

X線 CT を用いた in-situ での緩衝材膨潤過程の密度分布測定

In-situ measurement of density distribution of buffer material swelling process
using X-ray Computed Tomography

*大澤 紀久¹, 石井 智子^{1,2}, 石井 健嗣³, 林 大介⁴, 新堀 雄一²

¹太平洋コンサルタント, ²東北大学, ³鹿島建設, ⁴原環センター

高レベル放射性廃棄物の地層処分において人工バリアとして想定されている緩衝材が、地下水の浸潤により膨潤して隙間を閉塞する過程、および閉塞後に緩衝材密度が均質化に向かう過程を模擬した室内試験を実施した。X線 CT を用いて、in-situ かつ非破壊で緩衝材の密度を算出し、その過程を追跡した。

キーワード：高レベル放射性廃棄物, 緩衝材, X線 CT, 密度, 経時変化

1. 緒言 標記の緩衝材の定置方法として縦置きブロック方式を採用する場合、施工時には処分孔壁と緩衝材の間に隙間を設けることとなるが^[1]、その後の緩衝材の浸潤・膨潤に伴う自己シール性能によって隙間は閉塞されることが期待されている。他方、閉塞後、緩衝材密度は均質化に向かうと考えられているが、最終的な密度は均一にはならない可能性も懸念されている^[2]。これまでの室内試験では供試体解体後に密度分布を測定することが多く、その間の経時的な密度分布の変遷情報は少なく、供試体解体時の擾乱の影響もあり定量精度には不確実性が含まれる。本研究は、X線 CT によって緩衝材の膨潤過程を in-situ で経時的に測定することで、膨潤挙動を精緻に把握し、解析的な予測の検証にも反映できるデータの取得を目的とした。

2. 試験方法 供試体にはベントナイト（クニゲル V1）にケイ砂を 30 wt.%混合したものをを用い、X線が透過するプラスチック製シリンジ内に供試体を充填し、上部に隙間を設けた。隙間の幅、乾燥密度、供試体厚さ等をパラメータとして、シリンジ上部から浸潤液を注水し、注水後から 1 年までの任意の時間に X線 CT 装置（島津製作所製、inspeXio SMX-225CTS）を用いて密度分布を測定した。

3. 結果 試験と同じシリンジに既知の乾燥密度のベントナイトを充填して CT 値と乾燥密度の検量線を作成した。この検量線を用いて試料の CT 値からベントナイトの乾燥密度を算出し、密度分布のコンター図を作成した。混合したケイ砂はベントナイトよりも密度が高く、試料中に点在する状態でコンター図に表現できたため、これを膨潤の進行を示す指標とした。図 1 に隙間幅 5 mm、供試体厚さ 20 mm、乾燥密度 1.9 Mg/m³、飽和度 64%の試料にイオン交換水を注水した場合の密度分布の経時変化を示す。図 1 より、隙間部分にベントナイトが膨潤し、それに伴いケイ砂も移動していることがわかる。注水後 8 時間で膨潤は隙間の上部に到達し、注水後 48 時間までの間に元の隙間部分の密度の上昇とケイ砂の分布状態の変化が観察できた。注水後 28 日以降では密度分布に顕著な変化はなく、隙間部分の密度は低いままであったことから、密度分布は再冠水過程の早期に収束に近い状態に至る可能性が示唆された。

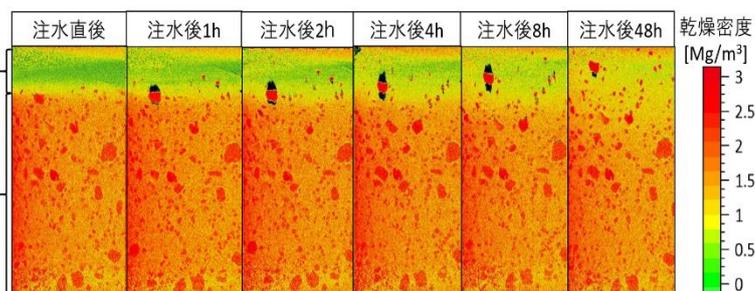


図 1 X線 CT による試料の膨潤過程における密度分布の経時変化

謝辞 本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和 3 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (JPJ007597) (ニアフィールドシステム評価確証技術開発)」の成果の一部を含むものである。

参考文献 [1] 原子力発電環境整備機構、包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現、2021 年
[2] 日本原子力研究開発機構、原子力環境整備促進・資金管理センター、令和 3 年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 ニアフィールドシステム評価確証技術開発報告書、2022 年

*Norihisa OSAWA¹, Tomoko ISHII^{1,2}, Kenji ISHII³, Daisuke HAYASHI⁴, Yuichi NIIBORI²

¹Taiheiyo Consultant Co., Ltd., ²Tohoku Univ., ³Kajima Corp., ⁴Radioactive Waste Management Funding and Research Center