



福島原子力事故関連情報アーカイブ

FNA

Fukushima Nuclear Accident Archive

Title	溶融飛灰のセメント固型化手法の検討
Alternative_Title	A study on the method of cement solidification of melting fly ash
Author(s)	安河内 隆仁(北海道大学), 山田 一夫(国立環境研究所), 新井 裕之(国立環境研究所), 東條 安匡(北海道大学), 市川 恒樹(北海道大学), 遠藤 和人(国立環境研究所) Yasukochi, Takahito(Hokkaido Univ.); Yamada, Kazuo(National Inst. for Environmental Studies); Arai, Hiroyuki(National Inst. for Environmental Studies); Tojo, Yasumasa(Hokkaido Univ.); Ichikawa, Tsuneki(Hokkaido Univ.); Endo, Kazuto(National Inst. for Environmental Studies)
Citation	第 12 回環境放射能除染研究発表会要旨集, p.7 The 12th Workshop of Remediation of Radioactive Contamination in Environment
Subject	セッション 2 : 除染技術と最終処分
Text Version	Publisher
URL	https://f-archive.jaea.go.jp/handle/faa/277778
Right	© 2023 Author
Notes	禁無断転載 All rights reserved. 「第 12 回環境放射能除染研究発表会要旨集」のデータであり、発表内容に変更がある場合があります。 学会は発表の機会を提供しているもので、内容に含まれる技術や研究の成果について保証しているものではないことをお断りいたします。



溶融飛灰のセメント固型化手法の検討

○安河内隆仁¹⁾、山田一夫²⁾、新井裕之²⁾、東條安匡¹⁾、市川恒樹^{1,2)}、遠藤和人²⁾

1) 北海道大学、2) (国研)国立環境研究所

1. はじめに：福島第一原子力発電所(1F)事故による環境汚染対策の一部として、汚染焼却残渣の溶融炉による減容化が中間貯蔵施設内で行われている。Csは溶融飛灰(MFA)に水溶性態として濃縮するため、灰洗浄イオンクロマトグラフィ濃縮が検討されているが、そのままセメント固型化して管理型処分場へ最終処分するという選択肢もあり得る。この手法は実績があり技術開発要素は少なく、処分場さえ手当てできれば、安全性確保、費用算定も高精度でできると期待できる。ただし、溶融飛灰にはセメントの水和反応阻害成分が多く含まれ、通常的手法では効率的に固型化できない。そこで、固型化に役立つような種々の方策を比較評価した。

2. 溶融飛灰の特性：MFA(茨城県内施設産、密度0.59 g/cm³、Cs濃度32 ppm)の蛍光X線分析による化学組成を表1に示す。MFA 15 gを10倍の水に溶出させたところ、溶出液のpHは11.1、残渣は8.6 g、溶出液乾固物は8.5 gであった。X線回折分析(XRD)では、溶出乾固物は、KCl、NaCl、(Na, K)₂SO₄、K₂CaSO₄であり、MFAの約半分は可溶性塩化物塩であった。残渣は、ZnO、リン酸塩、シリカ質ガラスが主体である。セメント硬化阻害成分として有意な量のP、Zn、Pbが認められた。pH13.5のNaOH溶液で溶解すると少量のP、Zn、Pbが溶出した。

表1 MFAの化学組成(金属イオンを酸化物態として100mass%に換算した場合の質量割合、グレー部分は高濃度成分)

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Sn	Pb
原灰	13.3	0.2	0.6	2.3	3.5	1.4	19.5	14.5	4.1	0.1	0.1	0.6	0.5	14.2	0.1	1.8
溶出液	9.2	0.3	1.0	4.6	6.9	0.2	0.9	3.3	7.6	0.2	0.1	1.1	0.9	25.6	0.2	3.1
溶出乾固	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	37.4	26.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3. 実験：要求性能として、セメント固型化時に元の飛灰体積と容積が同等以下、混合時の流動性が流し込み成形可能(φ50×H50mmの円筒からのフローが70mm以上)、材齢7日で圧縮強度≥1MPaとした。W/BB = 1.0、MFA/BB = 0.8の条件ではフローは50 mm(型枠は抜けても流動無)であった。そこで、AE減水剤ボゾリスNo.70を高炉セメントB種(BB)の0.25%添加すると、必要な流動性をW/BB = 0.6、MFA/BB = 1.0の配合で満たせた。この配合は、元の飛灰体積1に対して混合物の体積は72%となる。超高強度コンクリート用ポリカルボン酸系高性能AE減水剤も効果は同程度であった。ここに硬化促進剤として、BBに対して半水石膏を5%(BB置換)、CaCl₂を10、20%(BB置換)、アルミン酸Naを5、10%(水置換)、それぞれ添加した。圧縮強度試験はφ5×H10 cmに成形し、材齢11日で行った。また、必要な強度が発現したアルミン酸Na添加試料(材齢10日)を蒸留水に浸漬(固液比 = 10[mL/g])し200 rpmの攪拌を加える条件で、Cs溶出率の推移を計測した。

4. 結果と考察：硬化促進剤の影響を表2に示す。流動性の最低要件はいずれも満足したが、目標強度1 MPaを超えたものはアルミン酸Naのみであった。試験したMFAの硬化阻害成分を確実に判定できないが(別報でZnOの効果阻害について報告あり)、CaCl₂などケイ酸Caの水和促進剤では対応困難であった。一般にアルミン酸Naはコンクリートの急結剤として使用され、アルミン酸Ca水和物等の生成により短時間に強度を発現するが、硬化阻害成分が多い場合にも効果を有することが分かった。XRDではいずれも hidroカルマイトが生成しておりどの水和物が強度発現に寄与しているのか分からない。BBの代わりに普通ポルトランドセメント(OPC)を用い、アルミン酸Naを5%添加すると、材齢14日で1.2 MPaの圧縮強度を得たが、試験体がわずかに膨張した。さらに市販の各種高性能減水剤と硬化促進剤の効果を調べたところ、脱型可能なも1 MPaは未達であった。

Csの溶出挙動を図1に示す。120日時点でCsのほぼ全量が溶出する。また縦軸を溶出率、横軸を経過日数の平方根(√日)でプロットすると段階的(～4日、4日～29日、29日～)に直線関係があり、固型化体中の空隙水に溶存するCs⁺イオンの拡散・溶出が起きていると考えられる。それぞれの段階で溶出速度が異なる理由是不明だが、1)セメント水和の進行による細孔構造の緻密化、2)KC1の溶解によるCs⁺/K⁺イオンバランスの変化、3)主な溶出部位(表面・固型化体内部)の変化、などが関係していると考えられる。

謝辞 本研究の一部は環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF22S20910)により実施した。

表2 硬化性情への硬化促進剤の影響

硬化促進剤	添加量 (%)	状態	圧縮強度(MPa)	ひずみ (%)
なし	0	指で押すと流動	-	-
半水石膏	5	指で押すと凹む	-	-
CaCl ₂	10	爪痕が付く	0.19	3.1
CaCl ₂	20	爪痕が付く	0.59	4.7
アルミン酸Na	5	爪痕は付かない	1.9	1.2
アルミン酸Na	10	爪痕は付かない	6.1	1.5
CaCl ₂ +アルミン酸Na	2+5	モールドから1mm膨張	0.94	1.3

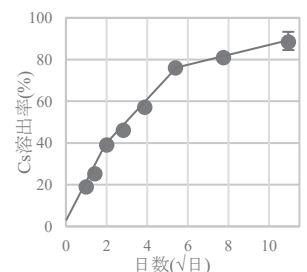


図1 アルミン酸Na10%添加硬化体からのCs溶出挙動