

京都大学

学生員

○金子泰洸ポール

京都大学

正会員

山上路生

京都大学

正会員

戸田圭一

京都大学

学生員

池内三津喜

1. はじめに

平成9年に河川法が改正され、河川に求められる機能が変化している。水害を防止するような機能はもちろんのことだが、それに加えて生物多様性を有する環境に調和した機能も求められるようになってきた。そのような風潮の中で、「ワンド」と呼ばれる地形は河川に生物多様性を与える要因として注目されている。ワンドは主流部と繋がっている側面凹部状の地形であり、主流部よりも流速が遅くなるために洪水時の魚類等の避難場所や、様々な生物の生息・繁殖場になることができる。近年の河川環境改善への意識の高まりも加わって、淀川等では人工的にワンドを設置するケースがみられるようになっていいる。しかし一方で、よどみによる水質の悪化や洪水時の激流による土砂の堆積・変形など問題もあり、実用的で安定なワンドを設計するには十分な基礎研究が必要である。

このような背景から、本研究ではワンドの基本的な性質を明らかにするために水理実験を行った。まず、アスペクト比 L_w/B_w (L_w :ワンド開口部長, B_w :ワンド幅) を詳細に系統的に変化させた場合、ワンド内の水平循環流構造がどのように変化していくかを調べた。次にワンド内を移動床に置き換え、通水によって河床形状や水平循環流構造がどのように変化するかを調べた。

2. 実験手法および水理条件

図-1 は本実験の装置図である。本研究で用いたワンド水路は水路長 10m, 水路幅 1.5m の可変勾配型循環式直線水路である。水路全体に幅 30cm, 長さ 60cm, 高さ 20cm のアクリル製ボックスを敷き詰め、さらに流下方向にみて左岸側に一列(ただしワンド部分を除く)同じアクリルボックスを設置した。流下方向のワンド位置は水路上流端から約 6m である。主流幅は $B=120\text{cm}$, ワンドの主流長さ $L_w=30\text{cm}$ でこれらは固定した。また、アクリル製の仕切り版を図-1 のようにワンド内に入れることによって、ワンド幅 B_w を変化させることができる。またワンド内に砂設置ボックスを置くことができるようになっており、必要に応じて固定床実験と移動床実験を切り替えて行うことができる。

表-1, 表-2 に実験条件を示す。 U_m は断面平均流速, H は水深を示す, B_w はワンド幅を示す。まず表-1 に示す固定床の実験では、アスペクト比を 1

表-1 実験条件(固定床)

ケース	U_m (cm/s)	H (cm)	B (cm)	B_w (cm)	L_w (cm)	L_w/B_w	F_r
U12A1000	12	5.3	120	30	30	1	0.166
U12A1500				20		1.5	
U12A1750				17		1.75	
U12A1875				16		1.875	
U12A2000				15		2	
U12A3000				10		3	

表-2 実験条件(移動床及び固定床)

ケース	路床	U_m (cm/s)	H (cm)	B (cm)	B_w (cm)	L_w (cm)	L_w/B_w	勾配	F_r			
U36A1000F	固定床	36	5.3	120	30	30	1	1/10000	0.5			
U36A2000F					15		2					
U36A3000F					10		3					
U36A1000M					30		1					
U36A2000M	移動床				15		2					
U36A3000M					10		3					

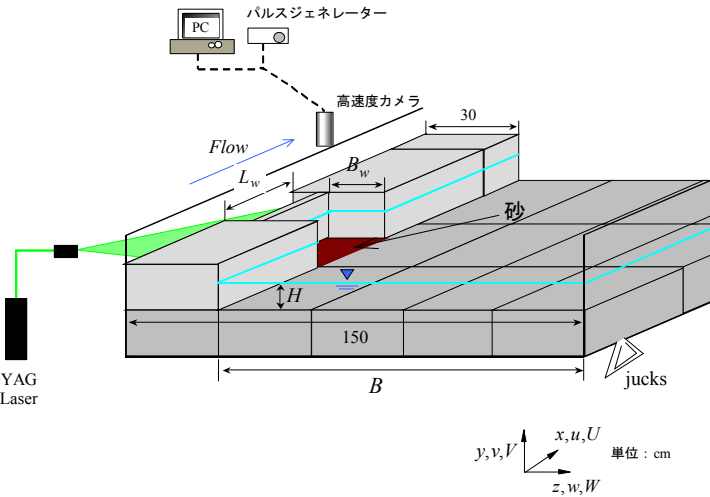


図-1 実験装置と座標系

から 3 の間で詳細に変化させ、水平循環流構造の変化を調べた。平均流速の計測には PIV (Particle Image Velocimetry) 法を用いた。トレーサーには直径 $100\mu\text{m}$, 比重 1.02 のポリスチレン粒子をエタノールに浸し中立浮遊粒子としたものを用いて、半水深付近($y=2.5\text{cm}$)に YAG レーザーのレーザーライトシート(LLS)を照射し、ワンド上方から高速 CCD カメラによりフレームレート 100Hz, サンプリングレート 30Hz で約 2 分間撮影を行った。流速ベクトルを算出には直接相関法を用い、サブピクセル補間にはガウス近似を用いた。表-2 に表す移動床の実験では、ワンド内に砂を設置し主流部の河床と平行になるように均した後、約 2 時間通水してその後ポイントゲージにて河床形状を計測した。また固定床の場合と同じく PIV を用いて半水深付近の平均流速ベクトルを算出した。なお、移動床の砂には珪砂 6 号(粒径 $0.2\sim 0.4\text{mm}$)を使用した。また比較の為に、同じ水理条件でワンド内を固定床にした実験も行った。

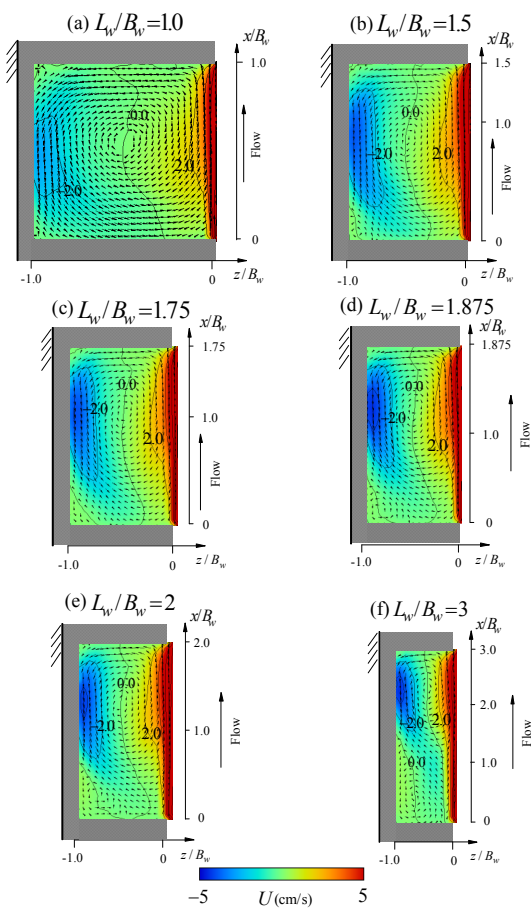


図-2 ベクトル図及び流下方向平均流速 $U(\text{cm/s})$ のコンター

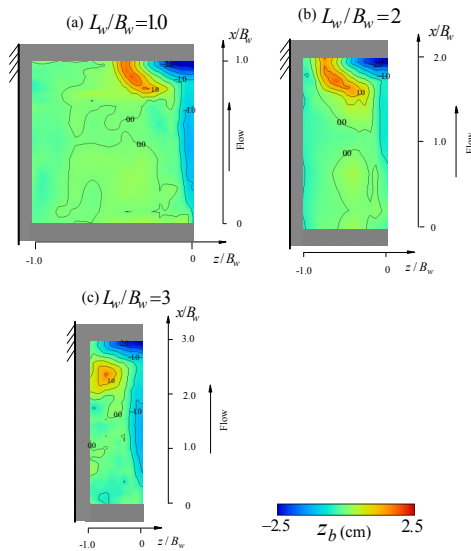


図-3 河床高さ z_b のコンター

3. 結果と考察

図-2 は表-1 の実験条件で得られた平均流速ベクトル図である。これよりアスペクト比 1 ではワンド内に大規模循環渦 1 つしか見られないが、アスペクト比 1.5 では下流側の大規模循環流の他に上流側に逆回転の 2 次循環流が生じている。また、アスペクト比が大きくなると下流側の主循環流が小さくなり上流側の 2 次循環流が大きくなっていく様子がはっきりと確認できる。

図-3 は表-2 に示す移動床実験における河床高さ

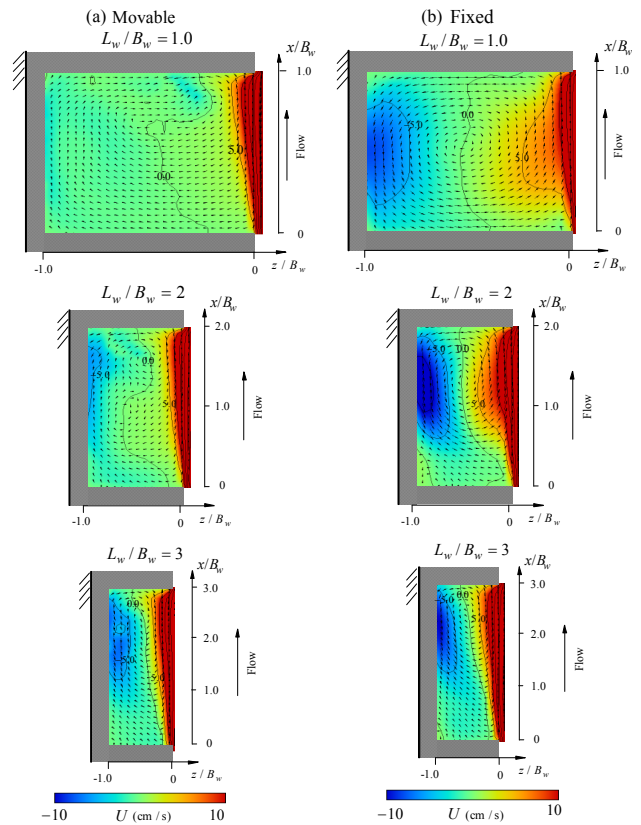


図-4 移動床(a)と固定床(b)の

平均流速ベクトル図と主流方向流速 U のコンター

コンターである。これよりワンド内に 2 つの洗掘・堆積の特徴がみられることが分かる。まず、ワンドと主流部の境界で帯状の洗掘がみられる。これは境界部で発生する大規模せん断渦の通過によるものと考えられる。つぎにワンド下流部に大きな洗掘とその近傍に高い堆積がみられる。これはワンド内に流入する強い流れにより砂が巻き上げられ、その後急激な掃流力の低下によって巻き上げられた砂が傍に堆積したものと考えられる。また、目視で観察したところ、大きな洗掘がみられる部分で周期的に砂が巻き上げられている様子が確認された。図-4 の(a)に移動床の平均流速ベクトル図を示す。これよりアスペクト比 2 および 3 で滑面でみられるはずの 2 次循環流がみられないことが分かる。また、アスペクト比 2 では堆積によってできた山によって流れが大きく変わり、ワンド内に同方向回転の 2 つの循環流が存在していることが分かる。

4. おわりに

本研究では、アスペクト比を詳細に系統的に変化させた時水平循環流構造がどのように変化するかを調べ、循環渦の様子がアスペクト比に対して一定の傾向で変化することが分かった。また、ワンド内を移動床にした実験を行い、ワンド内の堆積・洗掘傾向を明らかにした。さらに、移動床の場合河床形状の変化によって流れ場も大きく変わることも明らかにした。