

## (論文内容の要旨)

カワヤツメ *Lethenteron camtschaticum* は原始的な脊椎動物群であるヤツメウナギ類の1種で、遼河回遊性の生活史を有する。本種を含むヤツメウナギ類は生態的、文化的に重要な種である。ヤツメウナギ類は、その生活史を通して哺乳類や鳥類、魚類によって捕食され、生態系の基盤を構成する。我が国ではカワヤツメは水産資源として利用され、独自の食文化を形成している。しかし、近年その資源量は人為的な影響により激減しており、カワヤツメは2007年に環境省レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定された。カワヤツメに関する生態的知見は不足しており、漁獲や利用実態も不明であることから、保全と管理の実施が困難な状況である。そこで本論文では、カワヤツメの保全・再生手法を確立することを目的とし、漁獲実態や生態に関する研究を行った。各章の要旨は以下の通りである。

第1章では、内陸漁業協同組合にインタビューを行い、漁場の分布、方法（漁具、季節）、生態学的知識など、日本のヤツメウナギ漁業に関する情報を整理した。その結果、日本国内におけるカワヤツメの漁業は、主に日本海沿岸の北海道から北陸地方にかけて分布しており、漁法は河川の規模や形態に応じて、3つの漁法が存在し、カワヤツメの行動に合わせて効率的に採集するための多様な漁具が用いられてきたことを明らかにした。

第2章では、カワヤツメが過去に捕獲された場所を特定するために、2つの情報源（農林省漁業統計（1931年）、内水面漁師）を使用して推定を行った。両情報源を比較すると、漁獲された河川が大よそ一致し、漁業分布南限も石川県と推定され一致した。また過去には109漁協でカワヤツメが漁獲されていたが、現在では14漁協のみにまで減少し、漁獲量も過去のピーク時と比べて1-20%にまで減少していた。その衰退傾向は、低緯度地域や大河川上流域で顕著であった。

第3章では、カワヤツメの日本における潜在的生息地と地球温暖化によるその衰退シナリオを MaxEnt モデルにより予測した。在データとして過去の漁場データ、環境要因として河川勾配、集水面積、海への距離、そして地下水温を用いた。この結果、潜在的な生息地は過去の生息統計情報と概ね一致していた。漁業が消滅した分布辺縁域や大河川上流域における生息適地の評価に有効であり、温暖化により変化する生息適地の予測を行うことが可能となった。

第4章では、温度耐性（初期致死温度、亜致死温度）を明らかにするために初期致死温度（ILT）法と順応慢性曝露（AE）法を使用して、カワヤツメ幼生の上限水温耐性を評価した。ILT 法によると、7日間の飼育による最終的な初期致死温度は29.3°C（95%CI：28.2-30.2°C）と推定された。また ACE 法から、28°C を超える温度で顕著な成長阻害が発生した。この実験からカワヤツメも他のヤツメ類と同様に、夏季高水温に対する脆弱性を有することが明らかになった。

第5章では、カワヤツメ分布南限に位置する能登半島町野川における、3種のヤツメウナギ（カワヤツメ、スナヤツメ北方種、同種南方種）の分布パターンと種間差を明らかにするために、幼生のサンプリングと環境測定を行った。この結果、カワヤツメ幼生は堰堤が連続する区間の下流にのみ分布しており、その夏季水温は幼生の上限致死水温29.3°Cを上回ることが観測され、堰堤のために水温の低い上流域に遡上できない実態が明らかになった。

第6章では、カワヤツメの遡上行動に影響を与える堰堤の形態について実験水路を用いて検証した。この結果、カワヤツメは夜間に活発に遡上行動を行い、水路に設置した隔壁の上流側と下流側の水位差が増加すると遡上率は大幅に減少し、落差が24cmを超えた場合遡上できなくなった。カワヤツメは他のヤツメ類と異なり、極めて遡上能力が弱く、河川の小規模な落差でも遡上できず、生息域が制限される可能性が高いことを示した。

第7章では、ヤツメウナギ幼生に対する魚類による捕食の影響を、アメリカ太平洋岸コロンビア川に生息するミツバヤツメ幼生を用いて行った。実験の結果、捕食魚と被食された幼生の体長とは正の相関があり、シルトなどの堆積物がない場合には被食される傾向が高かった。幼生が堆積物に穿孔し、数年にわたり河川生活を送るヤツメウナギ類幼生を保護する上での、堆積物の重要性とその堆積場を作る上での河川管理の重要性が明らかになった。

第8章では同じくアメリカコロンビア川流域において、遺伝子解析により捕食魚の胃内容物から、被食されたミツバヤツメウナギ幼生の年齢や由来などを明らかにする技術を確立した。この手法はカワヤツメ類が生息する河川においても、その幼生の魚類による捕食の影響評価に応用できると考えられた。

## (論文審査の結果の要旨)

本研究は、日本国内において水産資源としての価値が低く見積もられてきたカワヤツメの漁業文化とその衰退状況を明らかにし、保全に関する新しい知見を蓄積した。本種を含むヤツメウナギ類は世界的に分布しその多くが絶滅に瀕していることから、これらの知見は日本国内だけでなく世界のヤツメウナギ類の資源管理や保全に貢献できる。また本研究成果は、内水面漁業関係者が有する漁獲情報を有用な生態的情報へ転換できることを示す新しい知見であり、これまで調査されなかった他魚種への応用と、衰退しつつある内水面漁業とそれに関連した地域文化の持続的な発展に大いに貢献することが期待される。評価できる具体的な点は以下のとおりである。

(1) 本研究は、これまで記録が残されていない北陸から東北地方にかけてのカワヤツメの漁撈や利用文化を収集・体系化し、歴史的な変遷を明らかにした。カワヤツメの漁撈は、本州において日本海側では過去に青森県から福井県まで存在していたが、その漁獲量はピーク時に比べて、約100分の1に減少したことを明らかにした。またカワヤツメの漁法は、河川規模や漁具、時期、捕獲時のカワヤツメの行動により、大きく3つに分類され、貴重な地域文化的な資産として詳細に記録していることから、石川県のみならず各地域の漁撈文化の保全に役立てることができる。

(2) 本研究は、内水面における漁業統計の漁獲情報は水系単位に制限されているが、内水面漁協やその漁業従事者が有する漁獲情報 (Fisherman's Ecological Knowledge=FEK) は、水系内におけるより詳細な分布情報を持つという有用性を明らかにした。この情報は、過去の生息分布域や資源量とそれらの変動など科学的・生態的知見を補完するものであり、今後の持続的な魚類資源の管理や地域文化の保全を進めるための基礎的なベースラインとして期待される。

(3) 本研究では、既存の資料から我国のカワヤツメの潜在的な生息場所を MaxEnt モデルにより明らかにした。この情報は東北から北陸にかけての各県での資源回復の取り組みを行う上で重要な情報となる。また地球温暖化が進行する中で冷水性のカワヤツメの生息場所の変化を予測し、その対策を図るうえで重要な情報となる。

(4) 本研究では、堰堤など河川構造物がカワヤツメの遡上に与える影響を水路実験により評価し、特に24cm程度の小落差でも遡上行動に大きな影響を与えることを明らかにした。この知見により、水位差を小さくし遡上しやすい構造に改変するなど、河川環境改善への取り組みを行うことが可能となった。

(5) 本研究では、カワヤツメ幼生の温度耐性を推定するために、水温をコントロールした飼育実験を行い、カワヤツメ幼生の生存限界となる水温は29.3°Cという閾値を明らかにした。これは地球温暖化による気温上昇が予想される中で、その分布南限に位置する日本のカワヤツメ個体群の分布域が大きく変化することを予測するものである。また河川に設置された構造物により生息域が制限されているカワヤツメ個体群にとっては、河川水温の上昇は深刻な影響を及ぼす可能性が高いため、河川の連続性の回復が喫緊の課題であることを明らかにした。

(6) 本研究では、我国に生息するカワヤツメの生態や文化的価値の記録に留まらず、世界各国のヤツメウナギ類の生態やその文化の類似性や特異性を比較検討した点が大いに評価される。さらにアメリカ西海岸各州、ヨーロッパ各国 (ポルトガル、スペイン、イギリス、ロシアなど)、ニュージーランドなどのヤツメウナギ研究者と共に世界のヤツメウナギの増殖技術、生態や文化のレビューを行い、国際誌3報に掲載または掲載予定である。また7章、8章のミツバヤツメに関する研究は、アメリカワシントン州のヤカマ部族水産研究所にインターンを行った半年間で行ったものであり、これらはいずれも国際誌にすでに掲載または掲載予定である。このように、本研究は我国のみならず、世界のヤツメウナギ類の保全と管理に大きく寄与することとなった。

よって、本論文は博士 (生物資源環境学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年1月25日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。