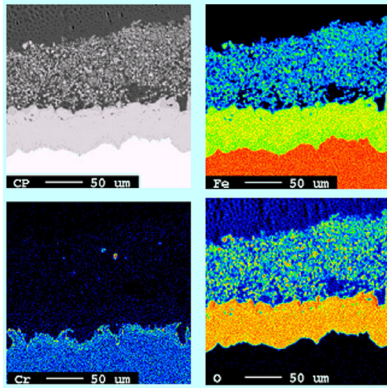


火力プラント水処理: 酸素処理の適用実績と パウダースケール付着対策の紹介

Achievement on OT (Oxygenated Feed-Water Treatment) Application
and Introduction of Countermeasures for Powdered Scale Deposit



椿崎 仙市*¹ 高田 政治*²
 Senichi Tsubakizaki Masaharu Takada
 須藤 隆之*³ 河島 弘毅*⁴
 Takayuki Suto Hirotake Kawashima
 馬渡 憲次*⁵ 吉田 章人*⁶
 Kenji Mawatari Akito Yoshida

ボイラ給水処理の酸素処理法(CWT)は、欧州での実績を元に 1990 年に国内で初めて事業用火力発電プラントに適用されてから 20 年が経過し、現在 53 ユニットで運用中である。近年、いくつかのプラントにおいて、CWT 適用後に、低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度が上昇する事象が発生し、火炉壁管メタル温度上昇の要因となるパウダースケールが火炉壁管内面へ生成・付着していることが確認された。この対応策として、高温フィルタによる鉄除去試験を実施し、その効果を確認した。

1. はじめに

国内火力発電プラントにおいて、プラント水処理は、ボイラ・タービン系統内での腐食発生、スケール生成及び付着、タービンへのキャリーオーバーなどの障害を防止するために行われている。

国内火力発電プラント水処理の変遷を図1に示す。

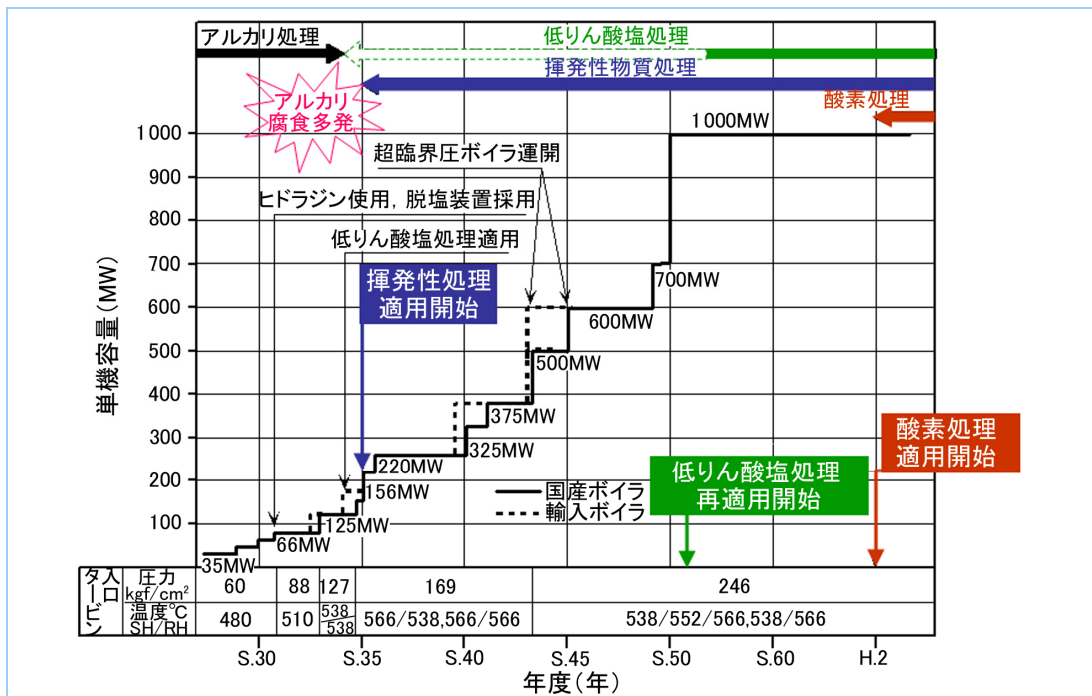


図1 国内火力発電プラント水処理の変遷

*1 原動機事業本部サービス事業部長崎サービス部首席技師 *2 原動機事業本部サービス事業部長崎サービス部
 *3 原動機事業本部ボイラ統括技術部 技術士(機械部門) *4 エンジニアリング本部電力プロジェクト総括部電力計画部
 *5 技術統括本部長崎研究所 *6 原動機事業本部サービス事業部長崎サービス部グループ長

酸素処理法(CWT:複合水処理)は、ドイツ、ロシアなどにおける実績を元に国内で検証試験が行われ、1989年に初めてJIS B8223に水質管理基準が掲載された。その後、1990年、我が国で初めて事業用大容量貫流ボイラに適用されている。復水脱塩装置の設置が望まれることから、ドラム形ボイラへの適用例は少ないが、20年が経過した現在では53の事業用火力発電プラントで運用され、良好な実績が得られている。

本報では、国内のCWT適用プラントにおいて、最近課題となっているパウダースケール付着事例の対応策について紹介する。

2. CWT 適用プラントの運用状況

2.1 貫流ボイラの水処理方法

現在の国内事業用火力発電プラントにおける貫流ボイラの水処理方法を図2に示す。

ボイラ形式	貫流ボイラ		
	揮発性物質処理	酸素処理	
水処理方式	AVT	NWT	CWT
pH (at 25°C)	9.0~9.7	≒7	8.0~9.3
電気伝導率 (mS/m)	≤0.025	≤0.02	
溶存酸素 (μg/l)	≤7	20~200	
使用薬品	アンモニア ヒドラジン	酸素	アンモニア 酸素

揮発性物質処理: AVT (All Volatile Treatment)

中性水処理: NWT (Neutral Water Treatment)

複合水処理: CWT (Combined Water Treatment)

図2 貫流ボイラの水処理方法

従来の水処理法である揮発性物質処理(AVT: All Volatile Treatment)では、pH調整剤のアンモニアと酸素除去剤のヒドラジンで水質調整を行う。溶存酸素は、腐食性物質として最も好ましくない成分とされていたため、溶存酸素の濃度をできるだけ低く保持し、pH調整を行うことによって腐食を防止することを基本にしている。

一方、酸素処理は、高純度の水中で、難溶解性の酸化物を鋼の表面上に密着させて適切に保持することによって、その後の鋼の腐食及び腐食生成物の水中への溶出を抑制させることができるとの考え方に基づいたものである。この処理方式は、中性の水に溶存酸素を共存させる中性水処理(NWT: Neutral Water Treatment)と、アンモニアによってpHを8.0~9.3の弱アルカリ性の条件において溶存酸素を共存させる複合水処理(CWT: Combined Water Treatment)がある。

AVT適用時に生成されるマグネタイトに比較して、CWT適用時に生成されるヘマタイトの溶解度が約15桁小さいため、系統からの鉄溶出の低減に寄与できることから、機器及びボイラへのスケール付着トラブルを解決する手段として、日本国内の事業用火力発電プラント(主に貫流ボイラプラント)においてはCWT適用が推進されている。

2.2 CWT 運用実績及び効果

日本国内では、これまでに57の国内事業用火力発電プラントへ適用され、2011年3月末現在で53プラントにおいて運用されている。

国内におけるCWT適用による効果としては、①スケール成長速度抑制による化学洗浄頻度の低減、②波状スケール生成抑制によるボイラ差圧上昇の低減、③アンモニア使用量抑制による環境保全の向上、④構成機器へのスケール付着の低減、⑤FAC(流れ加速腐食)の低減が挙げられる。

図3に示すように、AVT適用時と比べ、CWT適用時においては、波状スケールの生成速度が抑制されたことなどによって、ボイラ差圧上昇の低減効果が顕著にみられた。その結果、ボイラ入口給水圧力の上昇(給水ポンプ動力の増加)を抑制できることが確認されている。

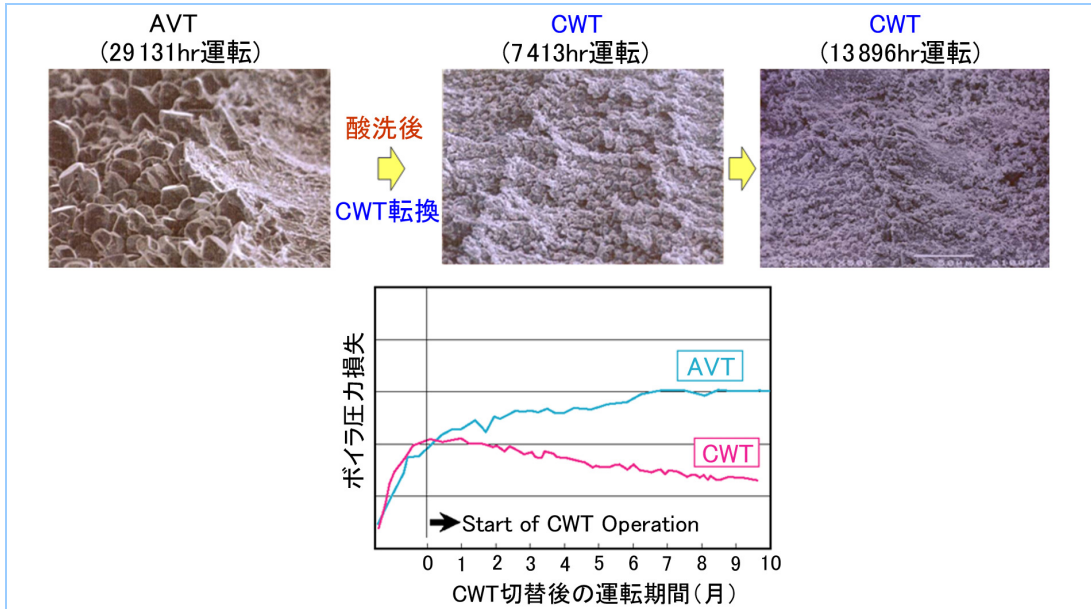


図3 CWT 適用による波状スケールの生成抑制効果

また、CWT 適用によって、スケール成長速度が抑制され、2年～4年ごとに実施していたボイラ化学洗浄(スケール除去)の頻度を10年以上に延伸できる。ほかの効果も含め、年間5千万円以上のメリットが報告されている事例もある。(出力600MWプラントの実績)

2.3 CWT 適用プラントのトラブル事例

CWT適用プラントにおいて確認されたトラブル事例を図4に示す。(一部事象についてはCWTとの因果関係は不明であるが、CWT適用プラントにおける実績として整理した。)

ほとんどのトラブルは、CWT導入初期に対策が講じられているため、現在は特に運用の支障となるケースはないと報告されている。

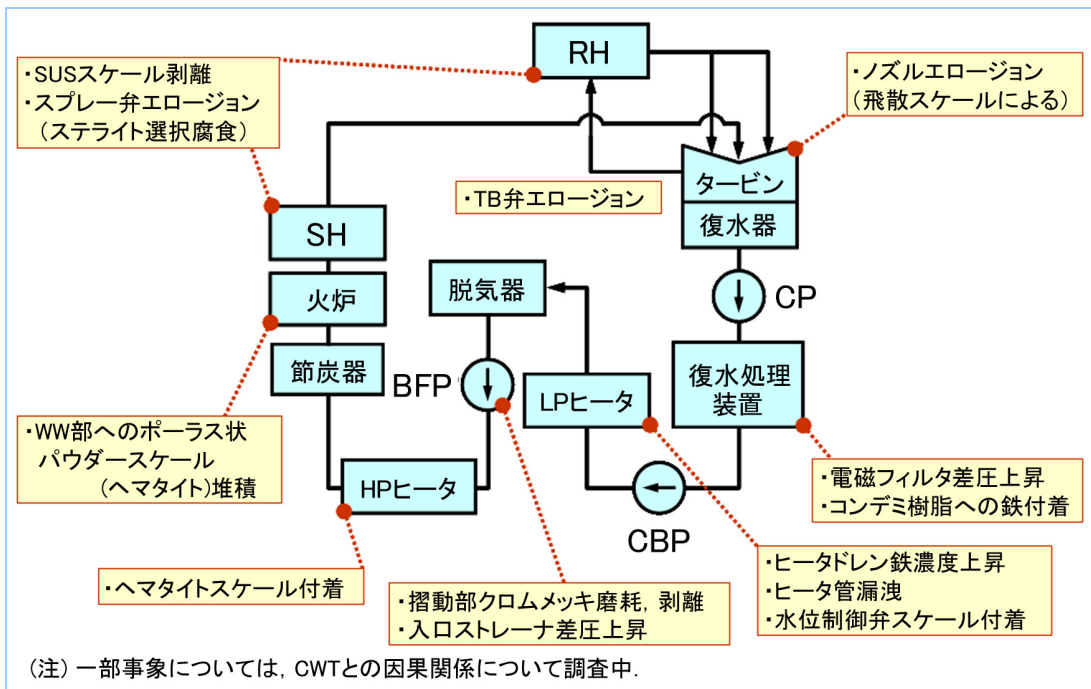


図4 CWT 適用プラントにおいて確認されたトラブル事例

2.4 パウダースケール付着事例

近年、いくつかの CWT 適用プラントにおいて、ボイラへの鉄持込み量の増加と、ボイラ火炉壁管内面にヘマトイトスケールの付着が認められ、火炉壁管メタル温度上昇の要因となっている。

付着しているヘマトイトスケールは、熱伝導率の低い小粒径のポーラス状であることから、『パウ

ダースケール』と称されている。ボイラ火炉壁管に付着したパウダースケールを図5に示す。

CWT 適用後に、ボイラ火炉壁管内面へのパウダースケール付着が確認されたプラントにおいては、低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度が上昇する事象が確認されている。これは、低圧給水加熱器ドレン系統の溶存酸素が気相側(復水器側)へ移行することによりAVTと同程度の低酸素条件となり、かつpHは8.5~9.0とAVT条件より低値となることと、低温域のためヘマタイト生成反応が遅れるため、ドレン中の鉄濃度が高くなると推定される。

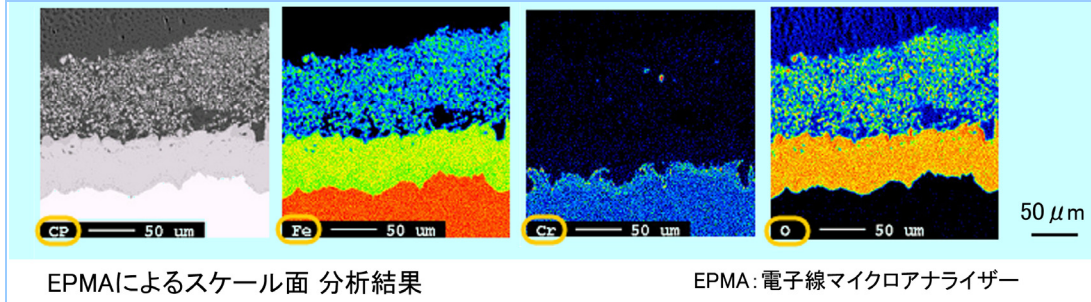


図5 ボイラ蒸発管に付着したパウダースケール

3. パウダースケール対策

3.1 低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度低減対策の検討 (通常運転時のパウダースケール対策)

パウダースケールの低減対策としては、ボイラへの鉄持込み量を低減する必要があり、プラント系統内における鉄の物質収支について調査を行った結果、主な発生源と推定される低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度低減が必須と考えられ、以下の対策が実プラントにおいて検討・適用されている。

- ①低圧給水加熱器の材質変更:SUS化(鉄溶出低減)
- ②給水 pH 変更(鉄溶解度低減)
- ③低圧給水加熱器ドレン系統へのアンモニア注入による pH 変更(鉄溶解度低減)
- ④低圧給水加熱器ドレン系統への酸素注入(ヘマタイト生成の促進)
- ⑤低圧給水加熱器ベント弁の閉運用(ヘマタイト生成の促進)
- ⑥低圧給水加熱器ドレン系統への鉄除去用高温フィルタ設置(鉄濃度の低減)

このうち、②~④の水質調整により低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度が減少し、その結果、パウダースケール付着傾向が低減した事例を図6に示す。

また、特に鉄濃度の顕著な上昇が認められるプラント起動時の対策として、高温フィルタによるドレン中の鉄除去試験を実施したので、結果を紹介する。

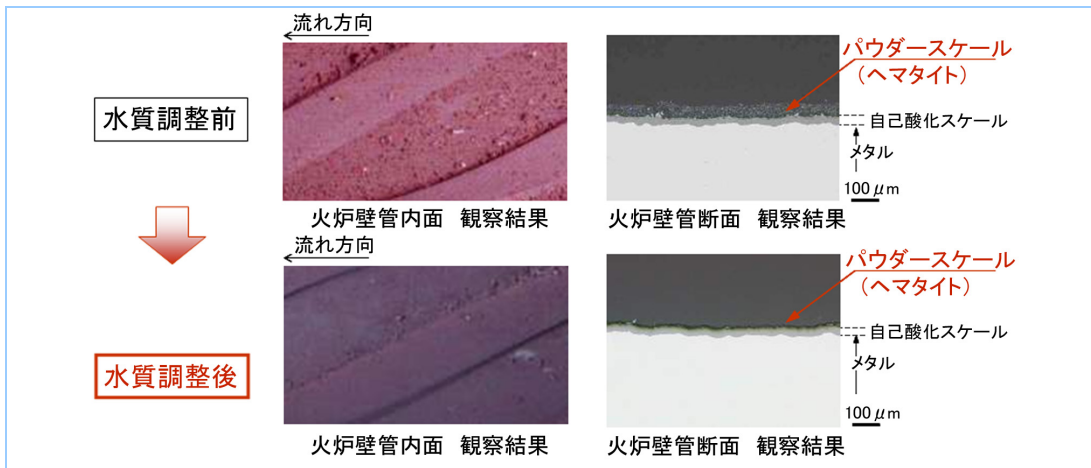


図6 通常運転時における水質最適化によるパウダースケール付着低減結果

3.2 低圧給水加熱器ドレン系統の鉄除去試験 (プラント起動時のパウダースケール対策)

高温フィルタによる低圧給水加熱器ドレン系統鉄除去試験装置の外観を図7に示す。

鉄除去試験装置は、サンプリングラックの低圧給水加熱器ドレンサンプルラインに、試験用高温フィルタ(高温仕様:80℃)を設置した。

低圧給水加熱器ドレン系統の鉄濃度は、ユニット起動時において、特に上昇が顕著であることから、起動時と通常運転時における鉄除去試験を実施した。プラント起動時の鉄除去試験結果を図8に示す。図8において、低圧給水加熱器ドレン系統に設置したフィルタ入口鉄濃度が一時的に90000 $\mu\text{gFe/l}$ を超えた際でもフィルタ出口鉄濃度は約50 $\mu\text{gFe/l}$ で、以降は概ね10 $\mu\text{gFe/l}$ 以下を保持した。

プラント起動時のドレン回収目標水質が鉄50 $\mu\text{gFe/l}$ 以下であることから、高温フィルタによる鉄除去を実施すれば、通水後の早い段階で目標値以下とすることができる(プラント起動時間の短縮)。また、パウダースケール付着の要因となる鉄粒子のボイラへの持込みを低減することができると考えられる。

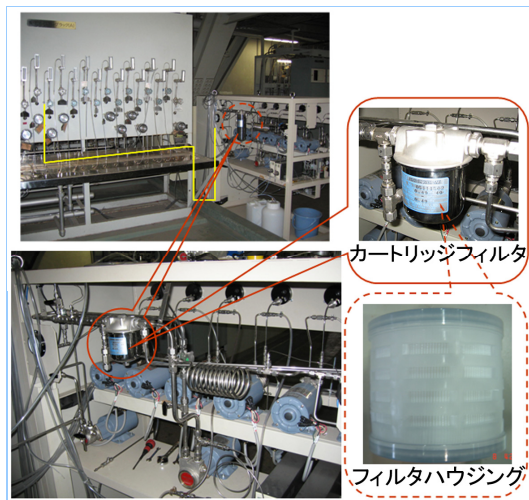


図7 高温フィルタによる低圧給水加熱器ドレン系統鉄除去試験装置の外観

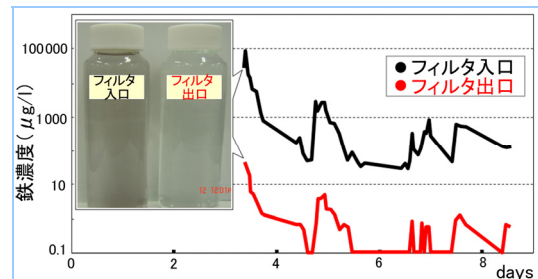


図8 プラント起動時における高温フィルタによる低圧ヒータドレン鉄除去試験結果

4. まとめ

貫流ボイラにとって、CWTはAVTよりも最適な水処理方法である。一部でパウダースケールの課題はあるが、当該高温フィルタによる低圧給水加熱器ドレン系統鉄除去装置の設置によって給水系統の鉄濃度を下げられることが試験により確認された。

今後、実機での運用検証を待たなければならないが、プラント起動時におけるボイラへの鉄持込み量の低減に向けて解決の見通しが得られた。

参考文献

- (1) JIS B8223-2006 ボイラの給水及びボイラ水の水質
- (2) 火力原子力発電技術協会:火原協会講座 34 火力・原子力発電所における水・化学管理(2008年5月)
- (3) 財津:ボイラー給水処理法変更による省エネルギー, ボイラ研究 No.312(2002年4月)
- (4) 椿崎:現場に密着した保守技術[62] 水処理の大切さー火力発電プラントの水質管理技術(その2), 火力原子力発電 Vol.59 No.1(2008年1月)
- (5) 椿崎:酸素処理法の課題と対策の現状, ボイラ給水処理 酸素処理法 20周年記念行事, 火力原子力発電技術協会中部支部(2010年8月)
- (6) 高田, 南條, 朝田ほか:酸素処理適用プラントにおけるパウダースケールトラブル対策検討, 平成23年度火力原子力発電大会論文集(2012年2月)