

Wall Thickness Measurement Result of HALW Storage Tank

Ryou SHIMIZU Kouich TSUTAGI Takayuki SUGIYAMA Yutaka NAKAZAWA Hitoshi TANAKA Masaru WATAHIKI Hideyo MUTOU

Reprocessing Operation Division, Reprocessing Center, Tokai Works

高放射性廃液を貯蔵する高放射性廃液貯槽(貯槽)は,東海再処理施設の分離精製工場(MP)に4基,高放 射性廃液貯蔵場(HAW)に6基,計10基が設置されているが,高放射線環境のセル内に設置されており,従来, 貯槽を直接点検することは困難であった。

このため,遠隔操作により直接貯槽の健全性を確認するため,2000年度から点検装置の開発に着手し,貯槽 上を自走する測定ロボットを用いた点検装置を開発し,2002年度に点検作業を実施した。

測定の結果,貯槽の腐食による有意な減肉はなく,高放射性廃液による腐食は極軽微であり,今後も安全に高 放射性廃液を貯蔵できることを確認した。

Although a total of ten High Activity Liquid Waste (HALW) storage tanks were installed in the Main Plant (MP) and in High Active Liquid Waste Storage at the Tokai Reprocessing Plant, they had not been inspected directly because the HALW storage tanks were in a highly radioactive environment.

To check the soundness of HALW storage tanks directly by remote control, the development of a measurement system was started from fiscal 2000. Remote inspection equipment with a robot that can run on a tank wall was also developed, and measurement work was performed in fiscal 2002.

No significant loss of wall thickness by tank corrosion was observed as a result of the measurement. Thus the corrosion by HALW was very slight, which confirmed the reliability of safe HALW storage.

### キーワード

腐食,高放射性廃液,高放射性廃液貯槽,高放射線環境,点検装置開発,肉厚測定,再処理,遠隔操作,ロボット,ステンレス鋼(SUS316ULC)

Corrosion, High Activity Liquid Waste, High Activity Liquid Waste Storage Tank, Highly Radioactive Environment, Development of Inspection Equipment, Thickness Measurement, Reprocessing, Remote Control, Robot, Stainless Steel (SUS316ULC)



\*現在:環境保全部 処理第三課 \*1現在:施設管理部 分析第一課 課長代理

### 1.はじめに

高放射性廃液を貯蔵する高放射性廃液貯槽(貯 槽)は,東海再処理施設の分離精製工場(MP) に4基,高放射性廃液貯蔵場(HAW)に6基,計 10基が設置されている。いずれの貯槽も高放射線 環境のセル内に設置されており,貯槽にアクセス するためには狭隘なインターベンションチューブ (点検孔)を介して行うほかないことから、従来,貯 槽を直接点検することは困難であった。

このため、遠隔操作により貯槽の健全性を直接 確認するため、点検装置の開発に2000年度から着 手し、貯槽上を自走する測定ロボットを用いた点 検装置を開発し2002年度に点検作業を実施した。

本報告では,高放射性廃液貯槽の点検装置の概 要及び測定状況,肉厚測定結果について述べる。

### 2. 点検装置の開発

# 2.1 点検対象の選定

高放射性廃液貯槽は,分離精製工場(MP)に 4基と高放射性廃液貯蔵場(HAW)に6基が設置 されているが,MPは使用開始後約24年,HAWは 約17年であり(2003年現在),MPの方が使用期間 が長い。また,使用材質がともにステンレス鋼 (SUS316ULC)であり耐食性に差はない。そこで, 長期間使用している MPの貯槽である272V16を今回の点検対象に選定し点検装置の開発を行った。

MPの4基の貯槽の内,272V16を選定した理由 としては,点検作業はMPの中央保守区域(A143) からインターベンションチューブを開口しアクセ スする必要があることからA143側に設置されて いる272V12,16が点検対象候補となるが,V12は 未濃縮液を貯蔵していたことから,濃縮液を貯蔵 しているV16を選定した。

272V16は,直径6,000mm,高さ4,460mmの円 筒型の貯槽で,高放射性廃液90m<sup>3</sup>を貯蔵する。材 質は,SUS316ULC鋼を使用しており,肉厚は 19mm(腐食しろ6mm)である。

### 22 開発の経緯

装置開発にあたっては,2000年に既存技術を用 いた測定方法の選定を行った。検討の結果,広い 範囲を測定でき,高い測定の信頼性が得られると 判断されたことから,測定部を分離し貯槽表面を 自走させる方式(図1参照)を,点検方法として 採用した。

2001年度に,上記装置の設計・製作を行い2002 年3月に完成した。



図1 高放射性廃液貯槽外壁の肉厚測定概念図

サイクル機構技報 No.21 2003.12

# 3.セル内線量の測定

高放射性廃液貯槽の肉厚測定実施に先立って, セル内の放射線状況を確認するためにセル内の線 量の調査を実施した。測定は,温度測定用の熱電 対のガイド管から測定素子をセル内に挿入する方 法で,TLD(熱ルミネセンス線量計)及びアラニ ン線量計を用いて実施した。結果を以下に示す。

### 3.1 TLD による測定

TLD素子は,測定可能な線量が比較的低く (<10Sv)短時間の測定になることから,セル壁 面近傍の線量測定に使用した。

TLD **素子によるセル内壁表面の線量率は,約8** ~15Sv/h **であった。** 

# 32 アラニン線量計による測定

高線量の貯槽表面の線量測定は,高線量の測定 が可能なアラニン線量計(アミノグレイ)を用い て実施した。線量測定は貯槽表面温度測定用のVU チュープに針金に巻き付けた線量計を挿入し行った。 測定した線量は,貯槽底部で116Sv/hであった。

#### 4. 点検装置

4.1 仕様

測定装置は,挿入装置と肉厚測定ロボット,制 御盤等で構成されている。各装置の主な仕様を以 下に示す。

# (1) 挿入装置

インターベンションチューブから遮蔽プラグの 着脱を行うプラグアーム部,ロボットの挿入を行 うロボットアーム部,及びインターベンション チューブ開口時にセル内からの放射線を遮蔽する 遮蔽体から構成されている。

主要寸法:幅1,860mm×長さ2,535mm× 高さ2,050mm

重量:約3 /400 kg

(内 遮蔽体鉛重量 1,760 kg) (2) 測定ロボット

図2に測定ロボットの外観を示す。測定ロボットは,貯槽表面を真空吸着しながら歩行し,超音 波センサによって肉厚を測定する。吸着及び歩行 動作の動力は,挿入装置から供給される圧縮空気 を用いている。また,歩行時の障害物の有無を確 認する監視カメラを搭載している。

主要寸法:最大外径 150mm × 長さ544mm



測定部詳細 図 2 測定ロボット外観

- 重 量:約7 kg
- 步幅:前進後退 25~75mm/步 左右横行 25mm/步
- 步行速度:75mm/min
- 角度調整範囲:±5%回

肉厚測定精度: ±0.1mm

耐放射線性:2.6C/kg(10<sup>4</sup>R/h)で100h以上

金属等を除く使用部品については照射試験を実施し,2.6×10<sup>2</sup>C/kg(10<sup>6</sup>R)の耐放射線性を確認した。

### (3)制御盤

挿入装置及び測定ロボットの制御を行うもの で,ロボット制御盤と挿入装置制御盤の2面で構 成される。

# 42 点検装置による測定方法

(1) 遮蔽プラグ引き抜き・挿入・収納

図3に遮蔽プラグ及びインターベンション チュープ概要及び図4の遮蔽プラグの抜き出し手 順を示す。

インターペンションチューブには, 遮蔽のため のスチール製ブロック(遮蔽プラグ)が6個挿入 技術報告









されており,セル内にアクセスするためには遮蔽 プラグを引き抜く必要がある。しかし,遮蔽プラ グを人手で外すと,セル内からの放射線により被 ばくする可能性があるため,遮蔽プラグの引き抜 き・収納等の取り扱いは,すべて遠隔操作にて行 う設計とした。

遠隔操作による遮蔽プラグの引き抜きは,プラ グ引き出しアームで遮蔽プラグの取手をつかみ, インターベンションチューブから引き出した後, 測定装置内に設けられているインデックステーブ ル上に1基ずつ収納していく方式とした。

遮蔽プラグ挿入は,引き抜きと逆の手順で,1基 ずつ遮蔽プラグを挿入していく方式とした。 (2)測定ロボット挿入

遮蔽プラグ引き抜き後,ロボットアームをイン ターベンションチューブ開口部正面に移動させ, アームを伸長させて測定ロボットをセル内に送り 込む。

測定ロボットは,狭いインターベンション チューブを通過させるため,アーム先端に水平に 取り付けられているが,セル内に入ったところで アーム先端を90°屈曲させ,測定ロボットと貯槽 を平行とし,アームを伸長させ,アーム先端が貯 槽側面に接しロボットの足が貯槽側面に達したと ころで,吸着パッドによりロボットを,貯槽側面 に吸着させる。(図5参照) (3)測定ロボット及び測定



図6に測定ロボットの歩行方法の概要を示す。

測定ロボットは,各4個の吸着パッドを持つ内 足と外足を,交互に前後左右に移動させることに よって歩行する。移動速度は75mm/minであり,貯 槽側面から底部までの距離約42mを約1hで移 動できる計算となる(実際には,溶接線等の障害 を回避するための操作の時間が必要となることか ら,15h程度となる)。

測定ロボットには,肉厚を測定する超音波セン サを搭載しており,内足が吸着した状態で貯槽表 面にセンサを密着させ,測定を行う。

(4) 測定ロボットの回収

測定ロボットの回収は,測定ロボットを貯槽底 部から,吸着を解除しロボットを貯槽から切り離 した場合にセル床面に衝突しない所まで戻した 後,吸着を解除し,回収ワイヤを巻き上げロボッ トアームに回収する。

- 5.貯槽の肉厚測定
- 5.1 測定作業概要

測定作業は,2003年1月28日~2月12日に実施 した。なお,測定に先立ち,2002年8月21日~8 月27日に,実規模でのモックアップ操作訓練を実 施した。

測定装置は, MPの中央保守区域(A143)に設置し, すべての測定操作は, A143側よりすべて遠隔操作にて行った。作業手順を図7に示す。

52 測定範囲



図6 測定ロボットの走行方法



高放射性廃液貯槽の肉厚測定範囲は,図8に示 すように,インターベンションチューブから挿入 したロボットが貯槽に吸着するポイントを起点と し,貯槽の底部中央を終点とする,直線上である。 貯槽は対称型であり,1ラインの測定で代表性 は得られると判断した。

- 53 測定作業
- 53.1 搬入・据付

装置搬入は、屋外で搬送トラックより50tクレーン車によりMPエアロック(A145)前に荷下ろしし,牽引用ウィンチでA143へ搬入した。設置場所は,床面への傷等を防止するため,ベニヤ板及び 鋼板にて養生を施した。

搬入後,R016インターベンションチュープ正面 へ装置を設置した。設置状況を図9に示す。

532 測定

測定は、2月6日、7日の2日間実施した。

計7回測定操作を実施し,貯槽底部までの測定 データが得られたのは3回であった。ほかの4回 は,測定開始直後,第一溶接線を乗り越える際に ロボットが落下した。落下の原因は,第一溶接線 の溶接ビード周辺にペンキあるいはコンクリート 付着跡の様なものが貯槽表面のロボット搭載カメ ラによって確認されたことから,このために足の 吸着が十分できず落下したと考えられた。また, 第一溶接線のビードを越えるとすぐにR部(湾曲



図8 高放射性廃液貯槽(272V16)外壁肉厚測定の範囲



図9 挿入装置設置状況 (分離精製工場 中央保守区域A143)

部)があり,吸着しづらかった事も落下した原因 として考えられた。

測定開始後3回連続して落下したことから,表面状態が比較的良好な場所を,ロボットを水平移動させながら探し,最初の吸着位置より左方向へ25mmずらした場所を測定ラインに設定した。以降,4回測定したが,落下は1回に留まった。

貯槽底部までの肉厚測定ポイント数は,約95点 であった。

測定時間は,

1) 遮蔽プラグ取り外し: 20分

2) ロボット挿入~測定~回収まで:120分

3) 遮蔽プラグ挿入:20分

計160分程度であった。

533 放射線状況等

(1) 放射線状況

肉厚測定作業時には,作業単位ごとに放射線状 況を確認した。

線量の最大は,遮蔽プラグ引き抜き後の開放状 態となったインターベンションチューブのセル外 側開口部で :25mSv/hであった。この時,装置 後方のインターベンションチューブの延長線上の 線量は :2 µ Sv/h,作業区域(A143)の線量は :2 µ Sv/hで,インターベンションチューブ引

き抜き後の作業区域における線量上昇はなかった。 なお,線量が比較的低かった要因は,高放射性

廃液貯槽の液位がインターベンションチューブの 位置よりも低く,高放射性廃液からの放射線が A143へ直接照射されなかったためと考えられる。 (2)被ばく管理

本作業は,アラームメータにより被ばく管理を 行ったが 計画値である0.1mSvを超えることはな かった。

(3) 装置の汚染状況

遮蔽プラグ及び測定後のロボット並びにセル内 に入ったケーブル類に汚染はなかった。

534 セル内負圧変化

インターベンションチューブの蓋取外し後のセ ル内差圧計(dPI 016)の値は,通常値約160Paに 対して変化はなかった。また,全遮蔽プラグ引抜 535 装置への放射線の影響

測定装置のセル内での使用時間は約15時間で あった。放射線の影響は,測定ロボットに搭載さ れているカメラで認められ,映像のコントラスト が低下した。ただし,モニタ側で補正可能なレベ ルであり,使用上は問題なかった。

肉厚測定については,測定の前後に標準試験片 を用いた超音波センサの校正を行ったが,測定値 への影響は認められなかった。また,ゴムパッキ ン等の劣化も観察されなかった。

### 6.肉厚測定結果

肉厚測定結果を図10に示す。

測定肉厚は,18 3mm~19 5mmの間にあり, 局所的な減肉はなかった。また,各測定ごとの差 は小さかった。

第1溶接線及び第2溶接線の位置で,肉厚の不 連続が観察されるが,これは,製作時の使用板厚 の差によるものと考えられる。

文献等で報告されている高放射性廃液による 腐食速度は、1983年にサイクル機構で実施した 高放射性廃液を用いた腐食試験の結果では、 SUS316ULC**の30 で1.8×10**<sup>-3</sup> mm/yであり<sup>1)</sup>、 また,仏Marcoule再処理プラントの高放射性廃液 貯槽での浸せき試験では,10年間の腐食量が1μ m未満<sup>2)</sup>と,いずれも非常に小さいという結果が 得られている。

これまでの272V16の使用期間からの予想され る腐食量は,液温がほぼ室温であることから腐食 速度を1  $8 \times 10^{-3}$  mm/yとすると  $A 3 \times 10^{-2}$  mmと 非常に小さな値であり,有意な減肉が認められな かった今回の測定結果は予想と一致した。

# 7.おわりに

高放射性廃液貯槽の外壁の肉厚測定を行った結 果,有意な減肉はなく,腐食はほとんど進行して いないことが判った。今回の測定により,今後も 高放射性廃液を,問題なく貯蔵していく目処を得 ることができた。

開発した点検装置は,インターベンション チューブの径による大きさの制限があったこと, 及び,測定部を遠隔操作による自走式としたこと で,その開発の難易度は高い装置であったが,装 置の性能通り,測定を完了することができた。

今回の,高放射線環境下でかつアクセスが困難 な箇所での点検装置の開発,測定の経験及び知見 は,今後のセル内機器の点検技術の開発に反映で きるものである。



サイクル機構技報 No.21 2003.12

# 参考文献

# 1) 槇彰 ",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, p39~63 (2002) 2) J. BACHELAY et al.: "HLLW STORAGE TANK MA-

TERIALS: TECHNICAL OPTIONS AND OPERAT-ING EXPERIENCE ", IAEA-TECDOC-421, p83 ~ 96(1987)