

【資料2】

結合装置の交換におけるシムスペーサ取付けに係る許認可上の扱いについて

【概要】

新結合装置の交換において、新結合装置フランジと既設溶融炉フランジの取合フランジ間に隙間が生じた。この隙間から交換前よりも結合装置内へ流入する空気の量が増加しているため、安定した溶融炉運転への影響の可能性が否定できないことから、交換作業を一旦立ち止まり、新結合装置の取付けの再調整を行うこととした。これまでの調査に基づく推定原因より、据付調整の一環で取合フランジ間にシムスペーサを挟込むことで、取合フランジ間から新結合装置内への空気の流入を低減する。

- 使用するシムスペーサは溶融炉フランジ及び結合装置フランジと同様の SUS304 材とし、取合フランジ間の隙間に合わせた傾斜 3 mm(薄い側 1 mm、厚い側 4 mm)のシムスペーサを挟込む。
- シムスペーサは新結合装置を既設の溶融炉(架台含む)に取付ける際の据付調整の一環として使用するものであり、既認可の廃止措置計画に記載した仕様や構造図等の変更を伴うものではない。
- 取合フランジ間はメタルタッチによる接続であり閉じ込めが要求される箇所ではないことから、シムスペーサを挟込んだ場合においても、結合装置の安全機能(誤流下防止のためのインターロック)や運転に係る機能(溶融炉とガラス固化体容器との結合、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス、加熱コイルによる流下ノズルの加熱性)に影響はなく、取付けに係る工事の計画への影響もない。
- 以上より、設計及び工事の計画(ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換)に記載した仕様や検査、構造概要図等の変更を伴うものではなく、安全機能やガラス固化処理運転への影響もなく、安定した溶融炉運転に向け、今回の結合装置の据付調整の一環でシムスペーサによる調整を実施したいと考えている。

令和3年6月29日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

結合装置の交換におけるシムスペーサ取付けに係る許認可上の扱いについて

令和3年6月29日

再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

新結合装置の交換において、新結合装置フランジと既設溶融炉フランジの間(以下、「取合フランジ間」という。)に隙間が生じた。この隙間から交換前よりも結合装置内へ流入する空気の量が増加しているため、安定した溶融炉運転への影響の可能性が否定できないことから、交換作業を一旦立ち止まり、新結合装置の取付けの再調整を行うこととした。これまでの調査に基づく推定原因より、据付調整の一環で取合フランジ間にシムスペーサを挟込むことで、取合フランジ間から新結合装置内への空気の流入を低減する。

シムスペーサの挟込みについては、結合装置の安全機能やガラス固化処理運転への影響はなく、既認可の廃止措置計画(令和2年9月25日付け原規規発第2009252号「再処理施設に関する設計及び工事の計画(ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換)」)に記載した仕様や構造図等の変更を伴うものではないと考えており、以下に許認可上の取扱いについて整理した。

2. 新旧結合装置の製作、取付けについて

2.1 経緯(別図-1)

旧結合装置の製作においては、溶融炉フランジが約195°方向に約0.7°上向きに傾斜していることから、給電フィーダとサポート受け台の間に結合装置フランジを吊上げるだけのクリアランス(吊上げ代)を確保するために、給電フィーダ取付け角度の調整(傾斜シムによる調整)を実施した。

また、固化セル内の溶融炉架台の寸法を反映した模擬架台を製作して、角度調整した旧結合装置の取付け確認を工場検査にて行った。

新結合装置は、旧結合装置と交換することを踏まえ、旧結合装置の製作寸法を基に製作する方針とした。また、旧結合装置の製作時の情報を基に今回新たに製作した模擬架台に新結合装置を取付けて、給電フィーダ等の調整が必要ないことを確認した。

しかしながら、傾斜シムにより調整した給電フィーダの角度等の一部の情報が適切に製作図に記載されていなかったこと、新模擬架台の製作図に一部、図面寸法と現場寸法(固化セル内の溶融炉架台)に不整合があったことが重なった。このため、結果的に給電フィーダとサポート受け台の間に結合装置フランジを吊上げるだけのクリアランス(吊上げ代)がなくなり、取合フランジ間に隙間が生じた。

2.2 結合装置の取付方法(別図-2)

結合装置は、加熱コイルやベローズ等を取付けた円筒形の本体胴に加熱コイルに電力を供給する給電フィーダ(235°位置)、冷却リングやベローズに圧空を供給する圧空配管(335°位置)を取付けた構造である。

結合装置の接続は、溶融炉のフックに結合装置の結合クランプを引っ掛け、結合装置フランジを溶融炉フランジにバネにより押付ける方法で行うが、給電フィーダ等が取付けられている側は、給電フィーダ等の重量により若干隙間ができるため、給電フィーダ等と遠隔サポート(サポート受け台)間に結合装置フランジを吊上げるだけのクリアランス(吊上げ代)を設け、遠隔サポートを締め付けることにより吊上げてサポート受け台に固定することで、溶融炉フランジとの隙間をなくす構造である。

2.3 据付調整(別図-3)

現在、新結合装置は固化セルに搬入しており、遠隔操作により、旧結合装置で採用した傾斜シムを結合装置本体胴フランジと給電フィーダフランジの間に挿入する方法で給電フィーダの取付け角度を下向きに調整することはできない。このため既設との取り合いのための据付調整として、取合フランジ間の隙間にシムスペーサを挟込み、取合フランジ間から新結合装置内へ流入する空気の量を低減する。

2.4 シムスペーサ仕様(別図-4)

取合フランジ間の隙間の調査結果より、給電フィーダ側(約235°)の隙間が最大で約2.9mm、その反対側(約55°)の隙間は0mmであったことから、傾斜3mm(薄い側1mm、厚い側4mm)のシムスペーサを使用する。厚さ4mmの位置を給電フィーダの取付角度235°位置に合わせて取合フランジ間に挟込む。

シムスペーサの仕様を表1に示す。

材質は、溶融炉フランジ及び結合装置フランジと同様のSUS304材である。

表1 シムスペーサの仕様一覧

材質	傾斜 (mm)	厚さ(mm)	
		薄い側	厚い側
SUS304	3	1	4

2.5 新結合装置取付け後の確認

シムスペーサを挟込み新結合装置を取付けた後、取付け状態を目視で確認するとともに、新結合装置内の圧力制御状況を確認する。

その後、シムスペーサを挟込むため、一旦、新結合装置の取外し、再度取付けを

行っていることから、既に実施済みの使用前自主検査のうち外観検査(2)「結合装置(G21M11)の設置位置、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス」を再度実施する。

3. 許認可上の記載について

今回の取合フランジ間へ挟込むシムスペーサは、結合装置の据付状態の調整に使用するものであり、シムスペーサを挟込むことにより、既認可の廃止措置計画(令和2年9月25日付け原規規発第2009252号「再処理施設に関する設計及び工事の計画(ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換」))に記載した結合装置の仕様、工事の手順、検査、構造概要図等に変更は生じない。

なお、これまでの許認可申請においても、電動機等の芯出しや配管の据付調整等に使用するシム板などは記載していない。

4. シムスペーサの挟込みによる安全機能、溶融炉運転への影響(別図-4~7)

4.1 結合装置の役割

結合装置(G21M11)は、溶融炉(G21ME10)で溶融したガラスをガラス固化体容器(キャニスタ)に流下する際、結合装置下部に設置したベローズにより台車(G51M118A)に搭載したガラス固化体容器(キャニスタ)と溶融炉を結合する装置である。

(1) 安全機能

溶融ガラスの誤流下防止の対策として、溶融炉とガラス固化体容器(キャニスタ)が結合装置により結合されていない状態では、流下ノズルの加熱が行えないようインターロックを設けている。

溶融炉とガラス固化体容器(キャニスタ)との結合の状態は、結合装置内を調節弁(PICO-10.5V)により負圧調整し、圧力下限操作(PO-)により監視している。

(2) 溶融炉運転

流下時は、結合装置内に設置した加熱コイルで溶融炉の流下ノズルを加熱することにより流下ノズル内のガラスを溶かし、流下中は、加熱コイルの電力を調節することにより、ガラスの流下速度を調節する。また、流下停止時は、流下ノズルの加熱を停止し、加熱コイルと同心円上に設置した3つの冷却リングから冷却空気(流下ノズル上段冷却空気/下段冷却空気)を流下ノズルに吹き付け溶融ガラスの流下を停止する。

4.2 安全機能、溶融炉運転への影響

(1) 安全機能への影響

① 誤流下防止への影響

溶融炉と結合装置のフランジの接続は、設計上、メタルタッチであり、気密や閉じ込めが要求される箇所ではない。

シムスペーサの挟込みは、現状生じている隙間から流入する空気の量を低減するものであり、装置内圧の制御に影響は生じない。

よって、シムスペーサを挟込んだ場合においても、従前と同様に結合装置とガラス固化体容器(キャニスタ)との結合状態に影響はないことから、誤流下防止のインターロック(台車と結合装置のインターロック)に影響はない。

(2) 溶融炉運転への影響

① 溶融炉とガラス固化体容器(キャニスタ)との結合

取合フランジ間にシムスペーサ(厚さ1~4 mm)を挟込むことにより結合装置の下端位置が下がる。この位置がガラス固化体容器(キャニスタ)との結合面より低くなると、ガラス固化体容器(キャニスタ)を搭載した台車(G51M118A)を結合装置の下に移動できなくなる。また、ガラス流下時のガラス固化体容器(キャニスタ)の熱膨張により結合面が上がり、この上がり分をベローズにより吸収できない場合は台車に設置する重量計に影響を生じることになる。

シムスペーサを挟込んだ際の結合装置下端とガラス固化体容器(キャニスタ)のクリアランスは、流下中のガラス固化体容器(キャニスタ)の熱膨張を考慮しても約8.2 mm 確保されており、当該シムスペーサの厚さを考慮しても影響はない。(別図-5)

② 加熱コイルと流下ノズルのクリアランス

取合フランジ間にシムスペーサを挟込むと、シムスペーサの傾斜により、加熱コイルと流下ノズルが変わる。

シムスペーサの厚さの傾きは約 0.34° であり、クリアランスは流下ノズルが傾いている北西方向(最も狭い位置)で約10.2 mm に対し+0.3 mm であり影響はない(別図-6)。なお、クリアランスは、結合装置の取付け後、再度使用前自主検査にて確認する。

③ 加熱コイルによる流下ノズルの加熱性

シムスペーサを挟込んだ場合、流下ノズルに対して、加熱コイルが2.5 mm 下がることにより、流下ノズル最上部の温度が約 13°C 低下する。低下分の温度を上昇させるための加熱電力は約0.3 kW であり、設備の調整範囲内(通常10 kW 程度、調整範囲は8.0~19.0 kW)であることから、流下ノズルの加熱性に影響はない(別図-7)。

(3) 取付作業(工事の計画)への影響

取合フランジ間の隙間にシムスペーサを挟込む方法は、新結合装置を取り外した後、結合装置フランジの上に両腕型マニプレータ(BSM)にてシムスペーサを載せることで対応可能であり、遠隔操作上の問題はなく、既認可の廃止措置計画における工事の手順を変更するものではない。

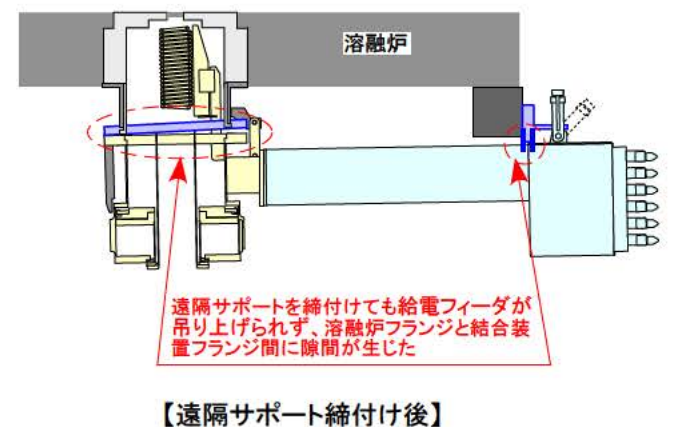
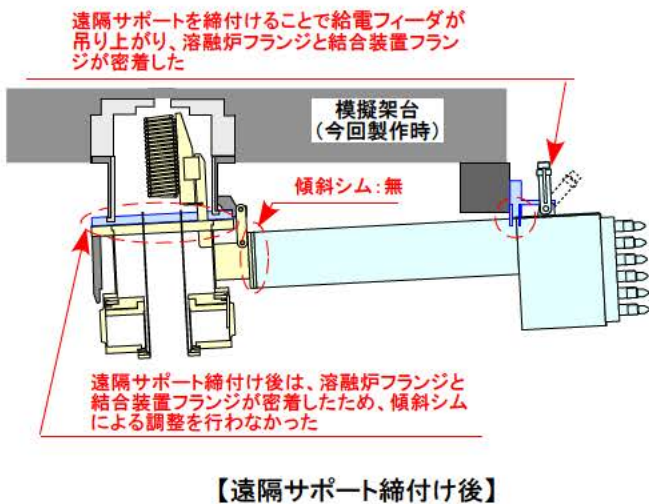
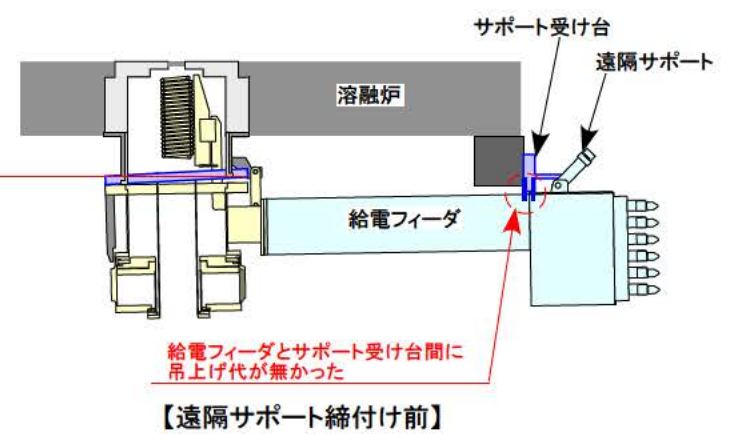
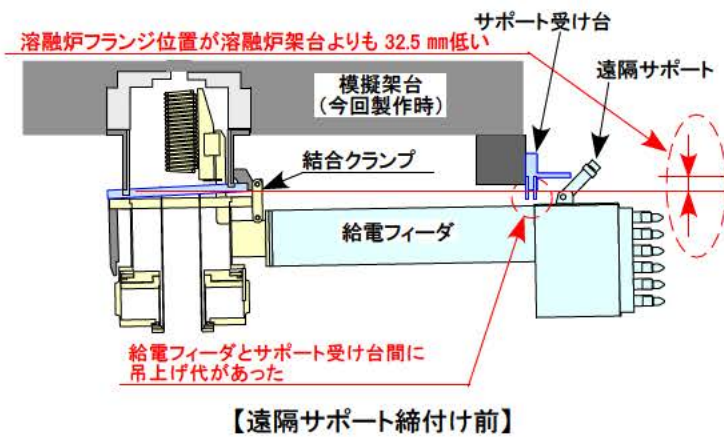
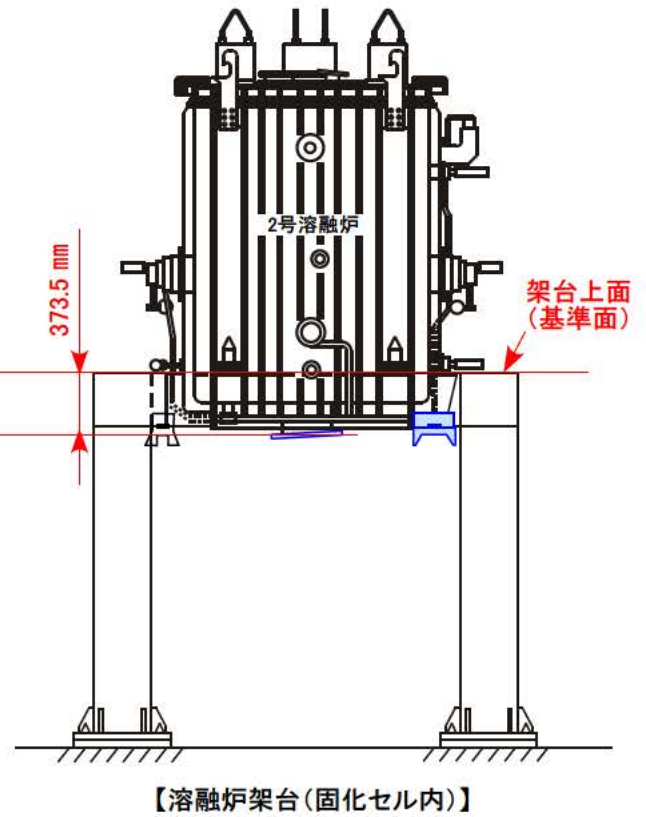
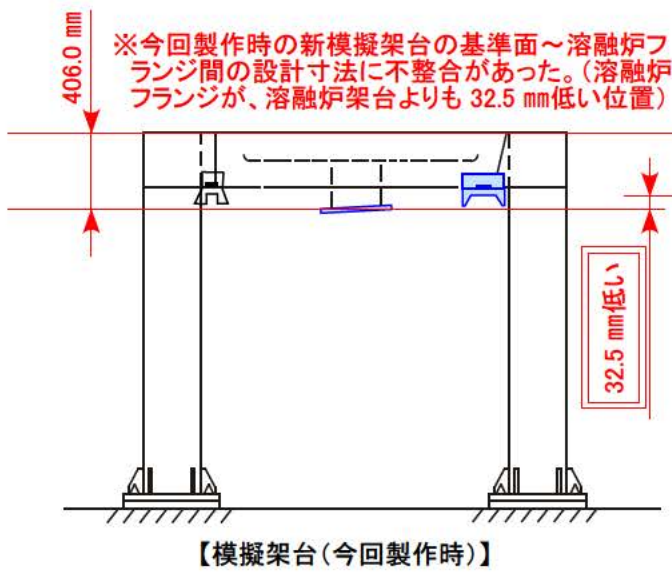
5. 許認可上の取扱い

以上より、設計及び工事の計画(ガラス固化技術開発施設(TVF)の熔融炉の結合装置の製作及び交換)に記載した仕様や検査、構造概要図等の変更を伴うものではなく、安全機能やガラス固化処理運転への影響もなく、今回の結合装置の据付調整の一環でシムスペーサによる調整を実施したいと考えている。

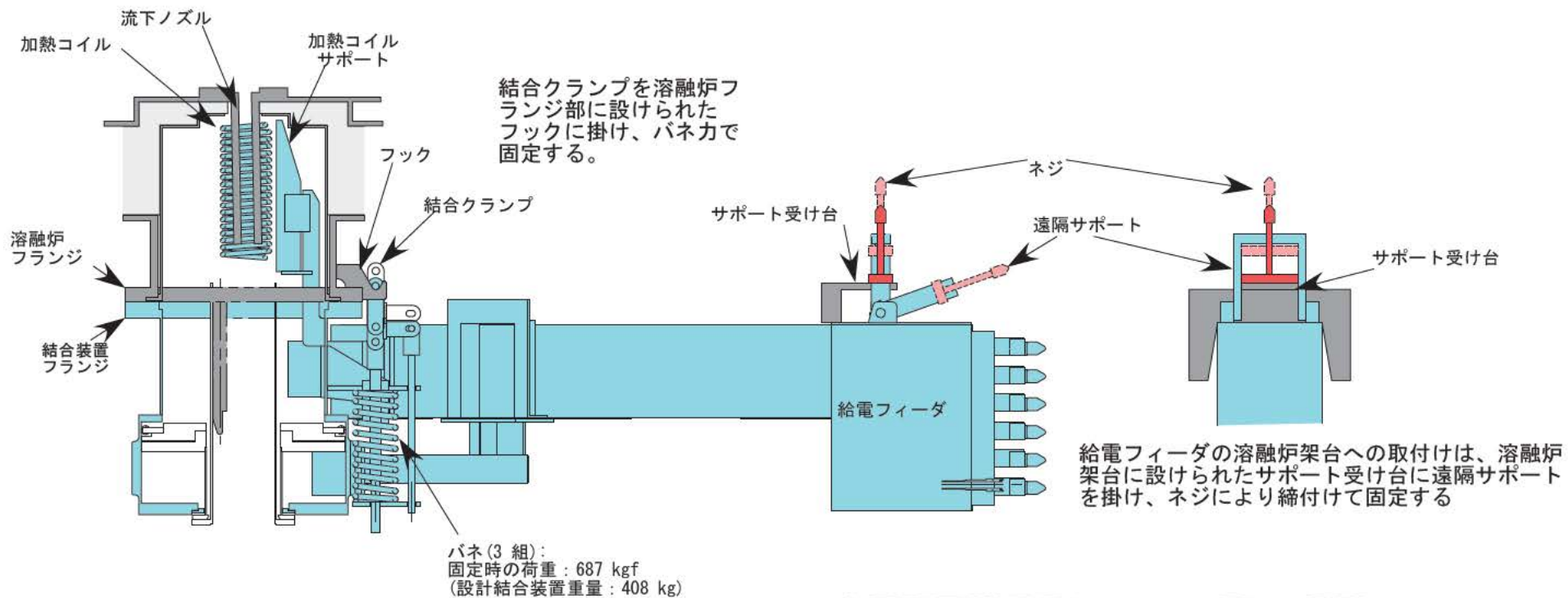
以 上

工場検査時の模擬架台への
新結合装置取付け状況

固化セル内の溶融炉架台への
新結合装置取付け状況



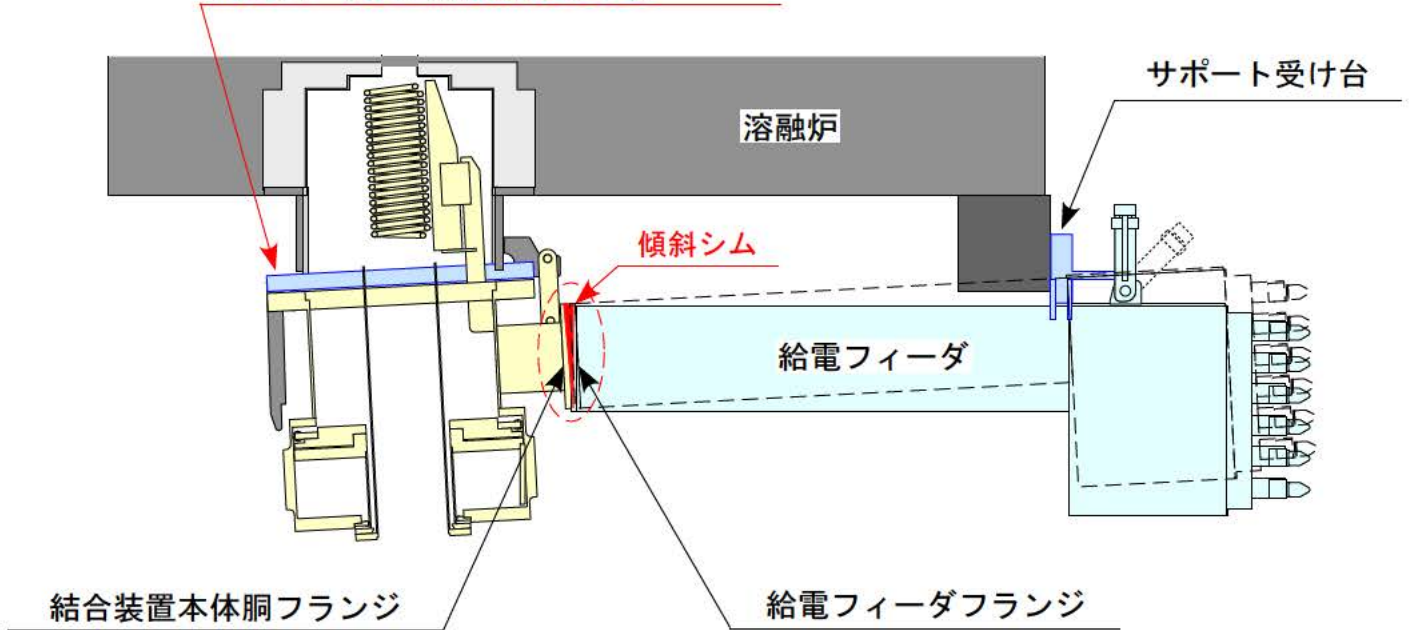
別図-1 新結合装置フランジと溶融炉フランジの間に隙間が生じた原因



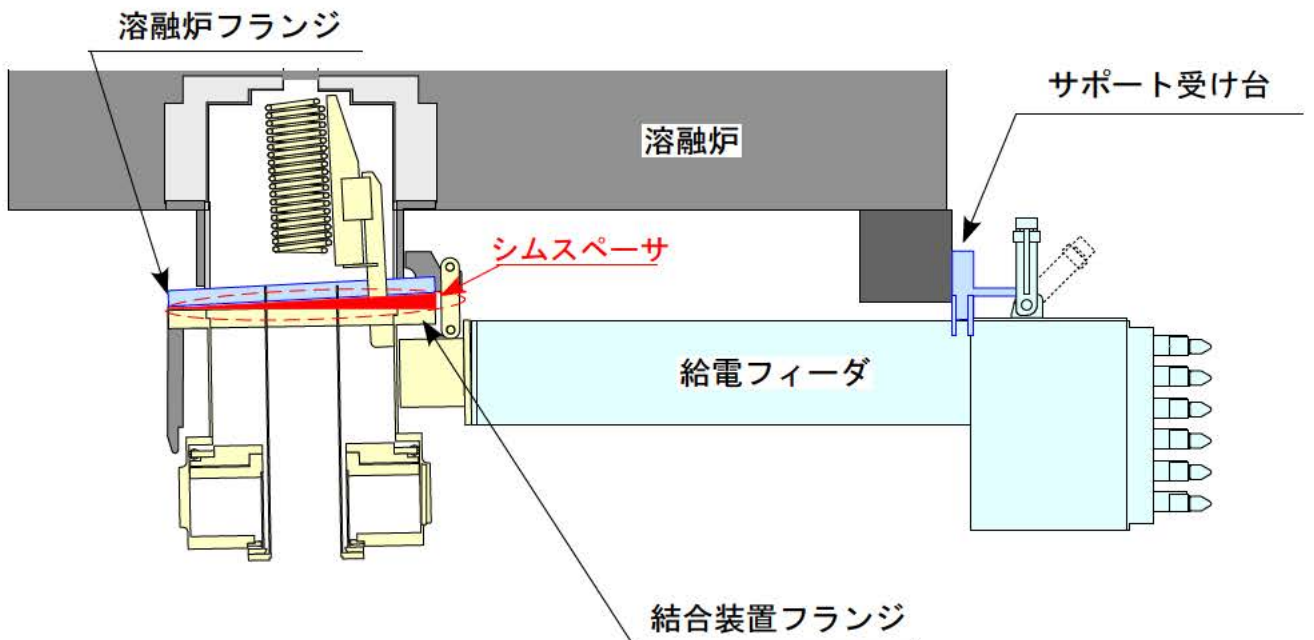
遠隔サポート及びサポート受け台の外観（固定前）

別図-2 結合装置取付けに係る構造概要

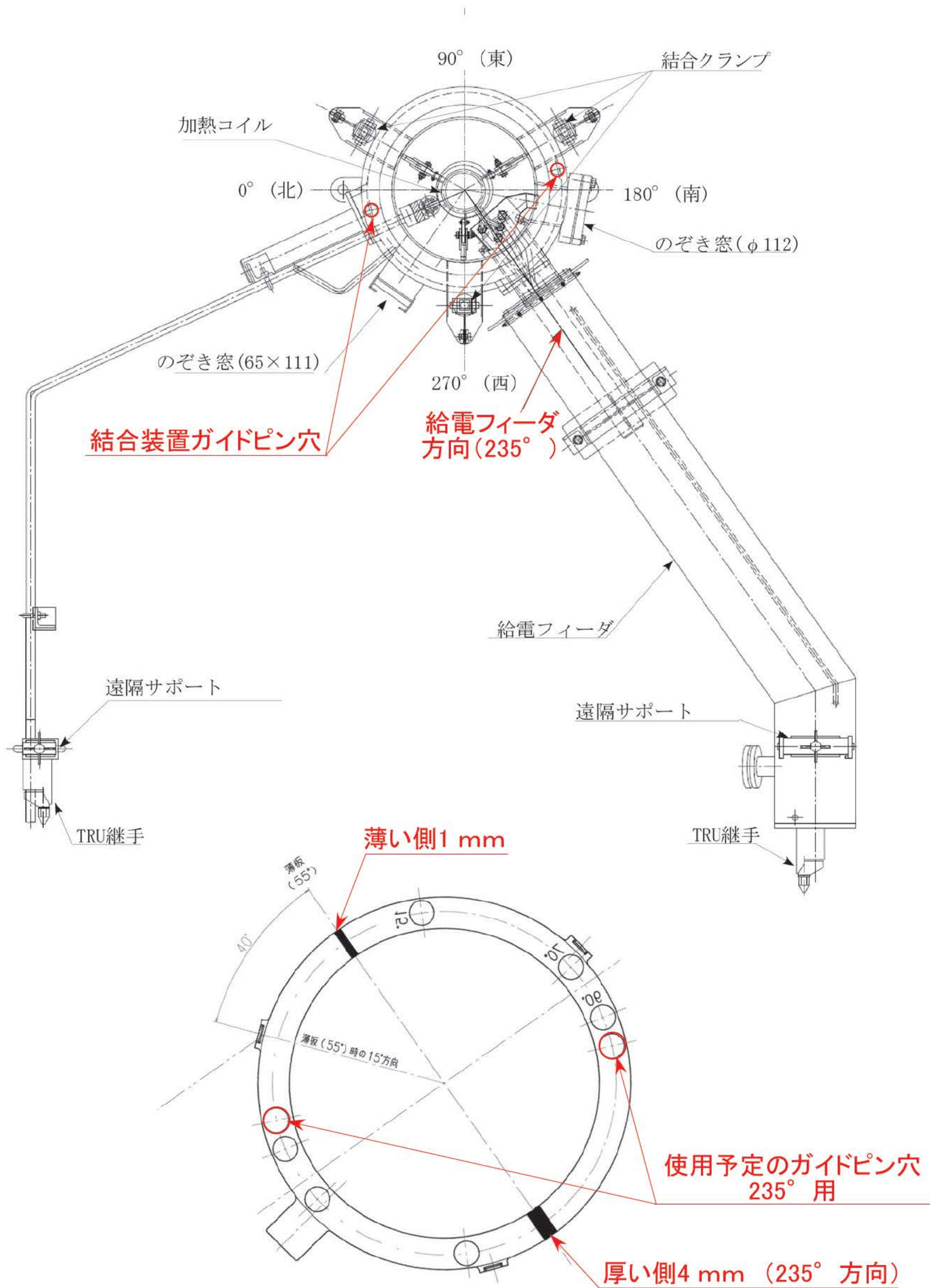
溶融炉フランジが、約 195° 方向上りに
約 0.7° (約 6 mm) 傾斜している



旧結合装置における給電フィーダ取付角度の調整(実績)

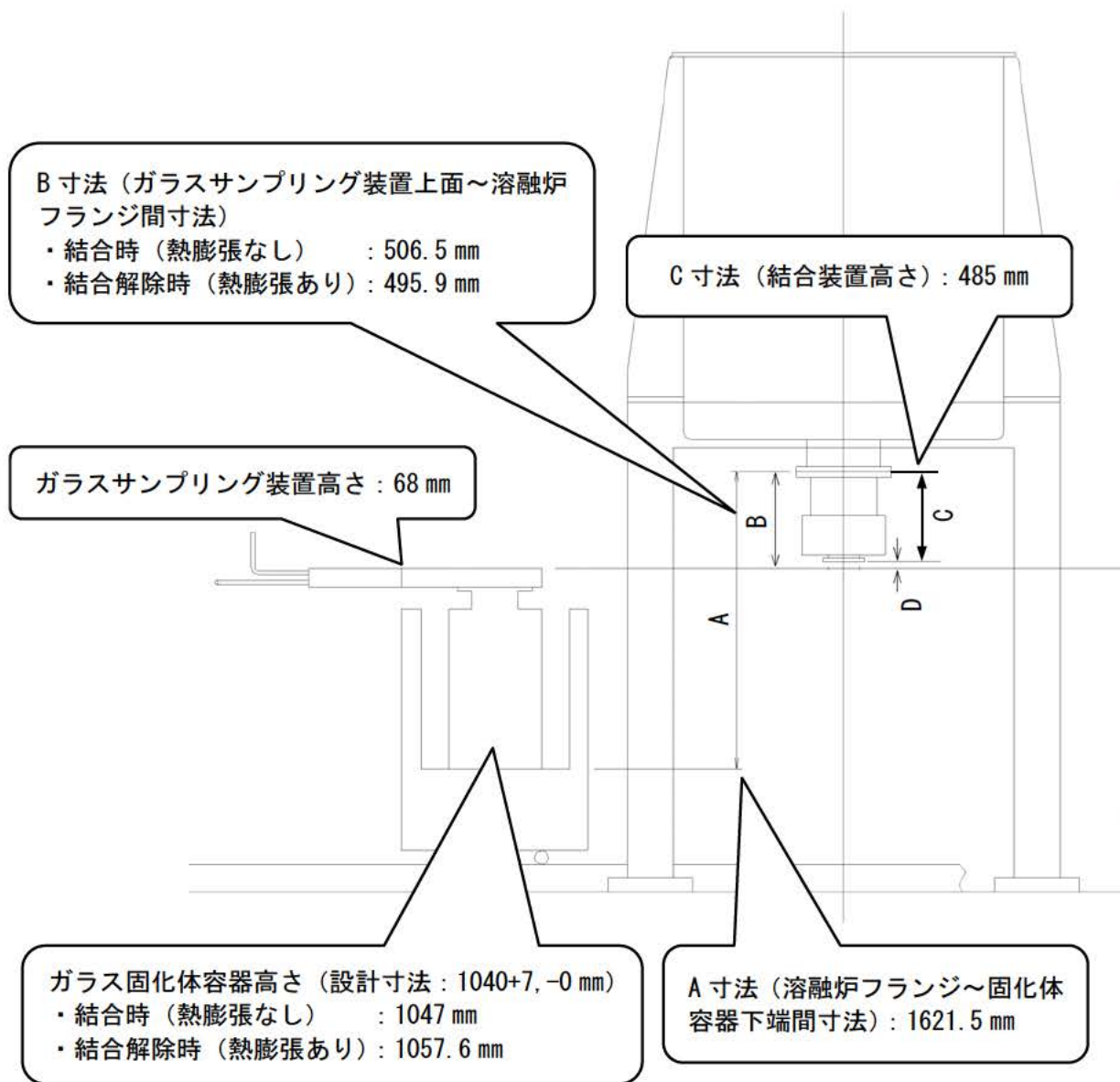


新結合装置の取付角度の調整(今回)



シムスペーサ仕様
 材質SUS304 傾斜3 mm(薄い側:1 mm 厚い側:4 mm)
 厚い側を195°、235°、250°、270°の方向に調整できるようにガイドピン穴を設けている。

別図-4 結合装置及びシムスペーサ概要図

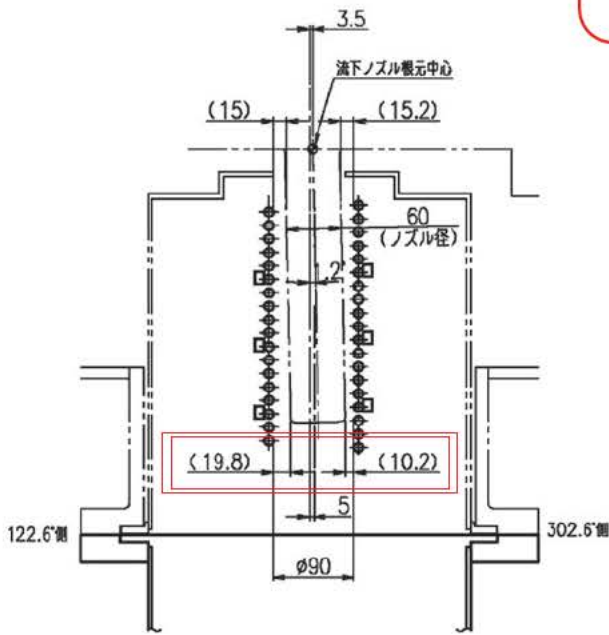


【結合装置下端～ガラス固化体容器のクリアランス : D】

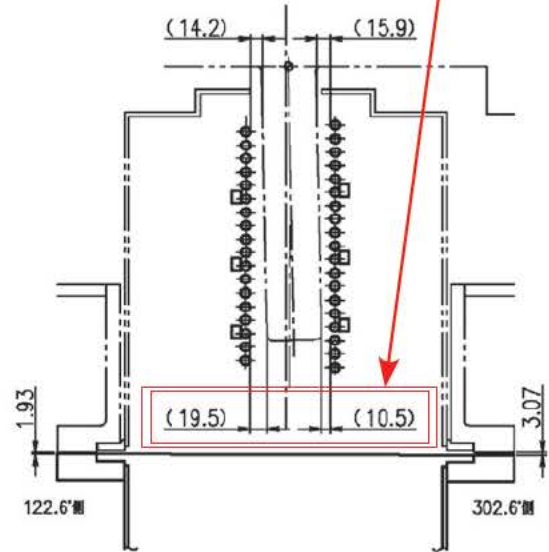
- ① 熔融炉フランジの傾きを考慮しない場合、結合装置下端とガラス固化体容器のクリアランスは、以下のとおりとなる。
 - ・ 結合時 (熱膨張なし) のクリアランス ($D=B-C$)
 $506.5 \text{ mm} - 485 \text{ mm} = 21.5 \text{ mm}$
 - ・ 結合解除時 (熱膨張あり) のクリアランス ($D=B-C$)
 $495.9 \text{ mm} - 485 \text{ mm} = 10.9 \text{ mm}$
- ② 熔融炉フランジの傾き (約 0.7°) によって結合装置も傾くことから、結合装置下端のフランジ面の高低差は、
 $\Delta h = 220 \text{ mm (フランジ外径)} \times \tan(0.7^\circ) = \text{約 } 2.7 \text{ mm}$ となる。
 よって、熔融炉フランジの傾きを考慮した場合、結合装置下端とガラス固化体容器のクリアランスは、以下のとおりとなる。
 - ・ 結合時 (熱膨張なし) のクリアランス
 $21.5 \text{ mm} - 2.7 \text{ mm} = 18.8 \text{ mm}$
 - ・ 結合解除時 (熱膨張あり) のクリアランス
 $10.9 \text{ mm} - 2.7 \text{ mm} = 8.2 \text{ mm}$
- ③ 以上より、結合装置下端～ガラス固化体容器のクリアランスは最低 8.2 mm 確保されており、厚さ 1~4 mm (平均厚 2.5 mm) の傾斜シムスペーサを挟み込んでも影響はない。

別図-5 ガラス固化体容器との結合時の影響

シムスペーサを挟み込んだ状態をCADにより作図し、クリアランスを確認した結果±0.3mmの差であり、影響のないことを確認した。



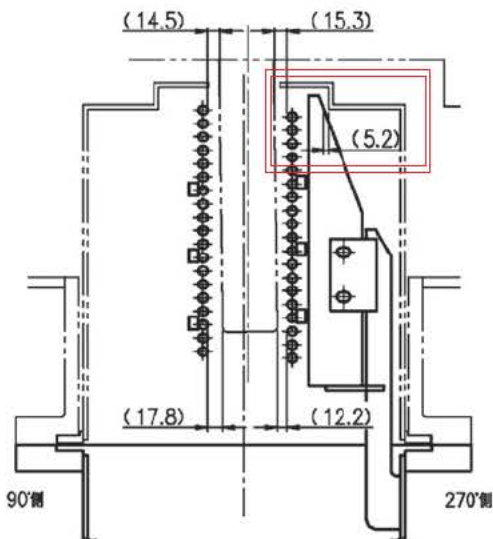
シムスペーサ設置なし



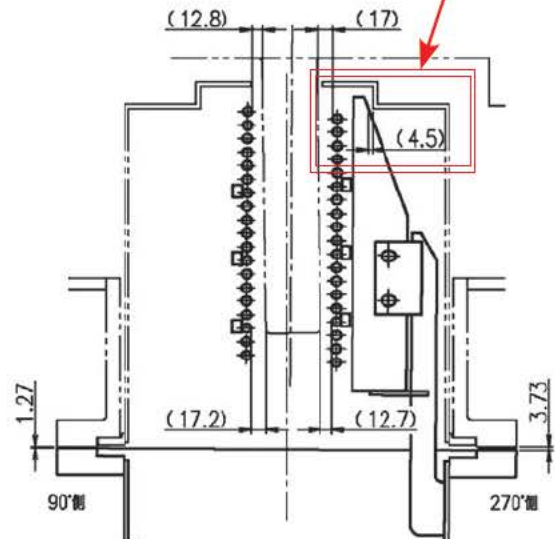
シムスペーサ設置
(薄い側:55°、厚い側:235°)

シムスペーサ挟み込み後の加熱コイルと流下ノズル間のクリアランス

シムスペーサを挟み込んだ状態をCADにより作図し、クリアランスを確認した結果、干渉しないことを確認した。



シムスペーサ設置なし



シムスペーサ設置
(薄い側:55°、厚い側:235°)

シムスペーサ挟み込み後のコイルサポート(270°方向)と保温材押え板間のクリアランス

1. シムスペーサの傾きによる流下ノズルの加熱性への影響

令和2年3月に実施した流下ノズルの加熱性確認試験にて、流下ノズルが1.2°傾くことにより加熱コイルに遠くなる側(90°方向)と近くなる側(270°方向)で、流下ノズルの温度に差が生じるか確認した。

この結果、表1及び図1に示す通り90°方向と270°方向に有意な温度差は認められておらず、シムスペーサによる傾き(0.34°)が流下ノズルの加熱性に与える影響はない。

2. 加熱コイルが下がることによる流下ノズルの加熱性への影響

シムスペーサを挟み込んだ場合、流下ノズルに対して加熱コイルが2.5mm下がる。また、表1及び図1に示す通り流下ノズル最上部(温度計位置:7)の温度変化は1mmあたり約5°C((848.6°C-611.7°C)÷45mm)である。

これより、流下ノズル最上部の温度が約13°C低下するが、低下分の温度を上昇させるために必要な加熱電力は0.2~0.3kW程度*1であり、設備の調整範囲内(通常:10kW程度、調整範囲:8.0~19.0kW)となることから、流下ノズルの加熱性に与える影響はない。

*1 低下分の温度を上昇させるために必要な加熱電力

上段加熱時の流下ノズル最上部の温度(T)と加熱電力(P)の関係は、図2より「 $T = 61 \times P + 190.25$ 」となる。

よって、流下ノズル最上部の温度低下分(約13°C)を上昇させるために必要な加熱電力(P)は、「 $P = 13 \div 61$ 」より、0.2~0.3kW程度となる。

表1 上段加熱(コイル内径:90mm+流下ノズル:傾き1.2°)における温度分布

温度計位置	1	2	3	4	5	6	7
遠くなる側(90°方向)	653.9	839.8	985.5	1023.0	986.9	848.6	611.7
近くなる側(270°方向)	654.3	839.6	985.7	1030.6	988.6	849.8	619.6
温度差	0.4	0.2	0.2	7.6	1.7	1.2	7.9

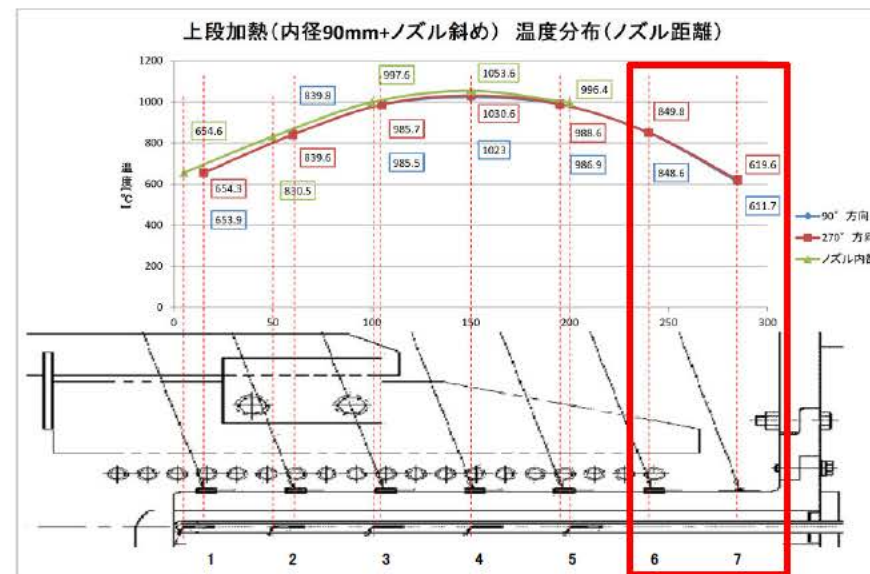


図1 上段加熱(コイル内径:90mm+流下ノズル:傾き1.2°)における温度分布

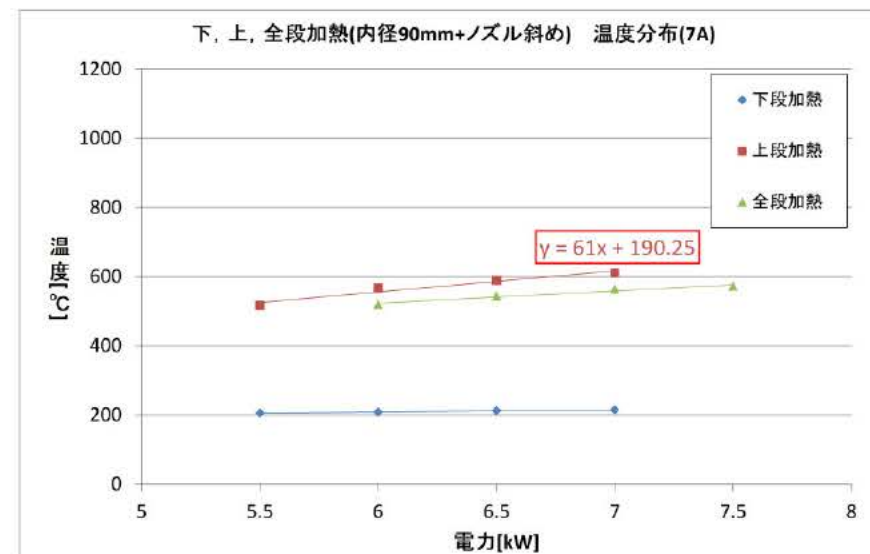


図2 流下ノズル最上部(温度計位置:7)の温度と加熱電力の関係

別図-7 流下ノズルの加熱性への影響

工程洗淨の基本的な考え方

【概要】

○東海再処理施設は、再処理設備本体等の一部の機器に回収可能核燃料物質が残存した状態である。このため、「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」を踏まえ、工程洗淨を実施し、回収可能核燃料物質を再処理設備本体等から取り出し、リスクを低減(集約・安定化)する。

○工程洗淨では、再処理運転(ウラン及びプルトニウムの分離)を行わず、早期にリスク低減を完了させるよう方法を検討している。

令和3年7月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

工程洗淨の基本的な考え方

1. はじめに

東海再処理施設は、再処理運転の再開を予定していた状態で廃止措置に移行したことにより、再処理設備本体等の一部の機器に回収可能核燃料物質が残存した状態である。今後実施する系統除染^{※1}・機器解体作業に向けて、「核燃料サイクル工学研究所（再処理施設）の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」を踏まえ、回収可能核燃料物質を再処理設備本体等から取り出し、リスクを低減するための工程洗淨を実施する。

※1 設備・機器解体時に作業員の被ばく量低減を目的に行う系統の除染。系統除染は、工程内で通常使用する試薬（硝酸等）の他に、除染剤を用いた化学的な方法及び高圧水等を用いた機械的な方法がある。それら組合せ等により設備・機器の線量低減を図る。

2. 経緯

東海再処理施設は、耐震性向上工事のため2007年5月に再処理運転を中断した。東海再処理施設は工事終了後の運転再開を予定していたため、工程内に核燃料物質が残存した状態であった。新規規制基準施行後、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については、MOX粉末として安定化したものの、設備の構造上の理由から送液残液が発生し、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）に残存している。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、回収した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-1参照）。

3. 工程洗淨の基本的な考え方

工程洗淨は、以下の基本的な考え方に基づき、早期にリスク低減を完了させるよう回収可能核燃料物質を再処理設備本体等から取り出し、集約・安定化を図る。

- 再処理運転（ウラン及びプルトニウムの分離）^{※2}は行わない。
- 使用する設備は、安定化に必要な最小限のものとする。
- 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。
- 送液経路は、安全性（臨界安全や誤操作による影響等）を確保する。

なお、既認可の廃止措置計画において、これらの核燃料物質については、製品として回収（粉末として安定化）するかまたは放射性廃棄物として取り扱うかについて、工程洗淨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としている。

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

4. 工程洗浄の検討状況（図-1 参照）

(1) 使用済燃料せん断粉末等

せん断粉末は、粉末の状態での核燃料物質の計量が困難であることから、濃縮ウラン溶解槽にて溶解し、核燃料物質の計量後、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ことを検討している。濃縮ウラン溶解槽でのせん断粉末の溶解量については、一度に全量処理するか又は複数回に分けて処理するかリスクを比較検討した上で定める。また、工程内の洗浄液、分析所（CB）の分析試料等についてもせん断粉末と同様に高放射性廃液と合わせてガラス固化処理することを検討している。

なお、上記の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操作や蒸発濃縮を行わない。

(2) プルトニウム溶液

プルトニウム溶液は、固化・安定化処理した際に、通常の操作では回収できない送液残液として残ったものであり、放射性廃棄物として扱うことを検討している。

(3) ウラン溶液及びウラン粉末

ウラン溶液は、保有量が多く廃棄することは現実的でなく、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。

5. 今後の予定

上記考え方にに基づき、以下に示す内容について廃止措置計画の変更申請を行う。

○工程洗浄の詳細な方法

○工程洗浄におけるリスク評価

- ・送液経路の安全性（臨界安全や誤操作による影響等）
- ・全交流電源喪失時の影響（沸騰到達時間、水素濃度 4%到達時間及び放出量評価）
- ・核燃料物質を高放射性廃液貯蔵場（HAW）に集約した場合のガラス固化への影響
- ・工程洗浄に伴う放射性気体廃棄物の放出量及び放射性液体廃棄物の発生量

工程洗浄は、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の安全性向上対策工事と並行して行うことになるため、人員を確保した上でリスクの高いものから順次を実施する。このため、令和 3 年度内のせん断粉末のリスク低減の実施に向けた調整を行い、その後にプルトニウム溶液のリスク低減を図る。リスクの比較的低いウラン溶液及びウラン粉末については、工事終了の目途が立った時点で訓練等の準備を行い実施する。

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」

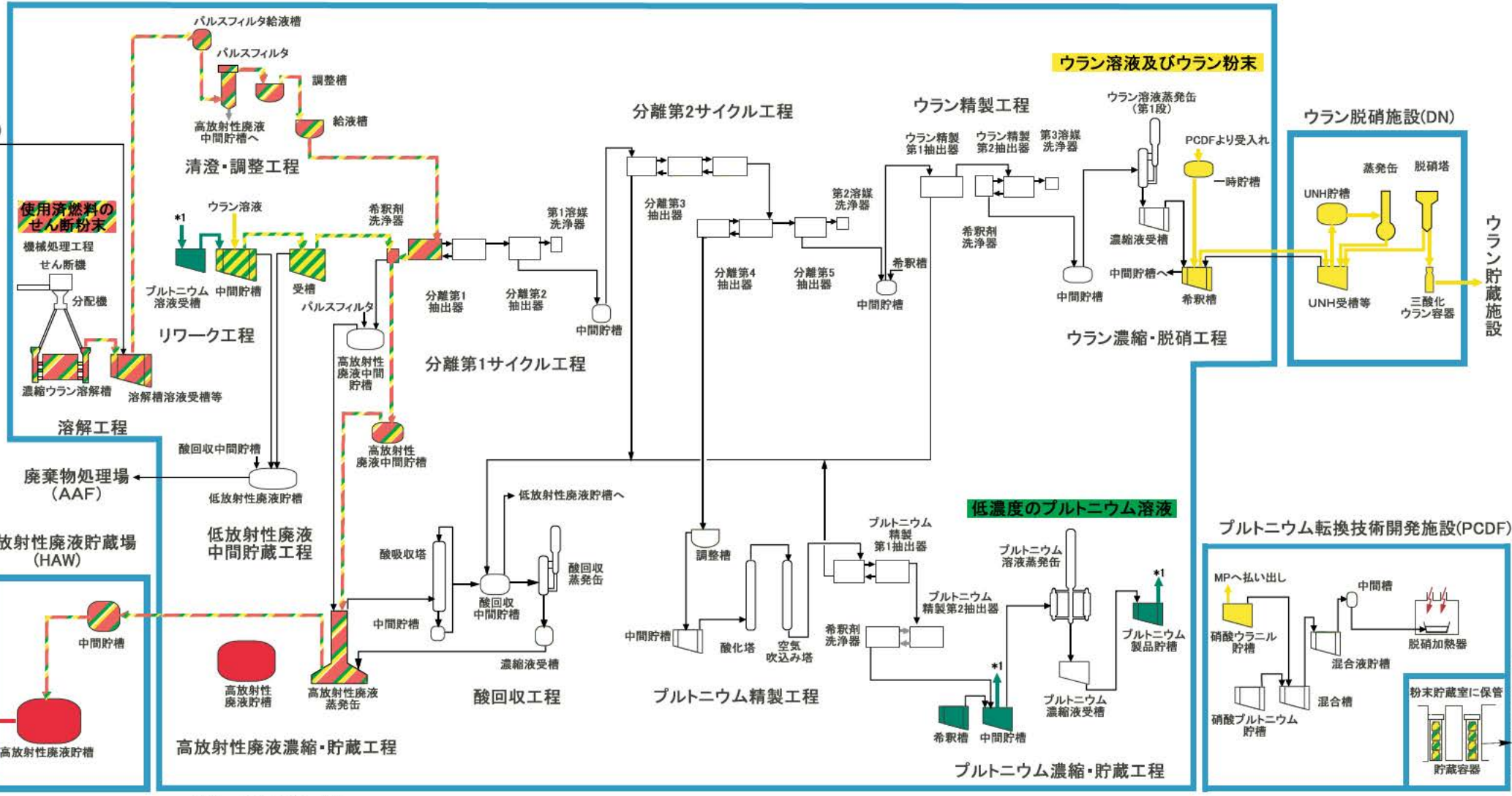
※4 施設区分「その他再処理設備の附属施設」

<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

分離精製工場(MP)

分析所(CB)
(分析試料等)



*1:プルトニウム溶液受槽へ送液

図-1 工程洗浄による検討中の核燃料物質の流れ

低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の今後の進め方

【概要】

○東海再処理施設に貯蔵している低放射性濃縮廃液等のリスクの早期低減や、低放射性濃縮廃液等の発生を伴う工程洗浄・系統除染等の計画的な実施のために、これらの廃液を固型化する施設である低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)については、より確実な安定運転に向けて設備整備を進め、早期に本格的な運転を目指すことを基本方針とする。

○LWTF における廃液の固型化方法については、廃棄物処理を合理的に進める観点から、廃棄体化の際、再加工が必要となる中間固化体(蒸発固化体)を製作するプロセスから、そのまま処分可能な廃棄体(セメント固化体)を製作するプロセスへの変更を計画している。

- ・セメント固化プロセスについては、国内外で実績のある技術を採用しているものの、環境規制の観点から廃液中の硝酸根を分解する必要がある。
- ・硝酸根の分解技術としては、処理対象廃液の硝酸塩濃度が高いという特徴に基づき触媒／還元剤法を採用したが、LWTF 運転の確実性・安定性の向上を図るために、これまでの試験に加えて更に実証プラント規模試験を行う。

○今後実施する実証プラント規模試験の成果を硝酸根分解設備の設計に反映することから、平成 31 年 3 月 20 日に申請した LWTF の廃止措置計画変更申請については一旦取り下げ、試験の成果を設計に反映した後に改めて申請することとする。

○実証プラント規模試験に 3 年程度の期間を要するものの低放射性濃縮廃液等の貯蔵状況と工程洗浄での廃液発生量を考慮しても、低放射性濃縮廃液等を貯蔵する貯槽の容量を超えることなく、LWTF の運転を開始できる見通しである。また、工程洗浄後の系統除染の計画に影響を与えず、更には、貯蔵に伴うリスクを可能な限り低減するために、実証プラント規模試験を含む設備設計の工程短縮化を検討し、十分な余裕をもって LWTF の運転を開始できるよう取り組む。

令和3年7月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の今後の進め方

令和 3 年 6 月 29 日

再処理廃止措置技術開発センター

1. LWTF 運転開始に向けた基本方針

東海再処理施設においては、低放射性廃液として、各工程からの廃液を蒸発濃縮した低放射性濃縮廃液、分離精製工場(MP)の抽出・精製工程で発生した廃溶媒、廃溶媒処理に伴い発生したリン酸廃液を貯蔵しており、今後、更に工程洗浄や系統除染等に伴い低放射性濃縮廃液が発生することから、これらの低放射性廃液の安定化を進め、リスクを早期に低減することが重要である。このため、低放射性濃縮廃液、リン酸廃液の安定化処理を行う低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)については、より確実な安定運転に向けて設備整備を進め、早期に本格的な運転を目指す。

2. LWTFへの新規設備の導入経緯

LWTFにおいては、廃液の固化方法について、硝酸塩を直接固化できるセメント材の開発が進み、廃棄体技術として適用可能である見通しが得られ、また、処分コストの観点からも優位であることから、中間固化体を製作する蒸発固化設備からセメント固化設備に変更するとともに、LWTFで製作するセメント固化体のうち浅地中処分対象のものは、化学物質による環境汚染に配慮した対応が必要となることから、セメント固化処理前に硝酸根を分解する硝酸根分解設備を新規に設置する計画である。

セメント固化設備については、国内外の原子力施設でも実績のあるインドラムミキシング方式を採用し、ビーカー試験や1/1スケールの工学規模試験を行い、硝酸根分解設備については、一般産業界における硝酸根分解技術調査結果を踏まえ、触媒/還元剤法を採用し、ビーカー試験や約1/25スケールの工学規模試験等を行い、設計開発を進め、平成31年3月20日に廃止措置計画変更申請を行った。

3. LWTFに導入する設備の技術的成立性及び実証プラント規模試験等の実施について

これらの設備を導入するにあたり、より確実で安定な運転を実現する観点で効果が期待できる事項を抽出するため、技術的成立性の検証を行った。

技術的成立性の検証の結果、実証プラント規模試験を追加実施することで確実性、安定性を高める効果が期待できる項目が抽出され、リスクの早期低減の観点からより確実な安定運転を目指すために、硝酸根分解設備の分解槽については、予め、実証プラント規模試

験を行い、データを取得することとした。

分解槽以外の硝酸根分解設備のアンモニア追出し、炭酸ガスによる転換プロセス及びセメント固化設備については、原子力施設や一般産業界において実績があり、実証プラント規模試験を追加実施せずとも設計で確認できる見通しを持っている。

4. 現在申請している廃止措置計画変更申請の取扱いについて

硝酸根分解設備は、実証プラント規模試験により実設備の設計に反映するデータ取得に時間を要すること、セメント固化設備は硝酸根分解設備と関連のある一連の設備であることから、平成31年3月20日に申請した廃止措置計画変更申請を全て一旦取り下げ、試験結果を設計に反映したうえで申請することとしたい。

5. 低放射性廃液のリスク低減に向けたLWTFの今後の対応について

(1) 低放射性廃液の貯蔵及び発生状況について

低放射性濃縮廃液は、発生元及び放射能濃度に応じて、MA酸性廃液、MAアルカリ性廃液、LAアルカリ性廃液の3種類に区分して貯蔵しており、現状、貯蔵施設全体で貯蔵能力約4,250m³に対して約3,086m³(令和3年3月末現在)の貯蔵量(約73%)となっている。

今後、施設の維持管理に伴い定常的に発生する廃液に加え、工程洗浄に伴い発生する廃液を考慮して満杯時期を試算すると、LAアルカリ性廃液が最も早く、その時期は令和17年度頃の見込みであるが、これより十分に余裕を持った早い時期にLWTFの運転開始を目指す。更には、工程洗浄後の系統除染の計画にも影響を与えないよう最短で確実なLWTFの運転開始を目指す。

なお、万一、LWTF運転開始が遅延した場合でも、満杯回避策として発生廃液を第2スラッジ貯蔵場(令和3年3月末現在の貯蔵量561m³、貯蔵裕度として約439m³確保)へ移送することが可能である。

上記のような満杯に至るまでの貯蔵状態は、その他の施設の外部事象に用いている評価条件(機器の耐震評価用の重量)を超えるものではなく、評価結果に包含されるため、想定したリスクを超えることはない。

(2) リスク低減に向けたLWTFの今後の対応について

低放射性濃縮廃液の満杯時期は当面先であるものの低放射性廃液の安定化を進め、リスクを早期に低減することが重要である。これを進めるにあたり、LWTFにおいては、可燃物である廃溶媒の処理を早期に終えるようリン酸廃液のセメント固化処理を優先的に進め、低放射性濃縮廃液については、リン酸廃液の処理を優先して実施する間は、貯蔵

量の増加を極力抑えながら処理運転を行う方針である。

また、新たに実施する実証プラント規模試験については、より早く、確実なデータを取得する観点で試験工程を検討した結果、1年目は、実施場所の調整や試験装置の設計を行い、2年目から試験装置の製作や触媒の製造に着手し、実証プラント規模試験の実施は、3年目となる見込みであり、硝酸根分解設備の施工設計はこれと並行して行うことで、運転までの工程の短縮化を図ることとし、工程洗浄、系統除染を含め廃止措置全体工程への影響が最小限となるよう取り組む。

以上を踏まえ、LWTFの運転に向けた具体的なスケジュールを検討していく。

以 上

補足資料

LWTF に導入する硝酸根分解技術の再評価について

1. 概要

LWTF に導入する硝酸根分解技術を「触媒/還元剤法」と決定したのは、平成 24 年 7 月である。当時、技術選定に当たっては、LWTF 内に設置可能であり、処理実績があること等を条件に、一般産業界における硝酸根分解技術を調査し、汚泥などの大量の二次廃棄物が発生しないことから「触媒/還元剤法」を採用した。

今回、廃止措置計画変更認可申請に対する一部補正を行うに当たり、硝酸根分解技術に対して最近の技術動向を調査し、各技術を定量的に評価することで、硝酸根分解技術の導入決定当時の選定結果の再整理を行った。

2. 整理方法

今回、文献調査(データベース: ScienceDirect、キーワード: denitrate 件数: 528 件)及び特許検索(データベース: 特許情報プラットフォーム、キーワード: 「硝酸性窒素分解 該当 190 件」「硝酸分解 該当 35 件」「硝酸性窒素 該当 865 件」 合計: 1090 件)から最新の技術動向を調査した。また、調査で把握した各方法に対して、一般産業界における実績を比較するため、1 日当たりの硝酸根分解量の実績(kg)、廃液 1 m³ 処理時に発生する二次廃棄物量(kg)、技術成熟度(TRL)により、規格化し定量的に各技術の評価を行った。また、「触媒/還元剤法」を基準として、1 日当たりの硝酸根分解量を同一とした場合の設備規模(設置面積)を概算した上で、LWTF 内への設置の可否について検討を行った。以上を踏まえて、LWTF の硝酸根分解設備に採用するプロセスとしての妥当性を検討した。

3. 整理結果 (表 1 参照)

文献調査の結果、直接硝酸根を分解する技術は大別すると、「触媒/還元剤法」など化学反応を応用した技術、「生物学的方法」など微生物の作用を応用した技術、「高温高圧法」など高温度や高圧力を応用した技術、「次亜塩素酸法」及び「活性水素生成法」など電解法を応用した技術の 4 つの基本技術に分類されることが分かった。

各技術の概要等を表 1 に示す。また、各技術の定量評価の結果を別添 1～5 に各々示す。

➤ 処理量の実績

1 日当たりの硝酸根分解量の実績については、「触媒/還元剤法」は約 660 kg、

「生物学的方法」は約 270 kg、「高温高圧法」は約 0.73 kg、「次亜塩素酸法」及び「活性水素生成法」は研究開発段階(ビーカースケール段階)の技術であり、1kg 未満であった。

➤ 二次廃棄物発生量

硝酸根を含む廃液を 1 m³ 処理した際の二次廃棄物発生量を調査したところ、「触媒/還元剤法」では、廃触媒が約 3 kg 発生することが分かった。「生物学的方法」では汚泥が約 9 kg 発生し、「高温高圧法」では概ね 5 年おきに反応装置の交換が必要であることから、これに伴い二次廃棄物が約 0.22 kg 発生することが分かった。また、「次亜塩素酸法」、「活性水素生成法」については研究開発段階にあり、二次廃棄物の発生量を計算出来る程のデータが現状無いことを確認した。

➤ 設備規模

1日当たりの硝酸根分解量を同一と想定し、LWTF に導入した場合の「触媒/還元剤法」の設備規模を基準として、各技術の設備規模(設置面積)を比較したところ、「生物学的方法」については約 17 倍、「高温高圧法」は約 9 倍の設置面積が必要となることが分かった。現状「触媒/還元剤法」による設備を LWTF に設置する計画であるが、「高温高圧法」及び「生物学的方法」の設備は既存の LWTF 建家内に必要なスペースが確保出来ず設置出来ないため、新たに専用施設を建設する必要があり、現実的ではないことが分かった(「次亜塩素酸法」及び「活性水素生成法」については、データが無く、設置面積は算定不可)。

➤ 技術成熟度(TRL)(別添 6 参照)

「触媒/還元剤法」は、JAEA 人形峠環境技術センターや一般産業で処理実績はあるものの LWTF と同程度の硝酸根濃度での処理実績は無いことから、TRL7~8 となった。「生物学的方法」は、一般産業で実機プラント運転が行われているが、高濃度の硝酸根濃度条件では実績が無いため、技術成熟度はTRL7~8 となった。「高温高圧法」は、現状、工学試験段階であるため、技術成熟度はTRL6 となった。その他の「次亜塩素酸法」及び「活性水素生成法」は、研究開発段階(ビーカースケール段階)の技術であるため、技術成熟度はTRL2 となった。

4. まとめ (表 1 参照)

硝酸根分解技術の最新の動向を踏まえ、定量的な評価を行った結果、LWTF に導入する技術としては、1 日当たり分解出来る硝酸根の実績量が多く、二次廃棄物量

の発生が比較的少ないこと、既存の LWTF 内に設置可能であること、また技術成熟度が高いことを踏まえて、現時点で「触媒/還元剤法」を超える有望な技術はないとの結果を得た。

以上

表1 LWTFに導入する硝酸根分解技術の再評価結果

名称	概要	利点	欠点	これまでの実績	LWTF導入に当たっての評価
触媒/還元剤法	貴金属あるいは合金系触媒と還元剤を用いて硝酸イオンを窒素ガスまで還元する。	・高濃度の硝酸ナトリウム溶液を効率よく分解した基礎データが取得されている。	・処理廃液中の硝酸イオン濃度が高い場合、触媒の寿命が短くなり、年に複数回交換が必要となる。 ・副生成物として、アンモニア(NH ₃)が発生する。	・JAEA 人形峠環境技術センターにて硝酸ナトリウム濃度が低い廃液の処理実績あり。 ・研究開発機関、金属加工業、非鉄金属製造業、触媒製造業で実績あり。	・処理量の実績:硝酸根 約660 kg/日 ・二次廃棄物発生量:1 m ³ 処理当たり廃触媒が約3 kg ・設備規模:既存のLWTF 建家内に設置可能 ・技術成熟度:TRL7~8(一般産業及びJAEA 人形峠環境技術センターにて処理実績はあるが、LWTFと同程度の硝酸根濃度での処理実績は無いため。)
生物学的な方法	脱窒菌を用いて排水中の硝酸イオンを窒素ガスへ還元する。	・特殊な装置や試薬(pH調整用試薬と栄養塩が必要)を用いる必要がなく、常温・常圧での処理により、安全性に優れる。	・処理出来る硝酸塩濃度が0.47 mol/Lと低濃度であり、高濃度の硝酸溶液への適用が課題となっている。 ・長期間停止後の処理時に性能低下が生じる場合がある。 ・二次廃棄物として汚泥が発生する。	・火力発電所排水処理 ・食品関連排水処理、洗濯排水処理、排水・下水処理	・処理量の実績:硝酸根 約270 kg/日 ・二次廃棄物発生量:1 m ³ 処理当たり汚泥が約9 kg ・設備規模:約17倍(触媒/還元剤法と同一の処理量を想定)であり既存のLWTF 建家内に必要なスペースが確保出来ず設置出来ない ・技術成熟度:TRL7~8(一般産業で実機プラント運転が行われているが、高濃度の硝酸濃度条件では実績が無いため)
高温高圧法	超臨界あるいは亜臨界状態の硝酸溶液中において、ギ酸等を還元剤として硝酸イオンを還元分解する。	・高濃度の硝酸塩溶液(~10 mol/L)に対して、還元剤のみで硝酸イオンを窒素へ還元分解出来る。 ・不純物(有機物、核分裂生成物等)を含有していても分解率が低下しない。	・高温高圧(400℃, 30 MPa)の処理条件が必要になるため、反応容器のスケールアップが容易ではない。 ・反応容器の高温腐食対策が必要となる(材料腐食試験結果から5年に1回反応容器を交換する必要がある)。	・実績なし。	・処理量の実績:硝酸根 約0.73 kg/日 ・二次廃棄物発生量:1 m ³ 処理当たり反応装置が約0.22 kg(概ね5年おきに装置交換を想定) ・設備規模:約9倍(触媒/還元剤法と同一の処理量を想定)であり既存のLWTF 建家内に必要なスペースが確保出来ず設置出来ない ・技術成熟度:TRL6(工学試験段階であるため)
次亜塩素酸法	硝酸溶液へ塩素イオンを添加し、電解反応と化学反応を組み合わせることで硝酸イオンを窒素ガスとする。	・還元剤や触媒が不要である。 ・高濃度の硝酸イオンを分解出来る。	・塩素イオンが共存するため、腐食の観点でステンレス鋼を用いることが出来ない。 ・副生成物として水素ガス、酸素ガスが発生する。 ・ピーカースケール試験段階であり、実用化までに期間を要する。	・実績なし。	・処理量の実績:硝酸根 約1 kg 未満/日 ・二次廃棄物発生量:データなし ・設備規模:データなし ・技術成熟度:TRL2(ピーカースケール段階の技術であるため)
活性水素生成法	硝酸溶液に対して、膜で隔てた状態で電解溶液を設置する。電解溶液中の水素イオンを水素吸蔵合金の陰極を用いて電解して水素ラジカルとし、これが膜を通り抜けて硝酸溶液側へ移動した後に反応することで、硝酸イオンを還元分解する。	・還元剤や触媒が不要である。 ・副生成物である水素ラジカルは、水素吸蔵合金に吸蔵される構造であり、水素ガスの気相への放出が抑制される。	・電極(水素吸蔵合金)の寿命に課題がある。 ・硝酸根分解速度が遅い。 ・ピーカースケール試験段階であり、実用化までに期間を要する。 ・硝酸根分解速度が遅い。	・実績なし。	・処理量の実績:硝酸根 約1 kg 未満/日 ・二次廃棄物発生量:データなし ・設備規模:データなし ・技術成熟度:TRL2(ピーカースケール段階の技術であるため)

⇒よって、LWTFに導入する技術としては、1日当たり分解出来る硝酸根の実績量が多く、二次廃棄物量の発生が比較的少ないこと、既存のLWTF内に設置可能であること、また技術成熟度が高いことを踏まえて、「触媒/還元剤法」を超える有望な技術はないとの結果を得た。

触媒/還元剤法について

1. 概要

貴金属あるいは合金系触媒と還元剤を硝酸廃液に投入し、加温・攪拌することで、廃液中の硝酸イオンを窒素ガスまで還元する手法である。

2. 利点

- ・高濃度の硝酸ナトリウム溶液を効率よく分解した基礎データが取得されている。
(4.7 mol/L 硝酸ナトリウムに対して、約 6 時間かけて、液中の硝酸根を 100%分解可能)

3. 欠点

- ・処理廃液中の硝酸イオン濃度が高い場合、触媒の寿命が短くなり、年に複数回交換が必要となる。
- ・副生成物として、アンモニア (NH_3) が発生する。

4. 処理量の実績

- ・一般産業において、硝酸イオン濃度 22 g/L の廃液 1250 L を 1 時間で処理
※一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 660 kg (実績値から算出した評価値)
- ・JAEA 工学規模試験において、硝酸ナトリウム濃度 4.7 mol/L の溶液 20 L を 5.9 時間で処理
※ 一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 24 kg (実績値から算出した評価値)
- ・JAEA 人形峠において、硝酸イオン濃度 80 g/L の溶液 50 L を 3.5 時間で処理
※ 一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 27 kg (実績値から算出した評価値)

5. 設備規模(LWTF に設置する設備)

「約 12 m×約 3.5 m×高さ約 6 m」「約 12 m×約 5.0 m×高さ約 6 m」の 2 箇所に設置

6. 必要試薬

- ・還元剤：60%水加ヒドラジン (LWTF)、60%水加ヒドラジン、スルファミン酸 (人形峠)
- ・触媒：Pd-Cu 活性炭担持金属コロイド触媒 (LWTF)、Cu スポンジ銅触媒 (人形峠)

7. 二次廃棄物発生量

- ・硝酸イオン分解触媒 約 1000 kg/年、廃液処理量 約 400 m³/年 (LWTF における設計値)
※ 廃液 1 m³処理時の二次廃棄物発生量(kg)：約 3 kg

8. 技術成熟度

TRL7~8

(JAEA 人形峠にて廃液の処理運転実績はあるが、硝酸ナトリウム濃度の低い廃液であったため)



図 工学規模試験装置

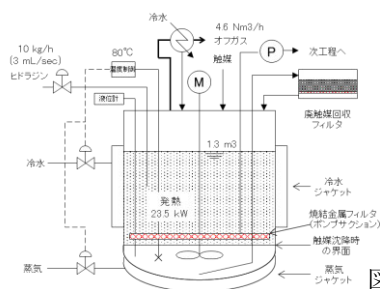


図 硝酸根分解槽概略図

生物学的方法について

1. 概要

再処理施設から発生する硝酸塩廃液の処理技術として、一般産業界で多数の実績を有する生物脱窒法の改良を行い膜分離方式を開発した。本方式は、低コスト、常温常圧での処理が可能、危険な薬品を使用しない、アンモニア等の副生成物の発生が無いという特徴を有する。

2. 利点

- ・低コストが最大の利点。
- ・常温常圧で処理が可能。
- ・危険物に該当する試薬類の使用が不要。

3. 欠点

- ・処理速度が遅い。
- ・高濃度の硝酸根濃度条件の分解実績が無い。
- ・二次廃棄物として汚泥が大量に発生する。
- ・長時間停止後の処理時に性能低下が生じる場合がある。

4. 処理量の実績 ^{※1}

0.47 mol/L の硝酸ナトリウム溶液(硝酸性窒素 6,700 mg/L)を一日で約 9 m³ 処理出来る。

※ 一日に処理出来る硝酸根量(kg)：約 270 kg (実績値から推算した評価値)

5. 設備規模 ^{※1}

約 13 m×約 6.5 m×20 箇所

6. 必要試薬

有機物含有量が微量な廃液の場合は水素供与体としてメタノールを添加する。

7. 二次廃棄物発生量

4.7mol/L の硝酸ナトリウム溶液を 1 m³ 処理したとき、汚泥が約 9 kg 発生する。

8. 技術成熟度

TRL7～8

(一般産業で実機プラント運転が行われているが、硝酸ナトリウム濃度の低い廃液であったため)

9. 参考文献

※1：JAEA-Technology-2008-084 硝酸塩廃液生物処理システム試験

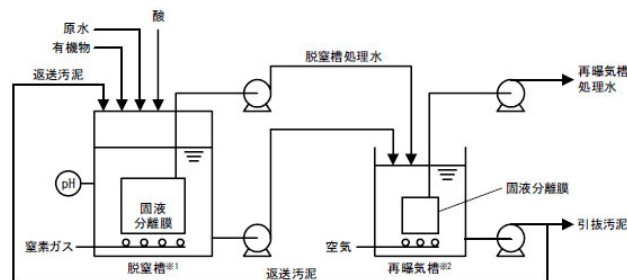


図 生物脱窒試験装置

高温高压法について

1. 概要

高温高压法では、高温、高圧力(例：400°C、30 MPa)の環境下のもと、硝酸塩廃液と還元剤(例:ギ酸)を反応させることにより、硝酸イオンを窒素に分解する方法である。

2. 利点

- ・ 溶液の pH 調整等の前処理が必要ない。
- ・ 少量の溶媒の混入が許容される。
- ・ NO_x が発生しない。
- ・ ほぼ 100%の硝酸根分解率が得られる。

3. 欠点

- ・ 内部容器が腐食するため、内部容器の定期的な交換が必要。
- ・ 他の方法と比較して設備の設置スペースが比較的大きい。

4. 処理の実績

硝酸ナトリウム 3.5 mol/L の溶液 0.14 L を 1 時間で処理

※ 一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 0.73 kg (実績値から算出した評価値)

5. 設備規模(概算)

必要配置スペース： 約 24 m × 約 40 m × 高さ約 8 m

6. 必要試薬

- ・ 88%ギ酸：300 t/年 (硝酸ナトリウムの 1.2 倍当量)

7. 二次廃棄物発生量

- ・ 反応容器の内部容器 216 kg/年
(材質は SUS316L、重量 40 kg、27 基有、5 年間で交換と仮定)

※ 廃液 1 m³ 処理時の二次廃棄物発生量(kg)：約 0.22 kg

8. 技術成熟度

TRL 6

(工学規模(2.6 L)までの試験しか行われていないため)

9. 参考文献

※：平成 20 年度 文部科学省 原子力システム研究開発事業 将来再処理プロセスでの窒素酸化物クローズドシステム開発 成果報告書

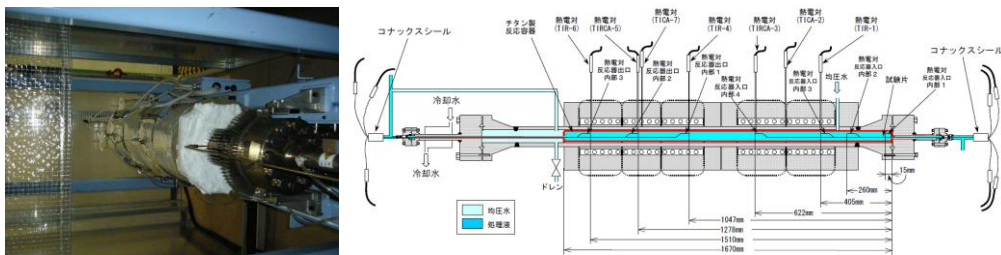


図 工学規模における反応容器の外観写真(左)と構造図(右) ※

次亜塩素酸法について

1. 概要

硝酸溶液へ塩素イオンを添加し、電解反応と化学反応を組み合わせることで硝酸イオンを窒素ガスとする手法である。

2. 利点

- ・還元剤や触媒が不要である。
- ・高濃度の硝酸イオンを分解できる。

3. 欠点

- ・塩素イオンが共存するため、腐食の観点でステンレス鋼を用いることができない。
- ・副生成物として水素ガス、酸素ガスが発生する。
- ・研究開発段階（ピカスケール段階）であり、実用化までに期間を要する。

4. 処理量の実績

- ・塩化カリウム濃度 10 mmol/L の溶液 0.3 L 中に共存する 3.2 mmol/L の硝酸カリウムを 75 分^{*1}で処理

※一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 1.1×10^{-3} kg (実験値から算出した評価値)

5. 設備規模

研究開発段階のため、設備規模（設置面積）は算定不可

6. 必要試薬

- ・塩化物イオン溶液（必要であれば緩衝液（リン酸水素二カリウム等）を用いて、電解により pH が弱アルカリに偏るのを抑制）

7. 二次廃棄物発生量

- ・水素ガス、酸素ガスが発生する。（研究開発段階のため、発生量は算定不可）

8. 技術成熟度

TRL2

（研究開発段階の技術であるため）

9. 参考文献

※1：三洋電機(株)研究開発本部エコ・エネシステム研究所 広ら、

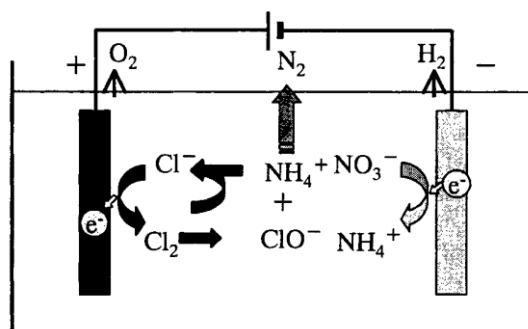


図 次亜塩素酸法反応概要 ^{※1}

活性水素生成法について

1. 概要

硝酸溶液に対して、膜で隔てた状態で電解溶液を設置する。電解溶液中の水素イオンを水素吸蔵合金の陰極を用いて電解して水素ラジカルとし、これが膜を通り抜けて硝酸溶液側へ移動した後、反応することで、硝酸イオンを還元分解する。

2. 利点

- ・還元剤や触媒が不要である。
- ・副生成物である水素ラジカルは、水素吸蔵合金に吸蔵される構造であり、水素ガスの気相への放出が抑制される。

3. 欠点

- ・電極（水素吸蔵合金）の寿命に課題がある。
- ・研究開発段階（ビーカースケール段階）であり、実用化までに期間を要する。
- ・研究開発段階であるが、硝酸根分解速度が遅い。

4. 処理量の実績 ^{※1}

- ・硝酸イオン 340 ppm を含む水溶液 500 mL を 10 時間で処理

※一日に処理できる硝酸根量(kg)：約 4.0×10^{-4} kg (実験値から算出した評価値)

5. 設備規模

研究開発段階のため、設備規模（設置面積）は算定不可

6. 必要試薬

- ・20% 水酸化ナトリウム水溶液（電解質側）
- ・隔壁兼陰極：パラジウム-銀（23%）
- ・水素化室内に、 0.3 g/m^2 に相当するパラジウムを置換めっきしたニッケル製セルメットの充填が必要

7. 二次廃棄物発生量

- ・アンモニアが発生する。（研究開発段階のため、発生量は算定不可）

8. 技術成熟度

TRL2

（研究開発段階の技術であるため）

9. 参考文献

※1：ペルメレック電極(株)島宗ら、特開平 10-195686、水素化方法及び電解槽

技術成熟度 (TRL) について

- 技術成熟度(TRL : Technology Readiness Levels)とは、新技術・概念の着想段階から実用段階までをいくつかの段階に分け、技術開発の段階を体系的に示す指標である。
- 1980 年代より NASA での宇宙開発に活用されており(図 1)、異なる技術間の成熟度を比較する場合や新技術の成熟度を事前評価する際に用いられる。
- 今回の評価では、GNEP における TRL 評価(図 2)を参考とし、概念開発段階(TRL1～TRL3)、原理実証段階(TRL4～TRL6)、性能実証段階(TRL7～TRL9)に大きく分け、それぞれの段階を更に 3 段階に分け、全体で 9 段階の分類とした。
- 各硝酸根分解技術について公開情報を基に、9 段階のうち現状どの段階に当てはまるかを評価した。
- なお、TRL 基準を活用しても、技術成熟度の厳密な定量表現ができるわけではないとされている¹⁾。

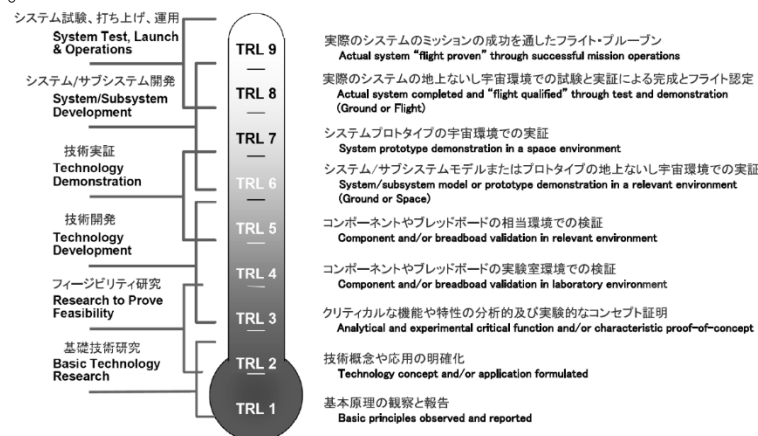


図 1 NASA で用いられている TRL²⁾

TRL	開発段階	
9	性能実証段階	実機プラント運転
8		実機プラント試験
7		プロトタイプ試験運転
6	原理実証段階	技術基盤の確立
5		要素技術の完成
4		要素技術の開発
3	概念開発段階	技術開発の活性化
2		技術概念の具体化
1		システム概念の構築

図 2 今回の評価で参考にした TRL の分類³⁾

(参考文献)

- 1) 大井田俊彦, 宇宙開発における技術成熟度(TRL)基準の活用, 原子力学会「2010 年春の年会」, OV 08, (2010)
- 2) J. C. Mankins, A WHITE PAPER “Technology Readiness Levels”, (NASA, 1995)
- 3) 「分離変換・MA リサイクル」研究専門委員会, 分離変換技術はどこまで成熟したか?, 日本原子力学会誌, Vol. 52, No. 12 (2010)

LWTF における実証プラント規模試験の実施について

低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)では、セメント固化設備及び硝酸根分解設備の導入に向けビーカースケール、工学規模の試験で設計開発を進めてきた。

今回、セメント固化設備及び硝酸根分解設備を導入するにあたり、より確実に安定な運転を実現する観点で効果が期待できる事項を抽出するため、技術的成立性の検証を行った。

【技術的成立性の検証結果】

実証プラント規模試験を追加実施することで確実性、安定性を高める効果が期待できる項目が抽出され、リスクの早期低減の観点からより確実な安定運転を目指すために、硝酸根分解設備の分解槽については、予め、実証プラント規模試験を行い、データを取得することとした。

分解槽以外の硝酸根分解設備のアンモニア追出し、炭酸ガスによる転換プロセス及びセメント固化設備については、原子力施設や一般産業界において実績があり、実証プラント規模試験を追加実施せずとも設計で確認できる見通しを持っている。

なお、セメント固化設備及び硝酸根分解設備において、最適操作条件下での適用性や条件変動時の影響確認等の一部で、ビーカースケール又は工学規模の試験において確認すべき事項として抽出されたことから、これらについては、速やかに試験に着手しデータを取得していく。

表－1に、実証プラント規模試験、ビーカースケール及び工学規模試験における確認項目の選定結果を示す。

以 上

表-1 実証プラント規模試験、ピーカースケール及び工学規模試験における確認項目の選定結果(1/4)
(硝酸根分解設備 分解槽)

今後確認が必要な項目		確認方法及び理由		
		確認方法	理由	
① 生成物を得るための最適操作条件(温度、濃度、流量、圧力等)の確認	実機スケールにおける実証性	(処理性能) 実機スケールにおいて、最適操作条件下で所定の生成物(硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液)が得られることを確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール及び工学規模試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(硝酸根の分解性能)を満足する見込みが得られているが、実証プラント規模試験において、硝酸根の分解性能を向上させるための攪拌機及び攪拌翼を用いたデータを取得して実設備の設計に反映することで、より確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
	システムの制御性・安定性	(攪拌による槽内の均一性) 実機スケールにおいて、分解槽内の処理液、触媒及び還元剤が攪拌により均一に混合できていることを確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール及び工学規模試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(攪拌による槽内の均一性)を満足する見込みが得られているが、実証プラント規模試験において、攪拌による槽内の均一性を向上させるための攪拌機、攪拌翼及び分解槽の形状に係るデータを取得して実設備の設計に反映することで、より確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
		(槽内液温度の制御性) 実機スケールにおいて、分解槽内の液温が所定の温度に制御できていることを確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール及び工学規模試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(槽内液温度の制御性)を満足する見込みが得られているが、実証プラント規模試験において、槽内液温度の制御性を向上させるための分解槽の温度調節用ジャケット、攪拌機及び攪拌翼を用いたデータを取得して実設備の設計に反映することで、より確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
② 生成物を得るために影響を与える因子(組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等)を変動させた時の影響確認	条件変動時のプロセス成立性	(条件変動時の影響) 工学規模試験において、条件(廃液温度、触媒添加量、還元剤添加量、還元剤供給速度)を変動させた場合の影響を確認する。	工学規模試験により確認	ピーカースケール試験の結果から、工学規模において条件(廃液温度、触媒添加量、還元剤添加量、還元剤供給速度)を変動させた場合にもピーカースケール同様の影響が確認できる見込みが得られているが、工学規模試験において条件を変動させた場合の影響を確認し、安定運転に向けてデータを補完するため。
	取合い設備等を考慮した条件変動時のプロセス成立性	(条件変動時の処理性能) 実機スケールにおいて、所定の生成物(硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液)が得られる条件変動範囲を確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(硝酸根の分解性能)を満足する見込みが得られているが、工学規模試験及び実証プラント規模試験において、所定の生成物が得られる条件変動範囲を確認して実設備の設計に反映することで、より確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
	不純物を変動させた場合の影響	(実廃液の組成変動を考慮した影響) ピーカースケールにおいて、実廃液の組成変動を考慮した不純物を変動させた場合の影響を確認する。	ピーカースケールにより確認	ピーカースケール試験において、実廃液を模擬した不純物の影響を確認するためのデータは概ね取得しているものの、実廃液の組成変動を考慮し、不純物を変動させた場合の影響を確認して、安定運転に向けてデータを補完するため。
	取合い設備等を考慮した条件変動時のプロセス成立性	(取合い設備等を考慮した条件変動時の処理性能) 実機スケールにおいて、所定の生成物(硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液)が得られる取合い設備等を考慮した条件変動範囲を確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(硝酸根の分解性能)を満足する見込みが得られているが、工学規模試験及び実証プラント規模試験において、取合い設備(上流設備のろ過・吸着設備)等を考慮した所定の生成物が得られる条件変動範囲を確認して実設備の設計に反映することで、より確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	対策の有効性確認	(装置の改良点・耐久性) 実機スケールにおいて、装置の改良点がなく、耐久性に係る対策が有効であることを確認する。	設計にて対応の上、 実設備のコールド試運転にて確認	実設備の材料選定は、一般産業界で利用されている試薬の安全データシートや使用条件を基に選定しており、設計で耐久性を十分確認可能であるため。また、工学規模で実施した材料腐食試験にて、耐久性の課題がないことを確認しているため。
④ 不具合(トラブル)が発生せず安定的に連続運転できることの確認	不具合の発生確認	(触媒分離用フィルターの不具合発生確認) 実機スケールにおいて、触媒分離用フィルターが目詰まりせずに処理済液の分離が行えること、槽内からの廃触媒の抽出が行えることを確認する。	実証プラント規模試験により確認	ピーカースケール及び工学規模試験の結果から、実機スケールにおいて所定の性能(触媒分離用フィルターが目詰まりせずに処理済液の分離が行えること)を満足する見込みが得られているが、実証プラント規模試験において、触媒分離用フィルターを用いたデータを取得して実設備の設計に反映することで、不具合が発生せずにより確実に実設備の運転を開始できるようにするため。
⑤ 保守性の確認	消耗品の劣化予兆の予測と保守が容易に行えること	(消耗品の保守性) 実機スケールにおいて、保守対象の触媒分離用フィルター(目詰まり)に対して、フィルターの目詰まりを解消するための逆洗処理、フィルターの交換が行えることを確認する。	設計にて対応の上、 実設備のコールド試運転にて確認	実設備で使用する触媒分離用フィルター(焼結金属フィルター)は、一般産業界(触媒回収、液体又はガスのろ過等)において使用実績があり、フィルターの逆洗処理やフィルターの交換は一般的に用いられる保守方法であることから、設計で保守性を十分確認可能であるため。
⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認	異常時(運転上)の設備の挙動	(操作の中断、再開、試薬類の過剰投入等による反応への影響確認) 工学規模試験において、停電や機器故障を想定した場合の操作の中断、再開、試薬類の過剰投入等による反応への影響について確認する。	工学規模試験により確認	ピーカースケール試験結果から、工学規模において反応に必要な還元剤(ヒドラジン)の供給中断、再開した際の反応へ問題となる影響がない見込みが得られているが、工学規模試験において、反応に必要な還元剤(ヒドラジン)の供給中断、再開した際の反応への影響がないことを確認して、安定運転に向けてデータを補完するため。
	異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認	(異常時の作動確認) 実機スケールにおいて、異常(停電、機器故障等)を模擬した場合の設備の挙動について確認する。	設計にて対応の上、 実設備のコールド試運転にて確認	実設備における運転上の異常時(停電、機器故障等)を模擬した場合の設備の挙動については、他の放射性物質を扱う施設と同様、停電時に設備内の負圧を維持する排風機以外は運転を停止し、安全な状態を維持するとともに、分解槽内の液温が異常上昇時に還元剤の過剰投入を防止するために還元剤供給バルブを閉止する対応としたものであり、設計で十分確認可能であるため。
	安全上留意すべき事項への対策(ヒドラジンの過剰供給への対策)	(安全上留意すべき事項への対策の有効性) 工学規模及び実機スケールにおいて、ヒドラジンの過剰供給への対策(積算流量計とバルブの二重化)の有効性について確認する。	設計にて対応の上、 実設備のコールド試運転にて確認	実設備における安全上留意すべき事項(ヒドラジンの過剰供給)への対策については、他の放射性物質を扱う施設と同様、ヒドラジンの供給系統に設けた積算流量計とバルブによるインターロックを冗長化(二重化)することにより、単一故障による過剰投入に対する予防措置を強化したものであり、設計で十分確認可能であるため。

※ハッチング箇所は、次回の変更申請までに試験を実施して確認する項目