

河川魚類群集の保全と再生に関する景観生態学的研究

学位論文内容の要旨

近年、河川環境の再生事業や生物に配慮した河川改修事業が活発に実施されている。これらの事業における再生や保全の対象は、個別の生物種ではなく生物群集である。ところが、魚類生息場に関する既存研究の多くは、個別魚種（特にサケ科魚類）に着目しており群集の生息場を扱った研究は少ない。また、魚類が利用可能な生息場には、主流路だけでなく氾濫原に形成される水域も含まれるが、それらの生息場の魚類による利用を統合的に捉えた研究も少ない。そして、最も重要な問題は、魚類群集による主流路と氾濫原を含む生息場利用を統合的に把握する手法が確立されていないことである。そのため、魚類群集とその生息場の保全や再生事業において、対象河川にとって適切な保全・再生目標を定めることができず、事業の効果を科学的に評価することもできないのが現状である。そこで本研究では、魚類群集構造とその生息場を統合的に把握し、それらの変化(劣化)を時空間的に捉え、保全・再生目標を設定するための基礎的データの取得手法を提示することを目的とした。さらに、魚類群集にとって重要であることが明らかになった生息場の創出実験を行い、魚類生息場改善の一手法を提示した。

主流路および氾濫原を含む魚類群集の生息場を統合的に捉える手法を提示するため、2006年ならびに2007年6-9月、北海道東部に位置する標津川の上流部と中流部のセグメントにおいて、氾濫原も含む河川景観を構成する主要な要素(河川景観要素:以下、景観要素)を形態によって分類し、魚類群集によるそれらの利用を検討した。景観要素は、上流、中流ともに、河川地形に依存したものと倒流木に関連したものに分類された。山地小溪流の上流では、側方洗掘型淵、早瀬、二次流路、倒流木の合計4タイプに分類された。蛇行河川である中流では、水衝部、寄り州縁辺部、平瀬、バックウォーター、これらそれぞれに倒流木が入っている4タイプ、二次流路、河跡湖の合計10タイプに分類された。各セグメントにおける景観要素間の物理特性および魚類群集構造は明確に異なっていたことから、本研究によって提示した景観要素の分類は、物理環境の側面から見ても、魚類群集に対する生息場機能の評価としても妥当であると判断された。これにより、主流路と氾濫原の魚類生息場を統合的にとらえる手法として、景観生態学的視点をういた本手法の有効性が示された。また、両セグメントともに、二次流路と倒流木に関連した景観要素、また中流域ではバックウォーターも、流水性および止水性を含む多様な魚類によく利用される生息場であり、横断的な河川地形の多様性と河川内倒流木の重要性が示唆された。その他の景観要素(中流の寄り州縁辺部を除く)は、それぞれ異なる一部の魚類の生息場として機能していた。

魚類群集とその生息場の保全・再生目標を設定する上で判断材料となる、基礎的データの取得手法を提示するため、標津川中流部において、改修河道における景観要素と魚類群集の応答を新たに調査し、それらの結果と自然(蛇行)河道における調査結果との差異を検討した。改修河道における主要な景観要素は、緩やかな流路の屈曲に伴う外側部と内側

部、直線部および倒流木が存在する直線部の4タイプに分類された。これら4つの景観要素における魚類群集構造は、蛇行河道において魚類にあまり利用されなかった水衝部と寄り州縁辺部のそれと似ていた。蛇行河道と改修河道における潜在的な各景観要素の量 ($m^2 / 1km\ valley\ length$) と推定された魚類生息量 ($N / 1km\ valley\ length$) の比較から、改修河道の景観要素は蛇行河道のそれと比べて、魚類生息場として質的にも量的にも劣っており、その原因は流路の直線化とそれに伴うバックウォーター、二次流路、倒木に関連した景観要素の喪失が強く影響していることが示唆された。また、中流部 23km 区間における過去の景観要素の量を空中写真による自然河道、改修河道の延長から推定し、1947年から2005年にかけての魚類群集構造の時空間変動を検討した。その結果、1978年までに半分以上の区間が直線的に改修されており、それに伴う各魚類生息量の大幅な減少が推定された。

流路の蛇行による様々な景観要素の創出を目的に、直線的に改修された標津川下流部において、本川と河跡湖をつなぐ再蛇行実験が行われた。しかし、低流速の景観要素があまり形成されなかったことから、さらなる魚類生息場の改善を目的とし、魚類群集の生息にとって重要な景観要素の一つであった倒木の投入を行い、その効果についてサクラマスを対象として検証した。サクラマスの生息量は、倒木を投入しなかった対照区よりも、倒木を投入した倒木区において有意に高く、倒木がサクラマスの生息場改善手法として有効であることが明らかになった。また、生息場要求が異なる複数の生活段階 (サイズクラス) のサクラマスにとって好適な微生息場を、倒木が創出していることも明らかになった。根株や幹を伴う深くて低流速の水底は海から遡上してきた大型個体 ($> 300\ mm$) に、倒木脇の流れの集中域は $100-200\ mm$ の個体に、倒木が速い流れを遮ったよどみを含む倒木区全体の下層は、 $80\ mm$ 以下の個体に利用された。このように、多様な微生息場を創出する倒木の投入は、サクラマスだけではなく、生息場要求が異なる様々な種からなる魚類群集の生息場改善手法としても有効であることが示唆された。

本研究によって、河川特性に応じた魚類群集の保全・再生を行うための調査ならびに改善手法を提示した。そして、景観生態学的に生息場を分類することの有効性を示した。具体的には、このアプローチによって、主流路と氾濫原の水域からなる魚類群集の生息場を統合的に把握できること、また、セグメントスケールにおけるすべての魚類生息場の量と魚類群集の生息量を推定し、改修河道や自然河道といった河道区間の比較および空中写真ならびに GIS を併用することで時系列的にそれらの変化を把握できることを示した。これらは、魚類群集の保全・再生目標を設定する上で欠かせない基礎的データの取得と具体的な保全・再生手法を決定する上で重要な知見を提供した。そこで、直線河道の再蛇行化による魚類生息場の復元 (リストラクション) を実施したが、その効果が予想したより低かったため、さらに倒木投入による魚類生息場の修復 (リハビリテーション) を行い、1つの魚類生息場改善手法として、倒木の有効性を示した。以上から、魚類群集が利用可能である生息場を網羅的に把握し、魚類群集とその生息場の時空間変動を捉え、劣化した構造を復元・修復していく上で、景観生態学的なアプローチは有効な手段となることが明らかになった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 村 太 士
副 査 教 授 丸 谷 知 己
副 査 助 教 河 口 洋 一

学 位 論 文 題 名

河川魚類群集の保全と再生に関する景観生態学的研究

本論文は、図 29、表 8 を含む総頁数 105 の和文論文であり、他に参考論文 4 編が添えられている。

近年、全国で実施されている河川環境の再生事業や生物に配慮した河川改修事業において、魚類群集は保全・再生すべき重要な対象となっている。しかし、河川の主流路だけでなく氾濫原に形成される水域も含み、河川魚類の生息場利用を統合的に把握する手法は未だ確立されていない。そのため、現在、事業対象河川における魚類群集とその生息場を適切に保全・再生すること、ならびに保全・再生目標を定めることが困難な状況にある。本研究は、景観生態学的視点から河川魚類群集の生息場を類型化し、魚類群集構造と生息場の時空間変動を統合的に捉えることによって、魚類群集の保全・再生に向けた基礎データの取得手法を提示することを目的としている。さらに、その手法によって得られた知見を実際に活用し、大規模フィールド実験によって魚類生息場を改善した事例を提示している。

1. 景観生態学的視点による魚類生息場の把握

山地小渓流および中流部蛇行河道において、主流路と氾濫原水域からなる河川景観を構成する主要な要素（以下、景観要素）を形態的特徴ならびに流況から分類・比較したところ、景観要素間における物理特性と魚類群集構造が明確に異なったことが示された。このことから、本研究によって分類した景観要素は、物理環境の面からも、魚類生息場としての生態的機能評価の面からも妥当であったと結論し、河川魚類群集の生息場を統合的に把握する手法として、景観生態学的視点が有効であると論じている。また、よどみ、二次流路、河跡湖、倒流木が魚類の多様性や生息量に重要な役割を果たす景観要素（生息場）であることを明らかにし、氾濫原を含む横断的な河川地形の多様性と、とくに河川内倒流木が魚類群集にとって重要であると結論している。

2. 魚類の生息場と生息量の時空間変動

かつて蛇行河道を形成していたが現在は直線的に改修された河道（改修河道）

において、前章と同様の調査を行い自然蛇行河道と比較したところ、改修河道に見られるすべての景観要素は、蛇行河道における水衝部や寄り州縁辺部と同様、あまり魚類に利用されなかったことを明らかにした。また、蛇行河道と改修河道に卓越する潜在的な各景観要素の量 ($m^2/1km\ valley$) と魚類生息量 ($N/1km\ valley$) を推定し河道間で比較したところ、蛇行河道は改修河道よりも魚類生息場として質的・量的に優れており、改修工事による、よどみ、二次流路、倒流木に関連した景観要素の喪失が、魚類群集の構造と組成に強い負の影響を与えていると結論している。さらに、セグメントスケール (23km 区間) において、1947 年から 2005 年までの景観要素の量と魚類群集構造の時空間変動を検討した結果、1978 年までに市街地とその周辺部および橋梁付近において改修工事が実施され、約半分の区間が直線的に改修されるとともに魚類生息量が大幅に減少していることを推定した。そして、河道の再蛇行化による多様な生息場の形成プロセスを復元すること、あるいは魚類生息場として重要な景観要素を創出すること、またはそれらを組み合わせることにより、魚類群集の再生がはかれるべきであると論じている。

3. 倒木投入による魚類生息場改善の評価

多様な魚類生息場の形成プロセスの復元 (リストラクション) を目的に、直線的に改修された本川と分断されていた旧川 (河跡湖) をつなぐ再蛇行実験が調査対象河川で実施された。しかし、魚類生息場として有効なよどみや倒流木などの緩やかな流速を持つ景観要素が形成されにくいことが判明したため、さらなる魚類生息場の改善を目的として、実験的に倒木を河道内へ投入した。本論文では、サクラマスを対象魚種として、倒木が形成する景観要素の効果について検証を行っている。その結果、倒木の投入はサクラマスの生息個体数を増加させる効果があることを立証するとともに、その効果は、生息場要求の異なる複数の生活段階 (サイズクラス) のサクラマスに対し機能し、好適な生息場を提供していることを明らかにしている。そして、その内部および周辺に多様な生息場を形成する倒木の投入は、サクラマスだけでなく魚類群集の生息場改善にとっても有効であると論じ、リストラクションの補完的措置として、また大規模なリストラクションが行えない場所での修復 (リハビリテーション) 技術として期待できると結論している。

以上のように本論文は、河川魚類群集を対象として、氾濫原を含む広域的な生息場を類型化し、魚類群集構造と生息場の時空間変動を統合的に捉える景観生態学的手法を提示した。また、景観要素を復元する大規模フィールド実験を実施し、魚類生息場の修復成果を科学的に示したことは、基礎研究の分野のみならず、復元、修復技術の発展に大きく寄与するものであり、その成果は学術・応用両面から高く評価される。よって審査員一同は、永山滋也が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格があるものと認めた。