

松浦川大川野地区における霞堤の機能評価

寺村 淳¹・北村 圭太²・島谷 幸宏³

¹ 正会員 九州大学学術研究員 大学院工学研究院(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: j.teramura@civil.kyushu-u.ac.jp (Corresponding Author)

² 正会員 (株) 東京建設コンサルタント 九州支社総合河川部

(〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南 2 丁目 12-3)

E-mail: keita.river@gmail.com

³ フェロー会員 九州大学教授 大学院工学研究院(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: shimatani@civil.kyushu-u.ac.jp

伝統的な河川技術である霞堤は、いくつかの種類があり、松浦川には下流域でよく見られる遊水地を有した霞堤がある。本研究では、松浦川の大川野地区の霞堤について、2019 年 8 月に発生した出水を基に、平面 2 次元計算などによって、その機能を検証した。この結果、大川野の霞堤では、霞堤内に流入する洪水の流速は極めて遅く、霞堤内の水位はどの地点においても同じであることが明らかになった。また、顕著なピークカット機能は確認できなかったが、ピークを遅延する結果が得られた。これにより、大川野の霞堤は下流の治水機能より、現地の農地を保全する機能が大きいことが明らかになった。

Key Words: *Kashumi-tei open levee, flood plain, flood control, peak discharge, Matsuura River*

1. はじめに

近年甚大な被害を及ぼす洪水が頻発していることを受け、流域治水やグリーンインフラや Eco-DRR (Ecosystem-based disaster risk reduction), NbS (Nature-Based Solutions) などに注目が集まっている。これに対し、輪中堤や霞堤などの日本の伝統的技術はこの方法論として期待されている¹⁾。

しかしながら、伝統的河川技術の機能についての研究は、史的研究が大半で、シミュレーションや実験による機能検証はそれほど多いわけではない²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。特に、霞堤については、川中ら⁶⁾の亀岡市付近の桂川の霞堤についての水理実験や、中島ら⁷⁾の城原川の野越・霞堤についての氾濫解析、妹尾ら⁸⁾の黒部川における氾濫実績のシミュレーションなどが見られるが、どれも扇状地の霞堤の機能検証である。下流域の氾濫原(自然堤防地帯)においても伝統技術としての不連続堤防は存在し、これも霞堤と呼ばれることがあるが、扇状地の霞堤とは機能が異なると考えている⁹⁾。扇状地の霞堤は氾濫戻しや流路固定が主たる機能とされている。一方、農民自らが築造した氾濫原の霞堤は下流開口部から氾濫させることによ

り、上流からの氾濫による農地の被害を軽減し、農地に沃土を堆積させることを主たる目的とした農地保全対策ではないかと考えている。

しかしながら氾濫原霞堤に対する機能検証を行った例は多くない。数少ない研究として秋山ら¹⁰⁾の日田市の筑後川の氾濫原霞堤についての研究がある。これは、超過洪水時の上流側からの霞堤内の氾濫現象について解明した研究であり、氾濫原霞堤の本来の洪水流入経路である下流からの氾濫は取り扱っておらず、本来の機能評価は行われていない。

伝統的な氾濫原霞堤には自普請(地域・農民が主体)による築造と御普請(幕府や藩が主体)による築造の両者がある。筆者らは土木史研究を通して、御普請の場合には下流の洪水量の抑制を主目的とした氾濫原霞堤の築造はありうるが、自普請の場合は、下流のために自らの農地に積極的に水を引き込むことを主目的とすることはあり得ず、自らの農地に利得があるために霞堤を造ったのではないかと考えている。

そこで、本論では御普請の記録が確認できず、自普請によって築造されたと考えられる松浦川中流域の大川野霞堤を対象に、霞堤による下流洪水量の低減効果を中心

に、霞堤内の水田への影響を実洪水を対象に検証し、自普請による氾濫原霞堤の機能を明らかにすることを目的とする。

2. 対象の概要

(1) 松浦川

松浦川は日本の九州の北部地域、佐賀県の唐津市・伊万里市・武雄市を流れ、流域面積は 446 km²、幹線流路延長 47 km の 1 級河川で、国が管理する河川である。流域の大部分をなだらかな丘陵地帯に近い山間部が占め、平野部が少ない割に川の勾配が緩い。これによって山間の谷底平野を川が緩やかに流れる景観が多くみられる¹¹⁾。松浦川流域は河口部の唐津市街地を除き都市化が進んでおらず、近代化によって地形や集落の形態などは大きく変容していない。中・上流は農地と山地が大半で、伝統的河川工法が現在も残る¹²⁾。研究対象地である「大川野」は河口から 25 km の昔からの霞堤が残っている場所で、本論の目的と合致するため対象河川とした。

(2) 霞堤

霞堤は、不連続堤防の総称として用いられているが、扇状地などの急流河川と下流の緩流河川では、機能も形状も大きく異なる⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾。霞堤の語源は、明治期の富山県の扇状地河川における霞堤についての記載が初見であることが知られているが、「明治以前日本土木史」などで緩勾配河川の豊川や緑川の不連続堤を霞堤と称し、明治時代から機能や地形による分類が混同していた¹⁵⁾¹⁶⁾。

本論では自然堤防地帯に古くから設置されてきた、開口部から霞堤内に洪水が逆流し流入するタイプの遊水機能を持つ霞堤を氾濫原霞堤と定義し、扇状地等で流路固定と氾濫戻し機能を有する霞堤である扇状地霞堤と区別して用いる。

(3) 大川野

松浦川流域の大川野地区は、古来、長崎街道のルートの一つであった塚崎道が通り、大川野宿と呼ばれる宿場町があった。塚崎道は 1705 年に成立したとされており、大川野宿もこの頃すでにあったと考えられる¹⁷⁾。大川野宿は松浦川の右岸の川沿いにあり、集落の周辺を輪中堤で囲っていた。地域住民への聞き取りによると 1950 年代までは輪中堤の高さは 1m 程度であったが、それ以降、幾度か増強され、現在では 2m 程度の堤防が集落を囲っている。

大川野の霞堤は、大川野宿の下流側に位置し、河岸段丘と河道に囲まれた平坦な水田地帯で、最下流部に開口部があり、松浦川の支川城野川の合流点にもなっている。



図-1 松浦川流域（カシミール 3D 地形図を加工）



図-2 大川野付近地形図（カシミール 3D を加工）

宿場町・水田・河道の立地はこれまでほとんど変化しておらず、1700 年代から大川野霞堤の原型はあったと考えられる。

大川野付近の松浦川の河床勾配は 1/500~1/1300 とされており、緩勾配の盆地の平野部に位置するため、ここにある霞堤は、基本的に遊水機能を持つ氾濫原霞堤であると言える⁹⁾。

大川野の霞堤は、松浦川流域で多くの霞堤が見られる中流域に位置し、他の霞堤の見られる箇所と河床勾配が類似し、開口部が最下流部にあること、遊水地は水田利用がされ、河岸段丘などで遊水域が限定されていることから、松浦川流域の霞堤の特徴をよく示しており、代表的事例と言える。

3. 解析方法

大川野の氾濫原霞堤の機能を検証するために、2019 年

8月27日から29日にかけて発生した大規模出水時の洪水を平面2次元計算により再現した。2019年8月の出水は松浦川においては近年最大規模で、大川野の氾濫原霞堤の最奥部まで湛水したのは、平成2年(1990)以来のことであった。このことから、大川野の現在の霞堤の機能を最も反映するイベントと言える。

(1) 解析条件

解析には既存の河川計算フリーソフトウェア iRIC3.0 のNays2DH ソルバーを用いた¹⁸⁾。地形データは国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルの5mメッシュを利用し、解析の格子形状は5mの正方形メッシュとした¹⁹⁾。

解析区間は水位流量観測所のある川西橋と和田山橋間の流路延長約9.4kmとした。この区間の平均河床勾配は約1/786である。川西橋観測所及び和田山橋観測所の水位データ及びH-Q式は国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所からの提供による²⁰⁾。

この区間には複数の氾濫原霞堤、または無堤区間があり、最下流部にはアザメの瀬がある。氾濫原遊水地を有する水田が52.1ha、無堤の水田が約6.7ha存在する。

(2) 境界条件

境界条件として上流端流量を川西橋観測所、下流端流量を和田山橋観測所の観測水位から算出し設定した。主対象となる大川野地区の氾濫原霞堤には支川城野川の合流があるが、大川野地区より上流の松浦川の集水面積が約127km²であることに對し、城野川の流域面積は約4.3km²と約3%程度と極めて小さいことと、今回は本川と霞堤の関係性に注視することから、これらを考慮しない。対象期間は2019年8月27日1:00から8月29日19:00までの66時間とした。マニングの粗度係数は低水路を0.035、高水敷を0.045としたほか、水田を0.055、大川野の無堤部に存在する水防林を0.08とした。

(3) 解析ケース

本研究では氾濫原霞堤の出水時の機能評価を行うために、2ケースの解析を行った。Case1は現況地形条件で、図-3に示す氾濫原霞堤と無堤部の水田、アザメの瀬に洪水が流入する条件とし、Case2では、氾濫原霞堤と無堤部の水田、アザメの瀬の堤内への流入を抑制するため、これらの場所に障害物セルを設定した。

(4) 貯水容量の算出

氾濫原霞堤は、開口部からの逆流による洪水の貯留が主な機能とされているため、平面2次元計算とは別に、大川野霞堤内の貯水容量を算出する。算出にはArcGISのSurface Volumeツールを用い、大川野霞堤内の地表面から任意の標高までの空間の体積を算出し、これを貯水

表-1 使用ソフトウェアおよびデータ

ソフトウェア	iRIC version3.0
ソルバー	Nays2DH
地形データ	国土地理院基盤地図情報 数値標高モデル5mメッシュ
水位データ	国土交通省管理の水位観測所 2019年8月豪雨実測データ (川西橋、和田山橋)
流量データ	川西橋のH-Q式により算出
格子形状	5mの正方形メッシュ

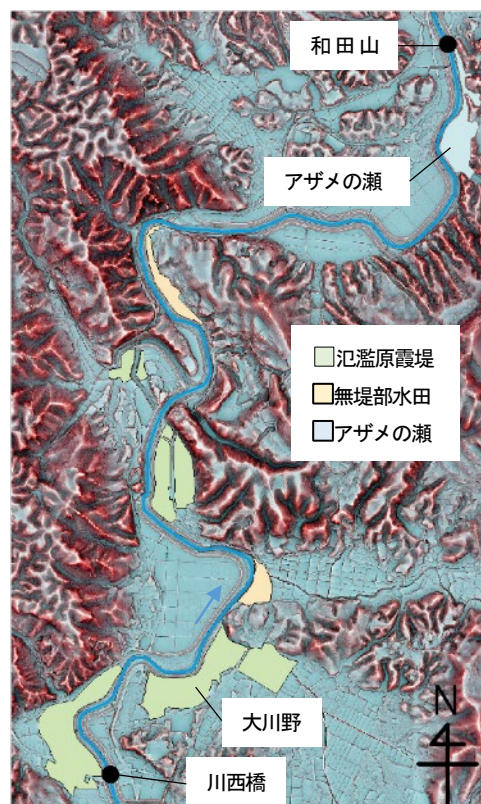


図-3 解析範囲と氾濫原霞堤の分布²¹⁾

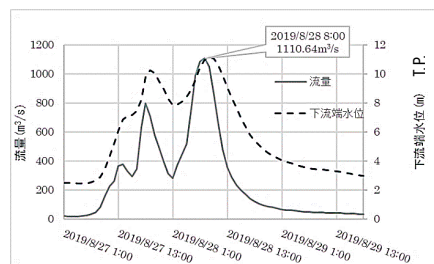


図-4 境界条件

容量とする。霞堤内の遊水地は約16haの水田で、家屋やその他の土地利用は見られない。

(5) 痕跡水位調査

解析結果と実際の洪水の状況を比較するため、2019年8月の洪水で、湛水した大川野地区の氾濫原霞堤内において痕跡水位を記録した。

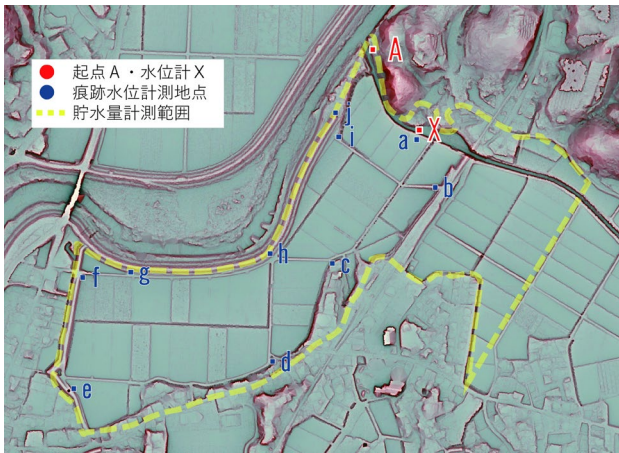


図-5 大川野霞堤内痕跡水位計測地点²¹⁾

測量は2019年8月29日に図-5の10地点で行い、計測にはRTK-GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System: Trimble R4 GPS VRS Bundle (N9LC)) 及びスタップを用いた。また、地点Xに水位計 (HOBO CO-U20L-01) を設置し、10min 毎の水位を計測した。

(6) 聞き取り調査

大川野の霞堤及び、2019年8月の洪水について、地域住民に聞き取り調査を行った。対象者は2名、郷土資料家の男性と霞堤内の水田を所有する農家の男性であった。

4. 解析結果と考察

(1) 大川野の氾濫原霞堤における流速及び水位

現況地形の Case1 の解析結果について、大川野の氾濫原霞堤におけるピーク時の流速及び水位の平面図と、その時の各地点の流速及び水位の値をそれぞれ図-6、表-2 に示す。

松浦川本川の流速は河道の湾曲や拡幅等により変化はあるものの、概ね 2.5~4.0m/sec で流下している。これに対し、氾濫原霞堤内へ流入した洪水の流速は 0.03m/sec 未満であり極めて緩やかであった。

また水位については、本川では下流に向かうにつれて水位が下降しており、ピーク時の地点 2~5 の水面勾配は 1/628 程度である。これに対し、霞堤内の水位は全ての地点において約 19.59m となった。これは本川における地点 4 の水位 19.61m に非常に近い値である。地点 4 は霞堤の開口部にあたり、霞堤内の水田と河道との接続点にあたる。以上のことから、氾濫原霞堤内に流入した洪水は流速が殆どなく、霞堤内の水位は開口部の水位で一定となることが示唆された。

またこの結果は、一般的に最下流端の開口部から逆流によって洪水を霞堤内に流入させる氾濫原霞堤の構造に

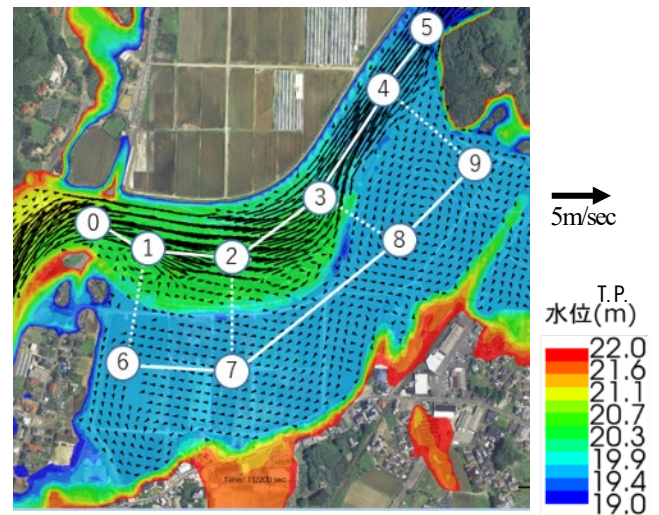


図-6 大川野の氾濫原霞堤における水位と流速ベクトル

表-2 図-6 中の各地点における流速及び水位

本川			水田		
地点No.	流速 (m/sec)	水位 T.P. (m)	地点No.	流速 (m/sec)	水位 T.P. (m)
0	4.07	20.73	-	-	-
1	3.35	20.35	6	0.0027	19.59
2	2.72	20.36	7	0.0060	19.59
3	2.45	20.22	8	0.0283	19.59
4	3.52	19.61	9	0.0047	19.59
5	3.78	19.34	-	-	-

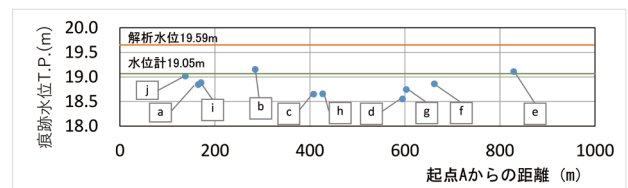


図-7 大川野霞堤内の痕跡水位 (標高)

共通するものであると考えられる。

(2) 痕跡水位と解析水位

2019年8月出水時の痕跡水位を図-5の各地点で記録した結果、図-7のような結果が得られた。水位計の最高水位は 19.05m で、痕跡水位 a~j はこれに近似した値になった。ただし、痕跡 c・d・g・h は植物等の上の痕跡であったため、倒屈などにより、実際の水位より低く示されている。これらを加味すると起点 A (霞堤開口部) からの距離に関わらず、氾濫原霞堤内の水位はほぼ一定であったことが明らかになった。また、水位計と霞堤内の解析水位は、ピーク時で 0.54m の差が見られるが、洪水発生前の水位の差が 0.47m 見られ、この元々の差分が解析水位と痕跡水位の差になっていると考えられる。

氾濫原霞堤内の痕跡水位と解析水位が共に各地点で一定であった結果は、解析によって得られた結果を支持していると言える。

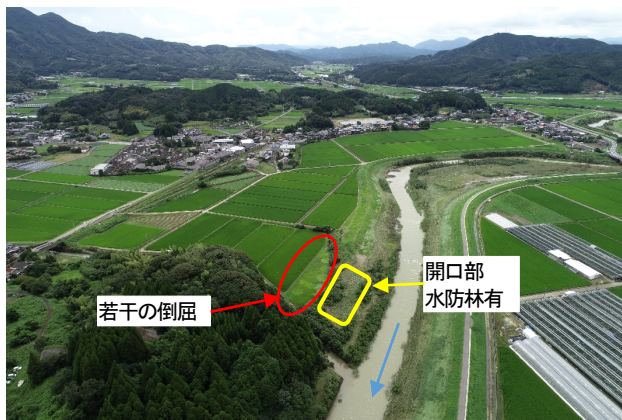


図-8 出水直後の大川野氾濫原霞堤

加え、痕跡水位調査時に洪水の流入した水田の状況も観察したが、開口部付近のごく一部以外、稲の倒屈など目立った水田の損傷は見られなかった（図-8）。

(3) 貯水量

大川野の氾濫原霞堤内の水位が場所に関わらずほぼ一定であったことから、ArcGIS の Surface Volume ツールを用い、図-5 に示す範囲の水位による貯水量を推定した結果、解析水位 19.59m の場合 485583m³、水位計水位 19.05m の場合 378203 m³であった。

(4) 断面通過流量

大川野の氾濫原霞堤から 40m 下流での断面通過流量の時間変化とそのピーク値の計算結果を図-9 に示す。なお、ここでの経過時間は、境界条件における 28 時間経過時の 2019/8/28 5:00 を起点とした。

水田への氾濫を制限した Case2 では、図-9 の 2019/8/28 8:00 時点でピークに至り、断面通過流量が 1110.0m³/sec となった。これは、上流端の境界条件として与えた流量のピーク値と概ね一致した。一方、大川野氾濫原霞堤内約 16.0ha に洪水が流入する Case1 では、ピーク時の断面通過流量が 1104.7m³/sec となり、時間は 2019/8/28 8:10 であった。Case1 及び Case2 を比較すると、氾濫原霞堤により 16.0ha の水田へ洪水を貯水した場合、ピーク流量が 5.3m³/sec カットされ、ピークの到達時間が 10 分遅延された。

(5) 聞き取り調査

地域住民に対する聞き取り調査では、2019 年 8 月出水時の氾濫原霞堤内への洪水の流入は、今回規模のものは平成 2(1990)年以來で、河川改修に伴い頻度が減っていること、宿場町を囲う輪中堤は 1948 年以降増強され、平成 2 年の水害時に破堤したため現在の高さに補強されたことなどが確認された。

また、霞堤内の遊水地の水田では湛水しても稲の倒屈

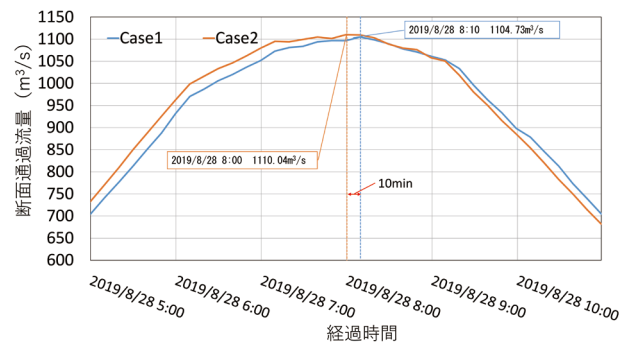


図-9 大川野氾濫原霞堤から 40m 下流での断面通過流量の時間変化

は発生せず、短時間で泥などもほとんどつかないため、甚大な被害にはつながらず、むしろ土が肥沃になるため利点もあるという認識であった。ただし、稲が水に浸かるとイモチ病などが発生しやすくなるため注意が必要になることと、ゴミの流入があるため撤去が必要になるなど手間も増えるため、農家にとって気持ちのいいことではないという話も聞かれた。

以前は、洪水の流入時に水田に侵入してくるコイなどを捕獲していた話もあり、特に農家にとって、氾濫原霞堤のシステムは下流の治水のためでなく、自身の所有する農地の洪水被害の低減と洪水による恵みの授与を目的とした水管理システムであることが示唆された。

5. まとめ

本研究から以下の知見が得られた。

- (1) iRIC による流れの解析により、大川野の氾濫原霞堤への洪水の流入は、極めて流速が遅く、開口部の水位に依存することが明らかになった。またこのことは、氾濫原霞堤内の痕跡水位及び、水田の状況、聞き取り調査からも同様の結果が得られた。
- (2) 大川野氾濫原霞堤は、2019 年 8 月出水時に、空間の体積と湛水深から最大で 485583m³ の洪水の貯留を行ったと算出されるが、ピークカット量は 5.3 m³/sec と顕著ではなかった。一方で、約 10 分のピーク到達時間の遅延が見られた。

これらのことから、大川野の氾濫原霞堤は、今回の出水において、開口部から霞堤内に洪水を逆流させることで、穏やかに湛水し、霞堤内の農地の被害が極力抑えられる結果となった。一方で、大川野氾濫原霞堤の下流への治水効果は顕著ではなく、ピークカット機能はほとんどなく、僅かにピークの遅延が見られた。

この様に大川野の氾濫原霞堤は、水田を痛めない、下流への治水効果は見込めなかったことから、自普請によって造られた大川野の霞堤が下流のためでなく、現地の水田を保全する意味合いが強いことが示唆された。

大川野地区の周辺には霞堤や無堤区間が複数あり、これらと連動した流域としての治水・水管理機能や、今回考慮しなかった、支川合流点処理としての霞堤の役割などの評価に課題が残るため、今後検討を進めたい。

謝辞：この研究は、人間文化研究機構総合地球環境学研究所のプロジェクト等番号14200103の一環として行われた。また、国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所から多くの資料を提供していただいた。ここに謝意を記す。

参考文献

- 1) 環境省自然環境局：生態系を活用した防災・減災に関する考え方,2016.
- 2) 知野泰明, 大熊孝:近世治水における堰に関する研究, 土木史研究, 14 pp.93-108,1994.
- 3) 服部周平,二井昭佳:扇状地散村集落における本家・神社の立地特性~ 富山県入善町小摺戸地区を対象として~, 土木学会論文集 D1 (景観・デザイン) 68.1, pp. 35-44,2012.
- 4) 青木秀史,畔柳昭雄: 荒川流域における水屋・水塚を備えた屋敷の立地状況とその空間変容に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 80.710, pp.851-861, 2015.
- 5) 大本照憲: 加藤清正の治水・利水工法に関する一考察, 土木史研究, 18, pp.265-270, , 1998.
- 6) 川中龍児, 石垣泰輔, 島田広昭: 霞堤周辺流れの水理特性に関する実験的検討, 水工学論文集, 51, pp.745-750, 2007.
- 7) 中島大斗, 大串浩一郎, 日野剛徳: 城原川野越・霞堤の効果検証のための洪水氾濫数値シミュレーション, 土木学会論文集 B1 (水工学), 69.4, pp.I_1537-I_1542, 2013.
- 8) 妹尾泰史, 石川忠晴: 数値シミュレーションによる江戸時代後期の黒部川扇状地霞堤システムの洪水調節機能の評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), 74.4, pp. I_1411-I_1416, 2018.
- 9) 寺村淳, 大熊孝: 不連続堤の機能と分類に関する研究, 土木史研究論文集, 26. pp.73-83, 2007.
- 10) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 田島瑞規: 数値解析を用いた遊水地の洪水調節効果の評価-牟田辺遊水地を対象として, 土木学会論文集 B1 (水工学), 70.4 pp.I_847-I_852, 2014.
- 11) 松浦川水系河川整備計画, 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所, 2009年7月.
- 12) 高橋裕 [ほか] 編: 川の百科事典, 丸善, p.605, 2009.
- 13) 寺村淳, 大熊孝: 北陸扇状地河川における霞堤の変遷とその役割に関する研究, 土木史研究論文集 24, pp.161-171, 2005.
- 14) 建設省土木研究所河川部総合治水研究室: 霞堤の現況調査報告書-緩流部の事例調査を含めて-, 土木研究所資料, pp.18-38, 1986.
- 15) 大熊孝: 霞堤の機能と語源に関する考察, 第7回日本土木史研究発表会論文集, pp.259-266, 1987.
- 16) 社団法人土木学会: 明治以前日本土木史, 岩波書店, p.98, 1936.
- 17) 大川町誌編纂委員会編, 大川町誌, 大川町温故知新会, 1978.
- 18) iRIC HP <https://i-ric.org/ja/> (最終閲覧日: 2020年6月28日)
- 19) 国土地理院基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>, (最終閲覧日: 2020年6月28日)
- 20) 九州地方整備局武雄河川事務所提供
- 21) 佐賀県森林整備課提供資料より作成

(Received June 30, 2020)
(Accepted August 28, 2020)

FUNCTIONAL EVALUATION OF OPEN LEVEES IN THE OKAWANO AREA OF THE MATSUURA RIVER

Jun TERAMURA, Keita KITAMURA, Yukihiro SHIMATANI

There are several types of open levees, which are traditional river technologies. In the Matsuura River, it is common to find open levees with retarding zones in the downstream region.

This study focuses on the Okawano area of the Matsuura River, where the form of an open levee is still evident. The area was flooded in August 2019, after which the function of the open levee was evaluated by two-dimensional plane calculations.

From the evaluations, it was apparent that the flow velocity of the flood flowing into the retarding zone was extremely slow in the open levee of the Okawano area. In addition, it was verified that the water level inside the open levee at the time of the flood inflow was the same at all points. As a result, the paddy fields near the open levee were not seriously damaged by the inflow of the flood.

Although a significant peak cut function could not be determined, the results of delaying the peak was obtained.