

親水利用しやすい水際部形状の成立要件の検討 —砂州の形成に着目して—

PROMOTING RECREATIONAL USE OF RIVERFRONTS CONSIDERING THE MORPHOLOGICAL FORMATION OF SANDBARS

鶴田 舞¹・萱場 祐一²・星野 裕司³・中村 圭吾⁴
Mai TSURUTA, Yuichi KAYABA, Yuji HOSHINO and Keigo NAKAMURA

¹正会員 工修 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ河川生態チーム
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²正会員 博(工) 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ(同上)

³正会員 博(工) 熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター
(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1)

⁴正会員 博(工) 国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ河川生態チーム(同上)

Alluvial rivers differ in hydrological features based on longitudinal bed profiles, and no design has been established based on these features. This study examined waterside design requirements to promote riverfront recreational use. We selected 11 survey sites that were actively used after river improvement. Field surveys and data collection were conducted to understand the hydrological characteristics of these sites. Waterside shapes were classified into five patterns, referring to two design guidelines. One of the patterns was related to riverbed morphology, especially sandbars. In two sites, the condition allowed the formation of a point bar. The shape and position of the point bar is stable and easy to use to provide amenities. In another sites, alternative bars were formed and fixed due to the curvature of the river channel. These are considered easy to use as fixed sandbars. Based on the analysis, a waterside design flowchart was proposed, taking into account the formation of sandbars.

Key Words: *landscape riverfront planning, promotion of human use, hydromorphological characteristics, sandbar deposition, design flowchart on waterside*

1. はじめに

清冽な水が流れ、豊かな生物をはぐくむ美しい日本の川は、自然の恵みを与える地域の共有財産として人々に慈しまれてきた。川と地域の間に密接な関係が築かれ、川を中心とした豊かな風土が形成されてきた。しかしながら、1960年代には急激な経済成長及び都市化が進行し、治水・利水事業を優先せざるを得なくなった。そのしわ寄せが、河川環境の悪化や河道の人工化等につながり、人々と川のふれあいが減少していった。

河川環境の価値が再認識されたのは、1970年代以降である。貴重な水と緑の空間として人々にうるおいを与えるという河川の役割が、過密化した都市を中心に再評価され、1980年代頃から良好な河川環境の再生や水辺の親水利用が進められてきた。2017年に行われた河川環境に関する意識アンケート調査¹⁾においても、散策、自然観察、水泳・水遊び、釣りなど、親水利用に対するニーズ

が依然として高いという結果が得られている。

親水利用を促進するためには、河川とそれを取り巻く地域の魅力を活かした利用方法を検討することに加え、人々が活動しやすい河川空間の整備も重要である。親水活動と河川の物理環境条件との関連性については以下の研究が挙げられる。松浦・谷本²⁾は、親水活動の種類と、活動が成立するための河川の物理的条件(水面や高水敷の面積・幅、流速、水深など)を既存調査及び資料から整理している。松浦・小栗³⁾は、親水活動をサポートする施設(散策路、階段護岸、広場など)が特に整備されていない自然河川を対象に親水活動の実態調査を行い、水深・流速等の河道特性が多様な交互砂州において多岐にわたる親水活動が行われていたという結果を得ている。また、砂州及びその周辺の物理的条件を計測し、人々の活動との関係を検討している。島谷ら⁴⁾は、親水利用と水質の関係について、利用時の快適性に着目してアンケート調査を行った。その結果、散歩など水に直接触れない活動が快適であるかどうかは、景色のよさ、散

表-1 調査対象事例の概要

調査対象事例		事業期間 (年)	河床 勾配	流程 (セグメント)	河川規模	計画高水 流量(m ³ /s)	現地調査
茂漁川 (北海道恵庭市)	ふるさとの川モデル事業 【土木学会デザイン賞2006】	1990-1997	1/234	中流域 (1)	中小河川	55	2015.10, 2017.10
阿武隈川 (福島県福島市)	渡利水辺の楽校 【土木学会デザイン賞2004】	1995-2000	1/1020	中流域 (2-1)	大河川	5,800	2016.7, 2016.12
黒目川 (埼玉県朝霞市)	黒目川の川づくり 【土木学会デザイン賞2011】	2001-2003	1/400	中流域 (2-1)	中小河川	120	2017.9, 2018.3
和泉川 (神奈川県横浜市)	東山の水辺・関ヶ原の水辺 【土木学会デザイン賞2005】	1990-1997	1/250	中流域 (1)	中小河川	65	2016.8
糸貫川 (岐阜県北方町)	清流平和公園の水辺 【土木学会デザイン賞2016】	2014-2015	1/1,290	中流域 (2-1)	中小河川	80	2016.12, 2018.12
一乗谷川 (福井県福井市)	ふるさとの川整備事業 【土木学会デザイン賞2015】	1995-1999	1/80	上流域 (1)	中小河川	180	2016.6
太田川 (広島県広島市)	基町護岸 【土木学会デザイン賞2003】	1976-1983	1/2,200	下流域 (2-2 感潮域)	大河川	1,920	2016.3, 2019.9
津和野川 (島根県津和野町)	ふるさとの川モデル事業 【土木学会デザイン賞2002】	1991-1996	1/250	上流域 (1)	中小河川	850	2015.7
遠賀川 (福岡県直方市)	直方の水辺 【土木学会デザイン賞2009】	2005-2006	1/1,770	中流域 (2-2)	大河川	3,800	2017.4, 2018.7, 2019.3/5/7/10/11
上西郷川 (福岡県福津市)	里川の再生 【土木学会デザイン賞2016】	2008-2013	1/350	中流域 (2-1)	中小河川	46	2017.4
白川 (熊本県熊本市)	緑の区間河川整備事業 【グッドデザイン賞2015】	2006-	1/1,700	下流域 (2-1)	大河川	3,000	2016.1, 2017.6/11, 2018.8, 2020.2

歩道の整備状況等が第一の条件であり、水質は主たる条件ではないこと、手や足を入れる活動や泳ぐといった水に直接関わる活動では、水のきれいさが活動を行う際の主要な条件であることを明らかにしている。

これらの研究は、親水活動の種別に対応する河川の物理的条件を整理したものであるが、特定の河川空間（場所）において、どのような種類の親水活動が可能であるかという利用ポテンシャルを検討する場合には、反対に河川の物理的条件に対応する利用方法を整理するアプローチが必要である。この点に着目して、筆者らは既往の良好な河川空間整備事例を対象に、設計者が整備箇所の利用ポテンシャルをいかに捉え整備を実施したか調査を行っている。まず、平常時に水に浸からない河岸・高水敷部を対象に、利用ポテンシャルを簡易に評価する指標を提案した⁵⁾。次に、水に直接関わる活動が行われる流水及び水際部を対象として、親水利用ポテンシャルを評価するフローを提案した⁶⁾。この評価フローでは、利用ポテンシャルを評価する判定基準として「水質要件」、「水深・流速・川幅条件」、「水際要件」の3つの要件を設定している。これらのうち、河道整備により改良しやすいのは水際要件である。しかしながら、日本の河川は一般に流程毎に河道特性が異なり、各々の流程に対応した水際部のデザイン手法は確立されていない。

そこで本研究では、親水利用を促進する水際部の形状及びその成立要件を河道特性の観点から明らかにすることを目的とする。本論では河道特性のうち砂州の形成に

着目し、親水利用しやすい水際部のデザイン要件を検討した。

2. 方法

(1) 既往水辺整備箇所における事例調査

優れた土木構造物や公共的な空間のデザインを顕彰する土木学会デザイン賞を受賞するなど、親水空間整備に対する評価が高く、整備後に活発に利用されている事例の中から、河川の流程（上～下流域）及び河川規模（大河川、中小河川）の偏りが少なくなるように考慮して、11事例を選定した。対象事例の概要を表-1に示す。これらの事例はいずれも、治水と両立した環境整備が行われている。また、事例の多くは、整備前には水際までアクセスすることが困難な箇所であった。

各事例について、資料収集及び現地調査、設計者へのヒアリング調査を行い、対象箇所の河道特性（水深、流速、河床材料、水温、水質、縦横断形状など）、平時時の利用状況及び親水利用を想定した水際部のデザイン意図について把握した。

(2) 既往文献調査

既往の水辺計画・設計に関する指針を参照して、親水利用しやすい水際部の形状をパターン分類した。また、(1)の調査事例における水際部の横断面形状との対応を整理した。



写真-1 調査事例における水際部のデザイン（一部抜粋）

(3) 水際部形状と河道特性との関係検討

水際部は、河道特性により適用可能なデザイン（形状、構造、材料等）が規定される。自然状態にある河岸では、セグメント区分や河道平面形の位置によって形状・材質・繁茂する植物が異なる⁷⁾。また、河道整備・復旧においては、セグメント区分及び水際部近傍の流速等から、護岸の設置の要否や工法が検討される⁷⁾⁸⁾。ここでは、(1)の結果から、水際部の形状と河道特性との対応関係をセグメント区分に着目して整理した。

3. 結果及び考察

(1) 調査事例で見られた水際部のデザイン

調査事例で見られた水際部デザインの一例を写真-1に示す。河岸の傾斜を緩くして水面に近づきやすくした例（a, b）、砂州を利用した例（c）、水際に階段やスロープを整備した例（d, e）、水際テラス（f, g）や遊歩道の整備（h, i）等が見られた。親水利用は、現地調査時の季節・天候等にも左右されるため、全ての箇所で親水利用を確認できたわけではないが、写真からも分かるように、多くの箇所で水際部の利用が見られた。

津和野川（写真-1(g)）では、テラス前面に捨石があり水面への距離が離れていたことから、水に直接関わる活動は見られなかった。水際部の親水性を向上させるため、太田川では水制（写真-1(h)）、白川では平板群

（写真-1(i)）が設置されていた。

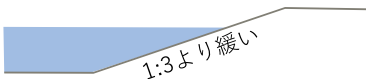
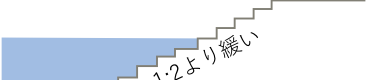
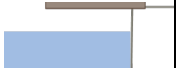
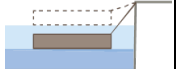
(2) 親水利用しやすい水際部形状のパターン分類

川の水辺の親水利用を志向した計画・設計指針は少ない。ここでは、親水利用しやすい水際部の形状に関して、国内外の2つの指針を参照した。

「川の親水プランとデザイン」⁹⁾は、川の魅力と地域環境の特性を生かし、人々が安全に親水活動を行うための施設づくりガイドラインである。本書では、松浦・谷本²⁾の知見を具体化した水際部形状が3パターン示されている（表-2左列）。パターンⅠ・Ⅱは、水際部から水面下まで連続した緩勾配斜面または階段として、水面に近づきやすくするもの、パターンⅢは、水際部と水面下の落差を小さくし、また水深を浅くして安全に水中に降りられるようにするものである。

「River. Space. Design」¹⁰⁾は、ヨーロッパを中心とした60のベストプラクティス事例を基に、体系的に整理された河川空間の設計カタログである。本書に示されているアイデアのうち、親水利用を志向したデザインツールを抽出すると、先に示した3パターンに加えて2パターンが得られた（表-2中列）。パターンⅣは、水面上に張り出し、水上からの利用を可能にするもの、パターンⅤは、栈橋など水位変動に順応するものである。調査事例における水際部の形状も、これらのパターンのいずれかに対応していた（表-2右列）。以上より、親水利用しやすい水際部形状は、概ねこの5パターンで表現できるも

表-2 親水利用しやすい水際部形状のパターン及び調査事例との対応

パターン	水際部の形状 ⁹⁾	Design tools ¹⁰⁾	調査事例との対応
I	水際部及び水面下を連続した緩勾配法面とする  1:3より緩い	River access perpendicular to the bank (A2.2) 内湾の砂州や入り江の砂浜を利用する Sand and gravel beaches on inner bends (D3.1) Sand and gravel beaches in bays (D3.2)	緩勾配法面：茂漁川、和泉川、遠賀川 スロープデッキ（カヌー乗り場）：遠賀川 砂州の利用（黒目川、阿武隈川、糸貫川） ワンドの造成（阿武隈川） 干潟の利用（太田川・干潮時）
II	水際部を階段状とし、河床まで連続させる  1:2より緩い	Broad riverbank steps (A1.3) Under water steps (A5.1, D4.4) Terraced gabion revetment (D4.7)	階段護岸：遠賀川 階段（船着場にもなる）：太田川 階段状の水制：太田川
III	水面下までの落差を小さくし、河岸からある程度の範囲の水深を浅くする 	河岸からの落差を小さくして水面上にアクセスする Boulders and steppingstones (A5.2) Laid stone groynes (D1.3)	渡り石（帯工の上に設置）：一乗谷川 土羽のテラス+浅い水深：上西郷川 遊歩道+コンクリート平板：白川
IV		水上に張り出す [Placing over the water] Piers and balconies (A4.1) Overhangs (A4.2) Suspended pathways (A4.3) 	潜り橋：和泉川、遠賀川
V		水位変動に順応する [Adapting] Floating jetties (A6.1) Floating islands (A6.2) Moored ships (A6.3) 	該当なし

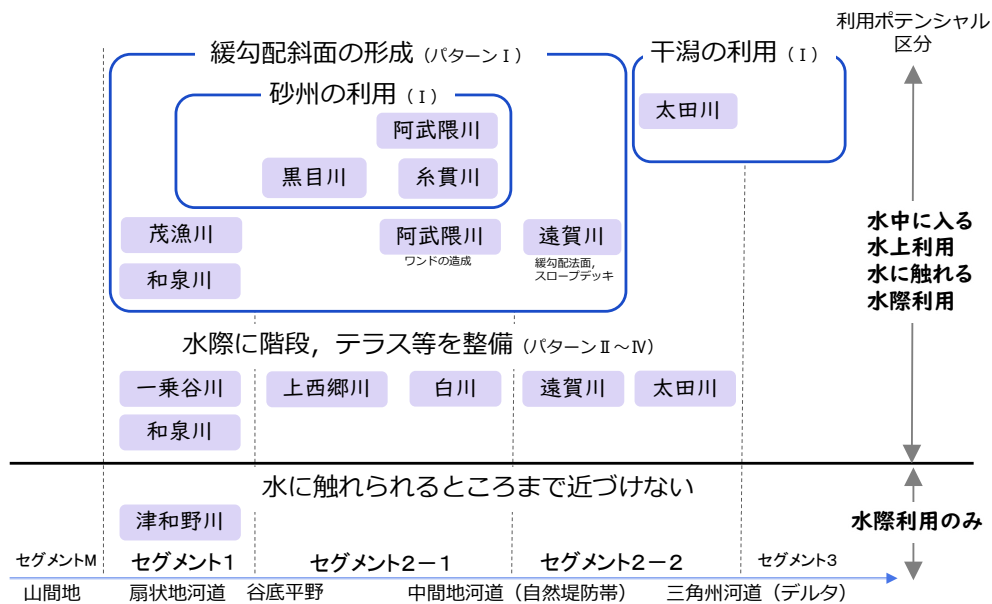


図-1 調査事例における水際部のデザインとセグメント区分との対応

のと思われる。

(3) 水際部のデザインとセグメント区分との対応関係

調査事例における水際部デザインを、セグメント区分と対応づけて整理した(図-1)。

図-1中「砂州の利用」, 「干潟の利用」, 「緩勾配法面の形成」は表-2に示すパターン I, 「水際に階段, スロープ等の構造物を整備」はパターン II~IVのいずれかに該当する。

後者にはセグメント区分との対応は見られなかったが、

パターン I には、セグメント区分との対応、特に中規模河床形態との対応が見られた。すなわち、セグメント1~2-1では河道内に形成された砂州を活かした水際部のデザインが可能である。一方セグメント2-2では、水深が深くなり砂州が水中に没するため、砂州の利用は難しくなる。ただし、感潮域では干潮時に干潟の利用が可能である。

そこで、調査事例の河道特性データから、砂州が形成される条件であったか否かを確認し、河道特性を踏まえた水際部のデザイン要件について考察する。

(4) 砂州の形成を考慮した水際部のデザイン

砂州の種類には、湾曲部の内岸側に見られる固定砂州や、左右交互に周期的に現れる交互砂州、多列砂州等があるが、ここでは調査事例において見られた固定砂州及び交互砂州を対象とする。

a) 固定砂州の形成と利用

固定砂州は湾曲部の内側に形成される。湾曲部は、河道の曲率半径、川幅、湾曲角により規定される⁹⁾。そこで、調査事例のうち、セグメント1～2-1の事例（遠賀川・太田川を除く9事例）を対象に、湾曲部か否かの判定を行った。その結果、阿武隈川及び糸貫川（セグメント2-1）では、湾曲部内岸側に固定砂州が形成される条件であった。固定砂州は形状及び位置が安定的であり、親水利用に取り入れられやすい場所といえる。実際に、両河川とも砂州を活かした水際部デザインが行われている。

b) 交互砂州の形成と利用

交互砂州の形成は、主に川幅水深比(B/H)と河床勾配Iにより規定される¹¹⁾。交互砂州の発生有無の判定は、a)と同様の9事例を対象に、代表横断面を設定して行った。ここで、判定に用いた川幅及び水深は、セグメントスケールの河道特性を規定する主要因子である平均年最大流量 Q_m 時の値を適用した。中小河川においては平均年最大流量の値が得られなかったため、山本の知見^{12) 13)}から以下のように推定した。

- ① “計画高水流量 Q_A 時の水深(HWL)は、平均年最大流量時の2～3倍程度¹²⁾”より、HWLからHを設定(1/2HWL, 1/3HWL)
- ② 得られたHと横断面図からB及び Q_m を算定
- ③ 得られた Q_m が“計画高水流量(1/80～1/150年確立洪水)は、平均年最大流量 Q_m の2～4倍程度¹²⁾”または“平均年最大流量 Q_m は、計画高水流量(1/100年確率洪水)の1/4～1/8程度¹³⁾”内に収まるか確認
- ④ $BI^{0.2}/H$ を算定

交互砂州の形成可否を判定した結果を図-2に示す。推定した Q_m は、概ね1/2 Q_A から1/8 Q_A の間に収まっている。砂州の発生領域は $BI^{0.2}/H$ を目安に区分することができ、交互砂州（単列砂州）の発生領域は $7 < BI^{0.2}/H < 30$ （無次元掃流力 $\tau_* > 0.1$ の場合）¹¹⁾である。対象事例では、茂漁川、黒目川、阿武隈川が該当した。一乗谷川は、本手法では1/2HWL時の $BI^{0.2}/H$ が砂州非発生領域に入ったため判定できなかった。

黒目川は、交互砂州が形成される条件に加えて、河道の湾曲により砂州が停止する条件に該当した。固定砂州と同様に親水利用しやすい場所といえる。黒目川は治水改修により河床を掘り下げる必要があったが、元々の河床形状をまねて掘削（スライドダウン）することで砂州が保全されている。

一方茂漁川では、河道整備により河道幅が広げられ、

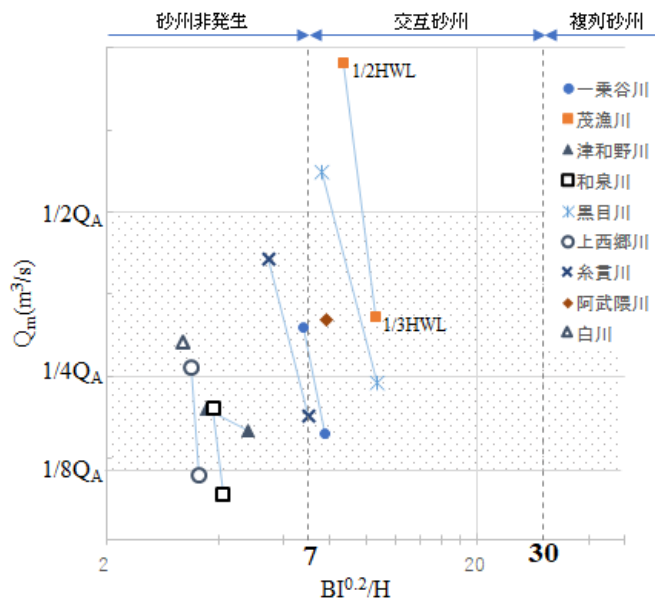


図-2 砂州発生領域と調査箇所に対応

河岸の緩勾配化や中洲形成が行われているが、河岸及び中洲の水際は石張護岸等で補強されており、砂州の形成は見られない。

c) 砂州の形成を考慮した水際部デザイン検討フロー

a), b)の結果及び表-2から、セグメント区分、曲率半径、川幅、湾曲角、川幅水深比等を用い、砂州の形成を考慮した水際部のデザイン検討フローを作成した（図-3）。このフローにより、水際部のデザインに砂州を取り込むことが可能か否かを判定できる。なお、交互砂州が停止しない場合、水際までアクセス可能な河岸形状（緩勾配法面等）を一定区間整備すれば、出水等により砂州が移動したとしても、水面まで近づく箇所が区間内に形成されると思われる。また、今回対象としなかった複列砂州は、流路の変動が激しいため水際部のデザインに取り入れるのは難しいと思われる。

4. まとめ

(1) 得られた成果

本論文の主な成果を以下に示す。

- ・ 事例調査を通じて、親水利用を志向した水際部デザイン例を収集した。既往指針と照合して、親水利用しやすい水際部形状が概ね5パターンに集約されることが分かった。
- ・ 5つのうち1パターンは、河道特性との対応、特に中規模河床形態との対応（砂州の形成と利用）があった。
- ・ 調査事例において利用されていたのは固定砂州及び交互砂州であった。これらは親水利用の可能性が高い場所といえる。そこで、砂州の形成を考慮した水際部のデザイン検討手順を、フロー形式で

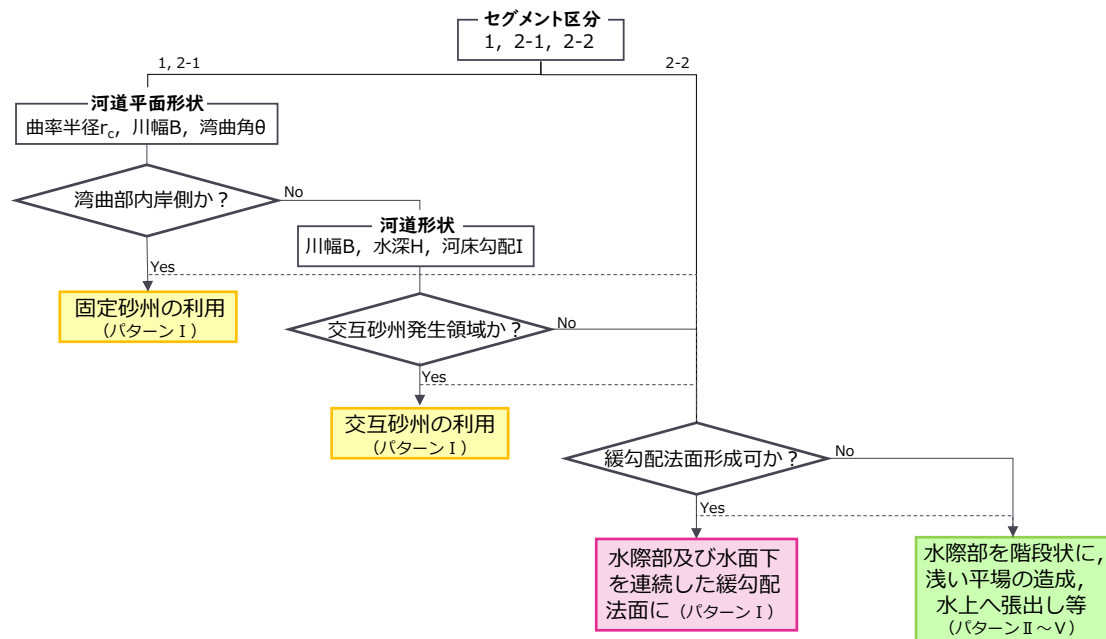


図-3 砂州の形成を考慮した水際部のデザイン検討フロー

取りまとめた。

(2) 今後の課題

本検討及び既往検討により、水際部から河岸・高水敷の親水利用ポテンシャルを把握し、水辺空間デザインを検討できるようになった。今後は、次のステップとして下記の二つのアプローチが必要と考えている。

一点目は、土砂の堆積、植生繁茂、出水時の地形改変等の時間的変動や、利用主体の関わり方等を勘案した、維持管理しやすいデザインの検討である。二点目は、整備対象箇所の河道特性や川の魅力、地域の利用ニーズや地域特性、風景等を踏まえたトータルデザインの検討である。これらは、これまでの現地調査を通じて得られた課題である。今後検討を進め、魅力的な水辺の創出に寄与していきたい。

謝辞：山梨大学 北村眞一特任教授、九州大学 島谷幸宏教授・樋口明彦准教授・林博徳准教授、熊本大学 小林一郎特任教授、熊本大学 増山晃太研究員、岐阜大学 原田守啓准教授、(株)プランニングネットワーク 岡田一天氏・伊藤登氏、(株)吉村伸一流域計画室 吉村伸一氏、佐幸測量設計(株) 脇本幹雄氏、OYOインターナショナル(株) 福嶋健次氏からは設計時の貴重なお話を伺った。また、各調査事例の河川管理者からは資料を提供頂いた。ここに記して厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：第2回河川法改正20年多自然川づくり推進委員会，資料4 日本人の河川環境に関する

意識アンケート調査結果，pp.24-27，2017。

- 2) 松浦茂樹，谷本光司：親水活動と河川構造，土木技術資料，Vol.27, No.12, pp.15-20, 1985.
- 3) 松浦茂樹，小栗幸雄：親水活動にとって魅力的な砂州及びその周辺の物理的条件，土木技術資料，Vol.28, No.11, pp.3-8, 1986.
- 4) 島谷幸宏，保持尚志，千田庸哉：親水活動と河川水質に関する研究，環境システム研究，Vol.20, pp.378-385, 1992.
- 5) 鶴田舞，萱場祐一：河岸の横断面形状に着目した空間利用ポテンシャル評価指標の提案，河川技術論文集，第23巻，pp.597-602, 2017.
- 6) Tsuruta M, Kayaba Y: Evaluating the Availability of Running Water Areas and Riverbanks with a Novel Flowchart, Proceedings of International Symposium on Ecohydraulics 2018.
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局：美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2018.
- 8) (財) 国土技術研究センター：河道計画検討の手引き，2003.
- 9) (財) リバーフロント整備センター：川の親水プランとデザイン，山海堂，pp.24-31, 1995.
- 10) Prominski M, Stokman A, Zeller S, Stimberg D, Voermanek H, Bajc K: River. Space. Design (Second and Enlarged Edition), 333p, 2017.
- 11) 黒木幹男，岸力：中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究，土木学会論文報告集，第342号，1984.
- 12) 山本晃一：沖積河川の流れの抵抗と河床波，水理講演会論文集，第25回，pp.29-33, 1981.
- 13) 山本晃一：沖積河川—構造と動態—，技報堂出版，pp.108, 2010.

(2020. 4. 2受付)