

ホウ酸ナトリウムに対するセメント系材料の耐久性に関する予備検討

大成建設(株)土木技術研究所 正会員 ○大 脇 英 司

日本原燃(株)開発設計部 正会員 庭 瀬 一 仁

大成建設(株)土木技術研究所 正会員 赤塚真依子

日本原燃(株)開発設計部 正会員 工 藤 淳

1. はじめに

PWR発電所で発生する濃縮廃液はホウ酸を水酸化ナトリウムで中和して濃縮したものであり[1]，これをセメントやアスファルトで固化して低レベル放射性廃棄物としている[2]．低レベル放射性廃棄物埋設施設に埋設後，何らかの事情によりホウ酸ナトリウムの成分が溶出することを想定する場合には，周辺にあるセメント系人工バリアと接触することとなる．ホウ酸ナトリウムはセメント系材料を“徐々に侵食”する物質であると指摘されているが[3]，コンクリートの劣化事例に関する報告はほとんどみられない．数種類のセメント系材料をホウ酸ナトリウム溶液に浸せきして体積変化や溶出成分等を調べたので報告する．

2. 試験方法

2.1 試験体の作製

試験体の製作にあたって参考にした配合物とその特徴を表1に示す．低レベル放射性廃棄物の埋設施設（浅地中処分施設）では，コンクリート製のピットに廃棄体を定置した後，ピット内の隙間をモルタルで充てんする．F1, F2 は充てん材または充てん材に相当する配合物であり，P1, P2 はピットコンクリートに用いる配合物である．これらの配合物（使用材料および配合は表1に示した参考文献を参照）から膨張材と粗骨材を除外してモルタルを混練し，4×4×16cm の型枠に打設した．20℃にて封緘養生を行い，材齢28日において脱型した後，さらに約1年後まで封緘養生を継続した後，試験に供した．

2.2 膨張試験

4×4×16cm の試験体を20℃のホウ酸ナトリウム溶液に浸せきして，長さや質量の変化を測定した．コンタクトゲージで測定した長さから変化率を求め，3体の値を平均した．浸せき液は $\text{NaBO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ：イオン交換水＝1：4（質量比）とし，試験体：浸せき液＝1：4（体積比）とした．試験期間中，浸せき液は交換していない．

2.3 粉末試験

試験体を粉砕し，ふるいを用いて分級した．1.18～2.00mm の粒径の試料をイオン交換水または膨張試験の場合と同様のホウ酸ナトリウム溶液に投入した．試料：浸せき液＝1：10（質量比）とし，20℃の環境で密封して静置した．浸せき期間中は1日に1回程度，容器を反転して攪拌したが，浸せき液の交換は行っていない．浸せき材齢28日にて試料を回収し，試料と浸せき液を分析した．

表1 参考とした配合物

名称	適用部位	結合材等の特徴	出典
F1	充てん材	90%が高炉水砕スラグで置換された中庸熱ポルトランドセメントを使用したモルタル．	文献4
F2	低拡散層※	低熱ポルトランドセメントの一部をフライアッシュで置換し，さらに石灰石微粉末を添加したモルタル．細骨材にも石灰石を使用．	文献5
P1	ピット	高炉セメントB種を用いたコンクリート．	文献6
P2	ピット	フライアッシュ置換率30%の中庸熱フライアッシュセメントを用いたコンクリート．混和材として石灰石微粉末を添加．	文献6

※：余裕深度処分施設での適用を検討[5]

キーワード 放射性廃棄物，セメント，コンクリート，ホウ酸塩，膨張，溶脱

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター土木技術研究所 TEL045-814-7231

3. 結果および考察

長さ変化率の測定では、浸せき材齢約3か月まで顕著な変化は生じなかった(図1)．また，“徐々に侵食する”との指摘があるが[3]，この期間まで，質量変化や目視観察に現れるような侵食は確認できなかった．

粉末試験では試料の外観に顕著な変化はみられなかったが，ホウ酸ナトリウム溶液に浸せきした場合に白色の沈殿物が生成した．粉末X線回折法により，全ての試料で $\alpha\text{-Ca}(\text{BO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ が同定され，F1を除いて $\text{Ca}(\text{B}(\text{OH})_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が同定された(図2：F2，P1，P2は類似の図形を示した)．また，粒状の試料に対して粉末X線回折法を適用した結果，一般にコンクリートに有害とされる鉱物の生成は確認されなかった．浸せき液の分析結果を図3に示す．ホウ酸ナトリウム溶液に浸せきすると，イオン交換水に浸せきした場合と比較して Ca イオン濃度が低下した．これはホウ酸カルシウム塩の析出が確認されたことに対応した．他方， Si や Al を含む複数のイオン種の濃度の上昇が確認された． Ca イオン濃度の低下によりセメント成分の溶出の抑制が期待される一方で，セメント水和物の結晶構造の骨格を形成する Si や Al イオンの溶出によるセメント水和物の変質が懸念された．

4. まとめ

低レベル放射性廃棄物埋設施設に関わるセメント系材料について，廃棄体の成分として含まれる可能性のあるホウ酸ナトリウムに対する化学的な耐久性を検討した．浸せき液の組成の変化から，成分の溶解による侵食が生じる可能性が否定できないことが懸念されたが，ホウ酸ナトリウム溶液に約3か月間浸せきした試験では，試験体の長さ変化や目視観察の結果に現れるような巨視的な変化は観察されなかった．さらに試験を継続して情報を蓄積し，耐久性について検討を加える．

参考文献

- [1]電力中央研究所：電力中央研究所報告，T87076，1987．
 [2]高度情報科学技術研究機構：原子力百科事典，http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=05-01-02-08 (2013.3 確認)．
 [3]Orchard,D.F.: Concrete Technology, Vol.1 Properties of Materials, 4th ed., Table 7.II, p.426, 1979 (1st ed. 1958)．
 [4]藤原靖ほか：第67回年次学術講演会，CS-13-036，pp.71-72，土木学会，2012．
 [5]庭瀬一仁ほか：コンクリート工学，vol.50，No.7，pp.585-592，2012．
 [6]矢ノ倉ひろみほか：第67回年次学術講演会，CS-13-040，pp.79-80，土木学会，2012．

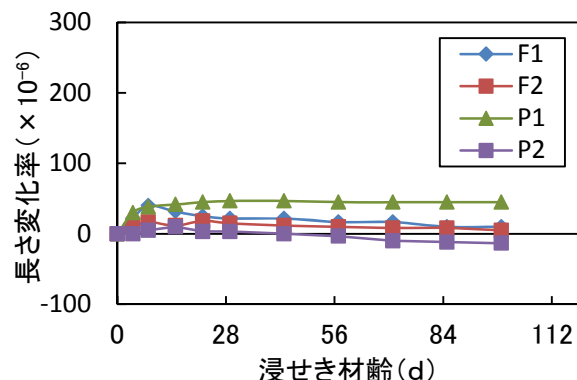


図1 セメント系材料の長さ変化

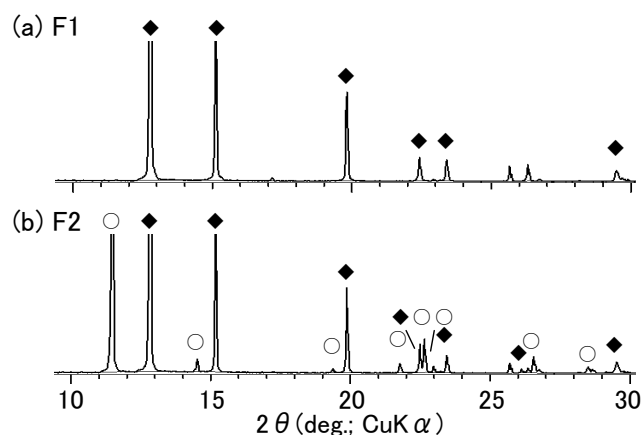
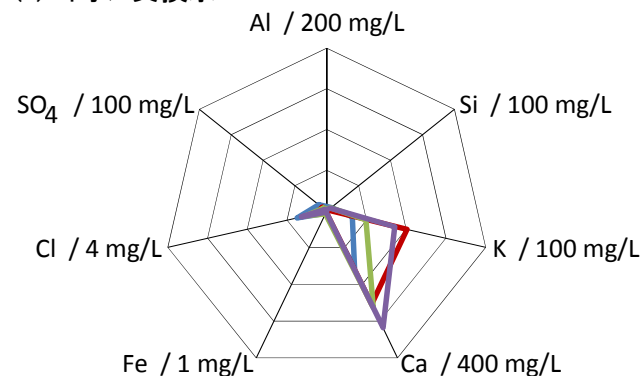


図2 白色の沈殿物の粉末X線回折図形

○: $\text{Ca}(\text{B}(\text{OH})_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 ◆: $\alpha\text{-Ca}(\text{BO}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

(a) イオン交換水



(b) ホウ酸ナトリウム溶液

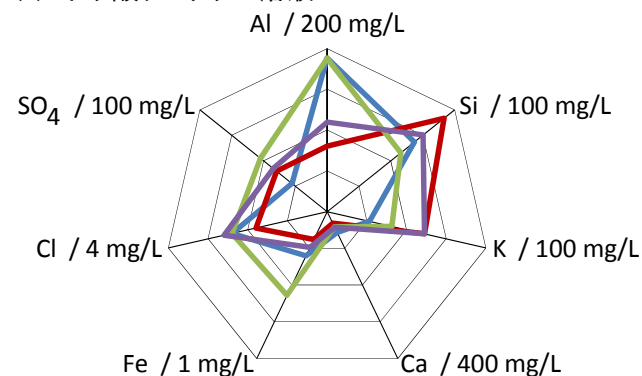


図3 浸せき液の相違による溶出成分の相違

— F1 — F2 — P1 — P2