

山田川流域を対象とした田んぼダム導入のための流出孔の検討とその効果予測

熊本大学 学生会員 ○川添大聖, 鹿児島大, 津田拓海, 正会員 皆川朋子

1. はじめに

令和2年7月豪雨は、熊本県の南部に位置する球磨川流域に甚大な被害をもたらした。これを受け熊本県は、総合的かつ多層的な水害対策を図る田んぼダムを含む流域治水プロジェクトを進めている。田んぼダムは、田んぼの持つ貯留機能を利用して流出を抑制し、洪水被害を軽減する取り組みである。これまで田んぼダムに関する研究の多くは東日本を中心に行われており、夏季降雨が多い九州での検討事例は少ない。また、田んぼダムの流出抑制効果の検討を行う際に各水田に対して一定の流出孔を設定しているが、水田面積に応じた適切な流出孔の検討が必要であると考えられる。そこで本研究では、令和2年7月豪雨で甚大な氾濫被害が生じた熊本県山田川流域を対象に豪雨の際に流出抑制効果を最大限に発揮する流出孔を検討し、流出抑制効果を予測することを目的とする。

2. 方法

2.1 対象流域及び田んぼダム対象水田

本研究では、令和2年7月豪雨で甚大な氾濫被害が発生した球磨川中流域右岸に位置する人吉市市街地を流下する山田川流域を研究対象地とした(図-1)。山田川流域の水田(約287ha)のうち、基盤整備された水田を田んぼダム対象水田(約102ha)として設定した。また、対象水田が流れ込む排水路の形状はRTKGNSSを用いて現地調査により把握した。

2.2 検討ケース

対象降雨は球磨川河川整備基本方針の目標降雨(球磨川豪雨の約1.03倍)、球磨川河川整備計画の目標である30年確率(それぞれcase-1,2とする)とした。

流出孔については、1枚の水田に対して流出孔は1つとし、既往研究等で多く使われている流出孔直径50mm(a)、case-1,2の降雨でそれぞれ溢水しない流出孔の最小値であったそれぞれの流出孔(b), 流出孔(c), 田んぼダムなし(d)の4パターンを設定した。水田面積は筆ポリゴンデータをもとにGISで計測した(図-2)。

2.3 解析モデル

解析にはInnvyze社のInfoWorks(以下、ICM)を用いた。モデルは、流出モデル、河道・排水路の不定流解析モデル(1次元のサンブナン式を適用)、地表面氾濫計算モデルで構成されている。

2.4 流出モデル

a) 田んぼダム導入地区以外

流域全体を160の小集水域に分割し、ICM内の準線形貯留モデルを適用した。

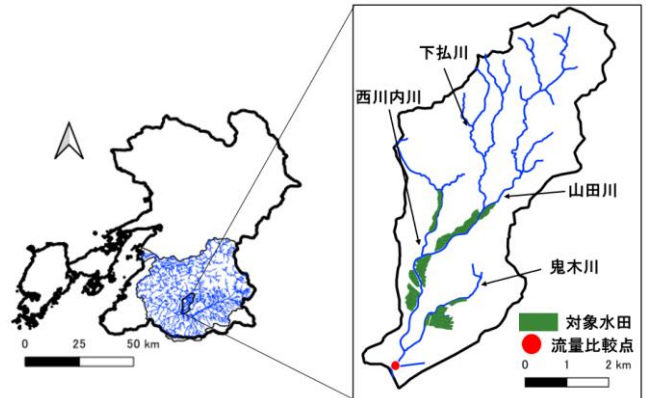


図-1 研究対象流域

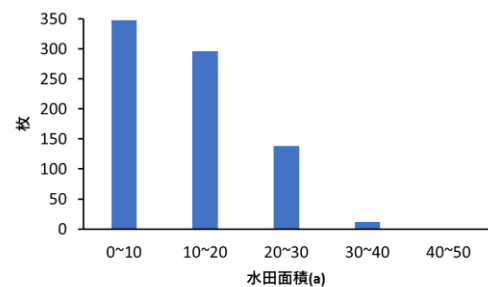


図-2 水田面積のヒストグラム

b) 田んぼダム導入地区

山田川流域の基盤整備された水田を田んぼダム対象水田とし、田んぼダムからの流出は、水田に直接降雨を与え、水田からmanholeへ流入させ、オリフィスを通じて排水することで、水田からの流出を表現した。畦畔に関しては各水田の外周ラインをベースライン構造としてインポートし、標高値を地盤高+0.3mと設定した。排水マスはICMのmanholeを用いて表現した水田からmanholeへの流入についての計算式を以下に示す。

$$Q_{in} = C\sqrt{g}BH^{(3/2)}$$

ここに、 Q_{in} : manholeへの流入量, Q : 流量 C_{Dicm} : ICM上での堰の流量計数, B : せき幅 h : 越流水深である。鹿児島ら²⁾を参考に C_{Dicm} は0.11と設定した。排水マスから排水路への流出はIC上のオリフィスを用いて表現し、以下に計算式を示す。

$$Q_{out} = C_{picm}A\sqrt{gh_0}$$

ここに、 Q_{out} : 排水路への流出量, C_{picm} : ICM上のオリフィスの流量計数, A : 断面積, h_0 : オリフィス孔中心を基準とした水深である。 C_{picm} についても鹿児島ら²⁾を参考に設定した。

2.5 水田面積による流出孔の検討

水田一枚を対象に、case-1,2の降雨で溢水しない流出孔をICMのシミュレーションで検討した。水田一

枚の面積は図-2 に示す田んぼダム対象水田の水田面積を踏まえ、10a,20a,30a,40a,50a の5 ケースとした。

2.6 田んぼダム導入による流出抑制効果予測

Case-1a,b,c,d, Case-2a,b,c,d に対して、シミュレーションを行い、山田川下流地点(図-1)における流量、及び浸水域及び浸水深を予測した。

3. 結果及び考察

3.1 水田面積ごとの流出孔の決定

シミュレーションから得られた各水田面積に対する流出孔の大きさを表-1 に示す。これを水田面積に対応するように設定した。

3.2 氾濫シミュレーション

令和2年7月球磨川豪雨における山田川下流部(鬼木川合流部前)の推算流量とICMによる計算流量を比較した結果、Nash係数は0.9と高い再現性が得られた。また、浸水域比較に関しても概ね一致していた。

図-3 に各ケースにおける山田川下流流量を示す。

Case-1 では、Case-1b,c のピーク流量は、Case-1d と比較しそれぞれ約3.5m³/s, 1.1m³/s 低減したのに対して、Case-1a は、Case-1d よりも流量が大きかった。Case-2 では、Case-2c のピーク流量は Case-2d と比較し、約3.3m³/s 低減し、Case-2a,b においても流出抑制効果が見られた。降雨量が大きい Case-1 では、Case-1a より、降雨に対して流出孔が小さいと下流部での流量が増加する可能性がある。

図-4 に Case-1a,b, Case-2a,c の水田の浸水深をそれぞれ示す。浸水深が0.3mを超えるエリアは畦畔越流が生じていることを示している。Case-1a は、ほとんどの水田において畦畔越流が生じているのに対し、Case-1b は、多くの水田で雨水が畦畔を超えずに貯留されている。Case-1b でいくつかの田んぼダムが畦畔越流しているが、その要因として、隣接した土地からの雨水の流入や排水路水位の上昇による排水路からの逆流が考えられた。Case-2 では降雨規模が小さく水田の浸水深に大きな変化は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、熊本県山田川流域を対象に水田面積によって流出孔を変化させた田んぼダムによる流出抑制効果を評価することをシミュレーションによって予測した。その結果、田んぼダムに水田面積に対して適切な流出孔を設定することで、球磨川河川整備基本方針の目標降雨に対しても流出抑制効果を発揮させることができる可能性が示された。

謝辞：本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF19S20502)及びJST共創の場形成支援プログラムJPMJPF2109の支援を受け実施したものである。ここに記して謝意を示す。

表-1 水田面積に対する流出孔直径

水田面積(a)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50
case-1に対して検討した流出孔(mm)	60	90	120	130	150
case-2に対して検討した流出孔(mm)	30	50	60	70	70

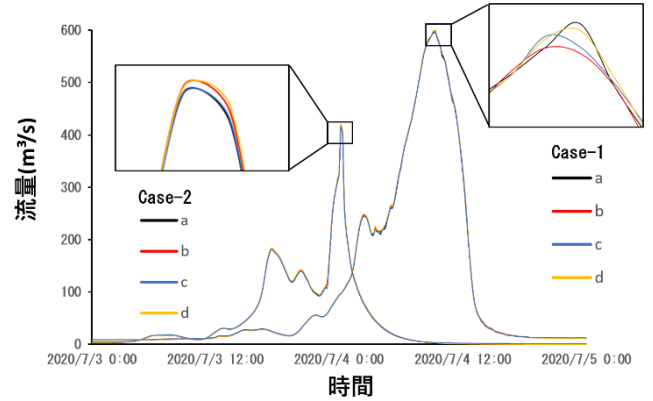


図-3 case-1,2 における山田川下流地点の流量

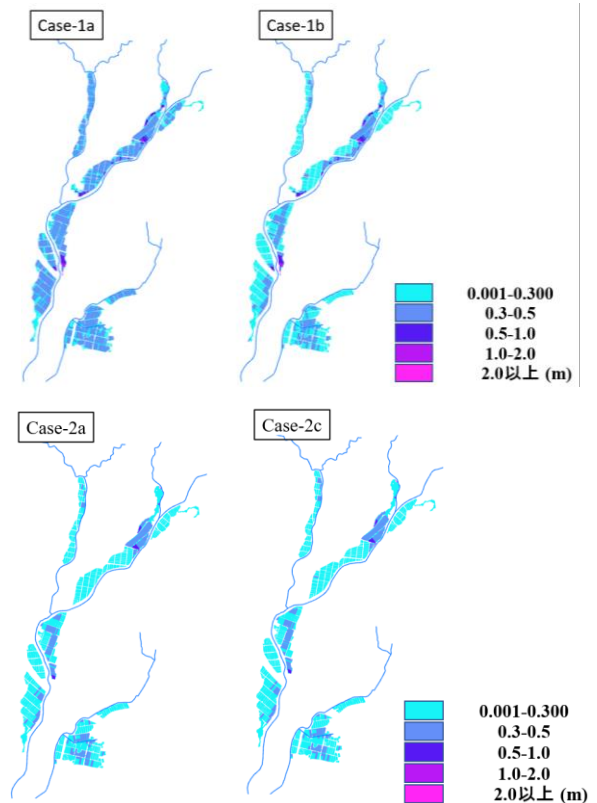


図-4 Case-1,2 における水田浸水深

参考文献

- 宮津進, 吉川夏樹, 阿部聡: フリードレーン方式の田区排水に適した機能分離型落水量調整装置の開発, 農業農村工学学会論文集 IDRE Journal No.305(85-2), pp.I_159-I_167(2017.12)
- 鹿児島昂大, Shakila Kayum, 皆川朋子: 白川水系黒川流域における田んぼダム導入による流出抑制効果の予測評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.78, No.2, I_247-I_252, 2022.