

1.はじめに 近年，頻発する水害を受けて河道疎通能力増大のための河道掘削が各地で行われている．複断面河道では高水敷の一部を掘削して河積の拡大を図っているが，同時に生態環境に配慮して冠水頻度の高い河原やわんどの造成を行うことが試みられている．揖斐川では高水敷の掘削により大正時代に設置されたケレップ水制が出現し，これを残した形でわんど環境が復元された．わんど内は流速が小さいため多様な生物にとって格好の生息，繁殖，避難場所となっている一方，人工わんどには洪水により埋没するという不安定な部分もある．そこで，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し，わんどおよびその周辺の河床の変化を予測することが必要である．本研究では，高水敷掘削型わんどにおける土砂輸送について，実験と現地観測によって検討する．

2.現地調査の結果 2002年の河道掘削によりケレップ水制が現れた揖斐川35km右岸の調査を2003年5月，2004年4月，10月，11月の計4回行い，砂の堆積状況と堆積砂の粒度分布を計測した．図-1に掘削箇所と水制の位置を示す．図の波線が掘削ラインを示す．砂の堆積状況の変化を写真-1に示す．掘削から間もない2003年にはほとんど堆積が見られなかったが，次第に水制背後の堆積が大きくなっている．特に2004年は台風による数度の大出水があったため急速に堆積が増大したと考えられる．先頭2基の水制先端の積石は崩れて流されており，水制背後の堆積は下流側ほど大きくなっていた．最下流の水制下流側に堆積した砂の粒径加積曲線を図-2に示す．水制の先端付近には比較的粗い砂が堆積し，根元に近づくほど細かい砂が多くなり，砂浜のようになっているのが確認できた．

3.実験条件および実験方法 高水敷の掘削は新たに低水路と高水敷の中間に当たる中水敷を形成する．本研究ではまずこうした複断面河道のわんどにおける土砂堆積に着目して実験を行った．実験水路は，長さ4m，幅30cm，勾配1/500の塩ビ製長方形断面水路を用い，水路右岸に幅10cmの塩ビ板を設置し高さ4cmの高水敷を作り，一部区間を低くしたわんどを設けた．水路の形状を図-3に，実験条件を表-1に示す．浮遊砂には平均粒径0.135mmの珪砂を用いた．流速計測には2成分型電磁流速計（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．土砂堆積実験については貯水槽に250lの水と3kgの砂を入れ攪拌した状態でポンプにより循環させた．これにより低水路および高水敷上に河床波を伴う掃流砂と浮遊砂が発生している．

4.実験結果と考察 図-4に時間平均した主流方向における $z=3\text{cm}$ の流速ベクトル図を示す．また，図-5にわんど側方開口部からのわんどへの流入土砂量を示す．この図は値が正であれば土砂が流入しており，負であれば流出していることになる．図-4では詳細な流れ構造は把握できないが，わんど域とその周辺の主流域での流れ構造を図より比較してみる．kw2について



図-1 揖斐川35km地点の掘削箇所平面図



写真-1 水制背後の砂の堆積状況の変化

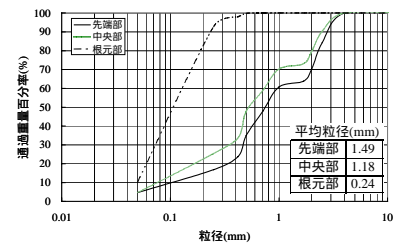


図-2 粒径加積曲線と平均粒径

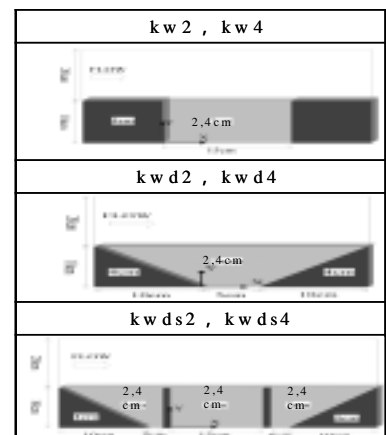


図-3 水路形状

は、主流より流れがわんど域内へ流入しており、わんど上流部ずに土砂が堆積しているのがわかる。しかし、図-5より土砂は流出している結果となり、わんど域内へ堆積した土砂は複断面上より流入した掃流砂であると考えられる。kw4については、わんど域内の壁付近で流向が逆転する流れが生じており、わんど域内壁面に沿うような時計回りの循環渦が確認できる。そして、土砂の流入がありわんど域内に関する土砂堆積に浮遊砂の影響が考えられるが、全体量としてはわずかであり上流の砂の巻上げによるものが多いと考えられる。

表-1 実験条件

流量 $Q(l/s)$	6.5
低水路水深 $H(cm)$	6.0
高水敷水深 $h(cm)$	2.0
断面平均流速 $U_m(cm/s)$	46.4
水路床勾配 I	1/500

わんどkw2については、わんど域内上流側においてベクトルの向きより小さな渦ができていていると考えられる。その渦の上を台形のわんどに沿うように流れが入り込みまた沿うように出て行くのがわかる土砂流入においては、流出しているのがわかる。kw2と同様で、掃流砂の影響が考えられる。kw4については、流速ベクトルはkw2と同様の形になっているが開口部では流入の方が流出より大きくなっている。一方、土砂堆積はkw4と同様に土砂が流入している。

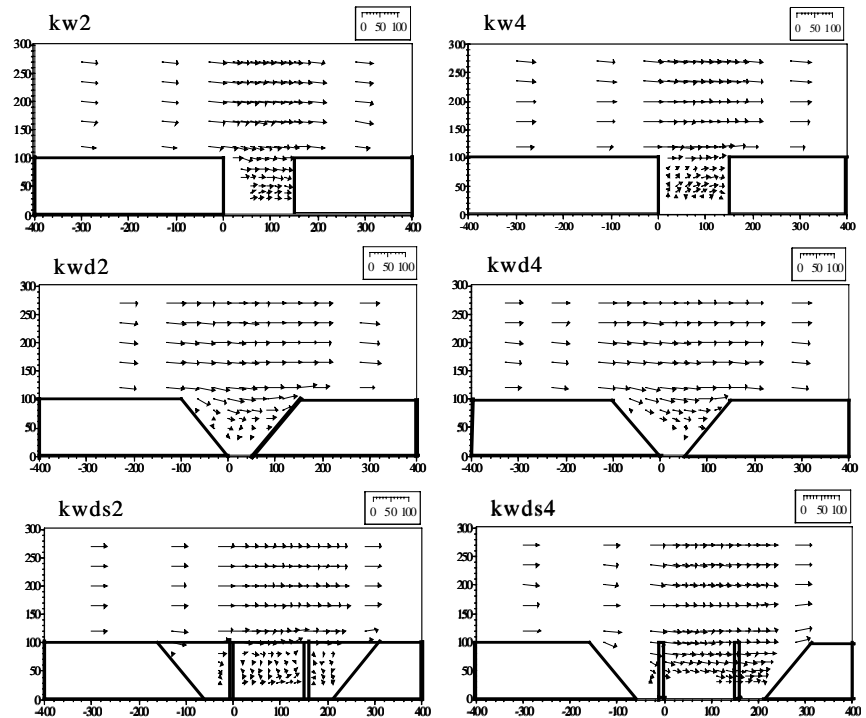


図-4 流速ベクトル

kwds2については、水制に囲まれたわんど真ん中にはわんど上・下より主流の流れが多く入り込んでいることが確認でき、開口部では外向きの流れとなっている。また、わんど上・中では土砂が流出しており、浮遊砂による影響はあまり考えられない。kwds4については、明らかにkwds2より流速が速く第一水制を乗り越えて流入する流れが認められる。わんど上のみが多くの土砂が流出している一方、わんど中・下では多くの土砂が流入している。これより、複断面上を流れてきた土砂がわんど上へ堆積した後、主流の進入によってわんど中・下へ流入したと考えられる。

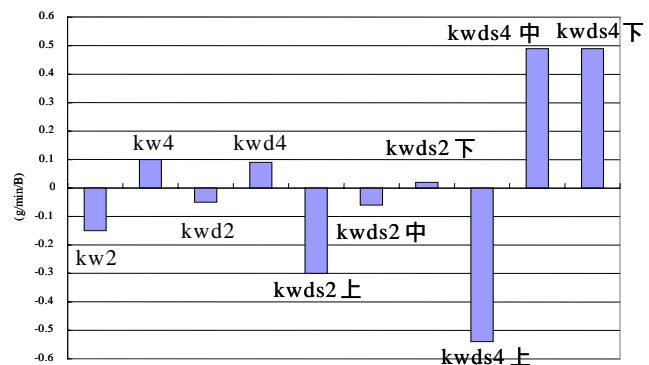


図-5 流入土砂量

わんど高さ2cmと4cmで比較すると、4cmである掘削の深いわんどは主流からの流入土砂が多く、2cmである掘削の浅いわんどは主流への流出が多いことがわかった。すなわち、水深の深いわんどでは高水敷からの底部への流れの進入が少ないためと考えられる。また、わんど形状を四角形と台形で比較すると、台形の方が流速が安定しており流れも壁面に沿った循環流となっており、土砂堆積はわんど形状に起因することがわかる。

5.おわりに 今回の実験では浮遊砂濃度が小さく高水敷では掃流砂とする流砂量が卓越したため、高水敷上のわんどはむしろ掃流砂の堆積を抑制する効果を与えたといえる。結果的に複断面河道において特徴的な横断方向輸送による堆積やわんどの循環流による堆積は小さいという結果になった。実際の河道では高水敷流速が粗度により本実験よりも遅いと考えられ、わんど領域内で急拡するような現象が現われる可能性があり、また湾曲の影響もあると考えられる。今後は高水敷粗度や流量の影響を調べるとともに、わんど幅を変化させたものとの比較実験も行い、高水敷掘削によるわんど領域に及ぼす洪水流の影響を検討していきたい。