

液滴衝撃エロージョン評価システムの実用性の向上

背景

発電プラントの運用・管理において重要な課題となっている配管減肉現象の内、蒸気流中の液滴によるエロージョン(液滴衝撃エロージョン(LDI))について、当所では、発電所などで簡便に用いられる LDI 発生箇所の予測・評価ツール(LDI 評価ツール)の開発を最終的な目標として研究を進めている。

これまでの研究¹⁾により、LDI 評価ツールの核となる、配管内の流動状態を評価し、配管系全体での LDI の評価を行うシステム(LDI 評価システム、図 1)を構築した。しかし、現状のシステムは、部分的に 3 次元計算が必要であるために計算負荷が大きく、また、適用範囲が湿度の低い蒸気のみとなっており、発電所などで種々の流動状態の蒸気(水)が流れる多数の配管に対しては簡便に適用出来ない。そのため、計算負荷が小さく、広い蒸気状態に適用可能な評価手法を組み込み、発電所などで簡便に使用可能なように、LDI 評価システムの実用性を向上させる必要がある。

目的

これまでに提案した LDI 評価システム^{*1}を、大きな計算負荷を必要とせず、かつ、広い水/蒸気状態範囲に簡便に適用可能なシステムへと改良する。

主な成果

1. 流動評価の実用性の向上

LDI 評価システムの流動評価部分について、下記の実施によりその実用性を向上した。

- ① 質量流量評価の高速化: 理論式を用いて質量流量を評価する際に必要な圧力比に関する係数を、湿り蒸気実験・数値計算によって求める事で、3 次元計算を用いずに質量流量を評価する手法を開発した。実験・数値計算と比較した所、-20~+10%の誤差範囲に全てのケースが、±10%の範囲に約 80%のケースが入っており、実用的な範囲で質量流量を計算出来る事が分かった(図 2)。
- ② 流動場評価の適用範囲の拡大: 圧力損失の計算から流動評価をする事で、配管内の流動状態をより簡便に評価出来、水や高湿度の蒸気などにも適用可能な 1 次元流動計算コード“MATIS-SP2”を開発した。
- ③ 液滴挙動評価の高速化: 流動数値計算を活用し、液滴の挙動に影響する流動因子を含んだ関数と、液滴の壁面への衝突割合との関係を明らかにし、相関式を提案した(図 3)。

2. LDI 評価システムを用いたモデル配管での LDI 評価

流動評価部の実用性の向上により、広範囲の水・蒸気の状態に適用可能で、これまでの評価システム(前システム)の 500 倍程度(4 日→10 分)高速化が可能な新たな LDI 評価システムを提案した(図 1、新システム)。蒸気流が流れるモデル配管系を用いた試計算により、新システムと前システムとの誤差を比較した所、流動評価は 10%以下の誤差、Sanchez の式^{*1}を基にした LDI 評価は 50%程度の誤差で評価出来る事が分かった(表 1)。

主 担 当 者 原子力技術研究所 発電基盤技術領域

PLM 総括プロジェクト配管減肉研究ユニット 主任研究員 森田 良

- 関連報告書 1)「液滴衝撃エロージョン評価システムの構築」、電力中央研究所報告:L07016 (2008 年 6 月)
2)「液滴衝撃エロージョン評価システムの実用性の向上」、電力中央研究所報告:L08019 (2009 年)

^{*1}: L.E.Sanchez-Caldera, Ph.D. Thesis, Dep. Mech. Eng., Massachusetts Institute of Technology, (1984)

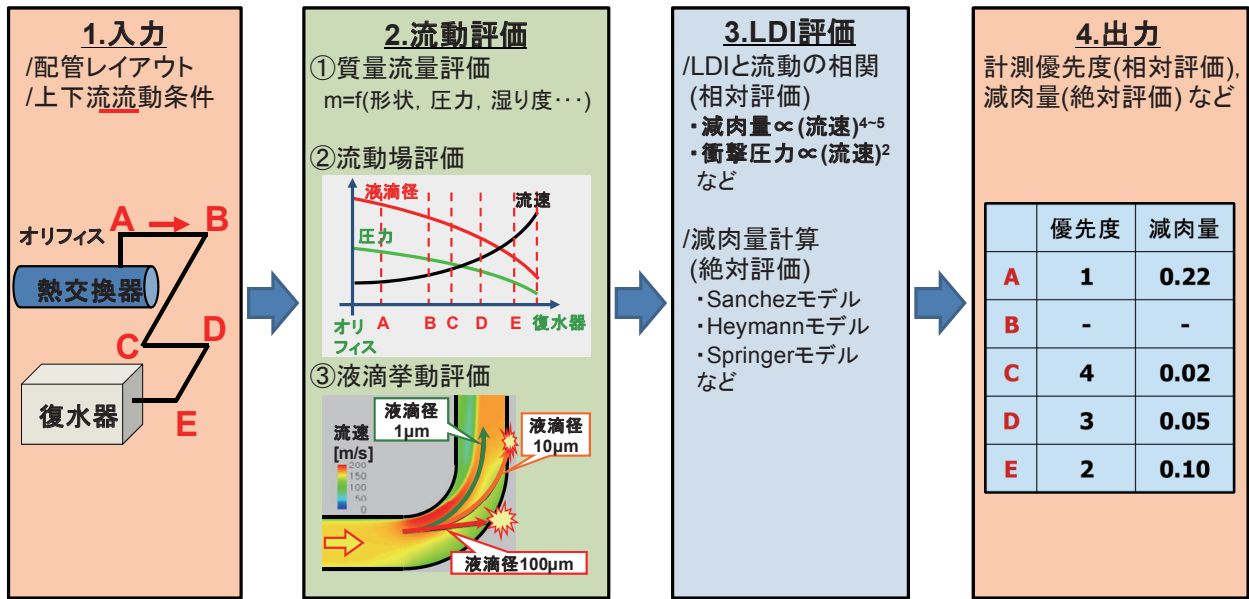


図1 LDI評価システムの概要と計測箇所の選定評価イメージ

LDI 発生 の 検討 対象 となる 配管 系統 ・ 箇所 は 蒸気 配管 系 の エルゴ 部 と し、
上流 ・ 下流 の 流動 条件 や レイアウト を 入力 条件 と し て LDI の 発生 可能性 を 評価 する。

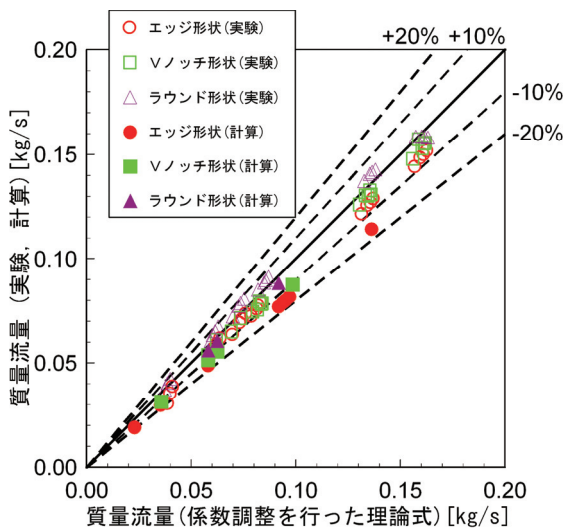


図2 湿り蒸気に対する係数を用いた理論式による
質量流量と実験・数値計算による質量流量の
比較

83 ケース の 実験 ・ 数値 計算 の 結果、誤差 $\pm 10\%$ 以
内に約 80% の ケース が 含まれて いた。

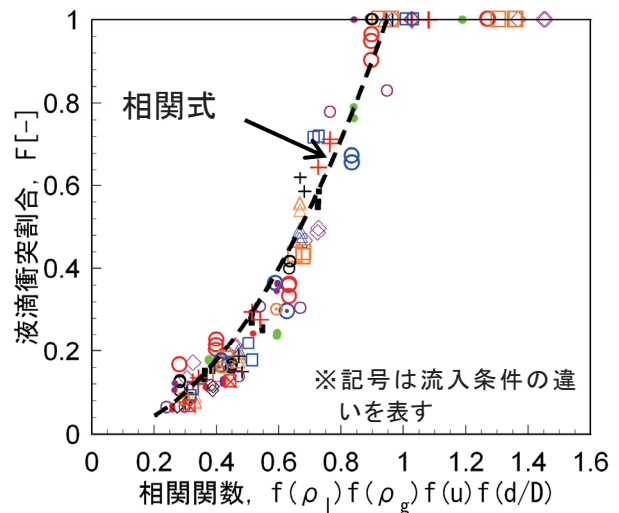


図3 液滴衝突割合の影響因子と液滴衝突割合の関係
(適用範囲: $f > 0.2$, ρ_l : 液滴密度、 ρ_g : 蒸気密度、
 u : 流速、 d : 液滴径、 D : 配管径)

密度や流速などの液滴の挙動に影響する因子を組合
せ、液滴の壁面への衝突割合と良い相関を持つ相関式
を構築した。

表1 蒸気配管モデルによる試計算結果の前システムとの相対値の比較

5 箇所 の エルゴ 部 を 有する 蒸気 配管 体系 での 試計算 を 実施 し、前システム と の 比 の 平均 値 を 比較 し た。
減肉率は Sanchez の 式 に 液滴 衝突 割合 を 考慮 し た 値 を 用 いた。

	流量 m	流速 U	湿り度 β	液滴衝突割合 F	減肉率、 W $W = f(m, u^4, \beta, F)$
相対比 (新システム/前システム)	1.08	1.08	1.02	1.04	1.56