

# 旭川の玉柏箇所における植生伐採効果の検討

## STUDY ON REMOVAL EFFECT OF VEGETATION AT TAMAGASHI AREA IN THE ASAHI RIVER

前野詩朗<sup>1</sup>・赤堀遼介<sup>2</sup>・児子真也<sup>3</sup>・藤井勲<sup>4</sup>

Shiro MAENO, Ryosuke AKAHORI, Shinya NIGO and Isao FUJII

<sup>1</sup> 正会員 工博 岡山大学教授 環境理工学部環境デザイン工学科 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1)

<sup>2</sup> 学生会員 岡山大学大学院環境学研究科社会基盤環境学専攻 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1)

<sup>3</sup> 正会員 国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所 調査設計課 係長 (〒700-0914 岡山市北区鹿田町 2-4-36)

<sup>4</sup> 正会員 国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所 調査設計課 課長 (〒700-0914 岡山市北区鹿田町 2-4-36)

Recently, the number of gravel bars in the Asahi River have continuously decreased, whereas stable vegetated areas have rapidly expanded on river bars. Excessive growth of trees on the bars not only reduces flood control functions but also deteriorates original river environment. To solve this problem, removal of vegetation at several areas has been carried out to restore the gravel bars in the Asahi River. Therefore, it is very important to examine the effect of removal of vegetation. In this study, flood flow simulations with its discharges 1000 m<sup>3</sup>/s, 2000 m<sup>3</sup>/s and 3000 m<sup>3</sup>/s were carried out at Tamagashi area where developed vegetation was removed June in 2008. As a result, although non-dimensional shear stress on the restored bar does not increase so much with the discharge 1000 m<sup>3</sup>/s, it increases as an increase of the discharge. And restored bed materials might move with the discharge more than 2000 m<sup>3</sup>/s.

**Key Words :** removal of vegetation, restoration of gravel bars, flood flow simulation, vegetation management

### 1. はじめに

近年, 岡山市を流れる一級河川旭川では 1980 年代以降, 植生が砂州上で過度に発達するようになり, 樹林化が進行している. 一方で礫河原は激減し, 礫河原固有の植生環境を脅かすようになった. これは, 河道内での砂利採取が禁止され, また, 砂州の掘削が近年殆ど行われなくなったことなどによる人為的な河床の攪乱の減少, また, 1954 年に旭川ダム, 1955 年に湯原ダムが建設されたことによる洪水の平滑化制御により, 自律的な河床の攪乱が起こりにくくなったことが原因の一つと考えられている. このような砂州が樹林化する問題は旭川に限らず全国各地の河川で発生しており, 河川景観の悪化, 礫河原固有種の減少といった問題だけでなく, 洪水時の流下能力の低下といった治水上重要な問題も引き起こすため, 河道を修復し礫河原を再生<sup>1,2)</sup>させることは河道管理の面から見ても大変重要である. 近年では樹林化の要因となる陸域植生の消長に関する研究も盛んに行われるようになり, 田中ら<sup>3)</sup>は, 砂礫河原上で急速に拡大しているシナダレスズメガヤに着目し, 洪水時の土砂補足特性や, 洪水攪乱後の翌年の生産量の変化などを把握することを

目的とし, 現地観測と数値解析によって洪水によるシナダレスズメガヤの自然除去条件を明らかにしている. 八木澤ら<sup>4)</sup>は, 河道内植生の長期予測手法を確立させることを目的とし, 砂礫州上の植生の破壊, 回復及び繁茂領域拡大機構を考慮した植生動態解析モデルを構築し, 実際の植生分布と比較することで植生動態モデルが今後の植生動態を予測できる可能性を示唆した. 宮脇ら<sup>5)</sup>は, 裸地への植生侵入・定着過程を明らかにすることを目的とし, 木津川において過去の航空写真, 地形データ, 流量を用いて比較的容易に植物の侵入・定着域を見積もる方法を示した. 渡辺ら<sup>6,7,8)</sup>は旭川のヤナギ林の拡大機構を明らかにし, また, 樹林化抑制策を提案している. それに基づいて, 眞田ら<sup>9, 10)</sup>は, 旭川の大原試験区と祇園試験区(図-1 参照)を選定し, 植生伐採並びに砂州の切り下げを実施し, 伐採後の洪水インパクトにより, 自律的に礫河原が維持されるのかどうかを検討している. その際, 前野ら<sup>11)</sup>による平面 2 次元モデルを用いた数値シミュレーションも合わせて行い, 河床せん断力により, 試験区の河床材料が移動することが予測されるかどうかを検証している. その結果によると, 河床攪乱が起こると予測された祇園試験区では, 予測通り洪水インパクトにより

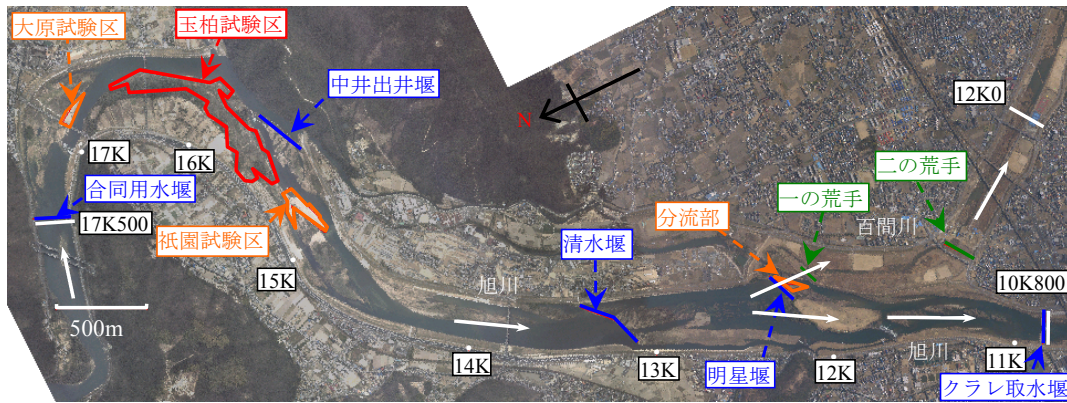


写真-1 対象区間(2006年撮影)

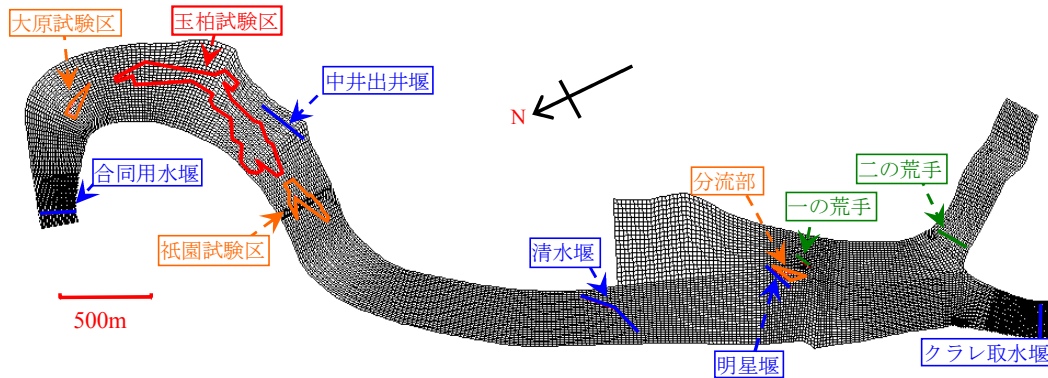


図-1 解析メッシュ

礫河原が拡大したが、大原試験区では、シナダレスズメガヤの繁茂や試験区下流部に位置する樹林帯により、河床が攪乱されにくい状態となっていたことなどを明らかにし、今後の礫河原整備計画立案における留意点を示し、改善策としてパイロット水路を掘削している。

旭川では、これらの2箇所の試験区に加えて、樹林化が進行し、礫河原に広範囲に生息していたカワラハハコ、カワラヨモギ、カワラナデシコといった河原固有の植生が殆ど見られなくなった玉柏地区(図-1中の赤い枠で囲った部分)が新たに試験区に選定され、2009年1月に木本類(ヤナギ、エノキ、アキニレ等)、草本類(オオブタクサ、カナムグラ等)の植生伐採が実施された。本研究は、本試験区における流量が $1000\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $3000\text{ m}^3/\text{s}$ の場合について植生伐採前後の数値解析シミュレーションを行うことにより、その効果や問題点を検討し、その解決策として、河床を切り下げた場合、パイロット水路を掘削した場合についての解析も行い、今後の植生管理手法についての検討を行った。

表-1 解析ケース

| 解析ケース   | 流量( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 伐採の有無 | 図-4の記号 |
|---------|-----------------------------|-------|--------|
| Case1-1 | 1000                        | 無     | ×      |
| Case1-2 | 1000                        | 有     | ●      |
| Case2-1 | 2000                        | 無     | ×      |
| Case2-2 | 2000                        | 有     | ●      |
| Case3-1 | 3000                        | 無     | ×      |
| Case3-2 | 3000                        | 有     | ●      |

勾配は1/670、河道幅は約300m、河床材料の粒径 $d_{50}$ は30mm程度である。なお、調査区間には多くの取水堰が存在し、平常時は流量の変動による水際線の移動は小さい。対象区間の砂州の殆どは礫河原であったが、1980年代以降、砂州の固定化と樹林化が急速に進行し、礫河原は洪水が砂州を横切る一部で確認されるのみであった。礫河原の再生を試みた大原試験区では、試験区の下流部に位置する樹林や植生の回復のため期待された程の礫河原再生効果は現れていないが、紙園試験区では、その後の洪水により、礫河原が拡大し、自律的な礫河原が再生されつつある<sup>8),9)</sup>。

## 2. 数値解析の概要

### (1) 対象区間の現況

本研究の対象区間は、写真-1に示す旭川の河口から10.8km～17.5km区間で、旭川の放水路である百間川は河口から12.0km付近から上流である。この区間は、平野部に出た直後から感潮区間上流端までである。区間の河床

### (2) 解析モデル及び解析条件

本研究では、前野ら<sup>11)</sup>が同区間を対象として解析を行い、植生の柔らかさや、摩擦速度による基準により倒伏の影響を考慮できるモデルとして検証されている平面2次元モデルを用いた。図-1は、本研究で用いた解析メッシュを示している。旭川は流下方向に319、横断方向に

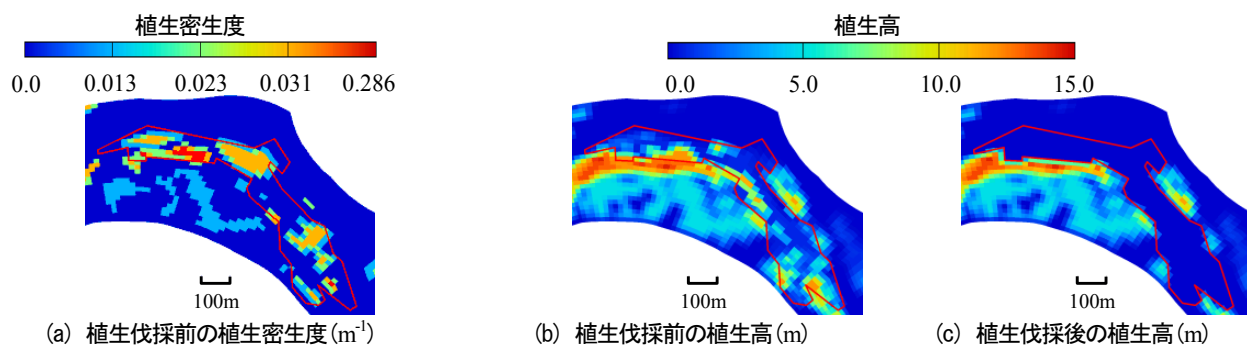


図-2 植生伐採前後の玉柏試験区の植生高

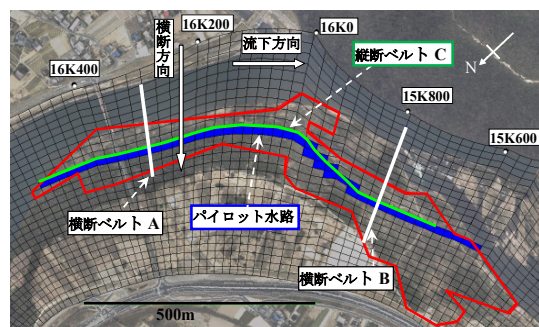


図-3 横断ベルト A, B と縦断ベルト C

29 の節点を、百間川は流下方向に 129、横断方向に 20 の節点を設けている。メッシュの格子間隔は十数メートル程度である。本モデルでは植生を抵抗として取り扱っており、植生密度、植生高から形状抵抗力を求めている<sup>11)15)</sup>。河床変動については清水<sup>12)</sup>の手法をもとに、流砂量式に関しては芦田・道上の式<sup>13)</sup>を、浮遊砂量式に関しては板倉・岸の式<sup>14)</sup>を用い、限界掃流力に関しては岩垣の式より求めている。また、現地データに関しては、H18 年 8 月と H21 年 6 月に行われた航空レーザー測量によるデータを用いた。所定流量に達するまで 2 時間の予備計算を行った後、河床変動計算を 4 時間行った。

表-1 は、本研究における解析ケースを示している。流量が  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  (約 1 回/1.3 年)、 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  (約 1 回/2.9 年)、 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  (約 1 回/6.7 年) の場合について、それぞれ玉柏試験区の植生伐採の有無について検討した。本試験区における計画高水流量は  $6000 \text{ m}^3/\text{s}$  であるが、冠水頻度を考慮して流量を設定した。植生伐採有りとなっている場合は、写真-1、図-1 において玉柏試験区の赤枠で囲んである部分の植生を除去して解析を行った。

### (3) 玉柏試験区の植生の状況

図-2 は、玉柏試験区の植生伐採前の各メッシュに与えた植生密度(流れの単位体積あたりの植生の遮蔽面積<sup>15)</sup>)と植生高、植生伐採後の植生高を示している。密度の大きな箇所が、試験区の上流、中流、下流域に見られるのがわかる。また、試験区域の上流側の右岸寄りに高木種が多く存在し、中下流部では主に草本類が繁茂している。なお、植生伐採後は赤枠内の植生高、植生密度を 0 として解析した。

### (4) 玉柏試験区での解析結果の検討方法

図-3 に示した横断ベルト A,B(白色)と昭和 40 年代の砂州上において水道であった縦断ベルト C(緑色)上の河床の攪乱について、河床の約 80% 程度の砂礫が移動すると考えて粒径  $d_{80}=50\text{mm}$  で無次元化した無次元掃流力と河床の変動状況により検討する。横断ベルト A,B は、図中のベルトの左岸側の始点を 0m とし、右岸に向かって横断方向距離をとった。縦断ベルト C は、ベルトの上流の始点を 0m とし、下流に向かって流下方向距離をとった。また、図-3 に示した範囲の平面的な河床の掃流力分布と河床変動の状況も検討する。

## 3. 解析結果および考察

### (1) 各ベルト上における無次元掃流力と河床変動

図-4 (a), (b) は、ベルト C 上における無次元掃流力と河床変動を示している。横断ベルト A,B のグラフには植生伐採を行った箇所の境界を破線で示している。破線より右側が植生を伐採した領域である。

縦断ベルト C についてみると、何れのケースにおいても植生伐採により無次元掃流力が増加していることがわかる。これは植生を伐採することで、砂州上へ水が浸入しやすくなったことが要因として考えられる。流量が大きい  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には、無次元掃流力が 0.05 程度以上になり河床攪乱が予測されるが、 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には 0.03 程度以下で河床攪乱は生じ難いと考えられる。ベルト C 上の河床変動についてみると、植生を伐採しない場合には、何れの流量においても河床変動は生じないが、流量が  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合の伐採後は、河床が攪乱され 50cm 程度の洗掘域と堆積域が縦断方向に交互に現れることがわかる。流量が少ない  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には、植生伐採による河床攪乱効果は見られない。これは  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  程度の洪水では、河床変動を起こすのに十分なほど水が砂州上へ浸入していないことが要因として考えられる。

横断ベルト A についてみると、何れのケースも植生伐採区間では無次元掃流力が増加し、逆に左岸の低水路側では、植生伐採前より掃流力が減少している。このことより、

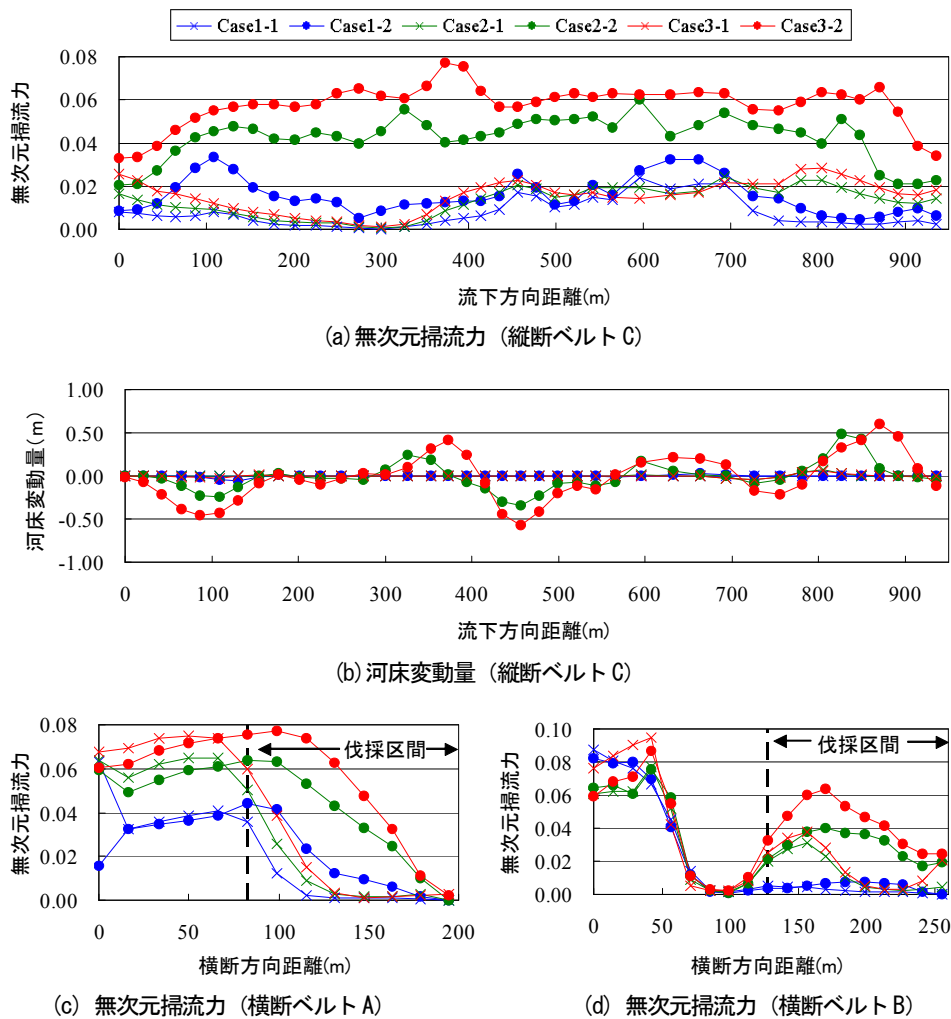


図-4 各ベルト上での伐採前後の無次元掃流力と河床変動量

砂州上の植生伐採は、砂州への水の浸入を促すと同時に、低水路への流れの集中を抑制し、その結果として低水路側での河床低下を低減させる効果も有することがわかる。

横断ベルト B の無次元掃流力についてみると、伐採区間では横断ベルト A と同様に伐採後の掃流力が増加する傾向がみられる。左岸寄りの低水路 0~50m 間では、流量が  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には無次元掃流力の抑制効果が現れているが、 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  以下の場合にはベルト B で見られたような無次元掃流力の抑制効果は見られない。これは、70~110m 間に未伐採区域があるため、低水路での掃流力の抑制効果が現れ難かったことが原因と考えられる。

## (2) 玉柏試験区全体での平面流況

図-5 は玉柏試験区における無次元掃流力と流速ベクトルを、図-6 は河床変動と流速ベクトルを示している。

これらの図より、植生伐採前に比べて伐採後は砂州上へ流入しやすくなり流速が大きくなることがわかる。無次元掃流力も同様に、伐採後の方が大きくなる。特に流量が大きな  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には、伐採区域の下流端部分を除く全域で無次元掃流力が大きくなっていることがわかる。また砂州上に水が浸入しやすくなったことで、

低水路側で無次元掃流力が減少しているところが見られる。河床変動についてみると、流量の大小に拘わらず伐採前では河床変動は殆ど生じないが、伐採後は、流量が大きい場合に赤枠内の広い範囲で河床変動が生じていることがわかる。

## (3) 2009 年 7 月 20 日の出水との検証

2009 年 7 月 20 日午前 8 時 40 分にピーク流量  $995 \text{ m}^3/\text{s}$  (H20 年度 H-Q 式に基づく暫定値) に達する出水が発生した。この出水では玉柏試験区は多少浸水する程度で、大きな河床変動はみられなかった。流量が  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合の数値解析シミュレーション結果も大きな河床変動はみられなかったことから、流量が  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合については本解析モデルの妥当性が示されたといえる。今後は流量が  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の洪水が発生した場合にも同様な検証を行う必要がある。

## (4) 伐採後の問題点の抽出と改善策の検討

本解析の結果、流量  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の洪水時には植生伐採の効果が現れるが、 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には砂州上の掃流力の増加は期待できるが河床攪乱は生じないことが

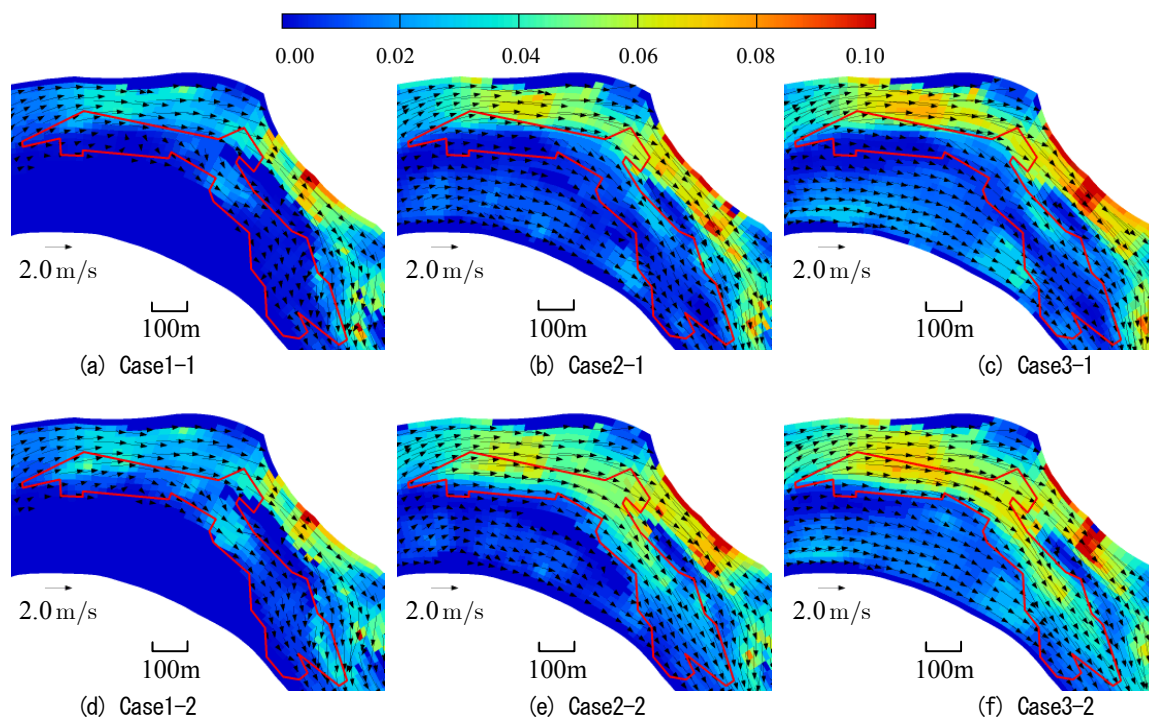


図-5 各ケースにおける無次元掃流力と流速ベクトル

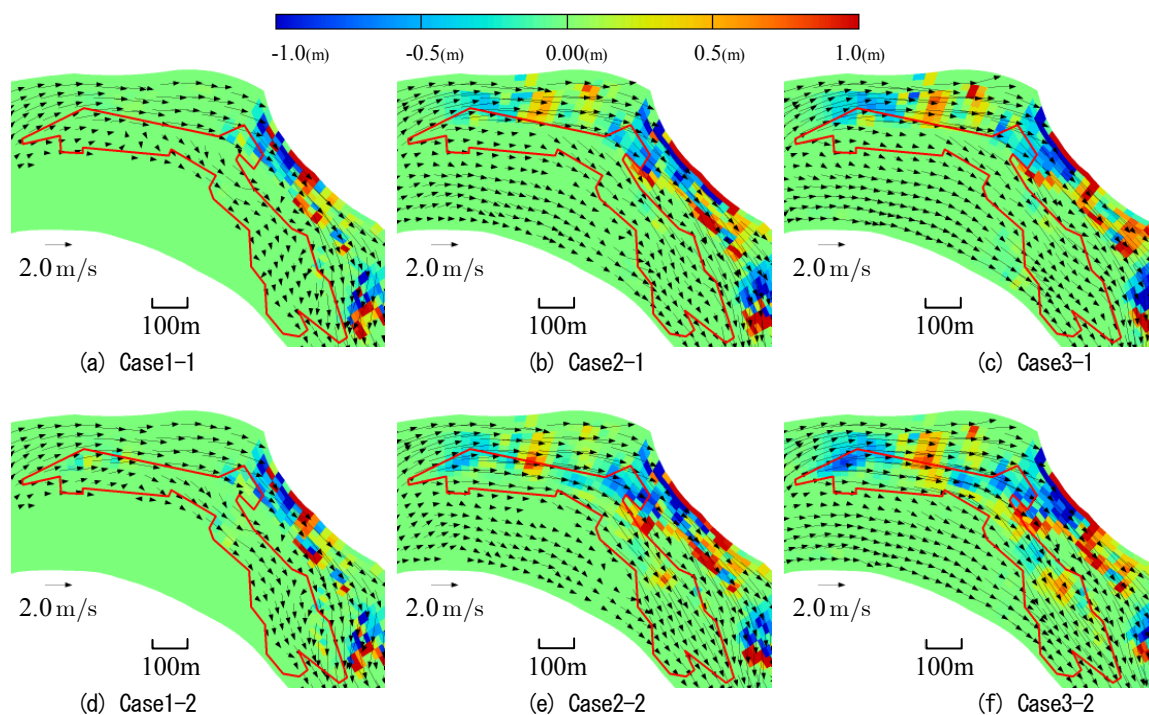


図-6 各ケースにおける河床変動量と流速ベクトル

実洪水および解析的に明らかにされた。試験区の過去30年間(1978年～2007年)での年平均最大洪水流量は $1400\text{ m}^3/\text{s}$ 程度であるため、 $2000\text{ m}^3/\text{s}$ 規模の洪水を待つ間に砂州上にシナダレスズメガヤ(定着するのに必要な期間は1～2年程度<sup>10)</sup>)などの植生が定着し、伐採効果が低下することが懸念される。そこで本研究では、試験区の砂州を全域で1m切り下げる方法と、幅10m程度で縦断ベルトCに沿って深さ1mのパイロット水路を掘削す

る方法(図-3の青色部分)の二種類の改善策の効果について検討する。図-7は、改善策を施す前後のベルト上において、 $d_{50}=30\text{ mm}$ で無次元化した掃流力を示している。これらの図より、試験区全体を1m切り下げることにより、概ね切り下げ区間全域で河床攪乱が生じ易くなることわかる。特に縦断ラインCでは、100m付近と450mから700m付近で平均粒径の砂礫が移動する程度まで掃流力が大きくなっている。また、パイロット水路を

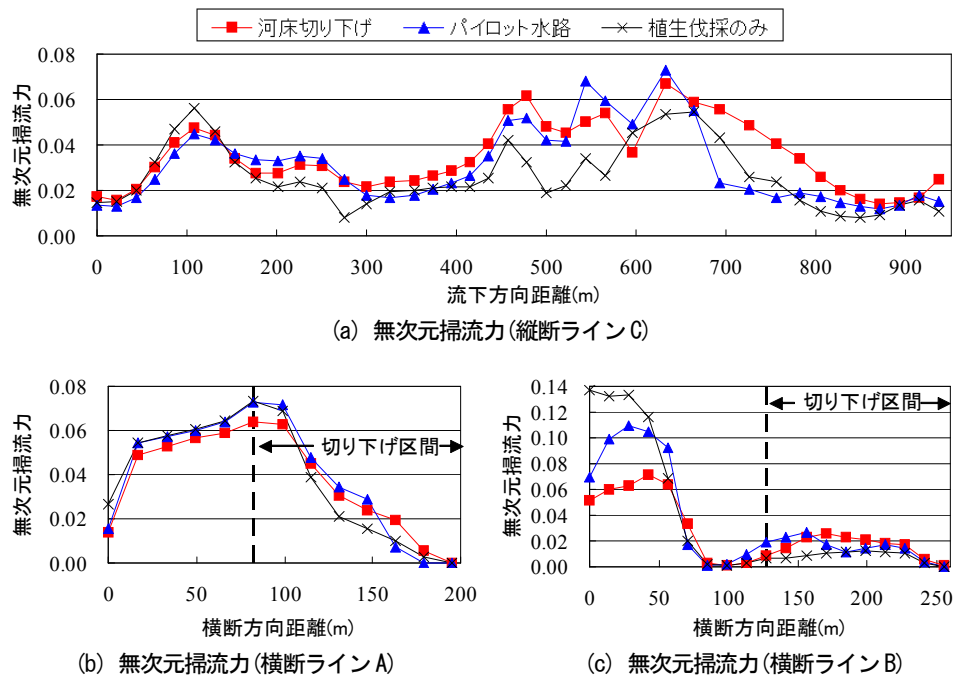


図-7 改善策を施した場合の各ベルト上における無次元掃流力

掘削する方法も同等な掃流力の増加効果が期待できる。

#### 4. 結論

本研究では、旭川の玉柏試験区内で実施された植生伐採の効果を数値解析的に検討した。得られた主要な結論は以下のとおりである。

- 1) 流量が  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の場合には、植生伐採により試験区の掃流力が増加し、河床攪乱が生じる。また、低水路の掃流力の低下効果により低水路の深掘防止効果も期待できる。
- 2) 流量が  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合には河床攪乱は生じ難く、植生の定着による伐採効果の低下が懸念される。
- 3) 流量が  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  の場合について、河床攪乱効果を高めるために、試験区の河床の切り下げ及びパイロット水路を掘削する方法は、両者とも掃流力の増加が期待できる。

#### 参考文献

- 1) 島谷幸宏, 高野匡裕: 多摩川永田地区における学術研究と河道修復, 河川技術論文集, 第7巻, pp.381-386, 2001.
- 2) 萱場祐一, 千葉武生, 力山基: 鬼怒川におけるカワラノギク保全のための人工河原造成について, 土木学会第57回年次学術講演会, pp.115-116, 2002.
- 3) 田中規夫, 八木澤順治, 青木信哉: 砂礫河原に繁茂する株上草本シナダレスズメガヤの土砂補足特性と洪水攪乱による除去条件, 河川技術論文集, 第12巻, pp.455-456, 2006.
- 4) 八木澤順治, 田中規夫: 河道内植生の洪水による破壊・再生を考慮した植生動態モデルの開発, 水工学論文集, 第53巻, pp.1171-1176, 2009.
- 5) 宮脇真二郎, 戸田裕嗣, 花井駿介, 辻本哲郎: 航空写真・地形・流況データを用いた裸地砂州への植生の侵入・定着

過程に関する研究, 河川技術論文集, 第12巻, pp.471-476, 2006.

- 6) 渡辺 敏, 前野詩朗, 馬場俊介: 旭川の河道変遷に伴う河川景観の変化, 土木史研究講演, Vol.25, pp.423-433, 2005.
- 7) 渡辺 敏, 前野詩朗, 渡部秀之, 志々田武幸: 旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討, 河川技術論文集, 第11巻, pp.77-82, 2005.
- 8) 渡辺 敏, 前野詩朗, 藤塚佳晃, 宮崎貢, 眞田淳二: 旭川における礫河原再生と樹林化抑制に関する現地試験による検証, 水工学論文集, 第50巻, 2006.
- 9) 眞田淳二, 浦上将人, 渡辺 敏, 前野詩朗, 藤塚佳晃: 旭川下流部における礫河原の自律的回復に向けた実証的研究, 河川技術論文集, 第12巻, pp.409-414, 2006.
- 10) 眞田淳二, 浦上将人, 前野 詩朗, 渡辺 敏: 2006年7月出水を経験した旭川下流部礫河原再生箇所モニタリング結果と考察, 河川技術論文集, 第13巻, pp.129-134, 2007.
- 11) 前野詩朗, 渡辺 敏, 藤塚佳晃: 簡易に得られる植生特性値を考慮した数値解析モデルの精度向上の提案, 土木学会論文集 No.803/II-73, pp.91-104, 2005.
- 12) 清水義彦: 1次元流れと河床変動の計算, 水理公式集例題プログラム集平成13年度版, 例題2-4, 2001.
- 13) 芦田和男, 道上正: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 第206号, pp.59-69, 1972.
- 14) 板倉忠興: 河川における乱流拡散現象に関する研究, 北海道開発局土木試験所報告, 第83号, 1984.
- 15) 清水義彦, 小葉竹重機, 新船隆行: 樹林化河道の洪水流況と浮遊砂輸送に関する数値計算, 水工学論文集, 第44巻, pp.819-824, 2000.

(2009年9月30日受付)