

洪水痕跡調査による河道内樹木の挙動の把握

船木 淳悟

Jungo FUNAKI

1. はじめに

良好な河川環境を維持、創出するという観点から、樹木の存在を許容した河道計画の見直しが進められており、これを支援するための、樹木を考慮した流れの計算手法や管理技術に関する研究などが盛んに行われている。その一方で、こうした研究成果の現地データによる検証は、洪水時の観測の困難さという事情もあって非常に事例が少ないのが現状である。

本研究は、実際の洪水が樹木群のある河道空間に残した痕跡から、洪水時に発生した現象を把握したものである。事例として平成 9 年 8 月に北海道の鵲川で発生した洪水を取り上げた。このときの洪水は、鵲川橋観測所 (KP.2.5) で 19 時間にわたって警戒水位を上回り、ピーク流量 $1,089\text{m}^3/\text{s}$ は過去 30 年間で上位 4 番目に相当する規模であった。この洪水によって高水敷上の樹木は場所によって 3 m 以上も冠水し、樹木の倒伏や流出が発生したほか、樹木群内での土砂堆積と分級現象が見られた。

2. 調査方法

高水敷の水際部に沿って形成された樹木群において、水際から河道の横断方向に 50m、流下方向に 60m の方形調査区を設け、樹高、樹幹直径、密度 (本数/ m^2) を計測するとともに、方形区を 5m 間隔の調査メッシュに区切り、各メッシュにおいて以下の項目を調査した。

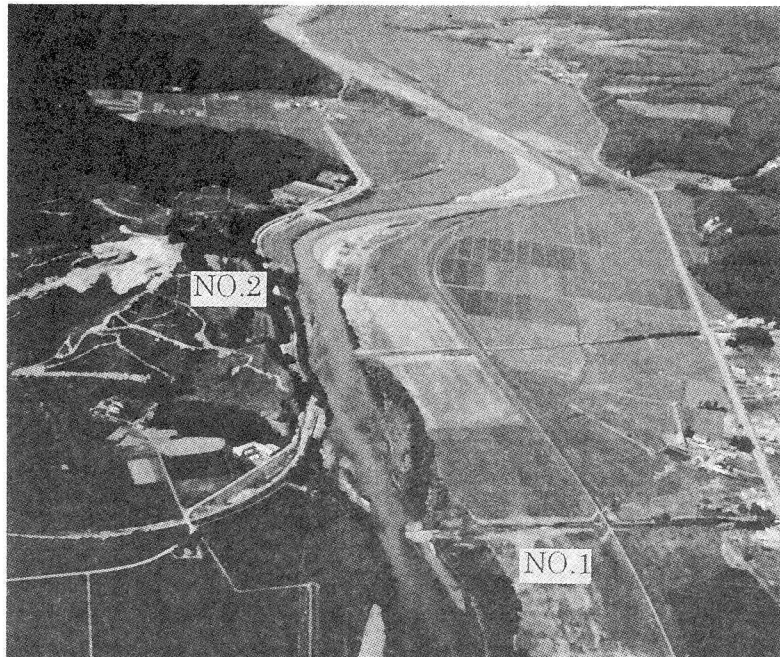
- 1) 洪水流方向角：樹木や下草の倒伏方向、ゴミの付着方向から洪水流の流向を推定した。
- 2) 洪水流強度：樹木や下草の倒伏の程度から流れの強さを推定した。
- 3) 堆積厚：土砂の堆積厚を計測した。
- 4) 堆積物粒度：目視により堆積物中に占める砂とシルトの比率を推定した。
- 5) 冠水深：ゴミの付着高さを調べ、洪水時最大冠水深を推定した。

調査箇所は KP.19.4 の左岸 (NO.1) と KP.20.6 の右岸 (NO.2) に設定した。鵲川の中・下流域の高水敷は採草地や放牧地として利用されていることが多い。NO.1 地点は上流側 2km にわたって高水敷幅約 200m のうち、160m ほどが採草地となっており、樹木群は低水路河岸に沿って帯状に約 40m 幅で形成されている。樹高は 7~10m、胸高直径が 7~12cm のヤナギ群落であり、樹木密度は平均して 0.83 本/ m^2 と比較的樹齢の若い樹木がかなり込み入った状態で繁茂している。河道は調査地点を含む下流区間で右岸側に約 90 度湾曲しており、蛇行部内岸側には大きな砂州が形成されている。また、調査地点の直上流部にも小規模な左湾曲が見られることから、本調査地点は洪水発生時には左岸側に流心がシフトしながら河岸樹木群に乗り上げるような流れが生ずる区間であると思われる。NO.2 は河道が左岸側に約 60 度湾曲した蛇行部外岸側の下流端部で、洪水流が激しく衝突する位置である。低水路が右岸寄りにあるため高水敷幅は 40m と狭く、この空間全面にわたって樹木が繁茂している。この直上流部には樹木群はなく、全面が採草地とな

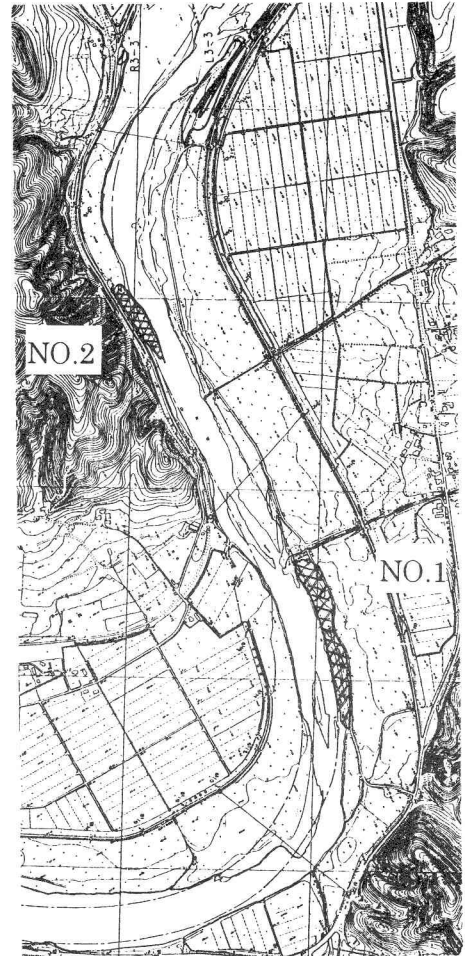
キーワード：洪水痕跡、樹木、土砂堆積、分級現象

*北海道開発局開発土木研究所河川研究室副室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

っている。樹高は約 10m で、胸高直径は 5～12cm のヤナギ・ハンノキ混交林となっている。樹木密度は 0.55 本/m² と NO.1 よりやや小さくなっている。



写真－1 調査箇所



図－1 調査位置図

3. 洪水中の樹木群内の現象

3. 1 樹木群内の流れ

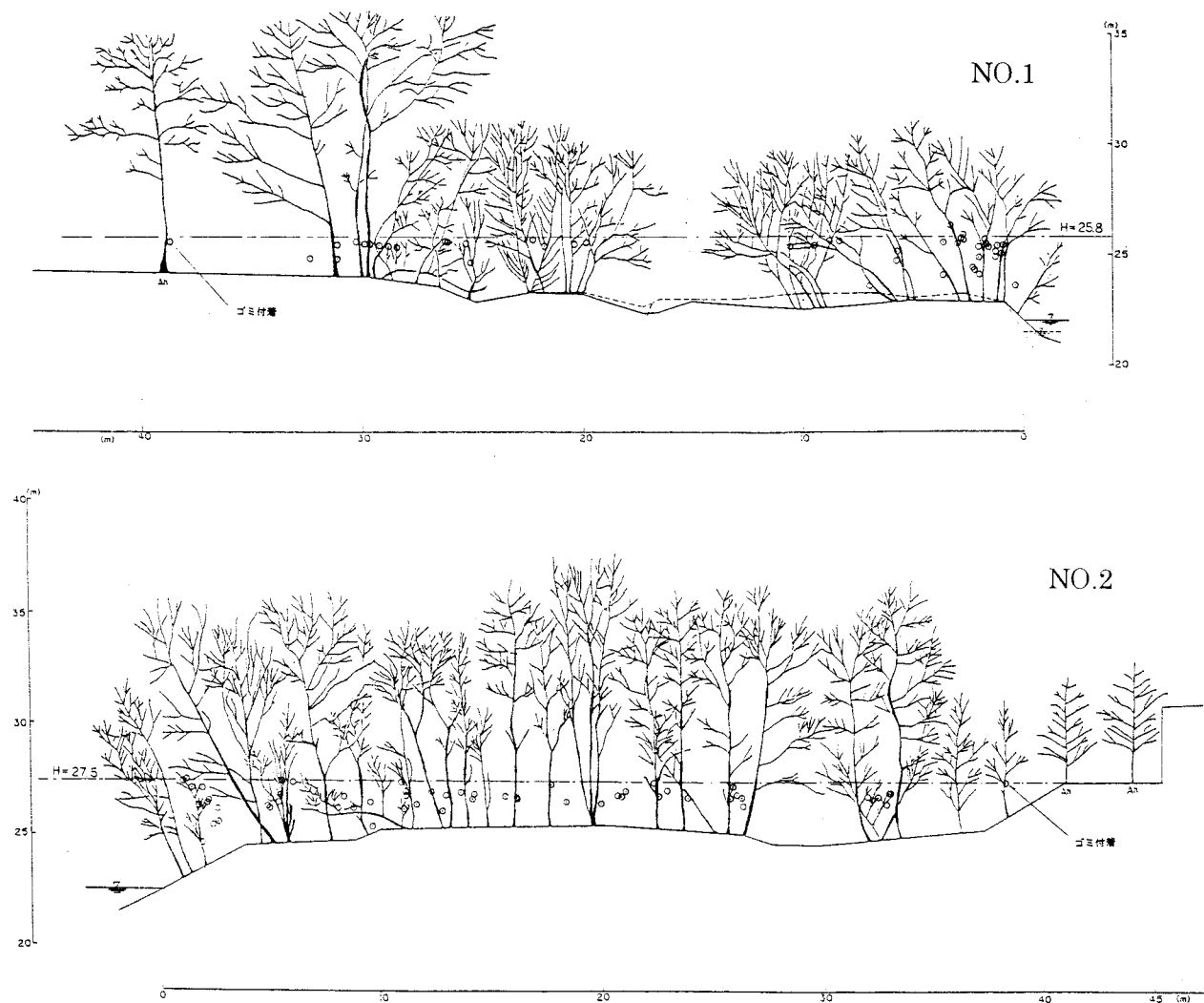
図－2 に調査地の樹木側面図と、洪水痕跡から推定した水位を示す。NO.1 の高水敷高は測量調査を実施した 9 月時点の水面から約 1～2m 程度であり、全体的に起伏のない平坦な地形を呈している。樹木は場所によりかなり激しく倒伏しており、幹や枝に残されたゴミ等から推定された洪水時の最高水位は 25.8m で、これから樹木群の冠水深は 2～3m 程度であったと思われる。一方、NO.2 の高水敷高は中央部で約 3m で水際付近と堤防近傍で 2m である。また、冠水深は 1.5～2.5m と推定される。

また、樹木や下草等の倒伏状態から流れの強さを

- 1) 強度 4 : 下草が完全に倒れ、かつ周辺木も傾斜している
- 2) 強度 3 : 下草がほとんど倒れている
- 3) 強度 2 : 下草が傾斜している
- 4) 強度 1 : 流水方向が判別できる

の 4 段階にランク分けし、草等の倒伏方向とともに 5m メッシュ毎に記録した。さらに、樹木を樹高や胸高直径から同齢とみなせるグループに分け、できるだけ詳細に分布位置をスケッチし、図－3 に示した。なお図中のアルファベットは樹木群のグループを、矢印の長さは流れ強度の大小を表している。

これによると、NO.1 においては、樹木群内の流れは縦断測線 No.25 付近までほぼ低水路の流れ方向（図中右側の太い矢印）と一致しているが、それより堤防側では流向を大きく堤防側に転じている。このとき流



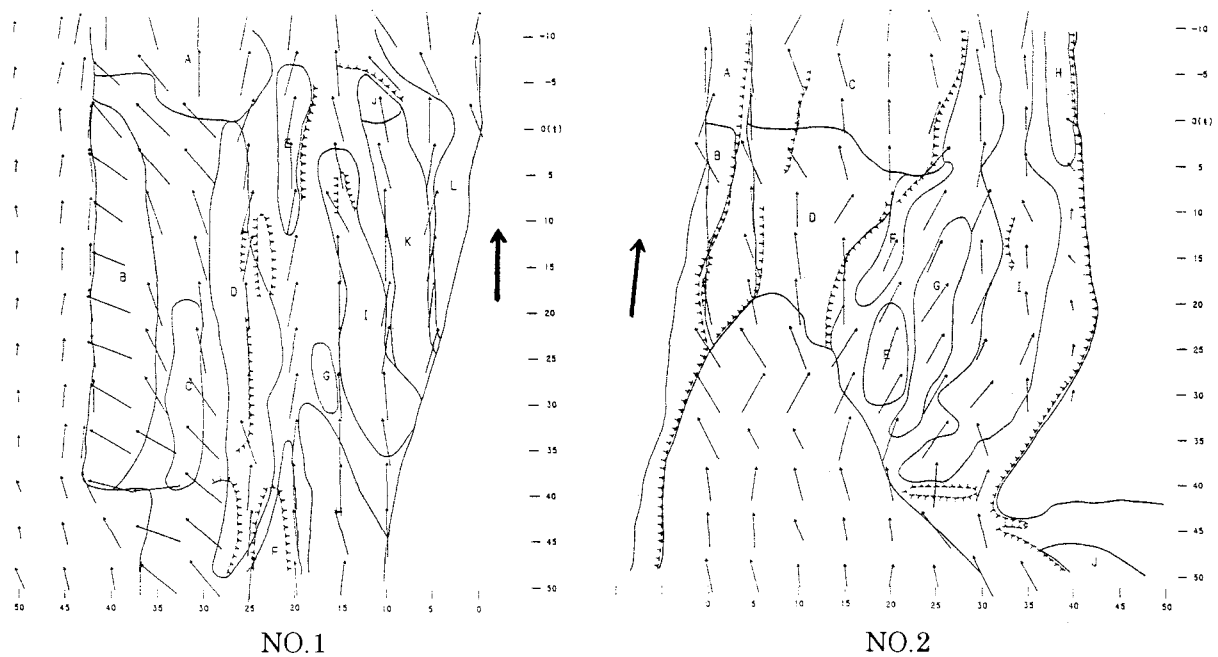
図－２ 樹木側面図

れの強さはほとんど弱まらずに樹木群を通過していたことが、堤防側林縁部の樹木が激しく林外側に倒伏していることから推定される。この流れは樹木群を抜けた直後に、急に向きを樹木群に沿う方向に転じている。林外の高水敷の冠水深は 1m 以下であり、林外の草本の倒伏状態から樹木群を抜けた後の流れはかなり弱かったのではないかと推定されている。

NO.2 では、樹木群の上流側で高水敷に乗り上げた流れは樹木による障害物がないこともあって、まっすぐに樹木群に向かっており、上流側の林縁木を倒伏させながら樹木群内に侵入している。林内の流れは低みに沿いながらもほぼ直進し、流れ強度はあまり低下していなかったものと推定される。

3. 2 樹木群内の土砂堆積

両調査箇所の樹木密度分布 (本/m²) を図－4 に示した。当然ながら密度は均一ではなく、密な部分や粗な部分、また樹木の存在しない部分がパッチ状に分布している。密度の大きな樹木の集団は直径が小さい幼齢木が主体で、こうした密度の大きな、或いは空白の部分は図－2 に示した地盤の低い箇所に存在している。このような箇所は、過去の大規模出水等を受けて現在の河畔林が更新された際に水路として残された部分であり、冠水頻度が高く、また冠水時に流れが集中しやすい条件にあった。このため樹木の侵入が周囲より遅



図ー3 樹木群内の流向と流れ強度

れ、樹齢に差が生じたものと考えられる。

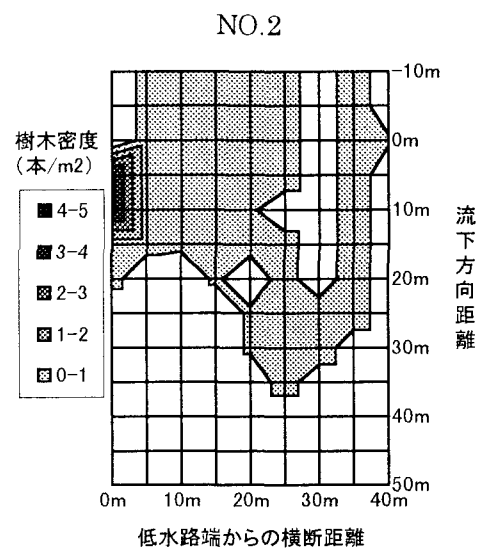
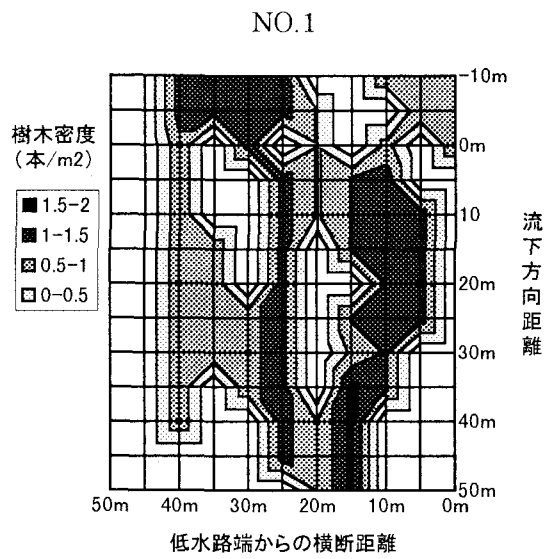
NO.1の樹木密度は単位面積当たり 0.5～1.6 本の範囲で分布しているが、これを樹木の直径も考慮したパラメーターである d/L^2 (単位: cm^{-1} 、 d : 樹木の直径、 L : 樹木の間隔) でみると、0.0005～0.001 という値となっている。また、NO.2 は水際部に一部 4.3 本/ m^2 という密度の高い部分があるが、そのほかはすべて 1 本未満である。 d/L^2 の値は 0.0002～0.0009 と NO.1 よりもやや小さくなっている。

次に、土砂堆積厚と粒度特性についてみると (図ー5、6)、NO.1 と NO.2 は極めて対照的である。NO.1 では低水路端から 10～20m の位置で、低水路とほぼ平行に土砂が集中的に堆積しているのが確認された。この位置は図ー4の樹木密度の低い部分の直上流側にある樹木密度の高い箇所と一致している。さらに堆積した土砂について砂とシルトの構成比を調べたところ、堆積物の組成は低水路側に近いほど砂の比率が大きく、低水路端から 5m 地点では粒径が 0.1～0.4mm の細砂で構成されていた。しかし、土砂堆積が激しい 20m 地点より堤防側では砂質分がほとんど見られなくなり、代わってシルトが堆積している (図ー7)。

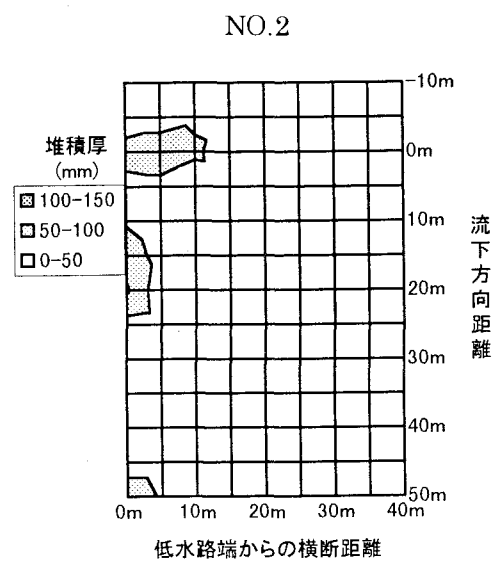
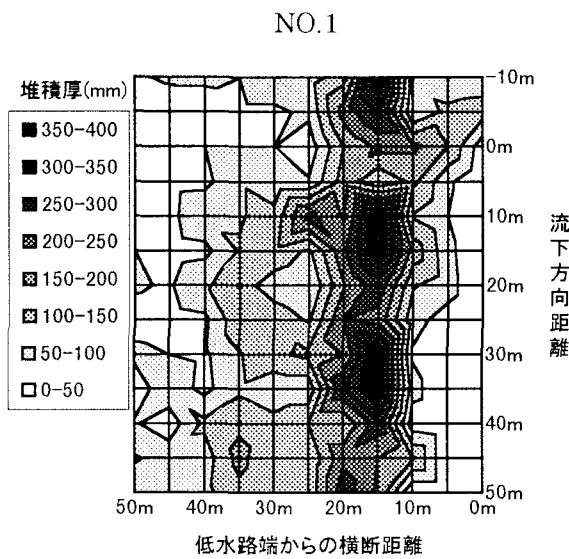
これに対し NO.2 では低水路際の一部に 100mm 程度の堆積が生じていた他は 20～40mm 程度であり、また砂質分はほとんど認められなかった。

菅ら¹⁾は植生域における横断方向の浮遊砂輸送に関する実験において、浮遊砂の堆積位置が時間の経過とともに植生域の奥側に進行していくこと、堆積位置は樹木密度が高いほど低水路部との境界寄りとなること、堆砂幅は狭く集中的な堆積が起こることなどを明らかにした。辻本ら²⁾は植生帯周辺部において分級縦筋が形成される過程を実験により示している。鵠川の調査地点 NO.1 において今回確認された土砂の堆積現象はこれらの実験結果と非常によく一致しており、実河川においても植生域をはさむ領域に形成されるせん断層を通じて横断方向への土砂輸送が活発に行われていることがわかった。

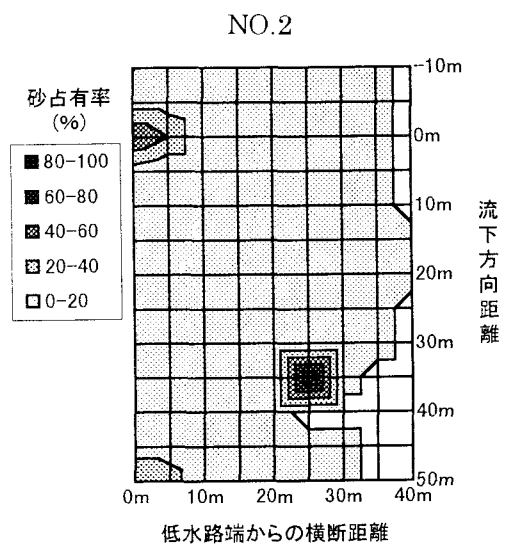
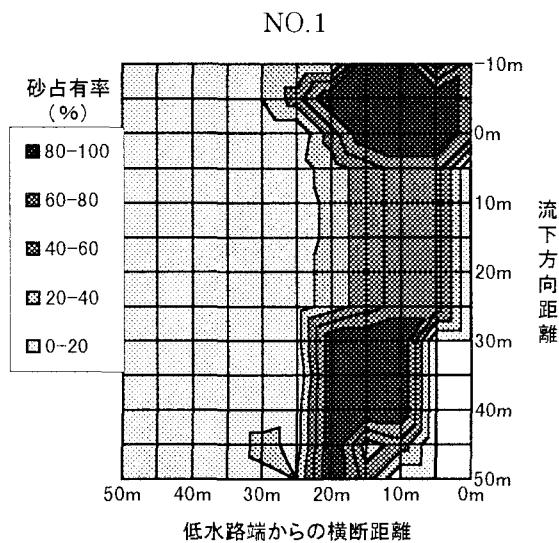
NO.2 の箇所で土砂堆積がほとんど発生しなかった理由についてはよくわからないが、湾曲外岸側の高水敷に乗り上がった洪水流が植生域に上流側から侵入したこと、右岸高水敷幅が 40m 程度と狭いこと、さらに樹木密度が NO.1 よりも小さいことなどから、植生域の流速が十分低下せず土砂を横断方向へ輸送するようなせん断層が形成されなかったのではないかと考えられる。また、樹木に付着したゴミなどの浮遊物の高さから洪水水位を想定したが、湾曲外岸側に向かって水面勾配が生じ見かけの水位が高くなっていたことも考えられる。



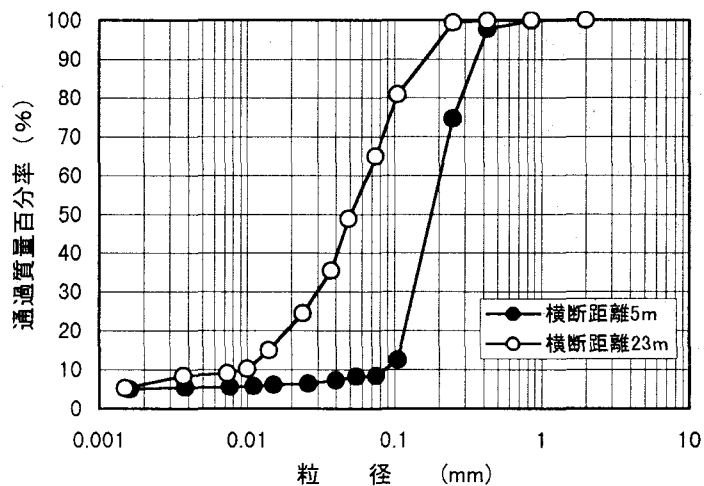
図—4 樹木密度



図—5 堆砂厚



図—6 砂含有率



図ー7 NO.1 流下方向測線 0m における粒度組成

4. まとめ

今回、樹木群内での流れの状態やそれによって引き起こされる現象について、実洪水直後の状態を調査する機会に恵まれた。我々はともすれば洪水やその他の現象をリアルタイムで直接観測することに主眼を置きがちであるが、イベントが残した痕跡の中にも貴重な情報がたくさんあり、とくに樹木は何十年というオーダーでイベントを記録しているレコーダーとして、河道変化や土砂の移動現象を推定する貴重な情報源と考えられる。樹木を河道計画の中に位置付ける上で、樹木は生き物であるが故に立地環境に支配されながら成長と消失を繰り返していくという特性を十分に評価し、土砂の堆積や洗掘が樹木とどういった相互関係を持ちながら河道や植生環境を形成していくのかについて研究を進めていくものである。

参考文献

- ¹⁾ 菅 和利・中井正則：側岸に樹木群を伴う直線河道の浮遊砂輸送、水工学論文集、第 38 巻、p. p. 659-664、1994.
- ²⁾ 辻本哲郎・北村忠紀・中川博次：植生帯周辺での分級縦筋の形成、水工学論文集、第 38 巻、p. p. 665-670、1994.