

セシウム吸着ゼオライト固化技術の開発における HPC-FA 系充てん材の自己充てん性

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○ 坂本 萌
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁
北海道大学 名誉教授 非会員 佐藤 正知

1. はじめに

放射性廃棄物の処理に当たっては、最終的な処分方法を見据えて処理する必要がある。放射性セシウムは、発生量と人体影響の観点で最重要な核種の一つであり、合わせて崩壊熱による発熱性が高いことが知られている。この発熱性と核種濃度は、最終処分を合理的に計画（主に処分システムの減容）するうえでトレードオフの関係にあり、選択肢の一つとして発熱が一定量に低減されるまで中間管理（最終処分における段階管理を含む）することが想定される。中間管理に当たっては、物理的、化学的に安定した状態で保管される必要があることから、十分に温度低下が見込める期間に亘って確実にまた経済的に安定化する方法が必要となる。この安定化方法として、発熱性廃棄物のセメント固化技術が選択肢の一つとされている。

本研究では、発熱影響により高温となったゼオライトがある程度冷却された状況を想定し、20℃、50℃、80℃における HPC-FA 系充てん材の自己充てん性について検討した結果を報告する。

2 実験概要

2.1 使用材料及び配合

結合材は、文献調査や基礎実験によりセメント固化材の配合について検討し、以下の理由により HPC-FA 系結合材（早強ポルトランドセメントにフライアッシュを混合したセメント系材料）を選択した。

- ① 水の放射化分解や発熱により、セメントの水和に必要な水が時間と共に減少し、一方、余剰水は、放射化に伴う水素ガス発生量を増加させること
- ② 長期的には、溶解度が低い緻密な固化体となることが望ましいこと
- ③ 高放射線環境での固化となることから、自己充てん性が高い固化材が望ましいこと

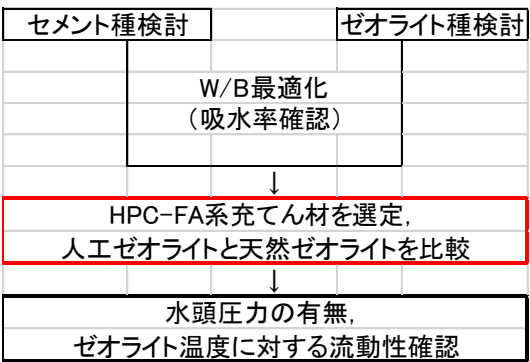


図 1 充てん性評価検討フロー

吸着材としては、セシウム吸着ゼオライトに見立てた人工ゼオライト生成型コンクリートの碎石（以下、人工ゼオライトとする。）及び 5-10mm に粒調し炉乾燥した石灰碎石を用いた。配合表を表 1 に示す。

2.2 試験方法

充てん性評価検討フローを図 1 に示す。セメント種検討に用いる OPC, LPC, HPC, UHPC-FA 系充てん材の配合は比重に応じて微調整したものであり、石灰碎石における充てん性確認によって行った。充てん材は、モルタルミキサーにより、粉体のみで 1 分間の空練りをした後、水、混和剤を加え、さらに 3 分間練り混ぜたものを用いた。充てん性確認のため、流し込む際には、30 秒間で 1L を目安とした。

W/B (%)	W/P (%)	LS/B (%)	W	単位量(kg/m ³)			
				粉体P			SP (P × %)
				結合材B		LS	
				HPC	FA		
40	27.1	47.8	416	685	353	496	1.8
50	33.8	47.8	470	620	320	449	1.8
60	40.6	47.8	515	566	292	410	1.8

HPC:早強ポルトランドセメント, FA:フライアッシュセメント,
LS:石灰石微粉末, SP:高性能 AE 減水剤

表 1 配合表

表 2 ゼオライト温度に対する充てん性

	20℃	50℃	80℃
石灰碎石	×	×	○
天然ゼオライト	×	×	×
人工ゼオライト	○	○	○

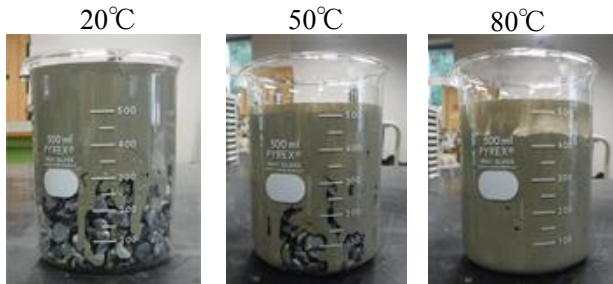


図 2 充てん性確認状況（石灰碎石）



図 3 充てん装置



図 4 到達時



図 5 充てん時

3 実験結果及び考察

セメント種、ゼオライト種検討において、OPC-FA 系充てん材 $W/B=60\%$ 、天然ゼオライト 温度 20°C を用いた実験では、充てんできなかった。 $W/B=60\%$ 以上では、一般に分離が懸念され、強度発現が期待できないため、自己充てんは難しいと考えた。天然ゼオライトのように吸水率が非常に高いものは、予め、ミキシングをする必要があると考えられる。今後も、最適化に向けて検討していきたい。

一方、 W/B 最適化の結果、石灰碎石は W/B が 40% 以上、人工ゼオライトは W/B が 50% 以上で充てんできることが分かった。これらの結果より、ゼオライトの吸水率によっては、自己充てんの可能性があると考えた。

最適化した充てん材（HPC-FA セメントミルク）でのゼオライト温度に対する充てん性確認結果を表 2 に、充てん性確認状況を図 2 に示す。石灰碎石は温度影響を受けやすく、温度が高いほど流動性が高くなることが分かった。

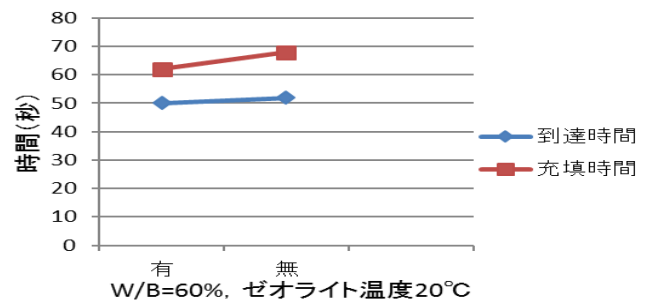


図 6 流動性試験（水頭圧力の有無）

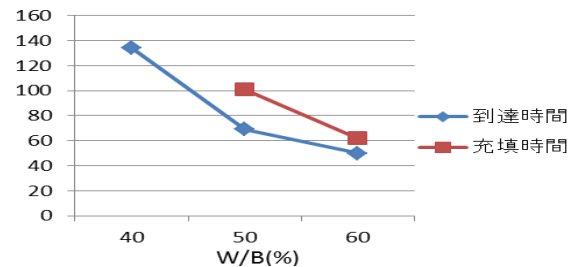


図 7 流動性試験（W/B の影響）

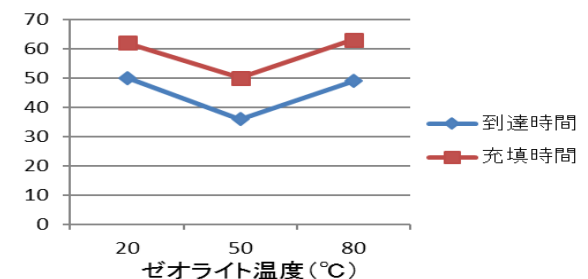


図 8 流動性試験（ゼオライト温度の影響）

以上の結果より、自己充てんの可能性の高い人工ゼオライトを対象とし、水頭差 1 m の有無、ゼオライト温度に対する流動性の確認を行った。実験装置を図 3 に示す。図 6、図 7、図 8 では、図 3 にある容器に充てん材を流し込んでから到達点に達するまでの時間を到達時間（図 4）、液面が静止するまでの時間を充てん時間（図 5）としている。以上より、水頭圧力有、 $W/B=60\%$ 、ゼオライト温度 50°C であるとき、最も充てん性が高い結果となった。

4 まとめ

セメント種検討、ゼオライト種検討、 W/B 最適化、水頭圧力の有無、ゼオライト温度に対する充てん性確認により、それぞれの可能性について実験的に検討した。福島第一原子力発電所で実際に使われているゼオライトの物性によっては、セメント系充てん材による固化は可能であると考えられる。今後も、最適化に向けて検討していきたい。