

令和元年6月7日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21074

研究課題名(和文) 河川中上流域における河床環境評価と河床変動解析を統合した数値解析モデルの開発

研究課題名(英文) Development of the Numerical Simulation Model Aiming at Direct Habitat Evaluation of Riverbeds of Gravel-Bed Rivers

研究代表者

原田 守啓 (Harada, Morihiro)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号：00647042

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：河川地形を構成する土砂の粒径の幅が広い石礫床河川における河床変動を精度良く行うとともに、河床環境に依存する魚類等の物理生息環境評価を同時に実施可能な数値解析モデルを開発した。平面2次元河床変動解析ソルバーNays2Dを改良し、流水抵抗評価及び河床空隙率評価モデルを実装した。これらの改良により、混合粒径条件下における河床変動、河床表層の分級現象の再現性を大幅に向上させることができた。木曽川水系長良川を対象に、石礫床区間の早瀬を産卵床とするアユに着目し、開発したモデルにより、アユ産卵場の空間分布の評価を試みた。評価結果は、聞き取り及び環境DNA解析によって得られたアユ産卵場の分布を良く表現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、河川中上流域の生態系の基盤である河床に焦点をあて、河床環境に関する河川生態学の知見を、土砂水理学分野で用いられている河床変動数値解析モデルに導入するものであり、本研究結果により、河川中上流域の河川地形及び河床環境の物理的な変化と、生息場としての質の変化を同時に取り扱うことが可能となった。また、従来の数値解析手法において精度があまり期待できなかった少ない流量ステージにおける精度向上も実現した。本研究の結果、流量変動や土砂供給の変化による河川地形及び河床環境を予測・評価可能な数値解析モデルが提供されることとなり、河床環境の成因や動的な変化のプロセスに関する学際的な研究の発展に寄与する。

研究成果の概要(英文)：This study focuses on "riverbed environment" which is the foundation of the stream ecosystem in the upper and middle reaches. This study aims to develop a numerical simulation model that can directly evaluate habitat of organisms dependent on riverbed at the same time as calculating flow and river bed variation in reach scale by changes in flow rate and sediment supply from upstream. Based on the concept of the riverbed environment model, the Nays 2D solver of iRIC which is a general horizontal two-dimensional riverbed variation solver was improved, and the riverbed environment model coupled with the grain size distribution, flow resistance, porosity was implemented. As a result, it became possible to obtain not merely the necessary information for habitat evaluation of the riverbed, but also the precision of riverbed variation calculation itself improved. The improved model has been applied to the spawning habitat evaluation of Ayu, showed high prediction performance.

研究分野：河川工学

キーワード：河床環境 河床変動 生息場評価 数値計算 石礫床河川 産卵床 physical habitat

1. 研究開始当初の背景

河川中上流域の河床は、流域から供給される枝葉等の他生有機物をトラップする場であり、底生生物の生息場、付着藻類の生産の場でもある。また、河床は、採餌場、避難場、産卵場等、生息場として多面的な機能を持つことが知られている。このような様々な生態的機能を提供する河床の状態もまた多様であり、それは、流水と土砂が形作る河床形態、空間的に粒度分布が変化する分級現象、流水による侵食・運搬・堆積の履歴などによって生じたものである。一方、我が国の河川では、水系全体を俯瞰した総合土砂管理の必要性が指摘されているものの、土砂供給の量と質を人為的に変化させた際に、下流区間の河床環境に生じる影響については、未解明の部分が多い。これらの課題に対し、本研究は、小流量から大流量までの流況計算及び河床変動計算を行うと同時に、河床環境の生息環境評価を直接行うことが可能なシミュレーション・プラットフォームを実現することを目的とし、従来の平面二次元河床変動解析手法を改良し、河床の物理生息環境を表現することが可能な平面二次元河床変動解析手法を開発しようとするものである。

2. 研究の目的

本研究は、河川中上流域の河川生態系の基盤である“河床環境”に着目し、流量変動や土砂供給の変化によって生じる、流れ場・河川地形及び河床環境の変化を、同時に予測・評価可能な手法を開発する。そのために、遊泳性魚類・底生生物・付着藻類の生息場として必要な物理環境情報を包含する「河床環境モデル」を開発する。これを一般的に用いられている平面二次元河床変動解析手法に実装し、改良することによって、小流量から大流量までの流況計算及び河床変動計算を行うと同時に、生息環境評価に必要な物理環境の情報を得ることができる解析手法を構築する。

3. 研究の方法

本研究では、まず、河床環境の生息場としての質に関する物理環境情報を包含した「河床環境モデル」を構築する。次に、既存の平面二次元河床変動解析プログラムソースコード（開発言語: Fortran）に実装して、流れの計算部分と流砂の計算部分の改良を図る。最後に、改良したモデルの精度検証を行う。H28年度は、河床環境モデルの構築を進め、その検討材料としての現地調査を行う。また、検証サイトを設定し、出水前後の河床材料の変化等を記録しておく、モデル構築後の検証データとする。H29年度は、河床環境モデルを平面二次元河床変動解析モデルに実装する。H30年度には、検証サイトについて、H28-29に観測した出水前後の河床環境と地形変化の説明性について、従来モデルと改良モデルの比較検証を行う。

4. 研究成果

河川地形を構成する土砂の粒径の幅が広い石礫床河川における河床変動を精度良く行うとともに、河床環境に依存する魚類等の物理生息環境評価を同時に実施可能な数値解析モデルを開発した。平面2次元河床変動解析ソルバーNays2Dを改良し、流水抵抗評価及び河床空隙率評価モデルを実装した。

蛇行水路における代表的な移動床実験の再現計算を行い、河床形状、平面流況、表層河床平均粒径等について検証を行った結果、流水抵抗評価モデルの修正によって分級現象の予測性能に改善が見られた。(図-1、図-2) 実験結果(図中 Exp.)に対し、流水抵抗評価モデルを改良したモデル(図中 HE)はノーマルモデル(図中 NM)と比べて、河川地形の表現には大きな違いはみられないものの、表層河床材料の分級状況の表現について精度向上がみられた。加えて空隙率評価モデルを導入したモデル(図中 HF)は、HEモデルに対して大きく結果は異なるものの、生物の生息環境として重要なパラメータである河床の透水係数の空間分布を、河床変動解析と同時に評価可能である利点を有する。

河床表層の分級現象の再現性が向上した要因として、流水抵抗評価モデルの変更により、表層河床材料粒径と相対水深に応じた掃流力分布が与えられた結果、河床形状及び分級現象の再現性が向上したと考えられた。(論文投稿済み査読中)

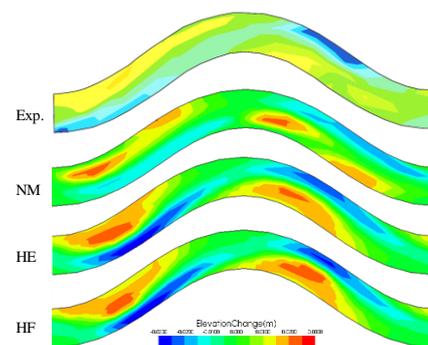


図-1 河床変動量の再現計算結果

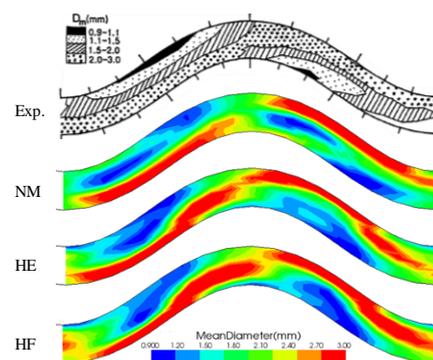


図-2 表層粒径の再現計算結果

さらに、木曾川水系長良川を対象に、石礫床区間の早瀬を産卵床とするアユに着目し、開発したモデルにより、アユ産卵場の空間分布の評価を試みた。既存の文献及び実際の産卵場の物理環境調査の結果により、アユ産卵場適地の物理環境の条件を設定し、改良された河床変動解析モデルと組み合わせて産卵場適地の評価を試行した。評価結果は、聞き取り及び環境 DNA 解析によって得られたアユ産卵場の分布を良く表現した。(論文投稿準備中)

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ①原田守啓・大橋一弘・井上公斗・三輪浩 (2018) 2 粒径条件下の掃流砂輸送に関する実験的研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), I\_1063-I\_1068.
- ②RAHMA YANDA, Morihiro HARADA, Ichiro TAMAGAWA (2018) Study on Double-Averaged Velocity Profiles for Rough Beds and Low-Flow Conditions, Journal of Japans Society of Civill Engineers, Ser.B1 (Hydraulic Engineering), I\_619-I\_624.
- ③Morihiro HARADA, RAHMA YANDA (2018) Development of the Numerical Simulation Model Aiming at Direct Habitat Evaluation of Riverbeds of Gravel-Bed Rivers, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Symposium on Ecohydraulics.
- ④RAHMA YANDA, Morihiro HARADA, Ichiro TAMAGAWA (2018) Investigation of Logarithmic Velocity Distribution Applicability for Area near the Bed of Gravel-bed Streams in Shallow Flow Conditions, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Symposium on Ecohydraulics.

[学会発表] (計 8 件)

- ①大橋一弘・原田守啓 (2016) 混合粒径条件下における高精度な流砂量式構築のための基礎的実験, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2016/9/11-13, 東北大学
- ②荒川貴都・原田守啓 (2016) 扇状地河川における砂州表層の粒度及び凹凸の空間分布特性, 応用生態工学会第 20 回東京大会, 2016/9/2-5, 東京大学
- ③RAHMA YANDA, Morihiro HARADA, Ichiro TAMAGAWA (2017) Prediction of Vertical Profile of Streamwise Velocity Using Double-Averaging Method, the 37<sup>th</sup> IAHR World Congress, 2017/8/13-18, Kuala Lumpur, Malaysia
- ④Morihiro HARADA, RAHMA YANDA, Yukio ONODA, Yuichi KAYABA (2017) Swimming Fish Habitat Evaluation Concept Focusing on Flow Characteristics around the Roughness Layer in Streams, the 37<sup>th</sup> IAHR World Congress, 2017/8/13-18, Kuala Lumpur, Malaysia
- ⑤大橋一弘・井上公斗・原田守啓 (2017) 混合粒径条件下における高精度な流砂量式構築のための基礎的研究, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017, 九州大学
- ⑥原田守啓・荒川貴都 (2018) 石礫床河川の河床環境評価が可能な数値計算モデルの開発, 応用生態工学会第 22 回東京大会, 2018/9, 東京工業大学
- ⑦RAHMA YANDA, Morihiro HARADA, Ichiro TAMAGAWA (2018) Development of Semi-empirical Velocity Distribution Model to Evaluate the Impacts of Dam on River Habitat, Japan-Indonesia International Scientific Conference, Osaka, Japan.
- ⑧加藤大輝・原田守啓 (2019) 長良川扇状地におけるアユの時空間動態を把握する試み, 土木学会中部支部研究発表会, 2019/3, 愛知工業大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：永山滋也、田代喬、富永晃弘  
ローマ字氏名：Shigeya NAGAYAMA, Takashi TASHIRO, Akihiro TOMINAGA

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。