

# 流れの横断・平面特性を指標とした 持続可能な樹木管理方策に関する研究

吉武央気<sup>1</sup>・清原正道<sup>2</sup>・本多信二<sup>2</sup>・横路朋子<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国土保全事業本部河川部  
E-mail: hiroki.yoshitake@tk.pacific.co.jp

<sup>2</sup> 国土保全事業本部 河川部

<sup>3</sup> 国土保全事業本部 河川部

本研究では、流れの横断・平面特性に着目し、相対水深（砂州上の平均水深と低水路平均水深の比）及び蛇行度を新たに樹木の管理指標として設定し、当該指標による樹木管理の持続可能性を明らかにすることを目的とした。実河川において流れの横断・平面特性を表す指標と河道の樹林化状況を整理し、指標の有効性を検証し、樹木の管理指標を設定した。次に、平面二次元河床変動モデルを用いて、相対水深の違いが流況や河床変動状況にどのような影響を与えるかを確認した。以上の検証により流れの横断・平面特性を考慮した樹木管理方策を検討し、効率的かつ効果的な樹木管理の実現性について検討した。

**Key Words :** *Vegetation management, relative water depth, sinuosity*

## 1. はじめに

わが国の多くの河川においては、河道内に繁茂する樹木が様々な問題を引き起こす可能性があり、河道内樹木の適切な管理が望まれている。例えば、河道内樹木は洪水流下の妨げとなることで堤防からの越流を誘発する可能性がある。また、樹林化が濬筋や砂州の固定化を助長することで、濬筋における局所洗掘や魚類の生息・産卵環境である瀬や淵を消失させる可能性がある。このような治水や環境上の問題を解決するために、樹木伐採等の河道管理が実施されている。しかしながら、樹木管理を実践しているにもかかわらず、伐採後数年を経て樹木の再繁茂が生じる河川もある。そのため、樹木管理は、様々な現地検証<sup>1)</sup>や数値検証<sup>2)</sup>を繰り返しつつ実施されている。その際、対象地点における冠水日数や無次元掃流力等の物理量が樹木管理の指標として考えられている。

著者らは、以上の背景を踏まえ、河川流とその挙動に応じた変化する河床や河道内樹木を管理するためには、対象地点における物理量を指標とした局地的な管理を実施するのではなく、横断方向や平面方向の水理特性も含めた大局的な管理を実施することにより、適切な樹木管理が可能になると考えた。岡田・福岡<sup>3)</sup>は、相対水深と蛇行度を用いることで複断面水路における洪水流の特性を区分できることを示している。著者らは、岡田・福岡によって実施された複断面河道における洪水流特性に関

する研究成果を実河川における樹木管理に活かすことができなかと考えた。

本研究では、流れの横断・平面特性に着目し、相対水深（砂州上の平均水深と低水路平均水深の比）及び蛇行度を新たに樹木の管理指標として設定し、当該指標による樹木管理の持続可能性を明らかにすることを目的とした。そのため、東北地方の一級河川である赤川において、流れの横断・平面特性を表す指標と河道の樹林化状況を整理し、指標の有効性を検証した。

## 2. 流れの横断・平面特性を表す指標

砂州の固定化や水衝部の深掘れが進行している河川では、対象地点における指標を基に実施された樹木管理方策の効果が十分に得られていない場合がある。その要因として、砂州が固定化している河道において、洪水時に流れが濬筋に集中し、砂州上の流速が比較的低速となる単断面的な蛇行流れが生じることで砂州上に細粒土砂の堆積や樹木の再繁茂が生じていると考えられる。また、洪水時に砂州上の土砂が更新される掃流力が作用したとしても、例えば洪水減衰期において上流からの供給土砂が流出土砂より多ければ、その砂州は堆積傾向となり、いずれ樹林化を招く可能性がある。そこで、対象地点に

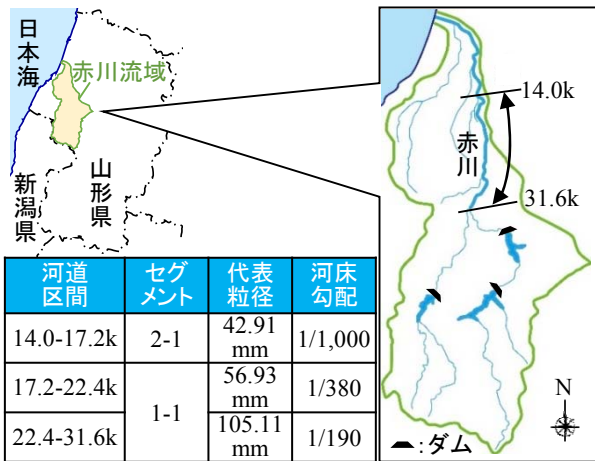


図-1 赤川流域図及び検討区間における河道特性

における物理量だけでなく、流れの横断・平面特性を表した指標を新たに樹木管理の指標として用いることで、持続効果の高い樹木管理ができると考えた。流れの横断特性を表す指標としては、砂州上の平均水深と低水路平均水深の比である相対水深を選定し、流れの平面特性を表す指標としては、蛇行度を選定した。

### 3. 指標を用いた樹林化の要因分析

#### (1) 対象河川の概要

対象河川は、山形県に位置する一級河川赤川である。図-1 に流域図及び検討対象区間における河道特性を示す。対象区間の河床形状は単列砂州であり、砂州の平面位置は昭和期より大きな変化はなく、流路は固定化傾向であった。近年、礫河原にシロヤナギやハリエンジュが繁茂することで流路の固定化を助長し、流下能力の低下や河床洗掘等が懸念されている。その対策として、平成17年より外来種の伐採事業が実施されているが、数年後に樹木の再繁茂がみられる地区があり、抜本的な樹林化対策とはなっていない。このような状況を改善し、伐採事業の効果を持続させる対策が求められている。

#### (2) 指標値の算出方法

指標値の算出方法を図-2 に示す。また、各指標の算出方法を以下に記す。まず、流れの平面特性を表す相対水深の算出方法について説明する。各距離標において平均年最大流量流下時の砂州上の平均水深及び低水路平均水深を準二次元不等流計算により算出した。ここで、低水路幅は平水流量流下時の川幅、砂州幅は平均年最大流量流下時の川幅から低水路幅を差し引いた幅、と定義した。砂州上の平均水深と低水路平均水深の比を取り、相対水深を算出した。次に、流れの平面特性を表す蛇行度の算出方法について説明する。各距離標における堤間の中心位置を縦断方向に結んだ直線距離を蛇行波長と定義

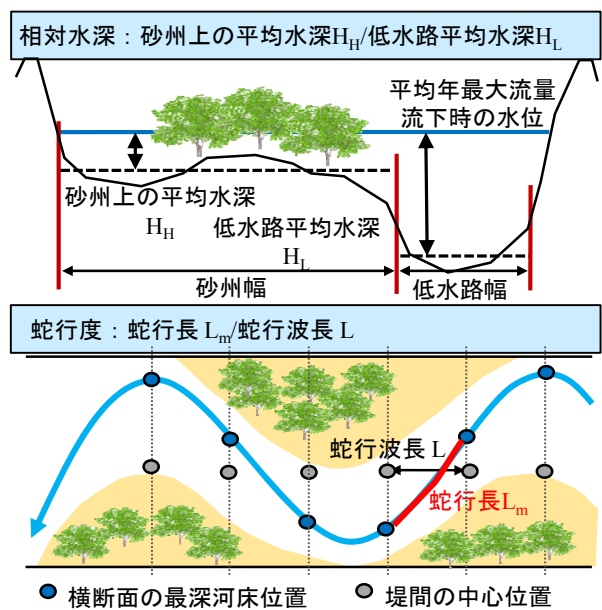


図-2 指標値の算出方法

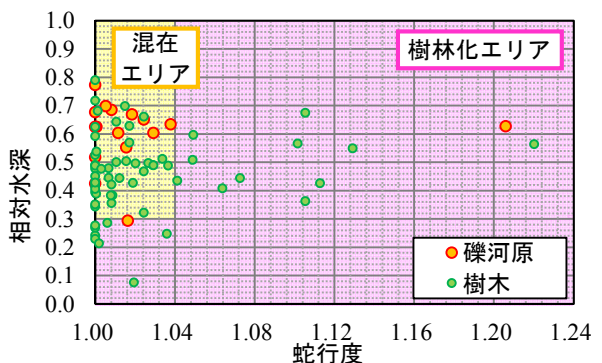


図-3 相対水深、蛇行度及び樹木の有無の相関

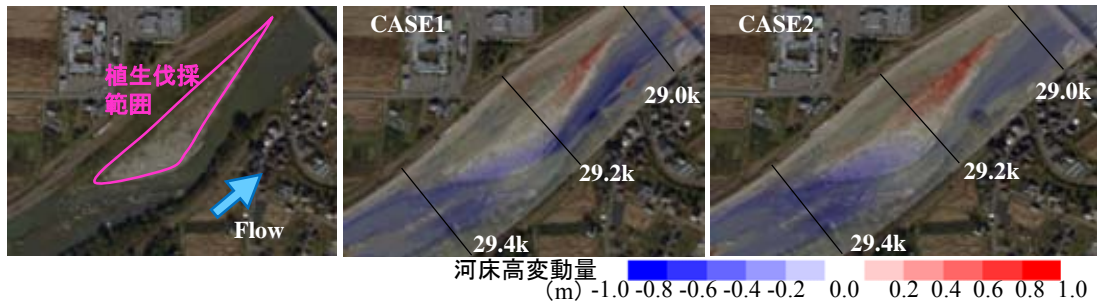
した。また、各距離標における最深河床の位置を縦断方向に結んだ3次曲線距離を蛇行長と定義した。蛇行波長と蛇行長の比を取り、蛇行度を算出した。

#### (3) 赤川の現況河道に対する検証

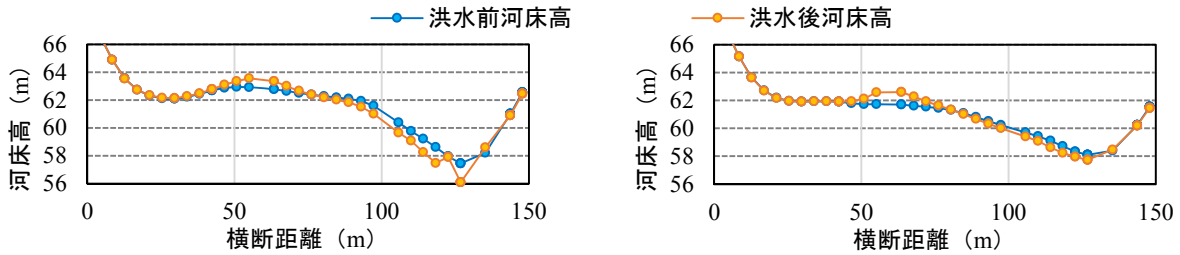
各距離標にて算出した指標値と樹木の有無の相関を整理し、各指標と樹林化の因果関係を分析した。なお、樹木の存在の有無は、平成26年河川水辺の国勢調査結果より確認した。相対水深及び蛇行度と樹木の有無の相関を図-3 に示す。相対水深が0.29未満の場合、礫河原が存在していない。また、蛇行度が1.04以上の場合、礫河原がほとんど存在していないことが判明した。一方、相対水深が0.3以上であり、蛇行度が1.04未満である場合は、礫河原が存在していた。

### 4. 河床変動解析モデルを用いた管理指標の検証

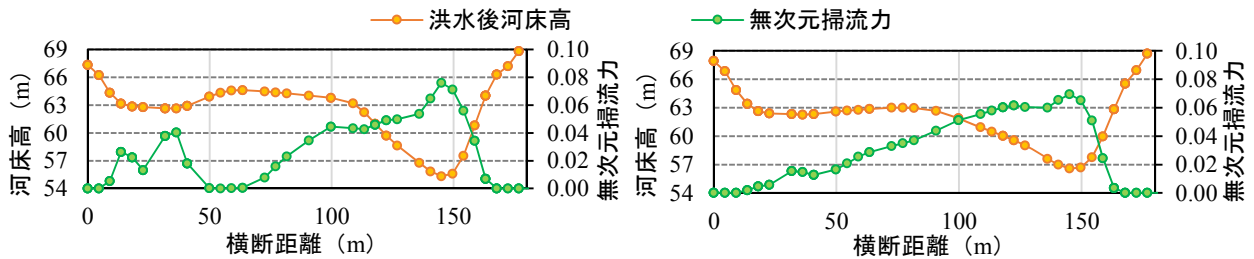
過去に実施された樹木伐採の事業箇所を対象に、平面二次元河床変動解析モデルにより流況や河床変動状況を解析し、河床高変動量、無次元掃流力等を把握すること



(a)洪水後の河床高変動量



(b)29.1k断面における洪水前後の河床高 (左 : CASE1, 右 : CASE2)



(c)29.2k断面における平均年最大流量流下時の無次元掃流力 (左 : CASE1, 右 : CASE2)

図-4 事業後に礫河原を維持している熊出地区における計算結果

で、設定した樹木の管理指標の妥当性を確認した。

### (1) 解析モデル

数値解析には、フリーソフトウェア iRIC2.3 の河川流と河床変動を同時に計算可能な Nays2DH<sup>4)</sup> を用い、モデルの構築及び不定流の平面二次元解析を実施した。流れの基礎方程式は、一般座標に変換された二次元浅水方程式である。河床変動の解析は、掃流砂のみを対象とし、河床材料は混合粒径を考慮した。限界無次元掃流力は岩垣の式より、掃流砂量は芦田・道上の式より算定した。

### (2) 解析条件

粗度係数は平成 25 年 7 月に発生した洪水水位の再現計算を実施し、0.036 と設定した。上流端には平成 21 年から 25 年の 5 年分の洪水流量を与え、下流端には H-Q 曲線より水位を与えた。植生による抵抗を解析に考慮し、植生分布は平成 26 年に実施の河川水辺の国勢調査結果を基に設定し、群落種ごとに植生高を与えた。河床材料の粒度分布は平成 26, 27 年の調査結果を基に河道区分平均値を与えた。

### (3) 解析ケース

解析ケースは、平成 21 年に樹木伐採と河道掘削が実施された熊出地区である。事業実施前は平均年最大流量流下時でもほぼ冠水しない砂州であったが、事業により 2 m 程度の砂州の切下げが行われ、相対水深が 0.3 程度を満たす河道形状となった。そこで解析ケースは、事業実施前後の 2 ケースとした。事業前が CASE1、事業後が CASE2 である。

### (4) 解析結果の考察

洪水後の河床高変動量の平面分布、29.1k 断面における洪水前後の河床高、29.2k 断面における平均年最大流量流下時の平均粒径に対する無次元掃流力を図-4 に示す。事業前では、滞筋にて洗掘が連続的に生じている。一方、事業後では、滞筋における河床の変化は小さく、安定している。特に 29.1k 断面では、事業により、1 m 程度の最深河床の低下が緩和された。さらに、横断方向の無次元掃流力の変化が小さくなり、河道の二極化が生じにくい流況となった。このように、相対水深が 0.3 となるように河道掘削を実施することで、単断面的な蛇行流れから複断面的な蛇行流れへと導くことができ

た。熊出地区における検証により、相対水深 0.3 を目安とした河道掘削を実施することで、河道の二極化を解消することができ、安定河道の形成により持続効果の高い樹木管理を実施できる可能性が確認できた。

## 5. 流れの特性を考慮した樹木管理方策

赤川礫床区間での指標を用いた樹林化要因の分析や河床変動解析モデルを用いた検証計算により、水深方向の指標だけでなく、流れの横断・平面特性を考慮した指標も用いることで持続可能な樹木管理ができる可能性を示した。以上の検討を踏まえ、礫床区間における樹木管理方策の一案を記す。まず、流れの横断特性を表す相対水深を樹木管理の簡易な指標とすることが有効であり、平均年最大流量流下時の相対水深 0.3 を管理指標とすることがよいと考える。管理イメージを図-5 に示す。樹木が繁茂した相対水深 0.3 に満たない砂州に対して、樹木伐採と河道掘削を実施する。その際、相対水深が 0.3 より大きくなるように河道掘削を実施し、礫河原を維持しやすい複断面的な蛇行流れが生じるようにする。これにより、河道の二極化を解消し、持続効果の高い樹木管理が実施可能となる。しかしながら、流れの平面特性を表す指標である蛇行度が 1.04 以上である区間や土砂が更新されうる川幅が急拡するような場では、相対水深のみを指標とした河道の掘削対策では不十分であり、水の流れを砂州上に誘導するような補助的な水制工等を併用し、無次元掃流力等の物理量の平面分布にも着目した樹木管理を実施する。

## 6. おわりに

流れの横断・平面特性を表す指標として相対水深、蛇行度を選定し、これらの指標を用いることで持続可能性の高い樹木管理方策の実現性について検討した。以下に

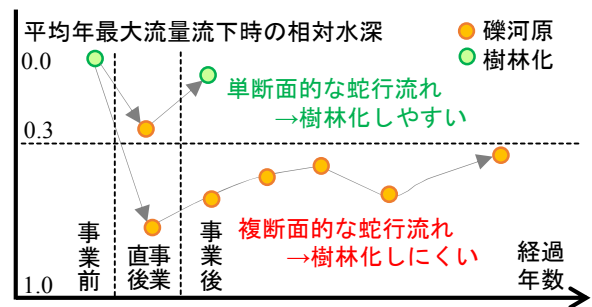


図-5 相対水深を指標とした樹木管理イメージ

得られた主な成果を記す。

- 1) 樹林化が問題となっている赤川の現況河道において、樹木の有無、相対水深や蛇行度、冠水日数を算出することで相関を整理し、各指標と樹林化に関係があることを示した。
- 2) 相対水深を 0.3 以上とすることで、礫河原を維持しやすい流れ場である複断面的な蛇行流れを生じさせ、河道の二極化の解消が期待でき、持続効果の高い樹木管理が可能となることが示唆された。

## 参考文献

- 1) 佐貫方城, 大石哲也, 三輪準二: 全国一級河川における河道内樹林化と樹木管理の現状に関する考察, 河川技術論文集, 第16巻, pp.241-246, 2010.
- 2) 赤堀遼介, 前野詩朗, 堀博幸, 藤井勲: 旭川玉柏試験区における自律的礫河原再生に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.67, No.4, I\_871-I\_876, 2011.
- 3) 岡田将治, 福岡捷二: 複断面河道における洪水流特性と流砂量・河床変動の研究, 土木学会論文集, No.754/II-66, pp.19-31, 2004.
- 4) NAYS2DH, <http://i-ric.org/ja/software/18>.

## STUDY ON A SUSTAINABLE VEGETATION MANAGEMENT PLAN USING CROSSING AND PLANE CHARACTERISTICS OF FLOW AS THE INDEXES

Hiroki YOSHITAKE, Masamichi KIYOHARA, Shinji HONDA  
and Tomoko YOKOMICHI

In this study, to clarify the possible sustainability of vegetation management, we focus on the crossing and plane characteristics of flow by setting relative water depth and sinuosity as the new management indexes. Through the arrangement of crossing and plane characteristics and vegetation in the real river, the validity of new indexes is verified. And the influence to flow and river bed variation under relative water depth is confirmed by simulation which is numerical simulation of 2-D river bed transport model.

Based on the above analysis, the measure about vegetation management considered crossing and plane characteristics of flow is investigated. The effectiveness, efficiency and implementation of the measure has also been investigated.