

094 崩壊地源頭部に形成されたパイプ内で生じる地下侵食に関する一考察

高知大学農学部 〇前川 美紀子 平松 晋也
 国土交通省四国山地砂防工事(事) 岡本 敦 高島 浩信

1. はじめに

善徳地すべり地の西側に隣接するとびのす谷C支溪(図-1)では、1999年6月29日の豪雨により表層崩壊が発生し、崩壊後の現地調査により崩壊地源頭部に形成された数箇所のパイプからの湧水が確認された。この湧水は、崩壊発生後から現在(2002年3月)に至るまで停止することなく見られている(図-2)。本研究では、パイプの存在と崩壊現象との因果関係を定量的に評価する上での基礎情報を得ることを目的として、パイプからの流出量と流出土砂量(パイプ内地下侵食量)とを定期的に計測し、これらの計測結果を基にパイプからの土砂流出特性について考察した。

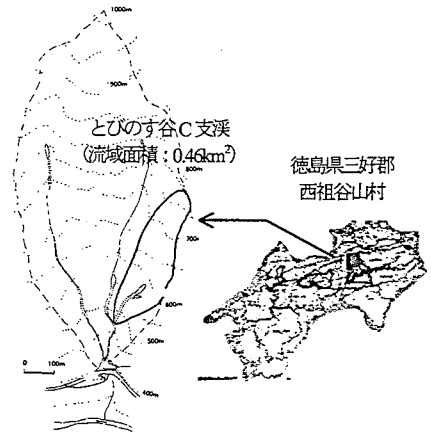


図-1 とびのす谷流域平面図

2. パイプからの湧水状況

1999年8月19日～2002年2月28日の期間内でのパイプからの総流出量は53.26～3,821.79cc/secと広範囲にわたって変化しているものの、40～50mm/day以下の降雨に対してはほとんど反応することはない(図-2)。無降雨期間が継続する1999年11月20日～2000年1月31日、2000年5月2日～6月16日、2001年12月15日～2002年1月19日の期間内のパイプからの総流出量は、それぞれ72.4～176.3cc/sec、78.5～186.9cc/sec、123.6～184.0cc/secを示したことより、とびのす谷C支溪には降雨とは無関係に崩壊地源頭部へと供給される地下水流すなわちパイプからの基底流出量が存在することが示唆される。また、パイプは、豪雨にともなう拡大崩壊や土砂崩落の影響を受けて、「新規出現」「消滅」「統廃合」「流出停止」「復活(再流出)」を繰り返し、1999年8月19日から現在(2002年3月)までに、合計33個のパイプが確認された。

崩壊地源頭部に形成されたパイプの中で最も大きく(幅:30cm×高さ:13cm)、パイプ流出量の計測初期から現在(2002年3月)に至るまで流出が途絶えることなく見られている【パイプ[3+3]】からの流出量は、土砂崩落が認められた1999年10月10日以降、降雨量が50mm/day程度以上すなわち全てのパイプからの総流出量が500cc/secを超えるような規模の降雨時を除き、全てのパイプからの総流出量の95～99%程度を占めている(図-2)。一方、流出量が500cc/secを超える場合には、パイプ[3+3]からの流出量は、全てのパイプからの流出量の75～90%程度にまで低下し、パイプ[3+3]以外のパイプからの流出が活発化するようになる。

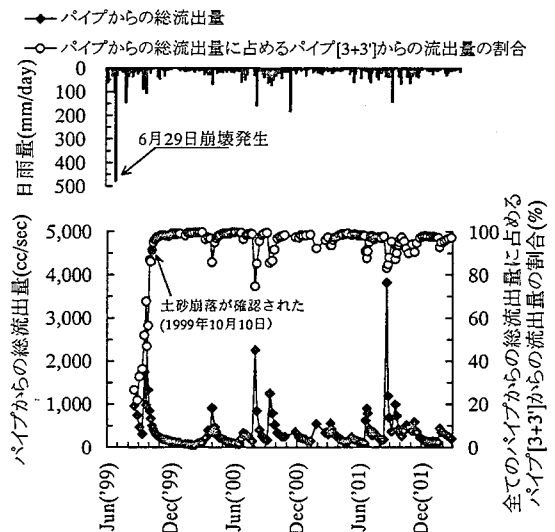


図-2 降雨量・パイプからの総流出量・パイプからの総流出量に占めるパイプ[3+3]からの流出量の割合の経時変化

3. パイプからの土砂流出

パイプからの流出土砂量は、パイプ[3+3]出口に設置した流出量計測用集水マスに土砂採取用ネット(糸径0.1mm×0.1mm)を取り付けることにより捕捉した。捕捉された流出土砂(粒径0.1mm以上)は、1週間に1～2回を原則として回収し、質量を測定するとともに粒度試験を行った。なお、現地観測時に、パイプ部の上部斜面やパイプ壁面の土砂礫の崩落により土砂採取用ネットに混入したことが確認された砂礫は計測対象外とした。

3.1 パイプからの流出量と流出土砂量との関係

2001年6月25日～2002年2月27日の期間内のパイプ[3+3]からの流出量と日平均流出土砂量(パイプからの流出土砂量を、土砂採取用ネットの設置時から回収時までの期間内(日数)で除すことにより算出した)の経時変化を示す図-3より、日平均流出土砂量は全期間を通じて0.11～10.73g/day(総流出土砂量;565.42g)と広範囲にわたって変化し、パイプ[3+3]からの流出波形と概ね類似していることがわかる。また、パイプからの流出量が67.3～158.5cc/secとほとんど変化が見られなかった2001年11月28日～2002年1月19日(日雨量<40～50mm/day)の流出土砂量は、0.11～0.74g/day

と計測期間中での最小値を示した。同期間内でのパイプからの流出量が基底流出のみによって構成されていることを勘案すると、流出土砂量にも基底量が存在することが示唆される。また、日平均流出土砂量は、流出量増加時に大幅に増加する傾向が認められる。しかしながら、2001年7月17日、21日、10月2日には、パイプからの流出量が減少傾向にあるにもかかわらず、日平均流出土砂量はそれぞれ4.54、4.23、3.48g/dayと突発的に増加し、また、流出量が減少傾向を示す2002年2月12日～27日にかけては増加傾向を示した。これは、パイプ部周辺の側壁より剥離した大粒径が崩落・堆積したことにより、パイプ内に堆積している土砂が一時的に流出したことによるものである。

パイプ[3+3]からの日平均流出量と日平均流出土砂量との関係を示す図4より、パイプからの日平均流出土砂量は日平均流出量を用いて累乗近似可能であり、両者の間には高い相関性（相関係数:R=0.81）が認められた。

3.2 パイプからの流出土砂量と降雨量(土砂捕捉期間内総雨量)との関係

土砂捕捉期間内総雨量と流出土砂量との関係を示す図5より、流出土砂量は、土砂捕捉期間内総雨量の増加とともに増大する傾向が認められ、この傾向は土砂捕捉期間内総雨量が50mmを超える場合に顕著に伺える。一方、土砂捕捉期間内総雨量が0mmであるにもかかわらず、30g以上の土砂がパイプから流出している期間も認められた。パイプからの流出量と土砂捕捉期間内総雨量との間にも上記結果と同様の傾向が認められた(図は省略)ことを考えあわせると、土砂捕捉期間内総雨量が50mmを境に、パイプからの土砂の流出特性も変化することが示唆される。

4. パイプからの流出土砂量の再現

既往流砂量式を用いて、パイプからの流出土砂量の再現計算を実施した(浮遊砂量・全流砂量)。浮遊砂量と全流砂量は、共にパイプからの流出量波形や流出土砂量(実測値)と類似した挙動を示しているものの、全流砂量式により得られた計算値は実測値より4~6オーダー大きく、逆に、浮遊砂量式により得られた計算値は2~5オーダー小さく算定される結果となった(図6)。以上の結果、これらの既往流砂量式を用いて、パイプ内で生じる地下侵食(流出土砂量)を予測し得る可能性が示唆された。今後、パイプ内で生じる地下侵食のメカニズムに関する考察を加味することにより、既往流砂量式を詳細に検討し、その再現性を向上させる必要がある。

5. おわりに

本研究により、とびのす谷C支溪に形成されたパイプからの流出量と流出土砂量の間には高い相関性が認められ、パイプからの流出土砂量は、パイプ流量の増減に対応した挙動を示すことが確認された。また、パイプからの流出量と同様に、流出土砂量にも基底量が存在することが示唆され、パイプ内では、無降雨期間が継続する流出量逡減期にも土砂流出(地下侵食)が生じていることが推測される。また、パイプ内で生じる地下侵食は、総雨量が50mmを超えると活発化することが確認された。今回の計測期間内では、崩壊発生(排水システムの破壊)を伴うような大規模な降雨イベントが発生しなかったためか、パイプは良好な水や土砂の排水システムとして機能し、常にパイプからの土砂流出が継続していることから判断すると、パイプの排水能力については斜面全体の安定性は増加傾向にあるものと推察される。今後は、パイプからの流出量と流出土砂量の計測を継続し(大規模な降雨イベントの結果をも含め)、パイプ内で生じる侵食土砂量予測式の構築を目指すとともに、パイプ内で生じる地下侵食と崩壊発生との因果関係について検討を加える予定である。

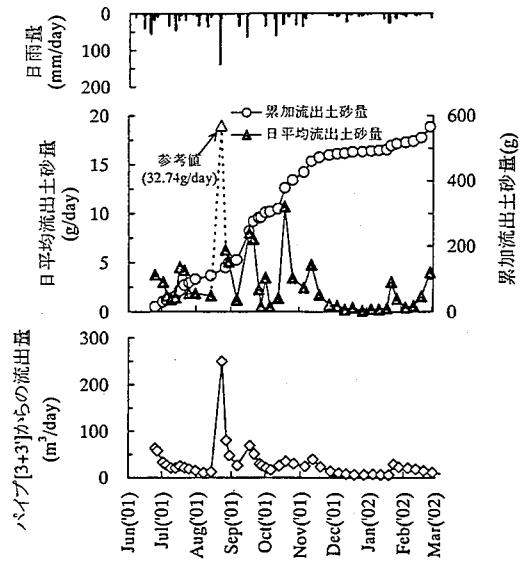


図3 日雨量・日平均流出土砂量・累加流出土砂量・パイプ[3+3]からの流出量の経時変化

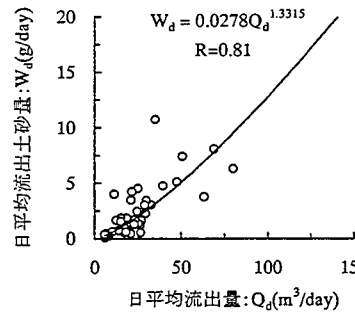


図4 パイプ[3+3]からの流出量と流出土砂量との関係

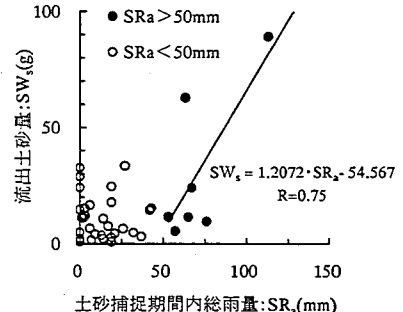


図5 土砂捕捉期間内総雨量と流出土砂量との関係

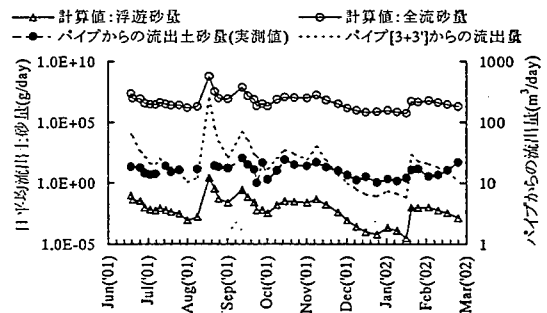


図6 既往流砂量式によるパイプからの流出土砂量