

ガラス固化溶融炉における電気抵抗トモグラフィの適用 Application of electrical resistance tomography to glass melter

株式会社IHI 宮坂 郁、一条 憲明、酒井 泰二、藤原 寛明
横浜国立大学大学院 上ノ山周、仁志和彦、三角隆太

1. 背景・目的

高レベル放射性廃棄物ガラス固化溶融炉では、ジュール加熱によりガラスを加熱し、上部から供給する高レベル廃液・ガラス原料をガラス化し、安定したガラス固化体とする。この時、高レベル放射性廃液に含まれる白金族元素 (Ru, Rh, Pd) は、溶融ガラスへの溶解度が低く炉内で粒子としてふるまうこと、溶融ガラスよりも密度と導電率が高いことから、白金族が炉内に堆積すると加熱ムラやガラス流下不良の原因となる。

これまでのガラス溶融炉フルスケールモックアップ試験において、加熱用電極間の電気抵抗によるモニタリングを実施してきたが、より高精度・早期に白金族の堆積を検出可能なモニタ法を併用すれば運転への影響を低減することが可能になる。しかし実際のガラス溶融炉は高温・高放射線環境下であり、適用可能な方法が限定される。

電気抵抗トモグラフィ法(ERT法、※参照)は、計測対象断面に設置した複数の電極間の電気抵抗差をもとに計測断面の電気抵抗・導電率の分布を再現する計測法で、通電・抵抗計測が可能な条件であれば、ガラス溶融炉運転条件下(直接観察不可、高温・放射線環境下)でも適用できる可能性がある。

以上から、新型ガラス溶融炉フルスケールモックアップ試験においてERT試験を実施し、適用性を検討した。

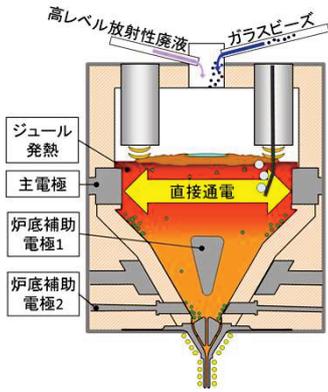


図1 高レベル放射性廃棄物ガラス溶融炉と炉底堆積白金族元素粒子のイメージ

※ ERT法について

一般的なERT法の流れを図2に示す。1断面あたり8~32の電極を設置した計測断面の設定後、系内を解析メッシュによりモデル化し、事前シミュレーションにより導電率影響をデータベース化する。その後実際の計測を実施し、電極間の電位差から抵抗値の算出し、導電率影響データベースに基づき導電率分布を再構成する。

例えば、電解塩の溶解槽で濃度分布をリアルタイムでモニタリングすることが可能となる。

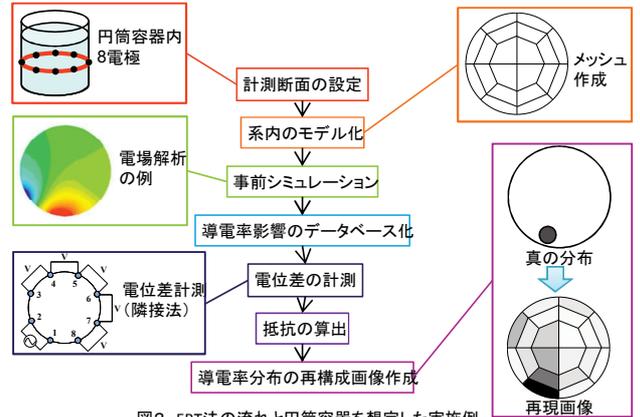


図2 ERT法の流れと円筒容器を想定した実施例

2. 新型溶融炉へのERT法の適用

新型ガラス溶融炉にこれを適用するにあたり、実際の溶融炉ではセンサーの設置が限定されていることから、炉内に設置された温度計の鞘管をERT用電極として流用することとし、白金族元素堆積が懸念され、かつ1断面あたり4つの温度計が設置されている計測断面を2つ設置した(図3)。

この時、新型ガラス溶融炉における電極数、白金族の分布が壁面付近に限定されること等から表1に示す改良を行った。

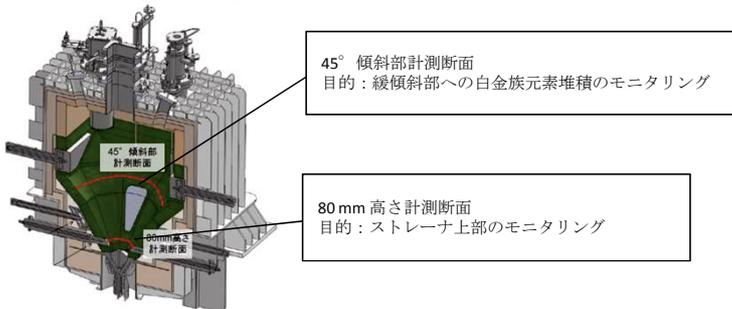


図3 新型ガラス溶融炉での計測断面の設定

表1 新型ガラス溶融炉へのERT適用に向けた改良点

要件	従来手法	本手法
溶融炉形状 センサー数	・円筒容器 ・8~32電極	・円錐容器 ・4電極
測定対象の分布	・断面内全領域	・壁面付近のみ
電位差計測 (データ取得法)	・隣接法	・隣接法、対向法の組合せ
温度の影響	導電率は溶質濃度等による1変数	導電率白金族を含まない条件の温度と電位の相関から温度影響を補正

3. 結果

図4に計測結果から得られた温度と電位差の相関図の例を示す。白金族元素を含まない条件で計測された電気抵抗が直線的な温度依存性を示すのに対し、白金族元素を含む条件ではその相関から抵抗が低下する傾向がみられ、新型ガラス溶融炉への適用における温度補正の成立性を確認することができた。

求めた相関を使用して再構成した各計測断面の導電率分布を図5に示す。いずれも高濃度の白金族元素の分布、白金族元素の局在は検出されなかった。これらの結果はモックアップ試験で得られた流下ガラスの分析結果と整合した。

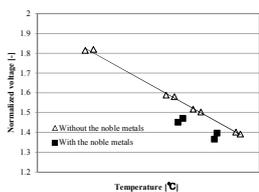


図4 温度と電位差の相関の例

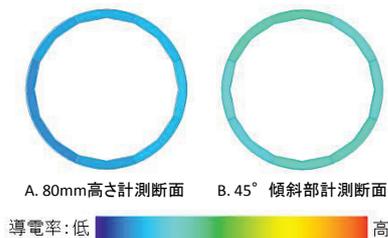


図5 再構成画像の例

4. まとめと今後の課題

新型ガラス溶融炉に対する電気抵抗トモグラフィの適用について、ERT法の改良等をへて適用性を確認することができた。

一方で、新型ガラス溶融炉モックアップ試験では白金族の高濃度の堆積・局在等が観測されなかったため、それらの条件での検出性が今後の課題となった。これについては数値解析による机上検討により検出性の検討を実施している。参考のためガラス溶融炉内の熱流動解析モデル使用して仮想的に白金族元素が45°傾斜部付近に堆積した条件を作成し、その際の検出性を検討した例を図6に示す。今後、このような手法を援用して検出性の感度解析等を積み重ね、実用化に向けた検討を実施する。

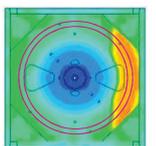


図6 数値解析による検出性の検討例