

日本原子力研究開発機構機関リポジトリ  
Japan Atomic Energy Agency Institutional Repository

Title	東海再処理施設における保守管理技術とその展望
Author(s)	芳中 一行, 阿部 定好
Citation	技術士. 2015, 27(6), p.4-7.
Text Version	出版社版
URL	<a href="http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/search?5050661">http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/search?5050661</a>
Right	©日本技術士会

# 東海再処理施設における保守管理技術とその展望

Progress and Foresight of Maintenance Technology in Tokai Reprocessing Plant

芳中 一行 阿部 定好

Yoshinaka Kazuyuki Abe Sadayoshi

再処理施設では、沸騰硝酸下の厳しい腐食環境に曝される機器があり、有機溶媒による火災防止等の安全機能も必要となる。それら機器と機能の維持のため様々な点検が実施されており、高線量下での対応を要することから、経験で培った遠隔保守に保守管理の特徴がある。昨年、東海再処理施設の廃止措置の方向性が示されたが、高放射性廃液処理のため関連設備を長期に渡り使用していくことから、保守管理の重要性は変わらない。これまで培ってきた遠隔保守技術を更に発展させ、福島第一原子力発電所の廃止措置に寄与することが期待される。

In a reprocessing plant, some apparatuses are in severe corrosive condition, like exposure to boiling nitric acid. Safety functions, like fire prevention on organic solvent, are needed on some apparatuses. To maintain the apparatuses and functions, various inspections are performed. The features of the maintenance in high dose, are represented in experiences of remote operation. The way of decommissioning of Tokai Reprocessing Plant has been indicated last year. But importance of maintenance will not change, because the apparatuses for treatment of high level liquid waste will be used for long term. Continuing development of remote maintenance technology and contribution to decommissioning Fukushima dai-ichi NPP are expected.

キーワード：再処理施設，保守管理，遠隔保守，廃止措置

## 1 東海再処理施設の特徴と安全対策

1981年の操業開始後30年以上が経過した東海再処理施設における保守管理の状況とその展望について紹介する。はじめに、保守管理の対象となる再処理施設の特徴と安全対策の概要について述べる。

原子力発電所で使用された使用済みの核燃料中には、燃え残ったウラン(U)と、原子炉内で生成したプルトニウム(Pu)を含んでおり、これらの物質を取り出し、再び原子力発電所で燃料として使用できるようにする役目を再処理施設は担っている。

再処理施設には、燃料のせん断、溶解、U・Puの分離・精製、分離後の高濃度の放射性物質を含んだ廃

液(高放射性廃液)の処理(ガラス固化)等を行うための各種設備・機器がある(図1)。また、溶解等に硝酸を、U・Puの分離・精製に有機溶媒を用いる。各機器の材料には、放射性物質が機器外に漏れいしないよう、ステンレス鋼を中心とした耐食性材料が用いられる。特に溶解槽、蒸発缶のように、加熱状態で硝酸(沸騰硝酸)と接触する

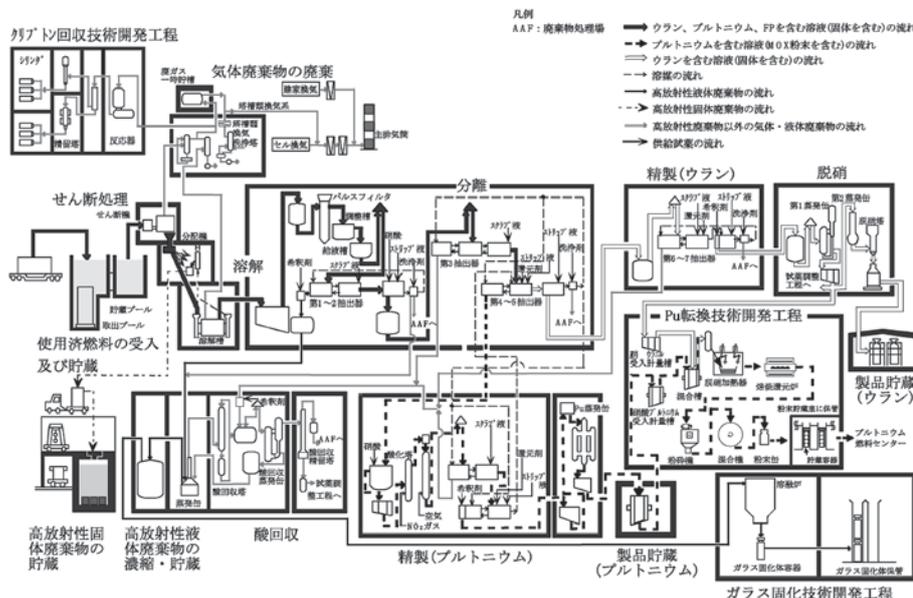


図1 再処理工程概要図<sup>1)</sup>

機器類は、より耐食性に優れた材料が用いられる。

国内の再処理施設では、ガラス固化に用いる熔融炉に直接通電加熱方式が採用されており、1 000℃以上の高温に加熱されることから耐火レンガ構造となっている。

U・Puの分離・精製に用いる有機溶媒は可燃性で危険物第4類に分類される。火災防止の観点から、通常、熱電対（熱起電力を利用した温度センサー）を用いて温度管理が行われ引火点以下で取り扱われる。加熱を行う機器類には、温度の異常を検知し、加熱を自動的に停止するインターロック機能が設けられる個所もある。この他、放射性溶液の漏えい、核物質による臨界、施設内の放射線上昇などの異常を検知する装置が各所に設置されている。

また、放射性溶液の貯蔵に際し、放射線分解により発生する水素ガスの滞留防止、崩壊熱による過熱防止等の安全対策が講じられている。

なお、再処理施設の主要な設備機器は放射線の遮蔽のため、セルと呼ばれる厚い壁で覆われた部屋に収納されるほか、耐震性等の要求から建物は強固な構造となっている。

## 2 東海再処理施設の保守管理の現状

### 2.1 再処理施設の保守管理

各種設備・機器については、その特徴や使用環

境に応じて、外観点検、肉厚測定等の点検を行い、健全性を確認している。セル内に設置された設備・機器に対し、これまでに適用された特徴的な設備診断・保守を表1に示す。

臨界、火災・爆発、放射線量上昇等の異常等を検知するための各種計装設備は、作動点検や校正等を定期的実施し、警報やインターロック機能が正常に作動することを確認すると共に必要に応じて部品交換等を行い、その性能が維持される。

また、法令上、建物を含む構築物や安全上重要とされる機器等を対象として、経年変化に対する技術的な評価と保全計画の策定が求められており、2004年3月時点の評価結果が公表されている。この評価においては、国内外の再処理施設の運転経験等を基に、様々なメカニズムで生じる各種の劣化、例えば、材料の腐食、摩耗、疲労、変形、変質、絶縁低下、断線、耐火レンガの割れ、コンクリート強度低下等の可能性を検討した上で、これまで実施してきた保守管理が概ね妥当であることが評価されている<sup>2)</sup>。

### 2.2 トラブル経験による保守技術向上

東海再処理施設が建設されたのは30年以上前の再処理施設の黎明期であり、メンテナンスフリーの設計思想で設置された設備・機器に対して十分な保守技術が確立していたとはいえ、機械

表1 適用された特徴的な診断技術・保守

種別	対象設備		劣化に係る 主な経験/想定等	対象設備への アクセス方法	設備診断・保守方法
	設備	主要材質・構造等			
機械処理系	せん断装置	ギロチン切断方式	せん断刃摩耗、せん断片 噛み込み、切粉滞留による 作動不調（経験有）	セル外からの操作で、装置内 外部へ遠隔でアクセス	・装置内外の耐放射線性カメラ設置及び観察 ・切粉清掃用スクレーパ機構の追加設置 ・せん断刃交換
化学処理系	溶解槽	URANAS65 (追設機は NAR310Nb)	腐食による減肉、貫通 孔、スラッジによる配 管閉塞等（経験有）	セル外からの操作で、槽内部 へ配管（φ約10cm）経由 又は、遮蔽プラグを取り外し て、遠隔でアクセス	・超音波肉厚測定 ・染色浸透探傷試験 ・補修溶接 ・高圧水洗浄（図2）
化学処理系	高放射性廃液蒸 発缶	URANAS65	腐食による貫通孔（経 験有）	セル外からの操作で、蒸発缶 内部の加熱蒸気配管（φ約 4cm、長さ約30m）内へ アクセス	・加熱蒸気配管の超音波肉厚測定（検査用プローブ）
化学処理系	高放射性廃液貯 槽	ステンレス鋼 (SUS316ULC)	腐食による減肉、貫通 孔（想定）	セル外からの操作で、壁の貫 通孔（φ約15.5cm）を 経由して、槽外壁へアクセス	・貯槽外壁の超音波肉厚測定
化学処理系	ガラス熔融炉	耐火レンガ構造	炉内への白金族元素滞 留による性能低下（経 験有）	セル外からの操作で、熔融炉 内外部へ遠隔でアクセス	・レーザーを利用した3次元計測（電極・レンガの腐食） ・超音波肉厚測定（電極の腐食） ・炉内堆積物の除去（機械式） ・熔融炉遠隔解体（レーザー、電動ブレーカ（機械式））
化学処理系	ガラス熔融炉周 辺設備	ラック構造（ラッ ク毎交換可能） 遠隔継手接続	熔融炉の更新に伴う周 辺配管の交換（経験有） 腐食、閉塞等（想定）	セル外からの操作で熔融炉周 辺へ遠隔でアクセス	・対象継手に発光体を取付け、継手間の位置関係を3 次元計測する技術（画像解析） ・BSM及びセル内クレーンを用いた遠隔での配管交換 （継手接続）
保守設備（ガラ ス固化関連設備 用）	両腕型マニプ レータ（BSM）（写 真1）	多関節構造	ケーブル巻取り不良、ケ ーブル接続部の接触不 良（経験有）	セル外からの操作で、固化セ ル外へ搬出した後に直接保守	・除染・部品交換等
化学処理系	リン酸廃液蒸発 缶（NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 溶液）	ステンレス鋼 (SUS316L)	応力腐食割れ（想定）	セル内からの操作で、缶内 部へ予備配管ノズル（φ約 6cm）経由でアクセス	・缶内溶接部の蛍光浸透探傷試験、外観観察（CCDカ メラ）

処理系，化学処理系のトラブル経験により特徴的な保守技術が開発されたことが，山村らによって分析，報告されている<sup>1)</sup>。

その保守技術の特徴は，高濃度の放射性物質を取扱う設備・機器の遠隔保守技術にみることができ，典型的な例として，溶解槽の保守技術がある。溶解槽では溶接部に腐食貫通孔を生じるトラブルを経験し，その補修のために遠隔補修装置が開発された。この装置は，溶解槽内部へアクセスし，非破壊検査（浸透探傷試験），肉厚測定，溶接等を行う機能を有する。

さらに，溶解槽に対しては，槽内に堆積するスラッジが影響し，その後の送液に支障をきたしていたことから，溶解槽に接続されている配管（約10 cm 径）の中を通過して，溶解槽内部にアクセスし，高圧水を吹きかけてスラッジを除去・回収できるスラッジ除去装置の開発が行われている（図2）。

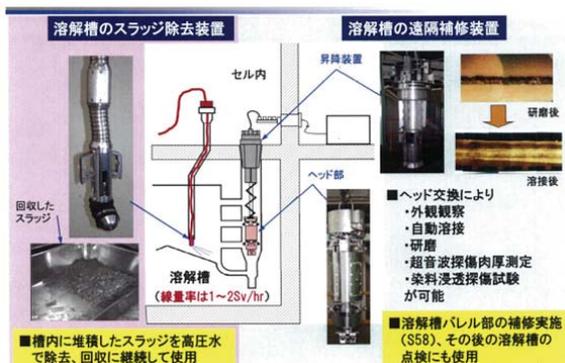


図2 溶解槽の遠隔保守に用いる装置<sup>3)</sup>

溶解槽が設置されているセルは高線量率のため，直接的に人が近寄って保守をすることができない。

通常，このような場合には，人が近づかずに診断や補修等の対応が可能な装置を開発することになる。その際，対象機器の形状，アクセスルート，補修装置自体の故障時の対応等，予想される様々な障害等を考慮する必要があるため，実際の環境を模擬した状態で十分な動作確認等を行った後，実機に適用される。

また，図3には溶解槽の肉厚測定結果を示した。

この図から分かるように，溶解槽の加熱時間と減肉量に相関があり，設計上考慮された減肉量（5 mm）を超えないように管理することが可能である。

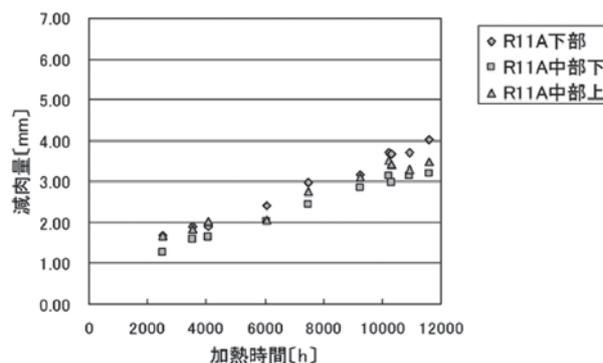


図3 溶解槽の肉厚測定結果<sup>1)</sup>

なお，貫通孔を生じた部位は，溶解槽の加熱ジャケット（周囲に蒸気を通気し加熱できるようにしている）部の溶接線であるが，槓によれば，伝熱面の母材部（URANUS65（25Cr-20Ni-Nb 添加オーステナイト系ステンレス鋼））における腐食速度は，沸騰硝酸（2 mol/l）浸漬下の試験で求めた腐食速度（約0.01 mm/y）の100倍以上であり，伝熱面環境，Pu等による加速効果が考えられるとされている。その後，追加設置された溶解槽では，より耐食性の高い材料（NAR310Nb）を用い，加熱ジャケット付近に溶接部をもたない構造とする等の改良がなされて，腐食速度は約1/2に抑制されている<sup>4)</sup>。

### 2.3 ガラス溶融炉及び周辺設備の保守管理

ガラス溶融炉は，経年変化事象として炉内の電極やレンガの腐食による減肉等が想定され，運転状況によるが，その寿命は5年程度と考えられている。溶融炉を更新する場合，大規模なリプレイスを行うことになるため，その長寿命化が重要な技術開発課題となっている。

東海再処理施設においては，当初設置のガラス溶融炉（初代）を現在の溶融炉（2代目）に更新した経験を有する。初代溶融炉は炉内に白金族元素が堆積し，それに起因する能力低下が発生し，更新することになった。更新の際，白金族元素を抜き出しやすくするため，炉底部，補助電極などの溶融炉（2代目）の構造の改良が行われている。また，この経験を基に，堆積物を除去，回収するための遠隔装置を開発し実機へ適用した他，レーザー技術を応用した炉内形状計測技術の開発を進めており，今後，計測データを蓄積して寿命予測

や次世代溶融炉の設計へ反映することが計画されている。なお、取り外した初代溶融炉は、レーザートーチ等により裁断、解体が行われており、遠隔操作での解体が可能であることが実証されている。

溶融炉の設置場所は、溶解槽のそれ以上に高線量率であり、遠隔保守を前提とした様々な対策が設計段階で考慮されている。セル内には遠隔操作が可能な両腕型マニプレータと呼ばれる装置を備えている（写真1）ほか、主要な周辺設備はラック内に組み込まれ、ラックごと一体で交換可能な構造となっている。なお、大型機器更新の際、多数の取合個所が存在し、製作公差の影響による配管取合個所の不整合を生じないように配慮する必要がある。このため、高精度の寸法測定が必要になるが、近年では、船舶や橋梁などの大型構造物の形状計測に使用実績のある3次元計測技術を適用し、作業期間の大幅な短縮に成功している。

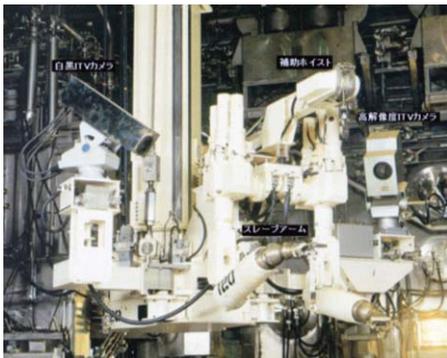


写真1 両腕型マニプレータ

### 3 展望

東海再処理施設では、2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震後、約1万8千点の設備、構築物について、約2年間に渡る現場点検と解析評価が行われ、大きな損傷はなかったことが確認された。一方、貯蔵中の高レベル放射性廃液は早期にガラス固化処理することが望ましいため、両腕型マニプレータをはじめとする関連設備の整備等の諸準備を終え次第、ガラス固化を再開することが計画されている。2014年9月に廃止措置の方向性が示されたが、貯蔵中の高レベル放射性廃液の処理に20年以上必要とされていること、廃止措置（除染・解体）に伴って発生する多様な放射性廃棄物の処理が必要となることから、関連

施設を引き続き維持管理しなくてはならず、その意味で保守管理の重要性は変わることはない。

また、廃止措置の実施段階においても高線量下での対応が予想され、適切な被ばく管理と遠隔技術を駆使した対応が必要になる。廃止措置を計画的かつ合理的に進める観点からも、劣化兆候を診断し、補修や部品交換等を適確に行うことによって既存設備を最大限活用することが重要になる。高線量下での対応を余儀なくされている福島第一原子力発電所の廃止措置においても同様の課題に直面しており、高濃度の放射性物質を取扱う再処理施設の保守管理で培った遠隔技術を発展させ、福島第一原子力発電所の廃止措置へ貢献することが期待される。

#### <引用文献>

- 1) 山村修ほか：東海再処理工場における保守技術開発に関する分析評価、日本原子力学会和文論文誌、Vol.6, No.4, pp.491-502, 2007
- 2) 福田一仁ほか：再処理施設の定期的な評価報告書、JAEA Technology 2014-032, 2014年8月5日
- 3) 大谷吉邦ほか：解体技術の経験と知見を活かす、第7回原子力機構報告会、日本原子力研究開発機構、2012年11月28日
- 4) 楨彰：東海再処理施設の腐食環境と機器の腐食速度評価、サイクル機構技報、No.14, 2002年3月

#### <参考文献>

- 5) 東海再処理施設25年のあゆみ、核燃料サイクル開発機構東海事業所再処理センター、2003年10月
- 6) 阿部定好ほか：公共性の高い施設の維持管理 第8編 原子力設備、日本技術士会、2014年11月
- 7) 芳中一行ほか：蛍光浸透探傷試験装置の開発、日本原子力学会和文論文誌、Vol.7, No.3, pp.268-279, 2008

芳中 一行 (よしなか かずゆき)  
技術士（原子力・放射線部門）

日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所  
e-mail: yoshinaka.kazuyuki@jaea.go.jp



阿部 定好 (あべ さだよし)  
技術士（原子力・放射線部門）

日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所  
e-mail: abe.sadayoshi@jaea.go.jp

