

医療用 X 線 CT スキャナを用いたガス移行可視化研究の試み

核燃料サイクル開発機構 正会員 棚井 憲治

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアシステムの一つである炭素鋼オーバーパックは、地下深部の還元環境条件下において腐食し水素ガスを発生する。オーバーパックの外側に位置する緩衝材は低透気性媒体であることから、緩衝材とオーバーパック界面にガスの蓄積が考えられ、緩衝材や岩盤に対して力学的な影響等を与える可能性がある。したがって、ガスの発生による影響を定量的に評価するために、緩衝材中のガス移行挙動を把握することが必要となる。従来のガス移行試験では、容器の出入口にセンサーを設置し、圧力状態や透気流量の測定を行ってきており、その結果から緩衝材内のガス移行現象を推定しモデルの開発を進めてきた。しかしながら、それらのデータのみから現象を把握するには不十分であり、これらを補完する新たな試験手法が必要である。そこで、非破壊で試料内部の観察が可能である X 線 CT 法の適用可能性について検討を行うことを目的として、ガス移行可視化試験を実施した。

2. 試験概要

試験に使用した X 線 CT スキャナは、図 1 に示すようなものであり、ガス移行の過渡的な状態の観察、ガス移行試験装置との取り合いなどの観点から、医療用の X 線 CT スキャナを選択した。

また、ガス移行試験装置は図 2 に示すようなものであり、CT 撮影が可能のように試験容器の材質をアルミ合金とした。試験に際しては、一定流量（0.005ml/min）で試料片側よりヘリウムガスの供給を行った。試料のスキャンは、ガス供給前の飽和膨潤状態における試料のスキャンから始まり透気終了までの期間、任意の時間でシングルスキャンを行った。なお、常に同位置をスキャンできるよう容器を固定するとともに、ノイズ軽減のためスタッピング処理を行った。スキャン条件は、管電圧 135kV、管電流 200mA、スキャン速度 0.75 秒である。



図 1 X 線 CT スキャナの概観

3. 試験結果

ガス移行試験により得られた結果を図 3 に示す。同図には差圧（ガス供給圧力と背圧との差）及びガス流量計の経時変化を示している。同図から圧力は徐々に上昇し、約 7.5MPa で透気したことがわかる。また、透気と同時にガス流量計の値が増大していることも分かる。図 4 に初期状態及び透気後の試料のスキャン画像を示す。図 4 の○印で囲われた箇所が初期状態に比べて若干白くなっているが、あまり明確ではない。

そこで、ガス供給中の画像と初期状態の画像に

より画像間演算（差画像）を行うとともに、そのデータをもとに作成した CT 値分布図を図 5 に示す。なお、同図にはガス供給開始からの経過時間を併記した。なお、凡例の色は CT 値の大小（赤：CT 値大 青：CT 値小）を表している。この図から試験開始 40 日後まではほとんど変化が見られないのに対して、試験開始 75 日後から試料

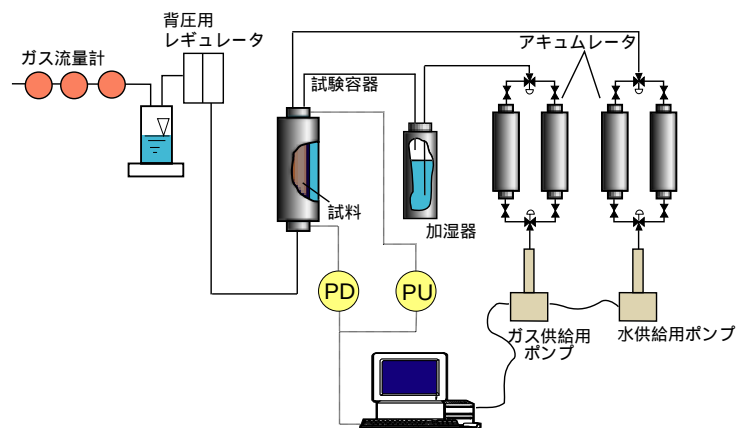


図 2 ガス移行試験装置の概要

キーワード：高レベル放射性廃棄物，ガス移行，X 線 CT

連絡先：〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33，TEL：029-282-1111，FAX：029-282-9328

右下の部分の色が青く変化しており，また試験開始 95 日後においては，75 日後に比して青色の箇所がかなり多くなってきていることが分かる。すなわち CT 値の低下した箇所が徐々に増加してきている。言い換えれば CT 値と物体との密度とは正の相関関係にあることから，初期状態に比べて密度の低下領域が増大していると言える。緩衝材中のガスの移行は，閾値となるある圧力を超えた時点で引張破壊により微小な亀裂を形成し緩衝材中を移行するといわれていることから，これらの密度低下領域が移行領域と考えられる。これらの結果から，X 線 CT 法の適用により緩衝材中のガス移行領域を視覚的に捉えることが可能であると考えられる。

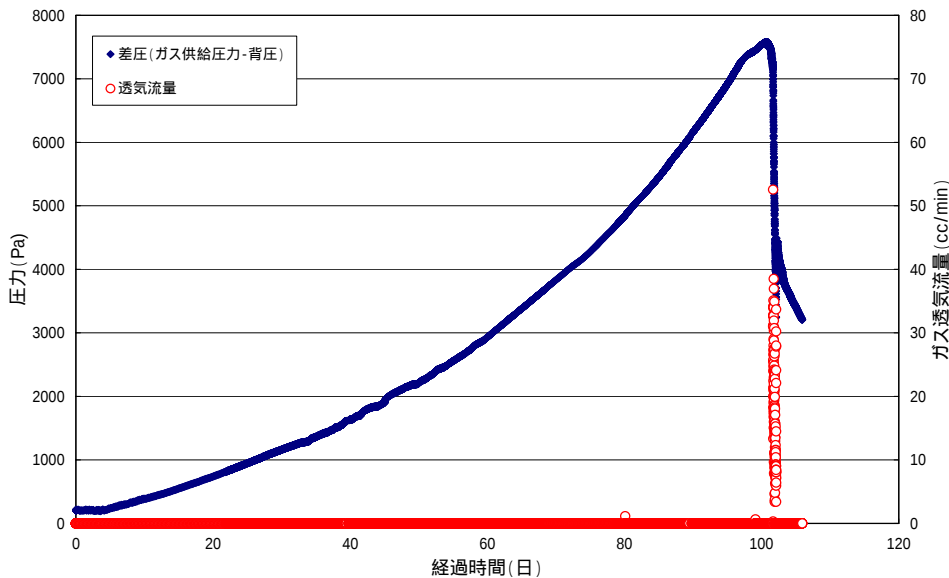


図3 ガス移行試験結果

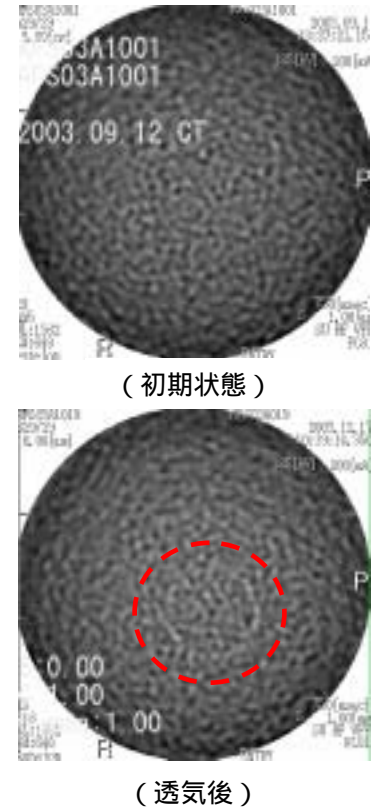


図4 スキャン原画像

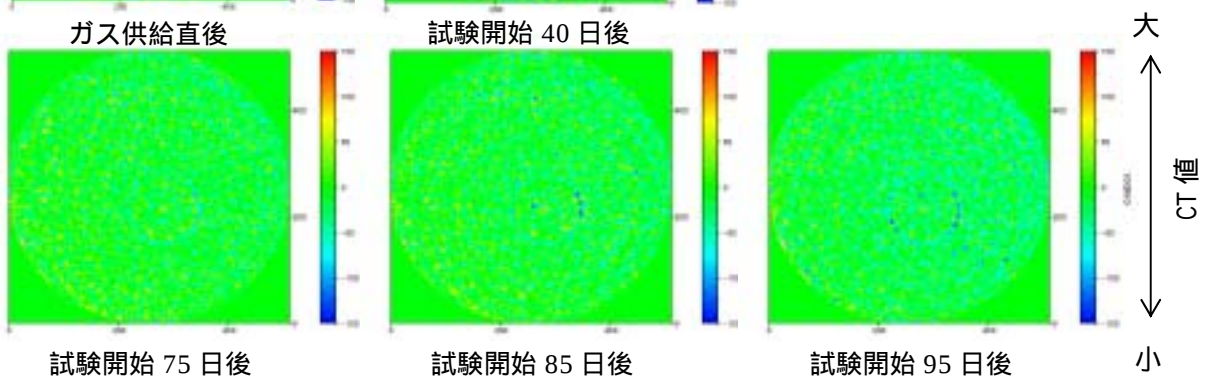


図5 CT 値分布図

4. おわりに

今回の試験結果を受け，今後は試料全体をヘリカルスキャンによって撮影し，ガス移行領域の三次元的な連続性を確認していく予定である。【参考文献】Rodwell W.R., Harris A.W., Horseman S.T., Lalieux P., Muller W., Ortiz Amaya L. and Pruess K: Gas migration and Two-Phase Flow through Engineered and Geological Barriers for a Deep Repository for Radioactive Waste A Joint EC/NEA Status Report, EUR 19122EN(1999)