



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the catch characteristics of chum salmon based on the vertical behaviour in the coastal water of Shiretoko Peninsula
Author(s)	李, 心怡
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16574号
Issue Date	2025-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16574
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/98184
Type	doctoral thesis
File Information	LI_Xinyi_summary.pdf, 全文の要約



学 位 論 文 内 容 の 要 約

博士（環境科学）

氏 名 李心怡

学 位 論 文 題 名

Study on the catch characteristics of chum salmon based on the vertical behaviour in the coastal water of Shiretoko Peninsula

（知床半島沿岸域における鉛直行動から見たサケの漁獲特性に関する研究）

サケ（*Oncorhynchus keta*）は、北海道における重要な漁業資源であり、生態系の構成要素でもある。北海道のサケ資源は主に孵化放流事業によって支えられている。溯河回遊魚であるサケは、孵化場から放流後すぐに降海し、沿岸域で数か月間成長した後、オホーツク海を經由してベーリング海へ回遊する。その後数年間、夏季のベーリング海の摂食域とアラスカ湾の越冬域との間で摂食回遊を繰り返す。成年したサケ親魚は、毎年9月から12月に産卵回遊のために北海道へ戻り、漁獲量の90%は沿岸域に設置された定置網によるものである。近年、放流数はほぼ一定であるにも関わらず、漁獲量はピーク時の3分の1に激減している。これまで、稚魚の生存率、放流時の水温環境、気候変動などの観点から原因が調べられたが、来岸時期の沿岸域水温環境が漁獲量に与える影響に関する知見は限られている。定置網は固定漁具であり、漁獲量は親魚の遊泳行動に大きく依存すると報告されている。北海道の定置網漁業の持続のため、サケ来岸時期の沿岸域水温環境がサケ親魚の行動および漁獲量に与える影響を検証する必要がある。

第1章では、研究背景として、先行研究に基づきサケの生活史、行動特性、および北海道の定置網漁業の現状を概説した。先行研究によれば、稚魚は公海での成長期に大量に摂食して成長し、成

年後に摂食を停止し、成長期に蓄積した脂質エネルギーを利用して外洋から母川まで数千キロメートルを産卵回遊する。産卵回遊中、脂質エネルギーは代謝熱として失われ、過剰なエネルギー消費は死亡率を高めると報告されている。繁殖効率を最大化するため、親魚は代謝消耗を抑える必要がある。外温動物であるサケは、沿岸域の水温環境が体温と代謝速度に影響し、親魚は水温に応じて深度分布を調整し代謝を制御する行動戦略を取る。また、沿岸域に到達した親魚は、嗅覚で各河川のアミノ酸組成を識別し母川を特定するため、表層に存在するアミノ酸を探索しつつ代謝制御とのバランスを取る鉛直行動を繰り返す。サケが高水温を回避する特性は既に確認されているが、沿岸域における親魚の鉛直行動戦略、および定置網漁獲量との関連性はほとんど解明されていない。このため、本研究は、北海道の主要なサケ産地である知床半島を対象に、沿岸域の水温環境、親魚の鉛直行動特性、および定置網漁獲量の関連を解明し、定置網漁業の持続可能性に向けた提案を目指す。

第2章では、サケ親魚の鉛直行動特徴に焦点を当てた。2007～2013年の9月および10月（知床半島の主要な漁期）に、知床半島沿岸域の7か所で産卵回遊中のサケ親魚144尾を釣獲し、性別、尾叉長、体重、成熟度を記録した後、背鰭にデータロガーを装着して放流した。データロガーは30秒ごとに経験水温と経験深度を記録するよう設定した。放流した個体のうち、定置網により91尾が回収された。回収されたデータロガーのデータを一次処理した結果、有効な個体数は69尾となった。本研究では海面から深度10メートル以内を表層と定義し、サケが10メートル以下の深度に潜り、再び表層に戻るのを1回の潜水行動とした。親魚を性別と性腺成熟度でグループ分けし、連続的な遊泳行動から潜水行動を抽出し、表層滞在率（%）、一時間当たりの潜水頻度（n/h）、一回当たりの平均潜水時間（min）、経験深度中央値（m）を算出して鉛直行動を定量化した。解析結果、9月の沿岸域海面水温（SST）は親魚にとって高温で、鉛直水温勾配が大きく、親魚の深度分布は深く、鉛直

行動が頻繁であった。10月のSSTは適温で、水温勾配が小さく、親魚の深度分布は浅く、鉛直行動は少なかった。性腺成熟度および性別の違いによる鉛直行動の差異が顕著であった。性腺成熟が進むにつれ、深度分布が浅くなり、潜水頻度と平均潜水時間が減少し、表層滞在率が増加することが確認された。特に、完全に成熟した個体は9月および10月に分布深度が浅いことが確認された。先行研究によれば、サケの性成熟が進むにつれて、脳-下垂体-生殖腺（BPG）系から分泌されるホルモンが増加する。これらのホルモンがサケの母川回帰行動を制御し、高含有量の個体では繁殖欲が強く、母川への回帰にかかる時間が短くなることが分かっている。以上を踏まえて、知床半島沿岸域では、成熟したサケは母川へ効率的に回帰するため表層に留まり、アミノ酸組成を識別していると考えられる。一方、未成熟個体は繁殖のプレッシャーがなく、頻繁に潜水して代謝消耗を抑え、生存を優先していると推測される。本研究は、雌雄の鉛直行動特性の差異を初めて記録し、雌性親魚は9月および10月に雄性よりも鉛直行動が頻繁で、表層滞在率が低いことが確認された。先行研究によれば、雌雄の遊泳能力に差は見られないため、帰巢行動の違いは高温耐性や生存戦略に関係していると考えられる。雌性親魚は高水温に弱く、高温ストレスは雌の産卵を遅らせたり抑制したりすることが報告されている。以上を踏まえて、雌性親魚はエネルギー消耗を抑えて繁殖能力を維持するために、より頻繁に鉛直行動を行うと考えられる。本研究は、異なる水温環境下での親魚の鉛直行動特性を記録し、成熟段階や性別による生態的ニーズの違いが異なる鉛直行動戦略につながることを解明した。

第3章では、環境要因がサケ親魚の鉛直行動に及ぼす影響を検討した。水温はサケの生活史の各段階に影響を与え、親魚の遊泳行動に最も重要な要因とされる。第2章では、サケ親魚が沿岸域における水温環境の変化に応じて鉛直行動を調整することが改めて確認された。また、先行研究によると、沿岸域の降水量、風速、気温、河川流量などの環境要因が沿岸域の水温環境を変化させること

が分かっている。このため、環境要因も親魚の鉛直行動パターンに影響を及ぼす可能性があると考えられる。本章では、サケ親魚の鉛直行動に影響を与える環境要因を特定し、その影響を明らかにするため、4つの統計変数（表層滞在率、一時間当たりの潜水頻度、一回当たりの平均潜水時間、経験深度中央値）を応答変数とし、沿岸域の環境要因（日平均風速、日降水量、日平均気温）を説明変数として一般化加法モデル（GAM）を構築した。河川流量データは未取得のため分析に含めなかった。結果、風速と降水量がサケの鉛直行動に有意な影響を与えることが確認された。9月および10月に風速と降水量が増加すると、親魚の鉛直行動が減少し、表層滞在率が上昇する傾向が確認された。風および降雨が沿岸域の水温環境に影響を与えるかを検証するため、風および降雨の有無によるサケ親魚の表層における経験水温分布を分析した。結果、無風時は15～20℃（90％）に集中し、有風時は10～15℃（63％）、無降雨時は10～15℃（43％）および15～20℃（39％）に分布し、有降雨時は10～15℃（69％）に集中することが確認された。知床半島の9月および10月の沿岸域では、ほぼ離岸風が吹いている。先行研究によると、風が海岸から海面に向かって吹くとエクマン輸送が引き起こされ、暖かい表層水が海面に移動し、冷たい深層水が補償として引き上げられ、湧昇流が形成される。エクマン輸送の数式によれば、風速が大きいほど、表層に輸送される冷水量が増加することが分かっている。風が吹く際に表層水温が低下するという結果と併せて考えると、親魚は風によって引き上げられた冷水を利用して代謝を調節し、鉛直行動を減少させると考えられる。また、先行研究によると、降雨は沿岸域の河川流量増加の主な要因である。河川水は塩分が低く密度が小さいため、海面表層に流れ込み、冷水塊を形成し、これにより、沿岸域では「逆温差」現象が発生することが報告されている。降雨がある時に表層の経験水温が低下するという結果を踏まえ、降雨は沿岸域の水温構造を変化させ、サケ親魚の鉛直行動に影響を与える。本章は、親魚が風や雨による一時的な有利環境を利用して代謝を調整し、鉛直行動を減少させることを明らかにした。

第4章では、沿岸域における漁獲量変動の環境影響と親魚鉛直行動との関係を検討した。知床半島沿岸域の定置網は設置深度が異なるため、斜里町ウト口漁港（設置深度50m）の15か所の定置網を対象とした。ウト口漁港の1日の漁獲量総量を単日漁獲量、9月および10月の総漁獲量を年漁獲量として分析した。9月のSSTが漁獲量に影響するかを調べるため、9月の平均SSTと斜里町ウト口漁港の年間漁獲量を比較した。9月のSSTが7年間の9月SST全体平均以上の年を高SST年、未満の年を低SST年と定義した。結果、2007～2013年間、9月のSSTが高い年（2008、2010、2012年）は親魚の来岸が遅れ、年漁獲量が低下することが確認された。9月の高SST年では、SSTが20℃を超える高温となる場合が多く、これはサケの致死水温である約24℃に近いため、親魚は鉛直行動をより頻繁に行い、代謝消耗が増加し、死亡率が高くなると考えられる。また、高SSTを避けるため、サケはより深いところに留まる傾向があり、その結果、定置網の漁獲効率が低下する可能性がある。以上を踏まえると、海面高水温は定置網漁獲量変動の一因であると考えられる。また、9月に漁獲日前日の降水量が多い場合、当日の漁獲量が増加する傾向が確認された。降雨が表層水温を低下させ、サケにとって一時的に有利な水温環境を形成するため、鉛直行動を減らし、表層滞在率を高め、漁獲効率を向上させたと推測される。台風通過前後の4日間に漁獲量が増加する傾向が確認された。台風前の強降雨や通過時の強風による海水混合で深層水が湧昇し、表層水温が低下することで親魚の鉛直行動が減少し、表層滞在率が高まり、漁獲量が増加したと考えられる。本章の解析結果を踏まえて、環境要因が親魚の鉛直行動を介して漁獲量に影響した可能性があると考えられる。

第5章では、本研究の結果に基づき、北海道定置網漁業の持続可能性に向けた提案を行った。本研究の最も重要な結論は、親魚の鉛直行動が沿岸水温に強く影響されることである。本研究により、高水温が定置網の漁獲効率を低下させることが確認された。さらに、先行研究によれば、高水温は代謝消耗の増加、親魚の死亡率上昇、雌の産卵抑制、卵の孵化率低下などを引き起こし、サケの再

繁殖に悪影響を及ぼす。これにより、高水温環境は定置網漁獲量だけでなく、サケ資源全体に悪影響を与えと考えられる。実際、本研究開始から昨年まで、知床半島沿岸域の9月は高温が続き、近年さらに上昇傾向が明らかになった。先行研究によれば、知床半島沿岸域の9月高温は今後も続く可能性が高いと報告されている。加えて、北海道の他地域では9月のSSTがさらに高く、北海道サケ資源の持続可能性を確保するため、9月の高水温影響を軽減する対策の検討が急務である。先行研究により、親魚の採卵時期と子孫の河川遡上時期がほぼ一致することが確認されているため、月ごとの採卵量を調整することで、サケ子孫の月ごと来岸数をコントロールできると考えられる。2024年の秋サケ資源対策検討会議では、10月以降に来遊する資源づくりの強化が提案されており、本研究はその有効性を支持する。また、近年道内各地でサケが自然産卵する河川が報告され、孵化放流河川を遡上する親魚に野生魚が含まれることが確認されている。このような背景から、先行研究が野生魚の活用を重視すべきと提案しており、例えば、河川環境の再生を進め、野生魚を保全し、漁業資源として利用することを提唱している。また、放流魚の生存率を高めるため、野生魚を親魚として孵化放流を推進することも提案されている。実際、野生魚は養殖魚に比べ高温に強いことが確認されており、今後野生魚のさらなる活用により、9月の高水温影響をある程度軽減できる可能性があると考えられる。サケ資源の変動は、成長期の外洋環境や稚魚期の海洋環境など複数の要因に影響される。成長期のサケは人為的制御が困難であるため、これまで「適温・適サイズ」放流により稚魚生存率向上が図られてきた。本研究は、親魚の来岸期水温環境の重要性を強調し、今後、従来の知見に加え、親魚の来岸環境も考慮しつつ孵化放流を継続すれば、サケ資源の持続が期待できる。