

立命館大学理工学部 学生員○中西正弥
立命館大学大学院 学生員 荒井康敏

立命館大学理工学部 正会員 江頭進治

1. はじめに 多自然型川づくりにおいて、豊かな生態系を育む場の一つにワンドが挙げられ、各地でワンドの整備が進められている¹⁾²⁾。しかしながら、ワンド周辺の流れ・土砂移動現象は解明されておらず、その設計指針が確立されていない。従来のワンドに関する研究においては、アスペクト比(水制間長 L /水制長 B_w)に着目した固定床における流れの、流れや土砂移動に関する研究が行われているものが多く³⁾⁴⁾、移動床における研究は少ない。さらに、ワンド形状についても単断面水路における単一ワンドを対象とするものが多いようである。本研究では連続する複数のワンドを有した複断面水路において河床状態の違いに着目し、土砂移動特性や流れに関する基礎的な情報を得ることを目的としている。

2. 実験概要 実験水路は図-1のように長さ12m、幅40cmの循環式可変勾配水路である。右岸には高水敷が設置され、ワンドを6個連続させている。アスペクト比はcaseAでは $L=20\text{cm}$ $B_w=10\text{cm}$ (アスペクト比=2)、caseBでは $L=20\text{cm}$ $B_w=5\text{cm}$ (アスペクト比=4)である。表-1に実験条件を示す。caseA、caseB共に4種類の流量を対象としている。表-1に示すように、 w_0/u_* (沈降速度/摩擦速度)は、流砂形態と複断面流れに着目して設定されたものである。すなわち、case1においては掃流砂が卓越した単断面流れであり、case2~4においては、掃流砂と浮遊砂が混在する流れである。さらに、case4においては複断面流れが形成される。河床材料には平均粒径0.935mm、比重1.16、静水中における平均沈降速度2.78cm/sのほぼ一般的なアンスラサイトを用いている。水路上流端からは、給水と給砂(アンスラサイト)を、定常的にやっている。通水時間は平衡状態が得られるように十分長い時間を想定して4hrとし、4hrにおける水位と通水時間終了後の河床位をポイントゲージを用いて測定した。

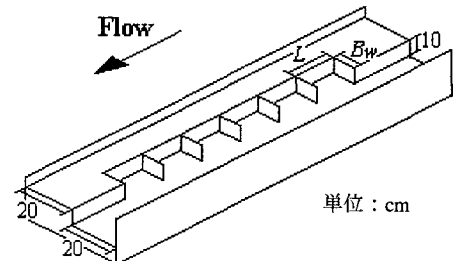


図-1 実験模型

表-1 実験条件

case	A B	流量 (l/s)	河床勾配	初期水深 (m)	摩擦速度 u_* (m/s)	無次元掃流力 τ_*	無次元流砂量 q_{s*}	w_0/u_*
1		1.60	1/750	0.036	0.022	0.32	0.18	1.27
2		4.25	1/750	0.069	0.030	0.61	1.27	0.93
3		6.45	1/750	0.092	0.035	0.82	1.35	0.80
4		9.50	1/750	0.120	0.040	1.06	1.35	0.70

3. 実験結果と考察 図-2は水路中心線上(左岸から10cm)における水位と河床位の縦断形状である。いずれのケースでもワンド付近において水位のせき上げは認められず、ほぼ平坦である。参考のために本実験と同一の条件のもとで固定床における清水のみの実験を行ったところ、ワンドを有する区間においては、ワンド内に発生する大規模な水平渦によるエネルギー散逸のために、水位の上昇が見られた⁵⁾。これらの違いは、移動床においては、河床低下によってワンドによる付加抵抗が緩和されているものと推察される。図-3は通水後の河床位のコンター図である。図においては、初期河床からの変動量を示している。なお、通水時間が1hr 2hrでの流出土砂量と給砂量の関係を調べたところ、これらはほぼ平衡状態にある。まずcaseAの河床変動について見る。どのケースにおいてもワンド内に堆積、水制先端において洗掘が見られる。A1~A3においては、いずれのケースにおいてもワンド内の堆積が増加している。A1では、最上流部のワンドを除いては、水制先端で洗掘された土砂が開口部において堆積するとともに、下流側の水制付近にも堆積するので堆積のピークが2ヶ所見られる。これは掃流砂が卓越するためであると考えられる。A2とA3では、ワンド内の堆積のピークは1つで側壁側のほ

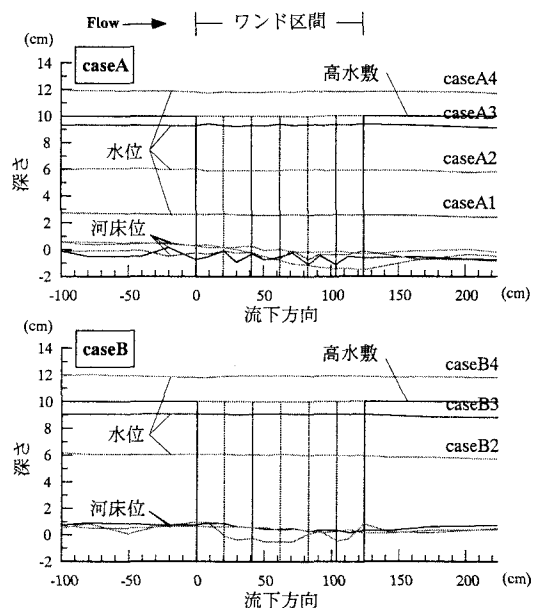


図-2 水位と河床位

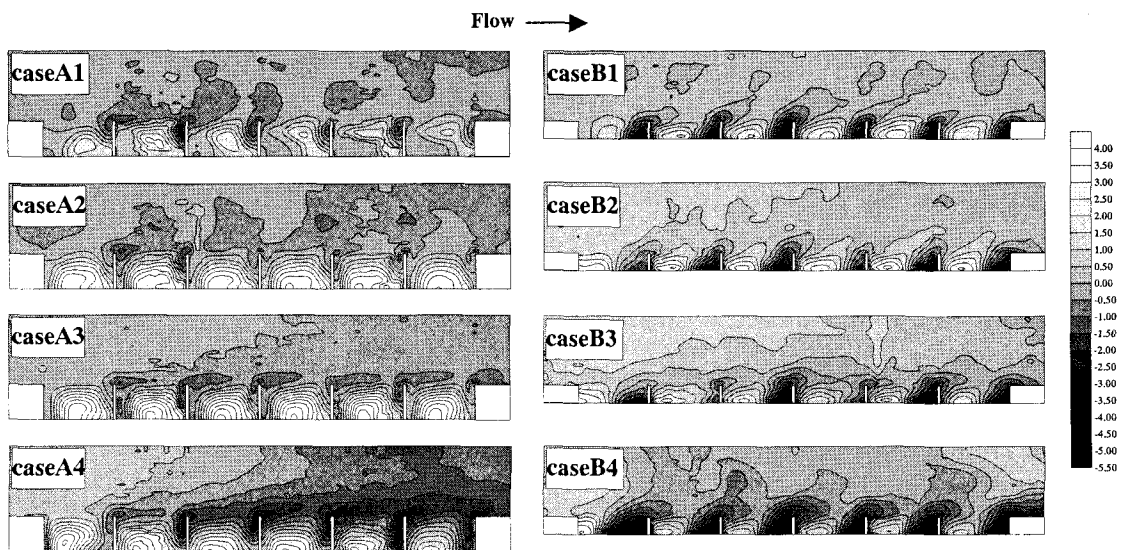


図-3 河床位等高線

ば中央に位置し、最上流部のワンドでは堆積の範囲がその他のワンドよりやや広がっている。水制先端での洗掘についてはA3において流下方向に影響を及ぼしている。高水時のA4においてはワンド内の堆積のピークが上流に移動し、水制先端での洗掘の流下方向への影響が強くなっている。次にcaseBの河床変動は、どのケースにおいてもワンド内の上流側で堆積、下流側で洗掘が見られる。B1からB4へ流量を増加させると、河床の洗掘・堆積形状は変化しないものの、堆積量は減少するが洗掘量は増加し、主流部への影響が強くなる傾向にある。B2～B4では最上流部のワンドにおける堆積が上流側の側壁に及んでおり、6つのワンドを個別に見た場合、洗掘量に差があるものが見受けられる。高水時であるB4の最上流部における洗掘量が顕著である。

caseAとcaseBを比較すると、水制の存在によって水制の先端近傍で洗掘が起こり、その土砂が上流側あるいは下流側へ輸送されるという機構は同じであるが、洗掘・堆積の形状、あるいはその量、および水制先端における洗掘の主流部への影響は異なったものになっている。まず、水制先端における洗掘について見てみると、caseBでは水制先端から流下方向と左岸方向に向かって進むのに対し、A1とA2では主流部への影響は見られず、A3とA4では水制先端から流下方向に及んでいる。これは、水制先端における流れの違いに起因するものと考えられ、加えてcaseAよりもcaseBの方が洗掘量が多いことを考慮すると、流れの3次元性が卓越していることが推察される。参考のために、ワンド内の大規模な水平渦について見るために、水路床を固定床とした場合の流速を測定した結果を図4に示す。caseAでは軸をワンド中央に持つ大きな水平渦が発生し、caseBではその軸が下流側の水制付近にあり、渦の規模が小さいものであることが確認された。さらに、洗掘が起こる場所がcaseAでは水制先端、caseBでは水制先端とワンドの下流側であることから、アスペクト比を変化させると、ワンド内の流れは概ね類似しているが、土砂の洗掘・堆積形状に大きい違いが見られる。

4. おわりに アスペクト比を変化させて流砂形態に着目して、ワンドを有する水路の河床変動をみた結果、アスペクト比によって洗掘・堆積形状が異なった特性を持ち、かつ平衡状態であることが確認された。今後、流れの3次元性を把握で入るような流れの計測を行い、ワンド内の流れについての検討を行う必要がある。

参考文献 1) 綾ら：第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム，89-94，1998， 2) 森脇（財）河川環境管理財団（大阪），145-150，1999， 3) 木村ら：水工学論文集，38，425-430，1994， 4) 中川ら：水工学論文集，39，595-600，1995， 5) 江頭ら：（財）河川環境管理財団（大阪），6章，2002，

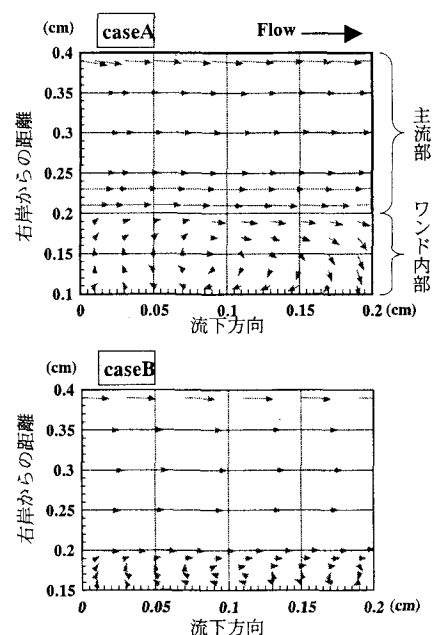


図-4 水深平均の流速ベクトルの例