

# 河道内樹木群の治水上の効果・影響に関する研究

河川局 治水課 課長補佐 三浦良平  
国総研 河川研究部 河川研究室 室長 山下武宣  
北海道開発局 建設部 河川計画課 課長補佐  
各地方整備局 河川部 河川計画課長

## 1 はじめに

河道内の樹木は、出水時の流速を低減することにより堤防等の侵食・洗掘被害を軽減させるとともに、流木・土砂を集積・堆積させることで生態系の保全や良好な河川景観形成などの機能を有している。一方で、同樹木群は出水時に水位をせき上げ（河積阻害）させ、樹木群の密度や配置条件によっては局所的な高速流を発生させるなどして河床や堤防の侵食・洗掘被害を誘発し、さらに樹木群自身の流木化の恐れもある。このため河道内樹木群のもつ治水効果や河川環境への影響を適切に評価する事が重要である。

本研究は、より適切な樹木群管理手法の開発の一環として、河道内樹木群による洪水流の流速低減、河床や堤防の局所的な侵食・洗掘、流木・土砂の集積・堆積、水位のせき上げに関する評価手法の開発、および樹木群自身の流木化に関する発生機構の解明に向けて、平成17年～19年の3カ年に渡り、調査・研究を行っているものであり、特に今回については、樹木群の存在による水理諸量（水位、流速など）の実測値と計算値の比較を行うことで、既存の水理解析モデルが樹木群管理に十分資する精度を有しているかについての言及を行う。

## 2 研究の概要

本研究は、平成17～19年度の3カ年を研究期間とし研究を実施する。研究フローを図-1に示す。

初年度は、河道内樹木群に係る既存の調査事例の収集を実施し河道内樹木群の抱える課題を明らかにし、次年度からは、現地にて樹木群内外の水理諸量を計測することで、河道内樹木群内外で起こっている実現象の把握を行い、河道内樹木群の管理に向けた検討を行った。



写真 - 1 樹木繁茂状況（江の川）

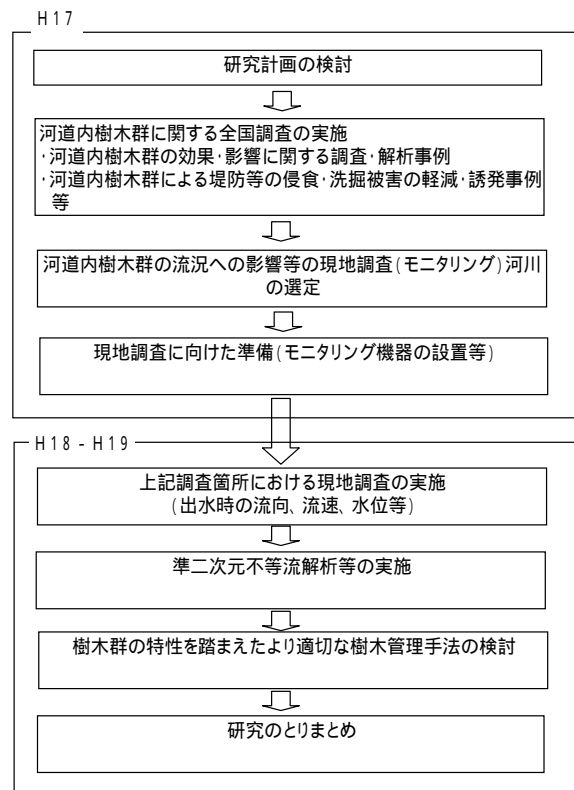


図 - 1 研究フロー

### 3 調査結果

#### 3.1 河道内樹木群の水理現象の把握

河道内樹木群の水理現象の把握のため全国27河川30箇所にて現地調査を実施した。調査箇所の選定にあたっては、河道特性（河床勾配、流域規模等）が異なる箇所を選定するよう留意するとともに、調査箇所において樹木群が冠水する規模の出水が研究期間内に発生するとは限らないことを踏まえて、できるだけ多数の箇所を選定している。（表1参照）

##### 3.1.1 現地調査結果

平成17～18年度の調査結果

平成17～18年度は、十勝川水系音更川を始めとする10箇所にて、樹木群が冠水する規模の出水が観測され、河道内樹木群内外の水位・流速の現地観測を実施した。主な観測結果を以下に示す。

###### - 1 十勝川水系音更川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている音更川では、平成17年9月台風14号による出水時に、左岸1.6～2.6kmにおいて樹木群内外の水位・流速の観測を実施した。主流部の流速は3～4m/sで、樹木群内流速は0.1～0.8m/sを計測した。

###### - 2 米代川水系米代川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている米代川では、平成18年7月低気圧による出水時に、右岸12kmにおいて樹木群内外の水位・流速の観測を実施した。

高水敷が1.1m冠水した状況で、低水路の流速が2.6m/sに対し、河道内樹木群内の流速0.4m/s前後を計測した。

###### - 3 利根川水系小貝川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている小貝川では、平成18年6月梅雨前線による出水時に、右岸36.4kmにおいて樹木群内外の水位・流速の観測を実施した。観測にはビデオを用い、画像解析により樹木群内の流速は0.26m/sと計測された。

###### - 4 由良川水系由良川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている由良川では、平成1

表-1 現地調査箇所一覧

地整等	水系	河川	位置・地先	セグメント	出水時の流況観測実施状況		
					H17	H18	H19
北海道 開発局	十勝川	音更川	左岸1.6～2.6Km	1			
		石狩川	左右岸44.5～58.0Km	2-2			
		釧路川	左岸37.6～46.2Km	2-2			
東北	岩木川	岩木川	中流部(36～48Km)	2-2-2-1			
		米代川	左岸12Km	2-2			
		常盤					
		鳴瀬川	吉田川	左右岸23.5Km 左右岸28.3Km	2-2 2-2		
関東	利根川	渡良瀬川	左岸50.2Km	1			
		神流川	左岸9.4Km	1			
		小貝川	右岸36.4Km	2-2			
		久慈川	左岸6.5Km	2-2			
		久慈川	右岸8.5Km	2-2			
北陸	荒川	荒川	右岸2.75Km～4.15Km 神林村宿田	1			
		阿賀野川	阿賀川	左岸23～24Km 飯寺 右岸9.8～10.6Km 立川	1 1		
中部	大井川	大井川	右岸15.6～16.0Km 金谷河原	1			
		天竜川	天竜川	左岸12.6Km 包坂	2-1		
近畿	加古川	加古川	中央12Km 加古川市八幡・上荘	2-1			
		九頭竜川	九頭竜川	右岸19.2Km 福井市天池	2-2		
		由良川	由良川	右岸36.4Km 福知山市猪崎	2-2		
		淀川	木津川	右岸1.4～2.2Km 八幡市八幡一丁目	2-2		
		淀川	桂川	左岸14.8～15.4Km 京都市右京区梅津	1		
中国	江の川	江の川	左右岸21.2～28.8Km 大貫・川越	2-1			
		江の川	左岸36.6Km 木路原	2-1			
		天神川	天神川	右岸3.7Km 大塚	2-1		
四国	吉野川	吉野川	左岸63.4～64.4Km 太刀野	2-1			
		那賀川	那賀川	左岸6.2Km 古庄	2-1		
		那賀川	那賀川	右岸7.4Km 南島	2-1		
九州	山国川	山国川	左岸3.0～4.0Km 高瀬・垂水	2-1			
		矢部川	矢部川	左岸15Km 船小屋	2-1		

8年7月梅雨前線による出水時に、右岸3.6kmにおいて樹木群内外の水位・流速の観測を実施した。

低水路流速2.62m/sに対し、樹木内では0.65m/s～1.38m/sの流速を計測した。

#### - 5 天神川水系天神川

倉吉市街地区間を中心として河道内の樹林化が進行し、樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている天神川では平成18年7月梅雨前線による出水時に、右岸3.8kmにおいて樹木群内外の水位・流速の観測を実施した。

ADCP（音響ドップラー流速計）を用いた計測によって、樹木群内の流速が0.3m/s程度であることを計測した。

#### - 6 吉野川水系吉野川

近年堤外地に残存する竹林の面積・密度が増加し、樹木群の適正な管理による流下能力の確保、河床や堤防の局所洗掘が課題となっている吉野川では平成17年9月台風14号による出水時に、左岸63.4～64.4kmにおいて竹林内外の水位・流速の観測を実施した。

低水路流速0.7m/sに対し、竹林内では0.4m/sの流速を計測した。

#### - 7 山国川水系山国川

平成大堰（H2完成）運用開始後、堰下流の土砂堆積と樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている山国川において流量観測の実施結果と計算値を比較したところ、樹木群による流下阻害の影響が確認された。

平成18、19年度に当該箇所土砂掘削・伐木除根の実施後、横断測量・河床材料調査等を行うことで、経年的な変化を把握し、樹林化に繋がる土砂堆積メカニズムの解明を行っている。

### 平成19年度の測定結果

#### - 1 久慈川水系久慈川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている久慈川下流部では、平成19年7月15日の台風4号出水時による出水に、左岸8.5kp付近において、河道内樹木群内外での水位・流速の観測を行った。

河道内樹木群は、右岸高水敷に位置し、主な樹種はメダケ類で面積は3500m<sup>2</sup>（縦100m×横35m）、樹高は4.6～6.5m、枝下高さ1.5～5.6m、胸高直径は2～3cmである。また、下草高は殆ど生育していない。

平成19年7月13日～7月15日の降雨量は近傍の太田雨量観測所で134mm、ピーク水位時（TP+6.23m）における樹木群内水深は1.5mであった。樹木群内の水位に関して、樹木内外の水位差に明瞭な変化は見受けられなかった。一方、樹木群内の流速を小型メモリー流速計にて計測した結果、水位ピーク付近の樹木群内の流

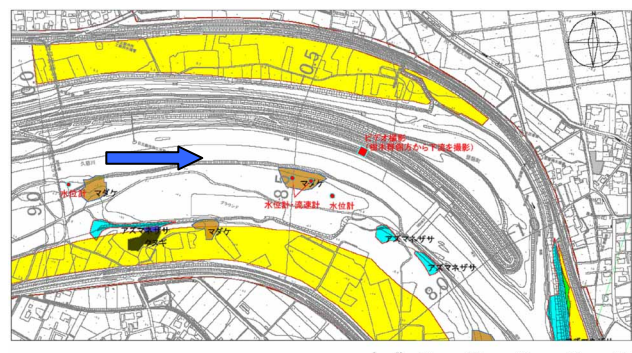


図 - 2 観測位置図（久慈川）

速は0.1～0.2 m/s が計測されている。

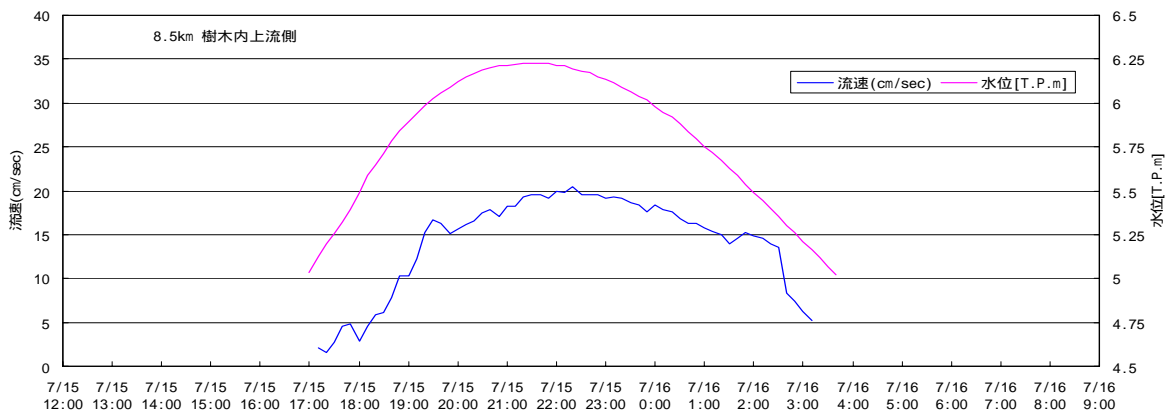


図 - 3 樹木内流速測定結果 (久慈川 8.5 km)

## - 2 天竜川水系天竜川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている天竜川下流部では、平成19年7月15日の台風4号出水時による出水に、左岸12.6 kmにおいて、河道内樹木群内・外での水位・流速の観測を行った。

河道内樹木群は、左岸高水敷脇の中洲に位置し、主な樹種はヤナギ類で面積は79500m<sup>2</sup> (縦530m×150m)、樹高は6～17m、枝下高さ0.8～4.7m、胸高直径は0.1～0.35mである。また、平均下草高は1.5mである。

平成19年7月13日～7月15日の降雨量は振草雨量観測所で326mm、ピーク水位時 (TP+15.4m) における樹木群内水深は2.4mであった。

今回の出水で、中洲の上流部は土砂が0.5m程堆積した。中洲の中流部は流木が樹木によって捕捉され、その下流側で局所的な洗掘が発生した。中洲の下流部に変化はなかったが、下草は全て倒伏状況となった。

樹木内の流速を小型メモリー流速計にて計測した結果、水位ピーク付近の流速は0.24m/s、樹木外の流速は浮子による計測結果より2.01m/s が計測されている。

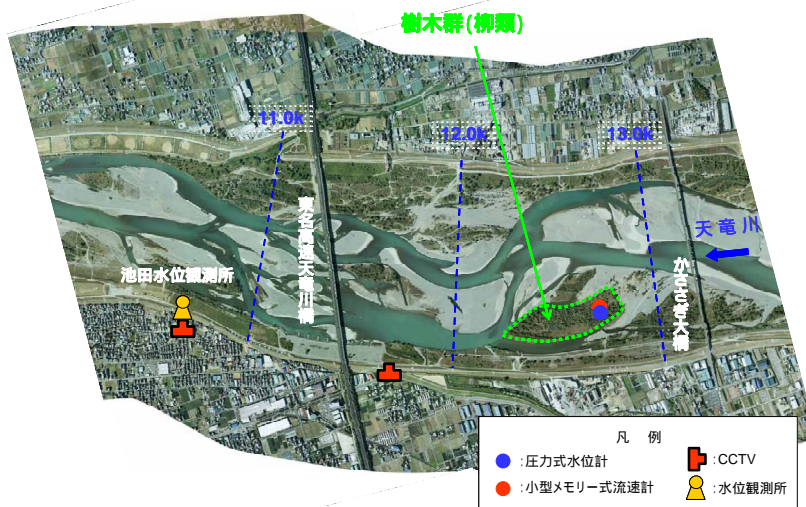


図 - 4 観測位置図 (天竜川)



写真 - 2 出水状況

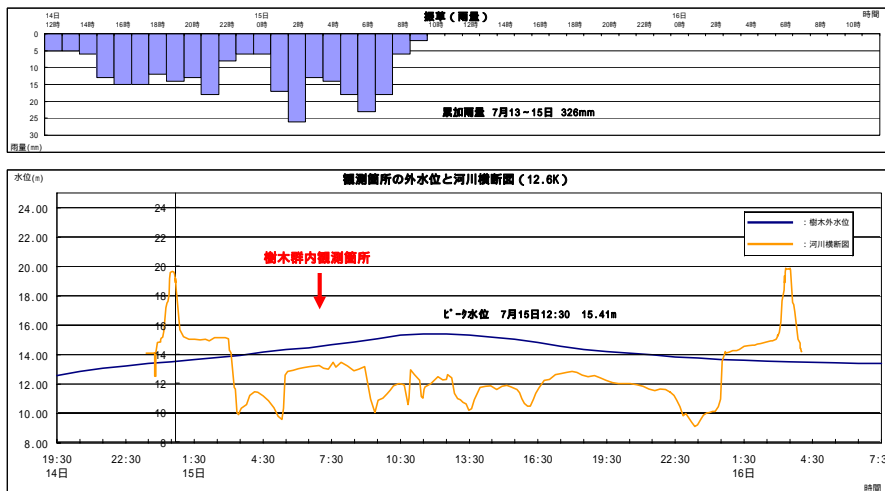


図 - 5 河道断面図 (天竜川 12.6 km)



写真 - 3 樹木群に捕捉された流木と  
洗掘・堆積状況

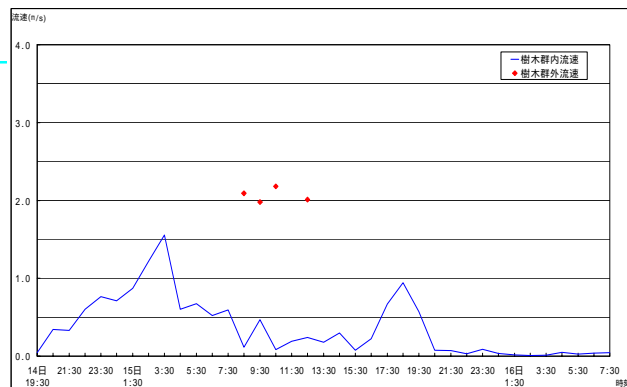


図 - 6 流速測定結果 (天竜川 12.6 km)

### - 3 吉野川水系吉野川

近年堤外地に残存する竹林の面積・密度が増加し、樹木群の適正な管理による流下能力の確保、局所洗掘対策が課題となっている吉野川では、平成19年7月15日の台風4号出水時に、左岸63.4～63.8kmにおいて、竹林内外での水位・流速の観測を行った。

竹林は、左岸の高水敷に位置し、主な樹種はハチク、マダケで、面積は約18000m<sup>2</sup> (縦300×横60m)、樹高は約8m、枝下高さ約3.4m、胸高直径は約8cmである。台風4号における平成19年7月14日～15日の基準地点岩津上流域平均2日雨量は301mm、ピーク水位時における樹木群内水深は概ね1m程度であった。

今回の出水で、高水敷の洗掘や堆積などの現象は認められず、倒木等も発生しなかった。

樹木群内の水位は、竹林の有無に係わらず明確な水位差は生じていない。また、上下流に水位差が生じているが、上流部と下流部では縦断方向に180m離れている事、河床勾配が1/690である

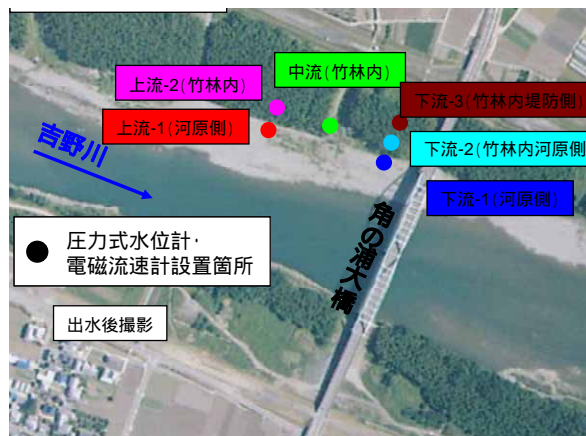


図 - 7 観測位置図 (吉野川)

ことを考慮すると水位に明確な差は生じていない。

樹木内の流速を小型メモリー流速計にて計測した結果、ピーク付近の流速は、上流部の竹林外では1.4 m/s、竹林内では0.3 m/sと優位な差が見受けられる。これは、下流部においても同様な結果となっている。

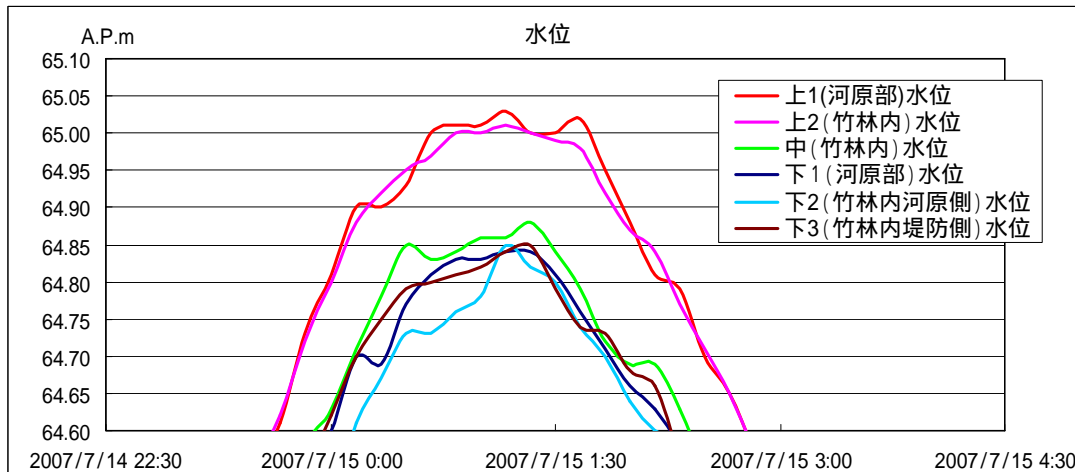


図 - 8 水位観測図 (吉野川)

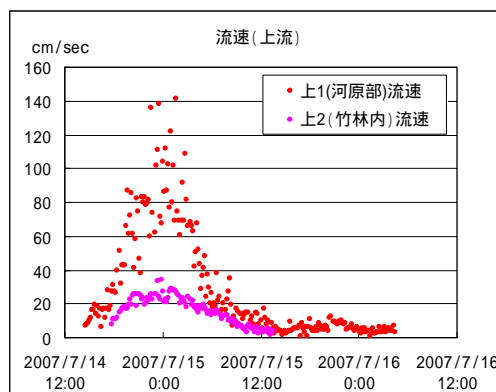


図 - 9 流速 (上流) 観測図 (吉野川)

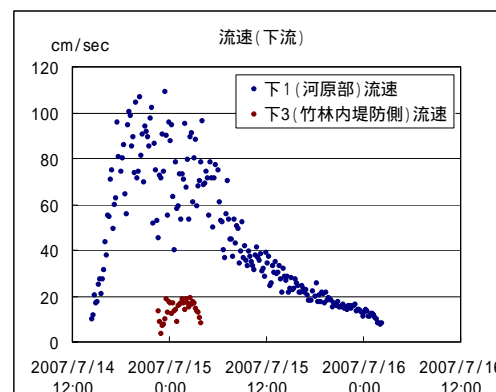


図 - 10 流速 (下流) 観測図 (吉野川)

#### - 4 那賀川水系那賀川

樹木群の適正な管理による流下能力の確保が課題となっている那賀川下流部では、平成19年7月15日の台風4号出水時による出水に、右岸7 km付近において、河道内樹木群内外での水位・流速の観測を行った。

河道内樹木群は、右岸の高水敷に位置し、主な樹種はアキグミ、ノイバラで面積は約26,300 m<sup>2</sup> (縦120×横400 m)、樹高は1.4～3.1 m、枝下高さ2.7～3.1 m、胸高直径は1.2～5.1 cmである。また、平均下草高は0.3～0.7 mであった。

平成19年7月13日～7月15日の降雨量は近傍の古庄雨量観測所で259 mm、ピーク水位時(TP+15.5 m)における樹木群内水深は2.3 mであった。

今回の出水で、高水敷の洗掘や堆積などの現象は認められず、倒木等も発生しなかったが、下草は全て倒伏状況となった。

樹木内の流速を小型メモリー流速計にて計測した結果、水位ピーク付近の流速は樹木を伐採したD地点0.91 m/s、4 m未満の樹木であるC地点で0.78 m

/ s と優位な差は無い。これは植生状態がD地点C点とも大きな差がないことに起因する。一方、竹林のあるA地点では  $0.15 \text{ m/s}$ 、4 m以上の樹木であるB地点では  $0.21 \text{ m/s}$  と樹木群による流速の低下が観測された。

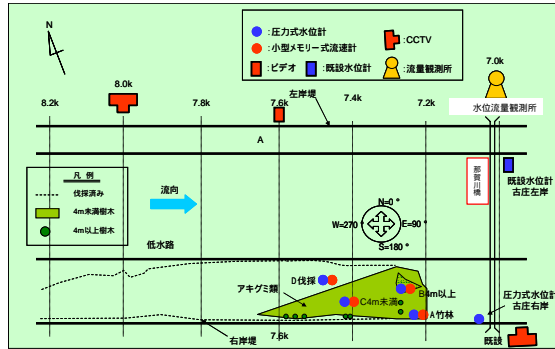


図 - 1 1 観測位置図（那賀川）

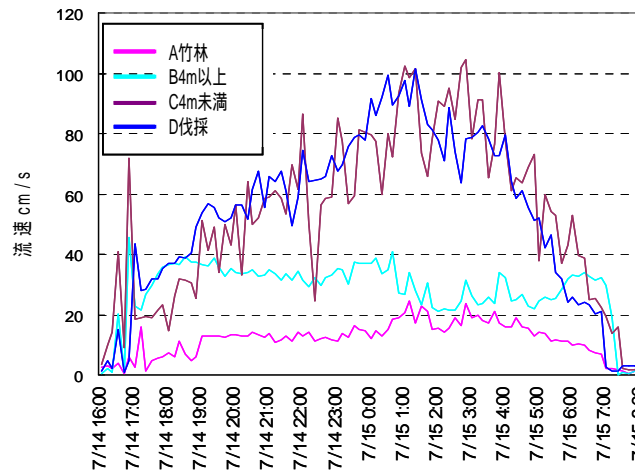


図 - 1 2 流速観測図（那賀川）

### 3. 2. 準二次元不等流計算による検証

平成17、18年度に行われた現地観測結果を基に、準二次元不等流計算を実施し、流速の再現性について検証を行った。

#### 音更川

音更川では、平成17年9月台風14号による出水時に、左岸1.6～2.6 kmにおいて樹木群内流速は  $0.1 \sim 0.8 \text{ m/s}$  を計測している（図 - 1 3）。

樹木群を低流速域とみなし、樹木密度、幹の胸高直径から透過係数を算定し、準二次元不等流計算により樹木内の平均流速を算出した。実測値と計算値の対比結果を図 - 1 4 に示す。

実測流速  $0.1 \sim 0.8 \text{ m/s}$  に対し、計算流速は若干高めに算出された。原因としては、樹木群内に付着堆積した流下物による河積阻害の影響が考えられる。

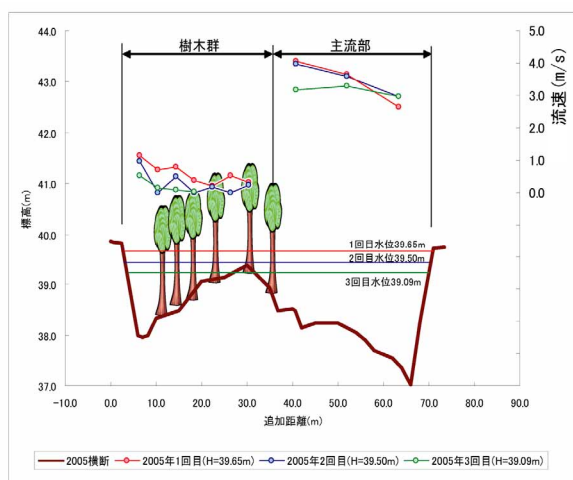


図 - 1 3 流速観測図（音更川）

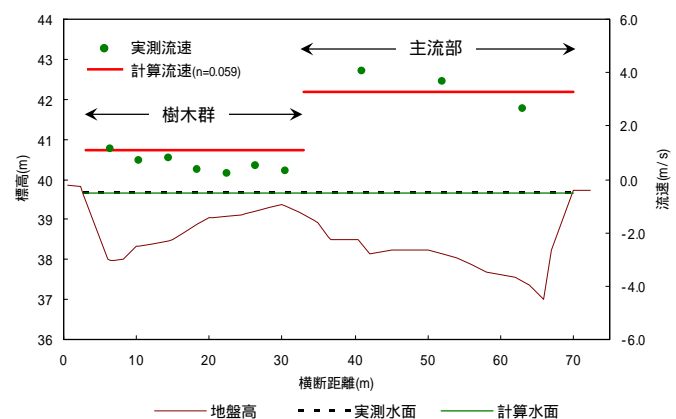


図 - 1 4 流速計算結果（音更川）

## 米代川

米代川では、平成18年7月低気圧による出水時に、右岸12kmにおいて、樹林地内の流速0.4m/sが計測されている。

樹木群を低流速域とみなし、樹木密度、幹の胸高直径から透過係数を算定し、準二次元不等流計算により樹木内の平均流速を算出した。実測値と計算値の対比結果を図-15に示す。実測流速0.4m/sに対し、計算流速は0.37m/sと算出された。

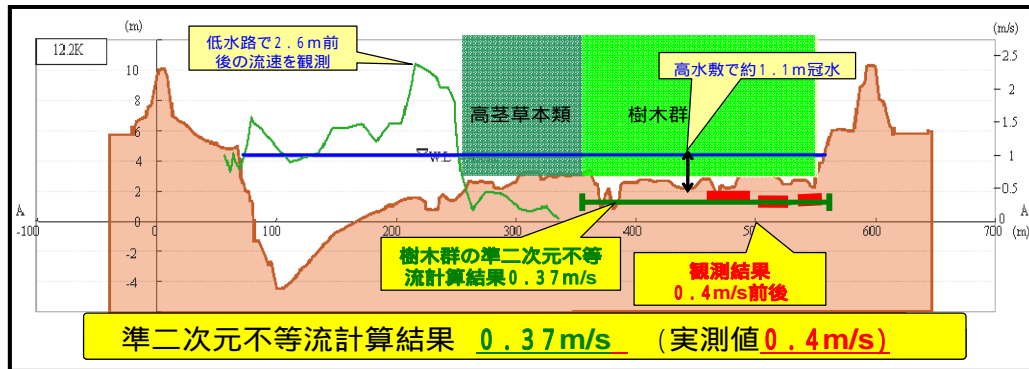


図 - 15 流速計算結果（米代川）

## 由良川

由良川では、平成18年7月梅雨前線による出水時に、右岸36kmにおいて樹木内流速0.65m/s～1.38m/sが計測されている。

樹木群を低流速域とみなし、樹木密度、幹の胸高直径から透過係数を算定し、準二次元不等流計算により樹木内の平均流速を算出した。実測値と計算値の対比結果を図-16に示す。実測流速0.65m/sに対し、計算流速は0.61m/sと算出された。

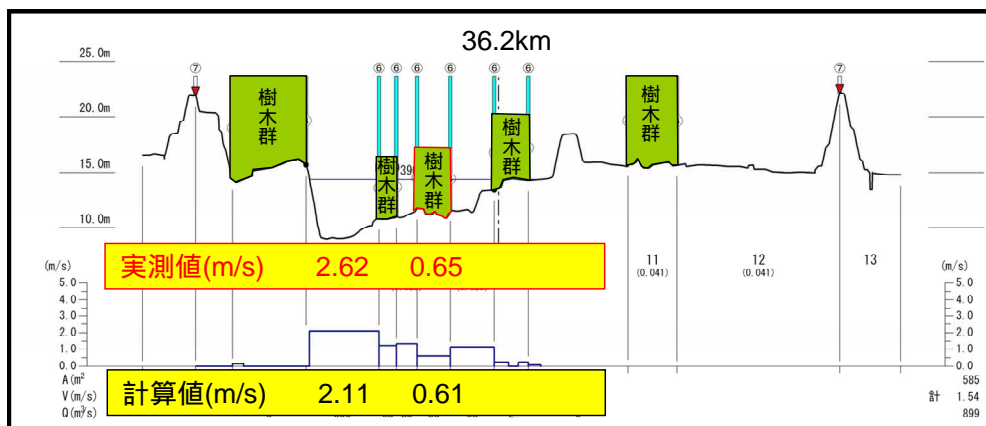


図 - 16 流速計算結果（由良川）

## 天神川水系天神川

天神川では平成18年7月梅雨前線による出水時に、右岸3.7kmにおいて、水位ピーク時の樹木内の流速約0.3m/sが計測されている。

樹木群を低流速域とみなし、樹木密度、幹の胸高直径から透過係数を算定し、準二次元不等流計算により樹木内の平均流速を算出した。実測値と計算値の対比結果を図-18に示す。実測流速約0.3m/sに対し、計算流速は約0.3m/sと算出された。なお、低水路内流速は観測機器の倒伏によりピーク付近は欠測となっている。



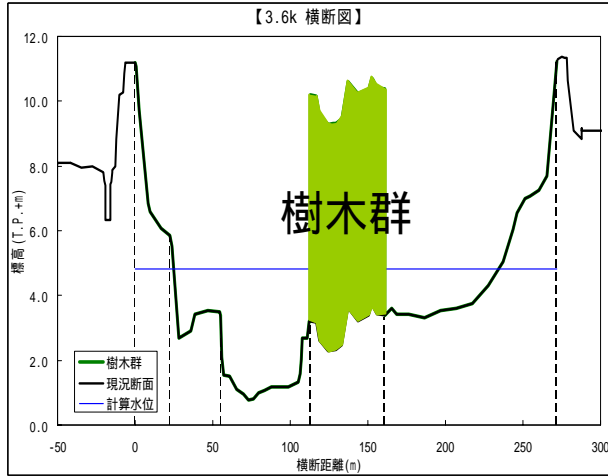


図 - 17 水位計測結果（天神川）

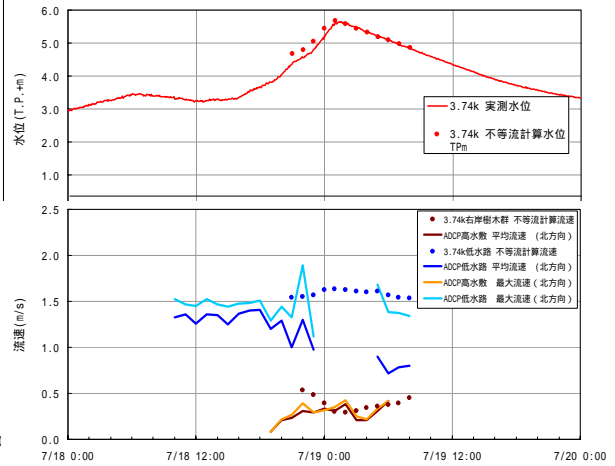


図 - 18 流速計算結果（天神川）

以上より、河道内樹木群内の水理諸量の評価については、次の点に留意して実施することで、適正に得られることが確認された。

- 樹木群の配置
- 樹木群の密度
- 樹木群の樹高、枝下長、胸高直径

### 3.3 樹木の倒伏にする調査 荒川水系荒川（北陸）

樹木群の適正な管理による流下能力の確保、出水時における多数の倒木・流木の発生が課題となっている荒川では、より適切な樹木管理の検討に資するため、倒木・流木の発生条件を把握するための調査を行った。平成16年7月の梅雨前線による出水における倒伏状況と流水外力モーメントによる倒伏予測を比較した結果では、倒伏と判定した樹木の内87%が実際に倒伏していた。しかし、倒伏しないと判断された樹木でも実際に倒伏している樹木もあり、ゴミの付着によるモーメント増加が原因として考えられる。

平成17年度には河道内樹木の引き倒し実験を行い、胸高直径と倒伏限界モーメントとの間に強い相関があることを明らかにした。

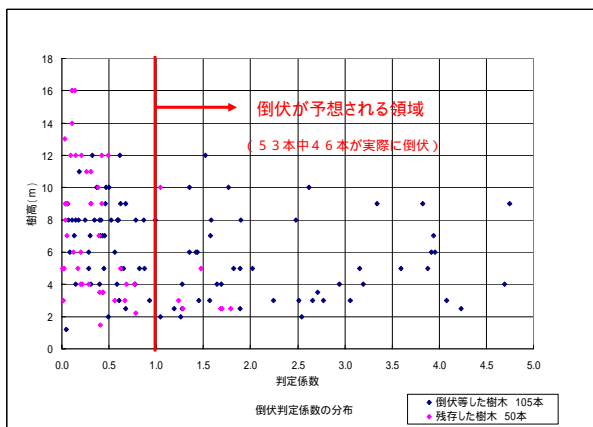


図 - 19 倒伏判定係数の分布

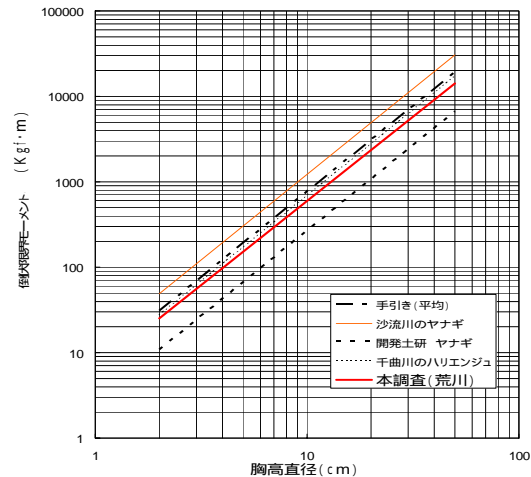


図 - 20 胸高直径と倒伏限界モーメント

#### 4 今後の樹木管理に向けて

本研究により、樹木群内の流速場の実現象を捕らえた多くの事例が収集された。これにより、河道内樹木群内の流速場が明らかとなり、樹木群の透過係数を適正に設定することで、水理現象を再現できることが明らかとなった。

しかしながら、樹林内の透過係数を厳密に設定するには詳細な現地調査が必要であり、多くの時間を要する。打開策のひとつとしてリモートセンシング技術の活用が考えられる。

河道内の樹林化が課題となっている天竜川下流部では、レーザープロファイラを活用し河口から25kmまでの区間の河道内樹木群化区間等の植生密度分布図を作成している。本技術により樹木区域や植生高さや密度を面的に把握することで、迅速な透過係数の設定が期待される。

また、樹木群管理を実施していく上では、樹木伐採に伴う水あたりの変化等の予測も必要であり、平面的な流れ場の解析が必要である。

樹木の倒伏については、実現象の発生機構に不明な点が多く、さらなる事例収集と現地調査等が必要である。また、倒伏の状況によっては、水位のせき上げという副次的な事象も危惧されることから、多角的な検討が必要である。

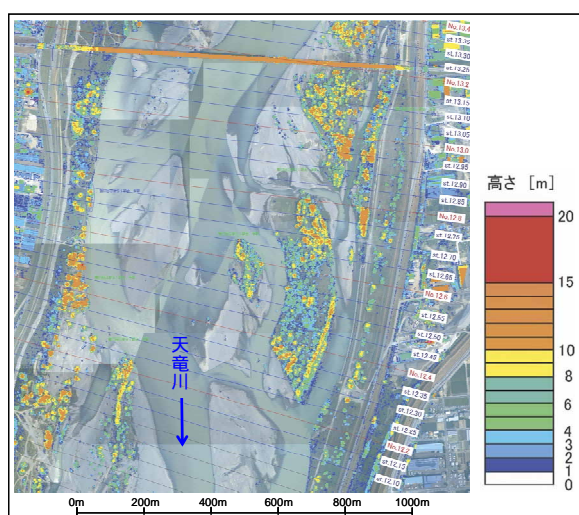


図 - 2 1 樹高分布図 (天竜川)

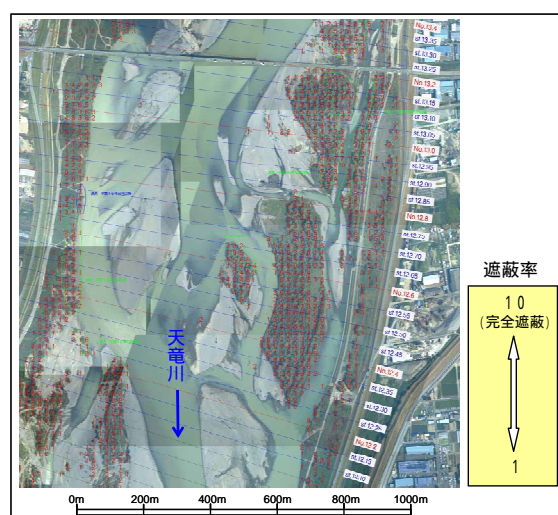


図 - 2 2 植生密度分布図 (天竜川)

#### 5 おわりに

本研究は、河道内樹木群による治水上の水理的影響について明らかにし、樹木群内の水理現象は準二次元モデルによって概ね評価できることを明らかにした。

また、現在も水理諸量の観測は継続しており、新たなデータが計測されれば、それらも含めて分析をしていく予定である。なお、河道内樹木群は、河川内の動植物の生息場として重要な役割を果たすことから、治水と河川環境の調和のとれた河川管理についても、今後の重要な検討課題である。

最後に、関係各位のご理解、ご協力に心から御礼を申し上げますとともに、今後とも引き続き、ご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。