

伝統的河川工法「聖牛」に関する知見の整理と木津川における試験施工

A Review of Japanese Traditional River Works "Seigyū" and an Experimental Trial in the Kizu River

田住真史⁽¹⁾・角 哲也・竹門康弘

Masafumi TAZUMI⁽¹⁾, Tetsuya SUMI and Yasuhiro TAKEMON

(1) 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

Synopsis

For the purpose of improving the riverbed environment, Japanese traditional river works "Seigyū"(Crib spur) were set up in the Kizu River as a test trial in December 2017. Although their environmental effects through geomorphological change are under surveying even now previous knowledge on the effects has never been enough for detecting the most suitable location for setting this kind of traditional river works. Therefore, we have reviewed the past installation sites of the traditional river works in order to detect the geomorphological and hydraulic characteristics of the sites. The results indicated that a range of variations in the bed slope among the types of traditional works was related to functional difference and suitable site conditions for each type of the works.

キーワード: 聖牛, 牛, 伝統的河川工法, 水制, 木津川, 河床地形管理

Keywords: crib spur, traditional river works, spur dikes, Kizu River, riverbed management

1. はじめに

1.1 木津川の土砂環境

木津川は、流域面積1,596 km²、幹川流路延長99 kmの淀川水系の一級河川である。三重県の鈴鹿山脈、布引山脈を源流として、上野盆地の各支川を集め西進し、狭窄部で最大の支流名張川と合流した後、京都府の山城盆地に流れる。そして、南山城地域のほぼ全ての市町村を経由して北上し、京都府八幡市で宇治川、桂川と合流し、淀川となる。

流域には風化花崗岩が広く分布し、それが主要な土砂生産源となっており（江頭ら、2000）、生産された土砂は、川幅が広く、勾配の緩やかな下流区間で堆積する。これにより下流区間では、交互砂洲が発達し瀬と淵が見られる、砂河川を特徴づける景観を形成している（吉村ら、2010）。

しかしながら、木津川の河床は経年的に低下の一

途をたどっている。これは上流部ではダム群における土砂の捕捉、下流部では淀川本川を中心に行なわれた河道掘削ならびに砂利採取の影響によると言われている（淀川環境委員会、2003；竹門ら、2013）。下流区間では河床低下が進行し、滞筋の固定化、河道内植生の繁茂など、河道の二極化が問題となっている（国土交通省、2018）。また、河床低下によって、たまりやワンド等のタナゴ類やイシガイ科二枚貝の生息環境が減少傾向にあり、植生域の拡大によって、砂礫河原に依存するチドリ類、カワラハハコ等の生息環境も減少傾向にある（国土交通省、2014）。

そのため、平成26年には、淀川水系総合土砂管理委員会に木津川土砂環境検討会が設立され、「平成初期のワンド・たまり（砂河床）や礫河原の再生・保全」と、「現状の生物多様性や水産資源を支えている礫河床の瀬の保全・創出」（国土交通省、2018）を目指して、様々な対策が検討及び実施されている。

1.2 伝統的河川工法を用いた河床地形管理

上記の目標に向けた方策として、かつて木津川でも使われていた伝統的河川工法を活用した河床地形管理が提案され、2015年から流域住民が主体となり取り組んでいる。2015年10月には、地元の市民団体であるNPO法人「やましろ里山の会」（2017年より河川協力団体に指定）、漁協関係者や研究者からなる「京の川の恵みを活かす会」が中心となり、国土交通省淀川河川事務所、淀川管内グループ河川レンジャー、京都府等と連携して、三川合流点から15.2kp地点に竹蛇籠水制が設置された（北野・小林, 2016）。その結果、流れの集中による瀬の創出や、水制後背部におけるワンドの創出などの効果をもたらしている（狩野ら, 2016; 永谷ら, 2017）。

さらに、2017年12月には、竹蛇籠と同様の体制で、中型の聖牛である「中聖牛」が設置された（Photo 1）。聖牛（せいぎゅう、ひじりうし、せいうし）とは、Fig. 1のように、丸太を組み合わせ、重籠として蛇籠を搭載した透過型の水制工であり、伝統的な水制工法「牛」の一種に位置づけられる。甲州富士川筋をルーツとし、江戸時代後期以降に全国に広まったといわれている（和田ら, 2005）。木津川でも1953年の南山城水害の災害復旧時に施工されたことが確認されている（Photo 2）。水刳ね、流速低減、堆積促進等の機能があり、従来は護岸や締切り等の目的で用いられてきた。一方で今回は、陸域化しつつある砂洲と冠水頻度が低下しつつあるたまりへの導水、河岸洗掘箇所の水衝緩和等を期待して設置されており、旧来の目的とは違う新たな利用方法となっている。この事例は、木津川下流の他の地点での利用に向けた試験施工として位置づけられており、今後その効果を検証した上で、さらなる利用が検討される予定である。

また、このような伝統的河川工法は、住民の居住地域を水害から守るために培ってきたものであり、材料も木材、竹材、玉石など地元で調達可能なものが多い。そのため、河川事業への住民参加を図る上でも有効な手段であると考えられる。今回の聖牛の製作では、全くの素人である筆者も参加したが、実際に皆で協力して取り組むことで、ほとんどの工程を一般の参加者で担うことができた。そして、材料のほとんどが自然由来であることから、環境への負荷も小さく、蛇籠の製作に多くの竹材を必要とするため、木津川含め各地で顕在化している放置竹林問題の解決の一助としても期待される。

以上のように、様々な観点で今後の利用が期待され、国土交通省河川審議会答申（2000）でも、「積極的に河川伝統技術の保全を推進し、長期的観点か



Photo 1 “Seigyū” (crib spur) set up in the Kizu River as a test trial in December 2017

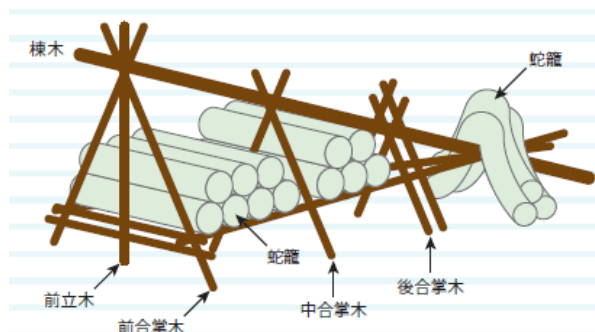


Fig. 1 Structure of “Seigyū” and names of the main parts (after Ishimura & Matsuo (2011))

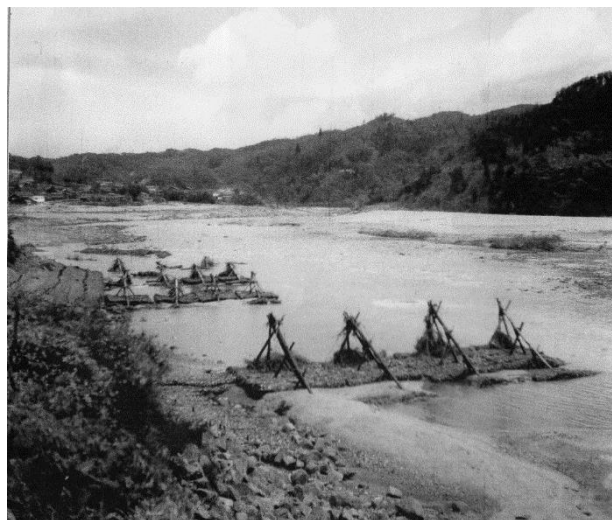


Photo 2 Seigyū (crib spur) in the Kizu River in 1953 (Photo taken by Horii. Courtesy of Nakatsugawa and Fukui)

ら将来に向けて活用を図っていくことが重要である」とされている。しかしながら、伝統的河川工法が効果を発揮する場所条件に関する知見は乏しい。その

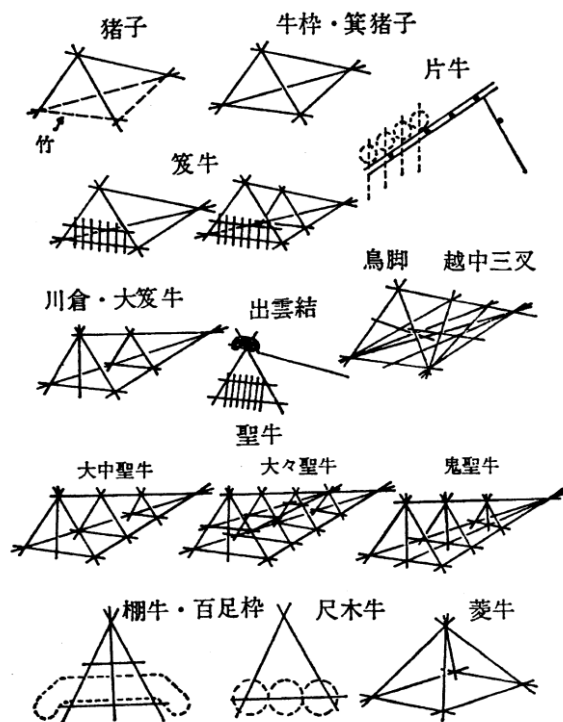


Fig. 2 Schematic drawing of many kinds of “Ushi”,
crib spur (after Sanada (1931))

ため、さまざまな種類の伝統工法から、適切な工法とその設置適地を選ぶことは容易ではない。特に聖牛を含む牛類には多くの類似した工法があり (Fig. 2), 各工法の使い分け方を明確にする必要がある。そこで、本研究では、伝統的な牛類の各工法の使い方の違いを明らかにすることを目的として、既往の文献や過去の施工事例を調べ、工法別の設置場所特性を考察した。

2. 研究方法

2.1 文献調査による知見の整理

日本の伝統的な水制工である牛類について紹介された書籍や文献を調べ、牛類各工法の使用法に関する既往の知見を整理した。そして、その知見を基に、各工法の違いと、その場所特性を考察した。対象とした書籍・文献は以下の通りである。

- ・『日本の伝統的河川工法』 (富野章, 2002)
- ・『日本の水制』 (山本晃一, 1996)
- ・『明治以前・日本土木史』 (土木学会編, 1936)
- ・『日本水制工論』 (眞田秀吉, 1931)
- ・『土木工要録』 (内務省, 1881)
- ・『隄防溝洫志』 (佐藤信季著, 佐藤信淵校, 1876)

また、『日本の水制』 (山本晃一, 1996) では、江戸時代の以下の定法書や地方書における牛類に関する記述も数多く紹介されている。

- ・『算法地方大成』 (長谷川寛閔, 秋田義一編, 1837)
- ・『地方凡例録』 (大石久敬, 1794)
- ・『百姓伝記』 (著者未詳, 1681~1684年頃)
- ・『地方竹馬集』 (平岡道敬, 1689)

2.2 牛類の施工事例の分析

文献上の定性的な記述だけでなく、より具体的に設置場所特性を明らかにするために、過去の施工事例を収集し定量的に分析した。まず、上記の文献や古写真等から、過去の牛類の施工事例を調べ、記載された地名や、写真の場合は周囲の風景を頼りに、設置場所を特定した。そして、その地点を含む区間の平均河床勾配と、その地点もしくはその地点から最も近傍の地点の平均粒径を調べ、牛類が設置された地点の河床勾配、平均粒径とした。それらの値の分布を各工法間で比較し、設置場所特性を分析した。

さらに、今回の木津川での試験施工地点をプロットし、木津川に適する工法の把握を試みた。

3. 結果及び考察

3.1 牛類の使用法に関する文献上の知見

日本で使われてきた牛類は、「牛杵」、「猪子」、「出雲結」、「鳥脚」の4つの系統に大別されている (Fig. 3)。今回の調査では、中でも「牛杵」の系統に属する、「牛杵」、「川倉」、「聖牛」、「菱牛」、「棚牛」、「箕牛」の6つの工法に関する知見が大勢を占めていた。そのため、今回はこの6つの工法を対象とした。

(1) 牛杵

牛杵 (Fig.4) は、2本の合掌木と1本の棟木、1本の梁木、2本の桁木を用いて、三角錐を組み立て、これに砂払木と棚敷木を取り付けて、重籠と尻押籠をもって沈圧させた、透過型の水制工である。猪子及び出雲結と共に諸種の牛類の鼻祖であり、既に奈良時代から用水堰等に使ったものと推定されている (眞田, 1931)。

「乱流部の護岸欠止・水制或いは仮締切工事・瀬替工事並びに用水堰等に適する」 (『日本水制工論』) とあり、様々な用途で利用可能であると考えられる。しかしながら、「用水堰或いは仮締切等の軽易な場所に適す」 (日本水制工論), 「手軽に水を防ぐものである」 (百姓伝記; 日本の水制) との記述もあり、簡便な工法であった可能性がある。

利用場所としては、「もっぱら河川の中流部以上に採用されている」 (日本の伝統的河川工法), 「杭打ちの不可能な砂利または玉石河床」 (日本の伝統的河川工法), 「勾配1/200~1/800の砂利層・砂利粘

土層の河床」（日本の伝統的河川工法），「石川・砂川によらず，応急の場合で，杭の打てないときに用いる」（百姓伝記；日本の水制），「堰を築くのに乱杭を打てない所に用いると都合が良い」（百姓伝記；日本の水制）と述べられている。

したがって，これらの知見をまとめると，流程は河川の中流部以上，勾配は1/200～1/800程度，河床材料は玉石～砂利粘土で杭打ちの難しい場所で用いられてきた，簡便な多用途の工法であったと考えられる。

(2) 川倉

川倉 (Fig.5) は，牛杵と異なり，合掌が2対あり，前面の合掌には前立木が1本加わっており，牛杵よりやや頑丈な構造である．次の聖牛と牛杵の間に位置する構造（日本水制工論）であるといえる。

利用場所については，「小形聖牛と構形はほぼ同一なので，相当急流の一般河川に応用しても効果があり」（日本水制工論），「1/2,000分～1/1,000及びそれ以上の急勾配部に於いては，合掌杵或いは聖牛，川倉，鳥脚等を用いるのがよい」（日本水制工論）との記述があった。

用途についての具体的な知見は発見できなかったが，上記の記述が水制の項にあり，河床や河岸の保護も含めて述べられていることから，少なくとも水刳ねや，護岸を目的として利用されていたことが考えられる．また，『日本の伝統的河川工法』（富野章，2002）に掲載された写真から，締切り工事での利用もあったことが推察される。

よって，勾配が1/2,000～1/1,000以上の急流部でも利用可能な工法であり，水刳ねや護岸，締切り等の用途で用いられてきたものだと考えられる。

(3) 聖牛

聖牛 (Fig.6) は，川倉にさらに合掌を1対加えて補強したもので，計3対の合掌からなり，牛類の中で最も優秀な工法とされる（眞田，1931）。

用途としては，「水制，根固，破堤場所の締切」（日本の伝統的河川工法），「水制及び水制の前囲，

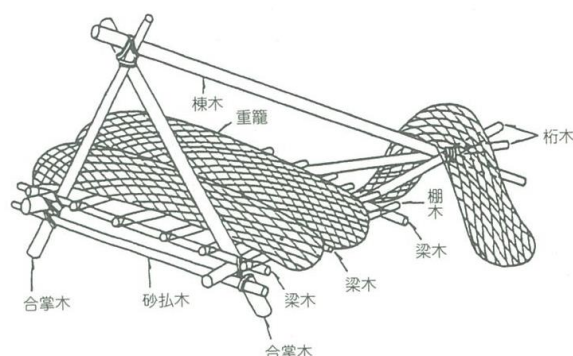


Fig. 4 Ushiwaku (after Tomino (2002))

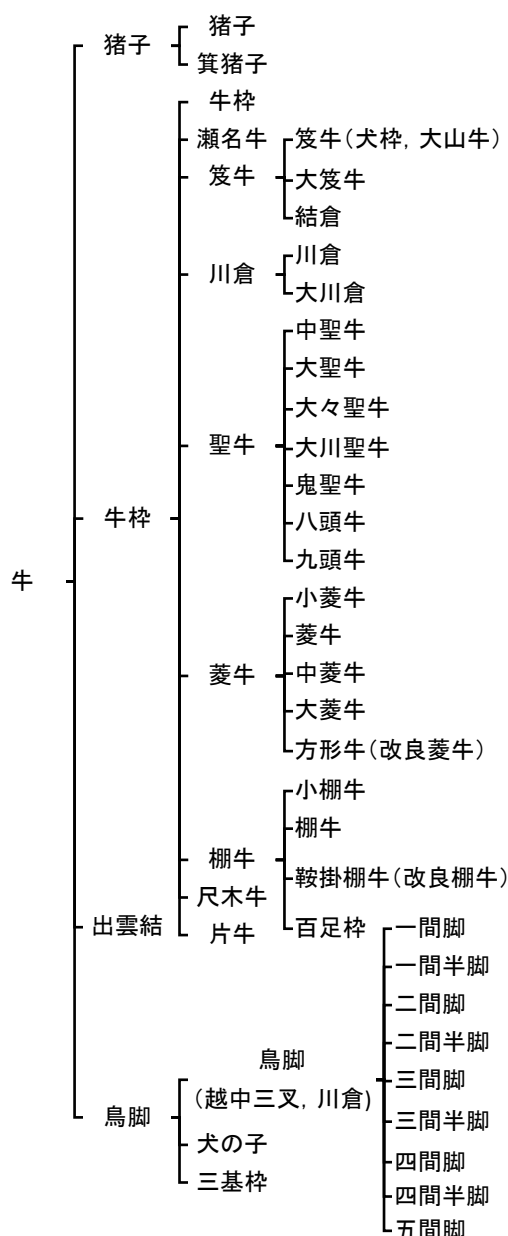


Fig. 3 Classification of “Ushi”, crib spur (modified after JSCE 1936)

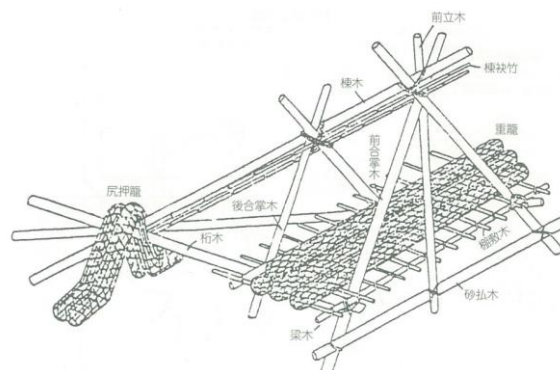


Fig. 5 Kawakura (after Tomino (2002))

或いは破堤箇所で水流が強いため築留め難い場所」

（日本水制工論），「本瀬が一円に突き当たり堤石出し・籠出しなどの水刼も保ち難い所は，川上にて荒水を切る場合，あるいは籠出しの前を囲うのに用いる」（地方凡例録；日本の水制）など，様々な目的で用いられてきたことがわかるが，牛柵と違い，用水堰等の堰上げ目的での利用に関する記述はなかった。

利用場所に関しては，「本瀬第一の川除で大造りゆえ，通常の河川では用い難い」（地方凡例録；日本の水制），「洪水位の高くない河川に，大聖牛のように高いものを撰ぶのは不可」（日本水制工論），「急流な河川で砂石を流れ送るような場所」（日本水制工論），「荒川で大石が流れるほどの石川」（地方凡例録；日本の水制），「砂石川に用いる」「関東では石川などに用いる」「泥・砂川は石がないため用いない」（算法地方大成；日本の水制），「1/2,000～1/1,000以上の急勾配部」（日本水制工論），「中聖牛：勾配1/30～1/300の砂利礫の河床」「大聖牛：勾配1/350～1/400の砂礫層または砂層の河床」（日本の伝統的河川工法）といった記述があった。

したがって，これらの知見から，勾配が1/2,000以上，特に1/400～1/30の，洪水位が高い急流大河川で，なおかつ，河床材料は砂石以上の大石が流れるような川でも用いられてきた工法であると考えられる。

（4）菱牛

菱牛（Fig.7）は，4本の合掌木を1点で結束し，角錐状に組み立てたものである。

利用場所や用途に関しては，「大聖牛，棚牛では大造りになりすぎ，笈牛では中水においても流水を打ち返しにくいような所の欠所，水刼に用いる」（地方凡例録；日本の水制），「洪水位の低い川の水制」（日本水制工論），「大河にも小河にも良い」（地方凡例録；日本の水制），「比較的水深は浅いが，砂礫の移動の甚だしい箇所」（日本の伝統的河川工法），「底面が方形で安定がよいので，河床の変動が著しい砂利川等に効果がある」（日本水制工論），といった記述があった。

流程や勾配については情報が乏しいが，洪水位が低く河床変動の著しい砂利川で，護岸や水刼を目的として用いられてきた工法であると考えられる。

（5）棚牛

棚牛（Fig.8）は，合掌を横方向に連ね，連続体としたものである。用途や利用場所に関して，「急流部の水制等に適している」（日本の伝統的河川工法），「水流強き所には適せず」（治水図彙；日本水制工論），「枝瀬，本瀬とも水越悪ければ，早く破損する。他の水刼と違って水をまっすぐに受けて良い。したがって，堤防の根より川中にまっすぐに出す。」

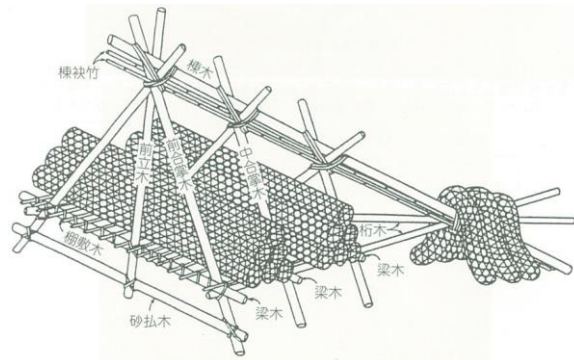


Fig. 6 Seigyū, Hijiriushi (after Home Ministry (1881))

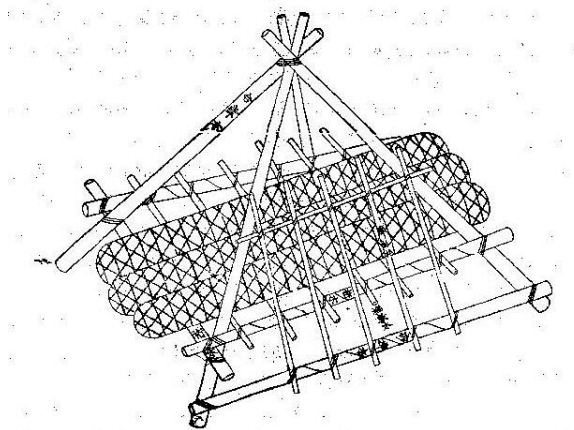


Fig. 7 Hishiushi (after Home Ministry (1881))

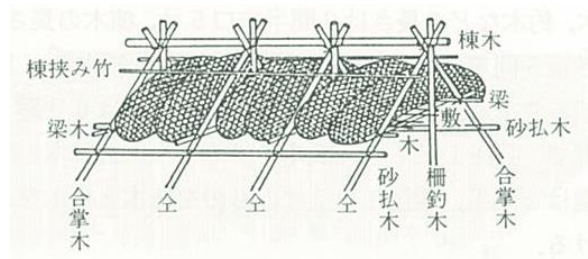


Fig. 8 Tanaushi (after Oishi (1794))

（地方凡例録；日本の水制），「棚牛の用途は砂利川の水制」（日本水制工論），「砂石川で用いる」（地方凡例録；日本の水制），「砂石川に用いる」「関東では石川などに用いる」「泥・砂川は石がないため用いない」（算法地方大成；日本の水制）と述べられている。

こちらも，流程や勾配に関する情報は乏しいが，砂石川で，水制として用いられてきたと考えられる。横方向に長い構造からも，出しとして水刼が主目的であったことが推測される。

（6）笈牛

笈牛（Fig.9）は，牛柵の前面に柵状の前立木を取り付けたものである。

用途や利用場所については，「小川の水制或いは

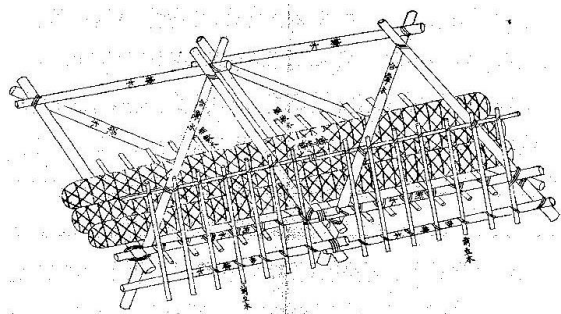


Fig. 9 Oiwake (see Home Ministry 1881)

仮締切等に使用するか、または用水堰等に施工するもの」（日本水制工論）、「大河、荒川の川除には効果がない。谷川、小川では大きな道具は使えないので河岸決壊を防ぐのにもつばら笱牛を用いる。河違い堀川などに水を通す枝川を締め切の場合や用水取水のため堰込むのには第一のもの」（地方凡例録；日本の水制）、「砂利川に用いる」「関東では石川などに用いる」「泥・砂川は石がないため用いない」（算法地方大成；日本の水制）、「谷川・小川で用いる」「大河・荒川では効果がない」（隄防溝渚志）と記載されていた。

これらのことから、河川の規模は谷川や小川、河床材料は砂石の場所で、締切り、堰上げ（用水堰）、水刎ね、護岸等に用いる工法であるといえる。牛柵より、前面の抵抗が増していることから、締切りや堰上げ等に便利な工法だと推測できる。

(7) 牛柵類6工法の違い

上記の知見をまとめ、比較すると（Table 1）、次のことが考えられる。

まず、牛柵に関しては、これらの工法の基本形であり、水刎ね、護岸・根固め、締切り、堰上げ等様々な用途で利用可能で、場所についても中流部以上の、材料が砂利粘土以上の所で幅広く用いられていた可能性がある。そして、聖牛に関しては、牛柵を急流大河川仕様にしたものと考えられ、河床材料がより大きな場所に適応していたと推測される。用途は、水制としての利用がメインで、堰上げ目的で使われることは少なかった可能性がある。川倉は、情報が少なく今後もさらなる知見を収集する必要があるが、構造的に牛柵と聖牛の間であることから、牛柵をやや急流仕様にした可能性がある。

一方で、菱牛は、河床変動の激しい川に特化し、護岸、水刎ねに用いたと考えられる。また、棚牛は、砂利川などで、水刎ねに特化したものであると思われる。そして、笱牛は、牛柵の堰上げ機能を強化し、中小河川を中心に用いられた工法だと考えられる。

以上の知見を統合して、牛柵類6工法の分類を試みると、次のようになった。まず、全ての牛柵類の元祖と考えられる基本型（牛柵）、次に、元々の機能のまま構造を頑丈にした強化型（川倉、聖牛）、そして、特定の目的や用途に合わせて変形した応用型（菱牛、棚牛、笱牛）である。牛柵類には他にも多数の工法が存在するが、このような観点で類型化することで各工法の特徴が見えてくる可能性がある。

類型ごとの場所特性についてまとめると、まず、基本型の牛柵と、強化型の聖牛（および川倉）の間で、河川の規模や勾配に対する適応範囲が異なる可能性がある。そして、応用型の菱牛に関しては河床変動の激しい河川、笱牛に関しては中小河川で用い

Table 1 Comparison of 6 types of “Ushiwaku”

	河川規模	勾配	洪水位	河床材料	用途				備考
					護岸	水刎（水制）	締切	堰上	
牛柵	中流部以上	1/800~1/200		玉石~砂利粘土	○	○	○	○	
川倉	急流河川	1/2,000~1/1,000以上			○?	○?	○		
聖牛	急流大河川	1/2,000~1/1,000以上, 1/400~1/30	高	大石~砂石	○	○	○		
菱牛	大河・小河とも可		低	砂利	○	○			河床変動が激しい川
棚牛	急流河川?		高	石~砂利		○			水流の強い所は不適
笱牛	谷川・小川			石~砂石	○	○	○	○	

られてきたと推測される。棚牛については、明確に他と違う点が少なかったが、出しが必要な、ある程度の規模の大きな急流河川で用いられたものではないかと思われる。

3.2 施工事例による場所特性の分析

(1) 河床勾配の比較

「牛柵」, 「川倉」, 「聖牛」, 「菱牛」, 「棚牛」, 「笈牛」の6工法63事例について, その地点の河床勾配を調べた。工法別の勾配分布をFig.10に示す。牛柵が分布する勾配の範囲は0.001~0.004, 川倉は0.0008~0.004, 聖牛は0.0009~0.046, 菱牛は0.001~0.004, 棚牛は0.0022~0.046, 笈牛は0.0003~0.046であった。

まず, 今回収集した全63事例の勾配の分布域を見ると, 1/1200~1/20であった。このことから, 牛柵類6工法は概ね河川の中流部以上で用いられてきた工法であるといえる。

また, 聖牛は, 勾配の平均値, 分布域ともに, 牛柵より急になる傾向があった。川倉も平均値だけを見るとその中間に位置している。これは, 前節で述べた基本型と強化型との関係にも当てはまる。基本型である牛柵の構造を頑丈にした強化型2種(川倉, 聖牛)は, より上流の急流域にまで利用範囲が拡大していることを示していると考えられる。つまり, 牛柵, 川倉, 聖牛の3工法には流程による使い分けが存在していた可能性がある。

一方で, 応用型3種(菱牛, 棚牛, 笈牛)は勾配による違いが見受けられない。それどころか, 同地点で聖牛, 菱牛, 棚牛, 笈牛の4工法を併用している事例も確認された。このことから, 応用型3種については, 流程による使い分けではなく, もっと局所的な条件による使い分けがなされていた可能性がある。河道内での施工位置, 河床の侵食堆積傾向, 施工目的など, よりミクロな視点で工法が選択されていた可能性を検討する必要がある。

(2) 河床勾配と平均粒径の比較

次に, 河床勾配を縦軸, 平均粒径を横軸にとった

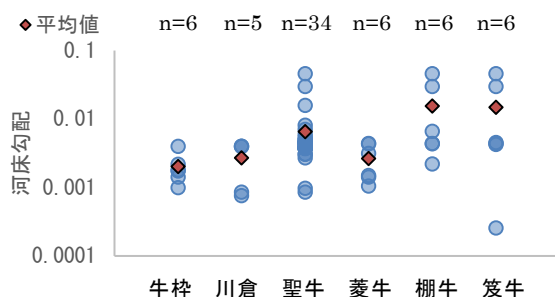


Fig. 10 Bed slope at construction points of each crib spur

際の分布をFig.11に示す。平均粒径のデータが得られたのは計40事例である。

まず, 全体的に見てみると, 河床勾配の分布は同様に1/1,200~1/20, そして平均粒径の分布が10~60mmであった。このことから, 牛柵類6工法は, セグメント1もしくはセグメント2-1の扇状地や谷底平野で用いられてきた工法であることがわかった。

そして, 聖牛は他の工法よりも急勾配で粒径が大きい場所に集中している。つまり急流の礫床河川で用いられてきた工法であることがわかった。これは前節で述べた既往の知見とも一致する。

一方で, 応用型3種については, 今回の分析からは明確な傾向は見られなかった。さらに事例を収集する必要があると考えられる。また, 前節の既往文献の調査結果や, 前項の河床勾配分布の結果からも, 応用型3種については, 勾配や河床材料だけで判断することができない可能性がある。川幅や水深, 掃流力など別の項目を用いて分析する必要がある。

そして, 木津川下流の試験施工地の勾配, 粒径は過去の聖牛の分布域からは外れていることがわかった。木津川下流と類似するような勾配の緩い平地の砂河川では, 聖牛のような頑丈なものではなく, 牛柵や川倉のような簡易なもので十分だった可能性, また, 杭打ちが容易であることから, そもそも聖牛を施工する必要性がなかった可能性, もしくは, 蛇籠に詰めるようなサイズの玉石が少ないことから聖牛を施工できなかった可能性がある。

しかし, 聖牛の必要性がない場所であっても聖牛が不適であるとは言えない。今回の聖牛の試験施工は, 過去の聖牛の施工事例の領域外ではあるが, 効果を発揮する条件下にあるという可能性はある。この点に関しては, 現地のモニタリングやシミュレーション計算等を通してその効果の度合いを検証していく必要がある。

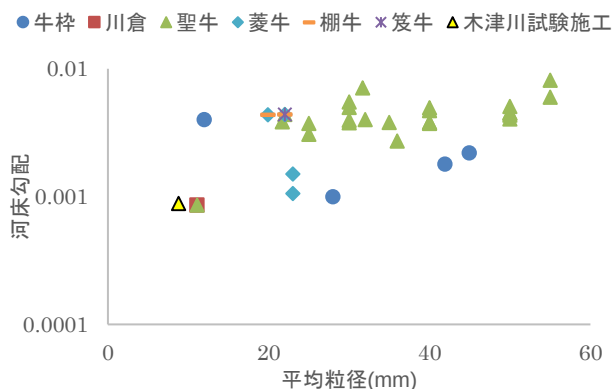


Fig. 11 Bed slope and average grain size at construction points of each crib spur

4. 結論

木津川の土砂環境改善に向けて、伝統的河川工法を用いた河床地形管理の取り組みが始まっている。その中で、昨年12月に水制工の牛の一種である「聖牛」が試験施工された。しかし、牛類には多数の類似した工法があり、今後の利用を考える上で、それらの設置場所特性の違いの把握が課題であった。そこで、既往文献上の記述の調査と、過去の施工事例の分析を行い、各工法の特性の違いを考察した。

その結果、今回対象にした牛杣類6工法は、基本型（牛杣）、強化型（川倉、聖牛）、応用型（菱牛、棚牛、笈牛）に分類された。中でも基本型と強化型の間には、流程による使い分けが示唆された。一方で応用型については、施工事例分析から違いを確認することはできず、より局所的な条件での使い分けがなされていた可能性が考えられた。

また、木津川の試験施工地点は過去の聖牛施工地点から大きく外れた条件下にあることがわかった。しかし、聖牛に不適な場所というわけではなく、単にそのような場所でこれまで施工されなかっただけである可能性もある。

今後は、さらなる情報・事例の収集、分析項目の追加等を行い、各工法の特性をより明らかにしていくことが望まれる。また、木津川の試験施工地のモニタリングを行い、聖牛の効果を検証していく必要がある。

謝 辞

本研究は国土交通省の地域課題分野（河川生態）FS研究「伝統的河川工法を用いた木津川の河床地形管理手法に関する研究」の一環として実施された。また、実施にあたっては、国土交通省淀川河川事務所河川環境課、淀川管内グループ河川レンジャー、やましり山山の会、静岡県（株）原小組等の方々から多くの助言やアドバイスをいただいた。さらに、福井波恵氏には、木津川における65年前の施工事例の情報をご提供いただいた。以上の関係者の皆様に感謝の意を表する。

参考文献

石村陽介・松尾幸二郎（2011）：昔の技術でやってみました！ 第3回 治水の達人に迫る！ 伝統的河川工法「聖牛」（前編），土木学会誌vol.96 no.4 p. 14-15

江頭進治・金海生・竹林洋史・池田晶・永田徹（2000）：木津川下流域の河床変動と土砂収支，水工学論文集44巻，p. 777-782

狩野幹太・竹門康弘・小林草平・角 哲也（2016）：木津川における竹蛇籠水制の生息場形成効果，京都大学防災研究所年報59B，pp.484-496.

北野大輔・小林慧人（2016）：木津川 竹蛇籠製作プロジェクト 市民の力で河川の生き物は増えるか，平成28年度近畿地方整備局研究発表会，施工・安全管理部門，No.9

国土交通省 河川審議会（2000）：「川における伝統技術の活用はいかにあるべきか」―生活・文化を含めた河川伝統の継承と発展―，河川審議会答申（平成12年1月21日）

国土交通省 近畿地方整備局 淀川河川事務所（2014）：土砂環境改善に向けた課題と方向性，淀川河川事務所公式ウェブサイト，木津川土砂環境の改善にむけた検討（最終閲覧日：2018年6月13日）
http://www.kkr.mlit.go.jp/yodogawa/activity/environment/dosha/nb3uba0000000b4r-att/dosha_p02.pdf

国土交通省 近畿地方整備局 淀川河川事務所（2018）：第5回木津川土砂環境検討会 参考資料-1 詳細説明資料

佐藤信季著・佐藤信淵校（1876）：隄防溝洫志
眞田秀吉（1931）：日本水制工論，日刊工業新聞社
竹門康弘・角哲也・藤田正治・武藤裕則・竹林洋史・堤大三・石田裕子・小林草平・玉基英（2013）：河川環境のための河床地形管理手法に関する技術開発，京都大学防災研究所年報56B，pp.719-730.

土木学会編（1936）：明治以前日本土木史，岩波書店

富野章（2002）：日本の伝統的河川工法〔Ⅰ〕〔Ⅱ〕，信山社サイテック

内務省（1881）：土木工要録

永谷直昌・上野和也・竹林洋史・角哲也・竹門康弘・加藤陽平・岡崎慎一（2017）：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，土木学会論文集B1(水工学) Vol.73, No.4, pp.I-1195-I-1200.

山本晃一（1996）：日本の水制，山海堂

吉村真・丸岡昇・内藤正彦（2010）：木津川の樹林化メカニズムに関する研究，リバーフロント研究所報告，第21号，p. 49-56

和田一範・有田茂・後藤知子（2005）：わが国の聖牛の発祥に関する考察―近世地方書にみる記述を中心として―，土木史研究論文集Vol.24, pp.151-160.

（論文受理日：2018年6月13日）