

既往の土石流のデータを用いた土石流の土砂量の確率的な評価の試み

東京農工大学 名誉教授 ○石川 芳治
京都府立大学 名誉教授 松村 和樹

1. はじめに

最近、地球温暖化の影響と思われる極端な気象現象がしばしば発生しており、これまで経験されて来なかったような希な豪雨による大規模な土石流が発生するようになって来ている。このため大規模な土石流による災害への対策が重要な課題となってきている。土石流の土砂量は対策施設の規模や土石流の氾濫範囲に強く影響し、ピーク流量は流体力や衝撃力に強く影響するため、土石流の土砂量とピーク流量は土石流対策計画の策定において重要な値である。「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」¹⁾によれば、計画流出土砂量は現地調査による移動可能土砂量と一般には24時間の100年超過確率降雨量による運搬可能土砂量のいずれか少ない方を用いることで求められる。土石流のピーク流量は「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」¹⁾によれば、①土石流の流出土砂量により求める方法、②実測値に基づき求める方法、ならびに、参考として、③年超過確率降雨量に対する清水の対象流量を基に求める方法が示されているが、一般には①の方法で求められている。これまでに策定された土石流対策計画を見ると、ほとんどの溪流で移動可能土砂量の方が運搬可能土砂量よりも少ないために、移動可能土砂量により計画流出土砂量が決定されている。このため「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」¹⁾を用いて計画流出土砂量を設定すると、移動可能土砂量に変化がない限り、年超過確率降雨量が増大しても計画流出土砂量は変化せず、土石流の規模、ピーク流量も変化しないこととなる。ここでは「砂防便覧（平成26年版）」（（一社）全国治水砂防協会発行）²⁾に掲載されている平成8年～24年に発生した約450件の土石流災害のデータを分析することにより現状の計画流出土砂量を超えるような大規模な土石流の土砂量を推定する手法を検討した。

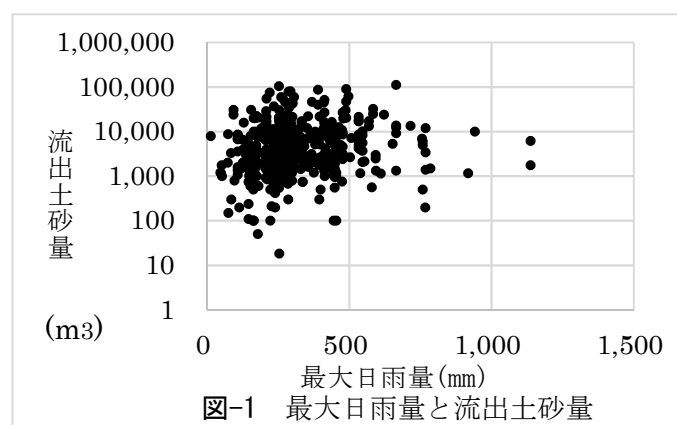
2. 研究方法

解析に用いた既往の土石流の土砂量のデータは「砂防便覧（平成26年版）」²⁾に掲載されている、平成8～24年に発生した土石流約550件の内、①豪雨により発生した土石流（地震によるものを除く）、②流域面積5km²以下の土石流（大流域で発生した土石流を除く）、③表層崩壊に関連する土石流（崩壊部の平均崩壊深が5m以上のものを除く）の3条件を満たすデータ約450件である。ただし、解析項目によっては記載が欠けている事項もあるため解析件数は若干少なくなった。土石流の流出土砂量と関係することが予想される要因としては、降雨量、地形・地質等多数あるが、ここでは、「砂防便覧」²⁾に掲載されている項目の中で、①降雨量（最大時間雨量、最大日雨量、連続雨量）と②流域面積について解析した。また、「砂防便覧」²⁾において「流出土砂状況」の欄の「堆積土砂量」と記載されている土砂量を以下では「流出土砂量」として扱った。なお、土砂量については「流出土砂量」のまま用いた場合と、流域面積の大小による影響を除くために「単位流域面積当たりの流出土砂量」として用いた場合がある。

3. 結果と考察

3.1 降雨量と土砂量

図-1に最大日雨量と流出土砂量の関係を示す。最大日雨量と流出土砂量との相関は認められない。特に、連続雨量が約300mmを超えると流出土砂量はほぼ同じレベルになる。なお、最大時間雨量および連続雨量と流出土砂量の関係も分析したが、結果は同様であった。土石流の発生は主として山腹崩壊に起因する場合が多いため降雨量と山腹崩壊面積率の関係は古くから研究されてきている。打萩(1971)³⁾は既往の豪雨による4流域における山腹崩壊発生事例の分析から



一雨の連続雨量が増大すると崩壊面積率が增大することを示している。一方で、木下ら(2015)⁴⁾は2014年の広島災害と2011年の那智川災害の分析から、1時間雨量は崩壊密度と弱い相関があるが、24時間雨量では相関が認められないとしている。池谷(1995)⁵⁾は雲仙普賢岳の噴火に伴う火砕流や火山灰の堆積後の水無川における土石流の発生から、連続雨量と流出土砂量には正の相関があることを示している。このように、連続雨量、24時間雨量と崩壊面積率、崩壊密度、流出土砂量の相関については調査対象となった山腹崩壊、土石流災害により異なる見解が示されているが、この原因としては、対象流域の荒廃状況や降雨状況により異なることが

考えられる。今回の解析結果からはある程度の降雨量（比較的小さな雨量）に達するとそれ以上降雨量が増加しても流出土砂量は増加しない（頭打ちになる）ことがうかがえる。今回の解析結果からは、降雨量が増大しても、それが直接的に土石流による流出土砂量を増大させることはないと言える。

3.2 流域面積と土砂量

流域面積と流出土砂量の関係を図-2に示す。流域面積と流出土砂量には弱い正の相関があることが分かる。また、同様の流域面積でも流出土砂量には大きなバラツキがあることが分かる。

3.3 流域面積と単位流域面積当たりの土砂量

流域面積と単位流域面積当たりの流出土砂量の関係を図-3に示す。また、図-3には単位流域面積当たりの土砂量がある値を超えない確率が99%、95%、50%の値（図-3ではそれぞれ V_{99} 、 V_{95} 、 V_{50} とする）の曲線とその式を示す。流域面積が増加すると単位流域面積当たりの土砂量は減少する傾向が認められる。特に流域面積が0.2km²未満の小流域においては変化が激しい。

図-4には流域面積と V_{99} および V_{95} による土砂量、24時間降雨量を300mmとした時の「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」¹⁾に基づき算定した運搬可能土砂量を比較した結果を示す。流域面積が約0.1km²未満では運搬可能土砂量よりも V_{99} および V_{95} による土砂量の方が大きくなることが分かる。

4. おわりに

既往の土石流データを用いて解析した結果、今後発生することが想定される最大規模の土石流としては、図-2および図-3に示すように単位流域面積当たりの土砂量のバラツキを考慮して、確率的に99%の事象を包括する V_{99} 程度を計画流出土砂量とすることが考えられる。

謝辞

本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発（砂防技術分野）の助成を受けたものです。関係各位に心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，国総研資料第904号，p. 11-19, 25-28，2016
- 2) 一般社団法人全国治水砂防協会：砂防便覧・平成26年版、p. 66-109、2015
- 3) 打萩珠男：ひと雨の山腹崩壊について、新砂防、No. 79, p. 21-34，1971
- 4) 木下篤彦ら：過去の表層崩壊の崩壊特性と降雨分布との比較、平成27年度砂防学会研究発表会概要集、B-116-117, 2015
- 5) 池谷浩：雲仙水無川における流出土砂量の推定方法、砂防学会誌、Vol. 47, No. 5, p. 36-42, 1995、

