

降雨による山地斜面における岩盤内地下水位の変動特性

広島大学 学生会員 ○小谷 隼人, 広島大学 正会員 内田 龍彦, 井上 卓也, 鳩野 美佐子,
東京建設コンサルタント 正会員 梶 昭仁, 小森 潤二, 宮田 英樹, 広島大学 非会員 海堀 正博

1. 背景と目的

2018年7月西日本豪雨により広島県内では同時多発的に土石流が発生した。この豪雨では、緩やかな傾斜のある山頂付近からほど同じ距離を起点として放射状に土砂災害が発生した点に特徴がある。著者ら¹⁾は、2014年8月豪雨で土石流が発生した高松山の斜面において、2018年7月西日本豪雨時の表面土壌水分量と温度を観測し、大雨により低温の岩盤地下水位が表層付近まで上昇したことを観測した。このことから表面土砂が不安定となって土石流が発生したと考え¹⁾、西日本豪雨で土石流が発生したががら山にて、2021年から表面地下水と岩盤地下水の観測を行っている²⁾。本研究では現地観測に基づき、山地斜面の岩盤地下水位の年変動と強雨時の表面地下水との連動特性を明らかにし、岩盤内地下水位を予測するモデルを構築することを目的とする。

2. 現地観測方法

広島県東広島市鏡山2丁目に位置するがら山において2021年7月～12月²⁾と2022年6月～2023年2月の15か月間現地観測を実施した。観測地点を図-1に示す。岩盤内地下水位はボーリング孔内、表層地下水位は地盤に直接貫入した塩ビ管内に水位計を設置し、水位・温度の観測を2分間隔で計測した。岩盤内地下水位の中腹観測地点(B1, B2, B3)は2022年6月から観測している。E以外の表層地下水位観測点5地点は同一の落水線上の地下水を縦断的に観測できるように設置しており、Eは周辺の地形が谷のようになっている地点である。

3. 実効雨量を用いた水位変動の時間スケールの評価法

観測した地下水の水位変動の時間スケールを評価するため、各地点水位変動の雨量に対する反応や遅れ時間を評価でき、土中の水分量との関連が良い指標とされる実効雨量を用いた。遅れ時間を考慮した実効雨量の式を以下に示す。

$$D(t) = R(t + T_L) \cdot \Delta t + \alpha \cdot D(t - \Delta t) \quad (1)$$

$$\alpha = 0.5^{\Delta t/T} \quad (2)$$

ここで、 $D(t)$:時刻 t での実効雨量、 $R(t)$:時刻 t での雨量、 α :逓減係数、 T :半減期、 T_L :遅れ時間、 Δt :時間間隔(本研究では、10min)である。

半減期の異なる実効雨量の中から地下水位の時間変化と最大の相関係数となる半減期と遅れ時間の組み合わせを求める²⁾。得られた実効雨量の波形と観測した水位波形の比較の例を図-2に示す。このように実効雨量で地下水位波形を表現できることが分かる。

図-3はこのようにして得られた半減期と遅れ時間の関係である。このように両者には強い正の相関があり、

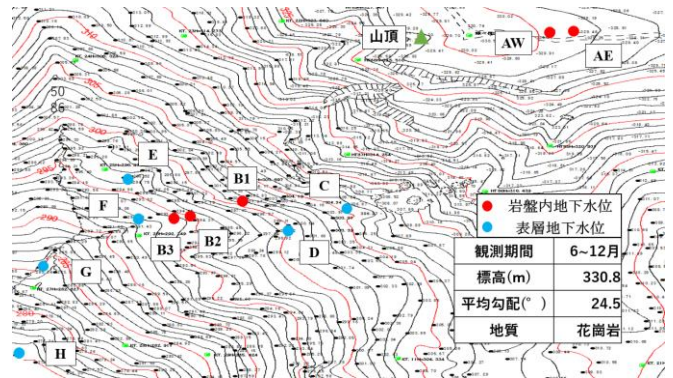


図-1 観測地点

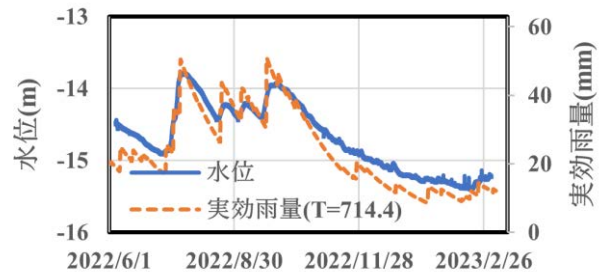


図-2 B1地点(中腹)の観測水位と実効雨量

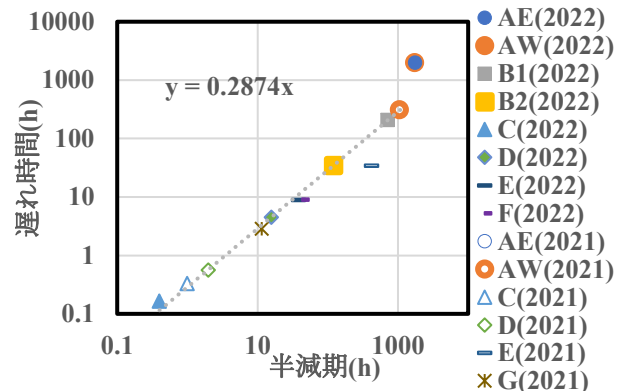


図-3 半減期と遅れ時間

半減期に比例して遅れ時間が長くなることが分かった。一方、遅れ時間は降雨が地表面から地下水面までの深さが深いほど長くなると考えられる。図-4は、各年度の観測期間内の平均地下水位と遅れ時間の関係を調べた結果をに示した。平均地下水位が深い位置にあるほど、降雨に対する水位変化の遅れが生じることが分かる。図-3, 4から、平均地下水面と計算された半減期・遅れ時間が比例関係にあると仮定し、観測結果の誤差が小さくなるように式(3),(4)で与えた。

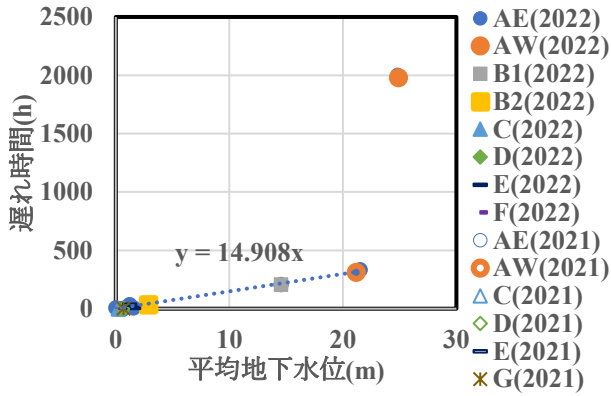


図-4 平均地下水位と遅れ時間

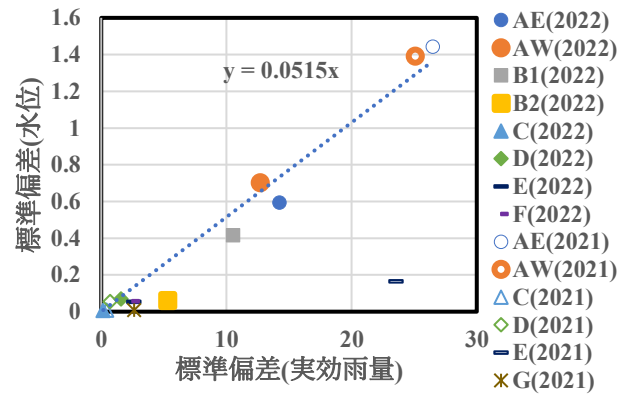
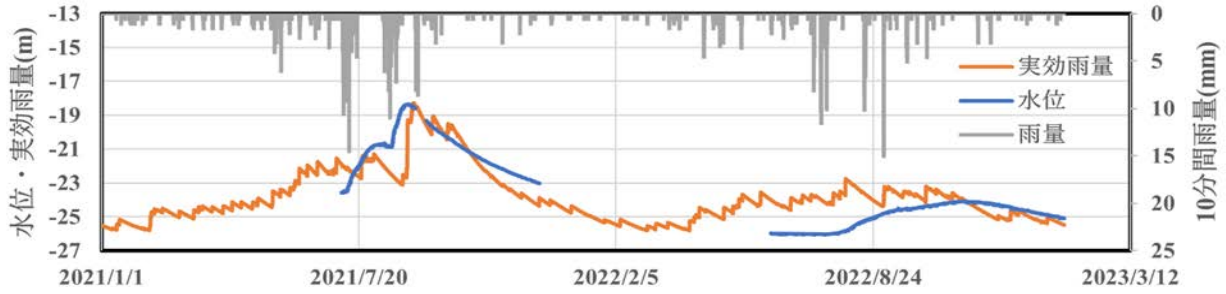
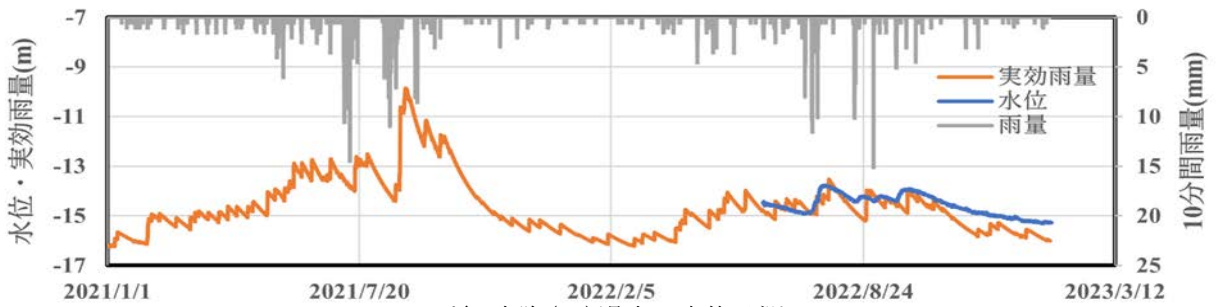


図-5 実効雨量・水位の標準偏差



a) 山頂(AW)2年分の再現



b) 中腹(B1)過去の水位予測

図-6 地下水位予測モデル

$$T = T_L / 0.2874 \quad (3)$$

$$T_L = 14.908Z \quad (4)$$

ここで、 T は半減期、 T_L は遅れ時間、 Z は地表から地下水面までの距離である。

式(3),(4)を実効雨量の式(1),(2)に代入して水位波形を再現し、水位と実効雨量の標準偏差の関係を調べた結果を図-5に示した。水位の標準偏差は実効雨量の標準偏差と概ね比例することが分かる。そこで、水位の時間変化を式(5)で表し、得られた実効雨量と水位変化の関係式(6)を用いて、実効雨量の変化量式(7)から計算した。

$$Z(t + \Delta t) = \Delta Z + Z(t) \quad (5)$$

$$\Delta Z = (D(t + \Delta t) - D(t)) * \sigma Z / \sigma D \quad (6)$$

$$\Delta Z = \Delta D * \sigma Z / \sigma D \quad (7)$$

図-6は式(5)-(7)を用い、降雨量からAW, B1の2年間の水位波形を計算したものと水位変化の観測値を比較再現したものである。AWの初期水位は-25.5(m), B1の初期水位は-16.2(m)と設定した。AWでは2021年のピークと2022年の最低水位を表現できており再現性も高い

ことが分かる。B1でも同様に再現性が高いことが確認できた。

5. 結論

本研究では、2018年の西日本豪雨時に対象斜面の付近で大規模な土石流が発生した東広島市にあるがら山で岩盤内地下水位と表層地下水位を約15か月観測した。観測したデータをもとに地下水位波形を再現するモデルを構築し、観測した波形と比べることで再現性が高いことを示した。雨量データと初期水位のデータで水位波形を予測することができるモデルの構築により、今後の土砂災害においてその発生危険度を予測精度を向上させることが期待できる。

参考文献

- 1) 小橋ら：土石流危険度予測のための源頭部における豪雨時の雨水浸透過程に関する研究，河川技術論文集，第25巻，pp.669-674，2019。
- 2) 笹谷ら：山地斜面における岩盤内と表層地下水の変動特性に関する研究，第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集，p.179-184，2022