

水田貯留による雨水の流出抑制に関する実証的研究

名城大学理工学部 正 員 原田 守博
名城大学理工学部 ○ 藤澤 悟

1. はじめに

河川流域における都市域の拡大に伴って、雨水の流出時間の短縮および流出量の増大が顕著となるなど洪水流出特性が変化し、下流域において氾濫や溢水による被害が増加している。その対策として行なわれる従来の河川改修には限界があるため、「総合治水」として、流域における貯留浸透施設の整備計画が雨水流出を抑制するために策定された。しかしながら、新たに流出抑制施設を建設するには莫大なコストがかかり、建設適地も限られるため容易ではない。そこで本研究では、低コストで実現が容易な流出抑制施設として水田を捉え、水田での雨水貯留による流出抑制効果を評価するとともに、その活用策を提案することを目的とする。

2. 現地概要

濃尾平野を流れる新川流域では、1982年に総合治水河川に指定され流域整備計画が立てられたが、2003年までの進捗率はわずか30%である。整備計画では流域を保水地域、遊水地域、低水地域に大別し、地域ごとに流域整備を実施するものとされた。保水地域は上・中流域に該当し、保水機能の保全・強化は流出抑制施設の設置によって実現される。本研究では、新川上流域に位置する愛知県大口町の水田を対象として現地実験を行い、水田の貯留排水過程に関する水理モデルを構築して、流出抑制効果を検討する。

3. 水田貯留による流出抑制とは

図-1は水田の一つを模式的に示したものである。一般に水田では、農業用水を取水口から流入させ、稲の生育に必要な量を溜め、必要以上の水量は落水口から排水路へ流出させる。本研究で扱う「水田貯留による流出抑制」とは、落水口に図-2に示す切欠き板を挿入し、水田に降った雨水の流出を遅らせることである。

4. 水田貯留の水理モデルの構築

図-3は水田における水収支の構成要素を示したものである。降雨時には、面積 A の水田に降雨強度 r の雨と、取水口から流入量 I が加えられ、蒸発散および地下浸透量による損失強度 f 、落水口から流出量 Q が流出する。

水田の貯留排水を表す水理モデルは、水収支を表す連続式(1)と四角堰の流出量 Q を示す式(2)から構成される。ここで損失強度 f は未知量であるため、現地実験によって固定される。図-4は、面積 $A=2.7$ 反(1反 $\approx 1000\text{m}^2$)の水田において、降雨のない期間($r=0$)に取水口を閉じた状態($I=0$)で排水実験を行った時の越流水深の時間変化を示している。観測値と理論値との比較から損失強度は $f=20\text{mm/day}$ と同定された。

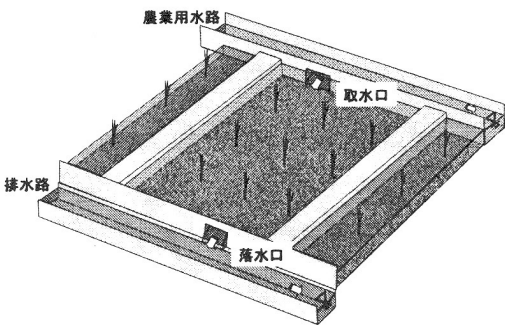


図-1 水田の模式図

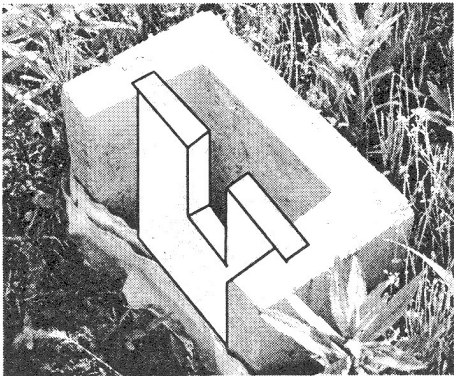


図-2 切欠き板

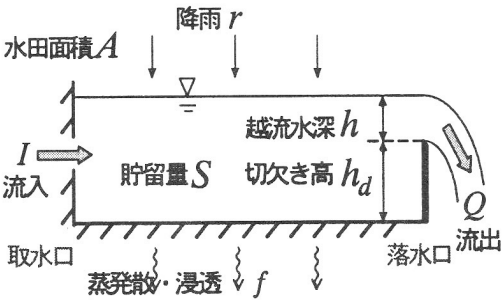


図-3 水田における水収支

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= I + rA - fA - Q \\ S &= A(h + h_d) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$
$$Q = CBh^{\frac{3}{2}}, C = 1.785 \quad (2)$$

5. 水理モデルの検証

図-5は、2004年8月30日～31日に台風16号に伴う降雨による貯留排水実験を取水口を閉じた状態で行った時の越流水深の時間変化を示している。損失強度 $f=15\text{mm/day}$ に設定すると、観測値と一致しており、水理モデルが現象をよく再現していることがわかる。損失強度 f の差違は気温や日照時間に伴う蒸発散量の違いが影響していると考えられる。

6. 水田貯留の水理特性

水田における貯留排水過程の水理特性を明らかにするため、 $A=2.7$ 反、 $f=15\text{mm/day}$ 、切欠き高(常時湛水深) $h_d=8.0\text{cm}$ 、切欠き幅 $B=29.0$ (全幅堰)、 10.0 、 7.5 、 5.0cm の条件を与えて貯留排水過程のシミュレーションを行った。

対象降雨として、 $1/5$ および $1/10$ 確率降雨を設定した。これは整備計画が $1/5$ 確率降雨(時間降雨量 50mm)に対する安全の確保を行うことが目標であり、近年では $1/10$ 確率降雨(時間降雨量 58mm)についても考慮していく必要があるためである。

図-6(a)は $1/5$ 確率降雨を、(b)は $1/10$ 確率降雨を与えた場合において、各々の切欠き幅からの流出量の時間変化を示したものである。 $B=10.0$ 、 7.5 、 5.0cm と全幅堰 $B=29.0\text{cm}$ におけるピーク流量を比較する。(a)において、 $B=10.0\text{cm}$ では 55% 、 $B=7.5\text{cm}$ では 64% 、 $B=5.0\text{cm}$ では 73% 、(b)において、 $B=10.0\text{cm}$ では 50% 、 $B=7.5\text{cm}$ では 64% 、 $B=5.0\text{cm}$ では 71% の流出抑制効果があるものと考えられる。これらの結果から、切欠き幅を狭めていくことによって、より大きな流出抑制効果が得られるものと期待される。

7. 集中豪雨時の流出抑制効果

図-7は図-6の結果を踏まえ、実際の降雨(2004年7月10日の愛知県一宮市での実測降雨)における水田1面による流出抑制効果を検討したものである。 $B=10.0$ 、 7.5 、 5.0cm と全幅堰 $B=29.0\text{cm}$ におけるピーク流量を比較すると $B=10.0\text{cm}$ では 45% 、 $B=7.5\text{cm}$ では 55% 、 $B=5.0\text{cm}$ では 68% の流出抑制効果を期待できるものと考えられる。切欠き幅を狭めていくと、貯留量が増加し流出抑制効果が高まるが、越流水深も高くなるため、水田と水田の間の畦が低ければ水田から溢水する恐れがある。そのため、各水田における流出抑制効果をより大きくするためには、畦の整備が必要になると思われる。

8. おわりに

水田貯留の水理モデルを構築し、水田1面における雨水の流出抑制効果について評価した。今後、多数の水田群が分布する小流域における河川への雨水の流出抑制効果について評価するとともに、実施に向けての課題の整理と水田の改善策について検討を進める予定である。

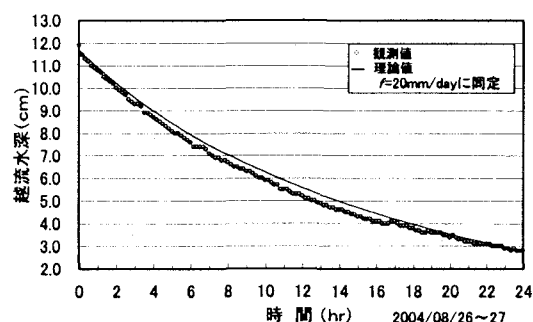


図-4 排水実験による損失強度 f の同定

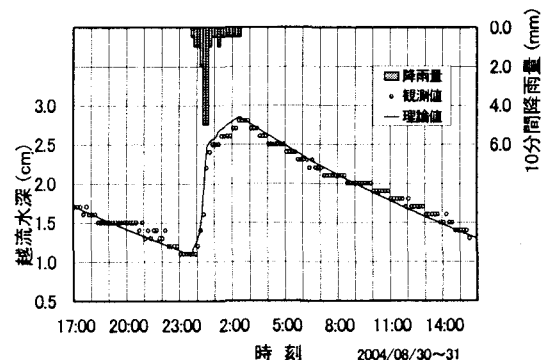
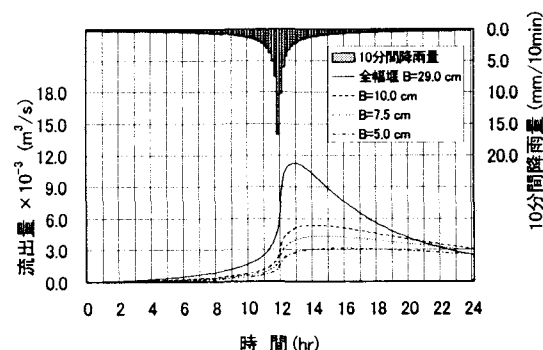
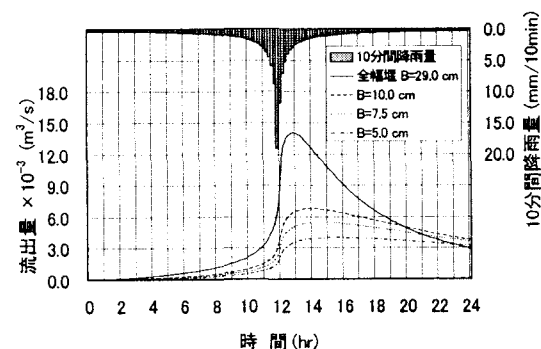


図-5 水理モデルの検証



(a) $1/5$ 確率降雨の場合



(b) $1/10$ 確率降雨の場合

図-6 モデル降雨に対する流出抑制効果

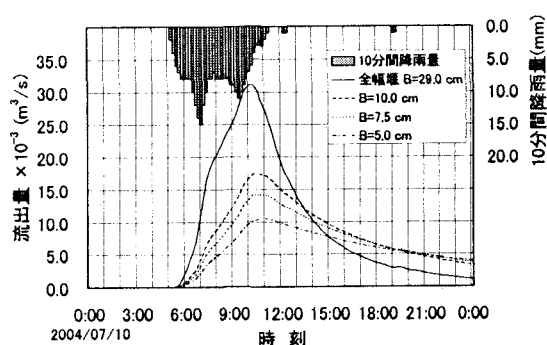


図-7 一宮豪雨に対する流出抑制効果