

コンバインドサイクル HRSG 配管減肉モニタリング技術(薄膜 UT)の開発と High-AVT 水処理による減肉抑制効果の検証

Development of Thickness Trend Monitoring Technology (Thin-Film UT Sensor) and Field Verification of Water Treatment Technology (High-AVT) for HRSG FAC Control



浦田 直矢*¹
Naoya Urata

椿崎 仙市*²
Senichi Tsubakizaki

青木 清隆*³
Kiyotaka Aoki

山本 裕子*⁴
Yuko Yamamoto

平崎 敏史*⁵
Toshifumi Hirasaki

飯田 純也*⁶
Sumiya Iida

火力発電プラントのコンバインドサイクル HRSG (Heat Recovery Steam Generator) では、節炭器において流れ加速型腐食 (FAC: Flow Accelerated Corrosion) による配管減肉が発生している。材質変更や水処理最適化による FAC 低減対策を検証するため、ユニット運転中に高温配管の肉厚測定が可能な耐熱性薄膜型 UT (Ultrasonic Testing) センサを開発した。本技術の性能評価のため、東京電力フュエル&パワー(株)の実機プラントにおいて薄膜 UT を用いた配管減肉モニタリングを行い、High-AVT 水処理適用による FAC 低減効果を検証することができた。

1. はじめに

火力発電プラントのコンバインドサイクル HRSG では、節炭器において流れ加速型腐食 (FAC) による配管減肉が発生している。減肉傾向が認められた系統では、配管減肉対策として炭素鋼より耐 FAC 特性に優れる低合金鋼への材質変更や水処理条件の変更 (High-AVT 水処理適用) などによる減肉抑制を図っている。配管減肉傾向の把握については、定期的に個々の配管の肉厚測定を実施し、評価するのが一般的であるが、通常、肉厚測定は定期点検などのユニット停止中にしか実施できない。本研究では、ユニット運転中に高温配管の肉厚測定が可能な耐熱性薄膜型 UT センサを設置し、排熱回収ボイラの高圧二次節炭器管の配管減肉モニタリングを実施するとともに、High-AVT 水処理適用による減肉対策効果を評価した。

2. HRSG トラブル事例と High-AVT 水処理の適用

表1に火力発電用ボイラにおける給水とボイラ水の主要な水処理方法を示す。現在、HRSG において、給水はアンモニア、ヒドラジンを注入する揮発性物質処理 (AVT)、ボイラ水はりん酸塩を注入するりん酸塩処理が適用されている。

図1に海外コンバインドサイクルプラントで発生した HRSG の FAC による配管減肉の事例を示す。営業運転開始3年で配管肉厚が 1/2 以下となり、漏えいが発生している。本事例では、給水または低圧ドラム水の pH が低めに管理されたことが要因と推定される。図2に pH と FAC 減肉速度の関係を示す。高 pH では、FAC による配管減肉速度の低減が確認されており、抑制効果が期待される。

JIS B8223 (2006) に記載されている給水の水質管理基準値 (上限 pH9.7) を超える高 pH 運用の揮発性物質処理を『High-AVT 水処理』と呼んでいるが、2015 年 JIS 改正において、給水 pH の

*1 三菱日立パワーシステムズ(株) サービス本部 呉サービス部

*2 三菱日立パワーシステムズ(株) サービス本部長崎サービス部 主席技師

*3 総合研究所 サービス技術部 グループ長

*4 総合研究所 電気・応用物理研究部

*5 東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所技術開発部 主幹研究員 博士(工学)

*6 東京電力フュエル&パワー(株) O&M 本部技術サービス部

上限が9.7から10.3へ引き上げられ、High-AVT水処理(給水pH9.8以上)の実機適用が可能となった。図3に pH と給水ポンプ出口水鉄濃度の関係(実機計測値)を示すが、給水pH の変更(pH9.6⇒9.8)により、鉄濃度は約27%の減少が確認されており、FAC 低減の効果と推定される。

なお、通常の肉厚測定は定期点検などのユニット停止中にしか実施できないため、評価には数年オーダーの期間が必要となる場合が多く、これまで実機プラントにおける High-AVT 水処理適用による FAC 減肉対策効果を定量化した知見はほとんどない。

表1 火力発電用ボイラにおける給水とボイラ水の主要な水処理方法

発電方式	熱源	ボイラ分類	圧力区分	ボイラ形式	給水の 処理方法	ボイラ水の 処理方法
汽力発電	火炎	コンベンショナル ボイラ	亜臨界圧	循環ボイラ	揮発性物質 処理	揮発性物質 処理
			超臨界圧	貫流ボイラ	揮発性物質 処理	りん酸塩処理
			超々臨界圧			酸素処理
コンバインド サイクル 発電	燃焼 排ガス	排熱回収 ボイラ (HRSG)	亜臨界圧	排熱回収 ボイラ (循環型)	揮発性物質 処理	揮発性物質 処理
			超臨界圧	排熱回収 ボイラ (貫流型)	揮発性物質処理	

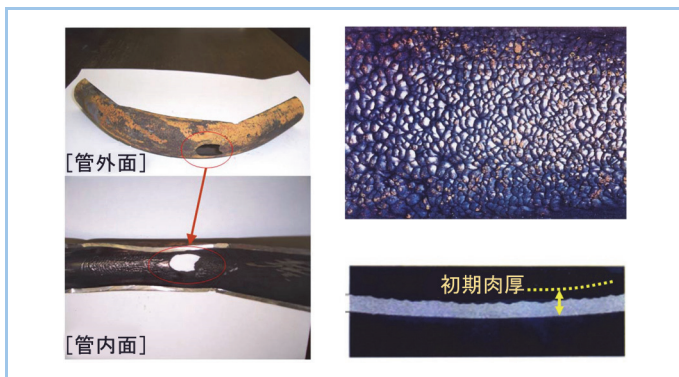


図1 FAC(流れ加速型腐食)事例

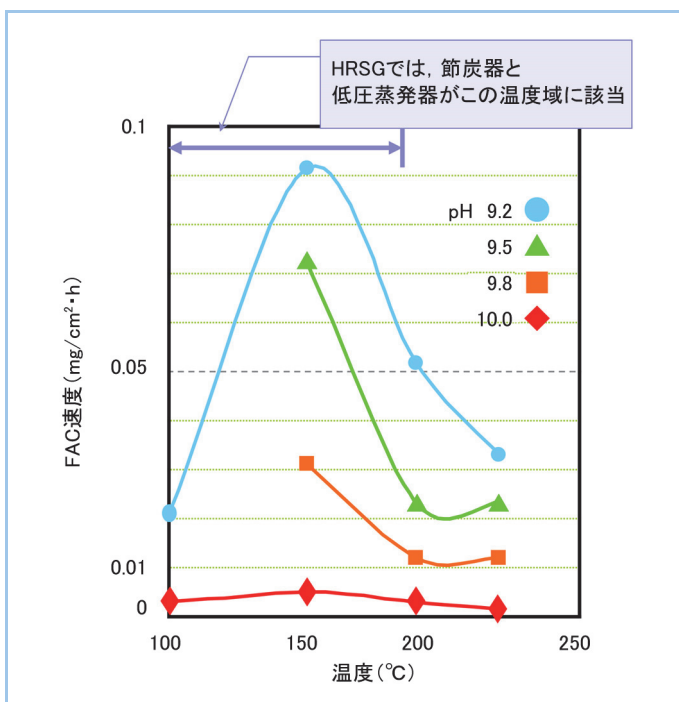


図2 pH と FAC(流れ加速型腐食)速度との関係

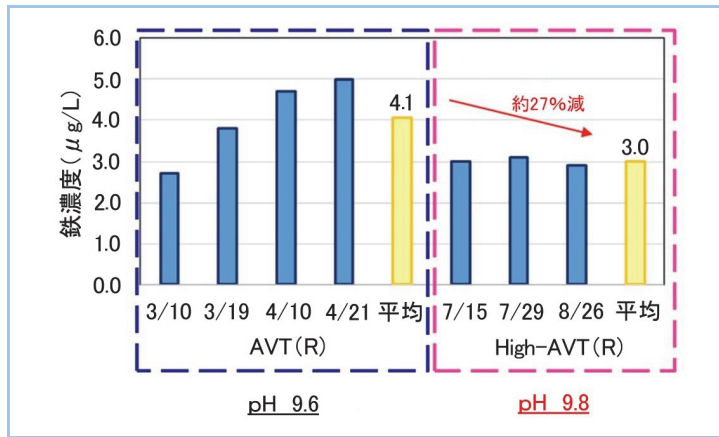


図3 pHと低圧給水ポンプ出口水鉄濃度の関係(実機計測値)

3. 耐熱性薄膜型 UT(薄膜 UT)センサについて

図4に配管減肉モニタリングに用いた耐熱性薄膜型UT(薄膜 UT)センサの外観を示す。薄膜 UT センサは、厚さ 1mm、直径 10mm 程度の大きさであり、柔軟性に富むことから従来型 UT センサでは実現できなかったエルボや小口径配管などの曲面への面接触により、安定した肉厚測定ができる特徴を持つ。更に、センサの適用上限温度は 200℃であり、高温環境下での連続使用が可能のため、配管減肉の発生しやすい温度域である 150℃付近に位置する節炭器管への常設が可能である。

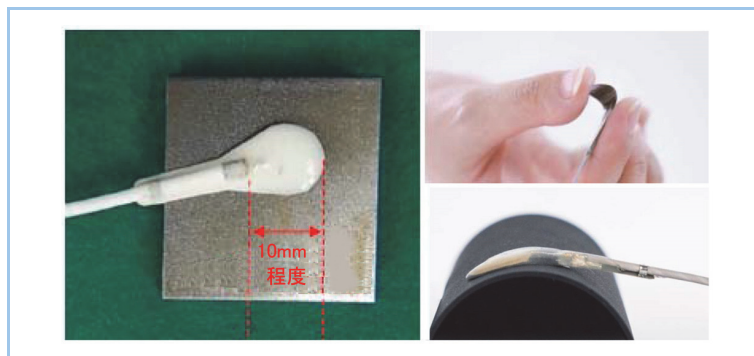


図4 耐熱性薄膜型 UT(薄膜 UT)センサ 外観

図5に薄膜 UT センサの設置箇所を、図6に設置状況を示す。設置箇所は減肉が生じやすいとされるヘッダー管台と伝熱管の接続部付近であり、薄膜 UT センサに接続された測定用ケーブルを炉外まで敷設し、ユニット運転中に HRSG 外部で定期的に肉厚測定を実施した。



図5 薄膜 UT センサ 設置箇所

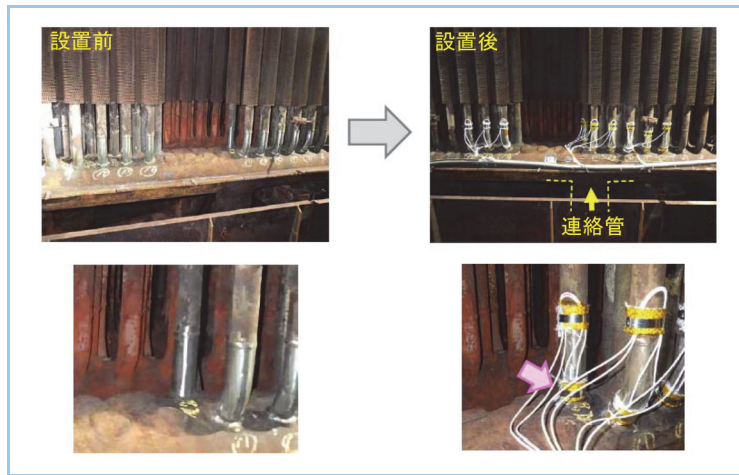


図6 薄膜 UT センサ 設置状況

4. 配管減肉モニタリング状況

図7に薄膜 UT 設置時に計測した薄膜 UT と通常 UT (ユニット停止時の常温での計測) の測定結果の比較を、図8にユニット起動前後の測定値の比較を示す。薄膜 UT は、通常 UT による肉厚測定結果と一致することが確認され、起動後 (定格到達後: 142℃) も肉厚測定値に変化がないことが確認された。

図9に高圧二次節炭器管の配管減肉モニタリング結果 (肉厚の経時変化) の一例と測定温度を示す。約 150℃ の高温環境に1年程度暴露されていたが、安定的に肉厚データが取得でき、センサ感度の低下などは認められず、いずれの箇所も顕著な減肉傾向は確認されなかった。

薄膜 UT を設置したユニットでは、減肉対策として水質を AVT 水処理から High-AVT 水処理へ変更している。この対策効果を評価するため、水質管理基準変更前 (累積運転時間: 約 84000h) に当該ユニットで実施された肉厚測定結果を用いて High-AVT 適用前の減肉速度を算出し、薄膜 UT により取得したモニタリング結果から算出される減肉速度と比較した (図10)。

モニタリング結果から算出された各伝熱管の High-AVT 水処理適用後の減肉速度は、図11に示すように適用前に比べ概ね 50% 以下に低減していることが判った。このように、薄膜 UT を用いることでユニット運転中の配管減肉モニタリングが可能となり、High-AVT 水処理適用による減肉抑制効果を直接確認することができた。

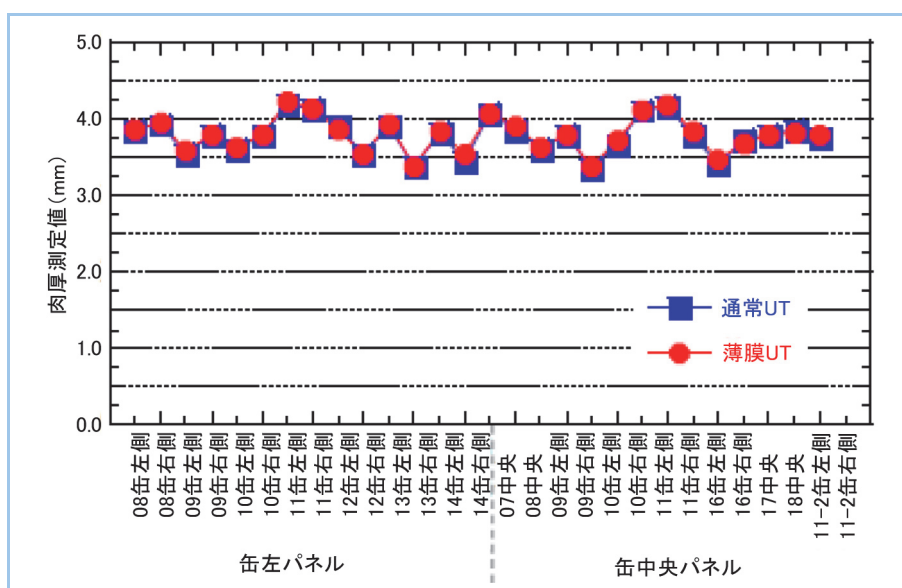


図7 薄膜 UT / 通常 UT の測定結果の比較

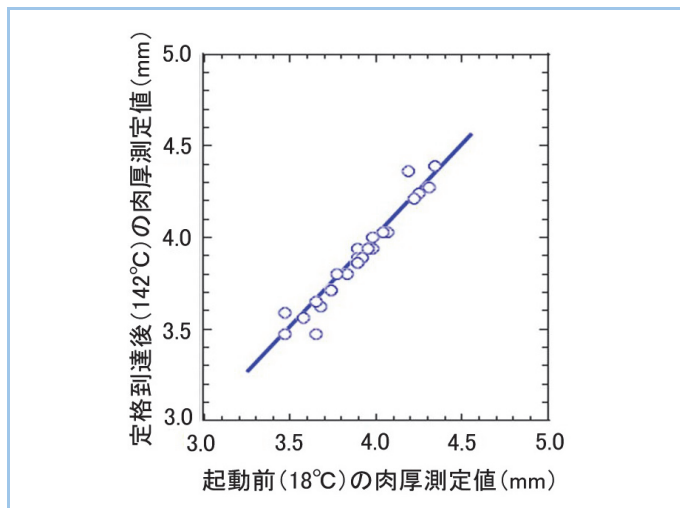


図8 薄膜 UT／通常 UT の起動前後の測定値の比較

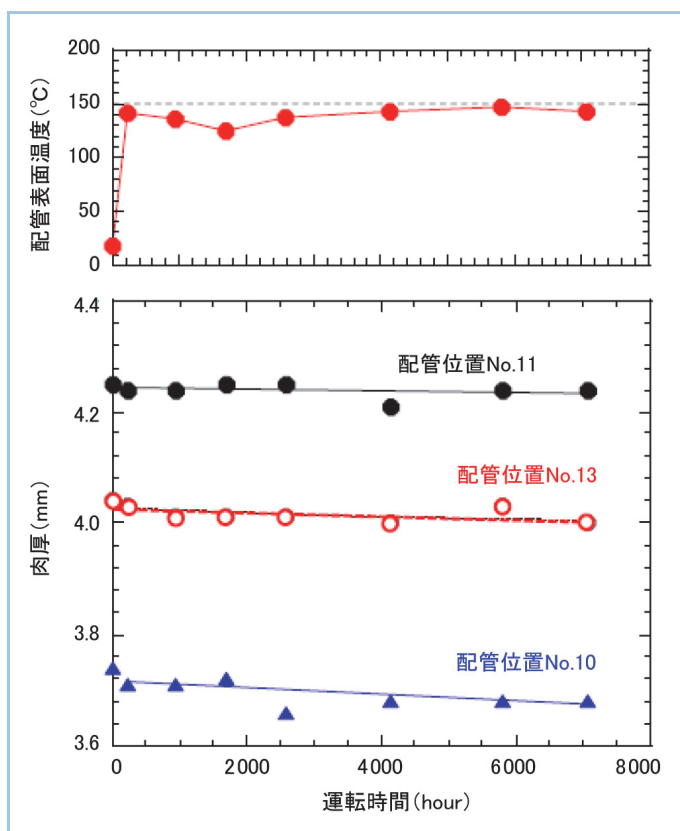


図9 配管肉厚モニタリング結果の一例

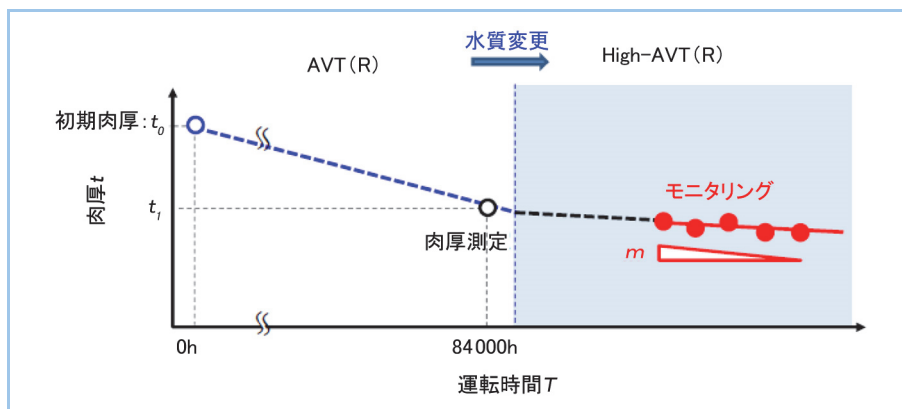


図 10 High-AVT 水処理適用による減肉対策効果の検証

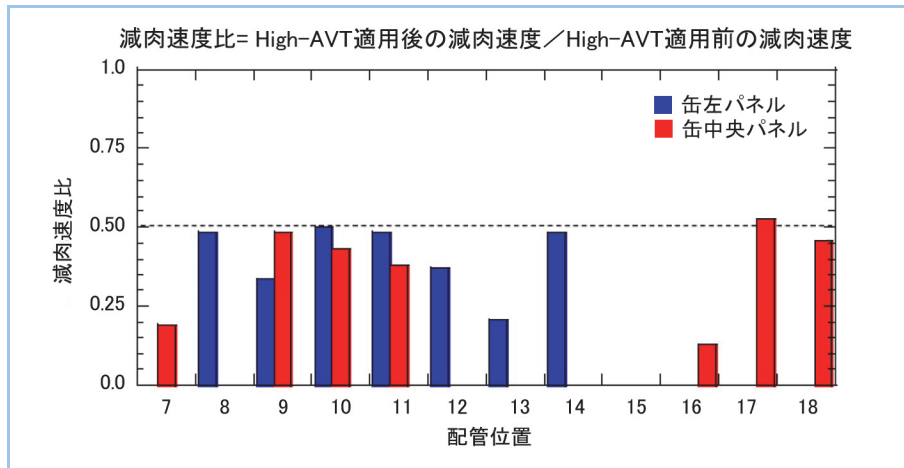


図 11 High-AVT 水処理適用による減肉抑制効果

5. まとめ

配管減肉対策として適用した High-AVT 水処理の導入効果を評価するため、HRSG の高圧節炭器管に薄膜 UT センサを設置し、配管減肉モニタリングを実施した。設置した薄膜 UT センサは、約 150℃ の高温環境に 1 年間暴露されていてもセンサ感度低下などの劣化は確認されず、継続的に肉厚を測定できていた。測定は今後も継続する。

また、High-AVT 水処理適用により減肉速度が適用前の約 1/2 に低減されていることが確認された。High-AVT 水処理は、FAC 低減対策の他、りん酸塩腐食(アルカリ腐食)対策、発がん性のヒドラジンを使用しない運用への転換の方策として有用であり、今後適用を拡大したい。

参考文献

- (1) T. Tsuruta et al., Proceedings of Fontevraud 6 “Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWR’s”, Vol.1, Session A(2006), p.181-190
- (2) 椿崎仙市ほか, 改正 JISB8223 対応, HRSG 腐食トラブル対策としての新水処理技術(High-AVT), 三菱重工技報 Vol.54 NO.3(2017)
- (3) 平崎敏史ほか, 排熱回収ボイラ高圧節炭器管における配管減肉モニタリング, 平成 30 年度火力原子力発電大会研究発表要旨集(2018), P64-65