同一渓流で土石流発生後に再度土砂が移動した事例における発生条件と発生時の状況について

（国研）土木研究所　○金澤牧子，高木将行，伊藤誠記

1　研究背景・目的

土石流災害が発生した箇所では砂防堰堤の整備が進められるが，完成には時間を要する。そのため，砂防堰堤の完成までの期間に，渓流内に残った土砂の流出による二次災害を防止する目的で，コンクリートブロックや大型土のう等を用いた応急対策施設が設置される。しかし，現状では，現地の状況に応じて個々に技術的な検討や試行が実施されている実態があり[1)]，効率的・効果的な応急対策施設の設置の考え方が必要であると考えられる。そのためには，まず土石流発生後の再移動発生実態を把握することが必要である。

再移動に関する既往研究としては，土石流発生後の渓流内のモニタリングにより再移動状況を調査した研究[2)]はあるものの，対象地が限られているため事例数が少ない。

そこで本研究では，土石流危険渓流単位で再移動実態を把握するため，全国から降雨によって土砂流出が2回確認されている渓流を抽出し，新規崩壊発生の有無を区分したうえで，2回目の土砂流出発生までの期間，土砂流出が発生したときの降雨量および流出土砂量の特徴や傾向を明らかにする。

2　研究方法

2.1 土砂流出が2回確認された渓流の抽出と分類

本研究の対象は，土砂流出が2回確認されている渓流であるが，ここでの“土砂流出”とは，谷出口下流の土砂堆積または砂防堰堤での捕捉があったものとした。対象渓流の抽出にあたっては，国交省が収集している土石流等の災害報告，国交省，都道府県等が公開している砂防堰堤効果事例，災害記録誌等を用いて，2022年度までの事例を対象に，条件に当てはまる渓流を調査した。

次に，抽出した対象渓流について2回目の土砂流出時に新規崩壊を伴っているかを判定した。2回目に流出した土砂の中には，1回目とは同一渓流内だがまったく別の箇所での新規崩壊による土砂が含まれる場合がある。これは1回目の土砂流出とは関係のない土砂流出と考えられることから，2回目の土砂流出を，1回目の土砂流出区間に残存した土砂が再度流出する“再移動渓流”と，別の箇所での新規崩壊を伴う“新規崩壊渓流”に分類した。これらの判定は，調査報告資料または土砂流出前後の空中写真の比較により行った。空中写真には航空レーザー測量のオルソ画像，Google Earth，国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」等を用いた。

2.2 解析の概要

（1）土砂流出発生間隔

再移動が発生した条件を把握するため，1回目から2回目までの発生間隔を調査した。発生間隔は年単位とし，同年内に再度発生した場合は0年，翌年に発生した場合は1年というように分類した。また，新規崩壊渓流と再移動渓流ごとの傾向の違いを調査した。

（2）降雨量

再移動が比較的少ない雨量で発生しているか，反対に大雨のタイミングで発生しているかを把握するため，降雨量を調査した。具体的には，3年以内に再移動した18渓流について，2回の土砂流出時の降雨量（連続雨量，最大時間雨量）を整理し，2回目/1回目の比によって整理した。また，地域として多い雨量であったかを判断する基準として 100 年確率日雨量を用いて，2回目の最大24時間雨量との比を求めた。100 年確率日雨量は気象庁が公開している確率降水量地点別一覧表（51 地点）の中から対象渓流最近の地点の値を用いた。

（3）流出土砂量

再移動時の流出土砂量は 1 回目と比べてどの程度変化するかを調べるため，2回の流出土砂量についても整理した。流出土砂量は資料に記載された数値を用いて，砂防堰堤の施設効果事例の場合は，捕捉量を流出土砂量とした。また，各流域面積より，単位面積（1 km^2）当たりの値を求めた。

3　研究結果

3.1 土砂流出が2回確認された渓流数

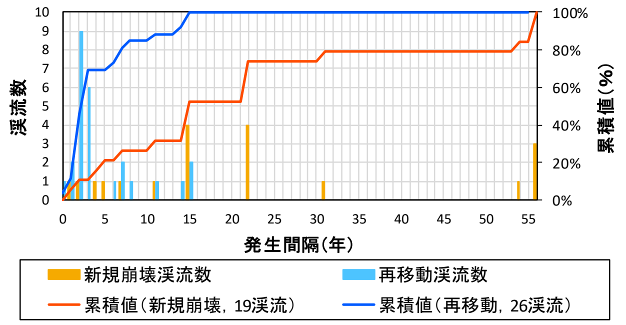
調査の結果，土砂流出が2回確認された渓流は49渓流となった。

対象渓流において，2回目の土砂流出時の新規崩壊発生の有無を判定した結果，“新規崩壊”の渓流は19渓流，“再移動”の渓流は26渓流，資料がなく判定できなかった渓流は4渓流となった。

3.2 土砂流出発生間隔

土砂流出の発生間隔について，新規崩壊渓流と再移動渓流ごとに示したグラフを図−1に示す。再移動渓流は，0年から15年の間に分布し，3年後までで全体の約70%を占めた。一方，新規崩壊渓流は，1年か

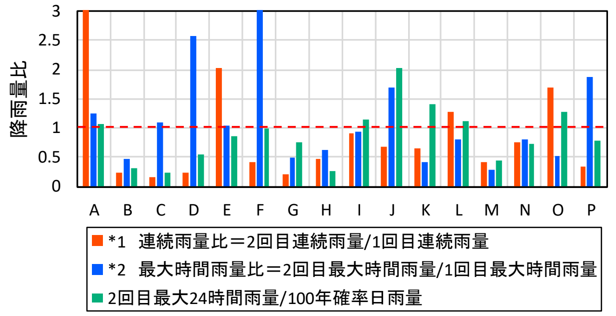
ら 56 年の間に分布し，発生間隔にばらつきがあった。このように新規崩壊渓流と再移動渓流では分布が異なる傾向がみられた。



図－1　土砂流出発生間隔別の渓流数と累積値

3. 3 再移動時の降雨量

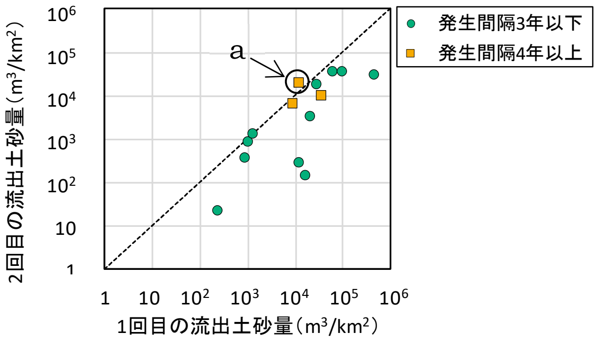
再移動渓流のうち 3 年後までに再移動した 18 渓流を対象に，土砂流出発生時の降雨量を比較した（図－2）。なお，A～P は各渓流を表しており，このうち K 渓流，P 渓流は隣接した二つの渓流を含む。これによると，連続雨量比（図－2 の*1）と最大時間雨量比（図－2 の*2）および 2 回目最大 24 時間雨量/100 年確率日雨量がすべて 1 未満となった渓流は 5 渓流と少なく，残り 13 渓流では，いずれかが 1 以上のときに再移動が発生していた。



図－2　再移動発生時の降雨量比

3. 4 再移動時の流出土砂量

再移動渓流のうち，2 回の流出土砂量を収集できた 14 渓流の流出土砂量の関係について図－3 に示す。これによると，発生間隔 4 年以上の 1 渓流を除いて，2 回目の流出土砂量は 1 回目と同程度～1/100 程度まで減少していた。



図－3　1 回目と 2 回目の流出土砂量の関係

4　考察

4. 1 再移動の発生時期

土石流発生後，3 年後までに再移動があった渓流は全体の約 70%を占めた。ここで，内田ら（2014）[3] によると，豪雨により多数の斜面崩壊が発生した流域について「斜面崩壊が流域からの流出土砂量に影響する期間は，長くても数年程度のことが多い。」と述べており，本研究で得た“3 年間”は流域の規模は異なるものの，大きく矛盾しない結果である。ただし，再移動は 1 回目との連続雨量比，最大時間雨量比，2 回目最大 24 時間雨量/100 年確率日雨量のいずれかが 1 以上での発生が多く，大雨のタイミングに左右された可能性がある。

4. 2 再移動時の流出土砂量

再移動した渓流では，1 渓流を除き 2 回目の流出土砂量が 1 回目と同程度～1/100 程度まで減少していた。これは，次の二つの要因が考えられる。一つ目は，堆積した位置によって“滞留期間 [4]”が異なるという考え方である。常水との距離が近いほど，また谷幅が狭いほど滞留期間は短くなるとされ，堆積土砂の中でも滞留期間の短い位置に堆積した土砂が優先的に再移動したために，2 回目の流出土砂量が少なくなったと考えられる。二つ目は，渓流内の全生産土砂量のうち，1 回目で大半の土砂が流出し，残った移動可能な土砂が少なかったことが考えられる。一方，2 回目の流出土砂量のほうが大きくなった 1 渓流（図－3 の a）は，2 回目土砂移動後の調査で，上流域の渓岸には比高 3m 近い洗堀痕跡があったと報告されている。このことから，上流域の渓床堆積土砂が多く存在していたことが原因で 2 回目土砂流出時の流出土砂量が多くなったと考えられる。

5　結論

効率的な応急対策施設整備への適用を念頭に置いた，2 回目の土砂流出発生までの期間，降雨量，流出土砂量の特徴，および傾向は以下のとおりである。

・2 回目の土砂流出を“再移動”と判定した 26 渓流のうち，1 回目の土砂移動から 3 年後までに再移動があった渓流は 18 渓流（約 70%）であった。
・この 18 渓流のうち，2 回目土砂流出時の降雨量が，1 回目との連続雨量比，最大時間雨量比，2 回目最大 24 時間雨量/100 年確率日雨量のいずれかが 1 より大きい条件であったのは 13 渓流であった。
・再移動による流出土砂量は，1 回目と同程度～1/100 程度となる傾向がみられた。

■参考文献■
1）蒲原潤一ら（2020）：sabo，Vol.127，p.2-9
2）水野秀明ら（2017）：土研資料，第 4362 号
3）内田太郎ら（2014）：土技資，56-10，p.24-27
4）清水宏（1982）：新砂防，34 巻 3 号，p.11-18