

学 位 論 文 題 名

サクラマス *Oncorhynchus masou* (Brevoort) の
淡水域の生活および資源培養に関する研究

学位論文内容の要旨

サクラマスは北部日本、特に日本海沿岸において春季の重要な漁業資源の一つである。しかし、産卵床から浮上後、少なくとも1年間の淡水生活を経てスモルト化して降海する特性を持つため、沿川の開発に伴う生育環境の悪化は降海までの生残に深刻な影響を与えてきた。淡水生活への依存度の高いサクラマスの資源培養技術の確立には河川生活期幼稚魚の生活実態を明らかにし、限られた生産力を効率的に利用できる増殖方法の開発が不可欠である。また固有資源が減少した河川での資源回復のためには、サクラマスの生物特性や遺伝特性の解明が急がれている。本研究では、発育に伴う形態変化、そして淡水生活幼稚魚期の食性及び分散移動を主体とした生活実態から、北海道南西部沿岸河川のサクラマスの生活様式を明らかにし、得られた知見に基づいた増殖技術を実証的に検討して資源培養の総合的な技術体系を提起した。

発育過程での外部形態の変化の観察結果から、遊泳に関わる機能は浮上時（体長30–35mm）に低流速域での生活に対応した基本的な変化が完成し、体長50–60mmの時にこの機能が強化されて流れの中での生活が可能になるとみなされ、摂食機能は外部栄養依存期への移行期である浮上時にすでに高い能力を備えていると推察された。個体間の社会的関係に関わると考えられた parr mark と不對鰭の形態変化からは、体長60mm前後の時にこの行動が最も強まることが示唆された。これらのことから、遊泳生活を始める浮上時前後には多くの基本的な機能が完成し、鱗形成が進行する体長50–60mmの時に幼魚としての形態が整えられ、生活域の拡大が生じると考えられた。そしてスモルト時の形態変化は、降海期だけにみられる一時的な変化と、生活域の変化に伴う機能的な変化に分けられた。

河川生活期幼魚の主要な食物である流下動物量は春から夏にかけて高い水準が維持されるが、秋から初冬（9月–11月）にかけて著しく減少し、その後再び増加する顕著な季節変化を持つ。一方、サクラマス幼魚の摂食活動は6月–7月と翌春3月以降に高まり、流下動物量の多いこれ

らの時期には流れの早いところで活発に摂食していることが明らかにされた。しかし、これ以外の季節には一時的に高まる秋季を除けば摂食活動は不活発で、流下動物量変化との対応も失われ低流速の所を摂食場としていることが伺い知れた。

分布魚と降下移動魚のサイズと性比の季節変化、幼魚の消化管に寄生する鉤頭虫 *Acanthocephalus* sp. を生物標識として得られた情報、そしてこれらに食性の季節変化の知見を加え、発育に伴うサクラマス幼魚の住み場の変化を検討した結果、河川生活期サクラマスは基本的には強い定着性を持つことが確かめられ、発育に伴う利用可能な摂食空間の拡大、なわばり形成にみられる個体間の社会的関係、餌料生物量の季節変化と対応した摂食方法の変化により、大小の移動を伴いながら住み場を変化させていることが知られた。

人工ふ化稚魚を河川放流した時、雌魚が先行して降下移動し、放流点付近への残留魚の性比が顕著に雄に偏る分布の性差現象が確かめられた。この分散の性差は、上流に残留した初期成長の良い雄魚の当歳魚での高い成熟率と産卵場付近への分布による産卵行動への参加の有利さ、そして初期成長が悪く下流へと追いやられた形の雄魚と数多くの雌魚が下流域で良好な成長により高いスモルト化率を遂げるという、サクラマスの相分化によって都合の良い生活の場の使い分けをもたらす適応であると考えられた。

河川生活期サクラマスの魚体サイズは高い成長速度が示される6月から7月にかけて個体差が拡大した。この結果、体長組成は成長形態の異なる2群に区分できるようになった。この小型群は7月下旬以降平均体長70–75mmで成長が停滞し、その大きさは越冬期まで変化しなかった。一方、7月下旬に平均体長85–90mmの大型群は8月中旬以降成長が停滞したが、9月下旬から越冬期直前までの間に若干成長した。越冬期前の両群の境界は80–85mmにみられた。大型群は一部の成熟雄魚を除けば1年魚でスモルト化して降海する群であり、小型群は翌春にはスモルト化出来ずに河川残留型となることが知られた。これら2成長群は、それぞれが河川内の異なる生育環境を使い分けていて、これに分散の性差が組み合わされることにより、個体群サイズを最大化させていると考えられる。

得られた河川生活期幼稚魚の生活様式の知見から、人工飼育サクラマスの放流方式として、春の稚魚期での放流、未分化幼魚の越冬期直前の秋季放流、そして降海型幼魚（スモルト）の放流が効果が高いと判断された。稚魚期（稚魚後期）での放流は生存率の向上と効率的な分散移動が期待できる体長40–50mmのサイズでの放流が効果的と考えられた。水温低下により摂食要求量が減少する季節に合わせた未分化幼魚（幼魚後期）の秋季放流は、先住者に与える影響を少なくしながら資源量の添加を可能とする放流方式で、放流試験結果からその有効性が確かめられたが、

放流後の環境順応性及び越冬環境の改善によりさらに回帰効率が向上する可能性が高いと考えられた。降海期に合わせて河川放流するスモルト放流は、天然資源への添加効果の高いこと、特に固有資源が減少した河川での短期間での資源回復には最も有効な手法であることが放流試験から確かめられた。

北海道日本海沿岸とオホーツク海沿岸の河川間（河口間距離が約600km）での交換移植放流試験の結果、移植群の回帰効率は地場群に比べ、沿岸への回帰魚では11.0–36.4%（平均22.3%）、河川再捕魚では2.9–4.8%（平均4.2%）と顕著に低かった。移植群の放流後の生存率を低下させた要因の一つとして、降海時期の不一致など生活史を通しての生育環境への不適合が考えられた。この結果から、サクラマス増殖にはその河川固有群を用いることが最も重要で、移植を行う場合には移入先及び周辺地域の河川に生息する在来の固有群への遺伝的影響を十分に検討する必要のあることが指摘された。

回帰親魚の自然産卵に関わる特性の中で産卵時期はきわめて変化しにくい性質であることが知られた。親魚はこの時期に合わせて産卵直前に上流域に溯上移動すること、そしてこの移動は河川水量の増加により強く誘発されることが確かめられた。このため自然界での繁殖効率は気象条件に影響を受けやすく不安定なことが示唆された。

生態特性に多様性をもつサクラマス資源の効率的な増殖のためには、河川毎の基盤資源（遺伝資源）の保存は欠かせない。遺伝的な面からは発育段階毎の自然淘汰を経る天然繁殖が最も望ましいが、安定的な資源増大には人工ふ化幼稚魚の放流との併用が効果的と考えられた。河川を高度に利用しながら培養効果を高めるには、適正な生息空間（摂食場所及び休息場所）の存在が不可欠であるが、近年の沿川の開発により失われてきた休息空間の不足はサクラマス資源量を制限する要因の一つとなっていると考えられた。放流効果の向上のためには環境保全の努力と共に適正な生息空間造成のための技術開発が必要である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 崎 文 雄

副 査 教 授 島 崎 健 二

副 査 助 教 授 後 藤 晃

淡水生活への依存度の高いサクラマス資源培養にはシロサケで確立された資源培養法とは異なった独自の方法を開発する必要がある。このため、サクラマスの河川生活期幼稚魚の生活実態を明らかにし、河川の限られた生産力を効率的に利用する増殖方法の開発が望まれている。

申請者はこの点に注目し、本論文ではサクラマスの発育に伴う形態変化、河川の餌生物の分布と季節的な数量変化、淡水生活幼稚魚期の食性及び分散移動の実態を明らかにし、サクラマスの増養殖技術を実証的に検討して資源培養の総合的な技術体系を提起しようとしたものである。本論文で特に評価される成果は以下の通りである。

1) 発育に伴う外部形態の変化の中で特に遊泳に関わる尾柄高、鱗の大きさの比成長は尾鱗を除くといずれも、その変曲点が体長30-35mmと50-60mmの2点でみられ、比体長が最大となるのはいずれの鱗でも体長60mmである事を明らかにした。これらの事実から体長30-35mmで低流速域での生活に対応した基本的な形態が完成し、体長50-60mmでは形態が強化されて流水の中での生活が可能になると推定した。この知見はサクラマス稚魚の放流サイズを決定する上で極めて重要である。摂食行動と消化機能に関わる眼径、上顎長の比体長、胃袋の形態、幽門垂数はいずれも体長35-40mmに変曲点を持つことから摂食機能は外部栄養依存期への移行期である浮上時にすでに高い能力を備えていると推定した。更に個体間の社会的関係に関わる Parr mark と不對鱗は体長60mm前後に変化すること、この時期には縄張りなどの社会行動が強まり、幼魚としての形態が整えられ、生活域が拡大することを明らかにした。

2) 河川生活期幼魚の主要な食物である流下動物量は春から夏にかけて高い水準が維持され、秋から初冬(9月-11月)にかけて著しく減少し、その後再び増加する顕著な季節変化のあることを明らかにした。一方サクラマス幼魚の摂食活動は流下動物量に対応して、6月-7月と翌春3月以降に高く、これ以外の季節に一時的に高まる秋期を除けば摂食活動は不活発で低流速の所を摂食場としていること、幼魚は餌環境に合わせて大小の移動を伴いながら住み場を変化させていることを明らかにした。

3) 人工孵化稚魚を河川放流し、その後の稚魚の移動行動を観察し、雌魚が先行して降河移動

すること、放流点付近の性比は顕著に雄に偏ることから移動行動には明らかに性差があり、この性差と相分化にみられる性差の関連を餌環境への適応の観点から考察した。体長組成には成長形態の異なる2群があり、小型群は7月下旬以降平均体長70–75mmで成長が停滞し、その大きさは越冬期まで変化せず、翌春には河川残留型となること、大型群は7月下旬で85–90mmに達し、一部の成熟雄を除けば翌春一年魚スモルトとして降海することを確認した。これら2成長群は河川内の異なる生育環境を使い分けて個体群サイズを最大化していると推論した。

4) 北海道日本海沿岸とオーツク海沿岸の河川間（河口間距離約600km）での交換移植放流試験を行い、移植群と地場群との回帰率を比較した。その結果、移植群は地場群に比べて沿岸への回帰で11.0–36.4%（平均22.3%）、河川回帰で2.9–4.8%（平均4.2%）と顕著に低いことを見出した。この結果は現在サケ・マスの増殖を目的として広く行われている。移植放流の問題点を明らかにした点で極めて注目に値する。申請者はこの点を論じ、系群の違いによる降海時期の不一致、異なった生育環境への不一致を指摘し、遺伝的相違によって生ずる回帰率の低下を防ぐためサクラマスの増殖にはその河川固有群を用いることの重要性、移植を行う場合には移入先及び周辺地域の河川に生息する固有群への遺伝的影響について検討することの必要性を指摘した。

5) サクラマスの人工増殖を目的とした幼稚魚の放流方式として春の稚魚期での放流、未分化幼魚の越冬期直前の秋放流、降海型幼魚（スモルト）の放流の3方式を提案した。春の稚魚期での放流は生存率の向上と効率的な分散移動が期待できる体長40–50mmサイズでの放流を提案し、秋放流は水温低下による摂食要求量が減少し、先住者に与える影響が少なく、翌春の降河による資源量の増加が期待されることからその有効性を指摘した。スモルト放流は固有資源の減少した河川で短期間に資源の回復を計る有効な方式として提案した。

本論文はサクラマスにおける河川生活期幼稚魚の生活実態、河川内の餌生物種とその季節的数量変動、河川間にみられる遺伝特性を明らかにして、新しい資源培養技術の構築を提案したものであり、応用上極めて価値が高く、審査員一同は本論文を博士（水産学）の学位論文として十分な業績と判定した。