

数値解析を用いた河川・水路における魚類生息場の評価 Evaluation of fish habitat in a river and a canal using numerical analysis

○前田滋哉*・皆川明子**・黒田久雄*

○Shigeya Maeda, Akiko Minagawa, and Hisao Kuroda

1. はじめに

河川や水路の魚類生息に影響を与える様々な因子について研究されてきているが、主な因子は水深、流速、底質、植生とされることが多い。特に水深、流速は流れ場を記述する重要因子であるため、魚類保全を念頭に置いた水理観測や流れの数値解析^{1,2)}がなされてきた。著者らは姉川(滋賀県)中流部を対象に、流れの数値計算と生息場適性指数(HSI)を組み合わせて魚類生息場を評価し、農業用水の取水による魚類生息場への影響を分析した³⁾。また、茨城県の農業用排水路で瞬間流速を計測して乱流特性を定量化し、環境配慮工と排水路における魚類生息場の特性を比較した⁴⁾。これらの研究を踏まえ、本報告では特に重要で着手しやすいと考えられる生態水理学的課題を整理し、研究の方向性を考察する。

2 農業用水の取水により影響を受ける河川区間を対象とした魚類生息場の評価

2.1 研究概要³⁾

農業用取水の影響を顕著に受ける姉川の中流部区間 285m を対象に、魚類生息場としての適性を評価した。対象魚は魚類採捕調査の結果に基づき、カワヨシノボリ(稚魚と成魚)とカワムツ稚魚とした。河床形態や底質の現地調査、水理観測、魚類採捕を実施するとともに、平面2次元流モデル Nays2DH (iRIC) により河川流れを推測した。魚類選好性の環境因子として、水深、流速、底質を選び、対象区間の対象魚の生息場としての質を、生息場適性指数(HSI)を用いて評価した。また、重み付き利用可能面積(WUA)により区間全体の生息場としての質と量を定量化したところ、カワムツ稚魚の最適領域の面積が対象魚中で最も小さいことがわかった。また、5月下旬~6月上旬および8月下旬~9月上旬の農業取水量の抑制や姉川ダムからの放流量の増加が、カワムツ稚魚の生息場適性向上に有効であることが示唆された。

2.2 課題と方向性

(1)河床高の時空間変化を正確にモデル化することが困難：本研究では河川を 20m 間隔で横断測量したデータを使用した。空間解像度が十分でなかったようである。また、洪水により河床変動が生じ、底質が変化することを考慮できていない。これらが計算流速・水深の再現性を低下させた要因の一つである。この問題の対処法として、ドローンに搭載したグリーンレーザーを用いた高頻度の測深が考えられる。(2)魚類選好性をモデル化することが困難：HSI モデルを用いる場合、環境因子の選択法や各因子の適性指数(SI)の統合法、SIモデルの汎用性などが問題にされてきた。本研究では対象地で魚類採捕による個体数密度の算出と環境因子の定量化を行ったが、採捕日の出現水深は 0.110~0.480m、流速は 0.045~1.091m/s だったため、その他の水理条件に対する魚類選好を本データからは評価できなかった。水理量に対する魚類選好性の評価は生態水理学の重要テーマの一つであり、

*茨城大学 Ibaraki University, **滋賀県立大学 The University of Shiga Prefecture 水理, 魚類生態, 数値解析

ファジィ推論を用いた手法などによる改良の余地が大きいと考えられる。

3 魚巢と魚溜における乱れ特性と魚類消費エネルギーの推定

3.1 研究概要⁴⁾

茨城県美浦村の農業用排水路（幅 3m, 矩形断面コンクリート 3 面張り）に導入された人工魚巢と魚溜で、乱れ特性（乱れエネルギー、乱れ度、レイノルズせん断応力）とヌマチチブの消費エネルギーを推定した。15 地点で瞬間流速、水深、水温を 8 回観測した。データを魚巢、魚溜、対照区の 3 グループに分類し、各指標のグループ中央値を比較することにより、グループの水理的、エネルギー的特徴を定量的に分析した。その結果、対照区よりも魚巢、魚溜で有意に時間平均流速、乱れエネルギー、レイノルズ応力が小さく、エネルギー消費量も小さいと推定された。その一方で、魚巢、魚溜では乱れ度が対照区より大きかった。

3.2 課題と方向性

(1)乱流特性と魚類行動の因果関係が不明：一般に、魚類は乱れを回避する傾向にあることが知られている。一方で、乱れ度が大きいほど魚類個体数が多いとの報告もあり、その理由は摂餌の有利さの観点から説明されている。このことから、流れ場の把握にとどまらず、魚類は純獲得エネルギー（＝総獲得エネルギー－消費エネルギー）を最大化しようとするという仮説を検証する必要がある。そのためには、餌資源分布の把握、モデル化、予測が重要になる。水生昆虫、動・植物プランクトン、付着藻類、栄養塩類と魚類との相互作用、魚類の種間競争などに注意が必要である。対象が広範囲で未知の部分が多いが、乱流を含め水理の面から魚類生息環境を分析するというアプローチ自体が比較的新しく有効と思われる。その際、水理観測の頻度を上げ、観測点（空間）を増やすこと、魚類の流れへの応答スケールに十分対応できるまで水理観測の解像度を上げることが必要である。

(2)堆砂・洗掘による路床変動により魚類生息場が変化することを考慮していない：農業用排水路のような、農地や山林からの土砂流入が大きい水域に設置された環境配慮工の場合、堆砂により魚類生息可能空間が減少し、流れ場や底質が中・長期的に変化していく。この点を環境配慮工の管理や設計で配慮することが課題である。路床変動の数値解析を現地に適用した事例は流れ解析に比べると少ないが、適用例を増やしていくことで現状分析が進み、必要な観測が明確化すると考えられる。

4. おわりに

生態水理学分野における今後の課題を、著者らの経験を踏まえて整理した。今後、多量の高解像度データを活用することで、数値計算のための入力データの質を上げていくことが必要である。加えて、水理面に焦点を当てた魚類生態についての知見を蓄積し、モデル化していくことが重要と考えられる。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 20H03095 の助成を受けた。

引用文献：1)De-Miguel-Gallo et al.(2019): Habitat evaluation for the endangered fish species *Lefua echigonia* in the Yagawa River, Japan, *Journal of Ecohydraulics*, 4(2), 147-157. 2)Fuentes-Pérez et al. (2018): 3D modelling of non-uniform and turbulent flow in vertical slot fishways, *Environmental Modelling & Software*, 99, 156-169. 3)前田ら (2019): 農業用水取水の影響を受ける河川区間の魚類生息場評価, 応用水文, 31, 31-40. 4)Maeda et al. (2018): Turbulence and energetics of fish nest and pool structures in agricultural canal, *Paddy and Water Environment*, 16(3), 493-505.