

1, はじめに

わんどは多様な生態系を保全する水域の一つである．わんどがその生態学的な役割を維持するための水理的課題の一つとして，高水時にわんどに堆積する土砂量の制限が挙げられ，わんどを長期的に維持するためには高水時の土砂輸送に留意することが必要である．また，わんど内やわんど周辺は植生に富む場合が多く，わんど内の植生が土砂堆積に及ぼす影響を考慮することが必要である．一方，河川の水害対策として，流下能力確保のための河川の拡幅・掘削が行われており，高水敷を掘削して，水位変動を受ける「中水敷」を設けた複々断面河道の造成が試みられている．本研究では，中・高水敷を設けた状態で土砂堆積実験・流速計測を行い，植生がわんど内の堆積に及ぼす影響を検討した．

2, 実験条件

実験水路は，長さ 4m，幅 50cm，勾配 1/800 の塩ビ製長方形断面水路を用い，水路右岸から幅が 20cm の高水敷，10cm の中水敷，20cm の低水敷を設け，中水敷に一部区間を低くしたわんどを設けた．これは揖斐川の掘削事例をモデルとしたものである．表-1 に実験条件，図-1 にわんど形状と植生モデルの配置のケースを示す．水理条件としては浮遊砂堆積が発生すると考えられる高水敷を越流する水深とした．大規模な出水を想定し，植生は土砂堆積領域に繁茂することを想定して設置した．流速計測および土砂堆積実験のケースを示す．実験砂として平均粒径 0.025mm の砂を用い，貯水槽に 350 リットルの水と 1kg の砂を入れて攪拌した状態でポンプにより循環させた．砂は浮遊砂として水路を流れるが，一部は河床波状に堆積を伴って流れる．流速計測には，2 成分 I 型電磁流速計（東京計測製）を用い，主流方向流速 u と横断方向流速 v を計測した．サンプリング周波数 100Hz で 20 秒間計測したデータについて解析した．植生なしの場合は土砂が堆積していない状態で計測を行い，植生ありの場合は堆積が平衡状態になった後，土砂が堆積した状態で計測を行った．なお，土砂堆積前後の流れの違いを検討するため，ケース H15V2 に対しては土砂堆積後の流速計測も行った．土砂堆積実験については，1 時間水を流し，堆積が平衡状態になった後ポンプを止め，30 分経過してから，ポイントゲージで土砂堆積形状を計測するとともに，乾燥後の堆積重量を測定した．植生モデルには，直径 2.8mm，長さ 2cm の木棒を用いて，1cm 間隔と 2cm 間隔で配置している．

表-1 実験条件

流量 $Q(l/s)$	8.0
低水敷水深 $H_l(cm)$	7.4
中水敷水深 $H_m(cm)$	3.4
高水敷水深 $H_h(cm)$	2.0
断面平均流速 $U_m(cm/s)$	40.0
水路勾配 I	1/800

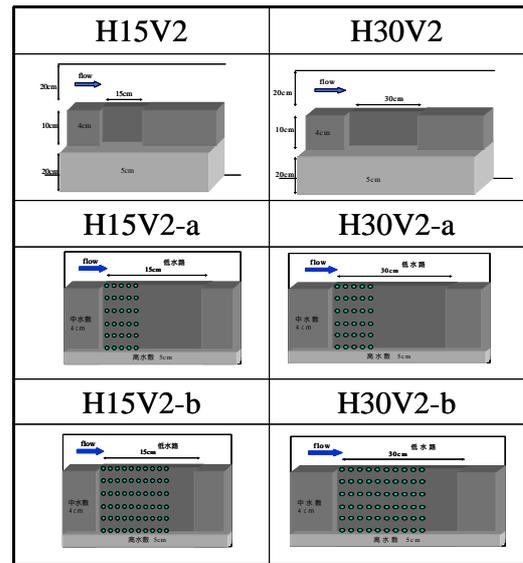


図-1 流速計測・土砂堆積実験ケース

3, 実験結果と考察

図-2 に時間平均した $Z=3cm$ の流速ベクトルを示す．また，写真-1 に土砂堆積状況の写真を示し，それぞれのわんど域内の堆積土砂量を図-3 に示す．

H15V2 では，図-2 より，わんど開口部からわんど内へ流れが入り込み，下流端から主流側へ出て行くのがわかる．わんど上流側では時計回りの平面渦が確認でき，わんど奥では逆流が見られる．わんど下流側では流れが順流となって

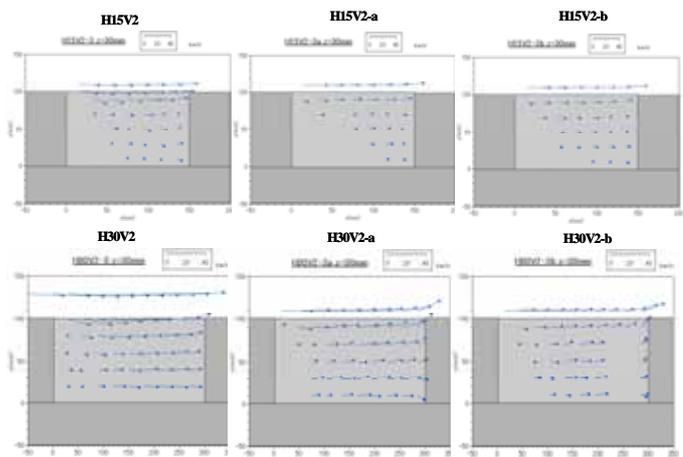


図-2 流速ベクトル

いる。写真-1より堆積状況は、わんど上流端では中水敷高さまで堆積し、下流に向かってなだらかにわんど中央付近まで堆積が生じている。わんど上流部の土砂堆積は中水敷の底面近傍の砂がわんど域内に流れ落ちたものが大部分を占めると考えられる。また、図-2の流速ベクトルより、剥離横断渦の逆流発生域に堆積が生じている。砂堆積によりわんど内上流部の横断渦が弱まり、低水路からの流入を伴う平面渦との相互作用でこのような形状で安定したものと推測される。次に植生模型を設置した H15V2-a では H15V2 と堆積形状は似ているが、わんど域内中流部に向かって堆積域が拡大している。わんど域内上流部の植生が障害物となり横断渦の発生位置がさらに下流に移動したため、植生模型の下流部まで堆積したと考えられる。わんど幅 15cm のケースでは、このケースの砂堆積量が最も大きくなった。植生域を広げた H15V2-b では、堆積面積は広いが堆積高さは薄く、結果的に堆積量は少なくなった。これは、植生域が増えたことにより、横断渦の形成が妨げられたことと、下流の段上り直前の横断渦の影響によると考えられる。このケースでは、わんど域内底面付近の流速は遅いが、中水敷高さの流速は速くなっており、このことも土砂の堆積を妨げている要因であると考えられる。また、開口部の植生が障害となりわんど開口部からの砂の流入を妨げたと考えられる。わんど域内奥部に植生を配置した実験も行ったが、このケースの堆積形状は、H15V2 とほぼ同様であった。このケースではわんど開口部に植生がないため、わんど開口部からの砂の流入が妨げられなかったと考えられる。従って、開口部の植生は土砂堆積を減少させる効果があるといえる。

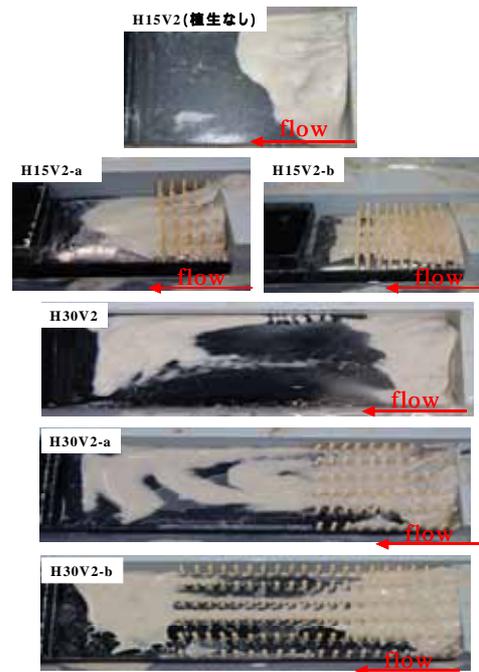


写真-1 土砂堆積状況

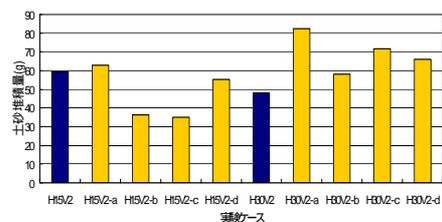


図-3 土砂堆積量

次にわんど幅が広がったケース H30V2 では、わんど域内上流側と下流側の2箇所に分かれて堆積が生じ、わんど域内中央部に堆積は見られなかった。上流側の堆積は、ケース H15V2 と同様中水敷の底面近傍の砂がわんど域内に流れ落ちたものと考えられる。下流部の堆積は、わんど奥部で流速が遅くなることによって堆積しやすい部分といえる。わんど域内中央部に堆積が生じないのは、剥離横断渦の再付着流れと低水路からの高速流の流入が影響していると推測される。その結果、開口幅 15cm のケースよりも堆積量は減少している。H30V2-a は、堆積量が最も多かったケースである。堆積形状は、わんど上流端では中水敷高さまで堆積し、下流に向かってなだらかにわんど域内下流付近まで連続的に堆積が生じている。このケースでは開口部に植生があるため、堆積を妨げていた再付着流れとわんど域内に入り込む流れを抑制したためと考えられる。一方、ケース H30V2-b の堆積形状は植生なしのケースと似ており、わんど域内上流側と下流側の2箇所に堆積が生じているが、わんど域内上流部の堆積量は植生があるために増加している。中央部に堆積が生じなかったのは植生があるにもかかわらず、再付着流れと低水路からの流入が発生したためと考えられる。植生密度を疎にしたケースでは、密な場合と同様の傾向を示しているが若干異なる堆積形状を示した。

4. 結論

本研究では、複々断面河道のわんどにおける高水時の土砂堆積に着目して土砂体積実験・流速測定を行い、植生がわんど内の堆積に及ぼす影響を検討した。

わんど域内底面付近に剥離横断渦および低水路からの流入を伴う平面渦が発生し、これらの渦構造の変化が土砂堆積に影響を及ぼすことが分かった。わんど域内植生は条件によっては堆積を促す場合もあれば、抑制する場合もあることがわかった。わんどの植生を適性に管理するには、わんど域内の渦構造を的確に把握することが必要である。今後は土砂堆積と植生の生育との関係も検討する必要がある。