

### 1. はじめに

近年、自然環境問題にたくさんの関心、注目が集められている。多自然型川づくりや生態系の保全の重要性が認識されはじめ、河川の生態系に良好な環境を提供する場として「わんど」が注目されている。わんどは河道の中に存在する止水域であり、主流部に比べて流れが緩やかであることなどから、他とは異なる多様な空間を創造することが可能である。しかしこのような生態学的な役割を維持するためにはいくつもの水理的課題が挙げられる。わんど内の水質悪化を防止することや静穏域を確保するなどわんど内の水交換が重要になっている。このような観点から、本研究では開口部に遮蔽を設けるという条件での「わんど」における水交換について実験によって検討した。

### 2. 実験条件

実験水路は、長さ 4m、幅 30cm、勾配 1/2000 のアクリル製長方形断面水路を用い、水路右岸をアクリル板により遮蔽し、一区間のみ解放区を設けることでわんどとした。わんどの形状は開口幅 15cm、奥行き 10cm とし、アスペクト比（開口幅/奥行き）を 1.5 とした。流量 2l/s、水深はわんど域の主流部で 4cm となるよう調節した。開口部の遮蔽として高さ 5cm、厚さ 1cm のアクリル板を用い、実験ケースを図 1、計測点を図 2 に示す（なお計測位置はわんど側壁、奥壁から 2cm）。濁度計測には、濁度計を用いた。濁度計は先端が二股に分かれ、片側を発光部とし、発光ダイオードにより光を発する。他方を受光部としてフォトトランジスタを用いている水中微粒子の混入度を光の透過量の変化として測定している。計測はわんどと主流域との境界上を遮蔽してわんど域内を染料により着色し、濃度が均一になった状態で遮蔽物を取り除き、主流域とわんど域との拡散を開始する。遮蔽物を取り除いた時間を計測開始時間とし、サンプリング周波数 20Hz で 120～180 秒間計測した。また、濁度変化の様子をビデオカメラで撮影した。

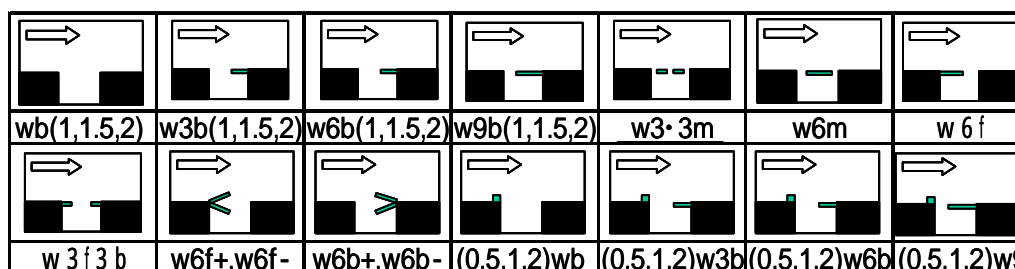


図-1 実験ケース

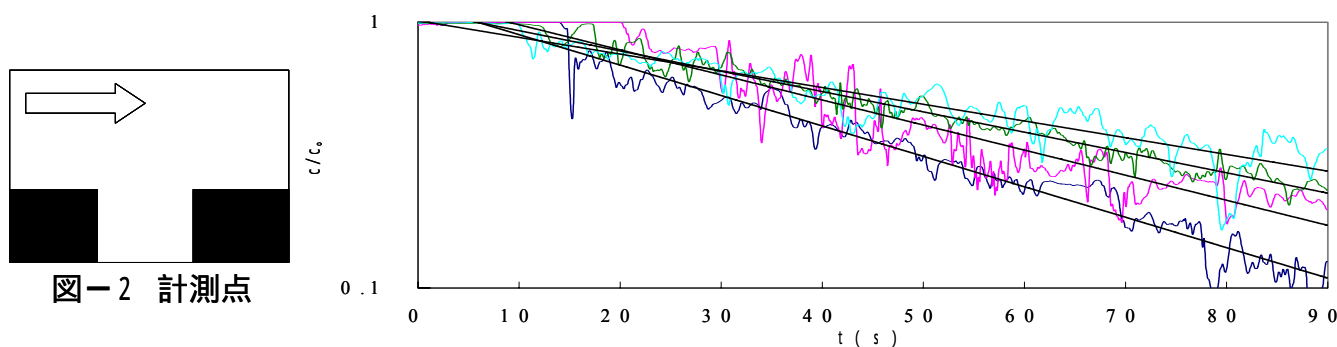


図-2 計測点

図-3 11のでの濁度変化

### 3. 実験結果および考察

3-1 滞留時間 無次元化した濁度変化における片対数表示の直線から得られた傾きの逆数であり、濁度変化を指数近似化する際に経過時間に定数項として乗じる値である。逆数として用いるため、次元は T となる。濁度の経時変化を図-3 に示す。

3-2 流量と開口部長さが与える影響 わんどの下流側から遮蔽物を設置したケースの滞留時間と流量の関係を図-4 (上流側)、図-5(下流側)に示す。計測点の 2 つのポイントにおいて遮蔽長さが大きくなる

につれ濁度減少が遅れている．また流量を減少させていけば濁度減少も遅くなる．このことにより濁度減少時間と流量は密接に関係していると思われる．

3-3 遮蔽形状が与える影響 わんどの開口部を計 9cm 空けた場合の滞留時間と最大開口部長さの関係を図-6 に示す．1つの開口部長さが 9cm から 4.5cm、3cm と減少するにつれ濁度減少時間が増大する傾向がある．

3-4 遮蔽の角度が与える影響 わんどの上流側、下流側に 6cm で遮蔽しその角度をわんど内と外に 30 度出たケースの滞留時間と遮蔽角度の関係を図-7 に示す．w 6 f+ (上流を 6cm 遮蔽し主流側に 30 度出た場合) が極端に濁度減少が遅れている．これは遮蔽が 30 度外側に向いたために流れがわんど内に入りにくくなったことによると考えられる．次に w 6 b- (下流を 6cm 遮蔽しわんど側に 30 度向けた場合) の濁度減少が遅れた．これはわんど内に入った遮蔽物に剥離渦が当たりそれに沿って渦がわんどの外側に流れてしまったことによると考えられる．よって遮蔽物の角度はそれによって剥離渦がわんど内に入りやすいかそうでないかで濁度減少に大きな影響を与えらると思われる．

3-5 外部突起が与える影響 わんどの上流部の地点から主流域に流れに直角となる突起を設けたケースの滞留時間と外部突起長さの関係を図-8 に示す．2 w 9 b (突起 2cm で下流側 9cm 遮蔽したケース) の場合極端に濁度減少が遅れている．これは突起により主流域には水はねが生じ、弧を描いた流れが遮蔽物にぶつかりわんど内への流入がほとんどなくなってしまったと考えられる．逆に濁度減少が進んだ 1 w 3 b (突起が 1cm で下流側 3cm 遮蔽したケース) の上流側は水はねが生じ、その流れがわんど内に生じている循環流の一部となりわんど内への流入が活発化したためと考えられる．

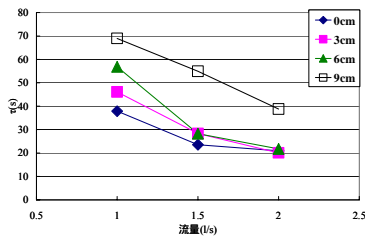


図-4 流量と滞留時間の関係(上流側)

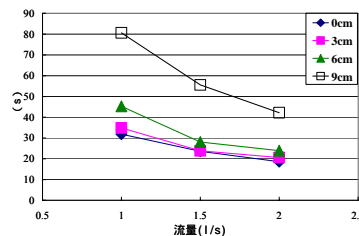


図-5 流量と滞留時間の関係(下流側)

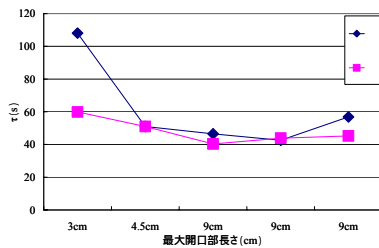


図-6 最大開口部長さと滞留時間の関係

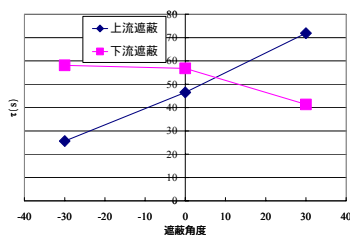


図-7 遮蔽の角度と滞留時間の関係

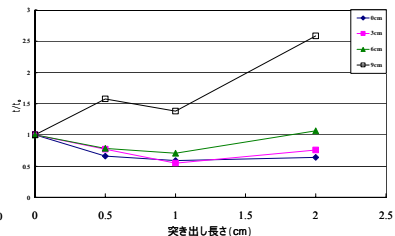


図-8 外部突起が与える影響

#### 4. 結論

剥離渦のわんど内への進入はわんどの下流入口の壁や遮蔽物との衝突によって起こる．次にわんど内に進入した流れは、わんど形状にしたがって循環流を形成しわんど内流れが流出することによって水交換が進むと考えられる．まず剥離渦の大きさを決める因子としては、主流との流速差、渦の流下方向距離が考えられる．まず流量を増加させ、わんど域と主流域の境界のせん断不安定によってできる剥離渦の規模も大きくなり、主流域の流れがわんど内に効率よく流入し循環流が強まった．これに伴い水交換の速度も速くなり、開口部長さが短くなると、わんど域と主流域の境界のせん断不安定によって生じる剥離渦が十分発達せず、わんど内への流入が少なくなるため水交換の速度が遅くなる．次に剥離渦のわんど内への進入形態に影響を与える下流側形状に関する検討を行った．遮蔽部に角度を与えたら、わんど域と主流域の境界のせん断不安定によって生じる剥離渦が、その遮蔽部によってわんど内に入りやすいか否かで決まる．わんど上流入口に突起を設置した場合、この突起には主流を加速し主流速度を大きくする効果と、剥離渦の発生位置を主流側へ移動させる効果がある．下流部の遮蔽の長さによってはより発達した剥離渦がわんど内に効率よく流入するときと、わんどから離れたことによってわんどへの進入が妨げられるときがあることが分かった．