京都大学工学研究科	学生員	○横山博行
京都大学大学院工学研究科	正会員	岡本隆明
京都大学大学院工学研究科	正会員	戸田圭一

# 1. はじめに

河道内に繁茂する樹木群落による水位のせき上げ や,偏流の発生による河岸侵食,樹木群落背後の止 水域での土砂堆積による河道の陸地化は以前より問 題とされてきた.環境保全上すべての樹木群落を除 去することは不可能であるため,これらの問題に対 して影響の大きい樹木群落のみを正確に評価し,伐 採することが求められる.

しかし、樹木群落の伐採密度・面積による河道流 下能力の変化や、下流河川への影響範囲については 未解明点が多く存在する.そこで本研究では樹木群 落の密度と長さを系統変化させて水路実験をするこ とで、樹木群落の伐採密度・面積によって河道の流 下能力や止水域の大きさがどのように変化するかに ついて考察する.

## 2. 実験手法および水理条件

図-1 に実験装置図を示す.実験に用いた水路は全 長 10m, 幅 40cm, 高さ 50cm の可変勾配型水路であ る. x, v および z は, それぞれ流下方向, 鉛直方向 および横断方向である.流下方向の原点(x=0)は樹木 群落上流端の樹木モデルの位置, 鉛直方向の原点 (v=0)は水路底面,横断方向の原点(z=0)は樹木群と主 流域(Main-channel)の境界部とした. U.V および W は各方向における時間平均流速, u, v および w はそ れぞれ瞬間流速 $\tilde{u}, \tilde{v}$ および $\tilde{w}$ の乱れ変動成分を示 す. H は全水深, h は樹木モデル高さである. 水路 片側には, 図-1 で示すように樹木モデルを正方格子 状に配置した. 用いた樹木モデルは ho=200mm, 直 径 d=3.0mm の木製円柱で作成した剛体植生である. B<sub>v</sub>, L<sub>v</sub>はそれぞれ横断方向, 流下方向の樹木モデル の配置間隔であり、Bp、Lpはそれぞれ横断方向、流 下方向の樹木群落の長さである.

**表-1** に水理条件を示す.断面平均流速 $U_m$ ,全水 深 H は全ケースで一定(H=7.0cm)とした.かぶり水 深比は H/h=1.0(非水没状態)とした. Re=  $U_m H/v$  はレ イノルズ数, Fr=  $U_m/\sqrt{gH}$ はフルード数である.樹木群落の流下方向長さ  $L_p$  と樹木群密度  $\lambda$  を系統変 化させている.樹木群落の横断方向長さ  $B_p$ は全ケースで一定とした.

流速計測には PIV(Particle Image Velocimetry)画像
計測法を用いた. 3.0W の YAG レーザーを光源とし
て水路側方から厚さ 2.0mm のレーザーライトシー
ト(LLS)を照射した. LLS の鉛直方向照射位置は

Hiroyuki YOKOYAMA, Takaaki OKAMOTO and Keiichi TODA yokoyama.hiroyuki.36e@st.kyoto-u.ac.jp

表-1 水理条件





y/H=0.5 とした. トレーサーには粒径 100µm, 比重 1.02 のポリスチレン粒子を用い, 高速度 CCD カメ ラ (1024×1024 pixel) でデジタル撮影した. カメラ に 30Hz の外部トリガーを与え, 500Hz のフレーム レートで 2 枚の連続画像のペアを 60 秒間計測した. 撮影領域のサイズは 30cm×30cm 領域である.

### 実験結果と考察

## 3.1止水域の評価

図-2 は樹木群落背後の時間平均主流速 Uの水平 面コンター図である.樹木群落長L<sub>p</sub>の長いケース (Case A-L)では樹木群の抵抗が大きいため,群落背後 に大きな止水域が形成されている.また,樹木群密 度の大きい Case A では樹木群落長L<sub>p</sub>の影響が大き く,樹木群背後の流速値は減少し,主流域の流速値 が増加している.本研究では群落背後で減衰した流 速値が群落上流の流速値の 95%(U<sub>v</sub>/U<sub>m</sub> = 0.95)まで 回復するまでの距離を止水域スケールL<sub>wake</sub>とした。 図-3 はL<sub>wake</sub>と樹木群内外の流速差ΔUの関係を示し



ている.  $\Delta U$ の増加に伴い,  $L_{wake}$ も線形的に増加していることがわかる. このことから樹木群背後の止水域スケール $L_{wake}$ は樹木群内外の流速差 $\Delta U$ によって決定されることがわかった.

## 3.2 樹木群背後の乱流構造の発達・減衰過程

**図-4** は樹木群背後でのレイノルズ応力ピーク値  $-\overline{uw_{peak}}$ の流下方向変化である. Case A-L では樹木 群背後から 1m の区間( $0 \le x - L_p \le 1.0m$ )でレイノ ルズ応力の値は増加し,大規模乱流が発達している. 一方,樹木群密度の小さな Case D( $\lambda$ =0.0778)では樹 木群落長 $L_p$ によらず,樹木群背後で大規模乱流は発 達しないことがわかった.これは Nepf(2012)<sup>1)</sup>の結果 と一致する.

**図-5** は樹木群内外の流速差ΔUの流下方向変化である. Case A-L では樹木群背後から x=L<sub>p</sub>+1.0m まで



(左: Case A, 右: Case D)

はほぼ一定値をとり、 $x \ge L_p+1.0m$  では流速差 $\Delta U$ が 減少している. **図-4** と比較すると、Case A-L では  $\Delta U/U_m \ge 0.6$ でレイノルズ応力の値は流下方向に増 大し、 $\Delta U/U_m \le 0.6$ でレイノルズ応力は流下方向に 減少している. このことからレイノルズ応力のピー ク値- $\overline{uw_{peak}}$ は樹木群内外の流速差 $\Delta U$ によって決 定されると考えられる.

#### 4. 結論

- 樹木群落背後の流速が低減する止水域の大きさ は樹木群内外の流速差ΔUによって決定される ことがわかった.
- (2) レイノルズ応力のピーク値-*uwpeak*の大きさは 樹木群内外の流速差ΔUによって決定されるこ とがわかった.樹木群密度が大きくなると、樹 木群落背後で大きなせん断層が発達し、レイノ ルズ応力のピーク値-*uwpeak*が大きくなる.
- (3) 樹木群内外の流速差ΔUがある値以上のときは レイノルズ応力ピーク値-<u>uwpeak</u>は流下方向に 増加し, 樹木群内外の流速差ΔUが減少し始める とレイノルズ応力ピーク値-<u>uwpeak</u>も流下方向 に減少する.

#### 参考文献

 Nepf, H. 2012. Flow and transport in regions with aquatic vegetation. *Ann. Rev. of Fluid Mech.*, 44:123-42, doi: 10. 1146/annurev-fluid-120710-101048.