

複数のワンドを有する河道の水理特性に関する研究

立命館大学大学院

学生員○中島秀明

立命館大学理工学部

フェロー 江頭進治

立命館大学理工学部

正会員 伊藤隆郭

はじめに 環境を考慮した川づくりにおいて、豊かな生態系を育む場の一つにワンドが挙げられ、近年多くの研究が進められている^{1)~3)}。これまでに、固定床と移動床流れでは、ワンド内の水理特性が異なることが示されている⁴⁾。本研究においては、固定床実験と移動床実験の両方を実施し、流れと河床変動に関する実験的検討を行った。

水路実験 実験水路は長さ 12m、幅 40cm の矩形断面水路

を用いた。**図-1**のように右岸側に高水敷を設置し、ワンド

を 6 個連続させている。 $L=20\text{cm}$ 、 $W=10\text{cm}$ のアスペクト比 2

のケースと、 $L=20\text{cm}$ 、 $W=5\text{cm}$ のアスペクト比 4 のケースを

対象とした。水路勾配は 1/750 でありワンド間の水制厚は

0.8cm である。実験条件を**表-1**に示す。給水

は定常的に与えている。移動床実験では平均

粒径 0.935mm、比重 1.16、静水中における沈

降速度 2.78cm/s のほぼ一般的なアンブラサイトを

用い、ブラウン式による定常給砂を行っている。

使用材料は浮遊砂が卓越することを想定した

ものである。水位、河床位はポイントゲージ、

流速は電磁流速計を用いて計測を行った。

ワンドの水理特性 **図-2**はアスペクト比 4

の固定床流れの水面形である。**図-3**は

図-2の水面形を用いてワンド区間のエネルギー

損失を形状損失係数 K を用いて

$h_f = Kv^2/2g$ として、損失係数 K とレイノルズ

数 Re との関係を見たものである。**図-4**は

固定床流れにおける水深平均流速ベクトル

である。なお、鉛直方向の測定は 1cm 間隔

とし、測定時間はワンド内では 20 秒、それ

以外は 10 秒である。**図-2**から**図-4**を

見ると、ワンド内に水平渦が見られ、その影響

によって、ワンド区間およびその上流に水位

上昇がみられる。これはワンド内の水平渦による

エネルギー損失が発生しているものと思われる。

事実、**図-3**をみると、低水敷流れに

おいては、損失係また、**図-4**に示すようにワ

ンド内の水平渦の中心は、数はアスペクト比

に関係なくの $K=0.15$ 一定値をとり、高水敷

流れになると、なるようである。アスペクト比 2

キーワード ワンド アスペクト比 固定床流れ 移動床流れ

連絡先 立命館大学大学院 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 Phone:077-561-5035 FAX:077-561-3418

表-1 実験条件

		case	流量 (l/s)	初期水深 (cm)	τ_{xy}	w_d/U	河床高
固定床	アスペクト比 2	1	4.25	5.8			1/750
		2	8	9.3			1/750
		3	12.5	12.6			1/750
	アスペクト比 4	a	4.25	5.8			1/750
		b	9.5	10.6			1/750
		c	12.5	12.6			1/750
移動床	アスペクト比 2	m-1	4.25	5.8	0.518	1.01	1/750
		m-2	8	9.2	0.82	0.8	1/750
		m-3	11.5	12.0	1.07	0.7	1/750
	アスペクト比 4	m-a	4.25	5.8	0.61	0.61	1/750
		m-b	6.45	7.7	0.82	0.82	1/750
		m-c	9.5	10.6	1.06	1.06	1/750

図-1 水路模型図

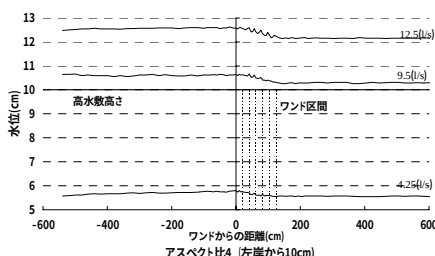


図-2 固定床における縦断水位

図-3 レイノルズ数と損失係数

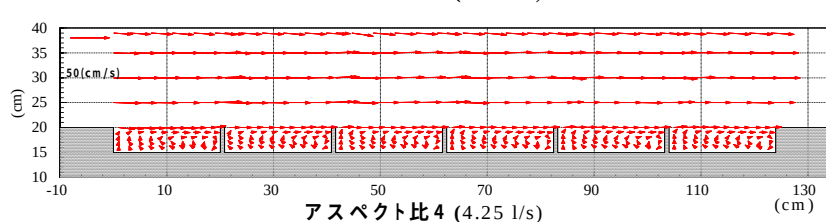
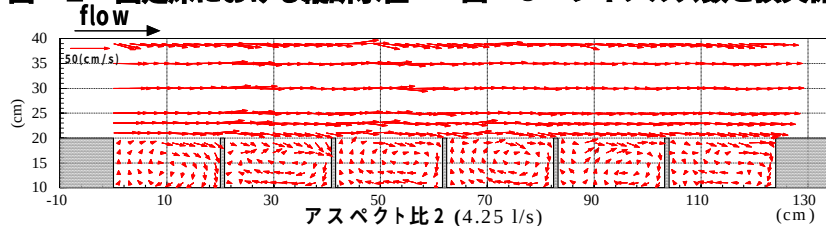


図-4 固定床における水深平均流速ベクトル

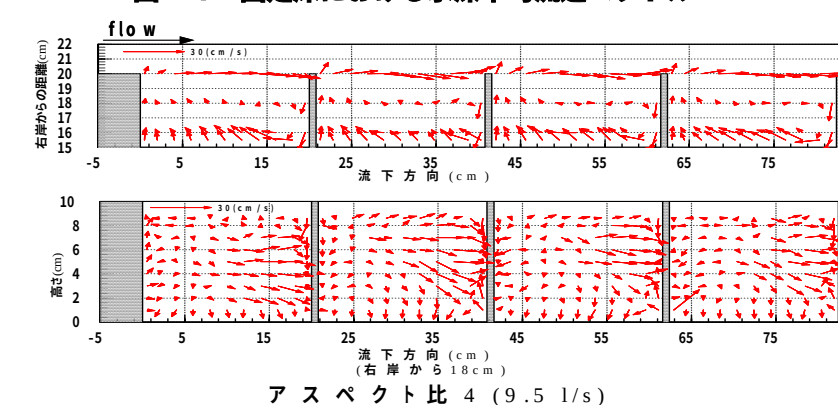


図-5 水深平均流速ベクトル（上） 断面流速ベクトル（下）

ではほぼワンド中央に位置しているのに対し、アスペクト比4では下流より位置している。これは、水平渦のスケールとワンドのスケールとの関係に起因すると思われるが、今後の検討課題である。また、**図-2**の水面形に現れているように、ワンド内の水平渦によるせん断不安定によって生じる一種のセイシュが発生していることも付記しておく。

図-5は9.5l/sのときの上流から四つまでの水深平均流速ベクトルと断面流速ベクトルである。

図-6はさらに流量が増加し、水位が高水敷高さを越えた時(12.5l/s)の断面流速ベクトルである。前述のアスペクト比4の水深平均流速ベクトルと**図-5**、**図-6**の断面流速ベクトルを総合して

見ると、水位が上昇し、高水敷高さよりも大きくなるに従い、ワンド上流側では下降流、下流側でも下降流および中央付近では上昇流が生じることが分かる。これは、水位上昇に従い、ワンド上流側では過度ベクトルが左岸から右岸側に向かい、一方、下流側では右岸から左岸に向かう過度ベクトルが卓越し、流れの三次元性が強く現れているものと思われる。

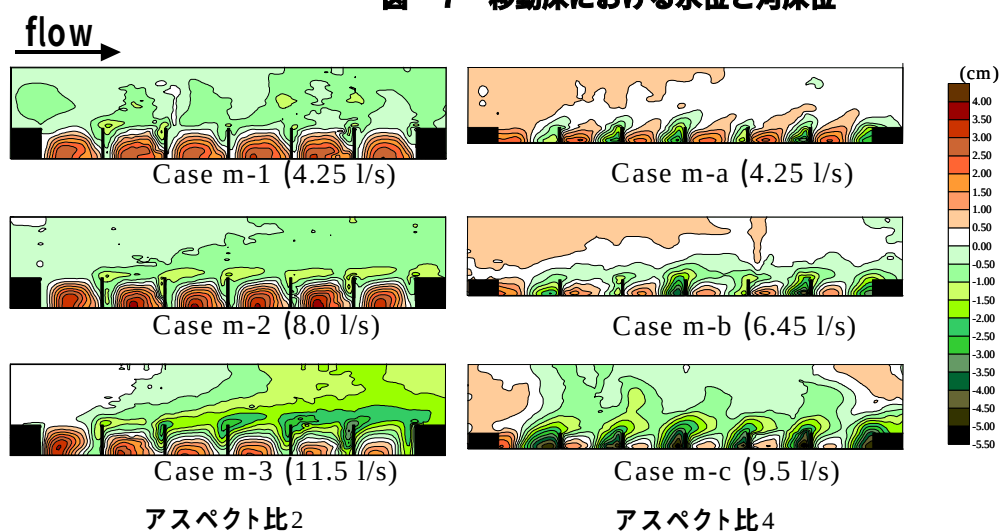


図-8 河床位等高線（4時間後）

移動床実験の結果について考察する。図の河床位は、初期河床位からの変動量を示している。流出土砂量と給砂量の関係を調べ、これらがほぼ平衡状態にあることを確認している。**図-7**は水位と河床位の縦断形状である。固定床でみられるような水位上昇は見られず、水面は滑らかである。しかしながら、ワンドの水平渦による付加抵抗は河床形状に現れていることが分かる。**図-8**はワンド及びワンド周辺の河床位のコンター図である。アスペクト比2のケースではワンド内には土砂が堆積しそのピークはほぼ中央に位置している。また、下流側の水制先端から流下方向に洗堀がみられその洗堀は流下方向に進んでいる。それに対し、アスペクト比4のワンド内では上流側に堆積と下流側に洗堀がみられる。流量の増加に伴い、アスペクト比2でみられたように堆積のピークは上流側に移動している。さらに、ワンド内下流側の洗堀は主流方向に延びており、これは、アスペクト比2では見られない傾向である。固定床の速度ベクトルを用いて河床変動をみると、アスペクト比2では堆積の中心が水平渦の中心とほぼ一致しているのに対して、アスペクト比4では洗堀のピークが水平渦の中心と一致しているようである。移動床の河床形状に及ぼすアスペクト比や水平渦構造の影響については、大まかに把握できるものの、流れと河床変動の関係は移動床流れのワンド内の流れの構造を十分に把握する必要があると思われる、今後の課題である。

おわりに 2ケースのアスペクト比を対象とした固定床および移動床実験により、いくつかの結果が得た。今後、数値解析や実験を通じてワンド及びワンド周辺の流れと土砂移動現象について検討を行う予定がある。

参考文献 1)木村・細田：水工学論文集,38,425-430,1994, 2)中川ら：水工学論文集,39,595-600,1995, 3)松波ら：河川技術に関する論文集,5巻,1999, 4)江頭ら：好ましい河川環境に関わる土砂水理研究,河川環境管理財団,6章,2002.