

学 位 論 文 題 名

カワヤツメ属幼生の生態系エンジニアとしての機能的役割

学位論文内容の要旨

生息場所の環境条件を大きく改変する機能を持つ生物種を生態系エンジニアと呼び、その生態系エンジニアリングは生息場所の物理的環境の多様性や生物間相互作用を駆動する主要な要素の一つとしてみなされている。例えばミズやゴカイなどの埋在性の動物は、その生息場の堆積物内での移動により、生息環境周辺の物理・生物的要素を攪乱・改変することが知られている。河川生態系では、このような生物攪乱はユスリカおよびイトミミズ類などで認められているが、その例数は陸上や海洋のそれと比べて少ない現状にある。

南北両半球それぞれの中・高緯度地域の河川に代表的に認められる生物の一つに、ヤツメウナギ類が挙げられる。この生物種群は原始的な脊椎動物の一つであり、河川の堆積物内で数年間生息する幼生期をもつ。本分類群の幼生は、その生息数の多さから河川生態系に対して大きな影響力を持つと考えられてきたが、その機能的役割はほとんど明らかになっていない。最近、カワヤツメ属2種幼生(カワヤツメとスナヤツメ北方種の幼生)が生息河床内で移動することが観察されたことから、カワヤツメ属幼生は生息場周辺の攪乱により、その生息場所の物理・化学的要素に大きな影響を与えると予想される。

本研究では、河川生態系におけるカワヤツメ属幼生の機能的役割を明らかにすることを目的として、下記の四項目の課題について野外調査と室内実験を行った。まず、(1)カワヤツメ属幼生が生息場周辺の物理的・化学的要因に与える影響を評価した。次に、(2)異なる空間スケールでカワヤツメ属幼生の生息環境とその空間分布、および好適な生息環境におけるバイオマスの調査を行った。また、(3)カワヤツメ幼生が、その生息環境周辺の物理的環境要素と生物的要素に与える影響とその度合を検証した。そして、(4)生息地予測モデルを用いて、カワヤツメ幼生の現在と将来の生息適地を予測した。

(1) カワヤツメ属2種幼生の埋没行動と物理的環境要素の改変

室内実験によってカワヤツメ幼生とスナヤツメ北方種幼生の河床内における埋没行動を観察すると共に、野外操作実験によってカワヤツメ属2種幼生が生息場周辺の物理・化学的要素に与える

影響を評価した。その結果、カワヤツメ属2種幼生は河床内で活発に移動することが明らかとなり、生息場周辺の河床内の酸素状態や河床表層における有機物量、および河床の硬度を大きく改変することが示された。これらのことから、カワヤツメ属2種幼生は、生息場周辺の物理・化学的要素に大きな影響を与える生態系エンジニアであると考えられた。

(2) 異なる空間スケールにおけるカワヤツメ属幼生の生息場所

北海道中西部の石狩川支流において、カワヤツメ属2種幼生の空間分布と生息環境の調査を行った。その結果、2種幼生は河道本流部から逸れた二次流路やワンド状水域を好むなど、類似した生息地選択性を持つことが明らかとなった。また、好適な生息環境内のカワヤツメ幼生の全バイオマス量、それらの空間分布、およびその周辺生物との対応関係を明らかにするため、北海道南部の天の川において野外調査を行った。調査の結果、カワヤツメ幼生の個体密度およびバイオマスは他の魚類と比較して著しく高いことが示された。そのバイオマスの分布は、好適な生息環境内に分散するのではなく、特定の局所的な場所に集中分布することが認められた。さらに、カワヤツメ幼生の個体数とイトミミズ類の個体数は負の相関関係にあり、両種は排他的な関係をもつことが示唆された。これらのことから、カワヤツメ属2種幼生は、主に河川の二次流路や後背水域内などで、生息場周辺の物理・化学的要素に大きな影響を与える生態系エンジニアであると考えられた。

(3) カワヤツメ幼生が生息場周辺の物理的環境要素と微小生物群に与える影響

室内実験によって、カワヤツメ幼生が生息場周辺の物理的・生物的要素に与える影響とその度合を評価した。その結果、カワヤツメ幼生が中・高密度で生息する場合、イトミミズ類の個体数が減少するが、堆積物表層の藻類量や有機物量は増加することが明らかとなった。これらのことから、カワヤツメ幼生の生態系エンジニアリングは、微小な埋性ベントスには負の効果を、河床表層の藻類や有機物の増加は表層堆積物食者に正の効果を与え、それらの効果は幼生の生息密度に依存するなど、様々な条件と度合で変化すると推察された。

(4) カワヤツメ幼生の生息適地の時空間的変遷

生息地予測モデルを用いて、カワヤツメ幼生の現在(2000年)と将来(2080年代)の生息適地を予測した。その結果、2080年代の北海道の石狩川水系の各支流と道南地域の各河川、および本州のほぼ全域の河川がカワヤツメ幼生の生息にとって不適な環境となり、北海道北部や東部地域においては、好適な環境となることが示された。そして生息適地の変化は、カワヤツメ幼生にとっての好適な温度帯が変化したこと起因すると考えられた。これらのことから、カワヤツメ幼生の地理的分布は地球温暖化の進行に伴って変遷すると考えられ、それに伴ってカワヤツメ幼生の生態系エンジニアリングの影響が及ぶ地域も、時空間的に変動すると推察された。

カワヤツメ属幼生の生態系エンジニアとしての機能的役割とその時空間的変遷

上述の結果を基に、カワヤツメ属幼生の機能的役割とその時空間的変遷について考察した。カワヤツメ属幼生は生息場所周辺の堆積物表面の粗粒有機物量や珪藻の量を増加させたことから、その生息域の特定の場所で、粗粒なデトリタスや藻類を起点とする腐食・生食連鎖をボトムアップさせ、その場所の種多様性を増加させることが考えられた。また、カワヤツメ幼生の生息は河床内に生息するイトミミズ類の個体数を減少させたことから、イトミミズ類と同様の生活様式を有する埋在性ベントスに負の影響を与えると推察された。そして、生息地予測モデルの結果から、その分布域は現在の分布南方域で減少するが北方・北東域では増加したことから、地球温暖化の進行に伴いカワヤツメ属幼生の機能的役割が及ぶ地理的範囲も北東域へと変化すると推察された。

カワヤツメ属幼生の機能的役割から見た生態系の保全・管理への提言

日本国内に生息するカワヤツメ属は、いずれも環境省レッドリストで絶滅危惧種に指定されている。その進化史から見て長い歴史をもつヤツメウナギ類の種と個体群の減少あるいは絶滅は、古来より河川生態系においてヤツメウナギ類幼生によって果されてきた生態系機能を大きく減退させると推察される。このことから、河川生態系の保全と管理を行う上で、その機能の一部であるカワヤツメ属幼生の保全と管理を図ることが重要であることが示唆された。また、このような機能をもつカワヤツメ属幼生の移植放流や再導入の際の場所選定には、細心の注意を払う必要があると考えられた。さらに、2080年代におけるカワヤツメの生息適地は、道北の日本海・オホーツク海流入河川および道東の太平洋流入河川と予測されたことから、将来的に好適な生息環境であると予測された上記の河川においても、カワヤツメ幼生の生息環境の保全活動を充実させる必要があると考えられた。

学位論文審査の要旨

主 査	特任教授	阿 部 周 一
副 査	教 授	荒 井 克 俊
副 査	教 授	五 嶋 聖 治
副 査	特任教授	後 藤 晃

(北海道教育大学函館校)

学 位 論 文 題 名

カワヤツメ属幼生の生態系エンジニアとしての機能的役割 学位論文内容の要旨

日本の本州以北の河川に生息する冷水性淡水魚類の1グループであるカワヤツメ属の2種(カワヤツメ *Lethenteron camtschaticum* とスナヤツメ北方種 *Lethenteron* sp. N) の幼生を研究対象にして、河川内における分布、好適生息地、生息個体数と現存量等に関する野外調査、および河床の基質内での幼生の埋没・移動行動、それによる生息場所周辺の物理的・生物的環境要素の改変とその時空間的変遷に関する室内実験等によって得られた結果を総合して、河川生態系におけるカワヤツメ属幼生の機能的役割を明らかにすることを試み、以下の興味ある結果を得た。

本研究によって、1) 室内水槽実験に基づいてカワヤツメ属2種幼生の底質基質内での埋没・移動行動することが明らかになった。また、幾つかの野外操作実験に基づいて、幼生の埋没・移動行動に伴って河床の砂泥底内での酸素濃度が高まり、河床基質の硬度を柔らかく維持し、また河床表層における有機物量を増大させる機能を持つことが初めて見出された。2) 北海道中央部に位置する石狩川支流のオシラリカ川および道南部に位置する天の川等において、カワヤツメ属2種幼生の生息環境、空間分布、食物資源、および好適生息場所における生息個体数とバイオマス进行调查した結果、2種幼生は河川内分布パターンや河川の二次流路などを好む生息場所選好性が極めて類似すること、また両種の幼生の餌資源は安定同位体比分析によって水域由来の水生植物や陸上由来の落葉片を含むデトリタスであること、およびそのバイオマスが生息場所周辺での他の魚類(ウグイ類、シマウキゴリ、カンキョウカジカなど)のそれに較べて著しく高いこと(3.9 kg/0.004 km²)が示された。そして、一般的に生態系エンジニアの機能的効果はその生息密度やバイオマスに相関して増大することから、カワヤツメ属2種幼生は河川の二次流路などの止水的環境において大きな生態系エンジニアリング効果を有すると推察された。3) カワヤツメ幼生がその生息場所周辺の生物(イトミミズ類と藻類)に与える影響の度合いを明らかにするために、幼生の生息密度を4つの段階に区分した水槽を設けて実験した結果、高または中密度の幼生の存在はイトミミズ類の生息密度には負の効果を、河床表層の藻類のバイオマスには正の効果を与える

ことが認められた。これらのことから、カワヤツメ属2種の幼生は生息場所周辺の物理的・化学的環境だけでなく、生物相や各種のバイオマスにも大きな影響を与える生態系エンジニアであると考えられた。5) IPPC4が定めた地球気候変動についての4シナリオ6項目の温暖化予想(21世紀末には年平均気温が1.1~6.8℃上昇)に基づいて、北海道におけるカワヤツメ幼生の生息適地を生息地予測モデルによって現在(2000年)と将来(2080-2100年)の予測を行った結果、2000年には両種幼生の生息適地が北海道の石狩川水系全域と北海道南部地域、および東北地方において高い確立で存在することが示された。一方、2080-2100年代にはその生息適地が石狩川の本流域、道東域や道北域の河川に大きくシフトすることが示された。このことは、河川におけるカワヤツメ幼生の生態系機能もこれらの北東地域に移動することを意味することから、この地域でのカワヤツメ幼生にとっての好適な生息環境を現在から予防的に保全することが必要であることを示唆する。

本研究は、カワヤツメ属2種幼生の河床基質内における行動を詳細に観察し、またそれに関連する室内実験を行うことによって、これらの幼生が生息場所の物理的・生物的環境を顕著に改変する機能を有することを初めて明らかにした。そして、このカワヤツメ属幼生による河川生態系における環境改変機能によって、その生息場所に生存するイトミミズ類などの微小な埋在性ベントスには負の効果を、一方、河床表層に生息する藻類や有機物の増加を介して表層堆積物食者には正の効果を与えることを実証した。さらに、生息地予測モデルを用いてカワヤツメ属幼生の分布域と機能が地球温暖化などの時空間的気候変動に伴って北方域にシフトすることを高い信頼度で予測し、その予防的な保全策を提唱した点で、学術的に高く評価される。よって審査員一同は申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。