

# 河道内に遍在する植生群落近傍の乱流構造および浮遊砂堆積に関する実験的研究 Experimental Study on Turbulence Structure and Sediment Deposition in Partially Vegetated Open-channel

○松本知将・岡本隆明・山上路生・高田真志

○Kazumasa MATSUMOTO, Taka-aki OKAMOTO, Michio SANJOU, Masashi TAKADA

Excessive evolution of riverine vegetation leads to increase in flow resistance and destruction of the ecosystem. This study investigates the flow structure (specifically, turbulence and secondary flow) and sediment deposition in partially vegetated open-channel flow by laboratory experiments. First, the flow velocity distributions were measured by the vertical and horizontal particle image velocimetry (PIV) measurements. The secondary flow structure in a transverse plane was revealed by performing the velocity measurement for many vertical and horizontal planes. Second, silica sand particles were added to the flow, and then the spatial distribution of the sediment deposition weight per unit area was measured after water circulation. Results of the deposition experiment suggest the spatial pattern of sediment deposition is strongly affected by the turbulence and secondary flow structures.

## 1. はじめに

河道内植生は多様な河床地形や河川環境を創出すると同時に、過度な樹林化の進行によって洪水時の流下能力の低下や生態系の悪化が生じることが指摘されている。適切な河川管理を実施するためには植生動態を予測することが重要であるが、植生群落近傍における流れ場の三次元的な構造については未解明点が多く残されている<sup>1)</sup>。

本研究では水路片側に水没植生が遍在する開水路流れを対象に PIV 流速計測を行い、植生群落近傍の乱流および二次流の発達過程を明らかにする。また、浮遊砂堆積実験を通じて土砂の堆積量を計測し、三次元的な流れの構造による土砂堆積の空間分布への影響について考察する。

## 2. 実験装置・実験方法

本研究では長さ 10 m, 幅  $B = 0.40$  m の可変勾配水路を使用し、右岸側に剛体植生要素を正方格子状に設置した (図-1)。流速計測として鉛直面・水平面 PIV 実験を行い、群落中央 ( $z = 0.5B_p$ )・河床近傍 ( $y = 0.14h$ ) の流速分布を計測した。また、群落下流端付近 ( $x/H \approx 7$ ) では計測断面を細かく設定し、二次流ベクトル ( $V, W$ ) の横断面分布を調べた。浮遊砂堆積実験では水路に珪砂粒子 (平均粒径 0.10 mm) を投入してその堆積パターンを調べた。植生群落内部および周辺の水路床面にスライドガラスを並べ、2 時間の通水後、スライドガ

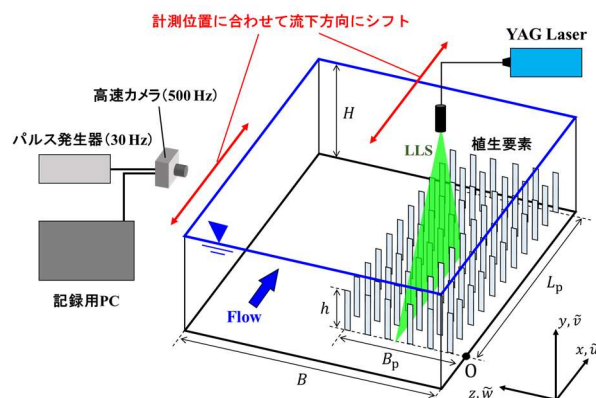


図-1 PIV 流速計測システム

表-1 実験条件

	$U_m$	$H$	Re	Fr	$H/h$	$B_p/B$
	[m/s]	[m]				
Case 1	0.20	0.15	37,500	0.21	2.1	0.23
Case 2	0.20	0.15	37,500	0.21	2.1	0.47
Case 3	0.20	0.15	37,500	0.21	2.1	0.63
Case 4	0.20	0.15	37,500	0.21	2.1	0.79
Case 5	0.20	0.15	37,500	0.21	2.1	0.87

ラス上に堆積した浮遊砂の重量を計測した。

本研究では群落形状による流れ場の変化を調べるために、群落幅  $B_p$  を変化させた 5 ケースを対象とした (表-1)。すべてのケースにおいて水没植生流れを想定し、植生高さは  $h = 7.0$  cm とした。

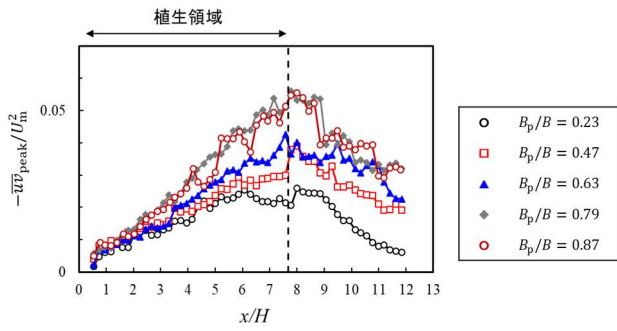


図-2 ピーク鉛直レイノルズ応力流下方向分布

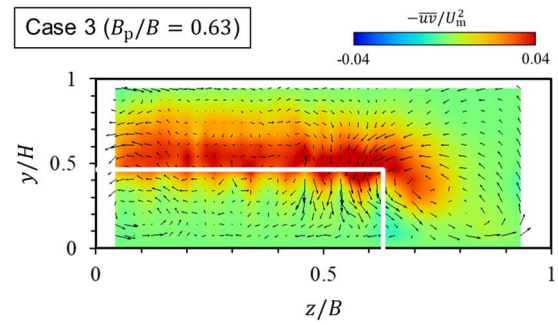


図-4 鉛直レイノルズ応力および二次流ベクトルの横断面分布 (Case 3)

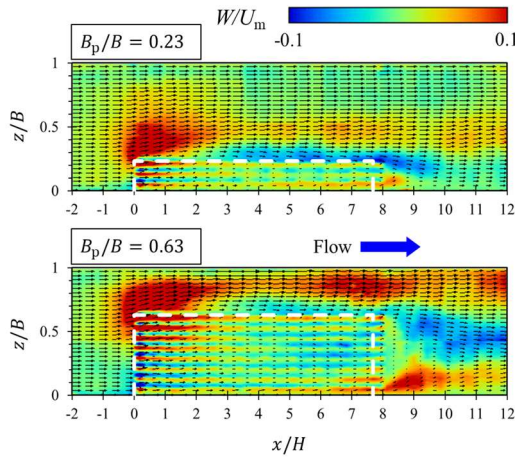


図-3 時間平均横断方向流速水平面コンター

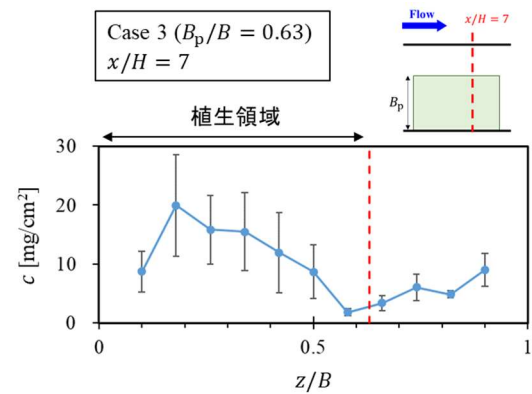


図-5 浮遊砂堆積量横断方向分布 (Case 3)

### 3. 実験結果・考察

水没植生流れでは植生先端付近のせん断領域において乱れが生成されることが知られている。図-2 に鉛直レイノルズ応力のピーク値 $-\overline{wv}_{peak}$ の流下方向変化を示す。植生領域において流下方向に乱れが発達する様子が確認できる。また、群落幅の大きいケースほど群落内外の流速差が増大するため、鉛直渦の発達がより顕著になる。

図-3 に時間平均横断方向流速 $W$ の水平面コンターを示す。群落上流端付近 ( $0 < x/H < 2$ ) において正の $W$ が確認され、主流速の低減によるものと考えられる。その一方で、主流速が十分に低減される群落下流側 ( $x/H > 3$ ) の非植生域では、正負の横断方向流れの対が見られるが、これは二次流の発達を示唆しているものと考えられる。

図-4 に Case 3 ( $B_p/B = 0.63$ ) の群落下流端近傍 ( $x/H = 7.1$ ) における鉛直レイノルズ応力 $-\overline{wv}$ および二次流ベクトル( $V, W$ )の横断面分布を示す。非植生域 ( $z/B > 0.63$ ) に反時計回りの渦状流れが確認されるほか、群落外縁付近の河床近傍 ( $y/H < 0.2$ ) では負の $W$ が存在している。また、植生先端近傍において $-\overline{wv}$ の値が大きく、鉛直渦による運動量輸送が二次流の形成に関連すると推測さ

れる。このような非植生域における二次流の発達は、鉛直渦が比較的活発であり、さらに対岸側壁の影響が小さい群落幅が中程度のケース ( $B_p/B = 0.47, 0.63$ ) で最も顕著になることが確認された。

図-5 に Case 3 の群落下流端近傍における単位面積当たりの浮遊砂堆積重量の横断方向分布を示す。主流速が小さい植生領域 ( $z/B_p < 0.63$ ) では堆積量が少なく、逆に非植生域で堆積量が少なくなる。さらに、水平渦 ( $-\overline{wv}$ ) による乱れの生成が活発な群落外縁付近 ( $z/B \approx 0.63$ ) では特に堆積量が少なく、群落近傍の乱流・二次流構造が浮遊砂の堆積状況に影響することが示唆された。

### 4. 結論

PIV による乱流・二次流計測により、植生群落近傍の三次元的な流れの構造を明らかにした。また、土砂堆積実験の結果から、乱流・二次流構造が浮遊砂堆積領域を決定することが示唆された。

### 参考文献

- 1) 松本知将, 岡本隆明, 山上路生, 岡田啓頌, 赤堀良介, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 78, No. 2, I\_595-I\_600, 2022.