

1. はじめに

近年、環境への意識の高まりから河川管理においても自然環境保全、復元の取り組みとして多自然川づくりが注目されるようになった。中でもわんどは水辺の生物の生息域として人工的に設置されることもあり、水交換、土砂堆積等のわんどを対象とした研究が進んでいる。しかし長方形や台形などのわんど形状でしか研究は行われていない。よって本研究では様々な形状を持つわんどの流れ構造および土砂堆積について検討した。

2. 実験方法

流速計測実験と土砂堆積実験の2種類の実験を行った。前者の実験水路は長さ 7.5m、幅 30cm、勾配 1/800 の勾配可変型開水路、後者の実験水路は長さ 6m、幅 30cm、勾配 1/800 のアクリル製長方形断面水路を用いた。両実験が同条件になるよう左岸側を奥行き 15cm、高さ 4cm の高水敷を塩ビ板で作成し、本流幅をすべてのケースにおいて 15cm と設定して上流端の整流域から 3m の位置にわんど域を設けた。本実験では、わんどを越流しない場合と越流する場合を想定し、非越流の場合の水深 H は 3.5cm、越流の場合の水深 H は 6cm、高水敷の水深 h を 2cm になるように水路下流部の堰上げにより調整した。なお、それぞれのケース名およびわんど形状を図-1 に、実験条件を表-1 に示す。また全ケースのわんど面積を一定にした。

流速計測実験ではわんどの流れ構造に着目した可視化 PIV 法による流速ベクトル計測を行った。PIV 計測の流れの可視化には、直径 50 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 2mm のシート状にした半導体レーザー光および厚さ約 3mm のシート状にしたアルゴンレーザー光を開水路水平断面および鉛直縦断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、非越流時は水平断面に 5mm 間隔で 6 断面 (Z=5~30mm)、越流時は水平断面に 5mm 間隔で 11 断面 (Z=5~55mm)、鉛直縦断面に 9 断面 (Y=15,45,75,105,135,150,165,195,225mm) を設定した。この可視化画像は高速ビデオカメラ (ライブラリー) を用いて 1/200s で撮影した。画像計測には VISIFLOW (AEA Technology) PIV システムを用いて相互相関法により画像解析し、3200 データ 16 秒間平均値の流速ベクトルデータを取得した。

土砂堆積実験では、平均粒径 0.13mm の珪砂を用い、貯水槽に 200 の水と 6kg の砂を入れ攪拌した状態でポンプにより 2 時間循環させた。全ケースの堆積形状を写真およびレーザー変位計により計測し、わんど内の土砂堆積量を測定した。

3. 実験結果と考察

今回はケース shw1,2, uhw1,2, sdw1,2, udw1,2 に注目

し、わんど形状の違いによる流れ構造および土砂堆積について考察する。非越流時の水平断面 (Z=5mm) 流速ベクトルおよび土砂堆積の様子を図-2 および写真-1 に、越流時の水平断面 (Z=5mm) 流速ベクトルおよび土砂堆積の様子を図-3 および写真-2 に、全ケースのわんど内土砂堆積量を表-2 に、非越流時から越流時へのわんど内土砂堆積増加量を表-3 に、越流時における低水路からの土砂流入量を表-4 に示す。なお、低水路からの土砂流入量は、わんど開口部を遮蔽することにより高水敷からの土砂流入量を計測し、越流時の堆積量から高水敷からの土砂流入量 (414.5g) 差し引いた値である。

まず、非越流時における各ケースについて検討する。図-2 よりそれぞれの下流側壁面付近の流速ベクトルを見ると、下流壁が下向きのケース shw1,2, sdw1,2 では本川からの流入しようとする流れが X=425mm, Y=125mm 付近でぶつかることにより流入方向と流出方向とに分散している。写真-1 を見ると、開口部下流端付近で洗掘されていることがわかり、流れが強くぶつかっていることがうかがえる。下流壁が上向きのケース uhw1,2, udw1,2 では本川からの流入方向ベクトルが見られるだけで分散している様子はなく、開口部付近の洗掘もケース shw1,2, sdw1,2 と比べると小さいが、下流側奥部で流れ込みが強いことによって発生したと考えられる洗掘が見られる。次に上流側壁面付近の様子を図-2 から読み取ると、上流壁が下向きのケース shw1,2, udw1,2 ではわんど上流側奥部に淀みの領域が広がっており、これが平面渦形成の阻害原因になっている。一方、上流壁が上向きのケース uhw1,2, sdw1,2 では淀みの領域は見られず、わんど全域まで平面渦が広がっている。写真-1 の堆積状況と比較すると淀み領域では堆積は薄く、平面渦の大きさに伴って堆積域が拡大している。以上より、非越流時においてはわんどの下流壁が上向きの形状では本川の流れを取り込み易く平面渦の流速が大きくなり、上流壁が下向きの形状では奥部に狭まる領域が出来るため平面渦の発達阻害され、平面渦の領域が小さくなると考えられる。

表-1 実験条件

	Q(l/s)	H(cm)	h(cm)	Um(cm/s)	I
非越流時	1.17	3.5	2.0	22.29	1/800
越流時	3.33	6.0		27.75	

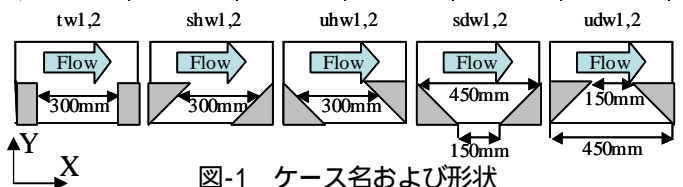


図-1 ケース名および形状

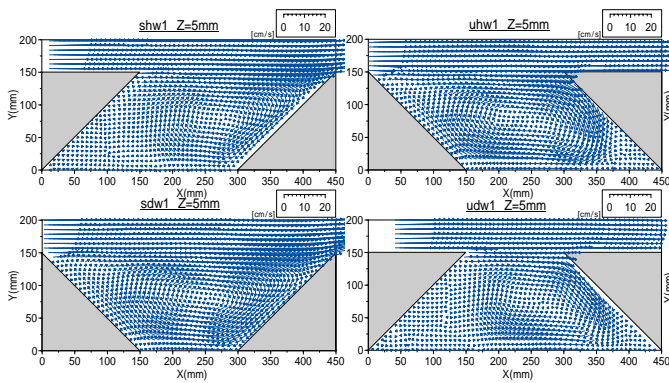


図-2 流速ベクトル（非越流時）

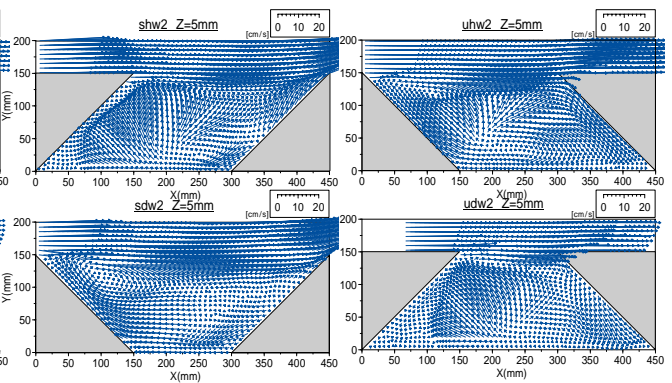


図-3 流速ベクトル（越流時）

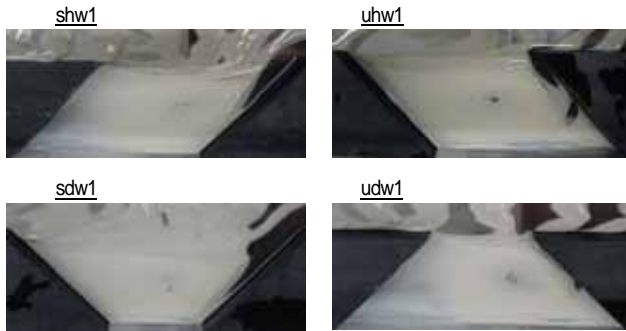


写真-1 堆積の様子（非越流時）

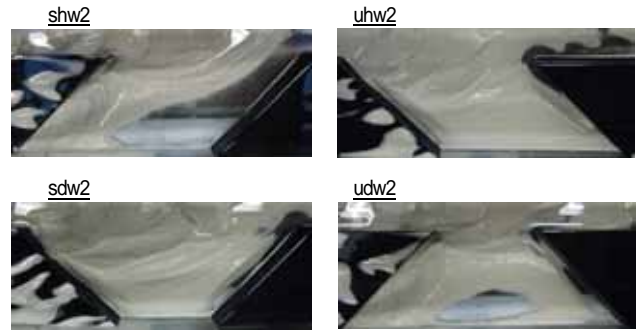


写真-2 堆積の様子（越流時）

次に、越流時における各ケースについて検討する。図-4を見ると、全ケースとも横断渦の流れによって流れが湧き出す箇所が存在しており、三次元性の影響を強く受けた流れであることがわかる。また写真-1より上流壁が下向きのケース shw2,udw2 で特徴的な洗掘域が見られたが、これは上流側壁面を越流する流れがわんど奥部で下降流を形成し、洗掘作用を増大させたと考えられる。上流壁が上向きのケース uhw2,sdw2 でも横断渦の流れが湧き出す付近で洗掘作用が見られたが、水路底面を露出させるほど強くはなかった。上流側壁面付近の流れに注目すると、ケース shw2,udw2 では壁面に沿って奥部に向かう流れが発生し、高水敷から流入する土砂をわんど奥部に堆積させ易いと考えられ、写真-1でわんど上流側奥部に土砂堆積が顕著に見られることから説明できる。一方、ケース uhw2,sdw2 では上流側壁面に沿って開口部に向かう流れが発生し、写真-1でも上流側奥部では堆積が顕著に見られない。

ここで表-2を見ると、非越流時では平面渦の発達が良いケースほど土砂堆積が増え、非越流・越流時共に開口部長に大きく影響を受け、開口部長が大きくなるほど堆積量も増加するという結果になった。また越流時において堆積量は増大することがわかる。つまり土砂堆積によってわんどを埋没させないためには高水時において土砂堆積量を抑制させる機能が優れていることが重要である。表-3から、ケース udw が非越流時から越流時への堆積増加を最も抑制していることがわかる。写真-1より洗掘作用が活発であることが見て取れ、また開口部長が他ケー

表-2 わんど内土砂堆積量

ケース名	tw	shw	uhw	sdw	udw
非越流時堆積量 (g)	61.2	55	71.3	100.8	40.6
越流時堆積量 (g)	437.1	485.2	481.6	570.5	350.2

表-3 土砂増加量

ケース名	tw	shw	uhw	sdw	udw
堆積量 (g)	375.9	430.2	410.3	469.7	309.6

表-4 低水路からの流入量

ケース名	tw	shw	uhw	sdw	udw
流入量 (g)	22.6	70.7	67.1	156	-64.3

スより小さいことから、低水路からの土砂流入が小さかったことが要因だと考えられる。表-4を見るとケース udw では流入値ではなく流出値が出ており、洗掘作用が土砂堆積よりも卓越していることがうかがえる。ケース shw も洗掘作用が活発に見られるが、開口部長の影響によりケース udw と比べ土砂の流入が増したと考えられる。

今回の実験結果からは、平水時における水交換機能が優れているのはケース uhw,sdw 土砂堆積を抑制させる機能が優れている形状はケース udw だと考えられる。

4. おわりに

わんど上下流部の壁面形状が堆積域や洗掘域の変化に大きく影響していることがわかった。様々な形状における利点を生かしたわんど造りを進めることが重要である。今後は流量の変化における影響の考察や、非越流時から越流時、また越流時から非越流時へと土砂堆積の変化の様子を検討して行きたい。