

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画変更認可申請対応等について

令和3年9月15日
再処理廃止措置技術開発センター

○令和3年9月15日 面談の論点

- 資料1 溶融炉の運転状況について
- 資料2 工程洗浄におけるせん断粉末の処理方法について
- 資料3 再処理施設に関する設計及び工事の計画(プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)管理棟駐車場における事故対処設備の設置工事)
- その他

以上

溶融炉の運転状況について

令和 3 年 9 月 15 日
再処理廃止措置技術開発センター

ガラス固化技術開発施設 (TVF) では、8月17日から運転を開始し、9月10日までに10本のガラス流下を行ってきた。その後、9月13日からの11本目の溶融運転時に主電極間補正抵抗が管理指標 (0.10 Ω at 1000. $^{\circ}\text{C}$) まで低下したことを確認した (0.097 Ω : 添付参照)。

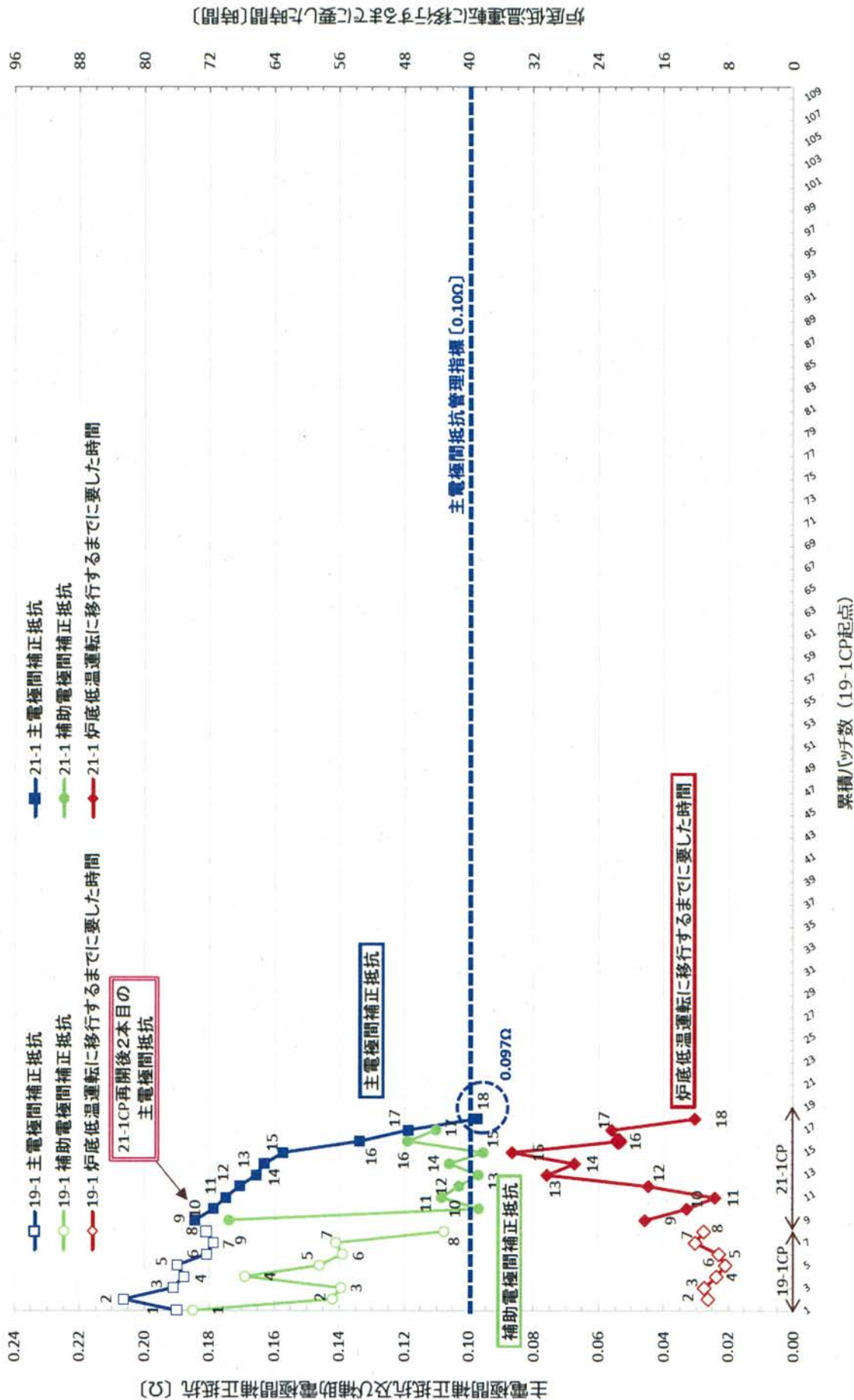
主電極間補正抵抗の管理指標は、高放射性廃液の安定なガラス固化、溶融炉保護のために予め設定した値であり、運転要領書に従い溶融炉を停止した上で適切な対策を講ずる。

【溶融炉停止までのスケジュール】

溶融炉は、ドレンアウト (溶融炉内のガラスを全量 (ガラス固化体3本分) 抜き出す操作) を行った後に停止 (電源断) する。

- ・9月13日 21時55分頃 主電極間補正抵抗の確認 (0.097 Ω)
 - ・9月14日 昼頃 ドレンアウト1 (11本目の流下) を開始
 - ・9月15日 昼頃 ドレンアウト2 (12本目の流下) を開始
 - ・9月16日 未明 ドレンアウト3 (13本目の流下) を開始
- 13本目の流下後に溶融炉を停止 (電源断) する。

以 上



(炉底低温運転に移行するまでに要した時間)

主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗と流下完了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又はT10.7)が820℃まで放冷されたタイミング

想定される不具合事象

— 白金族元素の堆積 (3/4) —

参考

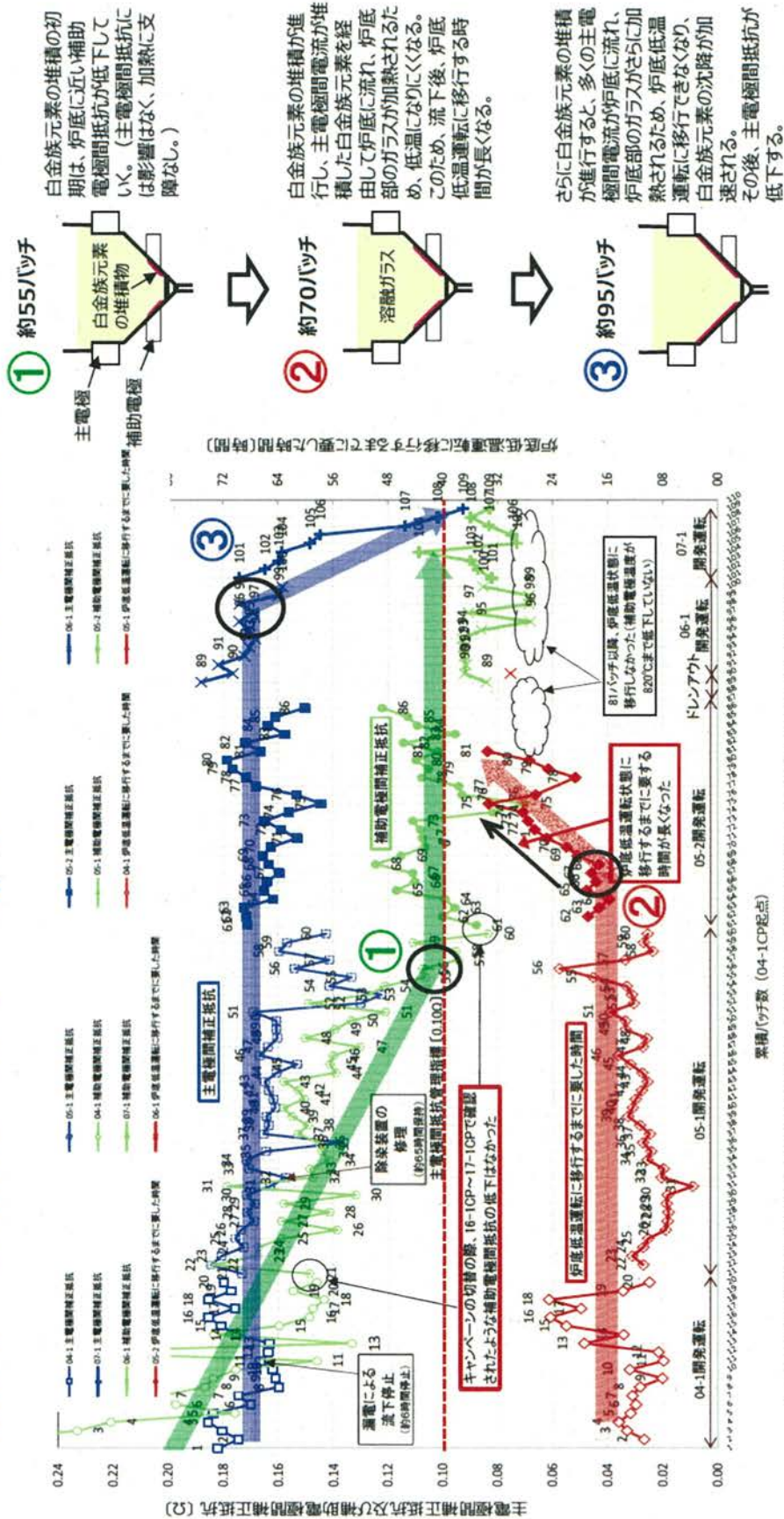
平成30年1月23日第19回東海再処理施設等安全監視チーム会合資料より抜粋、加筆



【電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間の推移 (2007年までの運転実績)】

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。

➤ 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)

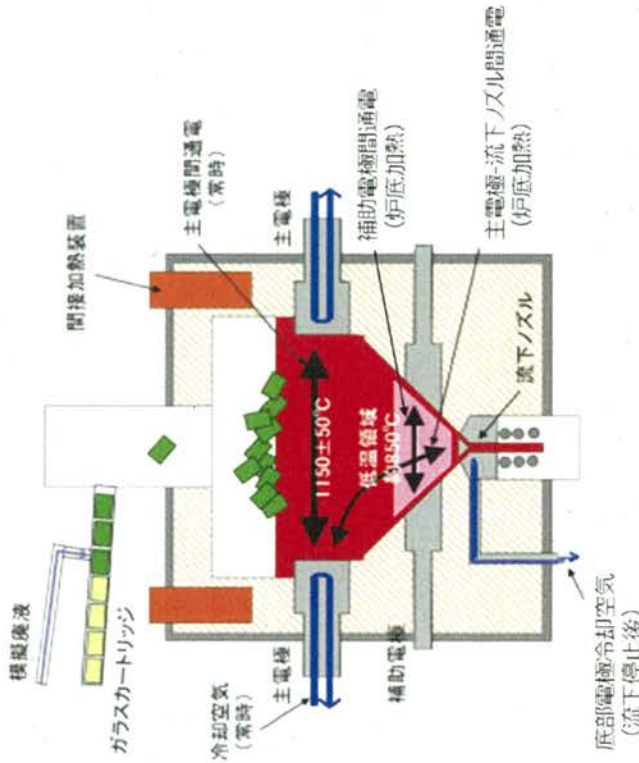


主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転へ移行するまでに要した時間の推移

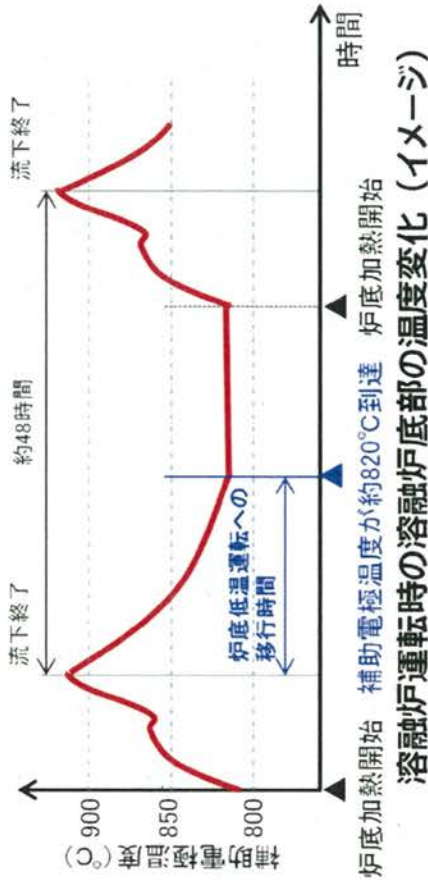
*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで低下されたバッチ

炉内白金族元素堆積の進行イメージ

【炉底低温運転について (2/2)】



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℃±50℃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℃とするために、補助電極温度を約820℃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。

工程洗浄におけるせん断粉末の処理方法について

1. はじめに

分離精製工場（MP）の工程内に残存する使用済燃料のせん断粉末※（以下「せん断粉末」という。）は、工程洗浄において、濃縮ウラン溶解槽にて溶解した後、高放射性廃液貯槽に送り高放射性廃液と合わせてガラス固化処理し、廃棄することを基本的な方針とする。工程洗浄に当たっては可能な限りリスクの少ない状態で実施するため、せん断粉末の処理については、臨界安全はもとより、溶液の沸騰、水素爆発、誤操作の影響等を踏まえた方法で作業を実施する。また、主排気筒からの放出に伴う環境への影響を考慮するとともに、可能な限り短期間で実施する。

以下に、せん断粉末の処理方法について一度に全量処理した場合と複数回に分けて処理した場合のリスクを比較するとともに、せん断粉末の溶解方法、点検準備、想定されるトラブル及びその対策、教育・訓練の考え方を示す。

※平成 28 年 4 月から平成 29 年 7 月にかけて分離精製工場（MP）のせん断機、分配器内部及び機械処理セルの床面からせん断粉末を収集し、セル内の容器に保管している。せん断粉末の重量は、セル内での遠隔操作による吊り秤での重量測定時の読み取り値（216 kg）に対して読み取り誤差を考慮し 240 kg と設定し評価した。

2. せん断粉末の処理方法について

せん断粉末の処理方法として、リスク及び処理期間を比較し合理的な溶解量を設定するため、3 ケース（一度に全量溶解（240 kg/バッチ）、2 回（120 kg/バッチ）で実施、及び 10 回（30 kg/バッチ）で実施）について、処理時の安全性、処理期間及び廃液発生量等の観点から比較し評価した（表-1、2 参照）。

以下の観点で評価した結果、せん断粉末の処理は、10 回に分けて少量ずつ実施することが合理的であると考えられる。

2.1 全電源喪失時の沸騰到達時間（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液を移送する経路における最短の沸騰到達時間（断熱条件）は、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合、最も早い沸騰到達は、溶解槽溶液受槽（図-1 参照）の約 5 日である。また、2 回で実施した場合で約 12 日、10 回で実施した場合は約 55 日となり、少量での処理は十分な時間裕度※を確保できる（評価の詳細は、添付資料-1「工程洗浄における全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価方法」参照）。

※「使用済燃料の再処理の事業に係る再処理事業者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」の支援に係る要求事項に求められている日数（7 日間）を上回る時間。

2.2 全交流電源喪失時の水素の爆発下限界到達時間（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液を移送する経路における最短の水素の爆発下限界濃度到達時間は、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合、パルスフィルタ及びパルスフィルタ

給液槽の約3日であり、2回で実施した場合で約7日となる。10回で実施することで約18日となり、十分な時間裕度を確保できる（評価の詳細は、添付資料-2「工程洗浄における全交流電源喪失時の水素の爆発下限濃度到達時間の評価方法」参照）。

2.3 送液経路の安全性（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液のウラン濃度は、濃縮ウラン溶解槽における溶解時が最も高く、一度に溶解(240 kg/バッチ)した場合は300 g/L、2回で実施した場合は150 g/L、10回で実施した場合で約40 g/Lとなる。せん断粉末の溶解液の送液経路は、一部、通常運転と異なる送液ルートを用いるものの、これらの送液経路における最小臨界濃度は340 gU/Lであり、また、途中経路において濃縮操作をしないので高放射性廃液貯槽へ移送するまでの経路において臨界安全上の問題はない。

2.4 誤操作による影響

せん断粉末の溶解液の移送は、一部、通常運転と異なる送液ルートを用いるものの工程洗浄で計画した経路以外に移送しないよう限定した弁操作等で管理する。（図-2 参照）

また、せん断粉末の装荷は、過去に分配器廻りの清掃の際に実績のある溶解槽へ直接装荷する方法で行う。

2.5 処理期間、廃液発生量及び送液回数数（表-2 参照）

30 kg/バッチと240 kg/バッチを比べた場合、せん断粉末処理の期間は約25日と約5日で1ヶ月程度の差である。また、30 kg/バッチの場合、廃液発生量は、高放射性廃液に移行する廃液は1.3 m³から6.5 m³に増加するが、高放射性廃液貯槽での自然蒸発での液量低下（約20~30 m³/年）により半年程度で相殺される。なお、高放射性廃液に移行する廃液発生量が増えたとしても、金属酸化物量自体は変わらないことから増加するガラス固化体本数は変わらない。

2.6 環境への放出量（表-2 参照）

せん断粉末を処理した際に主排気筒から放出されるKr85の放出量は、一度に溶解(240 kg/バッチ)した場合は、 4.5×10^4 GBqであるが、10回で実施した場合は、1回の溶解操作にて放出されるKr85は1/10に低減される。

3. せん断粉末の溶解処理について

せん断粉末の溶解方法、点検準備、想定されるトラブル及びその対策、教育・訓練について、検討した結果を以下に示す。

3.1 せん断粉末の溶解方法

通常の燃料処理の溶解運転では、一回当たり約300~400 kgの使用済燃料を溶解

少ないが、基本的な操作は以下の通りである。

- 10 バッチに小分けして少量ずつ処理（約 30 kg/バッチ）することにより、突沸など運転上の問題を低減する。
- 溶解中は、溶解液密度、溶解槽内圧力及び Kr 放出量等を監視しながら溶解状態を確認する。通常の使用済燃料の溶解では、1 バッチあたり約 300～400 kg の装荷で約 10 時間の運転を行う。工程洗浄では、1 バッチあたりの装荷は少ないが、同様の監視を行いつつ、約 6 時間かけて溶解を行う。
- 溶解処理にあたっては、溶解槽の内圧上昇を抑えるため、加熱蒸気、硝酸、酸素供給流量を溶解進捗ごとに定めた処理モードに従い慎重に調整する。なお、万一内圧上昇が発生し、一定の圧力に達した場合には、安全保護回路（PP⁺、PP⁺）により溶解運転の自動停止、緊急冷却水の供給等が自動で行われる設計となっている。
- 少量（数 kg）での処理は、キャンペーン運転終了後のせん断機清掃で発生したせん断粉末の溶解処理で経験しており、過去に分配器廻りの清掃を行った際にも発生したせん断粉末約 30kg を溶解した実績がある。また、回収したせん断粉末を対象とした運転要領書（OSCL）で対応することができ安全に処理することが可能である。

3.2 点検準備

点検対象としては、濃縮ウラン溶解槽のように通常の燃料処理運転と同様の処理操作を行う設備と、抽出器や貯槽など溶液の受け払いのみを行う設備がある。処理操作を行う設備（溶解槽、パルスフィルタ）は、外観・漏えい確認の他、通水や作動確認など運転を考慮した点検を実施し、溶液の受け払いのみを行う設備は漏えい確認等、液移送に必要な点検を実施する。また、ユーティリティ供給設備（浄水設備、圧空設備、蒸気設備等）や換気設備など工程洗浄の実施に係わらず連続運転している設備については、定常的な保守、点検により健全性を維持していることから、これら設備については直近の点検結果を確認する。

点検は、以下に示す 4 つに分類し段階的に進めていく。

- ①定常的に実施している点検：施設定期自主検査、ISI 等、定常的に実施している点検について、保安規定や要領書等に定められた方法で従来どおり実施する。
- ②不具合箇所摘出、補修：高経年化や長期停止による不具合を見つけ正常な状態に復帰する。主に不具合箇所の修理に期間を長く要すると考えられる塔槽類や配管、送液装置等、静的機器の外観、通水（通気）作動確認等を早期に実施する。
- ③工程洗浄前の確認：工程洗浄開始前の 1 年以内に計装計器や動的機器（回転機器等）など、静的機器に比べ比較的故障頻度が高いと考えられる設備を点検する。計装計器の点検については、濃縮ウラン溶解槽のように運転を行う設備は運転に必要な計器（液位計、密度計、温度計等）について校正を実施する。また、溶液の受け払いのみを行う設備は液移送操作に必要な液位計等について校正を実施する。なお、保安規定に基づき計器校正を実施する計器については、その記録をもって確認する。これら以外の計器については、目視点検により外観や作動状態に異常がない

ことを確認する。

- ④総合確認：①～③の点検が終了した後、純水（DWa）を用いて工程洗浄の一連の操作（溶解槽等の加熱機器の加熱を含む）による総合的な点検、及び従来からキャンペーン開始前に実施しているキャンペーン開始前点検を実施する。

また、工程内に残存する少量の核燃料物質を保有している一部の設備は、送液装置の作動確認を核燃料物質を含む実液でしか行えないことから、これらの設備については、工程洗浄を開始する直前に実液を使った作動確認を実施する。万一これにより不具合が見つかった場合は、工程洗浄の計画を見直すこととする。

3.3 想定される事象

工程洗浄中において想定される不具合事象を洗い出し、想定される要因、対策、さらに不具合事象が発生した際の復旧期間について整理した（表-3）。溶解槽内圧上昇（PP⁺）や蒸気凝縮水系放射性物質検出（ γ RP⁺）のような事故、故障が発生した場合を除き数日間での対応が可能である。

3.4 教育訓練

運転停止期間が長期に続いたことから運転経験の有無に係らず運転要領書、OSCLを用いた基本的な運転操作を必須とする。また、以下に示す運転に必要な力量について運転員の階層や役割に応じ、座学・OJTにより適切に教育・訓練を実施する。教育・訓練の講師は、センター規則「教育・訓練管理規則」（再Q再008）に定める講師の要件を満たす者が行うこととする。

1) 工程機器の構造や原理を理解した運転操作

- ①機器図、写真、セルモデル等を用いて機器の構造・仕組みを理解する。
- ②上記を踏まえ、運転要領書、OSCLを用いて運転操作を繰返し行う。

2) 設備の状態を把握し異常の早期発見

- ①現場にて正常な設備の状態（停止中及び総合作動試験等の運転中）を視覚、聴覚、嗅覚等で体感し、正常時と異常時の違いを見つける力を養う。
- ②ログシート、現場巡視点検において計器指示値から正常状態と異常状態の違いを理解する。

3) 通常と異なる事象に対する原因究明と問題解決

- ①異常時の対応方法（通報連絡、応急処置等）
- ②過去のトラブル事例研究
- ③過去の汚染事故等、水平展開事項の再確認

以上

＜凡例＞

- : せん断粉末の溶解液の流れ
- : ウラン溶液の流れ
- : プルトニウム溶液の流れ
- : 高放射性廃液等の流れ

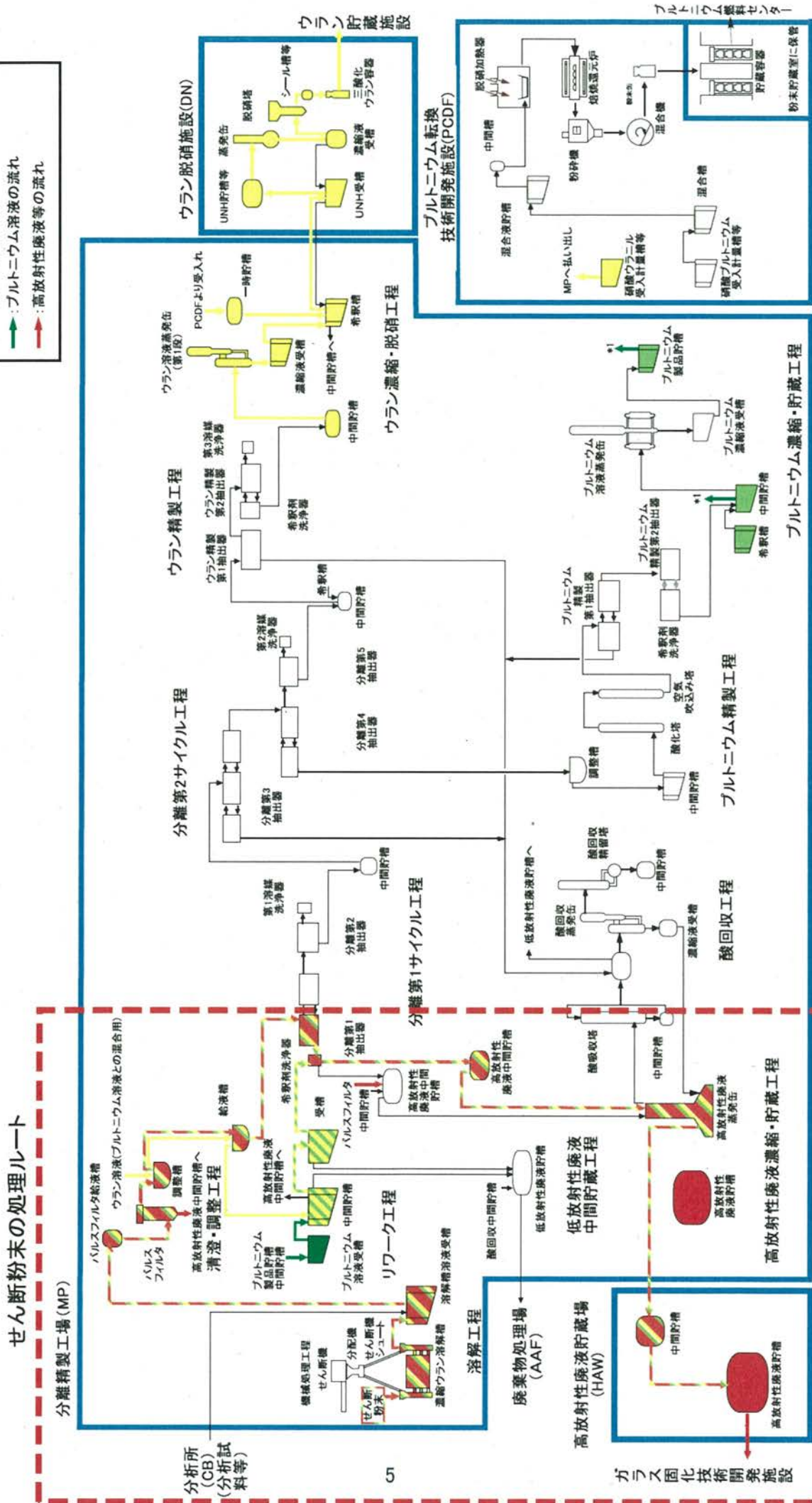


図-1 工程洗浄による核燃料物質等の集約の流れの概要図

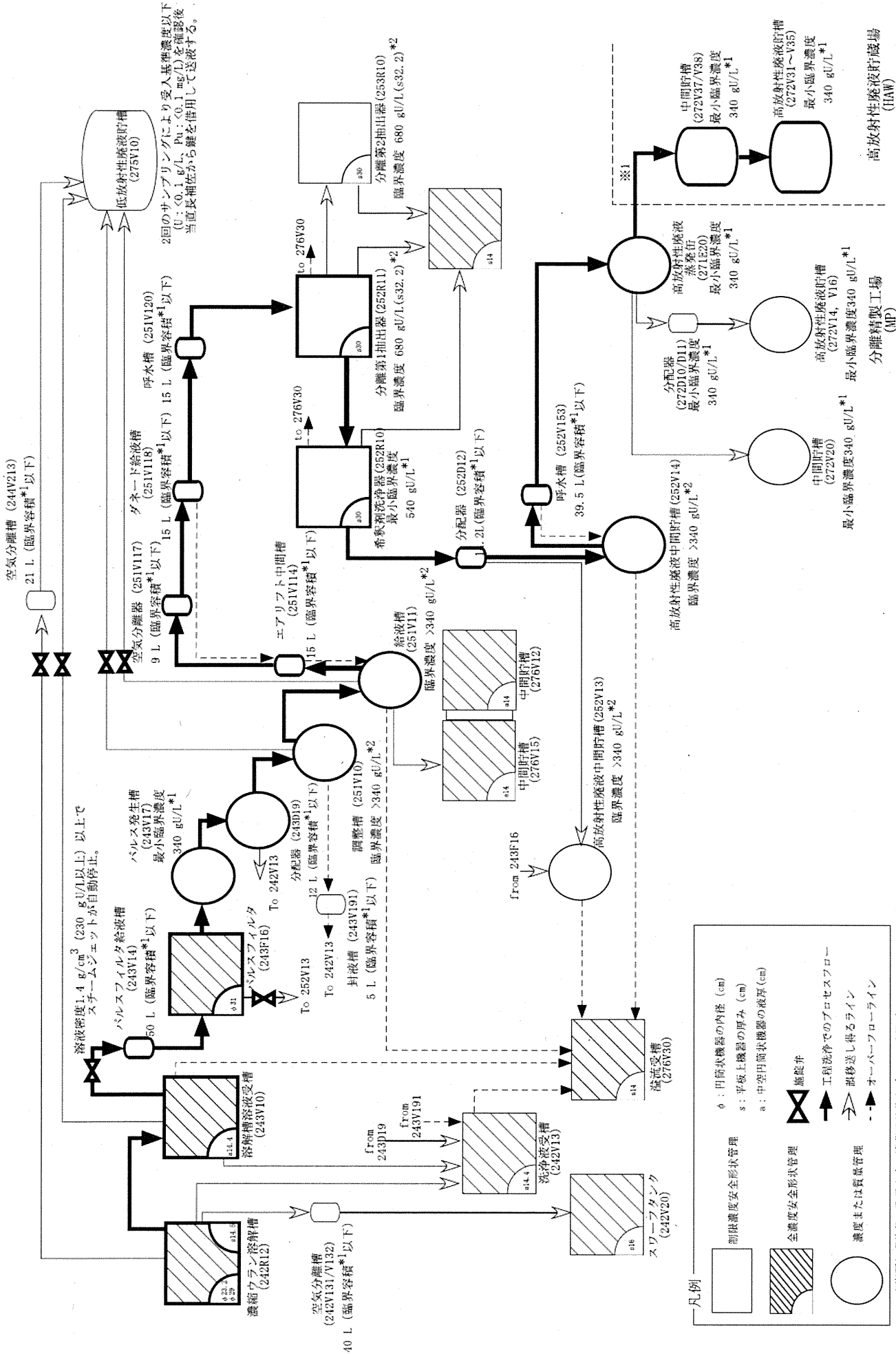
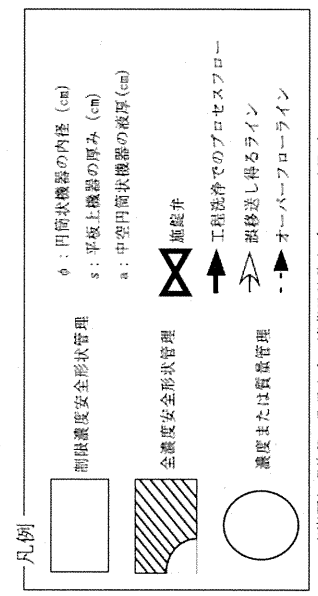


図-2 工程洗浄におけるせん断粉末溶解液の移送経路及び臨界管理系統図



*1 東海再処理施設の臨界安全、差積設計基本データの確認 (JNC TN8410 99-003)
 4%濃縮U系 設計上の臨界質量 002F2-H20 4%)
 4%濃縮U系 設計上の臨界質量 (最小濃度) 340 gU/L (ウラン均質系 002F2-H20 4%)
 *2 再処理事業指定申請書に記載のある臨界濃度

表-1 セン断粉末の処理方法の比較（全交流電源喪失時の時間裕度及び送液経路の安全性）

項目	1 バッチ処理 (240 kg/バッチ)	2 バッチ処理 (120 kg/バッチ)	10 バッチ処理 (30 kg/バッチ)
沸点到達時間 ^{注1)}	約 5 日 (溶解槽溶液受槽)	約 12 日 (溶解槽溶液受槽)	約 55 日 (溶解槽溶液受槽)
水素の爆発下限界濃度 到達時間 ^{注1)}	約 3 日 (パルスフィルタ及び パルスフィルタ給液槽)	約 7 日 (パルスフィルタ及び パルスフィルタ給液槽)	約 18 日 (パルスフィルタ及び パルスフィルタ給液槽)
送液経路上の最大の ウラン濃度 ^{注2)} （最小臨界濃 度は 340 gU/L (4%U)）	約 300 gU/L	約 150 gU/L	約 40 gU/L

注1) セン断粉末の溶解液を受入れる経路の各機器において、全交流電源喪失を想定した場合に沸点到達時間及び水素の爆発下限界濃度到達時間が最短となる時間（少数点第一位を切り捨てて記載）

注2) 溶解液のウラン濃度は、セン断粉末を全てウランと仮定し、濃縮ウラン溶解槽での液量（800 L）で除して算出した値を一の位を切り上げて記載

表-2 せん断粉末の処理方法の比較（処理期間、発生液量等）

項目	粉末溶解のバッチ数比較		
	1バッチ処理 (240 kg/バッチ)	2バッチ処理 (120 kg/バッチ)	10バッチ処理 (30 kg/バッチ)
溶解時間 (全量処理に係る時間)	約10時間	約16時間 (約8時間/バッチ)	約60時間 (約6時間/バッチ)
処理期間 (溶解からHAW貯槽へ移送)	約5日	約7日	約25日
1バッチ当たりの Kr85放出量	4.5×10^4 GBq	2.3×10^4 GBq	4.5×10^3 GBq
発生液量 HAW（溶解液+リソング液） LAW（オガ入洗浄廃液）	HAW：約1, 300 L LAW：約1, 100L	HAW：約2, 600 L LAW：約1, 300L	HAW：約6, 500 L ^{注）} LAW：約3, 100L
主な送液回数 スチームジェット（Sj）、真空（V） サイフォン（Sy）、アフリット（A）	10回 （Sj×4回、V：2回、 Sy：1回、A：3回）	20回 （Sj：8回、V：4回、 Sy：2回、A：6回）	90回 （Sj：40回、V：10回、 Sy：10回、A：30回）

注）10バッチ処理はウラン濃度が低いため、リソングは実施しない（10バッチ処理の溶解液ウラン濃度（約35 g/L）は、1バッチ処理のリソング液ウラン濃度（約50 g/L）より低い）。

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
①粉未装荷	マニピレータ作動不良	爪, 手動動作, 電動動作の不調	爪, 電気部品 (リレー, ヒューズ, 駆動モータ, リミットスイッチ等), 操作ボタン, 接続配線の整備・交換 予備機への交換 (S2)	約 5 日
	セル内クレーン, ホイスト作動不良	異常動作, 動作停止	制御盤内電気部品の交換 遠隔給電ケーブルの再セット	約 5 日
	パワーマニピレータ作動不良	異常動作, 動作停止	制御盤内電気部品の交換	約 5 日
	反転装置の作動不良	異常動作, 動作停止	摺動部への潤滑剤塗布 給電系統の整備 駆動モータの切離し, 手動による反転, 又は垂直操作	約 3 日
	セル内カメラの作動不良	映像不良	給電ケーブルコネクタの再接続, 給電ケーブルの交換 予備カメラ, 予備制御器への交換	約 1 日
	吊り秤の計重不良	計重不良	予備品への交換	約 1 日
	電動ふるいの作動不良	異常動作, 動作停止	予備品への交換	約 1 日
	セル内照明の不灯	照明の不灯	水銀灯の交換	約 5 日
	トラップ扉の開閉不良	異常動作, 動作停止	油圧ホースの再接続, 油圧タンク の圧空ラインの整備 手動開閉	約 3 日
	グラップラの動作不良	ロック, アンロック不良	潤滑剤の塗布 予備グラップラへの交換	約 2 日
	せん断粉未入りホッパからの異常な漏れ	せん断粉未の漏れ	予備閉止栓への交換	約 1 日
	チェーンスリングの吊上げ不良	チェーンスリングの変形, 脱落	予備品への交換	約 1 日

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
②溶解槽 (242R12)	溶解槽気密不良	プラグガスケット劣化, 破損, 脱落	ガスケット交換, 再セット (工程洗浄開始前に交換を実施する)	約2日
		アムリ弁内通	アムリ弁交換 (S2)	約5日
		せん断オフガスフィルタケーシング外通	フィルタケーシングガスケットの増締め, 交換	約1日
		溶解槽プラグ閉口不良	伸縮軸への潤滑剤塗布 クラウンの増締め	約1日
		溶解槽内圧上昇 (242PP+12.1/12.2)	溶解運転停止 運転要領書に従い対応 事故対策手順に従う (PP+12.2)	-
	加熱蒸気量の制御不良	圧空調節弁作動不良, 調節計/計装機器部からの蒸気漏えい	計装点検, 予備品または, R10, R11 該当箇所と入れ替える。	約1日
		蒸気凝縮水系放射性物質検出 (282γRP+60.1)	溶解槽加熱蒸気ジャケットの損傷	-
		溶解槽バレル洗浄ラインの水洗不調	耐圧ホースの劣化・接続不良 水供給ラインの不良 水供給停止不調 (漏れ, バルブの閉止不調)	約5日
		ファンネル, バスケット, スワフの吊上げ不良	グラップラのロック不良, 吊荷重の異常	約2日
		ろ過速度低下	エレメント詰り	約2日
③パルスをフィルタ	ろ過速度の急激な増加	0リング, エレメント破損	約5日	
	真空圧異常	真空系の異常	約5日	
	圧空異常	圧空系 (251V102)の計装系異常	約1日	
	タイマーの設定ができない	タッチパネル劣化等	約1日	
		計装点検 計装点検 (工程洗浄前にバックライト交換)		

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
	ろ過作動不良	三方弁不良	三方弁補修, 交換 (S2)	約 5 日
④セラミックバルブ	開閉不可	駆動エアの不良コック部の噛みこみ,	駆動エア接続確認手動操作	約 1 日
	Vベルト破損	Vベルト劣化	セラミックバルブ交換 (S2)	約 5 日
⑤排風機	電動機不調	電動機故障, 摺動部噛込み	Vベルト交換	約 1 日
	ブライミング不良	電動機故障, 摺動部噛込み	電動機交換	約 2 日
⑥ポンプ	指示異常	計装配管の閉塞	ポンプ交換	約 5 日
	⑨送液装置	スチームジェット作動不良 (予備機も作動不良の場合)	本体ノズル閉塞	エアブロー等
エアリフト		本体ストレーナ閉塞	フリージングデバイスを用いた詰り除去	約 3 日
252V14 から 271E20 移送ラインの閉塞		本体ストレーナ詰り	本体ストレーナつまり除去 (S2)	約 5 日
ダネード		蒸気ストレーナ閉塞	ストレーナ清掃, 交換	約 1 日
サイフォン		エア供給系統の閉塞	ストレーナ清掃, 交換	数時間
⑩試薬・ユージェイリテイ	硝酸供給の不具合	スラッジの堆積	フリージングデバイスを用いた詰り除去	半日
	酸素ラインに酸素流れない	真空系の異常, 本体閉塞	VCV, VC フィルタ, 電磁弁交換 本体洗浄	約 2 日
	硝酸供給ラインからの漏えい	真空系の異常	VCV, VC フィルタ, 電磁弁交換	約 2 日
	手動弁, 圧空作動弁作動不良	積算流量計の故障	積算流量計の点検整備, 交換	約 1 日
	圧縮機作動不良	酸素ラインの詰り (沈殿, 凝固物: 溶解槽, 溶解液受槽等)	高圧水による詰り除去洗浄	約 1~2 日
⑪弁類		フランジ部のガスケット劣化	フランジ部のガスケット交換	約 1 日
		ダイアフラム破損, 軸破損等	弁交換	約 1 日
⑫圧縮機		電動機故障, Vベルト劣化	電動機交換, Vベルト交換	約 2 日

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
⑬フィルタ (槽類換気) (オフガス処理工程)	フィルタ線量率の大幅な上昇	オフガス洗浄塔の機能不全 (放射線物質除去率低下) フィルタへの放射性物質の付着	線量率上昇の原因調査, 予備側フィルタへの切替	数時間～ 半日
⑭気体放出 (槽類換気) (オフガス処理工程)	ヨウ素異常放出	オフガス洗浄塔 (配管) の漏洩 オフガス洗浄液の誤移送 洗浄塔アルカリ濃度低下	運転要領書に従う (U245 ヨウ素放出量常陽時の対応)	-
⑮スターラ (抽出器)	サーマルトリップ	モータ部の故障	キャスク交換方式によるスターラ交換 (S2)	約 7 日
⑯FC (抽出器)	抽出器内溶液の移動不可	V2S 弁, R10 の故障	V2S 弁, R10 の交換 (S2)	約 5 日
⑰サンプリング系	試料採取不可	サンプリングベンチブーツの破損	ブーツ交換 (S2)	約 7 日
		トング故障	トング交換 (S2)	約 5 日
		サンプリングラインの閉塞	ライン洗浄, ニードル交換	約 2 日
⑱スクラブラ硝酸系	流量制御不可	気送ボックスの故障	気送ボックス交換 (一部は S2)	約 5 日
		制御系の故障, 閉塞等	計装点検, 制御系の交換, 詰り除去等	約 2 日

工程洗浄における全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価方法

1. 概要

全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価方法は、廃止措置計画変更認可申請書 添四別紙 1-1-26 「高放射性廃液貯蔵場(HAW)における高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」(令和3年4月27日認可)(以下「高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」という。)と同様に、全交流電源喪失時に溶液の発熱量が全て溶液の温度上昇に寄与するものとして保守的に評価する。

評価の結果、せん断粉末を10バッチに分けて処理することで、沸騰到達まで十分な時間余裕があることを確認した。

2. 評価対象

せん断粉末の溶解液が通過する機器のうち、全交流電源喪失時に溶液を保持しない空気分離器等を除いた機器を評価対象とする。

3. 評価方法

沸騰到達時間は、各機器からセル等への放熱を考慮せず、断熱条件(発熱量が全て溶液及び構造材の温度上昇に寄与)で、沸点に達するのに必要とする熱量を時間当たりの発熱量で除すことで評価する。

沸騰到達時間の算出式を以下に示す。

$$t = (\rho VC_1 + MC_2) \times (T_a - T_o) / Q$$

ここで、

t : 沸騰到達時間 (h)

ρ : 溶液の密度 (kg/m³)

V : 評価液量 (m³)

C_1 : 溶液の比熱 (J/kg/K)

MC_2 : 貯槽の構造材の熱容量 (J/K)

貯槽の構造材の熱容量(貯槽の構造材の質量 M (kg)と貯槽の構造材の比熱 C_2 (J/kg/K)の積)は高放射性廃液貯槽(272V31~V35)の評価にのみ考慮する。他の貯槽の評価では無いものとして評価する。

T_a : 溶液の沸点 (°C)

T_o : 溶液の初期温度 (°C)

Q : 各機器の発熱量 (W)

4. 評価条件

(1) せん断粉末の発熱量

せん断工程クリーンアップで回収したせん断粉末には、これまでにせん断処理した様々な燃料のせん断粉末が含まれている。これらせん断粉末の発熱量は、以下の条件でORIGEN 計算により設定する。

- せん断粉末は、東海再処理施設の基準燃料（軽水炉燃料（PWR 燃料）及びふげん MOX タイプ B 燃料）のそれぞれの場合の放射エネルギーを計算する。
- 冷却期間は、最後の再処理運転となった 2007 年からの経過時間（約 14 年）を考慮し保守側に 10 年とする。
- 各々の計算結果のうち核種毎に発熱量の大きい値を合計し、せん断粉末に含まれる主要核種の発熱量とする。

(2) 各機器が保有する発熱量

1 溶解分のせん断粉末の溶解液を保持可能な貯槽は、せん断粉末 30 kg 分の発熱量を設定する。パルスフィルタ（243F16）等、1 溶解分の溶解液の容量に満たない機器の発熱量は、溶解槽溶液受槽（243V10）の溶液（せん断粉末の溶解液と溶解槽溶液受槽（243V10）の水封液の混合液）の発熱密度と各機器の設計図書の使用液量から発熱量を設定する。

(3) 評価液量

1 溶解分のせん断粉末の溶解液を保持可能な貯槽は、せん断粉末の溶解液量を評価液量とする。パルスフィルタ（243F16）等、1 溶解分の溶解液の容量に満たない機器の評価液量は、設計図書又は運転管理値から求めた使用液量とする。

(4) 初期温度及び沸点

初期温度は、運転要領書、プロセスフローダイヤグラム等に記載がある機器については、それらの値をもとに設定し、記載がないものは隣接する貯槽の初期温度等から設定する。

沸点は、沸点上昇等を考慮せず保守的に 100°C とする。

(5) 密度

密度は、評価する溶液の密度が低い程、沸点到達時間が短くなることから、保守的に水の密度（1000 kg/m³）を用いて評価する。

(6) 比熱

せん断粉末の溶解液の比熱は、1 バッチ当りに設定したせん断粉末の溶解量を処理した場合における各機器のウラン濃度及び酸濃度を用いて JAERI-Tech 2003-045 の比熱算定式¹⁾より算出する。

比熱算定式を以下に示す。

$$C = 0.998 - 9.630 \times 10^{-4} \times C_u - 4.850 \times 10^{-2} \times C_N$$

ここで,

C : 比熱 (kcal/kg/°C)

C_U : ウラン濃度 (g/L)

C_N : 硝酸濃度 (g/L)

5. 評価結果

せん断粉末を10バッチ処理(1バッチ当たり30kg)した場合におけるせん断粉末の溶解液を取扱う機器の沸騰到達時間を表-1に示す。せん断粉末の溶解液を取扱う機器については、沸騰到達時間まで十分な時間裕度(約55日)があることを確認した。

参考文献

- 1) 「熱流動解析コードPHOENICSを組み込んだ燃料溶液体系の動特性解析コードの開発及びTRACYの自然冷却特性実験の解析」(渡辺他 2003) JAERI-Tech 2003-045

表-1 せん断粉末(30 kg)の溶解液を採取する機器の全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価結果

施設名*	機器名	評価液量 (L)	発熱量 (W)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン濃度 (g/L)	密度 (kg/m ³)	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考
MP	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	850	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.2×10 ⁻¹	沸騰状態	100	※2	せん断粉末溶解液の液組成での評価
	溶解槽溶液受槽 (243V10)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	60	100	約55日	溶解液量に243V10の水封液量300Lを加えて評価
	バルスフィルタ (243F16)	140	4.0	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	60	100	約55日	
	バルスフィルタ給液槽 (243V14)	50	1.4	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	60	100	約55日	
	バルス発生槽 (243V17)	141	4.1	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	60	100	約55日	
	シールポット (243V181)	14.5	4.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	60	100	約55日	
	調整槽 (251V10)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	給液槽 (251V11)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	エアリフト中間貯槽 (251V114)	15	4.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	ダネート給液槽 (251V118)	15	4.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	呼水槽 (251V120)	15	4.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	分離第一抽出器 (252R11)	825	2.4×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	希釈剤洗浄器 (252R10)	275	8.0	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	高放射性廃液分配器 (252D12)	14.2	4.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	呼水槽 (252V153)	30	9.0×10 ⁻¹	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	
	中間貯槽 (272V37/V38)	1150	3.3×10	3.0		1.0×10 ³	8.3×10 ⁻¹	30	100	約97日	

※1: MP:分離精製工場, HAW:高放射性廃液貯蔵場

※2: 通常運転中は沸騰状態の機器であり, 処理中に全交流電源喪失が発生したとしても, セル内空気により除熱可能であることを確認済

工程洗浄における全交流電源喪失時の
水素の爆発下限界濃度到達時間の評価方法

1. 概要

工程洗浄においてせん断粉末の溶解液を取扱う機器については、全交流電源喪失時に水素掃気機能を喪失した場合の水素の爆発下限界濃度到達時間（以下「爆発下限界到達時間」という。）を評価し、時間裕度を確認する。

評価の結果、せん断粉末の溶解液を取扱う機器は水素掃気機能を喪失しても、爆発下限界到達時間まで十分時間裕度を確保していることを確認した。

2. 評価対象

せん断粉末の溶解液が通過する機器のうち、全交流電源喪失時に溶液を保持しない空気分離器等を除いた機器を評価対象とする。

3. 評価方法

爆発下限界到達時間は、「東海再処理施設の安全性確認に係る基本データの確認－放射線分解により発生する水素の検討－」¹⁾ の評価方法に従い実施する。

爆発下限界到達時間は以下のとおり。

$$t = \frac{(C_L - C_0) \times V}{(100 - C_L) \times H}$$

ここで、

t : 爆発下限界到達時間 (h)

C_L : 水素の爆発下限界濃度 (vol%)

機器内に酸素供給を行う濃縮ウラン溶解槽 (242R12) 及び溶解槽送液受槽 (243V10) については、酸素雰囲気の水素の爆発下限界濃度の 3.9 vol%，これら以外の機器は空気雰囲気の 4.0 vol% を設定する。

H : 水素発生量 (Nm³/h)

$$H = 8.36 \times 10^{-6} GP$$

G : 水素発生 G 値 (分子数/100eV)

P : 機器の保持する溶液の発熱量 (W)

C_0 : 初期水素濃度 (vol%)

機器内に溶液が保持されてから十分に時間が経過している場合は、機器内の水素濃度が平衡状態に達していると考えられることから、初期水素濃度は飽和水素濃度として以下のとおり求める。

$$C_0 = 100H / (F + H)$$

F : 機器内に供給される気体量 (Nm³/h)

V : 機器の空間容量 (m³)

4. 評価条件

(1) せん断粉末の発熱量

せん断工程クリーンアップで回収したせん断粉末には、これまでにせん断処理した様々な燃料のせん断粉末が含まれている。これらせん断粉末の発熱量は、以下の条件でORIGEN 計算により設定する。

- せん断粉末は東海再処理施設の基準燃料（軽水炉燃料（PWR 燃料）及びふげん MOX タイプ B 燃料）のそれぞれの場合の放射エネルギーを計算する。
- 冷却期間は、最後の再処理運転となった 2007 年からの経過時間（約 14 年）を考慮し保守側に 10 年とする。
- 各々の計算結果のうち核種毎に発熱量の大きい値を合計し、せん断粉末に含まれる主要核種の発熱量とする。

(2) 機器の発熱量

1 溶解分のせん断粉末の溶解液を保持可能な貯槽は、せん断粉末 30 kg 分の発熱量を設定する。パルスフィルタ（243F16）等、1 溶解分の溶解液の容量に満たない機器の発熱量は、溶解槽溶液受槽（243V10）の溶液（せん断粉末の溶解液と濃縮ウラン溶解槽の洗浄液の混合液）の発熱密度と各機器の設計図書の使用液量から発熱量を設定する。

(3) 機器の空間容量

機器の空間容量は、機器の全容量から評価液量を差し引いて求める。各機器の評価液量は、原則、設計図書又は運転管理値から求めた使用液量とする。パルスフィルタ（243F16）等、1 溶解分の溶解液の容量に満たない機器は、設計図書又は運転管理値から求めた使用液量とする。

(4) 水素発生 G 値

プルトニウム、アメリシウム、キュリウム及び $\beta\gamma$ 線を放出する元素の酸濃度に対する水素発生 G 値^{2) ~7)} に対して近似式を求め、当該機器の酸濃度から水素発生 G 値を設定する。

5. 評価結果

せん断粉末 30 kg 溶解した場合の爆発下限界到達時間を表-1 に示す。せん断粉末の溶解液を取扱う機器の時間裕度は約 18 日であり十分な時間裕度があることを確認した。

参考文献

- 1) 「東海再処理施設の安全性確認に係る基本データの確認-放射線分解により発生する水素の検討-（技術報告）」（大森他 1999 年 10 月），JNC TN8410 2000-003
- 2) M.V.Vladimirova” α -and β -Radiolysis of Aqueous Solutions of Light and Heavy Water”，UDC541.15（1964）

- 3) N. E. Bibler "Curium-244 Alpha Radiolysis of Nitric Acid. Oxygen Production from Direct Radiolysis Of Nitrate Ions", DP-MS-72-68, Conf-730403-4 (1973)
- 4) JON R. Weiss, " Calculation of Hydrogen Generation from Plutonium Induced Alpha Radiolysis of Nitric, Sulfuric, and Perchloric Acids", Radiation Effects, vol. 19 pp. 191-193 (1973)
- 5) H. A. Mahlman, "The OH yield in the Co-60 γ radiolysis of NH_3 ", The Journal of Chemical Physics Vol. 35, [3], 936 (1961)
- 6) J. P. Holland et al., "The Radiolysis of Dodecane-Tributylphosphate Solutions", NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHOD 153, p589 (1978)
- 7) H. M. Forehand, Jr., "Effect of radiolytic gas on nuclear excursions in aqueous solutions", NUREG/CR-2517 (1982).

表-1 セン断粉末 (30 kg) の溶解液を取扱う機器の全交流電源喪失時の水素の爆発下限界到達時間評価結果

施設名 ^{※1}	機器名	全容量 (L)	評価液量 (L)	空間容量 (L)	評価用濃度 (mol/L)	発熱量 (W) ^{※2}				水素発生G値(分子数/100 eV)				水素発生量 (Nm ³ /h)	爆発下限界到達時間	備考
						Pu	Am	Cm	βγ	Pu	Am	Cm	βγ			
MP	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	1270	850	420	3.0	3.8	2.1	2.1	25	0.11	0.11	0.25	0.06	2.1×10 ⁻⁴	約33日	
	溶解槽溶液受槽 (243V10)	2623	1150	1473	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約87日	せん断粉末の溶解液全量 (850 L) に 243V10 水封液量 (300 L) を追加して評価液量を設定
	パルスフィルタ (243F16, 243V14)	215	190	51*	2.0	6.3×10 ⁻¹	3.5×10 ⁻¹	3.5×10 ⁻¹	4.2	0.14	0.14	0.30	0.08	4.7×10 ⁻⁴	約18日	※243V14 の空間容量 (25 L) と 243V14 と接続する気液分離ポットの容量 (26 L) を合わせた値
	パルス発生槽 (243V17)	190	141	49	2.0	4.6×10 ⁻¹	2.6×10 ⁻¹	2.6×10 ⁻¹	3.1	0.14	0.14	0.30	0.08	3.5×10 ⁻⁴	約24日	
	シールポット (243V181)	17	14.5	7.3*	2.0	4.8×10 ⁻²	2.7×10 ⁻²	2.7×10 ⁻²	3.2×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	3.6×10 ⁻⁷	約35日	243V181 の空間容量 (2.5 L) と 243V181 接続する配管 (1.1 L) と X18 ケーシング (3.7 L) 空間容量を合わせた値
	調整槽 (251V10)	4650	1150	1650	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約100日	
	給液槽 (251V11)	5646	1150	846	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約51日	
	エアリフト中間貯槽 (251V114)	21	15	6	2.0	4.9×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	3.3×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 ⁻⁷	約28日	
	ダネード給液槽 (251V118)	21	15	6	2.0	4.9×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	3.3×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 ⁻⁷	約28日	
	呼水槽 (251V120)	21	15	6	2.0	4.9×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	2.8×10 ⁻²	3.3×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 ⁻⁷	約28日	
	分離第一抽出器 (252R11)	1245	825	420	2.0	2.7	1.5	1.5	18	0.14	0.14	0.30	0.08	2.0×10 ⁻⁴	約35日	
	希釈剤洗浄器 (252R10)	410	275	135	2.0	9.1×10 ⁻¹	5.1×10 ⁻¹	5.1×10 ⁻¹	6.0	0.14	0.14	0.30	0.08	6.8×10 ⁻⁴	約33日	
	分配器 (252D12)	25	14.2	10.8	2.0	4.7×10 ⁻²	2.6×10 ⁻²	2.6×10 ⁻²	3.1×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	3.5×10 ⁻⁷	約53日	
	高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	6135	1150	1135	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約68日	
	呼水槽 (252V153)	39.5	30	9.5	2.0	9.9×10 ⁻²	5.5×10 ⁻²	5.5×10 ⁻²	6.6×10 ⁻¹	0.14	0.14	0.30	0.08	7.4×10 ⁻⁷	約22日	
高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	8850	1150	5850	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約349日		
HAW	中間貯槽 (272V37/V38)	13000	1150	3000	2.0	3.8	2.1	2.1	25	0.14	0.14	0.30	0.08	2.8×10 ⁻⁴	約183日	

せん断粉末の溶解液

※1: MP:分離精製工場, HAW:高放射性廃液貯蔵場

※2: せん断粉末の溶解液に含まれるウランの発熱量は、プルトニウム、アメリシウム等の発熱量に対して十分低いことから考慮しない。

《工程洗浄に係る廃止措置計画変更認可申請の骨子》

【本文】十. 廃止措置の工程

- ・作業の工程（スケジュール）の見直し

【本文】十二 回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す方法及び時期

- ・工程洗浄の基本方針

← 説明済（7/5監視チーム会合）

【添付書類】十. 回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す工程に関する説明書

1. 工程洗浄の概要
2. 工程内に残存している核燃料物質の場所、量及び形態について
 - ・本文の表12-1に示した核燃料物質の詳しい内訳・由来、性状（化学形態、放射エネルギー・質量、組成、管理状況）及びその所在
3. 工程洗浄の方針
 - ・再処理（ウラン及びプルトニウムの分離）をしないという方針
 - ・核燃料物質ごとの集約方法（廃棄又は回収）の考え方
4. 工程洗浄の方法
 - 4.1 工程洗浄の手順
 - ・核燃料物質の集約方法についての具体的なプロセス
 - 4.2 工程洗浄の目標
 - ・工程洗浄の作業完了の確認の方法
5. 工程洗浄に伴い発生する放射性廃棄物の量
 - 5.1 放射性気体廃棄物の量
 - ・過去の実績から算出した工程洗浄（せん断粉末の溶解）に伴い放出される放射性気体廃棄物の量及びその監視・管理方法
 - 5.2 放射性液体廃棄物の量
 - ・過去の実績から算出した工程洗浄に伴い放出される放射性液体廃棄物の量及びその監視・管理方法
6. 工程洗浄の安全性について
 - ・崩壊熱除去機能及び水素掃気機能が喪失した場合の時間裕度について
 - ・核燃料物質の送液経路の安全性
 - ・核燃料物質を現有する高放射性廃液に集約した場合のガラス固化体への影響
7. 工程洗浄の実施時期
 - ・せん断粉末、プルトニウム溶液及びウラン溶液の集約時期及び考え方
8. 工程洗浄の実施体制
 - ・せん断粉末、プルトニウム及びウラン溶液の集約時の体制について
9. 核燃料物質の集約後の設備管理
 - ・工程洗浄の実施により合理化が期待される設備管理
10. トラブルへの対処
 - ・想定される不具合等への対処方法

← 一部（せん断粉末の溶解方法）について説明（9/15）

← コメント対応中

← 一部（せん断粉末の溶解方法）について説明（9/15）

添付書類十

回収可能核燃料物質を再処理設備本体から
取り出す工程に関する説明書

DRAFT

1. 工程洗淨の概要

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設は廃止措置段階に入り、系統除染及び機器解体に先行して各施設に分散する核燃料物質を集約し、安定化を図る必要がある。

現在、分離精製工場 (MP)、プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF)、ウラン脱硝施設 (DN) 及び分析所 (CB) には工程に残る核燃料物質が残存しており、これら施設に残存する核燃料物質は、再処理運転を伴わない集約方法 (以下「工程洗淨」という。) により、製品または放射性液体廃棄物として早期に集約して安定化を図る。

なお、上記の核燃料物質の集約後に各工程の機器の押出し洗淨を実施し、発生した廃液についても、放射性液体廃棄物として集約する。

2. 工程内に残存している核燃料物質の場所、量及び形態について

工程内に残存する核燃料物質については、「十二. 回収可能核燃料物質を再処理設備本体から取り出す方法及び時期」の「表 12-1 回収可能核燃料物質の存在場所ごとの保有量」に示す。

(1) 使用済燃料のせん断粉末 (以下「せん断粉末」という。)

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、セル内にて保管している。

(2) プルトニウム溶液

再処理施設のリスク低減へ向けた取り組みとして、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 月にかけてプルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) において MOX 粉末化 (固化安定化) を実施した。

現在保有するプルトニウム溶液 ([]) は、分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽の送液残液 ([]) 及び分離精製工場 (MP) の希釈槽の溶液 ([]) である。希釈槽の溶液は、プルトニウム製品にならなかった溶液 ([]) に、ウラン・プルトニウム共回収プロセス開発*の試験済溶液 ([]) を含み、ウランとプルトニウムを混合した状態で保管している。

※ 使用済燃料溶解液からプルトニウムを単離回収せずにウラン及びプルトニウムを製品として共回収することを目的とした試験 (経済産業省の受託研究)。試験試薬としてヒドラジン、硝酸ヒドロキシルアミン (HAN) 及び溶媒 (TBP) を使用した。ヒドラジンや HAN は、既に NO₂ ガスによる分解処理を実施しており、TBP については、通常運転時の濃度 110~350 ppm に対して 40 ppm と低いことを分析により確認している。

(3) ウラン溶液及びウラン粉末

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 (ウラン製品化前) 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で残ったウラン溶液 () 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シード用のウラン粉末 () を三酸化ウラン循環容器にて保有している。

(4) その他の核燃料物質 (洗浄液)

分離精製工場 (MP) の溶解, 清澄, 調整工程及び抽出 (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, () 及び () の核燃料物質を保有している。

3. 工程洗浄の方針

工程洗浄では、再処理 (ウラン及びプルトニウムの分離) をせずに核燃料物質を集約する。工程洗浄の集約は以下に基づき実施する。

(1) せん断粉末

- ・せん断粉末は計量管理上の観点から溶解し、核物質量を確定する。
- ・せん断粉末は、溶解後に使用する機器を極力少なくするため、再処理 (ウラン及びプルトニウムの分離) 及び高放射性廃液蒸発缶 (271E20) で加熱濃縮を行わず、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽に集約する。
- ・せん断粉末の全量を 10 バッチで溶解処理する (添十別紙-1「工程洗浄におけるせん断粉末の処理方法について」参照)。
- ・せん断粉末の溶解は、濃縮ウラン溶解槽 (242R12) において溶解時に内圧上昇の発生を防止する処理モード (内圧上昇防止モード) により行う。
- ・再処理 (ウラン及びプルトニウムの分離) を行わないことから、分離精製工場 (MP) の溶媒は廃棄物処理場 (AAF) に払い出した状態で工程洗浄を実施する。

(2) プルトニウム溶液

- ・分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽のプルトニウム溶液は、リスク低減として固化安定化した際の送液残液を硝酸溶液で希釈したものであり、プルトニウム濃度が低い状態である () 。通常、プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) の脱硝加熱器でマイクロ波加熱脱硝を行うプルトニウム濃度は () 程度であり、分離精製工場 (MP) のプルトニウム溶液蒸発缶による濃縮を行わない状態では容易に MOX 粉末化できないことから、回収できない低濃度のプルトニウム溶液は、高放射性廃液蒸発缶 (271E20) で加熱

濃縮を行わず、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽へ送液する。

- ・回収できない低濃度のプルトニウム溶液を高放射性廃液貯槽へ集約するためには、プルトニウム溶液系の臨界管理機器のプルトニウム溶液受槽（276V20）からウラン均質系の臨界管理機器の中間貯槽（276V12-V15）へ送液する必要があるが、下回る濃度のプルトニウム溶液を送液するために、（以下「中間貯槽」）を使用済燃料溶解液と同等の 70 以上とする。）し、ウラン均質系の臨界管理を適用するとともに、プルトニウムポリマーが生成しないようにする*。

* ウラン共存下ではプルトニウムポリマーの生成が抑制される。再処理施設の使用済燃料溶解液の送液にはスチームジェットを用いている。

(3) ウラン溶液及びウラン粉末

- ・ウラン溶液は保有量が多く、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽へ送液した場合には、ガラス固化体製造本数が増加すること、既に精製され容易に製品にできることから、ウラン脱硝施設（DN）のウラン溶液蒸発缶による濃縮及び脱硝塔による脱硝を行い、ウラン製品として集約しウラン貯蔵施設に貯蔵する。
- ・プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）の少量のウラン溶液は、分離精製工場（MP）の一時貯槽（263V55～V57）へ手持ち運搬により払出し、他のウラン溶液と同様に、ウラン製品として集約しウラン貯蔵施設に貯蔵する。
- ・ウラン粉末は、ウラン脱硝施設（DN）の脱硝塔内の流動層形成のためのシードとして供給し、ウラン溶液のウランと合わせて、ウラン製品として集約してウラン貯蔵施設にて貯蔵する。
- ・一部のウラン溶液は、プルトニウム溶液と混合させるため、分離精製工場の中間貯槽（276V12-V15）へ送液し、高放射性廃液蒸発缶（271E20）で加熱濃縮を行わず、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽へ送液する。

(4) その他の核燃料物質（洗浄液）

- ・分離精製工場（MP）の溶解、清澄、調整、抽出（酸回収、リワーク等を含む。）工程の洗浄液及び分析所（CB）の分析試料は、高放射性廃液蒸発缶（271E20）で加熱濃縮を行わず、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽へ送液する。
- ・核燃料物質の集約後に各機器の押し出し洗浄で発生する廃液（押し出し廃液）は、

ウラン濃度、プルトニウム濃度及び放射能濃度を確認した上で、低放射性廃液として取扱えないものを高放射性廃液蒸発缶（271E20）で加熱濃縮を行わず、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽へ送液する（必要に応じて分離精製工場（MP）の高放射性廃液貯槽へ送液する）。低放射性廃液として送液できるものは廃棄物処理場（AAF）に送液する。

4. 工程洗浄の方法

4.1 工程洗浄の手順

せん断粉末、プルトニウム溶液、ウラン溶液（ウラン粉末を含む。）及びその他の核燃料物質（洗浄液）は、以下の方法により再処理設備本体から取り出して集約する。工程洗浄の方法の概要図を「図 3-1 工程洗浄による核燃料物質の集約の流れの概要図」に示す。

(1) せん断粉末

せん断粉末は、分離精製工場（MP）の濃縮ウラン溶解槽装荷セル（R131）において、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直接装荷し、蒸気により加熱しながら硝酸により溶解する。せん断粉末の溶解液（以下「溶解液」という。）は、溶解槽溶液受槽（243V10）へ送り、パルスフィルタ（243F16）を通し、固体粒子類を分離したのち、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）、高放射性廃液中間貯槽（252V14）を経て高放射性廃液蒸発缶（272E20）へ送液する。高放射性廃液蒸発缶（272E20）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）を経由して高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液し、貯蔵する。なお、分離第1抽出器（252R11）においては、ウラン及びプルトニウムと核分裂生成物との分離は行わず、また高放射性廃液蒸発缶（272E20）では、蒸発濃縮を行わない。

なお、せん断粉末の処理後、濃縮ウラン溶解槽（242R12）を加熱洗浄する。濃縮ウラン溶解槽（242R12）の洗浄液は、溶解液と同じ経路で高放射性廃液貯槽（272V31～V35）へ送液し、貯蔵する。

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す。被覆管片等は、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。

パルスフィルタ（243F16）で分離された固体粒子類を含む溶液は、高放射性廃液中間貯槽（252V13）を経て高放射性廃液蒸発缶（272E20）へ送液する。高放射性廃液蒸発缶（272E20）の固体粒子類を含む溶液は、蒸発濃縮を行わずに計量し、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。

(2) プルトニウム溶液

プルトニウム製品貯槽 (267V10～V16) 及び希釈槽 (266V13) 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。プルトニウム溶液と混合するウラン溶液は、貯槽 (201V77) から調整槽 (251V10) 及び給液槽 (251V11) を経由して中間貯槽 (276V12～V15) へ送液する。中間貯槽 (276V12～V15) においてプルトニウム溶液受槽 (276V20) とウラン溶液 (201V77) を混合し、プルトニウム溶液 (276V12～V15) から受槽 (251V11) へ送液し、高放射性廃液蒸発缶 (272E20) へ送液し、計量し、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。

検討中

なお、高放射性廃液蒸発缶 (272E20) では蒸発濃縮を行わない。

(3) ウラン溶液及びウラン粉末

分離精製工場 (MP) の一時貯槽 (263V55～V57) のウラン溶液のうち、一部は、希釈槽 (263V18)、貯槽 (201V77)、調整槽 (251V10) 及び給液槽 (251V11) を経由して中間貯槽 (276V12～V15) へ送液し、中間貯槽 (276V12～V15) においてプルトニウム溶液と混合に用いる。

上記以外のウラン溶液は、一時貯槽 (263V55～V57) から希釈槽 (263V18) に送り、ウラン濃度を確認したのち、ウラン脱硝施設 (DN) の UNH 受槽 (263V30 又は V31) へ送液する。送液後、一時貯槽 (263V55～V57) 等は、硝酸又は水で洗浄する。それら洗浄液は希釈槽 (263V18) にてウラン濃度を確認し、UNH 受槽 (263V30 又は V31) へ送液する。

UNH 受槽 (263V30 又は V31) のウラン溶液は、ウラン濃度及びウラン濃縮度を確認したのち、UNH 貯槽 (263V32 又は V33)、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) の濃縮液は、濃縮液受槽 (263V40) 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、三酸化ウラン粉末にする。

三酸化ウラン粉末は、脱硝塔から溢流により取り出し、シール槽 (264V437) 及び UO₃ 受槽 (264V438) を経て計量台で計量しながら三酸化ウラン容器に詰め、ウラン製品として第三ウラン貯蔵所 (3U03) へ送り、貯蔵する。

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 (263V55～V57) 又は希釈槽 (263V18) へ払い出し、分離精製工場 (MP) のウラン溶液

と混合して処理する。

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に、脱硝塔 (264R43) 内の流動層形成のためのシードとして供給し、ウラン溶液のウランとともに三酸化ウラン粉末として集約し、ウラン製品として第三ウラン貯蔵所 (3U03) へ送り、貯蔵する。

(4) その他の核燃料物質 (洗浄液)

分離精製工場 (MP) の溶解工程、清澄、調整工程及び抽出工程 (酸回収、リワーク等を含む。) の洗浄液、分析所 (CB) の分析試料等は、既設配管を用いて高放射性廃液蒸発缶 (271E20) に送り、蒸発濃縮を行わずに計量し、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。

溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液 (ウラン粉末を含む。)、溶解、清澄、調整及び抽出工程 (酸回収、リワーク工程等を含む。) の洗浄液、分析所 (CB) の分析試料等の集約後には、各機器及び配管に付着する核燃料物質の押し出し洗浄を行う。

押し出し廃液のうち、低放射性廃液として処理できるものは分離精製工場 (MP) の低放射性廃液貯槽 (275V10, V20 又は V30) から廃棄物処理場 (AAF) へ送液する。

低放射性廃液として処理できないものは、分離精製工場 (MP) の高放射性廃液蒸発缶 (272E20) へ送り、蒸発濃縮を行わずに計量し、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) へ送液して貯蔵する。なお、低放射性廃液として処理できない廃液は、必要に応じて分離精製工場 (MP) の高放射性廃液貯槽 (272V14 又は V16) へ送り、貯蔵する。

4.2 工程洗浄の目標

使用済燃料の不溶解性の残渣の堆積が考えられる工程 (溶解、清澄、分離、酸回収、リワーク、高放射性廃液濃縮及び貯蔵工程) の機器については、工程洗浄で用いる試薬 (水及び硝酸) では除染効果が見込めず、容易に低放射性廃液として集約できる濃度まで洗浄できるとは考えておらず、核燃料物質の集約後に実施する押し出し洗浄については回数を定めて実施する。

上記以外の工程については、再処理運転における抽出工程のフラッシュアウト濃度の実績と同等となるよう、ウラン濃度 ≤ 1 gU/L、プルトニウム濃度 ≤ 1 mgPu/L を目標として押し出し洗浄を実施する。

ただし、押し出し洗浄は洗浄効果を確認しながら行い、効果がなければ目標を達成しない場合でも押し出し洗浄を終了し、過度な廃液を発生させないようにする。

5. 工程洗浄に伴い発生する放射性廃棄物の量

5.1 放射性気体廃棄物の量

工程洗浄では、せん断粉末を少量ずつ分離精製工場 (MP) の濃縮ウラン溶解槽 (242R12) で溶解し、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。

せん断粉末の溶解時に発生する放射性気体廃棄物は、再処理運転時と同じ換気系統の洗浄塔及びフィルタを経て、主排気筒より放出される (廃止措置計画変更認可申請書 図 9-2 (2) 放射性気体廃棄物の処理処分フロー (分離精製工場 (MP) 槽類換気系) 参照)。

工程洗浄により全てのせん断粉末を溶解した場合に、主排気筒より放出される放射性気体廃棄物の主要な核種 (以下「主要核種」という。) は、放射性気体廃棄物の放出管理目標値に対して十分に低くなるよう監視及び管理に取り組む (添十別紙-2「工程洗浄において環境へ放出される放射性廃棄物及び放出に対する取り組みについて」参照)。

なお、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質 (洗浄液) については、既に溶解された後の溶液で主要核種を含んでおらず、工程洗浄に伴う集約時に主要核種を放出することはない。

5.2 放射性液体廃棄物の量

工程洗浄では、溶解液、プルトニウム溶液、高放射性廃液貯槽へ送液するその他の核燃料物質 (洗浄液) が約 XX m³、その他の核燃料物質 (洗浄液) のうち、低放射性廃液と処理できる廃液が約 XXX m³ 発生する見込みである。

高放射性廃液貯槽へ送液する約 XX m³ については、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31～V35) に分散して集約し、処理する高放射性廃液と混合して高放射性廃液の貯蔵量は 336 m³、貯槽 5 貯槽の液量管理値 (45 m³) に見有する高放射性廃液と混合しガラス固化体とする。

低放射性廃液は、高放射性廃液貯蔵場 (AAF) へ送液し、放射能濃度を管理し、ろ過及び油分除去等を行い、低放射性廃液の処理済廃液は海中放出設備の海中放出管を通じて海洋に放出する。蒸発処理に伴い蒸発濃縮した低放射性濃縮廃液については XX m³ 程度発生する見込みである。低放射性濃縮廃液の貯蔵能力としては、XX 施設の XX 貯槽 (XX～XX) の XX m³ であり、〇〇日現在の貯蔵量〇〇 m³ を考慮しても十分な余裕を確保している。

また、海中放出設備の海中放出管を通じて海洋に放出する低放射性廃液の処理済廃液に含まれる主な放射性物質の核種は、放出管理目標値に対して十分に低くなるよう監視及び管理に取り組む (添十別紙-2「工程洗浄において環境へ

検討中

放出される放射性廃棄物及び放出に対する取り組みについて」参照)。

6. 工程洗浄の安全性について

工程洗浄は、以下に示すとおり安全性を確保した状態で行う。

- (1) 工程洗浄は、使用機器を限定し、各機器の取扱う放射エネルギーを少なくすることで、仮に崩壊熱除去機能及び水素掃気機能の安全機能が喪失した場合でも十分な時間裕度を確保できる状態で実施する(添十別紙-3「工程洗浄における全交流電源喪失時の影響評価について」参照)。
- (2) 工程洗浄は、核燃料物質を高放射性廃液貯槽へ集約する送液経路の安全性を確認した状態で実施する(添十別紙-4「工程洗浄により核燃料物質を集約する送液経路における安全性について」参照)。
- (3) 工程洗浄により集約した核燃料物質と現有する高放射性廃液を混合した廃液については、ガラス固化技術開発施設においてガラス固化処理を行った場合においても、製造したガラス固化体の取扱いに影響を及ぼすことのないようにする。(添十別紙-5「工程洗浄により工程内の核燃料物質を高放射性廃液貯槽へ送液した場合のガラス固化体への影響について」参照)。

7. 工程洗浄の実施時期

工程洗浄の実施スケジュールを「十、廃止措置の工程」の「表 10-4 工程洗浄に関する工程」に示す。

工程洗浄は、令和 3 年度中にせん断粉末の集約から開始し、その後、プルトニウム溶液及びウラン溶液(ウラン粉末を含む。)の順に段階的に行う。また、プルトニウム溶液等の集約と並行して、その他の核燃料物質(洗浄液)の集約を行う。なお、工程洗浄の実施にあたっては運転員の教育訓練を行う。

また、分離精製工場(MP)及びウラン脱硝施設(DN)は、平成 19 年の再処理運転から長期間作動していないことを踏まえ、設備の高経年化や長期停止により考えられる不具合を考慮した上で設備点検を行い、点検結果に応じた整備を行う。

工程洗浄に伴う設備の点検整備は以下のとおり段階的に進める。

- (1) 高経年化や長期停止を考慮した点検
作動不良や要求される安全機能(閉じ込め機能等)に影響を及ぼす不具合を見つけるために点検する。
- (2) 工程洗浄前の機器動作確認
開始前に対象機器の健全性を確認する。
- (3) 総合作動確認
純水(または硝酸)及び工程内の洗浄液を用い、工程洗浄の一連の流れを総合的に確認する。

8. 工程洗浄の実施体制

工程洗浄では、再処理運転時の体制と同じく、再処理施設保安規定に定めてい

る保安管理組織に従った実施体制により、核燃料物質の集約を行う。

せん断粉末、プルトニウム溶液及びその他の核燃料物質（洗浄液）の集約は、関係する各課室の日勤体制により実施する。

一方、ウラン溶液（ウラン粉末を含む。）の集約については、期間短縮及び集約作業の効率化を図るため、関係する運転員を集約して交替勤務体制を構築して実施する。

9. 核燃料物質の集約後の設備管理

工程洗浄の実施により工程内の核燃料物質を集約することで、以下に示す合理化効果が期待できる。なお、工程内の核燃料物質を集約したとしても、系統除染に使用する閉じ込めに係る負圧管理、汚染管理及び漏えい監視等の維持管理は継続し、設備点検に応じた整備により、設備を健全な状態で維持する。

(1) 臨界管理の合理化

分離精製工場（MP）、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）及びウラン脱硝施設（DN）の濃度制限や質量制限の必要な機器に対する臨界管理の合理化

(2) 水素掃気の合理化

分離精製工場（MP）及びプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）の水素濃度の管理が必要な機器に対しての水素掃気量の管理の合理化（高放射性廃液貯槽を除く。）

(3) 施設定期事業者検査の合理化

分離精製工場（MP）、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）及びウラン脱硝施設（DN）の施設定期事業者検査（負圧、漏えい及び高放射性廃液貯槽に係るものを除く。）の合理化

(4) 計量管理の合理化

分離精製工場（MP）、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）及びウラン脱硝施設（DN）の計量管理の対象範囲の合理化

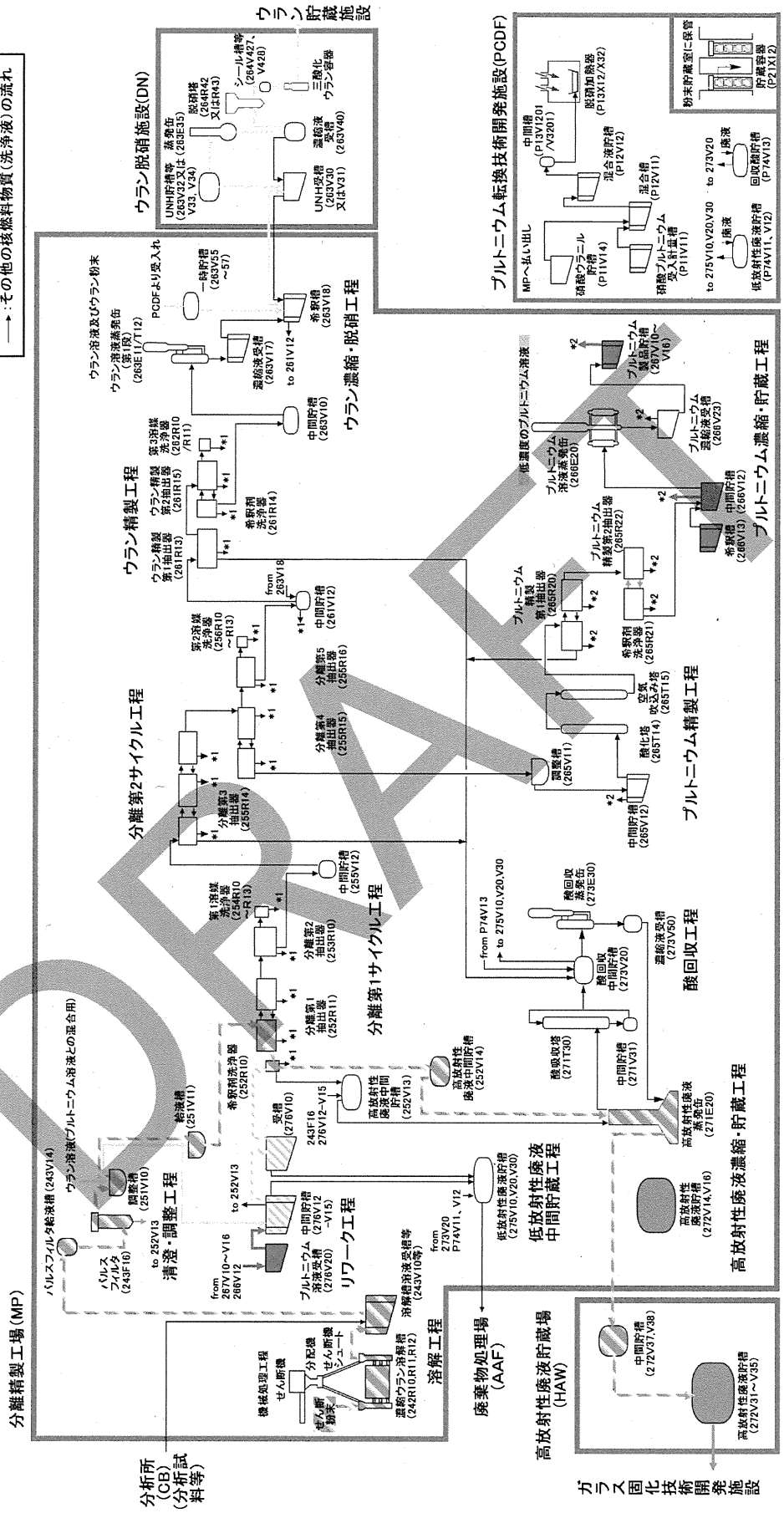
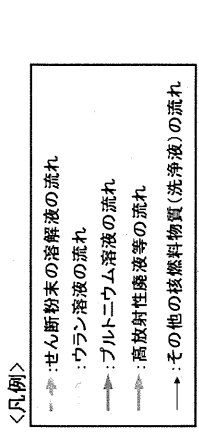


図 3-1 工程洗浄による核燃料物質等の集約の流れの概要図

*1: 変換(276V10)へ送液
*2: プルトニウム溶液変換(276V20)へ送液

工程洗浄におけるせん断粉末の処理方法について

検討中

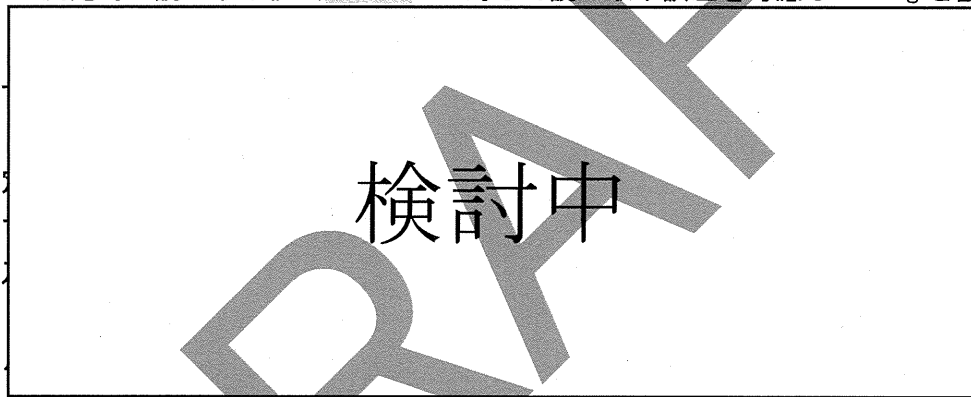
1. はじめに

分離精製工場（MP）の工程内に残存する使用済燃料のせん断粉末※（以下「せん断粉末」という。）は、工程洗浄において、濃縮ウラン溶解槽にて溶解した後、高放射性廃液貯槽に送り高放射性廃液と合わせてガラス固化処理し、廃棄することを基本的な方針とする。工程洗浄に当たっては可能な限りリスクの少ない状態で実施するため、せん断粉末の処理については、臨界安全はもとより、溶液の沸騰、水素爆発、誤操作の影響等を踏まえた方法で作業を実施する。また、主排気筒からの放出に伴う環境への影響を考慮するとともに、可能な限り短期間で実施するものとする。

以下に、せん断粉末の処理方法について一度に全量処理した場合と複数回に分割して処理した場合のリスクを比較するとともに、せん断粉末の溶解方法、点検準備、想定されるトラブル及びその対策、教育・訓練の考え方を示す。

※平成 28 年 4 月から平成 29 年 7 月にかけて分離精製工場（MP）のせん断機、分配器内部及び機械処理セルの床面からせん断粉末を収集し、セル内の容器に保管している。せん断粉末の重量は、セル内での遠隔操作による吊り秤での重量測定時の読み取り値（ ）に対して読み取り誤差を考慮し 240 kg と設定し

2.



2.1 全電源喪失時の沸騰到達時間（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液を移送する経路における最短の沸点到達時間（断熱条件）は、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合、最も早い沸点到達は、溶解槽溶液受槽（図-1 参照）の約 5 日である。また、2 回に分割した場合で約 12 日、10 回に分割した場合は、約 55 日となり、外部支援を必要とする場合※の要求事項である 7 日間を上回る十分な時間裕度を確保できる（評価の詳細は、添付資料-1「工程洗浄における全交流電源喪失時の沸騰到達時間の評価方法」参照）。

※「使用済燃料の再処理の事業に係る再処理事業者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」の支援に係る要求事項に求められている日数（7 日間）。

2.2 全交流電源喪失時の水素の爆発下限界到達時間（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液を移送する経路における最短の水素の爆発下限界濃度到達時間は、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合、パルスフィルタ及びパルスフィルタ給液槽の 84 時間（約 3 日）である。また、2 回に分割した場合、169 時間（約 7 日）、

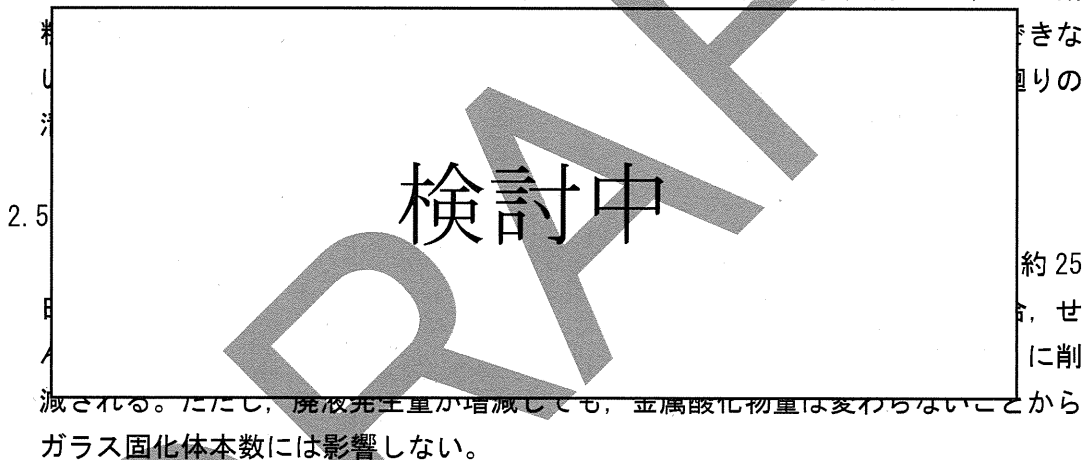
10回に分割した場合は、450時間（約18日）となり、十分な時間裕度を確保できる（評価の詳細は、添付資料-2「工程洗浄における全交流電源喪失時の水素の爆発下限濃度到達時間の評価方法」参照）。

2.3 送液経路の安全性（表-1 参照）

せん断粉末の溶解液のウラン濃度は濃縮ウラン溶解槽における溶解直後が最も高く、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合は 300 g/L、2回に分割した場合は 150g/L、10回に分割した場合は約 40 g/L となる。通常運転と異なる送液ルートを用いるものの、せん断粉末の溶解液の送液経路における最小臨界濃度は 340 gU/L であるため、いずれの場合でも濃縮することなく高放射性廃液貯槽へ移送するまで臨界安全上の問題はない。

2.4 誤操作による影響

せん断粉末の溶解液の移送経路は、臨界上問題ないものの臨界管理が異なる箇所には誤移送を防止するための施錠弁が設置されている（図-2 参照）。また、せん断



減される。ただし、廃液発生量が増減しても、金属酸化物量は変わらないことからガラス固化体本数には影響しない。

2.6 環境への放出量（表-2 参照）

せん断粉末を処理した際に主排気筒から放出される Kr85 の放出量は、一度に溶解（240 kg/バッチ）した場合は、 4.5×10^4 GBq であるが、10回に分割した場合は、1回の溶解操作にて放出される Kr85 は 1/10 に低減される。

3. せん断粉末の溶解について

せん断粉末の溶解方法、点検準備、想定されるトラブル及びその対策、教育・訓練について、検討した結果を以下に示す。

3.1 せん断粉末の溶解方法

通常の燃料処理の溶解運転では、一回当たり約 300～400 kg の使用済燃料を溶解する。工程洗浄では、約 200 kg 程度と通常の運転操作よりも取り扱い量は少ないが、以下の観点からトラブル等の発生を防止する。

- 10 バッチに小分けして少量ずつ処理（約 30kg/バッチ）することにより、突沸など運転上の問題を少なくする。
- 溶解中は、溶解液密度、溶解槽内圧力及び Kr 放出量等を見ながら溶解状態を確認する。通常の使用済燃料の溶解は、1 バッチあたり約 300～400kg の装荷で約 10 時間の運転を行う。工程洗浄では、1 バッチあたりの装荷は少ないが、同様の監視を行いつつ、約 6 時間かけて溶解を行う。
- 溶解処理にあたっては、溶解槽の内圧上昇を抑えるため、さらに加熱蒸気、硝酸、酸素供給流量を溶解進捗ごとに定めた処理モードに従い慎重に加減する。なお、万一内圧上昇が発生し、一定の圧力に達した場合には、安全保護回路により溶解運転の自動停止、緊急冷却水の供給等が働く設計となっている。
- 少量（数 kg）での処理は、キャンペーン運転終了後のせん断機清掃で発生したせん断粉末を溶解処理で経験しており、また、今回と同じ程度の量では過去に分配器回りの清掃を行った際に発生したせん断粉末約 30kg を溶解した実績がある。

3.2 点検準備

DRAFT

検討中

設備は、の受た、洗浄健全のよ

行う設備溶液ま工程よりも

点検は、以下に示す 4 つに分類し段階的に進めていく。

- ①定常的に実施している点検：施設定期自主検査、ISI 等、定常的に実施している点検について、保安規定や要領書等に定められた方法で従来どおり実施する。
- ②不具合箇所摘出、補修：高経年化や長期停止による不具合を見つけ正常な状態に復帰する。主に不具合箇所の修理に期間を長く要すると考えられる塔槽類や配管、送液装置等、静的機器の外観、通水（通気）作動確認等を早期に実施する。
- ③工程洗浄前の確認：工程洗浄開始前の 1 年以内に計装計器や動的機器（回転機器等）など、静的機器に比べ比較的故障頻度が高いと考えられる設備を点検する。計装計器の点検については、濃縮ウラン溶解槽のように運転を行う設備は運転に必要な計器（液位計、密度計、温度計等）について校正を実施する。また、溶液の受け払いのみを行う設備は液移送操作に限定した液位計等について校正を実施する。なお、保安規定に基づき計器校正を実施する計器については、その記録をもって確認する。これら以外の計器については、目視点検により外観や作動状態に異常がないことを確認することとする。
- ④総合確認：①～③の点検が終了した後、Dwa を用いて工程洗浄の一連の操作（溶解

槽等の加熱機器の加熱を含む)による総合的な点検,及び従来からキャンペーン開始前に実施しているキャンペーン開始前点検を実施する。

また,工程内に残存する少量の核燃料物質を保有している一部の設備は,送液装置の作動確認を核燃料物質を含む実液でしか行えないことから,これらの設備については,工程洗浄を開始する直前に実液を使った作動確認を実施する。万一これにより不具合が見つかった場合は,工程洗浄の計画を見直すこととする。

3.3 想定される事象

工程洗浄中において想定される不具合事象を洗い出し,想定される要因,対策,さらに不具合事象が発生した際の復旧期間について整理した。(表-3)

3.4 教育訓練

運転停止期間が長期に続いたことから運転経験の有無に係らず運転要領書,OSCLを用いた基本的な運転操作を必須とする。また,以下に示す運転に必要な力量について運転員の階層や役割に応じ,座学・OJTにより適切に教育・訓練を実施する。教育・

訓練要件		師の
1)		
①		
②		
2)		
③		

検討中

② ロックアード,現場巡視点検において計器指示値から正常状態と異常状態の違いを理解する。

3) 通常と異なる事象に対する原因究明と問題解決

- ① 異常時の対応方法(通報連絡,応急処置等)
- ② 過去のトラブル事例研究
- ③ 過去の汚染事故等,水平展開事項の再確認

以上

表-1 セン断粉末の処理方法の比較（全交流電源喪失時の時間裕度及び送液経路の安全性）

項目	1 バッチ処理 (240 kg/バッチ)	2 バッチ処理 (120 kg/バッチ)	10 バッチ処理 (30 kg/バッチ)
沸点到達時間 ^{注1)}	約 55 日 (溶解槽溶液受槽)	約 12 日	約 55 日 (溶解槽溶液受槽)
水素の爆発下限界濃度 到達時間 ^{注1)}	約 18 日 (パルスフィルタ及び パルスフィルタ給液槽)		約 18 日 (パルスフィルタ及び パルスフィルタ給液槽)
送液経路上の最大の ウラン濃度 ^{注2)} （最小臨界厚 量は 340 gU/L (4%U)）	約 40 gU/L		約 40 gU/L

検討中

注 1) セン断粉末の溶解液を受入れる経路の各機器において、全交流電源喪失を想定した場合に沸点到達時間及び水素の爆発下限界濃度到達時間が最短となる時間（少数点第一位を切り捨てて記載）

注 2) 溶解液のウラン濃度は、セン断粉末を全てウランと仮定し、濃縮ウラン溶解槽での液量（800 L）で除して算出した値を一の位を切り上げて記載

表-2 せん断粉末の処理方法の比較 (処理期間, 発生液量等)

項目	粉末溶解のバッチ数比較		
	1バッチ処理 (240 kg/バッチ)	2バッチ処理 (120 kg/バッチ)	10バッチ処理 (30 kg/バッチ)
溶解時間 (全量処理に係る時間)	約 10 時間	約 16 時間 (約 8 時間/バッチ)	約 60 時間 (約 6 時間/バッチ)
処理期間 (溶解から HAW 貯槽へ移 送)	約 5 日		約 25 日
1バッチ当たりの Kr85 放出量			4.5 × 10 ³ GBq
発生液量			
HAW (溶解液+リッシング液)			W : 約 6,500 L ^{注)}
LAW (オガガス洗浄廃液)			W : 約 3,100L
主な送液回数			90 回
スチームジェット (Sj), 真空 (V)			(Sj : 40 回, V : 10 回, Sy : 10 回, A : 30 回)
サイホン (Sy), イリフト (A)			
分析回数 (251V10, 272E20)	4 回 (計量 : 2 回, 工程 : 2 回)	8 回 (計量 : 4 回, 工程 : 4 回)	40 回 (計量 : 20 回, 工程 : 20 回)

注) 10バッチ処理はウラン濃度が低いため, リンッシングは実施しない (10バッチ処理の溶解液ウラン濃度 (約 35 g/L) は, 1バッチ処理のリンッシング液ウラン濃度 (約 50 g/L) より低い)。

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
①粉未装荷	マニプレータ作動不良	爪, 手動動作, 電動動作の不調	爪, 電気部品 (リレー, ヒューズ, 駆動モータ, リミットスイッチ等), 操作ボタン, 接続配線の整備・交換 予備機への交換 (S2)	約 5 日
	セル内クレーン, ホイスト作動不良	異常動作, 動作停止	制御盤内電気部品の交換 遠隔給電ケーブルの再セット	約 5 日
	セル内照明の不灯	照明の不灯	水銀灯の交換	約 5 日
	トラップ扉の開閉不良	異常動作, 動作停止	油圧ホースの再接続, 油圧タンクの圧空ラインの整備 手動開閉	約 3 日
	グラブラの動作不良	ロック, アンロック不良	潤滑剤の塗布 予備グラブプラへの交換	約 2 日
	せん断粉末入りホッパからの異常な漏れ	せん断粉末の漏れ	予備閉止栓への交換	約 1 日
	チェーンスリングの吊上げ不良	チェーンスリングの変形, 脱落	予備品への交換	約 1 日
	セル内照明の不灯	照明の不灯	水銀灯の交換	約 5 日
	トラップ扉の開閉不良	異常動作, 動作停止	油圧ホースの再接続, 油圧タンクの圧空ラインの整備 手動開閉	約 3 日
	グラブラの動作不良	ロック, アンロック不良	潤滑剤の塗布 予備グラブプラへの交換	約 2 日
	せん断粉末入りホッパからの異常な漏れ	せん断粉末の漏れ	予備閉止栓への交換	約 1 日
	チェーンスリングの吊上げ不良	チェーンスリングの変形, 脱落	予備品への交換	約 1 日
	セル内照明の不灯	照明の不灯	水銀灯の交換	約 5 日
	トラップ扉の開閉不良	異常動作, 動作停止	油圧ホースの再接続, 油圧タンクの圧空ラインの整備 手動開閉	約 3 日

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間	
②溶解槽 (242R12)	溶解槽気密不良	プラグガスケット劣化, 破損, 脱落	ガスケット交換, 再セット (工程洗浄開始前に交換を実施する)	約 2 日	
		アムリ弁内通	アムリ弁交換 (S2)	約 5 日	
		せん断オフガスフィルタケーシング外通	フィルタケーシングガスケットの増締め, 交換	約 1 日	
		溶解槽プラグ閉口不良	伸縮軸への潤滑剤塗布 クラウンの増締め	約 1 日	
	溶解槽内圧上昇 (242PP+12.1/12.2)	溶解槽異常反応	溶解運転停止 運転要領書に従い対応 PP+12.2)	-	-
		加熱蒸	<div style="font-size: 48px; opacity: 0.3; transform: rotate(-45deg); position: absolute; top: 50%; left: 50%; pointer-events: none;"> 検討中 </div>	は、 れ替える。	約 1 日
		蒸気凝 (282)		-	-
	溶解槽 不調	接続 止		約 5 日	
	③パルスフィルタ	ファンネル, バスケット, スワフの吊上げ不良	グラップラのロック不良, 吊荷重の異常	溶解槽バレル洗浄ラインの水洗 チェーンスリングによる仮吊り	約 2 日
			エレメント詰り	エレメント洗浄	約 2 日
ろ過速度低下		ろリング, エレメント破損	エレメント交換 (S2)	約 5 日	
		真空圧異常	VGV, VC フィルタ, 電磁弁交換	約 5 日	
ろ過速度の急激な増加		真空系の異常	計装点検	約 1 日	
		圧空異常	計装点検 (工程洗浄前にバックラ イト交換)	約 1 日	

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
④セラミックバルブ	ろ過作動不良	三方弁不良	三方弁補修, 交換 (S2)	約 5 日
	開閉不可	駆動エアの不良コック部の噛みこみ, Vベルト劣化	駆動エア接続確認 手動操作 セラミックバルブ交換 (S2) Vベルト交換	約 1 日 約 5 日 約 1 日
⑤排風機	Vベルト破損	Vベルト劣化	Vベルト交換	約 1 日
	電動機不調	電動機故障, 摺動部噛込み	電動機交換	約 2 日
⑥ポンプ	ブライミング不良	電動機故障, 摺動部噛込み	ポンプ交換	約 5 日
	⑧計装計器			数時間
⑨送液装置	指示			数時間
	スチ		スを用いた話	約 3 日
	(予		り除去 (S2)	約 5 日
	エア		交換	約 1 日
	252		交換	数時間
	の閉		スを用いた話	半日
ダネ			電磁弁交換	約 2 日
⑩試薬・ユーターイリテイ	サイフォン	真空系の異常	VCV, VC フィルタ, 電磁弁交換	約 2 日
	硝酸供給の不具合	積算流量計の故障	積算流量計の点検整備, 交換	約 1 日
	酸素ラインに酸素流れない	酸素ラインの詰り (沈殿, 凝固物: 溶解槽, 溶解液受槽等)	高圧水による詰り除去洗浄	約 1~2 日
	硝酸供給ラインからの漏えい	フランジ部のガスケット劣化	フランジ部のガスケット交換	約 1 日
⑪弁類	手動弁, 圧空作動弁作動不良	ダイヤフラム破損, 軸破損等	弁交換	約 1 日
	⑫圧縮機	圧縮機作動不良	電動機故障, Vベルト劣化	電動機交換, Vベルト交換

表-3 運転中に想定される主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	処置対策	復旧期間
⑬フィルタ (槽類換気) (オフガス処理工程)	フィルタ	オフガス洗浄塔の機能不全 (放	線量率上昇の原因調査, 予備側フ	数時間~ 半日
	ヨウ素異		ヨウ素	-
	サーマル		スターラ	約 7 日
	抽出器内			約 5 日
⑭サンプルリング系	試料採取	サンプルリングラインの閉塞	ライン洗浄, ニードル交換	約 2 日
		気送ボックスの故障	気送ボックス交換 (一部は S2)	約 5 日
		制御系の故障, 閉塞等	計装点検, 制御系の交換, 詰り除	約 2 日
			去等	
⑯スクラブ硝酸系	流量制御不可			

検討中