

サーモ TDR 法を用いた不飽和土壌中の油分濃度推定 Estimation of the oil content in the unsaturated soil of using Thermo-TDR

青木伸輔¹・香原幹斗²・登尾浩助²

¹ 明治大学大学院農学研究科・² 明治大学農学部

要旨(Abstract)

サーモ TDR 法を用いた不飽和土壌中の油分濃度の推定を行った。本実験から汚染溶液だけが含まれている状態の推定は可能であることが示された。一方で、本手法では汚染溶液と水が混合した状態では含液率が大きくならなければ、土壌中の油分濃度の推定が困難であることが示された。

テーマ：土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード：サーモ TDR プローブ，比誘電率，体積熱容量，土壌汚染

Key words: Thermo-TDR, Dielectric Constant, Volumetric Heat Capacity, soil contamination

1. はじめに

土壌汚染の原因物質の 1 つに軽油やガソリンなどの鉱物油があげられる。これらの油は産油国だけでなく、油をエネルギー資源として利用している国でもパイプラインや貯蔵タンクから漏れ出すことで土壌汚染を引き起こす可能性がある。軽油やガソリンが土壌に浸透し、地下水面にまで達して汚染物質が拡散すると、汚染物質の除去に膨大な時間と経費がかかる。しかし、汚染物質を地下水面に到達するまでの不飽和土壌中で発見することができれば、汚染範囲拡大の抑止が見込まれる。不飽和土壌中の推定は望月ら (2007) や諸泉ら (2008) も行っているが、本研究では登尾 (2005) に倣い、サーモ TDR 法を用いて不飽和土壌中の油分濃度推定を試みた。

2. 方法

供試土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、1.7 mm 篩通過分を 24 時間炉乾燥し、デシケーター内で冷ましたものを用いた。汚染溶液は蒸留水と軽油の体積混合比を変化させて、3 種類 (油混合率 0, 50, 100% : 体積ベース) 用意し、体積含液率

θ は $\theta = 0.1 \sim 0.4$ ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) 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供試土を混合した。密封した状態で 1 晩以上インキュベーター内に静置後、140 cc のアクリル製カラムに乾燥密度が 0.7 Mg m^{-3} となるように充填し、サーモ TDR プローブを使って測定した。

DPHP 法により体積熱容量 C_b を測定し、TDR 法により比誘電率 ϵ を測定した。体積含液率 θ は油混合率 0% の試料のみ炉乾法により求め、その他の試料は調整した体積含液率とした。

3. 結果と考察

試料中の体積含液率 θ ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) は、体積含水率 θ_w ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) と体積含油量 θ_o ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) との和で表し (式 (1))、油分濃度 C (%) は (2) 式で表した。

$$\theta = \theta_w + \theta_o \quad (1)$$

$$C = \frac{\theta_o}{\theta_w + \theta_o} \times 100 \quad (2)$$

得られた比誘電率 ϵ の測定結果と体積含水率 (油混合率 0) の関係から (3) 式を求めた。

$$\theta_w = 0.0006\epsilon^3 - 0.0298\epsilon^2 + 0.4586\epsilon - 1.9939 \quad (3)$$

油分濃度の推定は de Vries (1963) の式を一部改変した (4) 式を用いた。

$$\theta_o = \frac{(C_b - C_s - C_w \theta_w)}{C_o} \quad (4)$$

ここで、 C_b はDPHP法により測定した土壌試料全体の体積熱容量 ($\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$)、 C_s は固相の体積熱容量 ($\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$)、 C_w は水の体積熱容量 ($\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$)、 C_o は油の体積熱容量 ($\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$) である。 C_s は本実験で得た $C=0\%$ 、 $\theta=0$ ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) における土壌の体積熱容量を、 θ_w は(3)式で得られた値を用いた。

調整した油分濃度の各体積含液率による油分濃度推定値を Fig. 1 に示した。軽油を含まない油分濃度 0% では、どの体積含液率においても推定値と調整値は一致せず、汚染溶液が含まれていないことを示さなかった。一方、 $C=50\%$ では体積含液率の増加に伴い、推定値は調整値と近くなり、 $C=100\%$ では体積含液率 $\theta=0.1$ を除いて調整値と推定値がほぼ一致した。

4. まとめ

サーモ TDR 法を用いて不飽和土壌中の油分濃度の推定を試みた。本解析法による推定結果は、体積含液率あるいは油分濃度が高くなれば、推定した油分濃度の精度が良くなった。今後は低含油率にも適用できる解析法を検討する必要がある。

参考文献

de Vries, D.A. (1963) : Thermal properties of soils. van Wijk(ed.) Physics of plant environment. pp. 210-235, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, In W.R.

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. 土壌の物理性, 105, 59-65.

諸泉利嗣・佐々木裕美・三浦健志 (2008) : Amplitude Domain Reflectometry 法による不飽和砂地盤中の NAPL 含有量と誘電率に関する基礎的研究. 環境制御, 30, 27-32.

登尾浩助 (2005) : サーモ TDR プローブによる不飽和土壌

中の有機汚染物質濃度の測定. 土木学会論文集, 783 (34), 33-38.

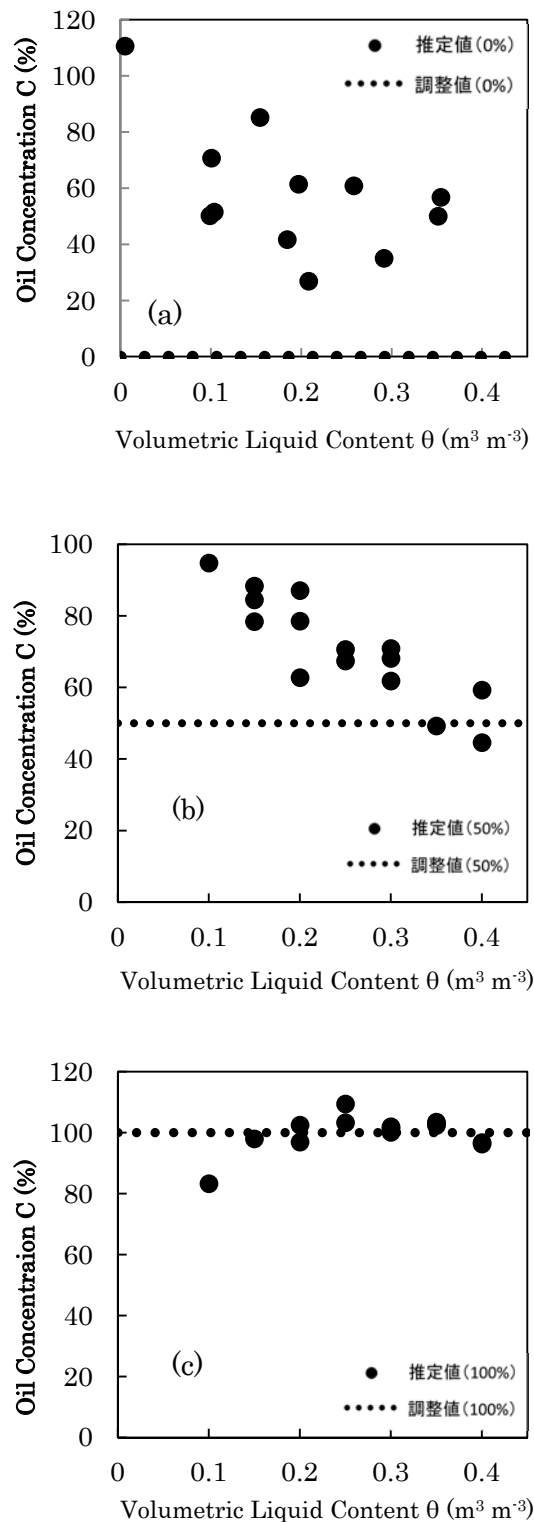


Fig. 1 Relationship between estimated oil concentration and volumetric liquid content of 0% (a), 50% (b), and 100% (c).