

陽電子消滅法によるセメントとガラス における表面劣化の検出

背景

陽電子消滅法は、陽電子が物質内の電子と対消滅するときの陽電子寿命や消滅線のドップラー広がりを測定するもので、元素組成の変化や結晶構造の変化などの情報を得ることができ、特に物質表面の変化には鋭敏である。この特徴を活用することにより、陽電子消滅法によって、セメントやガラスなどの非金属鉱物材料における固液界面の溶解反応を高感度に分析できる可能性が考えられる。固液界面反応は、化学的要因と構造的要因に同時支配され、その反応メカニズムを理解するには、いずれか一方の要因だけを把握しても十分ではない。しかし、従来の鉱物試料の固液界面反応分析では、固相と液相のそれぞれの化学分析結果から溶解反応を推定しており、溶解量が少ない初期過程での反応性を調べることは検出感度などの点から困難であった。この初期の固液界面反応を分析する方法として陽電子消滅法の適用法の確立に着手した。

目的

人為的に固液界面反応を進めたセメントと石英ガラスを試料に、化学的变化と構造変化を陽電子消滅法によって捕捉可能であることを検証する。

主な成果

- 液相への元素溶出や母材の残存元素をバルクで検出する化学分析法に比べて、X線分析顕微鏡は母材表面の元素分布を測定でき、陽電子消滅法には、陽電子寿命と消滅線のドップラー広がり（Sパラメータ）を測定することで、空孔の規模と密度というミクロな物理変化を分析できる特徴がある（表1）。
- 塩酸で劣化させたセメントは、表面のCaとSが相対濃度で1/10程度まで減少し、FeとSiは2~4倍増加した（図1）。このとき溶解反応が進むと、陽電子寿命は長寿命化しSパラメータ値は増大して、陽電子消滅法によって、空孔の大型化と高密度化による表面空隙の増大があったと評価された（図2）。
- 石英ガラスは水酸化ナトリウム水溶液浸漬によっても元素組成は変化しないが、水和反応が進むと、陽電子寿命は短寿命化しSパラメータ値は減少したため、空孔の小型化と低密度化による表面の細密化が進んだと評価された（図3）。

表1 セメントおよび石英ガラスにおける初期の溶解反応に対する化学分析と陽電子消滅分析の比較

溶解処理	反応	分析法			
		化学分析	陽電子寿命	陽電子消滅	
塩酸	元素溶脱	溶液中の溶出元素	表面部における空孔の規模 (結晶部の情報) (原子空孔の情報)	消滅線ドップラー広がり	X線マイクロ顕微鏡
		試料中の残存元素			
水酸化ナトリウム	水和	分析不可	表面部における空孔の密度 (非晶質自由体積の情報) (多孔質の空隙などの情報)		表面元素

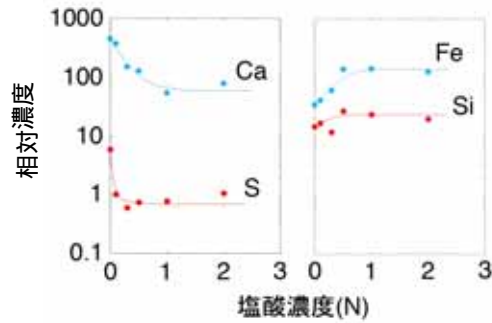


図1 室温の塩酸への24時間浸漬によるセメント表面における各元素の濃度変化 (X線分析顕微鏡による測定結果)

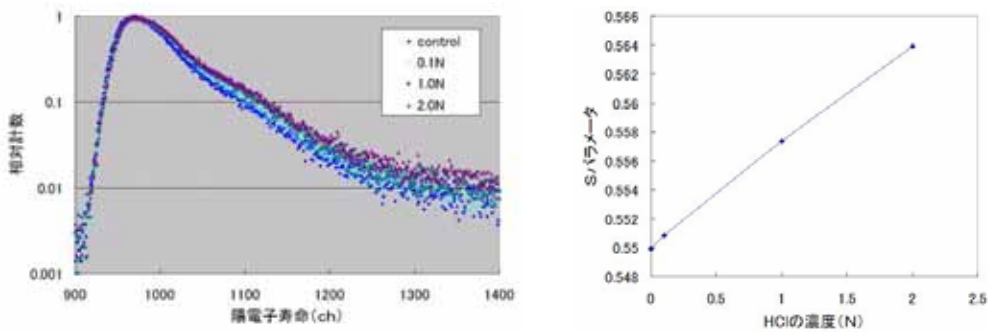


図2 室温の塩酸への24時間浸漬によるセメントにおける陽電子寿命スペクトルとSパラメータ値の変化

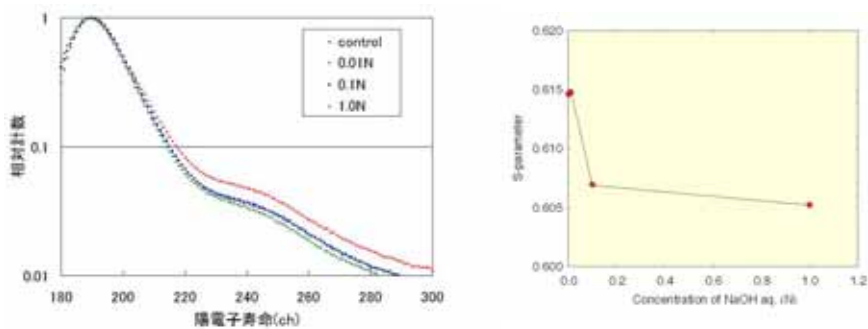


図3 70℃の水酸化ナトリウム水溶液への2週間浸漬による石英ガラスにおける陽電子寿命スペクトルとSパラメータ値の変化

研究報告 L04006	キーワード：陽電子消滅法、コンクリート、ガラス、石英、ナノ組織観察
担当者	石井 敬一郎 (原子力技術研究所・発電基盤技術領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 原子力技術研究所 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : ntrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp