

P36. 熱赤外線映像法を用いた湧水箇所の検討

—鹿児島県南大隅町根占山本地区の深層崩壊斜面を例として—
Study on groundwater using thermal infrared imaging method

○福塚 康三郎（八千代エンジニアリング株式会社 九州支店）（会員）
池上 浩平（大和探査技術株式会社 九州支店）
上木崎 涼一（鹿児島県 大隅地域振興局 建設部）
Kozaburo Fukuzuka, Kohei Ikegami and Ryoichi Kamikisaki

1. はじめに

鹿児島県肝属郡南大隅町根占山本地区の船石川右支溪において、2010年7月4日～7月8日にかけて、深層崩壊に伴う土石流が発生した。土石流が発生した船石川では、その後も小規模な崩壊が続いたため、現在も土砂の二次流出が続いており、源頭部が位置する急崖斜面は著しく不安定な状況と考えられる。したがって、早急に崩壊斜面の安定化を図るためには、地下水排除工の施工が必要であるが、斜面一帯は不安定である上に、崩壊斜面の高さは30m以上で幅は50m以上に及んでおり、詳細な調査は困難な状況である。

本研究では、吹付法面の劣化診断に使用されることが多い熱赤外線映像法を用いて、大規模急崖斜面における湧水箇所の検出を試みた。また、崩壊斜面背後において直流比抵抗法2次元解析用プログラム(改良版)を用いた高密度電気探査を実施し、湧水箇所と水みちの連続性について検討を行った。

2. 地形・地質概要

今回災害が発生した船石川は鹿児島県南東部、大隅半島南西岸の阿多火砕流台地の西側縁部に位置する。流域面積は0.36km²で今回災害が発生した右支溪と本川からなる。傾斜が緩やかな斜面には主に阿多火砕流堆積物の非溶結部が分布しているが、主に溶結部から構成される火砕流台地の上部には圃場整備された平坦面が広がり、顕著な谷地形は認められない(写真-1)。

当該斜面において発生した深層崩壊の発生機構としては、阿多火砕流堆積物の溶結部と非溶結部との境界付近からの湧水が非溶結部を侵食したことにより、湧水箇所の上部に位置する溶結部の脚部が不安定化し、上部斜面が崩壊したものと考えられている¹⁾。

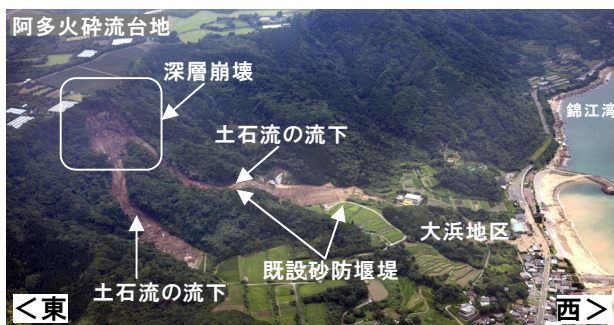


写真-1 深層崩壊の発生状況(2010年7月7日撮影)

3. 熱赤外線映像法の概要

熱赤外線映像法の原理は、物体の表面から放射される赤外線強度を赤外線センサーで計測し、これを温度分布に換算、映像化するものであり、本研究では赤外線強度の計測と映像化を同時に行う熱赤外線カメラを用いた(表-1、写真-2)。主な特徴は、①非接触計測が可能、②足場等の仮設が不要、③短時間で広範囲の探査が可能、④異常箇所を視覚的に検出、などである。

表-1 本研究で使用した熱赤外線カメラの仕様

形式	H2630
製造元	NEC Avio赤外線テクノロジー
温度測定範囲	-40～120℃(レンジ1)
最小検知温度差	0.08℃
測定波長	8～13μm
視野角	水平21.7° × 鉛直16.4°
熱画像画素数	640(H) × 480(V)



写真-2 熱赤外線映像撮影状況(図-1: C地点)

4. 熱赤外線映像法探査結果

撮影は距離の異なる3地点(A～C)で実施した(図-1)。

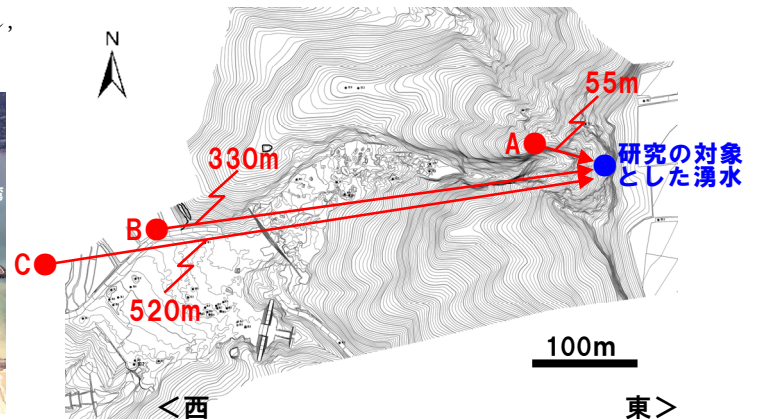


図-1 熱赤外線映像法撮影地点(数字:撮影距離)

4.1 撮影距離に応じた湧水箇所の検出状況

撮影地点別の湧水箇所の検出状況を表-2に示す。それぞれの地点における熱赤外線映像を分析した結果、最も遠距離(L=520m)に位置するC地点においても湧水状況が明瞭に検出されていることが分かる。

表-2 撮影地点別の湧水箇所の検出状況(A~C地点)

撮影地点	距離(m)	可視画像	熱赤外線画像	温度凡例
A	55			51.0 48.2 42.3 38.5 30.6 24.7 18.8 13.0
B	330			
C	520			
撮影日		2011年8月12日	2011年8月12日	

4.2 撮影時期・撮影時刻に応じた湧水箇所の検出状況

A地点(撮影距離L=55m)における撮影時期別の湧水箇所の検出状況を表-3に示す。撮影は冬季(2011年1月)と夏季(2011年8月)の2回実施した。各撮影時期における熱赤外線映像を分析した結果、湧水箇所(地下水の滲み出し箇所)は溶結部と弱溶結部の境界であることが分かる。また、滲み出した地下水は、弱溶結部の表面を通過し、非溶結部中に形成されたガリ内部を流下している。弱溶結部表面の流下形状を比較した結果、季節毎の大きな差異(変動)は特に認められない。

表-3 冬季ないし夏季の湧水箇所の検出状況(A地点)

撮影日	撮影時刻	可視画像	熱赤外線画像	温度凡例
2011年1月6日 (冬)	9:00 (午前)			25.7 19.0 16.0 13.0 10.0 7.0 4.0 1.0 2.0
	17:00 (午後)			25.7 19.0 16.0 13.0 10.0 7.0 4.0 1.0 2.0
2011年8月12日 (夏)	6:30 (午前)			33.0 30.5 29.5 28.0 26.5 24.0 22.0 19.5 17.0 13.0
	14:00 (午後)			33.0 30.5 29.5 28.0 26.5 24.0 22.0 19.5 17.0 13.0

※温度凡例欄の「湧水」は湧水の水温を示す

一方、撮影時刻と湧水箇所の水温および周辺地山の温度に着目した場合、冬季の午前(朝方)は湧水箇所が非常に明瞭であるが、午後(夕方)はやや不明瞭である。これに対して、夏季は逆のパターンを示している。

さらに、湧水の水温は、冬季は約17℃、夏季は約18℃であり、年間を通じ大きな変動は認められない(表-3)。

4.3 植生被覆による湧水箇所検出への影響の有無

表-3に示した通り、湧水箇所周辺の崖面は、夏季には植生で被覆されているが、熱赤外線映像ではスポット状の明瞭な湧水箇所が認められ、冬季とほぼ同じ地点から滲み出している状況が確認できる。したがって、植生被覆による影響はほとんど無いものと考えられる。

5. 高密度電気探査を併用した”水みち”の推定

崩壊斜面背後において、高密度電気探査を行い、湧水箇所と水みちの連続性を検討した。本研究では、2極法配置により取得したデータを4極に変換し、2極・4極データを合成解析することで比抵抗値の分解能向上を図った。なお、解析には大和探査技術㈱が所有する直流比抵抗法2次元解析用プログラム(改良版)を使用した。その結果、溶結部中に局所的な低比抵抗部の落ち込みが明瞭に確認され、これと湧水箇所を結ぶラインに沿って地下水が伏流しているものと推定される。

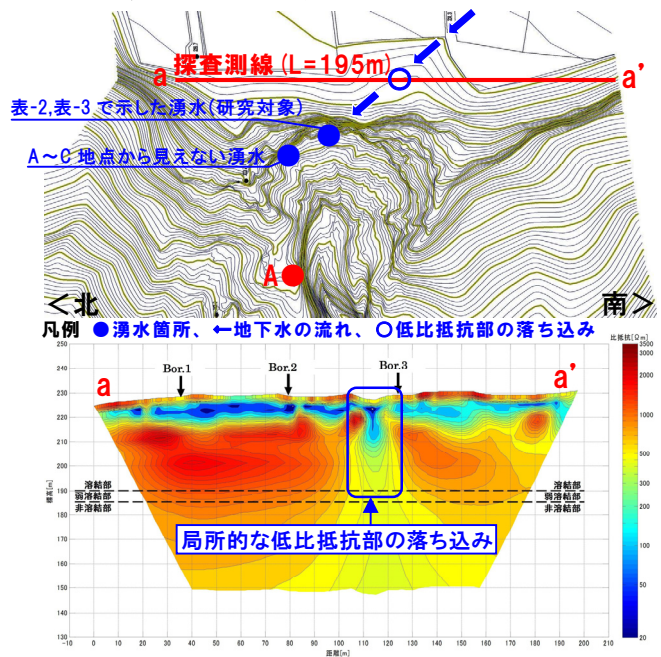


図-2 高密度電気探査結果(上:測線配置、下:解析結果)

6. おわりに

深層崩壊のトリガーとなった湧水の滲み出し箇所を熱赤外線映像法で検出し、電気探査の併用により水みちを推定した。また、湧水箇所の検出に際し植生被覆による影響が認められないことや、季節を通じて水温がほぼ一定であることも明らかにした。本研究の成果が湧水モニタリング調査等の参考になれば幸いである。

参考文献 1) 下川悦郎・小山内信智ほか(2010): 2010年(平成22年)7月鹿児島県南大隅町で発生した連続土石流災害, 砂防学会誌, Vol. 63, No. 3, pp. 50-53.