

東海再処理施設の廃止措置計画変更認可申請対応等について

令和4年2月24日
再処理廃止措置技術開発センター

○令和4年2月24日 面談の論点

- 資料1 ガラス固化処理技術開発施設(TVF)における固化処理状況について
- 資料2 ガラス固化処理技術開発施設(TVF)における洗浄運転の実施可否等について
- 資料3 廃止措置段階における人材確保の考え方について
- 資料4 工程洗浄に係る再処理施設廃止措置計画変更申請の一部補正について
- 資料5 放射性クリプトンの管理放出の実施状況について
- その他

以上

ガラス固化技術開発施設(TVF)における固化処理状況について

【概要】

- 今回の運転(21-1CP)での主電極間補正抵抗値の早期低下は、運転データの調査結果から前回の運転(19-1CP)の流下停止事象による白金族元素の堆積が主要因と考えている。
また、その後の調査の結果から今回の運転(21-1CP)では、廃液供給速度が大きかったこと、主電極間電力が小さかったことの加速要因が加わった可能性があると考えている。今後、これらの対策を講じていく。
なお、前回の運転(19-1CP)での流下停止事象の対策(結合装置のコイル径拡大や流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確認等)は既に完了しており、これらの対応により同様の事象は生じないと考えている。
- 今回の運転(21-1CP)では、ガラス溶融炉以降の工程であるガラス固化体を除染する除染装置(高圧水ポンプ)やガラス固化体の蓋溶接を行う溶接機においてそれぞれ停止事象が発生したことから、これら不具合事象の対策を進める。不具合事象以外についても、溶融炉の運転が安定に継続できるように固化体取扱工程を中心に、設備機器の点検整備、予備品への交換等を進める。
- 固化セル内の高放射性固体廃棄物(全 15 缶)を搬出場所である搬送セルに移動する作業は、残留ガラス除去作業と作業場所が干渉するため、残留ガラス除去作業開始前の R3 年 10 月 27 日から順次移動し、12 月 1 日に完了した。
搬送セルに移動した高放射性固体廃棄物の第 2 高放射性固体廃棄物貯蔵施設(2 HASWS)への払い出しは、R4 年 2 月 9 日に完了した。
- 残留ガラス除去作業は、R3 年 12 月 18 日から 4 班 3 交替体制で開始し、西側炉底傾斜面上部の堆積ガラスの除去作業を実施中。2 月 22 日現在で約 15.5kg(約 43%)の残留ガラスを回収しており、ほぼ計画どおり除去作業を進めている。

令和 4 年 2 月 28 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設（TVF）における 固化処理状況について

令和4年2月28日

日本原子力研究開発機構（JAEA）



1. 次回運転に向けた取り組み状況

(1) 現在の状況

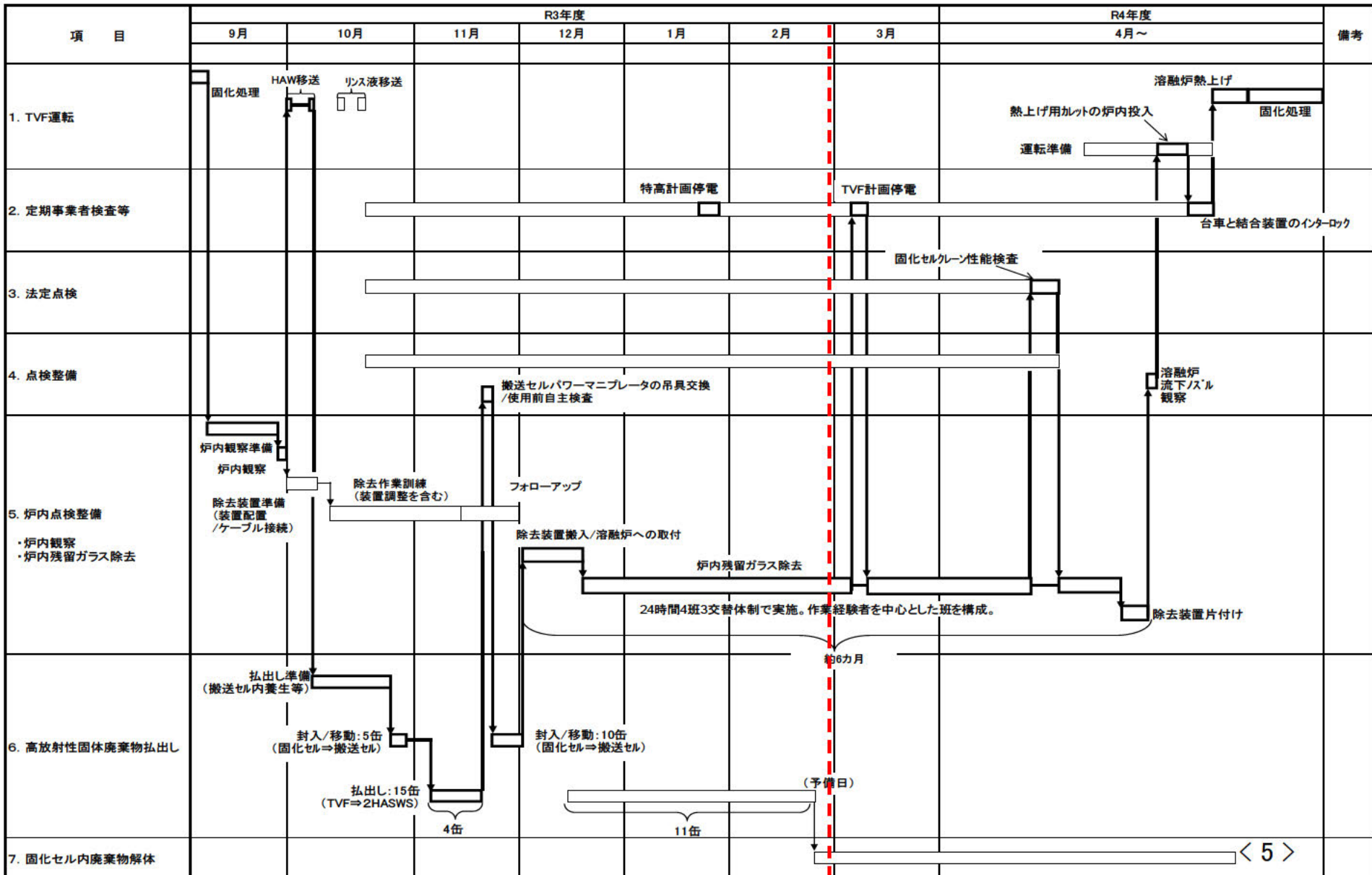
- ✓ 今回の運転(21-1CP)での主電極間補正抵抗値の早期低下は、前回の運転(19-1CP)の流下停止事象による白金族元素の堆積が主要因と考えている。また、その他に考慮すべき加速要因がないか調査を行っており、対策を施していく計画である。前回の運転(19-1CP)での流下停止事象の対策(結合装置のコイル径拡大や流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確認等)は既に完了しており、これらの対応により同様の事象は生じないと考えている。
- ✓ 次回運転に向け、高放射性固体廃棄物の払い出し、炉内点検整備(残留ガラス除去)と併行して考慮すべき加速要因の絞り込みを行い、対策を検討し、運転に反映する。
- ✓ なお、今回の運転(21-1CP)では、ガラス溶融炉以降の工程であるガラス固化体を除染する除染装置(高圧水ポンプ)やガラス固化体の蓋溶接を行う溶接機においてそれぞれ停止事象が発生したことから、不具合事象の対策を進める。不具合事象以外についても、溶融炉の運転が継続できるように固化体取扱工程を中心に、設備機器の点検整備、予備品への交換等の検討を進める。
 - 高放射性固体廃棄物の払い出し
固化セル内の高放射性固体廃棄物(15缶)を搬出場所である搬送セルに移動する作業は、残留ガラス除去作業と作業場所が干渉するため、残留ガラス除去作業開始前のR3年10月27日から順次移動し、12月1日に完了した。
11月8日から搬送セルに移動した高放射性固体廃棄物の第2高放射性固体廃棄物貯蔵施設(2HASWS)への払い出しを開始した。
R4年2月9日に全15缶の払い出しを完了した。
 - 炉内点検整備(残留ガラス除去)
残留ガラス除去作業は、R3年12月18日から4班3交替体制で開始し、西側炉底傾斜面上部の堆積ガラスの除去作業を実施中。
残留ガラス除去完了後、運転準備を行い、R4年6月の運転再開を目指す。



1. 次回運転に向けた取り組み状況

(2) 次回運転までのスケジュール

令和3年12月2日作成

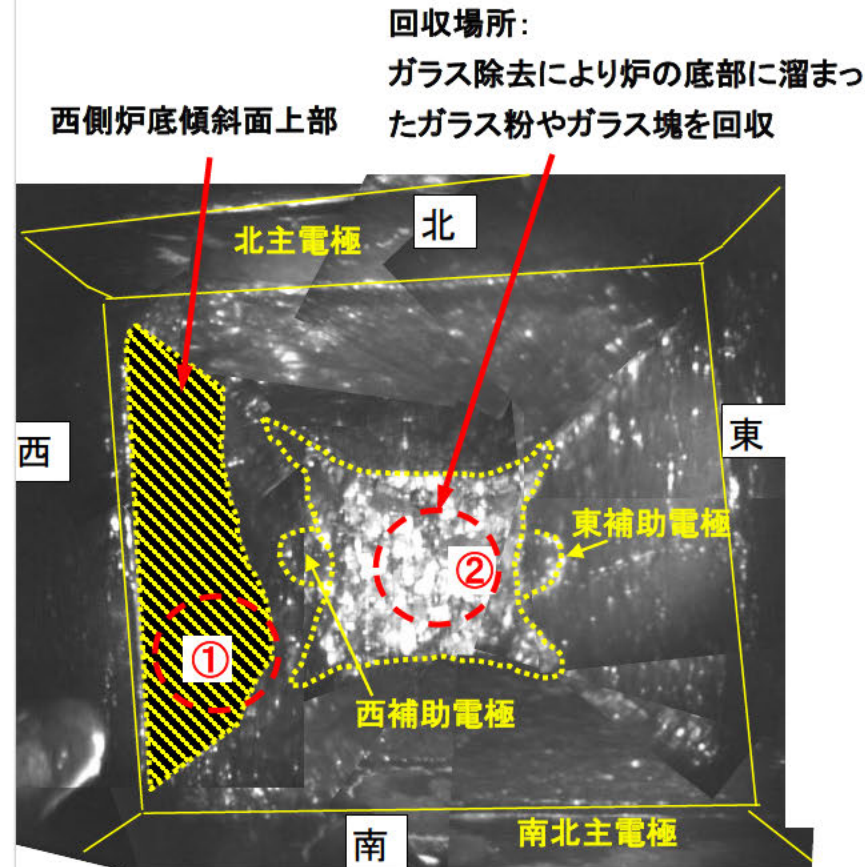
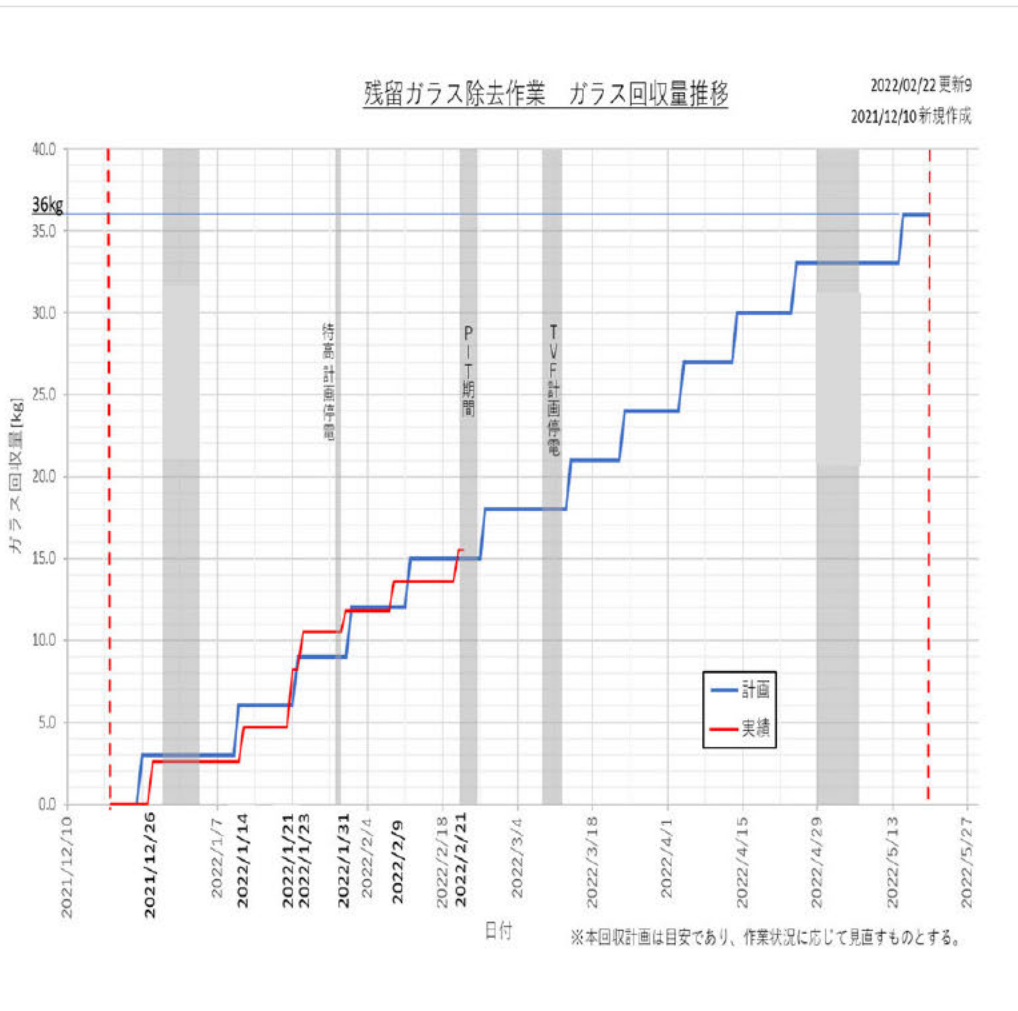


1. 次回運転に向けた取り組み状況

(3) 溶融炉内の残留ガラス除去作業実績(1/2)

残留ガラス除去計画と進捗状況

➤ 2月22日現在で約15.5kg(約43%)の残留ガラスを回収しており、ほぼ計画どおりのペースで除去作業を進めている。



1. 次回運転に向けた取り組み状況

(3) 溶融炉内の残留ガラス除去作業実績(2/2)

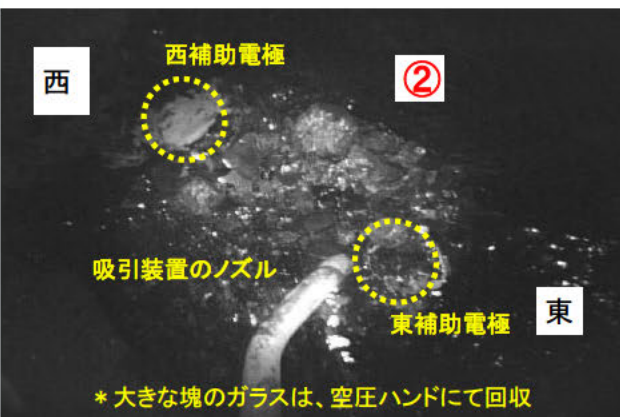
回収の状況



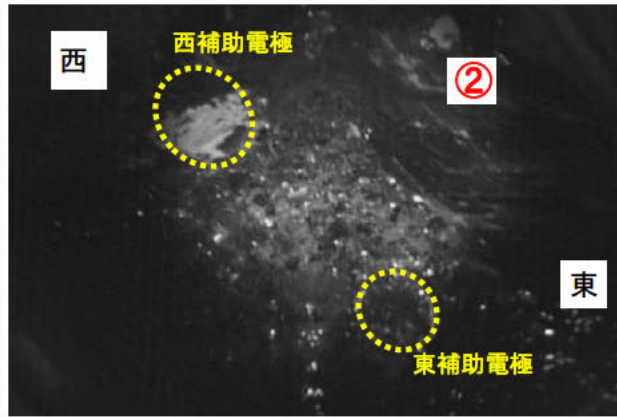
①西側炉底傾斜面上部のはつり作業(R4.1.7)



①西側炉底傾斜面上部のはつり作業(R4.1.18)



②炉底部の回収作業(R4.1.21)



②ハンド回収作業後(R4.1.23)

先端工具の一例

ダイヤモンドカッター ▶
(ガラスの切削)

残留ガラスの表面を
切削する



エアチップパー ▶
(ガラスの破碎)

切削した表面を叩
き破碎する



空圧ハンド ▶
(ガラス片把持)

破碎で生じたガラス
片を回収する



ニードルスケーラ ▶
(レンガ表面の仕上げ)

レンガ表面の残留ガ
ラスを除去する



1. 次回運転に向けた取り組み状況

(4) 主な不具合の対応(1/3)

今回の運転(21-1CP)の実績を踏まえ、次回運転に向けて以下の対応を図る。

○今回の運転(21-1CP)の不具合対応

✓ ガラス固化体除染装置(高圧水ポンプ)の停止

⇒高圧水ポンプ出口の水圧(約35MPa)を計測している圧力計に指示針の脈動を抑えるため圧力ダンパーを設置している。この圧力ダンパーの閉塞により、高圧水ポンプ出口の水圧が検出されず、高圧水ポンプが停止した。

圧力ダンパーの開度調整(閉塞解除)後は、同様の事象は発生していないが、次回運転前までに圧力ダンパーを交換するとともに、圧力計や配管の点検清掃を行い、圧力ダンパー閉塞のリスク低減を図る。なお、ダンパー調整方法については手順書に反映し、速やかに対応が図れるようにする。

✓ ガラス固化体蓋溶接の溶接機の停止

⇒溶接作業(電極交換、位置検出、テストアーク、仮付け溶接、温度測定、本溶接)のうち、Z軸に温度測定子を把持させて温度測定位置に移動中(X,Y方向に移動中)、Z軸の高さ制御が不安定になっていることを確認した。

調査の結果、Z軸ユニット駆動部に機械部品の脱落や破損等はなく、制御にも異常は無いことから、Z軸を一定の高さに自動で補正するプログラムに修正した。その後、同様の停止事象は発生していないが、その他の溶接作業時(本溶接等)にもZ軸を使用することから、同様のZ軸を一定の高さに自動で補正するプログラムに修正した。



1. 次回運転に向けた取り組み状況

(4) 主な不具合の対応(2/3)

✓ 閉じ込め確認検査装置内での汚染

⇒ガラス固化体の閉じ込め確認検査(蓋溶接部の検査)において、**2本(7本目と8本目)続けて判定基準値と超えるCs-137が検出された**(再検査の結果異常はなかった)。

検査装置内が汚染している可能性があるため、**検査装置の配管等の洗浄**を行う。

ガラス固化体表面の汚染が検出された可能性が考えられることから、**ガラス固化体の除染後の搬送中等に汚染が付着しないように作業中の確認ポイント等の改善**を検討する。

また、閉じ込め確認検査には約2日間を要するため、検査工程が渋滞し、溶融ガラスの流下ができず溶融炉を保持運転にしなければならなくなる可能性があることから、**搬送セル内のガラス固化体収納架台に空きスペースを追加**する。

○今回の運転(21-1CP)での気づきの対応

溶融炉の運転が安定して継続できるよう、**今回の運転(21-1CP)での気づき事項の整理**や今回の運転(21-1CP)前に整理した不具合事象の再整理を行い、**設備機器の点検整備、予備品への交換、手順書の改定などを進める**。

【検討の例】

✓ ガラス原料供給設備の光センサーの劣化

⇒ガラス原料供給時に、光センサーの経年劣化により、ガラス原料の粉塵の影響を受けやすく、光センサーの動作不良が生じる可能性があることから、**経年劣化の可能性が高い箇所の光センサーを予備品と交換**する。

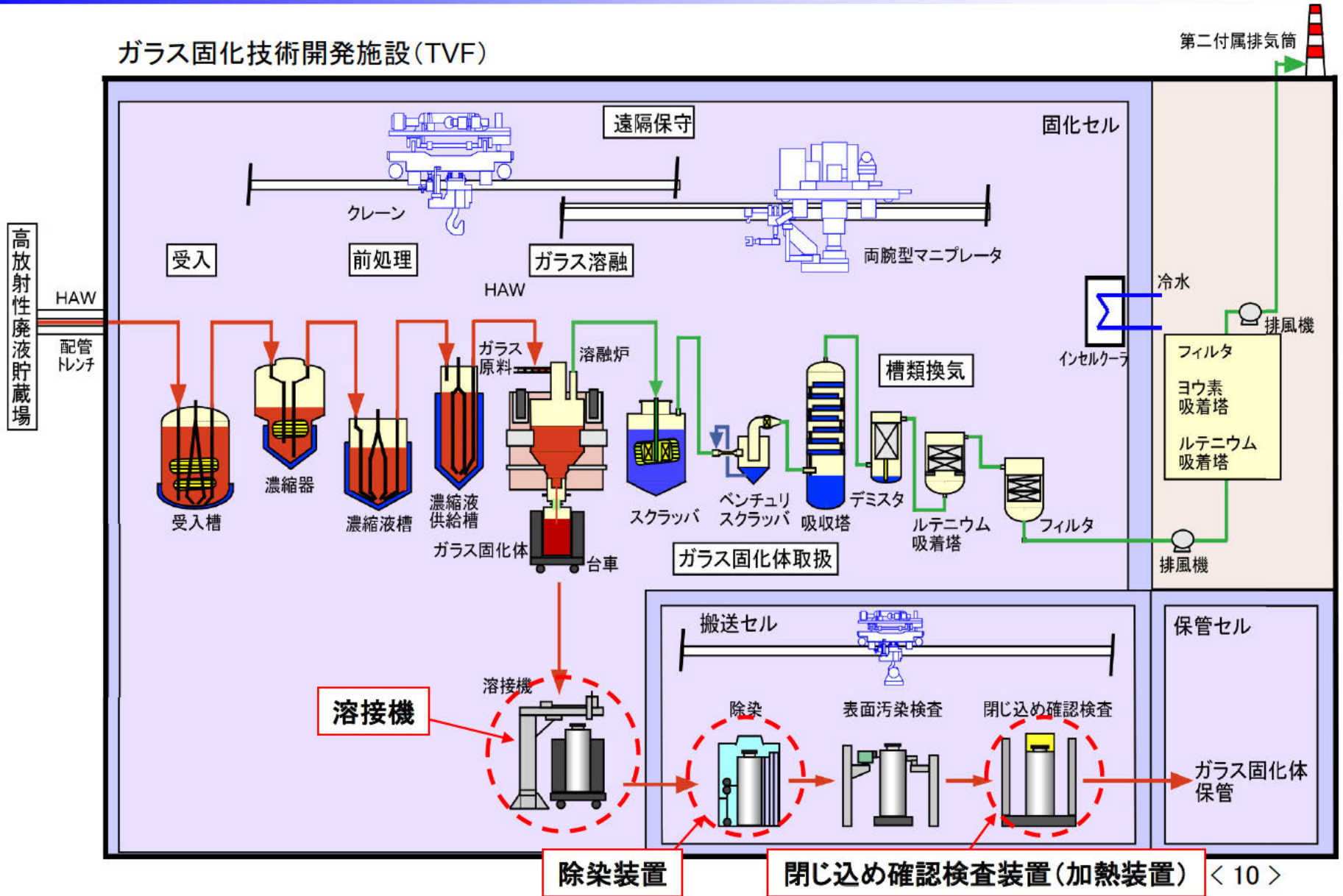
✓ ガラス原料送り込み荷重の上昇

⇒ガラス原料供給配管に粉塵がたまってくることにより、ガラス原料押し込みの抵抗となり荷重が上昇する傾向がある。定期的な配管内の洗浄や清掃・給油など対応を行っているが、**タイミングなどについて手順化し、予防的な処置を図る**。

1. 次回運転に向けた取り組み状況

(4) 主な不具合の対応(3/3)

ガラス固化技術開発施設(TVF)



除染装置

閉じ込め確認検査装置(加熱装置)

(1) 原因調査の概要

運転の経緯

年	2017	2018	2019	2020	2021
運 転	46本製造 17-1CP	残留ガラス除去	7本製造 19-1CP		13本製造 21-1CP

前々回運転(17-1CP)

- 44本目で主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、44本目の流下後、ドレンアウト(2本流下)を行い、熔融炉を停止した(合計46本製造)。
- 炉内の残留ガラス除去を行った。

前回運転(19-1CP)

- 1~7本目の流下は正常に終了した。
- 8本目の流下において、約120kg流下した時点で漏電により流下停止事象が発生した。
- その後、3回の流下を試みたが漏電により流下できず熔融炉内にガラスを保有した状態で停止した。
- 漏電対策として結合装置の交換を行った。

今回運転(21-1CP)

- 8本目(累計15本目)に溶接機の調整のため2日間の保持運転を行った。
- 9本目(累計16本目)に閉じ込め確認の再検査のため3日間の保持運転を行った。
- 11本目(累計18本目)で主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、11本目の流下後、ドレンアウト(2本流下)を行い、熔融炉を停止した(合計13本製造)。
- 炉内残留ガラス除去を実施中。

原因調査の概要

21-1CP開始時とドレンアウト前の炉内状態の推定

- 19-1CPと21-1CPの運転データの比較(19-1CP停止時の影響を検討)
- 21-1CP運転経過に伴う運転データの変化からドレンアウト前の炉内状態を推定
- 炉内観察の結果を(2)で推定した炉内状態と照合

21-1CPドレンアウト前の炉内状態に至った要因の絞込み

- 21-1CPのこれまでの運転との違いや変更点(結合装置の交換、溶接機の調整に伴う保持運転など)を踏まえた要因解析図により、想定よりも少ない本数で主電極間補正抵抗が低下した要因の洗出し
- 流動解析*などにより、洗出した要因の絞込み

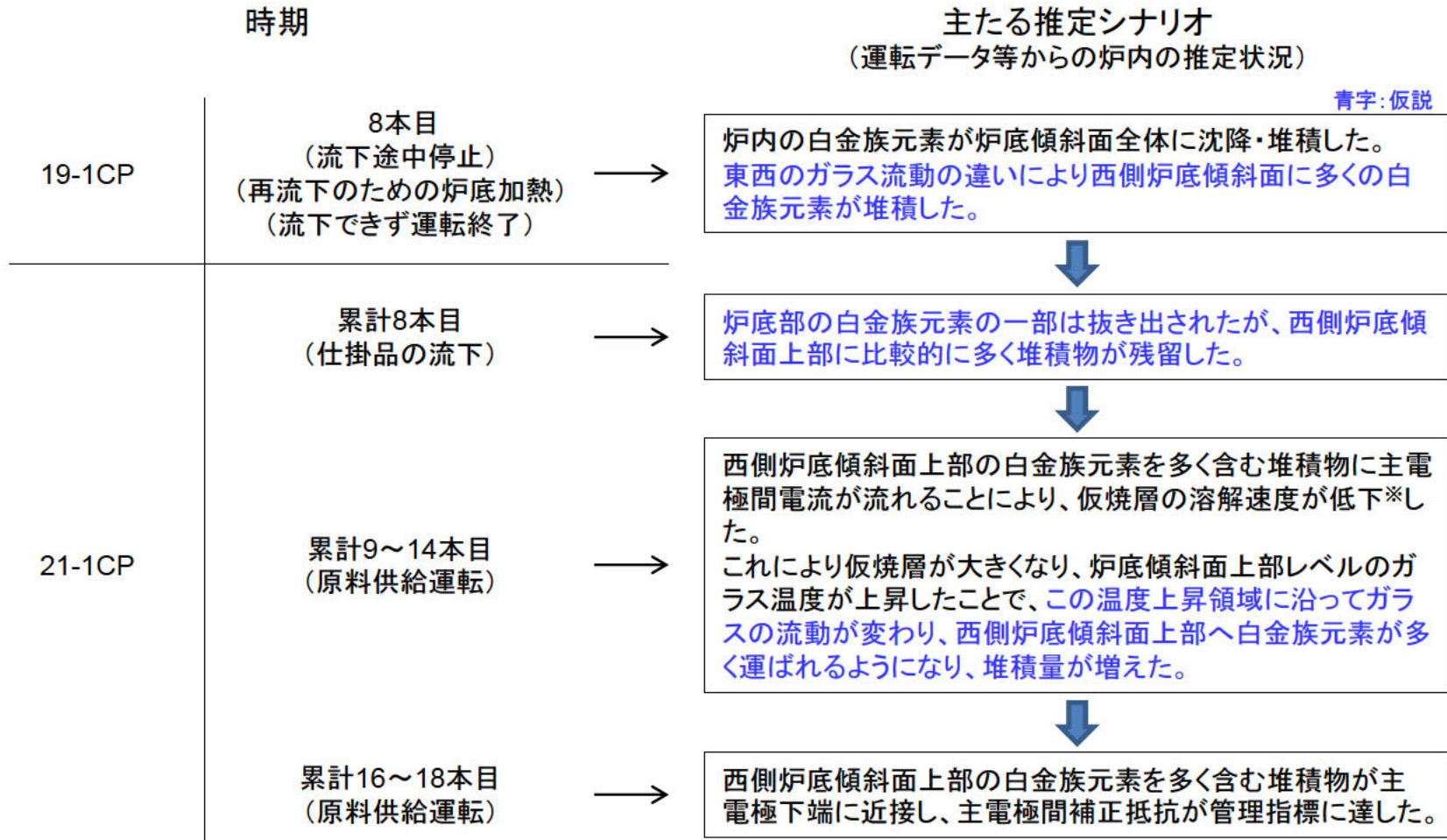
* 流動解析では、熔融炉の非対称性(東側の耐火レンガが厚くなっている)を考慮した解析モデルを使用する。

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(2) 主電極間補正抵抗が低下した推定シナリオ

運転データ、炉内観察結果、要因解析から、想定よりも早く白金族元素の堆積に係る管理指標に達した主たるシナリオを以下のとおり推定している。

仮説や加速要因について、運転データをさらに詳細に調査した。



青字：仮説

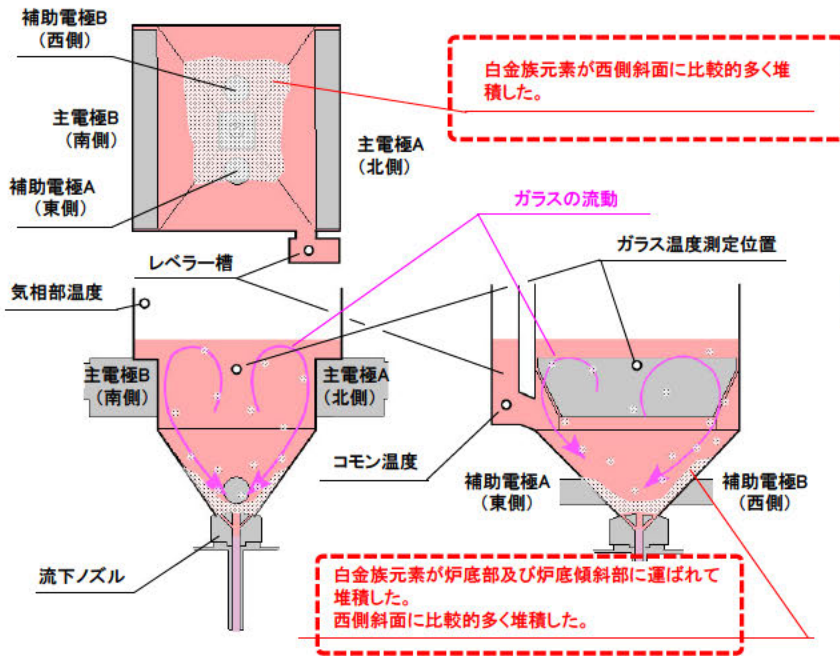
累計は、除去作業後から運転を開始した
19-1CPからのガラス固化体製造本数

※：仮焼層の溶解速度の低下の加速要因として、廃液供給速度等が影響していると推定している(詳細検討中)。

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 (2) 主電極間補正抵抗が低下した推定シナリオ

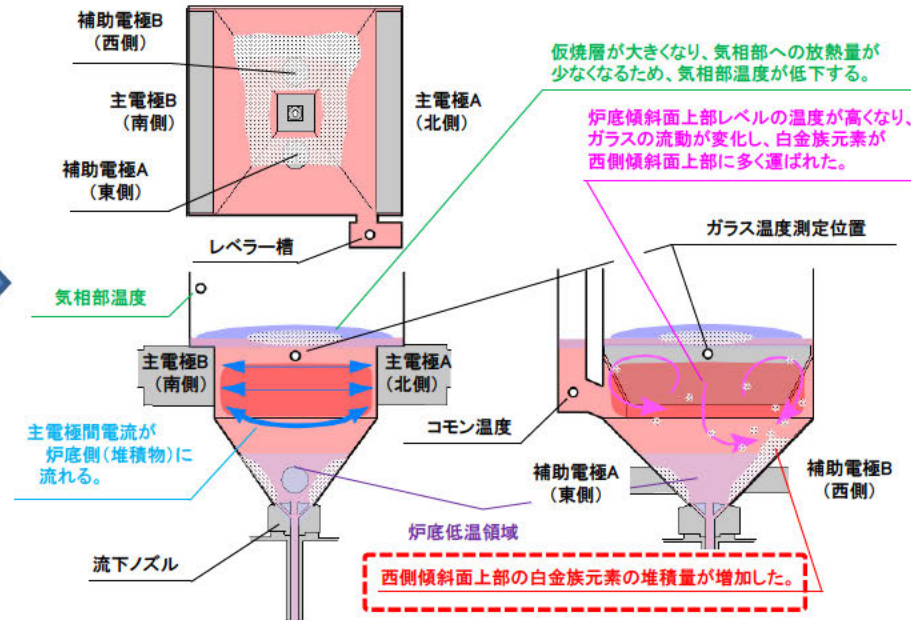
主たる推定シナリオの炉内状態イメージ

前回の運転(19-1CP)の運転停止前
(流下停止事象により炉底加熱を繰り返した状態)



- ✓ 流下停止事象のため、炉底加熱を繰り返すことにより炉底部のガラス温度が高くなり、西側傾斜面に多くの白金族元素が堆積した。
(西側傾斜面に多くの白金族元素が堆積したのは、東西の温度差によるガラスの流動の違いによるものと推定。)

今回の運転(21-1CP)の初期
(白金族元素の堆積量が増加している状態)



- ✓ 西側傾斜面上部の堆積物(白金族元素を多く含むため電気抵抗が小さい)に流れる主電極間電流が多くなり(温度上昇)、その温度上昇領域に沿ってガラスの流動が変わり、徐々に西側傾斜面上部の堆積量が増加していった。

 : 仮説としていた状態 ⇒ 運転データを詳細に調査

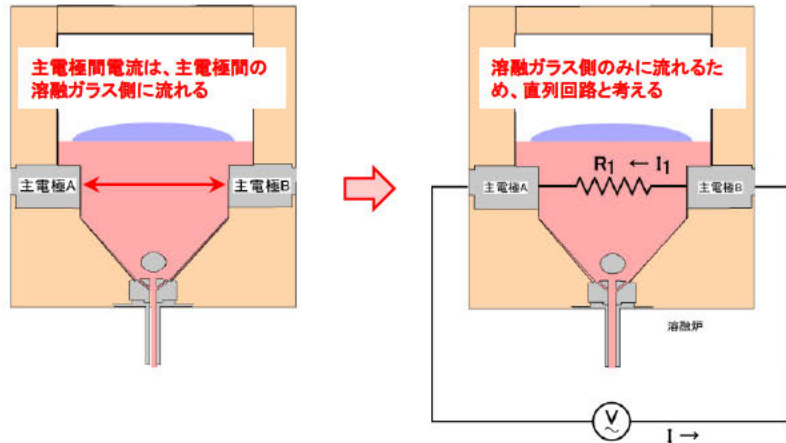
2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(3) 主電極間補正抵抗の低下に係る主要因の調査(1/3)

○ 主電極間電流の炉底部への回り込みに係る調査

炉底傾斜面上部の堆積物が主電極に近接すると、主電極間抵抗が低下し、堆積物に主電極間電流の一部が流れる。

主電極間通電は電力制御(電圧を調整)であり、主電極間電圧(V)及び電流(I)の実測値から堆積物に流れる主電極間電流(I_2)を求めることで、炉内観察結果で確認した炉底傾斜面上部の堆積物の状態を評価した。



① 炉底傾斜面に堆積物がない状態(運転初期)

- ① 炉底傾斜面に堆積物がない状態では、主電極間電流は溶融ガラス側のみを流れることから主電極間抵抗(V/I)は、溶融ガラス側の抵抗(R_1)となる。
- ② 主電極に近い位置に堆積物がある状態では、主電極間電流が堆積物側にも流れることから、主電極間抵抗(V/I)は溶融ガラス側の抵抗(R_1)と堆積物側の抵抗(R_2)の合成抵抗となる。

溶融ガラス側の抵抗(R_1)を一定と仮定^{※1}すると、下式より堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)を求めることができる。

※1 主電極間の溶融ガラスの温度や白金族元素濃度が大きく変わることはないことから、炉内のガラスレベルが同じであれば溶融ガラス側の抵抗(R_1)は変わらない。

- ① 炉底傾斜面に堆積物がない状態

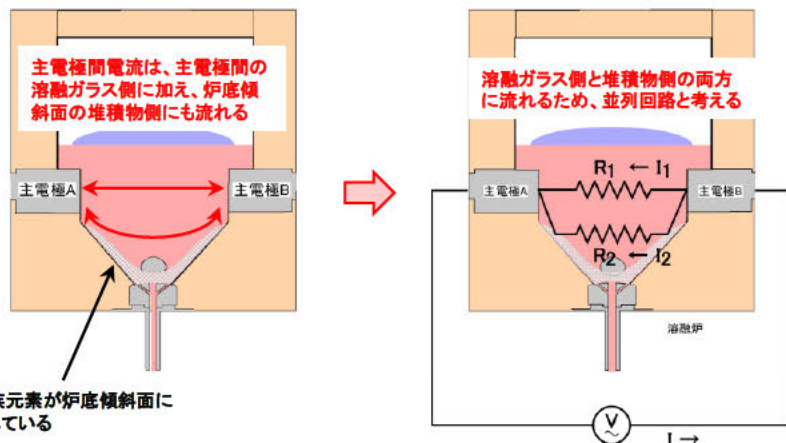
$$I = I_1 = V / R_1 \text{ [A]}$$

- ② 炉底傾斜面に堆積物がある状態

$$I = I_1 + I_2 \text{ [A]}$$

$$I_1 = V / R_1 \text{ [A]}$$

$$I_2 = I - I_1 = V / R_2 \text{ [A]}$$



白金族元素が炉底傾斜面に堆積している

② 炉底傾斜面に堆積物がある状態

V: 主電極間電圧の実測値 (炉内ガラスレベル Hi-ON 時の指示値)

I: 主電極間電流の実測値 (炉内ガラスレベル Hi-ON 時の指示値)

I_1 : 主電極間の溶融ガラスに流れる電流

I_2 : 炉底傾斜部の堆積物側に流れる電流

R_1 : 主電極間の溶融ガラスの抵抗 (一定(0.093Ω)と仮定^{※2})

R_2 : 炉底傾斜部の堆積物側の抵抗

※2 ガラスカレットから熱上げを開始した04-1CP、16-1CP及び19-1CPの3~6ヶ月の平均抵抗(0.093Ω)より設定。

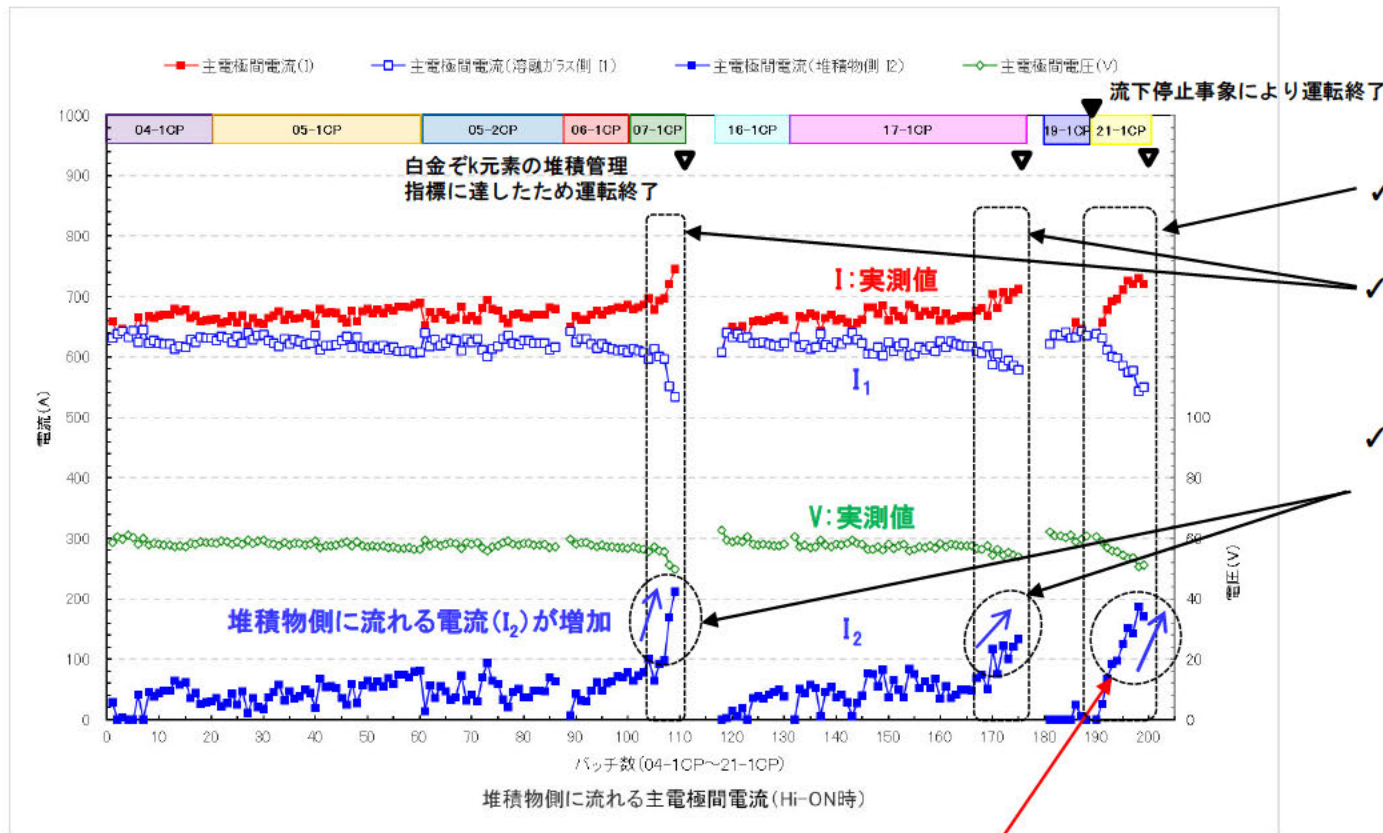
堆積物側に流れる主電極間電流の求め方

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(3) 主電極間補正抵抗の低下に係る主要因の調査(2/3)

○ 主電極間電流の炉底部への回り込みに係る調査結果(主要因の推定)

- ✓ 炉内のガラスレベルが同一の条件※において、堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)の値を求め、今回の運転(21-1CP)開始時に白金族元素が主電極近くまで堆積していたか評価した。(※仮焼層の影響を受けにくいガラスレベルが高い状態(Hi-ON時))



- ✓ 今回(21-1CP)の運転
- ✓ 白金族元素が主電極近くまで堆積し、堆積管理指標に達した際の状況(07-1CP及び17-1CP)
- ✓ 白金族元素が主電極近くまで堆積すると、堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)が急激に増加する。

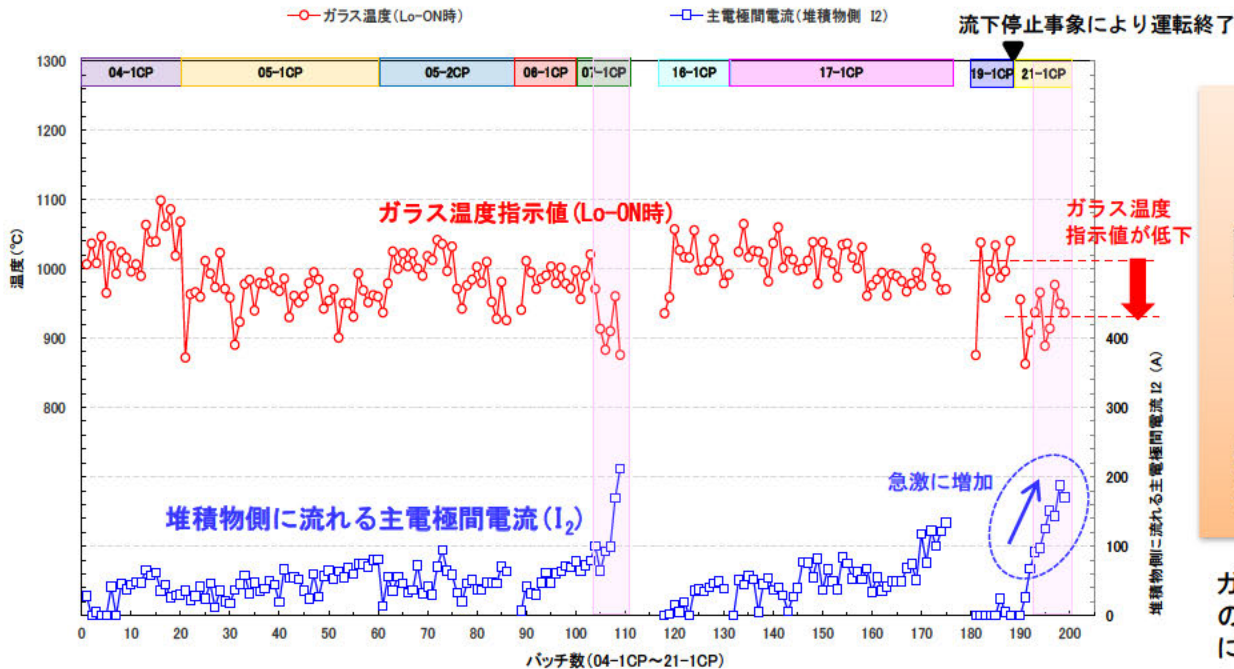
- ✓ 今回の運転(21-1CP)では、運転開始早々に堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)が急激に増加していることから、前回の運転(19-1CP)終了時には炉底傾斜面上部の主電極近くに比較的多くの堆積物が存在し、今回の運転(21-1CP)開始から白金族元素が主電極近くまで堆積していったものと考えられる。

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

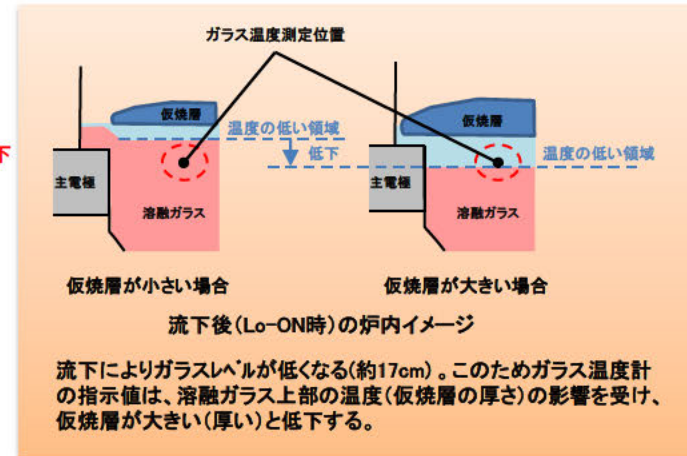
(3) 主電極間補正抵抗の低下に係る主要因の調査(3/3)

○ 主電極間電流の炉底部への回り込みに係る調査結果(仮焼層の溶解速度低下との関係)

- ✓ 堆積物側に主電極間電流(I_2)が流れると、熔融ガラス側に流れる主電極間電流(I_1)が小さくなり、仮焼層の溶解速度が低下し、仮焼層が大きくなる(厚くなる)。
- ✓ 仮焼層が大きくなる(厚くなる)とき、流下によりガラスレベルが下がった際(Lo-ON時)、厚くなっている仮焼層の影響を受けてガラス温度指示値は低下する。
- ✓ 堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)とガラス温度の傾向より、今回の運転(21-1CP)での仮焼層の状態(大きく厚い状態であったか)を評価した。



堆積物側に流れる主電極間電流(Hi-ON時)とガラス温度(Lo-ON時)の傾向



ガラス温度指示値は、ガラスレベルが低くなると仮焼層の影響を受けることから、Lo-ON時のガラス温度指示値により評価した。

- ✓ 堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)が急激に増加しているタイミングで、ガラス温度指示値が低下していることから、今回の運転(21-1CP)開始時に存在していた堆積物に主電極間電流(I)の一部が流れることにより、熔融ガラス上部の温度が下がり、仮焼層の溶解速度が低下して仮焼層が大きく(厚く)なったものとする。

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(4) 主電極間補正抵抗の低下に係る加速要因の調査(1/2)

運転データの詳細調査と並行して、要因分析(これまでの運転との違いの調査)を行い、加速要因を洗い出した。

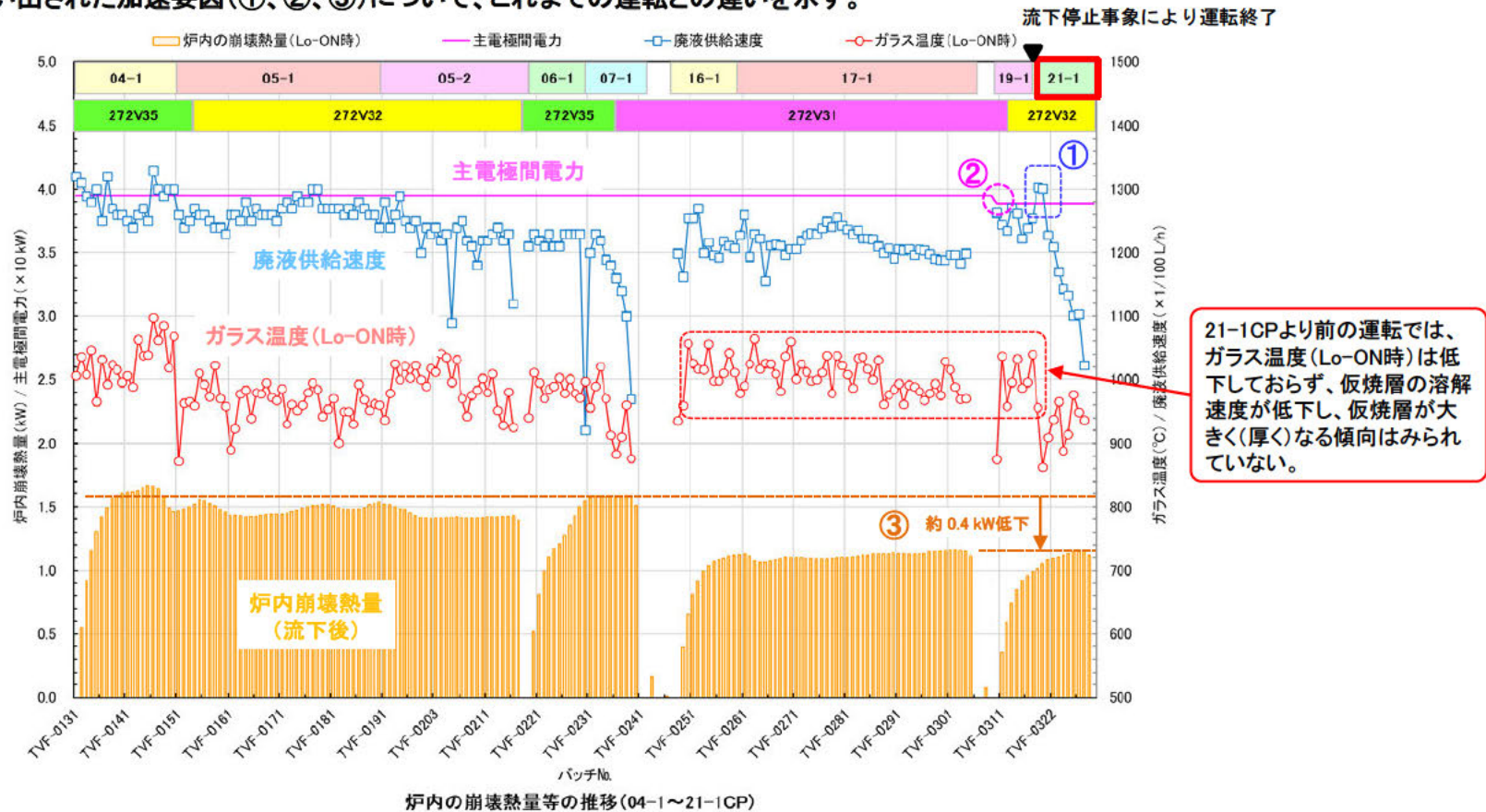
○ 要因分析の結果

番号	項目	内容		評価	結果
		期間	状態		
①	供給初期において廃液供給速度が大きい	21-1CP 2~3 バッチ	廃液濃度が薄かったことから、廃液供給速度が19-1CPに比べて約0.5 L/h大きかった(廃液の蒸発潜熱が約0.4kW増加する)。	04-1CPにおける廃液供給速度が大きい(約13 L/h)条件での運転実績では、ガラスレベルLo-ON時のガラス温度は低下しておらず、仮焼層の溶解速度が低下し、仮焼層が大きく(厚くなる)傾向はみられていないことから今回の事象の主要因ではないと判断した。 なお、主電極間電流が堆積物に流れ、仮焼層を溶解する主電極間電流が少なくなった状態で廃液の供給速度が大きくなった(蒸発潜熱が約0.4kW増加)場合、仮焼層の溶解速度を低下させる可能性が考えられることから、加速要因とした。	加速要因
②	新電力盤が旧電力盤より出力が小さい	19-1CP ~ 21-1CP	19-1CPから更新した新電力盤を使用している。電力設定値39 kWの場合、新電力盤の出力は、更新前の旧電力盤に比べ約0.6 kW小さかった。	19-1CPでは、気相部温度が低下することなく(仮焼層が一定の大きさに維持され)安定に運転できていることから今回の事象の主要因ではないと判断した。 なお、主電極間電流が堆積物に流れ、仮焼層を溶解する主電極間電流が少なくなった状態で主電極間電力が低下(39kWに対して約0.6kW)した場合、仮焼層の溶解速度を低下させる可能性が考えられることから、加速要因とした。	加速要因
③	TVFに受入れる高放射性廃液の崩壊熱量が小さくなっている	16-1CP ~ 21-1CP	16-1~21-1CPにおける炉内の崩壊熱量(流下後)は、04-1~07-1CPに比べて約0.4 kW低下していた。	16-1CP~19-1CPでは、気相部温度が低下することなく(仮焼層が一定の大きさに維持され)安定に運転できている。 また、TVF2号熔融炉のコールド試験と04-1CPの比較から、崩壊熱量(約1.4kW)の有無については、主電極冷却空気量の調整により、ほぼ同様の炉内温度分布、同じ流下間隔で安定に運転ができている。 このため、今回の事象の主要因、加速要因ではないと判断した。	-

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(4) 主電極間補正抵抗の低下に係る加速要因の調査(2/2)

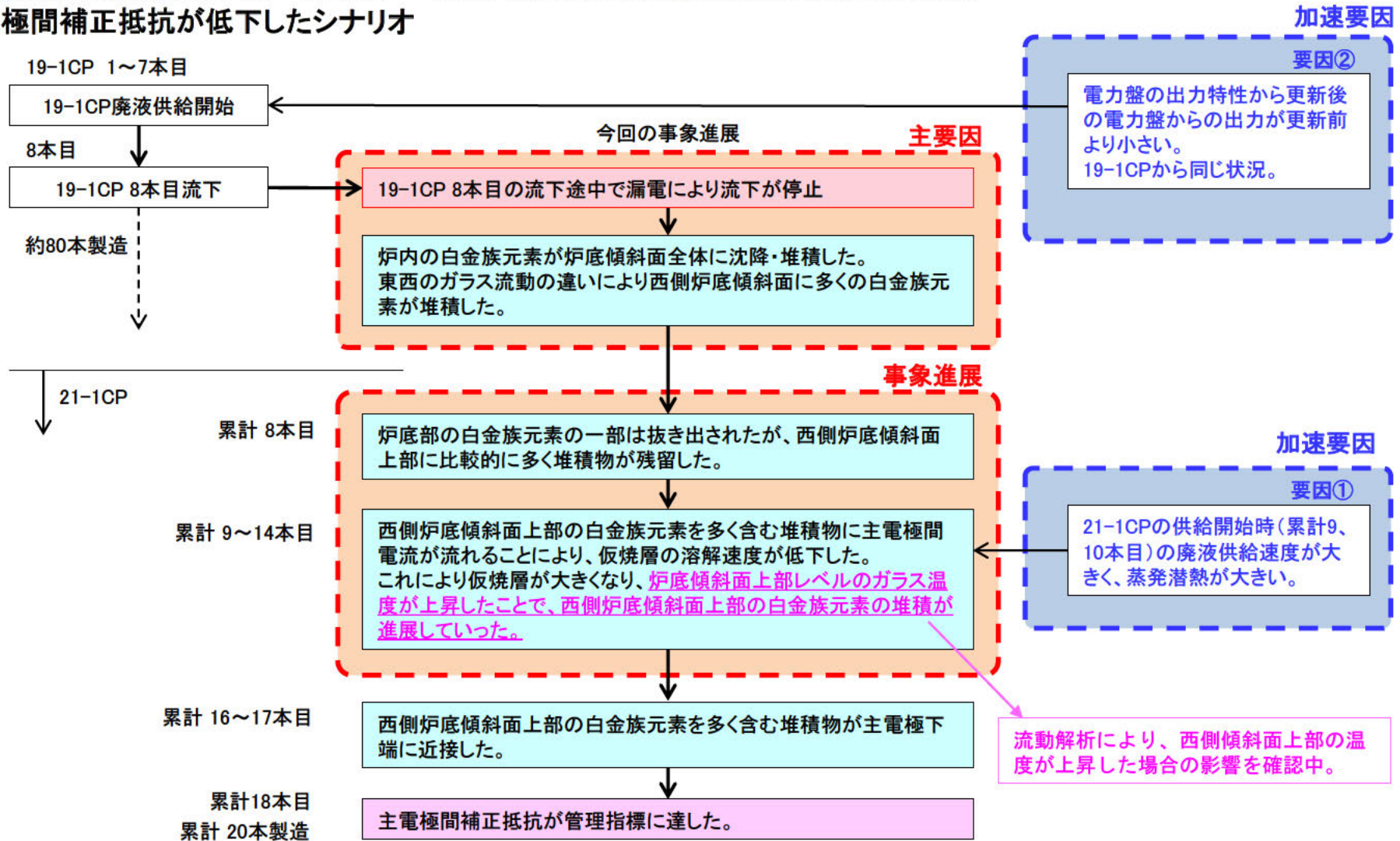
要因分析により洗い出された加速要因(①、②、③)について、これまでの運転との違いを示す。



2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(5) 主電極間補正抵抗が低下した推定シナリオ

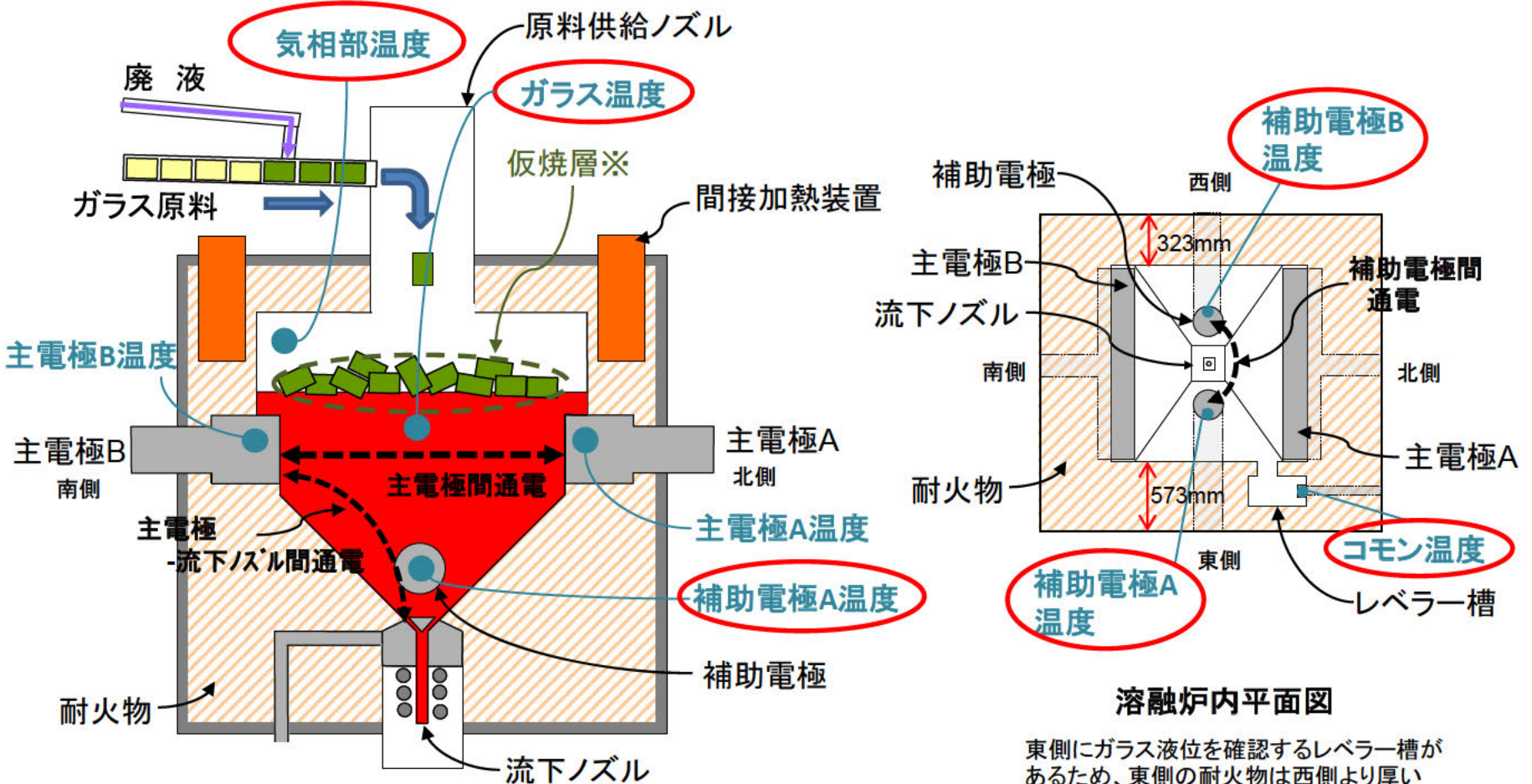
仮説や加速要因について運転データを詳細に調査した結果を基に推定した主電極間補正抵抗が低下したシナリオ



➤ 運転再開に向けた対応

- ① 溶融炉内に残留したガラスを機械的に除去(残留ガラス除去)する。残留ガラス量は、溶融炉へのガラス原料の供給量・抜き出し量の収支から約36kgと想定しており、作業期間は6ヶ月程度を想定している。R3年12月から開始し、2月22日現在約43%の進捗であり計画通りである。その後、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス観察や熱上げ用のガラスカレットの炉内投入などの運転準備作業を行った後に運転を再開する。
- ② 今回の運転における主電極間補正抵抗の低下による溶融炉の停止は、予め想定していた事象であったものの想定よりも少ない本数で低下した。原因調査の結果から、前回(19-1CP)運転の流下停止事象による白金族元素の堆積に起因し、今回の運転の中で加速要因も加わり、進展したものと推定している。主要因(起因)については、流下停止事象に係る対策を施した結合装置に交換している。加速要因については、対策を検討し、次回の運転に反映する。
- ③ ガラス固化処理計画については、今回の運転結果、前述の対策を踏まえ、キャンペーン毎の運転本数や3号溶融炉へ速やかに更新できるよう準備を進め、ガラス固化処理を着実に進めていく。
- ④ 3号溶融炉の製作については、工程どおり進捗し、耐火レンガ、電極、ケーシング等の加工を進め、R4年1月より耐火レンガ仮組みを開始した。また、結合装置の予備品については、2号炉用(予備品)及び3号炉用として共用可能な段階まで準備を進めており、メーカーにて、材料手配及び加工を実施中。

参考資料



東側にガラス液位を確認するレベラー槽があるため、東側の耐火物は西側より厚い

※仮焼層：廃液をしみ込ませたガラス原料を加熱することにより、溶融ガラス表面において、廃液の水分の蒸発、脱硝酸、酸化等の反応が起こるとともに、ガラス原料が溶融し廃棄物成分と混ざり合う過程の層を形成する。
溶融炉の運転において溶融ガラス表面を覆う仮焼層の表面積が小さくなると溶融ガラス表面から気相部への放熱量が増えて気相部の温度が上昇し、大きくなると溶融ガラス表面から気相部への放熱量が減り、気相部の温度が低下する。

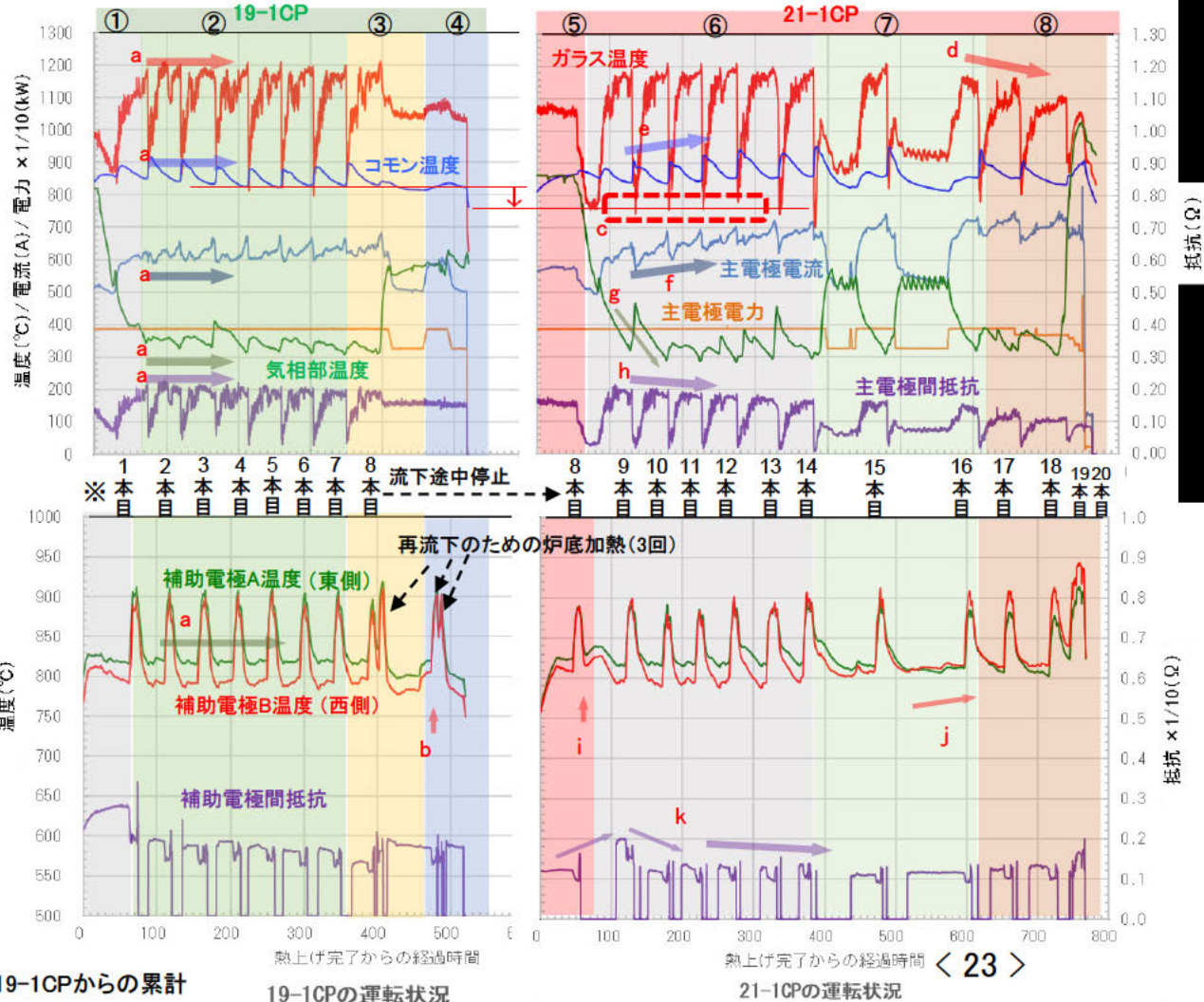
- ✓ 21-1CP開始時とドレンアウト前の炉内状態を推定するため、19-1CP及び21-1CPの運転データから、各運転パラメータの変化の傾向を踏まえ、以下のとおり①～⑧に分類した。
- ✓ このうち、安定していた19-1CPの1本目～7本目と比べ、各運転パラメータの変化が確認された③、④、⑤、⑥、⑧の炉内状況を推定した。

【19-1CP】

- ①1本目
- ②2～7本目
ガラス温度、主電極間電流/抵抗、気相部温度、補助電極温度等一定：**a**
- ③8本目(流下停止事象 保持運転含む)
- ④8本目(再流下の加熱操作→流下できず 運転終了)
補助電極温度差が減少：**b**

【21-1CP】

- ⑤8本目(仕掛品)
補助電極温度の逆転、流下後のガラス温度の低下：**i,c**
- ⑥9～14本目
流下後のガラス温度の低下、主電極電流の増加、主電極間抵抗の低下、コモン温度の上昇、気相温度低下：**c,e,f,g,h**
- ⑦15～16本目(機器不具合等による保持運転を含む)
補助電極温度の上昇：**j**
- ⑧16～18本目
ガラス温度の低下：**d**



※本数(1～20本目)は、除去作業後から運転を開始した19-1CPからの累計

19-1CPの運転状況

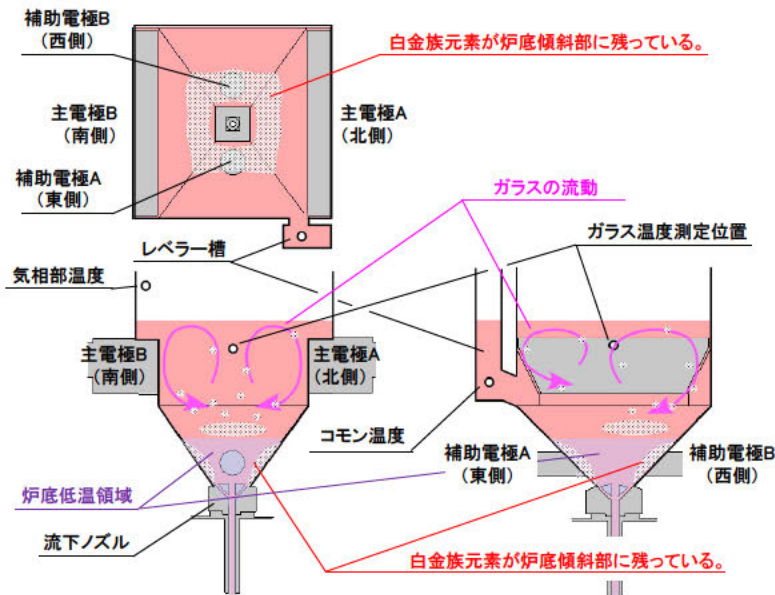
21-1CPの運転状況 < 23 >

【19-1CP】

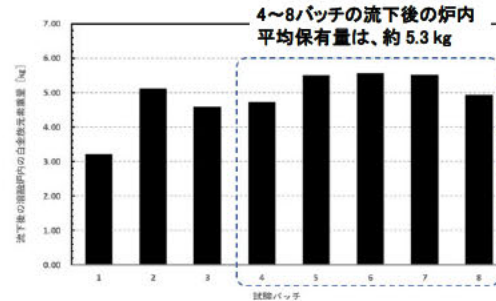
③:8本目の流下停止事象(保持運転を含む)

推定事象

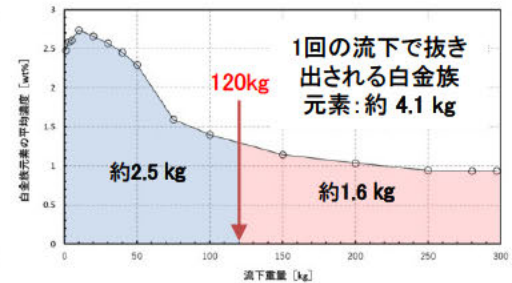
- ・溶融ガラスを約120kg流下したところで流下が途中停止した(通常300kg流下)。
- ・残り180kgを流下するために、再度、炉底加熱を行い、流下を試みたが、同様に流下が停止したことから、一旦保持運転(炉底低温運転)に移行した。
- ⇒ 残り180kgの流下で拔出される白金族元素(約1.6 kg)が炉内に残り、約6.9kg(約5.3kg + 約1.6 kg)の白金族元素の一部が炉底部及び炉底傾斜面に沈降・堆積した。



【流下途中停止後の保持運転(炉底低温)時の炉内推定イメージ】

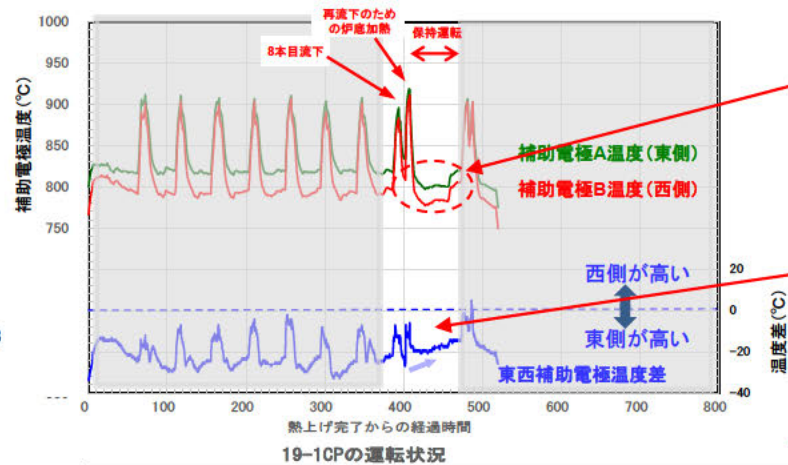


流下後の溶融炉内白金族元素重量
(2号炉コールド作動試験データ)



1回の流下で抜き出される白金族元素: 約 4.1 kg
約2.5 kg
約1.6 kg
流下重量と白金族元素濃度の関係
(2号炉コールド作動試験データ)
白金族元素重量は、流下重量等で補正した値

流下の途中停止により、残り180kgの流下で拔出される白金族元素(約1.6 kg)が炉内に残り、19-1CP終了時には、最終的に炉内に約6.9 kg(約5.3 kg + 約1.6 kg)の白金族元素を保有する状態となった。



✓ 再流下のための炉底加熱後の保持運転では、炉底低温運転ができています。

✓ 8本目の流下(途中停止)とその次の炉底加熱後、西側と東側の補助電極温度差が小さくなっていることから、西側に多く堆積したものと推定した。

< 24 >

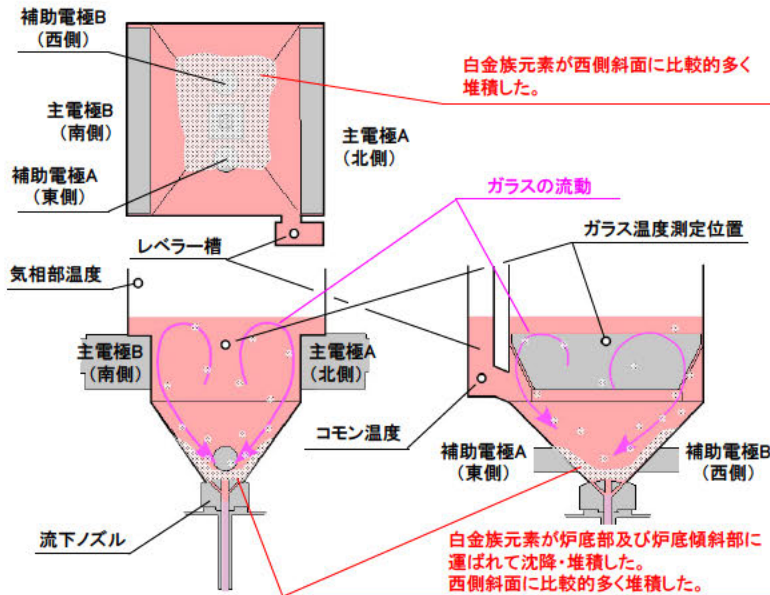
8本目の流下途中停止後、再度流下を試みたが流下ができなかったことから、炉底冷却を行い、保持運転に移行した。再流下の炉底加熱後、補助電極温度差が小さくなっていることから、炉底加熱のガラスの流動で炉底部及び炉底傾斜面に運ばれた白金族元素が西側に多く沈降・堆積した。

【19-1CP】

④:再流下に向けた加熱操作(流下できずに運転終了)

推定事象:④-1 再流下のための炉底加熱

- ・保持運転後、再流下のための炉底加熱を2回行った。
- ・炉底加熱のガラスの流動により、ガラス中の白金族元素が炉底部及び炉底傾斜部に運ばれて沈降・堆積した。

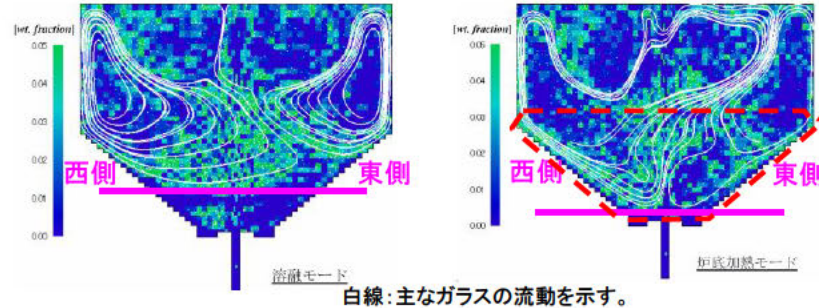


【再流下のための炉底加熱時の炉内推定イメージ】

推定事象:④-2 ガラスを保持した状態での熔融炉停止

- ・再流下では開始直後に流下停止事象が発生し、数kgしか流下ができなかったため、炉底部及び炉底傾斜面に沈降・堆積した白金族元素を抜き出すことができず、炉底部及び炉底傾斜面に残った。
- ・西側の補助電極温度が上昇していることから、西側炉底傾斜面に白金族元素が多く堆積したと推察している。

○炉内粒子流動解析

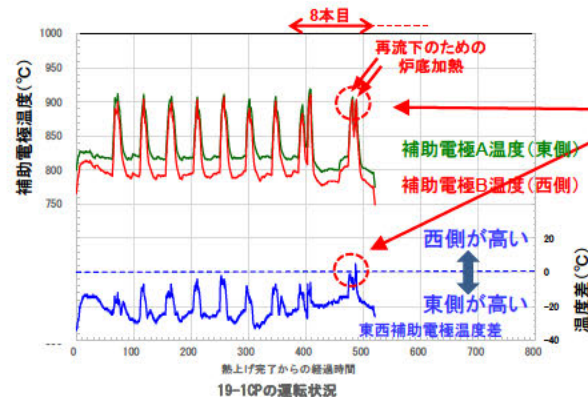


炉底低温運転時の流動
(炉底ガラス温度: 830°C)

炉底部のガラス温度を上げた場合の
流動(炉底ガラス温度: 1000°C)

炉底部を加熱することにより、炉底部までガラスの流動が達し、粒子が炉底部及び炉底傾斜面の全体に運ばれる。

炉底加熱を繰り返したことにより、炉内に保有する白金族元素は炉底部全体に運ばれ、多くの白金族元素が炉底傾斜面に沈降、堆積した。



- ✓ 運転開始から補助電極温度は、東側の方が高かったが、再流下のための炉底加熱時に西側の補助電極温度が上昇して温度差がなくなった。
- 炉底加熱時の主電極-流下ノズル間通電の電流は、電気抵抗が低い西側傾斜面の堆積物流れ、西側の補助電極温度が上昇する。

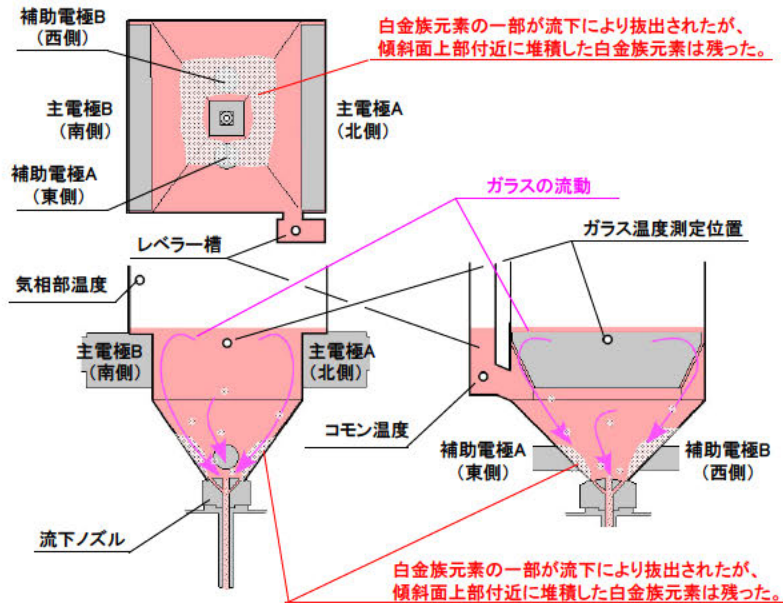
東側より西側炉底傾斜面に多くの白金族元素が堆積していることから、炉底加熱時の主電極-ノズル間電流が西側に流れやすくなり、西側の補助電極温度が昇温した。

【21-1CP】

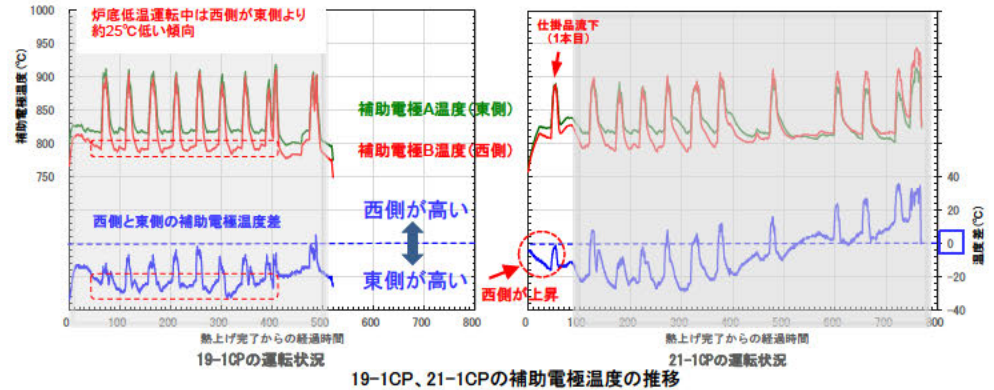
⑤: 仕掛品の流下(累計8本目)

推定事象

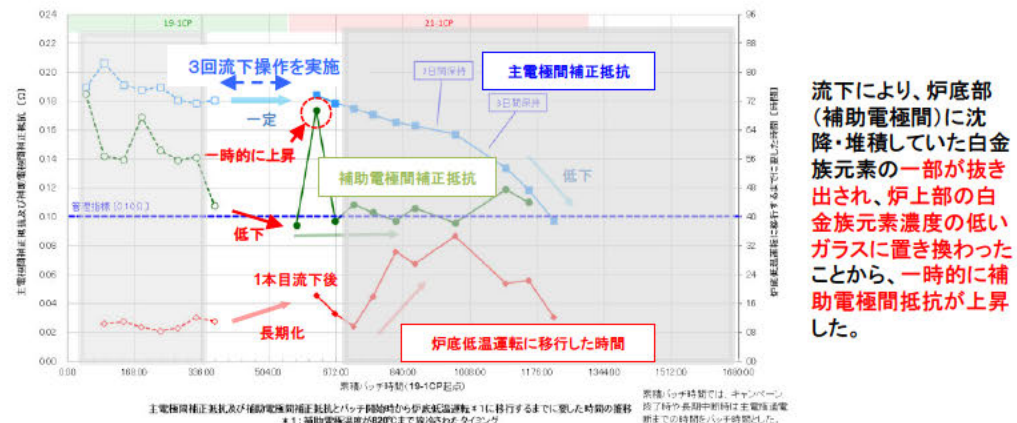
- 21-1CPは流下途中(300kg流下するところ約120kgで流下停止)で運転を終了した状態から熱上げを行い、仕掛品(残り180kg)の流下(1本目)を行った。
- 補助電極間補正抵抗が一時的に上昇していることから、仕掛品の流下により、補助電極近傍に堆積した白金族元素の一部が抜き出されたと推察している。
- また、21-1CP開始時、西側の補助電極温度が上昇していることから、西側炉底傾斜面上部付近に堆積した白金族元素は同様の位置に残ったものと推察している。



【仕掛品の流下時の炉内推定イメージ】



21-1CPの1本目(仕掛品流下前)の炉底低温運転時、西側の補助電極温度が19-1CP時に比べて上昇していることから、西側炉底傾斜面に多くの白金族元素が堆積したものと推定した。



19-1CP終了時、炉底部に白金族元素が沈降・堆積したため、21-1CPの1本目(仕掛品)の補助電極間抵抗が低下した。また、炉底傾斜面上部に白金族元素が沈降・堆積したため、主電極間電流の一部が炉底部に流れ、1本目の流下後、炉底低温運転に移行する時間が長期化した。

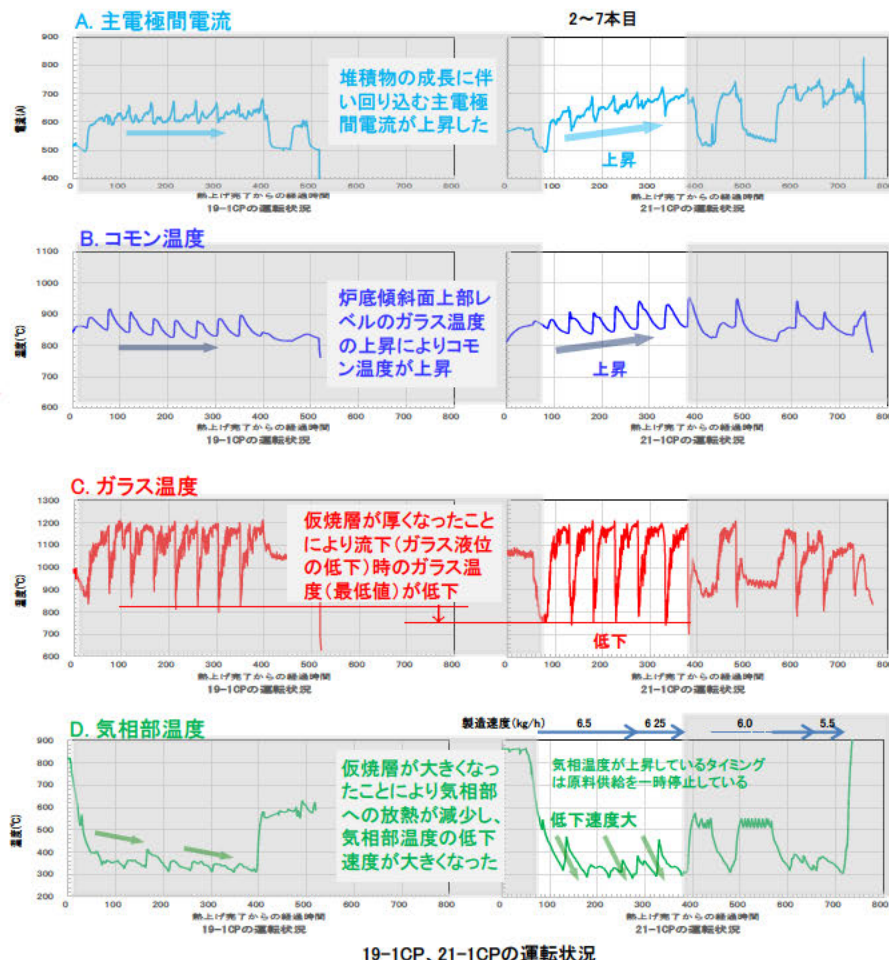
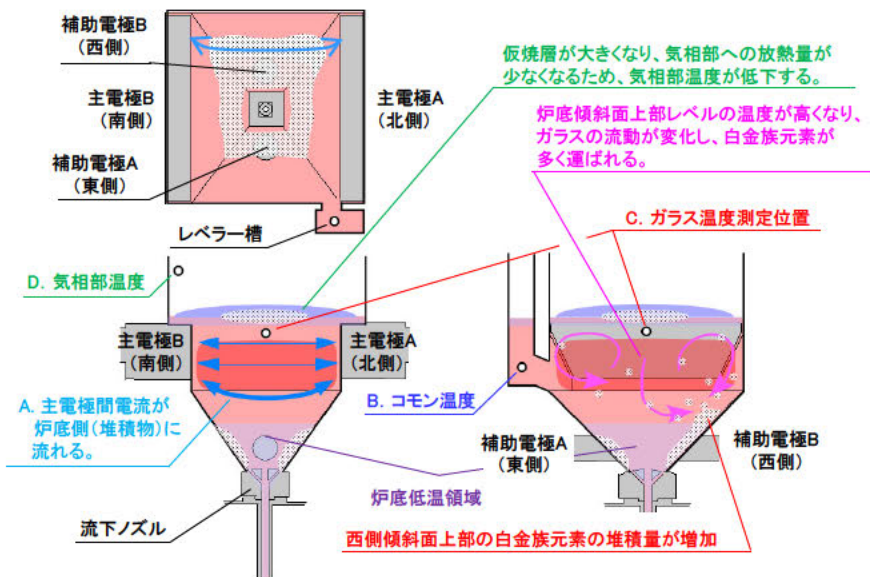
流下により、炉底部(補助電極間)に沈降・堆積していた白金族元素の一部が抜き出され、炉上部の白金族元素濃度の低いガラスに置き換わったことから、一時的に補助電極間抵抗が上昇した。

【21-1CP】

⑥ 2～7本目(累計9～14本目)

推定事象

- 西側炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素を多く含ため電気抵抗が小さい)に流れる主電極間電流が多くなり、炉底傾斜面上部レベルのガラス温度(コモン温度)が上昇した。
→ 仮焼層付近のガラスに流れる主電極間電流が減少したため、当該付近の温度が低下し、供給した原料の溶け込み速度が低下した。
- 仮焼層が大きくなって溶融ガラスの表面を覆い、気相部への放熱が少なくなり、気相部温度が低下した。
- 炉底傾斜面上部レベルの温度が高くなることにより、ガラスの流動が変化して、白金族元素が炉底傾斜面上部に多く運ばれ、堆積量が増えたと推察している。
- 炉底傾斜面上部の白金族元素の堆積量が増えることにより、より多くの主電極間電流が堆積物に流れ、上記の事象が加速していった。



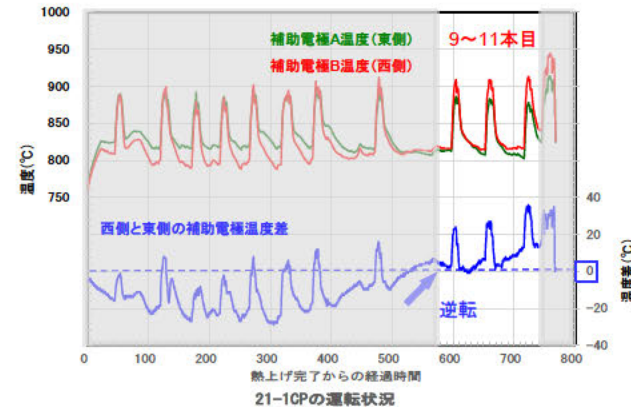
21-1CP開始時から、炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素)に主電極間電流が流れ、炉底傾斜面上部の温度が高くなった。また、主電極間電流が炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素)に流れることにより供給した原料の溶け込み速度が低下したため、仮焼層が厚く、大きくなり、ガラス温度(最低値)が低下し、気相部温度の低下速度が大きくなった。

【21-1CP】

⑧ 9～11本目(累計16～18本目)

推定事象(主電極間抵抗の低下)

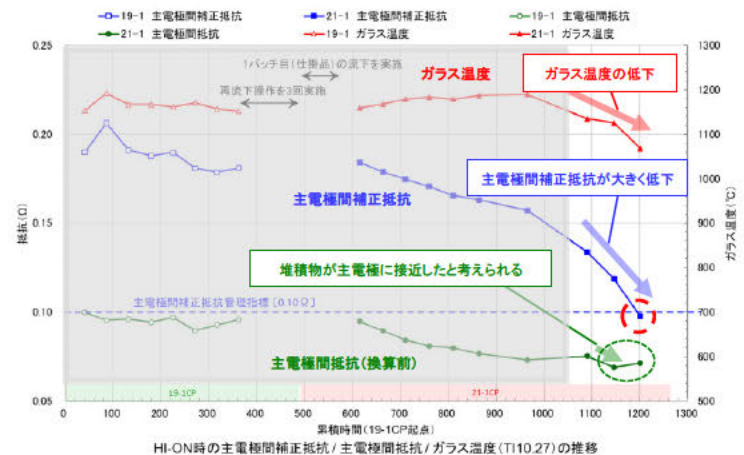
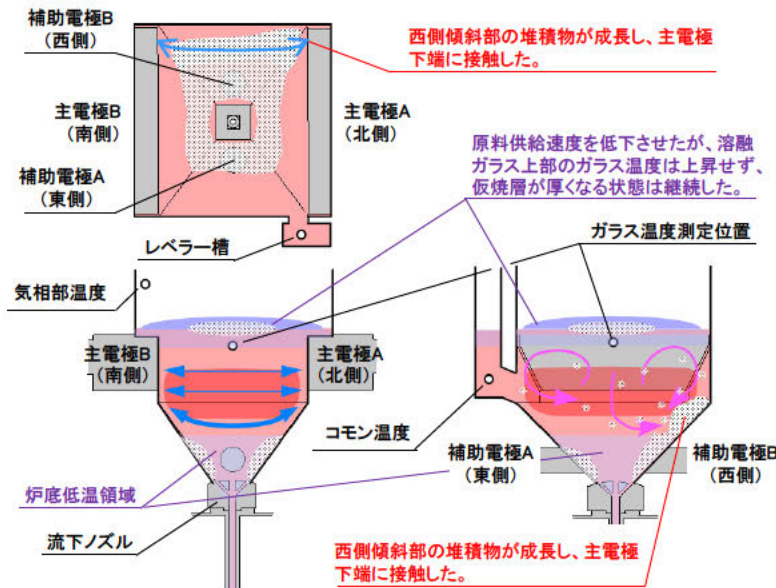
- ・気相部温度の低下速度が大きいことから、仮焼層が大きく、厚い状態が継続しているものと考え、原料供給速度を低下させた。
- ・原料供給速度を低下させたが、気相部温度の低下速度が大きい状況は改善されなかった。
- ・西側の補助電極温度がさらに上昇し、西側と東側の補助電極温度が逆転していることから、西側炉底傾斜面上部への白金族元素の堆積量はさらに増え、主電極間電流が多く流れる状況になった。
また、主電極間補正抵抗が急激に低下していることから、白金族元素を多く含む堆積物が主電極下端に近接したと推定した。



西側の補助電極温度が上昇し、西側と東側の補助電極温度が逆転した。



西側炉底傾斜面及び炉底部への白金族元素の堆積量が増えていった。



※ 補正抵抗: ガラス温度により抵抗値は変わるため、1000°C時の抵抗値に換算している。

11本目では西側炉底傾斜面の堆積物が、主電極下端に近接し、主電極間補正抵抗(1000°C換算値)が大きく低下し、管理指標に達した。

【運転後半(11本目)の炉底低温運転中の炉内推定イメージ】

- 試験条件
- ・溶融ガラスの流動 : なし
 - ・溶融ガラスの温度 : 1000°C、1100°C 一定
 - ・溶融ガラスの白金族元素濃度 : 1.1 wt%(TVF標準ガラス組成に合わせた)
 - ・所定の時間後の白金族粒子の懸濁した粒子層と上澄み層の界面から底部までの距離を測定

➤ 試験結果

条件	沈降速度	沈降状況
1000°C 保持	約 0.4 mm/h (~24h)	
1100°C 保持	約 1.7 mm/h (~24h)	<p>均一に分散 → 凝集沈降 → 界面沈降 → 圧密沈降</p> <p>SEM 観察 (2値化)</p> <p>白金族元素粒子が分散 白金族元素粒子が凝集 凝集が大きくなる</p> <p>3つの画像は同じスケール</p> <p>✓ 凝集性を有する界面沈降を示した。</p>

模擬ガラスによる静置沈降による沈降挙動評価

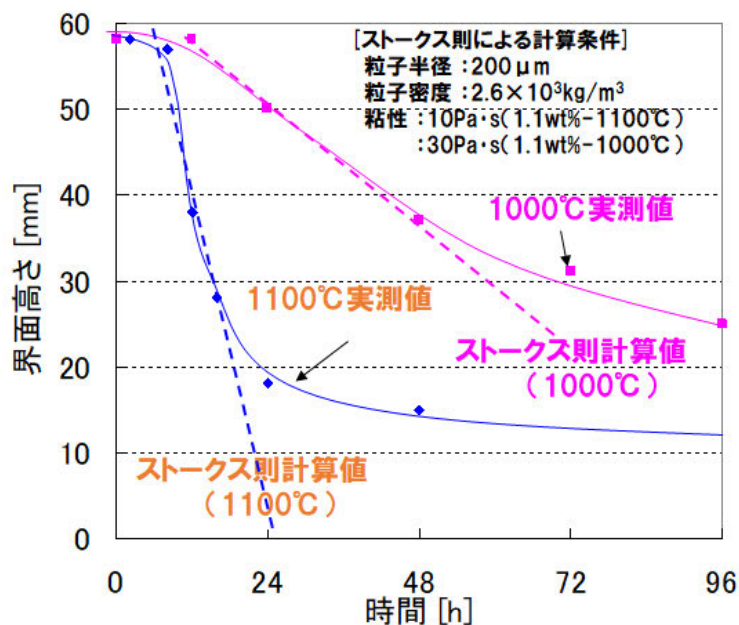
- 結論
 - ✓ 沈降速度は1000℃(約0.4 mm/h)と1100℃(約1.7 mm/h)となり、低温の方が遅くなる(約1/4倍)。
 - ✓ 沈降が進むと圧密の影響により、沈降速度が遅くなる。
 - ✓ 圧密せずに沈降する領域では、ストークスの式に概ね近似できる。

ストークスの方程式(粘性流体中の粒子の沈降速度を表す式)

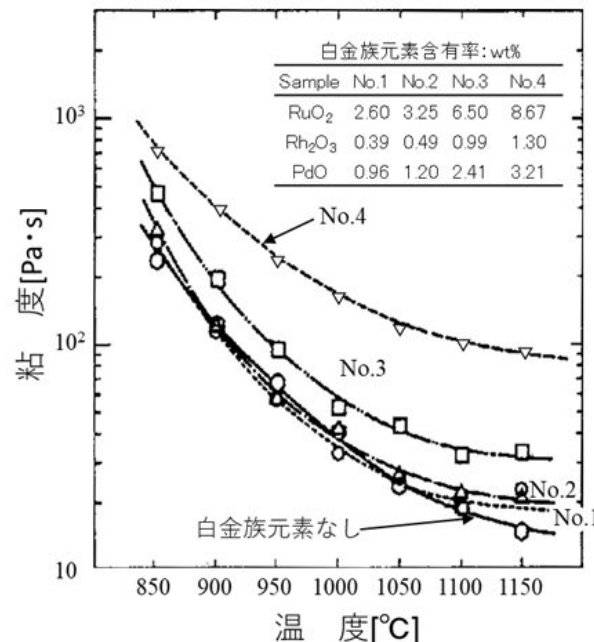
$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_n - \rho_m) \cdot g \cdot r^2}{\eta}$$

v : 終末沈降速度、 r : 粒子径、 ρ_n : 粒子密度、 ρ_m : ガラス密度、 η : 粘度

⇒ 熔融ガラス中の静止状態での沈降速度は、約1~2 mm/h程度(1000~1100℃)であると考える。



白金族濃度1.1wt%ガラス沈降曲線



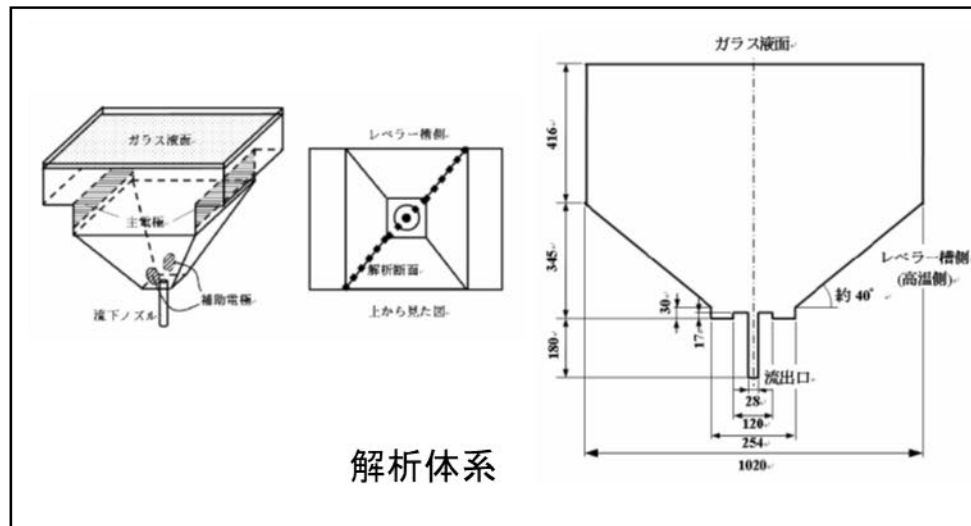
白金族元素含有ガラスの粘度と温度の関係

- 白金族元素粒子は、ガラスの流れに沿って分布している。
- 斜面近傍では、流れが遅くなり、白金族元素濃度が高くなる。

溶融炉運転モード	ガラスの流動等の特徴	ガラスの主要な流れと白金族元素粒子分布	流速及び温度分布
<p>溶融モード(炉底低温運転)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 白金族元素粒子は、主電極近傍に形成された渦の流れに沿って分布している。 • ガラスは、約0.2~1.2m/hの速度で対流している。 • 西側の方が東側よりも渦が大きい。 	<p>白金族元素粒子濃度(重量割合)</p>	
<p>流下前の炉底加熱モード</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 白金族元素粒子は、主電極近傍に形成された渦の流れに沿って分布している。 • 炉底部を加熱することで、渦は炉底部まで広がり、白金族元素粒子が炉底部まで運ばれる。 • ガラスは、約0.3~1.7m/hの速度で対流している。 • 斜面近傍では、流速が遅くなり、白金族元素粒子の濃度が高くなる。 • 西側の方が東側よりも渦が大きい。 	<p>白金族元素粒子濃度(重量割合)</p>	

ガラスの流動と白金族元素濃度に係る解析評価

溶融炉運転モード	ガラスの流動等の特徴	ガラスの主要な流れと白金族元素粒子分布	流速及び温度分布
<p>【参考】 流下モード</p>	<ul style="list-style-type: none"> ガラスが抜き出される流れが支配的になり、炉底加熱時の大きな渦が打ち消される。 ガラスは、最大約14m/hの速度で流下ノズルに向けて流れる。 	<p>白金族元素粒子濃度(重量割合)</p>	



○ 溶融ガラス中の白金族元素の沈降速度

・溶融ガラス中の白金族元素の沈降速度 約 1~2 mm/h

○ 溶融炉内の溶融ガラス中の白金族元素の流動

・溶融ガラス中の白金族元素の流動速度 約 0.2~1.7 m/h



白金族元素の沈降・堆積は、溶融ガラスの流動により運ばれて炉底に沈降し、堆積していくものと考える。



主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 要因分析(これまでの運転との違いの調査)(1/3)

【参考資料】

令和3年12月2日第58回東海再処理施設安全監視チーム会合資料(改訂)

要因分析(これまでの運転との違いの調査)により加速要因の洗い出しを行った。

要因分析:主電極間補正抵抗の早期低下に係る要因分析(これまでの運転との違い)

A: 主電極間抵抗低下(白金族元素堆積)に影響がある
B: 傾斜面への堆積に影響がある

行No.	事象	要因1	要因2	要因3	要因4	要因5	想定される影響、事象	調査項目	調査結果	A	B
1	炉底部に白金族元素が早期に堆積した事象について、これまでの運転との違いを調査する。	供給系: ガラス原料及び廃液の影響	ガラス原料	ガラス原料の仕様	ガラス原料の組成		・ガラス原料の成分組成がこれまでの運転と違いがあることにより、溶解性に影響が出る。構成成分のうち、ホウ素(B)、リチウム(Li)は粘性を下げる働きがある。 ・製造ロットが異なると溶解性に違いがある可能性がある。	・ガラス原料組成等(工場検査記録)確認	〈調査済み〉 ・ガラス原料工場検査記録から各組成の含有率に問題はなかった。 ・21-1CPの初期(3バッチまで)は19-1CPと同様のロット(LotNo.191113)を使用しており違いはない。	×	×
2					ガラス原料の物性		・ガラス原料の物性がこれまでの運転と違いがあることにより、炉内での状態が異なり、溶解性に影響が出る。重量、寸法、浸み込み性及び落下強度に違いがないことを確認する。	・ガラス原料組成等(工場検査記録)確認 ・重量、寸法、浸み込み性、落下強度	〈調査済み〉 ・ガラス原料工場検査記録から重量(67.5g±20g)、寸法(70mm±1mm)、浸み込み量(3.2ml/g)等の検査結果に問題はなかった。	×	△
3			ガラス原料の供給状態	ガラス原料の供給誤差	積算カウンタの誤差		・ガラス原料の投入数(カウンタの積算値)に違いがあると原液層の状態や溶解性に違いが生じ、運転状態に影響が出る。	・積算カウンタ校正記録	〈調査済み〉 ・積算カウンタの校正記録から30回連続動作させ誤差は0であり、カウンタの動作に問題はなかった。	×	×
4					ガラス原料の供給量		・ガラス原料の投入数(供給量)に違いがあると原液層の状態や溶解性に違いが生じ、運転状態に影響が出る。 ・炉内に投入する前に発生する粉塵の量が多いと投入数(カウンタ積算)から求める供給重量が異なり、運転状態に影響が出る。	・ガラス積算と実供給量との差 ・粉塵発生量の確認	〈調査済み〉 ・全体のガラス積算約33,100個と実供給個数約33,000個との差(0.3%)であり問題は無い。 ・粉塵発生量は、19-1CPが0.45%、21-1CPが0.36%であり、設定した0.5%範囲内であり問題ではない。	×	×
5				ガラス原料の供給速度			・ガラス原料の供給速度が計画したガラス固化体製造速度と違いがあると炉内の温度バランスが崩れ、運転状態に影響が出る。	・廃液・ガラス原料供給記録(固化体組成記録)確認 ・ガラス積算記録(供給速度)の確認	〈調査済み〉 ・製造したガラス固化体の組成記録から組成比に問題はなく、また、ガラス積算記録からガラス原料の投入は所定の間隔で行われており、各バッチで供給速度にずれが生じるなどの問題はなかった。	×	×
6		廃液	廃液の組成	分析誤差			・高放射性廃液の成分組成の分析結果に基づき、廃液の調整や供給量を決定していることから、分析値に違いがあると運転状態に影響が出る。	・分析装置、分析値の校正記録確認	〈調査済み〉 ・分析機器の校正記録及び分析前後で実施する検査線の確認から、測定誤差は管理基準以内であり問題ない。	×	△
7				受入れた廃液成分			・高放射性廃液の成分、組成比の違いにより溶解性に影響が出る。特に、全酸化物(WO)とNa ₂ Oの比(WO:Na ₂ O=15:10)は、安定な溶解平衡状態を維持する観点から運転条件の指標としており、ことから運転状態に影響が出る。	・受入廃液の元素分析記録確認 ・全酸化物(WO)とNa ₂ Oの比、各元素含有率 ・受入槽、濃縮器の液量管理の状況確認	〈調査済み〉 ・過去の運転(16-1~19-1CP)と比較した結果、HAW受入後の分析結果、WOに対するNa ₂ Oの比が高かった。WOの中では、沈殿成分、CP成分及び二次液処理系から受け入れた廃液中のガラス由来成分の減少が見られた。違いは僅かであり、ガラス溶解運転には問題ない。 ・液量管理(受入層5.5m ³ 、濃縮器1.0m ³)のもと廃液を取扱った。	×	×
8				供給した廃液成分	白金族元素濃度、割合		・供給した廃液の白金族元素濃度や割合が高い場合、白金族元素の沈降・堆積する量が多くなり、運転状態に影響が出る。	・受入廃液の元素分析記録確認 ・廃液・ガラス原料供給記録(固化体組成記録)確認 ・残留ガラスのサンプルの組成確認	〈調査済み〉 ・過去の運転(16-1~19-1CP)と比較した結果、HAW受入後の分析結果に白金族元素の濃度と割合に大きな違いはなかった。 ・製造したガラス固化体の組成比から白金族元素濃度に問題は無い。 ・残留ガラスの分析結果から白金族元素濃度が高いガラスであり、想定通りの組成であった。	×	×
9					全酸化物、Na ₂ O等(白金族元素以外)		・供給した廃液の成分組成、組成比の違いにより溶解性に影響が出る。特に、全酸化物(WO)とNa ₂ Oの比(WO:Na ₂ O=15:10)は、運転条件の指標としており、ことから運転状態に影響が出る。	・受入廃液の元素分析記録確認 ・廃液・ガラス原料供給記録(固化体組成記録)確認 ・流下ガラスのサンプルの組成確認	〈調査済み〉 ・Na ₂ OとWOは、10wt%、25wt付近で供給されており、著しい違いはない問題はない。 ・流下ガラスサンプルの分析結果からNa ₂ O濃度が10.7wt%であり、溶解性は問題ない。それ以外の元素も過去の分析結果と同様であり問題ない。	×	×

[R]印
○: 影響あり、△: 可能性あり、×: 影響なし



主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 要因分析(これまでの運転との違いの調査)(2/3)

10		廃液の供給状態	供給量の誤差 (供給流量の校正記録等)	・廃液供給量に違いがあると仮焼層の状態や溶解性に違いが生じ、運転状態に影響が出る。	・廃液供給に係る貯槽の液位計等の校正記録、供給流量のルーパ校正記録確認	〈調査済み〉 ・各貯槽の液位、密度、供給流量のルーパ校正記録から流量0~40L/hにおいて誤差は最大0.04L/h(0.1%)であり、問題ない。	×	×	
11		廃液の供給速度		・廃液供給速度に違いがあると仮焼層の状態や溶解性に違いが生じ、運転状態に影響が出る。 ・廃液供給量が実際の量と計算量と異なっていると運転状態に影響が出る。	・廃液・ガラス原料供給記録(固化体組成記録)確認 ・廃液供給量、供給速度の記録確認	〈調査済み〉 供給した廃液の供給量(廃棄物含有率)に問題はなかった。 ・21-1OPで供給開始した2、3ヶ月目の廃液供給速度が大きい(約13L/h)、19-1OP(平均12.5L/h)より廃棄熱量が約0.4kW多くなる。	△	△	
12	運転操作系: 溶融炉運転の影響	供給運転	温度管理	温度指示値	・溶融炉の運転において、温度計指示値に違いがあると運転性に影響が出る。	・温度指示値のルーパ校正記録確認	〈調査済み〉 ・温度指示値のルーパ校正記録から問題は無いことを確認した。校正結果の近似直線から炉底低温やガラス溶融に係る温度範囲(700~1050℃)の誤差は最大3℃程度であり問題ない。	×	×
13		溶融運転	炉内ガラス温度、気相部温度等	・溶融炉はガラス製造速度に対して、主電極電力を39kW一定として、ガラス原料及び廃液の供給量とガラス温度、気相部温度が安定して推移することが重要である。 ・温度バランスが崩れた場合は、炉底低温運転ができないなど運転状態に影響が出る。 ・通電電力が炉底部に回り込むと温度バランスに影響が出る。	・炉内気相部温度、ガラス温度のトレンド記録確認 ・定常解析実施 炉底部(炉底傾斜面上部)に白金族元素が堆積している条件にて、定常解析を実施し、主電極間電流の回り込みの有無、炉底傾斜面上部の温度上昇の有無を確認する。 ・通電が炉底部に回り込む割合を確認	〈調査済み〉 ・21-1OPでは従来どおり原料供給初期から主電極間電力が98kW、製造速度が8.5kg/hで運転した。 ・初期1ヶ月から気相部温度の低下速度が大きくなり、流下後のガラス温度の最低値が低いことから仮焼層が大きい。原料の溶解速度が低下している。 ・1-1OP初期から電極物側に流れる主電極間電流が急激に増加するとともに、Le-on時のガラス温度指示値が低下しており、仮焼層の溶け込み速度が低下して仮焼層が欠け(厚く)なくなった(主原因)と考える。	○	○	
14		通電系(投入電力等)		・溶融炉に投入する電力に違いがあると運転性に影響が出る。 ・表示した電力値と出力される電力に違いがあると運転性に影響が出る。	・主電極電力指示値のルーパ校正記録確認 ・炉内気相部温度、ガラス温度のトレンド記録確認 ・模擬負荷運転による新旧電力盤の出力確認	〈調査済み〉 主電極電力指示値のルーパ校正記録から指示値には問題は無い。 ・パッチの継続に伴い主電極間電流値が大きくなった。 ・新旧電力盤の出力確認結果により、通電出力39kWに対して新電力盤では旧電力盤より0.8kW小さかった。	△	△	
15		崩壊熱		・高放射性廃液中の放射性物質は、時間とともに濃縮し、崩壊熱も低下していく。 ・これまでの運転との炉内の崩壊熱に違いがあると運転性に影響が出る。	・炉内に保有する廃棄物成分による崩壊熱の確認	〈調査済み〉 2号炉運転(04-1OP)当初はLe-H/L液位(約)1.4kWであったが、16-1OP以降は約1.1kWとなり、約0.3kW低下している。	△	△	
16		主電極冷却空気流量		・溶融炉の運転は、温度バランスが重要であり、主電極冷却空気流量が異なる運転状態に影響が出る。	・ガラス温度等のトレンド記録確認 ・主電極冷却空気流量の設定状態確認	〈調査済み〉 主電極冷却空気流量(出力)は、21-1OPで64~66%であり、19-1OPの4%程度である。このため、21-1OPではガラス温度指示値の最低値が低くなっているが、この冷却空気量以外の要因で仮焼層が厚くなっていると思われる。	×	×	
17		炉底低温運転		・炉底部への白金族元素の沈降・堆積を抑制するため、炉底低温運転を行っている。この温度指示値に違いがあると白金族元素の沈降・堆積や溶解性に影響が出る。	・補助電極温度等のトレンド記録確認 ・炉底低温移行時間の確認	〈調査済み〉 8-9本目に炉底低温移行時間が27時間~34時間に長くなったが、9本目以降、短くなった。 ・これまでは主電極間補正抵抗が低下する前に炉底低温移行時間が長期化するが、21-1OPでは炉底低温運転ができていた。	×	×	
18		液位管理		・溶融炉は運転中にLo-H間でガラス液位を確認し、流下操作を実施している。液位に違いがある場合は、炉内の温度や通電状態に影響が出る可能性がある。	・溶融炉制御盤(ガラスレベル検知システム内蔵)の点検整備記録確認 ・運転中のLe-on、H-onの管理	〈調査済み〉 溶融炉制御盤の点検整備記録から問題は無いことを確認した。 ・21-1OPでは、19-1OPと比し、H-on時は202kgに対して平均約4kg(液位+2.3mm)多い程度であり液位管理に問題ない。	×	×	
19	保持運転	温度管理	19-1OPでの保持運転 (流下停止事象) (炉底加熱実施)	・運転中の不具合等により復旧までに時間が掛かる場合は、保持運転を行い、復旧後、すぐに再開できるようにしている。 ・19-1OPで実施した保持運転に従来と違いがある場合は運転性に影響が出る可能性がある。	・ガラス温度、補助電極温度のトレンド記録確認 ・保持運転前後での各電極間抵抗の確認	〈調査中〉 ・流下途中停止後(再流下の炉底加熱を含む)の東西の補助電極温度差から西側の温度が上昇し、保持運転後の炉底加熱時に西側の温度が高くなった。 ・21-1OPは流下途中は補助電極抵抗が低下するとともに、21-1OP初期から電極物側に流れる主電極間電流が急激に増加している。 ・これより、19-1OP終了時に白金族元素が炉底原料道と副冷却管に堆積し、21-1OP開始時から主電極間電流の一部が堆積物側に流れることで仮焼層の溶け込み速度が低下し、仮焼層が大きく(厚く)なった(主原因)と考える。	○	○	
20		21-1OPでの保持運転 (炉底低温)		・運転中の不具合等により復旧までに時間が掛かる場合は、保持運転を行い、復旧後、すぐに再開できるようにしている。 ・21-1OPで実施した保持運転に従来と違いがある場合は運転性に影響が出る可能性がある。	・ガラス温度、補助電極温度のトレンド記録確認 ・保持運転前後での各電極間抵抗の確認	〈調査済み〉 8-9本目の保持運転において、9本目の炉底低温運転は実際の補助電極温度差が小さく、途中から西側の差が大きくなった。 ・補助電極温度差は保持運転前のパッチから徐々に小さくなってきており、保持運転を起点とした悪化は見られない。	×	×	

①

主要因

②

③

主要因

白金族元素の堆積の主要因

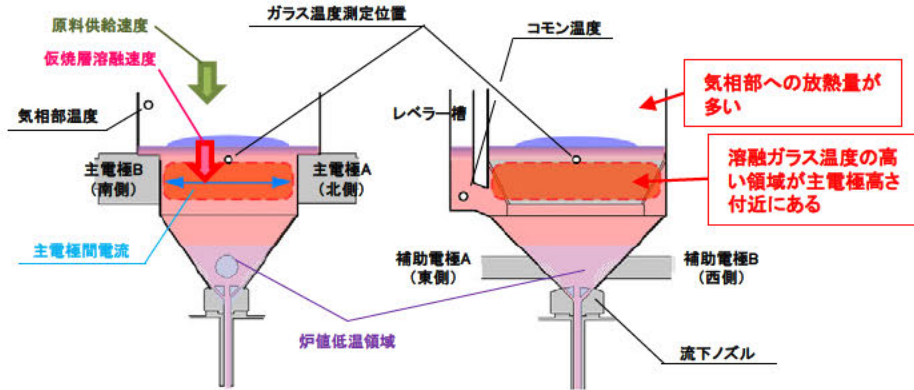
白金族元素の堆積の加速要因

赤字はこれまでの運転との違いを確認したもの

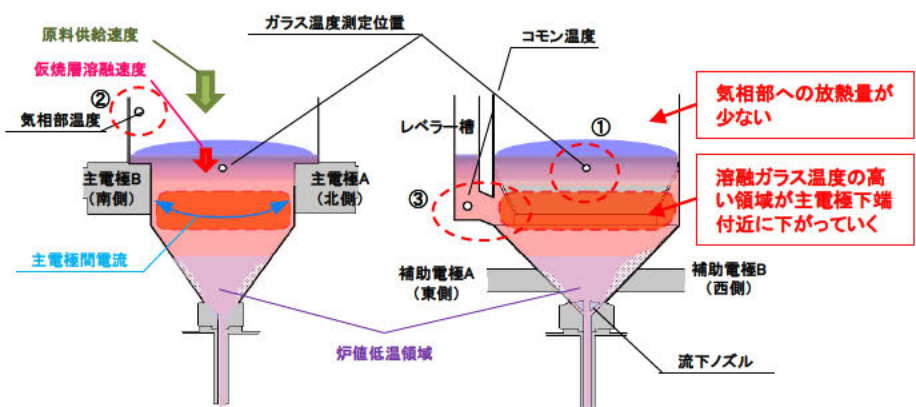


主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 要因分析(これまでの運転との違いの調査)(3/3)

21	流下操作系: 流下による影響(抜出し)	炉底加熱操作	温度管理		・流下前に炉底部の加熱を行う。炉底部を加熱することは、白金族元素の沈降・堆積に影響を与える。加熱時の温度はガラスの粘性に影響する。	・流下操作前の炉底加熱時のトレンド記録確認	〈調査済み〉 すべてのバッチで炉底加熱により全段加熱時の底部電極(流下スル上段)温度を約745°Cに昇温しており違いはない。	×	×
22			加熱操作		・流下前に炉底部の加熱を行う。炉底部を加熱することは、白金族元素の沈降・堆積に影響を与える。加熱操作は、炉底部の状態(白金族元素の挙動)に影響する。	・補助電極間通電、主ノズル間通電のトレンド記録確認	〈調査済み〉 炉底加熱時の補助電極間通電、主ノズル間通電の通電時間、各電流値に大きな違いはなく、加熱操作に問題はない。	×	×
23		流下操作	流下重量		・1本流下することにより、炉内から1本分の白金族元素の抜出し、白金族元素保有量のバランスを保っている。流下重量に違いがあると白金族元素の抜出しに影響が出る。	・流下速度を算出するための重量計の校正記録確認	〈調査済み〉 重量計の校正記録、ルーパ試験記録から入力292.5kg(パネ定数補正後)に対しDCO表示値292.7kg差0.2kgであり、問題ないことを確認した。	×	×
24			流下速度		・ガラスの流下は所定温度から開始し、流下初期は流速を抑え、約3時間で流下することで約1本分の白金族元素の抜出しを行っている。このバランスに違いがあると白金族元素の抜き差し性に影響が出る可能性がある。	・流下速度のトレンド記録確認	〈調査済み〉 流下のトレンドから流下状況(操作、流下速度)に異常のないことを確認した。	×	×
25	排気系: 溶融炉排気の影響(除熱量)	排风量	排気量		・溶融炉の安定運転には温度バランスが重要である。溶融炉からの排気量に違いがあると運転性に影響が出る。	・溶融炉換気系の排気風量、温度のトレンド記録確認	〈調査済み〉 溶融炉からの排気風量(19-1CPと21-1CPで同様)、溶融炉換気系のインテーク弁開度除熱促進する状況は確認されなかった。	×	×
26			インリーク量		・溶融炉の安定運転には温度バランスが重要である。21-1CP前の結合装置交換後における結合装置からのインリーク量が多いと運転性に影響が出る。	・21-1CP前の結合装置交換後における結合装置内圧インリーク量評価(簡易計算) ・溶融炉へのバージエア量の確認	〈調査済み〉 結合装置交換前と交換後のインリーク量を結合装置内圧インリーク量と結合装置内圧、炉内圧から算出した結果、2.1%の増加(除熱量は0.016kW増加)であり影響しない。	×	×
27		温度	炉内気相部温度		・溶融炉の安定運転には温度バランスが重要である。炉内気相部温度に違いがあると運転性に影響が出る。	・炉内気相部温度、ガラス温度のトレンド記録確認	〈調査済み〉 初期バッチから気相部温度の低下速度が高い、これは流下後のガス温度指示値の最低値が低いためと考えられる。後継バッチの溶融速度が低下しているためであり、排気系の問題ではない。	×	×
28	設備	溶融炉	溶融炉本体	溶融炉健全性	・溶融炉はケーシング内に耐火物を積層し、ケーシングは架台に懸架している。 ・溶融炉本体が健全でないとなりに運転性に影響が出る。	・検査成績書により溶融炉と溶融炉架台の積層の確認 ・炉内観察	〈調査済み〉 溶融炉架台、溶融炉の検査結果により、著しい破損はないことを確認した。 炉内観察から傾斜面上部に残留物が確認されたが、炉内に損傷等は確認されていない。	×	×
29			残留ガラス除去	映像等による評価	・2号溶融炉は白金族元素の堆積を確認した場合は、ドレンアウトし、残留ガラス除去を行うこととしている。 ・残留ガラスが除去されていないと運転性に影響が出る。	・19-1CP前の炉内残留ガラス除去作業結果の検証(過去の炉内残留ガラス除去作業後の炉内観察結果(16-1CP前)との比較)	〈調査済み〉 19-1CP前の除去作業の結果は、16-1CP前の結果と比較し、同程度に除去されていた。	×	×
30				運転状態による評価	・2号溶融炉は白金族元素の堆積を確認した場合は、ドレンアウトし、残留ガラス除去を行うこととしている。 ・残留ガラス除去後、炉内の状態に違い(目視では確認困難)があると運転性に影響が出る。	・16-1CPと19-1CPとの熱上げ状態、初期バッチの状態の比較	〈調査済み〉 16-1CPと19-1CPの熱上げ時の温度状況等はほぼ同様である。 ・運転開始初期の補助電極間抵抗は19-1CPが16-1CPより低い。 ・19-1CPでは炉底低温運転による安定運転ができていないことから影響はない。	×	×
31			結合措置		・21-1CP前に更新した結合装置による影響により運転状態に違いがある場合には、運転性に影響が出る。	・結合装置内圧等のトレンド記録確認	〈調査済み〉 流下操作時は-0.4kPa(MV約70%)で制御されており問題ない。 ・流下操作時以外は、26項目(インリーク量)と同様であり問題ない。	×	×
32	制御系	工程制御装置			・19-1CP前に更新した工程制御装置の出力や表示値に違いがある場合は、運転性に影響が出る可能性がある。	・主電極電力指示値のルーパ校正記録簿(電力盤～工程監視盤、工程制御装置)	〈調査済み〉 電力盤の外部端子から工程制御装置へ模擬入力を行い、制御室側(工程監視盤(CP盤)・工程制御装置(CO盤))の指示値を確認し、精度±0.2%内であり問題ない。	×	×



19-1CPの炉内状態
(原料供給速度*1(一定)に対して仮焼層の溶融速度が等しい)



21-1CPの炉内状態
(原料供給速度*1(一定)に対して仮焼層の溶融速度が小さい)

① ガラス温度(流下後の最低温度)

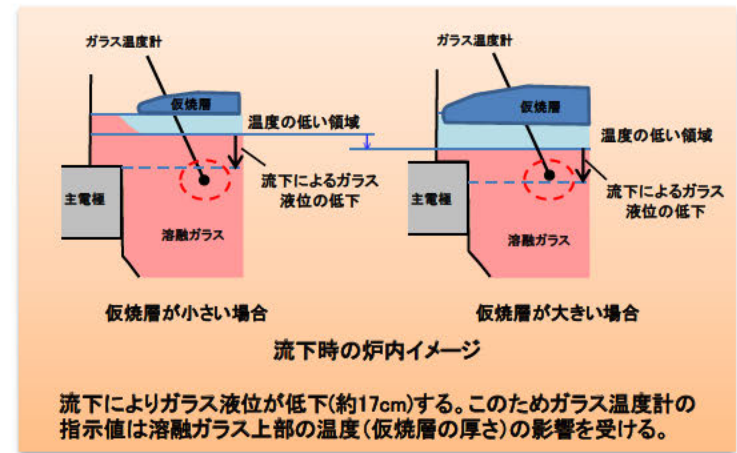
仮焼層が大きい(厚い)(原料供給速度に対して仮焼層の溶融速度が小さい)場合、熔融ガラス温度の高い領域が主電極下端側にあるため、流下により炉内ガラスレベルが下がると厚くなっている仮焼層の影響を受けガラス温度指示値が800℃を下回る(19-1CPに比べて50~100℃程度低い)。

② 気相部温度*2

原料供給速度と仮焼層の溶融速度のバランスが取れている場合、熔融ガラスから気相部への放熱量が安定しているため、気相部温度は一定の範囲内で推移する。原料供給速度に対して仮焼層の溶融速度が小さい場合は、仮焼層が大きくなり、気相部への放熱量が減少し、気相部温度が低下する。

③ コモン温度*3(レベラー槽内のコモンプローブの温度)

仮焼層が大きい(厚い)場合、熔融ガラス上部の温度が低下することから主電極間通電の領域が下がり、熔融ガラス温度の高い領域が主電極下端側に下がるため、コモン温度測定位置付近の温度が上昇する。



流下によりガラス液位が低下(約17cm)する。このためガラス温度計の指示値は熔融ガラス上部の温度(仮焼層の厚さ)の影響を受ける。

*1 原料供給速度：ガラス原料と廃液を合わせた供給速度

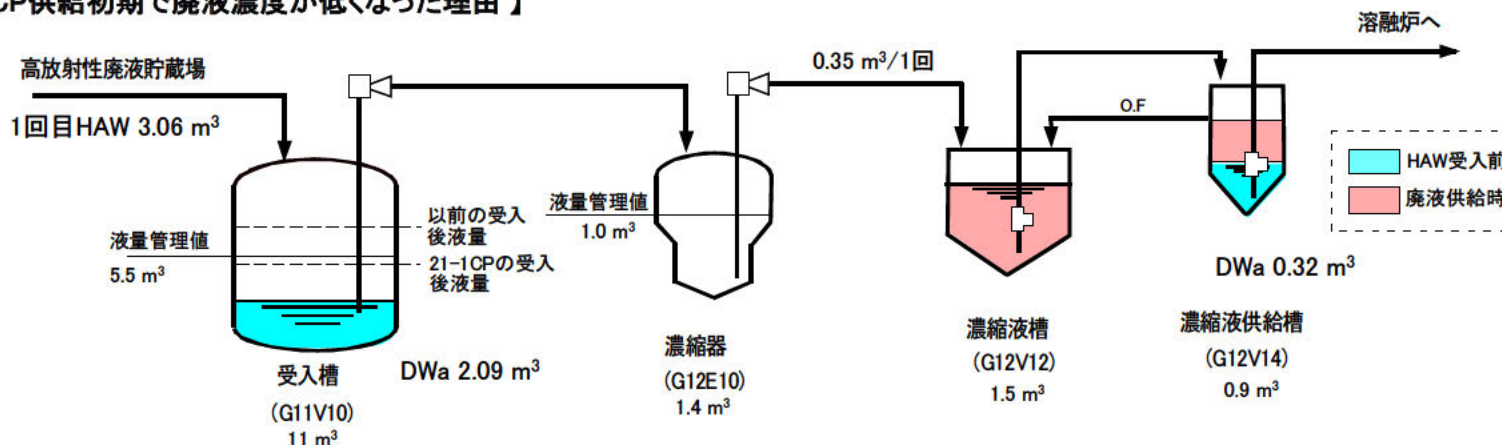
*2 気相部温度：気相部では供給した廃液の揮発成分の蒸発が行われる。気相部の温度は、熔融ガラス表面からの放熱や、流下により炉内ガラスレベルが下がることで、熔融ガラスと接触していた炉壁からの放熱により上昇し、原料供給に伴って徐々に低下していく温度変化を繰り返す。

*3 コモン温度：流下による炉内ガラス液位の低下に伴い、熔融ガラス温度の高い領域が下がり、コモン温度測定位置付近の温度が上昇する。ガラス液位の上昇に伴って徐々に温度は低下していく推移を繰り返す。



21-1CP供給初期で廃液濃度が低くなった理由

【21-1CP供給初期で廃液濃度が低くなった理由】



[受入前の状態]

- 19-1CP後、HAWは全量、HAW施設へ返送し、TVF内貯槽には洗浄液(DWa)が入っていた。
- HAW受入前の状態：
 - ・受入槽(G11V10)と濃縮液供給槽(G12V14)には、溶融炉との水封のため洗浄液(DWa)が入っている。
 - ・濃縮器(G12E10)、濃縮液槽(G2V12)は空の状態とした。

[廃液の濃度調整の考え]

- 濃縮液供給槽(G12V14)には洗浄液があるため、濃縮器(G12E10)にて高めに濃縮し、廃液供給時の濃度を安定させる。

[受入と液量制限]

- ① HAW受入：耐震裕度向上のため、受入槽の液量管理(管理値:5.5 m³)により、1回あたりの受入量が制限される。
 - ・1回目のHAW受入：受入槽に洗浄液(2.09 m³)が入った状態でHAW(3.06 m³)を受入れた。
 - ・受入後のWO濃度は、56.0 g/Lとなった。
- ② 濃縮器への送液：耐震裕度向上のため、濃縮器の液量管理(管理値:1.0 m³)により、1回あたりの移送量が制限される。
 - ・液量管理のもと最大の濃縮度となるように濃縮器へ移送し、濃縮した。(濃縮後の廃液濃度:142~148 g/L)
- ③ 濃縮液槽、濃縮液供給槽への移送(液張り)後の濃度
 - ・濃縮器で濃縮した廃液を順次、濃縮液槽へ移送(5回)した結果、廃液供給時の濃縮液供給槽の廃液濃度は、120.67 g/Lとなった。
 - ※濃縮液供給槽の廃液濃度は、濃縮器からの移送が繰り返されることで、通常 130 ~ 135g/L程度まで徐々に上昇する。

[供給速度]

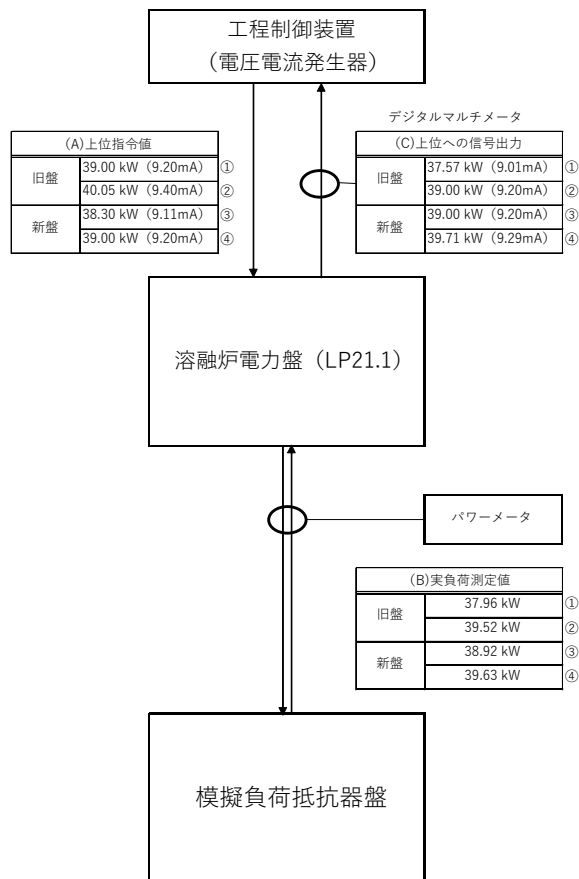
- ガラス固化体の製造速度に合わせた廃液供給量
 - ・ガラス固化体の製造速度が 6.5 kg/h、廃液濃度が 120.67 g/L から廃液供給速度は約 13 L/h となり、19-1CPの平均廃液供給速度(約 12.5 L/h)に比べて約0.5 L/h大きくなった。



新旧電力盤の出力確認結果

【新旧電力盤の出力確認結果】

新旧電力盤に模擬負荷抵抗盤を接続し、39kWの出力の制御指令を与えたときのそれぞれの投入される電力値を測定した。



(A)上位指令値 (入力信号)			(B)実負荷測定値	(C)上位への信号出力	
[mA]	制御出力[%]	換算値[kW]	測定値[kW]	測定値[kW]	
4.0	0.0	0	0.00	0.0	
8.0	25.0	30	28.67	28.12	
12.0	50.0	60	59.43	58.87	
16.0	75.0	90	90.05	89.47	
20.0	100.0	120	120.49	119.62	
9.20	32.50	39	37.96	37.57	
9.40	33.75	40.05	39.52	39	

(A)上位指令値 (入力信号)			(B)実負荷測定値	(C)上位への信号出力	
[mA]	制御出力[%]	換算値[kW]	測定値[kW]	測定値[kW]	
4.0	0.0	0	0.00	0.0	
8.0	25.0	30	30.05	30.20	
12.0	50.0	60	61.45	61.80	
16.0	75.0	90	91.72	92.00	
20.0	100.0	120	121.78	120.60	
9.11	31.94	38.30	38.92	39	
9.20	32.50	39	39.63	39.71	

上記表は出力確認の結果を元に比で算出した。

- ✓ 04-1CPから21-1CPにおいては、溶融炉の主電極間電力を 39 kWに設定しており、制御室の工程制御装置(DC)の指示値(電力盤からDCへのアウトプット)が 39 kWとなるよう制御指令値(制御電流)が制御されている。
- ✓ よって、主電極間の投入電力は、17-1CPまで使用した旧電力盤が 39.5 kW、新電力盤(19-1CPより使用開始)が約 38.9 kWとなり、新電力盤の投入電力の方が約 0.6 kW小さい。

ガラス固化技術開発施設(TVF)における 洗浄運転の実施可否等について

【概要】

1. TVF での洗浄運転について

- 高放射性廃液に含まれる白金族元素は、溶融炉に供給されるとそのほとんどが溶けず、酸化物結晶として溶融ガラスとともに流動し、炉底部に滞留し、流下ノズルより抜き出される。
- K 施設溶融炉においては、白金族元素を含む溶融ガラスが炉底部周辺に滞留し、流下性が低下することが KMOC 試験などで確認されていることから、定期的に白金族元素を含まない模擬廃液を供給し、炉底部周辺に滞留した白金族元素を抜き出すとともに炉内の白金族元素保有量を少ない状態に制御して、流下性等の低下を予防する洗浄運転を行っている。
- 一方、TVF 溶融炉は、これまで 329 本のガラス固化体を製造してきたが、白金族元素堆積の管理指標に達しても所定の流下時間を超えるような顕著な炉底加熱性の低下や流下性の低下は見られていない。
- K 施設溶融炉は、TVF 溶融炉に比べガラス容量が 5 倍強と大きく、白金族元素の保有量も多いが、流下による抜き出すガラス量はほぼ同等(TVF 溶融炉:300kg/本、K 施設溶融炉:400kg/本)であり、流下後においても炉内に白金族元素を保有していると推察できる。
- 洗浄運転は、炉底部周辺に滞留した白金族元素の抜き出しや炉内の白金族保有量の低減には効果が認められるが、TVF 溶融炉において問題となっている炉底傾斜面に堆積した白金族元素を抜き出す効果は期待できない。
- 従って、TVF 溶融炉において問題となっている炉底傾斜面に堆積した(抜き出せずに付着した)白金族元素の除去に対しては、現在の機械的な除去(残留ガラス除去)以外に具体的な方法はなく、より安定に TVF 溶融炉を運転し、ガラス固化処理を早期に完了するために、白金族堆積の堆積を早期に検知するためのモニタリングの改善などを図っていく。

2. TVF の運転計画の年単位での数値目標の提示について

- ガラス固化処理は、東海再処理施設の廃止措置において最優先事項として取り組み、早期完了を目指していることに変わりはない。
- 16-1CP 以降の工程の遅れに対して、当面の工程を着実に進めていくことが重要と考えており、R4 年度の詳細工程を示し、適宜、進捗を報告することとしたい。

3. 3号溶融炉への更新の判断基準について

- ガラス固化処理の早期完了に向け、2号溶融炉の運転状況により3号溶融炉の早期導入を検討する。
なお、今後ガラス固化処理計画で製造するガラス固化体(約 550 本)に加え、工程洗浄や系統除染で発生する廃液のガラス固化処理を3号溶融炉で完了することも考慮しつつ、ガラス固化処理を停滞させないよう3号溶融炉へ更新する。

令和 4年 2月 28日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

注記:本資料における日本原燃㈱の K 施設溶融炉に関する記載は、公開されている資料からの機構の推測である。

ガラス固化技術開発施設（TVF）における 洗浄運転の実施可否等について

令和4年2月28日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

令和4年1月5日の規制委員会でTVFに関して以下のご質問があった。これらについて回答を整理した。

1. TVFで洗浄運転ができないことに関する詳細な説明
 - (1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要
 - (2) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法
 - (3) TVFにおける洗浄運転の効果（推定）
 - (4) TVFにおける洗浄運転の実施可否（現状）
 - (5) TVFにおける安定運転に向けた取組み
2. TVFの運転計画の年単位での数値目標の提示と状況報告
3. 3号溶融炉への更新の判断基準（12/2監視チーム会合での宿題）

1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要(1/10)

- ✓ TVF及びK施設で耐火物の溶融槽に高放射性廃液を液体の状態でガラス原料とともに連続的に供給し、溶融炉内の電極を介してガラスに直接交流電流を流すことで発生するジュール熱により加熱溶融する。溶融したガラスは、炉の底にある流下ノズルからガラス固化体容器に定期的に注入する液体供給式直接通電型セラミックメルタ（LFCM：Liquid Fed Joule-heated Ceramic Melter）を採用している。
- ✓ LFCMでは、ガラスをジュール熱により加熱、溶融するためガラスの電気抵抗や溶融したガラスを自然流下によりガラス固化体容器に注入するためガラスの粘度等の物性が重要となる。これらの物性は、ガラス中の廃棄物含有率やナトリウム含有率等により変動することから、一定の含有率になるように調整して、溶融炉へ供給している。また、これらの物性は温度によっても変動することから、ガラス溶融炉内の温度を目標温度範囲内に制御している。

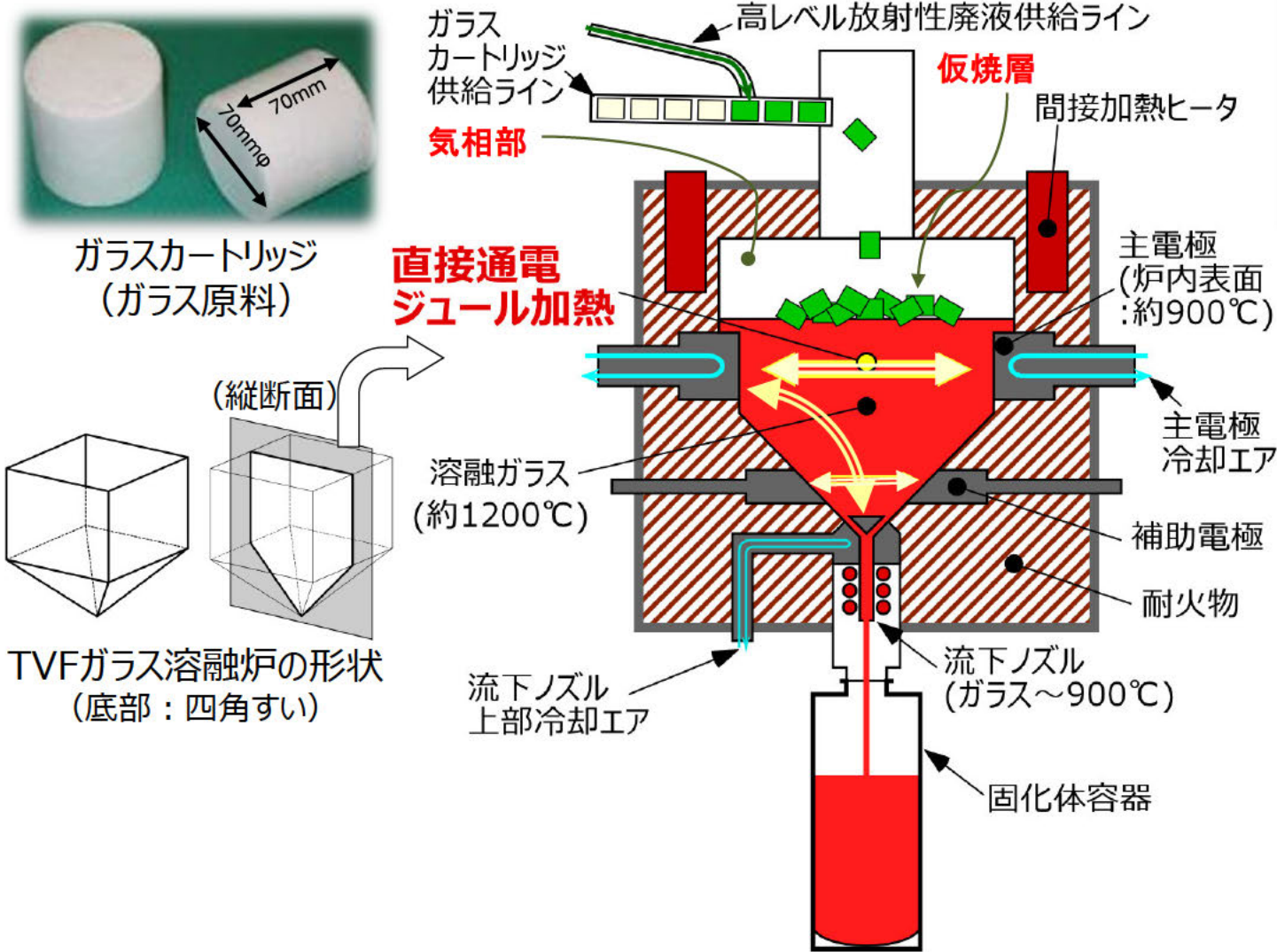
※TVFの例

- ・廃棄物含有率（約25wt%）：高放射性廃液とガラス原料の供給割合で調整
- ・ナトリウム含有率（約10wt%）：高放射性廃液に硝酸ナトリウム溶液を添加して調整
- ✓ このガラス溶融炉内の温度制御においては、高放射性廃液及びガラス原料（以下、ガラス原料等という。）の供給速度とガラスを溶融する主電極間電力等のバランスが重要となる。溶融炉へ連続的に供給されたガラス原料等は、溶融ガラス表面でゆっくりと溶けていき、溶けかかりのガラス原料等（以下、仮焼層という）により溶融ガラス表面が覆われる。この仮焼層の大きさにより溶融ガラス表面から気相部への放熱量が変化し、溶融炉内の温度も変化する。このため、気相部の温度を監視することにより仮焼層の大きさが一定（ガラス原料の溶融速度が一定）になるようガラス原料等の供給速度と主電極間電力をバランスさせている。

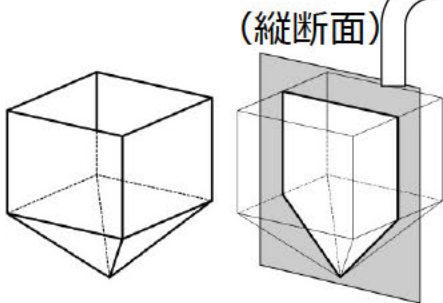
1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要 (2/10)

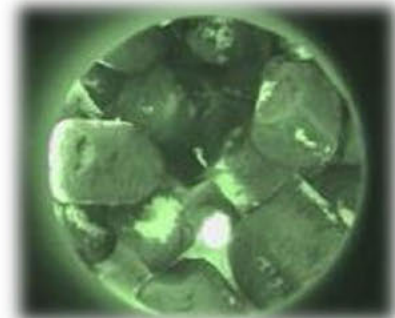
【TVF：液体供給式直接通電型セラミック溶融炉】



ガラスカートリッジ (ガラス原料)



TVFガラス溶融炉の形状 (底部：四角すい)



ガラス溶融炉内の状態 (仮焼層)

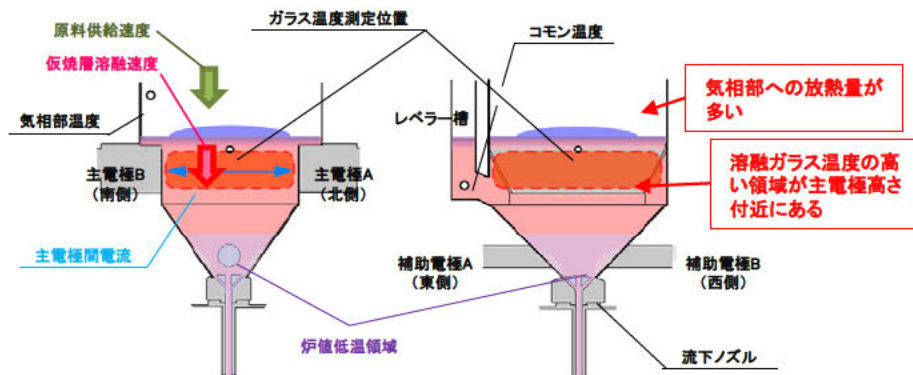
【廃液の状態変化】
 高レベル放射性**廃液**
 ⇩ 乾燥：100°C～
硝酸塩
 ⇩ 分解：～800°C
酸化物
 ⇩ ガラス化：～1200°C
ガラス固化体

1. TVFでの洗浄運転について

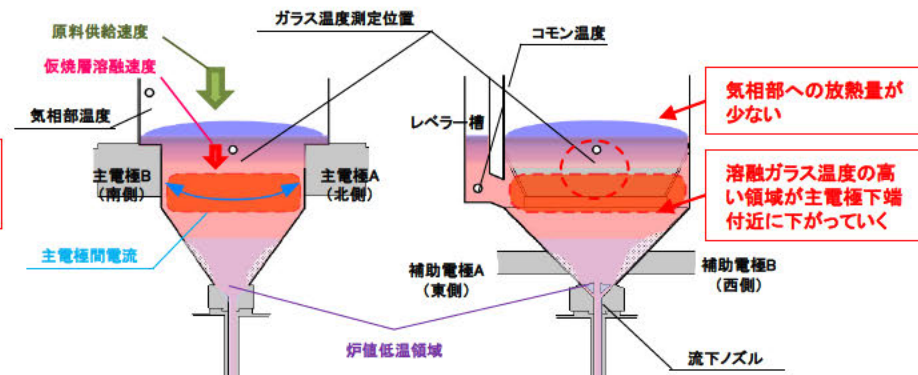
(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要 (3/10)

【仮焼層とは】

- ✓ 高温の溶融ガラス液面上に放射性廃棄物成分を含む廃液をしみ込ませたガラス原料を投入すると、廃液中の水分が蒸発し、乾燥した廃棄物の粉（ガラスに溶け込む前の状態）と溶けかかったガラス原料が混在して、ガラス液面上に浮かぶ層（仮焼層）を形成する。
- ✓ 仮焼層の下部から溶融ガラスへ溶解していく。
- ✓ 仮焼層は、鍋で煮物を作る際の「**落とし蓋**」のような保温の効果があり、液面全体を覆っているのではなく、所々で液面が露出している。
 - 溶融ガラス表面を覆う**仮焼層が大きくなると**、溶融ガラスから気相部への放熱が減り、**溶融ガラス温度が上がり、気相部温度は下がる**。
 - 逆に、**仮焼層が小さくなると**、溶融ガラスから気相部への放熱が増え、**溶融ガラス温度が下がり、気相部温度は上がる**。
- ✓ 仮焼層が一定の大きさに保たれるようガラス原料等の供給速度と主電極間電力をバランスさせ、溶融ガラスへの廃棄物成分の溶け込みや白金族元素が分散していく速度を一定に保っている。



仮焼層の大きさが一定に維持されている場合



仮焼層が大きくなった場合

1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要(4/10)

- ✓ LFCMにおいては、**高放射性廃液中に含まれる白金族元素**の考慮が重要である。
- ✓ 白金族元素(Ru)は廃液中では硝酸塩あるいは一部が金属微粒子として存在するが、ガラス原料とともに溶融炉に供給されると、**仮焼層で化学変化してRu酸化物結晶（針状結晶）**としてからゆっくりと溶融ガラス中に分散し、**そのほとんどがガラスに溶けず溶融ガラスとともに流動**する。また、Ru酸化物結晶は**針状結晶**であるため、時間とともに溶融ガラス内で凝集し、**凝集体として溶融ガラス中に分散し、溶融ガラスとともに流動**する。
- ✓ 溶融炉の運転に伴い、Ru酸化物結晶は溶融ガラスの流動により炉底部周辺に運ばれて、**炉底部周辺の溶融ガラス中のRu酸化物結晶が高濃度になる**（以下、「**滞留**」という。）。
- ✓ この一部のRu酸化物結晶は主に溶融炉底面から流下時の**流れが遅い谷部に付着し、さらに流動により運ばれるRu酸化物結晶が捕捉され成長**（以下、「**堆積**」という。）する。
- ✓ **Ru酸化物結晶が堆積した場合**、Ru酸化物結晶は電気抵抗が溶融ガラスに比べて小さいため、**堆積したRu酸化物結晶を多く含むガラスに電流が多く流れガラスが溶け難くなる**。また、Ru酸化物結晶を多く含む溶融ガラスは**粘度が大きくなり、通常の流下操作では流下・排出できない**。
- ✓ Ru酸化物結晶（以下、白金族元素という。）の**堆積を抑制するため「炉底低温運転」**により運転している。
「炉底低温運転」は、溶融炉上部の温度（約1150℃）に対して炉底部周辺のガラス温度を比較的低い温度（800～850℃）にし、ガラス粘度を大きくすることにより白金族元素を炉底部周辺よりも上の溶融ガラス中に保持し、その後、流下操作の前に短時間で炉底部周辺のガラスを加熱し、溶融ガラスとともに白金族元素を流下・排出させる運転方法である。



1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要(5/10)

- ✓ 溶融炉の運転が安定的な状態※1では、白金族元素は溶融ガラスとともにほぼ定量的に流下・排出される。

※1 安定的な状態

溶融炉に供給された高放射性廃液とガラス原料が一定の速度で溶融し（仮焼層が一定の大きさを維持され白金族元素が溶融ガラスに分散）、溶融炉内の温度バランスが保たれている状態。

- ✓ 一方、溶融炉の運転が不安定な状況※2においては、高濃度のRu酸化物結晶を含む溶融ガラスが溶融炉の底部周辺等に滞留し、溶融炉壁面や底面に付着し、さらに流動により運ばれる白金族元素が堆積する場合がある。

※2 不安定な状況の例

- ・TVF溶融炉の例：今回の運転の急速な主電極低下(2021年8月)は、前回の運転の流下停止時(2019年7月)の操作で、再流下のための炉底加熱を繰り返すことにより、炉底部のガラス温度が高くなり、高濃度の白金族元素を含む溶融ガラスが西側炉底壁面上部に堆積したことにより生じたものと推定している。
 - ・K施設溶融炉の例：仮焼層が短時間で溶融する等により、白金族元素を含む溶融ガラスが溶融炉の炉底部周辺に沈降・滞留して流下性等が低下する。
- ✓ また、安定的な状態であっても、長時間の運転に伴い、主に溶融炉底面から流下時の流れが遅い谷部に白金族元素が堆積し、主電極-底部電極間の抵抗低下をもたらす（TVFの場合は最大100本程度の製造において主電極間抵抗が低下する）。

○白金族元素の特性

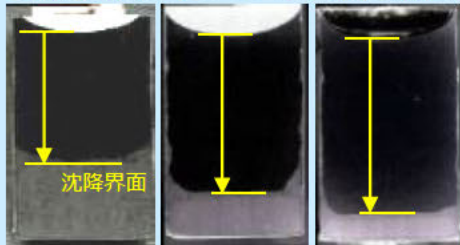
白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- ① ホウケイ酸ガラスに対して溶けにくく、密度が高い ($\text{RuO}_2: 7\text{g/cm}^3$, ガラス: $2.5\sim\text{g/cm}^3$)
 ⇒析出した白金族元素は酸化物もしくは金属粒子として沈降・堆積する
- ② ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると比抵抗が低くなる。
 ⇒堆積ガラスは、溶融ガラスより電流が流れやすい
- ③ ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると、粘度が高くなる。
 ⇒堆積ガラスは、流れにくく抜き出しがし難い

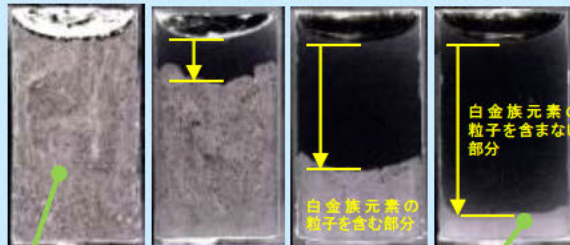
模擬ガラス中の白金族元素の観察

白金族元素の粒子を含むガラスを溶融した状態で保持すると、時間とともに粒子が沈降する。また、温度が高いほど粒子の沈降が速い。

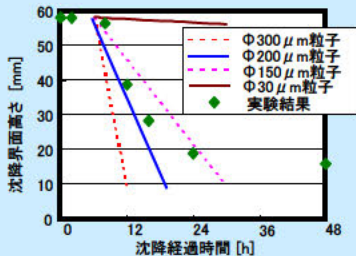
- 保持時間が長いほど白金族元素粒子は沈降する
- 温度が高いほど白金族粒子は沈降しやすい



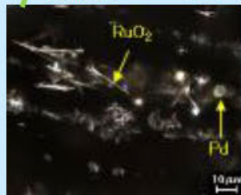
720時間 1,440時間 2,880時間



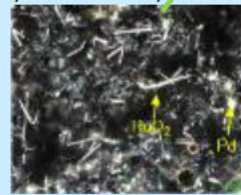
800℃ 900℃ 1,000℃ 1,100℃



炉底部に沈降する白金族粒子サイズは 150~200 μm と推定



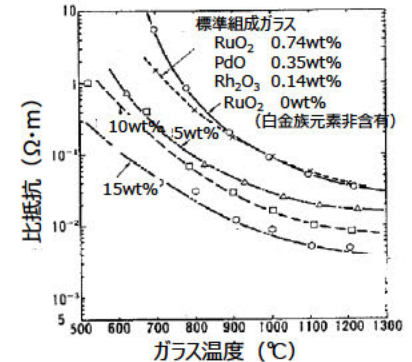
●「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。



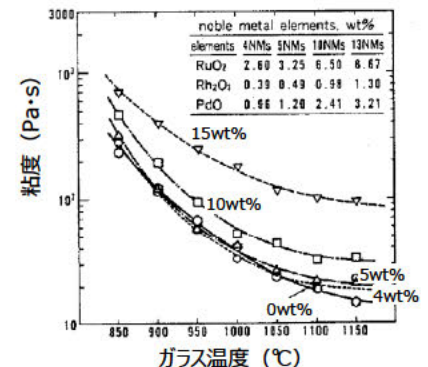
●底部の「堆積ガラス」は、 RuO_2 の針状粒子が絡みあっている。

① 白金族元素のガラス溶解度

酸化物	溶解度(wt%)	ガラス中の濃度(wt%)
RuO_2	<0.1	0.74
PdO	<0.05	0.35
Rh_2O_3	<0.05	0.14



② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 (RuO_2 の依存性)



③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性

1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要(7/10)

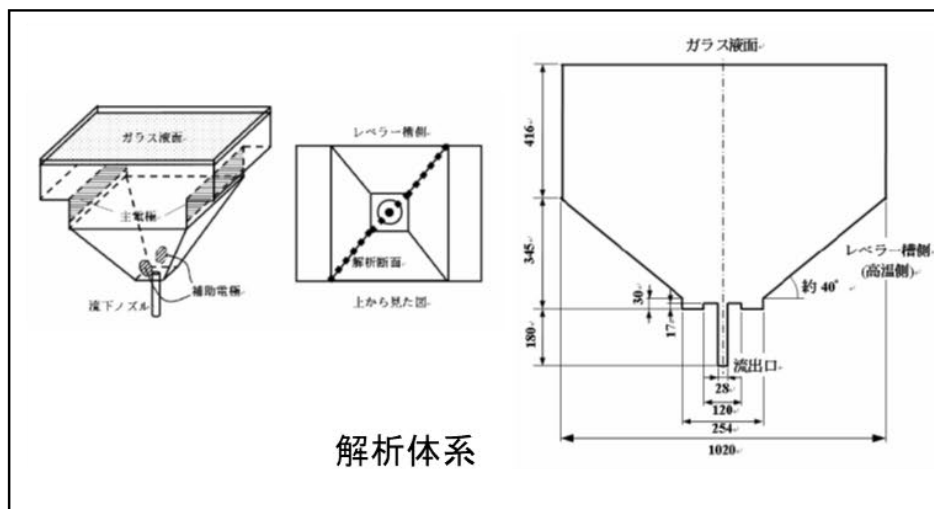
- 白金族元素粒子は、ガラスの流れに沿って分布している。
- 斜面近傍では、流れが遅くなり、白金族元素濃度が高くなる。

溶融炉運転モード	ガラスの流動等の特徴	ガラスの主要な流れと白金族元素粒子分布	流速及び温度分布
溶融モード(炉底低温運転)	<ul style="list-style-type: none"> 白金族元素粒子は、主電極近傍に形成された渦の流れに沿って分布している。 ガラスは、約0.2~1.2m/hの速度で対流している。 西側の方が東側よりも渦が大きい。 		
流下前の炉底加熱モード	<ul style="list-style-type: none"> 白金族元素粒子は、主電極近傍に形成された渦の流れに沿って分布している。 炉底部を加熱することで、渦は炉底部まで広がり、白金族元素粒子が炉底部まで運ばれる。 ガラスは、約0.3~1.7m/hの速度で対流している。 斜面近傍では、流速が遅くなり、白金族元素粒子の濃度が高くなる。 西側の方が東側よりも渦が大きい。 		

1. TVFでの洗浄運転について

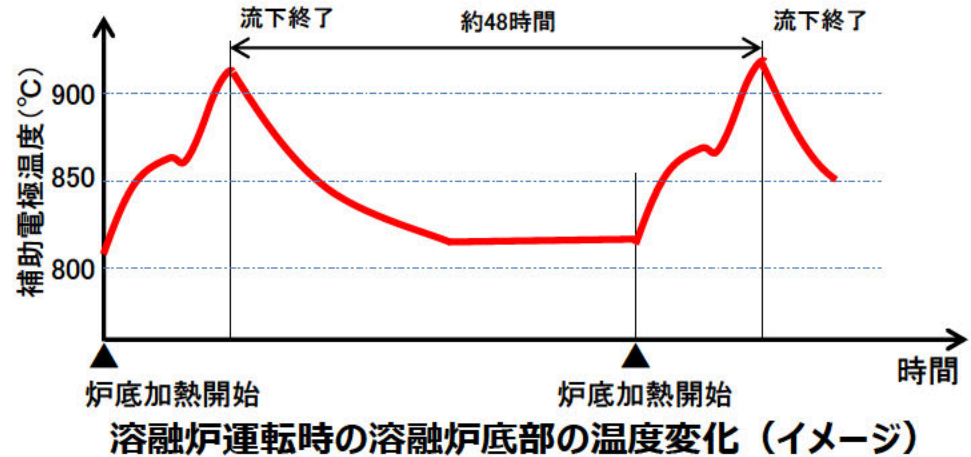
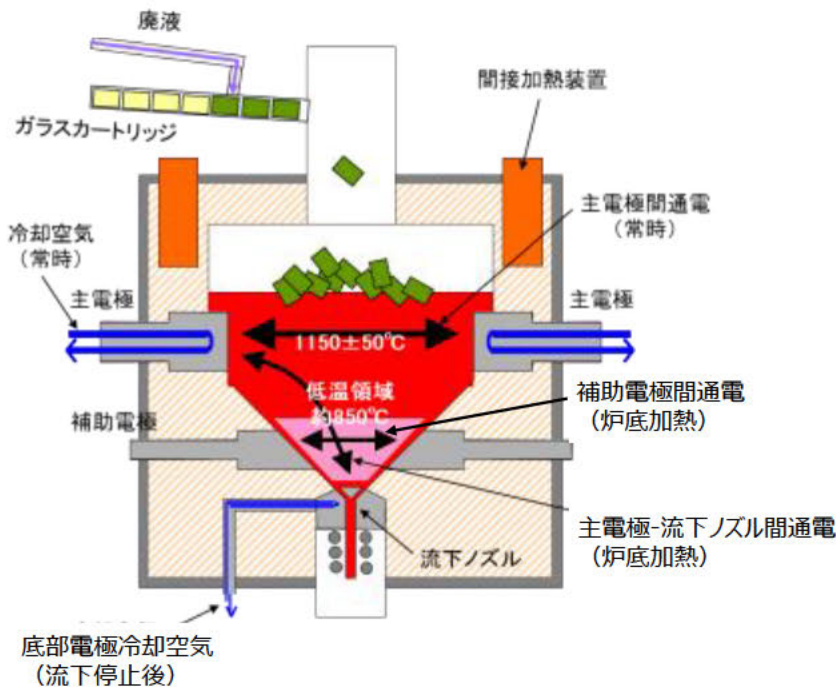
(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要(8/10)

溶融炉運転モード	ガラスの流動等の特徴	ガラスの主要な流れと白金族元素粒子分布	流速及び温度分布
<p>【参考】 流下モード</p>	<ul style="list-style-type: none"> ガラスが抜き出される流れが支配的になり、炉底加熱時の大きな渦が打ち消される。 ガラスは、最大約14m/hの速度で流下ノズルに向けて流れる。 	<p>白金族元素粒子濃度(重量割合)</p> <p>西 東</p>	<p>西 東</p>



○ 炉底低温運転について (1/2)

原理：溶融炉底部のガラス温度を低温に維持することで、ガラスの粘性を増加させ、白金族元素粒子の沈降を抑制する



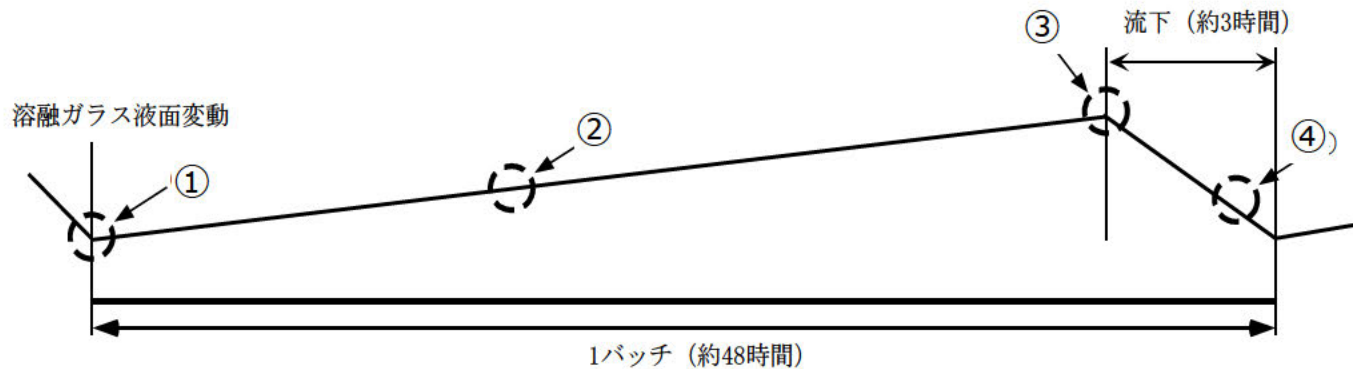
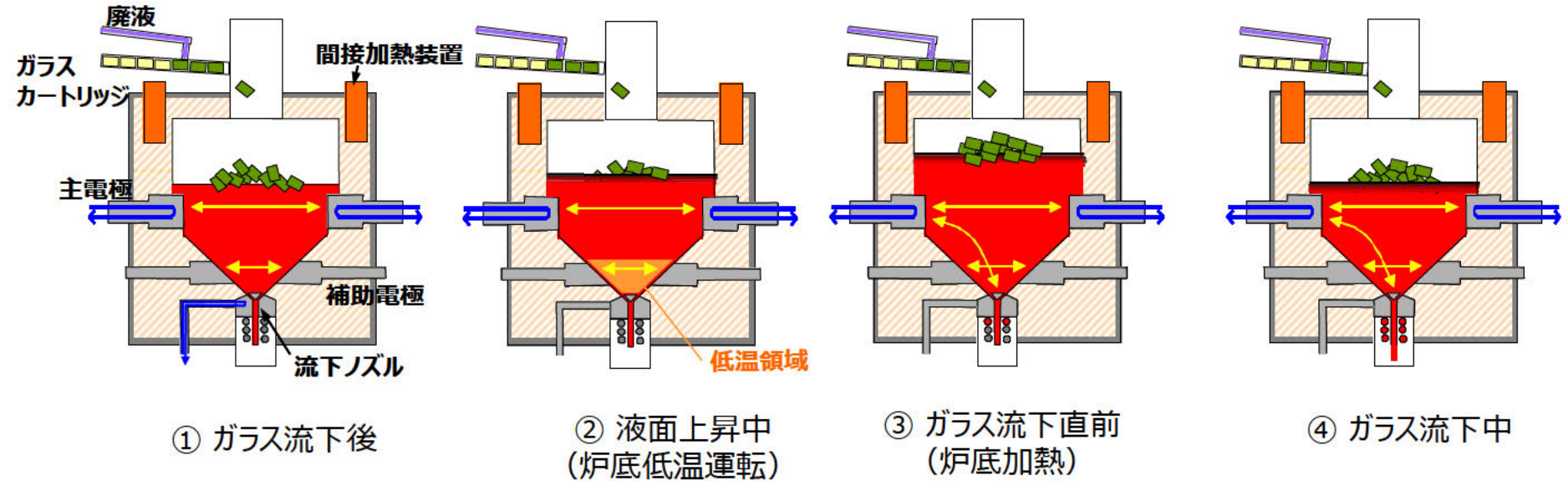
運転管理及び操作

- 主電極通電によりガラス温度 $1150^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ に保ち、同時に補助電極間電流を調節することで、炉底部のガラス温度を約 850°C とするために、補助電極温度を約 820°C に管理する。
- 流下にあたり、炉底加熱により炉底部の温度を上げる必要がある。また、流下中は、高温のガラスが炉底部に流れ込み温度が高くなる。
- 流下終了後、速やかに炉底低温状態に移行させるために、主電極-流下ノズル間の通電を止めるとともに、底部電極に冷却空気を流して、炉底部の温度を下げる運転操作を行う。

1. TVFでの洗浄運転について

(1) 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉の概要 (10/10)

○ 炉底低温運転について (2/2)





1. TVFでの洗浄運転について

(2) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法(1/4)

- ✓ K施設溶融炉においては、溶融炉の運転が不安定な状況になった場合、**仮焼層が急激に溶けて溶融ガラス中に白金族元素が沈降し、白金族元素を含む溶融ガラスが溶融炉の炉底部周辺に滞留して、炉底部周辺の溶融ガラスを加熱し難くなり、流下性が低下することが、KMOC試験及びアクティブ試験において確認されている。**
- ✓ この対策として、高放射性廃液の代わりに**非放射性的の試薬により高放射性廃液の組成を模擬した白金族元素を含まない硝酸溶液**（以下、「**模擬廃液**」という。）を**ガラス原料とともに定期的に供給**（以下、**洗浄運転**という。）する※ことにより、**炉底部周辺に滞留した白金族元素を抜き出すとともに、炉内の白金族元素保有量を少ない状態に制御して、流下性等の低下を予防**するとしている。
 - ※模擬ガラスビーズのみ洗浄運転を行った場合は、仮焼層を溶融してしまい、仮焼層中に含まれていた白金族元素が炉底部周辺に運ばれ、流下性が悪くなることが確認された。溶融炉では、炉底部周辺に運ばれる白金族元素の量と抜き出される白金族元素の量のバランスが重要であり、このバランスを維持するためには急激な白金族元素の沈降・堆積は可能な限り避けることが望ましい。このため、**仮焼層を維持した洗浄運転の方法として模擬廃液とガラスビーズを供給する方法**を採用した。
- ✓ 具体的には、**ガラス固化体10本分の高放射性廃液の供給・流下を終えたあと、連続してガラス固化体約3本分の模擬廃液**を供給・流下するものである。これを繰り返すことにより、**仮焼層を安定に維持した状態を継続**できることがKMOC試験及びアクティブ試験において確認されている。



1. TVFでの洗浄運転について

(2) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法(2/4)

- ✓ このように、K施設溶融炉における洗浄運転は、**安定的な運転状態を維持継続することを目的として、滞留した白金族元素を流下・排出できるよう、一旦溶融ガラスに分散する白金族元素をほぼ全量溶融炉から流下・排出しようとするもの、と理解している。**
- ✓ 但し、この洗浄運転は、溶融ガラスに分散し溶融ガラスとともに流動する状態にある白金族元素を流下・排出することを主たる目的とするもので、**一旦炉壁に堆積した白金族元素を排出する効果は期待できない（TVF溶融炉で行っているカレット洗浄※後に残る高濃度の白金族元素を含む残留ガラスのようなものは粘性が高く、排出できない）。**

※ カレット洗浄

TVF1号溶融炉において、約110本製造後にドレンアウトし、炉内に堆積した白金族元素を抜き出すため、炉内のガラスを全量抜き出した（ドレンアウト）後、ガラス固化体3本分のガラス組成を模擬（白金族元素を含まない廃棄物成分：15wt%、 Na_2O ：10wt%）したガラスカレットを炉内に投入して流下する操作）したガラスカレットを炉内に投入し、炉内に堆積した高濃度の白金族元素を含むガラスの抜き出しに対して顕著な効果は認められなかった。

- ✓ このため、**炉底部周辺に堆積した高濃度の白金族元素を含む溶融ガラス（高粘度）については、攪拌棒により炉底部周辺を攪拌して流下・排出する方法やドレンアウトして残留したガラスを機械的に除去する方法**で対処することとしている。

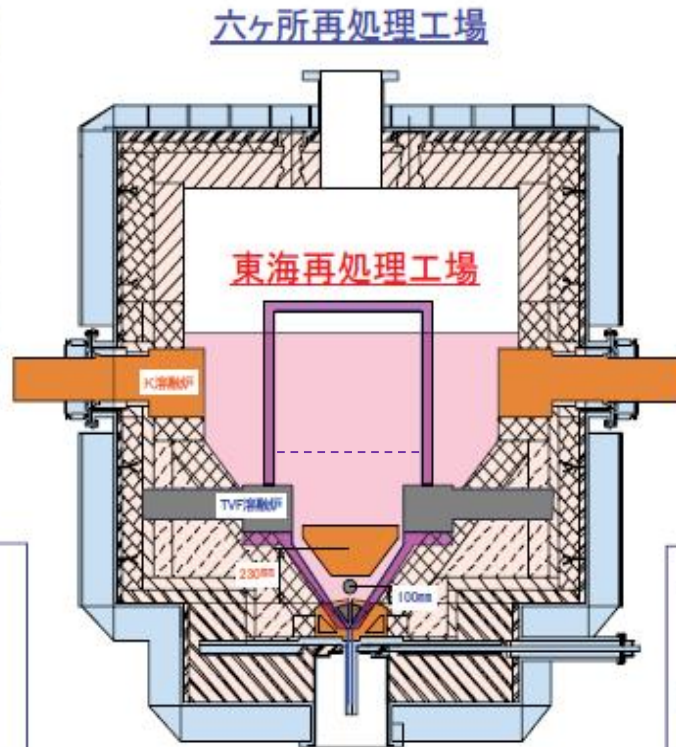
1. TVFでの洗浄運転について

(2) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法(3/4)



東海再処理工場(TVF)
1995年ホット運転開始

外形寸法:
W1.9m × D1.9m × H2.3m
基数:1系列
固化体サイズ:約110L



K施設とTVFにおける溶融炉の違い



六ヶ所再処理工場(K施設)
2007年アクティブ試験開始

外形寸法:
W2.95m × D3.08m × H2.77m
基数:2系列
固化体サイズ:約150L



1. TVFでの洗浄運転について

(2) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法(4/4)

		TVF溶融炉	K施設溶融炉
仕様	外形寸法	約1.9W × 1.9D × 2.3H (m)	約2.9W × 3.1D × 2.8H (m)
	容量	約880kg (ガラス固化体約3本分相当)	約4800kg (ガラス固化体約12本分相当)
	ガラス流下頻度	約48時間	約10時間
	流下重量	約300kg/本	約400kg/本
ガラス原料		ガラスファイバーカートリッジ	ガラスビーズ
ガラス固化体		ガラス重量: 約300kg 容量: 約110L 外形: 約430mmφ × 約1040mmH	ガラス重量: 約400kg 容量: 約150L 外形: 約430mmφ × 約1340mmH



1. TVFでの洗浄運転について

(3) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(1/3)

- ✓ K施設溶融炉は、溶融炉の運転が不安定な状況になり炉底部周辺に白金族元素が滞留した場合でも、これを洗浄運転により流下・排出することができるように、定期的な洗浄運転を行うことで、溶融炉内の白金族元素の保有量を少ない状態（ガラス固化体換算で3~4本相当以下）に制御している。
- ✓ これは、TVF溶融炉に比べガラス容量が5倍強と大きく、白金族元素の保有量が多いことに対して、流下により抜き出すガラス量はほぼ同等（TVF溶融炉:300kg/本、K施設溶融炉：400kg/本）であり、流下後においても炉内に白金族元素を保有していると推察できる。
- ✓ 一方、TVF溶融炉は、これまで329本のガラス固化体を製造してきたが、白金族元素堆積の管理指標に達しても所定の流下時間を超えるような顕著な炉底加熱性の低下や流下性の低下は見られていない。
- ✓ これは、溶融炉の運転が不安定な状況になり炉底部周辺に白金族元素が滞留した場合でも、溶融炉内の白金族元素の保有量（ガラス固化体換算で1~1.3本相当）に対して流下重量（約300kg/本）が多いため、通常の流下操作によりそのほとんどが流下・排出され、顕著な炉底加熱性や流下性が低下するほど白金族元素の濃度が高くないためと考えている。
- ✓ なお、白金族元素の堆積については、白金族元素の堆積管理指標（主電極間補正抵抗0.10Ω at 1000℃）を定め、指標に達したら炉内のガラスを全量抜き出し（ドレンアウト）、炉内に残留したガラスを機械的に除去（残留ガラス除去）して炉内状態を回復させた後、運転を再開することとしている。
- ✓ TVF溶融炉はK施設溶融炉に比べ主電極と炉底部との距離が近いことから、炉底傾斜面に白金族元素が堆積すると主電極間電流の堆積物への回り込みが生じやすい。



1. TVFでの洗浄運転について

(3) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(2/3)

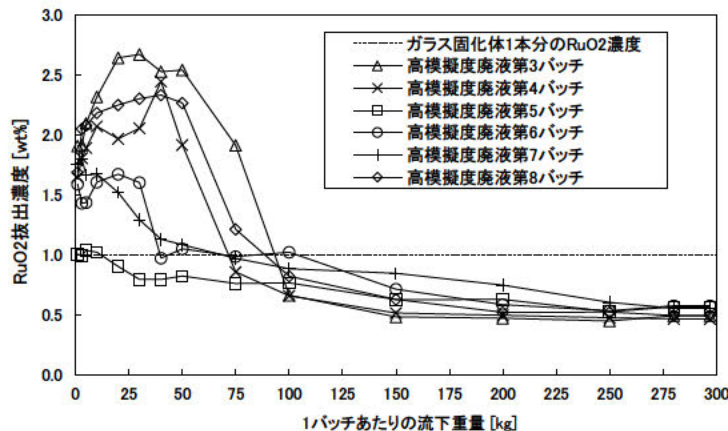
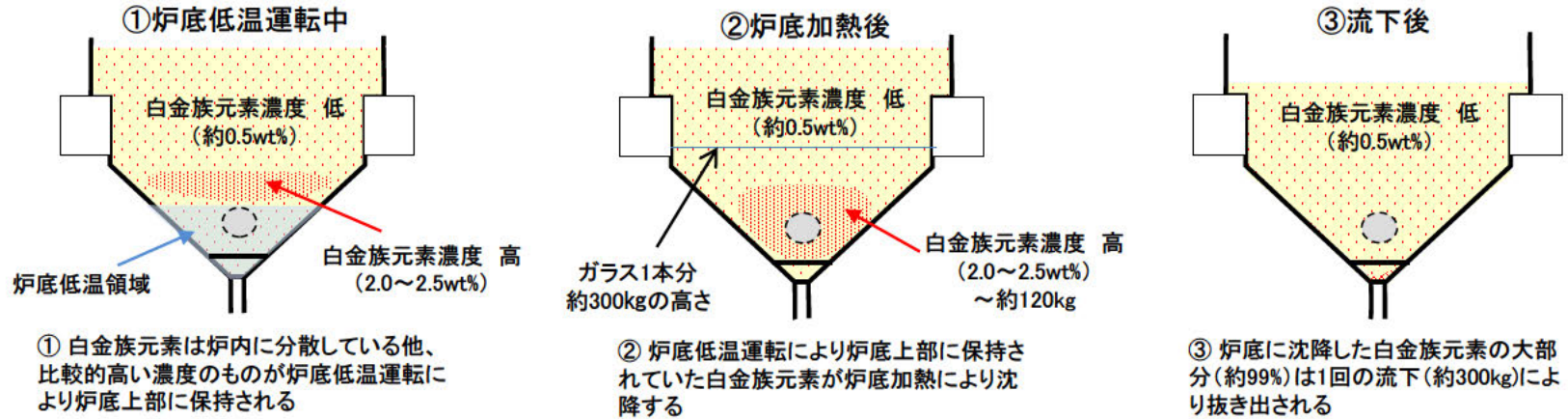
- ✓ TVF2号溶融炉における16-1CP以降の運転においては、**想定よりも少ない製造本数**（実績約100本に対して、59本及び20本）で管理指標に達したことから、ドレンアウトを行い、運転を終了した。
- ✓ これらの白金族元素の早期堆積は、**周辺機器の不具合等**により、**流下できない状況**になったことに起因するものである。
 - ①16-1CPでは、ガラス固化体吊具の不具合により流下が行えず、炉内のガラス保有量が多い状態で保持運転し、その後流下を行わずに停止したこと、17-1CPでは流下中の複数回発生した漏電等による**流下停止事象が加速要因となり、白金族元素が堆積**した。
 - ②19-1CPの運転で発生した流下停止事象により、**再流下のために複数回の炉底加熱**を行ったこと、これに伴い**炉底部のガラス温度が高い状態が生じ、白金族元素が堆積**した。
- ✓ 以上のとおり、洗浄運転は、炉底部周辺に**滞留した白金族元素を含む溶融ガラスを低減させる効果は認められ、K施設溶融炉においては効果的である。**
一方、TVF溶融炉において問題となる一旦炉壁に**堆積した白金族元素を抜き出す効果は期待できない。**

1. TVFでの洗浄運転について

(3) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(3/3)

○ TVF溶融炉における運転状態と白金族元素沈降挙動 (イメージ)

○TVF 溶融炉 (最大ガラス保有量880kg : 約3本分)



TVF2号溶融炉作動試験 白金族元素抽出特性

流下重量約100kgまでに濃度が高くなるピークがあり、約100kg以降は低い濃度で一定である。



炉底低温運転により炉底部に保持している白金族元素のほとんどは1回の流下(約300kg)で抜き出される。



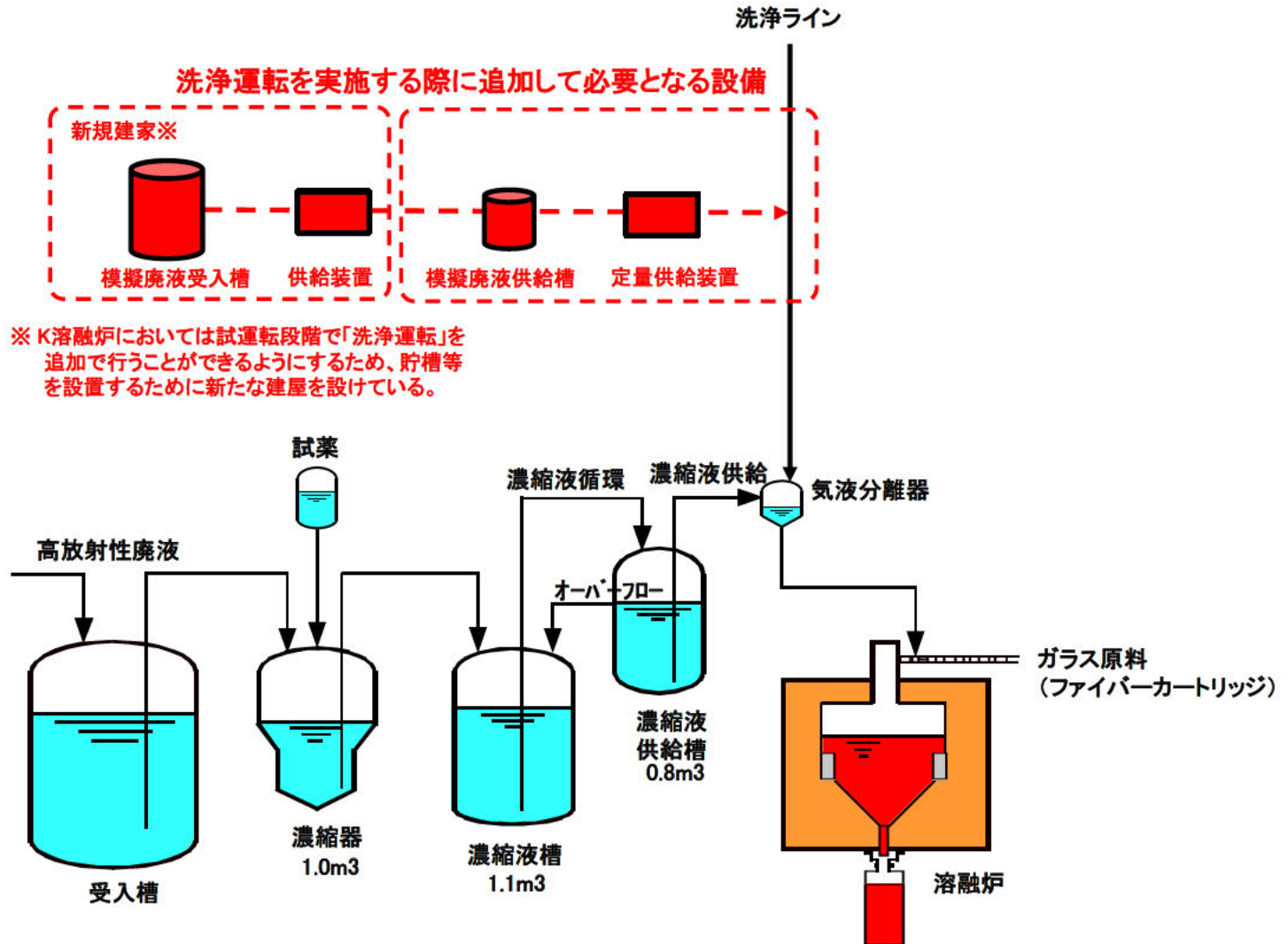
1. TVFでの洗浄運転について

(4) TVFにおける洗浄運転の実施可否(現状)(1/2)

- ✓ TVF溶融炉で問題となっている炉底部周辺への堆積を抑制する方策として、白金族元素の供給量を減らすために、白金族元素を含む高放射性廃液の濃度を薄くすることや供給量を減らすことも考えられるが、以下に示すように、その実施は困難であり、効果も見込めない。
 - LFCMでは、ガラスをジュール熱により加熱、溶融するためのガラスの電気抵抗や溶融したガラスを自然流下によりガラス固化体容器に注入するためのガラスの粘性等の物性が重要となる。これらの物性は、ガラス中の廃棄物やナトリウムの含有率により変動するため、一定の含有率になるように調整して、溶融炉へ供給していることから、廃棄物やナトリウムの含有率等を安易に低減することは困難である。
 - また、ガラス中の廃棄物やナトリウムの含有率が低くなると、ガラスが溶け難くなり、仮焼層の大きさが不安定になることから、溶融炉内の温度バランスが保たれている状態を維持するため、高放射性廃液の濃度を薄くしたり、供給量を減らしたりする場合は、ガラス中の廃棄物やナトリウムが一定の含有率になるように模擬廃液を高放射性廃液に混合する必要がある。しかしながら、TVF溶融炉には、現在、K施設溶融炉で行うとされている洗浄運転に必要な模擬廃液を供給する設備が設置されておらず、同様の「模擬廃液の供給」を行うことはできない。
 - TVF溶融炉で模擬廃液の供給を行うには、新たに模擬廃液の貯槽、供給槽、供給ポンプ、配管及び制御系を既存のシステムに組み込む必要があるが、これらを設置するスペースは用意されておらず、大規模な改修等が必要になると予想される。
また、運転と並行して工事は出来ないことから、工事に長期間を要する。
なお、K施設溶融炉においては、試運転段階で洗浄運転を追加で行うことができるようにするため、貯槽を設置するために新たな建家を設けている。
- ✓ また、高放射性廃液の濃度を薄くしたり、供給量を減らしたりする場合、白金族元素の堆積する速度が抑制される可能性はあるが、高放射性廃液の処理には、より多くのガラス固化体を製造する必要があることから、ガラス固化処理期間の短縮にはつながらないと考えている。

1. TVFでの洗浄運転について

(4) TVFにおける洗浄運転の実施可否(現状)(2/2)



TVFにおける洗浄運転の方法の概要

1. TVFでの洗浄運転について

(5) TVFにおける安定運転に向けた取組み

- ✓ TVF溶融炉では、白金族元素堆積の管理指標に達するまでに100本程度のガラス固化体が製造できている。
- ✓ TVF2号溶融炉が16-1CP以降の運転において想定よりも少ない製造本数（実績約100本に対して、59本及び20本）で運転を終了したのは、**周辺機器の不具合等により、流下できない状況になったことに起因して、白金族元素が堆積したものである。**
これらの機器の不具合事象は**既に対策を施しており**、また、今回の運転（21-1CP）における原因調査結果を踏まえ、白金族元素の早期堆積の対策（加速要因を含む）を講じることにより、ガラス固化処理計画は**これまでの運転管理で進めていけると**考えている。
- ✓ **洗浄運転は、炉底部周辺に滞留した白金族元素を含む溶融ガラスを低減させる効果は認められ、K施設溶融炉においては効果的である。一方、TVF溶融炉において問題となる一旦炉壁に堆積した白金族元素を抜き出す効果は期待できない。**
- ✓ TVF溶融炉において問題となっている炉底傾斜面に**堆積した（抜き出せずに付着した）白金族元素の除去**に対しては、**現在の機械的な除去（残留ガラス除去）以外に具体的な方法はなく、より安定にTVF溶融炉を運転し、ガラス固化処理を早期に完了するために以下の改善を検討していく。**
 - **白金族元素の堆積を早期に検知するためのモニタリング・評価の改善**
 - **周辺機器の不具合等により流下できない状況で運転を終了した際などドレンアウトによる炉底に堆積した白金族元素の抜き出し 等**

2. TVFの運転計画の年単位での数値目標の提示について(1/2)

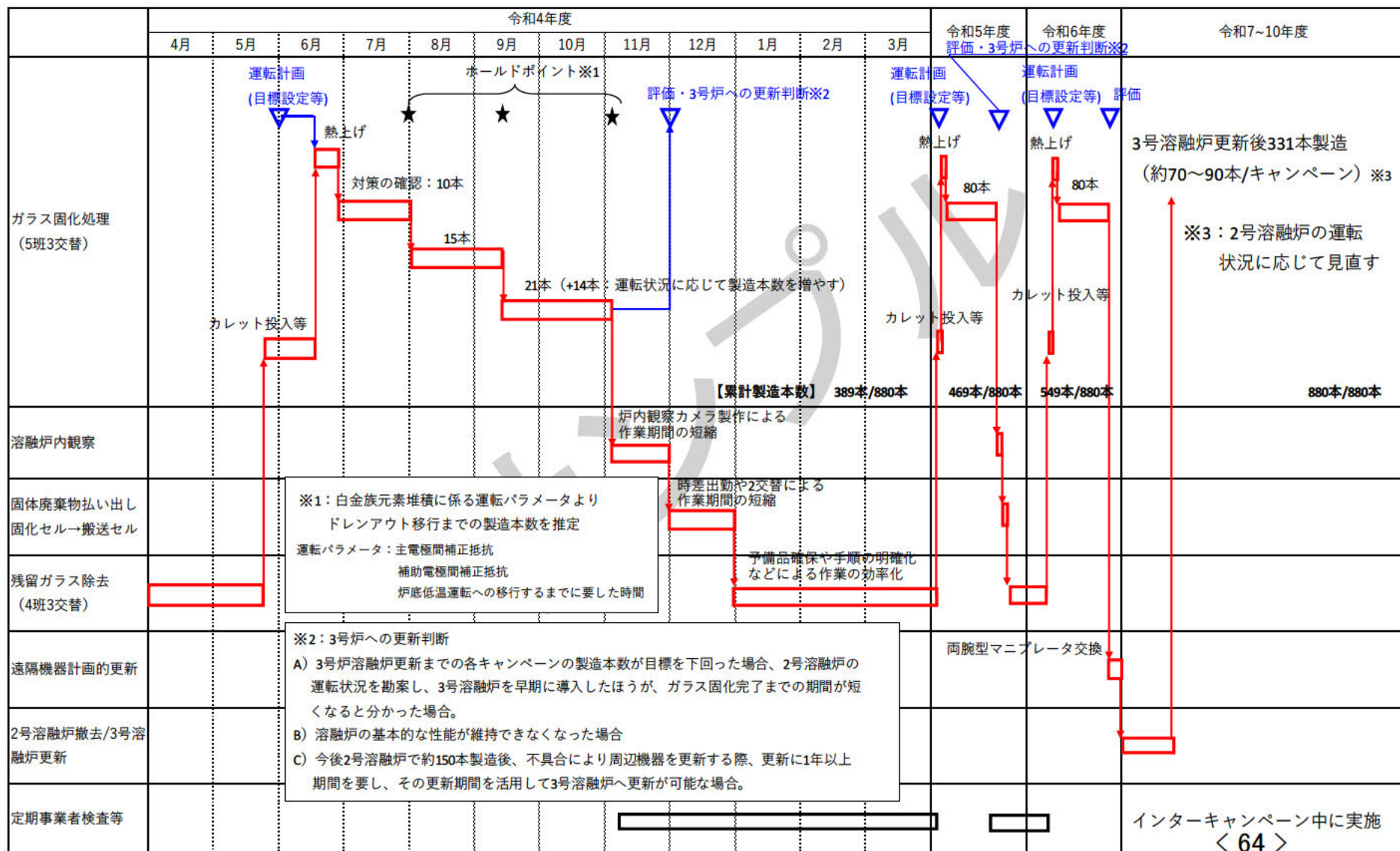
- ✓ ガラス固化処理は最優先事項として取り組み、**早期完了**を目指していることに変わりはない。
- ✓ 16-1CP以降の工程の遅れに対して、当面の工程を着実に進めていくことが重要と考えている。当面の工程として、**R4年度の詳細工程**を示す。また、各キャンペーン前には具体的目標を示した運転計画等を定め、各キャンペーン後に結果を評価し、監視チーム会合で報告することとしたい。
- ✓ R4年度の次回運転の製造本数については、先ず、過去の**1キャンペーン当たりの最大製造本数46本**とし、R3年度の運転で白金族元素が早期に堆積した対策の確認、その後の運転状況を確認しながら段階的に進め、**最大60本**を考えている。
- ✓ 工程を着実に進めていくため、**作業の効率化や短縮を図る**。ガラス固化作業は1本/2日（5班3交替）で進めることから、それ以外のインターキャンペーン中の作業について以下のとおり取り組んでいる。
 - 溶融炉内観察
溶融炉上部の複数の付帯配管を外さずに、のぞき窓（1箇所）を外すことで設置可能な炉内観察カメラを製作し、2週間程度の作業期間短縮を図った。
 - 固化セル内固体廃棄物の払い出し
残留ガラス除去作業と干渉する固化セルから搬送セルへの搬出作業について、時差出勤や2交替により、1～2週間程度の作業期間の短縮を図った。
 - 残留ガラス除去
予備の除去装置を準備するとともに、放射線劣化しやすいITVカメラの予備品を複数確保し、劣化の兆候が確認された場合は速やかに交換を行う。また、過去の実績で工具交換時の不具合対応に時間を要していたことから、手順の明確化や訓練による作業員の力量を向上させ、作業の効率化を図った。さらに、除去作業要員を拡充（新人を複数名）し、作業員が新型コロナウイルスに感染した場合も予備員で対応を図れるよう体制を整備している。
 - 遠隔機器の計画的更新、2号溶融炉の撤去/3号溶融炉への更新
時差出勤や2交替で実施する等、期間短縮策を検討している。
 - 定期事業者検査等
インターキャンペーン期間に応じた、時差出勤や2交替により、必要な検査や設備機器のメンテナンスの期間短縮を検討している。



2. TVFの運転計画の年単位での数値目標の提示について(2/2)

【調整中】

当面の計画を着実に進めることで、R10年度末までのガラス固化処理完了を目指す。



3. 3号溶融炉への更新の判断基準について

- ✓ 現行の2号溶融炉ではこれまでに199本製造しており、**溶融炉の設計寿命（ガラス固化体500本製造に相当）を踏まえ**、今後約300本までを目途にガラス固化体を製造した後、3号溶融炉に更新する計画であるが、ガラス固化処理の早期完了に向け、**2号溶融炉の運転状況により速やかに更新できるように3号溶融炉の準備を進めている**。
- ✓ 今後ガラス固化処理計画で製造するガラス固化体（約550本）に対し、**3号溶融炉の設計寿命（ガラス固化体500本製造に相当）を踏まえると**、3号溶融炉でこれら全ての処理を完了させるためには、工程洗浄や系統除染で発生する廃液のガラス固化処理本数も考慮して、**今後2号溶融炉で最低150本程度のガラス固化体を製造することになる**。
- ✓ なお、3号溶融炉の早期導入により4号溶融炉が必要となった場合は、4号溶融炉の製作・更新には約4年の期間を要することから、ガラス固化処理完了までの期間が長くなる可能性が考えられる。
- ✓ このような状況も踏まえ、ガラス固化処理を停滞させないため、**溶融炉更新の判断は次のとおり**考えている。
 - A) 3号炉溶融炉更新までの各キャンペーンの**製造本数が目標を下回った場合**、**2号溶融炉の運転状況を勘案し、3号溶融炉を早期に導入したほうが、ガラス固化完了までの期間が短くなると分かった場合**。
 - B) 溶融炉の基本的な**性能が維持できなくなった場合**（電極やレンガに想定（設計）を超える侵食等を確認した場合）。
 - C) 今後2号溶融炉で約150本製造後、不具合により周辺機器を更新する際、更新に1年以上期間を要し、その**更新期間を活用して3号溶融炉へ更新が可能な場合**。

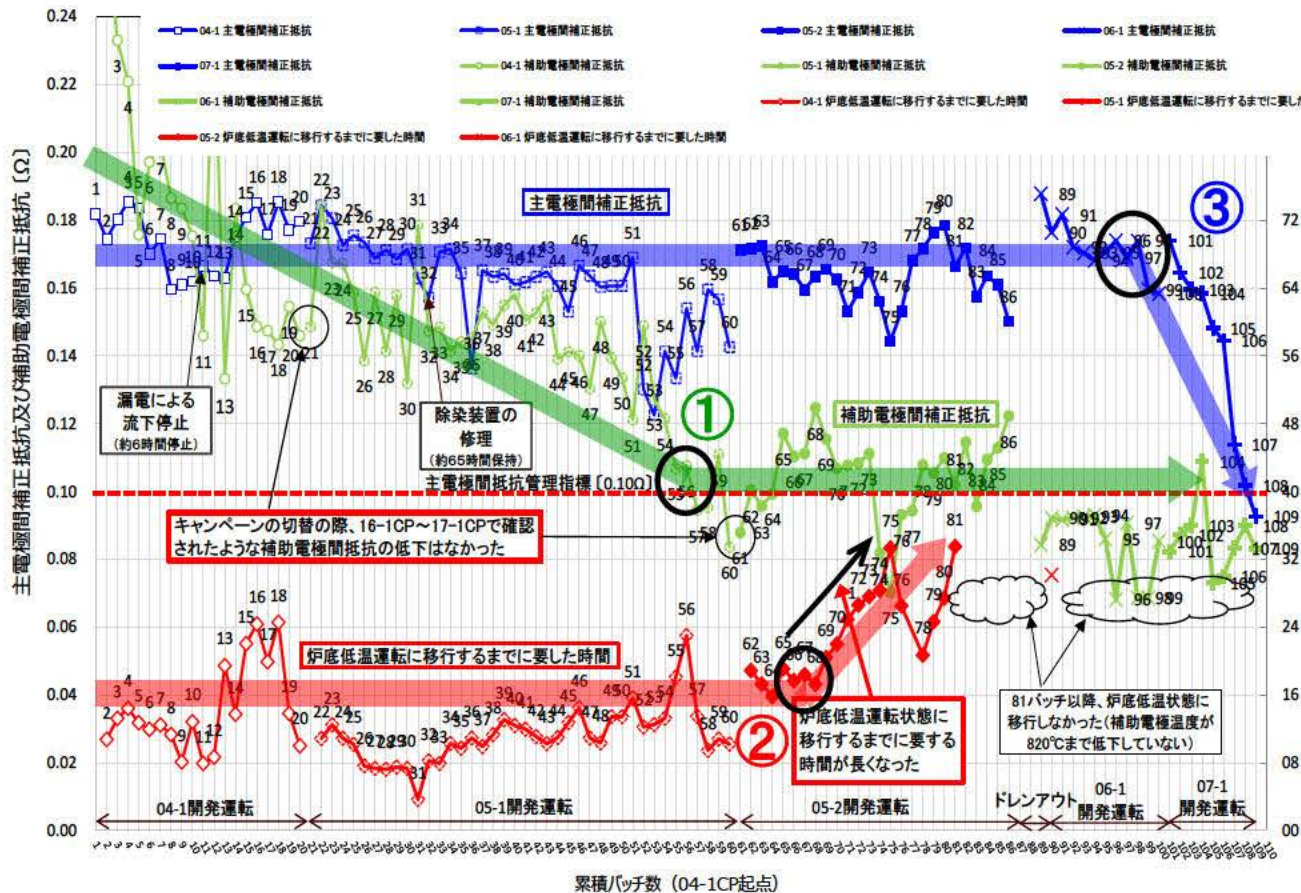
参考資料

TVFの運転方法 過去の運転実績(1/2)

平成29年9月11日 第14回及び
平成29年11月10日 第16回
東海再処理施設等安全監視チーム
会合資料より抜粋

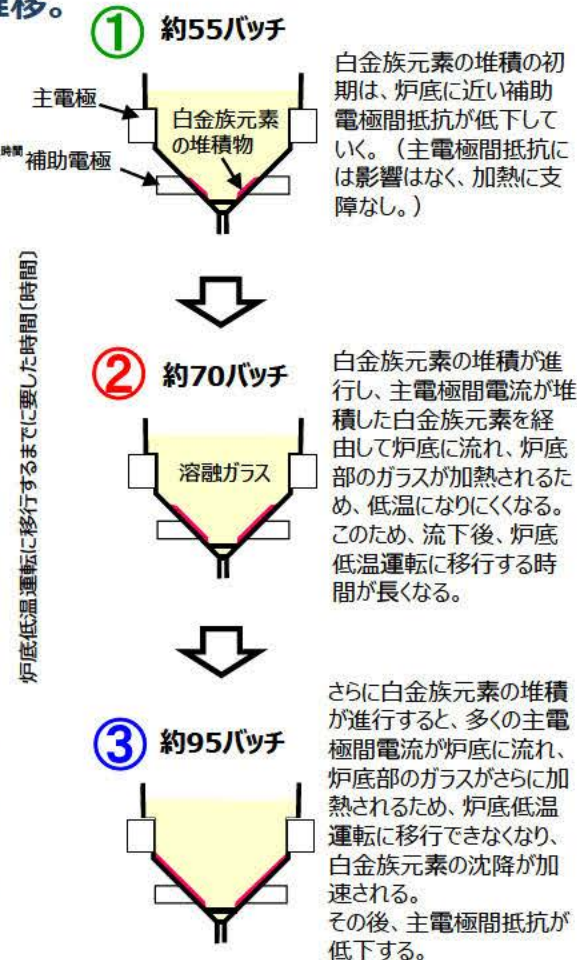
○ TVF2号溶融炉における2007年までの実績(炉内整備まで：ガラス固化体110本製造)

TVF溶融炉は運転継続に伴い、白金族元素が徐々に炉底部に堆積する。
白金族元素堆積に係る運転パラメータは、ガラス固化体製造に伴い以下のように推移。



主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

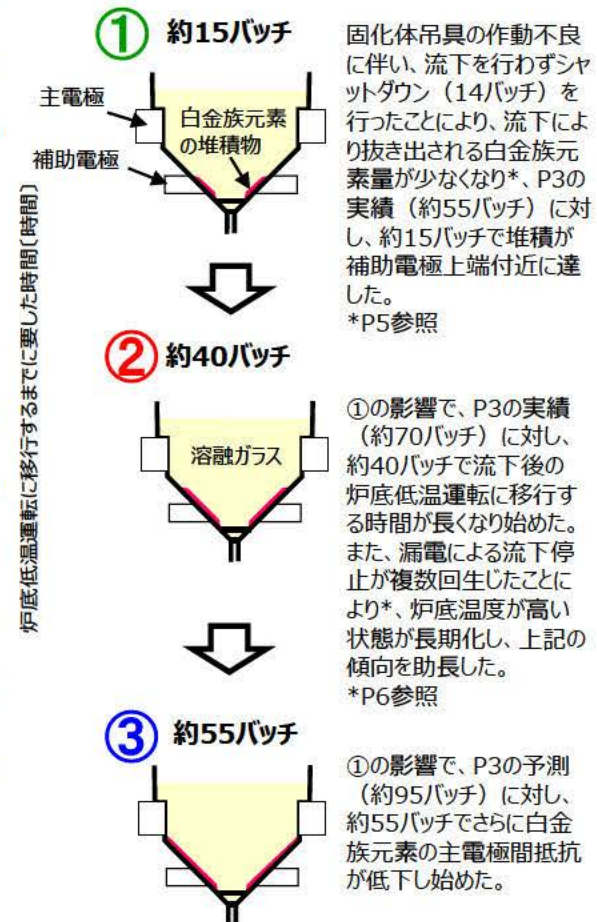
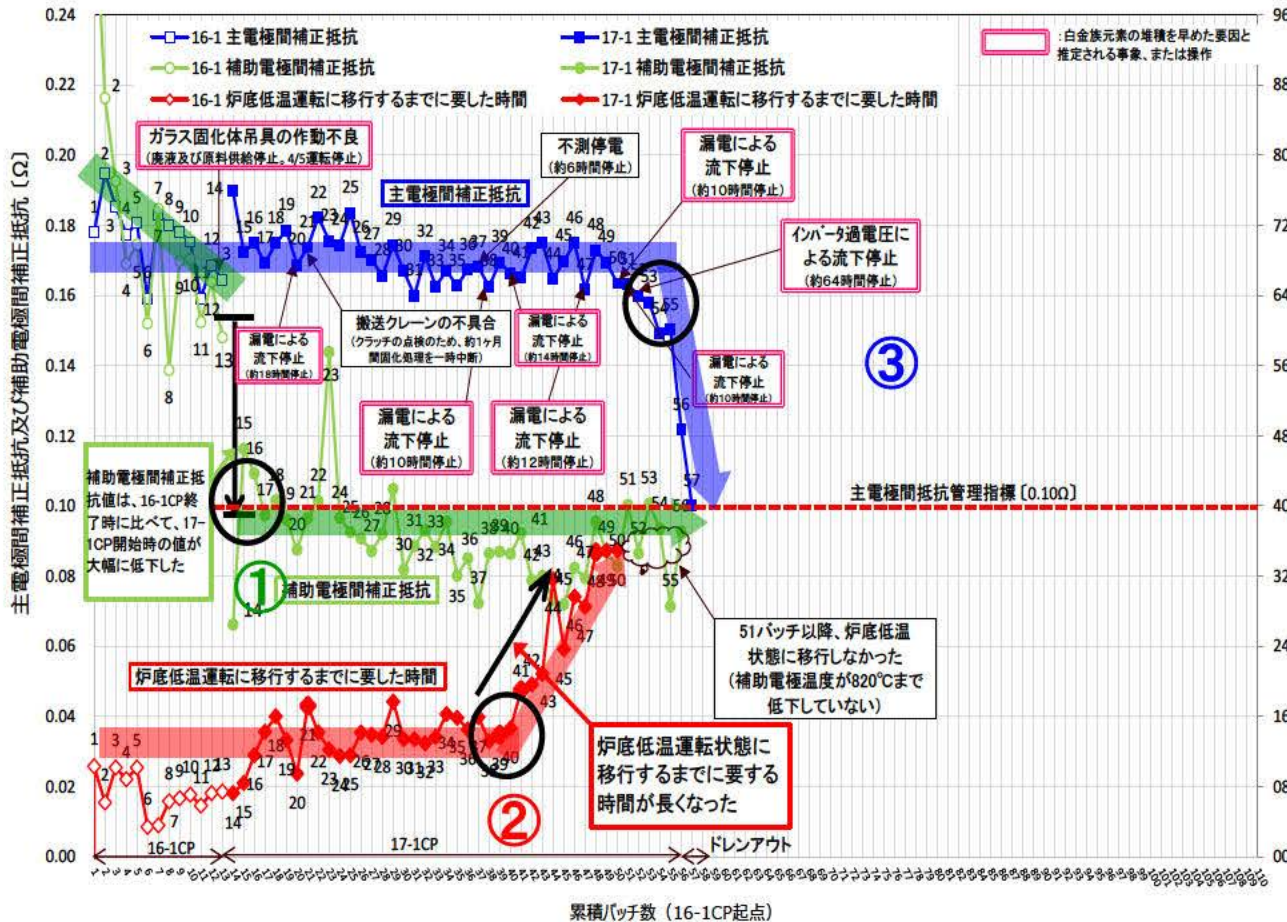
*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング



炉内白金族元素堆積の進行イメージ

平成29年9月11日 第14回及び
平成29年11月10日 第16回
東海再処理施設等安全監視チーム
会合資料より抜粋

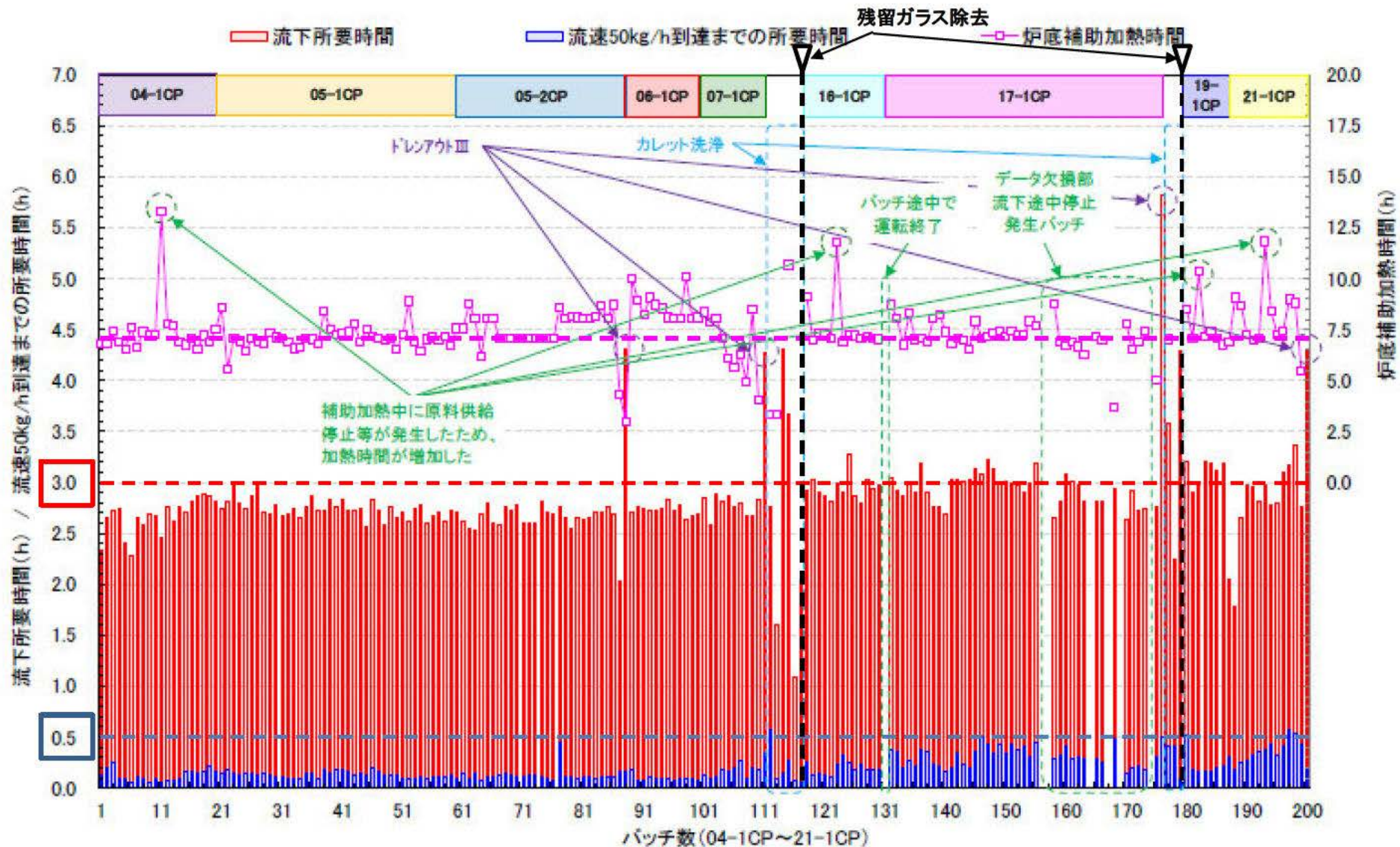
➤ TVF2号溶融炉における2016年～2017年の実績(炉内整備後：ガラス固化体59本製造)
16-1CP及び17-1CPにおいて、機器トラブルによる複数回の運転停止が発生し、白金族元素の堆積が早まった。



炉内白金族元素堆積の進行イメージ

主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

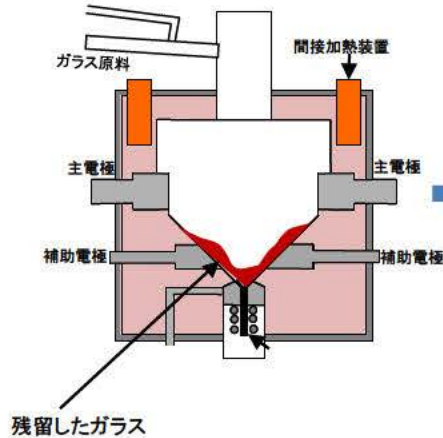
* 1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング



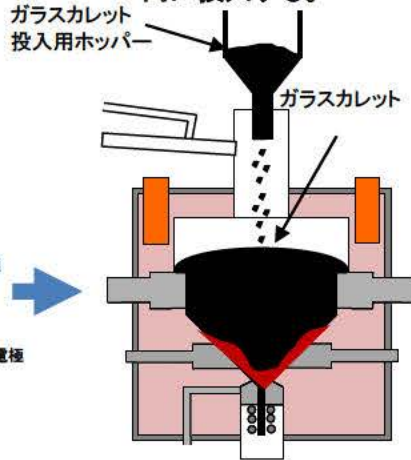
炉底加熱時間、流下所要時間及び流速50kg/h到達までの所要時間

【カレット洗浄を行う場合の手順】

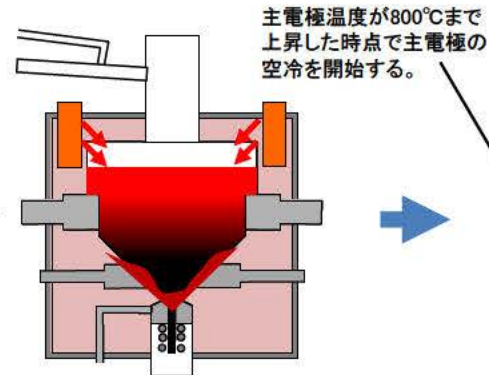
①ドレンアウト後の状態



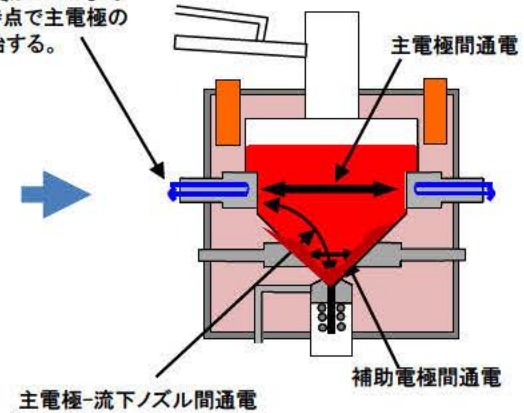
②ガラス固化体約3本分(約800kg)のガラスカレットを炉内に投入する。



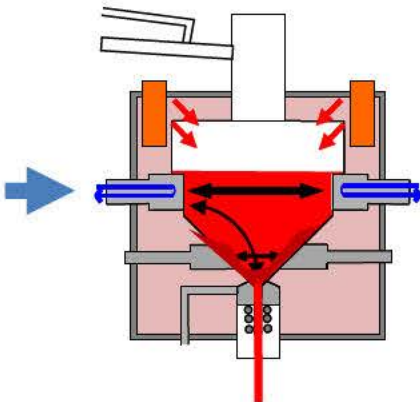
③間接加熱装置により炉内のガラスを加熱する。



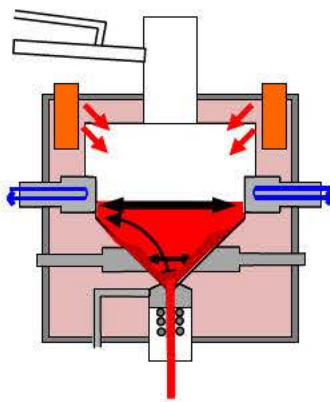
④主電極温度450℃以上で主電極間通電を開始する。その後、他の通電系統の通電を順次開始するとともに間接加熱装置を停止する。



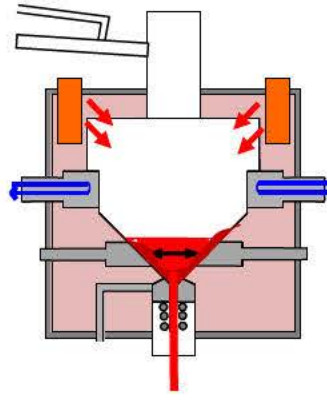
⑤ 1本目流下



⑥ 2本目流下



⑦ 3本目流下



廃止措置段階における人材確保の考え方について

【概要】

- 東海再処理施設における人材確保の現状と課題について整理し、現在進めている人材確保、技術継承の取組や、今後の取組について報告する。
- 東海再処理施設の廃止措置を長期にわたり安全かつ確実に進めるためには、高い専門性を持つ人材を継続的に確保する必要があるが、再処理施設の運転経験を有する熟練者の退職や職員の年齢構成の偏りなどにより、将来の廃止措置を担う若手技術者の人材確保、技術継承が困難な状況に直面している。
- このような状況を踏まえ、再処理センターでは、熟練者の持つ知見の文書化・データベース化や熟練者と未経験者を組み合わせた OJT 形式による技術継承を進めるとともに、廃止措置への社会の関心を高めるため、廃止措置を通して得られた技術成果の積極的な情報発信、大学等へのリクルート活動、夏期実習生等の受け入れ等を通じ、優秀な人材確保に繋がる取組を進めている。
- 今後、東海再処理施設のリスク低減措置・操業廃棄物処理・廃止措置を通じたバックエンド技術のフルスコープ実証に向け、長期的展望を持ち、安全かつ合理的な廃止措置技術の構築に向けた技術開発を進めるとともに、再処理施設内の多種多様な除染・解体廃棄物の処理技術開発に粘り強くかつ柔軟に取り組むことができる多角的な人材確保・育成、組織的な技術継承を進める。
- 短期的には、当面は廃棄物処理や工程洗浄、系統除染等の取組において、各工程設備の操作・保守を継続する必要があるため、設備の操作、保守等に精通した人員を現状通り維持することを目標とした取組を行う。さらに、長期的な取組として、廃止措置の各段階において必要な人材を明確にし、機構だけでなく関係者が連携して取り組むための体制構築やそのための制度について検討する。

令和4年2月28日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

廃止措置段階における人材確保の考え方について

令和4年2月28日

再処理廃止措置技術開発センター

1. 東海再処理施設における人材確保の現状と課題

再処理施設の廃止措置は欧米でいくつかの先行例があるものの、国内初となる大型核燃料施設の廃止措置であり、必要な技術開発を行いながら長期にわたり安全かつ確実に進めるためには、高い専門性を持つ人材を継続的に確保するとともに、十分な現場経験を有し、設備の操作・保守に精通した熟練者の有する技術、経験を確実に継承していくことが重要である。

一方、現状では、人材確保について以下のような課題がある。

- ① 東海再処理施設は主要施設(MP等)の運転を停止してから14年が経過し、当時運転の中心であった現場を熟知する職員は既に定年を迎えるなど、熟練者の有するスキルやノウハウ喪失の危機に直面していることから、熟練者からの技術継承を速やかに進める必要がある。
- ② 東海再処理施設の運転時は約1000名の従業員(協力会社を含む)が在籍していたが、平成23年の震災以降は、停止中の維持管理に限った人員体制(約700名)となり従業員数は大幅に減少した。その後、リスク低減に係るガラス固化処理等を着実に進める観点から徐々に人数を回復し、令和3年4月1日現在での再処理センター従業員数は約760名となっている。今後、ガラス固化処理と並行し、廃止措置に向けた系統除染、低放射性廃棄物処理等を進めるためには、職員のみならず協力会社(請負、派遣等)も含め増員が必要と見込まれることから、必要な技術者を計画的に確保する必要がある。
- ③ 再処理センター職員数は過去10年間で3割以上減少しており、年齢構成は40代、50代に比べ、30代以下が極端に少ない状況となっている(参考資料-1参照)。東海再処理施設の廃止措置は、長期にわたる大型プロジェクトであることから、今後の廃止措置を担う若手技術者を確保・育成する必要がある。
- ④ 昨今の原子力を取り巻く状況は厳しく、原子力業界を志す学生が減少していることから定年退職者数に見合う人材を確保し続けるのは容易ではない。このため人材確保の取組と並行し、現状人員で廃止措置を進めるための業務効率化検討も進める必要がある。

2. 東海再処理施設で進めている人材確保、技術継承に係る取組について

再処理廃止措置技術開発センター(以下「再処理センター」)においては、1. に示す現状と課題を踏まえ、人材確保、技術継承に係る以下の取組を進めている。

- 再処理センターにおいては、品質保証体系に基づく教育や訓練を通し個々人に必要な量が付与されていることを確認するとともに、プロフェッショナル人材の育成として核燃料取扱主任者、放射線取扱主任者、技術士等の高度な資格取得を奨励している。また、十分な現場経験を有する熟練者の技術継承に係る取組として、熟練者(再雇用職員含む)の有する技術情報を可能な限り運転要領書等に落とし込む取組や、各部署で個別に管理していた技術レポート等を一元的に管理・共有するための体系的なデータベース整備を進めている(参考資料-2参照)。このほか熟練者の有する暗黙知の技術継承として、熟練者と未経験者を組み合わせOJT形式で現場作業や訓練を行うなど、若手技術者の計画的な育成を進めている。
- 国内初の再処理施設の廃止措置として、得られた技術成果を積極的に社会に発信し、従業員のモチベーションアップを図るとともに、廃止措置事業に対する社会の関心を高める

ための取組を進めている。具体的には、東海フォーラムや原子力学会等における成果の公開やサイクル研ホームページにおける廃止措置関連情報の充実化等を進めている(参考資料-3参照)。また、大学等へのリクルート活動や夏期実習生等の積極的な受け入れを行うなど、人材確保のための幅広い活動を進めている。

- 人材確保が困難な状況においても、合理的かつ効率的に廃止措置を進める観点から、再処理施設の廃止措置で先行している海外事例の情報収集を継続するとともに、メーカ、海外を含めた研究機関等との連携を進めるべく、廃止措置に必要な技術の検討を進めている(参考資料-4参照)。
- 東海再処理施設の廃止措置プロジェクト全体の工程管理を組織横断的に実施するため、令和2年9月に廃止措置推進室を設置しプロジェクト管理体制の強化を図った。現在、廃止措置推進室を中心に、今後の廃止措置を効率的に進めるためのプロジェクト管理ツール等を用いた合理的な工程管理方法の検討を進めている(参考資料-5参照)。
- 限られた要員で廃止措置を着実に進めるため、保有する施設の設計情報をデジタル化(三次元データ化、ヴァーチャルリアリティ(VR)技術の導入等)し効率的に活用するための検討を進めている(参考資料-6参照)。

3. 人材確保に係る今後の取組

東海再処理施設のリスク低減措置・操業廃棄物処理・廃止措置を通じたバックエンド技術のフルスコープ実証に向け、長期的展望を持ち、安全かつ合理的な廃止措置技術の構築に向けた技術開発を進めるとともに、再処理施設内の多種多様な除染・解体廃棄物の処理技術開発に粘り強くかつ柔軟に取り組むことができる多角的な人材確保・育成、組織的な技術継承を進める。

3.1 短期的な取組

当面は廃棄物処理や工程洗浄、系統除染等の取組において、各工程設備の操作・保守を継続する必要がある。そのため、設備の操作、保守等に精通した人員を現状通り維持することを目標とし以下の取組を行う。

- 運転を経験した熟練者が残っているうちに、そのスキルやノウハウを次世代に継承するための取組を加速する。具体的には、再雇用制度を活用し技術継承のリードタイムを可能な限り長く確保し、OJTを中心とした従来の技術継承を着実に進める。また、人から人への技術継承だけでなく、熟練者による現場での設備機器、運転に関する暗黙知の情報について、デジタル化技術や動画等を活用した、より効率的なノウハウの継承方法について検討を進める。
- 定年退職による人員減に対しては、キャリア採用も含めた積極的な採用活動をより一層進めるとともに、東海再処理施設の廃止措置に係るホームページ情報の更なる充実化やPR動画を活用し、廃止措置に対する興味を喚起するとともに、就職先としての魅力度向上を図る。また実習生等の受け入れを積極的に行い、優秀な人材確保に繋がる取組を進める。
- 限られた人員で廃止措置を安全かつ着実に進めるため、海外先行事例に係る情報収集を継続するとともに、プロジェクト管理ツールを活用した作業手順の効率化等に係る検討を進める。

3.2 長期的な取組

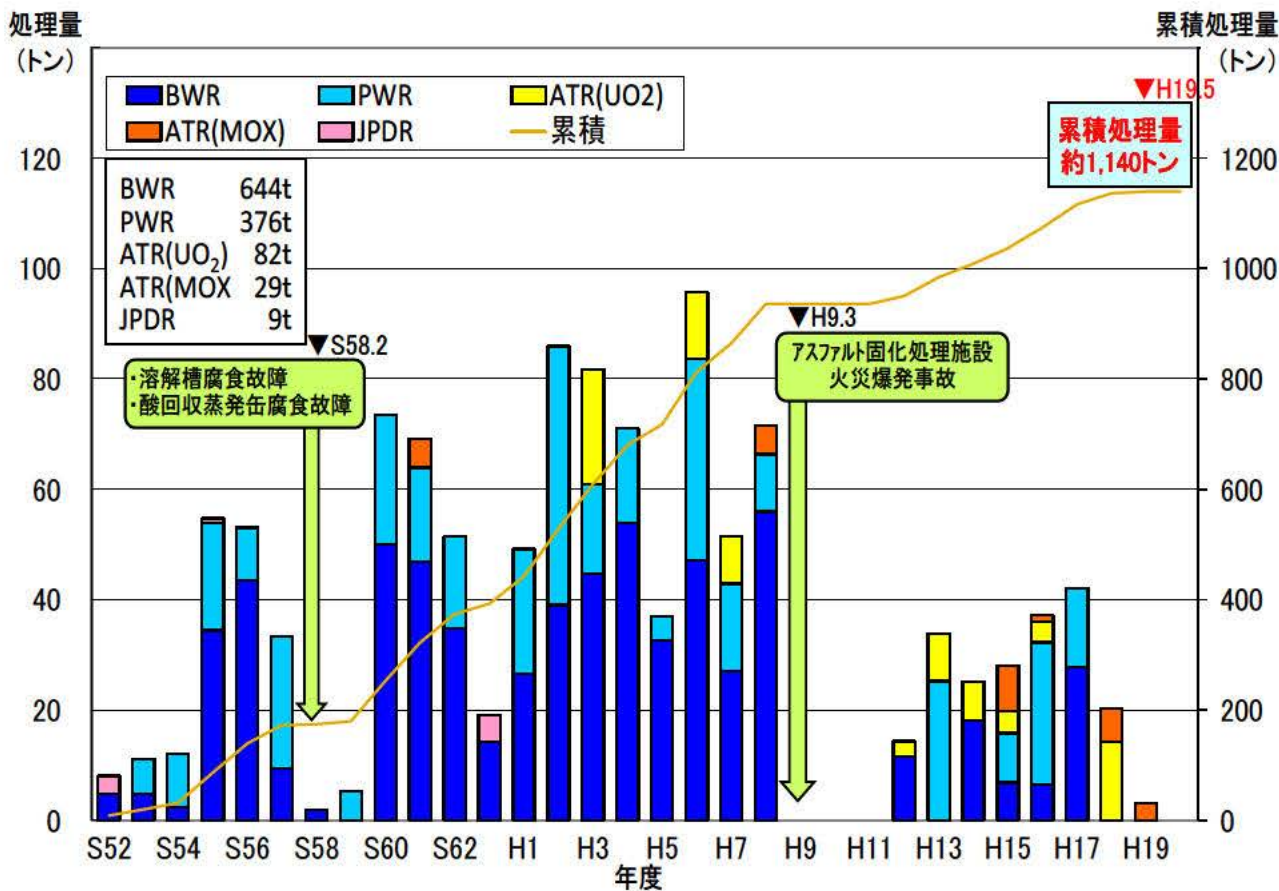
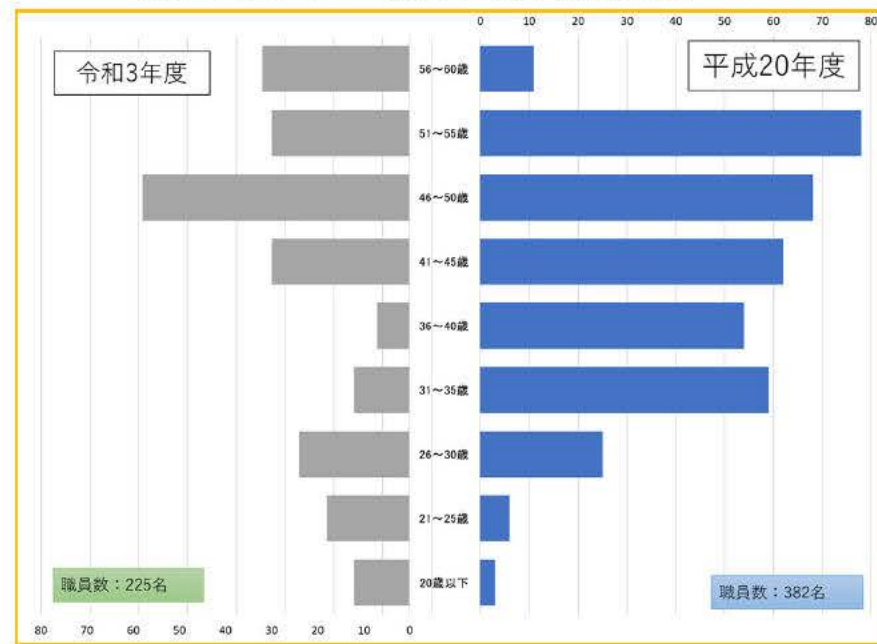
今後進めるLWTFの改造・運転やHASWSの貯蔵状態の改善等のプロジェクト、また、先行4施設の機器・設備解体を始めとした廃止措置の各段階での作業において、それらの段階に応じた必要な人材を明確にし、機構だけでなく関係者が連携して取り組むための体制構築やそのための制度について検討していく。

以上

再処理センターの年齢構成推移

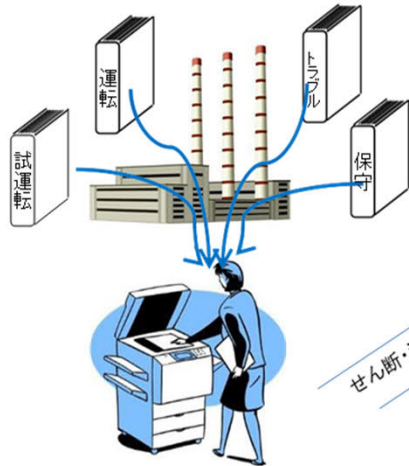
- 再処理運転最盛期のH6年度頃は職員420名(職員以外も含めると約1000名)であったが、その後、震災の影響等により施設維持管理体制へと移行し職員数は漸減している。
- 再処理センター職員数は過去10年で3割以上減少している。
- 年齢構成は40代、50代が多く30代、20代が少ない。

再処理センター職員の年齢構成比較

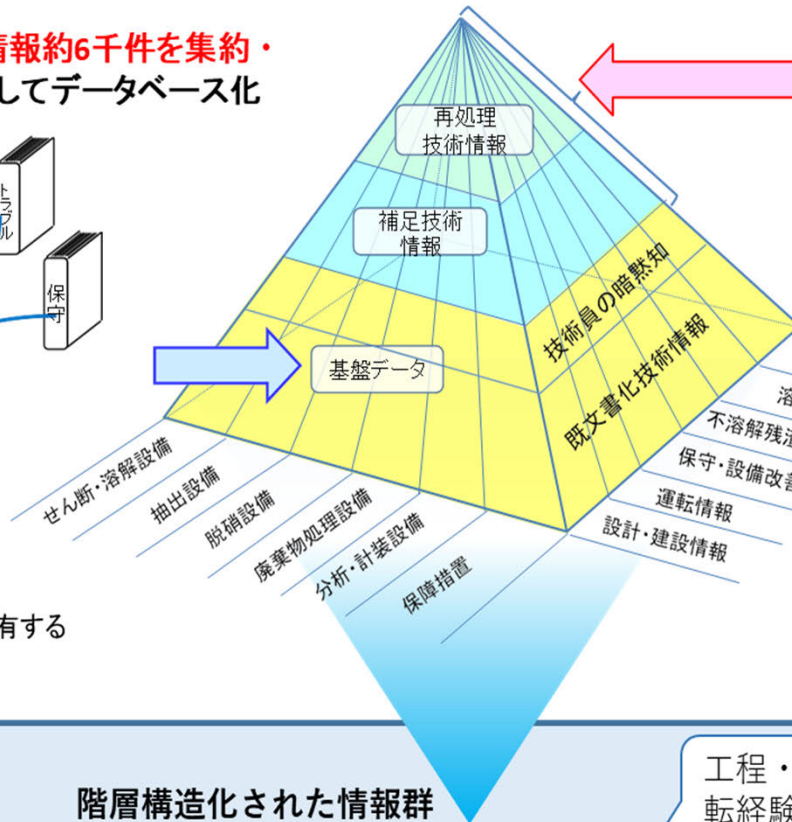


知識・技術の継承のための体系的なデータベース整備

東海再処理施設内の技術情報約6千件を集約・デジタル化し、基盤データとしてデータベース化



TRP内各設備所掌課が保有する技術情報を集約



2013年度より、以下の目的に資するため、再処理技術の体系的な取りまとめに着手している。

- ・若手技術者による技術の継承、再咀嚼
- ・最新知見と照らしたデータの再整理、再評価
- ・民間事業者等への技術移転

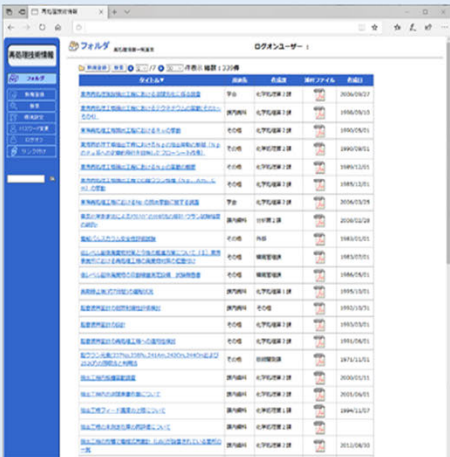
ベテラン運転員の経験、暗黙知の取り込み



階層構造化された情報群

当該設備・工程の担当者が技術的知見を活かして、新たに作成。

イントラネット上で検索



工程・設備の概要、これまでの運転経験・トラブル事例等を記載。

一次文書

関連性 (リンク)

一次文書中の重要キーワードや専門事項を逐次解説した文書。

二次文書

関連性 (リンク)

三次文書

これまでに再処理施設各課で作成し保管されていた技術資料をPDF化して収集・登録。

再処理施設の廃止措置に係る積極的な情報発信

ホームページ掲載情報の拡充



JAEA広報誌「未来へげんき」特集記事



東海フォーラムでの成果報告

主排気筒の耐震補強工事

【概要】
主排気筒(地上高さ90m)について、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性を確保するため、主排気筒基礎及び筒身への鉄筋コンクリート補強を行う。作業期間は、令和3年7月1日から令和5年3月末までの予定である。

主排気筒の基礎補強工事 (令和3年7月~10月終了)
鉄筋コンクリート打設完了
鉄筋コンクリートによる補強 (斜線部分)
主排気筒の筒身補強工事の状況 (令和3年12月)

高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事

【概要】
高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家及び配管トレンチ(T21)の耐震性能向上のため、建家の地下部側面を押さえている周辺地盤を改良して建家の横揺れを低減させる対策工事を行う。作業期間は、令和2年8月17日から令和5年度末まで予定である。(主な区画は令和3年度末までに終了し、一部区画は他の安全対策工事と併せて実施予定)

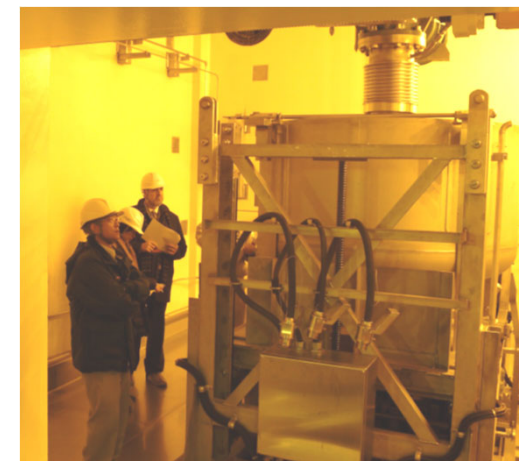
HAW周辺地盤改良工事の概要
地盤改良工事の状況(令和3年12月)
※埋土部分を約6m(T.P.約0m)まで掘削し、高さT.P.+4mまでコンクリートに置換する。

廃止措置への歩み 東海再処理施設

PR動画 (制作中)
To the Future / JAEA

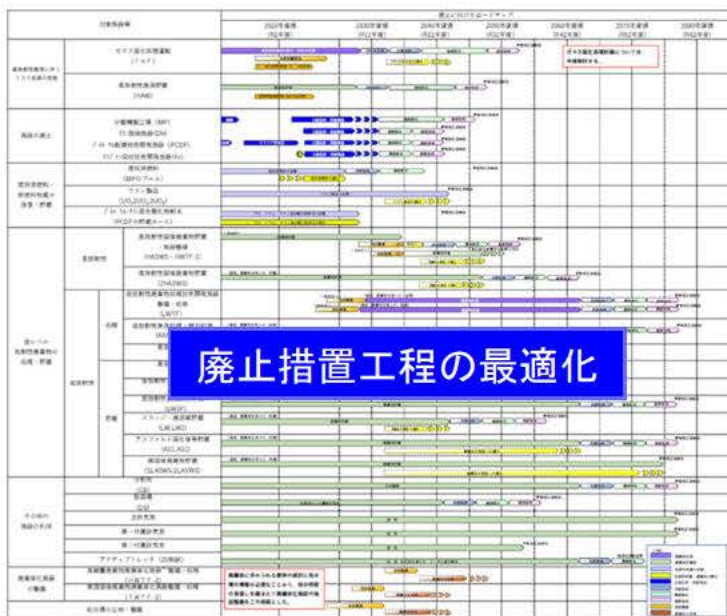
海外先行事例に係る積極的な情報収集

- ▶ **技術検討会議の開催**: 国内有識者に加え、フランス原子力庁(CEA)、英国原子力廃止措置機構(NDA)及び米国エネルギー省(DOE)から有識者を招聘し、各国の再処理施設の廃止措置の先行経験等に基づく貴重な助言及び提言を得る取り組みを継続している。
 - 国内有識者による技術検討会議(H30/10/24、R3/1/20、R4/2/15)
 - 海外有識者による技術検討会議(H31.2月～R2.2月個別招聘)
 - ▶ **OECD/NEA TAG会合への参加**: 経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)「原子力施設廃止措置プロジェクトに関する科学技術情報交換協力計画(CPD)」技術諮問グループ(TAG)会合(平成29年10月、平成30年10月、令和3年5月)へ参加し、TRPの廃止措置計画や現況について報告するとともに、先行施設(フランスの再処理施設UP1及びUP2-400、英国の再処理施設THORP、ドイツの再処理施設WAK、ベルギーの再処理施設ユーロケミック)の廃止措置に係る最新情報を収集している。
- ➡ 得られた知見は東海再処理施設の廃止措置計画策定や工程管理に反映している。
 今後も廃止措置に係る技術開発テーマや研究ニーズ等に係る情報収集を進める。



技術検討会議の開催風景

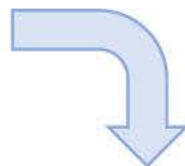
東海再処理施設の廃止措置工程の最適化



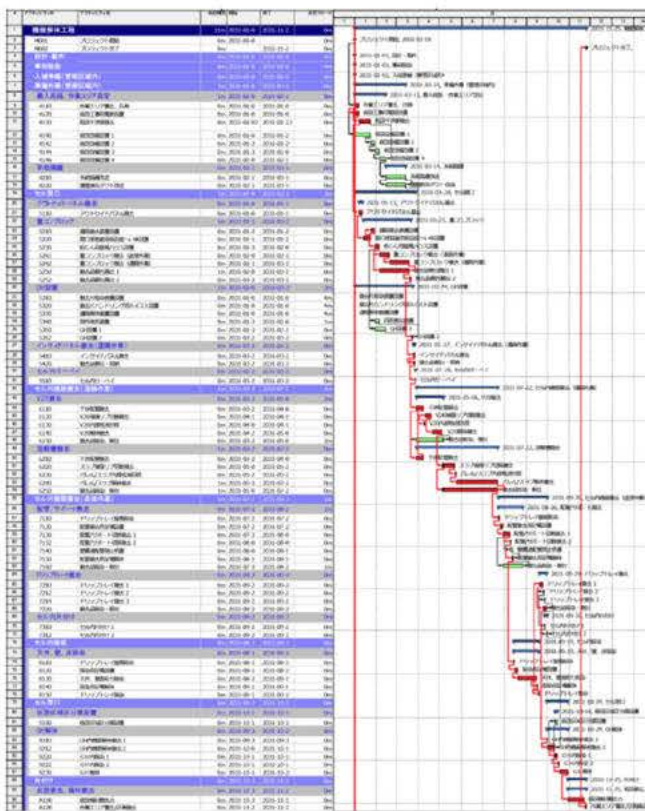
廃止措置工程の最適化

廃止措置工程

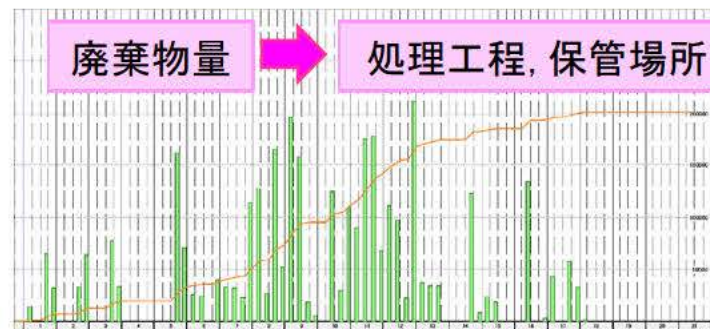
全体計画への反映



プロジェクト管理ツールを用いた工程管理



作業工程の詳細化・見える化



解体廃棄物発生量の検討



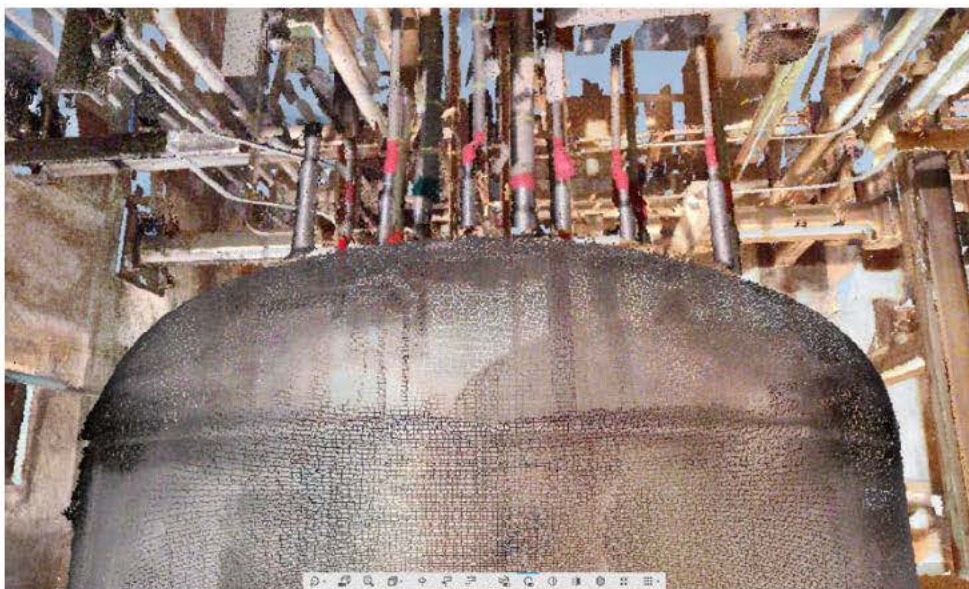
必要な人工数の検討

施設の設計情報を効率的に活用するための取組

3Dレーザースキャナーの例

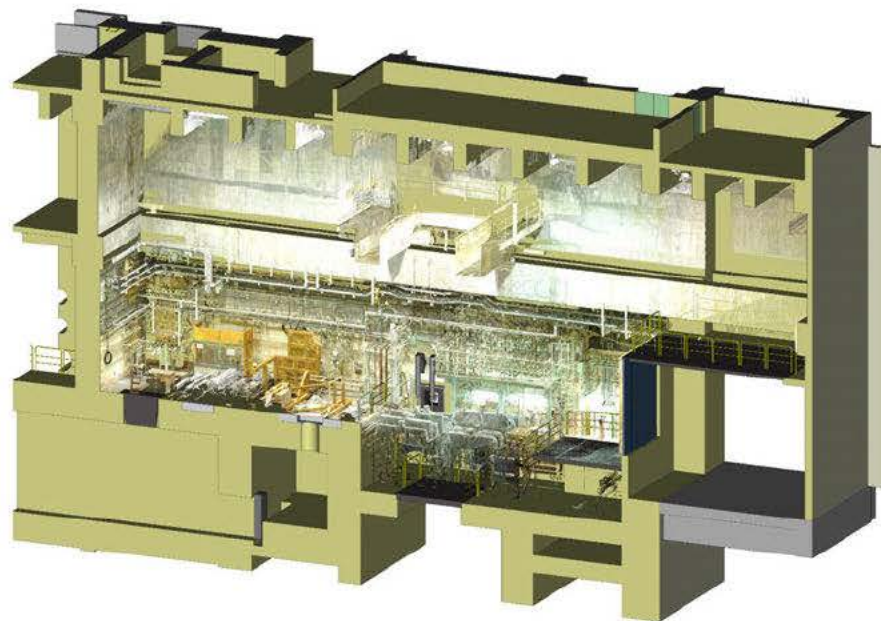


測定データは一見すると写真画像と同じように見えるが、拡大すると無数の点（一点一点が位置データを測定した点）の集合となっている。



3D点群データの例（セル内に設置された円筒槽の頂部）

- 将来の設備解体に向けて、セル内の測定を遠隔で実施するための検討（既存の開口部から測定器を挿入する場合に取得可能なデータ量の把握や、新たに開口部を設けるとしたときにどの位置に設ければ効果が高いかの検討）を実施している。
- 既設設備の改造設計や工事計画立案のために、施設の現場状況の測定を進めている。



3D-CADデータと点群データとの合成例

工程洗浄に係る再処理施設廃止措置計画変更申請の一部補正について

【概要】

○東海再処理施設で予定している工程洗浄の詳細な方法について、令和3年12月17日に廃止措置計画変更認可を申請した。当該申請について、工程洗浄で行う操作のうち、既往の許認可の臨界安全管理の方法の範囲内である操作については、それを明確に記載すること、また、対策を講じて既往の設計(濃度、質量及び組成)の範囲内に調整して実施する操作に対しては、廃止措置計画に制限を設け、再処理施設保安規定で操作上の管理値を定めて管理することとし、それらを反映するための補正を行う。

○補正内容は以下のとおり

- ・ 既往の許認可で評価している臨界評価について具体的かつ定量的な根拠、出典を追記することで臨界安全上の問題がないことを明確化する。
- ・ 工程洗浄特有の操作を明確化し、当該操作が既往の設計(濃度、質量及び組成)の範囲であることを追記する。
- ・ 工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作については制限を設け、当該操作時に制限を逸脱することのないよう、再処理施設保安規定に管理値を定める。

令和4年2月28日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

工程洗浄に係る再処理施設廃止措置計画変更申請の一部補正について

令和 4 年 2 月 28 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

廃止措置段階にある東海再処理施設の再処理設備本体等には核燃料物質等が存在しており、再処理（ウラン及びプルトニウムの分離）せずに、再処理設備本体等から取出す工程洗浄を実施する計画である。工程洗浄で取り扱う溶液は通常の再処理運転時で取扱う溶液よりも核燃料物質濃度が低く、十分安全であることを確認しており、その安全評価を含めた工程洗浄の詳細な方法については、令和 3 年 12 月 17 日に廃止措置計画変更認可を申請している。

当該申請について、工程洗浄で行う操作のうち、既往の許認可の臨界安全管理の方法の範囲内である操作については、それを明確に記載すること、また、対策を講じて既往の設計（濃度、質量及び組成）の範囲内に調整して実施する操作に対しては、廃止措置計画に制限を設け、再処理施設保安規定で操作上の管理値を定めて管理することとし、それらを反映するための補正を行う。

2. 補正の概要

2.1 工程洗浄に関わる臨界評価の明確化

現状の廃止措置計画変更認可申請書では、工程洗浄で取扱う核燃料物質が既往の設計の範囲であることを図示しているが、以下の内容について具体的かつ定量的な根拠、出典を追記することで臨界安全上の問題がないことを明確化する。

- せん断粉末の取出しに用いる機器ごとに、取り扱う核燃料物質が既往の臨界管理の方法の範囲内であること。
- 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる機器ごとに、取り扱う核燃料物質が既往の臨界管理の方法の範囲内であること。

2.2 工程洗浄の操作の分類

工程洗浄で行う操作について、通常の再処理運転と同じ操作と工程洗浄特有の操作に分類した後、工程洗浄特有の操作については取扱う核燃料物質が既往の設計の範囲内かどうか整理した。取扱う核燃料物質が既往の設計の範囲に入らない操作については、操作上の対策を講じることで既往の設計の範囲内に収まることを確認した。

上記の考え方にに基づき、工程洗浄の操作を以下の 4 つに分類した。

A：再処理運転時と同じ既往の許認可の操作

- B：工程洗浄特有の操作であるものの、設計上の濃度、質量及び組成の範囲内で安全が確保されている操作
- C：工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
- D：工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

分類の結果（別図参照）、殆どの操作は分類 A 又は分類 B に該当し、分類 C に該当する操作がないこと及び分類 D には「低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液する操作」が該当することを確認した。

このため、分類 B 及び分類 D について以下の内容を追記し、安全性を補足する。また、それに合わせて一部記載の適正化を行う。

- 分類 B「工程洗浄特有の操作であるものの、設計上の濃度、質量及び組成の範囲内で安全が確保されている操作」への対応
 - 工程洗浄特有の操作であることを明確化した上で、当該操作が既往の設計（濃度、質量及び組成）の範囲の操作であることを追記する。

- 分類 D「工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作」への対応
 - 当該操作では蒸気により溶液を送液する装置（スチームジェット）を使用する。既往の設計において、スチームジェットは使用済燃料の溶解液等の送液に使用し、プルトニウム溶液の送液には使用していない。

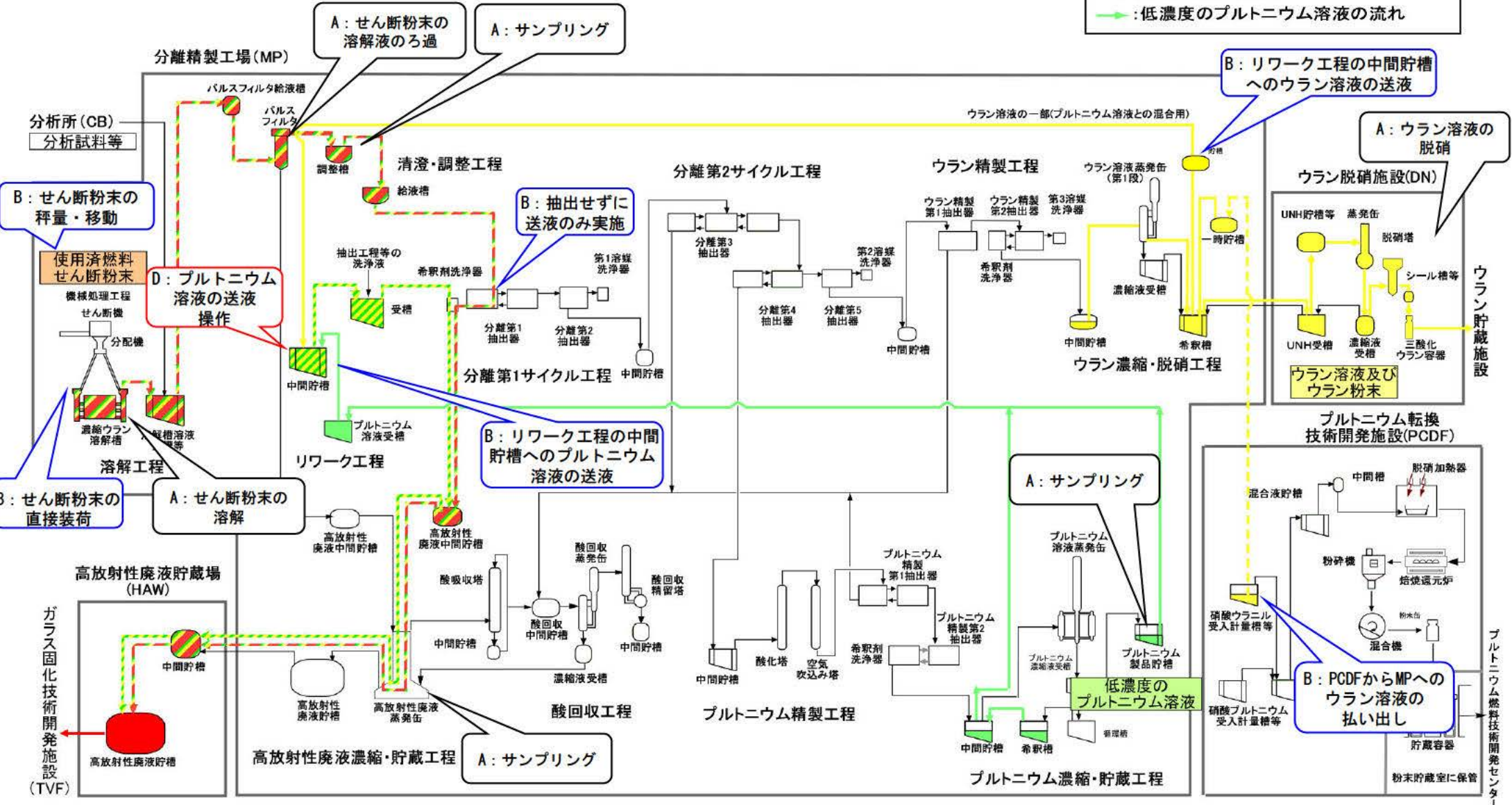
工程洗浄で取扱うプルトニウム溶液は、再処理運転時よりもプルトニウム濃度が十分低く、また酸濃度も高いため、スチームジェットを用いた送液により、プルトニウムポリマーが生成する可能性は低いものの、より安全に送液するため、プルトニウムポリマーの生成を抑制する効果のあるウラン溶液を混合し、溶液の組成（ウラン/プルトニウム比）を既往の設計の範囲内に調整する。

当該操作に対し、ウラン/プルトニウム比に制限値 60 を定め、再処理施設保安規定で操作上の管理値としてウラン/プルトニウム比を 70 で管理することを追記する。なお、念の為プルトニウムポリマーの生成が無いことを、SJ による送液の前後のウラン及びプルトニウム濃度の分析結果等により確認する。

以上

<凡例>

- : 使用済燃料せん断粉末の溶解液の流れ
- : ウラン溶液の流れ
- : 低濃度のプルトニウム溶液の流れ



分類 A : 再処理運転時と同じ既許認可の操作

B : 工程洗浄特有の操作であるものの、既往の設計の範囲内であり安全が確保されている操作

C : 工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作

D : 工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

別図 工程洗浄で行う操作の分類

工程洗浄で行う操作と既往の許認可の関係について

令和 4 年 2 月 28 日

再処理廃止措置技術開発センター

令和 3 年 12 月 17 日に申請した廃止措置計画変更認可申請書に記載している工程洗浄の操作について、通常の再処理運転と同じ操作と工程洗浄特有の操作に分けた後、工程洗浄特有の操作で取扱う核燃料物質が設計の範囲内であるか確認した。取扱う核燃料物質が設計の範囲外である操作についてはその安全性を確認し、対策の必要性について検討した（図-1 参照）

上記の考え方にに基づき、工程洗浄の操作を整理し、以下の 4 つに分類した結果を表-1 に示す。

- A：再処理運転時と同じ既往の許認可の操作
- B：工程洗浄特有の操作であるものの、設計上の濃度、質量及び組成の範囲内で安全が確保されている操作
- C：工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
- D：工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

これを踏まえ、廃止措置計画変更認可申請書においては、以下の内容を反映する。

- B の操作については、設計の範囲内の操作であることを記載する。
- C の操作については、引用文献に基づく安全評価の内容を記載する。
- D の操作については、安全を確保するための対策並びに対策に伴う制限値を記載する。
- 上記の操作については、必要に応じて再処理施設保安規定、運転要領書等の改訂を行う旨を記載する。

以上

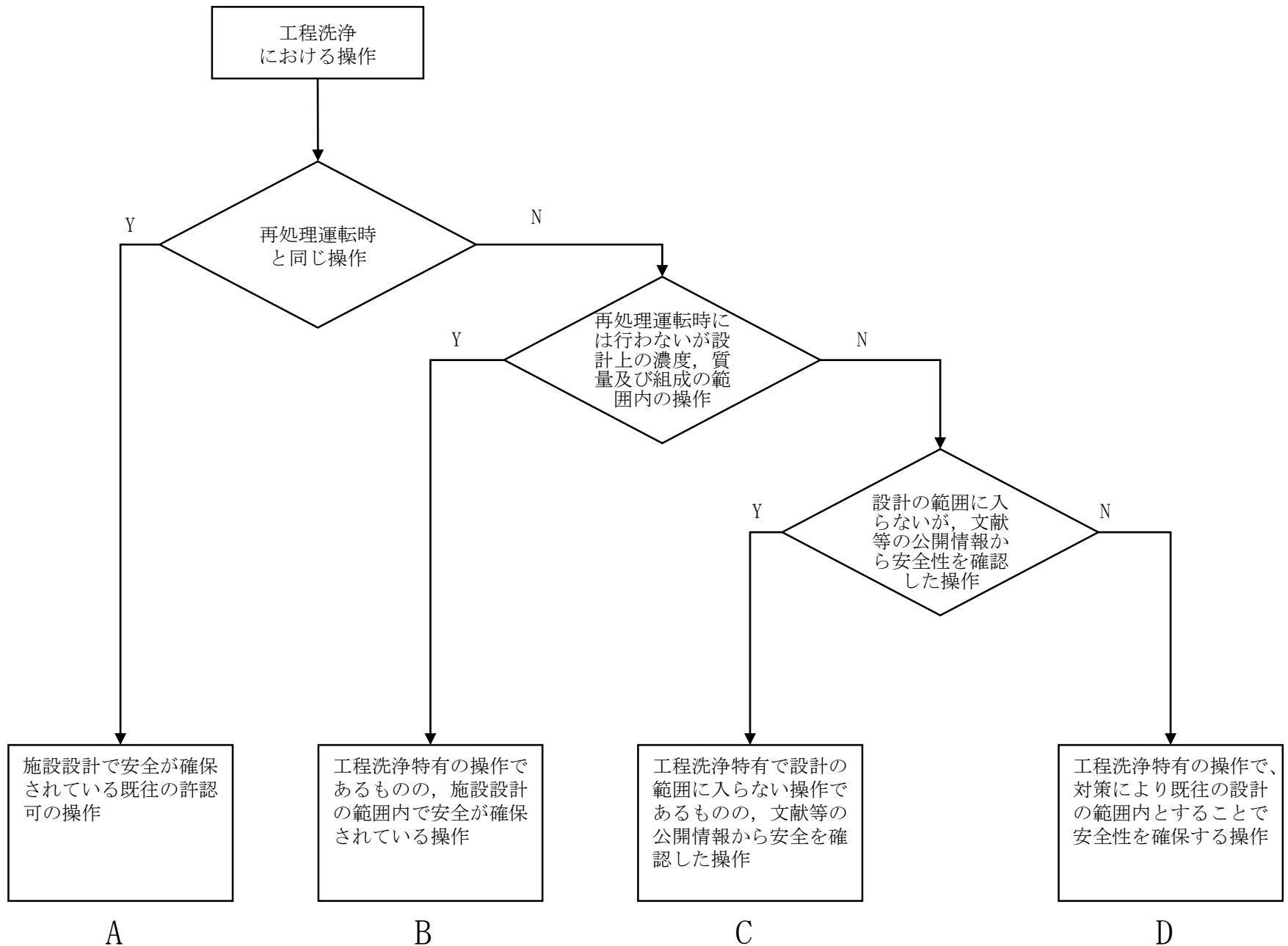


図-1 工程洗浄の操作に係る分類フロー

表-1 工程洗浄で行う操作の分類結果

操作	分類	操作の内容	安全性	安全確保のために実施する対策	廃止措置計画への反映	反映箇所
せん断粉末の取出し		再処理運転時は使用済燃料の集合体を取扱う。工程洗浄においては使用済燃料のせん断粉末を専用トレイ等で取り扱う。	工程洗浄特有な操作であるものの、せん断粉末の総量は [] であり、設計上の質量の範囲内（使用済燃料集合体 400 kgU/体）の操作	—	12/17 申請書にせん断粉末のセル内の取り扱いに係る記載が無いため、補正時に設計上の質量の範囲内である旨を追記する。	添十別紙 5-1
	B	再処理運転時は、使用済燃料せん断片を分配器により濃縮ウラン溶解槽に装荷する。工程洗浄においては、使用済燃料のせん断粉末を濃縮ウラン溶解槽のパレル部上部から装荷用ホッパを用いて直接装荷する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計上の質量の範囲内（1 装荷 400 kgU）の操作	—	12/17 申請書にせん断粉末の溶解量は 1 回当たり 30 kg 以下とし設計値(1 装荷 400 kgU) に対して十分に少ない旨を記載済	添十別紙 5-1
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	B	再処理運転時は、使用済燃料の溶解液からウラン及びプルトニウムを分離した高放射性の廃液を蒸発濃縮して高放射性廃液貯槽へ送液する。工程洗浄においては、せん断粉末の溶解液を分離濃縮せずに高放射性廃液貯槽へ送液する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計上の濃度の範囲内（臨界濃度 340 gU/L*を大きく下回る。）の操作 ※再処理事業指定申請書	—	12/17 申請書にせん断粉末の溶解液のウラン濃度は [] であり臨界濃度(340 gU/L) に比べて十分に低い旨を記載済	添十別紙 5-1

- 分類 A：再処理運転時と同じ既往の許認可の操作
 B：工程洗浄特有の操作であるものの、施設設計の範囲内であり安全が確保されている操作
 C：工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D：工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

表-1 工程洗浄で行う操作の分類結果

操作		分類	操作の内容	安全性	安全確保のために実施する対策	廃止措置計画への反映	反映箇所
せん断粉末の取出し	せん断粉末の溶解液のサンプリング	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	槽類換気及びオフガス洗浄	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	濃縮ウラン溶解槽の酸洗浄及び水洗浄	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	押出し洗浄及び押出し洗浄液の送液	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
低濃度のプルトニウム溶液の取出し	低濃度のプルトニウム溶液のプルトニウム溶液受槽(276V20)でのサンプリング	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	試薬調整工程の貯槽(201V77~V79)からリワーク工程の中間貯槽(276V12-V15)へのウラン/プルトニウム比調整用のウラン溶液の送液	B	再処理運転時は、試薬調整工程からリワーク工程へウラン溶液を送液することはない。工程洗浄においては、低濃度のプルトニウム溶液のウラン/プルトニウム比を調整するために既設設備により送液する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計上の濃度の範囲内(臨界濃度 340 gU/L*を下回る。)の操作 ※再処理事業指定申請書	—	12/17 申請書に運転要領書等を制定し実施する旨を記載済。	添十別紙 5-1
	低濃度のプルトニウム溶液のリワーク工程の中間貯槽(276V12-V15)への送液	B	再処理運転時は、プルトニウム製品貯蔵工程(プルトニウム溶液系の臨界管理機器)からリワーク工程(ウラン溶液系の臨界管理機器)へプルトニウム溶液を送液しない。工程洗浄においては、低濃度のプルトニウム溶液をリワーク工程(ウラン溶液系の臨界管理機器)へ既設設備により送液する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計上の濃度の範囲内(臨界濃度 340 gU/L*を下回る。)の操作 ※再処理事業指定申請書 また、低濃度のプルトニウム溶液は、無限実効増倍率(k_{∞})が0.75*となる核燃料物質の濃度より十分低く、臨界安全上の問題はない。 ※「次世代再処理施設の設計検討に供する臨界安全制限寸法等のデータ」(須藤他 2011) JAEA-Data-Code-2011-021	—	12/17 申請書に低濃度のプルトニウム溶液の組成等から求めた無限実効増倍率(k_{∞})が0.75未満となり臨界安全上の問題がない旨を記載済	添十別紙 5-1-1

- 分類 A: 再処理運転時と同じ既往の許認可の操作
 B: 工程洗浄特有の操作であるものの、施設設計の範囲内であり安全が確保されている操作
 C: 工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D: 工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

表-1 工程洗浄で行う操作の分類結果

操作	分類	操作の内容	安全性	安全確保のために実施する対策	廃止措置計画への反映	反映箇所
低濃度のプルトニウム溶液の取出し	D	再処理運転時、プルトニウム溶液の送液はポンプ、エアリフトを用いる。工程洗浄においては、低濃度のプルトニウム溶液の送液にはスチームジェットを用いる。	工程洗浄特有な操作で設計の範囲に入らない操作である。低濃度のプルトニウム溶液はスチームジェットを用いて高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液する必要がある。プルトニウム溶液をスチームジェットで送液した場合には、プルトニウムポリマーの生成・沈殿の発生可能性があることから、設計上スチームジェットにより送液を行う使用済燃料の溶解液に相当するウラン/プルトニウム比に調整することで、プルトニウムポリマーの生成を防止する。	低濃度のプルトニウム溶液をスチームジェットで送液するために、使用済燃料の溶解液に相当するウラン/プルトニウム比となるよう制限値を定める。	12/17 申請書には、ウラン/プルトニウム比の管理値（70）を定め、再処理施設保安規定にて管理する旨を記載済 補正時は、ウラン/プルトニウム比の制限値 60 を定める旨を追記	添十別紙 1 添十別紙 5-1 添十別紙 5-1-1 添十別紙 5-1-2
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
ウラン溶液の取出し	B	再処理運転時は、MP から PCDF へ既設設備を用いてウラン溶液を送液する。工程洗浄では、PCDF から MP へウラン溶液を送液する設備がなく、ウラン溶液を専用容器に入れて払い出す。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計上の濃度の範囲内（ウラン濃縮度 4% 時の臨界濃度 340 gU/L ^{※1} 及びウラン濃縮度 1.6% 時の臨界濃度 1100 gU/L ^{※1} を下回る。）の操作 なお、払い出すウランの重量（ ）は、最小推定臨界下限値 111 kgU ^{※2} （均質系 UO ₂ (NO ₃) ₂ 水溶液、ウラン濃縮度 4%）を下回るため臨界安全上の問題はない ^{※2} 。 ※1 再処理事業指定申請書 ※2 「臨界安全ハンドブック・データ集第 2 版」（奥野他 2009） JAEA-Data/Code2009-010	—	12/17 申請書に払い出すウランの重量（ ）が、最小推定臨界下限値 111 kgU（均質系 UO ₂ (NO ₃) ₂ 水溶液、ウラン濃縮度 4%）を下回るため、臨界安全上の問題はない旨を記載済	添十別紙 5-1
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—

分類 A：再処理運転時と同じ既往の許認可の操作

B：工程洗浄特有の操作であるものの、施設設計の範囲内であり安全が確保されている操作

C：工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作

D：工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

表-1 工程洗浄で行う操作の分類結果

操作	分類	操作の内容	安全性	安全確保のために実施する対策	廃止措置計画への反映	反映箇所
ウラン溶液の取出し	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
その他の核燃料物質（工程内の洗浄液等）の取出し	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	B	再処理運転時は中間貯槽（255V12）及び（261V12）の洗浄液の送液は行わない。工程洗浄では既設設備により洗浄液を送液する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計の範囲内（臨界濃度 340 gU/L*を下回る。）の操作 ※再処理事業指定申請書	—	12/17 申請書に記載がないため、補正時に運転要領書を制定して実施する旨を追記	添十別紙 5-1
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	B	再処理運転時は、プルトニウム精製工程の抽出器等の洗浄は行わない。工程洗浄では既設設備により洗浄する。	工程洗浄特有な操作であるものの、設計の範囲内（臨界濃度 35 gPu/L*を大きく下回る。）の操作 ※再処理事業指定申請書	—	12/17 申請書に記載がないため、補正時に既存の運転要領書に基づき実施する旨を追記	添十別紙 5-1
	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—

- 分類 A：再処理運転時と同じ既往の許認可の操作
 B：工程洗浄特有の操作であるものの、施設設計の範囲内であり安全が確保されている操作
 C：工程洗浄特有で設計の範囲に入らない操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D：工程洗浄特有の操作で、対策により既往の設計の範囲内とすることで安全性を確保する操作

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書

補正前後比較表（案）

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>添十別紙1 回収可能核燃料物質の取出し方法</p> <p>1. 概要 (省略)</p> <p>2. 工程洗浄の方針 (省略)</p> <p>3. 回収可能核燃料物質の場所及び量について (省略)</p> <p>4. 回収可能核燃料物質の詳細な取出し方法</p> <p>(1) せん断粉末 (省略)</p> <p>(2) 低濃度のプルトニウム溶液 プルトニウム製品貯槽(267V10~V16)の低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液受槽(276V20)へ送液し、計量する。また、希釈槽(266V13)の低濃度のプルトニウム溶液は、中間貯槽(266V12)を経由し、プルトニウム溶液受槽(276V20)へ送液し、計量する(参考図-2-1参照)。 低濃度のプルトニウム溶液と混合するウラン溶液^{*1}は、一時貯槽(263V51~V58)のウラン溶液のうち一部を、希釈槽(263V18)、貯槽(201V77)、ウラン調整槽(201V70)及び受流槽(201V75)を経由して中間貯槽(276V12-V15)へ送液する。また、希釈槽(263V18)から中間貯槽(276V12-V15)までの送液経路上の送液残液を純水により押し出し洗浄を行い、低濃度のプルトニウム溶液の混合に用いる(参考図-2-2及び2-3参照)。 中間貯槽(276V12-V15)では、ウラン溶液を保持した状態で、プルトニウム溶液受槽(276V20)の低濃度のプルトニウム溶液を受け入れ、低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液を混合する。低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合では、プルトニウム濃度に対するウラン濃度の比が70以上^{*2}となるように調整し、分析による確認を行う。 低濃度のプルトニウム溶液及びウラン溶液の混合液(以下「混合液」という。)は、中間貯槽(276V12-V15)から受槽(276V10)へ送液し、希釈剤洗浄器(252R10)、高放射性廃液中間貯槽(252V14)を経由して高放射性廃液蒸発缶(271E20)へ送液する。高放射性廃液蒸発缶(271E20)では、蒸発濃縮を行わずに、混合液を計量し、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)を経由して高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液し、貯蔵する(参考図-2-4及び2-5参照)。</p>	<p>添十別紙1 回収可能核燃料物質の取出し方法</p> <p>1. 概要 (変更なし)</p> <p>2. 工程洗浄の方針 (変更なし)</p> <p>3. 回収可能核燃料物質の場所及び量について (変更なし)</p> <p>4. 回収可能核燃料物質の詳細な取出し方法</p> <p>(1) せん断粉末 (変更なし)</p> <p>(2) 低濃度のプルトニウム溶液 プルトニウム製品貯槽(267V10~V16)の低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液受槽(276V20)へ送液し、計量する。また、希釈槽(266V13)の低濃度のプルトニウム溶液は、中間貯槽(266V12)を経由し、プルトニウム溶液受槽(276V20)へ送液し、計量する(参考図-2-1参照)。 低濃度のプルトニウム溶液と混合するウラン溶液^{*1}は、一時貯槽(263V51~V58)のウラン溶液のうち一部を、希釈槽(263V18)、貯槽(201V77)、ウラン調整槽(201V70)及び受流槽(201V75)を経由して中間貯槽(276V12-V15)へ送液する。また、希釈槽(263V18)から中間貯槽(276V12-V15)までの送液経路上の送液残液を純水により押し出し洗浄を行い、低濃度のプルトニウム溶液の混合に用いる(参考図-2-2及び2-3参照)。 中間貯槽(276V12-V15)では、ウラン溶液を保持した状態で、プルトニウム溶液受槽(276V20)の低濃度のプルトニウム溶液を受け入れ、低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液を混合する。低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合では、プルトニウム濃度に対するウラン濃度の比が70以上^{*2}となるように調整し、分析による確認を行う。 低濃度のプルトニウム溶液及びウラン溶液の混合液(以下「混合液」という。)は、中間貯槽(276V12-V15)から受槽(276V10)へ送液し、希釈剤洗浄器(252R10)、高放射性廃液中間貯槽(252V14)を経由して高放射性廃液蒸発缶(271E20)へ送液する。高放射性廃液蒸発缶(271E20)では、蒸発濃縮を行わずに、混合液を計量し、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)を経由して高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液し、貯蔵する(参考図-2-4及び2-5参照)。</p>	

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>混合液を送液した後、プルトニウム製品貯槽 (267V10~V16)、希釈槽 (266V13) 並びにその循環系統にあるプルトニウム溶液蒸発缶 (266E20)、中間貯槽 (266V12)、プルトニウム濃縮液受槽 (266V23) 及び循環槽 (266V24) の押し出し洗浄を行う。押し出し洗浄は各貯槽に硝酸を供給して行い、押し出し洗浄液はプルトニウム溶液受槽 (276V20) から混合液と同じ経路を用いて高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。洗浄効果は、各貯槽の核燃料物質濃度を分析して確認する (参考図-2-6~2-9 参照)。</p> <p>なお、押し出し洗浄液が通過するプルトニウム溶液蒸発缶 (266E20) では、加熱濃縮は行わない。</p> <p>※1 低濃度のプルトニウム溶液の送液では、スチームジェットでの送液による溶液温度の上昇及び酸濃度の低下によるプルトニウムポリマー (沈殿物) の発生を防止するため、ウラン溶液と混合し送液を行う。</p> <p>※2 再処理施設での直近のキャンペーン (2007年2月~5月) で処理した新型転換炉原型使用済燃料の中で、調整槽 (251V10) の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値 (約59) から、<u>ウラン/プルトニウム比を70として設定</u></p> <p>(3) ウラン溶液 (ウラン粉末を含む。) (省略)</p> <p>(4) その他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) (省略)</p> <p>図-1 (省略)</p> <p>表-1 (省略)</p> <p>参考図 (省略)</p>	<p>混合液を送液した後、プルトニウム製品貯槽 (267V10~V16)、希釈槽 (266V13) 並びにその循環系統にあるプルトニウム溶液蒸発缶 (266E20)、中間貯槽 (266V12)、プルトニウム濃縮液受槽 (266V23) 及び循環槽 (266V24) の押し出し洗浄を行う。押し出し洗浄は各貯槽に硝酸を供給して行い、押し出し洗浄液はプルトニウム溶液受槽 (276V20) から混合液と同じ経路を用いて高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。洗浄効果は、各貯槽の核燃料物質濃度を分析して確認する (参考図-2-6~2-9 参照)。</p> <p>なお、押し出し洗浄液が通過するプルトニウム溶液蒸発缶 (266E20) では、加熱濃縮は行わない。</p> <p>※1 低濃度のプルトニウム溶液の送液では、スチームジェットでの送液による溶液温度の上昇及び酸濃度の低下によるプルトニウムポリマー (沈殿物) の発生を防止するため、ウラン溶液と混合し送液を行う。</p> <p>※2 再処理施設での直近のキャンペーン (2007年2月~5月) で処理した新型転換炉原型使用済燃料の中で、調整槽 (251V10) の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値 (約59) から、<u>ウラン/プルトニウム比の制限値を60と定める。また、制限値を下回らないようウラン/プルトニウム比の管理値を70と定め、再処理施設保安規定にて管理する。</u></p> <p>(3) ウラン溶液 (ウラン粉末を含む。) (変更なし)</p> <p>(4) その他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) (変更なし)</p> <p>図-1 (変更なし)</p> <p>表-1 (変更なし)</p> <p>参考図 (変更なし)</p>	<p>語句の統一 ウラン/プルトニウム比の制限値 (60) 及び管理値 (70) の明確化</p>

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>添十別紙2 工程洗浄終了の判断基準等について (省略)</p> <p>添十別紙3 長期停止による想定不具合及び点検項目について (省略)</p> <p>添十別紙4 工程洗浄において環境へ放出される放射性廃棄物及び放出に対する取組について (省略)</p> <p>添十別紙5 工程洗浄時の施設の安全性 (省略)</p> <p>添十別紙 5-1 工程洗浄により回収可能核燃料物質を取り出す送液経路の安全性について</p> <p>1. 概要 (省略)</p> <p>2. 工程洗浄に用いる機器の臨界安全性 (1) <u>せん断粉末の溶解液の取出しに用いる機器 (図-2-1 参照)</u></p> <p><u>濃縮ウラン溶解槽 (242R12) でのせん断粉末の溶解量は1回当たり 30 kg 以下とする。仮にせん断粉末を一度に全量装荷したとしても濃縮ウラン溶解槽 (242R12) の設計値 (1回当たり 400 kgU) に対して十分に少なく,安全上の問題は無い。</u></p>	<p>添十別紙2 工程洗浄終了の判断基準等について (変更なし)</p> <p>添十別紙3 長期停止による想定不具合及び点検項目について (変更なし)</p> <p>添十別紙4 工程洗浄において環境へ放出される放射性廃棄物及び放出に対する取組について (変更なし)</p> <p>添十別紙5 工程洗浄時の施設の安全性 (変更なし)</p> <p>添十別紙 5-1 工程洗浄により回収可能核燃料物質を取り出す送液経路の安全性について</p> <p>1. 概要 (変更なし)</p> <p>2. 工程洗浄に用いる機器の臨界安全性 (1) <u>せん断粉末の溶解液の取出しに用いる機器</u> <u>分離精製工場 (MP) の除染保守セル (R333) 内の専用のトレイで保管しているせん断粉末は,せん断粉末装荷用ホッパに移し替え (1回当たり 30 kg 以下),運搬容器に収納した上で濃縮ウラン溶解槽装荷セル (R131) に移動し,濃縮ウラン溶解槽 (242R12) のバレル部上部からせん断粉末を濃縮ウラン溶解槽 (242R12) へ装荷する。せん断粉末の1回当たりの取扱量 30 kg は,せん断粉末の臨界質量である約 900 kgU¹⁾ (ウラン濃縮度 4%, 均質 UO₂-H₂O 系, UO₂ 粉末の含水率 5 wt% のデータの最も小さい推定臨界下限値)を大きく下回ることから臨界安全上の問題は無い。</u> <u>また,濃縮ウラン溶解槽 (242R12) でのせん断粉末の溶解量は1回当たり 30 kg 以下であり,設計値 (1回当たり 400 kgU) の範囲内である。</u></p> <p><u>せん断粉末は濃縮ウラン溶解槽 (242R12) で溶解したのち,高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。せん断粉末の溶解液の取出しに用いる機器ごとに工程洗浄特有の操作の有無を整理し,取り扱う核燃料物質の濃度が既往の臨界管理の方法の範囲内であることを確認する (表-2-1</u></p>	<p>安全性に関する記載の明確化,表現の見直し</p> <p>表現の見直し</p> <p>安全性に関する記載の明確化,表現の見直し</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>濃縮ウラン溶解槽 (242R12) のせん断粉末の溶解液のウラン濃度は、せん断粉末の1回当たりの溶解量約 30 kgU 及び液量 () から最大 とな る。せん断粉末の溶解液のウラン濃度は、溶解槽溶液受槽 (243V10) へ送液し、 溶解槽溶液受槽 (243V10) にあらかじめ供給しておく硝酸 (300 L) と混合して 程度となる。</p> <p>これは、再処理運転時の使用済燃料の溶解液のウラン濃度約 500 gU/L 及び清 澄工程の調整槽 (251V10) の制限値 (240 gU/L) よりも十分に低く、使用済燃料 の溶解液が通過する機器において臨界安全上の問題はない。</p> <p>再処理運転時に使用済燃料の溶解液が通過しない機器としては、希釈剤洗浄器 (252R10)、高放射性廃液中間貯槽 (252V14)、高放射性廃液蒸発缶 (271E20)、 中間貯槽 (272V37 又は V38) 及び高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) があるもの 、これらについても、通過するせん断粉末の溶解液のウラン濃度 が、 無限体系の最小臨界濃度 (340 gU/L) に比べてはるかに小さいことから、臨界安 全上の問題はない。</p> <p>また、せん断粉末の溶解液の誤移送及び溢流を想定しても、誤移送を防止する ための施錠弁が設置されていること、誤移送等による送液先の機器が臨界管理 (形状、濃度又は質量) されていること及び無限体系の最小臨界濃度を超えない ことから臨界安全上の問題はない。</p> <p>(2) 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる機器 (図-2-2 参照) 分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) に保有している低濃度のプルトニウム溶液は、リワーク工程の中間貯槽 (276V12- V15) にそれぞれ送液し、ウラン溶液と混合して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高 放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。</p> <p>低濃度のプルトニウム溶液は、<u>プルトニウム溶液系及びウラン溶液系の臨界管 理の機器を経由して送液するため送液経路の機器の臨界安全性について文献¹⁾ の臨界評価結果を参考に評価した。</u></p>	<p>参照)。</p> <p>せん断粉末の溶解液の送液経路のうち、濃縮ウラン溶解槽 (242R12) から分離 第一抽出器 (252R11) については、再処理運転時においても使用済燃料の溶解液 が通る機器であり、せん断粉末の溶解液のウラン濃度 (濃縮ウラン溶解槽 (242R12) で最大) が既往の許認可のウラン濃度 (濃縮ウラン溶解槽 (242R12) で最大 500 gU/L) よりも十分低く、既往の許認可 (形状又は濃度管 理) の範囲内であることから臨界安全上の問題はない。</p> <p>一方、工程洗浄特有の操作となる希釈剤洗浄器 (252R10)、高放射性廃液中間 貯槽 (252V14)、高放射性廃液蒸発缶 (271E20)、中間貯槽 (272V37 又は V38) 及 び高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へのせん断粉末の溶解液の送液については、 既往の許認可 (形状又は質量管理) の範囲内又はせん断粉末の溶解液のウラン濃 度 () が既往の許認可にある臨界濃度 (>340 gU/L, ウラン濃縮度 4%) より十分に低いことから、臨界安全上の問題はない。</p> <p>また、せん断粉末の溶解液の誤移送及び溢流を想定しても、誤移送を防止する ための施錠弁が設置されていること、誤移送等による送液先の機器が臨界管理 (形状、濃度又は質量) されていること及び無限体系の最小臨界濃度を超えない ことから臨界安全上の問題はない (図-2-1 参照)。</p> <p>(2) 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる機器 (図-2-2 参照) 分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) に保有している低濃度のプルトニウム溶液は、リワーク工程の中間貯槽 (276V12- V15) にそれぞれ送液し、ウラン溶液と混合して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高 放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。</p> <p>低濃度のプルトニウム溶液の取出しにおいては、再処理運転と異なりウラン溶 液系の臨界管理機器へ送液する。低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる機 器ごとに工程洗浄特有の操作の有無を整理し、取り扱う核燃料物質の濃度が既往 の臨界管理値を下回ることを確認する (表-2-2)。</p> <p>プルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及びプルトニウム溶液受槽 (276V20) については、低濃度のプルトニウム溶液のプルトニウム濃度 () が、 既往の許認可 (形状管理) の範囲内であるため、臨界安全上の問題はない。</p> <p>一方、工程洗浄特有の操作となる高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) への低濃 度のプルトニウム溶液の送液については、中間貯槽 (276V12-V15) でウラン溶液 と混合して、使用済燃料と同等のウラン/プルトニウム比に調整する対策を行う。 希釈剤洗浄器 (252R10)、高放射性廃液中間貯槽 (252V14)、高放射性廃液蒸発缶</p>	<p>安全性に関する記載 の明確化</p> <p>安全性に関する記載 の明確化</p> <p>表現の見直し</p> <p>安全性に関する記載 の明確化</p>

<p>補正前</p> <p>廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)</p>	<p>補正後</p>	<p>補正理由</p>
<p>その結果、低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器及びそれらを送液する高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) は無限実効増倍率 (k_{∞}) が 0.75 未満となり、臨界安全上の問題はない (別紙 5-1-1「低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨界安全性」参照)。</p> <p>なお、プルトニウム溶液は蒸気を用いた送液装置 (スチームジェット) による送液時に酸濃度低下及び温度上昇に伴いプルトニウムポリマー (沈殿物) が生成する可能性があるものの、ウランを混合することでプルトニウムポリマー生成が抑制されるため、臨界安全上の問題はない (別紙 5-1-2「低濃度のプルトニウム溶液をスチームジェットで送液した場合のプルトニウムポリマー生成について」参照)。</p> <p>(3) ウラン溶液 (低濃度のプルトニウム溶液と混合するものを除く。) 及びその他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) を取り扱う機器</p> <p>分離精製工場 (MP) 及びウラン脱硝施設 (DN) のウラン溶液は、通常の運転操作と同じ送液経路で取出しを行う。これら送液経路の機器は、臨界管理 (形状、濃度又は質量) されていることから、臨界安全上の問題はない。プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) のウラン溶液 () については、<u>ウランの最小臨界質量 58 kgU (均質系 UO_2-H_2O, 濃縮度 4%) 未満であり、手持ち運搬による臨界安全上の問題はない。</u></p> <p>その他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) は、通常の運転時の送液経路で、せん断粉末の溶解液のウラン濃度等より低い濃度で取出しを行うことから臨界安全上の問題はない。</p> <p>3. 工程洗浄に伴い要領書等の見直し等が必要な操作</p> <p>再処理施設は、<u>アスファルト事故後の安全性確認作業²⁾で、各工程の事故の発生防止策に対して妥当性を確認するとともに、必要に応じて運転要領書の改訂及び設備を改善している。</u></p> <p>工程洗浄は再処理運転時の操作を踏襲するものの、<u>せん断粉末及び低濃度のプルトニウム溶液の取出し時に一部で通常とは異なる送液経路があり、それらに対して運転要領書及び操作手順書の有無を確認した。運転要領書及び操作手順書の改訂等が必要な操作について以下に示す。</u></p> <p>(1) せん断粉末の濃縮ウラン溶解槽 (242R12) への直接装荷</p>	<p>(271E20), 中間貯槽 (272V37 又は V38) 及び高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へのウラン及びプルトニウムの混合液の送液については、<u>既往の許認可 (形状又は質量管理) の範囲内又はウラン及びプルトニウムの混合液のウラン濃度 () が既往の許認可にある臨界濃度 (>340 gU/L, ウラン濃縮度 4%) より十分に低いことから、臨界安全上の問題はない。なお、それら機器については文献²⁾を参考に評価した無限増倍率 (k_{∞}) が 0.75 未満となることを確認している (別紙 5-1-1「低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨界安全性」参照)。</u></p> <p>なお、プルトニウム溶液は蒸気を用いた送液装置 (スチームジェット) による送液時に酸濃度低下及び温度上昇に伴いプルトニウムポリマー (沈殿物) が生成する可能性があるものの、ウランを混合することでプルトニウムポリマー生成が抑制されるため、臨界安全上の問題はない (別紙 5-1-2「低濃度のプルトニウム溶液をスチームジェットで送液した場合のプルトニウムポリマー生成について」参照)。</p> <p>(3) ウラン溶液 (低濃度のプルトニウム溶液と混合するものを除く。) 及びその他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) を取り扱う機器</p> <p>分離精製工場 (MP) 及びウラン脱硝施設 (DN) のウラン溶液は、通常の運転操作と同じ送液経路で取出しを行う。これら送液経路の機器は、臨界管理 (形状、濃度又は質量) されていることから、臨界安全上の問題はない。プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) のウラン溶液 () については、<u>専用の容器を用いて分離精製工場 (MP) に返送する。取り扱うウランの重量は最小推定臨界下限値 111 kgU¹⁾ ($UO_2(NO_3)_2$ 水溶液, ウラン濃縮度 4%) 未満であり臨界安全上の問題はない。</u></p> <p>その他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) は、通常の運転時の送液経路で、せん断粉末の溶解液のウラン濃度等より低い濃度で取出しを行うことから臨界安全上の問題はない。</p> <p>3. 工程洗浄特有の操作の安全性</p> <p>再処理施設は、<u>アスファルト事故後の安全性確認作業³⁾により、再処理運転時の操作の安全性及び各工程の事故の発生防止策に対する妥当性を確認している。工程洗浄においては再処理運転時の操作を踏襲するものの、一部の機器において工程洗浄特有の操作を行う必要があるため、それらの操作の詳細及び安全性について以下に示す。</u></p> <p>(1) せん断粉末の濃縮ウラン溶解槽 (242R12) への直接装荷</p>	<p>安全性に関する記載の明確化 引用文献の見直し</p> <p>安全性に関する記載の明確化</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>通常、せん断機によりせん断された使用済燃料は、分配器(せん断機シュートを含む。)を経由して濃縮ウラン溶解槽(242R12)の燃料装荷バスケットに装荷される。</p> <p>工程洗浄では、濃縮ウラン溶解槽装荷セル(R131)において、せん断粉末を遠隔操作(セル内クレーン、マニプレーター等の操作)にて濃縮ウラン溶解槽(242R12)のバレル部上部から燃料装荷バスケットへ直接装荷する。</p> <p>当該作業については、<u>運転要領書の改訂及び操作手順の制定が必要であり、せん断粉末の溶解量(1回当たり30kg)については再処理施設保安規定に定める。</u></p> <p>(2) 高放射性廃液蒸発缶(271E20)から高放射性廃液貯蔵場(HAW)への直接送液(271E20→272V37又はV38→272V31~V35)</p> <p>再処理運転時、高放射性廃液は、分離精製工場(MP)の高放射性廃液蒸発缶(271E20)から分離精製工場(MP)の高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)に送液する。その後、高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)から高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)を経由し、高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液する。</p> <p>せん断粉末の溶解液等は、ガラス固化技術開発施設(TVF)の運転への影響を極力小さくするため、高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)の希釈した高放射性廃液と混合せずに、高放射性廃液蒸発缶(271E20)から直接中間貯槽(272V37又はV38)を経由して高放射性廃液貯槽(272V31~V35)に送液する。当該送液操作については、アスファルト事故後の安全性確認作業における評価*を踏まえて保安規定で禁止している。工程洗浄で取り出すせん断粉末の溶解液等は放射性物質濃度が低いこと、また核分裂生成物の崩壊等が進んでいることから、設計条件の高放射性濃縮廃液の発熱量と比較して十分低く、時間裕度を確保できるため、運転要領書等の改訂及び再処理施設保安規定の変更等を行い、当該送液操作を行う。</p> <p>* 施設の設計条件(PWR基準燃料、冷却日数180日、0.7tU/日の再処理運転)において、高放射性廃液蒸発缶(271E20)の濃縮した高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)に受け入れた際に全交流電源が喪失すると中間貯槽(272V37又はV38)の水素濃度が約6.3時間で水素の爆発下限濃度の4%に到達する。</p> <p>(3) 中間貯槽(276V12-V15)での低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合</p>	<p>通常、せん断機によりせん断された使用済燃料は、分配器(せん断機シュートを含む。)を経由して濃縮ウラン溶解槽(242R12)の燃料装荷バスケットに装荷される。</p> <p>工程洗浄では、濃縮ウラン溶解槽装荷セル(R131)において、せん断粉末を遠隔操作(セル内クレーン、マニプレーター等の操作)にて濃縮ウラン溶解槽(242R12)のバレル部上部から燃料装荷バスケットへ直接装荷する。<u>当該操作におけるせん断粉末の取扱量は1回当たり30kg以下とし、<u>臨界安全ハンドブック・データ集第2版の臨界質量約900kgU¹⁾(ウラン濃縮度4%、均質UO₂-H₂O系、UO₂粉末の含水率5wt%のデータの最も小さい推定臨界下限値)を大きく下回ることから臨界安全上の問題はない。</u></u></p> <p><u>なお、当該操作について運転要領書の改訂及び操作手順の制定を行う。また、せん断粉末の溶解量(1回当たり30kg)については再処理施設保安規定に定める。</u></p> <p>(2) 高放射性廃液蒸発缶(271E20)から高放射性廃液貯蔵場(HAW)への直接送液(271E20→272V37又はV38→272V31~V35)</p> <p>再処理運転時、高放射性廃液は、分離精製工場(MP)の高放射性廃液蒸発缶(271E20)から分離精製工場(MP)の高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)に送液する。その後、高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)から高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)を経由し、高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液する。</p> <p>せん断粉末の溶解液等は、ガラス固化技術開発施設(TVF)の運転への影響を極力小さくするため、高放射性廃液貯槽(272V14又はV16)の希釈した高放射性廃液と混合せずに、高放射性廃液蒸発缶(271E20)から直接中間貯槽(272V37又はV38)を経由して高放射性廃液貯槽(272V31~V35)に送液する。当該送液操作については、アスファルト事故後の安全性確認作業における評価*を踏まえて<u>再処理施設保安規定で禁止している。工程洗浄で取り出すせん断粉末の溶解液等は放射性物質濃度が低いこと、また核分裂生成物の崩壊等が進んでいることから、設計条件の高放射性濃縮廃液の発熱量と比較して十分低く、時間裕度を確保できるため、運転要領書等の改訂及び再処理施設保安規定の変更等を行い、当該送液操作を行う。</u></p> <p>* 施設の設計条件(PWR基準燃料、冷却日数180日、0.7tU/日の再処理運転)において、高放射性廃液蒸発缶(271E20)の濃縮した高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場(HAW)の中間貯槽(272V37又はV38)に受け入れた際に全交流電源が喪失すると中間貯槽(272V37又はV38)の水素濃度が約6.3時間で水素の爆発下限濃度の4%に到達する。</p> <p>(3) 中間貯槽(276V12-V15)での低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合</p>	<p>安全性に関する記載の明確化</p> <p>表現の見直し</p> <p>語句の統一</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>プルトニウム溶液受槽(276V20)から中間貯槽(276V12-V15)及び受槽(276V10)から希釈剤洗浄器(252R10)の送液に係る操作手順書の送液基準の見直し並びに希釈剤洗浄器(252R10)のみを稼働させる操作手順及びウラン溶液の受流槽(201V75)から中間貯槽(276V12-V15)の送液に係る操作手順の新規制定が必要であることを確認した。なお、それらの操作及び中間貯槽(276V12-V15)でのウラン/プルトニウム比を使用済燃料の溶解液相当に調整する操作は運転要領書に新たに記載する。また、調整目標とするウラン/プルトニウム比(70以上*)は、管理値として再処理施設保安規定に定める。</p> <p>* 核燃料サイクル工学研究所 再処理施設での直近のキャンペーン(2007年2月~5月)で処理したふげんMOX-B燃料の中で、調整槽(251V10)の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値(約59)から、ウラン/プルトニウム比を70として設定</p> <p>(4) プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)から分離精製工場(MP)へのウラン溶液の払出し プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)の硝酸ウラニル貯槽(P11V14)から分離精製工場(MP)の一時貯槽(263V51~V58)への払出しは、<u>運転要領書の改訂、操作手順の制定及び再処理施設保安規定の変更を行う。</u></p>	<p>プルトニウム溶液受槽(276V20)から中間貯槽(276V12-V15)及び受槽(276V10)から希釈剤洗浄器(252R10)の送液に係る操作手順書の送液基準の見直し並びに希釈剤洗浄器(252R10)のみを稼働させる操作手順及びウラン溶液の受流槽(201V75)から中間貯槽(276V12-V15)の送液に係る操作手順の新規制定が必要であることを確認した。なお、それらの操作及び中間貯槽(276V12-V15)でのウラン/プルトニウム比を使用済燃料の溶解液相当に調整する操作は運転要領書に新たに記載する。また、調整目標とするウラン/プルトニウム比(70以上*)は、管理値として再処理施設保安規定に定める。</p> <p>* 核燃料サイクル工学研究所 再処理施設での直近のキャンペーン(2007年2月~5月)で処理したふげんMOX <u>タイプB</u>燃料の中で、調整槽(251V10)の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値(約59)から、ウラン/プルトニウム比60を制限値と定める。また、制限値を下回らないようウラン/プルトニウム比70を管理値として定め、<u>再処理施設保安規定にて管理する。</u></p> <p>(4) プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)から分離精製工場(MP)へのウラン溶液の払出し プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)の硝酸ウラニル貯槽(P11V14)から分離精製工場(MP)の一時貯槽(263V51~V58)への払出しは、<u>取り扱うウランの重量が最小推定臨界下限値111 kgU¹ (UO₂(NO₃)₂水溶液, ウラン濃縮度4%)未</u> <u>満であり臨界安全上の問題はない。</u> <u>なお、当該操作について運転要領書の改訂、操作手順の制定及び再処理施設保安規定の変更を行う。</u></p> <p>(5) <u>分離第2サイクル工程の中間貯槽(255V12)及びウラン精製工程の中間貯槽(261V12)の洗浄液の送液</u> 再処理運転時は中間貯槽(255V12)及び中間貯槽(261V12)の洗浄液を工程に戻すものの、工程洗浄では洗浄液を廃棄物処理場(AAF)へ送液する。洗浄液は既に工程洗浄終了の判断基準を満たしており、既往の許認可にある臨界濃度(>340 gU/L)より十分に低いことから、<u>臨界安全上の問題はない。</u> <u>なお、当該操作について運転要領書の改訂及び操作手順の制定を行う。</u></p> <p>(6) <u>プルトニウム精製工程の第1抽出器(265R20)、希釈剤洗浄器(265R21)及びプルトニウム精製第2抽出器(265R22)の洗浄</u> 再処理運転時は第1抽出器(265R20)、希釈剤洗浄器(265R21)及びプルトニウム精製第2抽出器(265R22)の洗浄を行わないものの、工程洗浄では各抽出器に硝酸を繰り返し供給し洗浄する。洗浄液は低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる送液経路により、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31</p>	<p>語句の統一</p> <p>ウラン/プルトニウム比の制限値、管理値について記載</p> <p>安全性に関する記載の明確化</p> <p>安全性に関する記載の明確化</p> <p>安全性に関する記載の明確化</p>

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>参考文献</p> <p>1) 「次世代再処理施設の設計検討に供する臨界安全制限寸法等データ」(須藤他 2011) JAEA-Data/Code-2011-021</p> <p>2) 「東海再処理施設の安全性確認に関する報告書」, 核燃料サイクル機構, 平成 11 年 2 月</p>	<p><u>~V35) へ送液する。洗浄液のプルトニウム濃度は低濃度のプルトニウム溶液よりも十分低く、臨界安全上の問題はない。</u></p> <p><u>なお、当該操作は既存の運転要領書及び操作手順に基づいて行う。</u></p> <p>参考文献</p> <p>1) 「<u>臨界安全ハンドブック・データ集第2版</u>」, (奥野他 2009) JAEA-Data/Code <u>2009-010</u></p> <p>2) 「次世代再処理施設の設計検討に供する臨界安全制限寸法等<u>の</u>データ」(須藤他 2011) JAEA-Data/Code-2011-021</p> <p>3) 「東海再処理施設の安全性確認に関する報告書」, <u>JNC TN8410 99-002</u>, 核燃料サイクル<u>開発</u>機構, 平成 11 年 2 月</p>	<p>引用文献の見直し</p> <p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p>

補 正 前	補 正 後	補正理由
廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)		

表-2-1 せん断粉末の取出しに用いる機器の臨界管理

施設名 ^{※1}	機器名称 (機器番号)	工程洗浄特有 の操作の有無	臨界管理の方法	臨界濃度	核的制限値	工程洗浄時の 濃度
MP	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	無	全濃度安全形状 ^{※3}	—	—	
	溶解槽溶液受槽 (243V10)	無	全濃度安全形状 ^{※3}	—	—	
	パルスフィルタ (243F16)	無	全濃度安全形状 ^{※3}	—	—	
	パルスフィルタ給液槽 (243V14)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	パルス発生槽 (243V17)	無	濃度管理 ^{※5}	>340 gU/L ^{※5}	—	
	分配器 (243D19)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	シールポット (243V181)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	調整槽 (251V10)	無	濃度管理 ^{※3}	>340 gU/L ^{※3}	240 gU/L ^{※3}	
	給液槽 (251V11)	無	濃度管理 ^{※3}	>340 gU/L ^{※3}	—	
	エアリフト中間貯槽 (251V114)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	空気分離器 (251V117)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	ダネード給液槽 (251V118)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	呼水槽 (251V120)	無	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	分離第1抽出器 (252R11)	無	制限濃度安全形状 ^{※3}	>680 gU/L ^{※3}	120 gU/L ^{※3}	
	希釈剤洗浄器 (252R10)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※6}	>540 gU/L ^{※6}	—	
	高放射性廃液分配器 (252D12)	有 ^{※2}	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
	高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	有 ^{※2}	質量管理 ^{※3}	>340 gU/L ^{※3}	—	
	呼水槽 (252V153)	有 ^{※2}	臨界容積 ^{※4} 未満	—	—	
高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	有 ^{※2}	濃度管理 ^{※7}	>340 gU/L ^{※7}	—		
HAW	中間貯槽 (272V37, V38)	有 ^{※2}	—	>340 gU/L ^{※4}	—	

※1 MP: 分離精製工場, HAW: 高放射性廃液貯蔵場

※2 再処理運転時は使用済燃料の溶解液からウラン及びプルトニウムを分離した高放射性の廃液を蒸発濃縮して高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。工程洗浄ではせん断粉末の溶解液を分離濃縮せずに高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。

※3 再処理事業指定申請書より

※4 東海再処理施設の臨界安全, 遮蔽設計基本データの確認 (JNC TN8410 99-003) より

※5 「再処理施設に関する設計及び工事の方法 (その3)」の変更について 3.3.2 溶解施設より

※6 「再処理施設に関する設計及び工事の方法 (その3)」の変更について 3.3.3 分離施設より

※7 「再処理施設に関する設計及び工事の方法 (その3)」の変更について 3.6.1 放射性廃棄物の廃棄施設 (その1) より

安全性に関する記載
の明確化








補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由																																																																																																				
	<p style="text-align: center;">表-2-2 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる機器の臨界管理</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>施設名^{※1}</th> <th>機器名称 (機器番号)</th> <th>工程洗浄特有の操作の有無</th> <th>臨界管理の方法</th> <th>臨界濃度</th> <th>核的制限値</th> <th>工程洗浄時の濃度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="17">MP</td> <td>中間貯槽 (266V12)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>49.5 gPu/L^{※5}</td> <td>15 gPu/L^{※7}</td> <td rowspan="17"></td> </tr> <tr> <td>希釈槽 (266V13)</td> <td>無</td> <td>全濃度安全形状^{※5}</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V10)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V11)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V12)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V13)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V14)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V15)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム製品貯槽 (267V16)</td> <td>有^{※2}</td> <td>制限濃度安全形状^{※5}</td> <td>>420 gPu/L^{※5}</td> <td>250 gPu/L^{※5}</td> </tr> <tr> <td>プルトニウム溶液受槽 (276V20)</td> <td>有^{※2}</td> <td>全濃度安全形状^{※5}</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>中間貯槽 (276V12-V15)</td> <td>有^{※3}</td> <td>全濃度安全形状^{※5}</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>受槽 (276V10)</td> <td>有^{※3}</td> <td>全濃度安全形状^{※5}</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>希釈剤洗浄器 (252R10)</td> <td>有^{※4}</td> <td>制限濃度安全形状^{※8}</td> <td>>540 gU/L^{※8}</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>高放射性廃液分配器 (252D12)</td> <td>有^{※4}</td> <td>臨界容積^{※6}未満</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>高放射性廃液中間貯槽 (252V14)</td> <td>有^{※4}</td> <td>質量管理^{※5}</td> <td>>340 gU/L^{※5}</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>呼水槽 (252V153)</td> <td>有^{※4}</td> <td>臨界容積^{※6}未満</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>高放射性廃液蒸発缶 (271E20)</td> <td>有^{※4}</td> <td>濃度管理^{※9}</td> <td>>340 gU/L^{※9}</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>HAW</td> <td>中間貯槽 (272V37, V38)</td> <td>有^{※4}</td> <td>—</td> <td>>340 gU/L^{※6}</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 MP:分離精製工場, HAW:高放射性廃液貯蔵場 ※2 工程洗浄では低濃度のプルトニウム溶液をリワーク工程の中間貯槽(276V12-V15)へ既設設備により送液する。 ※3 工程洗浄ではプルトニウムポリマーの生成を防止するため、低濃度のプルトニウム溶液に工程内の一部のウラン溶液を混合したのち送液する。 ※4 再処理運転時は使用済燃料の溶解液からウラン及びプルトニウムを分離した高放射性の廃液を蒸発濃縮して高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液する。工程洗浄では低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合液を蒸発濃縮せずに送液する。なお、低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液の混合液の無限増倍率(k_{∞})は0.75未満であることを確認している(詳細は別紙5-1-1「低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨界安全性」参照)。 ※5 再処理事業指定申請書より ※6 東海再処理施設の臨界安全、遮蔽設計基本データの確認(JNC TN8410 99-003)より ※7 「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その3)」の変更について 3.3.4 精製施設より ※8 「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その3)」の変更について 3.3.3 分離施設より ※9 「再処理施設に関する設計及び工事の方法(その3)」の変更について 3.6.1 放射性廃棄物の廃棄施設(その1)より</p>	施設名 ^{※1}	機器名称 (機器番号)	工程洗浄特有の操作の有無	臨界管理の方法	臨界濃度	核的制限値	工程洗浄時の濃度	MP	中間貯槽 (266V12)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	49.5 gPu/L ^{※5}	15 gPu/L ^{※7}		希釈槽 (266V13)	無	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—	プルトニウム製品貯槽 (267V10)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V11)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V12)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V13)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V14)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V15)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム製品貯槽 (267V16)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}	プルトニウム溶液受槽 (276V20)	有 ^{※2}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—	中間貯槽 (276V12-V15)	有 ^{※3}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—	受槽 (276V10)	有 ^{※3}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—	希釈剤洗浄器 (252R10)	有 ^{※4}	制限濃度安全形状 ^{※8}	>540 gU/L ^{※8}	—	高放射性廃液分配器 (252D12)	有 ^{※4}	臨界容積 ^{※6} 未満	—	—	高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	有 ^{※4}	質量管理 ^{※5}	>340 gU/L ^{※5}	—	呼水槽 (252V153)	有 ^{※4}	臨界容積 ^{※6} 未満	—	—	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	有 ^{※4}	濃度管理 ^{※9}	>340 gU/L ^{※9}	—	HAW	中間貯槽 (272V37, V38)	有 ^{※4}	—	>340 gU/L ^{※6}	—	<p>安全性に関する記載の明確化</p>
施設名 ^{※1}	機器名称 (機器番号)	工程洗浄特有の操作の有無	臨界管理の方法	臨界濃度	核的制限値	工程洗浄時の濃度																																																																																																
MP	中間貯槽 (266V12)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	49.5 gPu/L ^{※5}	15 gPu/L ^{※7}																																																																																																	
	希釈槽 (266V13)	無	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V10)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V11)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V12)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V13)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V14)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V15)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム製品貯槽 (267V16)	有 ^{※2}	制限濃度安全形状 ^{※5}	>420 gPu/L ^{※5}	250 gPu/L ^{※5}																																																																																																	
	プルトニウム溶液受槽 (276V20)	有 ^{※2}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—																																																																																																	
	中間貯槽 (276V12-V15)	有 ^{※3}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—																																																																																																	
	受槽 (276V10)	有 ^{※3}	全濃度安全形状 ^{※5}	—	—																																																																																																	
	希釈剤洗浄器 (252R10)	有 ^{※4}	制限濃度安全形状 ^{※8}	>540 gU/L ^{※8}	—																																																																																																	
	高放射性廃液分配器 (252D12)	有 ^{※4}	臨界容積 ^{※6} 未満	—	—																																																																																																	
	高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	有 ^{※4}	質量管理 ^{※5}	>340 gU/L ^{※5}	—																																																																																																	
	呼水槽 (252V153)	有 ^{※4}	臨界容積 ^{※6} 未満	—	—																																																																																																	
	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	有 ^{※4}	濃度管理 ^{※9}	>340 gU/L ^{※9}	—																																																																																																	
HAW	中間貯槽 (272V37, V38)	有 ^{※4}	—	>340 gU/L ^{※6}	—																																																																																																	

変更箇所を 又は で示す。

補正前	補正後	補正理由
<p style="text-align: center;">廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)</p> <p style="text-align: center;">図-2-1 せん断粉末の溶解液の送液経路及び臨界管理系統図</p>	<p style="text-align: center;">補正後</p> <p style="text-align: center;">図-2-1 せん断粉末の溶解液の送液経路及び臨界管理系統図</p>	<p style="text-align: center;">補正理由</p>
<p>※1: 保安規定の改訂, 運転要領書の新規制定が必要な操作</p>	<p>※1: 保安規定の改訂, 運転要領書の新規制定が必要な操作</p>	<p style="text-align: center;">記載の適正化</p>

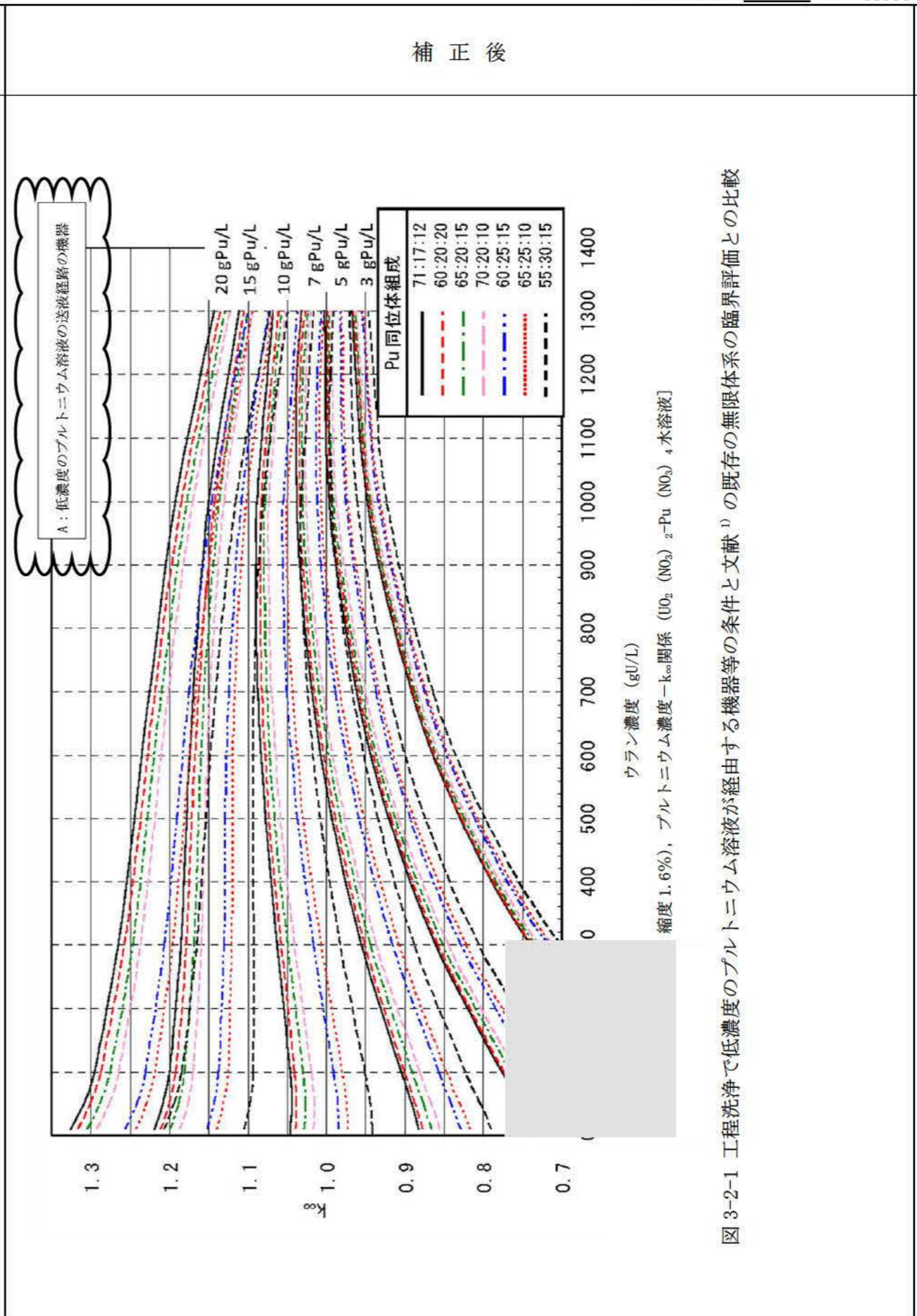
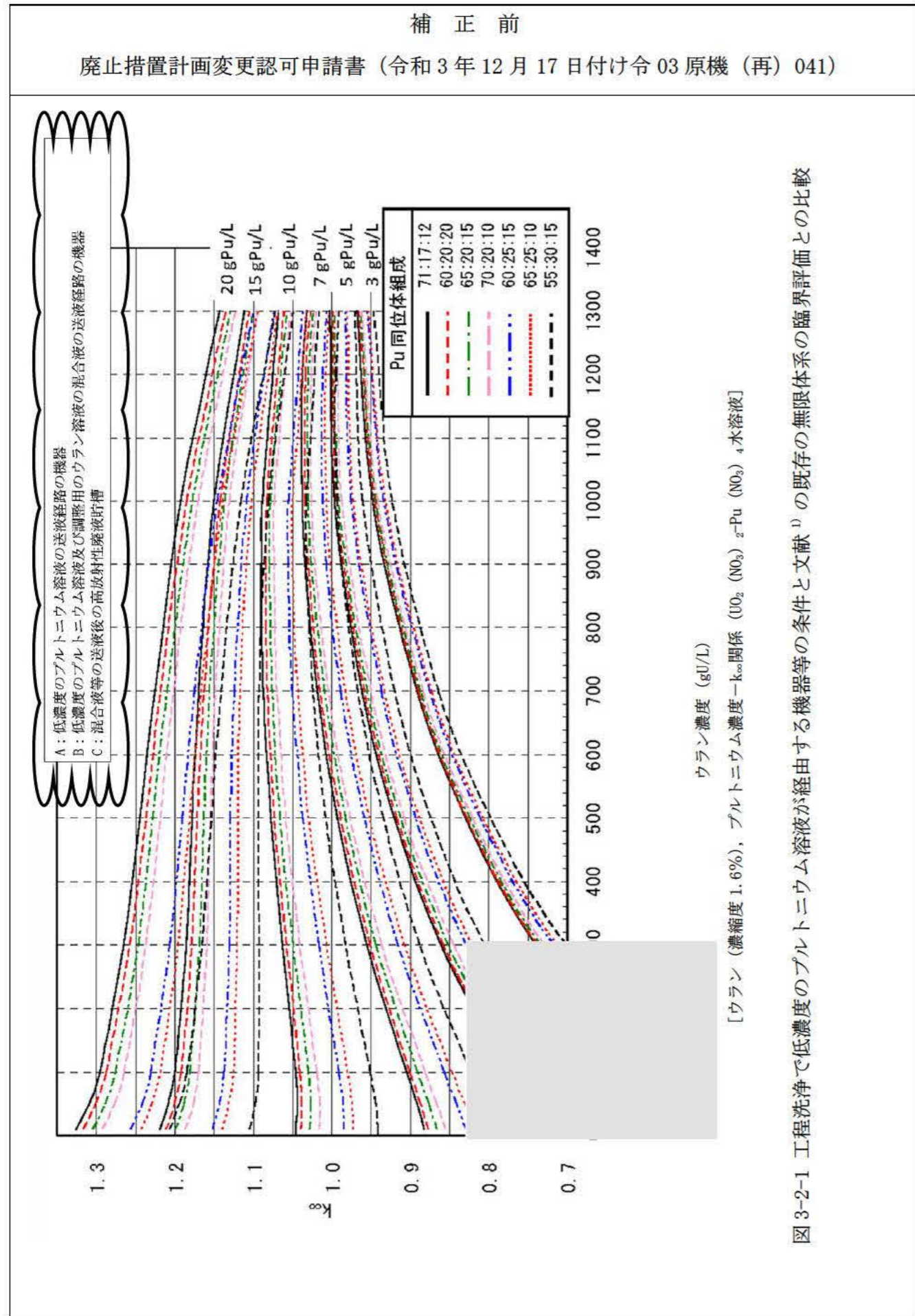
補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>図-2-2 低濃度のプルトニウム溶液の送液経路及び臨界管理系統図</p>	<p>図-2-2 低濃度のプルトニウム溶液の送液経路及び臨界管理系統図</p>	<p>記載の適正化</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>添十別紙 5-1-1 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨界安全性</p> <p>1. 概要 工程洗浄は、分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) に貯蔵している低濃度のプルトニウム溶液をリワーク工程の中間貯槽 (276V12-V15) にそれぞれ送液し、ウラン溶液と混合して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。 低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液系及びウラン溶液系の臨界管理の機器を経由して取り出すため送液経路の機器の臨界安全性を評価した。 その結果、低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器及びそれらを送液する高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) は無限実効増倍率 (k_{∞}) が 0.75 未満となり、臨界安全上の問題はない。</p> <p>2. 低濃度のプルトニウム溶液の取出し方法 低濃度のプルトニウム溶液の取出し方法を以下に示す (図 2-1 参照)。 ① 分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) の低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液受槽 (276V20) へ送液し、プルトニウム濃度等を分析する。 ② 調整用のウラン溶液は分離精製工場 (MP) の貯槽 (201V77) からウラン調整槽 (201V70) 及び受流槽 (201V75) を経由して中間貯槽 (276V12-V15) へ送液し、ウラン濃度を分析する。 ③ 分離精製工場 (MP) のプルトニウム溶液受槽 (276V20) の低濃度のプルトニウム溶液を中間貯槽 (276V12-V15) へ送液し、②であらかじめ受け入れていた調整用のウラン溶液と混合する。 ④ 低濃度のプルトニウム溶液及び調整用のウラン溶液の混合液 (以下「混合液」という。) は、分析によりウラン濃度及びプルトニウム濃度を確認し、ウラン/プルトニウム比が <u>ふげん MOX タイプ B 燃料のウラン/プルトニウム比 (70)</u> 以上であることを確認する。 ⑤ 混合液は、分離精製工場 (MP) の中間貯槽 (276V12-V15) から受槽 (276V10)、希釈剤洗浄器 (252R10)、高放射性廃液中間貯槽 (252V14)、高放射性廃液蒸発缶 (271E20) 及び高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽 (272V37 又は V38) を経由し、高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。この際、高放射性廃液蒸発缶 (271E20) での蒸発濃縮は行わない。</p> <p>3. 臨界安全性の評価 3.1 評価方法 再処理設備本体等から取り出す低濃度のプルトニウム溶液及び調整用のウラン</p>	<p>添十別紙 5-1-1 低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨界安全性</p> <p>1. 概要 工程洗浄は、分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) に貯蔵している低濃度のプルトニウム溶液をリワーク工程の中間貯槽 (276V12-V15) にそれぞれ送液し、ウラン溶液と混合して高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。 低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液系及びウラン溶液系の臨界管理の機器を経由して取り出すため送液経路の機器の臨界安全性を評価した。 その結果、低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器及びそれらを送液する高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) は無限増倍率 (k_{∞}) が 0.75 未満となり、臨界安全上の問題はない。</p> <p>2. 低濃度のプルトニウム溶液の取出し方法 低濃度のプルトニウム溶液の取出し方法を以下に示す (図 2-1 参照)。 ① 分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10~V16) 及び希釈槽 (266V13) の低濃度のプルトニウム溶液は、プルトニウム溶液受槽 (276V20) へ送液し、プルトニウム濃度等を分析する。 ② 調整用のウラン溶液は分離精製工場 (MP) の貯槽 (201V77) からウラン調整槽 (201V70) 及び受流槽 (201V75) を経由して中間貯槽 (276V12-V15) へ送液し、ウラン濃度を分析する。 ③ 分離精製工場 (MP) のプルトニウム溶液受槽 (276V20) の低濃度のプルトニウム溶液を中間貯槽 (276V12-V15) へ送液し、②であらかじめ受け入れていた調整用のウラン溶液と混合する。 ④ 低濃度のプルトニウム溶液及び調整用のウラン溶液の混合液 (以下「混合液」という。) は、分析によりウラン濃度及びプルトニウム濃度を確認し、ウラン/プルトニウム比が <u>管理値 (70)</u> 以上であることを確認する。 ⑤ 混合液は、分離精製工場 (MP) の中間貯槽 (276V12-V15) から受槽 (276V10)、希釈剤洗浄器 (252R10)、高放射性廃液中間貯槽 (252V14)、高放射性廃液蒸発缶 (271E20) 及び高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の中間貯槽 (272V37 又は V38) を経由し、高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) へ送液する。この際、高放射性廃液蒸発缶 (271E20) での蒸発濃縮は行わない。</p> <p>3. 臨界安全性の評価 3.1 評価方法 再処理設備本体等から取り出す低濃度のプルトニウム溶液及び調整用のウラン</p>	<p>記載の適正化</p> <p>ウラン/プルトニウム比の管理値について記載</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>溶液の評価は、実液のウラン濃度、プルトニウム濃度及びそれらの同位体組成の分析値を用いる。混合液の臨界評価は、無限体系におけるウラン濃度(濃縮度1.6%)及びプルトニウム濃度と無限実効増倍率(k_{∞})の関係を示した文献¹⁾の臨界評価結果を参考にして行う。</p> <p>文献¹⁾の臨界評価ではプルトニウムの同位体としてPu-239, Pu-240及びPu-241を考慮して無限実効増倍率(k_{∞})を評価している。低濃度のプルトニウム溶液にはPu-238及びPu-242が含まれているものの、それらは核分裂性核種でないことから考慮せずに同位体希釈質量分析法(IDMS)で測定したPu-239, Pu-240及びPu-241の同位体組成から保守的となる文献¹⁾の組成を用いて評価した。</p> <p>なお、プルトニウム溶液のみを取り扱う分離精製工場(MP)のプルトニウム製品貯槽(267V10~V16)については、現有のプルトニウム溶液のプルトニウム濃度()が臨界管理濃度(250 g/L)を下回り臨界安全上の問題はない。</p> <p>3.2 評価結果</p> <p>低濃度のプルトニウム溶液及び混合液の送液経路の機器(配管を含む。)並びに混合液等※の送液後の高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)のウラン濃度、ウラン濃縮度、プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成を表3-2-1に示す。</p> <p>表3-2-1のウラン濃度、ウラン濃縮度、プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成を保守的に設定し(表3-2-2参照), Pu-239, Pu-240及びPu-241の同位体組成から保守的となる文献¹⁾の組成を用いて評価した(図3-2-1)。</p> <p>その結果、低濃度のプルトニウム溶液及び混合液の送液経路の機器(配管を含む。)並びに混合液等を受け入れた際の高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)内の高放射性廃液のそれぞれの組成(ウラン濃度()又は ), ウラン濃縮度1.6%, プルトニウム濃度())から、無限実効増倍率(k_{∞})は0.75未満となり、臨界安全上の問題はない。</p> <p>※ せん断粉末の溶解液, 低濃度のプルトニウム溶液, ウラン/プルトニウム比調整用のウラン溶液及びその他の核燃料物質(工程内の洗浄液等)</p> <p>4. 参考文献 (省略)</p> <p>図2-1(省略)</p>	<p>溶液の評価は、実液のウラン濃度、プルトニウム濃度及びそれらの同位体組成の分析値を用いる。混合液の臨界評価は、無限体系におけるウラン濃度(濃縮度1.6%)及びプルトニウム濃度と無限増倍率(k_{∞})の関係を示した文献¹⁾の臨界評価結果を参考にして行う。</p> <p>文献¹⁾の臨界評価ではプルトニウムの同位体としてPu-239, Pu-240及びPu-241を考慮して無限増倍率(k_{∞})を評価している。低濃度のプルトニウム溶液にはPu-238及びPu-242が含まれているものの、それらは核分裂性核種でないことから考慮せずに同位体希釈質量分析法(IDMS)で測定したPu-239, Pu-240及びPu-241の同位体組成から保守的となる文献¹⁾の組成を用いて評価した。</p> <p>なお、プルトニウム溶液のみを取り扱う分離精製工場(MP)のプルトニウム製品貯槽(267V10~V16)については、現有のプルトニウム溶液のプルトニウム濃度()が臨界管理濃度(250 g/L)を下回り臨界安全上の問題はない。</p> <p>3.2 評価結果</p> <p>低濃度のプルトニウム溶液及び混合液の送液経路の機器(配管を含む。)並びに混合液等※の送液後の高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)のウラン濃度、ウラン濃縮度、プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成を表3-2-1に示す。</p> <p>表3-2-1のウラン濃度、ウラン濃縮度、プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成を保守的に設定し(表3-2-2参照), Pu-239, Pu-240及びPu-241の同位体組成から保守的となる文献¹⁾の組成を用いて評価した(図3-2-1)。</p> <p>その結果、低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器(配管を含む。)は、取り扱う溶液の組成(ウラン濃度(), ウラン濃縮度1.6%, プルトニウム濃度())から、無限増倍率(k_{∞})が0.75未満となり臨界安全上の問題はない。また、混合液の送液経路の機器(配管を含む。)及び混合液等を受け入れた際の高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)については、ウラン及びプルトニウム濃度が低く、文献¹⁾のグラフ(図3-2-1)の範囲外となり、無限増倍率(k_{∞})が0.7未満となることから臨界安全上の問題はない。</p> <p>※ せん断粉末の溶解液, 低濃度のプルトニウム溶液, ウラン/プルトニウム比調整用のウラン溶液及びその他の核燃料物質(工程内の洗浄液等)</p> <p>4. 参考文献 (変更なし)</p> <p>図2-1(変更なし)</p>	<p>記載の適正化</p> <p>記載の適正化</p> <p>表現の見直し</p>



補正前		補正後		補正理由	
廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)					
表 3-2-1 各機器の最大ウラン濃度, ウラン濃縮度, プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成					
経路等	機器	ウラン		プルトニウム Pu-239:Pu-240:Pu-241 同位体組成※1	備考
		濃度 (g/L)	濃縮度 (%)		
低濃度の プルトニウムの 送液経路	266V12 (266V13の溶液受入れ時)				プルトニウム溶液の臨界濃度 (250 gPu/L) 未満でありウラ ン溶液の混合に係る評価は不要
	266V13				
混合液の 送液経路	267V10~V16				
	276V20 (266V13の溶液受入れ時)				
	276V12-V15				
	276V10				
	252R10				
	252V14				
混合液等※2の送液先	271E20				
	272V37, V38				
	272V31~V35				
※1 Pu-239, Pu-240 及び Pu-241 の分析値で評価 ※2 せん断粉末の溶解液, 低濃度のプルトニウム溶液, ウラン/プルトニウム比調整用のウラン溶液及びその他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) ※3 令和2年8月31日時点の高放射性廃液に混合液等を送液した場合のウラン濃度及びプルトニウム濃度 (混合液の受入れに伴う液量増加は考 慮しない。)					
表 3-2-1 各機器の最大ウラン濃度, ウラン濃縮度, プルトニウム濃度及びプルトニウム同位体組成					
経路等	機器	ウラン		プルトニウム Pu-239:Pu-240:Pu-241 同位体組成※1	備考
		濃度 (g/L)	濃縮度 (%)		
低濃度の プルトニウムの 送液経路	266V12 (266V13の溶液受入れ時)				プルトニウム溶液の核的制限値 (250 gPu/L) 未満でありウラ ン溶液の混合に係る評価は不要
	266V13				
混合液の 送液経路	267V10~V16				
	276V20 (266V13の溶液受入れ時)				
	276V12-V15				
	276V10				
	252R10				
	252V14				
混合液等※2の送液先	271E20				
	272V37, V38				
	272V31~V35				
※1 Pu-239, Pu-240 及び Pu-241 の分析値で評価 ※2 せん断粉末の溶解液, 低濃度のプルトニウム溶液, ウラン/プルトニウム比調整用のウラン溶液及びその他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等) ※3 令和2年8月31日時点の高放射性廃液に混合液等を送液した場合のウラン濃度及びプルトニウム濃度 (混合液の受入れに伴う液量増加は考 慮しない。)					
					記載の適正化

<p style="text-align: center;">補 正 前</p> <p>廃止措置計画変更認可申請書 (令和 3 年 12 月 17 日付け令 03 原機 (再) 041)</p>	<p style="text-align: center;">補 正 後</p>	<p style="text-align: center;">補正理由</p>
<p>表 3-2-2, 表 3-2-3 (省略)</p>	<p>表 3-2-2, 表 3-2-3 (変更なし)</p>	



補正理由

表現の見直し

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>添十別紙 5-1-2 低濃度のプルトニウム溶液をスチームジェットで送液した場合のプルトニウムポリマー生成について</p> <p>1. はじめに 工程洗浄では、分離精製工場 (MP) に現有する低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽へ送液する場合、その送液経路には蒸気を利用したスチームジェット (以下「SJ」という。) を使用する必要がある。 プルトニウム溶液を SJ で送液した場合、蒸気との接触に伴う温度の上昇及び酸濃度の低下に伴い、プルトニウムポリマーが生成し、さらに沈殿物が生じると非均質系となり臨界安全上の問題となる。 工程洗浄で取り扱う低濃度のプルトニウム溶液の組成 (プルトニウム濃度： , 酸濃度：約 4 mol/L) ではプルトニウムポリマーの生成の可能性は低いと考えられるものの、低濃度のプルトニウム溶液の送液の際には、プルトニウムポリマーの生成を抑制するウラン溶液をプルトニウム溶液に混合し、使用済燃料の溶解液と同等のウラン/プルトニウム比 (70 以上) とすることでプルトニウムポリマーの生成を防止する。プルトニウムポリマー防止策の妥当性について以下に示す。</p> <p>2. 工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液の性状 (表 2-1) (省略)</p> <p>3. 工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液とプルトニウムポリマーの生成条件の比較 (省略)</p> <p>3.1 プルトニウムポリマーの生成条件 (省略)</p> <p>3.2 プルトニウムポリマーの生成に要する時間 (省略)</p> <p>3.3 プルトニウム溶液を SJ で送液した実績 (省略)</p> <p>3.4 ウラン共存下でのプルトニウムポリマーへの影響 ウラン共存下では、ウランがプルトニウムポリマーの成長末端と直接結合しプル</p>	<p>添十別紙 5-1-2 低濃度のプルトニウム溶液をスチームジェットで送液した場合のプルトニウムポリマー生成について</p> <p>1. はじめに 工程洗浄では、分離精製工場 (MP) に現有する低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) に送液する。低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽へ送液する場合、その送液経路には蒸気を利用したスチームジェット (以下「SJ」という。) を使用する必要がある。 プルトニウム溶液を SJ で送液した場合、蒸気との接触に伴う温度の上昇及び酸濃度の低下に伴い、プルトニウムポリマーが生成し、さらに沈殿物が生じると非均質系となり臨界安全上の問題となる。 工程洗浄で取り扱う低濃度のプルトニウム溶液の組成 (プルトニウム濃度： , 酸濃度：約 4 mol/L) ではプルトニウムポリマーの生成の可能性は低いと考えられるものの、低濃度のプルトニウム溶液の送液の際には、プルトニウムポリマーの生成を抑制するウラン溶液をプルトニウム溶液に混合し、<u>既往の許認可の範囲内である使用済燃料の溶解液と同等のウラン/プルトニウム比 (70 以上) とすることでプルトニウムポリマーの生成を防止する。</u> プルトニウムポリマー防止策の妥当性について以下に示す。</p> <p>2. 工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液の性状 (表 2-1) (変更なし)</p> <p>3. 工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液とプルトニウムポリマーの生成条件の比較 (変更なし)</p> <p>3.1 プルトニウムポリマーの生成条件 (変更なし)</p> <p>3.2 プルトニウムポリマーの生成に要する時間 (変更なし)</p> <p>3.3 プルトニウム溶液を SJ で送液した実績 (変更なし)</p> <p>3.4 ウラン共存下でのプルトニウムポリマーへの影響 ウラン共存下では、ウランがプルトニウムポリマーの成長末端と直接結合しプル</p>	<p>安全性に関する記載の明確化</p>

補正前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補正後	補正理由
<p>トニウムポリマーの生成を抑制するとされている。Toth ら²⁾³⁾によるとウラン/プルトニウム比が10 (プルトニウム濃度約12 g/L, 酸濃度0.092~0.26 mol/L) の場合, プルトニウムポリマーの生成速度が約30%抑制され, ウラン/プルトニウム比が500の場合, プルトニウムポリマーは発生しないとしている。ただし, プルトニウムポリマー生成に関するウラン/プルトニウム比のしきい値については関連文献が少なく明確ではない。</p> <p>一方, 再処理施設ではプルトニウムの含有量が多い新型転換炉原型炉使用済燃料のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料 (以下「ふげん MOX タイプ B 燃料」という。) を処理しているものの, 今までに問題となることはなかった。再処理施設での直近のキャンペーン (2007年2月~5月) で処理したふげん MOX タイプ B 燃料の中で, 調整槽 (251V10) の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値は約59であり, 濃縮ウラン溶解槽 (242R10~R12) で溶解した使用済燃料の溶解液は, SJ送液を2回行った後, 分析により計量しているが, 計量管理上問題となるようなプルトニウム量ロスはなかった。これは, プルトニウムポリマーの生成・沈降がなく, プルトニウムが溶液中に均一に存在していることを示している。</p> <p><u>以上のことから, プルトニウムポリマーが生成しないウラン/プルトニウム比は明確でないものの, 使用済燃料の溶解液と同等のウラン/プルトニウム比以下であれば, SJによる送液をしてもプルトニウムポリマーは発生しないと考えられる。</u></p> <p>4. まとめ</p> <p>工程洗浄で取り扱うプルトニウム溶液はプルトニウム濃度が低くプルトニウムポリマー生成の可能性は低いものの, プルトニウム溶液単体をSJで送液した場合, プルトニウムポリマーが生成する可能性を否定できない。</p> <p><u>よって, 工程内の一部のウラン溶液を低濃度のプルトニウム溶液と混合し, 使用済燃料の溶解液と同等のウラン/プルトニウム比 (70) 以上として送液することで, プルトニウムポリマーの生成を防止する。</u></p>	<p>トニウムポリマーの生成を抑制するとされている。Toth ら²⁾³⁾によるとウラン/プルトニウム比が10 (プルトニウム濃度約12 g/L, 酸濃度0.092~0.26 mol/L) の場合, プルトニウムポリマーの生成速度が約30%抑制され, ウラン/プルトニウム比が500の場合, プルトニウムポリマーは発生しないとしている。ただし, プルトニウムポリマー生成に関するウラン/プルトニウム比のしきい値については関連文献が少なく明確ではない。</p> <p>一方, 再処理施設ではプルトニウムの含有量が多い新型転換炉原型炉使用済燃料のウラン・プルトニウム混合酸化物燃料 (以下「ふげん MOX タイプ B 燃料」という。) を処理しているものの, 今までに問題となることはなかった。再処理施設での直近のキャンペーン (2007年2月~5月) で処理したふげん MOX タイプ B 燃料の中で, 調整槽 (251V10) の分析値から求めたウラン/プルトニウム比の最小値は約59であり, 濃縮ウラン溶解槽 (242R10~R12) で溶解した使用済燃料の溶解液は, SJ送液を2回行った後, 分析により計量しているが, 計量管理上問題となるようなプルトニウム量ロスはなかった。これは, プルトニウムポリマーの生成・沈殿がなく, プルトニウムが溶液中に均一に存在していることを示している。</p> <p><u>3.5 ウラン/プルトニウム比の管理方法</u></p> <p><u>ウラン/プルトニウム比は, 直近のキャンペーン (2007年2月~5月) で処理したふげん MOX タイプ B 燃料の溶解液の分析結果を踏まえ, ウラン/プルトニウム比の制限値を60と定める。また, 制限値を下回ることがないようにサンプリング誤差及び分析誤差を考慮し, ウラン/プルトニウム比の管理値を70と定め, 再処理施設保安規定にて管理する。なお, 念の為プルトニウムポリマーの生成が無いことを, SJによる送液の前後のウラン及びプルトニウム濃度の分析結果等により確認する。</u></p> <p>4. まとめ</p> <p>工程洗浄で取り扱うプルトニウム溶液はプルトニウム濃度が低くプルトニウムポリマー生成の可能性は低いものの, プルトニウム溶液単体をSJで送液した場合, プルトニウムポリマーが生成する可能性を否定できない。<u>そのため, 工程内の一部のウラン溶液を既往の許認可の範囲内となるように混合することでプルトニウムポリマーの生成を防止する。</u></p> <p><u>その際, ウラン/プルトニウム比60を制限値として定め, これを下回ることがないようにウラン/プルトニウム比70を管理値として定め, 再処理施設保安規定にて管理する。</u></p>	<p>表現の見直し</p> <p>ウラン/プルトニウム比の制限値, 管理値について記載</p> <p>ウラン/プルトニウム比の制限値, 管理値について記載</p>

<p>5. 参考文献 (省略)</p> <p>表 2-1, 表 2-2 (省略)</p> <p>図 3-1 (省略)</p> <p>添十別紙 5-3 漏えいに対する安全性</p> <p>1. 概要 (省略)</p> <p>2. 確認方法 (省略)</p> <p>3. 確認結果</p> <p>工程洗浄の対象機器及び配管から回収可能核燃料物質の漏えい事象が発生したとしても、漏えい液は、ドリフトレイに設置した漏えい検知装置等により検知でき、形状で臨界管理されたドリフトレイ等で安全に保持される。ドリフトレイ等に保持された漏えい液は、スチームジェット等の回収装置により安全に回収できることを確認した (表-1 参照)。</p> <p>なお、プルトニウム溶液受槽 (276V20) から低濃度のプルトニウム溶液の漏えいが生じた場合は、ドリフトレイへウラン溶液を供給し、低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液を混合した後スチームジェットにより送液する。また、漏えいが生じた機器と漏えい液の送液先が同じ機器の場合 (リワーク工程の受槽 (276V10)) は、漏えい液を回収しながら中間貯槽 (276V12-V15) 等に送液する対応を行う。</p> <p>表-1 (省略)</p>	<p>5. 参考文献 (変更なし)</p> <p>表 2-1, 表 2-2 (変更なし)</p> <p>図 3-1 (変更なし)</p> <p>添十別紙 5-3 漏えいに対する安全性</p> <p>1. 概要 (変更なし)</p> <p>2. 確認方法 (変更なし)</p> <p>3. 確認結果</p> <p>工程洗浄の対象機器及び配管から回収可能核燃料物質の漏えい事象が発生したとしても、漏えい液は、ドリフトレイに設置した漏えい検知装置等により検知でき、形状で臨界管理されたドリフトレイ等で安全に保持される。<u>ドリフトレイ等はそれ自体が貯槽のような機能をもち、セルに設置される最大容量の容器からの漏えい液を全量収容することができる設計であり、</u>ドリフトレイ等に保持された漏えい液は、スチームジェット等の回収装置により安全に回収できることを確認した (表-1 参照)。</p> <p>なお、プルトニウム溶液受槽 (276V20) から低濃度のプルトニウム溶液の漏えいが生じた場合は、ドリフトレイへウラン溶液を供給し、低濃度のプルトニウム溶液とウラン溶液を混合した後スチームジェットにより送液する。また、漏えいが生じた機器と漏えい液の送液先が同じ機器の場合 (リワーク工程の受槽 (276V10)) は、漏えい液を回収しながら中間貯槽 (276V12-V15) 等に送液する対応を行う。</p> <p>表-1 (変更なし)</p>	<p>安全性に関する記載の明確化</p>
---	--	----------------------

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>参考資料 1 工程洗浄における崩壊熱除去機能及び水素掃気機能喪失時の影響評価について</p> <p>1. 概要 (省略)</p> <p>2. 回収可能核燃料物質のインベントリの設定 (省略)</p> <p>3. 影響評価の方法及び結果について (省略)</p>	<p>参考資料 1 工程洗浄における崩壊熱除去機能及び水素掃気機能喪失時の影響評価について</p> <p>1. 概要 (変更なし)</p> <p>2. 回収可能核燃料物質のインベントリの設定 (変更なし)</p> <p>3. 影響評価の方法及び結果について (変更なし)</p>	

補正前			補正後			補正理由
廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機 (再) 041)			廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機 (再) 041)			
表-2-1 ORIGEN 計算の条件	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	表-2-1 ORIGEN 計算の条件	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	
燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	
ウラン濃縮度			ウラン濃縮度			
プルトニウム fissile 率	-		プルトニウム fissile 率	-		
初期プルトニウム 装荷量	-		初期プルトニウム 装荷量	-		
燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	
比出力	35 MW/t	20 MW/t	比出力	35 MW/t	20 MW/t	
初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	
初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	
初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	
初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	
Pu 同位体 組成率	-		Pu 同位体 組成率	-		
Am-241 含有率	-	0.05%	Am-241 含有率	-	0.05%	
冷却期間	3,830 日	4,380 日	冷却期間	3,830 日	4,380 日	
参考文献						
1) 「東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びふげん MOX 燃料の内蔵放射能」(白井他 2005) JAERI-Research 2005-001						
2) 「東海再処理施設における C-14 の挙動」(永里他 2001) JNC TN8410 2001-021						
表-2-1 ORIGEN 計算の条件						
燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	
ウラン濃縮度			ウラン濃縮度			
プルトニウム fissile 率	-		プルトニウム fissile 率	-		
初期プルトニウム 装荷量	-		初期プルトニウム 装荷量	-		
燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	
比出力	35 MW/t	20 MW/t	比出力	35 MW/t	20 MW/t	
初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	
初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	
初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	
初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	
Pu 同位体 組成率	-		Pu 同位体 組成率	-		
Am-241 含有率	-	0.05%	Am-241 含有率	-	0.05%	
冷却期間	3,830 日	4,380 日	冷却期間	3,830 日	4,380 日	
参考文献						
1) 「東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びふげん MOX 燃料の内蔵放射能」(白井他 2005) JAERI-Research 2005-001						
2) 「東海再処理施設における C-14 の挙動」(永里他 2001) JNC TN8410 2001-021						
記載の適正化						

<p style="text-align: center;">補 正 前</p> <p style="text-align: center;">廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)</p>	<p style="text-align: center;">補 正 後</p>	<p style="text-align: center;">補正理由</p>
<p>表-2-2～表-2-5 (省略)</p> <p>参考資料 1-1 工程洗浄における崩壊熱除去機能喪失時の沸騰到達時間について (省略)</p> <p>参考資料 1-1-1 工程洗浄に用いる加熱機器等の崩壊熱除去機能喪失時の平衡温度 (省略)</p> <p>参考資料 1-2 工程洗浄における水素掃気機能喪失時の水素の爆発下限界濃度到達時間について (省略)</p> <p>添十別紙 6 高放射性廃液 (HAW) の高放射性廃液貯槽への影響</p> <p>1. 概要 (省略)</p> <p>2. 回収可能核燃料物質及び高放射性廃液の発熱量の設定 (省略)</p> <p>3. 全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価 (省略)</p> <p>4. 全交流電源喪失時の水素の爆発下限界濃度到達時間の評価 (省略)</p> <p>参考文献 (省略)</p>	<p>表-2-2～表-2-5 (変更なし)</p> <p>参考資料 1-1 工程洗浄における崩壊熱除去機能喪失時の沸騰到達時間について (変更なし)</p> <p>参考資料 1-1-1 工程洗浄に用いる加熱機器等の崩壊熱除去機能喪失時の平衡温度 (変更なし)</p> <p>参考資料 1-2 工程洗浄における水素掃気機能喪失時の水素の爆発下限界濃度到達時間について (変更なし)</p> <p>添十別紙 6 高放射性廃液 (HAW) の高放射性廃液貯槽への影響</p> <p>1. 概要 (変更なし)</p> <p>2. 回収可能核燃料物質及び高放射性廃液の発熱量の設定 (変更なし)</p> <p>3. 全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価 (変更なし)</p> <p>4. 全交流電源喪失時の水素の爆発下限界濃度到達時間の評価 (変更なし)</p> <p>参考文献 (変更なし)</p>	

補正前			補正後			補正理由
廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)			表-2-1 ORIGEN 計算の条件			
炉型	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	炉型	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	補正理由
燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	
ウラン濃縮度			ウラン濃縮度			東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びびげん MOX 燃料の内蔵放射能 ¹⁾
プルトニウム Fissile 率	-		プルトニウム Fissile 率	-		
初期プルトニウム 装荷量	-		初期プルトニウム 装荷量	-		過去の安全審査に用いた値
燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	「再処理事業指定申請書」より 1 体当たりの最高燃焼度を採用
比出力	35 MW/t	20 MW/t	比出力	35 MW/t	20 MW/t	再処理事業指定申請書
初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	軽水炉:「発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令」
初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	MOX-B:「燃料設計認可申請書」
初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	東海再処理施設における C-14 の挙動 ²⁾
初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	過去の安全審査を基に ORIGEN2.2 により再計算
Pu 同位体 組成率	-		Pu 同位体 組成率	-		過去の安全審査に用いた値
Am-241 含有率	-	0.05%	Am-241 含有率	-	0.05%	過去の安全審査に用いた値
冷却期間	3,830 日	4,380 日	冷却期間	3,830 日	4,380 日	各燃料の冷却期間 (軽水炉:180日, MOX:2年) に10年(3650日)を加えた日数
表-2-1 ORIGEN 計算の条件						
炉型	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	炉型	軽水型原子炉	新型転換炉原型炉	補正理由
燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	燃料	PWR 燃料 (UO ₂)	MOX タイプ B	
ウラン濃縮度			ウラン濃縮度			東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びびげん MOX 燃料の内蔵放射能 ¹⁾
プルトニウム Fissile 率	-		プルトニウム Fissile 率	-		
初期プルトニウム 装荷量	-		初期プルトニウム 装荷量	-		過去の安全審査に用いた値
燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	「再処理事業指定申請書」より 1 体当たりの最高燃焼度を採用
比出力	35 MW/t	20 MW/t	比出力	35 MW/t	20 MW/t	再処理事業指定申請書
初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	軽水炉:「発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令」
初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	MOX <u>タイプ B</u> :「燃料設計認可申請書」
初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	東海再処理施設における C-14 の挙動 ²⁾
初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	過去の安全審査を基に ORIGEN2.2 により再計算
Pu 同位体 組成率	-		Pu 同位体 組成率	-		過去の安全審査に用いた値
Am-241 含有率	-	0.05%	Am-241 含有率	-	0.05%	過去の安全審査に用いた値
冷却期間	3,830 日	4,380 日	冷却期間	3,830 日	4,380 日	各燃料の冷却期間 (軽水炉:180日, MOX:2年) に10年(3650日)を加えた日数
記載の適正化						

補 正 前 廃止措置計画変更認可申請書 (令和3年12月17日付け令03原機(再)041)	補 正 後	補正理由
<p>表-2-2～表-2-5 (省略)</p> <p>表-3-3-1, 表-4-3-1 (省略)</p> <p>添付別紙7 ガラス固化体への影響評価 (省略)</p>	<p>表-2-2～表-2-5 (変更なし)</p> <p>表-3-3-1, 表-4-3-1 (変更なし)</p> <p>添付別紙7 ガラス固化体への影響評価 (変更なし)</p>	

放射性クリプトンの管理放出の実施状況について

【概要】

- 東海再処理施設のクリプトン回収技術開発施設の廃止を進めるために、廃止措置計画に基づき、これまで回収、貯蔵してきた放射性クリプトンガスの管理放出を実施中である(2/14 作業開始)。
- 作業にあたっては、使用する設備の健全性を確認するとともに、窒素ガスを使った操作訓練を繰り返し、誤操作などが無いよう作業の安全性確保に努めている。
- 放射性クリプトンを取り扱うことを念頭に、放出時には放射線モニタリングの指示値に注意しながら放出流量の調整を徐々に行い、放出管理目標値及び1日当たりの放出基準を十分下回るように管理する。

令和4年2月28日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

放射性クリプトンの管理放出の実施状況について

令和4年2月28日

再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

クリプトン回収技術開発施設に貯蔵している放射性クリプトンについては、管理放出前の設備点検及び操作訓練等の現場の準備が完了したことから、廃止措置計画に基づき2月14日から管理放出作業を開始した。以下に、管理放出に係る実施状況及び今後の予定を示す。

2. 管理放出の開始前の設備点検等

高圧ガスに係る検査、施設定期自主検査、回転機器及び建家の供用期間中の検査、排気ダクト等の自主検査について、令和4年1月中旬までにすべて終了した。また、窒素ガスを使用した除染ガス貯槽の加圧、放出に関わる一連の操作について、令和3年9月に年次の訓練を終了し、それ以降、放出作業を安全かつ確実に実施するため、窒素ガスを使った模擬操作訓練を毎月繰り返し実施してきた。

3. 管理放出の方法（図-1 参照）

4本の貯蔵シリンダに保管しているクリプトンガスを、以下のような手順で1本ずつ放出する。

- ① 貯蔵シリンダ1本毎に放出するものとし、貯蔵シリンダ内のクリプトンガス全量を除染ガス貯槽へ送る。
- ② 空になった貯蔵シリンダに希釈洗浄用の窒素ガスを供給したのち、クリプトンを含む窒素ガスを除染ガス貯槽に送る。
- ③ 除染ガス貯槽内のクリプトンを希釈し、昇圧するため窒素ガスを供給する（約1.0 MPaまで）。
- ④ 放射線モニタ（プロセスモニタ、中間排気モニタ、主排気筒排気モニタ）及び風速条件（1 m/s 以下の場合は中断）を監視しながら、流量をコントロールし、除染ガス貯槽内のクリプトンを主排気筒から放出する（50 GBq/min）^{※1}。

※1 管理放出では、窒素での希釈により低濃度で放出することとし、設備の操作性の観点から放出量を50 GBq/minとする。

4. 作業時の注意事項

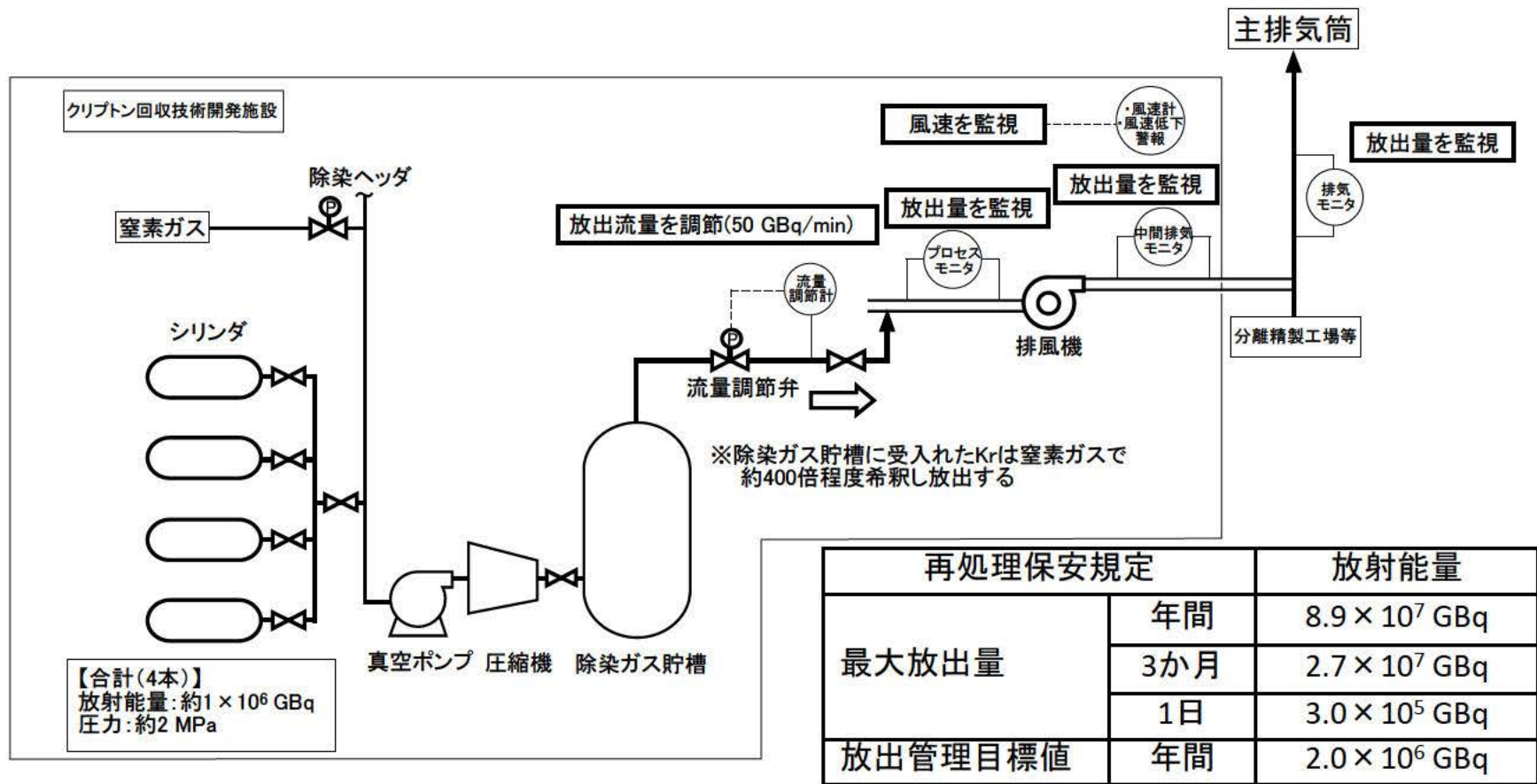
- ・保安規定に定めている放射性クリプトンの年間の放出管理目標値及び1日当たりの最大放出量を十分下回るように、放出量を管理する。
- ・貯蔵シリンダ毎の除染ガス貯槽からの最初の放出開始時は、特に放射線モニタの指示値上昇を確認しながら徐々に流量を上げていくものとし、急激な指示値上昇や大幅な変動がないことを確認し、約50 GBq/minまで約2～3時間かけて徐々に流量を上げていく。
- ・放出中は、常時、放射線モニタを監視し、急激な指示値上昇等の異常が確認された場合は、弁を閉止して放出を一時中断する。
- ・管理放出時に想定される不具合を事前に洗い出し、速やかに対応する（表-1参照）。

5. 実施状況及び予定

2/14より貯蔵シリンダから放射性クリプトンを除染ガス貯槽へ移送し、管理放出作業を開始した。今後、4月までの予定で管理放出を行う。

項目	年月											
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月			
管理放出												管理放出(約3ヶ月)
関連事項	1.高圧ガス定期自主検査、高圧ガス保安検査	6～7月で終了										
	2.施設定期自主検査											
	3.自主検査、供用期間中の検査	5月～										
	4.教育訓練											※通信連絡を含めて実際を模倣
現地原子力規制検査官 現場確認												▼

以上



⇒今回の放出量 約 1.0×10^6 GBq
1日当たり 3.0×10^4 GBq

【実施手順】

- ①貯蔵シリンダ1本のクリプトンガス全量を除染ガス貯槽へ送る。
 - ②空になった貯蔵シリンダに希釈洗浄用の窒素ガスを供給したのち、クリプトンを含む窒素ガスを除染ガス貯槽に送る。
 - ③除染ガス貯槽内のクリプトンを希釈し、昇圧するため窒素ガスを供給する（約1.0 MPa）。
 - ④放射線モニタ（プロセスモニタ、中間排気モニタ、主排気筒排気モニタ）、風速条件（1m/s以下の場合は中断）を監視しながら、放出流量をコントロールし除染ガス貯槽内のクリプトンを主排気筒から放出する。
- ※上記操作を貯蔵シリンダ1本ずつ繰り返し実施する。

図-1 クリプトンの管理放出に係る工程概要図

表-1 管理放出時に想定される主な不具合事象と処置対策

操作項目	主要な操作内容 (使用する設備)	想定される不具合事象	想定される要因	処置対策	処置対策にか かる期間
① 真空引き	真空ポンプ (K77-P65)	電動機不調	電動機故障、摺動部噛みこみ	・電動機交換	約6ヶ月
		真空度の不良	部品故障、ガスケット劣化	・部品交換 ・ガスケット交換	約1ヶ月
	低圧冷却水ポンプ (1台運転) (K83-P82, P92)	電動機不調	電動機故障、摺動部噛みこみ	・予備機へ切替 ・電動機交換	自動で予備機へ切替
		流量の低下	部品故障	・予備機へ切替 ・部品交換	自動で予備機へ切替
	圧空作動弁、手動弁	真空引き不可	作動不良、パッキン劣化	・点検 ・部品交換	約1週間
② クリプトンガスの回収	圧空作動弁、手動弁	回収不可	作動不良、パッキン劣化	・点検 ・部品交換 ※	約1週間
③ 除染ガス貯槽(V69)内の窒素加圧	圧縮機 (K77-K68)	電動機不調、圧縮能力の低下	電動機故障、摺動部噛みこみ、部品故障、ベルトの損傷	・窒素ガス自圧(約0.6MPa)でも対応可能。但し放出期間が延長となる。 ・部品交換	約1日 (部品交換約1週間)
	高圧冷却水ポンプ (1台運転) (K83-P81, 91)	電動機不調	電動機故障、摺動部噛みこみ	・予備機へ切替 ・電動機交換	手動で予備機へ切替
		流量の低下	部品故障	・予備機へ切替 ・部品交換	手動で予備機へ切替
	真空ポンプ (K77-P65) 低圧冷却水ポンプ (1台運転) (K83-P82, P92)	①真空引きと同じ			
	圧空作動弁、手動弁	窒素加圧不可	作動不良、パッキン劣化	・点検 ・部品交換	約1週間
④ Krガス放出	圧空作動弁、手動弁	Krガス放出不可	作動不良、パッキン劣化	・点検 ・部品交換	約1週間
	プロセスモニタC (βRA+1)	測定不可	検出器の作動不良、性能低下、計測器故障	・検出器の交換 ・部品交換	約2週間
—	計装計器 (圧力計、流量計)	測定不可	計器故障	・計器交換	約1日
			基板故障	・基板交換	約1ヶ月

※ 貯蔵シリンダ元弁は、高線量のセル内に設置されているため、対応に時間を要す。

東海再処理施設の廃止措置等に係る面談スケジュール(案)

令和4年2月24日
再処理廃止措置技術開発センター

面談項目		令和4年												
		1月				2月				3月				4月
		~7日	~14日	~21日	~28日	~4日	~10日	~18日	~25日	~4日	~11日	~18日	~25日	~1日
廃止措置計画変更認可申請に係る事項														
安全対策	津波による 損傷の防止	○TVF浸水防止扉の耐震補強												
	事故対処	○事故対処設備の保管場所 の整備 ○PCDF斜面補強												
	内部火災	○代替措置の有効性 ○HAW及びTVF内部火災対策 工事												
	溢水	○HAW及びTVF溢水対策工事												
	その他 /工事進捗	○安全対策工事の進捗												
	保安規定変更			▼13						▼17				
当面の工程の見直しについて														
LWTFの計画変更 セメント固化設備及び 硝酸根分解設備の設置 等	○LWTF運転に向けた スケジュール ○実証規模プラント試験の 試験計画について ○LWTFに係る安全対策の 基本方針について ○灯油貯槽の移設								▼10	▼17		▽10		
工程洗浄			▼13		▼27			▼10	▼17	▽24	◇28			
保全の方針	○高経年化技術評価 ○設備更新・補修等の考え方										▽3		▽24	
その他	○TVF保管能力増強に係る 一部補正 ○人材確保・育成の具体的 ビジョンについて ○その他の設工認・報告事項等				▼20	▼27			▼10	▼17	▽24	◇28		
廃止措置の状況														
ガラス固化処理の進捗状況等			▼13	▼20	▼27			▼10	▼17	▽24	◇28	進捗状況は適宜報告		

▽:面談 ◇:監視チーム会合