

流路勾配変化に伴う土砂輸送形態の遷移過程

アサヒコンサルタント株式会社 非会員○小林和希
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 和田孝志
鳥取大学大学院工学研究科 正会員 三輪 浩

1. 背景と目的 土砂は、降雨等によって流域内の河川を通り、上流部の山地から扇状地、谷底平野、沖積平野、そして河口部まで流下して行く。土砂の輸送形態は河床勾配の大きさによって変化し、山地から扇状地・谷底平野に至る区間では勾配変化が顕著であることから、土砂輸送形態が集合運搬から個別運搬へと遷移する。当該区間の土砂輸送形態変化は下流部へ供給する土砂の量・質（粒径）を確定させる点で河川内の土砂動態に大きな影響を及ぼす。したがって、当該区間の土砂輸送形態の遷移過程の把握は、山地から河口・海岸部に至るまでの統一的な土砂輸送形態を解明する上で重要である。しかし、勾配変化に伴う土砂輸送形態の遷移過程に関する研究は十分に行われていない。そこで、本研究では、上下流で異なる水路勾配を設定可能な変勾配水路を用い、勾配変化を伴う土砂輸送に関する水路実験を行うことで、勾配変化が土砂輸送形態の遷移過程にどのように影響するか検討する。

2. 実験の概要 本研究で用いる実験水路（図1）は、勾配を0～8度で調整可能な既存の一樣勾配水路上に、水路長350cm、水路幅10cmの変勾配水路を設置することで作製した。

実験条件は砂礫および供給流量の組み合わせによって設定した（表1,2の左に記載）。実験で使用する砂礫は平均粒径3.0mm、7.1mmの一樣砂と、粒径3.0mmと7.1mmの砂礫を4対1で配合した混合砂を用い、流量は1.0L/sおよび2.0L/sとした。これらの条件に対して、水路勾配を9度、15度の一樣勾配、15→9度の変勾配に設定して実験を行った。

観測項目は、図1で示すように、勾配変化点（P150地点）のハイスピードカメラより流速分布を、P100、P200地点の超音波水位センサーより流動深の時間変化を、下流端（P0地点）の4つの採砂箱を連結した可動式連結土砂受けより土砂輸送平均濃度を計測した。また、流速分布の実験値と比較に用いるため、高橋ら¹⁾の理論流速分布式より理論値を算出した。

3. 実験結果と考察 勾配変化による遷移過程への影響を見るため、各Caseの一樣勾配条件および変勾配条件での実験結果を整理し、両者を比較した。

表1,2に、それぞれ土石流先頭部より3秒間のP0地点の平均土砂輸送濃度、P100地点の平均流動深を示すキーワード 土砂輸送形態、勾配変化、変勾配水路、粒度構成、流量

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科 水工学研究室
TEL 0857-31-5284

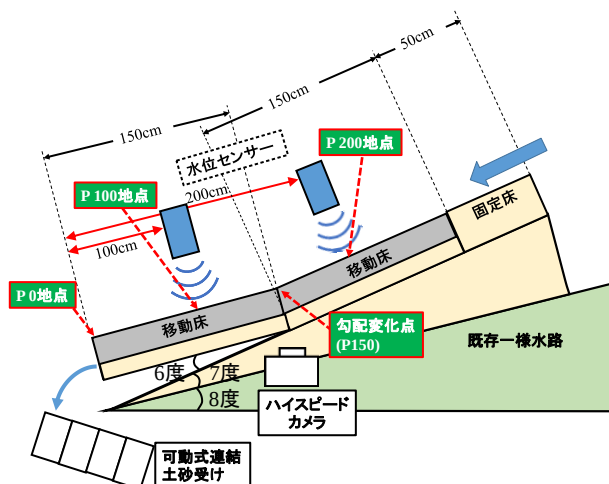


図1 実験水路の観測項目

表1 土石流先頭部の平均土砂輸送濃度(P0地点)

Case	粒径	流量	平均土砂輸送濃度		
			9度	15度	15→9度 (変勾配条件)
Case 1	3.0 mm	2.0 L/sec	0.132	0.276	0.157
Case 2	7.1 mm	2.0 L/sec	0.095	0.279	0.125
Case 3	混合砂	2.0 L/sec	0.130	0.304	0.164
Case 4	3.0 mm	1.0 L/sec	0.126	0.337	0.156
Case 5	7.1 mm	1.0 L/sec	0.070	0.257	0.061
Case 6	混合砂	1.0 L/sec	0.119	0.313	0.135

表2 土石流先頭部の平均流動深(P100地点)

Case	粒径	流量	平均流動深 (mm)		
			9度	15度	15→9度 (変勾配条件)
Case 1	3.0 mm	2.0 L/sec	16.7	30.5	34.0
Case 2	7.1 mm	2.0 L/sec	25.6	42.6	43.0
Case 3	混合砂	2.0 L/sec	19.2	29.1	33.9
Case 4	3.0 mm	1.0 L/sec	15.6	35.6	27.6
Case 5	7.1 mm	1.0 L/sec	19.4	25.1	20.5
Case 6	混合砂	1.0 L/sec	11.9	34.4	32.1

す。P0 地点の土砂輸送濃度に関して、変勾配条件では、粒度構成および流量によらず一様勾配 9 度の土砂輸送濃度に近く、土砂移動形態の遷移が概ね完了していることがわかった。このことから、本実験では、粒度構成および流量によらず勾配変化点 (P150 地点) から P0 地点までの区間で土砂輸送形態が遷移していると推察された。一方、P100 地点の流動深に関して、水深粒径比が最も大きく、流動に対する砂礫の影響が比較的大きい Case 5 は一様勾配 9 度の値に近く、それ以外は一様勾配 15 度の値に近い結果となった。このことから、P100 地点では、輸送土砂の粒径によって傾向は異なるが、下流側勾配の影響を受けつつも上流側勾配の土砂輸送形態を維持していると考えられる。

図 2 に Case 1, 3 の変勾配条件における勾配変化点 (P150 地点) での粒径 3.0 mm の流速分布を示す。変勾配条件での勾配変化点の流速分布に関して、一様粒径の場合は層全体で、混合砂の場合は上層で、実験結果が一様勾配 9 度および 15 度の理論値の間の値をとっていることがわかった。このことから、勾配変化点において一様粒径の場合は層全体で、混合砂の場合は上層で、すでに勾配 15 度から勾配 9 度の土砂輸送形態への遷移が始まっていると考えられる。

上記の結果を整理し、各 Case における土砂輸送形態の遷移区間を推定した。推定結果を図 3 に示す。同図より、勾配変化点 (P150 地点) から P100 地点の区間において、一様粒径の場合は層全体で、混合砂の場合は上層で、勾配 15 度の土砂輸送形態から勾配 9 度の土砂輸送形態へと遷移し始め、その後徐々に勾配 9 度の土砂輸送形態に移行し、P0 地点では遷移が概ね完了していると考えられる。流量 1.0 L/sec においては、勾配変化点 (P150 地点) から P100 地点の区間では流速分布より上下層で明確な遷移の違いは確認できなかったが、P0 地点での土砂輸送濃度、P100 地点での流動深の観測結果より、これらの地点の土砂輸送形態については流量 2.0 L/sec と同様であると推察された。

4. あとがき 本研究より、勾配変化に伴う土砂輸送形態と、粒度構成または供給流量との関係が一部明らかとなった。ただし、本実験では各実験条件の試行回数が 1 回だけであり、今後、試行回数を増やして実験結果のさらなる検証を行う必要がある。また、土砂輸送形態の段階的な遷移過程を調べるためには、勾配変化点下流において流速や流動深の計測地点を増やすことで、より詳細なデータを取得する必要がある。

参考文献 1) 高橋 保・里深好文・千代啓三：京都大学防災研究所年報 第 39 号，B-2，PP.333-346，1996

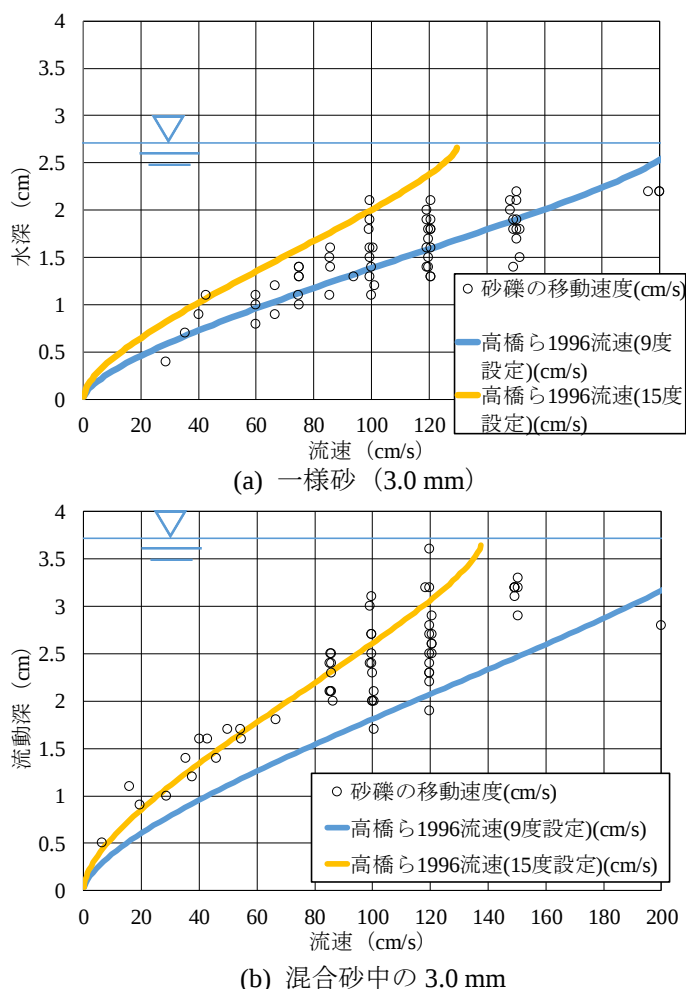


図 2 Case 1 および Case 3 における流速分布

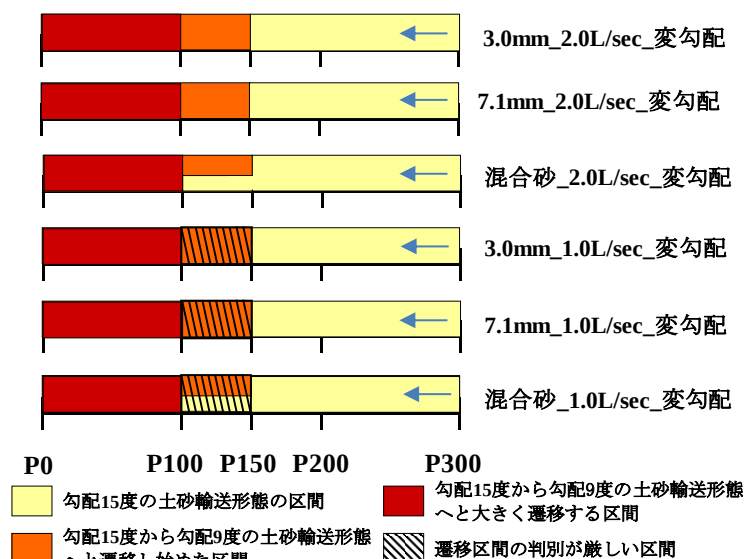


図 3 変勾配条件における土砂輸送形態の遷移区間の推定