



ガラス固化体の製品品質について



記載内容のうち、 内の記載事項は公開制限情報に属するものであり公開できませんので削除しております。

ガラス固化体の品質管理項目



➤ ガラス固化体の品質管理と管理方法は下表の通り

管理項目		設定値	管理方法
発熱量 ＜ガラス固化体貯蔵中における固化体の温度上昇防止＞		発熱量の上限値を設定	①ガラス固化する廃液の分析による組成管理と供給量管理 ⇒化学試験で組成評価プロセスの検証、廃液供給精度の検証などを行い、組成管理の妥当性を確認 ②原料ガラスビーズの調達管理
固化ガラス化学組成	廃棄物含有率 ＜固化体の浸出率抑制＞	廃棄物含有率の管理値を設定	
	ナトリウム含有率 ＜固化体の浸出率抑制＞	酸化ナトリウム含有率の管理値を設定	
ガラス固化体重量 ＜流下ガラスの溢流防止＞		標準重量値の設定	①重量計の指示値を用いた管理 ⇒化学試験で固化体重量
固化ガラス均質性		熔融ガラス温度の下限値を設定	①熔融ガラス温度管理 ⇒基礎試験で均質性が確保できるガラス温度条件を検証 ⇒KMOC試験で温度管理と均質性の関係を確認

ガラス固化体の品質管理方法の検討経緯



- ▶ アクティブ試験の開始にあたり、六ヶ所再処理工場で製造されるガラス固化体の仕様を整理すると共に、品質保証の観点から化学試験やKMOC試験データの整理や追加分析を実施し、品質管理の妥当性確認を実施
- ▶ また、それら品質管理項目を管理することで要求される品質のガラス固化体が製造されることを確認するために検証作業（妥当性確認、精度確認など）も実施

高レベル廃液ガラス固化建屋で製造されるガラス固化体の確認項目と品質管理項目

確認項目	設定値（許容範囲）	品質管理項目											検証作業（妥当性確認、精度確認など）				
		分析	供給量管理	製造管理	調達管理	検査	外観	分析	供給量管理	製造管理	調達管理	検査		外観			
放射能	-	○	○	○	○												【分析、供給量管理】 ・ 化学試験で組成管理の妥当性を確認 ※ 化学組成評価プロセスの検証 ※ 廃液原料供給精度 ※ 原料ピーズ供給精度 【調達管理】 ・ 化学試験で実績ある原料ピーズ製造メーカーからの調達 ※ 工場検査要領書の整備 ※ 立会検査
発熱量	2.8kW/本以下 目標 2.3kW/本（設計値）	○	○	○	○												
固化ガラス化学組成	廃棄物含有率：□wt%（設計値） □wt%～□wt% Na ₂ O含有率：□wt%（設計値） □wt%～□wt%	○	○	○					○	○							
ガラス固化体重量	固化体重量：約□kg/本（設計値） ※容器重量除く				○												【製造管理】 ・ 化学試験で固化体重量管理の信頼性を確認 ※ 重量計精度
容器閉じ込め性	容器の健全性（材質、溶接部の健全性） 蓋溶接部の健全性										○		○				【製造管理】 ・ 化学試験で溶接条件の妥当性を確認 ※ 非破壊検査等による溶接条件確認 【調達管理】 ・ 化学試験で実績ある固化体容器製造メーカーからの調達 ※ 工場検査要領書の整備 ※ 立会検査
外観健全性	容器に著しい破損がないこと														○		【検査】 ・ 化学試験で各種検査装置の信頼性を確認
表面汚染密度	βγ：4Bq/cm ² 以下 α：0.4Bq/cm ² 以下														○		【製造管理】 ・ KMOC第6次試験(2)で均質性を確認 ・ 基礎試験でガラス化条件を確認 ※ ガラス化条件：□℃、□時間
固化ガラス均質性	溶融温度が定められた範囲内であること (□℃以上)				○												

KMOC試験による均質性の検証

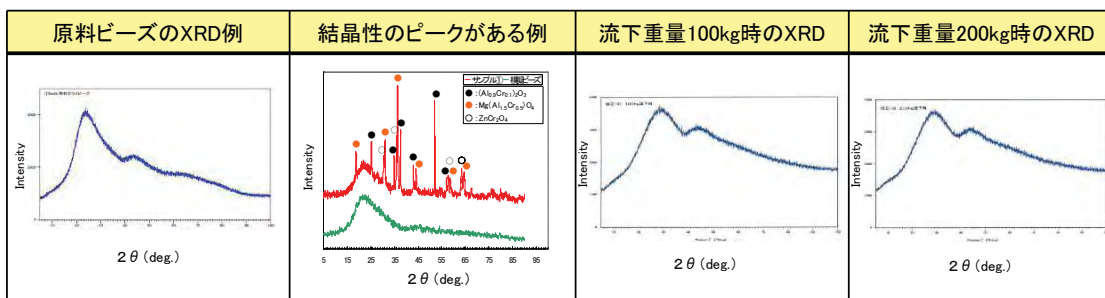


- ▶ 実機の運転において、ガラス固化体の品質を確認することは困難であるため、KMOC試験等により安定運転範囲を広げ、随時品質を確認していくことを考えている。
- ▶ KMOC試験においてガラスバッチ平均温度□℃以下の流下ガラスについてNa濃度に変動がほとんどないこと、結晶性物質がないことを確認した結果を参考として以下に示す。

表 流下重量ごとのXRF分析結果(KMOC#8(2))

	製造目標	100kg時	200kg時	300kg時	平均値	偏差	変動幅(%)
Na ₂ O	□	□	□	□	□	□	0.81

表 ガラス温度が低い場合の流下ガラスXRD観察結果（結晶成分の有無確認）(KMOC#8(2))



アクティブ試験で確認した品質管理手法



- アクティブ試験において製造したガラス固化体346本は全て品質管理記録が残されている
- 品質管理手法の例として、アクティブ試験で確認した発熱量のガラス固化プロセスにおける品質管理のステップを示す。（発熱量の管理値は2.8kW/本以下であり、製造目標は2.3kW/本としている）
 - ①混合廃液の濃度の確定
 - ②供給液槽/供給槽の濃度管理
 - ③廃液/洗浄用模擬廃液の供給量及びガラス原料の供給量管理
 - ④溶融ガラスの濃度管理
 - ⑤ガラス固化体組成管理
- ガラス固化体の発熱量は、2.8kW/本以下を満足するように、高レベル廃液の分析値のばらつきとプロセス運転上の変動(高レベル廃液の供給誤差、ガラス原料の供給誤差、溶融ガラスのガラス固化体への注入誤差)として±22%のばらつきを考慮して、2.3kW/本を目標として管理

イエローフェーズの発生抑制対策



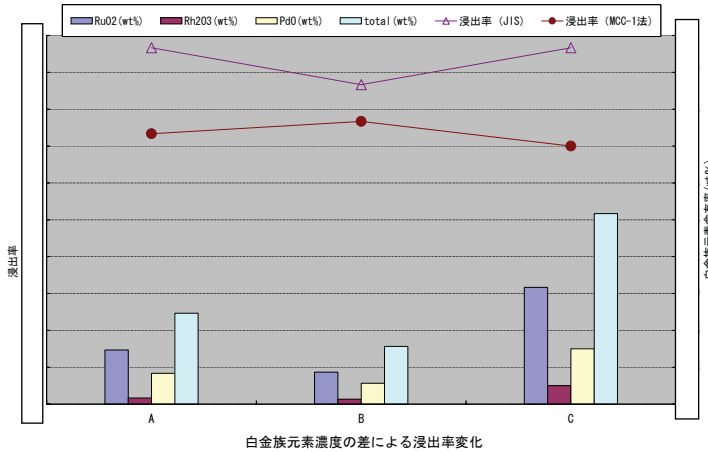
- ガラス固化体の品質管理に係る事象として、アクティブ試験第4ステップで発生したイエローフェーズ(60バッチ中35バッチ)に対しては、炉内温度管理と合わせて下表の対策を実施
- その結果、それ以降のアクティブ試験においてイエローフェーズの発生は確認されておらず、ガラス固化体の品質維持という観点で取られた対策の効果を確認

第4ステップA系運転の発生事象に対する推定原因と対策(抜粋)

推定原因	対策
1. 炉内温度が安定しない、イエローフェーズ発生	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液中に含まれる硫黄リンなどの微量成分の影響によって、仮焼層形成しにくい ・ 廃液中の廃棄物濃度が低いため、仮焼層が形成しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調整液（模擬廃液）を添加し、廃液濃度やイエローフェーズ成分濃度を調整する
<ul style="list-style-type: none"> ・ 崩壊熱により仮焼層内の昇温性が向上し、仮焼層が形成しにくい 	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力投入バランス（主電極と間接加熱）が悪く、仮焼層が安定しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たに熱バランス計算プログラムを作成し、主電極電力と間接加熱電力の電力バランスの調整を行う

参考 白金族濃度の浸出率への影響

- 白金族元素は、ガラスの網目構造にほとんど取り込まれず、また、網目構造を形成する元素との反応性も低いため、白金族元素濃度が変化しても、ガラス成分(Si, Na, Alなど)の水への浸出率に影響を与えることはない。
- 過去にJAEAで実施した白金族元素濃度が変動した場合のガラス成分の水への浸出率を測定した結果、白金族元素濃度が2倍程度まで変動したとしても、浸出率には大きな差は確認されなかった。
- 以上から、白金族元素濃度の違いはガラス成分の水への浸出率に影響を与えない。

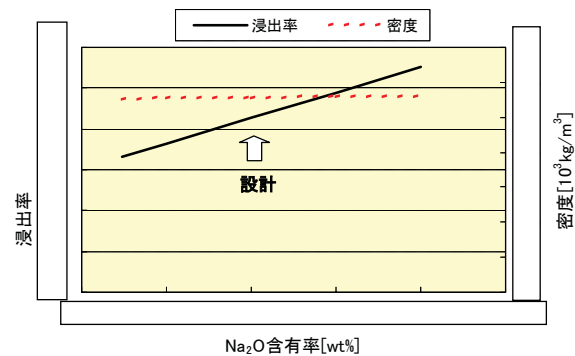
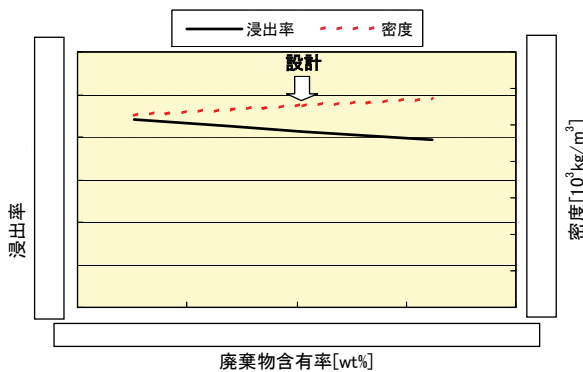


浸出率測定方法 (参考用)

- JIS 準拠法 (JIS R3502 アルカリ溶出試験方法)
 - 試料形態: 250~420 μm の粉状ガラス
 - 浸出条件: 100°C の蒸留水で 1 時間保持
- MCC-1 法
 - 試料形態: ブロック状ガラス (1cm×1cm×1cm 等。試料の大きさには特に決まりがなく、ガラス試料の表面積と浸出させる水の体積比を一定にして計算)
 - 浸出条件: 40°C, 70°C, 90°C の蒸留水で保持 (浸出条件は上記温度条件と保持期間 (7 日間~364 日間) を組み合わせて実施する。)

参考 廃棄物含有率、Na₂O含有率の浸出率への影響

- JAEAで廃棄物含有率やNa₂O濃度等をパラメータとして、浸出率等への影響を評価
- 廃棄物含有率の増加に伴い、浸出率は若干低下し、密度は若干増加する傾向



参考 ガラス固化体の製造実績

日本原燃株式会社



アクティブ試験A系ガラス溶融炉製造実績

試験名称	製造期間	本数	内訳	
アクティブ試験第4ステップ	2007年11月上旬～ 2008年1月中旬	60	高レベル廃液(FINE無)	30
			模擬ガラス	30
はつり後の流下性確認試験	2008年4月中旬	1	模擬ガラス(洗浄流下)	1
アクティブ試験第5ステップ	2008年10月上旬～ 2008年11月下旬	47	流下性確認流下	3
			高レベル廃液(FINE無)	18
			高レベル廃液(FINE有)	5
			模擬ガラス	21
レンガ回収後ドレンアウト	2010年6月下旬～ 2010年7月上旬	10	模擬ガラス	10
アクティブ試験第5ステップ 事前確認試験	2012年8月中旬～ 2012年9月上旬	27	流下性確認流下	2
			低模擬廃液	11
			模擬ガラス	14
アクティブ試験第5ステップ ガラス固化試験	2013年5月上旬～ 2013年6月上旬	51	流下性確認流下	2
			低模擬廃液	13
			高レベル廃液(FINE有)	25
			模擬ガラス	14
合計				196

○なお、化学試験では148本のガラス固化体を製造している。

9

参考 ガラス固化体の製造実績

日本原燃株式会社



アクティブ試験B系ガラス溶融炉製造実績

試験名称	製造期間	本数	内訳	
アクティブ試験第4ステップ	2008年1月下旬	1	模擬ガラス	1
アクティブ試験第4ステップ (再熱上げ)	—	0	—	—
アクティブ試験第5ステップ 確認流下時のノズル閉塞	2012年1月下旬～2012年2月上旬	4	模擬ガラス	4
アクティブ試験第5ステップ ノズル閉塞後のドレンアウト	2012年3月下旬	12	模擬ガラス	12
アクティブ試験第5ステップ 事前確認試験	2012年6月上旬～2012年8月上旬	75	流下性確認流下	3
			低模擬廃液	31
			高レベル廃液(FINE無)	15
			高レベル廃液(FINE有)	10
			模擬ガラス	16
アクティブ試験第5ステップ ガラス固化試験	2012年12月上旬～2013年1月上旬	58	流下性確認流下	5
			低模擬廃液	12
			高レベル廃液(FINE有)	30
			模擬ガラス	11
合計				150

○なお、化学試験では116本のガラス固化体を製造している。

10