

TDR 法による凍土中の不凍水量の測定

502169 和気朋己（土壌圏循環学教育研究分野）

はじめに 地球上全陸地の 70%で土の凍結が生じる。全球的なバランスのよい土地利用や寒冷地の物質循環を考える場合、土の凍結に伴う土中の水分移動を正確にモニタリングすることが重要である。凍土中の不凍水（0°C以下でも凍らない水）量の計測法の一つに、媒体の誘電率の違いから土中の水分量を推定する TDR (Time Domain Reflectometry)法がある。TDR 法は容易で現場測定に適している一方、温度変化を伴う環境や、低水分域での推定精度に問題がある。そこで本研究では、TDR 法を用いた土性の異なる土中の不凍水量の正確な計測法の確立を目的とする。

試料と方法 本研究では、藤ノ森粘土・豊浦砂・黒ボク土・鳥取砂丘砂を試料に用いた。異なる含水率に調整した試料を、容積 6cm³のセルに充填し液体窒素で凍結した。試料の温度を-15°Cより段階的に昇温し、不凍水量を NMR 法で測定した。次に、容積 160cm³のセルに NMR 法と同様の含水率と固相率で詰めた試料を-20°Cで凍結し、昇温過程における試料中の比誘電率の変化を TDR 法で測定した。得られた温度 T・不凍水量 θ_u 関係と、T・比誘電率 ϵ 関係から、試料ごとの ϵ - θ_u 関係を得た。

結果と考察 各試料について得られた ϵ - θ_u 関係を図に示す。温度の上昇により θ_u が増加し、それに伴い ϵ が増加した。ここで、 ϵ の測定により液状水、氷量の変化が推定できる。図中の点線は TDR 法による土中水分量測定によく用いられる 3 次の検量式 (Topp 式)、実線は本実験で得られた全ての測定値に対する近似式(Wake 式)である。Topp 式は不凍水量を概ね表したが、全ての ϵ において過大に評価した。これは、Topp 式が温度や氷量の変化を考慮していないためと思われる。また、Topp 式による推定精度の低下は $\epsilon > 20$ で顕著だった。近似式は、Topp 式より良く不凍水量を推定したが、 ϵ が低いほど推定精度が低下した($\theta_u \pm 0.07 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$)。これは、 ϵ が低いと近似曲線の勾配が急になるためと考えられる。

ϵ - θ_u 関係は砂質土と粘質土で異なった。近似式は、砂質土において θ_u を過大に、粘質土では過小に評価した。この際、近似式の切片のみを修正することで、推定精度を改善できることが明らかになった。また、各土性について近似式を作成することで、さらに精度良く凍土中の θ_u を測定できることが示された ($\theta_u \pm 0.03 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$)。

おわりに 本研究より、異なる温度・異なる土質の ϵ - θ_u 関係が得られた。また、土質を考慮することにより、さらなる測定精度の向上の可能性が示された。

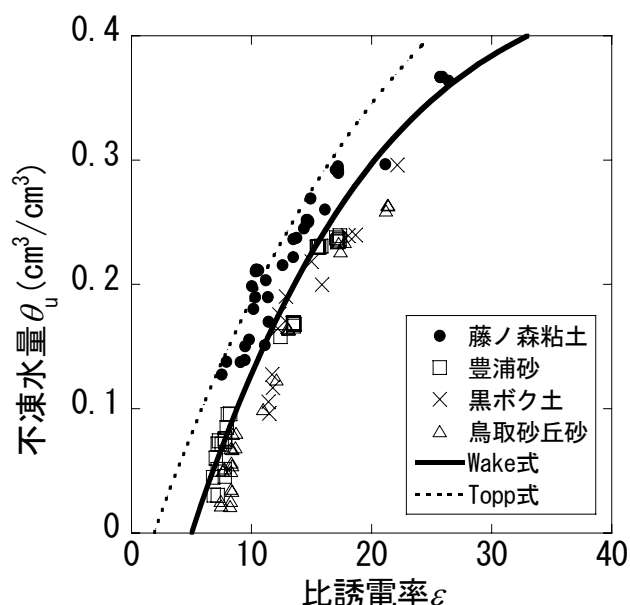


図. 比誘電率 ϵ - 不凍水量 θ_u 関係