

河川砂防技術研究開発【成果概要】

①研究代表者		氏 名 (ふりがな)	所 属	役 職
		てばかり 手計 太一	中央大学	教授
②研究テーマ	名称	水田圃場施設を利用した新しい洪水導水方法の提案と流域治水実証実験		
③研究経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。		令和 4 年度	令和 5 年度	合 計
		858 万円	989 万円	1847 万円
④研究者氏名				
氏 名		所属機関・役職 (※令和 6 年3月31日現在)		
乃田 啓吾		東京大学大学院 農学生命科学研究科 准教授		
吉見 和紘		富山県立大学 工学部 講師		
中村 要介		三井共同建設コンサルタント(株) 水文・水理解析部 部長		
⑤技術研究開発の目的・目標				
(背景・課題) 2021 年 1 月の土木学会提言, 同年 7 月の社会資本整備審議会における答申を受けて, 政府は「流域治水」を軸とした治水政策へと舵を切った. 様々なメニューがラインナップされているが, 実はいずれの要素技術も科学的・工学的に定量評価されていないのが実情である. いずれも, 定性的な評価については概ねコンセンサスを得ているが, 今後, 流域治水を通した不利益配分するための説明責任を担うまで至っていない. 本研究提案のメニューである水田を利用した洪水抑制や氾濫抑制効果には, 水田地域一体を堤防で囲み外水を導入する遊水地利用と水田に降った雨水の流出を遅らせる田んぼダムとがある. 前者は出水時に小堤部から外水を導水し指定地区全体に貯水するため, 宅地等他の土地利用と混在した地域では導入できない. 一方, 田んぼダムは農家単位での取り組みが可能なことから普及が進んでいるが, その効果は一時的な流出抑制に限定される. 広大な面積を持つ水田域は, 洪水・氾濫抑制に効果があると推察されるものの, 明確な評価がされていない. 特に, 水田水利用を管理する用排水路は膨大な社会資本ストックであるにもかかわらず, 積極的な洪水・氾濫抑制への利用が検討されていない. (目的) 本研究の目的は, 農事暦を考慮し, 排水路ネットワークにおける背水現象を利用した積極的な洪水導水方法を提案するとともに, 実証実験することで本手法の導入可能性を評価することである. 本研究では, 神頼みではなく, 積極的に河川から農地へ導水することによって洪水抑制を図ろうとするものである. また, 抑制効果の向上のためには農地面積の拡大は必須であり, そのために, 例えば早生や晩生がパッチ状に散在している状況を整理し, 作物への被害を最小限化するために, 農業従事者への配慮方法を提案する.				

⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

圃場内水文観測システムの追加構築と分析

排水路の水の動態を把握することを目的に、井田川水系土地改良区内の4か所の排水路に明星電気株式会社が提供する超高密度気象観測・情報提供サービス POTEKA を設置した。POTEKA は気温・気圧・相対湿度・風向風速・日射・感雨・雨量の常時8要素をリアルタイムで実測、収集し、水位の変動も確認することができる。2022年5月14、15日にかけて観測機材の設置を行い、2022年の5月20日より、水位の観測を開始している。設置した箇所と水位計の名称を図-1に示す。

今回排水路に水位計を設置した箇所は河川の合流部付近に位置し、豪雨時には湛水しやすい地点である。水位計設置場所の詳細は以下の通りである。

CU 富川地点は、1級河川井田川と県管理河川の山田川の合流部付近に位置している。水位計を設置した排水路と河川との合流部には、樋門が設置されている。近年、排水路の樋門が更新され、それに伴い、排水路の付け替えも行われた。排水路の幅は1.5m、高さは0.7mである。

CU 下吉川地点は、県管理河川赤江川と峠川の合流部に位置し、排水路と赤江川の合流部には、樋門が設置されている。排水路の幅は0.6m、高さは0.5mである。

CU 下井沢 A 地点は、1級河川井田川と県管理河川合場川の合流部付近に位置し、排水路と合場川の合流部には樋門が設置されている。排水路の幅は1.0m、高さは0.7mである。

CU 下井沢 B は、県管理河川磯川と排水路の合流部付近に位置し、この地点では樋門の設置は行われていない。また、排水路は土でできており、年々侵食され、建設当初より川幅が広がっている。排水路の幅は1.5m、高さは1.5mである。

ここでは、各地点の2023年4月1日から2月28日までの観測結果を図-2に示す。

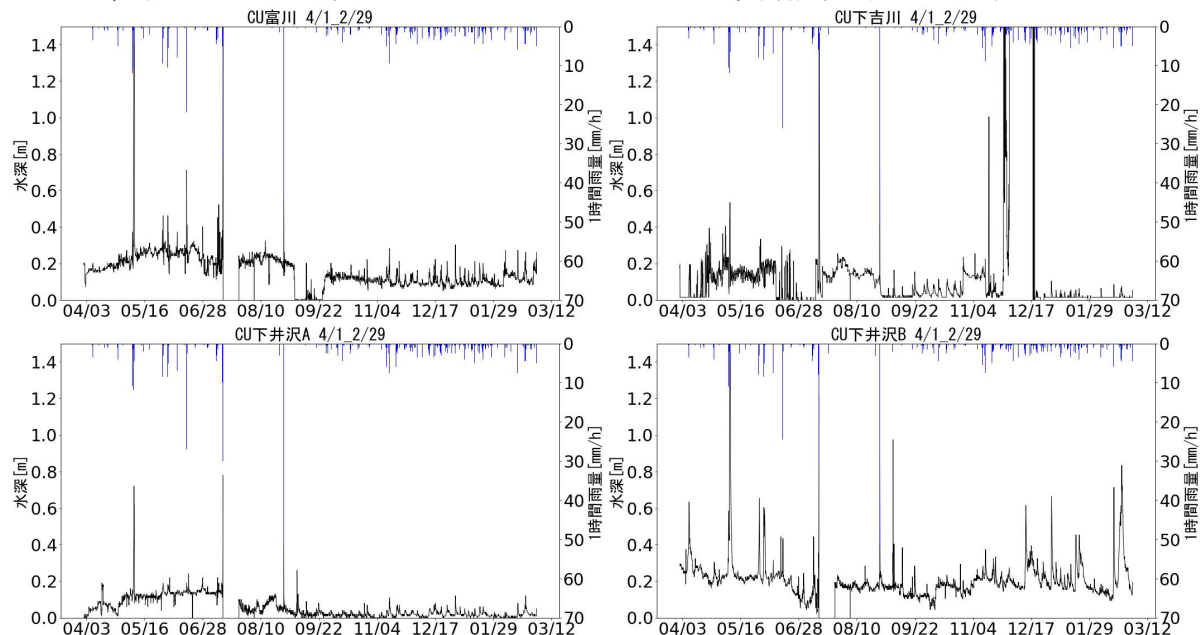


図-1 観測機材の設置場所と水位計の名称



図-2 各地点の観測結果

数値実験を利用した流域治水可能性評価

本研究では日本の北陸地方、中部地方に位置する富山県、岐阜県を流れる神通川の支川の1つである井田川の両岸に受益地を要する井田川水系土地改良区を研究対象とした。井田川は、富山平野を流下し、神通川へと合流する幹線流路延長約48.4 km、流域面積約407.1 km²の河川である。また、神通川流域の土地利用は森林が大部分を占め約87%，水田・畑地が約7%，宅地等が約5%であり、流域人口は約38万人である。

富山市のハザードマップによると、30 年から 150 年に一度程度の降雨による浸水を想定した基本想定において、本研究が対象としている、井田川、山田川等の流域の広い範囲で浸水が想定されている。特に、井田川、山田川の合流部では、5.0m～10.0mの浸水が想定されており、神通川流域は洪水被害の危険性が高い地域となっている。

図-2 に研究対象とした河川、排水路と洪水導水候補地（①～④）を示す。対象河川は、井田川、合場川、山田川、赤江川、峠川、そして土地改良区内を流れる用排水路である。図中の①～④は本研究において洪水導水を計画している候補地である。①と③の排水路と河川の合流部では河川の水位が上がった際に、排水路への逆流を防ぐため、樋門が設置されている。



図-2 解析対象河川と洪水導水候補地

集水域や氾濫域の地盤データは国土地理院の基盤地図数値標高モデル(5 m)と富山県より提供を受けた LP 測量データ(分解能 1 m) (2019 年 9 月 6 日撮像)を使用した。各種地形データの精度検証のため、本研究チームによる写真測量データ(解像度 2cm)や実際に対象地域において RTK-GPS を活用した測量 (2022 年 12 月 10 日実施) を実施した。

数値実験を行う際に、井田川水系土地改良区内に解析範囲を設定し、約 5m のメッシュを作成し解析を行った。LP データは平面的な点密度が一定ではないため、数値実験を行うあたり、DEM の作成が必要となる。そこで以下の処理を行った。まず、LP グラウンドデータから、TIN の作成を行い、作成した TIN からラスターへの変換を行った。その後ラスターをポイント化し、解析メッシュでポイントデータを平均集計し約 5 m の DEM を作成し、5mDEM と LP 測量から作成した約 5mDEM での計算結果の比較を行った。

河道データに関して、井田川は国が管理しており、国土交通省より提供を受けた 2016 年の定期横断測量データを使用した。井田川以外の河川は、指定区間であるため、管理が県に委託されており、県管理河川の河道データが非常に少ないのが実情である。そこで、中小河川の中でも河道幅が比較的広い合場川と山田川に関しては、国土地理院が提供する基盤地図数値標高モデル(5 mDEM)や LP 測量データに基づき河道モデルを作成した。また、河道幅の狭い、赤江川、峠川に関しては、RTK-GPS を用いた河川測量を実施し、その測量成果に基づき河道モデルを作成した。用排水路に関しては、土地改良区より提供を受けた用排水路の延長、高さ等の諸元データをもとに、国土地理院の基盤数値標高モデルと RTK-GPS による現地での直接確認を経て、河道モデルを作成した。ソフトウェアは、(株)日立パワーソリューションズが提供する DioVISTA Flood Professional を使用した。本ソフトは分布型流出と一次元不定流、二次元不定流の連成計算を行う構成となっている。

紙面の都合で境界条件等は省略する。

数値実験では 5mDEM と LP 約 5mDEM の 2 つのケースで実施した。今回、数値実験結果の検証にあたり、最大浸水深の分布、最大流速の分布の比較を行った。数値実験によって得られた最大浸水深の分布を図-3 に、最大流速の分布を図-4 に示す。

5mDEM を用いた計算の最大浸水面積は約 1.0 km²、最大氾濫水量は約 75 万 m³であった。一方で、LP 約 5mDEM を用いた計算の結果、約 0.5 km²、最大氾濫水量は約 28 万 m³であった。

洪水導水候補地①の井田川と山田川の合流部付近では、合流部付近に接続している排水路で溢水が発生し、下流から徐々に受益地の圃場へと湛水している。5mDEM を用いた計算の場合、圃場内の浸水深は 1.0m～1.5m となっており、①のエリア一体が広範囲に浸水していることがわかる。一方で、LP 約 5 mメッシュを使用した計算の場合、圃場内の浸水深は 0.3m～0.6m となっており、浸水エリアも 5mDEM を使用した場合に比べ大幅に減少した。特に①のエリアでは宅地と圃場が混在しており、今回のような詳細な解析を行うことが、有効であると考えられる。また、流速は盛り土や道路があるような場所です、一部速くなっている場所が見られるが、圃場内の流速は 0.5 m/s 以下であった。

洪水導水候補地②の赤江川、峠川の合流部においては、さらに下流で合流している山田川の水位が上昇し、赤江川において背水が発生し、河川から合流部近くの受益地へと湛水している。このエリアの最大浸水深は 5mDEM の場合、赤江川と峠川に囲まれた圃場では 2.0 m を超えている。一方で LP 約 5mDEM の場合、赤江川と峠川に囲まれた圃場のうち最も下流に位置している圃場では最大浸水深が 2.0

mを超えているものの、上流の圃場では1.0 m～1.5 mとなっている。流速に着目すると、赤江川と峠川の合流部や圃場内の一部で高くなっている箇所がある。圃場内で流速が高くなっている箇所には、農道があり起伏があるため流速が高くなっている。また 5mDEM の場合、図中赤丸の対象領域内を通る鉄道の線路を乗り越え、別の圃場へと浸水が広がっているため、線路周辺においても流速が高い。

洪水導水候補地③の排水路においては、井田川の水位が上昇することで、背水が発生し、排水路の両岸で溢水している。圃場内の最大浸水深は0.5 m未満となっている。

洪水導水候補地④の合場川と井田川の合流部では、合場川において背水が発生し、圃場へと湛水が発生している。このエリアは 5mDEM を用いた計算のみこの地域に湛水している。また、流速は合場川に沿って高くなっている箇所が存在する。

また、洪水を導水することによって、下流でどのような効果が得られるのか検証することを目的として、井田川の高田橋において、河川に仮想壁を建て、氾濫させないようにした場合と、農地への導水有の場合の流量ハイドログラフの比較を行った。その結果を図-5 に示す。比較を行った結果、洪水導水することによって 5mDEM を用いた場合は約 20.1 m³/s、LP 約 5mDEM の場合は約 16.8 m³/s ピークを低減することが明らかとなった。

本数値実験の結果、圃場内の流速は 0.5 m/s 未満であり、圃場内の流速は穏やかである。流速と稲の被害の関係については、「水稻水害早害減収推定尺度」調査集計表¹⁾の中でまとめられているが、調査年が 1950 年と古く、流速に関しては中、速、最高の定性的な 3 つの分類しかない。それによると、出穂期において流速が中の時の被害割合は 9%、開花期には 31%と、どの流速においても出穂期よりも開花期の方が被害割合が大きいとされている。この他に、流速と水稻の被害について調べた研究はなく、イネと同じイネ科のヨシについては、福岡ら²⁾により現地実験が行われている。福岡ら²⁾は、複断面水路における洪水時の流れを再現し、流速分布、ヨシの挙動と粗度係数や水面形の関係を明らかにし、洪水時のヨシの倒伏領域推定方法および流下能力評価方法について示している。それによると、高水敷水深が 2 m 以上、高水敷平均流速が 0.4 m/s 以上でヨシが倒伏するとされている。ヨシは 1～3 m の高さまで成長するのに対して、イネは 60～80 cm であり、イネの倒伏する流速は 0.4 m/s よりも大きいと推察できるため、稲の耐倒伏性は品種や生育状態によって左右されるものの、本数値実験の結果、本提案の洪水導水によるイネへの影響は小さいと考えられる。

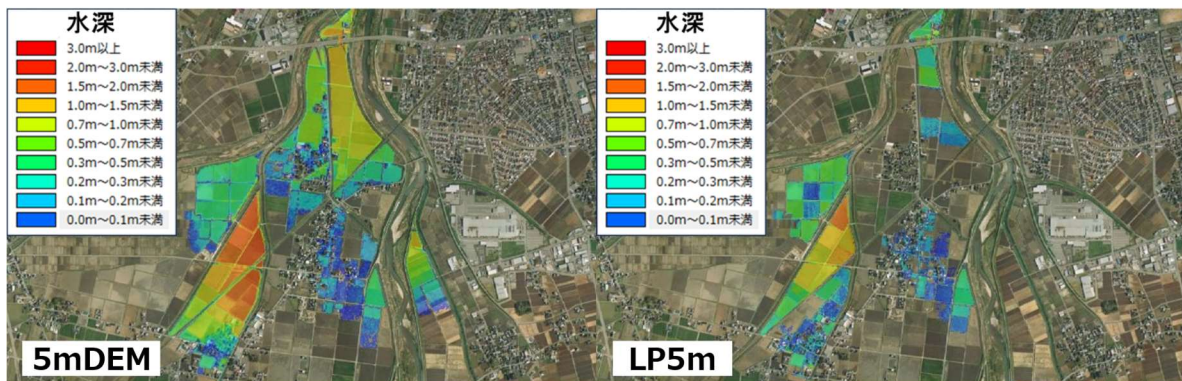


図-3 最大浸水深の分布（左：5mDEM，右：LP約5mDEM）

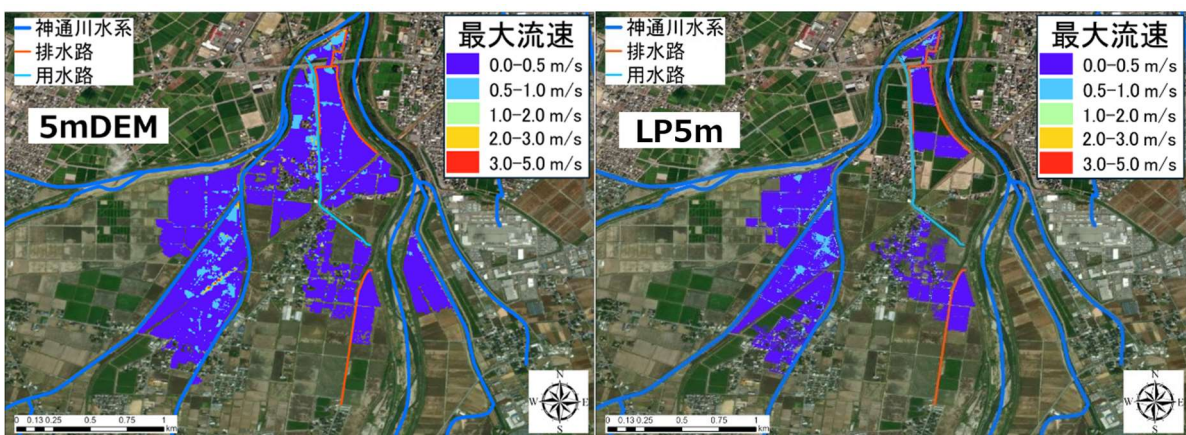


図-4 最大流速の分布（左：5mDEM，右：LP約5mDEM）

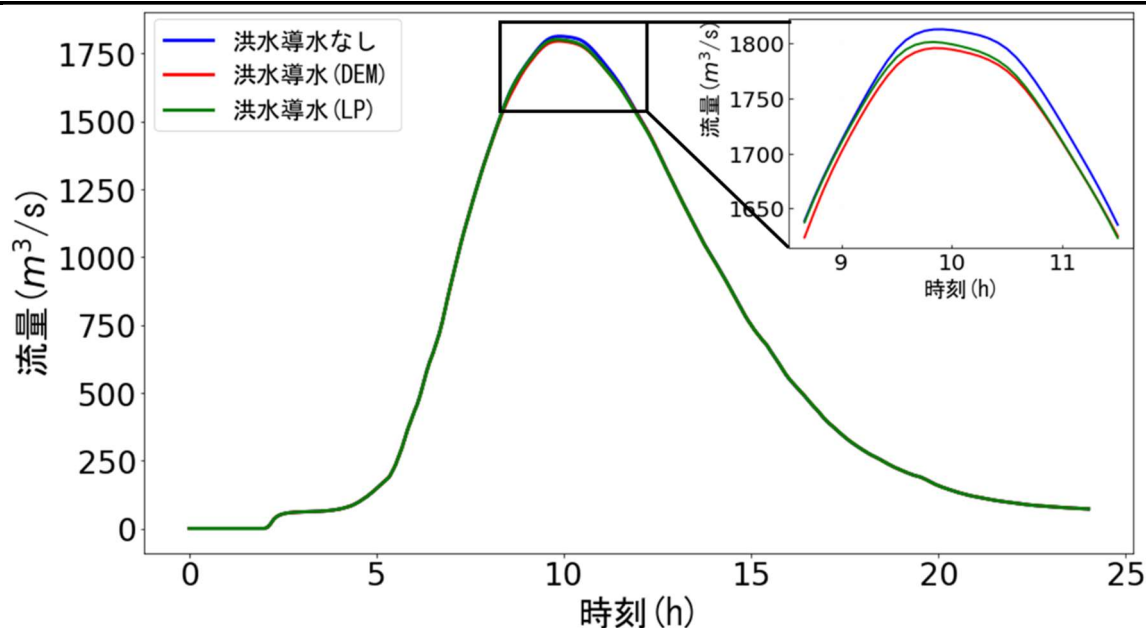


図-5 井田川高田橋における圃場への導水の有無による流量ハイドログラフの比較

圃場インフラストックの有効な運用の検討

表-1 に行政機関と農家組織の対応を示す。農業水利分野における、国・県・自治体の関係はおおよそ全土連・県土連・土地改良区の関係に対応している。また、対応する単位で関係が構築されている。例えば、全土連には農水 OB が、県土連には県 OB が、土地改良区には市町村 OB が働いていることもあるため、行政サイドから農家組織へのアクセスにはそういう人材からのアプローチが有効である。なお、土地改良区の規模は大小様々であり、複数自治体に関連する大規模な農業用水の土地改良区は受益自治体に加え県の農業土木系部署とも関係が深い。

土地改良区の規模は、概ね〇〇用水という農業用水の受益地に対応すると考えてよい。通常、土地改良区は頭首工、幹線水路、分水工といった基幹施設の維持管理を行う。幹線水路から分水された支線水路、小水路は複数の農家で組織される水利組織、あるいは末端水路は各農家によって維持管理されている。それぞれ対応するスケールはおおよそ、水利組合：配水ブロック、農家：各圃場、となっている。なお、これらの組織は用水（水源から圃場まで水を運ぶ）を元に構成されている。この理解は排水に対してもそのまま適用できる場合が多いが、例外的に、特に低平地等の排水条件が厳しい地域では、排水のみを目的とする土地改良区が組織される場合もある。

圃場への導水は、小河川に接続する排水路を利用するため、圃場単位ではなく、配水（排水）ブロック、すなわち水利組合のような小規模農家集団を対象とすることになる。ここでいう水利組合、もしくは小規模農家集団は、自治会と同程度の規模と考えてよい。

表-1 行政機関と農家組織の対応

単位	行政	農家組織
国	農水省農村振興局	全国土地改良事業団体連合会 (全国水土里ネット) 通称「全土連」
		各都道府県の土地改良事業団体連合 (水土里ネット<都道府県名>) 通称「県土連」
県	都道府県の農業土木系部署	土地改良区
自治体	市町村の農業土木系部署	(水土里ネット〇〇用水)

1) 日本農業研究所「水稻水害早害減収推定尺度」調査集計表, 1956.

2) 福岡捷二, 島谷幸宏, 田村浩敏, 泊耕一, 中山雅文, 高瀬智, 井内拓馬：水流による高水敷上のヨシ原の倒伏・変形と粗度係数に関する現地実験, 河川技術論文集, vol.9, pp.219-224, 2010.

⑦研究成果の発表状況・予定

1. Ueno, Y.; Tebakari, T.; Noda, K.; Yoshimi, K. Proposed Flood Mitigation Using Backwater in Highly Developed Watersheds with Consideration of Crop Calendars and Spatial Resolution: Toward Consensus Formation. *Water*, 2023, 15, 4139. <https://doi.org/10.3390/w15234139>
2. 上野陽平, 手計太一, 小山直紀, 松浦拓哉, 乃田啓吾, 木口雅司, 沖大幹 (2022): 農事暦を考慮した背水による農地への積極的洪水導水の検討, 河川技術論文集, 第 28 巻, pp.373-378.
3. 乃田啓吾, 上野陽平, 手計太一, 木口雅司, 沖大幹, 鈴木耕平, 出村沙代 (2022): 神通川流域の流域治水に向けた灌漑排水分野の取組, 農業農村工学会誌, 第 90 巻第 6 号, pp.7-10.
4. 上野陽平, 手計太一 (2023): 治水政策に関する全国アンケート調査, 令和 5 年度土木学会全国大会第 78 回年次学術講演会, II-133.
5. 上野陽平, 手計太一 (2023): 流域治水の理解度と具体的な治水対策の理解度に関する全国アンケート調査, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023 年度研究発表会, 0P-P2-01.
6. 吉田貢士, 乃田啓吾, 手計太一: 井田川土地改良区管内、富川地区における田んぼダム効果の定量評価, 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023 年度研究発表会, 0P-P2-02.
7. 上野陽平, 中澤祐太, 手計太一 (2023): 最近の治水政策に関する全国意識調査, 土木学会第 50 回関東支部技術研究発表会, II-26.
8. 上野陽平, 手計太一, 松浦拓哉, 乃田啓吾 (2022): 農業排水路を利用した背水による圃場への洪水導水の可能性評価, 令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会, II-122.
9. 豊田理紗, 乃田啓吾, 手計太一 (2022): 田んぼの洪水緩和機能に対する営農者と地域住民の認識の違い, 2022 年度農業農村工学会大会講演会, S-2-10.
10. 上野陽平, 手計太一, 松浦拓哉, 小山直紀, 乃田啓吾 (2022): 数値実験を用いた圃場への積極的洪水導水の検討, 土木学会第 49 回関東支部技術研究発表会, II-66.

⑧研究成果の社会への情報発信

無し

⑨表彰、受賞歴

令和 5 年度土木学会全国大会 第 78 回年次学術講演会優秀講演者
「治水政策に関する全国アンケート調査」(上野陽平, 手計太一)

⑩技術研究開発の今後の課題・展望等

本技術開発は継続して続けており, 当該圃場のみならず全国展開できるように整理を進めている.
合意形成さえうまくすれば, 積極的な計画的な洪水導水の可能性が高まり, 流域治水の促進に貢献できると考えている.

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

上述と一部重複するが, 流域治水メニューの一つの大きな柱となって貢献できるものと考えている.