

とびのす谷の既往崩壊地で発生した拡大崩壊の原因に関する一考察

信州大学農学部 ○小川 明穂 平松 晋也
国土交通省四国山地砂防事務所 長井 隆幸

1. 研究の目的と方法

1999年6月豪雨により徳島県善徳地すべり地内のとびのす谷C支溪で発生した崩壊地源頭部に形成されたパイプからの流出量をはじめとし、崩壊地周辺での降雨量や土壌水分量を観測している。2006年12月～2007年3月の融雪期には拡大崩壊が発生したものの、パイプからの流出は依然として確認され、現在に至っている。本研究では、これまでの観測結果を基に、拡大崩壊前・後でのパイプからの流出特性の比較を行うとともに、拡大崩壊の発生時期やその原因について考察を加えた。

2. 対象地と観測結果

研究対象地であるとびのす谷の地質は結晶片岩類であり、崩壊地源頭部にはパイプが形成され、1999年6月以降現在に至るまで流出が続いている。毎年12月～2月にかけて降雪があり、融雪水等により土砂が移動した痕跡が確認されている。2006年3月8日に現地調査を行い、2005年12月～2006年3月8日の期間内で拡大崩壊が発生していることを確認した。該当期間のパイプからの流出量を示す図-2より、パイプからの流出量は1月12～17日と2月25～28日にかけて顕著な増加を示すことがわかる。

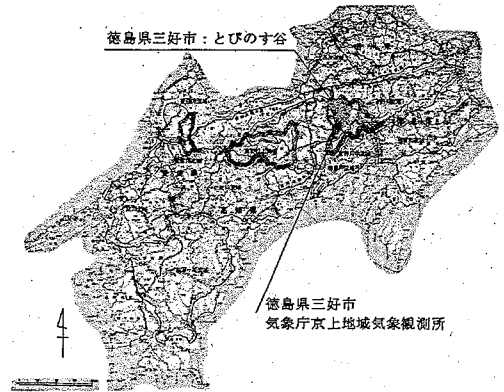


図-1. 研究対象地

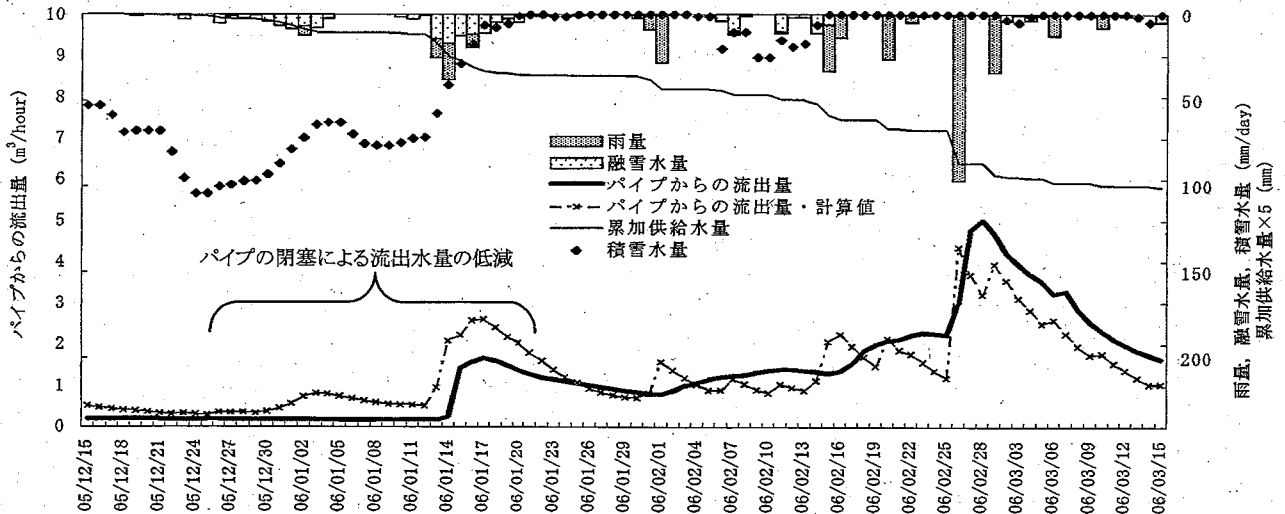


図-2 パイプからの流出量の経時変化

3. 考察

2005年12月～2006年3月8日の期間内に生じた拡大崩壊がパイプからの流出過程に及ぼす影響を把握するため、拡大崩壊の前・後での雨量とパイプ流出量の関係を比較した。2002年～2006年に観測された降雨イベントを対象として、最大時間雨量とパイプからの流出量の反応開始時間(タイムラグ)との関係をとりまとめたものを図-3に、パイプからの総流出量と総降雨量との関係をとりまとめたものを図-4に示す。とびのす谷では降雪量や融雪量を計測していないため、融雪の影響をうけない無降雪期である4月～11月の降雨を抽出した。最大時間雨量の増加とともにパイプ流出量の降雨に対する反応は早くなり、総雨量の増加とともにパイプからの総流出量も増加する傾向は顕著に認められるものの、拡大崩壊前・後において顕著な相違は認められない。

拡大崩壊が発生した2005年12月～2006年3月8日の期間には、積雪が観察されており(目視によると最大1m程度)、土層内への水供給には降雨だけではなく融雪水も大きな割合を占めていたものと推測される。とびのす谷では積雪深や融雪量が計測されていないため、近傍の気象庁京上地域気象観測所(図-1)の気温と降水量を用い、降雪量と融雪量を推定した。なお、融雪量の推定には、degree-day法を用いた。京上地点より推定されたとびのす谷の各年の平均気温、

12月15日～3月15日の総降水量や最大積雪水量と、現地観測によるパイプからの総流出量を示す表-1より、2005年12月～2006年3月の降水量は、平年の1.3～2.0倍もの値を示していることがわかる。このことより、例年を上回る多量の融雪及び降雨が供給されることによって、土層内での地下侵食が活発化し、パイプが閉塞し、これにともなって地下水深が上昇し拡大崩壊が発生したものと推測される。2005年12月15日～2006年3月15日までのdegree-day法による融雪水量の経時変化を眺めると(図-1)、1月14日に供給水量(雨量及び融雪量)は急増(37.9mm/day)し、1月10日～22日の総供給水量は123.3mmであったことがわかる。図-1中には、推定した供給水量(降雨量+融雪水量)を用いてタンクモデル(拡大崩壊発生前の観測値を用いて作成)によるパイプからの流出量の計算値と現地観測で得られた実測値を併記した。12月31日～1月25日の期間内には、パイプ流出量の実測値は計算値を大きく下回っていることがわかる。この原因としては、土層内での地下侵食によるパイプの閉塞が挙げられる。パイプ流出量の計算値と実測値との差分は、パイプの閉塞にともない土層内部に貯留され地下水深の発生や増加に寄与したものと推察される。

土層内の地下侵食現象を再現し、パイプが閉塞した日時を特定するのは不可能であるため、パイプからの流出量の実測値と計算値の差が最小値を示す12月25日をパイプの閉塞日と仮定して、以下の議論を進めることとする。12月25日以降にパイプ流出量の計算値が実測値を上回った場合、その差分はパイプの周辺土層内に一時的に貯留されるものと仮定し、地下水深の上昇量を求めた。崩壊地源頭部上流斜面の貯留水量と地下水深の経時変化を図-5に示す。同図中には崩壊発生限界水深(1.32m)をも併記した。地下水深は1月14日に崩壊発生限界水深を上回り(1.43m)、この時点で拡大崩壊が発生したものと推察される。拡大崩壊の際にパイプが閉塞したものの、拡大崩壊前・後の流出特性に顕著な相違が認められなかった(図-3～4)のは、当該地域が結晶片岩地域であり極めて透水性が高く水みちやパイプが形成されやすく、拡大崩壊直後に新たな水みちが土層内部に形成されたことによるものであろう。パイプの閉塞がパイプ内の長さ50cmにわたって発生したと仮定すると、閉塞に必要な土砂量は1.21kgとなる。拡大崩壊の発生前からパイプからの流出土砂量は継続的に観測され、パイプからの流出量と流出土砂量の経験式($Q_s=0.3945 \cdot Q^{0.9607}$)が構築されている。拡大崩壊が発生した1月14日よりパイプからの土砂流出が再開したと仮定し、パイプの閉塞の解消日時を推定した。パイプ内の堆積土砂量(閉塞土砂量)と侵食土砂量の経時変化を示す図-6より、パイプ内の堆積土砂の全量が4月2日には流出し、容易にパイプの閉塞が解消することが示された。

4. おわりに

とびのす谷で確認された拡大崩壊は、多量の融雪や降雨の供給により土層内で地下侵食が発生し、パイプが閉塞することによって、土層内の地下水深が上昇し、2006年1月14日に発生したものと推測される。今後は、土砂水理学的手法によるパイプ内の土砂移動推定式を構築し、パイプ内の土砂移動や閉塞の再現精度を向上させるとともに、崩壊危険度予測システムの構築を目指す予定である。

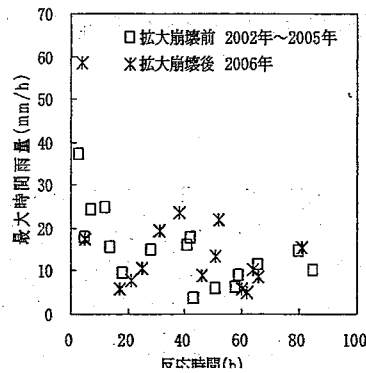


図-3 最大時間雨量とパイプからの流出量の反応開始時間との

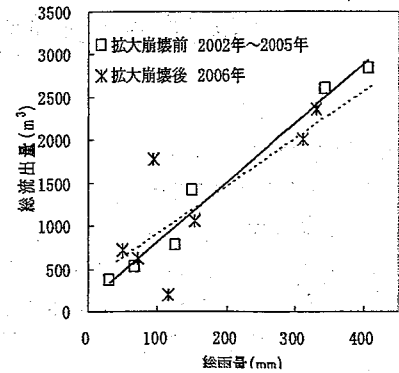


図-4 パイプからの総流出量と総降雨量との関係

表-1 各年の総降水量

12/15 ～3/15	平均 気温	パイプから の総流出量	最大 積雪水量	総降水量
	℃	m³	mm	mm
平年値	2.62	—	—	286.7
2002	3.81	1088.416	17.9	389.9
2003	2.69	1334.351	90.9	267.2
2004	2.52	—	50.6	252.5
2005	4.60	2892.990	104.1	503.1

平年値は1978年～2000年の平均値

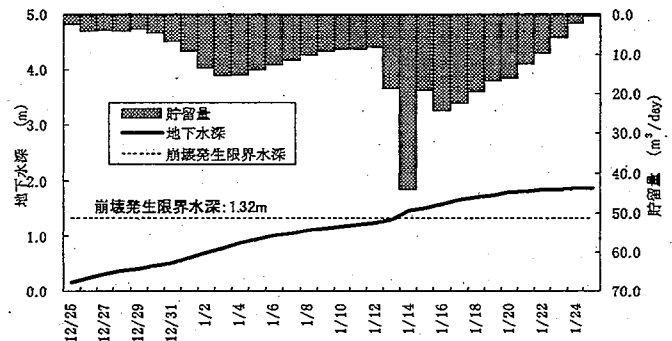


図-5 崩壊地源頭部上流斜面の貯留水量と地下水深の経時変化

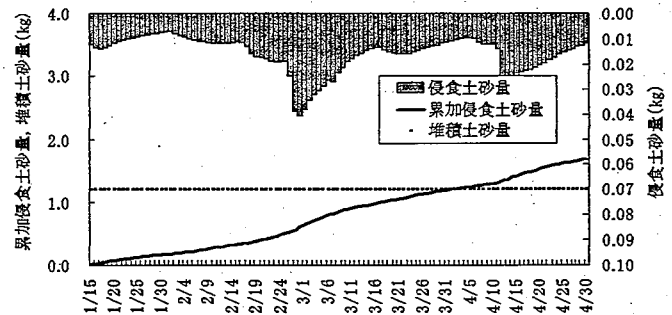


図-6 パイプ内での堆積土砂量と侵食土砂量の経時変化