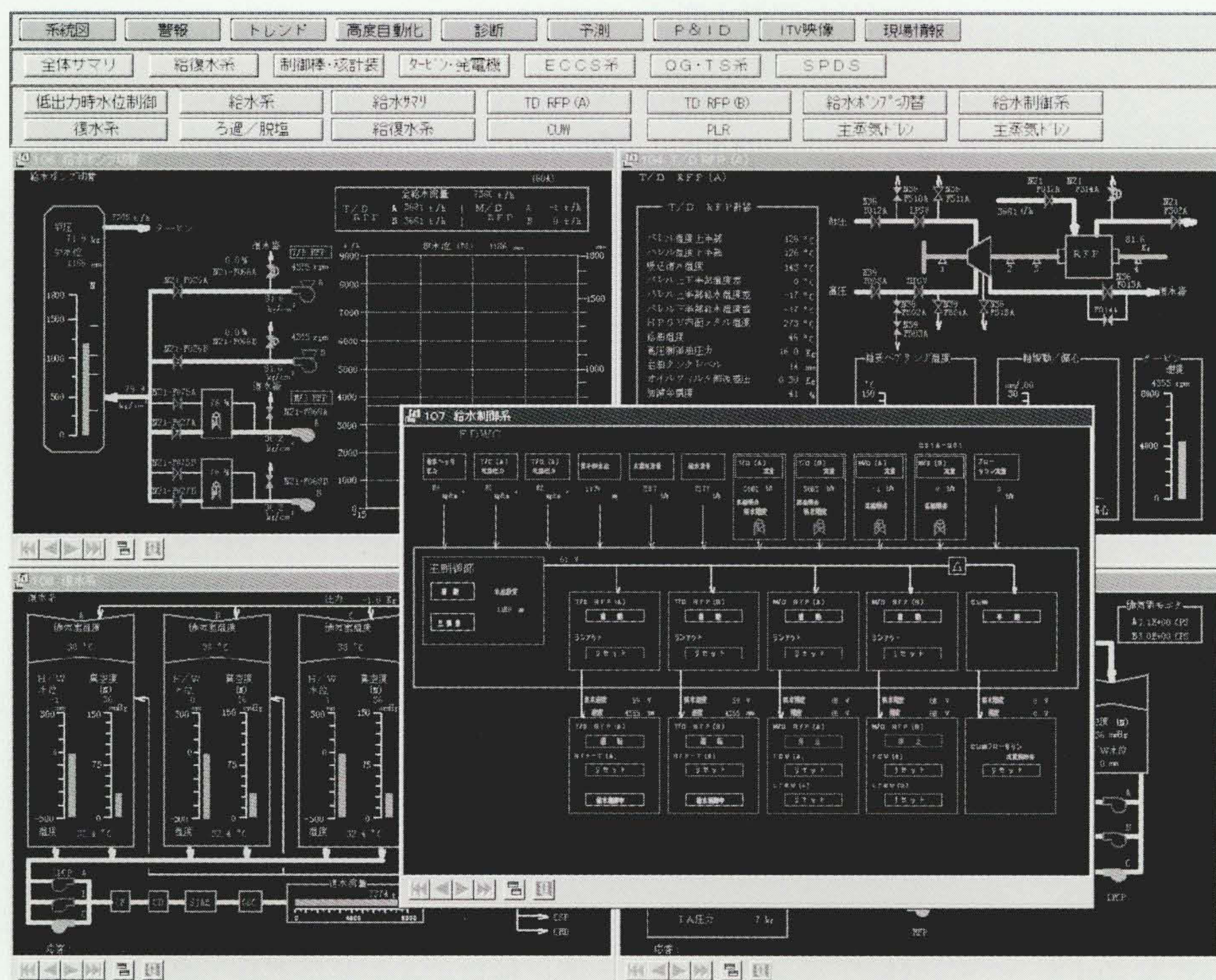


最新の原子力発電所監視制御システム

Advanced Supervisory and Control Systems for Nuclear Power Plants

清治 岳彦 Takehiko Seiji
大賀 幸治 Yukiharu Ōga

小山三輝雄 Mikio Koyama



分散型プロセス計算機システムの画面例

1台のCRTにマルチウィンドウで主要パラメータを表示し、プラントを監視しながら操作を行うことができる。

原子力発電所の監視・操作をつかさどる頭脳である監視制御システムには、信頼性を最優先にしたうえで、運転員の負担軽減と保守性の向上が求められている。また、近年の監視制御システムでは、総合デジタルシステムであるが故の保守の高度化と、いっそうの経済性が求められてきている。

日立製作所は、最新のデジタル技術とエレクトロニクス技術を取り入れ、十分な信頼性を確保しながら運転性と監視性を向上させてきた。最近では、ABWR用新型中央監視制御システム“NUCamm-90”の開発によって総合デジタルシステムを完成させ、運転実績を積んでいる。一方、パソコンやネットワーク、ITなどの汎用技術の進歩は目覚ましく、性能と信頼性の両面でこれらを監視・操作に適用することが可能となってきた。このため、日立製作所は、これらの技術を適用し、ヒューマンフレンドリーな監視制御システムを目指した開発と製品展開を図ってきた。さらに、先端の信号処理技術やマルチメディアを利用した次世代要素技術の開発も進めており、プロトタイプによる検証・評価を完了し、その成果の実機への適用を進めている。

1 はじめに

原子力発電所の監視制御システムには、運転信頼性が第一に求められている。このため、日立製作所は、デジタル技術や高度ヒューマンインタフェース技術を適用することにより、信頼性と運転性を向上させた新型中央監視制御システム“NUCamm-90(Nuclear Power Plant Control Complex with Advanced Man-Machine

Interface 90)”を開発し、良好な運転実績を得ている。さらに、近年の電力事業の自由化に伴う建設と運転コストのいっそうの低減のための技術や、運転および定期検査時の保守作業を効率よく実施し、プラント稼働率の向上を可能とする支援技術の開発を推進している。

ここでは、最新の原子力発電所監視制御システムについて述べる。

2 監視制御技術の変遷

監視制御技術の変遷を図1に示す。

日立製作所は、運転・監視性と信頼性向上を目的に、アナログ制御装置からデジタル制御装置への移行を段階的に行ってきた。また、ネットワークの適用拡大やプラント運転自動化などのシステム高度化により、情報量増大への対応と運転員の負担軽減を図ってきた。

ABWR(改良型沸騰水炉)では、安全保護系や核計装系までを含めたプラント全体にデジタル技術の適用を拡大し、総合デジタルシステムである“NUCAMM-90”を完成させた。

このABWRから得られたノウハウと最新のエレクトロニクス技術、汎用技術をベースに、操作性・保守性に優れた監視制御システムの開発を行い、製品に適用している。さらに、合理化を図った改良標準型“NUCAMM-90”の製品化展開を計画している。

3 最新の監視制御システム

CPUの高速化やメモリの大容量化を基にした汎用技術とオープンネットワークの適用拡大により、小型で高性能のシステムの実現が可能となってきた。これに伴い、近年の監視制御システムには、(1)保守負担の軽減と、(2)監視・操作性の向上が求められている。日立製作所は、これらの要求に対して、オープンな技術を適用し、プラントの建設、運転および保守の各フェーズで

ヒューマンフレンドリーな、以下の監視制御システムを製品化してきた。

3.1 新型監視制御システム

プラントの監視制御システムとして、分散型プロセス計算機システムと常用系デジタルシステムで構成する新型監視制御システムの構成例を図2に示す。

3.1.1 分散型プロセス計算機システム

従来の監視システム用プロセス計算機システムは、専用技術を適用したシステムであった。しかし、最近の汎用技術の急速な進歩により、ハードウェア・ソフトウェア両面で、監視制御分野にも適用することが可能となってきた。さらに、この汎用技術の適用をベースとして、経済性や保守性の向上と、定期検査期間の短縮がいっそう強く求められるようになってきている。このような背景を踏まえ、信頼性を確保しつつ汎用技術を適用した分散型プロセス計算機システムを開発した。

分散型プロセス計算機システムでは、汎用技術を応用した制御用サーバを適正に分散配置し、これらをオープンな標準ネットワークで接続している。制御サーバごとに信頼性要求に応じた冗長化を図ることにより、信頼性を確保しながら最適な構成を可能とした。このように、汎用技術を大幅に採用することにより、従来のシステム規模を半減することができるだけでなく、拡張性のある分散構成としていることで、小規模システムから大規模システムまでアーキテクチャを統一でき、容易に段階的なシステムの増強をすることができる。さらに、保守・増

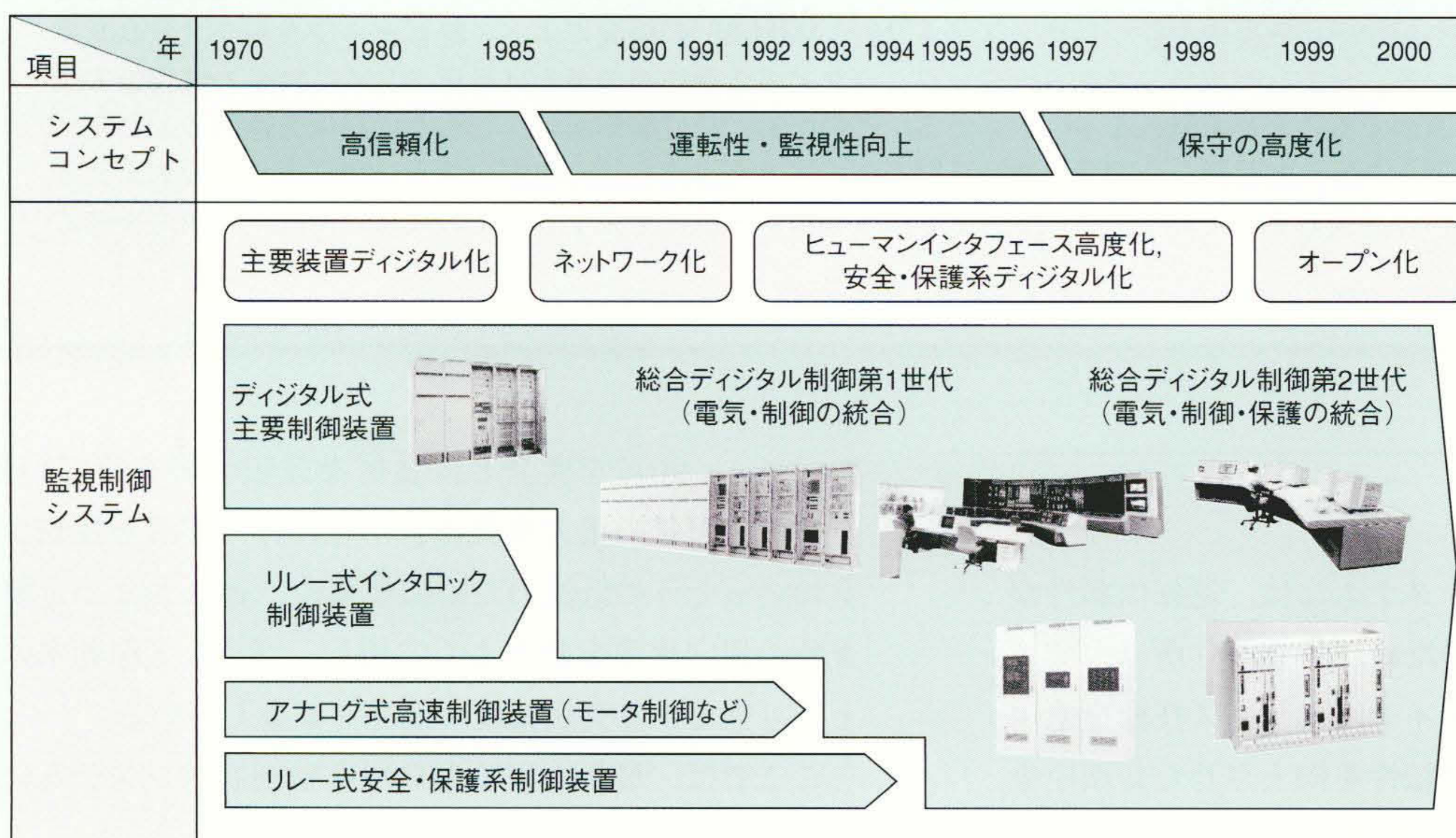
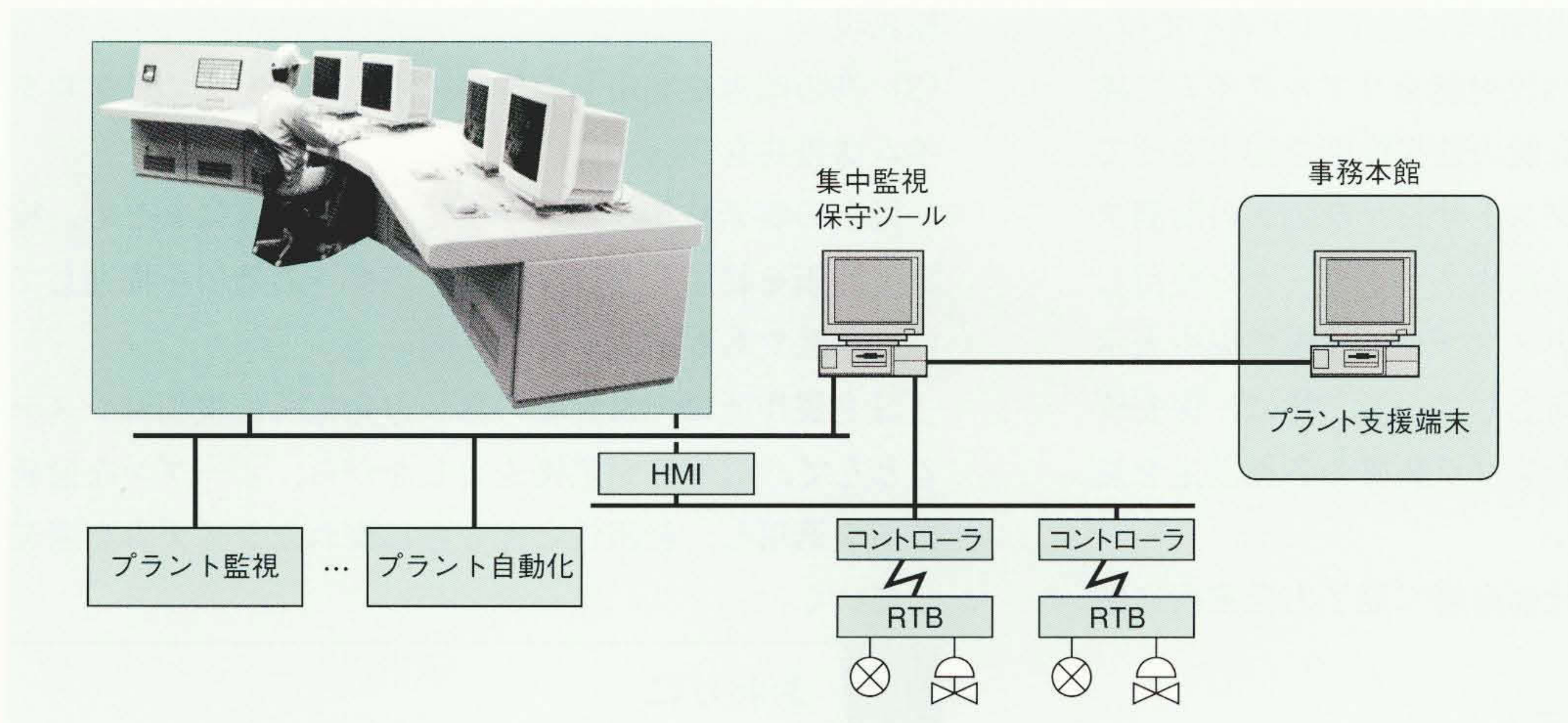


図1 監視制御技術の変遷

デジタル制御装置の適用を段階的に拡大することにより、総合デジタルシステムを進展させてきている。



注：略語説明
HMI (Human-Machine Interface)
RTB (Remote Terminal Block)

図2 新型監視制御システムの構成例

汎用技術やオープンネットワーク技術を適用することにより、小型でヒューマンフレンドリーなシステムを構築している。

強作業が分割して実施できるので、定期検査時の保守工程やリプレース時の工程を短縮することができる。また、流通ソフトウェアを適正に採用し、ヒューマンインタフェースとしてマルチウィンドウを提供するとともに、長年培ってきたソフトウェアアーキテクチャを踏襲することにより、わかりやすく使いやすいシステムとしている。

この分散型プロセス計算機システムを中国電力株式会社島根原子力発電所第二号機に納入し、短期の定期検査でリプレースを完了した。

3.1.2 常用系デジタルシステム

常用系のデジタル制御装置には、最新の監視制御システムである“HIACS-7000 (Hitachi Integrated Automatic Control System 7000)”を適用している。全体システムとしては、監視・操作部と制御部を階層化し、HMIサーバを介して接続することで階層間のインタフェースをシンプル化している。

集中監視保守ツールは、コントローラで実行するソフトウェアの監視・保守機能だけでなく、ソフトウェアを作成するCAD機能を持っている。表示されたソフトウェアがそのままの形で図面になるので、ソフトウェアの管理作業を軽減できる。また、ソフトウェアのオンラインでのモニタ機能やソフトウェアアイソレーション機能も持っており、現場機器の切り離しなどをソフトウェア上で行い、オンラインでの保守を可能としている。

さらに、この集中監視保守ツールを使用して遠隔からの保守支援を行うことができる。各コントローラの制御データやプロセス計算機が持っているプラントデータを集中監視保守ツールで収集し、専用回線を介して発電所内の事務本館で監視することができるので、異常発生時には短時間での原因の特定と復旧対応に効果的である。

3.2 炉廻り計装システム

原子力発電所特有の「炉廻り計装システム」には、炉内中性子を計測する「核計装システム」と、発電所内の放射線を計測する「放射線モニタシステム」がある。

炉心監視に必須の核計装システムでは、既設プラントでの保守性・操作性向上のニーズにこたえるために、新型の小型コントローラをベースとして、カラーフラットディスプレイを用いた新型シリーズのラインアップを完了した。ゲイン校正の自動化と、パソコンツールでのプラント特性の電子データ管理などの機能を持たせることにより、作業の省力化を実現している。移動式炉心内計装装置では、X-Y記録計の代わりにフラットディスプレイを使用して操作性を向上させ、計測データを電子化することにより、管理を容易にしている(図3参照)。

発電所内の各エリアでの空気中のじんあいに含まれる



図3 移動式炉心内計装装置の画面例

従来のX-Y記録計をカラーのフラットディスプレイに置き換えて電子化することにより、操作性を向上させ、記録データの取り扱いを容易にした。

放射能を監視するダスト放射線モニタシステム²⁾では、 α 線と β 線の量の比から天然放射能をリアルタイムで識別することにより、人工放射能の監視性能を向上させている。各建屋に設置されるダストサンプラ装置の計測データはサーバで一括管理し、汎用ネットワークを使用して事務本館などのフラットディスプレイ端末で集中表示することにより、監視性を向上している。特に、保安管理室の端末では、各ダストサンプラ装置の各種設定を遠隔で行うことができる。

これらを東京電力株式会社福島第二原子力発電所に納入した。

3.3 異常兆候早期検出システム

安定なプラント運転を継続するためには、異常兆候の早期検出と傾向把握が重要なポイントとなる。

原子炉格納容器内の早期異常検出を目的として、光ファイバ技術(ラマン散乱光強度検出)を用いた温度監視装置を開発した。原子炉格納容器内全域の詳細な温度分布、温度変化を監視することにより、事象把握と原因推定への有効な情報を提供することができる。

また、放射線監視システムでは、オフガス中の放射線計測に対し、高感度オフガス連続モニタシステムを開発した。核種分析情報をリアルタイムで提供することができる。

4 次世代の監視制御技術

日立製作所は、21世紀へ向け、いっそうの経済性の向上と保守負担の軽減を目標として、運転・保守を総合的に支援する次世代の監視制御システムを開発している。この一環として、異常検知診断とプラント情報提供にかかわる要素技術を開発した³⁾。

異常検知診断については、ウェーブレット変換などの最新の信号処理技術を複合してポンプなど回転体の異常兆候を振動データから検知する技術と、ニューラルネットモデルによってプロセスの異常兆候を検知する技術を開発した。さらに、これらの結果やプラントデータから異常原因を総合的に判断する技術を開発した。将来の運転サイクルの長期化と、プラント長寿命化に対応する機器特性の劣化傾向監視技術として使用できる。

プラント情報提供の要素技術は、運転員・保守員がプラント状態を容易に把握するための技術や方法であり、以下のようなものがある。

- (1) 音声・遠隔指示入力などのマルチメディアを利用した情報への高速なアクセス
- (2) 図面や映像を組み合わせて表示した理解しやすい情

報表現

(3) 携帯端末を利用した現場・中央制御室でのリアルタイム情報共有

以上の要素技術をプロトタイプシステムにまとめ、検証・評価を終了した。今後は、実機への適用を推進していく計画である。

日立製作所は、21世紀の原子力発電所監視制御システムとして、信頼性を最優先としながら、オープンな最新技術を適用し、経済性と保守性に優れたシステムを開発していく。

5 おわりに

ここでは、最新の原子力発電所監視制御技術について述べた。

日立製作所は、信頼性を確保しながら、優れた経済性と保守性を持つシステムを開発し、実機に適用してきている。また、次世代監視制御システムをサポートする要素技術の研究開発も進めている。

今後も、さらに安全でヒューマンフレンドリーな監視制御システムを開発していく考えである。

参考文献

- 1) 山盛, 外: 最近の原子力発電所監視制御システム, 日立評論, **82**, 2, 165~168(平12-2)
- 2) 海原, 外: α , β 線同時弁別計測による高性能ダスト放射線モニタシステム, 日立評論, **82**, 2, 173~176(平12-2)
- 3) 大賀, 外: 原子力発電プラント・セーフティサポートシステムの開発(その1), 電気学会原子力研究会資料, NE-00-9(2000.9)

執筆者紹介



清治 岳彦

1987年日立製作所入社, 電力・電機グループ 情報制御システム事業部 原子力制御システム設計部 所属
現在, 原子力プラントの計測・制御システムの開発・設計に従事
E-mail: takehiko_seiji @ pis. hitachi. co. jp



大賀 幸治

1976年日立製作所入社, 電力・電機グループ 電力・電機開発研究所 原子力・産業第1部 所属
現在, 計測制御システムの研究開発に従事
工学博士
日本原子力学会会員, 電気学会会員, ヒューマンインタフェース学会会員, IEEE会員
E-mail: yukiharu_ooga @ pis. hitachi. co. jp



小山三輝雄

1980年日立製作所入社, 電力・電機グループ 原子力事業部 原子力情報制御システムセンタ 所属
現在, BWRプラントの計装計画業務に従事
E-mail: mikio_koyama @ pis. hitachi. co. jp