

中性子放射化分析によるコンクリートへの Cs 浸透挙動の検討

Study of penetration behavior of Cs into concrete using neutron activation analysis

*米山海¹ 佐藤勇¹ 松浦治明¹ 宮原直哉¹ 栗原哲彦¹

鈴木恵理子² 三輪周平²

¹東京都市大学 ²日本原子力研究開発機構

コンクリートへの Cs 浸透メカニズムの解明に資するため、代表的なモルタル、粗骨材及びそれらを混合したコンクリートへの Cs 浸透実験を行った。分析には中性子放射化分析を用い、より詳細な評価を行える見込みを得た。

キーワード：放射性セシウム、コンクリート、放射性廃棄物、浸透挙動、分配係数、拡散係数

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉において、構造材であるコンクリートを含んだ解体廃棄物が数十万トン発生すると推測され、その安全かつ合理的な処理・処分が必要とされている。その汚染物質としては化学的に活性な放射性 Cs を重要視するものがあり、主な解体廃棄物としてはコンクリートが挙げられる。本研究では合理的な処理・処分に繋がることとして、コンクリートに対する Cs の浸透挙動の原理的解明を目的としている。

Cs のコンクリートに対する浸透挙動は、コンクリート主成分である Ca とのイオン交換による収着及びコンクリート内部への Cs の拡散の 2 つのプロセスが重要である[1]。本研究においては収着を評価するための分配係数、拡散を評価するために拡散係数を物性値として挙げている。より実機に近い形での濃度依存性データを取得することを目的とし、濃度の低い Cs を用いた実験と測定を可能とするため分析方法として中性子放射化分析を用いた分析を行い、浸透挙動を評価した。

2. 実験方法

コンクリート及びモルタル試料は当大学の都市工学科の協力のもと作製した。粗骨材(花崗岩)のみ、粗骨材を含まないモルタル(普通ポルトランド)のみ及び既知の分布で骨材を配合したコンクリート(以下、「規格化コンクリート」)の 3 種類を 20.0mm×20.0mm×20.0mm のサイズで作製した。

2-1. 収着実験 粉碎した上記の試料粉末を 50~100 μm の粒径にふるい分けした。遠沈管に作製した骨材とモルタルの粉末試料 5g と 10⁻⁴M の CsOH 水溶液 50ml を入れ振とう器にかけた。5 日ごとに遠心分離器にて固液分離した後、上澄みの溶液を一回につき 500 μl ずつ採取し、原子吸光光度計を用いて Cs 濃度を測定し、分配係数を求めた。

2-2. 浸透実験 浸透試験では既往の実験[2]と同じく、エポキシ樹脂でコーティングした試料を作製し、浸透を表面からの一方向に限定するために一面のみに研磨を施してコンクリート及びモルタル部分を露出させた状態とした。ビーカーの中に一種類ずつ試料を入れ 10⁻⁴M の CsOH 水溶液を 40ml 入れた。これを室温(約 25℃)の実験室で 10 日間保管した。水溶液から取り出し液体をふき取り観察面を研磨した。

3. 中性子放射化分析の概要と測定結果の例

浸透実験に用いたモルタル・粗骨材・規格化コンクリート試料を浸透面から 0.5mm ずつ 4 回、合計 2.0mm までの研磨で得られた研磨粉を KUR で 1 時間の中性子照射を行った後、時間を置き Ge 半導体検出器で計測する。すなわち、コンクリートに添加した非放射性 ¹³³Cs が放射化して生成する ¹³⁴Cs を分析し、浸透挙動を評価する。コンクリートの主成分である核種の放射化で生じた短寿命核種は、数日で崩壊して消滅するため、比較的長寿命である ¹³⁴Cs に対して十分な精度で計測できると考えられる。

コンクリートの主な化学組成は、SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO、SO₃ などである[3]。右図に KUR で 30 秒照射を行ったモルタル試料のスペクトルを示す。⁵⁶Mn、²⁸Al、²⁴Na、⁴⁹Ca などの短寿命核種のピークを確認できる。本実験において重要である浸透挙動評価に供した試料には 1 時間の照射を行い、図 1 で確認できる核種が十分減衰した後に、¹³⁴Cs を対象とした計測を実施した。講演では、中性子放射化分析を用いて得られた浸透挙動について議論する。

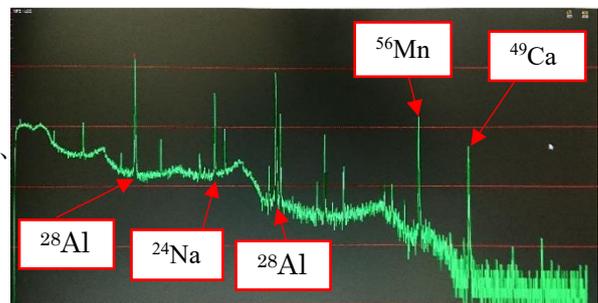


図 1. モルタルのスペクトルと物質のピーク(30 秒照射)

参考文献

- [1] N. Miyahara et al, Development of CFD-Based simulation method for cesium penetration into concrete, 27th International Conference on Nuclear Engineering, May 19-24, 2019, Ibaraki, Japan.
 [2] I. Sato et al, J. Nucl. Sci. Technol. Vol. 52, No.4, (2015) 580-587.
 [3] 14MeV 中性子によるコンクリート放射化実験および解析 清水建設報告書第 45 号(1987)

*Kai Yoneyama¹, Isamu Sato¹, Haruaki Matsuura¹, Koki Koshigoe¹, Naoya Miyahara¹, Norihiko Kurihara¹, Eriko Suzuki², Shuhei Miwa²

¹Tokyo City University. ²Japan Atomic Energy Agency.