

(III-89) 岩石試料における誘電特性と含水状態との関係について

鹿島技術研究所 ○正会員 戸井田 克

鹿島技術研究所 正会員 升 元 一彦

鹿島技術研究所 正会員 日比谷 啓介

1. はじめに

将来的な岩盤空洞利用の大規模化や大深度化に際しては、建設対象となる岩盤の詳細構造を精度良く知ることが必要である。また、高レベル放射性廃棄物地層処分等では、地下水挙動に係わる情報の重要性が大きい。したがって、筆者らは岩盤の水利地質構造の評価を目的としてこれまでに室内・原位試験に基づく研究を進めてきた。とりわけ、電磁波は探査手段としての分解能が高く、含水状態との関連も大きいため、上記の目的に適した探査手段と考えて検討を行っている¹⁾。今回は、室内において複数の岩種ごとに試料の比誘電率を測定して基本的な誘電特性の把握を試みた。その結果、間隙率の大小が比誘電率に与える影響が、火成岩と堆積岩で異なるという知見が得られたので、以下に報告する。

2. 室内試験方法

試験対象とした岩種は、火成岩として流紋岩、花崗岩及び花崗閃緑岩、また、堆積岩としては砂岩が優勢な砂岩泥岩互層と泥岩が優勢な砂岩泥岩互層の合計5つである。測定用試料は、岩石コアを直径25mm、厚さ4mmの円柱形に整形して表面を銀ペーストでコーティングした。測定機器は、インピーダンス/ゲイン・フェーズ・アナライザー (HP4194A) にテストフィクスチャ (HP16034E) を取付けたものを使用した。測定した周波数範囲は1~40MHzであり、試料を強制乾燥 (24時間) させた状態と強制湿潤 (72時間) させた状態の2通りについて比誘電率を測定した。また、今回の検討では周波数が高い程、比誘電率 ϵ_r の周波数依存性が小さいと言われていることから²⁾、40MHzの際の測定値によって検討することとした。

3. 試験結果及び考察

3.1 比誘電率と間隙率の関係

図-1は、間隙率と強制乾燥時の比誘電率 ϵ_D との関係、図-2は、間隙率と強制湿潤時の比誘電率 ϵ_W の関係を各々示したものである。これらの図より、以下のことがわかる。

- ①強制乾燥時の比誘電率 ϵ_D は、間隙率の大小にかかわらずほぼ一定の値を示し、この傾向は火成岩にも堆積岩にも当てはまる。
- ②強制湿潤時の比誘電率 ϵ_W は、火成岩や堆積岩の砂岩が優勢な砂岩泥岩互層では間隙率との間に比例関係がみられる。一方、堆積岩の泥岩が優勢な砂岩泥岩互層では ϵ_W と間隙率との間に反比例の傾向が見られる。

これらの図より、火成岩を構成している鉱物は水よりも小さい比誘電率を持っているために、岩石を強制湿潤させることによって間隙に水が侵入して全体の比誘電率が大きくなると考えられる。また、堆積岩、特に泥岩の部分を構成している鉱物は水よりも比誘電率が大きいため、岩石を強制湿潤させることによって間隙水が侵入して全体の比誘電率が小さくなると思われる。

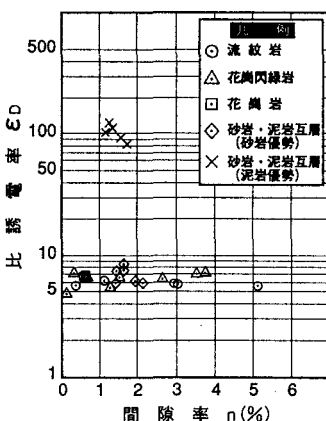


図-1 間隙率と比誘電率(乾燥時)の関係

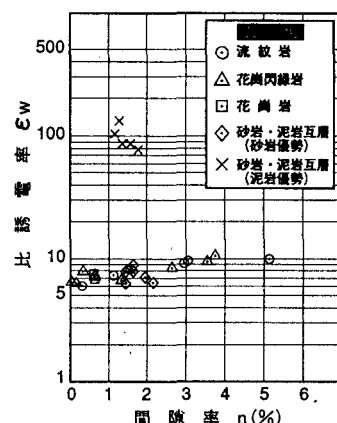


図-2 間隙率と比誘電率(湿潤時)の関係

3.2 理論式との対比

岩石が鉱物の集合体であることから、多成分の混合体と見なすことによって岩石の比誘電率を理論的に求める式が幾つか提案されており、空気と岩石または水と岩石の2成分系と考えた場合には以下に示す2つの実験式が良く用いられる。ここで、 n_1 は成分比、 ϵ は比誘電率を表わす。

$$n_1 \epsilon_1 + n_2 \epsilon_2 = \epsilon \quad \text{..... (1)}$$

$$n_1 \log \epsilon_1 + n_2 \log \epsilon_2 = \log \epsilon \quad \text{..... (2)}$$

$$\text{ただし、} n_1 + n_2 = 1 \quad \text{..... (3)}$$

ここで、式(1)、(2)において間隙(間隙率 n_1) が空気で満たされた場合(強制乾燥時)には、空気の比誘電率が $\epsilon_1 = 1$ で全体の比誘電率が $\epsilon = \epsilon_D$ となり、間隙が水で満たされた場合(強制湿潤時)には、水の比誘電率が $\epsilon_1 = 81$ で全体の比誘電率が $\epsilon = \epsilon_W$ となることから式(4)、(5)が得られる。

$$\epsilon_W - \epsilon_D = 80n_1 \quad \text{..... (4)}$$

$$\frac{\epsilon_W}{\epsilon_D} = 10^{1.908n_1} \quad \text{..... (5)}$$

これらの式(4)、(5)と測定結果を対比したものが図-3~4であり、これらより以下のことがわかる。

- ①火成岩に対しては岩種によらず式(4)が実測値と良く一致することがわかる。さらに、堆積岩の砂岩が優勢な砂岩泥岩互層については、式(5)の方が実測値との整合性が良いようである。
- ②しかしながら、堆積岩の泥岩が優勢な砂岩泥岩互層については、式(4)~(5)のいずれの構成式にも実測値が当てはまらないことがわかった。

4. おわりに

火成岩及び堆積岩の岩石試料を用いて乾燥時と湿潤時の比誘電率を測定した結果、火成岩と堆積岩では含水させたことによって比誘電率が変化する状況が異なり、さらに堆積岩の中でも泥質分が多く含まれていると特別な誘電特性を示すことがわかった。今後も引き続き、岩石試料の比誘電率と含水状態との関連についてデータ蓄積を行い、原位置岩盤の誘電特性の定量評価に反映させる予定である。

参考文献

- 1) 日比谷、稲生、升元、電磁波トモグラフィーによる岩盤内の含水状態評価について、第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、PP. 256~260, 1993.
- 2) 物理探査学会：第7回物理探査基礎講座講習会テキスト, 1991.

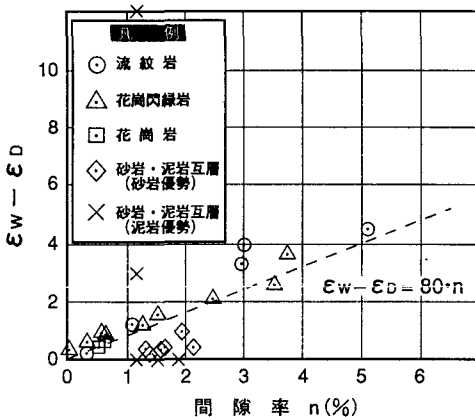


図-3 間隙率と $(\epsilon_W - \epsilon_D)$ の関係

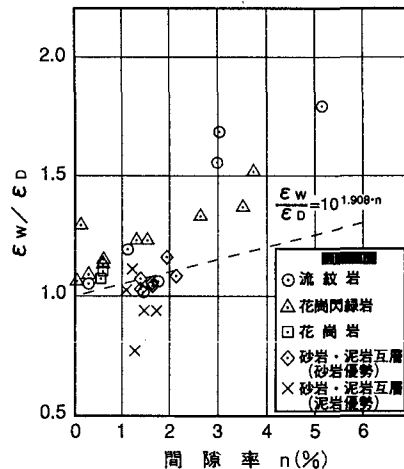


図-4 間隙率と $(\epsilon_W / \epsilon_D)$ の関係