

7. 灌漑排水

■ 2026年8月26日(水) 14:20～16:00 | Ⅲ 第9会場(504教室)

[9-5] 灌漑排水⑤：流域治水・田んぼダム

座長:阿南 光政(佐賀大学農学部)

14:20～14:35

[9-34] 田んぼダムスマート化の是非の検討

*菅原 正道¹、山田 陽良²、宮津 進² (1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学農学部)

14:35～14:50

[9-35] 印旛沼における西沼・北沼分離管理の導入とその効果

*齋藤 蘭丸¹、藤本 生¹、土田 百合子¹ (1. 独立行政法人水資源機構千葉用水総合管理所)

14:50～15:05

[9-36] 印旛沼における気候変動を考慮した流域治水対策手法の検討

*田中 成季¹、門口 隆太²、吉川 夏樹³、高野 陽平⁴、金城 信彦⁵、浦井 花織⁵ (1. 前・(一財)日本水土総合研究所(現・サンスイコンサルタント株式会社)、2. (一財)日本水土総合研究所、3. 新潟大学自然科学系(農学部)、4. 株式会社ナルサワコンサルタント、5. 関東農政局印旛沼二期農業水利事業所)

15:05～15:20

[9-37] 排水規制が長時間継続する流域における流域治水対策連携の相乗効果

*高野 陽平¹、吉川 夏樹²、田中 成季³、門口 隆太³、金城 信彦⁴、浦井 花織⁴ (1. 株式会社ナルサワコンサルタント、2. 新潟大学自然科学系(農学部)、3. (一財)日本水土総合研究所、4. 関東農政局印旛沼二期農業水利事業所)

15:20～15:35

[9-38] 多様な流域治水対策における効果算定のための流出成分可視化手法の開発

*石口 武¹、吉川 夏樹²、高野 陽平³、所 正真¹、金子 貴信¹ (1. 新潟大学自然科学研究科、2. 新潟大学農学部、3. 株式会社ナルサワコンサルタント)

15:35～16:00

セッション総括

田んぼダムスマート化の是非の検討

Assessment of the Feasibility of Smart Paddy Field Dams

○菅原 正道*

山田 陽良**

宮津 進**

SUGAWARA Masamichi

YAMADA Akira

MIYAZU Susumu

1. 研究背景および目的

農業人口の減少・高齢化を背景に、ICTを活用したスマート農業が推進されている。特に水稻農業では水管理の負担が大きく、省力化を目的とした「圃場水管理システム」の開発が進められている。一方、豪雨災害の頻発により流域治水への転換が進む中、水田を活用した「田んぼダム」が注目されている。これを踏まえ、圃場水管理システムを防災に活用する「スマート田んぼダム」の実証が進んでいるが、導入コストやICT機器の耐久性に課題があり、社会実装には不安が残っている。

全国で田んぼダムの浸水軽減効果に関する研究は多い一方、スマート田んぼダムの評価事例は少ない。また、既往研究では、田んぼダムおよびスマート田んぼダムの流域内全水田への導入を前提としており、田んぼダムの洪水緩和効果の不確実性やスマート田んぼダムの導入コストの影響が十分に考慮されていない。そこで本研究では、11流域を対象として田んぼダムの流域内実施率とスマート田んぼダムの流域内導入面積率を変化させて費用対効果を算定し、田んぼダムのスマート化の是非を検討する。

2. 研究手法

2.1 浸水被害軽減効果の評価方法

吉川ら(2011)、宮津ら(2012)が開発した内水氾濫解析モデルを用いて、田んぼダムおよびスマート田んぼダムの浸水被害軽減効果を定量評価した。シミュレーション対象降雨は、各流域の10年、30年、50年、100年、200年確率降雨とし、降雨波形は中央集中型とした。各降雨イベントについて、解析対象流域において田んぼダム実施率0%、100%に加え、田んぼダム実施時には標高の高い上流水田から順に実施率を20%、40%、60%、80%と変更した4シナリオ、および標高の低い下流水田から順に同様に実施率を設定した4シナリオの計10シナリオを設定した。スマート田んぼダムも田んぼダムと同様のシナリオで流域内導入面積率を変更するシナリオを設定した。なお、水田の初期水深は0cm、水田畦畔高は30cmとした。また、スマート田んぼダムは圃場水管理システムを「貯留モード」に移行することで、任意に設定された排水基準水位に田面水深が達するまで田区排水量をゼロにするため、本研究では排水基準水位を実際の運用規則に準じて25cm(水田畦畔-5cm)に設定し、降雨開始前に貯留モードに移行済みであると仮定した。

2.2 浸水被害軽減効果の評価方法

治水経済調査マニュアル(案)(国土交通省, 2025)に基づいて、氾濫解析シミュレーションによって得られた浸水面積・浸水深・浸水継続時間に相当する被害額を算出

*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

**新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード：田んぼダム, ICT自動給排水栓, 流域治水

した．各シナリオの浸水被害額の差を算出し，減価償却を踏まえた上で経済評価額とした．次に，田んぼダムおよびスマート田んぼダムの導入に要する費用を算定し，経済評価額を総費用で除すことで，両者の費用対効果を算出した．費用対効果の算定は「土地改良事業の費用対効果分析に関する基本指針」（農林水産省，2008）に基づいて行った．

3. 結果と考察

3.1 氾濫シミュレーション結果

浸水面積軽減率は，全流域において，全ての降雨イベントでスマート田んぼダム＞田んぼダムとなった．これは，スマート田んぼダム実施により，全降雨を貯留し，水田からの流出をゼロにすることで，田んぼダムより大きな浸水被害軽減効果を発揮したからである．

3.2 費用対効果の算出結果

鎧潟流域におけるスマート田んぼダムの費用対効果を図 1 に示す．スマート田んぼダムの費用対効果は，導入面積率 20%で最大となった．しかし，スマート田んぼダムの費用対効果の最大値は，田んぼダムの流域内実施率 25%程度の下限值と交差することが示された（図 2）．このことから，鎧潟流域では田んぼダムの流域内実施率が 25%以上確保されていれば，導入位置の違いによらず，田んぼダムの費用対効果がスマート田んぼダムを上回ると考えられる．その他の 10 流域の内，6 流域では，田んぼダムの費用対効果は流域内の実施位置の違いによってばらつきが生じるものの，流域内実施率が 20%以上確保される場合には，田んぼダムの費用対効果がスマート田んぼダムを上回ることが確認された．残りの 4 流域に関しては，田んぼダムの流域内実施率 50%程度の下限值と交差することが示されたが，上限値とは 10%程度の流域内実施率で交差することが示された．そのため，田んぼダムを上流から実施できる場合においては，流域内実施率を 10%以上確保することで田んぼダムの費用対効果がスマート田んぼダムを上回ることが確認された．したがって，上流から田んぼダムを導入できる場合には，田んぼダムのスマート化は避けるべきであることが示唆された．

参考文献

1)井上祐樹ら，（2024）：スマート田んぼダムの費用対効果の検証，．2)吉川夏樹ら，宮津進，（2011）：低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発，土木学会論文集．3)国土交通省（2025）：治水経済調査マニュアル(案)．4)農林水産省（2021）：土地改良事業の費用対効果分析に関する基本指針．

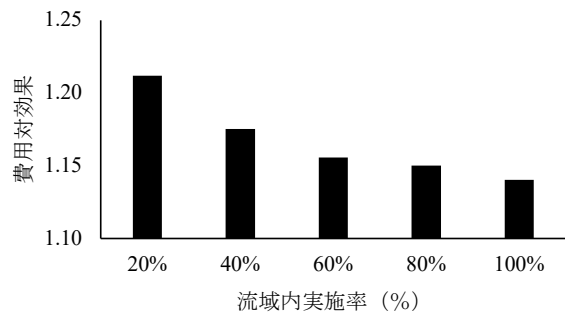


図 1 スマート田んぼダムの費用対効果（鎧潟流域）

Fig.1 Cost-effectiveness of Smart Paddy Field Dams in the Yoroigata Basin

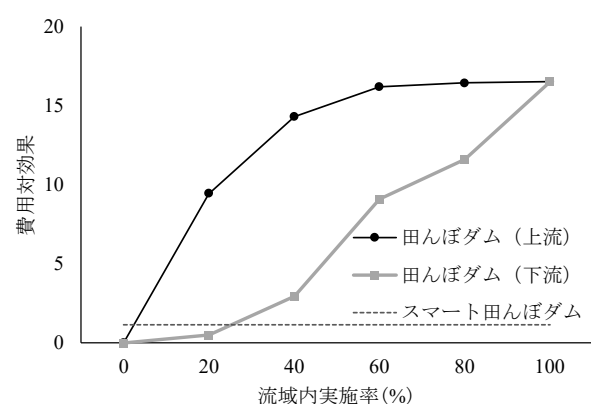


図 2 費用対効果の比較（鎧潟流域）

Fig.2 Comparison of Cost-Effectiveness in the Yoroigata Basin

印旛沼における西沼・北沼分離管理の導入とその効果 Introduction of Separate Management of West and North Lakes in Lake Inbanuma and Its Effects

○齋藤 蘭丸*

SAITO Ranmaru

藤本 生*

FUJIMOTO Sei

土田 百合子*

TSUCHIDA Yuriko

1. はじめに

印旛沼は千葉県北部に位置する流域面積 541km² の千葉県内最大の湖沼であり、昭和 44 年の印旛沼開発事業完了により西沼と北沼の 2 つに分かれた形となっている。千葉用水総合管理所では施設管理規程に基づき印旛沼の洪水排水を行っており、従来は西沼・北沼計 5 地点の平均水位を用いた一元管理を実施してきた。しかし近年、流域の宅地化が進み市街地割合が昭和 40 年代の 3%から 30%まで増加したことで流域全体の流出率が上昇した。印旛沼への流入は元来西沼側に偏在しており西沼への流入量が全体の約 8 割を占めていたが、流出率の上昇に伴いこの偏りがより顕著となった。その結果、洪水時に西沼と北沼の間に明確な水位差が生じるようになり、平均水位による一元管理では適切な排水判断が困難な状況となっていた。本報では、西沼・北沼を分けて捉える新たな管理視点のもと実施した取り組みの効果を報告する。

2. 大和田機場先行運転の導入と効果

洪水排水の施設操作は規程により(1)酒直水門(自然流下)、(2)印旛機場、(3)大和田機場の順で定められているが、近年は西沼水位が Y.P. +2.7m を超えると予測される場合、河川管理者と協議のうえ印旛機場より先に大和田機場を先行運転している。令和 5・6 年度では、機場運転 5 回のうち先行運転を 3 回実施した。

令和 6 年 10 月の事例を示す。72 時間降雨予測が約 80mm と予測され、水位予測システムでは西沼水位が Y.P. +2.7m を超えた(沼平均:Y.P. +2.52m)。西沼・北沼を個別に捉える新たな分離管理の視点から Y.P. +2.7m を超えた西沼水位を根拠として大和田機場を先行運転した。実績として西沼最高水位は Y.P. +2.73m に抑制された(図 1 参照)。全機場を運転しなかった場合における推定値 Y.P. +2.90m と比較して、分離管理による早期判断が治水安全度の向上に寄与したことが示された。

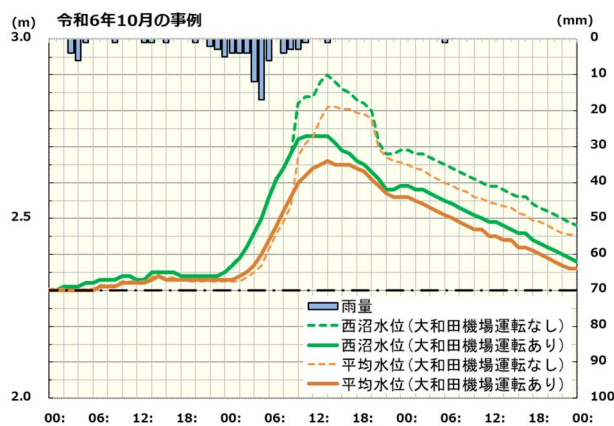


図 1 大和田機場排水グラフ(R6.10)

Fig.1 Drainage graph (Oct. 2024)

*独立行政法人水資源機構千葉用水総合管理所 (Japan Water Agency)

3. 予備排水の実績と考察

予備排水は 72 時間降雨予測が 100mm 以上の場合に事前に酒直水門を操作して沼水位を低下させる運用である。令和 4～6 年度の 3 カ年における防災発令実績を示す(表 1 参照)。この実績を分析した結果(図 2 参照)、予備排水を実施したことでポンプ排水運転を回避できたケースが複数存在し、運転費用や河川巡視・機場監視に要する労力を削減できたことがわかった。コスト面では、予備排水後に排水運転を行った 4 ケースのコスト縮減額合計は約 470 万円に対し、降雨が少なく水位回復が必要となった 3 ケースの費用は約 110 万円にとどまり、今回の事例では予備排水実施に伴うリスクは小さいことが定量的に示された(表 2 参照)。

また、これらの実績を分析した結果、降雨予測が 100mm 未満でもポンプ排水運転が必要となったケースが複数存在しており、予備排水の実施条件の見直しが今後の課題である。なお、予備排水の開始から目標水位までは概ね 1.5 日程度を要するため、予備排水の効果を最大化するには降雨開始から 36 時間前までに精度の高い降雨予測が不可欠であるが、100mm 以上の予測確立が遅いケースが存在することも引き続き検討事項である。

4. おわりに

西沼・北沼を個別に管理する新たな視点のもと、大和田機場先行運転により西沼ピーク水位を抑制し治水安全度が向上した。予備排水については副次的効果が大きく空振りリスクも小さいことが定量的に示された。降雨が 100mm 未満でも機場運転が必要なケースが存在することから実施条件の見直しが課題であり、今後も実績の蓄積と検証を行い積極的な予備排水運用を目指す。

ケース	印	日付	理由	備考	予測 雨量	発令 時間	沼平均 最高水位	北沼 最高水位	西沼 最高水位
1	■	R4.5.11-5.14	前線に伴う降雨	予備排水	114	68	2.56	2.50	2.60
2	▲	R4.7.5-7.6	前線に伴う降雨	予備排水(途中で中止) 酒直機場排水運転(水位回復)	102	0	2.24	2.20	2.27
3	●	R4.7.16-7.17	前線に伴う降雨	印濃機場排水運転	65	47	2.56	2.52	2.63
4		R4.8.13-8.15	台風8号の接近	—					
5	●	R4.9.24-9.27	前線に伴う降雨	印濃機場排水運転	—	42	2.69	2.56	2.78
6	◇	R5.5.6-5.9	前線に伴う降雨	予備排水 印濃機場排水運転	160	131	3.11	2.99	3.19
7	◆	R5.5.31-6.5	台風2号+前線に伴う降雨	予備排水 印濃機場→大和田機場排水運転	108	197	3.65	3.65	3.66
8	◆	R5.9.7-9.10	台風13号の接近	予備排水(特殊) 大和田機場→印濃機場排水運転	109	237	3.47	3.40	3.52
9		R5.9.20-9.21	前線に伴う降雨	—					
10	□	R5.1.19-1.22	低気圧の接近	予備排水(途中で中止)	103	40	2.37	2.37	2.38
11		R6.5.13-5.13	前線に伴う降雨	—					
12	□	R6.5.28-5.29	前線に伴う降雨	予備排水(途中で中止)	102	18	2.51	2.51	2.52
13	■	R6.6.16-6.19	前線に伴う降雨	予備排水	122	96	2.76	2.66	2.83
14	□	R6.6.21-6.21	前線に伴う降雨	予備排水(特殊)	154	37	2.59	2.47	2.68
15	△	R6.8.13-8.17	台風7号の接近	予備排水 酒直機場排水運転(水位回復)	112	41	2.31	2.31	2.32
16		R6.8.26-8.27	利根川の出水	—					
17	◆	R6.8.29-9.2	台風10号の接近	予備排水(特殊) 大和田機場→印濃機場排水運転	154	139	2.71	2.68	2.74
18		R6.9.3-9.4	前線に伴う降雨	—					
19	△	R6.9.26-9.28	前線に伴う降雨	予備排水 酒直機場排水運転(水位回復)	152	35	2.17	2.17	2.16
20	●	R6.10.9-10.9	前線に伴う降雨	大和田機場排水運転	29	86	2.66	2.55	2.73
21	□	R6.10.31-11.5	低気圧の接近	予備排水(途中で中止)	103	45	2.37	2.31	2.41
22	■	R6.3.31-4.2	低気圧の接近	予備排水	108	84	2.54	2.49	2.58

表 1 令和 4, 5, 6 年の防災発令実績
Table.1 Disaster prevention records

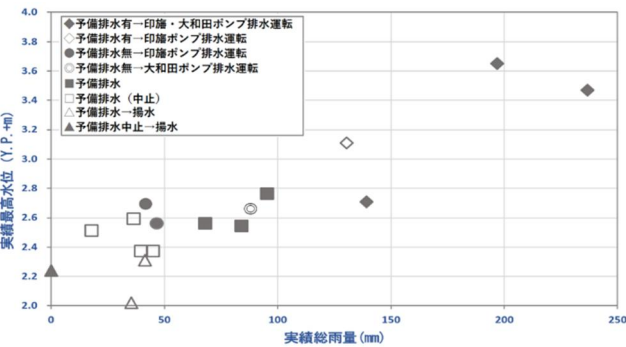


図 2 予備排水実績分布図
Fig.2 Pre-drainage distribution

	ケース	コスト縮減	予備排水	空振揚水	回復水位
◇	6	約163万	0.33m	—	—
◆	7	約242万	0.49m	—	—
◆	8	約35万	0.07m	—	—
◆	17	約30万	0.06m	—	—
▲	2	—	—	約55万	0.26m
△	15	—	—	約46万	0.22m
△	19	—	—	約 8万	0.04m
	合計	約470万		約110万	

表 2 コスト比較表
Table.2 Cost comparison

印旛沼における気候変動を考慮した流域治水対策手法の検討 Study on Watershed-Based Flood Control Measures Considering Climate Change in the Inbanuma Basin

○田中成季*, 門口隆太**, 吉川夏樹**, 高野陽平***, 金城信彦****, 浦井花織*****

○TANAKA Masaki*, KADOGUCHI Ryuta*, YOSHIKAWA Natsuki**, TAKANO Yohei***, KINJO Nobuhiko****, URAI Kaori*****

1 はじめに

千葉県北部に位置する印旛沼は、北印旛沼と西印旛沼から構成され、その間に中央干拓地が広がる。中央干拓地は主として農地として利用されており、当該区域および上流域からの排水は中央干拓低地排水路(以下、「低地排水路」という)に集水され、宗吾北機場および宗吾西機場を介して印旛沼へ機械排水されている(以下、低地排水路の集水域を「宗吾機場流域」という)。これらの排水機場は、国営印旛沼二期農業水利事業により整備され、洪水被害の軽減に寄与してきた。近年、気候変動に起因する豪雨の頻発化より浸水被害が顕在化するようになっており当該地域においても、2019年10月25日の台風21号では、日雨量248mm(約1/130確率)を記録し、印旛沼水位の上昇に伴う排水規制の影響で、排水機場は32.5時間にわたって停止した。その結果、中央干拓地内では農地浸水に加え、道路冠水に伴う町道の通行止め等の被害が生じた。このような浸水被害リスクの増大に対応するため、従来の施設整備に加え、流域全体での治水対策、いわゆる流域治水が推進されている。宗吾機場流域においても流域治水プロジェクト2.0等に基づき、田んぼダム of 取組みが進められている。しかし、気候変動による降雨量増加を考慮した上で、田んぼダムの流出抑制効果を流域スケールで定量的に評価した事例は限られている。以上を踏まえ、本研究では宗吾機場流域を対象に、気候変動により増加する降雨を想定し、田んぼダムによる浸水軽減効果を評価することを目的とした。



図1 印旛沼地域の位置
Study Area (Inbanuma Basin)

3 研究方法

3.1 検討における田んぼダム装置

本研究では、適用する田んぼダム装置の優位性を明らかにするため、本流域内の一部地区で実施されている堰管形式(機能一体型装置)と、「田んぼダムの手引き」¹⁾ および吉川・宮津²⁾ で示されている排水マス形式(機能分離型装置)を対象として、田んぼダムの導入による流出抑制効果を比較検証した。また、排水規制を考慮した場合の浸水軽減効果についても評価した。

3.2 モデルによるシミュレーション

田んぼダムの効果を検討にあたり、宗吾機場流域を対象に内水氾濫解析モデル³⁾を適

*前・(一財)日本水土総合研究所(現・サンスイコンサルタント株式会社) ex. The Japanese Institute of Irrigation and Drainage(Sansui Consultant Co., Ltd), ** (一財)日本水土総合研究所 The Japanese Institute of Irrigation and Drainage, ***新潟大学自然科学系(農学部) Institute of Science and Technology, Niigata University, ****株式会社ナルサワコンサルタント Narusawa Consultant Co., Ltd, *****関東農政局印旛沼二期農業水利事業所 Kanto Regional Agricultural Administration Office, Inbanuma Second Phase Agricultural Water Utilization Office

キーワード：流域治水、田んぼダム、予備排水

用した。対象降雨は、気候変動による降雨量増加を考慮するため、流域治水プロジェクト 2.0 等を参考に 1/50 確率降雨量に降雨量変化倍率 1.1 を乗じて設定した。降雨波形には、国営印旛沼二期農業水利事業において採用されている実績型波形を用いた。

排水規制条件は、2019 年 10 月 25 日の降雨時の実績を参考に、降雨ピークの 10 時間後にポンプを停止させる設定とし、規制継続時間は 32.5 時間、16 時間、8 時間、4 時間の 4 ケースを想定した。

4 解析結果

4.1 田んぼダム装置の比較(排水規制を実施しない条件)

(1) 水田区画スケールでの効果

堰管形式と排水マス形式について、水田区画からの流出量のピークカット効果を比較した。堰管形式では、田面水深がピーク時に畦畔高を超過し、畦畔越流が生じることが示された。その結果、畦畔越流を含めた水田からのピーク流出量は、田んぼダム稼働無しの場合を上回った(表 1)。一方、排水マス形式では 73.7%のピークカット効果が得られ、高い流出抑制効果が確認された。以上より、本降雨条件下で、水田区画スケールにおいては排水マス形式の優位性が確認された。

(2) 流域スケールでの効果

浸水面積の減少率は堰管形式が 3.5%、排水マス形式が 12.8%であった。また、浸水量の減少率についても、堰管形式が 9.4%であるのに対し、排水マス形式は 25.1%と高い値を示したことから、排水マス形式の方が高い浸水軽減効果を有することが確認された(表 2, 表 3)。

4.2 排水規制実施時の田んぼダムの効果

排水規制が発生する条件において機能分離型を導入した場合、浸水面積、浸水量を共に減少させる効果が確認された(表 4, 表 5)。

また、排水規制時間が短いほど、これらの効果が大きくなる傾向が認められた。これは、排水規制が長時間に及ぶと、田んぼダムからの遅延流出が累積し、時間経過とともに流出抑制効果が相対的に低下するためである。以上より、田んぼダムの効果を最大限に発揮させるためには、排水規制時間の短縮が重要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部：田んぼダムの手引き
- 2) 吉川夏樹, 宮津進：田んぼダムの適切な排水量調整機構, 水土の知 89(12), pp. 23~27(2021)
- 3) 吉川夏樹, 宮津進, 安田 浩保, 三沢眞一：低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発, 土木学会論文集 B1(水工学), 67(4), I_991-I_996(2011)

表 1 堰管形式と排水マス形式のピークカット流出量低減効果の比較

Comparison of Peak Flow Reduction Effects between Weir-Orifice and Drainage Pit Types

装置	ピーク流出量 (m ³ /s)			
	田んぼダム稼働なし	田んぼダム稼働あり	減少量	減少率 (%)
機能一体型 堰管形式	0.011	0.012	-0.001	-9.1
機能分離型 排水マス形式	0.019	0.005	0.014	73.7

表 2 堰管形式と排水マス形式の浸水面積の減少効果
Effect of Weir-Orifice and Drainage Pit Types on Inundated Area Reduction

装置	浸水面積 (ha)			
	田んぼダム稼働なし	田んぼダム稼働あり	減少面積	減少率 (%)
機能一体型 堰管形式	465.1	449.0	16.1	3.5
機能分離型 排水マス形式	501.0	437.0	64.0	12.8

表 3 堰管形式と排水マス形式の浸水量の減少効果
Effect of Weir-Orifice and Drainage Pit Types on Inundation Volume Reduction

装置	浸水量 (×10 ³ m ³)			
	田んぼダム稼働なし	田んぼダム稼働あり	減少量	減少率 (%)
機能一体型 堰管形式	2614.0	2367.0	247.0	9.4
機能分離型 排水マス形式	2955.0	2214.0	741.0	25.1

表 4 田んぼダムによる浸水面積の減少効果
Effect of Paddy Field Dam on Reducing Inundated Area

排水規制時間	浸水面積 (ha)			
	田んぼダム稼働なし	田んぼダム稼働あり	減少面積	減少率 (%)
32.5時間	533.1	521.7	11.4	2.1
16時間	527.0	500.1	26.9	5.1
8時間	522.2	471.5	50.7	9.7
4時間	516.6	457.9	58.7	11.4

表 5 田んぼダムによる浸水量の減少効果
Effect of Paddy Field Dam on Reducing Inundated

排水規制時間	浸水量 (×10 ³ m ³)			
	田んぼダム稼働なし	田んぼダム稼働あり	減少量	減少率 (%)
32.5時間	3492.0	3426.0	66.0	1.9
16時間	3420.0	3070.0	350.0	10.2
8時間	3301.0	2728.0	573.0	17.4
4時間	3193.0	2512.0	681.0	21.3

排水規制が長時間継続する流域における流域治水対策連携の相乗効果 Synergistic Effects of Combined Watershed-Based Flood Control Measures in a Basin with Prolonged Drainage Restrictions

○高野 陽平*・吉川 夏樹**・田中 成季***・門口 隆太***・金城 信彦****・浦井 花織****
TAKANO Yohei, YOSHIKAWA Natsuki, TANAKA Masaki, KADOGUCHI Ryuta, KINJO Nobuhiko,
URAI Kaori

1. はじめに

流域治水において、農業農村工学分野では田んぼダムをはじめとする農業用施設の活用が推進されている。排水施設を活用した対策として、降雨前に排水機場を運転して内水位を低下させる「事前排水」や、排水ポンプを操作規程より低い水位で運用する「目標内水位引下げ」が実施されている。これらの対策は、ピーク内水位の低下をもたらし、結果として、浸水によって機能を喪失する田んぼダム水田の発生を抑制することで、田んぼダムの機能発現を支える役割を有する。

しかし、機械排水流域では、豪雨時に河川等の外水位の上昇に伴い排水規制が課される場合があり、内水側の対策のみでは十分な効果を発揮できない。このような条件下では、排水規制の緩和を目的とした外水側での対策が重要となる。千葉県北部の宗吾機場流域では、排水先の印旛沼において降雨前に水位を低下させる「予備排水」が実施されており、これにより排水規制の回避・緩和に寄与している。

以上を踏まえると、田んぼダム、事前排水・目標内水位引下げおよび予備排水等を連携することで、内水位の低下と排水機能の確保が同時に図られ、各対策を個別に実施する場合を上回る相乗効果が期待できると考えた。そこで本研究では、排水規制が課される条件下において、これらの流域治水対策の連携による相乗効果を定量的に評価することを目的とする。

2. 研究対象地と研究方法

宗吾機場流域の流域面積は 3,159 ha であり、宗吾北機場および宗吾西機場による完全機械排水流域である。本研究では、内水氾濫解析モデル¹⁾を適用し、各流域治水対策による浸水軽減効果を評価した。

対象降雨は、将来の気候変動による降雨量の増加を考慮し、流域治水プロジェクト 2.0 等を参考に、排水機場の整備水準(1/30 確率)を超過する 1/50 確率降雨量に、降雨量変化倍率 1.1 を乗じた 313.5 mm/3 日とした。降雨波形は、本地区の国営事業計画を参考に、実績型波形(昭和 57 年 9 月 10 日～12 日型)を適用した。また、排水規制は、令和元年 10 月 25 日豪雨時の実績を参考に、降雨ピーク時刻の 10 時間後に開始し、32.5 時間継続する条件とした。

田んぼダムは、先行研究²⁾に基づき、浸水リスクの低い Y.P.+1.03 m 以上の水田(886.2 ha, 実施率 68.5%)を対象に導入した。水田区画 3,000 m²に 1 箇所設けられた排水マ

*株式会社ナルサワコンサルタント Narusawa Consultant Co., Ltd., **新潟大学自然科学系(農学部) Institute of Science and Technology, Niigata University, *** (一財)日本水土総合研究所 The Japanese Institute of Irrigation and Drainage, ****関東農政局印旛沼二期農業水利事業所 Kanto Regional Agricultural Administration Office, Inbanuma Second Phase Agricultural Water Utilization Office
キーワード: 田んぼダム, 予備排水, 相乗効果

スに機能分離型装置（排水量調整用の孔：φ50mm）を設置することを想定した。

排水機場の事前排水は、排水ポンプにより引下げ可能な最低水位（Y.P.-0.4 m）を初期内水位に設定した。また、目標内水位引下げは、この最低水位をポンプの起動・停止水位に設定して運転する条件とした。印旛沼の予備排水等の治水対策を実施するシナリオでは、排水規制が発生しない条件を想定した。

以上を踏まえ、対策未実施、各対策の単独実施、および対策を連携して実施する計 8 ケースのシミュレーションを行い、浸水減少率を指標として相乗効果を評価した。

3. 結果と考察

各対策を単独で実施した場合の評価結果を図 1 に示す。浸水減少率は印旛沼予備排水等の治水対策が 15.4% と最も大きく、次いで事前排水・目標内水位引下げが 7.6%、田んぼダムが 1.9% であった。一方、対策を連携した場合、全対策を併用したケースが 44.8% で最大となり、次いで田んぼダムと印旛沼予備排水等の治水対策を組み合わせたケースが 36.6% と高い効果を示した。この値は、両対策を単独で実施した場合の効果の和と比較して 19.3 ポイント上回っており、対策連携による顕著な相乗効果が確認された（図 2）。

図 3 に対策未実施、田んぼダム単独、印旛沼予備排水等の治水対策単独、および両者を連携した場合の浸水量の時系列変化を示す。田んぼダム単独では、流出抑制により浸水量の立ち上がりが緩やかとなるものの、排水規制期間中に水田に一時貯留した雨水が遅れて流出するため、浸水量が再度増加し、最終的には対策未実施時のピーク浸水量に漸近する結果となった。これに対し、両対策を連携することで排水規制が回避され、ポンプの継続運転が可能となる。その結果、田んぼダムの流出抑制効果が持続的に発揮され、浸水量の大幅な減少につながった。以上が相乗効果発現の主要因である。

4. おわりに

本研究では、複数の主体による流域治水対策の相乗効果発現機構を明らかにした。また、本流域においては、排水規制の緩和が流域治水対策上重要であることを示した。

【参考文献】1) 吉川ら（2011）：低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発，土木学会論文誌 B1（水工学），67（4），I_991-I_996。2) 谷ら（2025）：印旛沼における農地・農業用施設を活用した流域治水の検討，2025 年度（第 74 回）農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p.663-664。

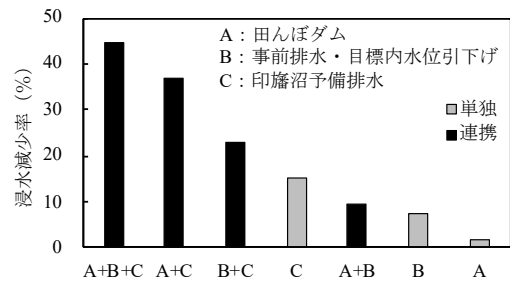


図 1 浸水減少率の計算結果
Calculated Inundation Volume Reduction Rate

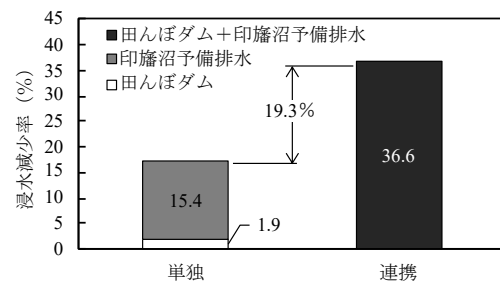


図 2 対策連携の相乗効果
Synergistic Effect of Combined Measures

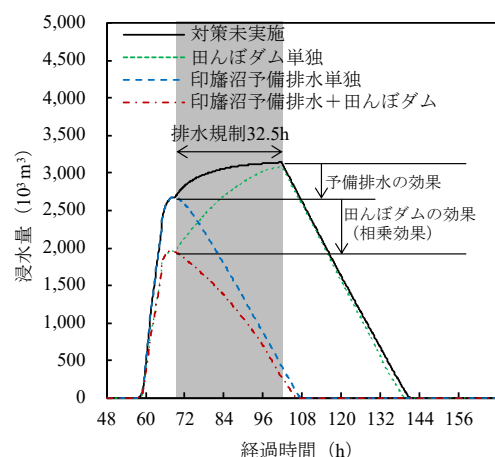


図 3 浸水量の時系列変化
Time Series of Simulated Inundation Volume

多様な流域治水対策における効果算定のための流出成分可視化手法の開発

Development of a Runoff Component Visualization Method for Quantifying the Effects of Diverse Basin-Wide Flood Management Measures

○石口 武* 吉川 夏樹** 高野 陽平*** 所 正真* 金子 貴信*
ISHIGUCHI Takeru YOSHIKAWA Natsuki TAKANO Yohei TOKORO Shoma KANEKO Takanobu

1. 背景および目的

全国的に洪水リスクが増大する中、国は治水の方針を、流域内のあらゆる関係者が協働して治水を行う「流域治水」に転換した。これに伴い、流域内で多様な流域治水対策が推進されている。一方で、複数の対策を同時に実施した場合における対策間の相互作用や各対策の洪水軽減への寄与を定量的に評価する手法は未確立である。そのため、効果的な対策およびその組み合わせを合理的に選定することが現状では困難である。そこで本研究では、多様な流域治水対策の洪水軽減への寄与を分離・可視化し、それらを定量評価する手法の開発を目的とする。

2. 流出成分可視化モデルの構成

本研究では、各対策の寄与を分離・可視化するために、内水氾濫解析モデル¹⁾を基盤として、洪水時の河川水に含まれる各対策由来の流出成分を可視化するモデルを開発した。内水氾濫解析モデルは、排水路-土地間の流出量を計算する「地目別流出サブモデル」、隣接する土地の氾濫水の移動を計算する「氾濫流サブモデル」、排水路および河川の流れの計算をする「河川・排水路サブモデル」の3つのサブモデルから構成される。このモデルに対策対象から流出を追跡するための「トレーササブモデル」を追加した(図1)。

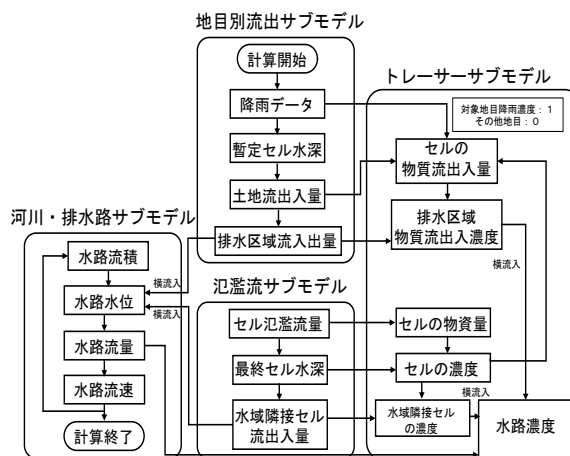


図1 流出成分可視化モデルのフロー

3. トレーササブモデルの開発

3.1 対策別トレーサー濃度

本研究では、田んぼダムおよびため池の事前放流の複合的な洪水軽減効果を定量的に評価するため、水田トレーサーとため池トレーサーを設定した。水田トレーサーは、水田に降下した雨水に濃度1、それ以外の地目に濃度0のトレーサーを付与した。一方、ため池トレーサーはため池およびその集水域に降下した雨水に濃度1、それ以外の地目に濃度0のトレーサーを付与した。なお、ため池集水域内の水田については、ため池トレーサーのみ付与した。

3.2 セルの濃度計算

各セルのトレーサー濃度は、まず降雨および末端排水路から流出入した水を考慮して暫定的なトレーサー濃度を計算し、その後、氾濫に伴うセル間の流出入を考慮して最終的に決定した。暫定的なトレーサー濃度計算は式(1)を、最終的なトレーサー濃度計算は式(2)を用いた。

$$c_1 = \frac{c_1 \times h_1 \times A + c_r \times R \times A - c_d \times Q}{h_1 \times A + R \times A - Q} \quad (1)$$

*新潟大学自然科学研究科(Graduate School of Science and Technology, Niigata University)

**新潟大学農学部 (Faculty of Agriculture, Niigata University)

***株式会社ナルサワコンサルタント(Narusawa Consultant Co., Ltd.)

キーワード：流域治水，流出成分可視化，田んぼダム，灌漑用ため池の事前放流

$$c_2 = \frac{c_1 \times h_1 \times A + q_s \times \Delta t}{h_2 \times A + \eta \times A} \quad (2)$$

ここに、 c_1 ：暫定セル濃度、 h_1 ：暫定セル水深、 A ：セル面積、 R ：降雨量、 c_r ：降雨濃度、 c_d ：末端排水路濃度、 Q ：末端排水路を経由したセル流出量、 c_2 ：最終セル濃度、 h_2 ：最終セル水深、 q_2 ：氾濫に伴うトレーサー流出物質量、 η ：氾濫に伴うセル水深変化高である。

ただし、ため池セルの濃度は、ため池内に降下する雨水、集水域および上流側のため池（重ね池）からの流入量とため池からの流出量を考慮して式（3）で計算した。

$$c_p = \frac{c_p \times V_1 + c_r \times R \times A_p + \lambda - c_p \times Q_{pout}}{V_1 + R \times A_p + Q_{pin} - Q_{pout}} \quad (3)$$

ここに、 c_p ：ため池セル濃度、 V_1 ：ため池貯留量、 A_p ：ため池面積、 λ ：集水域および上流側ため池からの流入に伴うトレーサー流入物質量、 Q_{pout} ：ため池流出量、 Q_{pin} ：集水域および上流側ため池からの流入量である。

3.3 排水路メッシュの濃度計算

各対策対象からの流出した水に対し、移流方程式（式（4））によって、排水路トレーサー濃度を計算した。計算では、一次精度の風上差分を用いた。

$$\frac{\partial Ac}{\partial t} + \frac{\partial Qc}{\partial x} = 0 \quad (4)$$

ここに、 A ：湿潤断面積、 c ：トレーサー濃度、 t ：計算時間間隔、 Q ：流量、 x ：排水路メッシュの延長である。

各排水路メッシュへの流入は、合流部における支線排水路からの流入、排水区域からの流入、氾濫に伴う隣接セルからの流入、基底流量の流入である。各要素のトレーサー濃度は、横流入として扱った。

4. モデルの実流域への適用結果

開発したモデルを用いて実流域における各対策の洪水軽減効果への寄与を評価した。対象流域には、兵庫県に位置する万願寺川流域を選定した。外力として、100年確率降雨の前方集中波形と後方集中波形の降雨を与えた。田んぼダムは全水田で実施し、ため池事前放流は全ため池で空き容量を50%とした。対策未実施シナリオを基準とし、下流末端におけるピーク流量時の各流出成分の減少量を指標とした。

各対策実施シナリオにおけるピーク流量時の流出成分の減少量を表1に示す。ため池事前放流と田んぼダムを同時に実施した場合、前方波形では、ため池由来成分の減少量は水田由来成分よりも54.8m³/s、後方波形では23.2m³/s大きかった。この結果から、本流域においては、ため池事前放流がピーク流量の低減に対して相対的に大きく寄与することが示唆された。また、田んぼダムおよびため池事前放流のいずれにおいても、単独実施よりも同時実施の方が寄与は大きかったことから、一定の相互作用が示唆された。しかし、

その規模は限定的であり、対策実施により氾濫を免れた市街地などの土地からの流出が新たに生じ、ピーク流量を増加させる影響があるため、全体として相互作用は顕在化しにくいことが確認された。

表1 各流出成分のピーク減少量

100年確率	実施対策	全体ピーク減少量 (m³/s)	水田成分減少量 (m³/s)	ため池成分減少量 (m³/s)	その他地目成分減少量 (m³/s)
前方波形	田んぼダム	129.5	83.7	15.1	30.6
	ため池事前放流50%	128.8	5.7	132.4	-9.3
	ため池事前放流50%+TD	241.8	87.8	142.7	11.3
後方波形	田んぼダム	186.5	139.8	40.7	5.9
	ため池事前放流50%	124.6	-2.0	142.5	-15.9
	ため池事前放流50%+TD	306.5	143.0	166.2	-2.7

参考文献

1) 吉川夏樹，宮津進，安田浩保，三沢眞一（2011）：低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発，土木学会論文集 B1（水工学） vol.67（2011） No.4 P I_991-I_996