

## 各種セメント系材料の溶脱特性の比較「その1」

(株)セレス	正会員	○関口 陽
(財)電力中央研究所	正会員	山本 武志
(財)電力中央研究所	正会員	広永 道彦
東京電力(株)	非会員	熊野 裕美子
日本原燃(株)	正会員	庭瀬 一仁
(株)間組	正会員	福留 和人

## 1. はじめに

放射性廃棄物処分施設においては、人工バリア材料の一つとしてセメント系材料が用いられることがある。セメント系材料は、核種移行抑止機能を担う人工バリアの一つとして期待されている。一方、処分環境下では、地下水等の影響により、セメント溶脱現象が生じ、セメント系材料の長期耐久性が懸念されている。

そのため、セメント溶脱現象の進行状況およびそれに伴うセメント水和物の変質状況を評価・把握し、その結果、合理的な処分施設的设计および安全評価に反映することが必要である。

本報告は、液交換を行った浸漬試験を行い、セメント種類、水結合材比が溶脱の進行に与える影響について検討したものである。

## 2. 試験概要

試験条件を表1に示す。普通ポルトランドセメント(以下、「OPC」)、低熱ポルトランドセメント(以下、「LPC」)、フライアッシュ混和セメント(以下、「FAC」)の3種類のセメントを用いてペースト試験体を作製した。各セメントの化学組成を表2に示す。

試験体は、水結合材比(以下、「W/P」)が高くなると、ブリーディング水が生じるため、定期的に混練を繰り返す手法を用いて作製した。

浸漬試験は、すべて窒素ガスを充填したグローブボックス内で実施した。また、所定の期間浸漬後、X線マイクロアナライザー(以下、「EPMA」)を用いて分析を行い、溶脱の進行状況について調査した。

## 3. 試験結果および考察

EPMA分析結果を表3に示す。いずれの試料も表面から内部に向かって徐々に溶脱が進行している。また、試料の内部は、初期試料とほぼ同じ濃度分布になっており、試料内部は健全部分、試料表層は溶脱部分と区別することができた。ここで、

EPMAの面分析の結果に基づいて健全部分と溶脱部分から試料を採取し、X線回折(以下「XRD」)分析を行い、水和物の同定を行った。その結果を表4に示す。分析の結果、健全部分と溶脱部分は明らかに水和物の構成が異なっていることが明らかとなった。

表1. 試験条件

試験体	セメント種類	OPC LPC FAC(セメント:OPC, フライアッシュ:I種, ファイナッシュ, 混合率30%)
	配合	ペースト試験体 W/P=40, 80%
	養生	混練・硬化:温度30℃, 湿度80% 硬化後:50℃, 水中養生 期間:91日 (養生水として、セメント上澄み液を使用)
試験条件	試料表面積	2400mm <sup>2</sup> (試験体寸法20×20×20mm)
	浸漬液量	2000cc (脱気装置により脱炭酸処理したイオン交換水)
	浸漬期間	13, 26週(固相分析) 1, 5, 9, 13, 17, 21, 26週(液交換)
試験の模式図	<p>液交換</p> <p>試験体</p> <p>イオン交換水</p> <p>ポリ容器</p>	

表2. セメントの化学組成

セメント種類	強熱減量	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
OPC	0.68	21.34	5.75	2.92	64.91	0.98	1.80	0.27	0.39	-
LPC	0.81	25.80	3.14	2.92	63.40	0.73	2.11	0.20	0.24	-
FAC	0.69	33.20	11.91	3.29	46.09	0.99	1.38	0.34	0.60	0.67

キーワード：溶脱，耐久性，セメント，フライアッシュ

連絡先：〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (株)セレス TEL04(7183)5711 FAX04(7183)5691

表 3. EPMA 分析結果 (Ca/Si)

セメント	W/P (%)	初期試料	浸漬期間 13 週	浸漬期間 26 週	濃度スケール
OPC	40				
	80				
LPC	40				
	80				
FAC	40				
	80				

このため、観察された健全部分と溶脱部分の境界を、ここでは「変質フロント」と呼ぶこととした。図 1 に変質フロントと浸漬期間の関係を示す。

また、FAC 試料は、OPC、LPC 試料と比較して変質フロントの進行が遅いことがわかった。さらに、同じ材料では W/P が高い試料ほど変質フロントの進行は早いが、W/P が低いと材料種類の影響は顕著に現れないことがわかった。なお、FAC 試料では、変質フロントの進行が遅いため、今回の浸漬期間 26 週では、W/P による変質フロントの進行に明確な差が見られなかった。

4. まとめ

本研究で得られた成果を纏めると以下の通りである。

- ①セメントの溶脱は、表面から徐々に進行する。
- ②FAC の変質フロントの進行は OPC、LPC と比べると非常に遅く進行する。
- ③FAC では、W/P の違いによる変質フロントの進行速度に及ぼす影響は小さい。

謝辞

本研究は、電力共通研究において実施した研究成果の一部である。また、本研究を実施する上で、八戸工業大学庄谷教授、群馬大学辻教授、東京工業大学坂井助教授、東北学院大学遠藤教授、八戸工業大学月永教授にご指導・ご鞭撻を賜った。ここに記して、深謝する次第である。

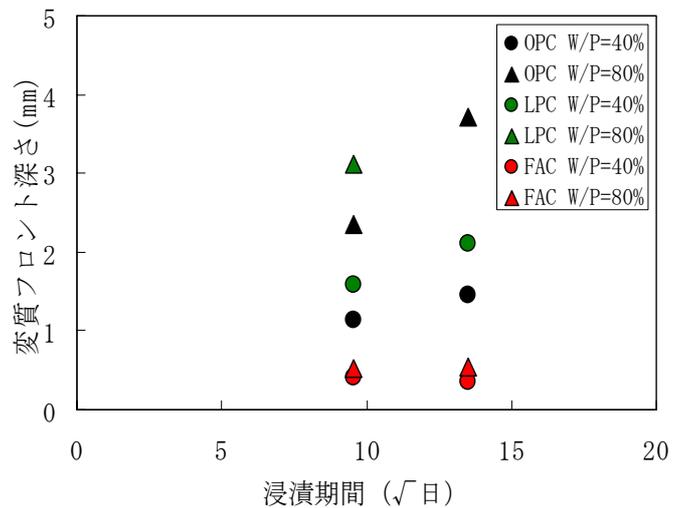


図 1. 変質フロント深さと浸漬期間の関係

表 4. XRD 分析結果 (溶脱面から 5mm を分析)

	OPC		LPC		FAC	
	W/P=80%		W/P=80%		W/P=80%	
	初期試料	26週	初期試料	26週	初期試料	26週
Ca(OH) <sub>2</sub>	○	○	○	—	○	○
C <sub>3</sub> A·3CS·32H	○	○	○	—	—	—
C <sub>3</sub> A·CS·12H	○	—	—	—	—	○
C <sub>3</sub> A·CC·12H	○	—	○	—	—	○
C <sub>7</sub> A <sub>2</sub> ·CC·24H	—	—	—	—	○	—
C <sub>4</sub> AH <sub>6</sub>	○	○	○	○	○	○
C-S-H	○	○	○	○	○	○
C <sub>2</sub> S	○	○	○	○	○	○
C <sub>4</sub> AF	○	○	○	○	○	○
Mu, Ma, He, Qu <sub>1</sub>	Mu: Mullite	Ma: Magnetite	He: Hematite	Qu: Quartz	○	○