

水田群における雨水貯留機能と流出抑制効果に関する実証的研究

名城大学 正会員 原田守博 学生会員 ○ 藤澤 悟
 名城大学 齋飼絵美 青木吉嗣 五島 歩
 (株)アイエスシー フェロー 森 富雄 大森美喜夫

1. はじめに

流域の都市化に伴い河川の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水害が増加している。流域からの急激な雨水流出を抑制するために、流域内に貯留浸透施設を整備する計画が策定された。しかし、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計画の進捗状況は芳しくない。そこで筆者らは、流域に残された水田を低コストで実現可能なオンサイト型流出抑制施設として捉え、行政や民間業者と共同で現地実験を行ない、水田貯留による雨水の流出抑制の可能性を検討してきた。昨年度は基礎研究として1面の水田における雨水貯留・流出特性を調査した¹⁾が、本年度は多数の水田群と農業排水路を含む試験流域を設置し、広域的な水田貯留による雨水の流出抑制効果の評価を目指している。

2. 水田群からの雨水流出の現地観測

濃尾平野を流れる新川の上流域において、大口町役場の協力のもと、水田貯留を行なう試験流域を設置した。図-1は、対象とする水田群を示したものであり、面積は約8.2ha、30面の水田が存在している。この区域には畑作田など雨水流出が見られない水田が5面あるため、雨水は25面の水田から流出することとなる。現地観測では、転倒杓雨量計を設置して降雨を測定するとともに、2ヶ所の水田に設置した水位計により降雨に伴う水田内の水位変動を、農業排水路の上流地点①と下流地点②に設けた水位計によって排水路での流量を測定した。

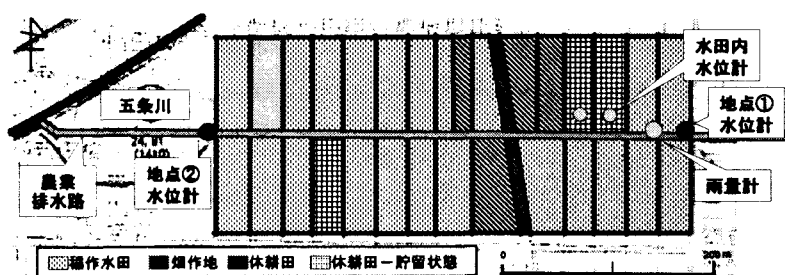


図-1 水田群を主体とする流出試験流域

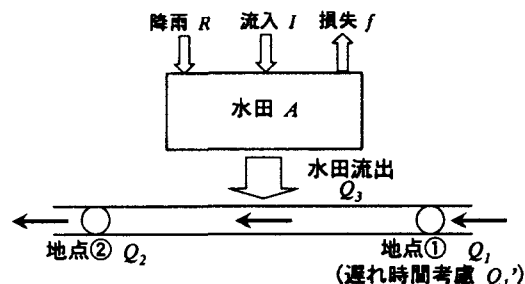


図-2 水田群・排水路の模式図

試験流域での流出現象は、図-2に示すように模式化される。すなわち、排水路の地点①における流量 Q_1 に25面の水田からの流出量に加わり、地点②において流量 Q_2 が計測される。観測データの一例として、2005年8月20日の降雨（総雨量25mm）における Q_1 と Q_2 の時間的変化を図-3に示す。図中の破線は、上流地点①での流量 Q_1 に流下時間を考慮した Q_1' と下流地点②での流量 Q_2 との差 Q_3 を描いたもので、水田群からの流出を地点②で測定した結果と見なすことができる。次節では、25面の水田群を1面の仮想水田として流出モデルを構築し、観測記録からモデルを検証するとともに、種々の降雨に対する水田群による流出抑制効果を試算することとする。

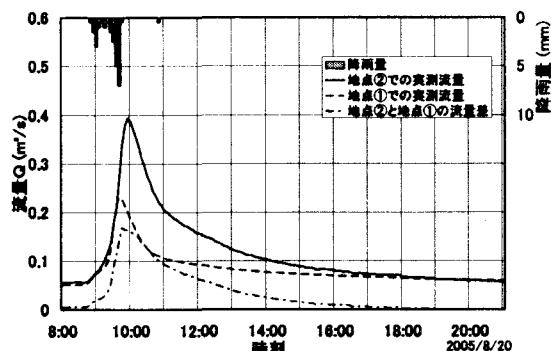


図-3 観測データの一例

3. 水田群による雨水貯留の水理モデルの構築

面積 A の水田における水収支式は、降雨強度 r および取水口から流入量 I 、落水口から流出量 Q 、水田での蒸発散や地下浸透による損失強度 f を用いて式(1)のように表わされる。式中の S は水田内の雨水貯留量であり、流出量 Q は式(2)で表わされる。式(2)において、落水口が幅 B の越流堰の場合は $K=CB$ 、 $p=1.5$ 、面

積 a のオリフィスの場合は $K=C'a$, $p=0.5$ となる。本研究で取り扱う仮想水田もこれら(1), (2)式と同様な構造をもつ考え、観測記録をもとに K および p の値を同定することとする。

図-4は、今回の仮想水田に対して基礎方程式(1), (2)を適用し、図-3に示した観測データ Q_3 と解析結果を比較することにより、モデルのパラメータを最小二乗法で同定したものである。この時の観測では、総雨量 25mm, 取水口からの流入 I は無く、 $f=10\text{mm/day}$ とした。同定の結果、パラメータの値として $K=16$, $p=1.17$ が得られた。前述したように、 p の値は落水口の形式によって 0.5 または 1.5 の値をとるが、今回の水田群では両方の形式が混在することによって、全体として 1.17 という値になったものと考えられる。この数値は今回対象とした水田 25 面に対する値ではあるが、一般的に水田域には越流堰型とオリフィス(柵)型の落水口が存在することから、 p が両者の平均的な値をとることは普遍性をもつ可能性がある。

同定されたパラメータの有効性を確認するため、図-3とは別の降雨に対する流出データを用いて水理モデルの検証を行った。図-5は、2005年8月12日(総雨量 23.5mm)における各々の流出量の時間変化を示している。水田群からの流出量の解析結果は下流端での実測流量の観測値と一致しており、同定したモデルが現象をよく再現していることが分かる。

4. 水田群での流出抑制効果の検討

水田群による流出抑制効果を明らかにするため、種々の仮想降雨を与えた場合の流出特性を検討した。水田からの流出量評価式(2)の K には落水口の流出断面積が含まれている。そこで、落水口からの流出を抑制する工夫を施すことを想定して、 K の値を小さくした場合、すなわち $K=16$, $2/3K$, $1/3K$ の3パターンを対象に検討を行なった。図-6は、入力降雨として中央集中型波形の $1/10$ 確率降雨を与えた場合について、水田群からの流出高を示している。図から分かるように、 K を小さくすることによって流出量がより抑制されるとともに、最大流出量の生じる時間も遅らせることができる。一方、図-7は、降雨の生起確率を $1/5$ から $1/100$ まで変化させた場合の最大降雨強度と最大流出高を比較したものである。図のように、降雨強度が大きくなるにつれて流出高は増加するが、その増加幅は降雨の増加に比べて小さい。したがって、大規模降雨の場合には、水田貯留による流出抑制効果は相対的に小さくなることが言える。

8. おわりに

水田群を主体とした試験流域において現地観測を行ない、水理モデルを用いて流出抑制効果を評価した。今後は、河川計画における水田貯留の組み込みを目指し、流域規模での有効性の検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 藤澤ほか：水田貯留による雨水の流出抑制効果に関する現地実験，土木学会第 60 回年講，II-059，2005

水田からの雨水流出過程の基礎方程式

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

$$Q = Kh^p \quad (2)$$

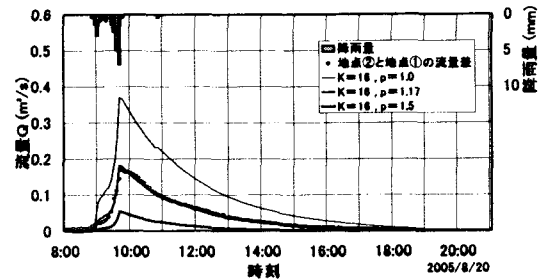


図-4 パラメータ K と p の同定

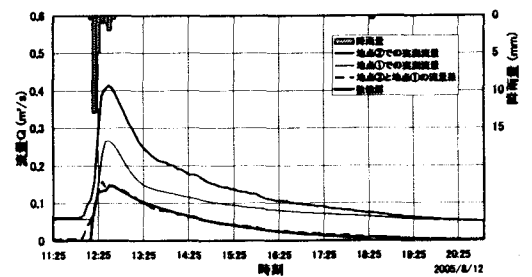


図-5 水理モデルの検証

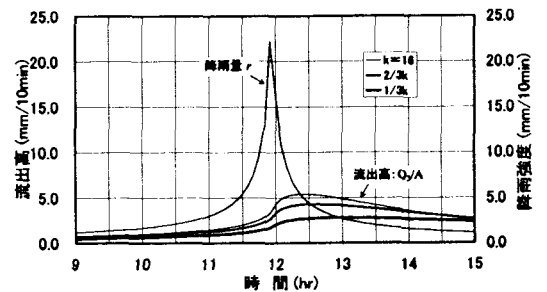


図-6 水田群での流出抑制効果

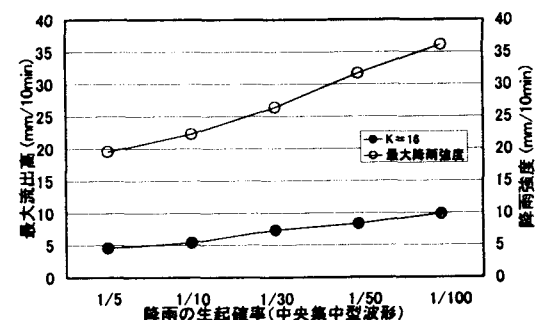


図-7 確率降雨に対する流出高の比較