

原子炉プールライニング検査装置の開発

Development of Reactor Pool Lining Measurement System

日本原子力研究開発機構

川島 和人 Kazuhito KAWASHIMA

鈴木 寿之 Toshiyuki SUZUKI

村松 靖之 Yasuyuki MURAMATSU

田口 祐司 Yuuji TAGUCHI

For the aging management of reactor pool in the Nuclear Safety Research Reactor (NSRR) of Japan Atomic Energy Agency (JAEA), the inspection of pool lining, which is made of Aluminum, was decided to be an important item. Therefore, we develop a device which is controlled remotely and measures the thickness of the pool lining by non-destructive method using ultrasonic wave. Test operation and test measurement using this device have been executed successfully in the mock-up and in the reactor pool.

Keywords : High aging , Pool Lining , Aluminum , Nondestructive Inspection , UT

1. はじめに

原子炉施設を長期に使用していく際に、容易に取り替え、補修のできない設備・機器の健全性を確認することは重要である。NSRR原子炉施設では、その一環として原子炉プールライニングの高経年化による経年変化について、健全性が保たれていることを定期的に確認する計画を策定した。

NSRR原子炉施設は、設置後30年以上を経過しており、上の計画の実施に向けてプールライニングの必要肉厚(7mm)が確保されていることを確認し、そのアルミニウム材の経年変化に対する健全性の確認を行うため、原子炉プール水中で検査を行うための装置を開発している。

NSRRの原子炉プールは、スイミングプール型(縦約3.6m、横約4.5m、高さ約12m、水深約9m)で、コンクリートとアルミニウム合金(A5052相当)のプールライニングで構成されている。NSRR原子炉プールの概略図をFig.1.1に示す。

本検査装置は、原子炉プール水中にて測定を行うため、水中での取扱いの容易性及び測定精度から超音波探傷法を採用し、プールライニングに使用されているアルミニウム材(肉厚約15mm)について、肉厚測定及び腐食による減肉の状態を探傷することを目的とする。また、溶接線部の状態

について探傷し、プールライニングについて総合的に健全性を確認する。

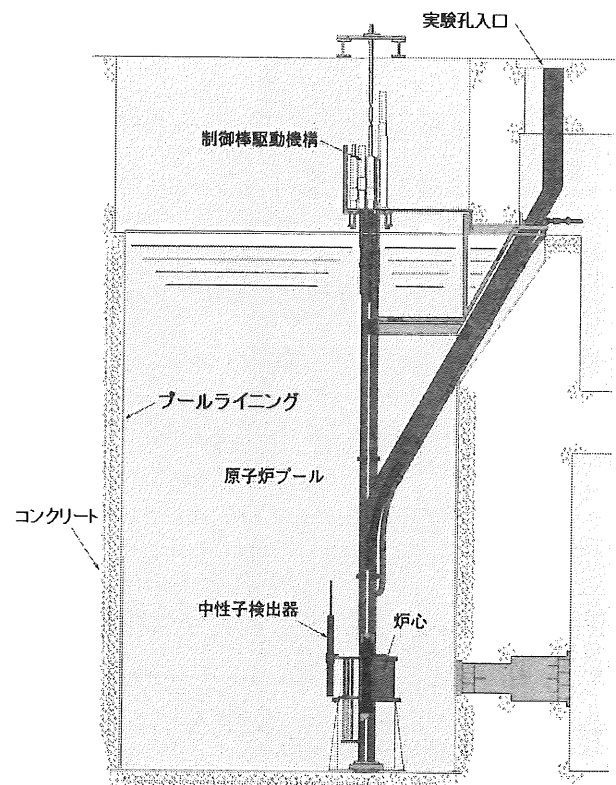


Fig1.1 NSRR 原子炉プール概略図
(炉心を含む縦断面図)

2. 検査装置

2.1 検査の概要

検査装置は、超音波探傷による測定データを処理・収集する超音波探傷装置と、原子炉プールの底面及び側面に沿ってセンサー部分である探触子を移動させるための側面及び底面走行装置で構成する。

検査は、各走行装置に探触子を組み込み、位置を制御しながら原子炉プール水中を移動させる。ライニングは、数枚のアルミニウム板の溶接により構成されており、平面部及び溶接線部を検査対象とする。

検査時には位置データ（位置情報または移動量）を同時に計測し、探傷データと合わせたマップデータとして保存することができる、これによりデータ解析時及び今後の経年変化の調査において、特定箇所における情報を詳細に判断することが可能となる。

2.2 超音波探傷装置

超音波探傷装置は、探触子（フェイズドアレイプローブ）、信号処理装置、表示部等で構成する。

探触子は、探傷条件や使用状況等を考慮し周波数5Mz、素子数128個、ケーブル長約15mとした。この探触子は防水構造となっているため水中でも探傷が可能である。また、フェイズドアレイの特徴である、広い探傷幅（約100mm）により、通常の平面探傷の他に、溶接線（幅約20mm）を全体的に探傷することも可能である。

信号処理装置により収録・処理された信号は、表示部であるパソコン上にリアルタイムで結果を表示させ視覚的に状態を判断することができるため、異常箇所の明確な判断や作業効率の向上を図ることができる。また、超音波ビームの設定を変更することにより、内部の異常箇所に着目した詳細な調査を行うこともできる。

2.3 側面探傷

側面探傷は、超音波探傷装置、側面走行装置及び電動駆動部の構成で行う。

各面における測定ポイントのプール上面に電

動駆動部を据え付け、側面走行装置本体（縦約400mm、横約180mm、高さ約154mm）と結ばれたワイヤーを巻き上げ、巻き下げることにより側面走行装置を移動させ探傷を行う。

電動駆動部にはエンコーダを取付け、プール底面を基準とした位置データを取得する。また、走行装置本体にはビルジポンプを取付け、水中での側面走行装置と測定面との距離を一定に保つ構造としている。側面探傷の概略図をFig.2.1に示す。

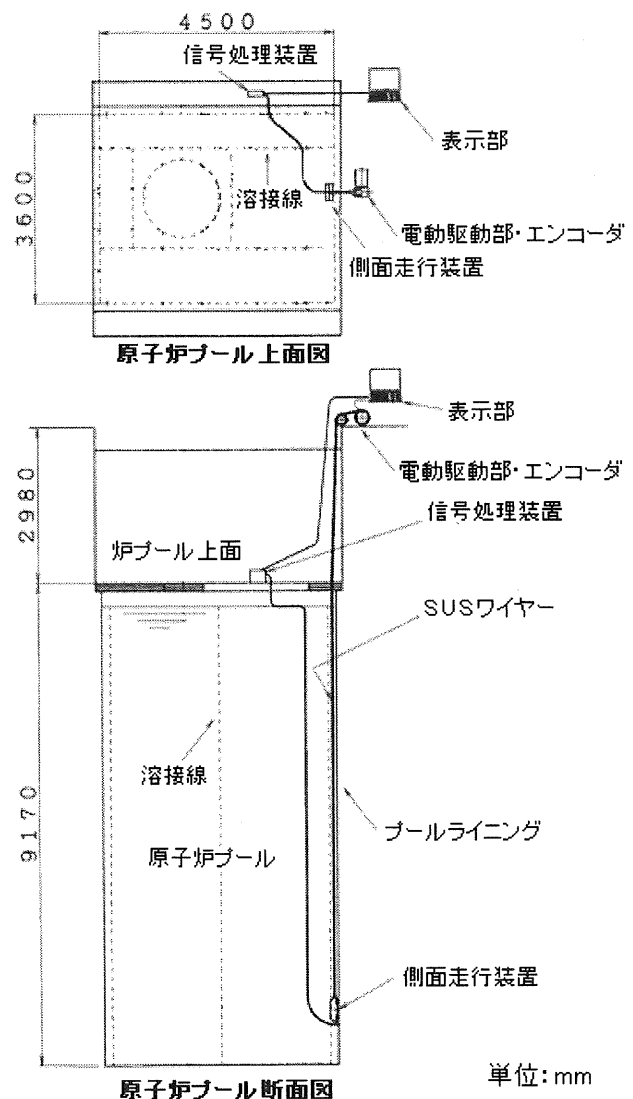


Fig.2.1 側面探傷概略図

2.4 底面探傷

底面探傷は、超音波探傷装置、底面走行装置及び位置計測機器の構成で行う。

検査に先だって位置計測機器によりプール底面を座標化する。まず4台のカメラをプール上面に設置し、プール底面全体をカバーできるように撮影する。次にその撮影された画像をパソコンに取り込み画像処理を行い、各カメラで撮影された画像ごとに座標点を入力し底面全体を座標化する。

探傷は、座標化された底面に測定範囲を設定し、底面走行装置からの位置情報をもとに自動制御にて駆動させることにより行う。位置情報は、走行装置本体（縦約 500mm、横約 300mm、高さ約 315mm）に取り付けた3個のLEDランプをカメラで認識することにより得る。LEDランプを三角形に配置することによって、本体の方向を認識できるようにした。また、ランプに赤色ものを採用し、カメラに偏光フィルタを取付け赤色に対して感度が高くなるようにした。底面走行装置本体の駆動は、左右輪を独立駆動とし、各モーターの回転速度を制御することにより行う。

複数台のカメラを用いることによって、障害物によりランプを認識できない状態をなくし、安定した位置の計測が可能である。また、任意での測定を考慮し、コントローラーを使用して手動で動作させることも可能とした。底面探傷の概略図を Fig 2.2 に示す。

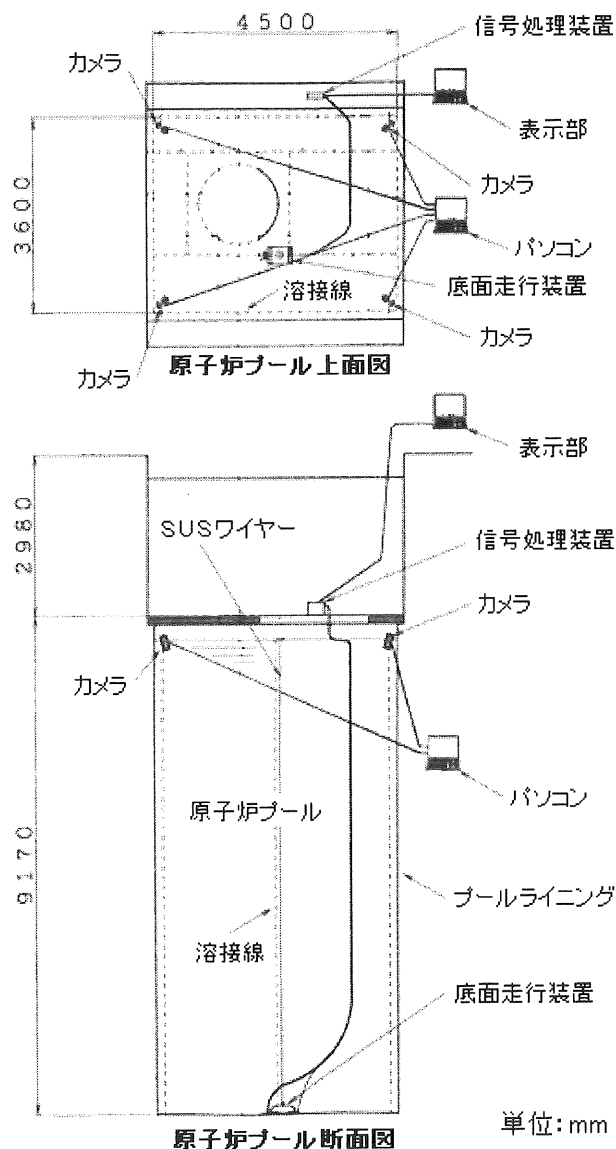


Fig 2.2 底面探傷概略図

3. 試験測定の結果と今後の計画

3.1 試験測定の結果

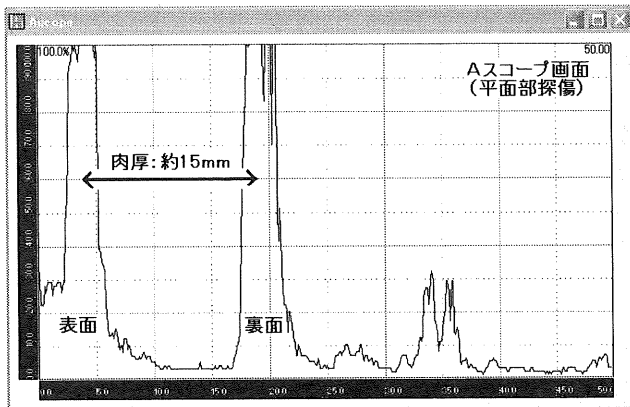
これまでに各走行装置の設計及び製作を終了し、モックアップ及び原子炉プール内での走行試験及び超音波探傷装置と組み合わせた試験測定を行った。

側面走行装置の動作については、関連機器の設置及び駆動状態に問題の無いことを確認できた。また、底面走行装置においては、設定した測定範

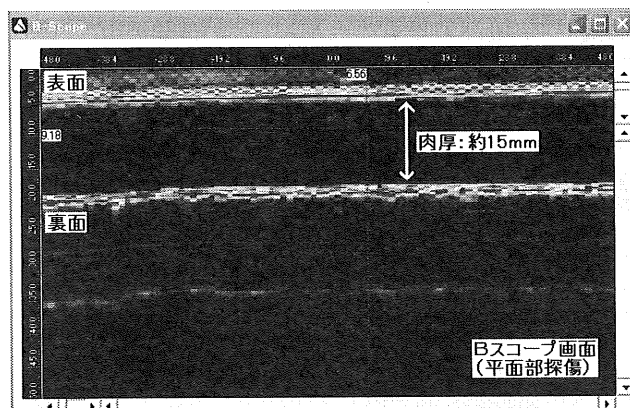
囲に対し実際に走行装置を動作させたとき、底面画像の座標化の誤差（最大約 100mm）により動作が不安定になる問題が確認された。

試験測定においては、平面部及び溶接線部を測定した探傷データについて評価・検討を行い、平面部の探傷においては肉厚が約 15mm で、表面及び裏面の状態についても判断できた。平面部探傷の試験測定結果を Fig 3.1 に示す。

溶接線部については、溶接線部表面から内部の状態を探傷し、溶接部の状態について判断できた。溶接線部探傷の試験測定結果を Fig 3.2 に示す。これより、プールライニングの肉厚、減肉及び溶接線近傍の状態を判断できることが分かった。

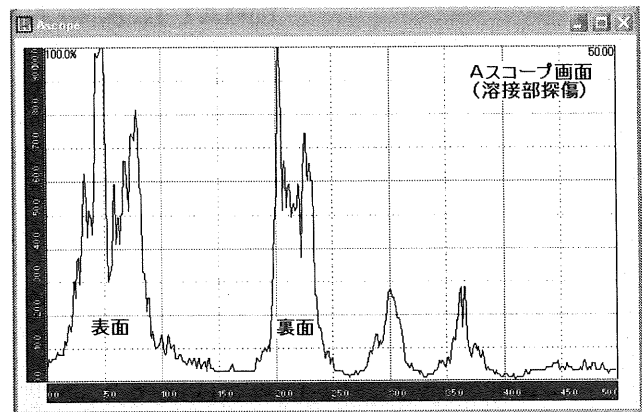


* 縦軸に探傷波高値、横軸に距離 (mm) を示す。

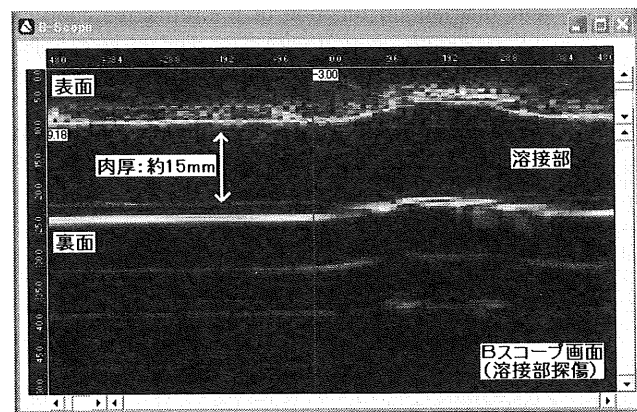


* 縦軸に深さ距離 (mm)、横軸に探傷幅を示す。

Fig 3.1 平面部の試験測定結果



* 縦軸に探傷波高値、横軸に距離 (mm) を示す。



* 縦軸に距離 (mm)、横軸に探傷幅 (mm) を示す。

Fig 3.2 溶接線部の試験測定結果

これまでの試験測定をふまえ、測定に関する精度及び作業効率の向上に向けた改良点を次に示す。

- 1) 測定時における作業手順や測定ポイントにおける、各走行装置及び関連機器の設置方法及び操作性の向上。
- 2) 底面画像の座標化についての方法の改善及び作業手順の見直しにより、精度の向上を図る。
- 3) 探傷データ及び位置データの処理、表示方法の改良

3.2 今後の計画

今後の予定は、保全計画により平成 20 年に原子炉プールでの調査を行い、その後は定期的に調査を実施し、経年変化に対する健全性の確認、評価を実施していく予定である。