

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画認可変更申請対応について

令和3年6月17日
再処理廃止措置技術開発センター

- 令和3年6月17日 面談の論点
 - 資料1 検討中の工程洗浄の方法について
 - その他

以 上

検討中の工程洗浄の方法について

令和3年6月17日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

東海再処理施設の分離精製工場（MP）、ウラン脱硝施設（DN）、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）及び分析所（CB）には、使用済燃料のせん断粉末、低濃度のプルトニウム溶液、ウラン溶液等の核燃料物質が残存している。工程洗浄では、これら工程に残存する核燃料物質を安定化して施設のリスク低減を行う。

検討している工程洗浄の方法と再処理運転の違いについて、以下に示す。

2. 工程洗浄の方法の基本的考え方

東海再処理施設は廃止措置段階であり、新たな再処理運転（使用済燃料のせん断・溶解、ウラン及びプルトニウムの分離・精製等）は行わない。工程洗浄では、以下の考え方に基づき、安全性を確保する計画である

- ・ 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極力行わない。
- ・ 回収したせん断粉末の処理として、安定化に必要な溶解操作を行う。
- ・ ウラン、プルトニウムの分離精製は行わない（抽出器は送液経路としてのみ使用）。
- ・ リスク低減の観点から加熱機器の使用は最小限とする。
- ・ 送液経路として閉塞の可能性がある経路はできるだけ避ける。
- ・ プルトニウム溶液は、送液経路の臨界安全性を高めるため、一部のウラン溶液とリワーク工程で混合し送液する。
- ・ プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）のウラン溶液は、分離精製工場（MP）で処理する。

3. 再処理運転と工程洗浄との違い

上記の基本的考え方に基づく工程洗浄の方法と再処理運転との違いについて、表-1 に比較・整理するとともに、再処理運転時の工程の流れを図-1 に、工程洗浄時の工程の流れを図-2 に示す。

工程洗浄は、使用済燃料からウラン及びプルトニウムを分離し回収する再処理運転とは異なり、工程内に残存するウラン及びプルトニウムの安定化を図るものであることから有機溶媒を使用した抽出操作は行わない。また、プルトニウム溶液及び高放射性廃液の加熱濃縮を行わないこと等使用する設備は必要最小限とする。

以上

表-1 再処理運転と工程洗浄（せん断粉末、プルトニウム溶液及びウラン溶液の安定化）との違い

主な工程 () : MP 外の施設	再処理運転時の工程の主な操作 (図-1 参照)	工程洗浄時の工程の主な操作 (図-2 参照)
機械処理 工程	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料集合体を 3~5 cm のせん断片に<u>せん断</u> せん断片を<u>分配器により濃縮ウラン溶解槽へ装荷</u> 	<供用停止措置済み>
溶解工程	<ul style="list-style-type: none"> <u>使用済燃料集合体のせん断片</u>を濃縮ウラン溶解槽にて沸騰硝酸で溶解(約 300~400 kg/パッチ (BWR/ATR: 2 体, PWR:1 体)) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>回収したせん断粉末 (約 200 kg)</u>を濃縮ウラン溶解槽へ<u>遠隔操作で装荷し</u>、沸騰硝酸で溶解 せん断粉末 (約 200 kg) を 1 回で処理した場合と、少量 (約 30 kg) で分割して処理した場合とでリスク (期間、影響) を検討中 (図-3 参照)
清澄・調整 工程	<ul style="list-style-type: none"> 溶解液に含まれる固形分 (不溶解残渣等) をパルスフィルタで除去 核物質量の計量 (入量計量) 溶解液の酸濃度、ウラン濃度 (ウラン/プルトニウム比) 等の調整 	<ul style="list-style-type: none"> 溶解液に含まれる固形分 (不溶解残渣等) をパルスフィルタで除去 核物質量の計量 (入量計量) プルトニウム溶液のウラン/プルトニウム比の調整のためウラン溶液の受入れ
分離第 1 サイ クル工程	<ul style="list-style-type: none"> 溶解液中の<u>ウラン及びプルトニウムを有機相 (溶媒: TBP-ドデカン) に抽出</u> 溶解液中の核分裂生成物 (FP) を水相 (硝酸) に分離 	<ul style="list-style-type: none"> <u>一部の抽出器を送液経路として使用</u>, <u>溶媒は不使用</u> (溶解液, プルトニウム溶液 (ウラン溶液との混合液) の送液) 抽出器は洗浄 (溶媒押出) 済であるが、工程洗浄前に改めて、抽出器内の洗浄を実施する。
分離第 2 サイ クル工程	<ul style="list-style-type: none"> ウラン及びプルトニウムを含む水相 (硝酸) から<u>ウランを有機相 (溶媒: TBP-ドデカン) に抽出</u> 有機相 (溶媒: TBP-ドデカン) のウランを水相 (硝酸) へ逆抽出 	<供用停止措置済み>
ウラン 精製工程	<ul style="list-style-type: none"> 分離第 2 サイクル工程で逆抽出したウラン溶液から<u>更に核分裂生成物 (FP) 等を除去</u> 	<供用停止措置済み>
ウラン溶液 濃縮工程	<ul style="list-style-type: none"> 精製したウラン溶液を<u>蒸発濃縮 (蒸発缶第 1 段)</u>し、濃縮したウラン溶液をさらに<u>蒸発濃縮 (蒸発缶第 2 段)</u>した上でウラン脱硝工程に移送するか、またはウラン脱硝施設 (DN)、プルトニウム転換技術開発施設 (PCDF)、試薬調整工程に移送 	<ul style="list-style-type: none"> 保有するウラン溶液の送液のみ (<u>蒸発濃縮せず</u>) <u>一部のウラン溶液は試薬調整工程を經由しリワーク工程に移送</u> (プルトニウム溶液との混合)
ウラン 脱硝工程	<ul style="list-style-type: none"> 濃縮したウラン溶液を脱硝・ウラン粉末化 ウラン粉末をウラン貯蔵施設へ払出し 	<ul style="list-style-type: none"> <供用停止措置済み> ウラン粉末を<u>ウラン脱硝施設 (DN) へ移動</u>、他の粉末とともにウラン貯蔵所に払い出し
ウラン溶液 濃縮工程 (DN)	<ul style="list-style-type: none"> 分離精製工場 (MP) で濃縮したウラン溶液を更に蒸発濃縮 (蒸発缶第 2 段) し、濃縮したウラン溶液は、ウラン脱硝施設 (DN) のウラン脱硝工程に移送 	<ul style="list-style-type: none"> ウラン溶液を蒸発濃縮 (蒸発缶第 2 段) し、濃縮したウラン溶液は、ウラン脱硝施設 (DN) のウラン脱硝工程に移送
ウラン 脱硝工程 (DN)	<ul style="list-style-type: none"> 濃縮したウラン溶液を脱硝・ウラン粉末化 ウラン粉末をウラン貯蔵施設へ払出し 	<ul style="list-style-type: none"> 濃縮したウラン溶液を脱硝・ウラン粉末化 ウラン粉末をウラン貯蔵施設へ払出し

表-1 再処理運転と工程洗浄（せん断粉末、プルトニウム溶液及びウラン溶液の安定化）との違い

主な工程 () : MP 外の施設	再処理運転時の工程の主な操作 (図-1 参照)	工程洗浄時の工程の主な操作 (図-2 参照)
プルトニウム 精製工程	・分離第 2 サイクル工程を通過したプルトニウム溶液から更に核分裂生成物 (FP) 等を除去	
プルトニウム 濃縮工程	・精製したプルトニウム溶液を蒸発濃縮し、プルトニウム貯蔵工程へ送液	・保有するプルトニウム溶液をリワーク工程へ送液、蒸発濃縮せず
プルトニウム 貯蔵工程	・濃縮したプルトニウム溶液を貯蔵 ・ <u>プルトニウム溶液をプルトニウム転換技術開発施設 (PCDF) へ送液</u>	・保有するプルトニウム溶液をリワーク工程へ送液
高放射性 廃液濃縮 工程	・分離第 1 サイクルからの高放射性の廃液 (抽出廃液、パルスフィルタ洗浄廃液) 及び酸回収工程の濃縮液を蒸発濃縮 (蒸発濃縮中はホルマリンを供給して硝酸を分解)	・せん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液 (ウラン溶液との混合液) の送液経路として使用 (高放射性廃液蒸発缶で蒸発濃縮せず)
高放射性廃液 貯蔵工程	・高放射性廃液濃縮工程で濃縮した高放射性廃液を貯蔵	
高放射性廃液 貯蔵工程 (HAW)	・分離精製工場の高放射性廃液貯蔵工程から、廃液を受入れ、TVF へ移送するまでの間、貯蔵保管	・せん断粉末の溶解液及びプルトニウム溶液 (ウラン溶液との混合液) は、他の廃液と混ぜて貯蔵する
酸回収 工程	・分離第 2 サイクル工程、ウラン精製工程、プルトニウム精製工程、高放射性廃液濃縮工程等で発生した硝酸廃液を濃縮・精留 ・回収酸を試薬調整工程へ送液	
リワーク 工程	・分離工程等の各工程内から仕様の外れた溶液を受入れ ・必要に応じて調整し、所定の工程へ送液	・プルトニウム溶液濃縮工程及びプルトニウム貯蔵工程のプルトニウム溶液の受け入れ ・ウラン溶液 (一部) を受け入れ、プルトニウム溶液と混合し、分離第 1 サイクルへ送液
低放射性廃液 中間貯蔵工程	・ウラン精製工程、プルトニウム精製工程、酸回収工程等で発生した低放射性廃液を受け入れ、廃棄物処理場 (AAF) へ送液	・せん断粉末の溶解、ウラン溶液の脱硝等で発生した低放射性廃液を受け入れ、廃棄物処理場 (AAF) へ送液
転換工程 (PCDF)	・分離精製工場から受け入れたウラン及びプルトニウム溶液を混合し、MOX 粉末化	

略称

MP : 分離精製工場

DN : ウラン脱硝施設

HAW : 高放射性廃液貯蔵場

PCDF : プルトニウム転換技術開発施設

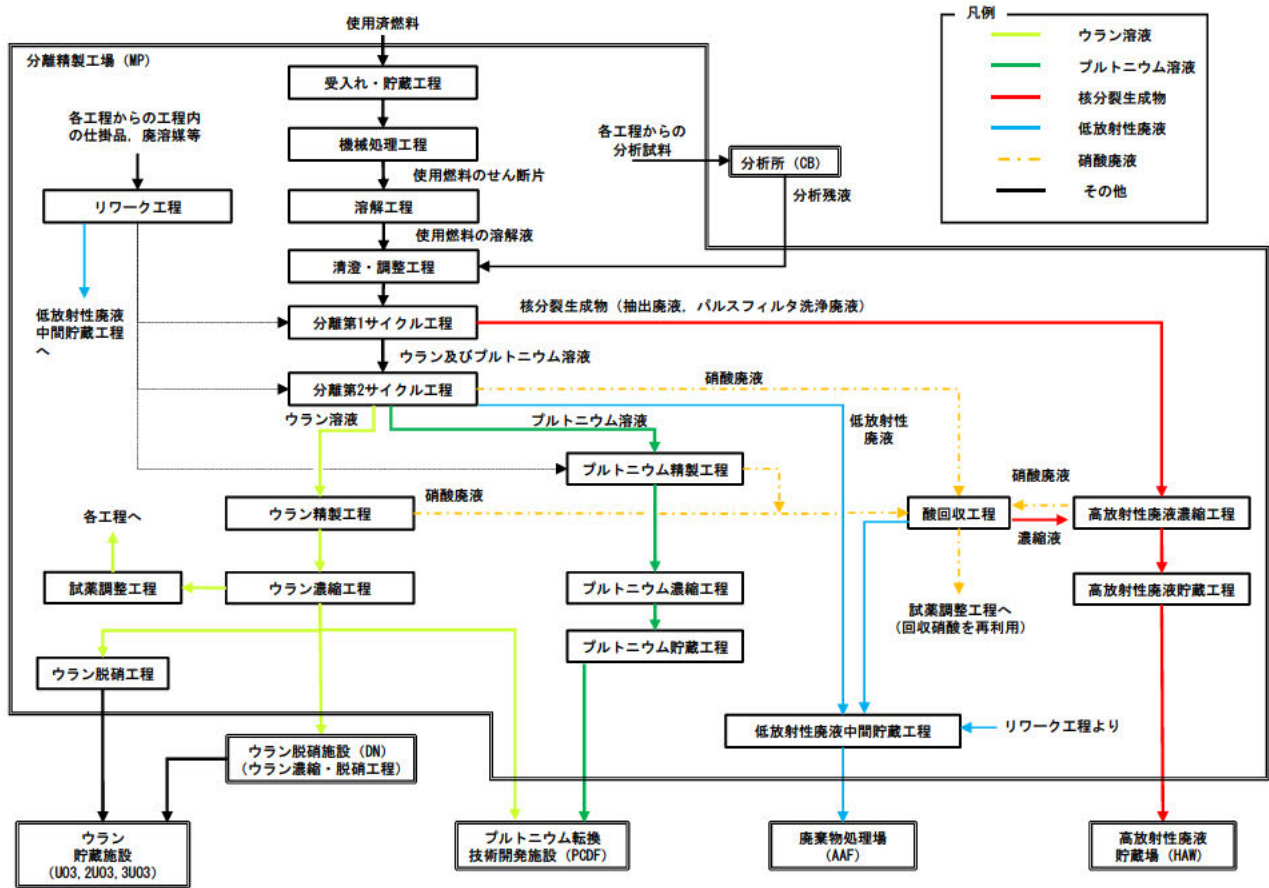


図-1 再処理運転時の主な流れ

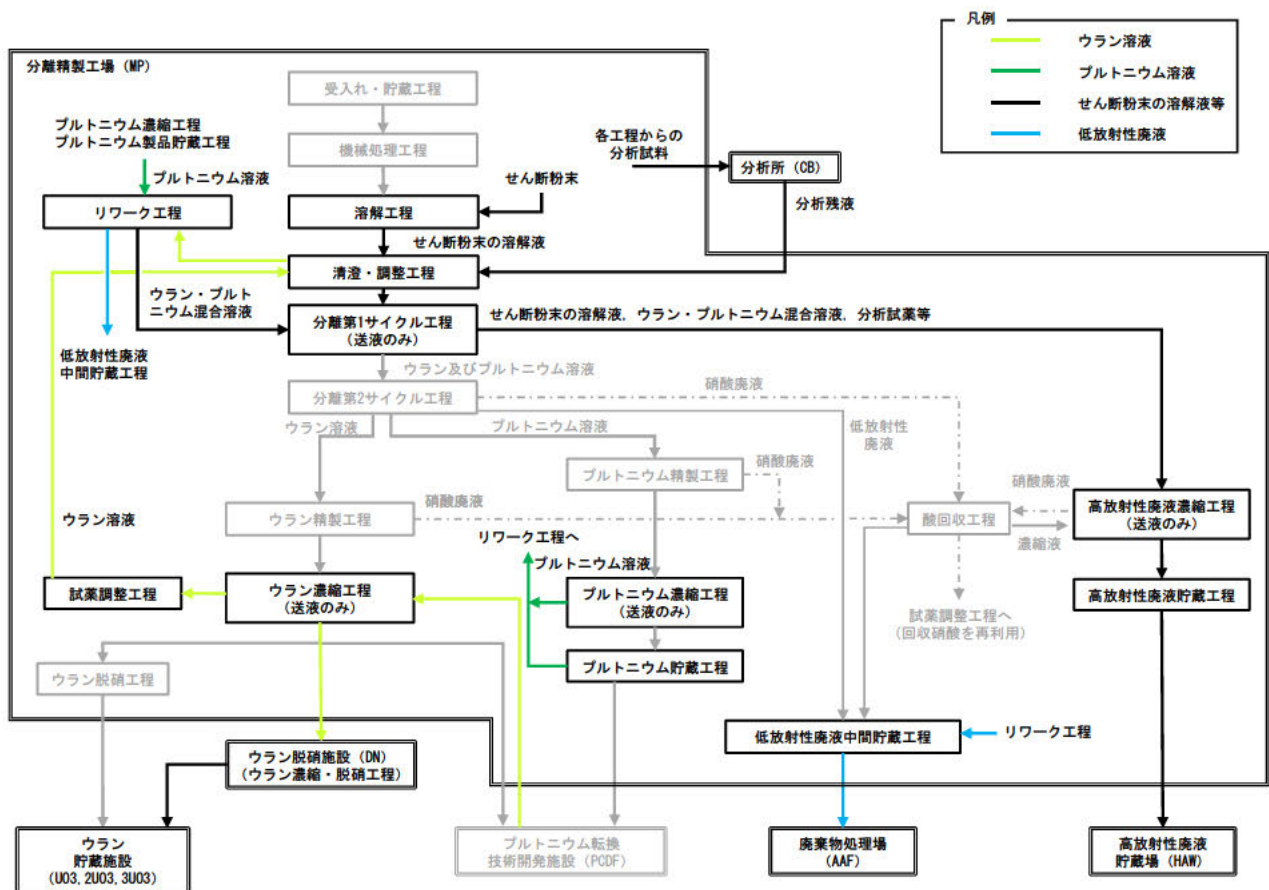


図-2 せん断粉末、プルトニウム溶液及びウラン溶液の安定化の主な流れ

安定化に係る 作業項目	実施月数																											備考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
1 せん断粉末	計器校正																												
	せん断粉末装荷治具モックアップ																												
	設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水、槽校正を含む)																												
	教育訓練 せん断粉末の処理(溶解、清澄、計量移送)																												
設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水) 教育訓練										洗浄																	[約2か月]		
溶媒押し出し HAW貯槽までの移送																													
2 プルトニウム溶液	計器校正																												
	設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水)																												
	教育訓練 Pu溶液の処理(UNH希釈、HAW貯槽への移送)										溶媒押し出し Pu系統の洗浄																	[約3か月]	
	DNでの濃縮・脱硝																												
3 ウラン溶液 ウラン粉末	サイリスタ盤点検																												
	熱媒銅管、噴霧ノズル分解点検																												
	設備点検(ポンプ、機器)																	シード詰替え											
	通水、通気等の確認																	DNでの濃縮・脱硝										[約3か月]	
	教育訓練																	DN系統内洗浄											

安定化に係る 作業項目	実施月数																											備考	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
1 せん断粉末	計器校正																												
	せん断粉末装荷治具モックアップ																												
	設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水、槽校正を含む)																												
	教育訓練 せん断粉末の処理(溶解、清澄、計量移送)																												
設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水) 教育訓練										洗浄																	[約1か月]		
溶媒押し出し HAW貯槽までの移送																													
2 プルトニウム溶液	計器校正																												
	設備点検(ポンプ等送液装置、弁類、通水)																												
	教育訓練 Pu溶液の処理(UNH希釈、HAW貯槽への移送)										溶媒押し出し Pu系統の洗浄																	[約3か月]	
	DNでの濃縮・脱硝																												
3 ウラン溶液 ウラン粉末	サイリスタ盤点検																												
	熱媒銅管、噴霧ノズル分解点検																												
	設備点検(ポンプ、機器)																	シード詰替え											
	通水、通気等の確認																	DNでの濃縮・脱硝										[約3か月]	
	教育訓練																	DN系統内洗浄											

※ 上記は、せん断粉末の溶解液等を高放射性廃液とともにガラス固化体とすることについての関係省庁等との協議/調整が終了していることを前提とする。

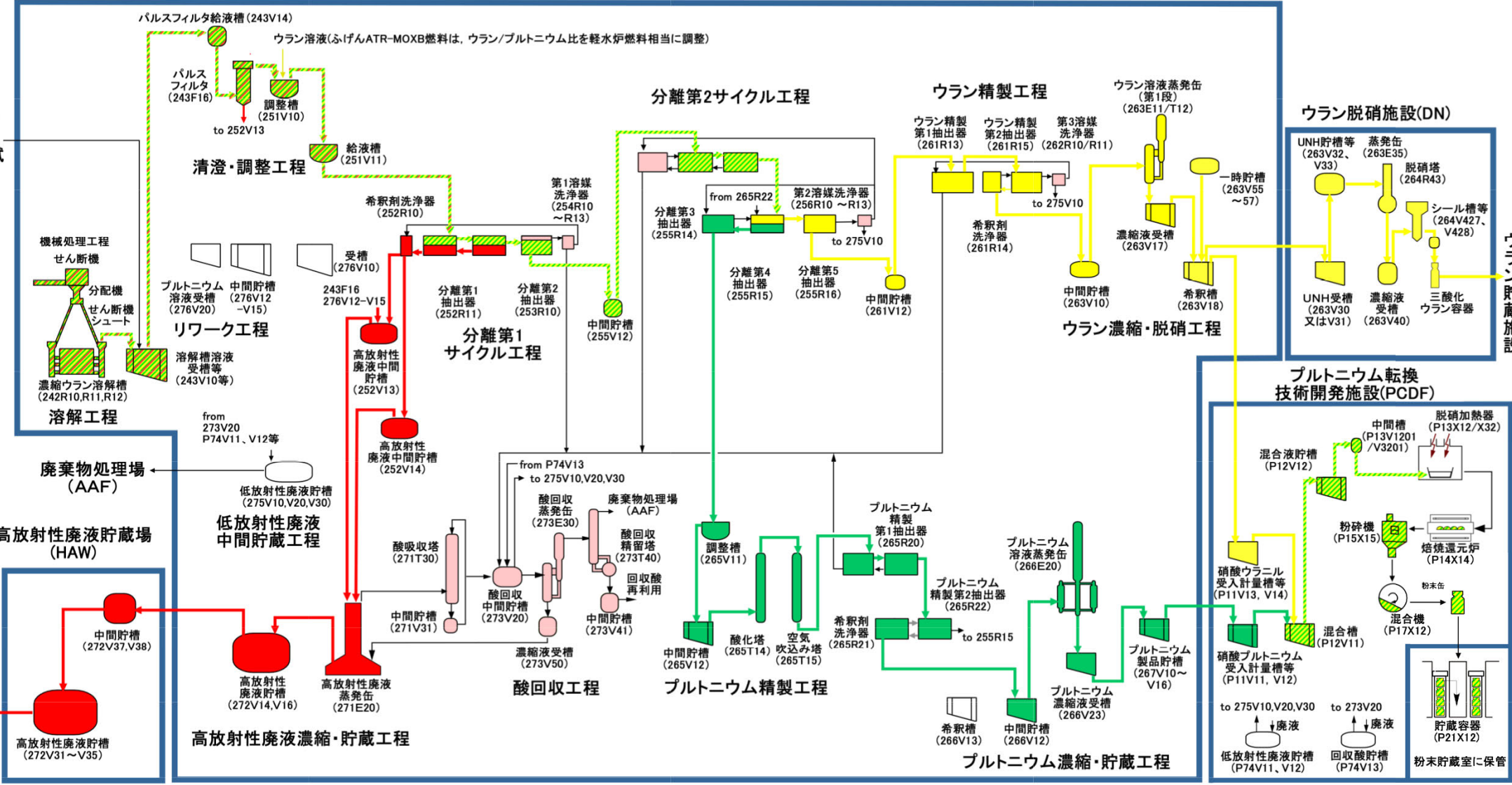
図-3 工程洗浄(準備作業含む)全体スケジュール(案)
(使用済燃料のせん断粉末の1バッチあたりの装荷量: 約30 kg(上段)、約200 kg(下段))

<凡例>

- : 使用済燃料の溶解液の流れ
- : ウラン溶液の流れ
- : プルトニウム溶液の流れ
- : ウラン・プルトニウム混合溶液の流れ
- : 核分裂生成物の流れ
- : その他(溶媒,回収酸等)の流れ

分離精製工場 (MP)

分析所 (CB) (分析試料等)



再処理工程の概要図

工程洗浄の検討状況について

令和3年6月3日
再処理廃止措置技術開発センター

1. 経緯

東海再処理施設は、耐震性向上工事を実施するため、2007年5月に再処理運転を中断し、工事終了後には運転再開を予定していたことから工程内には核燃料物質が残存している。新規制基準施行後、リスク低減へ向けた取り組みとして分離精製工場（MP）で保有していたプルトニウム溶液（約 Pu）をプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）でMOX粉末化する「プルトニウム溶液の固化・安定化处理（2014年4月から2016年7月）」により大部分のプルトニウム溶液はMOX粉末化して安定化したものの、設備の構造上送液残液が発生し、通常の操作ではMOX粉末化できない低濃度のプルトニウム溶液が分離精製工場（MP）に残っている。また、分離精製工場（MP）、ウラン脱硝施設（DN）、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）及び分析所（CB）には、使用済燃料のせん断粉末、ウラン溶液等が残存している（表-1）。

上記の核燃料物質の安定化を行う工程洗浄を実施するための検討状況について、以下に示す。

2. 検討方針

分離精製工場（MP）等は、廃止措置計画において、先行して除染・解体等に着手する施設として位置付けており、再処理施設の廃止措置を進めるためにも廃止措置の第1段階（解体準備作業期間）として、これら工程に残存する核燃料物質を安定化して施設のリスク低減を行う。

工程洗浄では、ウラン及びプルトニウムの新たな分離抽出は行わず、また、工程で使用する設備は必要最小限とし、リスク低減を念頭に安全かつ可能な限り早期に完了する方法とする。

3. 工程洗浄の検討状況

上記の検討方針を踏まえた核燃料物質の安定化の方法の概略を以下に示す（図-1）。

(1) 使用済燃料のせん断粉末（以下「せん断粉末」という。）等

せん断粉末は、せん断機の周辺に滞留していたものを回収（2016年4月から2017年7月）し、セル内に保管しているものである。

せん断粉末は、粉末の状態での核燃料物質量の測定が困難であり、高放射性固体廃棄物として廃棄できなく、濃縮ウラン溶解槽にて溶解し、核燃料物質量の計量した後、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する。

また、工程内の洗浄液、分析所（CB）の分析試薬等についても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する。

なお、せん断粉末の溶解液等は、送液時に抽出器及び高放射性廃液蒸発缶を経由する

が、ウラン及びプルトニウムの分離抽出や溶液濃縮をしない。

(2) プルトニウム溶液

分離精製工場（MP）には、プルトニウム溶液の固化・安定化处理した際、送液残液として残ったプルトニウム溶液（約 Pu ）に液量測定が可能な液量まで硝酸を供給（通常の約 100 分の 1 の濃度）した低濃度のプルトニウム溶液と、洗浄廃液のウラン・プルトニウム混合溶液（約 $\text{Pu} + \text{U}$ ）がある。

これらのプルトニウム溶液については、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）で MOX 粉末化を行う方法について検討^{※1}したが、低濃度のプルトニウム溶液の MOX 粉末化には、プルトニウム溶液の移送と濃縮の繰り返しが必要となり、1 年以上の処理期間を要することから、早期のリスク低減とはならない。そのため、プルトニウム溶液は、一部のウラン溶液と混合し、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する方法について検討している。

なお、プルトニウム溶液（混合するウラン溶液等を含む。）の扱いについては、原子力委員会を始め関係省庁について確認・調整を図る。

※1 プルトニウム溶液の送液にスチームジェット（蒸気を用いた送液装置）を用いると、温度上昇及び溶液の酸濃度の低下により、プルトニウムポリマーを生成する可能性を否定できなく、臨界安全上の問題となることから、移送経路にスチームジェットがなく通常の移送先であるプルトニウム転換技術開発施設（PCDF）へと送り MOX 粉末化する。なお、使用済燃料の溶解液のようにウラン濃度の高い溶液ではプルトニウムポリマーの生成が抑制される。

(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、再処理運転用としてウラン溶液（約 U ）を、プルトニウム転換技術開発施設（PCDF）には MOX 粉末化の際に残ったウラン溶液（約 U ）を保有している。また、分離精製工場（MP）では、脱硝運転用のウラン粉末（約 U ）を三酸化ウラン循環容器に保有している。

ウラン溶液は、保有量が多く高放射性廃液に廃棄することは現実的でなく、粉末化処理時の環境への影響も小さいことから、ウラン溶液（プルトニウム溶液と混合するウラン溶液を除く。）をウラン脱硝施設（DN）の脱硝工程でウラン粉末として安定化し、分離精製工場（MP）のウラン粉末とともに第三ウラン貯蔵所で保管する。

4. 工程洗浄の実施期間













上記の方法で実施した場合、それぞれの処理に係る実施期間は、以下を想定している。


- 使用済燃料のせん断粉末の溶解・送液：約 2 か月
- プルトニウム溶液のウラン等との混合・送液：約 3 か月
- ウラン溶液の安定化：約 3 か月

以上

表-1 回収可能核燃料物質の存在場所ごとの保有量（廃止措置計画より）

平成 29 年 6 月 30 日現在

施設	工程名	物質の状態	保有量
分離精製工場 (MP)	せん断	使用済燃料せん断粉末	約  UO ₂ (推定)
	溶解 清澄・調整	洗浄液	約 2 m ³  U ^{*1} 未満 (推定)  Pu ^{*2} 未満 (推定)
	抽出 (酸回収, リワーク等を含む)	洗浄液	約 11m ³  U ^{*1} 未満 (推定)  Pu ^{*2} 未満 (推定)
	Pu 濃縮	洗浄液	1 m ³ 未満 約  U ^{*1} 約  Pu ^{*2}
	Pu 製品貯蔵 ^{※3}	プルトニウム溶液	約 1 m ³ 約  Pu ^{*2}
	U 溶液濃縮・ 試薬調整	ウラン溶液	約 10 m ³ 約  U ^{*1}
	U 脱硝	ウラン粉末 (貯蔵容器に収納)	3 本 約  U ^{*1}
ウラン脱硝施設 (DN)	U 濃縮・脱硝	ウラン溶液	約 8 m ³ 約  U ^{*1}
プルトニウム転換 技術開発施設 (PCDF)	受入・混合 ^{※4}	ウラン溶液	1 m ³ 未満 約  U ^{*1}

上記の他、分析所(CB)に分析試料等(約  U^{*1}, 約  Pu^{*2})が存在する。

これらの核燃料物質については、製品として回収するかまたは放射性廃棄物として取り扱うかについて、工程洗浄の詳細な方法を定める段階で決定し、廃止措置計画の変更申請を行う。

※1 金属ウラン換算

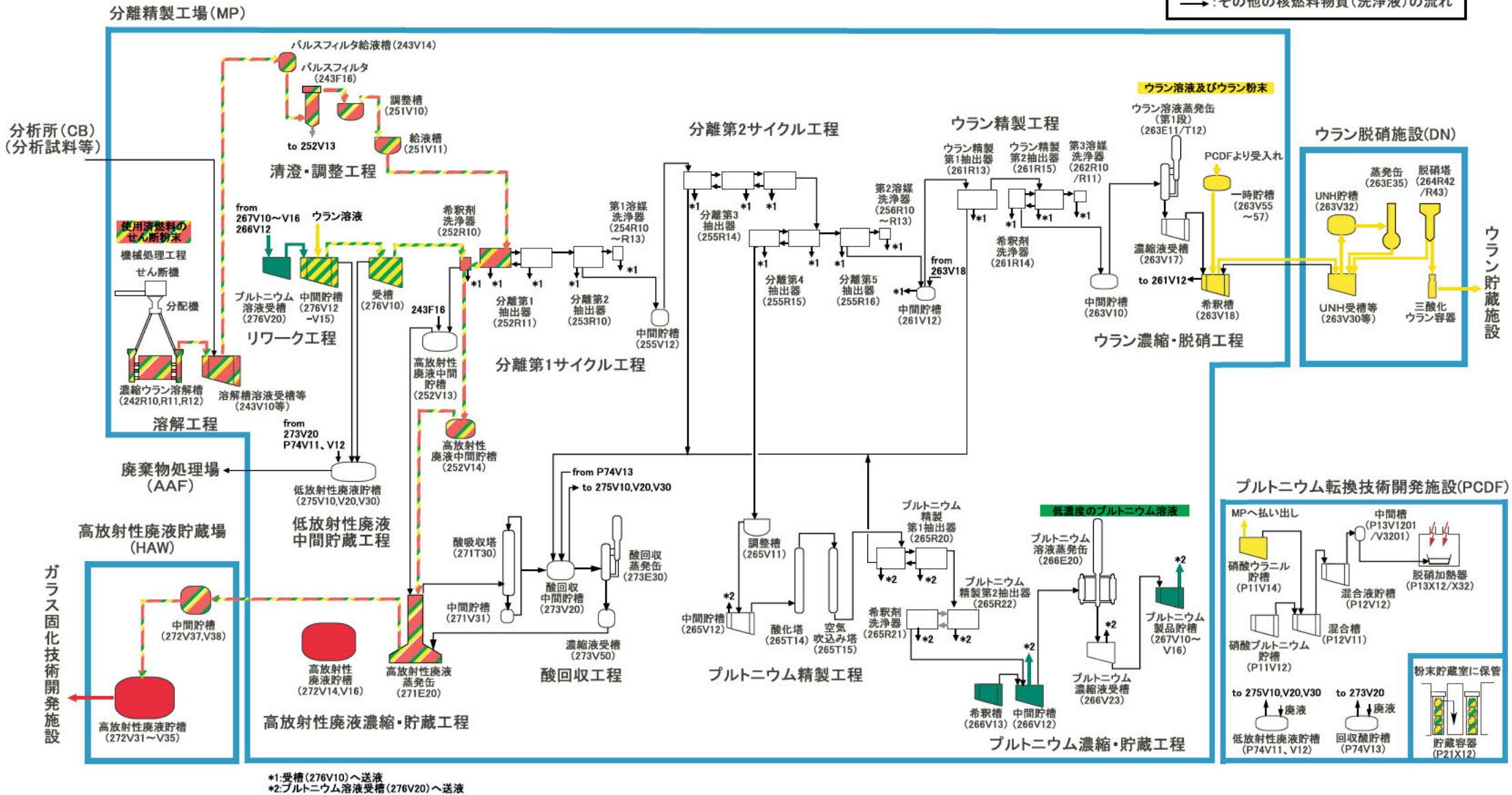
※2 金属プルトニウム換算

※3 施設区分「製品貯蔵施設」

※4 施設区分「その他再処理設備の附属施設」

<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
- : その他の核燃料物質(洗浄液)の流れ



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

図-1 工程洗浄による核燃料物質等の安定化の概略図(案)

東海再処理施設の安全対策に係る面談スケジュール(案)

令和3年6月17日
再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (下線:次回変更審査案件)			令和3年									
			6月				7月					8月
			~4日	~11日	~18日	~25日	~2日	~9日	~16日	~23日	~30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 設計及び工事の計画										
	事故対処	○事故対処設備の 保管場所の整備 (アクセスルートの検討) ○PCDF斜面補強 (PPフェンス移設を含む) 設計及び工事の計画 (機電設備)										
	内部火災	○代替措置の有効性 ○HAW内部火災対策工事 設計及び工事の計画 ○TVF内部火災対策工事 設計及び工事の計画				▽24	▽1	◇5				▽29
	溢水	○HAW溢水対策工事 設計及び工事の計画 ○TVF溢水対策工事 設計及び工事の計画										
	その他 /工事進捗								▽8			
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	○実証プラント規模試験の実施と 硝酸根分解技術の再評価 ○セメント固化設備の技術的成立 性について(4/20面談資料の改 訂) ○実証規模プラント試験対象外と した根拠について	▼3	▼10			▽24	▽1	◇5				
	○LWTFにおける外部事象 に関す る評価について						▽1					
	※H31.3.20申請の許認可の取り扱いによっては、面談項目及び実施時期を必要に応じて見直し。											
工程洗浄		▼3		▽17			▽1	◇5				
その他	○TVF保管能力増強に係る 一部補正											
廃止措置の状況												
ガラス固化処理の進捗状況					▽22		◇5					

▽:面談 ◇:監視チーム会合