

第13回 サケ学研究会
講演要旨集

**Abstracts for the 13th Conference of
Salmon Science Society (3S)**



日時：2019年11月30日（土）～12月1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: November 30 - December 1, 2019

Venue: Hakodate Research Center for Fisheries and Oceans

第13回サケ学研究会プログラム

Program for the 13th Conference of Salmon Science Society (3S)

日時：2019年11月30日（土） 13:00 ～ 12月1日（日） 12:35（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/>)

2019年11月30日（土）

13:00 開会挨拶 会長 宮下和士（北大FSC）

13:10-13:55 特別講演「サケの原虫病」

浦和茂彦（水産機構北水研）

14:00-17:30 特集「これからのサケ学」

コンビナー：宮下和士（北大FSC）・青山潤（東大大海研）・
浦和茂彦（水産機構北水研）

座長：宮下和士（北大FSC）

14:00-14:45 S1「サケからみたアイヌ文化」

瀬川拓郎（札幌大）

14:45-15:30 S2「11月30日の初サケ儀礼」

°小谷竜介（東北歴博）・吉村健司（東大大海研）

15:30-15:45 *Coffee Break*

座長：青山潤（東大大海研）

15:30-16:15 S3「サケの回遊に関わる行動生理生態学の今後」

北川貴士（東大大海研）

16:15-17:00 S4「これからのサケ学～現場の視点からの一考察」

大橋崇史（湧別漁協）

17:00-17:30 総合討論

18:00-20:00 交流会

2019年12月1日（日）

9:00-12:15 一般講演 [*G1-5: サケ科学奨励賞選考対象講演]

座長：隼野寛史（道さけます内水試）

09:00-09:15 G1 *データロガーを用いた北海道南西部のアメマス¹の行動計測

°黒田充樹（北大院環）・宮下和士（北大FSC）

09:15-09:30 G2 *放流稚魚に対する鳥の捕食インパクトについて

佐藤信彦（東大大海洋研）

- 09:30-09:45 G3 *2018年に起きた秋サケの小型化現象を鱗相解析から探る
◦中村太朗・越野陽介・畑山 誠・藤原 真(道さけます内水試)
・岡田圭生・吉田裕次 (網走漁協)
- 09:45-10:00 G4 *サケの通電鎮静活べ法による漁獲物の処理作業と品質の改善
◦小島沙都・稲田博史 (海洋大)・小野瀬稔之 (鈴木漁業部)・市村政樹
(標津サーモン科学館)・服部 廉・伊藤 翔・熊沢泰生 (ニチモウ)

座長： 佐藤俊平 (水産機構北水研)

- 10:00-10:15 G5 *シロザケ稚魚の肝臓グリコーゲン量に及ぼす摂餌状態と水温の影響
◦及川 仁・中村 周 (北大院環)・金子信人 (ノルウェー・ノース研究所)
・越野陽介・虎尾 充 (道さけます内水試)・清水宗敬 (北大院水)
- 10:15-10:30 G6 千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 5個体群のphenotypeと生活史変異
河村 博 (道総研フェロー)

10:30-10:45 *Coffee Break*

- 10:45-11:00 G7 豊平川の主流路と副流路のサケ産卵床分布域の物理環境等調査結果
◦谷瀬 敦・布川雅典・村山雅昭 (寒地土研)
- 11:00-11:15 G8 岩手県音部川における野生サケ稚魚の降下生態と親魚の遡上実態について
◦佐々木系・八谷三和 (水産機構東北水研)

座長： 市村政樹 (標津サーモン科学館)

- 11:15-11:30 G9 近年の北海道への秋サケ来遊について
◦實吉隼人・畑山 誠 (道さけます内水試)
- 11:30-11:45 G10 2019年冬期アラスカ湾調査で採集されたサケの系群組成推定
◦佐藤俊平・浦和茂彦 (水産機構北水研)
- 11:45-12:00 G11 サケの回帰行動・生息場所によるNa⁺, K⁺-ATPase α サブユニット遺伝子発現の変化
◦野畑重教 (東大大海研)・川上達也・佐藤信彦・
北川貴士・兵藤 晋 (東大大海研)
- 12:00-12:15 G12 RNA-seq から見えてきたサケの産卵回遊の神経内分泌機構
◦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 (東大大海研)

12:15-12:20 サケ科学奨励賞授与式

12:15-12:30 総会

12:30-12:35 閉会挨拶 会長 宮下和士 (北大 FSC)
写真撮影

12:35 閉会

特別講演「サケの原虫病」

浦和茂彦（水産機構北水研）

日本に回帰するサケの来遊数は、2004 年以後減少傾向を示し、2018 年には約 3000 万尾で 60% 程度減少した。さけます孵化場では原虫病やカビ病が頻発するが、2003 年に薬事法が改定されて駆虫剤として使用されていたホルマリンやマラカイトグリーンが使用禁止となった。それ以後、サケの漁獲は減少が続いており、原因の一つとして原虫病による放流種苗の質の低下が疑われている。演者は 1981 年に水産庁北海道さけ・ますふ化場（現在の北海道区水産研究所）の魚病研究室に配属され、現場（孵化場）における寄生虫病の研究を開始した。ここでは、孵化場で飼育されたサケ類に発生する原虫の病害性とその対策について最新の情報を含めて概説する。

外部寄生性原虫の種類と分布

北海道のサケ科魚類を含む淡水魚類には、原虫類 12 種（鞭毛虫類 2 種、球孢子虫類 1 種、微孢子虫類 4 種、繊毛虫類 5 種）と粘液孢子虫類 17 種が寄生する（Nagasawa et al. 1987, 1989; Urawa and Awakura 1994）。北海道と本州のさけます孵化場約 200 ヶ所で外部寄生性原虫類の分布を調査したところ、鞭毛虫類のイクチオボド、繊毛虫類のトリコジナとキロドネラの 3 種が主に出現することが判った（Urawa 1992a）。特に、イクチオボドは約 40% の孵化場で発生し、サケやサクラマス幼稚魚に寄生する（Urawa 1992a）。本虫は体長約 10 μm と小型の鞭毛虫で、宿主の鰭や体表を好んで寄生する。サケやサクラマス寄生種は *Ichthyobodo necator* と同定されていたが（栗倉ら 1984; Urawa 1992a など）、サケ科魚類に寄生するイクチオボドには、複数種含まれることが Todal et al. (2004) による遺伝解析で示唆された。さらに、大西洋サケには *I. necator* に加えて、新種の *I. salmonis* が寄生することが報告された（Isaksen et al. 2011）。これによると、*I. necator* は淡水種なのに対し、*I. salmonis* は淡水から海水域まで生息する広塩性種と定義されている。一方、日本のサケ稚魚に寄生するイクチオボドも広塩性で、淡水と海水の両方で生残・繁殖できることが知られている（Urawa and Kusakari 1990）。そこで、栄養体の詳細な形態とリボゾーム DNA の塩基配列を比較した結果、日本産サケ寄生種は *I. salmonis* に同定された。サケに寄生するイクチオボドは宿主の降海性に適応して海水適応能力を獲得したと考えられる。なお、ヒラメ、クロソイやトラフグなど様々な海産魚にイクチオボドが寄生して病害を起こすことが報告されている（草刈・浦和 1990; Urawa et al. 1991, 1998）。これらは、サケに寄生するイクチオボドと形態的に極めて類似するが、感染実験により別種と判断されている（Urawa and Kusakari 1990）。

一方、サクラマスに寄生するイクチオボドは、既知種と比較し、ITS 領域の塩基配列に 3-5% の違いがみられ、虫体や核の大きさ、キネトプラスト数も異なり、さらにサケに寄生しないなどの特徴から新種と考えられる。

サケ科魚類の体表に寄生する繊毛虫類のトリコジナは、ほぼ円形で直径は 100-150 μm と大型で、*Trichodina truttae* に同定されている（Urawa and Arthur 1991）。孵化場における発生率は、地区により異なり、根室や日本海沿岸で高い（Urawa 1992a; Mizuno et al. 2016）。キロドネラも、虫体長が 50-60 μm と大型の繊毛虫で、サクラマスなどの鰓に寄生し、*Chilodonella piscicola* に同定されている（Urawa and Yamao 1992）。本虫も根室や日本海沿岸の孵化場での発生率が比較的高い（Urawa 1992a）。

外部寄生性原虫の病害性

イクチオボド：本虫は宿主体表の上皮細胞に直接寄生して細胞の壊死と崩壊を起こすため、大量寄生すると体表上皮が広い範囲で剥離する。このようなサケ稚魚は海水中に移動すると浸透圧調

節ができずに大量死亡することが感染実験で示された(Urawa 1993)。特に寄生数の増加した感染後 4-6 週目に海水中へ移行したサケ稚魚は短期間で 70-80%が死亡し、生き残った稚魚も浸透圧バランスが著しく崩れていた。イクチオボドの寄生したサケ稚魚は、たとえ淡水では影響を受けなくても、放流後海洋へ移動した時に海水馴致できずに大量死亡する可能性が高い。実際に、毎年イクチオボドの発生している孵化場において、駆虫処理を行って海水適応能力を回復させてからサケ稚魚を放流したところ、親魚の河川回帰数が数倍になった事例がある(Urawa 1996b)。

トリコジナ：サケ稚魚の体表に寄生するトリコジナの影響を感染実験で検討したところ、寄生数は感染 2 週間後より急増し、3 週間目には平均 5,700 虫体にまで増加した。感染魚は水面を飛び跳ねるなど異常な行動を示し、6 週間の累積死亡率は 56%に達したが、寄生を受けた表皮層が肥厚する程度で、稚魚の成長や海水適応能力は有意な影響を受けなかった。大量寄生した虫体の繊毛運動と摂餌行動による過剰な刺激が稚魚の異常な行動と死亡を起こすと推定される(Urawa 1992b)。

キロドネラ：本虫は宿主の主に鰓表面に寄生し、感染魚の慢性的死亡を起こす。北海道東部のある孵化場では長期間本虫が発生し、累積死亡率はサクラマスで 20%、カラフトマスで 10%に及んだ。本種の病害性には疑問がもたれていたが、単独で鰓上皮細胞の肥厚と鰓薄板や鰓弁の癒着を起こすことが感染実験により確認され、肥厚による呼吸障害が死亡の原因となる(Urawa and Yamao 1992)。

原虫病の対策

孵化場で飼育されたサケ類に外部寄生するイクチオボド、トリコジナやキロドネラは、それぞれ病害性や対策が異なるので、正確な診断が必要となる。これら原虫病の診断には光学顕微鏡が主に用いられるが、イクチオボドの検出にはリボゾーム RNA 遺伝子 (rDNA) の定量 PCR 分析法が開発されている(Mizuno et al. 2017a)。原虫病対策として、(1)感染経路の遮断、(2)飼育環境の改善、(3)魚の防御能力、(4)駆虫、(5)感染予防が考えられる。

(1)感染経路の遮断：トリコジナは淡水に生息する天然のサケ科魚類(サクラマス、ニジマス、オシロコマ、アメマスなど)が感染源となり(Mizuno et al. 2016)、河川水を使用しなければ発生率は低下する(Urawa 1992a, 1996b)。一方、イクチオボドは飼育用水の種類に関係なく発生する。感染経路は不明だったが、沿岸や河川に回帰するサケ親魚にもイクチオボドが寄生しており、これらが感染源となる可能性が示された(Mizuno et al. 2017b)。従って、サケ親魚の畜養池を稚魚の飼育に用いる場合など、事前に消毒が必要である(水野・浦和 2019)。野生サケの生息する河川水の使用にも注意する必要がある。

(2)飼育環境の改善：原虫による被害は、飼育環境により大きく異なる。良好な飼育環境であれば、サケ稚魚にイクチオボドが寄生しても淡水中での死亡率は高くない。しかし、高密度飼育や注水量の不足によりストレスが加わると、寄生魚の成長低下と大量死亡を起こすことが実験的に示された(Urawa 1995)。原虫病の発生し易い孵化場では、飼育密度を低めに設定するなど飼育環境を良好に保てば、原虫病の被害は軽減され、魚の持つ防御能力によって自然回復する。

(3)魚の防御能力：魚の体表上皮層に存在する粘液細胞が、原虫の寄生に対する防御機構として働き、寄生を抑制することが示唆されている(Urawa 1992b, 1992c, 1996b; 浦和 2003)。このような魚の持つ防御能力を十分発揮できるように、良好な飼育環境に保つことが重要である。魚が防御能力を発揮する前に死んでしまう事態は避ける必要がある。

(4)駆虫：原虫病対策を考える場合、感染経路の遮断による防除は困難な場合もある。また、魚の防御能力によって自然回復するが、回復を待つと放流適期を逃す可能性もある。従って、孵化場では魚の回復を促進するため、駆虫が必要になることがしばしばある。駆虫にはホルマリン浴が有効であるが(Urawa 1996a)、2003 年の薬事法改訂で使用が禁止され、代替の認証された水産薬も存在しない。やむなくイクチオボドやトリコジナの駆虫を行う場合は、料理にも利用される食酢による低濃度浴(0.4%, pH 4.5)が効果的で、稚魚に与えるストレスも比較的少ない(Urawa 2013)。なお、pH 4.0 以下では魚に対する毒性が急激に高まるので、駆虫作業時に水素イオン濃度(pH)を測定し、所定の

値になっていることを確認する必要がある。また、食酢を含む飼育水を処理する際は、排水基準(pH 5.8~8.6)を厳守し、河川環境等に影響を与えないように配慮する必要がある。

(5)感染予防: ハーブの一種であるオレガノから抽出した精油を添加した配合餌料の給餌により、イクチオボドやトリコジナの寄生が抑制され、原虫病予防に有効である(Mizuno et al. 2018)。なお、予防効果が発揮されるまで 7 日間の給餌が必要で、そのため浮上前に原虫が寄生すると予防効果が減少する。飼育用水を紫外線(UV)処理することにより、イクチオボドやトリコジナの寄生を予防できることも報告されている(Mizuno et al. 2019)。

今後の展望

ここで紹介した外部寄生性原虫のほか、北海道の孵化場で飼育されたサケやサクラマスは消化管には鞭毛虫の *Spironucleus salmonis* が寄生し、宿主の成長や海水適応能力に影響を与えることが最近の研究で判ってきた(浦和・水野 未発表)。増殖事業において放流種苗の生残率を高めるため、原虫病対策は必須であるが、認証された水産用駆虫薬の存在しないことが大きな負担となっている。従って、魚、人や環境に配慮した寄生虫防除技術の開発がさらに必要である。また、安全な水産物を提供するため、サケなど魚介類を介する人体寄生虫(アニサキスや日本海裂頭条虫など)のモニタリング調査を進めることが望ましい。

謝辞

サケの原虫病に関する研究を進めるに当たり、ご指導いただいた室賀清邦氏(広島大学名誉教授)と小林哲夫氏(元水産庁北海道さけ・ますふ化場長)、ご協力いただいた多くの研究者と孵化場関係者に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 栗倉輝彦・小島博・田中寿雄. 1984. サクラマスの寄生虫に関する研究-VII. 池産サクラマス稚魚のコスチア症について. 北海道立水産孵化場研報 39: 89-96.
- Isaksen, T. E., E, Karlsbakk, K. Watanabe, and A. Nylund. 2011. *Ichthyobodo salmonis* sp. n. (Ichthyobodonidae, Kinetoplastida), an euryhaline ectoparasite infecting Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Parasitology 138: 1164-1175.
- 草刈宗晴・浦和茂彦. 1990. 鞭毛虫 *Ichthyobodo* sp.によるヒラメ体表の病変. 魚病研究 25: 59-68.
- 水野伸也・浦和茂彦. 2019. サケ稚魚の原虫病を予防する. Salmon情報 13: 10-13.
- Mizuno, S., S. Urawa, M. Miyamoto, M. Hatakeyama, H. Saneyoshi, Y. Sasaki, N. Koide, and H. Ueda. 2016. The Epidemiology of the trichodinid ciliate *Trichodina truttae* on hatchery-reared and wild salmonid fish in Hokkaido. Fish Pathol. 51: 199-209.
- Mizuno, S., S. Urawa, M. Miyamoto, M. Hatakeyama, N. Koide, and H. Ueda. 2017a. Quantitative analysis of *Ichthyobodo salmonis* an ectoparasitic flagellate infecting juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* in hatcheries. Fish. Sci. 83: 283-290.
- Mizuno, S., S. Urawa, M. Miyamoto, H. Saneyoshi, M. Hatakeyama, N. Koide, and H. Ueda. 2017b. Epizootiology of the ectoparasitic protozoans *Ichthyobodo salmonis* and *Trichodina truttae* on wild chum salmon *Oncorhynchus keta*. Dis. Aquat. Org. 126: 99-109.
- Mizuno, S., S. Urawa, M. Miyamoto, M. Hatakeyama, Y. Sasaki, N. Koide, S. Tada, and H. Ueda. 2018. Effects of dietary supplementation with oregano essential oil on prevention of the ectoparasitic protozoans *Ichthyobodo salmonis* and *Trichodina truttae* in juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta*. J. Fish Biol. 93: 528-539.
- Mizuno, S., S. Urawa, M. Miyamoto, M. Hatakeyama, N. Koide, and H. Ueda. 2019. Experimental evidence on prevention of infection by the ectoparasitic protozoans *Ichthyobodo salmonis* and *Trichodina truttae* in juvenile chum salmon using ultraviolet disinfection of rearing water. J. Fish Dis. 42: 129-140.
- Nagasawa, K., S. Urawa, and T. Awakura. 1987. A checklist and bibliography of parasites of salmonids of Japan. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery 41: 1-75.

- Nagasawa, K., T. Awakura, and S. Urawa. 1989. A checklist and bibliography of parasites of freshwater fishes of Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery* 44: 1-49.
- Todal, J. A., E. Karlsbakk, T. E. Isaksen, H. Plarre, S. Urawa, A. Mouton, E. Hoel, C. W. R. Koren, and A. Nylund. 2004. *Ichthyobodo necator* (Kinetoplastida) - a complex of sibling species. *Dis. Aquat. Org.* 58: 9-16.
- Urawa, S. 1992a. Host range and geographical distribution of the ectoparasitic protozoans *Ichthyobodo necator*, *Trichodina truttae* and *Chilodonella piscicola* on hatchery-reared salmonids. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, 46: 175-203.
- Urawa, S. 1992b. *Trichodina truttae* Mueller, 1937 (Ciliophora: Peritrichida) on juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*): pathogenicity and host-parasite interactions. *Fish Pathol.* 27: 29-37.
- Urawa, S. 1992c. Epidermal responses of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry to the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator*. *Can. J. Zool.* 70: 1567-1575.
- Urawa, S. 1993. Effects of *Ichthyobodo necator* infections on seawater survival of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Aquaculture* 110: 101-110.
- Urawa, S. 1995. Effects of rearing conditions on growth and mortality of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) infected with *Ichthyobodo necator*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52 (Suppl. 1): 18-23.
- Urawa, S. 1996a. Improvement of marine survival of chum salmon by the control of protozoan parasites. *Bull. Natl. Inst. Aquaculture, Specl. Vol. 2*: 3-6.
- Urawa, S. 1996b. The pathobiology of ectoparasitic protozoans on hatchery-reared Pacific salmon. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery* 50: 1-99.
- 浦和茂彦. 2003. さけ・ます類に外部寄生する原虫類の病理と対策. さけ・ます資源管理センターニュース 11: 1-6.
- Urawa, S. 2013. Control of the parasitic flagellate *Ichthyobodo salmonis*, a causative agent of marine mortalities of juvenile chum salmon. *North Pacific Anadromous Fish Commission Technical Report* 9: 214-215.
- Urawa, S., and J. R. Arthur. 1991. First record of the parasitic ciliate *Trichodina truttae* Mueller, 1937 on chum salmon fry (*Oncorhynchus keta*) from Japan. *Fish Pathol.* 26: 83-89.
- Urawa, S., and T. Awakura. 1994. Protozoan diseases of freshwater fishes in Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery* 48: 47-58.
- Urawa, S., and M. Kusakari. 1990. The survivability of the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator* on chum salmon fry (*Oncorhynchus keta*) in seawater and comparison to *Ichthyobodo* sp. on Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *J. Parasitol.* 76: 33-40.
- Urawa, S., and S. Yamao. 1992. Scanning electron microscopy and pathogenicity of *Chilodonella piscicola* (Ciliophora) on juvenile salmonids. *J. Aquatic Animal Health* 4: 188-197.
- Urawa, S., N. Ueki, T. Nakai, and H. Yamasaki. 1991. High mortality of cultured juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel), caused by the parasitic flagellate *Ichthyobodo* sp. *J. Fish Dis.* 14: 489-494.
- Urawa, S., N. Ueki, and E. Karlsbakk. 1998. A Review of *Ichthyobodo* infection in marine fishes. *Fish Pathol.* 33: 311-320.

特集「これからのサケ学」

コンビナー：

宮下和士（北大 FSC）・青山 潤（東大大海研）・浦和茂彦（水産機構北水研）

人とサケの関係性は時代とともに変化している。生態系の一構成員に過ぎなかった先史時代を経て、古代から中世にかけて文化的要素が加わったと推察される。近世になって漁業・食資源としての側面が台頭し始め、近代から現代にかけては、これが最も重要な価値として広く受け入れられてきた。こうした流れにおいて、我が国ではふ化放流事業の本格化により漁獲量の増大が図られてきた。しかしながら、今世紀になって漁獲量の減少傾向が顕著となるばかりでなく、消費者嗜好に伴う市場の変化など、人とサケを取り巻く環境は劇的に変わりつつある。今回の特集では、サケに関わる様々な研究分野における「これまで」と「これから」について考え、今後のサケ学のあり方を議論する

S1

サケからみたアイヌ文化

瀬川拓郎（札幌大学）

近世の内陸のアイヌ社会では、たとえば上川盆地の場合、湧水（メム）から流下する小川に遡上止めを設けるなどして、食糧の自給量を超える1戸あたり数千尾単位の大量のサケを捕獲していた。集落の規模は、漁場である河川の規模に制約され、1戸から数戸の小集落が普通であり、しばしば氾濫に襲われた危険な漁場横の低位段丘面縁に立地していた。

また、300人ほどの上川盆地のアイヌ集団は3つの地域集団に分かれており、それぞれ「風俗習慣」や盆地外の婚姻先も異なっていたが、この地域集団の分布は、盆地内に所在する3つのサケ産卵場群の分布に対応していた。当時の地域社会のありかたは、サケの生態に深く規定されていたのである。

縄文時代には、このような特定種に特化した狩猟や漁撈の在り方は認められない。しかし近世には、それぞれの地域でアワビ・オットセイ・エゾシカ・オオワシなどが集中的に捕獲され、本州へ商品として出荷されていた。内陸地域のサケ漁も、サケ加工品である干鮭の出荷を主たる目的としておこなわれていたのであり、したがって当時のアイヌの地域社会の在り方は、生物の生態というより本質的には商品生産に規定されていたのである。

これまで文献史学では、史料上、北海道からのサケの移出開始は中世であり、そこには北海道へ進出した和人がかかわっていたと理解されてきた。しかし日本有数のサケ遡上河川である石狩川水系では、サケの産卵場付近に遡上止めと集落を設け、大量のサケ遺存体が出土する遺跡が9世紀後葉に一斉にあらわれる。この「近世的」集落の出現は、サケの移出開始が古代に遡ることを示唆するものであり、事実、同時期には北海道と本州との交易が活発化する。

本講演では、以上を踏まえ

- 1) 近世にアイヌが生産していたサケ製品の実態および和人が生産したサケ製品との異同
- 2) アイヌがサケ製品を出荷していた地域の特定
- 3) サケ製品の商品化の歴史的過程
- 4) サケの生態・地形・アイヌの地域社会三者の有機的な関係としてのエコシステムについて述べる。

文 献

瀬川拓郎 2007『アイヌ・エコシステムの考古学』北海道出版企画センター

瀬川拓郎 2009『アイヌの歴史—海と宝のノマド』講談社選書メチエ

S2

11 月 30 日の初サケ儀礼

小谷竜介（東北歴史博物館）・吉村健司（東京大学大海研）

1 北方世界におけるサケと儀礼

サケは、夏の終わり頃より遡上を開始する。サケ自身は北太平洋地域の人たちにとって重要なカロリー源になっており、その漁獲は重要視されてきた。サケの遡上地域の南限に位置する日本においても、北日本地域を中心に重要な資源であったと考えられている。

北太平洋沿岸地域の人たちにとって、サケは食料資源としてだけでなく、漁獲や利用は、文化的アイデンティティとも深く関わっている。

シーズン最初に遡上するサケは、そのシーズン、そしてその年の生存を決める重要な存在として認識されてきた。そして、サケの遡上の時期が近付くと漁を始め、最初サケが獲れるとその年の豊漁を願って「初サケ儀礼」を行った。一方、最後のサケが獲れると、豊漁の感謝を込めた終漁儀礼も行われた。ただし、この両者は両立することはなく、どちらかが行われることが多い。このサケを巡る儀礼を、太平洋サケの遡上地域全体で見ると、興味深い傾向がある。東西の南端域には初サケ儀礼が広がり、より遡上の多い、北部地域では終漁儀礼または、儀礼自体がないと整理される。ここに、サケという存在に対する意識の違いを読み取ることができる。

2 津軽石川の又兵衛まつり

発表のタイトル「11 月 30 日の初サケ儀礼」とは岩手県宮古市津軽石川で行われる「又兵衛まつり」のことで、サケ漁に関わる人たちにより行われる儀礼である。儀礼を主催する津軽石さけ繁殖保護組合では、10 月から翌年 3 月にかけて、複数の儀礼を行う。又兵衛祭りは、そのうちの一つにあたる。又兵衛まつりは津軽石川の河原に、二股に分かれた藁人形を立て、その年の豊漁を祈願するものである。

又兵衛についてはいくつかの伝説があるが、そこに関わる要素、「産卵場」「石」「乞食」「合流点」は、全てサケに関わる文化要素として解釈が可能であり、又兵衛まつりはサケに対する儀礼として理解することができる。同時に、この祭礼が行われるのは、サケの遡上が始まる時期と説明される。すなわち現在の祭日である 11 月 30 日は、初サケ儀礼として行われているのである。他地域では漁の終了時期に近いこの時期が、初サケとなるところに、岩手県の後期遡上群の性格がよく現れているといえる。同時に、初サケを巡る信仰の深さを占めているといえる。こうした、初物の珍重し儀礼化する流れには、江戸時代を通して様々な対象にみられるものであるが、又兵衛まつりの文化要素のあり方をみると、もう少し本質的な文化であると考えられる。

本報告では以上の流れを詳述するとともに、津軽石川とサケの関わりを文化という観点から紹介することにする。

S3

サケの回遊に関わる行動生理生態学の今後

北川貴士（東大大海研）

魚類の行動のプロセスは、環境と魚の内的な生理状態との相互作用として理解される。魚をとりまく環境に何らかの変化が生じると、それは魚の直接の行動を引き起こすと同時にその生理状態にも影響を及ぼす。一方、環境に変化がなくとも、それに対する応答の仕方は魚の生理状態によって異なる。また、魚の行動の結果として環境はおのずと変化していくことになる。近年日本沿岸への親魚回帰数が低迷しているサケの資源動態を明らかにするには、その基礎として、個体の環境・生物状態・応答行動の相互連鎖の仕組みを解きほぐし、それを支える生息海洋・河川環境の評価を行っていくことが重要となってくる。本発表では、東北の一級河川である北上川、三陸沿岸の河川を母川とする本種の遡上生態、温度適応の実態について複数の手法を用いて調査した事例などを紹介しながら、本種稚魚・成魚の行動・回遊に関する行動（生理）生態学的研究の方向性について考えてみたい。

S4

これからのサケ学～現場の視点からの一考察

大橋崇史（湧別漁業協同組合）

はじめに サケは北海道の水産物の主要魚種の 1 つである。特に道東はサケに依存する度合いが高く、漁獲だけでなく、加工・流通等雇用の面などでも地域経済を支える一端を担っている。だが、近年サケの回帰については残念ながら期待した程ではない。今回は漁業協同組合という現場の視点から実際のサケに関する仕事等を紹介しながら、サケ漁業等の過去や現在と将来について考える。

〈主な内容〉

- ・サケの漁獲・選別・販売について。
- ・サケの増殖事業について。
- ・本年度標識魚漁獲状況について。
- ・他種魚種の漁獲状況について。



漁獲物と水温 近年各所で漁獲される魚種が変わってきている様に感じる。函館であればイカが有名であったが不漁が続き、現在はイカに替わってブリが漁獲されるようになった。湧別でも温暖系であればマフグ、ブリ等の漁獲が近年増えている。また海水温が高いためか、近年の台風は風の被害、雨や洪水の被害が大きく、まれに見る強力な台風となっている。また今年サンマ漁船ははるか沖まで操業に赴かざるを得ない状況になり結果痛ましい事故も起こった。5月下旬には佐呂間で気温が39℃まで上がったり、世界に目を向ければアラスカのアンカレジで7月上旬に気温が32℃に、グリーンランドでは大量の氷が溶けたりと北洋近辺の気候が大きく変わり、世界的にも異常な気象状況となっていると感じる。

そういった環境下で、魚にはその魚の適水温がある為、それに合わせて回遊する。その為水温の変化に伴い漁模様等、大きく変わってしまうのが現状である。

将来のサケについて

漁業協同組合など現場としては最低でも現在の増殖規模（稚魚放流数）の水準を保つ必要がある。ただ、上記の様に環境が変化し、放流に対してサケの回帰が年々減少している為、サケを取り巻く環境にどのような事態が起こっているのかを各種調査研究から少しでも把握して問題に対処し、より多くのサケが回帰する様にする必要があると考える。

一 般 講 演

G1 サケ科学奨励賞選考対象講演

データロガーを用いた北海道南西部のアメマスの行動計測

○黒田充樹（北大院環）・宮下和士（北大 FSC）

【背景・目的】アメマス (*Salvelinus leucomaenis*) はサケ科イワナ属の一種である。海で大型化した降海型は、河川と海洋を毎年往復し多回繁殖する。北海道南西部では遡河と降海を年に複数回行う個体や、河川で越冬する個体と海で越冬する個体が確認されており、回遊様式は一様でないことが示唆されている。また、先行研究では耳石の Sr/Ca 分析や標識再捕法を用いていることから、季節単位のおおまかな時間スケールの回遊履歴が推定されているのみである。よって本研究では、アメマスにデータロガーを装着し、遊泳行動を計測することで、詳細な時間スケールで個体ごとの回遊行動を明らかにすることを目的とした。

【材料・方法】2018年2月および2018年12月から2019年3月にかけて、北海道島牧村の沿岸において釣獲された降海型のアメマスを供試魚とした。尾叉長と体重を計測したのち、データロガーAZBL003-100 (AI TECHNOLOGY 社, 日本) もしくはスパゲティタグを装着し、島牧村内の海岸から海へ放流した。データロガーは遊泳深度と経験水温を5分間隔で記録するように設定した。再捕獲された供試魚は写真撮影ののちに解剖し、生殖腺重量を計測した。

【結果・考察・結論】調査期間中に捕獲されたアメマスは計 155 個体であった。そのうちの 28 個体にはデータロガーを、127 個体にはスパゲティタグを装着し、放流した。再捕獲された供試魚は計 7 個体 (再捕獲率 4.5%) であり、そのうちの 1 個体がデータロガー装着魚、6 個体がスパゲティタグ装着魚であった。すべての個体は放流地点である島牧村もしくは隣接する寿都町の沿岸域において再捕獲された。回収されたデータロガーには 105 日分の遊泳履歴が記録されており、その内 2 月 6 日から 4 月 15 日までの 68 日間は河川もしくは河川水の影響下に存在し、それ以外の期間は海水中を遊泳していたと示唆された。魚体の解剖の結果、データロガー装着個体の生殖腺には残卵が見られたことから、2018 年の秋に河川へ産卵遡上した個体と推察された。以上より、本研究で再捕獲されたデータロガー装着個体は、産卵時と越冬時、すなわち年に 2 回の遡河と降海を行っていることが示された。

G2 サケ科学奨励賞選考対象講演

放流稚魚に対する鳥の捕食インパクトについて

○佐藤信彦・北川貴士（東大大気海洋研）・
實吉隼人（道さけます内水試）・伊藤元裕（東洋大）

【はじめに】 近年、我が国のサケ親魚の漁獲量低下が深刻化している。この問題の要因として、稚魚期の生残率の低下が挙げられているが、その原因の一つとして鳥の食害が挙げられている。しかし、その実態は明らかにされていない。そこで、食害の実態解明を目的として、鳥による本種稚魚の食害が問題視されている岩手県大槌町において調査を行なった。

【方法】 2018 年、ふ化場からサケ稚魚が放流される 2 月上旬～5 月上旬にかけて調査を行なった。まず、大槌町漁業協同組合・大槌川さけます人工ふ化場のある大槌川周辺と大槌湾内を踏査し、稚魚を捕食している鳥種と捕食スポットを特定した。続いて、捕食スポットに定点カメラを設置し、稚魚を捕食しに集まる各鳥種の飛来数を 1 時間毎にカウントした。最後に、双眼鏡とビデオカメラによる目視観察をもとに鳥が稚魚を捕食する際の採餌速度を算出し、定点カメラでカウントした飛来数を乗じることで時季を通しての被捕食尾数を推定した。また、放流日および放流尾数の情報は、同ふ化場から入手した。

【結果・考察】 踏査の結果、カモメ科、サギ科、ウ科、アイサ類の計 12 種の鳥でサケ稚魚捕食が確認された。観察羽数を割合で見ると、カモメ科に属するウミネコ *Larus crassirostris* とカモメ *L. canus* が 8 割以上を占めていた。また、サケ稚魚は、ふ化場から約 600m ほど下流に位置する瀬において頻繁に捕食されていた。この地点は、川幅が狭く、水深も浅くなっているため、降海中の稚魚を鳥が容易に捕食できると思われる。定点カメラでカウントされた捕食スポットである瀬に集まる鳥の飛来数は、ふ化場からの放流日の翌日～3 日後にかけて増加することが分かった。目視観察をもとに算出した各鳥種の採餌速度は、カモメ科が 2.7 尾・時間⁻¹・羽⁻¹、サギ科が 10 尾・時間⁻¹・羽⁻¹であった。ウ科とアイサ類は水中での捕食数を直接カウントできなかったため、既往研究の必要餌量をもとに採餌速度を算出した（ウ科：20.8 尾・時間⁻¹・羽⁻¹、アイサ類：8.3 尾・時間⁻¹・羽⁻¹）。これらの値に 1 時間毎の飛来数データを乗じた結果、時季を通じたサケ稚魚の推定被食尾数は約 8 万尾となった。これは、人工ふ化場からの総放流尾数の約 0.64 %に相当する。

【最後に】 鳥によるサケ稚魚食害は、岩手県大槌町でのみ観察される局所的な現象ではなく、近年、北日本の複数箇所でも報告されている。大槌町で実施した調査をもとに、鳥によるサケ稚魚食害の影響が懸念されている北海道北斗市の茂辺地川においても、同様の調査を行なった。その結果、時季を通しての被捕食尾数は、近隣ふ化場からの放流尾数の 0.16 %程であった。鳥がサケ稚魚を捕食する行動は、魚食性魚類や海棲哺乳類のそれに比べて人の目に付きやすく問題視されやすい。しかし、鳥のサケ稚魚捕食量はあまり多くなく、初期生残率の低下、ひいては親魚の漁獲量低下に繋がるほどのインパクトはないことが示唆された。

G3 サケ科学奨励賞選考対象講演

2018 年に起きた秋サケの小型化現象を鱗相解析から探る

○中村太朗・越野陽介・畑山 誠・藤原 真(道さけます内水試)
・岡田圭生・吉田裕次 (網走漁協)

【背景・目的】

2018 年は北海道のサケ (*Oncorhynchus keta*) 回帰数が 2017 年から回復に転じた一方、全道で小型のサケが目立つ年であった。2013 年から 2017 年までの平均目廻りが 3.4 kg であったのに対して、2018 年は 3.0 kg と近年では最も小さく、特に漁期前半にその傾向が顕著であった。そこで本研究では 2018 年に起きたサケの小型化の要因を明らかにする事を目的として、サケの親魚から鱗を採取し、年齢組成の把握、鱗相解析による年間成長速度の推定、および炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) の測定を行った。

【材料と方法】

2013 年から 2018 年までの 9 月と 10 月に毎旬、北海道網走市沿岸の定置網で漁獲されたサケ雌雄各 30 尾の尾叉長および体重を測定し、鱗を採取した。鱗に年周期で形成される冬期休止帯数を元に年齢査定を行った。年齢査定結果から 4 年魚と判断した雄を用いて、鱗紋の焦点から最長軸に沿って鱗全体の鱗径と各休止帯までの鱗径をそれぞれ測定し、バックカリキュレーション法により各年間成長速度を推定した。また、2017 年から 2019 年までの 9 月中旬および 10 月中旬に採取した 4 年魚雄の鱗の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。

【結果・考察】

2013 年から 2017 年までの年齢組成は、4 年魚と 5 年魚が主体で、漁期前半に高齢魚が多く、後半になるにつれて若齢魚の割合が高くなる傾向があったが、2018 年は漁期を通して 4 年魚が常に約 8 割を占めた。これに加え、2018 年に漁獲された 4 年魚と 5 年魚の尾叉長および体重は、過去 5 年平均と比較して小さく、肥満度が低い個体が多かった。鱗相解析から、2018 年に漁獲された 4 年魚は、回帰年の成長速度が過去 5 年平均よりも低く、特に 9 月に漁獲されたサケにおいてその傾向が強かった。また、2018 年 9 月中旬に漁獲された 4 年魚の鱗の最外年輪帯の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ は、他年あるいは 2018 年 10 月中旬と比較すると低かった。以上の結果から、2018 年は例年に比べて、漁期前半に回帰する 5 年魚が少なく、同年齢で比較しても小型だったため、平均目廻りが低下していたものと考えられた。さらに 2018 年に漁獲されたサケは、回帰年に成長停滞が起こり、少なくとも漁期前半に漁獲されたサケについては、利用した餌生物が例年と異なっていた可能性があると考えられた。

サケの通電鎮静活メ法による漁獲物の処理作業と品質の改善

° 小島沙都・稲田博史（海洋大）・小野瀬稔之（鈴木漁業部）・
市村政樹（標津サーモン科学館）・服部 廉・伊藤 翔・熊沢泰生（ニチモウ）

【目的】 現在、北海道標津町のサケ定置網において、漁獲直後のサケ（シロザケ）を船上で鰓切脱血する「船上一本メ」という活メが行われている。活メの効果が近年注目され始め、2019年漁期では活メオスの水揚時のkg単価が野メオスよりも2~3割高くなっている（2019年9-10月平均：野メ363円→活メ480円）。しかし、暴れているサケを甲板上の限られた場所で活メするには困難を伴う。そこで、活メ前に電気刺激によってサケを鎮静化し、活メ作業の負担軽減を図る取組みを進めた。本研究ではこの取組みを「通電鎮静活メ法」と名付け、①作業時間の変化を調べた。また、②通電・活メによる身質への影響も調べた。

【方法】 ①2018・19年9~10月に北海道標津町のサケ定置網（S漁場）で操業試験を行った。鎮静化のための電気刺激には、電極を取付けたタモ網を使用した。全ての漁獲物を鎮静化後、比較的状态の良いオスを選んで活メし、その他のサケは水氷の入った魚船へ入れた。この一連の箱網入網魚の船上への取込み・活メ作業を動画撮影し、その映像から各作業の所要時間を計測・解析した。②2019年9~10月に漁獲したサケを使用した。3枚に卸したサケを頭側約100g・尾側約50gに切り出してサンプルを作成した。サンプルは A: 活メ有り・鎮静化有り、B: 活メ無し・鎮静化有り、C: 活メ有り・鎮静化無し、D: 活メ無し・鎮静化無し の4種類（それぞれn=8）を用意し、冷蔵庫で保管した。作成時・12時間後・36時間後にサンプルのpHを測定した。防水型食品用pH計（テスト社製，testo 206-2）を用いてサンプルの中心付近を測定し、その結果を各サンプル間で比較した。

【結果】 ①通電鎮静活メ法では1分間に平均55尾処理することができた。通電しない場合は平均41尾であり、危険率5%で有意に増加した。この数値は活メ処理をする魚が何尾漁獲されるかによって異なるため、漁獲物全体に対して10~15%のオスを活メした場合で比較した。また、活メ作業に要する時間を比較すると、通電鎮静活メ法では1尾あたり平均11.1秒であり、従来の方法の平均15.8秒よりも有意（危険率5%）に短時間で活メできた。②サンプル作成時は全てのサンプル間で有意差が無かった。時間経過に伴い、どのサンプルもpHが上昇したが、作成12時間後には危険率5%でA（平均6.21）よりD（平均6.32）が有意に高くなった。36時間後には危険率1%でA（平均6.23）よりB（平均6.33）・D（平均6.38）のpHが有意に高く、AC間に有意差は見られなかった。魚は腐敗によって微生物が増殖し、pH値が8近くまで上昇するという報告がある。今回の結果では、活メがpHの上昇を抑制した可能性が示唆された。また、電気刺激によるpH値への影響はなかった。しかし、腐敗の判定にはpH値だけでなく、その他の指標も検討する必要がある。

G5 サケ科学奨励賞選考対象講演

シロザケ稚魚の肝臓グリコーゲン量に及ぼす摂餌状態と水温の影響

○及川 仁・中村 周（北大院環）・金子信人（ノルウェー・ノース研究所）・
越野陽介・虎尾 充（道さけます内水試）・清水宗敬（北大院水）

【背景・目的】シロザ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。シロザケでは降海後の早い段階で成長度合いに依存した減耗を受けると考えられている。シロザケの成長に影響を及ぼす要因として餌の豊度や水温があるが、これらの複合的な作用については分かっていない。また、稚魚の成長は体内における余剰エネルギーの分配にも依存しているため、糖質や脂質の蓄積と成長との関係を調べることは重要である。肝臓中のグリコーゲン量は、魚類のエネルギー貯蔵の指標として有効だと考えられている。以上の背景から本研究は、シロザケ稚魚の肝臓中グリコーゲン量に及ぼす摂餌状態と水温との複合的な影響について、飼育実験で評価することを目的とした。

【材料・方法】2019年5月に網走産のシロザケ稚魚を北海道大学函館キャンパス先端環境制御実験棟に収納し、40L ガラス水槽を用いて飼育実験を行った。まず、稚魚を5°C（低温）もしくは10°C（適温）の淡水で5日間絶食した。それぞれをさらに2群に分け、10°Cもしくは5°Cの人工海水（33.4ppt）に3日間かけて段階的に移行して計4群を設け、30日間飽食給餌で飼育した。また10°Cの淡水から10°Cの海水に移行し、実験期間を通して飽食給餌で飼育した対照群を設けた。サンプリングは実験開始後5、15、25および35日目に行い、体サイズを記録するとともに血液、肝臓および鰓を採取した。肝臓中のグリコーゲン量をヨウ素デンプン反応法により測定した。また、海水適応能の指標である、鰓 Na^+/K^+ -ATPase（NKA）活性を測定した。

【結果・考察】体サイズは、実験開始15日目までは淡水絶食群で対照群よりも低値を示したが、実験開始25日目には適温淡水/適温海水群が対照群の成長に追いついた。低温海水群の体サイズは適温海水群よりも小さかったが、これは摂餌量の減少が原因と考えられた。鰓 NKA 活性は、実験期間を通して群間に差はみられなかった。肝臓中のグリコーゲン量は、実験開始15日目（海水移行10日目）に低温淡水/低温海水群において、他の群よりも約3倍高い値となった。以上のことから、低温淡水/低温海水の環境では、稚魚の摂餌量は低下して成長が停滞するとともに、摂取したエネルギーが一時的に肝臓中のグリコーゲンとして優先的に蓄積されることも低成長の要因と考えられた。

今後は、稚魚の成長度合いを血中インスリン様成長因子（IGF）-I量により評価し、成長とエネルギー貯蔵との関係を明らかにする予定である。

G6

千歳川水系ママチ川のブラウントラウト 5. 個体群の phenotype と生活史変異

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）個体群の外部形態の変化、これまでに得た生殖年周期および産卵床計測結果から個体群の phenotype を明らかにした。また原産地個体群の既往のデータに基づき生活史変異を推定した。さらに成熟臨界体長を超えた未成熟大型個体の phenotype を考察した。

材料と方法：ママチ川の上中流域において、2016年4月から2019年10月までの4年間、毎月1～5回の釣獲によりBT採集を行い、尾叉長測定と生殖腺の発達度合いおよび外部形態の体表銀白化を調べた。また計測した産卵床サイズを用いて、Crips (1996) による産卵床サイズと *Salmo* 属メス親魚体長の関係式から、産卵BTメス親魚の尾叉長を推定した。推定体長に基き、これまで河川で採集した個体の最大サイズが37.3 cmを示したことから、尾叉長40 cmを境界値として、それ以上を降海型そしてそれ未満の個体を河川残留型に分類した。

結果：供試魚は、2016年144個体（9.8～29.2 cm）、2017年222個体（9.3～34.9 cm）、2018年316個体（9.2～37.3 cm）、2019年252個体（8.2～34.1 cm）の総数934個体であった。

降海型スマルトは2018年4月24日に2個体（14.5 cmの1+および20.4 cmの2+）が採集された。河川環境は雪どけ増水盛期が過ぎ、水温は11°Cを示した。ママチ川BTのスマルト降海時期は4月下旬とみなされた。

他方、スマルト降海時期以外にも体表銀白化を示す個体が採集された。それらの出現時期は夏季（7～9月に15個体：12.0～20.0 cm）、秋季（11月に2個体：22.0～24.4 cm）および冬季（2月～3月に3個体：18.0～21.2 cm）であった。原産地個体群の移動生態から、夏季の銀白化個体は本流へ移動する個体、秋季および冬季のそれは産卵あるいは越冬のため沿岸域から遡上した個体と推定された。

確認した産卵床のうち外部形状を計測した15床の長軸長（ピット長とマウンド長の合計値）は、79～280 cmの範囲を示した。これらの数値に基づくBTメス親魚の推定体長は、23～80 cmで、phenotype は降海型8個体および河川残留型7個体に区分できた。個体群の生殖腺は5月下旬ころから6月にかけて形態学的変化が観察され、11月から12月に成熟個体が出現した。生殖腺の発達過程は雌雄ともに連続的であった。これらのことからママチ川で採集したBTは、河川内で成熟が進む河川残留型とみなされた。雌雄の生物学的最小形（成熟臨界サイズ）は、オス15.0 cm（1+）およびメス20.0 cm（2+）であった。

以上の結果からママチ川BT個体群の phenotype は、生殖期を除いて、河川残留型が優占すると判断された。またママチ川個体群の生活史変異は、河川残留型（産卵支流ママチ川で生活）、河川残留型の河川内移動群（一次支流千歳川で生活）および降海型（石狩湾沿岸で生活）で構成されることが知れた。この結果に基づき、ママチ川BT個体群の生活史をまとめて図式化した。

考察：生殖期に成熟臨界サイズを超えて未成熟な大型個体（雌雄 FL20 cm<）の phenotype を考察した。これらの個体は、久保（1980）、Thorpe（1986）、Elliott（1994）、河村（2012）から考察した phenotype の日長・体サイズ依存モデルに基き、降海型と推定された。

G7

豊平川の主流路と副流路のサケ産卵床分布域の物理環境等調査結果

○谷瀬 敦・布川雅典・村山雅昭（寒地土研）

【背景と目的】

豊平川のサケは水質汚濁の影響などにより 1950 年代にいったん絶滅したと考えられるが、近年は毎年 1,000 尾を超えるサケが遡上するまでに回復した。今では、豊平川に遡上するサケの約 7 割が野生魚と見られている。札幌さけ科学館で行っている豊平川のサケ産卵床箇所調査によると、産卵床は主流路だけではなく、副流路にも多数産卵していることが明らかになっているが、近年、豊平川の副流路が閉塞するなど河川環境に変化が生じている。現在、官民共同で、一層の野生魚の遡上数増大を図ることを目標に、副流路の環境改善の取り組みを実施している。一方で、副流路の環境が主流路と比較して産卵に適しているのかどうかの検証はなされていない。そのため、本研究では、主流路と副流路の物理環境や水質等を調査し、産卵場所としての適性の評価および比較を行った。

【材料と方法】

豊平川中流部の砂州河岸際に形成された分流跡のワンド箇所をサケ産卵箇所として回復させるため、2017 年にワンド上流部の砂州を小規模水路掘削した箇所と、閉塞しつつあった分流個所の再生のため 2018 年に小規模水路掘削を行った箇所において、2018 年のサケ産卵期に、河床材料表面粒径、水深、流速、河床間隙水温、水質（EC,pH,DO）および動水勾配を計測した。河床間隙水温については 10 月中旬から 3 月中旬まで自記水温計により連続観測を行った。砂州の本流側においても同様の項目で計測を行った。

【結果と考察】

ワンド箇所の河床表面粒径は 2 mm 以下の砂分が広く優先していたが、ワンドの上流部分では産卵に適した中礫（16 mm~64 mm）以上の河床材料が分布している箇所があった。河床間隙水温は本川の水温と比較して最低でも 3℃以上高く、地点によっては期間を通して 10℃を超えていた。一方、DO は殆どの地点で 5 mg/l 以下で、0.1 mg/l という極端に低い地点もあった。滞水時間が長い若しくは水質が悪く酸素消費が著しい地下水が湧出している可能性が示唆された。

分流箇所の表面粒径は 2 mm 以下の砂分や 128 mm 以上の巨礫の分布も見られたが、産卵に概ね適した小礫から大礫（2 mm~128 mm）の粒径が主体となっていた。河床間隙水温は本川水温和比較して高めに推移した。DO は概ね 5 mg/l 以上であった。間隙水温はワンド箇所よりも低い、DO は高く、産卵環境としては適していると考えられる。

砂州本流箇所の表面粒径は中礫から大礫（16 mm~128 mm）が主体であった。河床間隙水温は本川水温和ほぼ同じ値を示し、2℃以下となる地点も多かった。DO は 7mg/l 以上で本川と同様の値を示した。

【結論】

主流路と比較して副流路の方が産卵環境として適している箇所もあるが、DO が低く卵及び仔魚の生育に不利と思われる箇所もある。好適なサケ産卵環境を保全・創出していくためには、産卵床数の比較だけではなく、稚魚の浮上率までを考慮して適地を選定していく必要があると思われる。

G8

岩手県音部川における野生サケ稚魚の降下生態と親魚の遡上実態について

○佐々木 系・八谷三和（水産機構東北水研）

【背景・目的】

現在、野生サケの存在意義が見直される中、岩手県のいくつかの河川において、サケの自然産卵の調査が行われ、その存在が明らかにされている。近年、本県のサケ非放流・捕獲河川の音部川において、産卵床から浮上した野生サケ稚魚の降下時期には年変動があることが報告された。北海道では、野生サケ稚魚の降下は融雪増水期に観察されることが多いとされるが、明瞭な融雪増水期のない三陸沿岸では、野生サケ稚魚の降下時期はどのような要因により決定されているのか興味深い。そこで、本研究では、音部川のサケ稚魚の降下生態と親魚の遡上実態について調べ、稚魚の降下時期の変動に影響を与える要因について、降下時期の環境条件に加え、産卵床数との関連を検討した。

【材料・方法】

音部川は岩手県重茂半島に位置する流路延長約 5km、平均川幅 5m 前後の小河川である。サケ稚魚の降下時期を明らかにするための調査は、2017～2019年の春季（3月下旬～6月上旬）に、河川の最下流部（河口から約 100m 上流点より上流側）に長さ 100m の調査区間を設けて行った。調査区において定期的に電気ショッカーによる採捕調査を行い、生息密度を推定した。遡上親魚数および産卵床数の調査は、2016～2018年の秋冬季（9月中下旬～翌1月上中旬）にサケが遡上可能な河口から 1.5km 上流区間について、目視による計数調査を定期的に行った。応答変数として稚魚の生息密度を、①河川水温から予想される採捕稚魚の発生時期（およそ 16 旬前）の産卵床数、②稚魚採捕時の河川水温、③降雨増水の指標として、稚魚採捕日を含む前 3 日間の合計降水量を説明変数として、一般化加法モデルを構築し、稚魚の降下時期の変動に影響を及ぼす要因を検討した。

【結果・考察】

稚魚の降下期間は 3 月下旬～5 月下旬であったが、密度ピーク時期は 2017, 2018, 2019 年でそれぞれ 4 月上旬, 4 月中旬, 4 月下旬と異なった。密度ピーク時期の尾叉長は各年とも 45mm 前後であった。親魚の遡上期間および産卵床の形成期間は 10 月上旬～12 月下旬であったが、遡上数及び産卵床数のピーク時期及び変動パターンは年により異なった。モデル解析の結果、サケ稚魚生息密度の変化には稚魚採捕時からおよそ 16 旬前の産卵床数が影響することが分かった。河川水温や降水量の影響は認められなかった。ただし、いずれの年も河川水温が 12℃前後で稚魚密度が 0 尾/100m となった。以上から、音部川では、サケ稚魚の降下時期の年変動は、前年の産卵床の形成時期と数の違いの影響を強く受け、多くが尾叉長 45mm 前後で海に向けて降下することが明らかとなり、河川水温は降下終期を決定していることが示唆された。

G9

近年の北海道への秋サケ来遊について

○實吉隼人・畑山 誠（道さけます内水試）

【目的】近年の北海道の秋サケ来遊数（沿岸漁獲数と河川捕獲数の合計）は2000年代半ばをピークに減少傾向にある。2006年から2015年までの10年間の平均来遊数は4,236万尾（範囲：3,508万～5,371万尾）であったが、最近の3年では2016年に2,579万尾、2017年に1,737万尾、2018年に2,317万尾と3,000万尾を下回る低位の来遊となっている。本発表では、北海道沿岸を5海区（オホーツク、根室、えりも以東太平洋、えりも以西太平洋、日本海）14地区に分けて集計したサケの漁獲尾数や河川捕獲数、全道各地の河川や沿岸で実施している年齢組成のデータを用い、近年の北海道のサケの来遊にみられる特徴について紹介する

【結果・考察】年齢組成調査から2016年から2018年に来遊したサケのうち、2012年級群（2016年の4年魚と2017年の5年魚）と2013年級群（2017年の4年魚と2018年の5年魚）の来遊が少ないことが明らかとなり、最近3年の来遊数の低迷の要因と考えられた。海區別には、日本海区を除く4つの海区で2017年の来遊数が過去20年で最も少なく、特に根室海区、えりも以東海区の減少が大きかった。2014年級群である2018年の4年魚の来遊数は2012年級群の171.6%、2013年級群の225.4%であり、来遊の回復の兆しがみられた。各年級群による来遊数の違いは降海直後の沿岸域での生き残りが影響すると考えられ、2012年級群と2013年級群が降海した2013年と2014年の5月は沿岸水温が例年よりも低く、稚魚の生残率が低下したと考えられた。一方、2014年級群が降海した2015年春の沿岸水温は例年並みで、前2年級群に比べて稚魚の生残率が高かったと考えられた。2019年の来遊数は現在までのところ極めて不調であり、昨年4年魚としての来遊が比較的好調であった2014年級群の5年魚としての来遊、および2015年級群の4年魚としての来遊が低位である。今後これらの要因を分析し、改善策を検討する必要がある。

G10

2019年冬期アラスカ湾調査で採集されたサケの系群組成推定

○佐藤俊平・浦和茂彦（水研機構北水研）

海洋生活期のサケにとって、越冬期は夏よりも水温が低下し、利用可能な餌生物も少なくなることから、その生息環境はサケの全生活史を通じて最も厳しくなると考えられる。北西太平洋やアラスカ湾は日本系をはじめとするサケの越冬場所として知られており、過去に行われた調査結果から越冬期におけるサケの海洋分布や生息環境、栄養状態などが少しずつ明らかとなってきた。一方、近年は地球温暖化に起因する水温上昇といった海洋環境の変動が生じており、これが越冬期のサケに影響を及ぼしている可能性もある。そんな中「国際サーモン年」の **Signature Project** として「冬期アラスカ湾さけます国際共同調査」が実施され、2006年以来13年ぶりに越冬期のサケに関するデータが得られた。ここでは、この国際共同調査で採集されたサケについて系群組成推定を行い、現在の越冬期のサケがどのような状況にあるのかを調べたので報告する。

分析には2019年2月16日-3月18日にアラスカ湾に設定した60定点において、表層トロール網により採集されたサケ223個体を用いた。遺伝標本はSNPマーカー45遺伝子座を用いて分析し、日本・ロシア・西アラスカ/アラスカ半島・プリンスウィリアムサウンド (PWS)・南東アラスカ・ブリティッシュコロンビア (BC)・ワシントンの割合を遺伝的系群識別により推定した。系群組成推定は年齢別・緯度別・肥満度 (CF) 別に行った。

サケは調査海域の南部に多く分布しており、特に47°N-52°Nの範囲に集中していた。これらは海洋年齢 (OA) 1-5歳の個体で構成され、特にOA2-3で全体の67%近くを占めていた。年齢別の系群組成はOA1では97.4%が北米系で占められたのに対し、OA2-4では日本系が20.5-28.9%、ロシア系が9.2-48.3%であった。北米系の内訳は、OA1では南東アラスカとワシントンを起源とする個体で占められていたのに対し、OA2-4では西アラスカ/アラスカ半島、PWS、ワシントンなど様々な地域を由来とする個体で構成されていた。緯度別の系群組成を調べたところ、日本系サケは47°N-49°Nで26.0%、50°N-52°Nで16.5%、53°N-56°Nで4.0%となり、北の海域ほどその割合が低下する傾向が見られた。調査海域の表面水温は北西ほど低く、南東ほど高い傾向を示していることから、日本系サケはアラスカ湾において水温が高い南の海域で越冬している可能性が示唆された。OA2以上の個体について、CFが0.9以上と0.9未満の二群に分け系群組成推定を行ったところ、0.9未満の群で日本系31.9%、ロシア系13.9%、北米系54.2%、0.9以上の群で日本系21.5%、ロシア系27.2%、北米系51.3%となり、前者で日本系の割合が若干高い傾向を示したものの、系群組成に大きな違いは見られなかった。CFが低い群にも日本系サケが一定割合含まれていたことから、このような栄養状態にある個体が越冬後に生残・回復するのか、注視していく必要がある。

G11

サケの回帰行動・生息場所による Na^+ , K^+ -ATPase α サブユニット遺伝子発現の変化

○野畑重教・川上達也・佐藤信彦・北川貴士・兵藤 晋（東大大海研）

硬骨魚類の鰓に発現する Na^+ , K^+ -ATPase (NKA) は、ナトリウムイオンの体内への取り込みや体外への排出を能動的に行うことで体液浸透圧の維持に関わる分子である。NKA は α , β , γ の 3 つのサブユニットから構成されているが、近年一部のサケ科魚類で淡水型（イオン取り込み型）と海水型（イオン排出型）の鰓の NKA では、 α サブユニットの分子種が異なることが示唆されている。すなわち、淡水型では $\alpha 1a$ 、海水型では $\alpha 1b$ の遺伝子発現量が多い。本研究ではサケ *Oncorhynchus keta* における $\alpha 1a$ および $\alpha 1b$ 遺伝子の cDNA クローニングを行い、異なる塩分環境下での発現量の変化、また野外採取した個体での発現量の変化を調べた。

海水 (SW), 2 倍希釈海水 (1/2SW), 3 倍希釈海水, 5 倍希釈海水および淡水 (FW) で 1 か月間飼育したサケ幼魚の鰓の遺伝子発現を調べた。その結果、SW から FW へと海水が希釈されるのにもない $\alpha 1a$ の発現量は増加し、FW では SW の約 25 倍に増加した。一方、 $\alpha 1b$ の発現量は FW で SW の約半分に減少するが、SW と 1/2SW では差は認められず、海水の希釈倍率にともなう変化は $\alpha 1a$ ほど顕著ではなかった。発現量の比 ($\alpha 1a/\alpha 1b$) は SW から FW までの海水の希釈にともない 0.04 から 1.8 と顕著に増加した。以上、飼育実験からは、サケでも淡水型では $\alpha 1a$ 、海水型では $\alpha 1b$ の遺伝子発現量が多くなり、 $\alpha 1a/\alpha 1b$ が淡水で高値になることが示唆された。

しかし野外採取した個体の鰓の遺伝子発現では、飼育実験の結果と一致しない個体が現れた。回遊途中の 4~5 月に三陸沿岸に来遊する未成熟個体の $\alpha 1a/\alpha 1b$ は、5 個体で 0.005~0.03 と飼育実験での海水型の値と同等であったが、2 個体で 5.3 および 7.9 と淡水型の値になりこれらは $\alpha 1a$ 発現が高いことに起因した。一方、稚魚の降海時の鰓では、川から河口、さらに湾内に移動するにしたがい $\alpha 1a/\alpha 1b$ が 0.1 以下まで減少する傾向はみられるが、湾内で採取された個体の中にも 1.0 以上と淡水型と同等の $\alpha 1a/\alpha 1b$ を示す個体が存在した。このように海で採取された個体の鰓の中には、飼育実験で得られた値とは大きく異なる個体が一定数認められた。

三陸海岸の大槌湾にそそぐ大槌川で捕獲した個体の $\alpha 1a/\alpha 1b$ は 0.7~2.5 と飼育実験での FW 飼育個体の値と一致した。また大槌湾で捕獲された回帰親魚の $\alpha 1a/\alpha 1b$ は 0.4~2.1 で海水型の個体はなく、淡水型あるいは海水型と淡水型間の個体で占められていた。三陸に回帰するサケの鰓は湾内で淡水型に変化していることが示唆されており、その結果と一致するものである。しかし、湾内での淡水型への変化が血漿浸透圧の上昇を引き起こすことはなく、また鰓の状態と遡上開始までの時間とは相関が認められなかった。

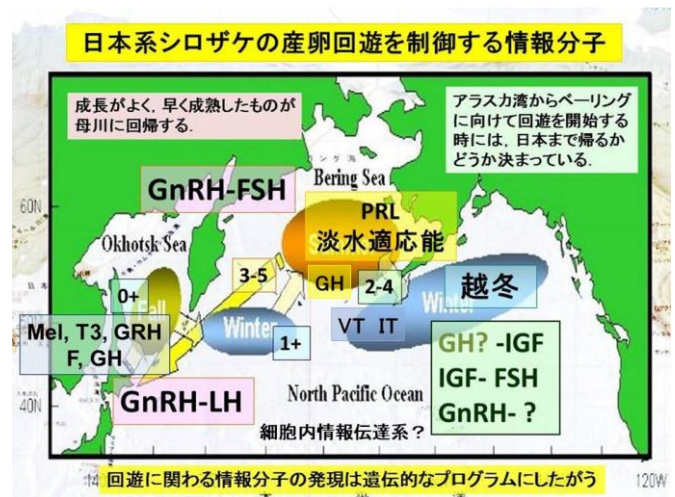
以上、野外採取の個体からは、海にいながら $\alpha 1a$ の発現量が高いなど飼育実験の結果とは一致しない個体も現れた。このような結果が得られる原因は不明であるが、今後発現部位を組織レベルで同定すること、また 2 つの分子種、特に変化の大きい $\alpha 1a$ の発現制御がどのような因子により調節されているかを解明し、未解明の問題を解決したい。

G12

RNA-seq から見えてきたサケの産卵回遊の神経内分泌機構

○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。その制御には視床下部に始まる神経内分泌系が深く関わっていることが予想される。これまでの神経内分泌系における情報分子の遺伝子発現の研究から、産卵回遊にともなう主要なホルモン遺伝子の発現の様相が明らかになってきた (右図)。このような遺伝子発現の背景を明らかにし、回遊の遺伝子プログラムを理解することを目的として、回遊経路に沿って採取したシロザケの間脳から RNA を抽出し、この領域における網羅的な遺伝子発現を RNA-seq によって半定量的に解析した。



【材料と方法】RNA 試料および次世代シーケンサー (NGS) を用いた RNA-seq は、これまで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 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、千歳および 2006 年冬のアラスカ湾で捕獲した雌雄 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)。NGS により得られた各個体のリード (150 b 長) は、CLC Genomics Workbench v12 (Qiagen) を用い、新規に作成した幾つかの References を参照してマッピング、ついで発現量についての統計的な解析を行った。

【結果・考察】アラスカ湾から千歳に到る各群の RNA-seq の結果に対する主成分分析は、参照した References によらず、それぞれの群で雌雄差なく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、これまでと同様、アラスカ湾の immature 群と maturing 群の間脳における発現が、他の群とは大きく異なっている。また、アラスカ湾とベーリング海の群を Ocean 群、北海道に回帰してきた北見枝幸と石狩湾の群を Coast 群、石狩川に溯上した江別と千歳の群を River 群とすると、それらの間に遺伝子発現の違いがあること、成熟度にともない発現量が有意に変化する遺伝子群が、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された。しかしクラスター分析により、発現レベルの変動には幾つかのパターンがあることが分かった。

ホルモン関連遺伝子に加えて、脂溶性分子、イオンチャンネルなどの情報関連分子、転写調節因子などの遺伝子の発現にも、回遊にともなう変動が見られた。この結果は、上図にある変動に先立ち、神経内分泌系を動機づける遺伝子発現があることを示している。

【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 の解析は帝京大・SIRC・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。

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。

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。

現在の役員

会長 宮下和士

幹事 青山潤, 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

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 (土) 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—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」

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)

2019 年度第 13 サケ学研究会
講演要旨集

2019 年 11 月 30 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