

## II-297

## 樹木群密度の縦断変化が乱流構造に及ぼす影響

広島大学大学院 学生会員 駒井克昭 日本工営(株) 正会員 大本泰久  
 広島大学工学部 フェロー 福岡捷二 広島大学工学部 正会員 渡辺昭英

## 1. 序論

複断面河道の低水路河岸沿いに樹木群が繁茂する場合、洪水時には樹木群によって横断方向に流速差が作り出され大規模平面渦が発生する。平面渦に伴った水平混合は樹木群境界に働く Reynolds 応力となり、流れ場の3次元構造に大きな影響を及ぼす。樹木群密度が縦断的に粗から密に変化する場合には、流下にしたがって平面渦の規模が大きくなり、樹木群境界にはより大きな Reynolds 応力が生じるようになる。本研究ではこのように平面渦とともに変化していく流れ場の3次元構造、特に二次流の変化について河道模型実験から明らかにした。

## 2. 実験方法

実験水路の平面図を図1、横断面図を図2に示す。水路全長は28.0mであり、粗な樹木群は上流から12.2m設置され、その断面より下流15.8mは密な樹木群である。粗な樹木群模型と密な樹木群模型の透過係数 $K$ は1.74m/sと0.45m/sである。二次流の測定にはL型電磁流速計を用いており、特に樹木群密度の変化点付近で平面渦の遷移領域となっている領域ではレーザー流速計(LDV)を用いて Reynolds 応力を測定している。

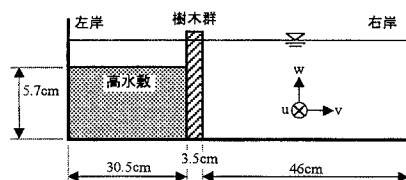


図1 水路断面図

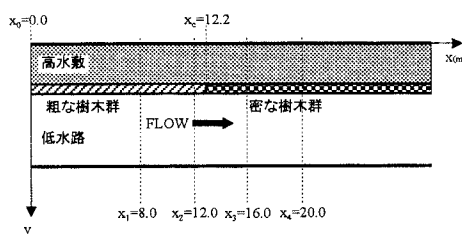


図2 水路平面図

## 3. 実験結果

## 3.1 二次流ベクトルと水平混合

図3に二次流ベクトルと Reynolds 応力  $-\overline{u'v'}$  の断面内分布を示す。

まず、水路上流から流下方向に二次流ベクトルの変化をみる。 $x_1=8.0\text{m}$ における流れ場の二次流ベクトルは図3(1)のようになっている。この断面では、すでに粗な樹木群によって弱い平面渦が発達しており、樹木群周辺の水面付近で起こる水平混合によって水面付近での時計回りの弱い二次流セルが形成されつつあることが伺える。次に流下方向に進んだ $x_2=12.0\text{m}$ では、図3(2)に示すように、粗な樹木群の領域において十分発達した平面渦が明確に現れ、樹木群周辺の下層での反時計回りの二次流セルと、水路右岸側壁付近での反時計回りの二次流セルが形成されている。さらにその下流( $x_3=12.2\text{m}$ )では樹木群密度が粗から密に変化し、平面渦の規模が大きく遷移していく領域となる。その樹木群密度の変化点から少し流下した $x_3=16.0\text{m}$ では、図3(3)に示すように樹木群付近の時計回りの二次流セルが拡大し、樹木群が粗な領域で存在していた右岸側壁付近の反時計回りの二次流セルが水路右岸隅に追いやられている。また、この断面では高水敷に向かう二次流が特に強くみられる。密な樹木群の領域で平面渦が十分発達する $x_4=20.0\text{m}$ では、図3(4)に示すように低水路中央からやや右寄りにあった鉛直下向きの流れが強くなり、より二次流セルの構造が明確になる。このように、樹木群密度の変化は周辺の二次流構造の変化を引き起こし、特に密な樹木群は影響範囲の大きく強い二次流セルを作り出すといえる。

次に、樹木群密度の変化点付近 $x_2=12.0\text{m}$ と $x_3=16.0\text{m}$ における Reynolds 応力分布  $-\overline{u'v'}$  の断面内分布の変化を二次流分布に重ねて図3(2)、(3)に実線で示す。図3(2)に示すように $x_2=12.0\text{m}$ では、 $40\text{cm}^2/\text{s}^2$ 程度のやや大きめの $-\overline{u'v'}$ が水面付近に現れているが、鉛直方向に変化は小さい。しかし樹木群密度の変化直後から、

キーワード：大規模平面渦，二次流，Reynolds 応力

連絡先：〒739-8527 東広島市鏡山1丁目4-1, TEL 0824-24-7821

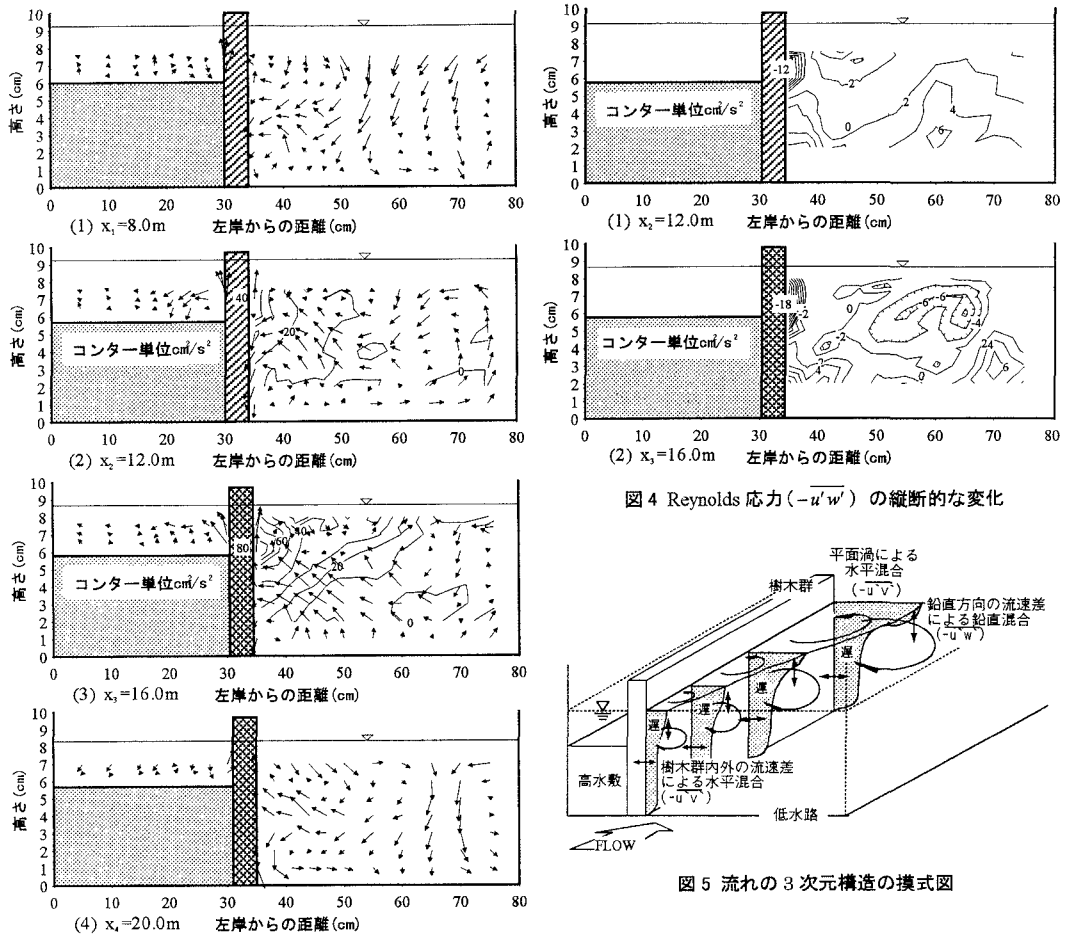


図 4 Reynolds 応力  $(-u'w')$  の縦断的な変化

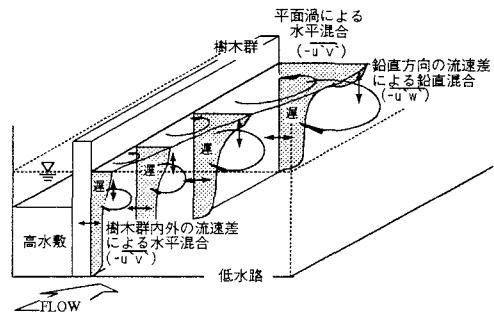


図 5 流れの 3 次元構造の模式図

図 3 二次流, Reynolds 応力  $(-u'v')$  の縦断的な変化

高水敷高さ付近で  $-u'v'$  は増大し始め、図 3(3)に示すように  $x_3=16.0\text{m}$  では、樹木群周辺の高水敷高さ付近において約  $80\text{cm}^2/\text{s}^2$  にまで達する。また、水面付近においては低水路中央付近にまで  $-u'v'$  が大きくなり、平面渦が大きくなることで運動量輸送が広範囲まで及ぶことを示している。

二次流ベクトルと Reynolds 応力分布  $-u'v'$  の関係を見ると、樹木群近傍の高水敷高さ付近における  $-u'v'$  の大きい領域に向かって二次流が強く流れて込んでおり、乱れ強度の分布が二次流の流れに係わっていることが明らかである。

### 3.2 水平混合と鉛直混合

さらに、鉛直方向の運動量輸送を示す Reynolds 応力  $-u'w'$  について、樹木群密度の変化点付近における断面内分布の変化を図 4(1), (2)に示す。図 4(1)に示すように  $x_2=12.0\text{m}$  では、樹木群近傍においてのみに負の  $-u'w'$  が発生しており、図 4(2)に示すように  $x_3=16.0\text{m}$  では低水路中央付近においても負の  $-u'w'$  が現れている。これは、密な樹木群のある領域では、平面渦による水平混合が低水路中央付近にまで及び、このため高水敷高さ付近で鉛直方向に比較的大きな流速差が生じることに伴い、 $-u'w'$  が顕著に現れるようになるといえる。

## 4. 結論

樹木群密度の変化に伴う流れ場の 3 次元構造の模式図を図 5 に示す。このように、樹木群密度が縦断的に粗から密に変化する遷移的な流れ場において、平面渦による水平・鉛直混合に関与する二次流と Reynolds 応力  $-u'v'$ 、 $-u'w'$  の構造の変化過程を明らかにした。