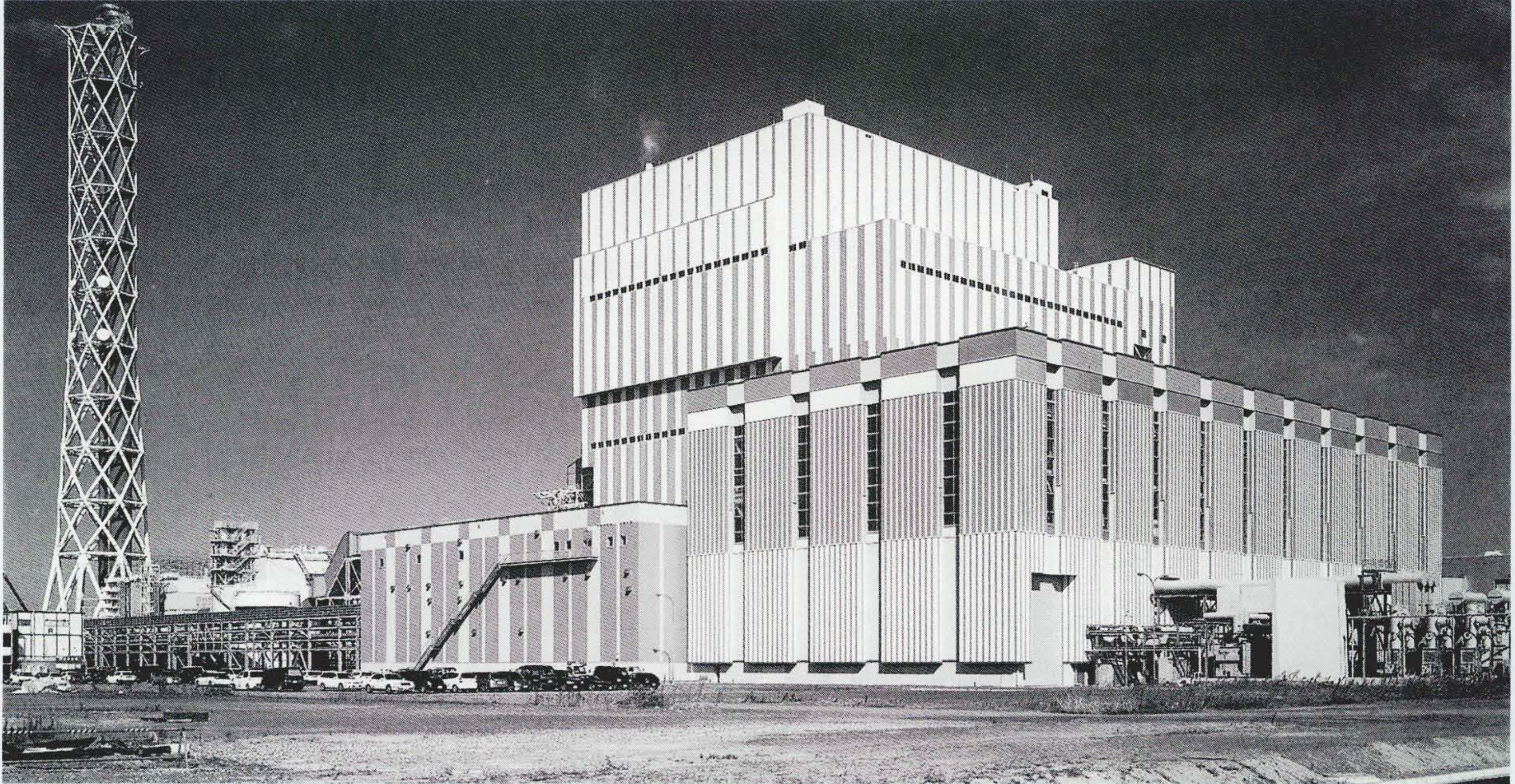


東京電力株式会社常陸那珂火力発電所 第1号機1,000 MW発電設備の完成

Completion of Hitachi Naka Thermal Power Station Unit No.1 1,000 MW Power Generating Plant of the Tokyo Electric Power Co., Inc.

松本 信幸 Nobuyuki Matsumoto
岩元 英明 Hideaki Iwamoto

金田 孝雄 Takao Kaneda
嶋原 浩一 Kôichi Shigihara



完成した東京電力株式会社常陸那珂火力発電所の全景

茨城県那珂郡東海村とひたちなか市にまたがる常陸那珂港北埠頭に位置する常陸那珂発電所に、1,000 MWの火力発電設備第1号機が2003年12月に完成した。

近年、地球環境保全の観点から、火力発電設備の熱効率の向上が最優先課題となっている。このような中で、2003年12月に完成した世界最高水準の高効率プラントが、東京電力株式会社常陸那珂火力発電所第1号機1,000 MW石炭燃焼火力発電設備である。

この発電設備は、主蒸気温度が最高水準の600℃となる超々臨界圧石炭ボイラと、最終段に41インチ(約104 cm)翼を採用した最新鋭蒸気タービンを用いたものである。

日立製作所は、この発電設備の主機であるボイラ設備とタービン発電機設備の設計と製作を担当した。プラ

ントの計画にあたっては、蒸気条件に応じて高温・高圧化し、多炭種に対応できる大容量石炭燃焼ボイラや、高効率蒸気タービンを採用するなど、日立製作所の総合力と最新技術を駆使して、高効率化と信頼性の向上を図った。

また、監視制御システムでは、中央操作室に拡大表示装置(大型液晶表示器)を設置し、高機能CRTによってCRTオペレーションの適用範囲を拡大するなど、運転操作の省力化と監視性の向上を図った。さらに、所内の電源設備用配開装置に直接リモート伝送方式を適用し、ケーブル物量の削減による建設費の低減も図った。

1 はじめに

東京電力株式会社常陸那珂火力発電所第1号機は、1999

年7月にボイラ着工し、2003年12月に営業運転を開始した。

日立製作所は、この発電所の主要設備であるボイラ設備とタービン発電機設備の設計と製作を担当し、プラントエンジニアリング力と技術力の総合力を駆使して、世界最高水準

の熱効率と信頼性を備えた1,000 MW石炭燃焼火力発電設備を完成させた。

ここでは、日立製作所が設計と製作を担当したボイラ設備とタービン発電機設備の特徴、および適用技術の概要について述べる。

2 プラント計画の概要

東京電力株式会社の、同定格出力を持つ管内先行機である相馬共同火力発電所第1号機との比較を表1に示す。

常陸那珂火力発電所第1号機(以下、常陸那珂火力1号機と言う。)の基本計画には、高蒸気条件による高効率化と経済性の最適化の追求という条件があった。そのため、主蒸気圧力24.5 MPa、主蒸気温度600℃、再熱蒸気温度600℃とすることにより、相馬共同火力発電所第1号機に比べて、発電端計画効率で約4.5%(相対)向上させた。

3 ボイラの新技術

ボイラ設備では、高効率運転を考慮して、最高水準の高温・高圧蒸気という条件に適応できる高温高強度材を採用することにより、高い信頼性を維持した。また、微粉炭燃焼に関する最新技術を用いて燃焼性能を向上させ、効率をさらに改善するように配慮した。

3.1 ボイラ設計

600℃/600℃の高温蒸気を使用することから、火炉の仕様には、信頼性の高いスパイラル水壁を持つ変圧運転ベンソンボイラが選定された。常陸那珂火力1号機の側面図を図1に示す。

表1 発電プラント計画の諸元比較

高蒸気条件の採用などにより、管内先行機である相馬共同火力発電所第1号機と比べて4.5%(相対)の熱効率向上を図った。

項目		単位	相馬共同火力発電所第1号機	常陸那珂火力1号機
基本計画条件	定格出力	MW	1,000	1,000
	蒸気条件	MPa	24.1	24.5
		℃	538/566	600/600
燃 料			—	石炭
			—	石炭
			—	石炭
主機条件	型 式	—	超臨界圧変圧貫流	
	蒸気圧力	MPa	25.0	25.4
	蒸気温度	℃	542/567	604/602
	蒸 発 量	t/h	3,080	2,870
タービン	形 式	—	2軸形4流排気	
	回 転 数	min ⁻¹	3,000/1,500	3,000/1,500
	排気真空度	kPa	-97.06(728 mmHg)	-96.26(722 mmHg)
	排気真空度	kPa	-97.06(728 mmHg)	-96.26(722 mmHg)
発電機	形 式	—	横置き円筒回転界磁形	
	容 量	MVA	634.8/519.9	675.0/488.0
発電端効率		%	41.89	43.78

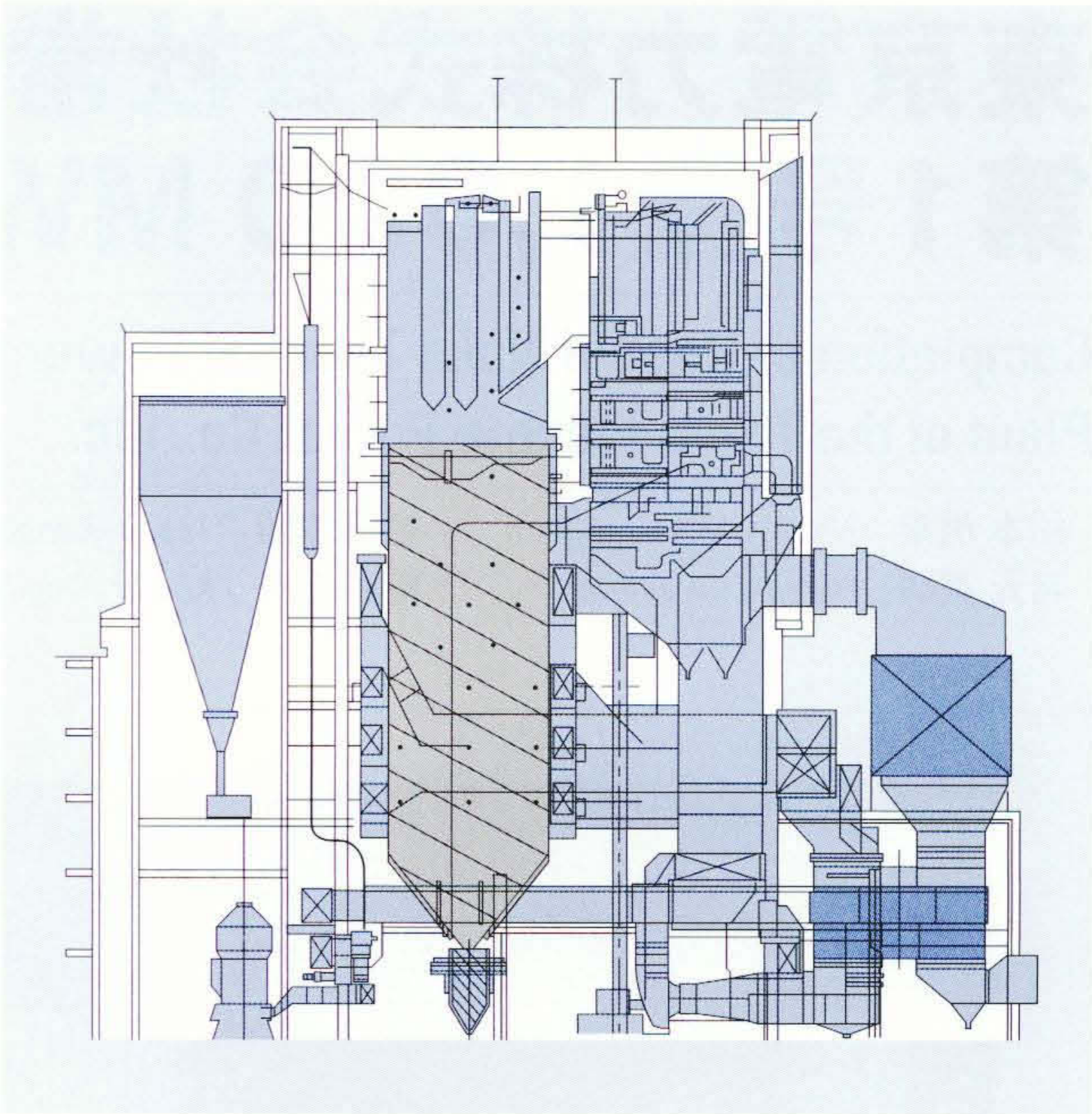


図1 常陸那珂火力1号機ボイラの側面図
高メタル温度域には最新の高強度材を配し、信頼性と経済性に配慮した設計としている。

ボイラ設計では、設備の簡素化を図り、運転特性や保守性の向上を目指した。

このボイラの特徴は以下のとおりである。

- (1) 微粉炭バーナには微粉炭燃焼用最新式バーナである「日立-NR3バーナ」を適用し、燃焼効率の向上と低NO_x化を図った(図2参照)。
- (2) 再熱器の全段横置き部配置によって平行ガスダンパの蒸気温度の制御性を向上させ、ガス再循環系統を省略した。
- (3) 火炉の熱吸収を拡大させることによって水壁温度の分布が不均一になることから、スパイラル出口にミキシングボトルを設置し、温度の分布を緩和した。
- (4) 横置き伝熱面のスリング管支持構造を採用した大型モジュール化をはじめ、各種モジュール化を採用することにより、現地での作業を縮小し、作業の効率化を図った。

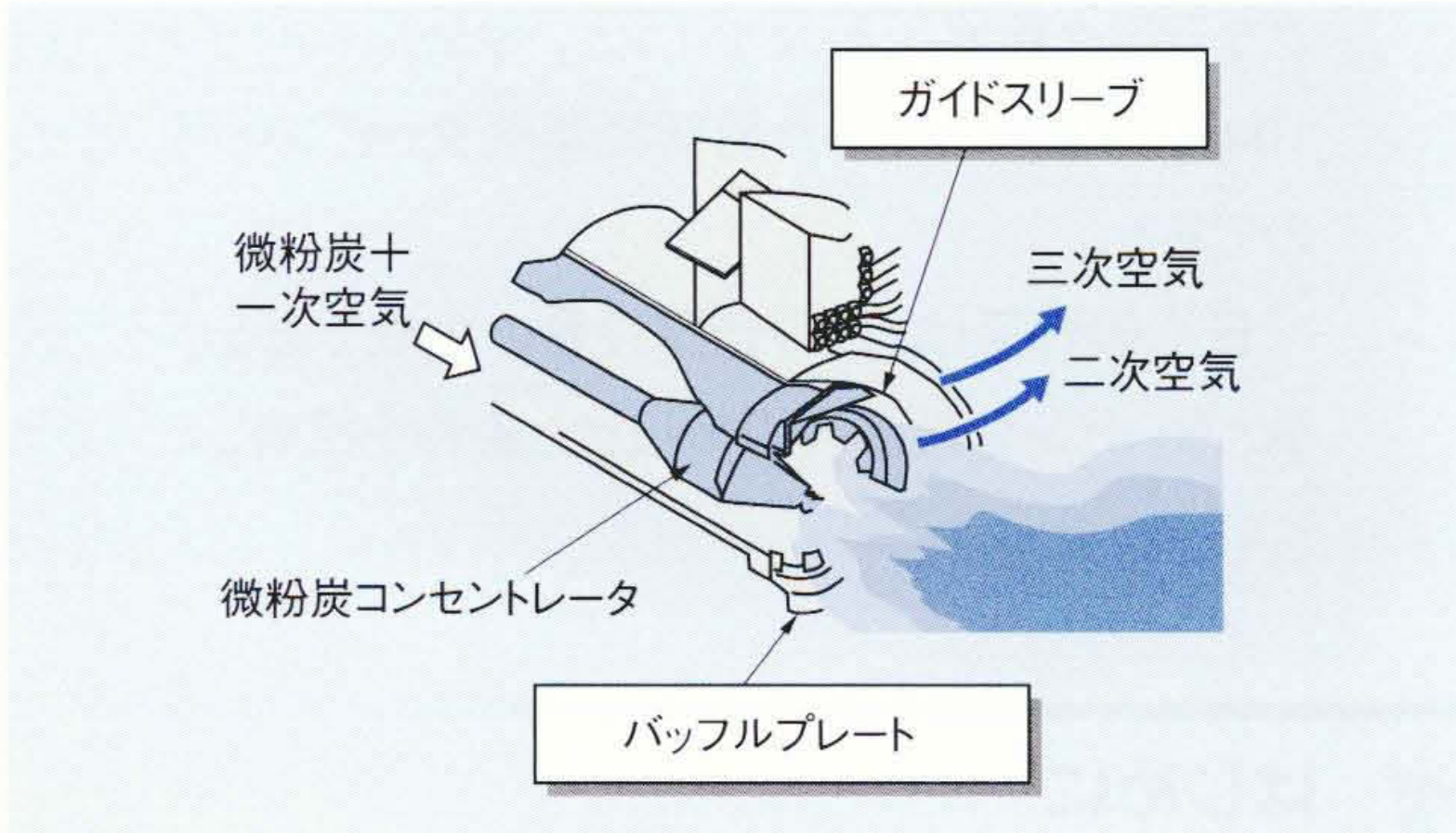


図2 日立-NR3バーナの構造
低NO_x日立-NR3バーナを採用し、いっそうの低NO_x化、燃焼性、および保炎性の向上を図った。

3.2 高効率燃焼技術

近年、燃焼設備を簡素化するためにバーナの大容量化が進んでいる。ボイラには、36本のわが国最大容量微粉炭バーナを設置した。

この「日立-NR3バーナ」では、従来「日立-NR2バーナ」に採用していた低NO_xバーナ技術である火炎内脱硝技術を踏襲したうえで、ガイドスリーブとバップルプレートを適用した。これにより、外周空気である二次・三次空気の投入を最適化し、高温還元炎を拡大させて、低NO_x化を図った。

4 蒸気タービンとシステムの新技术

蒸気タービン設備では、主蒸気と再熱蒸気の高温度条件で、最新技術による高効率化と信頼性の確保を図った。さらに、プラント設備の構成面で、設備のコンパクト化を図った。

4.1 蒸気タービンの新技术

蒸気タービンは、高温蒸気という条件を採用したため、主要部の材料を600℃に対応させた。主蒸気止弁や蒸気加減弁、組合せ再熱弁には、9Cr-1Mo鋼を、高圧タービン内部車室にはCr-Mo-V-B鋼を、中圧タービン内部車室には12Cr鋳鋼をそれぞれ採用した。

また、高温蒸気化による熱効率の向上に加え、最新のAVN(Advanced Vortex Nozzle)の適用により、効率の向上を図った。

完成した蒸気タービン発電機設備を図3に示す。

4.2 システム構成の特徴

ヒートサイクル(抽気、給・復水系統)のシステム構成では、1,000 MW発電設備で実績のある構成を採用した。一方、補機構成では、設備のコンパクト化の観点から、種々のくふうを凝らした。システム構成の特徴は以下のとおりである。

(1) 抽気、給・復水系統の構成

給水加熱器は、低圧4段、脱気器、および高圧3段の構成

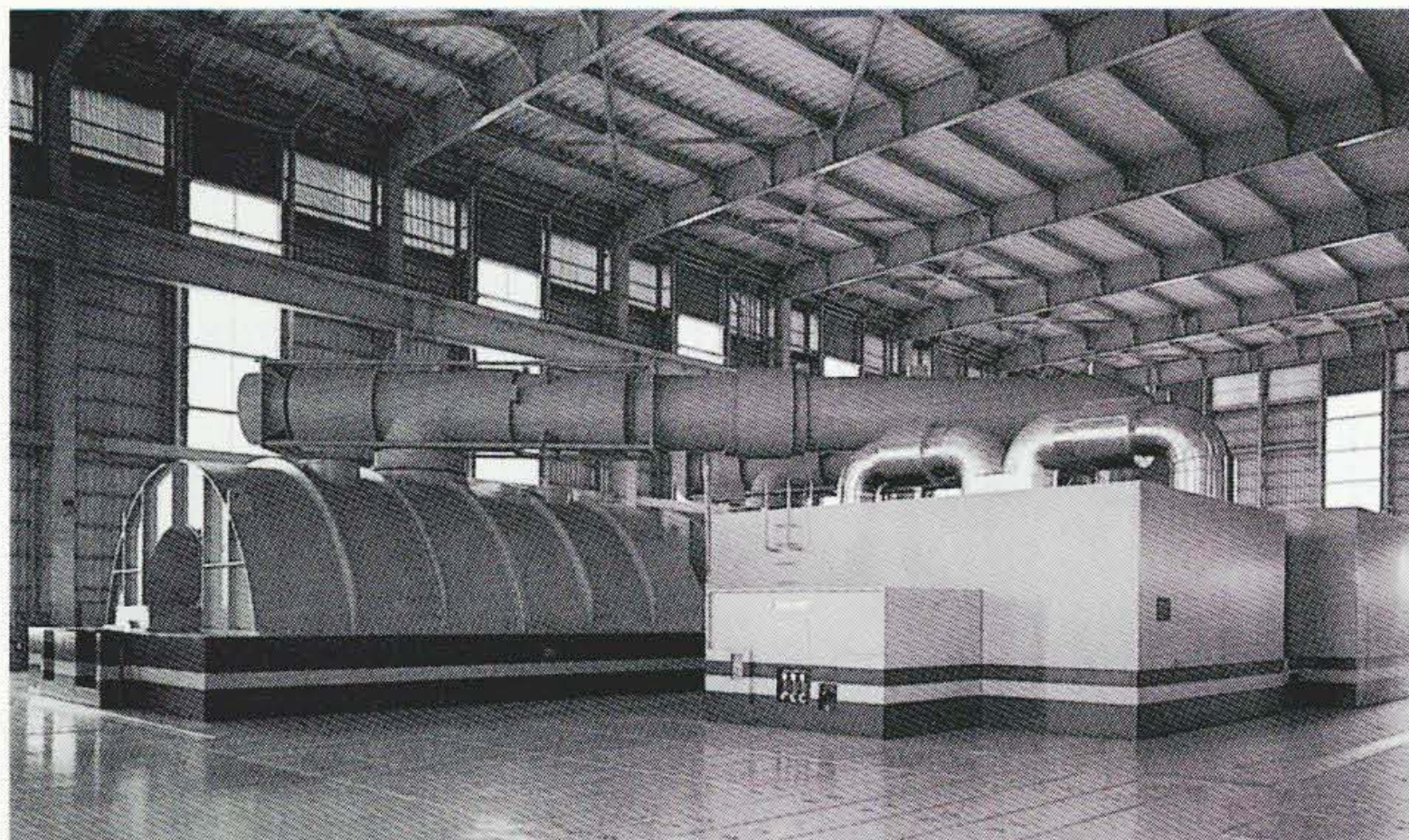


図3 蒸気タービン発電機設備

最新の技術を採用して完成させた蒸気タービン発電機設備を示す。

とした。復水ポンプと復水ブースタポンプでは、50%容量機を2台とし、給水ポンプでは、タービン駆動の50%容量機2台とプラントの起動・停止時に使用する低揚程モータ駆動給水ポンプ1台の構成とした。

(2) 単胴型脱気器の採用

従来は、ボイラ給水中の溶存酸素を除去する脱気室と、ボイラ給水用の貯水タンクから成る2胴型であったのに対し、貯水タンクを大型化し、脱気機能を貯水タンク内に内蔵した単胴型を採用することにより、設備のコンパクト化とスペースの縮小化を図った。

(3) 除じんフィルタの採用

復水器の逆洗には、これまで、復水器6弁切換逆洗方式を採用していた。今回は、復水器水室入口部に大型除じんフィルタを設置する構成とした。これにより、復水器冷却系統の運用性を向上させるとともに、循環水系統の据付け作業の効率化を図った。

5 プラント監視制御システム

1,000 MW大容量石炭燃焼設備であるこのプラントの監視制御規模は、概略制御対象補機700台と、監視情報(アナログ2,200点、デジタル20,000点)という大規模なものである。この大規模システムに対応するため、プラント監視制御システムには、HIACS-7000(Hitachi Integrated Automatic Control System 7000)を採用した。

HIACS-7000は、管理・自動化機能として分散型計算機“RS-90/400”を、操作監視機能としてFAパソコン“HF-W”を、制御・保護機能として大容量・高速コントローラ「R600シリーズ」をそれぞれ採用し、それらを高速ネットワーク“μΣ-100”で接続したオールデジタルシステムである。

このプラント監視制御システムの特徴について以下に述べる。

5.1 ヒューマン マシン インタフェース

(1) ヒューマンマシンインタフェースでは、情報の集約化と共有化を図るとともに、監視・操作性に優れたものとするため、110型拡大表示装置(大型液晶表示器)による4画面などのマルチウィンドウ方式とした。

中央操作室の監視操作盤を図4に示す。

(2) CRTオペレーション方式は、分散配置したFAパソコンと拡大表示装置の併用による「マウス操作方式」とした。CRTオペレーションを、従来の制御装置の範囲から所内電気設備にも適用の範囲を広げ、中央操作室の監視操作盤のコンパクト化を図った。

5.2 制御装置と配開装置間のインタフェース

従来、制御装置と配開装置間のインタフェースには、メタル

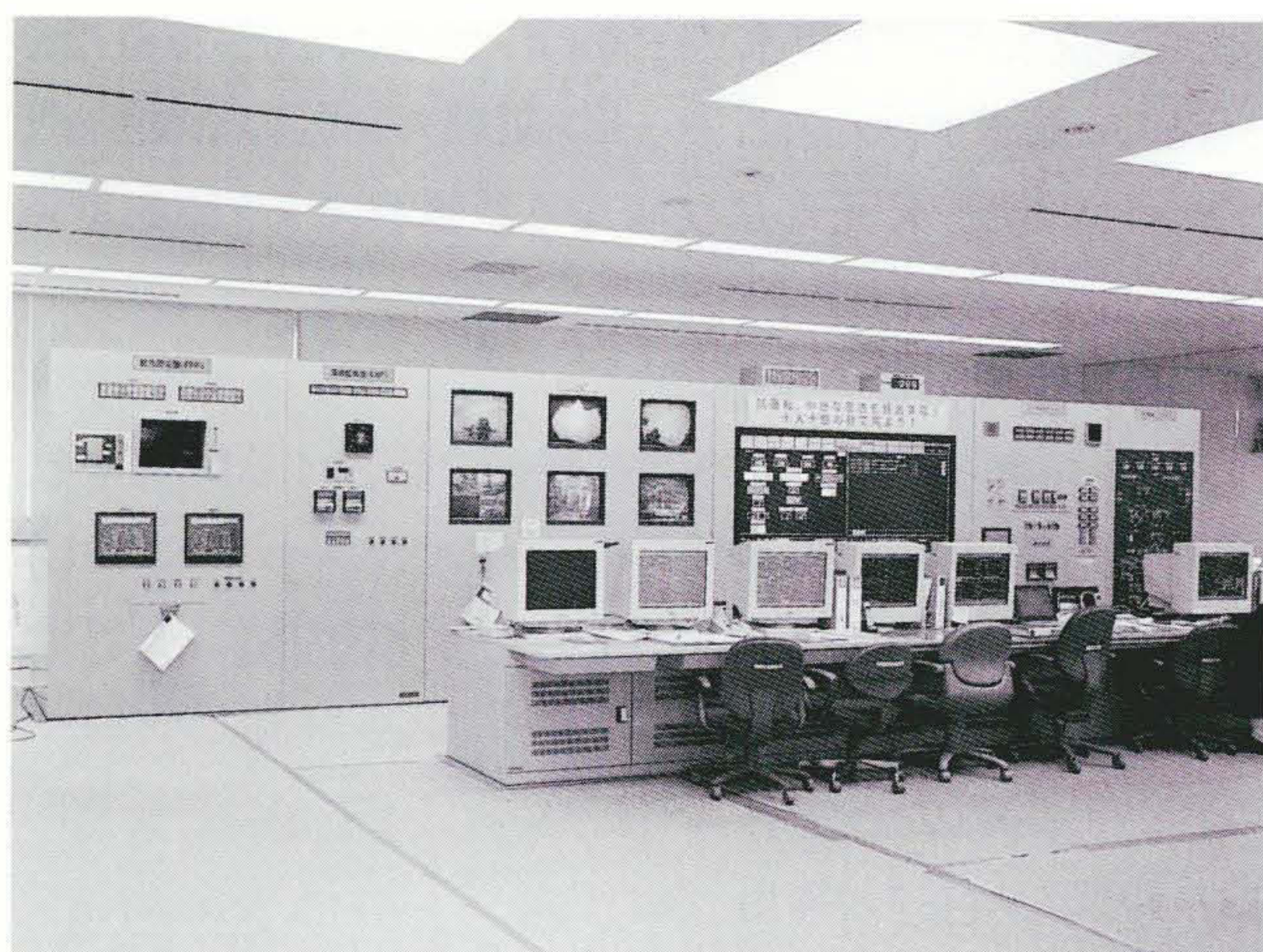


図4 中央制御室の主制御卓と拡大表示装置の外観

110型拡大表示装置を中心としたヒューマンマシンインタフェースを採用したほか、情報の集約化によって中央制御室の簡素化を図った。

ケーブルを利用していた。このプラントでは、リモート通信方式を採用した。制御装置と配開装置間のインタフェースを図5に示す。

これは、配開装置に通信機能を内蔵させて制御装置と直接通信する方式である。これにより、盤のコンパクト化と、ケーブル工事の大幅な効率化を実現した。

5.3 ボイラ・タービン発電機保護システムの信頼性の向上

ボイラ・タービン保護盤には、これまで以上の信頼性を確保するために、保護回路にROM(Read-Only Memory)とCPU(Central Processing Unit)を搭載したPCM(Programmable Control Module)の三重系を採用した。また、検出部と演算回路の異常検出や警報監視に対応するために、コントローラを二重化構成とした。これにより、発電機・主変圧器・所内変圧器保護用のデジタル保護継電器盤と併せ、発電所の保護回路をオールデジタル化することができた。

6 おわりに

ここでは、東京電力株式会社常陸那珂火力発電所第1号機のボイラとタービン発電機設備の特徴、および同設備に適用した最新技術について述べた。

今回適用した技術により、高効率・大容量の石炭燃焼火力発電設備を安定運転できることを確認した。

日立グループは、今後も火力発電プラントにこの成果を生かし、いっそうの高効率化、合理化技術の開発に注力し、地球に優しい火力発電プラントの建設に取り組んでいく考えである。

終わりに、常陸那珂火力発電所第1号機の計画から建設・試運転、完成に至るまで、東京電力株式会社の関係各

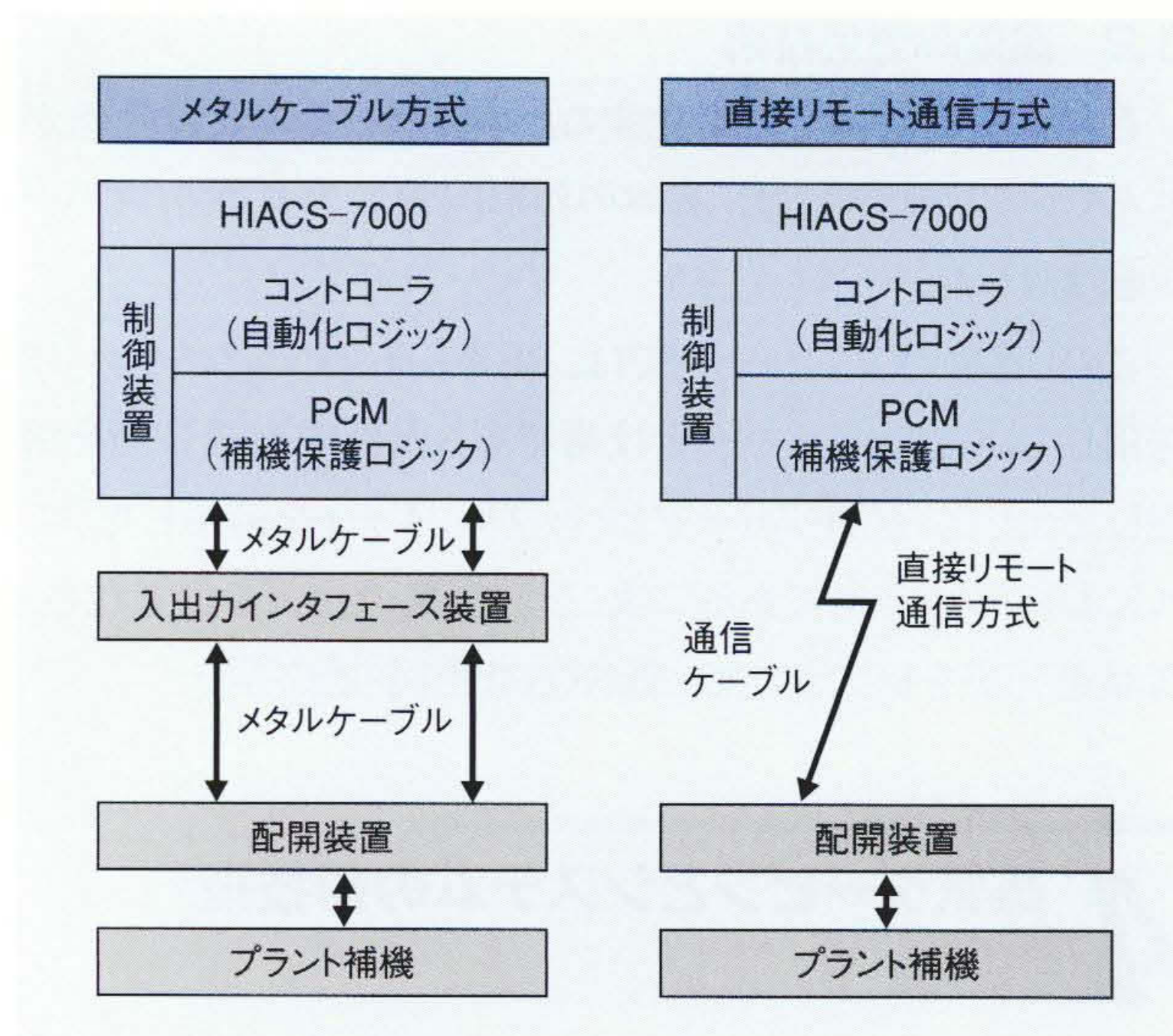


図5 制御装置と配開装置のインタフェース

リモート通信方式を採用し、大幅な合理化を図っている。

位から多大なご指導をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 大倉，外：最新鋭高効率石炭火力発電プラントの完成，日立評論，85，2，163～166(2003.2)
- 2) 梅澤，外：沖縄電力株式会社金武火力発電所第1号機220MW発電設備，日立評論，85，2，167～170(2003.2)

執筆者紹介



松本 信幸

1979年日立製作所入社，電力・電機グループ 火力・水力事業部 日立生産本部 火力システム設計部 所属
現在，火力プラントの計装・制御基本計画業務に従事
E-mail: nobuyuki_matsumoto @ pis. hitachi. co. jp



岩元 英明

1994年パプコック日立株式会社入社，呉事業所 火力技術本部 ボイラ設計部 所属
現在，事業用ボイラの基本計画・開発業務に従事
E-mail: iwamoto-h @ kure. bhk. co. jp



金田 孝雄

1971年日立製作所入社，情報・通信グループ 情報制御システム事業部 発電制御システム設計部 所属
現在，火力制御システムの設計取りまとめに従事
E-mail: takao_kaneda @ pis. hitachi. co. jp



鳴原 浩一

1992年日立エンジニアリング株式会社入社，電力システム本部 エンジニアリング第1部 所属
現在，火力システムのエンジニアリング業務に従事
E-mail: kouichi_shigihara @ pis. hitachi. co. jp