

# 溶解槽燃料装荷バスケットの遠隔操作による肉厚測定

Remote wall thickness measurement of the fuel basket of the dissolver

(国) 日本原子力研究開発機構	横田 知	Satoru YOKOTA	Non-Member
(国) 日本原子力研究開発機構	畑中 聡	Akira HATANAKA	Non-Member
(国) 日本原子力研究開発機構	藤森 真仁	Masahito FUJIMORI	Non-Member
(国) 日本原子力研究開発機構	下山田 哲也	Tetsuya SHIMOYAMADA	Non-Member
(国) 日本原子力研究開発機構	中村 芳信	Yoshinobu NAKAMURA	Non-Member

A dissolver which is a device for dissolving spent fuel is composed of one slab and two barrels (stainless steel 310s). The fuel basket (stainless steel 304L) installed in the barrel is a device for taking out of the insoluble fuel cladding from the dissolver. The inside of the dissolver become high corrosive environment because dissolution is carried out under high temperature and high acid concentration. We developed the remote handling maintenance device and carried out the periodical thickness measurement of the dissolver because corrosion failure has occurred in the past. On the other hand, the thickness measurement of the fuel basket was carried out only once by destructive measurement at the time of renewal. Understanding of the corrosion tendency of the fuel basket and establishing of the non-destructive measurement method by remote handling are required. Therefore, we examined the method of thickness measurement of the fuel basket and established it.

**Keywords:** TRP, Dissolver, Fuel basket, thickness measurement, Remote handling, Non-destructive measurement

## 1. 緒言

東海再処理施設は廃止措置段階に移行し、今後、機器等の系統除染、解体を行っていく計画である。廃止措置にあたり、機器の汚染状況の把握や除染方法の検討など、解決すべき技術的課題は多岐にわたるが、現状の高経年化（腐食状況等）を把握することは、解体等の技術開発のために重要なデータとなる。また、高線量下での遠隔操作による非破壊試験は、原子力施設における遠隔操作での貴重なデータとなる。

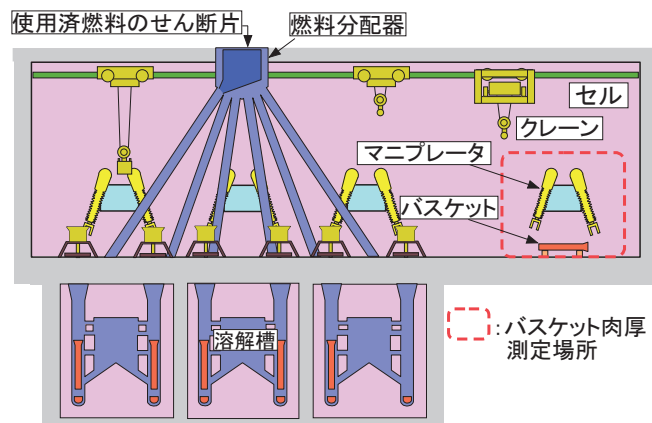


図1 使用済燃料の溶解を行う溶解槽及びセル概要

連絡先：横田 知、〒319-1194 茨城県那珂郡東海村  
村松 4-33、(国) 日本原子力研究開発機構  
E-mail:yokota.satoru@jaea.go.jp

そこで、放射線を遮へいする厚いコンクリートで囲まれた部屋（以下、セル）内に設置され、高腐食環境にある濃縮ウラン溶解槽（以下、溶解槽）の燃料装荷バスケット（以下、バスケット）の遠隔操作による肉厚測定を行い、腐食評価を行うこととした（図1）。

溶解槽はせん断した使用済燃料を溶解する機器であり、2つの円筒状の溶解部（以下、バレル部）と平板状の貯液部（以下、スラブ部）で構成されている（材質：SUS310系）（図2）。

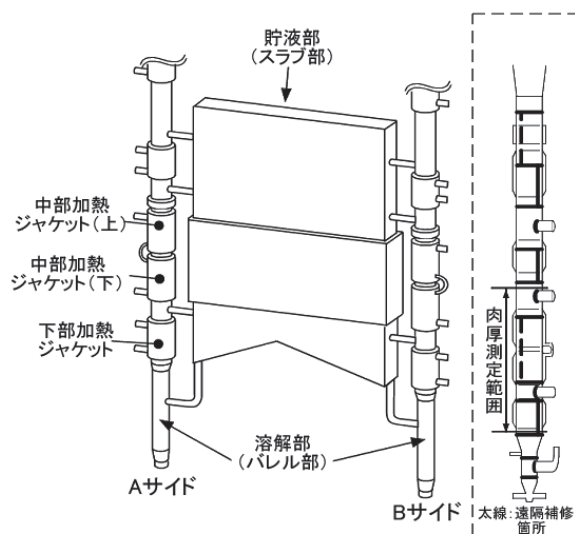


図2 溶解槽の概要図

使用済燃料の溶解は、バレル部にバスケットを挿入し、その中にせん断した使用済燃料を装荷した状態で、沸騰硝酸雰囲気で行う（表1）。溶解終了後は、バスケットごとバレル部から取り出し、溶け残った被覆片等を回収する。

表1 濃縮ウラン溶解槽の運転条件

硝酸濃度	溶解温度	溶解時間
2~5 mol/L	110℃	約10時間

沸騰硝酸条件で使用する溶解槽は、その厳しい運転条件により、これまでにバレル部の加熱部溶接線付近に腐食貫通孔が生じ溶解液が漏洩したため、遠隔補修装置を開発し補修溶接を行っている<sup>1)</sup>。補修後は、定期的にバレル部の肉厚測定<sup>2)</sup>、溶接部の発泡試験、外観点検を行い、健全性を確認しながら運転に供してきた。一方、同じ使用条件下にあるバスケット（SUS304L製）は、溶解槽からの取り出し時に目視点検を行ってきたが、腐食評価としては、平成11年にバスケットを切断、廃棄した際に切断面をノギスで測定したのみであり、腐食データを蓄積するために遠隔による非破壊での肉厚測定を行うこととした。

本稿では、バスケットの肉厚測定を行うための測定器の開発、モックアップ試験及び実際の測定結果について報告する。

## 2. 測定器の開発

セル内機器の非破壊での腐食評価は、遠隔による測定器の操作性や耐放射線性等の特殊性から、新たな機器開発を行った場合、実用化検討及び検証の長期化が避けられず、それに伴いコストが増加することとなる。

そのため、低コストで繰り返し使用可能であり、再処理施設の類似機器への適用ができるよう、市販品をベースに、次の3種類（①ノギス、②ダイヤルキャリパーゲージ、③超音波厚さ計）の測定器について、以下の観点から適用性について検討を行った。

### 2.1 適用条件

#### 1) 遠隔操作性

肉厚測定はセル内のマンニプレート及びクレーンを使用する操作となる。また、作業員は約1mの鉛入りガラス越し、又はカメラの映像でセル内のバスケットや測定器の位置等を確認しながらマンニプレート等の操作を行い、mm単位での測定を実施する必要があることから、遠隔による操作が容易で単純な測定方法とした。

#### 2) 耐放射線性

セル内は、高線量（250~300 mSv/h程度）かつ高汚染環境である。電子部品を含む測定器の場合、放射線の影響により、通常の使用可能時間よりも大幅に短くなることから、ある程度の耐放射線性があり、繰り返しの利用に耐える測定器とした。

#### 3) 付着物対策

バスケットは、表面に付着物や腐食等が想定されるため、荒れた表面においても測定が可能であること。さらに、付着物等の除去により測定を可能にするため、マンニプレートでの取扱いが可能な付着物を除去する治具等も合わせて検討した。

## 2.2 適用性の検討結果

ノギス及びダイヤルキャリパーゲージは、耐放射線性に優れているが、遠隔での作業には、測定器を保持するための専用の治具が必要である。いずれの測定も測定自体は単純な作業であり、適用性は高いものと考え、モックアップ試験を実施した（表2）。

表2 測定器の適用性について

測定機器	遠隔操作性	耐放射線性	付着物	測定精度
ノギス	△ (適正角度での保持が必要)	○ (問題なし)	△ (除去が必要)	○ (±0.08mm)
ダイヤルキャリパーゲージ	△ (ゲージの開閉操作が必要)	○ (問題なし)	○ (影響小)	△ (±0.15mm)
超音波厚さ計	○ (問題なし)	△ (耐放射線性データなし <sup>※</sup> )	△ (除去が必要)	○ (±0.10mm)

○：良、△：可又は条件付可、×：不可

※溶解槽等の肉厚測定で適用例あり

## 3. モックアップ試験

適用性の検討結果で課題となった遠隔操作のための治具を製作し、セル外でクレーンを用いた資材の運搬及び上記3種の測定器の測定手順の検討を行った。その手順に基づき、低線量（20~30 mSv/h）のセルで実機と同じマンニプレートを使って、実物と同じ径の模擬バスケット（長さ1/3）を用いたモックアップ試験を実施した。測定は模擬バスケットの3点（上部（120 mm）、中部（300 mm）、下部（600 mm））を外周90度ごとに実施した（図3、表3）。

モックアップ試験の結果から、操作性が最も良好であり、放射線環境下においても適用可能であった超音波厚さ計について、実機への適用を検討することにした（表4）。

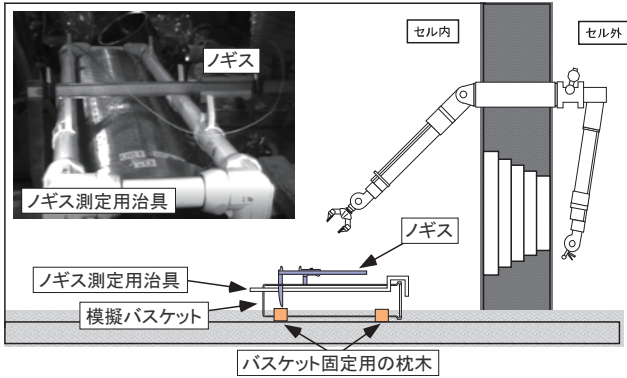


図3 ノギスによる肉厚測定モックアップ概要図

表3 モックアップ試験 (セル外、セル内) による測定結果

測定機器	測定方法	測定箇所 (上端からの位置)	セル外での測定値 (mm) <sup>※1</sup>	セル内での測定値 (mm) <sup>※1</sup>	備考
ノギス	外径測定 <sup>※2</sup>	120mm	φ 229.68	φ 229.73	※2 内径測定は姿勢の維持が難しく肉厚測定はできなかった。
		300mm	φ 229.50	φ 229.60	
		600mm	φ 229.63	φ 229.76	
ダイヤルキャリパーゲージ	肉厚測定	120mm	5.78	5.81	※3 バスケット上端から挟み込むため測定不可
		300mm	※3	※3	
		600mm	※3	※3	
超音波厚さ計	肉厚測定	120mm	5.85	5.78	
		300mm	5.90	5.85	
		600mm	5.90	5.88	

※1 周方向平均値

表4 モックアップ試験での比較

測定機器	モックアップ試験結果	
ノギス	長所	・バスケットに対し垂直に保持できる治具を使用することで外径の測定は容易に測定可能。
	短所	・内径測定時はノギスの姿勢維持が困難。
ダイヤルキャリパーゲージ	長所	・把持治具を取り付けることで、操作性が向上し容易に測定可能。
	短所	・測定はバスケット開口部の上端部のみに限定。
超音波厚さ計	長所	・放射線環境下 (20~30mSv/h) においても6日間測定可能。 ・遠隔での操作性は良好。 ・測定値はダイヤルキャリパーゲージと同等の値を示した。
	短所	・付着物を除去しなければ測定できない。

超音波厚さ計は、ある程度の腐食状態であれば適用可能であるが、表面の付着物については、これまで適用の可否を検討したことがない。そこで、付着物除去の可否について、市販の研磨材入りスポンジ、サンドペーパー及びワイヤブラシについて操作性及び除去作業の母材への影響の観点で、検討を行った (図4、5)。その結果、研磨材入りスポンジは、母材への影響が少なくマニプレータによる遠隔操作が容易であるため、実際のバスケットの肉厚測定において使用することとした。

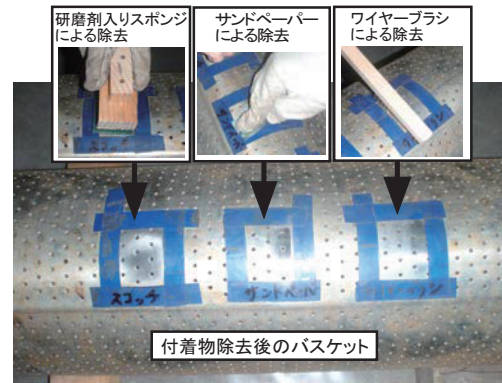


図4 付着物除去モックアップ概要図

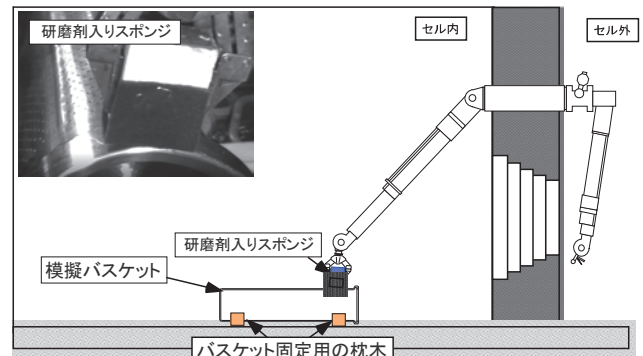


図5 遠隔による付着物除去モックアップ概要図

#### 4. バスケットの肉厚測定

バスケットをマニプレータ及びクレーンで固定用の枕木に乗せ、研磨剤入りスポンジにより金属光沢が出るまで表面の付着物を除去した。その後、超音波厚さ計 (AND製 AD-3253) を用いて、校正片で校正しながらバスケットの肉厚測定を行った (図6)。測定ポイントとして、バスケットの上端から 120 mm、925 mm、1730 mm の3箇所に対し、周方向 90 度間隔に 4 点の合計 12 点について測定を行った (図7)。

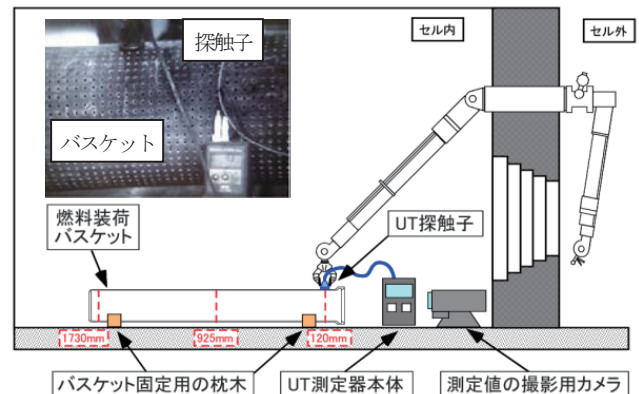
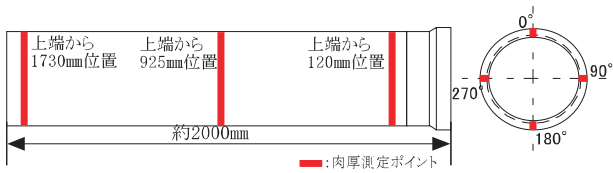


図6 超音波厚さ計による肉厚測定概要図



測定箇所	上端から 120mm	上端から 925mm	上端から 1730mm
R12A	5.35	5.38	5.33
R12B	5.38	5.40	5.43
R10A~R11B	6.0		

※R12A、Bバスケットは完成検査時の周方向平均値  
 ※R10A~R11Bバスケットは設計寸法

図7 バスケット肉厚測定ポイント概要図

この結果、溶解槽3基のうち処理バッチ数が多い溶解槽R10、R11用のバスケットでは、バスケットの上部の方が下部よりも腐食が進んでいることが確認された(表5)。

表5 各バスケットの肉厚測定結果

測定箇所(上端からの位置)	R10A	R10B	R11A	R11B	R12A	R12B	
処理バッチ数	784		1251		289		
120mm	周方向平均値 (最小値)	4.05 (3.90)	4.40 (4.30)	4.10 (4.10)	4.55 (4.50)	5.00 (4.90)	4.95 (4.70)
925mm	周方向平均値 (最小値)	4.28 (4.10)	4.63 (4.30)	4.50 (4.40)	4.65 (4.40)	4.90 (4.70)	5.13 (5.00)
1730mm	周方向平均値 (最小値)	4.48 (4.10)	4.93 (4.90)	4.73 (4.60)	4.93 (4.90)	5.03 (5.00)	4.90 (4.70)

また、今回の測定値を処理バッチ数ごとに整理すると、バスケットの肉厚は処理バッチ数の増加とともに減肉傾向であり、腐食の管理はバッチ数での評価が適切であることが確認された(図8)。

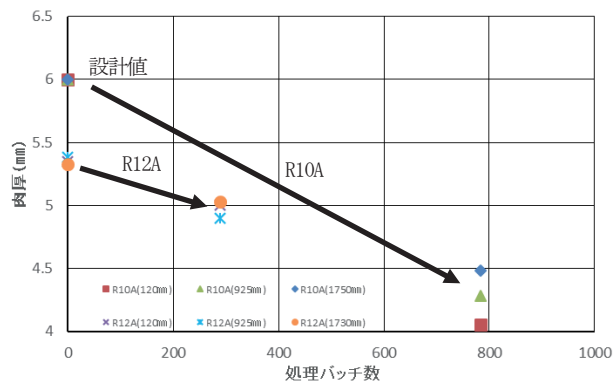


図8 肉厚測定値と処理バッチ数 (R10A、R12A)

今回の測定では、一連の遠隔によるセル内作業(バスケットの付着物の除去、超音波厚さ計による肉厚測定等)に約40日の日数を要し、超音波厚さ計は、250~300 mSv/h

程度の放射線環境下でも約20日間使用可能であった。

肉厚測定の際、超音波厚さ計は本体をセル内に入れて行ったが、より高線量の場合は探触子ケーブルを延長し、セル内点検孔等を利用することにより本体をセル外に置いて測定することも可能である。

## 5. 結言

市販の3種類の測定器のモックアップ試験及び超音波厚さ計による実機の肉厚測定によって遠隔操作による非破壊検査方法を確立するとともに、燃料装荷バスケットの腐食傾向を把握した。また、市販の超音波厚さ計でも、放射線環境下で繰り返し使用可能であり、付着物の除去等の下処理により再処理施設の類似機器への適用も可能であると考ええる。

なお、今回実機で採用しなかったが対象物の形状によっては、ノギス、ダイヤルキャリパーゲージも適用可能と考ええる。

今後は、廃止措置の中でその他の機器の腐食状況について調査を進め、プラント規模の再処理施設のデータを蓄積する予定である。

- 1) 照沼 朋広, 濃縮ウラン溶解槽の遠隔検査装置の開発, 日本保全学会, 「第5回学術講演会」要旨集, p. 129-132, (2009).
- 2) 鈴木 一之, 濃縮ウラン溶解槽における腐食評価, 腐食防食協会, 「第54回材料と環境討論会」予稿集 (2007).

以上