

セメント系材料の溶脱挙動に対する地下水組成の影響

背景

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が用いられる。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超長期耐久性能が期待され、地下水による溶脱^{*1}の評価が必要となっている(図1)。また、その他の部位に対しても、ベントナイト系人工バリアの膨潤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)。これらの課題に対する検討は、これまでイオン交換水を用いてセメント系材料の基本的な溶脱挙動を調べたものがほとんどであり、実際の処分施設における現象を合理的に評価するためには、より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である。

目的

セメント系材料のより合理的な溶脱評価手法の構築を視野に入れ、地下水組成がセメント系材料の溶脱挙動に与える影響を実験的に明らかにし、そのメカニズムを解明する。

主な成果

セメントや混和材の種類および配合を変化させた供試体を、純水(イオン交換水)ならびに実際の地下水組成を模擬した2種類の溶液(淡水系・海水系地下水模擬溶液)にそれぞれ浸漬し、溶脱試験を行った(表1,2)。その結果、以下の知見を得た。

1. 地下水組成がセメント系材料の溶脱に与える影響

純水への浸漬では、いずれの供試体からも Ca^{2+} や OH^- が溶出する傾向を確認できた。これに対し、淡水系・海水系地下水模擬溶液への浸漬では、これらの顕著な溶出は確認されず、純水への浸漬と比較して溶脱が抑制されることが明らかとなった(図3)。この原因としては、地下水模擬溶液に含まれているイオンの溶解緩衝作用や、供試体表面における二次鉱物の生成による物理的な溶出阻害作用が影響を及ぼしていることが考えられる。特に、淡水系・海水系地下水模擬溶液には、 HCO_3^- が400mg/L程度含まれていることから、供試体表層でセメント水和物の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応して CaCO_3 が析出し、物理的に溶出を阻害したことが推察される。

2. 材料特性が溶脱に与える影響

セメント系材料の顕著な溶脱が認められた純水への浸漬では、溶解度の高いセメント水和物である $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の含有量が多いほど Ca^{2+} や OH^- の溶出量が多くなる傾向が明らかとなった(図4)。

以上の結果から、実際の地下水組成を考慮した溶脱メカニズム、およびセメント系材料特性($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有量等)に基づいて溶脱挙動を評価することによって、放射性廃棄物処分施設設計の合理化が図れる可能性が示唆された。

なお、本研究は、日本原燃株式会社からの受託研究として実施した。

今後の展開

個々の地下水溶存イオンがセメント系材料の溶脱挙動に与える影響メカニズムを解明し、溶脱の解析的評価手法を構築する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 蔵重 勲

*1 セメント硬化体が長期間水と接することにより、水酸化カルシウムなどのセメント水和物が徐々に溶出し、硬化体組織が多孔化する現象。

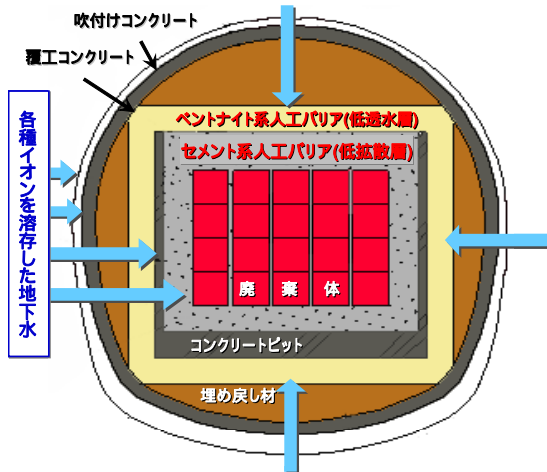


図1 低レベル放射性廃棄物余裕深度処分施設の概要
各種イオンを溶存した地下水が、長期間施設に作用する。

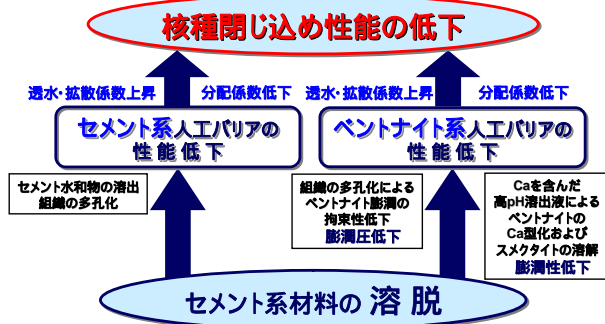


図2 セメント系材料の溶脱評価の必要性
セメント系材料の溶脱は、それ自体の性能を低下させるだけでなく、その溶出成分がベントナイトの性能低下を招く可能性がある。

表1 供試体の配合

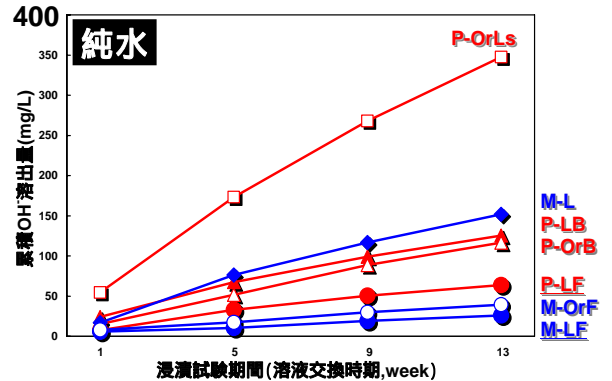
供試体種類	セメント種類	混和材種類	水粉体比* W/P(mass)	置換率Rp (内割mass)	砂粉体比* S/P(mass)	供試体略号
セメントペースト	LPC	FA	0.35	0.30	-	P-LF
		BS		0.50		P-LB
	OPCr	BS		0.50		P-OrB
		LS		0.05		P-OrLs
モルタル	LPC	-	0.50	-	2.0	M-L
		FA		0.30		M-LF
	OPCr	FA		0.30		M-OrF
		FA		0.30		M-OrF

LPC: 低熱ポルトランドセメント
OPCr: 研究用普通ポルトランドセメント
FA: フライアッシュ
BS: 高炉スラグ微粉末
LS: 石灰石微粉末
S: 石灰石砕砂

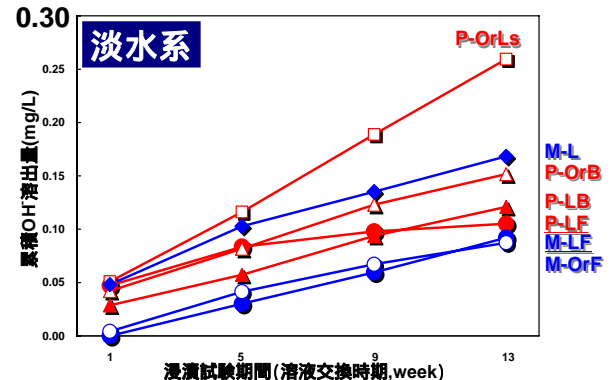
表2 浸漬試験に用いた各種溶液の組成

組成	濃度 (mg/L)						
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
地下水模擬溶液							
純水	0	0	0	0	0	0	0
淡水系	185	5	5	5	70	15	400
海水系	9500	160	1100	320	17000	600	400

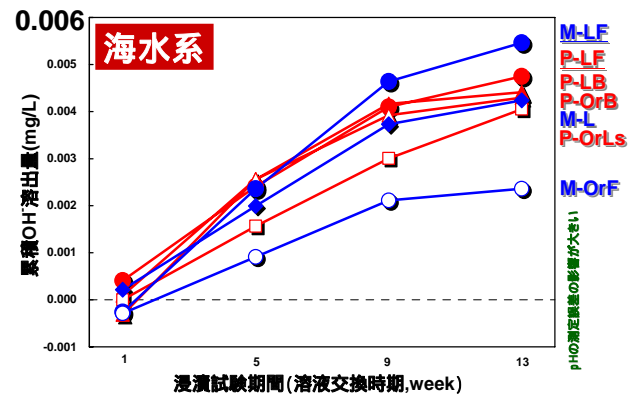
深度約50~80mの地下水組成を想定
深度約150~350mの地下水組成を想定



累積溶出量は最大で 348mg/L(P-OrLs)、最小で 26mg/L(M-LF)



累積溶出量は最大で 0.26mg/L(P-OrLs)、最小で 0.09mg/L(M-OrF)



累積溶出量はどの供試体でも 0.006mg/L 以下の微小な値となった。

図3 浸漬溶液種類がOH⁻の溶出に与える影響

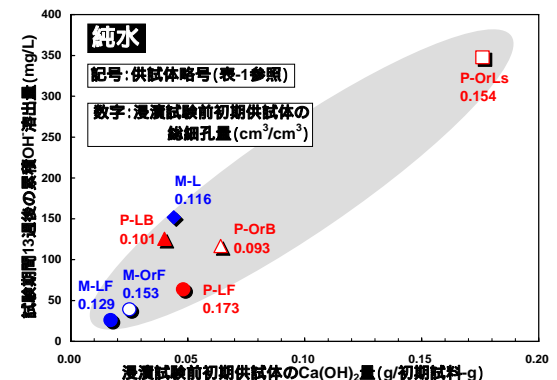


図4 Ca(OH)₂含有量がOH⁻の溶出に与える影響