

炭酸ナトリウム混合によるベントナイトーセメント境界部の変質抑制

群馬大学大学院 正会員 ○半井健一郎
 (株) 太平洋コンサルタント 坂本 浩幸
 柴田 真仁

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設では、緩衝材や低透水層としてベントナイト系材料の使用が検討されているが、隣接するセメント系材料からのカルシウムなどの溶脱成分の作用によって変質し、バリア性能が低下する可能性がある。特に余裕深度処分では、セメント系材料にもバリア性能を期待しており、数万年という超長期の安定性を確保するためには、境界部における変質を低減し、高耐久化を実現する必要がある。

著者らは、あらかじめベントナイト中に炭酸塩(炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)または炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3))を混合することにより、セメント系材料から溶脱したカルシウムイオンとの反応によって境界部に炭酸カルシウムを生成させ、両材料の変質を抑制する手法を提案している^{1),2)}。電気泳動による促進劣化試験の結果、 Na_2CO_3 をベントナイト質量の12%と多量に混合した場合には、明確な変質抑制効果が確認できた。ただし、電位勾配のない濃度拡散場においては、より少量の混合によっても高い効果が得られる可能性も考えられた。

そこで本研究では、電位勾配のない濃度拡散場において、ベントナイトへの炭酸塩の混合による、ベントナイトとセメントの境界部の変質抑制効果について検討を行うこととした。

2. 実験概要

電位勾配を与えない濃度拡散場における実験として、既往のブロック状試験体の浸漬試験^{3),4)}と同じ条件を採用した。図-1に浸漬試験の概要を示す。

ベントナイトはクニゲル V1 を用い、 Na_2CO_3 をベントナイトの乾燥質量に対して、1%または4%混合した。比較のため、 Na_2CO_3 を混合しない無混合供試体も作製した。乾燥密度は、変質を評価しやすいように $1.2 \times 10^3 \text{kg/cm}^3$ と小さくした。セメントペーストは普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比を60%とした。水和を促進させるた

めに50°Cの温水中で28日間の養生を行った後、直径20mm 試料を厚さ10mmに切断した。

切断加工したセメントペーストを、圧縮したベントナイトの両側に配し、アクリルセルに入れた供試体を用いて、図-1に示す浸漬試験を実施した。浸漬開始前に真空飽水処理をし、中央の圧縮ベントナイトまで飽水したことを側面から確認した。浸漬水には50mlのイオン交換水を用い、浸漬期間4ヶ月で各種分析を行った。

浸漬試験後、供試体断面におけるEPMA分析とセメントペースト表層部(厚さ1mm)における熱分析を行った。各試験方法は、文献3),4)と同一とした。

3. 実験結果と考察

図-2~4にEPMA分析で得られたCaOの平均濃度の分布を示す。SiO₂など、全8成分の分析を行ったが、ここでは、セメントペーストの溶脱の影響を評価しやすいCaOの結果のみを示す。また、浸漬期間が4か月と短く変質がわずかであったため、境界面から各2mmの範囲の境界部を対象とした、微小領域分析の結果を示す。

Na_2CO_3 無混合の供試体(図-2)では、ベントナイトと接触するセメントペーストからCaが溶脱し、深さ約0.7mmの範囲までのCaO濃度が低下していることが確認された。また、後述する他の供試体と比較し、ベントナイト中のCaO濃度が増加していることも確認された。なお、境界面(試料部位2mm)におけるCaO濃度がゼロ近くに低下しているのは、分析試料成型時に生じたギャップによる

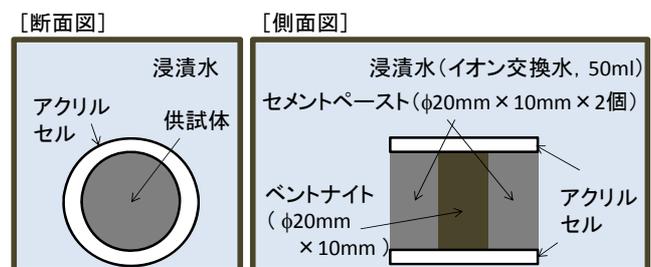


図-1 浸漬試験の概要

キーワード 人工バリア, ベントナイト, セメント, 変質, 炭酸ナトリウム, 炭酸カルシウム

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部社会環境工学デザイン工学科 TEL0277-30-1611

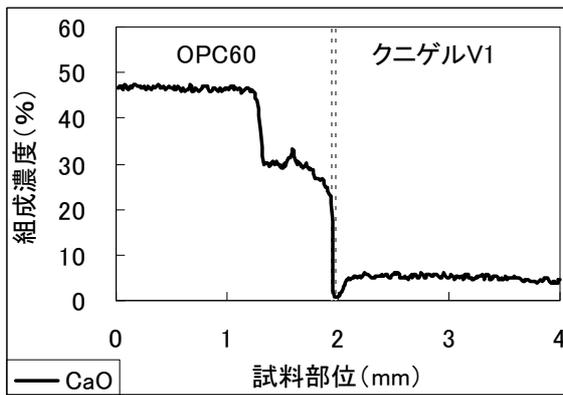


図-2 CaO 濃度分布 (無混合, 浸漬 4 か月)

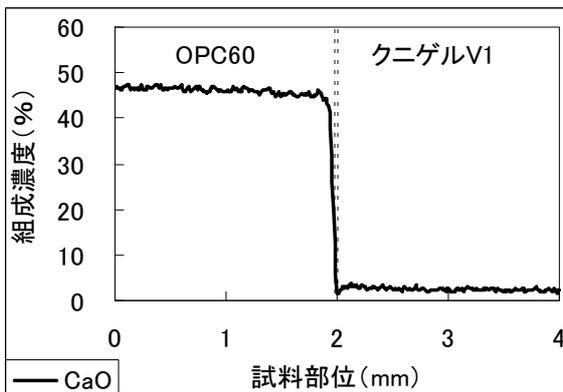


図-3 CaO 濃度分布 (1%混合, 浸漬 4 か月)

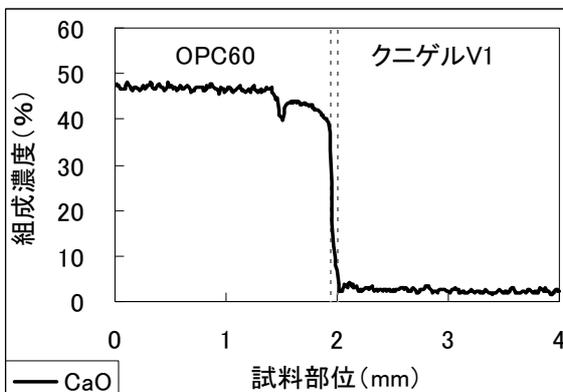


図-4 CaO 濃度分布 (4%混合, 浸漬 4 か月)

もので、溶脱などによる試験中の変質の影響ではない。

一方、 Na_2CO_3 を混合した供試体では、無混合と比べ、境界部での濃度変化が小さく、混合による変質抑制効果が確認された。既往の電気泳動試験²⁾では、今回のような小さな混合割合では抑制効果が確認されておらず、電位勾配のない濃度拡散場では、少量の炭酸塩の混合によって抑制効果が得られることが示された。 Na_2CO_3 の混合濃度の比較では、1%混合の方が、4%混合よりも変質抑制効果が大きかった。 Na_2CO_3 の混合量を増やすこ

表-1 熱分析結果 (セメントペースト表層)

供試体	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有量 (mass%)	CaCO_3 含有量 (mass%)
初期試料	21.9	0.0
無混合	4.2	4.3
1%混合	15.8	6.1
4%混合	8.2	20.1

とによってベントナイト間隙中のイオン強度が増加し、膨潤性能が低下したことが要因として考えられる。

表-1 に初期試料および浸漬試験後のセメントペースト表層部における熱分析結果を示す。無混合では、初期試料よりも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有量が大幅に低下し、EPMA 分析結果と同様に溶脱の進行を示した。1%混合では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有量の低下が最も小さく、溶脱抑制効果が確認された。4%混合では、無混合よりも $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有量が多く、また、多量の CaCO_3 が生成していることが確認された。

4. まとめ

ベントナイトにあらかじめ炭酸ナトリウムを少量混合しておくことで、人工バリアのベントナイト-セメント境界部における変質を抑制できることが、濃度拡散場での浸漬試験によって確認された。

謝辞

本研究のうち、試料の作製については、財団法人 原子力安全研究協会が実施した「人工バリアシステムの長期的な挙動の把握に関する技術課題の検討」(原子力発電環境整備機構(NUMO)委託)によるものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 渡辺真樹, 半井健一郎: ベントナイトへの炭酸水素ナトリウムの混合がセメント系材料の溶脱に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, 第30巻, No.1, pp.717-722, 2008.
- 2) 半井健一郎ほか: 隣接ベントナイトへの炭酸塩の混合がセメント系材料の溶脱に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, 第32巻, No.1, pp.713-718, 2010.
- 3) 原子力環境整備促進・資金管理センター: 平成19年度地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物処分技術人工バリア長期性能評価技術開発報告書, 2008.
- 4) 原子力環境整備促進・資金管理センター: 平成20年度地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物処分技術人工バリア長期性能評価技術開発報告書, 2009.