



# ガラス固化技術開発施設の建設

本橋 昌幸 真道 隆治 新沢 幸一  
瓜生 満 三宮 都一 橋本 修  
東海事業所建設工務管理室

資料番号: 84-2

Construction of Tokai-Vitrification Facility

Masayuki Motohashi Ryuji Shindo Kouichi Shinzawa  
Mitsuru Uryu Toichi Sannomiya Osamu Hashimoto  
(Construction and Maintenance Office, Tokai Works)

動燃事業団では、高レベル放射性廃棄物（液体）の固化処理に関する国の方針にしたがい、昭和50年以来ガラス固化技術に関する研究開発を進め、これらの成果を結集し、昭和63年6月にガラス固化技術開発施設（以下、「本施設」という。）の建設に着手、約4年の工期を経て平成4年4月に完成させた。

本施設は、東海事業所再処理施設高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽に貯蔵している廃液を安定で取扱いが容易なガラス固化体に処理する施設で、ガラス固化技術等のプラント規模での実証を行うことを目的として設置した。

本報では、本施設の概要と特徴および建設工事の経過と特徴を紹介する。主な内容は次のとおりである。

- ①施設の概要 施設の目的、主要仕様、建家の位置・構造、プロセス工程の概要について紹介する。
- ②施設の特徴 固化セルと全遮隔保守方式の概要について紹介する。
- ③安全性 施設の安全性を確保するために講じた対策を紹介する。
- ④建設工事の概要 許認可の経過を紹介するとともに、建設工事の特徴として、工事費、工事区分等について概要を紹介する。

## 1. はじめに

原子力開発利用長期計画（昭和62年6月）では、高レベル放射性廃棄物の処理、処分については、『再処理施設において使用済燃料から分離される高レベル放射性廃棄物は、安定な形態に固化したのち、30年間から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地下数百メートルより深い地層中に処分することを基本的な方針とする。』

動力炉・核燃料開発事業団（以下、「動燃事業団」という。）は、これまで進めてきたホウケイ酸ガラスによる固化技術に関する研究開発等の成果を十分に活用し、固化プラントの建設・運転を行うとともに、ガラス固化体の貯蔵プラントを建設すること。」としている。

動燃事業団は、この国の方針に基づき、大学、国立研究機関、民間企業の協力を得て昭和50年以来進めてきたガラス固化技術に関する広範囲な研究開発の成果を結集し、昭和63年6月にガラス固化技術開

発施設（以下、「本施設」という。）の建設に着手、約4年の工期を経て平成4年4月に完成させた。写真1に本施設の全景を示す。

ここでは、本施設の概要と特徴および建設工事の経過と特徴を紹介する。

## 2. 施設の概要

### 2.1 施設の目的

本施設は、東海事業所再処理施設高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽に貯蔵している廃液を安定で取扱いが容易なガラス固化体に処理する施設で、ガラス固化技術等のプラント規模での実証（技術の高度化、改良を含む。）を行うことを目的として設置した。

### 2.2 主要仕様<sup>1) 2)</sup>

本施設では、使用済燃料約1トンの再処理によって発生する高放射性の廃液を約110ℓのガラス固化



写真1 ガラス固化技術開発施設の全景

〔写真中央がガラス固化技術開発棟、その左側がガラス固化技術管理棟、その右側が付属排気筒（左側の排気筒）、写真右端が高放射性廃液貯蔵場〕

体1本に処理する。ガラス固化処理する高放射性的な廃液は、設計上、燃焼度28,000MWD/MTU、比出力35MW/MTUの燃料を炉取り出し後0.5年で再処理し、その後5年間冷却したものと設定している。製造するガラス固化体はホウケイ酸ガラスであり、廃棄物含有量は標準25wt%としている。1日当たりの高放射性的な廃液の処理能力は0.35m<sup>3</sup>（ガラス溶融炉の処理量換算）で、年間最大140本のガラス固化体を製造する能力を有している。製造時のガラス固化体の標準特性は、1体当たり発熱量約1.4kW、放射線量約 $1.5 \times 10^{16}$ Bqである。

ガラス溶融方式としては、「液体供給式直接通電型セラミックメルター(Liquid-Fed Joule-heated Ceramic Melter: LFCM)方式」を採用している。この方式は、ガラスに交流電流を通電することにより発生するジュール熱によってガラスを加熱溶融するものである。その構造は、耐火物でガラスを保持する槽を構築し、最外部を金属ケーシングで覆ったものである。特徴は次のとおりである。

- ① 廃液のか焼をガラス溶融炉内で行えるため、工程が簡素である。
- ② 高温でガラス溶融でき、連続的に良質のガラス固化体が製造できる。
- ③ セラミック材と耐熱金属材料の利用等により、溶融炉寿命を長くできる。

写真2にガラス溶融炉を示す。

### 2.3 建物の位置および構造

本施設は、写真1に示すように、ガラス固化技術開発棟、ガラス固化技術管理棟および付属排気筒の

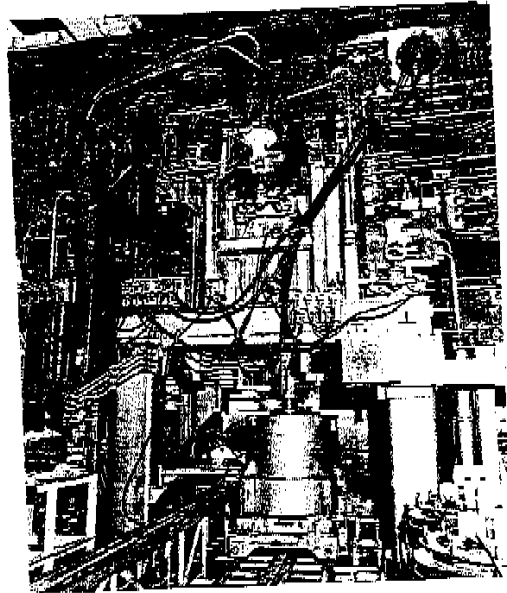


写真2 ガラス溶融炉

3施設から構成され、再処理施設高放射性廃液貯蔵場に隣接して建設された。

技術開発棟は、鉄骨鉄筋コンクリート造り、地下2階地上3階、建築面積約2,600m<sup>2</sup>で、地下部分に固化処理および放射性物質を扱う工程の大部分を設置し、地上部分には、分析、ユーティリティ、放射線管理、工程制御設備等の各種運転支援設備を設置している。

技術管理棟は、鉄筋コンクリート造り、地上4階、建築面積700m<sup>2</sup>で、1階に非常用発電設備、蒸気等のユーティリティ設備を設置し、2階から4階は居室としている。

付属排気筒は、地上高さ約90mの鋼製で、本施設のプロセス工程廃気およびセル換気系を含む建物の排気を放出する。

### 2.4 プロセス工程の概要

図1にガラス固化処理工程を示す。

再処理施設高放射性廃液貯蔵場の高放射性的な廃液貯槽に貯蔵している高放射性的な廃液は、受入配管を通して固化セル内の受入槽に受け入れる。受入槽では、廃液の分析が行われ、組成調整のための試薬添加量および濃縮倍率が決定される。

前処理工程では、受け入れた廃液を組成調整および濃縮し、ガラス溶融工程へ連続的に供給する。

ガラス溶融工程では、前処理を行った廃液をガラス原料とともにガラス溶融炉へ定量供給し、約1100

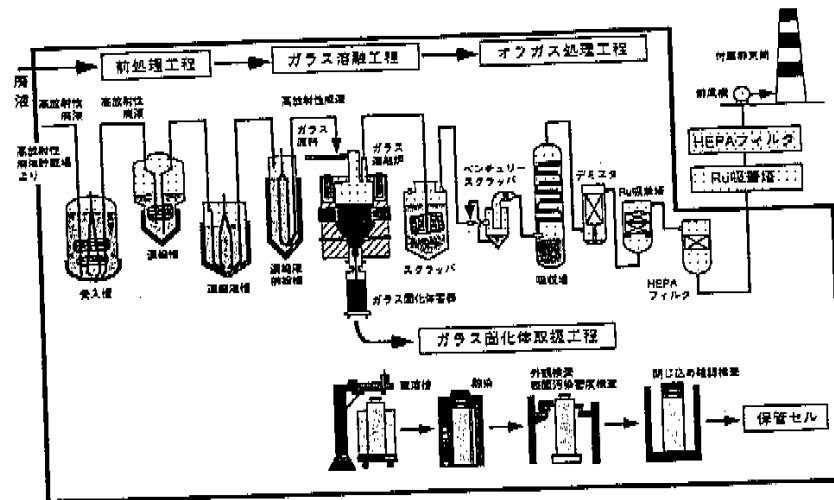


図1 ガラス固化処理工程図

→1200℃で溶融し、ステンレス鋼製のガラス固化体容器に注入する。

ガラス固化体取扱工程では、溶融ガラスを注入したガラス固化体容器の蓋を自動溶接し、ガラス固化体とする。ガラス固化体は搬送セル内で除染、表面汚染密度検査、外観検査等を行った後、保管セルの保管ビット内に保管する。保管ビットはガラス固化体をタテに6段収納する構造で70ビットあり、計420

本の保管が可能である。

写真3に保管ビット上部を示す。

一方、各プロセス工程からの廃気は、オフガス処理工程等で洗浄、吸着、ろ過を行った後、付属排気筒から放出する。放出にあたっては、廃気中の放射性物質の濃度を排気モニタリング設備により連続監視する。

各プロセス工程からの二次廃液は、廃液処理工程で蒸発濃縮処理し、濃縮液は受入槽へ送り高放射性の廃液と混合しガラス固化する。凝縮液は既設の廃棄物処理場へ送る。

本施設で発生する固体廃棄物は、一時保管後、既設の固体廃棄物貯蔵施設等へ送る。

### 3. 施設の特徴

本施設では、主要セルである固化セルの保守方式に、従事者の被ばくの低減および施設の稼働率の向上を図るため、全遠隔保守方式を採用している。このため、遠隔操作機器、固化セルの大きさ、プロセス機器の配置等に次のような工夫を施している。

- ① 器用な作業および自己保守可能な両腕型マニプレータの採用。
- ② 遠隔操作機器の効率的な運用をねらいとした大型セルの採用。
- ③ プロセス機器の保守、交換を容易にするラックシステムと遠隔継手の採用。

また、本施設では、大型セルである固化セルの換気方式に、セル汚染時の放射性物質の放出量低減およびセル換気系設備の合理化を図るため、セルの換気回数を1日1回程度とする低風量換気方式(Low-



写真3 保管ビット上部  
(ガラス固化体の保管能力は420本)

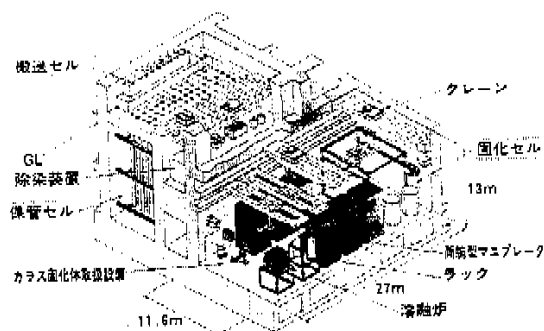


図2 固化セル等の鳥瞰図  
〔固化セル、搬送セル、保管セル〕

Flow Ventilation System : LFV)を採用している。この方式は、通常の換気方式の機能を、

- ① セルの除熱は換気ではなく、セル内に設けたインセルクーラ（熱交換機）で行う。
- ② セルの負圧維持は、セルへの給気量およびセル雰囲気温度を制御することで行う。
- ③ セル内雰囲気の流れは、プロセス工程からの廃気と同様にオフガス処理工程に送り処理することで行う。

のように分けて行うことにより目的を達するものである<sup>2)</sup>。

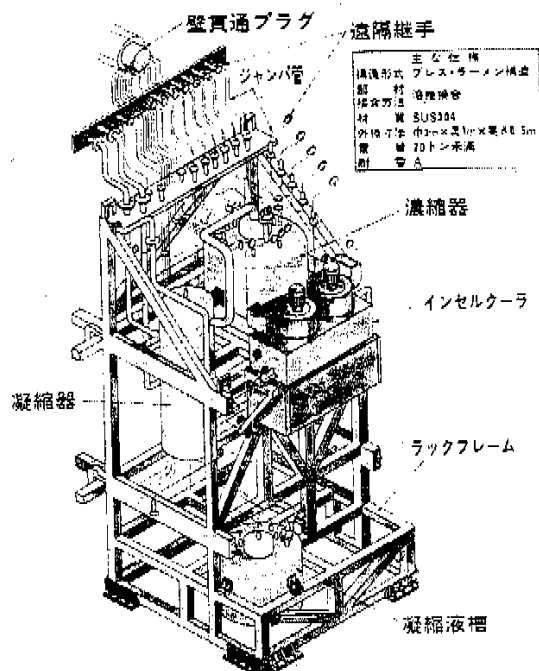


図3 ラックの概念図

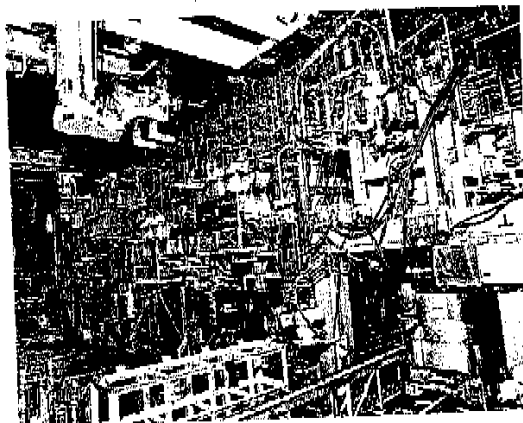


写真4 固化セルの内部  
〔遠隔保守を考慮した機器配置、セルの上部に両腕型マニプレータが設置されている。〕

全遠隔保守方式および低風量換気方式を採用した固化セルは、ガラス固化技術開発棟の地下階に位置し、長さ27.1m、幅11.6m、高さ13.0mの大型セルである。セル内の主要なプロセス機器は、7基のラック(寸法=3m×3m×6.5m)とガラス溶融炉に分割し、固化セルの両壁面に沿って配置している。また、セルの上部には、プロセス機器を保守するための両腕型マニプレータ、クレーンおよび作業監視用のテレビシステムを設置している。両腕型マニプレータは取扱荷重15kg、自由度7、バイラテラル機能を持つものであり、テレビシステムの一部には視認性の向上を図るため高解像度ITVを使用している。

図2に固化セル等の鳥瞰図を、図3にラックの概念図を、写真4に固化セルの内部を、写真5に両腕型マニプレータを示す。



写真5 両腕型マニプレータ

#### 4. 安全性<sup>1)</sup>

本施設では、施設の安全性を確保するために種々の安全対策を講じた。主なものを次に示す。

- ① 設計および工事は、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」に基づき、必要に応じて国内関係規格等に定める諸基準に準拠して行った。
- ② 耐震設計では、放射線による環境への影響の観点から建物、構築物、機器等をその重要度に応じて分類し、それぞれに十分な強度、剛性を持たせ耐震安全性を確保した。
- ③ 被ばく、遮蔽、火災・爆発、誤操作・故障等の防止では、東海事業所再処理施設の実績を踏まえ、それぞれに十分な対策を施した。
- ④ 放射性物質の漏洩の防止では、槽類の材料にステンレス鋼あるいはチタンを用い、施工の際には、材料、溶接等について厳重な品質管理を行った。また、槽類を収納するセルには、万一槽類から廃液が全量漏出していても十分な容量のステンレス鋼製ライニングを設置するとともに、漏洩液の検知および回収を可能とした。
- ⑤ 本施設特有の事項として挙げることができる溶融ガラスの漏洩の防止では、溶融炉を耐火物の組積構造とし、その外側を金属ケーシングで覆い自然空冷するものとした。溶融ガラスは温度が低くなると流動を停止する性質があるため、万一、溶融ガラスが耐火物の目地、割れ目等に入り込んだとしてもガラス溶融炉断面に生ずる温度勾配により耐火物内に閉じ込めることができる。

#### 5. 建設工事の概要

##### 5.1 建設工事の経過

安全審査は、昭和62年3月に再処理施設設置変更承認を申請、昭和63年2月に承認を受けた。その後、同年5月に建物についての原子炉等規制法に基づく「設計および工事の方法の認可（以下、「設工認」という。）」を申請、6月に認可を受けた。装置については同年11月に設工認を申請、平成元年1月に認可を受けた。

建設工事は、まず技術開発棟の建築工事を昭和63年6月に着手、9月末に床付の国の使用前検査（建築家の基礎を確認する検査）を受検後、地下部二重スラブの配筋・型枠工事等、本格的な工事を開始した。平成元年1月からは装置工事等の機器類の製作・据付が始まり、平成3年2月に建築工事が終了し、同年6月に機器類の据付が終了した。

引き続き、平成3年7月からは機器類の機能およ

| 項目        | 年度          |                 |                 |                 |            |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
|           | 昭和63年度      | 平成元年            | 平成2年度           | 平成3年度           | 平成4年度      |
| 1 建物      | 着工<br>S63.6 | 工事<br>H1.2      | 竣工<br>H3.2      |                 |            |
| 2 内装設備    | 着工<br>H1.1  | 製作・据付工事<br>H1.1 | 製作・据付工事<br>H2.4 | 作動試験<br>H3.4    | 竣工<br>H4.4 |
| 3 コールド試運転 |             |                 |                 | コールド試運転<br>H3.5 |            |

表1 建設工事工程

び性能を確認するための作動試験を順次実施し、平成4年4月を以て完了した。

表1に本施設の建設工事工程を示す。

##### 5.2 建設工事の特徴

本施設の建設工事は14工事区分からなり、動燃事業団の施工管理の下、建築工事、電気工事、換気工事を担当する各建設共同企業体、主要な内装設備を担当する原子力機器メーカーにより行った。総工費約380億円、工期約4年、工事に要した延人数約210万人・時間、ピーク時の作業人数は1日に約700人の大型工事であった。4年の工期のうち、着工後の3年は、建築工事、設備機器類の製作・据付工事等が行われ、残りの1年は設備機器類が仕様通りの機能、性能を満足していることを確認する通水作動試験、受取試験、遠隔操作試験等からなる作動試験が行われた。

建設工事を進めるにあたっては、本施設が、動燃事業団がこれまで開発してきたガラス固化技術、遠隔保守技術等の自主技術を採用するとともに、「溶接の技術基準」をはじめとする、「再処理施設の設計および工事の方法の技術基準」の本格的な適用を受けた初の施設であったため、動燃事業団内外の関連部署と綿密な調整が必要であった。また、多種多様な施工管理および膨大な資料管理に対応するとともに、設計、建設を通して得たノウハウの今後の施設設計等への活用の容易さを図るため、パーソナルコンピュータによるOA化を積極的に行い、設計・施工図書の審査状況等の管理、設計変更・改造の履歴管理は専用のデータベースを構築し運用した。

##### 6. おわりに

核燃料サイクルを確立する上でガラス固化技術は必須なものであり、商業規模の再処理施設の建設準備が順次進められている状況を考えると、本施設の

役割は重大である。このため、平成4年5月から、運転特性、遠隔保守方法の把握を目的としたコールド試運転を開始しており、平成6年春頃には実際の高放射性の廃液を使用したホット試運転に入る計画である。

研究開発から建設まで、ガラス固化技術のプラント規模での実証に向けて多くの方々のご協力を受け

てきたが、今後も各方面のご支援をお願いする次第である。

#### 参考文献

- 1) 佐々木 啓明 他：高レベル放射性廃液ガラス固化プラントの現状、動燃技報No66 (1985, 12)
- 2) 東海事業所技術開発部建設室：高レベル廃棄物対策 ガラス固化技術開発施設、動燃技報No59 (1986, 9)