

第Ⅱ部門

降雨流出氾濫解析における水田貯留効果のモデリング

京都大学工学部 学生員 ○谷岡 翔太
 京都大学防災研究所 正会員 佐山 敬洋
 京都大学防災研究所 正会員 菅原 快斗

1. 研究背景

近年の頻発・激甚化する豪雨災害の対策として、流域治水の考え方が定着しつつある。流域治水の具体的な取り組みの一つに田んぼダムがある。田んぼダムとは、豪雨の際に水田からの排出量を調整することにより、水田が本来有する貯水効果を増やす仕組みのことである。田んぼダムに関する観測研究[1]や、地区スケールのモデリング研究[2]は進みつつある一方、広域スケールでの水災害への効果を明らかにした研究は十分に進んでいない。本研究は、広域スケールの降雨流出・洪水氾濫解析に適する Rainfall-Runoff-Inundation (RRI)モデルを対象に、田んぼダムによる水田貯留効果を反映する方法を考案し、地区および流域スケールに適用することで、モデル化の妥当性を検証するとともに、田んぼダムの効果を分析することを目的とする。

2. 研究手法

2.1 田んぼダムのモデル化

既存の RRI モデルでは、水田の領域について、雨水の鉛直浸透と側方流により流入を計算する。そのため、既存モデルでは水田の貯留効果を再現することができない。本研究では、水田の貯留効果を再現するために、畔の高さまで表面流として貯留、その排水を以下に示す方法で計算するとともに、各水田セルからの排水は、排水路を通して Kinematic wave 式で河川まで流出するようモデル化した。

水田から排水路への流出は図1の3通りがあり、対応した水量の計算を行う(図1)。

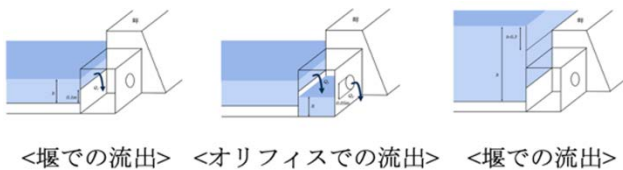


図1. 水田からの流出

堰での流出量を Q_1 、オリフィスでの流出量を Q_2 、水深を h とすれば、 $h < 0.10$ mでは堰を超えないので流量は0とし、 $0.10 \leq h < 0.30$ mでは Q_1 、 Q_2 をそれぞれ式(1)、式(2)によって求める。

$$Q_1 = C_p \beta \sqrt{h - 0.10} \quad (1)$$

オリフィスでの流出

$$Q_2 = 0.2 E_p \alpha h^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} \quad (2)$$

ここに、 h : 水深、 C_p : 流量係数、 β : 水田の個数×堰の高さ、 E_p : 流量係数、 α : オリフィスの面積×水田の個数である[3]。田んぼダムを設置した水田の流出量は $0.10 \leq h < 0.30$ では両者の小さい方を取り、 $\min(Q_1, Q_2)$ とする。 $0.30 \text{ m} \leq h$ では水位が畔を超えていることを想定し、周辺の水位差に応じて側方流を計算する。 $0 \leq h \leq 0.30$ mにおける水深と流量の関係は図2のようになり、 $0.152 \text{ m} \leq h$ において田んぼダムによる貯留効果が発揮し、水深が大きいくほど、田んぼダムがある場合とない場合の貯留効果が大きくなる。

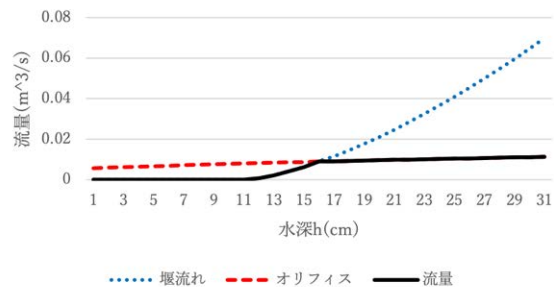


図2. 水深と流量の関係図

2.2 対象領域

本研究では球磨川流域を対象に計算を行なった。球磨川流域では令和2年7月に12時間で300 mm超の大雨が降り人吉市など約1060 haが浸水し、土砂災害等も含めると約7400戸の家屋が被災し、甚大な被害が出た。広域スケールでの計算では令和2年7月豪雨の計測雨量を用いた。また、広域スケールでのシミュレーション

では田んぼダム単体の効果がわかりにくいため、球磨川流域上流の水田面積率が高い湯前地区で、再帰確率 20、50、100 年の降雨を用いて田んぼダムの効果を確認した。湯前地区でのシミュレーションでは、田んぼダムの効果を明瞭にするために領域内は全て田んぼダムが設置された水田を仮定し、下流端に全ての流れを集結させた。

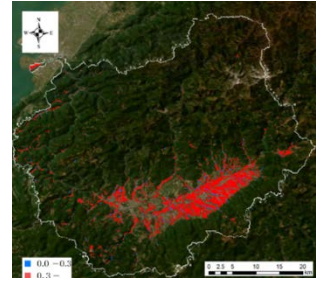


図 4. 令和 2 年豪雨での水田の最大水深

3. 研究結果

3.1 湯前地区での結果

再帰確率 20、50、100 年の降雨を用いた場合のそれぞれの水田のピーク流量の減少率および、水田のピーク水深の増加率を表 1 に、再帰確率 100 年の降雨を用いた場合の水田の水深と流量の時間変化を図 3 に示す。

表 1. 湯前地区でのピーク流量及びピーク水深の減少率

再帰確率	20 年	50 年	100 年
ピーク流量の減少率	22%	57%	70%
ピーク水深の増加率	1%	2%	6%

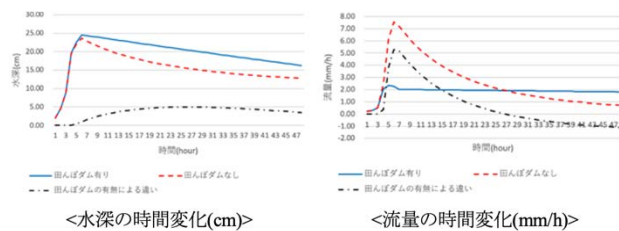


図 3. 100 年確率の降雨に対する水田の水深と流量

田んぼダムにより流量のピークがカットされ、少ない流出量で長時間排出されている。また、表 1 において、ピーク水深の増加率に対してピーク流量の減少率が大きくなっている。わずかな水深の増加で、水田からの排水量を大幅に減ずることができる点が、田んぼダムの利点であり、後述のように水田そのものの面積率が限られるために流域スケールでは明確な効果が見られない場合でも、水田からの流出が洪水の原因になるような流域では、その効果が大きくなる。

3.2 球磨川流域での結果

球磨川流域のスケールで、解析を実行した際に、水田の水深が畦の高さを超過した水田を赤で、超過していない水田を青でプロットした (図 4)。令和 2 年豪雨ではほぼ全ての水田で氾濫が起こっていた。

流域末端の太良木と水田付近の支川における田んぼ

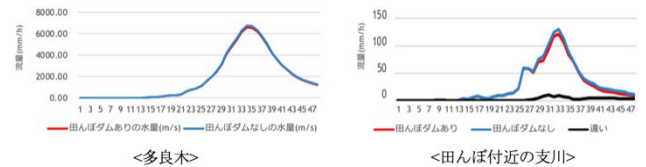


図 5. 太良木および水田付近の河川流出高

ダムありとなしでの流量を比較すると、太良木では約 2%、もう一方では約 9%ピーク流量が減少した (図 5)。

4 結論

再帰確率 100 年の降雨を用いた場合、水田からのピーク流量は約 70%減少し、ピーク水深は 6%増加した。また、令和 2 年豪雨では、流域の全ての水田に田んぼダムの施策が実施された場合、太良木ではピーク時の約 2%流量が低減した。水田付近の支川では約 9%低減した。

水田は一筆の面積が大きいいため、水深の増加率に対して多くの流量を抑制できる。なので、水田地帯で発生する洪水や、水田地帯が多く存在する流域において、田んぼダムによる水田貯留効果は特に大きな効果を期待することができる。

参考文献

- [1] 竹田稔真・朝岡良浩・林誠二：田んぼダムの洪水緩和効果による将来的な水害リスク上昇の抑制効果水文・水資源学会誌, 34 巻, 6 号, p. 351-366, 2021.
- [2] 柳原駿太・山本道・風間聡・峠嘉哉・Yikai CHAI・多田毅：田んぼダムの潜在的な洪水被害軽減の国内地域別評価, 土木学会論文集 G (環境), 77 巻, 5 号, p. I_33-I_42, 2021
- [3] 宮田進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一・安田浩保：田んぼダムによる内水氾濫被害軽減効果の評価モデルの開発と適用, 農業農村工学会論文集, 8 巻, 6 号, p. 479-488, 2012