

## セメント硬化体の溶脱に対する地下水組成の影響

(財)電力中央研究所 正会員 ○蔵重 勲・廣永 道彦 非会員 杉山 大輔  
 (株)セレス 正会員 関口 陽  
 日本原燃(株) 正会員 庭瀬 一仁・秋山 隆

### 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分施設では、種々の部位にセメント系材料(モルタル、コンクリート)が用いられる(図-1)。特に人工バリアとして用いられる場合には、放射性核種の安全な閉じ込めを目的に長期耐久性能が期待され、地下水による溶脱の評価が必要となる。また、その他の部位に対しても、ベントナイトの放射性核種閉じ込め性能に悪影響を及ぼさないよう、セメント系材料からの各種成分の溶出挙動を把握することが課題となっている(図-2)。

これらに対する検討は、これまでイオン交換水を用いてセメント硬化体の基本的な溶脱挙動を調べたものがほとんどであった。実際の処分施設における現象をより合理的に評価するためには、実現象を模擬した実験系、例えば実際の地下水組成を考慮したデータ取得および解析的評価手法の構築が必要と考えられる。本研究はより合理的な溶脱評価手法の構築を目指し、その基礎的知見の整備段階として、地下水組成が溶脱挙動に及ぼす影響を実験的に検討したものである。

### 2. 実験概要

表-1 に示す使用材料および配合条件にしたがって 20x20x80mm のセメントペーストおよびモルタル供試体を作製し、50℃のセメント平衡溶液中で91日間養生した。その後、供試体全面をエポキシ樹脂でコーティングし、端部10mmを切断して20x20x70mmの1面暴露の浸漬用供試体に加工した。浸漬用供試体は、表-2 のように仮定した地下水組成の模擬溶液ならびにイオン交換水中に、供試体暴露面積に対して100倍の容積の溶液が作用する条件で浸漬した。なお、浸漬試験は大気中の炭酸ガスによる浸漬溶液ならびに供試体の中性化を避けるため、炭酸ガス除去機能付グローブボックス内ですべて実施した。また、浸漬溶液は溶脱を促進するために所定期間で交換し、交換時に抽出された溶液の分析結果よりセメント硬化体からの溶出成分を調べた。本浸漬試験は最長3年間を予定しており、長期浸漬後(26週、1年、3年後)には供試体の固相分析等を計画している。本報告では、浸漬試験13週間まで(1, 5, 9, 13週後)のpH変化の測定結果を用いて、浸漬溶液種類がOH<sup>-</sup>の溶出挙動に与える影響について説明する。

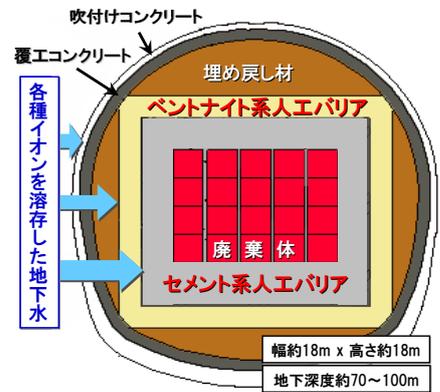


図-1 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分施設概念(検討中)

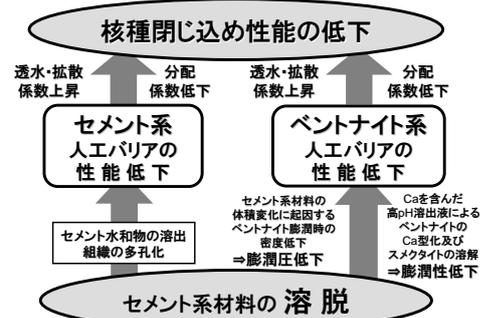


図-2 溶脱評価の必要性と位置付け

表-1 供試体の使用材料と配合

供試体種類	セメント種類	混和材種類	水粉体比 W/P(mass)	置換率Rp (内割mass)	砂粉体比* S/P(mass)	供試体略号
セメントペースト	LPC	FA	0.35	0.30	-	P-LF
		BS		0.50		P-LB
	OPCr	BS	0.50	P-OrB		
		LS	0.05	P-OrLs		
モルタル	LPC	-	0.50	-	2.0	M-L
		FA		0.30		M-LF
	OPCr	FA	0.30	M-OrF		

LPC:低熱ポルトランドセメント FA:フライアッシュ(II種) S:石灰石砕砂  
 OPCr:研究用普通ポルトランドセメント BS:高炉スラグ微粉末(4000ブレン、セッコウ無)  
 LS:石灰石微粉末 \*粉体=セメント+混和材

表-2 各種浸漬溶液の組成

溶液種類	組成						
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
純水(脱気イオン交換水)	0	0	0	0	0	0	0
淡水系地下水模擬溶液	185	5	5	5	70	15	400
海水系地下水模擬溶液	9500	160	1100	320	17000	600	400

キーワード: 放射性廃棄物処分施設, セメント硬化体, 耐久性, 溶脱, 地下水組成

連絡先: 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 バックエンド研究センター  
 TEL (04)7182-1181 FAX (04)7182-2243

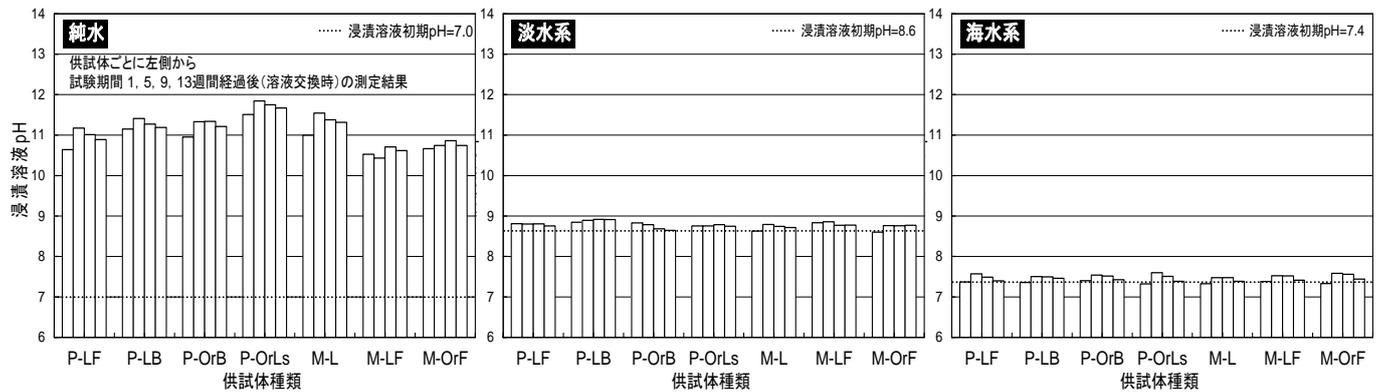


図-3 各種溶液浸漬における pH 測定結果(左から純水, 淡水系地下水模擬溶液, 海水系地下水模擬溶液浸漬)

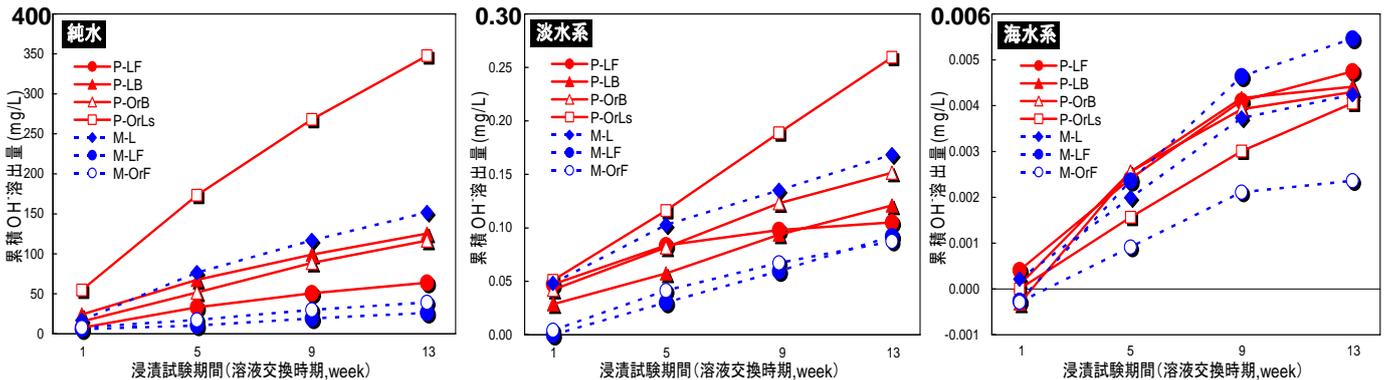


図-4 各種溶液浸漬における累積 OH<sup>-</sup>溶出量の変化(左から純水, 淡水系地下水模擬溶液, 海水系地下水模擬溶液浸漬)

### 3. 実験結果

図-3は、試験期間1, 5, 9, 13週間経過後(溶液交換時)の浸漬溶液のpH測定結果を、溶液種類別に示したものである。純水浸漬の場合、浸漬溶液のpHは初期値(pH=7.0)から所定の溶液交換時期までの間に、いずれの供試体でも11.0前後に大きく上昇することが確認された。これに対して、淡水系・海水系地下水模擬溶液への浸漬では、初期値(それぞれpH=8.6, 7.4)から、どの供試体においてもpHがほとんど上昇しないといった結果が得られた。

図-4は、pHの変化量をもとに供試体からのOH<sup>-</sup>溶出量を算出し、その累積値を溶液種類別に示したものである。同図より、淡水系地下水模擬溶液浸漬におけるOH<sup>-</sup>の溶出量は、純水浸漬と比較しほぼ3桁小さい値となっていることが分かる。また、海水系地下水模擬溶液では、pH変化がごく微小なためpH測定誤差の影響が相対的に大きくなっているが、OH<sup>-</sup>の溶出量は純水浸漬と比較して5桁程度小さい値を示す結果となった。

本実験で用いた淡水系地下水模擬溶液中にはNa<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>およびHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が主要成分として含まれており、海水系地下水模擬溶液中にはNa<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>以外にもCa<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>などのイオンが主要成分として溶存している。これらのイオンの中で、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>やMg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等は供試体表層において細孔溶液成分と反応し、二次鉱物を析出して物理的な溶出阻害作用として影響を及ぼしている可能性が考えられ、それらを確認するとともにその影響メカニズムを解明する必要がある。特に今回の実験では、淡水系地下水模擬溶液にも400mg/L程度と他イオンに比べ多量に含まれているHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が、供試体表層において細孔溶液中のCa<sup>2+</sup>と反応してCaCO<sub>3</sub>を析出し、物理的に溶脱を阻害したことが推察され、今後の供試体固相分析が期待される。

また、今回は所定期間で浸漬溶液を交換し溶脱を促進するといった条件で試験を実施し、OH<sup>-</sup>溶出速度の比較を行っているが、各種溶液浸漬における平衡状態の検証までには至っていない。今後は、溶存イオン種類およびその濃度がセメント硬化体固相の溶解に与える影響の把握に向けて、各種イオンを溶存した浸漬溶液とセメント硬化体の溶解平衡関係も整理していく必要があると考えられる。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、群馬大学 辻教授、八戸工業大学 庄谷教授、東京工業大学 坂井助教授、東北大学 久田助教授、東京大学 石田助教授より、貴重なご意見、ご助言を頂戴しました。ここに記して深甚の謝意を表します。