

高レベル放射性廃棄物処分施設への低アルカリ性セメントの適用性に関する研究

背景

現在、高レベル放射性廃棄物処分施設(以下処分施設)へのセメント系材料^{*1}の使用が検討されており、セメント系材料からの高アルカリ性成分溶出に起因したpHの上昇による周辺環境への影響の把握が進められている。その中で、pHの上昇を軽減可能なセメント(低アルカリ性セメント^{*2})の研究開発が当所や(独)日本原子力研究開発機構などで進められている。一方で、処分施設に使用されるセメント系材料の具体的な性能に関して明記した文献は見当たらず、低アルカリ性セメントの適用性を議論する上で必要となるセメント系材料の要求性能について整理する必要がある。

目的

処分施設でのセメント系材料の適用部位と要求性能を整理し、低アルカリ性セメントの処分施設への適用性の評価と課題の抽出・整理を行う。

主な成果

1. 処分施設でのセメント系材料の適用部位と要求性能の整理

処分施設の状態を設定し、その適用部位、要求性能を時系列的に整理した(表1)。その結果、いずれの適用部位においても、閉鎖後のセメント系材料の変質および周辺環境(天然バリア、人工バリア)に及ぼす影響を検討する必要があることが分かった。特に、処分施設では閉鎖後に施設へのアクセスが困難となることから、その後の周辺環境の地下水や廃棄体熱などがセメント系材料に及ぼす作用を精査し、建設から閉鎖後におけるこれらの作用に対する抵抗性を検討する必要があると考えられた。

2. 低アルカリ性セメントの処分施設への適用性評価と課題抽出

低アルカリ性セメント(LAC, HFSC, SAC)の基本特性(初期物性、硬化体物性、硬化体変質)を整理した結果、何れの低アルカリ性セメントも、普通ポルトランドセメントと同等の特性を有し、特に、純水に浸漬した場合、pHの上昇を普通ポルトランドセメントより軽減できることが確認された(図1)。また、HFSCを対象とした模擬空洞における吹付け施工性確認試験により、必要な施工性および強度特性を確保できることが確認された(図2)。上記より、低アルカリ性セメントは処分施設で用いる材料としての適用が可能と考えられる。一方、今後の課題として、(1)セメント系材料中のpH評価方法の確立、(2)地下水組成が水和物の長期安定性へ及ぼす影響の把握、(3)低アルカリ性セメントを使用したコンクリートの収縮特性の把握、(4)鉄筋を使用した場合の腐食速度の把握、(5)使用材料の品質変動が要求性能に及ぼす影響の把握、が挙げられた。

なお、本研究は、(独)日本原子力研究開発機構との共同研究として実施したものである。

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 西田 孝弘

関連報告書 「高レベル放射性廃棄物処分施設への低アルカリ性セメントの適用性に関する研究(その1)ーセメント系材料の適用部位と要求機能ー」電力中央研究所報告:N08009(2009年)
「高レベル放射性廃棄物処分施設への低アルカリ性セメントの適用性に関する研究(その2)ー低アルカリ性セメントに関する既往の知見の整理と基礎物性の把握ー」電力中央研究所報告:N08059(2009年)

*1: セメント系材料とは、セメントを主な硬化材として用いた材料(コンクリートやグラウトなど)を示しており、処分施設においては、支保工、強度プラグ、注入グラウト等への使用が検討されている。

*2: 低アルカリ性セメントは、周辺環境でのpH上昇の低減効果が期待されており、以下のものがある。LAC: 電力中央研究所と太平洋セメントで塩類による劣化の防止、pHの低下を主目的として材料設計の段階から開発されたクリンカー設計型の低アルカリ性セメント、HFSC: 日本原子力研究開発機構(旧核燃料サイクル機構)でpHの低下を主目的として開発されたボズラン質混和材添加型の低アルカリ性セメント、SAC: ウクライナキエフ工科大学でセメントの代替材として開発されたスラグ-アルカリ刺激剤添加型のセメント

表 1 処分施設に供するセメント系材料の適用部位および要求性能の整理

状態	建設期間					0 ~ 70年				
	坑道建設段階		処分孔掘削段階		処分孔廃棄体埋設段階		処分坑道埋戻し段階		閉鎖後	
状態図										
適用部位	吹付け	覆工	吹付け	覆工	吹付け	覆工	カ学プラグ		吹付け、覆工、カ学プラグ	
要求機能	・支保内圧の発揮(リング効果、岩盤の崩落抑制)	・空洞安定化(力学的機能を付与する場合) ・低透水化(力学的機能を付与しない場合)	・支保内圧効果の保持(リング効果、岩盤の崩落抑制)	・空洞安定化の保持(力学的機能を付与する場合) ・低透水化の保持(力学的機能を付与しない場合)	・支保内圧効果の保持(リング効果、岩盤の崩落抑制)	・空洞安定化の保持(力学的機能を付与する場合) ・低透水化の保持(力学的機能を付与しない場合)	・周辺岩盤相当の透水化 ・埋戻し材の膨潤圧に対する耐力および周辺岩盤への荷重伝達	・セメント系材料の変質による安全性への有意な影響の抑制		
求められる性能	力学的安定性	①強度特性(圧縮強度、変形特性) ②低収縮性(自己・乾燥)	①強度特性の保持性 ②低収縮性(乾燥)	①強度特性の保持性 ②水密性の保持性 ③低収縮性(乾燥)	①強度特性の保持性 ②低収縮性(乾燥)	①強度特性の保持性 ②水密性の保持性 ③低収縮性(乾燥)	①強度特性(圧縮強度、ベントナイト膨潤圧) ②水和熱特性 ③低収縮性(自己・乾燥) ④水密性	①強度特性(圧縮強度、変形特性) ②低収縮性(自己・乾燥)		
	施工性	①圧送性 ②急結性 ③はね返り抵抗性 ④粉じん飛散抵抗性	①圧送性 ②充てん性 ③材料分離抵抗性					①圧送性 ②充てん性		
化学的安定性			①中性化、アルカリ骨材反応に対する抵抗性 ②水和物の化学的安定性(地下水反応) ③骨材安定性(化学) ④鋼材の耐腐食性(繊維補強を行う場合) ⑤混和剤等の安定性	①水和物の化学的安定性(地下水反応)②塩化物イオンの耐浸透性、中性化、アルカリ骨材反応に対する抵抗性 ③鋼材の耐腐食性(鉄筋を用いる場合) ④骨材安定性(化学) ⑤混和剤等の安定性	①熱影響に対する抵抗性 ②中性化、アルカリ骨材反応に対する抵抗性 ③水和物の化学的安定性(地下水反応) ④鉄筋の耐腐食性(繊維補強を行う場合) ⑤骨材安定性(化学) ⑥混和剤等の安定性	①熱影響に対する抵抗性 ②水和物の化学的安定性(地下水反応)③塩化物イオンの耐浸透性、中性化、アルカリ骨材反応に対する抵抗性 ④鉄筋の耐腐食性(鉄筋を用いる場合) ⑤骨材安定性(化学) ⑥混和剤等の安定性	①熱影響に対する抵抗性 ②低溶出性(Ca2+) ③低アルカリ性(天然バリア、人工バリアへのアルカリ影響抑制) ④耐化学的安定性(相組成考慮) ⑤混和剤等の安定性	①熱影響に対する抵抗性 ②低溶出性(Ca2+) ③低アルカリ性(天然バリア、人工バリアへのアルカリ影響抑制) ④耐化学的安定性(相組成考慮) ⑤混和剤等の安定性		
熱的環境	地温						廃棄体からの熱、地温			
水理環境	掘削による空洞近傍の水頭低下、不飽和領域の発生						埋戻しによる、空洞近傍水頭の上昇、再飽和の開始			
応力環境	地圧、地下水圧		地圧、地下水圧、岩盤クリーブ				地圧、地下水圧、岩盤クリーブ、埋戻し材の膨潤応力			
化学環境	酸性化						酸性化→還元性へ移行			

処分施設の状態を設定し、その適用部位および要求性能を時系列的に整理した。その結果、いずれの適用部位においても、閉鎖後のセメント系材料の変質および周辺環境(天然バリア、人工バリア)に及ぼす影響を検討する必要があることを示した。特に、処分施設では閉鎖後に施設へのアクセスが困難となることから、その後の地下水や廃棄体熱などがセメント系材料に及ぼす作用を精査し、建設から閉鎖後における周辺環境の作用に対する抵抗性を検討する必要があると考えられた。

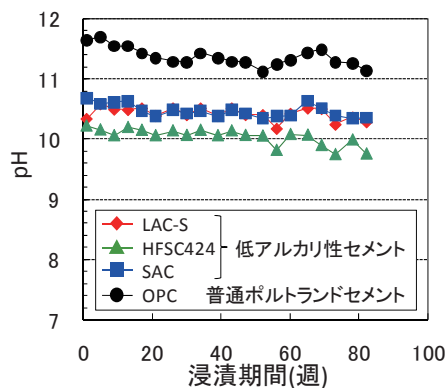


図 1 純水に浸漬した場合の浸漬溶液の pH 経時変化

純水に浸漬した場合、何れの低アルカリ性セメントも普通ポルトランドセメントより pH の上昇を軽減できることが確認された。出典:植田他:“低アルカリ性セメントの処分場における長期適用性に関する検討”, NUMO-TR-08-02



(a) 模擬空洞に対する吹付け試験の様子

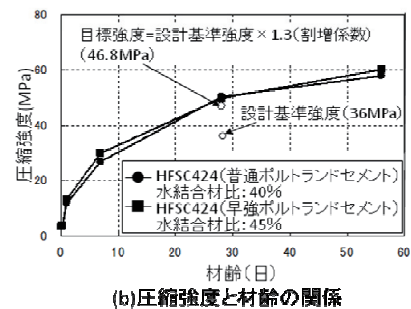


図 2 模擬空洞に対する吹付け試験結果

HFSC を対象とした模擬空洞における吹付け施工性確認試験を行った結果、(a)吹付けコンクリートとして施工できることが確認され、(b)材齢の増加に伴い強度が増加し、材齢 28 日における目標強度(設計基準強度×1.3(割増係数))を満足できることが確認された。

出典:小西他:“幌延深地層研究計画における低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの施工性に関する研究”, JAEA-Research2006-040