

1. 研究背景と目的

森林斜面における土壌内の水移動を評価する場合に、樹木の影響は無視できない。森林斜面における降雨は、一部が樹冠や林床植生に遮断され、それ以外が樹幹流と林内雨に分離されるため、地表面に到達する水の分布は均一ではない。従来の研究では、樹幹流と林内雨によって大量な雨水が樹木の周辺に集中する上に、根元付近に鉛直下方への速い流れが生じることが指摘されている (Ford and Deans, 1978 ; Durocher, 1990)。このため、土層内における水移動の空間変動は土壌特性だけではなく、降雨インプットの空間変動に大いに左右される。降雨インプット偏在の計測とそれに起因する土壌水分応答の評価は流出や斜面崩壊を予測するために重要である。本研究では、森林斜面における樹木一個体を対象として、上流と下流部の林内雨、樹幹流、土壌水分と基岩面の間隙水圧を詳細に観測し、樹木の存在が土壌水分動態及び基岩面飽和帯の形成に与える影響を解明することを目的とした。

2. 観測地と観測項目

観測は2005年6月から京都市北区上賀茂本山に位置する京都大学上賀茂試験地における山地斜面で行った。この斜面は、褐色森林土壌とその下部の砂岩層、粘板岩層からなり、1956年から植えられたヒメシヤラが主な植生になっている。ヒメシヤラは落葉樹で滑らかかつ剥離的な幹を有し、日本の西と南部を中心とした天然林に広く分布する。勾配約28度の斜面で樹高17.47 m、胸高直径22.3 cmのヒメシヤラ一個体を中心とする4.5 mの測線を設定し、根元から上流側への距離250 cm (P1), 200 cm (P2), 150 cm (P3), 100 cm (P4), 50 cm (P5) と下流側への距離25 cm (P6), 50 cm (P7), 100 cm (P8), 150 cm (P9), 200 cm (P10) の位置においてキャパシタンスメータ (Sentek 社製, EasyAG) を設置し土壌水分を観測した。さらに2006年6月からキャパシタンスメータと同じ位置にテンシオメータを埋設し、基岩面直上の間隙水圧を観測した。対象木を中心とする3.4 mの領域には他の樹木は存在せず、下層植生もほとんどないため、対象木の影響のみを抽出できる。降雨インプットを把握するために、2006年5月から立地条件が類似するヒメシヤラを一個体選択し、樹幹流と林内雨を計測した。斜面に生育した樹木は下流側に多くの枝を伸ばすので、樹幹流が樹木の根元に均質に供給されるとは限らない。そこで、樹幹流を幹の上流部と下流部に分離して計測した。また、根元から上流側への距離200 cm, 100 cm, 50 cm と下流側への距離50 cm, 100 cm, 200 cm の位置において転倒升式雨量計を設置し、林内雨の空間分布を観測した。

3. 結果・考察

図1には2006年7月17~19日に発生した強い降雨イベント (積算雨量: 194 mm) のハイトグラフ、各時刻の土壌水分変化量と全水頭分布を示す。土壌水分変化量は、降雨直前の体積含水率からの増加量として求めており、この分布より、当該降雨イベントによりもたらされた雨水が土層のどの部分に蓄えられているかを知ることができる。水理水頭は圧力水頭と重力水頭の和である。水理水頭が基岩面より高い場合は飽和帯の発生を示している。降雨開始後40分が経過した時点 (積算雨量1 mm, 図1a) で、P6における含水率が他の場所より早く上昇し、基岩面の間隙水圧が早くも正圧になった。200分が経過した時点 (積算雨量23.5 mm, 図1b) で、各場所では含水率が明らかに増加し、特にP6とP7では他の場所より大きく増加した。含水率の鉛直分布を見ると、P6の深度30, 50 cmとP7の30 cmで大きく増加したのに対して、他の場所では表層でより大きく、浸潤前線が次第に下降したのと考えられる。樹木の下流側での圧力水頭の増加が顕著で、特にP6とP7では飽和帯が発生した。一方、上流側での圧力

水頭には大きな変化がなかった。520分が経過した時点（積算雨量 66.5 mm，図 1c）で，降雨強度がこのイベントの最大値になった（5 mm/10min）。下流側では，土壤水分が図 1b と同じように P6 と P7 で大きくなった。さらに P6 では飽和帯が発生した。上流側では，土壤水分増加量が図 1b より少なく，上流側の水理水頭は P4 以外で目立った上昇を示した。2770分が経過した時点（積算雨量 175 mm，図 1d）では，全ての場所で水理水頭は基岩面に達し，このイベントにおけるピークとなった。

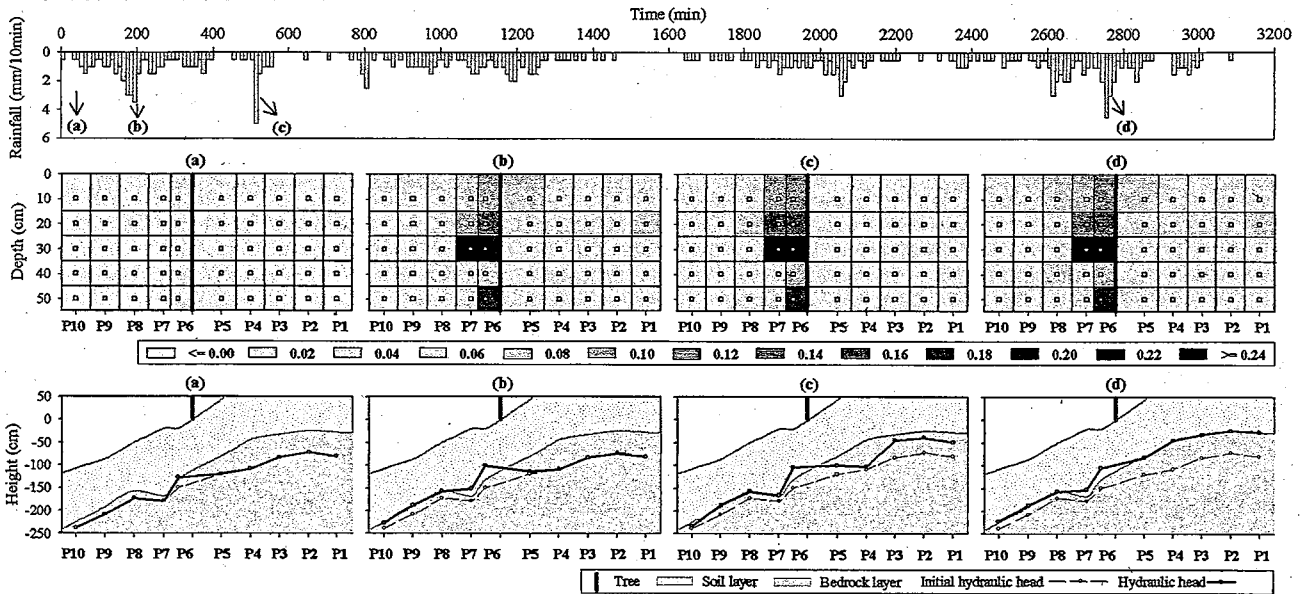


図 1. 2006 年 7 月 17～19 日における降雨イベントのハイトグラフ（上段），土壤水分変化量分布（中段），水理水頭分布（下段）

このイベントでは，樹幹流と林内雨はそれぞれ林外雨（194 mm）の 38.9 と 47.3% が観測された。既往研究の報告に比べ，樹幹流の割合が多い傾向があった。さらに，浸透面積当たりで計算した下流側と上流側の樹幹流はそれぞれ林外雨の 18.9 と 0.24 倍になった。このことから，樹幹の下流側に大量に発生した樹幹流が迅速に土壤に浸透したため，局所的に雨水が貯留され，基岩面にも局所的かつ一時的な飽和帯が生じたと考えられる。図 1 に示した以外の多くの降雨事例についても，下流側における基岩面の間隙水圧は降雨強度により鋭敏に応答し，正圧になることが多かった。特に P6 では，積算雨量の少ないイベントでも間隙水圧の応答が見られた。さらに，P6 では，積算雨量が 10 mm 以上のイベントでは，最大間隙水圧が常に 20 cmH₂O を超えて飽和帯の形成が観測された。一方，上流側では，間隙水圧の応答が遅く，正圧になることはほとんどなかった。間隙水圧の応答の順番については，すべての降雨において P6 の間隙水圧が一番早く上昇することがわかった。樹木から共に 50 cm 離れている P5 と P7 では，下流側の P7 が早く反応した。この結果，樹木周辺では，降雨インプットの偏在に起因する非対称的な飽和帯が形成された。

4. 結論

本研究は，樹幹流が土壤水分動態から基岩直上の間隙水圧の応答パターンにまで影響を及ぼすことを明らかにした。間隙水圧の上昇パターンが単に樹幹との距離だけではなく，樹幹の上流側と下流側において大きな違いを示すという観測結果は，表層崩壊発生の危険度が高い斜面位置を特定する上で，極めて重要な知見となる。

5. 引用文献：

- Ford, E.D., and J.D. Deans. 1978. *J. Appl. Ecol.* 15: 905-917.
 Durocher, M.G. 1990. *Hydrol. Proc.* 4: 215-229.