

セメント系材料の溶解現象と溶解試験

(財)電力中央研究所	正会員	田中良仁
同上	正会員	廣永道彦
鹿島建設(株)	正会員	渡邊賢三
東京電力(株)	正会員	小野文彦

1.はじめに 放射性廃棄物処分においては、処分場の建設や人工バリア構成部材の一つとして、セメント系材料が用いられる。しかし、セメントの主成分であるカルシウムが地下水中に溶出することにより、透水係数や強度といった物性値が低下するなどの劣化現象が起きることが懸念されている。処分場に用いられる材料の長期的な評価は、対象期間が極めて長いため、解析的手法による外挿に頼らざるを得ないとされる。したがって、信頼性の高い解析手法の確立が求められるため、試験などを通して現象を詳細に観察し、劣化現象のメカニズムを把握しておく必要がある。本検討では、実構造物の固相分析結果から溶解現象のメカニズムを推定し、溶解現象を模擬するとされている各種溶解試験について、実現象の再現性について検討した。

2.溶解現象 約100年前に建設された給水所のレンガ目地モルタルについての調査¹⁾では、EDXによる固相分析が行われている。このモルタルが置かれていた環境条件は、常に表面が上水中に曝されており、その流速は2m/secであったとされている。図1に示す固相分析の結果からは、上水接触表面から約10cm程度までCaの溶出劣化傾向が確認された。この結果から、セメントの溶解は表面から徐々に進行すると考えられる。

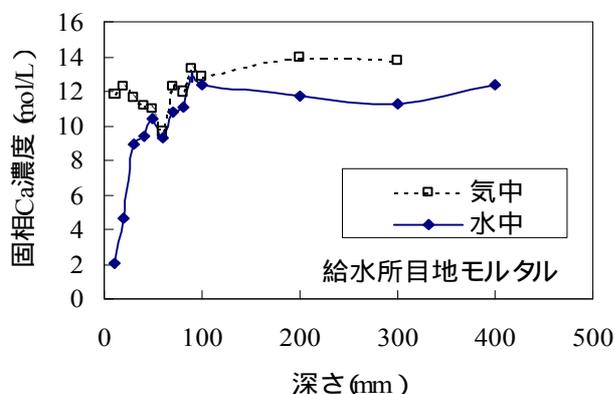


図1 実構造物のEDXによる固相分析結果

3.溶解試験 セメント系材料の溶解現象は極めてゆっくり進行し、また、評価する時間は数万年から数十年と非常に長い期間であるため、溶解現象の進行や劣化性状を評価するには、促進試験が必要となる。実現象の再現性をできるだけ保ちながら、溶解現象を把握し、その上で促進試験の技術を確認し、定量化する必要がある。既往のセメントの溶解に対する検討では、溶解法もしくは浸漬法などの一手法だけの試験で固相分析はほとんど行われていない。各種の溶解試験は、実現象の再現性という観点からは一長一短があり、単独の試験では溶解現象を評価することは不可能である。本検討では、溶解法、浸漬法、透過セル法の3手法を実施し、また、固相分析を行い、それぞれの試験でどのような現象が生じているかの比較を行い、溶解現象のメカニズムと照らし合わせて、これらの試験の有用性を検討した。表1に試験手法の比較を示す。

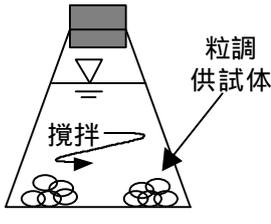
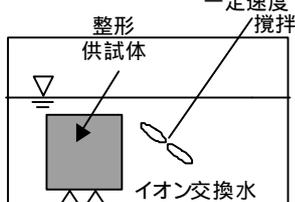
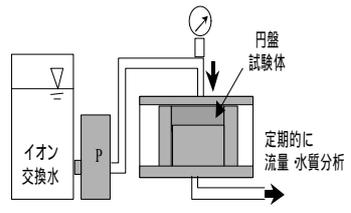
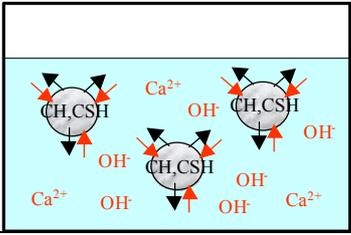
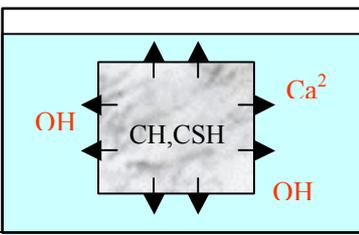
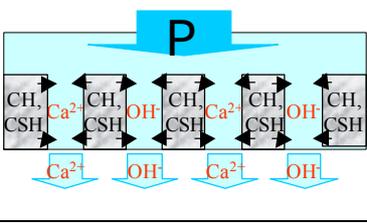
試験ケース:セメント系材料はOPCペーストとし、全試験法について、配合はW/C=40、55、70%、水質は淡水、塩水、1/2塩水(一部実施)とした。

試験結果:図2は溶解法による供試体のW/Cを変化させた場合の作用水量とCa溶出量の関係であり、W/C=40~70%程度の違いでは、Ca溶出量の違いに有意な差は見られない。図3は浸漬法による浸漬時間と交換水のCa濃度の変化であり、初期におけるCa濃度は非常に高く、その後は半分以下で安定し600日程度では変化は見られない。また、水質の影響では、淡水での溶出量が少なく、1/2塩水は塩水と比べてほとんど変わらない。図4は透過セル法による作用水量とCa溶出量の関係であり、溶解法と同様にW/Cによる差は見られない。作用水量が増えてもCa溶出が増えない現象は、W/C=70%で顕著に見られるが、これは圧力により選択的に水みちができた影響であると思われる。

キーワード:Ca溶出、溶解法、浸漬法、拡散セル法、固相分析

連絡先:(千葉県我孫子市我孫子1646 Tel 0471-82-1181 Fax 0471-82-1181)

表1 試験手法の比較

	溶解法	浸漬法	透過セル法
概要			
概念			
促進	接触率の増加、作用水質	作用水質	水圧付与

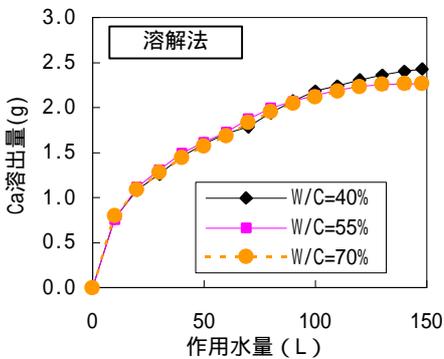


図2 溶解法試験結果 (W/C 影響)

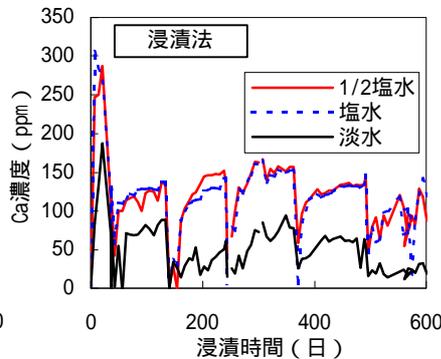


図3 作用水の Ca 濃度の経時変化

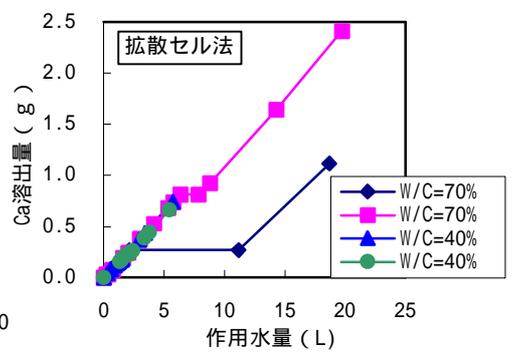


図4 Ca 溶出量と透水係数の関係

考察：図5に各試験における作用水量とCa溶出量の関係を示す。各試験での相違は、溶解機構が異なることに起因していると考えられるため、図6に換算が可能な溶解法と浸漬法に対して、単位面積、単位時間に接触した作用水量とCa溶出量の関係を示す。溶解法、浸漬法は作用水量と表面積によって評価することができ、速度は異なるものの、作用水量と溶出量の関係は同一であると推測できる。表2には、各溶解試験の再現性等を示す。実現象の再現性としては、浸漬法が最も近く、劣化領域の分布が再現できる。拡散セル法においても同様に劣化領域の再現ができるが、溶解法では不可能である。溶解法では接触部に起きる溶出現象の一部を再現していることとなる。各溶解試験方法単独では、実現象について再現可能な項目と不可能な項目が混在しており、正確に溶解現象を把握するには、数種類の溶解試験を行って評価する必要がある。この際には、固相分析を行うことが重要である。なお、本研究は電力10社による電力共通研究において実施した研究成果の一部である。

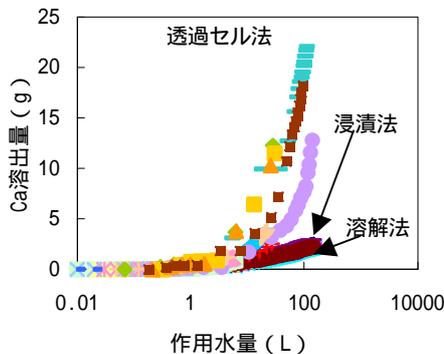


図5 作用水量とCa溶出量

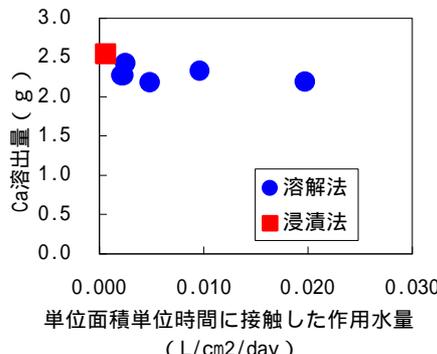


図6 単位面積・時間当りのCa溶出量

表2 溶解試験の再現内容

試験方法	溶解法	浸漬法	透過セル法
促進速度	極めて小	小	中程度
劣化分布	×		
評価指標	単位面積、単位時間に接触する水量に対するCa量		単位体積、単位時間のCa
再現内容	作用水接触時の固相データ	拡散場における溶解挙動	移流場における溶解挙動

参考文献 1) 嘉門雅史 他：難透水性粘土材料の透水性評価に関する研究、地盤工学研究発表講演集、pp.329-330、1996 セメント系材料の溶解現象と溶解試験