

# 林地斜面における降雨の浸透機構

東京都庁 正会員 ○寺尾 晃平 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 同 正会員 宮田 英樹  
広島大学 フェロー 河原 能久

## 1. 背景と目的

土砂災害軽減対策のため、斜面崩壊や土石流発生機構を解明し、その予測手法を確立することは喫緊の課題となっている。しかし、林地斜面における降雨浸透の実態を推定することは容易でなく、実態に基づいた土砂災害予測には至っていない。本研究では、斜面崩壊や土石流発生機構の解明に向けた第一段階として、土石流が発生した林地斜面における降雨の浸透・流出過程を現地観測と実験から明らかにすることを目的とする。

## 2. 現地観測と結果

観測場所は2014年8月の豪雨による広島市の土砂災害で被害を受けた広島県広島市安佐北区可部町の高松山とした。観測範囲は2.1 ha、平均勾配は29°であり、地質は主に広島花崗岩類であり、マサ化した花崗岩が一部分布していることが確認されている<sup>1)</sup>。転倒ます型雨量計を6地点（林外雨用1台、樹冠通過雨用に針葉樹地点に1台、広葉樹地点に4台）に設置した。斜面水平方向と流下方向の浸透機構を検討するために、斜面崩壊箇所の源頭部直上（M1地点）を含む3箇所集中観測地点（I1, I2, M1）を設け、体積含水率、サクシオンを1地点に3深度（30 cm, 60 cm, 90 cm）計測した。また、圧力式水位計を用い、下層（深度90cm～150cm）の圧力を11箇所、地表面流を5箇所計測し、観測範囲の末端に堰を設け、流量を計測した。観測機器の設置場所を図-1に示す。

集中観測地点3箇所での斜面水平方向と流下方向の浸透機構の検討を行ったが、関係性は得られず、3箇所ごとに異なる特徴を示した。その中で、降雨に対して体積含水率の上昇が顕著であった斜面崩壊箇所の源頭部直上（M1地点）での2回の計測結果（降雨イベント1とイベント2）に見られる特徴を比較す

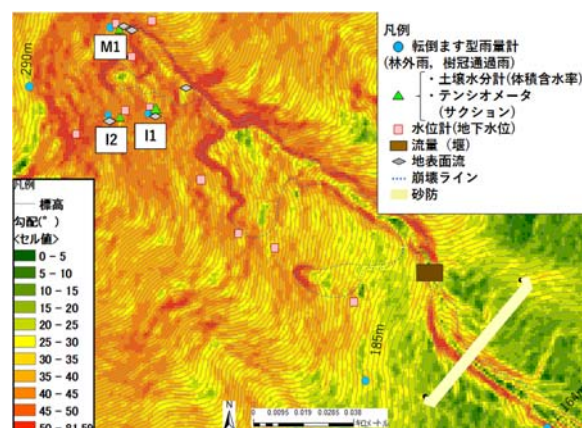


図-1 観測機器の設置場所

表-1 降雨イベントの特徴

|           | イベント期間                  | 林外雨<br>累積雨量 | 降雨強度   | 地下水位<br>の有無 |
|-----------|-------------------------|-------------|--------|-------------|
| イベント<br>1 | 9/11 9時～<br>9/13 3時     | 104mm       | 72mm/h | 有           |
| イベント<br>2 | 10/21 12時～<br>10/23 12時 | 120mm       | 12mm/h | 無           |

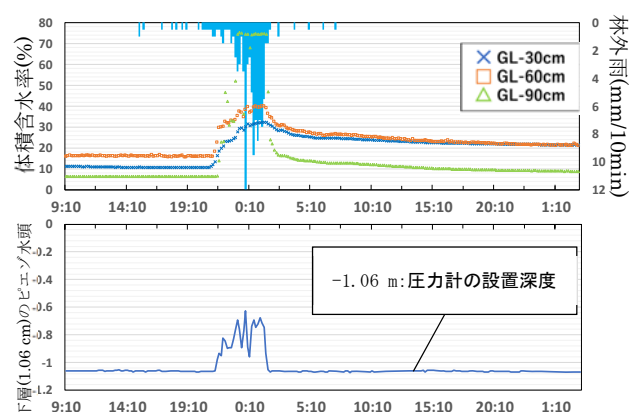


図-2 イベント1の体積含水率と地下水位

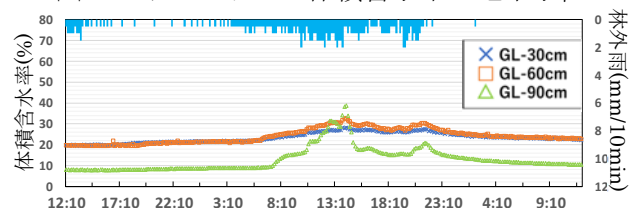


図-3 イベント2の体積含水率

る。降雨イベントの特徴を表-1に、イベント1での体積含水率と地下水位の時間変化を図-2、イベント2での体積含水率の時間変化を図-3に示す。

キーワード 体積含水率, マクロポア, 地下水位, 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

観測結果より、イベント 1 では鉛直下向きの浸透とは異なる現象が見られた。即ち、深さ 90 cm の体積含水率が降雨に対して即座に反応し、同時刻に地下水水位も上昇した。地下水水位のピエゾ水頭の上昇は地表深さ 60 cm まで達したが、深さ 90 cm では未飽和であった。一方、イベント 2 では、深さ 90 cm において深さ 60 cm、30 cm の体積含水率以上の値まで上昇した。

これらの結果より、地中内のマクロポアやパイプなどの空隙を斜面流下方向に流下する速い流れが生じたと考えられる。また、地下水水位の上昇は地中に被圧状態の流れが形成され、間隙水圧が上昇したのと考えられる。この間隙水圧の上昇と地表からの鉛直下向きの雨水浸透は空隙内の空気の動きを押さえると同時に、土層を浮上させる力を増加させ、土層の不安定性をもたらすと考えられる。

### 3. 模型実験と結果

M1 地点での現象を理解するために、マクロポアを下層に有する斜面を作製し、降雨の鉛直浸透と下層のマクロポアからの湿潤と間隙水圧の上昇に伴って、土層がどのように変化するかを計測した。

下層 (10 cm 厚) のマクロポアとなる間隙は礫 (15 mm ~ 20 mm) を敷き詰めることで、また、上層 (35 cm 厚) は真砂土 (2 mm 以下) を均一に詰めて作製した。ただし、上層と下層の材料が混入しないように層の間に金網を挿入した。

先行降雨を与えた後、マクロポアに水を供給した。実験条件を表-2 に、実験装置を図-4 に示す。実験 1 では下層と上層で空気と水の移動が可能とし、下層の下流端は空気と水が流出できるように開放している。実験 2 ではビニールシートで分けられ、空気や水の交換ができず、下層の下流端は閉じている。実験 2 に関しては下層内の間隙水圧をより高めるために条件設定を行った。計測機器として、土壌水分計 (深さ 5 cm, 15 cm, 25 cm) とマノメータ (深さ 35 cm) を用い、降雨強度 49 mm/h の降雨を与えた。

実験 1 の結果を図-5 に示す。深さ 25 cm での体積含水率は、下層への水の供給とともに約 10 % 上昇し、水を抜くと急激に低下した。現地の土壌のように体積含水率が 70 % 程度にまで達することはなく、実験

表-2 実験条件

| 実験条件 | 目的                  | 上層と下層の間 | 先行降雨 | 下層への流入 |
|------|---------------------|---------|------|--------|
| 実験1  | 下層からの湿潤の評価          | 金網      | 2時間  | 2時間    |
| 実験2  | 間隙水圧上昇による上層の不安定性の評価 | ビニール    | 2時間  | 1時間    |

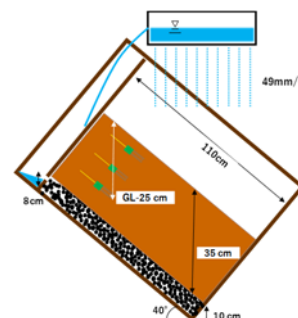


図-4 実験装置の概要

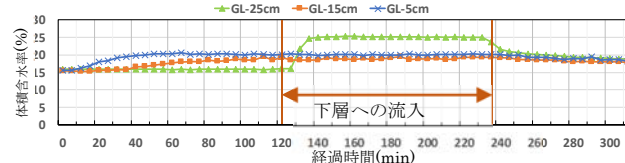


図-5 実験 1 での体積含水率の時間変化

では地下水面の高さが低かったためである。

実験 2 では深さ 5 cm, 15 cm での体積含水率は実験 1 と同様の反応を示したが、深さ 25 cm では応答は見られなかった。下層に水を流入させると、下層内に水が半分程度たまった段階で、下層の末端付近で上層の土を押し上げるような現象が起き、上層に亀裂が生じた。下流端から 30 cm のところではマノメータによる間隙水圧の上昇 (約 20 cmH<sub>2</sub>O) が見られた。現地の M1 地点の場合、一定の降雨強度以上になると、パイプが水で満たされ、被圧状態になることで間隙水圧が上昇すると考えられる。

### 4. まとめ

林地斜面の斜面崩壊箇所の源頭部直上では、降雨に迅速の応答をする地下水水位の存在を確認した。今後、マクロポアやパイプを有する土層への水の供給源の特定、マクロポアの存在位置の推定などを行う必要がある。実験により、下層からの急激な湿潤と間隙水圧の上昇を確認したが、現地土壌の再現性を高めるとともに、より定量的な評価が必要である。

### 参考文献

- 1) 近畿中国森林管理局：8月19日からの大雨による広島市における山地災害検討委員会、  
[http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/tisan/hiroshima\\_s\\_aigai/pdf/20141120\\_siryuu-2-2.pdf](http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/tisan/hiroshima_s_aigai/pdf/20141120_siryuu-2-2.pdf)