

3.3 流域での流出量抑制

(1) 浸水量や浸水面積を低減

「田んぼダム」の取組により、水田からのピーク流出量を抑制し、排水路や河川の水位上昇を抑えることで、排水路や河川からの浸水量や浸水面積を軽減する効果に繋がります。

令和3年度実証事業や先行研究のシミュレーションでは、低平地、傾斜地の地形条件の異なる地域であっても、浸水量や浸水面積を軽減する効果が示されました。

(2) 低平地で浸水量、浸水面積を低減

「田んぼダム」は低平地で効果を発揮することができます。

効果の一例として、令和3年度の実証事業において、排水機場で常時排水を行っている低平地の新潟県新潟市の和田地区を対象に行ったシミュレーションの結果を図3-15に示します。

50年に1回の確率で発生する規模の降雨（最大時間雨量54mm、総降水量171mm）の場合に浸水量が26%、浸水面積が24%低減する効果が示されており、10年に1回の場合（最大時間雨量40mm、総降水量133mm）や、100年に1回の場合（最大時間雨量62mm、総降水量176mm）でも浸水量、浸水面積を低減する効果が示されました。

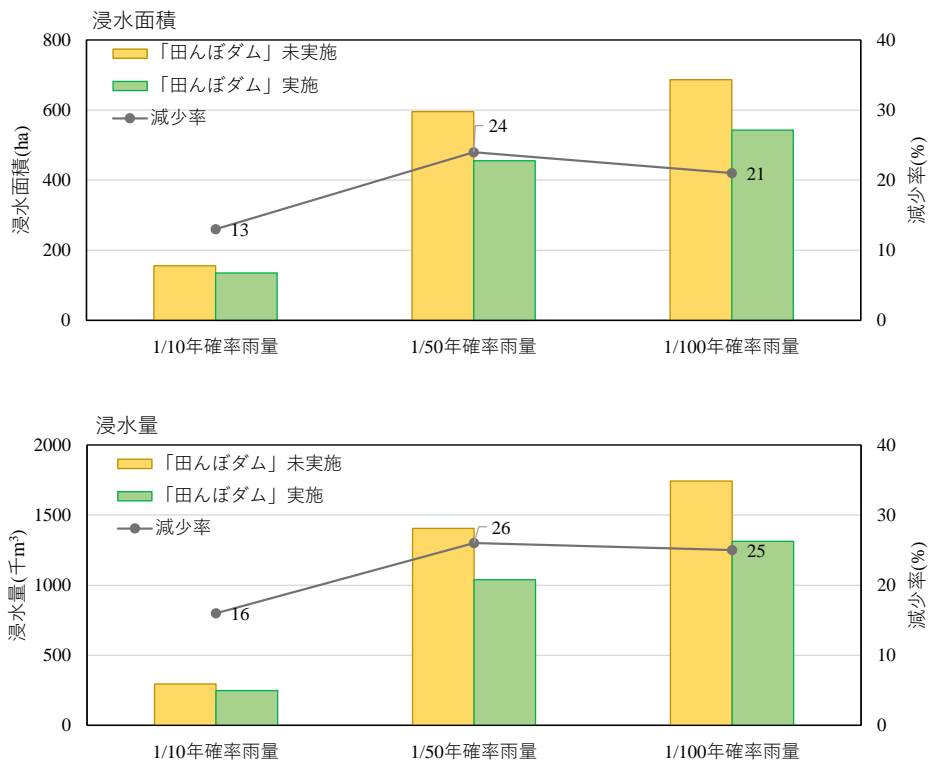


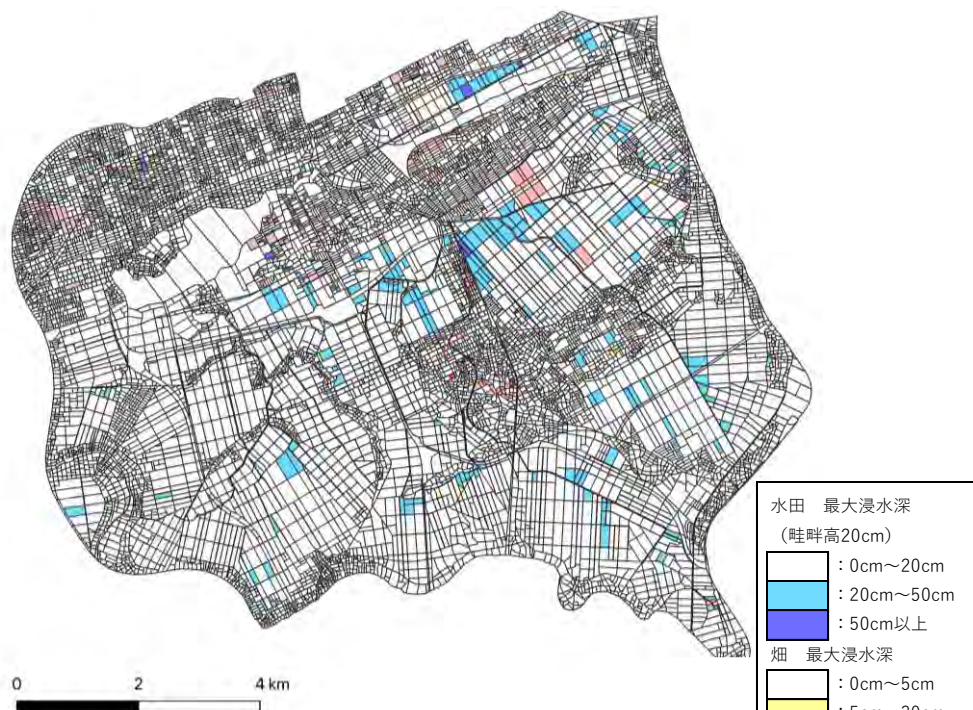
図 3-15 浸水量、浸水面積の低減効果（実証事業 シミュレーション結果）

流域面積 9,623 ha 水田面積率 41% 「田んぼダム」取組率 100% 機能分離型 φ50mm

50年に1回の確率で発生する規模の降雨があった場合のシミュレーション結果を図3-16に示します。「田んぼダム」を実施している地域の特定の場所ではなく、様々な場所において、浸水深や浸水面積が減少しています。

「田んぼダム」未実施

- ・ 浸水面積 596 ha
- ・ 浸水量 1,406 千 m³



「田んぼダム」実施

- ・ 浸水面積 456 ha
- ・ 浸水量 1,039 千 m³

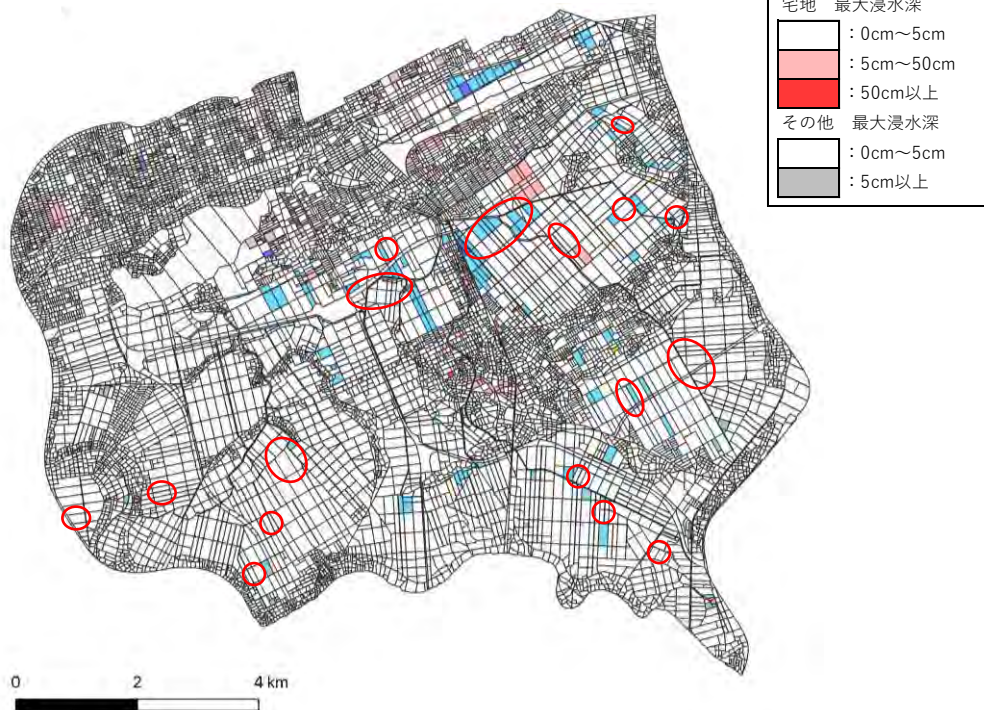


図 3-16 氾濫シミュレーション結果（新潟県新潟市和田地区 1/50年確率雨量）

また、低勾配な新潟県白根流域を対象に行われたシミュレーションの結果⁷⁾を示します。このシミュレーションは、2011年7月27日から7月30日にかけて発生した豪雨（3日連続雨量300mm超で、50年に1回発生する程度の規模に相当）時の、実際の湛水状況を再現したものです。降雨後、現地調査を行い、浸水域および適切に「田んぼダム」が実施された場所を特定し構築されています。

そのときの状況を再現した計算結果に加え、「田んぼダム」をしていなかった場合の計算を行い、それぞれの結果を比較すると、「田んぼダム」が浸水面積を27%軽減していた実績が示されました。

「田んぼダム」未実施

・浸水面積 1,566 ha

「田んぼダム」実施

・浸水面積 1,137 ha

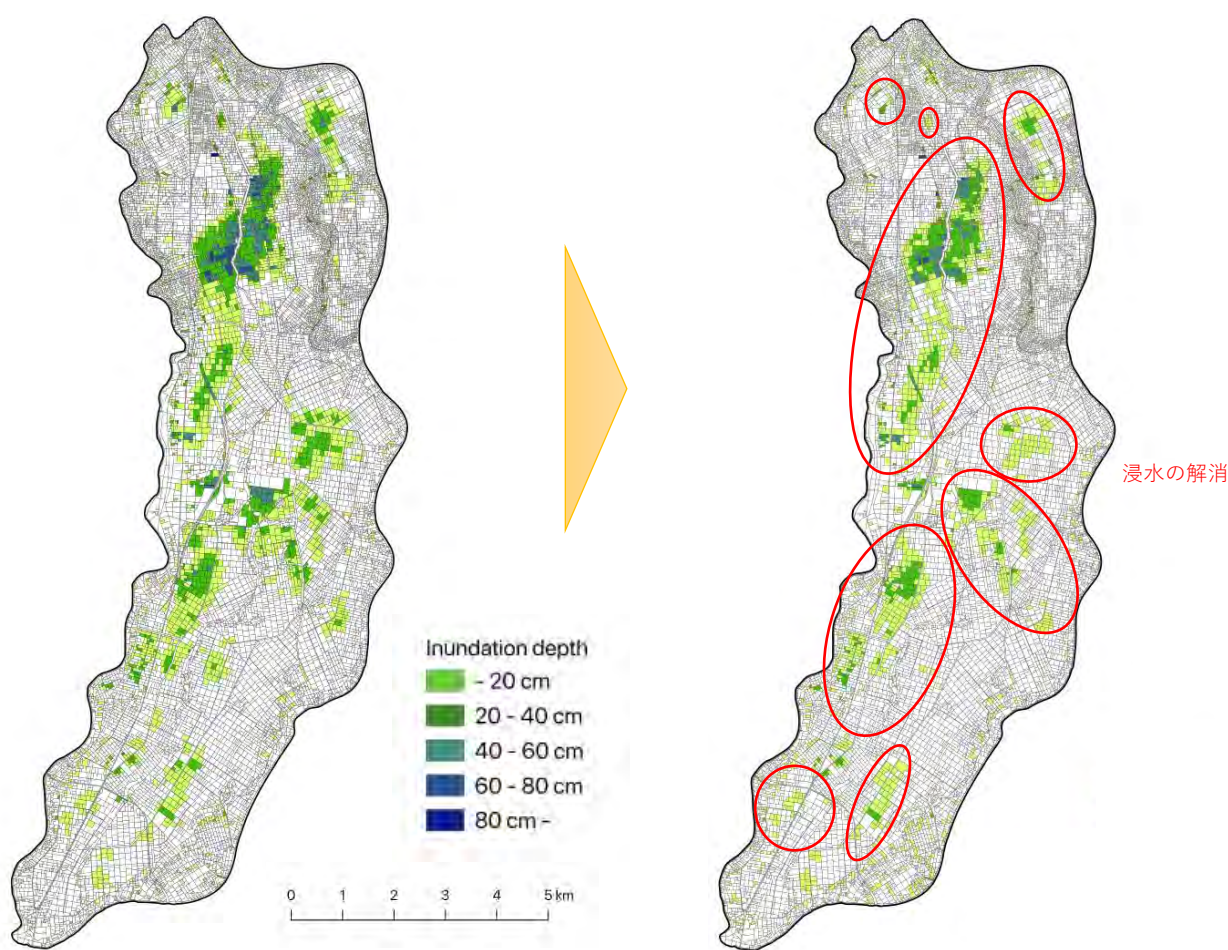


図 3-17 田んぼダムの有無による最大浸水深の比較

(Yoshikawa・Koshiyama(2024)に加筆)

条件：流域面積 7,500ha 水田面積率 61% 地形勾配 0.037% 「田んぼダム」実施率 39%

3日間総雨量 300mm 1/50年確率降雨

(3) 傾斜地で浸水量、浸水面積を低減

「田んぼダム」は傾斜地でも効果を発揮することができます。

令和3年度の実証事業において、傾斜地の栃木県栃木市の吹上東部地区を対象に行ったシミュレーションの結果を図3-18に示します。

50年に1回の確率で発生する規模の降雨（最大時間雨量72mm、総雨量242mm）の場合に浸水量、浸水面積ともに約38%低減する効果が示されており、10年に1回の場合（最大時間雨量57mm、総雨量168mm）や、100年に1回の場合（最大時間雨量77mm、総雨量277mm）でも浸水量、浸水面積を低減する効果が示されました。

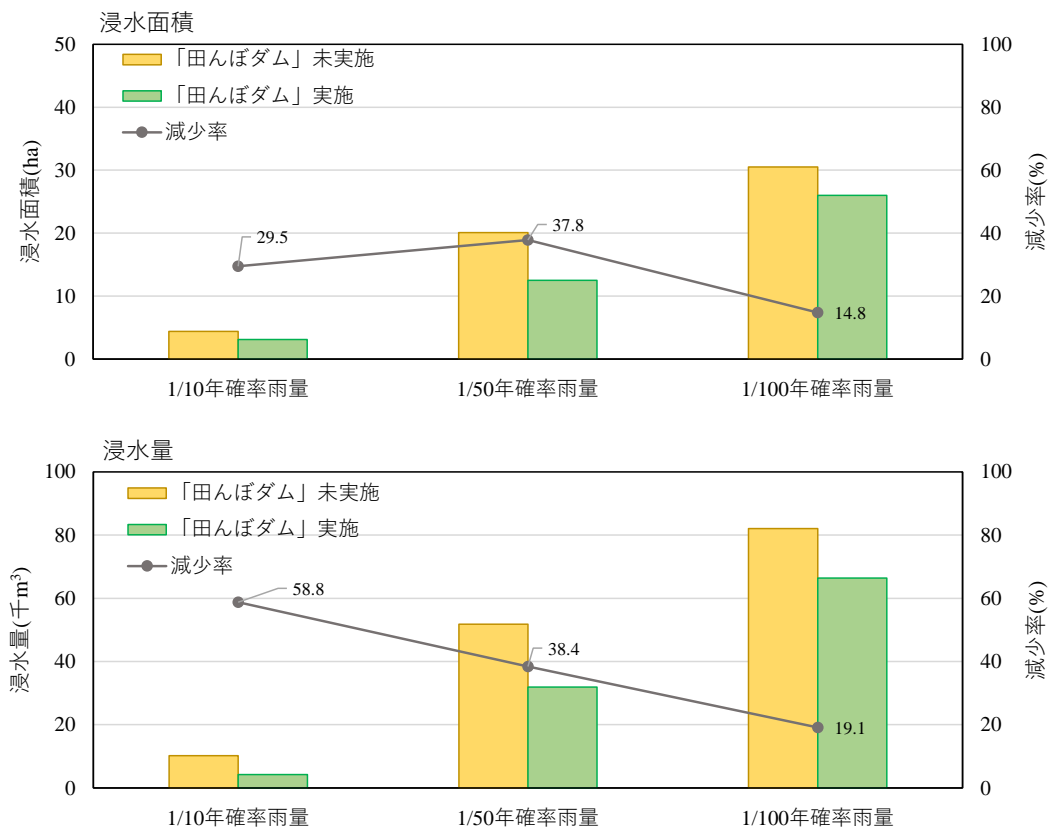


図 3-18 浸水量、浸水面積の低減効果（栃木県栃木市吹上東部地区 シミュレーション結果）

流域面積 1,015 ha 水田面積率 38% 地形勾配 約 1/300 「田んぼダム」取組率 100%

排水柵：堰幅 33cm，流出口径 φ 125mm

機能分離型の流量調整器具：流出量調整板に口径 φ 60mm の流出孔

50年に1回確率の確率で発生する規模の降雨があった場合のシミュレーション結果を図3-19に示します。下流の地域だけでなく、上流や中流の地域も含めて、「田んぼダム」を実施している地域の様々な場所で浸水量や浸水面積が減少しています。

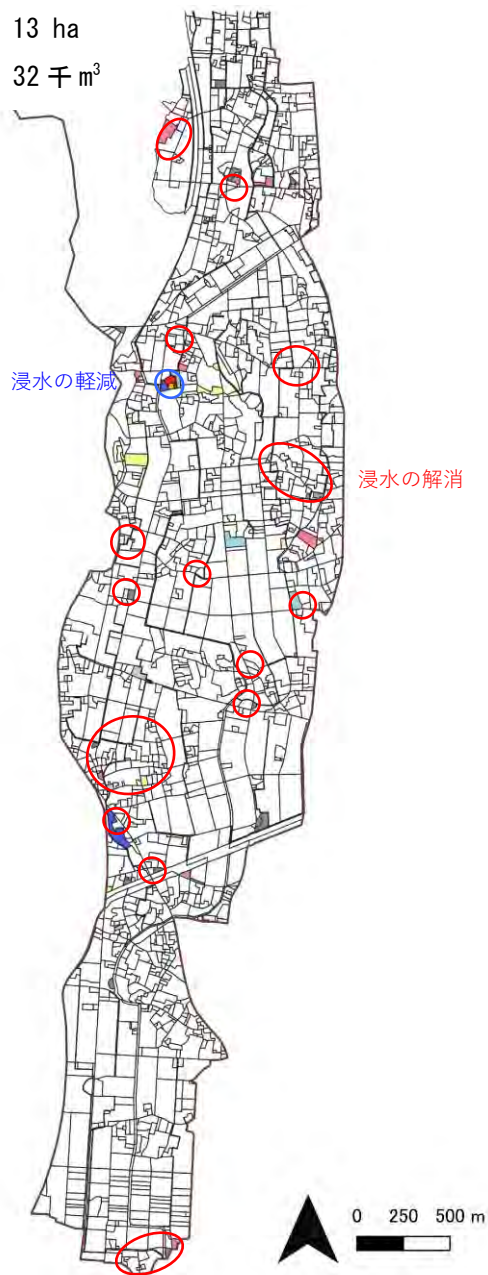
「田んぼダム」未実施

- ・ 浸水面積 20 ha
- ・ 浸水量 52 千 m³



「田んぼダム」実施

- ・ 浸水面積 13 ha
- ・ 浸水量 32 千 m³



水田 最大浸水深 (畦畔高30cm)	
□	: 0cm~30cm
■	: 30cm~50cm
■	: 50cm以上
畑 最大浸水深	
□	: 0cm~5cm
■	: 5cm~30cm
■	: 30cm以上
宅地 最大浸水深	
□	: 0cm~5cm
■	: 5cm~50cm
■	: 50cm以上
その他 最大浸水深	
□	: 0cm~5cm
■	: 5cm以上

図 3-19 氾濫シミュレーション結果（栃木県栃木市吹上東部地区 1/50年確率雨量）

条件：流域面積 1,015 ha 水田面積率 38% 地形勾配 約 1/300 「田んぼダム」実施率 100% 機能分離型

また、栃木県宇都宮市の都市部を流れる利根川水系の田川流域を対象に行われたシミュレーションの結果⁸⁾を示します。

対象流域は、上流域に山間部、中流域に農地、下流域に都市部が分布しています。

このシミュレーションは、2019年10月の台風19号による豪雨(24時間雨量325.5mmで1/150~1/200年に1回の確率で発生する規模に相当)における浸水面積を計算したものです。計算の結果、「田んぼダム」により、床上浸水面積(50cm以上)は62haから26haへと36ha(58%)軽減する効果が示されました。

「田んぼダム」未実施

・床上浸水面積(50cm以上) 62 ha

「田んぼダム」実施

・床上浸水面積(50cm以上) 26 ha

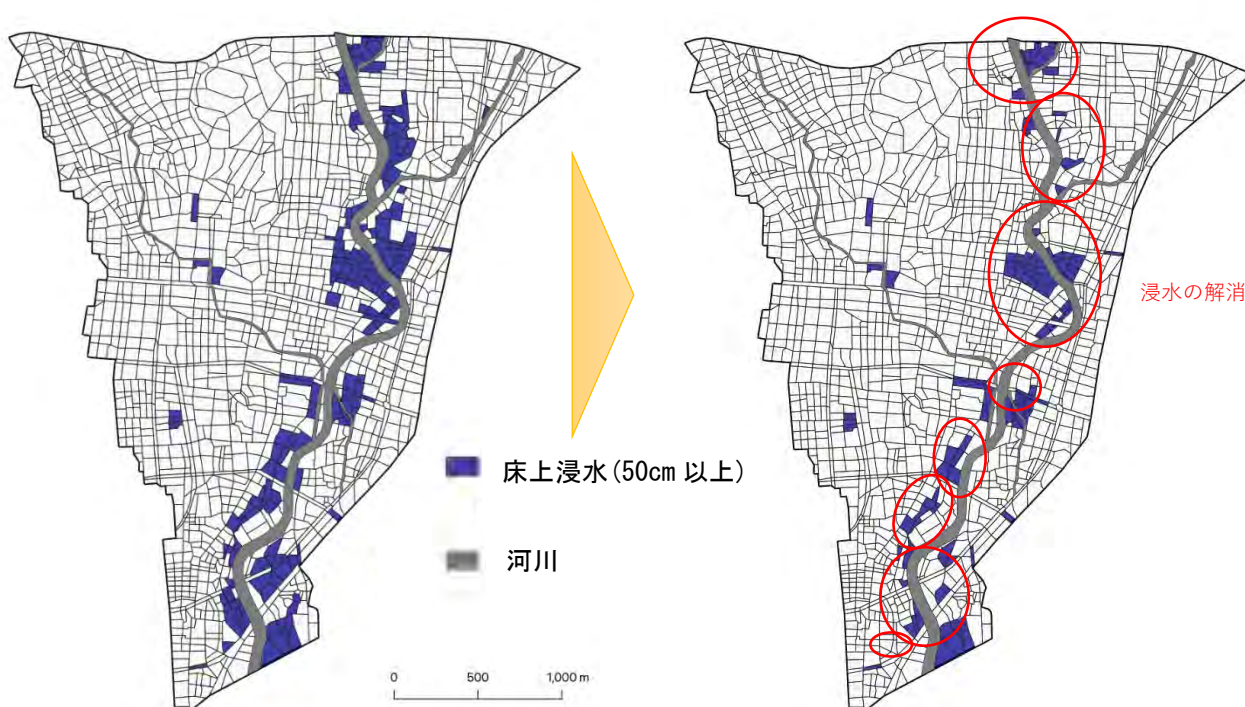


図 3-20 典型的な河川流域における田んぼダムの有無による床上浸水面積(50cm以上)の比較
(Yoshikawa・Koshiyama(2024)に加筆)

条件：流域面積 16,600ha 水田面積率 23% 「田んぼダム」実施率 100% 機能分離型 φ50mm

2019年10月の台風19号(1/150~1/200年確率降雨 24時間降水量325.5mm)を想定

(4) 一級河川流域でのピーク流量低減の可能性

一級河川矢部川流域において、基本高水相当の流量を記録した平成 24(2012)年 7 月洪水を対象に、「田んぼダム」によるピーク流量低減効果を概算した事例を紹介します。

矢部川は福岡県南部に位置し、中下流域に水田地帯が広がっています。最上流には洪水調整量 $500\text{m}^3/\text{s}$ を有する日向神ダムが設置されています。平成 24 年 7 月洪水では河口付近の水田は大部分が浸水していたと予想され、浸水すると「田んぼダム」は効果を発揮しないため、河川のピーク流量低減効果の検証を基準地点である船小屋において行っています。船小屋の集水域における水田面積率は 6.4% です。



図 3-2 1 矢部川水系土地利用区分図（新潟大学提供資料）

この計算では、①水田面積率と、②流出解析で求めた「田んぼダム」のピークカット率、および③非水田に対する水田のピーク流出割合（水田は畦畔があり流出が抑制されることから、水田のピーク流出量を森林や都市の 60%と仮定）、を用います。計算の考え方は後述します。②のピークカット率は、平成 24 年 7 月洪水の総降水量 357mm に対して、86%という値が算定されました。

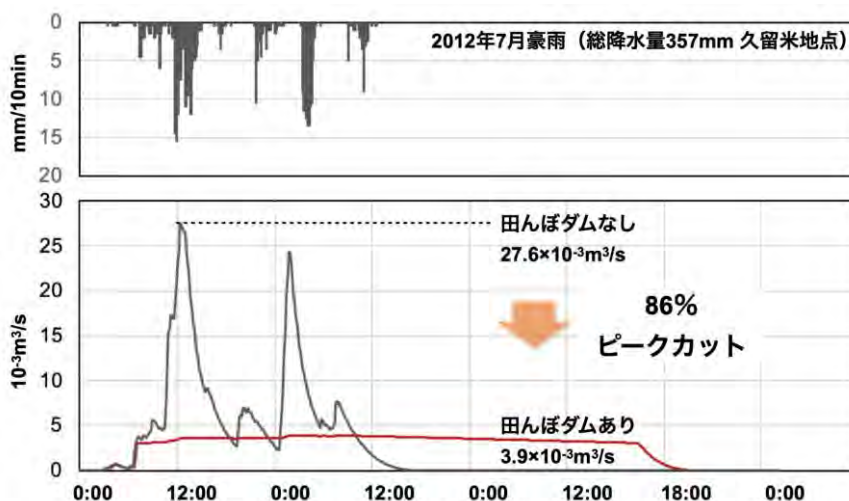


図 3-2 2 水田一筆からの流出量の低減効果（機能分離型）（新潟大学提供資料）

これらから、船子屋地点のピーク流量は①水田面積率 6.4%×②「田んぼダム」のピークカット率 86%×③非水田に対する水田のピーク流出割合 60%より、最大 3.3%ピークカットされる可能性が示されました。

この効果を平成 24 年 7 月洪水のピーク流量 4,000m³/s に乗じると、このうち約 120m³/s が「田んぼダム」により低減される計算となります(図 3-2 3)。水位と堤防高の高さ関係のみで溢水が起こると仮定するならば、「田んぼダム」による流量低減が水位低下、並びに溢水リスクの低下につながるといえます。

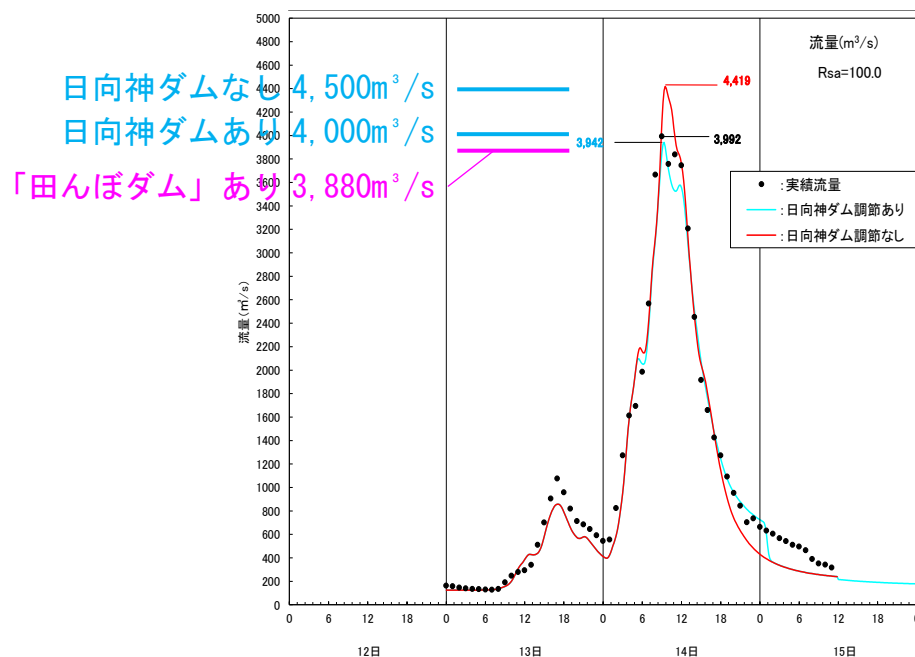


図 3-2 3 船小屋地点の流量
(矢部川水系河川整備基本方針 平成 26 年 6 月に加筆)

この事例から、「田んぼダム」が一級河川の洪水リスクを軽減する可能性が示されました。また、この計算は背水の影響等、詳細な条件は考慮していない概算であることに留意が必要ですが、流域全体での「田んぼダム」のポテンシャルを把握したい場合に有効と考えられます。同様の計算を秋田県が公開している Excel シートで簡易推計できます。参考にしてみてください。(<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/74537>)

3.4 その他

(1) 土砂および栄養塩の流出抑制⁹⁾

閉鎖性水域において、「田んぼダム」実施による土砂および栄養塩の流出抑制効果を検証した事例を示します。

水田からの排水に含まれる土砂は、流出先である河川及び閉鎖性水域に堆積します。土砂には栄養塩が含まれており、その中でも特にリンは水田土壌と強く吸着することが報告されていることから、堆積土砂は治水機能の低下のみならず、水質汚濁、富栄養化などの原因となっています。

土砂流出濃度は水尻付近の流速の低下¹⁰⁾や、湛水時間の延長¹¹⁾によって低減されることが報告されています。また、「田んぼダム」により水田からの流出量が抑制されるため、湛水時間が長くなる傾向にあります。

これらから、「田んぼダム」が土砂流出の抑制に効果があると考えた新潟大学の研究チームは、新潟県の鳥屋野潟流域（図 3-2 4 の左側）を対象とした土砂および栄養塩の流出抑制効果の検証を行いました。天然湖沼の鳥屋野潟は流域の最下流部に位置し、上流域の大形工区に調査ほ場が設けられました（図 3-2 4 の右側）。

水田からの土砂流出は代かき後の落水時期に最も増大し、中干後のかけ流しかんがい時にも多く発生します。このため、代かき後と中干し期に、調査ほ場において落水試験を行い、懸濁物質(SS)と総リン(T-P)の負荷量を計測しています。



図 3-2 4 観測箇所位置図（左：鳥屋野潟流域図、右：大形工区の調査ほ場位置）

流域面積 9,623ha 水田面積率 43% 流出量調整器具 機能分離型
2014 年度の調査ほ場：田んぼダム実施水田 ①④⑤⑥、通常管理水田 ①②⑦⑧
2015 年度の調査ほ場：田んぼダム実施水田 ②③⑦、通常管理水田 ④⑤⑥

懸濁物質の負荷量（SS 負荷量）を比較した結果、代かき落水時は「田んぼダム」実施により約 74%削減され、中干し落水時は約 83%削減されることが示されました。

総リンの流出負荷量（T-P 負荷量）を比較した結果、代かき落水時は「田んぼダム」実施により約 77%削減され、中干し落水時は約 66%削減されることが示されました。

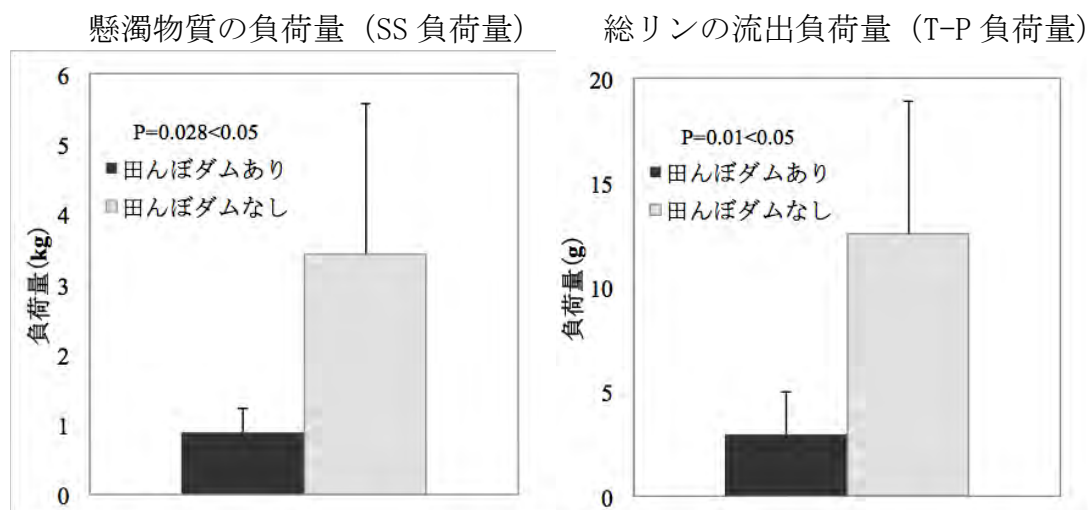


図 3-25 Welch 検定による代かき落水時の流出量 22m³までの懸濁物質と総リンの流出負荷量比較（吉川・伊藤(2016)より）

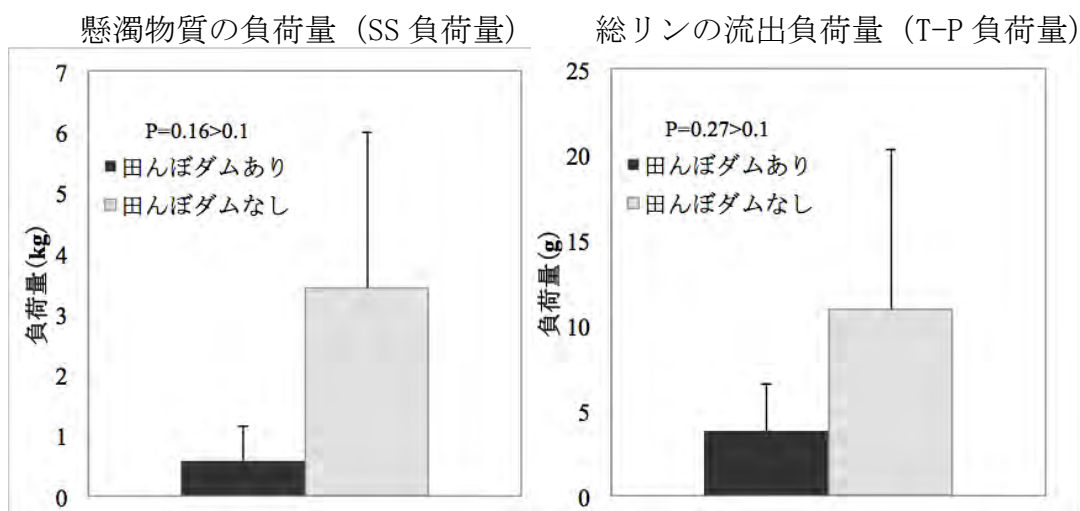


図 3-26 Welch 検定による中干し落水時の流出量 22m³までの懸濁物質と総リンの流出負荷量比較（吉川・伊藤(2016)より）

また、鳥屋野潟における「田んぼダム」の土砂堆積抑制効果を評価するために、二次元河床変動モデルによるシミュレーションも行われていますので、結果のみ参考として示します。2014年12月1日～2015年11月30日の積算土砂堆積量を計算した結果、流域全体で「田んぼダム」を実施した場合、27%の土砂堆積量削減効果が見込まれました。

これらの結果から、「田んぼダム」の土砂堆積削減効果とリンの流入量抑制の効果が示され、水質悪化・富栄養化対策に貢献する可能性が示されました。

(2) 排水機場の運転時間等の削減

「田んぼダム」によりピーク流出が抑制されることで、ピーク時の排水施設運用状況が変化し、維持管理負担が軽減される可能性があることから、「田んぼダム」が排水機場の運転等に及ぼす影響をシミュレーションしました。

対象流域は白根郷地区（図 3-27の左側）であり、図 3-27の右側に示す流出量調整器具を用いて「田んぼダム」に取り組んでいます。また、地区内の排水は白根排水機場、中部排水機場、萱場排水機場の3機場で分散して中ノロ川に完全機械排水を行っています（表 3-1）。

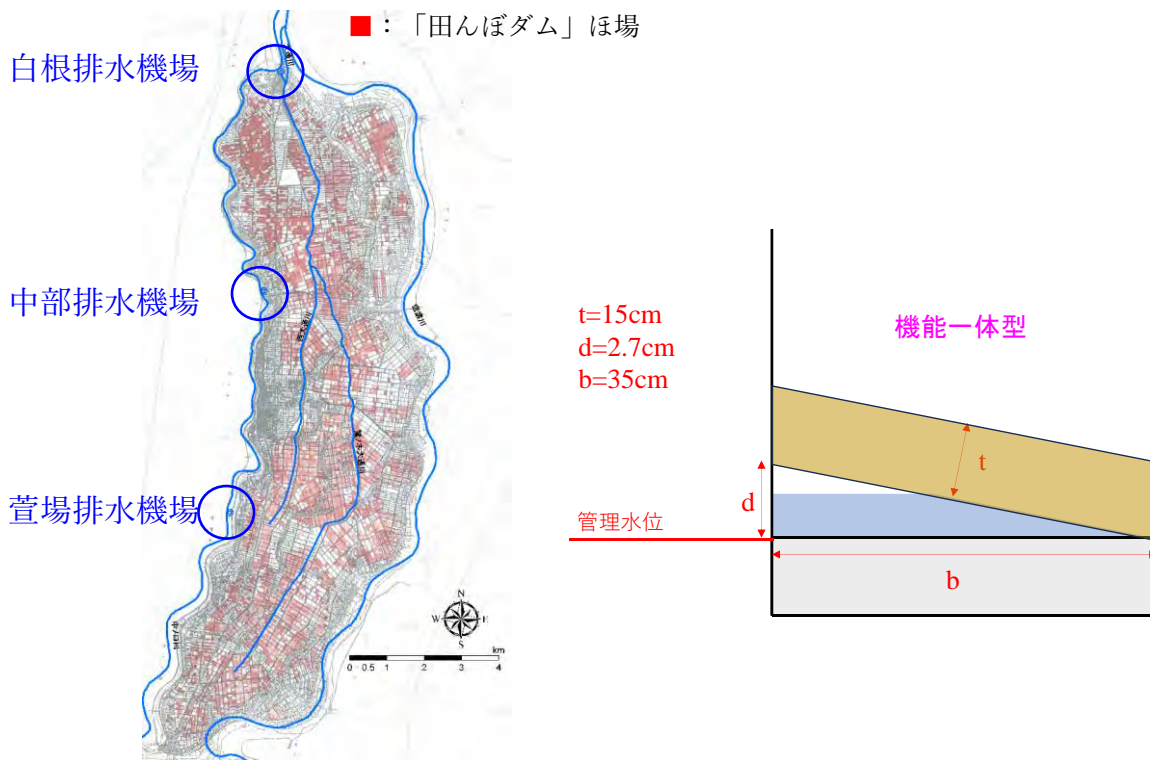


図 3-27 白根郷地区の「田んぼダム」状況（左：実施ほ場、右：流出量調整器具の形状）

表 3-1 白根郷地区の排水機場規模

名称	排水先	ポンプ規模 (m ³ /s)	
		計	台数
白根排水機場	中ノロ川	37.70	① 9.80
			② 9.80
			③ 9.05
			④ 9.05
中部排水機場	中ノロ川	43.00	① 8.55
			② 8.55
			③ 12.95
			④ 12.95
萱場排水機場	中ノロ川	28.00	① 9.33
			② 9.33
			③ 9.34

図 3-28 に中部排水機場稼働状況を抜粋して示します。なお、ポンプは1号機・2号機が常時用ポンプ、3号機・4号機が洪水時用ポンプであり、1号機から順番に水位上昇に応じて稼働します。

「田んぼダム」により流出が抑制されることで、内水位上昇が抑制されます。これにより、「田んぼダム」を実施した場合、2～4号機の稼働時間は「田んぼダム」なしの場合に比べて減少します。一方で、降雨の後半では、「田んぼダム」により水田に貯留され遅れて水路に流出した排水を排除するため、1号機の稼働時間は「田んぼダム」を実施した場合の方が増加します。

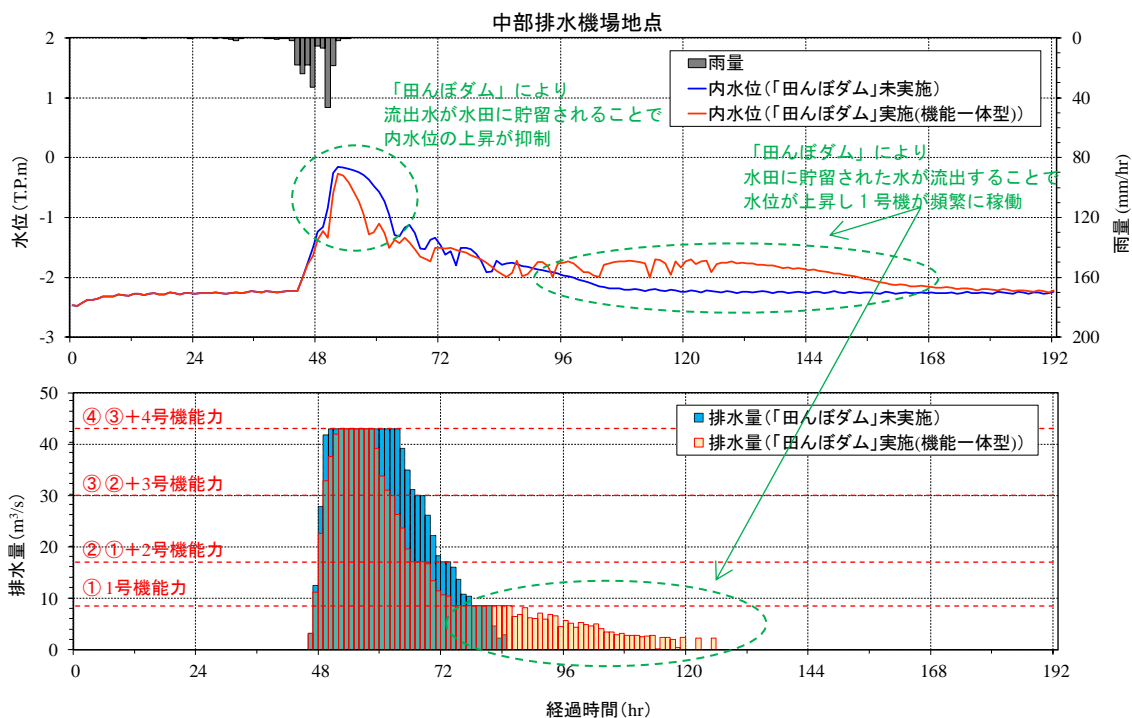


図 3-28 中部排水機場稼働状況

流域面積 7,500ha 水田面積率 61% 地形勾配 0.037%
 降雨量 181.8mm/3days (1/10 年確率降雨) 降雨波形 短期集中型

このように、「田んぼダム」実施により流出抑制されることで、ポンプの同時稼働台数や同時稼働時間が削減される可能性があります。

以降では、出水規模を変えて排水機場の運転経費への影響を検証しました。

(3) 排水機場の電気・燃料料金への影響

1 出水あたりのポンプ稼働に掛かる電力料金と燃料料金を、「田んぼダム」を実施しない場合と実施する場合で比較しました。

流出量調整器具は機能一体型と機能分離型の2種類とし、機能一体型は地域に設置されているもの、機能分離型は他地区の流出孔がある流出量調整板としています。

また、白根郷地区のポンプの原動機は電動機とディーゼルが混在していますが、この計算では全台電動機もしくはディーゼルと仮定して料金を計算しています。なお、電気

料金の単価は、本来ポンプごとに契約電力が異なりますが、この計算では全てのポンプで同じと仮定しています。

表 3-2 に電力料金、表 3-3 に燃料料金の計算結果を示します。電力料金の差と燃料料金の差の増減は同様の傾向を示しました。2年に1回、および10年に1回の確率で発生する規模の降雨の場合には安くなる一方で、50年に1回の場合には、機能一体型のケースでは、高くなる傾向が示されました。これは、機能一体型の場合、豪雨初期の雨量が貯留され、今回のシミュレーションでは後半にポンプの運転時間が増加したためであると推察されます。しかし、差は小さく最大で約2%という結果となりました。

表 3-2 電力料金の比較

確率年	降雨量 (mm/3days)	電力料金 (千円)				
		「田んぼダム」未実施 ①	「田んぼダム」実施 機能一体型 ②	差 ②-①	「田んぼダム」実施 機能分離型 ③	差 ③-①
1/2	116.1	4,084	4,039	-45	4,023	-61
1/10	181.8	6,292	6,277	-15	6,125	-167
1/50	241.7	8,514	8,713	199	8,433	-81

降雨波形 短期集中型

表 3-3 燃料料金の比較

確率年	降雨量 (mm/3days)	燃料料金 (千円)				
		「田んぼダム」未実施 ①	「田んぼダム」実施 機能一体型 ②	差 ②-①	「田んぼダム」実施 機能分離型 ③	差 ③-①
1/2	116.1	4,938	4,882	-56	4,863	-75
1/10	181.8	7,611	7,592	-19	7,408	-203
1/50	241.7	10,300	10,540	240	10,202	-98

降雨波形 短期集中型

電力料金を、排水能力に応じた料金単価で計算した場合は、「田んぼダム」を実施することで、より安くなる可能性があります。また、常時用ポンプは電動機、洪水時用ポンプはディーゼルと、実態に合わせて計算を行った場合には、料金が更に安くなる可能性があります。その他、降雨形態によっても変わる可能性があります。

このように、条件次第では「田んぼダム」によって電力・燃料料金が減少する可能性があります。

(4) 操作員の負担軽減

「田んぼダム」を実施することで、流量が抑えられ、時間を掛けて排水することから、常時用ポンプの稼働時間が増加する場合があります。一方で、「田んぼダム」により、洪水用ポンプの稼働時間や回数が減少する場合があります。洪水用ポンプの稼働時間が短くなれば、操作員の拘束時間が減少し、身体的負担が軽減されるほか、人件費の削減にもつながる可能性があります。また、「田んぼダム」により洪水用ポンプの稼働開始が遅くなる場合も、負担軽減につながる可能性があります。

図 3-29 に「田んぼダム」未実施時と実施時のポンプ稼働開始時間の比較を示します。対象は前述の白根郷地区の白根排水機場です。「田んぼダム」実施により、洪水開始後の流出が抑えられることから、3号機、4号機の稼働開始時間が遅くなります。

このように、洪水時用ポンプの稼働開始が遅れることで、操作員が稼働の可否を判断する時間が増えるため、精神的負担が軽減されます。このことは、ヒューマンエラーや事故などの防止につながるため、安全性の向上も期待できます。

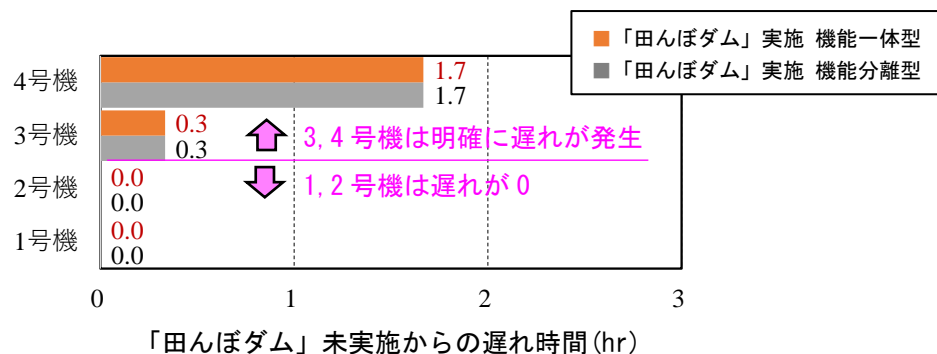


図 3-29 白根排水機場 「田んぼダム」未実施・実施のポンプ稼働開始時間の差
降雨量 116.1mm/3days (1/2年確率降雨) 降雨波形 短期集中型

参考文献

- 1) 山口莉歩・濱 武英・鈴木友志・中村公人・柿本竜治：球磨川流域で実施された田んぼダムによるピーク排水抑制効果の評価、水文・水資源学会誌 Vol137, No3, Aug, 2024、pp. 256-264 (2024)
- 2) 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 77, 3, pp. 273-280 (2009)
- 3) 鈴木友志・濱 武英・山口莉歩・中村公人：水田貯留機能強化を考慮した複数支流河川流域における洪水緩和効果、水文・水資源学会誌 Vol137, No2, May, 2024、pp. 142-154 (2024)
- 4) 大槻順朗・二瓶泰雄・M. A. C Niroshinie：2015 年関東・東北豪雨における鬼怒川氾濫による常総市の洪水氾濫状況、河川技術論文集、22, pp. 315-320
- 5) 鈴木ら・前掲注 2)
- 6) 吉川夏樹：田んぼダムは流域治水に貢献できるのか、環境技術学会誌 51, 4, pp. 195-199
- 7) Natsuki Yoshikawa・Naoko Koshiyama：Potential of Tambo Dam implementation as a flood control measure、WILEY 01 October 2024、DOI: 10.1002/ird.303
- 8) Yoshikawa・Koshiyama・前掲注 4)
- 9) 吉川夏樹・伊藤沙英美：田んぼダムによる濁への土砂堆積抑制に関する研究、平成 27 年度 新潟市濁環境研究所 研究成果報告書(2016)
- 10) 原田久富美, 小林ひとみ, 進藤勇人 (2005)：代かき直後の強制落水に伴う重粘土水田からの懸濁物質の排出とその抑制, 東北農業研究 58, pp. 43-44
- 11) 山田佳裕, 井桁明丈, 中島沙知, 三戸勇吾, 小笠原貴子, 和田彩香, 大野智彦, 上田篤史, 兵藤不二夫, 今田美穂, 谷内茂雄, 陀安一郎, 福原昭一, 田中拓弥, 和田英太郎 (2006)：しるかき期の強制落水による懸濁物, 窒素とリンの流出 - 圃場における流出実験 -, 陸水学雑誌, Vol. 67 No. 2, pp. 105-112