

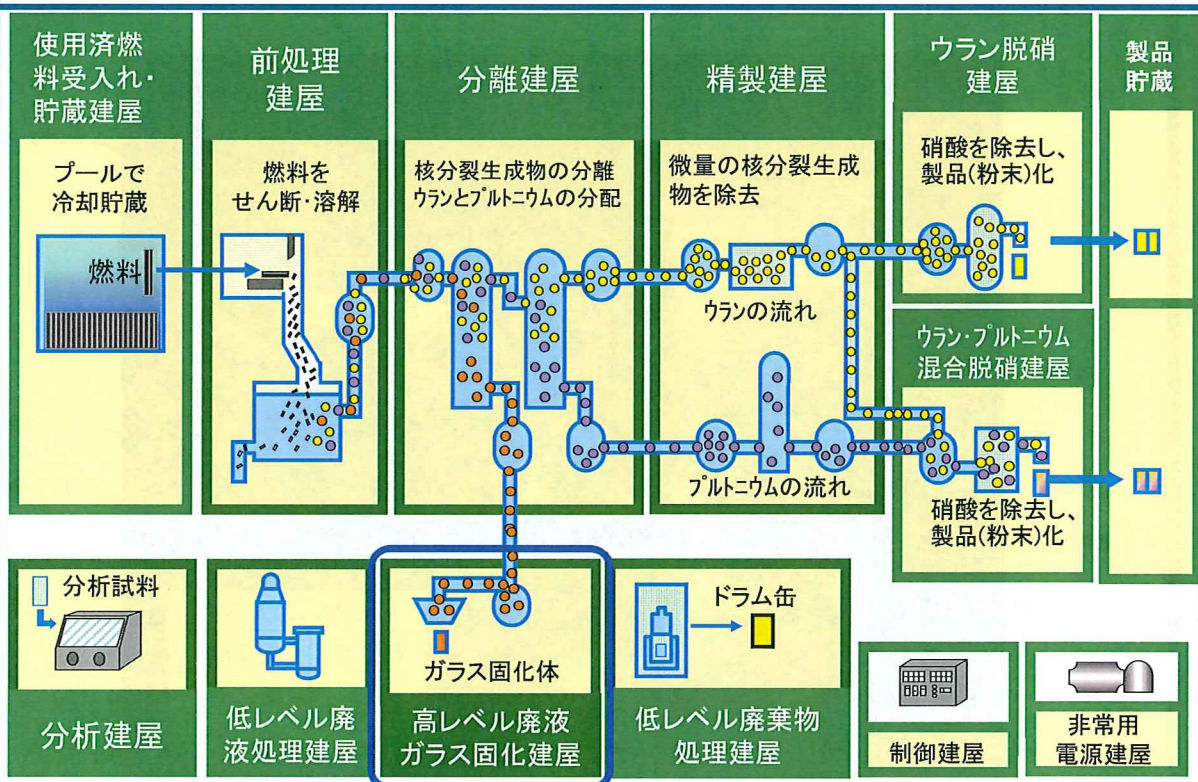
# 核燃料サイクル施設における ガラス固化技術の確立について

## 六ヶ所再処理工場における ガラス固化試験の結果

2015年3月19日



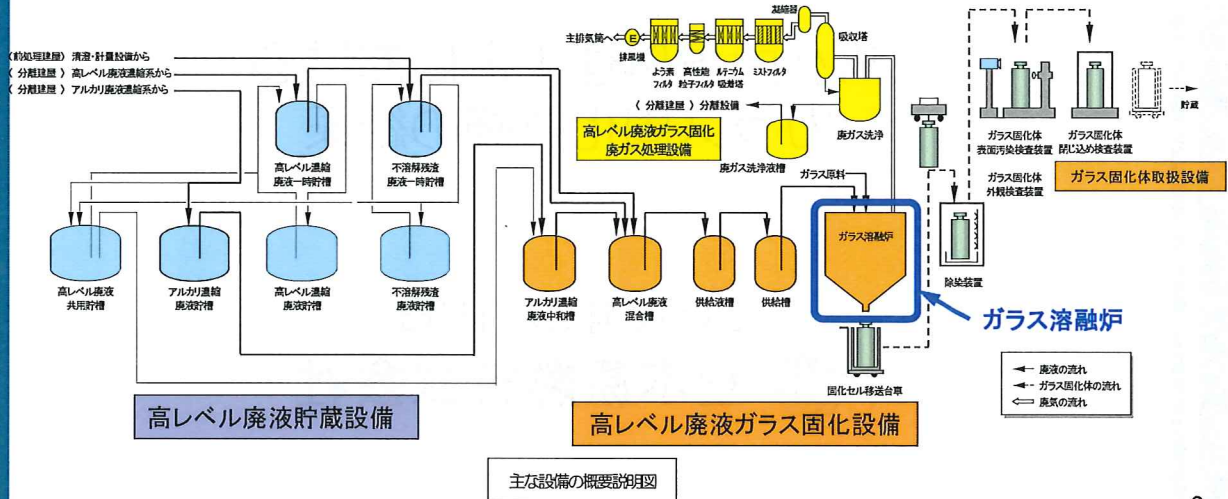
### 六ヶ所再処理工場の全体工程



# 高レベル廃液ガラス固化設備

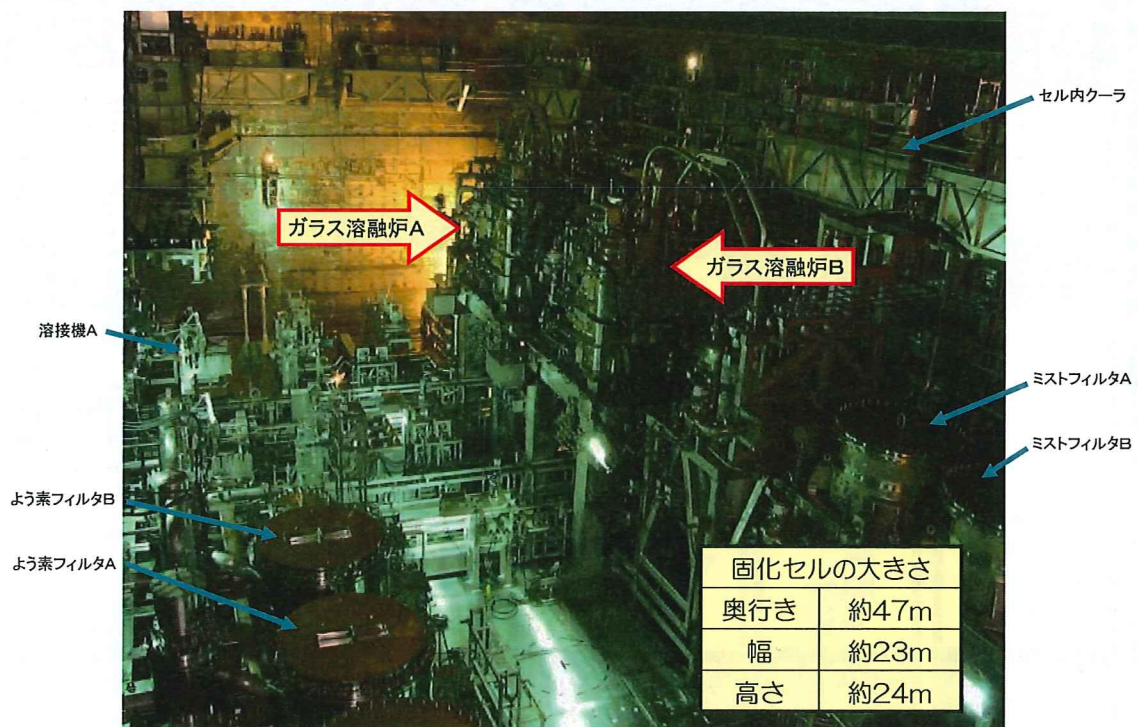


- 高レベル廃液ガラス固化設備は、**高レベル廃液**（高レベル濃縮廃液、アルカリ濃縮廃液、不溶解残渣廃液）と**ガラス原料を溶融し、ガラス固化体を製造・検査**する設備
- ガラス溶融炉、廃ガス処理設備、溶接機等は、ステンレス鋼でライニングされた**固化セル内に設置**されており、クレーンやパワーマニピュレータによる遠隔操作で保守・点検を実施



3

# ガラス固化セル全景



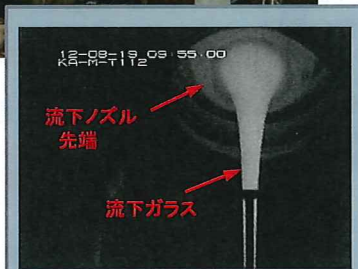
4

# ガラス溶融炉の外観

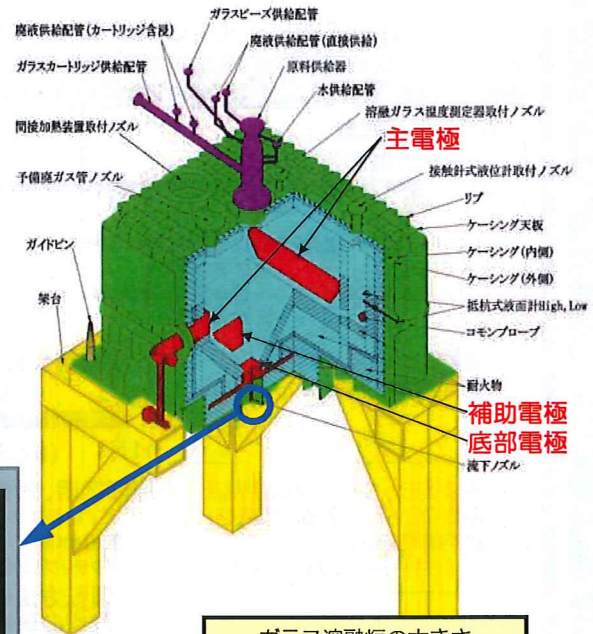


ガラス固化体

ガラス固化体の大きさ	
高さ	約1340mm
外径	約430mm



流下ガラスの映像

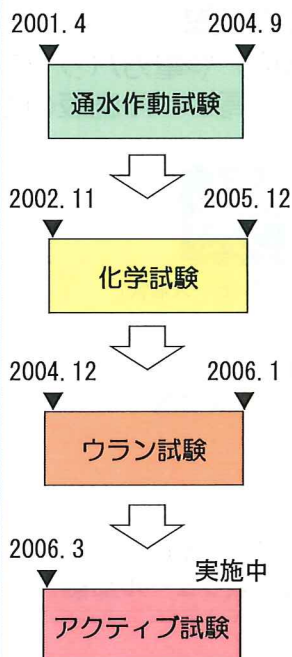


ガラス溶融炉の大きさ	
奥行き	約3m
幅	約3m
高さ (架台除く)	約3m

# ガラス固化設備の確認ステップ



## 【再処理工場の試運転】



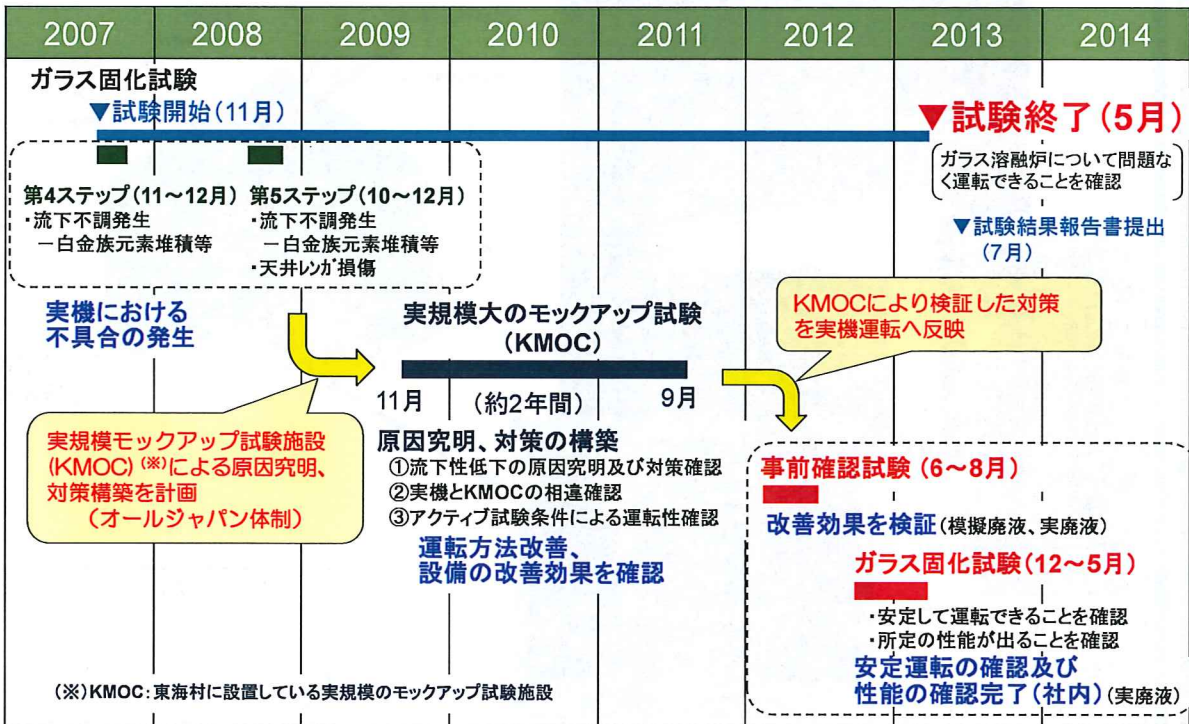
## ガラス固化設備の各ステップにおける確認内容

試験	確認内容
通水作動試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気・圧縮空気等のユーティリティと水を用いて、プロセス配管、塔槽類、液移送機器、計測制御機器の機能確認等を実施</li> <li>ガラス溶融炉附属設備の単体作動確認</li> </ul>
化学試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いたガラス固化体の製造試験を実施し、ガラス固化施設の機能確認を実施</li> <li>ガラス固化体取扱設備も含め、最大処理速度でのガラス溶融炉2系列運転の成立性を確認</li> </ul>
ウラン試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガラス固化施設では対象の試験なし</li> </ul>
アクティブ試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>高レベル廃液を用いたガラス固化体の製造試験を実施</li> <li>ガラス溶融炉の安定運転性能の確認および処理能力の確認（使用前検査の自社検査）を実施</li> </ul>

# アクティブ試験の経緯



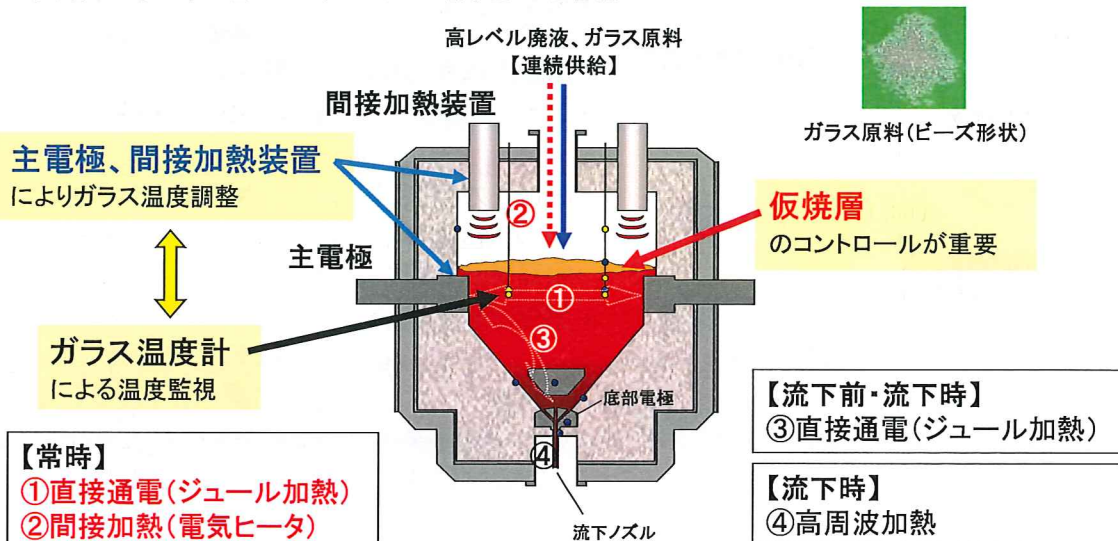
- 2012年12月～2013年5月にかけてガラス固化試験を実施し、終了。
- ガラス溶融炉について「安定して運転できること」および「性能」を確認。



## ガラス溶融炉運転のポイント① (炉内温度管理)



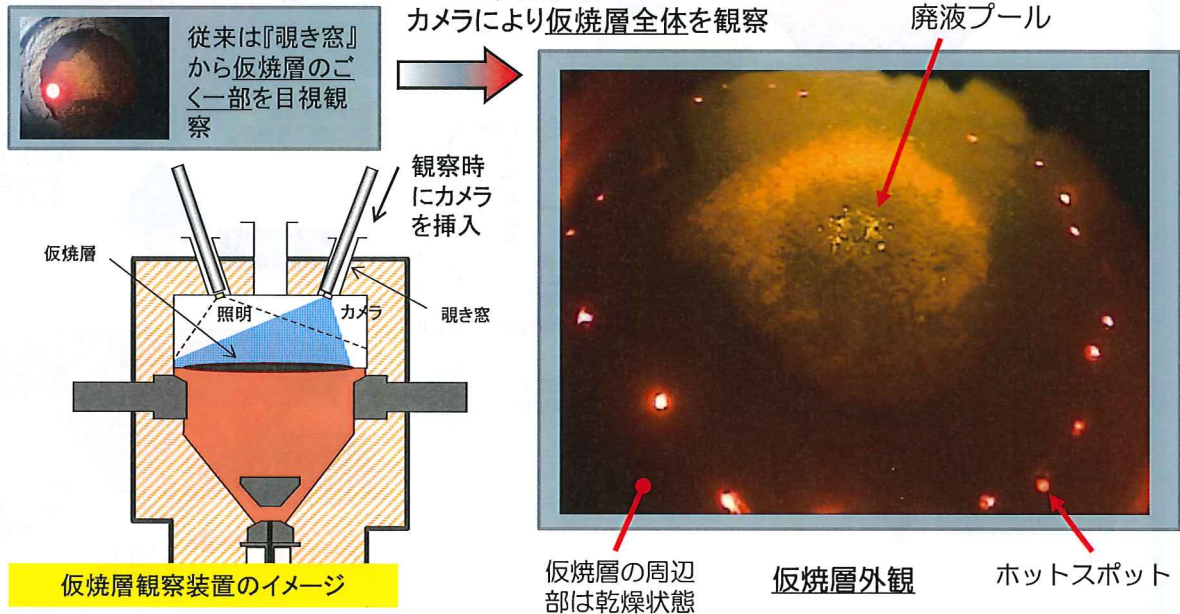
- ガラス溶融炉運転は、ガラス温度と気相温度を目標範囲内に制御する必要があり①主電極間電力(ジュール加熱)と②間接加熱電力によって調整
- これまでの経験から、温度制御には仮焼層のコントロールが重要
- 仮焼層の状態は、高レベル廃液の性状(廃液濃度、廃液組成)や電力バランス(主電極間電力と間接加熱電力)等によって変化するため、高レベル廃液の性状等に応じた電力バランスの設定が必要。



## ガラス溶融炉運転のポイント②（仮焼層形成）



- ▶ 実規模大のモックアップ試験装置（KMOC）において、ガラス溶融炉上部より挿入するカメラを開発し、**仮焼層全体を観察**することに成功した
- ▶ 運転状態に応じて、溶融ガラス温度、気相部温度に応じて仮焼層が変化する様子を観察し、最適な状態となるよう気相部温度を調整する



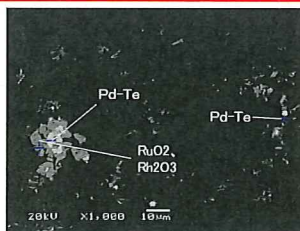
## ガラス溶融炉運転のポイント③（白金族管理）



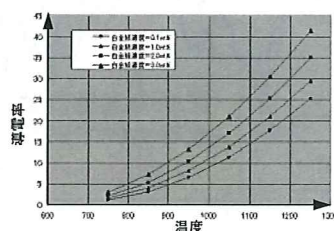
ガラス原料  
Si、B、Al、Naなど  
+  
高レベル放射性廃液  
Na、Zr、Mo、Cs、Ba、  
**Ru、Rh、Pd**、ランタノイド、  
U、アクチノイド等

白金族元素

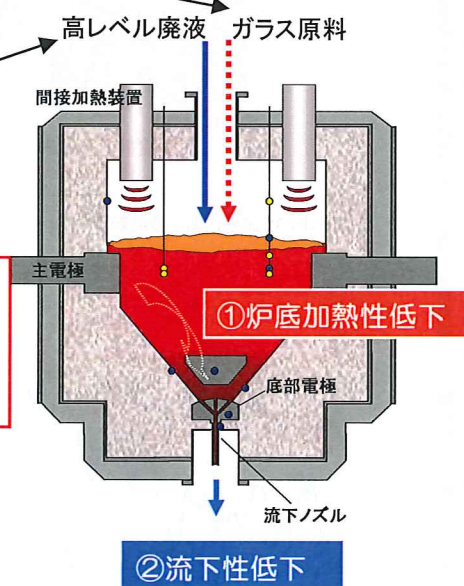
- ガラスへの溶融性が悪い
- ガラスより密度が大きいため、沈降しやすい
- 濃度増加（沈降・堆積）によるガラス粘性上昇
- 導電率上昇（抵抗低下）による加熱性能の低下



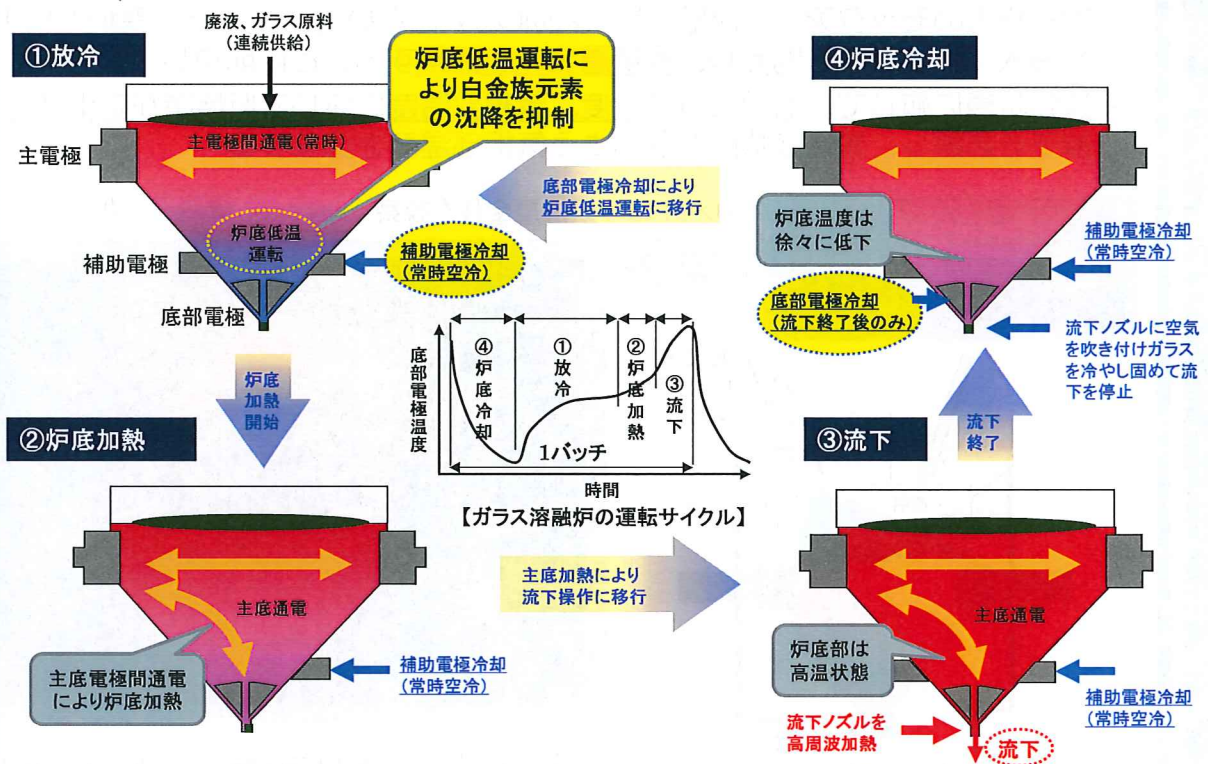
ガラス中の白金族元素の存在状態(例)



白金族元素温度と導電率の関係

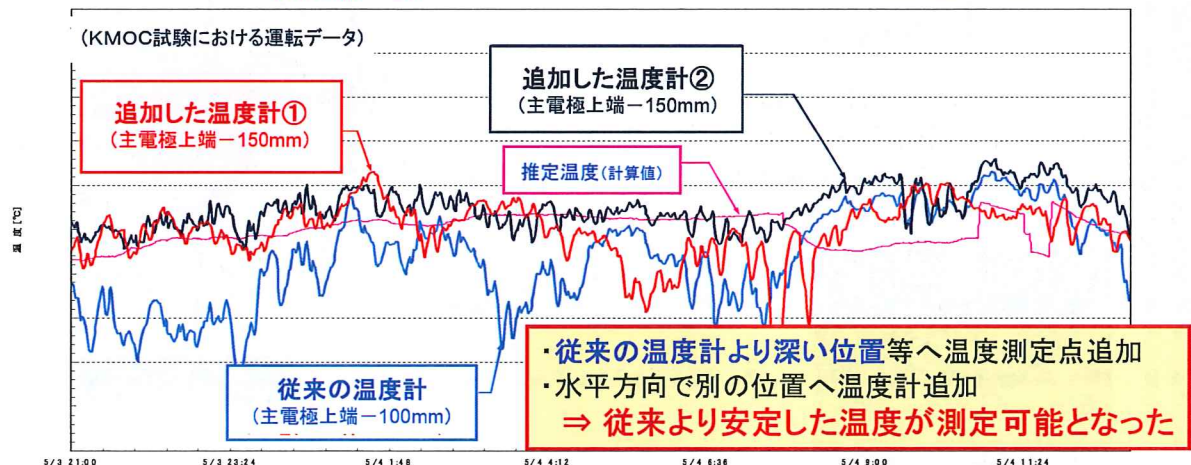
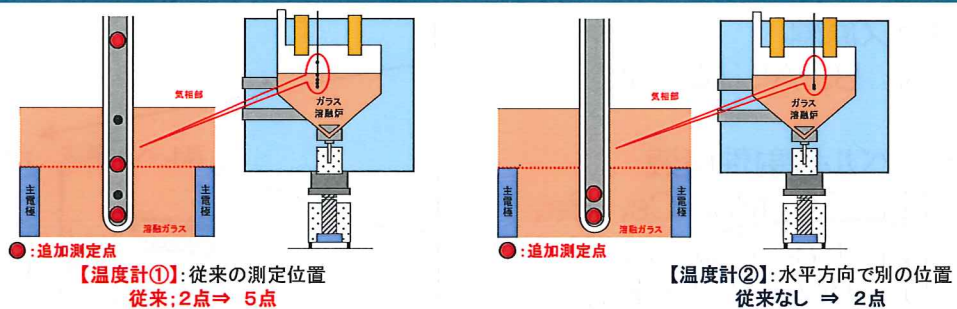


# ガラス溶融炉運転のポイント④ (炉底温度管理)



11

## 【設備改善】 温度測定点の追加



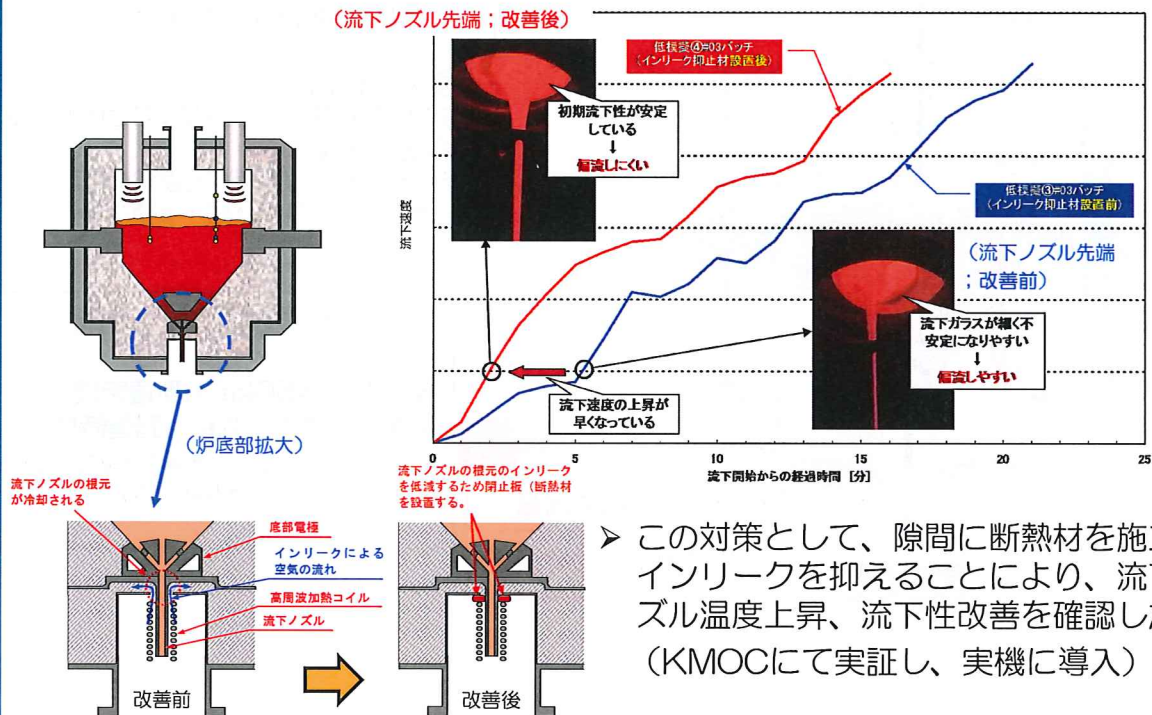
追加した温度計の指示値確認例 (KMOC試験)

12

## 【設備改善】 流下ノズルの温度向上



- ▶ ガラス溶融炉は運転中、負圧を維持しているため隙間からインリーク（微小の空気吸込み）がある。インリークにより流下ノズルが冷却されていた。



13

## アクティブ試験における不具合の原因と対策



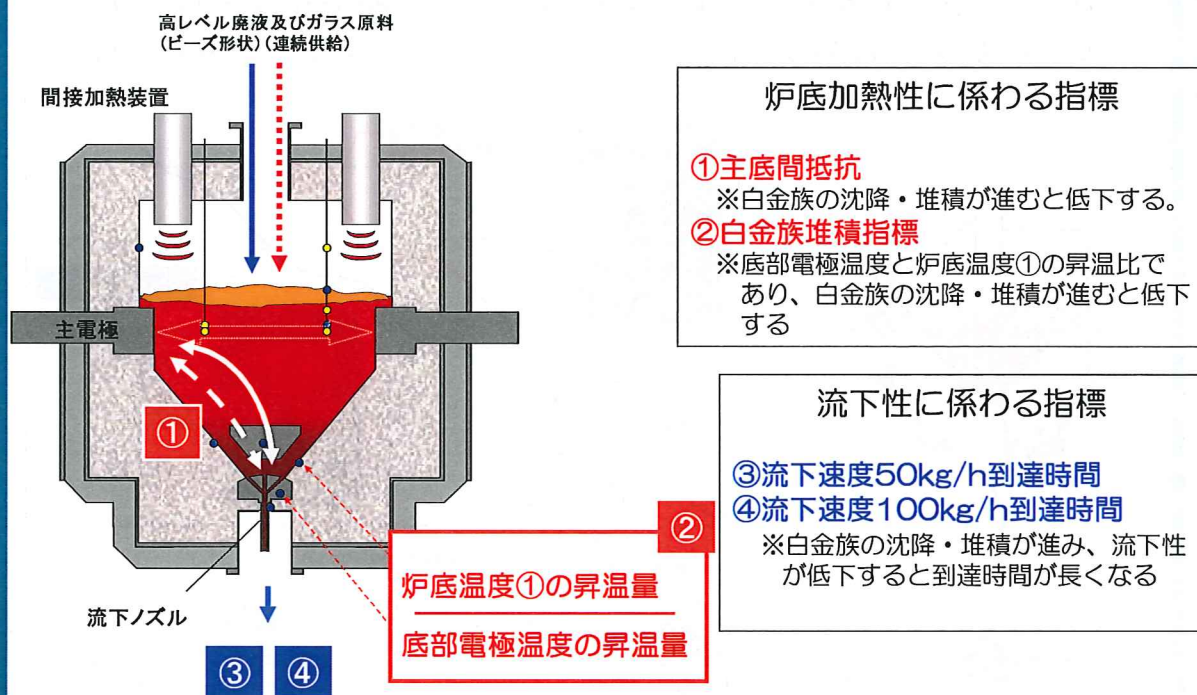
### ■ 炉内温度管理

- ①設計の廃液組成と異なる高レベル廃液（アクティブ試験廃液）組成で安定運転範囲が把握できていなかった  
→ モックアップ試験により、安定運転範囲を確認
- ②ガラス温度監視に必要な温度計が少なかった（1ポイント）  
→ モックアップ試験により追加位置を確認し、**実機に温度計を追加**
- ③電力調整が経験に頼るところが多く、適切な温度コントロールができなかった  
→ モックアップ試験を通じ、運転習熟を行うと共に**電力調整の計算コードを導入**

### ■ 白金族元素管理

- ④白金族元素管理の観点から、ガラス温度、炉底温度の運転管理目標が明確でなかった  
→ モックアップ試験の結果を踏まえ、**温度管理目標を設定**
- ⑤運転に伴い、流下ノズルの加熱性が低下していた  
→ **流下ノズルの加熱性向上のための設備改善を実施**
- ⑥従来のコールド試験では遠隔操作を想定した回復運転操作等になっておらず、実機における回復操作では時間を要すると共に、回復効果が十分でなかった  
→ **定期的な回復運転（仮焼層を維持した洗浄運転）を実施**  
→ **回復運転、保持運転等のマニュアルを詳細に整備**

14



## ガラス固化試験計画

### 【試験目的】

➤ガラス固化試験は、性能使用前検査の検査前条件であり、当社の社内試験として以下を実施

- ①安定運転確認：操業運転を想定した運転条件で安定運転可能であることを確認する。
- ②性能確認：事業指定申請書に記載された処理能力(約70L/h)を確認する。

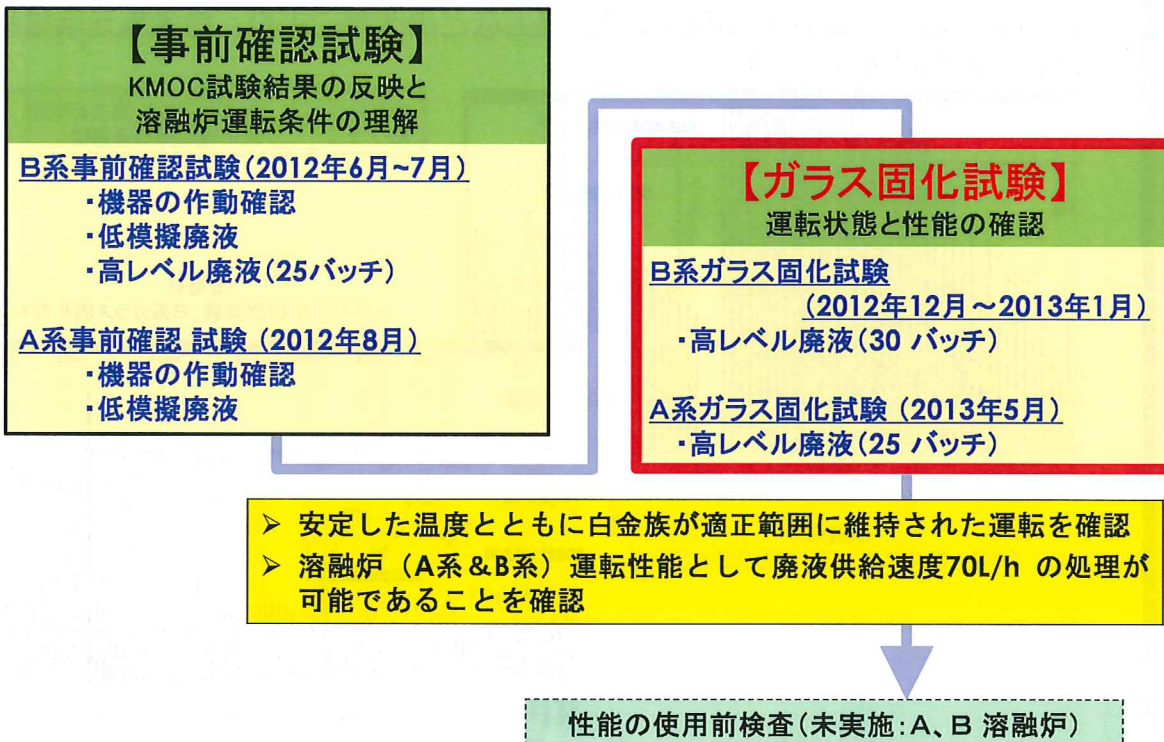
### 【判定基準】

- ①安定運転確認：各温度を管理範囲に維持した上で、高レベル廃液処理運転を20バッチ実施できること
- ②性能確認：計測時間1時間※における高レベル廃液の処理量が70L/h以上であること。（ガラス溶融炉が適切にガラス固化体を製造するための運転を行っていること。）

※他の施設の使用前検査の計測時間が1時間であるため、計測時間を1時間に設定。



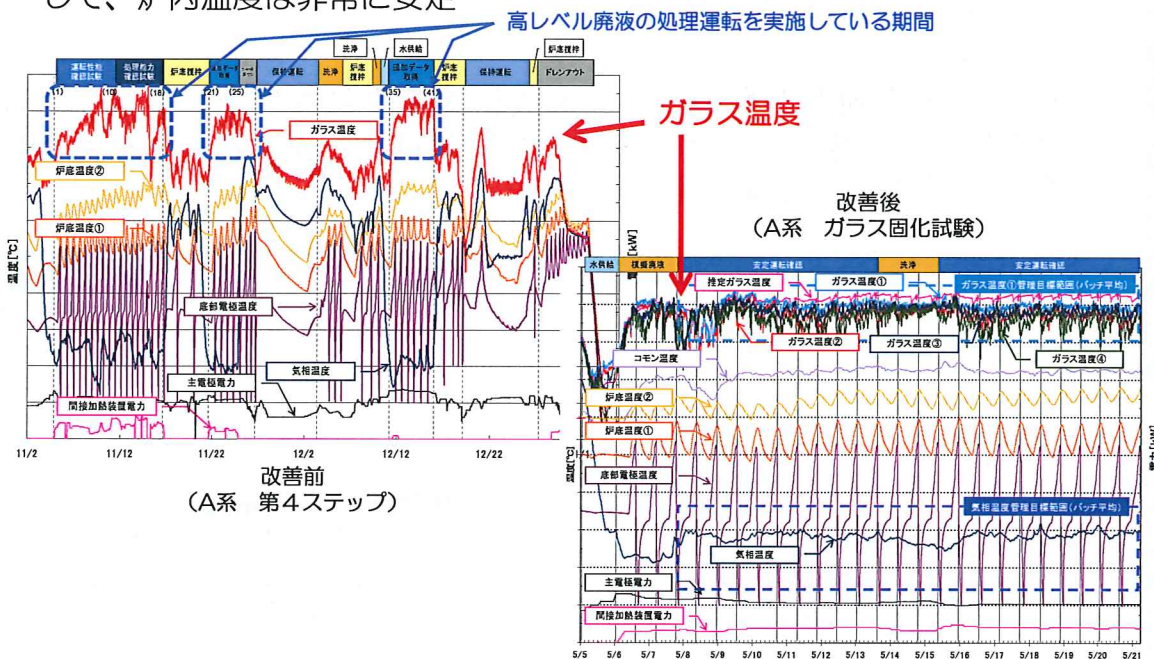
## 試験の流れ



## ガラス固化試験結果 (炉内温度管理)

### ■ 炉内温度管理

- > 熱電対追加などの設備改善、モックアップ試験による運転習熟などの効果として、炉内温度は非常に安定

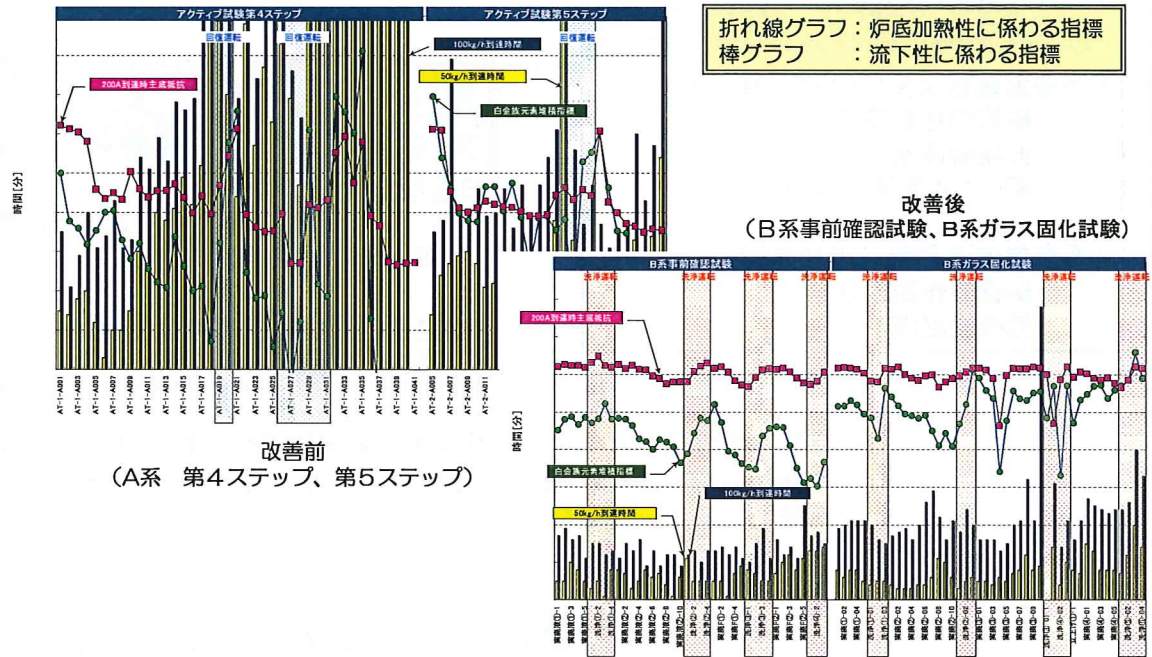


# ガラス固化試験結果（判断指標）



## ■ 白金族元素管理

- 炉内温度管理、流下ノズルの加熱性向上などの改善により、白金族元素堆積に関わる指標は非常に安定



19

# ガラス固化試験結果のまとめ

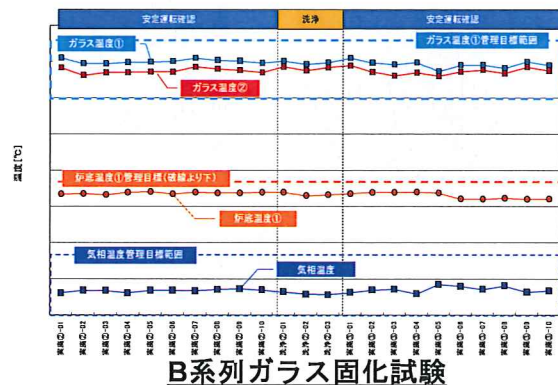
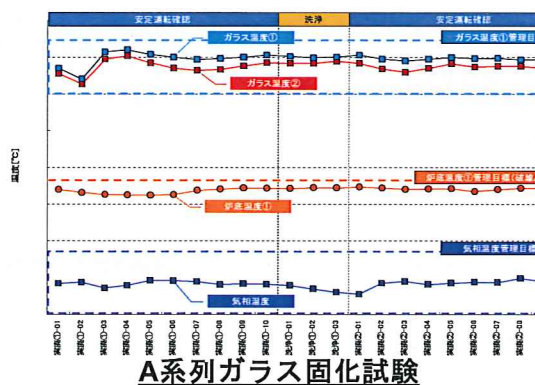


## 【安定運転確認】

- A系列、B系列とも連続的な運転を行い、管理範囲内で安定した運転が維持できることを確認した。

## 【性能確認】

- A系列、B系列とも高レベル廃液供給速度を徐々に上昇させ、性能確認を行った結果、高レベル廃液の供給量は、いずれのバッチも判定基準（70L/h以上）を満足した。



ガラス固化試験における各部のバッチ平均温度の推移

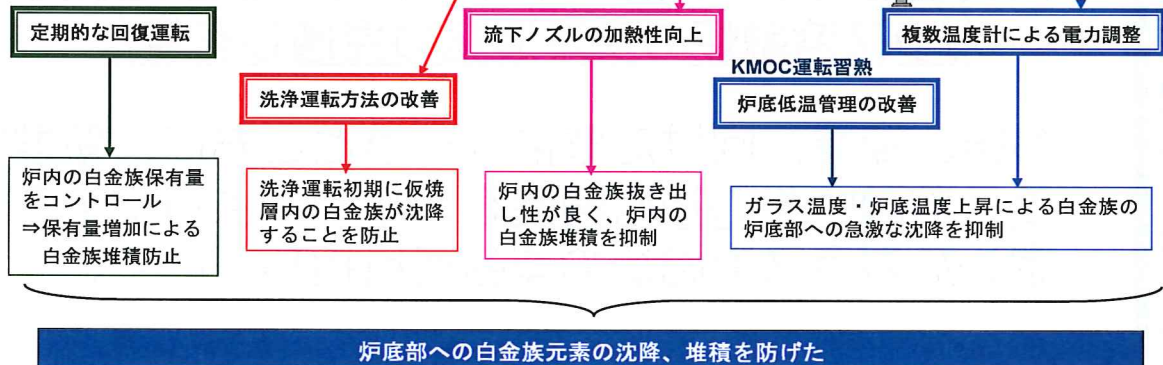
20

# 設備および運転方法改善のまとめ



前回の試験の経験やKMOC試験の結果をもとに行った複数の設備改善等の効果が、結果として、炉底部への白金族元素の沈降、堆積を防ぐことにつながった

白金族元素の沈降、堆積をいかに抑えるかという技術的課題に対する方策を確認できた



# アクティブ試験結果の運転管理への反映



## 1. 運転管理マニュアルへの反映

- 安定運転を実現するために、必要な運転対応等(廃液調整方法等)について運転管理マニュアルに反映
- 不具合事象の再発を防止するために、必要な運転対応等(間接加熱装置温度効果速度制限等)について運転管理マニュアルに反映

## 2. 想定事象マニュアルへの反映

- 先行施設および実機の事例、想定事象を取り纏めた事象想定リストを作成すると共に、想定事象に対する対応フローを準備
- 運転を通して、事象想定リストを拡充すると共に、その対応フローを適宜見直すことで、速やかにトラブル対応できるようにしている
- これら事象想定リストと対応フローはガラス固化体取扱設備、廃液供給設備、廃ガス処理設備、遠隔設備などガラス固化システム全体に対して準備

- ▶ アクティブ試験において数々のトラブルを経験したが、モックアップ試験による運転方法の確立、設備改善により ⇒ **技術的課題を克服した**
- ▶ その後、再度、高レベル廃液を使用したガラス固化試験を実施し大きなトラブルなく試験を終了。  
⇒ **ガラス溶融炉の安定運転の見通しを得た**
- ▶ 今後、操業に向けた準備を行うとともに、**新型ガラス溶融炉等の技術開発**を通して、より安全で安定したガラス溶融炉の運転を目指していく。