

低水路沿い樹木群密度の変化に伴う流れの混合機構

広島大学大学院 学生会員○高次 渉 広島大学 フェロー会員 福岡捷二
広島大学 正会員 渡邊明英 広島大学 正会員 駒井克昭

1. 序論

複断面河道の低水路河岸沿いに樹木群が繁茂している場合、繁茂形態や密度の違いによって樹木群をはさむ高水敷と低水路の間の流れの混合機構は異なる。また、混合に伴う運動量交換はせん断力 (Reynolds 応力) として評価される。本研究では河道内樹木群の保全と管理のために必要な水理学的な情報を得るため、低水路沿い樹木群密度の変化による低水路流れと高水敷流れの混合機構の変化を検討する。

2. 実験方法

樹木群がある流れから樹木群がない流れに遷移する場合 (実験 1)、樹木群がない流れから樹木群がある流れに遷移する場合 (実験 2) の 2 ケースについて検討を行う。樹木群配置を示した水路の横断面図を図 - 1、平面図を図 - 2 に示す。まず、流れの縦断水位の変化から樹木群密度の変化に伴う流れの遷移区間を推定する。次に、遷移区間における平均主流速分布、Reynolds 応力分布の縦断変化から混合機構を明らかにする。

3. 実験結果と考察

3.1 縦断水位変化

図 - 3 に実験 1 と実験 2、またそれぞれの比較対象となる樹木群が全区間にある場合とない場合の縦断水位変化を示す。実験 1 は下流端から 12.0m までは樹木群がない流れと一致し、樹木群密度の変化点付近で抵抗が急減するため水深が最も低くなっている。樹木群密度の変化点より上流ではその影響が伝わり、樹木群がない場合の水深より大きくなる。実験 2 の樹木群がある区間では樹木群による抵抗が大きいため全区間に樹木群がある場合とほぼ同じ水面形となる。このため実験 1 のように密度急変による明確な流れの遷移区間は特定できない。

3.2 平均主流速と Reynolds 応力

複断面河道では高水敷高さを境に上下で流れの特性が変化することが知られている。図 - 4 は流れ場を高水敷高さ (5.7cm) より上層と下層に分け、実験 1 の層ごとの主流速分布と Reynolds 応力 ($-\overline{u'v'}$) 分布の縦断変

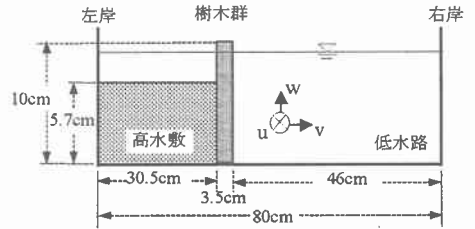


図 - 1 水路横断面図

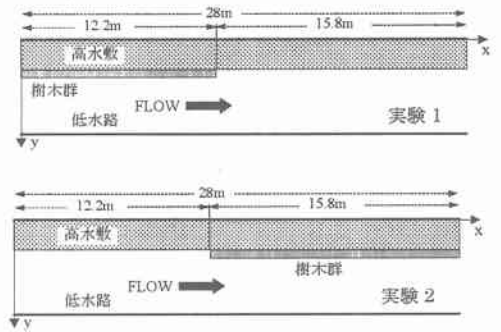


図 - 2 水路平面図

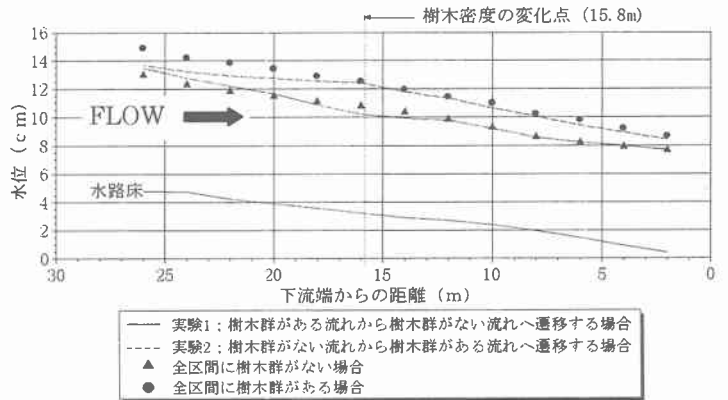


図 - 3 縦断水位図

化を示す。複断面流れでは鉛直混合に比べ水平混合が十分大きいことから、Reynolds 応力については $-\overline{u'v'}$ の考察を行う。樹木群がある領域では樹木群内外の混合に起因する Reynolds 応力が生じ、特に上層では発達した平面渦による強い混合がみられる。そして、樹木群の直下流部では樹木群がなくなることにより高水敷流れと低水路流れの混合 Reynolds 応力が急増している。これは、樹木群によって減速された高水敷流れが樹木群がなくなることによって急激な混合が生じることを示している。これに伴い高水敷流れは加速されている。さらに流下すると上層、下層ともに Reynolds 応力は減衰しながらほぼ低水路全域まで広がる。また、混合が活発な境界部に近い低水路上層では、主流速が若干減速されている。横断方向の混合の広がり徐徐に減衰し、下流端から 12.0m、すなわち樹木群末端から 3.8m で、樹木群のない複断面流れに遷移している。

図 - 5 に実験 2 の主流速分布と Reynolds 応力 ($-\overline{u'v'}$) 分布の縦断変化を示す。樹木群がない領域では上層の Reynolds 応力が境界付近で大きな値を持ち、高水敷流れと低水路流れの混合を示している。密度変化点付近における高水敷流れは樹木群近傍で減速され、 $-\overline{u'v'}$ は負の値を示す。また、その外側で加速され、 $-\overline{u'v'}$ は正のピークをとる。これらは樹木群先端付近の高水敷上では樹木群近傍で減速域が生じ、その外側で加速域が生じていることを示している。下流部の樹木群がある領域では樹木群の影響が卓越するため $-\overline{u'v'}$ は流下に伴い大きくなる。特に上層では水平混合を伴う平面渦の発達により下層に比べ大きくなる。Reynolds 応力の縦断変化から樹木群がある流れ場への遷移は下流端から 13.6m まですべて起こっている。遷移区間は 2.2m となり、実験 1 に比べて短くなっている。

複断面流れでは混合を支配するスケールは水平スケールである。水平スケールとして低水路半幅を用い、混合が安定に達するまでの距離 (l) を低水路半幅 (b) を用いて無次元化すると実験 1 は $l_1/b = 7.6$ 、実験 2 は $l_1/b = 4.4$ となる。

4. 結論

樹木群がある流れから樹木群がない流れに遷移する場合、混合が安定な状態に達する距離 l_1 は低水路半幅 b に対し $l_1/b = 7.6$ 、樹木群がない流れから樹木群がある流れに遷移する場合は、 $l_2/b = 4.4$ となる。後者は樹木群により急激な混合が生じるため短い距離で安定状態に達する。

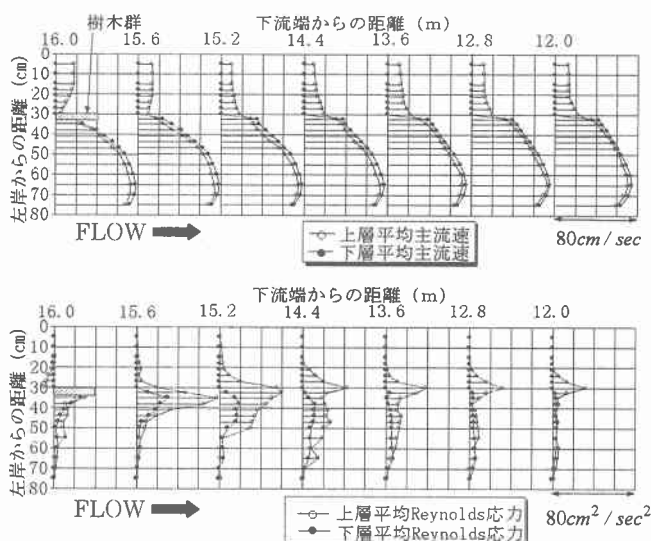


図 - 4 実験 1 の主流速と Reynolds 応力 $-\overline{u'v'}$ の縦断変化

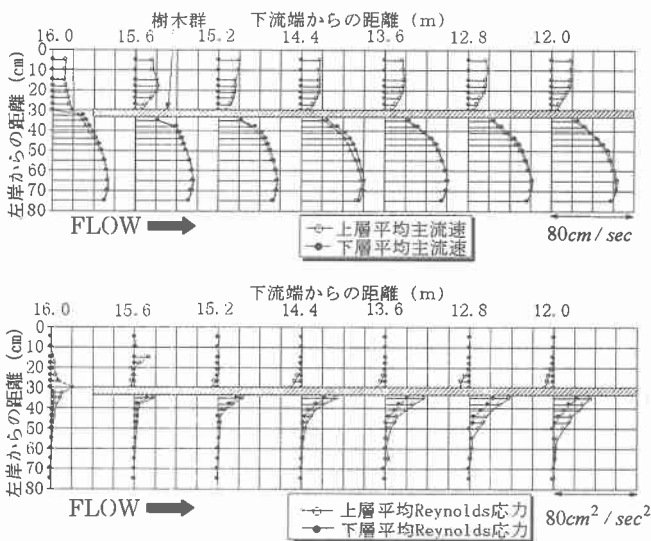


図 - 5 実験 2 の主流速と Reynolds 応力 $-\overline{u'v'}$ の縦断変化