

## サーモ TDR プローブの油分検知センサーへの適用 Application of thermo-time domain reflectometry probe to detect mineral oil in soil

○青木伸輔\* 落合博之\*\* 登尾浩助\*\*\*

○Shinsuke AOKI, Hiroyuki OCHIAI, Kosuke NOBORIO

### 1. はじめに

近年、地球環境問題がますます人々の関心を集めている。中でも土壌・地下水汚染は発見が遅れやすく、汚染範囲が拡大してしまうことが多い。この土壌汚染は地球規模で起こりうる環境問題であり、土壌の汚染は汚染源が地下水に達することで地下水汚染まで引き起こす。そのため、汚染土壌を浄化、修復する技術や研究に関するものについては多いが、汚染物質の濃度測定に関する研究は多くない。したがって、地下水汚染の段階で汚染を発見されることが多く、汚染の除去が困難となっている。地下水に達する前段階の不飽和土壌中で早期に発見することができれば既往の研究が効率的に利用できる。そこで、サーモ TDR プローブを使った不飽和土壌中における有機溶媒濃度の検出法(登尾, 2005)が考案された。サーモ TDR プローブは一つのセンサーで TDR 法, DPHP 法の測定が可能なセンサーであることから、同一地点での測定が可能である。本研究では、このサーモ TDR プローブの油分検知センサーとしての可能性の検討を目的とした。

### 2. 実験方法

供試土には明治大学生田キャンパス南圃場で採取した関東ロームを、汚染物質には軽油を用いた。関東ロームは風乾後、2mm 篩にかけ、24 時間炉乾燥し、デシケーター内で冷ましたものを使用した。汚染溶液は体積混合比を変化させて 5 種類(水 100%, 水 75%油 25%, 水 50%油 50%, 水 25%油 75%, 油 100%)用意し、体積含液率が  $\theta = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$  ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) となるように、密封式プラスチック袋の中で溶液と炉乾燥後の関東ロームを混合した。密封した状態で 1 昼夜以上放置して室温と平衡させた。その後 100cc サンプラーに乾燥密度  $0.70\text{Mg}/\text{m}^3$  で充填し、 $20^\circ\text{C}$  の恒温室内で実験した。続いて、軽油の浸潤を検知できるか確認するために透明アクリルカラム(高さ 30cm, 直径 10cm)を用い、軽油の浸潤実験を行った。カラム底面から軽油投入口までは 22.5cm, サーモ TDR プローブはそれぞれ 7.5cm, 17.5cm, 27.5cm に水平方向に設置した。測定開始 30 分後から軽油を投入した。

DPHP 法により体積熱容量  $C_b$  を決定し、TDR 法により比誘電率  $\epsilon_b$  を測定した。体積含液率  $\theta$  は蒸留水 100% の試料のみ炉乾法により決定し、その他の試料については設定した比率で混合されていると仮定した。

### 3. 結果・考察

供試土中の体積含液率  $\theta$  ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) は、水の体積含水率  $\theta_w$  ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) と油の体積含油率  $\theta_o$  ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) の和として次のように表した。

\*明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

\*\*東京大学大学院理学系研究科 Graduate School of Science, University of Tokyo

\*\*\*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード: 油汚染土壌, TDR 法, DPHP 法

$$\theta = \theta_w + \theta_o$$

種々の油分濃度における比誘電率の実測値はその体積含液率によって異なる変化を示した (図 1a). 体積含液率が大きくなるにつれて油分濃度による比誘電率の差は大きくなった. これは土壤構成要素の中で水の比誘電率の値が著しく大きいため、含まれる水分量に大きく影響された為である.

種々の油分濃度における体積熱容量の実測値も体積含液率によって変化した (図 1b). この変化は線形であり、比誘電率の変化と同様に体積含液率が大きくなるにつれて油分濃度による差が大きくなった.

軽油が浸潤し、センサー設置点に到達したと思われる時間において、体積熱容量、比誘電率がともに変化するを確認した (図 1c). 図 1c はカラム底面から 7.5cm に設置したセンサーの結果示したが、17.5cm のセンサーでも同様の結果が確認できた.

#### 4. まとめ

油汚染土壤の比誘電率、体積熱容量を実測し、油分濃度や体積含液率との関係を比較した. 比誘電率、体積熱容量はともに、それぞれの油分濃度における体積含液率によって変化した. 軽油の浸潤実験では、軽油到達時に体積熱容量、比誘電率の値がほぼ同時に変化した. これらの結果から、サーモ TDR プローブを油分検知センサーとして用いる可能性が示された. また、2つの値を同一地点で測っていることからモデル式を構築することができれば、汚染物質濃度を推定できる可能性も示せた.

#### 5. 引用・参考文献

登尾浩助 (2005) : サーモ TDR プローブによる不飽和土壤中の有機汚染物質濃度の測定, 土木学会論文集, No. 783/VII 34, pp.33-38.

望月秀俊・小岩崎真・須甲武志 (2007) : ナタネ油を混合した洗浄鳥取砂丘砂の熱伝導率とそのモデル化, 土壤の物理生, No. 105, pp59-65.

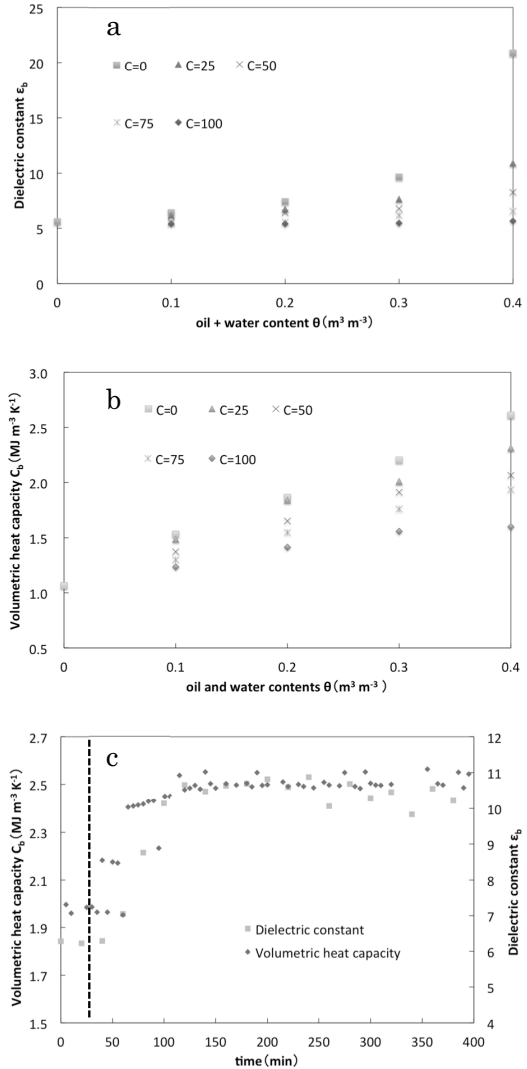


図 1 a. 比誘電率と体積含液率の関係  
b. 体積熱容量と体積含液率の関係  
c. 軽油浸潤時の比誘電率と体積熱容量の経時変化

Fig.1 a. Relationship between dielectric constant and oil and water contents  
b. Relationship between volumetric heat capacity and oil and water contents  
c. Temporal changes in dielectric constant and volumetric heat capacity