

# プロジェクト課題 - 設備運用・保全技術の高度化 配管減肉・減肉耐震評価

### 背景・目的

長期運転経年炉で安全上・保安全管理上考慮すべき事象として、流れ加速型腐食(FAC)および液滴衝撃エロージョン(LDI)による配管減肉がある。これらに対しては肉厚測定による余寿命管理がなされており、定期検査あたり数百～千箇所の測定が行われている。

本課題では肉厚測定箇所の重点化などを

目的として、FAC、LDIによる減肉の局所分布の詳細予測や最大値の簡易評価手法を開発する。また減肉した配管の耐震性評価については、全面減肉を仮定した保守的な評価が要求されている現状に対し、局所減肉の場合の適切な配管強度評価を示すことにより減肉配管の耐震性に関する判断基準の合理化に資する。

### 主な成果

#### 1 FACに対するしきい溶存酸素濃度の解明

FACによる減肉がほぼ停止する最低の溶存酸素濃度は、BWRの140℃中性条件では40～60ppbであるが、PWR二次冷却系のアルカリ性条件では10ppbに低下すること

が実験により示され、PWR二次冷却系ではわずかな酸素注入により配管減肉を緩和できる可能性が示された(図1) [Q11025]。

#### 2 フラッシングエロージョン評価法の開発

水系の配管で生じるフラッシング現象に伴うエロージョンについて、詳細な流動が評価可能な3次元水-蒸気流の数値流体力

学(CFD)コードを開発し、フラッシングエロージョンの減肉率を評価可能とした(図2) [L11016]。

#### 3 FACおよびLDI評価法の検証と配管減肉予測ソフトウェアFALSETの開発

実機プラント配管においてFACおよびLDIが発生した部位の最大減肉率実測値に対し、当所で開発した予測手法による計算値と比較した。本手法は、FACおよびLDIともに管理上の重要度が高い高減肉率のデータに対して、-50%～+100%の範囲で予測可能であることがわかった(図3)。さらに、実機

プラントの減肉管理において簡便に利用することを想定し、実用的に必要な基本機能を備え、上記FAC/LDI予測手法による余寿命評価が可能な配管減肉予測ソフトウェアFALSETを開発した(図4) [L11007]。今後の実機プラントにおける試行により減肉管理ツールとして実用化できる見通しである。

#### 4 LDI局所減肉に対する耐震性の評価

LDIによりエルボ配管の背側に局所減肉した場合の耐震安全性をハイブリッド実験\*により調べた。75%減肉の条件で、設計地震動の加速度振幅を許容応力発生レベルまで拡大した地震動を基準として、その5倍の地震動でも面内振動、面外振動に対して損傷が生

じないことを確認した。また基準とした地震動の8倍を超えたときの面外振動の場合にねじり座屈が生じ、荷重の繰り返しによりき裂が貫通した(図5)。ねじり座屈に対しては、有限要素法解析と座屈強度評価式により再現可能であることを確認した。

\* 配管系全体の地震応答を数値的にモデル化し、損傷が生じる部位だけを力学試験に置き換え、両者の連携により実施する試験。

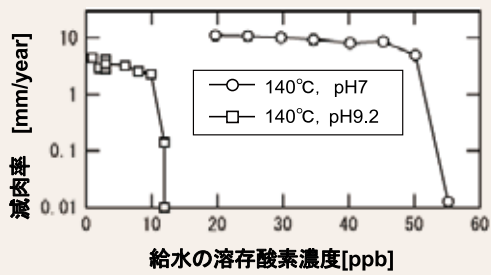


図1 炭素鋼のFACによる減肉率に及ぼす溶存酸素濃度の影響

BWRの水質である140°C中性条件(pH7)では40~60ppbで減肉率が低下しているが、PWR二次系のアルカリ性条件(pH9.2)では10ppbで減肉率が低下している。

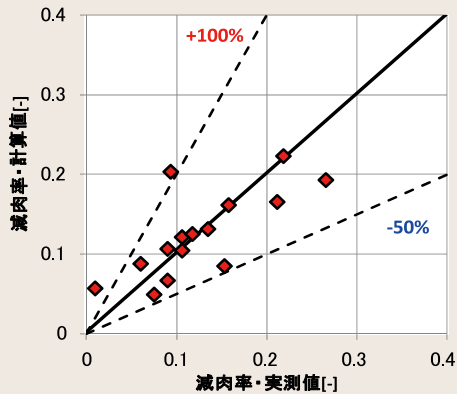


図3 実機プラントの減肉率データと予測手法による計算値との比較(LDIの場合の例)

実測値が無い流入湿り度(蒸気中の液滴の割合)を減肉率の実測値を用いて評価することで、概ね-50%~+100%の範囲で減肉率を予測できる。

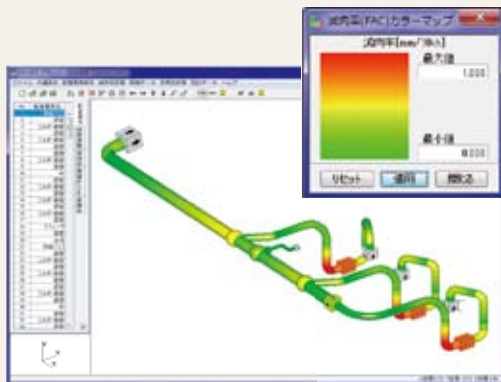
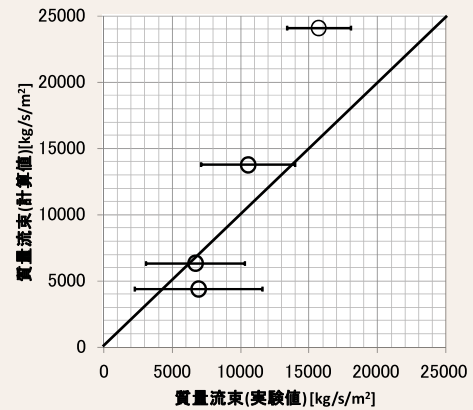
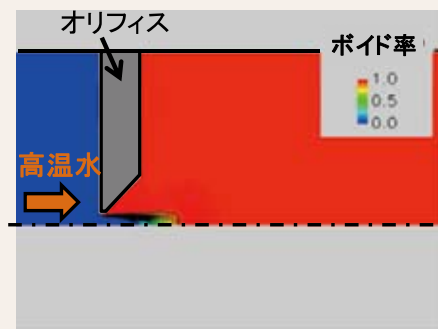


図4 FALSETにおける配管系統の各配管要素に対する最大減肉率の予測表示例

実用的に必要な基本機能を備え、当所で開発したFAC/LDI予測手法による余寿命評価が可能。



(a) 質量流束の解析結果の実験との比較



(b) オリフィス前後のボイド率の分布

図2 3次元水-蒸気流CFDコードによるオリフィス部のフラッシング現象-質量流束の実験と解析との比較

オリフィス前後で水から蒸気に変化していることが解析されており、解析による質量流束の結果は実験とほぼ一致している。蒸気流中の液滴による減肉の評価手法は開発済み[L09004]であるため、これらの結果からフラッシングエロージョンによる減肉量が評価可能となった。

なお、ボイド率とは、全体の体積に対するガス(気相)成分の体積率をいう。



図5 ハイブリッド実験による減肉エルボの面外振動での損傷状況(外径216.3mm、板厚5.8mmの配管使用)

75%減肉の条件で、基準とした地震動の8倍を超えた場合。45度方向に変形が生じ、典型的なねじり座屈が生じていることがわかる。