

ポジションステートメント（見解、提言、**解説**、その他）  
「ガラス固化技術」

2013年9月  
日本原子力学会  
再処理・リサイクル部会

【はじめに】

ガラス固化とは、再処理工場から発生する高レベル及び一部の低レベルの放射性廃液を、化学的に安定な状態として長期間に亘り安全に保管・処分できるように、ガラスに溶融し、金属製の容器（キャニスター）に封入・固化する処理方法です。

日本における初の商業用再処理施設である六ヶ所再処理工場では、2006年3月より、原子力発電所から発生した使用済燃料による総合試験（アクティブ試験）が開始され、工場の主目的であるプルトニウムやウランの回収は問題なく進んで来ましたが、最後の工程の高レベル放射性廃液の「ガラス固化試験」で足踏みをしています。しかしながら、それを乗り越える新たな取り組みが始まっています。

【日本のガラス固化技術の開発と六ヶ所再処理工場への導入】

日本のガラス固化技術の開発は、主に日本原子力研究開発機構（原子力機構）により進められてきました。原子力機構では、茨城県東海村の再処理施設において、1994年9月から1号炉のホット試験が開始され、白金族を含むガラスの抜き出し性を改善するための底部電極構造変更等の改良を加えた2号炉で、2004年9月から開発運転が行われてきました。この間、運転経験を踏まえ、より安定的に運転を継続するため、白金族対策の他、廃ガス配管洗浄技術、ガラス全量抜き出し（ドレンアウト）後炉内残留ガラス除去技術等の開発も行われてきました。

六ヶ所再処理工場のメインプロセスは、フランスから技術導入されたものですが、このガラス固化技術は、純粋な国産技術です。六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉は、原子力機構の溶融炉がスケールアップされたものであり、原子力機構やメーカーの協力を得て、建設、試験運転、保守等が実施されてきました。

【六ヶ所再処理工場ガラス溶融炉のトラブル経験と克服】

六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉は、次のようなトラブルが発生しました。

- ・白金族の堆積による溶融ガラスの流下性低下
- ・流下ノズル閉塞
- ・炉内攪拌棒の曲がり
- ・天井レンガの落下
- ・低粘性流体（イエローフェーズ）の生成

これらのトラブルのうち、流下性低下の原因とその対策を検討するため、日本原燃が中心となり、六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉と同じ大きさのモックアップ装置（KMOC：東海村に設置）を用いて各種試験調査を実施し、安定運転に必要な技術や条件について検討されてきました。

この結果、炉内の温度をより正確に把握して、適切にガラス溶融炉の温度管理を行う等の対応の重要性が確認され、六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉に新たな温度計を追加しました。

### 【ガラス溶融炉高度化研究】

日本原燃では、より信頼性が高く効率的なガラス固化技術を開発するため、国の補助金も得て、2009年度から高度化研究を開始しています。この高度化研究には、日本原燃が中心となり、メーカー、原子力機構、国内の多くの大学、研究機関が参加し、オールジャパンの技術を集結して研究開発が進められています。現在、六ヶ所再処理工場に設置予定の次期溶融炉につながる成果が着々と積み上げられているところです

### 【海外のガラス溶融炉】

海外においても、再処理工場から発生した高レベル放射性廃液はガラス固化することとされており、フランス等の一部の国において商業用ガラス固化施設が稼働しています。高レベル放射性廃液をガラス中に溶融固化する基本的原理は各国共通ですが、溶融方式は国により異なります。

最も実績があるのはフランスです。フランスは、高周波電磁誘導加熱方式による金属製溶融炉を用いた方式です。日本の直接通電ジュール加熱溶融炉とは異なる溶融方式ですが、現在までに18,000本以上のガラス固化体を製造しています。イギリスにおいては、フランスから高周波電磁誘導加熱方式の技術を導入しました。この高周波電磁誘導加熱による金属製溶融炉方式には、炉の安定性が高く制御が容易である等の利点がありますが、高レベル放射性廃液を前もって蒸発乾燥し、仮焼して粉末にする仮焼装置（カルサイナー）が必要で工程が複雑になる、炉の大型化が難しい、炉の寿命が短い等の課題もあります。

日本と同じ直接通電ジュール加熱式を採用しているアメリカは、軍用再処理によって発生した廃液の処理が中心であり、処理する廃液の組成が日本と違います。

ドイツの技術は日本の技術に最も近いものですが、再処理実証試験が終了した後に、10数年・30年間貯蔵されていた高レベル廃液をガラス固化する目的であったため、六ヶ所ガラス固化施設のような商用施設ではありません。なお、ドイツでは既にこの廃液についてガラス固化が終了しています。

フランスやロシアで開発されているコールドクルーシブル誘導加熱炉（CCIM）は、ガラスを高周波誘導で直接加熱する一方で、ガラス溶融炉の炉壁を冷却することで、炉の劣化を防ぎ長寿命化を図るものです。また、溶融温度を高く出来ることから様々な廃棄物

の溶融やガラス固化体の廃棄物含有量を高めることも可能であり、開発段階を経て実機への導入が始まりつつあります。

### 【おわりに】

上記のとおり、六ヶ所再処理工場は最後の工程の「ガラス固化試験」で数々のトラブルに見舞われましたが、国内の諸機関の協力のもと実施された研究や試験等で、新たな知見が蓄積され、安定運転が期待されています。また、次期溶融炉の開発・設計も進められています。

今後も、さらに基礎物性研究も含めたガラス固化に関する研究開発が、研究者を育成しつつ国内技術を結集して継続的に行われ高性能なガラス固化技術を実現していくこと、そして、より高品質で高性能なガラス固化体を製造すること、これにより安定的にガラス固化体製造実績が積み重ねられていくことが望まれます。原子力学会では春の年会、秋の大会などでの研究成果の発表、議論を通じて、我が国のガラス固化技術の蓄積を支援しています。

なお、日本原子力学会再処理・リサイクル部会では、2011年1月「ガラス固化技術の現状と今後」と題したセミナーを開催しました。国内から200名以上の技術者・研究者が集うとともに、活発な質疑や意見交換が行われました。

本ポジションステートメントは、このセミナーにおける発表、意見交換も参考に纏めたものです。

以上