

氏名	伊藤 浩文 <small>いとう ひろふみ</small>
授与学位	博士(工学)
学位記番号	理工博甲第698号
学位授与年月日	平成28年4月13日
学位授与の要件	学位規則第4条1項
研究科、専攻の名称	理工学研究科(博士後期課程) システム設計工学系専攻
学位論文題目	中小河川における魚類生息場評価手法の実用化の研究
論文審査委員	主査 山口大学 教授 関根 雅彦 山口大学 教授 羽田野 袈裟義 山口大学 教授 朝位 孝二 山口大学 准教授 山本 浩一 山口大学 准教授 樋口 隆哉

## 【学位論文内容の要旨】

多自然型川づくりは、平成2年の『多自然型川づくり』について」の通達以来、多くの河川で取り組まれ、今日では全ての河川で多自然川づくりが行なわれるようになった。それにもかかわらず、現場では戸惑いや課題が残る川づくりが行われているのが現状である。

中小河川では、現在の川幅に比べて数倍の改修断面となり深く掘り下げる河道計画、今なお一律な改修標準断面施工や、河床がフラットな工事箇所が多く見られる。

そうした状況を改善するために河道計画の技術基準・解説書として「多自然川づくりポイントブックⅢ」が平成23年に出版されて分かりやすく解説されているが、いまだに9割の河川工事で多自然川づくりが理解されずに施工されている。その原因として河道における魚の棲みやすい環境の評価方法が確立されていないことや、現場と情報が共有されていないことが考えられる。

魚類の生態について多くの研究報告があるが、魚の棲みやすい川づくりに取り入れ評価する方法は確立されていない。そのため、実務では魚類にとって棲みやすい生息環境であるかを照査しないまま進めており、魚類の生息場を定量的に評価する手法が求められている。

本研究では、河道環境における魚類生息場を評価する手法の確立を目指すものである。

日本における魚類生息場の評価の現状は、IFIM/PHABSIMなどが物理パラメータから生息場を定量的に評価する手法として検討されてきた。しかし、PHABSIMにおいても問題があり、魚種ごとや成長段階ごとに計算する必要があり、また魚の影響要因ごとの生息場適正指数 HSI の作成が必要であり、HSI がない場合には膨大な生態学的調査を必要とするなど魚類生息場評価手法として実務段階へ普及していない。

そこで本研究では、中小河川で一般的な魚種に対する総合的な生息場の良否を表す指標として、水深、流速、底質、植生について、摂餌や休息などの行動別に複数魚種・成長段階に共通する最適生息域を表すカテゴリ区分を定める。中小河川で一般に見られる多くの魚種や成長段階について、既存の選好曲線を収集し、多くの魚種・成長段階に共通して行動モード別の最適生息域となるような環境条件の範囲(カテゴリ)を定めた。本研究では、水深、流速、底質については最適生息域の合致度とカテゴリ数の少なさのバランスを配慮して3カテゴリ分割とした。水深は、最適生息域を0.2~0.6mとすることで0.2mと0.6mの境界で3カテゴリに分割した。底質は、最適生息域を粒径2~75mmの範囲に設定することでシルト~砂、砂礫~礫、石~岩盤の3カテゴリに分割した。植生は、休息や産卵モードの隠れ場や産卵基質を想定し、水生植物や上空を覆う陸上植物の有無によって植生ありと植生なしの2カテゴリ分割とした。これらを組み合わせた環境状態の魚の行動圏内における多様性を表す「生態環境多様性指標 (Eco-Environmental Diversity; EED)」を提案した。

魚類生息場評価手法の妥当性を確認するために魚類調査を行った結果、EEDは魚種数と正の関係性を示し、EEDが0.1増加すると種数が約1種増加し、EEDが0.8以上であれば目視でも多様な河川環境と判定された。

本指標により利用時に対象魚種の選定や生息場適性指数の準備が不要となり、物理情報だけで生物多様性の観点から生息場評価が可能となる。さらに河道の魚類生息場を評価するための計算方法について計算の事例を作成し、分かりやすく実際の災害復旧河川工事での設計時の前後、工事2年後、さらに魚類の生息場を考慮した提案など4ケースの計算事例を紹介している。

魚類の生息場を考慮した提案では、一律な改修標準断面施工や河床のフラット化に対する簡単な提案工法を紹介し、この提案工法を使用すれば工事直後から河道の生態環境多様性を高めることができる。

今後、多自然川づくりの技術マニュアル「多自然川づくりポイントブックⅢ」に、本研究の魚類生息場の評価手法を組み込むことを提案する。その組み込みの効果として、魚類等の知識の少ない河川設計技術者でも、魚類生息場環境が少しでも良い方向に進むような河川改修を行うことができるようになるのではないかと期待する。

## 【論文審査結果の要旨】

本邦ではすべての河川改修において多自然川づくりを基本とした河道設計を行うことが求められている。しかしながら、中小河川の河道計画の現場では、魚類生息場の整備や保全に対して図面化の段階で魚が棲める川になっているかを照査する方法がないのが現状である。魚類生息場の評価手法は、米国で開発されたPHABSIMなどがあるが、魚種毎に評価する必要があるため、多くの魚種に対応できる総合評価の方法が明確でないこと、魚種毎に環境選好性を定量化した生息場適性基準(HSI)が必要であり、このHSI作成コストが高いこと、などの理由で、我が国ではほとんど利用されていない。本研究では、現場で施設設計の照査に使用可能な中小河川向きの魚類生息場評価手法を開発することを目標に、対象魚種を特定せずに低コストで総合的な生息場の良否を評価できる指標の開発を行った。

まず、既存の魚のHSIが日中の現地調査に基づいて求められていることに着目し、HSIに表現される最適生息域と生息可能域には軽重の差があるわけではなく、日中の摂餌と夜間の休息など、生活サイクルの異なる場面でそれぞれ最適な生息場になり得るとの仮説を立てた。次に、現存する中小河川に生息する種々の魚種の流速、水深、底質に関するHSIを収集し、多くの魚種の最適生息域と生息可能域の値から共通する範囲(カテゴリ)を抽出し、流速、水深、底質をそれぞれ3カテゴリ、底質の中でも特に効果の大きい植生の有無を2カテゴリに分割し、河川中のある地点は、これらのカテゴリの組み合わせからなる「環境型」で特徴づけられるとした。そして、魚の行動圏内の環境型が多様であるほど優れた生息場であるとの仮説から、生態環境多様性指数(EED)を定義した。続いて、複数の河川で魚類調査、環境調査を実施し、EEDは魚種数と正の相関があり、魚類の多様性を示す指標であることを明らかにした。最後に、EEDを組み込んだ河川の実施設設計フローを提案した。

本論文は5章から構成されている。第1章では、本研究の背景として多自然川づくり、河道計画の技術基準、日本における魚類生息場評価の現状を説明し、本研究の目的が実用的な評価手法の開発であることを述べている。第2章では、新しい魚類生息場評価指標の仮説を述べ、既存の多数のHSIの最適生息域、生息可能域の解析を通じて、水深(m)を0~0.2、0.2~0.6、0.6<の3カテゴリ、流速(m/s)を0~0.2、0.2~0.6、0.6~1の3カテゴリ、底質(mm)を0~2、2~75、75<の3カテゴリ、植生をあり、なしの2カテゴリに分割した。河川中のある1地点の環境型はこれらのカテゴリの組み合わせである54の環境型の1つに該当するとし、その地点を中心とした魚の行動圏内の環境型の多様性をシンプソンの多様性指数で表現したものをその地点のEEDとした。第3章では、善和川、厚東川、

九田川、一の坂川の13区間における環境調査、魚類調査について説明し、その結果を用いてEEDと魚生息密度、魚種数の関係、EEDと環境条件の関係を調べた。その結果、EEDと魚種数の間に正の相関があり、EEDが0.1増加すると魚種が約1種増加すること、EEDが0.8以上の場合目視でも多様な環境を持つ区間と判断されることを明らかにした。また各区間のEEDの違いを生む河道形状の特徴について考察し、少しの設計上の工夫でEEDを向上させることができることを示した。第4章では、実河川の改修事業を例にとり、実際の施設設計の中でEEDを用いてよりよい河道設計を行う方法を提示した。また、現在実用されている河川の実施設設計フローに、改修後のEEDの増加、またはEED>0.8という条件判断を付け加える改良を提案した。第5章では本研究を通じた結論を述べている。

公聴会には河川行政に携わる方々を含め、学内外から24名の参加があった。公聴会での主な質問は、河道の「単調」と「多様」の判定基準、本手法が適用できる河川の種類、EEDの1つの評価値が代表する河川区間の考え方、EEDと川幅の関係、EEDの計算に用いる多様性指標の式の選定理由、などであった。いずれの質問に対しても発表者からは適切な回答が行われた。

以上より、本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する回答などから、最終試験は合格とした。

主要な関連論文の発表状況は下記の通りである（関連論文2編、参考論文0編）。

#### 関連論文

- ① 伊藤 浩文, 関根 雅彦, 中村 好希, 神野 有生, 山本 浩一, 岡室 直樹, 田部 崇博: 中小河川における魚類生息場の評価手法の利用方法について, 土木学会論文集 G (環境), 69 (7), p.III\_481-III\_488, 2013
- ② 伊藤浩文・関根雅彦・中村好希・神野有生・山本浩一・樋口隆哉・今井剛: 中小河川における魚類生息場評価のための生態環境多様性指数の提案, 土木学会論文集 G (環境), 72(1), p.1-11, 2016.