縦断的に密度が変化する樹木群を有する流れの構造

広島大学工学部　正会員　福岡捷二
広島大学工学部　正会員　渡辺明英
広島大学大学院　学生会員　○駒井克昭

1. 序論

複断面河道においては、低水路河岸沿いに樹木群が繁茂している場合が多い．樹木群内では流れに対する抵抗が大きく、主流域に比べ死水域と見なせるほど流れが遅くなる．さらに、樹木群内の流れと主流域の流れの混合により、運動量の交換を伴う大規模な平面渦が発生する．この大規模平面渦による運動量の交換により樹木群境界にせん断力（Reynolds 応力）が生じ、樹木群の周囲の洪水流が減速される．

本研究では、樹木群の密度が縦断的に粗から密に変化する場合、平面渦及びそれが引き起こす流れ場の構造が縦断的にどのように変化するのかを河道模型実験から明らかにする．

2. 実験方法

実験に用いた水路の平面図を図 1、横断面図を図 2 に示す．水路長 28m、幅 0.8m、粗度係数 0.011、勾配 1/500 で、複断面水路の片側半分を再現している．流量は 23.0(l/sec)に設定する．実験では水位変動と流速変動を測定する．2 台の容量式波高計を用いて水位変動を同時に測定し、水位変動データの条件付き抽出を行うことにより、平面渦の平均的な構造を求める．流速変動はレーザー流速計(LDV)を用いて測定し、平均主流速と Reynolds 応力を算出する．

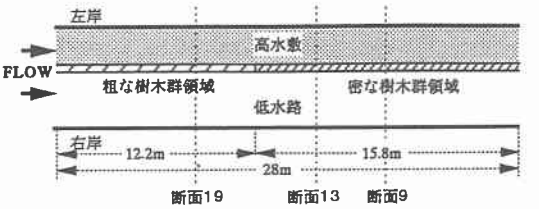


図１　水路平面図

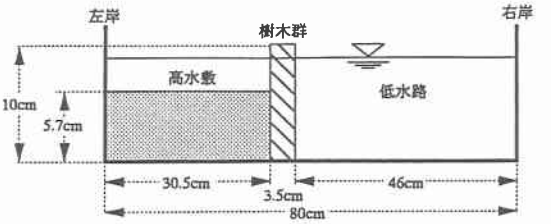
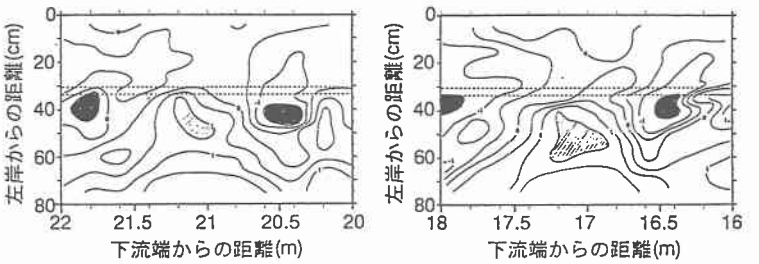


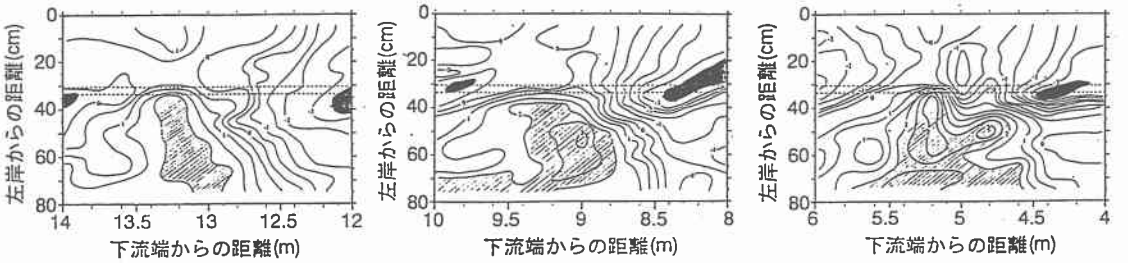
図２　水路横断面図

3. 実験結果および考察

3.1 水面コンターによる平面渦の構造

図 3 に実験から得られた平面渦の構造を流下方向に 2m の区間毎に分けて示す．平面渦によって水位の低い部分と高い部分とが交互に配列していることがわかる．また、樹木群が粗な領域では平面渦による水位変動は小さいが、密な領域では水位変動は大きくなっている．特に下流端から 13m の付近では、樹木群密度の変化に伴い平面渦の構造が変化した水面形となっている．平面渦の変形過程は緩やかで、下流端から 9m の付近でほぼ平衡に達しているといえる．





▨: 特に水位が高い部分　■: 特に水位が低い部分

図３　周期渦の水面コンターの縦断的な変化

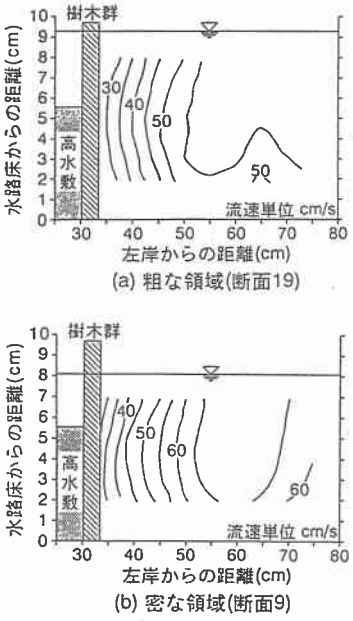


図4　平均流速分布

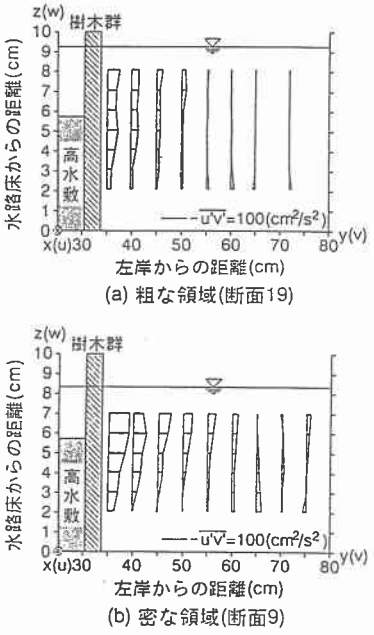


図5　Reynolds 応力分布($-\overline{u'v'}$)

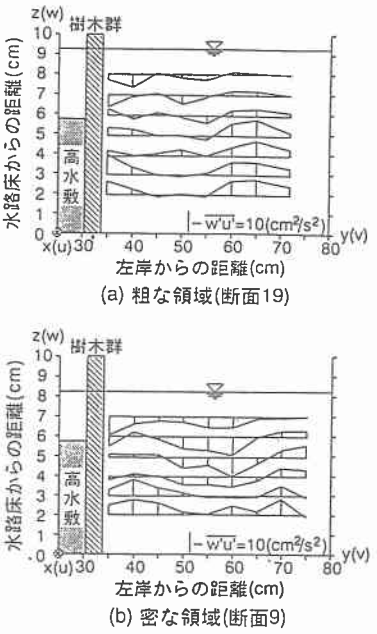


図6　Reynolds 応力分布($-\overline{u'w'}$)

3.2　平均流速分布

図4に流速の横断面分布を示す．低水路内の平均流速は密な樹木群の領域で速くなっている．また、樹木群付近の横断方向の速度勾配は密な樹木群の領域で大きくなっており、Reynolds 応力の増大をうかがわせる．

3.3　流れの構造と Reynolds 応力分布

図5に$-\overline{u'v'}$、図6に$-\overline{u'w'}$で与えられる Reynolds 応力分布を示す．

図5では樹木群が密な領域では粗な領域に比べ$-\overline{u'v'}$が大きくなっている．これは密な樹木群のある流れでは樹木群内外の流速差が大きいため、横断方向の流れの混合に伴う運動量の交換が活発になり、抵抗がより大きくなっていることを示している．

図6では樹木群が密な領域の低水路中央部で負の$-\overline{u'w'}$が生じている．この原因は次のように考えられる．まず、図7(2)に示すように、水面付近では平面渦の発生に伴い樹木群内外の横断方向の流れの混合が活発となり、流速分布が図7(1)から図7(3)のように変化し主流を減速させる．このため、水面付近と水路床付近の流速差が発生し、図7(4)に示すように、鉛直方向の運動量の交換が起きることにより、次第にもとの主流速分布に変化していく．樹木群の密な領域の水面付近では主流を減速する効果が特に大きく、鉛直方向の運動量の交換がより活発なため、負の$-\overline{u'w'}$が顕著に現れている．

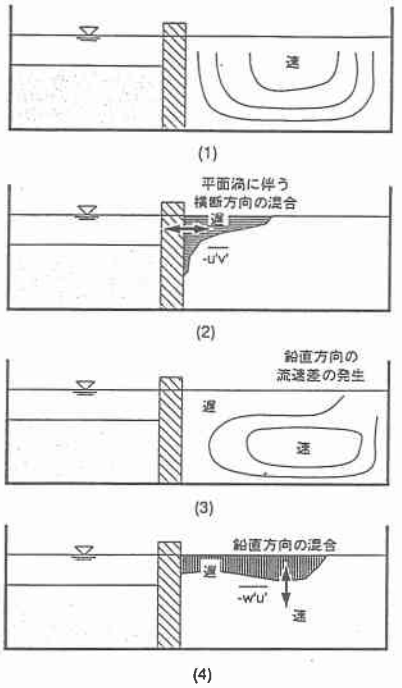


図7　Reynolds 応力($-\overline{u'w'}$)の発生の模式図

4.　結論

樹木群が粗から密に変化するに従い、平面渦の規模と水位変動が次第に大きくなる．この結果、樹木群境界に生じる Reynolds 応力が大きくなる．さらに低水路中央部では鉛直方向の運動量の交換による Reynolds 応力が強く現れる．以上より、密な樹木群の繁茂する領域では Reynolds 応力による流れに対する抵抗が大きくなる．