

# 北海道サケネットワーク 会報

2017年5月 第9号

## サケを食べる

### 進化するサケの資源管理と増養殖

- 1 耳石温度標識
- 2 野生資源

### サケの生産, 流通を巡る現状と課題・展望 —2015年度サケ会議要録

北洋漁業の遺産と日口漁業のいま

標津のサケの現状と課題

輸入サケの現状と展望

サケに対する想いや商品作り

### サケ学習の現状と課題—2016年度サケ会議要録

小学校におけるサケ教育

水族館における児童のサケ教育

## 会員情報

千歳さけますの森 —さけます情報館

石狩川上流域における野生サケ資源回復の試み

新刊紹介 サケの記憶

北海道サーモン協会の足跡

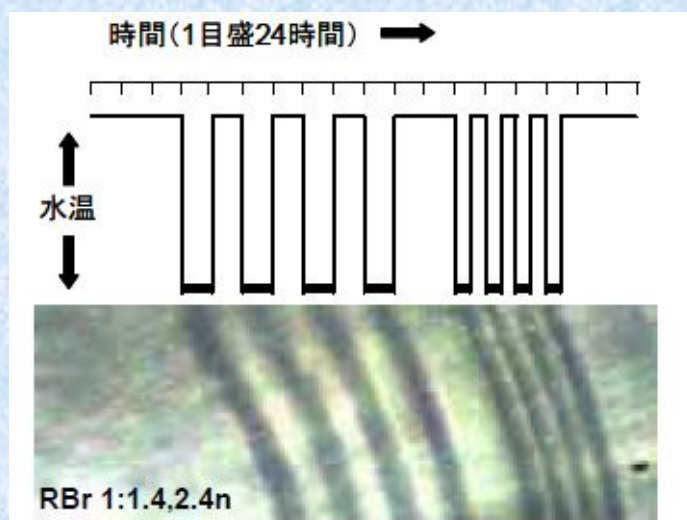
## 2015年度 総会要録

## 2016年度 総会要録

## 会員・役員

## 編集後記

サケの耳石の温度標識 この耳石には水温を 4℃ 低下させて 4 本の太いリングを, 続いて 48 時間おいて 12 時間毎に水温を低下させて 4 本の細いリングが付けられている。(浦和, 2001 より)



## サケを食べる

サケは、食材としてだけでなく、食育にとっても重要な魚種の一つである。料理法が、伝統料理である郷土料理であれば、ふる里教育の一助にもなる。10年近く前の2007年12月、農林水産省の主催により、料理研究家の服部幸應を委員長とする郷土料理百選選定委員会は、全国各地の農山漁村において脈々と受け継がれてきたふるさとの味を、「農山漁村の郷土料理百選」として選定した。その中には、サケを主要な材料とする北海道の「石狩鍋」と「ちゃんちゃん焼き」、宮城県の「はらこ飯」および栃木県の「しもつかれ」が含まれていた。それぞれについて、ホームページ「[農林水産省選定・郷土料理百選](#)」に書かれていることを中心に紹介しよう。

**石狩鍋** 漁師考案の郷土鍋。新鮮なサケの身のぶつ切りと中骨を含めた「あら」を鍋に入れ、キャベツやタマネギ、豆腐などをみそ味で煮込む鍋料理。石狩地方では古くからサケ漁が行われていたが、明治時代になって、サケ漁を終えた漁師が、船上で調理して食べるようになったのが始まりだという。なお、石狩の漁師によれば、野菜としてキャベツの代わりに白菜を入れるのは禁物だという。白菜からは多量の水が出るので、鍋の味が薄まるのだそうである。

**ちゃんちゃん焼き** 名前の由来には、ちゃん(父親)がちゃっちゃと作るからちゃんちゃん焼きだという説も含めて、諸説があるとか。大きな鉄板やホットプレートの上で、サケやホッケなどの魚の全身あるいは半身を、適当な大きさに切った季節の野菜と一緒に蒸し焼きにし、味噌(淡色の北海道の米味噌を用いることが多い)で味付けする料理であるが、道内でも場所によってバリエーションがある。

**はらこ飯** 伊達政宗が喜んで食したと伝わるサケの親子丼。阿武隈川の河口付近の亶理地方(亶理町荒浜)では、鮭の地引網漁が盛んであったが、江戸時代初めに領主の伊達政宗が阿武隈川修繕の視察に訪れた際、地元の漁師から献上されたという。薄めたサケの煮汁で炊いたご飯の上に、ほぐしたサケとイクラをのせたサケの親子丼。

**しもつかれ** 鎌倉時代初めから伝わるという無病息災の行事食。初午に、赤飯とともに稲荷社に供えられる。サケの頭、煎り大豆、鬼おろしでおろした大根とニンジン、油揚げなどの具材を鍋で煮込み、酒粕をちぎり入れ、最後に味を調えて作られる。

サケの料理は、郷土料理だけではない。むしろ、焼き鮭や鮭ほぐし(ふりかけ)などのような日常的な料理の食材として親しまれている。たいへん身近な素材なのである。そのようなサケに一工夫加えると、料理のプロが作るような魅力的な料理ができる。最後に、そのようなレシピを集めた本を紹介しておこう。

北海道サケ・マス調理研究会編『旬の味 サケ料理 154』北海道新聞社 (1994)

(本体 ¥1456)

# 進化するサケの資源管理と増養殖

2012年の会報6号の「サケ・マスの資源調査 3 今後の課題」中で、浦和茂彦(2000)によって指摘された明らかにしていくべき課題を引用した。再度、それを見てみよう。

## 日本沿岸におけるサケ幼稚魚に関する研究

幼稚魚の地域集団別回遊特性(径路, 時期, 移動速度など)

幼稚魚の地域集団別の成長と摂餌

幼稚魚の生残率と生息環境の関係

日本沿岸におけるサケ・マス類の環境収容力

## 秋期オホーツク海におけるサケ幼魚に関する研究

日本系サケ幼魚の分布範囲と移動時期

日本系サケ幼魚の成長と摂餌

日本系サケ幼魚の資源量と生残率

日本系とロシア系サケ・マス類の相互関係

オホーツク海におけるサケ・マス類の環境収容力

## 北太平洋における越冬魚に関する研究

日本系サケの越冬場所と移動時期

日本系サケの資源量と生残率

日本系サケの越冬期生残機構

日本系サケと他系サケ・マス類の相互関係

冬期北太平洋におけるサケ・マス類の環境収容力

## 夏期のベーリング海における成魚と未成魚に関する研究

日本系サケの分布範囲と回遊径路

日本系サケの摂餌, 成長と成熟機構

日本系サケの資源変動

日本系サケと他系サケ・マス類の相互関係

ベーリング海におけるサケ・マス類の環境収容力

## 日本沿岸における回帰親魚に関する研究

回帰親魚の地域集団毎の回遊径路

回帰親魚の地域集団毎の成長変動

地域集団毎の資源評価と資源変動予測

資源評価のための生物モニタリング

系群保全のための遺伝的モニタリング

会報6号では、これらの課題について次のようにコメントしている。すなわち、「今後の調査研究で欠くことの出来ないのが、沿岸であれ北洋であれ、サケ(本稿では、とくに区別す

る必要がない場合、シロザケをサケと表記)の系群識別である。沿岸であれば地域集団の識別が、北洋であれば少なくとも日本系サケなのかどうかの識別ができないと、上に示した課題のそれぞれに答えがだせないが、耳石温度標識と遺伝子の配列解析を組み合わせれば、ふ化場放流魚であるか自然産卵魚であるかの同定、および系群識別を、短時間でできるようになることが期待できる。」

一方、北洋流し網漁業の終焉によって、さけます漁業そのものが、大きな転換を余儀なくされている。それについては『北洋流し網漁業の終焉と今後のさけます漁業』(永沢亨, 北の海から 24, 2015.12)によって要点が明快に示されている。以下に、重要な点を抜粋・引用させてもらおう。1993年に「北太平洋における溯河性魚類の系群保存のための条約(NPAFC条約)」が発効し、公海でのさけます漁業が原則禁止となった。そのため、北洋におけるさけます漁業は、ロシア200海里内で「入漁料(漁業協力金ではない)」を支払って行われるだけになり、近年の北洋流し網による漁獲量は1万トン未満で推移してきた。道東地域では、漁業市場、加工販売業者などが本漁業に大きく依存しているが、採算性やロシアの法律改正の困難さを考慮すると、漁業の継続は極めて厳しい。

北海道近海を漁場とする「太平洋小型さけます流し網漁業」を取り巻く情勢もたいへん厳しい。本漁業が操業する日本国の排他的経済水域(EEZ, いわゆる200海里)内の通称「第7水域」では、漁獲物にロシア起源の魚が多く含まれるので、母川国主義(サケは生まれた国のものというルール)に基づく「漁業協力金」の支払いが必要である。さらに、近年では四季の2極化から好適な水温帯が形成される期間が短く、漁況が低調な年が多い。

一方、沿岸のサケ定置網漁業はふ化放流事業とセットで発展してきたが、現在の国内マーケットは周年養殖の輸入さけます製品に席卷され、沿岸の秋サケの国内での消費は大きく減少している。余剰分は、輸出に回されている。かつては国策でもあった、国民へのタンパク質供給原としての漁業の意義は以前より低下している。(編集子注:世界的な人口増に対する食糧供給という視野への切替が必要な時代になっている。)今後、沿岸さけます漁業を維持するには「生産物の利用を通じて国民の支持を得るシステム」あるいは「儲かる(産業全体として納める税金が受け取る補助金等を上回る)システム」を目指す必要がある。

以上に述べたように、サケをめぐる状況には厳しいものがあるが、耳石温度標識の普及は多くの情報をもたらすようになった。また、遺伝子データに基づく系群識別法は、サケ・マス資源の管理に不可欠な手法になってきた。一方、ふ化放流についても、野生魚の存在が資源の多様性に必要であること、あるいは地域特性を考慮した放流が回帰率の向上に重要であることが明らかになってきた。このような時代の流れの中で、豊平川を舞台とする札幌ワールドサーモンプロジェクトは、市民運動にも転機がきていることを示している。そこで、これらの進展を **1 耳石温度標識**, **2 野生資源** の2つにまとめて概観してみた。

## 1 耳石温度標識 (otolith thermal marking)

先に述べたように、サケ・マスの資源管理にとって系群識別はきわめて重要である。そのため、研究者は、標識を付けて放流するなど、さまざまな努力をしてきた。例えば、母川回帰の経路を明らかにするために、北洋で採捕した成魚の背中に、タグ（標識）やナノコンピューターと言ってもいい電子的な記録装置を内蔵したアーカイバルタグを装着して放流する、といった方法である。しかし、まだ体の小さな仔・稚魚の場合、体外に標識を付けるのは大きな負荷になる。そこで、仔・稚魚の体内に挿入できる小さな標識が開発されてきた。また、生物学的あるいは分子生物学的なマーカーの利用が進んだ。

個体を識別してデータを収集したい時にはPITタグ (passive integrated transponder tag) を用いるのがたいへん有効である。PITタグは、径2 mm、長さ10 mm、重さ0.06~0.1 gほどのガラスの筒の中に、電磁コイル、同調コンデンサーおよびマイクロチップが入ったもので、マイクロチップにアルファベットと数字からなるコードが記録されており、このコードがサケの体外におかれた読取装置によって読み取られる。ただ、PITタグにも問題点がないわけではない。タグは、魚の吻部あるいは腹腔内など、体内に挿入されるのであるが、個体毎に手作業で行う必要があるため、大量に標識するには難がある。

集団としての、すなわちある系群の、回遊生態を調べたいといった時には、**耳石温度標識**がPITタグより有効である(浦和茂彦, 2001)。耳石は、魚類の内耳小囊にあって聴覚や平衡感覚に携わっているが、仔・稚魚の耳石には、生物活動の日周リズムを反映した**日周輪**があり、その形成は水温の影響を受ける。水温が低い時には密度の高い暗いリングが、水温の高い時には密度の低い明るいリングができるのである(表紙写真参照)。それを利用してサケ・マス類では、発眼卵および仔魚の時期に水温を変化させ、耳石にバーコードのような明暗のパターン(耳石温度標識)を作らせることができる。ふ化場では、この時期、大量飼育しているので、一つのふ化場で放流するすべての稚魚に標識をつけることも可能である。実際、北海道および東北の主要なふ化場から放流されるサケの稚魚には、それぞれのふ化場に特有の耳石バーコードがつけられている。なお、耳石に標識できるのは、発生段階の限られた時期なので、バーコードのパターンには限りがある。そこで、NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission) は耳石標識の方法の調整および**データベース**の作成を行う小委員会を立ち上げ、バーコードの重複を避けるための作業などに取り組んでいる。

今までに述べてきた標識放流では、放流点と再捕点の情報から回遊経路を推定することしかできなかった。耳石温度標識に加えて、耳石に取り込まれたストロンチウム量とカルシウム量の比などの情報、あるいは組織中の炭素と窒素の同位体量などの情報を得れば、いつどのような場所にいたかを推定できないわけではないが、解析は容易ではない。

### 1.1 耳石の日周輪はどのようにして形成されるのか？

耳石が日周輪を形成しながら少しずつ成長することは古くから知られていた (Pannella,

1971). それぞれの日周輪は、明るい帯 (L 帯) と暗い帯 (D 帯) からなっている. L 帯の主要な成分は炭酸カルシウムの結晶であるアラゴナイトであるが、微量の網目状の基質タンパク質も含まれている. 一方, D 帯は主にタンパク質によって構成されるシート状の基質からなり, カルシウムは微量にしか含まれない. このような構造から, 日周輪の形成には, 合成, おそらくは遺伝子発現【脚注】, に日周変動をもつ基質タンパク質があり, それにアラゴナイトの結晶が周期的に沈着する, すなわち石灰化する, という機構が考えられる.

シロザケとニジマスの耳石の基質を構成する主要なタンパク質が 2 種類あることが, 都木靖彰 (現・北大院水産科学教授) および長澤寛道 (現・東京大学名誉教授) のグループの共同研究によって明らかにされたのは 15 年ほど前であった. いくらか専門的になるが, この共同研究によってどのようなことが分かったかを, 主に村山英未 (2002, 学位論文) および Takagi 他 (2005) によって見ていこう.

耳石は, 上に述べたように, 炭酸カルシウムからなるアラゴナイトを多量に含む硬い組織である. そこからタンパク質を抽出するためには, まず炭酸カルシウムを除去する, すなわち脱灰しなければならない. そのため耳石は, EDTA という試薬の弱アルカリ性の水溶液 (以下 EDTA 溶液) に漬けられた. しばらくすると, 脱灰された耳石から EDTA 溶液中に溶け出したタンパク質 (可溶性タンパク質) と溶けずに残ったタンパク質 (不溶性タンパク質) に分けることができるようになった. 後者は無色透明なゲル状の物質で, 耳石の形を残していたという. 得られた主要な可溶性および不溶性のタンパク質は, 以下の 2 つであった.

**OMP-1** EDTA 可溶性の基質タンパク質の主要成分は, 耳石基質タンパク質-1 (otolith matrix protein-1, 以下 OMP-1 と略) と名付けられた分子量約 5.5 万の糖タンパク質で, mRNA の塩基配列から推定された前駆体のアミノ酸配列中には, 分泌タンパク質に特徴的なシグナル領域や何カ所かの糖鎖結合部位がある. 既知のタンパク質で OMP-1 に似ているのは, 血中の鉄を細胞に運ぶトランスフェリンの仲間 (トランスフェリンファミリー) であるが, 中でもよく似ているのは高い増殖性をもつメラノーマ (黒色腫) 細胞の表面につなぎとめられているメラノトランスフェリンである.

**Otolin-1** もう 1 つの主要な耳石基質タンパク質, すなわち EDTA 不溶性のタンパク質は, EDTA 溶液に溶けずに残ったゲル状の物質を, CHAPS という界面活性剤を用いて可溶化することにより得られた分子量約 10 万のコラーゲン様タンパク質であった. コラーゲンには多様なタイプがあるが, otolin-1 と名付けられたこのタンパク質のアミノ酸配列は, 網目状の構造を作るタイプのそれによく似ていた. なお, OMP-1 と同じ様に, otolin-1 もその前駆体の一端に分泌タンパク質特有のシグナル領域をもつ.

---

【脚注】 遺伝子発現という用語は, 広義には遺伝子上の情報にしたがって転写および翻訳を経て生成されたあるタンパク質がその機能を現すまでをいうが, 狭義にはある遺伝子の情報によって mRNA が生成される転写を指す. また, しばしば, その mRNA の量を転写活性の強さ, ひいては遺伝子発現の大小の指標にする.

mRNA の存在を指標とし、生体内において OMP-1 および otolin-1 の遺伝子が発現している部位を調べたところ、いずれも、発現は脳、心臓、筋肉、皮膚、鱗などには見られず、内耳小囊だけに限定してみられた。また、OMP-1 および otolin-1、それぞれの抗体を用いた免疫染色により、それらの小囊内における分布と動態が示されている (図 1 参照)。免疫反応は

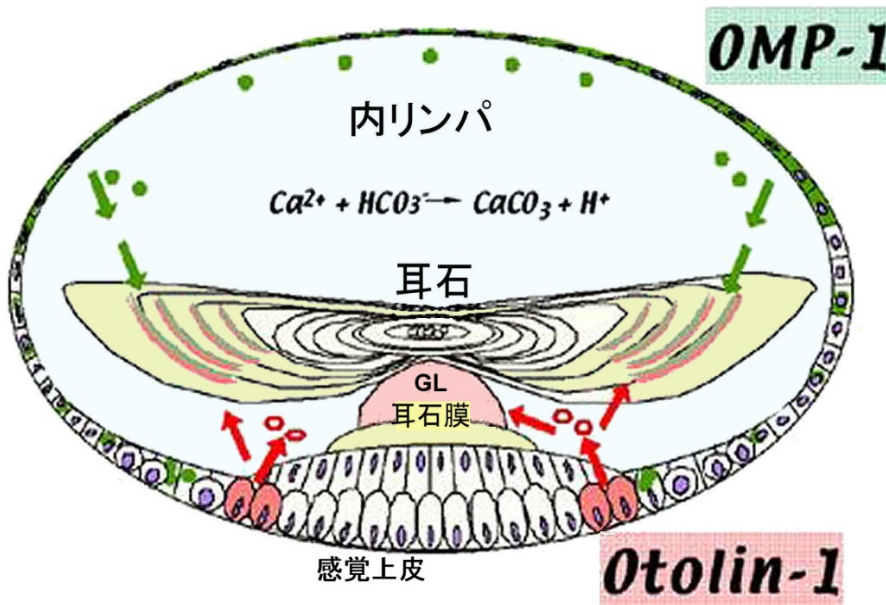


図 1 耳石小囊内の OMP-1 および otolin-1 の局在と動態。OMP-1 は耳石の滑面側上方に位置する扁平上皮細胞 (緑色の細胞) によって合成され内リンパ液中に分泌された後、耳石に沈着する。一方 otolin-1 は感覚上皮の側方にある少数の細胞によって合成・分泌された後、耳石および耳石膜のゼラチン層 (GL) に沈着する。(図は長澤寛道氏の好意による)

必ずしも均一ではなかったが、日周輪に沿った部分が存在していたという。なお otolin-1 はカルシウム結合能をもつが、OMP-1 にはそれが無いという、というよりはむしろ石灰化を阻害していることを示唆する実験結果が得られている。そのため、耳石形成にあたっては、otolin-1 が形成したタンパク質の枠組みにカルシウムイオンが引き寄せられ、アラゴナイトの結晶として沈着すると考えられている。

### 遺伝子発現の日周リズム

上に述べた耳石小囊内の OMP-1 および otolin-1 の合成部位や耳石におけるタンパク質としての分布を考えると、これらの基質タンパク質をコードしている遺伝子の発現に日周リズムがあることが予想される。そこで、OMP-1 および otolin-1、それぞれについて、mRNA の量を指標に遺伝子発現の日周変動が調べられた。結果は、図 2A に示したように otolin-1 をコードする遺伝子には顕著な日周変動が見られるが、OMP-1 の遺伝子にはそのような変動が見られない、というもので、暗期 (夜間) の otolin-1 遺伝子の発現量は、明期 (昼間) の約 2 倍であった。以下は編集子の推察になるが、耳石小囊内には昼夜を通してほぼ一定濃度の OMP-1 があり、その濃度は otolin-1 の濃度が低い日中は石灰化を抑えるのに十分であるが、夜間に otolin-1 の濃度が高まると石灰化を抑えきれなくなるのではないかと考えられる。

上に述べたように、耳石は、基質タンパク質の otolin-1 に炭酸カルシウムの結晶であるア

ラゴナイトが沈着して成長する。その日周輪の形成には、基質タンパク質遺伝子の発現の日周性が大きく関わると考えてよいだろう。しかし、それだけでなく、耳石小嚢内のアラゴナイトの飽和度の日周変動も関係しているようである。図 2B に示すように、小嚢内の内リンパ液の pH が、日中より夜間に、小幅にはあるが有意（統計的に見ると差があるという意味）に高まっていた。これによって、幾らかではあるが、図 1 に示した内リンパ液中で起きている化学反応、すなわちカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) と炭酸水素イオン ( $\text{HCO}_3^-$ ) から炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) と水素イオン ( $\text{H}^+$ ) が生成される反応、が進行しやすくなる一方、炭酸カルシウムの結晶が溶解しにくくなるのである。

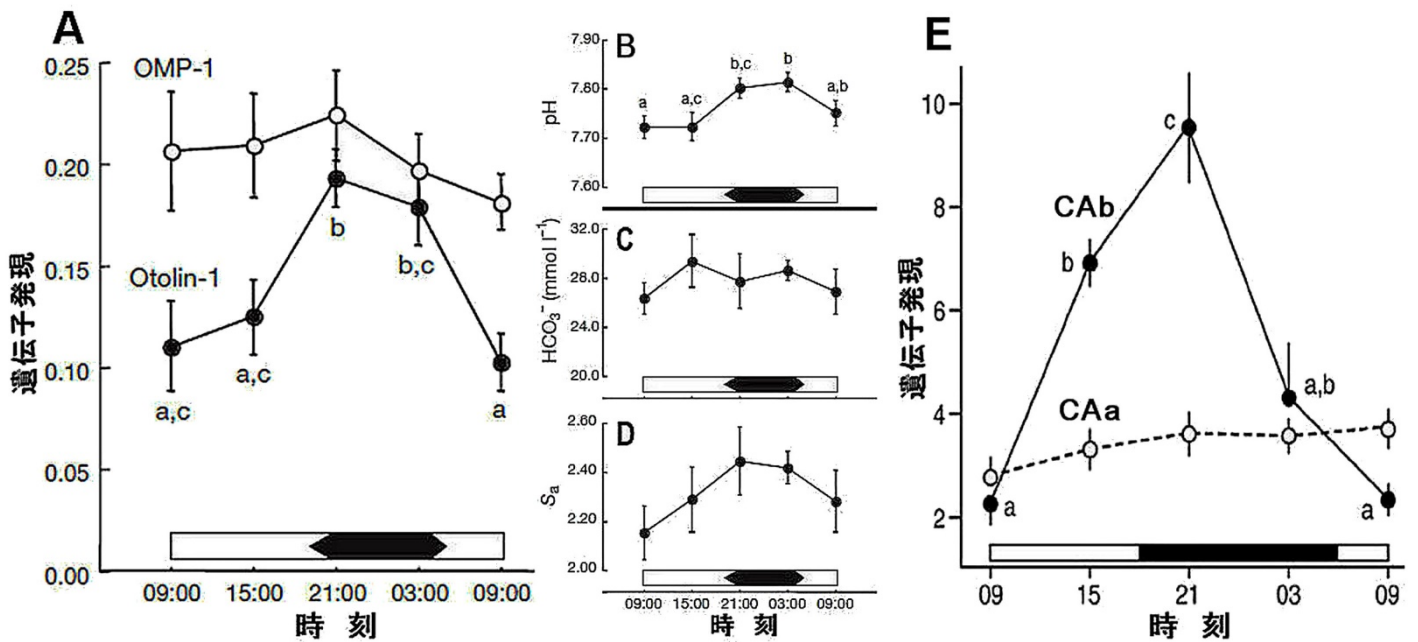


図 2 ニジマスの内耳小嚢における基質タンパク質遺伝子の発現および耳石の形成に関わる要因の日周変動。A. *OMP-1* 遺伝子および *otolin-1* 遺伝子の発現。発現量はそれぞれの mRNA 量とアクチン mRNA 量の比で現わされている。 *otolin-1* 遺伝子の発現に有意な日周変動が見られる。異なる文字（例えば a と b）の間には有意差がある。B. 内リンパ液の pH。C. 炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  濃度。D. アラゴナイトの飽和率。E. 炭酸脱水酵素 (CAa および CAb, 二型がある) の遺伝子の発現変動 (値は mRNA 数  $\times 10^4/\text{ng}$  トータル RNA)。CAb 遺伝子の発現に日周変動がある。A-D は Takagi et al (2005) より抜粋・改変。E は Tohse et al (2006) より抜粋・改変。図の利用は都木靖彰・北大院水産科学教授の好意による。

夜間には、内リンパ液に溶解している二酸化炭素（炭酸ガス  $\text{CO}_2$ ）の分圧が有意に低下し、炭酸イオンの濃度は増加傾向を見せていた（図には示していない）が、炭酸水素イオンには有意な日周変動が見られていない（図 2C）。一方、カルシウムイオン濃度は夜間に上昇し（図は省略）、アラゴナイトの飽和度が増加傾向を示す（図 2D）。ここで興味深いのは、二酸化炭素と水から炭酸水素イオンと水素イオンを生成する次の反応：



を進める炭酸脱水酵素 (b 型) の遺伝子発現が、夜間に数倍も高まっていたことである（図 2E）。夜間に生成された炭酸水素イオンは、速やかにカルシウムイオンと結合して炭酸カル



シウム，さらにはその結晶であるアラゴナイトを作ることに寄与しているのであろう．そのため炭酸水素イオンの濃度に日周変動が見られなかったのではないだろうか．

### 日周リズムを生ずる要因

上に紹介した研究は，耳石の日周輪の形成機構に，基質タンパク質 *otolin-1* の遺伝子および小嚢内部の液性環境を決めている炭酸脱水酵素（CAb）の遺伝子の発現が夜間に高まる，という日周変動が関わっていることを示している．しかし，基質タンパク質の遺伝子でも *OMP-1* 遺伝子の発現，あるいは a 型の炭酸脱水酵素（CAa）の遺伝子発現には日周変動が見られていない．耳石の日周輪形成に関わる主要な遺伝子発現にだけ，日周変動が見られたと考えられなくもない．このような，特定の遺伝子群だけに，その発現の日周性を生ずる機構は，まだ明らかになっていないようであるが，可能性のある要因は幾つか考えられる．考えられる例の 1 つは，耳石小嚢が自律的に日周リズムを発生する機構をもっている可能性であるが，松果体ホルモンのメラトニンの関与も考えられる．多くの脊椎動物で，メラトニンの血中濃度が夜間に高まること，およびメラトニンが日周リズムのある多くの生物現象の制御に関わっていることが知られているからである．ただ現時点では，日周輪形成の根底にある遺伝子発現の日周変動が，どのような要因によって制御されているかは分かっていない．今後の重要な課題である．

## 1.2 耳石温度標識でどのようなことが分かってきたか．

耳石温度標識が利用され始めた当初に，明らかになる，あるいは利用できるであろうと期待されていたのは，本稿の冒頭に挙げた明らかにしていくべき課題に深く関わる「分布と移動」，「母川回帰精度」，「資源管理」の 3 点であった．

**分布と移動：** 特定の放流群毎の回遊経路，成長，食性などの追跡調査

**母川回帰精度：** 遺伝資源の保全という観点から重要

**資源管理：** 野生資源およびふ化場産資源を持続的に維持するための資源管理，例えば地域漁獲に対する各ふ化場魚の貢献度評価，ふ化場産と野生産が混在する産卵群におけるそれぞれの貢献度，主要系群に対する搾取率の推定など（浦和茂彦，2001）

北米では 1990 年代より耳石温度標識魚が本格的に放流されるようになっていたが，日本では 1999 年春に千歳事業所より耳石標識魚が初めて放流された．以降，日本における耳石標識放流数は計画通り順調に増加し，2004 年以降は 1 億尾以上が放流されるようになった．最初の頃は，沖合調査を除くと耳石標識は有効に使われていなかったが，最近はサケの資源生態研究や野生魚の研究などで耳石標識が大活躍している．

北海道さけますセンターでは，2006 年以降，全てのサケ稚魚に耳石標識して放流しているそうであるが，データが蓄積されるにつれて，上に示した 3 つの点についての知見が集まり，これまで知られていなかった回遊生態の一面が見えてきたという．日本系のサケには遺伝的に区別できる 7 つの地域個体群，すなわち北海道・太平洋東部（えりも以東），北海道・太平

洋西部（えりも以西）、北海道・日本海、北海道・オホーツク海、北海道・根室海峡、本州・太平洋、本州・日本海の各群が存在するとされているので（佐藤俊平, 2005）、それに留意しながら、どのようなことが見えてきたかを概観してみよう。

### 標識魚の来遊状況

北海道におけるサケの地域個体群の分布は、地理的に区分される海区によく対応、というよりは、むしろよく適応していると言ってもよいだろう（図3）。2001年～2007年に標識が確認されたサケ成魚の放流河川を調べたところ、漁獲された海区と同一の海区から放流されたグループ（同海区群）と、他海区の河川から放流されたグループ（他海区群）に分けることができたが、表1に示すように海区によって同海区群と他海区群の比率は大きく異なっていた（高橋史久, 2009）。私見ではあるが、表1に見られた結果は、北洋から日本の沿岸とくに道東に接近してきたサケの集団が、多くの地域個体群を含む混合集団であることを反映しているように思われる。

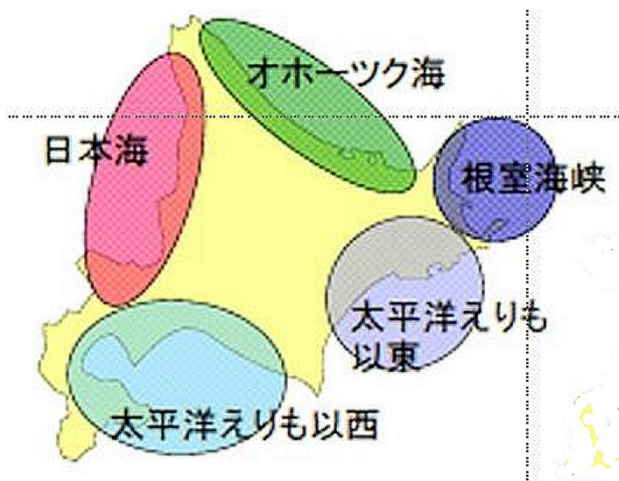


図3 北海道のサケの地域個体群

それぞれの海区で見られた他海区群の放流河川を母川とするサケの中には、回遊経路を考えると気になるものがある。日本海区やオホーツク海区で見つかったえりも以西の敷生川由来のサケ、あるいはえりも以西海区で見つかったオホーツク海区の徳志別川由来のサケがそれである。以下に述べるが、サケの母川回帰の精度はたいへん高いので、高橋史久（2009）が考察しているように、母川に至る回遊経路が多様なのかもしれない。

表1 2001～2007年に北海道沿岸で漁獲された耳石温度標識魚の由来

海区	標識魚 (尾)	同海区群 (%)	他海区群 (%)	他海区群の放流河川
日本海区	343	98.0	2.0	徳志別, 敷生
オホーツク海区	205	72.7	27.3	石狩, 伊茶仁, 敷生
根室海区	256	60.2	39.8	斜里, 徳志別, 石狩, 釧路, 静内, 遊楽部
えりも以東	104	29.8	70.2	静内, 敷生, 伊茶仁, 西別
えりも以西	601	99.8	0.2	徳志別

高橋史久（2009）記載のデータより作表

### 母川回帰の精度

北海道区水産研究所（以下、北水研）では、10河川10事業所\*から計1億3千万尾のサケ稚魚に耳石温度標識を付けて放流し、各河川における溯上親魚の年齢や耳石のバーコード

のパターンを調べて、放流群毎の回帰率を比較したという（福澤博明, 2016）.

\* 日本海区：石狩川・千歳，天塩川・手塩　オホーツク海区：徳志別川・徳志別，斜里川・斜里  
根室海区：伊茶仁川・伊茶仁，西別川・虹別　　えりも以東：釧路川・鶴居，十勝川・十勝  
えりも以西：静内川・静内，遊楽部川・八雲

調査方法は省略するが、2009年から2014年までの6年間に上記の10河川でウライによって捕獲したサケ親魚からランダムに抽出した57,238尾の耳石を調べたところ、迷入した標識魚は雄52尾，雌43尾，合計で95尾であった。迷入数が少ない，逆に言えば母川回帰の精度がたいへん高いため，調査結果から，どの事業所から放流されたサケはどの河川に迷入しやすい，といった傾向はみられないが，以下のようなことが言えそうである。

- ・斜里および虹別の事業所からの放流魚が，数多く広い範囲に迷入している。
- ・根室海区およびえりも以東の河川に迷入する例が多い。
- ・日本海区産およびえりも以西産のサケの迷入の例は少ない。
- ・河口間の距離が小さい河川（伊茶仁－西別，釧路－十勝）の間の相互迷入は多くない。
- ・河口から捕獲場までの距離の大小は，迷入が多いか少ないかに影響しない。

徳志別川では，河口から0.6 kmのところには捕獲場があるが，迷入魚は6年間で2尾しか発見されていない。一方，6年間で，20尾の徳志別産のサケが，とくに天塩川に迷入しているのが見られているが，理由は明らかでない。

石狩川（捕獲は支流の千歳側）では，6年間に捕獲した耳石温度標識魚が7,495尾になるが，迷入魚は斜里産の1尾だけであった。また千歳産の標識魚で他の河川に迷入したのは，2011年と2012年のそれぞれに2尾ずつ，天塩川で捕獲されたものだけであった。これまでに報告されている例とも併せて考えると，サケの母川回帰精度は，100%とは言えないまでも，たいへん精度が高いものであると言えそうである。

### 採卵時期と回帰時期

サケが発生する時期と数年後に回帰する時期が対応している，ということが30年ほど前から言われていた。それを実証する調査研究が，耳石温度標識を付した千歳の系群を用いて行われた（高橋史久, 2009）。すなわち，1998年の9月21日（9/21群），10月5日（10/5群），10月21日（10/21群）に採卵した3群に別々の標識を付け，翌年の春（4月1～20日）に放流し，千歳川の捕獲場に回帰してきた標識魚を2001年（3年魚）から2004年（6年魚）にわたって確認したのである。

8月下旬から12月上旬まで，捕獲場で捕らえたサケの標識を旬別に調べたところ，9/21群が9月上旬，10/5群が9月下旬，10/21群が10月下旬に回帰のピークを示した。千歳川の場合，捕獲場で捕らえられたサケは，さらに上流にあるさけますセンター千歳事業所まで運ばれて，成熟するまで1週間ほど畜養される。したがって各標識群は，それぞれの標識魚について追跡はしていないが，9月中旬，10月上旬，10月下旬に，成熟していたはずであり，親の採卵日とほぼ一致していたことになる。少なくとも，千歳川に回帰するサケでは，成熟

時期が親の成熟時期に依存している、すなわち発生する時期と回帰時期が対応していると考えられるのである。

より広範な採卵時期と回帰時期についての解析が、北海道内の複数河川に回帰したサケ親魚から得られた年齢査定と耳石温度標識の確認に基づいて行われている（高橋 悟, 2013）。解析に用いられた試料は、各河川において、上述の千歳川における調査研究と同様に耳石温度標識を付され放流された回帰親魚 43 群で、採卵は 9 月下旬から 11 月下旬、捕獲は 8 月下旬から 12 月中旬にわたって実施された。得られた採卵時期と回帰時期について、関係があるかどうかを、採卵時期を独立変数 (x)、回帰時期を従属変数 (y) として回帰分析 (相関分析?) を行ったところ、 $y = 0.79x + 56.4$  ( $R^2 = 0.75$ ) という一次回帰式が得られた。サケ親魚が回帰する時期は、採卵され発生を開始した時期と有意に相関していることが、統計学的に確認されたのである。上の一次式で x の係数が 0.79 というのは、採卵時期が遅い群では、回帰時期が採卵時期より早くなっていることを反映している。なお、回帰年齢ごとに同様の分析を行ったところ、x の係数が、3 年魚では 0.85、4 年魚では 0.80、5 年魚では 0.79、6 年魚では 0.71 となっており、高齢魚には若齢魚より早めに回帰する傾向があることが示された。

捕獲されたサケ親魚については年齢査定も行われているので、採卵時期 (発生時期) によってサケの回帰年齢が異なるかどうかを調べたところ、採卵時期によって回帰親魚の年齢組成が異なる可能性が示された。9 月下旬採卵群の回帰魚では、4 年魚が 52%、5 年魚が 43% という割合であったが、採卵時期が遅い群では 4 年魚の割合が増え、5 年魚の割合が減って、11 月下旬採卵群では 4 年魚が 70%、5 年魚が 25% という割合になっていたのである。早い時期の採卵群は 4-5 年魚が、遅い時期の採卵群は 4 年魚が回帰の主体と言ってもよいだろう。

## 資源管理

上に述べた採卵時期と回帰時期に相関があるという知見は、資源管理を行う上で採卵時期に留意することが大切であり、耳石温度標識によるさらなる調査研究の重要性をも示すものである。放流時期とサイズについての検討 (高橋史久, 2010) や環境の特徴に合わせたサケ放流手法の検討 (中島 歩, 2015) についての報文はその一端を示すものと思われるので、要点を紹介しておきたい。

**地域環境に見合った放流時期と放流サイズの検討：** サケ資源は、給餌飼育と適期放流に基づくふ化放流事業によって支えられてきた。従来は、放流を開始する時期は、地先の沿岸水温が 5°C、放流サイズが体重 1 g 以上といった目安があったが、各海域の河川集団毎に適正な放流時期やサイズの検討が必要とされている。そこで、耳石温度標識を用いて、放流時期と放流サイズの違いが放流効果に与える影響を比較する実証実験が、2001 年度から静内川および徳志別川において行われた。(簡単に実証実験と書いたが、2001 年度の放流群の回帰率を調べるには、2004~2007 年にわたって 3 歳~6 歳魚を採捕する必要がある。足かけ 7 年にわたる実験なのである。)

**放流時期の違いと回帰率** 静内で 2001 年 10 月上旬に採卵した群を二群に分け、一群は通常

に飼育して体重約 2.5 g で 2002 年の 3 月中旬に放流し、もう一群は大きくなり過ぎないように成長を抑制して体重を約 2.7 g にして放流適期の 5 月下旬に放流したところ、前者の回帰率は 0.063%であったのに対し、後者の回帰率は 0.726%であった。同様にして行った 2004 年 5 月上旬採卵群を用いた実証実験でも、3 月放流群の回帰率は 0.046%であったのに対し、5 月放流群では 0.111%であった。適期前の放流より、適期内の放流の方が、回帰率がよいことが確認できたと言えそうである。

**放流サイズと回帰率** 放流適期外の 2004 年 3 月中旬に、静内から通常成長群（体重 2.3 g）と成長抑制群（体重 0.8 g）が放流されたが、前者の回帰率は 0.030%，後者のそれは 0.038% であり差はなかった。これらの数字は上に示した適期外の回帰率とも大きくは違っていない。一方、徳志別で実施した適期内の放流サイズの比較実験では、0.9 g の通常群の回帰率が 0.171%であったのに対し、1.2 g の成長促進群では回帰率が 0.367%であった。このように、放流サイズは適期内であれば大きい方が回帰率がよいが、適期前では大型にしても効果がないことが示されている。

**環境の特徴** 先に述べたように、2005 年以降、北水研さけます事業所から放流されるすべての稚魚に耳石温度標識が施されるようになり、適切な放流時期と放流サイズには、下の表 2 にあるように、地域による違いがあることが見えてきた（中島 歩, 2015）。

表 2 サケ稚魚の放流時期と放流サイズ。 斜里一年による沿岸水温の違いに注意する必要がある。静内一大型でも沿岸水温が低い時期には サイズの効果がない。千歳一小型でも高い回帰率が見られる。

海区	事業所	放流体重 (g)	沿岸水温 (°C)	放流時期
オホーツク海	斜里	1.1~2.5	3~9	4 月下旬~6 月上旬
えりも以西	静内	2.5~3.0	7~9	5 月中旬~下旬
日本海	千歳	0.6~1.0	6~8	3 月下旬~4 月中旬

地域による放流適期と適切な放流サイズの違いは、沿岸の回遊経路、ひいては初期生残率とも深く関わる。地域の特徴に合わせた放流手法の検討に必要な情報でもある。

## 文 献

浦和茂彦 (2001) さけ・ます類の耳石標識：技術と応用。さけ・ます資源管理センターニュース 7, 3-11.

佐藤俊平 (2013) DNA から見た日本系サケの遺伝的集団構造とその多様性。SALMON 情報 7: 3-7.

高橋史久 (2009) これまでの耳石温度標識魚から得られた知見。SALMON 情報 3: 6-7.

高橋史久 (2010) 耳石温度標識放流魚から得られた知見 その 2 (放流時期とサイズの検討) SALMON 情報 10: 12-14/

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.

中島 歩 (2015) 環境の特徴に合わせたサケ放流手法の検討のために～耳石標識放流の結果から～。SALMON 情報 9: 15-17.

福澤博明 (2016) サケの母川回帰精度について。SALMON 情報 10: 16-19.

## 2 野生資源

北海道では、道立水産孵化場（現 さけます・内水面水産試験場）の時代から、サクラマス  
を池で何代か継代飼育すると形質が低下していくことが知られていた。そのため、同じ系群  
を連続してふ化放流に使用せず、何代かごとに、野生集団から新しい系群を導入するよう  
にしていたという。事実、継代飼育を続けた系群では、代を重ねるにつれて遺伝的な多様性が  
低下することが本ネットワークの阿部周一代表によって明らかにされている。Araki et al  
(2007) による報告では、遺伝子マーカーを用いて親子鑑定をしたスチールヘッド（ニジマス  
の降海型）の種苗放流が、数世代で自然繁殖力を大きく低下させている。第 10 回 SWSP 勉  
強会における占部浩一氏（道さけます内水試）の「今こそ野生魚の出番！ 放流しなくてもサ  
クラマスは増える！」という講演も、サクラマスのふ化放流の有効性に疑問を抱かせる、逆  
に言えば野生魚の重要性を示すものであった。

野生魚による河川での自然産卵の重要性は、サクラマスだけでなく、耳石温度標識による  
調査研究により、カラフトマスおよびシロザケでも明らかになりつつある。2011 年および  
2012 年に行われたカラフトマスの調査では、漁獲された個体のうち、耳石温度標識によって  
放流魚であることが確認されたものは、それぞれ 16.6%および 22.4%であった（大貫 努、  
2016）。シロザケでも、耳石温度標識による調査研究のデータが蓄積されるにつれて、年変動  
はあるものの、各河川に相当数の無標識魚—野生魚と考えられる—が回帰していることが明  
らかになってきた。それとともに、これまで人工ふ化放流魚に支えられていると考えられて  
きた日本のサケ資源ではあるが、野生魚はふ化放流由来の親魚の回帰が少ない場合の保険的  
な役割を担っていることも分かってきた。そのため、野生魚の保全を含めた様々な対策によ  
り、サケ資源の安定化を目指す研究が進められている。このような状況を踏まえて「野生魚  
を活用した持続可能なさけます漁業と増殖事業」という標題のワークショップが、2015 年度  
に北水研・さけます資源部によって開催され、その概要が [SALMON 情報 10 号](#)に掲載された  
（大熊一正 他, 2016）。

なお、水産研究・教育機構（旧 水産総合研究センター）が掲げている 3 つの重点研究課題  
のその 2、水産業の健全な発展と安全な水産物の安定供給のための研究開発の中には、内水  
面漁業の振興とさけます資源の維持・管理という項目があり、そこでは「さけます資源の個  
体群維持のためのふ化放流を行う」と謳われている（[FRA NEWS 47, 2016](#)）。ここで、さけ  
ます資源の個体群維持というのは「野生魚の系群とその多様性の維持」と置き換えてもよい  
ように考えられる。

本稿では、まず森田健太郎・大熊一正（2015）の論文「サケ：ふ化事業の陰で生き長らえ  
てきた野生魚の存在とその保全」の内容を踏まえて、野生魚について見ていく。次いで、上  
に述べたワークショップの概要、さらに野生魚を豊平川に帰らせようという札幌ワイルドサ  
ーモンプロジェクト（SWSP）にふれることにする。

## 2.1 「ふ化事業の陰で生き長らえてきた野生魚の存在とその保全」(森田・大熊, 2015)

かつては、ふ化放流を止めると、サケは絶滅危惧種になると言われていた。上に述べたように、かなりの比率で野生魚が母川に回帰するとはいえ、資源の多くがふ化放流魚という環境下では、野生の集団が希少な個体群、あるいは絶滅危惧種になってしまう恐れがないわけではない。生物多様性の保全、さらには持続可能な水産資源の利用を求める機運が国際的に高まっている現状を考えると、野生のサケ資源についての知見を深めることはたいへん重要だと言えよう。

話を進める前に、まず何をもって野生魚や放流魚というのかを森田・大熊(2015)によって確認しておこう：

**野生魚 wild fish** 自然産卵で生まれた個体。一世代以上にわたり自然再生産している個体であるが、両親が野生魚か放流魚かは問わない。

**放流魚 hatchery fish/ranching fish** ふ化場から野外に放流された個体。人工授精に用いられた親魚が野生魚か放流魚かは問わない。

**養殖魚 farmed fish** 養殖場で飼育されている個体。数世代にわたり人工再生産されているものは、とくに**継代飼育魚 captive broodstock** という。

**天然魚 / 在来魚 native fish** 人為的な放流による他個体群や放流魚との交雑がなく、遺伝的に多様性が保存されている個体。

**自然産卵魚 natural spawning fish** 野生魚か放流魚かは区別できないが、野外で自然産卵している個体。

放流魚では、継続してふ化放流を行うことによって、人工的な環境への適応、すなわちストレスに対する応答が低下するといった、家畜化ならぬ家魚化が起こる恐れが多分にある。日本に回帰するサケ(日本系サケ)では調べられていないが、先に述べたようにサクラマスでは遺伝的な多様性が低下することが確かめられている。

**生物学的特性** シロザケは、北太平洋にあって、最も広い生息域をもつ太平洋サケである。その起源は日本海周辺地域にあり、そこからロシアを経て北米にまで、連続的に分布域を拡げていったと考えられている(Sato, 2004)。日本における野生サケの主な分布域は、北海道および東北であるが、太平洋側の南限は利根川、日本海側の南限は北九州で、遠賀川の上流にはサケを祀っている鮭神社がある(図4)。このように広い分布域をもつサケではあるが、その母川回帰能力は、先に耳石温度標識の項で述べたように、たいへん精度が高いので、それぞれの河川に適応した個体群は、遺伝的に分化していると考えられる。なお、遺伝子レベルの変異の多くは、タンパク質のアミノ酸配列をコードしている構造遺伝子の領域ではなく、発現を制御している上流の転写調節領域で起きているはずであるが、それを実証した研究はたいへん少ない(Sato, 2004 参照)。サケ



図4 鮭神社の額

の生物学的な特性，とくに遺伝的な分化を，分子レベルで具体的に論ずるには，比較の規準となるサケの全ゲノムの配列が必要なので，早急にそれが解読されることが望まれる。

**前期群と後期群** 日本のサケには，晩夏から秋の前半に溯上し繁殖する**前期群**と晩秋から冬にかけて溯上し繁殖する**後期群**がいることが古くから知られていたという．前期群と後期群は遺伝的に分化しているのではないかと考えられている．後期群は水温の高い湧水で産卵する傾向にあるので，冬季でも発生が早く進み，稚魚が浮上する時期は前期群と大差なくなる．そのため，前期群と後期群で，稚魚が降海する時期にも大きな差がなく，最適な時期に海に出ていくことになる．なお，現在，ふ化放流事業は，前期群が主な対象になっている．

岩手県の津軽石川，北海道の千歳川と西別川では，後期群のサケの存在が顕著であるが，千歳川と西別川は湧水が豊富で，厳冬期でも結氷することはない．千歳川では1月を盛期として繁殖する後期群のサケの大半が野生魚であることが確認されており，‘サケのふるさと千歳水族館’の千歳川に面した水中観察窓からは，後期群のサケが自然産卵する姿が観察されるそうである．

**野生集団の危機的状況** 自然再生産する野生のサケは，人間活動の影響下に，危機的な状況におかれている．北洋から回帰してきたサケは，北海道の沿岸に効率よく配置されているさけ定置網（図5）によって，その9割が漁獲されるという．また，産卵場があって多数のサケが溯上する河川の多くは，ふ化事業の対象になっている．そのため，溯上の時期になるとウライが設けられ，定置網をすり抜けて溯上したサケのほとんどが，ふ化事業のために捕獲されてしまう．しかし捕獲が行われていない河川では，野生魚の溯上がしばしば観察されるという．また，北海道では，さけ定置網漁業が終了する，あるいはふ化事業のためのウライが撤去される12月中旬以降には，少なくない後期群の野生魚が溯上している．とは言っても，沿岸の定置網と溯上河川のウライによる強い漁獲圧を受けていることから，前期群の野生魚



は，存続の危機に直面しているという考えが根強くあるという．

放流魚が，野生魚の個体群維持に悪影響を与えている可能性も無視できない．先にもふれたように，スクラマスやスチールヘッドでは，ふ化放流あるいは継代飼育によって，遺伝形質の低下をともなった家魚化が

図5 石狩川の河口周辺におけるさけ定置網（赤いバー）の配置．編集子はR1 および R2 からロガーを装着したサケを放流したことがあるが，その9割が効率よく配置されている定置網によって再捕獲された．



起きていることが知られている。詳細にはふれないが、タイセイヨウサケでは、家魚化が発生時の遺伝子の発現にどのような影響を与えるかが、分子レベルで調べられている (Bicskei et al, 2014)。サケの家魚化についての調査研究の報告は、今のところ見当たらないが、同じサケ科に属する何種かの魚種で見られていることが、サケで起きていないということは考えにくい。そこで心配されるのは、家魚化した放流魚と野生魚の交雑により、遺伝子の攪乱が生ずることである。タイセイヨウサケでは、継代飼育されている系群と野生の系群を、同じ種と言ってもいいのか、という疑問すら呈されている。

他にも、放流魚が野生魚に与える影響として懸念されていることがある。放流魚が環境収容力を越えて数多く放流されると、限られた資源を巡る野生魚との競争、ひいては生態的リスクを生じかねないということ、および魚病の蔓延である。なお、野生魚に大きな影響をもつ河川環境は、近年、改善が進んでいるとはいいが、ダムや頭首工に付帯して設置されている多くの魚道が、サケの溯上のみならず、生物多様性をも損なっており、その状況が改善されてきたとは言い難い。北海道内では、いまだに、サケの産卵床を破壊するような河川工事が行われていることにも留意しておく必要がある。

**野生魚をどうとらえるか** 2015年の秋以降、SDGs (Sustainable Development Goals, 持続可能な開発目標) という言葉をよく目にする。これは2015年9月に国連で採択され、日本も参画している「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」という行動計画の標語と言ってもよい言葉である。その冒頭中の地球という項には「... 地球が現在及び将来の世代の需要を支えることができるように、持続可能な消費及び生産、天然資源の持続可能な管理並びに気候変動に関する緊急の行動をとることを含めて、地球を破壊から守ることを決意する」とある。また行動目標14.4では「水産資源を、実現可能な最短期間で少なくとも各資源の生物学的特性によって定められる最大持続生産量のレベルまで回復させるため、2020年までに、漁獲を効果的に規制し、... 中略 ... 科学的な管理計画を実施する」と謳っている。

サケの野生魚はまさに天然資源である。現在、サケの自然産卵を保全する対策はとられていないが、家魚化の問題を回避し、自然再生産を活用した漁業資源の造成を検討する必要があると指摘されているという。一方、耳石温度標識による調査研究の成果が蓄積されてくるとともに、野生資源およびふ化場産資源を持続的に維持するための資源管理に必要な情報が集まりつつある、と言ってもよい。SDGsの「2020年までに科学的な管理計画を実施する」という目標を達成するのは無理にしても、漁獲圧を減少させるための漁業調整やさらなる河川環境の改善といった課題を克服していく下地が整いつつあるように思える。

森田・大熊(2015)は、野生集団の復活には(自己再生による)環境の復元が最重要である、と結んでいる。自然の回復力を活用し生態系を自己再生させるためには、それを妨げている人為的要因を取り除く、すなわちそれを求めて行政を動かす市民運動が大切であることは言うまでもないだろう。

## 2.2 野生魚を活用した持続可能なさけます漁業と増殖事業（大熊 他 2016）

前項で見てきたように、北海道内の多くの河川に自然産卵している野生のサケが生存しており、それらが放流魚とは異なる生物学的特性をもつことが明らかになりつつある。しかも河川によっては回帰親魚の半数近くが野生魚であった年もあり、漁業資源として、またふ化放流事業用の親魚としても、野生資源を維持していく必要性が認識されるようになってきた。本ネットワークの会報 7 号でも紹介したが、生物多様性の保全についての国際的な動きはわが国の市民運動にも大きな影響を与えている。そこで、野生魚の特性、実態に関する知見や野生魚保全の必要性を確認し、野生魚を組み込んだ増殖事業の展開方向を考えるワークショップが、平成 27 年 7 月 30 日にホテルライフオーツ札幌で開催された。その概要を [SALMON 情報 10 号 \(2016\)](#) に紹介されている報告に沿って見ていこう。

### 野生魚と放流魚の生態的、遺伝的特性（長谷川 功・佐藤俊平）

野生魚の個体群は、放流魚とは異なる独自の生態的、遺伝的性質を保持している可能性がある。野生魚と放流魚の違いを生ずる主な要因は 2 つあると考えられている。

1 つは、採卵時に用いる放流魚の親魚の人為的な選択（むしろ非選択？）によって、親魚の成熟サイズ・年齢・二次性徴の発現・溯上の時期・産卵時の行動、およびそれらを介した繁殖成功度の違いがもたらされることであるという。（編集子：野生魚では、繁殖時に雄の間で闘争があるし、雌の間でも産卵床をめぐる争いがあり、優れた子孫を残そうという選択圧がかかっている。それを反映してか）11 月中旬以降に千歳川に回帰してきたサケでは、野生魚の方が高年齢であり、尾叉長（サケの体長は鼻の先から尾鰭の分かれ目＝尾叉までを測定する）も大きい。一般的に、野生魚では大型個体が選択的に生き残り、放流魚は選択圧が低下しているので小型化すると考えられているという。しかし、河川によっては、それぞれの河川への野生魚の適応の仕方が異なる、あるいは放流魚との交雑が起きている、といった理由で、野生魚と放流魚の体サイズ差の現れ方が違っているようである。

野生魚と放流魚の違いをもたらすもう 1 つの要因は、放流魚の家魚化、すなわちふ化した稚魚の飼育環境への適応であるという。家魚化によって、頭の大きさや鰭の形、あるいは感覚器官や臓器の形態的变化を経て、捕食者への警戒心の低下とか遊泳力や採餌行動の変化などが起きる。（編集子：家魚化や家畜化が、ストレスホルモンの分泌を介するストレスへの応答を低下させることが古くから知られている。）家魚化した放流魚は、野生魚よりも、野外で生き残る能力が劣っていることも知られているという。

野生魚には、それぞれの環境への適応の結果と考えられる河川間、それも同一河川の支流間での違い、すなわち地域特性が見られる。地域特性は資源の安定化や持続的利用には不可欠だというのが、放流魚ではそれが小さくなる傾向がある。これは、人為的（不）選択や単一環境での飼育などに起因することが示されている。このような野生魚と放流魚の違いを理解することが、ふ化放流事業と自然再生産をあわせて利用し、持続可能な資源管理を進めていくためには重要であると考えられている。

## 標津町サケマス自然産卵調査協議会（協議会）の取り組み（市村政樹）

秋サケの漁獲量が日本一になったこともある標津町ではあるが、現在の漁獲量は最盛期の半分以下に落ち込んでしまったという。そこで、余っている産卵場所を活用し漁業資源をつくることを目標として、2012年に標記の協議会が、標津漁業協同組合、同サケ定置漁業部会、標津町、根室管内さけ・ます増殖事業協会によって設立され、標津町内5水系の各河川において、サケ、カラフトマスおよびサクラマスの自然産卵状況、自然産卵による卵の発眼までの生残率、稚魚の生息環境の調査、産卵適地面積の測量を行ってきた。以下は2012～2015年までのサケについての調査結果である。

まず、ふ化場がある標津町内5水系（元崎無異川、薫別川、忠類川、伊茶仁川、標津川）の28定点において、9～12月に月3回を目標として産卵状況を調査した。産卵個体が多かったのは、いずれの年もふ化場近くで、90%以上がふ化場から500m以内に集中していた。

5水系の260産卵床における発眼時の生残率は、調査したすべての年で平均50%以下であったが、この値は北海道内の他河川で報告されている92～98%より低い。ふ化場近辺で産卵したサケは分布密度が高かったため、それが産卵された卵の生残率を低下させた要因の1つと考えられる。実際、産卵床の密度と生残率の間には負の相関が認められている。とは言っても、産卵可能な水域が限られていたわけではない。

水深10cm以上、流速84cm/s以下、河床礫径16-64mmの水域を、サケの産卵適地として推定した標津町内5水系8河川の適地面積は、約160,000㎡にも達したのである。サケの産卵床面積を平均2.26㎡とすると、約7万尾の雌が産卵可能な広さであるが、その多くは利用されていなかったのである。その要因は、産卵親魚の多くがふ化場魚で、野生魚による再生産が極めて少ないという状況であり、自然産卵により資源を造るためには、産卵親魚の分散と野生魚による再生産を促すことが必要だと考えられたという。そこで、2014年には親魚の溯上を妨げていた落差工を改修したところ、それまでは産卵が確認されていなかった落差工の上流部でサケの産卵が確認できたということである。野生のサケが自然産卵する小規模河川は、市町村が管理できるものが多いので、野生魚を管理するためには、地域の関係機関が主体的に取り組むことが有効な手段になると考えられる。

## 本州日本海地区におけるサケ自然再生産の実態（飯田真也）

秋田県から石川県に至る本州日本海地区には58のふ化場があり、毎年1.3億尾の稚魚が放流されていたというが、増殖事業費の縮減、電気代・餌代の高騰、技術者の高齢化、後継者の不足により、ふ化放流の規模を維持することが困難な状況に立ち至った。そのため、「ふ化放流事業の継続を図りつつ、増殖経費をかけずに資源への添加が期待できる野生魚を保全すること、すなわち、ふ化場魚と野生魚が共存した増殖事業を推進する必要がある、野生魚の生態に関する情報の蓄積が求められている。」という。なお、本州日本海地区では、ウライによる一括捕獲が少なく、漁獲の方法も小規模なので、取り残された親魚による自然産卵が期待されるが、河川の荒廃が稚魚の成育にどのように影響しているかが懸念されている。

調査では、新潟県北部の新発田市・藤塚浜の渚帯において、2013～2015年の2月中旬～6月中旬に各旬1回、小型の曳き網（間口1 m x 2 m）を100 m 曳いてサケ稚魚を採集し、体サイズを調べるとともに環境の水温と塩分濃度を測定した。近くの胎内川および加治川のふ化場では、尾叉長が50 mm 以上になるまで飼育し放流しているのので、尾叉長42 mm 以下の個体を野生魚としている。なお、ふ化場からの放流は3月中に終了している。

サケの稚魚は、各年とも3月上旬～5月上旬まで採集されたが、出現ピークは年により異なり、2013年は5月上旬、2014年は3月上旬、2015年は3月下旬であった。採集されたサケ稚魚中の野生魚の割合は、2013年が77%、2014年は82%、2015年は91%と高率であった。これらの結果は、藤塚浜で採捕されるサケ稚魚群に多くの自然再生産された個体が加入していること、および砂浜汀線域が初期の成育に重要な場であることを示している。

### 野生魚を活用した増殖事業の展開（森田健太郎）

先に「ふ化事業の陰で生き長らえてきた野生魚の存在とその保全」（森田・大熊, 2015）の項で、野生魚がおかれている強い漁獲圧についてふれた。しかも、北海道内では、河川で捕獲された雌サケの35%しか利用されていないし、産卵適地が有効に利用されていないことが多いという。

サケが自然産卵した場合、卵から稚魚になるまでの生残率は、平均10～20%（最大で約34%）とされているので、回帰率を3%とすると、雌サケ1尾の自然産卵により10～20尾の親魚が生産されることになる（下表）。理論的には、雌1尾から2尾以上の親魚が生産されれば、自然産卵で個体群が維持できる。ただ、現在の強い漁獲圧では、自然再生産によって個体群を維持することが困難な恐れがあると指摘されている。

表3 自然産卵させた時に雌1尾から得られる稚魚と親魚の数（回帰率3%として推定）

	稚魚までの生残率	稚魚数/雌1尾	親魚数/雌1尾
人工ふ化	80～90%	2400～2700尾	72～81尾
自然産卵	10～20%	300～600尾	9～18尾

計算では、河川回帰率が0.4～0.5%以下になると、自然再生産による個体群の維持が難しくなるが、コンピュータ上のシミュレーションは、野生魚の活用に大きな効果があることを示している。自然再生産では個体群が維持できないケースで、放流を止めれば個体群は絶滅してしまうが、自然産卵が可能な場所に分散放流し、そこに母川回帰する自然産卵魚を保全すれば、回帰魚の数が放流数の約2倍になる場合もあり得るのである。なお、無秩序な分散放流は、天然魚の保全の妨げになりかねないので、河川のゾーニングは欠かせない。

自然再生産を活用した増殖事業は、天然魚の家魚化を低減し、サケの多様性を保持するものにもなり得る。実際の資源管理方策としては、自然産卵で生まれたサケのふ化場への貢献を最大にし、ふ化場生まれの魚の自然産卵を最少にすることを目指す融和方策が、現在の日本では、現実的だと考えられる。

## 2.3 札幌ワイルドサーモンプロジェクト

先に「野生集団の復活には（自己再生による）環境の復元が最重要である．自然の回復力を活用し生態系を自己再生させるためには，それを妨げている人為的要因を取り除く，すなわちそれを求めて行政を動かす市民運動が大切である．」と記した．そのような例の1つとして，札幌の市街地を縦貫している豊平川を舞台とする札幌ワイルドサーモンプロジェクト（Sapporo Wild Salmon Project, 以下 SWSP）を取り上げることにしよう．

**カムバック・サーモン運動** かつて（今でも？）サケは，ホテルと並んで，戦後の復興と人口増にともない汚濁した河川の自然を取り戻す市民運動のシンボリックな存在であった（遊磨正秀・生田和正, 2000）．サケについては，その契機となったのが，豊平川のカムバック・サーモン運動であった．豊平川では 1937 年春から 1948 年春まで，サケ稚魚が放流され，1937 年～1953 年の間，親魚の捕獲が記録されている．しかし，水質の悪化等のため稚魚が放流されなくなり，1954 年～1978 年の間は調査報告も見当たらない（岡本康寿他, 1993）．

やがて，1972 年冬の札幌オリンピックを契機に豊平川の水質が改善され，1978 年には「さっぽろサケの会」が発足，カムバック・サーモン運動が始まった（かじ さやか, 2009）．北海道さけ・ますふ化場（当時）によるこの市民運動への協力もあり，1979 年春になって稚魚の放流が再開され，1981 年以降，親魚の溯上が確認されるようになった．1979 年春から 1984 年春の間の放流では，千歳川産の稚魚が移植されたが，1985 年春以降は豊平川産の親魚から得られた稚魚も放流されるようになった．1988 年からは，千歳川系と豊平川系あわせて 20 万尾を目安に，毎年，サケ稚魚が放流されていたが，1998 年以降は，ほぼ 100% 千歳川産の親魚を用いて生産された稚魚が放流されている．豊平川のサケ系群は，主に移植された千歳川系のサケの回帰によって形成されたと言えよう（豊平川さけ科学館ホームページ参照）．

**豊平川のサケ野生個体群** 豊平川にサケが帰ってくるようになって考えられたのは，回帰親魚による自然産卵であった．自然産卵が，初めて確認されたのは 1985 年であったが，それ以降，毎年のように観察されている．毎年 1000 尾を越える親魚が溯上していると推定されており，500-1000 床の産卵床が確認されているが，親魚がふ化放流魚なのか野生魚なのか，あるいは千歳川から放流され溯上した迷入魚なのかは分かっていなかった．そこで，豊平川さけ科学館と北海道区水産研究所の共同調査研究が行われた．2003 年から 2006 年にわたり，人工ふ化した千歳川産の放流稚魚の全てに標識が付けられ，2006 年から 2012 年までの間に豊平川に溯上した親魚の由来や特性が調べられた．以下，その結果の概要を報文（有賀 望 他, 2014）から見ておこう．

調査年毎にバラツキはあるが，豊平川に溯上した親魚のうち野生魚は 59.2-75.8% にのびた．全ての年齢で，ふ化放流魚に比べて野生魚の割合が大きく，高齢になるほど野生魚の比率が高かった．また調査期間中に迷入魚と確認された個体は僅か 2 尾（0.6%）であった．豊平川における 2004 年春の降海稚魚のトラップ調査でも，無標識で自然産卵と考えられる個体が 75.2% と高い率を占めていた．これは，豊平川に溯上するサケの多くが，自然産卵で生

まれた豊平川の野生魚であることを裏付けているが、自然産卵による卵から稚魚までの生残率は7.5-22.2%、平均12.5%と推定されており、卵が稚魚まで発生・成長する時期の河川環境に問題があるのではないかと示唆されている。

野生魚と放流魚の間には、成熟する年齢や繁殖の時期に違いがある。すなわち、平均成熟年齢は、野生魚が4.2-4.5年、放流魚が3.9-4.2年で、野生魚の方がより高齢で回帰していたのである。繁殖時期は、野生魚の方が放流魚より早く、60%の野性親魚が10月までに繁殖を終える前期群であったのに対し、放流魚は翌年の1月に至る幅広い期間で繁殖する後期群が主体であった。なお、前期群は上流の産卵場も利用していたが、後期群は下流の産卵場を集中的に利用していた。下流の産卵場付近には湧水があるので、水温が下がる冬季には産卵場が限られると考えられる。冬季に千歳川より水温が下がる豊平川では、後期の産卵が、発生の遅延、ひいては降海の遅れにつながるため、前期の産卵に由来する稚魚の方が生き残りやすいのであろう。野生魚と放流魚の間に見られてこのような違いは、カムバック・サーモン運動以降のおよそ7世代で生じた豊平川への環境への適応と考えられる。

**札幌ワイルドサーモンプロジェクト (SWSP)** 有賀 望他 (2014) の報文の最後には、「豊平川の目指すところ」として、カムバック・サーモン運動からSWSPにつながる重要な提言が述べられている。長くなるが、以下にその全文を引用しておこう。

「カムバック・サーモン運動の最終目標は、放流したサケを回帰させることではなく、自然産卵による個体群の成立であった。本研究で豊平川への環境に適応した野生サケの存在が明らかとなり、研究者や市民の有志の呼びかけで野生サケを保全する取り組み（札幌ワイルドサーモンプロジェクト）が起きている。これは、豊平川生まれの野生サケを優先的に保全していくことを目的とし、豊平川に溯上してくるサケが大きく減らない範囲で、放流数をコントロールする順応的管理の導入を目指す取り組みである。かつて環境保全運動の成功事例として紹介されたカムバック・サーモン運動は、新たな目標へ向かう時期に来たと言える。

とは言え、豊平川のサケを取り巻く河川環境は、厳しい現状にある。豊平川は人工約190万人が住む都市を流れるため、現在のサケ産卵範囲の左右両岸には堤防が造られた。さらに、河道の安定と既設護岸や橋脚の洗掘対策として、多くの河川横断工作物も設置された。高水敷は、グラウンド、パークゴルフ場、サイクリングロードなど、多くの市民に利用されている。人工的な河川となってしまった豊平川だが、1994年以降、溯上の障害であった河川工作物に順次魚道が設置され、産卵可能範囲は上流方向に2.7倍に増加した。しかし、豊平川の上流域では深刻な河床低下が進行しており、岩盤が露出することによって、サケの親魚が自然産卵を行うために必須である砂利の減少が懸念されている。また、自然産卵によって生まれた稚魚が成長するために必要な川岸の緩流域は少なく、春期の水質環境も好ましくない状況であると考えられる。北海道開発局が策定した豊平川の河川整備計画では、サケが生息する環境の保全が挙げられており、これからもサケの自然再生産の保全を基軸とした豊平川への環境整備が望まれる。」

**SWSP の活動** SWSP のホームページには、カムバック・サーモン運動によって復活したサケ個体群を、人の助けによらず自力で世代交代していける「野生魚」に戻すことを目指して始まった活動である、と書かれている。サケ個体群の健全化は、豊平川流域の生物多様性にも直結すると考えられており、以下の3つが中心的な活動の内容である。

- 1) 放流数の順応的管理：サケの溯上数をモニタリングし、溯上数に合わせて放流数をコントロールする管理方法を提案し、サポートする。
- 2) 自然産卵環境の改善：サケが自然産卵しやすく稚魚が育ちやすい環境づくりを応援する。
- 3) 野生サケ保全の普及活動：イベントや観察会、講演会などを通し、豊平川の野生サケの現状を広く伝える。

具体的な活動内容はホームページに詳しい。これらの活動を通して、豊平川オリジナルの個体群が育っていくであろう。また、SWSP の活動に刺激されて、野生サケの復活、さらには資源化が進むことが期待される。

## 文 献

Araki H, Cooper B, Blouin MS (2007) Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318: 100-103.

Bicskei B, Bron JE, Glover KA, Taggart JB (2014) A comparison of gene transcription profiles of domesticated and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at early life stages, reared under controlled conditions. *BMC Genomics* 15: 884 (<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/884>)

Sato S (2004) Genetic diversity of chum salmon inferred from the sequence variation of mitochondrial DNA and neurohypophysial hormone genes. Thesis, Hokkaido University.

有賀 望, 森田健太郎, 鈴木俊哉, 佐藤信洋, 岡本康寿, 大熊一正 (2014) 大都市を流れる豊平川におけるサケ *Oncorhynchus keta* 野生個体群の存続可能性の評価. *日水誌* 80: 946-955.

大熊一正, 長谷川 功, 佐藤俊平, 岸 大弼, 市村政樹, 飯田真也, 森田健太郎 (2016) 平成 27 年度さけます資源部第 1 回連絡会議ワークショップ「野生魚を活用した持続可能なさけます漁業と増殖事業」. *SALMON 情報* 10: 30-37.

大貫 努 (2016) カラフトマスの資源回復を目指して～自然産卵の漁業資源寄与率推定～. *北の国から* 25 号.

岡本康寿, 小原 聡, 高山 肇, 佐藤信洋 (1993) 豊平川におけるシロザケの自然産卵. *札幌市豊平川さけ科学館館報* 5: 50-62.

かじ さやか (2009) 豊平川のカムバック・サーモン運動ー市民による環境運動の先駆け. 阿部周一編: *サケ学入門*, 北海道大学出版会, pp 203-219.

森田健太郎, 大熊一正 (2015) サケ: ふ化事業の陰で生き長らえてきた野生魚の存在とその保全. *魚類学雑誌* 62: 189-195.

遊磨正秀, 生田和正 (2000) *現代日本生物誌 2 ホタルとサケ*. 岩波書店

## 2015 年度サケ会議

### 「サケの生産，流通を巡る現状と課題・展望」

流し網の禁止，輸入サケの増加など，今日のサケを巡る情勢は，市民の生活にも関わる課題となっている．このような状況から，今年度のサケ会議では，日本のサケ漁業の歴史を学び，サケの生産，流通の現状と課題について考えることにした．講演者には，本ネットワークの会員である標津漁業協同組合・織田美登志氏および佐藤水産・佐藤公彦氏に加え，北海道新聞から本田良一氏，日本水産から檜垣匡英氏をお招きした．

#### 北洋漁業の遺産と日ロ漁業のいま

本田良一（北海道新聞・編集委員）

**要旨** 日ロ漁業は 1) 北洋サケ・マス漁，2) サンマ・マダラ等，3) 貝殻島周辺コンブ漁，4) 安全操業（スケソウ・ホッケ・タコ）の4つの枠組みから成る．1907年，日露漁業条約の発行から本格化．1964年には5万人が従事し外貨獲得に貢献．しかし，漁獲枠超過，小型船の違反操業等が原因で取り締まりが強化され，2016年1月1日からはサケ・マス流し網が禁止．道東経済への影響は251億円と試算される．北洋漁業は日本と旧ソ連の架け橋であり，共存は画期的．この遺産を生かした資源管理等の協力が望まれる．



#### 標津のサケの現状と課題

織田美登志（標津漁業協同組合・専務理事）

**要旨** 近年，サケの漁獲量が減少．1990年代後半に比べ，近年の漁獲尾数は1/3程度．原因は不明．標津町サケマス自然産卵調査協議会，地域 HACCP 推進委員会，3者会議（標津町，標津漁協，標津農協）等を立ち上げ，産卵状況，産卵適地面積，環境等を調査．標津川や伊茶仁川支流の落差工を改修し，親魚の遡上と自然産卵を促進する等，野生資源の活用計画を実行．酪農業と水産業の相互理解が進む．一方，標津産サケのブランド化（船上一本ヅ），鮭すり身製造活動等を推進．





## 輸入サケの現状と展望 檜垣匡英(日本水産株式会社水産事業第一部事業第二課・課長)

**要旨** 過去5年間でサケの価格が上昇。和食がユネスコ遺産になり、海外で日本食レストランが増え、またオリンピックへの期待等が要因と思われる。世界的には養殖魚(250万トン)の供給が天然魚(100万トン)を超えた。しかし、養殖魚にも慢性的コスト高、過密飼育の影響、需要の伸びに追いついていない等の課題がある。また、円安は輸入に悪影響。脂が乗った養殖魚は人気高だが、天然秋鮭への需要と期待は高い。マーケティングが重要。良い魚をうまく加工すれば売れる。



## サケに対する想いや商品作りについて 佐藤公彦(佐藤水産株式会社 取締役)

**要旨** 佐藤水産といえばサケ。佐藤水産の信条は、① 天然サケへのこだわり：餌料添加物への不信、安心・安全な天然魚、② 無駄のない活用：捕獲されてしまい生まれた川へ帰れなかったサケに敬意、新巻・切身・氷頭レモン・水煮缶・メフン・内臓醤油漬・皮・白子ザンギ等々、無駄なく100% 利用。③ サケを含めた全ての魚に感謝：10月末に供養祭、④ 高い加工技術：新巻人気の低迷、雪中で熟成新巻、洋風サーモンロール、ソーセージ、フレーク等々を開発。⑤ お客様目線に立った商品開発：切らずに食べられる一口スジコ等が好調。



鮭醤油： 佐藤水産の人気製品の一例。楽天市場やアマゾンでも高く評価されている。

## 2016 年度サケ会議

### 「サケ学習の現状と課題」

この会は参画してくれた機関の連携を図るのが目的。近年のサケを取り巻く状況は、輸入サケの増加、回帰量の減少、台風の影響による歴史的不漁等の影響で厳しい。今回は、子供達にサケの不思議な生態、自然との関わり、命や食の大切さを伝えている現場からの報告をお願いした。限られた時間のなかで活発な議論をお願いする。

#### 小学校におけるサケ教育－1

札幌市立東橋小学校 教諭 本城直子

**概要：** 東橋小学校は豊平川の近隣に建つ恵まれた環境。サケ学習は5年生から6年生の初めまで。さけ科学館の体験放流がその始まり。平成27年度の春は5年生が育てた稚魚3千尾を放流。サケの生態や北海道とのつながりを調べて新聞にまとめた。秋には、さけ科学館で実際の親サケを使い大きさの測定、水鳥の羽を使った丁寧な受精、鱗の観察や解剖を体験し、命の大切さを学んだ。また、実際に川でサケの遡上観察を行い、命がけで遡上してくる魚の様子、サケの遡上には綺麗な環境が必要であること等を学び、それらをハガキ新聞にまとめた。これらの取り組みを東京でも発表し、大絶賛を受けた。平成28年度の春には、あずぼら（東橋ボランティア）の皆さんの協力を得てサケの放流式を行った。また、6年生は国語の授業で星野道夫著「森へ」を教材に“サケが森を作る”ことを学ぶとともに、修学旅行先の富良野自然塾では“地球は子孫から借りているもの”というインディアンの言葉や植樹体験から環境を守ることの大切さを学んだ。東橋小学校は、川・サケを通して環境を学ぶ教育を目指している。

**質問：** サケは5-6年で帰るので、放流だけでも低学年から行ってはどうか。

**答え：** 今後の取り組みとして、そのようなことも考えられる。

#### 小学校におけるサケ教育－2

札幌市立大倉山小学校教諭 太田智子

**概要：** サーモンスクールが34年目を迎える。数年前までは卵を育てるだけで、詳しい学習は行なっていなかった。大倉山小学校は川から遠く、体験実習ができない。4年前から、さけ科学館の協力を得て5年生向けに“ぬいぐるみ”や“すごろく”を使った体験学習を行い、サケの種類、その一生、成長や重さ等を学んでいる。この授業は理科の「メダカの誕生」と関連させている。また、秋には卵がふ化する様子を観察し、春には餌を与えて育てた稚魚の放流式を行った。放流後も情報提供を続けている。課題として、総合学習体験の時間を取り難いことが挙げられる。命の学習や食指導との関連で課題を見直す必要がある。また、専門知識を持つボランティアによる学習内容の継続が求められる。しかし、体験放流への参加には距離が遠いなどの問題もある。

**概要：** 東白石小学校は校内に小規模なふ化場を有し、サーモンプロジェクトとしてサケ学習を行なっている。4月には全児童が体育館でサケについて学び、壮行会を行なって豊平川に稚魚を放流する。秋には受精式を行い、さけ科学館で成長を観察する。今回は4958粒の卵が2726匹になり、元気に育つことの難しさを学んだ。節目では子供達が作詞・作曲した「さけよふるさとへ」を歌い継いでいる。学年別の学習内容は、1-3年生が壮行会や放流式を中心に行い、4-5年生になると遡上観察や飼育が加わり、6年生に引き継がれる。これらの活動は、カムバックサーモン運動に協力していた頃、学級会で5年生の女の子が希望したことに始まる。1981年には、地下145mから水を汲み上げ校内のふ化場で育てた稚魚の第一回の放流式を行った。1982年にはサケの親が川をのぼれるよう、総理大臣に魚道の設置を要望した。カナダとの交流もある。また、“トンパークタイム”を設け、フィールドワークで調べたことをまとめている。親サケの遡上観察は2000年から始まり、網による捕獲方法、雌雄の見分け方等を学んでいる。子供達からは「お帰りなさい」と生の声が聞かれる。また、子供達自らサケの親の腹を割いて受精式を行っている。“かわいそう”との声もあるが、命を繋ぐ大切さを育てている。使った親サケは、感謝の気持ちを込めチャンチャン焼きにして食べる。50周年を迎えた今後もサケ学習を、より良い学習に発展させたい。

質問： “トンパーク”とは何か。

答え： 東白石小学校の東白（トンパク）と皆が集まるパークから取った愛称。

質問： ふ化場があるのは東白石小学校だけか。

答え： そうだと思う。

質問： 他の学校にはない学習だと思うが、独自の裁量で可能なのか。

答え： 総合学習としていくつかのテーマがあり、そのなかから学校が選べる。東白石小学校=サケ学習、は定着している。5年生だけでなく他学年にも広がっている。

質問： 札幌のサケ学習校が減少傾向にある。何が要因か。

答え： 東白石小学校には素地がある。学習館があること自体が特別。他校ではサケ学習に多くの時間を割けないのが現状。最近の流れはサケ学習より外国語学習。

質問： ふ化場の維持管理はどうしているのか。

答え： 簡単な部分は職員が、専門的な部分は業者に委託。学習館は31年目を迎え、老朽化してきた。

質問： アクティブラーニングには対応しているのか。

答え： この活動自体がアクティブラーニング。子供達が主体的に動けば良い。

質問： 現在の子供達にとってより良い学習とは何か。

答え： サケ学習は秋から春のサケシーズンに合わせているが、他の学校行事と重なることがあり、無理をしている面もある。調べ事はパソコンが主体となっているため、体験学習など外で学ぶことを加えたいが、他の行事との調整が難しい。

## 水族館における児童のサケ教育      サケのふるさと・千歳水族館館長 菊池基弘

**概要：** 千歳はふ化事業の発祥の地。1994年、千歳川沿いに“サケふるさと館”が誕生した。ここでは水中観察窓から自然の川の様子を観察でき、外ではサケの親を捕獲する“インディアン水車”を観られる。設立の目的に社会教育が含まれており、当時としては先駆けとなる理念だった。初めは学校からの要望が少なく、館側から呼びかけた。初期の教育プログラムは、1) サケは友達：絵描き、折り紙（1-2年生）、2) サケを知ろう：サケのパズル工作（2-3年生）、3) 水族館を知ろう：バックヤードツアー（3-4年生）、4) 魚を飼おう：ミニ水族館の作成・展示（4-6年生）、5) 魚を調べよう：解剖実習（小5-中3年生）、6) サケをふ化しよう：ふ化事業体験（小5-中3年生）、等。サケは教材として、経済、文化・歴史、環境、生物、食育等、切り口が多様。千歳では小学2年生が国語で「サケが大きくなるまで」、小学3-4年生が社会の副読本で「私たちの千歳」を学ぶ。水族館の現在の教育プログラムは、予約制の館内ガイド（クイズラリーや一部有料の館内ツアー）、人工授精や放流体験、水族館の職業体験、アイヌの方々や岡山の小学校との交流等。出前講座では、水生生物観察会、鮭トバ作り、鮭皮クラフト、サケ遡上観察（早起きはサーモンの徳）、体験実習等。2007-2016年のプログラムへの参加は100-120校/年、3500人/年（千歳）、3500人/年（千歳以外）と増加している。心がけていることは、学校側の状況と要望の把握、身障者やアレルギーに関する密な連絡、サケ学習担当教員の設置、水族館職員が担当する学校の固定、口頭での連絡を主体に先生の負担を軽減させる等。しかし、来館者からは、物産館のようだ、子供が行く所、代わり映えしない、短時間で手軽に観る所・・・等の評価があり、来館者数の大幅な増加に繋がらなかった。2016年に“大人も楽しめる清流と緑の癒し空間”を目指し、サケのふるさと千歳サケ水族館としてリニューアルしたところ、入館者数が過去最高の382,914人/年を達成。今後もさらに発展させたい。

### 総合討論

司会： 学校・家庭教育に何ができるか。

十勝川の生態系再生実行委員会： 十勝川の生態系全体を再生する活動をしている。教育は専門外。十勝川に“トロード”を設けているが、今年は台風の被害で魚を観られなかった。住める環境と安全を維持しつつ復興を進めている状態。

札幌サケ協議会： サーモン協会は解散したが、札幌サケ協議会を発足し、サケ会議を継続する。前身のサーモン協会は、親子サケ教室、解剖や絵描き、サケフェスタへの協力等の活動を継続してきた。また、カナダとの国際交流（小・中学生の派遣と受け入れ）では子供達に国際的視野を広める意義があった。継続の要望は多かったが、ボランティアと予算不足から幕を下ろした。

北大： 忙しいなか、小学校の先生はよくやっている。今後、サケのすごさを伝える副読本作りを考えたい。

豊平川さけ科学館： 科学館には幼稚園児から社会人まで来館する。小さい子供には説明しても分からないので、幼稚園児からサケを触らせ刷り込ませている。幼稚園はバスで来てくれるので、大人数に対応できる安全な水槽を作り、リピーターを増やしている。東白石小学校とは連携してサケ観察会を継続している。

さけます内水面水産試験場： サケの資源の研究を行なっている。学校関係では、石狩川上流の空知の小学校に北海道さけます増殖事業協会から提供されたサケ卵のふ化から飼育まで指導している。飼育方法のマニュアル作りが必要。子供の頃、旭川にサケは昇れなかったが、今は昇れている。サケ資源は人間活動の中で減ったものを回復させている。教育にも取り込んでほしい。

旭川サケの会： サケの教育・学習は定着していない。アイヌ文化との関わりを模索したが取り止めになった。小学3年生からの総合学習用に“サケ飼育し隊”を立ち上げているが、人員が不足気味。旭川サケの会では、サケ卵を千歳から学校へ配布している。稚魚放流を統一して進めたい。

司会： サケ学習が上手くいっているところは、1) 先生が熱心、2) 連携を取れる機関がある、3) 子供達が自主的に学び、活動している、4) 成果を外に示す等の共通点があるように思える。

顧問： 2020年の指導要領ではアクティブラーニングがキーワードになっている。しかし、文科省の説明では受け手が戸惑っているのが現状。一方向の教育ではなく、子供の自主的参加を目指す必要がある。海の生き物を調べて英語で発表させる極端な学校もあるようだが、東白石小学校の活動で十分だと思う。

司会： サケは教育素材として多面的で優れている。しかし、先生が忙しく、どうやって取り込むかが課題。異なる分野との連携も必要か。サケネットワークには学習団体だけでなく多様な団体が参画している。このネットワークがサケ学習に何ができるかを考える良い機会になった。

## 会員情報

### 千歳さけますの森—「さけます情報館」

(北の海から 26 号より, 原文)

千歳さけます事業所に併設されている入館無料の展示施設「さけの里ふれあい広場」が、昨年 4 月から展示内容を大幅に変更し、名称も「千歳さけますの森 さけます情報館」と変えて、リニューアルオープンしました。

千歳さけます事業所は、明治 21 年に最初の官営さけますふ化場として設置されて以来、今日までおよそ 130 年間にわたって日本のふ化放流事業における重要拠点として機能してきました。展示施設はこうした歴史やさけます類の生態を学ぶ場として、観光のみならず、小学校の課外授業などに幅広く活用されています。

今回のリニューアルでは、女子美術大学（東京都）の全面的な協力を得て、見て触って学べるだけでなく、高いデザイン性も備えた施設へと生まれ変わりました。例えば、眼前の大型スクリーンに投影された迫力あるサケの遡上映像、床に投影された魚が人の動きに反応する映像システム、さけます類の生態を楽しみながら学べるゲームなどが加わりました。

また、従来からのエサやり体験、卵・稚魚のタッチ水槽に加えて、親魚タッチ体験、稚魚放流体験なども始めました（体験メニューは時期によって変わります）。

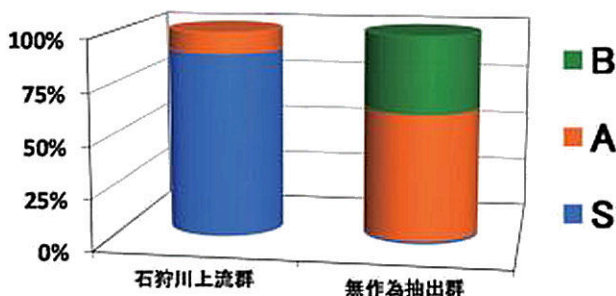
名称は、休憩場所や駐車場など一般公開しているエリア全体が緑豊かな「千歳さけますの森」、その中のリニューアルした展示施設が「さけます情報館」となります。これからも女子美術大学の協力を得て、さらなるパワーアップを計画中です。ぜひ、多くの皆様にお越しいただき、さけます類のふ化放流事業をはじめ、北海道区水産研究所の業務と研究開発成果を広く知っていただけるよう願っております。

### 石狩川上流域における野生サケ資源回復の試み (Salmon 情報 10 号より)

大雪と石狩の自然を守る会が北水研に協力して進めてきた石狩川上流における野生サケ資源の復活を目指す大規模な稚魚の放流試験の結果が、北水研・さけます資源部の伴 真俊氏によって 2016 年 3 月刊の [SALMON 情報 10 号上](#) に報告されている。

現在までに得られている結果の詳細は、上のリンク（青字の SALMON 情報 10 号）からアクセスできる伴氏の報文を御覧いただくとして、興味深いと思った結果を一つ紹介したい。

それは、石狩湾の沿岸で捕獲された親魚のうち、石狩川上流で放流され個体（石狩川上流群）だと確認された群では、右図左側のカラムに示されているように、体表が銀色の個体が多かったことである。石狩川上流群は、上流まで距離のある河口ではまだ未熟なのであろう。



## 新刊紹介 「サケの記憶」

(上田宏 著, 東海大学出版会, 2017)

赤い帯に、「サケの帰郷—身近な存在でありながら、どのようにして故郷の川に帰るのかはあまり知られていないサケ. その不思議に迫る.」と書かれている標記の本が、東海大学出版会から刊行された。定価は本体 2000 円+税。

著者は上田宏氏で、彼が所長を務めていた北大・水産の洞爺湖臨湖実験所を主な舞台として進めてきた研究の成果、とくに、母川のアミノ酸組成が生まれた川の記憶および母川回帰に重要であることを明らかにした経緯が書かれている。なお、本の構成(目次)は以下のようになっている：

- 第1章 サケの種類と生活史
- 第2章 サケのホルモン
- 第3章 サケの嗅覚
- 第4章 サケの記憶
- 第5章 サケの回遊行動
- 第6章 日本のサケの現状と将来

構成からも見えてくるように、サケの生理学的な側面が簡潔に書かれており、サケの理解に役立つだろう。



## 北海道サーモン協会の足跡

周知のように、北海道サケネットワークを支えてきた北海道サーモン協会は、カムバック・サーモン運動が、札幌ワイルドサーモンプロジェクトへと進化したのに合わせるかのように、昨年(2016年)の3月末日をもって解散した。そこで、サーモン協会のこれまでの活動の概要をまとめた記念誌「サケの囁(ささやき)」および「鼻曲がり雑話」が編纂された。これらは、サケをキーワードとする市民運動の貴重な記録なので、なるべく早い機会にホームページ上で見られるようにしたいと考えている。



## 2015年度 北海道サケネットワーク総会 要録

日時： 2015年11月7日13:00～

場所： 佐藤水産文化ホール

開会の挨拶 北海道サケネットワーク代表・河村 博

### 【報告事項】

#### 1. 2014年度および2015年度の活動

- 1) 2014年度総会開催（2014年10月8日、於 佐藤水産文化ホール）
- 2) 会報8号発行
- 3) ニュースレター発行：45～48号

### 【協議事項】

#### 1. 2014年度決算報告および監査報告

収入の部				支出の部			
科目	予算額	決算額	摘要	科目	予算額	決算額	摘要
前期繰越金	52,035	68,062		手数料	2,000	990	
会費	42,000	53,000		通信費	5,000	2,084	
寄付	0	0		消耗品	2,000	602	
				会議費	10,000	44,729	
				会報費	0	0	
				予備費	75,035	1,980	
				次期繰越	0	70,677	
合計	94,035	121,062		合計	94,035	121,062	

北海道サケネットワークの2014年度（2014年1月1日から2014年12月31日まで）の会務，並びに会計の収支決算報告について，関係諸帳簿などを監査した結果，適正に執行・処理されていると認めます。

2015年1月28日

監事 安達 宏泰

監事 荒木 數男

以上により，2014年度の決算が意義なく承認された。

#### 2. 2015年度予算執行状況

2015年9月末現在の執行状況の中間報告がなされた。



《収入の部》

科 目	15年度予算額	9月末までの収入額	決算見込額
前期繰越金	41,062	70,677	70,677
会 費	42,000	29,000	42,000
寄 付	0	0	0
合 計	83,062	99,677	112,677

《支出の部》

科 目	15年度予算額	9月末までの執行額	決算見込額
手 数 料	2,000	390	2,000
通 信 費	5,000	1,678	5,000
消 耗 品 費	2,000	4,287	5,000
会 議 費	10,000	14,472	30,000
会 報 費	0	0	0
予 備 費	64,062	1,480	30,000
合 計	83,062	20,827	72,000

(次年度繰越金 112,677 - 72,000 = 40,677)

### 3. 2016年度活動計画ならびに予算案

1) 活動計画

会報9号の発行

ニュースレターの発行

2016年度総会の開催ならびにサケ会議の共催

2) 予算案

収入の部				支出の部			
科 目	前年度予算	16年度予算	増減	科 目	前年度予算	16年度予算	増減
前期繰越金	41,062	40,677	-385	手数料	2,000	2,000	0
会 費	42,000	42,000	0	通信費	5,000	5,000	0
寄 付	0	0	0	消耗品	2,000	2,000	0
				会議費	10,000	10,000	0
				会報費	0	0	0
				予備費	64,062	63,677	-385
合 計	83,062	82,677	-385	合 計	83,062	82,677	-385

上記の活動計画案ならびに予算案が意義なく承認された。

#### 4. 役員の補完

昨年度の代表交代にともなう役員数の減少について協議され、現員のまま据え置くこととなった。以下、2015年度の役員。( )内は定数。

代 表 (1)	河村 博	サクラマスサンクチュアリーセンター
副 代 表 (1)	寺島 一男	大雪と石狩の自然を守る会
事務局長 (1)	木村 義一	北海道サーモン協会
幹 事 (若干名)	市村 政樹	標津サーモン科学館
	千葉 養子	とちち・帯広サケの
監 査 (2)	安達 宏泰	水産総合研究センター
	荒木 敷男	えにわ市民サケの会
顧 問	浦野 明央	北海道大学名誉教授

#### 5. その他

《北海道サーモン協会が2016年春に解散を決定(ネットワークの年度途中)。このため、2016年度ネットワーク総会までの事務局体制の維持およびサケ会議継続のため、同協会では当面の対策として後継の団体の設置を検討している。この新規団体の入会と、次の総会までの事務局を承認願いたい》との提案があり、承認された。

#### 【情報交換】

本ネットワーク参画団体から以下の情報提供があった。

- 北海道さけます内水面水産試験場  
サケの来遊は9月に多く、10月に減少。爆弾低気圧の影響か。漁網に被害。
- 標津サーモン科学館  
標津小学校でサケの授業を継続。上流域へサケ親魚を遡上させる試み。
- 岩手大学三陸復興推進機構  
農学部の水産コースを新設。水産の6次産業化。岩手県のサケの漁獲が減少。震災の影響大。漁業の復活が必須。
- 札幌市立東白石小学校  
サケ稚魚の放流を継続。稚魚を育てる喜び、命の大切さを学習。
- 札幌市豊平川さけ科学館  
豊平川に“順応的管理”を導入。野生魚を育て、人工放流を削減。今年は20万尾から8万6千尾へ。琴似発寒川では100尾以上の野生親魚を確認。
- 丸水札幌中央水産(株)  
輸入鮭鱒が増加。中国への輸出に左右される。天然サケをアピール。
- 大雪と石狩の自然を守る会

2003年から旭川周辺の石狩川でサケを確認。2011年には群れで遡上。産卵床調査を継続。市民の関心が高まっている。

- 十勝川の生態系再生実行委員会  
大掛かりな活動から、小学校への出前授業など小規模な活動へ移行。
- 北海道サーモン協会  
サケ学習国際交流カナダ派遣事業、公開市民講座、夏休み親子サケ教室、サケ稚魚体験放流・サケフェスタへの協力、豊平川河畔の清掃活動等を遂行。諸事情により今年度をもって協会の解散を予定。

## 2016年度 北海道サケネットワーク総会 要録

日 時： 2016年11月12日（土）12:30～

場 所： TKP 札幌カンファレンスセンター

### 開会の挨拶 北海道サケネットワーク代表・河村 博

本日は時節柄、ご多忙の折、総会並びにサケ会議にお集まり頂き本会を代表しお礼申し上げます。また、日頃のご理解とご協力に対しても重ねてお礼申し上げます。

このところ、北海道のサケを巡る情勢は、この秋の沿岸サケ漁は、連続して襲来した台風の影響も受け、漁獲量が大きく落ち込んでいる。10月末現在では昨年同期の70%に当たる2220万尾にとどまっている。サケにとどまらず、サンマ、イカなどの減少は、漁業は勿論、加工、運搬、販売、消費に関わる皆様がたにも大きな影響を持つことであり、我々ネットワークにも大きく関わることであり、後期群の状況について見守って行きたい。

ところで、代表就任2年目を迎えましたが、この会は、異なる団体で構成するユニークな団体と自負している。本会の活動は、HP や会報、ニュースレターを通じて情報共有を目指しており、そのバージョンアップは欠かせぬものとする。本会議でもいくつかの協議事項が提案されることになっているが、これらの点を踏まえ、有意義な機会となることをねがっている。

### 【報告事項】

#### 1. 2016年度の活動報告

- 1) 16年度総会・サケ会議開催
- 2) 会報8号発行
- 3) ニュースレター49号発行

#### 2. 会員からの報告（情報交換の項）

### 【協議事項】

#### 1. 2015年度決算報告および監査報告

《収入の部》

科 目	予 算 額	決 算 額	摘 要
前期繰越金	41,062	70,677	
会 費	42,000	50,000	
寄 付	0	0	
合 計	83,062	120,677	

《支出の部》

科 目	予 算 額	決 算 額	摘 要
手 数 料	2,000	1,040	
通 信 費	5,000	2,948	
消 耗 品 費	2,000	3,633	
会 議 費	10,000	31,579	
会 報 費	0	0	
予 備 費	64,062	21,480	
合 計	83,062	60,680	

(次年度繰越金120,677-60,680=59,997)

北海道サケネットワークの、2015年度(2015年1月1日から2015年12月31日まで)の会務、並びに会計の収支決算報告について、関係諸帳簿などを監査した結果、適正に執行・処理されていると認めます。

2016年2月2日

監 事 安達 宏泰

監 事 荒木 数男

以上により、2015年度の決算が意義なく承認された。

## 2. 2016年度予算執行状況

2016年9月末現在の執行状況の中間報告がなされた。

《収入の部》

科 目	15年度予算額	9月末までの収入額	決算見込額
前 期 繰 越 金	40,667	59,997	59,997
会 費	42,000	41,000	42,000
寄 付	0	0	0
合 計	82,677	100,997	101,997

《支出の部》

科 目	15年度予算額	9月末までの執行額	決算見込額
手 数 料	2,000	790	2,000
通 信 費	5,000	2,854	5,000
消 耗 品 費	2,000	2,748	5,000

会 議 費	10,000	10,044	40,000
会 報 費	0	0	0
予 備 費	63,667	2,030	20,000
合 計	82,677	20,827	72,000

(次年度繰越金101,997-72,000=29,997)

### 3. 2017年度予算案

《収入の部》

科 目	前年度予算	17年度予算	増 減
前 期 繰 越 金	40,667	29,997	-10,680
会 費	42,000	42,000	0
寄 付	0	0	0
合 計	82,667	71,997	-10,680

《支出の部》

科 目	前年度予算	17年度予算	増 減
手 数 料	2,000	2,000	0
通 信 費	5,000	5,000	0
消 耗 品 費	2,000	2,000	0
会 議 費	10,000	10,000	0
会 報 費	0	0	0
予 備 費	63,667	52,997	-10,680
合 計	82,677	71,997	-10,680

### 4. 会計年度の改正

- 1) 会計年度：現行会計年度1月1日～12月31日を4月1日～翌3月31日に改正
- 2) 総 会：定期総会の開催，秋期を春期に改正

### 5. 規約改正

年度，総会開催期の変更に伴い，付則を改正する。

### 6. 役員改選

年度の改正などにより原案提出にいたらず，次により選出する。

- 1) 役員選考委員を 寺島一男, 木村義一, 市村政樹とする. (後日承認済み)
- 2) メールで選考委員に次の者を推薦する.

代 表 (1)	阿 部 周 一	札幌サケ協議会
副 代 表 (1)	寺 島 一 男	大雪と石狩の自然を守る会
事務局長 (1)	木 村 義 一	札幌サケ協議会
幹 事 (若干名)	市 村 政 樹	標津サーモン科学館
	千 葉 養 子	とかち・帯広サケの会
監 査 (2)	安 達 宏 泰	水産総合研究機構
	佐 藤 信 洋	豊平川さけ科学館
顧 問	浦 野 明 央	北海道大学名誉教授
	河 村 博	札幌サケ協議会

### 【情報交換】 (要約)

会員相互の近況について情報を交換した.

道立さけます内水面水産試験場 (宮越氏)  
サケが大変な不漁. 原因を検討中.

水産総合研究機構 (安達氏)  
不良原因として, 不適正な放流技術も視野に検討中.

千歳水族館 (菊池氏)  
千歳川のサケそ上も良くない. 入場者は前月の50%. 台風の影響か?

浦野氏  
会報の状況について.

上田氏 (北大北方圏)  
「サケの記憶」について出版準備中.

阿部氏 (サケ協議会)  
この会に戻ってきたので宜しく.

寺島氏 (大雪と石狩の自然を守る会)  
旭川のサケは1983年から放流. 2001年38年ぶりに戻ってきた.

木村氏 (札幌サケ協議会)  
今までネットワークの事務局を担当していたサーモン協会が解散. その後継役として札幌サケ協議会を発足.

## 北海道サケネットワーク会員

	一 般 会 員	特 別 会 員
1	えにわ市民サケの会	北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場
2	とがち帯広サケの会	水産研究・教育機構・北海道区水産研究所
3	大雪と石狩の自然を守る会	標津サーモン科学館
4	札幌サケ協議会	札幌市豊平川さけ科学館
5	丸水札幌中央水産株式会社	サケのふるさと 千歳水族館
6	高橋水産株式会社	北海道大学理学院
7	佐藤水産株式会社	北海道大学水産科学研究院
8	網走漁業協同組合	北海道栽培漁業振興公社
9	長万部漁業協同組合	札幌市立東白石小学校
10	十勝川の生態系再生実行委員会	十勝エコロジーパーク財団
11	標津漁業協同組合	札幌市環境局みどりの推進部
12	あさひかわサケの会	

## 北海道サケネットワーク役員

代 表	阿部 周一	北海道大学大学院・水産科学研究院
副 代 表	寺島 一男	大雪と石狩の自然を守る会
事務局長	木村 義一	札幌サケ協議会
幹 事	市村 政樹	標津サーモン科学館
幹 事	千葉 養子	とがち・帯広サケの会
監 査	安達 宏泰	水産研究・教育機構・北海道区水産研究所
監 査	佐藤 信洋	豊平川さけ科学館
顧 問	浦野 明央	北海道大学・名誉教授
顧 問	河村 博	北海道立総合研究機構・フェロー



\*\*\*\*\*

### 編集後記

サケの資源管理に耳石温度標識が用いられるようになって、これまで見えていなかったことが見えるようになってきた。とは言っても、標識を付けることができるのは、人の管理下に飼育されているふ化場魚だけで、まだ野生魚の由来を同定することは難しい。標識がないから野生魚だとは言えるだろうが、迷入漁ではないという保証はないように思われる。この問題を解決するには、ゲノム情報の整備が急務となるのであろう。(編集子)

サケネットワーク会報 No. 9

発行日 2017年5月25日

編集・発行 浦野明央 ([akihisa\\_urano@s8.dion.ne.jp](mailto:akihisa_urano@s8.dion.ne.jp))

事務局 北海道サーモン協会 木村義一

〒004-0022 札幌市厚別区厚別南

7丁目18-19

Tel/Fax: 011-894-0081

e-Mail: [giichi.oncketa@ybb.ne.jp](mailto:giichi.oncketa@ybb.ne.jp)

URL: [http://salmon-network.org/public\\_html/](http://salmon-network.org/public_html/)

\*\*\*\*\*