

水田排水口の堰板形状の違いによる降雨流出応答の評価 Evaluating the rainfall runoff responses effect of paddy field drain with notch for outflow control

○阿南光政*, 弓削こずえ*, 田中真由美**

Mitsumasa Anan, Kozue Yuge, Mayumi Tanaka

1. はじめに

佐賀県では、度重なる内水氾濫による豪雨災害を受け、流域治水対策の一環として、水田排水口に流出を抑制する調整板を設置する田んぼダム対策を推進している。佐賀県で取り組む田んぼダム対策は、水田の排水口に一般的に使用されている長方形の堰板 (Fig.1(a)) に対して、調整板と呼ぶ三角堰タイプの板を設置 (Fig.1(b)) することで、水田流出の時間遅れによる洪水緩和効果を期待するものである。本研究では、佐賀県が田んぼダム対策に導入する調整板の機能を定量化するため、水田排水口からの流出過程を想定した水理模型を用いて室内実験を実施し、堰板形状の違いによる降雨流出応答を評価することを目的とする。

2. 実験方法

Fig.2 に示す回流水槽において、ポンプによる注水流量をバルブで調整し、定常状態に達した時点で、注水流量と越流水深を測定した。なお越流部の寸法は実際に現地で用いられている堰板と等スケールとした。検証を行う堰板形状は四角堰および三角堰 (切り欠き角度 60°, 90°, 120°) の 4 種類とした。

3. 実験結果と考察

実験結果を Fig.3 に示す。なお佐賀県が田んぼダム対策として導入している切り欠き角度 90° の三角堰については設定流量の範囲を広げ、より詳細なデータを取得した。図示した回帰直線の傾きが緩やかであればあるほど、流出抑制効果が高いことを示す。水田排水口に通常用いられている四角堰を三角



(a)通常の排水口 (b)田んぼダム対策

Fig.1 水田排水口の堰板の設置状況
Photos of paddy field drain with notch.

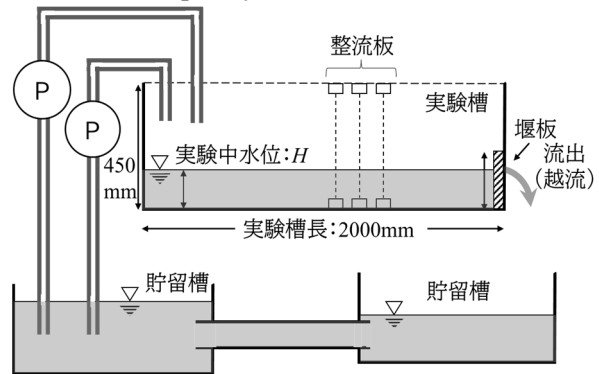


Fig.2 水理模型概略図

Schematic view of hydraulic model.

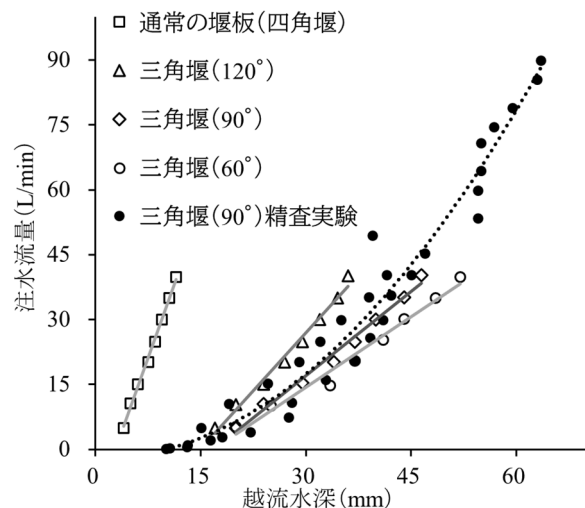


Fig.3 水理模型による越流実験結果

Flow rate and water depth by overflow experiment.

* 佐賀大学農学部/Faculty of Agriculture, Saga University

**サンスイコンサルタント株式会社/Sansui Consultant

キーワード: 地表排水, 洪水流出, 排水管理, 田んぼダム

堰に変えることで、より高い水田の一時貯留効果が期待できることが模型実験からも明らかとなった。また三角堰は切り欠き角度は小さい方が流出抑制の効果は高くなるものの、切り欠き角度の違いによる効果の顕著な差は見られなかった。

4. 降雨流出応答の評価

水田排水口に設置する堰板の形状の違いによる降雨流出応答を評価する指標として、雨水貯留量を排水するのに要する時間を算出する微分方程式を立式する。水田の雨水流出過程における水田排水口からの流出流量(堰板の越流量) Q は連続の式より次式で表現できる(阿南ら, 2023)。

$$A_p \frac{dH}{dt} = I - Q \quad (1)$$

なお, A_p : 排水口 1 カ所当たりの水田面積, H : 水田湛水深, t : 時間, I : 水田への流入量である。ここで、貯留状態から排水に要する時間を比較するため、式(1)において、流入量 I をゼロとし、流出流量 Q に実験結果(Fig.3)から得られた回帰式を用い、越流水深 h_1 から h_2 に低下するまでの排水時間 T ($=t_2-t_1$)を求める積分関数を導出すると、1 次の回帰式の場合が式(2)、2 次の回帰式の場合が式(3)となる。

$$T = - \int_{h_1}^{h_2} \frac{A_p}{aH + b} dH \quad (2)$$

$$T = - \int_{h_1}^{h_2} \frac{A_p}{aH^2 + bH + c} dH \quad (3)$$

なお, a , b および c は実験結果(Fig.3)より得られる回帰式の係数である。

近年で佐賀県において大規模な豪雨災害が発生した「令和 3 年 8 月の大雨」時のピーク時間雨量 67.5mm を貯水量に設定し、直角三角堰については式(3)、その他の形状については式(2)の定積分を求めると排水時間 T をシミュレートした結果を Fig.4 に示す。貯留水深が 5mm 低下するのに要する時間は、四角堰で 0.9hr に対して直角三角堰は 2.7hr

と既に 3 倍の流出時間遅れが生じており、堰板形状の違いによる排水時間の違いを定量的に把握できた。また貯留水深が低下するほど三角堰の流出時間遅れは拡大し、貯留水深 20mm に達するまでの排水時間は、直角三角堰では 91.3hr、日数に換算すると 4 日間必要なことが明らかとなった。

5. まとめ

本研究では、水田排水口を模した水理模型による越流実験を実施し、堰板形状の違いによる流出抑制効果を明らかにした。さらに実験結果を用いて排水時間をシミュレートする積分関数を導出することで、降雨流出応答の特性を定量評価した。これらの成果は、佐賀県が田んぼダム対策として導入している排水口調整板の効果の可視化および流域治水対策の具体化に資するものである。

謝辞

本研究の実施に当たって、佐賀県農林水産部農山村課の関係各位に御協力と資料の御提供を賜りました。記して謝意を表します。

引用文献

阿南光政, 原初花, 弓削こずえ(2023):水田欠口流出法を用いた平地水田地帯の雨水貯留効果の評価, 雨水資源化システム学会誌, 28(2), pp.65-71

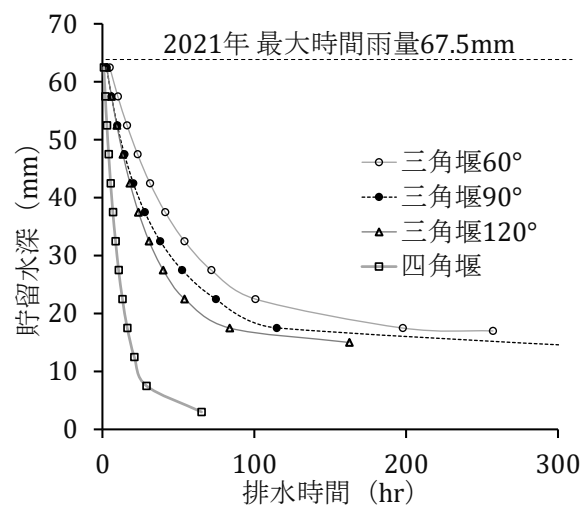


Fig.4 堰板形状の違いによる排水時間の比較
Comparing the rainfall-runoff responses by the difference of notch for outflow control.