

松江・大橋川における可搬式堤防 の適用可能性

本堂隆之佑¹・二井昭佳²

¹ 非会員 国土館大学大学院 建設工学専攻 (〒154-8514 東京都世田谷区世田谷 4-28-1)

E-mail: s2me204r@kokushikan.ac.jp

² 正会員 国土館大学教授 理工学部まちづくり学系 (〒154-8514 東京都世田谷区世田谷 4-28-1)

E-mail: nii@kokushikan.ac.jp

本稿では、まちづくり治水として水辺の魅力と水害対策を両立した「かわまち空間」を目指すために、松江・大橋川を対象に松江・大橋川の過去の洪水履歴を整理し、洪水時における斐伊川と大橋川のピーク水位の時差、氾濫シミュレーションによる大橋川の水位を把握することで、大橋川での可搬式堤防の適用可能性を検証するものである。これらをもとに、1)可搬式堤防のパターン検討、2)設置時間と保管倉庫の設置の2点から可搬式堤防の適用可能性の検討を行った。

Key words : *Mobile Levee, Disaster prevention landscape design, Urban renewal design, Flood protection*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

水辺に面した街並みは、都市の顔としての賑わいやアクティビティが生まれる魅力を持つ反面、洪水による氾濫や浸水の問題を抱えている。

こうした場所の一つに、島根県松江市の大橋川沿いの街並みが挙げられる(図-1)。大橋川は宍道湖と中海を結ぶ約7.6kmの河川で、斐伊川本流の一部である。そのため、古くから松江市では、斐伊川の洪水にともなう宍道湖・大橋川の氾濫による浸水被害を受けてきた。

近年の最も大きな洪水である2006年の洪水では堤防整備が進んでいない大橋川沿いの松江市街地では2日間にわたり浸水被害を受けた¹⁾。大橋川改修事業計画²⁾をみると、大橋川上流から下流にかけて、景観を考慮しながら河道拡幅や堤防の嵩上げといった治水対策が計画され、すでに着工・竣工している区間もある。ただ松江大橋から新大橋の大橋川左岸区間(図-1)については、松江を代表するかわまち空間であることから、当面、暫定的な整備が行われる予定となっている。

そこで本研究では、大橋川の水辺の魅力と水害対策を両立させる手法として可搬式堤防に着目する。斐伊川と大橋川の間には宍道湖があるため、斐伊川と大橋川とでは洪水のピークの時差が存在しており、その時間によっては可搬式堤防を設置できる可能性があるからである。

以上より、本研究では、大橋川の洪水履歴を整理した上で、洪水時における斐伊川と大橋川のピーク水位の時差を把握し、氾濫シミュレーションによる大橋川の水位を把握することで、大橋川での可搬式堤防の適用可能性を検討し、可搬式堤防を用いたかわまち空間を提案することを目的とする。

(2) 研究の対象と方法

研究の対象は、図-2に示す大橋川の上流部左岸約350mとした。その理由は、大橋川上流に宍道湖があり、洪水発生までの時間に余裕が見込まれること、大橋川沿いに魅力的な街並みが存在していることによる。研究方法は、まず2章で大橋川改修事業計画や過去の洪水履歴



図-1 街並みと川が一体となった大橋川のかわまち空間

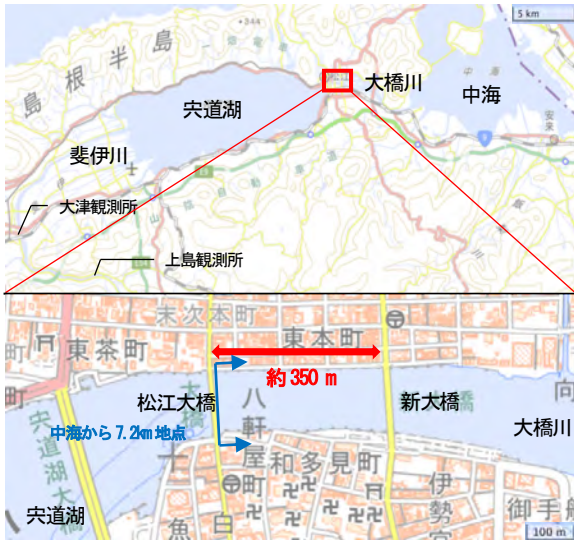


図-2 大橋川と計画対象区間 (国土地理院地図に筆者加筆)

を整理する。3章では国土交通省の水文水質データを用い、洪水時における斐伊川と大橋川のピーク水位の時差を把握する。4章では、氾濫シミュレーションソフトiRICを用いた氾濫シミュレーションのモデル構築と複数の洪水流量による氾濫シミュレーションを実施する。5章では、3、4章の結果をもとに、橋川での可搬式堤防の適用可能性を検討し、可搬式堤防を用いたかわまち空間を提案する。

(3) 研究の位置付け

可搬式堤防に関しては、リバーテクノ研究会による「モバイルレビーの適用と設計の手引き」²⁾があり、構造形式の種類や特徴、設置にあたっての検討項目や独自のモバイルレビーの提案など、日本での適用を見据えた有用性の高い技術資料である。また二井・岡田は、ドイツにおける可搬式堤防を用いたまちづくり治水整備の事例研究^{3,4)}をおこなっており、治水安全度の向上と地域の魅力面を両立するためのポイントを指摘している。

日本では、2021年に京都桂川の嵐山地区で格納式の可動式堤防を用いた溢水対策が実施され⁵⁾、モバイルレビーの新たな可能性を開いた。日本での適用事例をさらに増やすには、さまざまな知見を積み重ねていくことが重要であり、本研究もそれに資する資料となることを目指すものである。

2. 松江市の概要と洪水の歴史

(1) 松江市の概要

松江市は島根県の山陰地方のほぼ中央に位置し(図-2)、島根県の県庁所在地として中核市に指定されている。宍道湖から中海に注ぐ大橋川により松江市街地は南北2つに分けられている。宍道湖畔や大橋川の両岸に築かれた町であり市街地北部に現存する松江城の城下の堀

川の保存状態や図-1のように景観も良好であることから「水の都」として知られている。

(2) 松江市の洪水の歴史

明治以降の大きな洪水害として、昭和47(1972)年洪水では、宍道湖沿岸の松江市・平田市・斐伊町等を中心に大きな被害が発生し、宍道湖周辺で約25,000戸、その中の大橋川周辺の松江市街地では約20,000戸が浸水した(図-3)。この洪水での最大流量は7月19日斐伊川下流部の上島観測所で $2,400\text{m}^3/\text{s}$ を観測⁶⁾している。また、大橋川通信(第2号)⁵⁾によると、この時の浸水深は、松江市殿町で85cmを観測している。

2006年洪水では、大橋川からの溢水、排水管による大橋川からの逆流、内水氾濫などの要因により、松江市街地で約1,400戸が浸水した。また、堤防整備も進んでいないため、交通網にも影響が出るなど大きな災害が発生した。さらに、斐伊川本川でも、下流部で計画高水位を超え、多数の漏水被害や一部の堤防の陥没等が発生した。この洪水での最大流量は7月19日の7時頃、斐伊川下流部の大津観測所で $2,500\text{m}^3/\text{s}$ を観測⁶⁾しており、松江観測所で1.52mの水位が観測されている。

(3) 大橋川改修事業計画

斐伊川水系河川整備基本方針⁵⁾によれば、大橋川上流の基本高水流量を $1,600\text{m}^3/\text{s}$ (図-4)と定めている。

大橋川の河川整備には、狭窄部の拡幅、洪水から背後地の家屋を守る堤防や水門等の整備があり、狭窄部の



図-3 1972年の大橋川の溢水により浸水した松江市街地



図-4 斐伊川計画高水流量図²⁾ (単位: m^3/s)

表-1 大橋川左岸の堤防・護岸の構造断面図と課題点²⁾

	①土堤（計画高水位以下）+パラペット	②自立（コンクリート）式特殊堤
断面図		
課題	余裕高部分のパラペットと周辺景観との調和への配慮が必要 対岸の景観に対し、既設護岸上に高さ1mのコンクリートの壁が連続するため、周囲環境とのバランスに配慮が必要	堤防上から水辺を望むことが困難である 対岸の景観に対し、既設護岸上に高さ1.6mのコンクリートの壁が連続するため、周囲環境とのに配慮が必要

拡幅を特に最優先にしている。

大橋川の上流（中海から7.2km地点）の右岸は河道拡幅が計画されており、左岸下流はすでに堤防整備が行われている。対象とする松江大橋と新大橋の間の左岸地区については、第2回大橋川改修技術検討懇談会の資料によれば、堤防の必要高さは1.6mに設定されている（表-1）。表-1の①は、計画高水位まで盛土し、余裕高部分をパラペットとする構造になっている。堤防の高さを1.6mから1mまで下げて整備ができ、堤防上から水面を望むこともできるが、街並みとの間に高低差が生じるなどの課題がある。②は、現地盤から計画高水位まで自立式構造の特殊堤を設置した構造になっている。堤内側の地盤高を変えずに堤防が整備できるが、パラペットが1.6mと高く、堤防から水面を望まなくなるという課題がある。また両案ともに、川とまちの間にパラペットを設けることで、街並みと川が一体となった魅力が失われてしまうという課題がある。

3. 洪水履歴からみた洪水ピークの時差

本章では、可搬式堤防の設置に使える時間を把握するために、斐伊川の上島観測所と、新大橋右岸下流に位置する松江（流量）観測所における、ピーク水位の時差を把握する。データは、国土交通省水文水質データベースを用い、松江（流量）観測所における2002年以降の高水位を対象とした。

図-5は、調査期間で最も大きな規模の洪水だった2006年の梅雨前線豪雨時の上島観測所と松江（流量）観測所の時間単位の水位グラフである。これを見ると、上島観測所で7月19日の6時に最高水位を観測したのに対し、松江観測所では最高水位が7月19日の14時であり8時間程度の時差があることがわかる。同様の作業をお

こない、時間差のみをまとめたのが図-6である。これを見ると、平均は10時間で、最も短いのが令和2年の豪雨洪水で、7時間となっている。

以上の結果から、7時間程度で設置できることを時間を確保できると考えられる。

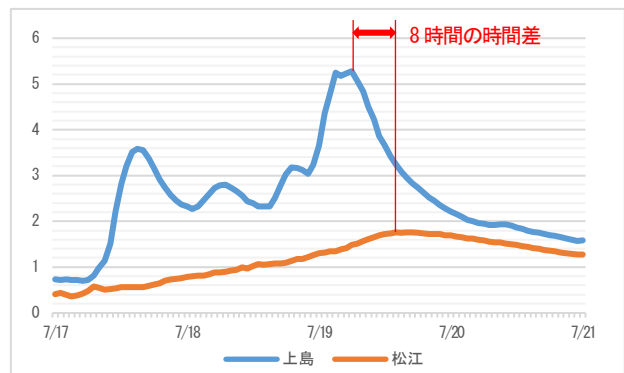


図-5 2006年 梅雨前線豪雨の水位比較グラフ

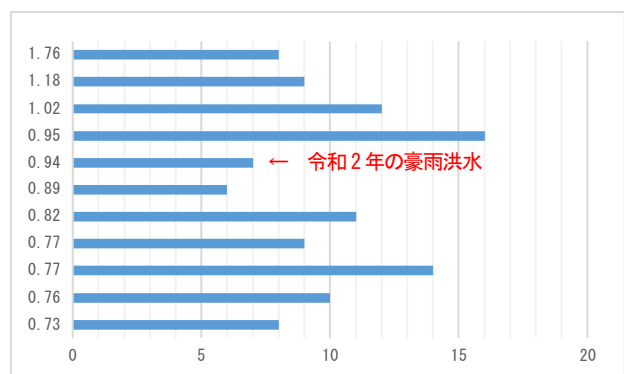


図-6 2002年以降の松江流量観測所の高水位時における上島観測所との時差
(縦軸：大橋川の洪水ごとのピーク水位 (m) , 横軸：時差 (時間))

4. 氾濫シミュレーションモデルの構築と結果

(1) 氾濫シミュレーションソフト iRIC の概要

氾濫シミュレーションは、iRIC⁷⁾(International River Interface Cooperative)を用いた。これは、「一般財団法人北海道河川財団」が開発した無償の河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである。iRICは、『計算データの読み込み → 計算モデルの作成 → 計算 → 計算結果の可視化』までをこのソフトひとつで行うことができる。また、河川の流れの計算や河床変動計算、津波計算等が可能であり、大学や研究機関、コンサルタント等において、幅広く利用が進められている。

氾濫シミュレーションiRICは全部で22種類のソルバーがあり、本研究ではそれに基づいたNays2D Flood（平面二次元流計算）と呼ばれるソルバーを使用した。

(2) モデル構築方法

a) 地形データの作成

地形データの作成について図-6にまとめた。地形データは2つの点群データを使用した。点群データ①は、国土地理院の基盤地図（航空レーザー5mメッシュ）を使用し、対象地が収まる領域で作成した。点群データ②は、大橋川の河川横断測量データ（出雲河川事務所から入手）から作成された点群データを使用した。

b) 計算条件の設定方法

氾濫シミュレーションで使用した計算条件を表-3にまとめた。流入流量の設定について、大橋川には実際の流量データがないため、水位データ、大橋川の川幅、流速をもとに流量を算出した。水位データは水文水質データベース、大橋川の川幅は120~140m²、流速は倉田の研究⁸⁾の観測データを参考にした。氾濫シミュレーションで使用するマニングの粗度係数は松江市の洪水実績等⁹⁾を参考に0.03とした。

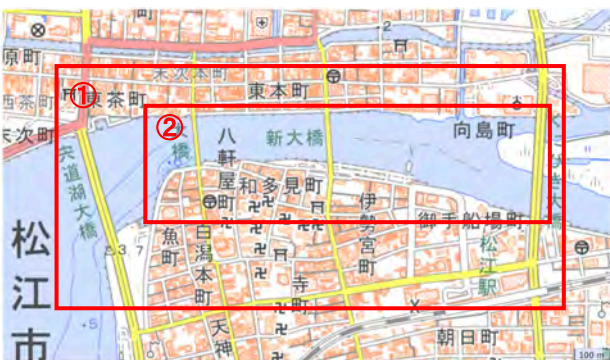


図-6 地形データの作成地図（国土地理院地図に筆者加筆）

表-3 計算条件の設定図表

流入流量期間	4日間 (7月17日0:00~21日0:00)
粗度係数	0.03

(3) 氾濫シミュレーション結果と検証

作成したモデルを検証するために、2006年7月洪水（17日0:00~21日0:00）の水位と流速をもとに流量ハイドログラフを作成した。それをもとに、大橋川の計画高水流量1600m³/s、確率年数ごとの流量が把握できなかったため、1200m³/s、1000m³/s、800m³/sについてもハイドログラフを作成した（図-7）。

まず2006年7月洪水の氾濫シミュレーションを実施した結果、松江流量観測所で10cmの浸水結果となり、松江流量観測所の標高は1.62mであることから、最大水位は1.72mとなった。これを国土交通省水文水質データベースを用いて当日の実データと比べた結果、松江観測所の17日0:00から21日0:00までの最大水位は1.76mで、ほぼ一致したことからモデルが妥当だと判断した。なお大橋川左岸の護岸（赤枠部）の概ねが1m未満の浸水が発生していることが確認された（図-8）。

なお、最大流量1600m³/s洪水の解析では、大橋川左岸の護岸（赤枠部）の広範囲に1m未満の浸水が発生するが、最大流量800m³/s洪水では、大橋川左岸の護岸（赤枠部）は浸水しないことが確認された（図-9, 10）。

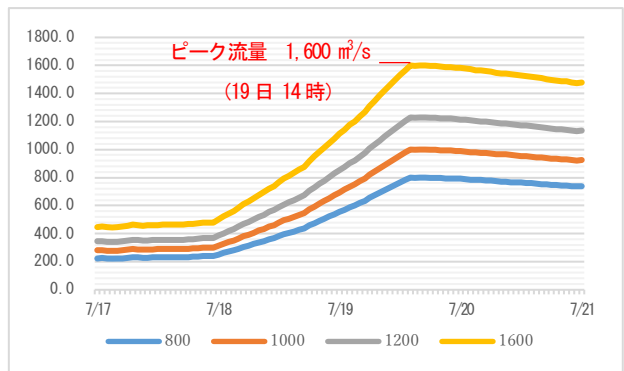


図-7 松江観測所のハイドログラフ（流量単位：m³/s）

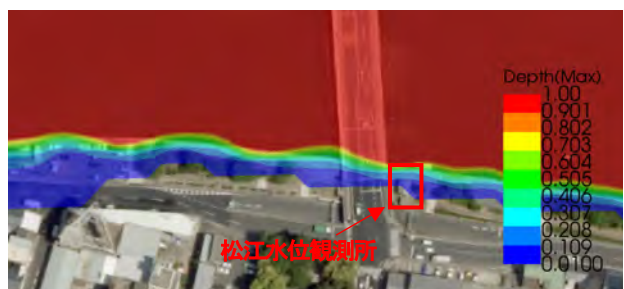


図-8 2006年7月洪水の氾濫シミュレーション結果（7月19日14時）

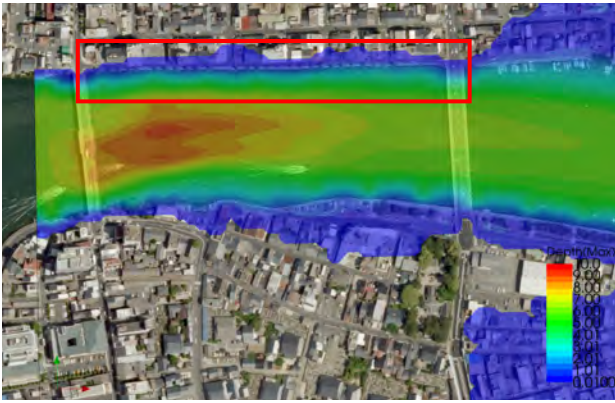


図-9 最大流量 1600m³/s 洪水解析時の氾濫シミュレーション結果

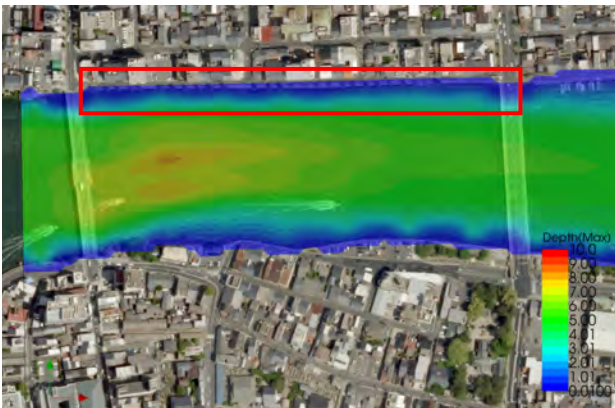


図-10 最大流量 800m³/s 洪水解析時の氾濫シミュレーション結果

5. 可搬式堤防の適用可能性

(1) 可搬式堤防のパターン検討

適用可能性の検討にあたり、まず可搬式堤防のパターンを検討した(表-4)。A案は、コンクリートによる0.6mの高さの堤防壁と1mの可搬式堤防を組み合わせたものである。またB案は、可搬式堤防の0.6mの柱だけを常設し、それ以外を可搬式堤防とするものである。C案は、全て可搬式堤防とするものである。

A案は、計画高水位までコンクリートの堤防壁を立ち上げているため可搬式堤防の設置が遅れても溢れる量は限られているが、平常時でも普通の川のアクセスができなくなってしまう欠点がある。

B案は、計画高水位まで可搬式堤防の柱をあらかじめ設置しておく、止水板を計画高水位までの止水板を短時間で設置できる方法である。止水板はアルミ製であり、1人でも運べる重さであるため、短い時間で設置できる。洪水の規模に応じて、柱を上を追加することが可能であり、最終的には堤防必要高さまで設置できる。平常時には水際まで近寄ることができ、現在と同じ空間利用や風景を確保できる。

C案は、可搬式堤防のみとする案で、平常時には立ち上がりが全くないため、3案のうち、もっとも開放感がある。しかし、可搬式堤防の設置完了には最も時間を要する。

特に、B案に関しては、柱の部分を見て替えなければ

表-4 堤防・護岸の構造パターンの比較表

パターン	A案：計画堤防 60cm+可搬式堤防 100cm (計画堤防が堤防壁の状態)	B案：計画堤防 60cm+可搬式堤防 100cm (柱のみの状態)	C案：全て可搬式堤防 (1.6m)
断面図			
側面図			
特徴	計画高水位までコンクリートの堤防壁を立ち上げているため可搬式堤防の設置が遅れても溢れる量は限られる。 平常時でも普通の川のアクセスができなくなってしまう	計画高水位まで可搬式堤防の柱をあらかじめ設置しておくため計画高水位までの止水板を短時間で設置できる 平常時には水際まで近寄ることができ、現在と同じ空間利用や風景を確保できる。	平常時には立ち上がりが全くないため、3案のうち、もっとも開放感がある。しかし、可搬式堤防の設置完了には最も時間を要する。

ならないが、洪水時までには止水版の設置時間を軽減でき、平常時でも水辺を遮るものが少なく水辺の魅力を保つこともできるため、3つのパターンの中で最も水辺の魅力と水害対策のバランスを徹底している案だと考える。

(2) 設置時間と保管倉庫の設置

3章の結果より、斐伊川上流の上島観測所から大橋川上流の松江流量観測所までのピーク水位との時間差は7時間である。

松江大橋と新大橋間の距離は、図-2より約350mであり、可搬式堤防の壁面積は約500m²となる。ドイツの事例を見ると、1時間の設置面積が60m²程度の事例が多い。これを参考にすると、7時間で420 m²設置できることから、A案とB案を組み合わせることで実施可能だと考える。また、可搬式堤防を組み立てる資材の保管倉庫の設置については、国土地理院地図の標高より選定した(図-11)。黒枠部分の区域は標高が2m以上であり、設置に望ましいと考える。

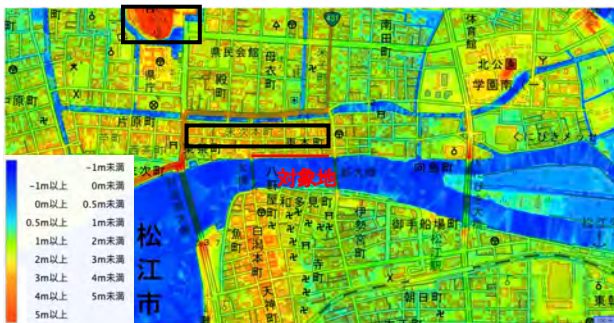


図-11 保管倉庫の配置地図

6. 結論

本研究の成果は以下の通りである。

- 本研究では、大橋川の洪水履歴を整理した上で、洪水時における斐伊川と大橋川のピーク水位の時差を把握し、氾濫シミュレーションによる大橋川の水位を把握することで、大橋川での可搬式堤防の適用可能性を検討した。
 - 可搬式堤防の設置に使える時間を把握するために、斐伊川の上島観測所と、新大橋右岸下流に位置する松江(流量)観測所における、ピーク水位の時差を把握し、7時間程度の設置時間を確保できることを指摘した。
 - 2006年7月洪水の氾濫シミュレーションを実施した結果、松江流量観測所で最大水位は1.72mとなった。これを実データと比べた結果、松江観測所の最大水位は1.76mと、4cmの誤差で、かつピーク時間とも一致したことからモデルが妥当だと判断した。
 - 最大流量1600m³/s洪水の解析では、大橋川左右岸の広範囲に1m未満の浸水が発生するが、最大流量800m³/s洪水では、大橋川左岸の護岸は浸水しないことが確認された。
 - 3パターンの堤防を検討し、可搬式堤防の計画高水位までの高さの柱だけをあらかじめ設置する案が、洪水時までには止水版の設置時間を軽減でき、平常時でも水辺を遮るものが少なく水辺の魅力を保つこともできるため、水辺の魅力と水害対策を両立する案として提案した。
- 今後の課題としては、大橋川の確率年ごとの水位の算出や、可搬式堤防を含むかわまち空間のデザインなど、実現に向けた検討を継続していく予定である。

謝辞：本研究は、JSPS科研費 20K04874の助成を受けて実施したものである。また、氾濫シミュレーションはiRICによるものであり、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省, 斐伊川の主な災害, 2008
- 2) 国土交通省中国地方整備局出雲河川事務所, 大橋川改修事業HP
- 3) リバーテクノ研究会: モバイルレバーの適用と設計の手引きver.2, 2017.
- 4) 二井 昭佳・岡田 一天: 可搬式堤防を用いたまちづくり治水計画に向けた考察—ドイツ・ミルテンベルクの取組みを通じて—, 土木学会論文集D1(景観・デザイン), Vol. 77, No. 1, 66 - 80, 2021
- 5) 二井 昭佳・岡田 一天: ドイツ・ヴェルツブルクにおける街路・建物連担型のまちづくり治水整備, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 76, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 38 巻), I_397-I_407, 2021
- 6) 近畿地方整備局淀川河川事務所ホームページ
<https://www.kkr.mlit.go.jp/yodogawa/activity/comit/aras-hiyama-workshop/index2.html>
- 7) 倉田健悟: 島根県大橋川における水位上昇の事例について, LAGUNA (汽水域研究) 14, 33-46, 2017
- 8) iRIC ホームページ
<https://i-ric.org/ja/>
- 9) 岡田裕之介: 斐伊川放水路への洪水分派に伴う分派点付近の本川河床変動に関する研究, 河川技術論文集, 第 20 巻, 247-252, 2014 年 6 月
- 10) 島根県 HP, 朝霞川の現全体計画 (1)
(2022.9.30 受付)