

河道内樹木が流れに与える影響について

山下 彰司* 巖倉 啓子** 馬場 仁志***

1. はじめに

従来、河道内樹木は流下断面積を減少させることから伐採されることが多かった。しかし、近年河川における自然環境の機能が重視されるようになり、河道内樹木を含めた水辺域の保全と治水機能の向上を同時に考慮するという、非常に困難な課題をかかえている。

石狩川支流豊平川では、水辺生態系保全などを目的として、近年河道内に成長したヤナギを主体とする樹木群の一部が伐採されずに残されている。これら樹木群による洪水時の影響予測は今後の河川管理にとって重要な判断材料となる。本文は豊平川の石狩川合流点から上流11.0～13.0km区間を対象に、河道内樹木が洪水時の水位上昇に与える影響について模型実験と数値計算をもとにして検証するものである。

2. 模型実験



写真-1 大型模型

石狩実験場の1/50豊平川大型模型(写真-1)を用いて、河道内樹木の影響実験を行った。模型河床は平成7年度河川大横断面図をもとに作成した。また、樹木分布データは平成7年度に石狩川開発建設部が行った調査データを用いた。

表-1 実験条件

スケール	1/50
対象流量	2,000m ³ /sec 相当
模型河床形状	平成7年度 大横断面測量から
高水敷実験粗度係数	0.0260
低水路実験粗度係数	0.0337
下流端実験水位 (雁木観測所地点)	11.1KP にて 11.78m

実験の諸条件は表-1の通りである。豊平川の河床形状は図-1に示すように既往最大の出水があった昭和56年洪水直後から大きく変化していない。河道内樹木の状態は図-2に示されるように、KP11.6(石狩川合流点から上流11.6km地点)下流では低水路内の中州に最大樹高約5mの樹木群が生育している。樹木群は、近年の融雪出水の減少により植生分布が拡大して

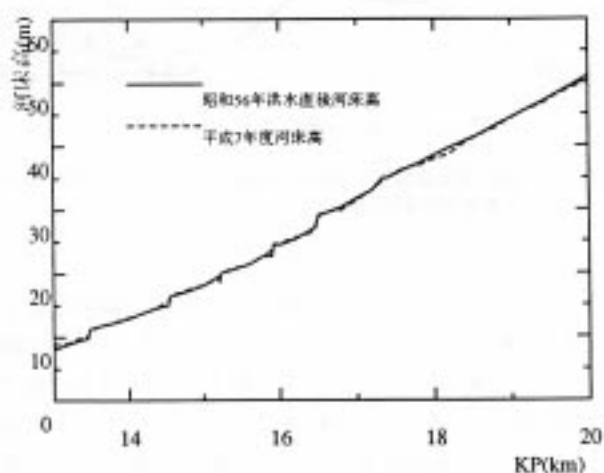


図-1 豊平川河床変化図

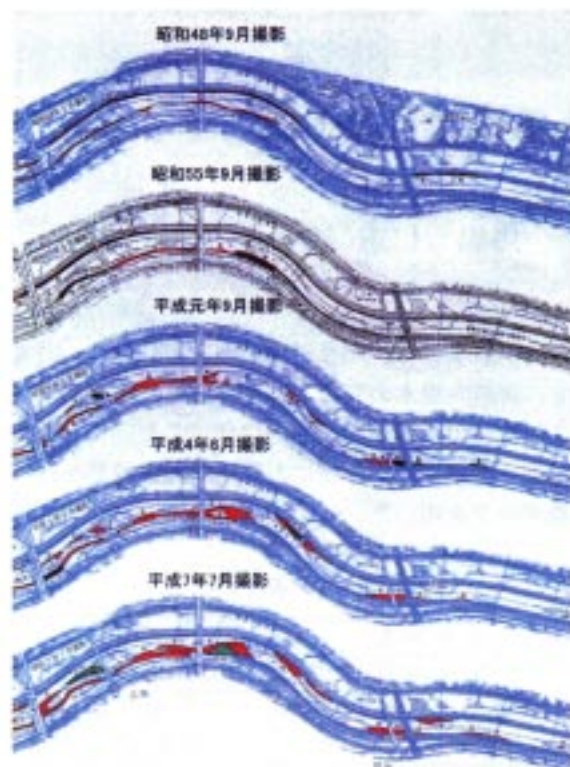


図-2 河道内樹木変遷図 (図中で赤は樹木が密、緑は高木群で密度は並、黒は相の植生)

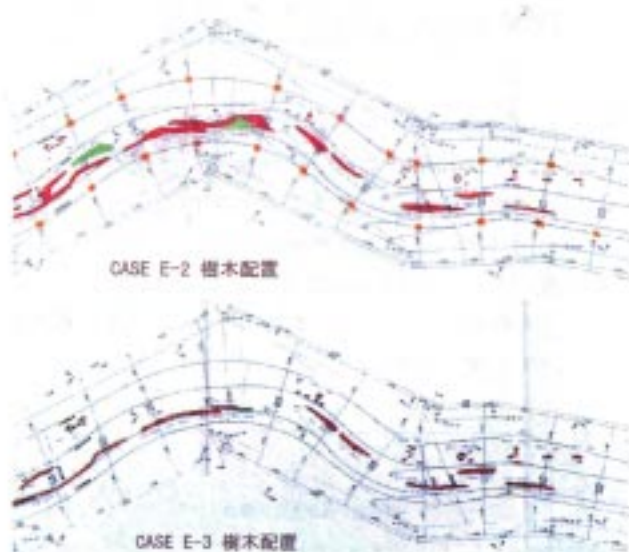


図-3 疑似植生配置図 (図中で河道内の赤色は低木群、緑色は高木群の疑似植生)

いると思われる。また、写真-2に現在の植生状態を示す。実験は3ケースについて行い、CASE E-1は樹木がない状態、CASE E-2では樹木分布データに基づき疑似植生(写真-3)を配置した。疑似植生は高木用と低木用の2種類を用い、さらに樹木密度の疎密を表現するため疑似植生に中詰めしたものとししないものを



写真-2 現地植生
(環状北大橋より上流を望む)



写真-3 疑似植生
(青色構造物は橋脚及び床止め、緑色のものが疑似植生)

用いた。CASE E-3では図-3に示すようにCASE E-2の疑似植生を間引いて、水位の低下状況について検証した。実験流量は豊平川の計画高水流量を想定し、 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ とした。

疑似植生は、既往の水路実験で一般的によく用いられている粗度材料(ヘチマロン)を用いた。疑似植生の流水抵抗が実際の樹木群による抵抗と同等であるかどうかを確認するためには、実洪水の河川水位と疑似植生による実験水位との比較を行う必要があるが、近年の出水例がないため、疑似植生による3次元の再現性チェックは今回できなかった。しかし、河道内水位上昇の相対的比較などを行うには疑似植生でも有用と考えられる。

3. 数値計算

渡邊¹⁾が提唱した2次元モデルを用いて、模型実験の3ケースについてそれぞれ水位計算を行った(CASE S-1~3)。このモデルは清水²⁾の2次元浅水流モデルに樹木の抗力を取り込んだものであり、基礎式は式

(1), (2), (3)の通りである。

$$u \frac{\partial u}{\partial s} + v \frac{\partial u}{\partial n} + \frac{uv}{r} = -g \frac{\partial(h+z)}{\partial s} - \frac{\tau_s}{\rho h} + 2 \frac{\partial}{\partial s} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial s} \right) + \frac{\partial}{\partial n} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial s} \right) - \frac{a}{2} C_d u \sqrt{u^2 + v^2} \quad (1)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial s} + v \frac{\partial v}{\partial n} + \frac{u^2}{r} = -g \frac{\partial(h+z)}{\partial n} - \frac{\tau_n}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial s} \left(\epsilon \frac{\partial v}{\partial s} \right) + 2 \frac{\partial}{\partial n} \left(\epsilon \frac{\partial v}{\partial s} \right) - \frac{a}{2} C_d v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(uh)}{\partial s} + \frac{1}{r} \frac{\partial(ruh)}{\partial n} = 0 \quad (3)$$

式中で S 及び n はそれぞれ流線方向、横断方向軸を示す。 u 、 v 、 h 、 z 及び r は流下方向流速、横断方向流速、水深、河床高及び曲率である。 e 、 g 、 C_d 及び a はそれぞれ渦動粘性係数、重力加速度、樹木の抗力係数

及び樹木密度である。樹木密度は樹木の直径を樹木間の縦横断間隔で除した無次元パラメータである。

モデルの前提として樹木は葉も枝もない幹だけの棒状のものを想定し、これが流れに没せず、流れによって曲がりもしないと仮定した。実際の樹木は洪水時には水没するし、また、枝葉も有しているため数値計算上の仮想樹木とはかなり異なるが、樹木に起因する全ての抵抗現象を樹木密度パラメータのみに集約して調整したものであり、最終的に計算水位が実験(CASE E-2)の水位にあうように決定した。なお、数値計算に用いた粗度係数は実験の河床粗度と同じ値である。

4. 検討結果

模型実験結果(赤線)及び数値実験結果(青線)の水位縦断変化図を図-4に示す。図中でCASE E-1~3の模型実験のKP13における水位は数値計算のものと比較して大きい、これは模型実験においてKP13付近に橋脚が設置されているためである。また、模型実験、数値計算ともに疑似植生が存在すると(CASE E-2及びCASE S-2)、樹木がない場合(CASE E-1及びCASE S-1)に比べ水位が上昇した。定量的な判断は難しいが大きい個所では数十cm水位が上昇する傾

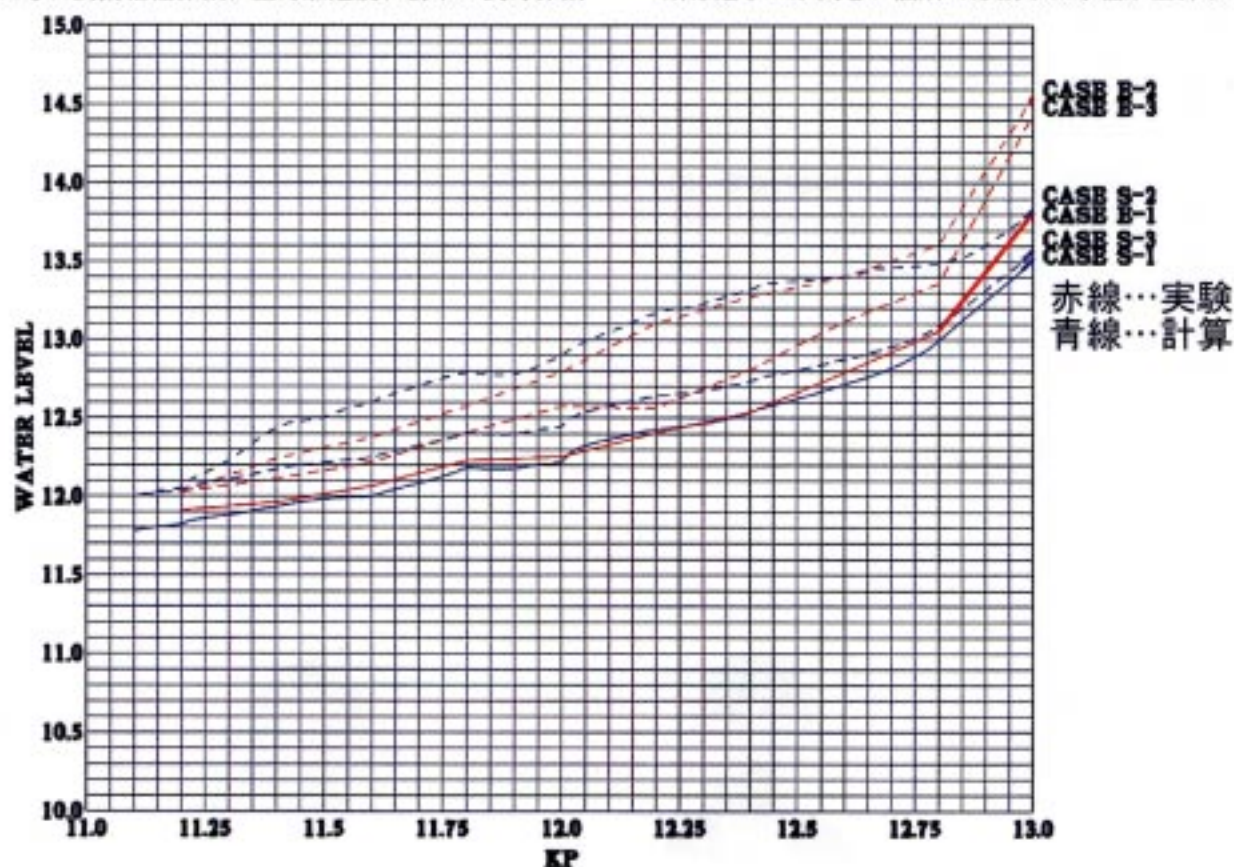


図-4 実験・計算水位比較図

向にあることがわかる。数値計算のCASE S-2では樹木密度0.015を用いたが、これは直径10cmの樹木が縦横断間隔およそ2m×2m内に存在すると想定される密度であり、現地の状況も同程度の樹木群が観察される。

模型実験においてCASE E-3はCASE E-2の疑似植生を間引いたものであるが、疑似植生を一部取り除くことにより該当区間の水位はかなり低下した。CASE E-3に水位を合せるように計算したCASE S-3では樹木密度を0.001としたことから、直径10cmの樹木を縦横断間隔10m×10mまで間引きしたことに相当する。これは、前記の樹木群状態から比較すると、「かなり強度」に間引きした樹木伐採状態であり、水位上昇を押さえるための樹木群管理にとって一つの目安がこの数値計算から得られた。

5. おわりに

本文では河道内樹木の存在により水位が上昇するという基本的な性質について模型実験と数値実験により検証した。

数値計算モデルは平面2次元であり、河道内に複雑な配置を有する樹木群が水流に与える影響を、平面的あるいは横断的な分布としてある程度予測することが可能である。今回の検討では、こうしたシミュレーションを行っていないが、現場の樹木群管理に対応した水理的影響の検討には、このモデルを使用した検討が有効であろう。

なお、河川研究室では河道内樹木の水理的影響に関して、比較的直線的で複雑ではない樹木群配置の場合には、1次元の計算モデルを用いた検討でも有効であることを示してきた³⁾。平面2次元モデルはこれを更に発展させて、複雑な樹木群配置の場合にも様々な検討に耐え得る技術を提供するものである。

今後は、樹木の存在による水位上昇を予測するために河道内樹木の客観的な調査方法を確立すること、河

道内樹木の実抵抗の測定例を増やし、モデルの精度を確保することなどが課題である。

参考文献

- 1) 渡邊康玄 (1994) : 沖積地河川の河道維持に関する研究, 開発土木研究所報告 第105号
- 2) 清水康行 (1991) : 沖積河川における流れと河床変動の予測手法に関する研究, 開発土木研究所報告 第93号
- 3) 鳥谷部寿人・馬場仁志・船木淳悟・藤田隆保・吉田 隆年 (1997) : 美唄川1997年出水時における樹木の 水理的影響, 開発土木研究所月報 No. 534, pp2-8



山下 彰司*
本局
環境審査官補佐
前河川研究室
副室長



巖倉 啓子**
本局河川計画課
第3計画係長
前河川研究室
研究員



馬場 仁志***
河川研究室長