

第3回 サケ学研究会 講演要旨集

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



日時：平成21年12月5日(土)

場所：北海道立水産孵化場本場
展示研修館(恵庭)

Date: Saturday, December 5, 2009

Venue: Hokkaido Fish Hatchery,
Eniwa



第3回サケ学研究会プログラムおよび要旨集目次

Third Conference of Salmon Science Society (3S)

日時 平成21年12月5日(土)

場所 北海道立水産孵化場本場 展示研修館

恵庭市北柏木町3丁目373

午前の部

- 10:30 開会・会長挨拶 ----- 梶山 雅秀 (サケ学研究会会長)
- 一般発表 (生理・遺伝) 座長 清水 宗敬 (北大院水) ・ 佐藤 俊平 (水研セさけますセ)
- 10:35 天塩川の溶存遊離アミノ酸組成の年変動がシロザケ親魚の河川水選択行動に与える影響
-----°山本 雄三・上田 宏 (北大FSC)
- 10:50 fMRIを用いたヒメマス (*Oncorhynchus nerka*) の母川水に対する嗅覚応答解析
-----°坂東 洋 (北大院環) ・ 黄田 育宏 (東京都精神医学研) ・ 上田 宏 (北大FSC)
- 11:02 ニジマスの性フェロモンは胆汁酸なのか?
-----°三原 徹大・石井 孝介・山家 秀信 (東農大生物産業)
- 11:14 シロザケ産卵行動時における心停止およびその制御に関する研究
-----°牧口 祐也 (北大院環) ・ 市村 政樹 (標津サーモンパーク) ・ 永田 鎮也
・ 村田 秀樹 (大日本住友製薬) ・ 小島 隆人 (日大生物資源) ・ 上田 宏 (北大FSC)
- 11:26 SNPマーカーを用いた日本系サケの遺伝的集団構造解析
-----°佐藤 俊平 (水研セさけますセ) ・ L.W. Seeb ・ J.E. Seeb (ワシントン大)
・ W.D. Templin (ADFG) ・ 名古屋 博之・浦和 茂彦 (水研セさけますセ)
- 11:41 ミトコンドリアDNAマーカーとSNPマーカーを用いたベニザケ (*Oncorhynchus nerka*)
の集団構造解析 -----°小倉 優一郎 (北大院水) ・ J.E. Seeb (ワシントン大)
・ 工藤 秀明・阿部 周一・梶山 雅秀 (北大院水)
- 11:53 Comparative proteomics in the early embryos of inviable hybrid between masu salmon female and
rainbow trout male (サクラマス雌×ニジマス雄致死性雑種の初期胚における比較プロテオミクス)
-----°鄭 亮・阿部 周一 (北大院水)
- 12:05-13:00 昼休み (後半はポスター発表のコアタイム)

午後の部

ポスター発表 12:30-13:00

- P01 サケ科魚類は成長のための「定期預金」を持っていないか? -----°清水 宗敬・鈴木 せいら・堀越 萌李・原 彰彦 (北大院水)・W. W. Dickhoff (ワシントン大)
- P02 斜里川水系神の子池周辺におけるサクラマスフェロモントラップ試験
-----°今川 聖士・富田 太一(東農大生物産業)
・藤本 泰文(宮城県伊豆沼内沼財団)・山家 秀信(東農大生物産業)
- P03 シロザケ嗅房における甲状腺ホルモンレセプターの発現
-----°江藤 彰洋・工藤 秀明・帰山 雅秀(北大院水)
- P04 サケ科魚類雑種における不妊機構のプロテオミクス
-----°千田 淑恵(北大水)・鄭 亮・阿部 周一(北大院水)
- P05 サクラマスの年級群間および降海型と河川残留型の間の遺伝的關係
-----°劉 正南(北大院水)・野口大樹(日本総合科学)・東 典子(北大女性研究者支援室)
・谷口 順彦(福山大学内海生物資源研)・浦和 茂彦(水研セさけますセ)
・阿部 周一(北大院水)
- P06 炭素・窒素安定同位体を用いた洞爺湖の食物網解析
-----°吉田 悠貴(北大院環)・傳法 隆・上田 宏(北大FSC)
- P07 無線操縦ヘリコプターを用いた航空センサスによるシロザケ産卵遡上動態解析
-----°工藤 秀明・江藤 彰洋・帰山 雅秀(北大院水)
- P08 母川が明らかとなった秋サケ親魚の回遊エリアと遡上傾向
-----°神力 義仁(道孵化場) 他
- 一般発表(生態・増殖資源) 座長 宮腰 靖之(道孵化場)・工藤 秀明(北大院水)
- 13:00 Long-term changes in somatic growth, survival, and population dynamics of Hokkaido chum salmon relating to climate changes (気候変動と関連した北海道シロザケの体成長, 生残および個体群動態の長期的変動) -----°徐 賢珠・工藤 秀明・帰山 雅秀(北大院水)
- 13:12 知床半島ルシャ川におけるサケ属魚類による陸域生態系への物質輸送
-----°越野 陽介(北大院水)・宮本 幸太(水研セさけますセ)・阿部 峻太
・工藤 秀明・帰山 雅秀(北大院水)
- 13:24 イトウ成魚が選択する季節的な生息域および生息域の環境特性の解明
-----°鍵和田 玄・本多 健太郎(北大院環)・宮下 和士(北大FSC)
- 13:36 サクラマスの自然再生産と放流稚魚の定着に影響する要因
-----°卜部 浩一・宮腰 靖之・藤原 真・神力 義仁・青山 智哉
・佐々木 義隆・下田 和孝・隼野 寛史(道孵化場)

- 13:51 西別川におけるサケ稚魚の降下状況 - 2年間の比較
 -----°春日井 潔・虎尾 充・永田 光博（道孵化場）
 ・蛸崎 宏（根室管内増協）・小笠原 豊・大橋 寿教（別海漁協）
- 14:06 北太平洋におけるサケ属魚類による陸圏へのPOPs輸送
 -----°富田 まゆ子（北大院水）・宮崎 信之（東大海洋研）・梶山 雅秀（北大院水）

14:21～14:55 休憩

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』

座長 永田 光博（道孵化場）

- 14:55 特別セッション趣旨説明 -----永田 光博（道孵化場）
- 15:00 カラフトマスの遺伝学的研究—現状と展望— -----阿部 周一（北大院水）
- 15:20 カラフトマスの生態学研究—現状と展望— -----梶山 雅秀（北大院水）
- 15:40 漁業資源としてのオホーツクサーモンとその利用
 -----新谷 哲章（網走漁協）
- 16:55 最近の北海道におけるカラフトマスの資源と増殖
 -----°宮腰 靖之・藤原 真・安藤 大成・下田 和孝・卜部 浩一・虎尾 充
 ・春日井 潔・永田 光博（道孵化場）・星野 昇（道中央水試）
- 16:15 網走沿岸におけるカラフトマスの海洋初期生活
 -----°藤原 真・安藤 大成・隼野 寛史・宮腰 靖之・永田 光博（道孵化場）
- 16:35 標識放流試験からみたカラフトマスの母川回帰性
 -----°虎尾 充・藤原 真・宮腰 靖之・佐々木 義隆・春日井 潔・永田 光博（道孵化場）
- 16:55 総合討論
- 17:25 特別セッション総括 -----梶山 雅秀（北大院水）
- 17:30 閉会 -----河村 博（道孵化場場長）

送迎バス移動

- 18:30 懇親会 -----サッポロビール庭園「ヴァルハラ」
 （恵庭市戸磯542-1サッポロビール北海道工場内）

午前の部
一般発表 (生理・遺伝) 要旨

一般発表 (生理)

天塩川の溶存遊離アミノ酸組成の年変動がシロザケ親魚の河川水選択行動に与える影響

○山本 雄三・上田 宏 (北大フィールド科学セ)

背景 サケ科魚類の母川回帰機構は、降河回遊時に稚幼魚が河川水中のニオイを記憶(母川記憶)し、遡河回遊時に親魚がそのニオイを想起して母川を選択する(母川回帰)という嗅覚仮説が広く受け入れられている。これまで、太平洋サケ親魚を用いた電気生理学的な嗅覚実験およびY字水路を用いた選択行動実験により、河川水中の溶存遊離アミノ酸(DFAA)組成が太平洋サケ親魚の母川水選択行動に重要であることを明らかにしてきた。しかし、どの程度のDFAA組成の変化がサケの母川回帰に影響するかは、未だ不明な点が多い。

本研究では、天塩川においてシロザケ稚魚の降河回遊時と親魚の遡河回遊時の河川水のDFAA組成に着目し、天塩川において分析された4年前春季と本年秋季の河川水中のDFAA組成のデータに基づき作成した人工アミノ酸河川水(AARW)を用いて、天塩川に回帰してきたシロザケ雄親魚の電気生理学的な嗅覚応答およびY字水路を用いた選択行動性を調べた。

材料と方法 実験魚には本年(2009年)9月に天塩川に回帰したシロザケ雄親魚(*Oncorhynchus keta*)を用いた。実験水は2009年9月と本年回帰してきた親魚が降河した2005年5月の天塩川のDFAA組成の測定結果に基づき作成したAARWを用いた。これら2つのAARWに対する嗅覚応答(EOG)を測定し、交差順応試験を行った。さらにY字水路を用いた選択行動実験を行った。順応水には洞爺湖実験所飼育水(TLSW)を用い、実験はY字水路上流部のどちらか一方から、濃縮AARWを滴下して、実験魚の選択性を次の3種の実験水の組み合わせで実験を行った。(1)TLSWのみ、(2)2009年9月AARWとTLSW、(3)2005年5月AARWとTLSW。

結果と考察 2005年5月と2009年9月のDFAA組成において、L-serine, L-alanine, L-glutamic acid, L-glycine, L-valine, L-leucine, L-aspartic acidの7種類のアミノ酸の組成に大きな変化がみられなかった。2009年と2005年のAARWに対するシロザケのEOGを測定した結果、EOGの強度には有意な差が見られ、交差順応試験においても完全に交差順応することはなかった。これは、AARW間で互いに順応していない成分があるためであり、各年のAARW組成の違いを識別していると考えられた。Y字水路を用いた選択行動実験の結果、(1)では実験魚はランダムに遡上し、(2)では77.8%の実験魚が2009年AARWに選択性を示し、(3)では70.8%の実験魚が2005年AARWに選択性を示した。以上の結果、2009年と2005年のDFAA組成において大きく変化しないアミノ酸の組成を指標に、シロザケが母川に回帰している可能性が示唆された。

一般発表 (生理)

fMRI を用いたヒメマス (*Oncorhynchus nerka*) の母川水に対する嗅覚応答解析

○坂東 洋 (北大院環)・黄田 育宏 (東京都精神医学研)・上田 宏 (北大フィールド科学セ)

目的 遡河性サケ科魚類の母川回帰機構に関しては古くから多くの研究が行われており、稚魚が降河時に母川水のニオイを記憶(母川記銘)し、親魚がそのニオイ記憶を想起することによって母川へと帰ってくる(母川回帰)という嗅覚仮説が定説となっている。母川のニオイ情報の記憶や想起には、嗅覚の中樞である嗅球および終脳が重要な役割を担っていると考えられるが、母川のニオイ情報が嗅球および終脳でどのように処理されているのか、またその投射・処理経路に関しては不明な点が多い。この理由として、従来行われてきた脳内神経活動の測定法が、微小電極を用いた電気生理学的手法が主であり、脳内の広い範囲における神経活動の変化を測定することができなかったことが原因の一つとして考えられる。本研究は、サケ科魚類の母川ニオイ情報の投射・処理機構を明らかにすることを目的とし、血流量の変化から広範囲の脳内神経活動を測定することが可能である、機能的磁気共鳴画像法(fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging)を用いて、母川水ニオイ刺激に対する脳内の神経活動を解析した。

材料と方法 fMRI 実験には北海道大学動物用 MRI 実験装置 (Varian^{INOVA}, 7 T) を使用し、実験魚には北海道大学洞爺臨湖実験所産のヒメマス (*Oncorhynchus nerka*) 4 歳魚を使用した。嗅覚順応液として蒸留水 (DW), ニオイ刺激溶液として、洞爺湖実験所飼育水 (母川水) および 10^{-3} M セリン (L-ser) を使用した。実験装置に魚を固定後、MRI 装置内に 30 分以上馴致させ実験を行った。鼻腔内に DW を 4 分間灌流し順応させ、その後ニオイ刺激溶液を 3 分間灌流し、再び DW を 3 分間灌流させた。計 10 分を 1 セットとして、1 匹につき各刺激 6 セットの実験を行った。

結果と考察 終脳における嗅覚応答は、セリン刺激時よりも母川水刺激時に強く広範囲に出現していた。終脳は内部の各領域間で複雑な神経ネットワークを形成していることが知られており、母川水がニオイ強度以上に複雑な情報として処理されたためであると考えられる。

また、母川水に対する応答は、終脳の背外側部 (D1) と背側中央部 (Dc) および背側内側部 (Dm) を主として出現していたが、セリンに対する応答ではこれらの領域における応答は観察されなかった。このことから、D1 および Dc, Dm 領域における応答が母川水ニオイ刺激に特異的な応答であることが示唆された。一般に魚類の終脳背側部 (D) は哺乳類の大脳皮質外套に相当すると考えられており、特に記憶と深いかかわりのある海馬や扁桃体は、D1・Dm 領域に相当すると考えられていれる。本実験においても、母川水ニオイ刺激時にのみ、これらの領域で応答が見られたことから、D1・Dm 領域において母川記憶に関連する情報が処理されている可能性が考えられた。

今後は、母川水ニオイ刺激に特異的な応答部位をより詳細に限定するため D1・Dm 領域に着目し、微小電極法を用いた電気生理学の実験を行う予定である。

一般発表 (生理)

ニジマスの性フェロモンは胆汁酸なのか？

○三原 徹大・石井 孝介・山家 秀信 (東京農大生物産業)

背景と目的 魚類はコミュニケーションのための化学シグナルとして糞や尿などに含まれる物質を利用し、その嗅覚システムは化学シグナルの認識において重要な役割を果たしている。胆汁酸とアミノ酸は、性ステロイドとプロスタグランジンと共に魚類における特異的な嗅覚刺激物として同定されている。特に胆汁酸は回遊魚のフェロモンとしての機能、もしくは産卵河川を選択する際に同種の匂いを識別し選択することに関わると考えられてきた。

ニジマスは重要な水産資源の1種である。これまでの研究により、ニジマス成熟オスの性フェロモンは排卵メス尿中に分泌されることが証明されており、そのフェロモン物質は未同定である。しかし最近の研究により、特定の胆汁酸(TCA, TLS)がニジマスにとって強い嗅覚刺激物質であることが報告された (Giaquinto & Hara 2008)。そこで本研究では、ニジマスにおける胆汁酸のフェロモンとしての役割を水路実験による行動反応から検証を行った。

材料と方法 小型の未成熟雌雄に17 α -メチルテストステロン(MT)を経口投与した(10 μ g/g diet)。2009年7月にMT処理魚による行動実験を行った。実験魚投入後10~15分馴致し、実験水路の上流からネガティブコントロール(環境水, 50%エタノール), 10 $^{-6}$ Mに調整した胆汁酸, ポジティブコントロール(排卵メス尿)を滴下後、水路の中流部の試験域において実験魚の鼻先に滴下物が到達するまでの約15秒+30秒まで実験魚の行動を観察した。

結果と考察 胆汁酸に対して、排卵メス尿の滴下時の様な前進や転回、ホバリング等の行動反応は見られなかった。この結果から、ニジマスは既報の様に胆汁酸を「ニオイ」として受容しているかもしれないが、胆汁酸自体に即効性のあるリリーサー効果は無いことが示唆された。今後、排卵メス尿中に胆汁酸が含まれているか否か、高速液体クロマトグラフィーを用いて検索を進めていく必要がある。



Oncorhynchus mykiss

一般発表 (生理)

シロザケ産卵行動時における心停止およびその制御に関する研究

○牧口 祐也 (北大院環境)・市村 政樹 (標津サーモンパーク)・永田 鎮也・村田 秀樹
(大日本住友製薬株式会社)・小島 隆人 (日大生物資源)・上田 宏 (北大フィールド科学セ)

背景 一般に、動物の心拍変動は代謝を最適化するために外部刺激や内的変化に応じて中枢神経系により高度に制御されている。一部の動物において振動や視覚刺激によって一時的に心拍数が低下(徐脈)したり、心停止が起こることが報告されている。また、Uematsu ら(1983)によってシロザケ (*Oncorhynchus keta*) が産卵の瞬間に、数秒間心停止することが示された。シロザケを含むサケ科魚類の産卵行動は、行動観察によって非常に詳細に研究されており、産卵の瞬間に雌雄ともに口を大きく開ける行動(口開け行動)が知られている。しかし、口開け行動と心停止との関連性および心停止が起こるメカニズムについてはほとんど明らかとなっていない。本研究では心電図が記録可能なデータロガー(以下、ECG ロガー)を用いた行動観察および自律神経系アンタゴニストを用いた薬理学的実験により、シロザケの産卵の瞬間における心停止機構を明らかにする目的で実験を行った。

材料と方法 1)産卵行動観察実験. 2007年11月に北海道道東の標津川に遡上したシロザケ親魚19尾(オス5尾,メス14尾)を実験魚として用いた。実験魚の背鰭前方部にサンプリングレート200Hzに設定した心拍ロガー(W400-ECG:リトルレオナルド社)を装着したのち、実験魚を産卵水槽内に放流し産卵行動が終了するまでビデオカメラで産卵行動を記録した。2)自律神経系アンタゴニストを用いた薬理実験. 2008年11月に北海道道東の標津川に遡上したシロザケ親魚メス10尾を実験魚として用いた。実験魚に心拍ロガーを装着したのち、交感神経を遮断するソタロール(2.7mg/kg)、副交感神経を遮断するアトロピン(1.2mg/kg)、そしてコントロールとしてサーモンリンガーを投与し、産卵行動を観察した。心電図の解析にはフラクレット(大日本住友製薬製)を用いた。

結果と考察 1)産卵行動観察実験. ECGロガーにより得られた心電図から、放卵および放精の瞬間に雌で 7.39 ± 1.61 秒、雄で 5.20 ± 0.97 秒、心拍の停止が確認され、放卵・放精の瞬間の心停止はシロザケに共通の生理現象であることが明らかとなった。また、雄に比べ雌が長く心停止していた($P < 0.05$)。心拍の停止は産卵行動を通して放卵・放精の瞬間にのみ確認された。さらに、心電図の波形解析から産卵の瞬間にT波の振幅が高く増大している傾向が雌雄でみられた。2)自律神経系アンタゴニストを用いた薬理実験. 自律神経系アンタゴニストを投与したすべての個体で産卵行動が観察されたが、副交感神経を遮断するアトロピンを投与した個体でのみ心停止が観察されず、T波の突出もみられなかった。

以上の結果から、産卵の瞬間の心停止は副交感神経系により制御されていることが示唆された。また、心停止は産卵の瞬間の口開け行動によって鰓へ還流する水量が低下し、それによって引き起こされる低酸素状態(hypoxia)が原因である可能性が考えられた。

一般発表 (遺伝)

SNP マーカーを用いた日本系サケの遺伝的集団構造解析

○佐藤 俊平 (水研セさけますセ)・L.W. Seeb・J.E. Seeb (ワシントン大)・W.D. Templin (Alaska Department of Fish and Game)・名古屋 博之・浦和 茂彦 (水研セさけますセ)

背景と目的 サケは母川回帰性を持つことから、遺伝的に異なった地域集団あるいは河川集団を形成し、それぞれの地域環境に適応した遺伝的特性を持っている。また、各集団内の個体間にも高い変異性が見られ、「各集団の遺伝的独立性」と「集団内に保有する遺伝的変異性」の2つにより種内の遺伝的多様性を高度に維持していると考えられている。一方、我が国のさけ・ます漁業資源の多くは人工ふ化放流事業により維持されているが、増殖事業が生態系や遺伝的多様性に与える影響が懸念されている。また、新・生物多様性国家戦略では、遺伝的多様性を維持したさけ・ます類の増殖と資源管理が求められており、適切な遺伝的管理方策をとることは今後さけ・ます増殖事業を展開していく上で極めて重要である。本研究では、遺伝的多様性に配慮したふ化放流事業の実践に必要な基礎的データを収集するため、近年鋭敏な遺伝マーカーとして注目されている一塩基多型 (SNP) を用いて日本系サケの遺伝的集団構造解析を行った。

材料と方法 北海道 18 集団・本州太平洋 15 集団・本州日本海 8 集団から得られた 3,664 個体のサケから DNA を抽出し、既に開発されている SNP マーカー 57 種類 (核 DNA 54 種類およびミトコンドリア DNA 3 種類) について TaqMan 法によるジェノタイピングを行った。得られたデータについてハーディ・ワインベルグ平衡 (HWE) の検定、系統樹作成、 F_{ST} の比較、AMOVA 分析などの集団遺伝学的解析を行い、日本系サケ集団の構造解析ならびに遺伝的多様性と遺伝的分化について調べた。

結果 SNP マーカー 57 種類のうち核 DNA 上にある 54 種類について HWE の検定を行ったところ、その逸脱は各集団とも少数の遺伝子座で観察されただけであり、標本集団はランダム交配であることが確認された。日本系サケ 41 集団の系統樹を UPGMA 法で作成したところ、北海道 5 地域 (日本海・根室海峡・オホーツク海・太平洋東部・太平洋西部)・本州太平洋地域・本州日本海地域および北海道/本州太平洋地域 (北海道太平洋西部地域と本州太平洋地域の河川集団の一部で構成) の 8 つに分かれた。これら 8 地域について遺伝子多様度を求めたところ、本州地域が他の地域に比べ若干低い値を示した。各地域の遺伝的分化を調べるため、各地域内および地域間の平均 F_{ST} を求めたところ、その値は各地域内に比べ地域間で大きくなる傾向があり、特に北海道地域と本州地域の間で大きかった。さらに AMOVA 分析を行ったところ、8 地域間には弱いがある有意な遺伝的分化が存在することが示唆された。

一般発表 (遺伝)

ミトコンドリア DNA マーカーと SNP マーカーを用いた ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*) の集団構造解析

○小倉 優一郎 (北大院水)・J. E. Seeb (ワシントン大)・東 典子 (北大女性研究者支援室)
・劉 正南・工藤 秀明・阿部 周一・梶山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 現在、日本に生息する湖沼型ベニザケ (*Oncorhynchus nerka*, 以下ヒメマス) は人工再生産により維持されている (北海道レッドデータブック 2001)。国内におけるヒメマス移植の歴史は古く、1894 年にヒメマスの原産湖である阿寒湖 (Oshima 1934) から支笏湖へ移植されたのが始まりである (藤村 1900)。支笏湖では、ヒメマス個体群の崩壊により (梶山 1991)、択捉島ウルモベツ湖の降海型ベニザケ発眼卵が合計 4.53 百万粒移植された (徳井 1964)。そのため、支笏湖ヒメマスは 1925 年級群以降、阿寒湖産ヒメマスからウルモベツ湖産遡河性ベニザケに変わった可能性が高いと考えられていた (梶山 1991)。しかし、阿寒湖のヒメマス集団の分子遺伝学的研究が全く行われていないことから、現存するヒメマス集団が阿寒湖原産種か、あるいはウルモベツ湖からの移植ベニザケ集団が起源であるかは、必ずしも十分明らかではない。わが国のヒメマスの遺伝資源を保全する上で、その遺伝子構造の把握と集団の管理がきわめて重要であることはいままでもない。本研究では、ミトコンドリア DNA (mtDNA) マーカーと Single Nucleotide Polymorphism (SNP) マーカーを用いてわが国のヒメマス集団構造を明らかにし、その遺伝的多様性を保全するための基礎的知見を得ることを目的とする。あわせて、今後の遺伝資源管理に有効な SNP マーカーを新たに開発するために、PCR アンプリコンの高分解能融解曲線を分析する遺伝子スキニング法 (HRM) により SNP 遺伝子をタイピングする。

材料と方法 2004 年と 2008 年の阿寒湖、2003 年と 2008 年の支笏湖、2004 年と 2008 年の十和田湖、および 2004 年の橘湖のヒメマス、1994 年の安平川、2003 年のイリアムナ湖の河川産卵型と湖沼産卵型の遡河性ベニザケの合計 10 集団 721 個体の標本について、mtDNA における ND5 の 5' 側前半 520 塩基の配列を調べた。SNP は既知の 45 座位 (3 座位 mtDNA, 42 座位核 DNA) を用いた。HRM においては北米ベニザケ集団と日本ヒメマス集団に対して 197 組のプライマーを用い SNP の検出を試みた。

結果と考察 1. ヒメマス mtDNA の ND5 領域 520bp の塩基配列を分析した結果、1 サイトで塩基置換が見られ、合計 2 つのハプロタイプが確認された (Hap-1, Hap-2)。日本ヒメマス集団内での頻度は、Hap-1 が 97.5%、Hap-2 が 2.5% であった。国内集団では 2004 年と 2008 年の十和田湖集団と 2004 年の橘湖集団において両ハプロタイプが確認され、Hap-2 は各集団で、それぞれ、1 個体、2 個体、および 7 個体観察された。他の集団からは Hap-1 のみが検出された。イリアムナ湖集団では Hap-2 が河川産卵型の 60% の個体に、Hap-1 が湖沼産卵型の 61% の個体に検出された。SNP の分析結果を基に日本国内集団の主座標分析と AMOVA 解析を行った結果、ヒメマス集団は①阿寒湖と支笏湖、②十和田湖と安平川および③橘湖の 3 つのクレードに分かれた (AMOVA; $P < 0.01$)。mtDNA と SNP 遺伝子マーカーの分析結果から、国内ヒメマス集団の遺伝的多様度は低いが、阿寒湖と支笏湖のヒメマス集団はウルモベツ湖ベニザケ集団の遺伝的攪乱をうけた可能性があり、橘湖ヒメマス集団はわが国固有のヒメマス集団の遺伝的特性を保持している可能性が示唆された。

2. 高分解能融解曲線分析により、197 組中 90 組のプライマーにおいて配列のバリエーションを持つ遺伝子フラグメントがスキャンされた。PCR アンプリコンにおける DNA シークエンスから、現段階で新たに 6 座位の SNP が発見された。特に、プライマー-sox14.2_C10 によるシークエンス解析結果、日本ヒメマス集団にはみられないが、北米ベニザケ湖集団には連続した 14 塩基対の欠損が観察された。このことは、両者の集団間で遺伝的差異が著しく、日本ヒメマス集団には北米産にないタンパク質が発現していることを示唆している。他 SNP の 5 座位は国内ヒメマス集団で多型を示しており、集団構造を把握するための新たな遺伝子マーカーとしての活用が期待できる。

一般発表 (遺伝)

Comparative proteomics in the early embryos of inviable hybrid between masu salmon female and rainbow trout male

(サクラマス雌 × ニジマス雄致死性雑種の初期胚における比較プロテオミクス)

○Liang ZHENG and Syuiti ABE

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University

Objectives Most salmonid hybrids so far attempted are inviable, showing a variety of malformations and chromosome abnormalities in the early embryogenesis. Comparative proteomic analysis in the early embryos of inviable hybrid between masu salmon and rainbow trout was conducted to identify differentially expressed proteins during the early embryonic stage that might lead to a better understanding of the molecular mechanism underlying the inviability.

Materials and Methods Early embryos on 9 to 20 days after fertilization (daf) of masu salmon eggs with cryopreserved rainbow trout sperms were subjected to protein extraction and chromosome examination. Three pairs of parents were used for reproducible performance. Extracted proteins were examined first with SDS-PAGE and then separated as numerous spots on two dimensional electrophoresis (2-DE) gels for comparing differential expression profiles. Peptide mass fingerprinting by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry was subsequently employed to identify the differentially expressed protein spots on 2-DE gels. Control embryos of parental species were examined in similar manner to inviable hybrids.

Results and Discussion Most MR hybrid embryos died rapidly between 10 and 20 daf, showing severe dwarfism and various numerical and structural chromosome abnormalities. Protein expression profile on 2-DE gel was typically stage-dependent in inviable hybrids, with an initial increase of discernible protein spots from 9 to 15 daf, followed by a sharp decrease on 20 daf, but retaining about 48% of spots common to the examined stages. A search of protein database identified 44 proteins from the spots showing at least two-fold change in density, most of which were included in the functional category of “metabolic process”, “catabolic process”, and “generation of precursor metabolites and energy”, with a larger number of down-regulated than up-regulated proteins. About one-third of them have roles in the metabolism of nucleic acid or chromatin replication, most of which decreased or lost their expression on 20 daf, suggesting that an impairment of nucleic acid metabolism may be associated with the occurrence of chromosome abnormalities, morphological abnormality, and inviability in the examined hybrids. The present study is the first to show the differential protein expression profile related to early embryogenesis in salmonid hybrids. Significant regulation of several potential proteins observed herein may provide competent biomarkers useful to establish novel stocks through interspecific hybridization of salmon, and hence to provide a novel approach in fish breeding.

午後の部
ポスター発表要旨
一般発表（生態・資源増殖）要旨
特別セッション要旨

ポスター発表 PO1 (生理)

サケ科魚類は成長のための「定期預金」を持っているか？

○清水 宗敬・鈴木 せいら・堀越 萌李・原 彰彦 (北大院水)・W.W. Dickhoff (ワシントン大)

魚類を含む脊椎動物の成長には、インスリン様成長因子 (insulin-like growth factor, IGF)-I が重要である。哺乳類の血中では、IGF-I は 6 種類存在する結合蛋白 (IGF-binding proteins, IGF-BPs) のいずれかと結合して高濃度のプールを形成している。いわば成長のための「貯金」であるが、その形態には 3 種類ある。血中 IGF-I の約 75%は IGFBP-3 および酸不安定サブユニット (acid-labile subunit, ALS) と 3 量体を形成し、約 20%は他の IGFBP と 2 量体として存在する。そして、1%以下が活性を持った遊離型となっている。これらは分子量の違いから血中での半減期が異なる。演者は、それぞれ、成長のための「定期預金」(長期的)、「普通預金」(中期的) および「現金」(短期的) と考えている。しかし、魚類がこのような形態を持つか否かははっきりしていない。そこで本研究ではサケ科魚類の血中 IGF-I の存在様式 (貯金方法) を明らかにすることを目的とした。

まず、ギンザケの血清を中性条件下でゲルろ過により分離し、各画分中の IGF-I 量をラジオイムノアッセイ法により定量した。その結果、IGF-I のピークは 3 量体 (150 kDa) ではなく 2 量体 (約 40 kDa) の位置に検出された。ギンザケおよびマスノスケ血清を標識 IGF-I を用いたリガンドブロッキングで解析すると、22, 28 および 41 kDa の位置に IGFBP のバンドが検出された。その中でも 41 kDa の IGFBP が主要な IGFBP と考えられた。この IGFBP をマスノスケ血清から精製し、N 末端部分アミノ酸配列を得た。その配列を用いて縮重プライマーを設計し、cDNA をクローニングした。演繹アミノ酸配列を既知の IGFBP と比較した結果、41-kDa IGFBP は従来考えられていた IGFBP-3 ではなく、IGFBP-2 であることが分かった。

以上の結果から、サケ科魚類血中では IGFBP-2 が主要な運搬役であるため、IGF-I は 2 量体 (普通貯金) として存在し、IGFBP-3 と ALS による 3 量体 (定期預金) が主である哺乳類とは形態 (貯金方法) が異なることが考えられた。

ポスター発表 P02 (生理)

斜里川水系神の子池周辺におけるサクラマスのフェロモントラップ試験

○今川 聖士・富田 太一(東京農大生物産業)・藤本 泰文(宮城県伊豆沼内沼財団)
・山家 秀信(東京農大生物産業)

背景と目的 サクラマスにおいて、排卵メス尿中に含まれ排精オスを誘引する性フェロモンはトリプトファン代謝物(キヌレニン)であることが証明されている。しかし、実験の都合上、これまでの実験魚は全て継代飼育された池産サクラマスであった。将来、サクラマスのフェロモントラップ等へ応用するには、天然魚におけるキヌレニンの誘引効果を確認する必要がある。

8月中旬を過ぎると、斜里川水系の支流(ハトイサツル川)を經由し神の子池にサクラマスが遡上して来る。つまり、神の子池から流出するハトイサツル川かその支流で産卵していることが推測される。神の子池は、サクラマス資源の豊富な斜里川水系にあり、その支流を經由し池に繋がる直前に枝川も有するため、自然環境下でフェロモン実験するのに大変適している。そこで本研究では、神の子池流出河川においてサクラマスから同定された性フェロモン「キヌレニン」が自然環境下のサクラマスを誘引するか否か検証することを目的とした。

材料と方法 ハトイサツル川(川幅2m未満で橋が架かっている)への流出部の1m程下流にある支流(川幅1m未満)に滴下装置付のトラップを設置し、 $10^{-3}M$ のキヌレニンを1実験につき3日間で約600ml滴下し、本来なら池に遡上してしまうサクラマスがそのフェロモンによって支流に誘導されるのか否か、トラップに入ったサクラマスの尾数を確認した。また、下流域で採捕されたオスのサクラマス11尾をハトイサツル川に放流しフェロモントラップに誘導されるのか確かめた。実験は8月24日から開始し9月28日に終了とした。更に10月16日にフェロモントラップ上流にある落ち込みから堰堤までの区間(川幅40cm水深15cm程度)で産卵床と卵の調査を行った。

結果と考察 実験開始前は神の子池に5尾のサクラマスを確認したが、実験期間中は最大で2尾しか確認されなかった。全期間を通し、オス6尾(内2尾が放流魚)とメス1尾がトラップに捕獲された。オスは全て排精しており、メスは産卵後であった。特に9月2日は天然魚オス2尾と放流魚オス2尾が捕獲され、キヌレニンによる効果の可能性はある。しかし、メスも捕獲されたことからハトイサツル川の支流またはトラップを設置した場所で産卵が行われた可能性があり、滴下したフェロモンの効果だけがオスを誘導した要因ではないと考えられる。産卵床の調査では、時期が遅く産卵床を確認できなかった可能性があり、今後上流での稚魚の確認と追試(上流に河川が分岐して天然のY字水路になっている地点での実験)が必要である。

ポスター発表 P03 (生理)

シロザケ嗅房における甲状腺ホルモンレセプターの発現

○江藤 彰洋・小倉 優一郎・工藤 秀明・梶山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 産生型甲状腺ホルモンであるサイロキシン (T_4) は、標的細胞内で活性型のトリヨードサイロニン (T_3) へ転換された後、甲状腺ホルモンレセプター (TR) に受容され、器官や細胞の代謝および増殖・分化の促進に関与することが知られている。ギンザケ (*Oncorhynchus kisutch*) やサクラマス (*O. masou*) 幼魚では、降海前に血中 T_4 濃度がピークを示し、銀化変態を調節していることが示されている (Dickhoff et al. 1978, Yamauchi et al. 1993)。遼河性サケ属魚類の母川刷込に関わる嗅神経系と甲状腺ホルモンの関係については、サクラマス幼魚では、その末梢器官である嗅房は、脳各部位に比べ高い T_3 の特異結合能を有し、その結合量は降海時に増加することが示されている (Kudo et al. 1994)。さらにギンザケ幼魚の T_3 腹腔内投与実験では、投与個体の嗅上皮における細胞増殖の活性化が報告されている (Lema and Nevitt 2004)。一方、TR の分子生物学的解析としては、ギンザケ幼魚の脳、肝など各臓器 (組織) における TR 遺伝子の発現が明らかにされているが (Harada et al. 2007)、嗅房を含む嗅神経系における TR 遺伝子発現については全く明らかにされていない。

本研究では、シロザケ嗅房における TR 遺伝子のクローニングと同遺伝子発現細胞の同定および発育段階に伴う TR 発現動態を分析することにより、サケ属魚類嗅房における TR の発現様式および嗅房構成細胞への甲状腺ホルモンの関与について明らかにすることを目的とした。

材料と方法 供試魚にはシロザケ (幼稚魚, 若魚, 成熟途上魚および成熟魚) を用いた。それぞれ、不動化した個体を魚体測定後、鼻窩から剖出した嗅房を遺伝子解析および分子組織化学的解析用試料とした。遺伝子解析用試料からは poly(A)⁺ RNA を抽出し、真骨魚類 TR, ヒメマス (*O. nerka*) olfactory marker protein (OMP) およびニジマス (*O. mykiss*) β -アクチンに対するプライマーを用いた RT-PCR を行った。各増幅産物は 1.5 %アガロースゲル電気泳動で分離し、 β -アクチン遺伝子の発現量を基準とした半定量化を行った。TR 遺伝子断片については塩基配列を決定した。分子組織化学的解析用試料からは、常法によりパラフィン包埋切片を作製し、ジゴキシゲニン標識シロザケ TR cRNA プローブを用いた *in situ* hybridization を行った。併せて、嗅細胞マーカーの OMP に対する特異抗体を用いた免疫組織化学を行い、TR 遺伝子発現細胞と嗅細胞の関連性を分析した。

結果と考察 RT-PCR によりシロザケ嗅房から 422 bp の TR 様遺伝子断片が得られ、決定された塩基配列の相同性検索により TR β 遺伝子であることが明らかとなった。各発育段階の嗅房における TR 遺伝子の発現量を電気泳動像の画像解析により半定量化した結果、若魚期に発現の増加傾向が認められた。また、TR および OMP 両遺伝子の発現量には負の相関 ($R=-0.72$) が認められた。*in situ* hybridization の結果、嗅上皮中層から基底層上部において TR β 遺伝子発現を示すシグナルが認められた。また隣接切片において OMP 免疫陽性嗅細胞の核周囲部は嗅上皮中層上部に確認された。OMP 免疫陽性嗅細胞はヒメマス嗅上皮中の成熟嗅細胞での発現が確認されており (Kudo et al. 2009)、TR β 遺伝子は未成熟嗅細胞において発現し、嗅細胞の分化・成熟に関与している可能性が示された。

ポスター発表 PO4 (遺伝)

サケ科魚類雑種における不妊機構のプロテオミクス

○千田 淑恵 (北大水)・鄭 亮・阿部 周一 (北大院水)

背景と目的 サケ科魚類では育種を目的として雑種作出の試みが広く行われてきた。しかし不妊や致死などの雑種退行により成功例は極めて少ない。雑種退行の機構解明は、育種上有望な新品種を確立するために重要である。当研究室におけるこれまでの分子細胞遺伝学的研究により、サケ科魚類の致死性雑種における染色体異常などの遺伝学的要因が明らかになってきた。しかし、生存性不妊雑種における減数分裂や染色体異常などについてはまだ不明なことが多い。また、致死性雑種、生存性不妊雑種のいずれにおいても、どのような遺伝子が関与するか全く不明である。そこで本研究では、生存性不妊雑種における精巣形成や減数分裂に関与する遺伝子について、その発現タンパクのプロテオミクスから遡及的に同定を試み、雑種不妊のメカニズムを追究した。

材料と方法 サケ科魚類の生存性不妊雑種として北海道大学北方生物圏フィールド科学センター七飯淡水実験所にて飼育中の2004, 2005, 2008年作出カワマス (*Salvelinus fontinalis*) (雌) × サクラマス (*Oncorhynchus masou masou*) (雄) 雑種の雄を用いた。対照として同年齢・同時季の両親種の雄を用いた。まず雑種と対照の精巣の目視、組織学的観察を行った。次いでフローサイトメトリーにより、体細胞と生殖細胞の倍数性を調べた。並行して、精巣からタンパクを抽出して二次元電気泳動を行い、雑種と対照におけるゲルのスポットパターンを比較した。次いで、濃度に2倍以上の増減があるスポットを選び、MALDI-TOF 質量分析によりアミノ酸配列の同定を試みた。

結果と考察 精巣の目視やフローサイトメトリーの結果から、一部の雑種では精巣の発達がみられ、対照に比べて不完全ながら精子形成を行っていることが分かった。組織学的にみると雑種精巣では精原細胞が少なく、精小嚢のサイズも不揃いで空洞が目立った。精巣タンパクの発現スポット数は、対照と雑種のそれぞれのグループの中で個体差があったが、全体としてみた場合、対照に比べ雑種では明らかに減少していた。また、対照と雑種を春(4月～6月の雑種・サクラマス・カワマス)、夏(7月～8月の雑種・サクラマス)、秋(11月の雑種・カワマス)の3つのグループに分け発現スポットを比較したところ、対照では春から夏にかけて高分子量タンパク(>90kD)の明瞭な増加がみられたが、雑種ではそのような変化はみられなかった。春から夏にかけて、雑種では低分子量から中程度の分子量のタンパク(20～60kD)に増加がみられた。秋のグループについては現在解析中である。観察されたタンパク発現パターンの違いは、対照と雑種における精巣の形態的変化・組織学的変化、さらには精子形成の有無に関連しているものと考えられた。

今後、春・夏・秋グループのタンパク発現の解析をさらに進め、雑種で発現していないタンパクや発現抑制されているタンパクなどのアミノ酸配列を質量分析により同定し、精巣発達や精子形成異常に関わる遺伝子の特定を進めて行く。

ポスター発表 P05 (遺伝)

サクラマスの子級群間および降海型と河川残留型の子的関係

○劉 正南 (北大院水)・野口 大樹 (日本総合科学)・東 典子 (北大女性研究者支援室)
・谷口 順彦 (福山大内海生物資源研)・浦和 茂彦 (水研セさけ・ますせ)・阿部 周一 (北大院水)

背景と目的 サクラマスは極東にのみ分布し、降海型と河川残留型の二型の生活史を示す。同一河川における遡上サクラマスの子級群間および二型の子的関係を明らかにするため、本種および同属魚種において開発されたマイクロサテライト DNA マーカーとミトコンドリア DNA *ND5* 遺伝子領域を用いて集団遺伝学的分析を行った。

材料と方法 北海道の3河川(尻別川、斜里川、標津川)、ロシアの2河川(サハリン2河川)から、計632尾の個体標本を採集して分析を行った。このうち子級群標本は、尻別川に遡上したサクラマスの1997年から2000年までの4年分計315個体を用い、残留型は各河川10個体から25個体を用いた。サクラマスで開発されたOma02と同属魚種から開発されたOma3ke, Oma4my, Ots520, One111, Omi87TUFを含む6座のマイクロサテライトDNAとミトコンドリアDNA *ND5*の5'側前半約561塩基(Kitanishi et al. 2007)をPCR増幅した。マイクロサテライトDNA増幅断片の長さや*ND5*の塩基配列をオートシーケンサーABI PRISM 3130XLを用いて分析し、ソフトウェアGENEPOP v. 1.2とArlequin v. 3.1を利用して統計的な解析を行った。

結果と考察 まず、 F_{ST} 分析の結果、尻別川における4年間の子級群標本間では、マイクロサテライトDNAとミトコンドリアDNAのいずれによっても子的異質性は観察されなかった。一方、マイクロサテライトDNAによる F_{ST} 分析の結果から、同一河川の降海型と残留型の子的分化が示唆されたが、ミトコンドリアDNAでは分化は見られなかった。また、二つのマーカーにより、異なる河川の降海型と残留型の間、または降海型の間や残留型の間で子的分化が示唆され、その F_{ST} 値は同一河川の降海型と残留型の子的値より高かった。マイクロサテライトDNAのみによって同一河川の降海型と残留型の子的差異が認められたことは、河川ごとの子的的特性は主に残留型の大部分を占める雄により維持されていることを示唆しているのかも知れない。同様の現象は、象やアリなどでも報告されている(e.g. Nyakaana & Arctander 1999; Doums et al. 2002)。

今回の結果を検証しより正確な知見を得るために、今後、異なる地域の多集団からの標本を加えて解析を進めて行く必要がある。

ポスター発表 P06 (生態)

炭素・窒素安定同位体比を用いた洞爺湖の食物網解析

○吉田 悠貴 (北大院環)・傳法 隆・上田 宏 (北大フィールド科学セ)

背景と目的 北海道南西部に位置する洞爺湖は閉鎖的な貧栄養湖であり、過去に天然災害や人間活動の影響を受けてきた。湖内にはヒメマス (*Oncorhynchus nerka*)、サクラマス (*O. masou*)、ワカサギ (*Hypomesus nipponensis*) など内水面漁業の有用種が生息しており、ヒメマスとサクラマスは種苗放流が行なわれている。2000 年の有珠山噴火では降灰によって基礎生産力が増加し(菜畑ら, 2000)、湖内生態系上位に位置するヒメマスの摂餌様式に変化がみられたことが報告されている(野村, 2005)。このような湖水環境と生態系の変動は湖内の食物網に大きな影響を与えていると考えられ、閉鎖水域である洞爺湖において各種生物の種間関係を把握することは湖水環境の保全と適切な魚類資源管理を行う上で重要である。本研究では湖内生態系における食物網を明らかにすることを目的とし、魚類の胃内容物解析および炭素・窒素安定同位体比分析を行なった。

材料と方法 ①胃内容物解析：洞爺湖臨湖実験所前浜において 2008 年 5 月から 2009 年 4 月まで、ヒメマス、サクラマス、ワカサギ、エゾウグイ (*Tribolodon ezoe*)、ヨシノボリ (*Chaenogobius* sp.) を刺網およびトラップで毎月採集した。各魚種は体長、体重の測定後に消化管を取り出し、10%ホルマリン溶液で固定した。胃内容物は顕微鏡下で分類群ごとに計数し、個体数組成(N%)および出現頻度(F%)を求めた。②安定同位体比解析：上記の魚類に加え、湖内に生息する各種無脊椎生物、および植物・動物プランクトンを採集した。生物試料はクロロホルム+メタノール混合液(1:1)を用いて脱脂処理後、粉末乾燥させた。試料の安定同位体比解析は環境科学院において同位体質量分析計(MAT252)によって行い、炭素・窒素同位体値($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$)はスタンダード試料に対する千分僅差(‰)で求めた。

結果と考察 2008 年度の解析結果から大型ヒメマス(体長>15 cm)は、年間を通した魚食性に加えて夏季には動物プランクトンも多く捕食しており、季節間の安定同位体比は炭素・窒素ともに変動が小さかった($\delta^{13}\text{C}$: -23.65 ± 0.235 ‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.51 ± 0.235 ‰)。小型ヒメマス($\delta^{13}\text{C}$: -25.08 ± 1.31 ‰, $\delta^{15}\text{N}$: 9.32 ± 1.81 ‰)およびワカサギ($\delta^{13}\text{C}$: -23.8 ± 0.16 ‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.74 ± 0.37 ‰)は、夏季に動物プランクトン、冬季に小魚とヨコエビを中心とした餌の競合性を見せており、サクラマス($\delta^{13}\text{C}$: -22.24 ± 0.49 ‰, $\delta^{15}\text{N}$: 8.79 ± 0.59 ‰)は年間を通してワカサギなどの小魚を捕食していた。上記魚種の炭素安定同位体比の結果から、植物プランクトン($\delta^{13}\text{C}$: -27.02 ± 2.91 ‰)に代表される沖帯起源の餌生物を直接または間接的に利用していると考えられた。ヨシノボリとエゾウグイの消化管からは水生昆虫やユスリカ幼虫などの沿岸性無脊椎生物が多くみられ、ヨシノボリは沿岸付着藻類($\delta^{13}\text{C}$: -11.50 ± 2.10 ‰)由来、エゾウグイは沖帯・沿岸帯の間とみられる $\delta^{13}\text{C}$ 値を示した(ヨシノボリ: -15.17 ± 0.755 ‰, エゾウグイ: -19.05 ± 0.058 ‰)。また、有珠山噴火以前(藤原 2000)との比較では、沖帯生息種であるヒメマスとワカサギにおいて顕著な食性の違いがみられ、噴火以降では *Daphnia* や *Cyclops* などの大型動物プランクトンが多く捕食されるようになり、両種ともに $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値が 2 ‰程度の低下が認められ安定同位体比にも影響を与えていたことが示唆された。

ポスター発表 PO7 (生態)

無線操縦ヘリコプターを用いた航空センサスによるシロザケ産卵遡上動態解析

○工藤 秀明・江藤 彰洋・梶山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 シロザケ資源の大部分を人工孵化放流事業に依存してきた我が国においても、近年、野生魚を含めた自然再生産シロザケの重要性が指摘され、そのバイオマス評価が急務とされている。これまで我が国では、放流数と生残率から算出される回帰予想数や孵化放流事業による河川での捕獲数として詳細な遡上情報が長期間蓄積されてきた。しかしながら、人工孵化放流事業が行われていない河川や野生魚が再生産している河川では正確な遡上情報が得られていない。特に、孵化放流事業の捕獲施設(ウライ)等が無い河川におけるシロザケの産卵遡上動態把握は地上からの目視が主体となり河岸の形状によっては遡上個体の確認が困難な場合が多い。北米などで行われている上空からの航空センサスは、河川の広範囲を俯瞰でき、サケ類のバイオマス推定には有効な手法と考えられているが、我が国におけるサケ類調査への応用例は殆どない。本研究では、有人航空機に比べ機体およびランニングコストも非常に低く、飛行制限も少ない無線操縦ヘリコプター(RCヘリ)を用い、有視界の範囲内で河川から離れた場所からの遠隔操作を行なう航空センサスによるシロザケ産卵遡上動態解析法の確立を試みた。

材料と方法 本航空センサスは、2008年10-12月に人工孵化放流事業用の親魚捕獲のため実遡上数が把握可能な北海道南部の茂辺地川で行なった。同河川の下流域を3区域(上流側よりA-C)に分け期間中計8回の航空センサスを行った。RCヘリ(26ccガソリンエンジン、日本遠隔制御社)に無線操縦によりアングル変更とシャッターが切ることができる偏光フィルター装着広角レンズ付デジタル一眼レフと地上への画像転送装置を搭載し、高度約30メートルで飛行した。地上のモニターに転送されたライブ画像により遡上個体を確認し川面を撮影した。得られた画像から米国保健省(NIH)提供ImageJ ver. 1.36bを用いた画像解析により遡上個体を抽出および個体数を計数し、同日に孵化事業で採集された捕獲数との比較を行った。

結果と考察 水面下のシロザケは偏光フィルターの効果により明瞭に魚体の識別が可能であった。RCヘリからの音および振動については、高度10m以上では水面にも水面下の個体にも影響が認められなかった。また、産卵床についても航空センサス像から容易に確認できた。上流側のAおよびB区域の航空センサスにより撮影された個体数は捕獲数と有意に相関した($r^2 > 0.88$, $p < 0.01$)。一方、最下流のC区域は撮影される個体数は少なく、捕獲数との間に関係が見られなかった。以上の結果より、本手法がシロザケ産卵遡上動態解析に有用であり、自然再生産魚バイオマス評価技術に応用可能な有効な手法の1つであることが示された。しかしながら、現在のシステムでは操縦可能な関係者が発表者のみであることが運用の制限要因になっている。本格的な野生魚調査のためには、複数の操縦者の確保のため自動姿勢制御安定装置などの付加が今後必要であると考えられた。

ポスター発表 PO8 (増殖資源)

母川が明らかとなった秋サケ親魚の回遊エリアと遡上傾向

○神力 義仁 (道孵化場) ・道孵化場さけます資源部・道北支場・道東支場・道東内水面室
・道水産部さけますG・沿海支庁水産課・水産技術普及指導所・管内増協・定置部会

目的 北海道沿岸には、数千万尾の秋サケが来遊し、増殖河川へ遡上したサケの多くは人工採卵され、残りのサケは自然産卵する。これら秋サケの回遊や遡上生態に関する研究は、これまでも多く行われてきた。しかし、近年、秋サケの来遊や遡上時期などが資源構造や海洋環境の変化により、過去とは異なる様相になっているとの指摘もあるが、その実態は十分に解明されてはいない。ここでは、標識・再捕法により母川が明らかとなった秋サケの来遊パターンや遡上日数に関する情報を得たので報告する。

方法 平成 16 年から 20 年にかけてオホーツク東部から日本海中部、根室北部からえりも以西胆振までの 14 箇所において標識放流を実施した。さけ定置網で漁獲された秋サケに円形白色ディスクタグ (直径約 12mm) を個体背部にビニールチューブで装着し、尾叉長、体重、性、および成熟度を計測し、年齢査定のための採鱗をした後放流した。放流は当該定置網沖端をこえた付近から沖に航走しながら行った。再捕データより、河川へ遡上して母川が明らかとなった個体を対象に、放流地点を結ぶことで想定される回遊エリアを特定するとともに、それらの個体が河川へ遡上するまでの日数も把握した。

結果 定置網標識放流群の河川での再捕結果から、平成 16 年常呂放流群では斜里～雄武、枝幸放流群では雄武～瀬棚、宗谷放流群では天塩から石狩、平成 17 年猿払放流群では枝幸～瀬棚、初山別放流群では枝幸～増毛、浜益放流群では枝幸～石狩、平成 18 年浜中放流群では浜中～釧路、浦幌放流群では釧路～浦幌、庶野放流群では浦幌～八雲、平成 19 年えりも放流群ではえりも～様似、静内放流群では鶴川～尻岸内、白老放流群では白老～函館、平成 20 年羅臼放流群では羅臼周辺、根室放流群では根室周辺の河川集団を起源とする資源であると推察された。

母川が明らかになった河川集団の沿岸放流地点を結ぶことで、その河川集団の沿岸での回遊範囲を想定してみると、オホーツク中部～東部の河川集団は、このエリアのみを回遊範囲としている。また、オホーツク西部の河川集団はオホーツク西部～日本海中部までの範囲を回遊範囲としている。日本海北部の集団はオホーツク西部～日本海中部、さらに日本海中南部の河川集団はオホーツク西部～日本海南部までの広い範囲となった。えりも以東の河川集団は、一部がえりも岬を越えて以西側まで回遊するが、多くは以東側を回遊範囲としている。一方、えりも以西の河川集団はえりも岬周辺～えりも以西までの範囲で、特に道南～噴火湾の河川集団はえりも岬周辺～道南までの広い回遊範囲となっている。このことは秋サケの回遊経路は基本的には東から西への回遊であるが、一部のサケは母川エリアを越えて南下あるいは西方へ回遊し、そこから反転して北上や東方へと戻り回遊することが、多くの集団で推察された。放流から河川再捕までの経過日数では、各放流群とも平均 10 日前後であったが、放流点に近い河川でも捕獲位置が河川の中流域にある頓別川、千歳川、十勝川などでは放流から 20 日前後を要した。また、放流地点から遠方にある河川では 30 日前後での再捕も記録された。

一般発表 (生態)

Long-term changes in somatic growth, survival, and population dynamics of Hokkaido chum salmon relating to climate changes

気候変動と関連した北海道シロザケの体成長, 生残および個体群動態の長期的変動

Hyunju Seo¹, Hideaki Kudo², and Masahide Kaeriyama²

¹*Graduate School of Fisheries Sciences, and* ²*Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 3-1-1 Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan*

We revealed effects of the regional and larger spatial scales of climatic/oceanic condition on growth, survival, and population dynamics of Hokkaido chum salmon using path analysis. Variability in growth of chum salmon at age-1 to -4 was estimated based on the back-calculation method using scales of 4-year-old adults returning to the Ishikari River of Hokkaido Island in Japan during 1945-2005. Growth of Hokkaido chum salmon indicated increase at age-1 and decline at age-2, -3, and -4 since the 1980s. The path analysis results showed that the growth at age-1 in the Okhotsk Sea was directly affected by warmer sea surface temperature (SST) which was strongly caused by the global warming effect. And then, the increased growth at age-1 affected directly higher survival rate and indirectly larger population size. In the Bering Sea, subsequently, the enlarged population size affected directly the decreased growth at age-3 and indirectly smaller fork length of adult, despite no relation between SST, zooplankton biomass, and the growth at age-2 to -4. Therefore, faster growth at age-1 relating to global warming will positively affect to the survival rate. And, in turn, it will lead to the population density-dependent effect on the growth at age-2 to -4 and maturing in the Bering Sea because of limited carrying capacity.

一般発表 (生態)

知床半島ルシャ川におけるサケ属魚類による陸域生態系への物質輸送

○越野 陽介 (北大院水)・宮本 幸太 (水研セさけますセ)
・阿部 峻太・工藤 秀明・焔山 雅秀 (北大院水)

背景と目的 河川へ産卵遡上するサケ属魚類 *Oncorhynchus* spp. は、海洋起源栄養塩 (MDN) を陸域生態系へ輸送する (e.g., Kline et al. 1990)。MDN は、サケ属魚類死骸の分解過程で付着微生物-水生無脊椎動物-魚類のように食物連鎖を通して河川生態系に取り込まれる (e.g., Bilby et al. 1996)。また、サケ属魚類は哺乳類や鳥類の被食により河畔に運ばれ (e.g., Reimchen 2000)、その窒素が河畔林の成長を促進させる (Helfield and Naiman et al. 2002)。わが国では、サケ属魚類による陸域生態系への MDN 輸送に関する研究は数少なく (柳井・河内 2006; Nagasaka et al. 2006; 焔山・南川 2008)、陸域生態系において MDN がどのような生物に利用されているか、また、どのような経路で取り込まれるかはほとんど明らかとなっていない。知床半島の河川では、カラフトマス (*O. gorbusha*) とシロザケ (*O. keta*) が自然再生産している。本発表では、知床半島ルシャ川の河川-河畔生態系におけるサケ属魚類由来 MDN の取り込み経路を炭素・窒素安定同位体比分析により明らかにすることを目的とする。

材料と方法 2006 年~2009 年の 7~11 月、知床半島におけるサケ属魚類の遡上河川 (ルシャ川) と非遡上河川 (シロイ川) の河川内と河畔林で付着微生物、無脊椎動物、魚類、ヒグマ (*Ursus arctos*) の体毛および河畔植物を採集した。採集標本は常法に従い前処理し、安定同位体比質量分析計 (ThermoFinnigan 社, MAT 252) により炭素・窒素の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) を分析した。ヒグマ体毛は、根元から毛先までを 5 mm 間隔に GSA 法 (Mizukami et al. 2005) に基づき分析した。河川に垂直にトランセクト (幅 10 m, 長さ 50 m) を設定し、ヤナギ類 (*Salix* spp.) の葉を河川から 10 m 毎に採集した。また、ヒグマによる河畔へのカラフトマス運搬距離を目視で観察した。

結果と考察 ルシャ川で採集されたカラフトマス ($N=20$) の $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ は、 $-21.2 \pm 0.67 \text{‰}$ と $10.26 \pm 0.21 \text{‰}$ であった。サケ属魚類の遡上期、ルシャ川の付着微生物と水生無脊椎動物の $\delta^{15}\text{N}$ はシロイ川のそれらより 3.5~6.1 ‰ 高かった (t -test: $P < 0.01$)。ルシャ川で採集した底生無脊椎動物の $\delta^{15}\text{N}$ とサケ属魚類死骸にコロナイズした水生無脊椎動物のそれには有意な差が観察されなかった (t -test: $P > 0.05$)。遡上期に、ルシャ川で採集されたオシヨロコマはシロイ川の個体よりも 6 ‰ 程度高い $\delta^{15}\text{N}$ を示し (t -test: $P < 0.01$)、カラフトマス卵を卓越的に摂餌していた。遡上期前 (7 月) にルシャ川で採集した大型オシヨロコマ (FL > 170 mm) は、水生無脊椎動物を主に摂餌していたが、高い $\delta^{15}\text{N}$ ($10.4 \pm 1.03 \text{‰}$, $N = 20$) を示した。このことは、大型オシヨロコマが遡上期前にすでに海洋起源の餌生物を利用していることを示唆している。GSA 法による分析結果、ルシャ川に出現するヒグマは秋季まで主に①陸起源、②海起源、そして③陸起源と海起源の両方の餌生物を利用する個体に大別された。ヒグマ体毛の毛根部における $\delta^{15}\text{N}$ は、9 個体中 6 個体が高値 ($11.24 \pm 1.25 \text{‰}$) を示した。ルシャ川の河岸 10 m 以内で採集した草本類 4 種およびヤナギ類の葉の $\delta^{15}\text{N}$ は、シロイ川のそれらよりも 2.5~4.0 ‰ 高かった (t -test: $P < 0.05$)。また、ヤナギの葉の $\delta^{15}\text{N}$ と河畔からの距離との間には負の相関が観察された ($r = -0.69$, $P < 0.01$, $N = 25$)。ヒグマが河川内または河岸 10 m 以内でカラフトマスを捕食し河畔へ運搬している事例は、80 % 以上に達した (419 例中 339 例)。以上の結果より、①ルシャ川河川生態系には「カラフトマス-付着微生物-水生無脊椎動物-オシヨロコマ」系と「カラフトマス-オシヨロコマ」系の 2 食物連鎖系により MDN が取り込まれていること、②河畔植生にヒグマなどのベクターを介して、サケ属魚類由来 MDN が取り込まれていることが示唆された。



Oncorhynchus gorbusha

一般発表 (生態)

イトウ (*Hucho perryi*) 成魚が選択する季節的な生息域 および生息域の河川環境特性の解明

○鍵和田 玄・本多 健太郎 (北大院環)・宮下 和士 (北大フィールド科学セ)

背景と目的 イトウ (*Hucho perryi*) はサケ科イトウ属の魚で、成長すると全長 1.5m 以上に達する日本最大の淡水魚である。近年、本種生息域の河川環境が悪化したことにより、本種の個体数は大幅に減少し、2006 年度以降 IUCN のレッドリストにおいて絶滅危惧種 IA 類 (CR) に指定されている。今後は本種の保護方策の策定が急がれるが、これまで本種成魚の生態に関する知見は産卵期に集中しており、とりわけ生息域に関する知見は限られている。その主な要因としては、本種の生息河川は濁度が高い上に水深も深く、目視による追跡が困難であることが挙げられる。そこで、本研究では北海道東部の別寒辺牛川水系において、音響テレメトリー手法を用いて本種成魚の季節的な生息域を特定し、同時にその生息域の河川環境特性を明らかにすることを目的とした。

方法 2008 年 4 月下旬から 5 月上旬にかけて、別寒辺牛川支流上流域において小型定置網によりイトウ成魚 12 個体を、厚岸湖内において定置網漁業により 3 個体の計 15 個体を捕獲した。捕獲個体には麻酔を施し、腹腔内に超音波発信器を挿入して放流した。その後 11 月末まで毎月 1 回以上超音波受信機を曳航したカヌーで河川を航走し、発信器装着魚を追跡した。得られたイトウの位置情報を中心とした上下流 200m ずつの河道距離 400m の区間をイトウの“滞在域”と定義し、滞在が確認されなかった 400m 毎に区切られた区間を“非滞在域”と定義した。ただし、移動中と想定される受信データは解析から除外した。また、河川環境因子として水深・河畔林量・河川屈曲度を計測し、各滞在域・非滞在域で平均値を求めた。なお、水深については、平均水深の他に最大水深および“淵指数” (最大水深/平均水深) についても区間毎の値を求めた。各環境因子の月毎の集計結果は、季節毎に分類し、滞在域と非滞在域の間でその差を比較した。

結果 放流した 15 個体の内、11 個体の受信が超音波受信機により確認され、滞在域は河川中流域においてのみ確認された。イトウの滞在域と非滞在域の間で各環境因子を比較した結果、平均水深では特徴はみられず、最大水深・淵指数ではともに滞在域で高い値を示した。とりわけ、淵指数ではすべての季節でその傾向が確認された。また、河川屈曲度においてもすべての季節において滞在域で高い値を示し、さらに、河畔林量では夏から秋にかけて滞在域で高い値を示したものの、春季においては非滞在域で高い値を示した。これは、春季では樹木の葉が生え揃っておらず、カバーとしての効果が小さかったことが理由として考えられる。以上より、イトウ成魚の生息域は主に河川中流域であり、中でも、春から秋にかけては河川が蛇行し、淵と想定される箇所が付近に存在する環境を、夏から秋にかけては、さらにカバーとなる河畔林が繁茂する環境を選択していたことが明らかになった。よって、イトウ成魚も河川内においては他のサケ科魚類同様、身を隠すのに適した環境を生息域として選好していることが窺えた。



Hucho perryi

一般発表 (増殖資源)

サクラマス其自然再生産と放流稚魚の定着に影響する要因

○卜部 浩一・宮腰 靖之・藤原 真・神力 義仁・青山 智哉
・佐々木 義隆・下田 和孝・隼野 寛史 (道孵化場)

背景と目的 1970年代以降に集中的に進められた調査・研究により、サクラマスの孵化放流技術は大幅に向上した。1990年代には道内広域における標識放流試験を通じて、孵化放流がサクラマス資源全体の底支えの役割を担っていることが明らかにされるとともに、スマルト種苗や秋幼魚種苗の大型化により、回帰率の向上につながることも示された。同時に、資源全体に占める天然資源の割合が高いことも明らかにされ、資源増殖を進めるに当たっては、放流技術の向上に加え、天然個体群の自然再生産の助長も重要であることが示された。しかし、サクラマスの自然再生産に関する知見は極めて少ない。また、放流した稚魚の定着に関する知見も十分とは言えない。以上のことを背景とし、本研究では、サクラマスの自然再生産の現状評価を行うとともに、自然再生産と放流稚魚の定着に影響する要因の解明を目的とする。

材料と方法

自然再生産状況に関する調査

平成20年の5月下旬～6月中旬にかけて(放流河川では稚魚放流実施前)、後志管内の主要河川(放流河川:9河川、非放流河川:10河川)において、エレクトロフィッシャーを用いたサクラマス稚魚生息密度(自然再生産状況)調査を実施するとともに、自然再生産状況と流域の再生産可能距離との関係について検討を行った。

放流稚魚の定着に関する調査

後志管内の主要放流河川(禁漁(保護水面):10河川、一般:8河川)において、平成19～21年の5月下旬にサクラマス稚魚を放流し、その後、7月下旬に稚魚の生息密度調査を実施した。得られた生息密度情報と放流強度(単位川幅あたりの放流数)および河床勾配との関係について分析を行い、放流稚魚の定着に影響する要因について検討した。

結果および考察 自然再生産状況に関する調査:自然再生産によるサクラマス稚魚の生息密度は調査河川間で大きなばらつきがあり、放流河川、非放流河川ともに、産卵遡上に影響する工作物が存在しない河川で高く、工作物が設置されている河川では低い傾向が認められた。工作物が設置されている河川にのみ着目した場合も、河川間で生息密度のばらつきは大きく、魚道の機能性が高い河川では多くの稚魚が確認された一方で、遡上の障害となる工作物が比較的下流域に設置されており、再生産可能な河川区間距離が短い河川では、生息密度が低くなる傾向が確認された。今後はこれらの情報に基づき、自然再生産由来の資源回復可能性の評価を進めるとともに、自然再生産資源の回復に有効な放流手法の検討を進める必要がある。

放流稚魚の定着に関する調査:禁漁河川における夏季までの放流魚の定着には、河床勾配が影響していたが、放流強度(単位川幅あたりの放流数=放流直後の生息密度)は影響していなかった。後者の結果は、放流直後の密度に応じた個体数調節(個体間干渉)が作用していないことを示唆しており、このことから、環境収容力を超える過剰な放流が行われた場合、共倒れ方の競争が卓越し、放流効果が大きく低下する可能性があると考えられた。また、前者の結果から、その影響は緩勾配河川でより強くなることが示唆された。一方、一般河川では、放流強度、河床勾配のいずれの因子も定着度との間に明瞭な関係は認められなかった。その要因としては、河川間で遊漁圧が大きく異なっていた可能性が挙げられる。

一般発表 (増殖資源)

西別川におけるサケ稚魚の降下状況 - 2年間の比較

○春日井 潔・虎尾 充・永田光博 (道孵化場)・嶋崎 宏 (根室管内増協)

・小笠原 豊・大橋 寿教 (別海漁協)

背景と目的 北海道の根室海峡に來遊するサケは、南部では北部に比べて低い資源状態が続いており、この要因として放流時期と沿岸環境との間でミスマッチが起こっている可能性が示唆されている。サケ稚魚の分布と海洋環境との関係を解明し、海洋環境に合った放流時期を検討するため、2007年から根室南部海域で調査を行ってきた。放流時期を検討するにあたっては、降下に要する日数を把握する必要があるため、2008年から降下状況を調査している。根室南部地区のサケ増殖の基幹河川である西別川では河口から約90 km上流に位置するふ化場からサケ稚魚を放流しており、沿岸域に到達するのに長期間かかり、過去の調査結果からは放流時期によって降下に要する日数が異なる可能性が示唆された。本発表では標識魚を用いて放流時期の違いによる降下状況の相違を検証するとともに、2年間のサケ稚魚の降下状況を比較した。

方法 2008年は4月3日、4月17日、5月3日に、2009年は3月26日、4月14日、4月17日に、それぞれ約80～100万尾のALC (アリザリンコンプレクソン) で耳石を染色して標識したサケ稚魚を西別川に上流のふ化場から放流した。4月上旬から6月中旬にかけて、河口から約12 km上流に位置する捕獲場に設置したロータリー式スクリーントラップで降下するサケ稚魚を採捕した。調査期間中、毎日採捕された魚類の確認を行い、種別に尾数を計数した。採捕されたサケ稚魚は定期的に取り上げ、麻酔をかけた後、5%中性ホルマリンで固定し、後に70%エタノールに移し換えて標本とした。標本は尾叉長および体重を測定した後、耳石を取り出し、蛍光顕微鏡下でALC標識の確認を行った。調査期間中は西別川の上流から下流にかけて数カ所にデータロガーを設置して水温を記録した。

結果と考察 採捕されたサケ稚魚は2008年が6,230尾 (標識魚146尾)、2009年が12,098尾 (242尾) で、2年間で大きな差がみられた。標識魚がふ化場から捕獲場まで降下に要した日数の平均は、放流の早い順に2008年が26日、12日、9日、2009年が28日、15日、14日で、放流時期が早いほど降下に日数を要した。また、両年とも放流が早いほど再捕された期間も長かったが (2008年: 24～12日間; 2009年: 48～34日間)、2009年は2008年の約2倍の長さであった。Area-under-the-curve法で再捕された標識魚の尾数を推定したところ、2008年は78～210尾、2009年は90～350尾 (100万尾当たり) で、放流時期が同じ標識魚を比較すると2009年が2008年より多く再捕された。放流開始時では2009年は2008年より西別川下流の水温が高く推移しており、このことが降下状況の違いをもたらした可能性があると考えられた。

一般発表 (生態)

北太平洋におけるサケ属魚類による陸圏への POPs 輸送

○富田 まゆ子 (北大院水)・宮崎 信之 (東大海洋研)・梶山 雅秀 (北大院水)

目的 北太平洋におけるサケ属魚類(*Oncorhynchus* spp.)は摂餌回遊中に体内に蓄積した残留性有機汚染物質(以下 POPs: Persistent Organic Pollutants)を陸圏に輸送することが報告されている(Ewald et al. 1998, Krümmel et al. 2003)。POPs は 1940 年代から主に殺虫・殺菌剤として広く用いられた有機化合物であり、残留性、長距離移動性、生物蓄積性および毒性を持つ。POPs は赤道付近で暖められて極域へ飛散し、極域で冷却されて集積する。一方、北太平洋のサケ属魚類は地球温暖化によりその分布範囲は北へ移動することが予測されている。このことから、地球温暖化の進行にともないサケ属魚類における POPs の蓄積が増加し、陸圏への輸送量も増加することが考えられる。しかしながら、サケ属魚類による POPs 輸送に関する研究は少なく、日本国内における輸送量に関する報告は皆無である。そこで本研究では、サケ(*O. keta*)およびサクラマス(*O. masou*)によって岩手県沿岸に輸送される POPs 量を明らかにすることを目的とした。

材料と方法 2007 年 11 月に岩手県大槌湾よりシロザケ雌雄各 3 個体を、2001 年 4 月、2003 年 5 月、2006 年 7・8 月にサクラマスのメス 14 個体を定置網によって採集した。シロザケは筋肉、肝臓、生殖腺、眼、皮、脾臓、腎臓、鰓、心臓、消化器官、脳に分け、サクラマスは筋肉、肝臓、卵巣に分けた後ホモジナイズし、高速溶媒抽出装置(ASE)で抽出を行った。分画・精製した後、GC/MS を用いて POPs 濃度を調べた。分析を行った POPs は Σ HCHs, Σ CHLs, Σ DDTs および HCB である。回帰したサクラマスを採集月によってステージ A (4 月), B (5 月), C (7, 8 月) と合計 3 つの成熟段階に分けた。サケおよびサクラマスの各器官中の濃度を求めた後、器官重量から全蓄積量を計算した。

結果と考察 シロザケのメス 1 尾あたりの POPs 全蓄積量は 2.95-5.09 μ g であり、そのうち 53-68%が筋肉中に、26-41%が卵巣中に蓄積していた。 Σ HCHs のみ卵巣に 77%、筋肉に 21%と逆の傾向を示した。シロザケのオス 1 尾あたりの全蓄積量は 1.82-5.70 μ g であり、全ての物質群に共通して筋肉中に 87%蓄積していた。このことから、シロザケによって岩手県沿岸にもたらされた POPs 全量はシロザケの年間来遊数 900 万尾として、28-48g であった。サクラマスの 1 尾あたりの POPs 蓄積量は、1.20-21.64 μ g であり、ステージごとに筋肉、肝臓、卵巣への蓄積割合が異なった。サクラマスにより岩手県沿岸にもたらされた POPs 全量はサクラマスの年間漁獲数を 3.6 万尾として 0.05-0.78 g であった。本研究から雌雄や成熟度によって POPs の蓄積部位が異なることが明らかとなった。POPs の陸圏生態系への影響力を評価するために、雌雄による影響の違いなどを今後明らかにすることが必要であると考えられる。



Oncorhynchus masou

特別セッション 1

カラフトマスの遺伝学的研究—現状と展望—

阿部 周一 (北海道大学大学院水産科学研究院)

カラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*) の繁殖は、まれに1年、3年、4年で成熟する個体も知られているが、ほとんどは2年周期である。そのため偶数年と奇数年で繁殖集団が分かれており、年級群の資源は隔年の変動を示すことがある。カラフトマスの遺伝学的研究は、繁殖や進化などの生物学的メカニズムを究明し、資源変動の要因を解明する上で重要である。ここでは、これまでに行われてきたカラフトマスの遺伝学的研究を文献上から紹介し、その成果を概観するとともに、今後の研究にどのように役立てて行けばよいか、展望してみたい。

系統分類と分子系統学的解析 形態学的データや各種のDNAマーカーによる推定から、カラフトマスはシロザケやベニザケとともに単系統群をなし、サケ属の中でも最も新しく分化したグループに属する、とされている。(e.g. Phillips et al. 1992, Stearley & Smith 1993, 石黒と西田2004)

遺伝的特性と遺伝構造の解析 カラフトマスの遺伝的解析は、我国に比べ資源量が多い北米やロシアにおいて圧倒的に多い。アロザイムやDNAマーカーによる解析から、1) 同一河川の偶数・奇数年級群間に明瞭な遺伝的分化がある、2) 遺伝的変異は偶数年級群より奇数年級群で大きい、3) 同一河川の年級群間の遺伝的分化は異なる河川の同年級群間の分化より大きい、4) 同年級群では地域間や地域内集団間で一定の遺伝的分化が認められるが遺伝構造は弱い、5) 異なる河川の偶数・奇数年級群間の交雑はF1では奇数年級群の回帰率を下げ、F2では両年級群ともにその生存性を下げる、ことなどが報告されている。(e.g. Aspinwall 1974, Beacham et al. 1985, Brykov et al. 1996, Gharrett et al. 1999)

系統地理学的解析 アロザイムやDNAマーカーを用いた研究から、1) 偶数・奇数年級群の成立は氷河期の異なるrefugia (避難場所) に由来する異所的起源であり、2) 少なくとも90~100万年前に分化した形質である、ことなどが推定されている。(e.g. Polyakova et al. 1996, Brykov et al. 1996)

資源管理への提言 遺伝的解析結果を基に、カラフトマスの保全・資源管理についてこれまでにいくつかの提言がなされている。なかでも、遺伝的に分化した2つの年級群のそれぞれについて保全すべき集団の単位 (evolutionary significant unit; ESU) を地域ごとに同定して絶滅リスクを推定 (e.g. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-25: Hard et al. 1996) し、地域内の野生魚に由来する放流種苗集団を用いた資源の回復を図る (いわゆるsupportive breeding, e.g. Olsen et al. 2000)、という提言などが現実的なものであろう。

今後の展望 本邦のカラフトマスにおける遺伝学的研究の蓄積は、北米や旧ソ連・ロシアに比べ極端に少ない。主な分布が北海道オホーツク沿岸という資源的な少なさにも一因があるのかも知れない。カラフトマスの分布は北太平洋のほぼ全域におよぶため、資源保全は本邦のみでなく世界的な課題であり、本種の極東域からの遺伝情報の蓄積は責務であろう。現在、多くの有用な分子遺伝マーカーがあり、集団遺伝学的分析手段に不足はない。資源量の変動が大きい本邦カラフトマスの遺伝的多様性の評価と遺伝構造の解明、そして保全計画の策定を進める必要がある。

特別セッション 2

カラフトマスの生態学的研究—現状と展望—

梶山 雅秀（北海道大学大学院水産科学研究院）

遡河性サケ属魚類 *Oncorhynchus* spp. は、海洋での豊富な餌資源を求めて降海性を、また繁殖のために母川回帰性を進化させてきた。カラフトマス *O. gorbuscha* は浮上直後に高塩分濃度の沿海域まで降海し、海洋分布域とバイオマスはサケ属の中で最も広く多い。一方、カラフトマスは河口域に近い流域で産卵するため、シロザケに比べて卵膜が厚く、仔魚期における卵黄の血液循環系と鰭条の発達弱いという形態学的特徴と、サケ属の中でも迷い込みが最も多いという生態学的特徴を有する。

カラフトマスは、ほとんどの個体が海洋生活2年で生活史を終えるため、奇数年級群と偶数年級群では繁殖隔離が行われ、両年級群間のバイオマスは著しい差が見られる（北太平洋全体では奇数年 > 偶数年、北海道では逆の傾向）。北太平洋のカラフトマスの漁獲量は他のサケ属同様に 1975/76 レジームシフト後に著しく増加しているが、環境収容力の時系列変化では 1998/99 レジームシフト以後徐々に減少傾向に転じているように見える。一方、わが国のカラフトマス来遊数は 1990 年頃より増加し、2002 年には約 3 千万尾に達したが、その後減少して現在は約 1 千万尾の水準を維持している。この最近のわが国におけるカラフトマスのバイオマス変動はロシア産カラフトマスのそれと類似しており、その再生産は人工孵化放流事業よりも野生魚に負うところが大きいとの報告がある。しかし、再生産曲線における残差 ($P - \ln(R/P)$ 関係の残差) は、両者間で有意な関係が見られず、eco-region は異なる可能性が高い。

北太平洋生態系におけるカラフトマスの栄養段階はサケ属の中で最も低く、ほぼシロザケと同じか、それよりも若干低いことが $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ から明らかである。カラフトマスは海洋で動物プランクトンを摂餌するケースが多く、シロザケとほぼ同じ摂餌ニッチに位置する。ただし、カラフトマスのバイオマスが多いとき（奇数年）は、シロザケの胃内容物からコペポダ、端脚類やオキアミ類が消失し、ゼラチン質動物プランクトンが卓越することが報告されている。このことは、餌ニッチがシロザケよりカラフトマスの方が高いというより、カラフトマスのバイオマスの多さに起因するところが大きいと考えられる。

最近、わが国でもサケ属の自然再生産魚の重要性が見直されているが、自然再生産を評価するためには正確な遡上数と産卵床数の把握が基本となる。カラフトマスの河川産卵遡上動態を把握するには、台形近似法 (AUC)、最尤法 (MLA) および産卵環境収容力法 (SCC) がきわめて有効である。

今後の展開として、カラフトマスの持続可能な利用を図るためには、自然再生産環境を維持改善しつつ、順応的管理と予防原則をベースとした生態系アプローチ型持続可能な資源保護管理をどう展開するかが重要である。

特別セッション 3

漁業資源としてのオホーツクサーモンとその利用

新谷 哲章 (網走漁業協同組合 理事)

カラフトマスは、秋サケ漁の直前にあたる7月下旬から9月上旬に漁期を持ち(ピークは8月下旬)、オホーツク海沿岸での生産量が国内生産量全体の大部分を占める。網走沿岸の漁業生産全体のうち、カラフトマスは生産量、金額ともに3%程度にすぎないが(過去10年平均2,400t, 3.3億円)、マス定置漁業の着業者は組合員の半数を超える重要な漁業である。

漁獲が短期間に集中し、豊漁年と不漁年が明確であり、漁期が夏であるため痛みやすいなど、カラフトマスには加工原料として不利な面も多い。魚価は200円/kg程度と秋サケと比べて安値であり、魚価の向上が課題である。そこで、カラフトマスの長所である脂質が多く、食味がよいという特徴を生かすため、網走地区では漁業者、仲買人、加工業者が努力し、滅菌海水、滅菌海水氷、ステンレスタンクの使用による徹底した鮮度、衛生管理を行っている。さらに、希少価値や地域性が高いという特徴を生かすため、「オホーツクサーモン」の愛称をつけて知名度や付加価値の向上を図ってきた。最近では「はや戻り鱒」、「山漬け(あばしり鱒)」、「網走ザンギ丼」、「網走モヨロ鍋」など多くの商品開発を加工業協同組合と協同で進めている。

カラフトマスの商品価値をさらに高め、安定した供給を実現するためにも、カラフトマスの漁獲量の安定化に向けた今後の調査・研究に期待したい。

The image consists of three panels related to Oshima Salmon. The left panel is a dark advertisement with the text "PURE & HEALTHY" and "オホーツクサーモン" (Oshima Salmon). It features a photograph of a fish and a bowl, and a small illustration of a fish. The middle panel is a white page with a map of the Oshima region, a list of salmon products with prices, and a small illustration of a fish. The right panel is a white advertisement with the text "PURE & HEALTHY" and "オホーツクサーモン" (Oshima Salmon). It features a large illustration of a salmon and the text "オホーツク生まれの自然児" (Natural child born in Oshima).

特別セッション4

最近の北海道におけるカラフトマスの資源と増殖

○宮腰 靖之・藤原 真・安藤 大成・下田 和孝・卜部 浩一・虎尾 充

・春日井 潔・永田 光博（北海道立水産孵化場）・星野 昇（北海道立中央水産試験場）

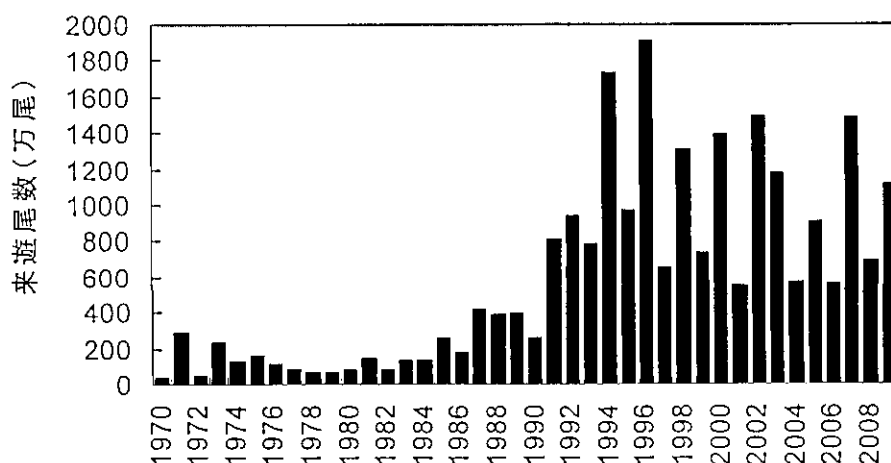
背景 カラフトマスは本道では道東を中心とした漁獲対象魚種である。1981～1990年には平均244万尾であった全道への来遊数は1990年代半ば以降、急速に増加し、1991～2000年の平均は1131万尾、2001～2009年の平均は954万尾となっている。カラフトマスは丸2年の生活史を持つため、奇数年と偶数年の個体群は独立しており、豊漁と不漁を一年おきに繰り返すことが多いが、本道においては1991～1992年、2003～2004年に豊漁と不漁の年が入れ替わる現象も見られている。また本道の中でも、カラフトマスの最近の資源変動の傾向は地域によって大きく異なっている。サケやカラフトマスと同様にカラフトマスも古くから増殖の取り組みが行われ、現在では毎年約1億4千万尾の稚魚が放流されている。ただし、カラフトマスの資源や増殖に関する調査研究が十分に行われてきたとは言えず、資源管理や増殖技術の確立に向けた今後の課題も数多い。

内容 第3回サケ学研究会の特別セッション「カラフトマス研究の現状と今後の展開方向」では、道立水産孵化場から3題を発表し、最近の資源変動に見られる現象や調査研究から得られた知見を紹介する。

本発表では、

- ・ 最近の資源変動（沿岸漁獲，河川捕獲）と増殖事業の現状
- ・ カラフトマスの自然再生産状況（オホーツク全域および根室管内の一部）
- ・ 河川に遡上したカラフトマスの計数形質の調査結果

等を紹介し、現在蓄積されつつある資料やそれらに関連する今後の課題を整理する。



最近の本道におけるカラフトマスの来遊尾数の推移

特別セッション5

網走沿岸におけるカラフトマスの海洋初期生活

○藤原 真・安藤 大成・隼野 寛史・宮腰 靖之・永田 光博（北海道立水産孵化場）

背景 北海道では1990年台以降、毎年約1億4千万尾のカラフトマス人工孵化稚魚が放流されているにもかかわらず、隔年で豊不漁を繰り返すことが知られている。北海道のカラフトマス来遊構造をモデルにより統計的に推定した最近の研究例もある（森田2005）。ただし、野外調査結果に基づくものではなく、本邦におけるカラフトマスの生態に関する研究事例が極めて少ないことから隔年変動のメカニズムについては不明である。一般にサケマス類は海洋初期生活期に高い減耗が起こることが知られており（Parker 1968; Mortensen 2000）、沿岸域での分布移動や成長に関する初期生態を明らかにすることは重要である。そこで2002年からオホーツク海網走沿岸においてカラフトマス稚魚の分布と成長、海洋環境をモニタリングし、加えて2005～2008年には網走川において耳石ALC標識したカラフトマス稚魚の放流試験を行った。

方法 稚魚の採集調査および海洋観測は網走沿岸域の12定点（4定線、各定線に1Km, 4Km, 7Kmの3点）で行った。採集には2艘曳き網を用いて約2Km曳航した。調査は4月下旬から7月上旬まで旬一回実施した。また、渚帯では地引網による採集調査も行った。採集したカラフトマス稚魚は5%中性ホルマリンで固定後、70%エタノールに置換して保存した。体長、体重、胃内容物量を測定し、胃内容物は食性分析に供した。2007年春には放流時期を検討するため、耳石ALC標識を施したカラフトマス稚魚2,537千尾（総放流数4,524千尾）を網走川に放流した。放流翌年の2008年秋には網走川、常呂川、止別川において捕獲親魚から耳石を回収し、ALC標識を確認した。

結果と考察 カラフトマス稚魚の分布はSST（表面海水温）に影響を強く受けた。2003年と2005年には5月のSSTが8℃以下であり、渚帯に稚魚の多くが分布したが、沿岸域ではほとんど分布がみられなかった。一方、2002年と2004年には5月のSSTが8℃以上であり、沿岸域に稚魚が多く分布した。冷涼年である2003年と2005年の1Km沖に分布した稚魚の平均尾叉長（2003;49.1mm, 2005;48.4mm）は、温暖年である2002年と2004年のそれより有意に小さかった（2002;57.8mm, 2004;66.4mm）。この結果は低水温下でカラフトマス稚魚が長期間渚帯に滞留した2003年と2005年に比べ、広い生息域を利用できた2002年と2004年の方がより早く成長できたことを示唆した。また、沿岸域におけるカラフトマス稚魚の採集尾数と翌年の沿岸漁獲数の間には相関関係が認められた（ $r^2=0.3563$ ）。これは低水温下での分布がカラフトマス稚魚の成長と生残に強く影響している可能性を示唆するものである。2007年の1Km沖でのALC標識魚の分布は4月下旬放流群、5月上旬放流群ともにSSTが10℃を超えた5月下旬から増加し、未標識魚の分布パターンと一致した。沿岸域の標識魚の採集尾数は4月下旬放流群72尾、5月上旬放流群113尾、翌年の遡上尾数は前者が686尾、後者が1,081尾と推定され、いずれも5月上旬放流群の方が有意に多く、前述の仮説を裏付ける結果となった。

特別セッション6

標識放流試験から見たカラフトマスの母川回帰性

虎尾 充・藤原 真・宮腰 靖之・佐々木 義隆・春日井 潔・永田 光博（北海道立水産孵化場）

背景 カラフトマスの母川回帰性はサケに比べると弱いとされ、これまでに本道で行われたいくつかの試験結果もそれを支持している。徳志別川での 2000 年級カラフトマスの標識発見率は 1%（放流時標識率 42%）、また伊茶仁川では 200 年級で 3.9%（放流時標識率 62%）、2001 年級では 1%（放流時標識率 100%）と著しく低いことが報告されている。オホーツク海側の網走川における 2006 年級群カラフトマスの耳石 ALC 標識放流・回収調査でも、回帰時の旬別標識発見率は 1.5-3.0%であった（放流時標識率 56.1%）。いずれの調査でも母川の近隣河川のみならず他海区河川への迷入も確認されており、その発見率も母川での発見率と大差ないことから、カラフトマス放流魚の母川回帰性そのものに疑問がもたれていた。本発表では、2008 年に実施した当幌川における回帰調査の結果紹介を中心に、本道における標識放流試験からみたカラフトマスの母川回帰性について知見を整理したい。

方法 当幌川におけるカラフトマスの標識放流は、2006 年秋にカラフトマス発眼卵に耳石 ALC 標識を施し、2007 年 3 月下旬～4 月初旬に河口から 45km 上流にある当幌川ふ化場から浮上稚魚を自然放流して実施した。放流尾数は約 480 万尾であった（標識率 100%）。標識魚が回帰した 2008 年に根室海区の捕獲河川 13 河川中 11 河川の親魚の耳石回収を行った。回収した耳石 5,790 検体分について蛍光実体顕微鏡で ALC 標識の有無を確認した。また、当幌川支流へのカラフトマス親魚の迷入を確認するため、9 月上旬から 10 月下旬に旬 1 回、放流場所である当幌ふ化場付近の本流と親魚の遡上が確認された支流サクラ川において、カラフトマスの産卵後斃死個体（ホッチャレ）から耳石を回収し、ALC 標識の有無を確認した。

結果 当幌川での標識魚発見率（標識魚尾数/耳石回収尾数）は、63.2%であった（1,027 尾/1,626 尾）。一方、根室管内の他の捕獲河川での標識発見率は 1.06-3.88%であった。当幌川での標識発見率は他河川に比べて高く、当幌川に放流されたカラフトマスではある程度の母川回帰性を持つことが示唆された。また、調査を行った全ての河川で標識魚が確認されたことから、根室管内全域にわたって母川以外の河川への迷入があることも明らかとなった。ホッチャレ耳石回収調査では、本流で 80 尾の耳石を回収し 47 尾に ALC 標識魚が確認された（58.8%）。一方、支流サクラ川では 175 尾のホッチャレを回収し 9 尾の ALC 標識魚が確認された（5.1%）。これは、当幌川に遡上した標識魚でも支流への迷入があることを示すとともに、同一河川内でも野生魚が放流魚とは異なる遡上時期や場所で自然再生産を行っている可能性を示唆するものである。

他の標識放流試験に比べ当幌川での標識発見率が高い理由は現状では不明であり、今後放流場所と母川記銘の関連性、海区間の迷入状況の把握、年級群による母川回帰性の違い等を明らかにしていく必要がある。

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 <u>増殖資源部門</u> 事務局 (役員) 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。
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。	(現在の役員) 会長: 焔山雅秀 遺伝学部門代表：阿部周一 生態学部門代表：焔山雅秀 生理学部門代表：上田 宏 <u>増殖資源部門代表：永田光博</u> 事務局長：工藤秀明

(2009年12月5日現在)

下線箇所が追加・変更点

発表者連絡先（敬称略・発表順）

山本雄三 yuzo@fsc.hokudai.ac.jp
坂東 洋 bandoh0110@fsc.hokudai.ac.jp
上田 宏 hueda@fsc.hokudai.ac.jp
三原徹大 h3yambe@bioindustry.nodai.ac.jp
山家秀信 h3yambe@bioindustry.nodai.ac.jp
牧口祐也 yuya-m@fsc.hokudai.ac.jp
佐藤俊平 sato.shunpei@fra.affrc.go.jp
小倉優一郎 jitennsya-kogu@fish.hokudai.ac.jp
鄭 亮 dong589@hotmail.com
清水宗敬 mune@fish.hokudai.ac.jp
今川聖士 h3yambe@bioindustry.nodai.ac.jp
江藤彰洋 akietoh@fish.hokudai.ac.jp
千田淑恵 yoshie-senda@ec.hokudai.ac.jp
劉 正南 susia000@hotmail.com
吉田悠貴 y-yoshida@fsc.hokudai.ac.jp

工藤秀明 hidea-k@fish.hokudai.ac.jp
神力義仁 shinrikiy@fishexp.pref.hokkaido.jp
徐 賢珠 uagiri@fish.hokudai.ac.jp
越野陽介 y_koshino516 @fish.hokudai.ac.jp
鍵和田玄 no_haruka_no_life@ees.hokudai.ac.jp
卜部浩一 urabeh@fishexp.pref.hokkaido.jp
春日井潔 kasugaik@fishexp.pref.hokkaido.jp
富田まゆ子 tomida@fish.hokudai.ac.jp
阿部周一 abesyu@fish.hokudai.ac.jp
焔山雅秀 salmon@fish.hokudai.ac.jp
新谷哲章 tshinya@carrot.ocn.ne.jp
宮腰靖之 miyakoshiy@fishexp.pref.hokkaido.jp
藤原 真 fujiwaram@fishexp.pref.hokkaido.jp
虎尾 充 toraom@fishexp.pref.hokkaido.jp

領 収 書

第3回サケ学研究会参加費として
¥ 500- を領収しました。

2009年12月5日



サケ学研究会事務局
工藤秀明

サケ学研究会

会長：焔山雅秀
遺伝学部門代表：阿部周一
生態学部門代表：焔山雅秀
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
海洋生態系保全戦略領域
Tel/Fax 0138-40-5602

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

発行日：2009年12月5日
発行所：サケ学研究会