

セメント水和生成物によるセシウム及び塩化物イオンの固定に関する検討

岩手大学 学生会員 ○山崎 裕孝
岩手大学 正会員 羽原 俊祐
岩手大学 正会員 小山田 哲也
電源開発株式会社 正会員 橋本 敦美

1 はじめに

研究の目的は、放射性セシウムのセメント硬化体での挙動を明らかにし、どのようなセメント水和生成物に固定されているか、また、塩化物イオンについては、これまでクリンカー鉱物の反応により固定されているという報告はあるが、生成したセメント水和生成物がどの程度、塩化物イオンを固定し、あるいは溶液中に自由塩化物イオンとして残留するかの検討である。ここでは、4種類のセメント水和生成物を合成し、それぞれをセシウム（非放射性）及び塩化物イオンの微量元素を含む溶液に、環境庁告示第46号法に倣い、振とう吸着させた。振とう後、固定された元素の量を求め、セシウム及び塩化物イオンのセメント水和生成物による固定能について検討した。

2 実験方法

2.1 セメント水和生成物の合成

セメント水和生成物として、C-S-H（ケイ酸カルシウム水和物）、モノサルフェート水和物（AFm）及びエトリンガイト（Aft）を前報¹⁾に従い合成した。なお、C-S-Hは表2にあるようにC/S比を変えて4種類作成した。C/S比=1.6, 1.8で合成したC-S-Hは水酸化カルシウムがわずかに残り、C/S比は実際より幾分小さくなった。

表1 セメント水和生成物の合成条件

	試薬	質量比	固体/水比	合成温度	反応時間
C-S-H (C/S=1.3)	Ca(OH) ₂	1	0.080	20℃	48時間
	ニップシールLP	0.656			
モノサルフェート水和物	Ca(OH) ₂	1	0.050	80℃	168時間
	Al ₂ (SO ₄) ₃	0.752			
	Al(OH) ₃	0.3452			
エトリンガイト	Ca(OH) ₂	1	0.056	20℃	72時間
	Al ₂ (SO ₄) ₃	1.504			

表2 C/S比別C-S-Hの合成条件

	質量比(C/S)	固体/水比
C-S-H 1.3	1	0.080
	0.656	
C-S-H 1.4	1	0.084
	0.610	
C-S-H 1.6	1	0.091
	0.534	
C-S-H 1.8	1	0.098
	0.475	

2.2 セメント水和生成物による微量成分の固定化試験

セメント水和生成物を乳鉢で粉碎し、0.15mmふるい全通にした。溶液は、セシウム、塩化物イオンの標準溶液(1000, 100及び10ppm)を用いて、環境庁告示第46号に倣い、固体/水比を0.1とし、20℃で6時間振とうした。振とう後、吸引ろ過により、水和生成物とろ液を分離し、ろ液中の残存微量成分(ppm)を測定し、セメント水和生成物による微量成分の固定量(mg/g)及び固定化率(%)を求めた。

合成温度:20℃ 反応時間:48時間

3 実験結果および考察

表3に振とう溶液濃度(ppm)毎のセメント水和生成物による微量成分の固定化率(%)を示す。図1に振とう溶液濃度(ppm)とセメント水和生成物に対する微量成分の固定量(mg/g)との関係を示す。図2にセシウムの固定化率(%)と合成したC-S-HのC/S比との関係を示す。図3にモノサルフェート水和物による塩化物イオンの固定前後のXRDを示す。

キーワード：固定化, 吸着, セメント水和生成物, 塩化物イオン, セシウム

連絡先：〒020-8551 岩手県盛岡市上田4丁目3-5 岩手大学 工学部 社会環境工学科 TEL019-621-6442

表3 振とう溶液濃度毎のセメント水和生成物による微量成分の固定化率

	振とう溶液濃度 (ppm)	水酸化カルシウム	エトリンガイト	モノサルフェート水和物	C-S-H
		固定化率(%)	固定化率(%)	固定化率(%)	固定化率(%)
セシウム	10	62.0	0.7	15.6	42.4
	100	26.6	5.3	8.9	24.3
	1000	16.1	4.3	8.8	64.5
塩化物イオン	10	0.0	0.0	0.0	0.0
	100	0.0	0.0	28.9	0.0
	1000	0.0	1.1	14.5	0.5

セシウムはすべてのセメント水和生成物で振とう溶液濃度の増加に伴い、固定量は増加する。とりわけC-S-Hは固定量が高い。1000ppmの振とう溶液においても、C-S-Hの固定化率は60%以上になる。他のセメント水和生成物の固定化率はせいぜい20%程度に留まる。これは

高い比表面積のC-S-Hにより、吸着固定されたと考えられる。C-S-Hへのセシウム固定については、さらにC/S比との関係について調べると、C/S比が低いほど、固定能力が高い。セシウムイオンはアルカリ金属イオンであり、Na⁺などと同じく、ポズラン反応で生成する低C/S比のC-S-Hに固定されやすいことと同様に、固定されるものと考えられる。

塩化物イオンでは、セシウムに比べて、セメント水和生成物の固定能が低く、モノサルフェート水和物が唯一固定能を有する。1000ppmの振とう溶液において、1.5 mg/g固定でき、固定化率は15%になる。この量はセシウムのC-S-Hによる固定の1/4である。さらにモノサルフェート水和物による塩化物イオン固定後のXRDの結果、モノサルフェート水和物はフリーデル氏塩に転化しており、塩化物イオンはクリンカー鉱物との反応だけでなく、モノサルフェート水和物と反応して固定していると考えられる。

4 まとめ

セシウムと塩化物イオンについて、各種セメント水和生成物の固定能は以下のとおりとなった。

- (1) 溶液中の60%のセシウムをC-S-Hにより固定し、C/S比が低いほど固定能が高い。
- (2) 塩化物イオンはモノサルフェート水和物が固定に寄与し、他のセメント水和生成物にはほとんど固定されない。

参考文献

1) 橋本敦美ら：合成したセメント水和生成物による微量元素（六価クロム、ヒ素、セレン、ホウ素、フッ素及びアルミニウム）の固定化について、セメント・コンクリート論文集, No. 66, pp. 71-78, 2012

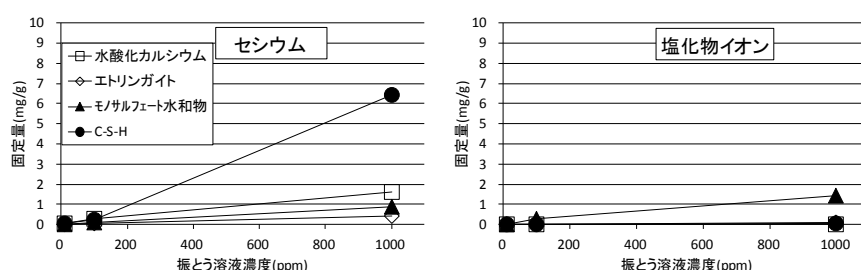


図1 振とう溶液濃度と微量成分の固定量との関係

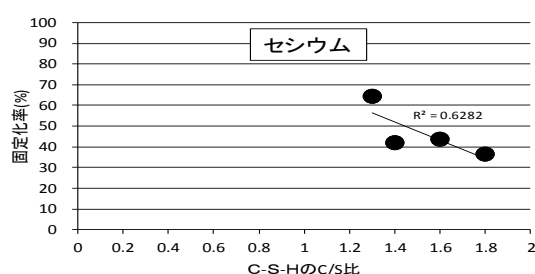


図2 セシウムの固定化率とC-S-HのC/S比の関係

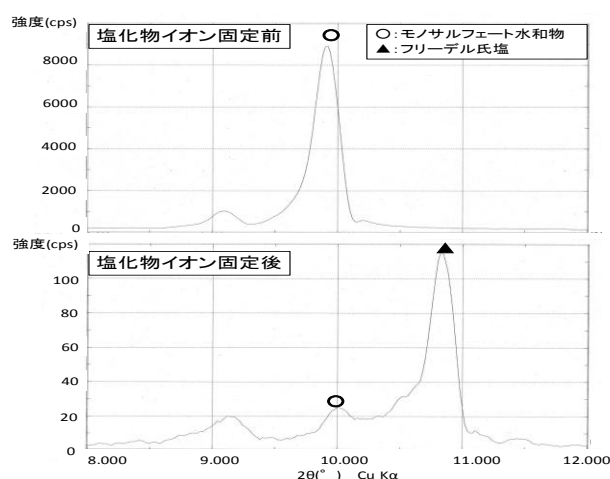


図3 モノサルフェート水和物による塩化物イオン固定前後のXRD