

## 配管減肉のモニタリングと予測に基づく配管システムのリスク管理

Piping System, Risk Management based on Wall Thinning Monitoring and Prediction

\*高木 敏行<sup>1</sup>, 渡邊 豊<sup>1</sup>, 内一 哲哉<sup>1</sup>, Philippe Guy<sup>2</sup>, Christophe Reboud<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東北大学 原子炉廃止措置基盤研究センター, <sup>2</sup>INSA – Lyon, <sup>3</sup>CEA

廃止措置時の原子力発電所の原子炉冷却循環システムにおいて、デブリ切出しに伴うデブリ粉塵や金属粉を含む固液混相流による腐食・潰食減肉を実験及び数値解析により予測し、また電磁超音波センサによる配管モニタリングシステムを活用することにより、配管系のリスク管理の新しい方法論を確立する。

**キーワード**：固液混相流，配管減肉予測，オンラインモニタリング，リスク管理

### 1. 緒言

事故を起こした原子力発電所において、デブリ切出しに伴うデブリ粉塵や金属粉などを含む固液混相流が発生する原子炉冷却循環システムにおいては腐食・潰食減肉現象が明らかになっておらず、かつ高放射線量率や障害物のため配管減肉の測定・修理も困難であることから、漏洩リスクを低減する新しい手法が求められている。本研究では、固液混相流による配管減肉モデルを実験とシミュレーションの両面から検討するとともに、過酷環境において信頼性の高い減肉速度の評価が可能な電磁超音波センサを用いたオンラインモニタリングとを併用することにより、配管系のリスク管理を可能とする新しい方法論を確立する。

本研究は文部科学省英知を結集した原子力技術・人材育成推進事業廃炉加速化研究プログラムおよびフランス国立研究機構 (ANR)の支援を受け、東北大学、群馬大学、電力中央研究所とフランスの INSA-Lyon、CEA、ELyTMax (CNRS)との共同研究により実施している。(http://pyramid.cfriend.tohoku.ac.jp/)

### 2. 固液混相流のモデルと減肉予測

冷却水中に含まれる微小固体粒子の配管内壁面近傍における固液混相流の流動評価を実験と数値解析の両面から実施し、モデルを構築する。加えて、固液混相流下での壁面物質移動係数を電気化学的な拡散限界電流の計測を用いて実測し、流動モデルと併せて評価を可能とする。固液混相流下で評価された物質移動係数を考慮して、流動下腐食減肉速度の試験データベースを構築し、減肉予測の体系を構築する。

- ・回転電極を用いて固液混相流における流路壁面での物質移動係数を拡散限界電流から実測する。
- ・実機相当の流動試験装置を作製し、流れの可視化実験により微小固体粒子の挙動を評価する。
- ・Parcel 粒子モデルを用い、固液混相流による配管減肉シミュレーションを実施する。

### 3. 電磁超音波 (EMAT) モニタリングシステムの開発

既存の EMAT を使用した減肉評価の精度を向上するために、受信信号の信号処理法を検討し、また新しいタイプの収束ビーム型プローブやガイド波型プローブを提案する。これらを福島第一原子力発電所に適用するため、想定する箇所における環境に基づいて、プローブの耐放射線性、耐候性などを検討する。

### 4. リスク評価

診断手法の評価誤差及び不確定要素による進行速度の不確実性を考慮したベイズ推定による確率的損傷進行速度評価を用いた将来の損傷状態の確率的評価法の構築を進める。対象構造では、通常の構造を対象とする場合に比べ誤差が大きく、また損傷進行速度の不確実性が大きくなると想定されるため、用いる各誤差の確率分布は EMAT の検査誤差を考慮して検討する。進行予測にはベイズ推定にて進展速度候補の確信度を評価する手法を用い、構築した将来の損傷状態の確率的評価法により、将来の工学的リスクを評価する手法を検討する。

\*Toshiyuki Takagi<sup>1</sup>, Yutaka Watanabe<sup>1</sup>, Tetsuya Uchimoto<sup>1</sup>, Philippe Guy<sup>2</sup> and Christophe Reboud<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Fundamental Research on Nuclear Decommissioning, Tohoku Univ., <sup>2</sup> INSA-Lyon, <sup>3</sup> CEA