

地中探査レーダによる森林土壌の浸透特性に関する実験的研究

日本大学 学生会員 朝香 智仁
日本大学 正会員 露木 延夫
日本大学 正会員 藤井 寿生
日本大学 正会員 工藤 勝輝

1. 概説

森林の機能を正しく理解するためには、様々なアプローチがある。これまで森林の有する保水機能を生育状況や森林土壌の理学的性質を調査し、衛星データを媒介として評価する研究を行ってきた。しかし、森林土壌の水文特性を衛星データにより森林植生の成長活力度などで評価する手法は、どちらかと言えば現地調査結果(土壌硬度、土壌空隙等)が地下部の調査結果を必ずしも十分に反映されていないように思われる。そこで、本研究では、地中探査レーダをもちいて土壌の浸透能を簡易かつ視覚的に調査出来る新調査手法の有効性を検討した。

2. 研究対象地域

神奈川県南足柄市内の狩川流域内人工林部を対象に解析を進めた。箱根外輪山である金時山(1,213m)・明神ヶ岳(1,096m)の北東に位置し、15°前後の緩傾斜面である。

地質は、湯ヶ島層群、早川凝灰角礫岩を基盤とする。上位には、箱根火山の噴火活動で生成された安山岩質ないし石英安山質の溶岩流が厚く堆積し、地表からは軽石流およびローム層がほぼ一様に分布している。

3. 地中探査レーダ

地中探査レーダ(GISS 社製 SIR-2 システム、400MHz アンテナ)は、地表の発信アンテナから地中に透過させた電磁波の反射波を同じく地表においた受信アンテナで受信、記録する装置である。この種の電磁波は地中の埋設物、遺跡の調査あるいは道路やトンネル背面の空洞分布調査など

に用いられる。この場合、物質の誘電率の違いは明確であるため探査が容易である。一般に誘電率は、含水量が増せば大きくなる傾向にある。通常、物質の誘電特性を比誘電率で表せば、塩水は約80、乾燥土壌で20程度である。したがって第一次近似的には、土壌中の地層境界の前後では土質が異なることによって含水比が異なり、そこが電磁波の反射面になる場合が多い。

4. 現地調査

流域内の針葉樹付近の土壌に現地調査測点を設け以下の項目について調査した。

4-1. 有効土層深

土壌硬度計よりも現場で連続かつ簡易に土壌硬度を測定できる長谷川式標準貫入計を用いて土壌軟度を測定した。透水性と粗孔隙率の良否の境界値である中山式土壌硬度計による軟らかさ、1.0cm/drop までの土層は植物の根茎が自由に発達でき、また、正常に養水分を吸収できる軟度であると考えられる。これを有効土層深とする。

4-2. 土壌の理学的性質

土壌中の理学的特性を地中探査レーダ画像で評価することを試みるため、円筒採土器を用いて、地中探査レーダを走査させた測点より A₀層を除き表層から 10cm 毎の深度で土壌を採取した。これを室内試験において土壌粗孔隙率、細孔隙率、体積含水率、間隙率を測定した。また、変水位透水試験により透水係数も個々に測定した。

4-3. 地盤画像プロフィール

現地調査地点に 50cm 毎にマーカーを設け 2~3m アンテナを表層に平行させ走査し、レーダ波による土壌の状況を示す地盤画像プロフィールを

キーワード: 地中探査レーダ(GISS 社製 SIR-2 システム、400MHz アンテナ)

連絡先: 日本大学生産工学部土木工学科 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL 047(474)2423

得た。この時、マーカー内の一地点に浸透試験地点を設けた。

5. 地中探査レーダ解析

5-1. 地盤プロファイルの分析

地中探査レーダ画像は白、灰、黒のモノトーン調である為、各々の色が何を示すのかを浸透試験前の画像から相関解析により検討した。白色は、地盤プロファイル白色の数量を目的関数とし、間隙率、体積含水率を説明変数にとり多変量解析をした結果、ほぼ良好な相関関係が認められた。灰色も同様に地盤プロファイルの灰色の数量を、粗孔隙率と細孔隙率とで多変量解析を行った。結果、良好な相関関係が認められた。しかし、黒色については、土壌の理学的性質との相関関係が認められなかった。以上より、白色は、土壌中の含水率の高いところに反応しており、灰色は土壌中の粗孔隙等の空隙に反応していると考えられる。黒色については、別の機会に鉄管を土壌中に埋設し実験を行った際に、鉄管は黒色に反応していた事を考えると、土壌中の鉱物、又は密度の高い岩盤層などであると考えられる。(図-1)

5-2. 透水係数の解析

現地浸透試験は降雨 200～300mm の雨を想定し、直系 20cm、高さ 15cm のプラスチック製の枠内に水を散水させた。浸透試験後の時系列地盤プロファイルにおいて白色が地中へ浸透していく過程を捉える事ができた。この事は前項で得られた結果が確認されたと言える。そこで、時系列毎の地盤プロファイルから経過時間と画像が白色に変化した浸透深度とで透水係数 k' を次式で算出した。

$$k' = \left[\frac{dn-dm}{tm-tm} \right] / 60$$

ここで、 dn 、 dm (cm) は表層からの深度であり、 t_n 、 t_m (min) は深度 dn 、 dm での白色に画像が変化するのに要した時間である。よって、上式は深度 dn ～ dm 間の透水係数を表すものと考えられる。この結果、算出した透水係数は実測の透水係数に近い値を示した。

5-3. 有効土層深の解析

林地土壌が降雨を保水する土層の深さを、粗大

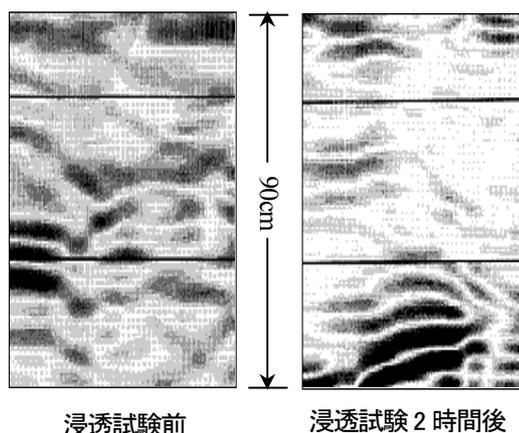


図-1: 地盤画像プロファイル

孔隙率が富む有効土層深であると想定できることから、浸透試験終了2～3時間後の地盤プロファイルから浸透面の深度と有効土層深との回帰分析を行いその有効性を確認した。この結果良好な相関関係が認められた。

6. 総括

森林土壌の浸透特性を把握することは、その保水性能を検討する上で極めて重要なことである。しかしながら、地中の透水係数を推定するのに有効な調査手法が無いのが実情である。本研究において、非破壊で地中の浸透特性を調べる新しい調査法として地中探査レーダを適用した結果、透水係数をほぼ実測に近い値で判読することができた。また、土壌の理学的特性に関してもほぼ妥当であると推測できる。

しかし、本年度は6回の現地調査結果のみの解析での結果であることから、得られた地盤画像プロファイルの検討・解析結果は、まだ実用性が備わっていると考えられない。従って、今後、さらに現地調査を行いデータ量が増えた場合についても同様の結果が得られるか検討していく必要がある。また、現在の調査方法は簡易的ではあるが、短時間では満足なデータが得られない事から、さらに簡易的かつ迅速に現地調査結果を評価する手法を考える必要があると思われる。

7. 参考文献

森林水文学 塚本良則編 文永同出版 (1992)
新編土質工学 福岡正巳著 国民化学社 (1990)