比抵抗トモグラフィーによる緩衝材の再冠水挙動の把握

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員 〇鈴木英明,中間茂雄,藤田朝雄,今井 久,九石正美

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の処分初期におけるニアフィールドは、廃棄体からの発熱にともなう温度変化や緩衝 材中への地下水の浸潤や膨潤応力が発生するなど、その環境が大きく変化することが予想される.このような 過渡期の環境を把握するために、緩衝材中の水分量などの時間的、空間的な分布を計測するためのモニタリン グ技術が求められている.本報では、温度勾配が生じている環境下での緩衝材中の再冠水挙動を把握する手法 として比抵抗トモグラフィーに着目し、工学規模の人工バリア試験により適用性を検討したので報告する.

2. キャリブレーション試験

比抵抗トモグラフィーにより緩衝材の水分飽和度 を求めるため,供試体の水分飽和度および温度を変化 させてキャリブレーション試験を実施した.供試体

(原料:クニゲル V1 とケイ砂の混合物,乾燥密度: 1600kg/m³,形状:一辺が 10cm の立方体)の上下面 に2本の固定電極を,側面中央高さに2.5cm 間隔で4 本の測定電極をそれぞれ配置して,二極法に準じた電 位差計測を行った.そして,三次元モデルの理論電位 との比を求め,最小二乗法により比抵抗を求めた.そ の結果,水分飽和度と比抵抗の関係は図1のようにな り,(1)式に示す関係式を得た¹⁾.

$$S_w = B \exp\left(\frac{-mU}{RT}\right) \rho_r^m \tag{1}$$

ここで、 ρ_r は比抵抗(Ω m)、 S_w は水分飽和度(%)、R

は気体定数, T は絶対温度, U は電導に関わる活性化 エネルギーであり, パラメータ B, m および U/R は, それぞれ, 1.870, -0.6747, 1974 である.





3. 工学規模人工バリア試験

比抵抗トモグラフィーにより緩衝材の再冠水挙動を把握するため、工学規模の人工バリア試験を実施した²⁾. 試験では、緩衝材(乾燥密度:1600 kg/m³、初期水分飽和度:70%、寸法:外径 0.29m、内径 0.1m、高さ 0.956m) および廃棄体を模擬した電気式ヒーター(直径 0.1m、長さ 1m、以下、中心ヒーターと記す)を、コンクリー ト支保を想定した一辺が 1m の立方体形状のモルタルブロックの中央に設けた直径 0.3m のピット内に設置し た.そして、中心ヒーターの表面温度を 95℃、モルタルブロックの四側面の表面温度を 70℃とし、緩衝材に 約 1℃/cm の温度勾配を形成させた上で、モルタルブロック上部を 70℃(約 0.15m³)の浸潤水で満たし、不飽 和緩衝材中にモルタルブロックを通じて水を浸潤させた.本試験に用いた緩衝材を図 2 に示す.比抵抗測定電 極は、緩衝材下端から 0.228m、0.428m、0.628m の 3 つの高さ(図 2 中の A,B,C の位置)の外周上にそれぞれ 36 本ずつ設置し、電位差計測から三次元比抵抗トモグラフィーにより、浸潤にともなう緩衝材中の比抵抗分 布の変化を測定した.

キーワード 緩衝材,再冠水挙動,比抵抗トモグラフィー,水分飽和度,モニタリング
連絡先 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番地33 (独)日本原子力研究開発機構 TEL029-282-1111

-37-

4. 比抵抗トモグラフィーによる緩衝材の再冠水挙動の把握

比抵抗トモグラフィーにより求めた比抵抗分布と,緩衝材中に 設置した熱電対による温度の測定結果を用い,(1)式に基づき水 分飽和度を求めた.緩衝材の鉛直断面の水分飽和度の測定結果を 図3に示す.緩衝材の外周はモルタル側からの水の浸潤により水 分飽和度が上昇し,一方,中心ヒーター近傍では,温度勾配によ って,時間の経過とともに水分飽和度が低下している様子が読み 取れる.この傾向は最も温度の高い中間深度部分で顕著であり, 試験条件から想定される浸潤挙動と調和的である.なお,緩衝材 よりも比抵抗値が高いモルタルブロックの影響と考えられる理由 により緩衝材の外周部の一部に水分飽和度の低い領域が認められ る.また,本試験は緩衝材外周全面から浸潤する条件であり,同 心円状で均一な分布になると考えられるが,本測定ではやや不均 質な分布となっている.この原因として,膨潤により電極の固定 状態が変化したことが考えられる.今後は,測定精度の向上が課 題となる.



図2 緩衝材と比抵抗測定電極設置位置



図3 比抵抗トモグラフィーによる人工バリア試験の浸潤挙動評価結果

5. おわりに

工学規模の人工バリア試験を実施し、緩衝材の再冠水挙動を把握する手法として比抵抗トモグラフィーの適 用性を確認した.本手法は、プローブ法のようなピンポイントの測定ではなく、対象とする断面全体の水分分 布を把握することができることから不均一な浸潤挙動にも対応できる可能性があることや、緩衝材内部にセン サーやケーブルを設置する必要がないため緩衝材の状態を乱すことがないといった利点がある.このため、原 位置人工バリア試験などにおいて緩衝材の再冠水挙動をモニタリングするための有効な手法の一つであると 考えられる.なお、本研究は、経済産業省資源エネルギー庁の「平成22年度地層処分技術調査等委託費(高 レベル放射性廃棄物処分関連:処分システム化学影響評価高度化開発)」の一部として実施したものである.

参考文献 1) Shigeo Nakama et, al.(2011):Application of resistivity tomography for measurement of water content in buffer, 19th International Conference on Nuclear Engineering Chiba, Japan, May 16-19, 2011(in press). 2) 鈴木英明ほか (2009):緩衝材の地球化学プロセスに着目した熱-水-化学連成挙動に関する工学規模の人工バリア試験 と解析評価, 原子力バックエンド研究, Vol.16 No.1.