

第6回 サケ学研究会 講演要旨集

*Abstracts for The Sixth Conference of
Salmon Science Society (3S)*



日時：平成24年12月8日（土）

場所：北海道大学水産学部

マリンサイエンス創成研究棟

Date: Saturday, December 8, 2012

Venue: Faculty of Fisheries Sciences,
Hokkaido University

9
1

2
2

第6回サケ学研究会プログラムおよび要旨集目次

Fourth Conference of Salmon Science Society (3S)

日時 平成24年12月8日(土)

場所 北海道大学水産学部 マリンサイエンス創成研究棟1階
オープンスペース

午前の部

10:30 開会・会長挨拶 ----- 上田 宏 (サケ学研究会会長)

一般発表 第1部

進行 宮腰靖之 (道さけます内水試)

10:35 ビワマスの海水適応能に及ぼすホルモン投与の影響 -----
----- °中嶋拓郎・山崎みゆき (北大院水)・片岡佳孝・藤岡康弘 (滋賀水試)
・原 彰彦・清水宗敬 (北大院水)

10:50 成長履歴の異なるサクラマスモルトにおけるインスリン様成長因子-I の変化 -----
----- °金子信人・下村考弘・中嶋拓郎 (北大院水)・飯嶋亜内
・卜部浩一 (道さけます内水試)・原 彰彦・清水宗敬 (北大院水)

11:05 Research plan for dissolved free amino acids in several rivers in Hokkaido (北海道の河川におけ
る溶存遊離アミノ酸に関する研究計画) -----
----- °Ernest Y. Chen and Hiroshi Ueda (北大 FSC)

11:20 サケの細菌性腎臓病原菌に対する感受性および親魚の抗体保有状況 -----
----- °笠井久会・吉水 守 (北大院水)・畑山 誠・小出展久 (道さけます内水試)

11:40 遊楽部川におけるシロザケ *Oncorhynchus keta* 親魚の炭素・窒素安定同位体比 -----
----- °秦 玉雪・越野陽介・小山 諒・工藤秀明・帰山雅秀 (北大院水)

11:55 異なった2つの河畔生態系におけるサケ属魚類による物質輸送 -----
----- °越野陽介・瓜生大輔・小保内竜三・工藤秀明・帰山雅秀 (北大院水)

12:10 河川における猛禽類のサケ・マス利用 ----- °松本 経・高橋修平・中山恵介 (北見工大)

12:30~13:30 昼休み (厚生会館 大学生協食堂営業中)

午後の部

13:10～13:30 ポスター発表コアタイム

- ・逃避行動を利用したサケマス稚魚の簡便な瞬発遊泳力測定法 ----°虎尾 充 (道さけます内水試)
- ・暑寒別川におけるサケ稚魚の放流サイズが回帰に及ぼす効果 -----°實吉 隼人・宮腰 靖之
・工藤 智 (道さけます内水試)・河村 博 (積丹町農林水産課)
- ・初夏の北太平洋西部東経 155 度線周辺海域で検出された日本系カラフトマスの耳石標識 -----
-----°内 彩香・工藤秀明 (北大院水)・虎尾 充・藤原 真 (道さけます内水試)
・斉藤寿彦 (北水研)・帰山雅秀 (北大院水)

13:30

特別講演

座長 上田 宏 (サケ学研究会会長・北大FSC)

帰山 雅秀 先生 北海道大学大学院 水産科学研究院 教授, サケ学研究会生態学部門代表)

『これからのサケ学 Sustainability Science の勧めー生態学的俯瞰』

14:20～14:30 休憩

一般発表 第2部

進行 工藤秀明 (北大院水)

- 14:30 PIT タグシステムを用いた美利河ダムにおけるサクラマススモルトの降下行動 -----
-----°林田寿文 (寒地土研・北大院環)・新居久也 (道栽培公社)
・羽山英人 (道開発局)・矢部浩規 (寒地土研)・上田 宏 (北大 FSC)
- 14:50 サクラマス幼魚放流が見市川の自然再生産資源の造成に及ぼす効果 -----
-----°楠田 聡・大森 始・飯嶋亜内・村上 豊・鈴木邦夫 (道さけます内水試)
- 15:10 魚道設置によるサクラマス資源の回復 -----
-----°下田和孝・卜部浩一・川村洋司 (道さけます内水試)
- 15:30 2012 年秋の北海道へのサケ来遊の特徴 -----
-----°宮腰靖之・青山智哉・川村洋司・藤原 真・小山達也・下田和孝・安藤大成
・安富亮平・神力義仁・卜部浩一・佐々木義隆・伊澤敏穂 (道さけます内水試)
- 15:50 根室海区におけるカラフトマスの来遊不振ー現場研究者は何をすべきか? -----
-----°虎尾 充 (道さけます内水試)

16:05～16:20 休憩

指名発表

座長 永田光博 (サケ学研究会増殖資源部門代表・道さけます内水試)

- 16:20 グラフィカルモデリングによる遺伝子と内分泌の発現ネットワーク推定: ベニザケの
産卵回帰メカニズム -----°中道礼一郎 (海洋大)・岸野洋久 (東大農)
・北田修一 (海洋大)

一般発表 第3部

進行 清水宗敬 (北大院水)

- 16:50 カラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) 雄における背隆起^{はいりゅうき}の生化学的性状および雄性ホルモンとの関連-----°薄 健太・工藤秀明・井尻成保 (北大院水)
・市村 政樹 (標津サーモン科学館・北大院水)・都木 靖彰・帰山 雅秀 (北大院水)
- 17:05 サケの母川回帰に及ぼす2種類の GnRH の役割 -----°深谷厚輔 (北大院環)・天野勝文
・千葉洋明 (北里大海洋生命)・Cheol Young Choi (韓国海洋大学校)・上田宏 (北大FSC)
- 17:20 サケの母川記銘時における TRH 遺伝子発現量の変化 -----°古川直大 (北大水)
-----°飯郷雅之 (宇都宮大農)・上田 宏 (北大 FSC)
- 17:32 サケ脳における NMDA 受容体が GnRH 放出に及ぼす影響 -----°村上玲一 (北大水)
・深谷厚輔 (北大院環境)・天野勝文 (北里大海洋生命)・上田 宏 (北大 FSC)

自由討論

進行 工藤秀明 (事務局)

17:45~18:10

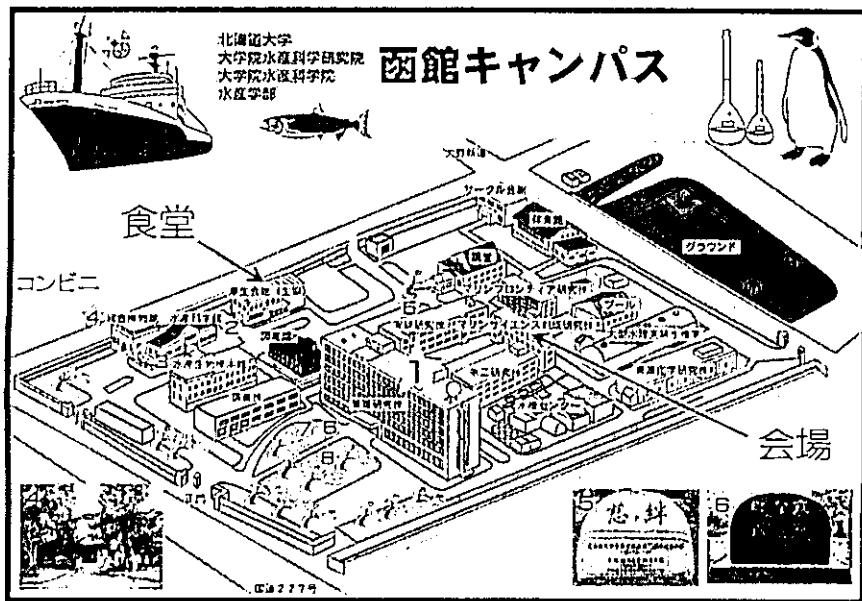
各部門代表からコメント&問題提起, 次回開催場所について

18:10 閉会 ----- 浦和茂彦 (サケ学研究会遺伝学部門代表・北水研)

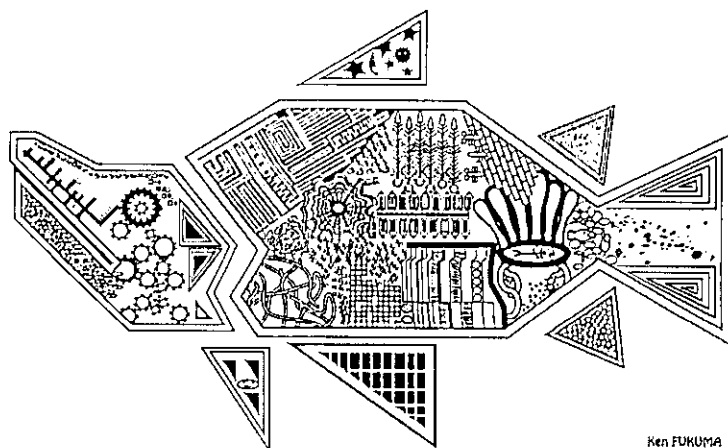
18:40 事前申込者は懇親会会場へ正面玄関前発の送迎バスにて移動

(懇親会会場はJR函館駅前付近ではありません・帰路は五稜郭方面・函館駅前方面にバスが出ます)

19:00 懇親会 ----- 居酒屋ココ昭和店 (函館市昭和4丁目) TEL: 0138-41-2196



午前の部 一般要旨



ビワマスの海水適応能に及ぼすホルモン投与の影響

○中嶋 拓郎・山崎 みゆき (北大院水)・片岡 佳孝・藤岡 康弘 (滋賀水試)
・原 彰彦・清水 宗敬 (北大院水)

目的 ビワマスは、琵琶湖に生息し淡水域で一生を送るため、サケ科魚類では例外的に海水適応能をほとんど持たないとされている。しかし、海水に適応できない生理学的メカニズムは不明である。海水への適応には、イオン輸送を担う鰓の Na^+/K^+ -ATPase (NKA) が重要な役割を持つ。NKA は、 α と β サブユニットで構成され、 α サブユニットで複数のアイソフォームが確認されている。特に $\alpha 1a$ と $\alpha 1b$ は、それぞれ淡水適応と海水適応に重要とされている。また、遡河性サケ科では降海に伴い NKA が活性化するが、内分泌的には主に成長ホルモン (GH) とコルチゾル (F) による調節を受けている。本研究では、ビワマスの海水不適応能の生理学的メカニズムを解析することを目的として、まず降湖時期の NKA の酵素活性および $\alpha 1a$ と $\alpha 1b$ 発現量の変化を調べ、さらに GH と F 投与に対する NKA の反応および投与後の個体の海水適応能を調べた。

材料と方法 供試魚には、滋賀県水産試験場醒井養鱒場で飼育された 0 歳魚のビワマスと、比較対象としてアマゴを用いた。両種の降湖 (5-6 月)・降海時期 (11-12 月) をまたぐ期間、毎月鰓を採取し、NKA 活性を測定すると共に $\alpha 1a$ と $\alpha 1b$ の mRNA 発現量をリアルタイム定量 PCR 法により調べた。また 5 月に、ブタ GH (8 $\mu\text{g/g}$ 体重)、F (40 $\mu\text{g/g}$)、GH と F (複合群)、または溶液のみ (対照群) を腹腔内に投与し、1 および 2 日後の鰓の NKA 活性および mRNA 量を測定した。さらに別の実験において、投与 1 日後のビワマスを 70%人工海水へ移し、移行 1、2 および 3 日後までの血中塩素イオン濃度を調べた。

結果と考察 ビワマスの NKA 活性および $\alpha 1a$ と $\alpha 1b$ は、銀化し降湖する時期においても増加しなかった。一方、アマゴでは降海時期に活性と $\alpha 1b$ の増加が見られた。投与実験の結果、ビワマスの NKA 活性はホルモン処理群で対照群と比べ高い値を示した。 $\alpha 1a$ と $\alpha 1b$ は、処理群で高い傾向にあったが、対照群と有意差はなかった。アマゴでは、NKA 活性と $\alpha 1b$ が F および複合処理群で高かった。ビワマスをホルモン処理し海水へ移したところ、血中塩素イオン濃度は、対照群と GH 群で移行 2 日後まで増加し 3 日後においても高い値を維持した。一方、F および複合処理群では、1 日後に増加が見られたが、2 および 3 日後では対照群と比べ有意に低い値を示し、海水適応能の向上が見られた。以上の結果から、ビワマスは降湖に伴い NKA を活性化させず、そのため海水適応能を発達させないことが示唆された。しかし、ホルモン投与を行えば NKA をタンパク質レベルで活性化し、さらに F 処理により個体レベルで海水適応能を向上させることが可能であると分かった。このことから、ビワマスは降湖時期においてホルモン分泌系が活性化されないのが一因で、NKA が上昇しないと考えられた。

成長履歴の異なるサクラマスモルトにおけるインスリン様成長因子-I の変化

○金子 信人・下村 考弘・中嶋 拓郎 (北大院水)・飯島 亜内・卜部 浩一 (道さけます内水試)
 ・原 彰彦・清水 宗敬 (北大院水)

目的 サクラマスは、一年間の河川生活を経て、二年目の春に河川生活型のパーから海洋生活型のモルトに移行して降海する。河川から海に降る際には海水適応能の獲得が不可欠であり、それには鰓の Na^+/K^+ -ATPase (NKA) 活性が重要となる。NKA 活性の上昇には、成長ホルモンとコルチゾルに加え、インスリン様成長因子 (IGF) -I も関与していると考えられている。我々はこれまでに、サクラマスモルトにおける血中 IGF-I および鰓 IGF-I の両者が NKA 活性の上昇に重要であることを示唆してきた。しかし、これらの IGF-I は銀化時の成長も反映していると考えられる。そこで、本研究では異なる成長履歴をもつサクラマスモルトを用いて血中 IGF-I、鰓 *igf-1* mRNA および NKA 活性の関係をさらに調べることを目的とした。

材料と方法 供試魚には、北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場道南支場で飼育されていたサクラマス1年魚を使用した。供試魚は冬季における体サイズの大小 (Large 群および Small 群) と春季における成長の良し悪し (High 群および Low 群) を組み合わせた3つの飼育群に分けた (Large-High: LH 群, Large-Low: LL 群, Small-High: SH 群)。2011年1月から6月までの計6ヶ月間、それぞれ7個体ずつを毎月サンプリングし、尾叉長と体重を測定した後、鰓および血液を採取した。鰓 *igf-1* mRNA 量をリアルタイム定量 PCR 法で、血中 IGF-I 量は時間分解蛍光免疫測定法により測定した。また鰓の NKA 活性はウアバイン存在下および非存在下での ATP 分解量の差から算出した。

結果と考察 NKA 活性は4月から5月にかけて上昇した。LL 群および SH 群では3月から5月で鰓 *igf-1* 量が高く、また血中 IGF-I 量は同期間で増加し5月にピークを迎えた。一方、LH 群では鰓 *igf-1* および血中 IGF-I のピークが1ヶ月早い4月に見られた。6月には LL 群および SH 群で鰓 *igf-1* 量、血中 IGF-I 量および NKA 活性が減少したのに対し、LH 群では鰓 *igf-1* 量のみが上昇した。さらに、各飼育群で血中 IGF-I と NKA 活性の関係を調べたところ、全ての群で相関がみられた。さらに SH 群および LL 群では鰓 *igf-1* と NKA 活性も相関を示した。また、鰓 *igf-1*、血中 IGF-I および NKA 活性は体サイズに対しても正の相関を示したため、回帰式から平均体サイズにおける値に標準化を行った。標準化により体サイズの影響を取り除いたところ、相関関係は消失した。このことから2011年のサクラマスモルト群における NKA 活性の上昇は、血中 IGF-I を介した体サイズ増加に主に依存していたことが示唆された。

LH) 成長差ある?
 LL)
 why 変わった
 ↓
 「変わる」 → 何故変わる?

Research plan for dissolved free amino acids in several rivers in Hokkaido

(北海道の河川における溶存遊離アミノ酸に関する研究計画)

○Ernest Y. CHEN and Hiroshi UEDA

Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

Introduction The salmon's amazing ability to come back to their natal streams after living in the oceans for years plays an integral part in their life history. Recent research has suggested that dissolved free amino acids (DFAA) in rivers are the key distinguishing factor that may enable the salmon to home into their natal streams. The fish's keen olfactory sensory mechanisms are capable of detecting miniscule concentrations of DFAA that are distinctive to each watershed. In order for their sensory mechanisms to be effective, natal stream DFAA should need to be consistent during the fish's downstream (imprinting) and upstream (recalling=homing) migrations. Yamamoto et al. (2012) discovered that although DFAA concentrations varied annually in the Teshio River, a few stable DFAA compositions were detected that were consistent from year-to-year. In this current study, the DFAA in several of Hokkaido's main waterways that house salmon spawning migrations will be analyzed year-round. The goal will be to determine if significant fluctuations in DFAA exist on a seasonal and annual basis.

Materials and Methods Water samples from the Toyohira River will be collected on a monthly basis over a 2-year period starting from September 2012. Water samples from the Ishikari River, Chitose River, and Toya Lake will be collected on a quarterly basis. The samples will be subjected to an ultra high-speed liquid chromatography system (LaChrom Ultra, Hitachi High-Tech, Ibaraki, Japan) capable of detecting 19 distinct amino acids. Measurements will be run in triplicates to ensure data integrity.

Results and Discussion Water samples from the Toyohira River have been analyzed for amino acids from September through November 2012. Additionally, water samples from the Ishikari River and Toya Lake were analyzed in October and November 2012. These preliminary results showed that there are significant differences in DFAA concentrations between the Ishikari and Toyohira Rivers. As the Toyohira River is one of the major tributaries that empty into the Ishikari River, Toyohira River salmon spawners may be able to distinguish the differences in DFAA concentrations when it comes to selecting their natal tributaries. As more samples are analyzed, a model will be formulated that displays the seasonal DFAA concentration differences between the waterways. Funding will be sought to construct a Y-maze 2-choice test tank near the Sapporo Salmon Museum, which is adjacent to the Toyohira River. The Y-maze tank can be used to compare salmon homing preferences towards artificial stream water containing DFAA consistent to those of Chitose, Toyohira, and Ishikari Rivers. The 2-choice test tank can also be used to determine whether DFAA total concentrations or DFAA molar percentages are the driving factor of salmonid natal stream recognition.

DFAA concentration

サケの細菌性腎臓病原菌に対する感受性および親魚の抗体保有状況

○笠井 久会・吉水 守(北大院水)・畑山 誠・小出 展久(道さけます内水試)

目的 サケ科魚類の細菌性腎臓病(BKD)は、*Renibacterium salmoninarum*により引き起こされる細菌感染症であり、慢性化し死亡が長期間続くことで累積死亡率が高くなる。腎臓が腫大し、白い結節が見られるのが特徴であり、病魚の外観は体色の黒化、腹部の膨満、眼球突出も観察される。ヨーロッパおよび北米起源の病気であるが、わが国では1973年に北海道のマスノスケとヒメマスに発症が確認され、輸入ギンザケ卵が原因とされている。その後、ギンザケ飼育を介し、本州各地に広まった。北海道のサクラマスの場合、稚魚を1年以上飼育するスマルト生産により、遡上親魚との飼育期間の重複が起こり *R. salmoninarum* の感染環が形成されることを報告した。サケは水族館の展示魚に発症が見られる例があることから、サケを含めた他魚種への感染が危惧される。今回、サケの本菌感受性を検討し、サケでの本菌感染の実態を予備的に調査した。

材料と方法 5カ月令のサケ、サクラマスおよびギンザケ各30尾を対象に *R. salmoninarum* HK8801株を腹腔内注射(10^6 CFU/尾)し、本菌に対する感受性を検討した。さらに5ヶ月令のサケを対象に *R. salmoninarum* Tok46株を 10^5 、 10^7 および 10^9 CFU/尾となるよう腹腔内注射し、攻撃菌量毎の死亡率を求めた。次いで道内8河川に遡上したサクラマス、ベニザケ、サケ親魚計465尾の血清を対象に本菌に対する抗体の有無をEIISAおよび凝集抗体価で検査した。さらに2カ所で飼育中のサクラマス幼魚計122尾の腎臓を培養法、間接蛍光抗体法およびPCR法により検査すると共に、4河川に遡上したサクラマス親魚計258尾の体腔液をPCRに供した。

結果と考察 HK8801株による感染試験での累積死亡率はサクラマスが20%、ギンザケが6%であったのに対し、サケは100%を示した。Tok46株においても、全ての攻撃菌量で累積死亡率が100%に達し、サケは本菌に非常に高い感受性を示した。親魚の抗体検査ではサクラマスが104/180(58%)、ベニサケが18/56(32%)、サケが100/229(44%)陽性であった。飼育中のサクラマス幼魚では約27%から本菌が検出された。一方、成熟親魚の体腔液から本菌は検出されなかった。しかし凝集抗体を含め高率にサケから抗体が検出されたことから、サケの本菌保有状況を調査し、適切な防疫対策を早急に実施する必要があると考える。本菌は、汚染地域からの卵の輸入とともにわが国に侵入したと推定され、国内においても卵の移動とともに汚染地域が拡大したものと推察される。受精前の卵洗浄とポピドンヨードによる卵消毒は表面に付着する本菌の数を減らすとともに、囲卵腔への侵入防止に有効であることから、洗卵と卵消毒を徹底すべきと考える。

遊楽部川におけるシロザケ *Oncorhynchus keta* 親魚の炭素・窒素安定同位体比

○秦 玉雪・越野 陽介・小山 諒・工藤 秀明・帰山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 動物細胞の炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$) 分析は、栄養ニッチの時空間変動 (e.g., Triel and Beamish 1993; Beaudoin et al. 1999) のみならず、生息環境や生息場所の生活歴 (MacKenzie et al. 2011) など評価するために広く利用されている。北海道南部八雲町の遊楽部川にはシロザケ *Oncorhynchus keta* が自然再生産しているが、産卵の時期と場所から野生魚と孵化場魚に分けられることがミトコンドリア DNA 分析結果 (Yokotani et al. 2009) や産卵生態学的研究結果 (今井ら 2007) より分かっている。本発表では、遊楽部川へ遡上し産卵したシロザケ親魚の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の時空間変化を明らかにするとともに、野生魚と孵化場魚の栄養動態を検討する。

材料と方法 遊楽部川シロザケ親魚の筋肉、生殖腺 (残卵) および鱗を 2011 年 10~12 月に採集した。標本は 60 口で 24 時間乾燥し、乳鉢で粉末化した後、メタノールとクロロホルムの混合溶液 (2:1) で脱脂処理した。その後スズカップに封入し、元素分析計 EA110 と質量分析計 DELTA plus (Thermo Fisher Scientific 社製) により標本の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を求めた。統計処理は主に SPSS (ver. 18) の一般線型モデル (GLM)、回帰直線および ANOVA 等によった。

結果と考察 遊楽部川へ回帰したシロザケ親魚は、後期 (12 月) に下流域 (St. 1) で産卵する個体ほど野生魚が多かった。各標本の一般線型モデル (GLM) の分析結果、ほとんどの標本において交互作用がみられなかった。このことは主要な代謝経路の多くはほとんどすべての細胞や生物で共通であり (Minagawa et al. 1992)、速度論的同位体効果である (相田 2011) ことを示唆している。シロザケ親魚の筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ には、性差と年齢差は見られなかった。また鱗にも年齢差はみられなかった。筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は鱗より高く、生殖腺 (卵) より低い値を示した。筋肉と鱗の安定同位体比の間には顕著な正の相関が観察され、鱗から筋肉の安定同位体比を予測することが可能であることが示唆された。筋肉の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は、体サイズと顕著な正の相関を示した。同様の傾向は海洋生活のシロザケとベニザケ (Kaeriyama et al. 2004) や産卵遡上中のタイセイヨウサケ (MacKenzie et al. 2011) においても観察されており、このことは大型のシロザケ親魚ほど高い栄養段階を示すことを表している。遊楽部川に産卵回帰するシロザケ親魚の窒素安定同位体比は、下流 (サランベ公園横) で産卵する個体の方が、また産卵時期では 12 月産卵個体の方が高い値を示した。このことは、野生魚の方が孵化場魚より栄養段階が高いことを表す。同様の傾向はスチールヘッド・トラウトでも観察されている (Quinn et al. 2011)。

異なった2つの河畔生態系におけるサケ属魚類による物質輸送

○越野 陽介・瓜生 大輔・小保内 竜三・工藤 秀明・梶山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 サケ属魚類 (*Oncorhynchus* spp.) は産卵遡上を通して海由来栄養塩 (MDN) を陸域に輸送することによって、その生物多様性と生産力に貢献している。サケ属魚類が輸送する MDN は様々な経路によって河畔生態系に取り込まれる。たとえば、河川内ではサケ属親魚の卵や肉片の摂餌 (Bilby et al. 1998)、陸上では大型哺乳類による死骸の運搬 (Ben-David et al. 1998) などにより取り込まれることが明らかとなっているが、それらの動態は河畔生態系の機能や構造によって異なると考えられる。本研究では、生態系の機能と構造の違いが在来生物の MDN 取り込みに与える影響を明らかにすることを目的とし、それぞれ異なった河川環境も持つ北海道の2河川において、河畔におけるサケ属親魚死骸の輸送パターンと河畔生物の MDN 寄与率を炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$) 分析により明らかにした。

材料と方法 2006年～2009年8～10月に北海道東部知床半島ルシャ川 (山地溪流河川)、2011～2012年8月～1月に北海道南西部ウヨロ川 (中流型河川) においてサケ属親魚死骸の動態を明らかにするために、河畔におけるサケ死骸を発見場所 (河川内 or 陸上) と死因 (産卵後老衰 or 陸上動物) で分けて計数した。さらに、サケ死骸 (ルシャ川 50 個体、ウヨロ川 60 個体) に標識を施して放流実験を行い、死骸の滞留時間を求めた。また、両河畔域に生息している生物への MDN の寄与を安定同位体比分析により明らかにするために、河川内生物および陸上植物の採集を行った。採集した生物は常法にしたがって処理した後、安定同位体比分析質量計 (Delta plus, Thermofinnigan 社) により $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。それらの結果から、各生物に含まれている窒素に対する MDN 寄与率 (Johnston et al. 1997) を算出した。

結果と考察 ルシャ川ではカラフトマス (*O. gorbuscha*) 死骸のおよそ半数が、ヒグマや洪水によって陸上に運搬されていたが、ウヨロ川ではシロザケ (*O. keta*) 死骸の約 80% が河川内に留まった。死骸放流実験の結果、ルシャ川では死骸は短期間のうちに河口域まで流下するか、ベクターによって陸上へ運搬されるが、ウヨロ川では河川内に死骸が長期間存在していた。さらに、河床有機物の $\delta^{15}\text{N}$ がルシャ川では低値を、ウヨロ川では高値を示したことから、長期間サケ死骸が残存するウヨロ川では河川内にサケ由来有機物が残存していると考えられた。安定同位体比分析の結果、水生生物の MDN 寄与率はウヨロ川がルシャ川より高かったが、河畔植物の MDN 寄与率はウヨロ川よりルシャ川の方が高かったことは、上記の結果を反映しているものと推察された。以上のことから、MDN 輸送パターンは河川生態系の機能と構造による影響を受け、その結果在来生物への MDN の寄与も異なることが明らかとなった。

河川における猛禽類のサケ・マス利用

○松本 経・高橋 修平・中山 恵介（北見工大）

目的 冬期の北海道におけるシロザケ遡上河川ではオオワシとオジロワシが確認されてきた。ワシ個体のほとんどは冬期にロシアから飛来する渡り鳥であり、ワシ類の越冬時の餌資源としてシロザケは重要であると考えられている。また、北海道東部にはカラフトマスの遡上河川も多く存在し、産卵後の死骸は他の動物に餌として利用されることがこれまで報告されている。カラフトマスの遡上時期はワシ類の渡り（飛来）時期よりも早いため、ワシ類以外の種に利用されている可能性が考えられるが、詳細は不明である。シロザケとワシ類の関係だけでなく、カラフトマスに関する鳥類の利用を明らかにすることは、サケ科魚類に与える捕食圧や産卵親魚に含まれる海由来物質の陸域輸送の解明にとっても重要である。

そこで本研究では、河川生態系における鳥類の役割を明らかにすることを目的とし、シロザケ、カラフトマス遡上河川において鳥類、特に体の大きい猛禽類の分布を調べ、産卵親魚の利用について検討した。

材料と方法 知床半島の海岸と北見市の常呂川支流において、自動車で移動しながら目視観察してワシ個体の位置を調べた。また、常呂川支流ではワシ類の目視観察を終えた後すぐにシロザケ親魚の分布を踏査して調べた。知床半島先端部では、小型漁船で海岸に沿った目視観察も実施した。

結果と考察 カラフトマス遡上時期の9月の知床半島では、半島基部から中央部の地域よりも人の立ち入りが難しい半島先端部付近でオジロワシとトビが多かった。その後、カラフトマスの遡上が増減したと思われる時期ではトビが減少した。知床半島先端部付近のカラフトマス遡上河川はトビにとって重要な採食場所であり、また、カラフトマスの陸域輸送に関してトビが重要な役割を担っている可能性が示唆された。冬期の常呂川支流ではシロザケ遡上個体数が増えるとワシ個体数も増えたが、トビはほとんど確認されなかった。シロザケの分布が変化すると、ワシの位置も変化してシロザケの分布範囲に重なっていた。シロザケは上流から姿を消し、同調してワシの分布も下流側へ移動した。ワシ類はカラフトマス遡上時期が過ぎた後に飛来していることから、冬期にシロザケを利用するのは主にワシ類であり、陸域輸送に関してもワシ類が重要であると予想される。



午後の部
ポスター発表 要旨



Oncorhynchus gorbuscha

逃避行動を利用したサケマス稚魚の簡便な瞬発遊泳速度測定法

○虎尾 充 (道さけます内水試・道東)

背景と目的 サケマス放流種苗では遊泳力が種苗性評価の指標として用いられ、日本では主にスタミナトンネル法によって測定されてきた。しかし、スタミナトンネル法はある程度大がかりな実験装置が必要であり、使用場所が制限される。一方、近年、行動実験において映像解析を用いた行動定量化の有効性が示されているが、市販のソフトウェアは高価であり個人での導入はかならずしも容易ではない。Masuda et al. (2002) はマサバ仔魚を入れたピーカーにおもりをぶつけて音刺激を与え、その映像解析によって遊泳速度を測定する簡便な方法(音刺激法)を開発した。本研究ではサケマス稚魚の音刺激による逃避行動と映像解析を利用した簡便な遊泳力測定法の確立を試み、スタミナトンネル法と比較することでその有効性を検証した。

材料と方法 遊泳力の測定には、浮上直後に 57L アクリル水槽 (幅 300mm×長さ 600mm×高さ 360mm) に収容し飼育したカラフトマス稚魚を用いた。遊泳力の測定は 2010 年 5 月～6 月に計 5 回、それぞれ 7 個体を用いて音刺激法とスタミナトンネル法によって行った。音刺激法は、実験水槽として市販の底面直径 56cm のポリエチレン製たらいに飼育用水を入れ (水深 3cm)、止水で行った。カラフトマス稚魚を飼育水槽から実験水槽に 1 尾ずつ投入し、投入後 10 秒間隔で 2 回の音刺激を与えた。音刺激は、実験水槽直上に設置した三脚から釣り用のおもり (20g) を 75cm の糸でつり下げ、実験水槽の外壁面に 50cm の距離からぶつけて発生させた。これら一連の状況をデジタルカメラ (30 フレーム/秒) で動画撮影し映像解析に用いた。映像解析にはフリーソフトウェア「運動くん for Windows ver.1.5.7」を使用し、3 フレーム (0.099 秒) 毎の移動距離を測定して速度を求めた。実験水槽投入直後と 2 回の音刺激による逃避行動中に測定された最大の遊泳速度をその個体の瞬発遊泳速度と定義した。スタミナトンネルによる遊泳力の測定は大熊ら (1998) にしたがった。

結果と考察 遊泳力測定に用いたカラフトマスは、平均尾叉長 4.29 ± 0.21 cm から 6.00 ± 0.20 cm であった。音刺激法によって測定された瞬発遊泳速度は $54.0 \sim 141.0$ cm/s ($10.4 \sim 23.7$ FL/s) であった。スタミナトンネル法で測定された瞬発遊泳速度は $13.1 \sim 79.6$ cm/s ($2.9 \sim 13.2$ FL/s) であった。両測定法で測定された遊泳速度には高い相関が認められ ($r=0.918$, $n=5$)、音刺激法はスタミナトンネル法に代わるサケマス稚魚の瞬発遊泳力の測定法として有効であると考えられた。音刺激法で用いた装置は単純であり、一般的な市販のデジタルカメラの動画撮影機能とフリーソフトを用いるため初期投資も低い。種苗生産の現場や野外調査への応用が期待できる。

Masuda et al. (2002) Chub mackerel larvae fed fish larvae can swim faster than those fed rotifers and *Artemia nauplii*. *Fisheries Science*; 68: 320-324.

暑寒別川におけるサケ稚魚の放流サイズが回帰に及ぼす効果

○實吉 隼人・宮腰 靖之・工藤 智（道さけます内水試）・河村 博（積丹町農林水産課）

背景と目的 現在、北海道では人工ふ化放流により毎年約 10 億尾のサケ稚魚が放流され、秋には約 4000～5000 万尾が来遊し、高い増殖効果を得ている。しかし、来遊量には年変動や地域差があり、これらには海洋生活初期における減耗の多寡が関与すると考えられている。この時期の生残には摂餌や捕食者からの逃避といった面から、遊泳力が高い大型の個体が有利と考えられ、実際の増殖事業の現場においても、放流サイズを大型化する方向で取り組まれてきた。しかし、放流サイズが回帰に及ぼす効果についての個別の検証例は多くない。そこで本研究では北海道日本海北部地区の暑寒別川において、放流サイズを違えたサケ稚魚 2 群を標識放流して河川回帰率を推定し、その効果について検証した。

材料と方法 1995 年と 1996 年に暑寒別川で採卵した卵を用い、アリザリンコンプレクソン (ALC) による耳石標識を施し、両年ともに小型群と大型群を養成して同時に放流した。放流時の平均尾叉長と体重は 1995 年級群の小型群が 49mm で 0.95g、大型群が 54mm で 1.32g、1996 年級群は前者が 46mm で 0.77g、後者が 51mm で 1.09g であった。回帰調査は 1998～2001 年にかけて暑寒別川に回帰した 3～5 年魚の雌を対象とし、旬に 1～3 回採卵時に約 200 尾の鱗と耳石を回収し、鱗による年齢査定と耳石標識の確認を行い、放流群を確定した。各標識群の発見尾数から推定捕獲数を求め、河川回帰率を推定した。

結果と考察 河川回帰率は 1995 年級群の小型群が 0.104%、大型群が 0.097%、1996 年級群は 0.108%と 0.138%であった。1996 年級群の回帰率は小型群に比べて大型群が約 1.3 倍の差がみられたが、1995 年級群は差がみられず、放流サイズの大型化が常には回帰率を向上させないことが示された。

初夏の北太平洋西部東経 155 度線周辺海域で検出された
日本系カラフトマスの耳石標識

○内 彩香・工藤 秀明 (北大院水)・虎尾 充・藤原 真 (道さけます内水試)・
斎藤 寿彦 (北水研)・帰山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 1982 年以降, 初夏の北太平洋西部東経 155 度線周辺海域におけるカラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) およびシロザケ (*O. keta*) の資源量情報が, 北海道大学水産学部附属練習船の非選択的表層流し網調査により報告されている (北海道大学水産学部海洋調査漁業試験要報) が, それらの系群については不明である。一方, 1956~1971 年に実施された日本の水産庁による北太平洋西部海域におけるカラフトマスの標識放流試験の結果からは, 同海域は日本系カラフトマスの分布域および索餌域であることが示されている。サケ属魚類の標識放流に用いられる耳石温度標識やアリザリンコンプレクソン (ALC) 標識は, 放流起源の同定には有効であるが本海域で採集された個体では分析されていない。本研究では, 5 月に本海域で採集されるカラフトマスの系群を放流個体の由来から推定することを目的として, 本海域で採集された個体の耳石標識の分析を行った。

材料と方法 供試魚には, 2008~2011 年の 5 月に北太平洋西部東経 155 度線周辺海域において本学部附属練習船おしよろ丸の非選択的表層流し網, 延縄または手釣りにより採集した 526 個体のカラフトマスを用いた。また, 実際に温度標識されている耳石を得るために, 2011 年 9 月に標津川に産卵遡上した 23 個体も用いた。各個体の頭蓋腔底部から扁平石を剖出し, 裂溝が視認できる正中側面側から耳石核が露出するまで研磨し, 光学および蛍光顕微鏡により温度バーコード様標識および ALC 蛍光標識の有無を確認した。標識が確認された場合, 北太平洋溯河性魚類委員会 (NPAFC) が公開している各河川の標識放流情報から対応するものを検索した。

結果 標津川で採集した 23 個体の内 1 個体に温度標識によるバーコード様輪紋が観察され, 標津川の北に隣接する伊茶仁川から放流された個体であることが確認されたが, 本海域で採集された沖合域の個体から温度標識個体は確認されなかった。一方, 2009 年および 2011 年に本海域で採集された各 1 個体にそれぞれ ALC 標識による蛍光を呈する外輪の短径が 150 μm 以上の二重輪紋および短径が 135 μm 以上の一重輪紋が観察され, 2009 年の個体は 2008 年に網走川から, 2011 年の個体は 2010 年に別当賀川から放流された個体であることが判明した。

考察 本研究の ALC 標識個体の分析により, 5 月の北太平洋西部東経 155 度線周辺海域に網走川および別当賀川からの放流個体が確認され, 本海域には少なくとも日本から放流されたカラフトマスが存在することが明らかとなった。日本からのカラフトマス放流数は, 例年, 約 1.5 億個体であり, そのうち耳石温度標識個体は約 20%, ALC 標識個体は 2~6% である。本研究において, 産卵遡上個体の分析から温度標識の輪紋検出精度には問題が無い考えられることから, 標識率の低い ALC 標識個体のみが検出された理由については不明であった。

午後の部
特別講演 要旨

これからのサケ学 Sustainability Science の勧め—生態学的俯瞰

帰山 雅秀 (北海道大学大学院 水産科学研究院)

わが国のシロザケ *Oncorhynchus keta* 来遊数は 1970 年代後半から著しく増加してきたが、1990 年代後半に 8 千万尾強のピークをむかえた後、減少傾向に転じている。

長期的な気候変動とサケ類のバイオマス動態 サケ類 (サケ属魚類 Genus *Oncorhynchus*) のバイオマスは、長期的な気候変動とリンクする。特に、バイオマスはアリューシャン低気圧の挙動とその気候変動指数の一つである太平洋十年規模変動指数 (PDO) とリンクして変動する。1997/98 年の 20 世紀最強「スーパー・エルニーニョ」は、新たな気候レジームシフトのトリガーとなった。これを期に、サケ類の環境収容力はピークを越え、南方のサケ類から減少傾向へ向かっているようである。

温暖化とサケ類のバイオマス動態 良しにつけ悪しきにつけ、温暖化がサケ類にも影響を及ぼしている。1990 年代に大量に回帰した北海道のシロザケがそのプラスの影響を受けていた可能性が高いことが、バックカリキュレーション法による長期的な成長変動と生残率、様々な気候変動指数等によるパス・モデルに基づき明らかとなっている。一方、温暖化のネガティブな影響もそろそろ見られ、IPCC の第 4 次評価報告書 SRES-A1B シナリオに基づく将来予測も必ずしもわが国のシロザケにとって明るくはない。

野生魚と孵化場魚の相互作用 一方、シロザケでは野生魚のバイオマスが減少傾向を続ける中で、孵化場魚のみが増え続けている。今後、孵化場魚のみならず野生魚も含めて、海洋における環境収容力の減少により密度依存効果の影響が懸念される。一方、北海道のシロザケ個体群では、11 月までに産卵回帰する前期群は孵化放流事業と移植により遺伝的に攪乱されてきた。野生魚は 12 月以降に細々と再生産する後期群に含まれているに過ぎない。

今後の展望 わが国では人工的に孵化放流されたシロザケが増える一方で、河川生態系の環境悪化で自然産卵する野生魚は著しく減少した。現在、北海道でも約 60 河川で野生魚が自然再生産している。これらの野生魚は生活史を通して孵化場魚より生態的ニッチ、栄養段階、遺伝的多様性、および環境変化に対する適応力が高いことが分かっている。今後、温暖化など海洋環境が大きく変動することが予想される中で、野生魚が産卵遡上できる河川環境を整え、遺伝資源として野生魚の保全を図っていくことがわが国のシロザケを守っていく上で重要な道標となる。したがって、今後のサケ類の生態学的研究スキームとしては、これまでのような個体群レベルあるいは種レベルでの研究には限界があり、陸域—海域生態系のモニタリングとモデリング、両生態系における生物間相互作用ネットワークをベースとする Sustainability Science が必須アイテムとなって来るであろうことが予測される。

午後の部
一般&指名発表 要旨

PIT タグシステムを用いた
美利河ダムにおけるサクラマススモルトの降下行動

○林田 寿文 (寒地土研・北大院環)・新居 久也 (道栽培公社)・羽山 英人 (道開発局)
・矢部 浩規 (寒地土研)・上田 宏 (北大 FSC)

目的 美利河ダム上流において、サクラマス (*Oncorhynchus masou*) スモルトが降下する際、分流施設で、導水路～魚道～河川～海と降下するルート (①→③)、および融雪出水が原因でダム湖に降下するルート (④) の2つのルートがある (図-1)。スモルトは、ダム湖に降下すると海へは降下できない危険性が指摘されていたため、分流施設ではスモルトがダム湖に降下し

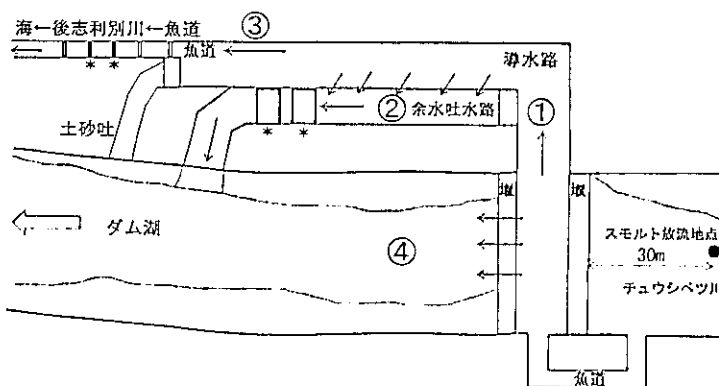


図-1 美利河ダム上流の分流施設概要

ない2点の工夫が施されている。1) チュウシベツ川の流れは2つの堰と上流の魚道で導水路に導かれる。2) 導水路のスモルトは余水吐水路 (②) に進入しないよう越流する水深を浅くしている (薄層越流)。しかし、融雪期にはチュウシベツ川が増水し、スモルトは2つの堰を乗り越えダム湖へ流下する危険性もある。加えて、チュウシベツ川から降下したスモルトは、親魚となってダム上流のチュウシベツ川まで遡上してくることが出来るのかも未解明であった。そこで本研究では、PIT タグをスモルトに埋め込みスモルトが分流施設においてどのような降下行動をしているのかを把握するため、スモルトの降下行動調査を行った。

方法 2012年5～6月に PIT タグ (長さ 12mm, 幅 2.1mm: Biomark 社) を、681 尾のスモルト (現地採集個体および養殖個体) の腹腔内に埋め込み分流地点 30 m 上流より放流した。魚道と余水吐水路に PIT タグを読み取るアンテナと受信機 (Biomark 社) を設置し、スモルトの移動を確認した (図-1 内の*印: アンテナ位置)。スモルトの降下行動調査は、5月中旬から 11 月下旬まで行った。

結果 分流施設の 30m 上流より放流したスモルトは、47%が導水路側 (①) へ降下し、その内 85%は魚道を降下 (③) した。約半数が導水路に進入しなかったが、目視観察などから大部分が④には降下せず、チュウシベツ川に残留したと推察された。また、導水路に進入できれば、8 割以上が魚道を通過したので、導水路内のスモルトにとって余水吐水路の薄層越流は一定の効果があったと推測された。スモルトは放流後 1 日以内に降下を開始することが明らかになった。スモルトの降下時期を過ぎた 7 月～9 月にも数尾の降下が確認されたことから、今まであまり知見のない季節的な移動状況を把握することができた。平成 25 年秋には、今回放流したスモルトが成長して親魚が遡上する可能性もある。今後も継続的に PIT タグを用いた調査を行い、美利河ダム上流域におけるスモルトの詳細な遡上降下行動の把握を行う予定である。

7. 元々? の定数
確認 → 目標? 2
- 20 -

サクラマス幼魚放流が見市川の自然再生産資源の造成に及ぼす効果

○楠田 聡・大森 始・飯嶋 亜内・村上 豊・鈴木 邦夫（道さけます内水試）

背景と目的 スモルト放流事業による自然再生産資源造成への潜在的効果を検証するため、近年、見市川へスモルト大量放流を実施したところ、放流魚が前浜の漁獲に貢献することが確認されるとともに、見市川には比較的多くの親魚が遡上するようになった。今回は、見市川での自然再生産の現状として産卵床の分布状況と稚魚の発生状況を調査し、サクラマス資源造成の効果を検討したので報告する。

材料と方法 2004～2011年の5月に平均24万尾（17～36万尾）のスモルトを道南支場から放流した。翌春、河川を遡上した親魚の一部は、8～10月に道南支場周辺でタモ網などを用いて捕獲した。見市川の本支流域には河川横断工作物が設置され、親魚の遡上範囲は制限されている。2008～2012年の9月下旬から10月上旬に親魚が遡上可能な本支流域（2009年は一部区間）を踏査し、産卵床の位置をGPSで記録した。2009～2012年の5月上旬本支流域に設定した流路約100mの定点最大11カ所で、一方の河岸に分布していた稚魚を電気漁具で採捕した。各定点の稚魚の生息密度を計算し、この値の2倍を隣接する調査定点との中央までの距離に乗じて、本支流域に分布する稚魚の生息尾数を推定した。なお、隣接する定点が無い場合、生息密度に乗じる距離は、河口、砂防ダムあるいは本流との合流点までとした。親魚の回収率と産卵床の形成率は、それぞれ放流尾数あたりの捕獲尾数、捕獲尾数あたりの産卵床数として求めた。放流尾数、捕獲尾数、回収率、産卵床数、産卵床形成率及び稚魚の生息尾数の関係を相関分析で調べた。

結果と考察 親魚の捕獲尾数は平均736尾（範囲は203～1,283尾）であり、産卵床は平均211個（同71～460個）であった。産卵床は河口より2kmまでの下流域に偏在していた。稚魚の生息尾数は平均3,396尾（同2,150～4,270尾）と推定された。稚魚は主に河口4～5kmの範囲に多く分布していた。放流尾数の増加にともない産卵床数が増加したことから（ $r=0.980, P<0.01, N=5$ ）、親魚の遡上尾数が増加したと推察される。また、回収率の増加にともない稚魚の生息尾数が増加したことから（ $r=0.979, P<0.05, N=4$ ）、親魚の遡上尾数が増加するのにもない自然再生産由来の稚魚の発生尾数が増加したと考えられる。一方で、産卵床数と稚魚の生息尾数には明瞭な関係は認められなかった。このことに加えて、産卵床形成率の増加にともない産卵床あたりの稚魚生息尾数が減少傾向を示したことから（ $r=-0.929, P=0.071, N=4$ ）、見市川の産卵環境の許容量を超過した親魚が回帰し、河川内に分布したものと考えられる。親魚の遡上尾数や産卵床数の増加から、見市川におけるスモルト放流事業は自然再生産資源の造成にある程度寄与するものの、産卵床から稚魚までの生き残りが悪いために、明瞭な効果が確認できない状況にあると考えられる。

魚道設置によるサクラマス資源の回復

○下田 和孝・卜部 浩一・川村 洋司（道さけます内水試）

背景と目的 治山・砂防ダムや落差工などの河川を横断する工作物は魚類の河川内移動を阻害することから、近年、道内各地で魚道の設置が進められている。しかし、魚道の効果については不明な点が多く、魚道の設置が資源の回復にどの程度寄与したか検証した例はほとんど見られない。本課題は魚道設置の前後計6年間サクラマスの資源動態をモニタリングし、資源回復の過程を明らかにすることを目的とした。

方法 調査は尻別川水系ペンケ目国内川支流の白井川で実施した。白井川には13基の河川工作物があり、このうち最上流の2基を除く11基に2007年末から2009年末にかけて下流側から順に魚道が設置された。魚道設置による産卵域や幼魚の生息範囲の拡大と、これに伴う幼魚密度の変化が資源増加の契機になるものと予想し、以下の3項目について調査を実施した。1) 産卵床分布の経年変化を調査し、魚道設置により産卵域が拡大するか明らかにする。2) 6月上旬と10月下旬に幼魚の生息密度と体サイズを調査し、産卵域が拡大したことで幼魚の分布範囲と生息密度が変化し、この影響が成長や生残にまで及ぶか明らかにする。3) 魚道設置後に降海個体数が増加したか秋期の幼魚サイズから推定し、回帰親魚数が増加したか産卵床数から推定する。

結果と考察 下流から上流に向けて魚道の設置が進むのに従い産卵床の分布範囲は上流へと拡大した。魚道設置前、幼魚は下流域に高密度で分布していたが、魚道設置後、幼魚の分布範囲は上流へと広がり、同時に生息密度の低下と成長率の向上が見られた。成長率は生息密度と直線的な負の関係にあったことから、密度低下による資源消費型競争の緩和が成長率の向上に寄与したと推測された。秋期の幼魚の尾叉長は、親が魚道設置開始後に回帰した世代で大きく、翌春にスマルト化する見込みの個体の割合が高かった。これらが回帰した際の産卵床数は親世代と比べ増加したが、2年級の調査結果に限られることから、魚道設置と親魚回帰数との関係については今後も調査を継続したうえで検討する必要があると考えられた。

*Oncorhynchus masou*

2012年秋の北海道へのサケ来遊の特徴

○宮腰 靖之・青山 智哉・川村 洋司・藤原 真・小山 達也・下田 和孝・安藤 大成・安富 亮平
 ・神力 義仁・卜部 浩一・佐々木 義隆・伊澤 敏穂（道さけます内水試）

目的 北海道ではサケ *Oncorhynchus keta* の来遊時期の前半にあたる9月の沿岸水温が高い年には、1) 漁獲時期が遅れる、2) 漁獲物に占めるブナ（成熟の進んだ魚）の比率が高くなる、3) 河川への遡上率が高くなる、といった現象が観察されてきた。今年（2012年）の9月は北海道沿岸では記録的な高水温となった。そこで、漁獲および捕獲統計および各種のモニタリングを用い上記の現象を検証した。さらに2012年に来遊したサケにみられた他の特徴についても紹介する。

方法 沿岸漁獲尾数および河川捕獲尾数、魚体サイズ、年齢および成熟度のモニタリング調査の結果を用い、漁獲時期、河川遡上率、漁獲時の成熟度、魚体サイズの推移等を取りまとめた。

結果と考察 2012年9月の北海道周辺海域の水温は平年より3~4℃も高く、9月中旬までは概ね20℃を超えて推移した。オホーツク海および日本海では漁獲時期に顕著な遅れが見られ（図1）、河川遡上率も高くなった。この原因としては、表層水温の高い時期にはサケは水温の低い深い海域に滞泳し、成熟が進むと一気に河川に遡上する行動をとるためと考えられた。

日本海では漁獲のピークが10月上旬にまでずれ込み（図1）、日本海南部では漁獲量が極端に少ないまま漁を終えた。水温の高い地域ではサケの来遊に適した水温まで低下しないうちに漁期の大半が過ぎてしまったこととなり、サケ漁業にとっては極めて厳しい条件であった。また、河川で捕獲されたサケの生殖腺に異常がみられるなど、秋の沿岸の高水温によるサケの来遊への影響は相当に大きかったものと思われる。

全道への来遊数は2012年も4,000万尾を下回る見通しであり、3年続けて近年としては低水準となる。さらに、魚体サイズが小型であったため、漁獲重量も最近では最も少ない量にとどまっている。年齢別に見てもいずれの年齢の魚も小型であり、肥満度が極端に低い個体も見られた。また、前期群では卵サイズも小型であった。魚体や卵サイズが小型であったことも今年のサケの来遊の特徴と言える。

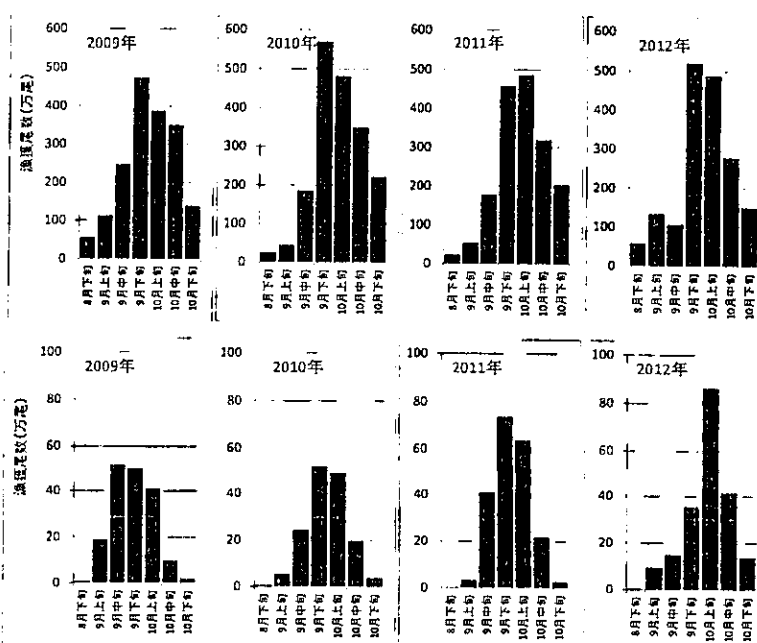


図1 2009~2012年のオホーツク海(上段)と日本海(下段)でのサケの旬別漁獲尾数。2010と2012年の9月は高水温であった。

体型 平均卵重 過熟

根室海区におけるカラフトマスの来遊不振
—現場研究者は何をすべきか?—

○虎尾 充 (道さけます内水試・道東)

背景 2012年のカラフトマスの回帰は全道の沿岸漁獲尾数が196万尾、人工ふ化放流事業のための河川捕獲数も26万尾に留まり、1989年以降で最低となった。根室海区(根室北部地区;知床半島突端から野付半島竜神崎までの地域、根室南部地区;竜神崎から納沙布岬突端までの地域)では状況は特に深刻である。近年のカラフトマスの資源の急激な減少の要因は不明であるが、漁業者、増殖事業者に近い水産試験場の研究者として、この状況にどう対応したら良いのか?根室海区におけるカラフトマスの回帰資源と人工増殖事業の状況を紹介します、議論の材料としたい。

材料 北海道連合海区沿岸漁獲速報、根室管内さけ・ます増殖事業協会の資料等から、根室海区におけるカラフトマスの回帰状況と増殖事業の現状を整理した。増殖事業者の事業に対する考え方も紹介し、今後の研究の方向性について検討する。

結果と考察 根室海区では1990年代に偶数年級で300万尾、奇数年級で200万尾前後のカラフトマス来遊尾数を記録し、偶数年が豊漁、奇数年が不漁という関係が続いていた。2000年代に入ってから偶数年級群の来遊尾数が急激に減少し、2003年から2004年に豊漁年と不漁年の関係性は逆転した。その後、奇数年級群も減少傾向がみられ、2005年以降は両年級群ともに急激に減少し2011年は37万尾、2012年は19万尾に留まった。

北海道ではカラフトマスに対しても毎年「人工ふ化放流計画」が策定され、これに則って親魚の捕獲と採卵、稚魚の放流が行われている。2004年~2012年の採卵数は、北部地区では採卵計画数2,680万粒ないし2,710万粒に対して56.5~211.9%を確保できていた。一方、南部地区では2,390万粒ないし2,520万粒の採卵計画数に対して6.9~73.2%に留まっていた。そのため、放流した種苗に占める同一地区由来の稚魚の割合は、北部地区では比較的高い割合(52.7~100%)となっているのに対し、南部地区では放流計画数を地区内の種苗でまかなえた年はなかった(28.1~71.3%)。2010年からは他海区からの移植は行わず、根室海区で捕獲される親魚から種苗生産をするという方針で事業を実施しているが、2012年も非常に厳しい状況が予想される。

以上の状況から、根室海区、特に南部地区においては親魚捕獲・採卵・種苗放流によってカラフトマス回帰資源を造成する増殖事業手法は転換期にあると考えられる。1つの方法論として、カラフトマスの捕獲採卵を中止し天然産卵を利用する方法が考えられる。今後、モデル河川を設定して親魚捕獲の中止、遡上尾数把握、天然産卵状況の把握、稚魚降下状況の調査等を実施したい。

指名発表

グラフィカルモデリングによる遺伝子と内分泌の発現ネットワーク推定： ベニザケの産卵回帰メカニズム

○中道 礼一郎（海洋大）・岸野 洋久（東大農）・北田 修一（海洋大）

背景と目的 サケ科魚類においては世界的に大規模な養殖や放流が行われており、人工種苗の自然界への流出による遺伝的多様性や集団適応度への影響が懸念されている。しかし、人工種苗の生残率や繁殖成功率など適応度低下の実証例は少なく、そのメカニズムも依然不明である。これを解明するためには、細胞内の分子レベルでの変化の全体像をとらえる必要がある。繁殖や摂餌、回帰、危険回避、攻撃などにかかわる複雑な生物形質は、多数の遺伝子の発現レベルと内分泌およびその交互作用によって支配されており、マイクロアレイはこれらの遺伝子発現と形質との関連を、高速かつ広範に計測することを可能にした。それにともない、トランスクリプトームとプロテオームのデータベースが質・量ともに急速に発展している一方で、それら巨大データの解析手法は、因子間の相関を探索するものが主流である。本研究では、遺伝子の発現と形質の関連を尤度ベースのグラフィカルモデルで表現し、因果関係に関わる既知の生物学的知見をグラフ上の制約条件として取り込み、形質の背後にある細胞内の分子レベルでのメカニズムの全体像をとらえる手法を提案する。

材料と方法 グラフィカルモデリングによる遺伝子と形質の発現ネットワークの推定を実データで検証すべく、産卵期ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*) の遺伝子発現の公開データ (Miller et al. 2009) の解析を行った。本データは、カナダの Fraser River において、産卵期に河を遡上するサケを「外洋」「内海」「河口(塩水側)」「河口(淡水側)」「河川中流」「産卵場所」の6地点で計80個体を採取し、その筋肉組織において全ゲノム 16006 遺伝子の発現量をマイクロアレイにより計測したものである。まず、解析対象とする遺伝子を絞り込むため、サンプル採取地点と各遺伝子の発現量とで分散分析を行い、遡上行動と発現量変動の相関が強い ($p < 10^{-6}$) 遺伝子 634 個を選抜した。遡上行動とそれに伴う遺伝子発現のネットワークは、発現量の時系列変動によって尤度ベースの有向グラフとして記述される。その際、サンプリング地点の情報は、河川遡上をあらゆる行動形質としてコード化され、遺伝子発現の上流・下流関係を制約する生物学的知見として用いられる。遺伝子間・形質間の効果は共分散構造分析に基づき最尤推定され、グラフ構造は情報量規準によって評価される。その評価値を用いた遺伝的アルゴリズムによって最適なグラフ構造の探索を行う。

結果と考察 遡上行動形質と関連する 68 遺伝子の発現ネットワークが推定された。性ホルモンであるエストロゲン、アンドロゲンとステロイドホルモンであるプロゲステロンが遡上行動を促し、解糖系の活動がホメオボックスを経由して筋肉を活性化する通常発現カスケードが、遡上とともに抑制され、死に近づいていく流れが見て取れる。グラフ中の行動形質ノード周辺のローカルモジュールから、形質に直接関与する遺伝子とその効果が推定され、多くのノードが結びつくハブノードをたどることで、形質発現につながる遺伝子群の階層構造をとらえることができる。これにより、生存や繁殖に関わる内分泌と行動および関連遺伝子のメカニズムを直接把握することが可能になる。放流魚や養殖魚あるいは遺伝子組換え生物に応用されれば、目視できない部分で野生個体とかけ離れた種苗になっていないかを直に観察することにより、その原因と改善方法が明らかになる。

★ Miller et al. (2009) Salmon spawning migration: Metabolic shifts and environmental triggers. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D*, 4: 75-89.

(2011) Eool Apple .

北田 修一
GH → G2
G2 → T

カラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) 雄における背隆起^{はいりゅうき}の生化学的性状
および雄性ホルモンとの関連

○薄 健太・工藤 秀明・井尻 成保 (北大院水)・市村 政樹 (標津サーモン科学館・北大院水)
・都木 靖彰・帰山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 遡河性サケ属魚類 (*Oncorhynchus* spp.) の性成熟時には、第二次性徴として背隆起が特に雄で発達し、同属の中でもカラフトマス (*O. gorbuscha*) の背隆起は顕著に発達する。近年、我々の研究グループは、背隆起形成が背部中央隔壁に存在する不完全神経間棘の伸長と膠原線維を含む疎性結合組織の発達によることを明らかにしている。しかしながら、同部位の疎性結合組織の生化学的性状の詳細は不明である。また、魚類の第二次性徴発現にも雄性ホルモンが関与すると報告されているが、カラフトマスの背隆起形成との関連については報告がない。本研究では、サケ属魚類の背隆起の生化学的性状および雄性ホルモンとの関連を明らかにすることを目的として、カラフトマスの背隆起構成成分の生化学的および組織化学的解析を行い、さらに、雄性ホルモンと背隆起形成に関する内分泌学的解析を行った。

材料と方法 供試魚のカラフトマスには、5月中旬に北太平洋西部の沖合域で手釣りにより採集した未成熟個体、7月中旬に定置網により捕獲された遡上前の個体および9月中旬に標津川に産卵遡上した成熟個体の雌雄を用いた。外部形態計測により、第二次性徴関連部分長の解析を行った。生化学的解析には、背隆起の各部位を構成する疎性結合組織からコラーゲンを精製し、SDS 変性ポリアクリルアミド電気泳動 (SDS-PAGE) およびアミノ酸組成分析を行った。併せて、背隆起を構成する疎性結合組織の水分含有率を測定した。組織化学的解析では、背部組織切片にアルシアンブルー-ヘマトキシリン (AH) 染色を施し、光学顕微鏡による観察を行った。内分泌学的解析では、時間分解蛍光免疫測定法により血中テストステロン (T) および11-ケトテストステロン (11-KT) 濃度の測定を行った。

結果 SDS-PAGE において、背隆起から抽出したコラーゲンは、典型的なI型コラーゲンの泳動像を示した。アミノ酸組成分析の結果からも、同部位が主にI型コラーゲンよりなることが示された。また、対照とした皮膚や筋組織と比較して、背隆起の疎性結合組織の水分含有率は有意に高かった。AH染色において、背隆起の背側端部および背側中央隔壁に認められた疎性結合組織は、pH2.5の染色条件下ではアルシアンブルー陽性を示したが、背側後向錐直上では陰性であり、pH1.0では全ての部位で陰性だった。血中Tおよび11-KT濃度は雌雄ともに成熟段階の進行に伴い高値を示し、雄個体では、背隆起高と血中11-KT濃度との間に有意な正の相関が示された。また、成熟雄においては、背隆起高と体重の間にも有意な正の相関が確認された。

考察 背隆起を構成する疎性結合組織において、I型コラーゲンが主要な構成要素となっていることが明らかとなった。アルシアンブルーの染色性の違いにより後向錐直上部の疎性結合組織は、コラーゲンの型以外の生化学的性状が他の2部位と異なる可能性が考えられた。背隆起の疎性結合組織はアルシアンブルー陽性を示し、水分含有率が高かったことから、保湿性に関わる酸性ムコ物質を含む疎性結合組織で構成されることにより、水分で体積を稼いだ背隆起を発達させている可能性が示された。また、成熟マスノスケ (*O. tshawytscha*) 雄での最近の報告と同様に、カラフトマスでも11-KTが直接的または間接的に背隆起発達に関与することが示された。

サケの母川回帰に及ぼす2種類のGnRHの役割

○深谷 厚輔 (北大院環)・天野 勝文・千葉 洋明 (北里大海洋生命)

・Cheol Young Choi (韓国海洋大学校)・上田 宏 (北大FSC)

背景 サケの母川回帰は性成熟と密接に関係しており、性成熟を促進する生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) が母川回帰において重要であることが報告されている。サケの脳内にはサケ型 GnRH (sGnRH) とニワトリ II 型 GnRH (cGnRH-II) の2種類の GnRH が存在し (King and Millar 1992), 産生される領域によって役割が異なる。終脳-視索前野 (POA) にて産生される sGnRH は、下垂体における生殖腺刺激ホルモン (GTH) の分泌を制御することにより性成熟を統御すると理解されている (Amano et al. 1995)。しかし、嗅球-終神経節 (OTN) にて産生される sGnRH および中脳被蓋 (MT) にて産生される cGnRH-II の生理作用は解明されていない。本研究は、シロザケの母川回帰に及ぼす sGnRH および cGnRH-II の役割を考察する目的で行われた。

材料と方法 供試魚にはシロザケ (*O. keta*) 回帰個体の雌を用いた。サンプリングは石狩湾・千歳インディアン水車・千歳ふ化場の3地点で行った。尾柄部から採血した後、断頭して脳・下垂体を採取した。脳は OTN, POA, 間脳, 視蓋, 小脳, 延髄の6部位に分割し、解析には母川回帰に特に重要だと考えられている OTN, POA の2部位と下垂体を用いた。サンプルは 0.1N HCl を加えてホモジエナイズした後に 15000rpm×30min で遠心し、上清を採取した。採取した上清はロータリーエバポレーターで乾燥後、ペレットを Assay Buffer に再溶解し、抽出溶液とした。抽出溶液中の sGnRH, cGnRH-II 量を時間分解蛍光免疫測定法によって測定した。また成熟の指標には血清中の $17\alpha,20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one (DHP) 濃度と GSI (生殖腺重量/体重×100) を使用した。

結果と考察 血清中 DHP 濃度は石狩湾から千歳ふ化場に向けて有意に上昇した。また下垂体中の sGnRH 含有量も有意に上昇し GSI は減少していたことから、下垂体中に放出された sGnRH が DHP を介し、最終成熟を誘起していることが示唆された。OTN の sGnRH は石狩湾から千歳インディアン水車に向けて減少した後、千歳ふ化場に向けて再上昇した。一方、POA においては石狩湾から千歳インディアン水車に向けて sGnRH および cGnRH-II が有意に上昇していた。OTN は母川識別の際に重要とされる嗅球を含んでおり、sGnRH が神経修飾物質として作用していることが推察された。また POA は繁殖行動を制御する領域を含み、多くの GnRH 受容体が発現することが明らかになっているため、sGnRH および cGnRH-II が回帰行動を含む繁殖行動を制御している可能性が考えられた。

サケの母川記銘時における TRH 遺伝子発現量の変化

○古川 直大 (北大水)・飯郷 雅之 (宇都宮大農)・上田 宏 (北大FSC)

背景 サケ科魚類は銀化して海水適応能を獲得し、海洋で索餌回遊を行うために降河回遊をする。その時に母川固有のニオイを記銘すると考えられている。銀化及び母川記銘に重要な役割を果たすと考えられているのが脳-下垂体-甲状腺系のホルモンであり、その中でも最上流部に位置する甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン (Thyrotropin-releasing-hormone: TRH) が極めて重要な役割を果たすことが提唱されてきた。TRH は高等脊椎動物において甲状腺ホルモン (Triiodothyronine: T_3 ・Thyroxin: T_4) の分泌と密接に関わっており、成長・発達・代謝・生殖に関与することが示唆されている。一方で、サケ科魚類の記銘期において甲状腺ホルモンによる末梢嗅覚組織の特異的な成長が起こることがこれまでの研究によって判明している。サケ科魚類においても高等脊椎動物と同様に TRH が甲状腺ホルモンの分泌と密接に関わっていると考えられているが、その詳細は解明されていない。本研究はサケ科魚類の母川記銘期における TRH と T_3 ・ T_4 の関係を明らかにするため、ヒメマス (*Oncorhynchus nerka*) 1 歳魚を用いて TRH の 2 種類の前駆体遺伝子 TRHa・TRHb の mRNA 発現量および血清中 T_3 ・ T_4 濃度の解析を行った。

材料と方法 実験には北海道大学洞爺湖臨湖実験場産のヒメマス 1 歳魚の雌雄を使用した。母川記銘期中・後に相当する 4 月～7 月にサンプリングを行い、血液および脳を採取した。脳内の TRHa・TRHb mRNA 発現量はそれぞれの塩基配列に特異的に合成したプライマーを用いてリアルタイム定量 PCR によって測定した。また、血清中の T_3 ・ T_4 濃度は時間分解蛍光免疫測定法 (TR-FIA) によって測定した。

結果と考察 母川記銘期における TRHa mRNA の発現は、雌雄において 5 月から 6 月にかけて急激に上昇していた。血清中 T_3 濃度は、雌雄において 4 月から 5 月に減少し 6 月に上昇後、7 月に再び減少していた。一方で血清中 T_4 濃度の変化は雌雄でそれぞれ異なっており、雄では 4 月に最も高く、5 月に向けて減少した後に 6 月から 7 月に向けて再び減少し、雌では 4 月に最も高く 5 月に向けて減少するが、6 月に上昇後 7 月に再び減少していた。血清中 T_3 ・ T_4 濃度は 4 月に最も高かったことから T_3 ・ T_4 が銀化に関与していることが推察された。また 6 月において、血清中 T_3 ・ T_4 濃度の上昇と TRHa mRNA 発現量の上昇が一致していたことから、TRHa 遺伝子が T_3 ・ T_4 の増減に関与している可能性が示唆された。TRHb の発現量については現在解析中である。血清中 T_3 ・ T_4 濃度は 4 月において既に高かったため、母川記銘期における TRH との関係を示すために来年少は母川記銘期の前の段階から解析を行うことを考えている。

サケ脳における NMDA 受容体が GnRH 放出に及ぼす影響

○村上 玲一 (北大水)・深谷 厚輔 (北大院環)・天野 勝文 (北里大海洋生命)
・上田 宏 (北大 FSC)

背景 サケ科魚類は母川固有のニオイを降河時に記録し、繁殖行動を行うために性成熟・母川回帰することが知られている。性成熟・母川回帰は脳-下垂体-生殖腺系ホルモンと密接に関与しており、その中でも生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) が特に重要な役割を果たすことが、これまでの研究により明らかにされている。また、サケ科魚類の脳内には sGnRH と cGnRH-II 2 種類の GnRH が存在し、産生される部位によって果たす役割がことなると考えられている。一方、N-methyl-D-aspartate 型グルタミン酸受容体 (NMDA 受容体) が脊椎動物の記憶に関与する脳内分子として精力的に研究されており、サケ科魚類においても脳の広範囲に NMDA 受容体遺伝子が発現していることが判明している。しかし、サケ科魚類における NMDA 受容体と GnRH の関係については不明な点が多い。本研究では NMDA 受容体が GnRH 放出に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料と方法 実験には洞爺湖実験所産のヒメマス (*Oncorhynchus nerka*) 5 歳魚の雌雄を用いた。供試魚は 0.05% オイゲノールで麻酔した後、断頭し脳を摘出した。人工脳脊髄液 1 mL にそれぞれ 0, 5, 10mM となるように NMDA 受容体アゴニストである NMDA を添加し、脳の嗅球・終神経節・視索前野・中脳被蓋の 4 部位を 2 時間 15°C で培養した。同様にして 10 mM となるように NMDA を添加した人工脳脊髄液にそれぞれ 0, 100 μ M となるように NMDA 受容体アンタゴニストである MK-801 を添加し、脳 4 部位を培養した。培養液中に分泌された嗅球・終神経節・視索前野における sGnRH 放出量および中脳被蓋における cGnRH-II 放出量を、時間分解蛍光免疫測定法 (TR-FIA) により測定した。

結果と考察 NMDA 培養群では、雌雄ともに嗅球・終神経節・視索前野において sGnRH 放出量が、中脳被蓋において cGnRH-II 放出量が増加した。10 mM NMDA 培養群では、雌雄ともにすべての部位で有意な増加が確認された。また、5 mM NMDA 培養群においても、雄の嗅球・終神経節、および雌の嗅球・終神経節・視索前野で有意な増加を確認した。MK-801 培養群では、雌の嗅球と雄の視索前野において sGnRH 放出量の有意な抑制が確認された。以上の結果、ヒメマス脳における GnRH 放出に、NMDA 受容体が部位特異的に異なる役割を果たしている可能性が示唆された。



Oncorhynchus nerka

サケ学研究会

Salmon Science Society (3S)

名称:

「サケ学研究会」

会費

会費は、当面年額 500 円とする。

事務局:

北海道大学大学院水産科学研究院

組織と役員

(組織)

遺伝学部門

生態学部門

生理学部門

増殖資源部門

事務局

(役員)

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

1. 会長：組織 4 部門の代表の輪番制とし、任期は 2 年とし、連続しての再任はなし。
2. 部門代表：各部門に所属する会員から選出する。部門代表の任期は 4 年とし、再任は妨げないが、連続 3 期までとする。
3. 事務局長：会長が選任することとし、任期は 2 年とし、再任は妨げない。

(現在の役員)

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。会員は下記の組織の 4 部門のいずれかに所属する。

(入会)

入会希望者は、入会申込書を会長に提出し、各部門の代表の承認を得る。

(退会)

会員が退会しようとするときは、理由を付して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。

会長: 上田 宏

遺伝学部門代表: 浦和茂彦

生態学部門代表: 帰山雅秀

生理学部門代表: 上田 宏

増殖資源部門代表: 永田光博

事務局長: 工藤秀明

(2012年12月7日現在)

50 + 11 = 61 70

発表者連絡先（敬称略・発表順）

中嶋拓郎	takuron@ec.hokudai.ac.jp	帰山雅秀	salmon@fish.hokudai.ac.jp
金子信人	n.kaneko1025@gmail.com	林田寿文	hayashida0109@gmail.com
Chen EY	ernchen@gmail.com	楠田 聡	kusuda-satoshi@hro.or.jp
笠井久会	hisae@fish.hokudai.ac.jp	下田和孝	shimoda-kazutaka@hro.or.jp
秦 玉雪	qyx.84@163.com	宮腰靖之	miyakoshi-yasuyuki@hro.or.jp
越野陽介	y_koshino516@yahoo.co.jp	中道礼一郎	r-nkmc@kaiyodai.ac.jp
松本 経	mountain-runner@jazz.odn.ne.jp	薄 健太	fcchm504@yahoo.co.jp
虎尾 充	torao-mitsuru@hro.or.jp	深谷厚輔	kosuke@fsc.hokudai.ac.jp
内 彩香	ouka_2008-flying@ec.hokudai.ac.jp	古川直大	naonao@fsc.hokudai.ac.jp
實吉隼人	saneyoshi-hayato@hro.or.jp	村上玲一	rei0723@fsc.hokudai.ac.jp

研究発表会開催地

- 第1回 2007年9月24日 北海道大学水産学部大会議室（函館）
- 第2回 2008年12月13日 北海道大学水産学部マリンサイエンス創成研究棟（函館）
- 第3回 2009年12月5日 旧北海道立水産孵化場本場展示研修館（恵庭）
- 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成研究棟（函館）
- 第5回 2011年12月17-18日 北海道大学学術交流会館小講堂（札幌）
- 第6回 2012年12月8日 北海道大学水産学部マリンサイエンス創成研究棟（函館）

領 収 書

第6回サケ学研究会要旨集代として
¥500- を領収しました。

2012年12月8日



サケ学研究会事務局
工藤秀明

サケ学研究会

会長：上田 宏
遺伝学部門代表：浦和茂彦
生態学部門代表：帰山雅秀
生理学部門代表：上田 宏
増殖資源部門代表：永田光博
事務局長：工藤秀明
(hidea-k@fish.hokudai.ac.jp)

事務局

〒041-8611 函館市港町3-1-1
北海道大学大学院水産科学研究院
海洋生物資源保全管理学分野
Tel/Fax 0138-40-5602

<http://www.geocities.jp/sakekenkyukai/index.html>

発行日：2012年12月8日
発行所：サケ学研究会