

森林斜面における樹木が土壤透水性分布に及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○岩尾健司 柳井鴻太郎 正岡直也 小杉賢一朗
東京農業大学地域環境科学部 西森誠晃 佐藤貴紀

1. 研究の背景と目的

森林斜面において、樹木根系は崩壊に対する土のせん断抵抗力を補強し、斜面崩壊防止機能を発揮することが知られている[1]。一方で、樹幹流による雨水の集中や、植物根由来のマクロポアを経由するバイパス流の存在によって、樹木周辺で基岩面飽和帯が発生し、素早い安全率の低下が引き起こされることも指摘されている[2][3]。こうした樹木周辺での基岩面飽和帯形成過程を斜面崩壊発生予測に適用していくためには、土層内の飽和帯形成に支配的な影響を及ぼす、土壤の透水性や保水性分布を詳細に把握することが必要となる。そこで、本研究では非破壊的な原位置測定法の一つであるゲルフパーミアメータ法（以下 GP 法）を用いて、森林斜面における樹木周辺の土壤透水性分布を測定し、樹木の存在が透水性分布に与える影響を解明することを目的とした。

2. 調査地と手法

2.1 調査地

観測は東京都西多摩郡奥多摩町の東京農業大学奥多摩演習林と、滋賀県甲賀市の信楽水文試験地 B 流域（以下 SB 流域）で行った。流域の地質はいずれも付加体堆積岩である。

2.2 透水性の測定

透水性の測定にはゲルフパーミアメータ法（GP 法）を用いた。GP 法は地中に孔を開け、孔内の水位が 5~10 cm で一定となるように注水し、土壤への浸透流量から飽和透水係数を算出する方法である[4]。本研究では土壤貫入試験の孔を利用できるように、細径（外径 18 mm）の塩ビ管を用いて装置（図 1）を自作した。測定時間は 10 分とし、測定時間及び不透水面の影響は正岡ら（投稿中）にしたがって補正を行った。

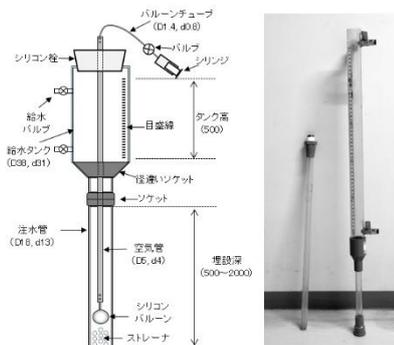


図 1 GP 法装置模式図
(正岡ら, 投稿中 一部修正)

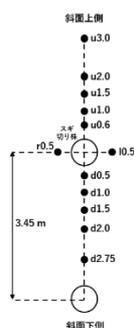


図 2 測定地点
模式図

2.2.1 一本の樹木を対象とした測定

一本の樹木周辺における透水性の詳細な分布を調べるため、1本のスギ切り株を対象として透水性の測定を行った。測定は奥多摩演習林で行い、スギ切り株を中心として、斜面方向の直線状で水平距離 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 m の地点と、斜面水平方向の直線状で水平距離 0.5 m の地点を透水係数の測定地点として設置した（以下、例えば斜面上側 3.0 m の地点を u3.0、斜面右岸側 0.5 m の地点を r0.5 というように標記する）（図 2）。なお、u0.5 及び d3.0 では地表面に根系が確認されたため、透水試験の都合上、近傍の u0.6 及び d2.75 で測定を行った。また、斜距離を簡易的に測量することで各地点の高低差、勾配を計算した。透水性は簡易貫入試験によって形成した直径 25 mm の孔を利用して、GP 法により各地点の深度 30 cm、60 cm で行った。

2.2.2 流域全体での測定

SB 流域では流域内の 55 地点で基岩面上の飽和透水係数を測定しているため、この流域を対象とし、流域全体で樹木の位置が透水性分布に与える影響を検証した。具体的には、測定地点の最寄りの樹木（切り株を含む）について、その位置と胸高直径を測定した。加えて、流域の航空レーザー測量データ、土壤貫入試験の結果を用いて解析を行った。

3. 結果と考察

3.1 一本の樹木を対象とした検証

透水性の測定結果を図 3、図 4 に示す。全体的なトレンドとして、樹木から離れるにつれて土壤の透水性が若干低下している傾向がみられる。一方で、樹木より斜面上側では隣接する地点であっても透水性のばらつきが大きくなっていた。茅島・佐々木(2010)は傾斜地において、スギの根系断面積合計の割合が斜面下方に比べて斜面上方で大きいことを指摘しており、このような斜面方向における根系分布の偏りが、斜面上部と斜面下部での透水性分布傾向の違いを生んでいる可能性があると考えられる。

また、深度毎で見ると、30 cm と 60 cm における透水係数がほとんど同じ箇所、30 cm における値の方が 1-2 オーダーほど高い箇所、反対に 60 cm における値が 1-2 オーダーほど高い箇所が見られた。割合としては透水性が 30 cm と 60 cm で同程度の箇所が多いことから、このような箇所では森林土壤本来の透水性が測定され

ており、透水性が局所的に高い箇所については根系の影響が現れているという可能性も否定できない。

3.2 流域全体における検証

流域全体における透水性分布を図5に示す。また、流域の透水係数($\log_{10}K_s$)、最寄りの樹木までの水平距離(D)、鉛直距離(H)、最寄りの樹木の胸高直径(DBH)、透水性測定地点の勾配(Slope)、断面曲率(Pc)、接曲率(Tc)、集水面積(A)を変数として主成分分析を行ったところ、主成分の寄与率は図6、主成分負荷量は図7のようになった。寄与率がそれぞれ0.29と0.19である第1主成分と第2主成分に着目すると、第1主成分は透水係数、勾配、集水面積の負荷量が大きく、第2主成分は胸高直径、集水面積、樹木との水平距離の負荷量が大きい。このことから、第1主成分は水の集めやすさと流れやすさを、第2主成分は樹木の大きさと近さを表す指標と捉えられる。主成分得点(図8)を見ると、弱い負の相関があることから、比較的小さい樹木が近くに存在するような箇所では、雨水が集中・流下しやすく、反対に大きな樹木が点在する箇所では、勾配が緩く、透水性も比較的低い傾向があると考えられる。

4. 結論

本研究では一本の樹木周辺の透水性空間分布、及び流域全体における樹木の位置と透水性分布の関係を、GP法を用いた透水性の測定によって検証した。その結果、樹木周辺では透水性のばらつきが大きく、根系の不均質な分布が透水性分布に影響を及ぼしていることがわかった。また、流域内でのマクロな透水性分布は、地形、植生の分布と影響を及ぼしあっている可能性が示唆された。今後、樹木周辺の透水性分布が降雨浸透過程に及ぼす影響を検証するために、樹幹流や斜面の流量の観測、散水実験と間隙水圧の観測が必要である。

参考文献

- [1] 阿部和時 (1998) : 樹木根系の斜面崩壊防止機能, 森林科学, Vol.22, p.23-29
- [2] 平松晋也・熊沢至朗 (2002) : 樹木根系の存在が森林土壌中の水分移動に与える影響, 砂防学会誌, Vol.55, No.4, p.287-294
- [3] 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
- [4] Reynolds W. and Elrick D. (1985) : In Situ Measurement of Field-saturated Hydraulic Conductivity, Sorptivity, and the α -parameter Using the Guelph Permeameter, Soil Science, Vol.140, No.4, p.292-302
- [5] 正岡直也・柳井鴻太郎・岩尾健司・小杉賢一朗 (投稿中) : ゲルフパーミアメータ法を用いた山地斜面にお

ける土壤透水係数の原位置測定について

[6] 茅島信行・佐々木重行 (2010) : 斜面傾斜地における根系分布の偏りがスギの引き倒し試験に与える影響, 森林立地学会誌, Vol.52, No.2, p.49-55

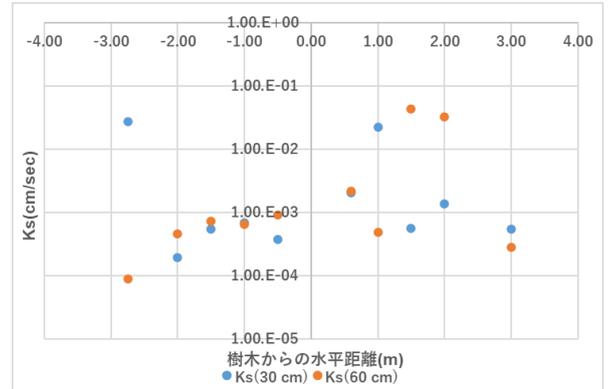


図3 深度毎の飽和透水係数分布

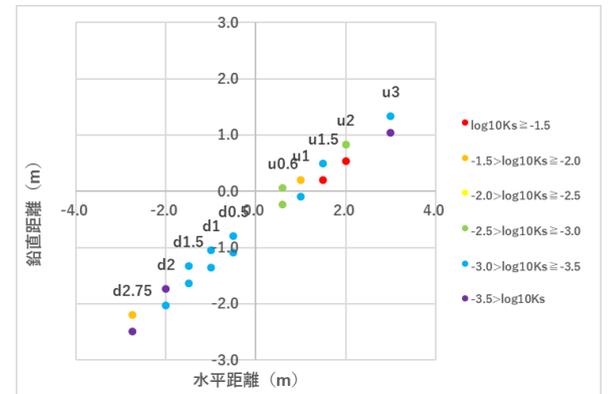


図4 飽和透水係数の空間分布

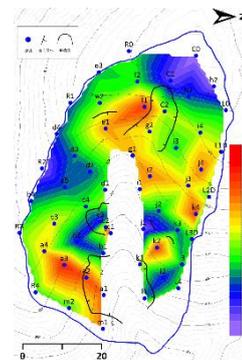


図5 SB流域の透水性分布

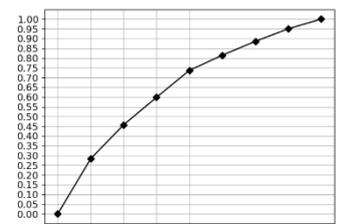


図6 累積寄与率

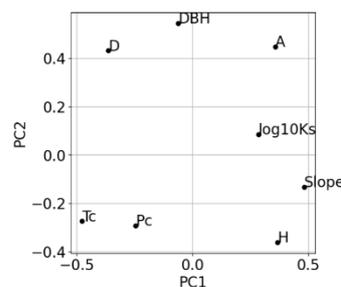


図7 主成分負荷量

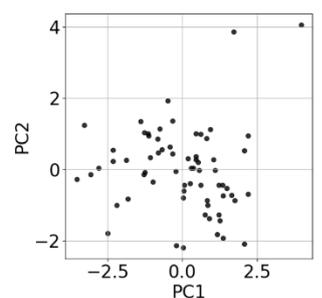


図8 主成分得点