

# 深層崩壊に起因する土砂災害による被害推定手法に関する研究

Research on the hazard prediction method for sediment disaster induced by deep-seated catastrophic landslide.

(研究期間 平成 26～28 年度)

土砂災害研究部 砂防研究室  
Sabo Department  
Sabo Planning Division

室長	桜井 亘
Head	Wataru SAKURAI
主任研究官	内田 太郎
Senior Researcher	Taro UCHIDA
研究官	松本 直樹
Researcher	Naoki MATSUMOTO
部外研究員	鈴木 清敬
Guest Research Engineer	Kiyotaka SUZUKI

One of sediment-related disasters caused by deep-seated collapse is a disaster caused by the formation and destruction of landslide dams. However, it has not been adequately studied about advance counter measures against landslide dam disasters. Therefore, in this study, we proposed the planning method for advanced countermeasure against landslide dams caused by deep-seated collapse.

## [研究目的及び経緯]

近年全国各地で深層崩壊が多発する傾向がある。深層崩壊に起因する土砂災害に天然ダムの形成・決壊による災害がある。天然ダムによる被害を防止、軽減するためには、様々な対策を組み合わせる必要がある。また、効果的・効率的に対策を進めるためには、被害範囲および発生確率を評価・予測することが重要となる。

また、天然ダムの対策には、天然ダム形成以前から実施する事前対策と天然ダム形成後に実施する緊急対策がある。しかしながら、これまでの実際の対策は緊急対策が主であり、天然ダム形成以前から実施する事前対策の計画策定手法については、十分な検討が行われてきていない。すなわち、砂防堰堤等の施設は、天然ダムによる土砂災害対策に有効であると考えられるが、施設配置計画策定手法が十分に検討されているとは言い難いのが現状である。

そこで、本研究では、深層崩壊による被害推定手法確立のために、深層崩壊の発生頻度・崩壊規模の推定手法、深層崩壊が発生した場合の流動化・河道閉塞の決壊等による被害想定範囲の設定手法、被害発生確率評価手法等について、過去の実績、数値計算等により検討し、指針等作成に資する基礎資料を取りまとめることを目的とした。その上で、深層崩壊に起因する天然ダムに対する事前対策手法について検討した。

## [研究内容]

### 1. 深層崩壊の規模・被害範囲の分析

国内で発生した過去の深層崩壊による災害事例を整理し、深層崩壊の規模・被害範囲について検討した。

### 2. 天然ダム形成以前から実施する事前対策の検討

天然ダム決壊による被害軽減に果たすことが期待できる砂防堰堤の効果及びその効果評価方法に関して分析し、天然ダム形成以前から実施する施設の施設配置計画の策定手法を検討した。

### 3. 深層崩壊に対する砂防堰堤による山脚固定効果の定量化手法の検討

深層崩壊による被害軽減のための施設効果評価のうち、従来十分検討されていなかった山脚固定効果について、過去の深層崩壊の発生場や規模に関する精査を行うとともに、斜面安定解析に基づく検討を行うことにより、深層崩壊に対する砂防堰堤による山脚固定効果の定量化手法を検討した。

## [研究成果]

### (1) 深層崩壊の規模・被害範囲の分析

富士川流域と十津川流域を対象に、災害記録や空中写真、LP データを活用して崩壊の発生時期を特定し、その結果、発生時期によらず、深層崩壊の発生位置・規模は、過去の深層崩壊跡地の位置・規模と概ね同じであることがわかった(図-1)。また、深層崩壊による土石等の到達確率は、土砂移動形態ごとに深層崩壊面

積と深層崩壊地までの距離で決まると考え、深層崩壊発生に伴う簡易的な集落の被害リスク評価手法を提案した。

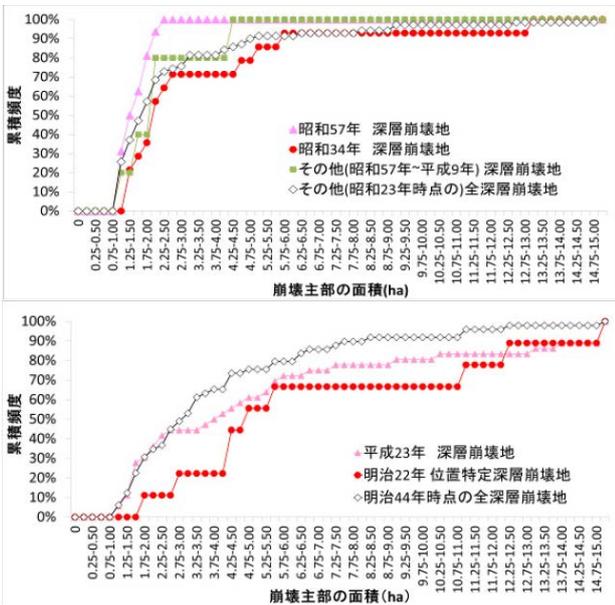


図-1 発生時期ごとの深層崩壊地の面積-累積頻度 (上図：富士川流域、下図：十津川流域)

(2) 天然ダム形成以前から実施する事前対策の検討

天然ダムに対する事前対策における施設配置計画の検討手法に関して留意点を下記のとおりまとめた。

- 区間区分の作成：深層崩壊に関する溪流レベルの調査結果と過去の深層崩壊や天然ダム発生実績により決定。
- 期待される機能と効果の概略評価：施設設置による地形変化量・土砂捕捉量・湛水容量により評価。⇒『机上検討』による評価
- 要対策シナリオの抽出：天然ダム形成シナリオごとに流域下端でのピーク流量低減率を評価
- 対策案の作成：洪水調節を期待する施設1基+天然ダム高さを減ずる施設1基の組合せ

また、天然ダムの高さを減ずる効果及び天然ダム決壊に対する計画の有効性を検証するため、数値計算ならびに机上検討を実施し、それぞれの特徴及び有効性を整理した(図-2)。

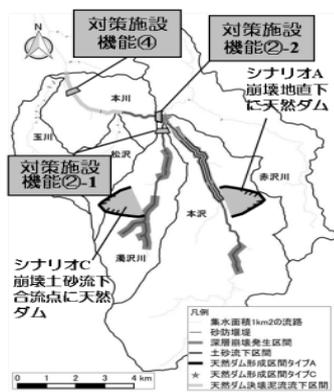


図-2 天然ダム形成シナリオ・事前対策施設案

(3) 深層崩壊に対する砂防堰堤による山脚固定効果の定量化手法の検討

明治22年十津川水害、平成23年紀伊半島大水害により発生した深層崩壊を対象として、深層崩壊規模や場所の実態調査を行い、崩壊発生箇所の隣接する河床の河床位の変化と崩壊規模の関係を整理した。その結果、河床上昇により、深層崩壊発生規模の低減に一定の効果があることが確認された。

また、斜面をくさび形の土塊・岩塊を1つの塊として斜面安定解析を行った(図-3)。即ち、斜面形状(勾配、高さ)、すべり面勾配、地下水面の勾配(=不透水面の勾配)、土質強度に関する定数、密度が決まれば、任意の地下水位での安全率が算出可能となる。そこで、斜面勾配、地下水面の勾配、土質強度に関する定数、密度が山脚固定の有無により変化しないと仮定し、山脚固定が有ることにより安全率が1を切る地下水位の条件や、その時の崩壊規模が算出した。その結果、地形や土質パラメータ等の影響を受けるものの、山脚固定による発生規模・頻度の低減効果を定量的に評価できる可能性が確認された。

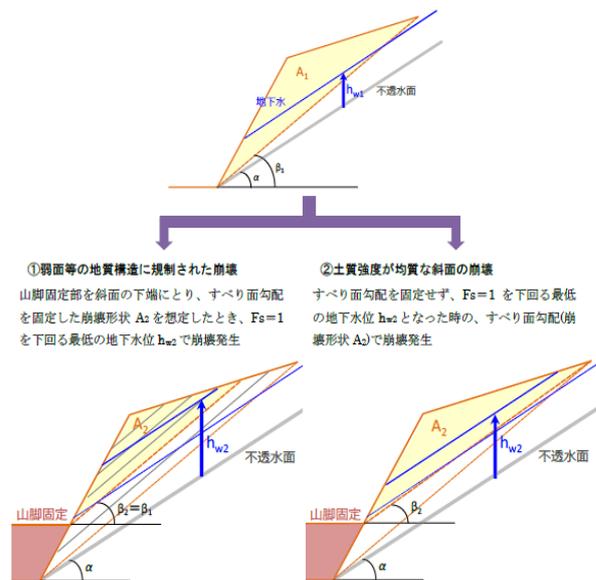


図-3 山脚固定効果のイメージ

[成果の活用]

事前対策に必要なとなる深層崩壊の蓋然性の高いシナリオ策定手法を提案し、全国の様々な地域において検証を行い、適用性を確認した。その上で、深層崩壊による被害推定に関するガイドラインを作成した。さらに、市町村の防災担当者でも活用可能な集落単位の深層崩壊リスク簡易評価手法を開発した。

## リアルタイム観測・監視データを活用した高精度土砂災害発生予測手法の研究

Research on high-accuracy prediction of sediment disaster with real-time observation data

(研究期間 平成 27～29 年度)

土砂災害研究部 砂防研究室

室 長 桜井 亘  
主任研究官 内田 太郎  
研 究 官 泉山 寛明

### [研究目的及び経緯]

本研究は、土砂災害に対する効果的な警戒避難体制を市町村、住民が構築するために、リアルタイム観測・監視データを活用した土砂災害の発生場所、時刻に関する予測精度が高く、切迫性の伝わりやすい情報作成技術を開発することを目的とする。

本年は平成 27 年度に整理された全国の流砂水文観測データを用いて、土石流が発生した場合の掃流砂量、浮遊砂量、水位の観測値の特徴を定量的に整理した。さらに、上流で土砂が河道に流入した時の土砂の伝播速度を一次元河床変動計算により推定し、下流での観測結果が上流の土砂動態に基づくものか否か、検証を行った。

## 砂防事業評価における被害推定手法に関する研究

Research on the hazard prediction method for cost-benefit analysis for sediment-related disaster prevention

(研究期間 平成 25～31 年度)

土砂災害研究部 砂防研究室

室 長 桜井 亘  
主任研究官 内田 太郎  
研 究 官 松本 直樹  
土砂災害研究部 土砂災害研究室  
室 長 野呂 智之  
主任研究官 神山 嬢子

### [研究目的及び経緯]

本研究では、砂防事業の事業評価における被害推定手法の高度化をはかることを目的とする。具体的には、①降雨流出解析手法の高度化、②様々な土砂移動形態を解析可能な土砂流出・河床変動計算手法の高度化、③降雨流出解析、土砂流出・河床変動計算における各種条件設定手法の提示を目的とする。

本年は、前年度構築した河床勾配が急な区間を流下する土石流から勾配が緩い区間を流下する掃流砂まで複雑な土砂移動形態の変化に対応した数値シミュレーション手法の課題を抽出し、フェーズシフトする条件や高濃度の浮遊砂の沈降等細粒土砂の流下・堆積過程に着目した改良を実施した。また、改良したプログラムを用いて近年の土砂災害事例に関する再現計算を実施した。

## 砂防施設計画の高度化に関する研究

Research on the advanced method for sabo planning

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 平成 25～29 年度)

室 長 桜井 亘  
主任研究官 内田 太郎  
研 究 官 松本 直樹

### [研究目的及び経緯]

砂防施設の効果評価手法を高度化することは、施設配置計画、また、砂防施設の設計上、最も基本的かつ重要な技術であり、砂防事業を効果的に進めるためには必要不可欠な技術である。しかし、山地域の土砂移動現象は複雑であり、特に、砂防施設周辺の土砂動態には不明な点が少なくない。そこで、本調査では、近年蓄積されてきているレーザープロファイラデータを用いるなどし、土石流の規模の把握及び推測手法を高度化することにより、砂防施設の効果評価手法や砂防施設の計画・設計手法の高度化を目指す。

本年は、砂防堰堤の施設効果検討のため、土石流を構成する粒度分布や土砂濃度の違いが砂防堰堤の土砂捕捉効果、ピーク流量低減効果に与える影響に関して水路実験を実施した。併せて、実験結果を基に、数値計算による、砂防堰堤の効果評価手法を提案した。また、土石流のピーク流量の推定手法を高度化するために、CCTV 等の映像や災害発生前後のレーザープロファイラデータを用いて土石流時とその他出水時の流出特性の違いを整理し、山地洪水・土石流のピーク流量の算出手法の検討を実施した。

## 大規模土砂災害時の土砂流出推定手法の高度化による流域監視技術の構築

Research on the construction of technology to observe a basin by developing the method to predict sediment transport in devastating sediment production

土砂災害研究部 砂防研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長 桜井 亘  
主任研究官 内田 太郎  
研 究 官 松本 直樹  
研 究 官 泉山 寛明

### [研究目的及び経緯]

本研究は、危機管理及び総合土砂管理の観点から大規模土砂生産後の流砂水文観測手法・土砂動態予測手法の構築を行うことを目的とし、流砂水文観測結果の分析による上流域の大規模な土砂生産が下流の土砂流出状況に及ぼす影響について検討するとともに、数値計算に基づく上流域の土砂生産発生時から生産後の流砂特性の変化の予測、流域監視手法の提案を目指す。

本年は、流砂観測結果の精度検証を行い、過年度に作成した流砂量年表の実用性を向上させた。また大規模土砂生産後の土砂動態の予測手法および施設効果検証手法を確立するため、資料整理から河床材料の粒径および地形が与える影響を把握し、CCTV と LP データから土石流ピーク流量を算定する手法を検討するとともに、砂防施設の効果を合理的、高精度に把握する数値計算モデルを開発した。

## 豪雨時・大規模地震時の土砂生産量予測技術の高度化

Improvement of sediment production prediction during heavy rain and large earthquake

(研究期間 平成 28～30 年度)

土砂災害研究部 砂防研究室

室 長 桜井 亘  
主任研究官 内田 太郎  
研 究 官 松本 直樹

### [研究目的及び経緯]

本研究は、詳細な降雨・加速度分布情報や土砂災害発生前後の LP データを活用して豪雨時や地震時の斜面崩壊・土石流発生の実態の分析等を実施し、豪雨時や大規模地震時の土砂生産量予測技術の構築や降雨規模や地震の加速度が崩壊・土石流の規模・密度に及ぼす影響を把握し、砂防堰堤等、既往の砂防施設による事前対策の効果検証や対策手法を確立することを目的とする。

本年は、地震による斜面崩壊のうち、平成28年熊本地震による崩壊特性を分析するとともに、大規模地震による斜面崩壊危険度評価のために、地震加速度が地盤へ与える影響に関する評価手法を見直し、新たな危険度評価手法の提案を行い、有効性を検証した。また、斜面土層内の水みちの構造および封入空気が表層崩壊に及ぼす影響ならびに斜面土層内における水みちの発達過程について、人工斜面を用いた実験により検討を実施した。

# 大規模土砂災害発生時における緊急対応の高度化に関する研究

Research on the improvement of quick response capabilities for large –scale sediment disasters.

(研究期間 平成 26～28 年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室  
Sabo Risk-Management Division  
Sabo Department

室長	野呂 智之
Head	Tomoyuki NORO
研究官	村田 郁央
Researcher	Ikuo MURATA
研究員	鈴木 大和
Research Engineer	Yamato SUZUKI
交流研究員	阪上 雅之
Guest Research Engineer	Masayuki SAKAGAMI

Certain criteria are required to evaluate the possibility of debris flow after the eruption. It is, however, not well understood under which process or conditions debris flow were occurred in the past. So, we reviewed the historical records of the debris flow in Japan related to phreatic or phreatomagmatic eruption, and investigated the occurrence condition of small scale debris flow occurred after the 2015 eruption at Aso Nakadake volcano.

## [研究目的及び経緯]

火山噴火後、土砂災害緊急情報を精度よく発表するためには、火山噴火に起因する土石流が発生しやすい環境場が形成されているか否かの判断を迅速に行うことが求められる。既往研究では、降灰後の浸透能の低下に着目した議論が多く、火山灰の質を定量的に評価し、土石流発生への影響について議論した事例は少ない。藤田ほか(2012)は、噴出物の粒度と土石流発生の関係から、破砕度が高くなる水蒸気爆発、マグマ水蒸気爆発等、細粒分を火口近傍の山腹斜面に降下・堆積させるようなメカニズムが働く場合、土石流が発生しやすくなる可能性があると考えた。このことから、当研究室では、過去どのようなプロセスを経て水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発に起因する土石流が発生したか体系立てて整理し、近年あった阿蘇中岳噴火の状況や火山灰の質等と照らし合わせて検証を行った。

## [研究内容]

### 1. 文献調査

気象庁(2013)及び既往文献をもとに、有史以降に発生した水蒸気爆発とマグマ水蒸気爆発の記録及び、土石流に関するキーワードとして泥流、土石流、泥水、泥噴出、熱水、ラハールに関する記載がある噴火イベントを抽出した。本検討では土石流発生時に降雨や融雪等、水が土石流発生に関わったか否か文献の記載から判断し、判断がつかないものについては不明とした。なお、海底火山や土石流に関する記録が残されている蓋然性が低いと考えられる無人島の火山は、調査対象から除外した。

### 2. 近年の噴火（阿蘇中岳）での検証

火口周辺の斜面状況の変化や堆積した火山灰の質と、降雨型土石流との関係について把握するため、本研究期間中に発生した火山噴火の中から、阿蘇中岳を研究対象とした。本研究では、2014-2016年噴火活動の整理、降灰後の土砂移動状況の把握及び、採取した火山灰の質に関わる各種試験（粒度、含水比、液性限界・塑性限界）や分析（XRD、陽イオン交換容量）を行い、過去に発生した降灰後土石流と係った火山灰データと比較し、土石流が発生しやすい環境場について検証を行った。

## [研究成果]

### 1. 過去の水蒸気及びマグマ水蒸気爆発に係る土石流

既往文献から、日本における有史以降の水蒸気及びマグマ水蒸気爆発について整理したところ、110活火山のうち、49火山で水蒸気またはマグマ水蒸気爆発の記録が見られ、土石流の記録は60件確認できた。60件中36件は誘因が特定でき、発生プロセスを整理したところ12パターンに分類できた(表-1)。最も多かったものは降雨型、次いで火口噴出型であった。土石流発生の状況を整理したところ、①噴火様式が水蒸気やマグマ水蒸気爆発に移行した場合、②噴火口が増えた場合、③火砕流発生後、④降灰域が変わった場合に土石流が発生していた。また、⑤火口丘内に湯だまりがある場合、⑥源頭部で土砂が谷を埋めてダムアップ(流路閉塞)する場合にも、土石流発生の事例があるため、土砂災害緊急情報の通知タイミングとして検討する必要がある。

表-1 水蒸気爆発及びマグマ水蒸気爆発に伴う土石流の発生パターン

パターン	噴火様式 <sup>1)</sup>	土石流	噴火様式 <sup>1)</sup>	土石流	土石流	事例	
1	湯だまり	火口噴出型土石流	P			吾妻山(1977)	
2			P,Pm	(火砕サージ)	火口噴出型土石流	有珠山(2000)	
3			P		火口噴出型土石流 → 降雨 → 降雨型土石流	焼岳(1962)	
4	積雪		P		融雪型土石流	鳥海山(1974)	
5	積雪		Pm	(火砕流・火砕サージ)	融雪型土石流 → 降雨 → 降雨型土石流	十勝岳(1988-1989)	
6	積雪		Pm	岩層なだれ, 熱水サージ	融雪型土石流	十勝岳(1926)	
7			P	(火砕流・火砕サージ)	降雨	新潟焼山(1949)	
8			Pm	(火砕流・火砕サージ)	降雨	降雨型土石流	口永良部島(2015)
9			Pm		降雨	降雨型土石流	有珠山(1977-78)
10			Pm		降雨	降雨型土石流	雲仙岳(1990-91)
11			P	プラスト, 岩層なだれ	天然ダム	磐梯山(1888)	
12			P		天然ダム決壊型土石流	知床硫黄山(1857,1889,1936)	

<sup>1)</sup>P: 水蒸気爆発, Pm: マグマ水蒸気爆発

## 2. 阿蘇中岳で 2015 年に発生した小規模降灰後土石流の発生環境場と他火山事例との比較

阿蘇中岳では2014年11月25日からマグマ噴火が始まり、2015年9月14日からはマグマ水蒸気及び水蒸気爆発の噴火様式に移行し、2015年11月にかけて小規模な噴火が連続した。2015年11月18日には中岳火口南側の流域で最大時間雨量23mm(最大10分間雨量8.5mm:11:00-10アメダス南阿蘇)により、小規模な降雨型土石流が発生した(図-1d)。土石流発生9日後に現地調査したところ、火口北側2kmでは(南側は立ち入りできず)水蒸気爆発による灰色火山灰が厚さ3mm程度と薄いものの(図-1e)、二時期のヘリ斜め写真を比較した結果、9月14日(図-1b)に比べて10月20日(図-1c)ヘリ斜め写真では中岳火口南側で顕著な降灰域の拡大が見られ、流域源頭部へ集中的に火山灰が堆積していたことがわかった。現地でも採取した火山灰を分析した結果、2014-15年マグマ噴火期や2015年9月14日マグマ水蒸気爆発の火山灰と比べ、2015年9-11月間の水蒸気爆発による火山灰(表-2: 試料4)は粘土分が約20-40%、粘土鉱物(スメクタイト)を含み、自然含水比は40%と高かった。このことから、粘土分に富む細粒火山灰が集中的に火口周辺に堆積した際には、その後土石流の発生危険度が高まることわかった。また、2016年10月8日のマグマ水蒸気爆発の火山灰を加えて粒度を比較した結果、水蒸気やマグマ水蒸気爆発による火山灰には粒度の違いがみられた。

小規模降雨型土石流と関係した阿蘇中岳2015年9-11月の水蒸気爆発火山灰(表-2: 試料4)と他火山の火山灰(表-2: 試料8,9)を比較したところ、シルト及び粘土の粒度割合は概ね有珠山1978年9月の水蒸気爆発による火山灰と類似していた。また、三宅島2000年8月火山灰は阿蘇中岳火山灰と比較して粘土分は少ないものの、交換性ナトリウムが非常に高いことが挙げられた。以上のことから、本研究で検討した阿蘇中岳で降雨型土石流をもたらした2015年9-11月の水蒸気爆発火山灰は、過去に降雨型土石流をもたらした火山灰の質と一部類似しており、今後さらに細粒火山灰が厚く火口近傍に堆積した場合には、土石流発生のリ

スクが高まる可能性がある。また、交換性ナトリウム量が降雨型土石流の発生にどれだけ影響するかは今後の検討課題である。

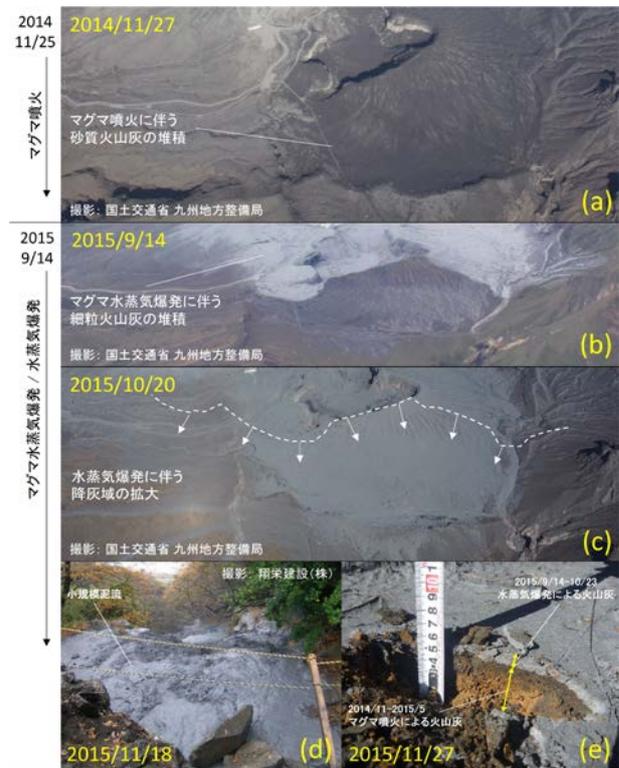


図-1 阿蘇中岳火口南側流域の推移

表-2 阿蘇中岳 2014-15年噴火と他火山の火山灰比較

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
噴火様式 <sup>1)</sup>	M	PM	PM,P	PM,P	PM?	PM?	PM?	P	P
火山名	阿蘇中岳	阿蘇中岳	阿蘇中岳	阿蘇中岳	阿蘇中岳	阿蘇中岳	阿蘇中岳	三宅島	有珠山
試料概要 <sup>2)</sup>	A.F.	A.F.	D.F.	A.F.	A.F.	A.F.	A.F.	A.F.	A.F.
採取日時	2014/11 ~2015/2	2015 9/15	2015 12/17	2015 12/18	2016 10/14	2016 10/14	2016 10/14	2000/7	1978/9
塵分含有率(%)	0.025 <sup>3)</sup>	0.1 <sup>4)</sup>	2.0	0.0	0.0	3.3	17.8	0 <sup>5)</sup>	0 <sup>6)</sup>
砂分含有率(%)	72.1 <sup>3)</sup>	43.2 <sup>4)</sup>	15.3	30.0	41.5	22.3	53.8	46 <sup>5)</sup>	39 <sup>6)</sup>
シルト分含有率(%)	24.2 <sup>3)</sup>	53.3 <sup>4)</sup>	41.8	43.6	48.3	63.5	23.4	39 <sup>5)</sup>	38 <sup>6)</sup>
粘土分含有率(%)	3.65 <sup>3)</sup>	3.4 <sup>4)</sup>	40.9	26.4	10.2	10.9	5.0	15 <sup>5)</sup>	23 <sup>6)</sup>
50%粒径(mm)	0.13 <sup>3)</sup>	0.06 <sup>4)</sup>	0.01	0.04	0.05	0.01	0.47	-	-
土粒子の密度 ρ s(g/cm <sup>3</sup> )	2.74	2.64	2.55	2.52	2.66	2.65	2.68	-	-
含水比Wn(%)	20.4	3.3	43.7	39.4	1.5	2.7	1.7	-	-
スメクタイト	x	o	o	o	o	o	-	-	-
陽イオン交換容量CEC(meq/100g)	0.2	-	11.0	-	3.7	5.9	-	-	-
交換性カルシウムCa(mg/100g)	-	-	2300	-	3000	-	-	1483 <sup>7)</sup>	-
交換性ナトリウムNa(mg/100g)	-	-	43	-	12	-	-	127 <sup>7)</sup>	-

<sup>1)</sup> 噴火様式: (M) マグマ噴火, (PM) マグマ水蒸気爆発, (P) 水蒸気爆発

<sup>2)</sup> 試料概要: (A.F.) 降下火山灰, (D.F.) 土石流堆積物

<sup>3)</sup> 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所: 未公表データ(4試料の平均値)

<sup>4)</sup> 国立開発法人土木研究所: 未公表データ(3試料の平均値)

<sup>5)</sup> 野村ほか(2003): 三宅島2000年噴火火山灰(2000年7月31日とんじん沢中流採取試料)

<sup>6)</sup> 北海道開発局土木試験所(1980): 有珠山1978年噴火火山灰(1978年9月採取試料)

<sup>7)</sup> 矢沢ほか(2004): 2000年7月14日噴火~8月18日噴火火山灰7試料の平均値

# 斜面崩壊の流動化条件の類型化と対策施設の要求性能に関する調査

Research on the classification of fluidizing conditions of the landslide mass and on required performance of prevention facilities for steep slope failure under

(研究期間 平成 26~28 年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室  
SABO Department  
SABO Risk-Management Division

室長	野呂 智之
Head	Tomoyuki NORO
研究官	村田 郁央
Researcher	Ikuo MURATA
研究員	鈴木 大和
Research Engineer	Yamato SUZUKI
部外研究員	遊佐 直樹
Guest Research Engineer	Naoki YUSA

Examples of cases where loads exceeding the conventional assumption are applied to the awaiting retaining wall due to the fluidization of the collapsed land have been issued. In order to optimize the design of the retaining wall in countermeasures against collapse of a steep slope, it is necessary to model this series phenomenon and evaluate the influence on the structure. In this study, stability analysis was carried out by multiple methods using modeled fluidization phenomena.

## [研究目的及び経緯]

本研究は、急傾斜地崩壊対策事業実施の効率化や事業実施箇所における施設設計の最適化に資するため、斜面崩壊の流動化条件を類型化し、崩土が流動化する斜面崩壊に要求される対策施設の要求性能について検討することを目的とする。そのためには、斜面の変形、崩壊、流動化、構造物への衝突といった一連現象をモデル化し、構造物への影響を評価したうえで施設の要求性能を設定することが必要である。

本年度は、急傾斜地崩壊対策における待ち受け擁壁の設計に用いる「崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した設計計算事例」と、作用する荷重の時間変化や地盤変形による作用を考慮した他の指針とを比較・整理し、動的な検討であるエネルギー法とマクロエレメント法による安定性解析を実施した。

## [研究内容]

### 1. 流動化現象のモデル化

個別要素法を用いて流動化から構造物の衝突までの現象についてモデル化を行った。実際の斜面崩壊事例を3次元解析により再現して解析パラメータの設定範囲を決定し、崩壊土砂の堆積形状や待ち受け擁壁及び落石防護柵に作用する衝撃荷重に地形条件や崩壊土量がおよぼす影響を整理した。

### 2. 落石防護柵の変形解析

崩土が堆積していく過程を個別要素法により再現解

析し、時間進行とともに堆積しつつ堆積土砂上を流動する崩土が待ち受け擁壁及び落石防護柵に与える荷重の波形データを得た。その波形データを用いてFEM解析モデルで落石防護柵の変形解析を実施した。

### 3. 待ち受け擁壁の安定性の検討

安定性照査法の比較として、崩壊土砂による衝撃力を考慮した待ち受け擁壁の設計法、道路土工—擁壁工指針(H24.7)、落石対策便覧(H12.6)の比較を行った。また、崩壊土砂による衝撃力に対して、エネルギー法およびマクロエレメント法により安定性の検討を行った。

## [研究成果]

### (1) 流動化現象のモデル化

対策工がない斜面崩壊事例を再現解析し、摩擦係数及び回転抵抗係数の解析パラメータ範囲を決定した。崩壊の発生高さ、崩壊土量、崩壊深、斜面勾配、垂直断面形、横断形状の各条件を条件ごとに3パターン設定した全16ケースの2次元個別要素法解析を実施し、崩壊土砂の待ち受け擁壁及び落石防護柵に作用する衝撃荷重におよぼす影響を整理した。

今回の条件下においては、上記6項目のうち、発生高さや斜面勾配が解析結果に与える影響が大きかった。また、3次元での解析結果も同様となった。

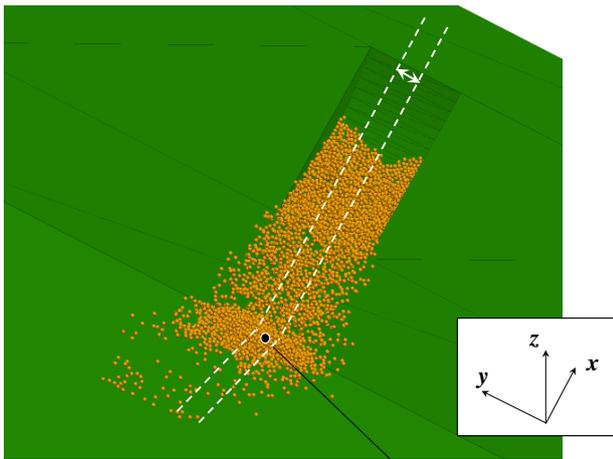


図-1 3次元解析の斜面及び土砂のモデル

## (2) 落石防護柵の変形解析

待ち受け擁壁及び落石防護柵の被災事例を再現解析し、荷重波形を深度ごとに分けて取得し、2次元FEM解析の入力荷重とした。破損・変形の程度が異なる3断面に実施した結果、変状状態の再現性を確認した。

## (3) 待ち受け擁壁の安定性の検討

各指針で想定する状態と荷重の組み合わせ及び照査方法を表1に示す。また、表2にそれぞれの照査法概要を示す。

表-1 想定する状態と荷重の組み合わせ

	崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待ち受け擁壁の設計計算事例	道路土工一擁壁工指針	落石対策便覧	照査方法
常時	自重 裏込土圧	自重 土圧 (+載荷重)	自重	静的な力の つり合い
地震時	自重 裏込土圧 慣性力	—	自重 慣性力	震度法
衝撃力作用時	自重 裏込土圧 衝撃力	—	—	衝撃力緩和 係数を用いて静的な力の つり合い
落石時	—	—	自重 落石	エネルギー 法

表-2 照査法概要

照査方法	概要
静的な力のつり合い	作用外力に対して滑動、転倒、地盤支持について力のつり合いにより、所定の値や安全率となるかを照査する
震度法	地震動による慣性力を設計水平震度として考慮し、静的照査法 擁壁の自重と裏込土圧に水平震度 $kh$ を乗じた値を用いる レベル2地震動で $kh=0.16\sim 0.24$ を用いる
衝撃力緩和係数を用いて静的な力のつり合い	告示式による移動の力に待ち受け擁壁による崩壊土砂の衝撃力緩和係数を乗じた値を用いて、静的な力のつり合いにより照査する
エネルギー法	落石の持つ運動エネルギーを支持地盤の塑性変形エネルギーに変えて吸収する 地盤塑性変形を考慮し、許容変位量から定まる可能吸収エネルギーによる照査
マクロエレメント法	ニューマークの剛体すべり法を3自由度に拡張 基礎底面に作用する荷重に対して基礎底面地盤の反力と変位を計算

各種法による安定性の検討を行った結果、崩壊土砂による衝撃力と崩壊土砂量を考慮した待ち受け擁壁の設計計算事例による手法では転倒による安定性が不可となる場合であっても、エネルギー法では崩壊土砂量によっては回転変形エネルギーよりも地盤の吸収エネルギーの方が大きくなり安定することが分かった。(2)で得られた荷重波形を用いたマクロエレメント法では、変位は生じるもののわずかな変位に収まり、地盤の変形により擁壁が転倒しない場合があることが確認された。

## 【成果の活用】

本調査結果は、急傾斜地崩壊防止施設の設計に係る指針を作成する際の基礎資料として活用する予定である。

## 崩壊土量予測技術の開発と急傾斜地崩壊対策への活用に関する研究

Research on The development of prediction technology of collapsed sediment volume and its application to countermeasure against slope failures

土砂災害研究部 土砂災害研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)

室 長 野呂 智之  
研 究 官 村田 郁央  
研 究 員 鈴木 大和

### [研究目的及び経緯]

合理的な急傾斜地崩壊対策施設の設計を行うためには、対象斜面のうち崩壊の蓋然性の高い箇所を特定し、崩壊土砂量を推定する必要がある。本研究は、SH 型簡易貫入試験を用いた土層区分から合理的な崩壊土砂量を推定する手法を開発することを目的とする。

本年度は、SH 型簡易貫入試験の結果と地形条件から、真砂土斜面における土層区分手法の開発を行った。

## リモートセンシングによる大規模土砂災害監視手法に関する研究

Research on the monitoring method of catastrophic landslide disasters by satellite remote sensing

土砂災害研究部 土砂災害研究室

(研究期間 平成 25～29 年度)

室 長 野呂 智之  
主任研究官 神山 嬢子  
研 究 員 鈴木 大和

### [研究目的及び経緯]

大規模土砂災害につながる恐れがある深層崩壊等の予兆となる微小な斜面変動を検出するための技術や、同時多発的な災害の被害状況を迅速に把握するための技術など、大規模な土砂移動現象に対する広域監視技術が求められている。

本研究は、広範囲の流域を対象とした干渉 SAR 解析による斜面変動検知手法や、災害時の迅速な被災状況把握手法を検討し、効率的な流域の大規模土砂移動現象の監視手法を開発することを目的とする。

本年度は、斜面変動の可能性がある干渉縞の自動抽出に向けて、干渉画像の深層学習を試行し、適用性検証と課題の整理を行った。また、干渉縞箇所が大規模土砂移動に至るリスクを評価するため、昨年度提案した手法（案）の広域監視における適用性を検証するため、他地域への適用とメッシュ情報を用いた評価手法の検証を行った。検証を踏まえ、干渉 SAR 解析による大規模土砂移動の広域監視手法（案）を開発した。

## 土砂災害対策フェーズに応じた危機管理に関する研究

Research on risk management according to sediment disasters prevention phase

(研究期間 平成 28～30 年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室

室 長 野呂 智之  
研 究 官 村田 郁央  
研 究 員 鈴木 大和

### [研究目的及び経緯]

土砂災害に対する警戒避難体制の強化のため、土砂災害警戒情報の精度向上、避難勧告の解除の是非の判断等、警戒期・急迫期、応急対策期の各フェーズに応じて情報収集から住民への提供まで一連のタイムラインを考慮した上で適切な危険度評価を行うことが必要である。

本研究は、土砂災害警戒情報の精度向上等、土砂災害発生危険度評価技術の高度化のため、各評価メッシュの素因特性を評価する環境パラメータの開発を行うとともに、当該環境パラメータの精度向上を継続的に行っていくための土砂災害データベースのシステム機能向上等を行うことを目的としている。

本年度は、地質に応じて降雨の流出特性が異なる点に着目し、地質ごとに適した半減期の実効雨量の推定を行い、推定した雨量値を指標に含めた場合の土砂災害発生予測精度の向上を試みた。また、入力データの精度向上・中長期の安定稼働のため、土砂災害データベースの機能改良等を行った。

## 警戒避難のための防災情報高度化に関する研究

Research on the improvement of alert dissemination system for sediment disasters prevention

(研究期間 平成 25～28 年度)

土砂災害研究部 土砂災害研究室

室 長 野呂 智之  
主任研究官 神山 嬢子  
研 究 員 鈴木 大和

### [研究目的及び経緯]

土砂災害の予兆の迅速な検知による自治体の迅速な防災体制強化や避難指示等の発令の判断、住民自らの避難行動の判断、また、発生情報の迅速な検知による応急対策の着手に役立てるため、防災情報の収集・発信の改善や高度化が求められている。

本研究は、土砂災害の切迫性を把握するための情報源として、ソーシャルメディア情報の活用可能性を明らかにすべく、Twitter 情報 (Twitter 社) の分析による土砂災害発生情報等の検知精度の評価と、実用化に向けて必要となる諸検討を行うことを目的とする。

本年度は、研究成果である災害情報収集システム DIGSUSS (Disaster Information Gathering System Using Social Sensor) のコンセプト、仕様をもとに、降雨による土砂災害、および地震や火山噴火に伴う土砂災害に関する情報を収集する DIGSUSS を構築中の 2 地方整備局に対して、収集キーワードの検討やツイートの分析方法等について技術支援を実施した。