

2次元単層モデルを用いた筑後川中流・山田堰の機能評価に向けた水理解析 Hydraulic Analyses Using Two-Dimensional Shallow Water Equations for Functional Evaluation of the Yamadazeki Barrage in the Chikugo River, Japan

○樋爪大輔*, 田畑俊範**, 平松和昭**, 原田昌佳**, 尾崎彰則***

Daisuke Hizume, Toshinori Tabata, Kazuaki Hiramatsu, Masayoshi Harada, Akinori Ozaki

1. はじめに **Figure 1** に示す山田堰は福岡県朝倉市に位置し、1790年の完成以降、現在も現役で機能し続けている。同堰は、水流を減勢するため、壁体を河川に対して斜めに配置した「斜め堰」と呼ばれる構造を持っている。その優れた構造や耐久性が注目を集め、2014年には世界かんがい施設遺産に登録された。またアフガニスタンで同堰をモデルにした堰が築造されるなど、近年特に途上国から注目を浴びている。しかし、アフガニスタンでの堰築造の際には、用水路への土砂の堆積等の問題が生じ、何度も改修が行われた。今後の更なる途上国への適用に向け、山田堰が「暴れ川」と称される筑後川において、200年以上も機能し続けるその構造特性や地形的条件について知見を得ることが重要である。本研究では、2次元単層モデルを用いた同堰周辺の流れの計算、また土砂移動の解析を行うことにより、同堰の水理機能の特長について検証することを目的とする。

2. 解析手法 本解析の計算領域とその標高を **Fig. 2** に示す。本解析では、1mメッシュ毎に流れ・河床変動解析を行った。解析は平水時と洪水時の2条件で行ったが、wet-and-dryスキームを導入することで洪水時の堰・堤防の冠水・溢水を再現した。平水時の流速については、堰周辺の6地点で、プロペラ流速計を用いた実測を行い、再現性を検証した。境界条件は下流端近くの恵蘇ノ宿観測所での実測値を用い、上流端に流量、下流端に水位を設定した。平水時は現地観測を行った2021年12月14日12時の観測値を、洪水時は九州北部で記録的な豪雨が発生した2020年7月7日の日平均観測値を用いた。それぞれの流量・水位の境界条件を **Table 1** に示す。土砂移動は混合粒径条件で、芦



Fig. 1 山田堰の航空写真と構造名.

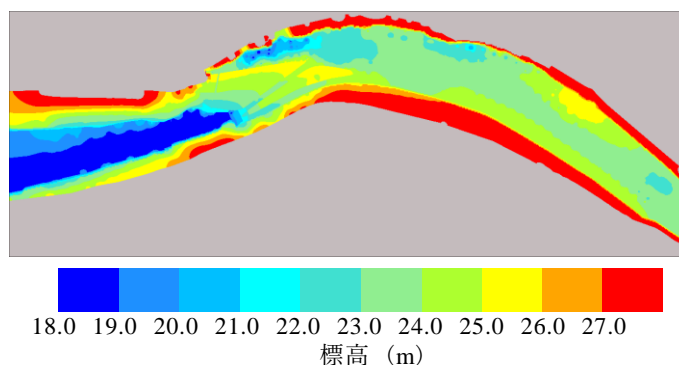


Fig. 2 計算領域 (1321 m×475 m) とその標高.

*九州大学大学院生物資源環境科学府 / Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University **九州大学大学院農学研究院 / Faculty of Agriculture, Kyushu University ***九州大学熱帯農学研究センター / Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University

キーワード：斜め堰, 世界かんがい施設遺産, 掃流砂, 河床変動, 数値解析

田・道上式で算出される掃流砂のみを考慮する事とし、河床変動高を計算した。計算領域のうち、砂礫等で構成されていて浸食が発生する河床を移動床、堰や堤防上など、石やコンクリートで構成され浸食が生じない河床を固定床とし、固定床では堆積のみを考慮した。また、過去の河川断面図の変化から、初期標高-2.0mまでを移動層とし、それ以下は固定床とした。

3. 解析結果 計算した平水時、洪水時の流速分布を **Fig. 3** に示す。平水時には、堰周辺を除く領域の流速は 0.20 m/s~0.40 m/s 程度であった。2つの舟通しや土砂吐では約 2.0 m/s~3.0 m/s と非常に速い流れであり、強い排砂機能が示唆された。逆に堀川用水へと水を運ぶ導水路の流れは約 0.10 m/s と上流側からの流れよりも遅く、用水路へゆっくりと導水されていることが分かる。**Fig. 3 (a)** に示す実測値との比較から、計算流速分布が概ね正しいものであることが確認できる。平水時はほとんどの箇所では掃流砂は発生せず、河床変動も生じなかった。一方で洪水時は堰を完全に越流するため舟通しや土砂吐等の構造はその機能を果たしていない。堰上では特に流速が大きいですが、これは堰幅を広くする斜め堰の構造が持つ越流水深の軽減効果によるもので、河川両岸への被害を抑える効果があると考えられる。計算開始から24時間後の河床高の変動分布を **Fig. 4** に示す。洪水時は計算領域の全体で河床変動が生じ、そのスケールも非常に大きかった。特に流速が大きい水流中央では浸食が2.0mに達した箇所もあり、堰下流右岸側の砂州においても大きな浸食が生じた。

4. おわりに 本研究では、歴史的な水理構造物である山田堰について、流れ・河床変動解析モデルを開発し、堰の水理機能の特長について検証することができた。平水時の計算結果については、現地観測結果と比較することで良好な再現性が確認された。洪水時に関しての実測は難しく未だ実施できていないため、今後の課題としたい。

Table 1 設定した境界条件

	平水時	洪水時
上流端流量 (m ³ /s)	40.15	3528.99
下流端水位 (m)	20.4	25.3

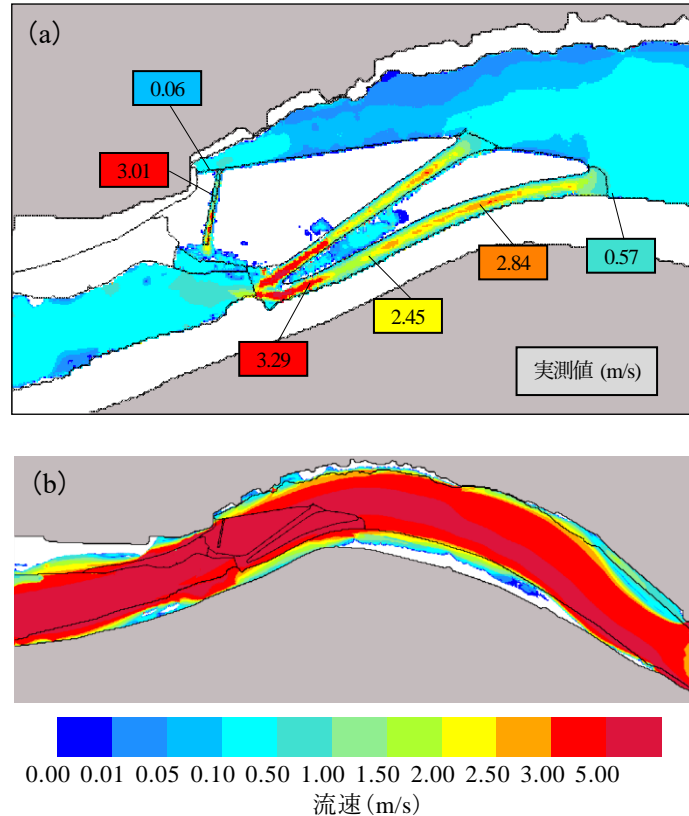


Fig. 3 計算した流速分布. (a) 平水時の結果とプロペラ流速計で計測した実測値. (b) 洪水時の結果.

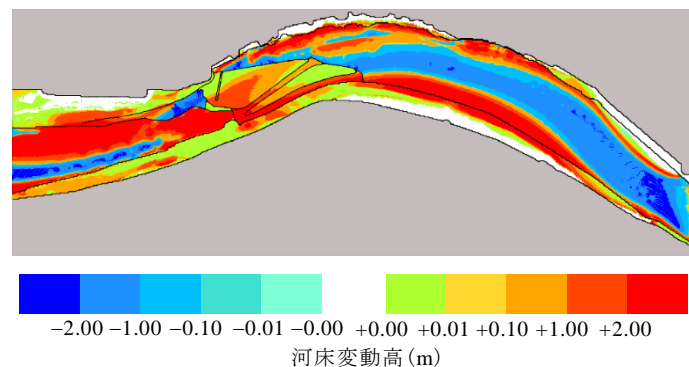


Fig. 4 洪水時の24時間後の河床変動高(計算結果).