

最近の原子力発電所監視制御システム

Recent Technologies in Nuclear Power Plant Supervisory and Control System

山盛利治 Toshiharu Yamamori
市川 隆 Takashi Ichikawa

川口 智 Satoshi Kawaguchi
本間洋之 Hiroyuki Homma



廃棄物処理設備用新型監視制御システム

マウス操作のCRT4台により、液体・固体廃棄物処理設備全体の監視・操作を可能としている。

原子力発電所の監視制御システムは、制御ロジックを実行する装置としてだけでなく、運転員とのヒューマンインタフェースを提供する装置として重要である。このため、日立製作所は、監視・操作性に優れたシステムの研究開発を続けており、ABWR(改良型沸騰水型原子炉)用総合デジタル中央監視制御システムや運転訓練シミュレータなどでその成果を具体化してきた。

一方、パソコンの普及と技術革新をベースとした、グラフィカル ユーザー インタフェースやマルチウィンドウシステムといったヒューマンインタフェース技術の進展には目覚ましいものがあり、これら最新技術の取り込みとその高信頼化技法の開発が重要な課題となっている。

これに対応するために、日立製作所は、(1) クライアント・サーバ方式による監視操作機能の合理的な実現、(2) 冗長化高性能コントローラを核としたシステム信頼性の確保、および(3) これらをネットワークで結合することによる柔軟性・拡張性を特徴とするシステムを開発し、このたび東北電力株式会社女川原子力発電所第3号機の液体・固体廃棄物処理設備用デジタル監視制御システムとして納入した。

1 はじめに

電力事業の規制緩和や電力料金の見直しなどの環境変化に対応して、稼働率の向上と建設コスト・運転コストの低減が重要な課題となっている。

一方、電力供給のベースロードを担うとともに、複合技術の結晶でもある原子力発電所に対しては、信頼性・安全性へのたゆまない取組みが求められている。

このような環境下で、日立製作所は、監視制御システムが運転員と機器とのインタフェースをつかさどる装置として重要な位置づけにあることを認識し、人と機械の融合を基本にシステムの開発を続けてきた。その成果として、運転訓練シミュレータなどのシステムで適用実績を積んできた、汎用技術と原子力発電所設備に求められる信頼性を両立させた監視制御系を、東北電力株式会社

女川原子力発電所第3号機の液体・固体廃棄物処理設備用デジタル監視制御システムとして納入した。

ここでは、このシステムの概要について述べる。

2 ヒューマンインタフェース

2.1 ヒューマンインタフェースの変遷

原子力プラントでは、常にプラント全体の状況を把握することが必須であり、またその対応操作を容易に行えるように、中央制御室に監視・操作のための情報が集中している。このため、初期のプラントでは、中央の操作監視盤に必要なすべてのハードスイッチや指示計を設けることにより、運転員とのインタフェースを提供していた。

その後、日立製作所は、人間工学的配慮と最新のエレクトロニクス技術・計算機技術の積極的な適用により、監視操作性にとどまらず、信頼性や保守性の面からも改

善を図った“NUCAMP-80”や“NUCAMP-90 (Nuclear Power Plant Control Complex with Advanced Man-Machine Interface 90)”^{1), 2)}を開発してきた。

一方、近年のパソコン技術の進展に伴い、グラフィカルユーザーインターフェースやウィンドウシステムが一般化し、日常業務に不可欠なものとなってきた。これら最新技術の取り込みと、プラント監視制御装置として十分な信頼性の確保との両立が課題となっている。

2.2 ヒューマンインターフェース構成の考え方

液体・固体廃棄物処理設備は、発電所で発生する放射性廃棄物を処理し、プラントでの再使用に供したり、一時貯蔵するシステムである。このシステムの監視操作の観点から見た特徴は、(1) 小人数の運転員による監視操作が基本、(2) 各システムの機器をシーケンシャルに動作、進行させる自動化運転が基本であることから、すべての操作を複数のCRTから座位で実施できるようにシステムを構成した。監視操作情報はどのCRTからも閲覧を可能とすることにより、複数の運転員が情報を共有することができる。

さらに、緊急対応時の認知性と操作レスポンスを考慮して、以下の項目については専用のハードスイッチ・表示器・記録計を設け、運転信頼性を確保している。

- (1) 各システムの代表警報表示(詳細はCRTで確認が可能)
- (2) 各システムの自動化運転の停止操作

(3) 系外放出関連パラメータの記録

2.3 CRT操作画面の考え方

前述したように、CRTによる監視操作はこのシステムの中核であることから、インターフェース仕様を決めるにあたっては以下の点を配慮した。

- (1) 大半の操作が自動(シーケンシャル制御)化されているので、プラント状態の監視が主体であること
- (2) プラント状態の把握のために、個別の機器の運転状態を表示する系統図画面と、タンクレベルなどのトレンドグラフ表示、および警報表示画面が準備されていること
- (3) 定期点検など通常運転時以外では、各機器を個別に操作するケースもあること

これらの条件下で、マウス操作とマルチウィンドウ環境を基本としたインターフェースを構築した。系統図画面上で個別機器を操作、監視している例を図1に示す。

ウィンドウシステムをベースとしたパソコンのヒューマンインターフェースのモデルとして、デスクトップメタファ(机上の仕事の間としての特性をCRT上で表現する方法)があるが、このシステムにも同様の考え方を取り入れている。発電所全体ではおおむね、現場操作機器などに従来型のハードスイッチが使われているので、CRT上の操作スイッチウィンドウにも実物のスイッチを忠実に模擬したシンボルを採用し、視認性や操作性の統一を

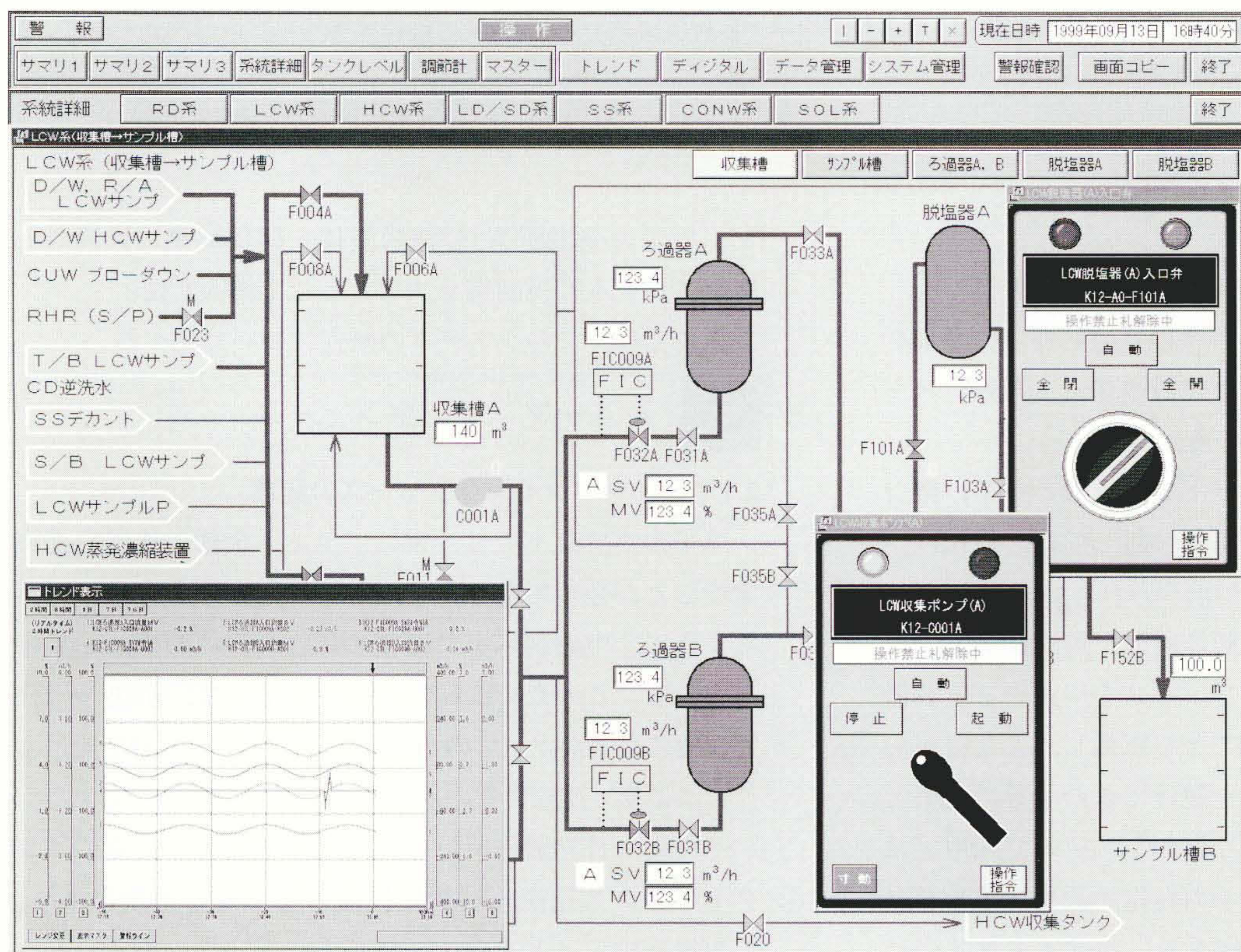


図1 CRT操作画面例

系統図表示上の操作端(ポンプや空気作動弁)をマウスで選択すると、実際のハードスイッチを模擬した操作スイッチウィンドウがポップアップ表示される。このスイッチウィンドウでは、複数個表示ができる。さらに、同一CRT上にトレンドグラフを表示して、タンクレベルを監視しながら弁開閉などを操作することも可能である。

図った。

CRTによる操作については、操作・監視モード選択のハードスイッチを操作モードにした後、(1) 操作する機器を画面上で選択してスイッチウィンドウを表示し、(2) 操作方向(弁であれば開、閉など)ボタンを選択し、(3) 操作指令ボタンを押すという確認操作を含む手順により、誤操作の防止を図っている。

3 デジタル制御システム

新型監視制御システムの全体構成を図2に示す。
このシステムでは、従来の原子力発電所監視制御システムの基本構成を踏襲した。すなわち、監視操作に必要な情報を取り扱うHMI(Human-Machine Interface)システムと、プロセス信号に基づいて制御ロジックを実行し、操作端に指令信号を出力する制御コントローラの2階層で構成した。このような構成としたことにより、階層間のインタフェースを簡素化することができ、全体としてシンプルで信頼性の高いシステムを実現している。

3.1 HMIシステム

わかりやすく使いやすいヒューマンインタフェースを運転員に実際に提供するデバイスとして、近年グラフィック処理能力の向上が著しい業界標準の“PC/AT”互換ハードウェアを採用し、マルチウィンドウ環境で容易な

操作性を実現している。

コントローラからプロセス情報を収集し、プラントデータベースを構築する機能と、各種帳票データやトレンドデータなどの長期データ保管機能については、二重化構成のサーバを設けた。これらを汎用ネットワーク(Ethernet[※])などで結んだサーバ・クライアント構成とすることにより、必要に応じてHMIクライアントを増設したり、専用サーバを追設して機能追加を図るなど、柔軟性・拡張性の高いシステムとしている。

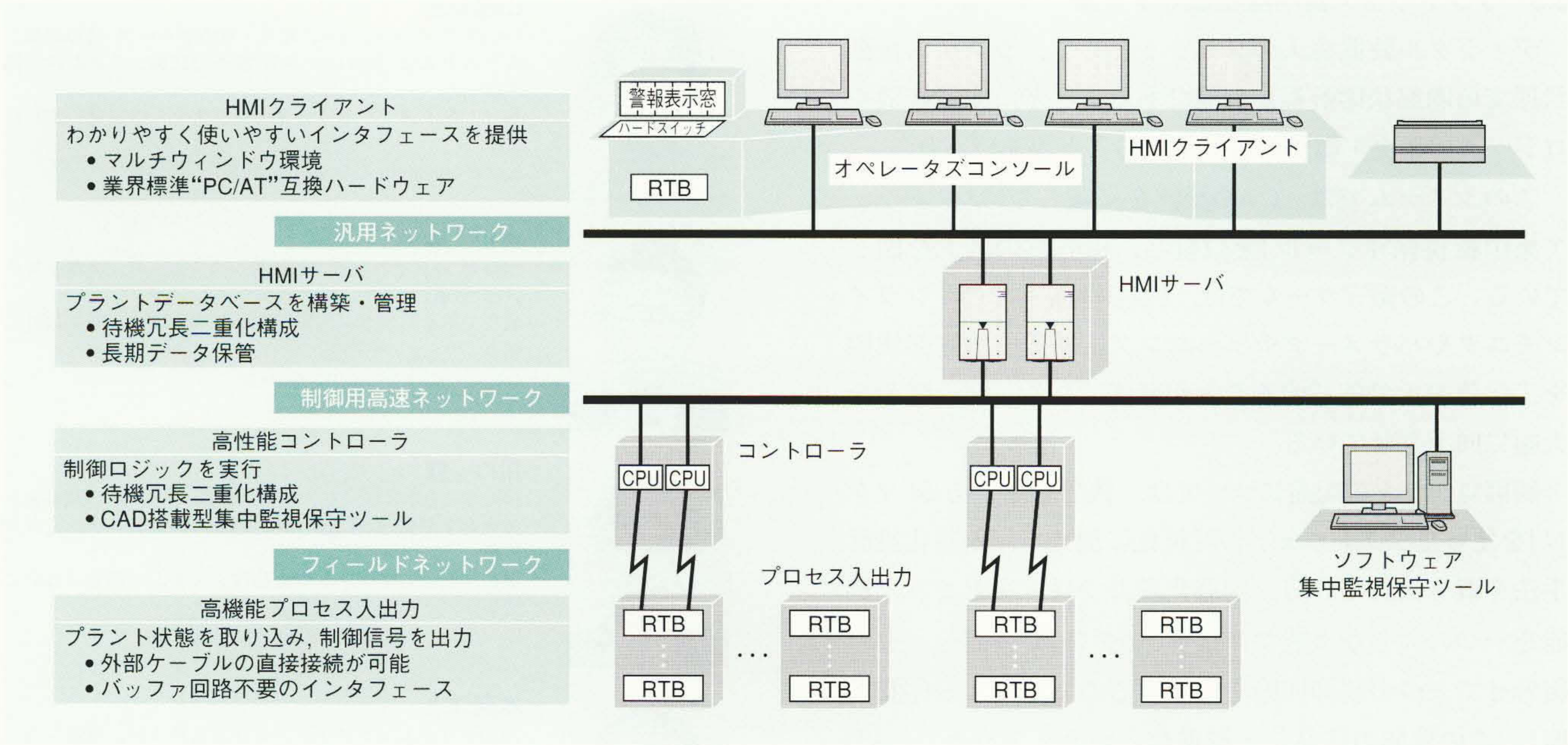
3.2 制御コントローラ

次世代の発電用監視制御システムとして開発し、火力発電所などで適用実績のある“HIACS-7000(Hitachi Integrated Autonomic Control System 7000)”³⁾を適用し、原子力プラントとしての特性を加味した構成とすることにより、信頼性が高くコンパクトなシステムを実現した。

各コントローラとHMIサーバをつなぐ制御用ネットワークでは、NUCMM-80, 90で実績のある高信頼プロトコルを適用し、高速の光二重ループネットワーク構成とすることにより、十分な応答性と信頼性を確保している。

ケーブル直接引込型のプロセス入出力装置RTB(Remote Terminal Block)には、強電レベルのプロセス

※) Ethernetは、米国Xerox Corp.の商品名称である。



注：略語説明 CPU(Central Processing Unit)

図2 システム構成

HMIシステムと制御コントローラを階層化構成とし、かつこれらをネットワーク接続することにより、柔軟で拡張性の高いシステムを実現している。

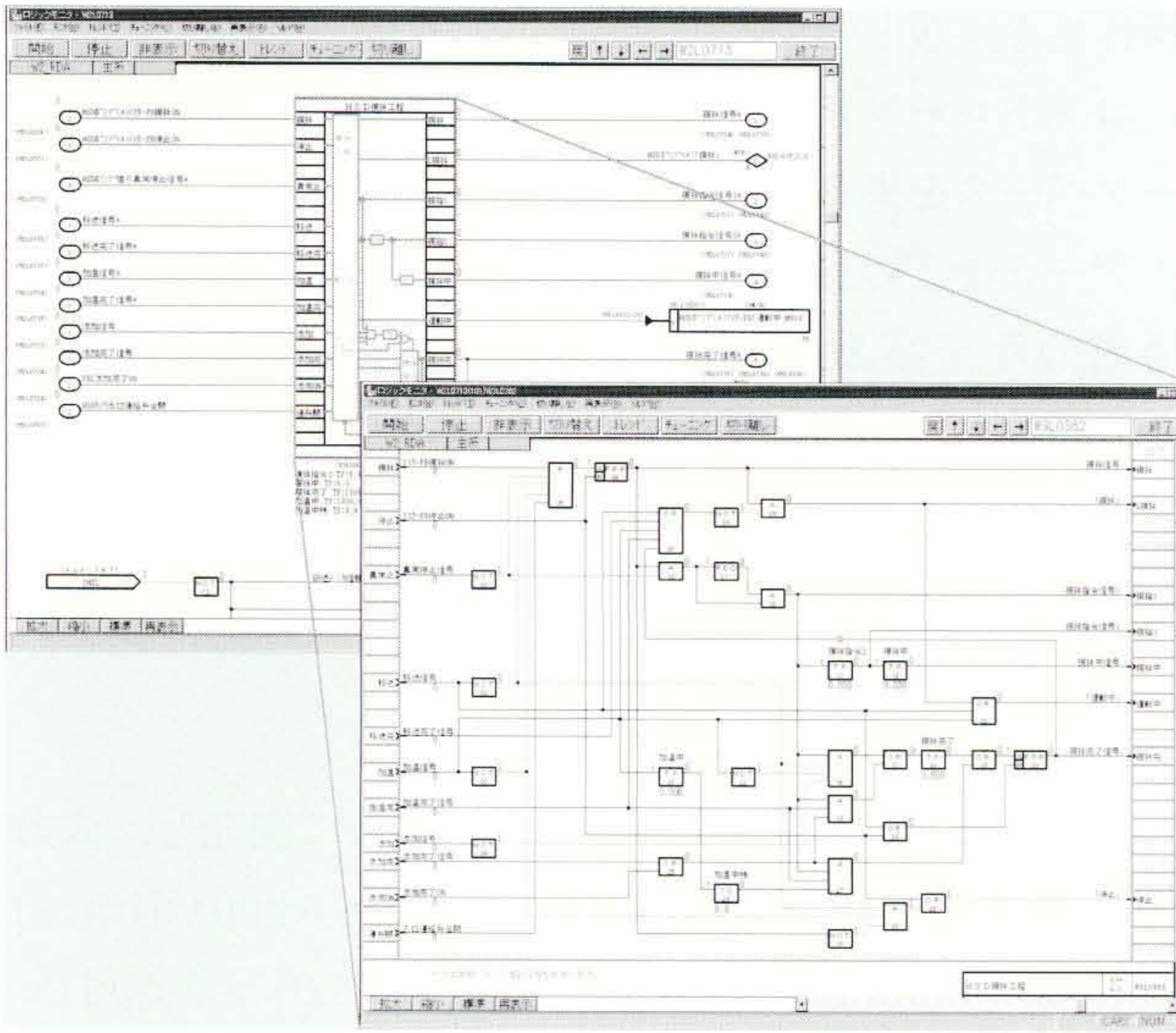


図3 CAD搭載型ソフトウェア集中監視保守ツール

制御ロジック図面と同等の画面によるオンラインモニタが可能である。また、階層化表示もサポートしており、通常のモニタは上位階層画面を、詳細調査などは下位階層画面をそれぞれ使い分けることができる。

信号と内部弱电回路の分離機能やアナログ信号変換機能を持たせ、従来装置では必要であったバッファ回路を不要とした。さらに、この設備で操作端の大半を占める空気作動弁と直接インタフェースできる回路の導入などにより、盤内配線を大幅に削減した結果、制御盤物量を半減した。

3.3 ソフトウェア集中監視保守ツール

デジタル装置導入のメリットとして、システム稼動状態での内部状態監視が可能であることと、内部定数やロジックの変更・調整が容易であることがあげられる。

このシステムでは、CAD機能を搭載した「ソフトウェア集中監視保守ツール」を設置し、保守性の向上を図っている。この保守ツールでは、CAD図面上でのオンラインモニタやパラメータチューニングに加えて、内部状態を工学値表示で確認することが可能であり、使い勝手を大幅に向上させている。

制御ロジックの記述については、機能部品である「マクロ」を使ったソフトウェアの可視化に加えて、階層化設計手法を取り入れている。階層化設計では、まとまった機能を一つの大きな機能マクロ「大マクロ」で表記し、その組合せで一つの制御回路を記述することができる(図3参照)。この機能の部品化・標準化というくふうと、CADによる図面とソフトウェアの一元管理機構により、図面の理解のしやすさと保守性をいっそう向上させている。

4 おわりに

ここでは、原子力発電所の監視制御システムとして、高信頼性を確保しながら汎用技術の適用による経済性との両立を実現した、液体・固体廃棄物処理設備用デジタル監視制御システムについて述べた。

このシステムで重視したヒューマンインタフェースはプラント監視制御システムのキー技術であり、最新技術の積極的な適用とシステムとしての信頼性確保がここでも重要である。

今後も、東北電力株式会社女川原子力発電所第3号機での運転実績を積むとともに、安全でさらに使いやすい監視制御システムの実現に向けて、引き続き努力していく考えである。

参考文献

- 1) 宮本, 外: ABWRプラントの計測制御技術, 日立評論, 80, 2, 163~166(平10-2)
- 2) 吉田, 外: ABWR初号機の計測制御技術, 日立評論, 77, 4, 271~276(平7-4)
- 3) 伊藤, 外: 高信頼・次世代総合監視制御システム, 日立評論, 80, 2, 235~240(平10-2)

執筆者紹介



山盛利治

1985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 制御設計本部 原子力制御システム設計部所属
現在, 原子力プラント計測制御システムの開発・設計に従事
E-mail: yamamori @ omika.hitachi.co.jp



市川 隆

1981年 株式会社日立情報制御システム入社, 発電システム部 所属
現在, 原子力プラント情報制御システムの開発・設計に従事
E-mail: ichikawa @ hicos.co.jp



川口 智

1992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 制御設計本部 原子力制御システム設計部所属
現在, 原子力プラント計測制御システムの開発・設計に従事
E-mail: s-kawagu @ omika.hitachi.co.jp



本間洋之

1979年日立エンジニアリング株式会社入社, 機電システム本部 制御システム第1部 所属
現在, 原子力プラント計測制御系の計画設計に従事
E-mail: honma @ omika.hitachi-hec.co.jp