

学位論文題名

サクラマス稚魚の浮上後の移動分散に関する生態学的研究

学位論文内容の要旨

アジア側にのみ分布し、その中心に位置する北海道のサクラマスはサケ、カラフトマスと並ぶ重要な水産資源である。また、近年漁獲量は減少傾向にあることから増殖への期待が高く、大型種苗を用いた放流が行われている。一方、河川生活期が長いサクラマスでは河川内での資源保護も重要な増殖手法と考えられることから、移動、分布、成長等の生態学的研究が多くなされ、それらは資源保護や増殖技術の改良に応用されてきた。しかし、これら研究の多くは人工的に飼育された1gサイズ以上の放流魚を対象としているため浮上後の初期生活に関する移動、分布などの特性はほとんど解明されていない。サクラマスは1年目の夏から秋にかけて生活史の分岐がみられ成長の最も良い雄はその年成熟し、それより成長が劣る雌雄の中で成長の良いグループは翌春スモルト化し、さらに成長の悪いグループはもう一年河川生活を送ることが知られている。したがって、浮上初期の生態学的諸特性を明らかにすることは増殖学的観点からの意義に加え生活史分岐の機構を解明するうえでも重要な知見を提供することになる。

そこで本研究では、はじめに環境の制御が容易な長さ45m、幅1.8mの人工河川を用いて浮上稚魚の行動に対する光、流れ、魚体の大きさ、人工飼育および性による影響を解明した。さらに、北海道中南部に位置する汐泊川、原木川、尾白内川、漁川、厚田川の5河川を対象にサクラマス発眼卵を人工産卵床内に埋め、浮上した稚魚の移動距離、分布、密度と成長、さらには性比と成熟雄の出現状況を明らかにした。なお、野生魚が生息している汐泊川、原木川、厚田川では実験魚を野生魚と識別するため、蛍光物質であるアリザリンコンプレクソンで発眼卵の耳石に標識を施した。人工河川と自然河川での結果に基づきサ

クラマス浮上稚魚の移動のメカニズムと生態的役割について考察した。一方、北海道中部の積丹川と厚田川の2河川で浮上した稚魚の生息場を目視観察と電気漁具による定量採集により明らかにするとともに複数の環境因子を測定し、浮上稚魚の生息場として必要な微環境を明らかにした。

人工河川を用いた試験からサクラマス浮上稚魚には何れの実験群においても遡上と降下の二つの行動が観察された。両行動には明瞭な日周性がみられ、降下行動は夜間、遡上行動は昼間に活発であったことから、光の存在は遡上行動には促進的に、また降下行動には抑制的に作用すると考えられた。また、移動量は流速に強く影響を受け、流速が遅いと遡上量は増大し、逆に速いと降下量が増大した。さらに、小型の稚魚ほど下流に移動し、また下流へ移動した稚魚の胃内容量指数は低いことから、流れに対するサイズ依存性ないし社会性の存在が推察された。

孵化場で継代飼育されたサクラマスは野生魚に比べ、夜間の降下行動が鈍く、逆に日中の遡上行動が顕著であった。浮上時のこの差は飼育による学習効果ではなく遺伝的な違いであると考えられた。水路タイプの池では常に上流側の飼育環境が良好で、このような環境は遡上行動の強い個体の生残へ有利に働くであろう。そのため、この形質は再生産を通して急速に個体群の中に広がったと考えられる。このように長期間の人工飼育は特定の形質を無意識のうちに選抜している可能性があることから、色々な形質で選抜の影響を調査する必要があるだろう。

春の融雪増水期に人工産卵床から浮上した稚魚の分布様式は埋没放流点付近の密度がもっとも高く下流に向かって減少し、移動範囲は埋没点から概ね下流3km前後であった。また、放流点の上流では稚魚がほとんど採集されなかった。このことから自然河川で浮上した稚魚は遡上行動が抑制され、産卵床付近に留まるかあるいは下流へ移動すると推察された。下流へ移動した稚魚は分布密度が少ないために、その後の成長は上流の留まった個体よりも良く、浮上後数ヶ月で体長の逆転現象が複数の河川で観察された。

サクラマス稚魚の性比は移動した場所間で統計的に有意な偏りがみられ、産卵床付近では雄の割合が60-70%と高いのに対して、下流に移動した稚魚では逆

に雌が 60-70%と顕著に高かった。浮上した稚魚の移動に性差があるという生物学的特徴はこれまでサケ科魚類では報告がなく、重要な発見と考えられた。また、上流に留まった雄は下流に移動した雄より成熟率が高く、小型のサイズで成熟する傾向の強いことも示唆された。

以上の結果からサクラマスの上流初期の移動と成熟雄の出現機構について以下の仮説を提案した。サクラマスは浮上前の発育過程の中で代謝活性の高い個体とそうでない個体が出現し、遺伝的に成熟しやすい雄個体の多くは代謝活性の高い方に含まれる。そして、代謝活性の高い個体は初期成長が良いために浮上時に他の個体に比べ大型で、流れに対する抗流性も高く、社会的にも優位な位置を占める。そのために産卵床付近には多くの雄が留まる。また、代謝活性が高く上流に留まった雄個体は成熟を促すホルモンが光周期に敏感な春季の成長が良いため成熟の引き金が引かれて、成熟へ向かう。一方、残りの雄と多くの雌は代謝活性が低く、そのため浮上時のサイズも小型で、流れに対する抗流性が弱く、社会的にも劣位なために下流側へ移動する。雄は下流側で低い密度により環境が改善され、その後の成長は促進されるが春季の光周期刺激によるホルモン効果を受ける期間の初期成長が悪いため成熟の引き金が引かれず、成熟しないと考えられる。

さらに、移動には二つの生態的な意義が考えられた。一つは初期成長が良く、社会的に優位な位置にある稚魚が上流側に留まる一方で、初期成長が悪く、社会的に劣位にある稚魚が下流側に移動することで餌環境が改善され個体群全体としての成長の増大が保証される密度調節機能である。もう一つはサクラマスの生活史を特徴づけている河川型成熟雄と降海型未熟雄と雌との棲み分け機能で、このことは成熟した雄が産卵床付近に留まり、遡上した雌親魚と生殖の機会を高める上でも重要と考えられる。

厚田川の細支流内での目視観察から、サクラマス浮上稚魚は大きな礫によって流れが遮断されるか、枯れ枝で覆われた水深 14cm 以下で、流速が 20cm/sec 以下の川岸付近に分布した。一方、積丹川中流域の川幅 8m、流程 40m 区間を 1m×1m のセルに細分化して実施した電気漁具による調査から、サクラマス浮上稚魚は川岸のセルに集中し、その後成長とともに区間全体に分布域を拡大した。各セルの水深、流速、底質、植生カバー等 7 つの環境因子を用いた主成分分

析及びクラスター解析から、調査区間のセルは各月とも異なる特徴を有する 5 ないし 6 の微環境タイプに分類された。浮上して間もないサクラマス稚魚は水深が浅く、流速が遅く、水中カバーが優先する微環境タイプを選好し、これらのタイプは川岸に集中した。一方、平均尾叉長が 4cm 台を超えた 6 月以降では、水深が深く、流速が速い生息環境も利用した。これらの結果から、遊泳能力が劣る浮上稚魚にとっては、瀬や淵といった河川の基本的構造からは外れ、大きな礫、倒木、水中植生等によって形成される水深が浅く、流れが遅い水際部が重要な生活の場であることが明らかとなった。近年、自然を配慮した河川工法の採用により淵、瀬のような基本構造を保全する傾向は強まったが、水域と陸域との境界となる水際部は河岸浸食を起こす原因となることから堅固なブロック護岸等で固めた工法が維持されている。本研究の知見はサクラマス稚魚にとって水際部は生活の中心であることを定量的に示したことから今後の河川再生工法の改善に役立つであろう。

学位論文審査の要旨

主査	教授	山内	皓平
副査	教授	塚本	勝巳
副査	教授	原	彰彦
副査	教授	帰山	雅秀
副査	助教授	上田	宏

学位論文題名

サクラマス稚魚の浮上後の移動分散に関する生態学的研究

アジアの極東地域にのみ分布し、その中心に位置する北海道のサクラマスはサケ、カラフトマスと並び北海道の重要な水産魚種である。しかし、近年漁獲量が減少傾向にあることから、資源保護並びに増殖技術の確立が望まれている。サクラマスは河川生活期が1年以上と長く、降海型と河川残留型に分岐することから、この期間中の移動、生残、成長等の生態学的研究が多くなされ、それらは資源保護や増殖技術の改良に応用されてきた。しかし、初期生残にもっとも影響があると考えられている浮上後の移動、分散、そして定着後の河川環境に関する研究はほとんど解明されていない。

本研究では浮上稚魚の移動のメカニズムと生態的役割、そして定着環境を解明することを目的として、人工河川での移動実験及び自然河川での蛍光物質アリザリンコンプレクソンを用いた耳石標識発眼卵の埋没放流試験により、移動に影響を与える諸要因の検討、並びに目視観察及び電気漁具採集による稚魚の分布と生息環境の検討を行い、以下の興味ある結果を得た。

人工河川での実験結果からサクラマス稚魚は浮上後、遡上と降下の二つの行動を示し、降下行動は夜間、遡上行動は日中に顕著となることが明らかとなった。さらに、流速が遅いと遡上量が増大し、逆に速いと降下量が増大したことから、浮上稚魚の遊泳能力は個体間で異なることが明らかとなった。また、大型の稚魚ほど上流へ移動することから、流れに対するサイズ依存性ないし社会性の存在も示された。

また、孵化場で継代飼育されたサクラマスは野生魚に比べ、遡上行動が顕著であった。浮上時のこの差は飼育による学習効果ではなく、遺伝的な違いであり、水路タイプの池では上流側の飼育環境が常に良好で、このような環境は遡上行動をする個体の生残に有利に働き、再生産を通して急速に個体群に広がったと考えられた。

人工産卵床から浮上した稚魚は、卵放流点より上流で採集されなかったことから、自然河川で春の融雪増水期に浮上した稚魚は放流点より下流へ移動することが判明した。一方、下流へ移動した稚魚は生息密度が少ないために、夏季

の成長は上流の留まった稚魚よりも良好であった。

また、サクラマス稚魚は産卵床付近では雄の割合が 60-70%と高いのに対して、下流に移動した稚魚では逆に雌が 60-70%と顕著に高かった。複数の系群で同様に観察されたことから、北海道に生息するサクラマスに共通する重要な特性と考えられた。また、上流に留まった雄は下流に移動した雄よりも河川内で成熟する傾向の強いことも示された。

サクラマスは浮上前の発育過程の中で代謝活性に違いが生じ、河川残留型になる傾向の強い雄の多くは代謝活性の高い方に含まれると考えた。そして、これら代謝活性の高い雄は初期成長が良いため、流れに対する抗流性が高く、また社会的にも優位な位置を占める。このため産卵床付近には多くの雄が留まる。一方、代謝活性の低い雌の多くは下流へ移動する。また、上流側に留まった雄は初期成長が良いため春のホルモン効果を受けて成熟の引き金が引かれ、秋の最終成熟へと向かうと考えられた。浮上後の移動には河川型成熟雄と降海型未熟雄と雌との生活場の棲み分け機能と個体群全体としての成長の増大を保證する密度調節機能の二つの役割があると考えられた。

浮上して間もないサクラマス稚魚が分布した場所は水深が浅く、流速が遅く、水中植生カバーが優先する微環境タイプに集中した。融雪増水中に移動するサクラマス稚魚は遊泳能力が劣るため、速い流れの中での生活には適していない。したがって、瀬や淵といった河川の基本的構造からは外れ、大きな礫、倒木、水中植生等によって形成される水深が浅く、流れが遅い水辺がもっとも重要な生活の場となることが明らかとなった。

上述のようにサクラマスの浮上後の移動には光、流れ、稚魚のサイズ、性差等、複数の要因が関与していることを見出した。特に雄と雌とで、浮上後の移動に差があるというこれまでサケ科を含めて魚類では、まったく例のない特性を明らかにした。また、サクラマスの生活史の分岐と関連付けて浮上後の移動のメカニズムについて一つの仮説を提示した。さらに、浮上稚魚の生息場として水深が浅く、流れも弱い川岸の役割を明らかにし、このような環境を形成する上で、抽水植物、倒流木及び浮石の存在の重要性を指摘した。これらの結果はサクラマスの増殖技術、特に稚魚放流の技術改良や、発育初期の生息環境の保護及び環境の改善を進めるために極めて重要な知見を提供したものと高く評価され、審査員一同は、本研究の申請者が博士(水産科学)の学位を授与される十分な資格を有すると判定した。