

樹木周辺の不均質な水分動態

京都大学農学部

○柴本 晴香

京都大学大学院農学研究科

小杉 賢一朗 正岡 直也 牧田 直樹

吉藤 奈津子 水山 高久

1. 研究背景と目的

森林土壌内の雨水浸透現象は、森林の水源涵養機能に大きな関わりを持つと同時に表層崩壊の誘因としても認識されている。森林土壌内での雨水浸透現象は、非常に不均質であるとされ、特に樹木の与える影響が重要視されている。その影響としては、大きく分けて①林内雨空間分布の不均質性と②樹木根系等の影響による土壌の不均質性の二つが挙げられ、その解明には詳細な観測が必要とされている。しかし、現状では表層崩壊が発生するような急傾斜地における先行研究が不足している。そこで本研究では、急傾斜地において土壌水分量の高密度計測を行い、不均質な雨水浸透現象の詳細な検討を試みた。

2. 調査地および調査手法

調査地は三重県度会郡大紀町神原（宮川流域内）にあり、ヒノキ・スギ混交林である。下層植生はシダ類が優占している。流域面積は 4.8ha、斜面平均勾配は 35° であり、年平均降水量は 2094mm（粥見、1979 年～2004 年）である。調査は林内に設置された幅 3m、斜距離約 4.44m のプロットで行った。樹木の雨水浸透過程への影響を検討するため、一本のヒノキが中央に位置するようにプロットを設定した。プロット内には縦 7 列（A～G 列）、横 9 行（1～9 行）計 63 地点の観測点を設け、土層深に合わせて各点 3～6 本ずつ、異なる深度に土壌水分計(DECAGON 社製 EC-5)を設置した。土層深に関しては植物根の侵入が困難な貫入抵抗値 $N_b=20(\text{drop}/10\text{cm})$ となる深さを基岩面と定義した。観測は 2010 年 9 月 27 日より行った。

土壌水分計から得た観測値は次のキャリブレーション式によって体積含水率へ変換した。

$$\theta=0.0016X-0.77 \quad X:\text{出力値(mV)}、\theta:\text{体積含水率}$$

なお、このキャリブレーション式は調査地で採集した土壌試料を用いて算出した。

3. 結果および考察

2010 年 10 月 28 日～11 月 1 日に連続して発生した 3 度の降雨イベントに着目して解析を行った。3 度の

降雨イベントはそれぞれ、10 月 28 日の降雨を降雨イベント 1（総降雨量 20.8mm/hr）、10 月 30 日の降雨を降雨イベント 2（総降雨量 38.4mm/hr）、10 月 31 日～11 月 1 日間の降雨を降雨イベント 3（総降雨量 65.6mm/hr）とした。土壌の湿り具合の指標として降雨直前時と比較した体積含水率の変化量 $\Delta\theta$ を求め、この変化量 $\Delta\theta$ の最大値（ $\Delta\theta_{\text{max}}$ ）について降雨毎に検討を行った。

各降雨イベントを通して、 $\Delta\theta_{\text{max}}$ と埋設深の間には総じて負の相関が見られた（図 1: $R^2=0.69$ 、降雨イベント 1）。この結果は、雨水が土壌表面から次第に基岩面へと徐々に波形を緩めながら浸透していることを示唆している。同時に図 1 は、同深度であっても $\Delta\theta_{\text{max}}$ のバラツキが大きいことを示している。

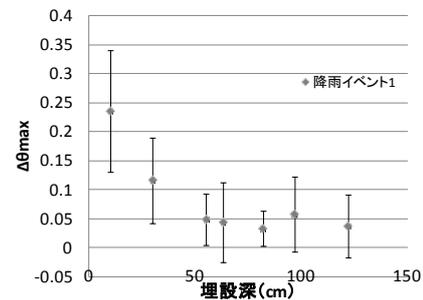


図 1 $\Delta\theta_{\text{max}}$ と埋設深の関係
(降雨イベント 1)

図 2 には、深度 10cm、30cm および基岩直上における $\Delta\theta_{\text{max}}$ の平面分布を示した。各深度において、極めて不均質な $\Delta\theta_{\text{max}}$ の分布が計測されたことがわかる。特に基岩直上では、比較的大きな $\Delta\theta_{\text{max}}$ を示す地点が Line3 に集中していた（図 2）。なお、図示していないイベント 2、3 についてもほぼ同様の平面分布が得られたことから、湿りやすい部位と湿りにくい部位の空間分布は、常に安定的に存在すると考えられた。

図 2 において深度毎の $\Delta\theta_{\text{max}}$ 値を比較すると、 $\Delta\theta_{\text{max}}$ の大小関係が、必ずしも深度方向に連続しているわけではないことがわかる。例えば、E3、F3 地

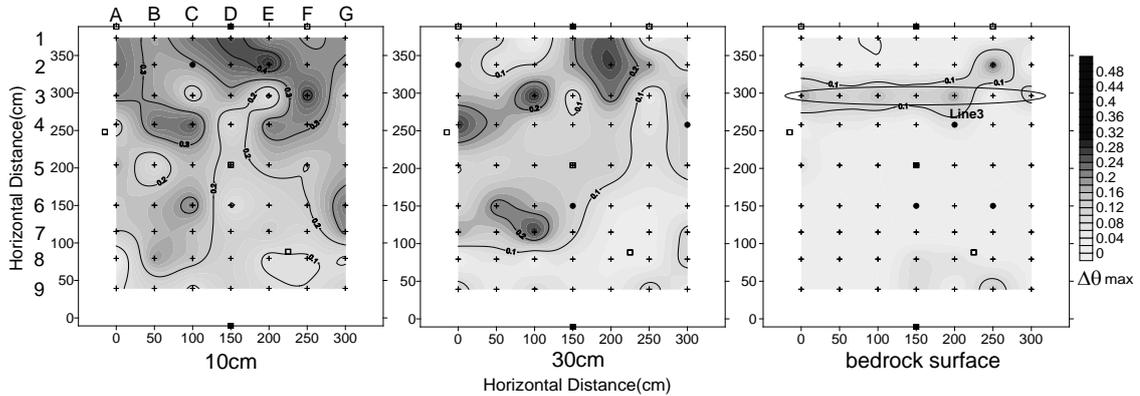


図2 各深度の平面図における $\Delta\theta_{max}$ の空間分布(左より埋設深10cm、30cm、基岩直上 降雨イベント1)

点の $\Delta\theta_{max}$ の大小関係は、深度10cmと30cmで逆になっている。このことから、深度によって土壤の湿り具合の決定要因が異なることが示唆される。

そこで、雨水浸透現象の不均質性の決定要因をより詳細に検討するために、縦断面図を図3に示す。

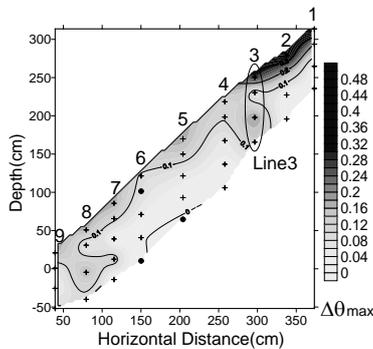


図3 LineD 縦断面図における $\Delta\theta_{max}$ (降雨イベント1)

これをみると、深度10cmにおいて、調査斜面上流部の $\Delta\theta_{max}$ が局所的に大きな値を示している反面、 $\Delta\theta_{max}$ 値が0.1に近い地点もあることがわかる。このような空間分布の傾向は樹冠遮断や樹幹流といった林内雨の空間分布の影響を強く受けていると考えられる。樹幹流について言えば、本研究の対象樹種であるヒノキでは樹肌表面の凹凸が顕著であり、樹幹流の多くが樹幹の途中から滴下し土壤へ供給される様子が観測されている。この様な局所的な降雨のインパクトが、D1~D3地点における $\Delta\theta_{max}$ の増加(図3)に寄与したものと推察される。

さらに図3では、 $\Delta\theta_{max}$ の大きな領域が、必ずしも鉛直方向に連続しているわけではなく、不規則な分布を示しながら表層から基岩面まで連続していることがわかる。

このことから、土層内部では、局所的な水みちの有

無が雨水浸透現象の不均質性の決定因子になっていると推測される。

4. 結論

平均的な傾向としては、雨水は土壤表面から基岩面へと徐々に波形を緩めながら浸透していることがわかった。しかし、詳細に見れば土壤内の雨水浸透現象は極めて不均質であった。同深度であっても $\Delta\theta_{max}$ の空間分布にはバラつきが見られ、各深度間で比較しても異なる傾向が示された。これは、土壤表層では主に林内雨の空間分布によって、中層以深においては主に水みちの存在の有無によって不均質性が決定されるためであると推察された。

さらには、林内雨の空間分布は降雨イベントによらず同様の傾向を示すことが推測され、また選択的な浸透経路は降雨イベントの時期・規模に関わらず常に安定的に存在することがわかった。

本研究は、科学技術振興機構CRESTプロジェクト「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」の一部として実施した。

5. 参考文献

- Wei-Li Liang, Ken'ichirou Kosugi, Takahisa Mizuyama(2007): Heterogeneous soil water Dynamics around a tree growing on a steep hillslope. *Vadose Zone Journal* 6(4):879-889.
- 梁偉立、小杉賢一朗、水山高久(2010):樹幹流に起因する飽和帯の形成が斜面安定に与える影響、砂防学会誌, Vol.63, No.1, p.22-30.
- 小林政広、小野寺真一、加藤正樹(2000):樹木の存在が林地土壌中の水分動態に与える影響、日林誌, Vol.82, No.3, p.287-294.