

伝統的河川工法・竹蛇籠による 河道内物理環境の多様性の再生

永谷直昌¹・上野和也²・竹林洋史³・角哲也⁴・
竹門康弘⁵・加藤陽平¹・岡崎慎一²

¹ 正会員 いであ株式会社 大阪支社 (〒559-8519 大阪市住之江区南港北 1-24-22)

E-mail: ngt21527@ideacon.co.jp

² 非会員 国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所 (〒573-1191 大阪府枚方市新町 2 丁目 2-10)

³ 正会員 博(工) 京都大学防災研究所流域災害研究センター

(〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口)

E-mail: takebayashi.hiroshi.6s@kyoto-u.ac.jp

⁴ 正会員 博(工) 京都大学防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

⁵ 正会員 理博 京都大学防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

木津川ではみお筋の河床高が年々低下が進み、平水位の低下が発生して既存ワンドの冠水頻度の減少などが発生しており、ワンドを利用する生物の生息場が失われつつある。また、流路内の早瀬の数の減少も確認されており、河道内の物理環境の単調化が発生している。そこで、竹で編んだ籠に石を詰めた竹蛇籠に着目した。竹蛇籠は、石詰めであるため透過性があり、石の隙間が小魚や水辺の昆虫などのすみかとなる。竹は水中では腐りにくいため、長期的に使うことができ、また役目を終えれば自然に還る。そこで本研究では、河道内の物理環境の単調化を抑制して早瀬やワンドの創出を行うため、伝統的河川工法である竹蛇籠を設置し、多様な魚類の生息場を確保する方法について検討した。

Key Words: bamboo gabion dent, biological survey, two-dimensional bed deformation analysis, habitat

1. はじめに

淀川水系木津川は、鈴鹿山脈、布引山地に源を發し、山城盆地で宇治川・桂川と合流して淀川となる一級河川である(図-1)。木津川下流部の笠木橋より下流(淀川河川事務所管内)は川幅が広く砂州が発達し、瀬・淵が見られる砂州河川となっている。

図-2 に示すように、木津川ではみお筋の河床高が年々低下した結果、平水位の低下が発生して既存ワンドの冠水頻度の減少などが発生しており、ワンドを利用する生物の生息場が失われつつある。また、流路内の図-3 のような早瀬の数の減少も確認されており、河道内の物理環境の単調化が発生している。

河道内に水制を設置して早瀬やワンドの保全・創出を行う試みは、これまでも実施例がある¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。これらの試みの多くは、堅固で不透過な構造物で実施されることが多い。また、透過性の構造物であっても非常に高価な場合が多く、劣化して改修するまでそのままの状態を設置することを前提とした構造物となっている。しかし、固定構造物によって形成される河川環境は、形成直後は

比較的良好な生物生息場環境を形成するが、構造物周辺で流速が遅くなり流砂の動きが緩慢となるため、生物生息場としての環境が悪化することが多い。そのため、驚見ら⁵⁾は、形状の変化が容易な大型土嚢を用いて水制を建設し、水制の形状を変化させる方法を提案している。

本研究では、古事記にも記載のある日本の伝統的な河川工法であり、竹で編んだ籠に石を詰めた竹蛇籠に着目した。竹蛇籠は、形状の変化は不可能であるが、場所の移動が容易であるとともに、非常に安価であるため、竹蛇籠周辺の物理環境の変化に対応して移動させたり数を増やしたりすることが可能である。竹蛇籠は、図-4 に示すように石詰めであるため透過性があり、石の隙間が小魚や水辺の昆虫などのすみかとなる。竹は水中では腐りにくいため、長期的に使うことができ、また役目を終えれば自然に還り、河道内に不要なものを蓄積させない点などで鋼製の蛇籠よりも優れている点がある⁶⁾。

そこで本研究では、河道内の物理環境の単調化を抑制して早瀬やワンドの創出を行うため、伝統的河川工法である竹蛇籠を設置し、多様な魚類の生息場を確保する方法について検討した。

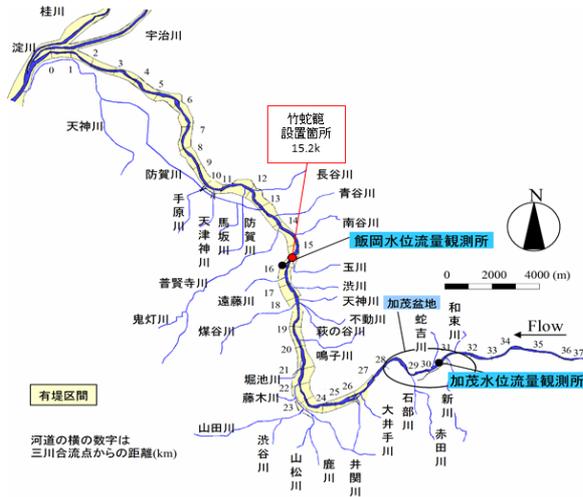


図-1 竹蛇籠設置箇所

2. 竹蛇籠の設置方法

竹蛇籠を設置した箇所を図-1と図-2に示す。竹蛇籠は木津川距離標 15.2k 地点周辺に、右岸に2基、左岸に3基、合計5基を設置した。右岸中央の竹蛇籠は木柵で作成した。竹蛇籠を設置すると流心部分が侵食されるため、大幅な河床低下が起きていない箇所に設置した。

図-5に示すように、竹蛇籠は流れを流路中央部に集め、流路中央部に流速の速い領域が形成されるように、主流側の竹蛇籠先端部を下流向きに設置した。また、上流と下流の竹蛇籠の間にわんど状の低流速域が形成されるように、既存のワンドの縦横比を参考に竹蛇籠の縦断間隔を決定した。これらの竹蛇籠内の低流速域は、多くの小水性生物の生息域となることが期待される。また、竹蛇籠設置断面よりも上流では、竹蛇籠設置による水位上昇により流速が遅くなり、土砂堆積することが期待されるとともに、流路の分岐や移動などの流路変遷の促進が期待される。

3. 平面二次元河床変動モデルについて

(1) 平面二次元河床変動計算モデルの概要

竹蛇籠の設置によって形成される流れと河床形状の特性を検討するため、平面二次元河床変動解析を実施した。解析に用いた基礎方程式は、竹林⁷⁾と同様のものである。CASE1は解析モデルの再現性を検討したものである。CASE2は年に少なくとも1度発生する規模の出水における河床変動特性を検討したものであり、竹蛇籠を設置した条件(CASE2-1)と竹蛇籠を設置していない条件(CASE2-2)の2種類を実施した。供給流量は、年最大洪水のうちもっとも小さい洪水である平成14年7月洪水を対象にして解析を行った。なお、大規模洪水時には竹蛇籠が破壊・流出する可能性が高いため、大流量での検

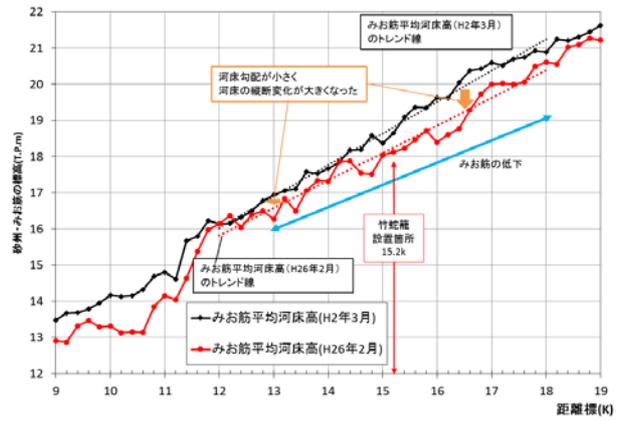


図-2 みお筋の河床高縦断面図



図-3 早瀬の位置

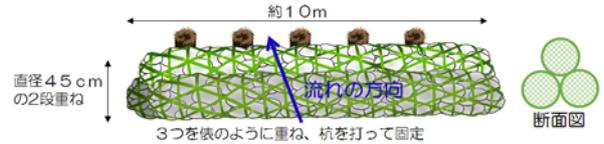


図-4 竹蛇籠のイメージ

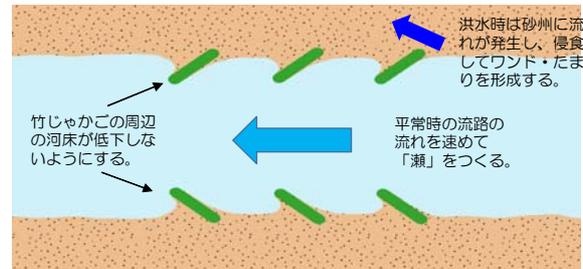


図-5 竹蛇籠効果のイメージ

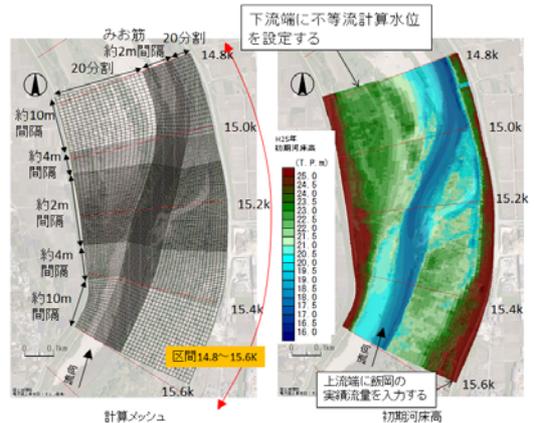


図-6 計算条件(左:メッシュ 右:河床高)

討はここでは実施しない。竹蛇籠の形状を解析で表現するために、**図-6**に示すように、竹蛇籠周辺に細かいメッシュ(2m×2m)を配置した解析格子を用いた。竹蛇籠は、非侵食性の固定床領域として解析で扱っている。

(2) CASE1の計算条件と計算結果

解析モデルの再現性を検討したCASE1の解析条件を**表-1**に示す。上流端流量は飯岡観測所で得られたピーク流量が100m³/sの出水のハイドログラフを用いた。下流端水位は14.8kにおいてH-Q換算した水位を用いた。河床材料については平成25年に実施した15km断面の流心部の粒度分布を用いた。

表-1 計算条件

項目	設定条件
計算区間	14.8K~15.6K 竹蛇籠を設置しモニタリングを行った区間の周辺を対象
対象洪水	平成27年11月出水(ピーク流量約100m³/s)
初期河床高	平成25年LPデータ 水中は平成26年2月測量からの内挿 竹蛇籠については高さ(90cm)を考慮し固定床とした
メッシュサイズ	竹蛇籠周辺のみお筋内は横2m×縦2m
下流端水位	不等流計算水位
上流端流量	飯岡観測所実績流量(暫定)
河床材料	平成25年15K流心部の粒度分布

図-8は初期からの河床高の変化と竹蛇籠を設置した条件で河床変動計算を実施した地形に100m³/sの流量を供給した時の水深平均流速の絶対値のコンターである。竹蛇籠を設置したことによって、竹蛇籠間に緩流域が形成され、竹蛇籠周辺では土砂が堆積することが確認できる。また、流路中央の高流速域の形成を確認できる。これらの現象は、後述の**図-13**~**図-16**で示される現地観測結果と同じ傾向であることがわかる。また、**図-8**に竹蛇籠ありなしの流速差分図を示す。L3-R3間中心部分を比較すると計算結果は0.1m/s流速が速くなり、**図-15**の現地観測では0.3m/s速くなっている。L2-R2間の中心部分を比較すると計算結果は0.1m/s流速が速くなり、**図-16**の現地観測ではおおきな変化はない。河床高の変化を傾向のみしか捉えることしかできていないため流速の結果に影響している。

(3) CASE2の計算条件と計算結果

毎年発生する規模の洪水(中規模出水:ピーク流量約800m³/s)を対象として河床変動解析を行い、竹蛇籠がある場合と無い場合の流速及び河床高の違いを検討した。上流端流量は、平成14年7月10~13日に飯岡観測所で観測された流量を用い、下流端水位はH-Q換算水位を用いた。

河床高と水深平均流速の解析結果の竹蛇籠がある場合と無い場合の差分を**図-9**に示す。竹蛇籠によって流れが流路中央に集中することにより、竹蛇籠設置断面よりも上流域と比べて流路内の掃流力が増加して流砂量が増

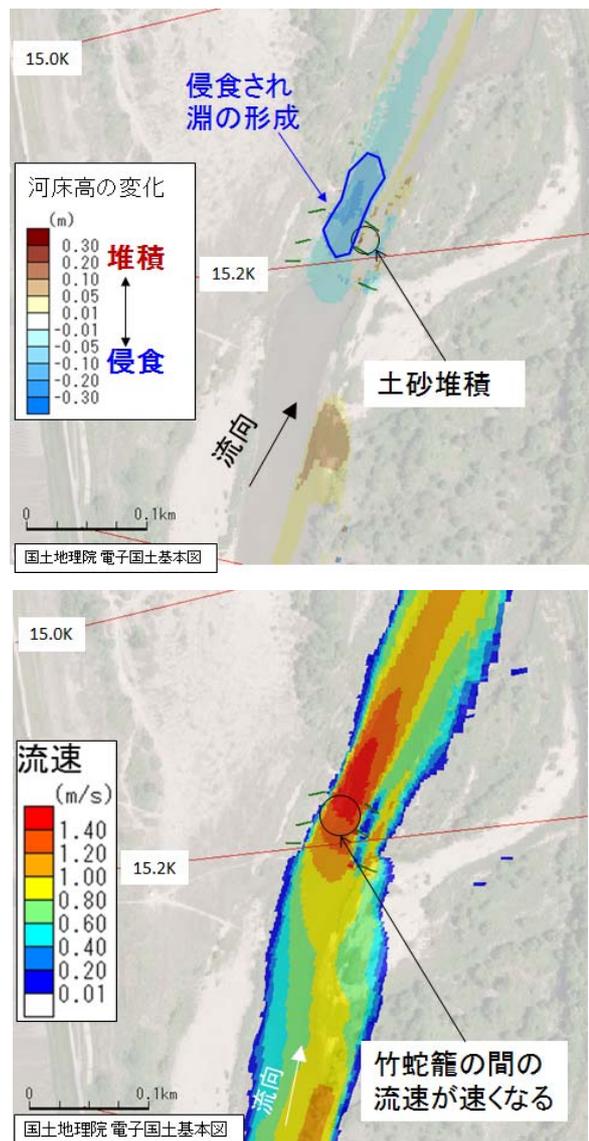


図-7 河床高の変化と流速のコンター図

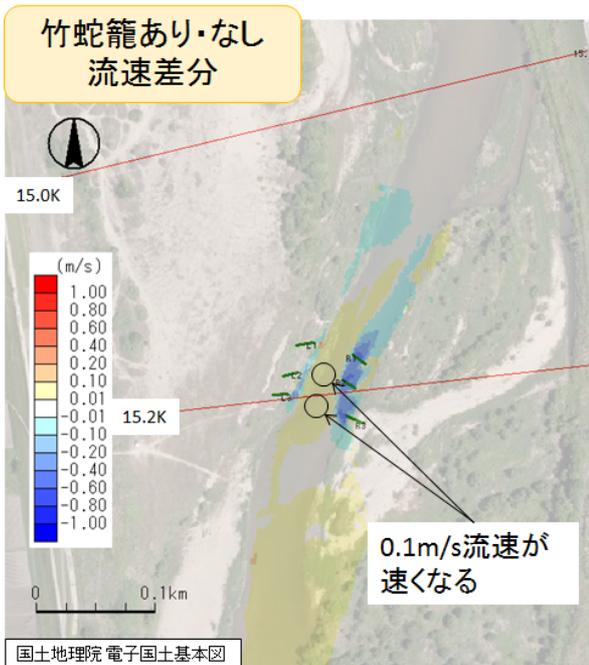


図-8 竹蛇籠あり・なしの流速差分

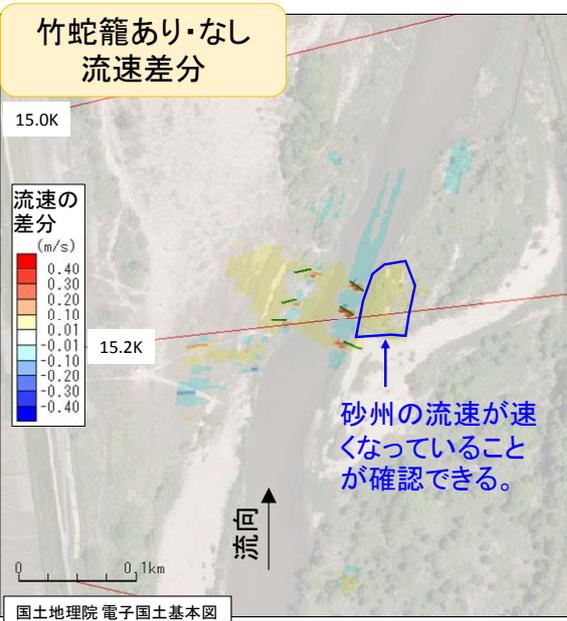
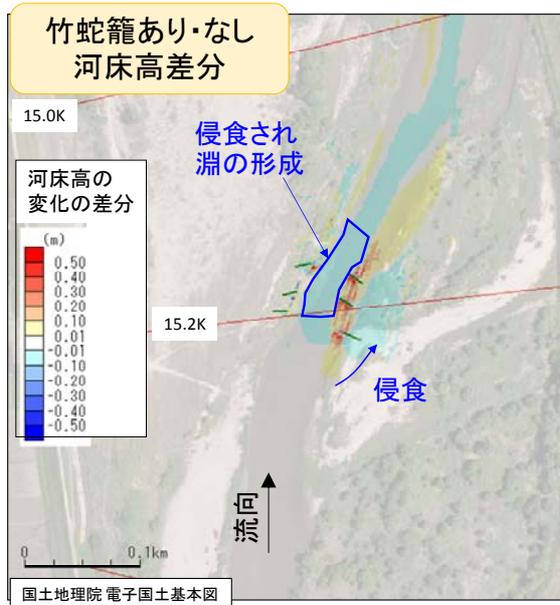


図-9 竹蛇籠あり・なしの河床高差分・流速差分

えるため、流路内で河床低下していることがわかる。また、竹蛇籠設置断面の上流域には低流速域が形成され、土砂が堆積していることがわかる。このように、竹蛇籠を設置することで河床の高低差が明確になり瀬淵が形成され、流速の変化によって生物の生息環境に適した場所になる可能性が確認できた。また、竹蛇籠のように、強度が高くなく、可撓性がある構造物であっても中小出水による河床変動を対象とした河道内生息場の形成のためには効果を発揮する可能性を示すことができた。さらに、800m³/s程度だと右岸側の竹蛇籠の右岸側から回り込む流れが形成され、右岸側の竹蛇籠が設置されている砂州が侵食されていることがわかる。この侵食は流路が分岐・移動し始めていることを示しており、流路の固定化を抑制するとともに、新しいたまりや自然ワンドの形成を促



図-10 出水前の空中写真



図-11 出水後の空中写真

すものである。

4. 竹蛇籠設置後の現地調査

竹蛇籠を設置することによる物理環境の変化（地形・流速）および魚類の生息環境の変化を評価するため、表-2に示す現地調査を実施した。

表-2 現地調査項目

項目	目的（竹蛇籠設置による効果）
空中撮影	土砂の堆積状況の把握
流速調査	竹蛇籠設置前後の流速の変化の把握
魚類調査	竹蛇籠設置後の魚類の生息状況の把握

(1) 空中撮影

竹蛇籠を設置した平成27年10月以降、平成27年11月17



図-12 航空写真と計算結果 (CASE1)

日・18日の降雨により飯岡観測所の流量が $100\text{m}^3/\text{s}$ 程度まで増水した。水位は平水時よりも70cm程度上昇する出水であった。そこで、竹蛇籠設置前後にUAV（ドローン）により空中写真を撮影したところ、図-10、図-11、図-12に示すように、竹蛇籠R1や木柵R2周辺に土砂が堆積していることが確認された。CASE1の計算結果と平成27年10月27日、平成28年2月11日のドローンによって撮影した写真を比較した。

計算結果では、流心において河床が侵食されることとなっていた。また、下流域では土砂が堆積し、図-14のように緩流域になると予測された。実際にモニタリングでも、流路中央の高流速域の形成を確認できた。また、竹蛇籠下流では緩流域となっていることが確認できた。

(2) 流速調査

竹蛇籠設置前後で電磁流速計を用いて流速調査を行い、早瀬の形成状態の検討を行った。調査方法は竹蛇籠L1～R1（下流）、L2～R2（中流）、L3～R3（上流）の横断方向に表面流速の観測を行った。また、目視で流向も観測した。図-13～16より、竹蛇籠設置前と竹蛇籠設置後を比べると、R3～L3の測線間で流速が増加し、R2～L2および、R1～L1の測線間で流速が遅くなっている。またL1～L2、L2～L3、R1～R2、R2～



図-13 出水前の表面流速

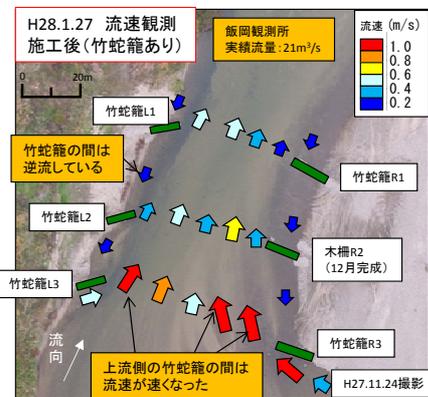


図-14 出水後の表面流速

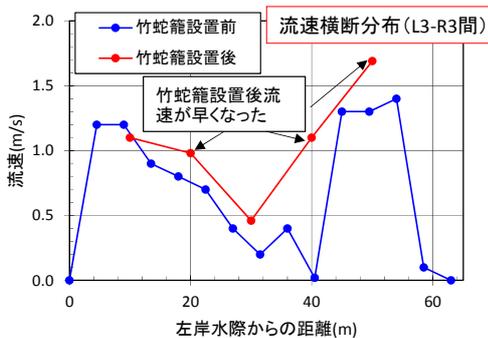


図-15 表面流速 (L3-R3間)

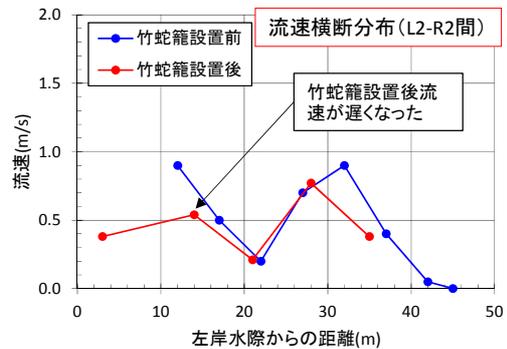


図-16 表面流速 (L2-R2間)

R3の間では流速が緩流になっていることが確認できる。



ヌマチチブ カマツカ

図-17 多様な生物

(3) 魚類調査

竹蛇籠による魚類の生息状況の変化を確認するため、竹蛇籠設置区（15.2k周辺）、および設置区に類似した環境を持つ対照区（18.4k周辺）において、シュノーケリングにより魚類の種数、および個体数を確認した。2箇所において確認された魚類の種と数を表-3に示す。表に示すように、竹蛇籠設置区の方が対照区と比較して魚類の種数、個体数が非常に多い結果となった。礫底を好むオイカワや流れが緩やかな場所を好むヨシノボリ属が竹蛇籠設置区では見られ多様な魚類や生物（図-17）の生息場保全に役立ったと見られる。

表-3 魚類調査結果

種別	No.	種名	竹蛇籠設置区 (15.2k)		対照区 (18.4k)	
			瀬	よどみ	瀬	よどみ
魚類	1	オイカワ	約500	約50	2	
	2	タモロコ		6		
	3	カマツカ		10	1	
	4	ニゴイ属			2	
	5	ギギ		1		
	6	ヨシノボリ属		17		
	7	ヌマチチブ		約50	5	10
エビ類	1	スジエビ		約20		
種類数			1	7	4	1
個体数			約500	約155	10	10

種類数、個体数ともに竹蛇籠設置区の方が多い

5. まとめと今後の課題

モニタリング結果より竹蛇籠を設置することで河道内の流速に緩急を付けることができ、瀬の創出が期待で

きる。また竹蛇籠によって竹蛇籠下流の流速が低減され土砂が堆積傾向となることがみられることから、ワンドとしての効果がみられ、小魚や水生生物の隠れ場所となることが期待される。中規模洪水が流下した場合を計算結果を想定した計算結果は、物理環境の現地調査結果と同様の傾向がみられた。

あ と が き

本研究において、NPO法人やましる里山の会の山村氏に多大なご協力、データ提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 福留脩文, 藤田真二, 福岡捷二, : 淵環境を回復した低水路水制の設計とその環境機能の評価, 水工学論文集, 第54巻 pp.1267-1272, 2010.
- 2) 鍛冶塩太, 綾史郎, 武藤裕則, 馬場康之, 中西章, 出口 恭, 藤田一郎, 竜門俊次: 淀川楠葉復元ワンド群の水理環境, 水工学論文集, 第50巻, pp.117-122, 2006.
- 3) 君塚芳輝: 多摩川中流域人工造成ワンドの推移と魚類相, 環境工学論文集, 第35巻, pp.285-293, 1998.
- 4) 木村一郎, 北村忠紀, 鷺見哲也, 武田誠, 鬼束幸樹, 庄建治朗, 大塚康司: 木曾川感潮域に設置された水制群周辺のワンド形成過程と河川環境に関する共同研究, 河川技術論文集, 第8巻, pp.365-370, 2002.
- 5) 長谷川稔, 鷺見崇: 水制工による砂州のコントロールと新たな環境創出について, 平成25年度近畿地方整備局研究発表会, 新技術・新工法部門
- 6) 黒部川竹蛇籠保存会 飛島邦彦: 竹蛇籠の技術を伝える一人と自然が共存するおだやかな水辺の風景のために, SABO, vol.111, 砂防・地すべり技術センター, 2012.
- 7) 竹林洋史: 河川中・下流域の河道地形, 日本流体力学会, ながれ 24, pp.27-36, 2005.

(2016. 9. 30 受付)

REPRODUCTION OF DIVERSITY OF PHYSICAL ENVIRONMENT USING BANBOO GABION

Naomasa NAGATANI, Kazuya Ueno, Hiroshi TAKEBAYASHI, Tetsuya SUMI, Yasuhiro TAKEMON, Yohei KATO and Shinichi OKAZAKI

Bed slope in the downstream area of the Kizu River is mild and the channel width is wide. As a result, bars are formed alternately and shallow flow areas and deep pools had been formed naturally. However, bed geometry tends to be simplified year by year in Kizu River due to the rapid bed degradation. Bamboo gabions are used here to increase the spatial distribution of physical environment in the research. Bamboo gabion is made of eco-friendly materials such as bamboo and stones. Bamboo gabion has the permeability and the porosity in the bamboo gabion can be used for the habitat for small fishes and insects. This paper discusses the efficiency of the installation of bamboo gabions to reproduce the diversity of physical environment Horizontal two dimensional bed deformation analysis is performed to clarify the flow and bed deformation characteristics around bamboo gabions. Biological survey is also performed in the field and the efficiency of the installation of bamboo gabions is confirmed.