# 静電容量センサーによるベントナイト系材料の水分量計測に関する研究

岡山大学大学院環境生命科学研究科 小松 満・ 佃 明恵

スイス放射性廃棄物管理共同組合 榊 利博

#### <u>1. はじめに</u>

放射性廃棄物地層処分研究において緩衝材及び処分坑道の埋戻し材の再冠水挙動を評価することが重要な課題 となっている現状を踏まえ,本研究ではベントナイト系材料に対する原位置水分量モニタリング手法の開発を目 的としており,本報はその基礎的な研究として従来手法よりも比較的安価な市販の静電容量センサーの適用性に ついて検討した結果を報告する。具体的には,Na型ベントナイトと砂及び礫の混合材料を各水分量で締め固めた 供試体に対する測定を実施し,校正曲線(出力値と体積含水率の関係)の特徴について,これまで同様の測定に おいて実績のある FDR-V 法<sup>1)</sup>と比較する形で考察した結果をまとめる。

## <u>2. 試料及び測定方法</u>

測定に用いた試料は表-1,表-2にそれぞれ示す山形県産Na型ベントナイトと硅砂の混合材料,同じベントナイトと砂及び砕石(いずれも岐阜県産)の混合材料である。炉乾燥させたベントナイト混合材料に所定の水分を加えて十分に攪拌した後,3層に分けて体積150cm<sup>3</sup>のアクリル製容器に設定した乾燥密度になるように締固めた。

測定状況を写真-1に示す。用いた静電容量センサー (Decagon, EC-5)の電極厚さは約1.6~1.7 mmであり,供試体作製後に挿入して測定した。ただし,水分量が高くなるにつれてセンサーの挿入が困難な状況となったため, 電極よりも薄い器具で先行孔を作製した後に設置した。センサーの測定範囲は,電極の厚さ方向に約1cm,面方向 に約2cmであるため,容器の周囲の影響は無視できる。一方,比較のために用いたFDR-V法は,プローブ先端にお ける電磁波の反射係数の比を求めることで比誘電率を算定するものであり,25MHz~4GHzの範囲で実数部(以下, 単に誘電率と称する)と虚数部の誘電率が得られる。FDR-V法はプローブ先端の複素振幅比を測定するため,他の 誘電率を測定する方法に比べて電磁波の減衰による影響が少なく,イオン系物質が混入した場合や誘電損失の大 きな物質に対しても正確な測定が可能であることが特徴である。今回は1GHzにおける誘電率実数部の値を用いた。

質量混合比(%)			設定乾燥密度	土粒子密度	供試体寸法(mm)			
ላ ንኑታイト	硅砂5号	硅砂3号	(Mg/m³)	( g/cm <sup>3</sup> )	直径	高さ		
70	15	15	1.4	2.721	50	76		
質量混合比(%)			設定乾燥密度	土粒子密度	供試体寸法(mm)			
ላ ንኑታイኑ	砂	砕石	(Mg/m³)	$(g/cm^3)$	直径	高さ		
15	35	50	1.6	2.707	50	76		

表-1 ベン	トナイ	ト混合砂供試体仕様
--------	-----	-----------



写真-1 測定状況 (左:静電容量センサー,右:FDR-V法)

## <u>3. 測定結果</u>

山形県産Na型ベントナイトと硅砂の混合材料に対する測定結果と作成した校正曲線を図-1に示す。静電容量センサーの図にはメーカーによって作成された豊浦砂に対する校正曲線を併せて示すが,水分量の増加に合わせて 出力値が増加する状況を示した。しかし,飽和に近い領域で感度が低下する状況が見受けられる。センサー挿入 時の乱れによる影響も考えられるが,飽和に近い領域では,この影響は比較的少ないと推察される。別途実施し た塩水に対する測定結果から,イオン物質の溶出による影響であれば出力値が上昇する傾向を示すと考えられる が,その理由については現時点では特定できていない。Kellenersらが静電容量法を用いてベントナイトの誘電率 を測定した結果<sup>2)</sup>では,同様に飽和状態の計測値の感度が低下する傾向を示していることから,静電容量型のセン サー特有の現象である可能性が高い。一方,FDR-Vの測定結果は,誘電率実数部と体積含水率の関係として整理した。体積含水率上昇に伴って誘電率の値も高くなっている。なお,算定した校正曲線と併せてToppらが示した校正曲線<sup>3)</sup>を比較のために示すが,飽和度全域にわたり誘電率が変化している状況が確認できた。

次に,山形県産Na型ベントナイトと岐阜県産の砂及び砕石を用いた供試体に対して測定した結果を図-2に示す。 ベントナイトの混合割合が15%と低いため,静電容量センサーにおける飽和付近の出力値の低下は見られず,校 正曲線も他の土壌に対する結果と比較的近いことが判明した。一方,FDR-V法の測定においては,中飽和度領域で 若干値が低下する傾向を示したが,概ね先の結果との明確な差異は認めらなかった。



#### <u>4. まとめ</u>

ベントナイト混合土(山形県産Na型ベントナイトとケイ砂の混合材料,並びに同ベントナイトと砂及び砕石) を各水分状態で締め固めて作製した供試体に対して測定した結果,市販の静電容量センサーにおいて水分量の増 加に合わせて出力値が上昇する状況を確認した上で,別途校正曲線を作成することで測定が可能であるとの判断 に至った。なお,校正曲線の形状はいずれも3次式での相関が最も高い結果を示した。今後の課題としては,原位 置計測に適用する際の種々の影響因子に対する検討が必要である。

# 【参考文献】

- 1) 小松満・千々松正和・岸和美: FDR 法によるベントナイト系材料の塩濃度変化を考慮した浸潤挙動の測定方法 に関する研究,土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, -135, pp.269-270, 2010.
- 2) Kelleners, T. J., D. A. Robinson, P. J. Shouse, J. E. Ayars and T. H. Skaggs: Frequency Dependence of the Complex Permittivity and Its Impact on Dielectric Sensor Calibration in Soils, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.69, pp.67–76, 2005.
- Topp, G. C., J. L. Davies, & A. P. Annan: Electromagnetic determination of soil water content measurements in coaxial transmission lines. Water Resour. Res., Vol.16, pp.574-582, 1980.