

## P-20 人工降雨実験による林地斜面の雨水流出機構の解析

京都大学農学研究科 ○小杉賢一朗 水山高久 内田太郎 柴田昌三  
復建調査設計株式会社 低引洋隆  
アジア航測株式会社 小川紀一朗 浜田美鈴

### 1. はじめに

雨水が斜面土層内に浸透し飽和地下水面を形成する（土壌間隙水圧を増加させる）ことによって、斜面全体が不安定となって崩れ落ちる表層崩壊により、多くの土砂災害が引き起こされている。これまで、土層内の水分移動や地下水面の発生に伴う斜面安定度の変化を物理的に解析し、モデル化する研究が行われてきたが、実際の林地斜面で起きている現象を十分に再現できるレベルには至っていない。それは、現実の斜面においては、土壌水分特性の不均質分布、パイプ流、基岩面への浸透といった、物理モデルに正確に組み込むことが難しい不確定要素が、現象を大きく支配しているためである。本研究では、「雨水の貯留および排出能力」という実際の斜面スケールで見た場合の降雨流出現象に関わる「物理特性」を明らかにするため、人工降雨実験による斜面土層内の水分動態の詳細な計測を行った。

### 2. 方法

京都大学付属演習林上賀茂試験地では、1999年6月29日の豪雨（総雨量195.5mm、最大1時間雨量45.5mm）によって多数の表層崩壊が発生した。人工降雨実験は、崩壊が発生した斜面に隣接する斜面（図-1）を対象として、同年11月19、20日に行った。斜面には、植栽されたヒノキのほかコシアブラやタカノツメが成育し、樹冠はほぼ閉鎖していた。6月29日の豪雨の際には、この斜面の上部にも亀裂が入り土塊が1m程度移動したが崩壊には至らなかった。斜面上に設けた5×5mの区画（図-1中の四角で囲んだ部分）を対象として、強度4、45、70、91mm/hrの降雨を供給した。区画内の平均斜面勾配は約23°、平均土層厚は102cmである。降雨の供給のために、斜面下方にある溜池から2台のポンプによって揚水し、およそ10cm間隔で直径1mmの穴を空けた塩化ビニル製パイプを用いて散水した。ただし4mm/hrの降雨の場合のみ、区画内で強度のばらつきがみられ、また強度が時間とともに減少してしまうという実験上の問題が発生した。区画内の6点（図-1中のP1～P6）のそれぞれにおいて、深度10cm、30cm、60cm、100cm（土層深が100cm以下の場合には計測せず）および基岩直上の土壌間隙水圧を、テンシオメータを用いて10分間隔で自動計測した。

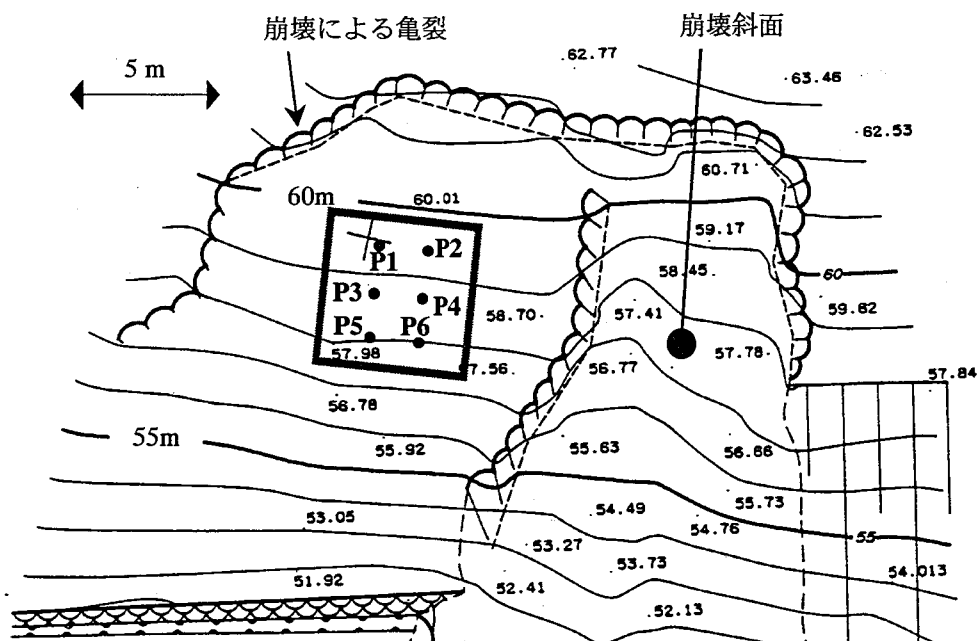


図-1 実験を行った斜面の地形と間隙水圧測定地点（P1～P6）の位置

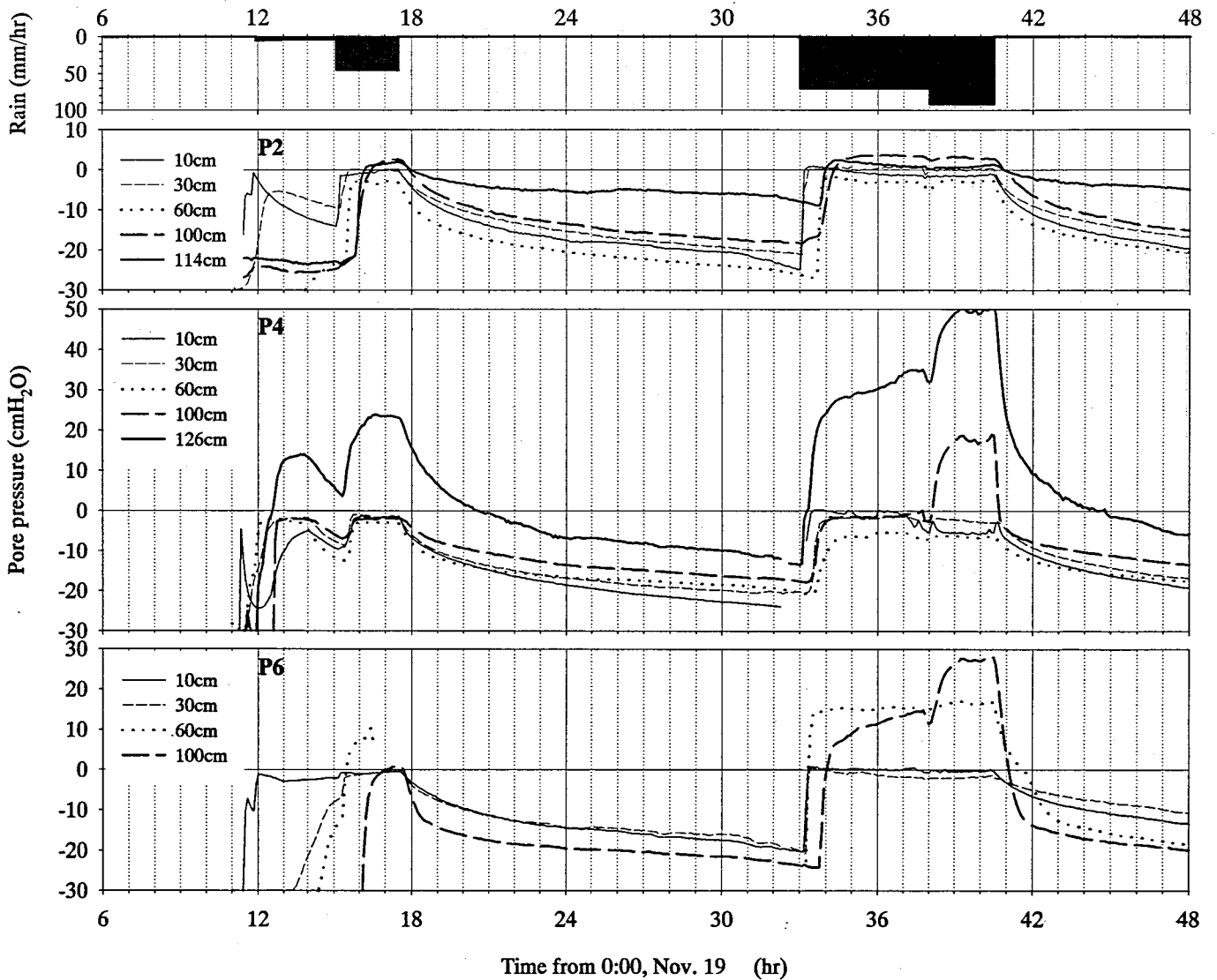


図-2 実験で与えたハイトグラフと P2, P4, P6 地点の間隙水圧の経時変化

### 3. 結果

図-2 には、実験で与えたハイトグラフおよび P2, P4, P6 点における間隙水圧の経時変化を示した。図の横軸は、11月19日午前零時を0とした時刻である。12時からおよそ4mm/hrの降雨を約3時間与えたが、強度が時間とともに減少したため、上部のP2地点および中部のP4地点においては、一度上昇した間隙水圧の減少が観察された。間隙水圧は総じてP4地点で高く、基岩上に地下水面が発生した。下部のP6地点においては、表層の間隙水圧が降雨に直ちに反応して上昇したが、深度30cm以下における間隙水圧の増加は緩やかであった。

続いて与えた45mm/hrの降雨によって、全観測地点において地下水位の発生が観察された。P4地点においては、約100cm以深の正圧部はほぼ静水圧分布となったが、P2およびP6地点の基岩直上の間隙水圧は浅層よりもむしろ低くなり、鉛直浸透成分の存在を示唆していた。いずれの地点でも、不飽和帯の間隙水圧はゼロに近く、土層全体がほぼ飽和に達していると考えられた。

17.5~33時の排水により、全ての観測地点において地下水位は消滅した。その後33時からの強度70mm/hrの降雨によって、P2, P6地点では表層から順に間隙水圧が上昇したが、P4地点では基岩直上において浅層よりも早く大きな間隙水圧の上昇が観察された。このように、降雨強度が一定であっても間隙水圧の増加のパターンは複雑であり、その正確な予測のためには、選択的な水みちの存在や透水係数の空間分布といった斜面土層構造の不均質性を正確に把握することが不可欠であると考えられる。

38時からは降雨強度を91mm/hrに増加させたが、P2地点においては間隙水圧の増加がほとんど認められなかった。P4およびP6地点では、表層の間隙水圧は変化を示さなかったが、基岩直上の間隙水圧は降雨強度増加後、直ちに上昇した。このような素早い間隙水圧の応答の原因として、不飽和土層による雨水貯留能力が先行降雨によって極めて小さくなっていたことが推察される。