

東北沿岸域の河川で生まれたサケは、海に出て、ベーリング海やアラスカ湾で成長し、3歳から5歳で生まれた川に戻ってきます。

そのため、震災の影響も、震災直後だけでなく、継続的に見ていかなければなりません。東北マリンサイエンスのような、長く継続するプロジェクトだからわかることがあります。

大槌湾に戻ってくるサケにも、震災の影響がはっきりと出てきました。

しかしながら、戻ってくるサケの数はその後も改善の兆しを見せません。

—震災の影響評価に加えて、サケの資源量回復につながるような基礎研究を。

河川を下り大槌湾で大海原に向かうための準備をする稚魚の調査も進めています。

—天然環境で生まれる野生魚の特徴とは？

—水の中のサケの痕跡を探して何が見える？

—海鳥は重要な調査員？!

今、プロジェクトメニューで進めているサケ研究を紹介します。

特集

サケ研究の今

—6年を経て見えてきたこと・これからのこと—



東京大学大気海洋研究所 生理学分野 教授
東北マリンサイエンス拠点形成事業
サケ研究グループ代表
兵藤 晋 (ひょうどう すずむ)

サケの赤ちゃん
が海へと泳いで
いくわ!





青山 潤 (あおやま じゅん)
■東京大学大気海洋研究所
国際沿岸海洋研究センター
沿岸保全分野 教授

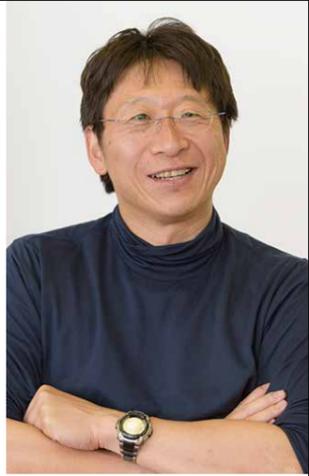
一九七〇年代以降、急速に発展した人工ふ化放流事業により、現在我が国沿岸に回帰するサケ資源は、ほぼふ化放流魚と考えられています。人工ふ化放流事業では、河口を塞ぐように設置した捕獲施設(写真上)でサケを採捕し、人工的に卵をとって授精させた後、放流までの数ヶ月間をふ化場で大切に育てます。春先、体重1g以上になった稚魚は、それぞれの河川に放流され、遙か北の海へと旅立ちます。つまり、現在のサケ資源は、人工的に生産した稚魚を天然の海で成長させ、産卵のため沿岸へ戻る性質を利用して漁獲しているのです。河川へ遡上するサケはほぼ全て河口で捕獲されますので、天然で



遡上親魚を捕獲する魚止め

天然で産卵するサケ

秋になると川で産卵するサケの姿がマスコミを賑わせます。小川の多い三陸の沿岸では、幅数メートル程度の小さな流れに不釣り合いな巨体をくねらせ、派手な水しぶきを上げるサケの姿を目にするのも少なくありません。しかし、これらは本来存在しないサケであることをご存じでしょうか？



北川 貴士 (きたがわ たかし)
■東京大学大気海洋研究所
国際沿岸海洋研究センター
生物資源再生分野 准教授

サケの来遊に震災の影響は？

震災はまだ多くの稚魚が川やふ化場にいる時に起きました。河川もふ化場も津波により大きな被害を受け、戻って来るサケがどうなるのかが懸念されていきました。毎年大槌で調査をしてきた結果、震災年に海へ降りたサケが川に多数戻ってきた結果、震災の二〇一四年の冬に四歳魚が極端に少なくなるなど、明らかに震災の影響が現れました。震災年にも例年通り放流できた別の川には、二〇一四年にも多くの四歳魚が帰ってきました。その後、戻ってくるサケの年齢構成はもとに戻りましたが、原因はわからないものの、この二年間は来遊数が大きく減少し、昨年度の本州太平洋側での来遊尾数は平成元年以降で過去最低を記録しました。

大槌湾でとれたサケが別の川に？

メニュー通信第二号でもお話ししましたが、湾奥の



野畑 重教 (のばた しげのり)
■東京大学大気海洋研究所
生理学分野 特任研究員

親魚の来遊と沿岸での行動
—震災の影響と三陸サケの特徴を探る

定置網でとれたサケに発信器をつけて放流し、大槌湾内での行動を調べています(図1)。もともとは、震災による環境変化が、サケの行動に影響を与えるのかどうかを調べようと思いついた研究でしたが、放流したサケは大槌湾内で河川の探索をするだけでなく、半数以上が大槌湾から出て行き、気仙沼や野田で再び捕獲されたサケもいました。この話をすると「何で大槌の川に入らねえんだ」と漁師さんは不満げですが、自分が生まれた川を探る途中で大槌湾に入ってきて、その時に捕獲されてしまうサケが多数いるのだと考えられます。成熟が進んだサケほど、早く川に入ろうとするかも知れなかったかも知れません。このような行動に、震災による川や湾の環境変化が影響しているのか、今後も調査を続けていきます。

北上川のサケは最終成熟の前に河川を遡上し、集団遺伝学的にも他の三陸河川とは異なるようなので、北上川のサケについても調査を始めています。
やはり「大雨になると大漁」
サケは冷たい水を好むので、海の水温、例えば親潮の流れなど

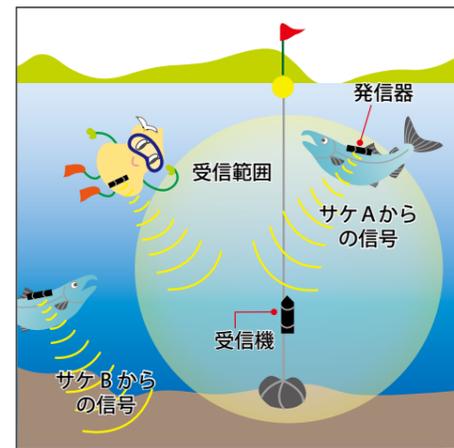


図1: サケに発信器を装着し行動を調査

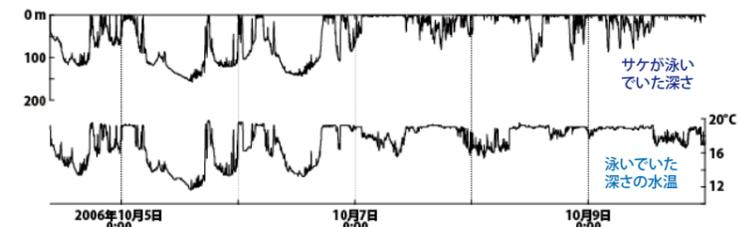


図2: サケが泳いでいた深さとその深さでの水温
2006年10月初旬に記録計を装着し大槌湾口で放流した記録する。

はサケの来遊に大きく影響します。実際に、沿岸域での海水温変化によってサケの行動が変わることもわかってきました(図2)。初秋、三陸沿岸に戻ってきたサケは、まだ水温が高い表層を避けて水深100mあたりの低水温域を泳ぎます。しかし、この年に低気圧が通過した十月七日以降、突然表層を好むようになりました。低気圧が通過したことで表層と深層の海水がかき混ぜられ、その一方で湾内では降雨によって冷たい河水水が表層に大量に流れ込みます。その結果、サケが深く潜っても水温は下がらず、むしろ湾内の表層の方が水温は低くなるのです。大量の河水水が湾に流れ込むことで、川を探しているサケが一気に湾内に押し寄せたのかもしれない。大雨になるとサケが湾内の定置網に入りやすくなる」と聞きますが、この現象を科学的に裏付けるものだと考えています。

サケ稚魚の降海回遊

産卵するものは存在しない、もしくは極めて少ないということになります。
大槌川水系のサケ稚魚
近年、北海道で行われた研究により、天然で産卵・ふ化したサケ野生魚が沿岸漁獲資源の三割程度を占めるといふ報告がなされました。また、世界的な環境保全意識の高まりによって、自然に産卵するサケの重要性も指摘されるようになりました。そこで我々は、大槌川と小釜川の川下流にトラップを仕掛け(写真下)、海へ下るサケ稚魚を調べました。この時、大槌ふ化場から放流される稚魚の大きさは57±3mmであったことがわかっていきます。

そうです。野生魚の降海生態を明らかにすることは、三陸の河川に適したふ化放流技術の開発に役立つことが期待されます。ただしサイズだけでは、その個体が放流魚なのか野生魚なのかをどこまで正しく判別できるのかわかりません。そこで、放流稚魚が魚粉を中心とした人工飼料で育てられたのに対し、野生稚魚はユスリカの幼虫や水生昆虫を食べていることを利用して、耳石や筋肉の安定同位体比に基づき正確な稚魚の由来判別法の開発*を目指しています。



大槌川と小釜川の川下流にトラップを仕掛け、稚魚を採集

放流魚と野生魚の違い

大槌川で見つかった大型群と小型群には、体のサイズだけでなく、降海する時期や、河川のどのあたりを下るかといった回遊生態にも様々な違いがあり

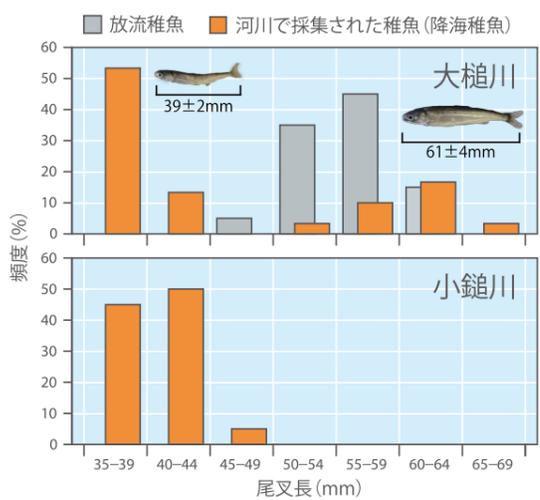


図3: 大槌川と小釜川で採集されたサケ稚魚の体サイズ
大槌川、小釜川とも、放流稚魚よりも小さな稚魚が採集され、これらは自然産卵に由来すると推定された。

* 生物の体を構成する炭素や窒素などには質異なる同位体が存在します。これらの比が餌によって異なるので、稚魚の耳石や筋肉を調べることで、どの餌を食べていたのか、すなわち放流魚なのか野生魚なのかを判別しようという技術です。



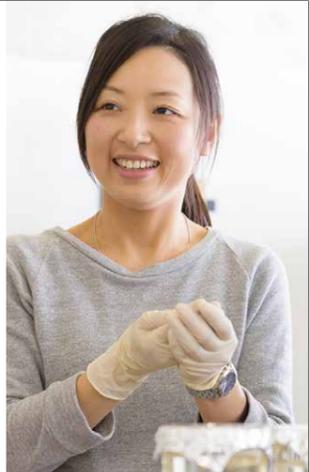
伊藤 元裕 (いとう もとひろ)
■東洋大学 生命科学部
応用生物科学科 講師

海鳥の目からサケの謎に迫る

大槌町で、漁師さんや町の人たちの話を聞くと、「放流したサケは川で九割が海鳥に食われてしまふ」という驚きの話もあり、それが事実であればすぐに手を打たなければなりませんし、そうでなかったとしても実態を正確に把握して対応を考える必要があります。

海鳥はサケを減らす憎い存在？

サケの研究グループで海鳥を研究する。ちょっと異端な存在にも思えますが、最近、にわかには浜のサケ漁師さんたちを騒がせる存在、それが海鳥です。



峰岸 有紀 (みねざし ゆき)
■東京大学大気海洋研究所
国際沿岸海洋研究センター
沿岸保全分野 助教

環境DNAって何？ どうやって調べる？ 何がわかる？

「環境DNA」という言葉、最近、ニュースやテレビ番組で耳にしたことはないでしょうか？ 生き物は、水や土壌といった様々な環境に生息します。その生き物が生息している環境、例えば水の中には、直接目には見えないけれど、生き物の体の表面や糞とともにばがれ落ちた「生物の痕跡(組織片)」が残っています(図4)。その組織片の細胞には、生物の設計図であるDNAが含まれています。このような環境中に存在するDNAを「環境DNA」と呼ぶ。



図4: 海や川から水を汲んで試料にする

水を汲んでサケ稚魚の生態に迫る 新たなツール・環境DNA

水生生物の場合、海や川から水を汲んで、ガラスの繊維でできた目の細かいフィルターを使ってろ過します。すると、フィルターには、その水の中に含まれていた生き物の組織片が残ります。この組織片から、遠心分離や薬剤を使って、DNAだけを単離し分析します。環境DNAの特徴は、試料の中に、その環境に生息する様々な生き物に由来するDNAが含まれることです。そのDNA全体を調べれば、その環境にどのような生き物が生息しているか、生き物の種類がわかります。一方、特定の生き物のDNAだけを検出する試薬を使えば、対象とする生き物のいる・いないがわかります。また、最近では、どれくらい、という量を調べることができるようにも示されています。生き物の生態に迫る新しい技術として、環境DNAは大きな注目を集めています(図5)。

サケ稚魚はどこにいる？

川でふ化・浮上したサケ稚魚は、川を下った後、湾内で一定の期間を過ごすと言われていますが、いつ、どのように湾に入るのか、湾の中でどこに分布するのか、いつ湾から外洋に出て行くのかなど、その生態は、意外とわかっていません。

サケチームでは、二〇一二年から大槌湾内のサケ稚魚の分布を調べていますが、昨年からは直接稚魚を採集するネット調査に加え、環境

海鳥はサケの減少原因を探る 優秀な調査員



放流直後のサケの放流魚を捕食するウミネコ

サケをはじめとした多くの魚類は、幼稚魚の時期が特に死亡率の高い時期で、その資源量を決定する重要な時期であるとされています。しかし、幼稚魚期の魚類のサンプリングは困難なことも多く、多くの種で未だ謎の多い時期でもあります。

このサンプリング問題を解決してくれそうなのが、ウトウという潜水性のウミズメ科の海鳥です。ウトウは、北海道や青森県沿岸の離島に多数繁殖していて、写真下のように雛に与える餌を嘴に多数くわえて巣に戻る性質を持っています。この餌となる魚の中に、多数のサケの幼稚魚が含まれていたのです。人間が網を引いてもなかなか取れなかった貴重なサンプルを鳥たちが採ってきてくれるというわけです。

私たちは、北海道と青森にある離島を複数訪れ、数百個体のサケ幼稚魚を採集し、北海道大学や北海道

DNAによる調査を始めました。二〇一六年の四月に地曳き網および砕波帯ネット(室浜と箱崎)と、二艘曳きのネット調査(根浜と安渡漁港内)の際に採水を行い、サケ稚魚の分布の有無を調べたところ、一部でネット調査と一致した結果が得られました。また、水槽実験を行い、水槽にサケ稚魚を入れた後、何時間でDNAが検出できるのか、そのDNA量が時間とともにどのように変化するかなど、サケの環境DNAそのものに関する基礎的な情報も集めています。

今後、技術的な検討をさらに進めつつ、大槌湾の様々な場所と時期に採水を行い、サケ稚魚の湾内の生態に迫りたいと考えています。



図5: 環境DNA調査・分析までの方法

メニューのクイズにチャレンジ(表紙参照)の答え 2. 環境DNA

立総合研究機構などと共同で、その体長や体重、食性を調べるとともに、耳石の輪紋解析*によって孵化後の成長を調べています。また、サケの放流魚の二割程度には、放流河川を特定できる標識がつけられており(図6)、これらを調べることで、これまで謎であった河川ごとの成長や回遊特性も明らかになりつつあります。実際、北海道厚岸のすぐ沖の太平洋に位置する大黒島では、ウトウの餌から複数の岩手県三陸産のサケが見つかっていました。

今、サケ研究は海鳥の力で新たな局面を迎えようとしています。



魚の幼魚を口いっぱいにくわえて帰巢したウトウと採取されたサケ幼魚

濃い輪紋はサケを冷たい水温で飼うとできるんじや。孵化場ごとに冷たい水温に入れる時間を調節することで、標識をつけるんじやよ。バーコードのようじやな。



識別用の標識

図6: サケ幼魚の耳石から観察された放流河川識別用の標識

*耳石は魚の頭の中にある炭酸カルシウムの結晶で、魚の成長に応じて大きくなる。水温等の環境が急激に変わると、伸長量が変わり、色の濃淡の付いた輪紋が形成される。

沿岸センター
アーカイブ

元東京大学海洋研究所講師

乙部 弘隆

(おとべ・ひろたか)さんに聞く



今回は、一九六七年から東京大学海洋研究所（現東京大学大気海洋研究所）に勤務し、一九九三年から二〇〇六年まで大槌町の研究センターに赴任していた乙部弘隆さんを訪ねました。

世界の海をめぐる、そして大槌へ…

乙部さんの専門は海洋気象学。大型研究船の海洋観測員として南極海、北極海、太平洋、大西洋、インド洋など世界中の海を回りながら、太陽熱や放射冷却など海面での熱の出入りに関する研究を長く続けてきました。一九九三年に大槌臨海研究センター（現国際沿岸海洋研究センター）に赴任後は、大槌湾を研究フィールドに、気象・海象観測、観測機器の設置・更新などを担当。海底設置型 ADCP（音響ドップラー流速プロファイラー）という大型の流速計を用いて、大槌湾内で海の水がどのように流れ、それが場所や季節に応じてどう変化しているのかを明らかにしました。また、もともと生物が好きだったことも手伝って、サケの遡上や水産など専門外のテーマについても多くの研究成果を残しました。

海洋気象学から見たサケの遡上行動

大槌のサケ漁師さんの間では、「西風が吹くと大漁」「大雨が降ったあとは大漁」という昔からの言い伝えがありますが、P4の「親魚の沿岸での行動」でもご紹介したように、この口承が科学的にも解明されてきました。乙部さんは、今から二十一年近く前に、海象・気象の観点からサケの漁獲量との関係を調べて論文にまとめた方でもあります。海象・気象を観測していた乙部さんは、三陸沿岸では西風が陸から海に向かって吹くので、雨で

増水した川の水が大量に沖へと流れ出ることがわかっていました。生まれ故郷の川の水の匂いを頼りに産卵に戻るサケの習性から、漁師さんの言い伝えは十分説明がつくと考えた乙部さんは、大槌漁協と釜石漁連に通いつめて大槌湾のサケの漁獲データを入手し、研究センターで記録している海象・気象観測データと照合して検討してみました。すると、雨が降った日や、強い西風が吹いた日の直後には、漁獲が増えており、特に、サケ漁期中一番の大雨、強風だった日の翌日は、シーズンで一、二の水揚げ量を記録していたのです。

サケ研究に適した大槌の自然環境

大槌町赤浜の国際沿岸海洋研究センターでは、昔から多くの専門家がサケの研究を行ってきました。では、なぜ、大槌ではサケ研究がさかんなのでしょう。それは大槌湾でサケがとれること以外に、もう一つ理由がある、と乙部さんは話します。「サケは川と海を行き来する通し回遊魚で、研究や飼育には海水だけでなく、良質な淡水がたくさん必要になります。目の前に三陸の海があり、きれいな地下水が得られる大槌はまさにぴったりの条件です。そもそも東大の臨海研究施設の建設地に大槌が選ばれたのも、湧き水が豊富なことが大きな理由の一つでした。この恵まれた研究環境で、今後もサケ研究が継続的に行われ、漁業の発展や生態系保全に貢献していけることを期待しています」

大槌湾での海象観測
電磁流速計を湾内に
係留する作業中。



大槌時代・テニスサークルにて
地元の方々や単身赴任の教員など
とプレーを楽しんだ。当時の
仲間とは今年一回の合宿を通
して旧交を温めているとか。



大気海洋研究所の一般公開にて（2016.10.22）
子どもたちに紙芝居を演じる乙部さん。退官後は小・中・
高校生を対象に、サケや海洋をテーマにした出前授業や
小中学校の教育研修など、全国を舞台に活発な教育活動
を行っている。