

台湾電力/林口発電所1・2号機の実績紹介 — 石炭焚き超々臨界圧変圧貫流ボイラ 蒸気温度制御改善, AI 適用による燃焼調整 —

Introduction of Taiwan Power Company Linkou Power Plant Units 1 and 2
- Steam temperature control improvement of
Supercritical sliding pressure coal firing boiler, and Combustion tuning by AI -



竹井 康裕*1
Yasuhiro Takei

堂本 和宏*2
Kazuhiro Domoto

筒場 孝志*3
Takashi Tsutsuba

三田 尚*4
Hisashi Sanda

武居 功一*5
Koichi Takei

小原 和貴*6
Kazutaka Obara

台湾電力/林口発電所1・2号機は、既存の発電所を高効率の 600℃級石炭焚き超々臨界圧発電所へリプレースした発電所であり、電力需要が年々増加傾向にある台湾の安定した電源として商業運転を開始している。1・2号機へは、ボイラ出口蒸気温度の静定性や調整の容易さを改善した蒸気温度制御を取り入れた。また、AI(Artificial Intelligence=人工知能)の活用によるボイラの燃焼調整の自動化に向けたシステムを開発中であり、2号機への導入により効果を確認し、その精度向上や更なる AI 高度化を進めている。

1. はじめに

台湾電力/林口発電所の1号機は2013年2月にボイラ立柱を終え2016年10月に商業運転を開始、2号機は2014年1月にボイラ立柱を終え2017年3月に商業運転を開始した。三菱日立パワーシステムズ(株)(MHPS)は、主設備であるタービン設備、ボイラ設備を設計・製作・供給し、プラントエンジニアリング能力と主機技術力の総合力によって、世界最高水準のプラント効率と信頼性を備えた超々臨界圧石炭焚き火力発電設備を完成させた。本稿では、ボイラへの適用技術やAI適用によるボイラの燃焼調整について紹介する。

2. プロジェクト概要

台湾の電力安定供給に貢献する為、既設の亜臨界圧発電所を高効率の 600℃級石炭焚き超々臨界圧発電所へリプレースするプロジェクトを台湾電力/林口発電所で実施中である。発電規模は出力 800MW×3基であり、石炭を高効率でクリーンに使用する為に USC(超々臨界圧)の蒸気条件を適用し、脱硝・除塵・脱硫装置を備え環境保全にも万全を期している。当プロジェクトは、台湾のエンジニアリング会社である CTCI と(株)三菱商事が共同で受注したプロジェクトであり、MHPS が主設備であるタービン設備とボイラ設備を設計・製作・供給し、1号機と2号機は商業運転を既に開始している。3号機については、2016年8月にボイラ立柱を終え、2019年に商業運転開始予定である。

*1 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ戦略部 次長

*2 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部ボイラ設計一課 課長

*3 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部 燃焼技術課 課長

*4 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部 E 総括部計装制御設計部長崎計装制御設計課

*5 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ戦略部ボイラ技術課

*6 三菱日立パワーシステムズ株式会社エンジニアリング本部ボイラ技術総括部ボイラ技術部 ボイラ設計一課

3. ボイラ設備概要

林口発電所のボイラ設備概要を表1に示す。既設発電所をリプレースするプロジェクトの為、立地面積が限られており、ボイラサイズや機器配置を考慮した設計としている。ボイラの加熱部・非加熱部には、蒸気温度 600℃を考慮した最適な材料を適用し、高い信頼性を有するものとした。性能炭は瀝青炭と亜瀝青炭の混炭であり、かつ全水分 20%までの石炭を焚けるように火炉体格・補機仕様を決定している。

表1 ボイラ設備概要

	林口発電所		
	1号機	2号機	3号機
出力(1基当たり)	800MW		
ボイラ型式	超々臨界圧変圧貫流再熱式		
主蒸気流量	2404 ton/h(@BMCR)		
ボイラ出口蒸気条件	25.38MPa/604℃/602℃		
石炭	性能炭＝瀝青炭と亜瀝青炭の混炭		
運転開始	2016年10月	2017年3月	(2019年予定)

BMCR: Boiler Maximum Continuous Rating (ボイラー最大連続蒸発量)

微粉炭機は、実積最大級の容量を有し、ローラとテーブルライナ材質には Xwin®技術を採用している。図1に Xwin®の写真を示す。Xwin®技術は、高クロム鑄鉄のローラとテーブルライナの粉砕面に、耐摩耗性の高い特殊なセラミックを埋め込んでおり、耐摩耗性が飛躍的に向上している。1000～2000 時間使用すると、ローラとテーブルライナの表面に Xwin®層があらわれ、数ミリのデンプル(くぼみ)が生じ、石炭の噛み込みが良好となりスリップ振動が発生しにくくなる。Xwin®は新設ミルへの適用のみではなく、既設ミルのローラやテーブルの取り換えにも適用できる。

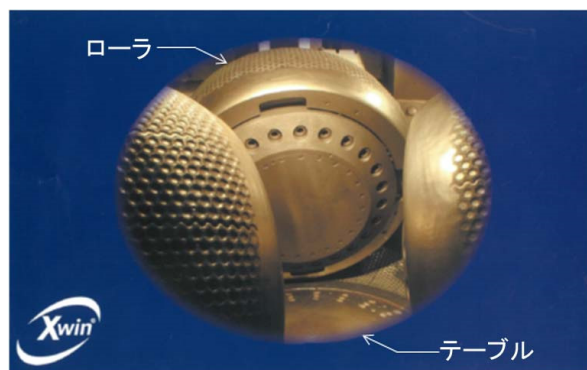


図1 Xwin®

4. 蒸気温度制御方式の改善

林口発電所1・2号機の過熱器出口蒸気温度の制御方式には、これまでの経験に基づき改善した制御ロジックを適用している。一般的に負荷変化率が高くなると、負荷変化中や負荷静定後の制御偏差が大きくなり、また負荷静定の時間が長くなる傾向がある。言い換えれば、制御性向上による制御偏差や負荷静定の改善が、負荷変化率向上の重要なポイントとなる。図2に示す通り、従来の制御では、主に水燃比(燃料)と2次スプレーで過熱器出口蒸気温度を制御し、同時に2次過熱器過熱低減度(燃料流量とスプレー流量のバランス)を2次スプレーで制御しているため、燃料とスプレーの制御が軽微な相互干渉系となり、過熱器出口蒸気温度の静定時間が負荷到達後若干遅れるケースがあった。

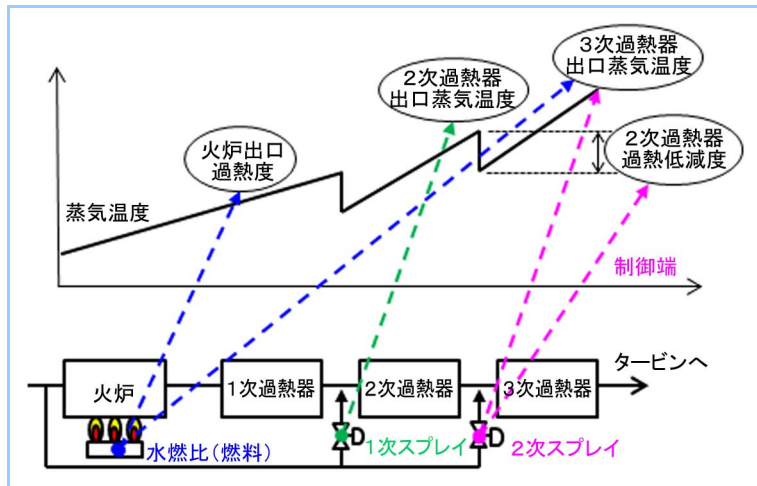


図2 蒸気温度制御概念図(従来)

静定性の改善を目的に、改善した制御ロジックの概念図を図3に示す。過熱器出口蒸気温度の制御は2次スプレイに専念させ、燃料は主に2次過熱器出口蒸気温度を制御させる。また、1次過熱器過熱低減度(燃料流量とスプレイ流量のバランス)を1次スプレイに制御させることにした。これにより、火炉や2次過熱器の収熱変化への対応性が向上し、過熱器出口蒸気温度制御で燃料とスプレイがお互いに干渉することが回避でき、蒸気温度の静定時間の短縮が可能となる。

改善した制御ロジックの効果をシミュレーションにより確認し、林口発電所1・2号機の動特性試験においても蒸気温度の静定性・応答性の改善を確認出来た。また、調整の容易さから調整期間の短縮も実現出来た。

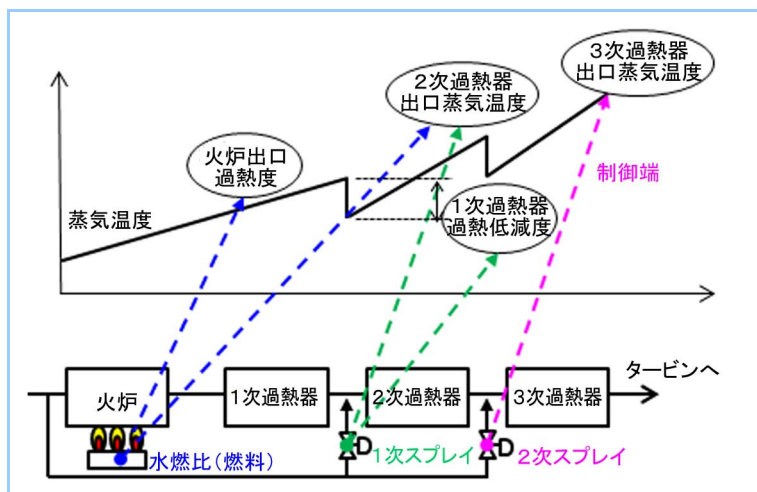


図3 蒸気温度制御概念図(改善後)

5. AI 適用による燃焼調整

AI によるボイラ燃焼調整自動化に向けシステムを開発中であり、林口発電所2号ボイラの燃焼調整試験にAIを導入し、その効果を確認した。従来の燃焼調整試験では、各種風箱ダンパ開度やバーナ角度、ミル分級機回転数等の運転操作端の状態を変化させ、蒸気温度特性、排ガス特性(NO_x , CO , 灰中未燃分)等のバランスのとれたボイラの運転状態になるように調整を行っている。今回のAIを導入した燃焼試験では、運転操作端の変化とボイラの運転状態の変化に関する機械学習モデルを構築し、バランスのとれたボイラ運転状態になる設定値をAIが提案出来るようにした。従来の燃焼調整試験項目と合わせて、AIが提案する設定値によるボイラの運転状態を確認し、最終的にはAIが提案する運転操作端の設定値がベテランのボイラエンジニアの設定値とほぼ同じになることを確認し、良好なボイラ運転状態になることを実証した。

6. まとめ

林口発電所1・2号機は、試運転及び性能試験において、蒸気温度、燃焼性、排ガス特性が計画・保証性能を全て達成し、現在安定した商業運転を行っている。3号機は現在建設中であり、2019年に商業運転開始予定である。

改善した蒸気温度制御方式の適用により、過熱器出口蒸気温度の静定性や応答性が改善し、調整が容易で簡素化されたことが実機で検証出来た。今後の新設案件にはこの蒸気温度制御方式を適用し、試運転調整期間の短縮を図る。また、再生可能エネルギーの導入が加速され、火力発電所にさらに厳しい出力調整能力が要求された場合を想定して、既設発電所へこの改善した蒸気温度制御方式の適用による効果をシミュレーションで検証し、火力発電所の出力調整能力の向上に貢献する。

さらに、AIによる燃焼調整の高度化を継続し、且つ新設プロジェクトや既設発電所に、ユニットの設備や運転状態、お客様のニーズを考慮したAIを適用し、運用向上のお役に立てる改善に努めていく。