

Delta T社製土壤水分センサーを用いた比誘電率の測定

Delta-T社が採用するADR方式での土壤水分測定の原理は、土壤の比誘電率を測定する事で体積含水率(Volume %)を演算により算出しています。従って、比誘電率の測定は可能です。(ただし、電圧値を比誘電率に変換する必要があります。)最初に誘電率と比誘電率について、引き続きシートプローブML2xの電圧出力と比誘電率の関係についてご説明致します。

<誘電率(Permittivity) と比誘電率(Relative Permittivity)>

誘電率は物質内で電荷とそれによって与えられる力との関係を示す係数を意味します。真空の誘電率は以下の式で定義されています。

$$\varepsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2) = 8.854 \times 10^{-12}$$

ε_0 : 真空の誘電率

μ_0 : 真空の透磁率

c : 光速

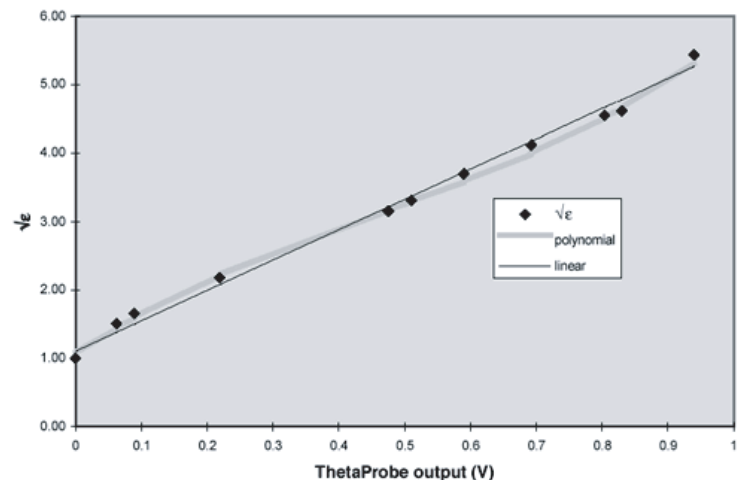
各物質の比誘電率 ε_r は、上記真空の誘電率 ε_0 と各物質の誘電率 ε の比で定義されています。

$$\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$$

式の通り、無次元量です。

目安として、主な物質の比誘電率を記載します。

水	81 (温度によって変化する)
アルコール	16~31
ダイヤモンド	16.5
ガラス	5.4~9.9
アルミナ(Al ₂ O ₃)	8.5
木材	2.5~7.7 (含水率次第で変化)
石英(SiO ₂)	3.8
ゴム	2.0~3.5
アスファルト	2.7
紙	2.0~2.6
パラフィン	2.1~2.5
空気	1.00059



<シートプローブML2xの電圧出力と比誘電率の関係>

ここでは、シートプローブML2xの電圧出力と比誘電率の関係を記述します。シートプローブの実際の実験値を示します。

シートプローブの出力は仕様上0 ~ 1Vレンジです。上記グラフの横軸がそれにあたります。縦軸は ε のルートつまり、 $\sqrt{\varepsilon}$ です。この実測値から得られる回帰式は以下の様になります。

$$\sqrt{\varepsilon} = 1.07 + 6.4V - 6.4V^2 + 4.7V^3 \quad (R^2 = 0.998) \quad \textcircled{1}$$

$$\sqrt{\varepsilon} = 1.1 + 4.44V \quad (R^2 = 0.99) \quad \textcircled{2}$$

電圧出力から直接比誘電率を計算する場合には以下の式を使う方が楽でしょう。(同じ式ではありますが、参考まで。)

$$\varepsilon = (1.07 + 6.4V - 6.4V^2 + 4.7V^3)^2 \quad \textcircled{1}'$$

$$\varepsilon = (1.1 + 4.44V)^2 \quad \textcircled{2}' \quad \square$$

<参考>

○比誘電率は上記の方法で計算できますが、誘電率は?とお考えの場合、 $\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$ を使うと直ぐ計算できます。□

○前項で記載した表にあるように水の比誘電率は温度で劇的に変化します。土壤水分測定を目的とするシートプローブでは、土壤の比誘電率と言うより、むしろ土壤中に分散している水の平均的な場における比誘電率を計測している意味が強いです。つまり温度変化が大きく影響する測定環境です。この影響をキャンセルするために、100MHzという最適な周波数で検出していますから、0~40℃という広い範囲で1%以内の測定精度を保証する事が出来ています。上記した比誘電率の測定においてもこの温度範囲であれば1%以内で精度良く測定が可能です。

○通常の誘電率測定手法では平行する平板の間に資料を挟んで測定するシステムですが、この方法は確かに測定精度は高い仕様です。ただし、資料の形状や持ち運びの難しさなどを考えると、「資料に突き刺すだけ」という簡単な方法が可能なシートプローブのメリットも確かに存在します。ハンディ読取器HH2とシートプローブML2xだけを準備すれば、それだけで可搬型誘電率測定装置ができあがります。HH2の代わりに安価なGP1ロガーを準備すれば、長期間に渡って誘電率の時間変化も計測可能になります。もう一つのメリットは、価格的に圧倒的に安いことです。この理由はシートプローブの本来の使い方が土壤水分センサーだからです。

Environmental Measurement Japan



日本環境計測株式会社
〒811-0215
福岡県福岡市東区高美台二丁目52番42号
電話 : 092-608-6412
FAX : 092-985-7844
www.environment.co.jp