

# 水田の貯留効果を考慮した洪水緩和機能の検討 Research about flood mitigation function of the paddy field

小池 進太郎<sup>1</sup>  
陸 旻皎<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> 工学士 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士課程 (〒940-2316 新潟県長岡市鳥越 2137)

<sup>2</sup> 正会員 工博 長岡技術科学大学教授 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

<sup>3</sup> 正会員 工博 重慶交通大学兼任教授 (〒400074 中国重慶市南岸区学府大道 66)

Now, the storage capacity of the paddy field is considered as one of the flood measures. Paddy field can storage the water. Other agricultural land has not this characteristic capacity. This study attempts to estimate the effect of basin paddy field storage over Igarashi River in Sanjo city, and examine its technical characteristics and the future possibilities. From viewpoint of flood control, the practice to use paddy field storage capacity is referred to as the "Paddy Field Dam (PFD)". PFD can store the rainfall in paddy fields, a limit the outflow of the river. It is possible to suppress the runoff increase due to rainfall. However, the mechanism of the paddy field dam, stores the rainfall from the beginning of the rain. And when the rain reaches the peak, because the water level in the paddy fields is increased, decrease the storage capacity. So, it cannot effectively store the rainfall peak. Therefore, we consider a gate to fully control the water level in a automatic way. Since the cumulative rainfall of 200mm from the river improvement plan was found to be a danger. If Igarashi river basin exceeds the cumulative rainfall of 200mm, it was assumed to start store the rainfall in paddy fields. After waking runoff analysis, reduction in the outflow amount of 130m<sup>3</sup>/s was observed at the maximum. The runoff analysis was carried out against the observed 2004 Niigata and Fukushima heavy rain and the 2011 Niigata and Fukushima heavy rain. The result is 2004 Niigata and Fukushima heavy rain runoff of 80m<sup>3</sup>/s at the maximum was reduced. And in 2011 Niigata and Fukushima heavy rain runoff of 95m<sup>3</sup>/s at the maximum was reduced.

**Key Words:** *Paddy Field Dam, flood mitigation, runoff analysis, storage function method, paddy field pool model*

## 1. はじめに

現在、水害対策の一つとして水田の貯留機能が注目されている。水田は他の農作地とは違い、降雨を一時的に貯留できる能力がある。そのため水田の排水口からの河川への流出を制限することで、降雨による急激な流出量を抑えることができると考えられている。過去にはこの水田の洪水抑制機能を評価すべく様々な研究がおこなわれてきた。豊国、角屋らは水田地帯からの雨水流出過程を物理的に説明できることを明らかにし、水田地帯からの流出を表現した<sup>1,2,3)</sup>。志村らの研究では水田の雨水貯留機能が洪水抑制に効果があることを明らかにし、畦畔高さや水田面積の積から日本の水田の総貯留量を表した。櫻田らは水田の洪水緩和機能の点から、水田の貯留効果を実流域を対象に検討した<sup>4)</sup>。一方でさらなる水田の洪水抑制効果の向上として排水孔に流量調節短管を取り付け、水田の貯留機能を向上させることで洪水防止施設としての役割を持たせることを提案した<sup>5)</sup>。吉川らは水田からの流出は農家の意図的な操作に大きく左右されると述べ、安定し

て水田に治水的な役割を求めるとすれば、水田の治水効果を積極的に高める努力を必要とするとした。また、石井らは水田からの流出量を物理的に表現したモデルを開発し、従来の貯留関数法では出来なかった水田を考慮した流出解析手法を考案し、水田からの流出量を制限する落水調整板を用いた耕区（以下「田んぼダム」）と落水調整板を用いていない耕区を対象にピーク流出量を比較し、落水調整板設置による水田地帯からのピーク流出量の減少を明らかにした<sup>6)</sup>。

田んぼダムはその形状上、自由に放流量を操作することができない。そのため大きな降雨の貯留を効果的に行えない可能性がある。本研究では従来の田んぼダムの問題を解決するために、自動的に排水制御を行える装置を水田全体に設置し、任意のタイミングで水田の排水量を操作できる場合、信濃川水系の一次河川である五十嵐川を対象に、水田の持つ貯留能力がどのような影響を与えているか、現行の河川整備計画と比較して水田の貯留能力がどの程度効果を発揮するのか試算した。



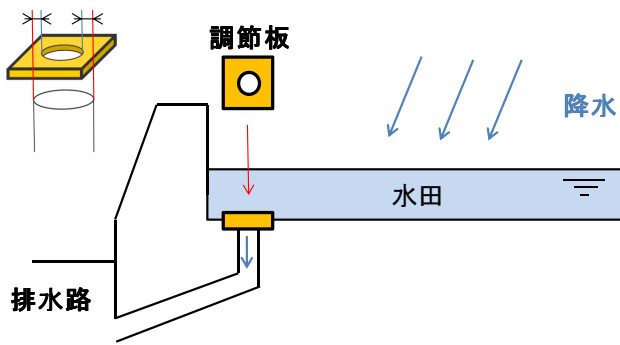


図-3 田んぼダム概略図

際は降水量が最も大きくなった後に災害につながる流出が発生する。そのため降雨開始時から水田に貯水しても、貯留による水位上昇分の貯留量が無駄になると考えられる。降雨のピークを効果的に貯留できなければ水田貯留を利用した洪水対策の効果も薄くなる。本研究では田んぼダムを洪水のピークに集中して利用することで、水田の貯留能力をより効果的に運用する方法を検討した。

### (1) 従来の田んぼダム

図-3 に田んぼダムの概略図を示す。「田んぼダム」とは水田の排水孔に「落水調整板」と呼ばれる板を設置し、通常よりも排水能力を制限することで降水を水田に貯留するものである。図-4 に田んぼダムの実際の構造を示す。排水口に径の小さな調節板を設置して流出量を制限させている。これにより雨が降り始めても排水能力が制限されているため多くの降雨を貯留できる。しかし現状考案されている「田んぼダム」は五十嵐川流域では流域に対して効果が薄いことが五十嵐川災害復旧助成事業で述べられている。理由としては田んぼダムの形状により、排水能力は常に制限されており、雨の降り始めから貯留を開始しているため、断続的に強い雨が降り続いた場合、洪水のピークではすでに水田にはある程度の降雨が貯まっており、貯水池としての効果が弱まっているためだと考えられる。

そのため、本研究ではダムの洪水調節や遊水地の効果により洪水の危険が少ないと判断できる場合には水田に降雨を貯留を行わない。ダムの貯水量が限界となるなど、河川状況が危険だと判断できる場合のみ水田に降雨を貯留することで河川への負担を従来の田んぼダムよりも軽減できると想定した。

### (2) 本研究の田んぼダム

従来の「田んぼダム」は落水調整板により常に起動している状態であり、自力で放流量を任意の量に変化させる機能は持っていない。本研究では農業総合研究所が開発した水田の水位管理自動化システムを参考に任意の条件で水田に降雨を貯留する方法を考案した<sup>9)</sup>。図-5 に自動化水田水管理システムの概略図を示す。この自動化システムはパソコンと電話回線・無線を用い



図-4 田んぼダムの構造

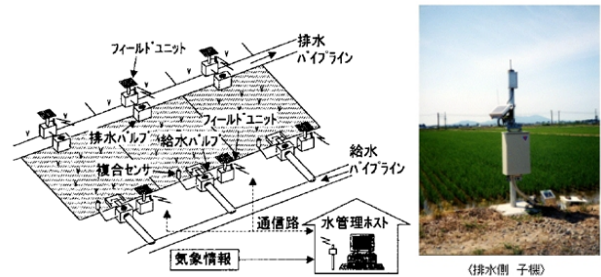


図-5 自動化水田水管理システム概略図

た水田の遠隔監視制御システムであり、水田1枚単位での自動水位制御が可能である。子機で水位などの情報を収集し、水管理ホストで水田ごとに排水制御が行える。このシステムを利用することで流域ごとで、従来の田んぼダムにはない貯留方法が検討できる。

### (3) 水田への貯留条件

図-6 に水田への貯留条件を考慮した流出計算のフローを示す。

計算フローでは降水が発生した場合、条件判定を行い水田に貯留するか否かを判定する。条件に合えば水田に貯留して流出計算を行い、条件に当てはまらない場合は通常の排水で流出計算を行っている。

想定として雨の降り始めから貯留するのではなくある程度降水量が大きくなった瞬間に水田に降雨貯留することができれば、より効果的に河川への流出量を減少させられる。しかし、河川の状況は降雨だけではなく様々な気象条件が影響してくるため最適な貯留条件を設定することは困難である。そのために五十嵐川河川整備計画で策定されている雨量の計画規模 1/100 の降雨データ<sup>10)</sup>を用いて解析を行い、どの程度の降雨で河川が危険な状態になるかを検討した。検討結果より水田に貯留を開始するタイミングを設定し、実際の降雨でも同様の貯留条件で解析を行った場合、河川への負担をどの程度軽減することができるのか検討した。

## 5. 解析結果

### (1) 計画規模 1/100

五十嵐川河川整備計画の計画規模 1/100 の解析結果を図-7 に示す。計画規模 1/100 の累積雨量は 340mm を

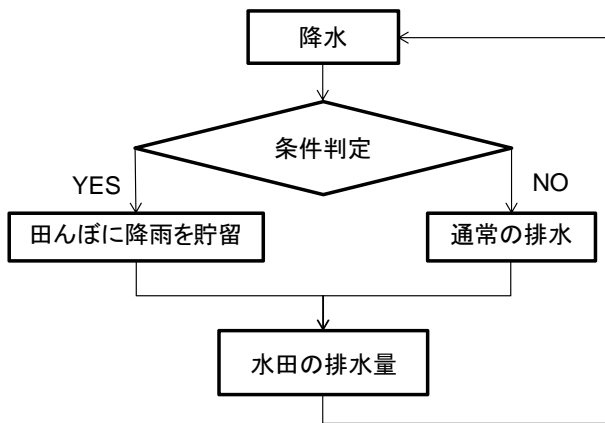


図-6 水田貯留フロー

超えており、ピークでは1時間雨量が60mmを超えている。計算結果より降水ピークを過ぎてから急激に流出量が増加しているのがわかる。計算開始から38時間経過したところで累積雨量が200mmを超過した。以降から水田への貯留が開始されており、田んぼダムの効果によりピーク流出量が最大で130m<sup>3</sup>/s減少した。また貯留開始から約7時間ほど水田に降雨を貯留していることが表からわかる。これにより田んぼダムによる洪水抑制効果が確認できた。

降雨が終了した48時間経過以降の流出量を見てみると、田んぼダムが最大で29m<sup>3</sup>/s程の流出量が増加していることがわかる。これは水田に貯留していた水を、降雨が収まってきたとともに河川に放流しているからである。計画規模1/100では水位が30cmを超える流域は存在せず、比較的余裕があることが確認できた。

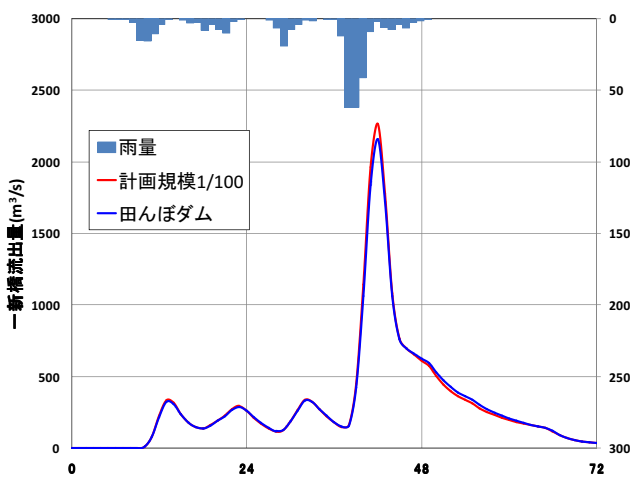


図-7 計画規模 1/100 解析結果

## (2) 平成16年度新潟・福島豪雨

平成16年度新潟・福島豪雨での解析結果を図-8に示す。累積降雨は400mmと五十嵐川の河川整備計画の計画規模1/100を超える降雨が発生している。さらに計画規模1/100と比較すると局所的に降雨が集中している。そのため水田の水位がすぐに上がってしまい、田

んぼダムもピーク時は80m<sup>3</sup>/s程度の流出量軽減にとどまった。

田んぼダムが作動したのは13日の午前9時頃だが、それ以前から流出量が軽減していることが表から確認できる。これは各流域の流域平均雨量によっては五十嵐川全体の雨量よりも早い段階で累積雨量が200mmを超過している流域が存在しているためである。この豪雨から同じ地域に非常に激しい雨が断続的に降り続いた場合、田んぼダムの効果は薄れていくことが分かった。原因としては長時間にわたって強い雨が降り続けると水田で通常の排水を行っていても、田んぼダムとして利用する前から水位が上がってきてしまい、十分に貯留することができないのだと考えられる。

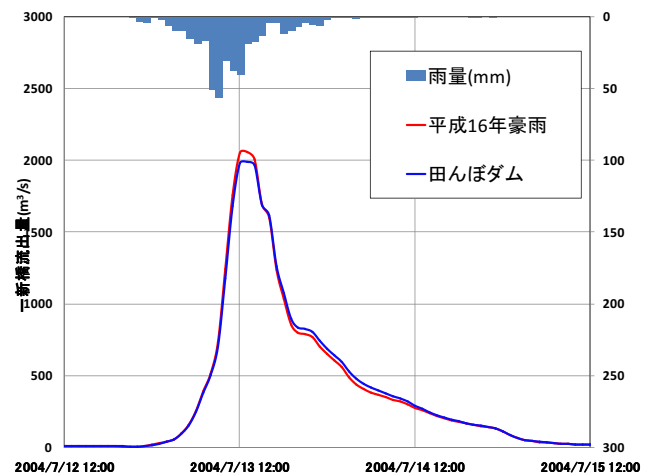


図-8 平成16年度新潟・福島豪雨 解析結果

## (3) 平成23年度新潟・福島豪雨

平成23年度新潟・福島豪雨での解析結果を図-9に示す。累積雨量は700mmに近い値を示しており、実際に笠堀ダムの雨量観測では累積雨量が1000mmを超えている。過去に例を見ない未曾有の豪雨であったことがわかる。田んぼダムの作動は29日の午前11時からだが、非常に大きな雨量なため田んぼダムの効果も低い。29日に発生した第一のピークでは最大で35m<sup>3</sup>/sの流出量軽減にとどまっている。しかし、30日の第二のピークでは最大で95m<sup>3</sup>/sの流出量の減少がみられる。原因として考えられることは、第一のピーク以降、降雨が数時間ほど収まる時間帯が発生している、このとき水田は田んぼダムから通常の排水に移行して貯留した雨水を放流している。そのため第二の降雨前にある程度水田の水位に余裕ができたためだと考えられる。このことから降雨の動向をより詳細にとらえて水田の排水制御をより細かく設定することで、田んぼダムの効果を高めることができるのではないかと考えられる。ただし、今回の研究では水利権など取水に関する法律の制限を一切考慮していないため、現実に即した放流設定を考えていく必要がある。

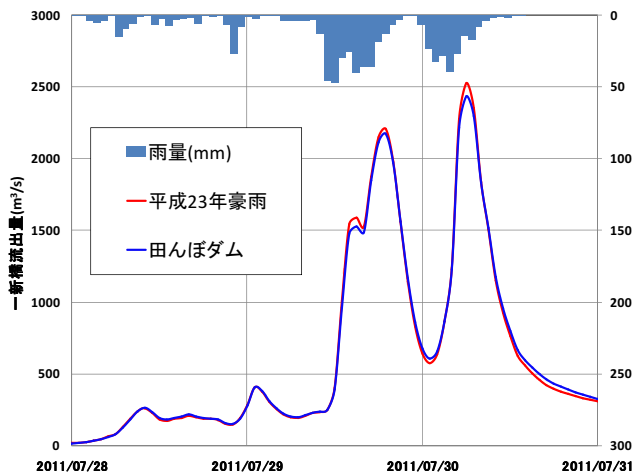


図-9 平成 23 年度新潟・新潟福島豪雨 解析結果

## 6. 結論と考察

### (1) 既存の洪水対策との比較

実際に行われている事業と田んぼダムの効果を比較し、洪水対策としての価値があるのかを評価する。五十嵐川では平成 23 年度新潟・福島豪雨による多大な被害が発生したため、これに伴う河川整備計画の変更があった。現在は五十嵐川災害復旧助成事業における笠堀ダム嵩上げ工事、河道改修や遊水地の整備が行われている。

そこで五十嵐川災害復旧助成事業を参考に洪水における治水対策としての効果、そして事業にかかるコストの比較を行う。田んぼダムについては計画規模 1/100 の降雨の解析結果を比較対象としている。事業費の算出は農業総合研究所が開発した水田の水位管理自動化システムに記載されていた 1ha あたりの設置費と維持費から五十嵐川流域に存在する水田にすべてに同じものを適用した場合にかかる費用を比較対象としている。

表-1 に五十嵐川河川整備計画と田んぼダム事業の比較を示す。まず治水効果だが笠堀ダムの嵩上げ工事では  $610\text{m}^3/\text{s}$ 、遊水地では  $130\text{m}^3/\text{s}$  の洪水調節能力がある。その二つと比較すると田んぼダムは遊水地と同等の治水効果がある。費用面を比較すると嵩上げ工事に比べて 6 割程度、遊水地の建設では 5 割程度の費用で設置することが可能である。50 年間の維持費では田んぼダムが非常に安価で運用可能であることがわかる。このことから田んぼダムは費用面で利点があるといえる。

表-1 五十嵐川河川整備計画と田んぼダム事業の比較

事業内容	費用 [億円]	治水効果 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	維持費 [億円]
笠堀ダム嵩上げ工事	51.0	610.0	88
遊水地設置	62.0	130.0	
河道改修	169.0	-	
田んぼダム	29.8	130.0	35

### (2) 結論

本研究において水田の洪水抑制効果を考慮するにあたり、三条市の五十嵐川流域において水田に貯留しない場合と水田に貯留する場合の流出解析結果を比較し、田んぼダムの流出抑制効果を示した。そのために、水田と水田以外の流域を分割し、水田以外からの流域は貯留関数法を用いて流出計算を行い、水田は水田貯留モデルを用いて流出計算を行うことで、水田を考慮した流出量を表現した。また、河川整備計画で策定されている計画規模より、水田に降雨を貯留するさいに条件を設定することで最大  $130\text{m}^3/\text{s}$  のピーク流量が減少した。そのために、水田貯留モデルに貯留制御をおこなう条件設定の機能を追加した。そして、実際の洪水において河川整備計画で設定した水田貯留条件によりピーク流量を減少させることができた。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、陸旻皎教授から多大な協力を頂きました。記して謝意を示します。

### 参考文献

- 1) 豊国永次・角屋睦：「水田地帯における流出解析について」、京大防災研究所年報第 9 号、1966 年、pp631-636.
- 2) 角屋睦・早瀬吉雄：「流出解析手法 (その 14)-低平地タンクモデルによる洪水解析-」、農業土木学会誌第 49 巻第 4 号、1981 年、pp631-636、pp45-56.
- 3) 豊国永次：「水田地帯における流出解析について (2)」、京大防災研究所年報第 10 号、1967 年、pp155-167.
- 4) 櫻田賢治・西村順：「中山間地域における農地保全と水田の貯留機能」、農業土木学会誌第 66 巻第 9 号、1998 年、pp941-946.
- 5) 志村博康：「水田・畑の治水機能評価-国土に必要な治水容量の農地・ダム・森林による分担-」、農業土木学会誌第 50 巻第 1 号、1982 年、pp25-29.
- 6) 石井智久：水田の貯留効果を考慮した水田貯留モデルの作成に関する検討、長岡技術科学大学修士論文、2013 年.
- 7) 吉川夏樹・長尾直樹・三沢眞一：「水田耕区における落水量調整板のピーク流出抑制機能の評価」、農業農村工学会論文集第 261 号 (第 77 巻第 3 巻)、2009 年、pp263-270.
- 8) 吉川夏樹・長尾直樹・三沢眞一：「田んぼダム実施流域における洪水緩和機能の評価」、農業農村工学会論文集第 261 号 (第 77 巻第 3 巻)、2009 年、pp273-279.
- 9) 農業総合研究所 基盤研究部：自動化システムによる水田水管理の省力化、2001 年.
- 10) 新潟県：信濃川下流 (山地部) 圏域河川整備計画、2013.

(2016.3.11 受付)