

第 10 回 サケ学研究会 講演要旨集

Abstracts for the Tenth Conference of Salmon Science Society (3S)



日時：2016年7月23日（土）

場所：北海道大学国際本部大講義室 111 号室

Date: Saturday, 23 July 2016

Venue: Lecture Room 111, Office of International Affairs
Hokkaido University

第10回サケ学研究会プログラム

The Tenth Conference of Salmon Science Society (3S)

日時：2016年7月23日（土）

場所：北海道大学国際本部大講義室111号室

札幌市北区北15条西8丁目

9:00 開会挨拶 サケ学研究会 会長 浦和茂彦

9:05 事務連絡

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」

9:10-9:15 趣旨説明

コンビナー：浦和茂彦（北水研）

9:15-10:00 基調講演「サケマス類の病原細菌およびウイルスの卵を介した垂直感染防止法」

吉水 守（北大院水）

10:00-10:30 サケマス類の細菌性冷水病の現状と対策

大迫典久（北水研）

10:30-11:00 サケマス類の卵膜軟化症の原因と対策

°笠井久会（北大院水）・伴 真俊（北水研）

11:00-11:30 サケの原虫病の現状と対策

°水野伸也（道さけます内水試）・浦和茂彦（北水研）・

宮本真人・畑山 誠・小出展久（道さけます内水試）・

上田 宏（北大フィールド科学セ）

11:30-12:00 総合討論

12:00-13:00 Lunch Time

特別講演

13:00-14:00「ふ化場生まれのサクラマスとシロザケの生態学的研究から学んだこと」

永田光博（道さけます内水試 前場長）

一般講演 [*サケ科学奨励賞選考対象。講演時間 15 分（発表 12 分，質疑 3 分）]

座長：佐々木義隆（道さけます内水試）

14:00-14:15 千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 2. 生殖と初期生活

河村 博（道総研フェロー）

- 14:15-14:30* 高水温馴致飼育したシロザケ幼魚筋肉のプロテオミクス
°佐藤琢哉(岩手大三陸水研セ)・山下哲郎(岩手大農)・塚越英晴・平井俊朗・阿部周一(岩手大三陸水研セ)
- 14:30-14:45* ニジマスにおいて水温および Poly(I:C)の構造が Poly(I:C)の自然免疫賦活作用に与える影響
°西川翔太郎(北大院水)・中野哲郎(協和発酵)・笠井久会(北大院水)
- 14:45-15:00* 自然河川における環境 DNA メソッドを用いたサケ科魚類と冷水病細菌の生態学的研究
°本多託也(北大院農)・水野伸也(道さけます内水試)・荒木仁志(北大院農)
- 15:00-15:15* 高多型性マイクロサテライト DNA マーカーによる三陸岩手のサケの遺伝特性
°塚越英晴・照井沙友里・阿部周一(岩手大三陸水研セ)
- 座長：荒木仁志（北大院農）
- 15:15-15:30* 道東別寒辺牛川水系におけるイトウ成魚の季節的生息場利用
°本多健太郎(北水研)・鍵和田 玄・高橋伸幸(北大院環)・宮下和士(北大フィールド科セ)
- 15:30-15:45* Investigating the effect of egg size on the growth of wild broodstock steelhead (*Oncorhynchus mykiss*)
°Katharine E. Self, Karen Cogliati, and David L.G. Noakes (OHRC, Oregon State University)
- 15:45-16:00* EMG 発信機を用いたサケ・サクラマスの床止工魚道に対する遡上行動の解析
°今野義文・中尾勝哉・坂下 拓(道栽培公社)・上田 宏(北大フィールド科学セ)
- 16:00-16:15* 根室北部地区における自然産卵サケの遡上状況
°實吉隼人・大森 始・佐々木義隆・春日井 潔・宮腰靖之(道さけます内水試)
- 16:15-16:30 **Coffee Break** (サケ学奨励賞投票)
- 座長：宮下和士（北大院水）
- 16:30-16:45 PIT タグシステムによるサクラマス母川回帰の確認
°新居久也・中尾勝哉・藤井 真・飯村幸代(道栽培公社)・三坂尚行(道さけます内水試)・林田寿文(寒地土研)・高橋憲明(岩手内水技セ)・島川良英(下安家漁協)・田中智一朗(田中三次郎商店)・上田 宏(北大フィールド科セ)
- 16:45-17:00 大槌湾におけるサケ回帰親魚の母川回帰行動とステロイドホルモンとの関連
°野畑重教・伯耆匠二・青木良徳(東京大大海研)・日下部誠(静岡大理)・北川貴士・佐藤克文・竹井祥郎・兵藤 晋(東京大大海研)

17:00-17:15 2015 年春の北海道沿岸におけるサケ稚魚の移動状況

°春日井 潔・宮腰靖之・藤原 真・ト部浩一・渡辺智治(道さけます内水試)・
竹内勝巳・青山智哉・神力義仁(道さけます内水試道南)・
越野陽介(道さけます内水試道東)

17:15-17:30 網走湖呼人湾より放流されたシロザケ稚魚の食性－1960 年代と 1990 年代の比較
浅見大樹・°永田光博(網走水試)

17:30-17:45 鱗解析結果に基づく三陸産シロザケの沿岸離岸サイズと生残率の関係
秦 玉雪(大連海洋大)・°帰山雅秀(北大国際)

18:00-18:05 サケ科学奨励賞授与式

18:05-18:20 閉会挨拶 サケ学研究会 会長 浦和茂彦
写真撮影

18:20 閉会

19:00-21:00 交流会

「イタリアンバルパステル 札幌北十八条店」

(札幌市北区北 18 条西 4 丁目 1-14 18HT ビル 1 階 TEL: 011-700-5002)

<http://tabelog.com/hokkaido/A0101/A010201/1008814/>

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」

コンビナー：浦和茂彦(水産機構北水研)

近年、我が国のサケやカラフトマス資源は減少傾向にあるが、その対策として環境変動に対応した放流技術を開発すると共に、健康な放流種苗の生産が不可欠である。サケマス類のウイルス・細菌病や原虫病に関しては、長年に渡り疫学や発生機序などの研究が行われ、対策が普及して防除効果を上げている。しかし、常に既往感染症の再発や新たな病原体の国内侵入の危険性に晒されており、防疫体制を維持・強化することが必要である。一方、ふ化場で頻繁に発生するイクチオボド症など原虫病は、2003 年の薬事法改訂後、駆虫の困難性が増し、それが近年の資源減少の一因として疑われている。さらに、卵や仔稚魚の飼育過程において、卵膜軟化症など原因不明の疾病が発生し、種苗の生残率を低下させている。本特集では、種苗生産過程などで問題となる魚病の実態と最新の対策を整理すると共に、サケマス類の持続的資源管理に向けた今後の課題を討論する。

特集 1: 基調講演

サケマス類の病原細菌およびウイルスの卵を介した垂直感染防止法

吉水 守(北大院水)

「はじめに」 サケマス類の孵化放流事業あるいは養殖業の基本は、健康な親魚から受精卵を得て病原体のいない飼育用水で卵を管理し、孵化した仔稚魚の飼育を行うことである。そのためには、まず飼育施設・器具・機材の衛生管理を行い、病原体フリーの飼育用水を確保する。内水面では下流がハイリスクであることを念頭に魚の配置を行うことが重要である。採卵には健康な親魚を用いるが、それが難しい場合には、受精前に卵洗浄と卵消毒を行い孵化場内に病原体を持ち込まない、採卵場および洗卵排水の殺菌を行う、発眼初期に再度卵消毒を実施することである。さらに孵化した仔稚魚の病原体検査を定期的実施し、河川水使用の飼育池への移動あるいは放流に際しては健苗性を確認することである。今回は親から仔稚魚に卵を介して伝播するウイルスおよび細菌を原因とする病気対策について、現在までに明らかになっていることを紹介したい。

「飼育環境」 作業者の手指や長靴をはじめ、飼育器具・機材の微生物管理が病原体の伝播防止上きわめて重要であり、飼育施設、器具等は受精卵の搬入前に病原体を殺菌あるいは排除し、日頃から常時防疫に努める必要がある。孵化施設の多くは湧水を使用しているが、稚魚池の飼育水が不足する場合、河川水の使用を余儀なくされる。この場合、河川水を殺菌することがリスク回避上必要である。飼育用水の殺菌に関しては、紫外線、オゾンあるいは海面では電解による殺菌が一般的である。

「親魚管理」 採卵用親魚の健康状態の把握として成熟期に生殖産物を検査する。催熟畜養中に病原体を出す個体が存在すると、催熟群全体に水平感染が起こる。親魚がウイルスあるいは病原細菌に感染し、体腔液中に病原体が存在する場合、卵表面が汚染され、菌数が多いと受精・吸水時に囲卵腔内に細菌が侵入する。囲卵腔内での生存性が従来言われてきた卵内感染を決定する。精子が汚染され、精子と共に病原体が侵入した場合、受精胚は死亡する。病原体が増殖あるいは卵内で安定であると孵化仔魚に感染し伝播原となる。

「卵洗浄と消毒」 発眼卵消毒が普及した現在も発症がみられ、卵を介して垂直伝播する病気として伝染性膀胱壊死症、細菌性腎臓病および細菌性冷水病が知られている。冷水病に関しては受精率を向上させるために古くから行われてきた洗卵を履行し、卵表面の生菌数を 10^7 CFU 以下にした後、卵消毒を行って受精し、孵化室に移す手法の有効性が確認され、養鱒協議会を中心に普及が図られている。

「今後の課題」 魚を殺さずに感染履歴を把握できる抗体検査法の確立と養殖魚を対象としたワクチンの開発および耐病系統の確立があげられる。魚類防疫に関しても、魚種および病原体ごとにリスク評価を行い、重要な管理点の抽出とその実施状況の記録が重要である。

特集 2

サケマス類の細菌性冷水病の現状と対策

大迫典久(水産機構北水研)

日本では“アユの冷水病”としてよく知られる細菌性冷水病であるが、もともと欧米諸国ではサケ科魚類の病気である。この病気は *Flavobacterium* 属の *F. psychrophilum* という細菌により引き起こされる病気で、米国では古くから知られており、1940 年代にはニジマス、ギンザケでの発生が報告されている(Cipriano and Holt 2005)。これらの他にシロサケ、サクラマス、ベニザケなど殆どのサケ科魚類が宿主となるが、サケ科魚類以外でもアユを初めコイ、ウナギなど広範囲の宿主域を示す。さけます類の冷水病では、その名前の由来通り 4~10 °C という低温度で発生し、主な症状として、脂びれや尾柄部外皮の壊死・下部筋肉組織の出現を示す。冷水病が発生した場合はウイルス、細菌、寄生虫との混合感染を引き起こしている場合が多い。日本では 1987 年に徳島県の養殖場で発生したアユ稚魚から初めて冷水病原菌が検出された。サケ科魚類では宮城県の岩手県のギンザケ孵化場で 1990 年に発生が確認されたが、1985 年頃からギンザケとニジマスで病気が見受けられている。北海道については、2006 年に河川に遡上するシロサケ親魚から北海道立水産孵化場によって初めて原因菌の *F. psychrophilum* の検出が報告された(Misaka and Suzuki 2007)。そこで、北海道のサケマス類の河川遡上親魚における冷水病原菌の保有状況について新たに調査を行なった。調査は 2006 年から 2008 年まで実施し、対象種は、シロサケ、サクラマス、カラフトマス、ベニザケである。その結果、調査した北海道内の全ての河川のシロサケ親魚からは高い保有率で原因菌が分離され、その保菌状況は、2006 年、2007 年、及び 2008 で、それぞれ平均 85%、91.1%、及び 98% となった。サクラマス、ベニザケ、カラフトマスにおいてもシロサケとほぼ同様な結果となった。さらに 2006 年度に調査したシロサケから検出された *F. psychrophilum* について疫学的情報を得るために、PCR-RFLP 法を用いて各地域で検出された原因菌の遺伝的多様性について検討した。その結果ジャイレース遺伝子の *parE* 領域の制限酵素切断型については、オホーツク地域の河川では殆どが S 型を示しているのに対し、えりも以西の地域の河川では、S 型に加え R 型または SR 型の比率が比較的高くなった。これより、オホーツク地域では様々なタイプを示す原因菌の侵入頻度が低いことが予想された。細菌性冷水病に対する効果的な対策については、現在でも未だ難しい課題となっている。この病気は浸漬・接触感染による水平感染により伝播するが、特に皮膚のスレが浸漬、同居感染による病原体の侵入を促進させるので、スレが極力できないような管理飼育をすることが大切であり、また死亡すると排菌量が増加するため、死亡魚、瀕死魚の取り上げも疾病予防に繋がると考えられる。冷水病で特に問題となるのは親魚から卵への垂直感染である。卵表面についた病原菌については現在実施されているイソジンにより消毒することができるが、卵内に菌が侵入した場合は困難である。卵周囲に菌が多い場合卵内に侵入するという報告(Kumagai *et. al.* 2000)があることから、受精前に等張液で洗卵して卵周囲の菌数を減らす方法が考えられている。しかし、菌で汚染された精子についても対応が必要なため、最近では洗卵に加え、さらに吸水前のイソジン消毒が提案されており、成果が期待されている。

特集 3

サケマス類の卵膜軟化症の原因と対策

°笠井久会(北大院水)・伴 真俊(水産機構北水研)

シロザケ (*Oncorhynchus keta*) は北海道を中心として重要な漁業資源であり、1888 年以来続く人工ふ化放流によって資源量が維持されている。卵膜軟化症は、人工ふ化放流の工程の中でも最も減耗の起こりやすい卵期に発生する疾病であり、1922 年に北海道後志の尻別ふ化場での発症が報告されてから 100 年近く経過した現在においても原因は明らかにされていない。

サケ科魚類の卵は、受精時に卵膜硬化が起こることで発生過程の胚を外界から守っている。しかし卵膜軟化症が発症すると、卵膜の一部が溶解して窪みや小穴が形成されることで物理的耐性が低下し、胚の運動により容易に卵膜の破れや早期孵化を引き起こす。武田(1930)は、顕微鏡による病卵の卵膜断面観察により卵膜表面の一部に円形凹状の侵蝕があることを確認し、過マンガン酸カリウムによる消毒でこの侵蝕が防止できたことから、卵膜軟化症は卵膜に付着した細菌により外面から侵されるものであると報告した。その後の研究で、水質や水温、ふ化用水の溶存酸素不足など様々な原因が関与すると報告され、卵膜軟化症は細菌が主な原因とされながらも、原因細菌が特定されていないため、原因未解明の複合要因疾病と位置付けられている。

本研究では、卵膜軟化症の発症原因を明らかにするために、卵の交換飼育、病卵の卵膜微細構造観察および卵膜の微生物群集構造について検討した。その結果、同一親魚卵であっても管理環境により発症状況が異なることが明らかとなり、卵膜軟化症発症卵では卵膜表面に無数の桿菌が観察され、卵膜を侵蝕する様子が確認された。これらの結果から、卵膜軟化症は親魚由来の因子や卵内の胚の発生異常などによるものではなく、外部環境由来の細菌によって卵膜が表面から溶解されることで発症することが明らかとなった。今後は、卵膜を溶解する細菌の分離を試み、卵への人為感染試験を実施する必要がある。本疾病への対策としては、飼養中の卵の消毒やタンニン酸・緑茶抽出物による処理が有効との報告がある。

特集 4

サケの原虫病の現状と対策

○水野伸也(道さけます内水試)・浦和茂彦(水産機構北水研)・宮本真人・畑山 誠・
小出展久(道さけます内水試)・上田 宏(北大フィールド科学セ)

【目的】 放流用サケ稚魚で発生する原虫病対策のため使用されてきたホルマリンが、平成 15 年薬事法の一部改正により使用禁止になった。これに伴い、各孵化場はホルマリンの代替法として、食酢食塩水浴を用いて駆虫している。しかし、この方法では、稚魚がストレスを受け弱る、作業が繁雑で労力コストが増える等、問題が発生している。また、体力の弱い仔魚は池から取揚げられないため、養魚池で飼育された仔魚の駆虫は困難である。これら不十分な原虫病対策が、稚魚の健康阻害や放流後の生残率低下を招き、秋サケ資源減少の 1 つの要因である可能性が指摘されている。本研究は、予防によるサケ稚仔魚の原虫病対策の充実強化を図るため、道内における原虫病の実態把握、感染経路の解明および予防技術の開発を行うことを目的とした。今回は、現在までに得られた成果の報告を行う。

【方法】 ①原虫病の実態把握:2013 年～2015 年に道内各地 104 箇所のみ化場で稚魚を採集し、稚魚に寄生するイクチオボドの遺伝子定量およびトリコジナの計数を行うことによって、原虫の寄生状況を調べた。②原虫病の感染経路解明:感染源および感染媒体となり得る検体について、イクチオボドおよびトリコジナの遺伝子及び虫体の検出を行い、感染経路を調べた。③原虫病の予防技術開発:ハーブ精油を添加した配合飼料を稚魚に給餌することにより、稚魚の原虫病予防技術を開発し、本技術を各管内増協孵化場に試験導入することで実証試験を行った。また、飼育用水の紫外線(UV)照射による殺虫が、原虫病予防に与える効果について検討した。

【結果】 ①原虫病の実態把握:イクチオボド、トリコジナは共に、根室湾を含む太平洋側で主に発生していることがわかった。②原虫病の感染経路解明:イクチオボドの感染源はサケ、トリコジナの感染源は全てのサケ科魚類であり、両原虫の感染は飼育用水を介して起こることがわかった。③原虫病の予防技術開発:実証試験の結果、オレガノ精油添加飼料を稚魚へ給餌することにより、イクチオボドおよびトリコジナの発生を抑制または皆無にすることができた。また、飼育用水への 2.2×10^6 W·sec/cm² UVC 照射が、原虫病の予防に有効であることがわかった。以上の結果、放流用稚魚で発生する原虫病の実態把握、感染経路の解明および予防技術の開発が実行可能であることが判明した。本研究の成果により、近い将来サケ増殖事業での原虫病の防疫対策に活用されることが期待される。

特別講演

ふ化場生まれのサクラマスとシロザケの生態学的研究から学んだこと

永田光博(道さけます内水試 前場長)

1982年に道立水産孵化場(道総研さけます・内水試)に勤務して以来サケ類資源の保全と増殖を進めるため生態学的研究手法を用いた技術開発研究を行ってきた。ここではサクラマス(*Oncorhynchus masou*)とシロザケ(サケ, *O. keta*)にしぼって主の研究成果を紹介する。

サクラマス サクラマスの成長や生残に影響を与えると考えられる放流後の移動・定着に関する生態学的特性を実験水路と自然河川での観察データから明らかにした。浮上した遡上系(自然回帰した親魚に由来)サクラマス稚魚は降下が優先し、降下魚に占める雄の割合は有意に低かった。浮上後の移動には個体群全体としての成長の増大を保証する密度調節機能に加えて河川型成熟雄と降海型未熟雄と雌との生活場の棲み分け機能の役割があると考えられた。これに対して養殖系(ふ化場で再生産された親魚に由来)稚魚では浮上後に遡上が優先し、また有意な分散性差もみられなかった。水路タイプの池では上流側の飼育環境が常に良好で、このような環境は遡上行動をする個体の生残に有利に働き、再生産を通して急速に個体群に広がったと考えられた。また養殖系スマルト(銀毛)の降海時期は6月に集中した。早い降海時期を有する遡上系と養殖系との交雑魚(F1)は中間的な降海時期を示したことからスマルト降海時期は遺伝的な影響を強く受けていることが明らかになった。さらに、早い降海時期を有する遡上系サクラマスを継代養殖し、スマルトの降海時期と継代回数との関係で調べたところ、継代回数が増えると降海時期が遅れることが示唆され、継代養殖がスマルトの降海行動にも影響を与えると考えられた。これらのことから養殖系を放流種苗に用いるときは継代飼育を避けることが重要である。サケと同様にふ化場魚による資源増大を進めてきたが、市場調査に基づく標識放流魚の経済回収効果はサケに比べて低いことから、コスト削減や飼育・放流技術の改善に加えて野生魚の産卵・生息環境の保全・修復も重要と考えられる。

サケ サケは1970年代から急速に増加し、その増加はふ化放流技術の改良と海洋環境の好転のためと考えられている。一方で、北海道内の地域間格差は大きく、その原因の究明と改善が求められている。日本海北部、オホーツク海東部、根室湾南部、太平洋胆振などの河川へ耳石標識稚魚を大量放流し、稚魚の移動・成長と水温環境、回帰との関係を明らかにしてきた。これらの結果から稚魚の大きさに関わらず沿岸水温が稚魚の分散や移動に大きく影響し、特に春期の平均海水温が低い道東沿岸では8℃以下の低水温が生育場の拡大を抑制し、回帰にも影響を与えることが示唆された。過去20数年分の稚魚期の沿岸水温と親魚の回帰数を地区間で比較したところ、隣接する地区間で高い類似性がみられた。これら地域集団の配置はすでに知られている北海道内の遺伝学的集団構造と似た傾向を示した。環境の不確実性に対してサケ類の持続的な資源の利用を進めるためには沿岸水温などの環境モニタリングを通じた順応的増殖管理とサケ遺伝集団の保全が重要と考えられる。

一般講演 1

千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 2. 生殖と初期生活

河村 博(道総研フェロー)

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) の生態等に関する予報 (本研究会 2010 年) で、本種の産卵期が 12 月以降と推察された。2010~016 年に BT の生殖期、産卵場所、浮上稚魚の初期生活を明らかにする目的で本調査を実施した。

材料と方法: ママチ川の中流から上流域において、2010 年 6 月から 2016 年 5 月までの間、35 回の餌釣りで採集した 194 個体の生殖腺の発達度合いを調べた。生殖腺の熟度は、未熟と成熟 (排精あるいは排卵直前の発達段階を含む) に区分した。2010 年 (5 回: 10~2 月)、2011 年 (7 回: 1 月~4 月) および 2014 年 (5 回: 10~11 月) に湧水の沢とイケジリママチ川において産卵床を目視観察し、産卵床の長径と幅を計測した。BT の産卵床は、形成時期等に基き特定した。浮上稚魚を 2011 年 (3 回: 3~4 月) と 2016 年 (7 回: 4~6 月) にタモ網で採集し、現地で種査定と体長 (浮上時は全長 TL、それ以外は尾叉長 FL) を測定し写真に記録した。また稚魚の分布した河川環境 (水温、水深、河床組成) も記録した。

結果: 2010 年 6 月から 2011 年 4 月までの河川水温は、6 月から 10 月上旬の間 10°C 強を維持したが、10 月下旬から低下し、1 月末に最低値 5°C を示した後、2 月から上昇して 4 月初めには 10°C に達した。生殖腺調査供試魚の FL は、8cm から 39cm の範囲であった。このうち雄魚の排精個体が 10 月 21 日 (FL: 39cm)、10 月 30 日 (FL: 18cm)、11 月 1 日 (FL: 23.2cm, 27.6cm)、11 月 5 日 (FL: 18.8cm)、12 月 5 日 (FL: 21.2cm) に確認された。一方、雌魚の成熟個体が 10 月 21 日 (FL: 24.0cm) に採集され、9 月 20 日採集の 1 個体 (FL: 27.3cm) において明らかに発達中の卵巣が観察された。最小成熟個体のサイズは、雄魚が 8cm および雌魚が 24cm で、年齢はそれぞれ 2~3 年および 3~4 年と推定された。BT の産卵床は、2014 年 11 月 8 日に上流域の湧水の沢で 2 か所見出された。産卵床は、火山性小礫 (長径 15~25mm) の河床で瀬に形成され、その長径と幅は、120cm と 40cm および 150cm と 60cm であった。水温は 9.0°C を示した。これらの結果から、ママチ川 BT の産卵期は 11 月上旬から 12 月と判断された。2016 年の浮上稚魚調査では、サケ科 2 種 (BT とサクラマス *Oncorhynchus masou* (以下 MS とする)) とエゾハナカジカ *Cottus nozawae* 稚魚が採集された。MS は 4 月 5 日から 6 月 12 日まで採集され、平均 FL は 3.7cm から 4.7cm に増加したが、総採集個体数は 5 月 1 日 (48 個体) をピークにその後減少した (6 月 12 日: 21 個体)。一方、BT は遅れた 5 月 22 日に初めて 4 個体 (平均 TL: 3.0cm) が採集され、5 月 29 日と 6 月 12 日に総採集個体数が 28 個体と 30 個体に増加したが、6 月 12 日の平均 TL は 2.4cm に低下した。BT と MS 稚魚のハビタットは同一であり、岸辺の浅場 (水深 1~5 cm) で著しく流速が遅い場所 (たまり) を選択していた。その川底には黒色の植物性残渣が堆積していた。

考察: 生殖に関してママチ川の BT は、冬季 (1~2 月) にも産卵する可能性が高いと考えられる。一方 BT と MS 稚魚の浮上期が異なり同一のハビタット利用に経時的相違が認められたが、これは 2 種の産卵期 (MS: 9~10 月, BT: 11~12 月) および発生に関する積算水温の相違に起因すると考えられる。今後は稚魚の初期生活期における、BT と MS の河川残留型個体と稚魚との間の食う-食われるの関係を明らかにする必要がある。

一般講演 2 (サケ科学奨励賞選考対象)

高水温馴致飼育したシロザケ幼魚筋肉のプロテオミクス

○佐藤琢哉(岩手大三陸水研セ)・山下哲郎(岩手大農)・塚越英晴・
平井俊朗・阿部周一(岩手大三陸水研セ)

【背景と目的】シロザケ (サケ, *Oncorhynchus keta*) は三陸岩手の水産業における重要魚種である。しかし、その回帰尾数は 1996 年度をピークに減少の一途を辿っており、2011 年の東日本大震災を経て、ここ数年は一層低迷している。その原因は明確ではないが、稚魚の分布密度と沿岸水温が負の相関を示し、分布密度と回帰尾数に正の相関がみられることから、降海後の離岸期における水温上昇など沿岸環境の変化が資源減耗の誘因と推測されている (平成 25 年岩手県水産試験研究成果等報告)。また、親魚回帰時期の沿岸域における暖水塊の滞留も回帰尾数の低迷の原因となっている可能性がある。一方、サケに対する高水温の影響については、まだほとんど不明のままである。そこで我々は、プロテオミクスの手法を用いて、水温上昇がサケに及ぼす影響を分子レベルで解析している。今回、飼育水温によるタンパク発現の違いをサケ幼魚の筋肉において調べたので、その結果を予備的に報告する。

【方法と材料】片岸川孵化場 (釜石市) の稚魚を三陸水産研究センターに搬入し、8 カ月間飼育した後にランダムに 14 尾を取り出し、7 尾ずつ 10°C (適水温) および 18°C (高水温) の飼育水槽 (300 L) に入れた。30 日間の馴致飼育後に幼魚 (約 21.8 cm, 約 115 g) を水槽から取り出し、直ちに魚体を実験時まで -80°C で凍結保存した。実験時、保存した魚体を取り出し速やかに背びれ下の筋肉を切り取った後に、筋肉タンパクの可溶性画分を抽出し、総タンパク質量を約 80 µg に調製した後に二次元電気泳動により分離した。分離したスポット濃度を発現量とみなし、その増減を画像解析した後、10°C と 18°C の飼育幼魚群間で有意に発現が増減したスポットについてゲル内消化および LC-MS/MS 解析によりそのタンパクを同定した。

【結果と考察】異なる水温で飼育したサケ幼魚筋肉のプロテオミクスから、以下の結果が得られた。①二次元電気泳動によりサケ幼魚筋肉の発現タンパク 644 個のスポットを検出し、異なる水温実験群間において、31 個のスポットで発現量が有意に増減した (t -test, $p < 0.05$)。②18°C で飼育した幼魚では、分子シャペロンである Heat shock cognate 70 kDa Protein や Protein hiveshi という熱ストレス応答タンパクの発現量が増大した。③18°C 飼育幼魚では、解糖系酵素であるグリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼおよびホスホグリセリン酸キナーゼの発現量が増加したが、乳酸デヒドロゲナーゼは減少した。④上記のタンパク以外では、毛細血管の血液由来とみられる 6 種類のタンパクの他、11 種類のタンパクが異なる水温群間で有意に変動した。

以上の結果から、高水温馴致個体は適水温飼育個体と比較して熱ストレスを常時受けており、解糖系による ATP 生産能力を上昇させ、生じたピルビン酸を嫌気的な乳酸発酵ではなく TCA 回路で代謝している可能性が示された。すなわち、サケ幼魚が高水温中で生き残るためには、高い ATP 生産能が必要であることが推測された。

一般講演 3 (サケ科学奨励賞選考対象)

ニジマスにおいて水温および Poly(I:C)の構造が Poly(I:C)の自然免疫賦活作用に与える影響

○西川翔太郎(北大院水)・中野哲郎(協和発酵)・笠井久会(北大院水)

Poly(I:C) (Polyinosinic: polycytidylic acid) はイノシンとシチジンから構成される合成二本鎖 RNA である。Toll-like receptor 3 (TLR3) や TLR22 で認識され、自然免疫において重要な役割を担うインターフェロンや抗ウイルスタンパク質である Mx タンパク質の産生を誘導することが知られている。哺乳類においてはワクチンアジュバントとしても利用されており、魚類への応用も検討されている。Poly(I:C)を用いた免疫法はウイルス性出血性敗血症ウイルスや伝染性造血器壊死症やウイルス性神経壊死症に対して有効であることが報告されている (Kim *et al.*, 2009; Takami *et al.*, 2010; Nishizawa *et al.*, 2009; 2011a)。しかしヒラメにおいて、Poly(I:C)投与後に水温 17°Cで飼育した場合には魚体に毒性が示されなかったのに対し、13°Cでの飼育では一部の魚に致死的な毒性が示され (Nishizawa *et al.*, 2011; 松井ら, 2012), Poly(I:C)の免疫賦活作用に水温が与える影響について検討する必要性が示された。また Poly(I:C)はその構造および塩基長によって活性化させる細胞の種類や自然免疫への活性強度が異なることが報告されており (Kato *et al.*, 2008; Mian *et al.*, 2013), 魚類に有効な Poly(I:C)の構造を明らかにする必要がある。本研究では、ニジマスにおいて水温および Poly(I:C)の構造が Poly(I:C)の自然免疫賦活作用に与える影響について明らかにすることを目的とした。

まず水温による影響を明らかにするため、総塩基長 402 bp, イノシン塩基長 400 bp の Poly(I:C)を 0, 100, 200, 400, 800 µg/fish となるようニジマス (高水温期平均魚体重: 109g; 低水温期: 145 g ならびに 12 g) に腹腔内投与し、平均水温 17.4°Cならびに 4.6°Cにて 10 日間飼育した。投与 0, 1, 3, 7, 10 日後の脾臓における Mx 遺伝子発現量を定量リアルタイム PCR にて測定し、水温による影響を評価した。その結果、高水温にて Poly(I:C)を投与飼育したときの最大 Mx 遺伝子発現量は 100 µg/fish で 15.7 倍, 200 µg/fish で 18.8 倍, 400 µg/fish で 23.5 倍, 800 µg/fish で 27 倍であり、投与量に比例して増加した。また、いずれの投与量においても投与 1 日後にピークを示し、投与 3 日後までには定常状態の発現量程度にまで急速に減少した。一方、低水温にて Poly(I:C)を投与飼育したときの最大 Mx 遺伝子発現量は 100 µg/fish で 9 倍, 200 µg/fish で 14.7 倍, 400 µg/fish で 27.3 倍, 800 µg/fish で 19.6 倍であり、Mx 遺伝子発現量のピークは 800 µg/fish ならびに 100 µg/fish では投与 1 日後, 400 µg/fish で 3 日後, 200 µg/fish で 7 日後であった。低水温における Mx 遺伝子発現量の推移は高水温におけるそれよりも減少が緩やかであった。さらに、低水温においては平均体重 145 g のニジマス群に死亡は確認されなかったのに対し、平均体重 12 g のニジマス群においては投与量 200 µg/fish で 25%, 400 µg/fish で 58%, 800 µg/fish で 85%と高い死亡率を示した。次に Poly(I:C)の構造による影響を明らかにするため、5 種類の Poly(I:C)について比較検討した。平均体重 65.2 g のニジマスに 5 種類の Poly(I:C)をそれぞれ 3 µg/g fish となるように腹腔内投与し、同様に脾臓における Mx 遺伝子発現量の推移を観察した。本試験時の平均水温は 8.7°Cであった。異なる総塩基長の Poly(I:C) 4 種類すなわち 367 bp, 402 bp, 631 bp, 3300 bp の Poly(I:C)を投与した場合の Mx 遺伝子発現量を比較した結果、総塩基長 367 bp の Poly(I:C)投与で 26.5 倍, 402 bp で 15.1 倍, 631 bp で 21.8 倍, 3300 bp で 34.8 倍であり、いずれも投与 1 日後に発現量のピークが観察された。次に、イノシン塩基長が異なる 3 種類の Poly(I:C)すなわち 50 bp, 100 bp, 400 bp の Poly(I:C)を投与した場合、Mx 遺伝子発現量は、イノシン塩基長 50 bp、100bp および 400bp の Poly(I:C)投与でそれぞれ 26.5 倍, 57 倍, および 15.1 倍であった。これらのピークはいずれも投与 1 日後に観察された。総塩基長ならびにイノシン塩基長と Mx 遺伝子発現量に相関は見られなかった。また、試験魚の一部は眼球突出、腹水、体表の擦れや立鱗・脱鱗等の外部症状を示した。以上の結果から、ニジマスに対し Poly(I:C)を自然免疫賦活剤として利用する場合、低水温期に投与することで長期間賦活効果を得られ、1 尾あたりの投与量を抑えることも可能であることが示唆された。

一般講演 4 (サケ科学奨励賞選考対象)

自然河川における環境 DNA メソッドを用いたサケ科魚類と冷水病細菌の生態学的研究

○本多 託也(北大院農)・水野 伸也(道さけます内水試)・荒木 仁志(北大院農)

日本では冷水病によるサケ科魚類 *Salmonidae* のへい死が主に養殖業で発生し、本州の河川では放流した湖産アユ *Plecoglossus altivelis* から在来アユや養殖アユへの水平感染が報告されている(網田ら 2000)。また、北海道の河川で捕獲されたシロザケ *Oncorhynchus keta* の親魚から冷水病原菌の保菌が確認されている(畑山 2013)。シロザケ稚魚が大量放流されている北海道では、自然河川におけるサケ科魚類の冷水病が小規模に発生する可能性がある。そこで本研究では環境 DNA メソッドを用いて冷水病が発症する環境水中の細菌量の検討と、自然河川における季節的な冷水病原菌 *Flavobacterium psychrophilum* の定量およびサケ科魚類の季節的移動の関連性を検討することを目的として技術開発を試みた。

一定量の水に含まれる細菌量および最適ろ紙の検討:*F. psychrophilum* の *parE* 遺伝子の塩基配列から、qPCR 用の種特異的なプライマーを設計した。次にろ紙を検討するために、冷水病原菌標準株(NCIMB1947)を TYE 培地で培養し、その希釈系列を作成し、0.45 μ m または 0.7 μ m 孔径のフィルターでろ過した。冷水病原菌から抽出した DNA を鋳型とし、前述のプライマーを用いて PCR を行い、DNA 断片を得て、qPCR のスタンダードとした。2 種類のろ過サンプルを試料として qPCR に供し、細菌量を計測した。

感染から発症までの時系列に伴った飼育水中の細菌密度の検討:実験を 2 系列にした。系列 1) サクラマス *Oncorhynchus masou* の 1 歳魚に 21.4×10^7 cfu/ml の冷水病標準株を腹腔内注射し、3 つの 60L 水槽にそれぞれ注射後の魚を 2, 4 または 7 尾収容して、6 日間飼育した。飼育開始後 3 日目および 5 日目に採水してろ過した。系列 2) 腹腔内注射する細菌量を低, 中, 高の 3 段階に分け、サクラマスそれぞれ 30 尾を 30 日間飼育した。5 日毎に採水してろ過を行った。また、実験後に供試魚をランダムに選択し、腎臓から生菌の分離を試みた。

設計したプライマーは、今回の実験サンプルでは、種特異性が確認された。系列 1 では、3 日目に 4 尾の水槽で 1 尾死亡し、この死亡魚から冷水病原菌が分離されたため、感染が確認された。その他の群については、全ての供試魚が実験終了まで生存した。ろ過した水では、感染魚の死亡が確認された水槽で顕著な細菌量の増加はみられず、供試魚数に比例して細菌が多く検出されることもなかった。系列 2 では、全水槽において実験終了後まで全数が生存し、試験魚からの生菌の検出はできなかった。今後はここから採水したサンプルについて解析を行う予定である。

飼育実験で発症しなかった理由として、注射用の冷水病原菌の調整が不十分であった可能性がある。今後はこの点に留意し、再実験を行う。また、他種の細菌が含まれるサンプルでも種特異的な定量ができるかどうか確認すると共に、サケ科魚類生息河川で毎月定点採水し、細菌の検出を試みる。さらに、魚種および尾数と検出される細菌量の関連性を検討する。

一般講演 5 (サケ科学奨励賞選考対象)

高多型性マイクロサテライト DNA マーカーによる三陸岩手のサケの遺伝特性

○塚越英晴・照井沙友里・阿部周一(岩手大三陸水研セ)

【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十分でなく、中でも本州集団の情報は北海道集団に比べ少ない。合わせて、三陸岩手を含む本州集団の遺伝特性を十分に捉える事の出来る遺伝マーカーも不足している。そこで本研究では、新規に開発した高多型性のマイクロサテライト DNA マーカーを用いて、三陸岩手のサケの遺伝的類縁関係、前期遡上群と後期遡上群間の遺伝的差異などを明らかにした。

【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 河川について、遡上時期の異なる 40 集団(2012 年度, 約 4,000 個体), 青森県馬淵川(11 月下旬遡上 100 個体)や福島県宇多川(10 月下旬遡上 100 個体)からヒレ標本を採集した。採集された個体から全ゲノム DNA を抽出し、PCR 増幅とフラグメント解析により新規に開発したマイクロサテライト DNA 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、河川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。さらに、津軽石川で 2012 年度から 14 年度までの 3 年間に採集した遡上時期の異なる 13 集団を用いて、同一河川内の遡上時期による遺伝的分化の有無や程度を明らかにした。

【結果と考察】 分析したサケ集団について遺伝的類縁関係を推定した結果、三陸岩手のサケは、北海道のサケとは遺伝的に異なり、沿岸前期群、沿岸後期群、および北上川水系の 3 つの遺伝グループに分かれる事が明らかになった。加えて、青森県馬淵川集団は沿岸後期群に、また福島県宇多川集団は北上川水系グループに各々属することが分かった。このことから、東北地方太平洋岸に回帰するサケには、三陸沿岸前期、三陸沿岸後期、および東北南部の 3 つのグループがあると言い換える事が出来るかもしれない。

次に、各グループ内の河川間の F_{ST} 解析から、沿岸前期群内および北上川水系内の河川間では、ほぼすべての組み合わせで遺伝的分化が示唆された ($P < 0.05$)。一方、沿岸後期群内では、分化がみられない組み合わせも多くみられた。また、 F_{ST} 値からみると、後期群内の値は他の 2 グループの値よりも低い傾向であった。後期群では、かつて種卵移植や海産卵の使用などが行なわれていた。そのため、各グループ内集団間の遺伝的分化の程度は、過去のふ化放流における人為的影響を反映しているのかもしれない。

津軽石川における遡上時期の異なる集団間の類縁関係についてみると、採集年度に係わらず同じ時期に遡上した集団は同じサブグループに属することが分かった。このことは、三陸のサケは生まれた時期を高精度で認識して母川に毎年回帰している事を示唆している。

一般講演 6 (サケ科学奨励賞選考対象)

道東別寒辺牛川水系におけるイトウ成魚の季節的生息場利用

○本多健太郎(水産機構北水研)・鍵和田 玄・高橋伸幸(北大院環)・
宮下和士(北大フィールド科セ)

【背景・目的】 世界でもっとも絶滅が危惧される 100 種に指定されたイトウの個体数を増やすことは喫緊の課題であるが、そのためには本種の生息環境の保全が求められると同時に、本種が好む生息環境を明らかにする必要がある。近年の超音波テレメトリーによる研究で、道東別寒辺牛川水系に生息するイトウ成魚は、季節や年に関係なく、水系を本流から支流まで幅広く利用することがわかってきた。また、本種成魚は主に中・上流域に中長期的な生息場を形成することが明らかとなり、その特性として、季節を通じて河川の屈曲度が大きい区間を、木々に葉が生い茂る夏以降は河畔林量の多い区間を利用することが明らかとなった。しかしながら、同研究は単年の結果であり、追跡個体数や比較した環境要因は限られていた。そこで本研究では、同研究の規模を拡大することにより、イトウ成魚の一層詳細な季節別生息場利用特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】 2008–2010 年の 4–5 月に別寒辺牛川水系上流域および河口と繋がる厚岸湖で採捕したイトウ成魚計 45 尾(尾叉長 46.0–83.9 cm)に超音波発信器を装着して放流した。放流個体は、各年 5–11 月の間、水系を網羅する形で配置した 25–28 台の受信機に加え、毎月 1 回以上カヌーで 1 台の受信機を曳航することで追跡し、滞在位置を捕捉した。本研究では対象区間をカヌーが入れる流域に限定し、先行研究に倣い、同区間の中・上流域を 3 つのエリア[上流から順に、エリア 2–3(上流域下流側:平均水深 0.87 m, 平均川幅 8.9 m), エリア 4(中流域上流側:1.19 m, 18.0 m), エリア 5(中流域下流側:1.65 m, 48.5 m)]に区分した。追跡結果を基に、中・上流域においてイトウが中長期的に形成する生息場(滞在区間)と対応するエリアの全行程区間における物理環境要因(水深, 川底の起伏度, 川幅, 河道の屈曲度, 河畔林量, 流速)とを比較した。

【結果・考察】 エリア 2–5 において、放流個体中 29 尾による中長期的な生息場の形成が確認された。顕著な傾向として、エリア 2–3 では、春にイトウの滞在区間において起伏度および屈曲度が同エリアの全行程区間よりも高く、エリア 4 では、春から秋まで一貫してイトウの滞在区間の屈曲度が同エリアの全行程区間の値よりも高かった。また、河畔林量については、エリア 2–4 の夏～秋にイトウの滞在区間の値が高い傾向にあった。対照的に、エリア 5 では、いずれの季節・環境要因でも両者の間に顕著な差は認められなかった。イトウの滞在区間の値を基に主成分分析を行った結果、エリア 2–4 で季節の進行と河畔林量が近似の関係を示したのに対し、それらと河川屈曲度を含む因子のグループは対極関係にあった。エリア 5 では、屈曲度と河畔林量が近似関係にあった。さらに、いずれのエリアでも全行程区間では屈曲度と河畔林量の間には有意な相関は認められなかったのに対し、イトウの滞在区間では、エリア 2–4 では両者に有意な負の相関が、エリア 5 では有意な正の相関が認められた。以上より、本水系のイトウ成魚は、エリア 2–4 では河道の屈曲か河畔林によるカバーのどちらかに比重を置くように生息場を決定している可能性が示唆された。そして、本種成魚が主に夏～秋に河畔林量の多い場所を利用することを示した本結果は、先行研究の結果を支持した。一方、下流域に近いエリア 5 では、河道の屈曲と河畔林の両方が揃っている場所か、空間の広い環境を選択しているものと推察された。

一般講演 7 (サケ科学奨励賞選考対象)

**Investigating the Effect of Egg Size on the Growth of Wild Broodstock Steelhead
(*Oncorhynchus mykiss*)**

○Katharine E. Self, Karen Cogliati, and David L.G. Noakes
(OHRC Oregon State University)

Keywords: Steelhead, Salmon, Hatchery, Wild, Behavior, Fish Culture, Fish Biology

One of the biggest hurdles for a juvenile salmonid is migrating downstream from freshwater spawning grounds to the ocean. Because many Pacific salmonids are ESA listed, research using wild populations is limited. The Surrogate Project's goal is to raise wild-like fish to provide researchers with sufficient numbers of fish to evaluate potential causes for the decline of wild populations. Specifically, the project's goal is to study an endangered wild winter run of *Oncorhynchus mykiss* on the dammed North Santiam River in western Oregon. We reared juveniles from wild winter steelhead broodstock at the Oregon Hatchery Research Center (OHRC) in Alsea, OR using three treatments over nine months. The fertilized eggs from five wild females were sorted individually into large and small size classes before being pooled into one group of large eggs and one group of small eggs. After hatching in separate incubation (heath) trays, the fish were divided into treatments where they were reared indoors for one month before being ponded outdoors in 3-foot tanks on ambient Fall Creek water. We chose to raise fish in duplicate tanks containing small-egg origin fish, large-egg origin fish, and a mixture of the two. As is standard in the Surrogate Project, the groups were reared at densities below conservation hatchery standards and fed low-lipid experimental diets. We assessed fish growth rate related to individuals' egg size at spawning. We observed that although both groups grew similarly for the first time period, with the large-egg origin fish being longer to start, eventually the small-egg origin fish growth rate overtook the large-egg origin fish growth rate. This study may have implications for rearing and may provide counter-intuitive information for hatchery managers. In general, it may be an indicator for future life history tactic choices when these fish return as adults to spawn. The goal of this project is to improve on current hatchery practices to produce a wild "surrogate" fish for downstream passage studies when a wild run is not robust enough to provide experimental animals.

一般講演 8 (サケ科学奨励賞選考対象)

EMG 発信機を用いたサケ・サクラマスの子魚道に対する遡上行動の解析

○今野義文・中尾勝哉・坂下 拓(道栽培公社)・上田 宏(北大フィールド科学セ)

【背景・目的】

札幌市を流れる豊平川は、サケ(*Oncorhynchus keta*) およびサクラマス(*Oncorhynchus masou*)が産卵遡上する河川として知られている。本川は河床勾配が 1/150~1/300 と急勾配であり、両種の産卵遡上域に該当する箇所には 7 基の子魚道が設置されている。また、これらの子魚道はいずれも竣工後 40~50 年が経過し、老朽化に対応した改修工事や子魚道の改良等が実施されていることから、子魚道周辺における両種の遡上環境は常に変化している。

本調査は、EMG(筋電位)発信機を用いたバイオテレメトリー手法により、子魚道の子機能評価を含めた豊平川のサケ・サクラマスの遡上行動を明らかにする目的で行った。

【材料・方法】

2008~2015 年、豊平川に遡上したサケおよびサクラマス親魚を捕獲し、EMG 発信機(CEMG-R11-35; Lotek 社)を装着後、再び豊平川に放流して追跡した。追跡は、河岸で受信機(SRX_600; Lotek 社)を携行して供試魚を追跡し、電波の強度と目視により供試魚の位置と行動を記録し、EMG 値(0~50 の相対値)は受信機に記録させた。また、各子魚道周辺の水理環境を把握するため、子魚道の上・下流部の水深と流速を測定した。

EMG 値は遊泳速度に換算し、子魚道遡上時の遊泳速度について臨界遊泳速度(U_{crit} , 有酸素運動と無酸素運動の境界となる遊泳速度)との比較を行った。なお、EMG 値から遊泳速度への換算には、2008~2011 年に実施した較正試験で得られた相関式を用い、 U_{crit} は、2008~2011 年に豊平川で採捕したサケ(n=11)、サクラマス(n=5)について計測された値を参照した。

【結果】

2008~2015 年の調査において、サケは 74.7%(91 尾中 68 尾)、サクラマスは 84.4%(32 尾中 27 尾)が子魚道に対し遡上行動を示した。子魚道遡上時、各個体で U_{crit} を超える高い遊泳速度が観察され、特に遡上に失敗した個体で U_{crit} を超える頻度が高い傾向がみられた。

各子魚道のうち、2009 年に低水路が設置された 5 号子魚道護床工では、サケの遡上成功率が 14.3%(2008 年)から 100%(2010 年)に上昇した。6・7 号子魚道では、2011~2012 年に子魚道外への迷入がみられ、サケの遡上成功率は 42.9~71.4%を示したが、2013 年では 100%を示した。また、5 号子魚道の子魚道では、2008 年以降サケの遡上成功率が 25~100%の間で変動がみられた。なお、この子魚道を通過する際の遊泳状況についてみると、子魚道内における平均遊泳速度および U_{crit} を超過する割合は、経年的に上昇している傾向がみられた。

【考察・結論】

豊平川の子魚道周辺においては、1)子魚道下流部(護床工)における低水深かつ高流速の水域の形成、2)土砂堆積による子魚道入口の埋塞、3)子魚道内における高流速域の連続が生じることで、サケおよびサクラマス親魚の遡上障害を引き起こしていた可能性が示唆された。1)は低水路の付設により、2)は土砂の自然流出により遡上成功率の改善がみられている。3)は子魚道内の環境変化(産卵遡上期の流量や経年劣化による隔壁破損等)により、両種の遡上成功率が変動していると考えられるため、モニタリング調査を継続する必要がある。

一般講演 9 (サケ科学奨励賞選考対象)

根室北部地区における自然産卵サケの遡上状況

○實吉隼人・大森始・佐々木義隆・春日井 潔・宮腰靖之(道さけます内水試)

【目的】 これまで北海道のサケ資源の大部分が人工ふ化放流に由来すると考えられてきた。しかし、近年では多くの河川で自然産卵するサケが確認されており、それらに由来するサケが本道のサケ資源に貢献していると示唆される。しかしながら、自然産卵するサケの定量的な調査は本邦では事例が少なく、また定性的な情報についても不足している。そこで本研究では、根室北部地区の放流・非捕獲河川の植別川と非放流・非捕獲河川の崎無異川および古多糠川において親魚の遡上状況について調査を行った。

【方法】 2011 年～2014 年に植別川ふ化場からアリザリンコンプレクソン(ALC)で耳石標識を施した稚魚 1,789～3,282 千尾(植別川放流数全体の 50.2～100.0%)を放流した。2011 年～2015 年には9月中旬～12月下旬にかけて旬1回、植別川、崎無異川および古多糠川においてそれぞれ河口から8km, 5km, 3kmを踏査し、目視による遡上親魚の計数を行い、AUC法(Area under the curve法)を用いて遡上尾数を推定した。踏査時にはホッチャレから鱗と耳石を回収して年齢査定とALC標識の確認を行い、放流魚と自然産卵由来の親魚の遡上状況を比較した。

【結果】 植別川の親魚目視尾数は9月下旬から増加し始め、10月中旬前後にピークを示した後は、そのまま減少する年と11月以降に再び増加する年がみられた。崎無異川と古多糠川では目視尾数は10月下旬から増え、11月にピークがみられた。調査を行った5年間において、植別川では2,885～3,615尾の親魚を目視により確認し、AUC法により2,578～4,765尾の親魚が遡上したと推定された。同様に崎無異川では親魚240～751尾を確認し、推定遡上尾数は225～771尾、古多糠川では親魚248～422尾を確認し、推定遡上尾数は270～435尾であった。放流魚に全数標識した2010年級群(放流数:2,084千尾、採卵時期:10月下旬～11月中旬)は2013年から2015年にかけて3, 4, 5年魚で回帰し、それぞれ9尾, 203尾, 70尾が植別川で発見された。放流由来の親魚の遡上は10月中旬以降に増え始め、採卵時期を中心に若齢魚で遅く、高齢魚で早くピークを示した。自然産卵由来の親魚も年齢により遡上時期が異なったが、4年魚と5年魚では9月中旬から遡上がみられ、放流魚よりも遡上期間が長かった。また、崎無異川と古多糠川でも4年魚5尾と5年魚4尾、5年魚1尾のALC標識魚が発見され、放流された植別川以外の河川へも遡上していることが確認された。これらのことから自然産卵個体群の保全について更なる検討が必要と考えられた。

一般講演 10

PIT タグシステムによるサクラマス母川回帰の確認

○新居久也・中尾勝哉・藤井 真・飯村幸代(道栽培公社)・三坂尚行(道さけます内水試)・
林田寿文(寒地土研)・高橋憲明(岩手内水技セ)・島川良英(下安家漁協)・
田中智一郎(田中三次郎商店)・上田 宏(北大フィールド科セ)

【目的】 東日本大震災の復興に向け、東北地方の高回帰性サケ創出プロジェクト(JST復興促進プログラム)を実施した。本研究は、プロジェクトのフェーズのうち、飼料改良によるサクラマスモルトの母川記銘能向上の効果について明らかにすることを目的とし、回帰率と回帰個体確認システムの有効性を検証した。

【方法】 回帰率試験における供試魚の放流は、2013～2015 年の 3 か年にわたり、岩手県野田村安家川のモルト 1,200～1,500 尾を用いて行った(図 1)。餌料には $\omega 3$ (不飽和脂肪酸の一種)を添加し、放流約 2 週間前から経口投与した。回帰率の検証にあたり、従来のリボンタグや鰭切除等の標識は、脱落や回帰個体の再捕獲等に問題があった。本研究では、標識が維持され、回帰個体が自動認識される PIT タグシステム(Biomark 社製)を導入した。本システムは、PIT タグ(HDK 12; 134.2 kHz, 長さ 12 mm, 重さ 0.1 g)の装着魚が受信機のアンテナを通過すると、個体識別番号と時刻が記録され、さらに IP 電話回線を介して任意 PC にデータが送信される。PIT タグは、専用インジェクターを用いてモルトの腹腔内に装入了。2013 年には PIT タグ装着影響による生残試験(約 20 日間)を行った。また、2014～2015 年には、タグ装着から放流まで約 1 か月間蓄養した。

【結果】 生残試験による死亡率は 0.0% ($n = 1,500$ 尾)であった。回帰試験では、2016 年 3 月までのデータが取得されており、2013～2015 年の供試魚は、成魚と推定される個体が各年 4～15 尾確認され、その回帰率は 0.3～1.2% の範囲にあった。安家川における成魚の回帰率は最高で 0.11% であり、本試験では約 3～10 倍の効果がみられた。本研究により、高回帰性サケの創出と回帰率の検証に餌料および PIT タグシステムの有効性が示唆された。今後は、受信データと共に映像も記録することにより、回帰個体の体サイズ等が把握されるものと期待された。



図 1 スモルト供試魚の放流河川

一般講演 11

大槌湾におけるサケ回帰親魚の母川回帰行動とステロイドホルモンとの関連

○野畑重教(東京大大海研)・伯耆匠二(東京大大海研)・青木良徳(東京大大海研)・
日下部 誠(静岡大理)・北川貴士(東京大大海研)・佐藤克文(東京大大海研)・
竹井祥郎(東京大大海研)・兵藤 晋(東京大大海研)

岩手県の大槌湾は三陸リアス式海岸に位置し、9月中旬から1月初旬にかけて湾奥に注ぐ3河川(大槌川, 小槌川, 鶴住居川)にサケ *Oncorhynchus keta* が遡上する。本研究は、狭いエリアに複数の河川が注ぐ湾奥でサケがどのような動きで河川を選択するのか、またその行動様式と性成熟度の相関の有無について明らかにすることを目的として行われた。

2013 および 2015 年の 11~12 月に大槌湾の湾央付近の定置網で捕獲された個体に超音波発信器を装着して放流し、湾内に設置した受信器の受信結果から湾奥での軌跡を推定した。行動実験に供した個体および 10 月~1 月にかけて大槌湾口で捕獲された個体から採血を行い、ステロイドホルモン濃度の測定に供した。

最終成熟を誘起する 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one(DHP)の血中濃度は、10 および 11 月に大槌湾口で捕獲された個体では低値を示したが、12 および翌 1 月に捕獲された個体では高値を示すようになった。回帰の後半になると沿岸ですでに最終成熟を迎えており、このことが河川への遡上を急がせる一因になっているのではないかと考えた。そこで大槌湾央で捕獲された個体の行動様式と DHP 濃度との相関を検討した。昨年度放流した計 94 個体は、前年度同様に 4 つの行動様式を示した。その内訳は①放流後最初に接近した河川に遡上する個体(24/94), ②3 河川の河口付近を行き来した後に河川に遡上する個体(11/94), ③河口付近には行かず湾口方面に行く個体(56/94), ④3 河川の河口付近を行き来した後に湾口方面に行く個体(3/94), であった。2014 年度に放流した個体のうち大槌湾河川のいずれかに遡上した個体の放流時の DHP 濃度は 0.1 ~ 283 ng/ml と個体間で大きな差が認められ、また湾口へ向かった個体の DHP 濃度も 1.0 ~ 269 ng/ml と、行動と最終成熟との間に明らかな相関は認められなかった。しかし、大槌湾河川へ遡上した個体の中では、DHP 濃度が高い個体ほど放流から河川遡上までの時間が短い傾向が認められた。河川で捕獲された個体の DHP 濃度は 100 ng/ml 以上の高値を示していた。2015 年度放流個体の DHP 濃度は解析中であるが、2014 年度の結果から、性成熟の進行がサケ回帰親魚の遡上河川を選択に与える影響は小さいが、河川への遡上は湾内で最終成熟するのを待ってから開始することが示唆された。北海道の河川のように、河口から産卵場までの距離が長い河川では河川遡上開始後に最終成熟が進むことが知られているが、河口から 1~2km ほど上流で産卵する三陸のサケは、最終成熟を待ってから河川への遡上を開始するようだ。

一般講演 12

2015 年春の北海道沿岸におけるサケ稚魚の移動状況

○春日井 潔・宮腰靖之・藤原 真・ト部浩一・渡辺智治(道さけます内水試)・竹内勝巳・
青山智哉・神力義仁(道さけます内水試 道南)・越野陽介(道さけます内水試 道東)

【背景・目的】 北海道の河川から降河したサケ稚魚は、最初の年の夏から秋をオホーツク海で過ごすと考えられている(浦和, 2000)。日本海側では北上し、宗谷岬をかわしてオホーツク海に入り、太平洋側では東進し、千島列島の海峡を通過してオホーツク海に入ると推測されている。サケ稚魚が沿岸域に多く現れる水温帯は過去の研究から 8~13°C であることが明らかになっている。北海道の周辺海域では暖流と寒流の両方が流れ、複雑な海況を示し、地域によって沿岸水温の上昇には大きな違いがあるため、サケ稚魚の出現時期や移動状況にも地域によって大きな違いがある。2015 年春季に北海道の各地でサケ稚魚の観察・採捕を行った結果から出現・移動状況を考察したい。

【方法】 2015 年の 3 月上旬から 7 月上旬にかけて、日本海南部、日本海北部、オホーツク西部、オホーツク中部の計 27 ヶ所においてサケ稚魚の観察・採集を行った。10 漁港(熊石、島牧、稚内、猿払、常呂)において夜間に 15 分間、集魚灯を海面に照射し、発見したサケ稚魚をたも網で採集した。17 漁港において日中にサケ稚魚の観察を行った。2 月中旬には日本海南部の 26 漁港で表層水温の測定を行った。

【結果および考察】 2015 年の春季は、日本海からオホーツク海にかけては、表層水温は平年より高めに推移し、日本海南部では 4 月上旬に 8°C を越えた。夜間の集魚灯下では、サケ稚魚は日本海南部の熊石では 3 月中旬~4 月中旬、島牧では 3 月上旬~5 月中旬で観察され、その時期の表層水温はそれぞれ 7.0~11.4°C, 6.8~12.8°C であった。同様に、宗谷管内の稚内では 4 月中旬~6 月上旬、猿払では 4 月中旬~6 月下旬、オホーツク中部の常呂では 4 月上旬~6 月上旬に観察され、水温はそれぞれ 6.8~15.8°C, 6.3~13.7°C, 2.5~11.8°C であった。日本海北部から猿払では 4 月下旬~6 月中旬に比較的大型の稚魚が観察され、移動が活発に起こっていると推測された。日本海南部では水温が 13°C を越える前にサケ稚魚は観察されなくなったが、日本海北部からオホーツク海にかけては、水温が 13°C を越える頃に観察されなくなった。日本海南部では対馬暖流の影響で海域全体が暖かく、水温は移動の障壁とならないが、日本海北部やオホーツクでは水温が移動の障壁となっていると思われた。熊石と島牧においては、採捕されたサケ稚魚の大部分はサイズが小さく、放流魚がほとんど見られなかったことや、標識魚の移動状況から、日本海南部で放流された稚魚は沿岸域を速やかに移動して行くものと推測された。

一般講演 13

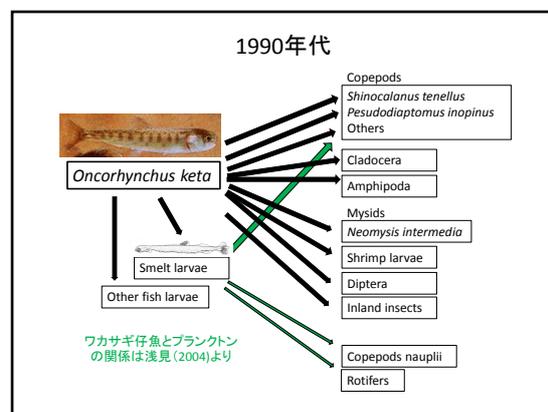
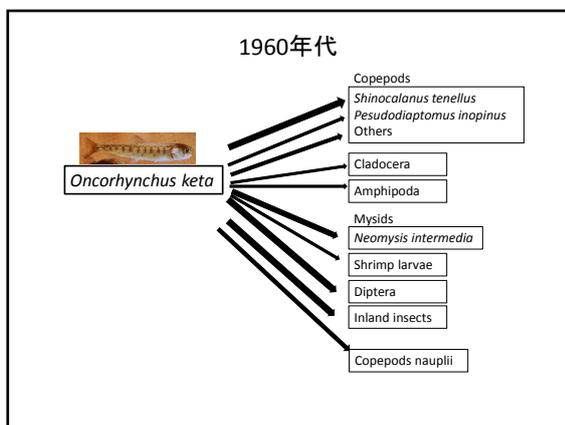
網走湖呼人湾より放流されたシロザケ稚魚の食性
 - 1960年代と1990年代の比較 -

浅見大樹・永田光博(網走水試)

目的 網走川のシロザケ(*Oncorhynchus keta*, サケ)稚魚放流は、網走湖北側(出口)の呼人湾から行われてきた。1960年代の放流は無給餌であったことから稚魚の平均尾叉長は3cm台と小型であったが、1970年代に給餌飼育が始まり放流サイズも大きくなった。サケ稚魚は成長に伴って大型のプランクトンを摂餌することが知られている。ここでは1960年代と1990年代に網走湖に放流されたサケ稚魚の食性について比較検討した。

材料と方法 1960年代の稚魚の食性は小林・黒萩(1968年)の結果を引用した。1990年代の食性調査は、1995年(6月)と1996年(6月/7月)に網走湖の複数の調査地点で曳き網により採捕したサケ稚魚を対象に行った。

結果と考察 1960年代の放流数は890万尾(1963年)~1,570万尾(1964年)で、放流時期は2月~4月と早かった。平均尾叉長3cm台で放流されたサケ稚魚は5月には4cm台に成長し6月には5cm台となった。稚魚の胃内容物組成は陸生昆虫、水生昆虫(主にユスリカ)、カイアシ類、アミ類などからなっていた。その中でユスリカ類とカイアシ類が主要な餌生物で、特に網走湖の優占種である*Sinocalanus tenellus*の割合が高かった。1990年代の放流は5月に集中し、放流数は3,400万尾程度と大幅に増加した。また放流サイズは給餌飼育の結果として平均尾叉長が4.2cm~5.2cmとなった。6月のサケ稚魚は平均サイズが5cm~6cm台と1960年代の稚魚に比べてやや大きかった。サケ稚魚の胃内容物組成は陸生昆虫、水生昆虫、カイアシ類、アミ類など共通する種類も多かったが、1960年代にみられた小型のカイアシ類ノープリウスは確認されなかった。一方で、1960年代にはほとんど報告されていなかったワカサギ(*Hypomesus nipponensis*)仔魚など魚類仔稚魚の捕食が比較的多く確認された。サケ稚魚に捕食されたワカサギ仔魚の平均体長は15mm~19mmであった。これらのことから、網走湖に棲息するサケ稚魚は放流サイズの大型化に伴って餌組成を変化させ、餌サイズが大型化する傾向が示唆された。

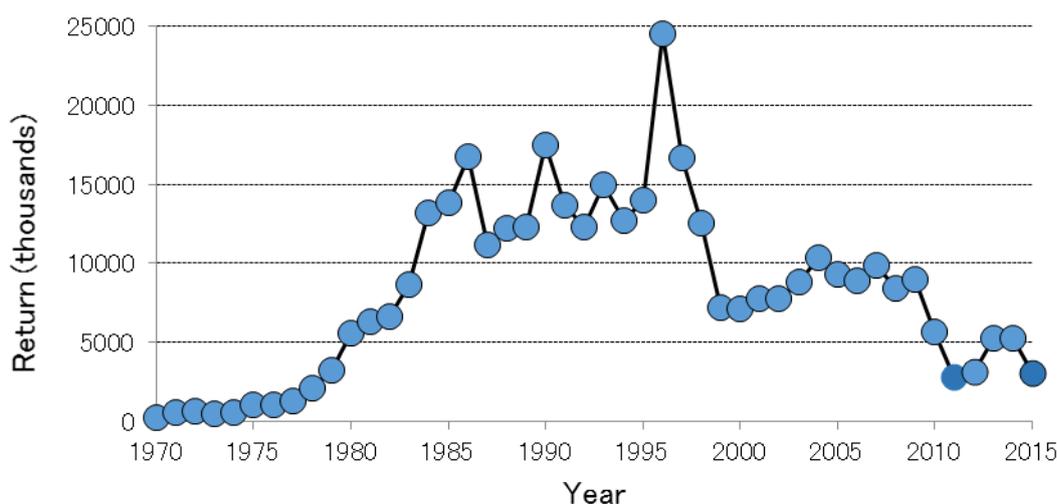


一般講演 14

鱗解析結果に基づく三陸産シロザケの沿岸離岸サイズと生残率の関係

秦 玉雪(大連海洋大)・[○]帰山雅秀(北大国際)

三陸沿岸, 特に岩手県産シロザケ *Oncorhynchus keta* の回帰量は近年著しい減少傾向を示している。1980 年代初期の三陸沿岸では, サケ幼魚の沖合移動魚は大型個体(モード 120 mm-FL, 範囲 100-140 mm-FL)と小型個体(モード 80 mm-FL, 範囲 70-90 mm-FL)に区分された。前者は内部骨格の形成もほぼ完了し, *Themisto japonica* を卓越的に摂餌している場合が多く, イカナゴ稚仔魚を多く食べていた。後者は, 中軸骨格と尾骨はほぼ化骨しているが, 各鰭条を支持する担鰭骨は軟骨のままであり, オタマボヤ幼生や沿岸性動物プランクトンなどの他, 陸上昆虫類を摂餌していた。前者は 4 月下旬~5 月下旬に沖合へ移動し, 後者は 5 月下旬~6 月にかけて沖合へ移動していた(帰山 1986)。本発表では, 三陸沿岸においてその後の海洋環境の変動に伴いシロザケ幼魚の沖合移動パターンに変化が観察されるかを検証するために, 回帰親魚の鱗分析とそのバックカリキュレーションによりシロザケの沿岸離岸サイズを求め, 生残率との関係を明らかにした。なお, 生残率は同一年級群の 4 年後の単純回帰率とした。離岸時の体サイズ(尾叉長)は, 1998 年~2015 年, 岩手県津軽石川に 12 月中旬に回帰した雌 4 歳魚(毎年 50~60 個体)の鱗の中心部から第 1 年帯のチェックまでの鱗径を測定し, 鱗径 S (μm)と体サイズ L (mm)との関係式 $L=0.0358(S-114)^{1.2406}+40$ (Kaeriyama 1998)より推定した。その結果, 離岸サイズは 1990 年代に減少傾向を示した後, 2000 年代初期には停滞し, 2005 年以降再び減少傾向を示し, 生残率との間には顕著な正の相関が観察された($R^2=0.604$, $P<0.001$)。このことは, 津軽石川シロザケの生残率は大型で沿岸を離岸した年級群ほど高いことを表すとともに, 最近, シロザケ幼魚の沿岸滞在期間が減少していることを示唆している。



1970-2015 年, 岩手県におけるシロザケ回帰量の経年変化

サケ学研究会 Salmon Science Society (3S) 規約

名称：

「サケ学研究会」

目的：

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：

本研究会は、目的を達成するために次の事業を行う。

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

会員：

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

(入会)

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)

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)

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：

会費は、年額 500 円とする。

地区：

(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)

(他地区) 道外地区

組織と役員：

本研究会に、次の組織と役員をおく。

(組織)

1. 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。
2. 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)

1. 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。
2. 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 4 年とし、連続の再任はない。
3. 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 4 年とし、連続の再任はない。

その他：

(非会員の取り扱い)

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)

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)

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)

この改正規約は、2015 年 12 月 20 日から施行する。

現在の役員

会 長 浦和茂彦

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 3 月 10 日より施行する。

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?」(CC: 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—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—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」

2016 年度第 10 回サケ学研究会
講演要旨集

2016 年 7 月 22 日 印刷

2016 年 7 月 23 日 発行

発行責任者：会長 浦和茂彦

発行：サケ学研究会事務局

北海道大学国際本部

〒060-0815

札幌市北区北 18 条西 8 丁目

TEL: 011-706-8042