

TRU廃棄物処分施設におけるセメント系材料の変質評価手法の開発 —ひび割れを有するセメント系材料の化学的変質解析ツールの開発

背景

電気事業者等と核燃料サイクル開発機構は、TRU廃棄物の発生者の立場から処分概念の詳細化と安全評価手法の信頼性向上を目指した研究開発を進めている。TRU廃棄物の処分では、廃棄体や充填材、処分施設構造材等としてセメント系材料を大量に使用した処分施設が検討されているが（図1）、この施設の放射性核種閉じ込め性能を評価するためには、セメント系材料の長期的な化学的変質挙動を定量的に予測する必要がある。既存の性能評価では、処分施設を均一な水理場としたモデル表現により解析が行われてきたが、現実的な処分施設を想定すると、セメント系材料にひび割れが生じた場合の不均一な水理場における化学的変質についても評価手法を準備しておく必要がある。

目的

TRU廃棄物処分施設を対象とした、ひび割れを有した不均一な水理特性を持つセメント系材料の化学的変質評価手法の開発のため、その要素となる単一の亀裂水理場における評価モデル・ツールを整備する。

主な成果

1. ひび割れを考慮したセメント系材料の変質挙動評価コードの開発

ひび割れ中の地下水移行によるセメント変質を解析するため、ひび割れを平行平板亀裂とした水理場を対象とし、ひび割れに平行な方向のひび割れ内の移流とひび割れに垂直な方向の硬化体マトリクス内の拡散を組み合わせた準二次元の物質移行モデルを、当所が開発したセメント構成鉱物の溶解反応モデルを組み込んだ化学平衡モデルと連成させた。これにより、ひび割れのある不均一な水理条件でのセメント系材料の変質評価に適した解析手法の要素モデル・コードを開発した（図2）。

2. 人工ひび割れセメント硬化体の変質データの取得とコードの検証

単一の人工ひび割れを入れたセメント（普通ポルトランドセメント、以下OPC）硬化体を用いたカラム実験を行い、ひび割れ中の蒸留水の移動による連続的なセメントの変質データを取得した。カルシウム（Ca）を含む鉱物（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、カルシウムシリケート水和物（以下C-S-Hゲル））の溶脱の進行によりひび割れ表面から内部に向かって組成の分布が生じることを観察した（図2）。このときの流出液のCa、ケイ素（Si）の濃度変化は、C-S-HゲルのCa/Si比の変化とともにそれぞれ減少、増加することを観察した（図3）。開発した評価コードは、取得した単一人工ひび割れセメント硬化体の変質実験データをよく再現したことから、その妥当性が確認された。

今後の展開

複数のひび割れが連結した評価モデルに高度化、拡張した上で、不均一な水理特性を持つ処分施設の変質挙動評価を実施する。加えて、核種固定化現象を考慮し、処分環境条件の変化に伴う化学的バリア性能の長期的変遷を定量的に予測評価する。

主担当者 原子力技術研究所 放射線安全領域 主任研究員 藤田 智成
原子力技術研究所 放射線安全領域 主任研究員 杉山 大輔

関連報告書 「TRU廃棄物処分環境におけるセメント系材料の化学的変質評価（その1）—カルシウムシリケート水和物の熱力学的溶解沈澱モデルの提案—」電力中央研究所報告：T01007（2001年11月）
「ひび割れを有するセメント系材料の化学的変質評価（その1）—単一人工ひび割れに沿った変質挙動観察と解析コードの開発—」電力中央研究所報告：（2005年印刷予定）

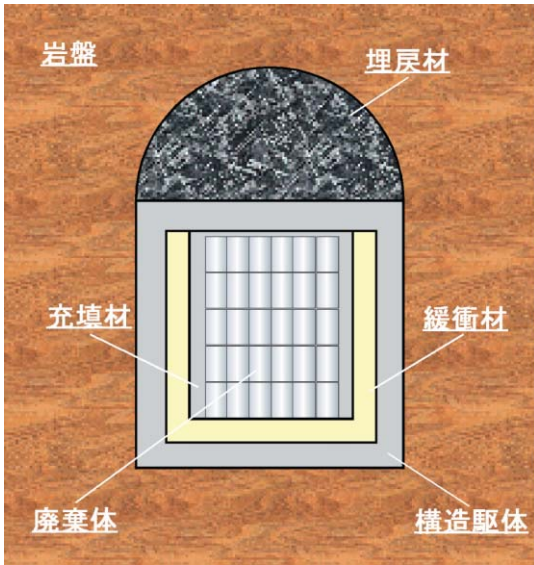


図1 セメントを使用した TRU廃棄物処分施設概念の例

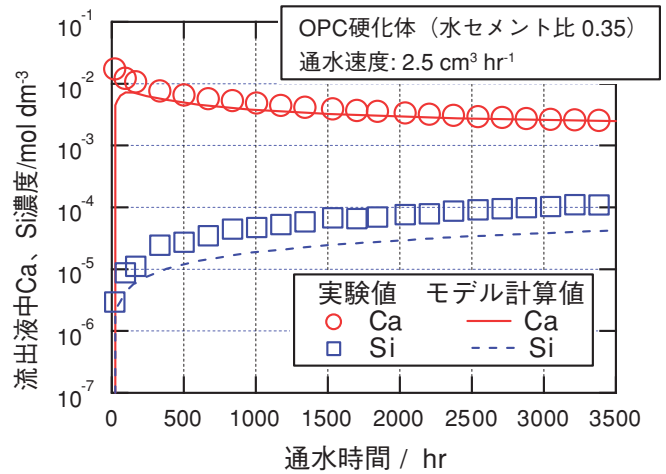


図3 単一人工ひび割れセメント硬化体の変質実験における流出液の経時変化
通水実験で観察したCa、Siの溶脱挙動をモデル計算により予測できたことから、開発した評価コードの妥当性が示された。

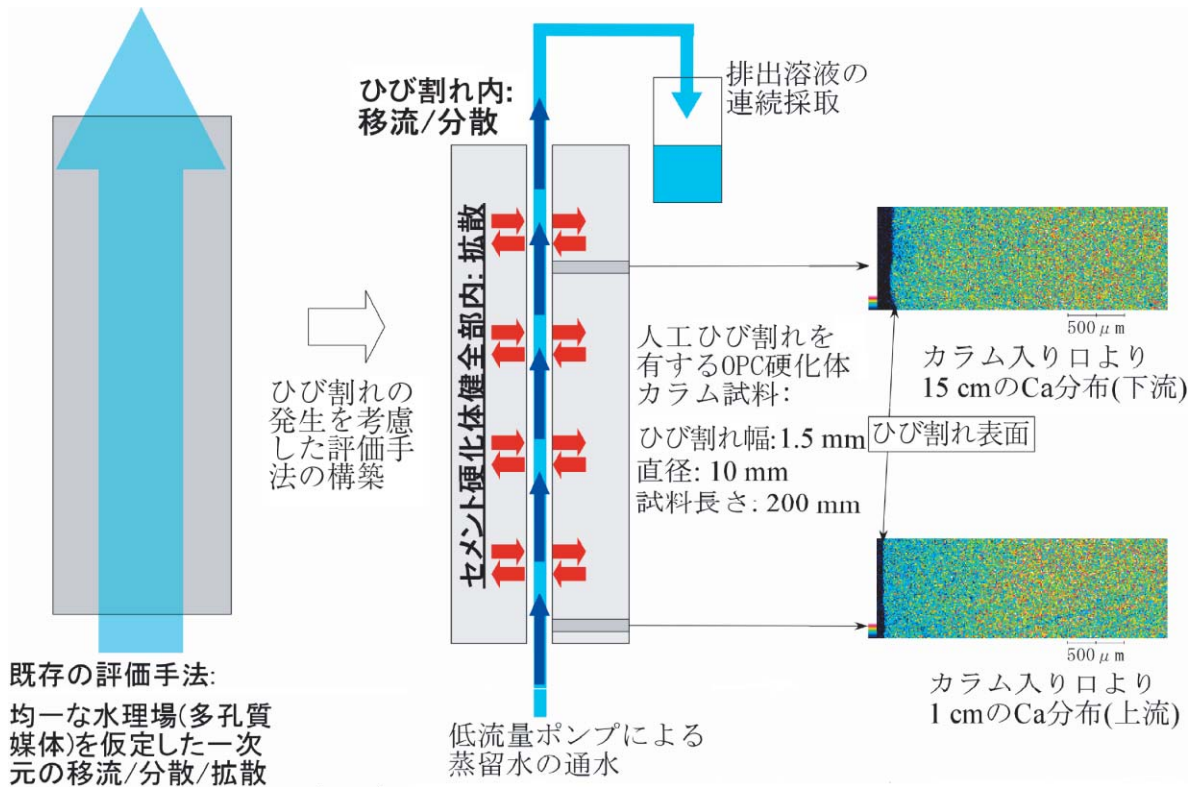


図2 単一人工ひび割れセメント硬化体の評価体系（実験、モデル化）と固相中の組成変化観察結果
ひび割れを有するセメント系材料内部の不均一な水理場を、ひび割れに平行な方向のひび割れ内の移流とひび割れに垂直な方向のマトリクス拡散の組み合わせで表現した物質移行モデルを構築し、解析コードのプロトタイプを開発した。
単一人工ひび割れを模擬した実験により、変質挙動の定量的データを取得した。固相については、カルシウム成分の溶脱により、ひび割れ表面から内部に向かって生じた組成の分布を観察した。