

(公社) 砂防学会 令和3年8月豪雨災害に係る緊急調査 —九州地方で発生した土砂災害について—

1. はじめに

令和3年8月台風第9号から変わった温帯低気圧の影響による豪雨および11日からの前線に伴う大雨により、東北地方から九州地方にかけての全国各地で土砂災害が発生した。公益社団法人砂防学会では、土砂災害発生の原因、今後の対策等の検討のため、各支部において緊急調査を実施した。ここでは、九州支部が実施した長崎県雲仙市小浜町雲仙の宿泊施設「青雲荘」近くで発生した土砂災害の調査結果を報告する。

調査日

令和3年11月12日（金）

調査メンバー

地頭菌 隆（砂防学会九州支部長，鹿児島大学）

清水 収（砂防学会九州副支部長，宮崎大学）

大石 博之（西日本技術開発株式会社）

岡野 和行（アジア航測株式会社）

坂島 俊彦（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

鳥田 英司（アジア航測株式会社）

吉永 子規（砂防エンジニアリング株式会社）

2. 降雨状況

8月11日から19日にかけて、日本付近に停滞している前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込み、前線の活動が活発となった。その影響で、西日本から東日本の広い範囲で大雨となり、総降水量が多いところで1200mmを超える記録的な大雨となった（気象庁，2021）。

崩壊地近傍の雲仙岳観測所（図2.1）の8月11日から19日のハイトグラフを図2.2に、気象庁（2021）によるその期間の1時間から72時間雨量の最大値と総雨量を表2.1に示す。雲仙岳観測所では特に8月12日深夜に雨量が大きく、最大1時間雨量81.5mm、最大24時間雨量571.5mm（観測史上最大）を記録した。

また、小地獄地区では11日の降り始めから崩壊発生まで（8月11日4時から13日4時）の雨量は48時間で670.0mm、八万地獄地区では11日の降り始めから崩壊発生まで（8月11日4時から13日18時）の雨量は48時間で818.5mmであった。



図 2.1 雲仙岳観測所の位置図

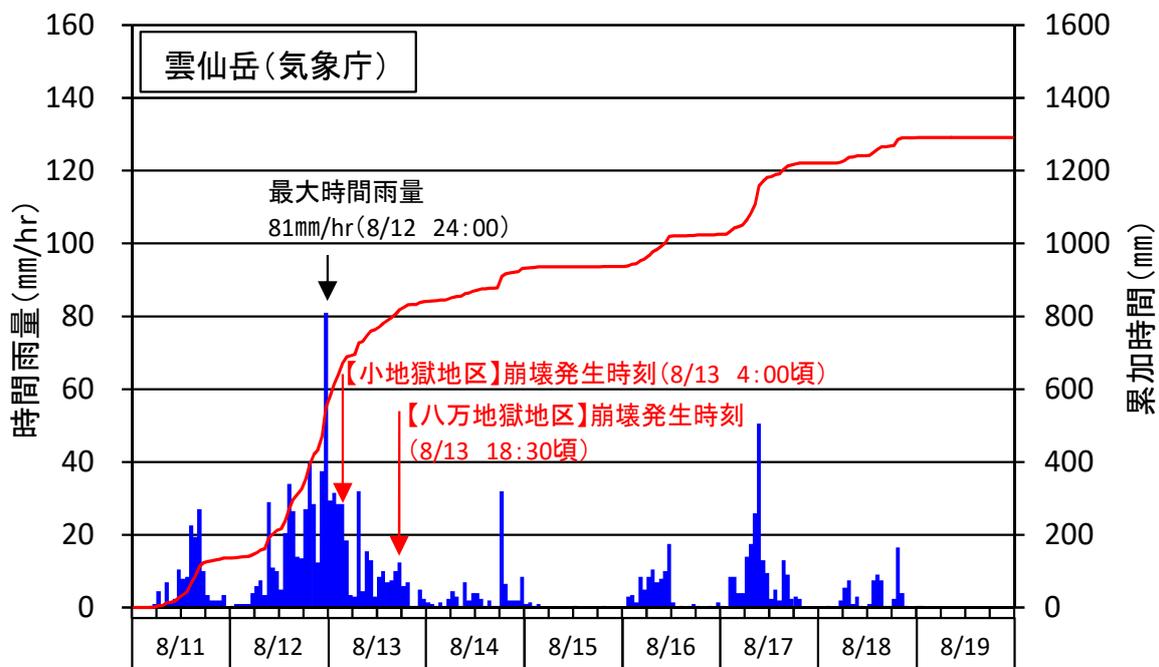


図 2.2 2021年8月11日から19日の降雨状況（雲仙岳観測所）

表 2.1 2021 年 8 月 11 日から 19 日の降雨量（雲仙岳観測所）

地点：雲仙岳（ウンゼンダケ） （8 月 11 日 0 時～19 日 24 時）	期間最大値		備考
	（mm）	年月日 時分（まで）	
1 時間雨量	81.5	2021/08/12 23:58	
3 時間雨量	155.5	2021/08/13 01:20	
6 時間雨量	242.0	2021/08/13 04:20	
12 時間雨量	381.0	2021/08/13 04:20	
24 時間雨量	571.5	2021/08/13 08:20	観測史上最大
48 時間雨量	743.0	2021/08/13 11:10	観測史上最大
72 時間雨量	848.5	2021/08/14 08:10	観測史上最大
期間内総雨量	1291.5	—	

※気象庁（2021）より作成

3. 被害状況

長崎県雲仙市小浜町雲仙の雲仙温泉街において、小地獄地区と八万地獄地区（両地区は直線距離で約 1km 離れる）の 2 か所で斜面崩壊が発生した（図 3.1）。このうち小地獄地区では、崩壊土砂が斜面脚部の小さな谷を流下し、谷出口にあった住宅を全壊させて、人的被害を伴う土砂災害となった。住家 2 棟が全壊し、うち 1 棟で 3 名が死亡、もう 1 棟で 1 名が重傷を負った。流出した土砂は谷出口からさらに約 100m 遠方まで到達し、そこにある宿泊施設「青雲荘」の 1 階内部にも流れ込んだ。報道によると、災害発生時刻は 8 月 13 日午前 4 時頃である。

八万地獄地区の崩壊は 8 月 13 日午後 6 時 30 分頃に発生した。崩壊土砂は観光スポットの八万地獄を流れ下り、さらに国道 57 号線まで到達して、途中の土産物店、飲食店などに被害を与えた（長崎県災害対策本部，2021）。



図 3.1 雲仙市小浜町雲仙の小地獄地区（上）および八万地獄地区（下）の災害状況
（アジア航測（株）・朝日航洋（株）撮影）

4. 調査地の地形・地質

(1) 地形

崩壊が発生した小地獄地区と八万地獄地区は、雲仙火山の矢岳の西側に広がる台地の外縁部に位置している（図 4.1）。崩壊が発生した斜面は傾斜 30 度以上の急勾配をなすが、その上部はなだらかな地形を呈する。崩壊斜面およびその上部斜面に明瞭な集水地形は認められない。



図 4.1 調査地の地形（地理院タイルに赤色立体地図を透過投影して作成）

(2) 地質

調査地一帯の地質は、17万～50万年前の古期安山岩類と総称される安山岩（一部デイサイト）溶岩と火砕岩から構成され、広域に熱水変質を受けている（図4.2）。

図4.3は、現地調査に基づいて作成した崩壊斜面の地質柱状図である。最下位の凝灰角礫岩層は、直径数cmから30cm程度の安山岩角礫と細粒の基質部からなり、山体崩壊などの短い移動距離で堆積したものと推定され、非常に淘汰が悪い。また、基質部は熱水変質を強く受けて灰白色の極軟質粘土になっている。

その上位の火砕岩層は、直径1cm未満の細礫から砂程度の粒径の火山砕屑物が淘汰の良い状態で堆積し、最下部には5cm厚さの凝灰岩層がみられる。また、層下部の細礫を主体とした層には炭化木片が含まれていた。この層準は崩壊地内で層厚が2～5mと変化しており、旧谷地形を埋めて堆積したものである。また、この層準は最上位にリング状パターン（リーゼガングリング）が認められることから、上位の崖錐堆積物に覆われる前に熱水変質を受けたと推察される。

さらに上位には、細粒の基質部を主体とした直径30cm程度の安山岩礫を含む層が分布している。この層位は全般に褐色を呈した基質からなり、下位の層準と違って熱水変質の影響が少なく、火山灰質土の中に新鮮で硬質な安山岩礫を含むことから崖錐堆積物と考えられる。この層より上位は植物根を含む表土層となっている。

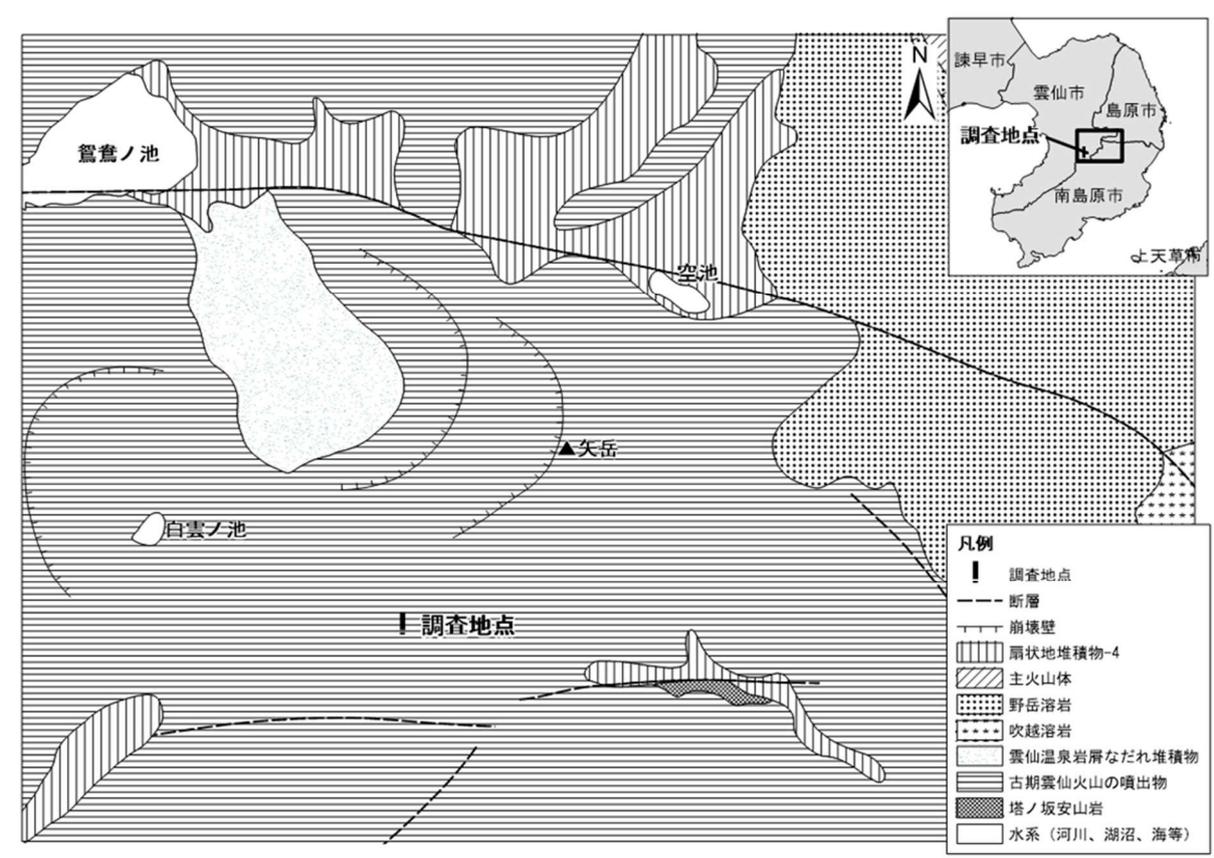


図4.2 調査地の地質図（渡辺ら，1995）

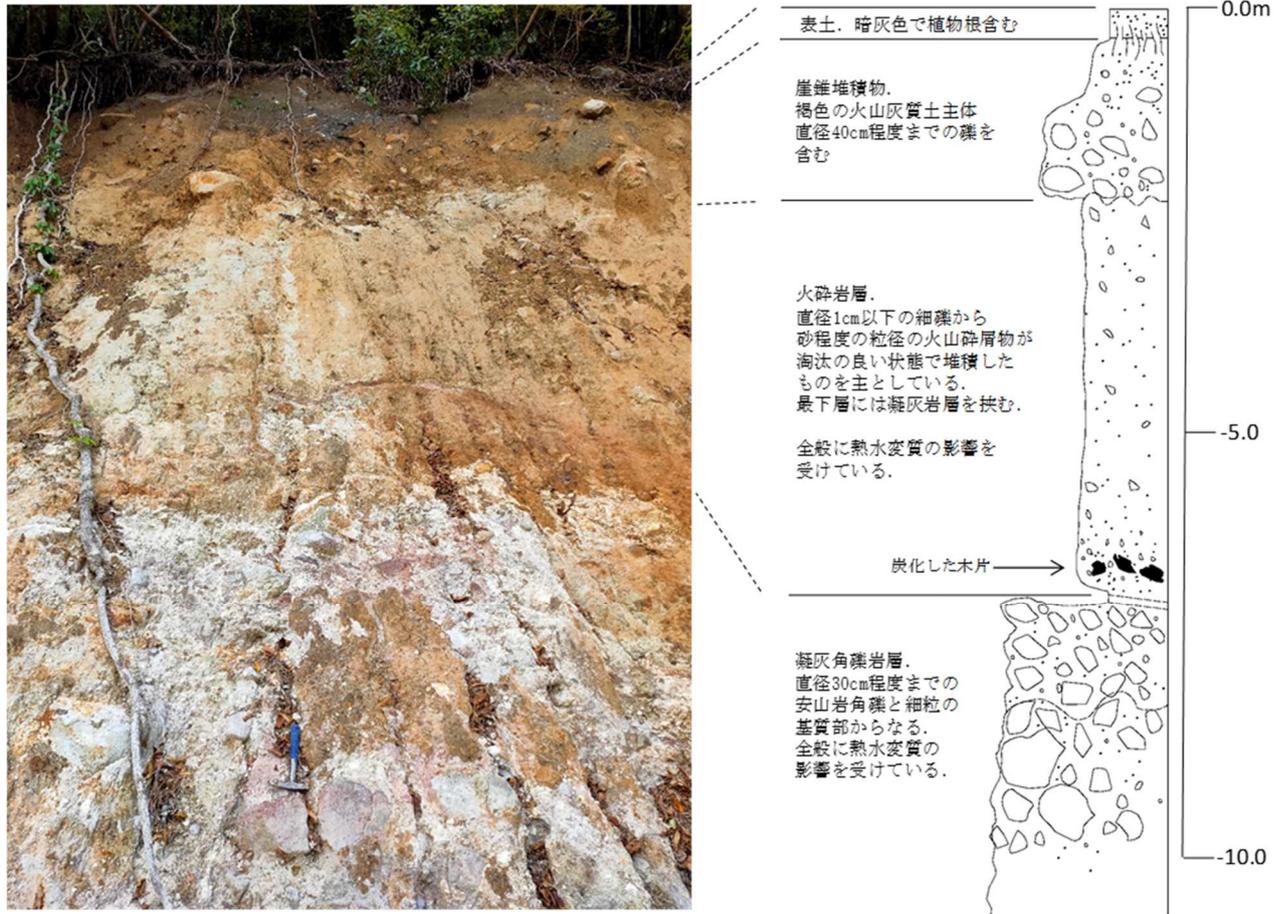


図 4.3 崩壊斜面の地質柱状図

5. 土砂移動現象の特徴

(1) 崩壊の特徴

国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所雲仙砂防管理センターによる航空レーザ測量成果を用いて小地獄地区の災害地の地形を調査した。図 5.1 は、災害前（2021 年 1 月）と災害後（2021 年 9 月）のオルソフォト等高線図および赤色立体地図である。また、図 5.2 は、災害前後の航空レーザ測量結果の差分解析による地形変化と崩壊地を拡大した赤色立体地図である。小地獄地区の崩壊は、平均勾配 35 度の斜面で発生し、最大幅約 31m、斜面長約 45m、最大鉛直深約 7m であった。また、崩壊土砂量は、崩壊前後の地形標高モデルの差分解析から算出すると約 3,800m³であった。

崩壊した斜面の上部には最大幅約 30m、斜面長約 36m の表層崩壊跡地が認められる（図 5.2）。今回の大雨では、この崩壊により斜面に堆積していた崖錐堆積物とその下位の熱水変質を受けた火砕岩層が崩壊したものである（図 5.3）。崩壊地の脚部（図 5.1 の A 地点）からは湧水がみられ、電気伝導度 31.3mS/m、pH3.2、水温 11.4℃、シリカ濃度 59mg/l であった。一方、崩壊斜面に隣接する渓流水（図 5.1 の B 地点）は、電気伝導度 8.6mS/m、pH4.7、水温 11.6℃、シリカ濃度 50mg/l であった。一般に火山周辺の地域では、地下水に火山ガスが付加されると水の電気伝導度は高くなる（鍵山，2018）。崩壊した斜面は、湧水の電気伝導度が非常に高いことから、地下深部から供給された火山ガスが地下水に付加される地下構造を有し、さらに電気伝導度が高くなった地下水は母岩の変質をより進行させる条件下にあったと考えられる。

崩壊発生機構としては、8 月 11 日から崩壊発生までの総雨量 600mm 以上という多量の雨水が斜面に浸透したことと地下構造に規制されて流動した地下水の集中によって、崖錐堆積物およびその下位の火砕岩層の間隙水圧が上昇して崩壊に至ったと考えられる。その結果、崩壊深がやや大きくなり、崩壊土砂量も多くなった。

崩壊地の復旧工事においては、崩壊地からの地下水排除を講じることや酸性を示す地下水に耐える工法を採用することが必要である。

小地獄地区周辺の台地外縁部には今回の崩壊と同様の形状をした崩壊跡地が判読される（図 5.4）。特に、八万地獄地区の南側には崩壊跡地が集中して分布し、台地の後退が進んでいる。火山性地質の地域は火山活動に伴う堆積物が幾層も重なっており、火山特有の断裂構造や地下水が集中しやすい埋没谷では今回のようなタイプの崩壊が起こることがある。

災害前（2021年1月）

災害後（2021年9月）

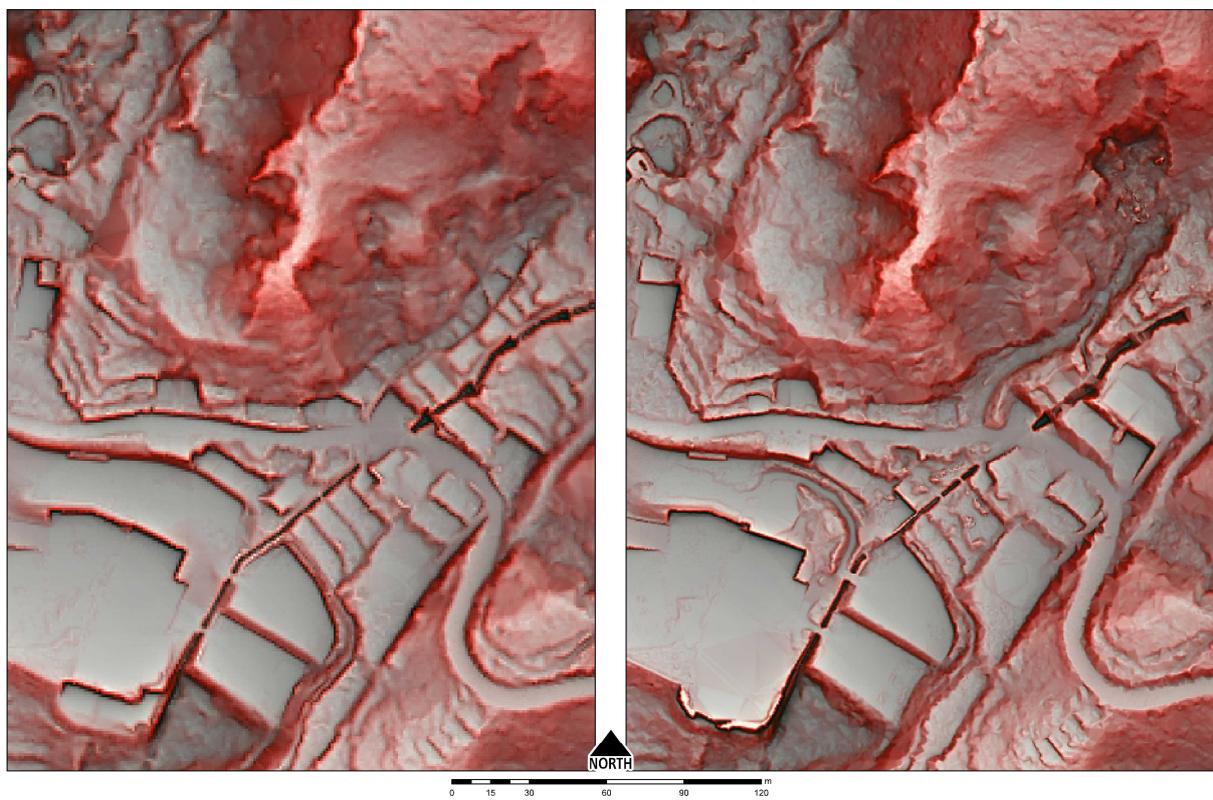


図 5.1 小地獄地区の災害地のオルソフォト等高線図（上）および赤色立体地図（下）

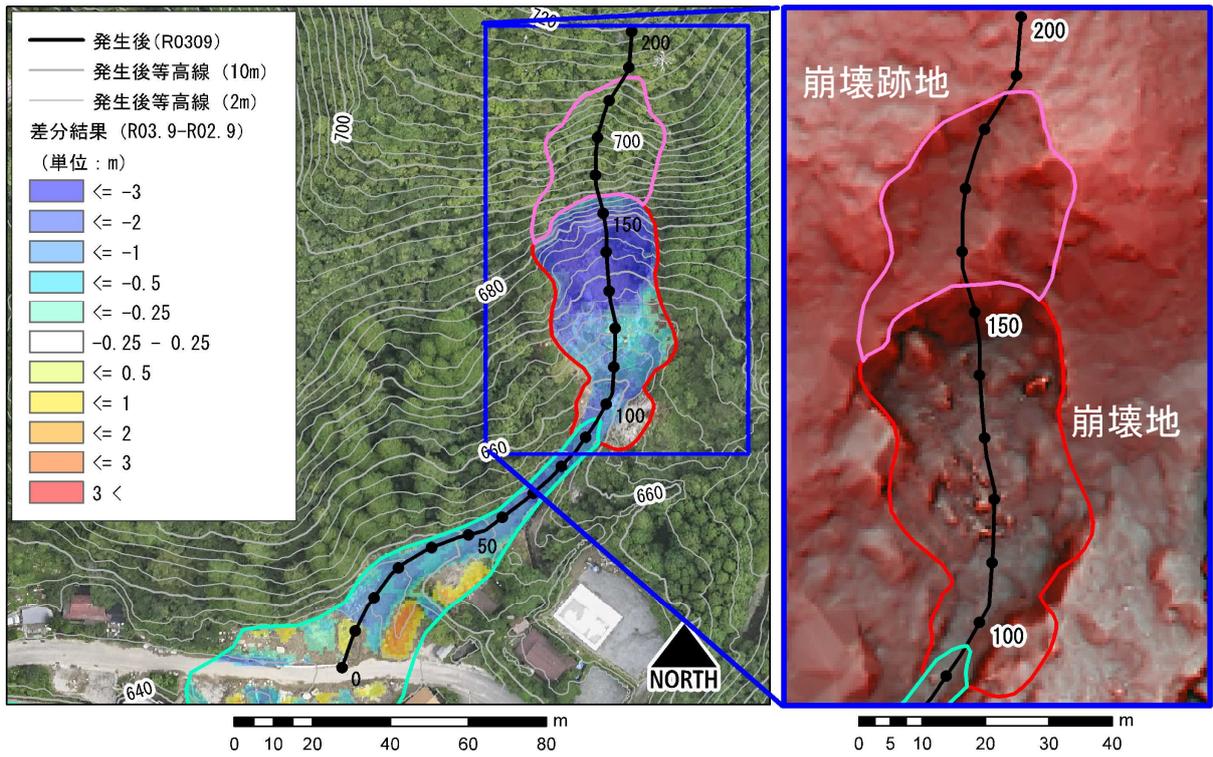


図 5.2 小地獄災害地における航空レーザ測量結果に基づく差分解析と崩壊地の赤色立体地図



図 5.3 小地獄地区の崩壊地全景

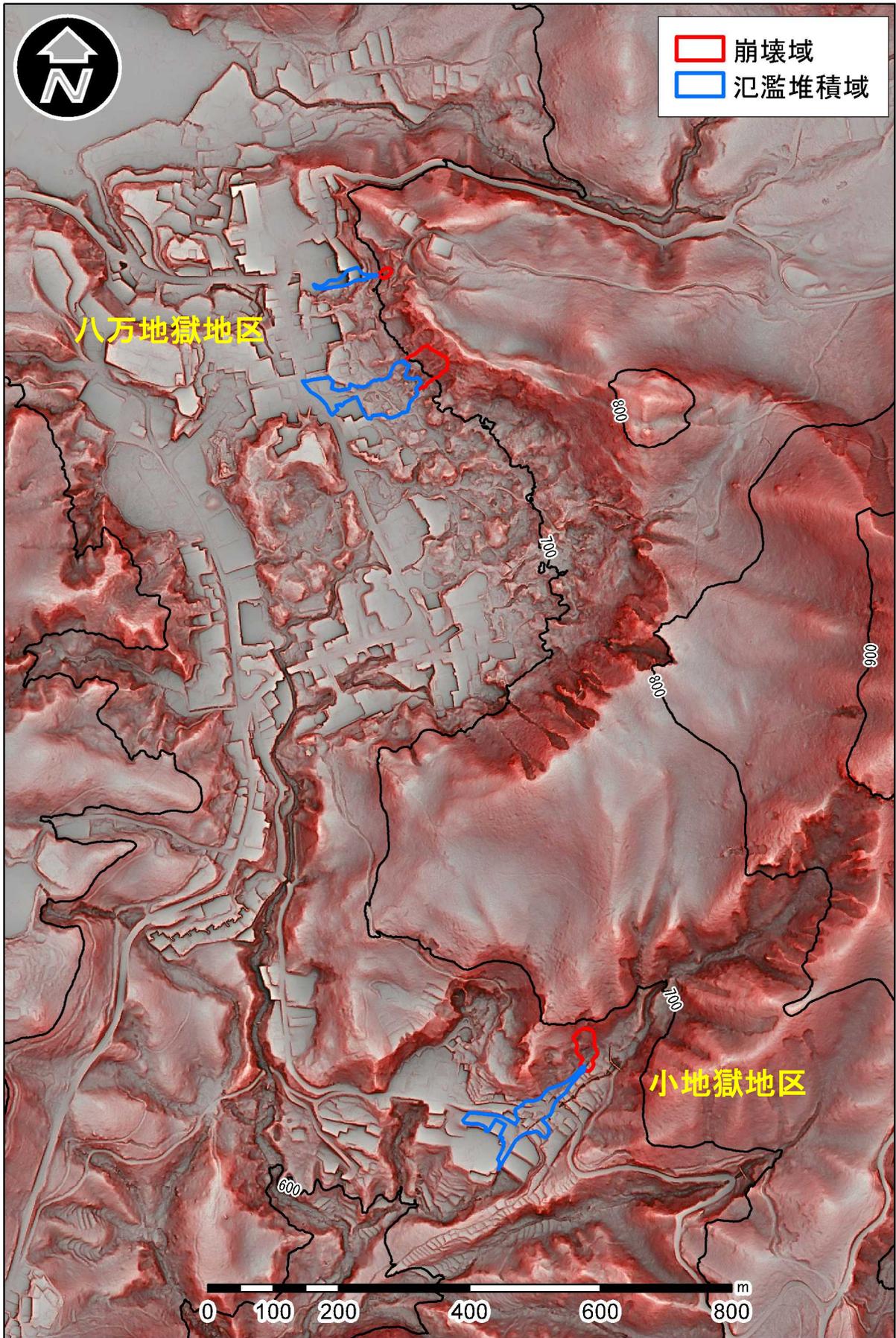


図 5.4 雲仙温泉被災地周辺の赤色立体地図

(2) 土砂流下の特徴

図 5.5 は、災害前後の航空レーザ測量データから作成した縦断図と縦断勾配を示したものである。なお、大型土のうより下流は崩壊による堆積土砂が除去されていたため、災害後に撮影された斜め写真や現地調査により堆積地形を推定した。

図 5.6 は、崩壊土砂の流下状況（縦断測点 120m 付近から 80m 付近の区間）を示したものである。斜面から浸透した雨水と地下構造に規制されて集中した地下水を含んだ崩壊土砂と斜面に植わっていた樹木は、斜面脚部の小さな谷に入り、一部左岸に堆積したが、大部分は溪床・溪岸を侵食しながら流下した。崩壊土砂や流木は、溪床勾配 10 度未満の縦断測点 50m から 30m の区間では一部土砂を堆積させながら流下し、縦断測点 30m 地点から氾濫して市道付近の住家を破壊し、宿泊施設「青雲荘」まで達した（図 5.7）。

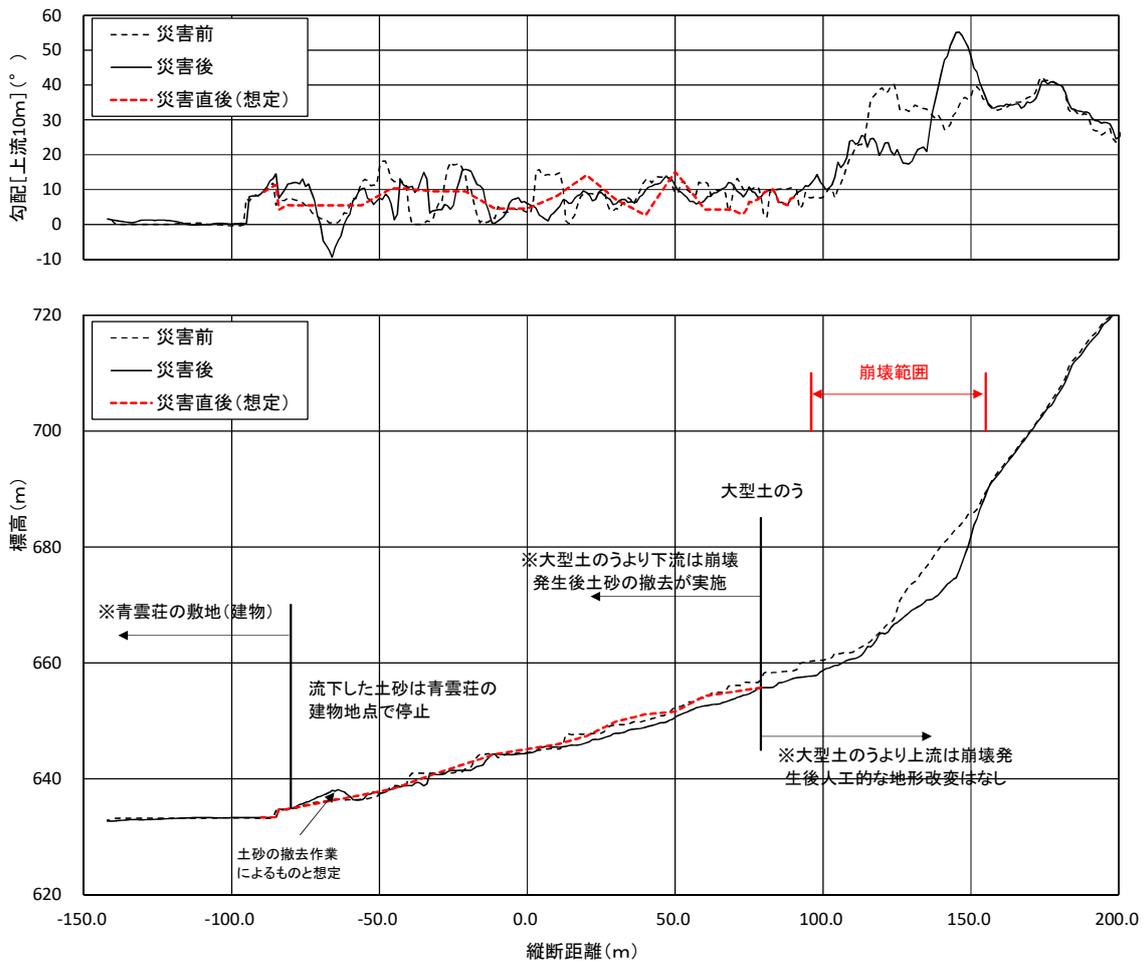
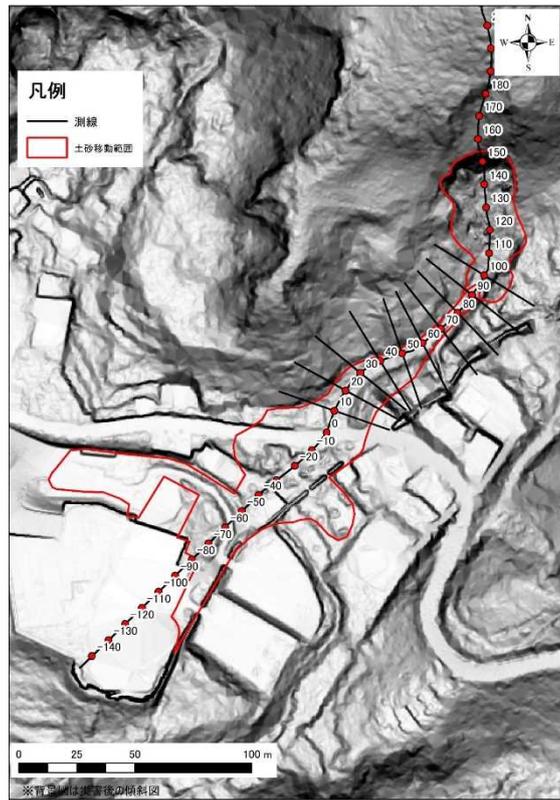


図 5.5 崩壊前後の縦断図と縦断勾配（縦断距離の位置は上の平面図に示す）



図 5.6 崩壊土砂の流下状況（図 5.5 の縦断測点 120m 付近から 80m 付近の区間）

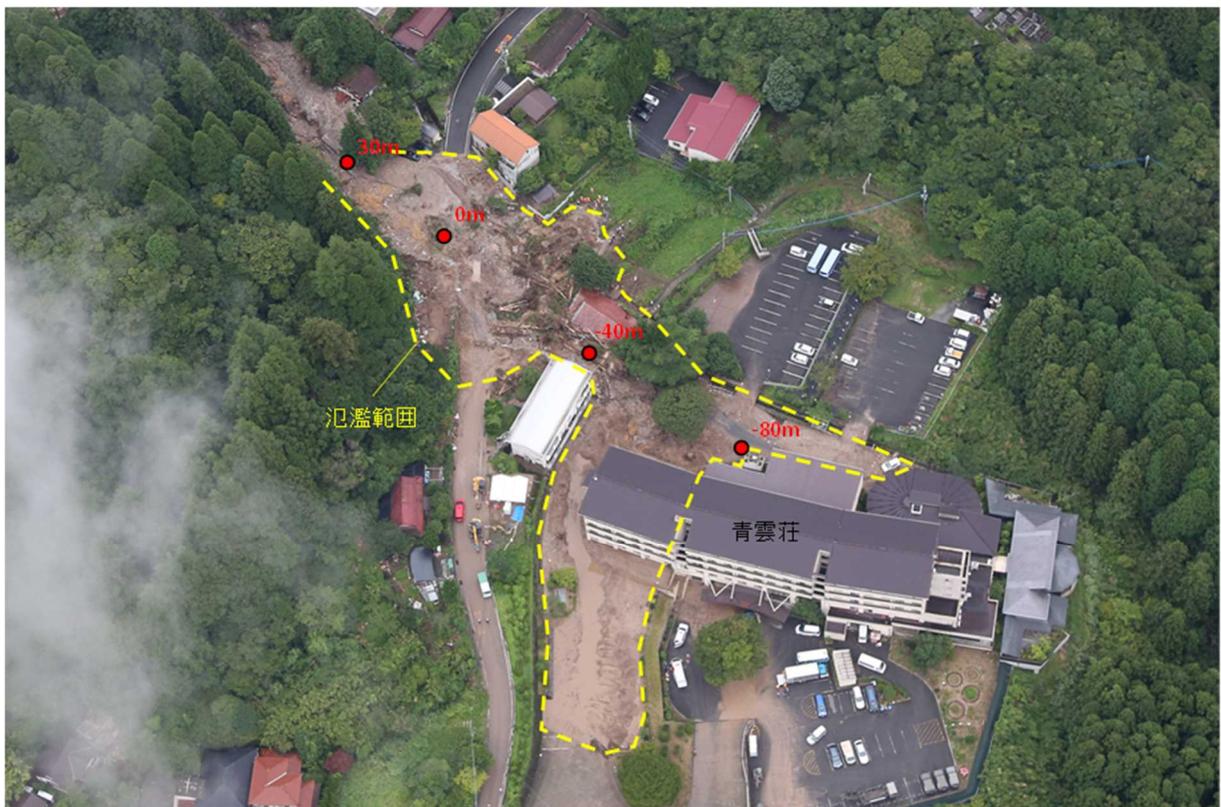


図 5.7 土砂の氾濫状況（図 5.5 の縦断測点 30m より下流）
（アジア航測（株）・朝日航洋（株）撮影）

6. おわりに

2021年8月11日から19日にかけて、西日本から東日本の広い範囲で大雨となり、総雨量が多いところでは1200mmを超える記録的な大雨となった。長崎県雲仙市小浜町雲仙では複数箇所崩壊が発生し、そのひとつの小地獄地区で3人が犠牲となった。この崩壊の発生機構は、総雨量600mm以上という多量の雨水が斜面に浸透したことで地下構造に規制されて流動した地下水の集中によって、斜面に堆積していた崖錐堆積物とその下位の熱水変質した火砕岩層が崩壊したものであった。崩壊土砂量は約3,800m³とやや多く、多量の水を含んだ土砂と流木は100mほど流下して被害を引き起こした。

小地獄地区周辺の台地外縁部には今回の崩壊と同様の形状をした崩壊跡地が判読される。火山性地質の地域は火山活動に伴う堆積物が幾層も重なっており、地下水が集中しやすい埋没谷では今回のようなタイプの崩壊が起こることがある。熱水変質を受けた地層の分布と地下水集中箇所を抽出する調査が重要である。

調査結果は後日、砂防学会誌等において発表する予定である。

なお、現地調査は新型コロナウイルス感染症の状況に鑑み、学会の定めた「災害調査における感染症対策」を遵守して行った。

この度の調査にあたり長崎県農林部森林整備室、長崎県島原振興局林務課の関係各位には大変お世話になった。また、災害前及び災害後の航空レーザ測量データは、国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所雲仙砂防管理センターより使用の許可をいただいた。以上の各位に、感謝申し上げます。

最後に、土砂災害で亡くなられた方に哀悼の意を表するとともに、被災地および被災された方々の一日も早い復興を祈念する。

引用文献

鍵山恒臣 (2018) : 表層電気伝導度分布から見る中部九州の温泉と火山, 温泉科学, Vol.68, p. 176-186

気象庁 (2021) : 前線による大雨—令和3年(2021年)8月11日～8月19日—,

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210831/jyun_sokuji20210811-0819.pdf, 参照 2021-11-18

長崎県災害対策本部 (2021) : 第3回令和3年8月11日からの大雨に係る長崎県災害対策本部会議資料, https://www.pref.nagasaki.jp/sb/w_new/view.php?num=240, 2021-08-16, 参照 2021-11-14

渡辺一徳・星住英夫 (1995) : 雲仙火山地質図 1:25,000, 地質調査所