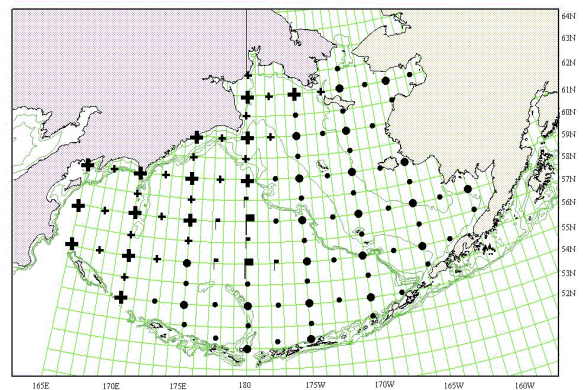


図2. BASISにおけるベーリング海調査予定定点。

調査が実施されます。具体的調査内容は、本年3月12-13日にバンクーバー（カナダ）で開催される調査計画調整会議および5月27-29日にウラジオストック（ロシア）で開催する BASIS 運営会議で検討されますが、日本は6-9月に水産庁の開洋丸や若竹丸（用船）を使った調査を実施する計画案をすでに提出しています。米国は2002年中にベーリング海調査を行うことを表明し、ロシアも調査船を派遣する予定とのことです。

日口漁業専門家・科学者会議

おおくま かずまさ

大熊 一正（調査研究課主任研究員）

日口漁業合同委員会の合意に基づいて設置されている標記会議が昨年11月5日から14日までの10日間ロシア連邦ウラジオストク市にて開催されました。今回日本側からは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（北水研）の水戸啓一亜寒帯漁業資源部長を団長に11名が出席し、ロシア側からは太平洋科学調査・漁業センター（チンロセンター）のボチャロフ所長を団長として16名が出席しました。また、全体会議に加え例年どおり「浮魚」と「さけ・ます」の2つの分科会が設置されました。さけ・ます分科会では日本側は北水研の石田国際海洋資源研究官が、ロシア側はカムチャツカ漁業・海洋研究所（カムチャトニロ）のシニャコフ所長がそれぞれチーフをつとめました。

さけ・ます分科会では2001年に実施された共同調査および国内計画に基づく調査結果と両国の研究機関等へ訪問した際の意見交換結果の報告、極東系さけ・ます類の資源状態とその変動傾向についての意見交換、両国における人工再生産の概要説明、および2002年、2003年の科学技術協力計画案の作成などが行われました。

極東系さけ・ます類の資源状態についてロシア側からはカラフトマスの西カムチャツカ系偶数年級群、東カムチャツカ系奇数年級群、及びサハリン・千島系奇数年級群は良好な状態であるが、これら以外はすべての魚種について資源が低迷、あるいは減少していると報告されました。これに対して日本側からはギンザケ、マスノスケについてはやや資源状態が良くないものの極東系さけ・ます類は全体として高い資源水準にあり、近年は良好な状態が続いていると報告しました。

また、日本側から2001年度の日本200海里内さけ・ます漁業の操業報告を行った際、ロシア側はこれら太平洋小型さけます流し網漁業でのベ

ニザケ、ギンザケ、マスノスケの混獲に関する日本側調査結果がロシア側の予想よりもはるかに小さいものであるとしてその内容に疑念を示し、2002年度の科学技術協力計画において、沿岸で漁獲されるさけ・ます類の生物調査を行いたい旨の提案を行いました。

これに対して、相互主義の観点から少なくともロシアがロシア200海里内の沖合で行っている流し網試験操業に関する資料の提出が先決であることから、日本側は協力計画案としてロシア調査船の流し網調査による漁獲物の生物調査を提案するとともに、本専門家・科学者会議においては沿岸漁業については協議する権限を与えられていない旨コメントしました。最終的に議論は平行線をたどり、この項に関しては空白のまま協力計画案を作成し、次の合同委員会（2002年3月日本にて開催予定）にて検討することになりました。

また、2001年度に計画されていたロシア200海里内でのさけ・ます幼魚調査がロシアからの入域許可証が発給されなかったことに遺憾の意を表明するとともに、このような事態になった事情について問い正し、善処を求めました。この入域不許可によりセンターが行う予定であったオホーツク海でのさけ・ます幼魚調査は計画を変更し、太平洋の日本200海里内での調査に切り替えて実施しました。このような状況が今後も続けば、両国間の協力、信頼関係にもひびが入りかねず、また、わが国のさけ・ます資源管理のための調査研究推進への影響が憂慮されます。

次期会合は2002年の秋に日本で開催される予定となっており、この会議で2003年及び2004年の協力計画案が作成される予定となっています。最終日には慣例に従い議事録に日口双方の団長がイニシャルを行い会議を終了しました。

サケ科魚類のプロファイル-2

サクラマス

おおくま かずまさ

大熊 一正 (調査研究課主任研究員)

サクラマス (*Oncorhynchus masou masou* (Brevoort)) (地方名マス, ホンマス, 英名 masu salmon, cherry salmon) という名前は桜の咲く時期に沿岸から河川に溯上することからか, あるいは成熟した魚の体表にサクラ色の模様が現れることからつけられたと言われている (図1). 太平洋サケ (*Oncorhynchus*) 属中唯一アジア側のみに分布する種で, 浮上した稚魚は少なくとも一年間淡水中で過ごしてから降海する. また, 本種には降海することなく一生を淡水域ですごす陸封型もみられる. サクラマスの河川生活中の幼魚と陸封型個体を総称してヤマメ (北海道ではヤマベ) と呼んでいる. 関東, 北陸以西では陸封型のヤマメが中心である. 幼魚の体側にはサケ・マス類に特徴的な小判状の斑紋 (パーマーク) がみられる (図2).

分布

日本をはじめカムチャツカ半島西岸, 沿海州, サハリン, 朝鮮半島東部に分布生息している. 日本での分布域は北海道, 本州日本海側のほぼ全域, 太平洋側は神奈川県以北, 及び九州地方である (図3). 降海・溯上するサクラマスは北方ほど出現率が高く, カムチャツカではほぼすべてが降海する. わが国でサクラマスの降海・溯上がみられる区域は北海道, 本州日本海側ではおおむね北陸以北, 太平洋側では関東地方までとなっている. サクラマスの海洋における分布域も限定的で, 他の太平洋サケ属が広く北太平洋に回遊するのに比べ, 本種はオホーツク海と日本海および北海道や東北の比較的沿岸に近い海域にのみ分布する. 長年行われている北太平洋でのさけ・ます調査においても千島列島の東側の北太平洋沖合で採捕されたサクラマスはこれまでにわずか数尾しか報告されておらず, ほかの海域への分布回遊はないと考えられる.

近縁種

本種には近縁の亜種としてビワマス (*O. masou subsp.*), アマゴ (*O. masou ishikawae*) とその降海型のサツキマスがいるが, いずれも日本にのみ生息している. ビワマスは琵琶湖及び湖に流入する河川のみに, アマゴは四国, 東海, 山陽地方及び九州の一部にそれぞれ分布している. これら亜種の自然分布域はサクラマスと明確に区別されていたが, 最近に移殖放流などにより必ずしも隔離されているとはいえない. アマゴの体側には朱点があるので, サクラマス (ヤマメ) と容易に区別される. サクラマスに



図1. 成熟したサクラマスの雄 (上) と雌 (下).



図2. サクラマス幼魚.

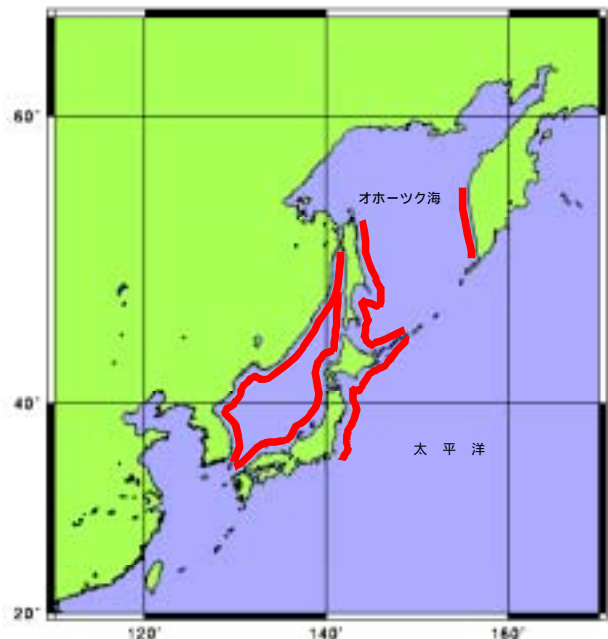


図3. サクラマスの溯上のみられる地方 (赤色の帯).

はさらにもう一亜種, タイワンマス (*O. masou formosanus*) が台湾の大甲溪に生息している. これら全体を総称してサクラマス群と呼ぶこともある.

生活史

産卵時期は北ほど早く, 南ほど遅い傾向が認

められ、カムチャツカ、サハリン、北部沿海州では7月下旬から9月、北海道では8月下旬から10月上旬、本州では9月から10月に産卵時期を迎える。産卵は湧水のある場所ではなく、河川源流部の河川浸透水のある砂礫底で行われる。これはふ化した稚魚が春に産卵床から抜け出して雪解け増水の流れに乗って河川全体に分散するのに都合がよく、限られた河川内での餌生産力を効率的に利用し、成長を行うための生態的特徴の一つと考えられる。サクラマスはサケやカラフトマスと異なり、稚魚の段階では海水に対する適応能力がなく、最低1年間の淡水生活を送らなければならないことへの適応とも考えられる。

稚魚は淵や平瀬を中心に定位しながら川を流下する水生昆虫や落下昆虫等を中心に活発に摂餌し、夏の終わりには体長7-12 cmにまで成長する。もちろん水温が高く、早く浮上して成長期間の長くなる本州域では更に大きく成長する。成長の著しい雄の中には成熟する個体も出現する。このような成熟個体は降海せずに一生淡水中で過ごす。水温の低下とともに成長、活動も低下し、流れの緩やかな河畔の深みやブロックの隙間などのほか、木の枝、水草などに覆われた場所へ移動して越冬する。越冬中もわずかながら摂餌がみられる。北海道では2-3月になると河川水温も少しずつ上昇し、天気の良い日などには瀬に出て活発に摂餌するようになる。その後体表が銀色の鱗で覆われるようになって、パーマークも不明瞭となる。体型もややスリムになり、背鰭や尾鰭後端が黒化し（つま黒）、スマルト（銀毛化幼魚）となる。この頃に海水適応能が高まり、降海移動し始める。降海時期は南方ほど早く、北陸地方では2-3月頃、北海道日本海側で5月頃、オホーツク海側で6月頃降海のピークを迎え、サハリン、カムチャツカでは7月頃降海する。成長の良くなかった小型個体はスマルト化することなく、河川生活を続け、残った雄の大部分はその年の夏成熟に向かうが、雌は翌年2⁺スマルトとして降海する。カムチャツカなどの北方地域では雄も河川内で成熟せず、すべて降海するが、水温が低く成長が良くないため降海までに3年かかる個体（3⁺）も出現する。降海した個体はオホーツク海へ向かい夏場をすごす。どの地方から降海した群もこの時期はすべてオホーツク海ですぐすものとみられる。

その後秋から初冬にかけて南下回遊を開始し、北海道沿岸を通過して日本海で越冬する。また、北海道から三陸沖にかけての太平洋でも越冬する。最近では標識放流魚の再捕報告が津軽海峡東部海域から多くみられ、この周辺海域も越冬場所として重要であることもわかってきた。海洋生活期にはイカナゴ、カタクチイワシなどの魚

類を中心にオキアミ類や小型イカ類などを摂餌する。しかし、海域や時期により餌生物種が変化することが知られており、遭遇機会の多い利用可能な餌を捕食するものと考えられる。

越冬後、4-5月頃に母川周辺に戻り、春の増水期に河川へ溯上する。本州での溯上時期はこれより早く2-3月頃、逆にサハリンやカムチャツカでは6-7月頃に溯上する。青森県の一部の河川では春に溯上せず、産卵間近の9月頃溯上する群が知られている。溯上した後は本流の深みやよどみなどでできるだけエネルギーの消耗を抑えながら成熟するが、河川に入った頃はまだ体表一面きれいな銀鱗に覆われており、二次性徴も不明瞭なため雌雄の判別も難しい。夏の高水温期をこのように本流域で経過した後、8月中旬から9月頃に増水を利用して産卵のために支流を遡り、源流域で産卵する。

年齢と成長

サクラマスは体サイズのばらつきがいたって大きく、同一河川系群内でも大きな違いがみられる。また、時として体高の著しく高い個体も出現し、イタマスと呼ばれている（図4）。一般に本州日本海側の米代川（阿仁川）、信濃川（魚野川）、九頭竜川などに代表される河川に溯上する個体は大型で知られており、北海道の河川に溯上する親魚は中・小型が多く、特にオホーツク海側では平均45 cmくらいであるが、日本海側の尻別川のサクラマスは大型で平均55-60 cmに達し、本州日本海側の魚と比べてもあまり変わらない。ロシアのサクラマスでも同様なことがいえ、沿海州の Tumnin 川や Samarga 川などでは大型であるが、カムチャツカなどでは小型で、体サイズに地理的傾斜がみられる。また、同一河川系群内での体サイズのばらつきも大きい。このような体サイズのばらつきから、ベニザケなどのように海洋生活期間の異なる群がいると見られていた。しかし、標識放流魚の再捕結果



図4. イタマスと呼ばれる体高の著しく高いサクラマス。

から海洋生活が2年以上に及び個体の再捕はなく、降海後の海洋生活期間はすべて1年であることが確かめられた。したがって、サクラマス^{*}の成熟年齢は降海までの河川生活の年齢により3年魚（1.1年魚^{*}）または4年魚（2.1年魚^{*}）で構成される。生活史のところでも述べたが、地理的に北方ほど成長が遅くなってスモルトサイズに達するまでの年数が延びるため、高齢となる。年によって変動がみられるが、日本ではほぼ9割程度が3年魚で占められ、サハリン、沿海州などでは日本よりも4年魚の割合が高い。また、3年間の河川生活の後に降海する5年魚（3.1年魚^{*}）もわずかではあるが出現するようだ。

漁業と資源

沿岸および沖合でのサクラマスの総漁獲量は、カラフトマスやサケに比べるとわずかしかないが、かつては3,000トン程度であった（図5）。ロシアでは近年自国のサクラマス資源の減少が著しいため、現在は一切の商業漁獲を禁止している。したがって、日本の漁獲量がほぼ世界中の漁獲量と考えても差し支えない。そういう意味では非常に資源状況の厳しい魚類と言える。そのサクラマスの漁獲量は最近更に減少して1,000トンから1,500トンのレベルとなっており、資源の維持と増大が望まれている。

サクラマスの分布域は限られているため、漁獲される水域も日本海沖合、北海道、北陸以北の本州太平洋沿岸ならびに三陸以北の本州太平洋沿岸に限られている。かつて日本海沖合（沿海州沿岸近辺まで）での漁獲は主にカラフトマスを対象としていた日本海ます漁業（流網と延縄）によるものであったが、ロシアの200海里水域設定と、母国主義の定着により日本海のこれら漁業がロシアとの政府間交渉で漁獲枠と協力金が決められ、徐々に日本海ます漁業による漁獲は減少し、1985年には1,000トンを超える漁獲を揚げていたが2000年にはわずか12トンに過ぎない。

沿岸においては越冬前から河川溯上の直前まで多岐の漁法で漁獲される。オホーツク海で成長していた未成魚が秋の水温低下に伴い南下移動をはじめ、11-12月頃に北海道のオホーツク沿岸及び根室海峡で主にサケ定置網により漁獲される。通常この時期は30-40 cm程度のサイズが多く漁獲される。この時期の魚は口の中が黒いためクチグロと称されるが、来遊時期がサケ定

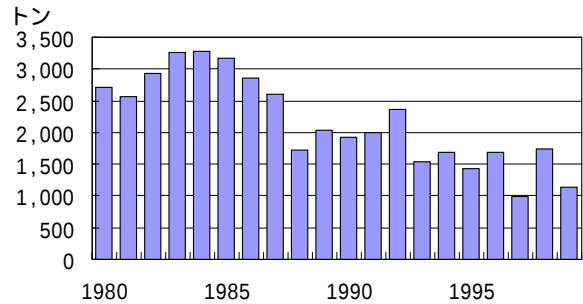


図5. 日本の沿岸と沖合におけるサクラマス漁獲量 (FAO資料)。

置の終漁時期と重なることなどから、年によって漁獲量が大きく変動する。このクチグロはサイズは小さいものの他の同じさけますの未成魚と比較すれば美味で、北海道の郷土料理の一つ三平汁にしてもあっさりとした脂でとても味わい深い。

その後冬季には利尻・礼文海域での刺し網漁業、積丹半島や道南の胆振、桧山、津軽海峡付近での釣り漁業などで漁獲される。またこの時期釧路沖などのスケトウダラ調査のトロール網などでも混獲されることがあり、100-150 mという深いところにも分布がみられる。

春の溯上前には本州日本海沿岸の石川、富山等の南部地域では2-3月頃、新潟から青森にかけては2月から4月頃、太平洋の岩手県沿岸では4月頃に漁獲の盛期を迎える。北海道沿岸では、日本海側で3月頃から5月頃、太平洋沿岸では4月から6月頃にかけて主に漁獲される。この時期はいずれの地域でも定置網での漁獲が主体で、これにあまり多くない量の刺網や釣りなどが加わる。

河川への溯上前に沿岸で漁獲される成魚はその後の河川内での成熟に備え多くのエネルギーを蓄積しているので、脂質含量も高く美味である。さらに、この時期には他のサケ・マスの漁獲がほとんどないことなどから非常に高価に取引されてきた。このことは特に本州の日本海側で古くから「ます寿司」として珍重されたり、伝統行事との関連で食される習慣が残っていることとも関係している。

増殖と管理

サクラマス資源を増やすためには降海するスモルトの量を増やすことが必要である。河川環境の変化のため、現在では自然再生産（自然産卵）だけでは十分なスモルトを生産できず、サクラマス資源を維持していくのは困難となってきたので、河川収容力、河川環境を考慮しながら人工ふ化放流を実施して資源の維持、増大を行っている。人工ふ化放流は現在稚魚放流、越冬前幼魚放流、スモルト放流の3つの方法によ

^{*} 浮上後の淡水中での越冬回数と海洋での越冬回数を“.”（ドット）で区切って示す年齢表示法。同じ年齢であっても、その生活様式の違いを表すことができる。ちなみにサケの場合は淡水中での越冬回数が0なので、4年魚の場合は0.3年魚となる。

り行われている。

稚魚放流は従前から行われていた方法でこの3つの方法の中では人為的管理による影響が最も少なく、自然の力を利用してスマルトまで作る。しかし、遊漁などにより大きな減耗を余儀なくさせ、ヤマメ釣りの規制とのセットで実施することにより効果が期待される。また、河川環境の悪化を防ぎ、生息しやすい環境を増やすことも重要である。スマルト放流は降海直前のスマルトの状態まで飼育して放流するもので、稚魚放流とは逆に河川生活期間はほとんどなく、河川環境に左右されずにスマルトを作り出せるため、良好な幼魚の生息環境が少ない河川でも資源を作ることができる。越冬前の幼魚放流（秋放流）は両者の中間的なもので、摂餌活動が活発な夏季には餌不足が起こるような河川でも良好な越冬場所が確保されている場合にはこの方法をとることで、餌の競合を起すことなくスマルトを増やすことができる。

放流したスマルトは20-40 gと大型で、すぐに降海するため、高い回帰に結びつくことが知られているが、人為飼育下に長期間おかれるため、ストレスが高まり、魚病の発生によるへい死や、海水適応能や遊泳能力などの降海後の生残に直接関わってくる能力の低下をきたすこともあり、安定して高い回帰が得られるまでには達しておらず、現段階ではスマルトの生産技術が完全に確立されたとは言えない。また、停電、ポンプや配管のトラブルなどで飼育魚に甚大な被害を起す危険性にも配慮しなければならない。

平成12年夏以降平成13年春までの一年間に全国で1,680万尾あまりのサクラマスが放流された（表1）。そのうち、稚魚での放流が1,150万尾で約69%を占め、幼魚での放流は秋放流とスマルト放流を合わせ530万尾（31%）となっている。また、放流魚の親の由来により、池産系、溯上系の2通りの種苗があるが、溯上系はサケと同様河川に回帰した親から採卵してふ化放流を行うもので、池産系は池で継代して飼育していた魚から採卵したものである。長く継代して飼育すると遺伝的多様性が狭まることから、最近は2-3代で採卵に用いる群を替えて、多様性の維持にも配慮している。現在当センターでも河川放流稚魚のスマルトまでの生き残りが増えるよう、また、飼育生産したスマルトが高い生命力を保持できるよう技術開発と調査研究を行っている。

表1. 平成12年度（平成12年夏以降平成13年春まで）のサクラマス幼稚魚放流数。

単位: 千尾				
親魚系統	地 区	稚魚放流	秋放流	スマルト放流
溯上系	北海道	4,036	1,234	994
	本 州	1,007	354	166
	計	5,043	1,588	1,160
池産系	北海道	4,129	468	1,136
	本 州	2,356	561	369
	計	6,485	1,029	1,505
合 計		11,528	2,617	2,665

ヤマメの放流は除く。

他に北海道で池産系から養成した0+スマルト18,000尾を放流。

サクラマスは河川毎の遺伝的独立性がサケやカラフトマスに比べて強く、河川に応じた遺伝特性を有しているので移殖放流により、これらの特性が失われることも考えられるのでむやみに移殖を行うことは避ける必要がある。また、ヤマメは溪流釣り対象種の代表格で、そのため養殖場で生産されたヤマメの移殖放流が従来から本州を中心に大規模に行われている。これらの魚にはなるだけ降海しない形質のものが長く継代して用いられており、降海するサクラマスを増やそうとしている河川でこのようなヤマメが放流されることで、交配が起こり、結果的に降海型が減るようなことにもなりかねない。したがって、遊漁用のヤマメ放流に際してもサクラマス資源増大のための移殖放流以上に注意を払う必要があろう。

参考文献

- 井田 齊・奥山文弥．2000．サケ・マス魚類のわかる本．山と溪谷社．東京．247 p．
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海（編・監修）．2001．山溪カラー名鑑．改訂版日本の淡水魚．山と溪谷社．東京．719 p．
- 待鳥精治・加藤史彦．1985．サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の産卵群と海洋生活．北太平洋漁業国際委員会研究報告，43: 1-118.
- 真山 紘．1992．サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の淡水域の生活および資源培養に関する研究．さけ・ますふ研報，46: 1-156.

北太平洋と日本におけるさけ・ます類の資源と増殖

さとう えくお
佐藤 恵久雄（企画課情報係長）

2000年の北太平洋

漁獲数

第9回NPAFC年次会議における各国の報告によると、2000年1-12月の北太平洋の漁獲数は3億3,400万尾で、前年の4億5,200万尾より26%減少しました。地域別ではアラスカ州で1億3,900万尾と最も多く、以下ロシア1億2,700万尾、日本5,900万尾、カナダ800万尾の順で、魚種別に見るとカラフトマスが2億700万尾（62%）と全体の2/3を占め、次いでサケが7,700万尾（23%）、ペニザケが4,300万尾（13%）と続き、これら3魚種で99%を占めています（図1A）。

人工ふ化放流数

2000年1-12月に人工ふ化放流された幼稚魚数は47億5,000万尾で、前年の46億7,000万尾に比べ2%増加しました。地域別では日本が19億7,000万尾と最も多く、以下アラスカ州14億8,000万尾、ロシア6億7,000万尾、カナダ3億1,000万尾と続いています。魚種別ではサケが27億7,000万尾で半数以上を占め、これに次ぐカラフトマスの13億7,000万尾と合わせると全体の9割を占めます（図1B）。

2001年度の日本

サケ

2001年度の沿岸来遊数（沿岸海面での商業漁獲と内水面での親魚捕獲の合計）は12月31現在で5,800万尾、前年度同期比で132%となっています。沿岸来遊数は1996年度に過去最高を記録して以来、4年連続で減少していましたが、2001年度は前年度最終数4,400万尾を既に大きく上回っており、残る1-2月分を加えると6,000万尾程度に達すると思われます（図2）。

これを道府県別にみると、太平洋、日本海とも南の府県のほうが前年比で大きく伸びる傾向がうかがえます（図3）。

一方、海区別にみると、北海道は日本海で15%減少したのに対し、他の4海区は30%以上の高い伸びとなりました。また本州では、太平洋が前年よりは増えたもののいまだ低い資源水準にあるのに対し、日本海では4年連続の増加となり最近10年間でも上位に位置する結果となりました（図4）。

なお、採卵数は既に21億7,000万粒を確保し、計画数21億3,000万粒を満たしていることから、放流数もほぼ計画どおり18億3,000万尾程度と見込まれます。

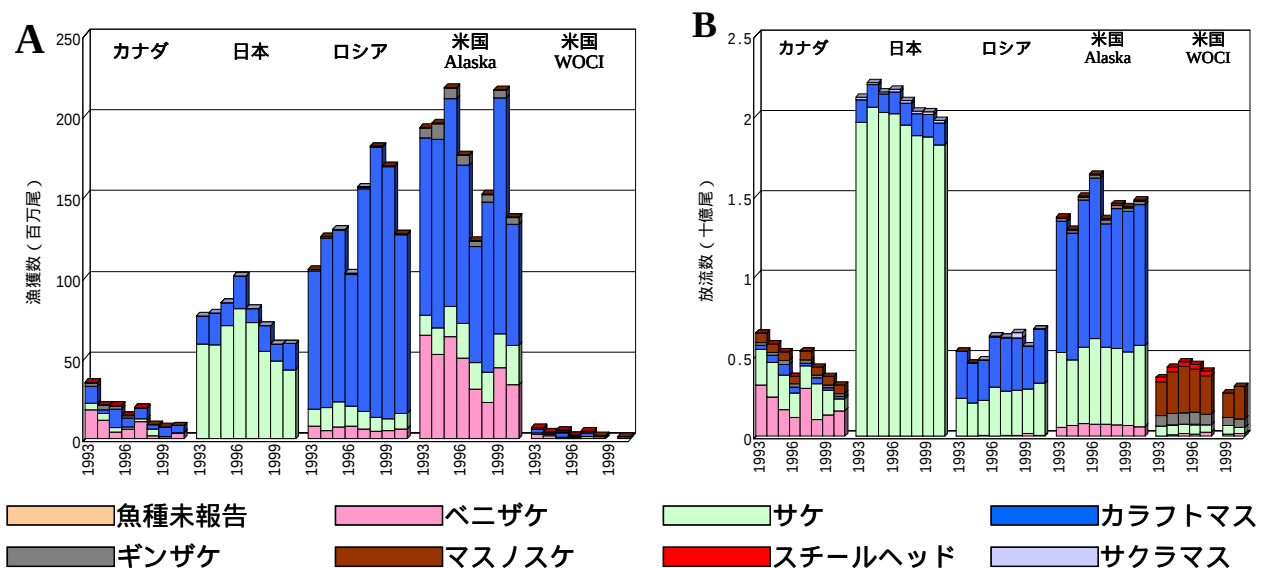


図1. 1993-2000年の北太平洋におけるさけ・ます類の地域別魚種別漁獲数（A）と人工ふ化放流数（B）。1993-1997年は「NPAFC Statistical Yearbook」による商業漁獲数の確定値だが、1998年以降はNPAFC年次報告等で示された暫定値である。ロシアにはEEZ（排他的経済水域）で他国が漁獲したものを含む。WOCIはワシントン、オレゴン、カリフォルニア、アイダホ州の合計。WOCIの一部は当該年のデータが未報告のため示していない。

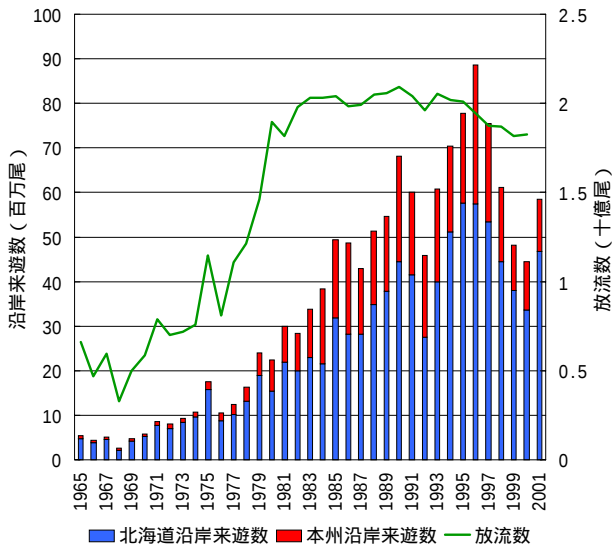


図2. 1965-2001年度の日本におけるサケの沿岸来遊数と人工ふ化放流数。2001年度は12月31日現在。

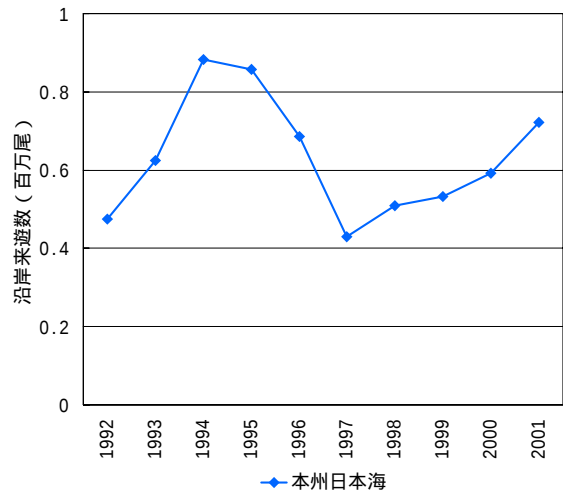
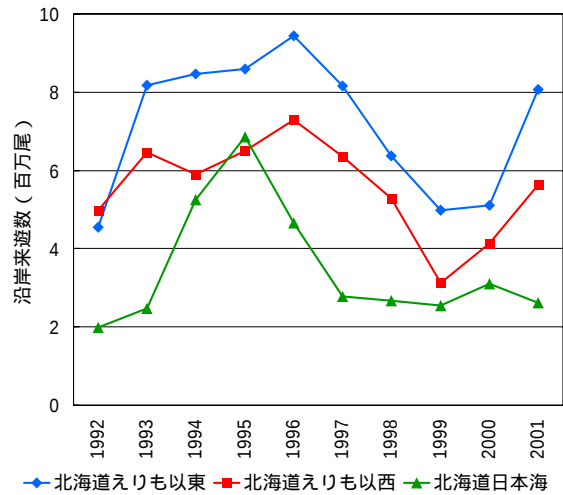
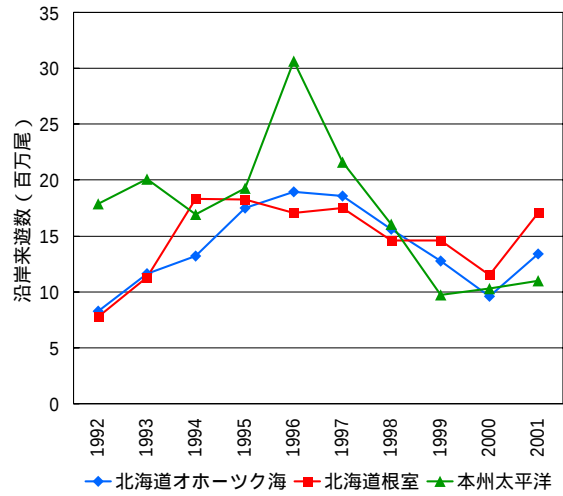


図4. 最近10年間の日本におけるサケの海区別沿岸来遊数。2001年度は12月31日現在。

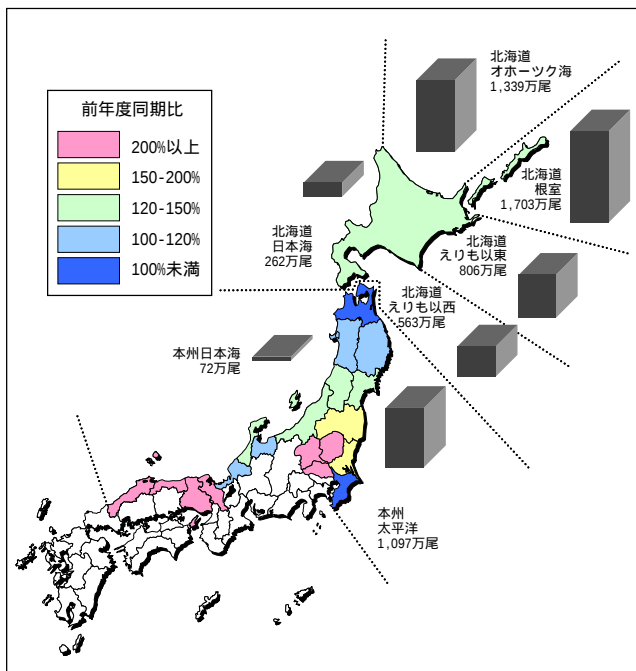


図3. 2001年12月31日現在の日本におけるサケの沿岸来遊数。直方体の高さは来遊数の相対的な大小、色分けは前年度同期比を示す。

カラフトマス

主産地である北海道における2001年度沿岸来遊数は400万尾にとどまりました。カラフトマスの沿岸来遊数は1991年以降急増するとともに、1991年以後の偶数年級群での平均が1,500万尾、奇数年級群のそれは800万尾で、両者には2倍近い開きがあります。2001年度は不漁年にあたりますが、そのなかにあっても非常に低水準といわざるをえません。なお、採卵数は1億7,000万粒でほぼ前年と同数なので、放流数も前年並みの1億4,000万尾程度と見込まれます(図5)。

サクラマス

2001年度の北海道における河川捕獲数は4,100尾で、前年度の1/3ほどでしかありませんでした。このため採卵数も240万粒にとどまっており、放流数の大幅減は避けられない状況です。なお、本州の資源については現在調査中です(図6)。

ベニザケ

当センターでは北海道の3河川でベニザケの人工ふ化放流に取り組んでいますが、2001年度の河川捕獲数は前年度の16%、130尾にとどまりました。このため採卵数も7万粒に過ぎず、不足する種苗については支笏湖産ヒメマス卵10万粒をもって補てんすることとなりました。近年は残念ながら1990年代前半に比べると少ない状態が続いています(図7)。

放流数の年度区分

放流数に用いる年度区分については、通常用いられている、3月末で区切る会計年度とは期間が異なります。サケの場合を例にとると、親魚の回帰時期は8月から2月にかけてで、この親魚から得た種苗は翌年の1月から6月にかけて放流されます。サケの人工ふ化放流は親魚の捕獲を起点として、その親魚から得た種苗を放流し終えるまでを一つの周期としているため、「2001年度の沿岸来遊数」は2001年8月から2002年2月にかけて来遊した尾数を指しますが、「2001年度の放流数」の場合は2002年1月から同年6月までに放流された尾数を指しており、会計年度でいうところの2002年度に放流した分も一部含まれています。

なお、NPAFCの統計の場合は漁獲も人工ふ化放流も年、すなわち1月から12月までを単位とすると定められています。このため本稿では、NPAFCの資料を使用する北太平洋の漁獲数、放流数については「年」、日本の来遊数、放流数等については「年度」と使い分けており、例えば2000年と2000年度の放流数は一致しないのでご注意ください。

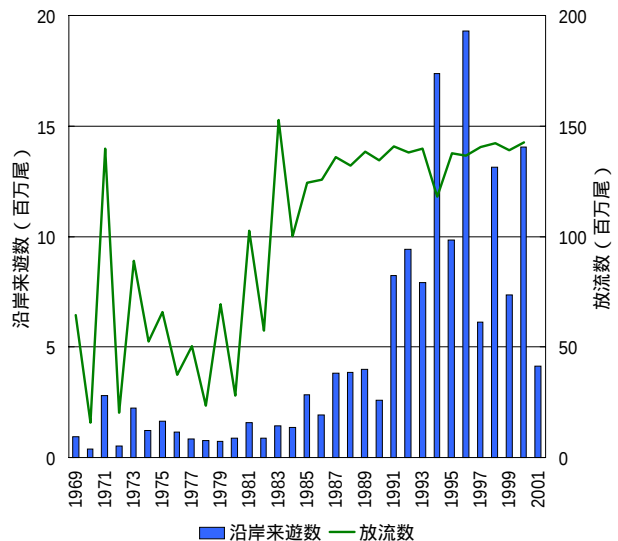


図5. 1969-2001年度の日本におけるカラフトマスの沿岸来遊数と人工ふ化放流数。2001年度は概数。

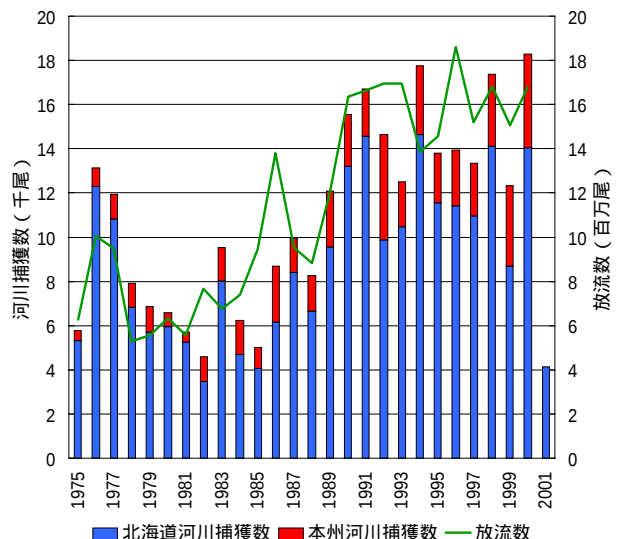


図6. 1975-2001年度の日本におけるサクラマスの河川捕獲数と人工ふ化放流数。2001年度は概数。

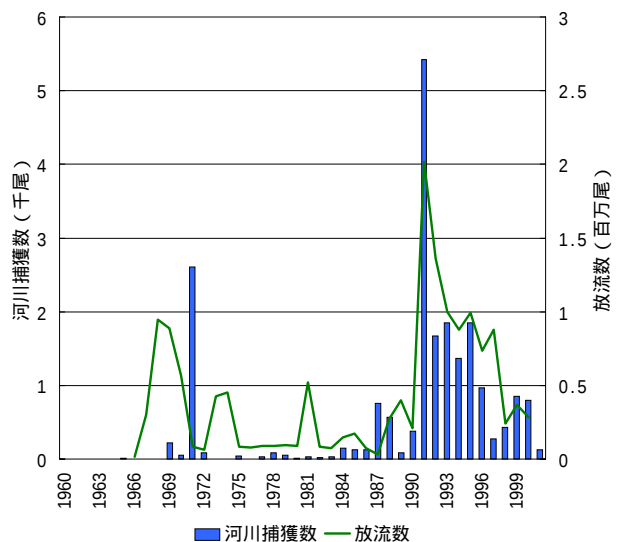


図7. 1960-2001年度の日本におけるベニザケの河川捕獲数と人工ふ化放流数。

業務日誌（2001年6月-2001年12月）

主な所内会議

- 2001.07.23-25 技術専門監・調査係長会議
2001.08.28-29 技術職員研修 - 耳石温度標識 -
2001.11.21-22 事務職員研修

センター主催行事

- 2001.08.30 さけ・ます資源管理連絡会議（札幌市）

民間技術研修会

- 2001.07.16（網走市）、2001.07.25（阿寒町）、
2001.08.07（千歳市）、2001.08.08（中標津町）、
2001.08.21（岩内町）、2001.08.23（虻田町）、
2001.08.25（猿払村）、2001.09.03（新潟市）、
2001.09.04（富山市）

サーモンセミナー（公開ゼミ）

- 2001.09.06 第72回
平尾正之（中央水研）：水産業の多面的機能
松浦勉（中央水研）：沖合底びき網漁船における
主要トン数階層と全体隻数の将来動向
- 2001.10.10 第73回
Carl V. Burger (U.S. Fish and Wildlife Service) :
Genetic Contribution of Three Introduced Life
History Forms of Sockeye Salmon to Colonization
of Frazer Lake, Alaska (アラスカ州フレーザー
湖の移殖に対するベニザケ3生活型の遺伝的貢
献)
伴真俊（さけ・ます資源管理センター）：日本
における最近のベニザケ増殖
- 2001.11.27 第74回
守屋彰悟（日清紡研究開発センター）：DNAマ
イクロアレイを用いたサケのハプロタイプ迅速
判定法
- 2001.11.28 第75回
Vera Alexander (University of Alaska Fairbanks) :
Recent trends on biological production and
ecosystem situation in the subarctic ocean (亜寒帯
海洋域における生物生産と生態系の状況に関す
る最近の傾向)

- 帰山雅秀（北海道東海大）：アラスカ湾沖にお
けるさけ・ます類の夏季の摂餌生態と食物動態
の変化
野村哲一（さけ・ます資源管理センター）：北
洋さけ・ます類の栄養状況に関する脂質分析評
価

2001.12.17 第76回

- 吉水守（北大水産学部）：抗ウイルス活性を示
す細菌を用いたプロバイオティクスと生薬等の
抗ウイルス活性
上田宏（北大フィールド科学センター）：リゾ
ープス投与によるヒメマスの体成長と生殖腺発
達に及ぼす効果
牛越設男（牛越生理学研究所）：リゾープスの
概要及び養殖における使用例
笠井久会（北大水産学部）：排水処理の必要性
とその殺菌方法

リサーチセミナー（所内ゼミ）

- 2001.06.25 第47回
伴真俊：ベニザケ増殖に向けた幾つかの試み
- 2001.07.30 第48回
眞山紘：リボンタグ標識魚の採捕結果から推定
した本州系サクラマスの回遊生態と減耗要因
- 2001.08.17 第49回
廣井修：平成13年度北海道における秋サケの資
源状況について
長谷川英一：食糧資源としての漁獲必要量
TNC (Total Necessary Catch) の試算
- 2001.09.27 第50回
大熊一正：脂質含量の変化から海洋生活期のサ
クラマスの成長について考える - 1998年からこ
れまでのまとめ -
- 2001.10.31 第51回
野村哲一：さけ・ます増殖事業における病害の
現状と問題
- 2001.11.30 第52回
川名守彦：耳石温度標識に関する話題提供
- 2001.12.28 第53回
清水幾太郎：北海道における戦後のサケ・マス
漁業の歴史 - 新北海道漁業史から -

海外からの来訪者

- 2001.08.30 広東省洋上監督漁政検査総隊一行9名
(鶴居事業所)
- 2001.10.11 モンゴル前大統領ら日本モンゴル文化経済交流協会一行6名(十勝事業所)
- 2001.10.11 Carl Burger 米国水産学会会長(本所, 千歳支所)
- 2001.11.05 河畔緩衝帯国際会議ワークショップ参加者一行40名(鶴居事業所)
- 2001.11.19 JICA研修生一行8名(知内事業所)
- 2001.11.28 Vera Alexander アラスカ大学学長(本所)

研修員受け入れ

- 2001.11.01-2002.03.31 渡島管内増協 澤田忍(知内事業所)
- 2001.11.01-2002.01.31 胆振管内増協 大江活(敷生事業所)

研究集会への参加

- 2001.07.06 日本水環境学会北海道支部平成13年度総会・講演会(札幌市)眞山室長
- 2001.08.31 さけ・ます増殖談話会(札幌市)眞山室長外11名
- 2001.10.01 日本水産学会70周年記念国際シンポジウム(横浜市)浦和室長, 鈴木主任研究員
- 2001.10.05 北日本漁業経済学会第30回札幌大会(札幌市)清水室長
- 2001.12.05 東大海洋研シンポジウム 湖沼における遊漁と資源管理(東京都)鈴木主任研究員
- 2001.12.06 第24回極域生物シンポジウム(国立極地研究所, 東京都)清水室長
- 2001.12.14 日本水産学会北海道支部大会(函館市)長谷川室長, 野村室長, 鈴木主任研究員

主な会議等への出席

- 2001.06.08 JICA平成13年度水産環境協力委員会(東京都)佐々木補佐
- 2001.06.27 平成13年度十和田湖資源対策会議(青森市)鈴木主任研究員
- 2001.07.15 日口科学技術協力計画に基づくアムール川における夏サケ調査(ハバロフスク)斎藤研究員
- 2001.07.17 H13さけ・ますふ化放流事業担当者会議(水産庁栽培養殖課, 東京都)関室長, 藤瀬係長
- 2001.07.25 日本水産資源保護協会巡回教室講演(天童市)眞山室長
- 2001.07.26 山形県サクラマス増殖検討会(山形市)眞山室長
- 2001.08.08 北海道河川委員会(北海道建設部河川課, 札幌市)眞山室長
- 2001.08.10 第7回増殖体制検討協議会(道増協, 札幌市)廣井課長外1名
- 2001.08.24 平成13年度さけ増殖事業を推進するための検討会(岩手県さけ・ます増殖協会, 盛岡市)浦和室長
- 2001.08.30 さけ・ます調査研究会(北水研, 札幌市)関室長外39名
- 2001.09.06 平成12年度宮城県さけ・ます増殖事業推進交流会(宮城県さけます増殖協会, 仙台市)長谷川室長
- 2001.09.17 十勝川千代田分流堰魚道検討委員会(帯広開発建設部, 帯広市)眞山室長
- 2001.09.26 国際資源調査北西太平洋グループさけ・ますサブグループ第1回推進検討会(札幌市)関室長外8名
- 2001.10.26 第9回NPAFC年次会合(ヴィクトリア)浦和室長
- 2001.11.03 2001年日口科学技術協力計画に基づく漁業専門家・科学者会議(ウラジオストク)大

熊主任研究員

2001.11.06 北海道河川委員会（北海道建設部河川課，札幌市）眞山室長

2001.11.09 第11回北海道サケ会議（北海道サケ友の会，札幌市）眞山室長

2001.11.16 第34回全国魚類防疫推進会議（日本水産資源保護協会，東京都）梅田補佐

2001.11.21 平成13年度水産養殖関係試験研究推進会議魚病部会（養殖研，伊勢市）野村室長

2001.11.22 第8回増殖体制検討協議会（道増協，札幌市）野川課長外2名

2001.11.22 第1回石狩川下流河岸検討会（石狩川開発建設部札幌河川事務所，札幌市）眞山室長

2001.12.03 河川環境研究会（北海道建設部河川課，小樽市，岩内町，寿都町）眞山室長

2001.12.06 サンプルダム魚類対策技術検討会（北海道建設部，札幌市）眞山室長

2001.12.06 第3回農林水産省評価委員会水産分科会（横浜市）野川課長

2001.12.10 十勝川千代田分流堰魚道検討委員会（帯広開発建設部，帯広市）眞山室長

2001.12.27 平成13年度北海道環境審議会第1回水環境部会（札幌市）薫田部長

所在地，電話番号，FAX番号案内

- 本所 〒062-0922 札幌市豊平区中の島2条2丁目4-1 TEL (011) 822-2131 (代表)
 - 庶務課FAX 822-3342
 - 課長,課長補佐TEL 822-2150 庶務係TEL 822-2152 人事係,厚生係TEL 822-2155
 - 経理課FAX 822-3342
 - 課長,課長補佐,契約係TEL 822-2176 経理係,管財係TEL 822-2175
 - 企画課FAX 823-8979
 - 課長,課長補佐,企画係,情報係,連絡調整係TEL 822-2177
 - 調査研究課FAX 814-7797
 - 課長TEL 822-2321 生物生態研究室TEL 822-2354 生物資源研究室TEL 822-2340 遺伝資源研究室TEL 822-2341
 - 生物環境研究室TEL 822-2344 健康管理研究室TEL 822-2380 漁業経済研究室TEL 822-2349
 - 増殖管理課FAX 823-8979
 - 課長,課長補佐,増殖管理係,技術開発係,資源調査係TEL 822-2250
 - 指導課FAX 823-8979
 - 課長,技術専門監,指導係TEL 822-2161
- 北見支所 〒090-0018 北見市青葉町6-8北見地方合同庁舎 TEL (0157) 25-7121 FAX 61-0320
- 根室支所 〒086-1109 標津郡中標津町西9条南1-1 TEL (01537) 2-2812 FAX 3-2042
- 十勝支所 〒089-1242 帯広市大正町441-55 TEL (0155) 64-5221 FAX 64-4560
- 天塩支所 〒098-2243 中川郡美深町西3条南4-1-1 TEL (01656) 2-1152 FAX 2-2794
- 千歳支所 〒066-0068 千歳市蘭越9 TEL (0123) 23-2804 FAX 23-2449
- 渡島支所 〒049-3117 山越郡八雲町栄町94-2 TEL (01376) 2-3131 FAX 3-4241
- 展示施設 さけの里ふれあい広場(千歳支所内) 開館時間10:00～16:00 休館日毎週月曜日及び年末年始(12.27-1.5)

さけ・ます資源管理センターニュース編集委員会

安達宏泰, 浦和茂彦, 小村祐悦, 佐藤恵久雄, 野川秀樹(委員長), 平松柳一, 吉田秀樹.

本紙掲載記事, 図, 写真の無断転載を禁じます.



NATIONAL SALMON RESOURCES CENTER

2-2 Nakanoshima, Toyohira-ku, Sapporo 062-0922, Japan

TEL, 011-822-2131; FAX, 011-814-7797

URL, <http://www.salmon.affrc.go.jp/>