

II-155

人工わんどにおける物質交換に関する実験的研究

東京大学大学院 学生員 中川研造
 東京大学 正員 河原能久
 東京大学 正員 玉井信行

1. はじめに

わんどとは流れに垂直に築いた水制に土砂が堆積し、よどみ部となったものである。わんど内は流速が小さいため多様な生物が生息しており、自然豊かな水系環境が創出されている。人工わんどは河川工事によりわんどが支障となる場合に河川の複断面形状の高水敷を一部掘り込んで造成される。本研究ではわんど内の水質が問題となる低水時を対象とし、人工わんどの形状変化が物質交換に与える影響を定性的に検討する一つの試みとして熱画像解析を用いた可視化と流速の点計測を行なった。

2. 実験概要

実験装置の平面図を図-1に示す。実験に用いた水路は幅40cm、長さ20mの可変勾配水路で、水路片側に幅20.6cmの木箱2個を離して上下流に設置することにより水路中央部に奥行き20.6cmの矩形わんどを作った。わんどの幅 L は任意に調節できる。熱画像解析には赤外線熱画像装置TVS-2000ST（日本アビオニクス製）を用いた。まずわんど開口部に隔壁を設け、静止状態でわんど内にほぼ一定温度の温水を蓄えた後隔壁を取り除き、わんど周辺部での水面温度変化を上方に設置した赤外線カメラで撮影し、画像をビデオ録画するとともに10秒間隔でフロッピーディスクに記録した。実験条件を表-1に示す。ここに、 I :水路勾配、 U :主流流速、 H :主流部水深、 h :わんど中心部水深である。これらの水理条件を固定したままわんどの形状比、わんどの開口部に取り付けた仕切り板の長さや方向を一つずつ変化させた。さらに数ケースについて二成分電磁流速計による流速の点計測を行い、流れの平均特性について考察した。

3. 実験結果および考察

図-3に可視化写真の一部を示す。図-2は結果の読み方を説明するもので、図中の T_1 から T_4 のフレームの順に時間が経過していることを示している。白色が高温域に、黒色が低温域に相当する。図-3(a)は正方形のわんど内での10秒間隔での温度分布を示している。わんど上流端で剝離した渦が開口部に沿って流下しながら主流部とわんど内とから流体を取り込んで発達し、わんどの下流端に衝突して破壊され、一方はわんど内へ、もう一方は主流部へ入ることにより物質交換が行われている。図-3(b)はわんど上流端から主流に平行にわんど幅の半分の長さの仕切り板を設置した場合の温度分布を表している。わんどの下流端部には渦の形成が認められるが、図(a)と比較すると発達

表-1 実験条件

I	U (cm/s)	H (cm)	h (cm)	Re
1/2000	27.48	2.70	2.65	5810

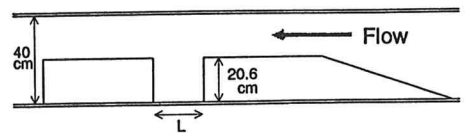


図-1 実験装置

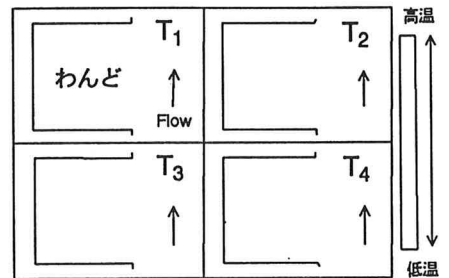
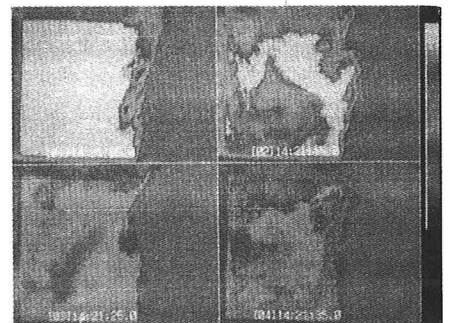


図-2 説明図



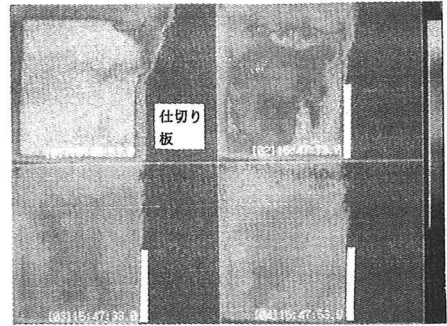
(a) 正方形

が抑制されており内部の循環流も弱く物質混合は不活発である。図-3(c)はわんどの奥行きを半分にした場合の温度分布である。主流部とわんど内との水の交換は活発で、短時間に温度が低下している。わんど内の循環流の様子は図(a)とは異なり、下流部に形成される大きな循環流の他に上流側にも複数の循環セルが生じ、上流側での温度低下を防いでいる。またわんど上流端と下流端とから同じ長さの仕切り板を突出させた場合では、下流側に設置した方がわんど内の温度低下に要する時間が短かった。

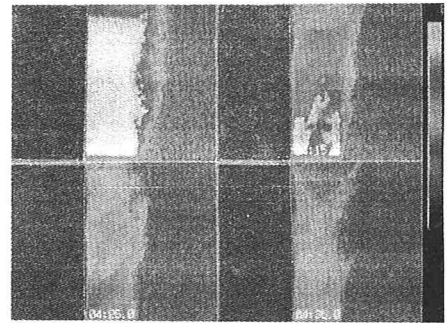
図-4は時間平均流速の分布図である。主流部流速は23.5cm、主流部水深は3.55cmである。図(a)は正方形の場合であるが、内部に大きな循環流が一つ存在している。図(b)はわんど上流端から開口部の半分の長さの仕切り板を設置した場合である。わんどの上流側に非常に流速の小さい部分がみられ、汚濁物質の堆積を予想させる。図(c)はわんど下流端から同じ長さの仕切り板を設置した場合である。わんど上流側の主流部寄りに循環流が生じているが、下流側やわんど奥部での流速は小さく、汚濁物質の堆積が考えられる。図(d)はわんど幅を2倍にした場合である。わんどの上流側に副循環流が存在している。今回の実験より、わんどにおける物質交換はわんどの形状比や渦の剥離点、衝突点の形状に大きく影響されることが分かった。

4. おわりに

本実験では、わんどの形状変化が物質交換に与える影響を定性的に把握するために流体の出入りを捉えやすい熱画像解析を用いて可視化を行った。今後はより詳細にかつ系統的にわんどの形状を変化させた研究が要求される。

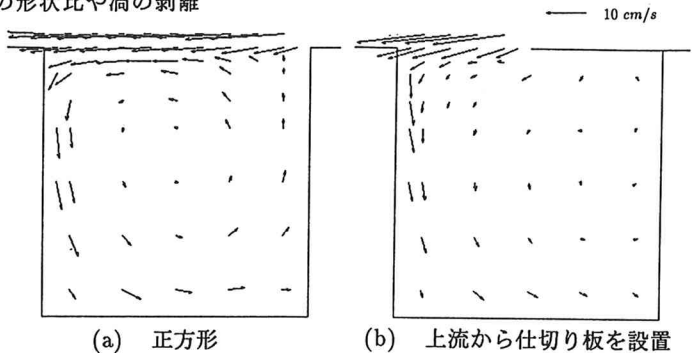


(b) 上流から仕切り板を設置



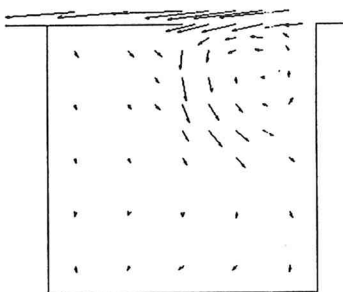
(c) 奥行きを半分

図-3 熱画像解析写真

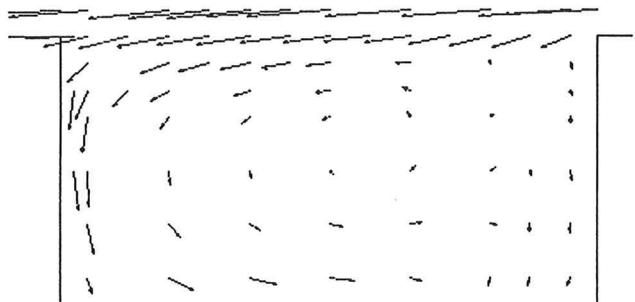


(a) 正方形

(b) 上流から仕切り板を設置



(c) 下流から仕切り板を設置



(d) わんど幅を2倍

図-4 平均流速分布図（水深の中点）

参考文献 1) 八木俊策:凹凸流路における水質伝播に関する基礎的研究, 大阪大学学位論文, 1984