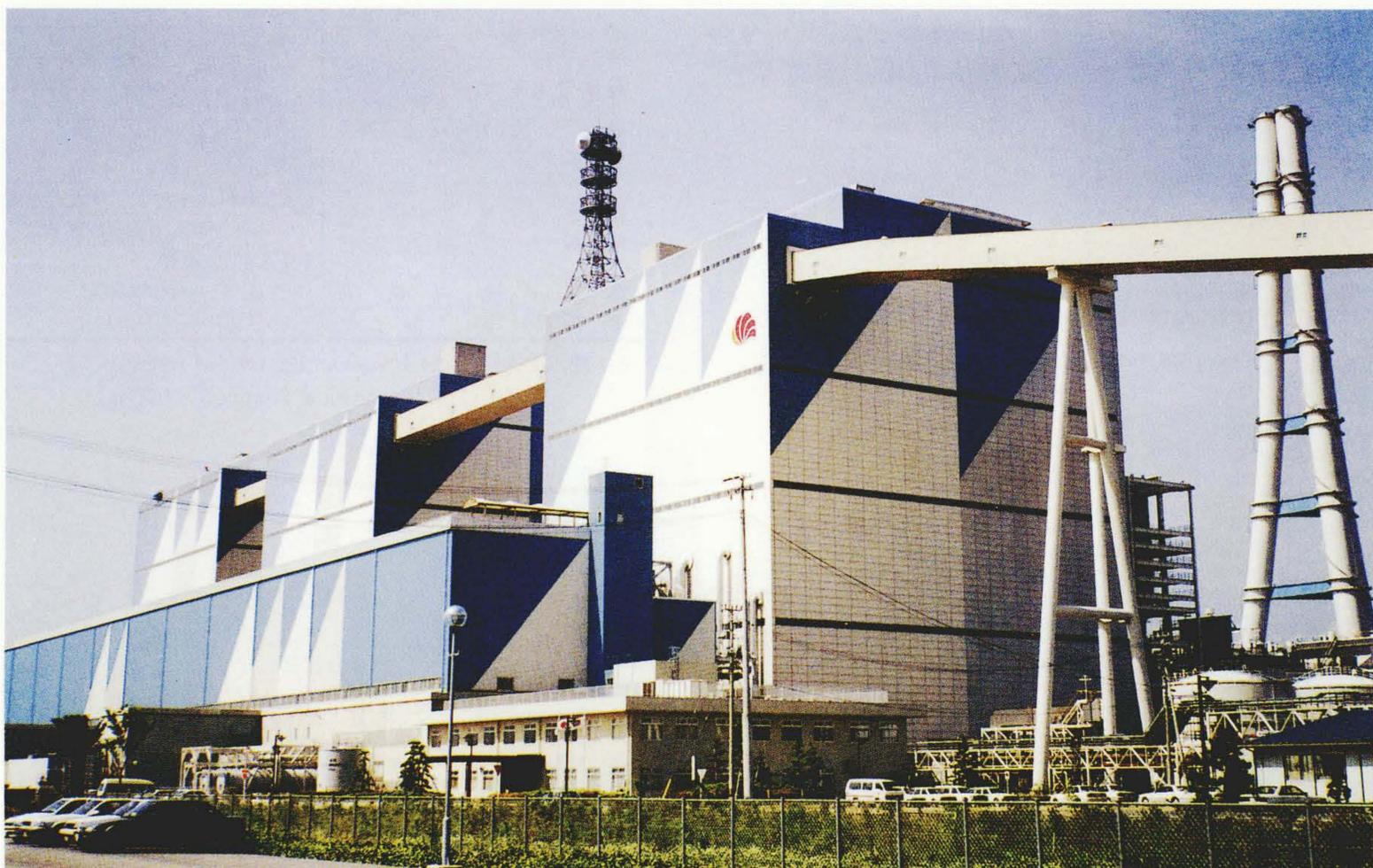


運用特性の向上を図った700 MW石炭燃焼 変圧ボイラ

—中部電力株式会社碧南火力発電所—

700 MW Coal Fired Sliding Pressure Operation Boiler Improving Operational Characteristics
—Chubu Electric Power Co., Inc. Hekinan Thermal Power Plant—

松田順一郎* *Jun'ichirō Matsuda*
木山研滋* *Kenji Kiyama*
田岡善憲* *Yoshinori Taoka*
川瀬隆世* *Takayo Kawase*



中部電力株式会社納め碧南火力発電所2号ボイラ 700 MW石炭燃焼ユニット3台から成る発電所を示す。建屋の中央が平成4年6月に営業運転を開始した2号ボイラである。

新規火力発電では電源ベストミックスの観点から石炭火力が増加している。また、近年の原子力発電比率の増加に伴って、火力発電プラントには大幅な電力需要変動に対応できる大容量中間負荷運用火力のニーズが高まっており、石炭燃焼ボイラには負荷調整機能を担う運用特性の改善・環境対策の強化が求められている。

石炭燃焼変圧運転プラントで、代表的な都市形火力である中部電力株式会社納め碧南火力発電所2号ボイラの計画にあたり、このたびバブコック日立株式会社は、自社で開発した大容量変圧ボイラ・高効率石炭燃焼技術を適用し、試運転の結果所定の性能を十分に満足することを確認した。

* バブコック日立株式会社 呉工場

1 はじめに

わが国では、ベースロード運用の原子力発電プラントの増加に伴って、火力発電プラントの中間負荷運用設計が主流になっている。超臨界圧変圧貫流運転ボイラは、このニーズにこたえることができるとともに、特に大容量化に適することから、大幅な電力需要変動に対応する発電所に最適な形式と言える。

また、今後の新規火力発電には電源のベストミックス化への対応として石炭火力が増加してきている。石炭燃焼ボイラは従来のベースロード運用火力から、負荷調整機能を担う火力として、またいっそうの環境保全を図るため、極限の性能と機能の向上が求められている。

こうした背景から、バブコック日立株式会社では大容量石炭燃焼ボイラの開発に積極的に取り組み、このたび中部電力株式会社納め碧南火力発電所2号ボイラとして、700 MW超臨界圧変圧貫流運転石炭燃焼ボイラを完成した。

表1 ボイラの主要仕様 中部電力株式会社納め碧南火力発電所2号ボイラの主要仕様を示す。

項 目		仕 様	
ボ イ ラ 形 式		バブコック超臨界圧変圧貫流ベンソンボイラ	
最大連続負荷時	蒸気流量	主 蒸 気	2,300 t/h
		再 熱 蒸 気	1,862 t/h
	蒸気圧力	過熱器出口	25.01 MPa[G]
		再熱器出口	4.39 MPa[G]
再熱器入口		4.58 MPa[G]	
蒸気温度	過熱器出口	543 °C	
	再熱器出口	569 °C	
	再熱器入口	301 °C	
給水温度	節炭器出口	324 °C	
	節炭器入口	295.6 °C	
最高使用圧力	過熱器出口	26.87 MPa[G]	
	再熱器出口	5.39 MPa[G]	
燃 焼 方 式		微粉炭直接燃焼	
通 風 方 式		平衡通風方式	
蒸 気 温 度 制 御 方 式	主 蒸 気	給水燃料比率および三段過熱低減器	
	再 熱 蒸 気	ガス再循環, パラレルダンパおよび過熱低減器	
蒸 気 温 度 制 御 範 囲	主 蒸 気	30%ECR~100%MCR	
	再 熱 蒸 気	35%MCR~100%MCR	

注：略語説明 MCR(Maximum Continuous Rating)
ECR(Economical Continuous Rating)

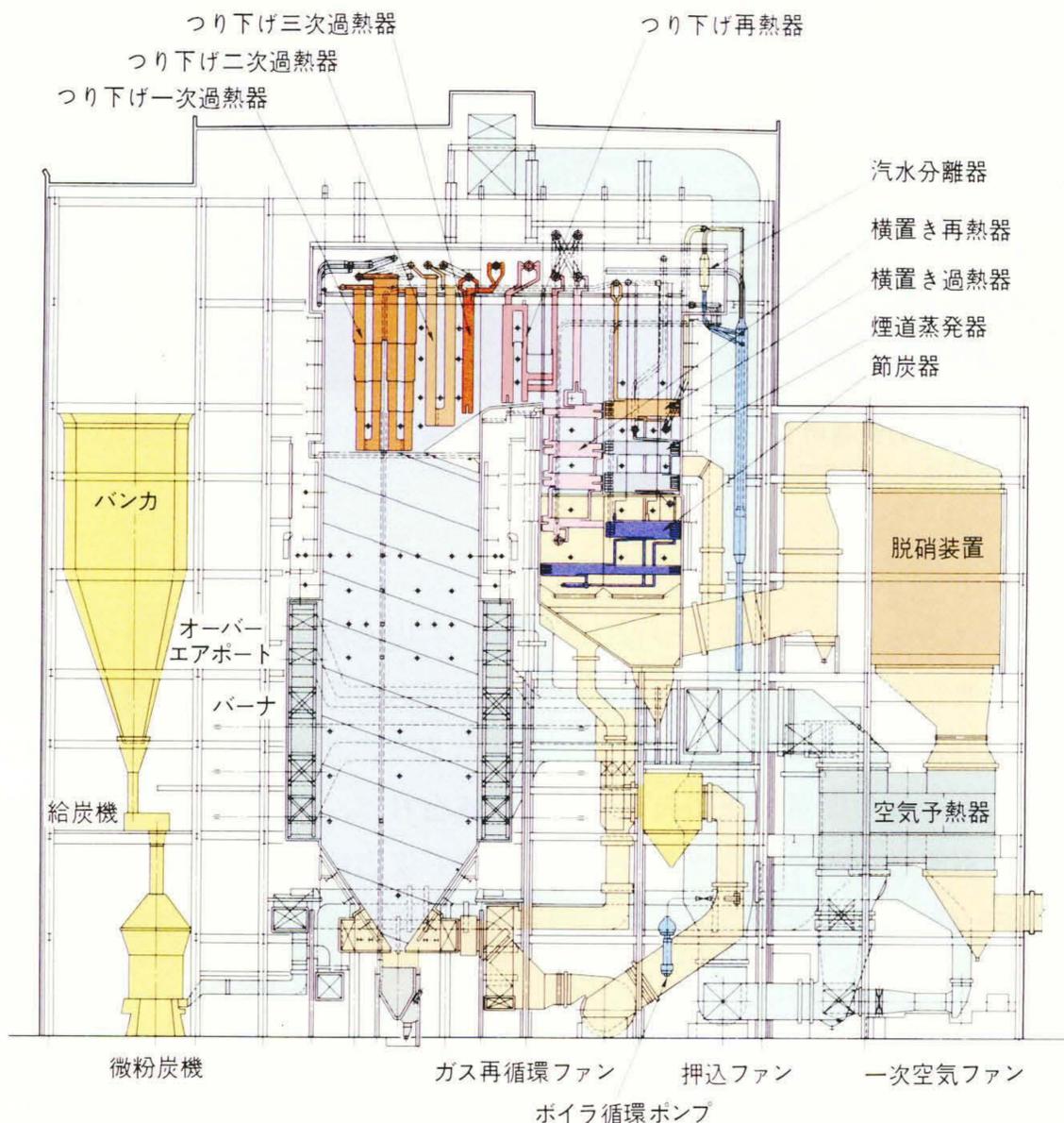


図1 ボイラ側断面図 700 MW石炭燃焼超臨界圧変圧貫流ベンソンボイラの構造を示す。

このボイラは昭和58年3月に完成した700 MW、および平成2年6月に完成した1,000 MW超臨界圧定圧貫流運転石炭燃焼ボイラなどの実績を反映したものである。

ここでは、このボイラの計画概要と試運転結果について述べる。

2 計画概要

ボイラの主要仕様を表1に、ボイラ側面図を図1に示す。火炉水壁にスパイラル水壁構造を採用し、熱吸収のアンバランスを吸収して均一な出口温度の達成を図っている。

高負荷変化速度、起動時間短縮などの負荷調整能力の向上と同時に、石炭燃焼ボイラの特徴である炭種変化、経時的汚れ変動による火炉、伝熱部熱吸収変動に対応して、運用機能面では主蒸気温度制御への三段スプレー方式過熱低減器を採用している。また、再熱蒸気温度制御へのガス再循環、ガス分配ダンパ併用方式および緊急用として中間スプレー方式を採用している。

環境対策面でも、表2に示す大形MPS-118形微粉炭機や回転式分級機採用による微粉粒度の向上、および日立NRバーナの採用とあわせてNO_x(窒素酸化物)・未燃分の低減をそれぞれ図っている。

日立-NRバーナの構造を図2に示す。保炎リングによる急速着火とガイドスリーブによる外周空気分離が高温還元炎を形成し、火炎内脱硝を実現している。また、強旋回外周空気は、NO_x還元域後流での混合を促進し、低未燃分を可能としている。

ミルの基本仕様を表2に示す。分級性能は、回転式分

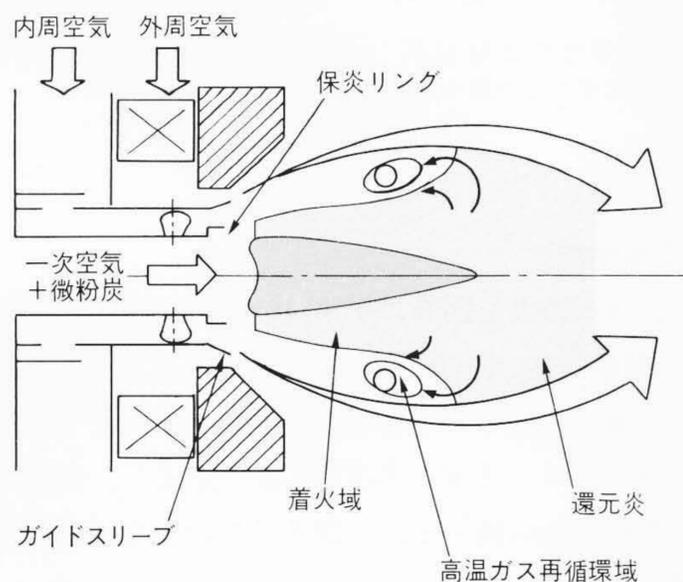


図2 日立-NRバーナの構造 保炎リングによる急速着火とガイドスリーブによる外周空気分離によって、高温還元炎を実現している。

級機用駆動電動機を周波数変換することによって回転数制御を行って調整し、粉碎性能については、油圧シリンダによる荷重油圧力制御によって調整している。

3 運転実績

中部電力株式会社納め700 MWボイラは平成3年9月に火入れを行って以来、約10か月間にわたり表3に示すとおり広範な石炭性状に対して試運転を実施し、平成4年6月に営業運転に入った。ここでは試運転の実績について述べる。

3.1 蒸気温度・メタル温度特性

各負荷での蒸気温度特性を図3に示す。横置き過熱器入口について示すとおり、炭種および経時変化に対する予想変動範囲内の適正な状態であることがわかる。また、スパイラル水冷壁出口メタル温度(非加熱)も、図4に示すように各負荷とも均一な分布を示しており、ス

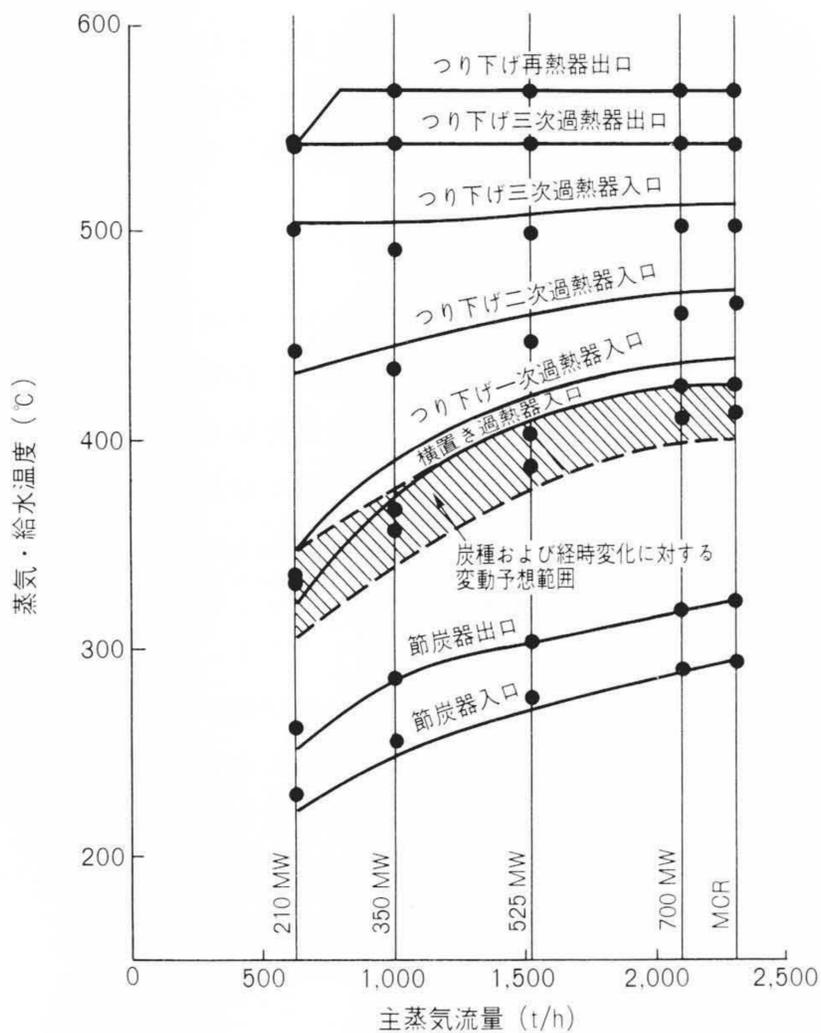
表2 MPS-118ミルの基本仕様 ミル頂部に回転式分級機を設けた国内最大級の立形微粉炭機である。

項目	仕様	断面図
形式	立形微粉炭機 (MPS-118ミル)	
容量	80.7 t/h (石炭表面水分: 7% 微粉粒度: 200メッシュ通過70%)	
電動機出力	790 kW	
減速機	直行軸傘歯車3段減速	
分級機	回転式分級機 (インバータ制御による可変速)	

表3 試運転時使用の石炭性状 広範な石炭性状に対して試運転を実施した。

銘柄名	コーラン	ドレイトン	スカイライン	クック	ブレアソール		
発熱量	気乾cal/g	6,950	6,750	6,980	7,320	6,830	
全水分	到着%	9.0	9.0	9.5	13.1	21.3	
工業分析	固有水分	気乾%	2.5	2.5	3.0	1.5	3.3
	灰分	無水%	12.5	14.0	9.1	11.6	9.4
	揮発分	無水%	31.5	34.0	42.9	25.1	29.8
	固定炭素	無水%	53.5	49.5	45.0	63.3	60.9
燃料比	—	1.70	1.46	1.05	2.52	2.04	
粉碎性	HGI	50	45~50	47	71	64	

注: 略語説明 HGI(Hardgrove Grindability Index)



注：— (計画値), ● (ドレイトン炭実績)

図3 蒸気温度の特性 蒸気温度特性は、炭種および経時変化に対する変動予想範囲内の適切な状態にある。

イラル水冷壁が炉内熱負荷分布をうまく吸収していることを実証した。

3.2 ボイラ効率

ドレイトン炭を使用したボイラ性能試験時に確認したボイラ効率について図5に示す。未燃分低減などの効果によって、各負荷とも計画値を十分に満足する高効率なボイラ運転特性であることを確認した。

3.3 燃焼性能

ドレイトン炭燃焼時の火炎を図6に示す。石炭専焼最低負荷(210 MW)でも、輝度の高い安定した火炎がバーナ根本から形成されている。他の炭種についても、同様に安定した高温還元炎が形成されて、低NO_x・低未燃分という特徴を発揮している。

試運転時に確認した3炭種について、定格負荷700 MWでのNO_x・未燃分特性を図7に示す。燃料比が低いほどNO_x・未燃分ともに計画どおりの特性を得ることができた。低燃料比炭であるスカイライン炭では、NO_xが70 ppmであり、油燃焼ボイラ並みのNO_xレベルとなっている。また、高燃料比炭のクック炭においても低NO_x・低未燃分の燃焼性能を維持している。

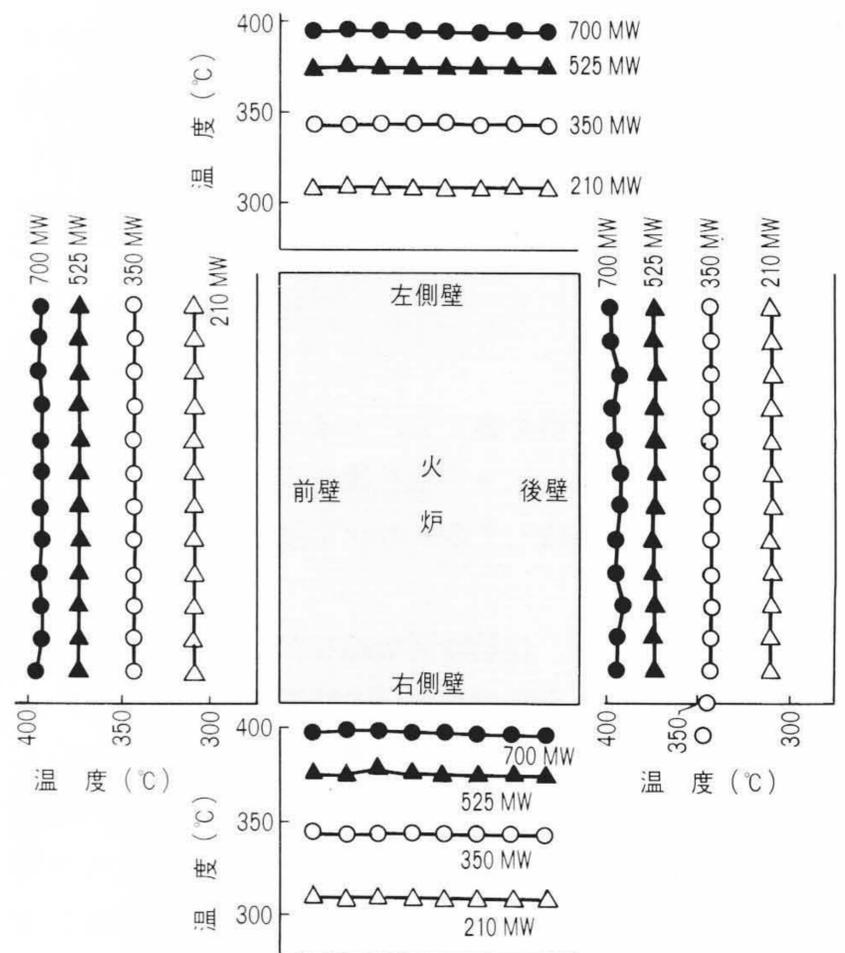
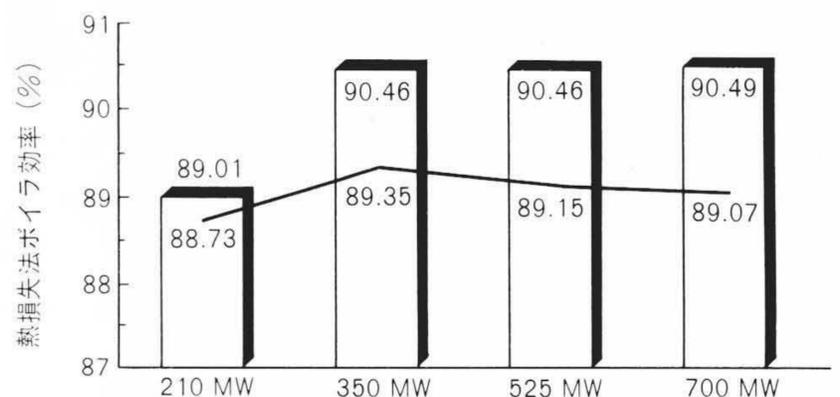


図4 スパイラル水冷壁出口メタル温度の分布 各負荷ともバランスのとれた温度分布を示しており、炉内熱負荷分布をよく吸収していることがわかる。



注：折れ線グラフ (計画値), 棒グラフ (実績値)

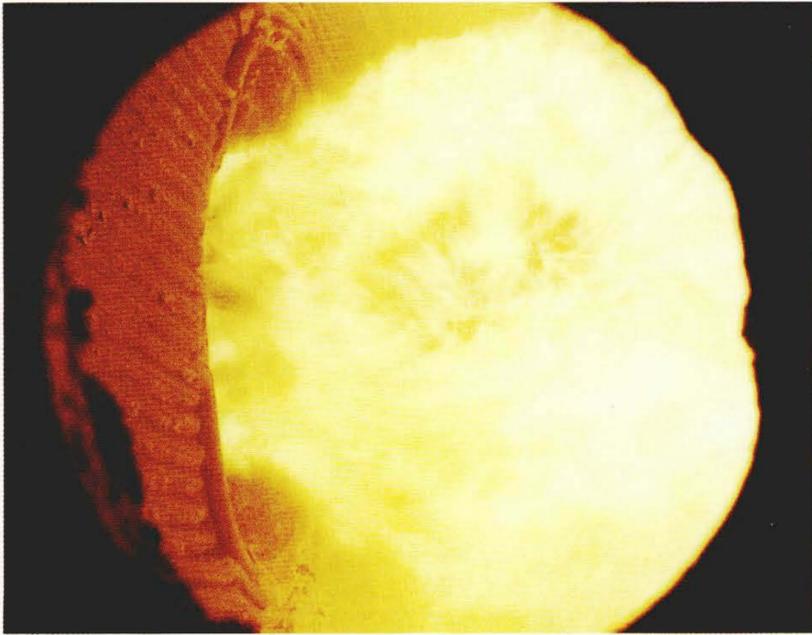
図5 ボイラ性能試験結果 各負荷とも、計画値を十分満足する高効率なボイラ性能が確認できた。

3.4 ミル性能

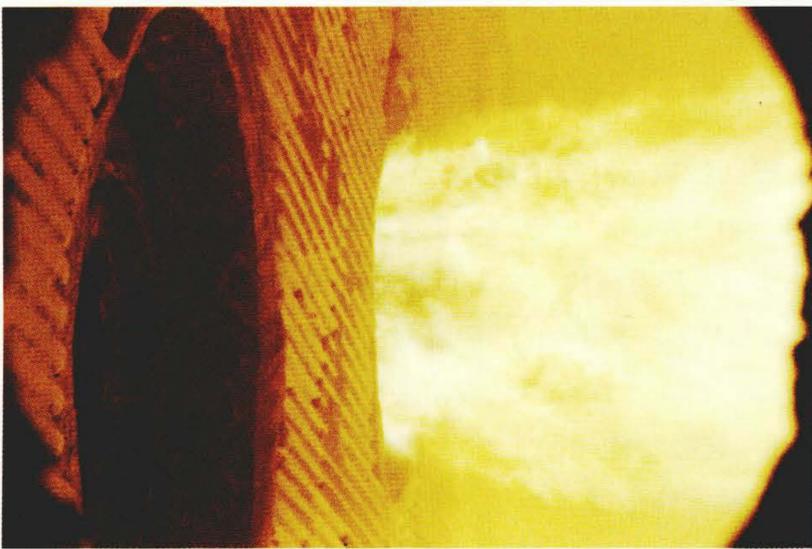
ミル試運転結果を図8に示す。広範囲な給炭量(ミル全負荷)で微粉粒度, 電動機動力および圧力損失ともに計画値を十分満足するものであった。ミルターンダウンは給炭量: 18 t/h(ミル負荷: 約20%)まで達成し、微粉炭管内での微粉炭たい積・ミル内閉そくなどがなく良好な運転を確認した。

3.5 負荷変化特性

石炭燃焼ボイラはミル応答遅れ、炭種によるボイラ特



(a) 700 MW



(b) 210 MW(バーナカット時)

図6 火炎の形成 高負荷だけでなく、最低負荷210 MWでも安定した高温還元炎を形成している。

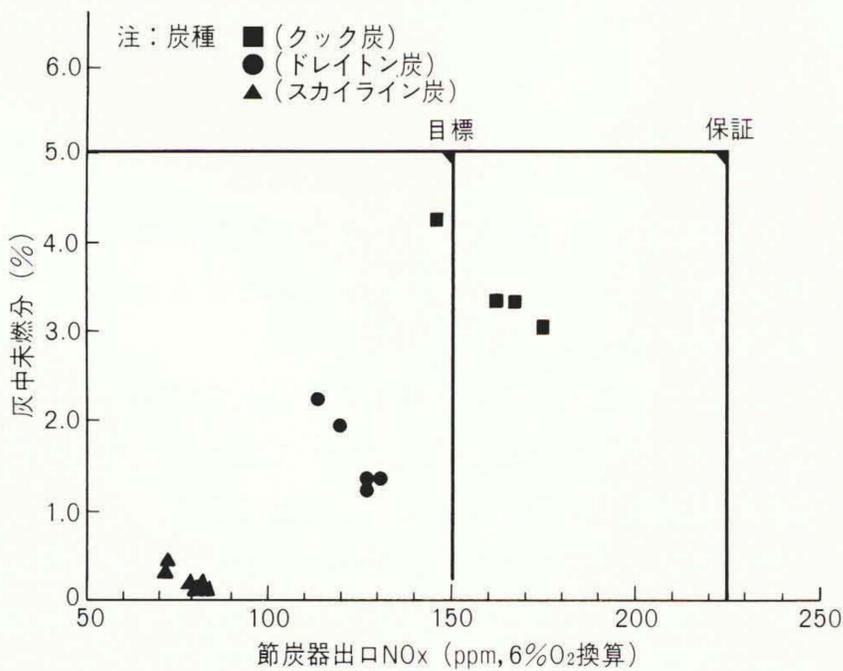


図7 700 MWにおけるNOx・未燃分の特性 日立-NRバーナの採用によって、低燃料比炭から高燃料比炭まで計画どおりの低NOx・低未燃分の性能を発揮している。

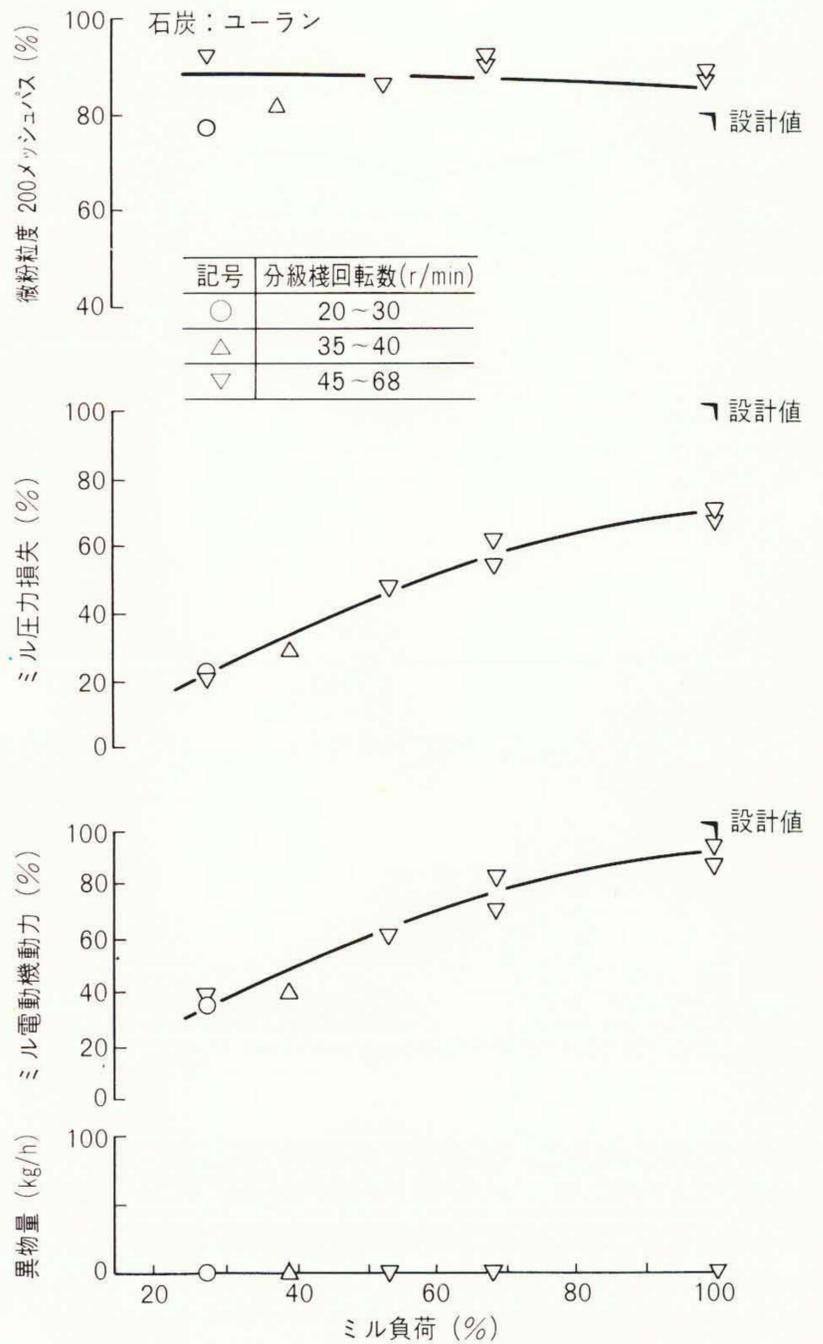


図8 ミル試運転の結果 全負荷域で、微粉粒度、電動機動力、圧力損失など計画値を十分に満足している。

性差、および炉壁の汚れによる収熱特性の変化によってボイラ制御状態が大きく変わってくる。このプラントでは、次に述べるシステムを採用し、負荷追従特性の改善を図った。

(1) バーナカットシステム

負荷300 MWから最低負荷210 MWへの負荷降下時では、ミル3台のままバーナカット(バーナ8本/ミル中2本カット)することにより、ミル低負荷帯での一次空気量を低減して、ミル負荷の切り下げを行っている。

バーナカットシステムの採用により、負荷変化時のミル起動・停止操作を少なくすることが可能となっている。

(2) ミル常時ウォーミングシステム

ミル常時ウォーミングの採用によって、ウォーミング時間を短縮し、緊急時の大幅な負荷変化幅での負荷上昇に対応が可能である。

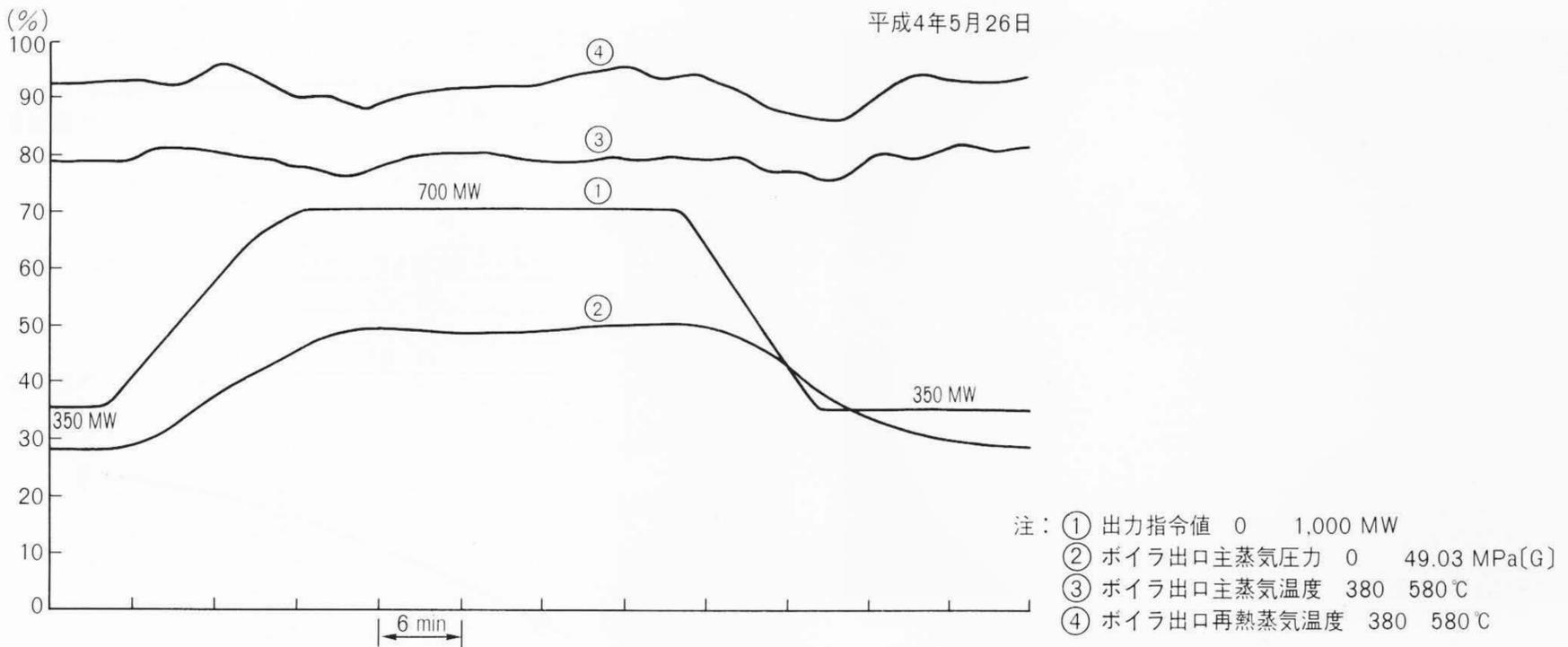


図9 負荷変化試験の結果(350→700 MW 5%/min) 制御偏差は管理値以内であり、良好な制御性を確認した。

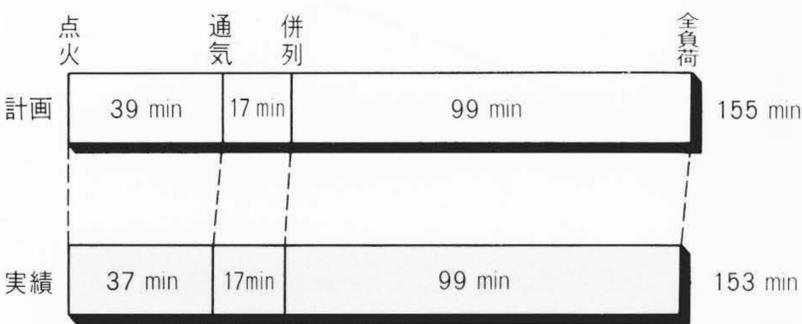


図10 ホットスタート(8時間停止)起動時間 起動所要時間は、計画155分に対して153分であり、全自動で計画値を満足している。

(3) ミル回転式分級機の回転数制御

石炭微粉粒度の向上およびミル出炭特性の改善のためにミル回転式分級機を採用した。

(4) 多炭種制御装置

このプラントでは、ボイラ総括制御装置と呼ばれる専用の多炭種制御装置を設置しており、APC(自動プラント制御)装置へ補正信号を出力する。多炭種制御の主要機能について次に述べる。

(a) 発熱量補正

ボイラ入熱と給炭量から石炭発熱量を計算し、基準炭との偏差をカロリー補正信号として出力する。

(b) 灰分、燃料比補正

ボイラ特性の変化を火炉出口ガス温度の変化としてとらえ、基準炭の火炉出口ガス温度との偏差を補正量として出力し、BIR(ボイラ加速信号)を補正する。

(c) 粉砕性補正

NOx, 未燃分による必要微粉粒度から、必要な分級

機回転数を計算する。

以上のミル、バーナシステムおよび制御装置の改善効果により、各炭種について目標負荷変化率5%/min(350→700 MW)を達成し、制御偏差が管理値以内であることを確認した。これらの試験結果を図9に示す。

3.6 起動特性

起動・停止はユニット計算機による全自動運転を可能としており、試験回数はコールドスタート5回、ウォームスタート4回、ホットスタート7回(DSS:毎日起動・停止は4回)、ベリーホットスタート3回の起動実績となった。DSS点火から全負荷までの時間は153分の実績であり、計画155分以内で起動が完了することを確認した。ホットスタート(8時間停止)の起動時間実績を図10に示す。

4 おわりに

今後建設される石炭燃焼ボイラは、技術的には油・ガス燃焼ボイラに匹敵する諸特性が要求されると同時に、環境対策の強化が必須(す)条件である。

ここでは、これらのニーズを取り入れて実用化した最新プラントの計画と運転実績について述べた。今後も積極的に技術開発に取り組んでいく考えである。

終わりに、このプラントの計画、建設および試運転に関してご指導、ご協力をいただいた中部電力株式会社の関係各位に対し、厚くお礼を申し上げる次第である。