

低レベル放射性廃棄物に対する溶融ガラス化の開発

(株) IHI 原燃プロジェクト部

鬼 木 俊 郎

Development of glass melting process for LLW

Toshiro Oniki

IHI Corporation, Nuclear Fuel Cycle Project Department

1. はじめに

低レベル廃棄物の処理方法としては、国内では、焼却、圧縮、セメント固化等が一般的であり、ガラス固化は導入されていない。今後、原子力発電所や再処理施設等の運転、解体等に伴い、比較的放射能レベルの高い低レベル放射性廃棄物（以下、低レベル廃棄物）が発生する見込みであり、その処理技術が必要である。そこで、低レベル廃棄物に対して、以下の技術開発を実施している。

- (1) 原子力発電所、再処理施設等から発生する低レベル廃棄物に対するガラス固化技術の適用の検討
- (2) 福島第一発電所事故で発生した廃棄物（福島事故廃棄物）に対するガラス固化技術の適用の検討

以下では、各技術開発の検討状況について紹

介する。

2. 原子力発電所、再処理施設等から発生する低レベル廃棄物に対する溶融ガラス化技術の適用の検討

2.1 低レベル廃棄物へのガラス固化適用の考え方

原子力発電所、再処理施設等から発生する低レベル廃棄物を対象として、資源エネルギー庁委託事業「放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究事業（旧事業名称：次世代再処理ガラス固化技術基盤研究）」において、ガラス固化技術の開発を実施している。低レベル廃棄物は、放射能レベル、組成・材質などが多種多様、発生量が多い等の特徴を有する。また、ガラス形成成分（Si, Al, P, Fe 等）を含有する廃棄物が多数存在する。そのため、低レベル廃棄物へのガラス固化技術の適用に際しては、廃棄物自体に含まれる成分をガラス形成成分とすることで、添加物を最小限に抑えて、ガラス化する方法（以下、溶融ガラス化技術）を検討することとした。

〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1 横浜エンジニアリングセンター

TEL 045-759-2133

FAX 045-759-2886

E-mail: toshihiro_oniki@ihi.co.jp

表 1 溶融ガラス化の特徴

	ガラス固化技術		溶融固化技術
	ガラス固化(従来)	溶融ガラス化	
概要	廃棄物にホウ珪酸ガラスなどの所定のガラス原料を添加し、ガラス固化する方法 	廃棄物自体に含まれる成分(例えば、SiO ₂)などをガラス形成成分とすることで、添加物を最小限に抑えて、ガラス固化する方法 	廃棄物を溶融し、スラグとして固化する方法 
減容性	※ガラス原料添加により、廃棄物充填率を一定に保つため、減容性は低い △	※安定性を確保できる範囲で、添加物量を最小限に抑制するため、減容性は比較的高い ○ ※但し、廃棄物組成によって減容性は変動する	※添加材がないため、減容性が高い ◎
操作性	※溶融ガラスの高温物性を一定範囲に管理できるため、加熱・流下(出湯)条件は毎回一定 ※但し、高レベル廃液の場合は、白金族管理が運転に影響 ◎	※溶融ガラスの高温物性を決められた範囲内に管理できるため、加熱・流下(出湯)条件は大きく変動しないため範囲で運転できる ○	※廃棄物組成によって高温物性が異なるため、加熱・流下(出湯)条件を毎回設定する必要がある △
廃棄体安定性	※ガラス固化後の組成が常に一定範囲に管理されるため、安定性に優れる ◎	※安定性を確保できる範囲で、添加物量を最小限に抑制することで安定性は比較的高い。但し、廃棄物組成によって安定性は変動する ○	※廃棄物組成によってスラグ組成が決まるため、安定性は一定でない △

表1にガラス固化や溶融固化などの従来技術と溶融ガラス固化技術の比較を示す。溶融ガラス化技術は、廃棄物性状や処分要求に応じて、『減容性』、『操作性』、『廃棄体安定性』を調整できることが特徴であり、廃棄物を組み合わせることで、安定な廃棄体とすることも可能である。溶融ガラス化技術の適用効果が期待される廃棄物を以下の目的から選定し、本検討を進めることとした。

- ① 現在検討されている処理方法で処理が困難な廃棄物を安定化する
(高線量で無機化が必要なイオン交換樹脂等)
- ② 現在検討されている処理方法より廃棄物発生量を低減化する
(SiO₂, CaO等を主成分とする焼却灰等)

2.2 対象廃棄物

原子力発電所や再処理施設で発生する低レベル廃棄物に関して、事業者への聞き取り調査等

を行い、溶融ガラス化の効果が高い廃棄物を対象廃棄物として選定した。本検討では、発電所から発生する廃棄物としてイオン交換樹脂、焼却灰等、再処理施設から発生する廃棄物として高硝酸ナトリウム廃液等を選定した。

2.3 ガラス組成の検討

ガラス組成を検討する上で、溶融性、廃棄物充填率とともに、主要なガラス物性・特性(粘度、浸出率等)を満足しつつ、1100℃以下でガラス化が可能な組成を検討した。本検討では、態図文献調査とともに、国際ガラスデータベース INTERGLAD 及び米国、韓国等からの調査結果に基づき、各成分がガラスの物性・特性(溶融温度、高温粘度、浸出率等)に与える影響を検討した上で、廃棄物に添加するガラス原料成分の組成を検討した。

作製したガラスに対しては、『減容性』、『操作性』および『廃棄体安定性』の観点から抽出したガラスの特性・物性の評価を実施した。

表2 これまでの検討結果例

廃棄物	廃棄物充填率 ^{*1}	主なガラス原料成分の組成
イオン交換樹脂（主成分：Fe）	35wt%	①SiO ₂ -Na ₂ O-Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -CaO
	40wt%	②P ₂ O ₅
高硝酸Na廃液（主成分：Na）	30-35wt%	SiO ₂ -B ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃ -CaO-TiO ₂ -ZnO-ZrO ₂
焼却灰（主成分：Si/Ca/Al）	80wt%	Li ₂ O-B ₂ O ₃ （主灰のとき）
	75wt%	SiO ₂ -Li ₂ O-B ₂ O ₃ （飛灰、混合灰のとき）

*1：廃棄物充填率＝ガラスに充填した廃棄物重量を酸化物換算した値／ガラス重量

2.4 開発状況

開発状況の一例として、イオン交換樹脂、高硝酸Na廃液、焼却灰の検討結果を表2に示した。本結果は、試験条件として1100℃、2hでガラス化の検討を実施したものである。作製したガラスに対して、溶融ガラス技術の成立性に係る基本的な項目として選定した、ガラス化状態、粘度、浸出率等を評価した。これまでに、イオン交換樹脂、高硝酸ナトリウム廃液に対して、それぞれ、廃棄物含有率30wt%～40wt%程度でガラス化できる見通しを得た。また、焼却灰については、75wt%以上でガラス化できるとともに、粘度等主要な物性を十分満足する結果を得た。今後、検討したガラス組成を基に、溶融炉の運転条件設定等に必要な物性・特性を評価しつつ、組成の最適化を行う予定である。

さらに、対象廃棄物によっては、ガラス組成開発のみではなく、溶融炉の運転制御技術で解決すべき課題を持つものも存在する。一例として、イオン交換樹脂等は有機物を含むため、廃棄物中の有機物を無機化することが課題となり、これは、溶融炉の運転面で対応が必要となる。低レベル廃棄物の処理する溶融炉方式について調査、検討を行った結果、コールドクルーシブル炉（CCIM）やプラズマ炉等を候補炉型として選定しており、これらの課題に対する対策は、小型炉等によるスケールアップ試験を行い、検討を実施している。

3. 福島事故廃棄物に対する溶融ガラス化技術の適用の検討

IHIでは、自社研究にて、福島事故廃棄物の安定化に向けた溶融ガラス化の適用を検討している。本章では、IHIが自社研究として実施している福島事故廃棄物に対する検討状況について紹介する。

福島事故廃棄物の中には、比較的線量が高い廃棄物等、溶融ガラス化に適している廃棄物が多数存在する。IHIは2011年度より、福島事故廃棄物の処理に関する調査及び溶融ガラス化の適用を検討している。

福島事故廃棄物は、スラッジ、ゼオライト、使用済樹脂、液体廃棄物、焼却灰、可燃性廃棄物等の多様な廃棄物が存在する等の特徴を有する。これら廃棄物の特徴を考慮して、福島事故廃棄物に対する溶融炉方式を検討した結果、短時間で溶融炉の立ち上げ立下げが可能であり、腐食性の高いガラスに適用可能であること等の観点から、IHIとしては、コールドクルーシブル炉（CCIM）を選定した。

これまでに、るつば規模でのラボスケール試験により、ガラス組成を検討し、作製したガラスの物性・特性を評価することで、福島事故廃棄物への溶融ガラス化の適用性を評価するとともに、実規模のCCIMを用いた実証試験を行い、スケールアップ時の処理性能等の確認を実施している。

4. 最後に

比較的放射能レベルの高い低レベル廃棄物等に対する安定化、減容化を目的として、溶融ガラス化技術の開発を進めている。原子力発電所、再処理施設等から発生する低レベル廃棄物に対しては、資源エネルギー庁委託事業「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究」にて、ガラス組成の開発及び運転制御技術の開発を実施し、主要なガラス物性・特性を満足しつつガラス化できる見通しを得た。さらに、上記知見を

用いて、福島事故廃棄物に対しても、溶融ガラス化の適用性の検討を実施している。

今後、更なるガラス組成、運転制御技術の検討を進めるとともに、低レベル廃棄物に対するガラス固化の適用に向けて取り組みを進めていきたいと考える。

謝辞

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成 26～28 年度次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業」の成果を含むものである。