

江の川特定都市河川の指定と 流域水害対策計画策定に向けた検討

GOUNOKAWA RIVER DESIGNATED AS SPECIFIED URBAN RIVER AND
CONSIDERATION FOR FORMULATING BASIN INUNDATION CONTROL PLAN

平末 彬¹・尾長 ゆかり¹・青木 健太郎²
Akira HIRASUE, Yukari ONAGA and Kentaro AOKI

¹非会員 国土交通省 中国地方整備局 三次河川国道事務所 河川管理課
(〒728-0011 広島県三次市十日市西6丁目2番1号)

²正会員 博(工) いであ株式会社 中国支店 河川水工部 (〒730-0841 広島県広島市中区舟入町6-5)

広島県内の江の川上流域では、近年、平成30年7月豪雨や令和2年7月豪雨、令和3年8月の大雨により大きな浸水被害が発生した。そのため、近年大きな浸水被害が発生した江の川上流域では、水災害に強い地域づくりを目指して、流域治水を本格的に実践するための新たな法的枠組みである「特定都市河川」に指定された。江の川上流域では、特定都市河川の指定を受けて流域水害対策計画の策定に向けた検討を進めている。本報告では、江の川上流域で発生した浸水被害とこれまでの治水事業の効果を報告するとともに、流域水害対策計画の策定に向けた検討について紹介する。

Key Words: *specified urban river, basin inundation control plan, basin measures, paddy field dam*

1. はじめに

江の川上流域では、令和3年8月の大雨 (R3.8洪水) により大規模な浸水被害が発生した。江の川流域では、平成30年7月豪雨 (H30.7洪水)、令和2年7月豪雨 (R2.7洪水) に続いて、4年間で3回の浸水被害の発生となった。

令和2年7月に「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～」¹⁾が社会資本整備審議会から答申された。その後、令和3年に特定都市河川浸水被害対策法の一部が改正され、近年、浸水被害が頻発している江の川上流域が総合治水対策特定河川事業を実施していない河川で法律改正後初の指定を受けた。本報告では、江の川上流における特定都市河川指定の契機となった令和3年8月洪水による浸水被害や治水事業効果を整理・考察した。また、流域水害対策計画の策定に向け、流域における貯留量を定量的に評価する方法を検討した。

2. 江の川流域の概要

江の川は、広島県山県郡北広島町阿佐山 (標高

1,218m)に水源を發し、小支川を合わせながら北東に流れ、途中三次市において馬洗川、西城川、神野瀬川が三方より合流する。その後、西に転じて先行性の溪谷をつくって流れ、島根県的美郷町において大きく屈曲して西南に向かい、河口に近づくにしたがい流れを北に向け、江津市において日本海に注ぐ。幹川流路延長194km、流域面積3,900km²の中国地方最大の一級河川である (図-1)。流域は中国山地のほぼ中央を貫流し、広島県、島根県と2県にまたがっている。流域の市町は、8市7町からなり、流域の土地利用は、山地等が約92%、水田や畑



図-1 江の川流域図

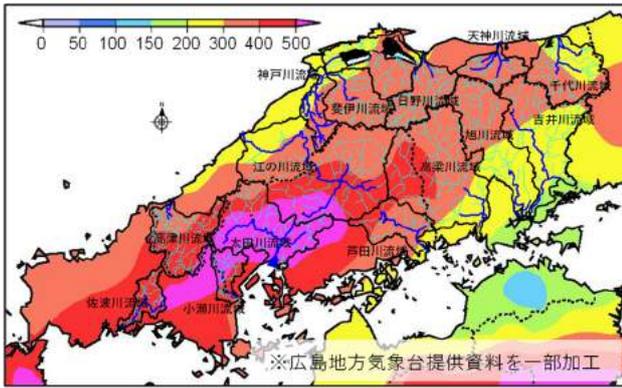


図-2 令和3年8月洪水の雨量分布図
(8月11日16時～19日11時)³⁾

地等の農地が約7%、宅地等の市街地は約1%と狭小である²⁾。広島県側の上流部は三次盆地において人口・資産が集積し、また地形的特性から連続堤の整備が容易であり堤防整備が進んでいる。一方、島根県側の下流部は山間狭窄部での狭い氾濫原に民家等が点在しており、堤防整備が難しい箇所が多く点在する。

3. 江の川における特定都市河川の指定

(1) 令和3年8月洪水の概要

令和3年8月11日から前線の停滞により、湿った空気が流れ込み続けた影響で断続的に雨が降り続き、九州や中国地方をはじめとした西日本から東日本に至る広い範囲で大雨となった。広島県内では大雨特別警報（土砂災害）が2回にわたり発表された。安芸高田市など江の川流域では72時間の総雨量が500mmを超える箇所があるなど記録的な大雨となった³⁾。（図-2）

江の川上流部（広島県側）では、支川多治比川の堤防決壊をはじめ、外水や内水による浸水被害が多数発生し、浸水面積187ha、浸水戸数603戸の浸水被害を確認した。このように、江の川上流部は下流部（島根県側）と比較して堤防整備が進んでおり、内水氾濫が主な浸水要因となっている。

江の川上流における洪水の特徴は、S47.7洪水、H30.7洪水、R3.8洪水のような前線に伴う長期間の降雨による複数のピークを持つ洪水ハイドログラフとなっている。R3.8洪水では一山目にピークが発生しており、二山目のピークまで約一日間隔がある。また、R2.7洪水のように一山の洪水も発生している。そのため、ピーク流量に寄与する降雨は比較的短時間であり12時間程度と想定される⁴⁾。江の川上流域において甚大な浸水被害が発生したR3.8洪水と戦後最大洪水である昭和47年7月洪水（S47.7洪水）、近年洪水（H30.7洪水、R2.7洪水）との比較を行い、決壊した多治比川周辺の流域（土師ダム～吉田地点）で12時間雨量が200mmとなるなど、突出した降雨分布であったことが確認できた。（表-1）

表-1 流域平均12時間雨量

流域	流域平均12時間雨量(mm)			
	S47.7洪水	H30.7洪水	R2.7洪水	R3.8洪水
土師ダム上流	154	116	142	140
土師ダム～吉田地点	121	166	148	200
吉田地点～粟屋地点	142	159	130	153
粟屋上流域	136	136	138	146

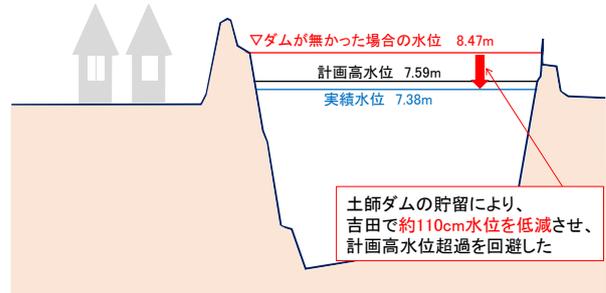


図-3 土師ダム下流の洪水調節効果
(吉田観測所ピーク水位の低減量)

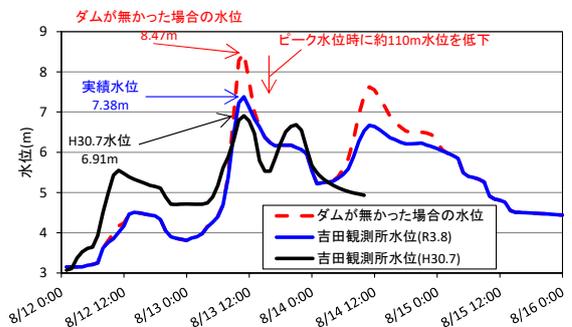


図-4 土師ダム下流の洪水調節効果
(吉田観測所水位ハイドログラフ)

(2) 江の川上流における治水事業の効果

R3.8洪水では、流域平均累加雨量が土師ダム上流で422mm、灰塚ダム上流で357mmを記録し、尾関山水位観測所では氾濫危険水位を超過した。土師ダムでは、大雨が予想される場合に事前に放流し、ダムの空き容量を確保する事前放流を実施し、約36万m³の空き容量を確保した。土師ダムのダム操作の結果、安芸高田市吉田町付近の江の川の水位を約1.1m低下させ、計画高水位超過を回避し堤防決壊を防いだと推定される（図-3、図-4）。

三次市青河町片山地区では、令和2年度に完成した堤防により、H30.7洪水規模の洪水を安全に流下させることが可能となり、上流で同等の降雨があったR3.8洪水では、約11haの土地及び、3戸の家屋の浸水被害を防止したものと推定される。

安芸高田市吉田町柳原地区では、河道掘削等により水位を最大約0.9m低減し、破堤の危険性を低減できたものと推定される。仮に河道掘削等を実施していなければ、計画高水位を上回る出水となり、柳原地区で堤防が決壊したと仮定した場合には約8.7ha、約2戸の浸水被害が発生したものと推定される。

(3) 特定都市河川流域の概要

特定都市河川に指定された江の川上流域は、安芸高田市役所、北広島町役場等が立地し、地域の中心となっている。流域内の土地利用は、昭和51年から平成21年にかけて宅地が増加したが、その後減少傾向にある。流域内の人口は昭和55年以降、年々減少している。

また、特定都市河川流域下流の三次市街地は、下流に狭窄部が続くため洪水時の水位が高く、栗屋地点周辺の狭窄部を開削した場合、流量増加により三次市街地への負荷が大きくなることから、当面、栗屋地点周辺の拡幅や掘削が困難な状況にある。栗屋地点周辺は、河川が蛇行するとともに、川幅が狭窄しているが、上記の理由により拡幅が難しく、その結果、141.6kより上流で水位上昇が顕著に生じる状況にある。そのため、河川整備計画では、栗屋地区周辺の狭窄部を開削を行わないことを前提に、上下流、本支川の治水安全度のバランスを確保しながら河川整備を進める必要がある。

(4) 流域対策の必要性

田んぼダム等の流域対策は、内水地区に対して、小規模洪水では浸水被害の軽減、大規模洪水では浸水開始時間の遅延効果（避難時間の確保）が期待できる。内水地区における田んぼダムの効果は、田んぼダムの実施者と受益者が同じまたは近隣に位置するため比較的賛同を得やすいと考えられる。また、江の川上流では、河道整備や内水対策の実施による下流への負荷に対して、田んぼダム等の流域貯留の効果を期待する。

田んぼダム以外にも公共施設の敷地における貯留やため池の活用等が考えられる。公共施設での貯留は自治体所有であるため賛同を得やすいが、施設が点在しかつ規模が小さいため、貯留効果は限定的である。ため池の活用は、余水吐きの改造等が必要であり、実施へのハードルが高いが、貯留効果は期待できる。

江の川上流で目標とするR3.8洪水は降雨継続時間が長く、初期雨量により田んぼダムやため池が満杯になるため、治水ダムのような洪水調節施設とは異なり、江の川本川の洪水ピーク時に効果を発揮することが難しい。そのため、内水地区での浸水開始時間の遅延効果、排水ポンプの小規模化・運転時間の短縮化、治水ダムへの流入量低減効果等を期待する。

4. 流域における貯留量の定量評価

流域における貯留量の定量評価では、田んぼダムを対象として定量評価方法の検討を行った。ここでは、田んぼダムの畦畔を盛土モデルとして評価する方法を示す。

(1) 検討対象地区の選定

本検討では、江の川上流域の貯留効果について、水理解析により定量評価するには流域面積が広大であるため

表-2 検討対象地区

No.	地区名	土地利用	面積(km ²)	規模	地盤勾配
1	十日市	市街地	3.711	大規模	1/600
2	島敷	宅地・農地混在	1.788	大規模	1/300
3	秋町	農地	0.745	中規模	1/1,050
4	国司	農地	0.324	小規模	1/950
5	常友	宅地・農地混在	1.631	大規模	1/300

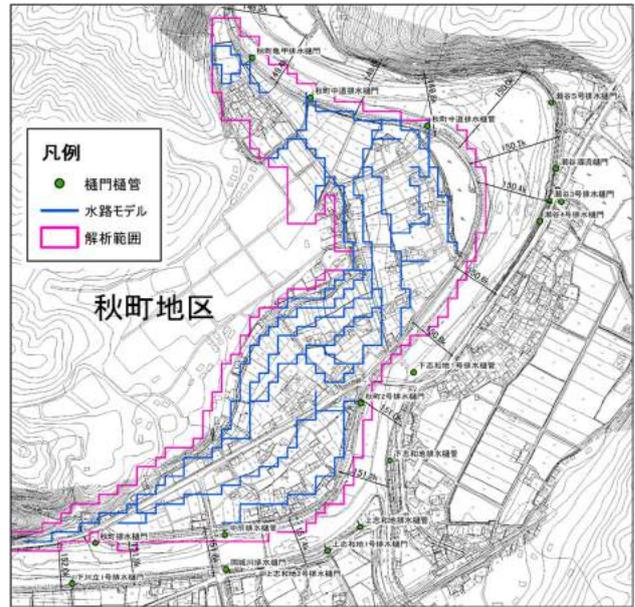


図-5 排水路網のモデル化（秋町地区）

現実的ではない。そのため、解析可能な範囲である内水地区を対象として流域対策の効果を定量評価し、その効果を流域全体に展開することを考えた。また、江の川上流域に展開するにあたり、同じような特徴を持つ地区を選定すると、貯留効果に偏りが生じる恐れがあるため、土地利用形態や内水域の規模（面積）の異なる5地区を選定した（表-2）。なお、大規模は1km²以上、中規模は0.5~1km²、小規模は0.5km²未満と評価した。

(2) 解析モデルの構築

a) 内水解析モデル

平地部における流域対策（主に田んぼダム）は貯留量が少なく、貯留効果を精度よく評価する必要がある。内水域における氾濫流の連続した流れを詳細に表現するため、氾濫原の排水路網等をモデル化した内水解析モデル（平面二次元不定流計算）を構築して、平地部における貯留効果を定量的に評価した。（図-5）

地形条件は江の川洪水浸水想定区域図作成で用いられたデータ（25mメッシュ）を使用した。なお、排水路の形状は現地で計測し、メッシュ沿いに水路を配置して矩形断面の一次元不定流計算とした。

内水の挙動を解析するため、降雨の流出を山地流域からの流出量（流量ハイドログラフ）と内水域への直接降雨（降雨ハイトグラフ）に区分した。なお、山地流域

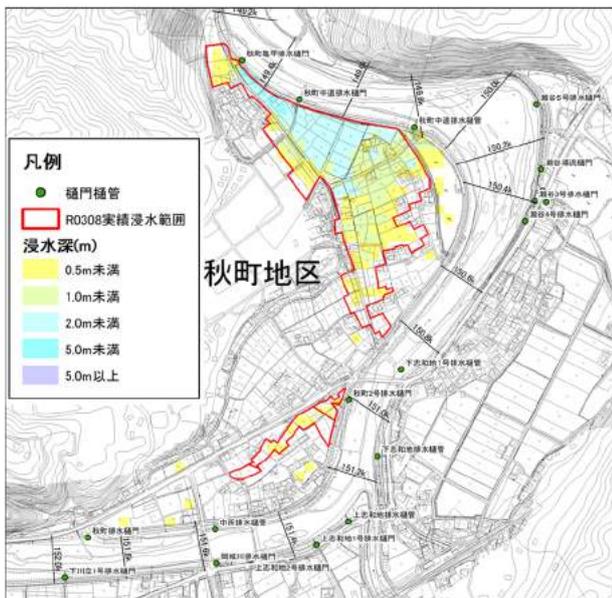


図-6 秋町地区 R3.8洪水再現結果 (最大浸水範囲)

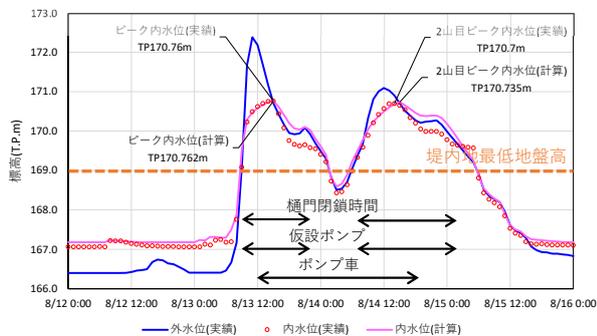


図-7 R3.8洪水再現結果 (秋町中道排水樋門内水位)

からの流出量は貯留関数法を用いて算定した。

b) 解析モデルの精度確認

表-2で選定した検討対象地区において、近年洪水における実績再現計算を実施して解析モデルの精度を確認した。十日市地区、畠敷地区はH30.7洪水、秋町地区、国司地区、常友地区はR3.8洪水を対象とした。

実績再現計算における樋門の開閉時間は、樋門の操作記録より設定するとともに、排水ポンプの稼働状況も操作記録より設定した。樋門外水位は実績外水位を与えた。

図-6に秋町地区におけるR3.8洪水の再現結果を示す。浸水範囲について、実績浸水範囲を精度よく再現できた。秋町中道排水樋門におけるピーク内水位は一致している。

(図-7)ただし、樋門閉鎖時間終盤において計算水位が実績水位と比較して高いのは、ポンプの性能曲線を考慮していないためである。その他の地区についても同様に再現計算を実施し、モデルの精度を確認している。

(3) 盛土モデルによる貯留量の評価

a) 田んぼダムのモデル化

盛土モデルを用いた評価では、上記で構築した内水解析モデルに田んぼダムの畦畔を盛土としてモデル化した。盛土上の氾濫水の流れは本間の越流公式を用いて計算し

表-3 田んぼダムの設定状況

No.	地区名	解析面積 (km ²)	田んぼダム面積(km ²)	田んぼダムの割合
1	十日市	3.711	0.062	1.67%
2	畠敷	1.788	0.129	7.21%
3	秋町	0.745	0.186	24.97%
4	国司	0.324	0.109	33.64%
5	常友	1.631	0.196	12.02%

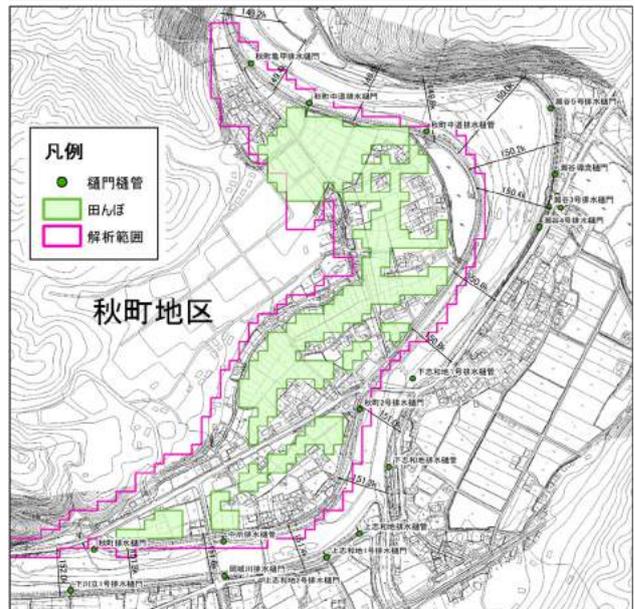


図-8 田んぼダムのモデル化範囲 (秋町地区)

表-4 1/10確率雨量

No.	地区名	対象樋門	雨量	対象ハイト
1	十日市	北溝川排水樋門	101.0mm	H30.7洪水
2	畠敷	岩屋寺谷川排水樋門	40.7mm	H30.7洪水
3	秋町	秋町中道排水樋門	17.7mm	R3.8洪水
4	国司	川角排水樋門	23.3mm	R3.8洪水
5	常友	常友岩之城排水樋門	25.3mm	R3.8洪水

た⁹⁾。本検討では、田んぼ内の初期水位は考慮せず、対象地区における落水口の位置や大きさを把握できていないため落水口は設定していない。現在、全国の河川において浸水想定区域図が作成されており、その検討に用いた氾濫解析モデルを活用することで簡易に検討を行うことができる。

盛土は図-8に示すように田んぼに該当するメッシュの周囲を囲む形で設定した。田んぼダムの畦畔(盛土)の高さは、山形県の泉田川土地改良区での実績⁹⁾を参考として30cmとした。各地区における田んぼダムの設定面積を表-3に示す。十日市地区、畠敷地区は市街地であるため田んぼダムの設定割合が小さいが、秋町地区、国司地区は宅地が少ないため田んぼダムの設定割合が大きい。

b) 解析条件

田んぼダムあり・なしによる各排水樋門における流出

表-5 各地区における内水解析結果一覧表

No.	地区名	樋門名	ピーク排水量(m ³ /s)		ピーク排水量の差分(m ³ /s)		田んぼ面積 (km ²)	面積当たりの 貯留量 (m ³ /s/km ²)
			田んぼダム なし	田んぼダム あり	樋門別	地区合計		
1	十日市	片丘川排水樋門	7.917	7.899	0.018	0.065	0.062	1.051
		北溝川排水樋門	12.134	12.102	0.032			
		南畑敷ポンプ場吐出樋門	2.972	2.957	0.015			
2	畠敷	権現川排水樋門	6.885	6.850	0.035	0.035	0.129	0.271
3	秋町	秋町中道排水樋門	4.853	4.692	0.161	0.166	0.186	0.891
		秋町中道排水樋管	0.315	0.311	0.004			
		秋町2号排水樋門	1.239	1.238	0.001			
4	国司	川角排水樋門	5.016	4.872	0.144	0.164	0.109	1.499
		国司第2排水樋管	0.370	0.350	0.020			
5	常友	常友第1排水樋門	0.788	0.760	0.028	0.028	0.196	0.143
							平均	0.771

量の差分を算出し、田んぼダムの単位面積あたりの貯留量を算出する。排水樋門地点における流出量を評価するため、外水位は平水位とし、樋門は閉鎖しない条件で解析を実施した。

H30.7洪水やR3.8洪水は内水時間帯の降雨量が過大（内水確率1/80程度）であるため、本検討では、内水時間帯の降雨量を1/10確率に押し縮めて設定した。表-4に設定した雨量及び対象ハイエトを示す。

c) 解析結果

構築した解析モデルを用いて、田んぼダムあり・なしの解析を実施した。各地区の排水樋門におけるピーク排水量を比較した。なお、表-5はピーク排水量に変化が見られない樋門は記載していない。各地区のピーク排水量の差分を合計し、田んぼ面積で除した値を面積当たりの貯留量とした。対象5地区における面積当たりの貯留量の平均値は0.771m³/s/km²となった。

農地が主体である秋町地区、国司地区はピーク排水量の差分が大きく、宅地・市街地が多い十日市地区、畠敷地区、常友地区ではピーク排水量の差分が小さくなっている。また、秋町地区、国司地区は地区の面積も小さいため田んぼダムの貯留効果が現れやすいと考えられる。

単位面積当たりの貯留量が比較的大きい十日市地区、秋町地区、国司地区は内水域の地盤勾配が緩く、畠敷地区、常友地区は比較的地盤勾配が急である。田んぼダムは、地盤勾配が緩やかな方がより貯留効果を見込める。

(4) 流域全体における貯留量

上記で算定した面積当たりの貯留量 (0.771m³/s/km²) を用いて、流域全体の貯留量を算定した。流域全体の田んぼ面積は、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータ（平成28年度）を使用し集計した。

田んぼダムの実施率を50%、30%、10%と仮定した場合の貯留量を算出した。その結果、江の川上流では、田んぼダムの実施率を50%と仮定した場合、流域での貯留量は33m³/sと試算できる。（表-6）江の川上流は流域面積686km²、計画高水流量2,750m³/s（粟屋地点）であり、

表-6 流域の貯留量一覧表

流域	田んぼ面積 (km ²)	面積当たりの 貯留効果 (m ³ /s/km ²)	流域の貯留量(m ³ /s)		
			50%実施	30%実施	10%実施
江の川上流	84.6	0.771	33	20	7
馬洗川	103.0		40	24	8
西城川	49.6		19	11	4
尾関山上流	237.2		91	55	18

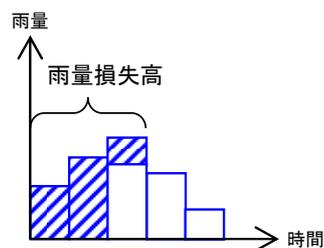


図-9 雨量損失高のイメージ図

流域の貯留量としては微小である。しかし、河道掘削や堤防整備、排水ポンプの稼働による下流への流量増加の影響を軽減する効果は期待できる。ただし、江の川上流には土師ダムが存在するため、土師ダム上流での貯留効果は下流の粟屋地点に発現しない可能性がある。

また、江の川上流では、急傾斜地水田も多くみられ、このような田んぼでは平地部と同様な貯留量を見込むことは難しいと考えられる。そのため、実際の流域全体の貯留量は試算値より小さくなると思われる。

5. 定量評価手法の比較

上記で検討した、流域対策の定量評価手法を評価するため、田んぼダムを雨量損失高(R_c)としてモデル化する方法と貯留量の比較を行った。

(1) 雨量損失高として評価する手法

田んぼダムの容量を降雨量に換算し、降雨初期の損失としてモデル化する。（図-9）解析モデルは4章で構築

表-7 定量評価手法の比較結果一覧表（秋町地区）

樋門名	ピーク排水量(m ³ /s)			ピーク排水量の差分(m ³ /s)				面積当たりの貯留量 (m ³ /s/km ²)	
	現況	盛土 モデル	損失雨量 モデル	盛土モデル		損失雨量モデル		盛土 モデル	損失雨量 モデル
				樋門別	地区合計	樋門別	地区合計		
秋町亀甲排水樋門	0.239	0.239	0.227	0.000	0.166	0.012	0.298	0.891	1.600
秋町中道排水樋門	4.853	4.692	4.649	0.161		0.204			
秋町中道排水樋管	0.315	0.311	0.262	0.004		0.053			
秋町2号排水樋門	1.239	1.238	1.210	0.001		0.029			

した内水解析モデル（田んぼダムなし）を使用し、内水域への直接降雨（降雨ハイエトグラフ）に対して雨量損失高を考慮して解析した。R_c：雨量損失高は式(1)で与える⁷⁾。

$$R_c = \frac{V}{A} \quad (1)$$

ここに、V：田んぼダムの貯留量、A：内水域の面積である。秋町地区の盛土モデルで設定した田んぼダムの貯留量55.9km³と内水域の面積0.745km²より雨量損失高を75mmと設定した。

(2) 秋町地区での比較検討

比較検討の対象地区を秋町地区とし、盛土モデルと雨量損失モデルでの貯留量の比較を表-7に示す。面積当たりの貯留量は雨量損失モデルの方が大きい結果となった。これは、内水域への降雨に対して雨量損失高を考慮するため、田んぼダムの効果が効率的に発現する。雨量損失モデルを使用した場合、貯留効果が過大に評価される可能性がある。しかし、両手法とも同じオーダーであり貯留量の評価に適用可能であると考えられる。

6. おわりに

本報告では、R3.8洪水の概要及び江の川上流における治水事業の効果を示した。また、内水解析モデルを用いて流域における貯留量の定量評価を行うとともに、秋町地区において定量評価手法の比較を行った。以下に得られた主な結論及び課題を示す。

- 1) R3.8洪水では、江の川上流における治水事業の結果、安芸高田市吉田町付近では破堤を回避し、片山地区では堤防整備により浸水被害を回避した。一方で、治水事業の進捗によって外水氾濫は少なくなっているものの、内水氾濫が多く発生しており、内水氾濫の軽減が課題となる。
- 2) 流域における貯留量の定量評価では、土地利用形態や内水域の規模（面積）の異なる内水地区を5地区選定し、内水解析を実施した。田んぼダムあり・なしによる各排水樋門における流出量の差分を算出し、田んぼ

ダムの単位面積あたりの貯留量を算出した結果、田んぼダムの実施率を50%と仮定した場合の流域での貯留量は、江の川上流域で約30m³/sとなった。

- 3) 江の川本川沿いの内水地区を対象として貯留量を算定したが、支川や土師ダム上流域では氾濫原の状況が異なることから、多様な氾濫原や支川を対象として解析を行う必要がある。また、田んぼダムの実証実験を行い、貯留効果を実測し、解析に反映する必要がある。
- 4) 本報告では田んぼダムについて定量評価を行った。田んぼダム以外の流域対策についても定量評価を行い、全体的な流域対策の効果を把握する必要がある。また、その効果を活用して、流域の浸水被害軽減に繋げていく必要がある。
- 5) 江の川の流域水害対策計画で対象とする降雨は、複数の山を持つ降雨波形のため、流域対策を実施しても浸水が解消できない可能性がある。そのため、流域対策と合わせて土地利用（貯留機能保全区域や浸水被害防止区域の指定）を含む対策を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について ～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～ 答申，2020。
- 2) 国土交通省 中国地方整備局：江の川水系河川整備計画【国管理区間】，2016。
- 3) 国土交通省 中国地方整備局河川部：令和3年8月11日から19日にかけての前線による大雨中国地方整備局管内の出水概況【第3報】，pp.4，2021.10。
- 4) 長谷川史明，兒子真也，阿部智，池田健二，青木健太郎：令和2年7月豪雨「江の川水系」の出水概要と流域治水対策について，土木学会論文集，No.333/II-99，pp.20-33，1994。
- 5) 建設省土木研究所河川部都市河川研究室：氾濫シミュレーション・マニュアル（案），1996.2。
- 6) 農林水産省 農村振興局整備部：「田んぼダム」の手引き，2022.4。
- 7) 福岡県 河川整備課：福岡県管理河川の「流域対策実施計画」作成に係る検討手順書（案），2022.7。

(2023. 3. 24受付)