

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10日
再処理廃止措置技術開発センター

○令和4年2月10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 原子力規制委員会からのご質問(洗浄運転の実施可否等)の回答について
- 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 工程洗浄で行う操作と既許認可の関係について
- 資料5 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の灯油貯槽の配置変更に伴う新規設置について
- 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

令和4年2月10日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

(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

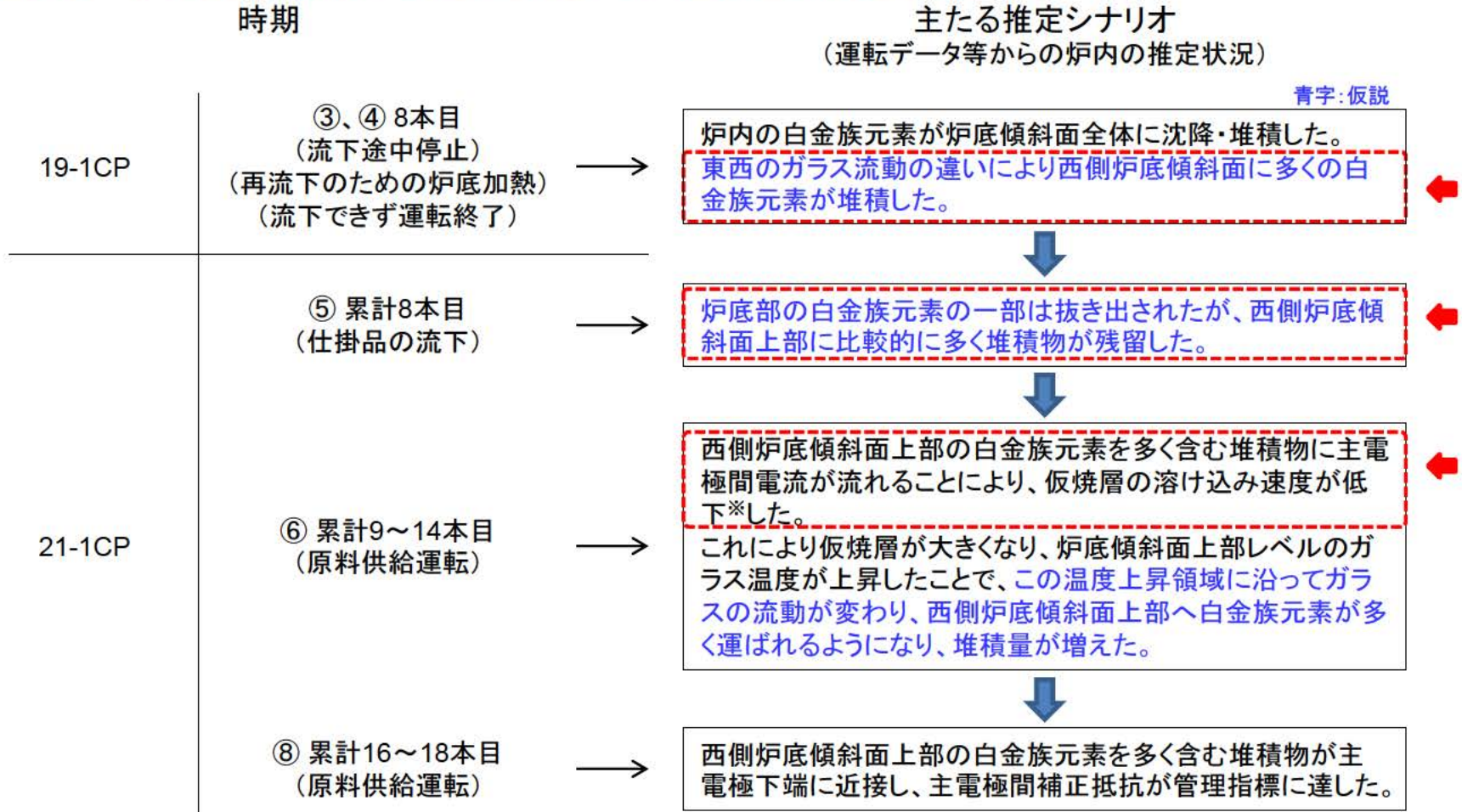
21-1CPドレンアウト前の炉内状態に至った要因の絞込み

- 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。
 < 3 >

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。

運転データをさらに詳細に調査し、仮説や加速要因を検証した。



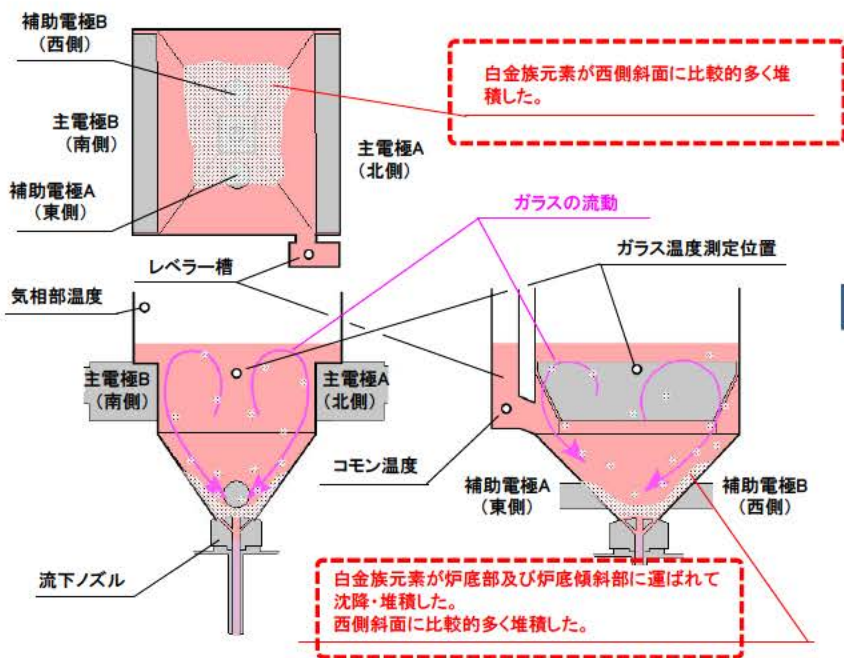
青字: 仮説

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

*: 仮焼層の溶け込み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)。

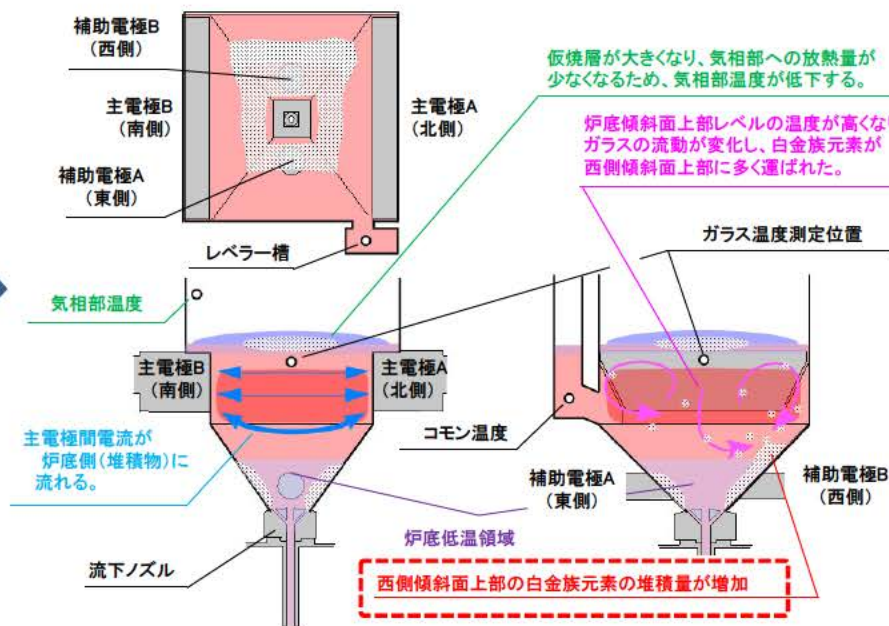
主たる推定シナリオの炉内状態イメージ

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)

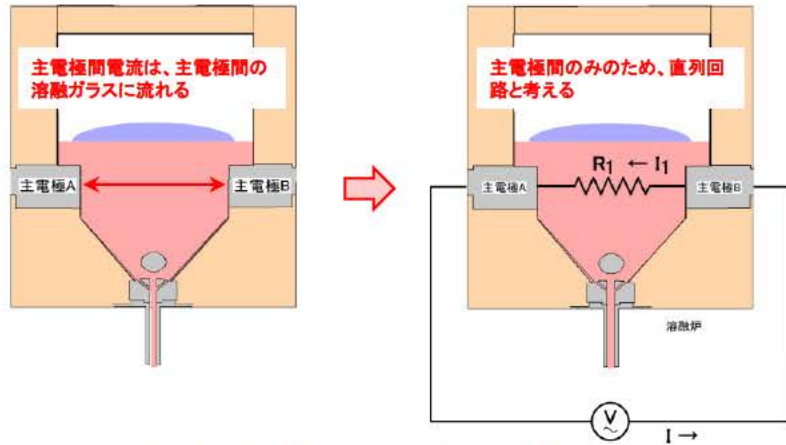


- ✓ 西側傾斜面上部の堆積物(白金族元素を多く含むため電気抵抗が小さい)に流れる主電極間電流が多くなり(温度上昇)、その温度上昇領域に沿ってガラスの流動が変わり、徐々に西側傾斜面上部の堆積量が増加していった。

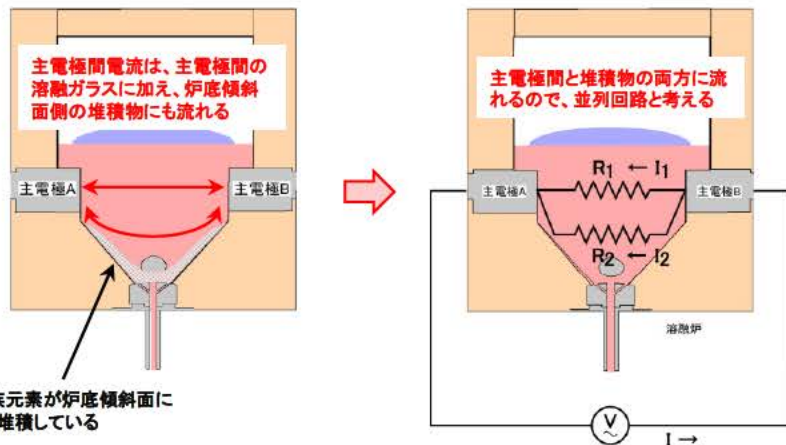
：仮説としていた状態 ⇒ 運転データを詳細に調査

○ 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近傍に達すると、主電極間補正抵抗の低下とともに、堆積物に主電極間電流の一部が流れる。以下のとおり、堆積物に流れる主電極間電流を求めることで、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。



炉底傾斜面に堆積物がない状態(運転初期)



白金族元素が炉底傾斜面に沈降・堆積している

炉底傾斜面に堆積物がある状態

- ✓ 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) のみを示す。
- ✓ 左下図のとおり主電極に近い位置に堆積物がある状態になると、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) の合成抵抗を示す。
- ✓ 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。

○ $I_1 = V / R_1$ (A)

○ $I_2 = I - I_1$ (A)

V: 主電極間電圧 (炉内ガラスレベル Hi-ON 時の指示値)

I: 主電極間電流 (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 (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3~6h[※]の平均抵抗 (0.093Ω) より設定

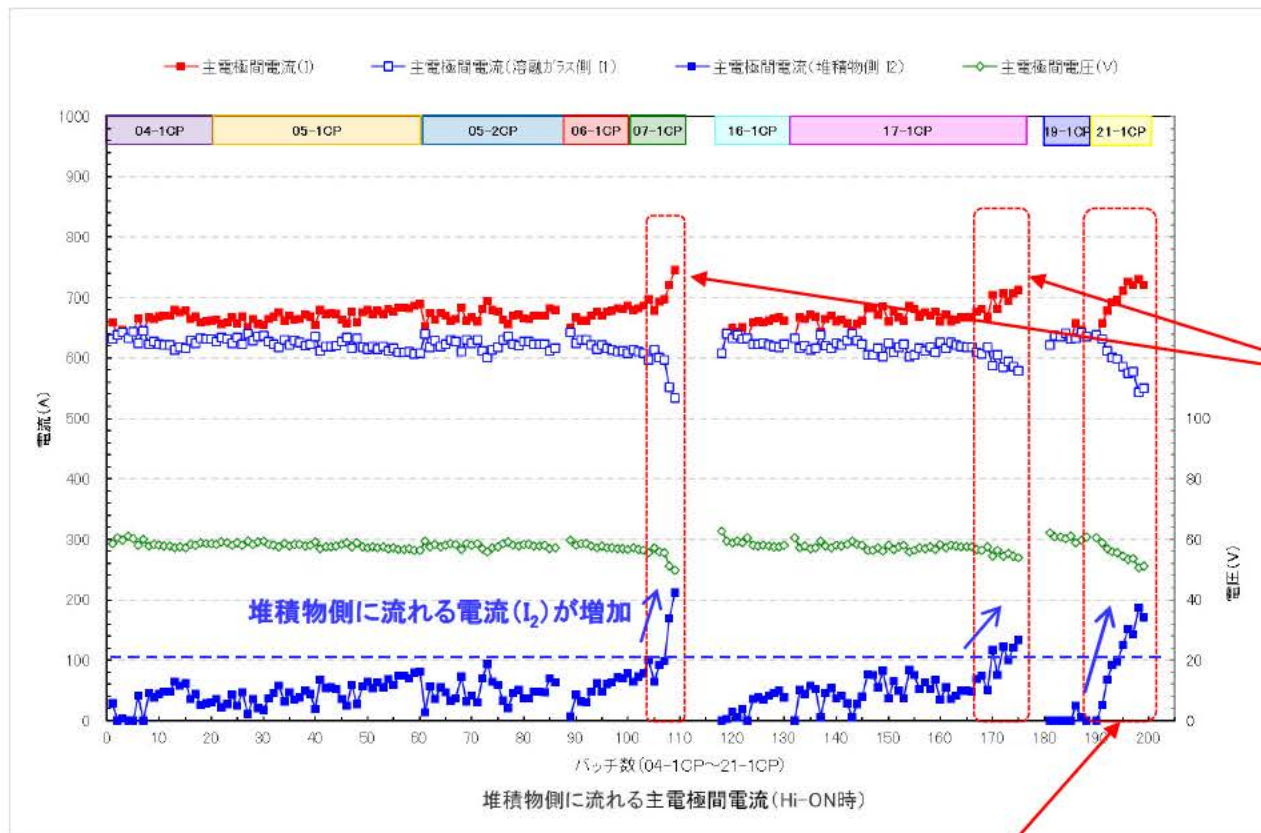
堆積物側に流れる主電極間電流の求め方



- ✓ 堆積物側に流れる主電極間電流 (I_2) を求めることで、白金族元素を多く含むガラスが、主電極近くまで堆積しているか検知(推定)

○ 主電極間電流の炉底部への回り込みに係る調査結果

炉内ガラスレベルHi-ON時^{*}の堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)の値を求め、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。(※: 仮焼層の影響が少ない流下前の熔融ガラスレベルが高い状態であり、全バッチ同様の条件とした。)



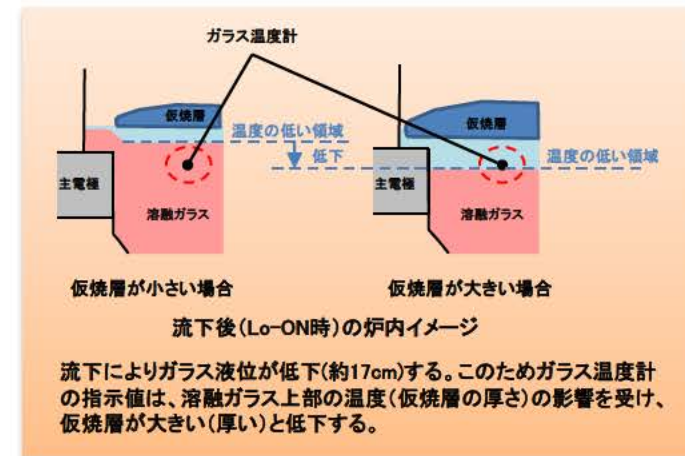
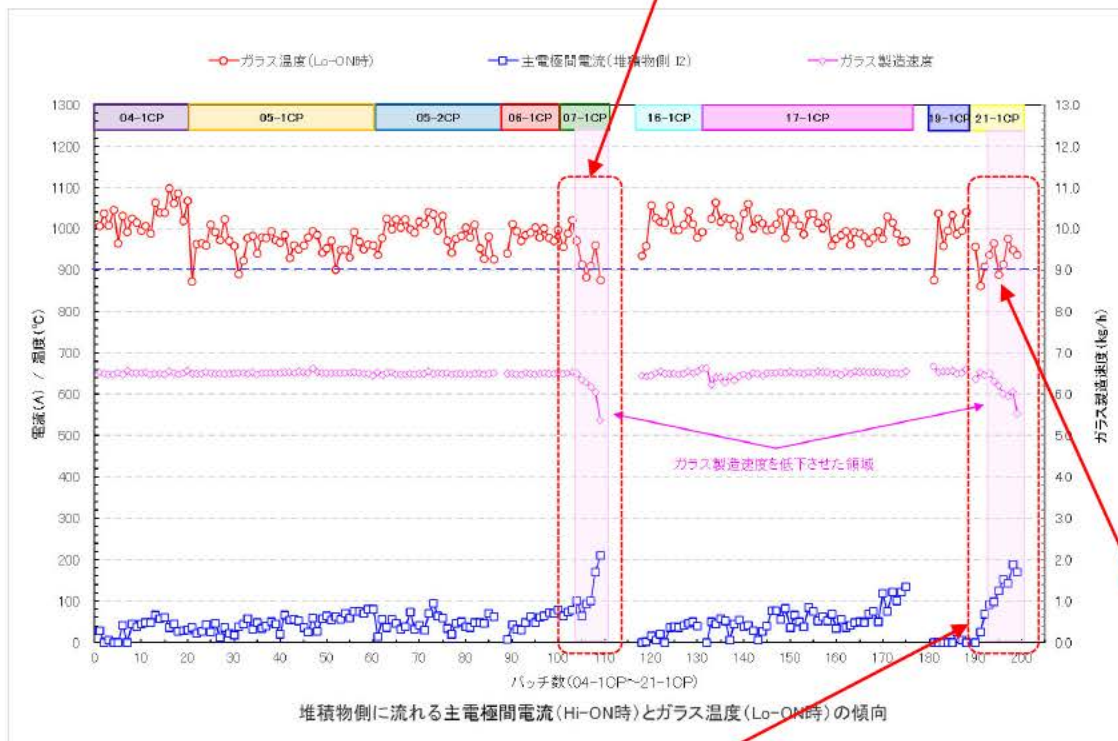
✓ 1000℃換算の主電極間抵抗が運転管理値で 0.1Ω 以下まで低下した07-1CP 及び17-1CPの末期には、堆積物側に流れる主電極間電流 (I_2) が増加傾向を示しており、白金族元素が主電極近くまで堆積していることを検知できている。

✓ 21-1CP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、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、21-1CP開始から運転継続とともに堆積量が増えていった (進展していった) ものと考える。

○ 主電極間電流の炉底部への回り込みに係る調査結果

堆積物側に主電極間電流(I_2)が流れると熔融ガラス上部の温度が下がり、仮焼層の溶け込み速度が低下し、仮焼層が大きく(厚く)なることから、流下により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、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。

- ✓ 仮焼層の溶け込み速度が低下したためガラス製造速度を低下させた07-1CPにおいても、堆積物側に流れる主電極間電流(I_2)が増加しているタイミングに合わせてガラス温度指示値は低下している。



ガラス温度指示値は、ガラスレベルの低い方が仮焼層の影響を受けること、及びガラスレベルによって変動することから、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)が急激に増加するとともに、Lo-ON時※のガラス温度指示値が21-1CP開始時から低下していることから、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、仮焼層の溶け込み速度が低下して仮焼層が大きく(厚く)なったものとする。**

※：流下後の熔融ガラスレベルが低い状態であり、仮焼層の状態を推定できる。

主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(4) 主電極間補正抵抗が低下する加速要因の検証(1/5)

仮説とした状態の検証と並行して、要因分析により加速要因の洗い出しと検証を行った。

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	調査確認結果	A	B
1	伊底部に白金族元素が早期に堆積したことについて、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。組成成分のうち、ホウ素(B)、リチウム(Li)は溶解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出る可能性がある。	・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)に違いがあると仮残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個連続作動させ誤差は0であり、カウンタの作動に問題はなかった。	×	×
4					ガラス原料の供給量		・ガラス原料の投入数(供給量)に違いがあると仮残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〉 ・全体でのガラス積算約33,100個と実供給個数約33,000個との差は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(固形体組成記録)確認 ・ガラス積算記録(供給速度)の確認	〈調査済み〉 ・製造したガラス固形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値の確認から、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			・高放射性廃液の含有組成、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いる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、各成分含有率 ・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成分及び二次廃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。 ・液量管理(受入層5.5m3、濃縮器1.0m3)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、白金族元素の沈積・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(固形体組成記録)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。 ・製造したガラス固形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いる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(固形体組成記録)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着しい違いはなく問題はない。 ・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。	×	×

赤字はこれまでの運転との違いを確認したものと

[凡例]
○: 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

(4) 主電極間補正抵抗が低下する加速要因の検証 (2/5)

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)

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、供給流量のルーブ校正記録確認	<調査済み> ・各貯槽の液位、密度、供給流量のルーブ校正記録から流量0~40L/hにおいて誤差は最大0.4L/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)より廃棄物量が約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。	・温度指示値のルーブ校正記録確認	<調査済み> 温度指示値のルーブ校正記録から問題はないと確認した。校正結果の近似直線から炉底温度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、主電極電圧を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。 ・通電電圧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と割合を確認	<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圧が39kW、製造速度が8.5kW/hで運転した。 ・初期バッチ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くなる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。 ・21-1OP初期から炉底部に流れる主電極間電流が急激に増加するとともに、Lo-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厚くなった(厚くなった)と推定する。	○	○
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ブ校正記録確認 ・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壁の出力確認	<調査済み> 主電極電力指示値のルーブ校正記録から指示値には問題はない。 ・バッチの継続に伴い主電極間電流値が大きくなった。 ・新旧電力壁の出力確認結果により、通電出力39kWに対して新電力壁では旧電力壁より0.8kW小さかった。	△	△
15			崩壊熱		・高放射性廃液中の放射線物質は、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炉炉内温度(04-1OP)当初はLi-H/Li濃度が約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。この温度状態に違いがあると白金族元素の沈降・堆積や操作性に影響が出る。	・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Lo-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ないと確認した。 ・21-1OPでは、19-1OPと比し、H-on時は202kg/Lに対して平均約4kg/L(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 (流下停止事業) (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は炉底加熱直下部は補助電極抵抗が低下するのと同時に、21-1OP初期から堆積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傾斜面上部に堆積していた。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と推定する。	○	○
20			温度管理	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本目の保持運転中において、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、途中から西側の方が高くなった。 ・補助電極温度差は保持運転前のバ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認められない。	×	×

①

② 主要因(進展)

③

④ 主要因(起因)

白金族元素の沈降・堆積の主要因として影響したもの

白金族元素の沈降・堆積の加速要因として影響したと推定するもの < 10 >

21	流下操作系: 流下による影響(抜出性)	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産物電極(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抽出し、白金族元素の沈降・堆積の影響を受けている。流下重量に違いがあると白金族元素の抜出性に影響が出る。	・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、ループ試験記録から入力値29.5kg(実定数校正後)に対してDC数値示値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、流下初期は流速を即え、約3時間で流下することによって1本分の白金族元素の抽出を行っている。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流量、温度のトレンド記録確認	〈調査済み〉 溶融炉からの換気温度(19-1CPと21-1CPで同様)、溶融炉換気系のインテーク非開度と除熱を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調弁の前後で結合装置内圧、炉内圧から算出した結果、2.1%の増加(除熱量は0.16kW増加)であり影響しない。	・溶融炉へのバージエア量の確認	×	×
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〉 初期バッチから炉気相部の低下速度が速く、流下のガラス温度低下速度指標の最低値が低いことから仮換層が大きく、仮換層の溶融速度が低下している。	△	△
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据え付けている。 ・溶融炉本体が健全でない場合、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、蓄積は認められなかった。 炉内観察から溶融炉上部に残留物が確認されたが、炉内に積層等は確認されていない。	×	×
29			残留ガス除去	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、残留ガス除去を行うこととしている。 ・残留ガスが除去されていないと運転性に影響が出る。	・19-1CP前の炉内残留ガス除去作業結果の検証(過去の炉内残留ガ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、残留ガス除去を行うこととしている。 ・残留ガス除去後、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プ校正記録簿(電力値～工程監視画、工程制御装置)	〈調査済み〉 電力値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(工程監視画(OP盤)工程制御装置のDC値)の指示値を確認し、精度±0.2%内であり問題ない。	×	×

主要因及び加速要因①により生じた事象

○ 要因分析の結果(これまでの運転との違いの調査から加速要因を洗い出した。)

21-1CPは、運転開始早々に堆積物側に流れる主電極間電流が急激に増加していることから、21-1CP開始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、運転継続とともに堆積量が増えていったものとする。

また、炉底傾斜面上部の堆積物に回り込む主電極間電流が増加し、コモン温度が上昇するとともに、気相温度の低下速度が速いことから、仮焼層の溶解速度が低下したと考えているが、仮焼層の溶け込み速度が低下した(仮焼層が大きく(厚く)なった)要因について以下の観点から評価した。

番号	項目	内容		評価	結果
		時期	状態		
①	供給初期において廃液供給速度が大きい	21-1CP 2本目	初期の廃液濃度が薄くなったことから、供給開始時の廃液供給速度が19-1CPに比べて約 0.5 L/h多くなった。	19-1CPに比べて21-1CP初期の廃液の蒸発に必要な熱量が約 0.4kW多くなっており、仮焼層が大きく(厚く)なった要因の1つとして考えられるが、21-1CPの廃液供給開始時の炉内の崩壊熱量が約 1.0 kWあるのに対して、崩壊熱がないガラスカレットから廃液供給を開始した19-1CPでは仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないことから、本要因は今回の事象の主要因(起因)ではない。しかし、本要因により仮焼層の溶け込み(廃液の蒸発)に供される熱量が増加し、仮焼層を大きく(厚く)する可能性があることから、加速要因として考える。	加速要因
②	新電力盤が旧電力盤より出力が小さい	19-1CP 運転前	17-1CPまで使用した旧電力盤の投入電力は、設定値よりも約 0.6 kW多めに出力される。	新旧電力盤の投入電力を比べると新電力盤の方が約 0.6 kW低下しているが、新電力盤の使用開始は19-1CPであり、19-1CPでは仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないことから、本要因は今回の事象の主要因(起因)ではないと考える。しかし、本要因により仮焼層の溶け込み(廃液の蒸発)に供される熱量に対する裕度が低下し、上記①の加速要因を間接的に招いた可能性があることから、加速要因として考える。	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 以降	16-1～21-1CPにおける炉内の崩壊熱量は04-1～07-1CPに比べて約 0.3 kW低下している。	炉内の崩壊熱量は04-1～07-1CPに比べて約 0.3 kW低下しているが、19-1～21-1CPにおける炉内の崩壊熱量は16-1～17-1CPと同程度であるとともに、崩壊熱がないガラスカレットから廃液供給を開始した16-1CP及び19-1CPにおいて仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないことから、本要因は今回の事象の主要因(起因)はない。また、加速要因でもないとする。	—

要因分析により洗い出された今回の事象を加速させる可能性のある要因(①、②、③)について検証を行った。



- ① 供給初期において廃液供給速度が大きい
21-1CP初期の廃液供給速度は約 13.0 L/hであり、19-1CPの廃液供給速度(平均: 約 12.5 L/h)よりも約 0.5 L/h(廃液の蒸発に必要な熱量に換算すると約 0.4 kW)多い。
- ② 新電力盤が旧電力盤より出力が小さい
17-1CPまで使用していた旧電力盤と19-1CPより使用を開始した新電力盤の投入電力を比べると、旧電力盤に比べて新電力盤の投入電力の方が約 0.6 kW小さい。
→詳細については、参考資料「新旧電力盤の出力確認結果」参照
- 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
16-1～21-1CPにおける溶融炉内の崩壊熱量は、04-1～07-1CPに比べて約 0.3 kW(最大約 0.5 kW)低下しており、主電極加熱電力を39kWに設定した2号炉竣工時(04-1CP)より廃液の崩壊熱量が低下している。

21-1CPの廃液供給開始時の崩壊熱量は、約 1.0 kW。

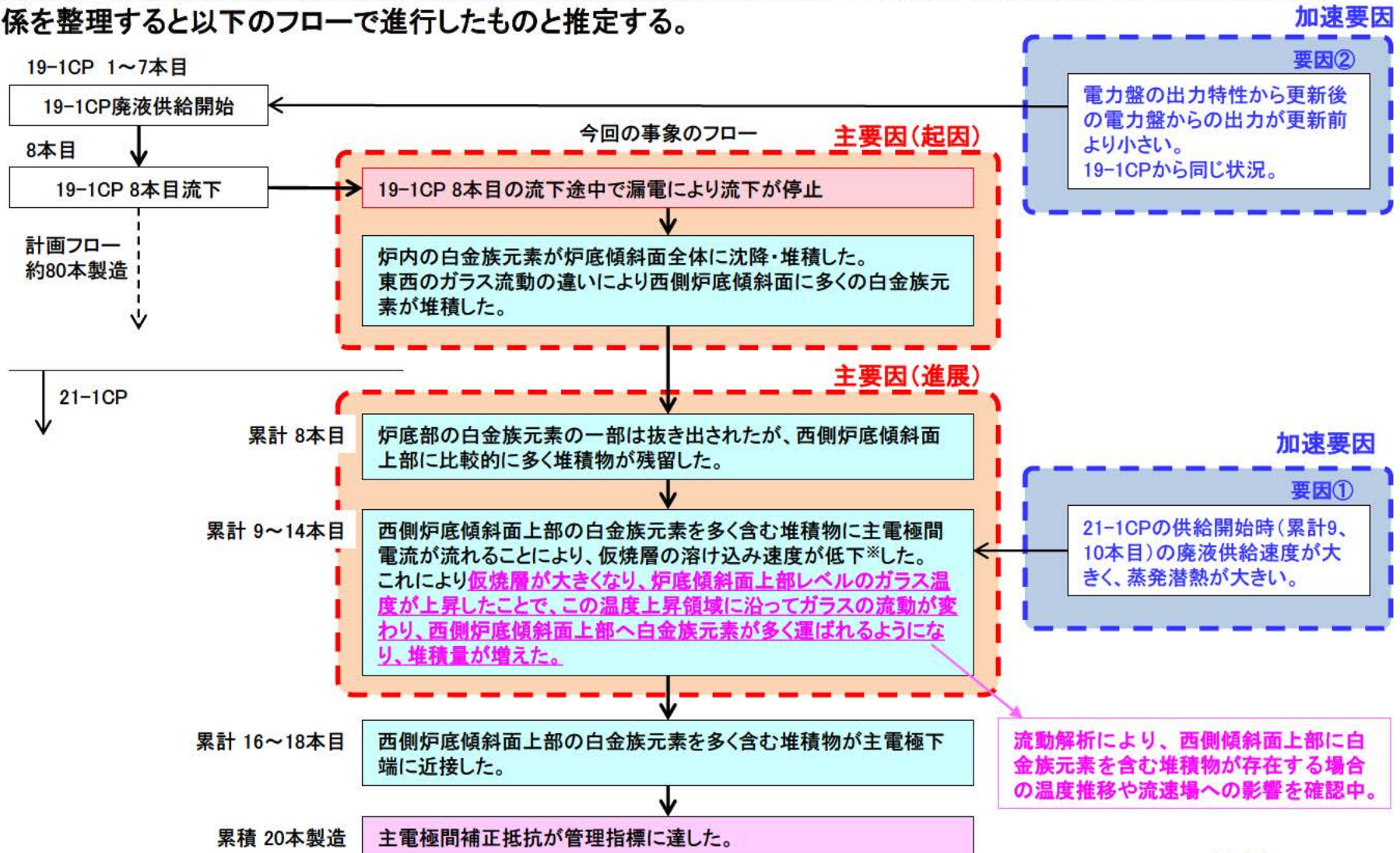
19-1CPはガラスカレットからの廃液供給開始のため、崩壊熱量が無い。

- ✓ **要因①** : 崩壊熱がないガラスカレットから廃液供給を開始した19-1CPにおいて仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないこと、また、21-1CPの廃液供給開始時の炉内の崩壊熱量は約 1.0 kWあり、19-1CPと21-1CPの廃液の蒸発に必要な熱量の差(約 0.4 kW)を上回っていることから、**廃液供給速度の違いが今回の事象の主要因(起因)にはなりえない**。しかし、本要因により仮焼層の溶け込み(廃液の蒸発)に供される熱量が増加し、仮焼層を大きく(厚く)する可能性があることから、**加速要因として考える**。
- ✓ **要因②** : 新電力盤の使用を開始した19-1CPでは仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないことから、**電力の違いが今回の事象の主要因(起因)にはなりえない**。しかし、本要因により仮焼層の溶け込み(廃液の蒸発)に供される熱量に対する裕度が低下し、上記①の加速要因を間接的に招いた可能性があることから、**加速要因として考える**。
- ✓ **要因③** : 19-1～21-1CPにおける炉内の崩壊熱量は16-1～17-1CPと同様であり、崩壊熱が生じないガラスカレットから廃液供給を開始した16-1CP及び19-1CPにおいて仮焼層が大きく(厚く)なった傾向は見られないことから、**崩壊熱量の低下は今回の事象の主要因(起因)はない**。また、**加速要因でもない**と考える。

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

運転データを詳細に調査し、仮説や加速要因を検証した結果から、炉内状況と白金族元素の堆積の進展の関係を整理すると以下のフローで進行したものと推定する。



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

➤ 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1日現在約30%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ものの、加速要因についての対策を検討し、次回の運転に反映する。また、溶接機などの不具合事象の対策を検討する。
- 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号溶融炉への更新時期の前倒し等の検討を行い、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。

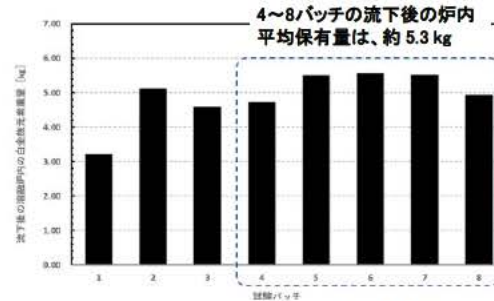
参考資料

【19-1CP】

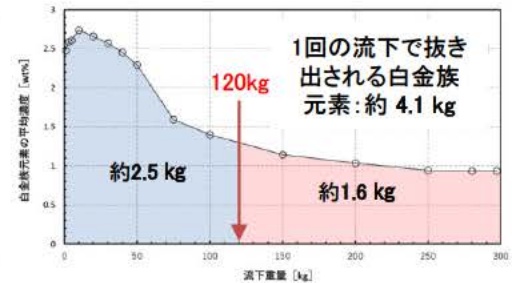
③: 8本目の流下停止事象(保持運転を含む)

推定事象

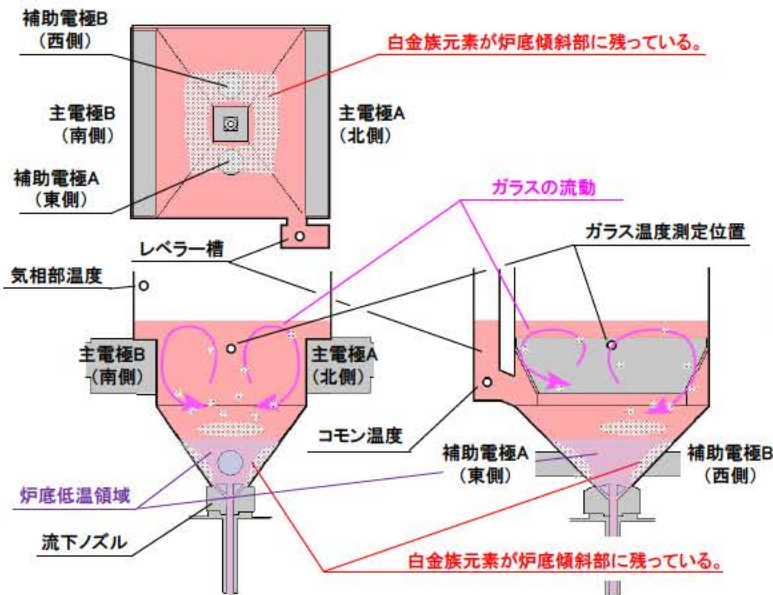
- ・溶融ガラスを約120kg流下したところで流下が途中停止した(通常300kg流下)。
- ・残り180kgを流下するために、再度、炉底加熱を行い、流下を試みたが、同様に流下が停止したことから、一旦保持運転(炉底低温運転)に移行した。
- ⇒ 残り180kgの流下で拔出される白金族元素(約1.6 kg)が炉内に残り、約6.9kg(約5.3kg + 約1.6 kg)の白金族元素の一部が炉底部及び炉底傾斜面に沈降・堆積した。



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)

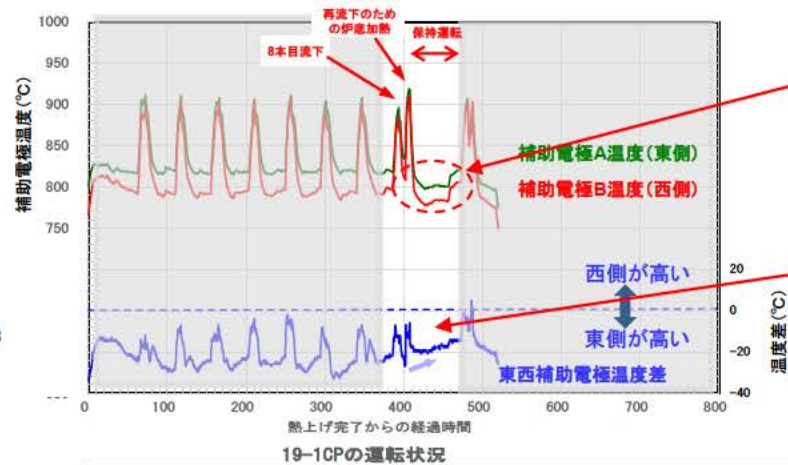


流下重量と白金族元素濃度の関係 (2号炉コールド作動試験データ)
白金族元素重量は、流下重量等で補正した値



【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。

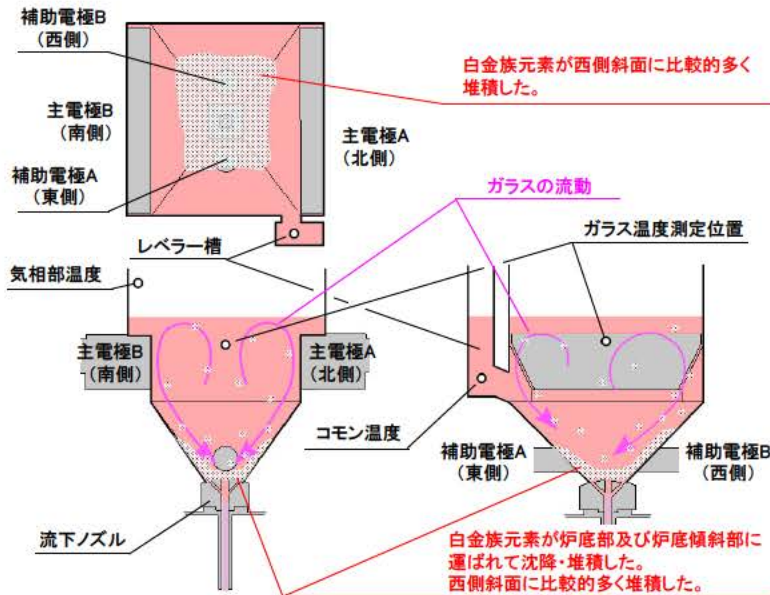
8本目の流下途中停止後、再度流下を試みたが流下ができなかったことから、炉底冷却を行い、保持運転に移行した。
再流下の炉底加熱後、補助電極温度差が小さくなっていることから、炉底加熱のガラスの流動で炉底部及び炉底傾斜面に運ばれた白金族元素が西側に多く沈降・堆積した。

【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。

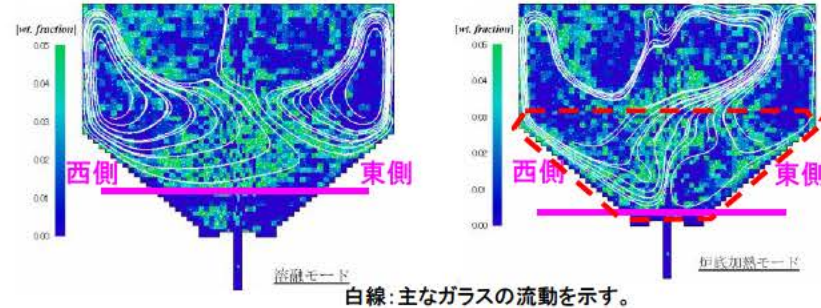


【再流下のための炉底加熱時の炉内推定イメージ】

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

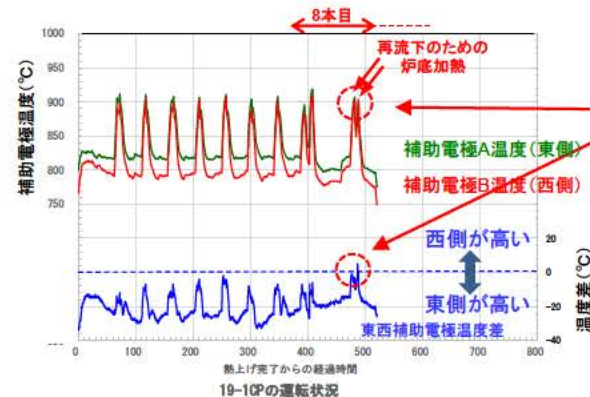


炉底部を加熱することにより、炉底部までガラスの流動が達し、粒子が炉底部及び炉底傾斜面の全体に運ばれる。

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に流れ、西側の補助電極温度が上昇する。

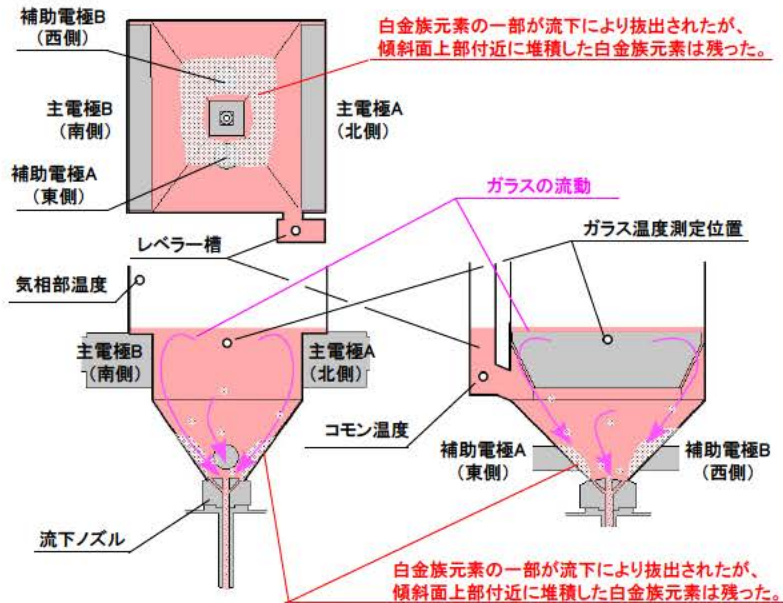
東側より西側炉底傾斜面に多くの白金族元素が堆積していることから、炉底加熱時の主電極-ノズル間電流が西側に流れやすくなり、西側の補助電極温度が昇温した。

【21-1CP】

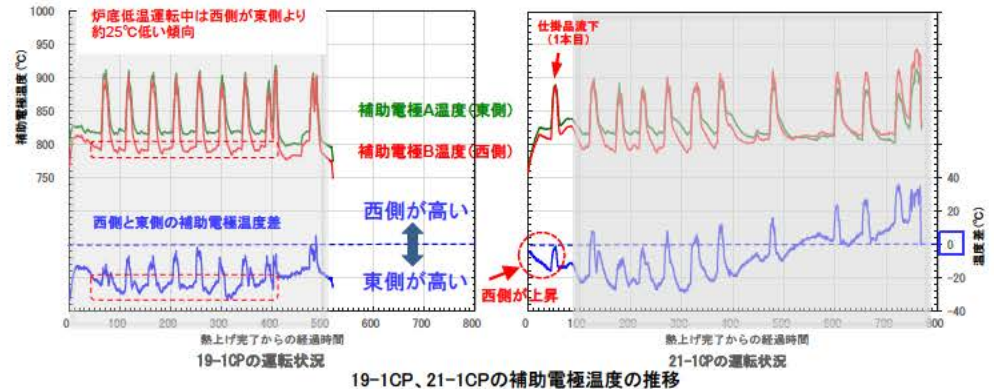
⑤: 仕掛品の流下(累計8本目)

推定事象

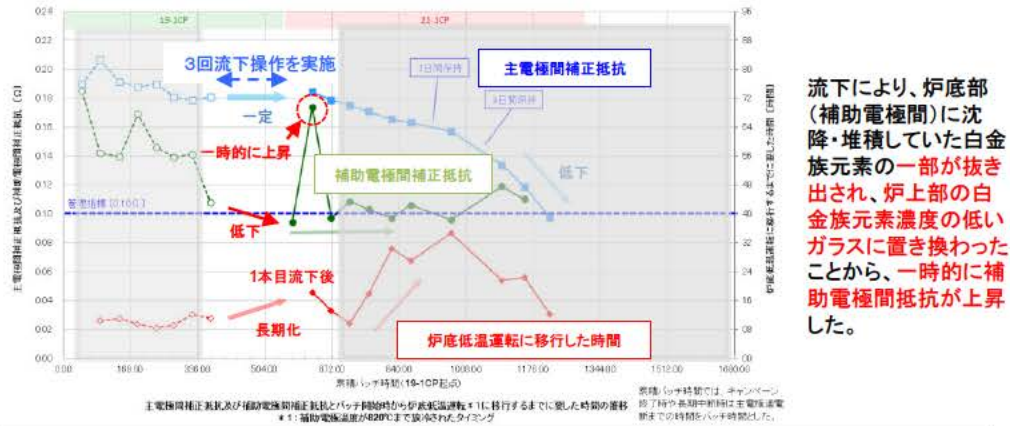
- 21-1CPは流下途中(300kg流下するところ約120kgで流下停止)で運転を終了した状態から熱上げを行い、仕掛品(残り180kg)の流下(1本目)を行った。
- 補助電極間補正抵抗が一時的に上昇していることから、仕掛品の流下により、補助電極近傍に堆積した白金族元素の一部が抜き出されたと推察している。
- また、21-1CP開始時、西側の補助電極温度が上昇していることから、西側炉底傾斜面上部付近に堆積した白金族元素は同様の位置に残ったものと推察している。



【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時と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。 < 19 >

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。

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 (6) 炉内状態の推定 (4/5)

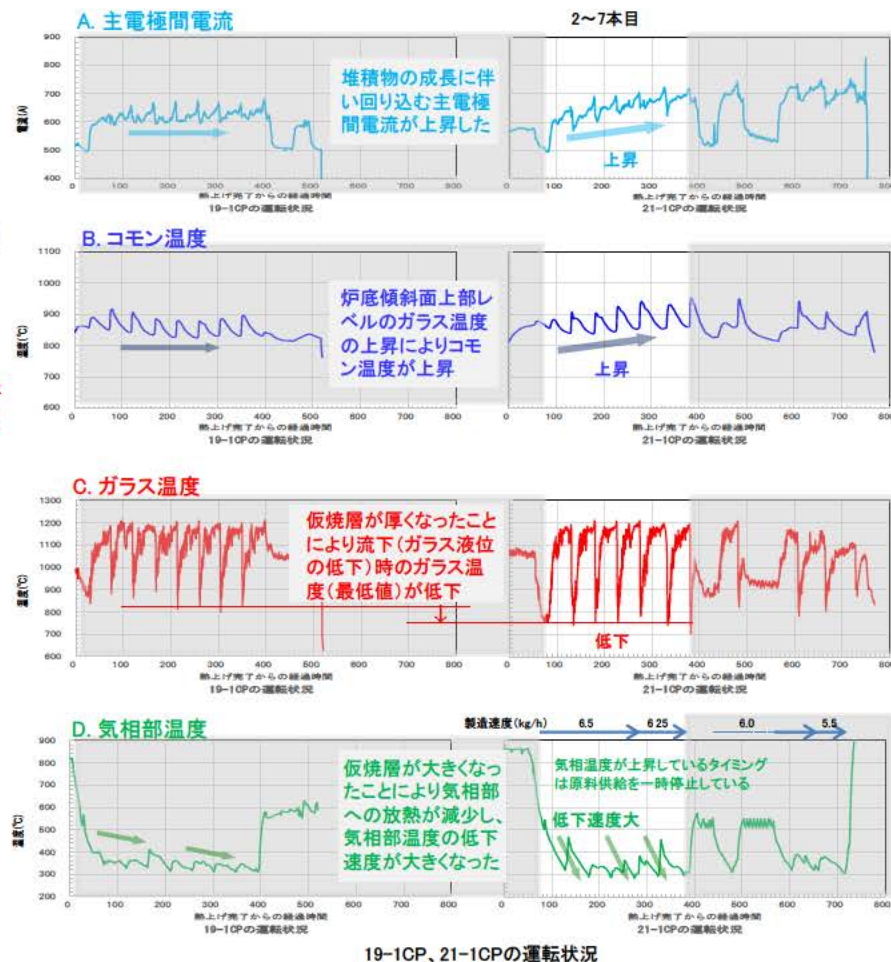
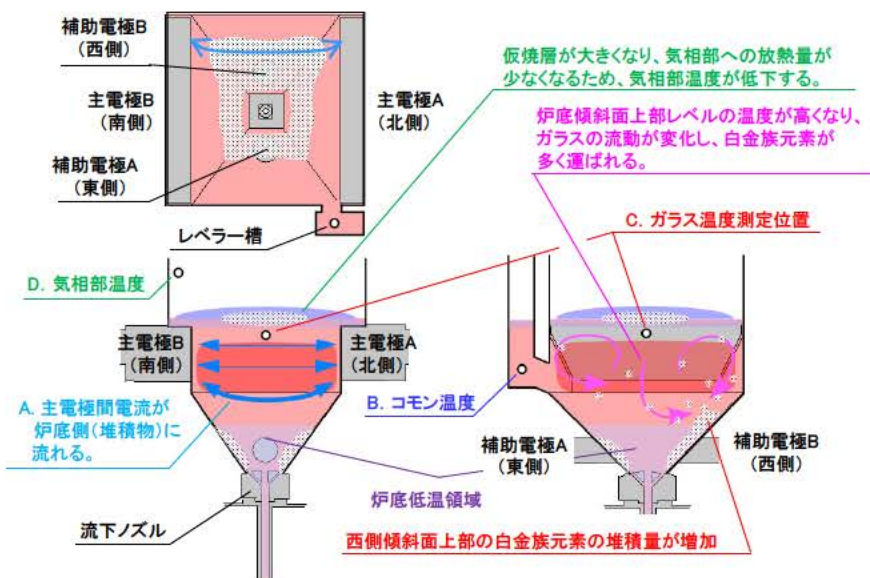
令和3年12月2日第58回東海再処理施設安全監視チーム会合資料

【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。



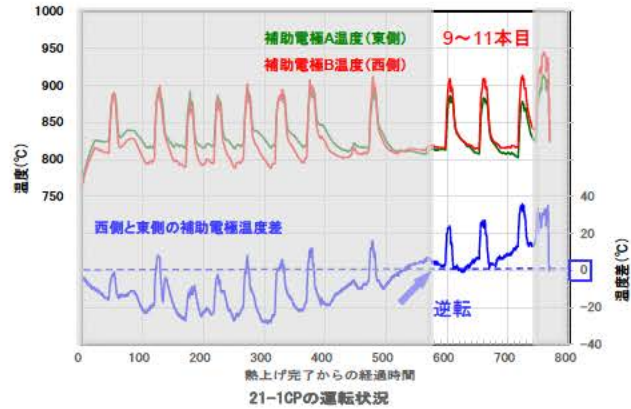
21-1CP開始時から、炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素)に主電極間電流が流れ、炉底傾斜面上部の温度が高くなった。また、主電極間電流が炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素)に流れることにより供給した原料の溶け込み速度が低下したため、仮焼層が厚く、大きくなり、ガラス温度(最低値)が低下し、気相部温度の低下速度が大きくなった。

【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)

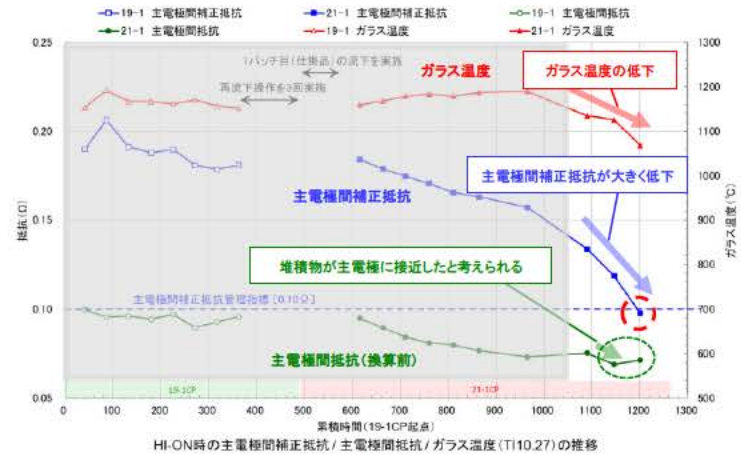
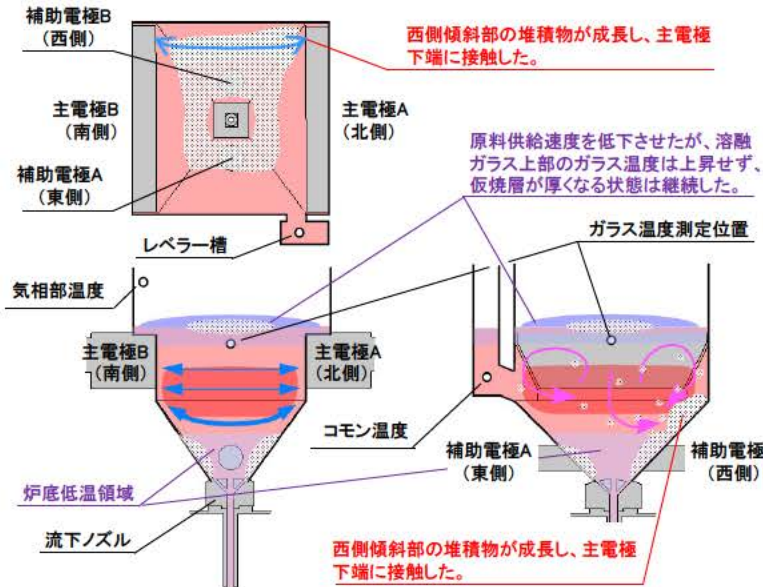
- ・気相部温度の低下速度が大きいことから、仮焼層が大きく、厚い状態が継続しているものと考え、原料供給速度を低下させた。
- ・原料供給速度を低下させたが、気相部温度の低下速度が大きい状況は改善されなかった。
- ・西側の補助電極温度がさらに上昇し、西側と東側の補助電極温度が逆転していることから、西側炉底傾斜面上部への白金族元素の堆積量はさらに増え、主電極間電流が多く流れる状況になった。また、主電極間補正抵抗が急激に低下していることから、白金族元素を多く含む堆積物が主電極下端に近接したと推定した。



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。



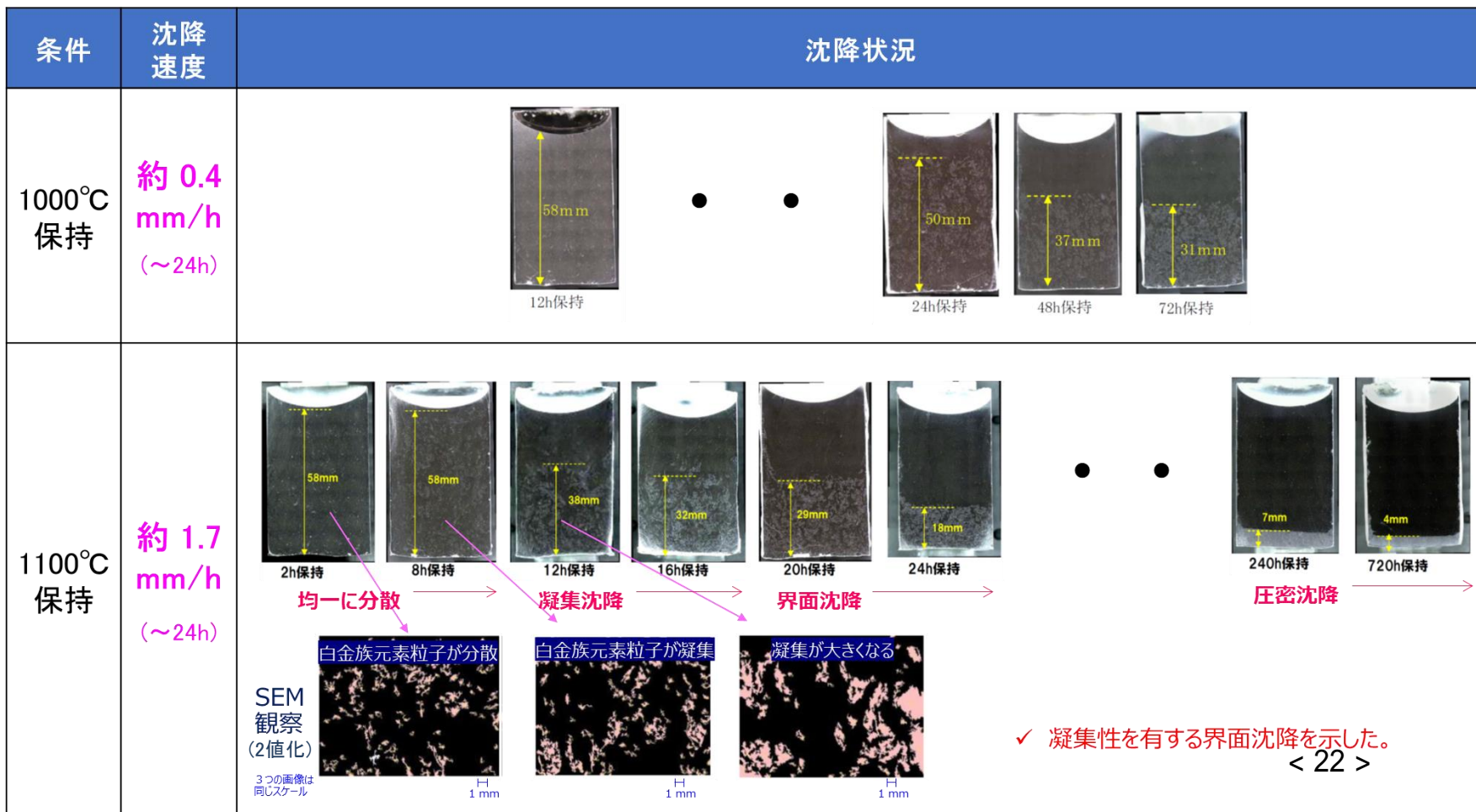
※ 補正抵抗: ガラス温度により抵抗値は変わるため、1000°C時の抵抗値に換算している。

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



模擬ガラスによる静置沈降による沈降挙動評価

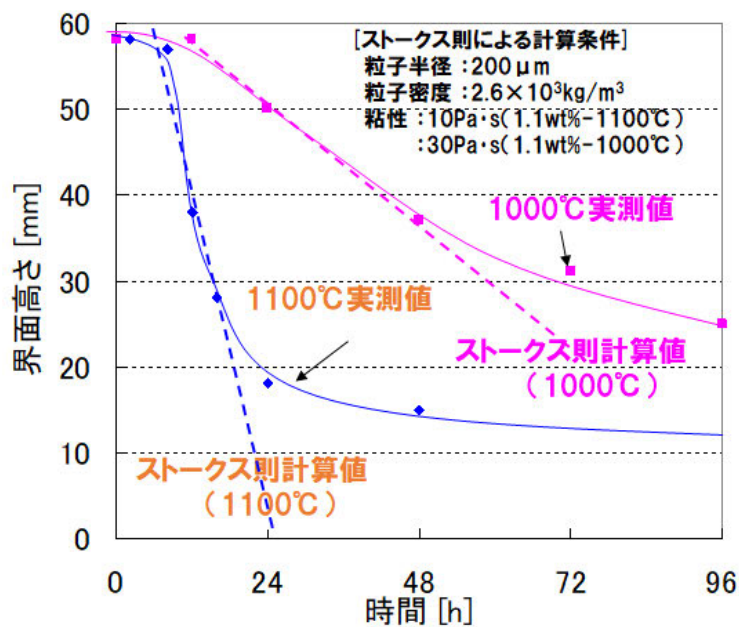
- 結論
 - ✓ 沈降速度は1000℃(約0.4 mm/h)と1100℃(約1.7 mm/h)となり、低温の方が遅くなる(約1/4倍)。
 - ✓ 沈降が進むと圧密の影響により、沈降速度が遅くなる。
 - ✓ 圧密せずに沈降する領域では、ストークスの式に概ね近似できる。

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)

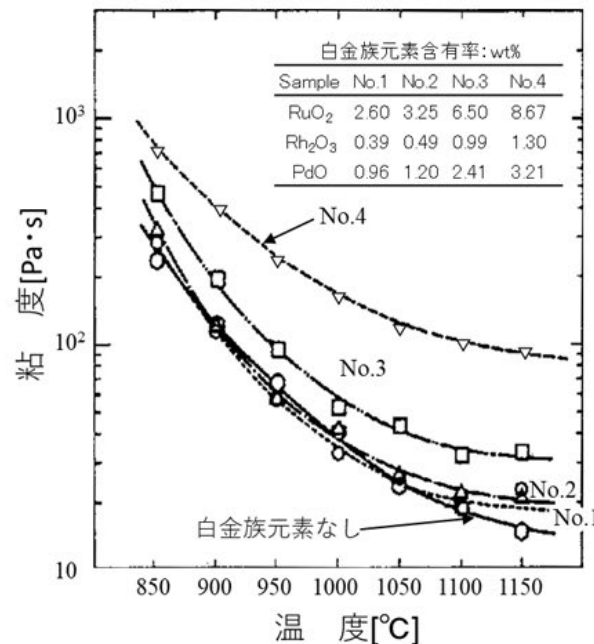
$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho_n - \rho_m)}{\eta} \cdot g \cdot r^2$$

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



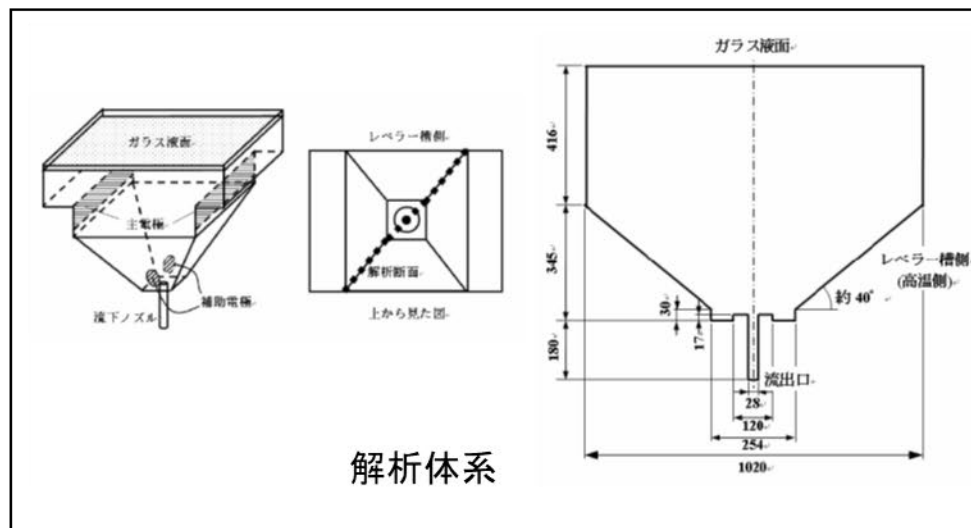
白金族元素含有ガラスの粘度と温度の関係

- 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

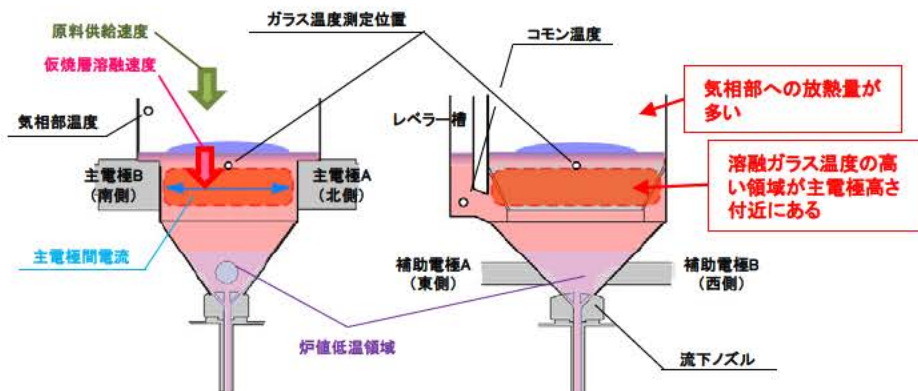
・溶融ガラス中の白金族元素の沈降速度 約 1~2 mm/h

○ 溶融炉内の溶融ガラス中の白金族元素の流動

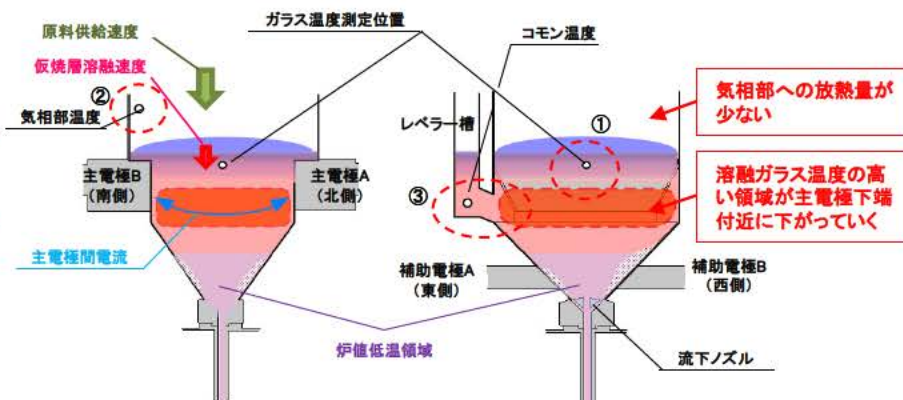
・溶融ガラス中の白金族元素の流動速度 約 0.2~1.7 m/h



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。


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)

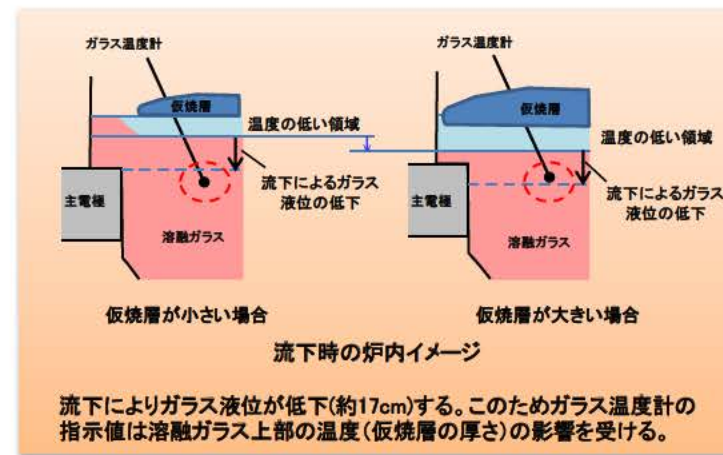
仮焼層が大きい(厚い)(原料供給速度に対して仮焼層の溶融速度が小さい)場合、溶融ガラス温度の高い領域が主電極下端側にあるため、流下により炉内ガラスレベルが下がると厚くなっている仮焼層の影響を受けガラス温度指示値が800℃を下回る(19-1CPに比べて50~100℃程度低い)。

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、溶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、溶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、溶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溶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、溶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、溶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。

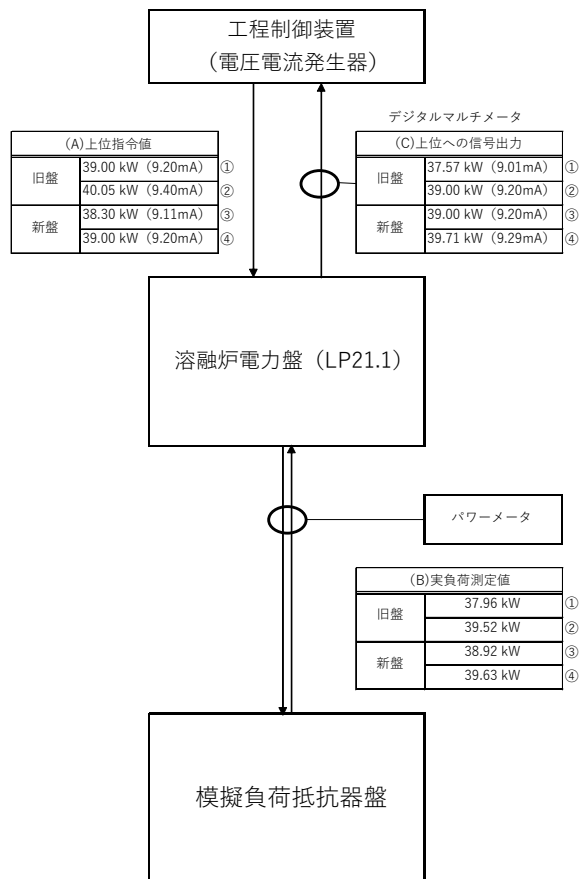
*3 コモン温度：流下による炉内ガラス液位の低下に伴い、溶融ガラス温度の高い領域が下がり、コモン温度測定位置付近の温度が上昇する。ガラス液位の上昇に伴って徐々に温度は低下していく推移を繰り返す。



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。

原子力規制委員会からのご質問（洗浄運 転の実施可否等）の回答について

令和4年2月10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メルト溶融炉の概要
 - (2) ガラス溶融炉内の白金族元素 (Ru) の挙動
 - (3) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法
 - (4) TVFにおける洗浄運転の実施可否 (現状)
 - (5) TVFにおける洗浄運転の効果 (推定)
 - (6) 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

－ 概要 －

- ✓ K施設溶融炉は、溶融炉の運転が不安定な状況になった場合、高濃度の白金族元素を含む溶融ガラスが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試験等において確認されている。
- ✓ この対策として、K施設溶融炉においては、定期的に洗浄運転を行うことにより 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。
- ✓ 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、高濃度の白金族元素を含む溶融ガラスが炉底部周辺に滞留した場合でも、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。
- ✓ 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には効果が認められるが、一旦炉壁に堆積した白金族元素を抜き出す効果は限定的であることが分かっている。
- ✓ なお、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。
- ✓ 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、これまでの運転管理に加え、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の改善等を図っていく。

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メルタ溶融炉の概要(1/4)

- ✓ TVF及びK施設で採用している液体供給式直接通電型セラミック溶融炉（LFCM：Liquid Fed Joule-heated Ceramic Melter）は、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供給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溶融し、炉の底にある流下ノズルからガラス固化体容器に注入する方式である

		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	約400kg
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
キャニスタ		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

(1) 液体供給式直接通電型セラミックメルタ溶融炉の概要(2/4)

- ✓ 溶融ガラスは、ナトリウム酸化物や核分裂生成物の酸化物（以下、「FP酸化物」という。）などの含有率によりその特性（電気抵抗、粘性など）が変動することから、溶融炉を安定に運転するため、これらの含有率が一定になるよう調整して溶融炉へ供給している。

【ナトリウム酸化物の含有率】

高放射性廃液への試薬の添加などにより調整（TVFの場合、ナトリウム酸化物の含有率は約10wt%）。

【FP酸化物などの含有率】

溶融炉へ供給する高放射性廃液とガラス原料の供給割合により調整する（TVFの場合、FP酸化物などの含有率は約15wt%）。

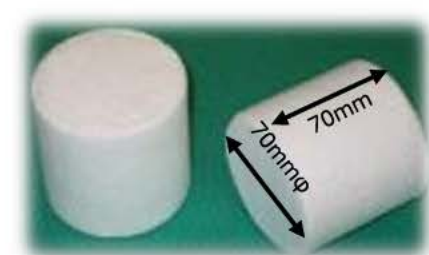
- ✓ また、残留ガラス除去後など溶融炉が空の状態から運転を開始する際は、非放射性的の試薬により溶融ガラスの組成を模擬した白金族元素を含まないガラスを粉砕した小塊（以下、「ガラスカレット」という。）を溶融炉内に充填し、これを間接加熱装置（電気ヒータ）で加熱した後、直接通電によりガラスを溶融する。この状態から高放射性廃液とガラス原料を供給していく方法で運転を開始する。
- ✓ なお、K施設溶融炉で行っている洗浄運転は、高放射性廃液の代わりに非放射性的の試薬により高放射性廃液の組成を模擬した白金族元素を含まない硝酸溶液（以下、「模擬廃液」という。）をガラス原料とともに供給する方法※で行う。

※ 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炉底部周辺への滞留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。

1. TVFでの洗浄運転について

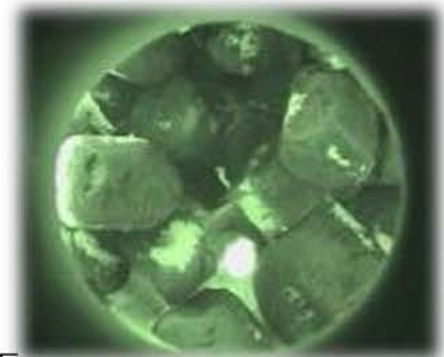
(1) 液体供給式直接通電型セラミックメルタ溶融炉の概要(3/4)

OTVF : 液体供給式直接通電型セラミックメルタ溶融炉



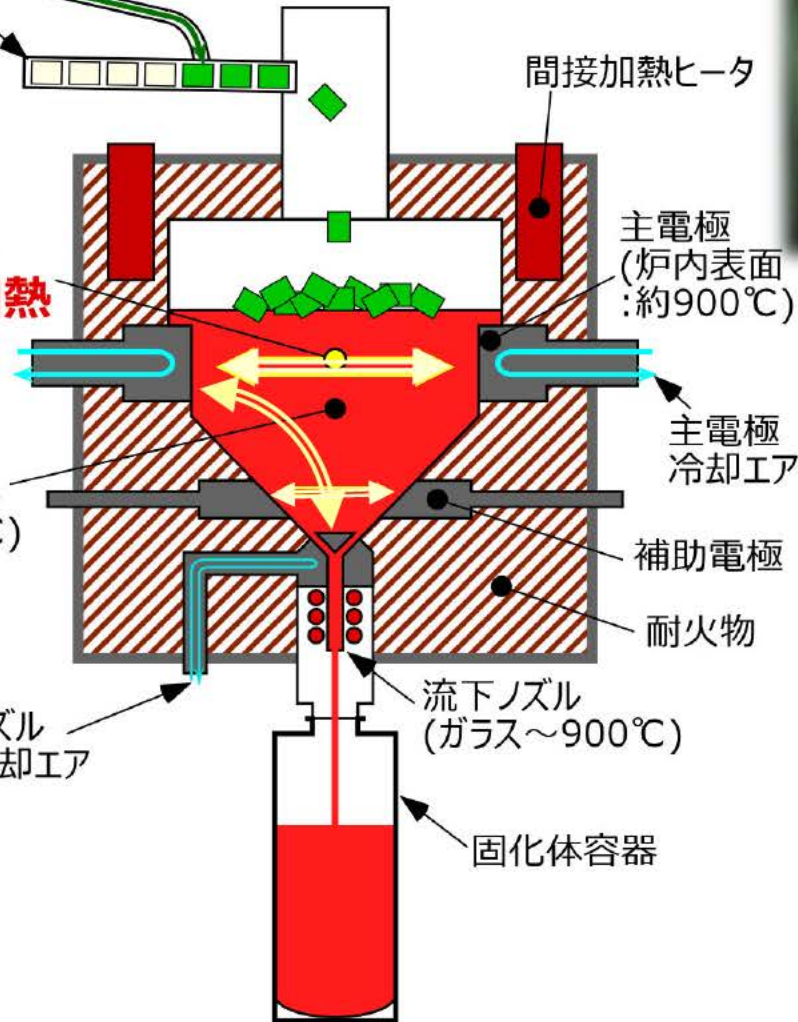
ガラスカートリッジ
(ガラス原料)

ガラスカートリッジ供給ライン
高レベル放射性廃液供給ライン

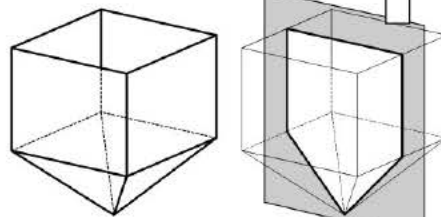


ガラス溶融炉内の状態

**直接通電
ジュール加熱**



(縦断面)



TVFガラス溶融炉の形状
(底部：四角すい)

溶融ガラス
(約1200°C)

主電極
(炉内表面:
約900°C)

主電極
冷却エア

補助電極

耐火物

流下ノズル
(ガラス~900°C)

固化体容器

流下ノズル
上部冷却エア

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メルタ溶融炉の概要(4/4)



東海再処理工場(TVF)
1995年ホット運転開始

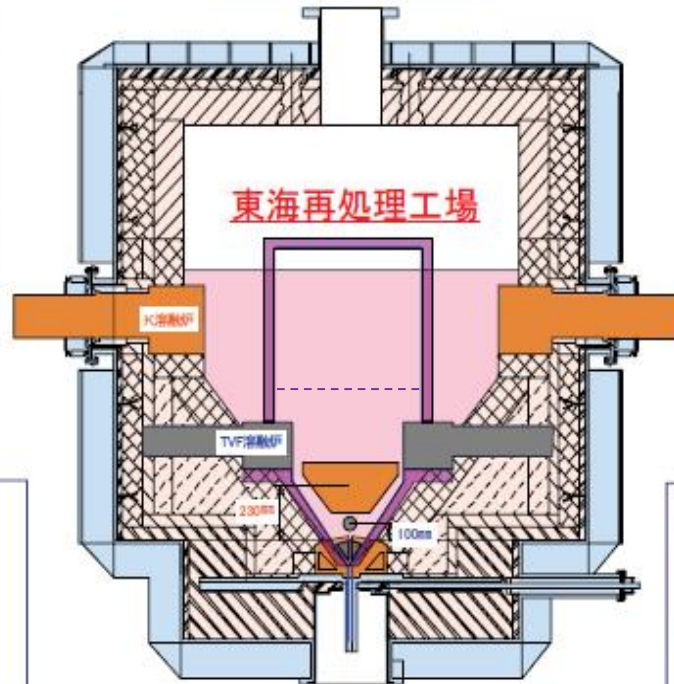
外形寸法:

W1.9m × D1.9m × H2.3m

基数:1系列

固化体サイズ:約110L

六ヶ所再処理工場



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) ガラス溶融炉内の白金族元素(Ru)の挙動(1/3)

- ✓ 高放射性廃液に含まれる白金族元素(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、そのほとんどがガラスに溶けず、化学変化してRu酸化物結晶（針状結晶）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。
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。
- ✓ 溶融炉の運転が安定的な状態※¹では、Ru酸化物結晶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Ru酸化物結晶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（高粘度）が溶融炉の底部周辺等に運ばれ（以下、「滞留」という。）、溶融炉壁面や底面に付着し、さらに流動により運ばれるRu酸化物結晶が補足され成長（以下、「堆積」という。）する可能性がある。



1. TVFでの洗浄運転について

(2) ガラス溶融炉内の白金族元素(Ru)の挙動(2/3)

※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、高濃度のRu酸化物結晶を含む溶融ガラス(高粘度)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、高濃度のRu酸化物結晶を含む溶融ガラスが溶融炉の炉底部周辺に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に流下時の流れが遅い谷部にRu酸化物結晶が堆積し、主電極-流下ノズル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

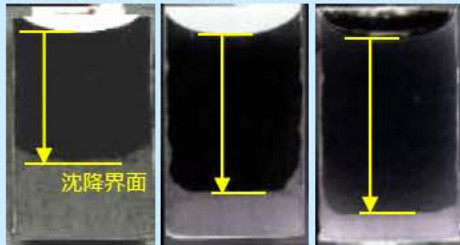
白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- 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

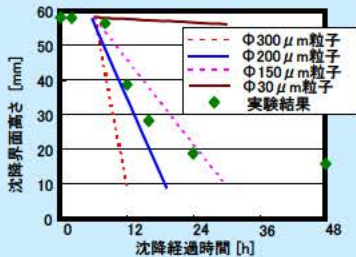
模擬ガラス中の白金族元素の観察

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。

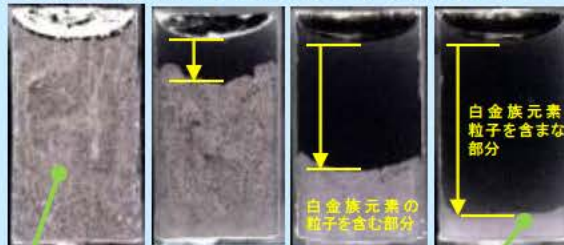
- 保持時間が長いほど白金族元素粒子は沈降する
- 温度が高いほど白金族粒子は沈降しやすい



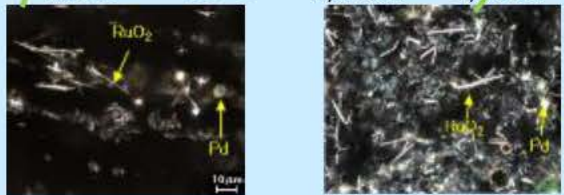
720時間 1,440時間 2,880時間



炉底部に沈降する白金族粒子サイズは 150~200 μmと推定



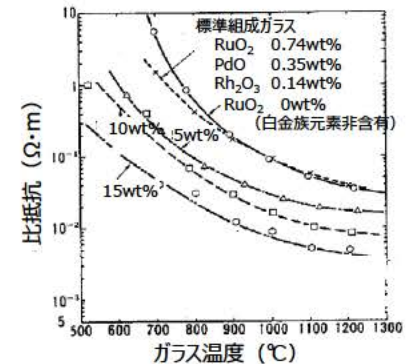
800℃ 900℃ 1,000℃ 1,100℃



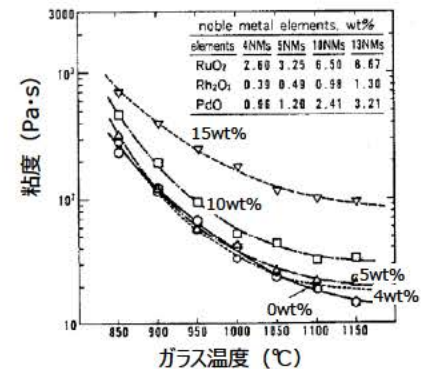
- 「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。
- 底部の「堆積ガラス」は、 RuO_2 の針状粒子が絡みあっている。

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

(3) K施設溶融炉における洗浄運転の目的と方法

- ✓ K施設溶融炉における洗浄運転は、安定的な状態を維持継続することを目的として、Ru酸化物結晶（以下、白金族元素という。）の堆積が進行する前に、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。
- ✓ 具体的には、高放射性廃液10本分の供給・流下を終えたあと、連続して高放射性廃液の代わりに模擬廃液を3本分供給・流下するものである。これを繰り返すことにより、安定的な運転が継続できることがKMOC試験及びアクティブ試験において確認されている。
- ✓ 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状態の高濃度の白金族元素を含むガラス(高粘度)を排出する効果は限定的である（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。



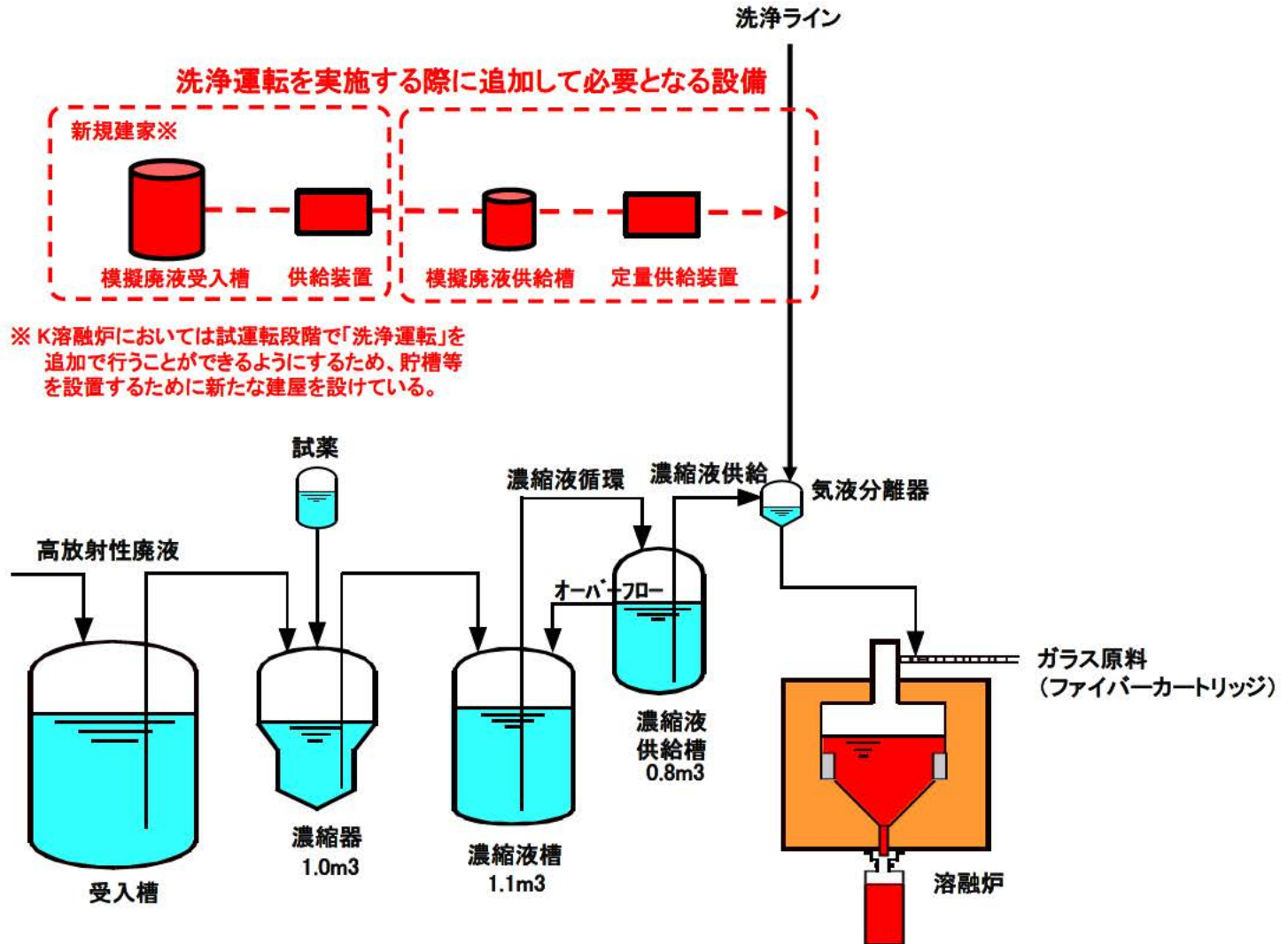
1. TVFでの洗浄運転について

(4) TVFにおける洗浄運転の実施可否(現状)(1/2)

- ✓ TVF溶融炉においては、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設備が設置されておらず、同様の「洗浄運転」を行うことはできない。
- ✓ 同様の「洗浄運転」を行うためには、洗浄廃液の貯槽、供給槽、供給ポンプ、配管及び制御系等を既存のシステムに組み込む形で新たに設置する必要があるが、これらを設置する場所等は用意されておらず、大規模な改修等が必要と予想される。
 - また、運転と並行して工事は出来ないことから、対応まで長期間を要する。
 - 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。

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)



※ K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、貯槽等を設置するために新たな建屋を設けている。

1. TVFでの洗浄運転について

(5) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(1/5)

- ✓ K施設溶融炉は、溶融炉の運転が不安定な状況になった場合、高濃度の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。
- ✓ このため、溶融炉の運転が不安定な状況になり炉底部周辺に高濃度の白金族元素を含む溶融ガラス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（高放射性廃液10本分の供給・流下の後、連続して模擬廃液を3本分供給・流下（約400kg/本×3本流下））これにより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。
- ✓ なお、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。
- ✓ 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高濃度の白金族元素を含む溶融ガラス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。

1. TVFでの洗浄運転について

(5) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(2/5)

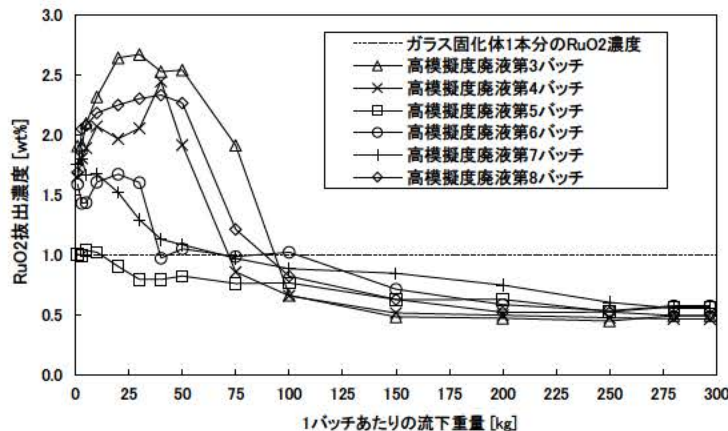
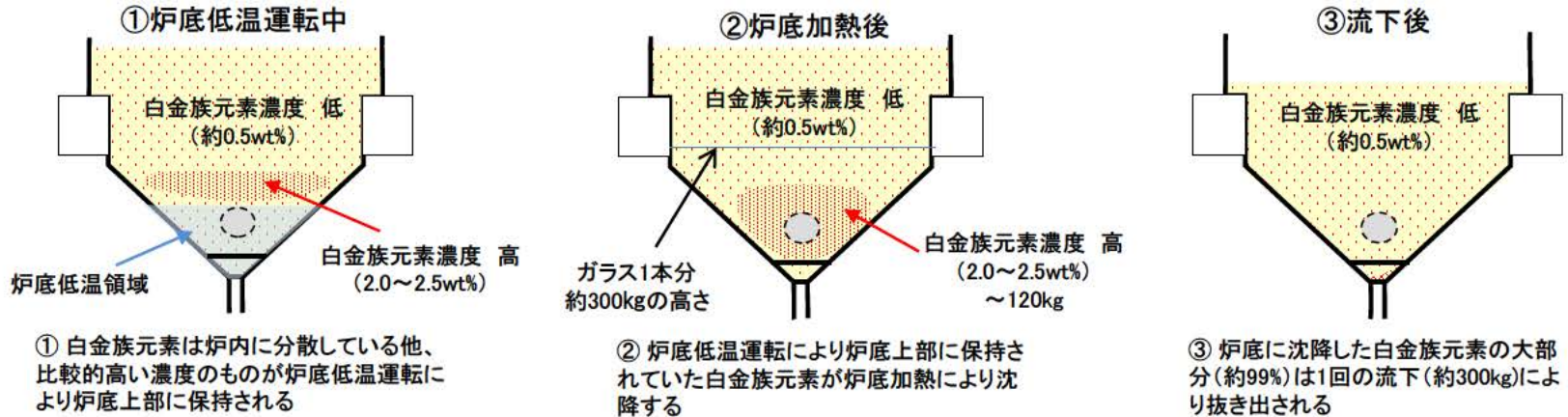
- ✓ TVF2号溶融炉では、白金族元素の堆積管理指標（主電極間補正抵抗 0.10Ω at 1000°C ）を定め、指標に達したら炉内のガラスを全量抜き出し（ドレンアウト）、炉内に残留したガラスを機械的に除去（残留ガラス除去）して炉内状態を回復させた後、運転を再開することとしている。
- ✓ しかしながら、TVF2号溶融炉における16-1CP以降の運転においては、想定よりも少ない製造本数（実績約100本に対して、59本及び20本）で管理指標に達したことから、ドレンアウトを行い、運転を終了した。
- ✓ これらの白金族元素の早期堆積は、周辺機器の不具合等により、流下できない状況になったことに起因するものである。
 - ① 16-1CP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、その後流下を行えずに停止したこと、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、白金族元素が炉底壁面に堆積した。
 - ② 19-1CP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、白金族元素が炉底壁面に堆積した。
- ✓ 従って、洗浄運転は、炉底部周辺に滞留した高濃度の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限定的である。

1. TVFでの洗浄運転について

(5) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(3/5)

○ 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 白金族元素拔出特性

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。



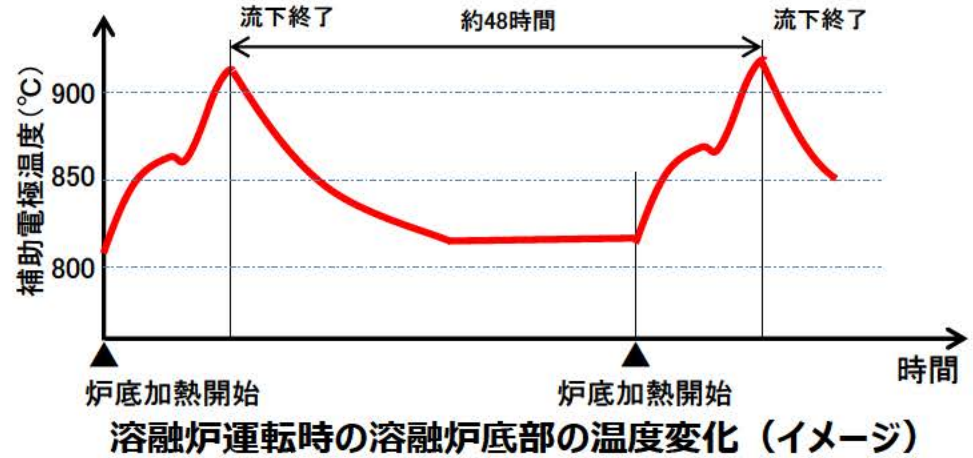
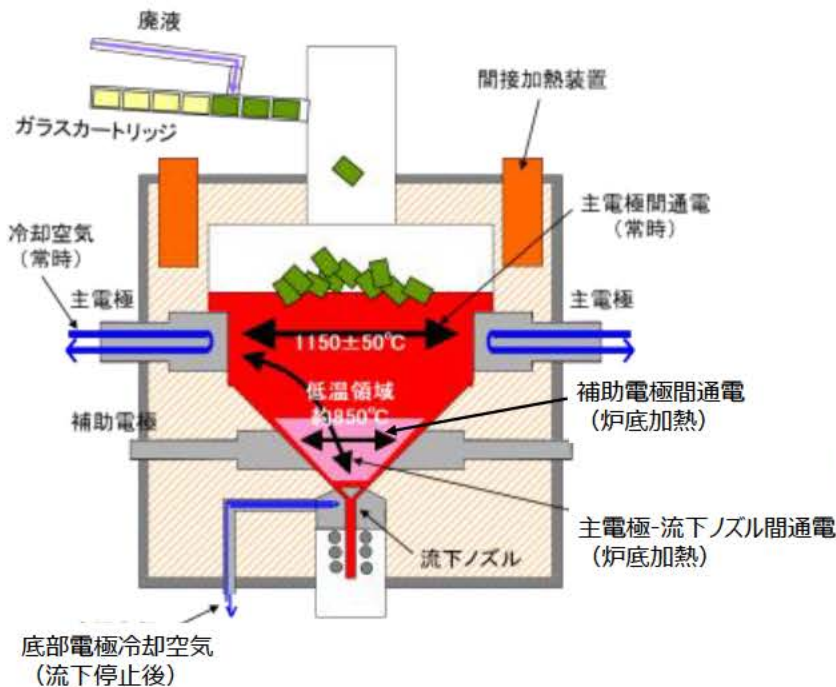
炉底低温運転により炉底部に保持している白金族元素のほとんどは1回の流下(約300kg)で抜き出される。

1. TVFでの洗浄運転について

(5) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(4/5)

○ 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



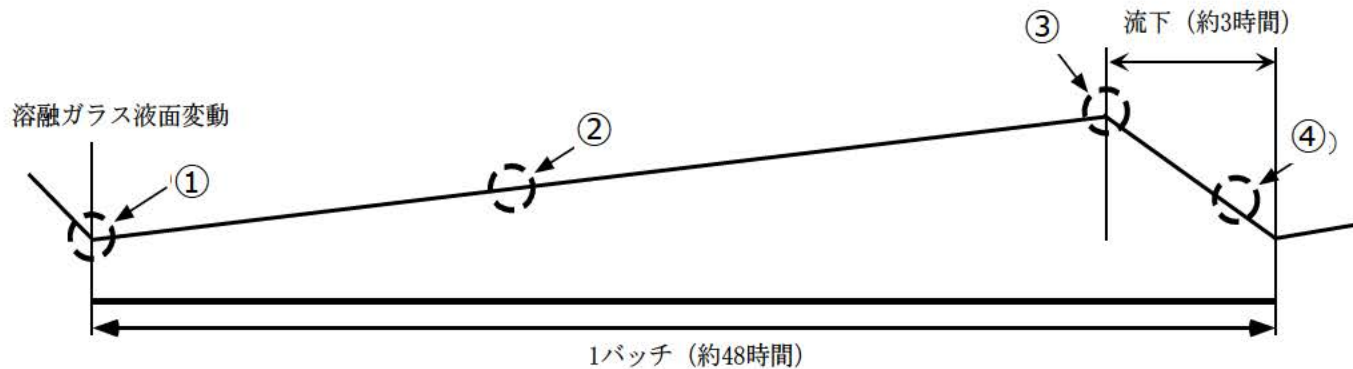
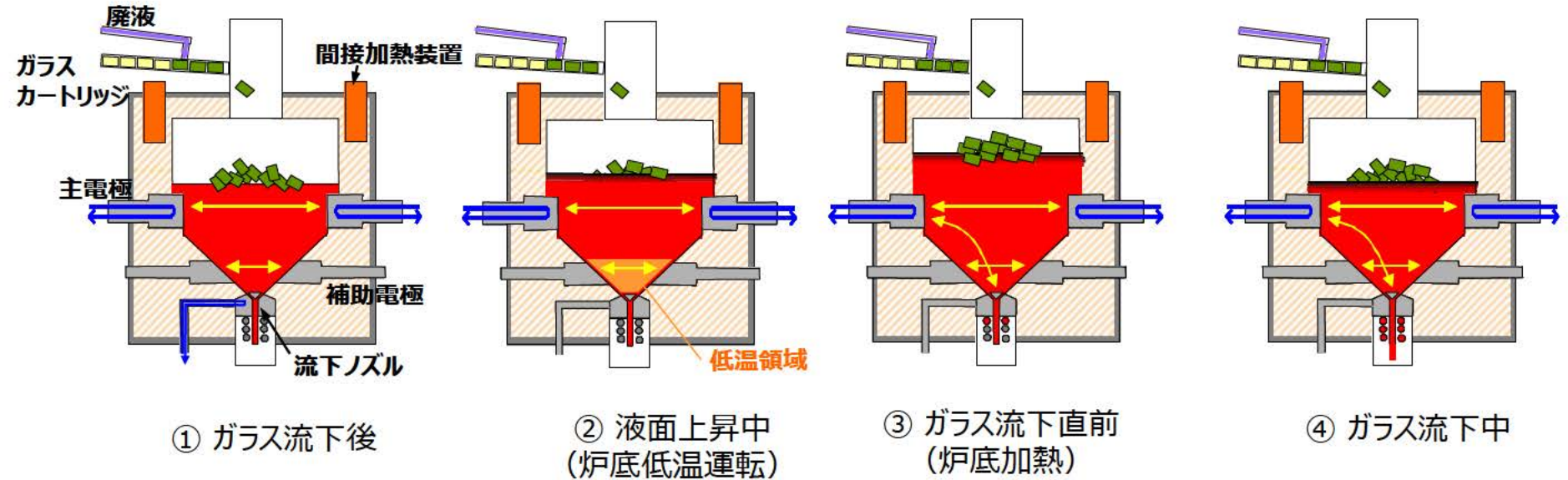
運転管理及び操作

- 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

(5) TVFにおける洗浄運転の効果(推定)(5/5)

○ 炉底低温運転について (2/2)





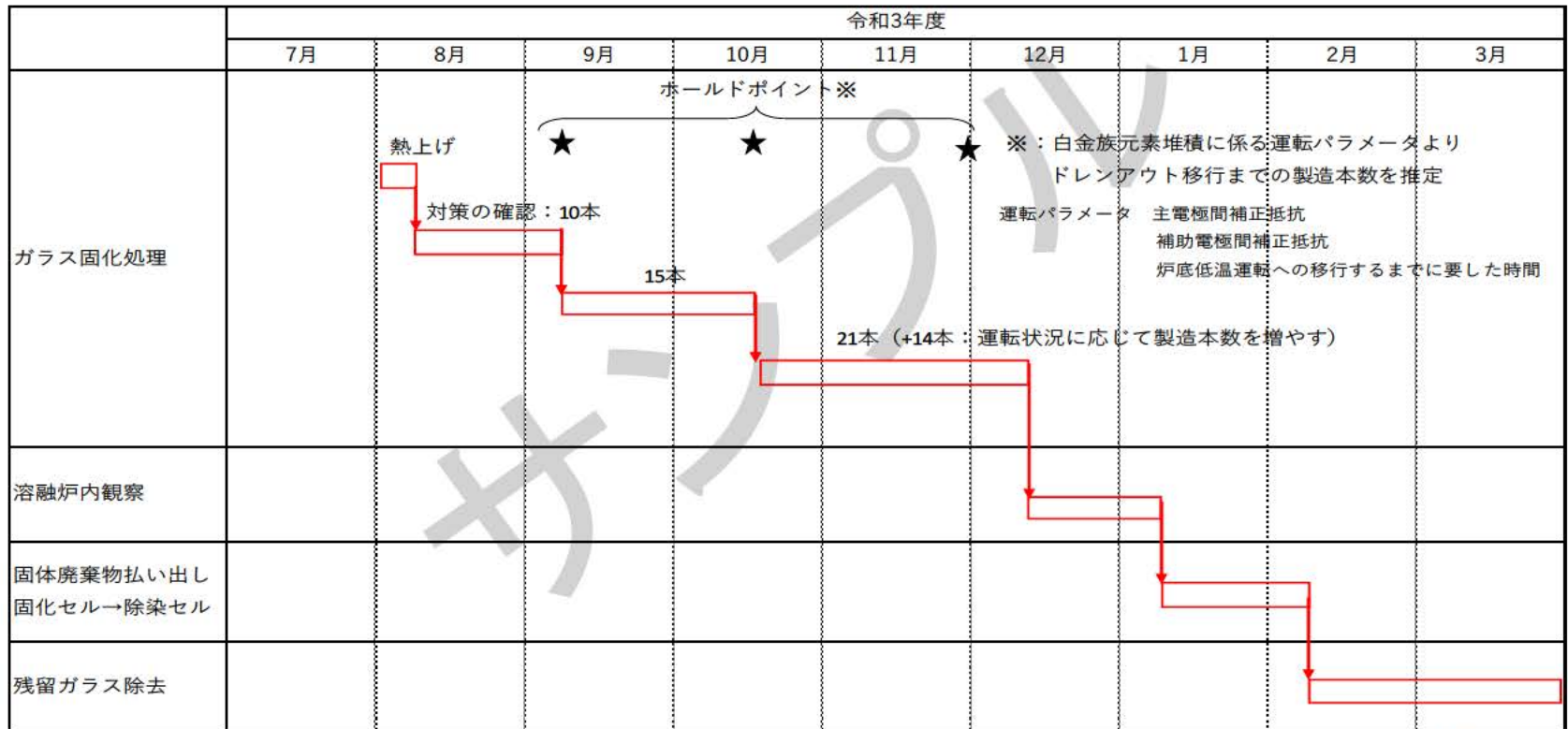
1. TVFでの洗浄運転について

(6) 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。
- ✓ 従って、洗浄運転は、炉底部周辺に滞留した高濃度の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限定的である。
- ✓ 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は、以下に示すような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の改善
 - ・ 定期的な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

- ✓ 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、計画に遅れが生じていることから、運転開始前までにキャンペーンの製造目標を明確にし、詳細な運転スケジュール（以下参照：令和3年度の計画をイメージ。17-1CPの製造本数46本を目標に運転状況に応じて段階的に60本まで増やす）に加え、3号溶融炉までの年度計画を監視チーム会合にて報告する。
- ✓ 年度毎に状況報告を監視チーム会合にて行う。



- ✓ 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早期導入を検討する。
- ✓ 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本数を考慮して、今後約650本のガラス固化体の製造を想定する。
- ✓ なお、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、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。
- ✓ 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り、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。

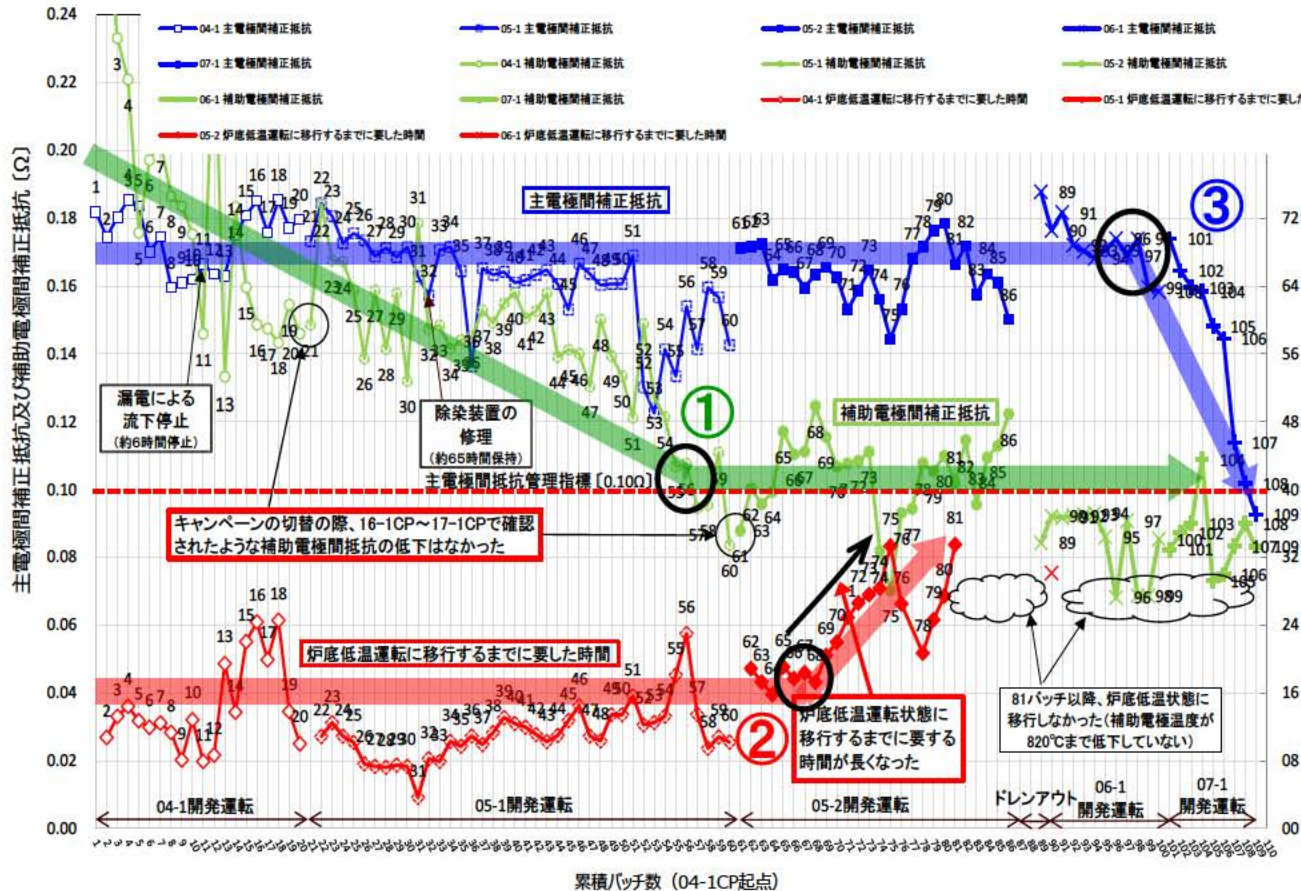
※A及びBの場合、4号溶融炉が必要となる可能性が考えられる。

参考資料

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

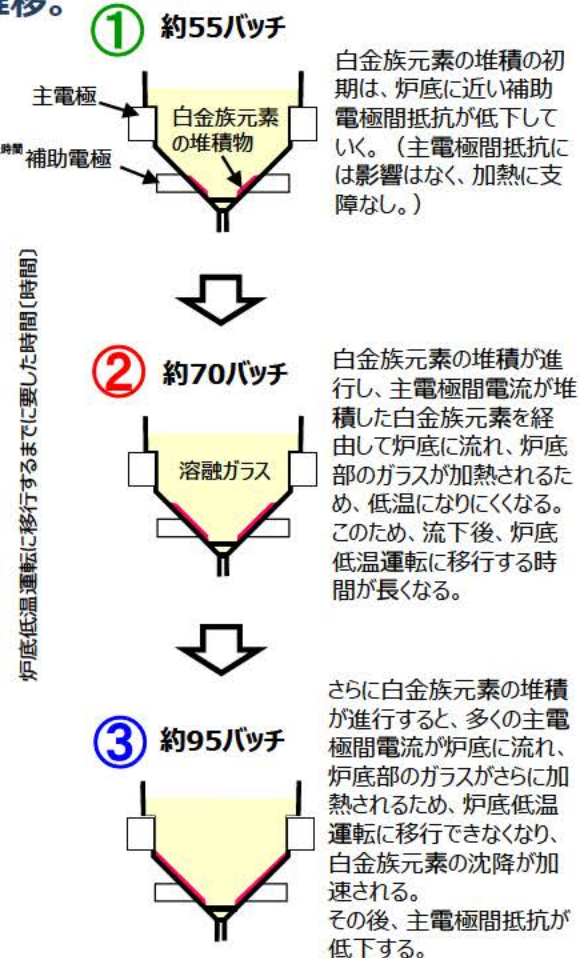
○ TVF2号溶融炉における2007年までの実績(炉内整備まで：ガラス固化体110本製造)

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

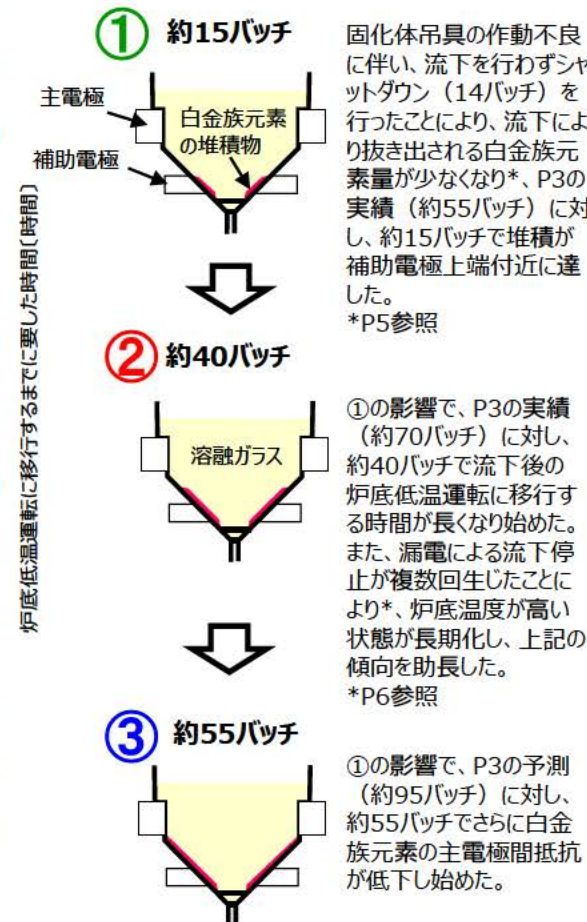
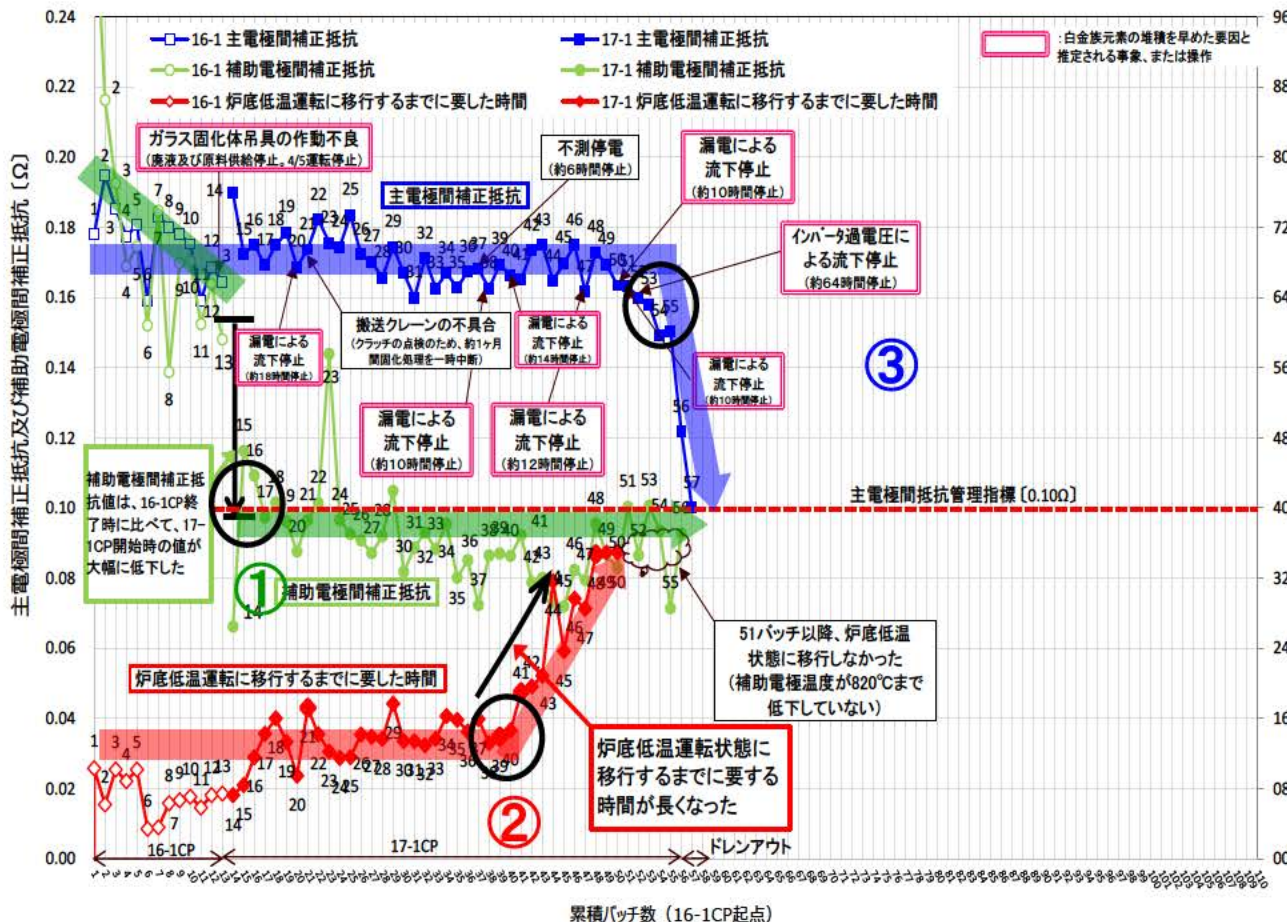
*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング



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。



固化体吊具の作動不良に伴い、流下を行わずシャットダウン(14バッチ)を行ったことにより、流下により抜き出される白金族元素量が少なくなり*、P3の実績(約55バッチ)に対し、約15バッチで堆積が補助電極上端付近に達した。
*P5参照

①の影響で、P3の実績(約70バッチ)に対し、約40バッチで流下後の炉底低温運転に移行する時間が長くなり始めた。また、漏電による流下停止が複数回生じたことにより*、炉底温度が高い状態が長期化し、上記の傾向を助長した。
*P6参照

①の影響で、P3の予測(約95バッチ)に対し、約55バッチでさらに白金族元素の主電極間抵抗が低下し始めた。

炉内白金族元素堆積の進行イメージ

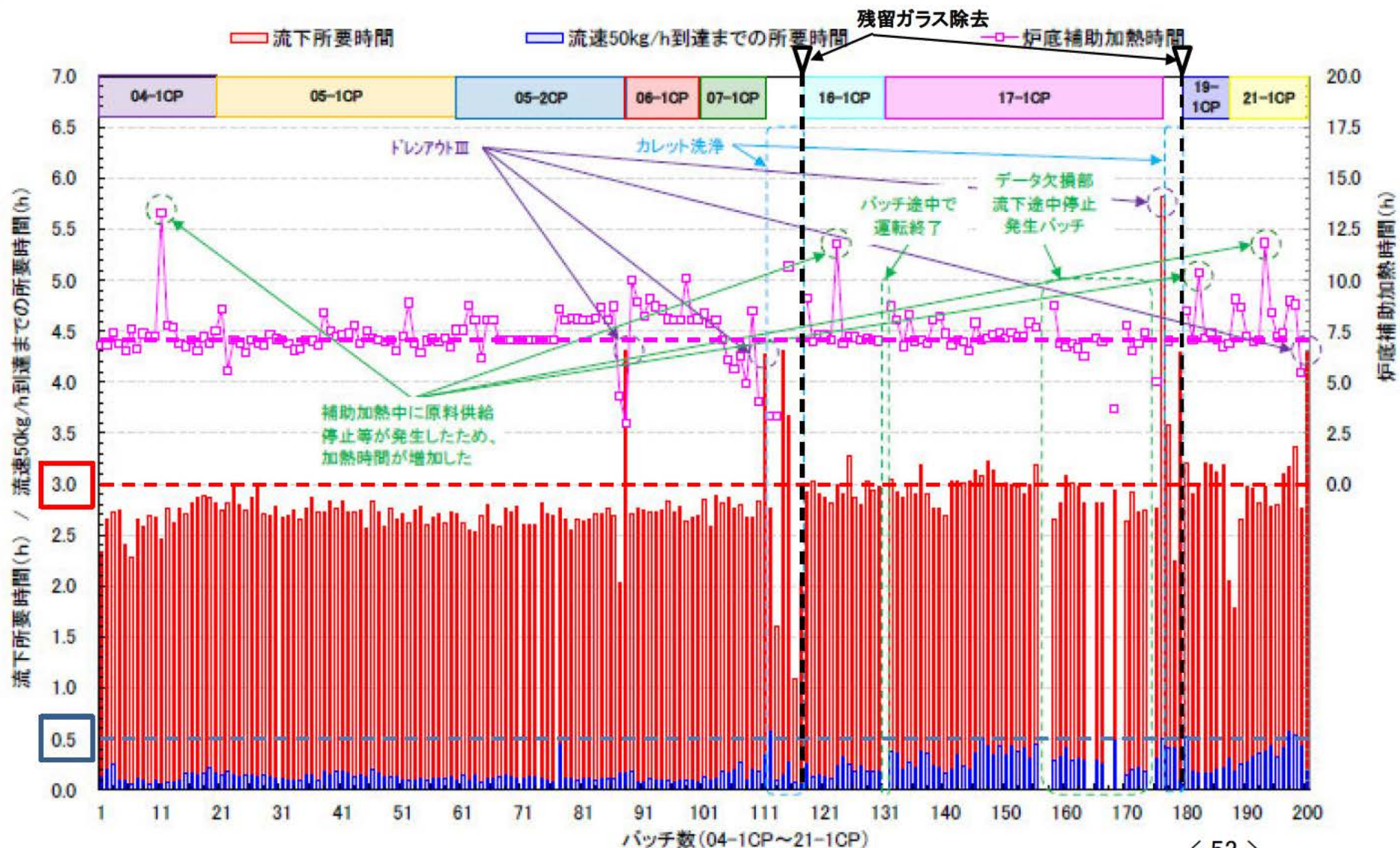
主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング



TVFの運転方法

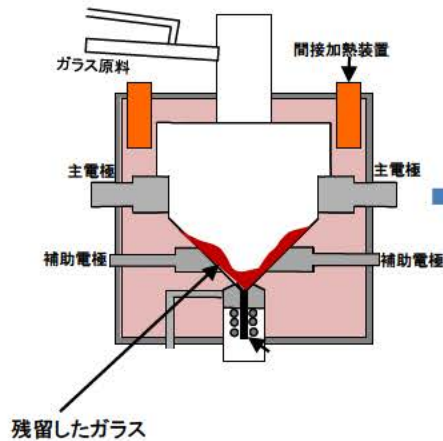
見直し要



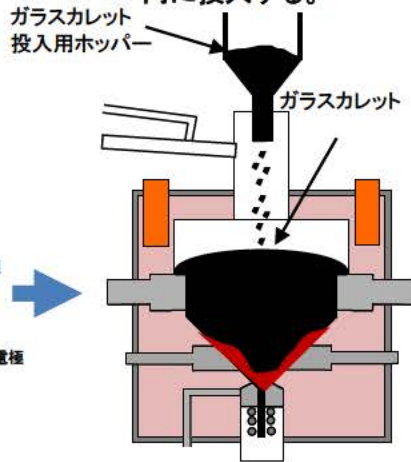
炉底加熱時間、流下所要時間及び流速50kg/h到達までの所要時間

【カレット洗浄を行う場合の手順】

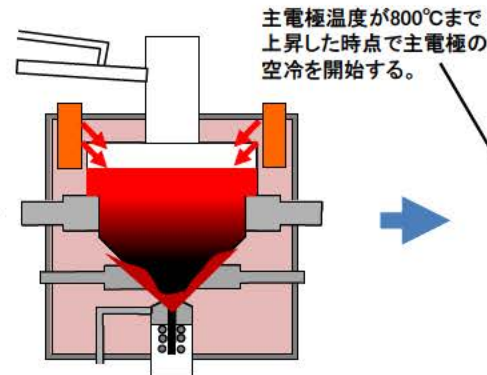
①ドレンアウト後の状態



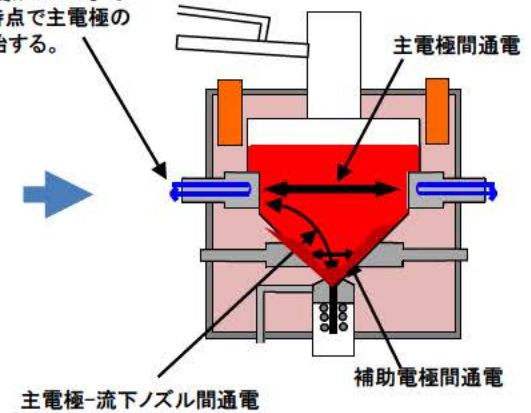
②ガラス固化体約3本分(約800kg)のガラスカレットを炉内に投入する。



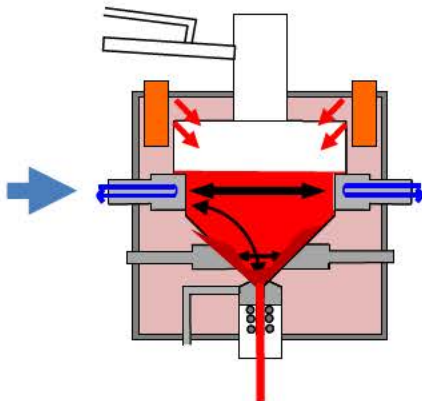
③間接加熱装置により炉内のガラスを加熱する。



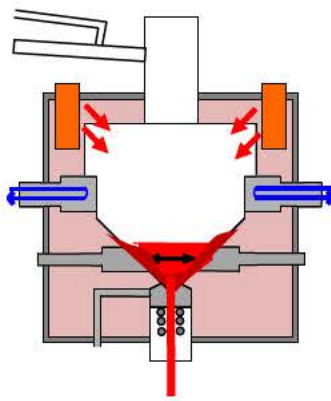
④主電極温度450℃以上で主電極間通電を開始する。その後、他の通電系統の通電を順次開始するとともに間接加熱装置を停止する。



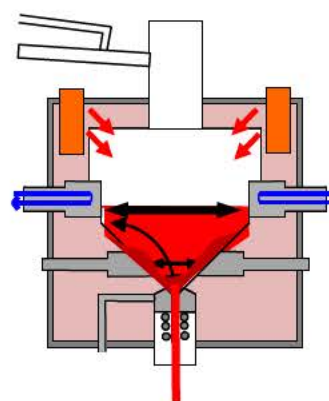
⑤ 1本目流下



⑦ 3本目流下



⑥ 2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

令和4年2月10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。

- 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)。また熟練者の有する暗黙知の技術継承としては、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伝承を着実に進める。また、人から人への技術伝承だけでなく、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

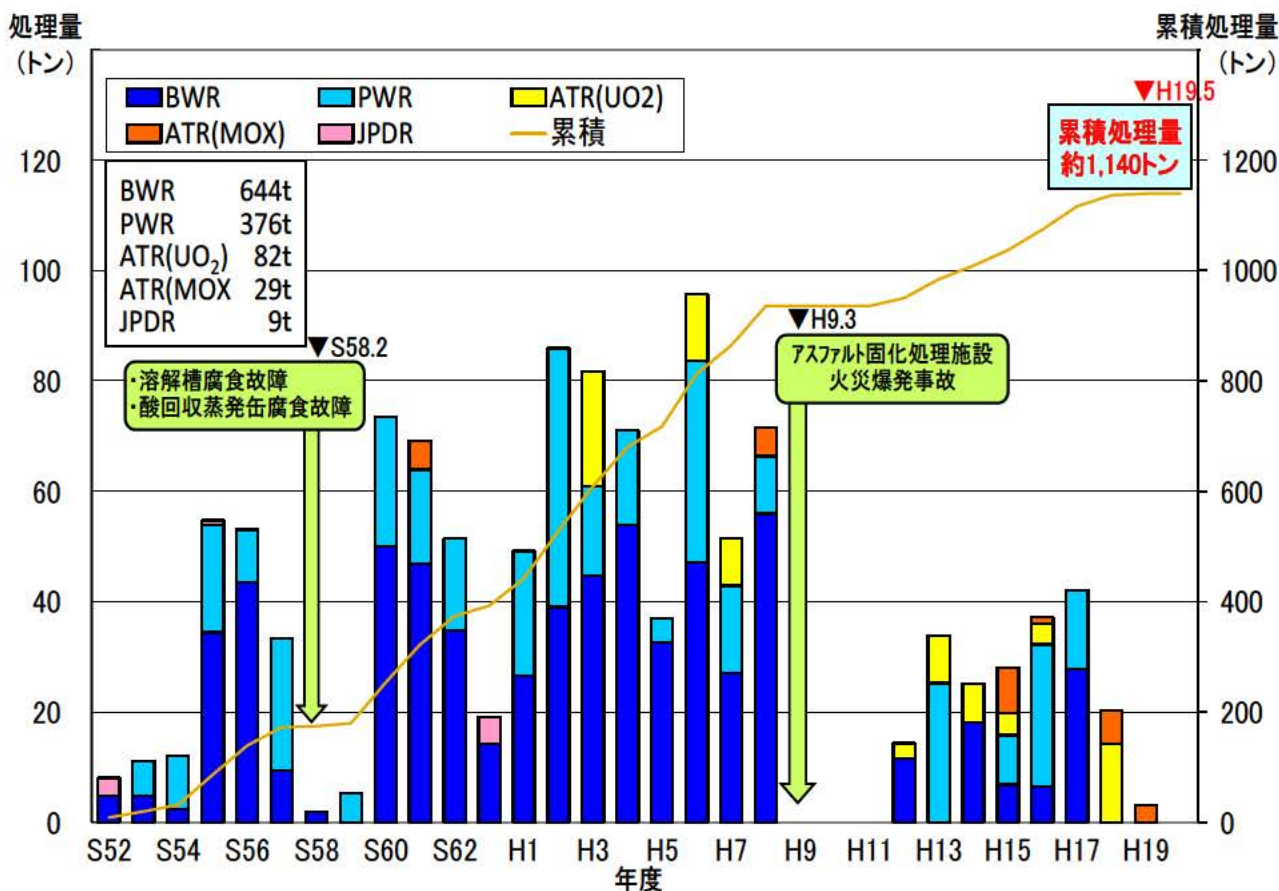
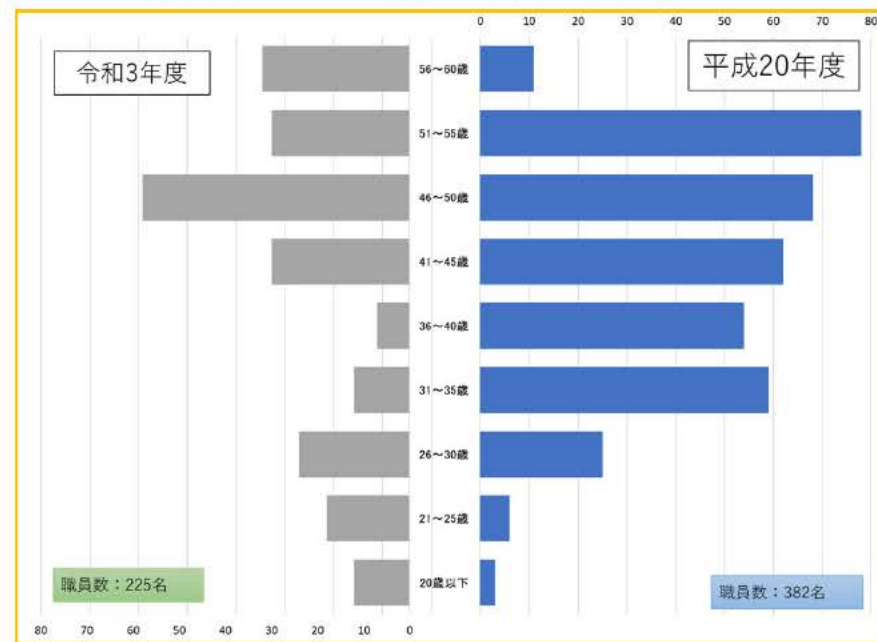
今後進めるLWTFの改造・運転やHASWSの貯蔵状態の改善等のプロジェクト、また、先行4施設の機器・設備解体を始めとした廃止措置の各段階での作業において、それらの段階に応じた必要な人材を明確にし、機構だけでなく関係者が連携して取り組むための体制構築やそのための制度について検討していく。

以上

再処理センターの年齢構成推移

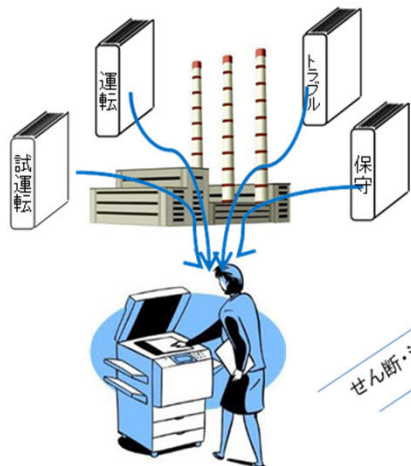
- 再処理運転最盛期のH6年度頃は職員420名（職員以外も含めると約1000名）であったが、その後、震災の影響等により施設維持管理体制へと移行し職員数は漸減している。
- 再処理センター職員数は過去10年で3割以上減少している。
- 年齢構成は40代、50代が多く30代、20代が少ない。

再処理センター職員の年齢構成比較

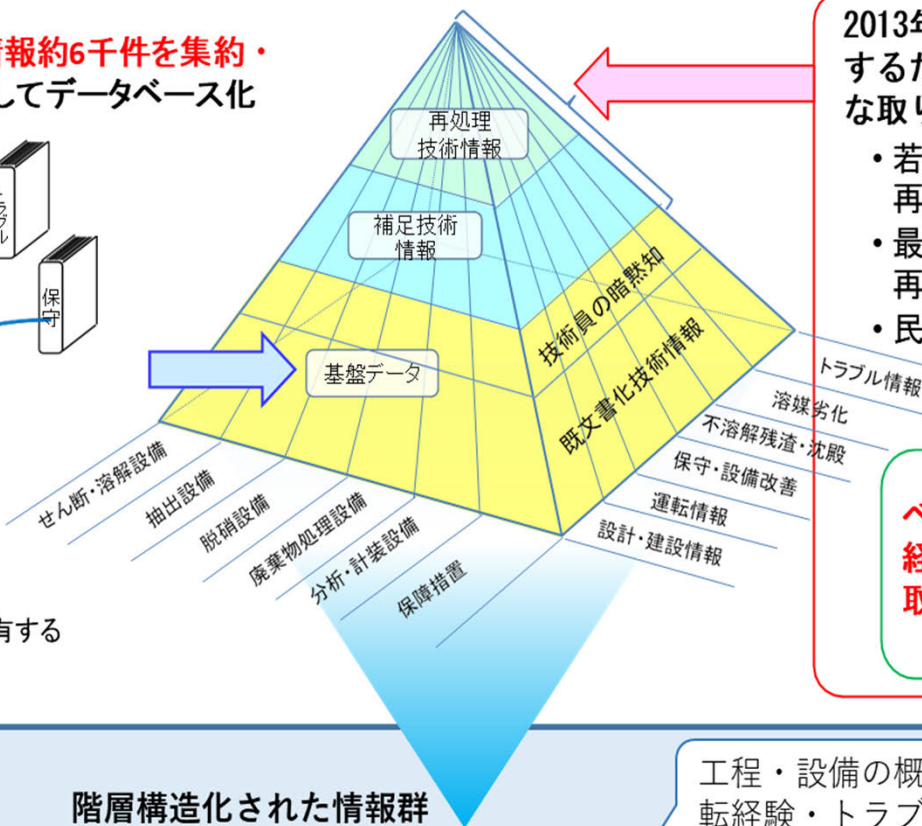


知識・技術の継承のための体系的なデータベース整備

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。

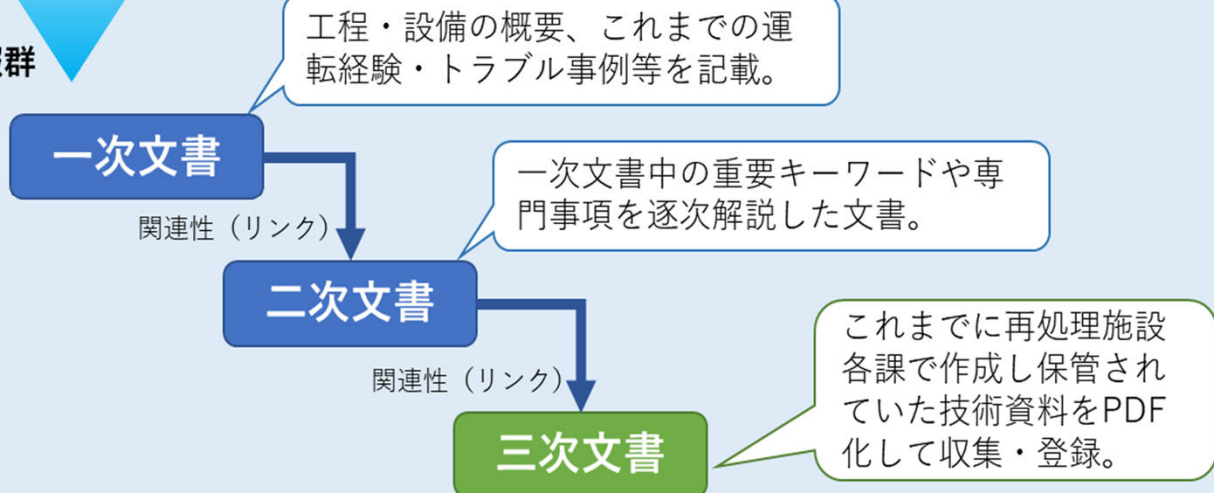
- ・若手技術者による技術の継承、再咀嚼
- ・最新知見と照らしたデータの再整理、再評価
- ・民間事業者等への技術移転

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



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

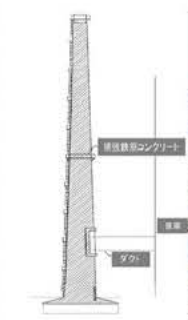
主排気筒の耐震補強工事

【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)

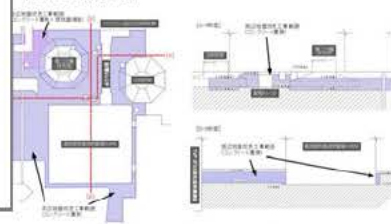


主排気筒の筒身補強工事の状況 (令和3年12月)

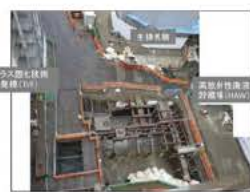
高放射性廃液貯蔵場(HAW)及び配管トレンチ(T21)周辺の地盤改良工事

【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6 m(T.P.約0 m)まで掘削し、高さT.P.+4 mまでコンクリートに置換する。

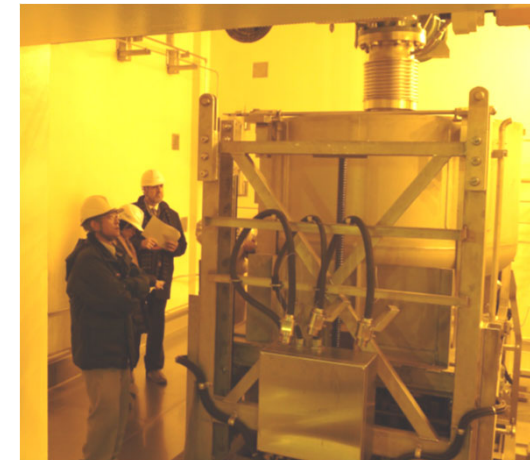
安全対策工事の実施状況等を適宜追加



PR動画 (制作中)

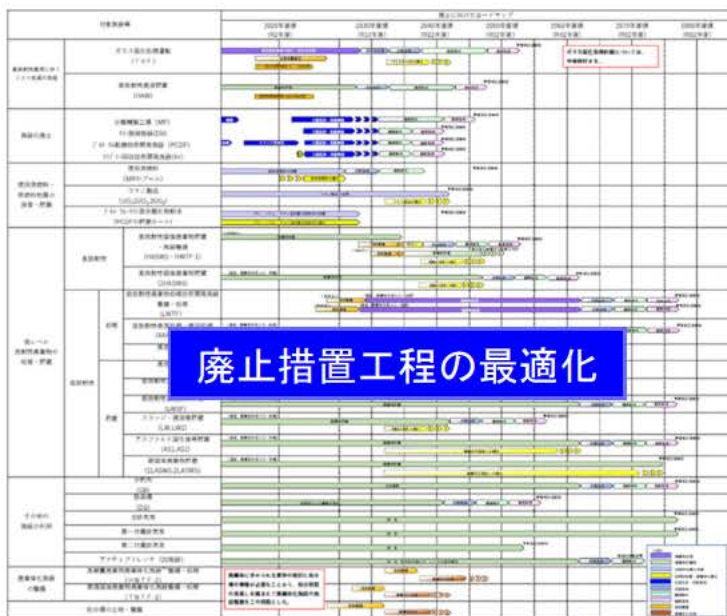
海外先行事例に係る積極的な情報収集

- 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(予定))
 - ・ 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

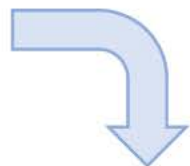
東海再処理施設の廃止措置工程の最適化



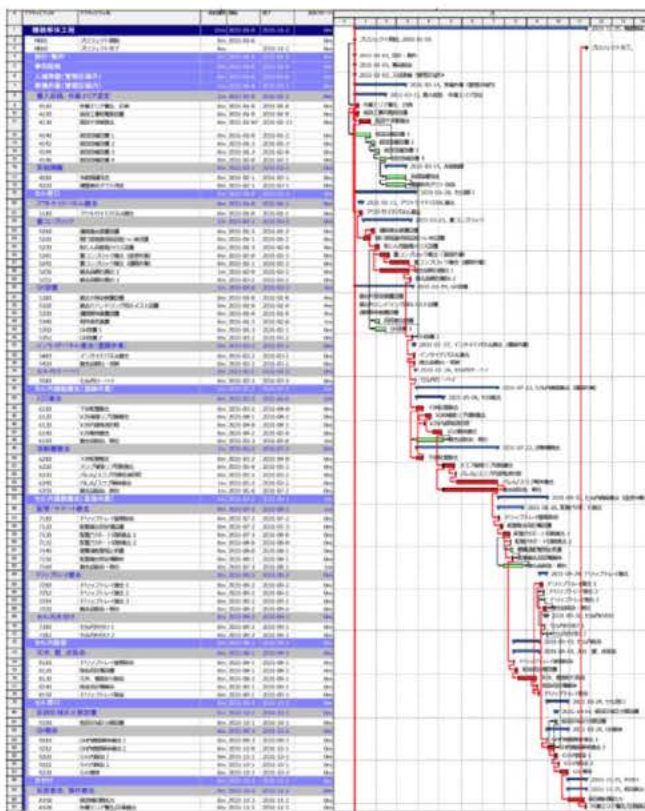
廃止措置工程の最適化

廃止措置工程

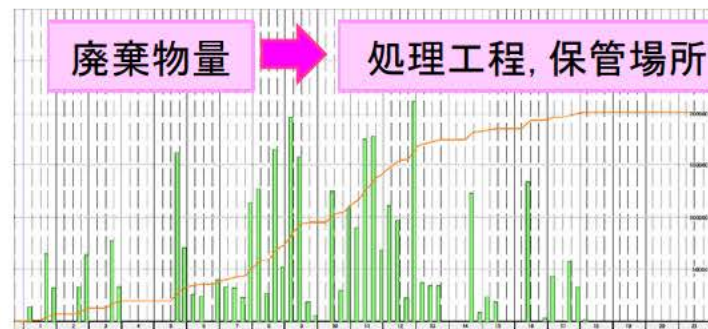
全体計画への反映



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



廃棄物量

処理工程, 保管場所

解体廃棄物発生量の検討



人工

作業の成立性, コスト

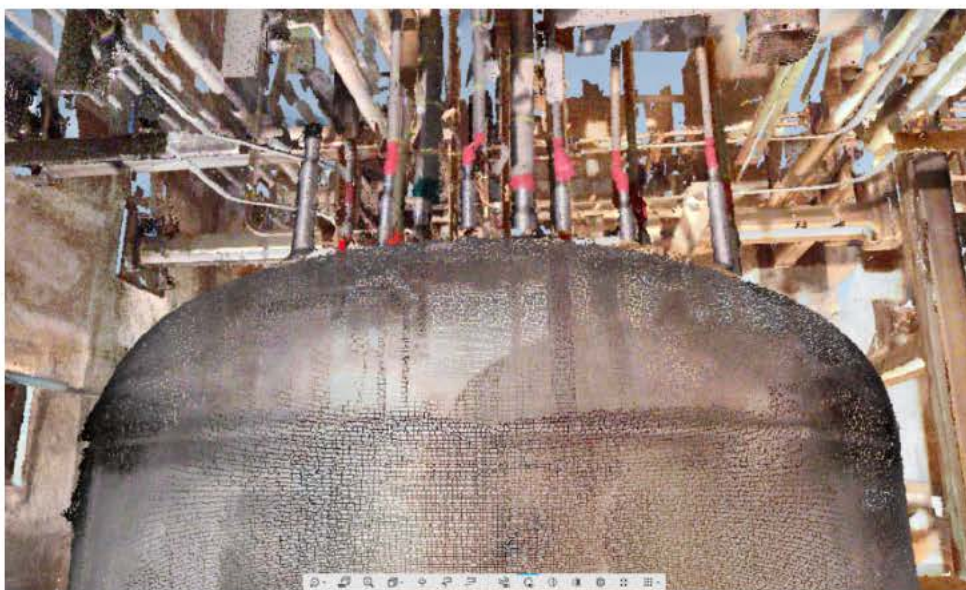
必要な人工数の検討

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

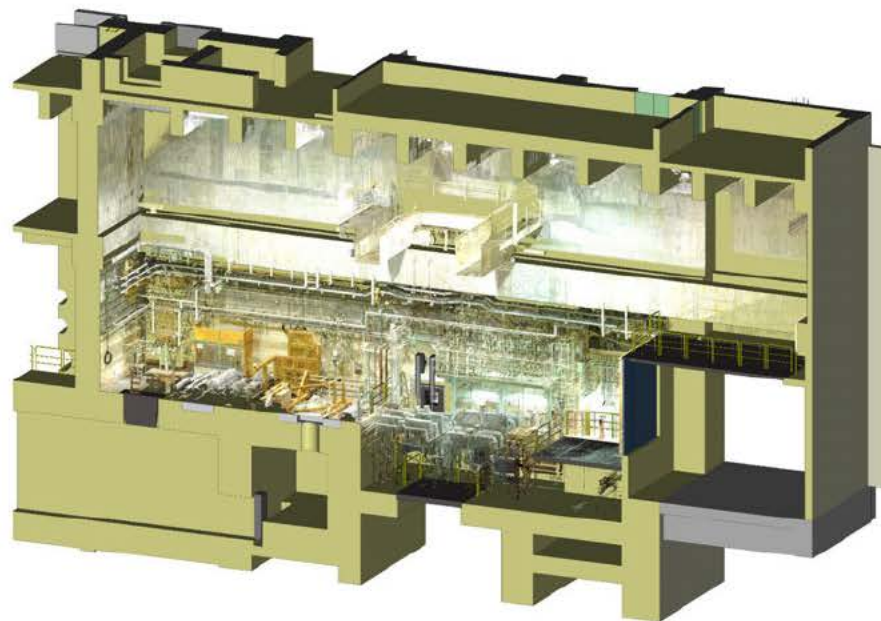


測定データは一見すると写真画像と同じように見えるが、拡大すると無数の点（一点一点が位置データを測定した点）の集合となっている。



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

工程洗浄の操作と既許認可の関係について

【概要】

○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、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上で、工程洗浄特有の操作において取り扱う核燃料物質と設計(濃度、質量及び組成)の範囲との関係を整理した。

○上記結果を踏まえ、以下の内容について説明する。

- ・ 工程洗浄特有の操作においても、設計(濃度、質量及び組成)の範囲である。
- ・ ウランと混合して高放射性廃液貯槽へ送液する低濃度のプルトニウム溶液に対して、混合時のウラン/プルトニウム比に制限値(60)を設け、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(70)を保安規定に定めて管理する。

令和4年2月10日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

工程洗浄で行う操作と既許認可の関係について

令和4年2月10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外の操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
- D：工程洗浄特有で設計の範囲外の操作であるため、対策により安全を確保して行う操作

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

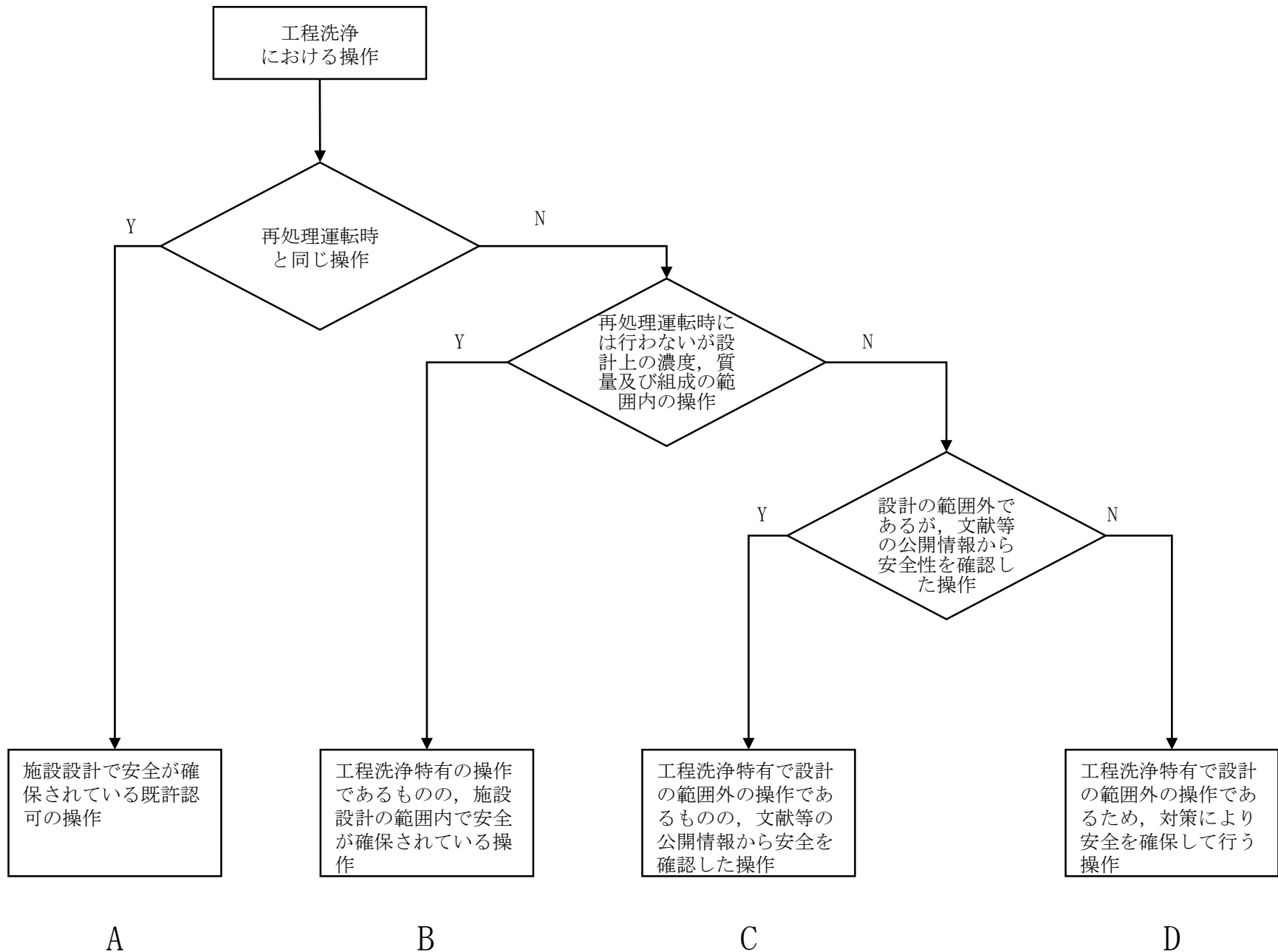


図-1 工程洗浄の操作に係る分類フロー

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	せん断粉末の秤量及び移動	B	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
	せん断粉末の濃縮ウラン溶解槽（242R12）への直接装荷	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oppa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
	せん断粉末の溶解	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	せん断粉末の溶解液の清澄（ろ過）	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	せん断粉末の溶解液の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）への送液	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外の操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D：工程洗浄特有で設計の範囲外の操作であるため、対策により安全を確保して行う操作

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外の操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D: 工程洗浄特有で設計の範囲外の操作であるため、対策により安全を確保して行う操作

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	低濃度のプルトニウム溶液の高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) への送液	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外の操作である。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
	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	—	—	—
	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	—	—	—
ウラン溶液の取出し	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	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 (臨界濃度 340 gU/L ^{*1} を下回る。) の操作 なお、払い出すウランの重量 () は、最小臨界質量 56.8 kgU ^{*2} (均質系 UO ₂ -H ₂ O, 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第 2 版	—	12/17 申請書に払い出すウランの重量 () が、最小臨界質量 56.8 kgU (均質系 UO ₂ -H ₂ O, 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
	硝酸ウラニル貯槽の洗浄 (PCDF)	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	分離精製工場 (MP) からウラン脱硝施設 (DN) への送液	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	ウラン溶液のサンプリング	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—

- 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、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外の操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D : 工程洗浄特有で設計の範囲外の操作であるため、対策により安全を確保して行う操作

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	ウラン溶液の濃縮	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	ウラン溶液の脱硝	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	ウラン粉末の拔出し	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	シード用ウラン粉末の供給	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	—	—	—
	ウラン粉末の第三ウラン貯蔵所(3U03)への移動及び貯蔵	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	—	—	—
その他の核燃料物質(工程内の洗浄液等)の取出し	依頼試料の分析	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	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	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
	酸回収工程の濃縮液受槽(273V50)の洗浄液の送液	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—
	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	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
	分析所(CB)の分析試料等の送液	A	再処理運転時と同様の操作	設計の範囲内の操作	—	—	—

- 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、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外の操作であるものの、文献等の公開情報から安全性を確認した操作
 D: 工程洗浄特有で設計の範囲外の操作であるため、対策により安全を確保して行う操作

回収可能核燃料物質の取出し方法

1. 概要

核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の工程内に残存する回収可能核燃料物質を、再処理せずに再処理設備本体から取り出すことを目的として工程洗浄を実施する。工程洗浄では、再処理設備本体の回収可能核燃料物質の取出しに合わせて、製品貯蔵施設及びその他再処理施設の附属設備に残存する回収可能核燃料物質の取出しを行う。

2. 工程洗浄の方針

工程洗浄は、以下の基本的な考え方にに基づき、早期に完了させるよう回収可能核燃料物質を再処理設備本体等から取り出し、安定化を図る。

- 再処理運転（ウラン及びプルトニウムの分離）^{※1}は行わない。
- 使用する設備は、必要最小限とする。
- 既存の設備・機器を使用し、設備の新規設置や改造は行わない。
- 送液経路は、安全性（臨界安全や漏えい事象に対する安全性等）を確保する。

※1 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」では、使用済燃料から核燃料物質その他の有用物質を分離するために、使用済燃料を化学的方法により処理することを「再処理」と定義

3. 回収可能核燃料物質の場所及び量について

以下に回収可能核燃料物質の場所及び量を示す。また、回収可能核燃料物質を保有する施設の概要を図-1に、回収可能核燃料物質を保有する機器について表-1に示す。

なお、再処理設備本体である分離施設のうち一部の機器には、高放射性廃液として分離した廃液に微量の核燃料物質を含んでいるが、回収可能核燃料物質ではないこと、また、これを取り出すためには、使用済燃料の不溶性残渣による送液装置の詰り対策として通常とは異なる試薬等の適用も検討する必要があることから、工程洗浄からは切り離し、系統除染において処理を行う。

①せん断粉末

これまでの再処理運転に伴い分離精製工場（MP）のせん断機、分配器内部及び機械処理セルの床面に滞留していたせん断粉末を、平成28年4月から平成29年7月までにかけて実施したせん断工程クリーンアップ作業にて収集した（平成29年6月末に重量確定： ）。せん断粉末は現在専用のトレイに収納し、分離精製工場（MP）の除染保守セル（R333）内で保管している。

②低濃度のプルトニウム溶液

再処理施設のリスク低減へ向けた取組として、分離精製工場（MP）に保有していたプルトニウム溶液（ ）は、平成26年4月から平成28年7月までにかけてプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）で固化安定化（MOX粉末化）した。現在保有する低濃度のプルトニウム溶液（ ）として、分離精製工場（MP）のプルトニウム製品貯槽の送液残液（ ）並びに希釈槽の洗浄液（ウラン及びプルトニウム混合溶液（ ））がある。

③ウラン溶液（ウラン粉末を含む。）

分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）には、抽出工程（分離第1サイクル工程、分離第2サイクル工程等）の運転用に確保していたウラン溶液及び脱硝前（ウラン粉末化前）のウラン溶液（ ）を保有している。プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）には、プルトニウム溶液の固化安定化後に残ったウラン溶液（ ）を保有している。また、分離精製工場（MP）には、脱硝時の脱硝塔内の流動層形成のための種用のウラン粉末（ ）を三酸化ウラン循環容器（3本）にて保有している。

④その他の核燃料物質（工程内の洗浄液等）

分離精製工場（MP）の溶解、清澄・調整及び抽出（酸回収、リワーク等を含む。）工程の洗浄液、分析所（CB）の分析試料等として、 未満及び 未満の核燃料物質を保有している。

4. 回収可能核燃料物質の詳細な取出し方法

(1) せん断粉末（参考図-1-1～1-5 参照）

せん断粉末は、除染保守セル（R333）においてせん断粉末装荷用のホッパへ溶解1回分ずつ移し替え、濃縮ウラン溶解槽装荷セル（R131）へ移動し、遠隔操作により溶解1回当たりの装荷量が30 kg以下であることを秤量により確認する。秤量したせん断粉末は、濃縮ウラン溶解槽装荷セル（R131）で、遠隔操作により濃縮ウラン溶解槽（242R12）のバレル部上部から燃料装荷バスケットに装荷し、蒸気により加熱しながら硝酸により溶解する。せん断粉末の溶解時は、濃縮ウラン溶解槽（242R12）内の液温度を徐々に上昇させることで、溶解時に発生するガスによる内圧上昇の発生を防止する。せん断粉末の溶解液（以下「溶解液」という。）は、溶解槽溶液受槽（243V10）へ送液し、パルスフィルタ（243F16）にて、固体粒子類を分離した後、調整槽（251V10）で計量し、給液槽（251V11）へ送液する。

次に溶解液は、分離第1抽出器（252R11）、希釈剤洗浄器（252R10）及び高放射性廃液中間貯槽（252V14）を經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）で溶解液を計量し、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の中間貯槽（272V37又はV38）を經由して高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液し、貯蔵する。なお、せん断粉末の溶解液の送液においては、高放射性廃液蒸発缶（271E20）での蒸発濃縮を行わない。

溶解液を高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液した後、せん断粉末の溶解に用いた濃縮ウラン溶解槽（242R12）の加熱による酸洗浄及び水洗浄を繰り返し行う。それら洗浄液を用いて、溶解液の送液経路上の送液残液の押出し洗浄を行い、回収可能核燃料物質を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、調整槽（251V10）の核燃料物質濃度を分析して確認する。

なお、せん断粉末の溶解後に残る被覆管片等は、濃縮ウラン溶解槽（242R12）の洗浄後に燃料装荷バスケットごと取り出し、その他のセル内の固体廃棄物とともに標準ドラムに移し、第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設（2HASWS）へ送る。

(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）。

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）。

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。

※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。

※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炉使用済燃料の中で、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、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。

(3) ウラン溶液（ウラン粉末を含む。）

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）のウラン溶液は、専用の容器により、分離精製工場（MP）の一時貯槽（263V51～V58）へ払い出し、分離精製工場（MP）のウラン溶液と混合してウラン脱硝施設（DN）でウラン粉末とする。硝酸ウラニル貯槽（P11V14）は、硝酸ウラニル受入計量槽（P11V13）に供給した硝酸を用いて押し出し洗浄を行う。押し出し洗浄液は、硝酸ウラニル貯槽（P11V14）においてウラン濃度を分析し、洗浄効果を確認後、ウラン溶液と同様に専用の容器により、分離精製工場（MP）の一時貯槽（263V51～V58）へ払い出す（参考図-3-1 参照）。

分離精製工場（MP）の一時貯槽（263V51～V58）のウラン溶液は、希釈槽（263V18）に送液し、ウラン濃度を確認後、ウラン脱硝施設（DN）の UNH 受槽（263V30 又は V31）を経由して、UNH 貯槽（263V32）へ送液する。送液後、純水を用いた一時貯槽（263V51～V58）等の押し出し洗浄を行い、送液残液を希釈槽（263V18）に送液する。希釈槽（263V18）でウラン濃度を確認後、UNH 貯槽（263V32）へ送液する。押し出し洗浄後、低放射性廃液として取り扱えるものは、ウラン精製工程の中間貯槽（261V12）、リワーク工程の受槽（276V10）及び低放射性廃液貯蔵工程の中間貯槽（275V10）を経由して、廃棄物処理場（AAF）へ送液する（参考図-3-2-1, 3-2-2, 3-4-1 及び 3-4-7 参照）。

中間貯槽（263V10）のウラン溶液は、ダネード給液槽（263V103）間で循環させ、呼水槽（263V105）、ウラン溶液蒸発缶（第 1 段）（263E11-T12）を経由して希釈槽（263V18）へ送液する。希釈槽（263V18）でウラン濃度を確認後、ウラン脱硝施設（DN）の UNH 受槽（263V30 又は V31）を経由して、UNH 貯槽（263V32）へ送液する。送液後、純水を用いた中間貯槽（263V10）等の送液残液の押し出し洗浄を行い、送液残液を希釈槽（263V18）に送液する。希釈槽（263V18）でウラン濃度を確認後、UNH 貯槽（263V32）へ送液する。

押し出し洗浄後、低放射性廃液として取り扱えるものは、ウラン精製工程の中間貯槽（261V12）、リワーク工程の受槽（276V10）及び低放射性廃液貯蔵工程の中間貯槽（275V10）を経由して、廃棄物処理場（AAF）へ送液する（参考図-3-2-3, 3-2-4, 3-4-2 及び 3-4-7 参照）。

ウラン脱硝施設（DN）の UNH 貯槽（263V33）の送液残液は純水を供給した後、UNH 貯槽（263V32）へ送液する。送液後、UNH 貯槽（263V32）においてウラン濃度を分析し、ウラン量を確定する（参考図-3-2-5 参照）。UNH 貯槽（263V32）のウラン溶液は、UNH 供給槽（263V34）を経由し、蒸発缶（263E35）へ供給して蒸発濃縮する。蒸発缶（263E35）で濃縮したウラン溶液は、濃縮液受槽（264V40）へ抜き出し、加熱した圧縮空気により噴霧状にして脱硝塔（264R43）に供給し、塔内の流動層において熱分解し、ウラン粉末にする。ウラン粉末は、脱硝塔から溢流により取り出し、シール槽（264V437）及び U03 受槽（264V438）を経由して計量台で計量しながら三酸化ウラン容器に詰め、ウラン粉末として第三ウラン貯蔵所（3U03）へ送り、貯蔵する。また、分離精製工場（MP）で三酸化ウラン循環容器に保管しているウラン粉末は、ウラン脱硝施設（DN）にて三酸化ウラン容器に詰め替えた後、脱硝塔（264R43）内の流動層形成のための種用として供給し、ウラン溶液のウランとともにウラン粉末として第三ウラン貯蔵所（3U03）へ送り、貯蔵

する（参考図-3-3 参照）。

ウラン脱硝施設（DN）におけるウラン溶液の粉末化の後、UNH 供給槽（263V34）に純水を供給した後に蒸発缶（263E35）及び濃縮液受槽（264V40）へ送液し、系統内を循環させて押し出し洗浄を行う。押し出し洗浄液は、濃縮液受槽（264V40）から溶解液受槽（264V76）へ送液し、溶解液受槽（264V76）においてウラン濃度を分析し、洗浄効果を確認後、UNH 貯槽（263V32）に送液する（参考図-3-4-4 参照）。

また、UNH 貯槽（263V33）の押し出し洗浄は純水を用いて行い、ウラン濃度を分析し、洗浄の効果を確認後、UNH 貯槽（263V32）に送液する。同様に UNH 受槽（263V30 及び V31）の押し出し洗浄は純水を用いて行い、ウラン濃度を分析し、洗浄効果を確認後、UNH 貯槽（263V32）へ送液する（参考図-3-4-5 参照）。

UNH 貯槽（263V32）では、溶解液受槽（264V76）及び UNH 貯槽（263V33）から受け入れた押し出し洗浄液に純水を追加供給した後、ウラン濃度を分析し、洗浄効果を確認後、分離精製工場（MP）のウラン溶液濃縮工程の希釈槽（263V18）、ウラン精製工程の中間貯槽（261V12）、リワーク工程の受槽（276V10）及び低放射性廃液貯蔵工程の中間貯槽（275V10）を經由して、廃棄物処理場（AAF）へ送液する（参考図-3-4-5～3-4-7 参照）。

ウラン脱硝施設（DN）の脱硝塔（264R43）等のウラン粉末を取り扱う機器は、機器内のウラン粉末を通常操作により取り出した状態をもって工程洗浄を終了する。

なお、試薬調整工程の貯槽（201V77～V79）及び受流槽（201V75）に保有しているウラン溶液は、工程洗浄前までに分離精製工場（MP）の竜巻対策として一時貯槽（263V51～V58）へ送液するため、工程洗浄においては押し出し洗浄のみ行う。押し出し洗浄は貯槽（201V77）に純水を供給し、押し出し洗浄液を貯槽（201V78）及び貯槽（201V79）の順に送液して行う。押し出し洗浄液はウラン調整槽（201V70）へ送液し、受流槽（201V75）でウラン濃度を分析し、洗浄効果を確認後、リワーク工程の中間貯槽（276V12-V15）、低放射性廃液貯蔵工程の中間貯槽（275V10）を經由して、廃棄物処理場（AAF）へ送液する（参考図-3-4-3 参照）。

(4) その他の核燃料物質（工程内の洗浄液等）

- ① 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）（参考図-4-1 参照）

中間貯槽（255V12）及び中間貯槽（261V12）に保有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、洗浄液の送液のみ行う。洗浄液は、リワーク工程の受槽（276V10）を經由して低放射性廃液貯蔵工程の中間貯槽（275V10）から廃棄物処理場（AAF）へ送液する。

- ② 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）（参考図-4-2 参照）

プルトニウム精製工程の各抽出器に硝酸を供給して洗浄を繰り返し行う。洗浄液は、各抽出器においてプルトニウム濃度を分析し、洗浄の効果を確認後、低濃度のプルトニウム溶液の取出しに用いる送液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。

③ 酸回収工程の濃縮液受槽（273V50）（参考図-4-3 参照）

濃縮液受槽（273V50）の洗浄液は、既に工程洗浄終了の判断基準を満たしており、洗浄液の送液のみ行う。洗浄液は、高放射性廃液蒸発缶（271E20）を經由して、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。なお、濃縮液受槽（273V50）の洗浄液の送液においては、送液残液に硝酸を供給して繰り返し洗浄を行う。

④ 分析所（参考図-4-4 参照）

分析所（CB）の分析試料等を保有する分析所（CB）の中間貯槽（108V10 及び 108V11）は、硝酸を供給して繰り返し洗浄を行う。洗浄液は既設配管を用いて分離精製工場（MP）の溶解槽溶液受槽（243V10）へ送液し、せん断粉末の溶解液と同じ送液経路で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。洗浄液は中間貯槽（108V10 及び 108V11）において核燃料物質濃度を分析し、洗浄の効果を確認する。

以上

分離精製工場 (MP)

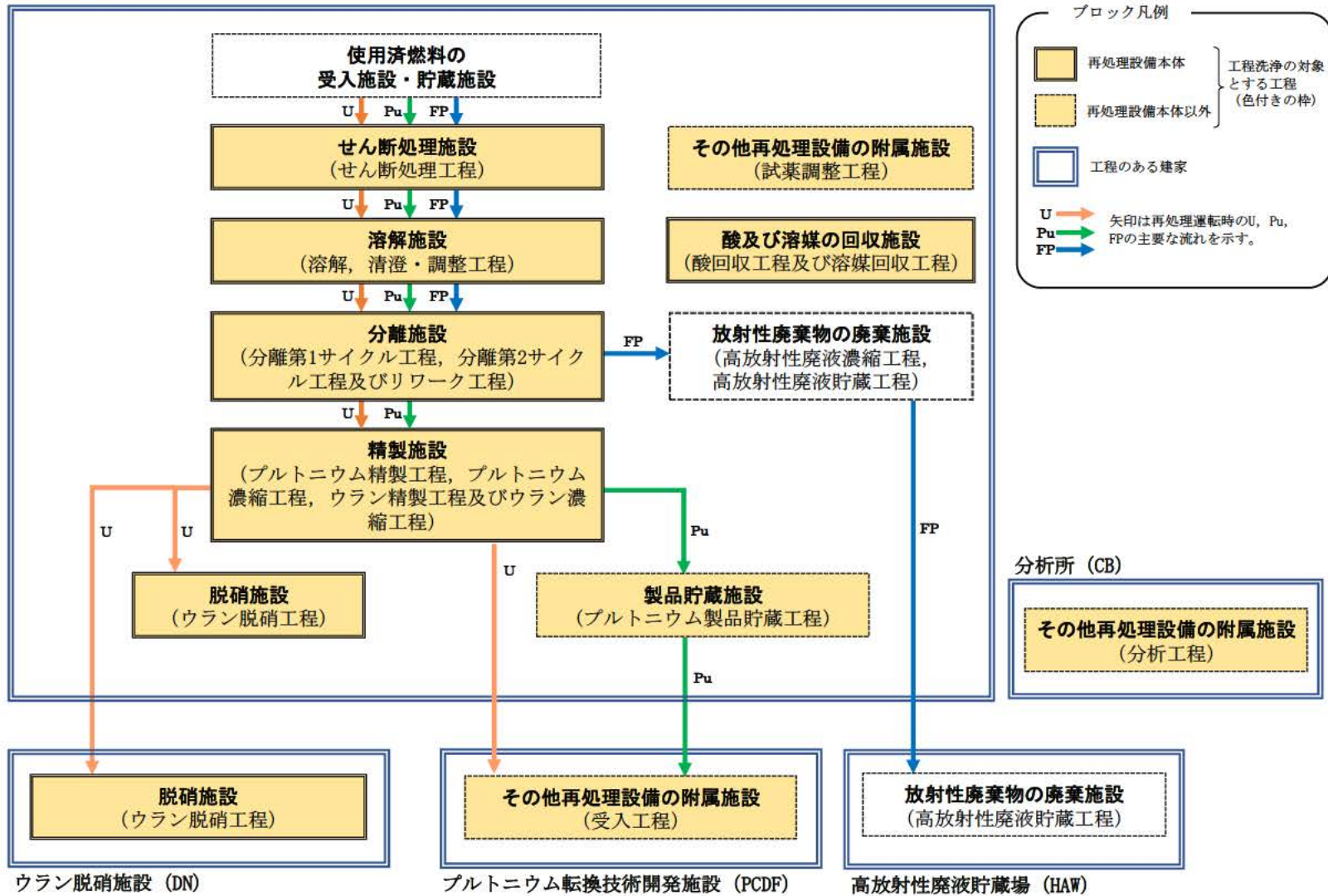


図-1 回収可能核燃料物質を保有する施設 (工程洗浄の対象範囲)

表-1 回収可能核燃料物質を保有する機器

建家	施設区分 (*再処理設備本体)	工程	機器名称	機器番号	物質の状態
MP	せん断処理施設*	せん断 処理工程	除染保守セル	R333	使用済燃料 せん断粉末
	溶解施設*	溶解工程	洗浄液受槽	242V13	洗浄液※ ¹
		清澄工程	溶解槽溶液受槽	243V10	
			パルスフィルタ	243F16	
	分離施設*	分離第2 サイクル工程	中間貯槽	255V12	洗浄液※ ¹
		ウラン 精製工程	中間貯槽	261V12	
	精製施設*	プルトニウム 精製工程	プルトニウム 精製抽出器	265R20, R21, R22	
	酸の回収施設*	酸回収工程	濃縮液受槽	273V50	
	分離施設*	リワーク工程	プルトニウム 溶液受槽	276V20	洗浄液※ ²
	精製施設*	プルトニウム 濃縮工程	希釈槽	266V13	
	製品貯蔵施設	プルトニウム 製品貯蔵工程	プルトニウム 製品貯槽	267V10～V16	低濃度の プルトニウム溶液
	精製施設*	ウラン溶液 濃縮工程	中間貯槽	263V10	ウラン溶液
			一時貯槽	263V51～V58	
	その他再処理設備の附属 施設	試薬調整工程	受流槽	201V75	
貯槽			201V77～V79		
脱硝施設*	ウラン 脱硝工程	三酸化ウラン 循環容器	FRP-5, 6, 10	ウラン粉末	
DN	脱硝施設*	ウラン 脱硝工程	UNH 貯槽	263V32	ウラン溶液
		UNH 貯槽	263V33		
PCDF	その他再処理設備の附属 施設	受入工程	硝酸ウラニル 貯槽	P11V14	ウラン溶液
CB	その他再処理設備の附属 施設	分析工程	中間貯槽	108V10	分析試料等※ ¹
			中間貯槽	108V11	

略称；MP：分離精製工場，DN：ウラン脱硝施設，PCDF：プルトニウム転換技術開発施設，CB：分析所

※¹ その他の核燃料物質（工程内の洗浄液等）として扱う。

※² 低濃度のプルトニウム溶液として扱う。

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

1. 概要

工程洗浄では、せん断粉末の溶解液、低濃度のプルトニウム溶液及びその他の核燃料物質（工程内の洗浄液等）は放射性液体廃棄物として廃棄し、ウラン溶液は粉末化して取り出す。工程洗浄に用いる機器は、臨界管理（形状、濃度又は質量）をしており、濃度又は質量の臨界管理値を下回ることを確認することにより臨界安全上問題ないこと及び送液経路において誤操作（誤移送）を想定しても臨界安全を確保できることを確認した。

また、工程洗浄では、せん断粉末の溶解液及び低濃度のプルトニウム溶液を通常使用しない経路を用いて送液を行うことから、要領書等の見直し等が必要な操作についても確認した。

2. 工程洗浄に用いる機器の臨界安全性

(1) せん断粉末の溶解液の取出しに用いる機器

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ない。

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。

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 参照）。

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 40 gU/L）が既許認可のウラン濃度（濃縮ウラン溶解槽（242R12）で最大 500 gU/L）よりも十分低いこと、既許認可（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。

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、それら機器がウラン溶液系の臨界管理の機器であり、既許認可（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（ ）が既許認可にある臨界濃度（> 340 gU/L）より十分に低いことから、臨界安全上の問題はない。

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)。

(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。

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)。

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。

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ことで、ウラン溶液系の臨界管理機器である中間貯槽 (276V12-V15)、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)、中間貯槽 (272V37 又は V38) 及び高放射性廃液貯槽 (272V31～V35) での取り扱いが可能となる。使用済燃料と同等のウラン/プルトニウム比としたウラン及びプルトニウムの混合液については、それら機器の既許認可 (形状又は質量管理) の範囲内であること又はウラン及びプルトニウムの混合液のウラン濃度 () が既許認可にある臨界濃度 ($> 340 \text{ gU/L}$) より十分に低いことから、臨界安全上の問題はない。ウラン及びプルトニウムの混合液については、文献²⁾の臨界評価結果を参考に無限実効増倍率 (k_{∞}) を評価すると 0.75 未満となることを別途確認している (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)。

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)。

(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

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、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臨界質量 $56.8 \text{ kgU}^{(3)}$ (均質系 $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$, ウラン濃縮度 4%) 未満であり臨界安全上の問題はない。

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。

3. 工程洗浄特有の操作の安全性

再処理施設は、アスファルト事故後の安全性確認作業⁴⁾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。

(1) せん断粉末の濃縮ウラン溶解槽 (242R12) への直接装荷

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。

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。当該操作におけるせん断粉末の取扱量は 1 回当たり 30 kg 以下とし、臨界安全ハンドブック・データ集第 2 版の臨界質量約 $900 \text{ kgU}^{(1)}$ (ウラン濃縮度 4%, 均質 $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系, UO_2 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ない。

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 30 kg) については再処理施設保安規定に定める。

(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)

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。

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。

* 施設の設計条件（PWR 基準燃料、冷却日数 180 日、0.7 tU/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界濃度の 4% に到達する。

(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

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。

* 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 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（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、再処理施設保安規定にて管理する。

(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、取り扱うウランの重量が最小臨界質量 56.8 kgU³（均質系 UO₂-H₂O，ウラン濃縮度 4%）未満であり臨界安全上の問題はない。

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。

(5) 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

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、既許認可にある臨界濃度（>340 gU/L）より十分に低いことから、臨界安全上の問題はない。

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。

(6) 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

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~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。

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。

参考文献

- 1) 「臨界安全ハンドブック・データ集第2版」, (奥野他 2009) JAEA-Data/Code 2009-010
- 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のデータ」(須藤他 2011) JAEA-Data/Code-2011-021
- 3) 「臨界安全ハンドブック第2版」, JAERI 1340, 日本原子力研究所, 1991年3月
- 4) 「東海再処理施設の安全性確認に関する報告書」, JNC TN8440 99-002, 核燃料サイクル開発機構, 平成11年2月

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	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	パルス発生槽 (243V17)	無	濃度管理 ^{※4}	>340 gU/L ^{※4}	—	
	分配器 (243D19)	無	臨界容積以下 ^{※5}	—	—	
	シールポット (243V181)	無	臨界容積以下 ^{※5}	—	—	
	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	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	空気分離器 (251V117)	無	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	ダネード給液槽 (251V118)	無	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	呼水槽 (251V120)	無	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	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 ^{※4}	>540 gU/L ^{※4}	—	
	高放射性廃液分配器 (252D12)	有 ^{※2}	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	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}	臨界容積以下 ^{※4}	—	—	
	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	有 ^{※2}	濃度管理 ^{※4}	>340 gU/L ^{※4}	—	
	HAW	中間貯槽 (272V37, V38)	有 ^{※2}	—	(>340 gU/L)	

※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抽出操作高放射性廃液貯槽(272V31~V35)へ送液する。

※3 再処理事業指定申請書より

※4 臨界管理基準より

※5 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

(): その系統の機器から設定

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

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}	18 gPu/L ^{※6}	
	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 ^{※6}	>540 gU/L ^{※6}	—	
	高放射性廃液分配器 (252D12)	有 ^{※4}	臨界容積以下 ^{※6}	—	—	
	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}	臨界容積以下 ^{※6}	—	—	
高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	有 ^{※4}	濃度管理 ^{※6}	>340 gU/L ^{※6}	—		
HAW	中間貯槽 (272V37, V38)	有 ^{※5}	—	(>340 gU/L)	—	

※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実効増倍率(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り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 臨界管理基準より

():その系統の機器から設定

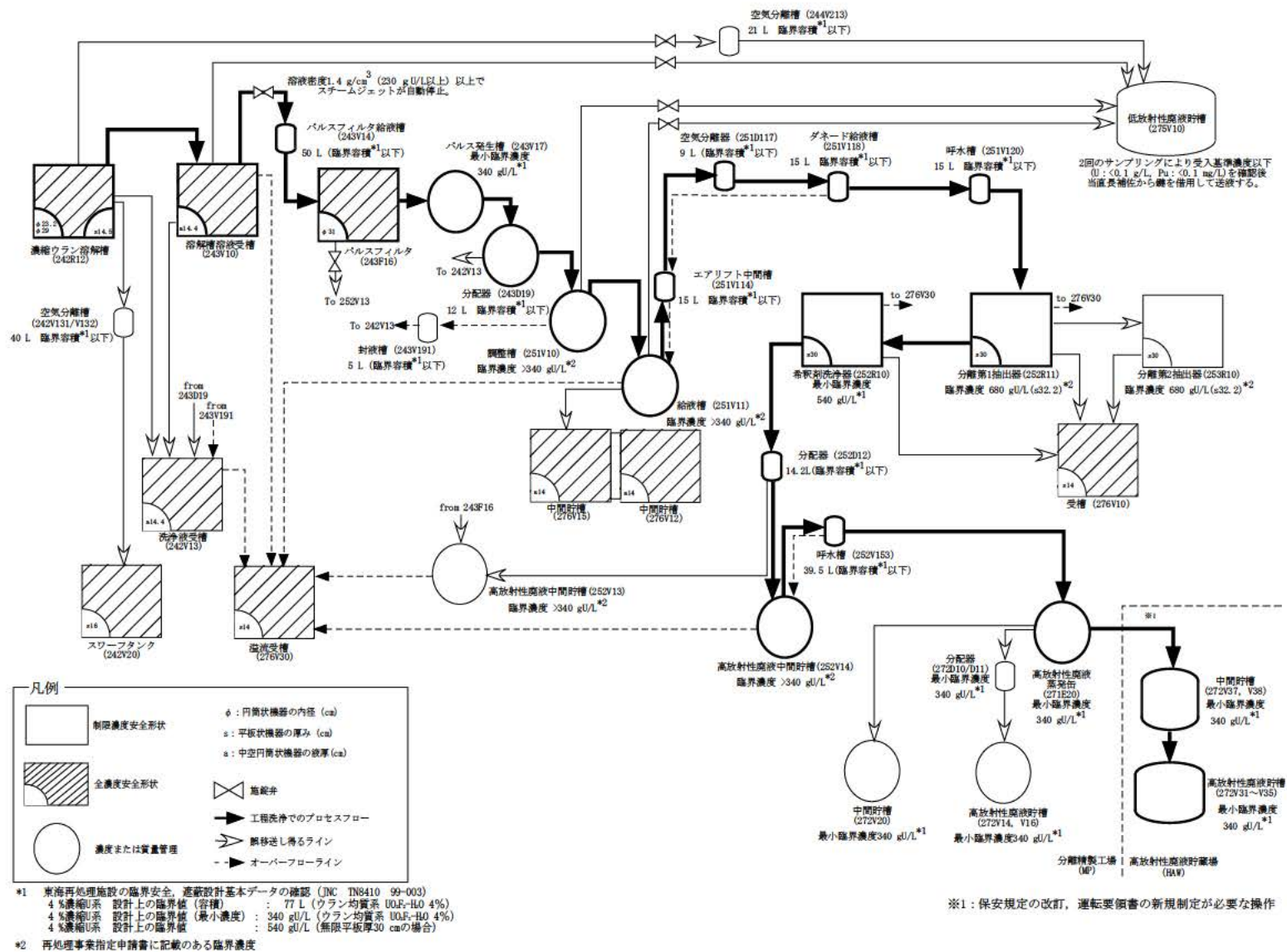


図-2-1 せん断粉末の溶解液の送液経路及び臨界管理系統図

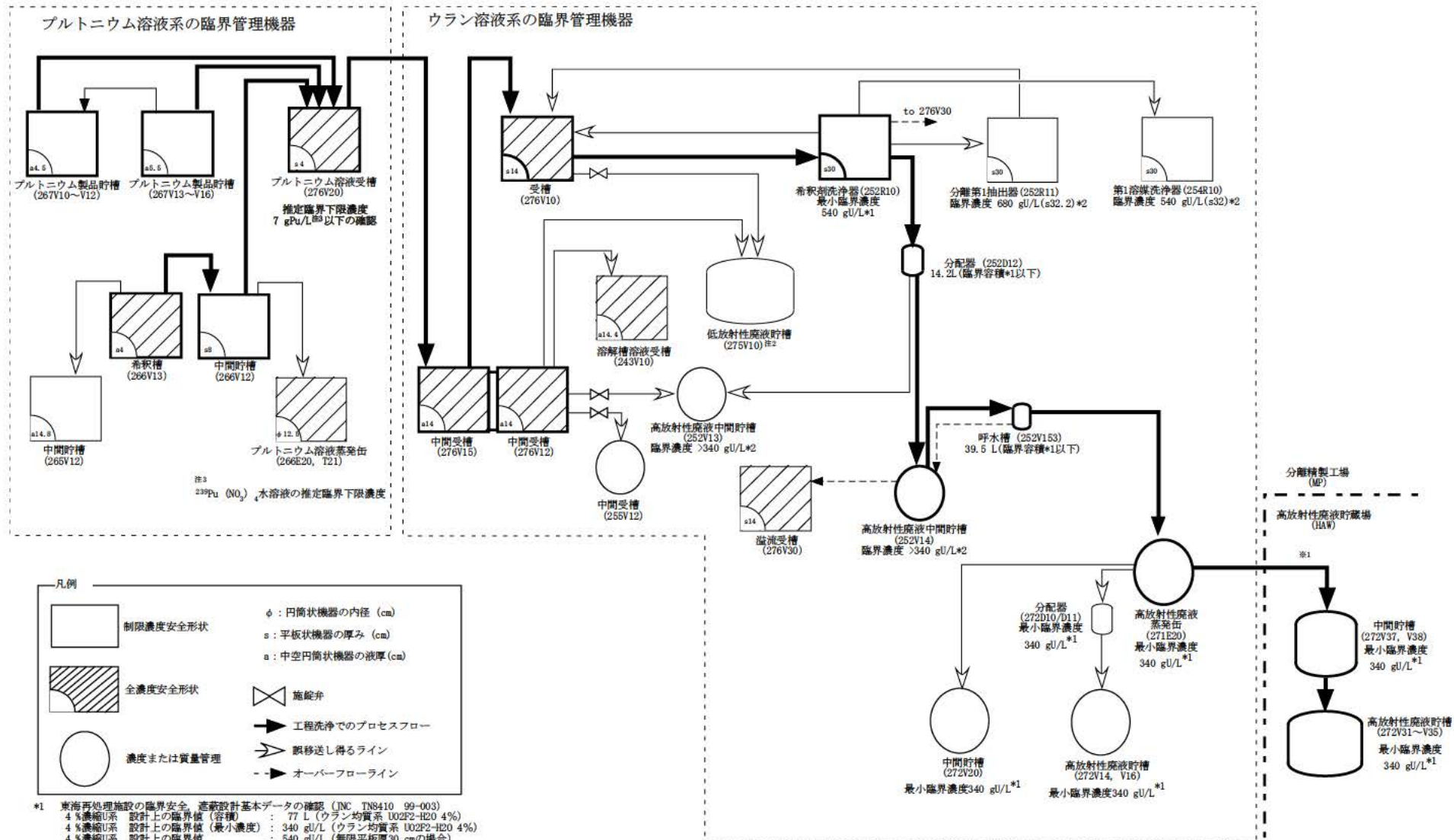


図-2-2 低濃度のプルトニウム溶液の送液経路及び臨界管理系統図

低濃度のプルトニウム溶液の取出しに係る臨
界
安全性

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。

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/プルトニウム比が管理値（70）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。

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。

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。

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。

3.2 評価結果

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^{*}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。

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)。

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。また, 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) 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, 無限実効増倍率 (k_{∞}) が 0.7 未満となることから臨界安全上の問題はない。

※ 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)

4. 参考文献

- 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のデータ」(須藤他 2011) JAEA-Data-Code-2011-021

以上

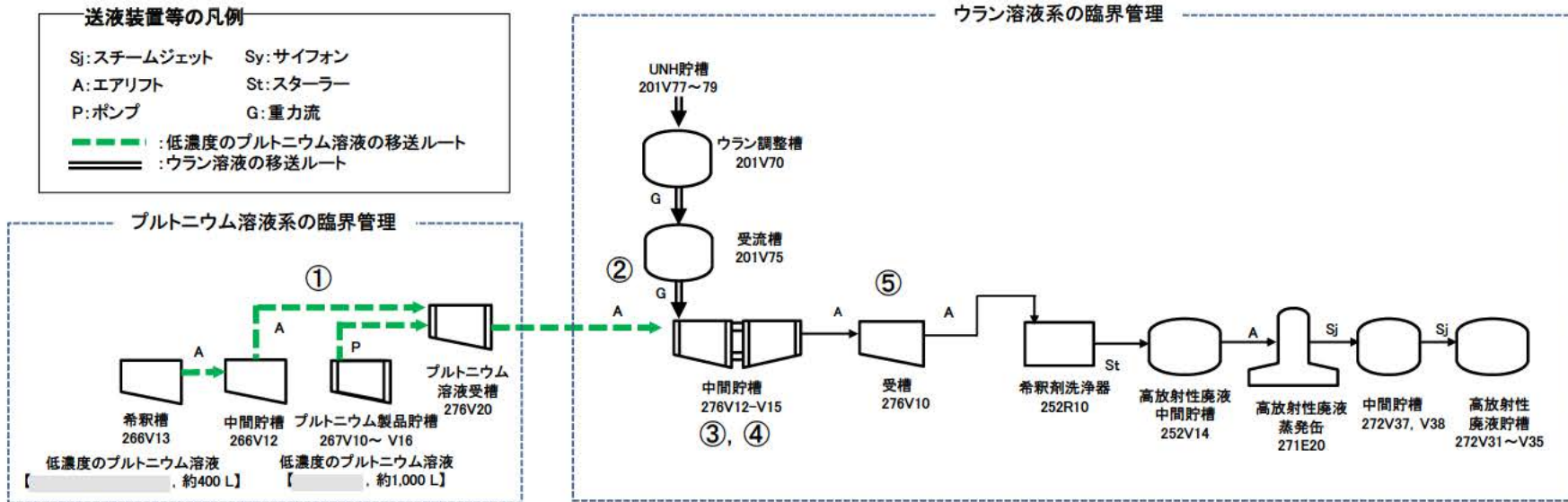


図 2-1 低濃度のプルトニウム溶液の取出し方法及び送液方法

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		備考
		濃度 (g/L)	濃縮度 (%)	濃度 (g/L)	Pu-239:Pu-240:Pu-241 同位体組成 ^{※1}	
低濃度の プルトニウムの 送液経路	266V12 (266V13 の溶液受入れ時)					
	266V13					
	267V10～V16					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
	276V20 (266V13 の溶液受入れ時)					
混合液の 送液経路	276V12-V15					
	276V10					
	252R10					
	252V14					
	271E20					
	272V37, V38					
混合液等 ^{※2} の送液先	272V31～V35					

※1 Pu-239, Pu-240 及び Pu-241 の分析値で評価

※2 セン断粉末の溶解液, 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 3-2-2 文献¹⁾の臨界評価結果と比較するために保守的に設定した当該評価の条件

評価機器 [図 3-2-1 の評価点番号]	ウラン濃度 (g/L)	ウラン濃縮度 (%)	プルトニウム濃度 (g/L)	プルトニウムの 同位体組成 ^{*1} (Pu-239:Pu-240:Pu-241)
低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器 [評価点 A]				
混合液の送液経路の機器 [評価点 B]				
混合液等の送液後の高放射性廃液貯槽 [評価点 C]				

() 内は、分析値より設定した各機器のウラン濃度、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

※1 臨界安全上は、プルトニウムの同位体のうち核分裂性核種である Pu-239 及び Pu-241 の組成が多く、中性子吸収核種ある Pu-240 の組成が少ない方が保守的となる。そのため、当該評価の条件は表 3-2-1 に示した各機器のプルトニウム同位体組成よりも Pu-239 及び Pu-241 が多く、Pu-240 が少ない文献¹⁾中のプルトニウム同位体組成と設定する。

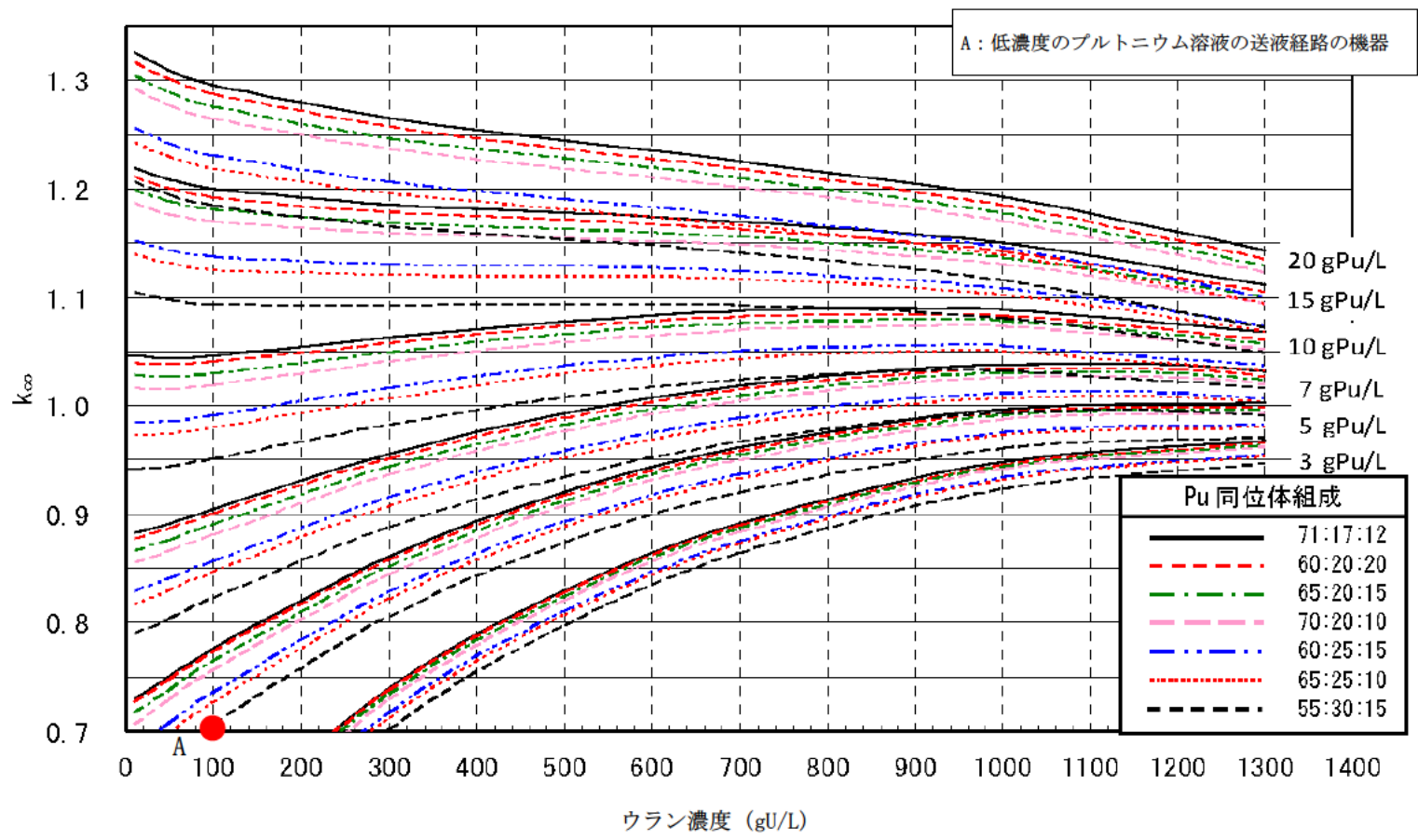
また、低濃度のプルトニウム溶液の送液経路の機器（評価点 A）における Pu-239 の同位体組成比は、分析値（54%）に対して設定した条件は 55%であり 1%の裕度であるものの、以下の理由により保守的な条件となる。

プルトニウム濃度は、同位体希釈質量分析法（IDMS）により測定され、その誤差は、計量管理における設計情報質問（DIQ）より表 3-2-3 のとおり定められている。同位体希釈質量分析法（IDMS）は、同位体既知量の標準物質を内標準として添加し、添加前後の同位体比の変化からプルトニウム濃度を求める高精度分析法である。同位体希釈質量分析法（IDMS）によるプルトニウム濃度測定の分析誤差には、内標準物質の信頼性や試料秤量エラーといった同位体組成の測定には含まれない誤差要因がある。このため、プルトニウム同位体組成の分析誤差については、偶然誤差及び系統誤差とも表 3-2-3 の分析誤差の値よりも小さくなる。

表 3-2-3 プルトニウム同位体組成の誤差

	偶然誤差 (%) : R	系統誤差 (%) : S
サンプリング誤差 : Sa	<0.5	<0.2
分析誤差 : A	1.0	0.3

表 3-2-3 の保守的な同位体希釈質量分析法 (IDMS) のプルトニウム濃度分析誤差を用いてプルトニウム同位体組成の誤差を測定すると、 $Sa = \sqrt{R^2 + S^2}$, $A = \sqrt{R^2 + S^2}$, 全体誤差 = $Sa + A$ により、1.58%となる。この誤差を同位体の分析値に乗じると 54.9%であり保守的に設定した条件の範囲内となるため、条件設定に問題はない。なお、混合液の送液経路の機器 (評価点 B) 及び混合液の送液後の高放射性廃液貯槽 (評価点 C) についても同様の理由により保守的である。



[ウラン (濃縮度 1.6%), プルトニウム濃度-k_∞関係 (UO₂ (NO₃)₂-Pu (NO₃)₄水溶液)]

図 3-2-1 工程洗浄で低濃度のプルトニウム溶液が経由する機器等の条件と文献¹⁾の既存の無限体系の臨界評価との比較

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

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、既許認可で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。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。

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）

工程洗浄では、プルトニウム溶液の固化・安定化処理をした際、送液残液として残ったプルトニウム溶液（ ）に液量測定が可能な液量まで硝酸を供給した低濃度のプルトニウム溶液（ ）と、ウラン及びプルトニウム混合溶液（ ）を取り出す。これらの低濃度のプルトニウム溶液の性状を表 2-1 に示す。

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との比較

プルトニウムポリマーの生成条件（酸濃度，温度，プルトニウム濃度）及びプルトニウム溶液を SJ で送液した実績に関する文献調査結果と工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液の性状を当てはめ、プルトニウムポリマー生成の可能性について検討した。また、ウラン共存下におけるプルトニウムポリマーへの影響についても検討した。

3.1 プルトニウムポリマーの生成条件

再処理プロセス・ハンドブック¹⁾におけるプルトニウムポリマーの生成条件を図 3-1 に示す。プルトニウム溶液の酸濃度が低いほど、また温度及びプルトニウム濃度が高いほどプルトニウムポリマーは生成しやすくなる。

図 3-1 から仮に工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液（プルトニウム濃度 ，酸濃度約 4 mol/L）が SJ により約 100℃まで昇温されたとしても、プルトニウムポリマーが生成する酸濃度は約 0.4 mol/L であり、約 10 倍に希釈される必要がある。10 倍に希釈された場合、プルトニウム濃度は約 となり、プルトニウムポリマーが生成しない領域である。しかしながら、蒸気との接触

による局所的な酸濃度の低下を考慮するとプルトニウム溶液単体での送液においては、プルトニウムポリマー生成の可能性は否定できない。

3.2 プルトニウムポリマーの生成に要する時間

文献²⁾において、プルトニウム溶液のプルトニウム濃度、温度及び酸濃度から2%のプルトニウムがプルトニウムポリマーに変化するまでの期間を計算する経験式が公開されている。

プルトニウムポリマーの生成に要する時間の計算式を以下に示す。

$$t = [Pu_T]^{-1.6} \times [HNO_3]^{4.6} \times (7.66 \times 10^{-16})e^{12300/T}$$

ここで、

t	: 2%のプルトニウムがプルトニウムポリマーに変化するまでの時間 (h)
$[Pu_T]$: プルトニウム濃度 (mol/L)
$[HNO_3]$: 酸濃度 (mol/L)
T	: 温度 (K)

上記の計算式を用いて、工程洗浄におけるプルトニウムポリマーの生成する時間を評価した(表 2-2)。その結果、SJにより希釈される前の条件(プルトニウム濃度 , 酸濃度 4 mol/L, 温度 35°C)では約 7.8×10^3 年, SJにより10倍に希釈されたプルトニウム溶液の条件(プルトニウム濃度 , 酸濃度 0.4 mol/L, 温度 100°C)では約 66 時間となる。

3.3 プルトニウム溶液をSJで送液した実績

再処理施設では、精製済のプルトニウム溶液をSJで送液した実績はないものの、米国オークリッジ国立研究所においては、研究室に設置したSJを用いたプルトニウム溶液の送液試験が実施されている。試験の結果、プルトニウム濃度約 84 g/Lのプルトニウム溶液をSJで送液した場合、酸濃度が 1 mol/Lより高ければプルトニウムポリマーは確認されなかったと報告されている²⁾。

しかし、「プルトニウムポリマーに係るその他の試験結果を踏まえると、蒸気との接触に伴うプルトニウムポリマーの生成が予想されるため、研究室でのSJを用いた送液試験結果は慎重にみるべきである」と結論付けられており、プルトニウム溶液単体をSJで送液することはせず、プルトニウムポリマーの生成を抑制するため、ウラン溶液と混合することを検討した。

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。

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。

3.5 ウラン/プルトニウム比の管理方法

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。

4. まとめ

プルトニウム溶液の SJ での送液においては，既許認可の条件内でウランと共存させることにより，プルトニウムポリマーの生成を防止できるため，工程内の一部のウラン溶液と混合する。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。

5. 参考文献

- 1) 「再処理プロセス・ハンドブック第3版」, 日本原子力研究開発機構, JAEA-Review2015-002, P527, (2015).
- 2) L. M. Toth, K. E. Dodson, “Plutonium (IV) hydrous Polymer Chemistry” Oak Ridge National Laboratory, Annual Summer Meeting of the American Nuclear Society, Boston, Mass., (June 9-14, 1985)
- 3) L. M. Toth, H. A. Friedman, and M. M. Osborne, “Polymerization of Pu (IV) in Aqueous Nitric Acid Solutions” J. inorg. nucl. Chem. Vol. 43, No. 11, pp. 2929-2934, (1981)

表 2-1 工程洗浄で取り出す低濃度のプルトニウム溶液の組成

	低濃度のプルトニウム溶液	ウラン及びプルトニウム 混合溶液
貯蔵している貯槽	プルトニウム製品貯槽 (267V10～V16)	希釈槽 (266V13)
プルトニウム濃度 ^{※1} (プルトニウム量)		
ウラン濃度 ^{※1} (ウラン量)	—	
酸濃度	約 4～6 mol/L ^{※2}	約 3 mol/L ^{※1}

※1 2021年 PITにおける分析値

※2 プルトニウム製品貯槽における酸濃度の管理値

表 2-2 工程洗浄におけるプルトニウムポリマーの生成時間

	希釈前のプルトニウム溶液	希釈後のプルトニウム溶液
プルトニウム濃度		
酸濃度	約 4 mol/L	約 0.4 mol/L
温度	35°C (308 K)	100°C (373 K)
プルトニウムポリマーの 生成時間	約 7.8×10^3 年	約 66 時間

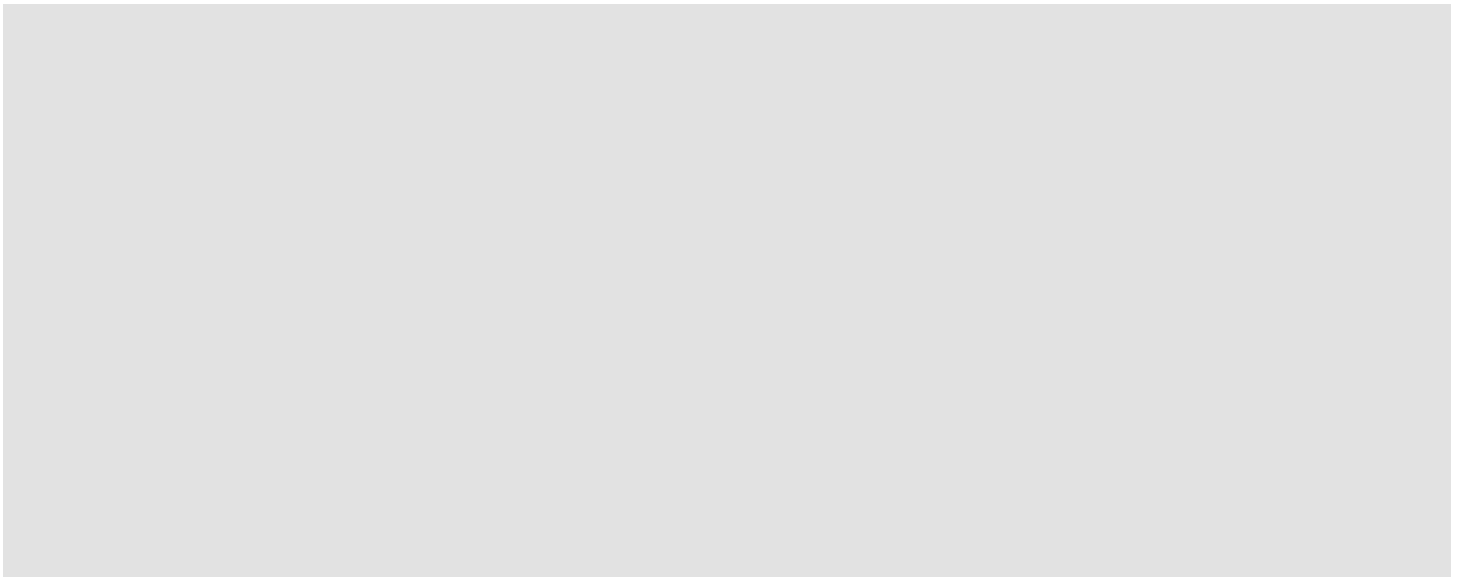


図 3-1 プルトニウムポリマー生成条件 (Brunstad, A., Ind. Eng. Chem., 51, 1959, 温度△ : 25°C, ○ : 80°C, □ : 90°C, ◆ : 100°C, 各曲線の上あるいは左の領域でポリマーが生成)

漏えいに対する安全性

1. 概要

工程洗浄の対象機器は、高経年化や長期停止により考えられる不具合を考慮し事前に入念な設備点検及び整備を行い、工程洗浄を確実に実施する。

しかし、工程洗浄の対象機器の主な機器は、設置後 40 年を超えている機器もあることから、長期使用に伴う万一の腐食故障等により回収可能核燃料物質が漏えいした場合の安全性を確認する。

漏えい事象が発生した場合の安全性の評価としては、既存の設備で漏えい事象を検知でき、漏えい液を確実に回収できる設計であることを確認する。

2. 確認方法

工程洗浄の対象機器及び配管に対して、回収可能核燃料物質の漏えい先、漏えいの検知方法、漏えい液の回収方法及び回収した漏えい液の送液先を確認する。

3. 確認結果

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、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）。

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。

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(1/8)

回収可能 核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の 回収装置	漏えい液の 送液先
せん断粉末 の溶解液	MP	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	濃縮ウラン溶解セル (R003)	ドリフトレイ (204U003)	液位上限注意 (204LW*003)	スチームジェット (204J003A)	洗浄槽 (235V10)
		洗浄液受槽 (242V13)	給液調整セル (R006)	ドリフトレイ (204U006)	液位上限注意 (204LW*006)	スチームジェット (204J006A)	
		溶解槽溶液受槽 (243V10)					
		パルスフィルタ給液槽 (243V14)					
		パルスフィルタ (243F16)	分離第1セル (R107A)	ドリフトレイ (204U107A)	漏えい検知装置 (204LW*107A)	スチームジェット (204J107A)	受槽 (276V10)
		配管 (242R12→243V10)	放射性配管分岐室 (R027)	ドリフトレイ (204U027)	液位上限注意 (204LW*027)	スチームジェット (204J027)	洗浄槽 (235V10)
		パルス発生槽 (243V17)	給液調整セル (R006)	ドリフトレイ (204U006)	液位上限注意 (204LW*006)	スチームジェット (204J006A)	洗浄槽 (235V10)
		調整槽 (251V10)					
		給液槽 (251V11)					
		エアリフト中間貯槽 (251V114)					
		ダネード給液槽 (251V118)	分離第1セル (R107A)	ドリフトレイ (204U107A)	漏えい検知装置 (204LW*107A)	スチームジェット (204J107A)	受槽 (276V10)
		呼水槽 (251V120)					
		分離第1抽出器 (252R11)					
		希釈剤洗浄器 (252R10)					

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(2/8)

回収可能 核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の 回収装置	漏えい液の 送液先
せん断粉末 の溶解液	MP	分配器 (252D12)	給液調整セル (R006)	ドリフトレイ (204U006)	液位上限注意 (204LW*006)	スチームジェット (204J006A)	洗浄槽 (235V10)
		高放射性廃液中間貯槽 (252V14)					
		呼水槽 (252V153)					
		高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	高放射性廃液濃縮セル (R018)	ドリフトレイ (204U018)	漏えい検知装置 (204LW*018)	スチームジェット (204J018A)	呼水槽 (273V293)
		分配器 (272D10, D11)	分配器セル (R216)	ドリフトレイ (204U216) から重力流 によりドリフトレイ (204U017) へ	漏えい検知装置 (204LW*017)	スチームジェット (204J017)	高放射性廃液貯槽 (272V12, V14, V16, V18)
	HAW	分配器 (272D12)	分配器セル (R201)	ドリフトレイ (272U201) から重力流 により水封槽 (272V206) へ	ドリフトレイ流 量上限警報 (272FA*201)	無 (重力流)	水封槽 (272V206)
		分配器 (272D13)	分配器セル (R202)	ドリフトレイ (272U202) から重力流 により水封槽 (272V207) へ	ドリフトレイ流 量上限警報 (272FA*202)	無 (重力流)	水封槽 (272V207)
		中間貯槽 (272V37, V38)	中間貯槽セル (R008)	ドリフトレイ (272U008)	漏えい検知装置 (272LA*008)	スチームジェット (272J0081)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0082)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0083)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V31)	高放射性廃液貯槽セル (R001)	ドリフトレイ (272U001)	漏えい検知装置 (272LA*001)	スチームジェット (272J0011)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0012)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0013)	水封槽 (272V207)

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(3/8)

回収可能核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の回収装置	漏えい液の送液先
せん断粉末の溶解液	HAW	高放射性廃液貯槽 (272V32)	高放射性廃液貯槽セル (R002)	ドリフトレイ (272U002)	漏えい検知装置 (272LA*002)	スチームジェット (272J0021)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0022)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0023)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V33)	高放射性廃液貯槽セル (R003)	ドリフトレイ (272U003)	漏えい検知装置 (272LA*003)	スチームジェット (272J0031)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0032)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0033)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V34)	高放射性廃液貯槽セル (R004)	ドリフトレイ (272U004)	漏えい検知装置 (272LA*004)	スチームジェット (272J0041)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0042)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0043)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V35)	高放射性廃液貯槽セル (R005)	ドリフトレイ (272U005)	漏えい検知装置 (272LA*005)	スチームジェット (272J0051)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0052)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0053)	水封槽 (272V207)
低濃度のプルトニウム溶液	MP	中間貯槽 (266V12)	プルトニウム精製セル (R015)	ドリフトレイ (204U015.2)	漏えい検知装置 (204LW*015.2)	スチームジェット (204J015.2)	プルトニウム溶液受槽 (276V20)
		希釈槽 (266V13)					
		プルトニウム溶液蒸発缶 (266E20)	プルトニウム濃縮セル (R125B)	ドリフトレイ (204U125B) から重力流によりドレン受槽 (266V40, V41) へ	漏えい検知装置 (204FW*125B)	無 (重力流)	ドレン受槽 (266V40, V41)

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(4/8)

回収可能 核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の 回収装置	漏えい液の 送液先
低濃度のプルト ニウム溶液	MP	プルトニウム濃縮液受槽 (266V23)	プルトニウム濃縮セル (R025A)	ドリフトレイ (204U025A) から重力流 によりドレン受槽 (266V40, V41) へ	ドレン受槽液位計 266LIR41.1	無 (重力流)	ドレン受槽 (266V40, V41)
		循環槽 (266V24)					
		計量槽 (266V25)	グローブボックス (266X63)	グローブボックス (266X63) から重力流に よりドレン受槽 (266V40, V41) へ	ドレン受槽液位計 266LIR41.1	無 (重力流)	
		プルトニウム製品貯槽 (267V10~12)	プルトニウム 製品貯蔵セル (R023)	ドリフトレイ (204U023)	漏えい検知装置 (204LW*023)	ポンプ (267P101)	プルトニウム 製品貯槽 (267V10~V16)
		プルトニウム製品貯槽 (267V13~V16)	プルトニウム 製品貯蔵セル (R041)	ドリフトレイ (204U041)	漏えい検知装置 (204LW*041)	ポンプ (267P101)	プルトニウム 製品貯槽 (267V10~V16)
		計量槽 (267V102)	グローブボックス (266X62B)	グローブボックス (266X62B) から重力流 によりプルトニウム製品 貯槽 (267V10) へ	目視確認 (サンプリング時 作業員が常駐) *1 及びプルトニウム 製品貯槽液位上昇 警報 267LA*10.2	無 (重力流)	プルトニウム 製品貯槽 (267V10)
		プルトニウム溶液受槽 (276V20)	リワークセル (R008)	ドリフトレイ (204U008)	漏えい検知装置 (204LW*008)	スチームジェット (204J008A)	プルトニウム溶液とウラ ン溶液を混合してから受 槽 (276V10) へ送液
		中間貯槽 (276V12~V15)					受槽 (276V10)
		受槽 (276V10)					漏えい液を受槽 (276 V10) に回収しながら中 間貯槽 (276V12~V15) 等 に送液
		希釈剤洗浄器 (252R10)	分離第1セル (R107A)	ドリフトレイ (204U107A)	漏えい検知装置 (204LW*107A)	スチームジェット (204J107A)	受槽 (276V10)

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(5/8)

回収可能核燃料物質	建家	対象機器 (配管含む)	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の回収装置	漏えい液の送液先
低濃度のプルトニウム溶液	MP	分配器 (252D12)	給液調整セル (R006)	ドリフトレイ (204U006)	液位上限注意 (204LW*006)	スチームジェット (204J006A)	洗浄槽 (235V10)
		高放射性廃液中間貯槽 (252V14)					
		呼水槽 (252V153)					
		高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	高放射性廃液濃縮セル (R018)	ドリフトレイ (204U018)	漏えい検知装置 (204LW*018)	スチームジェット (204J018A)	呼水槽 (273V293)
		分配器 (272D10, D11)	分配器セル (R216)	ドリフトレイ (204U216) から重力流 によりドリフトレイ (204U017) へ	漏えい検知装置 (204LW*017)	スチームジェット (204J017)	高放射性廃液貯槽 (272V12, V14, V16, V18)
	HAW	分配器 (272D12)	分配器セル (R201)	ドリフトレイ (272U201) から重力流 により水封槽 (272V206) へ	ドリフトレイ流 量上限警報 (272FA*201)	無 (重力流)	水封槽 (272V206)
		分配器 (272D13)	分配器セル (R202)	ドリフトレイ (272U202) から重力流 により水封槽 (272V207) へ	ドリフトレイ流 量上限警報 (272FA*202)	無 (重力流)	水封槽 (272V207)
		中間貯槽 (272V37, V38)	中間貯槽セル (R008)	ドリフトレイ (272U008)	漏えい検知装置 (272LA*008)	スチームジェット (272J0081)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0082)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0083)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V31)	高放射性廃液貯槽セル (R001)	ドリフトレイ (272U001)	漏えい検知装置 (272LA*001)	スチームジェット (272J0011)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0012)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0013)	水封槽 (272V207)

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(6/8)

回収可能核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の回収装置	漏えい液の送液先
低濃度のプルトニウム溶液	HAW	高放射性廃液貯槽 (272V32)	高放射性廃液貯槽セル (R002)	ドリフトレイ (272U002)	漏えい検知装置 (272LA*002)	スチームジェット (272J0021)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0022)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0023)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V33)	高放射性廃液貯槽セル (R003)	ドリフトレイ (272U003)	漏えい検知装置 (272LA*003)	スチームジェット (272J0031)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0032)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0033)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V34)	高放射性廃液貯槽セル (R004)	ドリフトレイ (272U004)	漏えい検知装置 (272LA*004)	スチームジェット (272J0041)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0042)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0043)	水封槽 (272V207)
		高放射性廃液貯槽 (272V35)	高放射性廃液貯槽セル (R005)	ドリフトレイ (272U005)	漏えい検知装置 (272LA*005)	スチームジェット (272J0051)	水封槽 (272V206)
						スチームジェット (272J0052)	放射性廃液貯槽 (272V50)
						スチームジェット (272J0053)	水封槽 (272V207)
ウラン溶液	MP	中間貯槽 (263V10)	ウラン濃縮脱硝室 (A022)	ドリフトレイ (204U022)	漏えい検知装置 (204LW*022)	無*	一時保管容器
		ウラン溶液蒸発缶 (第1段) (263E11-T12)	ウラン濃縮脱硝室 (A122, A222, A322)	ドリフトレイ (204U12)	無*	無 (重力流)	ドリフトレイ (204U18) を経由し、低 放射性廃液中間貯槽 (275V20) へ
		濃縮液受槽 (263V17)	ウラン濃縮脱硝室 (A122)	ドリフトレイ (204U18)	無*	無 (重力流)	
		希釈槽 (263V18)					

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(7/8)

回収可能 核燃料物質	建家	対象機器 (配管含む)	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の 回収装置	漏えい液の 送液先
ウラン溶液	MP	ダネード給液槽 (263V103)	ウラン濃縮脱硝室 (A322)	ドリフトレイ (204U12)	無*1	無 (重力流)	ドリフトレイ (204U18) を経由し, 低 放射性廃液中間貯槽 (275V20) へ
		呼水槽 (263V105)					
		一時貯槽 (263V51~V58)	分岐室 (A147)	ドリフトレイ (204U147) から重力流 によりドリフトレ (204U022) へ	液位上限注意 (204LW*022)	無*2	中間貯槽 (263V10)
		貯槽 (201V77~79)	ウラン試薬調整室 (G644)	ドリフトレイ (201U762) から重力流 により溢流槽 (201V75) へ	201LIW*75	無 (重力流)	受流槽 (201V75)
		ウラン調整槽 (201V70)	ウラン試薬調整室 (G544)	ドリフトレイ (201U752)	276LR12. 1*1	無 (重力流)	中間貯槽 (276V12-V15)
		受流槽 (201V75)	ウラン試薬調整室 (G544)	ドリフトレイ (201U752)	276LR12. 1*1	無 (重力流)	中間貯槽 (276V12-V15)
	DN	UNH 受槽 (263V30)	UNH 受槽室 (A016)	ドリフトレイ (263U30)	漏えい検知装置 (263LW*30. 3)	無*2	UNH 受槽 (263V31)
		UNH 受槽 (263V31)	UNH 受槽室 (A017)	ドリフトレイ (263U31)	漏えい検知装置 (263LW*31. 3)	無*2	UNH 受槽 (263V30)
		UNH 貯槽 (263V32)	UNH 貯蔵室 (A012)	ドリフトレイ (263U32)	漏えい検知装置 (263LW*32. 3)	スチームジェット (263J325)	UNH 受槽 (263V33)
		UNH 貯槽 (263V33)	UNH 貯蔵室 (A014)	ドリフトレイ (263U33)	漏えい検知装置 (263LW*33. 3)	スチームジェット (263J335)	UNH 受槽 (263V32)
		UNH 供給槽 (263V34)	濃縮脱硝室 (A211)	ドリフトレイ (264U40)	漏えい検知装置 (264LW*40. 3)	無 (重力流)	溶解液受槽 (264V76)
		蒸発缶 (263E35)		ドリフトレイ (263U35) から重力流に よりドリフトレイ (264U40) へ			
		濃縮液受槽 (264V40)		ドリフトレイ (264U40)			
		溶解液受槽 (264V76)	廃液貯蔵室 (A011)	ドリフトレイ (264U75)	漏えい検知装置 (264LW*75. 3)	無*2	一時保管容器

表-1 工程洗浄の対象機器及び配管に漏えい事象が発生した場合の漏えい液の回収の方法(8/8)

回収可能核燃料物質	建家	対象機器（配管含む）	設置セル等	漏えい先	漏えいの検知手段	漏えい液の回収装置	漏えい液の送液先
ウラン溶液	PCDF	硝酸ウラニル受入計量槽 (P11V13)	受入室 (A027)	受入室ドリフトレイ (P11U027-1)	液位上限注意 (P11LW*13-4)	無*2	硝酸ウラニル貯槽 (P11V14)
		硝酸ウラニル貯槽 (P11V14)	受入室 (A027)	受入室ドリフトレイ (P11U027-2)	液位上限注意 (P11LW*14-3)	無*2	硝酸ウラニル受入計量槽 (P11V13)
その他の核燃料物質 (工程内の洗浄液等)	MP	中間貯槽 (255V12)	分離第3セル (R109B)	ドリフトレイ (204U109B)	漏えい検知装置 (204LW*109B)	スチームジェット (204J109B)	受槽 (276V10)
		中間貯槽 (261V12)	ウラン精製セル (R114)	ドリフトレイ (204U114)	漏えい検知装置 (204LW*114)	スチームジェット (204J114)	受槽 (276V10)
		プルトニウム精製抽出器 (265R20, R21, R22)	プルトニウム精製セル (R015)	ドリフトレイ (204U015.2)	漏えい検知装置 (204LW*015.2)	スチームジェット (204J015.2)	プルトニウム溶液受槽 (276V20)
		濃縮液受槽 (273V50)	酸回収セル (R020)	ドリフトレイ (204U020)	液位上限注意 (204LW*020)	スチームジェット (204J020)	酸回収中間貯槽 (273V20)
	CB	中間貯槽 (108V10, V11)	廃液貯蔵セル (R027)	ドリフトレイ (108R027)	漏えい検知装置 (108LW*027)	スチームジェット (108J105)	中間貯槽 (108V20)

*1 送液時には要員が現場に常駐する。また、現場巡視（1回/日以上）により漏えいの有無を確認する。

*2 ウラン溶液を取り扱う機器を設置する部屋は要員が入室して直接回収作業を行う。

低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の灯油貯槽の配置変更に伴う 新規設置について

令和4年2月10日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

LWTFの焼却設備の燃料を貯蔵している灯油貯槽は、低放射性濃縮廃液貯蔵施設(LWSF)南側に設置されており、高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟を防護するために計画している防火帯に干渉している。

このため、廃止措置計画書において、LWTFの灯油貯槽は、移設する計画を示しており、今年度より灯油貯槽の配置変更に向けた新規設置の検討を進めてきた。

今般、新規の灯油貯槽の設計が完了したことから、令和4年度に設置工事を計画しており、事業者の自主的な管理のもと、設置工事を進めていきたいと考えている。

2. 新規の灯油貯槽について(添付-1参照)

(1) 構造

- ✓ 設置場所は、防火帯との干渉が回避でき、必要なスペースが確保できるLWSF北側とする。
- ✓ 構造は、鉄筋コンクリート造(6,500mm×3,100mm×3,000mmH)のタンク室を地下に設け、その中に、円筒横型の灯油貯槽を設置し、躯体と灯油貯槽の隙間に乾燥砂を充填する構造とする。なお、地下タンク貯蔵所の構造とすることにより、近隣のLWSFに対して熱的影響はない。
- ✓ 灯油貯槽の容量は、危険物保安協会の認定を受けた製造業者のカタログ品から選定するため、既設の容量(7,500L)を包含する8,000Lとする。
- ✓ 地上部に灯油ポンプを設け、灯油貯槽からLWTFへの供給配管は、新たにLWSF東側まで敷設し、LWSF東側で既設配管に接続する。

(2) 役割

- ✓ LWTFには、低放射性固体廃棄物を焼却処理するための焼却炉が設置されており、焼却炉のバーナー燃料に用いる灯油を貯蔵するものである。

(3) 安全上の考慮

- ✓ 灯油貯槽は、消防法に基づき、SUS製の容器外表面に繊維強化プラスチックを間げきを有するよう被覆した二重殻タンクを採用し、灯油の漏れが検知

できるよう漏洩検知装置を設ける。更に灯油貯槽の周囲に検知管を設け、タンク室内への漏洩を検知できるようにする。

- ✓ 耐震重要度分類については、既存の灯油貯槽と同様に、放射性物質を内包するものではなく、一般安全施設と同等の安全性が要求される施設であることからCクラスとする。

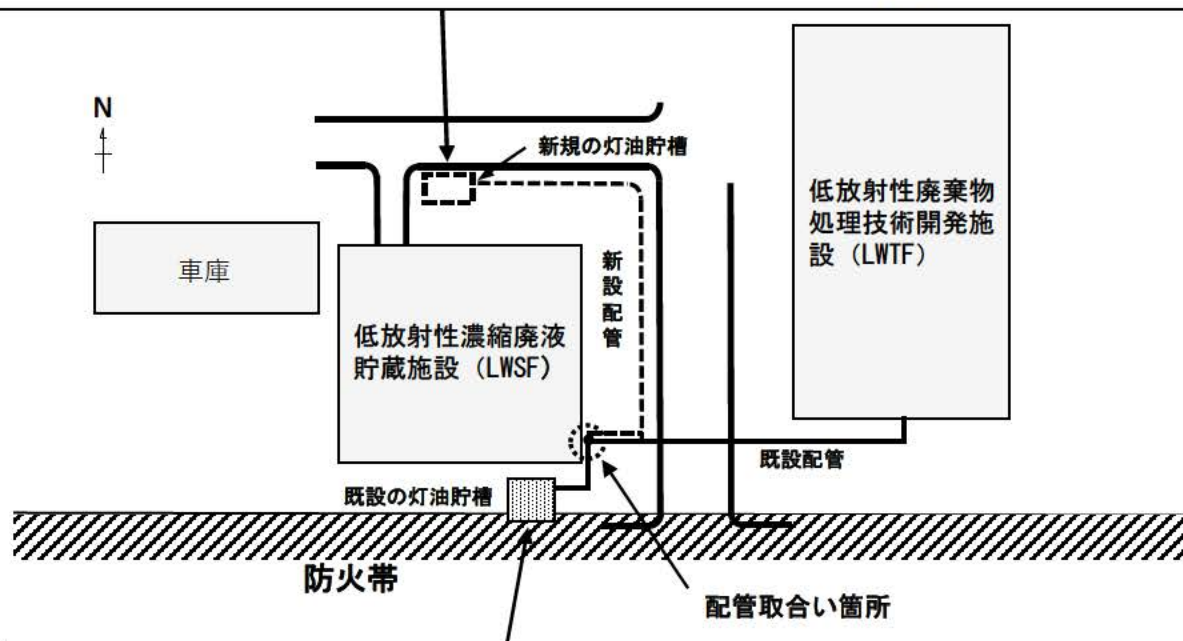
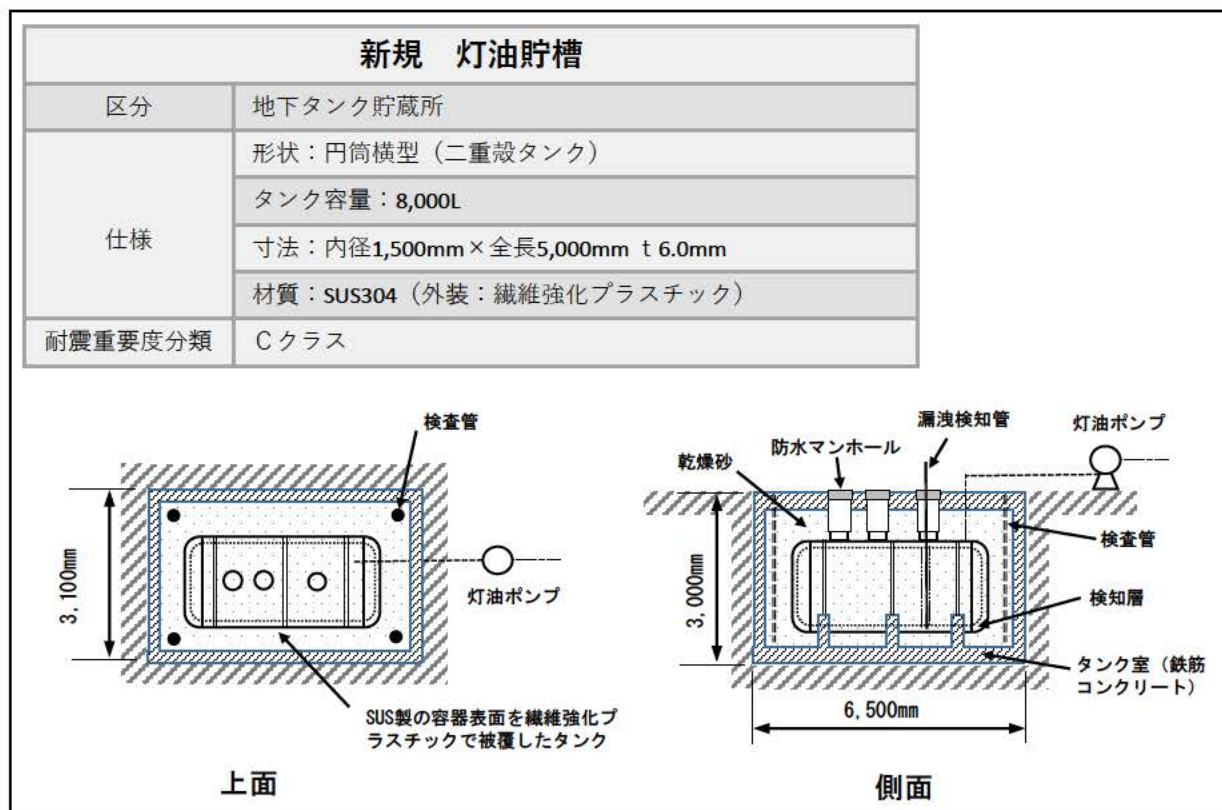
(3) 品質管理

- ✓ 灯油貯槽の設計、製作、施工、検査に係る品質管理については、「再処理施設品質マネジメント計画書(QS-P06)」に基づき行う。併せて、消防法に基づき、中間検査、完成検査を実施する。

3. 許認可の取り扱いについて

- ✓ 灯油貯槽は、放射性物質を内包していないことから、臨界防止や閉じ込め等の安全機能を有していない。また、地下タンクとして設置するため、万一、灯油貯槽が損壊した場合でも近隣のLWSFや供給先であるLWTFの焼却設備に対して安全上の波及的影響はない。このため、再処理施設の技術基準に関する規則への適合性について評価すべき事項はないと考えている(添付-2参照)。
- ✓ 灯油貯槽は、臨界防止や閉じ込め等の安全機能を有していないこと、また、万一、性能低下が確認された場合でも、非管理区域に設置される一般機器であり、補修、更新に伴い、低放射性固体廃棄物の処理が長期に渡り停止するような恐れはないことから、性能維持施設に該当しないと考えている。
- ✓ 以上のことから、設工認レベルの廃止措置計画の変更認可申請は行わず、事業者の自主的な管理のもと、設置工事を進めていきたいと考えている。

以上



既設 灯油貯槽	
区分	屋外タンク貯蔵所
仕様	形状：縦置円筒型
	タンク容量：7,500L
	寸法：内径2,000mm×全長2,500mm t 6.0mm
	材質：SS400
耐震重要度分類	Cクラス



既設の灯油貯槽

設工認申請書：別図に既設灯油貯槽の配置のみ図示
 使用前検査：対象外

LWTFの灯油貯槽の配置変更に係る再処理施設の技術基準に関する規則への適合性について

再処理施設の技術基準に関する規則(令和2年4月1日施行版)	該当の有無と理由	
<p>原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律(平成二十九年法律第十五号)の一部の施行に伴い、及び核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(昭和三十二年法律第百六十六号)第四十六條の二の規定に基づき、再処理施設の技術基準に関する規則を次のように定める。</p> <p>(定義)</p> <p>第一条:省略</p> <p>(特殊な設計による再処理施設)</p> <p>第二条:省略</p>	/	
<p>(廃止措置中の再処理施設の維持)</p> <p>第三条 法第五十條の五第二項の認可を受けた場合には、当該認可に係る廃止措置計画(同条第三項において準用する法第十二條の六第三項又は第五項の規定による変更の認可又は届出があったときは、その変更後のもの。以下この条において同じ。)で定める性能維持施設(再処理規則第十九條の四の二第十号の性能維持施設をいう。)については、次章及び第三章の規定にかかわらず、当該認可に係る廃止措置計画に定めるところにより、当該施設を維持しなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、廃止措置計画で定める性能維持施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(核燃料物質の臨界防止)</p> <p>第四条 安全機能を有する施設は、核燃料物質の取扱い上の一つの単位(次項において「単一ユニット」という。))において、運転時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、核燃料物質を収納する機器の形状寸法の管理、核燃料物質の濃度、質量若しくは同位体の組成の管理若しくは中性子吸収材の形状寸法、濃度若しくは材質の管理又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>2 安全機能を有する施設は、単一ユニットが二つ以上存在する場合において、運転時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作が起きた場合に、核燃料物質が臨界に達するおそれがないよう、単一ユニット相互間の適切な配置の維持若しくは単一ユニットの相互間における中性子の遮蔽材の使用又はこれらの組合せにより臨界を防止するための措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>3 再処理施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、核燃料物質を有していないため、本項目には該当しない。
<p>(安全機能を有する施設の地盤)</p> <p>第五条 安全機能を有する施設は、事業指定基準規則第六條第一項の地震力が作用した場合においても当該安全機能を有する施設を十分に支持することが出来る地盤に施設しなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第六条 安全機能を有する施設は、これに作用する地震力(事業指定基準規則第七條第二項の規定により算定する地震力をいう。)による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。</p> <p>2 耐震重要施設(事業指定基準規則第六條第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。))は、基準地震動による地震力(事業指定基準規則第七條第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。))に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七條第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、放射性物質を有しておらず、また、万一、灯油貯槽が損壊した場合でも近隣のLWSFや供給先であるLWTFの焼却設備に対して安全上の波及的影響はないため、損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがなく、本項目には該当しない。
<p>(津波による損傷の防止)</p> <p>第七条 安全機能を有する施設は、基準津波(事業指定基準規則第八條に規定する基準津波をいう。第三十四條において同じ。))によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第八条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。))によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>2 安全機能を有する施設は、周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合において、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。))により再処理施設の安全性が損なわれないう、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>3 安全機能を有する施設は、航空機の墜落により再処理施設の安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないこと、また、地下タンク貯蔵所は、地表面で火災が発生する可能性が低いことから、本項目には該当しない。
<p>(再処理施設への人の不法な侵入等の防止)</p> <p>第九条 再処理施設を設置する工場又は事業所(以下「工場等」という。))は、再処理施設への人の不法な侵入、再処理施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為(不正アクセス行為の禁止等に関する法律(平成十一年法律第百二十八号)第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第二十二條第二項第五号において同じ。))を防止するため、適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、人の不法な侵入等を防止する機能に係るものではないため、本項目には該当しない。
<p>(閉じ込めの機能)</p> <p>第十条 安全機能を有する施設は、次に掲げるところにより、使用済燃料、使用済燃料から分離された物又はこれらによって汚染された物(以下「使用済燃料等」という。))を限定された区域に閉じ込める機能を保持するように設置されたものでなければならない。</p> <p>一 液体状の使用済燃料等を内包する容器又は管に使用済燃料等を含まない流体を導く管を接続する場合には、流体状の使用済燃料等が使用済燃料等を含まない流体を導く管に逆流するおそれがない構造であること。</p> <p>二 セルは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであること。</p> <p>三 液体状の使用済燃料等を取り扱う設備をその内部に設置するセルは、当該設備からの当該物質の漏えいを監視し得る構造であり、かつ、当該物質が漏えいした場合にこれを安全に処理し得る構造であるとともに当該物質がセル外に漏えいするおそれがない構造であること。</p> <p>四 セル内に設置された液体状の使用済燃料等を内包する設備から、使用済燃料等が当該設備の冷却水、加熱蒸気その他の熱媒中に漏えいするおそれがある場合は、当該熱媒の系統は、必要に応じて、漏えい監視設備を備えるとともに、汚染した熱媒を安全に処理し得るよう設置すること。</p> <p>五 プルトニウム及びその化合物並びにこれらの物質の一又は二以上を含む物質(以下この条において「プルトニウム等」という。))を取り扱うグローブボックスは、その内部を常時負圧状態に維持し得るものであり、かつ、給気口及び排気口を除き、密閉することができる構造であること。</p> <p>六 液体状のプルトニウム等を取り扱うグローブボックスは、当該物質がグローブボックス外に漏えいするおそれがない構造であること。</p> <p>七 密封されていない使用済燃料等を取り扱うフードは、その開口部の風速を適切に維持し得るものであること。</p> <p>八 プルトニウム等を取り扱う室(保管廃棄する室を除く。))及び使用済燃料等による汚染の発生のおそれがある室は、その内部を負圧状態に維持し得るものであること。</p> <p>九 液体状の使用済燃料等を取り扱う設備が設置される施設(液体状の使用済燃料等の漏えいが拡大するおそれがある部分に限る。))は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 施設内部の床面及び壁面は、液体状の使用済燃料等が漏えいし難いものであること。</p> <p>ロ 液体状の使用済燃料等を取り扱う設備の周辺部又は施設外に通ずる出入口若しくはその周辺部には、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいすることを防止するための堰せきを設置されていること。ただし、施設内部の床面が隣接する施設の床面又は地表面より低い場合であって、液体状の使用済燃料等が施設外へ漏えいするおそれがないときは、この限りでない。</p> <p>ハ 工場等の外に排水を排出する排水路(湧水に係るものであって使用済燃料等により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がないものを除く。))の上に施設の床面がないようにすること。ただし、当該排水路に使用済燃料等により汚染された排水を安全に廃棄する設備及び第二十一條第三号に掲げる事項を計測する設備が設置されている場合は、この限りでない。</p>	無	灯油貯槽は、閉じ込めの機能に係るものではないため、本項目には該当しない。

再処理施設の技術基準に関する規則(令和2年4月1日施行版)	該当の有無と理由	
<p>(火災等による損傷の防止)</p> <p>第十一条 安全機能を有する施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより再処理施設の安全性に著しい支障が生ずるおそれがある場合において、消火設備(事業指定基準規則第五条第一項に規定する消火設備をいう。以下同じ。)及び警報設備(警報設備にあっては自動火災報知設備、漏電火災警報器その他の火災の発生を自動的に検知し、警報を発するものに限る。以下同じ。)が設置されたものでなければならない。</p> <p>2 前項の消火設備及び警報設備は、その故障、損壊又は異常な作動により安全上重要な施設の安全機能に著しい支障を及ぼすおそれがないものでなければならない。</p> <p>3 安全機能を有する施設であって、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>4 有機溶媒その他の可燃性の液体(以下この条において「有機溶媒等」という。)を取り扱う設備は、有機溶媒等の温度をその引火点以下に維持すること、不活性ガス雰囲気下で有機溶媒等を取り扱うことその他の火災及び爆発の発生を防止するための措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>5 有機溶媒等を取り扱う設備であって、静電気により着火するおそれがあるものは、適切に接地されているものでなければならない。</p> <p>6 有機溶媒等を取り扱う設備をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室のうち、当該設備から有機溶媒等が漏えいした場合において爆発の危険性があるものは、換気その他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>7 硝酸を含む溶液を内包する蒸発缶のうち、リン酸トリブチルその他の硝酸と反応するおそれがある有機溶媒(爆発の危険性がないものを除く。次項において「リン酸トリブチル等」という。)が混入するおそれがあるものは、当該設備の熱的制限値を超えて加熱されるおそれがないものでなければならない。</p> <p>8 再処理施設には、前項の蒸発缶に供給する溶液中のリン酸トリブチル等を十分に除去し得る設備が設けられていなければならない。</p> <p>9 水素を取り扱う設備(爆発の危険性がないものを除く。)は、適切に接地されているものでなければならない。</p> <p>10 水素の発生のおそれがある設備は、発生した水素が滞留しない構造でなければならない。</p> <p>11 水素を取り扱い、又は水素の発生のおそれがある設備(爆発の危険性がないものを除く。)をその内部に設置するセル、グローブボックス及び室は、当該設備から水素が漏えいした場合においてもこれが滞留しない構造とすることその他の爆発を防止するための適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>12 ジルコニウム金属粉末その他の著しく酸化しやすい固体廃棄物を保管廃棄する設備は、水中における保管廃棄その他の火災及び爆発のおそれがない保管廃棄をし得る構造でなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(再処理施設内における溢水による損傷の防止)</p> <p>第十二条 安全機能を有する施設は、再処理施設内における溢り水の水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止)</p> <p>第十三条 安全機能を有する施設は、再処理施設内における化学薬品の漏えいによりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(安全避難通路等)</p> <p>第十四条 再処理施設には、次に掲げる設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 その位置を明確かつ恒久的に表示することにより容易に識別できる安全避難通路</p> <p>二 照明用の電源が喪失した場合においても機能を損なわない避難用の照明</p> <p>三 設計基準事故が発生した場合に用いる照明(前号の避難用の照明を除く。)及びその専用の電源</p>	無	灯油貯槽の新設は、LWTFの安全避難通路等を変更するものではないため、本項目には該当しない。
<p>(安全上重要な施設)</p> <p>第十五条 非常用電源設備その他の安全上重要な施設は、再処理施設の安全性を確保する機能を維持するために必要がある場合において、当該施設自体又は当該施設が属する系統として多重性を有するものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、安全上重要な施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(安全機能を有する施設)</p> <p>第十六条 安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。</p> <p>2 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。</p> <p>3 安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。</p> <p>4 安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>5 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、臨界防止、閉じ込め等の安全機能を有していないことから、本項目には該当しない。
<p>(材料及び構造)</p> <p>第十七条 安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支える構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの(以下この項において「容器等」という。)の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。</p> <p>一 容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。</p> <p>二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。</p> <p>ロ 容器等に属する伸縮継手については、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。</p> <p>ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。</p> <p>三 容器等の主要な溶接部(溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。)は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 不連続で特異な形状でないものであること。</p> <p>ロ 溶接による割れが生ずるおそれなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p> <p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p> <p>二 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものでなければならない。</p> <p>2 安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものではないため、本項目には該当しない。
<p>(搬送設備)</p> <p>第十八条 使用済燃料等を搬送する設備(人の安全に著しい支障を及ぼすおそれがないものを除く。)は、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 通常搬送する必要がある使用済燃料等を搬送する能力を有するものであること。</p> <p>二 搬送中の使用済燃料が破損するおそれがないこと。</p> <p>三 使用済燃料等を搬送するための動力の供給が停止した場合に、使用済燃料等を安全に保持しているものであること。</p>	無	灯油貯槽は、搬送設備ではないため、本項目には該当しない。
<p>(使用済燃料の貯蔵施設等)</p> <p>第十九条 使用済燃料の受入施設及び貯蔵施設は、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 使用済燃料の崩壊熱を安全に除去し得るものであること。</p> <p>二 使用済燃料を受け入れ、又は貯蔵する水槽は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 水があふれ、又は漏えいするおそれがないものであること。</p> <p>ロ 水が使用済燃料によって汚染されるおそれがある場合には、浄化装置を設けること。</p> <p>ハ 水の漏えいを適切に検知し得るものであること。</p> <p>2 製品貯蔵施設は、製品の崩壊熱を安全に除去し得るように設置されていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、使用済燃料の貯蔵施設等ではないため、本項目には該当しない。
<p>(計測制御系統施設)</p> <p>第二十条 再処理施設には、次に掲げる事項その他必要な事項を計測し、制御する設備が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を計測する設備については、直接計測することが困難な場合は間接的に計測する設備をもって代えることができる。</p> <p>一 ウランの精製施設に供給される溶液中のプルトニウムの濃度</p> <p>二 液体状の中性子吸収材を使用する場合にあっては、その濃度</p> <p>三 使用済燃料溶解槽内の温度</p> <p>四 蒸発缶内の温度及び圧力</p> <p>五 廃液槽の冷却水の流量及び温度</p> <p>2 再処理施設には、その設備の機能の喪失、誤操作その他の要因により再処理施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたとき、次条第二号の放射性物質の濃度若しくは同条第四号の外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量が著しく上昇したとき又は液体状の放射性廃棄物の廃棄施設から液体状の放射性物質が著しく漏えいするおそれが生じたときに、これらを確実に検知して速やかに警報する設備が設けられていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、本条項で求められる計測すべき事項はないため、本項目には該当しない。

再処理施設の技術基準に関する規則(令和2年4月1日施行版)	該当の有無と理由	
<p>(放射線管理施設)</p> <p>第二十一条 工場等には、次に掲げる事項を計測する放射線管理施設が設けられていなければならない。この場合において、当該事項を直接計測することが困難な場合は、これを間接的に計測する施設をもって代えることができる。</p> <p>一 再処理施設の放射線遮蔽物の側壁における原子力規制委員会の定める線量当量率</p> <p>二 放射性廃棄物の排気口又はこれに近接する箇所における排気中の放射性物質の濃度</p> <p>三 放射性廃棄物の海洋放出口又はこれに近接する箇所における放出水中の放射性物質の種類別の量及び濃度</p> <p>四 管理区域における外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量、空气中の放射性物質の濃度及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度</p> <p>五 周辺監視区域における外部放射線に係る原子力規制委員会の定める線量当量</p>	無	灯油貯槽は、放射線管理施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(安全保護回路)</p> <p>第二十二条 再処理施設には、安全保護回路が設けられていなければならない。</p> <p>2 安全保護回路は、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故が発生した場合において、これらの異常な状態を検知し、これらの核的、熱的及び化学的制限値を超えないようにするための設備の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させるものとする。</p> <p>二 火災、爆発その他の再処理施設の安全性を著しく損なうおそれが生じたときに、これらを抑制し、又は防止するための設備(前号に規定するものを除く。)の作動を速やかに、かつ、自動的に開始させるものとする。</p> <p>三 系統を構成する機械若しくは器具又はチャンネルは、単一故障(事業指定基準規則第十五条第二項に規定する単一故障をいう。第二十九条第五項において同じ。)が起きた場合又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合において、安全保護機能を失わないよう、多重性を確保すること。</p> <p>四 駆動源の喪失、系統の遮断その他の不利な状況が生じた場合においても、再処理施設をより安全な状態に移行し、又は当該状態を維持することにより、再処理施設の安全上支障がない状態を維持できるものであること。</p> <p>五 不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止するために必要な措置を講ずること。</p> <p>六 計測制御系統を安全保護回路と共用する場合には、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系統から機能的に分離されたものであること。</p>	無	灯油貯槽は、本条項で示される安全保護機能を有する施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(制御室等)</p> <p>第二十三条 再処理施設には、制御室が設けられていなければならない。</p> <p>2 制御室は、当該制御室において制御する工程の設備の運転状態を表示する装置、当該工程の安全性を確保するための設備を操作する装置、当該工程の異常を表示する警報装置その他の当該工程の安全性を確保するための主要な装置を集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるように設置されたものでなければならない。</p> <p>3 制御室には、再処理施設の外部の状況を把握するための装置が設けられていなければならない。</p> <p>4 分離施設、精製施設その他必要な施設には、再処理施設の健全性を確保するために必要な温度、圧力、流量その他の再処理施設の状態を示す事項(第四十七条第一項において「パラメータ」といふ。)を監視するための設備及び再処理施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができる設備が設けられていなければならない。</p> <p>5 設計基準事故が発生した場合に再処理施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、次の各号に掲げる場所の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める装置又は設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 制御室及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍 工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に制御室において自動的に警報するための装置</p> <p>二 制御室及びこれに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が制御室に入出入りする区域 遮蔽壁その他の適切に放射線から防護するための設備、気体状の放射性物質及び制御室外の火災又は爆発により発生する有毒ガスに対し換気設備を隔離するための設備その他の従事者を適切に防護するための設備</p>	無	灯油貯槽の新設は、既設の制御室等を変更するものではないため、本項目には該当しない。
<p>(廃棄施設)</p> <p>第二十四条 放射性廃棄物を廃棄する設備(放射性廃棄物を保管廃棄する設備を除く。)は、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 周辺監視区域の外の空气中の放射性物質の濃度及び液体状の放射性物質の海洋放出に起因する線量が、それぞれ原子力規制委員会の定める濃度限度及び線量限度以下になるように再処理施設において発生する放射性廃棄物を廃棄する能力を有するものであること。</p> <p>二 放射性廃棄物以外の廃棄物を廃棄する設備と区別して設置すること。ただし、放射性廃棄物以外の液体状の廃棄物を液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備に導く場合において、液体状の放射性廃棄物が放射性廃棄物以外の液体状の廃棄物を取り扱う設備に逆流するおそれがないときは、この限りでない。</p> <p>三 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、排気口以外の箇所において気体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。</p> <p>四 気体状の放射性廃棄物を廃棄する設備にろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の機能が適切に維持し得るものであり、かつ、ろ過装置の使用済燃料等による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。</p> <p>五 液体状の放射性廃棄物を廃棄する設備は、海洋放出口以外の箇所において液体状の放射性廃棄物を排出することがないものであること。</p>	無	灯油貯槽は、放射性廃棄物を廃棄する設備ではないため、本項目には該当しない。
<p>(保管廃棄施設)</p> <p>第二十五条 放射性廃棄物を保管廃棄する設備であつて、放射性廃棄物の崩壊熱及び放射線の照射により発生する熱によって過熱するおそれがあるものは、冷却のための必要な措置を講じ得るように設置されたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、放射性廃棄物を保管廃棄する設備ではないため、本項目には該当しない。
<p>(使用済燃料等による汚染の防止)</p> <p>第二十六条 再処理施設のうち人が頻りに出入りする建物内部の壁、床その他の部分であつて、使用済燃料等により汚染されるおそれがあり、かつ、人が触れるおそれがあるものの表面は、使用済燃料等による汚染を除去しやすいものでなければならない。</p> <p>2 再処理施設には、人が触れるおそれがある器材その他の物が使用済燃料等により汚染された場合に当該汚染を除去するための設備が設けられていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、使用済燃料等による汚染を防止する機能に係るものではないため、本項目には該当しない。
<p>(遮蔽)</p> <p>第二十七条 安全機能を有する施設は、運転時及び停止時において再処理施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が原子力規制委員会の定める線量限度を十分下回るように設置されたものでなければならない。</p> <p>2 工場等内における外部放射線による放射線障害を防止するために必要な遮蔽能力を有する遮蔽設備が設けられていなければならない。この場合において、当該遮蔽設備に開口部又は配管その他の貫通部がある場合であつて放射線障害を防止するために必要がある場合には、放射線の漏えいを防止するための措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、放射性物質を有しておらず、遮蔽能力は不要なため、本項目には該当しない。
<p>(換気設備)</p> <p>第二十八条 再処理施設内の使用済燃料等により汚染された空気による放射線障害を防止する必要がある場所には、次に掲げるところにより換気設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 放射線障害を防止するために必要な換気能力を有するものであること。</p> <p>二 使用済燃料等により汚染された空気が逆流するおそれがない構造であること。</p> <p>三 ろ過装置を設ける場合にあつては、ろ過装置の機能が適切に維持し得るものであり、かつ、ろ過装置の使用済燃料等による汚染の除去又はろ過装置の取替えが容易な構造であること。</p> <p>四 吸気口は、使用済燃料等により汚染された空気を吸入し難いように設置すること。</p>	無	灯油貯槽は、放射性物質を有しておらず、換気能力は不要なため、本項目には該当しない。
<p>(保安電源設備)</p> <p>第二十九条 再処理施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、再処理施設の安全性を確保するために必要な設備の機能を維持するために、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備が設けられていなければならない。</p> <p>2 再処理施設の安全性を確保するために特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する設備が設けられていなければならない。</p> <p>3 保安電源設備(事業指定基準規則第二十五条第三項に規定する保安電源設備をいう。)は、外部電源系統及び非常用電源設備から再処理施設の安全性を確保するために必要な設備への電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>一 高エネルギーのアーカ放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置</p> <p>二 前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置</p> <p>4 再処理施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、当該再処理施設において受電可能なものであり、かつ、これらにより当該再処理施設を電力系統に連系するものでなければならない。</p> <p>5 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において安全上重要な施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、保安電源設備ではないため、本項目には該当しない。
<p>(緊急時対策所)</p> <p>第三十条 工場等には、設計基準事故が発生した場合に適切な措置をとるため、緊急時対策所が制御室以外の場所に設けられていなければならない。</p> <p>2 緊急時対策所及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍には、有毒ガスが発生した場合に適切な措置をとるため、工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置、当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に緊急時対策所において自動的に警報するための装置その他適切に有毒ガスから防護するための設備が設けられていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、緊急時対策所ではないため、本項目には該当しない。
<p>(通信連絡設備)</p> <p>第三十一条 工場等には、設計基準事故が発生した場合において工場等内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置及び多様性を確保した通信連絡設備が設けられていなければならない。</p> <p>2 工場等には、設計基準事故が発生した場合において再処理施設外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、多様性を確保した専用通信回線が設けられていなければならない。</p>	無	灯油貯槽は、通信連絡設備ではないため、本項目には該当しない。

再処理施設の技術基準に関する規則(令和2年4月1日施行版)	該当の有無と理由	
<p>(重大事故等対処施設の地盤)</p> <p>第三十二条 重大事故等対処施設は、次の各号に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める地盤に設置されたものでなければならない。</p> <p>一 重大事故等対処設備のうち常設のもの(重大事故等対処設備のうち可搬型のもの(以下「可搬型重大事故等対処設備」という。))と接続するものにあつては、当該可搬型重大事故等対処設備と接続するために必要な再処理施設内の常設の配管、弁、ケーブルその他の機器を含む。以下「常設重大事故等対処設備」という。)であつて、耐震重要施設に属する設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替するもの(以下「常設耐震重要重大事故等対処設備」という。)が設置される重大事故等対処施設 基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤</p> <p>二 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第三十三条 重大事故等対処施設は、次の各号に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ当該各号に定めるところにより設置されたものでなければならない。</p> <p>一 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故(運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。)又は重大事故(以下「重大事故等」と総称する。)に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。</p> <p>二 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えるものであること。</p> <p>2 前項第一号の重大事故等対処施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊により重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(津波による損傷の防止)</p> <p>第三十四条 重大事故等対処施設は、基準津波により重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(火災等による損傷の防止)</p> <p>第三十五条 重大事故等対処施設は、火災又は爆発の影響を受けることにより重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがある場合は、消火設備及び警報設備が設置されたものでなければならない。</p> <p>2 前項の消火設備及び警報設備は、故障、損壊又は異常な作動により重大事故等に対処するために必要な機能に著しい支障を及ぼすおそれがないよう、適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>3 重大事故等対処施設であつて、火災又は爆発により損傷を受けるおそれがあるものは、可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用するとともに、必要に応じて防火壁の設置その他の適切な防護措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>4 重大事故等対処施設は、火災又は爆発により重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないよう、次に掲げる措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>一 発火性又は引火性の物質を内包する系統の漏えい防止その他の措置</p> <p>二 避雷設備その他の自然現象による火災の発生を防止するための設備の設置</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(重大事故等対処設備)</p> <p>第三十六条 重大事故等対処設備は、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 想定される重大事故等の収束に必要な個数及び容量を有すること。</p> <p>二 想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮すること。</p> <p>三 想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できること。</p> <p>四 健全性及び能力を確認するため、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができること。</p> <p>五 本来の用途以外の用途として重大事故等に対処するために使用する設備にあつては、通常時に使用する系統から速やかに切り替えられる機能を備えること。</p> <p>六 工場内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないこと。</p> <p>七 想定される重大事故等が発生した場合において重大事故等対処設備の操作及び復旧作業を行うことができるよう、線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講ずること。</p> <p>2 常設重大事故等対処設備は、前項各号に掲げるもののほか、共通要因(事業指定基準規則第一条第二項第九号に規定する共通要因をいう。以下この条において同じ。)によって設計基準事故に対処するための設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置が講じられたものでなければならない。</p> <p>3 可搬型重大事故等対処設備に関しては、第一項の規定によるほか、次に掲げるところによるものでなければならない。</p> <p>一 常設設備(再処理施設と接続している設備又は短時間に再処理施設と接続することができる常設の設備をいう。以下この項において同じ。)と接続するものにあつては、当該常設設備と容易かつ確実に接続することができ、かつ、二以上の系統が相互に使用することができるよう、接続部の規格の統一その他の適切な措置を講ずること。</p> <p>二 常設設備と接続するものにあつては、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、可搬型重大事故等対処設備(再処理施設の外から水又は電力を供給するものに限る。)の接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設けること。</p> <p>三 想定される重大事故等が発生した場合において可搬型重大事故等対処設備を設置場所に据え付け、及び常設設備と接続することができるよう、線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講ずること。</p> <p>四 地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響、設計基準事故に対処するための設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管すること。</p> <p>五 想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講ずること。</p> <p>六 共通要因によって、設計基準事故に対処するための設備の安全機能又は常設重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能と同時に可搬型重大事故等対処設備の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講ずること。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(材料及び構造)</p> <p>第三十七条 重大事故等対処設備に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの(以下この項において「容器等」という。)の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号(容器等の材料に係る部分に限る。)及び第二号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。</p> <p>一 容器等がその設計上要求される強度及び耐食性を確保できるものであること。</p> <p>二 容器等の主要な溶接部は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 不連続で特異な形状でないものであること。</p> <p>ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p> <p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p> <p>ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものであり溶接したものであること。</p> <p>2 重大事故等対処設備に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(臨界事故の拡大を防止するための設備)</p> <p>第三十八条 セル内において核燃料物質が臨界に達することを防止するための機能を有する施設には、再処理規則第一条の三第一号に掲げる重大事故の拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 未臨界に移行し、及び未臨界を維持するために必要な設備</p> <p>二 臨界事故が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備</p> <p>三 臨界事故が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備)</p> <p>第三十九条 セル内において使用済燃料から分離された物であつて液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能を有する施設には、再処理規則第一条の三第二号に掲げる重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 蒸発乾固の発生を未然に防止するために必要な設備</p> <p>二 蒸発乾固が発生した場合において、放射性物質の発生を抑制し、及び蒸発乾固の進行を緩和するために必要な設備</p> <p>三 蒸発乾固が発生した場合において換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備</p> <p>四 蒸発乾固が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備)</p> <p>第四十条 セル内において放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能を有する施設には、再処理規則第一条の三第三号に掲げる重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備が設けられていなければならない。</p> <p>一 放射線分解により発生する水素による爆発(以下この条において「水素爆発」という。)の発生を未然に防止するために必要な設備</p> <p>二 水素爆発が発生した場合において水素爆発が続いて生ずるおそれがない状態を維持するために必要な設備</p> <p>三 水素爆発が発生した場合において換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備</p> <p>四 水素爆発が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。

再処理施設の技術基準に関する規則(令和2年4月1日施行版)	該当の有無と理由	
<p>(有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備) 第四十一条 セル内において有機溶媒その他の物質を内包する施設には、再処理規則第一条の三第四号に掲げる重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備が設けられていなければならない。 一 火災又は爆発の発生(リン酸トリブチルの混入による急激な分解反応により発生するものを除く。)を未然に防止するために必要な設備 二 火災又は爆発が発生した場合において火災又は爆発を取戻させるために必要な設備 三 火災又は爆発が発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備 四 火災又は爆発が発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備) 第四十二条 再処理施設には、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能又は注水機能が喪失し、又は使用済燃料貯蔵槽からの水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が低下した場合において使用済燃料貯蔵槽内の使用済燃料を冷却し、放射線を遮蔽し、及び臨界を防止するために必要な設備が設けられていなければならない。 2 再処理施設には、使用済燃料貯蔵槽からの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合において使用済燃料貯蔵槽内の使用済燃料の著しい損傷の進行を緩和し、及び臨界を防止するために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(放射性物質の漏えいに対処するための設備) 第四十三条 セル内又は建屋内(セル内を除く。以下この条において同じ。)において系統又は機器からの放射性物質の漏えいを防止するための機能を有する施設には、必要に応じ、再処理規則第一条の三第六号に掲げる重大事故の発生又は拡大を防止するために必要な次に掲げる重大事故等対処設備(建屋内において系統又は機器からの放射性物質の漏えいを防止するための機能を有する施設にあつては、第三号に掲げる設備を除く。)が設けられていなければならない。 一 系統又は機器からの放射性物質の漏えいを未然に防止するために必要な設備 二 系統又は機器から放射性物質の漏えいが発生した場合において当該系統又は機器の周辺における放射性物質の漏えいの拡大を防止するために必要な設備 三 系統又は機器から放射性物質の漏えいが発生した設備に接続する換気系統の配管の流路を遮断するために必要な設備及び換気系統の配管内が加圧状態になった場合にセル内に設置された配管の外部へ放射性物質を排出するために必要な設備 四 系統又は機器から放射性物質の漏えいが発生した場合において放射性物質の放出による影響を緩和するために必要な設備</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備) 第四十四条 再処理施設には、重大事故が発生した場合において工場等外への放射性物質及び放射線の放出を抑制するために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(重大事故等への対処に必要な水の供給設備) 第四十五条 再処理施設には、設計基準事故への対処に必要な水源とは別に、重大事故等への対処に必要な十分な量の水を有する水源を確保することに加えて、設計基準事故に対処するための設備及び重大事故等対処設備に対して重大事故等への対処に必要な十分な量の水を供給するために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(電源設備) 第四十六条 再処理施設には、設計基準事故に対処するための設備の電源が喪失したことにより重大事故等が発生した場合において当該重大事故等に対処するために必要な電力を確保するために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(計装設備) 第四十七条 再処理施設には、重大事故等が発生し、計測機器(非常用のものを含む。)の直流電源の喪失その他故障により当該重大事故等に対処するために監視することが必要なパラメータを計測することが困難となった場合において当該パラメータを推定するために有効な情報を把握できる設備が設けられていなければならない。 2 再処理施設には、再処理施設への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムが発生した場合においても必要な情報を把握できる設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(制御室) 第四十八条 第二十三条第一項の規定により設置される制御室には、重大事故が発生した場合においても運転員がとどまるために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(監視測定設備) 第四十九条 再処理施設には、重大事故等が発生した場合に工場等及びその周辺(工場等の周辺海域を含む。)において、当該再処理施設から放出される放射性物質の濃度及び線量を監視し、及び測定し、並びにその結果を記録することができる設備が設けられていなければならない。 2 再処理施設には、重大事故等が発生した場合に工場等において、風向、風速その他の気象条件を測定し、及びその結果を記録することができる設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(緊急時対策所) 第五十条 第三十条第一項の規定により設置される緊急時対策所は、重大事故等が発生した場合においても当該重大事故等に対処するための適切な措置が講じられるよう、次に掲げるところによるものでなければならない。 一 重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員がとどまることができるよう、適切な措置を講ずること。 二 重大事故等に対処するために必要な指示ができるよう、重大事故等に対処するために必要な情報を把握できる設備を設けること。 三 再処理施設の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うために必要な設備を設けること。 2 緊急時対策所は、重大事故等に対処するために必要な数の要員を収容することができる措置が講じられたものでなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。
<p>(通信連絡を行うために必要な設備) 第五十一条 再処理施設には、重大事故等が発生した場合において当該再処理施設の内外の通信連絡をする必要のある場所と通信連絡を行うために必要な設備が設けられていなければならない。</p>	無	貯槽貯槽は、重大事故等対処施設ではないため、本項目には該当しない。

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10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								必要に応じて適宜説明					
	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											
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			▽10				
工程洗浄			▼13		▼27			▽10		◇					
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			▼20	▼27			▽10		◇					
廃止措置の状況															
ガラス固化処理の進捗状況等			▼13	▼20	▼27			▽10		◇	進捗状況は適宜報告				

▽:面談 ◇:監視チーム会合