

参加率向上を目指した水田貯留機能の定量的評価指標の策定と活用



堀 孝成
 インフラマネジメント事業本部 社会基盤部
 流域保全グループ プロジェクトマネージャー
 技術士 総合技術監理部門(建設)/建設部門/上下水道部門
 t.hori@nix-japan.co.jp



森田 信彦
 インフラマネジメント事業本部 社会基盤部
 流域保全グループ プロジェクトマネージャー
 技術士 建設部門(河川、砂防及び海岸・海洋)
 morita@nix-japan.co.jp

1 はじめに

(1) 本報告の目的

気候変動に伴う降雨増への適応策として、流域内のインフラ(治水・利水ダム、遊水池、農業水利施設、ため池、水田等)の貯留能力・洪水調節機能を可視化し、流域の氾濫リスクの定量的な評価に基づくオペレーションを可能とすることで、既存インフラを最大限活用した水害被害軽減の実現が望まれている。

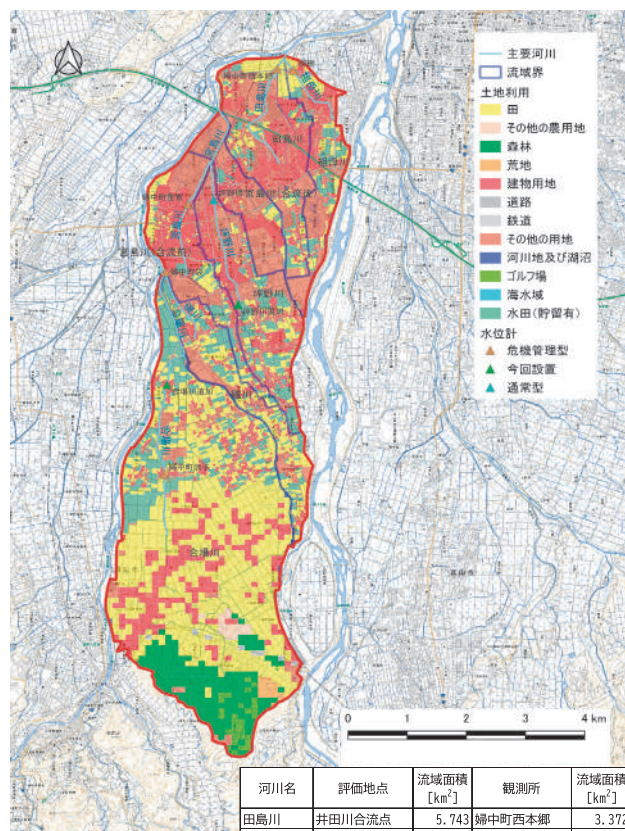
本報告は、流域内の既存インフラのうち水田に着目し、水田の洪水に対する貯留効果の定量化・可視化により、流域治水の本格的な実践を図るための基礎資料とするものである。

(2) 対象地区の概要

本報告の対象としている地区として、富山市西部の神通川と神通川支川井田川の間位置する面積約36.7km²の低平地である富山市婦中町を「モデル地区」とした(図-1)。

「モデル地区」は、田島川・祖母川、宮島川・坪野川、磯川・合場川の6河川が流下し、過去に浸水被害が頻発しており、河川整備が進められているが現状で対策不十分な地区である。流域に占める水田面積割合は流域ごとに異なり25~60%、平均約40%である。

これらの中で特に過去からの浸水被害が頻発しており、大型ショッピングモール等大規模施設が存在する宮島川・坪野川流域を「代表地区」とする。「代表地区」では水田面積割合は約25%となっている。



河川名	評価地点	流域面積 [km ²]	観測所	流域面積 [km ²]
田島川	井田川合流点	5.743	婦中町西本郷	3.372
祖母川	田島川合流点	2.124	羽根	2.042
宮島川	井田川合流点	7.539	婦中町笹倉	1.883
坪野川	宮島川合流点	3.241	坪野橋	3.041
磯川	井田川合流点	2.374	婦中町袋	2.374
合場川	井田川合流点	15.634	婦中町浜子	8.121
合計		36.655		

図-1 「モデル地区」の土地利用分布

評価開始時点での水田貯留参加率(全水田に対して水田貯留に参加している割合、以下参加率と記す)は流域ごとに異なり15~60%、平均約30%である。代表地区では参加率は約54%となっている。

(2) 事業実施上の課題

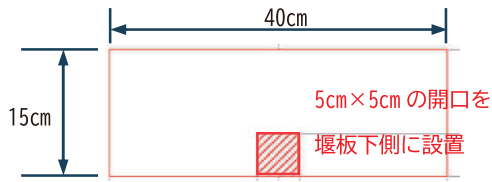
水田貯留について定性的な効果は謳われていたが、定量的な評価については事例が乏しい状況であった。

水田ごとの貯留効果や水田が有する貯留効果を流域単位で定量的に把握したうえで、受益者・流域住民の水田貯留参加率維持・向上を図るための水田貯留効果の説明・提示が必要となった。

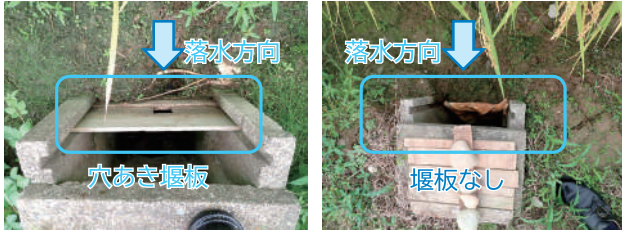
2 業務上の課題

(1) 事業概要

モデル地区は以前から水田貯留が実施されている地区である。水田貯留の方法としては、水田落水口に図-2に示す穴あき堰板を設置することで落水口からの流出量を抑制し水田に貯留する機能を設けるものである。



現状の水田貯留堰板例(穴あき堰板)



水田貯留有 水田貯留無

図-2 水田貯留に用いられている堰板および配置

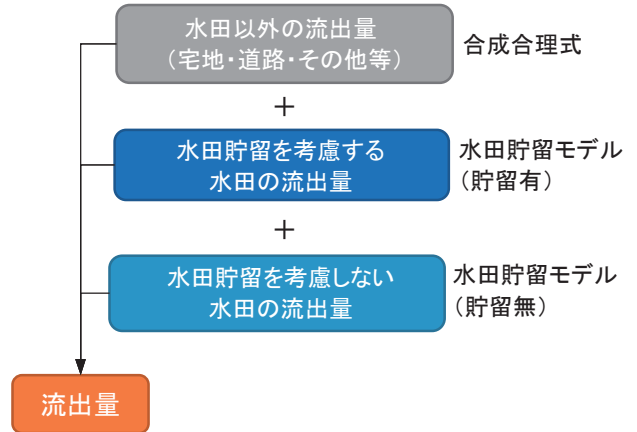


図-3 流出量の算定方法概念図

3 課題に対する対応

(1) 水田・流域からの流出量算定方法

水田貯留の効果評価について、本報告の対象流域はいずれも流域面積50km²未満で流域内にダム等の洪水調節施設が存在せず合理式の適用が可能な流域である。この特性を踏まえ、以下に示す方法により流出量の算定を行った。

- ①対象とする流域を「水田以外」「水田(貯留有)」「水田(貯留無)」の3種類に区別する。
- ②「水田以外」については、時系列変化を考慮した合成合理式を基とした流出解析を用いて流出量を算定する。
- ③「水田(貯留有)」「水田(貯留無)」は水田のオンサイト貯留として評価する。評価の対象とする水田の面積をA [km²]とすると、水田の水深H [m]の変化量は式(1)により判定される。

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{Q}{A} + R - L \quad (1)$$

ここに、R:降雨量 [m/s]、L:減水深 [m/s]である。減水深Lについては、一般的な河川の流出形態と比較するとL=(1-f)・R (f:流出係数)に相当する。

式(1)で示す流出量Qと水田の水深Hとの関係をもとに、時間変化を考慮したルンゲ・クッタ法(4次)により水田の水深の時刻変化を算定する。¹⁾(以下、このモデルを「水田貯留モデル」と記す。)

- ④合理式では流域を土地利用のみで分割した場合に、全流出量が各土地利用での流出量の和となる特性を基に、②で算定した「水田以外」の流量時系列と③で算定した「水田(貯留有)」「水田(貯留無)」それぞれの流量時系列とを合算して流域からの流出量とする(図-3に計算の概念を示す)。

(2) 代表的な水田1枚の貯留効果の評価

現地状況ならびに既往研究事例を基に、「水田貯留モデル」を用いた数値解析を行い、近年発生した中規模降雨ならびに計画規模相当降雨を対象として効果の評価を行った。なお、流出計算の際には、水田面積により落水口の個数が異なることから、水田面積を1000m²単位で分級し、分級単位での流出量を算定した。この結果、水田貯留の実施により中小規模洪水で流出量を約30%まで抑制する効果(図-5)、計画規模洪水で流出量を約20%まで抑制する効果が確認できた(図-4)。この効果は波形によって異なることも確認した(図-5)。

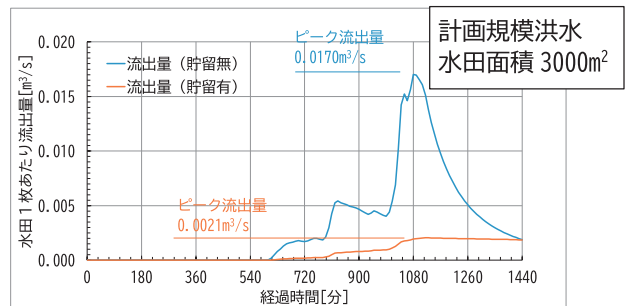


図-4 水田貯留効果算定例

(3) 流域に対する水田貯留効果

流出解析手法の中では水田貯留効果の表現を表す指針は特に存在していないため、流域全体に対する抑制量評価について、合理式で流出量の算定が可能な「モデル地区」を対象として3.(1)に示す合成合理式ならびに水田貯留モデルの考え方をういて流域内の水田貯留効果算定を実施した(図-6)。

この結果、現状の水田貯留参加率で中小規模洪水に対し約2~10%、計画規模洪水に対し2~6%のピーク流量低減効果がある(参加率100%の場合は参加無に対し約4~10%の効果)と算定された。

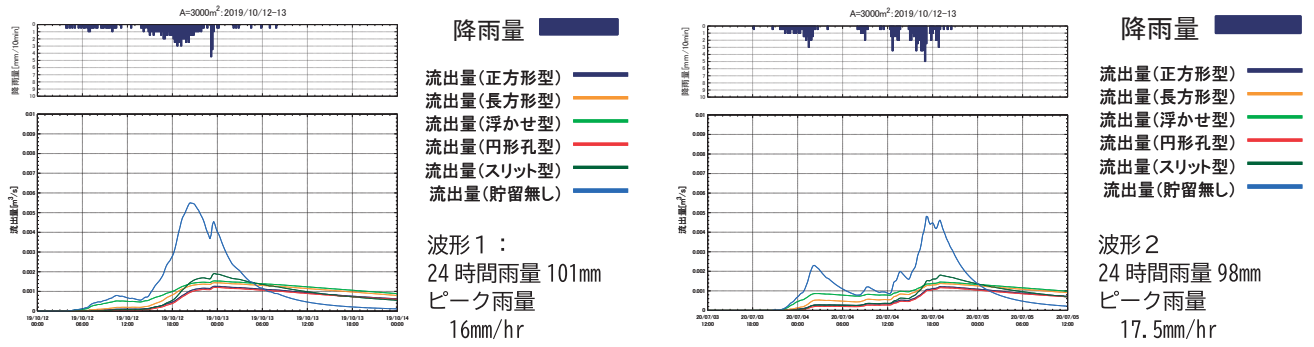
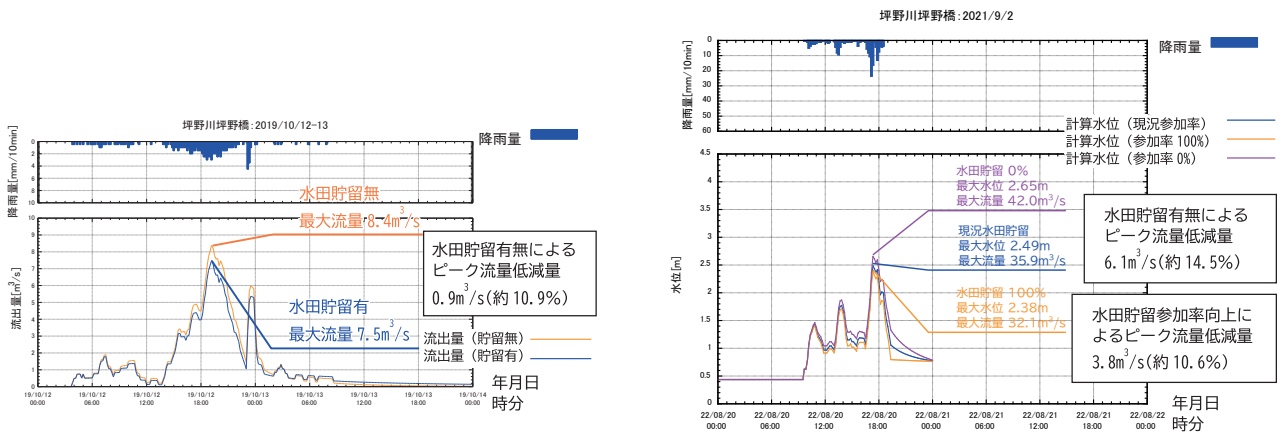


図-5 水田貯留効果算定例(中小規模洪水:水田面積3000m²)



中小規模洪水での水田貯留効果例

計画規模洪水での水田貯留効果例

図-6 流域単位での水田貯留効果(代表地区)

(4) 各種指標による水田貯留効果の説明

水田貯留効果の評価については、河川水位の低減量・想定浸水戸数の評価を合わせて実施した。

a) 河川水位の低減効果

河川水位について、水田貯留の実施状況を現況参加率、参加率0%、参加率100%としたときの流出量を算出し、対象とする河道断面におけるH-Q式を別途整理したうえでH-Q式を用いて水位に換算した。河川管理の観点からは、断面形状および評価高・河岸高と水位との関係を基に水田貯留の効果(水位低減効果および氾濫防止効果)の評価が可能となる。代表地区においては、計画規模降雨に対

して現況の水田貯留実施により河川最大水位が約20cm低下し、水田貯留の参加率を100%まで引き上げるにより河川最大水位はさらに約10cm低下させることが期待できる結果となっている(図-7)。

b) 想定浸水範囲の推定・浸水戸数による効果評価

a) で算定した河川水位を基に、「地形情報を活用した内水浸水想定」²⁾の手法に基づき浸水範囲の概算を行った(図-8)。また、この結果と基盤地図情報基本項目「建築物の外周線」³⁾を用いて、浸水範囲内建物数ならびに道路冠水・床上浸水建物数を算定し、水田貯留の効果を評価した。



図-7 水田貯留の参加率による最大水位の変化(計画規模降雨・代表地区)

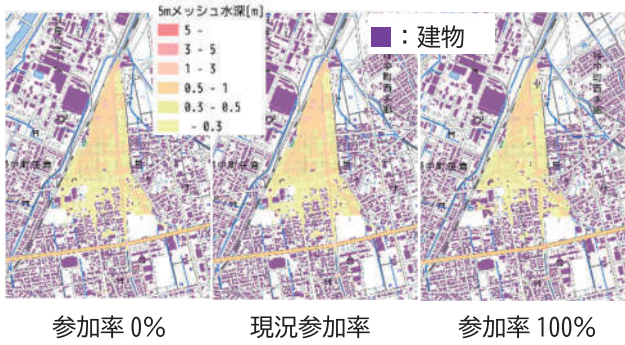


図-8 地形情報を活用した内水浸水想定手法による水田貯留実施状況事の最大浸水範囲(代表地区)

表-1 浸水建物数から見た水田貯留効果例

(代表地区)

確率規模	浸水建物数[棟]			浸水建物減少数[棟]			浸水建物減少率[%]		
	P=1/30			P=1/30			P=1/30		
	参加率	①	②	③	②-①	③-①	③-②	1-②/①	1-①/③
中央集中型	143	71	152	72	9	81	50	6	53
20200820型	217	143	332	74	115	189	34	35	57

※記号： ①現状参加率 ②参加率100% ③参加率0%

浸水0.45m以上(床上浸水)

確率規模	浸水建物数[棟]			浸水建物減少数[棟]			浸水建物減少率[%]		
	P=1/30			P=1/30			P=1/30		
	参加率	①	②	③	②-①	③-①	③-②	1-②/①	1-①/③
中央集中型	53	12	152	41	99	140	77	65	92
20200820型	121	53	226	68	105	173	56	46	77

※記号： ①現状参加率 ②参加率100% ③参加率0%

4 新規性・市場性の観点を含めた技術的成果

(1) 得られた成果

これまで河川流域を対象とした評価がほとんど行われなかった水田貯留効果評価として、数値計算主体の検討を実施し水田貯留による流域の流出削減効果を定量的に示し、対外的な説明手法の一助としたものである。水田の貯留効果の評価は今後のハザード推定の中での要素技術として組み込むことが期待される。

また、農地を多く有する地方自治体での流出抑制効果の評価に適用可能であり、ハード整備・既存施設活用と併せ流域治水上の具体的効果評価に結び付くものである。

(2) 他地域への展開

これまでの検討内容は、「モデル地区」を対象として検討を実施した内容であるが、他地域への展開として、この内容を踏まえ他地域へ水田貯留効果の評価する場合の展開方法を検討した。

また、本検討結果を踏まえ、「水田貯留モデル」を介さずに合成合理式のみでの水田貯留効果の算定可否を推定した。これまでの水田貯留モデルを用いた解析結果と合成合理式との解析結果から、水田貯留参加率 β と合成合理式での流出量 Q_G の α 倍と水田貯留モデルでの流出量 Q_S との誤差 $(\sum |\alpha Q_G -$

$Q_S| / (Q_S \text{の最大}) \})^2$ が最小となる時のパラメータ α ($=0.2 \sim 0.5$ 相当)と β との間に関係性が見られた(図-9)ことから、水田貯留後の流量を合成合理式の流量 $Q_G \times$ パラメータ α として水田貯留効果を合成合理式のみで概略的に推定できる可能性が示唆された。

これまでの検討結果より、計画規模・中小規模相当では水田貯留効果が見込まれる結果が得られたことから、河川整備計画における水田貯留効果の裏付けとなり、水田貯留効果を対外的に説明するための資料の一助となる結果を得ることができたと考える。

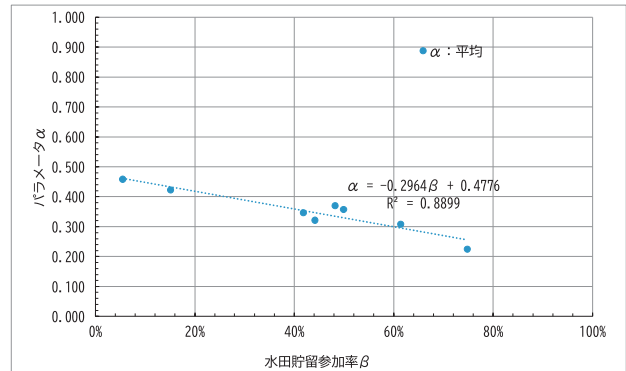


図-9 水田貯留参加率 β と解析手法による流量比のパラメータ α との関係

5 今後の課題

今後、本検討で得られた知見に基づき、4.で挙げた他地区への展開やさらなる精度向上を図ることが必要と考える。また、河川整備計画において、気候変動に対する流量増への適応策として、水田貯留が流域内の洪水調節機能を有する説明に資するよう、また段階的な河川整備の中で水田が補助的な洪水調節機能を有する施設として挙げられるよう、さらに計画論上の効果を評価する必要があると考える。

謝辞:本業務の遂行にあたり、富山市河川整備課よりご指導・ご支援を賜り、皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献・資料:

- 1) 「田んぼダムの落水量調整に求められる要件と垂直設置調整板の適切な流出孔形状」(農業農村工学会論文集No.268, pp.39-45, 2010.8)
- 2) 「内水浸水想定区域図作成マニュアル(案)」(国土交通省水管理・国土保全局下水道部, pp.54-56, 2021.7)
- 3) 「基盤地図情報ダウンロードサービス」(<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>)