

誘電率計を用いたベントナイトペレット充填密度計測試験

大成建設（株） 正会員 ○八尋 英恵，本島 貴之，磯 さち恵

（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター 小林 正人，橋本 和幸，正会員 城 まゆみ

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、処分坑道の埋め戻し方法として、ベントナイトペレットを用いた方法が検討されている。施工における品質管理の指標として充填密度が重要であり、一般に土質系材料の密度管理方法としては砂置換法、出来型と投入量に基づく計測などの方法があるが、砂置換法はペレット充填のような充填材が固結していない状態には適用が難しく、また出来型計測では全体の平均密度しか計測できず密度の分布が把握できない等の課題がある。このような課題に対し本試験では既往検討¹⁾を参考に、複数箇所での局所的な測定が可能、かつ取り扱いが容易な誘電率計測機器を使用した密度測定方法の適用性を検討した。

2. 使用機器と使用材料

本試験では、図 1 に示す長さ約 1.1m の本体に 6 箇所の計測センサー（図中の銀色部分 1 対で一つのセンサー）を有する ADR 方式（振幅領域反射率測定法）の誘電率計と、図 2 に示す長さ約 35cm の本体に 1 箇所のセンサーを有する TDR 方式（時間領域反射率測定法）の誘電率計の二種類を使用した。図中に白線で記載した円筒状領域は各センサーの測定範囲である。これらの誘電率計は土壌水分量を測定する機器で農業分野等で幅広く利用されており、誘電率が含水量に依存することを利用し、試料の体積含水率を誘電率から求める計測機器である。また含水比が一定の試料の密度は体積含水率と比例関係にあるので、体積含水率から乾燥密度を算出することが可能である。本試験では材料に、表 1 に示すベントナイトペレットとベントナイト原鉱石を重量比 7:3 で混合したものを使用した。

3. 乾燥密度の測定のための誘電率と密度の関係の把握

検量線取得にあたり、材料を様々な密度で充填しその誘電率を測定することで誘電率と乾燥密度の関係を把握した。この関係を充填材の含水比が変化しても適用できるよう、体積含水率＝乾燥密度×含水比／水の密度の関係より、誘電率と充填密度の関係を誘電率と体積含水率の关系到整理し検量線を取得した。図 3 に誘電率計

（TDR 法）の検量線を示す。検量線に基づく予測値の 95%信頼区間算出結果は平均±4%（乾燥密度に換算して±0.05Mg/m³）であった。

また、誘電率計（ADR 法）でも同じ材料に対して検量線を作成し、95%信頼区間算出結果は平均±5%（乾燥密度に換算して±0.08Mg/m³）であった。なお検量線取得時の材料の含水比は 9.60%であった。

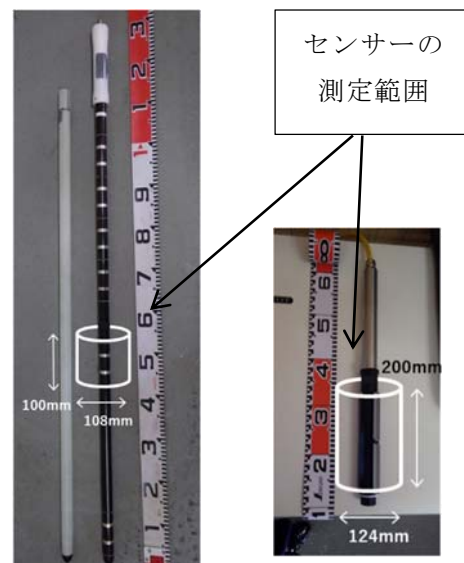


図 1 誘電率計
(ADR 法)

図 2 誘電率計
(TDR 法)

表 1 使用材料

	サイズ (mm)	粒子密度 (Mg/m ³)
ベントナイト ペレット	30×20×7	2.0
ベントナイト 原鉱石	粒径 0.85～2.0	1.7

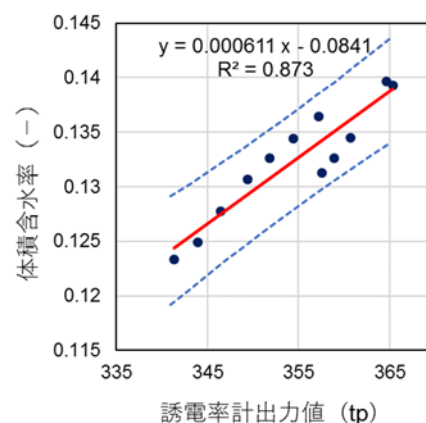


図 3 検量線（TDR 方式誘電率計）

キーワード：高レベル放射性廃棄物，ベントナイトペレット埋め戻し，密度管理，誘電率計

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 原子力本部 TEL：03-5381-5315

4. 土槽への充填試験における誘電率計測

充填試験は高さ 1.5m, 幅 1m, 奥行 3m の土槽に誘電率計を図 4 のように配置し, 土槽には表 1 の材料を充填した. ①, ②には誘電率計 (ADR 法) を配置した. サンプルング容器 (高さ 13cm, 直径 14cm) を図 4 の位置に設置し, サンプルング付近 (土槽背面 10cm~30cm) の誘電率計で計測した密度の平均値とサンプルングによって求めた密度を比較した. 誘電率から求めた平均密度は①, ②のいずれも $1.48 \pm 0.08 \text{Mg/m}^3$ であり, サンプルングで求めた密度は①で 1.44Mg/m^3 , ②で 1.56Mg/m^3 であった. ③には誘電率計 (TDR 法) を配置し, 誘電率計による鉛直方向断面の密度の平均値と, 出来型計測 (投入重量とレーザー計測による投入体積に基づく密度計測, 図 4 中の茶色部分全体の平均密度を計測) による密度とを比較した. 誘電率計で計測した密度の平均値は $1.34 \pm 0.05 \text{Mg/m}^3$, 出来型計測による密度が 1.38Mg/m^3 であった. それぞれの誘電率計測の平均値と分布, またその他の計測による密度を表 2 に示す. これより①~③のいずれにおいても誘電率計測による密度の 95% 信頼区間の範囲に, その他の方法による密度計測結果が入っていることが確認できた.

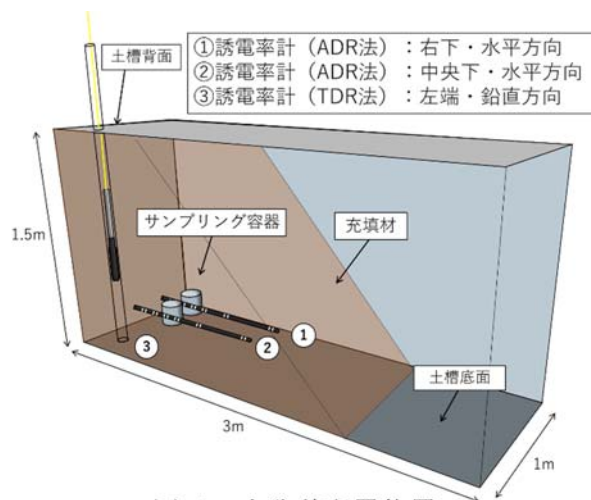
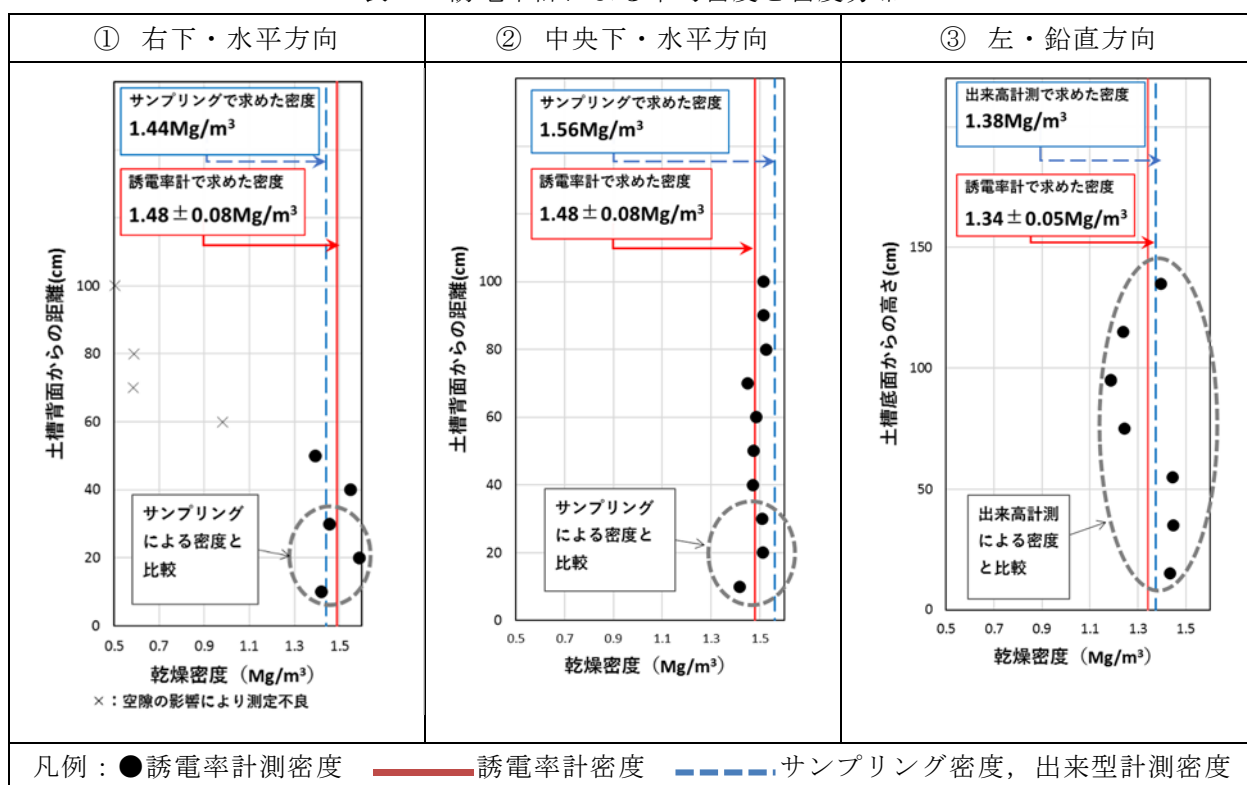


図 4 水分計配置位置

表 2 誘電率計による平均密度と密度分布



5. まとめ

本試験において, 誘電率計によって求めた密度は, サンプルングによって求めた密度, 及びレーザースキャナによる出来形計測とペレットの重量から求めた密度とおおむね同じ値であり, 誘電率計による密度測定方法が適用できる可能性がある. 今後, 検量線作成時のデータ取得数を増やすこと, 誘電率計の温度依存性や空隙による影響の検証等を通じて精度を向上させ信頼性を高めていく. なお本報告は, 経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等事業 可逆性・回収可能性調査・高度化開発」の成果の一部である.

参考文献: 1) T.Sakaki 他, FE Experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 2D pre-test using a dielectric moisture profile probe, Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement, 2015