

# 固定砂州の掘削による中小洪水営力を用いた 樹林化抑制と水衝部対策について

STUDY ON BAR AND LOW-WATER CHANNEL MANAGEMENT  
BY USING FLOOD DISTURBANCE RESULTING FROM BAR EXCAVATION

清水義彦<sup>1</sup>・岩見収二<sup>2</sup>・大山修<sup>3</sup>

Yoshihiko SHIMIZU, Shuji IWAMI and Osamu OYAMA

<sup>1</sup>正会員 博(工) 群馬大学大学院理工学府環境創生部門(〒376-8515 桐生市天神町1-5-1)

<sup>2</sup>正会員 博(工) 建設技術研究所中部支社河川部(〒460-0003 名古屋市中区錦1-5-13)

<sup>3</sup>国土交通省関東地方整備局渡良瀬川河川事務所調査課(〒326-0822 足利市田中町661-3)

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, affects channel morphology by increasing of local roughness and obstructing to flow direction and produces remarkable bank erosion by strong meandering flow. This study aims to propose an effective method for channel management in such deteriorated gravel rivers by using flood disturbance. The bed excavation over the fixed gravel bar in the segment-1 zone of Watarasegawa 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. 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 channel management of gravel-bed river.

**Key Words :** Channel management, bar excavation, meandering flow, flood disturbance

## 1. はじめに

固定砂州によって低水路(みお筋)が高水数幅の少ない河岸にあたり、河岸侵食を誘発する水衝部をもたらすことはしばしば河道管理上の課題となっている。水衝部では局所洗掘が進み、急な縦断勾配の形成とともに、固定砂州との比高が拡大されることで砂州の樹林化傾向が強まる。こうした傾向が進む利根川水系渡良瀬川礫床区間では、砂州上流端から出水を砂州内に導く掘削路を設け、中小出水時に砂州が洪水攪乱を受けることで樹林化を抑制し、水衝部に向かう流れを緩和させることを目的とした河道管理を検討してきた<sup>1,2,3)</sup>。この中で、著者らは<sup>1,2)</sup>は狭窄部下流の固定化した中州に設けた掘削路により出水を導くことで中州内での洪水攪乱を誘発させ、樹林化抑制と水衝部緩和効果が得られることを平成19年(2007)台風9号出水によるインパクト評価から明らかにしている。一方、渡良瀬川礫床区間では比高の高い交互砂州が低水路幅を狭め、蛇行流れが河岸防護ラインの

取れない地点で水衝部を形成する箇所が多く、治水上の課題となっている。その一か所である渡良瀬川昭和橋下流(47.8km)の右岸砂州において、平成20年2月に掘削路を設け、砂州の樹林化抑制と左岸水衝部の緩和効果をねらった。本研究では、当初の設置の考え方と設置後の出水を通じてその効果評価を行い、中小洪水営力を用いた砂州の樹林化抑制と水衝部対策の有効性と課題を明らかにする。

## 2. 検討対象区間の河道特性

渡良瀬川の検討区間の河道特性は平均河床勾配1/150～1/200、代表粒径10cm程度のセグメント1であり、木本のハリエンジュによる河道内樹林化が顕著である。検討対象とした昭和橋下流47.8km～47.4kmの右岸砂州について、距離杭ごとの横断側線を記した平水時における航空写真を図1に、また、図2にH19台風9号出水時の航空写真を示す。樹林化した右岸砂州が障害物となって屈曲し

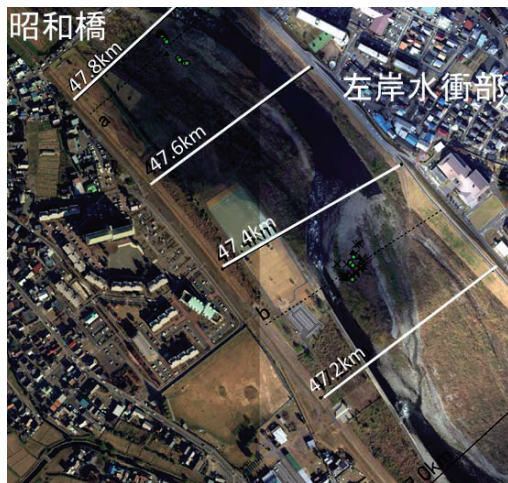


図1 検討対象とした昭和橋下流の右岸砂州

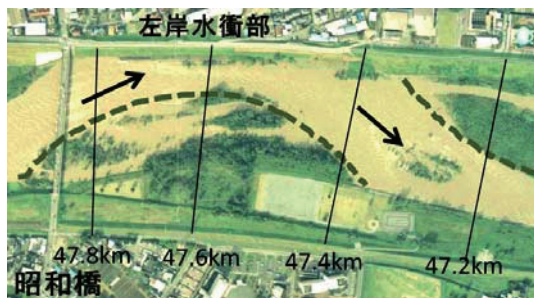


図2 H19台風9号出水時の状況

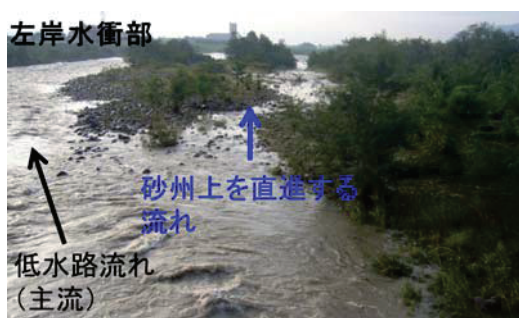
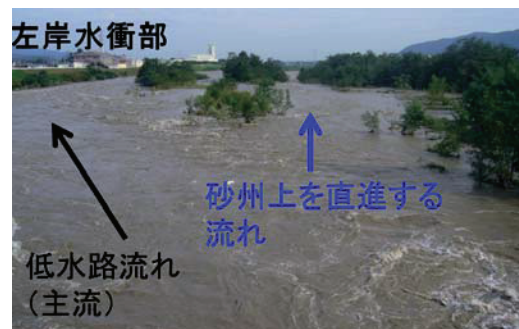


図3 H19台風9号出水時の砂州乗り上げ流れ

た蛇行流が生まれ47.6km付近の左岸水衝部を形成し、また砂州の張り出しにより低水路幅が狭められることから、ここでの流れの集中（単位幅流量の増加）が予想される。H19出水での流量規模は $1093\text{m}^3/\text{s}$ で、これは平均年最大流量をやや上回る規模である。図1から砂州前縁付近では出水時に砂州を流下方向に縦断する流路痕跡が砂礫床となって見られている。また、図3はH19出水中およ

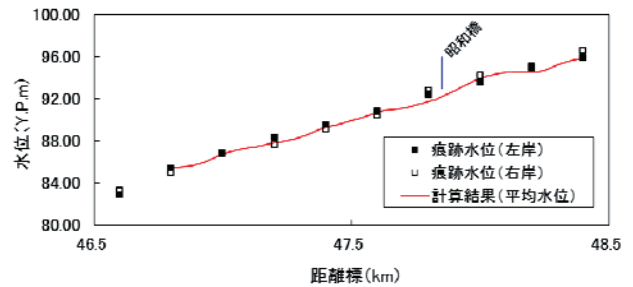


図4 H19台風9号出水の痕跡水位と平面流解析による計算水位の比較

び減水時における右岸砂州を昭和橋から下流を見て撮ったものである。同様に砂州上を乗り上げて直進する流路が確認されるが、砂州と低水路河床との比高が大きく、砂州乗り上げ流れの掃流力が小さくかつ継続時間も短いため砂州に有意な河床攪乱は生じにくい。しかしながら、この乗り上げ流れを強める砂州掘削路を設けることにより洪水流量の分担が期待できる。さらに、砂州掘削路を中心とした砂州の物理基盤の攪乱（河床低下や側岸侵食による掘削路の拡大）を、頻度の高い中小洪水によって誘発できれば、砂州の植生化抑制と水衝部緩和につながる。こうした着想のもとに砂州上を縦断する砂州掘削路を設けることを検討した。

### 3. 平面2次元流解析による砂州掘削路の効果評価

ここでは、試行的に砂州上に掘削路を設けた場合の流況を一般化座標系平面2次元流解析<sup>4)</sup>から検討する。洪水規模はH19 台風9号相当とし、この洪水痕跡水位の再現計算から粗度係数を決定した ( $n=0.035\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ )。

図4に計算水位と痕跡水位の比較を示す。この洪水規模では洪水は低水路内にほぼ収まり、高水敷樹木群の影響を受けないが、砂州の樹木の影響も含めてこの粗度係数を一律に与えている。まず始めに、掘削なしのH19現況河道における流況特性（case1）を調べるために、図5に流速ベクトル、図6に単位幅流量のコンターを求めた。現況では、洪水流量のほとんどが低水路で流れ、砂州上の通過流量がきわめて少ない。低水路では右岸砂州の張り出しにより低水路幅が縮小し、そこに大きな単位幅流量が縦断方向にわたって発生している。そして、こうした流量集中が左岸水衝部をもたらしている。

砂州上に掘削路を設けた場合の流況特性（case2）として、図7に流速ベクトル、図8に単位幅流量のコンターを求めた。掘削路としては砂州の元河床から1m程度下げ、幅を20m程度、低水路側に拵げた（後述の図9にH19現況と掘削断面の比較を示す）。図9で水衝部を有する代表断面47.6kmにおける水位と流速の横断分布を掘削路ありなしで比較した。図6および図8に比較から掘削路設



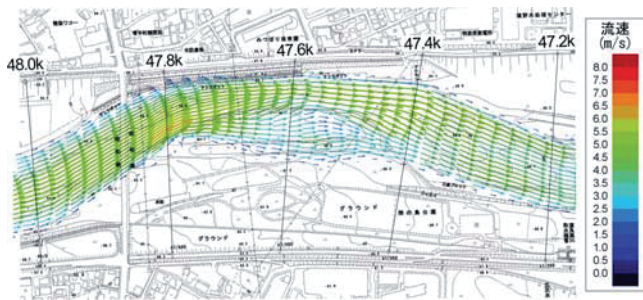


図5 H19現況河道における流速ベクトル（掘削なし;case1）

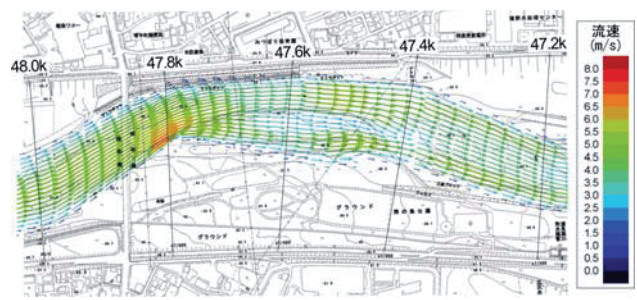


図10 掘削路+低水路の埋戻しでの流速ベクトル(case4)

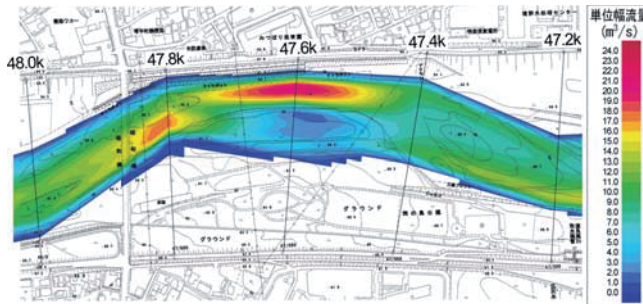


図6 H19現況河道における単位幅流量（掘削なし;case1）

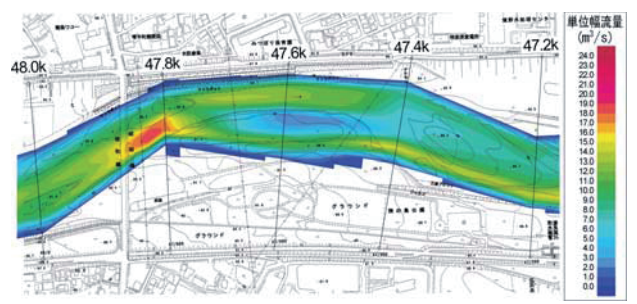


図11 掘削路+低水路の埋戻しでの単位幅流量(case4)

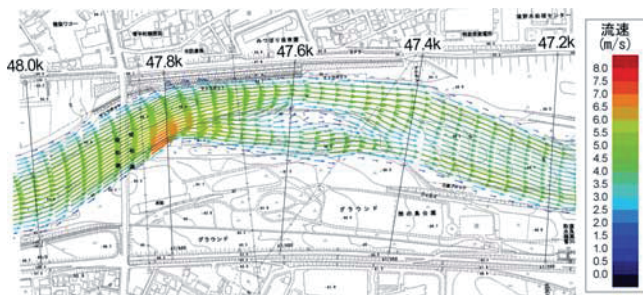


図7 砂州掘削路ありの流速ベクトル (case2)

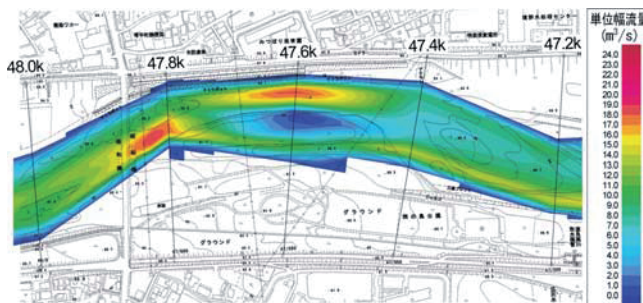


図8 砂州掘削路ありの単位幅流量 (case2)

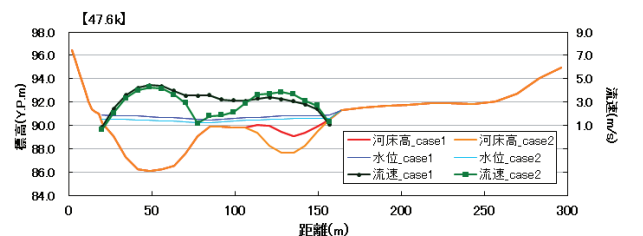


図9 47.6km横断における掘削路有無の流速・水位分布

置により低水路での流量集中すなわち単位幅流量の増大が抑制され、水衝部緩和効果が期待される。ただし、図9より掘削路を設けたcase2では、左岸側低水路と砂州掘削路の間にある中州となった地点での流速低下が著しく（図8における47.6km横断線に見られる砂州の単位幅流

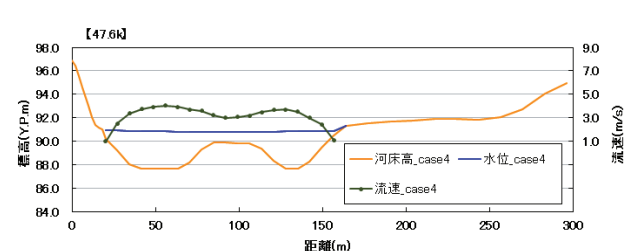


図12 掘削路+低水路の埋戻しでの流速・水位分布(case4)

量の低下域（濃い青色）に対応）、樹木伐採後の再樹林化が懸念される。そこで、低水路を砂州掘削路河床高まで埋め戻した条件(case4)での検討を行った。図6（H19現況;case1）、図8（砂州掘削路有;case2）、図11（砂州掘削路有、低水路の埋戻し;case4）を比較すれば、case4は左岸水衝部での単位幅流量は著しく低減している。しかも図12より左岸側低水路と砂州掘削路間の中州での流速も回復しており、中小洪水営力による砂州河床のフラッシュ効果も維持され、一定の植生化抑制が期待できるものと推測できる。したがって、低水路流量集中の緩和（水衝部対策）、砂州の再樹林化抑制の両者の観点からcase4が最も有効なメニューであると判断できる。

#### 4. 掘削路の段階的設置と出水による効果評価

図13, 14に示すように、昭和橋下流の右岸砂州において、砂州乗り上げ流れの流路に沿って縦断方向に直線的に、水路幅20mの台形断面とした掘削路を平成20年(2008)2月に完成させた。図15に47.6kmの横断図を示す。図16は小洪水が掘削路を流れる状況で示したもので上流の高津戸地点日平均流量50m³/s程度であり、これを超える流量は2008年流況で年23日程度である。小洪水を経



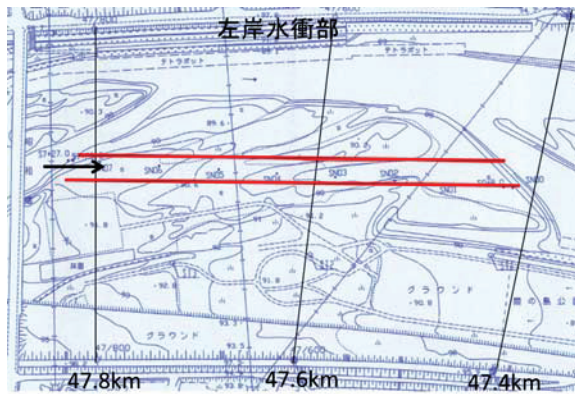


図13 砂州掘削路の位置（赤色の線）



図17 小洪水後の砂州掘削路の状況（H20. 5. 21）



図14 砂州掘削路の施工（H20. 2完成）

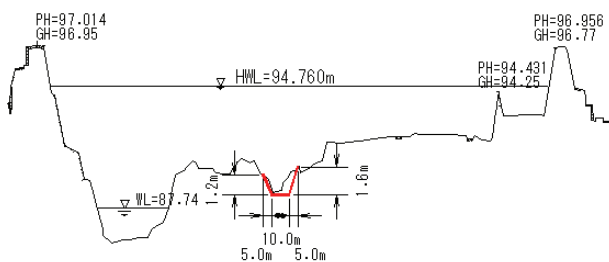


図15 47.6km断面での砂州掘削路（赤色の箇所）



図16 砂州掘削路を小洪水が流れる状況（H20. 5. 20）



図18 砂州上への草本類の侵入状況（H20. 10. 7）

表1 高津戸地点での洪水流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )

洪水の発生日	高津戸地点での観測流量
H21.8.10	610
H23.7.21	395
H23.9.2	835
H23.9.21	1445
H24.5.3	532
H24.6.20	1146
H25.9.16	1012



図19 砂州上への草本類の侵入状況（H23. 9. 2）

験する中で砂州掘削路河床ではシルト，細砂が流出するために草本類の侵入が抑制される（図17, 18）。

表1に掘削路設置後の洪水について高津戸地点(56km)での洪水流量としてまとめた。とくに，平成23年9月2, 21日の洪水規模は大きく，図19に示すように掘削路にもかなりの洪水流量が生じたものと推測された。

掘削路設置後からH23.9.21洪水までの洪水インパクトによる横断面形状の変化について，図20に47.6km断面，図21に47.8km断面を示す。右岸砂州中央部にあたる測線をもつ47.6km断面では，掘削路での側岸侵食による流路の拡大が見られる。また，H23.6までの変化としては低



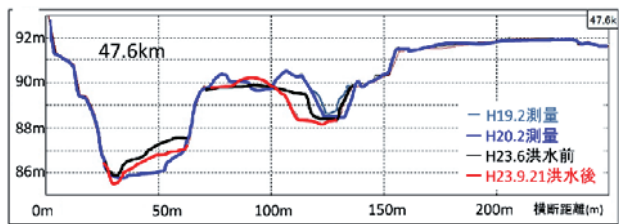


図20 H23.9までの洪水経験による47.6km横断面形状変化

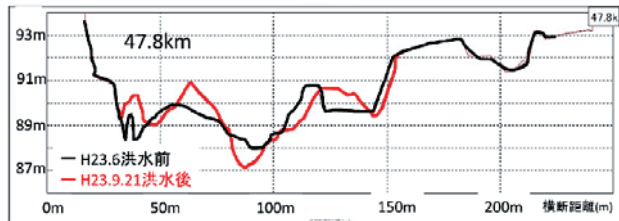


図21 H23.9までの洪水経験による47.8km横断面形状変化



図22 H23.9.21洪水後の掘削路の状況



図23 H23.9.21洪水後の掘削路の状況

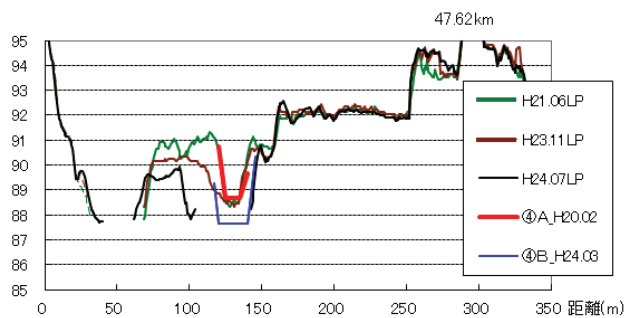


図24 LPIによる掘削路工事A, Bと横断面形状の変遷(47.62km)

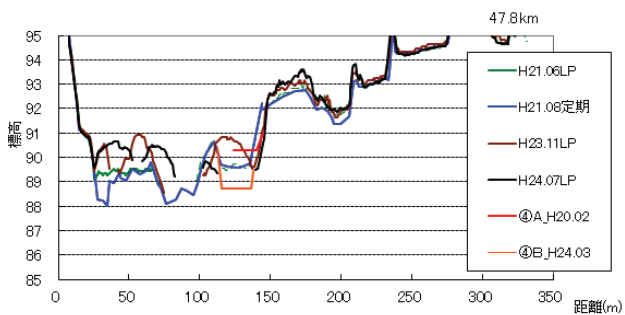


図25 LPIによる掘削路工事A, Bと横断面形状の変遷(47.8km)

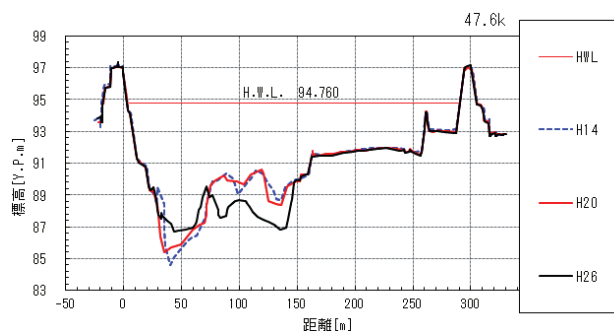


図26 掘削路工事A, Bとその間の出水経験による横断面形状の変遷(47.62km)

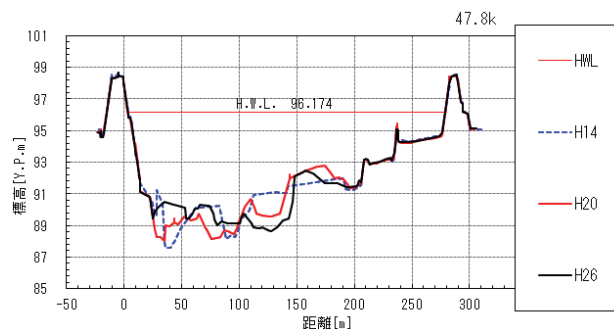


図27 掘削路工事A, Bとその間の出水経験による横断面形状の変遷(47.8km)

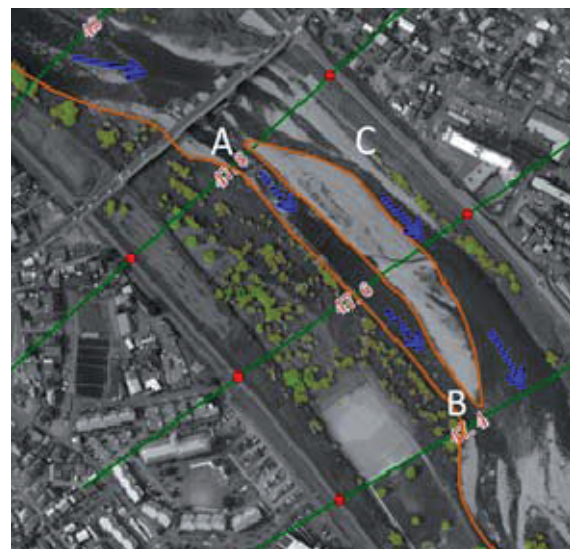


図28 昭和橋下流の砂州, 掘削路, 低水路のH24.7現況

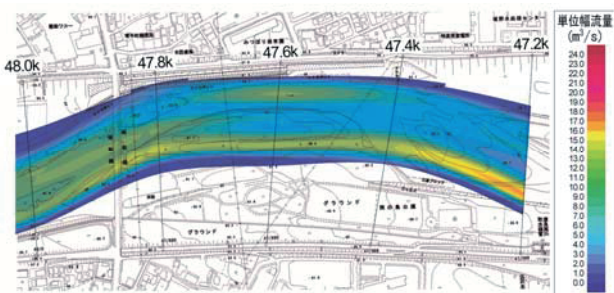


図29 H26年度定期横断面測量地形における単位幅流量図

水路の河床上昇が見られ、砂州一低水路の横断比高の縮小効果が確認される。一方、掘削路上流端を含む横断面

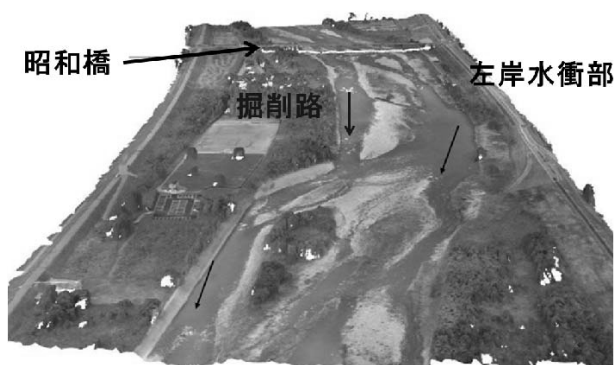


図30 昭和橋下流の砂州、掘削路、低水路の現況（下流から上流を見た立体図、H25. 10. 4撮影）

(47.8km)では、掘削路上流端付近(横断距離120m～140m)（図22でのA）と左岸側(横断距離50m～80m)での堆積（図23でのD）が生じ、横断距離80m付近ではみお筋の河床低下が見られる。このみお筋の河床低下は流れの集中によるもので、その傾向は図6, 8, 11に見る47.8km横断側線上にある単位幅流量の集中地点に対応している。図22のAにあたる掘削路上流端付近の堆積は掘削路への洪水流入が阻害されるため好ましくない傾向である。しかし、その下流では砂州掘削路により導かれた洪水流での河床攪乱効果が認められるため、掘削路の河床を下げ、かつ掘削路断面を拡大することで流入洪水量を増加させればより効果的な河床攪乱が期待できそうである。

そこで、掘削路拡大の2期工事を平成24年3月に完成させた。以下、前述の平成20年2月掘削工事を工事A、平成24年3月掘削工事を工事Bと区別する。2期工事Bでは掘削路河床を工事Aよりも1m程度下げて断面をやや広げ、また前述した数値計算結果(case4)を考慮して、左岸水衝部にあたる河岸沿い深掘れの一部を袋詰め根固め工と掘削発生砂礫で埋戻した。掘削路工事断面A,BおよびLP計測による横断面の変化を図24, 25に示す。表1に示すように工事B以後、1000m<sup>3</sup>/s規模の中小洪水を2回経験している。LP計測では水面下が撮れないものの、図24, 25から工事Aによって誘発された砂州地形の攪乱（側岸侵食）が、工事BによってH24洪水が掘削路に流入することで同様に拡大していることが分かる。

図26, 27に掘削路工事A,Bと出水経験による横断面形状の変遷を示した。これらの図より、砂州掘削路による洪水流の流入で砂州河床の基盤攪乱が有意に生じていることが分かる。図25及び図27の比較から2期工事Bで下げた掘削路河床はH24洪水を経験しても掘削路上流端（洪水の流入口）での砂礫堆積を生じず、その河床高さを維持している。また、左岸水衝部付近の河岸沿いでは工事Bと洪水による砂州堆積の効果から埋戻し効果が現われており、水衝部の緩和につながっている。図28はH24.7現況の河道状況を示したもので、上流端Aからその出口Bに至る掘削路の中で堆積による流路閉塞はなく、常時、掘削路を水流が流れる状況となっており、H27.3時点に

おいても変わらない。また、47.8kmから水衝部Cにかけて主流路である低水路では砂州が発達し、この影響もあって掘削路への流入が促進されているものと推測される。そこで、3章と同様に、同洪水流量規模のもとH26年度定期横断測量データ（図26, 27に記載したもの）を用いて平面2次元流解析から単位幅流量を求めた（図29）。これより、図6, 8と比較すると47.6km付近の水衝部が解消されていることが分かる。さらには掘削路が主流化する傾向が見られる。図30にはH25.10現況河道を下流から上流に向かって見た立体図である。掘削路から導かれた洪水流がその下流の樹林化した砂州にも有意な洪水攪乱を誘発させ、樹林化抑制と水衝部対策につなげることが低水路・砂州管理としての次の課題である。

## 5. まとめ

比高の高い固定化した砂州は樹林化しやすく、流れの障害物となって、流下能力、水衝部形成の面で治水的な課題をもたらし、また、河道ダイナミズムの低下にもつながる。本研究では、中小洪水すら冠水できない砂州に、掘削路を設置し出水を導くことで砂州河床の洪水攪乱を誘発させ、砂州の樹林化抑制と水衝部緩和効果が得られることを目的とした。そして平成20年以降の中小洪水を経験する中で掘削路の効果が認められることを提示した。

**謝辞：**本研究は国土交通省関東地方整備局渡良瀬川河川事務所と共同で取り組んだものである。とくに当時、調査課に在籍された現関東地方整備局河川部・大島秀則氏、内堀寿美男氏、由井修二氏には河道管理についての有意義なご議論を頂いた。また、本研究を進めるにあたり、H24-26河川整備基金指定課題（代表・清水義彦）およびH26科学研究費・基盤研究(A)（代表・山田正）の助成を受けた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 清水義彦・岩見収二・石川陽介・佐藤文泰・磯田忠生・遠藤武志、洪水攪乱の誘発を目的とした中州掘削工事の効果評価とその考察、土木学会水工学委員会・河川技術論文集、査読有、第14巻、169-174、2008。
- 2) 岩見収二、清水義彦：洪水攪乱誘発に対する中州掘削と河床材料の効果、水工学論文集、第53巻、601-609、2009。
- 3) 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、第17巻、233-238、2011。
- 4) 長田信寿、細田尚、村本嘉雄、Md. MRahman：一般座標系による側岸侵食を伴う河道変動の数値計算、水工学論文集第40巻、927-932、1996。

(2015. 4. 3受付)