

溪床堆積物中におけるパイプ流の発生・非発生条件及び流出特性

山梨県 ○花田浩一（前三重大学生物資源学部）
 三重県 堀内 望（前三重大学生物資源学部）
 三重大学大学院生物資源学研究科 山田 孝

1. はじめに

三重県いなべ市藤原岳に源をもつ西之貝戸川では、1998年から2008年までに計9回の土石流が発生している。これらの土石流の多くは溪床堆積物の再移動によって発生したと考えられるが、その実態は明らかにされていない。山田らは2008年9月2～3日の土石流発生降雨において砂防堰堤施工のために掘削した溪床堆積物の横断面からの伏流水噴出し状況変化を観測した。また溪床堆積物中の伏流水移動速度から透水係数、レイノルズ数の試算を行った結果、溪床堆積物中をダルシー則では説明できない大きな流速で伏流水が移動していることから、豪雨時において溪床堆積物中にはパイプ流のような集中的な流れが発生すると考察した（山田ら、2009）。2009年には一部再移動した溪床堆積物中から複数のパイプ孔が発見され、それらから伏流水が噴出したことが確認されたが、豪雨時の伏流水（以降、パイプ流とみなす）の発生・非発生条件や流出特性は明らかにされていない。本論では2010年の現地観測によって明らかにされた溪床堆積物中における豪雨時のパイプ流の発生・非発生条件、流出特性について報告する。

2. 研究方法

調査地は複数のパイプ孔が発見された西之貝戸川第6号砂防堰堤直上流部とした。観測対象のパイプを下流側からパイプⅠ～Ⅲとした。パイプⅠを基準とするとパイプⅡ：+2.2 m、パイプⅢ：+4.9 mの標高差がある。第6号砂防堰堤からパイプⅢまで区間の平均勾配は24.3°である。パイプ流発生状況を撮影するために第6号砂防堰堤天端部にインターバルカメラⅠを、各パイプ直下流部にインターバルカメラⅢ～Ⅵを設置した。伏流水の流出量を推定するために、第6号砂防堰堤直下流にカメラⅡを設置し、2つの水抜き孔からの流出状況を撮影した。

パイプ流は2010年8月8～10日（10分間雨量最大値7 mm、累積雨量178 mm、以下、イベントⅠ）（写真－1）、2010年8月11～12日（7 mm、102 mm、以下、イベントⅡ）の2イベントで発生した。また2009年の観測で2009年10月7～8日（7 mm、119 mm、以下、イベント0）においてパイプ流が発生したので解析対象とした。イベント0に関しては上流側から下流側に向けて撮影し、発生・継続時間のみを算出した。イベントⅠ、Ⅱに関してはカメラⅠ、Ⅲ～Ⅵ画像からパイプ流の発生・継続時間・パイプ孔直下に設置したフリューム内での水位変化を算出した。次に土壤雨量指数と10分間雨量最大値との関係からパイプ流の発生・非発生条件を検討した。また、同様に過去（2002～2008年）に西之貝戸川で発生した土石流の発生降雨量を用いて、パイプ流と土石流との関係を考察した。イベントⅡの画像から判読した水位からマニング式・連続式を用いてパイプ流の流量を算出し、ハイドログラフを作成した。カメラⅡ画像から第6号砂防堰堤水抜きの水流幅を求め、流量と水流幅の関係から第6号砂防堰堤水抜き孔から排出される流量（砂防堰堤が岩着基礎のため、水抜き孔からの排出流量が伏流水の流量と同じと仮定した）を求め、それに占めるパイプ流の流量割合を算出した。以上の結果からパイプ流の流出特性を検討した。

3. 結果・考察

パイプ流発生イベントと非発生イベントの10分間雨量最大値と土壤雨量指数の関係を図－1に示す。ここで、図中の10分間量最大値17 mmかつ土壤雨量指数110 mmは藤原岳周辺流域



写真－1 パイプ流発生状況
 （2010年8月9日 9:00）

土石流発生基準雨量等検討委員会（2002）によって設定された土石流発生限界基準雨量値である。パイプ流は10分間雨量最大値が約7 mm以上かつ土壌雨量指数が110 mm以上で発生した。

2008年9月2日の降雨では溪床堆積横断面から伏流水噴出しが観測され、その後土石流が発生している。伏流水噴出しはパイプ流と考えられ、パイプ流発生時よりさらに強い降雨が発生したとき土石流の発生につながると想定される。このことからパイプ流は土石流に移行する前段階と考えられる。従来の降雨観測に加えてパイプ流を観測することにより、藤原岳西之貝戸川での土石流の発生予測の精度向上につなげられる可能性がある。

パイプ毎の流量の経時変化（イベントⅡ）を図-2に示す。ピーク流量，流出時間はパイプによって異なるが，ピーク流量の出現時間はパイプ流発生後25分以内に集中している。第6号砂防堰堤水抜き流量とパイプ流流量の経時変化（イベントⅡ）を図-3に示す。パイプ流発生時に第6号砂防堰堤水抜き流量が増加し始め，ハイドログラフの増加・減少のタイミングが近似しているのが特徴である。観測されたパイプ流のみでは第6号砂防堰堤水抜き流量のピーク時の約25%であるが，今回流量観測できていないパイプが存在するため，実際にはパイプ流の割合はさらに大きく，伏流水の流量変化に大きく関わると考えられる。

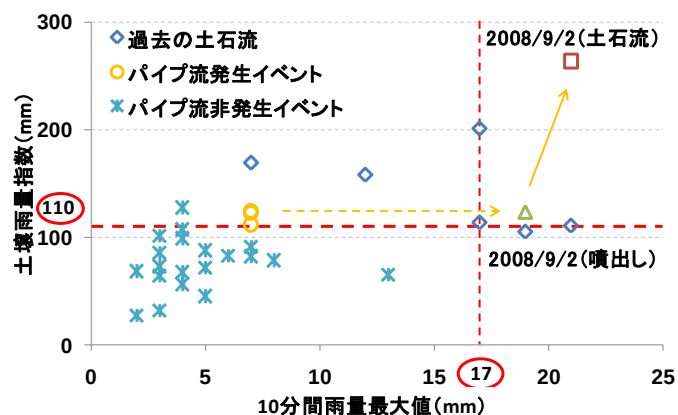


図-1 パイプ流の発生・非発生実態

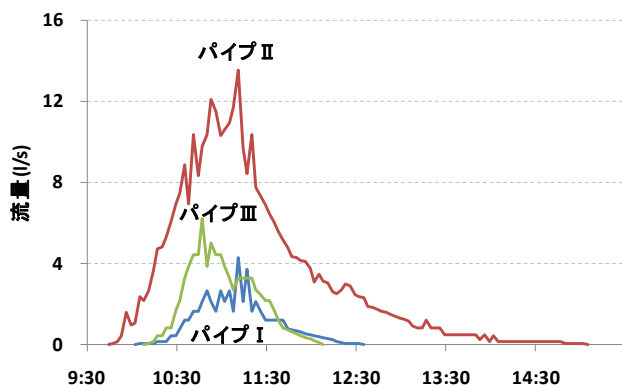


図-2 イベントⅡのパイプ流流量の経時変化

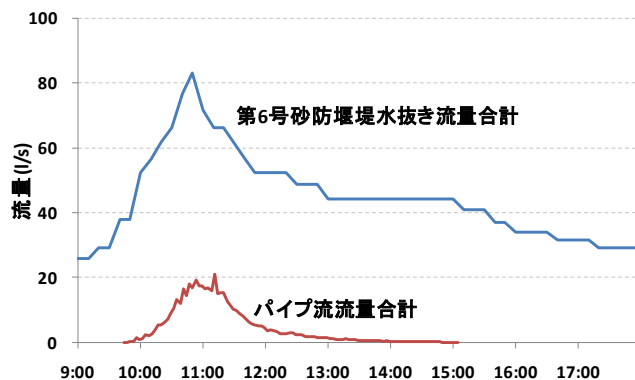


図-3 イベントⅡのパイプ流流量と第6号砂防堰堤水抜き流量の経時変化

4. 結論

本研究では以下のことがわかった。

- (1) パイプ流は10分間雨量最大値約7 mm以上かつ，土壌雨量指数110 mm以上の条件時に発生した。
- (2) パイプ流のピーク流量，流出時間はパイプ孔の箇所によって異なるが，ピーク流量の出現時間は25分以内に集中している。
- (3) パイプ流発生時に第6号砂防堰堤水抜き流量が増加し始め，パイプ流流量と第6号砂防堰堤水抜き流量のハイドログラフの増加・減少の傾向とそれらのタイミングが近似している。
- (4) 第6号砂防堰堤水抜き流量に占めるパイプ流流量の割合は，観測されたパイプ流のみでピーク流量の約25%を占める。

参考文献

- (1) 山田孝・森健司・沼本晋也・林拙郎：砂防えん堤施工時の溪床堆積横断面を活用した土石流発生直前までの伏流水流出変化，表面流発生プロセスの観測 —三重県いなべ市藤原岳西之貝戸川での事例—，砂防学会誌，Vol.62，No.3，p.30～p.38
- (2) 藤原岳周辺流域土石流発生基準雨量等検討委員会資料（2002）