

空中電磁探査による2時期の比抵抗変化とボーリングデータの対比 —鹿児島県南大隅町船石川周辺の火砕流台地斜面における検討事例—

大日本ダイヤモンドコンサルタント株式会社 ○金山 健太郎
河戸 克志・奥村 稔

1. はじめに

降雨終了後、あるいは直近の降雨の影響を受けず、無降雨時に発生する斜面崩壊（無降雨時等崩壊）について対応策を具体的に検討するには、崩壊の誘因となる地下水が集中する斜面を抽出する必要がある。

地下水が集中する斜面を抽出する手法については、2018年の大分県中津市耶馬溪金吉地区の斜面崩壊を契機に設立された「無降雨時等の崩壊研究会」において進められており、広域の地盤情報を取得できる「空中電磁探査」の有効性が示されている¹⁾。具体的には、空中電磁探査による2時期の比抵抗割合（降雨後湧水期）から、電気が流れ易くなった（低比抵抗側へ変化した）領域を「地下水が増加した領域（≒含水比が増加した範囲）」として捉えており、斜面背後の台地の地中内部について、「地下水が増加した領域」の三次元的な分布に着目することで、地下水の集中する可能性のある斜面を抽出している。

一方で、研究会においては「地下水が増加した領域」の「地中内部」における具体的な地質・地盤状況についての報告はされていない。地中内部の地質情報を分析することで、空中電磁探査による本手法の妥当性・信頼性が向上すれば、他地域での活用につながると考え、本研究を実施した。

本稿では、2010年に無降雨時等崩壊が発生した鹿児島県南大隅町船石川周辺の火砕流台地斜面において、空中電磁探査による比抵抗と、ボーリングデータによる地質情報とを対比した結果について報告する。

2. 地形地質概要

検討箇所は、鹿児島湾に面した阿多カルデラ東側の斜面と火砕流台地である。2010年に崩壊した斜面の背後には、標高250m程度の火砕流台地が広がる。地質は、新第三紀中新世の花崗岩類を基盤とし、第四紀更新世の阿多火砕流堆積物が覆う。阿多火砕流堆積物は、デイサイト～流紋岩質で、溶結部（溶結凝灰岩層）と非溶結部（砂質軽石層など）からなる（図-1、2）。

3. 空中電磁探査

本検討では、斜面背後の火砕流台地を含む6.13km²の解析範囲の空中電磁探査データを使用した。探査装置は、有人ヘリコプター周波数領域空中電磁探査システム（RESOLVE）である。現地計測（2時期）は、1回目：2019年5月15～16日、2回目：2019年10月19日である。2回目の計測実施前の8月には、累計で200～300mm程度の降雨（気象庁田代）を経験している。

4. 地盤の比抵抗

空中電磁探査により取得した2時期の比抵抗値は、火砕流堆積物の分布域で概ね100～1,000Ω・m、花崗岩類の分布域で概ね500～5,000Ω・mであり、各々の地質における一般的な比抵抗値と整合する。



図-1 鹿児島県南大隅町の斜面崩壊箇所 参考文献2)より

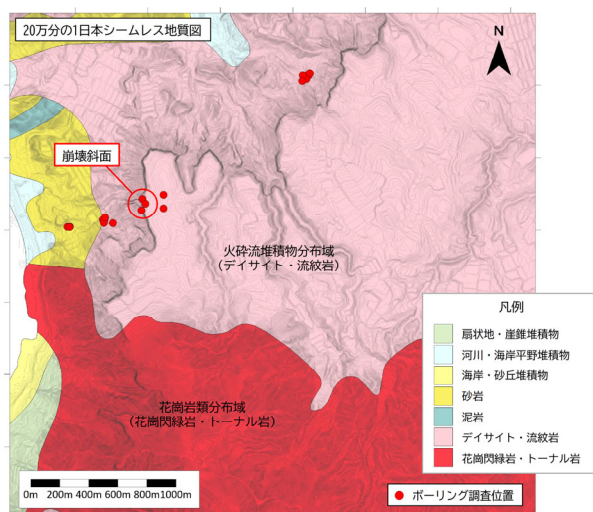


図-2 地質平面図 参考文献3)を基に作成

5. 比抵抗変化とボーリングデータの対比結果

空中電磁探査により取得した2時期の比抵抗データから、比抵抗平面図、比抵抗断面図、比抵抗三次元モデルと、その「比率図」を作成した。

比抵抗の絶対値は、2時期で大きく変化していないが、2時期の比抵抗変化を図面上に示すことで、低比抵抗側へ変化（地下水が増加）した領域を捉えることができた。この領域は、火砕流堆積物の非溶結部が分布すると想定される探査深度130m付近で明瞭に現れた（図-3、4、5）。

次に、2時期の比抵抗データについて、ボーリングデータとの対比を行った。

ボーリングデータは、国土地盤情報データベース（一般財団法人国土地盤情報センター）において一般公開されているXMLを使用した。データ数は20本、478m分である。比抵抗三次元モデルに、ボーリングデータのXYZ座標（孔口）を位置合わせして統合し、比抵抗値と地質区分とを1m毎に対比して整理した。

ボーリング柱状図の地質区分は細かく分類されているため、本研究で整理するにあたっては、①未固結堆積物（表土・崖錐・沖積・新規火山噴出物など）、②火砕流堆積物の溶結部（溶結凝灰岩）、③火砕流堆積物の非溶結部（砂質軽石・シラス・古期火山噴出物など）、④花崗岩類の4種類に再区分した。

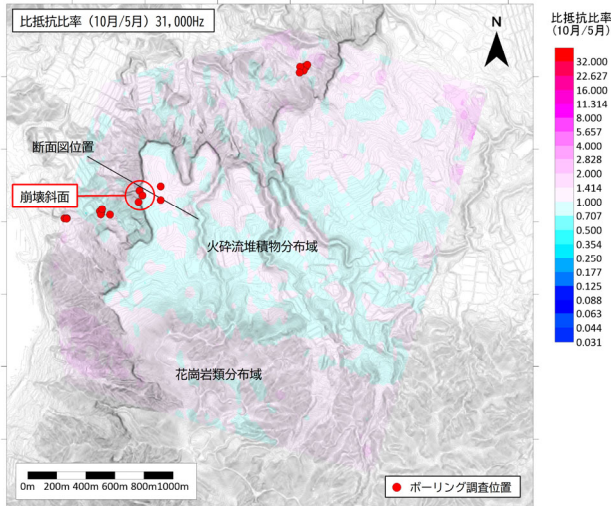


図-3 比抵抗比率 (10月/5月) 平面図
31,000Hz (探査深度 概略 30m)

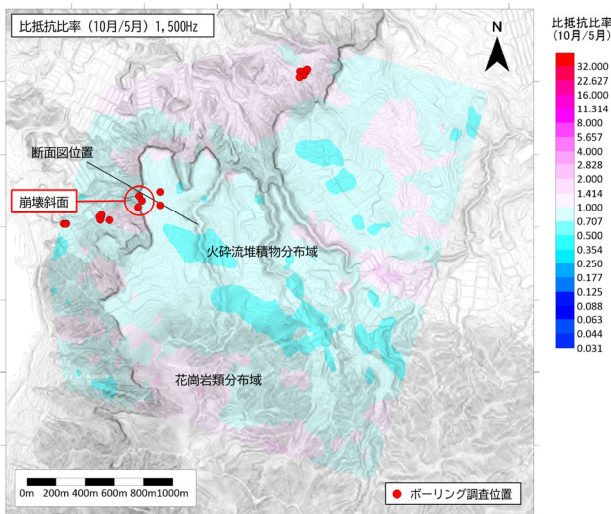


図-4 比抵抗比率 (10月/5月) 平面図
1,500Hz (探査深度 概略 130m)

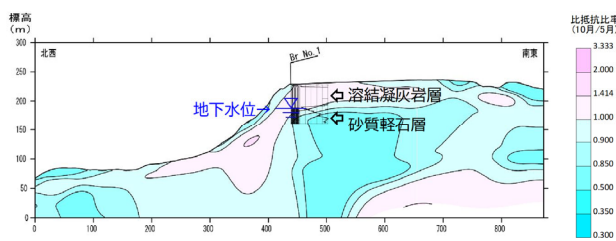


図-5 比抵抗比率 (10月/5月) 断面図

比抵抗と地質を対比した結果を図-6 と図-7 に示す。未固結堆積物と花崗岩類が相対的に低比抵抗 (200 Ω・m 前後) となっており、火砕流堆積物の溶結部および非溶結部は相対的に高比抵抗 (200~400 Ω・m 前後) となっている。

2 時期の比抵抗変化に着目すると、未固結堆積物、火砕流堆積物の溶結部、花崗岩類については変化量が小さく、これらの地質の分布域では、地下水の増減はほとんどなかったと推定できる。一方で、火砕流堆積物の非溶結部は、1 回目 (5 月) に 400~450 Ω・m の比抵抗値が多く認められたが、2 回目 (10 月) には 400 Ω・m 以下まで比抵抗値が低下している。したがって、火砕流堆積物の非溶結部の分布域では、

地下水が増加したことが推定できる。

この結果は、火砕流堆積物の溶結部 (節理発達、透水性大) から降雨が浸透し、下位の地層 (地質性状の異なる箇所: 基盤岩との境界、溶結部と非溶結部の境界など) に地下水が集中するとした、研究会の報告²⁾ と一致する。

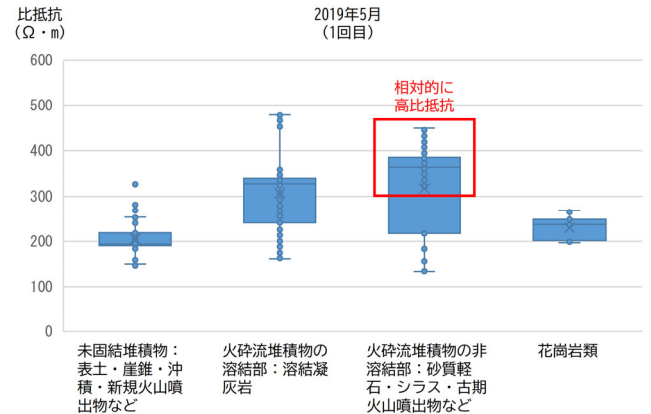


図-6 比抵抗と地質との対比 1 回目 (5月)

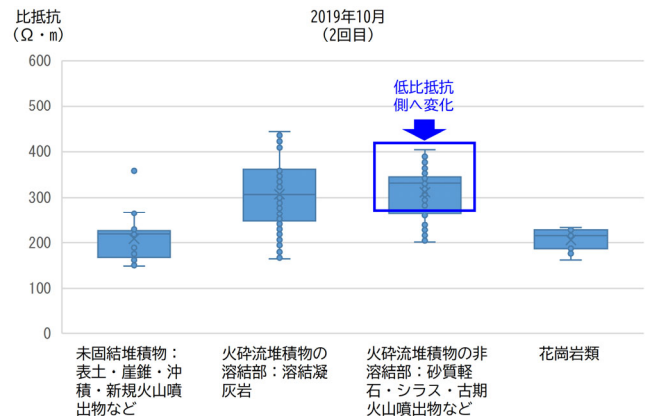


図-7 比抵抗と地質との対比 2 回目 (10月)

6. まとめ・今後の展望

本検討の結果、空中電磁探査により取得した比抵抗データとボーリングデータとを対比することにより、火砕流台地の地中内部において、2 時期の比抵抗変化から推定した「地下水が増加した領域」の分布について、地質情報による裏付けを得ることができた。

今後は、本地域での結果を検証するため、大分県中津市耶馬溪金吉地区や鹿児島県垂水市深港地区における無降雨時等崩壊斜面周辺の空中電磁探査データについても、分析を進める予定である。

謝辞 本研究にあたり、国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所・大隅河川国道事務所より、空中電磁探査データを貸与頂きました。日本工営株式会社の田方智様、湯澤樹様に、ご協力頂きました。山口大学の太田岳洋教授には、分析方法について貴重なご意見を頂きました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 無降雨時等の崩壊研究会 (2020) : 第3回研究会資料
- 2) 無降雨時等の崩壊研究会 (2018) : 第1回研究会資料
- 3) 産業技術総合研究所, 20 万分の1 日本シームレス地質図