

崩壊斜面における豪雨時の雨水浸透と地下水位変動

東京都庁 正会員 ○前田 泰志 広島大学 正会員 内田 龍彦
 株式会社東京建設コンサルタント 正会員 梶昭仁 正会員 宮田 英樹
 広島大学 正会員 河原 能久

1. 序論

記録的な豪雨による土砂災害が後を絶たず、防災を進めていくために斜面崩壊の発生機構を解明することが喫緊の課題である。これまで、斜面内の地下水流れについて様々な検討がなされ、豪雨時には崩壊斜面の源頭部において岩盤内地下水が土層に到達すると考えられている^{1),2)}。しかし、斜面内地下水の挙動には未解明な部分が多い。そこで、本研究では現地観測により表層崩壊が発生した山地斜面における雨水浸透過程と岩盤内地下水の挙動を温度と地下水位に着目して検討することを目的とする。

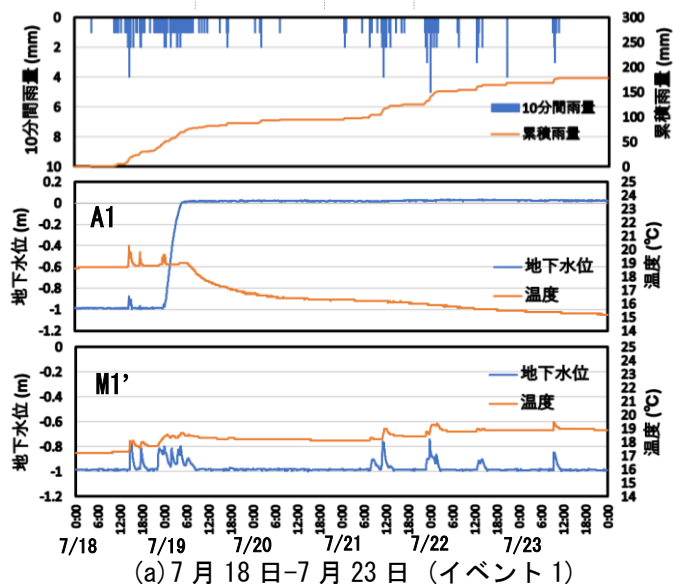
2. 現地観測と結果

2014年8月の広島豪雨時に土石流が発生した広島市安佐北区可部町の高松山を観測場所とし、雨量計、土壌水分計、水位計を設置した。崩壊斜面の源頭部直上5箇所に集中観測地点(M1, M1', M2, M3, J0, I2)を設けた。パイプ流の空間的な広がりを把握するために地下水位計を源頭部周辺の15箇所に設置した。また、岩盤内地下水の変動を計測するために源頭部内B1地点を含む2箇所と源頭部から16m下流の崩壊溪流内に位置するA1地点の露出した基岩に地下水位計を設置した。

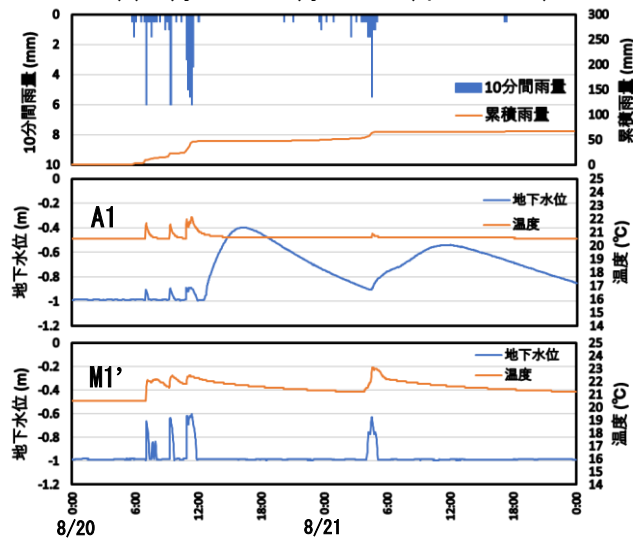
降雨イベントの特徴を表-1に、各イベントでの源頭部直上M1'地点と崩壊溪流内A1地点における地下水位と水位計が計測した温度の時間変化を図-1に示す。イベント1の雨量データは欠損につき、三入東(広島県)での雨量データを用いた。観測局からの距離は約1.6kmである。イベント1における源頭部直上M1'地点では水位と温度の急速な上昇と下降を繰り返す。一方、A1地点では水位が地表面に到達した後、温度は低下している。降雨イベント2ではA1地点において8月20日の降雨ピークと21日の降雨ピークの約1時間後に水位が上昇している。しかし、このとき温度は変化せず、ほぼ一定となっている。地下水位と温度の関係に着目すると、温度が一定のタイプは1時間雨量が大きい

表-1 降雨イベントの特徴

イベント	イベント期間	累積雨量	最大1時間雨量
イベント1	7/18 11時～ 7/23 10時	178mm	12mm
イベント2	8/20 6時～ 8/21 17時	66.5mm	23mm



(a) 7月18日-7月23日(イベント1)



(b) 8月20日-8月21日(イベント2)

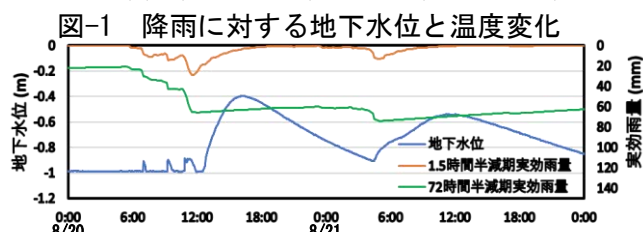


図-2 降雨特性と地下水位の関係

キーワード 岩盤内地下水, 飽和側方流, 実効雨量, 林外雨

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学 専攻事務室 TEL: 082-424-7819

イベント 2 において発生していることから、岩盤の鉛直浸透能力を上回る浸透量から起因する飽和側方流が発生しており、雨量ピークから遅れて発生する要因は岩盤までの浸透時間と考えられる。また、温度が低下するタイプは総雨量が大きく、A1 地点より深い位置に存在する岩盤内地下水が降雨により涵養され水位が上昇したものであると考えられる。

3. 観測結果を踏まえた豪雨時の地下水位変動

飽和側方流の発生と岩盤内地下水の上昇に対する降雨特性との関係性を検討する。図-2 にイベント 2 での A1 地点における地下水位と半減期 1.5 時間（短期実効雨量）、72 時間（長期実効雨量）とした実効雨量の時間変化を示す。実効雨量には式(1)を用いた。

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

ここで、 $D(t)$ は時刻 t における実効雨量、 $R(t)$ は時刻 t における 1 時間雨量、 α は逓減係数であり、半減期 T を用いて、 $\alpha = 0.5^{\Delta t/T}$ と表わせる。ここでは $\Delta t = 1$ 時間、 $R(t)$ を時間雨量とするが、 $D(t)$ は 10 分ごとに計算した。図-2 より短期実効雨量のほうが長期実効雨量に比べ、上昇する地下水位によく対応している。図-3 に各降雨イベントにおける飽和側方流がピークに達したときの水深と実効雨量の関係を示す。半減期は 1.5 時間と 6 時間を用いた。これより 1.5 時間より 6 時間の半減期を用いたほうが飽和側方流との対応関係が良好であることがわかる。次に温度変化を伴う岩盤内地下水と長期実効雨量との関係性を検討する。図-4 に地下水位の変動形態と 72 時間半減期実効雨量との関係を示す。飽和側方流発生は水位ピークまでの実効雨量の最大値、岩盤内地下水上昇は温度が低下するときの実効雨量とした。岩盤内地下水は長期実効雨量が大きいときにも上昇していない事象がある。そこで岩盤内地下水上昇と対応が良好な半減期を求めた結果、144 時間の半減期を用いたときに良好な対応関係にあり、実効雨量 100mm 以上で岩盤内地下水が上昇したことがわかる(図-5、図-6)。また、7 月豪雨時に温度の低い岩盤内地下水が土層へ到達した現象は雨量ピーク後に遅れて発生した²⁾。降雨ピークから遅れて発生する点は飽和側方流の特性、温度が低下する点は岩盤内地下水の特性に類似する。そこで図-7 に飽和側方流と岩盤内地下水に対する短期と長期の実効雨量の関係を示す。図-7 には 7 月豪雨時に源頭部直上で岩盤内地下水が上昇したときの実効雨量も示している。これより岩盤内地下水が土層に到達する

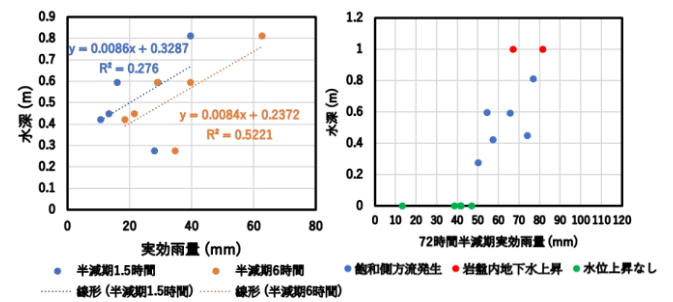


図-3 飽和側方流と短期実効雨量の関係

図-4 岩盤内地下水と長期実効雨量の関係

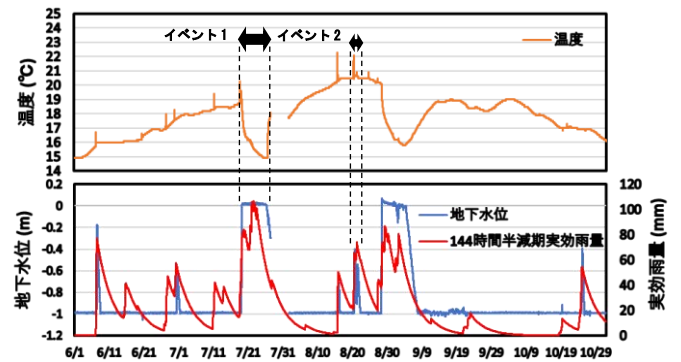


図-5 岩盤内地下水位と 144 時間半減期実効雨量の関係

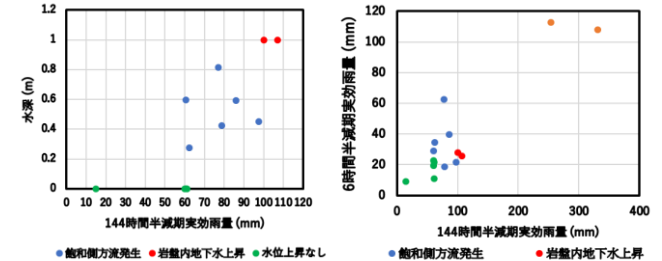


図-6 岩盤内地下水の変動形態と長期実効雨量(144h)の関係
()内は半減期を示す

図-7 短期実効雨量(6h)と長期実効雨量(144h)の関係
()内は半減期を示す

現象は長期実効雨量が大きい点に加え、短期実効雨量が大きいときに発生することが分かる。

4. 結論

現地観測により、岩盤内地下水の挙動と降雨との関係性が明らかになった。また、これらの挙動と降雨特性から岩盤内地下水が表土層に到達するメカニズムを説明できる可能性を示した。今後、岩盤内地下水と表層土壌崩壊の関係を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 寺尾晃平, 内田龍彦, 梶昭仁, 宮田英樹, 河原能久: 土砂災害危険区域の林地斜面における降雨の浸透・流出過程の解明, 河川技術論文集, 第 24 巻, pp. 439-444, 2018.
- 2) 小橋力也, 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.