

高レベル廃液ガラス固化設備で製造されるガラス固化体の品質管理について

1. はじめに

アクティブ試験の開始にあたり、高レベル廃液ガラス固化設備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確認改良溶融炉試験（以下、「KMOC」という。）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している。

本資料では、ガラス固化体の品質管理に対する取り組みについて紹介する。

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実施した検証作業（妥当性確認、精度確認など）を併記した。

表より、確認項目に応じて、製造管理、調達管理及び検査の組み合わせによって品質管理を行っており、これら品質管理項目は、化学試験やKMOCなどの試験結果や実績に基づいていることが分かる。

以上より、高レベルガラス固化設備で製造されるガラス固化体の品質は、化学試験等で検証された品質管理方法を適用しており、十分確保されたものであるといえる。

2. ガラス固化体の品質管理

六ヶ所再処理工場のガラス固化体の確認項目と高レベルガラス固化設備における品質管理項目を下表に示す。

表 高レベル廃液ガラス固化設備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				
		廃液	廃液	原料 ピース	溶融 温度	流下 重量	冷却 時間	溶接	硝酸 Na	原料 ピース	固化体 容器	閉じ 込め性	表面 汚染	外観 寸法			
放射能量	—	○	○	○		○											【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 ※ 原料ピース供給精度
発熱量	2.8kW/本以下 目標 2.3kW/本（設計値）	○	○	○		○											【調達管理】 ・ 化学試験で実績ある原料ピース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
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）											○					【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
	蓋溶接部の健全性											○					【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															○	【検証】 ・ 化学試験で各種検査装置の信頼性を確認
表面汚染密度	β γ : 4Bq/cm ² 以下 α : 0.4Bq/cm ² 以下													○			
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）				○												【製造管理】 ・ 確認改良溶融炉第 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

白金族元素の品質管理について

K 施設のガラス固化体の製造については、弊社において制定したガラス固化体品質管理マニュアルによって、品質管理を行っており、白金族元素についても同様である。

品質管理マニュアルにおいて、白金族元素は高レベル廃液中の成分として、他の元素と同様にガラス固化体中の含有率、ガラス固化体の発熱量計算等に用いられており、安定したガラス固化体を製造するために管理している。

ガラス溶融炉へ供給する高レベル廃液については、高レベル廃液の混合及び調整を行う貯槽で、高レベル廃液をサンプリングして分析を行い、その分析結果を用いて適切に供給量を管理している。また、ガラス溶融炉へ供給するガラス原料についても成分等については工場検査等により確認し、供給量についても適切に管理している。

また、ガラス固化体の製造上は、Na 濃度と全酸化物含有率が品質管理の上で重要であり、ガラス固化体中の含有率について確認を行った。(FP 成分については参考) 化学試験において供給する模擬廃液成分よりガラス固化体中の模擬廃液成分(Na 酸化物濃度、FP 酸化物濃度、全廃棄物成分酸化物濃度)を計算し、流下したガラスサンプルの分析結果と比較する試験を実施し、全て判定基準を満足することを確認している。(表-1 参照)

さらに、アクティブ試験においてガラス溶融炉へ供給する高レベル廃液を混合調整するために用いた高レベル廃液混合槽の廃液供給バッチ毎の濃度変化を図-1 に示す。図より高レベル廃液混合槽() (1) の 1 バッチ目については使用済燃料の燃焼度の変動により 20%程度変動したが、その他のバッチについては大きな変動はなかった。

(1) 白金族元素の崩壊熱への影響 (保管廃棄への影響)

ガラス固化体の発熱量は 2.3 kW/本を目標に製造され、2.8 kW/本以下に管理している。白金族元素量についても崩壊熱を計算するために使用しており、標準的な使用済燃料(初期濃縮度: 4.5wt%、燃焼度: 45000MWd/t U、冷却期間: 4 年間、平均比出力: 38MW/t U、炉型: PWR)を再処理した場合の ORIGEN 計算結果より、白金族元素である Ru/Rh のガラス固化体 1 体中の発熱量への寄与は約 14%である。(ガラス固化体 1 体中の発熱量への寄与は Cs/Ba が最も大きく約 44%である。)

K 施設での模擬廃液を用いて製造したガラス固化体中の白金族元素量の変動は最大でも 20%程度(図-2 参照)であり、白金族元素量が 20%程度変動したとしても、ガラス固化体 1 体中の崩壊熱に与える寄与は小さい。

表-1 化学試験におけるガラス固化体品質確認結果

項目	判定基準	ガラス溶融炉 A					ガラス溶融炉 B		
		低 10	低 30	高 4	高 7	高 10	低 10	低 38	低 15、
Na 酸化物濃度	wt% □~□								
FP 酸化物濃度	wt% -								
全酸化物濃度	wt% □~□								

各項目について全て判定基準を満足することを確認した。

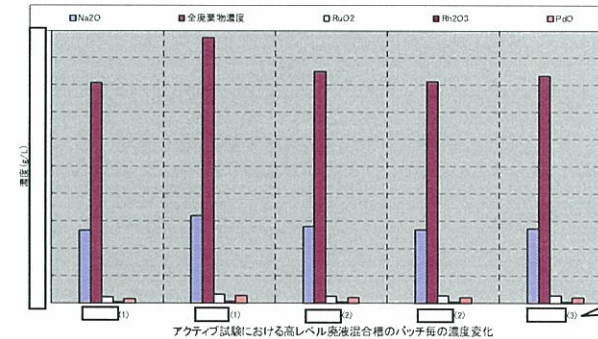


図-1 アクティブ試験における高レベル廃液混合槽のバッチ毎の濃度変化

() の数値はバッチ番号を示す。

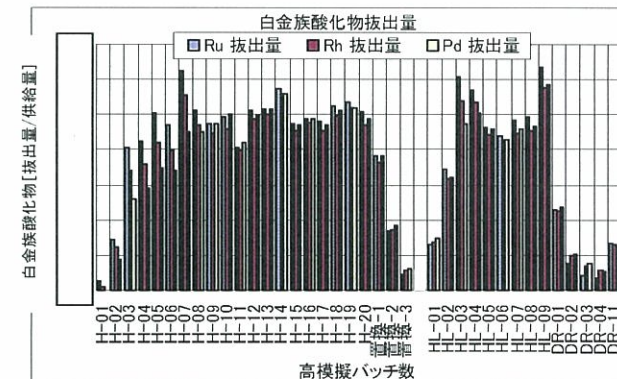


図-2 K 施設での模擬廃液を用いた運転におけるバッチ毎の白金族元素抜き出し量変動

注)
H: 基準燃焼度(高燃焼度)の廃液を模擬した高模擬廃液(以下、「高模擬高燃焼度廃液」という。)
HL: 低燃焼度の廃液を模擬した高模擬廃液(以下、「高模擬低燃焼度廃液」という。)

(2) 白金族元素濃度変化のガラス成分の水への浸出率への影響

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。

図-3は、JAEAにて実施した白金族元素濃度が変動した場合におけるガラス成分の水への浸出率を測定した結果である。本試験では白金族元素濃度が2倍程度まで変動したとしても、水への浸出率には大きな差は確認されなかった。

よって、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。

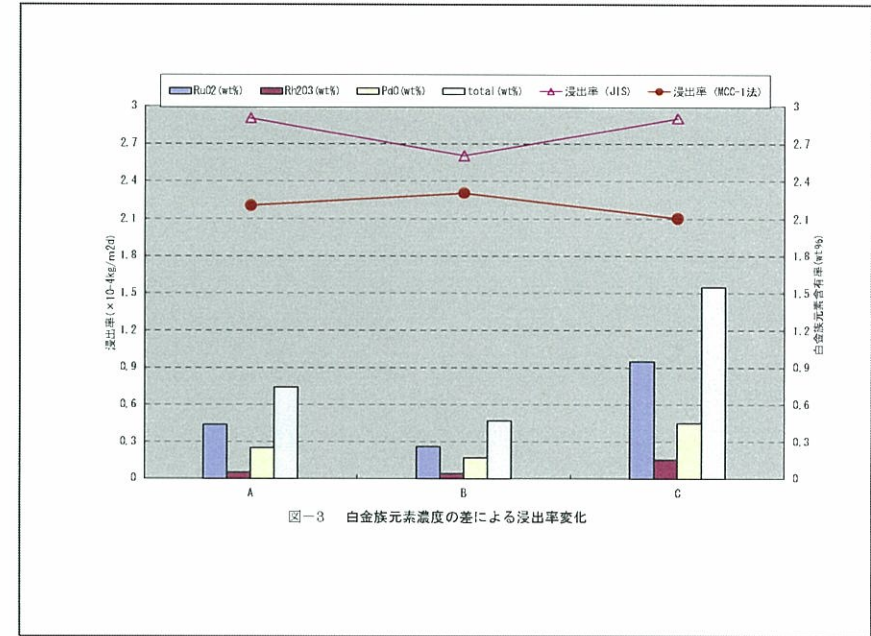


図-3 白金族元素濃度の差による浸出率変化

浸出率測定方法（参考用）

(1) JIS 準拠法（JIS R3502 アルカリ溶出試験方法）

- ① 試料形態：250～420 μm の粉状ガラス
- ② 浸出条件：100°Cの蒸留水で1時間保持

(2) MCC-1 法

- ① 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）
- ② 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。）