地下冠水環境におけるカルシウムシリケート水和物による バリア機能の評価手法

Evaluation method of barrier function of calcium silicate hydrate under saturated condition of groundwater

*新堀 雄一[1]，千田 太詩[1]，桐島 陽[1]
[1]東北大学

著者らはカルシウムシリケート水和物(CSH)の不安定性による微量元素の閉じ込め機能に着目し，その Eu, Cs, Ba, Sr および I との相互作用や流動場における形成過程を調査している。本発表では，これらの結果を概観し，CSH のバリア性能をどのように処分システムの性能評価に組み入れるかを検討した。

キーワード：放射性廃棄物，処分システム，カルシウムシリケート水和物，性能評価

1. 緒言

冠水環境を想定し，乾燥過程を経ることなく，セメントの主成分でもあるカルシウムシリケート水和物(以下，CSH と呼称する)と幾つかのイオンとの相互作用について検討してきた。また，マイクロフローセルを用いて流動場における CSH の生成とその透水性の関係を追跡している。本研究では，これらの知見をどのように処分システムにおける性能評価に組み入れるかについて整理する。

2. CSH 形成による閉じ込め機能

2-1. 化学的な相互作用 CSH を，乾燥過程を経ることなく，Cs, Ba, Sr, Eu および I と接触させると，化学的な相互作用を示す。特に 1 価および 2 価の陽イオンは Ca/Si モル比 1.0 以下で相互作用が顕著となる[1]。また，ヨウ化物イオンについては，反応時間を 28 日以上にすると Ca/Si モル比 0.4～1.6 の範囲，液固比 15 において顕著な相互作用を示す[2]。さらに Eu(III)については，CSH free の $Eu(OH)_3$ に比較して明らかに蛍光寿命が長く，CSH への内包が確認されている[3]。このことは $Eu(OH)_3$ によるコロイド状での移行を抑制することを意味する。

2-2. 透水性の減少 マイクロフローセルに固体試料として花崗岩を設置し，Ca 含有高アルカリ水(pH 12.3)を通過させると，CSH の生成と透水性の低下が確認された[4]。この透水性の低下は，生成した CSH は流路の不均一性により沈積に起因する[5,6]。

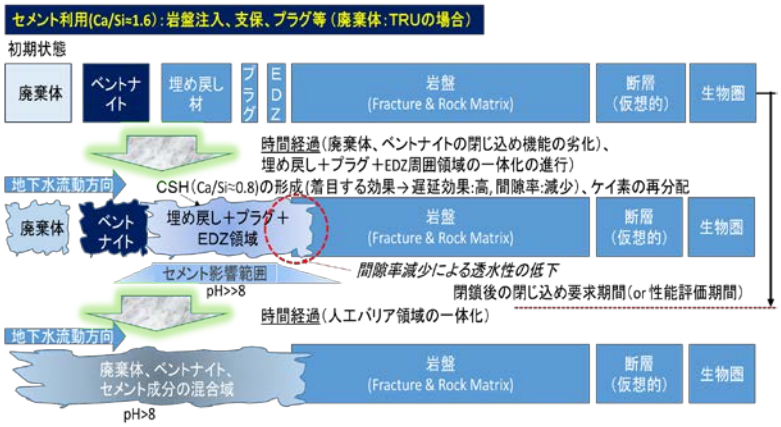

図1 CSHによる閉じ込め効果についての概念図(各要素の相対的な大きさは実際と異なる)

3. 性能評価への機能組み込みの概念

図 1 に上述の性能評価への組み込みについての概念図を示す。ここでは，人工バリアの要素とその周囲の岩盤を，模式的に 1 次元的に示している。廃棄体から漏洩した放射性物質の移行速度は遅延係数と間隙率の時間変化を考慮する移流分散方程式（拡散場では拡散方程式）によって表わすことができる。セメント系材料の利用は地下構造物の構築にも不可欠[7]であり，その影響を受ける埋め戻し領域や周辺岩盤において CSH が形成(Ca/Si 比 0.8 程度[8])し，遅延係数の上昇および透水性の低下(実流速の減少)を促す。本評価で重要となるのは，図中に示す処分場近傍の間隙率減少による透水性の低下を考慮した，処分場システムの上流および下流間の圧力勾配を一定とした条件下での pH10 以上(図中 pH>>8 の CSH の安定条件)の空間的・時間的な領域の評価となる。その空間的な領域は TRU2 次レポート[9]にある流速を一定とした条件での試算に比較して処分場近傍に限定されるものの，より長期に亘って維持される。

参考文献 [1]Saito et al., WM Proc (No.15247) (2015)/[2]田児ら,原子力学会秋の大会(2015)/[3]Niibori et al., Mech. Eng. J., 1(4) (2014)/[4]Niibori et al.,MRS,1475 (2012)/[5]Kurata et al.,WM Proc. (No.14094) (2014)/[6]Chida et al.,WM Proc. (No,15192) (2015)/ [7]河村,原子力学会誌,2009.6 (2009) /[8] Baston et al., Mineralogical Magazine,76(8) (2012)/ [9]電事連・JNC (2005).

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究(A) 25249136 によった。ここに記して謝意を表す。

*Yuichi Niibori[1], Taiji Chida[1] and Akira Kirishima[1]
[1]Tohoku Univ.