

# 流れ加速型腐食に対する影響因子の定量的な評価 — 壁面流動特性を用いた物質移動係数モデルの構築 —

## 背 景

原子力発電プラントの運用・管理において、系統配管の減肉現象は重要な問題である。減肉現象の中でも、炭素鋼配管の大規模な破損に至る可能性がある流れ加速型腐食 (FAC)<sup>\*1</sup>には十分な注意が必要である。配管減肉を合理的に管理する為には、定期的な肉厚検査と共に、現象メカニズムに基づく定量的な予測の併用が望まれる。FAC による減肉量を予測する上で、流体力学面で本質的に考慮すべき影響因子は、配管表面における物質移動現象である。物質移動量を支配する係数(物質移動係数)は流体条件(温度・流量)と流路形状で決まるが、FAC が発生しやすい様々な偏流領域に適用できる相関式は見当たらない。しかし、偏流領域における流動の物理量により、物質移動係数を普遍的に得ることができれば、種々の流体・流路条件の変化に伴う FAC による減肉量の相対的な比較・評価が可能となり、実機配管における FAC の管理に大きく貢献することができる。

## 目 的

FAC による減肉率と流体力学因子の基礎データを取得し、偏流領域に適用可能な物質移動係数を提案し検証する。

## 主な成果

### 1. 実験・計算による FAC に関わる基礎データの取得

- (1) 矩形流路の二次元的な縮流体系における、FAC による減肉実験を、PWR 二次系復水条件にて実施し、以後の検証に用いる減肉率データを取得した(図 1、図 2(a))。
- (2) 当所開発の計算コード MATIS-I を用いて、上記実験と同体系に対する流体数値計算を実施した。この結果、物質移動現象を支配する粘性底層(壁面の極近傍の領域)の状態量のパラメータとして、平均流速及び乱流速度の分布データを取得した(図 2(b),(c))。

### 2. 偏流領域に適用可能な物質移動係数の提案と検証

- (1) 偏流領域における流れの特徴を、従来の「摩擦速度」に壁面近傍の乱流速度を加算した「実効摩擦速度」として提案した(図3)。更に熱伝達と物質移動のアナログの知見<sup>\*2</sup>に基づき、物質移動係数のモデル式を導出した(図4)
- (2) 上記実験・計算結果を用いて物質移動係数モデルを検証した結果、乱流速度の考慮により、減肉率との相関に大幅な改善が得られた(図 5)。但し、このモデルは暫定式であり、今後の減肉率予測式の構築に向けて、乱流速度の定量的な影響に関する更なる検討が必要である。

## 今後の展開

乱流速度に加えて表面粗さの影響の定量化により物質移動係数と減肉率との相関精度を向上させ、水化学の知見と合わせて減肉率の予測式を構築する。

主 担 当 者 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 主任研究員 米田 公俊

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 主任研究員 森田 良

関連報告書 「流れ加速型腐食に対する影響因子の定量的な評価(その1)」電中央研究所報告:L06007 (2007年3月)、「流れ加速型腐食に対する影響因子の定量的な評価(その2)」電力中央研究所報告:L07015 (2008年3月)

\*1 :炭素鋼・低合金鋼配管の酸化皮膜の腐食が、管内の流れによって促進される減肉現象(Flow Accelerated Corrosion)

\*2 :Chilton, T. H. and Colburn, A. P., Industrial and Engineering Chemistry, Vol.26, p.1183-1187 (1934)

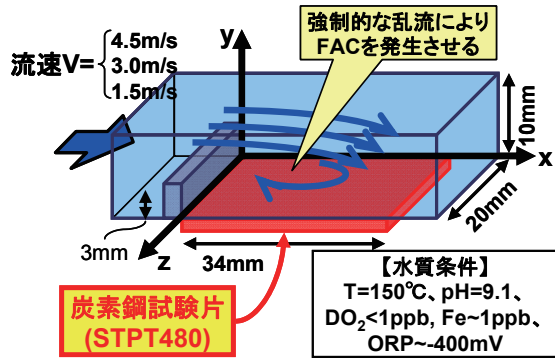


図1 減肉実験と流動数値計算体系の概略図

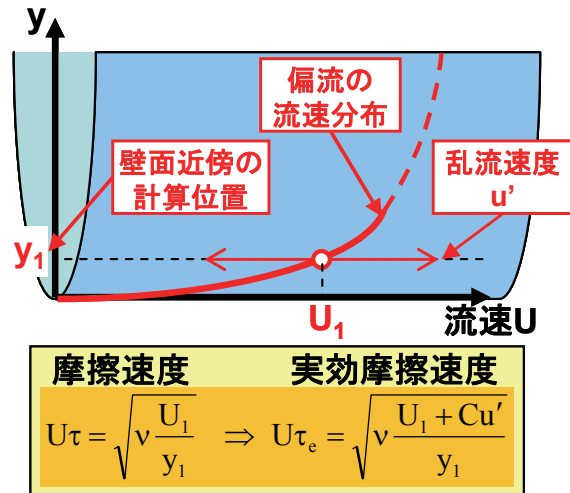


図3 偏流に対する壁面近傍計算値を用いた実効摩擦速度の算出方法 ( $\nu$ : 動粘性係数)

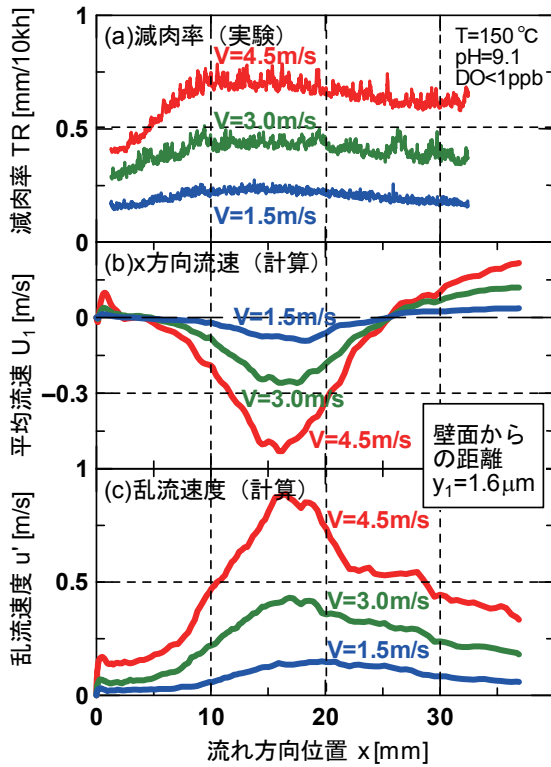


図2 減肉実験による減肉率と数値流体計算による壁面流動特性

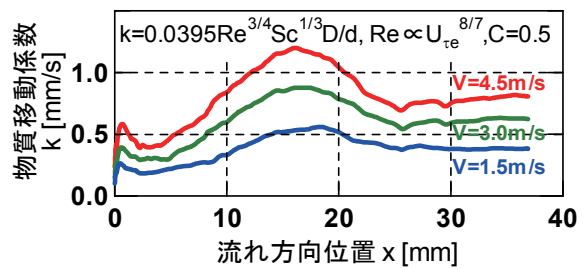


図4 実験体系における物質移動係数の分布 ( $\text{Sc}$ : シュミット数、 $D$ : 拡散係数、 $d$ : 配管径)

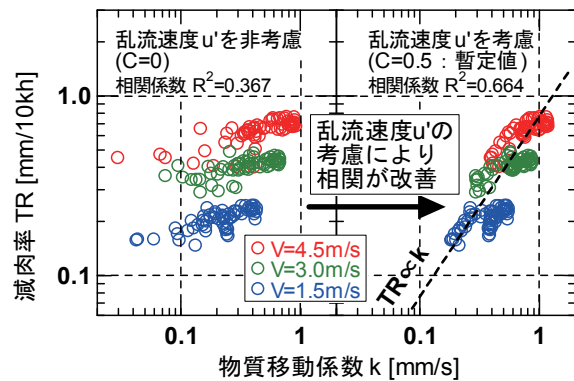


図5 物質移動係数と減肉率との相関