

CIM を活用した異なる降雨パターンにおける深層崩壊斜面の地下水位形成メカニズムの解析 ～奈良県赤谷地区および栗平地区～

応用地質株式会社

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

林幸一郎・○山田友・小林夏子

竹下航・岸本優輝・小林正直・高原晃宙

1. はじめに

深層崩壊による被害を軽減するためには、崩壊の発生に対する警戒を行い、河道閉塞などが発生した際の対策を迅速に行う必要がある。これまでの研究により、深層崩壊発生の一因として、断層破碎帯など地質構造に規制された地下水の挙動が影響している可能性¹⁾や、長期降雨や降雨パターンが発生・非発生に影響している可能性²⁾が示されており、降雨指標を用いた警戒、避難体制を構築する方法が検討されている。

本研究では、2011年に深層崩壊が発生した地区の地下水位観測をもとに、崩壊斜面周辺でどのような地質構造や降雨パターン、崩壊後の地盤環境の変化が地下水位の面的な形成に影響を与えているか、空間的な分布から考察を行うためCIMを活用して解析を行った。

2. 調査地の概要

奈良県五條市の赤谷地区および吉野郡十津川村の栗平地区は、熊野川水系の上流域にあり、それぞれ川原樋川の支川、栗平川に面した北向きの斜面で深層崩壊が発生している。地質は主に堆積岩類からなり、およそ北に30～50°傾斜した構造を持ち、斜面に対して流れ盤となっている。地下水位観測は、崩壊地の背後斜面を中心にそれぞれ最大10箇所を実施している。

3. 対象とする降雨イベントの選定

地下水位面のCIMモデルを作成する降雨イベントを、以下の観点で選定した。

- ① 深層崩壊発生時の水位変動の特徴を推定するため、2011年9月に似た降雨パターンを選定する。
- ② 地形等の変化による水位変動の違いを分析するため、変化前後の同程度のイベントを選定する。
- ③ 雨の降り方による違いを分析するため、同時期でパターンの異なるイベントを選定する。

3.1 赤谷地区

図-1に、観測を開始した2012年10月以降で上位の累積雨量(24時間無降雨でリセット)と、2011年9月の累積雨量の経時変化を示す。赤谷地区では、観測期間中は深層崩壊発生時の1,000mmを超える降雨の半分以上の降雨のみ観測されている。①深層崩壊発生時に近いイベントとして、降り始めから2日間で累積400

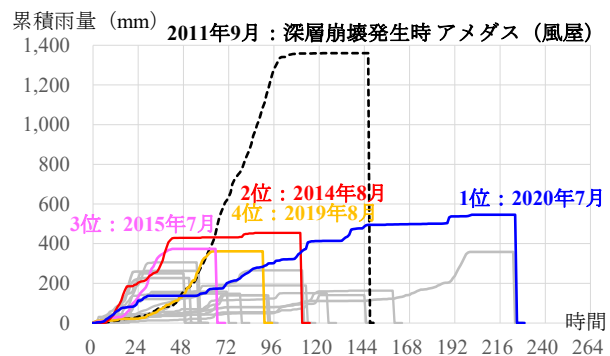


図-1 観測期間における上位の累積雨量(赤谷地区)

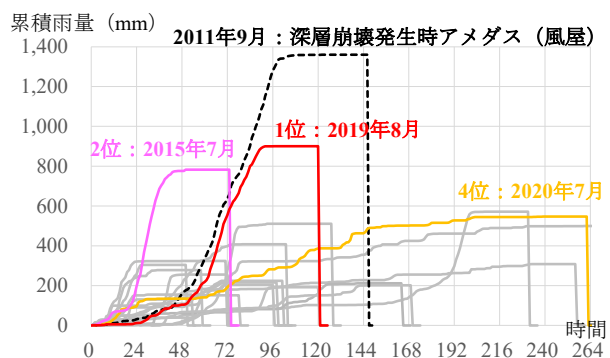


図-2 観測期間における上位の累積雨量(栗平地区)

mmに達した2位のイベント(454.5mm)を選定した。②赤谷地区では崩壊から5年ほど経過した2016年ごろから湧水が減少し基底となる地下水位の低下も確認されていることから、その変化前後で同程度の2015年7月の3位のイベント(373.5mm)と2019年8月の4位のイベント(361.5mm)を比較した。③同時期で異なる降雨パターンとして、4位のイベントと2020年7月の1位のイベント(546mm)を比較した。

3.2 栗平地区

図-2に、観測を開始した2013年8月以降で上位の累積雨量と、2011年9月の累積雨量の経時変化を示す。栗平地区では、2019年8月の1位のイベント(900.5mm)と、2015年7月の2位のイベント(782.5mm)でそれぞれ河道閉塞箇所の浸食や変状が発生している。①深層崩壊発生時に似たイベントとして、1位のイベントを選定した。②2018年9月に決壊した排水路工の有無による変化を確認するため、決壊前の2位のイベントと、決壊後の1位のイベントを比較した。③同時期で異なる降雨パターンとして、1位のイベントと2020年7月の4位のイベント(546.5mm)を比較した。

4. 降雨に伴う地下水位形成の特徴

降雨時における地下水位の上昇・下降の推移を視覚的に把握するため、3で選定した3~4イベントを対象として、それぞれの地下水位変動の特徴的な時刻を4~6シーン抽出し、地形や断層などを組み合わせたCIMモデルにより地下水位の形成過程を視覚化し、それらの特徴を解析した。以下に一部を示す。

4.1 赤谷地区

①の降雨イベントの特徴として、水位上昇直前から、降雨と水位上昇のピークを越え更に水位低下の速度が鈍化し始めた時刻の、地下水位の変動量の分布を図-3に示す。この時刻では地点ごとの降雨後の水位低下の違いが表れており、崩壊地頭部の推定断層1と推定断層2に囲まれた領域で、降雨後も水位上昇の影響が残りやすいことが確認された。

②の基底水位が低下した前後の降雨に対する地下水位変動の違いとして、それぞれの水位上昇のピーク時の水位差の分布を図-4に示す。基底水位低下後は、同程度の降雨に対しても尾根と崩壊地内で特にピーク水位が低下している一方、南側の尾根などピーク水位が低下していない領域も認められた。

③の比較では、ほとんどの地点で降り始めから60時間に降雨が集中したイベントの方でピーク水位が高かったものの、①の推定断層に囲まれた領域の一部では、もう一方のイベントで累積雨量の増加に伴い108時間後により高い水位となった地点も認められた。

4.2 栗平地区

①の降雨イベントの特徴として、降雨に対して水位上昇が早い地点がピークを迎えた時刻から、水位低下が進み速度が鈍化し始めた時刻の、地下水位の変動量の分布を図-5に示す。崩壊地頭部と、F7断層より斜面下部では水位低下が著しいのに対し、F7断層より斜面上部で降雨後も水位上昇の影響が残りやすい領域が部分的に存在することが確認された。

②の排水路工が決壊した前後では、特に崩壊地縁辺や斜面下部で降雨後の水位低下が早くなっている傾向が確認された。

③の比較では、全ての地点で降り始めから72時間に降雨が集中したイベントの方でピーク水位が高かった。

5. 考察

赤谷地区では、既往の比抵抗探査などにより推定されている崩壊地背後の南西側の尾根から供給される地下水が、高角度の推定断層で堰き止められ降雨後も高止まりしている傾向が確認され、また長期的に降り続く降雨によって更に水位上昇する領域もあることが確

認された。栗平地区でも、既往の比抵抗探査など³⁾で推定された断層の分布に規制された地下水の流入経路と調和的な地下水位面が確認された。

上記の特徴を読み取り、様々なシーンを比較してより分かりやすい組合せの差分図などを作成するうえでは、3次元上で自由にシーンの切り替えができるCIMが効率的であった。今後、より斜面の安定性を低下させる可能性のある降雨パターン、安定性が低下しやすい領域などの特徴を明らかにし、警戒体制の構築に活かしたい。

参考文献

- 1) 千木良雅弘：深層崩壊の場所の予測と今後の研究展開について、応用地質、Vol.56, No.5, p.200-209, 2015
- 2) 木下篤彦：深層崩壊が集中的に発生する降雨条件—平成23年台風12号の降雨分析—、砂防学会誌、Vol.66, No.3, p.24-31, 2013
- 3) 木下篤彦：2011年に深層崩壊が発生した奈良県十津川村栗平地区における比抵抗探査を用いた断層沿いの地下水流入過程の検討、日本地すべり学会誌、Vol.58, No.1, p.40-47, 2021

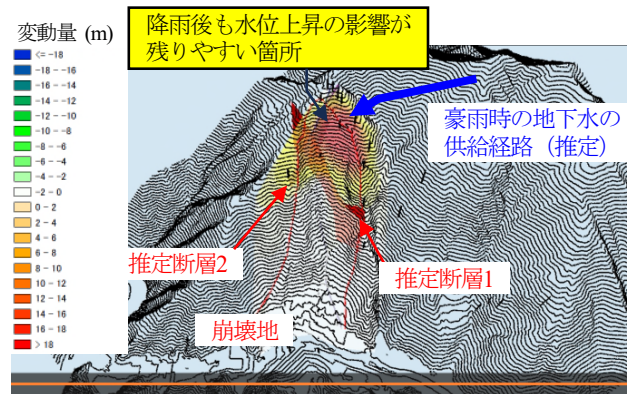


図-3 降雨前後の地下水位変動量の分布（赤谷地区）

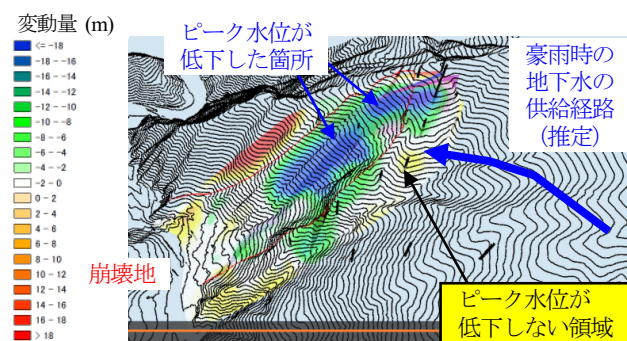


図-4 水文環境の変化前後の地下水位の差（赤谷地区）

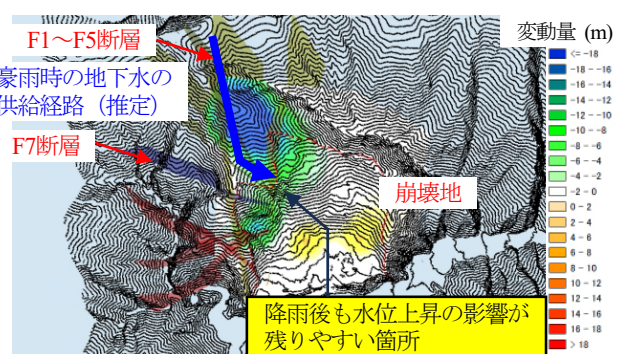


図-5 降雨後の地下水位変動量の分布（栗平地区）