

各種試験法によるセメント硬化体の溶脱現象の評価—その 1、液相分析—

(財)電力中央研究所	正会員	○ 広永 道彦
(財)電力中央研究所	正会員	山本 武志
東京電力(株)		吉沢 勇二
(株)シー・アール・エス		小松 進一

1.はじめに

放射性廃棄物処分施設を構成するセメント系材料には、核種閉じ込め機能を担う人工バリアとしての機能と、放射性廃棄物の特性に応じた長期耐久性が期待されている。この中で、セメントから水酸化カルシウム等の溶脱による、セメント系材料自体の性能(低透水性、耐力等)の低下、周辺バリアへの影響が懸念されている。この現象を評価し、合理的な設計・安全評価を行うには、セメントの溶脱メカニズムを解明することが重要である。一方、セメント溶脱現象に対しては、各種試験法が存在するものの、必ずしもその妥当性を吟味して実施されているものではない。セメント溶脱現象を評価するために、現在主に用いられている試験方法には、溶解法、浸漬法、通水法、通電法がある。本研究では、放射性廃棄物処分施設のように、保守・補修の困難な地中構造物におけるセメント溶脱現象を評価する上で、適切な試験法を選定するために、既往の知見を整理するとともに、統一された試験条件で各種試験法による溶脱試験を実施し、試験結果の相異に基づいて各種試験法の溶脱現象評価の上での位置付けを取りまとめたものである。

凡例

■：浸漬法¹⁾、○：溶解法²⁾、●：溶解法³⁾
 △：通水法⁴⁾、▲：通水法⁵⁾、
 ●、★：浸漬法(ブロック状試料)^{6),7)}

2.既往の知見

試験方法による影響を検討するために、組成の影響を含まないように普通ポルトランドセメントを試料として用いた実験結果¹⁾⁻⁷⁾のデータを整理した。調査結果に基づき、セメント粉末試料を用いた場合の溶解法、浸漬法、通水法における作用水量/試料重量(以下「液固比」と記す)とCa濃度の関係を図-1に示す。

Ca濃度は液固比が大きくなるに従って上昇し()、液固比1~3程度から、約20~25mmol/lで一定となり()、液固比100以上で再び低下する()傾向が見られた。この変化は試料中のアルカリ金属の溶脱、水酸化カルシウムの溶脱、C-S-Hゲルの溶脱に対応している。

試験方法が溶解法、浸漬法、通水法と異なった場合も、Ca濃度の変化の傾向は一致しており、試験方法による差は見られなかった。すなわち、液相中に溶脱するCaのデータを取得する上では、粉末試料を用いる限りでは通電法以外の試験法であれば問題ないと考えられる。

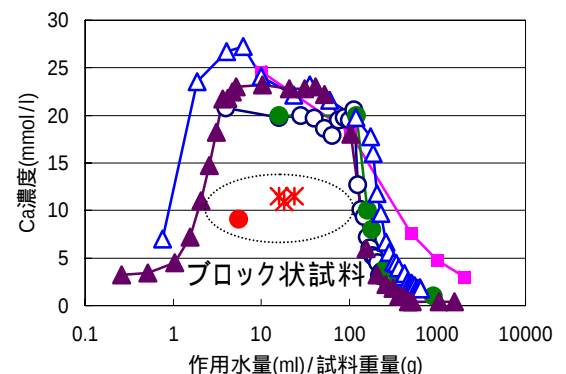


図-1 各種試験法(粉末試料)におけるCa濃度と液固比の関係

3.実験概要

普通ポルトランドセメントを用いて、水セメント比(以下「W/C」と記す)100%のペースト硬化体を作製した。試験体の作製方法は、30℃の環境下でブリーディングが生じないように凝結時間が来る前に定期的に混練を繰り返す方法とした。その後、50℃恒温槽内で56日間水中養生した。試験法は以下の3種類である。

浸漬法：10×10×2.5mm、試験体重量に対する接触水重量を500倍に設定し、13週間静置
 通水法：φ30×20mm、試験体重量に対する総通水重量を500倍に設定、13週間で一定通水量
 通電法：φ50×50mm、電位勾配を10V/cmに設定、13週間の設置した。液相組成は、0.45μmフィルターを通過させた溶液

キーワード：溶脱、セメント硬化体、変質、試験法

〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所、Tel.04-7182-1181

を 1N 塩酸酸性に調整し、ICP 発光分析装置を用いて、Ca 元素を測定した。

4.試験結果

図-2,3,4 に各種溶脱試験で得られた液相分析結果を示す。この結果から、浸漬法および通水法は、既往の知見と同様の液相濃度プロファイルを示していることがわかる。一方、通電法は、各種イオン濃度ともに全く異なった濃度プロファイルであることがわかる。これは、通電法で得られる液相データは溶脱挙動の解析に適用するには不適であることを示している。通電法がこのような異なった濃度プロファイルを示す理由としては、電位勾配をかけているため、陽極側にはセメント中の陰イオンが、陰極側には陽イオンが溶脱するためである。

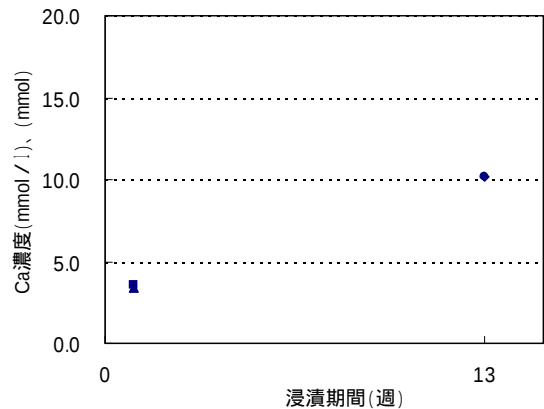


図-2 浸漬法における浸漬期間と Ca 溶脱濃度の関係

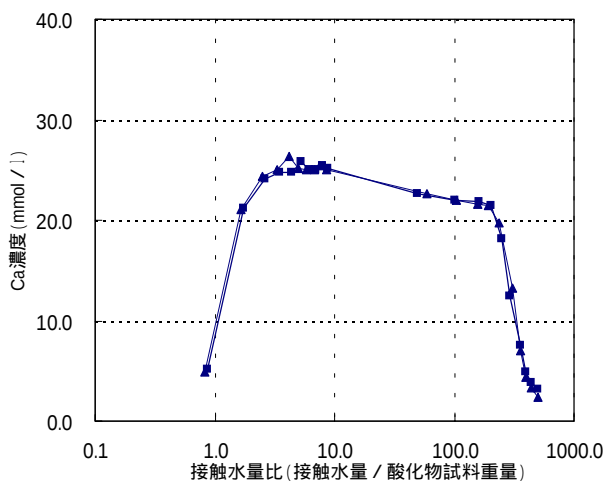


図-3 通水法における接触水量比と Ca 溶脱濃度の関係

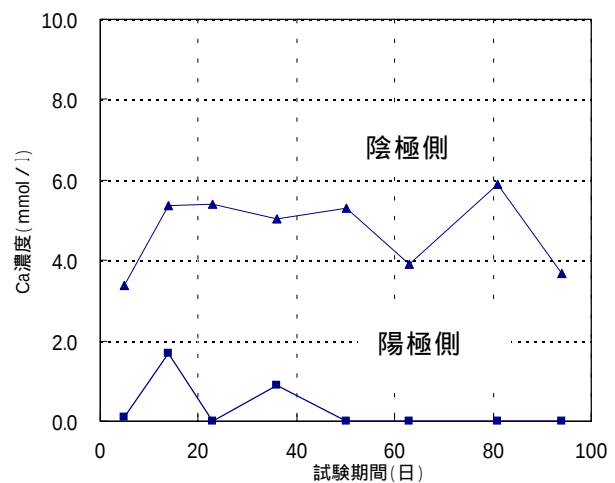


図-4 通電法における接触水量比と Ca 溶脱濃度の関係

5.まとめ

同一条件のセメントペースト硬化体を用いて、浸漬法、通水法、通電法の3種類で得られた液相分析結果の比較を行った。その結果、浸漬法、通水法では既往の知見とほぼ同様のデータが取得できることが確認できたが、通電法は全く異なった挙動を示すことが確認された。そのため、セメント溶脱における液相中へ溶脱する各種イオンの挙動を把握するには、浸漬法、通水法あるいは溶解法が適切であると考えられる。なお、本研究は電力12社による電力共通研究において実施したものである。

<参考文献>1) 芳賀和子, 他, : 溶解過程における C_3S ペースト硬化体の反応と組成および構造の変化, セメント・コンクリート論文集, No.53, pp36-43, 1999. 2) I.Engkvist, et.al., : The long-term stability of cement-leaching tests, SKB Technical Report 96-09, 1996. 3) 三原守弘, 他, : シリカフェームを混合したセメントペーストの浸出試験とモデル化, 放射性廃棄物研究, Vol.3, No.2, pp71-79, 1997. 4) 芳賀和子, 他, : セメント硬化体の溶解に伴う変質に関する研究(1) - 遠心力法によるセメント硬化体の通水試験 -, 原子力学会誌(印刷中) 5) W.Pfingsten, et.al., : Modeling a cement degradation experiment by a hydraulic transport and chemical equilibrium coupled code, Mat. Res. Soc. Symp.Proc. Vol.506, pp805-812, 1998. 6) E.Zamorani, et.al., : Calcium release from cement samples of different size, Cem. and Conc. Res., Vol.16, pp394-398, 1986. 7) L.J.Criscenti, et.al., : Thermodynamic modeling of cement/groundwater interaction as a tool for long-term performance assessment, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.176, pp81-89, 1990.

<謝辞> 本研究の遂行にご指導・ご鞭撻を賜った群馬大学辻教授、東京工業大学坂井助教授、八戸工業大学庄谷教授、東北学院大学遠藤教授、愛媛大学氏家助教授に感謝いたします。また、分析にご協力頂いた太平洋コンサルタント芳賀氏、柴田氏に深く感謝いたします。