

論文の内容の要旨

水圏生物科学専攻
平成 21 年度博士課程入学

氏名 鈴木 享子
指導教官 大竹 二雄

論文題目 絶滅危惧種イトウの回遊と食性に関する生態学的研究

イトウ *Parahucho perryi* は、サケ科イトウ属に属し、日本では北海道にのみ生息する遡河回遊魚である。一生の間に複数回産卵する多回産卵型で、春季に河川上流域に遡上し産卵を行う。近年、河川改修による生息域の分断化や生息環境の劣化により個体数の減少が著しく、2006 年には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストで絶滅の危険性が最も高いとされる CR（Critically Endangered）に選定された。イトウの生態学的知見は産卵生態や河川における生息場特性など断片的であり、生活史を通じた成長・回遊・食性に関する基礎的知見は極めて乏しいのが現状である。

そこで本研究では、オホーツク海に面する北海道北部猿払沿岸及びその流入河川に生息するイトウを対象とし、効果的な保全策の立案に不可欠なイトウの回遊と食性を明らかにすることを目的とした。そのために、まず耳石と鱗の微量元素分析による回遊履歴推定法を検討し、その後、イトウ野生魚の成長と回遊、成長に伴う食性の変化を明らかにした。

1. 耳石の Sr:Ca 比及び Sr 安定同位体比を用いた回遊履歴推定法の検討

イトウの回遊履歴推定における耳石の有効性を検証するため、淡水 (0 psu)・汽水 (10, 20 psu)・海水 (30 psu) 条件下で飼育実験を行い、塩分と耳石 Sr:Ca 比の関係を調べた。実験には、淡水で継代飼育されたイトウを各実験区で 6 個体ずつ計 24 個体を用い、3 ヶ月間各塩分で飼育した。また、2010 年 7 月に猿払川水系上流域（淡水）で採集した浮上稚魚 12 個体のうち 10 個体と 1 歳魚 1 個体計 11 個体も併せて分析に供した。これらの飼育魚及び野生魚の耳石 Sr:Ca 比を波長分散型電子線マイクロアナライザー (EPMA) により分析した。その結果、飼育水の塩分と耳石 Sr:Ca 比の間には正の相関が認められた ($R^2 = 0.93$, $p < 0.05$)。この結果と併せて、野生 1 歳魚における耳石 Sr:Ca 比の淡水レベルや実際の沿岸域の塩分 (34 psu) などと勘案すると、野生魚が淡水域、汽水域、海水域で生息した場合に取り得る耳石 Sr:Ca 比の値の範囲をそれぞれ $0 - 4 \times 10^{-3}$, $4 - 6 \times 10^{-3}$, 6×10^{-3} 以上とすることが妥当であると考えられた。さらに、耳石 Sr 安定同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) の母川判別指標としての有効性を検証するため、猿払村内の 4 河川の河川水とそこで浮上した稚魚の耳石の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を分析した。河川水及び耳石の分析は、表面電離型質量分析計 (TIMS) で行った。分析の結果、いずれの河川においても河川水と耳石の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ が一致することはなく、耳石の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は河川水と海洋水の間の値を示した。また、野生稚魚の耳石核から 250 μm 以内の Sr:Ca 比は汽水・海水レベルの高い値を示し、この値は淡水で継代飼育された飼育魚の耳石核 Sr:Ca 比と比較し顕著に高かった。これらのことは、稚魚の耳石核部分の Sr:Ca 比及び $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ には、母親から引き継いだ卵黄由来の Sr の影響が強く残ることを示唆し、また耳石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ がイトウの母川判別の指標として有効とはいえないことを示す。

2. 鱗隆起線の Sr:Ca 比を用いた回遊履歴推定法の検討

鱗の隆起線を用いた回遊履歴推定の可能性について検討するため、淡水 (0 psu)・海水 (30 psu) 条件下で飼育実験を行い、飼育塩分と隆起線 Sr:Ca 比の関係を調べた。実験には、淡水で継代飼育されたイトウを両区で 6 個体ずつ計 12 個体を用いて、6 ヶ月間各塩分で飼育した。隆起線 Sr:Ca 比分析には、CdTe 検出器を装着した micro-PIXE (荷電粒子励起 X 線) 分析法を用いた。また、鱗隆起線と耳石の Sr:Ca 比を比較するため、EPMA を用いて耳石の Sr:Ca 比を分析した。飼育期間に相当する隆起線の Sr:Ca 比を分析した結果、海水飼育個体の Sr:Ca 比 ($6.7 \times 10^{-3} \pm 0.9 \times 10^{-3}$) は淡水飼育個体 ($2.2 \times 10^{-3} \pm 0.3 \times 10^{-3}$) と比較し、有意に高い値であった。また、鱗を分析した個体と同一個体の耳石の Sr:Ca 比は、淡水飼育個体で $1.2 \times 10^{-3} \pm 0.9 \times 10^{-3}$ 、海水飼育個体で $5.6 \times 10^{-3} \pm 0.6 \times 10^{-3}$ であり、鱗隆起線の Sr:Ca 比と同様の結果が得られた。これらのことから、鱗の隆起線

Sr:Ca 比は、耳石 Sr:Ca 比と同様に回遊履歴の推定に有効な指標であることが明らかになった。鱗は魚を殺さずに採取できるだけでなく、鱗をサンプリングした個体は生存できるため、複数回採取することによる経時的なモニタリングも可能であり、特に殺すことが困難な希少種の研究に新たな展開をもたらすものと期待できる。

3. 成長と回遊

1999 年から 2011 年の 6–9 月に採集したイトウの野生魚計 75 個体(稚魚:12 個体, 幼魚:40 個体, 成魚:23 個体)を用い、成長と回遊パターンを調べた。推定した von Bertalanffy の成長曲線は、8 歳程度で成長が鈍化した後、その後も緩やかに成長し続けた。年齢 t における尾叉長 L は以下の式で表された。 $L = L_{\infty}(1 - \exp^{-K(t-t_0)})$, $L_{\infty} = 103$, $K = 0.12$, $t_0 = -0.12$ 海洋(沿岸域)で採集したイトウ成魚 20 個体の雌雄比は、雄:雌 = 8:12 であった。全長の範囲は 56–92 cm で、その中でも 70–80 cm の個体が最も多く 60 % を占めた。また、9 月に採集された体長約 70 cm の雌のイトウ 3 個体の生殖腺指数(GSI, %) は 2.8 ± 0.5 で、6–7 月に採集された成魚と比較し顕著に高く、秋季に海洋域において卵黄成熟が進行した可能性が考えられた。イトウ成魚 17 個体の耳石を EPMA により Sr:Ca 比分析し、前述した淡水域・汽水域・海水域での Sr:Ca 比の基準範囲に照らして回遊履歴を推定した結果、イトウは河川上流域から沿岸域まで広範な行動圏を有していることが明らかになった。また、猿払沿岸に降海したイトウは生活史の大部分を汽水域や沿岸域で過ごしていること、生活史の中で淡水域・汽水域・海水域の間を行き来していることが示唆された。さらに、回遊パターンを整理すると、①早期降海タイプ(53 %), ②晚期降海タイプ(12 %), ③河川・汽水タイプ(35 %)と 3 つに大別された。得られた成長の関係式に基づいて backcalculation を行ったところ、早期降海タイプでは 0–1 歳程度で、晚期降海タイプでは 5 歳以上で降海していることが推定された。また、河川・汽水タイプは生活史の中で河川及び汽水域を主な生息場所としていた。これらのことから、降海年齢や降海期間、各水域(淡水域, 汽水域, 海水域)への依存度は個体ごとに異なり、多様な回遊パターンを有することが明らかになった。

4. 食性

イトウの成長に伴う食性の変化を明らかにするため、イトウ幼魚・成魚の食性を調べた。また、幼魚期の食性については、同所的に生息するサクラマス幼魚の食性との比較も行った。2011 年 8 月猿払川水系上流域においてイトウ幼魚 23 個体, サクラマス幼魚 26 個体を採集し、ストマックポンプを用いて胃内容物調査を行った。その結果、イトウにおける餌重要度指数(IRI, %)は、水生のカゲロウ目が 52.3 %を占めて最も高く、次

いで魚類（主にドジョウ）が 17.8 %を占めた。一方、サクラマス幼魚は陸生のチョウ目幼虫が 61.4 %と卓越して高かった。これらのことから、両者は餌資源を分割して共存していることが示された。イトウ成魚の食性については、1999 年 6 月から 2011 年 9 月に猿払川水系及び猿払沿岸で採集した計 21 個体を用いて解剖による胃内容物調査を実施した。その結果、イカナゴやカレイなど海産魚類が認められ、海域において摂餌を行っていることが明らかになった。また、イトウの筋組織の炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) を猿払川水系上流域から猿払沿岸にかけての主要な餌生物の値と比較したところ、海域の餌資源に対する依存度の高さが示唆された。イトウ成魚は、河川生態系のみならず沿岸生態系においても最高次捕食者であることが明らかになった。

本研究は、生息域の塩分と耳石 Sr:Ca 比の関係を明らかにし、イトウの回遊履歴推定のための基準を提示した。また、鱗隆起線の Sr:Ca 比が回遊履歴の推定に有効な指標であることを示した。イトウの成長に関する関係式と回遊履歴を推定し、イトウが広範な行動圏や多様な回遊パターンを有することを実証するとともに、回遊パターンの傾向を 3 つに分類し、イトウの回遊生態の一端を明らかにした。さらに、イトウの幼魚期及び成魚期の食性を明らかにし、イトウ成魚が流域において最高次捕食者であることを明らかにした。本研究より、イトウの保全のためには河川上流域から沿岸域までの流域全体の保全が必要不可欠であり、餌資源の供給源となる河畔林や砂礫底河床の保全、回遊の障壁となる落差工・カルバートなどの改良や撤去、環境破壊の著しい下流域や河口域の自然復元が重要であることが示唆された。本研究で得られた知見は、イトウの生態学的特性の理解を深め、イトウの効果的な保全策の立案に寄与するものと期待される。