

工程洗浄時の安全性評価

## 1. 評価項目

工程洗浄は可能な限り短期間で実施するものの、回収可能核燃料物質を含む溶液の送液操作等を行うことから、それら操作時に発生する可能性のある以下の事象に対して安全性を評価する。評価に用いる機器の評価用のインベントリについては別紙 4-1 に示す。

- 1) 回収可能核燃料物質を含む溶液の送液に伴う臨界事故
- 2) 回収可能核燃料物質を含む溶液を冷却する崩壊熱除去機能が喪失した場合に発生する蒸発乾固
- 3) 放射線分解によって発生する水素が機器内部に滞留することを防止する水素掃気機能が喪失した場合に発生する水素による爆発
- 4) セル内において発生する有機溶媒による火災又は爆発
- 5) 回収可能核燃料物質を含む溶液の漏えい

## 2. 評価概要及び結果

- 1) 回収可能核燃料物質を含む溶液の送液に伴う臨界事故

工程洗浄において集約する回収可能核燃料物質は、臨界安全が担保された機器等で管理されており臨界の恐れはない。また、回収可能核燃料物質の集約に用いる送液経路は臨界安全を確認しており、仮に誤操作を考慮しても臨界安全を確保できることから、安全性に問題はない（詳細については別紙 4-2 参照）。

- 2) 回収可能核燃料物質を含む溶液を冷却する崩壊熱除去機能が喪失した場合に発生する蒸発乾固

工程洗浄において回収可能核燃料物質の集約に用いる機器は、仮に崩壊熱除去機能が喪失し、断熱条件で保守的に評価したとしても沸騰到達まで 21 日あり、作業員による機器への水供給などの対応が行えるとともに、外部からの支援も期待できることから、十分対応可能である。なお、沸騰状態の溶液を取扱う濃縮ウラン溶解槽等の加熱機器については、機器周囲の空気との自然冷却による除熱され、セル内の空気温度より数度高い温度で平衡温度に達し沸騰状態は継続しないことを確認しており、安全性に問題はない（詳細については別紙 4-3 参照）。

- 3) 放射線分解によって発生する水素が機器内部に滞留することを防止する水素掃気機能が喪失した場合に発生する水素による爆発

工程洗浄において回収可能核燃料物質の集約に用いる機器は、仮に水素掃気機能が喪失したとしても、水素の爆発下限界濃度到達まで 14 日あり、作業員による機器への空気供給等などの対応が行えるとともに、外部からの支援も期待できることから、十分対応可能であり、安全性に問題はない（詳細については別紙 4-4 参照）。

4) セル内において発生する有機溶媒による火災又は爆発

工程洗浄は、再処理運転（分離・抽出操作）を伴わず、有機溶媒を払出した状態で実施するため当該事象は発生しない。

5) 回収可能核燃料物質を含む溶液の漏えい

工程洗浄において回収可能核燃料物質の集約に用いる機器の閉じ込め機能が喪失した場合においても、それら機器が取扱う溶液は、形状により臨界管理されたセル内のドリフトレイ等により回収され、臨界安全を担保しつつ保持されることから安全性に問題はない。

工程洗淨時の安全評価に用いるインベントリの設定

## 1. 概要

工程洗浄に用いる機器の崩壊熱除去機能及び水素掃気機能が喪失した場合の影響評価とし、沸騰到達時間及び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。）を評価して時間裕度を確認する。また、工程洗浄に用いる機器から回収可能核燃料物質が漏洩した場合の影響評価とし、環境への影響評価として放出放射能量（セシウム 137 換算）を確認する。

評価の結果、工程洗浄時に崩壊熱除去機能及び水素掃気機能が喪失しても沸騰到達時間及び爆発下限界到達時間に至るまでに十分な時間裕度として 14 日以上あること、仮に回収可能核燃料物質の漏えい時の環境への放射量は最大  $10^{-4}$  TBq オーダーであることを確認した。

## 2. 工程洗浄で集約する核燃料物質のインベントリの設定

工程洗浄で集約する核燃料物質は、「添付書類十 回収可能核燃料物質を再処理本体から取り出す工程に関する説明書」の「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」に示すとおりであり、以下のように保守的に設定する。

### (1) せん断粉末

せん断粉末の質量は、せん断粉末の質量測定のばらつきを考慮し、保守性を持たせて 1.1 を乗じた 240 kg として設定する。また、評価に用いる 1 溶解当りのせん断粉末の量は 30 kg と設定する。

せん断粉末の放射能量等は、ORIGEN 計算により設定する。評価に用いる核種ごとの放射能量や発熱量は、事業指定申請書に記載している基準燃料（軽水炉燃料及びふげん MOX タイプ B 燃料）に対して、平成 19 年のキャンペーン終了後からの冷却期間を考慮した年数（10 年間）を設定して求める。それら燃料の ORIGEN 計算結果から 240 kg 分の核種ごとに放射能量や発熱量を比較し、値の大きい方を選択して、評価用のせん断粉末の放射能量とする。計算に用いた各条件について表-2-1、せん断粉末の核種ごとの放射能量等を表-2-2 に示す。

### (2) プルトニウム溶液

工程洗浄で集約するプルトニウム溶液の内訳は表-2-3 に示す。これに対し以下の通り評価用のインベントリを保守的に設定する。

2021 年 PIT 時の分析値（プルトニウム濃度、アメリカシウム 241 濃度及びウラン濃度）により求めたインベントリに保守性を持たせるために、分析誤差を考慮し 1.1 を乗じる。アメリカシウム 241 は、プルトニウム 241（半減期：14.35 年）の  $\beta$  崩壊により増加することから、保守的に 10 年間（2031 年まで）の増加分（プルトニウム 241 の減衰は考慮しない。）を加えたものを評価用インベントリとする（表-2-4）。

(3) ウラン溶液

現有溶液の送液経路の機器については2021年PIT時のウラン濃度と設計図書の使用液量からインベントリを設定する。ウラン脱硝施設(DN)の蒸発缶により濃縮したウラン溶液を受入れる機器のウラン濃度は、設計図書に記載された各蒸発缶の最大ウラン濃度(1200 gU/L)及び使用液量からインベントリを設定する(表-2-5)。

(4) その他の核燃料物質(洗浄液)

分析所(CB)中間貯槽(108V10及び108V11)のウラン量及びプルトニウム量は、2021年PIT時のウラン濃度及びプルトニウム濃度より求めたインベントリに保守性を持たせるために1.1を乗じて設定する。アメリカシウム241は、プルトニウム241(半減期:14.35年)の $\beta$ 崩壊により増加することから、保守的に10年間(2031年まで)の増加分(プルトニウム241の減衰は考慮しない。)を加えたものを評価用インベントリとする。なお、プルトニウムの同位体組成及び初期アメリカシウム241濃度等の分析値がない場合は、プルトニウム溶液を扱う機器の分析値から保守的に設定する(表-2-6)。

(5) 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液

核燃料物質を集約した場合の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)の発熱量は、2020年8月31日時点の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)のインベントリ(令和3年4月27日認可済)に、集約する核燃料物質のインベントリを加えて設定する。

なお、集約する核燃料物質等のインベントリは、送液方法により変化するため、保守的に設定する。

参考文献

- 1) 「東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びふげん MOX 燃料の内蔵放射能」(白井他 2005年11月), JAEA-Research 2005-001
- 2) 「東海再処理施設における C-14 の挙動」(永里他 2001年9月), JNC TN8410 2001-021

表-2-1 ORIGINにおける計算条件

炉型	軽水炉 (PWR)	新型転換炉原型炉 (ATR)	出典（設定根拠）
燃料	UO <sub>2</sub>	MOX タイプ B	
ウラン濃縮度			東海再処理施設の軽水炉基準燃料及びふげん MOX 燃料の内蔵放射能 <sup>1)</sup>
プルトニウム fissile	-		
初期プルトニウム 装荷量	-		・過去の安全審査に用いた値
燃焼度	35,000 MWD/t	20,000 MWD/t	・「再処理事業指定申請書」より 1 体あたりの最高燃焼度を採用
比出力	35 MW/t	20 MW/t	・再処理事業指定申請書
初期不純物量 水素	2 ppm	0 ppm	・軽水炉：「発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令」 ・MOX-B：「燃料設計認可申請書」
初期不純物量 炭素	100 ppm	200 ppm	
初期不純物量 フッ素	15 ppm	25 ppm	
初期不純物量 窒素	40 ppm	200 ppm	・東海再処理施設における C-14 の挙動 <sup>2)</sup>
Pu 同位体 組成率	-		・過去の安全審査を基に ORIGIN2.2 により再計算
Am-241 含有率	-	0.05 %	・過去の安全審査に用いた値
冷却期間	3,830 日	4,380 日	・各燃料の冷却期間（軽水炉：180 日，MOX：2 年）に 10 年（3650 日）を加えた日数

表-2-2 安全評価用のせん断粉末の仕様（主要核種抜粋）

核種	発熱量[W]			放射エネルギー[Bq]		
	軽水炉 (PWR-UO <sub>2</sub> )	新型転換炉 (ATR-MOX B)	せん断粉末	軽水炉 (PWR-UO <sub>2</sub> )	新型転換炉 (ATR-MOX B)	せん断粉末
H-3	$2.3 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$2.3 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{12}$	$1.7 \times 10^{12}$	$2.5 \times 10^{12}$
C-14	$4.4 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-4}$	$5.6 \times 10^9$	$1.3 \times 10^{10}$	$1.3 \times 10^{10}$
Kr-85	1.7	$7.8 \times 10^{-1}$	1.7	$4.1 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$	$4.1 \times 10^{13}$
Sr-89	0 <sup>※1</sup>	$2.2 \times 10^{-18}$	$2.2 \times 10^{-18}$	0 <sup>※1</sup>	$2.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-5}$
Sr-90	$1.6 \times 10$	6.6	$1.6 \times 10$	$4.9 \times 10^{14}$	$2.1 \times 10^{14}$	$4.9 \times 10^{14}$
Y-90	$7.4 \times 10$	$3.2 \times 10$	$7.4 \times 10$	$4.9 \times 10^{14}$	$2.1 \times 10^{14}$	$4.9 \times 10^{14}$
Zr-95	$1.6 \times 10^{-15}$	$1.1 \times 10^{-13}$	$1.1 \times 10^{-13}$	$1.2 \times 10^{-2}$	$8.4 \times 10^{-1}$	$8.4 \times 10^{-1}$
Nb-95	$3.4 \times 10^{-15}$	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.4 \times 10^{-13}$	$2.6 \times 10^{-2}$	1.9	1.9
Tc-99	$1.5 \times 10^{-3}$	$8.9 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{11}$	$6.6 \times 10^{10}$	$1.1 \times 10^{11}$
Ru-103	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>
Rh-106	$7.9 \times 10^{-1}$	1.6	1.6	$3.0 \times 10^{12}$	$6.2 \times 10^{12}$	$6.2 \times 10^{12}$
Sb-125	$7.0 \times 10^{-1}$	$4.4 \times 10^{-1}$	$7.0 \times 10^{-1}$	$8.3 \times 10^{12}$	$5.2 \times 10^{12}$	$8.3 \times 10^{12}$
I-129	$3.2 \times 10^{-6}$	$2.1 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-6}$	$2.6 \times 10^8$	$1.7 \times 10^8$	$2.6 \times 10^8$
I-131	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>
Cs-134	$1.1 \times 10^1$	5.3	$1.1 \times 10^1$	$4.0 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$	$4.0 \times 10^{13}$
Cs-137	$2.0 \times 10^1$	$1.2 \times 10^1$	$2.0 \times 10^1$	$6.8 \times 10^{14}$	$4.1 \times 10^{14}$	$6.8 \times 10^{14}$
Ba-137m	$6.8 \times 10^1$	$4.1 \times 10$	$6.8 \times 10^1$	$6.4 \times 10^{14}$	$3.8 \times 10^{14}$	$6.4 \times 10^{14}$
Ce-141	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>	0 <sup>※1</sup>
Ce-144	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{11}$	$1.4 \times 10^{12}$	$1.4 \times 10^{12}$
Pr-144	$1.7 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^{-1}$	$2.7 \times 10^{-1}$	$8.6 \times 10^{11}$	$1.4 \times 10^{12}$	$1.4 \times 10^{12}$
Pr-144m	$9.5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{10}$	$1.6 \times 10^{10}$	$1.6 \times 10^{10}$
Pm-147	$6.9 \times 10^{-1}$	$7.5 \times 10^{-1}$	$7.5 \times 10^{-1}$	$7.1 \times 10^{13}$	$7.7 \times 10^{13}$	$7.7 \times 10^{13}$
Sm-151	$1.1 \times 10^{-2}$	$7.5 \times 10^{-3}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$3.5 \times 10^{12}$	$2.4 \times 10^{12}$	$3.5 \times 10^{12}$
Eu-154	7.7	4.6	7.7	$3.2 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$	$3.2 \times 10^{13}$
Eu-155	$2.3 \times 10^{-1}$	$1.5 \times 10^{-1}$	$2.3 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{13}$	$7.9 \times 10^{12}$	$1.2 \times 10^{13}$

※1 ORIGEN 計算上、せん断粉末 1t 当たりの重量が  $10^{-24}$  g 未満の核種のインベントリは「0」として取り扱う



表-2-2 安全評価用のせん断粉末の仕様 (主要核種抜粋)

核種	発熱量[W]			放射エネルギー[Bq]		
	軽水炉 (PWR-UO <sub>2</sub> )	新型転換炉 (ATR-MOX B)	せん断粉末	軽水炉 (PWR-UO <sub>2</sub> )	新型転換炉 (ATR-MOX B)	せん断粉末
U-232	$2.1 \times 10^{-4}$	$1.4 \times 10^{-5}$				
U-233	$2.2 \times 10^{-7}$	$2.2 \times 10^{-8}$				
U-234	$8.7 \times 10^{-3}$	$5.8 \times 10^{-4}$				
U-235	$1.4 \times 10^{-4}$	$6.9 \times 10^{-5}$				
U-236	$1.8 \times 10^{-3}$	$4.9 \times 10^{-4}$				
U-237	$8.0 \times 10^{-4}$	$1.1 \times 10^{-3}$				
U-238	$1.7 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$				
Pu-236	$3.6 \times 10^{-4}$	$3.8 \times 10^{-5}$				
Pu-238	$1.9 \times 10$	$2.0 \times 10$				
Pu-239	2.5	2.0				
Pu-240	3.2	7.4				
Pu-241	$5.4 \times 10^{-1}$	$7.1 \times 10^{-1}$				
Pu-242	$9.4 \times 10^{-3}$	$3.3 \times 10^{-2}$				
Np-235	$1.1 \times 10^{-10}$	$1.9 \times 10^{-11}$	$1.1 \times 10^{-10}$	$6.7 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$	$6.7 \times 10^4$
Np-237	$2.6 \times 10^{-3}$	$4.6 \times 10^{-4}$	$2.6 \times 10^{-3}$	$3.2 \times 10^9$	$5.6 \times 10^8$	$3.2 \times 10^9$
Np-238	$8.0 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-4}$	$6.2 \times 10^8$	$9.6 \times 10^8$	$9.6 \times 10^8$
Np-239	$8.0 \times 10^{-3}$	$2.2 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{11}$	$3.3 \times 10^{11}$	$3.3 \times 10^{11}$
Am-241	$1.3 \times 10$	$1.7 \times 10$	$1.7 \times 10$	$1.5 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$	$1.9 \times 10^{13}$
Am-242	$3.8 \times 10^{-3}$	$5.9 \times 10^{-3}$	$5.9 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{11}$	$1.9 \times 10^{11}$	$1.9 \times 10^{11}$
Am-242m	$1.3 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{11}$	$1.9 \times 10^{11}$	$1.9 \times 10^{11}$
Am-243	$1.1 \times 10^{-1}$	$2.9 \times 10^{-1}$	$2.9 \times 10^{-1}$	$1.2 \times 10^{11}$	$3.3 \times 10^{11}$	$3.3 \times 10^{11}$
Cm-242	$1.0 \times 10^{-1}$	$1.6 \times 10^{-1}$	$1.6 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^{11}$	$1.6 \times 10^{11}$	$1.6 \times 10^{11}$
Cm-243	$9.5 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-1}$	$9.6 \times 10^{10}$	$1.7 \times 10^{11}$	$1.7 \times 10^{11}$
Cm-244	9.1	$1.7 \times 10$	$1.7 \times 10$	$9.6 \times 10^{12}$	$1.8 \times 10^{13}$	$1.8 \times 10^{13}$
Cm-245	$1.1 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^9$	$1.7 \times 10^9$	$1.7 \times 10^9$
Cm-246	$1.7 \times 10^{-4}$	$2.1 \times 10^{-4}$	$2.1 \times 10^{-4}$	$1.9 \times 10^8$	$2.4 \times 10^8$	$2.4 \times 10^8$

表-2-3 現有のプルトニウム溶液のインベントリ (2021 年 PIT 時の分析値)

機器名	機器番号	液量 [L]	プルトニウム 濃度 [g/L]	プルトニウム 重量 [g]	アメリシウム 241 濃度 [g/L]	アメリシウム 241 重量 [g]	ウラン濃度 [g/L]	ウラン重量 [g]
希釈槽	266V13	321	[REDACTED]	[REDACTED]	0.11	34*	[REDACTED]	[REDACTED]
プルトニウム 製品貯槽	267V10	177			0.09	17	[REDACTED]	
プルトニウム 製品貯槽	267V11	83			0.12	10		
プルトニウム 製品貯槽	267V12	120			0.11	13		
プルトニウム 製品貯槽	267V13	121			0.09	10		
プルトニウム 製品貯槽	267V14	126			0.09	12		
プルトニウム 製品貯槽	267V15	114			0.09	11		
プルトニウム 製品貯槽	267V16	139			0.09	13		

※ アメリシウム 241 の分析値のない希釈槽 (266V13) については、2021 年 PIT 時にアメリシウム 241/プルトニウム重量比が最大となるプルトニウム製品貯槽 (267V15) の比より算出した。

表-2-4 プルトニウム溶液の評価用のインベントリ

機器名	機器番号	液量 [L]	プルトニウム 濃度 [g/L]	プルトニウム 重量 [g]	アメリシウム 241 濃度 [g/L]	アメリシウム 241 重量 [g]	ウラン濃度 [g/L]	ウラン重量 [g]
希釈槽	266V13	321	[REDACTED]	[REDACTED]	0.15	49 <sup>※</sup>	[REDACTED]	[REDACTED]
プルトニウム 製品貯槽	267V10	177			0.14	24		
プルトニウム 製品貯槽	267V11	83			0.17	14		
プルトニウム 製品貯槽	267V12	120			0.16	19		
プルトニウム 製品貯槽	267V13	121			0.13	15		
プルトニウム 製品貯槽	267V14	126			0.14	17		
プルトニウム 製品貯槽	267V15	114			0.14	16		
プルトニウム 製品貯槽	267V16	139			0.14	19		

※ アメリシウム 241 の分析値のない希釈槽（266V13）については，2021 年 PIT 時にアメリシウム 241/プルトニウム重量比が最大となるプルトニウム製品貯槽（267V15）の比より算出した。

表-2-5 安全評価用のウラン溶液の仕様

施設名 <sup>※1</sup>	機器名称	機器番号	液容量[L]	ウラン濃度 [gU/L] <sup>※2</sup>
MP	ウラン溶液蒸発缶[第1段]	263E11+T12	220	
	中間貯槽	263V10	3000	
	希釈槽	263V18	700	
	一時貯槽	263V51	2000	
	一時貯槽	263V52	2000	
	一時貯槽	263V53	2000	
	一時貯槽	263V54	2000	
	一時貯槽	263V55	2000	
	一時貯槽	263V56	2000	
	一時貯槽	263V57	2000	
	一時貯槽	263V58	2000	
	ウラン調整槽	201V70	500	
	受流槽	201V75	500	
	貯槽	201V77	2000	
	貯槽	201V78	2000	
	貯槽	201V79	2000	
DN	蒸発缶	263E35	140	
	UNH 受槽	263V30	700	
	UNH 受槽	263V31	700	
	UNH 貯槽	263V32	30000	
	UNH 供給槽	263V34	270	
	濃縮液受槽	264V40	200	
	脱硝塔洗淨廃液受槽	264V72	150	
	溶解液受槽	264V76	500	
	脱硝塔	264R43	—	
PCDF	硝酸ウラニル貯槽	P11V14	1000	

※1：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

※2：濃縮されたウラン溶液を受入れることから，設工認等の記載値を用いた。

※3：設工認等のウラン量（粉末）の記載値を用いた。

※4：他の貯槽からウラン溶液を受入れないP11V14はPIT測定時(2021年時の値)のウラン濃度から十の位を切上げた値を評価用ウラン濃度とした。

表-2-6 安全評価用のその他の核燃料物質（分析試料等）の仕様

機器名	機器番号	プルトニウム重量 [g]	アメリシウム 241 重量 [g]	ウラン重量 [g]
中間貯槽	108V10		0.07*	
中間貯槽	108V11		0.3*	

有効数字 2 桁目を四捨五入して記載

※ 中間貯槽（108V10, 108V11）はアメリシウム 241 の分析値がないため 2021 年 PIT 時にアメリシウム 241/プルトニウム重量比が最大となるプルトニウム製品貯槽（267V15）の比より算出した。

工程洗浄により核燃料物質を集約する  
送液経路の安全性について

## 1. 概要

工程洗浄により、せん断粉末の溶解液、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）を放射性液体廃棄物又は製品として集約する。工程洗浄に用いる機器は、臨界管理（形状、濃度又は質量）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、送液経路において誤操作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集約に用いる機器（図 2-1 参照）

濃縮ウラン溶解槽（242R12）のせん断粉末の溶解量は 1 バッチのせん断粉末の溶解量約 30 kg 以下する。仮に 2 重装荷（せん断粉末全量）したとしても濃縮ウラン溶解槽の設計値（400 kgU/バッチ）に対して十分に少なく、安全上の問題はない。

濃縮ウラン溶解槽（242R12）のせん断粉末の溶解液のウラン濃度は、1 バッチのせん断粉末の溶解量約 30 kgU 及び溶解液量（850 L）から最大約 40 gU/L となる。せん断粉末の溶解液は、溶解槽溶液受槽（243V10）へ送液し、溶解槽溶液受槽（243V10）に予め供給しておく硝酸（300 L）と混合して約 26 gU/L 程度となる。

これは、再処理運転時の使用済燃料の溶解液のウラン濃度約 500 gU/L 及び清澄工程の調整槽（251V10）の制限値（240 gU/L）よりも十分に低く、使用済燃料の溶解液が通過する機器の濃縮ウラン溶解槽（242R12）から分離第一抽出器（252R11）の臨界安全上の問題はない。

再処理運転時に使用済燃料の溶解液が通過しない機器としては、希釈剤洗浄器（252R10）、高放射性廃液中間貯槽（252V14）、高放射性廃液蒸発缶（271E20）、中間貯槽（272V37 及び V38）及び高放射性廃液貯槽（272V31～V35）があるが、これらについても臨界管理（形状、濃度又は質量）されていること最小臨界濃度が 340 gU/L であり、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、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。

### (2) プルトニウム溶液の集約に用いる機器（図 2-2 参照）

分離精製工場（MP）のプルトニウム製品貯槽（267V10～267V16）に保有しているプルトニウム溶液及び希釈槽（266V13）に貯蔵しているウラン及びプル

トニウム混合溶液（以下「低濃度プルトニウム溶液」という。）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（272V31～272V35）に集約する。

低濃度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集約するため送液経路の機器の臨界安全性について既存の臨界評価結果<sup>1)</sup>と照らし合わせて評価した。

その結果、低濃度プルトニウム溶液の送液経路の機器及びそれらを集約する高放射性廃液貯槽（272V31～272V35）は無限増倍率（ $K_{\infty}$ ）が0.75未満となり、臨界安全上の問題はない（別紙4-2-1「プルトニウム溶液の集約に係る臨界安全性」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）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4-2-2「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（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（洗浄液）を取扱う機器

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により集約を行う。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、誤移送等を考慮しても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、ウランの最小臨界量58 kgU（均質系  $UO_2-H_2O$ 、濃縮度4%）未満であり、手持ち運搬による臨界安全上の問題はない。

その他の核燃料物質（洗浄液）は、せん断粉末の溶解液のウラン濃度等より低いこと、せん断粉末の溶解液等の集約に用いない機器についても、通常の運転時の送液経路であることから臨界安全上の問題はない。

## 3. 工程洗浄に伴い要領書等の見直し等が必要な操作

再処理施設は、アスファルト事故後の安全性確認作業<sup>1)</sup>において、各工程の事故の発生防止策に対して妥当性を確認するとともに、必要に応じて運転要領書の改訂及び設備を改善している。

工程洗浄は再処理運転時の操作を踏襲するものの、せん断粉末及びプルトニウム溶液の集約時に一部で通常とは異なる送液経路があり、それらに対して運転要領書及び操作手順書の有無を確認した。運転要領書及び操作手順書の改訂等が必要な操作について以下に示す。

### (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。)を經由して濃縮ウラン溶解槽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) の溶解部の開口部から燃料装荷バスケットへ直接装荷する。

当該作業については運転要領書の改訂及び操作手順の制定が必要であり、せん断粉末の溶解量 (30 kg/バッチ) 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) への直接移送 (271E20→272V37/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) を經由し、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) を經由して高放射性廃液貯槽 (272V31～V35) に送液する。当該送液操作については、アスファルト事故後の安全性確認作業における評価\*を踏まえて保安規定で禁止している。工程洗浄においては、十分な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の 4 %に到達する。

(3) 中間貯槽 (276V12-V15) における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 (276V12-15) 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、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 (276V12-15) 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) でのプルトニウム/ウラン比を使用済燃料の溶解液相当に調整する操作については運転要領書に新たに記載する。また、調整目標とするプルトニウム/ウラン比 (1/70 以下\*) については、管理値として再処理施設保安規定に定める。

\* 東海再処理施設での直近のキャンペーン (2007 年 2 月～5 月) で処理したふげん MOX-B 燃料の中で、調整槽 (251V10) の計量分析値から求めたプルトニウム/ウラン比の最大値 (約 1/59) から、プルトニウム/ウラン比を 1/70 として設定

- (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）への払い出しは手順等がなく、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。

#### 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データ」（須藤他 2011）JAEA-Data-Code-2011-021
- 2) 「東海再処理施設の安全性確認に関する報告書」，核燃料サイクル機構，平成 11 年 2 月

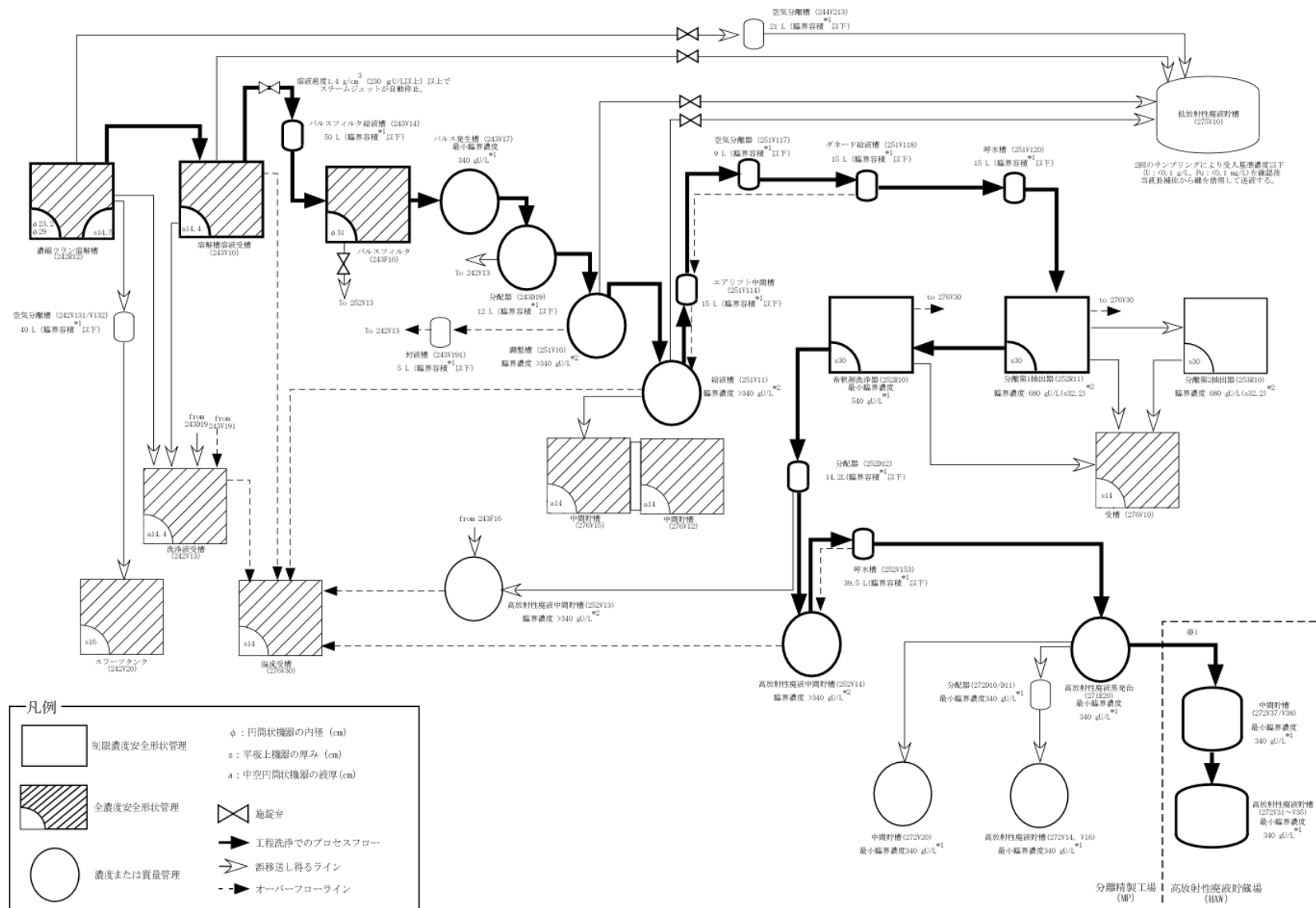


図-2-1 セン断粉末の溶解液の移送経路及び臨界管理系統図

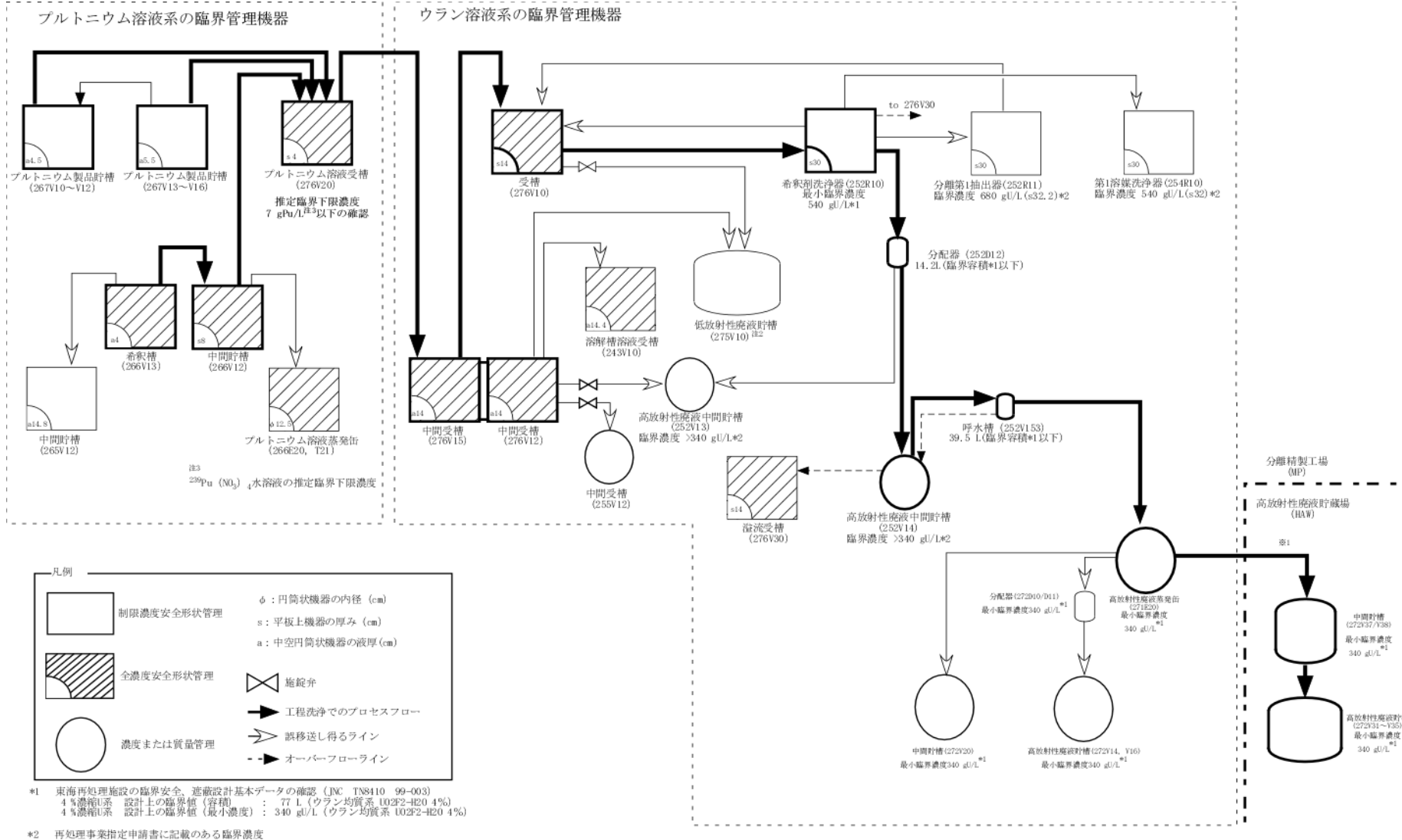


図-2-2 のプルトニウム溶液の移送経路及び臨界管理系統図

プルトニウム溶液の集約に係る臨界安全性

## 1. 概要

工程洗浄においては、分離精製工場 (MP) のプルトニウム製品貯槽 (267V10～267V16) に保有しているプルトニウム溶液及び希釈槽 (266V13) に貯蔵しているウラン及びプルトニウム混合溶液 (以下「低濃度プルトニウム溶液」という。) 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 (272V31～272V35) に集約する。

低濃度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集約するため送液経路の機器の臨界安全性を評価した。

その結果、低濃度プルトニウム溶液の送液経路の機器及びそれらを集約する高放射性廃液貯槽 (272V31～272V35) は無限増倍率 ( $k_{\infty}$ ) が 0.75 未満となり、臨界安全上の問題はない。

## 2. 低濃度プルトニウム溶液の集約方法

低濃度プルトニウム溶液の集約の方法について以下に示す (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) の低濃度プルトニウム溶液を中間貯槽 (276V12～V15) へ送液し、②で予め受入れていた調整用のウラン溶液と混合する。
- ④ 低濃度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。) については、分析によりウラン濃度及びプルトニウム濃度を確認し、プルトニウム/ウラン比がふげん MOX タイプ B 燃料のプルトニウム/ウラン比 (1/70) 以下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 272V38) を経由し、高放射性廃液貯槽 (272V31～V272V35) 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

集約する低濃度プルトニウム溶液及び調整用のウラン溶液は、分析値からウラン濃

度、ウラン濃縮度、プルトニウム濃度及びそれらの同位体組成を把握している。混合液の臨界評価は、無限体系におけるウラン（濃縮度 1.6 %）及びプルトニウム濃度  $k_{\infty}$  の関係を示した文献<sup>1)</sup>の臨界評価結果を参考に無限増倍率 ( $k_{\infty}$ ) を評価する。

文献<sup>1)</sup>の臨界評価ではプルトニウムの同位体として Pu-239, Pu-240 及び Pu-241 を考慮して無限増倍率を評価している。低濃度プルトニウム溶液の同位体には核分裂性核種でない Pu-238 及び Pu-242 も含まれているが核分裂性核種でないことから、それらについては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<sup>1)</sup>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 (267V10~267V16) 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 (約 4 g/L) が最小臨界濃度 (250 g/L) を下回り臨界安全上の問題はない。

### 3.2 評価結果

低濃度プルトニウム溶液の送液ルート及び混合液の送液ルートの機器及び配管、並びに混合液の集約後の高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~272V35) 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<sup>1)</sup>の組成を用いて評価した (図 3-2-1)。

その結果、低濃度プルトニウム溶液の送液ルート (配管含む。) 及びそれらを集約した場合における高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31~272V35) の対象溶液の無限増倍率 ( $k_{\infty}$ ) は、ウラン濃度 (100 gU/L 又は 200 gU/L), ウラン濃縮度 1.6 %, プルトニウム濃度 (3 gPu/L 又は 5 gPu/L) であることから、0.75 未満となり臨界安全上の問題がない。

### 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

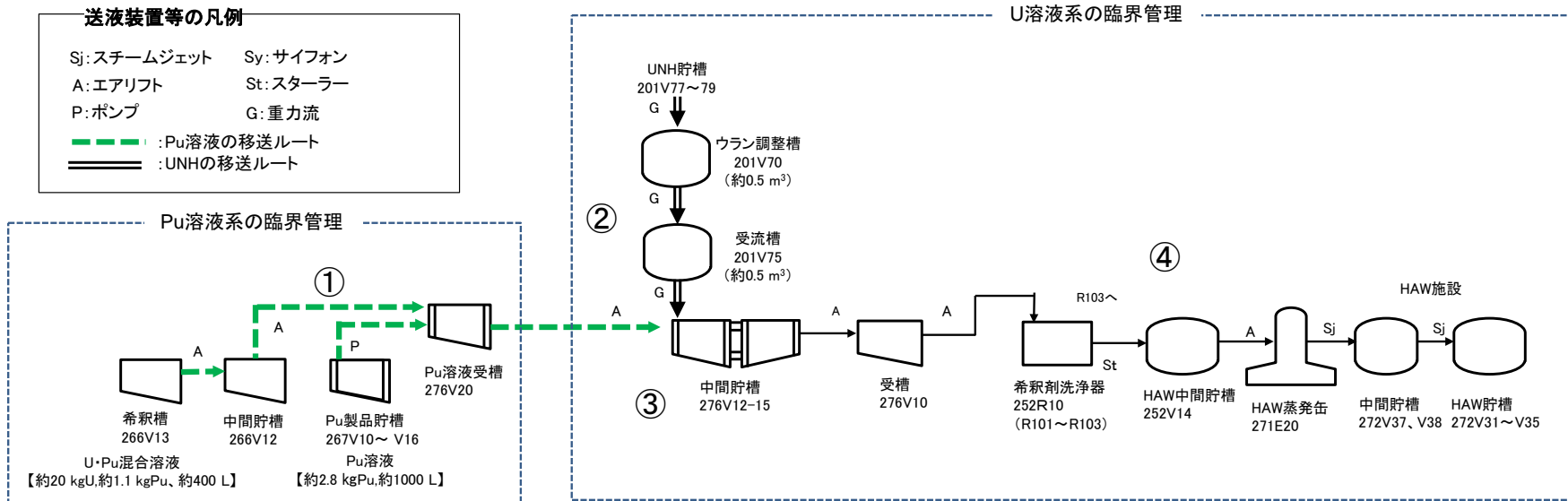


図 2-1 プルトニウム溶液の集約方法及び送液方法



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 <sup>※1</sup>	
低濃度 プルトニウムの 送液経路	266V12 (266V13 の溶液受入れ時)					
	266V13					
	267V10～267V16					プルトニウム溶液の最小臨界濃度 (250 gPu/L) 未満，既存の臨界評価結果と比較は不要
	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					
混合液の集約先	272V31～V35					

※1 Pu-239, Pu-240 及び Pu-241 の分析値で評価

※2 令和 2 年 8 月 31 日時点の高放射性廃液にせん断粉末の溶解液，低濃度のプルトニウム溶液，プルトニウム/ウラン比調整用のウラン溶液及びその他の核燃料物質（洗浄液）を集約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<sup>1)</sup>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 <sup>*1</sup> (Pu-239:Pu-240:Pu-241)
低濃度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]				
混合液の集約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、プルトニウム同位体組成のうち核分裂性核種の Pu-239 及び Pu-241 の組成が多い方が、中性子吸収核種の Pu-240 が少ない方が保守的となる。当該条件は、表 3-2-1 で設定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 の少なくなる文献<sup>1)</sup>のプルトニウム同位体組成である。

また、低濃度プルトニウム溶液の送液経路の機器 (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 DIQ (設計情報質問) より表 3-2-3 のとおり定められている。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 Pu 濃度を求める高精度分析法である。IDMS によるプルトニウム濃度測定の実験誤差には、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実験誤差については、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 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 (B) 及び混合液の集約後の高放射性廃液貯槽 (C) についても同様の理由により保守的である。

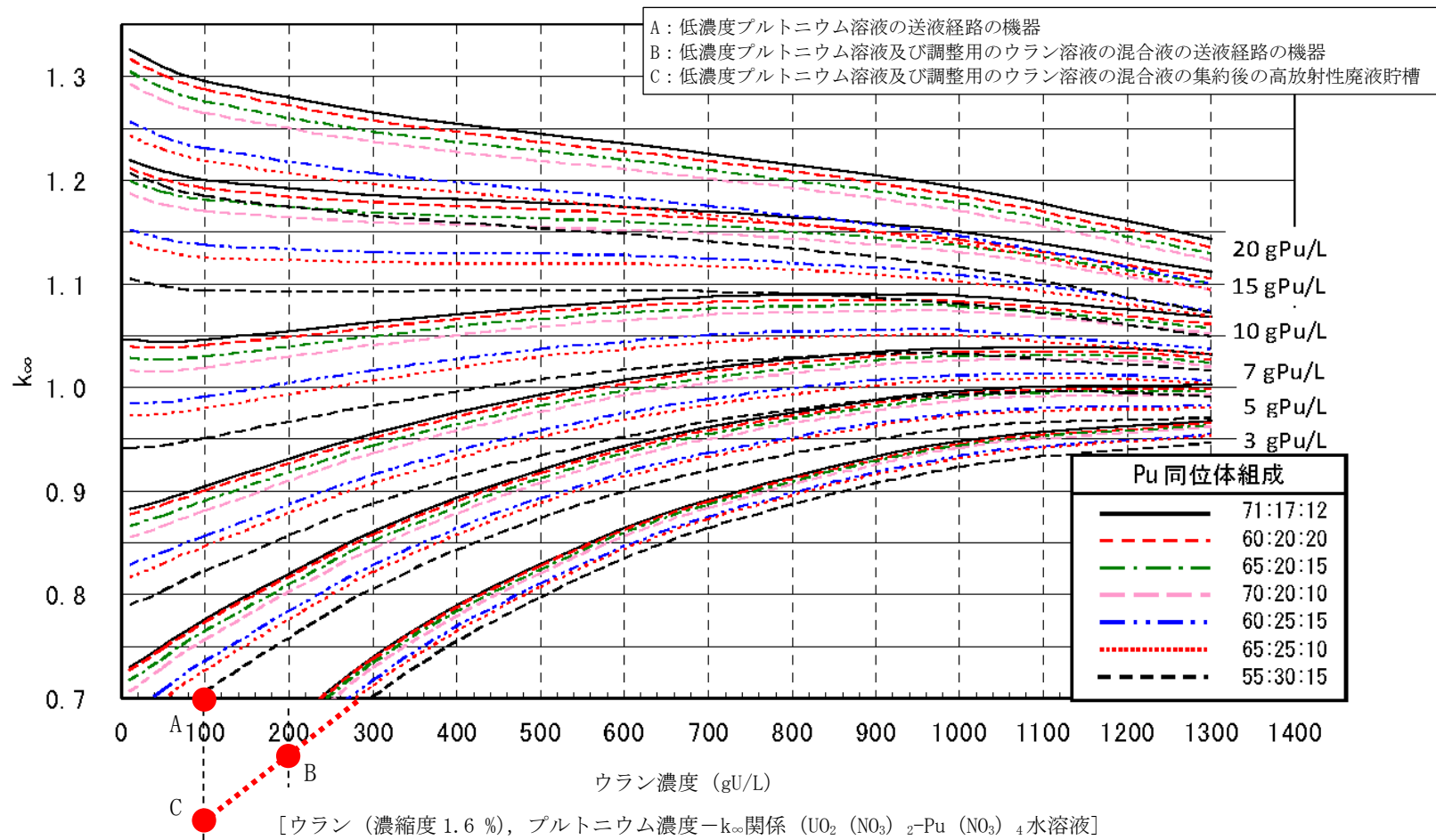


図 3-2-1 工程洗浄で集約するプルトニウム溶液と既存の無限体系での臨界評価の比較

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に送液し、高放射性廃液として集約することを検討している。高放射性廃液貯槽への送液には、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（以下「Pu ポリマー」という。）が生成し、さらに沈殿が生じると非均質系となり臨界安全上の問題となる。

工程洗浄においては、Pu ポリマーの生成を抑制するウラン溶液をプルトニウム溶液に混合し、使用済燃料の溶解液と同等のプルトニウム/ウラン比（1/70 以下）とすることで Pu ポリマーの生成を防止する。Pu ポリマー防止策の妥当性について以下に示す。

## 2. 工程洗浄で集約する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・安定化处理した際、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、洗浄廃液のウラン・プルトニウム混合溶液（                  ）を集約する。これらのプルトニウム溶液の性状を表 2-1 に示す。

## 3. 工程洗浄で集約するプルトニウム溶液と Pu ポリマーの生成条件との比較

Pu 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集約するプルトニウム溶液の性状を当てはめ、Pu 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 Pu ポリマーへの影響についても検討した。

### 3.1 Pu ポリマーの生成条件

再処理プロセス・ハンドブック<sup>1)</sup>における Pu ポリマーの生成条件を図-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 Pu ポリマーは生成しやすくなる。

図 1 から仮に工程洗浄で集約する低濃度のプルトニウム溶液（プルトニウム濃度 3~4 g/L、酸濃度 4 mol/L）が SJ により約 100℃まで昇温されたとしても、Pu 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 0.3~0.4 g/L となり、Pu 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、Pu ポリマー生成の可能性は否定できない。

### 3.2 Pu ポリマーの生成に要する時間

文献<sup>2)</sup>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 Pu 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。

Pu 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 Pu 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 Pu 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プルトニウム溶液 (プルトニウム濃度 4 g/L, 酸濃度 4 mol/L, 温度 35°C) では約  $7.8 \times 10^3$  年, SJ により 10 倍に希釈されたプルトニウム溶液 (プルトニウム濃度 0.4 g/L, 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

東海再処理施設では、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、米国の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 Pu ポリマーは確認されなかったと報告されている<sup>2)</sup>。

しかしながら、「Pu 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 Pu 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、Pu 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 ウラン共存下における Pu ポリマーへの影響

ウラン共存下においては、ウランが Pu ポリマーの成長末端と直接結合し Pu ポリマーの生成を抑制するとされている。Toth<sup>2)3)</sup>らによるとプルトニウム/ウラン比が 1/10 (プルトニウム濃度約 12 g/L, 酸濃度 0.092~0.26 mol/L) の場合、Pu ポリマーの生成速度が約 30%抑制され、プルトニウム/ウラン比が 1/500 の場合、Pu ポリ

マーは発生しないとしている。ただし、Pu ポリマー生成に関するプルトニウム/ウラン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、東海再処理施設ではプルトニウムの含有量が多い ATR-MOX タイプ B 燃料を処理しているものの、今までは問題となることはなかった。東海再処理施設での直近のキャンペーン（2007 年 2 月～5 月）で処理したふげん MOX-B 燃料の中で、調整槽（251V10）の計量分析値から求めたプルトニウム/ウラン比の最大値は約 1/59 であり、濃縮ウラン溶解槽で溶解した使用済燃料の溶解液は、SJ 送液を 2 回行い入量計量しているが、計量管理上問題となるようなプルトニウム量ロスは無かった。これは、Pu ポリマーの生成・沈降がなく、プルトニウムが溶液中に均一に存在していることを示している。

以上のことから、Pu ポリマーが生成しないプルトニウム/ウラン比は明確でないものの、使用済燃料の溶解液と同等のプルトニウム/ウラン比以下であれば、SJ による送液をしても Pu ポリマーは生成しないと考えられる。

#### 4. まとめ

工程洗浄で取扱うプルトニウム溶液はプルトニウム濃度が低く Pu ポリマー生成の可能性は低いものの、プルトニウム溶液単体を SJ で送液した場合、Pu ポリマーが生成する可能性を否定できない。

よって、工程内の一部のウラン溶液をプルトニウム溶液と混合し、使用済燃料の溶解液と同等のプルトニウム/ウラン比（1/70）以下として送液することで、Pu ポリマーの生成を防止する。

#### 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 工程洗浄で集約するプルトニウム溶液の組成

	低濃度のプルトニウム溶液	洗浄廃液のウラン・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	希釈槽
プルトニウム濃度 <sup>※1</sup> (プルトニウム量)		
ウラン濃度 <sup>※1</sup> (ウラン量)	—	
酸濃度	約 4~6 mol/L <sup>※2</sup>	約 3 mol/L <sup>※1</sup>

※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 Pu 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	約 4 g/L (約 $2.0 \times 10^{-2}$ mol/L)	約 0.4 g/L (約 $2.0 \times 10^{-3}$ mol/L)
酸濃度	約 4 mol/L	約 4 mol/L
温度	35°C (308 K)	100°C (373 K)
Pu ポリマーの生成時間	約 $7.8 \times 10^3$ 年	約 66 時間

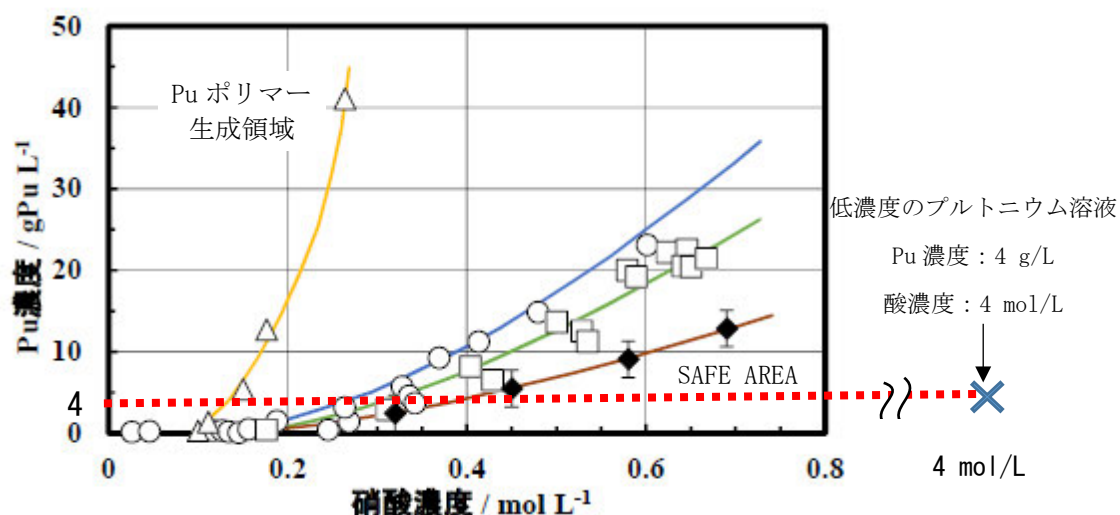


図 1 Pu ポリマー生成条件 (Brunstad, A., Ind. Eng. Chem., 51, 1959, 温度△ : 25°C, ○ : 80°C, □ : 90°C, ◆ : 100°C, 各曲線の上あるいは左の領域でポリマーが生成)

崩壊熱除去機能喪失時の沸騰到達時間の評価

## 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。なお、工程洗浄時に沸騰状態の溶液を取扱う加熱機器等は、自然空冷により除熱可能であることを確認する。

評価の結果、沸騰到達時間まで十分な時間裕度(21日以上)があること、沸騰状態の溶液を取扱う加熱機器等については、セル内の空気温度より数度高い温度で平衡温度に達することから、自然冷却による除熱により沸騰状態が継続しないことを確認した。

## 2. 評価対象

### (1) せん断粉末の溶解液を取扱う機器

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。

### (2) プルトニウム溶液を取扱う機器

プルトニウム溶液及びプルトニウム溶液とウラン溶液の混合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) ウラン溶液を取扱う機器

ウラン溶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。

### (4) その他の核燃料物質(洗浄液)を取扱う機器

分析所(CB)の分析試料等を保有する中間貯槽(108V10, 108V11)を評価対象とする。

なお、分析所(CB)の分析試料等の通過する分離精製工場(MP)の機器の評価は、せん断粉末の溶解液の評価に包含される。

### (5) 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)

上記の核燃料物質等を集約する高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31~V35)を評価対象とする。

なお、せん断粉末の溶解液を取扱う機器及びウラン溶液を取扱う機器のうち、加熱機器等の濃縮ウラン溶解槽(242R12)、蒸発缶(263E35)及び濃縮液受槽(264V40)については、自然空冷により除熱可能であることを確認する(別紙4-3-1「工程洗浄時の加熱機器の平衡温度評価について」参照)。

### 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。なお、回収可能核燃料物質の発熱量の設定については別紙 4-1 に示す。

沸騰到達時間の算出式を以下に示す。

$$t = (\rho V C_1 + M C_2) \times (T_a - T_o) / Q$$

ここで、

$t$  : 沸騰到達時間 (h)

$\rho$  : 溶液の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  : 評価液量 (m<sup>3</sup>)

$C_1$  : 溶液の比熱 (J/kg/K)

$M C_2$  : 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) 発熱量

##### ① せん断粉末の溶解液を取扱う機器

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。

##### ② プルトニウム溶液を取扱う機器

プルトニウム溶液を現有している機器で、他貯槽からプルトニウム溶液を受入れない機器の発熱量は、分析値より求めた核種ごとの重量に、ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。

他貯槽からプルトニウム溶液を受入れるプルトニウム溶液受槽 (276V20) は、受

入れる貯槽のうち最大の発熱密度及び受入量から発熱量を設定する。

プルトニウム溶液とウラン溶液の混合液を取扱う機器については、ウランに寄与する発熱量がプルトニウムに比べて非常に低いことから、ウランの発熱量は考慮しない。

③ ウラン溶液を取扱う機器

各機器の設計図書の使用液量、ウラン濃度及び現有するウラン溶液の分析値より求めた最も発熱量が大きくなるウラン同位体組成比並びに ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。

④ その他の核燃料物質（洗浄液）

分析所（CB）の分析試料等の発熱量は、各機器の分析値より求めた核種ごとの重量に、ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。

⑤ 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）

核燃料物質等を集約した場合の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の発熱量は、高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書に基づき 2020 年 8 月 31 日時点の現在高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の発熱量に、保守的な評価となるよう工程洗浄で集約する核燃料物質の全発熱量を加えたものを評価用の発熱量として設定する。

(2) 評価液量

各機器の評価液量は、原則、保守的な評価となるよう（発熱密度が高くなるよう。）に設計図書又は運転管理値から求めた使用液量を用いる。

プルトニウム溶液を取扱う機器のうち、現有するプルトニウム溶液のみを取扱う機器（他貯槽からプルトニウム溶液を受入れない機器）の評価液量は現有する液量とする。他貯槽からプルトニウム溶液を受入れるプルトニウム溶液受槽（276V20）は、受入れる貯槽のうち最大の発熱密度の貯槽の液量と設定する。

分析所（CB）の分析試料等を取扱う機器のうち、現有する分析試料等のみを取扱う機器（他貯槽から分析試料等を受入れない機器）の評価液量は現有する液量とする。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の評価液量は、液量管理値の 90 m<sup>3</sup>とする（各貯槽に工程洗浄により集約する核燃料物質を含む溶液 55 m<sup>3</sup>を全て送液すると仮定した評価とする。）。

(3) 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ア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、保守的な評価となるよう 100℃に設定した。なお、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽(272V31～272V35)については、「高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」と同様に 102℃とする。

#### (4) 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、保守的な評価となるよう水の密度 (1000 kg/m<sup>3</sup>) を用いて評価する。

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、「高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」と同様に実測値を使用する。

#### (5) 比熱

##### ① セン断粉末の溶解液を取扱う機器

セン断粉末の溶解液の比熱は、1 バッチ当りセン断粉末 30 kg 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<sup>1)</sup>より算出する。

##### ② プルトニウム溶液を取扱う機器

プルトニウム溶液を現有している機器で、他貯槽からプルトニウム溶液を受入れない機器の比熱は、プルトニウム濃度及び酸濃度を用いて JAERI-Tech 2003-045 の比熱算定式<sup>1)</sup>より算出する。他貯槽からプルトニウム溶液を受入れるプルトニウム溶液受槽 (276V20) は、受入れる貯槽のうち最大の発熱密度の貯槽のプルトニウム濃度及び酸濃度を用いて JAERI-Tech 2003-045 の比熱算定式<sup>1)</sup>より算出する。

また、プルトニウム溶液とウラン溶液の混合液は各機器の金属濃度(プルトニウム重量及びウラン重量の和を評価液量で除して算出)及び酸濃度を用いて JAERI-Tech 2003-045 の比熱算定式<sup>1)</sup>より算出する。

##### ③ ウラン溶液を取扱う機器

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<sup>1)</sup>より算出する。

なお、1200 gU/L のウラン溶液の比熱は上記の式で算出できないため、記載のある最大濃度の硝酸ウラニル水溶液 2.6 mol/L(約 1000 gU/L)の比熱 約 2 J/g/K<sup>2)</sup> (= 0.48 kcal/kg/°C) を用いて評価する。

##### ④ その他の核燃料物質(洗浄液)を取扱う機器

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<sup>1)</sup>より算出する。

⑤ 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31～V35)

高放射性廃液の比熱は、「高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」と同様に約 2930 J/kg/K (=0.7 kcal/kg/°C) とする。

5. 評価結果

せん断粉末の溶解液, 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) を取扱う機器の沸騰到達時間を表-5-1 に, それら核燃料物質を集約した場合の高放射性廃液貯蔵場 (HAW) の高放射性廃液貯槽 (272V31～V35) の沸騰到達時間を表-5-2 に示す。

せん断粉末の溶解液, 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) を取扱う機器については, 沸騰到達まで 21 日あり, 作業員による機器への水供給などの対応が行えるとともに, 外部からの支援も期待できることから, 十分対応可能である。なお, 高放射性廃液貯槽 (272V31～V35) については沸騰到達時間が長くなり, 最短約 95 時間 (272V35) となる。

また, 工程洗浄において沸騰状態の溶液を扱う濃縮ウラン溶解槽 (242R12), 蒸発缶 (263E35) 及び濃縮液受槽 (264V40) は, 取扱うせん断粉末溶解液等の発熱量が非常に低く, 全交流電源喪失時においても, セル内の空気温度より数度高い温度で平衡温度に達することから, 自然冷却による除熱により沸騰状態が継続しないことを確認した。

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
- 2) 「再処理プロセス・化学ハンドブック第2版」 JAEA-Review-2008-037

表 5-1 工程洗浄におけるせん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質を取扱う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 <sup>*1</sup>	機器名	評価液量 (L)	発熱密度 (W/L)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン 濃度等 <sup>*2</sup> (g/L)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考
せん断粉末の溶解液	MP	濃縮ウラン溶解槽 (242R12)	850	$3.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.2 \times 10^{-1}$	沸騰状態	100	※3	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	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	60	100	約 55 日	溶解液量に 243V10 の水封液量 300 L を加えて評価
		パルスフィルタ (243F16)	140	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	60	100	約 55 日	
		パルスフィルタ給液槽 (243V14)	50	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	60	100	約 55 日	
		パルス発生槽 (243V17)	141	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	60	100	約 55 日	
		シールポット (243V181)	14.5	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	60	100	約 55 日	
		調整槽 (251V10)	1150	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		給液槽 (251V11)	1150	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		エアリフト中間貯槽 (251V114)	15	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		ダネード給液槽 (251V118)	15	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		呼水槽 (251V120)	15	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		分離第一抽出器 (252R11)	825	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		希釈剤洗浄器 (252R10)	275	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		高放射性廃液分配器 (252D12)	14.2	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	1150	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
		呼水槽 (252V153)	30	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日	
	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	1150	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0	$1.0 \times 10^3$		$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日		
HAW	中間貯槽 (272V37/V38)	1150	$2.9 \times 10^{-2}$	3.0	$1.0 \times 10^3$	$8.3 \times 10^{-1}$	30	100	約 97 日			



表 5-1 工程洗浄におけるせん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質を取扱う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 <sup>*1</sup>	機器名	評価液量 (L)	発熱密度 (W/L)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン濃度等 <sup>*2</sup> (g/L)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考	
プルトニウム溶液	MP	中間貯槽 (266V12)	321	$5.9 \times 10^{-2}$	3.1	1.0 × 10 <sup>3</sup>	$7.8 \times 10^{-1}$	40	100	約 38 日	266V13 に保有する溶液の液組成で評価	
		希釈槽 (266V13)	321	$5.9 \times 10^{-2}$	3.1						約 38 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V10)	177	$4.9 \times 10^{-2}$	6.0						約 42 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V11)	83	$6.3 \times 10^{-2}$	6.0						約 32 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V12)	120	$5.9 \times 10^{-2}$	6.0						約 34 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V13)	121	$4.6 \times 10^{-2}$	6.0						約 44 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V14)	126	$4.7 \times 10^{-2}$	6.0						約 43 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V15)	114	$4.7 \times 10^{-2}$	6.0						約 43 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム製品貯槽 (267V16)	139	$4.8 \times 10^{-2}$	6.0						約 42 日	現有する溶液の液組成で評価
		プルトニウム溶液受槽 (276V20)	83	$6.3 \times 10^{-2}$	6.0						約 34 日	最も発熱密度が高い 267V11 の液組成で評価
		中間貯槽 (276V12-V15)	520	$3.7 \times 10^{-2}$	3.0						約 61 日	266V13 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
			1574	$2.8 \times 10^{-2}$	6.0						約 65 日	267V10～V16 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
		受槽 (276V10)	520	$3.7 \times 10^{-2}$	3.0						約 61 日	266V13 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
			928	$2.8 \times 10^{-2}$	6.0						約 65 日	267V10～V16 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
		希釈剤洗浄器 (252R10)	275	$3.7 \times 10^{-2}$	3.0						約 61 日	266V13 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
			275	$2.8 \times 10^{-2}$	6.0						約 65 日	267V10～V16 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価

表 5-1 工程洗浄におけるせん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質を取扱う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 <sup>※1</sup>	機器名	評価液量 (L)	発熱密度 (W/L)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン 濃度等 <sup>※2</sup> (g/L)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考
プルトニウム溶液	MP	高放射性廃液分配器 (252D12)	14.2	$3.7 \times 10^{-2}$	3.0		$1.0 \times 10^3$	$7.1 \times 10^{-1}$	35	100	約 61 日	266V13 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
			14.2	$2.8 \times 10^{-2}$	6.0		$1.0 \times 10^3$	$5.9 \times 10^{-1}$	35	100	約 65 日	267V10～V16 に保有する溶液にウラン/プルトニウム比が 70 となるようウランを加えた液組成で評価
		高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	2094	$3.0 \times 10^{-2}$	6.0		$1.0 \times 10^3$	$5.8 \times 10^{-1}$	35	100	約 60 日	266V12 及び 267V10～V16 の溶液並びにウラン溶液を混合した液組成で評価
		呼水槽 (252V153)	30	$3.0 \times 10^{-2}$	6.0		$1.0 \times 10^3$	$5.8 \times 10^{-1}$	35	100	約 60 日	
		高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	2094	$3.0 \times 10^{-2}$	6.0		$1.0 \times 10^3$	$5.8 \times 10^{-1}$	35	100	約 60 日	
	HAW	中間貯槽 (272V37/V38)	2094	$3.0 \times 10^{-2}$	6.0		$1.0 \times 10^3$	$5.8 \times 10^{-1}$	35	100	約 60 日	
ウラン溶液	MP	ウラン溶液蒸発缶[第 1 段] (263E11+T12)	220	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	沸騰状態	100	※3	設計図書等に記載された最大ウラン濃度及び使用液量で評価	
		中間貯槽 (263V10)	3000	$1.3 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$9.3 \times 10^{-1}$	25	100	約 712 年		
		希釈槽 (263V18)	700	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		
		一時貯槽 (263V51)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		
		一時貯槽 (263V52)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		
		一時貯槽 (263V53)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		
		一時貯槽 (263V54)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		
		一時貯槽 (263V55)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$	$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年		

表 5-1 工程洗浄におけるせん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質を取扱う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 <sup>*1</sup>	機器名	評価液量 (L)	発熱密度 (W/L)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン濃度等 <sup>*2</sup> (g/L)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考
ウラン溶液	MP	一時貯槽 (263V56)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	設計図書等に記載された最大ウラン濃度及び使用液量で評価
		一時貯槽 (263V57)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		一時貯槽 (263V58)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		ウラン調整槽 (201V70)	500	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		受流槽 (201V75)	500	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		貯槽 (201V77)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		貯槽 (201V78)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		貯槽 (201V79)	2000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
	DN	蒸発缶 (263E35)	140	$2.4 \times 10^{-5}$	2.6		$1.0 \times 10^3$	$4.8 \times 10^{-1}$ <sup>*4</sup>	沸騰状態	100	※3	
		UNH 受槽 (263V30)	700	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		UNH 受槽 (263V31)	700	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		UNH 貯槽 (263V32)	30000	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
		UNH 供給槽 (263V34)	270	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	

表 5-1 工程洗浄におけるせん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液、ウラン溶液及びその他の核燃料物質を取扱う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 <sup>※1</sup>	機器名	評価液量 (L)	発熱密度 (W/L)	評価硝酸濃度 (mol/L)	ウラン 濃度等 <sup>※2</sup> (g/L)	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比熱 (kcal/kg/°C)	初期温度 (°C)	沸点 (°C)	沸騰到達時間	備考
ウラン溶液	DN	濃縮液受槽 (264V40)	200	$2.4 \times 10^{-4}$	2.6		$1.0 \times 10^3$	$4.8 \times 10^{-1}$ <sup>※4</sup>	沸騰状態	100	※3	設計図書等に記載された最大ウラン濃度及び使用液量で評価
		脱硝塔洗浄廃液受槽 (264V72)	150	$9.0 \times 10^{-5}$	2.0		$1.0 \times 10^3$	$4.7 \times 10^{-1}$	40	100	約 41 年	
		溶解液受槽 (264V76)	500	$9.0 \times 10^{-5}$	$8.2 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$5.2 \times 10^{-1}$	40	100	約 46 年	
	PCDF	硝酸ウラニル貯槽 (P11V14)	1000	$8.0 \times 10^{-5}$	$3.4 \times 10^{-1}$		$1.0 \times 10^3$	$6.0 \times 10^{-1}$	40	100	約 59 年	現有する溶液のウラン濃度及び設計図書等に記載された使用液量で評価
その他の核燃料物質	CB	中間貯槽 (108V10)	169	$1.7 \times 10^{-4}$	1.04	$1.0 \times 10^3$	$9.5 \times 10^{-1}$	30	100	約 52 年	現有する溶液の液組成で評価	
		中間貯槽 (108V11)	1358	$8.1 \times 10^{-5}$	1.04	$1.0 \times 10^3$	$9.5 \times 10^{-1}$	30	100	約 109 年		

※1：MP：分離精製工場，HAW：高放射性廃液貯蔵場，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

※2：せん断粉末の溶解液及びウラン溶液及びその他の核燃料物質はウラン濃度，プルトニウム溶液はウラン濃度，プルトニウム濃度及びアメリシウム濃度の合計

※3：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した（別紙 5-1-1 参照）。

※4：硝酸ウラニル 2.6 mol/L（約 1000 gU/L）の比熱 2 J/g/K(=0.48 kcal/kg/°C)を用いて評価

表-5-2 工程洗浄により工程内の核燃料物質を集約した場合の高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽の沸騰到達時間

高放射性 廃液貯槽	貯槽の 構造材	令和2年8月31日 現在の 高放射性廃液		評価用 発熱量 <sup>※1</sup> [W]	評価用 液量 <sup>※2</sup> [m <sup>3</sup> ]	貯槽の 構造材の質量 [kg]	貯槽の 構造材の比熱 [J/kg/K]	密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	比熱 [J/kg/K]	硝酸濃度 [mol/L]	沸点 [°C]	初期温度 [°C]	沸騰到達時間 [h]
		発熱量 [W]	液量 [m <sup>3</sup> ]										
272V31	ステンレス鋼	3.82×10 <sup>4</sup>	55.0	3.85×10 <sup>4</sup>	90	53000	499	1203	2930	2	102	35	166
272V32	ステンレス鋼	5.73×10 <sup>4</sup>	65.6	5.76×10 <sup>4</sup>	90	53000	499	1211	2930	2	102	35	111
272V33	ステンレス鋼	4.19×10 <sup>4</sup>	69.2	4.22×10 <sup>4</sup>	90	53000	499	1249	2930	2	102	35	156
272V34	ステンレス鋼	6.25×10 <sup>4</sup>	74.9	6.28×10 <sup>4</sup>	90	53000	499	1228	2930	2	102	35	103
272V35	ステンレス鋼	6.87×10 <sup>4</sup>	71.6	6.90×10 <sup>4</sup>	90	53000	499	1244	2930	2	102	35	95

※1：高放射性廃液の発熱量に、工程洗浄により集約するせん断粉末の溶解液の発熱量（約 266 W）、分離精製工場(MP)の希釈槽(266V13)及びプルトニウム製品貯槽（267V10～267V16）のプルトニウム溶液の発熱量（約 64 W）及び分析所（CB）の分析試料等の発熱量（1.4×10<sup>-1</sup> W）を加算し有効数字 4 桁目を切り上げたもの

※2：高放射性廃液貯槽は工程洗浄により集約する全ての廃液（55 m<sup>3</sup>）を受け入れられないものの、全て受け入れたものとし、液量管理値（90 m<sup>3</sup>）で評価

加熱機器等の崩壊熱除去機能喪失時の平衡温度評価

## 1. 概要

工程洗浄に用いる機器（加熱機器及び沸騰溶液を受け入れる貯槽を除く。）は、全交流電源喪失時における断熱条件下で沸騰到達時間を評価し、十分な時間裕度があることを確認している。

一方、溶液が沸騰状態である加熱機器等に対して同様な評価を行うと、全交流電源喪失時に沸騰状態が継続することとなる。沸騰状態の溶液を取扱う機器に対しては、全交流電源喪失時においてもセル内等の空気により自然冷却により温度が低下することを評価するため、静止中空気の対流熱伝達を考慮し、加熱機器と空気の平衡温度を求めた。

評価の結果、濃縮ウラン溶解槽（242R12）等は、取扱うせん断粉末溶解液の発熱量が非常に低く、全交流電源喪失時においても、セル内の空気温度よりも数度高い温度で平衡温度（約 42.5℃）に達することから、自然冷却による除熱により沸騰状態が継続しないことを確認した。

## 2. 評価対象

工程洗浄で用いる加熱機器及び沸騰状態の溶液を受け入れる機器としては、分離精製工場（MP）濃縮ウラン溶解槽（242R12）、ウラン脱硝施設（DN）蒸発缶（263E35）及び濃縮液受槽（264V40）がある。なお、回収可能核燃料物質の発熱量の設定については別紙 4-1 に示す。

### (1) 濃縮ウラン溶解槽（242R12）

濃縮ウラン溶解槽（242R12）は、2本の溶解部（一部：外径φ336 mm×2850 mm）と貯液部（幅：約2500 mm，高さ：約2600 mm）から構成され、工程洗浄での1溶解あたりのせん断粉末溶解液の発熱量は約33 Wである。

### (2) 蒸発缶（263E35）

蒸発缶（263E35）は、円筒容器（外径φ412 mm，長さ2000 mm）で構成され、工程洗浄で取扱うウラン溶液の発熱量は約 $3.4 \times 10^{-2}$  Wである。ウラン溶液の発熱量は、せん断粉末溶解液と比べ2桁低く、蒸発缶（263E35）の表面積は濃縮ウラン溶解槽（242R12）より1桁低い程度である。蒸発缶（263E35）の平衡温度は、濃縮ウラン溶解槽（242R12）の平衡温度の評価に包含される。

### (3) 濃縮液受槽（264V40）

濃縮液受槽（264V40）は、円筒容器（外径φ400 mm，長さ2000 mm）で構成され、工程洗浄で取扱うウラン溶液の発熱量は約 $4.8 \times 10^{-2}$  Wである。ウラン溶液の発熱量は、せん断粉末溶解液と比べ2桁低く、濃縮液受槽（264V40）の表面積は濃縮ウラン溶解槽（242R12）より1桁低い程度である。濃縮液受槽（264V40）の平衡温度

は、濃縮ウラン溶解槽（242R12）の平衡温度の評価に包含される。

### 3. 平衡温度の評価方法

全交流電源喪失時において、濃縮ウラン溶解槽（242R12）の発熱量 $Q_{in}$ と静止中空気との対流熱伝達による除熱量 $Q_{out}$ が等しくなる温度を濃縮ウラン溶解槽（242R12）の平衡温度 $T_w$ とすると、除熱量 $Q_{out}$ は以下の方法により簡易的に求められる。

$$Q_{out} = Q_{in} = hA(T_w - T_{\infty})$$

式を変形し、

$$T_w = \frac{Q_{in}}{hA} + T_{\infty} = \text{約 } 42.5^{\circ}\text{C}$$

ここで、

$h$  : 1 W/m<sup>2</sup>K（静止大気中の対流熱伝達率の概略値 1~10 (W/m<sup>2</sup>K) <sup>1)</sup>）

$A$  : 表面積 13 (m<sup>2</sup>)（スラブ部の垂直面の表面積を設定）

$T_{\infty}$  : セル内の空気温度 40°C（水戸気象台の日最高気温 38.4°Cより設定）

なお、セル内の空気温度は、セル内の空気及びセル躯体（コンクリート）の熱容量に対し、せん断粉末溶解液の発熱量が小さく、セル内の空気及びセル躯体の温度が上昇し難いことから一定として評価する。

### 4. 評価結果

濃縮ウラン溶解槽（242R12）等は、取扱うせん断粉末溶解液の発熱量が非常に低く、全交流電源喪失時においても、セル内の空気温度よりも数度高い温度で平衡温度（約42.5°C）に達することから、自然冷却による除熱により沸騰状態が継続しないことを確認した。

#### 参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学便覧（2010），空気調和・衛生工学会



水素掃気機能喪失時の爆発下限界到達時間の評価

## 1. 概要

工程洗浄に用いる機器については、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、工程洗浄に用いる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14日以上時間裕度を確保していることを確認した。

## 2. 評価対象

### (1) せん断粉末の溶解液を取扱う機器

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。

### (2) プルトニウム溶液を取扱う機器

プルトニウム溶液及びプルトニウム溶液とウラン溶液の混合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) ウラン溶液を取扱う機器

ウラン溶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。

### (4) その他の核燃料物質（洗浄液）を取扱う機器

分析所（CB）の分析試料等を保有する中間貯槽（108V10, 108V11）を評価対象とする。

なお、分析所（CB）の分析試料等の通過する分離精製工場（MP）の機器の評価は、せん断粉末の溶解液の評価に包含される。

### (5) 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）

上記の核燃料物質を集約する高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）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－」<sup>1)</sup>の評価方法に従い実施する。なお、回収可能核燃料物質の発熱量の設定については別紙4-1に示す。

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、

$t$  : 爆発下限到達時間 (h)

$C_L$  : 水素の爆発下限濃度 (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濃度の 3.9 vol%, これら以外の機器は空気雰囲気での 4.0 vol% を設定する。

$H$  : 水素発生量 (Nm<sup>3</sup>/h)

$$H = \frac{G \times P \times 22.4(\text{NL/mol}) \times 3600(\text{s/h})}{6.02 \times 10^{23}(\text{分子数/mol}) \times 100(\text{eV}) \times 1.60 \times 10^{-19}(\text{J/eV}) \times 1000(\text{NL/Nm}^3)}$$
$$= 8.36 \times 10^{-6} GP$$

$G$  : 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) ※

※単位体積の溶液の発熱量は単位体積の溶液に吸収される放射線のエネルギーと等しいと仮定して評価

$C_0$  : 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 (Nm<sup>3</sup>/h)

$V$  : 機器の空間容量 (m<sup>3</sup>)

#### 4. 評価条件

##### (1) 機器の発熱量

###### ① せん断粉末の溶解液を取扱う機器

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。

###### ② プルトニウム溶液を取扱う機器

プルトニウム溶液を現有している機器で、他貯槽からプルトニウム溶液を受入れない機器の発熱量は、分析値より求めた核種ごとの重量に、ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。他貯槽からプルトニウム溶液を受入れる機器は、受入れる溶液の発熱密度及び受入量を考慮し、発熱量が高くなるものを設定する。

プルトニウム溶液とウラン溶液の混合液を取扱う機器については、ウランに寄与

する発熱量がプルトニウムに比べて非常に低いことから、ウランの発熱量は考慮しない。

③ ウラン溶液を取扱う機器

ウラン溶液を取扱う機器の発熱量は、各機器の設計図書等の使用液量、ウラン濃度及び分析値より求めたウラン同位体組成比並びに ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。

④ その他の核燃料物質（洗浄液）

分析所（CB）の分析試料等の発熱量は、各機器の分析値より求めた核種ごとの重量に、ORIGEN 崩壊ライブラリーの値に基づく核種ごとの単位重量当りの発熱量を乗じて設定する。

⑤ 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）

核燃料物質等を集約した場合の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の発熱量は、高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書に基づき 2020 年 8 月 31 日時点の現在高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の発熱量に、保守的な評価となるよう集約する核燃料物質の発熱量を加えたものを評価用の発熱量として設定する。

(2) 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。

プルトニウム溶液を取扱う機器のうち、現有するプルトニウム溶液のみを取扱う機器（他貯槽からプルトニウム溶液を受入れない機器）は、現有の液量を評価液量とする。

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の評価液量は液量管理値の 90 m<sup>3</sup>とする。

(3) 水素発生 G 値

① セン断粉末の溶解液を取扱う機器

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<sup>2) ~6)</sup> 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。

② プルトニウム溶液を取扱う機器

セン断粉末の溶解液を取扱う機器と同様に、プルトニウム、アメリシウムの酸濃度に対する水素発生 G 値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。

③ ウラン溶液を取扱う機器

ウラン濃度に対する水素発生 G 値の近似式<sup>7)</sup>より、450 gU/L 未満のウラン溶液には 1.7 を、450 gU/L 以上のウラン溶液には 0.6 と設定する。

④ その他の核燃料物質（洗浄液）を取扱う機器

せん断粉末の溶解液を取扱う機器と同様に、プルトニウム、アメリシウムの酸濃度に対する水素発生 G 値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 高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）

高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の高放射性廃液の組成は、せん断粉末の溶解液、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）を受入れても大きく変わることはなく、高放射性廃液貯蔵場（HAW）で実施した高放射性廃液のオフガス中に含まれる水素濃度の測定結果から算出した水素発生 G 値（ $6.0 \times 10^{-5}$ ）を基に、先行例<sup>8)</sup>を踏まえて沸騰時の水素発生 G 値（静止状態の 5 倍（ $3.0 \times 10^{-4}$ ））を設定する。

5. 評価結果

せん断粉末の溶解液、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）を取扱う機器の爆発下限到達時間を表-5-1 に、それら核燃料物質を集約した場合の高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の爆発下限到達時間を表-5-2 に示す。

せん断粉末の溶解液、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）を取扱う機器の時間裕度は 14 日あり、作業員による機器への空気供給等などの対応が行えたとともに、外部からの支援も期待できることから、十分対応可能であり、安全性に問題は無い。また、それら核燃料物質を集約した場合の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の時間裕度としては 1 年以上で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 ”  $\alpha$ -and  $\beta$ -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  $\gamma$  radiolysis of NH<sub>3</sub>”, 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).
- 8) 第 335 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合資料「資料 3-2 放射性分解により発生する水素による爆発への対処」（日本原燃株式会社 2020 年 2 月）

表-5-1 せん断粉末の溶解液, プルトニウム溶液及びその他の核燃料物質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 <sup>※1</sup>	機器名	全容量 (L)	評価液量 (L)	空間容量 (L)	評価用酸濃度 (mol/L)	発熱量 (W) <sup>※2</sup>				水素発生 G 値 (分子数/100 eV)				水素発生量 (Nm <sup>3</sup> /h)	水素の爆発下限界到達時間	備考	
						Pu	Am	Cm	β γ	Pu	Am	Cm	β γ				
せん断粉末の溶解液	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 <sup>-5</sup>	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 <sup>-5</sup>	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 パルスフィルタ給液槽 (243F16, 243V14)	215	190	51 <sup>*</sup>	2.0	6.3×10 <sup>-1</sup>	3.5×10 <sup>-1</sup>	3.5×10 <sup>-1</sup>	4.2	0.14	0.14	0.30	0.08	4.7×10 <sup>-6</sup>	約 18 日	※243V14 の空間容量 (25 L) と 243V14 と接続する気液分離ボットの容量 (26 L) を合わせた値
		パルス発生槽 (243V17)	190	141	49 <sup>*</sup>	2.0	4.6×10 <sup>-1</sup>	2.6×10 <sup>-1</sup>	2.6×10 <sup>-1</sup>	3.1	0.14	0.14	0.30	0.08	3.5×10 <sup>-6</sup>	約 24 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
		シールポット (243V181)	17	14.5	7.3	2.0	4.8×10 <sup>-2</sup>	2.7×10 <sup>-2</sup>	2.7×10 <sup>-2</sup>	3.2×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	3.6×10 <sup>-7</sup>	約 35 日	
		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 <sup>-5</sup>	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 <sup>-5</sup>	約 51 日	
		エアリフト中間貯槽 (251V114)	21	15	6	2.0	4.9×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	3.3×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 <sup>-7</sup>	約 28 日	
		ダネード給液槽 (251V118)	21	15	6	2.0	4.9×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	3.3×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 <sup>-7</sup>	約 28 日	
		呼水槽 (251V120)	21	15	6	2.0	4.9×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	2.8×10 <sup>-2</sup>	3.3×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	3.7×10 <sup>-7</sup>	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 <sup>-5</sup>	約 35 日	
		希釈剤洗浄器 (252R10)	410	275	135	2.0	9.1×10 <sup>-1</sup>	5.1×10 <sup>-1</sup>	5.1×10 <sup>-1</sup>	6.0	0.14	0.14	0.30	0.08	6.8×10 <sup>-6</sup>	約 33 日	
		分配器 (252D12)	25	14.2	10.8	2.0	4.7×10 <sup>-2</sup>	2.6×10 <sup>-2</sup>	2.6×10 <sup>-2</sup>	3.1×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	3.5×10 <sup>-7</sup>	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 <sup>-5</sup>	約 68 日	
		呼水槽 (252V153)	39.5	30	9.5	2.0	9.9×10 <sup>-2</sup>	5.5×10 <sup>-2</sup>	5.5×10 <sup>-2</sup>	6.6×10 <sup>-1</sup>	0.14	0.14	0.30	0.08	7.4×10 <sup>-7</sup>	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 <sup>-5</sup>	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 <sup>-5</sup>	約 183 日		

表-5-1 せん断粉末の溶解液, プルトニウム溶液及びその他の核燃料物質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 <sup>※1</sup>	機器名	全容量 (L)	評価液量 (L)	空間容量 (L)	評価用酸濃度 (mol/L)	発熱量 (W) <sup>※2</sup>				水素発生 G 値 (分子数/100 eV)				水素発生量 (Nm <sup>3</sup> /h)	水素の爆発下限界到達時間	備考	
						Pu	Am	Cm	β γ	Pu	Am	Cm	β γ				
プルトニウム溶液	中間貯槽 (266V12)	440	321	157 <sup>*</sup>	3.1	1.3×10	5.6	-	-	0.10	0.10	-	-	1.6×10 <sup>-5</sup>	約 15 日	266V13 に現有する溶液で評価 ※266V12 のベント系配管の空間容量 (38 L) を合わせた値	
	希釈槽 (266V13)	544	321	223	3.1	1.3×10	5.6	-	-	0.10	0.10	-	-	1.6×10 <sup>-5</sup>	約 22 日	現有する溶液で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V10)	750	177	573	4.0	5.8	2.8	-	-	0.08	0.08	-	-	5.9×10 <sup>-6</sup>	約 167 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V11)	750	83	667	4.0	3.6	1.6	-	-	0.08	0.08	-	-	3.6×10 <sup>-6</sup>	約 319 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V12)	750	120	630	4.0	4.9	2.2	-	-	0.08	0.08	-	-	4.9×10 <sup>-6</sup>	約 223 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V13)	540	121	419	4.0	3.9	1.8	-	-	0.08	0.08	-	-	3.9×10 <sup>-6</sup>	約 186 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V14)	540	126	414	4.0	4.0	2.0	-	-	0.08	0.08	-	-	4.2×10 <sup>-6</sup>	約 172 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V15)	540	114	426	4.0	3.6	1.8	-	-	0.08	0.08	-	-	3.7×10 <sup>-6</sup>	約 198 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	プルトニウム製品貯槽 (267V16)	540	139	401	4.0	4.5	2.2	-	-	0.08	0.08	-	-	4.6×10 <sup>-6</sup>	約 149 日	現有する溶液の液組成等で評価	
	MP	プルトニウム溶液受槽 (276V20)	513	321	192	3.1	1.3×10	5.6	-	-	0.10	0.10	-	-	1.6×10 <sup>-5</sup>	約 20 日	評価液量が最も多く厳しい評価になる 266V13 に現有する溶液で評価
	中間貯槽 (276V12-V15)	5350	520	350	3.0	1.3×10	5.6	-	-	0.11	0.11	-	-	1.7×10 <sup>-5</sup>	約 36 日	266V13 に保有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価	
		5350	1574	350	3.0	3.0×10	1.4×10	-	-	0.11	0.11	-	-	4.0×10 <sup>-5</sup>	約 15 日	267V10～267V16 に現有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価	
	受槽 (276V10)	1136	520	616	3.0	1.3×10	5.6	-	-	0.11	0.11	-	-	1.7×10 <sup>-5</sup>	約 62 日	266V13 に保有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価	
		1136	928 <sup>*</sup>	208	3.0	1.8×10	8.4	-	-	0.11	0.11	-	-	2.3×10 <sup>-5</sup>	約 15 日	267V10～267V16 に現有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価 ※運転時の最大保有液量 (LA*より設定)	
	希釈剤洗浄器 (252R10)	410	275	135	3.0	7.1	3.0	-	-	0.11	0.11	-	-	8.9×10 <sup>-6</sup>	約 25 日	266V13 に保有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価	
		410	275	135	3.0	5.3	2.5	-	-	0.11	0.11	-	-	6.9×10 <sup>-6</sup>	約 32 日	267V10～V16 に現有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価	



表-5-1 せん断粉末の溶解液, プルトニウム溶液及びその他の核燃料物質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 <sup>※1</sup>	機器名	全容量 (L)	評価液量 (L)	空間容量 (L)	評価用酸濃度 (mol/L)	発熱量 (W) <sup>※2</sup>				水素発生 G 値 (分子数/100 eV)				水素発生量 (Nm <sup>3</sup> /h)	水素の爆発下限界到達時間	備考
							Pu	Am	Cm	β γ	Pu	Am	Cm	β γ			
プルトニウム溶液	MP	分配器 (252D12)	25	14.2	10.8	3.0	3.6×10 <sup>-1</sup>	1.5×10 <sup>-1</sup>	-	-	0.11	0.11	-	-	4.6×10 <sup>-7</sup>	約 40 日	266V13 に保有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価
			25	14.2	10.8	3.0	2.7×10 <sup>-1</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>	-	-	0.11	0.11	-	-	3.6×10 <sup>-7</sup>	約 52 日	267V10～V16 に現有する溶液及びウラン溶液を混合した液組成等で評価
		高放射性廃液中間貯槽 (252V14)	6135	2094	1135	3.0	4.4×10	2.0×10	-	-	0.11	0.11	-	-	5.6×10 <sup>-5</sup>	約 34 日	266V13 及び 267V10～V16 に現有する溶液並びにウラン溶液を混合した液組成等で評価
		呼水槽 (252V153)	39.5	30	9.5	3.0	6.3×10 <sup>-1</sup>	9.0×10 <sup>-5</sup>	-	-	0.11	0.11	-	-	5.5×10 <sup>-7</sup>	約 29 日	
	高放射性廃液蒸発缶 (271E20)	8850	2094	5850	3.0	4.4×10	2.0×10	-	-	0.11	0.11	-	-	5.6×10 <sup>-5</sup>	約 172 日		
HAW	中間貯槽 (272V37/V38)	13000	2094	3000	3.0	4.4×10	2.0×10	-	-	0.11	0.11	-	-	5.6×10 <sup>-5</sup>	約 92 日		
その他の核燃料物質 (洗浄液)	CB	中間貯槽 (108V10)	1267	169	267	9.4×10 <sup>-1</sup>	2.0×10 <sup>-2</sup>	8.5×10 <sup>-3</sup>	-	-	0.20	0.20	-	-	4.8×10 <sup>-8</sup>	約 26 年	現有する溶液の液組成等で評価
		中間貯槽 (108V11)	2490	1358	490	9.4×10 <sup>-1</sup>	7.7×10 <sup>-2</sup>	3.3×10 <sup>-2</sup>	-	-	0.20	0.20	-	-	1.8×10 <sup>-7</sup>	約 13 年	現有する溶液の液組成等で評価

※1 : MP:分離精製工場, HAW : 高放射性廃液貯蔵場, CB : 分析所

※2 : せん断粉末の溶解液, プルトニウム溶液 (266V13, 276V12-V15, 276V10, 252R10, 252D12, 252V14, 252V153, 271E20 及び 272V37/V36) 及びその他の核燃料物質 (洗浄液) 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。

表-5-2 ウラン溶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)	評価用酸濃度 (mol/L)	発熱量 (W)	水素発生 G 値(分子数 /100 eV)※2	水素発生量 (Nm <sup>3</sup> /h)	水素の爆発下限界到達時間	備考
							U	U			
ウラン溶液	MP	ウラン溶液蒸発缶[第1段] (263E11+T12)	920	220	700	-	$2.0 \times 10^{-2}$	0.60	$9.9 \times 10^{-8}$	約34年	設計図書等に記載された最大ウラン濃度及び評価液量で評価
		中間貯槽 (263V10)	3695	3000	695	-	$3.9 \times 10^{-2}$	1.70	$5.5 \times 10^{-7}$	約6年	
		希釈槽 (263V18)	830	700	130	-	$6.3 \times 10^{-2}$	0.60	$3.2 \times 10^{-7}$	約2年	
		一時貯槽 (263V51)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V52)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V53)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V54)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V55)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V56)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V57)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		一時貯槽 (263V58)	4000	2000	2000	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約11年	
		ウラン調整槽 (201V70)	601	500	101	-	$4.5 \times 10^{-2}$	0.60	$2.3 \times 10^{-7}$	約2年	
		受流槽 (201V75)	605	500	105	-	$4.5 \times 10^{-2}$	0.60	$2.3 \times 10^{-7}$	約2年	
		貯槽 (201V77)	2920	2000	920	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約5年	
	貯槽 (201V78)	2920	2000	920	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約5年		
	貯槽 (201V79)	2920	2000	920	-	$1.8 \times 10^{-1}$	0.60	$9.0 \times 10^{-7}$	約5年		
	DN	蒸発缶 (263E35)	228	140	88	-	$3.4 \times 10^{-2}$	0.60	$1.7 \times 10^{-7}$	約2年	
		UNH受槽 (263V30)	840	700	140	-	$6.3 \times 10^{-2}$	0.60	$3.2 \times 10^{-7}$	約2年	
UNH受槽 (263V31)		840	700	140	-	$6.3 \times 10^{-2}$	0.60	$3.2 \times 10^{-7}$	約2年		

表-5-2 ウラン溶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)	評価用酸濃度 (mol/L)	発熱量 (W)	水素発生 G 値(分子数 /100 eV)※2	水素発生量 (Nm <sup>3</sup> /h)	水素の爆発下限界到達時間	備考
							U	U			
ウラン溶液	DN	UNH 貯槽 (263V32)	37000	30000	7000	-	2.7	0.60	1.4×10 <sup>-5</sup>	約2年	設計図書等に記載された最大ウラン濃度及び使用液量で評価
		UNH 供給槽 (263V34)	340	270	70	-	2.4×10 <sup>-2</sup>	0.60	1.2×10 <sup>-7</sup>	約3年	
		濃縮液受槽 (264V40)	250	200	50	-	4.8×10 <sup>-2</sup>	0.60	2.4×10 <sup>-7</sup>	約1年	
		脱硝塔洗浄廃液受槽 (264V72)	200	150	50	-	1.4×10 <sup>-2</sup>	0.60	6.8×10 <sup>-8</sup>	約4年	
		溶解液受槽 (264V76)	560	500	60	-	4.5×10 <sup>-2</sup>	0.60	2.3×10 <sup>-7</sup>	約1年	
	PCDF	硝酸ウラニル貯槽 (P11V14)	1250	1000	250	-	8.0×10 <sup>-2</sup>	1.70	1.1×10 <sup>-6</sup>	約1年	現有する溶液のウラン濃度及び設計図書等に記載された評価液量で評価

※1：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

※2：ウラン溶液の水素発生 G 値は，ウラン濃度に対する近似式より，450 gU/L 未満のウラン溶液には 1.7 を，450 gU/L 以上のウラン溶液には 0.6 を設定した。

表-5-3 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽の水素の爆発下限界到達時間

高放射性廃液貯槽	令和2年8月31日現在の 高放射性廃液		全容量 [m <sup>3</sup> ]	評価液量 <sup>※1</sup> [m <sup>3</sup> ]	空間容量 [m <sup>3</sup> ]	発熱量 <sup>※2</sup> [W]	水素発生 G 値(分子数 /100 eV)	水素発生量 [Nm <sup>3</sup> /h]	水素の爆発下 限界到達時間 [年]
	発熱量 [W]	液量 [m <sup>3</sup> ]							
272V31	3.82×10 <sup>4</sup>	55.0	139	90	49	3.85×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>-4</sup>	9.65×10 <sup>-5</sup>	2
272V32	5.73×10 <sup>4</sup>	65.6	139	90	49	5.76×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>-4</sup>	1.44×10 <sup>-4</sup>	1
272V33	4.19×10 <sup>4</sup>	69.2	139	90	49	4.22×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>-4</sup>	1.06×10 <sup>-4</sup>	2
272V34	6.25×10 <sup>4</sup>	74.9	139	90	49	6.28×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>-4</sup>	1.57×10 <sup>-4</sup>	1
272V35	6.87×10 <sup>4</sup>	71.6	139	90	49	6.90×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>-4</sup>	1.73×10 <sup>-4</sup>	1

※1：高放射性廃液貯槽は工程洗浄により集約する全ての廃液（55 m<sup>3</sup>）を受け入れられないものの、全て受け入れたものとし、液量管理値（90 m<sup>3</sup>）で評価

※2：高放射性廃液の発熱量に、工程洗浄により集約するせん断粉末の溶解液の発熱量（約 266 W）、分離精製工場(MP)の希釈槽（266V13）及びプルトニウム製品貯槽（267V10～267V16）のプルトニウム溶液の発熱量（約 64 W）及び分析所（CB）の分析試料等の発熱量（1.4×10<sup>-1</sup> W）を加算し有効数字4桁目を切り上げたもの

ガラス固化体への影響評価

## 1. 概要

工程洗浄では、せん断粉末の溶解液、プルトニウム溶液及びその他の核燃料物質（洗浄廃液）（以下「せん断粉末の溶解液等」という。）を現有する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等の送液に伴い、現有する高放射性廃液貯槽（272V31～V35）の高放射性廃液はアクチニド元素の含有割合が高くなることから、せん断粉末の溶解液等を混合した高放射性廃液をガラス固化処理した場合のガラス固化体の組成への影響及びガラス固化体の製造本数の増加量について評価する。

評価の結果、せん断粉末の溶解液等と高放射性廃液の混合廃液をガラス固化したとしても、ガラス固化体の標準組成（アクチニド酸化物量 2.5 wt%以下）の範囲内で製造でき、せん断粉末の溶解液等の受入れによるガラス固化体の製造本数の増加は 14 本程度であることを確認した。

## 2. ガラス固化体の仕様について

ガラス固化技術開発施設（TVF）で製造するガラス固化体（300 kg/本）の仕様としては、アクチニド酸化物（ウラン、プルトニウム、アメリシウム等を含む。）を約 2.5 wt%（7.5 kg）以下、金属酸化物量（ $\text{Na}_2\text{O}$  を除く。）を 15 wt%（45 kg）以下、発熱量を 1400 W/本以下としている<sup>1)</sup>。

## 3. ガラス固化体への影響評価

### 3.1 評価条件

せん断粉末の溶解液等は高放射性廃液貯蔵場（HAW）の既存の高放射性廃液と混合してガラス固化体を製造することを考えている。

ガラス固化体への影響評価はガラス固化技術開発施設（TVF）への送液実績のある貯槽（272V31, V32 及び V35）の高放射性廃液を対象とし、各貯槽の金属酸化物量、アクチニド酸化物及びナトリウム（ $\text{Na}_2\text{O}$ ）酸化物量については、分析結果等を基に設定すると共に、保守側の評価となるようにガラス固化技術開発施設（TVF）の運転による高放射性廃液の減少（金属酸化物の減少）を考慮して設定した。また、せん断粉末の溶解液等に含まれる金属酸化物量は、ガラス固化体に含まれるアクチニド酸化物割合が高くなるよう保守的に全てアクチニド酸化物とし、約 610 kg と設定した（せん断粉末（二酸化ウラン  $\text{UO}_2$ ）  
■■■■■，プルトニウム溶液■■■■■<sup>※1</sup>，プルトニウム溶液と混合するウラン溶液■■■■■<sup>※1</sup>，その他の洗浄廃液約 27 kg<sup>※1</sup>の合計）。

※1 各溶液に含まれるプルトニウム、ウラン及びアメリシウム重量に酸化物係数を乗じて算出

高放射性廃液及びせん断粉末の溶解液等に含まれる金属酸化物量及び発熱量を表 3-1 に示す。

工程洗浄により発生するせん断粉末の溶解液等は約 55 m<sup>3</sup>発生する計画であ

る。高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽（272V31～V35）は、安全性向上対策として液量管理値（約 90 m<sup>3</sup>/基）を設けているため、液量管理値を超えないようにせん断粉末の溶解液等は分散して高放射性廃液貯槽（272V31～V35）に受入れる。

### 3.2 せん断粉末の溶解液等を高放射性廃液と混合した場合のガラス固化体製造本数への影響評価

#### (1) 評価方法

- ① 高放射性廃液（272V31, V32 及び V35）のアクチニド酸化物量をガラス固化体 1 体あたりのアクチニド酸化物量（7.5 kg）で除して、アクチニド酸化物律速のガラス固化体の製造本数を求める。
- ② 高放射性廃液（272V31, V32 及び V35）の金属酸化物量（Na<sub>2</sub>O を除く。）をガラス固化体 1 体あたりの金属酸化物量（Na<sub>2</sub>O を除く。）45 kg で除して、金属酸化物（Na<sub>2</sub>O を除く。）律速のガラス固化体の製造本数を求める。
- ③ 高放射性廃液（272V31, V32 及び V35）の発熱量をガラス固化体 1 体あたりの発熱量 1400 W で除して発熱量律速のガラス固化体の製造本数を求める。
- ④ ①～③のうち、ガラス固化体の製造本数の多い方を高放射性廃液（272V31, V32 及び V35）の処理に必要なガラス固化体の製造本数とする。
- ⑤ 高放射性廃液（272V31, V32 及び V35）とせん断粉末の溶解液等の混合液についても、①～④と同じ計算を行い、処理に必要なガラス固化体の製造本数とする。
- ⑥ ④と⑤の差から、せん断粉末溶解液等の処理に伴うガラス固化体製造本数の増加量を算出する。

#### (2) 評価結果

せん断粉末の溶解液等の処理に伴うガラス固化体製造本数への影響を評価した結果を表 3-2 に示す。

せん断粉末の溶解液等を高放射性廃液と混合して処理する場合は、ガラス固化体が約 14 本増加する。

### 3.3 せん断粉末の溶解液等のガラス固化体の組成への影響評価

ガラス固化技術開発施設（TVF）で受け入れた高放射性廃液の分析結果及びせん断粉末の溶解液等の組成を用いて、せん断粉末の溶解液等と高放射性廃液の混合液をガラス固化体とした場合のガラス固化体のアクチニド酸化物量の割合及び発熱量を評価する。

(1) 評価方法

- ① アクチニド酸化物量及び発熱量を算出する。
- ② アクチニド酸化物量を 3.2 項で求めたガラス固化体の製造本数及びガラス固化体 1 体あたりの質量 (300 kg) で除することでアクチニド酸化物量の割合を求め、仕様を下回ることを確認する。
- ③ 発熱量を 3.2 項で求めたガラス固化体の製造本数で除することでガラス固化体 1 体あたりの発熱量を求め、仕様を下回ることを確認する。

(2) 評価結果

高放射性廃液とせん断粉末の溶解液等の混合液をガラス固化体とした場合のガラス固化体のアクチニド酸化物量の割合を表 3-3 に示す。

現有する高放射性廃液貯槽 (272V31, V32 及び V35) の高放射性廃液でガラス固化体を製造した場合のアクチニド酸化物量の割合は約 1.6 wt% である。せん断粉末の溶解液等を混合したとしても、アクチニド酸化物量の割合は 2.2 wt% となり、標準組成 2.5 wt% 以下を満足する。また、現有する高放射性廃液貯槽 (272V31, V32 及び V35) の高放射性廃液にせん断粉末の溶解液等を混合してガラス固化体を製造した場合の発熱量については、約 571 W/本となり仕様 (1400 W/本) に対して十分低い。

なお、せん断粉末の溶解液等は、本評価条件としていない高放射性廃液貯槽 (272V33 及び V34) にも、送液することから、ガラス固化体のアクチニド酸化物量の割合は更に低下するものと考えている。

参考文献

- 1) 「地層処分対象放射性物質の品質マネジメント ～地層処分において必要と考えられる高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) の特性～ 報告書」, 平成 22 年 1 月, 日本原子力学会「地層処分対象放射性廃棄物の品質マネジメント」特別専門委員会



表 3-1 高放射性廃液及びせん断粉末の溶解液等に含まれる金属酸化物量及び発熱量

対象	全金属 酸化物量 [kg]	ナトリウム (Na <sub>2</sub> O) 酸化物量 [kg]	金属酸化物量 (Na <sub>2</sub> O を除く) [kg]	アクチニド 酸化物 [kg]	発熱量 [W]	備考
高放射性廃液貯槽 (272V31)	6077	2279	3798	373	$3.82 \times 10^4$	直近の分析結果及び 返送廃液の組成を基に設定
高放射性廃液貯槽 (272V32)	3656	1376	2280	221	$5.73 \times 10^4$	直近の分析結果及び高放射性廃液 の貯蔵量（令和 2 年 8 月 31 日時 点）から組成割合を算出し、最低貯 蔵量（30 m <sup>3</sup> ）での組成を設定
高放射性廃液貯槽 (272V35)	9548	3310	6239	665	$6.87 \times 10^4$	直近の分析結果及び他貯槽から 受入れた廃液の組成を基に設定
せん断粉末の 溶解液等	610	-	610	610	330	-

表 3-2 せん断粉末の溶解液等の処理に伴うガラス固化体製造本数

評価対象	①金属酸化物量 (Na <sub>2</sub> O を除く) [kg]	②アクチニド 酸化物 [kg]	③発熱量 [W]	④金属酸化物量 (Na <sub>2</sub> O を除く) 律速 のガラス固化体の 製造数[本] ①/45 kg/本	⑤アクチニド酸化物 律速のガラス固化体 の製造数 [本] ②/7.5 kg/本	⑥発熱量律速 のガラス固化 体の製造数 [本] ③/1400W/本	ガラス固化体 の製造数* [本]
高放射性廃液 (272V31, V32 及び V35) の混合溶液	12317	1258	1.642×10 <sup>5</sup>	274	168	118	274
高放射性廃液 (272V31, V32 及び V35) 及びせん断粉末等の混合溶液	12927	1869	1.645×10 <sup>5</sup>	288	250	118	288 (増加量 : 14)

※ ③, ④及び⑤のガラス固化体の製造本数のうち, 多い方

表 3-3 高放射性廃液等のガラス固化処理時におけるガラス固化体のアクチニド酸化物の質量割合及び発熱量

評価対象	アクチニド 酸化物 [kg]	金属酸化物量(Na <sub>2</sub> O を除く) 律速のガラス固化体の製造 数[本]	ガラス固化体 (300 kg) あた りのアクチニド酸化物割合 [wt%]	ガラス固化体 (300 kg) あた りの発熱量 [W/本]
高放射性廃液 (272V31, V32 及び V35) の混合溶液	1258	274	約 1.6	約 600
高放射性廃液 (272V31, V32 及び V35) 及びせん断粉末等の混合溶液	1869	288	約 2.2	約 571

長期停止による想定不具合及び点検項目について

## 1. 想定不具合及び点検項目

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、長期停止に伴う過去の不具合事象を参考に工程洗浄に用いる機器ごとに想定される不具合を洗い出し、設備の不具合を見つけ正常な状態に復帰させる。なお、槽類換気系の排風機やポンプなど常時運転している機器、定期的な点検（年 1 回以上）を行い正常な状態であることを確認している機器及び故障が考えにくい静的な機器、バルブ類については、原則として本項の点検の対象外とし、濃縮ウラン溶解槽、パルスフィルタ、回転機器、送液装置などを点検する。長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目について、以下に示す（詳細については表-1 参照）。

### 1) 濃縮ウラン溶解槽

07-1 キャンペーンにて使用した溶解槽プラグガスケットは経年劣化が考えられることから予備品と交換し、溶解運転時の溶解槽の気密を確保する。また、溶解槽プラグ可動軸の固着が想定されるため、潤滑剤塗布等の整備、作動確認を行う。

また、加熱蒸気、温水、冷却水、硝酸供給系統の配管、送液装置（スチームジェット）、弁類については、配管等の閉塞・漏れ、弁の固着等、長期停止の影響が無いこと通水（通気）、弁の作動により確認する。

濃縮ウラン溶解槽は、燃料処理運転と同様にせん断粉末の溶解運転を行うことから、安全を考慮し溶解槽本体及びドリフトレイに損傷等の異常のないことを、TV カメラを溶解セルに挿入し観察する。

### 2) パルスフィルタ

長期停止に伴い、エレメントの目詰まり、シール材（O リング）の劣化等が考えられる。また、真空配管（真空フィルタ）及び圧空配管（ストレーナ）の詰り・漏れ、弁類（VCV、三方弁、手動弁等）の故障（可動部の固着等）が考えられる。以上を系内の洗浄残液を使ってパルスフィルタの作動確認を行い、不具合が見つければ部品交換（エレメント交換等）を行う。

### 3) 送液装置

送液装置の長期停止による想定不具合を以下に示す。各送液装置の作動確認により健全性を確認する。不具合が見つければライン洗浄、ストレーナ清掃、部品交換などを行う。

- ① ダネード：真空配管（真空フィルタ）閉塞・漏れ、弁類の動作不良、計装（流量調節）、本体の閉塞
- ② スチームジェット：蒸気及び圧空配管（ストレーナ）の閉塞・漏れ、本体及び吸入吐出配管の閉塞
- ③ エアリフト、エアジェット：圧空配管（ストレーナ）閉塞、圧空流量計破損

④ サイフォン：真空配管（真空フィルタ）閉塞・漏れ，弁類の動作不良

#### 4) バルブ類

バルブ類については、本項の点検の対象外ではあるが、溶解液及びプルトニウム溶液の処理系統である抽出器内の溶液移動に用いる真空調節弁（FC）は、故障（異物噛込み、駆動部固着）による保守が容易ではないことから作動確認を実施する。不具合が見つければ真空調節弁の補修又は交換を行う。

#### 5) 回転機器

回転機器の高経年化や長期停止による主な想定不具合を以下に示す。各回転機器の作動確認により健全性を確認する。不具合が見つければ、部品交換又は本体の交換を行う。

##### (1) ポンプ

- ① 本体：ケーシングの損傷、インペラー損傷，脱落，摺動部固着，シール材劣化，吸入吐出箇所の閉塞
- ② 電動機：性能低下
- ③ 軸，軸受等：軸受けの固着，軸の変形・摩耗

##### (2) 排風機

- ① 本体：ケーシング変形・割れ，オイル劣化・不足，吸入吐出接手部の緩み
- ② 電動機：性能低下
- ③ 軸，軸受等：軸受けの摩耗，グリス劣化・不足，Vベルト/Vプーリー劣化摩耗

##### (3) 攪拌機（抽出器）

- ① 本体：軸受の固着、変形，磨耗
- ② 電動機：性能低下

#### 6) サンプリング系統

サンプリング系統の長期停止による主な想定不具合は、サンプリング系統の循環性能低下，サンプング配管又はニードルの詰まりによる試料採取不可が考えられることから、実際に試料が採取できることの確認を行う。不具合が見つければライン洗浄などを行い試料が採取できるようにする。

以上

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目	
MP	1	濃縮ウラン溶解槽	濃縮ウラン溶解槽	溶解工程	242R12	プラグガスケットの劣化	作動確認、溶解槽気密確認
						プラグ可動軸の伸縮不良	外観、作動確認、増し締め
						加熱、冷却系統弁類の作動不良	作動確認、溶解槽気密確認
						酸素、試薬供給系統弁類の作動不良	外観、作動確認
	2	フィルタ、ろ過器	パルスフィルタ	清澄工程	243F16	シール材劣化	作動確認
						エレメント目詰まり	流量確認
						シール材劣化	流量確認
						真空/圧空系統（VCV、三方弁、タイマ）の作動不良	作動確認
						シーケンサ制御不良	作動確認
	3	送液装置	ダネード	調整工程	251Z119/Z121	装置の性能低下	作動確認
				ウラン濃縮工程	263Z104	付属配管の詰まり	作動確認
			スチームジェット	溶解工程	242J111/J112	装置の性能低下	作動確認
					242J1311/J1312/J137	付属配管の詰まり	作動確認
				清澄工程	243J102/J103	装置の性能低下	作動確認
					243J161/J163/J164/243V201	付属配管の詰まり	作動確認
		調整工程	251J126	装置の性能低下	作動確認		
		抽出工程	255J129/261J128	装置の性能低下	作動確認		
				付属配管の詰まり	作動確認		

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目	
MP	3	送液装置 (続き)	スチームジェット	リワーク工程	276J102/276J124	装置の性能低下	作動確認
					276J126/276J153	付属配管の詰まり	作動確認
				HAW 濃縮工程	271 J 203/J204/J205	装置の性能低下	作動確認
						付属配管の詰まり	作動確認
				酸回収工程	273 J 204/J205/J501/ J 426	装置の性能低下	作動確認
						付属配管の詰まり	作動確認
			ウラン濃縮工程	263 J 131	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	
			エアージェット	抽出工程	252J139/252J149	装置の性能低下	作動確認
						付属配管の詰まり	作動確認
			エアークリフト	調整工程	251A111/A112 251A114/A115	装置の性能低下	作動確認
						付属配管の詰まり	作動確認
		抽出工程		252A133/A143	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	
		Pu 濃縮・貯蔵工程		266A123/A125/A131	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	
		リワーク工程		276A107/A151/A203	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	
		HAW 濃縮工程		271 A 206/A207/A208 A209/A2003	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目	
MP	3	送液装置 (続き)	エアリフト (続き)	試薬調整工程	201A132/A133	装置の性能低下	作動確認
						付属配管の詰まり	作動確認
		サイフォン	調整工程	251S103/S104	装置の性能低下	作動確認	
					付属配管の詰まり	作動確認	
	4	バルブ	真空調節弁 (FC)	抽出工程	252FC101/FC102/FC103/FIC1101 FC1102/FC1103/252FC1104/FC1105 FC1106/FC1107/FC1108/FC1109.1 FC1110/FC1111/FC1112/FC1113 FC1113/FC1114/FC1116/FC1117	異物噛込み	作動確認
					駆動部固着	作動確認	
	5	回転機器	ポンプ	Pu 濃縮・貯蔵工程	266P231 267P213	ケーシングの損傷	外観
						インペラー損傷、脱落	作動確認(流量, 異音, 振動)
						摺動部の固着	作動確認(異音, 振動)
						シール材の劣化	作動確認(漏えい)
						吸入、吐出箇所閉塞	作動確認(流量, 圧力)
						電動機性能低下	電流値、振動
			軸受の固着、変形、磨耗	作動確認(異音, 振動)			
			U 濃縮・HAW 濃縮工 程	263P141 271P311	ケーシングの損傷	外観	
					インペラー損傷、脱落	作動確認(流量, 異音, 振動)	
摺動部の固着					作動確認(異音, 振動)		
シール材の劣化	作動確認(漏えい)						
吸入、吐出箇所閉塞	作動確認(流量, 圧力)						



表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目		
MP	5	回転機器 (続き)	U濃縮・HAW濃縮工程	263P141	電動機性能低下	電流値、振動		
				271P311	軸受の固着、変形、磨耗	作動確認(異音、振動)		
			試薬工程	ポンプ (続き)	201P751	ケーシングの損傷	外観	
					201P761	インペラー損傷、脱落	作動確認(流量、異音、振動)	
					201P801	摺動部の固着	作動確認(異音、振動)	
					201P811	シール材の劣化	作動確認(漏えい)	
					201P031	吸入、吐出箇所閉塞	作動確認(流量、圧力)	
					201P032	電動機性能低下	電流値、振動	
							軸受の固着、変形、磨耗	作動確認(異音、振動)
		スターラ	抽出工程	252R10, R11, 265R20, R21, R22	電動機性能低下、軸受の固着、変形、磨耗	作動確認(電流値、異音、振動)		
	6	サンプリング 系統	サンプリング	サンプリング工程	255V23/266V24/252V14 252R101/252R1101/252R1104 251V10/251V11 242V13/244V125/244V15/244V12 265R2005/265R2010/265R2201 265R2206/266V12/266V13/ 276V12.15/ 276V10/276V20/ 271E20/271V31/273V20	循環性能低下	試料採取確認	
					サンプリング配管、ニードルの詰まり	試料採取確認		

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目	
DN	7	ポンプ	ウラン濃縮・脱硝工程	263P301/P311/P321	本体の劣化	外観	
				263P331/P341/P342	インペラー損傷、脱落	作動確認(流量, 異音, 振動)	
				263P371/P381	摺動部の固着	作動確認(異音, 振動)	
				264P4041/P4042/P411	シール材の劣化	作動確認(漏えい)	
				264P412/P601/P611	吸入、吐出箇所閉塞	作動確認(流量, 圧力)	
				264P631/P632/P634	基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手(トルクチェック)	
				264P635/P641/P651	電動機絶縁低下	絶縁抵抗測定	
				264P721/P756/P761	電動機性能低下	電流値、回転数、温度、振動	
				264P7911/P7912/P7921	モータベアリング磨耗	作動確認(異音, 振動)	
				264P7922/P8011/P8021	基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手(トルクチェック)	
	264P8031/P8311/P8312	軸受の固着	作動確認(異音, 振動)				
	264P8421/P8711/P8712	軸の変形、磨耗	作動確認(異音, 振動)				
	8	送排風機	送排風機	ウラン濃縮・脱硝工程	264K692	羽根等の腐食	作動確認(振動, 異音)
						ケーシング変形、割れ	外観
						シール材の劣化	作動確認(漏えい)
						基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手(トルクチェック)
						オイル劣化、不足	オイルチェック
						吸入吐出継手部の緩み	外観、触手
						電動機絶縁低下	絶縁抵抗測定
						電動機性能低下	電流値、回転数、温度、振動
モータベアリング磨耗、はめ合い緩み						作動確認(異音, 振動)	

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目	
DN	8	送排風機	ウラン濃縮・脱硝工程	264K692	基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手（トルクチェック）	
					軸受け、軸の磨耗	作動確認（異音，振動）	
					グリス劣化、不足	作動確認（異音，振動，温度）	
					Vベルト劣化、Vプーリー磨耗	外観、作動確認（異音）	
	9	移送装置	吸引ノズル	ウラン濃縮・脱硝工程	264X491	本体の変形、インフレートシール脱落	外観，作動確認
						車輪(ギア，ローラー等)の劣化，磨耗	作動確認(振動)
						基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手（トルクチェック）
						電動機絶縁低下	絶縁抵抗測定
						電動機性能低下	電流値
						基礎(据付)ボルトの腐食、緩み	外観、触手（トルクチェック）
						軸受け、軸の磨耗	作動確認（異音，振動）
						ベルト，チェーンの劣化	外観
						変速機の劣化	作動確認（異音）
						異物噛み込み	作動確認（異音）
	10	送液装置	スチームジェット	ウラン濃縮・脱硝工程	263J325	本体の腐食	外観
						装置の性能低下	作動確認
						付属配管の腐食、損傷	通水
						付属配管の詰まり	通水
						本体の腐食	外観
						装置の性能低下	作動確認
						付属配管の腐食、損傷	通水
付属配管の詰まり						通水	

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目
DN	11	現場制御盤	ウラン濃縮・脱硝工程	(A111 U03 拔出し系)	盤本体、固定ボルトの腐食	外観
					リレー固着、タイマー作動不良	外観、作動確認
					絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定
					端子台の腐食	外観
	12	サイリスタ整流器盤	ウラン濃縮・脱硝工程	(G224)	盤本体、固定ボルトの腐食	外観
					リレー固着、タイマー作動不良	外観、作動確認
					絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定
					端子台の腐食	外観
	13	計量台	ウラン濃縮・脱硝工程	264X45	ケーシングの腐食、損傷	外観
					ロードセルの作動不良	作動
					指示計の作動不良	作動
	14	気送用計量台	ウラン濃縮・脱硝工程	264X49	ケーシングの腐食、損傷	外観
					ロードセルの作動不良	作動
					指示計の作動不良	作動
	15	ウラン脱硝塔 (破裂板含む)	ウラン濃縮・脱硝工程	264R 43 (264X4302 含む)	機器本体、付属配管の腐食、損傷による漏洩	外観、通気
機器本体の損傷による変形					外観、通気	
ヒーターの健全性					外観、通気	
接続部からのリーク					外観、通気	
関連弁の開閉状況					外観、通気	

表-1 分離精製工場（MP）及びウラン脱硝施設（DN）における長期停止に伴う主な想定不具合及び点検項目

施設	分類	機器名	工程、機器番号		想定不具合	点検項目
DN	熱交換器	熱媒加熱器	ウラン濃縮・脱硝工程	264H405	機器本体、付属配管の腐食、損傷による漏洩	外観、通水
					冷水、冷却水、蒸気配管の閉塞	通水、通気
					電気ヒータ絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定
		流動用空気加熱器	ウラン濃縮・脱硝工程	264H431	機器本体、付属配管の腐食、損傷による漏洩	外観、通水
					冷水、冷却水、蒸気配管の閉塞	通水、通気
					電気ヒータ絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定
		流動用空気加熱器	ウラン濃縮・脱硝工程	264H432	機器本体、付属配管の腐食、損傷による漏洩	外観、通水
					冷水、冷却水、蒸気配管の閉塞	通水、通気
					電気ヒータ絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定
		流動用空気加熱器	ウラン濃縮・脱硝工程	264H433	機器本体、付属配管の腐食、損傷による漏洩	外観、通水
					冷水、冷却水、蒸気配管の閉塞	通水、通気
					電気ヒータ絶縁抵抗低下	絶縁抵抗測定

工程洗浄において想定される不具合事象と  
その対処方法について

#### 1. 不具合事象と処置対策（表-1）

工程洗浄に用いる設備に対して、過去に発生した不具合や故障等から発生する可能性のある不具合事象を抽出し、想定される要因とその対策、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。点検において不具合が認められた場合は、必要に応じ応急処置を施すとともに、予備品との交換等の補修を行う。予備品等を確保することで、放射性物質の漏えい等を伴う事故・故障等及び脱硝塔の分解点検を伴う補修を除き、7日程度で復旧可能である。

以上

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (1/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1: 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
せん断粉末の溶解液の集約に用いる系統	せん断粉末の装荷	○除染保守セルに保管するせん断粉末をふるい分け及び秤量 ○せん断粉末をホッパへ入れ濃縮ウラン溶解槽装荷セルへ移動 ○ホッパから濃縮ウラン溶解槽内  (既設のセル内遠隔機器等、ふるい、吊り秤、ホッパ等)	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、駆動モーター、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
			パワーマニプレータ作動不良	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 ・駆動モーターの切離し、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
			セル間扉の開閉不良	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
			吊具の動作不良	ロック、アンロック不良	・潤滑剤の塗布、予備の吊具への交換	約2日
	ホッパからの漏れ	閉止栓の作動不良	・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		
	せん断粉末の溶解	○せん断粉末の溶液化 (濃縮ウラン溶解槽、セル内遠隔機器、蒸気供給系統、純水供給系統、試薬供給系統、オフガス処理系統)	濃縮ウラン溶解槽の気密不良	濃縮ウラン溶解槽プラグのガスケット劣化、破損、脱落	・ガスケット交換（工程洗浄開始前に交換を実施する）	約2日
濃縮ウラン溶解槽プラグの閉口不良				・伸縮軸への潤滑剤塗布 ・クラウンの増締め	約1日	
オフガス処理系統の閉止弁の内通				・閉止弁の調整又は交換（S2）	約5日	



表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (2/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非正常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
せん断粉末の溶解液の集約に用いる系統	せん断粉末の装荷	○せん断粉末の溶液化 (濃縮ウラン溶解槽, セル内遠隔機器, 蒸気供給系統, 純水供給系統, 試薬供給系統, オフガス処理系統) (つづき)	濃縮ウラン溶解槽の気密不良 (つづき)	オフガスフィルタケーシングのインリーク	・フィルタケーシングガスケットの増締め, 交換	約1日
			濃縮ウラン溶解槽の内圧上昇 [242PP+12.1/12.2の発報]	せん断粉末の異常反応	・運転要領書に従い溶解運転停止 ・事故対策手順に従う (PP+12.2)	トラブル対応
			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, 予備品と交換 (必要に応じて 242R10 又は 242R11 該当箇所と入れ替え)	約1日
			蒸気凝縮水系放射性物質検出 [282γRP+60.1の発報]	濃縮ウラン溶解槽の加熱蒸気ジャケットの故障	・事故対策手順に従う	トラブル対応
			濃縮ウラン溶解槽のパレル洗浄ラインの水洗不調	セル内の耐圧ホースの劣化・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)	・耐圧ホースの交換, 再接続 ・水供給ラインの整備 ・上流側バルブによる閉止	約5日
			ファンネル, バスケット, スワフの吊上げ不良	吊具のロック不良, 吊荷重の異常	・潤滑剤の塗布, 予備の吊具への交換 ・濃縮ウラン溶解槽のパ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
			漏えい検知器の作動 [204LW+003の発報]	濃縮ウラン溶解槽の故障 (溶解液の漏えい)	・事故対策手順に従う	トラブル対応
	せん断粉末の溶解液の清澄	○溶解液のろ過 (パルスフィルタ, 真空供給系統, 圧空供給系統, セラミックバルブ)	ろ過流量の低下	フィルタ詰り	・フィルタ洗浄	約2日
			ろ過流量の急激な低下	Oリング, フィルタの破損	・予備品のフィルタと交換 (S2)	約5日
			真空圧の異常	真空系統の異常	・VCV, VC フィルタ, 電磁弁交換	約5日
			圧空の異常	圧空系統 (251V102) の計装系異常	・計装点検, 予備品と交換	約1日
			圧空と真空の切替えタイマーの設定不良	制御盤のタッチパネル劣化等	・計装点検・作動確認 (工程洗浄前にバックライト交換を実施する)	約1日
			ろ過作動 (圧空と真空の切替え動作) 不良	三方弁の不良	・三方弁の補修 ・予備品の三方弁と交換 (S2)	約5日
			パルスフィルタの系統切替えバルブ (セラミックバルブ) の開閉不可	アクチュエータの駆動エアの不良,	・駆動エア接続確認手動操作	約1日
バルブ摺動部へのスラッジ噛みこみ	・予備のセラミックバルブと交換 (S2)	約5日				

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (3/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非正常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
せん断粉末の溶解液の集約に用いる系統	液移送	○送液操作 (スチームジェット, エアリフト, ダネード, サイフォン)	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	・凍結栓を用いた詰り除去	約3日
				本体ストレーナ詰り	・本体ストレーナ詰り除去 (S2)	約5日
				蒸気ストレーナ閉塞	・ストレーナ清掃, 交換	約1日
			エアリフト送液不可	エア供給系統の閉塞	・ストレーナ清掃, 交換	数時間
			移送ラインの閉塞	スラッジの堆積	・凍結栓を用いた詰り除去	半日
			ダネード流量制御不可	真空系の異常, 本体閉塞	・真空コントロール弁, 真空フィルタ, 電磁弁交換 本体洗浄	約2日
			サイフォン制御不可	真空配管 (真空フィルタ) 閉塞・漏れ, 弁類の動作不良	・真空配管洗浄, 真空フィルタ交換, 弁類交換 (S2)	約5日
			○攪拌機 (抽出器)	サーマルトリップ	モーター部の故障	・キャスク交換方式による攪拌機交換 (S2)
	○流量コントローラ (抽出器)	抽出器内溶液の移動不可	真空調節弁, 差圧調節器の故障	・真空調節弁, 差圧調節器の交換 (S2)	約5日	
	槽類換気 オフガス洗浄	○廃ガス貯留 (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	約2日
				Vベルト破損	Vベルト劣化	・Vベルト交換
		○換気 (排風機)	電動機不調	電動機故障, 摺動部噛込み	・電動機交換	約2日
				プライミング不良	電動機故障, 摺動部噛込み	・ポンプ交換
		○オフガス洗浄 (ポンプ, フィルタ)	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 (放射性物質除去率低下) 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

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (4/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
せん断粉末の溶解液の集約に用いる系統	槽類換気 オフガス洗浄 (つづき)	○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)	トラブル対応
	共通	○サンプリング (サンプリングベンチ, 気送管)	試料採取不可	試料採取用トングブーツの破損	・試料採取用トングブーツ交換 (S2)	約 7 日
				試料採取用トング故障	・試料採取用トング交換 (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
				真空圧の低下	・真空フィルタ交換、電磁弁交換 (S2)	約 5 日
				試料気送器の故障	・試料気送器交換 (一部は S2)	約 5 日
		○試薬・ユーティリティ	流量制御不可	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
			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
		○弁類	手動弁, 圧空作動弁作動不良	ダイアフラム破損, 軸破損等	・弁交換	約 1 日
			漏えい	パッキン劣化	・パッキン交換, 弁交換	約 1 日
		○計装計器	指示異常	計装配管の閉塞	・エアブロー等	数時間

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (5/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1: 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
低濃度のプルトニウム溶液の集約に用いる系統	液移送	○送液操作 (スチームジェット, エアリフト, ポンプ)	スチームジェット作動不良	本体ノズル閉塞	・硝酸浸漬等による詰り除去 (S2)	約5日
				蒸気ストレーナ閉塞	・ストレーナ清掃, 交換	約1日
			エアリフト送液不可	エア供給系統の閉塞	・ストレーナ清掃, 交換	数時間
				真空三方弁等の故障	・真空三方弁等の交換 (S2)	約5日
			移送ラインの閉塞	スラッジの堆積	・凍結栓を用いた詰り除去	半日
			ポンプのプライミング不良	電動機故障, パッキン劣化	・ポンプ交換 (S2)	約5日
	○攪拌機 (抽出器)	サーマルトリップ	モーターの故障	・キャスク交換方式による攪拌機交換 (S2)	約7日	
	○流量コントローラ (抽出器)	抽出器内溶液の移動不可	真空調節弁, 差圧調節器の故障	・真空調節弁, 差圧調節器の交換 (S2)	約5日	
	槽類換気 オフガス洗浄	○換気 (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
		○Pu系オフガス洗浄 (エアジェット)	負圧低下	エアジェット閉塞等	・エアジェット洗浄	約2日
	Pu溶液の移送	○弁操作 (グローブボックス)	グローブ不良 (ピンホール, 肌荒れ)	グローブの劣化等	・グローブ交換	半日
		○査察	プルトニウム操作区域監視システム監視不可	測定チューブ類破損, 弁類故障等	・チューブ類交換, 弁類補修等	約7日
		○液位計測	高精度デジタルマノメータ指示不良	マノメータ故障, 伝送不良	・マノメータ交換等	約2日

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (6/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
低濃度のプルトニウム溶液の集約に用いる系統	共通	○サンプリング (サンプリングベンチ, 気送管)	試料採取不可	試料採取用トングブーツの破損	・ 試料採取用トングブーツ交換 (S2)	約 7 日
				試料採取用トング故障	・ 試料採取用トング交換 (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
				真空圧の低下	・ 真空フィルタ交換, 電磁弁交換 (S2)	約 5 日
				試料気送器の故障	・ 試料気送器交換 (一部は S2)	約 5 日
		ポンプ	プライミング不良	電動機故障, 摺動部噛込み	・ ポンプ交換 (A1)	約 5 日
		○試薬・ユーティリティ	流量制御不可	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
			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
		○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
			漏えい	パッキン劣化	・ パッキン交換, 弁交換	約 1 日
		○計装計器	指示異常	計装配管の閉塞	・ エアブロー等	数時間

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (7/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン溶液の 抽出 (PCDF)	○ウラン溶液の抽出 (循環ポンプ, 弁)	抽出弁からの漏洩	パッキン劣化	・弁交換	約1日
	硝酸ウラニル 貯槽の洗浄 (PCDF)	○槽洗浄 (循環ポンプ, 弁)	循環ポンプの作動不良	モーター劣化	・モーター交換	約3日
				ウラン溶液による固着	・ポンプ分解による洗浄	約2日
			硝酸供給ラインからの漏洩	フランジ部ガスケット劣化	・弁交換	約1日
	ウラン溶液の 抽出 (PCDF)	○液移動 (シーラー, 運搬容器)	シーラーの作動不良	ケーブルの絶縁不良等	・シーラーの交換	数時間
			運搬容器の損傷	容器の劣化	・運搬容器交換	数時間
			移動経路の汚染	溶液の漏洩	・容器蓋部のシール ・容器ビニールバック 2重シール	トラブル 対応

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (8/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非正常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン溶液の濃縮	○蒸発缶 (263E35)	蒸発缶内の圧力上昇	排風機(264K664 又は K665)の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱硝塔処理運転の停止</li> <li>・蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>・排風機の予備機への切替</li> </ul>	約5~8日
				加熱用蒸気の供給調節弁(263TRCV35.1)の故障による蒸気流量過多	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱硝塔処理運転の停止</li> <li>・蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>・調節弁の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約2日
				蒸発缶凝縮器(263H36)冷却水量の減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱硝塔処理運転の停止</li> <li>・蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>・冷却水ポンプの予備機への切替</li> </ul>	
			蒸発缶内液量(液位)の上昇	オーバーフローラインの閉塞 (ウラン溶液の晶析)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱硝塔処理運転の停止</li> <li>・リボンヒータ等を用いたオーバーフローライン加熱による詰り除去</li> </ul>	約2日
			蒸発缶内のウラン溶液濃度低下	加熱用蒸気の供給調節弁(263TRCV35.1)の故障による蒸気流量減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱硝塔処理運転の停止</li> <li>・蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>・調節弁の点検・補修、交換 (A1)</li> </ul>	約2日

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (9/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン溶液の脱硝	○脱硝塔 (264R43)	脱硝塔内の圧力上昇	排風機 (264K664 又は K665) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>排風機の予備機への切替</li> </ul>	約 8 日
				脱硝塔上部の固気分離フィルタ (キャンドルフィルタ) の目詰まり	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>脱硝塔分解にてフィルタを交換 (A1)</li> </ul>	約 2~4 週間
				脱硝塔凝縮器 (264H48) への冷却水量の減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>冷却水ポンプの予備機への切替</li> </ul>	
			脱硝塔内部温度の低下	脱硝塔ヒータの故障 (加熱器の電気部品の故障)	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>電気部品の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2~8 日
				ウラン粉末流動用の空気加熱器 (264H431) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>加熱器の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2~8 日
				ウラン溶液噴霧用の空気加熱器 (264H432) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>加熱器の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2~5 日
				脱硝塔からのウラン粉末拔出不可	オーバーフローラインの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>オーバーフローラインへのハンマリングによるウラン粉末ケーキングの除去</li> </ul>
			【上記ハンマリングで除去不可の場合】		<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>オーバーフローラインを分解 (継手部) し、閉塞除去</li> </ul>	約 2 日



表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (10/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非正常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン溶液の脱硝 (つづき)	○脱硝塔 (264R43) (つづき)	脱硝塔へのウラン溶液供給不可	噴霧ノズルの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>噴霧ノズルの交換 (A1)</li> </ul>	約 5～8 日
				ウラン溶液供給ポンプ (264P401 又は P402) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>ウラン溶液供給ポンプの予備機への切替</li> </ul>	数時間
				ウラン溶液供給ラインの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>リボンヒータ等を用いた ウラン溶液供給ライン加熱による詰り除去</li> </ul>	数時間～2日
				ウラン溶液噴霧用の空気供給調節弁 (264FRCV432.1) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>調節弁の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日
			ウラン溶液供給ラインの継手等からのウラン溶液漏えい (滲み)	加熱によるバルブ、フランジ継手等のボルトナットの緩み	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>ボルトナットの増し締め</li> </ul>	数時間～1日
				バルブ、フランジ継手等のパッキン、ガスケット類の劣化	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>パッキン、ガスケット類の交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日
			ウラン溶液供給ラインのフレキシブルホースからのウラン溶液漏えい (滲み)	フレキシブルホースの損傷 (亀裂、ピンホール、Oリングの劣化等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>フレキシブルホースの交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日
			分散板の圧損の上昇 (目詰り)	分散板上に塊 (ノズルケーキング) の堆積量増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> </ul>	約 2 週間
未脱硝のウラン溶液の付着	<ul style="list-style-type: none"> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>下部フランジを分解し、分散板の交換 (A1)</li> </ul>					

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (11/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン溶液の 脱硝 (つづき)	○脱硝塔 (264R43) (つづき)	脱硝塔内ウラン粉末の流動不可	未脱硝のウラン溶液による塔内閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>下部フランジを分解し、塔内の閉塞を除去 (A1)</li> </ul>	約 3~5 週間
				分散板の目詰り (噴霧ノズルからのウラン溶液液だれ等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>蒸発缶濃縮運転の停止</li> <li>塔内 ウラン粉末の完全拔出</li> <li>下部フランジを分解し、分散板の交換 (A1)</li> </ul>	約 2 週間
				ウラン粉末流動用の空気供給調節弁 (264FRCV431.1) の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>調節弁の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日
	ウラン粉末の 拔出し	○U03 粉末 取扱い系統	ウラン粉末サンプリング装置 (264X4371) によるサンプリング不可	サンプリング装置の故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>サンプリング装置の点検、補修、交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日
				塊 (ノズルケーキング) にサよる配管の閉塞		
			U03 受槽 (264V438) から三酸化ウラン容器への充填不可	U03 受槽 (264V438) 下流側の抜き出し配管の閉塞	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>抜き出し配管を分解 (継手部) し、閉塞除去 (A1)</li> </ul>	約 2 日
			加熱によるウラン粉末抜き出しラインの継手等からのウラン粉末漏えい (付着)	加熱によるバルブ、フランジ継手等のボルトナットの緩み	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>ボルトナットの増し締め</li> </ul>	数時間~1 日
				バルブ、フランジ継手等のパッキン、ガスケット類の劣化	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝塔処理運転の停止</li> <li>パッキン、ガスケット類の交換 (A1)</li> </ul>	約 2 日

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (12/15)

系統	操作項目	主な操作内容 (使用する設備)	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1 : 非正常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
ウラン溶液の集約に用いる系統	ウラン粉末の 拔出し (つづき)	○ウラン粉末 取扱い系統 (つづき)	ウラン粉末抜き出しラインの伸縮継手(ベローズ)からのウラン粉末漏えい(付着)	伸縮継手フランジ部のボルトナットの緩み	・脱硝塔処理運転の停止 ・ボルトナットの増し締め	数時間～ 半日
				伸縮継手の損傷(亀裂、ピンホール等)	・脱硝塔処理運転の停止 ・伸縮継手の交換(A1)	約1日
			UO3受槽(264V438)、三酸化ウラン容器等のベント配管(均圧ライン)の閉塞	・脱硝塔処理運転の停止 ・ベント配管のハンマリング ・又は、ベント配管を分解(継手部)し、閉塞除去(A1)	数時間～2日	
	シート用ウラン粉末の供給	○気流輸送装置	シート用ウラン粉末の気流輸送不可	排風機(264K6925)の故障	・脱硝塔処理運転の停止 ・排風機の点検、補修、交換(A1)	約3～5日
				シート供給槽(264V436)のフィルタの閉塞	・脱硝塔処理運転の停止 ・フィルタの交換(A1)	約2日
				気流輸送配管の閉塞	・脱硝塔処理運転の停止 ・気流輸送配管のハンマリング ・又は気流輸送配管を分解(継手部)し、閉塞除去(A1)	数時間～2日
	槽類換気 オフガス洗浄	○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(A1)	約2日
	共通	○サンプリング	試料採取不可	ニードルの詰り	・ニードル交換(A1)	約半日
		○試薬・ユーティリティ	流量制御不可	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
			試薬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(A1)	約1日
		○ポンプ	プライミング不良	電動機故障、摺動部噛込み	・ポンプ交換(A1)	約5日
		○ダネード	流量制御不可	真空系の異常、本体閉塞	・真空コントロール弁、真空フィルタ、電磁弁交換 本体洗浄(A1)	約2日
		○計装計器	指示異常	計装配管の閉塞	・エアブロー等	数時間
○弁類		手動弁、圧空作動弁作動不良	ダイヤフラム、軸破損等	・弁交換(A1)	約1日	

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (13/15)

系統	操作項目	操作に使用する 設備・機器	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1: 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間	
その他の 洗浄液の 集約に用いる 系統	依頼試料の 分析	○分析セルライン	マニプレータ作動不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>爪先開閉不良</li> <li>ワイヤー切れ</li> <li>ブーツの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>爪先の交換</li> <li>マニプレータ本体の交換 (S2)</li> <li>ブーツ交換 (S2)</li> </ul>	約2日	
			トング作動不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>爪先開閉不良</li> <li>本体作動不良</li> <li>ブーツの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>爪先の交換</li> <li>トング本体の交換 (S2)</li> <li>ブーツ交換 (S2)</li> </ul>	約2日	
			コンベアベルト作動不良	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベルトの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベルト交換 (S2)</li> </ul>	約3日	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動モーターの損傷</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>代替え手段(手動運搬器具)による対応</li> </ul>	約1日		
		○グローブボックス	グローブ作業による汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グローブの交換</li> </ul>	約0.5日	
			バッグイン・アウト作業による汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビニールバッグの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビニールバッグの交換</li> </ul>		
		○試料気送設備	気送不良		<ul style="list-style-type: none"> <li>送受信器作動不良</li> <li>気送タイマー作動不良</li> <li>気送管の詰まり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送受信器の交換</li> <li>手動操作による対応</li> <li>空気送及び水試料気送</li> </ul>	約1日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>気送プロア作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部バッグアウト, バッグインで対応</li> </ul>	約2日
						<ul style="list-style-type: none"> <li>予備品への交換 (S2)</li> </ul>	約7日
		○自動滴定装置	機器作動不良		<ul style="list-style-type: none"> <li>本体作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備品への交換</li> </ul>	約2日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>滴定電極破損</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>滴定電極の交換 (S2)</li> </ul>	約0.5日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>試薬供給ライン損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>試薬ラインの交換 (S2)</li> </ul>	
		○分光光度計	機器作動不良		<ul style="list-style-type: none"> <li>本体作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備品への交換</li> </ul>	約1日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>測定セル損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定セルの交換</li> </ul>	約2日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>光ファイバケーブル損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光ファイバケーブルの交換 (S2)</li> </ul>	約3日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>試薬供給ライン損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>試薬ラインの交換 (S2)</li> </ul>	約0.5日
		○放射能測定装置	機器作動不良		<ul style="list-style-type: none"> <li>本体作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備品への交換</li> </ul>	約1日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>検出器損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定検出器の交換</li> </ul>	約2日
		○質量分析計	機器作動不良		<ul style="list-style-type: none"> <li>真空ポンプ作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備品への交換</li> </ul>	約3日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>電源系統の作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>装置の点検整備, 電源ユニット等の交換</li> </ul>	約5日
					<ul style="list-style-type: none"> <li>制御系統の作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>装置の点検整備, 予備部品への交換</li> </ul>	
					<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部の作動不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>装置の点検整備, 予備部品への交換</li> </ul>	

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (14/15)

系統	操作項目	操作に使用する 設備・機器	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1: 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
その他の 洗浄液の 集約に 用いる 系統	依頼試料の 分析 (つづき)	○分析試料サンプリング 装置	機器作動不良	・本体作動不良	・予備品への交換	約0.5日
				・サンプリングライン 損傷	・サンプリングライン交換(S2)	
		○電子天秤	機器作動不良	・本体作動不良	・予備品への交換	約1日
	中間貯槽の 送液・洗浄	○貯槽液サンプリング	試料採取不可	サンプリングラインの損 傷・詰まり	・サンプリングラインの洗浄	約1日
					・サンプリングラインの交換	約2日
		○貯槽洗浄液供給	洗浄液供給不可	供給ラインの損傷・詰ま り	・別系統からの供給(貯槽攪拌ライン使用)	約1日
	液移送	○送液操作(スチーム ジェット, エアリフト)	スチームジェット作動不良	本体ノズル閉塞	・硝酸浸漬等による詰り除去(S2)	約5日
				蒸気ストレーナ閉塞	・ストレーナ清掃, 交換	約1日
				エアリフト送液不可	・エア供給系統の閉塞	・ストレーナ清掃, 交換
	抽出器洗浄	○攪拌機(抽出器)	サーマルトリップ	モーター部の故障	・バックイン、バックアウト方式による攪拌機交換	約1日
○真空三方弁		抽出器液抜き不可	真空三方弁等の故障	・真空三方弁等の交換(S2)	約5日	

表-1 工程洗浄による核燃料物質の集約時に想定される主な不具合事象と処置対策 (15/15)

系統	操作項目	操作に使用する 設備・機器	操作に伴う不具合事象 [トラブル]	想定される要因	処置対策 (S2, A1: 非定常の特殊放射線作業を伴うもの)	復旧期間
その他の 洗浄液の 集約に用 いる系統	共通	○サンプリング (サンプリングベン チ, 気送管)	試料採取不可	試料採取用トングブーツ の破損	・試料採取用トングブーツ交換 (S2)	約7日
				試料採取用トング故障	・試料採取用トング交換 (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
				真空圧の低下	・真空フィルタ交換, 電磁弁交換 (S2)	約5日
				試料気送器の故障	・試料気送器交換 (一部は S2)	約5日
		○試薬・ユーティリテ ィ	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2日
		○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
			漏えい	パッキン劣化	・パッキン交換, 弁交換	約1日
		○流量計	流量計測不可	流量計ガラス管破損等	・流量計交換	約1日
		○計装計器	指示異常	計装配管の閉塞	・エアブロー等	数時間