

第14回 サケ学研究会 講演要旨集

**Abstracts for the 14th Conference of
Salmon Science Society (3S)**



日時：2021年12月11日（土）

場所：〈サテライト会場〉

①札幌市：国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所
（札幌庁舎）

②函館市：函館市国際水産・海洋総合研究センター

③岩手県大槌町：東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター
およびオンライン

第14回サケ学研究会プログラム

Program for the 14th Conference of Salmon Science Society (3S)



日時：2021年12月11日（土） 13:00開催，各会場12:30会場予定

場所：〈サテライト会場〉

- ①札幌市：国立研究開発法人水産研究・教育機構水産資源研究所（札幌庁舎）
北海道札幌市豊平区中の島2条2丁目4-1 (<http://hnf.fra.affrc.go.jp/sosiki/access.html>)
- ②函館市：函館市国際水産・海洋総合研究センター
北海道函館市弁天町20番5号 (<https://center.marine-hakodate.jp/access/>)
- ③岩手県大槌町：東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター
岩手県上閉伊郡大槌町赤浜一丁目19番8号 (<http://www.icrc.aori.u-tokyo.ac.jp/access.html>)

13:00-13:05 開会挨拶 会長 荒木仁志（北大院農）

13:05-13:45 招待講演「道東における大規模有害赤潮の発生と対応の状況」
高嶋孝寛（道中央水試）

13:45-16:30 一般講演 [*G1-4: サケ科学奨励賞選考対象講演]

座長：宮下和士（北大 FSC）

- 13:45-14:00 G1 *産卵が近づくと消極的になるシロザケの求愛行動
関 恭佑（北大院環）
- 14:00-14:15 G2 *サケ増殖事業とエピジェネティクス（話題提供）
小亀友也（道さけます内水試）
- 14:15-14:30 G3 *岩手県産サケ稚魚の摂餌環境とエネルギー要求量
飯野佑樹（東大大海研）
- 14:30-14:45 G4 *三陸岩手サケの消化管内から検出された条虫2種の遺伝特性分析
俵山 彩（岩手大院総合科学）
- 14:45-15:00 *Coffee Break* （奨励賞の投票）

座長：市村政樹（標津サーモンパーク）

- 15:00-15:15 G5 環境DNA技術を用いた豊平川放流サケ稚魚の降河行動の推定
藤井和也（北大院農/（株）福田水文セ）
- 15:15-15:30 G6 環境DNA分析に基づく岩手県大槌湾におけるサケ稚魚および餌生物の時空間的動態
峰岸有紀（東大大海研）
- 15:30-15:45 G7 成熟齢変化を考慮したサケ来遊予測手法
卜部浩一（道さけます内水試）
- 15:45-16:00 G8 日本海で標識放流したサケの回遊行動
實吉隼人（道さけます内水試）

座長：佐藤俊平（資源研さけます部門）

16:00-16:15 G9 北海道のイワナ属オショロコマ 1. 河川残留型一腹仔の phenotype 分岐と phenotype の生態学的意義について

河村 博（道総研フェロー）

16:15-16:30 G10 三陸岩手サクラマス の遺伝特性分析

塚越英晴（岩手大三陸水研セ）

16:30-16:35 サケ科学奨励賞授与式

16:35-16:50 総会

16:50-16:55 昼の部・閉会挨拶 会長 荒木仁志（北大院農）
写真撮影

16:55 昼の部・閉会

19:00-21:00 「サケ学研究会 Night PARRty」

山口 文・小亀友也（道さけます内水試）
小倉裕平・水本寛基（資源研さけます部門）

招待講演

道東における大規模有害赤潮の発生と対応の状況

(地独) 北海道立総合研究機構中央水産試験場 高嶋孝寛

【大規模有害赤潮の発生状況】2021年9月20日頃、釧路市桂恋地先において赤潮が発生した(水産研究・教育機構(以下、水研機構)釧路庁舎からの情報提供)。その後、赤潮の発生海域は急速に広がり、10月には東は根室市の太平洋側沿岸、西は浦河町沿岸に達した。道総研では9月29日、発生海域では渦鞭毛藻類等の赤潮原因プランクトンが観察され、それらの出現範囲は厚岸～十勝沿岸の広範囲にわたったことをプレスリリースした。試験調査船北辰丸による10月定期海洋観測で採集した試水を顕微鏡観察したところ、道東沖合の親潮系水分布域にも原因プランクトンが広く分布していたことが確認された。このことは、気候変動観測衛星「しきさい」による観測画像の高濃度クロロフィルaの分布とおおむね合致していた。原因プランクトンの細胞数密度は、海域によっては11月上旬まで高密度で観測されたが、中旬から下旬にかけて急速に減少した。

【被害状況】赤潮が発生した2021年9月以降、根室振興局から日高振興局浦河にいたる道東太平洋沿岸で漁業被害が発生し、沿岸域に生息するエゾバフンウニや定置網に入網したサケなどがへい死した。北海道は漁業被害の実態調査に着手し、推定された漁業被害総額は11月19日現在で80億円以上に達した。そのうち9割程度をウニにおける被害が占める(北海道発表)。これら被害額は、今後の調査の進展とともに増加する可能性がある。

【赤潮原因プランクトンについて】一連の大規模有害赤潮の原因種は、当初、2015年に函館湾で発生した赤潮で原因種となった暖水性の渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* とみられていた。しかし、水研機構が採集した試水中に *K. mikimotoi* より細胞サイズが一回り大きい別の *Karenia* 属が含まれていたことなどから、水研機構および東京大学において詳しく分析したところ、一連の大規模有害赤潮における優占種は *K. selliformis* と同定された。この *K. selliformis* は、2020年にカムチャッカ沿岸で海洋生物を大量死させた赤潮の原因種として疑われているが、その有害性や増殖の特性については不明な点が多い。なお、国内で *K. selliformis* を原因種とした有害赤潮が発生したことは、初めてのことである。

【モニタリングと今後の対応】今般の大規模有害赤潮の発生以来、道総研では北海道と連携し、発生海域の30点以上において、海洋観測と採水・検鏡によるモニタリングを実施している。今後は、水研機構および北海道と連携し、今般の大規模有害赤潮の原因種の生態や有害性、道東太平洋における赤潮発生条件等の解明に向けて、調査研究を進めることを計画している。

一 般 講 演

産卵が近づくと消極的になるシロザケの求愛行動

○関 恭佑(北海道大学環境科学院)・牧口祐也(日本大学生物資源科学部)

【背景・目的】日本のサケ(*Oncorhynchus keta*)資源は人工授精を伴う栽培漁業に支えられている。しかし、人工授精は本来淘汰される個体の遺伝子を子孫に受け継いでしまう可能性があり、将来的に個体数の減少を招く可能性が指摘されている。したがって、サケ自身に配偶者を選ばせる自然産卵が個体数減少にとって悪影響の少ない手法だと考えられる。サケの産卵行動は多くの研究がされているが、時間的変化に着目した研究はない。将来的にサケの自然産卵を推進するためには、放精・放卵までの一連の行動を理解する必要がある。サケが産卵に至るまでの行動は雌雄間で異なる。メスは産卵床を形成するために尾びれで河床を掘る(掘り行動)。一方、オスはメスの傍で体側筋を強く震わせてアピールする(求愛行動)。求愛行動は体力を多く消耗することに加えて、斃死までの限られた時間内でメスよりも多くの交配を行うと考えられる。オスが時間的・エネルギー的制約の中で、求愛行動をどのように変化させているかについては明らかになっていない。本研究はサケの産卵行動に関する基礎研究として、産卵に至るまでの求愛行動の時間的変化を、加速度データロガーとビデオカメラによる画像解析の手法を使って調べた。

【材料・方法】求愛行動の振動数や振幅、持続時間の時間的変化を明らかにするため、①加速度データロガーによる行動の定量化を試みた。2011年11月1日から11月18日に、北海道標津川に遡上したサケ54尾の背鰭左側前方に加速度データロガー(D2GT, リトルレオナルド社)を取り付け、標津サーモン科学館内の魚道水槽において雌雄1対1で産卵行動を記録した。産卵から2時間前までに起こった求愛行動の加速度波形を抽出し、振動数や振幅、持続時間を算出し、10分ごとの値の変化を確認した。求愛行動をメスに伝える際、距離が離れてしまうと振動が減衰し、十分にメスに伝わらない可能性も考えられる。したがって求愛行動時の雌雄の距離は重要な要素だといえる。そこで、雌雄の距離の時間的変化を明らかにするため、②画像の解析による距離の測定を行った。2020年11月4日から11月30日に実施し、北海道標津川に遡上したサケ28尾を使用した。標津サーモン科学館内の魚道水槽において雌雄1対1で産卵行動をさせ、その様子をビデオカメラで真上から撮影し、計44回の産卵行動を記録した。後日産卵から2時間前における映像を確認し、求愛行動が起きたタイミングで動画を停止し、オスとメスの距離を測り、10分毎の変化を確認した。

【結果・考察】①求愛行動の加速度波形は放精のおよそ40分前になると、振幅・持続時間が小さくなる結果が得られた。②求愛行動のときのメスとオスの距離は、産卵から50分前になると遠くなる結果が得られた。①、②の結果から、オスは産卵の50~40分前になると、求愛行動が控えめになると考えられる。産卵の50~40分前には、メスが卵を産み付けるための産卵床がほぼ完成している。よって、オスは放精のタイミングを伺うため積極的な求愛行動が出来ずにいることや、ペアのメスの放卵が確実であるため、次のペアに備えて体力を温存していることが考えられる。

G2 サケ科学奨励賞選考対象講演

サケ増殖事業とエピジェネティクス（話題提供）

○小亀友也・神力義仁・山口 文・ト部浩一（道さけます内水試）

【背景】

北海道では増殖事業により毎年約10億尾のサケの稚魚を放流し、2千万尾近くの親魚が回帰している。サケの増殖事業では、親魚の捕獲後から蓄養、受精、稚魚の放流までを人工的な環境下で管理しているため、ふ化場魚に対して野生魚とは異なるエピジェネティックな変化（遺伝子の修飾）を誘発する可能性がある。海外ではエピジェネティック制御の一つであるDNAのメチル化状態が、回帰したふ化場魚と野生魚で異なり、その違いは生殖細胞にも生じていたという報告がある。人工的な環境下で生じるDNAのメチル化状態の変化は、ふ化場魚の形質や行動に影響を与える可能性も考えられる。近年の北海道におけるサケの来遊不振の原因に環境変動が挙げられているが、人工的な飼育によるエピジェネティックなDNAの変化が生残にもたらす影響も検証していく必要がある。そこで今回は、現在行っているDNAのメチル化に関する研究を紹介し、それに対する皆様のご議論をお願いしたいと考えている。

【目的】

本研究では、北海道のサケにおいて、DNAのメチル化状態が増殖事業による影響を受けているか明らかにする。そこで、遡上したふ化場魚と野生魚のDNAのメチル化状態の差の有無を把握するとともに、異なる飼育環境が与える影響について調査を行う。

【材料と方法】

石狩川水系の千歳川での捕獲親魚をふ化場魚、漁川の遡上親魚を野生魚として、交配試験を行った。今後、下記のように管理する条件を設定し、各段階で得られたサンプルからDNAを抽出し、メチル化解析を行う予定である。

・回帰したふ化場魚と野生魚の比較

千歳川の捕獲親魚（ふ化場魚）と漁川の遡上親魚（野生魚）の精子と肝臓を採取した。

・蓄養時における配偶子への影響

千歳川の捕獲親魚を10℃と14℃で各7尾ずつ蓄養し、開始前、7日後と11日後の計3回精子を採取した。

・卵管理時の水温による影響

交配試験で得た受精卵をそれぞれ4℃と10℃で管理する。浮上時に肝臓、筋組織を採取する。また、浮上後から8℃で1gになるまで飼育し、肝臓と筋組織を採取する。

・稚魚飼育時の水温による影響

浮上まで10℃で管理した稚魚を10℃と6℃で1gまで飼育し、肝臓と筋組織を採取する。

岩手県産サケ稚魚の餌料環境とエネルギー要求量

○飯野佑樹・北川貴士・阿部貴晃（東大大海研）・長坂剛志・清水勇一（岩手水技セ）

【背景・目的】岩手県沿岸河川へのサケ (*Oncorhynchus keta*) 親魚回帰率には、稚魚が降海後に滞泳する沿岸域の海洋環境が強く影響すると考えられている。特に2010年以降、春季の津軽暖流や黒潮系暖水の勢力強化が3年後に4歳魚の回帰率低迷を招いた可能性が指摘されている。しかし、暖流勢力の強化が放流された稚魚の餌料環境と成長に及ぼす影響は、明らかでない。そこで本研究では、岩手県のサケ4歳魚回帰率を0.8~1.5%期、0.3~0.8%期、0.3%未満期に大別し、これら3期および直近年について、その代表年級の稚魚が降海した2005, 2008, 2016, 2018年の暖流勢力、餌生物の分布密度、および北上回遊中のサケ稚魚のエネルギー要求量を比較することで、エネルギー要求量に対する餌量の過不足について検討した。

【材料・方法】 2005, 2008, 2016, 2018年の漁業指導調査船岩手丸による70海里定線観測で得た春季水温・塩分データを用いて、本県沿岸0~70海里に分布していた水塊を冷水（親潮系冷水, 沿岸親潮水）と暖水（津軽暖流水, 黒潮系暖水）に分類し、冷水に対する暖水の比（暖水比）を算出した。動物プランクトン標本は、各年の5月下旬から6月上旬にノルパックネット鉛直曳きで採集されたものを用い、動物分類群ごとに分類・計数し、分布密度（個体 m^{-3} ）を算出した。サケ稚魚の主要な餌生物である *Neocalanus* 属は体重を計測し、単位体重あたりのエネルギー量を乗じることで、1個体あたりのエネルギー量（J）を算出した。北上回遊中のサケ稚魚のエネルギー要求量の推定には、サケ稚魚の呼吸代謝実験の計測結果をもとに、新たに作成したエネルギー収支モデルを用いた。モデル式に、北海道に到達した岩手県産稚魚の日間成長速度と移動速度（水産資源研究所, 未発表）、各代表年の表層水温を代入し、エネルギー要求量（ $kJ day^{-1}$ ）を推定した。

【結果・考察】 暖水比について、2005年（回帰率0.8~1.5%期）、2008年（同0.3~0.8%期）、2016年（同0.3%未満期）、2018年（直近年）ではそれぞれ0.89, 2.36, 6.46, 7.11であり、期毎に暖流勢力が倍増し、現在に至っていた。動物プランクトンの分布密度は2008, 2016, 2018年では2005年に比べ低い傾向にあった。特に *Neocalanus* 属については、分布密度が最大で80%低く、体重が期を追う毎に小さくなっていた。稚魚のエネルギー要求量は全年通じて1.5~1.6 $kJ day^{-1}$ とほぼ一定だったが、*Neocalanus* 属1個体あたりのエネルギー量が小さくなっていたため、稚魚の要求量を満たすにはそれぞれ838, 3508, 5469, 6890個体の *Neocalanus* 属が必要であると計算された。このように、2000年以降の三陸沿岸域では、稚魚のエネルギー要求量に対する餌不足が低成長を引き起こし、回帰率低迷につながったものと推察された。

【結論】 近年の三陸沿岸域におけるサケ回帰率の低迷は、暖流勢力の強化による稚魚の餌不足が要因の一つであることが定量的に示された。今後は稚魚のエネルギー収支を加味した成長回遊モデルを構築し、稚魚の経験環境に対する行動変化を推定、検証していきたい。

G4 サケ科学奨励賞選考対象講演

三陸岩手サケの消化管内から検出された条虫2種の遺伝特性分析

○俵山 彩(岩手大院総水産)・板垣 匡(岩手大農獣医)・浦和茂彦(水産機構資源研)・塚越英晴(岩手大農水産)

【背景・目的】

サケは岩手県の重要な水産資源であるが、近年、その回帰尾数は減少傾向にあり、資源変動の原因究明が求められている。そのような中、餌資源由来で経口感染する消化管内の寄生虫相に着目し寄生虫検査を行った結果、岩手県沿岸に回帰したサケ親魚の消化管から *Eubothrium* sp. と *Proteocephalus* sp. が高頻度で検出された。このような高頻度で検出される寄生虫の遺伝特性は、宿主であるサケの資源変動の要因を推定する上で重要な基礎的情報になると考えられる。そこで、本研究では、岩手県に回帰したサケの消化管内から得られた *Eubothrium* sp. と *Proteocephalus* sp. を対象に、16S rRNA 遺伝子領域を用いて遺伝特性分析を行なった。

【材料・方法】

10月から12月に岩手県沿岸河川に回帰したサケ親魚1尾から無作為に採取した24個体の虫体を1集団とした。*Eubothrium* sp. では2018年から2020年に回帰したサケ親魚から13集団(計312個体)、*Proteocephalus* sp. では2019年に回帰した親魚から3集団(計72個体)を採取し、分析に供した。虫体から全ゲノムDNAを抽出した後、PCR増幅により16S rRNA 遺伝子領域を増幅し、当該領域の塩基配列を解読した。その後、集団間の遺伝的分化を把握するために、 F_{ST} 値の推定や AMOVA 分析を行なった。

【結果・考察】

Eubothrium sp. および *Proteocephalus* sp. について16S rRNA 遺伝子領域の塩基配列を解読した結果、8種類と19種類のハプロタイプが各々みつきり、両種とも1つのメジャーなハプロタイプと複数のマイナーなハプロタイプで構成されていた。次に、宿主の遡上時期の異なる集団間で F_{ST} 値を推定した結果、両種ともにほぼ全ての組み合わせで遺伝的分化は検出されなかった($P > 0.05$)。また、遡上時期に基づくグループ間で AMOVA 分析を行った結果も上記と同様の傾向を示した($P > 0.05$)。以上のことから、両種とも宿主の遡上時期に関わらず、均一な遺伝的特徴を有していた。しかしながら、*Proteocephalus* sp. についてマイナーなハプロタイプの出現傾向に着目すると、宿主の遡上時期により大きく異なっていたことから、今後、分析検体を増やし、宿主の遡上時期毎の遺伝特性を詳細に把握する必要がある。

G5

環境 DNA 技術を用いた豊平川放流サケ稚魚の降河行動の推定

○藤井和也（北大院農学院）・神戸 崇・井上頌子・荒木仁志（北大院農学研究院）

背景：サケ稚魚の降河行動に関する知見は限られている。野生のサケ稚魚については市民レベルでの降河行動把握の試みがなされており、例えば札幌市内を流れる豊平川では市民団体（札幌ワイルドサーモンプロジェクト、以下 SWSP）による捕獲調査が毎年行われサケ稚魚降河行動解明の一助となっている。しかし調査規模が限定的であることから、降河行動を正確に把握できているとは言い難い。また放流サケ稚魚の降河行動については沿岸域における初期減耗の低減を目的とした研究はなされているものの、放流直後の河川内移動については未解明の部分が多い。

目的：豊平川支流・真駒内川に放流されたサケ稚魚 2 万 7 千尾の降河行動を解明するため、サケ稚魚放流後 3 日間にわたり豊平川での多地点同時・多時点採水を行った。これら河川水サンプルに含まれる DNA（環境 DNA）を抽出し、サケ由来の DNA 濃度を推定することで、放流サケ稚魚の時空間的な縦断分布状況を明らかにすることを本研究の目的とした。

材料と方法：①調査地：主な調査対象河川は石狩川の一次支川である豊平川、主な採水地点は豊平川本流 KP21.3～KP10.6 のうち 9 地点とした。②環境 DNA 試料採取：環境 DNA 試料採水はサケ稚魚放流前の 2020 年 3/19 10:30、サケ稚魚放流後の 3/19～3/21 の 12:30, 18:30, 21:30 に実施した。9 地点のうち St.1(KP20.7:放流地点より 0.5km), St.2(KP16.6:放流地点より 4.6km), St.3(KP10.6:放流地点より 10.6km)では上記時間に加え各採水日の 15:30 と 3/20 の 0:30 にも採水した。さらに St.3 では 3/19 22:30 にも採水した。採水試料は現地において直ちにステリベクスフィルターを用いて濾過を行った。③環境 DNA 分析：フィルターから DNA を抽出後、サケ科ユニバーサルプライマーと iSeq を用いて超並列アンプリコン解析を行った。

結果：St.1-3 を対象とした解析の結果、放流サケ稚魚に由来すると推定される DNA を検出した。サケ DNA 濃度のピークは放流初日に検出され、時間経過と共に下流にシフトしていた。環境 DNA 濃度は下流ほど低下した。放流初日の試料を対象とした解析では、放流後に豊平川 10.6km 調査区間内の総サケ DNA 量が増加し、同日夜間には低下する現象が見られた。

考察：サケ稚魚由来の DNA 量のピーク時間をもとに St.1-3 の各地点間の移動速度を算出したところ、日中の移動速度が小さかった。これは夜間にサケ稚魚の降河行動が活発化することを示した先行研究の結果と一致する。一方 St.3 では複数のピークが観測されたため、さらなる検討が必要である。

結論：本研究を通じて環境 DNA 技術を用いた放流サケ稚魚の降河行動推定が可能であることが示唆された。今後は追加解析と条件検討を行い、より詳細な降河行動の解明を目指す。

謝辞：採水や濾過など現地調査には SWSP 有志一同、北大農学部・動物生態学研究室のメンバーをはじめ多くの方々のご協力を頂いた。ここに記して深謝する。本研究は公益財団法人河川財団の令和 3 年度河川基金助成（助成番号 2021-5211-011）を受け実施した。

G6

環境 DNA 分析に基づく岩手県大槌湾におけるサケ稚魚および餌生物の時空間的 動態

○峰岸有紀・Marty Wong・中尾眞子・西部裕一郎・立花愛子・Yoo-Jun Kim・兵藤 晋
(東大大海研)

【背景と目的】近年、サケ回帰親魚の減少が著しい。その原因のひとつとして、降海後の稚魚期の成長・生残が指摘されている。稚魚期の成長・生残には、海洋環境だけでなく、餌生物の有無が大きく影響するため、降海後のサケ稚魚および餌生物の詳細な動態を理解することが重要である。本研究では、同一のフィルターサンプルを用いた種特異的定量 PCR による環境 DNA 分析により、降海後のサケ稚魚と、その餌生物である冷水性の動物プランクトン 3 種（沿岸性の小型カイアシ類 *Pseudocalanus newmani*, 外洋性の大型カイアシ類 *Eucalanus bungii*, 外洋性の大型端脚類 *Themisto japonica*) の時空間的動態を同時に明らかにすることを目的とした。

【方法】動物プランクトン各種複数個体について mtDNA COI 領域の塩基配列を決定し、種特異的定量 PCR を確立した。サケ稚魚は既報の定量 PCR 系を分析に用いた。採水は、2018 年および 2019 年 1 月から 6 月に週 1 回、岩手県大槌湾の 14 定点で実施した。採水深度は、サケ稚魚が分布する表層もしくは 1 m 層とした。採水後、研究室で海水を濾過し、フィルターから DNA を抽出した。同一の抽出 DNA に対し、動物プランクトン 3 種およびサケ稚魚の定量 PCR をそれぞれ実施した。

【結果と考察】サケ稚魚の DNA は、1 月末から 6 月中旬までの約 5 ヶ月間にわたって湾内で検出された。シーズンのはじめは湾奥で多く、その後、時期が進むにつれて湾全体に拡がり、3-4 月に最も多量に検出された。また、2 月には湾口で DNA が検出され始めた。これらのことから、大槌湾においては、サケ稚魚は 1 月末から 6 月にかけて生息すること、河川から流下したサケ稚魚ははじめ湾奥に分布し、成長に伴って湾の中央部から湾口方向へ移動し、2 月頃から順次、大槌湾を離脱して北方回遊を開始することが考えられた。

サケ稚魚の餌生物である動物プランクトン 3 種については、*P. newmani* と他の 2 種で明らかに異なる動態パターンを示した。*P. newmani* は、調査期間全体にわたって湾全体で多量の DNA が検出され、特に 2 月末から 3 月に急増し、5 月以降徐々に減少した。一方、他の 2 種は、3-4 月にのみ湾内の所々で *P. newmani* と比べて少量の DNA が検出された。海洋環境情報と合わせると、これら動物プランクトン 3 種の動態は、親潮および沿岸親潮の大槌湾内への流入と密接に関連していると考えられた。後者 2 種はサケ稚魚の理想的な餌生物とされるが、大槌湾における分布は時空間的に非常に限定的であったことから、サケ稚魚はこれらの餌生物が得られる場合は積極的にこれらを索餌し、そうでない場合は、例えば *P. newmani* のような豊富に得られる餌生物を利用していると推察された。

G7

成熟齢変化を考慮したサケ来遊予測手法

○ト部浩一（道総研さけます内水試）

【背景と目的】

サケ資源の増殖・管理を進めるうえで、放流用種苗の生産に必要な種卵の安定的確保が最も重要となる。このため、さけます・内水面水産試験場では漁期前にその年の来遊数を予測し、種卵に不足が見込まれるかどうか情報提供を行っている。

しかしながら、近年、サケ来遊数が予測値を大幅に下回る状況が続き、想定を大きく上回る規模の種卵不足が発生していることから、来遊予測精度の向上が喫緊の課題とされてきた。来遊予測にはシブリング法（同一年級群の3（4）年魚と4（5）年魚の来遊数の関係に基づく分析手法）を採用していることから、平均成熟齢が変化すれば予測精度が低下すると考えられる。以上のことを背景とし、本研究では北海道に来遊するサケについて、平均成熟齢の変化を考慮することで来遊予測精度が向上するか検討を行った。

【材料と方法】

さけます・内水面水産試験場および水産資源研究所により行われてきたサケの年齢査定情報に基づき、1983年級から2014年級について年級別に平均成熟齢を推定するとともに、全年級の平均成熟齢の平均値を算出した。全年級の平均値の95%信頼限界上限を上回る値を「高齢年級」、95%信頼限下限を下回る値を「若齢年級」と定義した。95%信頼限界の範囲内にある年級については、3（4）年魚と4（5）年魚の数を説明変数とした判別分析により高齢または若齢年級に区分した。その後、全ての年級を用いた場合、平均成熟齢を考慮した（高齢・若齢年級に分けた）場合に分けてシブリング法による分析を行い、その予測精度を検討した。

【結果および考察】

サケの平均成熟齢は2009年級以降低下を続けており、上記の定義によると、近年の年級は若齢年級に区分されることが明らかとなった。平均成熟齢を考慮したシブリング法を用いた分析では、若齢年級のみを用いることで近年の予測精度が大幅に向上することが明らかになった。平均成熟齢が低下を続ける要因は明らかでないが、一般にサケの成熟齢は成長速度に反比例することが知られていることから、近年では、成長の遅い個体が生き残りにくい状況となっていると推察された。

G8

日本海で標識放流したサケの回遊行動

○實吉隼人・小亀友也・神力義仁（道さけます内水試）

黒田充樹・宮下和士（北大フィールド科セ）

【背景・目的】

近年、サケの漁獲が始まる秋の沿岸水温が高い年が多くみられ、このような年には漁獲時期の遅れや漁獲場所の変化などがみられる。これは冷水性のサケが高水温を避けて泳ぐためと考えられている。しかし、実際の回遊経路や、経験水温については不明な部分も多い。本研究では沿岸に来遊したサケが経験する環境を知るために、水温と深度を記録するアーカイバルタグを用いた標識放流を行った。

【材料と方法】

2020年9月16日に日本海北部の利尻島の沖で漁獲されたサケ19尾を体長測定と採鱗、体色からの成熟度の判別を行った後、アーカイバルタグを背鰭の基部に取り付けて放流した。標識魚を漁獲した漁業協同組合等からタグを回収するとともに、漁獲月日や場所、成熟度の聞き取りを行った。アーカイバルタグに記録された経験水温と遊泳深度から標識魚の回遊行動を解析した。データは放流後と再捕前の24時間を除外し、5時から17時までを日中、以降を夜間として解析に用いた。記録が途中停止した場合は停止までのデータを用いた。

【結果と考察】

標識魚のうち4尾が9月25日から10月5日に、北海道日本海沿岸の石狩市浜益から岩内町の沿岸で再捕され、再捕までの平均日数は 14.0 ± 3.8 日であった。4尾のうち2尾が9月に再捕され、それらは最大で水深150m程度まで潜行して夜間に数回表層付近まで浮上した。経験水温は水深150mでは約 8°C 、表層では約 20°C であった。10月に再捕された2尾は日中に水深400m程度まで潜行し、夜間に水深40mから表層にかけて浮上する明瞭な日周鉛直移動を示した。経験水温は水深400mで約 1°C 、水深40mで約 15°C 、表層で約 20°C であった。北海道日本海沿岸においてサケは回帰時期により異なる回遊行動を示すと考えられた。

G9

北海道のイワナ属オショロコマ

1 河川残留型一腹仔の phenotype 分岐と phenotype の生態学的意義について

○河村 博（道総研フェロー）

サケ亜科では一定の遺伝集団から異なる phenotype（河川残留型、湖沼型、降海型）が分岐することが知られており、その発現には日長周期、成長、栄養状態、遺伝の関与が指摘されている。北海道のオショロコマ *Salvelinus malma krascheninnikovi*（Dolly Varden charr 以下 DV）はアジア側分布南限域のイワナ属であり、2000年代に入り本種がサケ属の姉妹群に含まれ地質学的に最近種分化したことが分子生物学的に明らかになった（Crespi and Fulton 2003, Lecaudey et al. 2018）。一方、本種の phenotype 分岐に関しては不明な点が残されている。そこで真狩川産の河川残留型一腹仔を2年半飼育し、成熟および非成熟個体、さらに後者のうち体表銀白化を示す個体の成長履歴と phenotype 分岐時機、さらに銀白化個体の個体群生態学的意義を明らかにすることを試みた。

材料と方法 旧道立水産孵化場真狩支場にて、1991年1月10日に真狩川産 DV を交配した一腹仔を、1991年4月27日から1993年6月5日まで人工配合餌料と150Lタンクを用いて、自然日長および周年水温約8°Cの流水で飽食給餌飼育した。**実験1**で飼育1~2年目の12月20日~7月14日に44個体（FL：9.1±0.17 cm, mean±SE 以下同様）を、さらに**実験2**で飼育2年目の8月6日に大型群26個体（L群：14.4±0.2 cm）と中小型群32個体（S群：10.9±0.2 cm）をリボンタグ個別標識し、翌年6月5日まで飼育し、期間ごとに体長、体重、瞬間成長係数（SGR：Ln(FL t2-FL t1)/t2-t1）×1000）、性成熟、体表銀白化を記録した。

結果 実験1 ① 平均SGRは12月から3月まで増加し、4月に急激に低下した。標識タグ脱落が3月から観察され始め（脱落率6.8%）6月まで継続した（総脱落率36.4%）。この時期の個体間干渉の活発化が示されるとともに、春（3月ごろ）に性成熟、特に卵黄形成と精子形成が活性化し始め、成熟個体の河川残留型への分岐が行動学的に発現したと推察された。

実験2 ① 初成熟が1993年1月上旬から2月下旬に観察され、L群の成熟率15.6%（雄8個体：18.0±0.4 cm, 雌4個体：17.1±0.5 cm）、他方S群のそれは62.5%（雄12個体：14.2±0.4 cm, 雌8個体：14.4±0.4 cm）を示した。② 非成熟個体の一部に体表銀白化が1月に認められ、L群の銀白化率34.6%（9個体：18.1±0.4 cm）そしてS群のそれは15.6%（5個体：15.2±0.4 cm）を示した。③ LおよびS群の平均SGRは夏から冬に低下し両群で傾向が一致した。一方、銀白化個体は冬も成長を維持していた。④ 成長履歴から銀白化個体は両群において、非成熟個体のうち実験開始時の体サイズが大きい範囲に含まれることが明らかになった。⑤ これらの結果から、DVの河川残留型分岐が飼育2年目の初夏には完成し、非成熟群のうち大型個体が秋から冬にかけて銀白化したことが分かった。銀白化個体にスマルト化（降海型）が観察されず、これらは河川残留型に属することが知れた。

考察 DVの phenotype 分岐と体サイズの関係は、サクラマスほど明瞭ではないことが知れた。特に銀白化個体は成熟より成長を優先する生活史変異を選択するグループと考えられ、冬から春に本流に移動するグループ（河川内移動群）で、より大型化すると推察された。また成熟群と銀白化群の分岐が、生理学的に飼育第1年目の秋から冬に生じたと推察された。

G10

三陸岩手サクラマスの遺伝特性分析

○塚越英晴（岩手大三陸水研セ）

【背景と目的】 サクラマス *Oncorhynchus masou* は我国の水産重要種であるが、資源管理に資する遺伝学的知見はまだ不十分であり、特に、本州集団の知見は北海道集団に比べ少ない状況にある。加えて、本種には春に遡上する個体と秋に遡上する個体が存在するが、両者の遺伝的差異について明らかではない。そこで本発表では、独自に開発したマイクロサテライト DNA(msDNA)マーカーを用いて、三陸岩手のサクラマスの遺伝的類縁関係、春遡上集団と秋遡上集団間の遺伝的差異の有無などを明らかにした。

【材料と方法】 岩手県沿岸の5河川および県沿岸5海域の計10集団約300個体からヒレ標本を採集した。採集個体から全ゲノムDNAを抽出し、PCR増幅とフラグメント解析により独自に開発したmsDNAマーカー12座を用いて遺伝子型を決定した。その遺伝子型情報に基づき、STRUCTUREによる個体クラスタリングや主成分分析により集団間の遺伝的類縁関係を推定した。また、安家川に遡上した春遡上集団と秋遡上集団(遡上年度と時期の異なる4集団)について、同一河川内の遡上時期による遺伝的分化の有無を明らかにした。

【結果と考察】 三陸岩手サクラマスについて遺伝的類縁関係を推定した結果、三陸岩手の河川遡上集団は北海道や本州日本海側の集団と遺伝的に異なること、さらに、県内北部と南部で別れる2つの遺伝グループがあることが示唆された。加えて、三陸沿岸に水産資源として貢献している魚市場に水揚げされた個体を分析した結果、それらの個体は三陸岩手の河川遡上集団と同じ遺伝グループに属することが明らかになった。これらの結果から、三陸岩手のサクラマスは、県内に2つの遺伝グループを有しており、県沿岸で漁獲されているサクラマス資源は三陸岩手由来であることが明らかになった。

安家川における春遡上・秋遡上集団間についてみると、春に遡上した個体と秋に遡上した個体は同じ遺伝クラスターに属した。春遡上集団と秋遡上集団は種苗生産において遡上時期により分けて管理・生産されてきたが、同様の遺伝特性を有すると考えられる。

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者を会員とする。会員は次の2種とする。

- (1) 一般会員 (個人)
- (2) 賛助会員 (本会の事業を援助協力する団体)

2. 一般会員は第6条の4地区のいずれかに所属する。

(入会)

3. 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)

4. 会員が住所や所属先、賛助会員の代表者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)

5. 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、次のとおりとする。

- (1) 個人会員 年額 500 円
- (2) 賛助会員 年額 10,000 円以上

2. 免除すべき相当の事由があると認められる場合、幹事会は第5条1項の規定にかかわらず、会費の免除を議決することができる。

(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。

(総会)

第10条 本会は、必要に応じ総会を開催することができる。

2. 総会は一般会員の出席をもって成立し、必要事項を議決する。

(改廃)

第11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12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13条 この改正規約は、2020年12月5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一般会員は、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2020年12月5日より施行する。

現在の役員

会 長 荒木仁志

幹 事 青山 潤, 市村政樹, 佐藤俊平, 隼野寛史, 宮下和士 (アルファベット順)

事務局長 佐々木義隆

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)

第13回 2019年11月30日(土)～12月1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「これからのサケ学」(CO: 宮下和士・青山 潤・浦和茂彦)

特別講演: 浦和茂彦「サケの原虫病」

《2020年度サケ学研究会オンラインセミナー》

○2020年11月10日(火) (Zoom ウェビナー)

「サケマス管理の今後に関する勉強会 -遺伝的特性に着目して-

演者: 北田修一(東京海洋大学名誉教授)

(共催: サケ学研究会, 北大農学部動物生態学研究室, 動物生態学セミナー)

○2020年12月5日(土) (Zoom ウェビナー)

講演1 「バイオロギングの今と未来 ～サケ科魚類を中心に～」

演者: 宮下和士(北海道大学北方圏フィールド科学センター教授)

講演2 「日本遺産『鮭の聖地』の物語」 ～根室海峡一万年の道程～ について」

演者: 小野哲也(標津町ポー川史跡自然公園学芸員)

《2021年度サケ学研究会オンラインセミナー》

○2021年5月29日(土) (Zoom ウェビナー)

"Understanding genomic effects of hatchery rearing on salmonid fish species"

-サケ科魚類の人工飼育がもたらすゲノムレベルでの影響について-

演者: Louis Bernatchez, Ph.D. (Department of Biology, Laval University)

ト部浩一(道総研 さけます・内水面水産試験場)

2021 年度第 14 回サケ学研究会
講演要旨集

2021 年 12 月 11 日発行

発行責任者：会長 荒木仁志
発行：サケ学研究会事務局
道総研さけます・内水面水産試験場
〒061-1433
恵庭市北柏木町 3 丁目 3 7 3
TEL: 0123-32-215