

## 土石流へと発達した崩壊の土質特性

独立行政法人土木研究所 ○梶昭仁, 武澤永純, 横山修, 吉野弘祐, 水野秀明, 石塚忠範

### 1. はじめに

2011年は地震, 豪雨, 融雪を起因として大規模な斜面崩壊が多数発生した。9月の台風12号による豪雨では紀伊半島で多数の大規模な崩壊が発生した。様々な要因により, 崩壊は流動化することで土石流となり, 下流の広範囲に被害を及ぼす。一方で崩壊が流動化せずに斜面下部に留まり堆積することで河道閉塞し被害を発生させる場合もある。崩壊の流動化について, 水野ら(2011)<sup>1)</sup>はシラス地帯である鹿児島県船石川で2007年7月と2010年7月に2回発生した深層崩壊に起因する土石流の流下実態より報告している。報告では船石川で発生した土石流は流域面積が小さく水の量が少ない条件であるが, 高い流動性を有したことが特徴であり, 2010年の災害後に採取した土砂の土質試験結果と土石流の流下状況から, 粒度の構成で細粒分の割合が高かったことが崩壊の流動特性に影響したと推測している。

また, 山下ら(1992)<sup>2)</sup>は1990年7月に発生した熊本県一の宮災害を事例として調査を行い, 土石流発生源の崩壊地の土質特性について, 火山灰質粘性土の場合, 未崩壊地の土に比べて崩壊地内の土の間隙比が大きい結果を得ており, 間隙比が崩壊発生の一つの指標になり得ることを報告している。笹原ら(2000)<sup>3)</sup>は1999年6月に広島市及び呉市で発生した表層崩壊の調査を行い, 広島市の事例で間隙比が崩壊地内の土より崩壊地外の土の方が小さく, 崩壊地内の土の方がゆるい状態であったが, 呉市の事例ではこれらの関係は不明瞭であり, 結果の一般性を検証するために同様の土の力学特性の検討を行う必要があると報告している。

本研究では, 崩壊の流動特性に影響を与える様々な要因のうち, 土砂に含まれる水と空気の占める体積の割合(空隙率), 粒度構成のうち細粒分の占める割合の2つの土質特性に着目し, 崩壊の流動化しやすさについて検討する。このため, 全国で発生した地震, 豪雨, 融雪を誘因とした大規模な崩壊の土砂を採取し, その土質特性を整理, 比較した。

### 2. 調査の概要

#### 2.1 調査対象地区

表-1に調査対象地区の一覧表を示す。本調査では2011年に発生した主な土石流災害を対象として9地区の土砂サンプルを採取した。新潟県津南町, 長野県栄村, 奈良県五條市, 奈良県十津川村, 奈良県野迫川村, 和歌山県田辺市, 高知県北川村の8地区のサンプルは深層崩壊を起因とするもので, 山形県庄内町のサンプルは地すべりを起因とする土石流である。なお, 比較対象として, 既往の研究データ<sup>1)</sup>からシラス地帯の船石川の土砂サンプルを含めた。

表-1 検討対象地区の概要

地区	災害形態	発生要因	災害規模			備考
			幅(m)	斜面長(m)	流下長(m)	
新潟県津南町辰口	深層崩壊	2011年3月長野県北部地震	100	130	760	
長野県栄村北信	深層崩壊	2011年3月長野県北部地震	240	360	1,200	河道閉塞形成
山形県庄内町立谷沢	地すべり	融雪(2011年5月発生)	340	470	1,300	一時的に河道閉塞, 上流湛水なし
高知県北川村平鍋	深層崩壊	2011年7月台風6号	120	290	1,500	土石流は平鍋ダム貯水湖に突入
奈良県五條市赤谷	深層崩壊	2011年9月台風12号	350	1,100	900	河道閉塞形成
奈良県十津川村長殿	深層崩壊	2011年9月台風12号	300	710	1,200	河道閉塞形成
奈良県十津川村栗平	深層崩壊	2011年9月台風12号	580	850	300	河道閉塞形成
奈良県野迫川村北股	深層崩壊	2011年9月台風12号	180	380	200	河道閉塞形成
和歌山県田辺市熊野	深層崩壊	2011年9月台風12号	390	660	1,500	河道閉塞形成
鹿児島県南大隅町船石川	深層崩壊	2010年10月豪雨	40	165	700	既往報告(水野ら, 2011)

#### 2.2 調査方法

各地区で土のサンプルを採取した位置は崩壊地斜面内の地山, 崩壊残土, 下流の堆積土砂の3地点とした。また, 採取サンプルの状態は攪乱状態と不攪乱状態の2種類を採取した。攪乱状態のサンプルはスコップ等を用いて1~5kg程度を採取した。不攪乱状態のサンプルは採取場所の表土を5センチ程度剥いだ後, 100mlステンレス円筒を用いて採取した。採取した攪乱, 不攪乱状態のサンプルに土質試験を行い, 攪乱サンプルからは粒度構成, 不攪乱サンプルからは粒度構成, 空隙率(土に含まれる土砂, 水, 空気のうち, 水と空気が占める体積の割合)の2項目を計測した。

### 3. 土質特性

#### 3.1 粒度構成

図-1は粒度を細粒分(0.075mm未満), 砂分(0.075mm以上2mm未満), 礫分(2mm以上)で示したものである。舟石川の粒度構成の分布と比べて, 立谷沢の粒度構成の分布は砂分が少なく, 細粒分がやや多い範囲となった。河道閉塞を形成した北信, 紀伊半島の5地区は栗平を除き, 細粒分が20%より少なく, 礫分の割合が多かった。栗平のサンプルは2次崩

壊した崩壊地頂部の表層の崩落土を採取したため礫分が少なかったと推測する。既往研究<sup>1)</sup>より、粒度構成で細粒分の割合が多い場合、流動化しやすくなることが推測されており、今回のサンプルでも河道閉塞を形成せず、流動化した地区は細粒分、砂分が多く、河道閉塞を形成した地区は細粒分、砂分が少ない傾向であった。

### 3.2 空隙率

空隙率は土によって異なった数値となり、砂の場合で 0.30～0.45 程度で山地流域の一般的な数値としては 0.4 とすることが多い。<sup>4)</sup> 崩壊地における過去の研究事例では、シラス地帯で約 0.6～0.7<sup>1)</sup>、熊本県の火山灰質粘性土で約 0.7～0.8<sup>2)</sup>、広島県のまさ土で約 0.45<sup>3)</sup> 等の数値が報告されている。

本研究では、空隙率は採取した不攪乱サンプルの土質試験結果より乾燥試料質量と土粒子の密度を用いて 100m<sup>3</sup>あたりの土粒子容積を算出し、空隙率を算定した。なお、土粒子の密度試験結果は約 2.5～2.7 の範囲であり、対象地点毎で特に傾向は見られなかった。図-2 に採取した地山の不攪乱サンプルの空隙率を示す。辰口で 0.45、立谷沢で 0.47、北股で 0.60、平鍋で 0.35 の値となり、今回採取したサンプルの中では北股が高い数値となった。

紀伊半島で発生した河道閉塞 5 地区のうち、地山の不攪乱サンプルを今回採取したのは北股地区のみで他 4 地区の地山の空隙率が不明であること、北股の崩壊土量が他 4 地区より小さかったことの 2 点から明確には言えないが、他 4 地区に比べると北股の河道閉塞部下流側法勾配が緩勾配だったこと（北股 14°、赤谷 19°、長殿 22°、栗平 34°、熊野 22°；資料<sup>5)</sup>中の縦断図より計測）は、空隙率が高く、水を多く含みやすかったことで、河道閉塞は発生しているものの崩壊の多くの部分が流動化したと推測する。一方、辰口、立谷沢、平鍋は北股に比べて空隙率が小さく、空隙率だけをみると北股と比べて流動化しにくいと想定されるが、大規模な河道閉塞を形成しておらず、大部分が流動化している。このことから、流動化しやすさは空隙率だけでなく、地質や地形特性等の他の影響も及んでいると推測する。

### 4. まとめ

表-2 は今回対象とした地区の空隙率、細粒分の割合の関係と地区の災害状況から流動化しやすさを整理したものである。空隙率は 0.4、細粒分は 20%を大小の区分の目安に、流動化しやすさは河道閉塞形成の有無とした。この結果、空隙率が高くとも細粒分の割合が少ない場合は河道閉塞が形成されており、流動化が抑制されることがあると推測する。また、空隙率が低くとも細粒分が多い場合は河道閉塞が形成されず流動化しやすきことがあると推測する。

### 5. おわりに

本研究では、全国の大規模な崩壊事例をもとに、土の細粒分の割合と空隙率に着目して崩壊の流動化しやすさを検討した。ただし、今回の採取は 1 地区での採取数が少なく、採取地点の土質特性の偏りを排除するために複数のサンプルを採取する必要があったと考える。また、今回の検討では斜面の崩壊方向や勾配等の地形特性、地質、土を構成する材料のうち礫～巨石までの大粒径分の占める割合、含水比等の土質特性、崩壊発生の誘因、崩壊の規模との関係については考慮していない。今後はこれらの要素を含めて、崩壊の流動化しやすさの目安について検討していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 水野秀明, 小山内信智, 「2010 年 7 月鹿児島県船石川土石流災害の流化実態」, 土木技術資料, Vol. 53-7, 2011
- 2) 山下祐一, 石川芳治, 草野慎一, 「土石流発生源の崩壊地の土質特性」, 新砂防, Vol. 44-5, 1992
- 3) 笹原克夫, 南哲行, 「6.29 広島県呉土砂災害における山腹崩壊発生に関する土質力学的検討」, 土木技術資料, Vol. 42-6, 2000
- 4) 土木用語解説, 土木技術資料, Vol. 53-7, 2011
- 5) 国土交通省近畿地方整備局, 「土砂災害防止法に基づく土砂災害緊急情報について (第 2 号) (2011/9/12)」

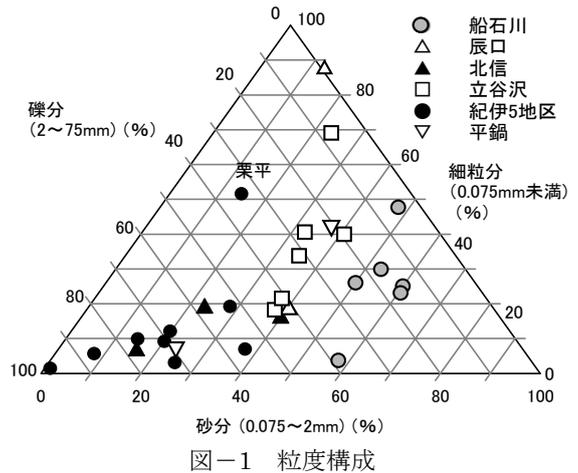


図-1 粒度構成

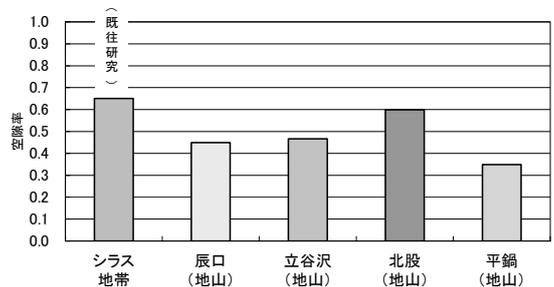


図-2 空隙率

表-2 空隙率、細粒分と流動化の関係

	細粒分	
	少	多
高空隙率	流動化しにくい ・北股 (河道閉塞形成)	流動化しやすい ・辰口 ・立谷沢 ・船石川
低空隙率	(今回対象地区では該当なし)	流動化しやすい ・平鍋