

京都大学 学生員 ○松本知将
 京都大学 正会員 岡本隆明
 京都大学 正会員 山上路生

1. はじめに

河道の樹林化は流れの抵抗の増加や植生群落周辺への浮遊砂堆積の促進につながり、河川の流下能力の低下や河積の減少といった治水上のさまざまな問題を引き起こす。また、群落内部および後流域への細粒土砂の堆積は植生群落の拡大の要因となり、水生生物の生息環境にも変化をもたらす可能性も指摘されている。したがって、植生群落と流れ場および土砂輸送の相互作用を解明することは、河道内植生の動態を適切に予測し、植生水域環境の変化を評価する上で重要である。

本研究¹⁾では植生高さの異なる4ケースの剛体植生模型内外の流れ場に対してPIV計測を実施し、群落周辺での流れの遷移過程に対する植生高さの影響を調べた。さらに、浮遊砂堆積実験を実施し、乱流構造が浮遊砂輸送に及ぼす影響について考察した。

2. 実験方法・水理条件

本実験では長さ10 m、幅0.40 mおよび高さ0.50 mの水路を用いた。図-1に本研究で用いた実験装置の鉛直面図を示す。水路上流端から約4 mの地点の水路中央の底部に幅 $d = 8$ mm、厚さ2 mmの剛体植生要素を正方格子状に配置した。植生群落の密生度 a ($= d/(B_v L_v)$ 、単位体積あたりの前面遮蔽面積)は 7.8 m^{-1} とした。

流速計測としてPIV計測を行った。3.0 WのYAGレーザーを光源として水路上方から厚さ2.0 mmのレーザーライトシート(LLS)を照射し、水路側方に設置した高速カメラでデジタル撮影した。本研究ではLLSおよびカメラの設置位置を15 cm間隔で流下方向にシフトさせて複数回計測を行い、植生群落内部を含む約2.0 mにわたる領域の流速を計測した。

また、PIVと同じ水理条件を対象に浮遊砂堆積実験を行った。浮遊粒子として珪砂8号(平均粒径

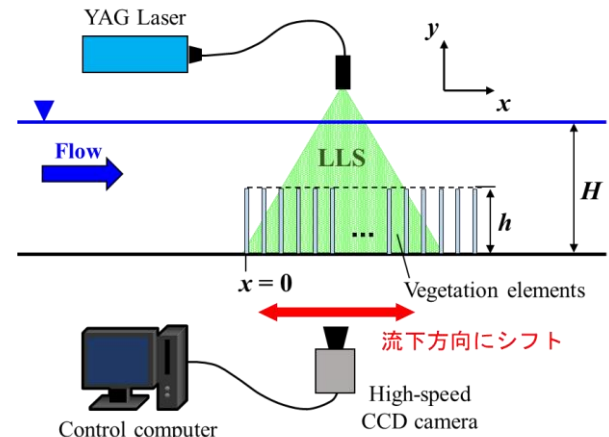


図-1 PIV 流速計測実験装置

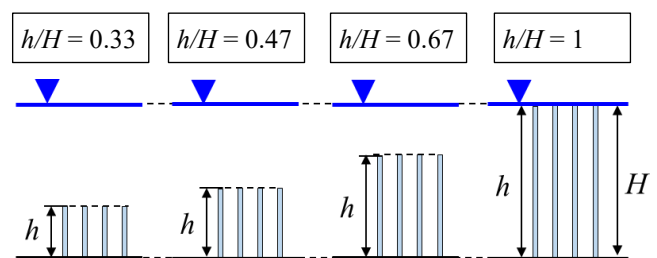


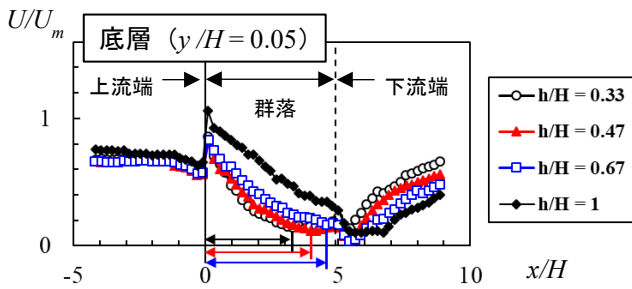
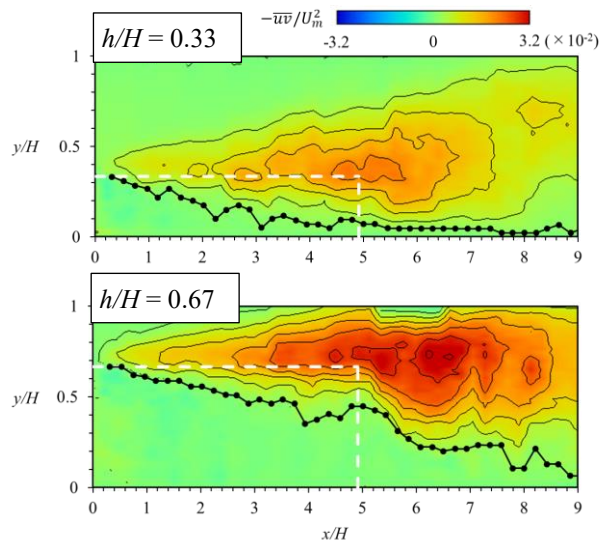
図-2 各ケースにおける植生高さ h の変化

表-1 水理条件

	U_m [m/s]	H [m]	Re	Fr	h [m]	h/H
Case1	0.25	0.15	3.8×10^4	0.21	0.050	0.33
Case2	0.25	0.15	3.8×10^4	0.21	0.070	0.47
Case3	0.25	0.15	3.8×10^4	0.21	0.100	0.67
Case4	0.25	0.15	3.8×10^4	0.21	0.150	1

53~75 μm)を用いた。水路下流端の貯水槽に浮遊砂を投入し、水路内で2時間循環させた。通水後、静かに水路から水を抜き、浮遊砂の堆積状況を水路上方からカメラで撮影した。

表-1に本実験の水理条件を示す。断面平均流速 U_m および全水深 H は一定とし、図-2のように植生高さ h のみを水没(submerged, $h/H < 1$)と非水没(emergent, $h/H = 1$)の計4通りに変化させた。

図-3 底層における U の流下方向変化図-4 植生群落周辺における $-\overline{uv}$ コンター

3. 実験結果

PIV 計測結果から、植生高さが主流速の遷移過程に及ぼす影響について検討した。図-3 に各ケースの底層 ($y/H = 0.05$) における主流速の流下方向分布 $U(x)$ を示す。いずれのケースでも、植生群落の下流側 ($0 < x/H \leq 4.9$) で主流速が植生抗力によって減少し、後流域 ($x/H > 4.9$) では主流速が徐々に回復する様子が確認された。群落内部では植生高さが大きいケースほど主流速の低減が緩やかになり、主流速が流下方向に減少 ($\partial U / \partial x < 0$) する遷移領域の長さ L_1 が増加する傾向 ($L_1/H = 3.3, 4.0, 4.6, > 4.9$) が確認できた。また後流域では主流速が非水没のケースで最小となり、植生高さが減少すると増加している。

図-4 に植生高さが異なる 2 ケース ($h/H = 0.33, 0.67$) におけるレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の鉛直面コンター図を示す。 $h/H = 0.67$ のケースでは植生高さ付近におけるレイノルズ応力の値が $h/H = 0.33$ のケースよりも大きくなっている。また、非水没植生のケースでは群落内部におけるレイノルズ応力がほぼゼロとなることから、植生高さが中程度のケース

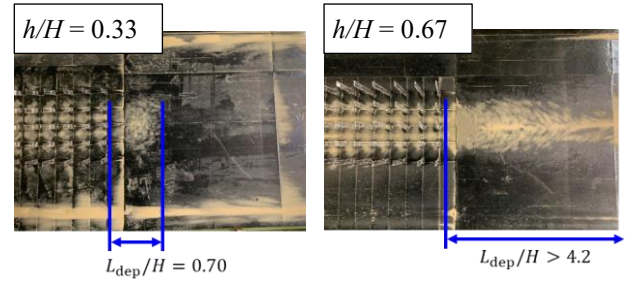
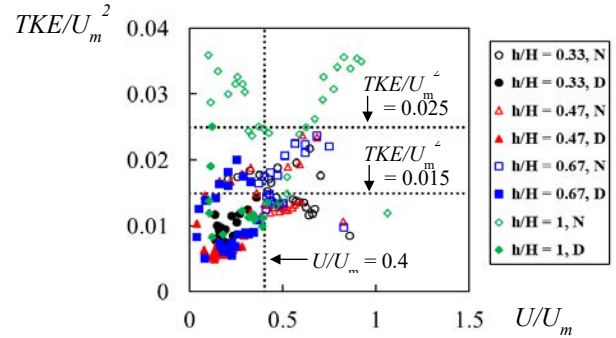


図-5 群落後流域における浮遊砂堆積領域

図-6 (U, TKE) と浮遊砂堆積状況の比較

で横断方向軸の渦の生成が最大となると推測される。

図-5 に植生群落後流域における浮遊砂堆積領域の計測結果を示す。 $h/H = 0.67$ のケースの方が $h/H = 0.33$ のケースよりも広い領域で浮遊砂堆積が見られる。これは主流速の値が小さいことに加え、図-4 のレイノルズ応力分布で示したように乱れが底層付近まで浸透していないためと考えられる。

最後に、底層の流れ場と浮遊砂堆積状況との比較を行った。図-6 に底層における (U, TKE) のプロットと各計測位置における堆積状況について示す。主流速と乱れエネルギーの値がいずれも小さい領域でのみ浮遊砂堆積が見られ、群落周辺での乱流構造が浮遊砂堆積領域に影響することが示唆された。

4. おわりに

本研究では水路実験を通じて植生群落内部および周辺での乱流構造とその浮遊砂堆積への影響について考察した。今後は鉛直方向に加えて横断方向の流れ場や浮遊砂輸送についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 松本知将, 岡本隆明, 赤堀良介, 山上路生: 植生高さによる乱流構造の遷移過程の変化およびその浮遊砂堆積への影響について, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No. 2, I_715-I_720, 2021.