

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560604

研究課題名(和文) 砂州掘削による樹木生育基盤攪乱の誘発と低水路管理に向けての基礎研究

研究課題名(英文) Study on vegetation management in forest bars caused by flood disturbance resulting from bar excavation

研究代表者

清水 義彦 (SHIMIZU, Yoshihiko)

群馬大学・理工学研究院・教授

研究者番号：70178995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：わが国の礫床河川の多くは低水路の極端な河床低下と植物繁茂した砂礫州との比高増大により、河道内樹林化や砂州・みお筋の固定、水衝部の形成が治水上の問題となっている。本研究では、中小洪水を比高の高い砂州の内部に導く砂州掘削路を設けることにより、洪水攪乱を誘発して、砂州上の樹木生育基盤の攪乱(樹林化の抑制)、砂州・低水路河床の大きな高低差(横断比高)の解消、低水路線形の変更(屈曲した低水路流れによる水衝部形成の是正)をねらい、その効果評価を通じて洪水のダイナミズムを利用した新たな河道管理手法の提案を行うものである。

研究成果の概要(英文)：Recently, riparian vegetation has been extremely increasing and alternate bars covered with much vegetation can be seen as one of typical landscape in gravel-bed rivers. This situation brings about forestation in river which reduces the capacity of flood discharge and affects channel morphology by increasing of local roughness. This study aims to propose an effective method for restoration in such deteriorated gravel rivers by flood disturbance. The bed excavation over the vegetated gravel bar in the segment-1 zone of Watarase River was conducted for the restriction of growth of riverine trees and the recovery of crooked low-water channel caused by leading flash flood flow over forested bars. As results of the field survey and the numerical hydraulic simulation, it was confirmed that induced flood disturbance due to bed excavation on a stable forested gravel bar is one of effective measures for forestation controlling and management of gravel-bed river.

研究分野：河川水理学，河川工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：河道内樹林化 砂州 砂州の掘削 低水路管理 礫床河川 水衝部 洪水攪乱

1. 研究開始当初の背景

わが国の河川の多くでは、低水路河床低下と横断面内比高の拡大によって、砂州上に有意な洪水攪乱が少なくなり、植物の過剰な繁茂（河道内樹林化）が進んでいる。とくに、セグメント1に見る礫床河川では、こうした河道特性の変質とともに木本のハリエンジュ (*Roninia pseudo-acacia*) の河道内侵入によって樹林化が極端に進み、治水上、河川環境上の課題が生じている。すなわち、樹木による洪水流下能力の低下のみならず、同時に砂州・低水路の固定化をもたらす、比高の拡大とともに低水路での流量集中が慢性的な水衝部を生じさせている。また、樹林化砂州が洪水の障害物となって交互砂州や低水路平面形状に変化をもたらす（みお筋の屈曲等）、新たな水撃部を発生させることもある。さらに、砂州の樹林化は砂州に堆積した河床材料の移動を妨げ、その結果、細粒分の低水路への供給が減少して固有生物の生息環境となる砂礫河原の消失を促し（裸地河原の消失）、河川環境の劣化をもたらしている。こうした課題から、有効な樹林化砂州の管理手法の確立が急務であり、それを支える学術、技術の進展が強く望まれている。

ハリエンジュはシルトなど細粒分を含む河床表層内に根茎を平面的に張るが、樹木の伐採・伐根を行っても、河床内に破断した根茎が残存し、これより速やかな萌芽が生じて2,3年で密生度の高い林が再生する。また、ハリエンジュが洪水によるストレスを受けると、それがきっかけとなって地上部とともに地下部からも萌芽を生み（栄養繁殖）、群落の拡大を促して戦略的な生長過程が生じる。研究代表者は、洪水攪乱が樹林化を促す過程を動的樹林化と呼び、河道内樹林化の成立過程の一つと考えた。

ところで、樹木破壊に関する研究では主として流体力によるモーメント破壊が検討され、これを破壊基準とした植生動態の研究も行われている。しかし、地上部の破壊が生じても栄養繁殖を生長戦略とする植物にとって個体の破壊につながらない。むしろ上記、動的樹林化によって樹林地拡大につながる可能性が大きい。研究代表者はこれまでのフィールド調査から、樹木生育基盤そのものに攪乱（河床攪乱）を与える手立て以外には有効な樹林化抑制対策はないと考えた。そこで砂州や低水路の部分的掘削により、洪水流の一部を樹林化砂州内に導く掘削路を設置し、砂州の樹木生育基盤に有意な掃流力をもった洪水攪乱を誘発することで樹林化を抑制する試みを検討し始めた。こうした着想での掘削路を通じて、砂州の樹林化抑制や水衝部緩和のための低水路線形の是正を考察し、その知見のもとに、新たな低水路管理手法の構築がねらえるとの考えから研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究では中小洪水時に砂州内部に出水

を導く掘削路により砂州上の樹木生育基盤の攪乱を誘発させて樹林化を抑制する技術の確立を目的とする。そのための研究のフレームとして、(1)渡良瀬川礫床区間で進められてきた砂州掘削について、現地モニタリングを通じて樹林化抑制の効果評価を移動床水理、植物生態の観点から行い、(2)砂州上の樹木生育基盤の有意な河床攪乱を生むための砂州掘削のあり方（掘削路周辺の基盤攪乱を生むための河床変動 河床低下と横侵食の促進）、(3)砂州からの砂礫供給による低水路への影響評価（比高差の解消、礫河原再生や水衝部の埋め戻しなど）、及び(4)砂州掘削がもたらす低水路平面形の是正（水衝部対策）について検討し、それらを総括して樹林化河川における新たな低水路管理手法の基礎を確立する。

3. 研究の方法

(1) 出水による河道攪乱状況の調査

- ・洪水痕跡調査
- ・植生の破壊規模調査
- ・河床材料、河床変動調査
- ・出水前後の航空写真、LP 測量による考察

(2) 平面2次元流河床変動計算による検討

砂州、低水路の平面形状、また砂州掘削の形状と樹木繁茂状況を考慮して、掃流力、移動限界礫径、河床変動と河床粒度構成変化を平面2次元流河床変動による数値計算から求め、考察した。

(3) 出水後の植生変化のモニタリング調査

洪水攪乱後の地被状態の変化、とくに表層細粒分（シルト、細砂）の堆積、粗粒化、植物の破壊状況、ハリエンジュの再生の有無などに焦点をあててモニタリングを実施した。

4. 研究成果

(1) 砂州掘削路の機能評価

研究対象河川である渡良瀬川礫床区間においては、国土交通省渡良瀬川河川事務所により複数箇所の砂州内において掘削路工事が実施された。それぞれの砂州掘削路に関して H19～H25 までの洪水経験のもとに検討し以下の効果を評価した。

赤岩地先狭窄部下流の中州掘削路(50.8kp 付近, H19.3 設置)

樹林化した中州が障害物となって右岸に迂回したみお筋が落差の大きな瀬とともに水衝部を形成していたが、図1に示すように中州中央を縦断する掘削路(AB)の設置により、洪水流の一部（図中の点線矢印）が分担されて水衝部の緩和機能が認められた。また、常時流水があるため、樹林化を抑制している。

桐生大橋地先左岸砂州の掘削路(50.2kp 付近, H21.3 設置)

図2に示すように張り出した左岸砂州の高水敷寄りに掘削路を設けた。ここでは、掘削路と低水路（青色矢印が低水路流れ）との間にある砂州に対し、掘削路への洪水誘導と横断高低差による掘削路から低水路への洪水

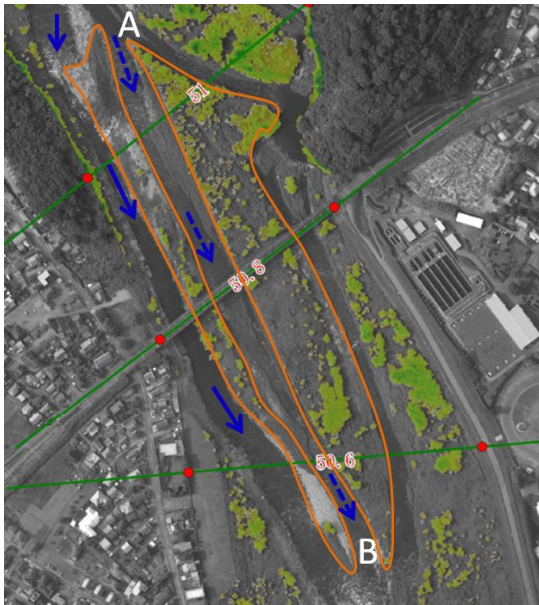


図 1 赤岩地先狭窄部下流の中州掘削 (H24.7 撮影, 掘削路は上流端 A から下流端 B に洪水流を誘導する)

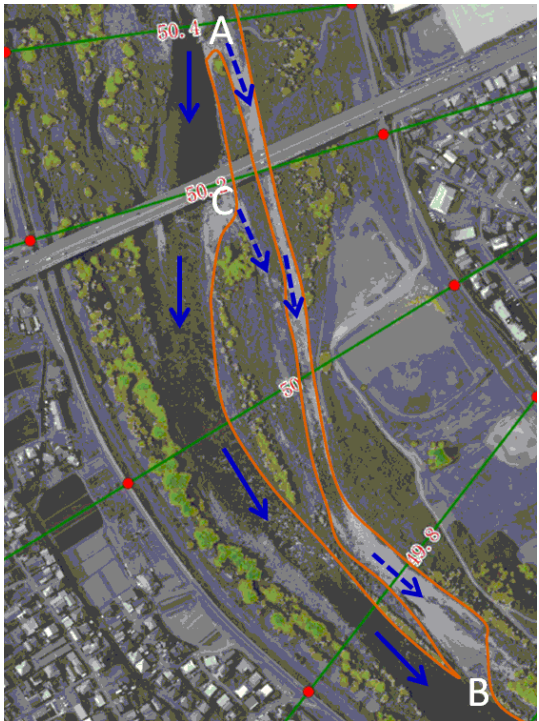


図 2 桐生大橋地先の砂州掘削路 (H24.7 撮影, 掘削路は上流端 A から下流端 B に洪水流を誘導する)

流 (横断方向流れ) から樹木生育基盤の攪乱をねらった。洪水を受ける中で掘削路幅が拡大し、砂礫床の回復から掘削路周辺では樹林化が抑制された。また、図 2 の C から低水路流れを掘削路に引き込む流路が形成され、砂州先端(C)の樹木がフラッシュされている。

昭和橋下流右岸砂州の掘削路 (H20.2 設置)

図 3 に示すように、右岸砂州に掘削路 AB を設置した。ここではみお筋が左岸堤防近傍を流れて水衝部を形成している (図中 C の下流)。そこで掘削路に洪水流量の一部を分担

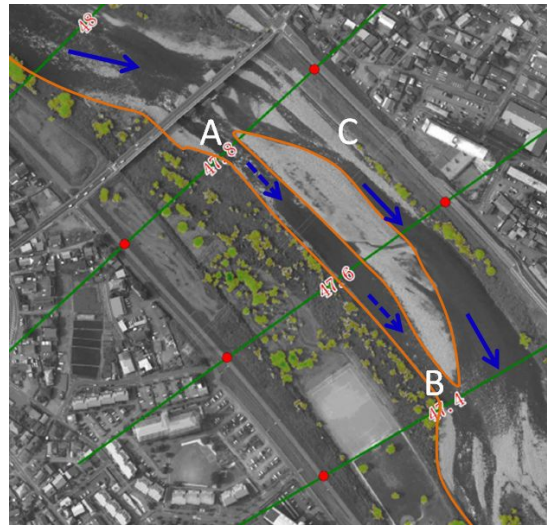


図 3 昭和橋下流右岸砂州の掘削路 (H24.7 撮影, 掘削路は上流端 A から下流端 B に洪水流を誘導する)

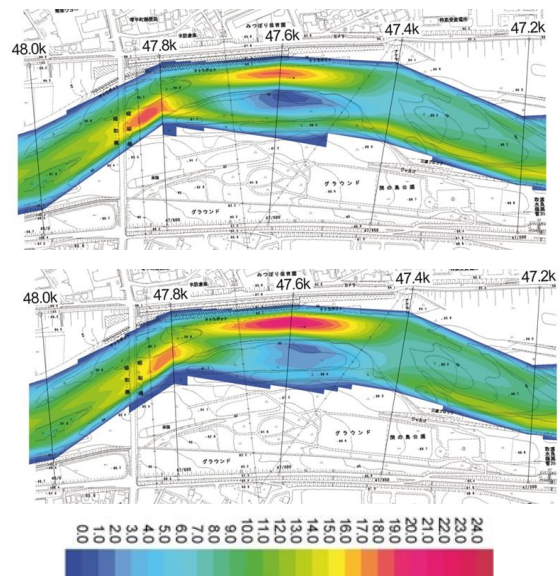


図 4 平面流計算による中規模出水 (1000m³/s)における単位幅流量の比較



図 5 昭和橋下流の掘削路の拡大

させ、水衝部での流量集中の緩和をねらった。掘削路設置当初 (H20.3) の断面形状のもとで平面 2 次元流数値計算から単位幅流量 (m³/s/m) を求めたものが図 4 の上段であり、その下段には掘削路を設けない場合での単位幅流量も併記した。これより、47.6kp 左岸

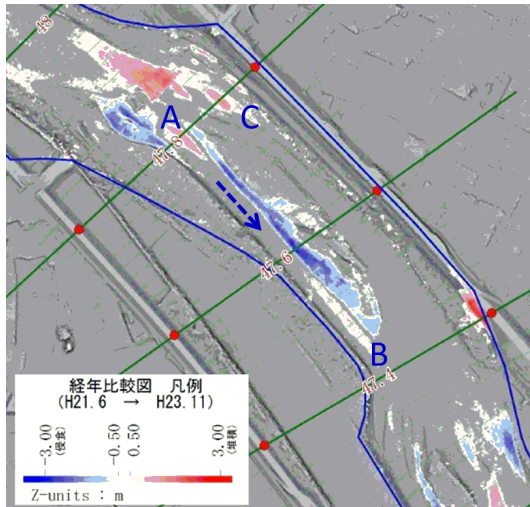


図6 H21-H23におけるLPデータの差分表示

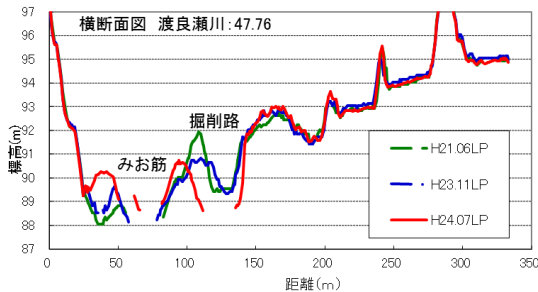


図7 掘削路を含む横断面形状の変化

付近の流量集中が掘削路によって緩和されることが分かる。図5はH23.9出水時での掘削路に洪水流が流入する状況を示したもので、こうした洪水経験から掘削路が拡大傾向にあり、現時点では常時流水のある掘削路となっている。図6にはH21.6とH23.11に撮影されたLPデータの差分図であり掘削路の洪水流誘導により、掘削路と低水路に挟まれた砂州の河床低下（青色）が認められる。

図7にはその横断面形状の経年比較を示したが、これからも掘削路の拡大と河床低下（比高の解消）の効果が認められた。これが図3に見る砂州の礫床化（図3での砂州の白色域）につながっている。さらに、図3、図6に示すCでは砂州の発達が見られ、屈曲化した低水路の線形是正や水衝部の埋戻し効果も期待され、今後のモニタリングが必要である。

松原橋地先右岸砂州の掘削路(H22.3設置)

図8に示すように、張り出し樹林化砂州の一部を掘削し、AからBへつなく掘削路を設けた。前述した昭和橋下流の掘削路に比べ、掘削幅は小スケールであるが、同様に掘削路への洪水誘導により樹林化砂州の攪乱と水衝部緩和をねらったものである。掘削路上流端A付近の低水路に砂州が形成されて掘削路への流入が促進されている。掘削路周辺では礫床が維持され、植生化の抑制が認められる。

まとめ

以上から、中小洪水を比高の高い砂州の内部

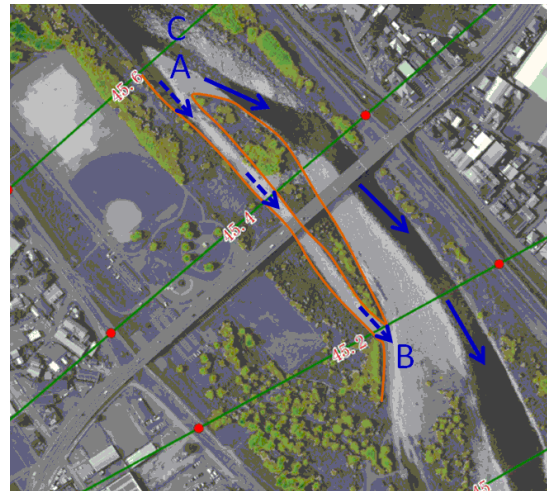


図8 松原橋地先右岸砂州の掘削路 (H24.7撮影、掘削路は上流端Aから下流端Bに洪水流を誘導する)

に導く砂州掘削路を設けることにより、洪水攪乱を誘発して、

- a) 砂州上の樹木生育基盤の攪乱（樹林化の抑制）
- b) 砂州・低水路河床の大きな高低差（横断比高）の解消
- c) 低水路線形の変更（屈曲した低水路流れによる水衝部形成の是正）

が効果として期待されることが分かった。すなわち、いずれの掘削路においてもa)の効果が認められた。砂州上では低水路に比べ河床材料が細粒であるため、掘削路に導かれた洪水流によって河床材料の移動が容易に生じる。とくに植物生育基盤を構成する細粒分（砂・シルト）が流出することで植物の侵入・定着を遅らせている。

一部の掘削路では上流端付近から下流にかけて河床低下傾向にあり、これは低水路からの土砂供給が少なく、一方掘削路河床からの細粒分輸送が活発に起こるため流砂の非平衡性から河床低下が生じたものと推測された。砂州の河床低下は残存根茎の流失を伴う有意な地形攪乱であり、またb)の効果である横断比高の解消につながっている。

c)については、昭和橋下流での掘削路でその効果を評価した。掘削路が主流化するにつれて、分担流量が増大して掘削路の側岸侵食が誘発され、横侵食により砂州の攪乱効果が認められた。同時に、掘削路の主流化に伴って屈曲化した低水路がもたらす水衝部が緩和される効果（砂州による深掘れ部の埋戻し）も期待できる。以上から砂州掘削路による洪水攪乱の誘発は洪水のダイナミズムを利用した新たな低水路管理手法として有用であることが提示できた。

(2) 植生化に伴う交互砂州比高の増大の機構説明

植生に占有された交互砂州は、みお筋との比高増大の特徴から洪水流の障害物となって偏流を生み、水衝部形成をもたらすことが

ある．ここでは，交互砂州が形成する河道において，砂州に特徴づけられた掃流砂運動に，植生の侵入と洪水による植生の流失が干渉することで生じる河床変動特性に焦点をあて，砂州・みお筋の比高増大とその固定化，すなわち植生による低水路形態の変化を考察した．対象とする砂州は低水路内に形成されるスケールのものであって，したがって検討対象の流量規模は砂州が冠水する低水路満杯流量あるいはそれをやや越える規模を設定している．すなわち，数年確率規模（例えば平均年最大流量規模）で攪乱を受ける砂州を対象とした．こうしたスケールの砂州の植生化が顕著でとなっている（したがって動的樹林化の視点が重要となる）．砂州上での河床低下・河床上昇による樹木の流失・侵入イベントを取り込んだ平面 2 次元河床変動数値計算から交互砂州上の樹林化の進行とともに比高拡大の素過程が明らかにされた（図 9）．

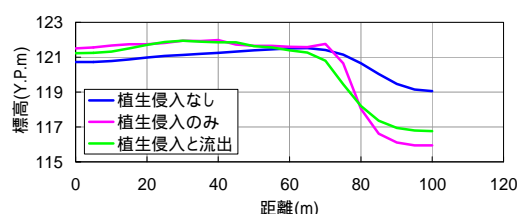


図 9 交互砂州を有する横断面形の計算結果（植生侵入で比高が増大した横断面となる）

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

清水義彦，岩見収二，竹林洋史，複列砂州における単列蛇行流路の形成に関する数値解析，土木学会論文集 B1(水工学)，査読有，Vol.70, No.4,2014, I_1045-I_1050.

Yoshihiko SHIMIZU and Shuji IWAMI, Study on morphological process in gravel-bed river driven by vegetation, Advances in River Sediment Research(Proc. 12th ISRS), 査読有，Vol.12, 2013,177-183.

清水義彦，岩見収二，河道内樹林化による複列砂州の固定化とみお筋の形成過程に関する考察，土木学会論文集 B1(水工学)，査読有，Vol.69, No.4,2013, I_1153-I_1158.

清水義彦，岩見収二，礫床河川の植生化による砂州・みお筋の形態変化について，土木学会論文集 B1(水工学)，査読有，Vol.68, No.4,2012, I_973-I_978.

松田浩一，須藤達美，内堀寿美男，大島秀則，清水義彦，藤堂正樹，固定化砂州での掘削路開削による洪水攪乱の誘発と樹林化抑制対策に関する研究(その 2)，河川技術論文集，査読有，17 巻，2011，233-238.

〔学会発表〕(計 5 件)

岩見収二，複列砂州における単列蛇行流路の形成に関する数値解析，第 58 回水工学講演会，2014.3.6，神戸大学．

Yoshihiko SHIMIZU, Study on morphological process in gravel-bed river driven by vegetation, The 12th International Symposium on River Sedimentation, 2013.9.3, Kyoto.

岩見収二，河道内樹林化による複列砂州の固定化とみお筋の形成過程に関する考察，第 57 回水工学講演会，2013.3.7，名城大学．

岩見収二，礫床河川の植生化による砂州・みお筋の形態変化について，第 56 回水工学講演会，2012.3.7，愛媛大学．

松田浩一，固定化砂州での掘削路開削による洪水攪乱の誘発と樹林化抑制対策に関する研究(その 2)，河川技術シンポジウム，2011.7.23，東京大学．

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6．研究組織

(1)研究代表者

清水 義彦 (SHIMIZU, Yoshihiko)

群馬大学・理工学研究院・教授

研究者番号：70178995

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし

(4)研究協力者

岩見 収二 (IWAMI, Shuji)

建設技術研究所・河川部

松田 浩一 (MATSUDA, Kouichi)

パシフィックコンサルタンツ・河川部

須藤 達美 (SUTOH, Tatsumi)

パシフィックコンサルタンツ・河川部

内堀 寿美男 (UCHIBORI, Sumio)

国土交通省渡良瀬川河川事務所・調査課

大島 秀則 (OUSHIMA, Hidenori)

国土交通省渡良瀬川河川事務所・調査課

由井 修二 (YUI, Shuji)

国土交通省渡良瀬川河川事務所・調査課