

京都大学防災研究所 正 員 高橋 保
京都大学防災研究所 正 員 中川 一
京都大学防災研究所 正 員 里深 好文
京都大学大学院 学生員○奥村 裕史

1.はじめに 土砂災害を防ぐためには土砂の移動現象を的確に把握し、その制御を行う必要がある。従来から流路内の全ての砂礫が移動可能な条件下での流路変動に関する研究は数多くなされてきているが、実際の山地河川には、大出水時に上流から運搬されてきたり、河川左右岸からの崩壊・落石等により、中小出水時には移動することのない大粒径の粒子が存在している。本研究では、流路が自由に変動するような場において、そのような大粒径粒子が河道・河床変動に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

2.水路実験 実験には長さ12cm、幅1mの矩形断面水路を用い、勾配は0.0477に設定している。河床砂して平均粒径2.13mm、標準偏差4.20の混合砂を用い、大粒径粒子としてサイズS（平均最大粒径3.01mm）M（同4.11mm）、L（同5.17mm）の石礫を用いた。実験方法は、まず水路に図1に示される初期横断面形状をスクレーパーを用いて形成し、大粒径粒子を図2のように配置する。流量は700cm³/sで一定とし、6分毎に水路上部から写真を撮り、下流端において流量を計っている。実験中、水路上流端で河床低下、上昇が起こらないように、手で給砂している。水みちの変動が起こらないことが確認されるか、水みち主流部が初期の水みちから大きく離れていった時点で、通水を停止する。実験データは写真をもとに以下の方法で計測されている。①蛇行波長 λ は、活発に流路変動した実験ケースにおいて、水路中央部の初期水みち位置に戻ってくるまでの長さをもとめ、これを半波長第 $\lambda/2$ として求めている。②流路の横断方向への最大変動量 dBとして、上流端から4m地点における水みちの横断方向への移動距離を測っている。本実験では、大粒径粒子の粒径、配置間隔、相対的配置位置を変えることにより、流路変動に関する影響を検討している。

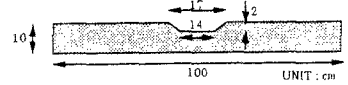


図1

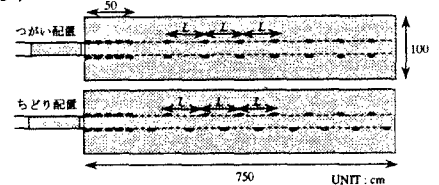


図2

3.実験結果と考察 実験結果を表1に示す。RunNo. のアルファベットは配置した大粒径粒子のサイズを示しており、Nは大粒径粒子を配置しないケースを示している。さらに、TLは大粒径粒子の配列がちどり配置でサイズLの大粒径粒子を用いた実験ケースであることを示している。アルファベットの右の数字は配置間隔を示している。サイズLの大粒径粒子を用いた実験ケースの経過時間tと変動量dBの関係を図3に示した。これにより、大粒径粒子により水みちの固定が起こり得ることが確認でき、さらにその配置間隔に限界（ $L=50\text{cm} \sim L=60\text{cm}$ の間）が存在することも確認できる。サイズMを用いた実験ケースでは $L=50\text{cm}$ （以下 Lで示す）と $L=60\text{cm}$ の間に、

表1

Run No.	みみちの配置 ○=直線、×=蛇行	λ (cm)	変動量 (cm)					
			0mm	6	12	18	24	30
N-0	×	250	0.00	37.61	41.50	41.50		
L-20	○		0.00	-0.17	1.50	1.50		
L-30	○		0.00	0.94	2.06	2.06	2.06	
L-40-1	○		0.00	2.06	2.06	0.39	-0.17	
L-40-2	○		0.00	2.61	2.06	2.61	-0.72	
L-50-1	○		0.00	-0.72	6.50	2.61	3.17	
L-50-2	○		0.00	3.72	3.72	4.83		
L-60-1	○	290	0.00	19.28	37.06	41.50		
L-60-2	○	280	0.00	14.23	38.72	41.50		
M-30	○		0.00	-1.83	-0.17	0.39	-0.17	
M-40	○		0.00	-1.83	-0.72	1.50	0.39	
M-50-1	○		0.00	4.83	3.94	2.61	4.28	7.61
M-50-2	○		0.00	-0.17	0.94	-0.17		
M-60	○	250	0.00	4.83	34.83	41.50	41.50	
S-20	○		0.00	-0.72	-0.17	-0.17	0.39	
S-30	○	230	0.00	7.61	12.06	11.50	414.50	
S-40	○	270	0.00	-0.17	2.61	24.83		
TL-30	×		0.00	-0.17	2.61	0.39	-0.17	
TL-40	×		0.00	0.39	-0.17	0.39	-1.28	
TL-50-1	×		0.00	2.61	2.61	3.17	2.06	2.61
TL-50-2	×		0.00	2.06	5.39	12.61		
TL-60-1	×	310	0.00	2.06	16.50	30.39		
TL-60-2	×	280	0.00	9.83	16.50	20.39		
TL-70	×	290	0.00	9.83	16.50	20.39		

サイズSを用いた実験ケースでは $L=20\text{cm}$ と $L=30\text{cm}$ の間に、ちどり配置でサイズLを用いた実験ケースでは $L=50\text{cm}$ と $L=60\text{cm}$ の間にそれぞれ限界値が存在することが確認できる。蛇行波長 λ はその値がばらついているものの、大粒径粒子を配置しなかったN-0の実験と比較して、ほぼ全てのケースにおいて大きな値となっている。これはいったん流路変動し、初期水みちから横断方向に大きく流路変動した水みちが、再び初期水みちに戻ってくる際に、その合流点付近に存在する大粒径粒子の影響を受けるためと考えられる。水みちが固定

される原因として、側岸の大粒径粒子が側岸侵食を抑え拡幅・砂州の発達を抑制するからであると考えられる。それは大粒径粒子による遮蔽効果と大粒径粒子の水みち側における深掘れで起こる流水の集中により、大粒径粒子下流側岸部での掃流力が低下することによるものである。表1より $56.0\text{cm} < \lambda/4 < 77.5\text{cm}$ となっており、水みちが固定される限界の配置間隔とほぼ同じスケールとなっている。大粒径粒子の粒径が小さいときの水みち固定の配置の限界値は小さくなっている。それは、大粒径粒子が小さいとき、水みち内に突出する部分が小さく、十分に突出する前に大粒径粒子の裏側に水の流れが回り込んでしまい、拡幅が起こり、水みち中央部に堆積を生じるためであると考えられる。よって大粒径粒子のサイズが小さいとき、より小さな配置間隔でなければ水みちを固定することはできない。以上から、図4に示すように、1本の水みちが最も拡幅するまでの距離（蛇行波長の1/4）の間隔で側岸侵食を十分に抑え得る大きさをもった大粒径粒子を側岸に配置した場合、安定な水みちを生じることが判明した。

4. 計算結果と考察 水路実験により、水みち側岸に大粒径粒子が限界値より小さな間隔で存在した場合、水みちが固定されることが確認できたが、この現象を一般的に解明し、大粒径粒子の影響を評価することを目指して、数値シミュレーション法の開発を試みた。本研究では二次元浅水流モデルを用いて流況及び河床変動計算を行った。大粒径粒子の存在を河床の侵食・堆積の起こらない領域として表現した。計算結果を図5に示す。CaseA、CaseBはそれぞれ、水路実験 N-0、L-40に対応するケースで、30分後の流速、水深、河床位を示している。CaseAにおいて、1本の水みちが分裂して合流するまでに1.2m程度の距離があり、N-0の実験実験ケースで得られた水みちの半波長1.25mとよく一致している。しかしこれは、上流端から測ったものであるため、流入条件の影響があると考えられる。CaseBにおいては流路の拡幅・分裂が抑制されているのが分かる。下流端の境界条件として川幅一定としていないため拡幅を生じ堆積が起こっている傾向があるが、今後この点に関しては修正が必要と思われる。これ以外の計算ケースを行っていないために、水みち固定の限界値を求めるには至っていないが、水みちが固定されるという現象を再現することができた。下流端の条件を含め、大粒径粒子の表現の方法についても検討が必要である。

5. おわりに 流域に存在する大粒径の粒子が流路変動に及ぼす影響に関して、水路実験、数値シミュレーションによる検討を行った結果、大粒径粒子の配置間隔によって流路の横断方向への変動に大きな差異が現れることが確認された。

参考文献

芦田和男・江頭進治・里深好文・後藤隆之：網状流路の流路変動と流砂量, 京大防災研究所年報, 第33号B-2, 平成2年4月

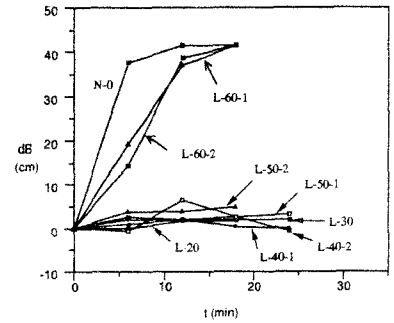


図3

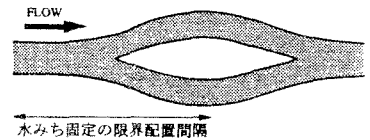


図4

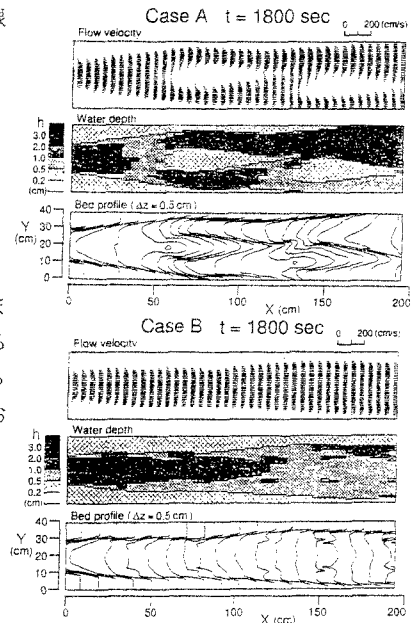


図5