

自己修復機能を地下冠水環境において発現する核種閉じ込めセメントバリアの創成を目指して

東北大学 大学院工学研究科 教授

新堀 雄一

(お問い合わせ先) E-MAIL : yuichi.niibori.b8@tohoku.ac.jp



研究の背景

放射性廃棄物の中には数万年以上の半減期を持つ元素もあります。そのため、廃棄物を閉じ込めた人工バリア（廃棄物の固化体、それを覆う金属容器、その周囲の緩衝材（粘土）からなる）を、深い地下環境（天然バリア）に埋めた処分場を設置して、放射性廃棄物を生活圏から隔離することが検討されています。地下に廃棄物を定置させ、検査期間に処分場への地下水の流入を防ぐためには、海底トンネルの建設のように多量のセメントで人工バリアを囲むことになります。セメントは数十万年に亘り地下水のpHを9.5~10.0以上に上昇させるので、処分場の閉鎖後、セメントの成分が核種の閉じ込め機能に及ぼす影響を十分に検討する必要があります。

研究の成果

セメントの主成分であるカルシウムシリケートハイドレート（CSH、カルシウムCa、ケイ素Siおよび水和水H₂Oで構成される）は、pH9.5以上で安定です。本研究では、CSHが地下環境で変質することを考慮し、その成分であるCaが溶け出した状態でのCSHと放射性物質との相互作用を検討しました。その結果、冠水環境においてCSHは放射性物質を取り込みながら自ら安定になる機能（自己修復機能）を持ち、通常用いるセメント（普通ポルトランドセメント）に含まれるCSHのCaが4分の1に低下しても、多様なイオン形態を持つ放射性物質と相互作用をすることが実験的に明らかになりました。すると、Caが4分の1に低下するまでの数万年から数十万年の間に、Ca成分が少ないCSHのバリア層が処分場の下流域に形成されることとなります（図1、図2）。この機能は、地上のコンクリート構造物のように周囲が空気に触れてい

る状態ではなく、周囲に自由水の多い冠水環境によって発現します。

今後の展望

本研究の結果から、冠水環境では、セメント成分は、厳密に調整しなくても、放射性物質の閉じ込めに寄与することが示されました。この研究を発展させて、長い年月の間に、処分場周辺の人工バリアや天然バリアに亀裂が発生しても、CSHが亀裂を狭め、地下水自体の流れを抑える効果を明らかにし、さらに、CSHによる化学的な相互作用のみならず物理的な閉塞効果を含めた自己修復機能を明らかにしていきたいと考えています。

関連する科研費

2013-2016年度 基盤研究 (A) 「自己修復機能を冠水地下環境において発現する核種閉じ込めセメントバリアの開発」

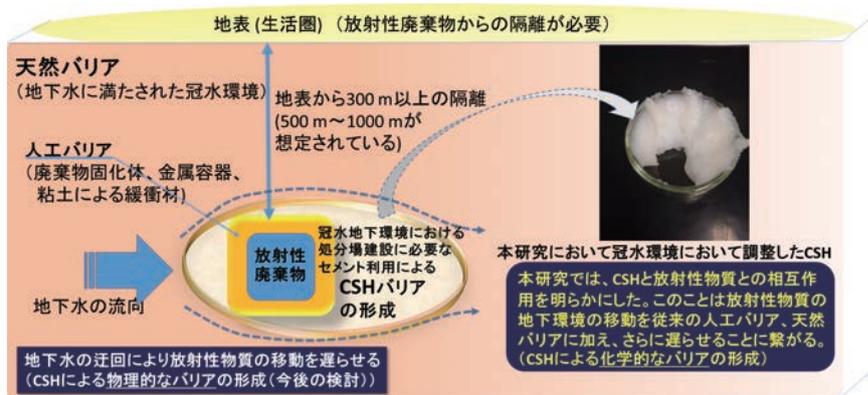


図1 処分場周辺におけるカルシウムシリケートハイドレート（CSH）層の形成概念
地層処分場はおおよそ2km×3kmの広さで、そこに複数本の処分坑道（地下トンネル）を設置し、計4万本のガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）を処分する。海底トンネルの建設では50m²の空間（坑道）に20.5m³のコンクリートを要した事例がある。

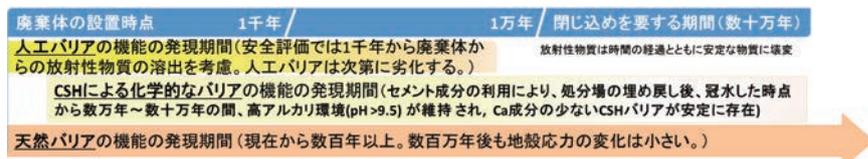


図2 人工バリアと天然バリアを補完するCSHによる化学的バリアの発現期間
処分場周辺のpHが9.5以上となる期間に対応する。