

降雨による山地斜面における岩盤内と表層地下水位変動の時間スケールと遅れ時間

広島大学 学生会員 ○笹谷 慎之介
 広島大学 正会員 内田 龍彦

1. 背景と目的

近年、土石流やそれに伴う土砂・洪水氾濫が甚大な被害を引き起こす例が頻発しており、対策を行うためにはこれらのきっかけとなる山地での地下水挙動を明らかにする必要がある。アメリカオレゴン州の人工降雨実験では、岩盤内の亀裂が地下水の流路として大きな役割を果たすことが示された¹⁾。また、広島県広島市の高松山では表層崩壊の源頭部や岩盤において温度の低い岩盤内地下水の上昇が観測された²⁾。本研究では山地斜面における岩盤内・表層地下水の降雨に対する挙動特性、特に変動の時間スケールや降雨に対する反応の遅れ時間、応答特性を明らかにすることを目的とする。

2. 現地観測

対象は広島県東広島市鏡山 2 丁目に位置するががら山である。周辺では 1999 年や 2018 年に土石流が発生しており、特に 2018 年の西日本豪雨時には対象斜面の近くで大規模な土石流が発生している。図-1 のように水位計を設置し、岩盤内と表層地下水の降雨に対する反応の違いをみるために観測を行った。岩盤内地下水位はボーリング孔内で、表層地下水位は地盤に直接貫入した塩ビ管内で観測した。E 以外の表層地下水位観測地点は同一水みち上を縦断的に観測できるように決定した。計測間隔は 2 分である。

3. 実効雨量を用いた検討

地点ごとの水位変動の時間スケールと降雨に対する反応の遅れ時間を統一的に評価するため、土中水分量との関連が良い実効雨量を用い検討を行った。実効雨量の式を以下に示す。

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

$$\alpha = 0.5^{\Delta t/T}$$

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、Δt：10min である。半減期 T を変えることで図-2 のように異なる時間スケールの水位変動を表現することができる。

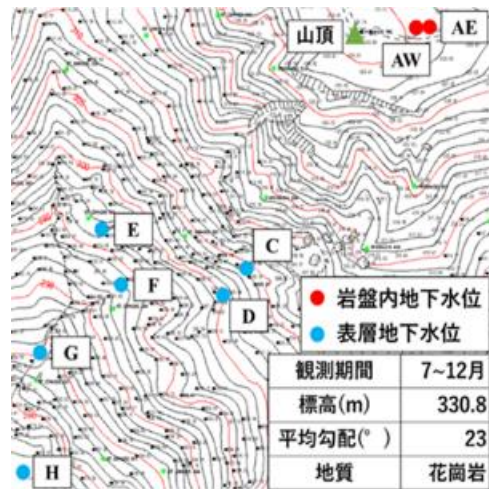


図-1 観測地点

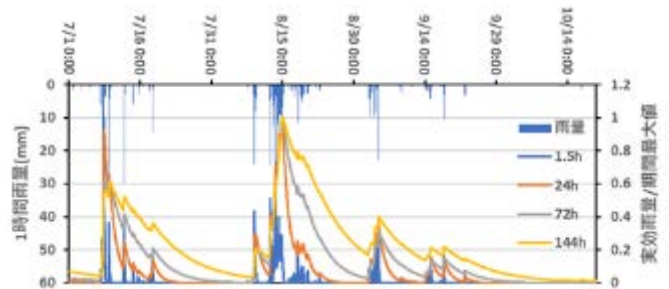


図-2 雨量と実効雨量の関係

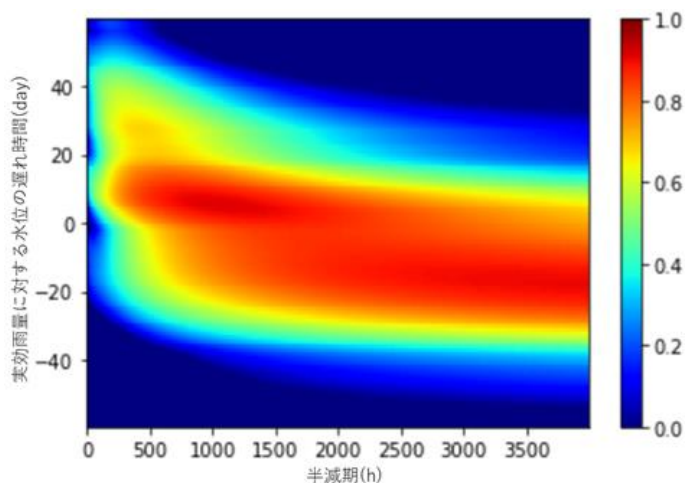


図-3 相関係数の変化(AE)

各地点水位データ(7~12月)と、10分間雨量データ(2018~2021年)を用い、雨量との相関係数が最大となる実効雨量の半減期と実効雨量に対する水位の遅れ時

キーワード 岩盤, 実効雨量, 相関係数, 実質遅れ時間, 地下水位, 地下水位変動の時間スケール

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学工学部第四類社会基盤環境工学プログラム

T E L 082-424-7821

間を計算した。AEにおける半減期と遅れ時間による相関係数の変化を図-3に示す。相関係数が最大になるときの半減期は1074.0(h)、実効雨量に対する水位の遅れ時間は137(h)である。遅れ時間の正側と負側で相関係数のピークが2つあるように見えるのは、半減期が長くなることで実効雨量の波形が変化し相関係数が高くなる時の水位波形との位置関係が変化したためである。同様の計算を計測トラブルのため欠測としたF,Hを除く6地点に対し行った。負の遅れ時間を計算しているのは実効雨量自体に時間成分が含まれると考えたためである。その大きさを雨量と実効雨量の相関係数が最大になる時の遅れ時間であると定義し、実効雨量に対する水位の遅れ時間と合わせることで実質遅れ時間を計算した。

4. 半減期と実質遅れ時間の関係

図-4に半減期と実質遅れ時間の関係、図-5に集水深さと実質遅れ時間の関係を示す。各地点の結果に加えて図-6に示すAEの短時間応答(以下、急変動とする)を示している。急変動の抽出は、元の水位からAEの半減期の1/100となる10.74(h)の移動平均を差し引くことで行った。図-4から急変動以外の点が岩盤内・表層で構造が異なるにも関わらず半減期と実質遅れ時間の間には強い正の相関があることがわかる。また、図-5では岩盤内・表層で変化の傾向が異なることがわかる。この関係は集水深さと半減期の間でもほぼ同じであり、岩盤内と表層の透水性が大きく異なるためであると考えられる。急変動のみこれらの傾向とは異なる点であることからこの現象は通常の水位変動とは異なるメカニズムで発生したものである。また、急変動が起こった際の降雨イベントは7月の方が総雨量は少なく短時間降水量は大きかったことから、この現象には短時間降水量が強く関係していると考えられる。

5. 結論と今後の課題

実効雨量を用い水位との相関を考えることにより、岩盤内地下水と表層地下水の変動の時間スケールを実効雨量の半減期で、降雨に対する水位変動の応答速度を実質遅れ時間で表現できることを示した。また、これらは一定の関係にあり岩盤内か表層かには依存しないことから、AEで観測された水位の急変動は通常の水位変動とは異なるメカニズムで起こる、短時間降水量との関係が強い現象である。

今回は単一の流域のみで検討を行ったため、異なる

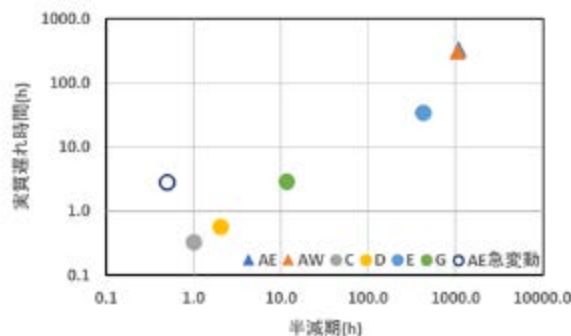


図-4 半減期と実質遅れ時間の関係

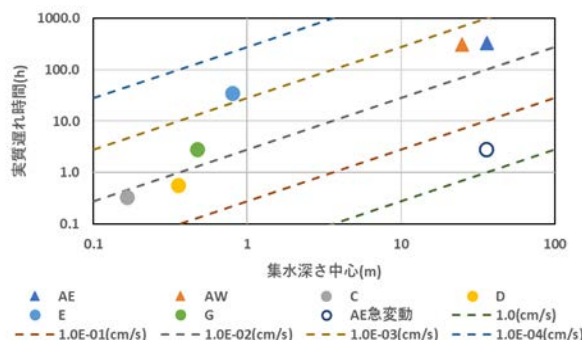


図-5 深さと実質遅れ時間の関係

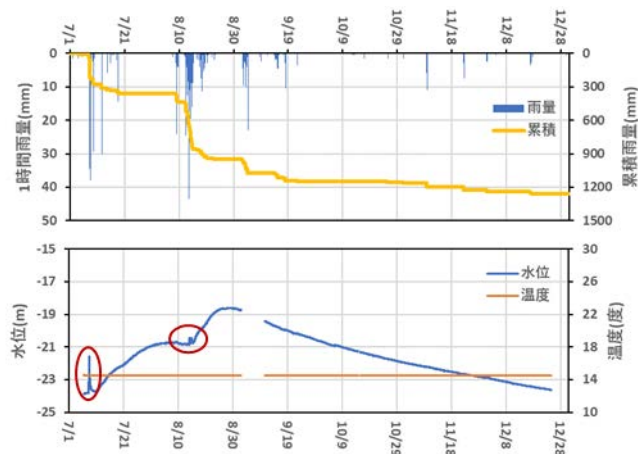


図-6 岩盤内地下水水位の急変動(AE)

流域においても同様の結果となるか検証する必要がある。また、AEで観測された短期的変動の具体的なメカニズムについて詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) Suzanne Prestrud Anderson, William E. Dietrich, David R. Montgomery, Raymond Torres, Mark E. Conrad, Keith Loague : Subsurface flow paths in a steep, unchanneled catchment, Water Resources Research, Volume 33, Issue 12, pp.2637-2653, 1997.
- 2) 小橋力也, 北真人, 内田龍彦, 梶昭仁, 宮田英樹, 河原能久 : 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.