

# 崩壊時に土砂が流動化するがけ崩れに関する実態調査

村田郁央・長谷川陽一・野呂智之

## 1. はじめに

九州地方に記録的な大雨をもたらした平成29年7月九州北部豪雨は、九州地方で316件の土砂災害を引き起こし、その内がけ崩れによる災害は148件を占めた（国土交通省砂防部）。

この大雨により、長大斜面（高さ30m以上のがけ）の崩壊の際に土砂が流動化する事例も複数発生した。崩壊土砂が流動化すると、流下する土砂量が増えたり到達距離が延びたりすることから、想定を上回る被害が発生しやすいと言われている。ここで流動化とは、元の岩組織が残っておらず破碎や土砂状化し流下しているものとした。なお、崩壊土砂が急傾斜地（高さ5m以上、勾配30°以上のがけ）の土砂災害警戒区域の設定上限である、がけ下から50mを超えて到達するのは、昭和47年～平成19年のがけ崩れデータ（19,035件）<sup>1)</sup>によると、全体の2%未満と少ない。しかし、土砂災害警戒区域は自治体の地域防災計画の作成や住民が自主避難の必要性を判断するのに用いることから、流動化しやすい箇所の条件を特定することは人的被害の軽減に直結する。

土砂災害研究室では、事例は少ないものの大規模被害をもたらしやすい、崩壊時に土砂が流動化するがけ崩れに関する研究を行っている。本稿では、平成29年7月九州北部豪雨により流動化した長大斜面の崩壊の実態解明のため、地形・地質・土質調査を行った結果について桂川地区を中心に報告する。



写真-1 桂川地区全景

## 2. 調査地の概要

一般に地質により崩壊状況が異なることから、調査地は長大斜面の崩壊が発生した地域に分布する地質ごとに1カ所ずつ選定し、計4地区とした。

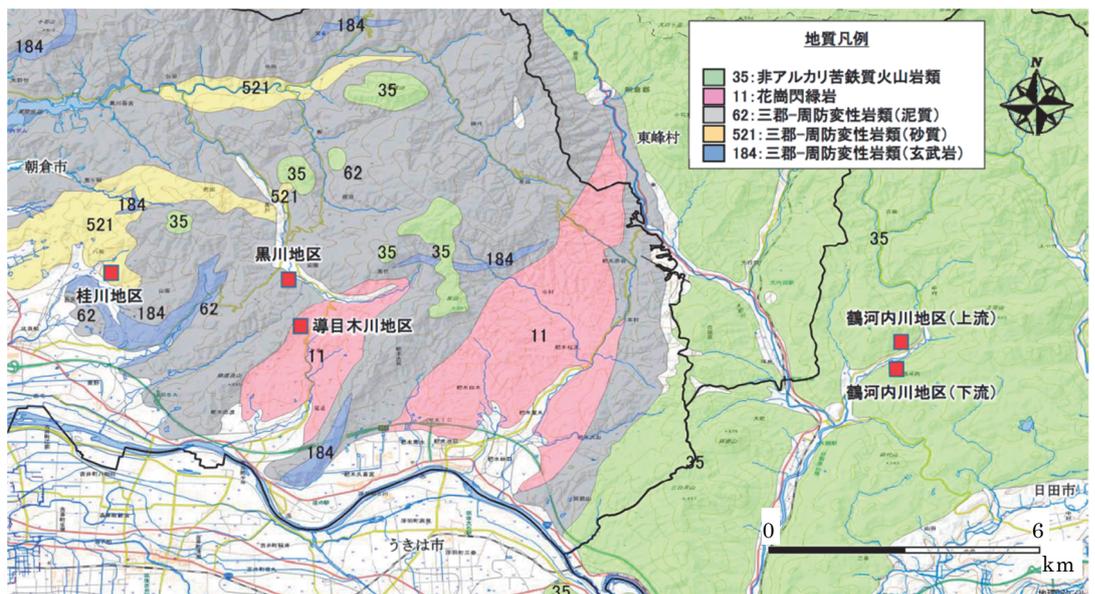


図-1 調査地周辺地質図

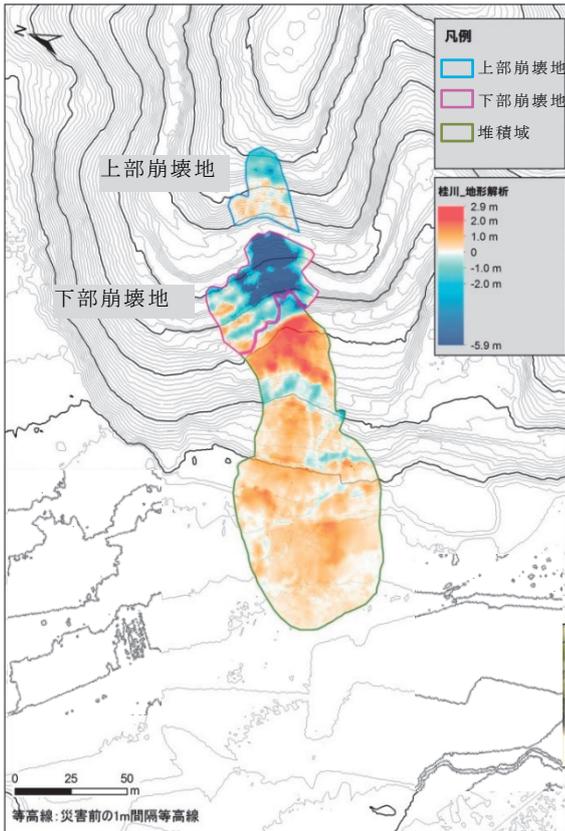


図-2 LP差分図(桂川地区)

## 2.1 調査地の地質

調査地周辺の地質図<sup>2)</sup>を図-1に示す。

朝倉市桂川地区(写真-1)には三郡-周防変成岩類(砂質)が分布する。朝倉市黒川地区には三郡-周防変成岩類(泥質)が、同市導目木川地区には花崗閃緑岩が分布する。大分県日田市の鶴河内川地区では河川を挟んだ2箇所を調査を行ったが、両調査地とも非アルカリ苦鉄質火山岩類が分布する。

## 2.2 桂川地区災害概要

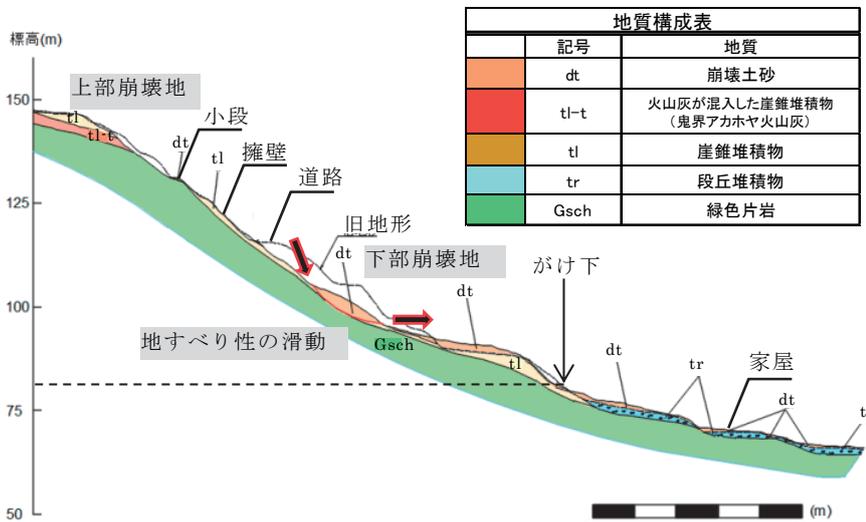


図-3 桂川地区断面図

崩壊土砂は一部が流動化し、がけ下の家屋に半壊1戸・一部損壊1戸の被害を及ぼし、倉庫を突き抜けて道路に到達していた。全体の崩壊土砂量は約2,900m<sup>3</sup>、その内流動化した土砂量は約2,000m<sup>3</sup>であった。桂川地区の被災前後のLPデータで差分図を図-2に示す。斜面中腹にある道路よりも上方にある上部崩壊地では、元々斜面途中に擁壁が入っていたこともあり崩壊は表層が浅く崩れたのみであった。崩壊土砂の一部は擁壁上で止まり、それ以外は流下する際に斜面の表面を薄く削り取っていた。対して下部崩壊地では、向かって左側の斜面では地すべり性の滑動を起しており(図-3,4)、斜面上に土砂がとどまっていた(約900m<sup>3</sup>)。向かって右側の斜面では最大崩壊深が6mと深く、崩壊土砂の大半が流動化していた。人家等に影響を与えた土砂の大半は、この下部崩壊地の右側斜面から出ていた。がけ下の痕跡を見ると、樹皮がはがれている高さから崩壊土砂の流動深は120cm程度あったものと推定される。崩壊規模は上部崩壊地で高さ73m、幅28m、下部崩壊地で高さ46m、幅53m、平均崩壊深は1.9m、崩壊土砂の到達距離は96mであった。ここで、高さはがけ下と崩壊地上端の標高差、到達距離は、がけ下から崩壊土砂到達部下端までの水平距離とした(図-3)。なお、当該地区は福岡県により緊急的な急傾斜地崩壊対策事業を実施することが決定している。

## 3. 調査結果

### 3.1 現地調査結果

表-1に各調査地の地形、地質等の調査結果を示す。降雨起因のがけ崩れの約半数は勾配40~60°の範囲で発生している<sup>1)</sup>が、今回調査した4地区は24~40°と比較的緩い勾配であった。崩壊土砂量は全体の67.5%が100m<sup>3</sup>未満<sup>1)</sup>であるのに対し、約3,000~5,000m<sup>3</sup>、最大崩壊深は約6~10mと大規模なものであった。崩壊土砂の等価摩擦係数は0.29~0.37と比較的小さく、がけ下からの崩壊土砂の到達距離は50m以上と長距離である。崩壊土砂の地質は崖錐堆積物の箇所が多

い。斜面形状は縦断形状が直線・凹型、横断形状が直線・谷斜面となっており、凸型・尾根斜面の箇所はなかった。植生はスギや竹が主体で、どの調査地も裸地部分はなかった。崩壊土砂に含まれる粘土鉱物は多種であり、特徴はみられなかった。崩壊の規模が大きく等価摩擦係数が小さい点は、基岩から崩壊して河道閉塞などの大災害をもたらすことのある深層崩壊と傾向が似ていた<sup>3)</sup>。

### 3.2 室内土質試験結果

崩壊土砂が流動化する素因を検討するにあたって、過去の国総研における検討では3.1のように地形、地質等についてその関連性を検討してきたが、崩壊土砂の物理特性についてはデータが不足している状態であったため、今回は室内土質試験により崩壊土砂の物理特性を評価した。4地区6試料の土質試験結果を表-2に示す。なお、崩壊直後の崩壊土砂の含水状態については素因検討において重要な要素であると考えているが、今回の調査は崩壊発生から一か月以上後に行ったものであるため、得られた自然含水比は崩壊直後のものとはなっていない。

土粒子の密度については一般的な値の範囲内にあり、特徴はみられない。粒度分布および地盤材料の分類名では、粘性土主体のものや砂礫主体のものがあり、特徴はみられない。過去の検討<sup>4)</sup>で

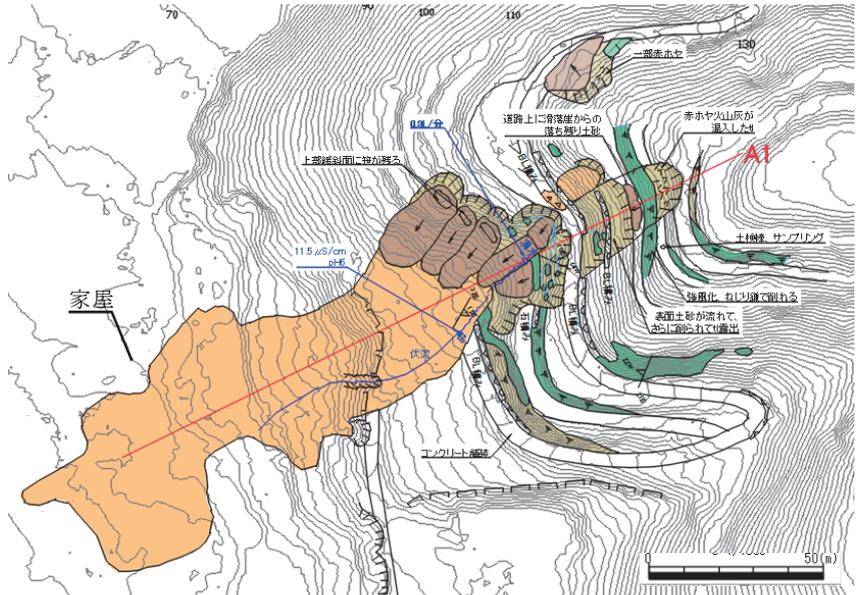


図-4 桂川地区平面図

は、細粒分が多いほど間隙水圧が上昇しやすく流動化が起きやすいという傾向が得られているが、本調査ではその傾向はみられなかった。コンシステンシー特性については、図-5に塑性図を示すが、液性限界が27~74%、塑性指数が10~37と低~中塑性な値となっており、高塑性を示す試料はなかった。

### 4. まとめ

桂川地区の平均崩壊深は1.9mで統計から出される90%値<sup>1)</sup>の範囲内であり、流動深は1.2mで多くの都道府県が待受擁壁の設計の際に仮定する流動深1m(崩壊深2mの半分と仮定)ともおおよそ一致していた。

表-1 現地調査結果

調査地	桂川	黒川	導目木川	鶴河内川(上流)	鶴河内川(下流)
崩壊地の勾配(°)	30	33	40	25	24
崩壊土砂量(m <sup>3</sup> )	2939	4927	5087	5095	-
平均崩壊深(m)	1.9	2.1	2.2	2.8	-
最大崩壊深(m)	6.0	7.4	10.3	6.0	-
崩壊高(m)	73	59	69	67	95
崩壊土砂の等価摩擦係数が下からの到達距離(m)	96	86	292	187	130
地質(崩壊土砂)	火山灰 崖錐堆積物	崖錐堆積物	砂質・泥質片岩, 花崗岩(マサ)	崖錐堆積物	-
地質(基岩)	緑色片岩	泥質片岩	砂質・泥質片岩, 花崗閃緑岩	岩礫凝灰岩 (安山岩礫)	輝石安山岩
斜面形状	直線 谷斜面	直線 直線斜面	凹型 谷斜面	凹型 谷斜面	凹型 直線斜面
主な植生	竹	スギ・竹	スギ	スギ	スギ
主要粘土鉱物	パーミキュライト	パーミキュライト	スメクタイト	緑泥石, ハロイサイト	緑泥石, ハロイサイト

表-2 土質試験結果

調査地	試料名	地盤材料の分類名	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	自然含水比 W <sub>n</sub> %	粒度分布 (%)				コンシステンシー特性		
					礫分 2-75 mm	砂分 0.075-2 mm	シルト分 0.005-0.075 mm	粘土分 0.005 mm未満	液性 限界 W <sub>L</sub> (%)	塑性 限界 W <sub>P</sub> (%)	塑性 指数 I <sub>P</sub>
桂川	崩壊土砂	火山灰質粘性土	2.85	26.7	0.0	8.9	34.9	56.2	47.3	25.0	22.3
黒川	崩壊土砂(浅)	砂礫質粘土	2.72	23.9	16.1	27.9	36.9	19.1	41.4	22.4	19.0
	崩壊土砂(深)	粘性土質礫質砂	2.74	20.8	26.4	32.7	30.3	10.6	31.9	20.3	11.6
導目木川	崩壊土砂	粘性土質砂質礫	2.73	5.7	63.4	21.4	9.6	5.6	26.9	16.6	10.3
鶴河内川(上流)	崩壊土砂	砂礫質粘土	2.75	29.6	20.1	27.6	34.9	17.4	61.7	28.8	32.9
鶴河内川(下流)	崩壊土砂	火山灰質粘性土	2.74	50.9	0.0	15.5	32.0	52.5	73.6	37.0	36.6

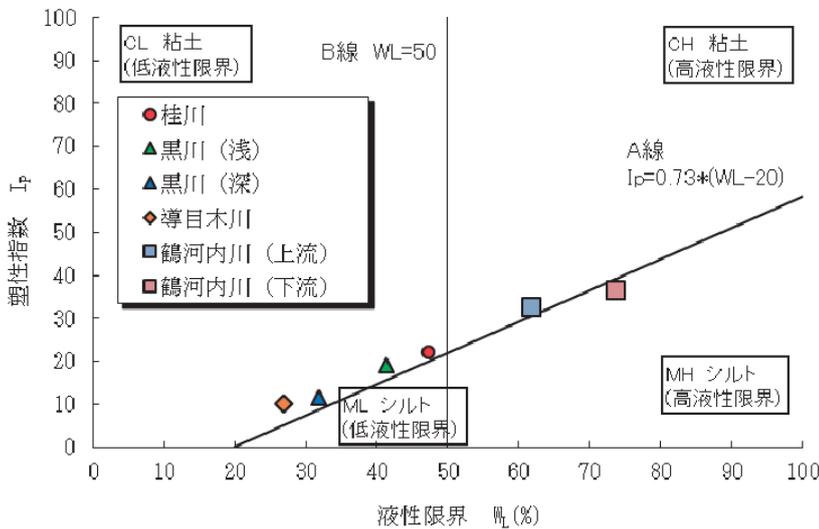


図-5 塑性図

崩壊土砂の流動化がみられた4地区での現地調査の結果、崩壊地の勾配が比較的緩勾配で、崩壊土砂量と最大崩壊深が大きく、等価摩擦係数が小さいといった特徴がみられた。また崩壊土砂のコンシステンシー特性（塑性）も到達距離に影響を及ぼす要素と考えられる。一方、本事例は日雨量が500mmを超える稀な雨であったことから誘因の影響が大きかった可能性がある。今後は深層崩

壊の検討と同様に、稀な雨および通常想定される雨による流動化事例について調査を行うほか、これまでデータが集められてこなかった崩壊土砂の土質試験のデータ（特にコンシステンシーと崩壊直後の含水比データ）を増やし、誘因（雨の降り方）と素因の関係についても検討していきたい。

最後に、平成29年7月九州北部豪雨により被災された福岡県・大分県の皆様の一日も早い復旧・復興を祈念いたします。

参考文献

- 1) 小山内信智、富田陽子、秋山一弥、松下智洋、がけ崩れ災害の実態、国土技術政策総合研究所資料、No.530、2009
- 2) 産業技術総合研究所、20万分の1シームレス地質図、<https://gbank.gsj.jp/seamless/maps.html>
- 3) 例えば、砂防学会、深層崩壊に関する基本事項に係わる検討委員会報告・提言、2012
- 4) 桂真也、富田陽子、小山内信智：崩壊土砂が流動化する危険性のある斜面をいかに抽出するか？、国総研レポート2011、2012

村田郁央



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室 研究官  
Ikuro MURATA

長谷川陽一



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室 交流研究員  
Yoichi HASEGAWA

野呂智之



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部土砂災害研究室長  
Tomoyuki NORO