

## 森林土壌の電気伝導性を用いた雨水浸透測定

豊田工業高等専門学校専攻科 ○小島美菜  
豊田工業高等専門学校 正会員 山下清吾

### 1. はじめに

流域へ与えられた降水は、植物または人工物による遮断、蒸発等のプロセスを経た後、土壌に浸透し、やがて河川に流出する。このような水の流れを解析し、降雨データから河川流出を予測する手法は流出解析と呼ばれ、洪水対策や治水計画の基礎となる。通常、森林等の流域における土壌では、土壌の構造、成分、被覆状態等の流域特性が空間的に変化しており、高羽<sup>1)</sup>が述べているように、このような流域特性が複雑に絡み合って浸透現象を作り出す。浸透現象とは、土壌環境内の水分移動の様子を表したもので、森林斜面を流域とする流出現象を把握する上で重要な存在である。

森林斜面における浸透現象の測定方法は冠水型、流水型、散水型などに分類され、現在多くの手法が開発されている。この中で冠水型、流水型は浸透率に影響を与える斜面勾配や降雨による雨滴衝撃、地表面の植生や落ち葉などが考慮されていないことから、森林斜面の浸透率が正確に評価されていないとE・F・ブレーターら<sup>2)</sup>は指摘している。

従って、より信頼性のある測定方法は散水型であると考えられるが、装置が大型であることが多いため、森林での測定が困難である。

また、有機質土に覆われた森林土壌では、有機質土層付近で保水や側方流が起こるため、水を供給しても表面流出が発生しないという事例が報告されている。しかし供給水と表面流の収支計算によって浸透率を求める従来の測定方法ではこのような土壌の浸透測定は難しい。

そのため、持ち運びしやすく、森林土壌の自然条件を考慮した測定が可能な新しい浸透測定方法が求められている。

### 2. 研究目的

本研究室ではこれまで、小島<sup>3)</sup>がその有効性を報告した散水型浸透測定器の開発を行った。この

浸透測定器は小型であり、ノズルを使用することで任意の雨量強度が設定でき、自然状態に関係なく一定の給水が可能であるという特徴を持つ。しかしこの測定器は浸透量の算定に表面流出量の測定を必要とするため、森林斜面のような表面流出の発生しにくい土壌での測定は困難であった。

これを改善するために本研究室では、浸透水の湿潤前線通過時の土壌内電気抵抗値減少に着目し、従来とは全く異なる視点での浸透測定法の開発に着手した。石田<sup>4)</sup>は、電気抵抗値の減少が、土壌体での湿潤前線通過と同タイミングで発生していることを確認した。この実験を図1に示す。これにより、実際の流域斜面では降雨発生時に確認することのできない土中での湿潤前線を、間接的にモニタリングできることが実証された。

本研究ではこの原理を浸透測定に利用し、間隙率や透水性など水文条件が異なる土壌での降雨浸透式パラメータを電気抵抗測定結果から導出することを目的とする。

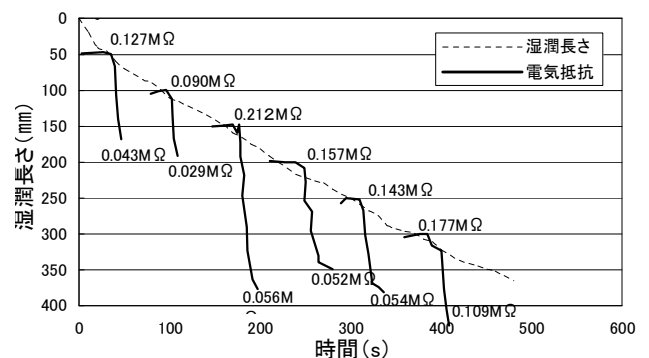


図1: 電気抵抗減少と自然土の浸透実験結果  
(石田<sup>4)</sup>の報告より)

### 3. 電気抵抗値の測定による浸透率推定

電気抵抗値の測定による浸透実験に併せて供給水量、間隙率等の測定を行うことで、実際の土壌の浸透率曲線を得ることができる。これと湿潤前線の通過時間の計測から解析した降雨浸透推定式による浸透曲線との適合性を照査する。

### 3. 1 浸透測定実験概要

浸透能の測定は、鉛直方向一定間隔に設置した測定端子を用いて湿潤前線の通過を追う方法を採用する。



写真1：実験装置

浸透実験には直径約30cmの透明な円筒容器を使用し、試料土を8層に分けて締め固め充填した。これに地表面より50mm間隔に、端子距離2cmの計6組の端子を埋め込み、電気抵抗測定器と接続し回路を作製した。実験装置を写真1に示す。この実験装置の地表面に水を張り浸透させ、浸透長さと電気抵抗値の時間変化を測定した。

### 3. 2 降雨浸透推定式

現在までに浸透現象のモデルとして、Hortonモデル<sup>5)</sup>、Philipモデル<sup>6)</sup>などが提案されている。浸透推定式を用いて実験値から推定式のパラメータを求めると、浸透曲線を描くことができる。このようにして、抵抗値の減少による浸透曲線と供給水の浸透による浸透曲線をモデル毎に求め、両者の比較を行った。

### 4. 浸透実験結果

砂質土と森林土を用いた電気抵抗値による浸透測定実験の結果を図2、図3に示す。ここでは、より整合性が見られたHortonの浸透式を用いたものを示した。図では、電気抵抗値の減少から得られた湿潤前線の通過速度と供給水から得た浸透率は、特に砂質土において概ね近い値を示している。

ここで両グラフとも浸透実験初期にずれが見られるが、電気抵抗値による測定では、不飽和状態であっても湿潤前線が端子設置位置に到達すると浸透を感知するためではないかと考えられる。

また、電気抵抗値の減少から得られた湿潤前線の通過速度は、供給水による浸透曲線よりも少し高い値を表している。電気抵抗値の変化によって得られた湿潤前線の通過時間と、同一平面上の全土壌空隙が実際に飽和する時間との間にタイムラグが生じるためではないかと考えられる。

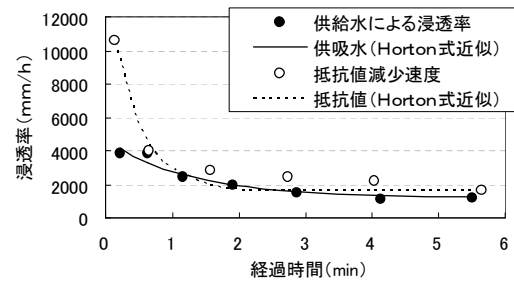


図2：土壤電気伝導性を用いた浸透測定実験 (砂質土)

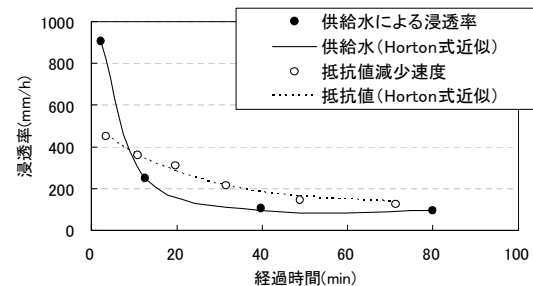


図3：土壤電気伝導性を用いた浸透測定実験 (森林土)

### 5. まとめ

抵抗減少速度と湿潤前線通過時間の両者は特に砂質土においてほぼ一致していることが確認され、Horton式とGreen-Ampt式を用いた近似で実験結果と近い曲線を得ることができた。

また、浸透初期の測定回数を増やすことでより整合性が高まるのではないかと予想できる。

この実験原理を利用すれば土壌中の水分移動を把握できる新しい浸透測定器を実用化させることは十分可能であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 高羽俊光：土地利用形態変化の流出過程に及ぼす影響について、豊田高専環境都市工学科 卒業研究(1996)
- 2) E・F・ブレーター・C・O・ウィスラー：水文学入門、pp.88-90、彰国社、(1973)
- 3) 小島健太：森林斜面における散水型浸透測定器の有効性、豊田高専専攻科建設工学専攻 特別研究(2008)
- 4) 石田隼也：土壌水分の電導性と降雨浸透に関する研究、豊田高専環境都市工学科 卒業研究(2009)
- 5) Horton,R.E. : The role of infiltration in hydrologic cycle,Trans AGU,vol.14, (1933)
- 6) Philip,J.R. : The theory of infiltration ; The infiltration equation and its solution.Soil Science , vol. 83 ,345-357, (1957)