

コアストーンが分布する斜面の 水文特性に関する研究

STUDY ON THE HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SLOPES WHERE CORE STONES ARE DISTRIBUTED

榎原伴樹¹・筒井和男²・崎山朋紀³・岸畑明宏⁴・坂口隆紀⁵・
木下篤彦⁶・柴田俊⁷・松澤真⁸・田中健貴⁹

Tomoki ENOHARA, Kazuo TSUTSUI, Tomoki SAKIYAMA, Akihiro KISHIHATA, Takaki
SAKAGUCHI, Atsuhiko KINOSHITA, Suguru SHIBATA, Makoto MATSUZAWA
and Yasutaka TANAKA,

¹非会員 和歌山県日高振興局建設部 (〒644-0011 和歌山県御坊市湯川町財部651)

²学生会員 理修 和歌山県土砂災害啓発センター (〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

³非会員 和歌山県西牟婁振興局農林水産振興部 (〒646-8580 和歌山県田辺市朝日ヶ丘23-1)

⁴非会員 和歌山県土砂災害啓発センター (〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

⁵非会員 工修 和歌山県土砂災害啓発センター (〒649-5302和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

⁶正会員 農博 国土交通省国土技術政策総合研究所 (近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター) (〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

⁷非会員 農修 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター (〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市野々3027-6)

⁸非会員 理博 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地)

⁹非会員 農修 北海道大学広域複合災害研究センター (〒060-8589北海道札幌市北区北9条西9丁目)

In recent years, Sediment disasters have occurred frequently and cause serious damage. In particular, debris flows due to shallow landslide have occurred in highly weathered granite distribution areas and cause severe damage. In the case that weathered residual cores of the granite flows down, the damage may be increased.

In order to reduce future damage, it is important to extract slopes that are at risk of shallow landslide. When core stones are distributed on the surface of granite porphyry, the hydrological characteristics may be different from those of general slopes.

In this study, we conducted an artificial rainfall survey on the slope of the granite porphyry distribution area, and examined the rainwater infiltration process during rainfall. We conducted the survey on slopes with and without corestone distribution and compared the results.

Key Words : core stones, shallow landslide, electric exploration, artificial rainfall

1. はじめに

近年, 全国的に土砂災害が多発し, 大きな被害が生じている. 特に風化の進んだ花崗岩類分布域で表層崩壊を起因とする土石流が発生し, 甚大な被害が生じている. また, その際には花崗岩類の風化残留核 (コアストーン) が流下し, 被害を大きくする事もある^{例えは1)}. 和歌

山県内においても2011年の紀伊半島大水害の際に, 那智川流域等において花崗斑岩分布域を中心に表層崩壊を起因とする土石流が多数発生し, 大きな被害が生じた²⁾.

今後の警戒避難体制の強化や砂防事業の優先度を決定するために, 表層崩壊危険斜面を抽出しておくことは重要である. 従来の表層崩壊危険斜面抽出手法³⁾では, 土層厚や斜面勾配, 集水面積, 土質強度, 表層土層の透水性等を基に評価することになっている. 降雨および人工

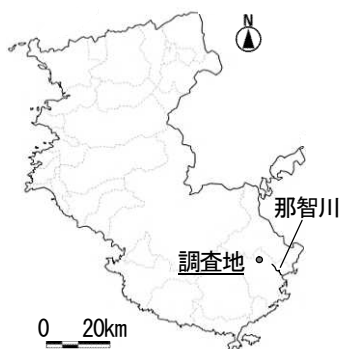


図-1 位置図

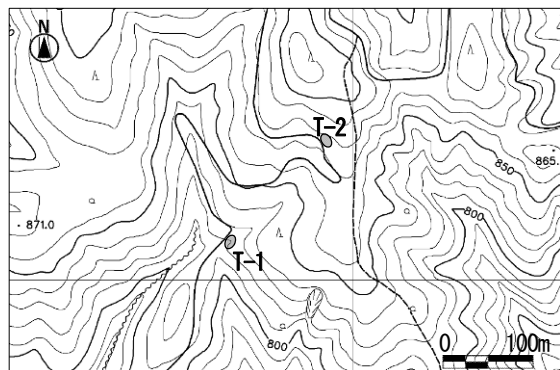


図-2 平面図

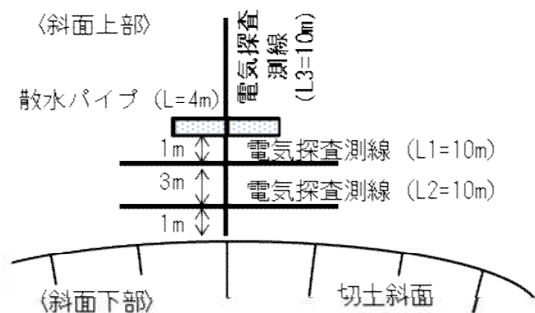


図-3 機器設置状況概要図

散水による水の浸透過程について、比抵抗の変化から検討を行った事例⁴⁾では、パイプやコアストーンが存在が水の流れに影響を及ぼすことが確認されている。花崗斑岩の表層マサ土においてコアストーンが多く分布している場合は、一般的な斜面と比べて水文特性が異なる恐れがあり、土層の透水性等を適正に評価するためにはその水文特性を正しく評価し、反映する必要がある。

そこで、本研究では花崗斑岩分布域の斜面で散水試験を実施し、連続的な高密度電気探査により比抵抗の差分を捉え、降雨時の雨水浸透プロセスの検討を行った。試験はコアストーンが多く分布する斜面と均質なマサ土が分布する斜面で実施し、その結果を比較した。

2. 調査地の概要および調査方法

(1) 調査地の概要

調査は平成23年の紀伊半島豪雨の際に多くの土石流が



写真-1 コアストーンが分布する斜面 (T-1)



写真-2 均質なマサ土が分布する斜面 (T-2)

発生した那智川流域に隣接する地区の、花崗斑岩が分布する切土斜面で実施した。調査箇所的位置図を図-1に、平面図を図-2に示す。当該箇所には風化程度の異なる露頭が点在しており、その中のコアストーンが多い風化帯が分布する斜面 (T-1) と相対的に均質なマサ土が多く分布する斜面 (T-2) で実施した。それぞれの斜面の状況を写真-1, 2に示す。切土斜面の高さは概ね2～4m程度で、調査は1月の下旬から2月の月上旬にかけて実施した。

(2) 調査方法

高密度電気探査を実施し、比抵抗の差分を捉えることにより、水の浸透過程の把握を行った。図-3に散水装置および電気探査測線の設置位置の概要を示す。切土斜面の頂部から約5m離れた位置に有孔塩ビパイプを設置し散水を行った。電気探査の測線は、横断方向に散水箇所の1m下部 (L-1) とさらに3m下部 (切土斜面頂部から1m上部, L-2) の2測線、縦断方向に1測線 (L-3) 設けた。それぞれの測線の延長は10m、電極間隔は25cmとし、探査深度は約8mとした。散水に使用する水は近くの溪流から採取したタンクに貯蔵しポンプにて汲み上げ、流量を調整しながら散水を行った。

散水量は、それぞれの斜面で長期降雨と短期集中降雨を想定した二つのパターンにより行った。長期降雨については30mm/hから始め、2時間毎に10mm/hづつ増加させ、最終60mm/hを想定した流量を8時間、短期降雨については100mm/hを想定した流量を4時間散水した。散水

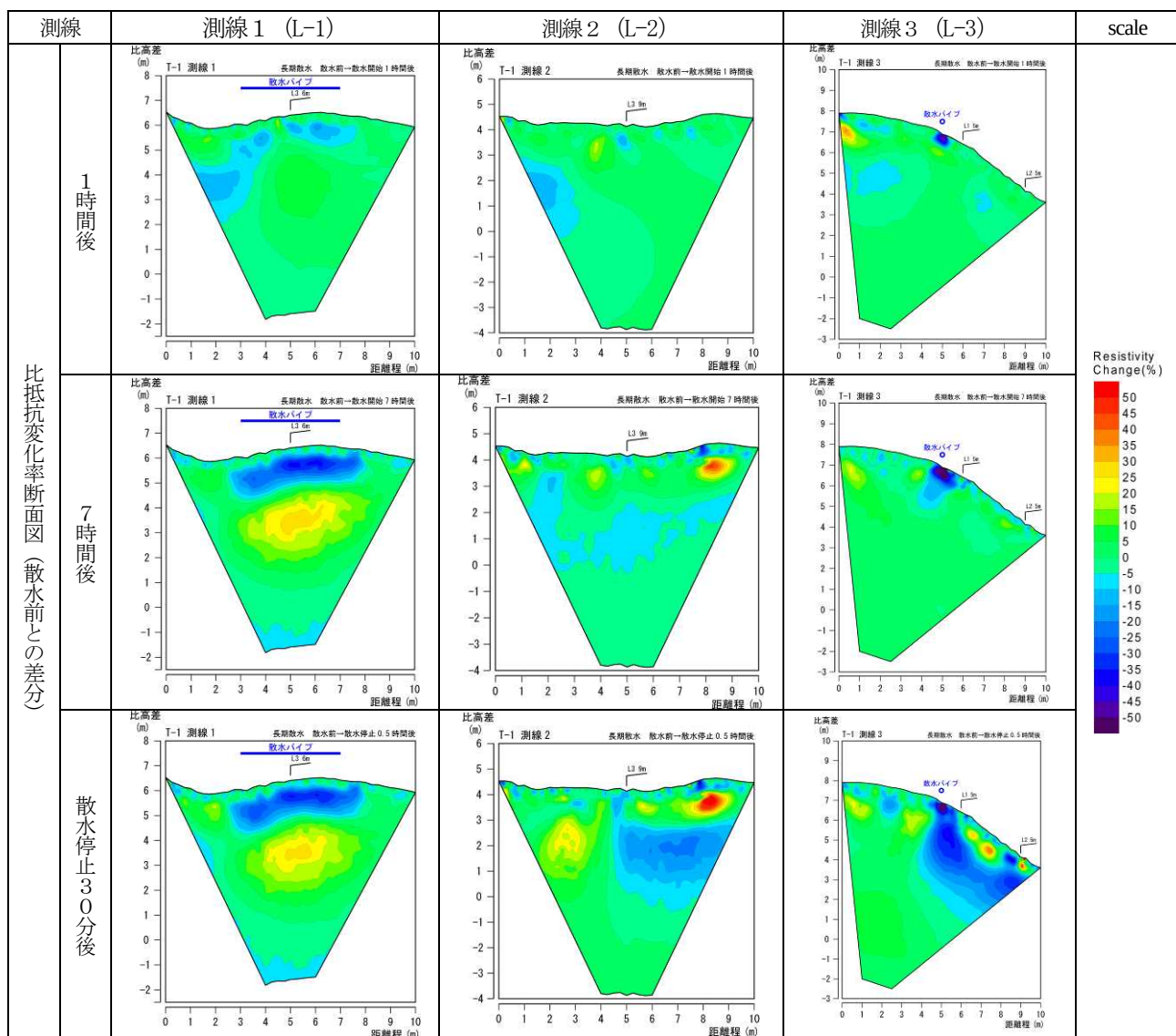


図-4 比抵抗観測結果 (コアストーンが多く分布する斜面 (T-1) , 長期降雨)

試験は、全て日中に実施し、先に均質なマサ土が多く分布する斜面 (T-2) で実施し、機器を付替えた後にコアストーンが多く分布する斜面 (T-1) で行った。2011年の紀伊半島大水害時には、3日程度降雨が続いた後に、時間雨量100mm/hを超える降雨があり崩壊が発生している⁵⁾。このため、それぞれの斜面において先に長期降雨を想定した散水を行い、翌日に短期降雨を想定した散水を実施した。短期降雨を想定した散水では、地下水の浸透経路を把握するために散水用の有効塩ビパイプの中央部を遮水し、遮水した流量と同じ量となるように濃度1.0%の硫酸アンモニウム溶液を投入した。なお、散水実施前の降雨状況は、散水開始3日前までにかけて、総雨量167mmの降雨があった (気象庁色川観測所)。

3. 調査結果

図-4から図-7に各斜面の長期降雨, 短期降雨それぞれ

の散水試験の結果を示す。それぞれ、散水前と散水開始1時間後の比抵抗値の差分、散水前と散水停止30分前の比抵抗値の差分、散水前と散水停止30分後の比抵抗値の差分を表した比抵抗変化率断面図を示す。比抵抗値の低下が見られる箇所は散水による水が浸透している箇所と考えられる。

(1) コアストーンが分布する斜面 (T-1) の浸透状況

コアストーンが分布する斜面 (T-1) における長期降雨を想定した散水の結果を図-4に示す。測線1において、距離程3m~7mの区間、高さ5m付近を中心比抵抗が低下しており、水が浸透している状況が伺える。この比抵抗値が低下している部分の下位となる距離程5~6m、高さ3~4mを中心として比抵抗値が上昇していることが確認でき、この比抵抗値の上昇は、盛土で雨水の浸透過程を検証した事例⁹⁾を参考にすると、水の浸透により地盤の間隙に存在する空気が封入され、下方に圧縮され比抵抗値が上昇していることが考えられる。また、測線2お

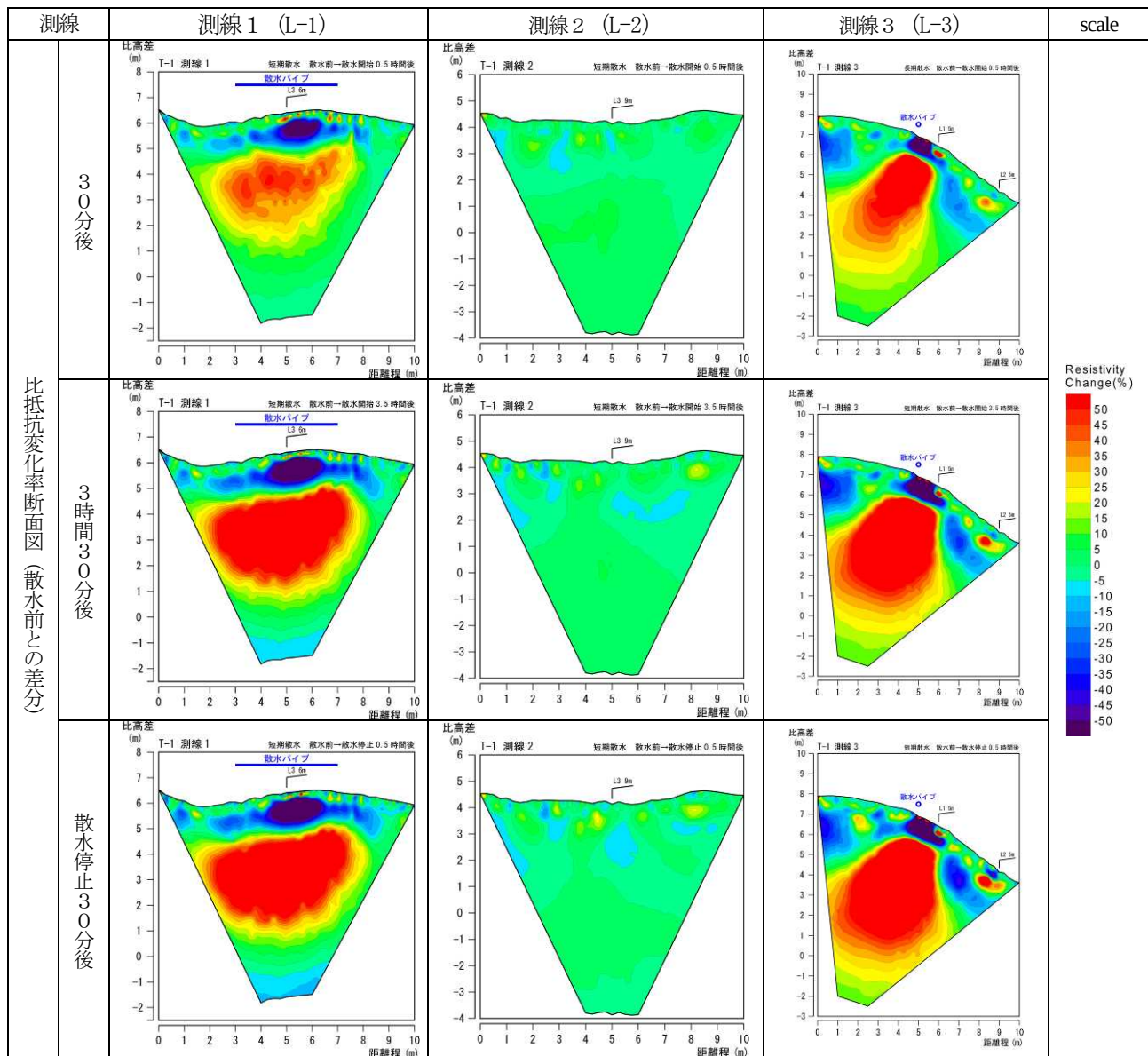


図-5 比抵抗観測結果 (コラストーンが多く分布する斜面 (T-1) , 短期降雨)

よび3では散水停止30分後の比抵抗の低下が顕著であるが、これは散水停止により封入されていた空気が地上に抜ける過程で、封入空気により行く手を阻まれていた散水された水が浸透したことに起因すると考えられる。

コラストーンが分布する斜面 (T-1) における短期降雨を想定した散水の結果を図-5に示す、測線1において、距離程3m~7mの区間、高さ5~6m付近を中心として比抵抗値が低下しており、散水の影響が確認できる。この比抵抗値の低下部の下位となる距離程3~7m、高さ2~4mを中心に比抵抗値が上昇している。これも長期降雨と同様に、散水により地盤の間隙に存在する空気が封入され、下方へ圧縮されることにより比抵抗値が上昇していると考えられる。長期散水の測線2および測線3で確認できた散水停止30分後の比抵抗値が低下する様子は確認されず、これは、短期散水によって供給された水により、封入された空気が地上へ抜けることが出来なかったことに起因すると考えられる。

(2) マサ土が多く分布する斜面 (T-2) の浸透状況

相対的にマサ土が多く分布する斜面 (T-2) における長期降雨を想定した散水の結果を図-6に示す。測線1において、距離程3m~7mの区間、高さ6m付近を中心に比抵抗値が低下しており、散水の影響が現れている。また、この比抵抗値低下部の下部側方において比抵抗値が上昇している。測線2でも、浸透の影響による目立った比抵抗値の低下がみられる。測線3では、散水停止後の比抵抗値の低下が顕著で、これも散水停止により封入された空気が地上へ抜ける過程で、入れ替わるようにその間隙に水が浸透したことを捉えたものと考えられる。

相対的にマサ土が多く分布する斜面 (T-2) における短期降雨を想定した散水の結果を図-7に示す。測線1において、距離程3m~7mの区間、高さ6m付近を中心に比抵抗値が低下しており、散水の影響が確認できる。この比抵抗値低下部の周囲では著しく比抵抗値が上昇してお

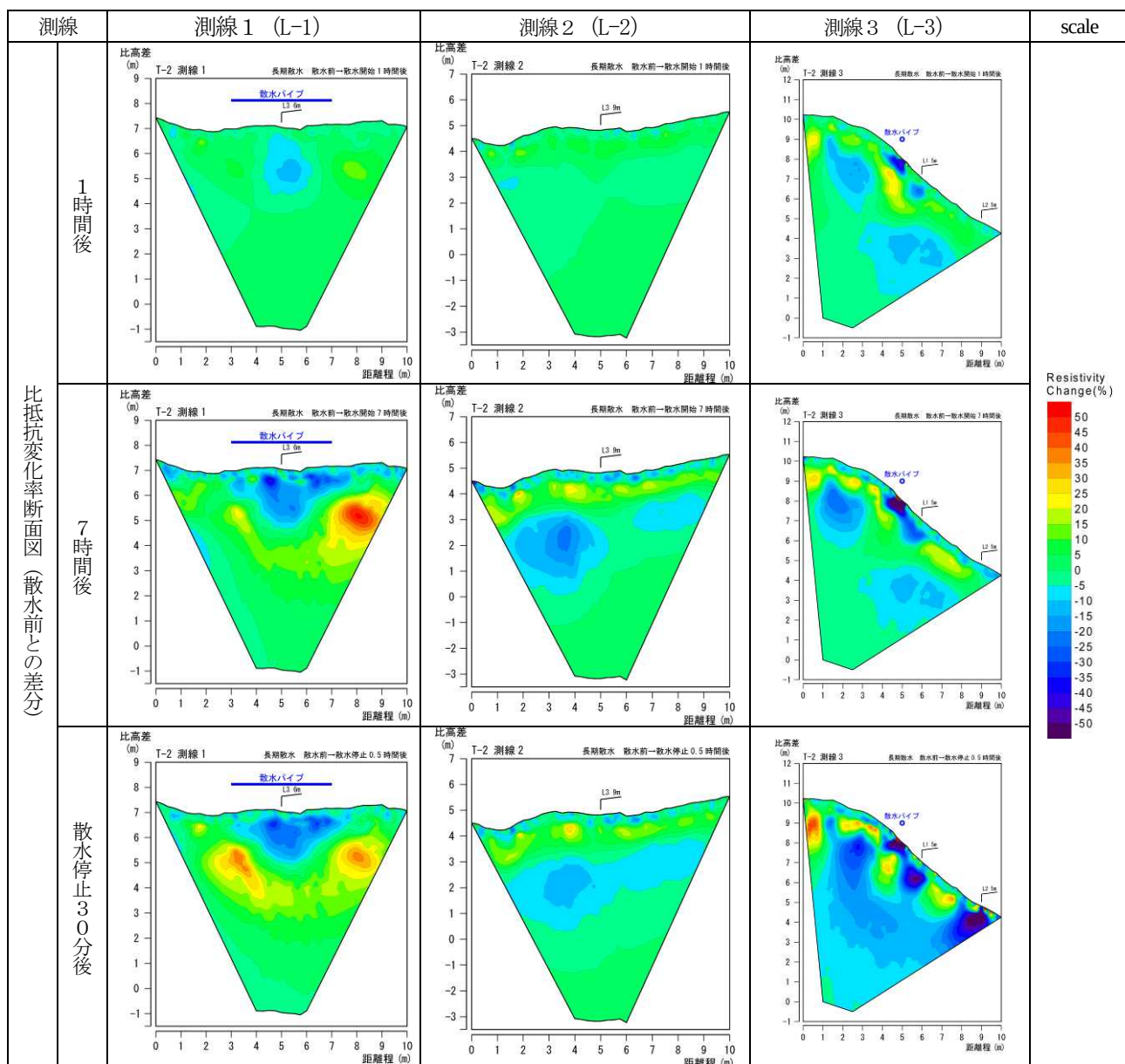


図-6 比抵抗観測結果 (均質なマサ土が分布する斜面 (T-2) , 長期降雨)

り、これは封入空気の影響を捉えていると考えられる。測線2では散水停止30分後にかけて、高さ2～3m付近を中心に比抵抗値低下部が帯状に広がる。この帯状の比抵抗値低下部の上位に、比抵抗値の上昇部が認められるが、これは水が浸透したことにより間隙中の空気が地上へ抜ける過程で一時的に圧縮された可能性がある。測線3では散水箇所の下位で比抵抗値が上昇するが、始点側の距離1～2m、高さ8m付近の比抵抗値の低下が顕著で、これは、斜面傾斜方向とは別の流路を捉えている可能性があると考えられる。

4. まとめ

花崗斑岩分布域のコアストーンが多く分布する斜面

および均質なマサ土が分布する斜面にて散水実験を行った。浸透水は、地表面の形状に沿って一律に流下するわけではなく、相対的に水が通りやすい水みちを選択的に流下することが分かった。本調査地の花崗斑岩は、柱状節理が発達しており、柱状節理沿いに風化が進行することによりコアストーンが形成され、最終的にはコアストーンが消失し、マサ土斜面になることが知られている⁷⁾。コアストーン斜面ではコアストーンとコアストーンの間のマサ部が水みちになったと想定される。一方、マサ土斜面は、一見、均質に風化した砂質な土層に見えるが、散水試験斜面下部の切土斜面をハンマーで打撃したところ、部分的に軟質な部分が確認された。これは、柱状節理の中心部は岩石構造が残っているため相対的に硬質で、柱状節理の外周部は相対的に軟質になっていると想定される。そして、この軟質な部分が水みちとなったと推定さ

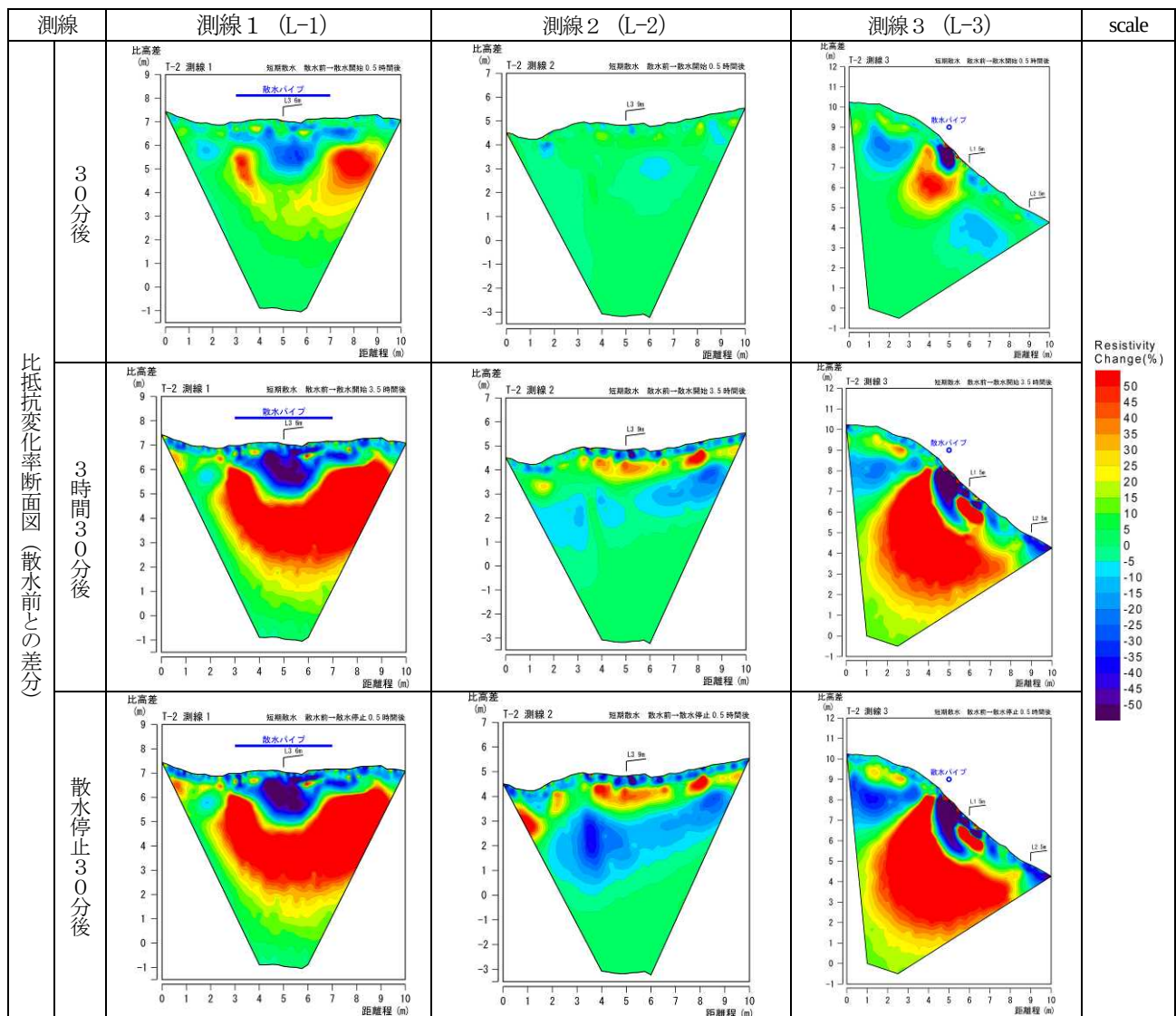


図-7 比抵抗観測結果 (均質なマサ土が分布する斜面 (T-2) , 短期降雨)

れる。今後、コラストーンの分布、土層の透水性などの詳細調査を実施することから、コラストーンが水文特性に与える影響についてさらなる検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 海堀正博, 長谷川祐治, 山下祐一, 崎田博史, 中井真司, 桑田志保, 平松晋也, 地頭菌 隆, 井良沢道也, 清水 収, 今泉文寿, 中谷加奈, 柏原佳明, 加藤誠章, 鳥田英司, 平川泰之, 吉永子規, 田中健路, 林 拙郎: 平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害: 砂防学会誌, Vol.71, No.4, pp.49-60, 2018.
- 2) 松村和樹, 藤田正治, 山田孝, 権田豊, 沼本晋也, 堤大三, 中谷加奈, 今泉文寿, 島田徹, 海堀正博, 鈴木浩二, 徳永博, 柏原佳明, 長野英次, 横山修, 鈴木拓郎, 武澤永純, 大野亮一, 長山孝彦, 池島剛, 土屋智: 2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害: 砂防学会誌, Vol.64, No.5, pp.43-53, 2012.
- 3) 独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム: 表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル (案), 土木研究所資料, 2009.
- 4) 野池耕平, 小竹利明, 菅原寛明, 田中健貴, 木下篤彦, 榎原伴樹, 崎山朋紀, 松澤真, 田村友起夫, 澤田悦史, 斉藤泰久: パイピング孔周辺における人工散水による水の浸透過程の検討: 2019年度砂防学会研究発表会概要集, pp.559-560, 2019.
- 5) 筒井和男, 西岡恒志, 福田和寿, 坂口武弘, 木下篤彦, 今森直紀, 田中健貴, 島田徹: ヒアリング調査を基にした平成23年那智川災害の避難行動に関する研究, 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.37-42, 2016.
- 6) 高倉伸一, 吉岡真弓, 内田洋平, 石澤友浩, 酒井直樹: 比抵抗モニタリングによる盛土中の水分変化の推定, 物理探査, pp.223-236, 2012.
- 7) 平田康人: 柱状節理の発達した火成岩の組織・構造とそれに規制された球状風化メカニズム, 京都大学大学院理学研究科博士論文, pp.1-207, 2018.

(2020. 4. 2受付)