

空中電磁探査・比抵抗探査による雲仙普賢岳平成新山溶岩ドームの内部構造ならびに大規模崩壊メカニズムの推定

国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所 植野利康 光武久修 下窪和洋※¹
応用地質株式会社 三木洋一 大内博夫 北原哲郎 ○上原祐治 櫻井賢 外處仁
(現所属 ※¹; 国土交通省九州地方整備局川辺川ダム砂防事務所)

1. はじめに

近年、火山地域における不安定個所の抽出や内部構造の把握を目的とした空中物理探査が各地で行われている¹⁾。雲仙普賢岳平成新山溶岩ドーム(以下、溶岩ドーム)は、13枚の溶岩ローブと一部その間隙を埋める火砕流堆積物により構成され、最大厚さ300mに及ぶ²⁾。1995年に溶岩流出は停止したが、傾斜35°以上の斜面に亀裂性岩盤が流れ盤状に分布し、大規模崩壊の懸念がある。また、下方の火砕流堆積斜面からは断続的に土石流が発生している。以上より、防災上の観点から、地上設置型合成開口レーダーやGPS測量等による動態観測ならびに空中物電磁探査を主軸とした内部構造の検討が行われてきた。空中電磁探査は、実施年度は異なるものの、豊水期ならびに渇水期に該当する複数回の測定が行われており、地下水面の変化を示唆する低比抵抗領域の変化がドーム下方斜面において確認されていた。今回、より詳細に内部構造を検討することを目的に上記2時期の比抵抗探査を行い、内部構造検討ならびに大規模崩壊メカニズムを推定した。

2. 調査対象地ならびに手法について

2.1 調査対象地

調査対象地は、空中電磁探査については、雲仙普賢岳平成新山溶岩ドーム周辺35km²、比抵抗探査については雲仙普賢岳平成新山溶岩ドーム東側斜面を対象とした。

2.2 調査時期

2.2.1 溶岩ドームの変動と降雨

動態観測の結果、溶岩ドーム頂部では沈降がみられ、溶岩ドーム東部一帯を占める第11ローブには年間2~5cm程度の変位が観測されている。変位と降雨は即時的には対応しないが、半減期を50日とした実効雨量と調和的であり(図2.1)、実効雨量500mmを閾値として変動傾向に違いがみられることから、この値を境に豊水期と渇水期を設定した。

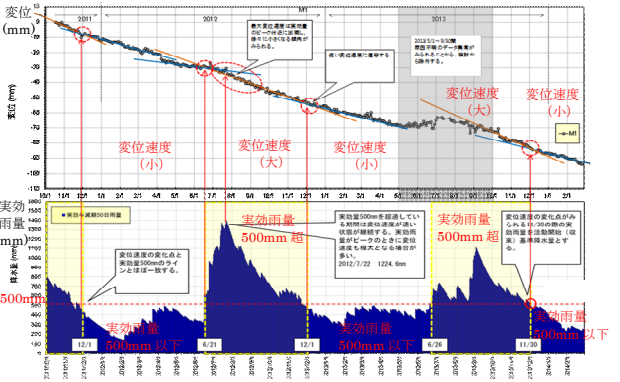


図 2.1 溶岩ドームの変動と降雨
(2011年11月~2014年3月)

3. 調査結果

3.1 空中電磁探査

空中物理探査は、電磁周波数ドメイン空中電磁探査法で実施した。探査の結果、溶岩ドーム東側の火砕流堆積物堆積斜面において、低比抵抗領域がみられ、豊水期・渇水期の差分を検討した結果、上記の領域において比抵抗の変化が確認された(図3.1)。

3.2 比抵抗探査(地上)

比抵抗探査は、2極法で実施し、豊水期と渇水期の2時間での測定誤差を低減するために電極棒を現地に残置し測定を行った。併せて現地露頭を用いた簡易比抵抗測定を行い、比抵抗値の解釈の参考とした(表3.1)。

表 3.1 露頭比抵抗測定結果

地質ならびに含水状況		比抵抗(Ω m)
新規 (平成噴火時)	火砕流堆積物上部(飽和)	300
	火砕流堆積物(不飽和)	4000
	火砕流堆積物(不飽和)	6800~9700
	泥流堆積物(不飽和)	8900~15000
旧山体	褐色ローム部	800
	土石流または火砕流堆積物(飽和)	1800
	火砕流堆積物(不飽和)	7500
	溶岩 変質部(飽和)	350~420

比抵抗探査の結果、平成噴火以降に堆積した火砕流堆積物(新規火砕流とよぶ)分布域では、地表部の30m程度までは著しい高比抵抗域があり、鉛直下方に向かってより低比抵抗となる(図3.2)。新規火砕流と平成噴火以前に堆積した古い火砕流等の旧火山麓堆積物には、比抵抗による違いはなく、地下水面の位置が比抵抗分布を規制している。

平成噴火前の旧山体が地表に露出する領域の一部には湧水がみられており、その地点の比抵抗値を参考に地下水面を500~3000Ω程度と推定した(L1ならびに露頭比抵抗値より推定)。地下水面以深は、比抵抗差分解析による比抵抗不変化領域に概ね一致し(差分値±500Ωを測定誤差として不変化とみなした)、年間を通して地下水に飽和されている領域であり、基底地下水面と考えられる。旧山体の一部にみられる数100Ωとなる領域は、普賢岳の旧山体溶岩と推定した。旧山体溶岩は熱水変質し粘土化する場合が多くみられている。

比抵抗差分値は、-5000~5000Ωmの範囲となった(図3.3)。比抵抗変化領域は、標高800~900mで5,000~15,000Ωmを示す新規火砕流堆積物分布域にスポットもしくはレンズ状に断続的に分布する。この領域は、溶岩ドームの末端部火砕流堆積物堆積域にあたり、第4ローブ~第6~9ローブ間の火砕流または斜面堆積物の斜面方向下方延長部に位置する。

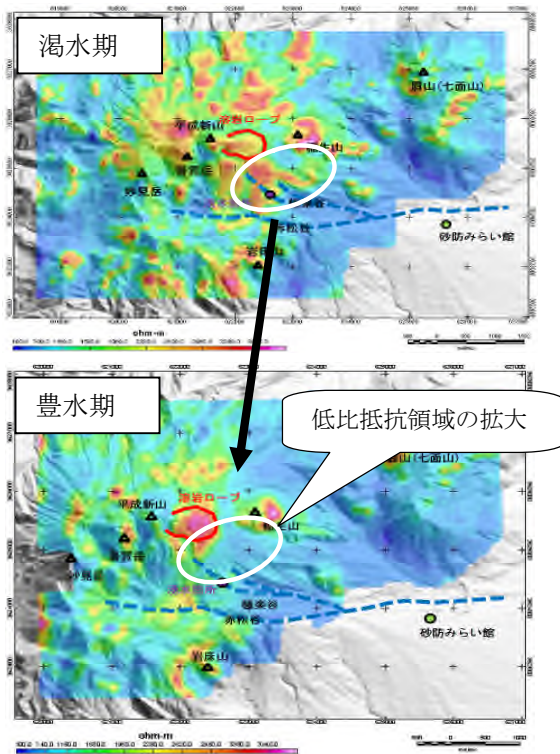


図 3.1 空中電磁探査結果

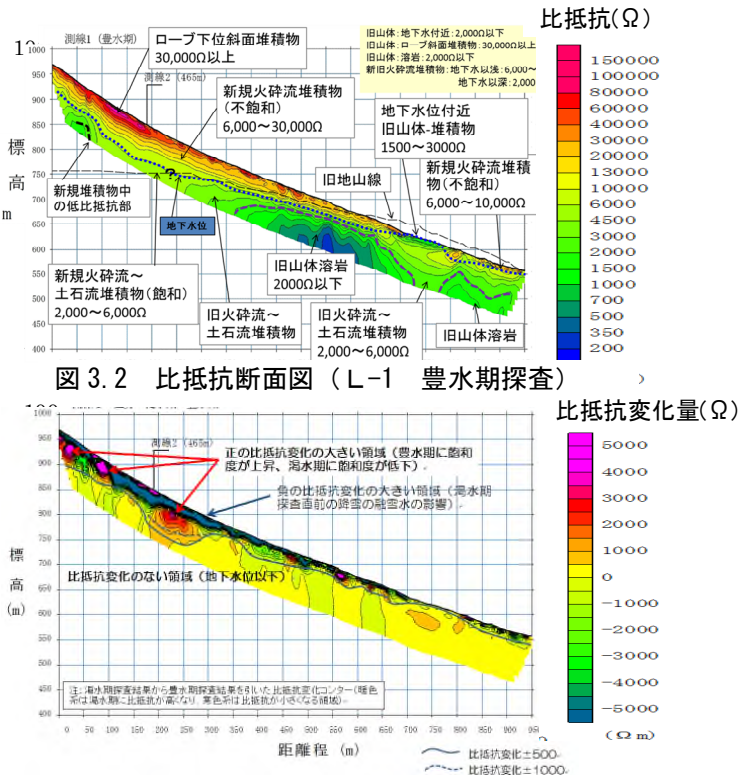


図 3.2 比抵抗断面図 (L-1 豊水期探査)

4 考察

4.1 比抵抗値と飽和度、強度の関係

比抵抗は、測定対象の構成地質、間隙率、飽和度等を含めた総和的な値となる。対象斜面では、豊水期・渇水期間に大きな地形変化は確認されていないことから、比抵抗値の変化は、地盤の水の動きに関連した変化を示唆するものと考えられる。比抵抗変化領域は、地下水面と考えられる不変化領域より上方にあることから、比抵抗変化の要因は、地下水上昇ではなく、地盤の含水率の変化、すなわち飽和度の変化であると考えられる。

4.2 崩壊メカニズムの推定と今後の展開

一般に、飽和度が増加すると強度は低下する。今回確認された比抵抗の変化領域は、平面的には、溶岩ドームをとりまくように分布する (図 4.1)。この領域では、地下水面は低く不飽和領域ではあるものの、豊水期に飽和度が大きく上昇し強度が低下する可能性があり、これによって、火砕流堆積物斜面の土砂移動 (土石流やガリーの発達) や溶岩ドームの変位が進行しているものと推定される (図 4.2)。



図 4.1 比抵抗変化領域の平面分布

今後、火砕流堆積物の地質構造や内部の不均一性を把握した上で、不飽和領域における比抵抗変化領域のより詳細な分布と飽和度と強度の関係を調査していくことにより、溶岩ドームの大規模崩壊の発生範囲や危険度評価、さらには不安定な火砕流堆積物の土砂移動の将来予測へと展開できる可能性があると考えられる。

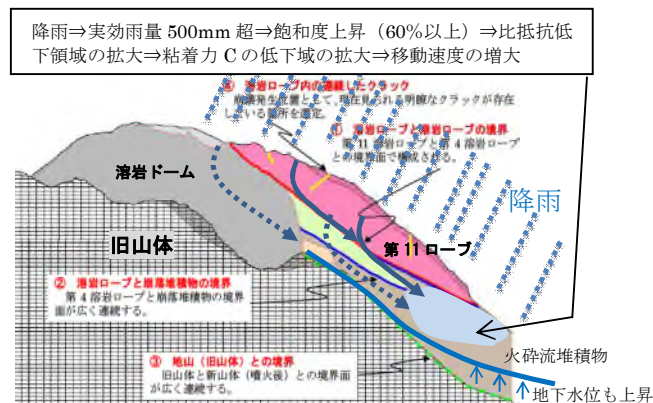


図 4.2 崩壊メカニズムの模式図

参考文献

- 1) 瀬戸ほか：平成 27 年度応用地質学会研究発表会講演論文集, 2016.
- 2) 目ほか：平成 20 年度砂防学会研究発表会概要集, 2008.
- 3) 筈本ほか：微細構造を考慮した多孔質体モデルの直接計算、土木学会論文集, Vol.70, No.2, 2014.
- 4) 吉田ほか：不飽和砂質土斜面における表層崩壊発生予測に関する実験的研究、平成 22 年度砂防学会研究発表会概要集, 2010.