

プラント出力向上時における設備への影響検討 — 流れ加速型腐食への影響の検討 —

背 景

米国では、既存の原子炉の安全性を損なうことなく出力を数%～20%増加させる事で発電コストを引き下げる事が可能な出力向上が既に実施されており、日本においても具体化に向けた検討が活発化している。出力向上はプラント内の各系統部位における温度や流量などの流動状況の変化を伴うため、出力向上によって流動に起因するトラブル事象が顕在化する可能性があり、実際に米国においても幾つかの事例が報告されている。

流動が起因する事象としては流動に伴う圧力変動/構造振動による疲労損傷や配管の減肉現象などがあり、特に、配管減肉現象の内の流れ加速型腐食(Flow Accelerated Corrosion、FAC)は、配管の損傷・破裂につながるリスクのある現象である。そのため、出力向上時の FAC による減肉量が出力向上前と比べてどの程度変化するかをあらかじめ検討しておく必要がある。

目 的

国内 BWR プラントで S 型^{*1} 相当の 5%および E 型(注参照)相当の 15%の出力向上を行った場合の FAC 現象を対象として、減肉率の変化の傾向、および配管減肉の管理計画への影響について調べる。

主な成果

モデルプラントとして国内 BWR プラントの 58%を占める BWR5 を選定し、出力向上時の仕様を仮定して、日本機械学会の BWR を対象とした配管減肉管理に関する技術規格(JSME S NH1-2006)に記載される FAC による各管理区分(表1)の配管系の減肉率がどのように変化するかについて、公開されている FAC による減肉率予測コード WATHEC (W. Kastner ら、Nuclear Engineering and Design、119 (1990) 431)により検討した。

- (1) 5%出力向上の場合: 抽気系の一部で寿命が 80～88%となり比較的短くなったが、最短寿命は 10 年以上であった。それ以外の系統は寿命の低下はほとんどなく、温度条件が高温で上昇するために寿命が長くなる系統も見られ、寿命の変化は大きくないことが示された(表2)。
- (2) 15%アップレートの場合: 抽気系の一部で寿命が 2/3 程度となる系統があり、配慮が必要と考えられるが、寿命は 10 年程度以上であり、また 5%出力向上の場合と同様に寿命の低下がわずかであるか、むしろ長くなる系統が多かった(表2)。

以上により、FAC については出力向上による配管減肉管理計画への影響は小さく、従来の保安全管理方法を適切に実施すれば対応が可能な見通しが得られた。

本研究は、日立 GE ニュークリアエナジ(株)との共同研究として実施した。

今後の展開

FAC に引き続き、液滴衝撃エロージョン(LDI)への影響の検討を行う。

主 担 当 者 原子力技術研究所 発電基盤技術領域 上席研究員 稲田 文夫、主任研究員 森田 良

^{*1} :米国に於ける出力向上では、給水流量計の計測不確かさの改善により 2%以下の出力向上を行う MU 型、大きなプラント改造を伴わずプラント性能範囲で安全解析等の再評価により 7%以下の出力向上を行う S 型、機器の改造により 20%以下の出力向上を行う E 型に分類している。

表 1 BWR を対象とした配管減肉管理のための技術規格における管理ランク

管理ランク	
FAC-1	<p>系統: 酸素注入により FAC による減肉を抑制している範囲。酸素注入点下流側の復水・給水系(下記の FAC-S 範囲を除く)や給水加熱器ドレン系の水単相領域の配管系。湿り度の低い主蒸気系の蒸気単相領域も FAC 発生の可能性は低いと考えられるため、本範囲に含める。</p> <p>管理法: 代表する定点について、10 年以内の周期で肉厚測定を実施。</p>
FAC-2	<p>系統: 溶存酸素濃度が低い場合 FAC による減肉が想定される範囲。主蒸気系の二相領域、抽気系、給水加熱器ドレン系の二相領域、給水加熱器ベント系統等の配管系。</p> <p>管理法: 10 年目までに初回測定を行い、その後は余寿命を算出して肉厚測定管理を行う。</p>
FAC-S	<p>系統: 上記の FAC-1 の範囲に属するが、偏流効果が著しく実機計測データ上も減肉が発生している箇所。給水ポンプ吐出部下流エルボ等。</p> <p>管理法: 10 年目までに初回測定を行い、その後は余寿命を算出して肉厚測定管理を行う。</p>

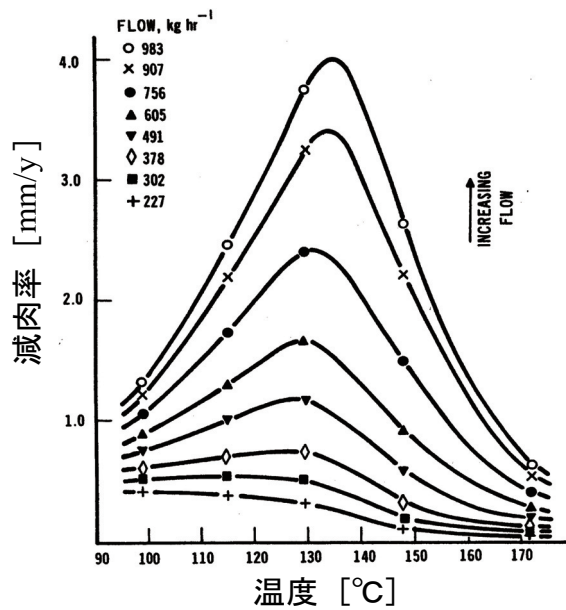


図 1 炭素鋼の FAC による減肉速度と温度、流速との関係の例(pH 9.05)

G. J. Bignold, K. Garbett and I. S. Woolsey, in Ph. Berge and F. Kahn, eds., Corrosion-Erosion of Steels in High Temperature Water and Wet Steam (France: EdF, Les Renardières, 1982) Paper No. 12.より引用

表 2 日本機械学会規格のベースとなる最小寿命が比較的短い系統における、出力向上前後の寿命の変化率 R_L (WATHEC コード使用, BWR の例)

系統/系統 No.	管理ランク	仮定した溶存酸素濃度 (ppb)	出力向上前寿命(年)	5%出力向上時		15%出力向上時	
				寿命(年)	寿命変化率 R_L	寿命(年)	寿命変化率 R_L
給水系/2	FAC1	15	17.95	18.2	1.01	18.1	1.01
抽気系/7	FAC2	1	19.32	25.0	1.29	29.5	1.53
抽気系/8-2	FAC2	1	17.19	20.1	1.17	23.6	1.37
抽気系/9-2	FAC2	1	10.64	11.6	1.09	13.8	1.30
抽気系/10-2	FAC2	1	14.42	11.6	0.80	9.5	0.66
抽気系/12-2	FAC2	1	15.84	13.9	0.88	10.7	0.68
給水系/25-1	FAC1/FACS	15	16.92	16.7	0.99	16.3	0.96
給水加熱器ドレン系/105-1	FAC2	1	18.55	18.7	1.01	19.1	1.03
給水加熱器ドレン系/105-2	FAC2	1	15.13	15.3	1.01	15.6	1.03
抽気系/106	FAC2	1	18.88	20.4	1.08	22.9	1.21
給水加熱器ドレン系/551	FAC1	15	15.02	15.0	1.00	15.0	1.00

寿命が長くなっている系統

抽気系の一部で寿命が短くなるが、寿命は10年程度以上

備考: 系統 No. は、BWR を対象とした配管減肉管理に関する技術規格 (JSME S NH1-2006) に記載される系統 No. と対応