

## 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、配管を損傷させる可能性のある現象である。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\*1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。

### 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

関連外部発表： 日本原子力学会2007年秋の大会C12、同春の年会M43、M44

備考： 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。

\*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。

## 5. 原子力発電／軽水炉発電の経済性・信頼性向上

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><b>系統:</b>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><b>管理法:</b>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><b>系統:</b>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><b>管理法:</b>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><b>系統:</b>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><b>管理法:</b>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>

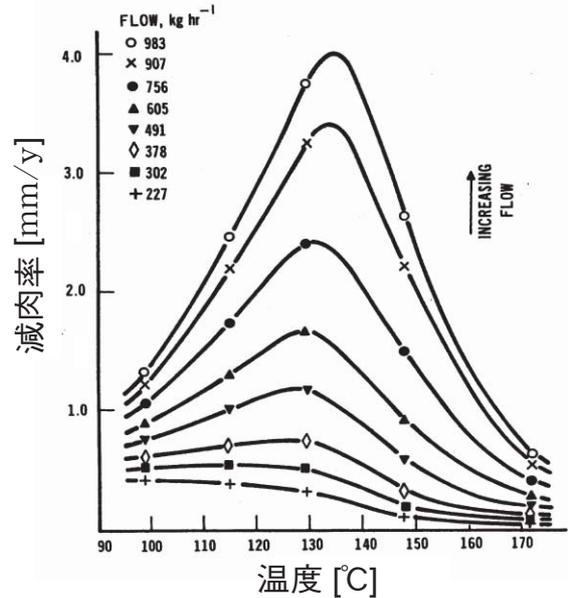


図1 炭素鋼のFACによる減肉速度と温度、流速との関係の例 (pH 9.05), G. J. Bignold, K. Garbett and I. S. Woolsey, in Ph. Berge and F. Kahn, eds., Corrosion-Erosion of Steels in High Temperature Water and Wet Steam (France: EdF, Les Renardieres, 1982) Paper No. 12より引用

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 SNH1-2006) に記載される系統No.と対応