

コンバインドサイクルプラントにおける High-AVT(高 pH 水処理)適用による信頼性向上

Success of High-AVT (High pH Water Treatment) Application in Overseas Combined Cycle Plant



椿崎 仙市*¹
Senichi Tsubakizaki

安藤 博文*²
Hirofumi Ando

竹井 康裕*³
Yasuhiro Takei

永沼 孝之*⁴
Takashi Naganuma

坂本 康典*⁴
Yasunori Sakamoto

西 太一*⁴
Taichi Nishi

コンバインドサイクルプラントの水処理では、一般に、給水系統にアンモニアとヒドラジン、ボイラ系統にりん酸塩が使用されている。メキシコのトゥクспан2号・5号発電所では、アンモニアにより給水 pH を高めに設定し、ボイラ系統でりん酸塩を必要としない『High-AVT(高 pH 水処理)』を採用した。2001 年のトゥクспан2号営業運転開始から 10 年以上が経過したが、この間における機器点検において異状は確認されておらず、良好な運転実績が得られたため、High-AVT をコンバインドサイクルプラントにおける水処理の選択肢のひとつとして紹介する。

1. はじめに

コンバインドサイクルプラントの水処理では、主に、給水系統にアンモニア(NH₃)とヒドラジン(N₂H₄)、ボイラ系統にりん酸塩が使用されている。

メキシコのトゥクспан2号・5号発電所では、りん酸塩の過剰注入や濃縮を原因とするアルカリ腐食の防止及び運転員の負担軽減のため、原子力発電プラントにおいて実績があった、アンモニアにより給水 pH を高めに設定し、ボイラ水でのりん酸塩処理を必要としない『High-AVT(高 pH 水処理)』を採用した。

High-AVT は、当社が納入した海外のコンバインドサイクルプラント5基で運用中である。適用から 10 年以上が経過した現在も、問題なく運転を続け、良好な実績が得られており、その概要を紹介する。

2. 発電所の概要及び水質管理設備

図1にトゥクспан2号・5号発電所の位置を示す。トゥクспан発電所は、メキシコシティの北東約 250km のベラクルス州トゥクспан市郊外にあり、発電された電力の大部分は、首都のメキシコシティに送られている。

トゥクспан2号発電所及び5号発電所の外観を図2に、主要設備仕様(トゥクспан2号・5号発電所)を表1に示す。いずれも、出力 495MW のコンバインドサイクルプラントであり、再熱3重圧横型の排熱回収ボイラ(HRSG)を有する。

*1 原動機事業本部 サービス事業部長崎サービス部 主席技師

*2 エンジニアリング本部電力プロジェクト総括部電力プラント技術部 課長

*3 原動機事業本部ボイラ統括技術部 主席技師

*4 九州電力(株) 国際事業本部

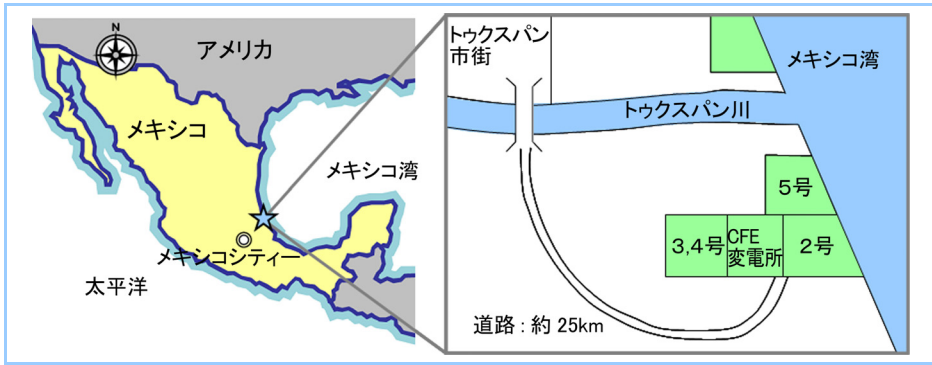


図1 トウクスパン2号・5号発電所の位置



図2 発電所の外観

表1 主要設備仕様(トウクスパン2号・5号発電所)

プラント	トウクスパン2号発電所	トウクスパン5号発電所
事業会社	エレクトリシダ・アギラ・デ・トウクスパン (EAT 社)	エレクトリシダ・ソル・デ・トウクスパン (EST 社)
発電方式	コンバインドサイクル(複合火力)方式	
プラント出力	495 MW	
プラント型式	GTCC 2on1	
ガスタービン型式	M501F	
蒸気タービン型式	TC2F-29.5	
排熱回収ボイラ型式	再熱3重圧横型 自然循環	
燃料	天然ガス・油	天然ガス
主機メーカー	三菱重工	
営業運転開始年月	2001年12月	2006年9月

図3に系統概略図:薬品注入点及び試料採取点を、表2に試料採取点及び水質監視計器設置箇所を示す。また、図4にサンプリング装置の外観(5号発電所)を、図5に薬品注入装置の外観(5号発電所)を示す。

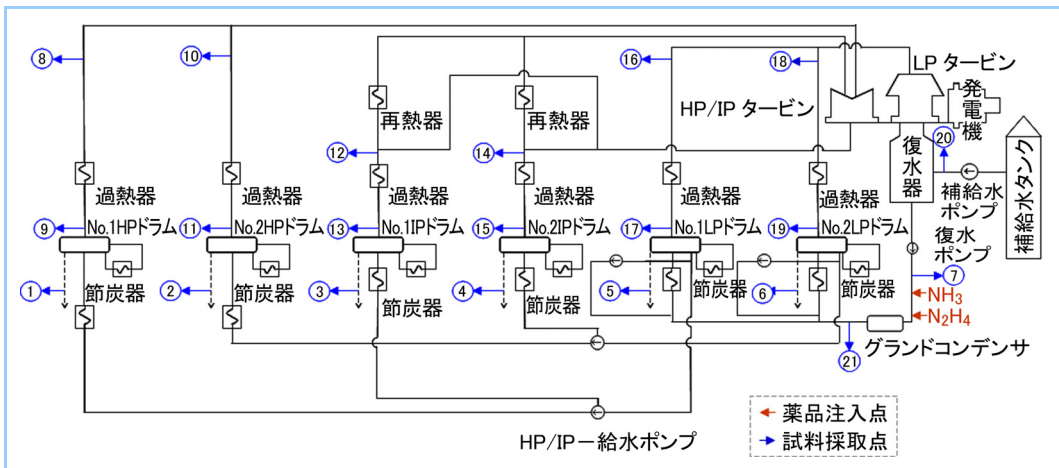


図3 系統概略図:薬品注入点及び試料採取点

表2 試料採取点及び水質監視計器設置箇所

No.	サンプル名	pH	電気伝導率	カチオン電気伝導率	溶存酸素	手分析	No.	サンプル名	pH	電気伝導率	カチオン電気伝導率	溶存酸素	手分析
①	No.1 HPドラム水	○	○	○		○	⑫	No.1 IP蒸気			○		○
②	No.2 HPドラム水	○	○	○		○	⑬	No.1 IP飽和蒸気					○
③	No.1 IPドラム水	○	○	○		○	⑭	No.2 IP蒸気			○		○
④	No.2 IPドラム水	○	○	○		○	⑮	No.2 IP飽和蒸気					○
⑤	No.1 LPドラム水	○	○			○	⑯	No.1 LP蒸気			○		○
⑥	No.2 LPドラム水	○	○			○	⑰	No.1 LP飽和蒸気					○
⑦	復水ポンプ出口		○	○	○	○	⑱	No.2 LP蒸気			○		○
⑧	No.1 HP蒸気			○		○	⑲	No.2 LP飽和蒸気					○
⑨	No.1 HP飽和蒸気					○	⑳	補給水ポンプ出口		○			○
⑩	No.2 HP蒸気			○		○	㉑	グランドコンデンサ出口	○	○	○	○	○
⑪	No.2 HP飽和蒸気					○							



図4 サンプルング装置の外観(5号発電所)



図5 薬品注入装置の外観(5号発電所)

HRSG は、LPドラム水が IPドラム及び HPドラムの給水となる系統構成で、復水ポンプ出口にアンモニアとヒドラジンを薬品注入している。

また、水質監視設備には、連続モニタリングが必要な水質管理項目 (pH、電気伝導率、カチオン電気伝導率、溶存酸素) の分析計器を設置し、手分析による日常管理で対応可能な水質管理項目 (ヒドラジン、シリカ) については、分析計器の設置を省略している。

3. プラント水処理方法の検討

3.1 コンバインドサイクルプラントの水処理方法

表3にコンバインドサイクルプラントの水処理方法を示す。

No.1 は、給水:AVT(R) (ヒドラジンを使用する揮発性物質処理) + ボイラ水:PT (Na_3PO_4 と Na_2HPO_4 を使用するりん酸塩処理) で、主に国内の事業用コンバインドサイクルプラントに適用されている。No.2は、給水:AVT(O) (ヒドラジン不使用の揮発性物質処理) + ボイラ水:PT (りん酸塩処理) で、近年ヒドラジンが『変異原性が認められた化学物質』に指定されたことから、ヒドラジンを使用しない水処理方法の検討が進められており、国内のプラントにおいて実機検証試験が行われている。

No.3~No.5 は、主に海外プラントで適用されている。そのうち No.5 は、給水/ボイラ水:OT (酸素処理) で、HRSG の高圧系統に貫流ボイラを採用したプラントにおいて、適用された事例がある。

No.6 は、給水:High-AVT(O) (ヒドラジン不使用の揮発性物質処理 + 高給水 pH 運用) + ボイラ水:PT (りん酸塩処理) で、No.2 の水処理方法からアンモニア注入量を増し、給水の pH を高く設定する運用であり、関西電力(株)にて 2008 年から実機検証試験が行われている。

No.7 は、給水/ボイラ水:High-AVT(R) (ヒドラジンを使用する揮発性物質処理 + 高給水 pH 運

用)で、トックスパン2号発電所において、2001年12月の営業運転開始より適用されている。給水に注入するアンモニアのみでpHを高く保持できることから、ボイラ水にはりん酸塩を注入しない運用を行っている。

表3 コンバインドサイクルプラントの水処理方法

No.	水処理方法		使用薬品						特記事項
	給水	ボイラ水	給水			ボイラ水			
			NH ₃	N ₂ H ₄	O ₂	Na ₃ PO ₄	Na ₃ PO ₄ + Na ₂ HPO ₄	NaOH	
1	AVT(R)	PT	○	○	—	—	○	—	国内 HRSG に適用
2	AVT(O)	PT	○	—	—	—	○	—	国内実機検証中
3	AVT(O)	PC	○	—	—	○	—	○ 併用の場合有	IAPWS *1 ガイダンス案
4	AVT(O)	CT	○	—	—	—	—	○	IAPWS ガイダンス案
5	OT (CWT)		○	—	○	—	—	—	復水脱塩装置の設置が必要
6	High-AVT(O)	PT	○	—	—	—	○ (HP:—)	—	FAC, 脱ヒドラジン (関電殿論文)
7	High-AVT(R)		○	○	—	—	—	—	メキシコ・トックスパン発電所に適用

*1 IAPWS(The International Association for the Properties of Water and Steam):国際水・蒸気性質協会

AVT(O) :All Volatile Treatment (Oxidizing conditions)	酸化型揮発性物質処理
AVT(R) :All Volatile Treatment (Reducing conditions)	還元型揮発性物質処理
PT :Coordinated Phosphate Treatment	低りん酸塩処理
PC :Phosphate Continuum	りん酸塩処理
CT :Caustic Treatment	アルカリ処理
OT :Oxygenated Treatment	酸素処理

3.2 High-AVT について

High-AVT とは、JIS B8223(2006)の給水の水質管理基準値(上限 pH9.7)を超える高給水 pH 運用の揮発性物質処理法であり、原子力プラントなどに適用されている。

図6に pH と FAC 速度(鉄の溶解)との関係を示す。高い pH では、FAC(流れ加速腐食)の速度が低減することが確認されており、FAC による配管減肉の抑制が期待されている。

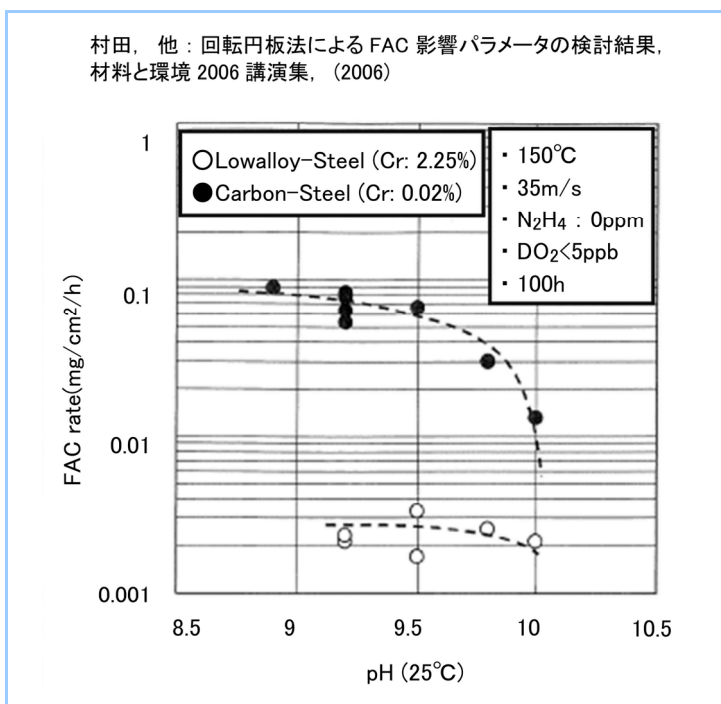


図6 pH と FAC 速度(鉄の溶解)との関係

3.3 水質管理基準

アンモニアバランスの推算結果に基づき、プラントの試運転データを評価・検証して設定した水質管理基準(5号発電所)を表4に示す。(サンプル番号は図3と同じ)

また、High-AVTにおいては、アンモニア濃度が、従来 JIS 法の約 10 倍となり、カチオン電気伝導率計のイオン交換樹脂への負荷が高くなるため、イオン交換樹脂を増量し、pH 変化により色が変わる樹脂を採用することで樹脂の交換頻度を低減した。

表4 水質管理基準

サンプル番号	サンプル名	pH	電気伝導率	カチオン電気伝導率	溶存酸素 (DO)	鉄 (Fe)	ヒドラジン (N ₂ H ₄)	シリカ (SiO ₂)	備考
		at 25°C	μ S/cm	μ S/cm	μ g/l	μ g/l	μ g/l	mg/l	
①②	HPドラム水	9.0~10.0	2~28	≦12				≦0.5	
③④	IPドラム水	9.0~10.0	2~28	≦12				≦20	
⑤⑥	LPドラム水	9.5~10.1	8~35					≦0.5	
⑦	復水ポンプ出口	9.0~10.2	2~44	≦0.5	≦20 (≦7)				
⑧~⑩	HP 蒸気/飽和蒸気			≦0.3				≦0.02	
⑫~⑮	IP 蒸気/飽和蒸気			≦0.3				≦0.02	
⑯~⑲	LP 蒸気/飽和蒸気			(*)				≦0.02	*警報値 >0.5 μ S/cm
⑳	補給水ポンプ出口							≦0.02	
㉑	グランドコンデンサ出口	9.8~10.2 (10)	10~44 (30)	≦0.5	≦20 (≦7)	≦20	≧10 (20~30)		

(): 目標値

4. 運転実績

4.1 運用時の水質

図7に系統各部の pH 計画値と実測値(2号・5号発電所:2007年8月)を示す。(実測値は、電気伝導率とアンモニア濃度から pH に換算した値)

給水の pH が、計画値の 10.1 に対して、2号:pH10.2, 5号:pH10.1 に調整されることで、系統各部の pH は 9.5 以上を保持できており、当初計画した通りの運用が行われていることが確認できた。

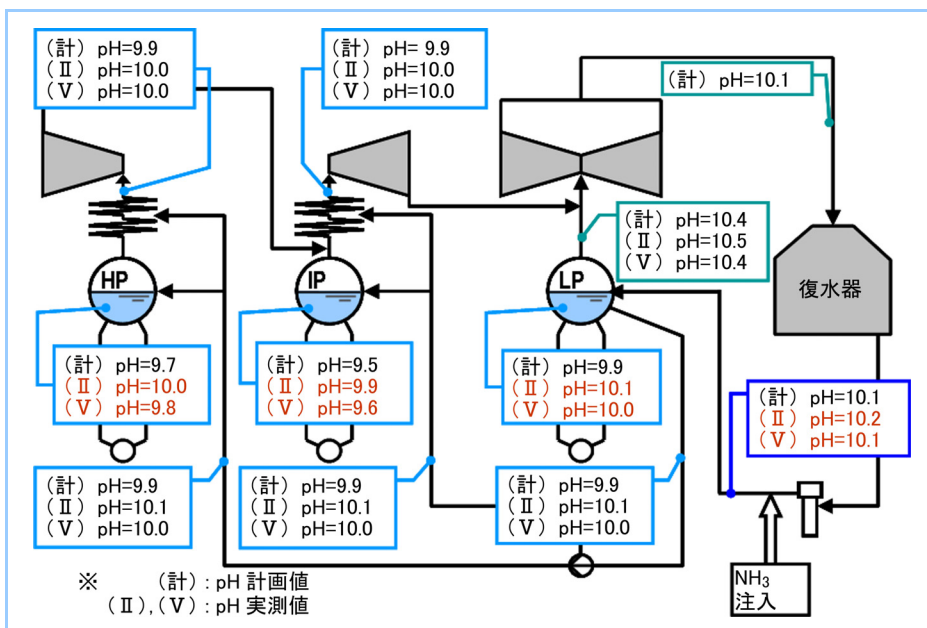


図7 系統各部の pH 計画値と実測値(2号・5号発電所:2007年8月)

4.2 機器の点検結果(2号発電所)

2号発電所において、営業運転開始から6年後の 2007 年8月に HRSG 各ドラムを内部点検した結果、腐食などの異状は確認されなかった。また、[図8](#)に低圧蒸気タービン開放点検状況を示す。低圧蒸気タービンについても開放点検した結果、異状は確認されなかった。

既設及び新設コンバインドサイクルプラントへの High-AVT の適用に際しては、HRSG の圧力、給水の系統構成、運転形態(連続または起動停止)等個々のプラントにおいて挙動が異なると考えられることから、十分な事前検討と実機検証を行うことが必要であるが、その適用は十分に可能であるものと考えられる。

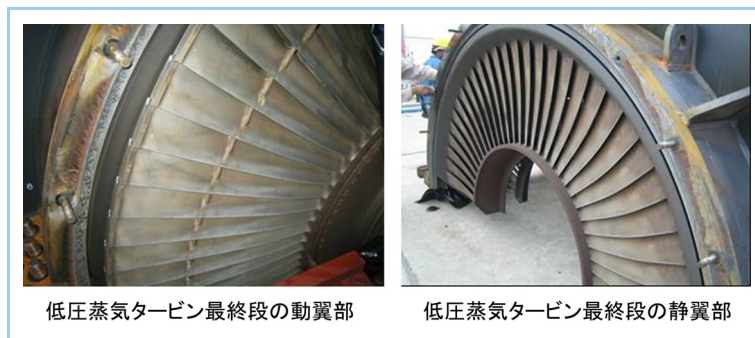


図8 低圧蒸気タービン開放点検状況(2号発電所:2007年8月)

5. まとめ

トックスパン2号・5号発電所では、海外原子力プラントにおいて実績があった『High-AVT(高 pH 水処理)』を採用し、現在まで問題なく運用している。High-AVT の適用によって、プラント停止時の保管もアンモニア単独で可能となることから、起動時間の短縮などのメリットが期待できる。

参考文献

- (1) JIS B8223-2006 ボイラの給水及びボイラ水の水質
- (2) 椿崎, 馬渡, 穴井:コンバインドサイクルプラントへの High-AVT 水処理方法の適用, 2005 年電気化学秋季大会, 千葉大学, 2005
- (3) 椿崎:現場に密着した保守技術[63]水処理の大切さ—火力発電プラントの水質管理技術(その3), 火力原子力発電, Vol.59 No.2(2008年2月)
- (4) 椿崎, 他:火力プラント水処理における脱ヒドラジンへの取組み, 三菱重工技報 Vol.46 No.2 (2009)
- (5) 浅田, 鈴木, 他:コンバインドサイクルプラントにおける高 pH-AVT(O)の実績, 平成 21 年度火力原子力発電大会論文集
- (6) 村田, 他:回転円板法による FAC 影響パラメータの検討結果, 材料と環境 2006 講演集, (2006)