

# 平面二次元水理解析による人為的流量変動が魚類生息環境に与える影響 The Influence of the Anthropogenic Fluctuation of Flow Rate on Fish Habitat by Two-Dimensional Hydraulic Modelling

○厚東 七海\*, 福田 信二\*  
○Nanami Koto\*, Shinji Fukuda\*

## 1. はじめに

発電や洪水調節のためのダム放流や農業利用による取水に伴う人為的な流量変動は、河川生態系に影響を及ぼすことが世界各地で報告されている<sup>1)</sup>。治水・利水・環境が調和した河川管理を実現するためには、人為的な影響を定量的に評価する必要があるが、日本国内での評価事例は少ない<sup>2)</sup>。本研究では、球磨川上流域の河道を対象に、平面二次元水理モデルを構築し、人為的流量変動が魚類生息環境に及ぼす影響の評価を目的とする。

## 2. 方法

球磨川上流域の河道を対象に平面二次元水理モデルを構築し、人為的な流量変動が確認された2018年4月の非定常流理解析に基づいて、異なる体長のオイカワを想定した生息環境評価を実施した。対象区間の上流に位置する市房第二発電所では発電のための放流が行われており<sup>3)</sup>、区間内の多良木観測所では、一時間ごとに流量と水位が観測されている。

平面二次元水理解析には、iRIC<sup>4)</sup>のNays2DHソルバー<sup>5)</sup>を使用した。河道地形は河川定期横断測量成果<sup>6)</sup>のうち、河口から82.6~87.6 kmを使用した。計算格子は、河道に沿って作成し、縦断方向格子数998個と横断方向格子数30個により、一辺5 mの正方形となるよう設定した。境界条件は、上流端流量は多良木観測所<sup>7)</sup>の観測流量とし、下流端水位は河床標高データに基づく等流計算の結果とした。上流端の流速分布および初期水面形は、等流計算によって算出した。Manningの粗度係数は、河道内に0.03、堰等のコンクリート構造物に0.02を与えた。初期流量を用いた安定計算の時間を4800秒に設定し、一ヶ月間の非定常流計算を実行した。水理モデルの再現性は、多良木観測所で観測された水位を用いて、相関係数CORとNSEにより検証した。魚類の生息環境評価には、iRICのEvaTRiPソルバー<sup>8)</sup>を用いた。既往の研究<sup>9)</sup>からオイカワ(*Opsariichthys platypus*)の水深・流速のHSIをそれぞれ定義し、対象区間における生息場適性を定量的に表現するために、重み付き利用可能面積WUA(式(1))と平均生息場適性指数AHSI(式(2))を使用した。

$$WUA = \sum_{i=1}^n (SI_{D,i} \times SI_{V,i} \times a_i) \quad (1); \quad AHSI = WUA / WSA \quad (2)$$

ここで、 $n$ は格子数、 $SI_{V,i}$ は格子 $i$ における流速のSI値、 $SI_{D,i}$ は格子 $i$ における水深のSI値、 $a_i$ は格子 $i$ が代表する面積である。AHSIはWUAから対象区間の水域面積WSAを除いたものである。WSAは水深が0.013 m以上となるセルの面積(m<sup>2</sup>)の合計である。

## 3. 結果と考察

観測水位を用いた精度検証の結果、CORが0.96、NSEが0.88となり、流量変動に伴う水位の時間的な変化が良好に再現されていることを確認できた(Fig. 1)。平面二次元水理解析で得られた流速と水深の空間分布から、流量変動や河川横断構造物に起因する河川環境の時空間変動を可視化できた。更な

\* 東京農工大学大学院農学府農学専攻食農情報工学コース  
Environmental and Agricultural Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

キーワード：魚類、生態水理、流況解析、生息場適性、河川管理

る水理モデルの高精度化のために、橋脚や水制工、河床材料、植生等の河道内環境構成要素のデータ化とともに、支川流入などのモデル化を検討する。

体長ごとの AHSI と流量の時間変化 (Fig. 2) から、体長が大きな個体ほど生息場適性が高くなる一方、降雨出水時には、すべての体長の個体で生息場適性が低下することが明らかになった。人為的流量変動期間においては、河川流量が少ないほど良好な値を示し、AHSI の連続的な変動が見られた。体長 2~15 cm の個体では人為的流量変動期の減水時と比較して増水時に AHSI が小さくなり、生息適地が減少した。体長 20 cm の個体では AHSI がほぼ一定となり、人為的な流量変動による環境変化が及ぼす影響が小さいことが示唆された。これらの流量変動に伴う AHSI の変化の傾向から、体長が異なる個体において、AHSI が最大となる流量が人為的流量変動時に生じていることが確認された。この最適流量は体長ごとに異なることに加えて、AHSI の観点では体長 20 cm の個体では流量変動の影響が限定的であること、HSI の分布を考慮すると流量が増加することによって生息に適した領域が部分的に拡大することが明らかになった。10 cm 以上の個体については AHSI が最大となる流量が人為的流量変動時に存在することが確認されたことから、AHSI は河川管理を検討する際の環境流量設定の指標となり得る。

#### 4. 今後の展望

生態水理解析において、自然災害等による大規模な流量増大時の研究例は数多く存在するが、小中規模の人為的な流量変動や繰り返し流量が変化するような条件での長期的な生息環境評価は事例が少ない<sup>10)</sup>。そのため、本研究で示されたように、中長期的な流量増減に注目した評価手法の開発は非常に有意義であると考えられる。対象種の選定に関して、魚類は生活史の各段階に応じて流量変動によって異なる影響を受けることが知られており<sup>11)</sup>、複数の体長区分や種数の増加は解釈性の低下を招くことが懸念されるため、更なる魚種の多様性や河川横断構造物の上下流や支川合流部などの多様な環境を考慮した評価手法の検証が必要である。

謝辞：本研究の一部は、JST 創発的研究支援事業 JPMJFR2019 の支援を受けた。また、一般財団法人水源地環境センター 一柳英隆氏に貴重なデータを提供頂いた。ここに記して謝意を表す。

引用文献：1) Alp et al. (2023): Introducing hypeak: An international network on hydropeaking research, practice, and policy, *River Research and Applications*, 39(3), 283-291. 2) Maeda et al. (2019): Ecohydraulic Assessment of Water Abstraction for Hydroelectric Power Generation in the Anegawa River, Japan, *Rainwater Catchment Systems*, 25(1), 7-14. 3) 国土交通省九州地方整備局 (2022): 球磨川水系河川整備計画, 57-71. 4) iRIC (International River Interface Cooperative Project)(2024): <<https://i-ric.org/ja/>>. 5) 清水ら (2011): iRIC Software Nays2DH Solver Manual. 6) 国土交通省 (2019): 河川定期縦横断測量. 7) 国土交通省 (2018) (参照 2023.7.17): 水文水質データベース, <<http://www1.river.go.jp/>>. 8) 林田ら (2018): iRIC Software EvaTRiP Solver Manual Version 3.0 For iRIC ver.3.0. 9) 伊藤ら (2013): 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), III\_481-III\_488. 10) Chen et al. (2023): River Damming Impacts on Fish Habitat and Associated Conservation Measures, *Reviews of Geophysics*, 61(4), p.43. 11) Hayes et al. (2019): Life Stage-Specific Hydropeaking Flow Rules, Integrating Ecohydraulics in River Restoration: *Advances in Science and Applications, Sustainability*, 11(6), 1547-1564.

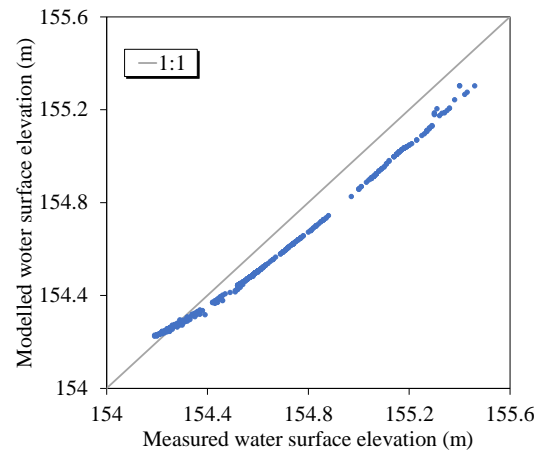


Fig. 1 観測水位と計算水位の比較  
Scatter plot between observed and calculated water level

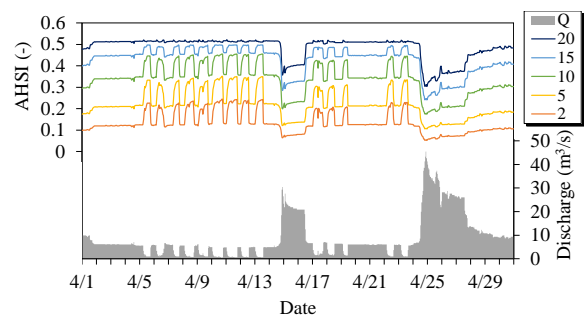


Fig. 2 AHSI の時系列変化  
Time series change of AHSI