

PEM 定置方式における人工バリア長期挙動に関する検討

後藤考裕*1 鈴木寛*1 黒澤進*1 窪田茂*1 出口朗*1 石黒勝彦*1

原子力発電環境整備機構は、今後の技術開発の対象として有望と考えられる PEM 定置方式の基本形の設定に向けた検討を行ってきた。基本形の設定にあたっては、操業技術としての成立性だけでなく、閉鎖後長期安全性を確保することも重要である。そこで、人工バリアおよび残置物の化学的な相互作用について化学影響解析を試行し、人工バリアの性能に与える影響範囲について検討した。ここでは化学影響解析の結果について報告する。

Keywords: HLW, PEM 定置方式, 人工バリア長期挙動

NUMO studied the basic concept of the PEM emplacement method which is a promising method for the emplacement of the EBS in a repository. In setting the concept, it is important not only to ensure the engineering feasibility but also to secure the long-term safety. Thus, NUMO carried out a preliminary simulation on chemical interaction between the EBS materials and residual materials to investigate the influences of residual materials on the performance of the EBS. In this paper, we report the results of the chemical simulation.

Keywords: HLW, PEM emplacement system, EBS long-term prediction

1 はじめに

PEM(Prefabricated Engineered barrier system Module)定置方式は横置き定置方式を対象に、地上施設で予めガラス固化体、オーバーパック、緩衝材を鋼製の容器内に格納し、そのモジュール（以下、PEM）ごと処分場へ搬送・定置する方式である[1]。

PEM 定置方式は、原位置で施工する従来の縦置き、横置き定置方式と比較して、人工バリアの品質の信頼性向上と作業の効率化が期待できる。

一方で、課題としては以下の 2 点が挙げられる。まず 1 つ目として、重量物である PEM（約 37t）を搬送するため、搬送定置装置への負荷が大きい事が挙げられる。これについては、現在、実規模試験によりその工学的実現性に関する技術開発が進められている[2]。また、SKB では有力な横置き定置方式として、廃棄体と緩衝材を一体化させたスーパーコンテナを坑道内で移動させる実証試験が進められている[3]。

2 つ目として、閉鎖の際にセメント支保等の残置物が原位置施工方式と比較して多くなるため、閉鎖後長期挙動への影響が大きくなる可能性がある事が挙げられる。そこで、NUMO では 2012 年度、オーバーパック、緩衝材、埋め戻し材、PEM 容器、セメント支保といった、人工バリアおよび残置物の化学的な相互作用について化学影響解析を試行し、人工バリアの性能に与える影響について評価した。

2 解析手順

PEM 埋め戻し後の体系での鉄（オーバーパック、PEM 容器）、ベントナイト（緩衝材、埋め戻し材）、セメント（セメント支保）の化学相互作用について、THMC 連成可能な汎用解析ソフトウェア QPAC[4]を使用し、化学反応-物質移行連成解析を実施した。解析の概念図を Fig. 1 に示す。本解析では、解析体系を「PEM 容器内側（オーバーパック

ー緩衝材-PEM 容器）」と「PEM 容器外側（PEM 容器-埋め戻し材-セメント支保）」に分割して実施した。埋め戻し後の再冠水挙動については考慮せず、解析開始時点で解析体系内はすでに FRHP 間隙水[5]で飽和していると仮定した。

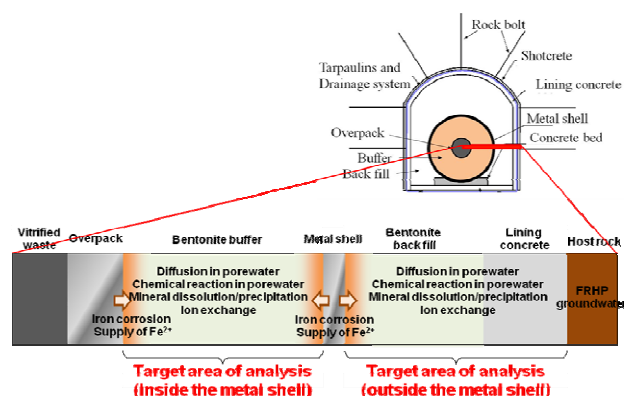


Fig. 1 Conceptual design of analysis

3 解析結果

3.1 PEM 容器内側

PEM 容器内側の解析結果を Fig. 2(a)に示す。オーバーパック-緩衝材界面および緩衝材-PEM 容器界面に Na-Fe saponite を主とする二次鉱物が沈殿し、廃棄体埋設から約 200 年で空隙が閉塞する解析結果が得られた。このとき、二次鉱物の沈殿は界面近傍に限定され、それ以外の領域において緩衝材の主な構成鉱物である Na-montmorillonite はほとんど変質しないことも示された。

また、PEM 容器内側の緩衝材間隙水中の pH の変遷を Fig. 3(a)に示す。今回検討した評価期間 200 年では、緩衝材の pH は初期値である pH8.4 でほとんど変化しないことが示された。

3.2 PEM 容器外側

PEM 容器外側の解析結果を Fig. 2(b)に示す。PEM 容器-埋め戻し材界面に Na-Fe saponite, Ca-Fe saponite を主とする二次鉱物が沈殿し、廃棄体埋設から約 200 年で空隙を閉塞していることがわかる。同様に、埋め戻し材/セメント支保界面においても calcite を主とする二次鉱物の沈殿が示された。一方で埋め戻し材ではセメント支保から供給され

The basic concept of the PEM emplacement method and its long-term safety assessment by Takahiro GOTO (tgoto@numo.or.jp), Satoru SUZUKI, Susumu KUROSAWA, Shigeru KUBOTA, Akira DEGUCHI, Katsuhiko ISHIGURO

*1 原子力発電環境整備機構 技術部

Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO)

〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル 2 階

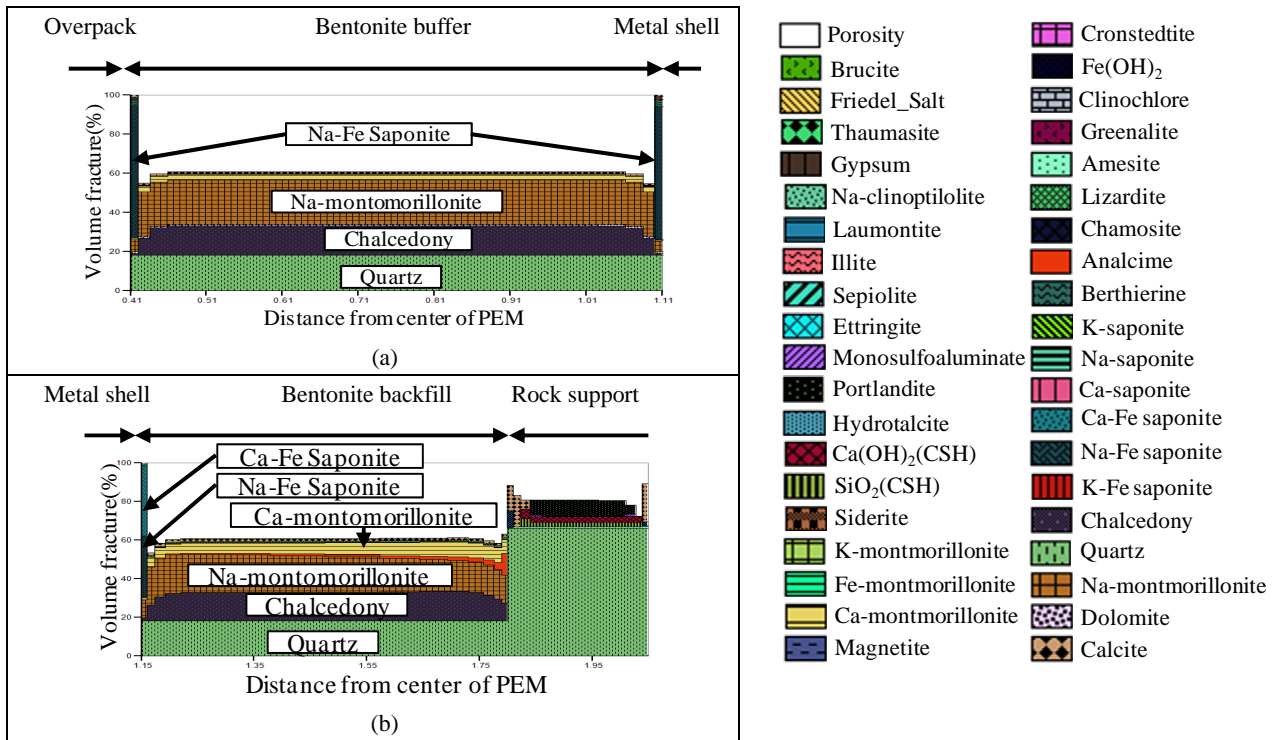


Fig. 2 Mineral composition plots for analysis; (a) Inside the metal shell (196 years): (b) Outside the metal shell (184 years).

る Ca^{2+} イオンにより、埋め戻し材全体で Na 型モンモリロナイトの一部が Ca 型化することが示された。また、埋め戻し材、セメント支保中の間隙水 pH の変遷を Fig. 3(b) に示す。セメント支保中の pH が減少する一方、埋め戻し材中の pH は上昇する傾向にあることが示されたものの、今回実施した期間 200 年の化学影響解析では人工バリアシステムに影響を与えるほどの変化には至っていない。pH の変遷についてはより長期間の化学影響解析を実施し、人工バリアの安全機能への影響を確認する必要がある。

4 まとめと今後の課題

PEM 容器内側については、オーバーパックや PEM 容器による影響は小さいことが示唆された。一方、PEM 容器外側については、とくにセメント影響による埋め戻し材の劣化が、長期においては懸念される。今回は解析体系を分割して解析を実施したが、今後は解析体系を一体化し、より長期間の化学影響解析を実施していく予定である。

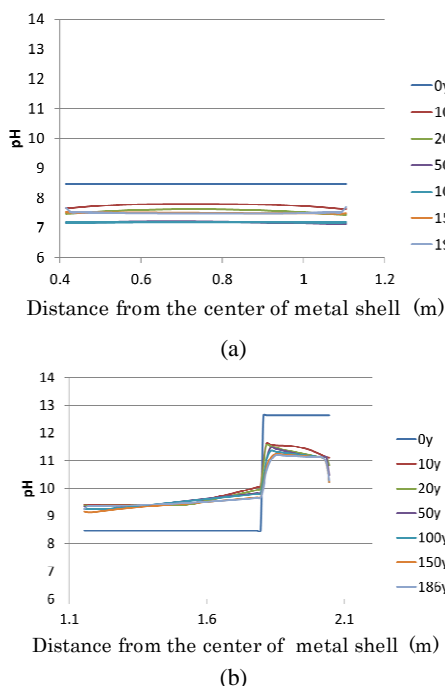


Fig. 3 Evolution of porewater pH; (a) inside the metal shell: (b) outside the metal shell

参考文献

- [1] 原子力発電環境整備機構：地層処分事業の安全確保（2010 年度版）— 確かな技術による安全な地層処分の実現のために —, NUMO-TR-11-01(2011).
- [2] 原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 21 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工学要素技術高度化開発報告書（第 1 分冊）遠隔操作技術高度化開発（2/2），平成 22 年 3 月(2010).
- [3] SKB : Horizontal deposition of canisters for spent nuclear fuel Summary of the KBS-3H Project 2004– 2007, Technical Report SKB TR-08-03 (2008).
- [4] Benbow, S. and Robinson, P. : QPAC 1.0 User Guide, Quintessa Limited(2007).
- [5] 小田治恵, 柴田雅博, 油井三和 : 地層処分研究開発第 2 次とりまとめにおける緩衝材間隙水化学の評価。JNC TN8400 99-078(1999).