

昇を促した。その際、 h_i の異なる5条件において、TDR100からプローブに与えたマイクロ波の反射波形(TDR波形)をソフトウェア・PCTDRにより計測し、同時に4極センサーでECプロファイルを測定した。

計測したTDR波形に基づき、プローブ先端からの淡塩水境界位 $h_{i,TDR}$ を決定した。すなわち、計測波形に生じた境界面におけるマイクロ波の吸収点(Fig.3の↓印)と、事前に決定した空中と水中におけるTDR波形の分岐点(Fig.3の点x)から、淡水中のマイクロ波の伝播時間 t_{fw} を求め、 t_{fw} を次式¹⁾に代入して $h_{i,TDR}$ を計算した。

$$h_{i,TDR} = L - ct_{fw} / (2\sqrt{\epsilon_{fw}}) \quad (1)$$

ここで、 L は感知部長、 c は真空中の光速、 ϵ_{fw} は淡水の比誘電率であり、 ϵ_{fw} には18°Cの水の比誘電率を与えた。

一方、ECプロファイルから淡塩水境界位 $h_{i,m}$ を評価した。本研究では、実験に供した淡水と塩水のEC中間値(2.76 S m⁻¹)の位置を $h_{i,m}$ と考え、2計測点間のEC値を線形補間して求めた連続的なプロファイルから $h_{i,m}$ を決定した。

4. 結果と考察

同軸型プローブで計測した淡水と淡塩水2重層のTDR波形は、異なる形状を示した(Fig.3)。淡水中では、プローブ先端におけるマイクロ波の反射(↑)を表す、凹状の波形が得られた。一方、淡塩水2重層中では、プローブの根端-先端間において、高導電性の塩水にマイクロ波が吸収されたことを表す反射係数 ρ の急減(↓)が認められ、その急減点は h_i が大きいほど図の左方に位置した。得られた波形の既往の研究¹⁾で確認された波形に対する類似性から、試作した同軸型プローブにより、計測媒質の誘電特性に応じたTDR波形を計測できることが確認された。

h_i 計測においても、同軸型プローブの有効性が認められた。ECプロファイルより求めた $h_{i,m}$ (Fig.4の破線とマーカー線の交点)と同軸型プローブで計測した $h_{i,TDR}$ (Fig.4の実線)は、検討した全 h_i 条件で淡水-塩水間のECの急変領域に位置した。 $h_{i,m}$ に対する $h_{i,TDR}$ のRMSEは0.3 cmとなり、両者はよく一致したことから(Fig.5)、開発したプローブは、 h_i 変動の計測に適用できるものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、淡塩水境界位計測用のプローブを開発するために、同軸型TDRプローブを作製し、その有効性を室内実験によって評価した。カラム内に創出した境界位の変動に対し、プローブによる計測値は、淡水と塩水のECの中間値とよく一致することを確認した。今後は、同プローブを野外で適用し、計測システム全体の妥当性を検証する予定である。

参考文献 1) 伊藤ら(2010): 土木論集B, 66(2), 189-195. 2) 井上・塩沢(1994): 土壌の物理性, 70, 23-28.

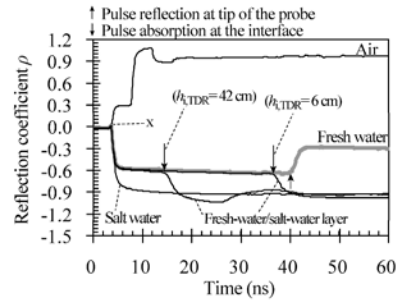


Fig.3 同軸型プローブで計測した空気・淡水・塩水・淡塩水2重層のTDR波形

TDR waveform measured for air, fresh water, salt water, and fresh-water/salt-water layer with the coaxial probe

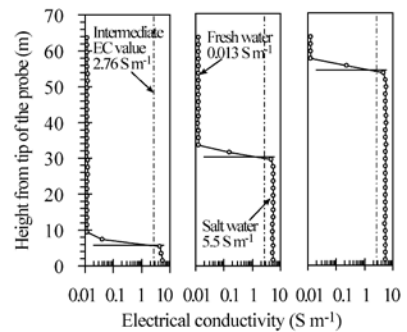


Fig.4 ECプロファイル(---○)と同軸型プローブによる淡塩水境界位(—)の比較

Comparison of EC profile (---○) and interface level (—) between fresh and salt water layers measured by the coaxial probe

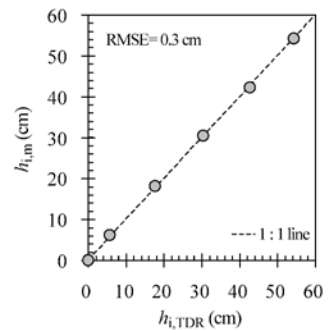


Fig.5 ECプロファイル($h_{i,m}$)と同軸型プローブ($h_{i,TDR}$)による淡塩水境界位の比較

Comparison of interface level between fresh and salt water layers estimated by EC profile measurement ($h_{i,m}$) and the coaxial TDR probe ($h_{i,TDR}$)