

高強度高緻密モルタルを用いた放射性廃棄物処分廃棄体の開発（1）

— 静水圧加圧法を用いたモルタルへの水浸透挙動の評価 —

原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○坂本 浩幸
 太平洋コンサルタント 正会員 武井 明彦
 日立製作所 正会員 川崎 透
 太平洋セメント 正会員 片桐 誠
 北海道大学 正会員 名和 豊春
 東京大学 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

再処理施設やMOX燃料加工施設から発生する超ウラン（TRU）核種を含む放射性廃棄物のうち、 α 核種の濃度が区分目安値を越え、浅地中処分以外の地下埋設処分が適切と考えられる廃棄物（TRU廃棄物）は安定な地層中に処分する方針[1]のもとに検討が行われている。

本研究はセメント系材料で廃棄体を製作し、効果的な処分と廃棄体システムを開発することを目的としたものである。使用する材料は、その高い止水性能により核種を長時間内部に閉じ込めることが期待できる高強度高緻密モルタルである（目標：5万年、炭素14の10半減期に相当）。本報告は止水性能を把握するために、高強度高緻密モルタルへの水浸透挙動を評価したものである。

2. 廃棄体の概要

高強度高緻密モルタルを使用した廃棄体の概要を図-1に示す。

廃棄体の製作手順は、ハル・エンドピース圧縮体キャニスタを鋼製ラックに6本収納した後、ラックを溶接により密閉する。この鋼製ラックの周りを高強度高緻密モルタルにより、打継ぎの無い方法で一体成型する予定である。

廃棄体の外寸は、180cmL×180cmW×160cmH、高強度高緻密モルタルの壁厚さは20cmである。廃棄体の下部はフォークリフトとクレーンによるハンドリングを考慮した脚部を有したものである。

高強度高緻密モルタルは、W/C=22%で低熱セメントを使用したものである。

表-1に代表的な高強度高緻密モルタルの物性を示す。

3. 水の浸透試験

(1) インプット式による水拡散評価

高強度高緻密モルタルへの水の浸透挙動を把握するために、一般的なインプット方式による水拡散試験を実施した。圧力1MPaの水圧で30日間加圧したが、高強度高緻密モルタルへの明らかな水の浸透は観察できなかった。このために、圧力をさらに高めて検討した。

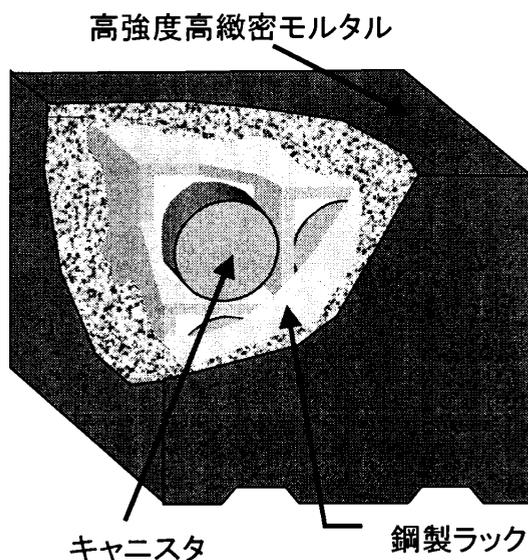


図-1 廃棄体の概要

表-1 高強度高緻密モルタルの物性

流動性：フローコーンの広がり (JIS R 5201 落下無し)	250~300mm
圧縮強度 (JSCE-G 505)	238N/mm ²
曲げ強度 (JIS R 5201)	28N/mm ²
引張強度 (JIS A 1113)	12N/mm ²

キーワード TRU廃棄物, 廃棄体, 核種閉じ込め, セメント系材料, 水浸透

連絡先：東京都港区虎ノ門2-8-10、(財)原子力環境整備促進・資金管理センター TEL03-3504-1081、FAX03-3504-1297

(2) 静水圧加圧試験装置による水拡散評価

セラミックス粉末の成型に用いられている静水圧加圧装置を使用して、高強度高緻密モルタルの中に高圧（最大：350MPa）で水を注入した。供試体の寸法は、5φ×10cmとした。試験装置の概要を図-2に、試験パラメータと水準を表-3に示す。

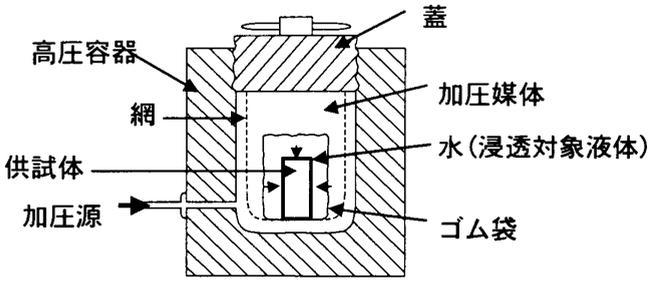


図-2 静水圧加圧装置の概要

表-3 試験パラメータと水準

試験パラメータ	水準
モルタル圧縮強度(N/mm ²)	100, 150, 200
加圧圧力(N/mm ²)	150, 200, 250, 300, 350
加圧時間(日)	1, 2, 4, 7, 14

処分環境下は高水圧であるため、モルタル中の水の流れは浸透拡散流と呼ばれる挙動を示す[2]。この場合圧力に関する基礎方程式は(1)式に示す拡散型の微分方程式となる。

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \beta^2 \Delta p \tag{1}$$

ここでβ²は拡散係数である。

供試体を水により所定の圧力と期間で加圧して、取り出し割裂した。断面の10カ所について浸透距離を測定し、最大値を浸透距離とした。得られた結果を用いて、以下の方法により拡散係数の評価を行った。

(1)式に示される拡散方程式を円筒座標系において径方向に離散化し、差分計算を行うプログラムを作成した。次に上記プログラムをβ²に対するパラメータサーベイに用いて、モルタル内部の圧力分布において先端圧力が大気圧となることを仮定し、その地点までの平均浸透距離を水の平均浸透距離D_mと定義して、P₀、加圧時間t、D_mを満足するβ²を求める逆計算を実施した。得られたβ²の経時変化を求め、従来のコンクリートでの結果と比較した。結果を図-3に示す。

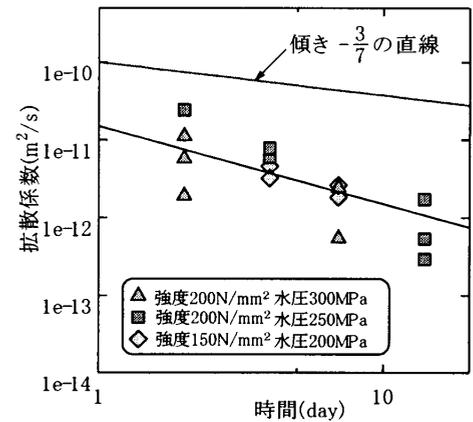


図-3 拡散係数の経時変化

β²の値は、水流に伴う炭酸カルシウムの生成等による影響で、徐々に低下していくことが知られている。また、普通コンクリートにおいて、β²の値はt^{-3/7}に比例して小さくなることが実験により確認されている。今回の試験から得られた拡散係数においても、時間が経つにつれさらに小さくなる傾向がみられた。

図-3の結果において、2週間後の拡散係数で最も大きい値(2×10⁻¹²m²/s)を透水係数kへの変換式b²=kE/wg(E：ヤング率、w：水の密度)に代入するとk=4×10⁻¹⁹m/sが得られる。これを用いてダルシー則に従った浸透流解析を行ったところ、5万年での浸透深さは10cm程度であった。この結果から、本モルタル容器により超長期間の閉じ込めを実現できる可能性が示されたと考える。

4. まとめ

高強度高緻密モルタルへの水浸透について長期的な予測を行った。その結果、一般のコンクリートに比較して長期にわたり止水できる可能性があることが判明した。今後は異なる試験方法により評価する予定である。

なお、本報告は、経済産業省からの委託による「低レベル放射性廃棄物処分基準調査」の成果の一部である。

参考文献

[1] T R U核種を含む放射性廃棄物の処理処分について、原子力委員会、(1991)
 [2] 村田二郎、コンクリートの水密性の研究、土木学会論文研究、第77号、(1961)。