



電力中央研究所 軽水炉高経年化研究総括プロジェクト 配管減肉ユニットリーダー 稲田 文夫

## 配管減肉の定量的評価による発電プラントの保全向上

高経年化した火力発電や原子力発電プラントの保全向上にとって、配管減肉への対策は大きな課題である。現象のメカニズムを解明して定量的な評価法を確立することが、効率的な保守管理にとって鍵となる。2004年、美浜原子力発電所（福井県美浜町）で発生した減肉による配管破損事故をきっかけに世界的に関心が集まる中、電力中央研究所では、軽水炉高経年化研究総括プロジェクト減肉研究ユニットが研究活動を牽引しており、適切な管理に反映させるための規格づくりの裏付けとなるデータを蓄積して、安全の構築に寄与している。

### 原子力技術分野

#### 流れ加速型腐食と液滴衝撃エロージョンに注目

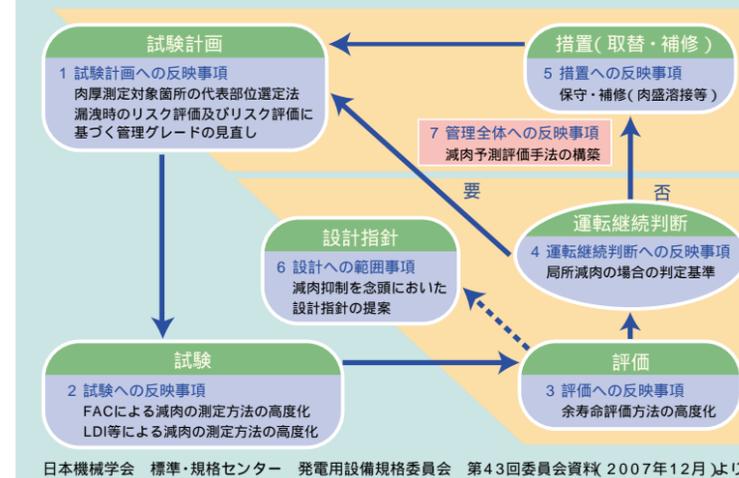
美浜発電所における蒸気漏れによる死傷事故を受け、同じような事故を二度と起こさないよう配管減肉を管理するために、日本機械学会において産官学が協力して、配管の肉厚測定に基づく管理規格が策定された。電中研でも、軽水炉高経年化研究総括プロジェクト配管減肉ユニットリーダーの稲田文夫氏を中心に、減肉速度をできる限り正確に予測するための研究に着手した。06年からは体制がさらに強化され、熱流動に加えて材料科学の専門家も加わり、より緊急度の高いプロジェクト課題に設定されている。

BWRの炉心、PWRの蒸気発生器で発生させた蒸気でタービンを回し、さらにその蒸気を水に戻して再度、炉心、蒸気発生器に供給する発電プラントでは、経年化に伴って、水や蒸気が混合した流体によって金属の配管の内面が腐食して削られて、肉厚が薄くなる減肉現象が生じる。これを管理しようとするれば、現在国内に50機以上ある原子炉のそれぞれに

## 夢を技術に — CRIEPI SPIRIT



### 配管減肉管理技術基準改定に関する開発・研究ニーズの相関



において、主系統以外に干を超える配管要素を対象としなくてはならないため、検査箇所数も膨大になる。稲田氏は、「予測法が解明され、それに基づいた管理が実施されるようになれば、事故による損失を未然に防止するのはもちろんのこと、検査が適正化され、重点的で効率的なメンテナンスの計画が策定できるようになります」と、研究の方向性を語る。

電中研では研究対象として、発電プラントで主な管理対象となっている減肉現象である「流れ加速型腐食（FAC: Flow Accelerated Corrosion）」と「液滴衝撃エロージョン（LDI: Liquid Droplet Impingement Erosion）」に注目した。

まずFACは、配管金属の化学的な腐食が水の流れによって加速する減肉現象である。関与する影響因子としては、温度、pHや溶存酸素濃度などの水化学因子、流れの速度や乱れといった物理的な流体力学因子、そしてクロム含有量などの材料因子、の3つに大別できる。実際のプラントでは、主系統である給水・復水系の配管の曲がり部（エルボー）や配管径が縮小する箇所など、流れが局所的に乱れる箇所でFACは発生しており、破損事故に至る可能性がある。

これに対して電中研では、FACに関与する各因子を模擬した小規模な減肉実験にて減肉速度の定量的なデータを取得すると共に、実際の配管内の流動条件や水化学条件を詳細に評価することにより、減肉量の定量的な予測や配管の余寿命評価につなげることを目指している。

一方のLDIは、復水器に接続された配管の絞り要素の直後やエルボーで、100m/秒を超える高速の蒸気に加速された液滴が衝突して、配管衝壁面が機械的に減肉していく現象で、

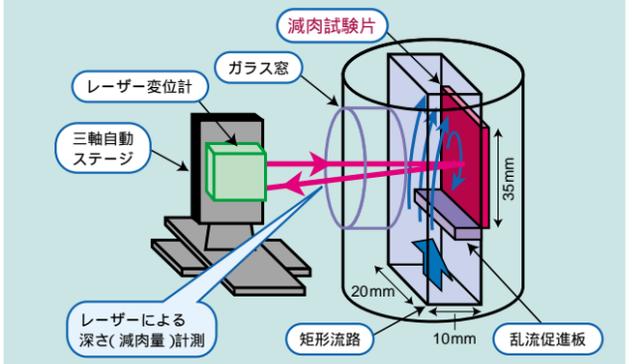
リーク程度の破損で抑えられるが、FACとは異なり、クロム含有のステンレス材料を用いても効果が得られにくい。こちらでも、配管内の流速分布を求め液滴の挙動を解明して、LDIの発生しやすい箇所を定量的に予測するのが目標である。液滴径を様々な流動条件で調べるため、蒸気ループを備えた実験設備から得られたデータを、独自に開発した高精度の3次元乱流解析コードと組み合わせて解明が進められている。

稲田氏は、「かつては、FACとLDIとは、減肉現象としてひとまとめにされて扱われていました。それぞれの現象を解明できたことが、両者を分離することに結びついており、合理的な対策を講じる上でも大きな意義があります」と評価する。FACは現象的にはほぼ解明されたとは言え、パラメーターが相当数あって難解なため、さらにモデルを改良しつつ実験の積み重ねが続けられている。LDIは評価法の確立に至っており、今後はデータベース化を進めて、電力の現場で容易に使えるよう実装していく段階へと達している。

### 稼働率向上を目指して設備面の課題を克服

配管減肉の実用的な評価法の確立と規格化のさらにその先に、稲田氏が見据えている大きな目標がある。それは、原子力プラントの出力向上だ。欧米のプラントでは設計余裕の適正化や一部機器を交換することにより、最大で20%程度の出力向上を行っているプラントが多い。電中研では特に設備に対する減肉や振動などの課題について検討を行っている。「出力向上できれば経済的な観点からも、またCO<sub>2</sub>削減など環境への配慮の点からも大きな効果があります。電中研の使命として長期的な視野で取り組んでいきたい」と、意欲的だ。

### FAC減肉実験におけるレーザーによる深さ(減肉量)計測



<http://criepi.denken.or.jp/>

詳しくは 電中研 検索