

我が国における放射性廃棄物ガラス固化の状況

(株) IHI

福井 寿樹

The Situation of vitrification for Radioactive Waste in Japan

Toshiki Fukui

IHI Corporation

1. はじめに

我が国では使用済燃料の再処理に伴い発生する高レベル放射性廃液（以下；高レベル廃液）の閉じ込め・安定化技術としてガラス固化が導入されている。また、最近では、原子力関連施設（原子力発電所、再処理施設等）から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、低レベル廃棄物）の減容・安定化技術としての開発も進められている。

本報告では、放射性廃棄物の安定化技術としてのガラス固化の導入実績、開発状況について紹介する。

2. 高レベル廃液安定化技術としてのガラス固化の導入

2.1 高レベル廃液の特徴とガラス固化の選定

使用済燃料の再処理工場で発生する高レベル廃液は、「高放射性で崩壊熱を持つ」、「腐食性

がある」、「放射線分解に伴い水素を発生する」、「多種類の元素を含有する」などの特性を有するため、高レベル廃液を閉じ込め・安定化する必要がある。高レベル廃液の安定化には、セラミック固化等も検討されたが、ガラスは多種類の元素の閉じ込めが可能な安定な物質であると共に、工業技術としての実績も豊富なことから、高レベル廃液の安定化技術としてガラス固化が選定された。ガラスマトリックスには、放射性核種の溶解度が高く、耐水性に優れ、放射線に対しても長期間耐えることができる特性を有するホウケイ酸ガラスが採用されている。高レベル廃液をガラス固化した固化体（以下、ガラス固化体）は、最終的には地下 300 m 以深に地層処分される予定であるが、崩壊熱がある程度減衰するまで、30 年～50 年間程度貯蔵施設にて保管廃棄（貯蔵）される。

2.2 我が国におけるガラス固化の導入・開発実績

(1) 我が国におけるガラス固化技術開発

我が国の高レベル廃液のガラス固化は、動力炉・核燃料開発事業団及び日本原子力研究所

〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1
TEL 045-759-2617
FAX 045-759-2886
E-mail: toshiki_fukui@ihi.co.jp

(現日本原子力研究開発機構)において、1970年代後期に模擬高レベル廃液を用いた研究が開始され、1980年代初期から高レベル廃液を用いた研究に移行している。1992年には、茨城県東海村にある東海再処理工場で発生した高レベル廃液のガラス固化に関する技術をプラント規模で実証する施設として、ガラス固化技術開発施設(TVF:Tokai Vitrification Facility)が完成し、1995年から開発運転を開始し、現在も続けられている。

(2) 商業用ガラス固化施設

青森県六ヶ所村にある商業用再処理施設(六ヶ所再処理工場)の高レベル廃液ガラス固化・貯蔵施設は、2000年から建設を開始し、2002年より化学試験(模擬高レベル廃液を用いた試験)を実施した後、2007年よりアクティブ試験(高レベル廃液を用いた試験)を開始し、現在も継続中である。

ガラス固化設備と廃ガス処理設備は、高放射線環境となるため、ステンレス鋼でライニングされた固化セル内(図1参照)に設置されており、クレーンやパワーマニピュレータによる遠隔操作で保守・点検される。高レベル廃液は、ガラス原料(ビーズ形状)と共にガラス溶融炉(図2参照)に連続供給し、直接通電加熱(ジュール加熱)によって1200℃付近で溶融した後、固化体容器(キャニスタ)に抜き出すことによりガラス固化体が製造される。なお、商業用再処理施設のガラス溶融炉は、先行施設TVFを大型化し、導入されている。

3. ガラス固化技術の高度化、適用拡大に向けた開発

ガラス固化技術の高度化、適用拡大に向けて国内外で多くの研究が行われているが、本報告では、経済産業省資源エネルギー庁が平成26年度より実施している委託事業「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

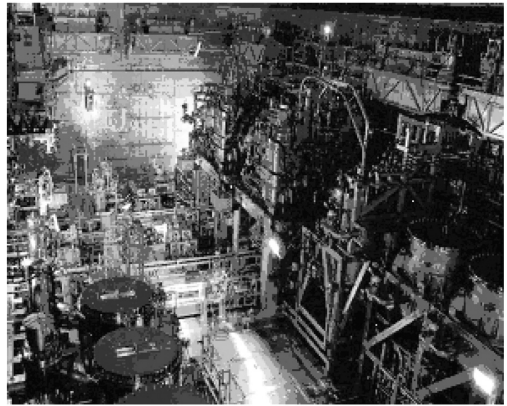


図1 固化セルの外観^[1]

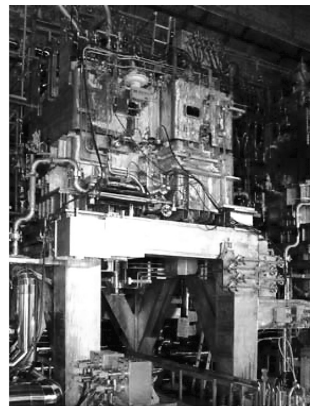


図2 ガラス溶融炉の外観^[1]

基盤研究)」[2](以下、本事業)について紹介する。

(1) 開発項目

a. 低レベル廃棄物に対するガラス固化技術の基盤整備

原子力関連施設の運転等において発生する低レベル廃棄物は、焼却、圧縮、セメント固化等によって、減容・安定化されるのが一般的であり、ガラス固化は導入されていない。しかし、米国、仏国および韓国等では、一部の放射能レベルの高い低レベル廃棄物等に対して、ガラス固化が導入されている。今後、我が国においても、比較的放射能レベルの高い低レベル廃棄物に対する処理技術が必要と考えられ、低レベル廃棄物に対するガラス固化技術の基盤を確立することは重要である。

これより、本事業では減容性が高く、より安定した廃棄体とするため、「低レベル廃棄物に対するガラス固化技術の基盤整備」を行うことを目的とし、以下の開発を行う。

【ガラス組成開発】

様々な廃棄物（イオン交換樹脂、焼却灰等）に対して、減容性（廃棄物充填率）、運転性（熔融温度、粘度）、廃棄体安定性等に優れたガラス組成設定方法を確立する。

特に、低レベル廃棄物には、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ことから、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、ガラス化する方法を検討する。

【マトリックスデータベースの構築】

低レベル廃棄物の化学組成からガラス組成を決定するツールとして、ガラス組成とそれら物性等のデータベースを構築する。また、後述する「高レベル廃液ガラス固化技術の高度化」で開発された高充填マトリックスの物性等も格納する。

【運転制御技術開発】

ガラス組成開発で検討した様々なガラス組成に適した熔融炉方式を検討すると共に、運転制御方法を検討・確認する。

b. 高レベル廃液ガラス固化技術の高度化

高レベル廃液ガラス固化は実用化されているものの、商業用ガラス熔融炉のアクティブ試験において、トラブルを経験し、ガラス熔融炉の設備・運転方法の改善を行っている。今後、更なる改善、技術の高度化として、「廃棄物充填率が高く、より安定的に取り込む技術」や「ガラス熔融炉の運転制御技術の向上」が望まれる。

本事業では、a. 項の基盤整備で得られた知見を反映し、「高レベル廃液ガラス固化技術の高度化」を行うことを目的とし、以下の開発を行う。

【マトリックス開発】

安定性（耐水性）を確保しつつ、現行マトリックスに比べ、廃棄物充填率が2～3割程度高いマトリックス（高充填マトリックス）を開発する。また、諸外国で開発されている代替マトリックス（鉄リン酸ガラス等）の特性を調査する。

【運転制御技術開発】

廃棄物充填率を高くすると、高レベル廃液成分である白金族元素の沈降・堆積等の運転課題が発生することから、これら課題に対する対策を調査・検討し、適用性を確認する。また、高充填マトリックスに対する運転制御方法を検討・確認する。

(2) 実施体制

本事業は、着実に実施し、かつ有意義な研究成果を得るため、ガラス固化技術に精通している4社体制で応募し、共同受託した。実施体制（平成28年度）を図3に示す。協力機関として、国内外のガラス・鉄鋼（スラグ）・原子力等を専門とする研究機関および企業、ガラス固化を専門とする研究機関にも参画頂き、幅広く知見を取り入れるものとした。さらに、有識者、ガラス産業連合会等から構成される研究評価委員会を設置し、本委員会等での議論を本事業に反映できる実施体制を構築している。

(3) 事業計画

本事業は、5ヶ年計画であり、(1)項の開発項目に対する事業計画を図4に示す。事業の進め方は、「低レベル廃棄物に対するガラス固化技術の基盤整備」、「高レベル廃液ガラス固化技術の高度化」共通であり、国内外の事例調査結果を踏まえて、ガラス組成や運転制御方法の検討を行い、試験によって適用性確認を行うものとしている。

4. 最後に

経済産業省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

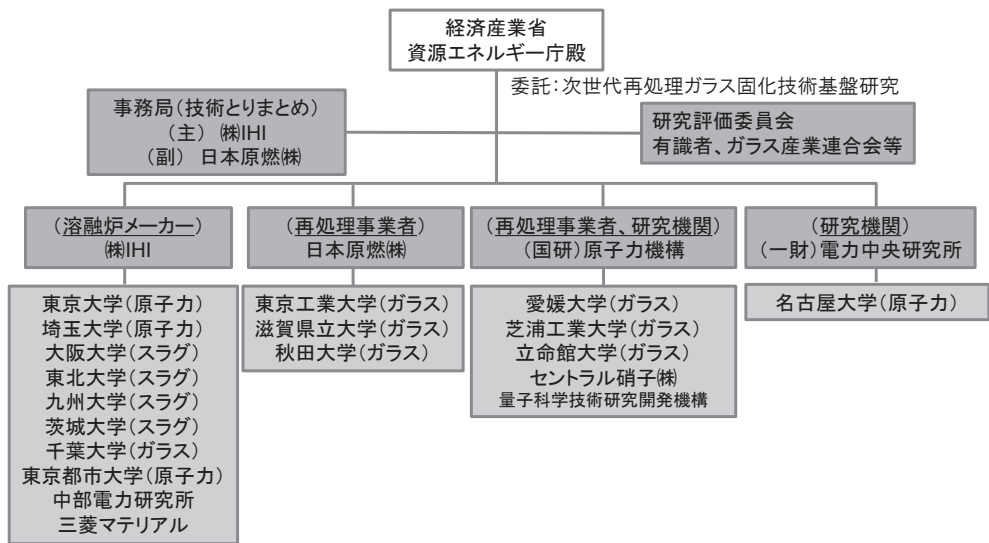


図3 「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業」の実施体制（平成28年度）^[2]

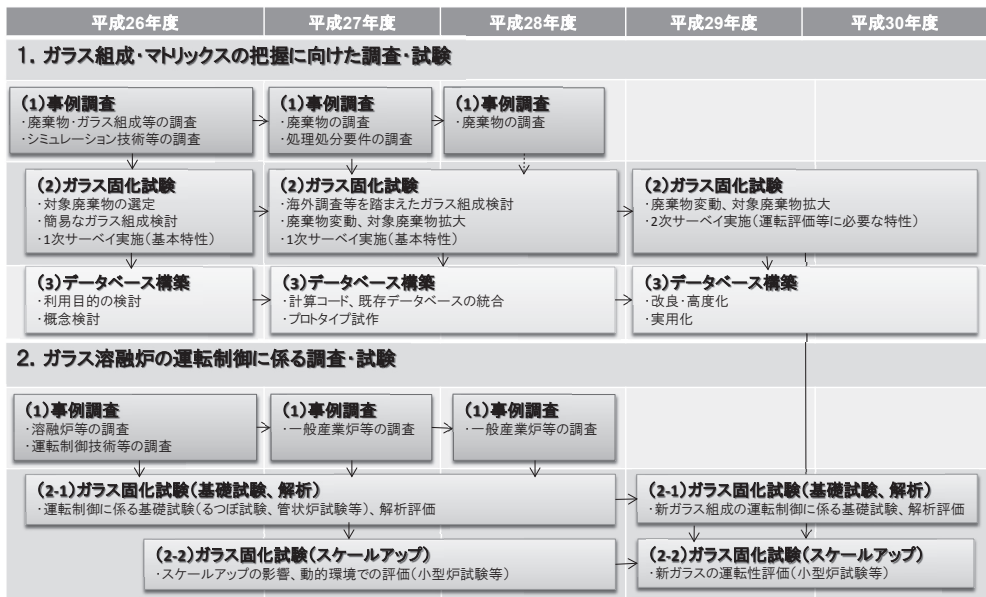


図4 「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業」の事業計画^[2]

盤研究事業」を通して、ガラス固化技術の基盤整備・高度化を行うことで、ガラス固化技術の適用性拡大と信頼性向上に繋がるものと考えている。

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。

参考文献

- [1] 日本原燃株式会社ホームページ
[2] 三浦ら；次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業の全体概要について，日本原子力学会原子力バックエンド研究，Vol. 23 NO. 1・2（2016年12月）