

斜面内部に潜在する不均質水流の空間的把握

京都大学大学院農学研究科 ○正岡直也・山川陽祐・小杉賢一朗・水山高久
京都大学防災研究所 堤大三

1. 研究背景と目的

山地斜面末端の土壌は、土砂の侵食と堆積、基岩の風化、植物や土壌生物の攪乱など様々な影響を受けて発達した結果複雑な構造を持ち、降雨一流出過程にも大きな影響を与えている。表面地形は均一に見える斜面の内部において、複雑な土層構造に起因する不均質な水分挙動 (e.g. パイプ流、基岩を介した浸透流出) が局所的な水分集中を生み、予測困難な表層崩壊を発生させることが近年特に注目されている。そのメカニズム解明のためには実際の斜面内部の不均質水流を高い空間的密度で実測し、知見を得ることが必要である。本研究では崩壊危険斜面に高密度かつ広域にテンシオメータを設置し、土壌間隙水圧の変動を集中的に観測することで、斜面内部の詳細な水文過程を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地と調査方法

観測は、京都大学防災研究所穂高砂防観測所・ヒル谷試験流域内の南南東向き谷壁斜面末端 (傾斜約 40 度) で行った (図 1)。基岩地質は風化花崗斑岩である。調査斜面上において等高線に沿う方向の 6 本の測線 (A~F) 上で、それぞれ斜距離約 1 m ごとの点で土壌水分計付貫入計 CPMP (Kosugi et al, 2009) を用いた貫入試験を行い、その後テンシオメータを基岩面上及び土層中に多深度埋設し、土壌間隙水圧(ψ)を継続的に計測した。観測斜面左に隣接した崩壊面内部に見られる湧水点において、転倒ますを用いて湧出量を計測した。また、観測斜面から約 1 km 下流に設置された堰堤で流量を計測した。ここではテンシオメータ及び 2 種の流量観測について、観測結果の一部を示す。

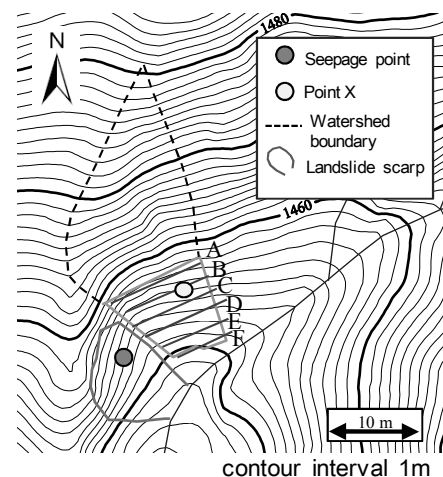


図 1 観測斜面付近の地形図

3. 結果と考察

図 2 に、2009/8/6-7 の総降雨量 46mm の降雨イベントの直前(a)・ピーク時(b)の、測線 A~F における ψ の断面空間分布を示す。降雨前から、斜面全体で基岩の谷地形内部に飽和帯が分布している様子が確認され、特に測線 B の点 X では斜面上部にも関わらず高い地下水位が観測された。また、測線 C,D において、基岩面上・表層では不飽和だが中層のみ飽和し帯水層を形成する、不均質な ψ 分布が観測された。これらの点では降雨ピーク時には飽和帯が表層付近まで拡大するが、基岩面上は不飽和を保ったままであり、強降雨時には地表面まで飽和帯が達しやすく、基岩面より浅い部分をすべり面として局所的に不安定化する可能性が高い。降雨に伴い斜面全体で一時的な飽和帯が表層付近まで拡大したが、降雨前から飽和していた点の多くでは ψ は降雨前・ピークで大きな変化が見られなかった。しかし、測線 F の点 Y においては ψ が急激かつ大きく上昇した。これは、降雨時に水を素早く流す通り道が存在しているためと考えられる。

ψ の長期反応波形に注目すると、測線 B の点 X において、 ψ が降雨に対し遅れて上昇し、緩やかなピークを呈する反応が観測された (図 3)。また、崩壊面内部の湧水流量 (図 4 の細線) も非常によく似た反応波形を示していることから、点 X において崩壊面湧水点と同様の水文過程を経た湧水が発生していると考えられる。基岩湧水流量の増加による地下水位上昇が、降雨ピークから遅れた崩壊発生の引き金となることが指摘されており、今後観測斜面において同様の崩壊が発生する可能性がある。さらに、図 4 のように崩壊面湧水量と下流

の堰での基底流量がきわめて類似した波形を示していた。このことは、流域全体で崩壊面湧水と同様の基岩湧水が発生し、基底流量をコントロールしていることを示唆している。

このように、山地斜面内部の間隙水圧分布を高密度に観測することで、崩壊発生や流域全体の降雨流出過程に寄与する可能性のある不均質な土層内水流を確認できた。今後はこの観測データを用いて、詳細な浸透解析・安定解析を進めていく予定である。

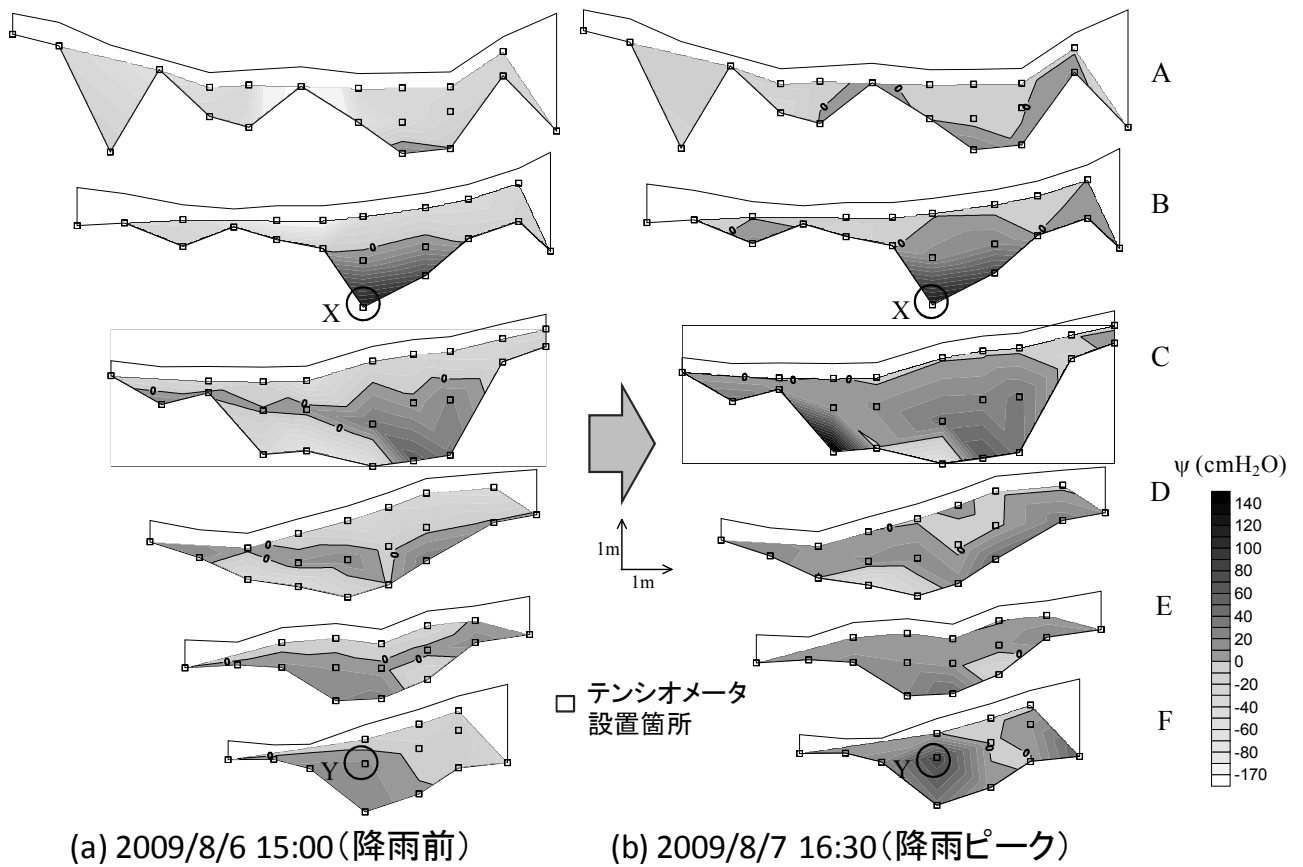


図2 間隙水圧(ψ)の土壌断面空間分布図 (測線 A~F)

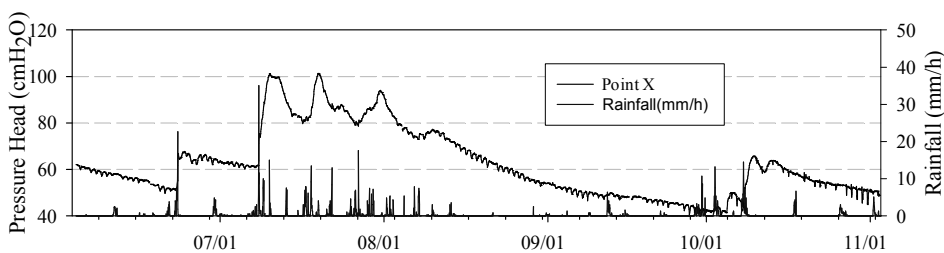


図3 点 X の間隙水圧(ψ)季節変動とハイドログラフ

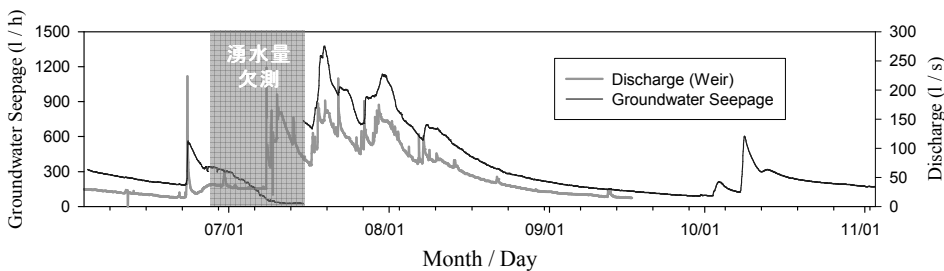


図4 崩壊面湧水流量と下流堰の流量ハイドログラフ

文献 : Kosugi et al, 2009. Combined penetrometer-moisture probe for surveying soil properties of natural hillslopes. Vadose Zone J. 8: 52-63