

ゼオライト混合率の高いセメント固化体の
圧縮強度及び実効拡散係数に関する検討

A STUDY ON COMPRESSIVE STRENGTH AND EFFECTIVE DIFFUSION COEFFICIENT OF
SOLIDIFIED BODY WITH HIGH ZEOLITE MIXING RATE

八戸工業高等専門学校 ○学生員 高野 伶 (Ryo Takano)
八戸工業高等専門学校 学生員 酒井大誠 (Taisei Sakai)
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬一仁 (Kazuhito Niwase)

1. 背景

2011 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震時に起こった福島第一原子力発電所の事故により、原子炉建屋内に流入した地下水や炉心冷却により大量の高濃度放射性汚染水が発生した。現在、この放射性汚染水は、高い陽イオン交換機能を有するゼオライトによって、主要核種であるセシウムを吸着させることで除去されている。

このセシウムを吸着したゼオライトは、放射線影響と発熱が低減されるまで中間管理することが想定されているが、現状は、ボックスカルバート内で二次廃棄物として保管し、増加し続けている。そこで、最終処分を踏まえた中間管理方法の確立が急務となっている。要求される事項としては、放射能の漏洩を抑止することはもとより、高放射線環境下における廃棄体の製作性や、発生量が多いことを踏まえた廃棄体の減容などにより経済性が優れていることが求められている。

セメント固化技術は、低レベル放射性廃棄物の埋設処分の実績等から、先に述べた要求事項を満足し得る処理方法として、選択肢の一つとされている。

2. 目的

既往の研究¹⁾では、セメント固化技術の実現性検討を目的とし、熱影響と力学的安定性及び核種閉じ込め性の関係性を評価した。その結果、固化体体積の 50%をゼオライトが占める配合条件において、セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術は、実現性があると判断できた。

さらに、ゼオライトの主成分がシリカとアルミナであり、ポズラン反応に類似した反応を起こし、ゼオライト自体が緻密化している可能性が示唆された。

そこで本研究の目的は、フレッシュ性状、力学的安定性、核種閉じ込め性能の観点から廃棄体における減容率の向上に着目し、ゼオライトの最大混合率の検討を目的とする。

3. 実験概用

(1)予察実験

本研究では、試験を行うにあたり、試験に使用する配合の予察実験を行った。配合表は表-1 に示す。

配合は、ゼオライト混合率(以下、ZV)を三種類(75%,80%,85%)、水セメント比(以下、W/C)を三種類

表-1 配合表

ZV	W/C	Unit contents(kg/m ³)				
		W	OPC	Z	WZ	SP C×6%
0.75	0.8	179	224	545	294	13.4
0.75	0.9	185	206	545	294	12.3
0.75	1.0	190	190	545	294	11.4
0.80	0.8	143	179	582	313	10.7
0.80	0.9	148	164	582	313	9.9
0.80	1.0	152	152	582	313	9.1
0.85	0.8	107	134	618	333	8.1
0.85	0.9	111	123	618	333	7.4
0.85	1.0	114	114	618	333	6.8

(0.8,0.9,1.0)、高性能 AE 減水剤(以下、SP)を普通ポルトランドセメント(密度：3.16g/cm³、比表面積：3340cm²/g)(以下、OPC)の 6%に調整し、計 9 種類の配合を検討した。使用した天然ゼオライトの粒径は 0.5mm 以下であり、絶乾状態で混入した。ゼオライトは多孔質であり、セメントペーストからの吸水により、施工性の低下²⁾が懸念されるため、単位水量とは別に、外割で吸水率分の水を加えた。練り混ぜは、二軸強制練りミキサーにて行った。テーブルフロー試験により、検討した配合のフロー値を測定した。

既往の研究³⁾により、フロー値が 150mm 以上を得られれば、十分な流動性があると判断基準を設定した。結果を図-1 に示す。フロー値が 150mm を満たしたものは、ZV75%-0.8、ZV75%-0.9 の二種類であったため、この配合を本研究では、採用することにした。

(2)養生方法

円柱型枠に打ち込み、48 時間の標準養生を行った後、脱型した。

養生方法は封緘養生とし、供試体内部の水分を一定にすることで、外部の環境からの影響を遮断した。

セシウムを吸着したゼオライトが発熱性を有していることを考慮し、高温養生を行った。半減期を経て現実的な濃度調整が行われるものとして、養生温度は 80℃に設定した。養生期間は、7 日、28 日である。

(3)試験方法

力学的安定性の観点を評価するために、圧縮強度試験

(JIS A 1108)を行った。供試体は、二種類の配合をそれぞれ7日、28日養生した。

4. 試験結果・考察

(1) ZV75%-W/C0.8 の圧縮強度試験

図-2 に、ZV75%-W/C0.8 の圧縮強度試験結果を示す。全体的に7日強度が28日の強度を上回っていることが確認できた。本来、時間経過するにつれ、強度は増すものであるが、本配合は、充填性が悪く空隙の多い個体であり、個体差が生じたことが強度低下の原因であると考えられる。

(2) ZV75%-W/C0.9

図-3 に、ZV75%-W/C0.9 の圧縮強度試験結果を示す。全体的に強度に変化は生じていないことが確認できた。ZV75%-W/C0.8 の供試体より、充填性が良く、安定して水和反応が進んだと考えられる。

変化がない原因として、供試体に含まれるセメントの単位量が少なく、7日の時点で、水和反応が終息に向かったことが考えられる。

5. まとめ

- (1) 配合検討により、供試体全体の75%がゼオライトである高混合率の固化体を作製できた。
- (2) 圧縮強度試験から力学的安定性を評価した。結果として、個体により差が生じたものの、基準値³⁾である 1.5N/mm^2 を満たした値を確保できた。
- (3) 今後は既往の研究⁴⁾により、ポゾラン反応が促進し、供試体内部が緻密になることが予測される。それに伴い、強度の向上が期待される。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費(基盤研(C)(17K07015))を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 庭瀬一仁,酒井大誠,馬渡大壮:セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術に向けたゼオライトを混入した固化体の設計に関する基礎研究、日本原子力学会春の年会予稿集(CD-ROM),Mar.2018
- 2) 馬渡大壮、庭瀬一仁、佐藤正知：セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術における早強セメントとフライアッシュ併用系充填材の物性評価、セメント・コンクリート論文集、Vol. 71, Mar. 2018
- 3) Kazuhito Niwase, Atsushi Imabuchi: COMPRESSIVE STRENGTH OF CEMENT SOLID FORM MIXED WITH ZEOLITE FOR SOLIDIFICATION OF CESIUM ADSORBED ZEOLITE、43rd Conference on Our World in Concrete & Structures 30-31 August 2018, Singapore
- 4) 原子力規制庁:廃棄物確認に関する運用要領、制定平成26年2月26日 原管廃発第1402262号

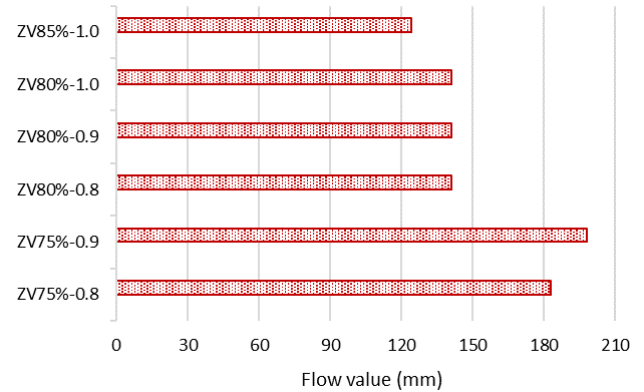


図-1 フロー値

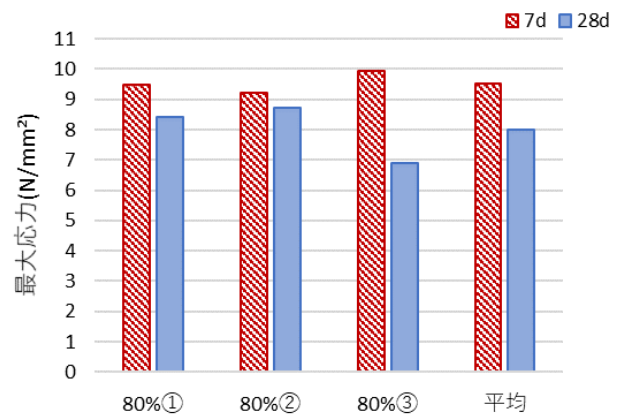


図-2 圧縮強度試験結果 80%

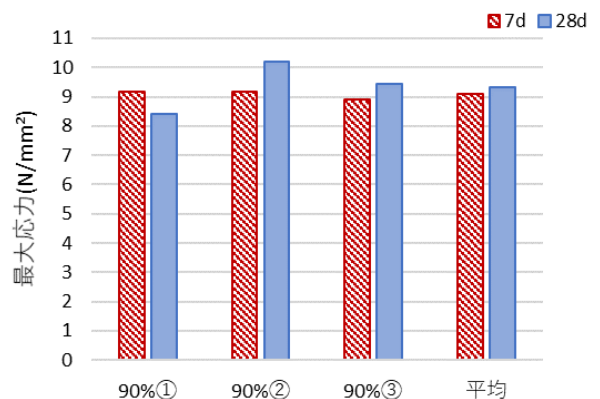


図-3 圧縮強度試験結果 90%