

第12回 サケ学研究会 講演要旨集

**Abstracts for the 12th Conference of
Salmon Science Society (3S)**



日時：2018年12月1日（土）～2日（日）
場所：函館市国際水産・海洋総合研究センター大会議室

Date: December 1-2, 2018
Venue: Hakodate Research Center for Fisheries and Oceans

第12回サケ学研究会プログラム

Program for the 12th Conference of Salmon Science Society (3S)

日時：2018年12月1日（土） 13:00 ～ 2日（日） 14:30（予定）

場所：函館市国際水産・海洋総合研究センター大会議室
北海道函館市弁天町20-5 (<https://center.marine-hakodate.jp/>)

2018年12月1日（土）

13:00 開会挨拶 会長 宮下和士（北大FSC）

13:05-17:30 特集「『サケ』の価値の多様性を考える」

コンビナー：宮下和士（北大FSC）・荒木仁志（北大院農）・
市村政樹（標津サーモン科学館）

13:05-13:20 S1 趣旨説明「サケ」の価値とは何か
荒木仁志（北大院農）・宮下和士（北大FSC）

テーマ I 文化的観点から 座長：青山潤（東大大海研）

13:20-13:50 S2 サケ鉤漁一本州サケ漁の特徴を考える
小谷竜介（東北歴史博物館）

13:50-14:20 S3 三陸のサケーこれまでとこれから
吉村健司（東大大海研）

14:20-14:30 休憩

テーマ II 教育的観点から 座長：市村政樹（標津サーモン科学館）

14:30-15:00 S4 「サケ」の価値とは何か 大学の観点から
～北海道大学水産学部 海洋生物科学科を例に～
工藤秀明（北大院水）

15:00-15:30 S5 札幌・豊平川に遡るサケの価値とは？
～市民団体・SWSP札幌ワイルドサーモンプロジェクトの挑戦～
丸山 緑（SWSP）

15:30-16:00 S6 サケの価値の多様性を考えるー水族館の観点から
菊池基弘（サケのふるさと千歳水族館）

16:00-16:10 休憩

テーマ III 3次産業的観点から 座長：荒木仁志（北大院農）

16:10-16:40 S7 札幌市内でのワールドサーモンフットパス
小川浩一郎（株式会社 The-O）

16:40-17:10 S8 標津町におけるサケに関わる第三次産業の取り組みについて
市村政樹（標津サーモン科学館）

17:10-17:30 総合討論
進行 宮下和士（北大 FSC）

18:30-20:30 交流会

2018年12月2日（日）

9:00-14:12 一般講演 [*G1-10: サケ科学奨励賞選考対象講演]

座長：佐藤俊平（水産機構北水研）

09:00-09:15 G1 *サケ科魚類における腋突起の形態学的解析
宮下倭麻（北大院水）・若林佑樹（北大水）・市村政樹（標津サーモン科学館）
・工藤秀明（北大院水）

09:15-09:30 G2 *サケ稚魚脳における海洋生物由来の3脂肪酸強化餌料の短期給餌がシナプ
トソーム関連タンパク 25 遺伝子発現に与える影響
漆山明日美・阿部嵩志（北大院水）・渡辺智治・虎尾 充・
宮腰靖之（道さけます内水試）・上田 宏（北大／道栽培公社）
工藤秀明（北大院水）

09:30-09:45 G3 *サケ稚魚における不動化法の違いによる嗅房および脳での最初期遺伝子 c-
fos 遺伝子発現の比較
土森勇魚・阿部嵩志・工藤秀明（北大院水）

09:45-10:00 G4 *大槌湾流入河川におけるサケ稚魚の降海生態
川上達也（東大大海研）

座長：虎尾 充（道さけます内水試）

10:00-10:15 G5 *サケ稚魚の種苗性と海洋環境とのマッチングに関する実験的検証
中村 周（北大院環）・金子信人（北大院水）・宮腰靖之（道さけます内水試）
清水宗敬（北大院水）

10:15-10:30 G6 *サケ稚魚の代謝速度と成長速度に及ぼす水温と餌料環境の影響
飯野佑樹・阿部貴晃・北川貴士（東大気海洋研）
長坂剛志・清水勇一・太田克彦（岩手水技セ）
川島拓也（岩手内水技セ）・河村知彦（東大気海洋研）

10:30-10:40 休憩

10:40-10:55 G7 *シロザケの成長に対する光周期の影響
佐藤琢哉・平井俊朗（岩手大三陸水研セ）

10:55-11:10 G8 *日本系サケの成長を通じた生態系サービスの定量的評価
柄沢有香・上野洋路・谷杉 諒・笠井亮秀（北大院水）・
尹 錫鎮（韓国水産科学院）・清田雅史（長大院水）

座長：宮腰靖之（道さけます内水試）

11:10-11:25 G9 *サクラマスの組換えインスリン様成長因子結合蛋白-1 の作製
長谷川竜也（北大院環）・田中英絵（北大院水）・木崎亮佑（北大院水）・
佐藤萌絵（北大院環）・清水宗敬（北大院水）

11:25-11:40 G10 *プロテオーム解析を用いた伝染性造血器壊死症の病態解明
西川翔太郎・笠井久会（北大院水）

11:40-11:52 G11 栄養状態と水温がサケ稚魚の遊泳力に及ぼす影響
虎尾 充・渡辺智治・宮腰靖之（道さけます内水試）

11:52-12:04 G12 千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 4. 河畔植生フェノロジーと餌
資源利用の季節変化
河村 博（道総研フェロー）

12:04-13:00 昼食

座長：荒木仁志（北大院農）

13:00-13:12 G13 集中化する国際サケ市場の経済リスクとサケ生産多様化の必要性
清水幾太郎（水産機構北水研）

13:12-13:24 G14 三陸沿岸におけるサケの遡河行動開始の生理的背景
野畑重教・青木良徳・伯耆匠二・北川貴士・佐藤克文・兵藤 晋（東大大海研）

13:24-13:36 G15 大槌湾水系におけるサケの自然産卵
峰岸有紀（東大大海研）

座長：阿部周一（北大名誉教授）

13:36-13:48 G16 岩手県松前川におけるサクラマスの産卵床数および産卵場所
佐々木 系（水産機構東北水研）・宮下和士（北大 FSC）

13:48-14:00 G17 三陸岩手のサケの遺伝特性 ―沿岸海域で漁獲された集団を中心に―
塚越英晴（岩手大三陸水研セ）

14:00-14:12 G18 産卵回遊途上のシロザケ間脳における遺伝子発現の網羅的解析
浦野明央（北大）・北橋隆史・安東宏徳（新潟大佐渡臨海）・小沼 健（阪大院理）・

福若雅章・伴 真俊（水産機構北水研）・兵藤 晋（東大大気海洋研）

14:12-14:17 サケ科学奨励賞授与式

14:17-14:27 総会

14:27-14:30 閉会挨拶 会長 宮下和士（北大 FSC）
写真撮影

14:30 閉会

特集 『『サケ』の価値の多様性を考える』

コンビナー：

宮下和士（北大FSC）・荒木仁志（北大院農）・市村政樹（標津サーモン科学館）

昨今の漁獲量変動に伴い、水産資源としてのサケを取り巻く状況は大きく変化しつつある。これを受けて資源量回復に向けた研究や対策が求められる一方で、限られた資源としての「日本のサケ」を文化・教育・第三次産業の観点からより多面的に捉えようという活動もかつてなく重要視されつつある。

折しも来年2019年は「国際サーモン年」に制定され、変動する環境下におけるサケの仲間と人々との関わりを見つめ直す年となる。そして日本においても持続可能な資源管理に向けた研究や技術開発に加え、サケ科魚類と人との関わり方に対する普遍的・多面的な理解の促進が求められる。そこで本特集では、日本におけるサケの多面的な価値について再考し、従来の水産資源管理とは別の視点で、特に地域資源としての活用を視野に入れた「サケの価値の多様性」とその可能性について議論する場を設けることとした。

S1

「サケ」の価値とは何か

○荒木仁志（北大院農）・宮下和士（北大 FSC）

言うまでもなく「サケ」は世界の水産業における最重要種の一つである。一方で人とサケマスの繋がりは深く、現代における水産資源としての「サケ」の価値はその一断面にすぎない。サケマスを取り巻く環境が世界的に変化する中、我が国においてもその価値を改めて問い直す時期が来ている。そこで今回は文化・教育・第三次産業など、様々な観点からサケ科の魚と関わられている皆さんにご講演いただき、人とサケマスとの繋がりにおける過去・現在・未来について包括的な議論をしていきたい。

S2

サケ鉤漁—本州サケ漁の特徴を考える

小谷 竜介（東北歴史博物館）

遡河性魚類であるサケは古来より河川での漁獲が中心であった。海洋に比べて、狭い漁場で一獲できるためである。これは日本に限らず広く行われた。では河川で行う鮭漁はどのようなものであったのであろうか。

漁具 サケの漁具は網、突、鉤、釣の各漁法となる。また、川をせき止める梁漁も広く行われていた。漁法を各民族に広げると表 1 のように整理される。網漁と突き漁が広く行われていたことが分かる。その中で、鉤漁は本州日本でしか行われていない点に目が行く。

表 1 民族ごとの漁法比較

地域	民族名	漁期	漁法				
			網	梁	突	鉤	釣
北米	セイリッシュ		○		△		○
北米	クワキトゥル		○		△		○
北米	ツィムシアン		○		△		○
アラスカ	トリンギット		○		△		○
オホーツク沿岸	チュクチ		◎				
オホーツク沿岸	ネギタール	7～9月	○	○	○		
カムチャッカ	コリヤーク	7～8月	○		○		○
カムチャッカ	イテリメン	5～8月	○				
沿海州	ウリチ	7～9月	○	○	○		
沿海州	ウデヘ	7～9月	○	○	○		
沿海州	オロチ	7～9月	○	○	○		
沿海州	ユカギール	7～9月	○	○	○		
サハリン	ニブフ(ギリヤーク)	6～8月	○	○	○		
北海道	北海道アイヌ	9月～11月		○	◎		
本州日本	日本	10月～1月	◎	○	△	◎	△

鉤漁 鉤漁は、一定の場所でじっとしながら、サケの遡上を待つ漁である。そしてサケを認識すると人力で引き上げる。この点が他の漁法と大きく異なる。釣り漁も待つ漁であるが、認識法が異なる。これは、サケの遡上漁が非常に少ない点が大きく影響していると考えられる。

サケを認識するため、鉤漁にはサケの生態に対する民俗知識が非常に多い。この点もサケが珍重されていた表れであろう。

①サケは白色が分からない、②人影見ると隠れる、③雨で濁ると遡上する 等々

1951（昭和 26）年の水産資源保護法の施行により、河川でのサケ漁は孵化放流事業目的を除き原則禁止されることになった。そのため、以前の姿を追いかけることは難しくなっている。しかし、数少ない資料を通して、古い漁法には、サケに対する地域の文化がよく現れており、そこから、地域とサケの関わりを再構成することは、現在の人たちが現在のサケと関わっていく上でも一定の意味があろう。

S3

三陸のサケ-これまでとこれから

吉村健司（東大大海研）

【背景・目的】

三陸におけるサケは住宅街の中を流れる川を遡上し、産卵し、一生を終える。我々とサケの生活空間は非常に近いという地理的特性を持つ。これらのサケは水産資源保護法をはじめ、歴史的に見ると諸制度によって、その採捕が禁止されてきた。ところが、人々は様々な形で、サケと関わりを持ち続けてきた。東北のサケにおける文化的視点に関する研究は、北方文化との関連で進められてきた。特に信仰に関連する研究蓄積は厚く、なかでも初鮭儀礼に着目され、日本ではアイヌをはじめ、新潟、山形などでの調査が行われてきた。三陸におけるサケをめぐる儀礼の調査は、宮古市・津軽石を事例とした研究が多く存在する。津軽石では、こうした儀礼をはじめ、種川制や人工孵化事業、伝承といった多くの研究蓄積があり、三陸のサケ文化を代表する地域といえる。しかし、これまでの調査から、実際には津軽石も含め、さらに多様なサケの資源像を垣間見ることができた。本報告では、三陸の人々がいかにサケと関わってきたのか、歴史資料と聞き取り調査で得られたデータをもとに、その多様な展開の一端について報告を行うとともに、これからのサケと我々の関係について検討する。

【結果】

1) **江戸への広域流通**：南部藩の家老席日誌『雑書』において登場する水産物は55種。なかでもサケについては他の種とは異なり様々な加工形態で登場する。また、初鮭が献上されていたことが記載されており、その多くが北上川流域と馬淵川・奥入瀬川流域のサケ留で獲られたものであった。さらに、『武鑑』によれば全国12地域から初鮭が時献上として献上されており、サケは幕府公認の領国内産物として、南部藩を代表する産品であることがわかった。

2) **外貨獲得資源としてのサケ**：明治26年、27年の田野畑村・島越の有利嶋沖定置台帳を分析したところ、サケの販売単価は25銭～30銭で、定置網で漁獲される魚種のなかで、マグロに次ぐ高価格魚種であった。さらに、他の魚種よりも多量採捕され、その多くが岩泉や宮古へとといった村外流通の傾向が強く、貴重な外貨獲得資源であったことが示唆される。

3) **サケとサクラマスをめぐる交換による社会関係の構築**：久慈半島の南部に位置する久喜と北部に位置する小袖では、それぞれの知人や親戚間でサケとサクラマスが交換されていた。小袖から久喜に贈られるサケは、各家庭で新巻鮭として保存され、マゴチ（年長者）が優先的に食べることができた。また、サケは他の海産物とは異なり、地域内で分配されることはなく、贈られた家庭内で消費された。一方、久喜から小袖へは、春先にサクラマスが贈られたという。このように、久喜と小袖では、サケとサクラマスの交換を通じた、一種の共同体意識とも呼べる社会関係が構築されていたものと思われる。こうした関係は、久喜でのサケ漁開始とともに、徐々に行われなくなったという。

三陸のサケにおける歴史に多くの場面において、「移出」という行為が当事者間の社会関係の構築・維持に大きく貢献してきたものと考えられる。こうした歴史はサケをめぐる歴史の一端でしかないが、今では地域内の一部の人にしか継承されていない。近年のサケ回帰率の低下は、今後の人とサケの関係をさらに希薄化させることが予想される。今後、三陸沿岸の歴史において他の魚種とは一線を画し、綿々と刻まれてきたサケについて今一度、顧みる必要があるのではないだろうか。

S4

「サケ」の価値とは何か 大学の観点から ～北海道大学水産学部 海洋生物科学科を例に～

工藤秀明（北大院水産）

はじめに 北海道大学水産学部では、水圏生物資源をベースに持続的生産、環境保全、総合的な利用等、様々な科学的発見を通して人類社会へ貢献することを目標として、水産科学に関わる教育・研究に携わっている。その中でも、北日本の重要な水産物である『サケ』類は、特別な意味を持つ対象種であるが、卒業生でもある演者が学生の頃を含めても学部教育の中で『サケ』についてしっかり学び・実感する機会が以前は少なかったように思える。現在、本学部は、海洋生物学、海洋資源科学、増殖生命科学、資源機能化学の 4 学科（1 学年各 50 名程度）からなっている。演者が所属する海洋生物科学科では、他の教員とともに、より深く『サケ』について学べるように授業・実験実習内容を改良してきた。本発表では、本学科学生が 3 年生を終えるまでに受ける『サケ』に関わる教育内容について紹介する。

1 年生 水産学部は現在、1～2 年生を札幌、3～4 年生を函館で学んでいる。1 年生では、全学教育科目という位置づけで、サケ学研究会の多くの関係者にもご担当していただいている「サケ学入門」がある。これはオムニバス形式で毎回違う学内外の講師がサケに関する生物学のみならず、水産、歴史、経済、文化も含めた内容で実施している。この段階では海洋生物科学科には配属されていないが、結果的には本学科に進む多くの学生が履修している。

2 年生 学部籍になった 4 月早々の週末に「野外巡検」の一部として、学科のオリエンテーションも兼ねて、貸切バスで「サケのふるさと千歳水族館」に赴き、バックヤードツアーを含めた館内見学と OB である菊地基弘館長のレクチャーも拝聴し、サケに関する知識を深め、サケ稚魚放流も体験している。夏学期には、「水産資源各論」のなかの「サケ類」という授業の回で、水産資源としての『サケ』に関する生態、資源、水産、利用に関する最低限の知識を学んでもらっている。これら以外の授業のなかでもサケについて触れられている。

3 年生 函館に移った早々に、本学科学生の多くが履修する「地域資源科学（他学科開講）」の一部では、より踏み込んだサケに関する内容を地域特異的資源としての側面やそれが成り立つための特徴である母川回帰機構も含めて講義をしている。その直後の 5 月には、附属練習船おしよる丸により北太平洋西部海域で実施される「洋上実習 I」では、表層流し網や延縄、釣りによるカラフトマスやサケの採集実習を行い、外洋未成熟魚が生息する環境を各種海洋観測とも併せて理解してもらっている。その後は、清水宗敬先生の「サケ生理学実験」や「北方生物圏機能生物学（他学科開講）」、演者の「サケ解剖実験」等が続き、11 月には「河川実習」がある。近郊の八雲町遊楽部川水系に貸切バスで赴き、実際に河原での産卵遡上や自然産卵の行動観察、産卵環境および物質輸送や生物多様性への寄与の理解、成熟魚の特徴を外部形態計測や解剖を通して学び、さらに「北海道区水産研究所八雲事業所」のご協力を得て施設見学をさせていただき、人工ふ化放流事業についても学んでもらっている。

以上、本学科ではこのような『サケ』に関する教育内容を実施しており、今後も、全国に世界に降海して行く学生達に対して、少しでも多くの、かつ良質な知識や経験を刷込ませていきたい。また、その中から将来のサケの研究者や専門家が出てくることを期待している。

S5

札幌・豊平川に遡るサケの価値とは？ ー市民団体・SWSP 札幌ワイルドサーモンプロジェクトの挑戦ー

丸山 緑 (SWSP)

1. 札幌ワイルドサーモンプロジェクトとは？

札幌ワイルドサーモンプロジェクト (Sapporo Wild Salmon Project, 以下「SWSP」) とは、札幌市内に生きるサケたちが、自力で再生産をして豊平川サケ個体群の野性味を最大限向上させ、豊平川にあるべき環境を取り戻すことを目指す市民団体である。同時に、市街地で繰り返されている命のドラマを地元市民が知り、魅力に気づき、愛着が生まれ、190 万都市札幌ならではのサケの価値を見出していくことも目指している。メンバーは行政、学芸員、研究者、建設コンサルタント、漫画家、マスメディア関係者など多種多様であり、それぞれの得意分野を生かしたアプローチで知恵を絞りながら活動に取り組んでいる。

2. 設立の経緯

札幌市内を流れる豊平川では、1979 年にカムバックサーモン運動によって放流された稚魚が回帰した後でサケの大規模遡上が回復した。以後、札幌市豊平川さけ科学館が毎年稚魚を放流し、親魚が遡上する姿が見られている。近年、遡上した親魚は自然産卵由来の野生魚が回帰親魚の約 7 割を占めていることが明らかとなり (有賀ほか 2014)、自然産卵で世代交代する野生魚を増やすことを目的に、2014 年に有志の市民で SWSP を設立した。

3. 活動内容～挑戦の紹介～

①放流数の順応的管理の導入

遡上数が大きく減らない範囲で、産卵床調査で推定したサケの遡上数に応じて放流数をコントロールし、野生魚による再生産を促進させる。

②産卵環境の復元

かつて豊平川は床止工の落差により魚の遡上が阻害されていたため、1990 年代に魚道が設置された。これによりサケの遡上範囲は拡大したが、上流域の河床低下による岩盤化や中流域の流路固定化等により、サケの産卵適地は減少している。このため SWSP ではサケの産卵環境の回復を目指し、2015 年より毎年人力での河床耕起や札幌河川事務所、寒地土木研究所、道興建設や北英建設をはじめとする各関連機関と連携した流路復元を試みている。

③調査・研究

サケ遡上期には産卵床調査によりサケの産卵に利用されている箇所を確認し、回帰親魚遡上数を推定している。またホッチャレを採集し、耳石による野生魚率の推定を行っている。

サケ稚魚降河期にはサケ稚魚捕獲調査により、降河数や卵からの生存率、活動時間帯や体サイズ、および遊泳能力等を測定し、野生サケ稚魚の降河実態の解明を目指している。

④野生サケ保全の普及活動

上記の実施結果を毎年開催している市民フォーラムで活動報告すると共に、小学生から高校、大学院生に至る様々な年代のポスター発表や口頭発表を行い、身近な生き物についての理解と交流を深めている。またイベントへの出展や観察会を通じて、豊平川の現状と野生サケとの共存の重要性を広く伝えている。更に、常時 WEB サイト、SNS、メールマガジン等で活動内容や河川・生物の情報を発信すると共に、市民の写真投稿による「みんなでサケさがそ！」も運営している。

S6

サケの価値の多様性を考えるー水族館の観点から

菊池基弘（サケのふるさと千歳水族館）

動物園・水族館の社会的役割の一つとして、「教育」が語られるようになって久しい。24年前に開館した当館の設立目的にも「サケや淡水魚の生理生態および水族保護への関心を高めるとともに、感動的な生きた魚を通じて、川、森、自然への理解を促し、青少年の社会教育と観光的な期待に応える。」とある。また公益社団法人日本動物園水族館協会が掲げる動物園・水族館の役割の中にも種の保存、調査・研究、レクリエーションとともに教育が掲げられ、各園館が工夫を凝らしたプログラムを組み立て、教育普及事業に力を注いでいる。

各水族館で実践されている教育プログラムの多くは、飼育・展示している水生生物の中から、特定の種または分類群をピックアップし、食性や生息環境などを中心に形態的な特徴や生理・生態などを伝える内容となっており、種類ごとに1つのプログラムという場合がほとんどである。対して当館で実施している教育プログラムの内10本ほどは、全てサケだけをテーマとして構成されている。人工授精からふ化観察、そして放流体験に至る人工ふ化放流事業に関するものや、野外や当館の水中観察窓からの遡上・産卵行動の観察、またアイヌ文化との関わりや調理実習など、国内の水族館において単一種でこれほど多くのプログラムが組み込まれている事例は他には無いと思われる。またこれらプログラムの多くは子どもに分かりやすいよう組み込まれているが、親子などでの参加した大人にとっても、十分興味を惹く内容となっている。これらはサケが河川に生息する魚類としては大型であり、「母川回帰」のような魅力的な生態を有する生物であることのみならず、古くから人との関わりが深い身近な魚であったからであろう。

来館者の多くは楽しみを求めて水族館を訪れるのであり、教育を受けに水族館に来ているわけではない。サケは身近な魚であればこそ、様々な内容を気軽に知的な楽しみとして、興味をもって受け止めてくださる方も多いようである。今後も新たなプログラムを開発し、来館される多くの方にサケの魅力とサケを取り巻く環境問題などについて考えていただける機会を提供していきたいと考えている。

S7

札幌市内でのワールドサーモンフットパス

小川浩一郎 (株式会社 The-0)

サケの遡上とフットパス。歩くことで一般や観光のために訪れる人たちにとっては楽しみながら触れられる機会となる。その地域の自然や歴史・文化にも触れ、サケが地域にどのように関わってきたか、あるいはサケとヒトとの接点に触れながら歩くことで楽しみながら学べる場となる。昨年度から始め、多くの参加者に知ってもらう機会となり、大都市・札幌で河川やサケというツールを使うことでそれら以外にも周辺環境、歴史・文化、健康、地域の活性化、観光など多方面に寄与するものと考えている。



写真：SWSP と共催し、札幌市内で実施したサーモンフットパスの様子。



標津町におけるサケに関わる第三次産業の取り組みについて

市村政樹（標津サーモン科学館）

はじめに 標津町は、北海道東部の知床半島の付け根に位置する江戸時代前期の寛永年間にサケ漁によって拓かれた人口5,300人ほどの小さな町であり、現在においても、サケ漁業は町を支える重要な産業である。1980年以前、標津町にとって、「サケ」は漁業およびその加工といった一次産業および二次産業の側面で見られていた。ところが、1981年に薫別川を埋め尽くすほどの大量のサケが遡上するようになり、その様子がテレビで全国に放映されると、多くの観光客が訪れるようになった。そのことにより、サケは基幹産業と結びついた特色ある観光を生み出す可能性が示唆された。その後、標津町は「サケの町」としてサケに関わる様々な取り組みが行われるようになっていく。

標津サーモン科学館 標津サーモン科学館は「人・サケ・自然の共生」をテーマに1991年にオープンしたサケの水族館である。現在、サケの町標津のシンボル施設として、「サケを見せる」施設として、来町者と地域の産業をつなげる観光拠点であり、さらに学校教育活動・研究活動に力を入れている。

サーモンフィッシング 1980年代前半に北海道各地の沿岸でサケ釣りブームがおこった。標津町においては、一部マナーの無い釣り人によるゴミの投げ捨て等の問題が生じた。加えて、遊漁船による釣りも盛んにおこなわれるようになり、「サケ釣り規制の強化」の動き見られた。この問題を打開しようと1988年に「ALL JAPAN・サーモンダービー」という船釣りの大会行われた。サケ釣りのルールが無かった当時に1日に1人あたり最大5尾までなどのレギュレーションを設けた大会運営を行った。また、1995年に人工ふ化放流事業の合理化により、町内を流れる忠類川においては、放流事業は存続するものの、親魚の捕獲が行われないことが決定した。川を管理していない状況では、河川内での密漁が横行する懸念も生まれたため、漁業者から「忠類川のサケを釣りで利用したらどうだろう」という提案がなされ町内の関係団体が協議した結果、「忠類川サケ・マス有効利用調査」がスタートした。

エコ・ツーリズム 2001年に発足した「標津町エコ・ツーリズム交流推進協議会」が中心となって、体験型観光を積極的に推進している。サケに関わる体験メニューは「荷揚げ作業見学」「朝の市場見学」、さらに「イクラづくり体験」「新巻鮭づくり体験」などがある。これらは、普段、立ち入ることのできない一次および二次産業の現場であり、現在、全国から修学旅行生や観光客を受け入れている。

今後の展望 標津町は「サケの町」を前面に出す先進的な取り組みにより、メディアで紹介されるケースが多い。これまで通過型の観光地であったが、観光客を足止めする効果が少なからずあったと考えられる。標津町は地域独自の衛生管理システム「地域ハサップ」などにより、一次および二次産業の分野でサケの付加価値を高める努力をしてきた。この努力がなければ、現状の三次産業への展開にはつながらなかったであろう。サケは、生態学的、水産業といった社会的、食文化など文化学的に見てその価値は高い。今後、その価値を多面的にみることにより、まだ発見されていない新たな魅力を発掘し、発信したいと考えている。

一 般 講 演

G1 サケ科学奨励賞選考対象講演

サケ科魚類における腋突起の形態学的解析

○宮下倭麻（北大院水）・若林佑樹（北大水）・市村政樹（標津サーモン科学館）
・工藤秀明（北大院水）

背景と目的 サケ科魚類 (Salmonidae) の外部形態の特徴として脂鱗が広く知られているが、腹鱗基部に位置する葉状構造の腋突起 (axillary process or appendage) もその特徴の 1 つとされ、腋鱗 (axillary scale) とも呼ばれている。一方、脂鱗同様に腋突起はサケ科魚類以外にも見られ、ニシン目魚類 (Clupeiformes) 等の多くの魚種で腋突起およびその類似構造が報告・記載されている。しかしながら、これらの突起が同様の構造や機能を有するかは不明である。ギンザケ (*Oncorhynchus kisutch*) 幼魚では、銀化変態に伴いに腋突起が、腹鱗と体の間を埋めるように三角錐状に伸長することが報告されているが、脂鱗が雄の二次性徴形質であるような性成熟との関連は不明である。本研究では、脂鱗と腋突起の双方を有することがサケ科魚類固有の特徴であるか否かを示すことおよびサケ科魚類の腋突起の性成熟との関連を明らかにすることを目的とした。そのために、サケ科魚類を含む近縁分類群の魚種での腋突起の有無を文献と実際の標本により確認した。併せて、サケ属 (*Oncorhynchus* spp.) 魚類の腋突起の外部形態計測分析により、成長、性差、性成熟に着眼して比較した。

材料と方法 サケ科魚類および近縁種の腋突起の有無を、学術論文、北海道大学総合博物館分館水産科学館の標本および標津サーモン科学館の展示標本他で確認した。性成熟に伴う二次性徴との関連は、2017 年と 2018 年に採集した以下のサケ (*O. keta*) およびカラフトマス (*O. gorbuscha*) の雌雄を用いた。1) 2017 年と 2018 年 5 月に北太平洋西部海域で採集した外洋索餌回遊中の未成熟魚、2) 2017 年に北海道東部または南部地区の沿岸で採集した軽度の二次性徴が認められた成熟途上魚、3) 2017 年に北海道の標津川または遊楽部川に産卵遡上し、顕著に二次性徴を発現した成熟魚。外部形態計測には、尾叉長、ハイピューラル長（眼窩中央から下尾骨末端）、左右腋突起長、左右腋突起幅を測定した。腋突起長および幅の雌雄間比較では、一般化線形モデルを用いた。本研究において、魚類の分類体系は、「日本産魚類検索全種の同定第三版」に従った。

結果 サケ科魚類のうち、サケ属の 9 種および入手・観察が不能であったコクチマス属 (*Brachymystax* spp.) を除く各属 1 種以上において、腋突起の存在を生体または標本において確認できた。この分類体系ではサケ科魚類と近縁とされているキュウリウオ科 (*Osmeridae*)、アユ科 (*Plecoglossidae*)、シラウオ科 (*Salangidae*) では、腋突起は存在しなかった。その他、ヒメ目 (*Aulopiformes*)、コイ目 (*Cypriniformes*)、スズキ目 (*Perciformes*) 等の一部、全 184 種において腋突起が存在することを確認した。脂鱗と腋突起を共に持つ種は、ヒメ目において 3 科 5 種で確認できた。カラフトマスおよびサケにおいて、未成熟魚および成熟途上魚においては、腋突起長と幅には有意な雌雄差は認められなかったが、両種の成熟魚では、腋突起長に有意差は無かったが、腋突起幅で雄が雌よりも有意に大きかった。

考察 腋突起をもつ魚種の分類群は多岐にわたり、系統進化的な明瞭な関連性は確認できなかった。また、脂鱗と腋突起を共に持つ種は、サケ科魚類のほかにヒメ目の 3 科 5 種にも存在したことから、サケ科魚類固有の特徴とは言えないことが明らかになった。カラフトマスおよびサケ成熟魚の腋突起幅が、雄が雌よりも有意に大きいという結果が得られた。脂鱗や背隆起と同様に、腋突起は、成熟した雄で雌よりも大きく、具体的な機能は不明ながら二次性徴形質である可能性が示された。

サケ稚魚脳における海洋生物由来 ω 3 脂肪酸強化餌料の短期給餌が シナプトソーム関連タンパク 25 遺伝子発現に与える影響

○漆山明日美・阿部嵩志（北大院水）・渡辺智治・虎尾 充・宮腰靖之（道さけます内水試）・
上田 宏（北大／道栽培公社）・工藤秀明（北大院水）

背景と目的 遡河性サケ属魚類 (*Oncorhynchus* spp.: 以下, サケ類) の人工ふ化放流事業では, 浮上後から放流までの育成期間に給餌が必要で, 現在では効率的な餌料の配合が確立されている。サケ (*O. keta*) 稚魚に ω 3 脂肪酸であるドコサヘキサエン酸 (DHA) 含有餌料を給餌すると, 母川刷込に関わる神経伝達物質受容体とされる N-methyl-D-aspartate 型グルタミン酸受容体の必須サブユニット NR1 遺伝子発現が脳内で増加することが示されている。また, 事業レベルでは, サクラマス (*O. masou*) スモルトに DHA 含有餌料を 1 週間投与して放流したところ, 従来と比較して高い回帰率で回帰している。しかし, 同試験ではどのような生理機能に作用し, 親魚の回帰率を向上させたかは未解明である。最近, シナプス開口放出を制御し記憶形成にも関与するシナプトソーム関連タンパク 25 遺伝子 (*snap25*) がサケの母川刷込や想起時の神経可塑性に関わる可能性が示されているが, サケにおける DHA 投与と *snap25* 発現との関係は不明である。本研究では, 高濃度 ω 3 脂肪酸含有餌料の短期経口投与がサケ類の嗅覚刷込を含む神経生理機能に与える効果を明らかにするために, ω 3 脂肪酸をサケ稚魚に経口投与し, 嗅覚器官 (嗅房) と脳における *snap25s* の発現量を比較・解析した。

材料と方法 供試魚には, 北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場で飼育されていたサケ稚魚 (千歳川系) を用いた。2017 年 4 月 16 日から 25 日の 10 日間, 対照群として ①通常餌料, ②10%オリーブ油 (ω 3 脂肪酸含有無し等熱量対照群) 添加餌料, 実験群として ③5%精製魚油 DHA-27 (日本水産: DHA 29.2%含有) 添加餌料, ④10%精製魚油 DHA-27 添加餌料をそれぞれ毎日飽和給餌した。開始前対照群は投与実験開始前, それ以外は投与実験終了後に, 嗅房, 脳前部 (嗅球+終脳), 脳中部 (視蓋+視床+視床下部) および脳後部 (小脳+延髄) を剖出し, 分析まで RNA 保護保存溶液中で冷凍保存した。リアルタイム定量 PCR により, 各部位における *snap25s* 発現量を, 定量 PCR の増幅領域を含む遺伝子断片をサブクローニングしたプラスミドを用いた絶対定量法により解析し, 各群間での発現量の比較を行った。

結果と考察 嗅房での両 *snap25s* および脳前部での *snap25a* 発現には, 餌の種類による有意差は認められなかったが, 実験群での発現量が対照群に比べ高い傾向にあった。脳後部 *snap25a* 発現では, 開始前対照群と 5%DHA 群および 10%DHA 群, 通常餌料と 5%DHA 群においてそれぞれ有意差があった。脳前部での *snap25b* 発現は, 10%DHA 群がオリーブ油群に比べて有意に高値を示した。脳前部での *snap25b* 発現量が, オリーブ油群に比べて 10%DHA 群が高値を示したことから, 熱量ではなく DHA が *snap25b* の発現を上方制御, もしくはオリーブ油が下方制御をした可能性が考えられた。サケ終脳では, *snap25b* 発現は *snap25a* と比べて, その他のシナプス開口放出関連タンパク (SNARE) 発現との正の相関性が高く, *snap25b* は他の SNARE とよく同調して開口放出を制御すると推定されている。このことから本研究においても, 終脳を含む脳前部での *snap25b* 発現に DHA が影響した可能性が考えられた。 ω 3 脂肪酸欠乏ラットでは, DHA が SNARE 複合体の解離に負の影響があることが示唆されており, DHA は複合体の結合・解離等の他の因子や機序にも影響している可能性も考えられた。

G3 サケ科学奨励賞選考対象講演

サケ稚魚における不動化法の違いによる
嗅房および脳での最初期遺伝子 *c-fos* 遺伝子発現の比較

○土森勇魚・阿部嵩志・工藤秀明（北大院水）

背景と目的 真骨魚類の嗅覚受容は、嗅房のニオイ受容細胞でニオイ刺激を受容し、その情報は嗅神経を介して嗅覚の一次中枢である嗅球に伝達される。また、湖沼型ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*) 終脳では、母川水刺激に対し特異的な反応を示す脳領域が非侵襲的脳機能イメージング法により報告されている。これらのことから、嗅球と終脳は嗅覚中枢として機能していると考えられるが、遡河性サケ属魚類 (*Oncorhynchus spp.*) の母川識別には、どのニオイ受容細胞が機能し、その情報が脳のどこの神経回路で処理されているかについては、限定的な情報しかない。一方、最初期遺伝子は、細胞への刺激、神経の興奮等により発現が速やかに誘導される遺伝子であり、同分子の局在を分析することで特定の刺激に対する興奮領域を明らかにできる。サケ属魚類の嗅房と脳において、母川水由来のニオイ刺激によって興奮する脳領域および神経細胞を同定することを最終的な目標として、本研究では、サケ (*O. keta*) 脳での最初期遺伝子の 1 つである *c-fos* 遺伝子発現の定量検出系を確立し、上記最終目標の予備的試験として、サケ稚魚を用いて、魚体測定や標本組織剖出前に行う各種不動化法が、嗅房と脳での *c-fos* 発現に与える影響を検証した。

材料と方法 供試魚には、渡島管内さけ・ます増殖事業協会上磯事業場から供与されたサケ稚魚を用いた。各不動化法には、重曹-クエン酸混合炭酸水、オイゲノール系水産用麻酔 FA100、または、2-フェノキシエタノール (2-PE) を用い、魚体の不動化を目安に各 7 個体を短期曝露し、対照群には飼育水のみでの曝露による無麻酔個体を用いた。魚体測定後、嗅房および嗅覚中枢である嗅球と終脳からなる脳前部を剖出した。2-PE については、曝露後、経時的に 360 分後までの嗅房と脳前部を適宜剖出した。各組織から全 RNA 抽出して分析試料とした。リアルタイム定量 PCR (qPCR) による *c-fos* 発現の検出系を確立するために、サクラマス (*O. masou*) とベニザケで既知の *c-fos* 配列を基に設計したプライマーとサケ稚魚脳前部 cDNA を鋳型として用いて *c-fos* 遺伝子断片を得た。その断片をプラスミド DNA にサブクローニングし、塩基配列の確認を行った。その過程で、2 型のサケ *c-fos* 部分配列を取得し、それぞれの配列内で qPCR 用のプライマー設計を行い、絶対定量法による *c-fos* 発現の検出系を確立した。その後、上記の各種不動化法と経時的に採集した試料を用いて *c-fos* 発現量を定量化した。

結果と考察 得られた 2 型のサケ *c-fos* 部分配列を、サケ *c-fos1* (453 bp) およびサケ *c-fos2* (480 bp) とし、その相同性は約 83%であった。不動化法の比較では、*c-fos1*、*c-fos2* とともに、嗅房および脳前部において不動化の方法間での有意差はなかった。*c-fos1* 発現の 2-PE 曝露後の経時的解析では、嗅房と脳前部共に、30~60 分後に有意な増加が認められ、両部位ともに 360 分後には減少傾向が確認できた。*c-fos2* では、嗅房において発現に変化がなく、嗅覚中枢では曝露後 30~120 分後に増加傾向を示したが、有意な増加は 120 分後のみで確認できた。以上の結果より、不動化後、速やかに標本組織を剖出すれば麻酔や剖出操作が *c-fos* 発現に与える影響を除外できることが示された。*c-fos1* と *c-fos2* の発現量を比較すると *c-fos1* 発現は不動化後に増加し速やかに収束するが、*c-fos2* 発現は最初期遺伝子に特徴的な発現の消長が不明瞭であり、特に嗅房では不動化前から *c-fos1* よりも高発現だった。この発現動態の違いから、外部刺激により興奮した神経細胞の検出に有効なものは、*c-fos1* であると考えられた。

G4 サケ科学奨励賞選考対象講演

大槌湾流入河川におけるサケ稚魚の降海生態

川上達也（東大大海研）

【背景と目的】北海道に比べ、三陸の沿岸河川は水温が高く、勾配が強く流れが短い、小さな湾に流入する、といった地形的な特徴があり、サケも独自の地域的特性をもつと予想される。特に、稚魚が海へ降るタイミングは、海洋生活初期の稚魚の生残と成長に強く影響すると考えられることから、地域ごとの環境への適応、さらには資源変動パターンを理解する上で重要な知見である。そこで、大槌湾流入河川におけるサケ稚魚の降海生態を調べた。

【材料と方法】小槌川と大槌川において、2016年12月末から2017年5月末まで、ほぼ週1回の頻度で、日没頃から翌朝までトラップを流心部と岸寄りに設置し、降海するサケ稚魚を採集した。また、水温と流速を測定した。採集した稚魚は計数し、尾叉長を測定した。トラップの濾水面積と流速、設置時間から稚魚の密度を推定した。なお、小槌川はふ化放流事業の対象外であることから野生稚魚のみ、大槌川では野生稚魚と放流稚魚が混在していると考えられる。

【結果と考察】小槌川では、1月下旬から5月中旬まで稚魚が採集された。その個体数および密度には、3月上旬と4月上旬にピークがみとめられた。稚魚の尾叉長は 40.8 ± 2.8 mm（平均±標準偏差）であり、多くの稚魚は浮上後間もないタイミングで降海していたと考えられた。一方、大槌川では、稚魚は2月上旬から5月上旬に採集された。2月中旬から3月中旬には、稚魚放流の実施にほぼ対応したピークが複数回みとめられた。また、稚魚の尾叉長は 54.1 ± 7.5 mm で、45 mm 以上の稚魚が多数を占めており、降海稚魚の多くは放流種苗であると推測された。以上のことから、小槌川と大槌川ではサケ稚魚の降海パターンが異なり、これには野生魚と放流魚の降海生態の差や河川環境の違いが反映されていると推察された。

【結論】本研究により、大槌湾流入河川におけるサケ稚魚の降海生態の一端を明らかにすることができた。今後は、降海時期を決める要因を明らかにするため、産卵時期および河川環境の情報を含めた比較が必要である。また、湾内で採集された稚魚の降海日と降海後の成長を調べ、水温や餌の量といった海の環境情報と総合することで、湾内における初期生残過程を明らかにすることができるだろう。

G5 サケ科学奨励賞選考対象講演

サケ稚魚の種苗性と海洋環境とのマッチングに関する実験的検証

○中村 周（北大院環）・金子信人（北大院水）・宮腰靖之（道さけます内水試）・
清水宗敬（北大院水）

【背景・目的】

シロザケ（サケ）は北海道における水産重要種の一つであり、その資源量は孵化放流事業によって支えられている。サケでは海洋生活初期に成長度合いに依存した減耗を受けると考えられている。サケ稚魚の成長に影響を及ぼす要因として餌の豊度や海水温などが考えられるが、これらの複合的な作用については、はっきりとはわかっていない。魚類の成長評価には、成長に関わるホルモンである血中インスリン様成長因子（IGF）-I量が、正の成長の指標として有効である。また、肝臓中のグリコーゲン量は、エネルギー貯蔵の一指標として用いられている。以上の背景から本研究は、サケ稚魚の成長に及ぼす摂餌状態と海水温の複合的な影響を、生理学的指標を用いて評価することを目的とした。

【材料・方法】

2017年5月に、サケ稚魚を淡水中で5日間絶食した。これを10°C（適温）及び5°C（低温）の人工海水（32.2～34.7‰）に移行し、それぞれの温度で再給餌群と絶食群に分け、10日間飼育した。即ち、海水温及び海水中の摂餌状態の組み合わせが、適温/再給餌、適温/絶食、低温/再給餌及び低温/絶食の4群を設けた。なお、対照群として、淡水中で5日間給餌した後、適温海水中で10日間給餌した群を設けた。また、給餌量は体重の2%とし、残餌の量から実際の摂餌量を算出した。サンプリングは0、5、10及び15日目に行い、尾叉長・体重を記録するとともに血液及び肝臓を採取した。血中IGF-I量を、時間分解蛍光免疫測定法を用いて測定した。また、肝臓グリコーゲン量を、ヨウ素デンプン反応を利用した方法により測定した。

【結果・考察】

体重は、淡水中での5日間の絶食により低下した。海水移行後10日目に、適温/再給餌群では対照群と同水準まで回復した。一方、低温/再給餌群では依然として低いままだった。血中IGF-I量は、淡水中での5日間の絶食により低下した。海水移行後5日目に、適温/再給餌群では対照群と同水準まで回復したが、低温/再給餌群では体重と同様に低いままだった。海水移行後10日目も同様の結果だった。肝臓グリコーゲン量は、淡水中での5日間の絶食により低下した。海水移行後5日目に、適温/再給餌群では対照群と同水準に回復した。一方、低温/再給餌群では対照群よりも7倍の値となり、海水移行後10日目でも4倍の値となった。

以上の結果から、河川での絶食と低海水温が組みあわさった場合、サケ稚魚降海後に摂餌状態が回復しても、摂取したエネルギーを成長に割かず、肝臓に貯蔵している可能性が考えられる。そのため、血中IGF-I量の低値を引き起こし、成長が停滞することが示唆された。

G6 サケ科学奨励賞選考対象講演

サケ稚魚の代謝速度と成長速度に及ぼす水温と餌料環境の影響

○飯野佑樹・阿部貴晃・北川貴士（東大大気海洋研）・長坂剛志・清水勇一・
太田克彦（岩手水技セ）・川島拓也（岩手内水技セ）・河村知彦（東大大気海洋研）

【背景・目的】近年、日本沿岸へのサケ (*Oncorhynchus keta*) の回帰率が低迷しており、その一要因として低成長な稚魚の北上回遊過程での減耗が挙げられている。サケ稚魚の成長には沿岸域での水温や餌料環境が複合的に作用すると示唆されているが、その詳細は明らかでない。また低成長な魚類は一般に、餌料から摂取したエネルギーの多くを呼吸や運動時の代謝に費やすため、成長に分配する余剰分が少ないとされる。しかし、サケ稚魚の代謝速度を精密に測定する手法は確立されておらず、水温・餌料環境が成長速度に影響するまでのメカニズムはよくわかっていない。そこで本研究では、サケ稚魚の代謝速度と成長速度に水温や餌料環境が及ぼす影響を検討するため、水温と餌料を操作した飼育実験と代謝速度の測定を行った。

【材料・方法】岩手県水産技術センター（釜石市）にて実験を行った。稚魚を100–200 L円型水槽に収容（100個体/水槽、止水、強通気）し、4水温区（6.0–8.1, 10, 12, 14°C、誤差±0.5°C内）、2給餌率区（体重1%と4%量；1日2回給餌）の、全8通りの条件で15日間海水飼育した（各飼育条件につき1水槽、1回試行）。飼育1日目と15日目に稚魚の平均体重（g）を測定し、両者の差から日間成長速度（各実験条件区あたり $n=8$ ）を算出した。また溶存酸素計付閉鎖型循環水槽（Loligo Systems社、デンマーク）を用いて、水槽内の溶存酸素量の変化から安静時代謝速度と最大代謝速度を測定した。その後、両者の差から余剰エネルギーの指標となる有酸素代謝余裕（ $J \cdot day^{-1}$ ）を算出した（各実験条件区あたり $n \geq 2$ ）。

【結果・考察】4%給餌率区における日間成長速度は水温6.0–8.1, 10, 12, 14°Cで4.3, 4.8, 5.0, 5.8%・ day^{-1} となり、高水温区でより高い値を示した。一方、1%給餌率区においては水温8.0, 10, 12, 14°Cでそれぞれ2.3, 1.0, 0.4, 0.6%・ day^{-1} となり、低水温区でより高い値を示した。また、余剰エネルギーについて、4%給餌率区における有酸素代謝余裕（最小–最大値）は水温6.0–8.1, 10, 12, 14°Cで44.0–109.3, 43.7–236.8, 205.9–287.8, 240.8–380.3 $J \cdot day^{-1}$ となり、高水温区でより高い値を示した。一方、1%給餌率区においては水温8.0, 10, 12, 14°Cでそれぞれ93.2–212.6, 93.9–190.8, 26.7–98.6, 36.0–87.5 $J \cdot day^{-1}$ となり、低水温区でより高い値を示した。以上の結果から、稚魚が高成長を実現するためには高餌料環境下では高水温、低餌料環境下では低水温を経験し、成長へより多くの余剰エネルギーを分配する必要があると示唆された。

【結論】近年、三陸沿岸域での暖流勢力が寒流に比べ相対的に強いと稚魚の成長が低下し、それに起因して親魚の回帰率が低下すると示唆されている。高水温を経験する稚魚は高餌料環境下であれば高成長となる。しかし、暖流のもたらす低生産の水塊が低餌料環境を生み、その環境下で余剰エネルギーを十分に確保できない稚魚が低成長になるものと推察された。

G7 サケ科学奨励賞選考対象講演

シロザケの成長に対する光周期の影響

○佐藤琢哉・平井俊朗（岩手大三陸水研セ）

【目的】

タイセイヨウサケ (*Salmo salar*) の養殖では長日周期による成長促進効果が知られており、秋季から冬季にかけて常時照明条件下で飼育される。さらに近年、陸上養殖ではスマルト促進時期を除いた全期間にわたって常時照明飼育することで、2年でも出荷サイズまで育成可能となっている。タイヘイヨウサケ (*Oncorhynchus*) 属でも比較的長期の河川滞留期間の後に降海するニジマスやヤマメと同様の効果について検証されているが、一部では矛盾した報告もある。一方、孵化後すぐに降海するシロザケやカラフトマスでは、飼育環境下における光周期と成長の関係はほとんど調べられていない。シロザケ天然個体群では夏場に高成長することが知られており、長日による影響を受けている可能性が考えられる。そこで、本研究では比較飼育実験により、異なる光周期条件がシロザケの成長に及ぼす影響を調べた。

【材料と方法】

片岸川孵化場（釜石市）生産のシロザケ稚魚（採卵後 147 日）を 2 日間で段階的に海水馴致した。2 週間後（5 月 3 日）に 100 尾をランダム抽出し、尾叉長および魚体重を測定した。これらを 25 尾ずつ 4 試験区に分割、人工照明装置を設置した遮光水槽（対照区は遮光無し）に収容、異なる光周期条件下（①24L, ②16L:8D, ③8L:16D, ④自然日長；L：明期, D：暗期）で飼育した。各実験区では明期間中一定時間間隔で飽食給餌し、35-38 日毎に尾叉長および体重を測定し、餌料転換効率を算出した。

【結果】

- ① 試験開始 73 日目までは、短日の 8L 区が最も体重を増加させ、次いで自然日長区が続いた。これらの実験区では長日区（24L, 16D:8D）より成長が顕著に促進された。これ以降は、自然日長区が最もよく成長し、143 および 178 日目時点で魚体重は他の 3 群より有意に高かった。
- ② 餌料転換効率は、最初の 38 日では 8L 区が最もよく 115.8%であったが、それ以降低下し、108-143 日目では最も低く 78.2%であった。一方 108-143 日目では、最も成長のよくなかった 24L 区が 95.4%と最もよい餌料転換効率を示した。

これらの結果から、シロザケ稚魚では、少なくとも初期段階においては短日が成長を促進するが、その後成長に伴って短日は抑制的に作用するようになり、替わって長日による成長促進効果が現れる可能性が示唆された。今後、引き続き試験を継続しこの可能性を検証することでサケ稚魚を効率的に成長させるための光周期設定の最適化へとつなげたい。

日本系サケの成長を通じた生態系サービスの定量的評価

○柄沢有香・上野洋路・谷杉諒・笠井亮秀（北大院水）・尹錫鎭（韓国水産科学院）・
清田雅史（長大院水）

【背景・目的】 日本系サケ、すなわち日本の河川で放流されたシロザケはオホーツク海、北太平洋西部域、ベーリング海、アラスカ湾へと回遊し、ベーリング海とアラスカ湾の間で季節による南北移動を繰り返すことで成長し、多くは海洋年齢 3 歳または 4 歳で回帰する（浦和, 2000）。また、北太平洋亜寒帯に広く分布することで、北太平洋の生態系において重要な役割を担い、生態系サービスを提供している。生態系サービスとしては、食料としての供給サービスの他に、調整サービス、基盤サービス、文化的サービスがサケと人間の間で成り立っている（帰山, 2013）。しかし、人間がサケを利用するということは、人間はサケを支える生態系をも利用していることを意味すると考えられる。そこで本研究では、低次海洋生態系モデル（NEMURO）とサケの生物エネルギーモデルを組み合わせることにより、日本系サケの生育と生残を支える生態系サービス、すなわち基盤サービスを推定することを目的に研究を行った。

【材料と方法】 3D-NEMURO と生物エネルギーモデルを組み合わせ、日本系サケの生育と生残を支える生態系サービスを推定した。サケの回遊経路に合わせて、オホーツク海、北太平洋西部、ベーリング海、アラスカ湾の 4 つの海域をボックスとして設定し、その 4 海域をサケが回遊するとした。サケの成長と餌消費量は生物エネルギーモデル（亀澤ら, 2007; Kishi et al., 2010）と低次海洋生態系モデル NEMURO（Kishi et al., 2007）を結合したモデルを用いて計算を行った。NEMURO とは、11 の構成要素からなり、北太平洋において動物プランクトンや植物プランクトンなどの低次の生物の季節変化を表現した数値モデルである。サケの放流数は北海道で 10 億尾、本州で 8 億尾、合計 18 億尾とし、個体数は Kishi et al. (2012) と同じ割合で変化することとした。なお、本研究では、サケの成長・餌消費量、個体数の変化を使って、サケが降海してから回帰を開始するまでの期間に肉食性動物プランクトン（ZP）を摂餌する重量を計算した。

【結果・考察】 計算の結果、日本系サケは 1 個体あたり、71.4 kg の肉食性動物プランクトンを消費すると推定された。海域別で見ると、オホーツク海で 0.8 kg、北太平洋西部域で 2.8 kg、ベーリング海で 41.7 kg、アラスカ湾で 26.2 kg の動物プランクトンを消費しており、ベーリング海が最大の摂餌海域であることがモデルからも示された。

日本系サケの個体群全体での動物プランクトンの消費量を推定したところ、年間 470 万トンと推定された。本研究ではさらに、この動物プランクトンの貨幣価値を推定することを試みた。一例として、東京中央卸売市場で取引されているオキアミと等価（単位質量あたり）であると仮定すると、その貨幣価値は年間約 2 兆円と推定された。この結果から、約 700 億円の日本系サケの漁獲は、約 2 兆円のバックグラウンド・サービス（シャドウ・コスト）によって支えられていることが示唆された。

サクラマス[○]の組換えインスリン様成長因子結合蛋白-1の作製

○長谷川竜也（北大院環）・田中英絵（北大院水）・木崎亮介（北大院水）・
佐藤萌絵（北大院環）・清水宗敬（北大院水）

背景と目的 魚類を含む脊椎動物の成長にはインスリン様成長因子-I (IGF-I) が重要な役割を果たしている。血中 IGF-I のほとんどは IGF 結合蛋白 (IGFBP) と結合している。IGFBP には IGF-I とその受容体との結合を阻害するものと促進するものが存在し、IGF の活性を調節している。哺乳類 IGFBP には 1~6 のタイプが存在し、真骨魚類ではさらなる全ゲノム重複の結果、最大 12 種類のサブタイプを持つ可能性がある。このうちサケ科魚類の血中には 1a, 1b および 2b の 3 種類が検出されている。哺乳類では血中 IGFBP-1 は一般に IGF-I の阻害型であり、成長の内分泌調節に重要である。しかし、サケ科魚類の IGFBP-1 の機能は明らかになっていない。加えて、サケ科魚類は 4 回目の全ゲノム重複を経験しているため、4 つのサブタイプ (1a1, 1a2, 1b1 および 1b2) が存在することが最近明らかになった。IGFBP-1 の機能を解析するには、多量の純化された蛋白が必要であるが、血中から精製できる量は少ない。そのため、組換え蛋白を作製することが有効である。サクラマス (*Oncorhynchus masou*) は我が国における重要な水産増養殖対象魚であり、本種における成長メカニズムを解明することは有用である。したがって、本研究ではサクラマスの 4 つの組換え IGFBP-1 の作製を目的とした。

材料と方法 サクラマスの肝臓から各 IGFBP-1 サブタイプの cDNA のクローニングを行った。次に成熟 IGFBP の配列を His タグとチオレドキシシン (Trx) を付加する pET-32a 発現ベクターへライゲーションした。そして大腸菌株 Rosetta-gami (DE3) pLysS を形質転換した。培養後、IPTG により組換え蛋白の発現を誘導した。組換え蛋白は尿素で可溶化し、Ni アフィニティークロマトグラフィーにより精製を行った。溶出した画分は透析で尿素を取り除きリフォールディングさせた。続いて Trx.His.rsIGFBP-1 を融合パートナーから切り離すため、エンテロキナーゼを用いた制限消化を行った。消化後、rsIGFBP-1 を逆相クロマトグラフィーにより精製した。各ステップで得られた試料を電気泳動で分離し、標識 IGF-I を用いたリガンドブロットティング (LB) に供した。

結果と考察 4 種のサクラマス IGFBP-1 サブタイプの cDNA がクローニングされた。4 つのサブタイプ間の演繹アミノ酸の相同性は 50~82% であった。大腸菌でこれらの発現誘導を行ったところ、予想されるサイズに蛋白バンドが観察され、LB において IGF-I と結合能を持つことが確認された。酵素処理により融合パートナー (Trx.His) の切断が確認され、融合パートナーを持たない魚類組換え IGFBP が初めて作製された。現在のところ、IGFBP-1a2 を除く 3 つのサブタイプの精製が完了している。これらの組換え蛋白は、機能解析、特異抗体作成および免疫測定系の確立に有効であると考えられる。

G10 サケ科学奨励賞選考対象講演

プロテオーム解析を用いた伝染性造血器壊死症の病態解明

○西川翔太郎・笠井久会（北大院水）

【目的】 伝染性造血器壊死症 (Infectious hematopoietic necrosis; IHN) はさけ・ます増養殖に多大な被害を与えるウイルス感染症である。IHN に罹患した魚は感染後短期間で死に至るが、その病態生理学的知見は少ない。そこで本研究では、感染魚の血漿におけるタンパク質発現プロファイルを明らかにし、IHN の病態解明を試みた。

【方法】 平均体重 238 g のニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) から予め採血し、対照群とした。採血 1 週間後、IHN ウイルス Nag9612 株を $4.5 \log_{10}$ TCID₅₀/fish となるよう腹腔内接種し、飼育中に瀕死状態となった検体から採血を行った (感染群)。得られた血漿を二次元電気泳動ならびに生化学的検査に供試し、ウイルス感染による血漿中タンパク質あるいは成分の変動を観察した。

【結果および考察】 IHN 感染群では対照群に比べ 324 スポットのシグナル強度上昇が確認された。これらスポットのうち、ゲル画像解析により同一と考えられるスポットを除いた 59 スポットについてタンパク質同定を行ったところ、補体成分 C3 やアポリポタンパク質 A-I-1、レチノール結合タンパク質等 23 のタンパク質がウイルス感染により増加していることが明らかとなった。これらタンパク質の多くは免疫や代謝に関与するものや、肝臓・腎臓で産生されるタンパク質であった。加えて、生化学的成分測定により IHN 罹患時には乳酸脱水素酵素やクレアチニン、尿素窒素、アラニンアミノトランスフェラーゼ、リンの量が有意に上昇し、トリグリセリドやマグネシウム、HDL コレステロールの量が有意に低下していることが示された。これら検査値は肝炎や腎機能障害を示すものであり、解剖所見や病理組織観察においても壊死やうっ血が見られた。肝臓や腎臓は IHN ウイルスの標的器官であり、ウイルス感染によって細胞が損傷を受け、機能的な障害が発生することでこれら血漿中成分が変動したと考えられる。IHN ウイルス感染により特異的に上昇あるいは減少する血漿中タンパク質は疾病特異的なマーカー候補になり得る。

G11

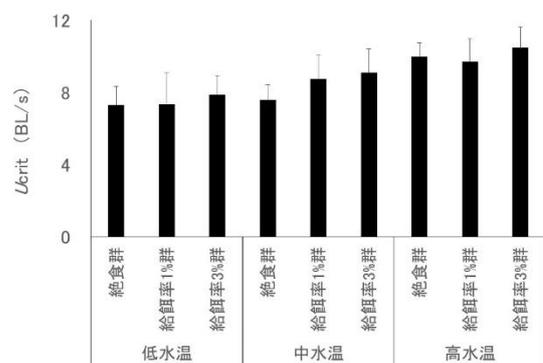
栄養状態と水温がサケ稚魚の遊泳力に及ぼす影響

○虎尾 充・渡辺智治・宮腰靖之（道さけます内水試）

【背景・目的】サケ稚魚では河川から降海した後の海洋生活初期に死亡率が高く、この間に体サイズ依存的・成長率依存的な減耗の傾向があるとされる。また、その主要な要因は魚食性魚類による被食という報告もある。日本系サケでは海洋生活初期の分布・移動や好適水温（8～13℃）が明らかとなっており、低水温（5℃以下）では稚魚の分布・移動の制限や成長停滞が生じることが指摘されている。さらに、長距離河川では降河中に栄養状態が低下するサケ稚魚がいることも観察されている。一般に魚類において、遊泳力は捕食者回避を通じて減耗と関連し、サケ属魚類においても小型で遊泳力の弱い個体が捕食されやすいことが実験的に分かっている。しかし、栄養状態や水温が組み合わさった条件下でサケ稚魚の遊泳速度にどのような影響があるのかは不明である。本発表では、淡水生活期の栄養状態と海水移行後の水温がサケ稚魚の遊泳速度に与える影響を実験的に検証した。

【材料および方法】2018年4月19日に平均体重約1.0gのサケ稚魚を3つのアトキンス水槽に収容し、水温9.5℃の淡水で飼育した。異なる栄養状態の群を設定するため、給餌率をそれぞれ0%（絶食）、1%、および3%で5日間飼育した。その後、それぞれの群を低水温区（4℃）、中水温区（7℃）、高水温区（10℃）の試験水槽（45cm ガラス水槽）に収容し、3日間の馴致期間中に塩分濃度を段階的に100%海水へ調整した。飼育水温も段階的にそれぞれの設定水温へと調整した。馴致飼育後、5日間の海水飼育を行った。馴致期間中および海水飼育中は、飽食量の配合飼料を与えた。海水馴致前、海水馴致後、海水飼育後に小型回流水槽（西日本流体技研製）を用いて臨界遊泳速度（ U_{crit} ）を測定した。サケ稚魚10個体を測定管内に収容後、体長の0.25倍の流速（0.25BL/s）で30分間馴致後、5分ごとに0.5BL/sずつ流速を上昇させ、流速に抗しきれずにメッシュに張り付いた時点で遊泳不能と判断し、遊泳した時間を記録した。 U_{crit} の計算はBrett（1964）に従った。淡水飼育時の栄養状態と海水飼育中の水温が遊泳速度に与える影響について、二元配置分散分析（危険率5%）で、また各試験群ごとの遊泳速度の差をSteel-Dwassの多重比較法で検定した。

【結果および考察】二元配置分散分析の結果、栄養状態および水温によって遊泳速度に差は無いという帰無仮説は棄却され、淡水飼育時の栄養状態と海水移行後の水温は遊泳速度に影響すると考えられた。海水飼育後の9試験群について、低水温試験群の遊泳速度は高水温試験群より有意に低かった。また、中水温・絶食群の遊泳速度は、高水温試験群と有意差が認められた。これらの結果から、サケ稚魚の海水移行後の遊泳速度は水温に大きく影響を受け、低水温では遊泳速度が低下することが示された。また、淡水生活期の絶食が海水移行後の遊泳速度低下につながることも示されたが、水温が高い場合はその影響が軽減される可能性がある。



海水飼育後の遊泳速度

G12

千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 4. 河畔植生フェノロジーと餌資源利用の季節変化

河村 博 (北海道立総合研究機構フェロー)

千歳川水系ママチ川の外来種ブラウントラウト *Salmo trutta* (以下 BT とする) の餌資源利用と河畔植生フェノロジーの関係を明らかにする目的で、月別の胃内容物組成、河畔植生の季節変化を調べ、得られた結果を既往のデータと比較考察した。

材料と方法: ママチ川の上中流域において、2016 年 4 月から 2018 年 3 月までの 2 年間、毎月 1 ~5 回の釣獲により BT 採集を行い、胃内容物を調べた。また胃内容量を評価するため、胃内容物の充満度合いに基づき、目視観察により 4 つのカテゴリーに類別した。胃充満カテゴリーとして、stageI (空胃もしくはごく少量の胃内容物)、stageII (胃内容物が 1/3 未満)、stageIII (胃内容物が 1/3 以上から 2/3 未満)、stageIV (胃内容物が 2/3 以上) に分けて、それぞれに胃充満指数として、0, 2, 4, 6 ポイントを配点した。

現地で気温と水温観測を行い、採集魚は種の同定と体長 (FL) を測定し、方形観察プレート上の胃内容物をデジタル写真に記録後、PC にて拡大して利用種を同定した。利用種は水生動物と陸生動物に分け、種同定は目あるいは科のレベルにとどめた。また観測定点を 2 ヶ所設けて、河畔林と林床植物の芽吹きから落葉、降雪から雪解けの季節変化を写真に記録した。

結果: 供試魚は、2016 年 67 個体 (14.5~31.5 cm)、2017 年 105 個体 (13.1~33.1 cm) であった。月別の供試数は、2016 年が 1~12 個体、2017 年は 5~18 個体であった。

胃充満指数の季節変化は、2016 年と 2017 年で異なった。明瞭な季節変化 (春から夏に増加して秋から冬に低下) が 2017 年に観察されたが、2016 年のそれは著しい変動が認められ、夏と秋に急激な低下が観察された。また 2016 年は stageI の空胃個体が 15 個体 (22.4%) に達したが、2017 年のそれは 5 個体 (6%) にとどまった。気象庁 HP から、2016 年は夏に降雨量の増加が観測され、他方 2017 年は 7 月により高い気温が観測された。

BT の餌利用種は多様性に富み (動物群 20 目)、5 月から 9 月にかけて陸生落下昆虫の利用度合いが高まり、この時期は河畔植生の開葉期と一致していたが、これらの利用は気象環境に影響された。BT は河畔植生が落葉する 10 月はミミズなど陸生動物を利用した。水生昆虫は周年利用されたが、特に秋から冬にかけて利用度合いが高まった。BT はカゲロウ類とビケラ類をよく利用し、特にカクツツビケラ *Lepidostomatidae* が周年胃内容物中に見出された。一方、ヨコエビ類 *Gammaridea* および魚類はほとんど利用されなかった。

以上の結果から、ママチ川の BT は、水域由来の水生動物に加えて、河畔植生が開葉する春から夏に陸域由来の昆虫類を、秋の落葉期にはミミズなど地表性動物を利用することが明らかになり、異なる生態系起源の餌資源を季節的に利用していることが示された。採餌行動もこれに応じて、流下動物採餌 (春~夏) から底生動物採餌 (秋~冬) に変化した。一方、湧水性河川ママチ川では、BT が冬にも採餌行動を示すことが明らかになった。

考察: ママチ川 BT の成長および生残に影響する次の 2 項目について考察する。(1) 春から秋の餌資源の起源と供給関係: Nakano and Murakami (2001) のサケ科魚 4 種、真山 (1992) のサクラマス (*O. masou*) 幼魚、(2) 冬季の餌利用特性: French (2014) のブラウントラウト。

G13

集中化する国際サケ市場の経済リスクとサケ生産多様化の必要性

清水幾太郎（水産機構北水研）

【はじめに】 サケ類の国際消費需要の増加に伴いサケ類養殖生産量は著しく増大し、グローバルに流通するようになった。冷水性魚類であるサケ類の養殖適地は限定され、特定の国に生産が集中するとともにリスクも拡大してきた。国際サケ市場では大規模生産地と消費地が網目のようにネットワーク的につながっているため、一旦生産が停止すると供給不足の影響が連鎖し価格上昇を招き、大きな経済リスクを引き起こすようになった。本報告では生産が集中化する養殖サケ類による経済リスクを軽減するための処方箋として、サケ類生産に関わるシステムの多様化が必要であることを述べる。

【集中化する国際サケ市場の経済リスク】 現在、養殖と漁業を合わせたサケ類の年間生産量は400万トンに達し、養殖生産が70%を占め、漁業生産が30%になっている。少なくとも1980年代以降、サケ類の漁業生産量は変動しつつもある幅をもって推移してきたが、養殖生産量は顕著な増加を示してきた。最も多く養殖されている魚種はアトランティックサーモン（以下、アトランという）で、ノルウェー、チリ、スコットランド、カナダ等で生産され、国際的需要増に対応して今後も養殖生産の拡大が見込まれる。サケ類養殖生産の集中化は生産効率を上げるために進んできた側面がある。マーケティングによって需要を生み出し、新たに開拓した市場に対して供給量を増やしてきた。ノルウェーとチリの2大生産国による生産量は今後も増加が予想される。しかし、サケ類の養殖生産に問題がない訳ではない。過密養殖などが原因で起こるウィルス疾病（ISA や SRS）やサケジラミの寄生、養殖環境の富栄養化に起因する赤潮による酸欠での大量斃死、気象災害や管理上の問題により生簀からの逸出がしばしば発生し生産が滞る事態に発展している。生産地域では大規模な経済損失が生じ国際需要と価格に影響を与えてきた。これに対して、スコットランドは順調に生産量を増やしつつあり将来も大きく増産させる計画で、ノルウェー、チリに次ぐ第3のサケ類養殖生産地として歩みつつある。

【サケ生産多様化の必要性】 サケ類養殖生産の集中化の歪みとして起こる供給量減少による国際サケ市場に与える経済リスクを軽減するためには、3つのアプローチが考えられる。キーワードは分業化（分散化）と多様化である。1つめは生産システムの多様化で、生産地域を現在の沿岸域から沖合域と陸上域に分散する方法である。イランやトルコではすでにニジマスの陸上淡水養殖を行っているが、ノルウェーではアトランの種苗生産の一部をアイスランドの陸上施設に移すなど分業化を開始し、陸上海水養殖も始めておりアメリカも追随している。沖合域での養殖はサケジラミ寄生防除と選別が大きな目的で様々な形態の大型施設が開発されつつある。もうひとつが生産地域の分散化でスコットランドにおける生産量拡大が該当し、ノルウェーとチリの二極化に風穴をあける動きとして注目される。

2つめは流通経済システムの分業化で、生産地と消費地をつないでバッファの役割を担う。仮に生産地での供給量に停滞が生じても生産物や価格の変動の影響を極力避けるやり方である。三陸沿岸域の水産加工場では従来原料加工から製品加工まで一貫生産するやり方を採用してきたが、東日本大震災後に原料加工から製品加工用原料を生産する加工場と製品加工用原料を加工して最終製品を生産する加工場に分業化が起きた。これによって在庫を抱えるリスクが減少した。同様に国際流通においても主に加工用原料を生産する加工地域（国）と最終製品を生産する加工地域（国）に分業化することによってリスクを軽減できる。このシステムは自由貿易が前提であることは言うまでもない。

そして3つめがサケ類生産の多様性である。サケ類生産の主流になった養殖生産は種苗生産、施設維持管理、魚粉餌料のコストは避けられない。一方、サケ類の漁業生産は野生産、ふ化場産とも天然生産力に依存するため資源変動はあるが課されるコストが少ないというメリットがある。流通経済システムにおいては養殖生産の補完的役割を担っており、サケ類の漁業生産を維持していくこと、すなわち漁業生産サケ類のもつ集団的多様性を維持していくことがサケ類生産全体にとって必要である。

G14

三陸沿岸におけるサケの遡河行動開始の生理学的背景

○野畑重教・青木良徳・伯耆匠二・北川貴士・佐藤克文・兵藤 晋(東大大海研)

三陸リアス式海岸を構成する小さな湾において、複数の小河川が流入する湾奥での遡上開始までの行動を明らかにする目的で、湾奥で捕獲されたサケ(*Oncorhynchus keta*)回帰親魚に超音波発信器を装着して放流し、湾内での行動を推定した。また放流魚の性成熟や塩分耐性といった生理学的状態を把握し、遡上行動との関連を考察した。成熟度は血中の性ステロイド(テストステロン, 11 ケトテストステロン, エストロゲン, 17 α ,20 β -ジヒドロキシ-4-プレグネン-3-オン(DHP))濃度から、塩分耐性は血漿浸透圧から推定した。本発表の内容は2014年から2016年にかけて岩手県の大槌湾で実施された研究結果である。大槌湾にはサケが遡上する3つの小河川が注いでいる。

11月中旬以降に回帰し三陸のサケの主群である後期群では、多くの個体が湾内で最終成熟(受精可能な卵の形成, 精子の運動能獲得)の段階にあるが、一部の個体は成熟途上にある。大槌湾河川に入る個体と湾外に出た個体間では、成熟段階に大きな差はなかった。大槌湾河川に入った個体では、最終成熟した個体ではすぐに遡上を開始するのに対して、成熟途上の個体は数日から数週間湾内で滞泳した後に遡上を開始した(図1)。河口付近で捕獲された個体はほぼ例外なく最終成熟していることから、後期群のサケは最終成熟と同期して遡上を開始していると考えられた。一方、9月以降の初秋に回帰する前期群や100 km以上を遡上する北上川系群では、成熟途上のまま遡上を開始して産卵場付近や遡上途中で徐々に成熟していた。以上のことは、三陸のサケにとって最終成熟は遡上開始の必要条件ではないことを示している。後期群のみが最終成熟と同期して遡上開始する意味は不明であるが、後期群の遡上時期の川の水温は10°C以下(時に5°C以下を経験する個体もいる)であることから、12°C近辺の海に産卵ぎりぎりまで滞泳して極端な低水温を避けているのではないかと、一方で前期群の回帰する9~10月の湾の水温は20°Cまた川の水温は15°C前後あり、成熟程度に関わらずより適水温に近いと思われる川へ遡上しているのではないかと考えている。

性ステロイドが鰓の機能形態を海水型から淡水型へ変化させることが示唆されており、後期群の成熟度に依存した遡上開始は塩分耐性の喪失によるものである可能性も考えられる。しかし、血漿浸透圧はDHP濃度や湾内滞留時間とは相関性がみられず、塩分耐性喪失による血漿浸透圧の上昇が、河川の遡上を誘起した可能性は低い。現在、鰓のNa⁺,K⁺,ATPaseのサブユニット α 1と α 2の遺伝子発現から鰓の機能変化の推定と行動との関連を検討中であり、それについても述べたい。

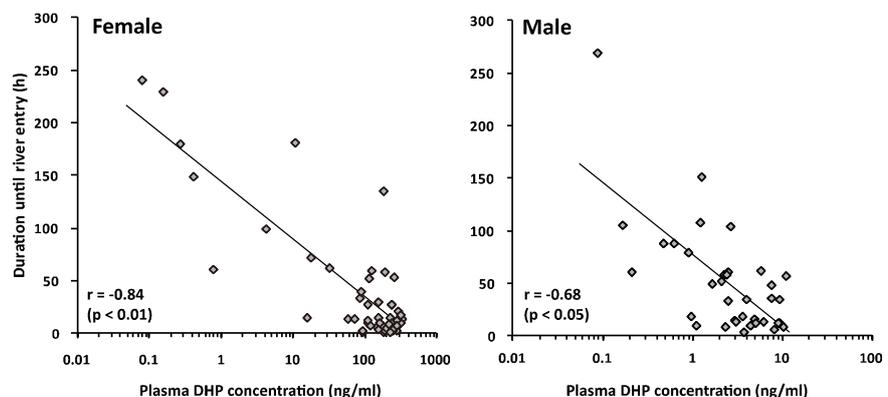


図1 血漿中DHP濃度(横軸)と遡上開始までの時間(縦軸)の関係

G15

大槌湾水系におけるサケの自然産卵

峰岸有紀（東大大海研）

【背景と目的】

近年、北海道や本州日本海側の河川において、サケの自然産卵が広く存在することが明らかになった。このことから、自然産卵に由来する野生魚がサケ資源の少なくない部分を占めている可能性が指摘されている。一方、本州太平洋側では、最近、人工孵化放流河川である岩手県大槌川において、自然産卵があることが確認された。そこで、三陸沿岸河川におけるサケの自然産卵の実態を明らかにするため、大槌湾水系の大槌川と、震災以降、孵化放流を行っていない小槌川の 2 河川において産卵床調査を行った。

【方法】

調査は 2017 年 9 月 1 日から 2018 年 2 月 21 日の約半年の間、大槌川では各旬 1 回、過去の調査で産卵床が集中することが明らかになった大槌橋から大ヶ口の堰堤までの約 1 km の区間において、小槌川では週に 2-3 回、河口から約 1 km の地点から上流の約 3 km の区間において、それぞれ実施した。踏査の際、遡上親魚数およびホッチャレ数を目視により計数し、産卵床の数と場所を GPS により記録した。これに加え、小槌川では、ホッチャレの尾叉長を計測し、年齢査定用の鱗および DNA 分析用の組織を採取した。

【結果と考察】

大槌川では、2017 年 11 月 7 日から 2018 年 1 月 30 日までの間に、計 106 の産卵床を記録した。産卵床の数は 2017 年 12 月上旬にピークを迎え、その後、少ないながらも 1 月 30 日まで新規に観察された。先行研究の結果と合わせると、大槌川では、多少の年変動はあるものの、毎年 100 床程度の産卵床からなる自然産卵を維持していることが明らかになった。一方、小槌川では、2017 年 9 月 27 日に初めて遡上親魚を確認し、以降 2018 年 2 月 5 日まで、延べ 2044 個体を確認した。遡上親魚は 11 月下旬から急激に増加し、12 月半ばにピークを迎え、1 月に入ると急減した。ホッチャレは計 1764 個体を計数し、その増減は遡上親魚と同様の動向を示した。産卵床は 2017 年 10 月 10 日から 2018 年 1 月 25 日までの間に、調査区間全体で少なくとも 363 床を記録した。また、11 月中旬までは産卵床は調査区間全体で観察されたが、それ以降は下流でのみ観察された。本研究の結果、小槌川において、親魚の遡上時期、遡上数、産卵床の数および分布が初めて明らかになり、小槌川の自然産卵とそれに由来する野生魚がサケ資源のある程度を占めている可能性があることがわかった。

G16

岩手県松前川におけるサクラマス産卵床数および産卵場所

○佐々木 系（水産機構東北水研）・宮下和士（北大 FSC）

背景・目的

サクラマスは岩手県における春季の重要な漁業資源である。近年、岩手県沿岸で漁獲されるサクラマスが同県の河川遡上集団と同じ遺伝的特性をもつことが明らかにされた。このことは、種苗放流がそれほど行われていない岩手県において、沿岸で漁獲されるサクラマスの多くが地元河川での自然再生産由来であることを意味する。しかし、近年、沿岸各河川において、震災や度重なる水害からの復興のため、河川改修工事が著しく、本種の産卵、生息環境の悪化が懸念される。岩手県のサクラマス資源の維持・向上のためには、河川環境の保全も同時に考えていく必要がある。そこで、本研究では本種の保全策構築を目指して、まずは情報の少ない沿岸小河川の松前川において、本種の産卵実態および産卵環境に関する現地調査を行った。

材料・方法

松前川は平時の川幅が 5~7 m の小河川で、河口から上流約 6.3 km の位置に高さ約 3 m の砂防堰堤（以下、この砂防堰堤を「魚止め堰堤」とする）があり、その上流側に遡上魚は移動できない。このため、河口から魚止め堰堤までの 6.3 km 区間について、2016~2018 年の 9 月上旬~11 月下旬に 1 週間に 1 回の頻度で河川を踏査し、サクラマス産卵床の位置と数を記録した。初回カウント時にマーキングを行い、次回調査以降も産卵床が確認できなくなるまで重複を許してカウントした。これらのデータからシーズン中の総産卵床数を AUC 法（台形近似法）により推定した。また、産卵床の形成場所について、流域の階層スケール毎に評価を行った。

結果・考察

産卵床は、3 カ年とも 9 月中~10 月中旬にかけて確認され、ピークは 10 月上~中旬にかけてであった。シーズン中の総産卵床数は 54~90 床と推定され、平均分布密度は 1.2~1.9 床/100 m であった。産卵床が形成された場所は、流域スケールでは河口から上流 1.8~4.4 km 区間に限られ、下流側では河床勾配が、上流側では 4.4 km 地点にある通水口付きの砂防堰堤（魚止め堰堤とは別の堰堤）が分布の制限要因になっていると考えられた。河道区間スケールでは河川の屈曲部に多く分布する傾向があり、流路単位スケールでは平瀬尻の頻度が最も高かった。一般に、上位のスケールの環境特性は下位のスケールの環境特性の制御要因となることから、松前川において産卵床が多かった平瀬尻は、河川の屈曲部に形成されやすいと推察された。

以上から、岩手県沿岸小河川において、低くない密度の産卵床が維持されている河川が存在が明らかとなり、このような小河川においても産卵環境の保全には河川の屈曲部を維持することが重要な要素になると考えられた。

G17

三陸岩手のサケの遺伝特性 -沿岸海域で漁獲された集団を中心に-

塚越英晴 (岩手大学三陸水産研究センター)

【背景と目的】 シロザケ (サケ, *Oncorhynchus keta*) は我国の水産重要種であるが、資源管理に資する遺伝学的知見はまだ不十分であり、特に、本州集団の知見は北海道集団に比べ少ない。また、先行研究では、河川遡上集団に焦点を当てた分析がほとんどであり、遡上前の沿岸海域における集団の分析はほとんど行われていない。これまでに発表者らは、三陸のサケの遺伝特性を鋭敏に捉えることのできる高多型性のマイクロサテライト(ms)DNA マーカーを開発・適用し、岩手の河川に遡上するサケには、沿岸前期群、沿岸後期群、北上川水系の3つの遺伝グループがあることを明らかにした (以下、沿岸河川前期と後期とする)。本発表では、沿岸海域資源の遺伝特性を明らかにするため、岩手沿岸で漁獲された標本集団を対象に msDNA マーカーによる遺伝特性分析を行い、河川遡上集団との比較から両者の遺伝的類縁関係などを予備的に推定した。

【材料と方法】 岩手県沿岸の 11 河川および県内陸の北上川水系 13 支流の計 24 河川から遡上時期の異なる 35 集団約 3,000 個体、および沿岸 3 海域(宮古湾, 釜石湾, 大船渡湾)から時期の異なる 6 集団約 600 個体からヒレ標本を各々採集した。採集個体から全ゲノム DNA を抽出し、PCR 増幅とフラグメント解析により新規の msDNA マーカー 16 座を用いて遺伝子型を決定した。その遺伝子型情報に基づき、近隣結合法などにより各集団間の遺伝的類縁関係を推定した。また、集団間の遺伝的分化の有無を検討するために遺伝的分化指数(F_{ST})を算出した。

【結果と考察】 三陸沿岸海域集団について遺伝的類縁関係を推定した結果、前期・後期といった漁獲時期ごとのまとまりがみられた (以下、沿岸海域前期と後期)。加えて、沿岸海域集団と河川遡上集団を比較した結果、沿岸海域前期集団は沿岸河川前期群に、沿岸海域後期集団は沿岸河川後期群のグループに各々内包された。沿岸海域集団と河川遡上集団の採集時期が一致することから、三陸沿岸海域で漁獲されている集団は、間も無く河川を遡上する個体で構成されていると考えられる。

次に、沿岸海域前期・後期内の集団間の F_{ST} 解析から、遺伝的に分化していない組み合わせも一部でみられた。沿岸河川前期群内の集団間についてみると、全ての組み合わせで遺伝的に分化しており、沿岸海域集団間と比べて、より明瞭に分化している。このことから、沿岸海域集団は、遡上時期が同じ、もしくは、近い個体で構成されているが、その由来は複数の河川であることが示唆された。

G18

産卵回遊途上のシロザケ間脳における遺伝子発現の網羅的解析

○浦野明央 (北大)・北橋隆史・安東宏徳 (新潟大佐渡臨海)・小沼 健 (阪大院理)・
福若雅章・伴 真俊 (水産機構北水研)・兵藤 晋 (東大大気海洋研)

【背景・目的】サケの産卵回遊(≒母川回帰)は、遺伝的にプログラムされた本能行動であるとされている。本能行動であることから、その制御には視床下部を中心とする間脳が深く関わっていることが予想される。そこで、晩冬のアラスカ湾に始まり秋の千歳に至る各水域において採取したシロザケの脳を用い、その間脳を中心とする領域における遺伝子発現を網羅的に明らかにすることを試みた。

【材料と方法】RNA 試料および RNA-seq は、前年度の本研究会で報告したものと同一である。すなわち、RNA 試料は 2006 年冬のアラスカ湾、2002 年夏のベーリング海、同年秋の北見枝幸、石狩湾(厚田)、江別および千歳で捕獲した雌雄 32 尾のシロザケの新鮮凍結脳から得ており、アラスカ湾およびベーリング海のは、成熟度から immature 群と maturing 群に分けてある(Onuma et al, 2007; Onuma et al, 2010 参照)。RNA-seq は Filgen 社に依頼した。得られた各個体の 10,000,000 におよぶリード(150 b 長)は、CLC Genomics Workbench v11.0 (Qiagen) を用い、新規に集約したサケ属の情報分子 729 個の mRNA 配列を References として mapping, ついで主成分分析や発現差解析を行った。

【結果・考察】アラスカ湾から千歳に到る各水域群の RNA-seq の結果(リード)に対する主成分分析は、それぞれの群で特有の遺伝子が発現していることを示した。新規の References でも、前年度同様、アラスカ湾の immature 群と maturing 群の間脳における遺伝子発現が大きく異なることが示された。一方、アラスカ湾とベーリング海の群(Ocean 群)は、北海道に回帰してきた北見枝幸と石狩湾の群(Coast 群)および石狩川に溯上した江別と千歳の群(River 群)と遺伝子発現が明瞭に異なること、また北海道に回帰してきた群の中でも Coast 群と River 群の間に違いがあることが示された。これらの違いが採集水域、成熟度、季節、雌雄のいずれに起因するか知るために発現差解析を行い、ベン図を作成したところ、成熟度が産卵回遊途上のシロザケ間脳における遺伝子発現の変動に大きく寄与していることが示唆された。成熟度にもない発現量が有意に変化する遺伝子はメラトニン合成に関わる AANAT, GnRH および GnRH 受容体(GnRH-R4), CRH 受容体, エストロゲン受容体, アンドロゲン受容体, IGF-I および IGF 受容体, 一酸化窒素合成酵素(NOS)など 100 余りになる。

それぞれの遺伝子の産卵回遊途上での変化を見ると、イソトシン遺伝子とバソトシン遺伝子の発現がアラスカ湾の maturing 群で高かった。これらの遺伝子発現はいったん低下した後、石狩湾の群で再び高まった。多少パターンは違うが、同様の変化が、グルタミン酸受容体をコードするものなど 35 余りの遺伝子でも見られた。一方、成長ホルモンや生殖腺刺激ホルモン、熱ショックタンパク質(HSP90)などの発現は河川遡上期に高まっていた。これだけからでも、回遊の制御に関わる遺伝子群のネットワークが複雑であることが想像される。今後はジーンオントロジーを含めた解析を進める必要があるだろう。

【謝辞】本研究は東北マリンサイエンスの事業の一環として進めた。また RNA-seq の解析は東大・海洋アライアンス・窪川かおる研究室のシステムを利用させていただいた。ここに深謝する。

[新]

サケ学研究会 Salmon Science Society (3S) 規約

(名称)

第1条 本会を「サケ学研究会」とする。

(目的)

第2条 サケ科魚類の科学に関する学術研究・情報の交流と普及を図り、その学術研究の発展に寄与することを目的とする。

(事業)

第3条 本研究会は、目的を達成するために次の事業を行う。

2. 研究発表会および学術講演会等の開催
3. ホーム・ページの開設
4. 関連学会との連絡および協力
5. その他、目的を達成するために必要な事業

(会員)

第4条 本研究会の目的に賛同して入会した個人を会員とする。会員は第6条の4地区のいずれかに所属する。

(入会)

2. 入会希望者は、入会申込書を事務局に提出し、幹事会の承認を得る。

(異動届および変更届)

3. 会員が住所や所属先等を変更したときは、直ちにその旨を事務局へ届け出なければならない。

(退会)

4. 会員が退会しようとするときは、退会届けを会長に提出する。なお、会費を2年間未納した会員は自動的に退会とみなす。

(会費)

第5条 会費は、年額500円とする。

(地区)

第6条 本研究会は、次の地区から構成される。

1. 北海道

道央地区（石狩，後志，胆振，空知，日高），道南地区（渡島，檜山），道北・道東地区（留萌，上川，宗谷，オホーツク，根室，釧路，十勝）

2. 他地区

道外地区

(組織と役員)

第7条 本研究会に、次の組織と役員をおく。

(組織)

2. 本研究会の組織として幹事会と事務局、役員として会長（1名）、幹事および事務局長（1名）をおく。

3. 幹事会は会長、幹事および事務局長からなり、会長が招集し、年間の事業を決定する。
（役員を選出）

第8条 本役員を選出は、次のように行う。

2. 会長：幹事の互選により決定し、会員の承認を得る。任期は2年とし、再任はない。

3. 幹事：幹事 （6名以内） の配分と人選は各地区の会員数等を参考に幹事会で決め、会員の承認を得る。任期は2年とし、原則として連続の再任は1回までとする。

4. 事務局長：会長と幹事の協議により選任することとし、任期は2年とし、原則として連続の再任は1回までとする。

（非会員の取り扱い）

第9条 会員以外の者が本研究会の各種事業へ参加することは原則自由とする。ただし、経費が発生する事業については費用の負担をお願いする。

（改廃）

第10条 この規約の改廃は、幹事会の決議を経て会員の承認を得る。

（補足）

第11条 この規約の実施に関し必要な事項は、幹事会の承認を得て、別に定めるものとする。

（附則）

第12条 この改正規約は、2018年12月2日から施行する。

[現行]

サケ学研究会 Salmon Science Society (3S) 規約

（名称）

第1条 本会を「サケ学研究会」とする。

（目的）

第2条 サケ科魚類の科学に関する学術研究・情報の交流と普及を図り、その学術研究の発展に寄与することを目的とする。

（事業）

第3条 本研究会は、目的を達成するために次の事業を行う。

2. 研究発表会および学術講演会等の開催
3. ホーム・ページの開設
4. 関連学会との連絡および協力
5. その他、目的を達成するために必要な事業

（会員）

第4条 本研究会の目的に賛同して入会した個人を会員とする。会員は第6条の4地区のいずれかに所属する。

(入会)

2. 入会希望者は、入会申込書を事務局に提出し、幹事会の承認を得る。

(異動届および変更届)

3. 会員が住所や所属先等を変更したときは、直ちにその旨を事務局へ届け出なければならない。

(退会)

4. 会員が退会しようとするときは、退会届けを会長に提出する。なお、会費を2年間未納した会員は自動的に退会とみなす。

(会費)

第5条 会費は、年額500円とする。

(地区)

第6条 本研究会は、次の地区から構成される。

1. 北海道

道央地区(石狩, 後志, 胆振, 空知, 日高), 道南地区(渡島, 檜山), 道北・道東地区
(留萌, 上川, 宗谷, オホーツク, 根室, 釧路, 十勝)

2. 他地区

道外地区

(組織と役員)

第7条 本研究会に、次の組織と役員をおく。

(組織)

2. 本研究会の組織として幹事会と事務局、役員として会長(1名)、幹事(5名)および事務局長(1名)をおく。

3. 幹事会は会長、幹事および事務局長からなり、会長が招集し、年間の事業を決定する。

(役員を選出)

第8条 本役員を選出は、次のように行う。

2. 会長: 幹事の互選により決定し、会員の承認を得る。任期は2年とし、再任はない。

3. 幹事: 幹事の配分と人選は各地区の会員数等を参考に幹事会で決め、会員の承認を得る。任期は2年とし、原則として連続の再任は1回までとする。

4. 事務局長: 会長と幹事の協議により選任することとし、任期は2年とし、原則として連続の再任は1回までとする。

(非会員の取り扱い)

第9条 会員以外の者が本研究会の各種事業へ参加することは原則自由とする。ただし、経費が発生する事業については費用の負担をお願いする。

(改廃)

第10条 この規約の改廃は、幹事会の決議を経て会員の承認を得る。

(補足)

第11条 この規約の実施に関し必要な事項は、幹事会の承認を得て、別に定めるものとする。
(附則)

第12条 この改正規約は、2017年7月8日から施行する。

[新]

サケ科学奨励賞規程

(目的)

第1条 この規程はサケ学研究会の研究の向上と活動の促進をはかるために、サケ科学奨励賞の受賞に関する必要な事項を定めることを目的とする。

(賞の名称)

第2条 「サケ科学奨励賞 Salmon Science Incentive Award」(以下、「サケ科学賞」という。)とする。
(受賞者の資格)

第3条 受賞者は当該年度のサケ学研究会において口頭発表あるいはポスター発表を行った満年齢40歳以下の会員とする。

(サケ科学賞選考委員会)

第4条 サケ科学賞選考委員会(以下、「選考委員会」という。)は、サケ学研究会の役員により構成する。

2. 選考委員会の委員長は幹事から選ばれた会長とする。

(受賞者の選考方法)

第5条 サケ学研究会に参加した会員は、選考対象の発表をすべて聴いた上で、所定の投票用紙に1名の受賞資格者を選定し投票する。

2. 事務局は投票用紙の集計を行う。

3. 選考委員会は投票結果に基づき、最優秀な発表者を受賞者として選出する。

4. 会長は、選考委員会の議を経て受賞者をサケ学研究会の場で発表する。

(賞の授与)

第6条 賞の授与は、サケ学研究会の閉会時に行う。

2. 賞の内容は事前に選考委員会で決定する。

3. 賞に要する費用は特別経費「サケ科学奨励賞基金」の経費をもって充てる。

(改訂および改廃)

第7条 本規程の改定および改廃は選考委員会にて行う。

(付則)

第8条 この改正規程は 2018年12月2日より施行する。

[現行]

サケ科学奨励賞規程

(目的)

第1条 この規程はサケ学研究会の研究の向上と活動の促進をはかるために、サケ科学奨励賞の受賞に関する必要な事項を定めることを目的とする。

(賞の名称)

第2条 「サケ科学奨励賞 Salmon Science Incentive Award」(以下、「サケ科学賞」という。)とする。

(受賞者の資格)

第3条 受賞者は当該年度のサケ学研究会において口頭発表あるいはポスター発表を行った満年齢40歳以下の会員とする。

(サケ科学賞選考委員会)

第4条 サケ科学賞選考委員会(以下、「選考委員会」という。)は、サケ学研究会の役員(幹事5名、事務局長1名)により構成する。

2. 選考委員会の委員長は幹事から選ばれた会長とする。

(受賞者の選考方法)

第5条 サケ学研究会に参加した会員は、選考対象の発表をすべて聴いた上で、所定の投票用紙に1名の受賞資格者を選定し投票する。

2. 事務局は投票用紙の集計を行う。

3. 選考委員会は投票結果に基づき、最優秀な発表者を受賞者として選出する。

4. 会長は、選考委員会の議を経て受賞者をサケ学研究会の場で発表する。

(賞の授与)

第6条 賞の授与は、サケ学研究会の閉会時に行う。

2. 賞の内容は事前に選考委員会で決定する。

3. 賞に要する費用は特別経費「サケ科学奨励賞基金」の経費をもって充てる。

(改訂および改廃)

第7条 本規程の改定および改廃は選考委員会にて行う。

(付則)

第8条 この会則は2015年12月20日より施行する。

現在の役員

会 長 宮下和士

幹 事 荒木仁志, 宮下和士, 永田光博, 佐々木義隆, 浦和茂彦 (アルファベット順)

事務局長 帰山雅秀

サケ学研究会の記録（開催時期・場所、特集、特別講演など）

第 1 回 2007 年 9 月 24 日(土)北海道大学水産学部

基調講演:浦野明央「海洋の生態生理学」

第 2 回 2008 年 12 月 13 日(土)北海道大学水産学部マリンサイエンス創世研究棟

特別セッション「サケ・マス資源の持続的利用に向けた取り組みの現状と課題」(CO: 宮腰靖之)

第 3 回 2009 年 12 月 5 日(土)北海道立水産孵化場本場展示研修館

特別セッション「カラフトマス研究の現状と今後の展開方向」(CO: 永田光博)

第 4 回 2010 年 12 月 18 日 北海道大学水産学部マリンサイエンス創世研究棟

ミニ・ワークショップ「野生サケ類の保全に関する研究の現状と将来展望」(CO: 帰山雅秀)

第 5 回 2011 年 12 月 17 日(土)~18 日(日) 北海道大学学術交流会館小講堂

特集「サケは新たなレジームへ？」(CO: 帰山雅秀・上田宏・永田光博)

特別講演:阿部周一「サケ類のゲノム生物学ー育種と資源管理へ向けて」

第 6 回 2012 年 12 月 8 日(土)北海道大学水産学部マリンサイエンス創世研究棟

特別講演:帰山雅秀「これからのサケ学 Sustainability Science の勧めー生態学的俯瞰」

指名発表:中道礼一郎「グラフィカルモデリングによる遺伝子と内分泌の発言ネットワーク推定ベニザケの産卵回帰メカニズム」

第 7 回 2013 年 12 月 22 日(日)北海道大学大学院環境科学院講義棟 101 室

特別講演:荒木仁志「持続可能な孵化放流事業と野生魚の共存をめざして:海外の研究事例紹介」

第 8 回 2014 年 12 月 21 日(日)北海道大学水産学部マリンサイエンス創世研究棟

特集「サケ属魚類の孵化場魚と野生魚の共存は可能か？」(CO: 永田光博)

第 9 回 2015 年 12 月 20 日(日)北海道大学国際本部大講義室 111 室

特集「サケの回遊とそのメカニズム」(CO: 上田宏)

第 10 回 2016 年 7 月 23 日(土)北海道大学国際本部大講義室 111 室

特集「サケマス類の持続的資源管理に向けた最新の魚病対策」(CO: 浦和茂彦)

特別講演:永田光博「ふ化場生まれのサクラマスとサケの生態学的研究から学んだこと」

第 11 回 2017 年 7 月 8 日(土)北海道大学国際連携機構大講義室 111 室

特集「サケの資源変動要因を探る」(CO: 浦和茂彦)

第 12 回 2018 年 12 月 1 日(土)~2 日(日)函館市国際水産・海洋総合研究センター大会議室

特集「『サケ』の価値の多様性を考える」(CO: 宮下和士・荒木仁志・市村政樹)

2018年度第12回サケ学研究会
講演要旨集

2018年11月30日 印刷
2018年12月1日 発行

発行責任者：会長 宮下和士
発行：サケ学研究会事務局
北海道大学北極域研究センター
〒001-0021
札幌市北区北21条西11丁
TEL: 011-706-9633