

## 2021年8月豪雨に伴う雲仙温泉（八万地獄）の土砂くずれ

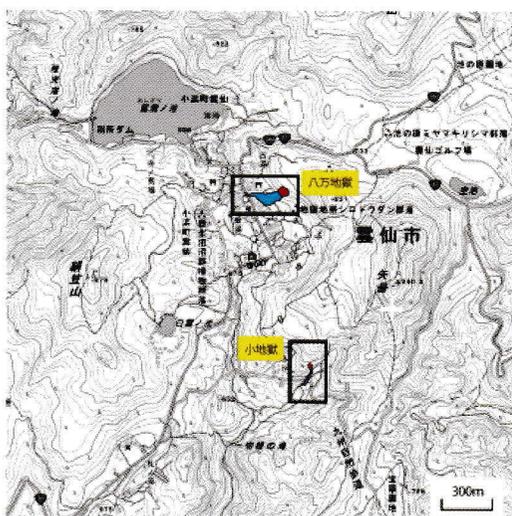
長井大輔\*

Geological Feature of Landslide at Hachiman-Jigoku on the Unzen Spa in 2021

Daisuke NAGAI

### 1. はじめに

2021年8月は長崎県内で記録的な豪雨を観測し、特に雲仙岳では降り始めの11日から13日午後6時までに、平年8月1ヵ月分の2倍を超える818.5ミリの降雨が観測された(福岡管区気象台, 2021). 雲仙温泉の小地獄では土砂くずれが起き、死者3名、負傷者1名の被害が出た(第1図). また、八万地獄ではより規模の大きい土砂くずれが起き、土砂が建設中の旅館や土産屋に押し寄せ、一部は国道57号線まで達した. 本報告では八万地獄の土砂くずれについて、その被害状況と地質学的な特徴を報告する.



第1図 2021年8月豪雨に伴う土砂くずれ  
国土地理院 1/25000「雲仙」に加筆

### 2. 被害状況

八万地獄は雲仙地獄の北縁に位置し、活発な噴気活動が見られる場所である. 国立公園内にあり、地獄を見学できる展望台や散策路が整備されていた. また、雲仙温泉の源泉があり、各施設に温泉を運ぶ配管も設置されていた. また山側から温泉街にのびる水道管も埋設されていた. 今回の土砂くずれでは、これらの多くが被害を受け、地獄見学の閉鎖、一部の温泉施設の休業を余儀なくされた.



第2図 被害前の八万地獄(被災前)



第3図 土砂で埋まった八万地獄（被災後）



第4図 土砂が流入した土産屋  
土砂撤去後の様子。ガラス窓が割れ、鉄製フレームが土砂圧で変形している



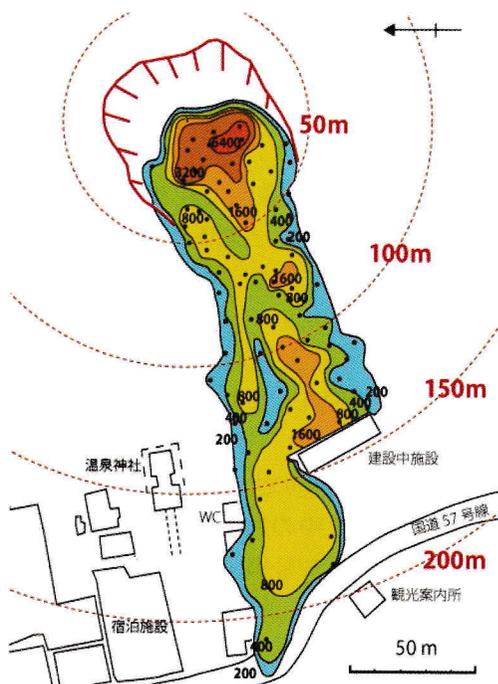
第5図 寸断された散策路と温泉配管

### 3. 土砂の堆積量

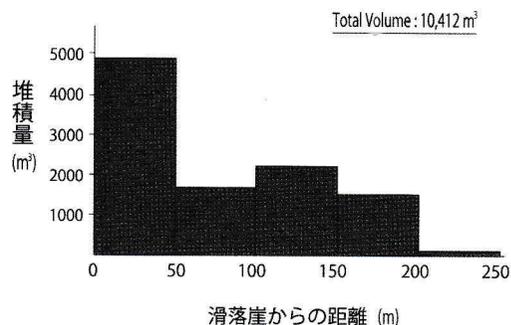
現地では土砂の除去作業が一部で行われており、降雨による再浸食で堆積物の断面も観察できる場所もあった。また、堆積物の厚い場所では基底露出面からの簡易測量を行い、堆積物の層厚を計測した。第6図に堆積物の等層厚線図を示す。土砂の分布は、幅約55m、滑落崖からの長さ約240mに及ぶ。途中約140m付近に建設中のコン

クリート壁があり、これが砂防ダムの役割を果たし、土砂の一部を止めている。等層厚線図を基に堆積量を換算し、滑落崖から50mごとの距離変化を求めた（第7図）。

同図では滑落崖から100m～150mの間で堆積量が多く見られ、コンクリート壁の



第6図 土砂の分布状況  
図中の黒点は分布を確認した地点。コンターは、堆積物の厚さ（mm）を示す。同心円は滑落崖からの距離



第7図 距離による堆積量変化

影響が確認できる。また、同図より今回の土砂くずれ総量は、約1万 $\text{m}^3$ と見積られる。これを高谷（2017）の分類で見ると、今回のものは表層崩壊の大規模クラスとなる。滑落崖の頂部から土砂範囲の先端までの水平距離と比高から求められる“等摩擦係数”は、崩壊土塊の拡がりやを定量的に表す指標として用いられるが、今回の事例（水平距離240m, 比高60m）では等摩擦係数は、0.25であった。これは過去の大規模な地すべりで得られた値（おおむね0.1-0.3, 藤田崇, 2004）の範囲に入る。同値は今後の土砂到達範囲の予測に重要な指標である。

形態	規模	崩土量 $\text{m}^3$	分類
表層崩壊	小規模	$<10^3$	山くずれ
	中規模	$10^3 \sim 10^4$	山くずれ
	大規模	$10^4 \sim 10^5$	山くずれ, 地すべり（雲仙八万地獄）
深層崩壊	巨大規模	$10^6 \sim 10^8$	地すべり, 崩壊性地すべり
	超巨大規模	$10^8 <$	火山の山体崩壊（眉山, 磐梯山など）

第8図 崩壊量による規模と分類  
高谷（2017）に加筆

#### 4. 滑落崖の地質

雲仙温泉周辺は、矢岳や絹笠山など雲仙火山の中期（約15-30万年前）の厚い熔岩や熔岩ドームがあり（星住ほか, 2002）、そこに長期的に火山起源のガスや熱水が噴出することによる熱水変質地帯が形成されている（太田, 1984）。今回の土砂くずりは矢岳山麓にある帯山（おびやま）の急崖で起きた。滑落崖では以下の4つの層が確認できた。

##### (1) 基底溶岩

滑落崖の最下部に分布する緻密な溶岩で滑落崖の基底で約2mの厚さで見られる。中心部は雲仙火山でよく見られる灰色のデイサイト質溶岩である。この上部は暗灰色で、ハンマーで容易に削れるほど柔ら



第9図 土砂くずりで生じた滑落崖



第10図 滑落崖で見られる地質

かく変質している（第11図）。

##### (2) 青灰色変質粘土帯

最下部の基底溶岩より約40cmの厚さで粘土化した層が見られる。下位の基底溶岩の変質部とは漸移的に接し、青灰色の粘土化した層である。部分的に黄褐色を呈する場所もあり、熱水や火山ガスに含まれる硫黄の影響と見られる。同粘土帯に南西方向に約30°の傾きをもつ、円弧状のすべり面を確認した（第12図）。

##### (3) 赤褐色岩屑なだれ堆積物

粘土層の上位には、約2.3mの厚さで淘汰の悪い火砕物が確認できる。これらの中には、数m大の溶岩ブロックや火砕流堆積物、火山灰層起源のブロックが不規則に見られる（第13図の点線部）。緻密な溶岩ブ

ロックではジグソークラックも見られ、これらは岩屑なだれ堆積物の特徴を有する。矢岳周辺では複数の崩壊地形があり、これらに伴う山体崩壊の堆積物と考えられる。

#### (4) 角礫混じり土壌

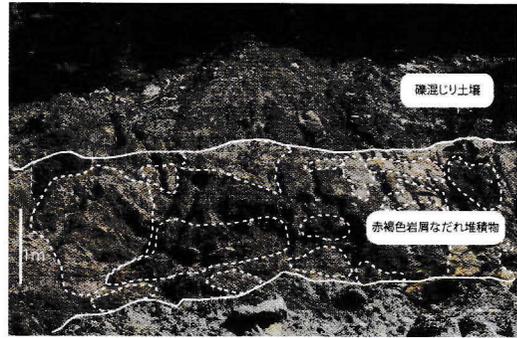
岩屑なだれ堆積物の上位には、約2.5mの厚さで淘汰の悪い褐色土壌層が見られる。これらには、拳大の溶岩の角礫が多数含まれ、一部角礫部と土層部との互層も見られる。同地点の背面にも溶岩が形成した急崖が続いており、過去に繰り返してきた小規模崩壊による崖錐堆積物と考えられる。同層の上部は厚さ40cm程度の表土があり、樹木等の植生に覆われる。



第11図 基底溶岩の上部（暗灰色部）

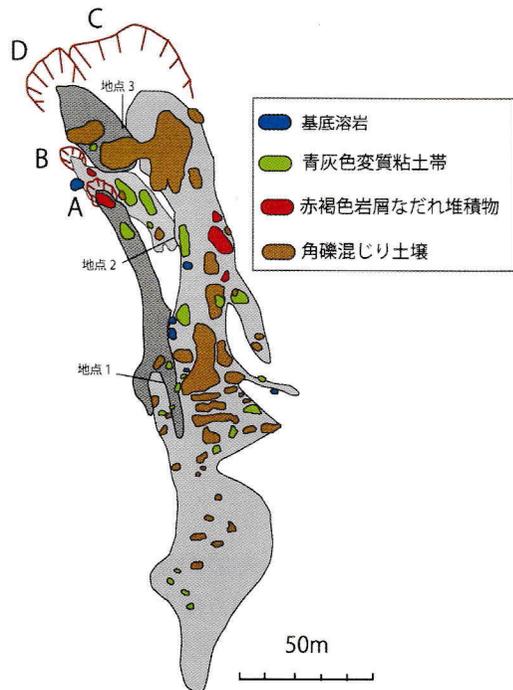


第12図 変質粘土帯で見られるすべり面  
白三角の位置にすべり面を確認



第13図 滑落崖上部の地層

点線で囲った箇所は岩屑なだれ堆積物のブロック構造

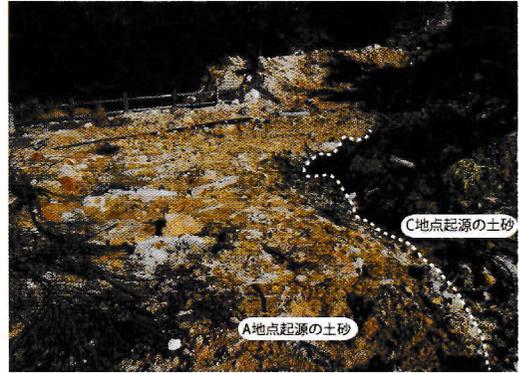


第14図 滑落崖及び崩壊土塊の分布

#### 5. 崩落プロセス

滑落崖を細かく見ると4か所（A, B, C, D）の発生源を確認できる。A, B両地点では馬蹄形の崖が形成され、円弧上に抉れた崩壊地形が見られる。C, D地点では平面的に広く滑落した地形が見られる。滑落崖の傾斜は4地点とも約40～45°程度である。また、下流に広がった崩壊土砂にはブロック状に粘土や土壌などの土塊が見られる。（第15図）。第14図の地点1では、C地点を起源

とする土砂の上をA地点起源の土砂が覆う。また、地点2では、B地点起源の土砂をC地点起源の土砂が覆う。地点3では、C地点起源の土砂をD地点起源の土砂が覆う。これらのことから、崩落の発生順序は、最初にB地点、その後C地点、更にA地点、D地点と続いたものと推測される。同図より今回の崩落でもっとも規模の大きな崩壊を起こしたのは、C地点からの崩落であることが分かる。



第16図 土砂堆積の前後関係

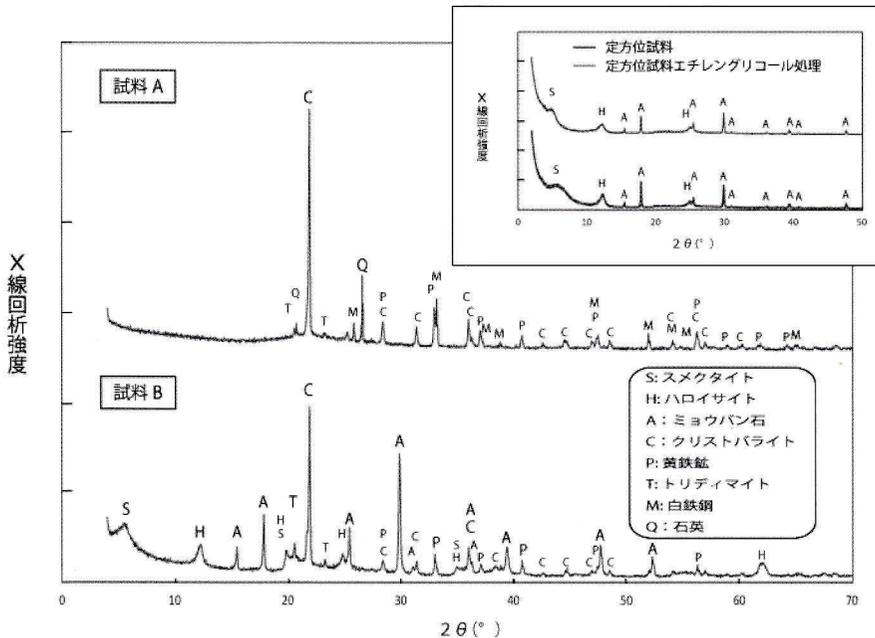
第14図地点1にてC地点起源の土砂を被うA地点起源の土砂



第15図 崩壊土砂のブロック状構造  
青灰色粘土帯の土塊

## 6. 粉末X線回析

滑落崖や崩壊土塊で見られた基底溶岩及びすべり面を確認した青灰色変質粘土帯について、復旧工事で搬出された土砂より許可を得て試料を採取し、粉末X線回析装置(XRD)を用いて、構成物の分析を行った。分析では試料全体の鉱物組成の概略を把握するため、まず定性分析を行い、その後、ストークの原理を用いて2ミクロン以下の粘土鉱物を抽出し、定方位分析を行った。



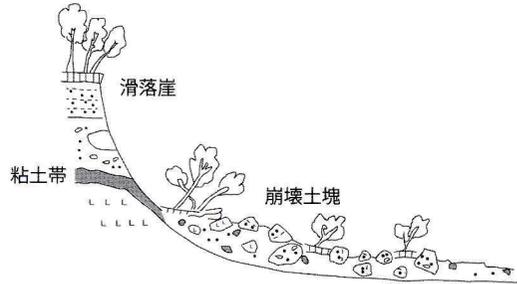
第17図 粉末X線回析の結果

定方位分析では、室温乾燥した定方位試料と、さらにエチレングリコール処理を行った試料を作成し、粘土鉱物の同定を行った。

基底溶岩（試料A）のXRD分析結果では、主な鉱物として、二酸化ケイ素が主成分であるクリストバライトや石英、トリディマイトが含まれ、この他、硫化鉱物の白鉄鉱、黄鉄鉱が含まれることが分かった。この試料について粘土鉱物は検出されなかった。一方、青灰色変質粘土帯（試料B）には、同様にクリストバライト、トリディマイトが含まれ、硫化鉱物の黄鉄鉱、硫酸塩鉱物のミョウバン石が含まれる。粘土鉱物も含まれることが分かり、定方位分析の結果、エチレングリコール処理を行った試料で回折ピークの移動が確認され、粘土鉱物はスメクタイト及びハロイサイトと同定された。

### 7. 発生要因

今回の土砂くずれ発生地は、雲仙火山の熱水変質地帯にあり、母岩の安山岩やデイサイト質溶岩が熱水や火山ガスによって変質を受けている。溶岩と上位の火砕物との間には、粘土化した層があり、この層よりスメクタイトなどの粘土鉱物が確認された。スメクタイトは結晶構造が層状である特徴があり、水を含むとその層間に水を貯えて膨潤する性質がある。そのため、スメクタイトを多く含む土は湿潤状態では急速に脆弱になる性質がある。上位の火砕物は崩壊性の土砂が堆積した地層で地盤は弱く、ブロックの割れ目もあり透水性が高い、この環境下にあたる場所で記録的な豪雨となったことで、浸み込んだ雨水は火砕物の土塊重量を増大させ、基底溶岩との境界にある粘土帯で湿潤した粘土鉱物が膨潤を起こし、同層がすべり面となって崩壊が起きたと考えられる。



第18図 崩壊断面の模式図

### 8. おわりに

鎌田（1996）は雲仙地獄での「温泉地すべり」について、変質した粘土に地下水が過剰に浸透することで発生すると関連付け、地獄周辺に広がる盆地状地形を説明している。以前から土砂崩壊が懸念されている場所であった。今後も異なる場所で同様な崩壊が発生する可能性あり、周辺の粘土層の分布を把握することが、今後の整備計画や防災対策に重要である。土砂災害現場では、その後、埋まった土砂から新しい温泉が確認され、応急的に配管が設置され、温泉を各施設に送れるようになっている。また、地下からの噴気活動は依然続いており、現地では新しい地獄も誕生している。早期の復興を願うと共にこれらが新しい魅力の発信地になることを願う。



第19図 崩落土砂より新たに湧いた温泉

最後になりましたが、今回の土砂くずれで犠牲にあわれたご家族のご冥福をお祈りいたします。また、九大名誉教授太田一也先生から寄贈いただいた資料は本研究を進めるにあたって大変参考になった。現地調査において環境省雲仙自然保護管事務所及び長崎県環境部自然環境課、長崎県島原振興局林務課には大変お世話になった。また、島原半島ジオパーク協議会の森本拓専門員やUNZEN JIGKU caféより被災前後の写

真を提供頂いた。また、粘土分析に用いた試料は、災害復旧のための廃土の中からブロック状で保存のよい試料を星野建設株式会社より分けて頂いた。長崎県窯業技術センターでのXRD分析では、スタッフの方々に大変お世話になった。また県地学会の武内浩一氏には、XRD分析の前処理から解析に至るまで丁寧にご教示をいただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 福岡管区気象台（2021）災害時気象資料。8月11日から19日にかけての九州・山口県の大雨について。19。  
星住英夫・宇都浩三・松本哲一・徐勝・栗原新・角井朝昭（2002）雲仙火山の形成史—山麓掘削と組織的放射年代測定の結果。月刊地球，24，828-834。  
鎌田泰彦（1996）雲仙の地獄と津波見の動物化石。「大地は語る」長崎県自然保護協会編，36-37。  
藤田崇（2004）地すべり—地形地質的認識と用語。日本地すべり学会編，25。  
太田一也（1984）雲仙火山—地形・地質と火山現象。長崎県，39-41。  
高谷精二（2017）地すべり山くずれの実際。鹿島出版会，70。