

藤原岳西之貝戸川における降雨流出特性について

(財)砂防・地すべり技術センター ○池田暁彦
 三重県県土整備部 西口健二郎
 三重県桑名建設部 西本利彦
 (独)土木研究所 笹原克夫

1. はじめに

三重県藤原岳（標高 1,120m）を源頭とする西之貝戸川では 1998 年以降、土石流が頻発している。西之貝戸川は主として石灰岩と“さざれ石”と呼ばれる石灰岩礫が構成する脆弱な地質で構成されており、1998 年以降、山腹・溪岸崩壊地が拡大するとともに、その崩壊土砂が溪床に多量に堆積している状況にある。当該流域における土石流の多くは、空中写真判読・現地調査結果から溪床堆積土砂が表面流の発生に伴って流動化して発生するものと推定されている。本報告は、西之貝戸川における土石流の発生限界を明らかにするために、雨量・流量観測データに基づく降雨流出特性を分析し、その特性と土石流発生との関係について考察したものである。

2. 流域概要と観測手法

西之貝戸川は流域面積 1.22km²、平均溪床勾配 1/2.5~1/3.0 の急勾配溪流であり、顕著なV字谷を呈している。溪床には粒径 20~30cm 程度の石灰岩礫が溶出して石灰分で結合したさざれ石が全幅に堆積しており、溪岸や溪床の一部に石灰岩が露岩している。溪流部を除いた斜面は広葉樹により被覆されている。

西之貝戸川ではワイヤーセンサーと CCTV カメラによって土石流の発生を検知している。これまでに 1998 年 7 月 29 日、1999 年 8 月 19 日・9 月 24 日、2002 年 7 月 9 日・7 月 19 日、2003 年 8 月 8 日に土石流の発生を確認している。2004 年には 6 月 21 日、9 月 29 日、10 月 20 日にワイヤーセンサーが切断しているが土石流の発生は確認できていない。また、ワイヤーセンサーが切断されなかった主な流出には 2003 年 6 月 25 日、7 月 4 日、14 日、24 日、2004 年 8 月 31 日などがある（表-1 参照）。

雨量は西之貝戸川の源頭部の稜線沿いに設置されている藤原岳観測所により観測し、流出は西之貝戸川の中流域（西之貝戸川 3 号えん堤の約 280m 上流）にパーシャルフリュウム（(有)セネコム製、12 インチタイプ）を設置し観測した。流出観測地点の平均溪床勾配は 1/2.9（約 19°）、集水面積は 0.80km²である（図-1）。雨量計は 2001 年 9 月に、パーシャルフリュウムは 2003 年 6 月に設置されている。

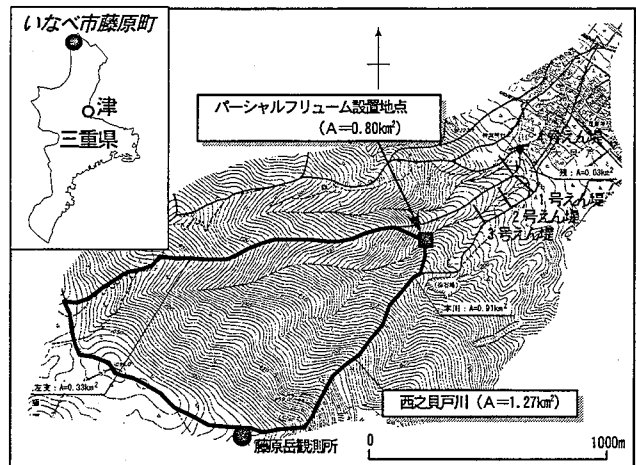


図-1 西之貝戸川流域と観測機器の位置図

3. 観測結果と考察

観測期間は 2003 年 6 月 24 日からパーシャルフリュウムが破壊される 2004 年 9 月 29 日までである。なお、土石流が発生により流失した 2003 年 8 月 8 日から 2004 年 6 月までの間も観測していない。観測結果を表-1 に示す。一連続累加雨量は 24 時間無降雨期間に挟まれた一降雨の総雨量、前期降雨はその降り始めから 7 日前まで遡った雨量である。直接累加流出高とは流出高の増大が確認された時点から再び流出高が一定になるまでの総流出高を示し、参考として流出ピークまでの累加雨量に対する比を流出率として示した。図-2 に代表的な降雨流出ハイドログラフと土石流のハイドログラフを 10 分間雨量とともに示す。なお、観測期間内では 2003 年 8 月 8 日に土石流が発生している。

表-1 2003 年~2004 年の降雨流出諸元

降雨流出 (土石流を含む) 発生年月日	降雨諸元					流出諸元						備考
	降雨ピーク日時	ピーク 降雨 強度	降雨ピーク までの 累加雨量	一連続 累加雨量	前期 降雨 (7日前)	流出ピーク日時	ピーク 流出高	流出ピーク までの 累加雨量	ピーク 遅れ 時間	直接 累加 流出高	流出率 (参考)	
		mm/10min	mm	mm	mm		mm/10min	mm	mm	mm	mm	
2003年6月25日	6月25日 0:50	9	153	187	56	6月25日 4:22	0.04637	184	3:32	1.25	0.68	
2003年7月4日	7月3日 22:50	4	90	95	152	7月4日 1:46	0.01598	95	2:56	0.73	0.77	
2003年7月14日	7月13日 18:00	5	24	81	83	7月14日 1:41	0.01838	80	7:41	1.03	1.29	
2003年7月20日	7月20日 13:30	9	89	141	106	7月20日 16:08	0.02219	107	2:38	0.66	0.62	
2003年7月24日	7月23日 23:00	5	55	65	141	7月24日 1:51	0.02056	64	2:51	0.64	1.00	
★2003年8月8日	8月8日 22:30	19	105	333	15	8月8日 22:39	0.14153	105	0:09	-	-	*土石流によりPF破壊
2004年6月21日	6月21日 14:20	12	217	235	0	6月21日 15:30	0.19291	230	1:10	-	-	*流出ピーク直後欠測
2004年8月31日	8月30日 23:10	11	125	175	80	8月31日 1:30	0.12139	164	2:20	1.87	1.14	
2004年9月29日	9月28日 22:00	13	34	300	145	9月29日 0:10	0.10162	61	2:10	1.00	1.64	
2004年9月29日	9月29日 21:50	17	264	300	145	9月29日 22:10	0.18388	271	0:20	-	-	*流出ピーク直後欠測

★:土石流

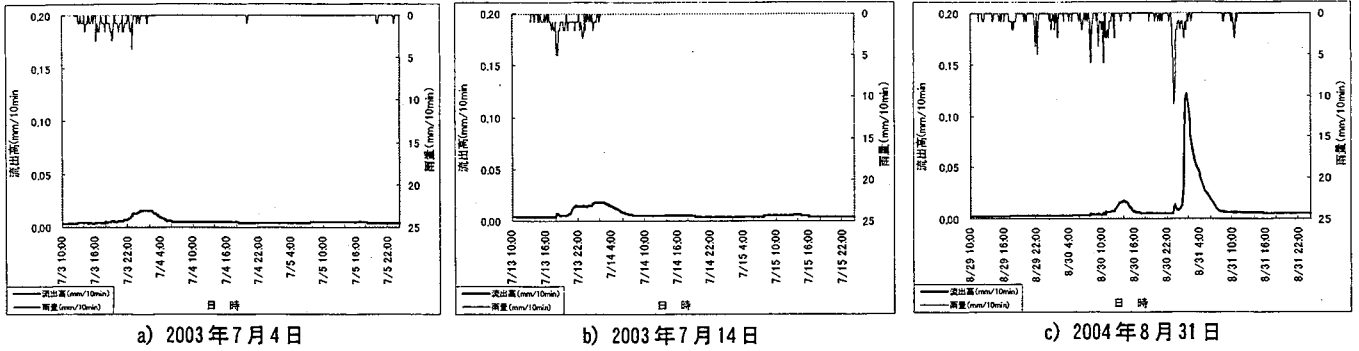
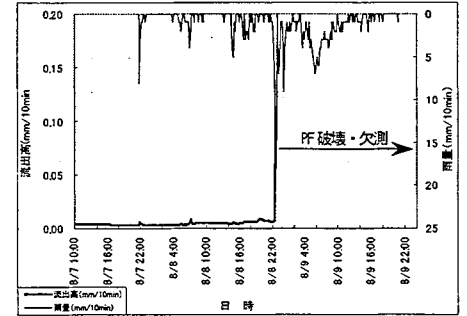


図-2 降雨流出ハイドログラフと土石流のハイドログラフ

流出がみられる各降雨のピークまでの累加雨量は 20mm 以上（最大値 264mm），前期降雨は 15mm 以上（最大値 152mm）となっている。ピーク降雨強度は 4mm/10min 以上となっており，最大値 19mm/10min を観測した 2003 年 8 月 8 日には土石流が発生している。台風が多く来襲した 2004 年は降雨・流出ともに 2003 年に比べて大きくなる傾向がある。

流出波形は降雨波形に似た形となっており，降雨量の低減に伴い流出高も低減しており，比較的レスポンスが良い。ただし，流出は小さな降雨強度には反応せず，降雨ピークが鋭くなると流出ピークも鋭く出現しているというように大きな降雨強度に反応している。流出ピークは，降雨ピークから 2~3 時間程度遅れて出現している。恩田ら（1999），加藤ら（2000）は花崗岩地域の平均的な流出遅れ時間は 30 分程度と報告しているが，それに比べると大きい値を示している。ピークの遅れ時間は，降雨ピークまでの累加雨量，前期降雨，流出ピークまでの累加雨量との明瞭な関係はみられず，ほぼ同じ値を示している。一方，土石流が発生した 2003 年 8 月 8 日は降雨ピークから 9 分遅れて流出ピーク=土石流が発生しており，遅れ時間は土石流が発生しない場合に比べて極めて短い。



d) 2003年8月8日土石流

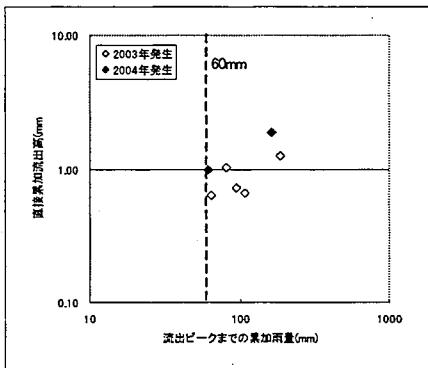


図-3 流出ピークまでの累加雨量と直接累加流出高の関係

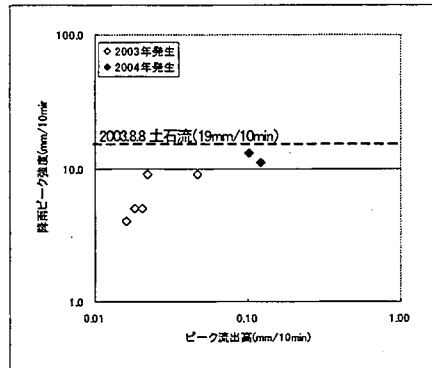


図-4 ピーク流出高と降雨ピーク強度の関係

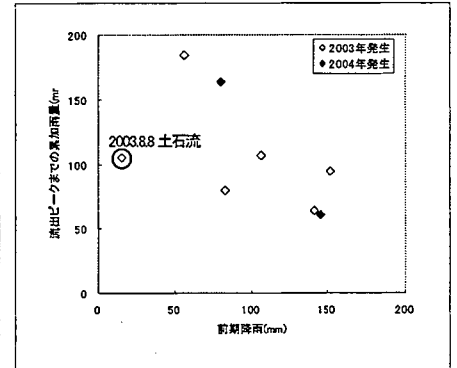


図-5 前期降雨と流出ピークまでの累加雨量の関係

流出ピークまでの累加雨量が 60mm を超えると流出が出現する傾向がみられ，流出ピークまでの累加雨量が大きくなると直接累加流出高が大きくなる（図-3）。一方，降雨ピーク強度が大きくなるとピーク流出高も大きくなる傾向があるが，流出ピークまでの累加雨量や降雨ピーク強度とピーク流出高の関係をみると，流出率が極めて低いことがわかる（図-4）。前期降雨あるいは流出ピークまでの累加雨量のどちらかが大きければ流出が発生している（図-5）。

西之貝戸川における降雨流出は，降雨量あるいは降雨強度が小さいとそのレスポンスは悪く，大きな降雨強度や累加雨量がある一定レベルを超えると流出が出現する特性があると推定される。ただし，土石流の発生は必ずしもこの特性によらず大きな降雨強度に支配されているようであり，西之貝戸川では通常の降雨流出と土石流が発生する降雨流出機構が異なる可能性がある。西之貝戸川では，溪床堆積土砂が表面流の発生に伴って流動化して土石流が発生するものと推定されていることから，流量の追跡によってその発生限界が明らかになることを期待したが，降雨流出のレスポンスは比較的良いものの，土石流の発生は流量のみで評価することは困難であるという結果となった。

参考文献

恩田裕一・小松陽介・辻村真貴・藤原淳一（1999）：降雨流出ピークの遅れ時間からみた崩壊発生時刻予知の可能性，砂防学会誌，Vol.51，No.5，p.48-52
 加藤祐子・恩田裕一・水山高久・小杉賢一郎・吉川 愛・辻村真貴・秦 耕二・岡本正男（2000）：揖斐川上流の地質の異なる流域における流出の遅れ時間の違い，砂防学会誌，Vol.53，No.4，p.38-43