

人工わんどの流れ構造と水交換機構について

名古屋工業大学 非 会 員○平子 哲也 名古屋工業大学 学生会員 久田 陽史
名古屋工業大学 学生会員 谷川 幸男 名古屋工業大学 正 会 員 富永 晃宏

1. はじめに 自然環境への関心の高まりの中でわんどについても多くの研究が行われている。わんどを河川環境支援構造と考えた場合、わんど内の水質が重要な要素となる。わんどに関して実験と現地観測などによる調査^{1),2)}をしてきたが、主流域とわんど内での水交換を現地観測レベルで捉えることは困難である。そこで本研究では、室内模型実験によりわんど内の流れ構造と水交換機能の関係について検討する。過去の実験結果より循環渦が安定すると考えられるアスペクト比(開口部長さ/わんどの奥行き比)=1.5 のケースについて、わんど内の水交換機能に及ぼす影響について検討した。

2. 実験条件 実験水路は長さ 13m, 幅 60cm の長方形断面可変勾配型水路を用い、水路右岸を遮蔽物により 30cm 遮蔽し、上流から 5.4m の位置に一区間のみ 45cm の開放区を設け、わんどとした。水路は勾配 1/2000, 流量 q を 4,8,12l/s と変化し、水深は下流部で堰上げを行い 4,8l/s で水深 6cm, 12l/s で水深 8cm とした。実験ケースを表 1 に示す。流速計測には 2 成分 I 型電磁流速計(東京計測製)を用い、主流速 U と横断方向流速 V を計測した。次にわんど内の流れ特性と水交換を調べる目的で、わんど域内を過マンガン酸カリウムによって着色することで可視化実験を行った。主流との水交換を捉えるためにわんど内を染料によって着色し、濁度計(東京計測性)で濃度変化を計測した。

3. 流れに関する考察 まず、わんど内の流れ構造について検討する。図 1 に Wa のケースの時間平均流速ベクトルを示す。わんど内に壁面に沿うように時計周りの循環渦が形成される。わんど下流部壁面では主流域の流れが衝突し、主流域からわんど内への流入となることが推察されるが、明確なわんど内からの流出は確認されない。図 2 は、Wa, Wb, Wc の $X=275\text{cm}$ における主流方向流速 U を、図 3 は $Y=150\text{cm}$ における横断方向流速 V をそれぞれ各流量での平均流速 U_m で規格化した流速分布を示す。各ケースについて流速分布はほぼ同様な分布形状を示し、流速分布に相似性があることがわかる。わんど内の循環渦の形状は流量による変化はあまり認められず、従来の研究結果³⁾と同様にわんどの形状(アスペクト比)による影響が大きいことが確かめられた。

4. 水質交換に関する考察 次に、実際のわんど内の水交換を調べるために、わんど内を遮蔽し染料により一定濃度に着色し、開放した後の濁度変化について検討した。わんど内上流開口部付近($X=20, Y=270$)とわんど中央部($X=225, Y=150$)での濁度変化について、時系列データ D_n を濁度の最大値 D_{max} と最小値 D_{min} により、 $D'n = (D_n - D_{\text{min}}) / (D_{\text{max}} - D_{\text{min}})$ として規格化した

表-1 実験ケース

case	$Q(\text{cm}^3/\text{s})$	$h(\text{cm})$	Fr	Re
Wa	4×10^3	6	0.297	8496
Wb	8×10^3	6	0.593	16992
Wc	12×10^3	8	0.578	23237

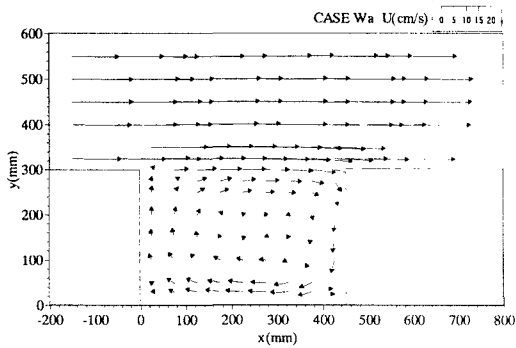


図-1 時間平均流速ベクトル図

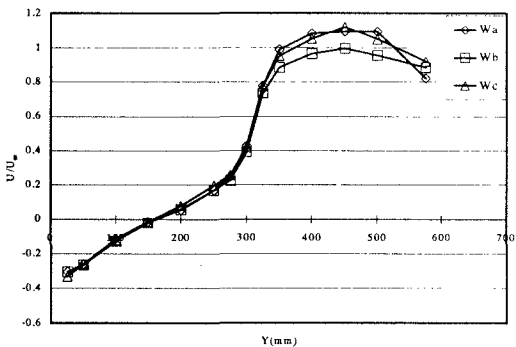


図-2 主流方向流速分布 (X=275)

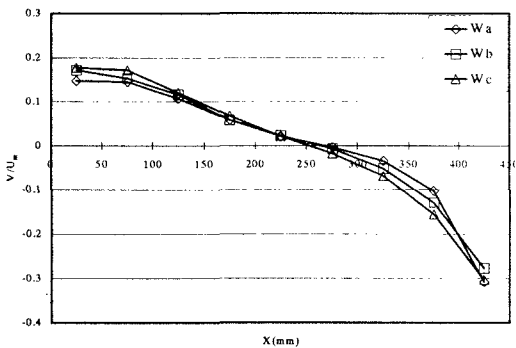


図-3 横断方向流速分布 (Y=150)

ものを図4に示す。わんど上流部での濁度変化は流量が多いほど濁度の減少に要する時間が短くなる。また、実験開始から濁度減少の開始までに流量により時間差がある。これはわんど下流部から濁度の低い水塊が循環渦によって輸送されたためであり、濁度変化が拡散現象のみだけでなく、わんど内の循環渦の影響を受けているためである。中央部では W_a は直線的に変化し、 W_b , W_c との変化とは異なっている。 W_a はわんど中央部では濁度高い部分が残るため、循環渦との濁度変化が異なる。さらに時間スケールを断面平均流速 U_m とわんど開口部長 L の積により無次元化を行ったものを図5に示す。

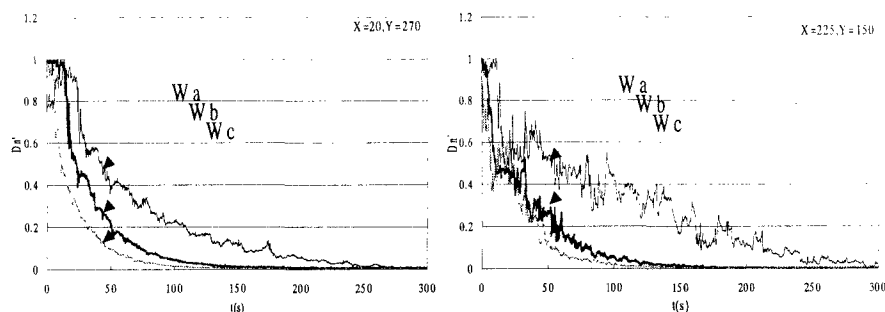


図-4 濁度の時間変化

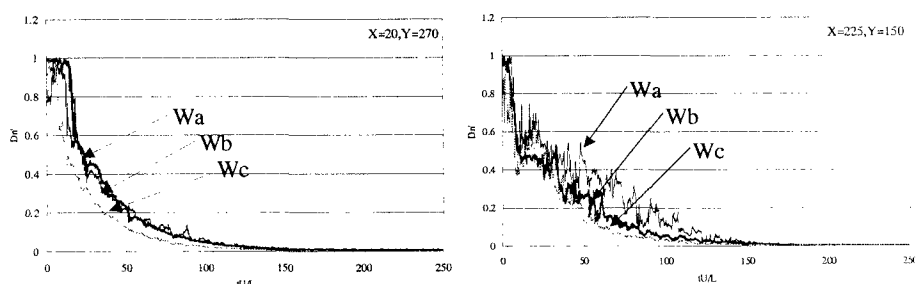


図-5 無次元化した濁度の時間変化



図-6 連続静止画像

検討する必要がある。図6に W_a の連続ビデオ静止画像を示す。主流とわんどとの境界部で染液が拡散のみでなく、周期的な乱れにより流下していく様子が確認できる。この乱れは境界部のせん断不安定に起因する渦であり、わんど内の染色液を排出するのでなく、主流の清水をわんど内に取りこむ働きも行っている。このわんど境界部の周期性を持つ渦とわんど内の循環渦が濁度変化に影響しているものと考えられる。

4. おわりに わんど内の流れについて時間平均的に捉えた場合、わんど形状による影響が大きく、同様のアスペクト比を持つわんどでは平均流速による無次元化により流れに相似性が認められた。わんどの水交換に関する染液による濁度実験では、わんど内部では循環渦による水質拡散への影響が大きい、主流域とわんどとの境界での乱れに注目する必要がある。流速以外の水理要素の影響が示唆された。連続の静止画像からも境界部の乱れの影響も確認することができ、この影響を確認するためにはより瞬間的な流れ構造を捉える解析が必要と考えられる。また、わんど全体の瞬間的な流れ構造を捉えることが可能な流れの可視化手法である PIV 法などの利用による流れ解析が有効であると考えられる。

<参考文献>

- 1) 富永, 今野, 北村, 藤長: わんど内の流れに及ぼす非定常流性の影響, 土木学会第 55 回年次講演会概要集, 第 II 部, pp426-427, 2000.
- 2) 富永, 谷川, 今野: 非定常流時の人工わんどにおける水交換について, 土木学会第 56 回年次講演会概要集, 第 II 部, pp366-367, 2001.
- 3) 木村, 細田, 村本, 安永: 開水路流れにおける死水域内の流体振動に及ぼす水理パラメータの効果, 水工学論文集, 第39巻, pp.779-784, 1993