

SWSP

NEWSLETTER

SWSP

第7号 2017年5月

札幌ワイルドサーモンプロジェクト
ニュースレター

No.007
May
2017

宝酒造株式会社より
助成いただきました …… p2

伴 真俊 /
人工ふ化放流される
サケ稚魚の栄養状態～野生魚と比べてみる …… p4

浦野 明央 /
サケの母川回帰
遺伝子から海洋環境まで …… p14

タイトルをクリックすると記事にジャンプします

SWSPからのお知らせ …… p30

ちびりんまんが ㊦ かじざやか …… p32

タイトルをクリックすると記事にジャンプします

【写真】

日没後、豊平川から石狩湾に向かって旅立つサケ稚魚を調べるため、捕獲を試みるSWSPメンバーたち。2017年4月14日、撮影・SWSP。



タカラ・ハーモニストファンドから56万9965円
札幌ワイルドサーモンプロジェクト

SWSPに助成いただきました

札幌ワイルドサーモンプロジェクトはこのほど、宝酒造／タカラ・ハーモニストファンドから、計56万9965円の助成金をいただきました。
今年2月、同社ウェブサイトで展開された「動画募金」に寄せられた貴重なお金です。
3月14日には、札幌市豊平川さけ科学館で贈呈式を開き、
同社環境広報部環境課長の中尾雅幸さんに、有賀望SWSP共同代表が感謝の言葉を伝えました。



札幌ワイルドサーモンプロジェクト 共同代表の有賀望です。

このたび、宝酒造株式会社動画募金の寄付先に選出していただき、まことにありがとうございました。この機会に、多方面に広報し、多くの方に札幌ワイルドサーモンプロジェクトを知っていただくことができました。

私たちのプロジェクトは、札幌のシンボルでもある豊平川のサケをより自然に近い形にするための取り組みです。宝酒造さんが最初に「カムバックサーモン運動」に支援してくださってから約40年が経ちました。

現在の豊平川は、サケが海から遡上して川で自然産卵し、役目を終えたホッチャレを目当てにオジロワシがやってきたり、春には川底から泳ぎ出てきた稚魚が見られます。

190万人が住む都市の河川でありながら、サケを介した河川生態系もよみがえりました。

また、2004年から約10年間に及ぶ調査の結果、豊平川に戻ってくるサケのうち、半分以上は自然産卵から生まれた野生のサケであることが分かりました。

古来サケが遡上していた豊平川においては、自然の力でサケを維持させることが、本来の姿を取り戻す事につながるだろうと考えました。

そこで、野生のサケを優先的に保全していくにはどうすればよいか？ 研究者をはじめとして、河川管理者、行政、市民の有志の方々などが集い、2014年に「札幌ワイルドサーモンプロジェクト」が発足しました。

活動は4年目を迎え、小学生を始め、多くの市民にもプロジェクトに参加していただけるようになりました。

宝酒造様からは、札幌のサケの保全活動に二度目のご支援をいただけることになり、「ますますがんばれ！」と大きな声を掛けていただいたように感じられ、一同、大いに励まされています。

この応援に恥じないよう、今回のご支援を有効に活用して、目標に向かって精力的に取り組んでいきたいと思っています。ぜひ京都の地から、引き続き温かく見守っていただければ幸いです。

本日はまことにありがとうございました。

ています。この長い放流の歴史の中で、われわれ、さけます増殖事業関係者は漫然と稚魚の放流を行なってきたわけではなく、野外調査の結果に基づいて、自然をお手本にした増殖技術の開発を行なってきました。例えば、1970年代後半には野外調査の結果から、稚魚をいつ・どのような状態で放せば良いのかという情報を得て、適切な時期の放流に努めてきました。そして、1990年代に入ると、放流サイズも考慮するようになり、適切な時期に適切なサイズで放流できるような技術開発を進めてきました。

しかし、これらに先立って行なわれた一番大きな技術開発として挙げられるのは、餌です。現在増殖事業で放流されている魚はすべて給餌して、ある大きさにしてから放流しています。半世紀前は餌を与えず、生まれた魚をそのまま放していました。その影響かどうかは分かりませんが、資源量は長い間低迷していました。それが、1962年ごろから餌を与えて放流しよう、という変化が生じました。最初は生餌なまえさを与えていたようです。例えば、肝臓をすり潰したものだとか、タラコなんかを与えていたようです。しかし、生餌だと池が汚れて大変だったという話を当時の人から聞くことがあります。その後まもなくして配合飼料が開発されました。これによって池の環境も改善され、飼育も簡単になりました。このことがひとつの大きな技術開発だったと思います。このような背景から放流稚魚数が現在

の水準まで増えたわけですね。

ところで、餌を与える稚魚の割合がどれくらいだったのかについてですが、1960年代前半は全放流数の1%未満でした。配合飼料が開発された後も、給餌率はしばらくの間50%前後を行ったり来たりしていました。すなわち半分くらいの魚にしか餌を与えていなかったという歴史があるようです。その後、1991年になって日本のふ化放流技術の向上と相まって、20年ぐらい前からすべての魚に餌を与えるようになりました。このように、給餌の歴史は比較的浅いものであるということが色々調べていく中で分かってきました。

このような歴史を経て、自然をお手本にした増殖技術が発達し、現在はその骨格がほぼ完成したと言えるかと思えます。そういう状況にありながらも資源は安定しない、つまり、技術が高まり、稚魚の放流数が一定であるにも関わらず、帰ってくる親魚の数が変動している、という現状にあります。

では、この変動が大きいのか小さいのかということですが、実は魚類の資源量というものはそんなに安定するものではありません。その一例として、多獲性のマイワシでは50万トンも獲れていた時期がある一方で、ほとんど獲れない時期もあります。50万トン獲れていた時期には、八戸はちのへあたりではまるでゴミのように扱われていたのに対し、今で



人工ふ化放流されるサケ稚魚の栄養状態を野生魚と比べてみる

伴真俊ばんまことしさん

国立研究開発法人水産研究・教育機構北海道区水産研究所
さけます資源研究部ふ化放流技術開発グループ長

私は、どちらかといえば

実験室で分析の仕事が中心です。なので、本日出席の、野生の魚を対象に活動させている皆様の前で発表させていただくことを大変楽しみにしておりました。本日の発表では「野生魚との比較」という副題を付けさせていただきましたが、まだ実験に取り組んで間もない

ため、実例を紹介するに止めることをご理解下さい。

なぜ、何を調べるのか

まず、なぜサケの栄養状態を調べるのか、また、栄養状態を調べるためには何を調べれば良いのかについてお話させていただきます。日本全国で放流するサケの稚魚は1962年以降増え、現在では放流数は18億尾に達しています。放流数の増加に合わせて帰ってくる親魚の数（以下、回帰数）も増えましたが、放流数が一定であるのに対して、回帰数は上がったリ、下がったリといった変動を繰り返して

は高級魚として取引されています。このような大きな変動は、実は魚類、特に多獲性魚類で認められています。

これに対してサケの資源量は、人工ふ化放流事業の影響もあるのですが、資源量の増減は他魚種から見れば、たいしたことないように思われます。それでも現場の漁業者から見れば、看過できるものではないようです。そのため、われわれとしては、少しでもこの増減幅を小さくするために、より良い方法はないかと日夜研究に取り組んでいるわけです。

回帰数の変動を抑えるための一つの解決策として、放流してから帰ってくるまでの間の死亡を減らす、ということが考えられます。では、どの時期の死亡を減らせるのが良いのかについてですが、一般的にサケは川から沿岸域に至るまでの間の死亡率がもっとも高いと言われています。したがって、その時期の死亡を抑えることができれば、資源量を増やす、あるいは安定させることができるのではないかと考えています。

では、稚魚が大量に死亡する原因とは何なのでしょう？ いくつかの要因が考えられます。まず、遊泳力が乏しいために、生存に不適な環境に流されて死んでしまうという点が挙げられます。あるいは外敵に捕食される数も相当であると報告されています。他にも病気にかかったり、最近で言えば、温暖化などによる環境の悪化、餌不足という

しましょう、ということになります。

栄養状態を評価する基準

それでは、栄養状態をどのように評価するのかについてですが、皆さんも一度は健康診断を受けられたことがあるかと思いますが、検査した測定値がある範囲に入っているかどうかで結果の良し悪しを判断されるかと思えます。魚の場合でも同様に栄養状態を評価するための基準作りが必要だろうと考え、まずは基準を作る仕事に取り組みました。栄養状態を悪くさせるための、もっとも簡単な方法として無給餌が挙げられます。そこで、無給餌試験を行ない、それを経時観察することによって悪化状態の目安の定量化を試みました。

まずは、自然界において餌不足を想定した無給餌試験を行ない、栄養状態の良し悪しを評価する目安を調べました。体重約1.5gのサケ稚魚を用いて、これを水温10℃の淡水下で絶食させました。その後しばらく飼育している間に死んでいきますので、時間の経過に対する死亡率と（生存個体の）肥満度、および糖分・脂肪量を測定しました。糖分と脂肪は、採血を行ない、すぐに使用されるために体内を循環している血中の量を調べました。また、糖分については肝臓に蓄積された、すなわち備蓄用の量も、脂肪について

のも死亡要因として考えられます。また、これらの要因がお互いに影響しあって大量死亡につながっている可能性も考えられます。

私はこれらの中でも、「餌不足」、つまり栄養状態に注目することにしたいわけですが、その理由は、ふ化場から放流された稚魚は、餌を食べたり、敵から逃げたりするために、そしてはるか先のベーリング海を目指すためにも、常に泳ぎ続けていなければならず、そのためには十分な運動エネルギーが蓄えられていなければならないからです。また、餌を採るためにも敵から逃げるためにも遊泳能力が高くなければ生き延びることはできないのではないかと考えました。以上のような理由により、「運動エネルギー」と「遊泳力」を調べることが現在の私の主な仕事となっています。

それでは、まず運動エネルギーとは何かについてご紹介します。サケを含む動物が生きていくために必要な栄養素というのはおおよそ共通しています。それは、糖分、脂肪、タンパク質、ビタミン、そしてミネラルの五大栄養素です。この中で糖分が運動エネルギーとしてもっとも使われやすい栄養素で、脂肪もエネルギー源として重要です。そこで、今回はサケ稚魚の死亡要因を明らかにするための一助として、運動エネルギー源に着目し、その中でも重要な糖分と脂肪の測定を試みました。したがって、栄養状態を調べる目的は、稚魚の死亡要因を運動エネルギー源の面から探索は筋肉中の備蓄量も調べました。さらに、栄養状態とは別に魚の遊泳力も測定しました。測定には特注した装置を使って、魚が泳げなくなる限界の流速を遊泳力と定義し、これを調べました。

今回の実験では、先述の1.5gの群の他に、海水で飼育した、体重6.0gの群でも同様の実験を行いました。1.5gの群では、絶食後10日くらいから死亡率が増え始め、半分死ぬのが約3週間後でした。これに対して6.0g群は、淡水・海水の違いはあるものの、3週間後から死亡が増え始め、半分の魚が死ぬのは5〜6週間後でした。以上より、やはり体サイズの大きな群の方が死亡するまでの時間が長い、つまり絶食には強いということが言えるかと思えます。通常、このような試験をする場合、半分の個体が死ぬときの時期に注目して、そのときの状態を調べるのが一般的です。しかし、本研究では、自然界の魚の状態を知ることが目的ですので、実験室で半分も死んでしまうような状況ではあまりよろしくないと考え、もう少し早い段階の、すなわち、死に始める（悪い状況が始める）段階の魚の状態を調べてみました。というわけで、今回は1.5g群の絶食開始から10日目の値に着目して、色々調べた結果を比較してみました。と思います。

まず、絶食に伴う肥満度の変化についてです。給餌を続けた群では、肥満度は7.2〜7.5あたりで安定していましたが、

絶食させた群は、4日目から値が下がり始め、その後値は直線的に減少しました。死亡が起き始める10日目の肥満度は6前後になっていました。そのため、ここでは危険な兆候を示す値（以下、危険値）として、肥満度が6前後であると考えることにしました。糖分では、備蓄されている肝臓の糖分量は、給餌群では多少の変動は見られたものの、大体2.0〜2.5%の量を蓄積していることがわかりました。これに対して、絶食群では2日目には一気に低下し、4日目以降は分析計では検出できないほど小さな値で推移しました。このことから、蓄積されている糖分というのは絶食すると直ちに使われるということがわかります。一方、血中糖分では、絶食群の値は徐々に下がっていくものの10日目でもまだある程度残っています。ただし、供給元である肝臓の糖分量がなくなっているにもかかわらず、血中には糖分がまだ残っているということは、どこから補給されていることを意味するのではないかと、また、血中の糖分がなくなると動けなくなるため、何としても血中の糖分を維持するために体内の糖分供給機能に何らかの変化が起きているものと考えられました。

続いて脂肪の量を見ました。給餌群では筋肉中の（備蓄用）脂肪量は0.9%前後で安定していました。それが、無給餌群では徐々に減少していきます。先述の糖分量は急激に減少したのに対して、脂肪量の減少は緩やかに進みます

遊泳力については、特別な装置を用意し、魚が定位できる限界の流速を測定しました。得られた流速の単位を体長／秒に換算し、30尾の平均を求めました。本日の発表では、このようなことに取り組んでいるという程度の紹介になります。この遊泳力の測定結果も含め、まずことをご了承下さい。この遊泳力の測定結果も含め、栄養状態を評価する目安、暫定値を各測定値についてまとめてみました。本日は、詳細な説明は割愛させていただきます。注目していただきたいもののみ、以下にご紹介したいと思います。まず、データを取りやすいものとして挙げられるのが肥満度です。それから、分析は手間ですが重要なものとして筋肉中の脂肪量が挙げられます。そして、新たな指標として注目しているのが遊泳速度です。これらの悪化の兆候として、肥満度は6.0を、筋肉脂肪は0.4%を下回ると危ない、すなわち危険値ということになります。遊泳速度の危険値については評価できていませんが、5.4×体長／秒くらいが良好な指標であることが実験結果からわかっています。

川で採集したサケ稚魚の栄養状態

豊平川と千歳川で採集したサケ稚魚の栄養状態を調べてみました。実際に採集を行なったのは、北海道区水産研究所の森田健太郎さんのグループで、私は分析を担当

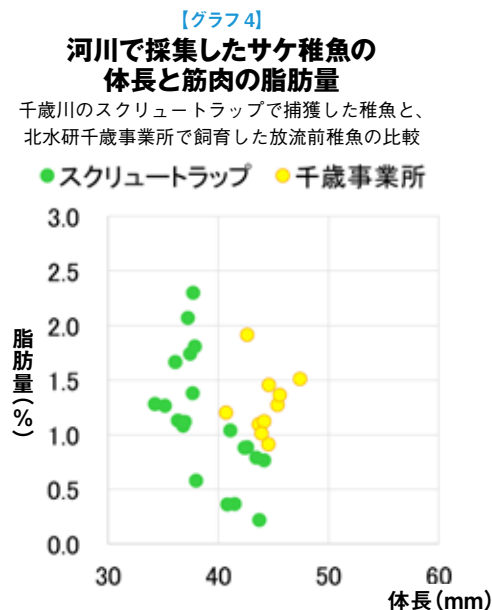
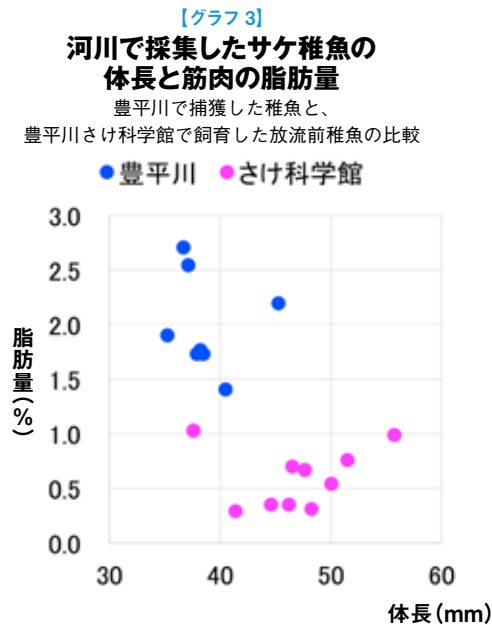
た。一方、血中の脂肪量は、給餌群では多少の変動はあるものの安定していました。これに対して無給餌群では4日目ごろから減少し始め、2週間も経つと、ほとんど認められなくなりました。このように、糖分とは逆に、筋肉中に蓄えられた脂肪があるにもかかわらず、血中の脂肪はなくなるという、面白い現象がみられました。

以上を踏まえて、餌条件によって変わる栄養素の流れについて検討してみました。餌が豊富な時には腸で吸収した栄養が血糖として筋肉に運ばれたり、余剰が生じる場合には肝臓に蓄積されて、そこから随時必要に応じて血糖として筋肉に運ばれます。脂肪については、脂肪細胞に蓄積されて、必要に応じて細胞に運ばれるという流れが想定されます。これに対して、餌がなくなると糖分の供給がなくなります。そして、肝臓の備蓄量もすぐになくなってしまいます。また、腸から直積筋肉に糖分が運ばれることもなくなり、脂肪細胞への蓄えもなくなります。脂肪細胞には蓄えがあるのですが、それを細胞に供給することをストップさせて、筋肉で不足している血糖を補うという動きが出てくるのではないかと考えています。こうまでして何とか運動エネルギーを確保していると考えれば、先述の糖分の備蓄量と血中量の動き、および脂肪の備蓄量と血中量の動きの違いをある程度説明できるのではないのでしょうか？ ここまでが栄養素を調べてわかってきたことです。

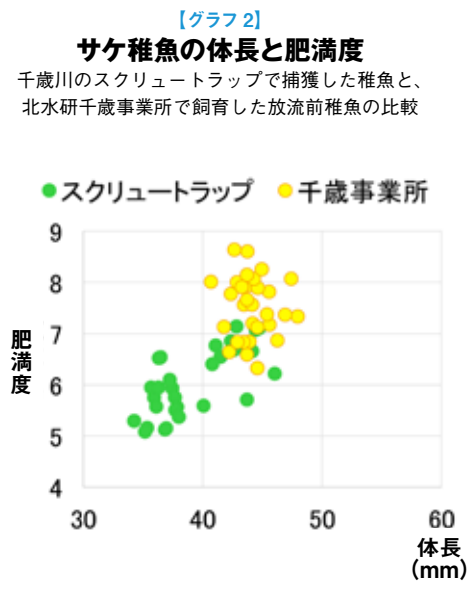
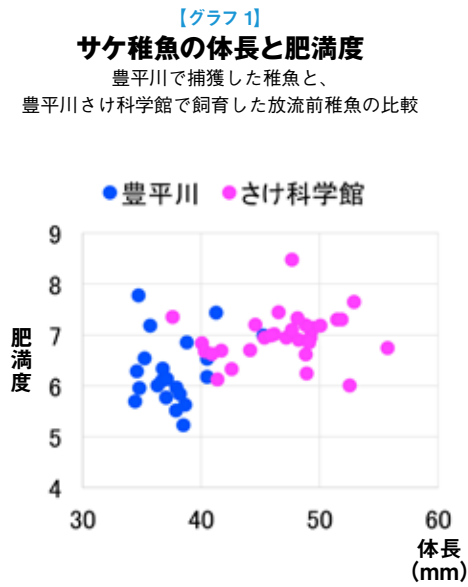
しました。豊平川では豊平川さけ科学館にて放流前の魚の状態を調べました。そして、その後放流魚かどうかは区別できませんが、雁来大橋付近で稚魚を採集しました。一方千歳川では、北海道区水産研究所の千歳事業所で放流前のサケ稚魚の栄養状態を調べ、その後サケのふるさと千歳水族館付近に設置したスクリーンラップという漁具で稚魚を採集し、栄養状態を調べました。ただし、ここで留意してもらいたいのは、各採集場所から採れた稚魚は放流魚とは限らず、野生魚（自然環境下でふ化・浮上した魚）が含まれている可能性もある、ということですね。これについては現在、耳石の温度標識（放流魚にのみ付けられる起源河川が特定できるバーコード状の標識）を調べて確認作業を進めているところですが、分析が間に合っていない状況にあります。そのため、今日は渾然一体となったデータの紹介になることをご了承下さい。

まず、2河川で採集したサケ稚魚の体長と肥満度についてです【グラフ1】。豊平川のさけ科学館では体長40ミリ以上のサイズを放流しているため、それ以下のサイズのもののは野生魚ということになるかと思いますが、断定はできません。そして、先述の危険値である肥満度6を基準に見てみると、放流前の稚魚は当然飼育個体ですので、6を下回る個体は見られませんでした。逆に、豊平川（雁来大橋付近）で採った魚は、体長が小さかったということもあ

がある、ということが分析結果からわかりました。脂肪では、筋肉中の脂肪量を用いました。豊平川で採集したすべての魚では危険値を大きく上回っており、肥満度は低くても十分な脂肪を蓄えている魚であったことがわかりました。つまり、サイズは小さいながらも栄養状態の良い状態で存在していた、ということになります。やや意外な結果でもありました【グラフ3】。千歳川でもほぼ同様の結果が得られました【グラフ4】。放流前の千歳事業所の魚ではすべて危険値を超えていましたが、スクリーンナップで採集された魚についてもばらつきはあるものの、大部分が危険値を上回る結果となりました。特に、小型の



個体の方が、状態が良い傾向が見られ、これは恐らく親（卵黄）由来の栄養がまだ残っているのではないかと、と今のところ考えています。続いて、北海道水産研究所が所有する北海道内の各事業所（徳志別、鶴居、静内、千歳、虹別）で測定した、サケ稚魚の遊泳力の違いを調べてみました。また、千歳川上流の第4ダム付近（事業所よりも1キロほど上流）で浮上後間もない野生の稚魚を捕まえ、これについても遊泳力を調べてみました。その結果、各事業所の標準値は4.3×8.2×体長/秒で、平均では5.4×体長/秒でした。一方、千歳川の野生魚では平均8.3×体長/秒と、事業所の魚より



りませんが、肥満度6を下回る個体も結構いました。一方、千歳事業所で放流前の個体を調べた結果では、調べた魚は放流魚の中でも小さい個体で、40〜50ミリの間だったのですが、それらはいずれも肥満度6を超えていました。ところが、スクリーンナップで採集された、尾叉長範囲が35〜45ミリであった個体では、（それが放流魚か野生魚かの区別はできないものの）小さい個体ほど肥満度が低く、40ミリ未満ではほとんどが6を下回りました。したがって、設定した基準からみると、栄養状態の悪い個体が小さい個体には多くいる、ということがわかりました【グラフ2】。

同様の調査を糖分と脂肪についても行ないました。まず、河川で採集したサケ稚魚の体長と肝臓の糖分量（備蓄用）の関係についてです。豊平川で採れた魚には危険値以下の低い値を示す個体もいた一方で、非常に高い値を示す個体も確認されました。同様に、千歳川のスクリュートラップで採られた個体でも低い値を示す個体と高い値を示す個体双方が認められました。放流前の個体については、千歳事業所では高い値を示す個体が当然多かったのですが、豊平川さけ科学館の魚では危険値よりも低い値を示す個体が多くみられました。この違いは飼育環境や餌の違いが影響している可能性が考えられ、放流前でも河川間で相当の違い

も高い値を示しました。この野生魚は浮上後間もない魚です。すから、体長は事業所の魚よりも小さいということに留意する必要がありますが、一例として見る限り、野生魚の方が高い遊泳力を持っているようだ、ということになります。実験前は放流前の魚の方が、当然栄養状態が高いだろうと想定していましたが、河川の魚の栄養状態が結構良いことがわかりました。逆に、あくまで一例ではあるものの、遊泳力は野生魚の方が高いだろうと想定していた通りの結果となりました。今後、測定数を増やし、今回の結果を検証する予定です。

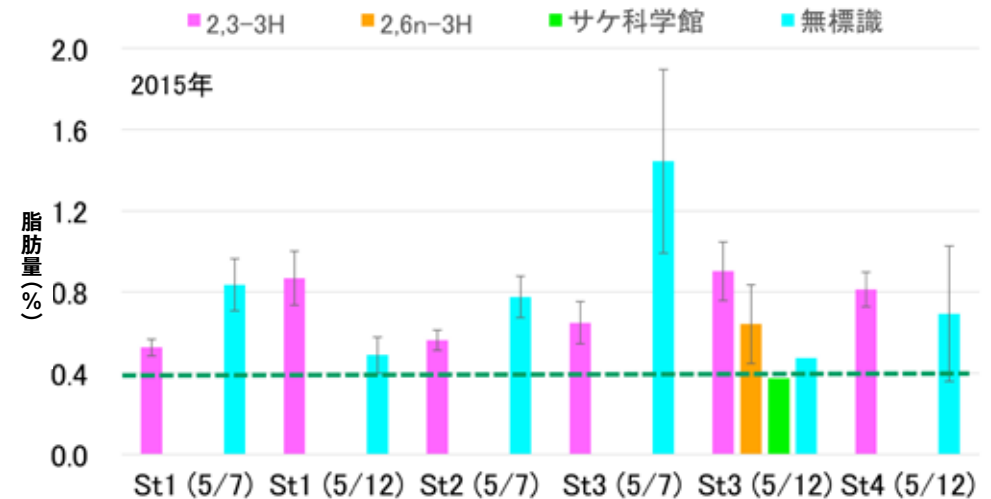
厚田村で採取した放流サケ稚魚の栄養状態

最後に、豊平川さけ科学館で放流された魚が沿岸ではどうなっているのかについてですが、1尾のみ採捕されましたので、その結果をご紹介します。北海道区水産研究所では千歳川で放流した魚を追跡し、石狩川河口のすぐ北に位置する厚田の沿岸域で曳網調査を行っております。定点は岸から沖に向かって定点1〜4の4定点を設けており、各定点で曳網を行ない、採集されたサケ稚魚の由来や成長などを調べています。

2015年の5月7日と5月12日の結果をご紹介します。豊平川さけ科学館の魚は5月12日に定点3で1尾のみ採ら

れ、そのサイズは45ミリ未満でした。採捕日が5月12日であることを考慮すると、体験放流の魚が採られたのかもしれませんが、他の魚に比べて非常に小さい個体でした。千歳川で放流された魚では、同一定点で日が経つにつれて稚魚のサイズが大きくなっており、狭い範囲で成長して、次に沖に向かっていくのではないかと推察されます。では、栄養状態はどうだったのでしょうか。肥満度については、定点や採集日を問わず、いずれの群も安定した高い値を示しました。豊平川さけ科学館から放流された個体も基準値を超える良い状態にありました。ただし、このような結果が得られたことについては、栄養状態が悪い個体が死んで、状態の良い個体だけが生き残った結果なのか、あるいは（肥満度の）値がバラバラであった魚が好環境下で成長して、良い栄養状態になったのかはわかりませ

【グラフ5】 厚田沿岸で採集したサケ稚魚の筋肉の脂肪量



ん。次に、筋肉の脂肪量を調べてみた結果、多少のばらつきはあるものの、どの魚も危険値を超えていました。豊平川さけ科学館の魚もギリギリ危険値を超えていました。【グラフ5】

以上を踏まえると、今回採集した魚については、それなりに良い栄養状態であったことがわかり、また、沖に向かって成長しながら栄養を蓄積している様子もうかがい知れました。さらに、貴重な1尾の結果ではありますが、豊平川さけ科学館の魚も資源に貢献している可能性が示唆されました。以上で今日の発表を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

第10回SWSP勉強会(2016年7月5日開催)から



サケの母川回帰 遺伝子から海洋環境まで

浦野 明央さん 北海道大学名誉教授

冬の北洋は、二酸化炭素などの温室効果ガスを吸収していると考えられている。これは

- ① 気体は水温が低いほど水によく溶け込む。
- ② 低気圧の墓場とも言われる冬の北洋はよくかきまぜられる。

ということによる。

二酸化炭素濃度の上昇は、春になると、植物プランクトンの増殖、ひいては動物プランクトンの大増殖、すなわちスプリングブルームを引き起こす。サケはこの動物プランクトンを摂食するので、海が産み出した栄養を陸に運ぶ役割を持つことになる。海洋の温暖化はこの循環に抑制的に

働く恐れがある。

サケはなぜ
生まれた川に戻ってくるのか？

本能で、生まれ育った安心できるふる里に、恋をするために帰ってくる。

サケの母川回帰は、本能的な欲求にもとづく遺伝的にプログラムされた行動、すなわち本能行動だとされているが、遺伝子プログラムについては、ほとんど分かかっていなかった。演者は、それを明らかにするとともに、海洋環境の変動、とくに温暖化が、それにどのような影響を与えるかを

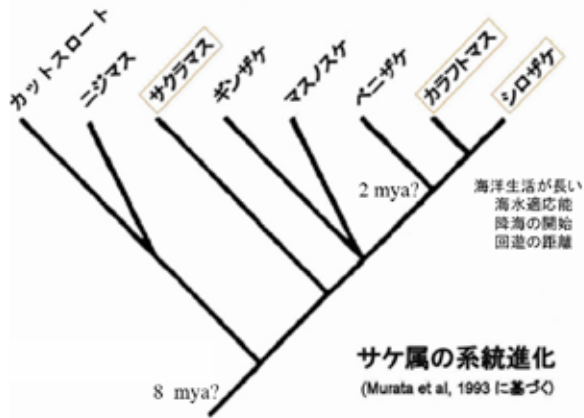
知ろうとして研究を進めてきた。

遺伝子の塩基配列にもとづく解析では、太平洋サケ（学名はサケ属 *Oncorhynchus*）の共通祖先が出現したのは800万年ほど前だろうという。それが、**【図1】**にあるように順に分岐し、200万年ほど前にベニザケ、カラフトマス、シロザケの祖先が出現したとされている。中でもカラフトマスとシロザケは、海洋に依存する生活期間が長い種として分化したが、それは稚魚のうちに海水に適応できるようになり、0+（ゼロ歳）で降海できるようになったことが大きい。

シロザケは、最も広い範囲に分布

している太平洋サケであり、回遊する距離もサケ属の中で最も長距離にわたると述べられている。

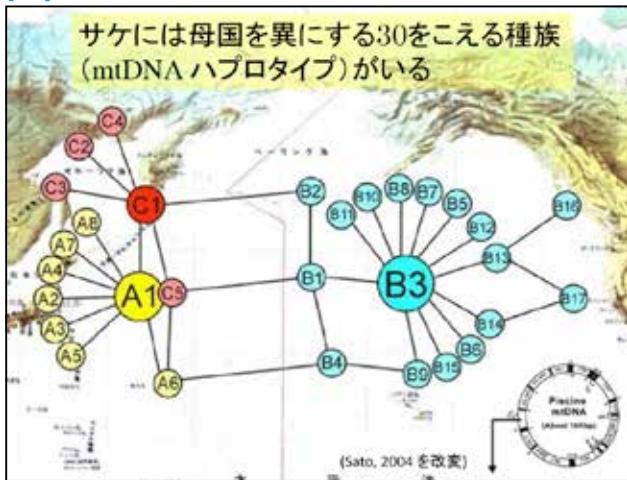
環北太平洋の50近くの河川で捕獲された2500尾ほどのシロザケから得られた試料を用い、得られたミトコンドリアDNAの調節領域前半の塩基配列を解析したところ、30種類のハプロタイプが存在した**【図2】**。それらハプロタイプ間の関係を分析したところ大きく3つのグルー



サケ属の系統進化 (Murata et al, 1993 に基づく)

【図1】

【図2】

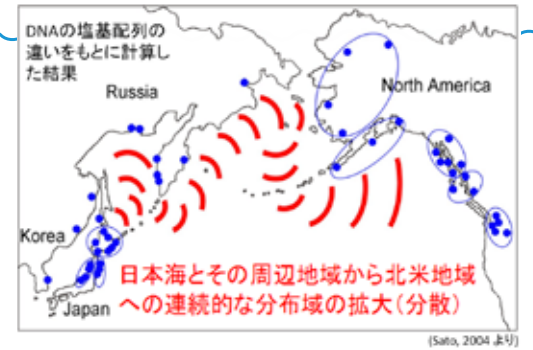


プ(A, B, C)に分かれた。そのうちグループAは日本系のサケに特有のハプロタイプであった(Sato, 2004)。このことを利用して、北洋で捕獲したサケの中から、日本系のサケを識別することが可能になった。

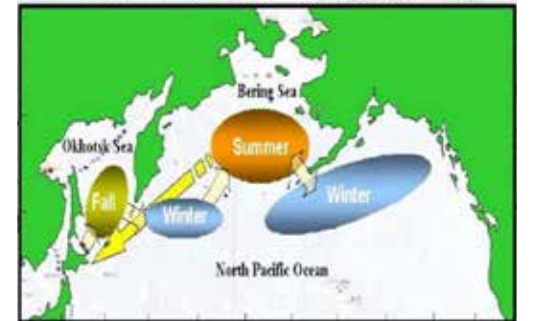
上に述べた解析結果および試料を入手した地点の地理的な分布**【図3】**の小さな青丸)をもとに、北太平洋に広く分布するシロザケ集団の歴史的な形成過程を推定したと

Murata S, Takasaki N, Saitoh M, Okada N(1993) Determination of the phylogenetic relationships among Pacific salmonids by using short interspersed elements (SINEs) as temporal landmarks of evolution. Proc Natl Acad Sci USA 90: 6995-6999.

【図3】 シロザケ集団の形成過程



【図4】 日本系サケの回遊経路(推定図)



サケの成長に重要な内分泌系

北洋のまだ未成熟な成長中の成体 (Young Adult) は、下垂体の成長ホルモン (GH) によって肝臓からの分泌が高まるインスリン様成長因子 (IGF) の作用で成長する (Somatic Growth)。やがて産卵のために母川に回帰してきた個体は、脳からの生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) の刺激で分泌された下垂体の生殖腺刺激ホルモン (GTH) により性成熟 (Sexual Maturation) し、婚姻色を見せる。

魚類から哺乳類に至る脊椎動物の内分泌系は、基本的に同じであるが、魚類は特有の内分泌器官としてスタニウス小体と尾部下垂体をもつ【図5】。

産卵回遊 (母川回帰) の制御機構に関わる主要な内分泌器官は、(脳) 下垂体と生殖腺であるが、下垂体は生殖腺刺激ホルモンによって生殖腺の機能を調節しているため、両者を一体として考え「下垂体—生殖腺系」という。なお、一般には、雄の生殖腺である精巣からは雄性ホルモン (アンドロゲン)、雌の卵巣からは雌性ホルモン (エストロゲン) が分泌されている。

脳の下方には (脳) 下垂体 (Pituitary) が接している。他の魚種と比べて、視覚情報を処理し行動につなげる中枢

である視葉 (Te) がよく発達している。視神経が脳内に入り込む部位から下垂体上方にかけての脳底部は、視床下部とよばれる部位である。

下垂体内におけるホルモン分泌細胞の分布

サケに限らず、真骨魚の下垂体内では、それぞれのホルモンを分泌する細胞が特定の部位に集まっている。

下垂体ホルモンの合成・分泌は、脳内とくに視床下部にあるニューロンが分泌する神経ホルモンによって制御され

【図5】

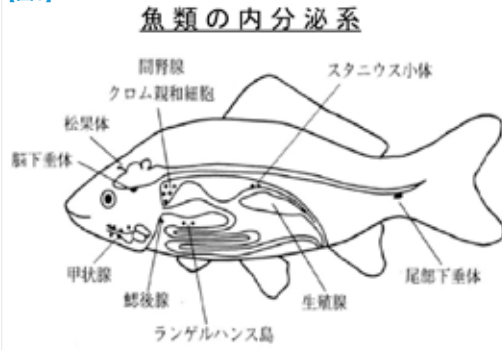
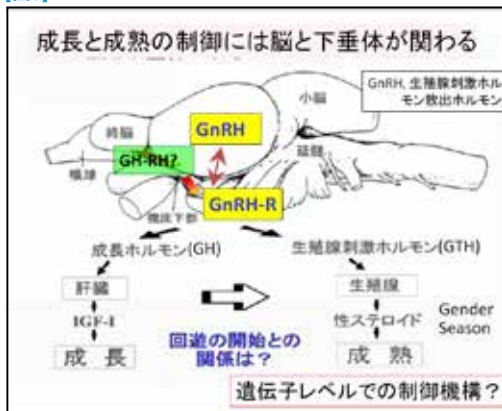


表 ホルモンの種類と働き

略号	名称	働き
ACTH	副腎皮質刺激ホルモン	コルチゾルの分泌促進。
PRL	プロラクチン	魚類の淡水適応ホルモン。
GH	成長ホルモン	成長促進および海水適応。
GTH I (=FSH)	生殖腺刺激ホルモン I	濾胞の刺激。
GTH II (=LH)	生殖腺刺激ホルモン II	黄体の形成、最終成熟の促進。
TSH	甲状腺刺激ホルモン	甲状腺ホルモン分泌促進。
SL	ソマトラクチン	体液の pH 調整、酸性化防止。

【図6】

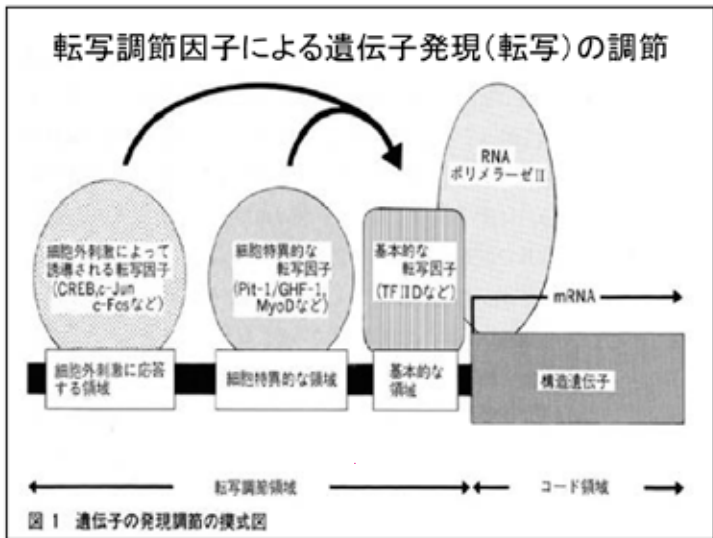


ている。産卵回遊の開始には、【図6】にある成長を制御する系から成熟を制御する系への転換があることが予想される。成長制御系の最上位にある神経ホルモンは成長ホルモン放出ホルモン (GHRH)、成熟制御系のそれは生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) である。

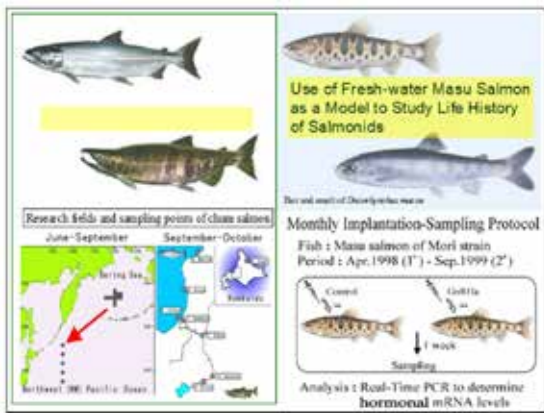
なお、ホルモン、例えば GnRH が作用を現すためにはその受容体 (GnRH-R) の発現も必要である。(神経ホルモン) の多くは、遺伝子がコードするペプチド。産卵回遊 (母川回帰) は、生殖行動の一環で、その制御には GnRH が関わっていると考えられる。GnRH ニュー

Urawa S. 原図 (参照: 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.)

Sato S. (2004) Genetic diversity of chum salmon inferred from the sequence variation of mitochondrial DNA and neurohypophysial hormone genes. Thesis, Hokkaido University. March 2017 16



【図9】



【図10】

産卵回遊途上のサケは、【図10】の左側下方にある場所でサンプリングしてきたが、生活史を追って連続的にサンプリングすることは不可能であるし、実験的な処理をすることもできない。それを補うために、【図10】の右側にあるように、モデル系として、回遊する能力を保持している森系のサクラマスを用いた。サクラマスを用いた研究では、毎月 GnRH 投与とサンプリングを行ない、生活史にともなうホルモン遺伝子の発現の変動を調べるとともに、GnRH の下垂体への作用の季節変動を解析した。【図11】は、モデルに用いたサクラマス雄雌における脳内の GnRH mRNA と下垂体のホルモン mRNA 量の季節変動およびホルモン遺伝子の発現の GnRH 感受性の変動を、相対的に示したものである。

転写調節因子による遺伝子発現(転写)の調節

RNA ポリメラーゼII

mRNA

構造遺伝子

転写調節領域

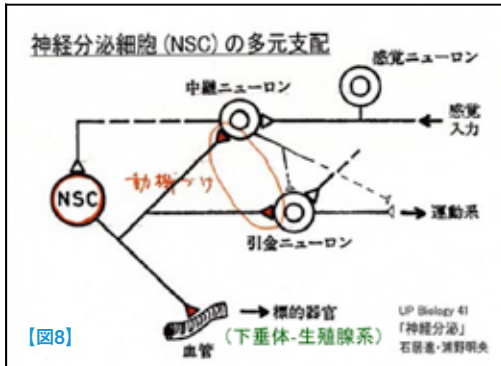
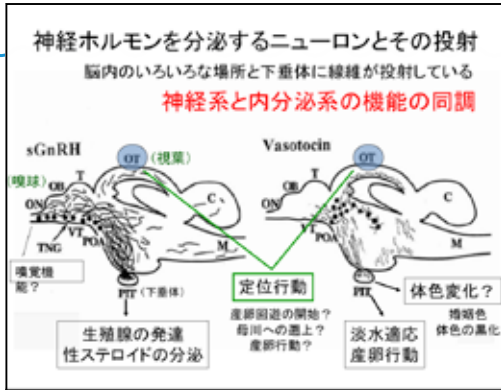
コード領域

図1 遺伝子の発現調節の模式図

飼育下のサクラマスを対象にモデル実験

産卵回遊途上のサケは、【図10】の左側下方にある場所でサンプリングしてきたが、生活史を追って連続的にサンプリングすることは不可能であるし、実験的な処理をすることもできない。それを補うために、【図10】の右側にあるように、モデル系として、回遊する能力を保持している森系のサクラマスを用いた。サクラマスを用いた研究では、毎月 GnRH 投与とサンプリングを行ない、生活史にともなうホルモン遺伝子の発現の変動を調べるとともに、GnRH の下垂体への作用の季節変動を解析した。【図11】は、モデルに用いたサクラマス雄雌における脳内の GnRH mRNA と下垂体のホルモン mRNA 量の季節変動およびホルモン遺伝子の発現の GnRH 感受性の変動を、相対的に示したものである。

【図7】



【図8】

押さえておきたいDNAの基礎知識

ロンが、下垂体だけでなく、脳内のいろいろな部位に神経線維を投射しているからである(【図7】)。図中の小さな黒丸はニューロンの細胞体、実線は線維)。なお、バソトシン(vasotocin)を産生しているニューロンも、同様に脳内のいろいろな部位と下垂体に投射している。

GnRHもバソトシンも、ニューロンの電気活動を制御するので、神経系と内分泌系の機能を同調させて生殖に関わる行動を制御している可能性がある。

上に述べた神経ホルモンを分泌しているニューロン、すなわち神経分泌細胞が投射している脳内の部位には、感覚

系も運動系も含まれている。その中には、感覚情報を統合して定位行動のための司令に変換している視葉も含まれている。このような形態学的特徴から、神経分泌細胞は、脳内の多くのニューロンを、行動の発現に向けて動機づけ、活動レベルを高めているのではないかと考えられる【図9】。

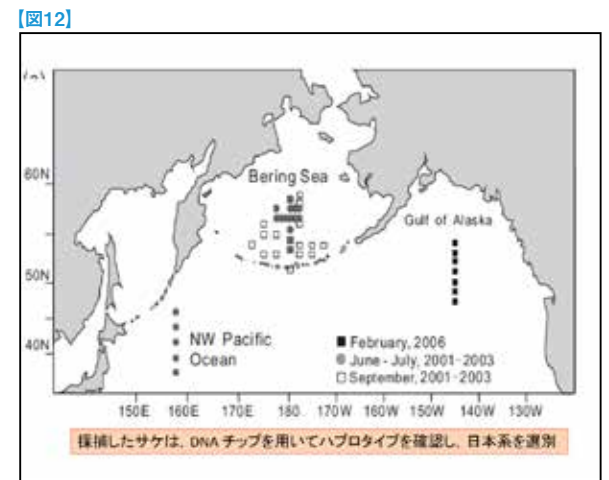
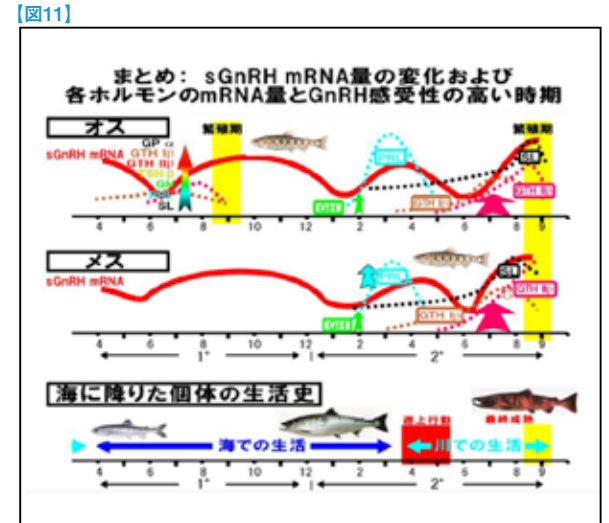
二本鎖DNAの特定の部位を占める遺伝子(gene) A と B のそれぞれから、アミノ酸配列をコードしている遺伝子の塩基配列に忠実に伝令RNA(mRNA)として写し取られる(転写)。次いでmRNAの配列にしたがってタンパク質が合成される(翻訳)。

遺伝子からタンパク質が生成されるまでを遺伝子の発現(gene expression)というが、タンパク質の定量よりはmRNA量の測定の方が、6桁以上も感度がよく簡便なので、転写活性を遺伝子の発現と称することが多い。なお、転写活性は遺伝子によって異なる。

遺伝子によって転写活性が異なるのは、タンパク質をコードしている領域の上流にある転写調節領域の塩基配列が、遺伝子によって異なるためである。

転写調節領域には、転写調節因子とよばれるタンパク質のそれぞれが認識して結合する領域がある【図6】。ほと

太い赤の実線は、サケ GnRH (sgnRH) mRNA 量の変動で、性や年齢(図のX軸)に関わりなく、春と秋の繁殖期に向けての年2回、sgnRH 遺伝子の発現が高まる。雄と雌の違いは、1歳雄の下垂体ホルモン mRNA 量が、早熟雄の出現に対応するかのよう大きく高まることである。2+の雄雌両方で、春に PRL 遺伝子、秋に LH 遺伝子の GnRH 感受性が高まっている。



回遊／回帰サケのサンプリング方法

北洋を回遊するシロサケからの試料の採取を、**【図12】**にある地点で行なった。ベーリング海におけるサンプリングは2001年から2003年の3年にわたって行なったが、幸いなことに、この3年の間に大きな海洋環境の変動はなかった。開洋丸に乗船しての冬のアラスカ湾でのサン

プリングは、1回しかチャンスがなかった。

なお、サンプルを採集したサケについては、DNAチップを用いてハプロタイプを確認し、遺伝子の発現の解析には、日本系のサケの試料を用いた。

回帰親魚は、10月上旬に北見枝幸、厚田、石狩、石狩河口、江別、花園、千歳ふ化場でサンプリングした。

北洋からふ化場に至る各場所でも捕獲方法は異なったが、いずれの方法でも、ストレスホルモンである副腎皮質ホル

モンのコルチゾルの血中濃度に異常な上昇は見られなかった。

水産庁のフラグシップである開洋丸の船上では、採血した血液を遠心して血球を沈殿させた後、DNAを抽出。一連の分子生物学的な操作を行なうことができる。



【図13】の下方に見えるスライドグラス上にマイクロアレイ(DNAチップ)が設定されている。

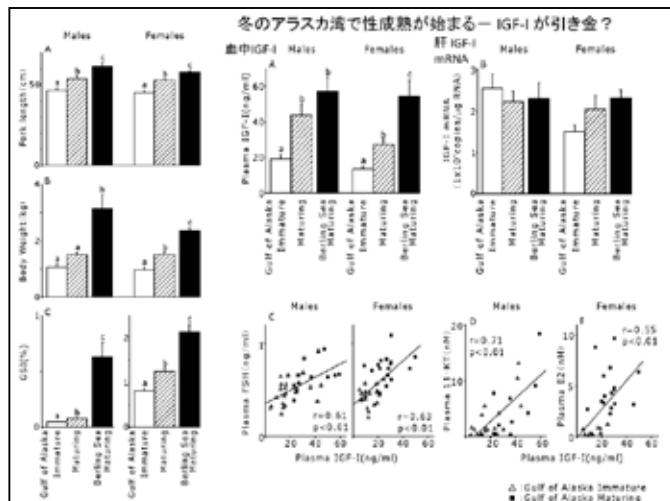
3週間ほどの調査航海中に1000尾近くのサケのハプロタイプを調べることができた。

江別漁協の協力により、千歳川が石狩川に合流する地点で遡上途上のサケを捕獲した。なお、石狩川の河口では石狩漁協の協力のもとに、汽水域のサケを刺し網で捕獲した。

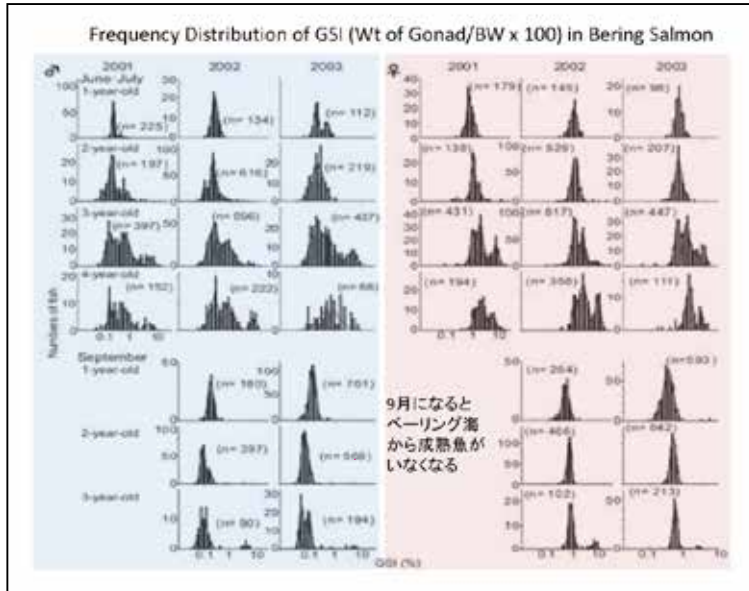
揚がってきたサケは、体長・体重の測定、採血、断頭して脳と下垂体を摘出・凍結、耳石や鱗の採集、肝重量および生殖腺重量の測定、必要な組織の固定といった順に処理される。1尾のサケの処理に平均して3分を要する。サンプリングする尾数は、雄雌それぞれ最低7尾を目標とした。

冬のアラスカ湾のサケから得られた結果

サケは、生殖腺重量/体重(GSI)などを規準に「Immature(未熟)群」と「Maturing(成熟途上)群」に分け、ベーリング海の Maturing 群と比較した。

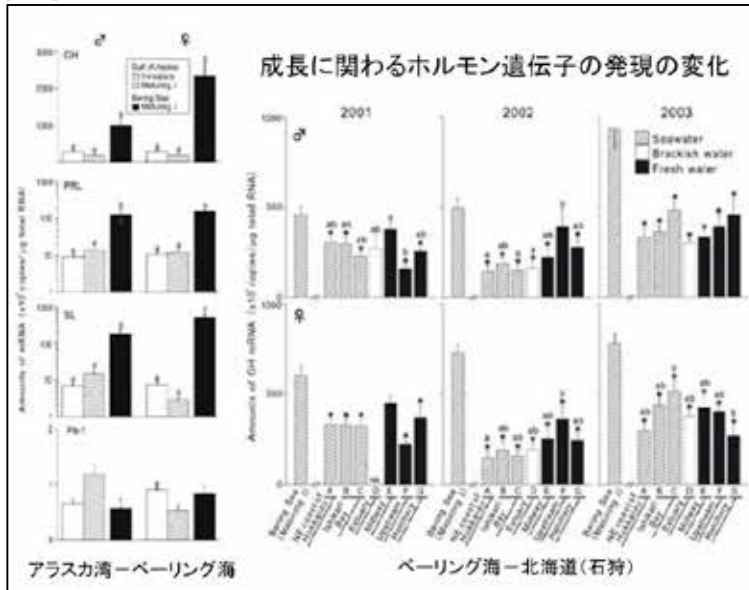


【図14】



【図17】

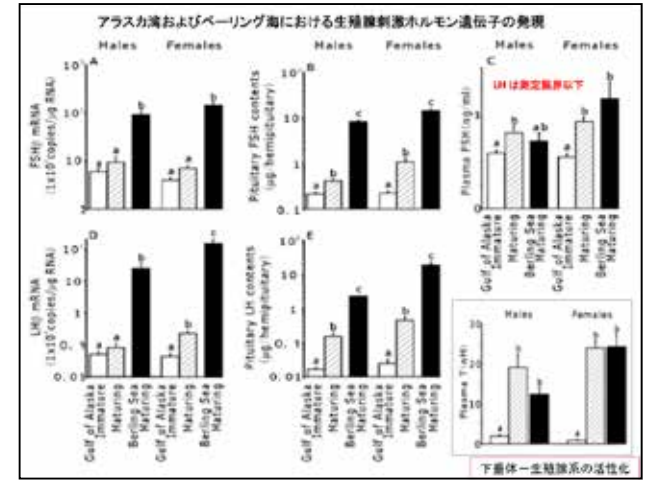
【図18】



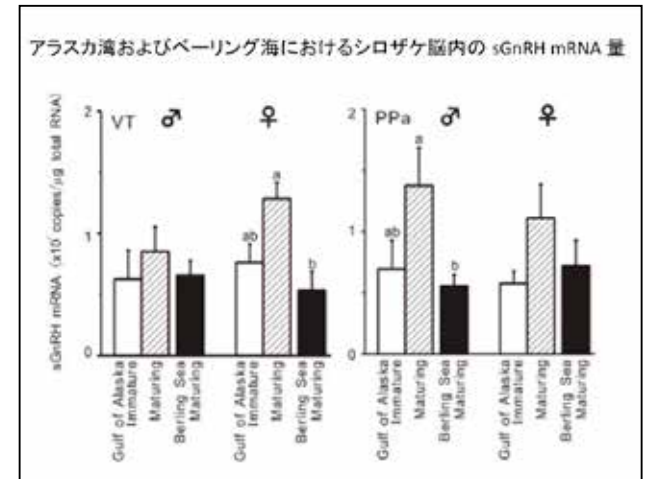
またした GnRH ニューロンの活動により、下垂体からの FSH の分泌と生殖腺の発達が進むこと、続いてベーリング海で GnRH ニューロンの活動が低下することを示している。(春のサクラマスに対応?)

GSI (生殖腺重量/体重×100) は成熟度の簡便な指標である。2001年〜2003年にベーリング海の調査航海で捕獲した雄雌のサケの GSI を、年齢毎に度数分布表示した【図17】。

【図14】は、生殖腺が発達し始めた maturing 群は、immature 群より尾叉長と体重が大きい、すなわち成長がよいことを示している。成長を促進するインスリン様成長因子 (IGF-I) の血中濃度をみると、maturing 群 < immature 群であった(右上)。また生殖腺の成熟を開始させる下垂体ホルモンの FSH や性ステロイドの血中濃度は IGF-I 濃度に比例していた(右下)。



【図15】



【図16】

LH の分泌機構に違いがあり、この時期には FSH だけが分泌されると考えられる。生殖の制御に関わる終脳腹側部 (VT) および視索前核前部 (PPa) における sGnRH mRNA 量が、アラスカ湾の maturing 群は immature より多かった。ベーリング海は immature では、それが低下していた【図16】。

【図15】は、下垂体から分泌される生殖腺刺激ホルモン FSH および LH の遺伝子発現(左側)、下垂体含量(中央)、および血中濃度(右側)を示す。アラスカ湾の maturing 群の下垂体で、すでに生殖腺を刺激する FSH の合成と分泌が高まっていた。それにより生殖腺が刺激され、テストステロン (T) の分泌も高まっていた。最終成熟を促進する LH の血中濃度は、測定限界以下だったので、FSH と

最終腹側部 (VT) および視索前核前部 (PPa) における GnRH 遺伝子の発現を、1997～1999年の3年にわたって解析すると、1997年と1999年はふ化場に近づくにつれて発現が高まっていたが、沿岸の表面水温が高かった1998年は変動のパターンが異なっていた

北海道に 回帰してきたサケから得られた結果

終脳腹側部 (VT) および視索前核前部 (PPa) における GnRH 遺伝子の発現を、1997～1999年の3年にわたって解析すると、1997年と1999年はふ化場に近づくにつれて発現が高まっていたが、沿岸の表面水温が高かった1998年は変動のパターンが異なっていた

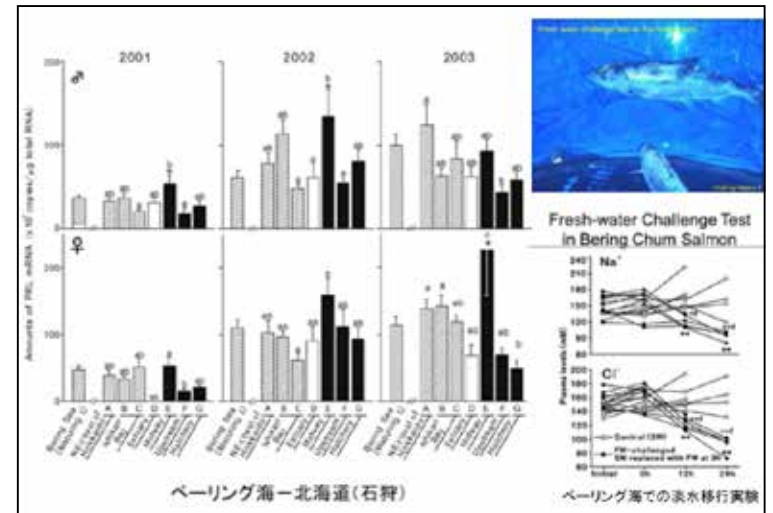
PRL 遺伝子の発現が、アラスカ湾からベーリング海に移った時に高まっているので、淡水に適應できるか確かめたところ、右側の折れ線グラフにあるように血中の Na⁺と Cl⁻の濃度が、淡水レベルに低下した。

6月～7月に捕獲した3歳魚および4歳魚にはかなりの数の生殖腺が発達した個体が見られるが、9月になると成熟魚はいてもごく僅かになる。ほとんどの成熟魚は8月末までには母川に向かっての産卵回遊を開始しているの

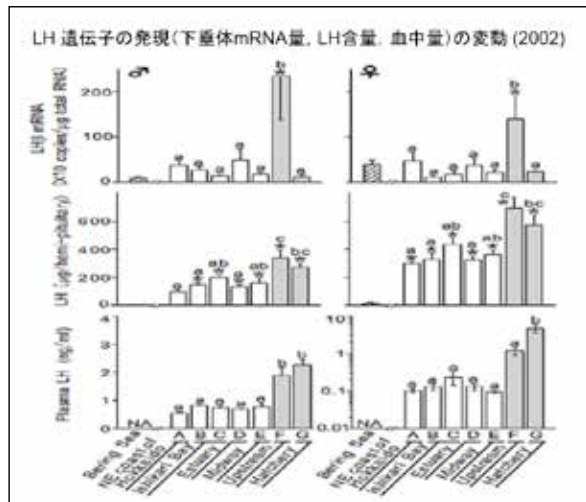
子にPRLがある。【図17】の左側は、アラスカ湾およびベーリング海でのそれらの遺伝子の発現で、Prl遺伝子以外はいずれもベーリング海で発現が高まっている。【図18】の右側は、ベーリング海からふ化場までのGH mRNA量の変動で、2001～2003年まで、いずれの年もベーリング海より母川で低値となっている。

プロラクチン (PRL) は、魚類の淡水適応ホルモンであるが、【図19】左側にあるように、その遺伝子発現はアラスカ湾からベーリング海に移動した時に10倍ほど高まる。ベーリング海からふ化場の間では、母川に遡上する前に発現が高まる傾向がある。

成長ホルモン (GH)、プロラクチン (PRL)、ソマトラクチン (SL) は、共通の祖先をもつので成長ホルモンファミリーと言われ、それらの遺伝子発現を調節する転写因



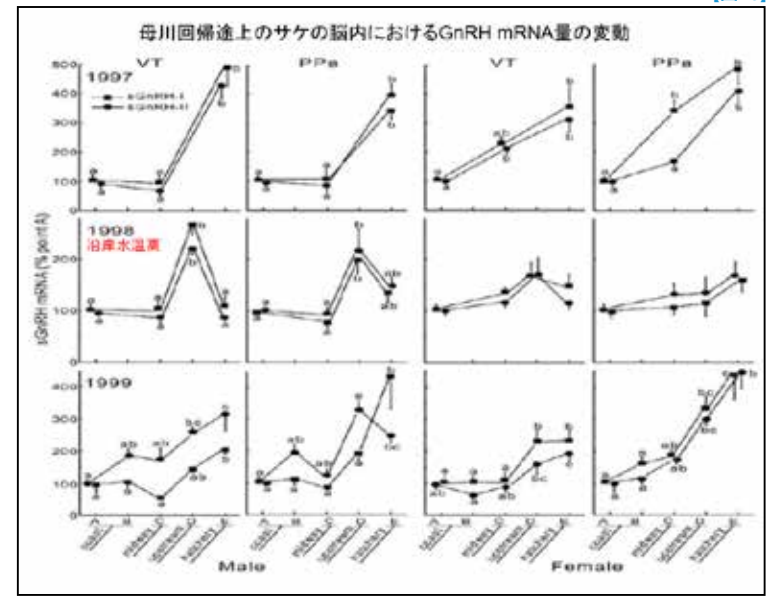
【図19】



【図21】

母川回帰途上のサケの脳内におけるGnRH mRNA量の変動。成長ホルモン (GH)、プロラクチン (PRL)、ソマトラクチン (SL) は、共通の祖先をもつので成長ホルモンファミリーと言われ、それらの遺伝子発現を調節する転写因

母川回帰途上のサケの脳内におけるGnRH mRNA量の変動。成長ホルモン (GH)、プロラクチン (PRL)、ソマトラクチン (SL) は、共通の祖先をもつので成長ホルモンファミリーと言われ、それらの遺伝子発現を調節する転写因



【図20】

黒潮の勢力が強いと、三陸沖には暖水塊ができる。その一方で、親潮の分枝が三陸沿岸に接近できず、沿岸の表面海水温が高いままという状況になる。【図25】は、左側が1992年で、暖水塊が生じていた。一方右側の海水温が低い年には、親潮の第一分枝が沿岸に接近していた。

黒潮(暖流)がサケの体に及ぼす影響

【図24】は1995年〜2000年の測定結果を海水温観測データにあわせて並べた。DHP (17,20b-dihydroxy-pregn-3-one) は最終成熟を誘起するステロイドホルモン。海水温が高い年(赤い背景)は、血中DHP濃度の上昇幅が小さいが、この結果はGnRH mRNA量の変動パターン【図20】と整合する。

⑤ 血中DHP濃度の週上にもなう変動

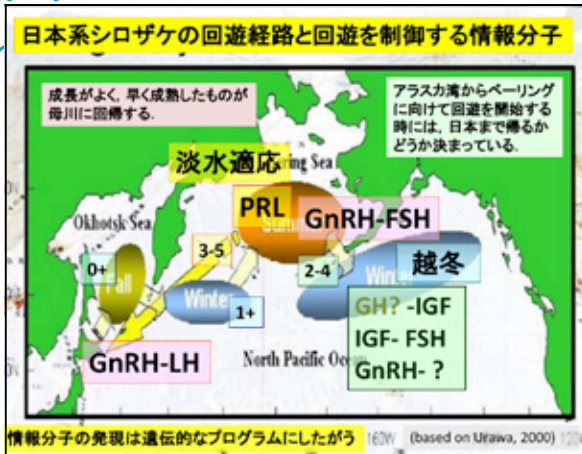
対馬暖流が強いと知床の沖合に暖水塊
冷水魚であるサケの接岸を阻害
成熟はプログラム通りに進行
過熟状態で週上(右側のリーダーチャート)
生理的变化、例えば淡水適応への影響

④ 沿岸の表面海水温が高い→GnRH遺伝子の発現?【図23】。

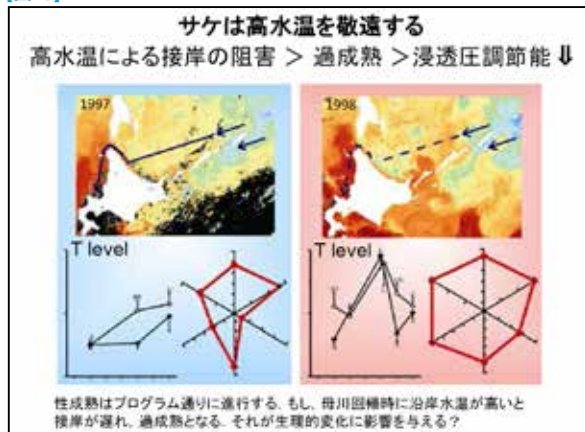
ステロイド→繁殖行動

【図23】

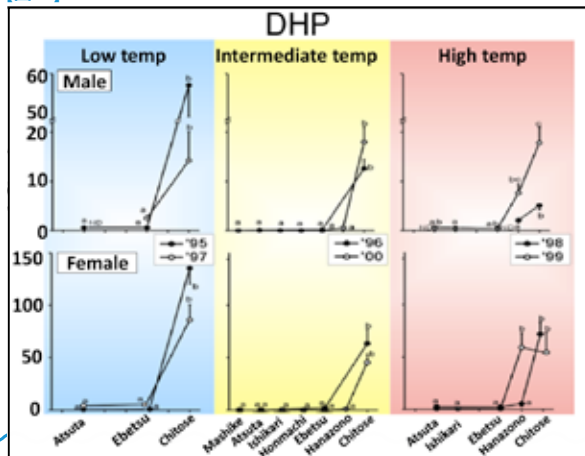
【図22】



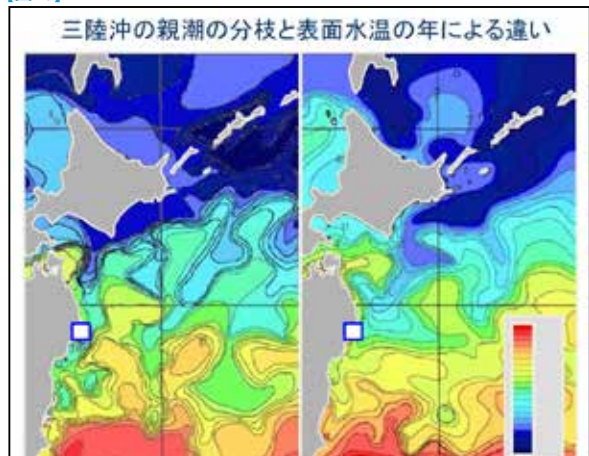
【図23】



【図24】



【図25】



図中の小さな四角は、東大・海洋研究所(当時)の臨海研究センターがある大槌の位置を示す。
大槌におけるサンプリング地点は、4つのタイプに分かれ、それぞれ次のようにサンプリングを行なった。
River: 典型的なリアス式海岸の湾奥に、大槌川が流れ込んでいる。河口のウライでサケを捕獲している。塩濃度は淡水域と言つてよい。
Bay: 湾の middle に位置がある。海水域。

気候変動は回遊サケの遺伝子発現にどう影響するのか

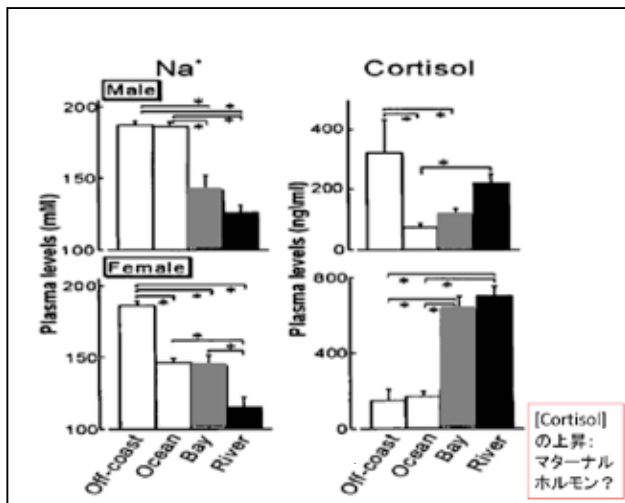
以上の結果を日本系シロサケの回遊経路に解析結果を重ねると、次のように考えられる【図21】。

① 冬のアラスカ湾

IGF-1による成長促進
IGF-1+GnRHによるFSH遺伝子の発現??

② ベーリング海

性ステロイドホルモンの分泌増大
PRL遺伝子発現→淡水適応能
GH遺伝子発現→体成長
? → 回遊行動の動機づけ
③ 母川への週上 & 最終成熟
PRL遺伝子→淡水適応
GnRH遺伝子→LH→最終成熟→ステロイド



【図29】

ングされたということかもしれない。
 バソトシン (VT) は、視床下部のニューロンが作る神経ホルモンの一つで、視葉を含む脳内の多くの部位と下垂体に送られる。下垂体ではACTHの放出を促進するが、末梢作用は魚種や生理状態によって異なる。
 【図28】が示すように、雄雌いずれでも、海水温が高い1992年に発現レベルが高いのは、海水温が高いことが

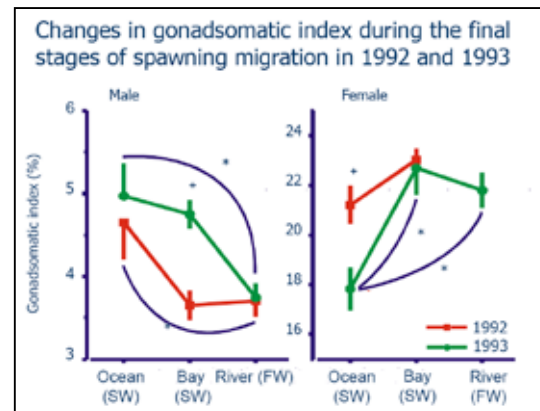
第12回SWSP勉強会(2017年3月14日開催)から。

- 冷水魚のサケが、環境の変動、とくに海水温の上昇にどのように対応するかを知ることは重要であろう。
- a. 沿岸への接近と母川遡上を遅らせる
 - b. 海洋中で性成熟はプログラム通り進行する
 - c. 遡上時の成熟度、淡水適応などに影響
 - d. ストレスホルモンの血中濃度上昇

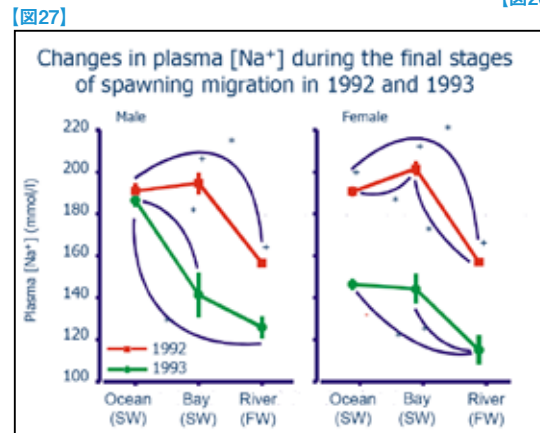
表層水温の上昇はサケたちにとって……
 冷水魚のサケが、環境の変動、とくに海水温の上昇にどのように対応するかを知ることは重要であろう。

なるのでGSIが増加している。
 Tansai (Off-coast) : 閉伊崎沖、淡青丸で延縄。海水域。
 【図26】に、母川回帰にともなうGSI (gonadosomatic index) の変化を示す。赤線は1992年(表面水温高)、緑線は1993年(表面水温平年)を示す。暖水塊があった92年は雄雌ともに、93年より成熟が進んだ状態で捕獲された。精巣は成熟が進むと精子だけとなり重量が減少するので、GSIが低下している。一方、卵は成熟とともに重く

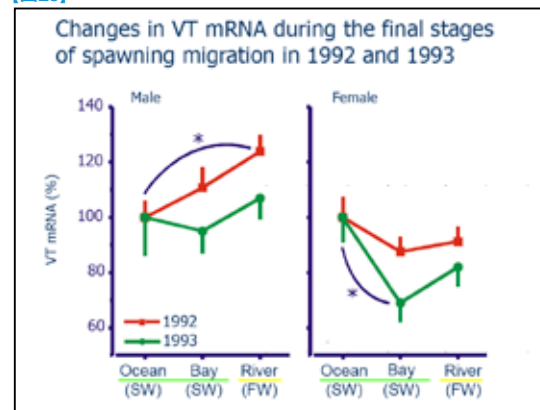
【図27】に、母川回帰にともなう血中塩濃度(Na+)の変化を示す。暖水塊があった1992年は、雄雌いずれも血中塩濃度200ミリmol/Lという高濃度で湾内に入ってきたが、1993年は海水域にいる時から、淡水に入ることを見えるかのように、血中塩濃度が低下していた。
 性ステロイドホルモンは、浸透圧調節能を低下させることが知られている。1992年に見られた高塩濃度は、成熟が進んだ状態、というよりは進み過ぎた状態でサンプリ



【図26】



【図27】



【図28】



swsp 札幌ワイルドサーモンプロジェクト
ニュースレター

バックナンバーのご案内

<p>2015年1月 第1号</p>  <p>ここから始まる 札幌ワイルドサーモン プロジェクト</p> <p>豊平川さけ科学館 30周年記念フォーラムから</p> <p>◆おもな執筆者 木村義一氏/有賀望氏/ 畠山亜希子氏/荒木仁志氏/ 中村太士氏</p>	<p>2015年5月 第2号</p>  <p>豊平川サケ 2014~2015 モニタリング報告</p> <p>野生サケ研究トピックス SWSP勉強会から</p> <p>◆おもな執筆者 佐々木北斗氏/森田健太郎氏/ 佐藤俊平氏/かじさやか氏</p>	<p>2016年1月 第3号</p>  <p>みんなでサケを 探してみれば</p> <p>サケ・水関連の活動を 集約したメニューについて</p> <p>◆おもな執筆者 向井徹氏/根岸淳二郎氏/ 渡辺恵三氏/角田武氏/ 佐々木北斗氏/佐藤信洋氏/ 木村義一氏/かじさやか氏</p>	<p>2016年2月 第4号</p>  <p>豊平川の 野生サケ</p> <p>SWSP市民フォーラム 2016報告</p> <p>「みんなでサケさがそ！」 携帯フォトコンテスト</p> <p>◆おもな執筆者 市村政樹氏/岸大弼氏/ 根岸淳二郎氏/久保修氏/ かじさやか氏</p>	<p>2016年7月 第5号</p>  <p>市民による サケの保全活動を 考える</p> <p>夜の豊平川でサケ稚魚の 降下状況調査中!</p> <p>◆おもな執筆者 佐々木北斗氏/森田健太郎氏/ 有賀望氏/齊藤裕也氏/ 菅原正則氏/棟方有宗氏/ 荒木仁志氏/かじさやか氏</p>	<p>2017年3月 第6号</p>  <p>SWSP 市民フォーラム2017 報告書</p> <p>第2回フォトコンテスト</p> <p>◆おもな執筆者 佐々木北斗氏/前田有里氏/ 有賀望氏/荒木仁志氏/ 黒田保孝氏/齊藤裕也氏/ 菊池基弘氏/森田健太郎氏/ かじさやか氏/岡本康寿氏</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ココをクリック!!
↓

**SWSPニュースレターは
電子出版(PDF形式)です。
SWSPウェブサイトの「資料集」コーナーから
無料でダウンロードいただけます。**



SWSPサポーター募集中

札幌ワイルドサーモンプロジェクト(SWSP)は、市民によるボランティア活動です。川や魚や釣りが好きな方、自然保護に関心をお寄せの方、サケのことをもっとお知りになりたい方、環境系のサークルやボランティアにご興味がおありの方、ぜひ一緒にしませんか。年会費無料のサポーター登録で、定期的に開催している勉強会の告知や、イベント情報などをメールにてお届けします。登録を希望される方は、ぜひホームページをご訪問ください。ご支援は下記口座でうけたまわっています。

》》》》》
 北洋銀行 円山支店(普通口座)
 口座番号 4098796
 口座名 サッポロワイルドサーモンプロジェクト

※振込手数料はご負担願います。

「種川の制」を考案した青砥武平治

もちろんだ村上藩の財政を大いに潤わせたんだよ

効果はあったんでしょ？

逆に進んだ

今となつては

：そう

野生魚の保護になつてる！

北海道では？

種川の制はなかったのかな

あったよ

人工孵化放流が初期にはあまり上手くないってなかつたから

北海道の河川ではまず種川の制がなされることになり

この豊平川も種川だったんだよ

札幌地方ではこれを「蕃殖場」と呼んだんだ

へー豊平川って種川でもあったんだ

ああ今でも実質、種川のような働きをしてるぞ

え？

あ、そうか！

自然産卵で産まれた野生魚が7割もいて漁はしない！ほんとだ種川だね

な？

豊平川は今も石狩産サケの母なる川の一つなんだ

ますます野生魚を応援しなくちゃだね

あのおさけ科学館で放流してるのは

稚魚だけど

人工孵化放流の

ちびリンまんが006

昔のサケ増殖法「種川の制」

まんが かじさやか

チエツポさーん！

おおちびリンカ

これって外国の増殖技術なんだよね？

そうだぞ明治の初期に日本に伝わったんだ

それまでの日本人はどうしてたの？

サケを捕るだけで増やそうとか思わなかつたのかな？

まさか！

日本には日本独自の増殖法があつたんだぞ

そうなの？

どんな増殖法？

村上藩（現在の新潟県村上市）で考案された方法で

「種川の制」というんだ

サケのぼる川に人工的な産卵しやすい分流を作って産卵場を確保し

種川

日本海

春、稚魚が旅立つ時には川を禁漁にするというものだ

あ、これって！



札幌ワイルドサーモンプロジェクトニュースレター

第7号 2017年5月

発行 札幌ワイルドサーモンプロジェクト(SWSP)事務局

〒005-0017 札幌市南区真駒内公園2-1 札幌市豊平川さけ科学館内

編集／平田剛士 デザイン／榎斐明広

☎011-582-7555

www.sapporo-wild-salmon-project.com