

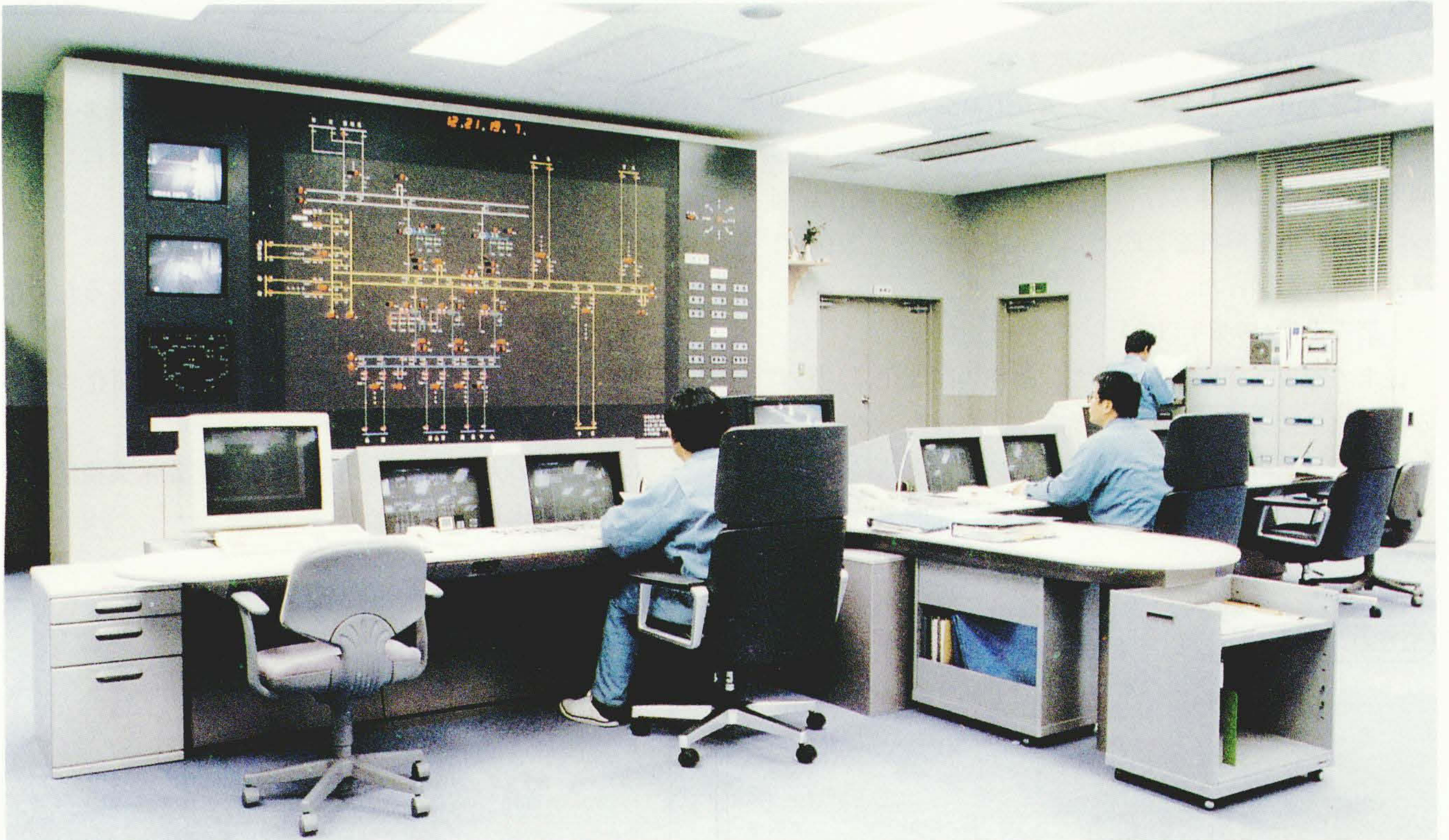
# 基幹系超高压変電所における 高機能監視制御・運転保守支援システム

Supervisory Computer Control System with Operation and  
Diagnosis Assisting Functions for Ultrahigh-Voltage Substations

奥寺祐直\* *Sukenao Okudera*

山田 洋\*\* *Hiroshi Yamada*

照沼武司\*\*\* *Takeshi Terunuma*



基幹系超高压変電所監視制御室の例(東北電力株式会社西仙台変電所の監視制御室)

監視制御卓の横に設置した運転保守支援用エンジニアリングワークステーションにより、運転・保守業務を支援する。

高度情報化の進展、生活環境の電力依存度の増大により、電力の安定供給に対する要請はますます重要なものとなってきている。

電力供給ネットワークの要(かなめ)である基幹系超高压変電所の役割も、いっそう重要なものとなってきている。監視制御の面では、多種多量な情報を扱うことが可能となり、一方、変電機器では、密閉化が進むとともに異常の兆候を検出するセンサ技術の適用が図られるようになってきた。これに伴って、運転員・保守員には、これらの情報を総合的に判断する現業技術、技能が要求されるようになってきて

いる。

これらの課題に対応するため、監視制御システムと運転保守支援システムを統合した基幹系超高压変電所向け監視制御・運転保守支援システムを開発した。このシステムは、基幹系超高压変電所の的確・確実な運転、万一の事故時の復旧の迅速化とともに、業務の省力化を目指したものであり、中国電力株式会社新西広島変電所、東京電力株式会社新栃木変電所、東北電力株式会社西仙台変電所、九州電力株式会社中央変電所および同社東九州変電所に納入した。

\* 日立製作所 大みか工場    \*\* 日立製作所 国分工場    \*\*\* 日立エンジニアリング株式会社

1 はじめに

これまでの基幹系超高压変電所での計算機自動化システム開発への取組みは次のとおりである。

(1) 第一世代(1972年から1978年まで)

業務の省力化を目的とし、設備・機器の状態変化、日報、月報記録などの収集を主な目的としたデータロガーシステムを開発した。

(2) 第二世代(1979年から1985年まで)

CRTを使用し、計算機システムから変電所の監視制御を行うもので、従来の監視機能に加え、CRTからの機器個別操作、自動操作実行などの機能を導入し自動化を図った。系統事故解析を目的とし、SOE(高分解事象解析)機能の導入も図った。

(3) 第三世代(1986年以降)

従来の監視制御機能に加えて、運用の高度化に対応するため、運転支援システムの導入が図られた。そこで、知識工学を適用した事故復旧支援システムを開発した。

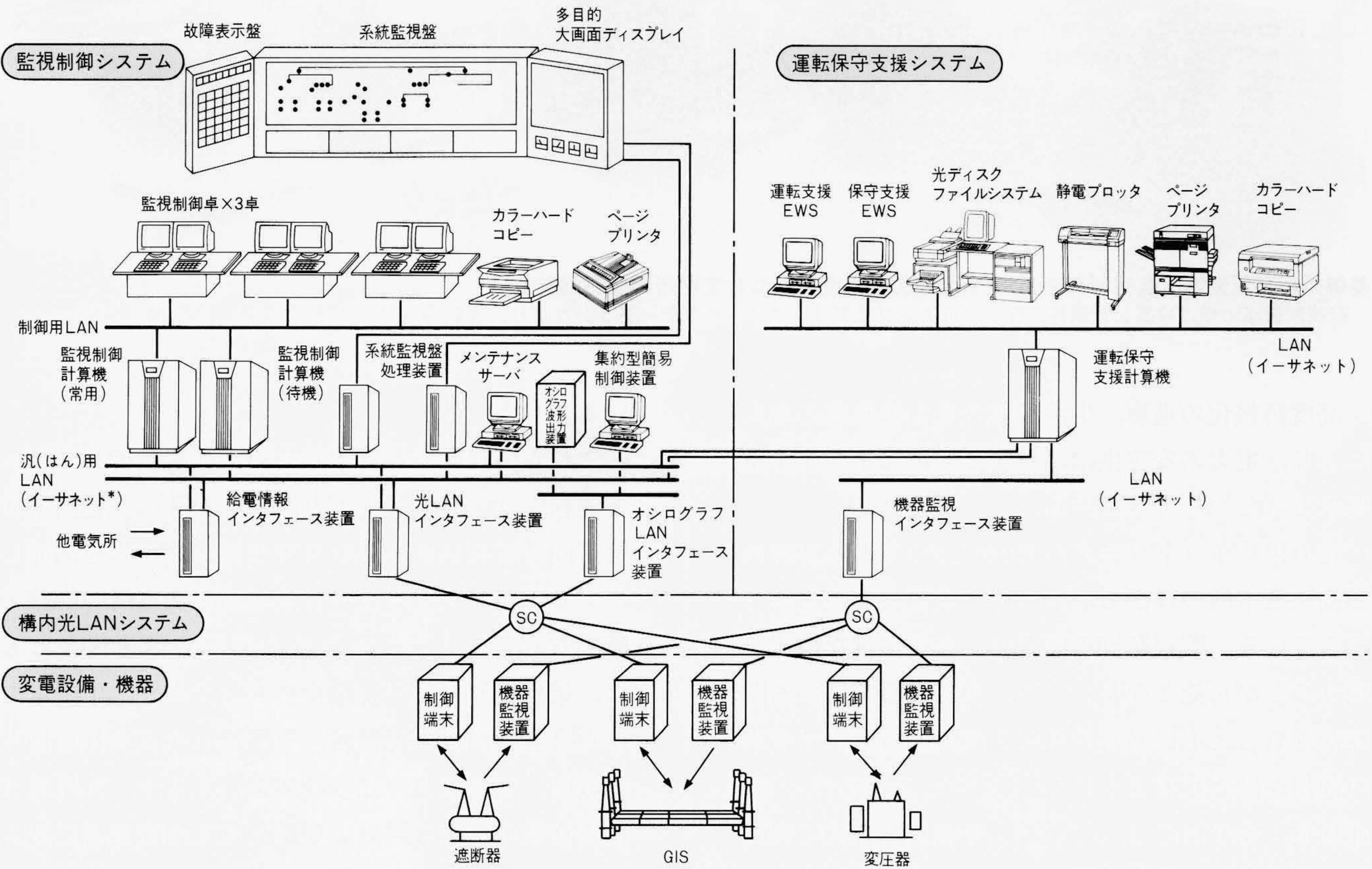
最近の基幹系超高压変電所では、信頼性向上のため、

表1 納入実績  
表に示す基幹系超高压変電所に監視制御・運転保守支援システムを納入した。

| 納入先             | システムの運用開始     |
|-----------------|---------------|
| 中国電力株式会社新西広島変電所 | 1994年 6 月     |
| 東京電力株式会社新栃木変電所  | 1995年 1 月     |
| 東北電力株式会社西仙台変電所  | 1995年 3 月     |
| 九州電力株式会社東九州変電所  | 1996年 5 月(予定) |
| 九州電力株式会社中央変電所   | 1996年 6 月(予定) |

設備・機器のセンサ設置など、多種多量なデータを総合的に判断して運用を行うことが要求されるようになってきた。このため、運転員・保守員の負担が増大しており、次の課題の解決が必要となっていた。

- (a) 多種多量なデータを基に事故点を判定するためには、豊富な経験とノウハウが必要である。
- (b) GIS(ガス絶縁開閉装置)など機器の密閉化のため内部状況の把握が難しくなっている。
- (c) 設備の大規模化、多様化により、定常業務量は増加し複雑化している。



注：略語説明など EWS (Engineering Workstation), SC (Star Coupler), \*イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

図1 基幹系超高压変電所の監視制御・運転保守支援システムの構成例  
変電設備・機器、構内光LANシステム、および監視制御・運転保守支援システムで構成する大規模システムである。

そこで、表1に示す基幹系超高压変電所の計算機自動化システムの導入に際し、監視制御システムと運転保守支援システムを統合し、運転員、保守員の判断を支援する監視制御・運転保守支援システムを開発し、適用した。

ここでは、今回開発した監視制御・運転保守支援システムの内容について述べる。

2 システム構成の概要

基幹系超高压変電所における監視制御・運転保守支援システムの構成を図1に示す。変電設備・機器、構内光LANシステム、および監視制御・運転保守支援システム

の三つの部分で構成している。

2.1 変電設備・機器

変圧器およびガス絶縁開閉装置には、運転操作のための制御端末に加えて、機器監視装置が設置されている。この機器監視装置では、センサによって故障や異常の兆候を常時監視している。センサで検出されたデータをこの装置で判定し、運転保守支援システムで分析し、予測保全に使用する。

2.2 構内光LANシステム

高速情報伝送、耐ノイズ性の要求を満足するため、監視制御用は10 Mビット/sの光LANデジタル伝送方式

表2 主要機能と内容  
主要機能の内容と実行される計算機を示す。

| システム       | 機能                | 自動化項目             | 内 容                                                                                                                                                   | 実施計算機                                 |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 監視制御システム   | 系統監視              | 数値監視              | 有効、無効潮流の運用目標値、連続許容値の監視、および母線、送電線電圧、電流の許容範囲について監視する。異常発生、復旧時はCRTに表示する。                                                                                 | 監視制御計算機<br>系統監視盤処理装置<br>光LANインタフェース装置 |
|            |                   | 系統状態変化の監視         | 系統状態(CB, LS, 43SWなど)変化の監視。充停電状態を識別し、CRT系統図に表示する。                                                                                                      |                                       |
|            |                   | 事故監視              | 事故を検出し、CRTに系統図、事故内容を表示する。                                                                                                                             |                                       |
|            | 制御                | 機器制御              | CRTの系統図から機器(CB, LS, 43SWなど)の開閉操作を行う。                                                                                                                  |                                       |
|            |                   | 操作手順表作成           | 操作内容に応じて手順表を作成(2方式)し、模擬演習を行う。<br>・手動設定方式：CRTによる会話方式<br>・自動作成方式：操作手順基本知識に基づき、系統状態に従って目的操作単位で自動的に手順を作成する。<br>・作成済みの手順表をCRT系統図上で模擬操作する。<br>(操作手順の事前チェック) |                                       |
|            |                   | 手順表自動実行           | 操作手順に従い、手順表を自動実行する。                                                                                                                                   |                                       |
|            | 記録                | 記録の保存             | 系統の計測値、状態変化、操作内容を保存する。                                                                                                                                | メンテナンスサーバ                             |
|            |                   | 編集資料              | 保存ファイルを編集し、CRT表示や帳票印字を行う。<br>(月報、日報、状態変化記録など)                                                                                                         |                                       |
|            | データメンテナンス         | 設備データ登録           | 電力系統の諸設備をデータベースとして「ソース」ファイルに登録、目的別に整理して印字する。                                                                                                          |                                       |
|            |                   | データベース生成          | 「ソース」ファイルに登録したデータベースを、「オブジェクトファイル」へ展開する。                                                                                                              |                                       |
|            | 試験・訓練             | 試験                | 設備データメンテナンス実施後、オフラインで設備データの妥当性をチェックする。                                                                                                                | 監視制御計算機                               |
|            |                   | 訓練                | オフラインでの模擬事故発生、事故復旧操作の操作の訓練を行う。                                                                                                                        |                                       |
|            | 給電情報              | 給電情報              | 他電気所との監視制御詳細情報の送受信を行う。                                                                                                                                | 給電情報インタフェース装置                         |
| 運転保守支援システム | バックアップ運転          | バックアップ運転          | 簡易な監視制御機能を持ち、監視制御計算機のバックアップを行う。                                                                                                                       | 集約型監視制御装置                             |
|            | オシログラフ波形データの収集・編集 | オシログラフ波形データの収集・編集 | オシログラフ波形データを収集・編集する。                                                                                                                                  | オシログラフLANインタフェース装置                    |
|            | 平常時支援             | 設備監視              | 各種センサの動作の監視。動作履歴とトレンドグラフを表示する。                                                                                                                        | 運転保守支援計算機<br>機器監視インタフェース装置            |
|            |                   | 報告書作成             | 事故報告書(状態情報による自動作成)を行う。                                                                                                                                |                                       |
|            |                   | 異常兆候監視            | センサ情報を監視して異常兆候を検出し、兆候発生、復帰を表示する。                                                                                                                      |                                       |
|            | 事故異常時支援           | 事故異常状況把握          | AI処理による事故個所の推定、供給支障状況の表示、異常状況メッセージの表示を行う。                                                                                                             |                                       |
|            |                   | 復旧支援ガイダンス         | AI処理による事故原因推定、推論根拠の表示を行い、応急処置、現場巡視ガイドの表示、および復旧操作手順などの復旧ガイドを表示する。                                                                                      |                                       |
|            | 停止・作業計画支援         | 停止作業計画            | 年間、月間などの作業計画に基づいた停止計画を作成する。                                                                                                                           |                                       |
|            |                   | 停止作業手順作成          | 停止計画表に基づく作業手順表を作成する。                                                                                                                                  |                                       |
|            |                   | 充電部確認図作成          | 作業計画表に基づく作業場所での設備充電部確認図面を作成する。                                                                                                                        |                                       |
|            | 巡視・点検支援           | 設備巡視・点検           | 巡視項目、巡視ルート、関連図書ガイドを表示する。                                                                                                                              |                                       |
|            |                   | 運用保守実績支援          | 障害・事故および点検などの履歴を管理する。                                                                                                                                 |                                       |
|            | 設備計画              | 設備管理              | 設備台帳を管理する。                                                                                                                                            |                                       |

注：略語説明 CB(遮断器)、LS(断路器)、SW(スイッチ)

を採用している。各変電設備・機器の監視制御の詳細情報を監視制御・運転支援システムに送る情報伝送網の要である。

2.3 監視制御・運転保守支援システム

監視制御・運転保守支援システムでは、監視制御を行うシステムと運転保守を行うシステムを汎(はん)用LANであるイーサネットで統合したオープンな機能分散構成とした。危険分散によるシステム稼働率の向上、処理分担による高速応答性、およびシステムの拡張性、オープン性を目指した構成である。この点が従来の集中型システムとは大きく相違している。

監視制御の詳細情報は、光LANインタフェース装置から監視制御システムと運転保守支援システムの両方に送られる。センサ情報は、機器監視インタフェース装置から運転支援システムに送られる。運転保守支援システムは、監視制御の詳細情報とセンサ情報を組み合わせて運転保守支援を行う。

(1) 監視制御システム

- (a) 中核となる監視制御計算機は、的確、確実な運転を目的とし、高信頼性、高速応答性、高処理性の制御用計算機の二重化構成とした。フリーランデュアル処理方式とし、バックアップ時間の最小化を図った。
- (b) 監視制御卓は、信頼性を優先し、高精細の制御用CRTを採用した。スタイラスペン、ダブレットによるユーザーフレンドリーなヒューマンインタフェースを実現した。
- (c) 多目的大画面ディスプレイを設置し、事故状況画面などを表示することによって運転員の共通認識を高め、運用の高度化を図った。
- (d) オープンな汎用LANを採用し、TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)による容易な異機種間接続を可能とした。将来、他システムとの接続による機能拡充を可能とした。
- (e) 光LANインタフェース装置は、構内光LANシステムから監視制御の詳細情報を取り込むものである。監視制御計算機との処理分担の最適化を図り、多重状態変化時の高速応答性を実現した。また、構内光LANシステムのほかに、監視制御の詳細情報を伝送する装置として、遠方監視制御装置、プロセス入出力装置がある。おのおの専用のインタフェース装置で汎用LANに接続する方式とした。監視制御計算機とインタフェース装置間の監視制御詳細情報の送信プロトコルを統一しており、ソフトウェアの改造なしで接続を可能とした。

(f) オシログラフLANインタフェース装置は、構内光LANシステムを介して、オシログラフ波形データの収集、編集を行うもので、耐ノイズ性に優れ、高信頼度のオシログラフ波形データの収集、編集を可能とした。

(2) 運転保守支援システム

- (a) ヒューマンインタフェースは画面機能を重視し、EWSの採用によって高度化を実現した。
- (b) 運転保守支援計算機をサーバとし、EWSをクライアントとする分散方式とし、将来の機能拡張を容易とする構成とした。

3 主要機能とその特徴

このシステムは、監視、制御、記録処理などの監視制御の基本的な機能に加え、運転員、保守員を支援する基幹系超高压変電所特有の運転保守支援機能を持っている。機能の内容を表2に示す。これら機能のうち、主要なものの概要および特徴について以下に述べる。

表3 監視項目と適用センサ例  
監視対象機器のトラブルポテンシャルに対応したセンサが適用される。

| 区 分      | 機 器   | 監視項目                           | 適用センサ                                    |
|----------|-------|--------------------------------|------------------------------------------|
| ガス絶縁開閉装置 | GCB   | 開閉特性                           | 指令センサ<br>CB開閉センサ<br>(光方式)                |
|          |       | 油ポンプ運転時間, 運転回数                 | 油ポンプ動作接点                                 |
|          |       | 累積遮断電流                         | 遮断電流センサ                                  |
|          | DS・ES | 開閉特性                           | 指令センサ<br>動作確認接点                          |
|          |       | 累積開閉電流<br>(ループ電流,<br>誘導電流)     | 遮断電流センサ                                  |
|          | 避雷器   | 漏れ電流                           | 漏れ電流センサ                                  |
|          |       | 放電電流                           | 放電電流センサ                                  |
|          | GIS全般 | ガス圧力                           | ガス密度センサ                                  |
|          |       | 内部故障検出                         | 衝撃圧力センサ                                  |
|          |       | 部分放電(オフライン)                    | 内蔵電極センサ                                  |
| 変圧器      | 変圧器本体 | 油中ガス<br>(6成分+CO <sub>2</sub> ) | 油中ガス成分センサ<br>(CO <sub>2</sub> は、赤外線吸収方式) |
|          |       | 内部過熱                           | 油温センサ                                    |
|          |       | 漏油                             | 油面センサ                                    |
|          | LTC   | 動作時間                           | LTC動作時間センサ                               |
|          |       | モータ電流                          | モータ電流センサ                                 |
|          |       | 詳細30F                          | 30F接点                                    |
|          |       |                                |                                          |

注：略語説明  
GCB(遮断器), DS(断路器), ES(接地装置)  
LTC(負荷時タップ切換器), 30F(故障情報)

## (1) 平常時支援機能

センサ情報のオンライン取り込みが可能となり、従来の定期点検主体の予防保全からオンラインリアルタイムでの予測保全が可能となった。これらセンサ情報を取り込み、その値、変化値、長期間の傾向などをトレンド監視することにより、予測保全、保守点検の省力化、高度化を図ることができる。監視項目と適用センサの例を表3に、トレンド監視画面例を図2にそれぞれ示す。

## (2) 停止・作業計画支援機能

基幹系超高压変電所の構内作業は、充電設備が作業場所の至近端にあり、安全性の確保には十分な配慮が必要である。作業には設備停止が必要なもの、必要でないもの、また、同時に複数の作業を実施するものなどのさまざまな形態がある。停止・作業計画支援では、輻輳(ふくそう)する変電所構内各種作業のスケジュール管理を行い、作業調整することにより、効率的作業の実現を図るとともに、該当作業の作業手順表の作成を支援する。また、これと同期して、充電部確認図面(図3参照)を作成し、作業場所の状況、注意事項などを現場作業員に徹底することにより、現場作業の安全性の確保を行う。東京電力株式会社では、この機能を実現している。

## (3) オシログラフ波形データの収集・編集方式

従来は各設備ごとに設置された計器用変圧器、変流器からオシログラフ波形データを取り込み、変電所構内に敷設したメタルケーブルを介し、監視制御室のオシログラフ波形出力装置へ伝送していた。しかし、電力系統の大規模化に伴い、500 kV基幹系統ではより迅速に、精度の高い事故解析、および事故復旧が求められている。このような要求を実現するのが、オシログラフLANインタ

フェース装置(以下、オシロIF装置と言う。)である。オシロIF装置では、構内光LANを介して送られてきた事故状態を検出し、折り返し全制御端末に蓄積、更新されているオシログラフ波形データの凍結要求を一斉に送信する。オシロIF装置では、各制御端末から送られてくる凍結されたオシログラフ波形データをオシログラフ波形出力装置向けのフォーマットに編集し送信する。事故解析のためには、各制御端末のオシログラフ波形データが事故前、事故後数秒間必要であり、大容量情報の高速処理が要求される。この機能導入による効果について以下に述べる。

- (a) オシロIF装置からの凍結要求送信を一斉に開始することにより、オシログラフ波形記録の時間軸の同期化を図ることができる。
- (b) 従来は、オシログラフ専用の情報取込装置を用いていたが、構内光LANからオシログラフ波形データの取込が可能となり、オシログラフ専用の情報取込装置が不要となって設備が簡素化できる。
- (c) 構内光LANを用いたオシログラフ波形データ伝送により、耐ノイズ性に優れた高信頼度のデータ収集が可能である。
- (d) 従来に比較して、メタルケーブル工事費用の大幅な削減が可能である。九州電力株式会社ではこの機能を実現している。

## 4 今後の展開

電力の安定供給のため、今後、基幹系超高压変電所の役割もいっそう重要なものになっていくと考えられる。基幹系超高压変電所における監視制御・運転保守支援シ

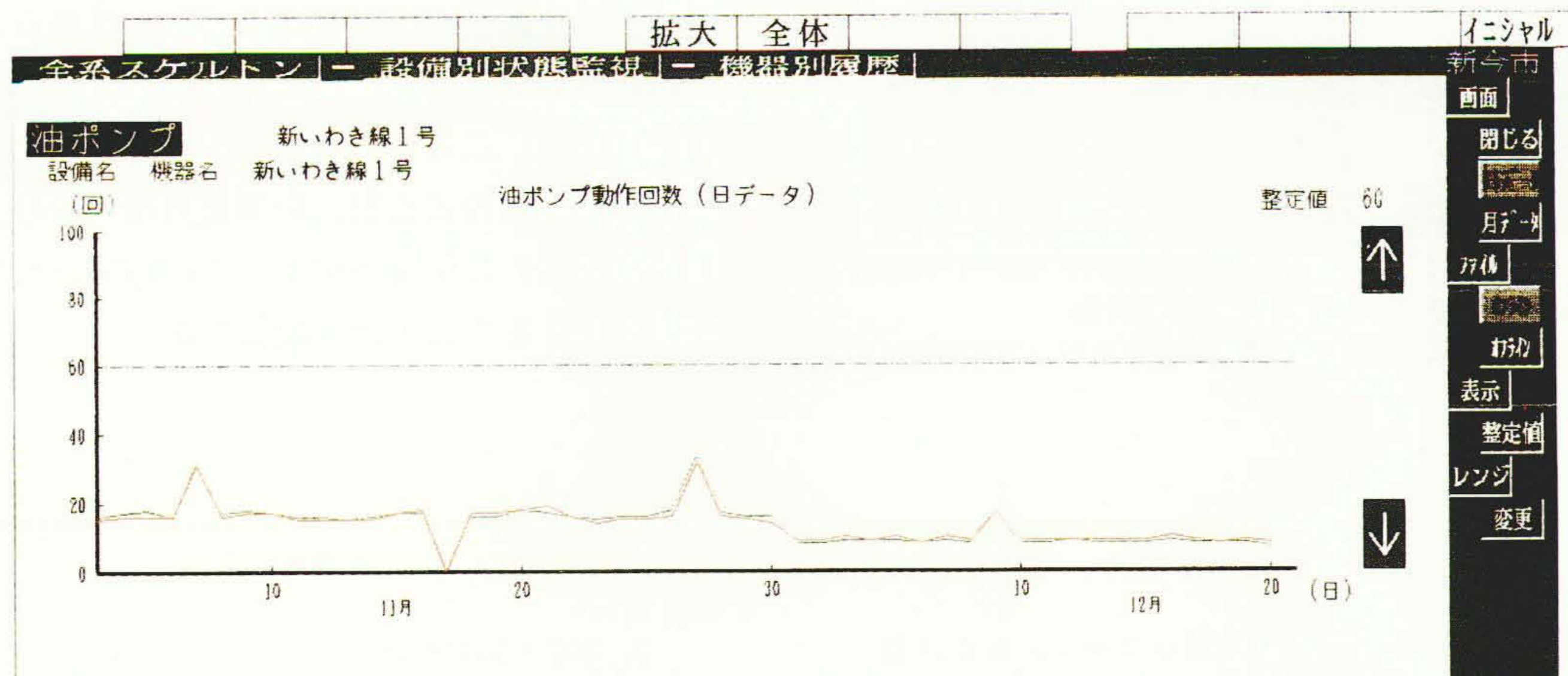


図2 トrend監視グラフの例(東京電力株式会社新栃木変電所トrend監視画面)  
センサ情報をトrend表示することにより、過去から現在までの運転状態が直ちに把握できる。

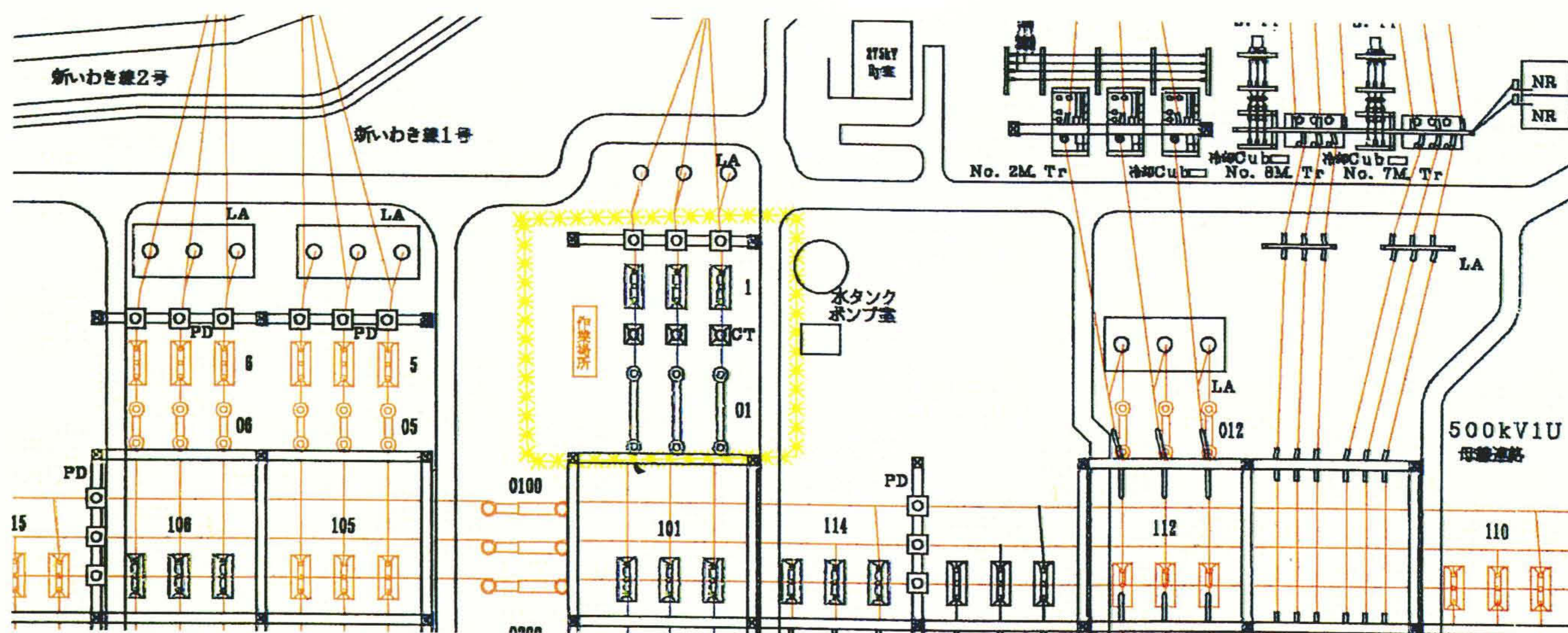


図3 充電部確認図(東京電力株式会社新栃木変電所充電部確認図)

敷地平面図上で作業場所が黄色の囲みの中であることを示している。作業場所の状況として、赤色で表示されている設備が充電状態、黒色で表示されている設備が停電状態であることを示している。作業者がこの図を携帯し、作業時の安全を図る。

システムも多様なニーズにこたえていく必要がある。一方、最近のコンピュータ技術の進歩は目覚ましく、大量データの高速処理、オープン化、小型化、分散化、マルチメディア化が可能な技術となっている。今回開発した技術をベースとし、最新のコンピュータ技術を用い、多様な

ニーズに対応していく考えである。当面の計画について以下に述べる。

ヒューマンインタフェースにマルチメディア技術(三次元画面表示など)(図4参照)を適用することを計画している。多量の情報を、よりわかりやすく、臨場感あふれる立体形で運転員・保守員に提供することにより、視認性の向上、安全性の向上を図ることが期待できる。

## 5 おわりに

ここでは、基幹系超高压変電所における監視制御・運転保守支援システムの開発内容について述べた。

基幹系超高压変電所における監視制御・運転保守支援システムの役割は、今後ますます重要なものになると考えられる。今回開発した技術をベースとして、ニーズに合った新監視制御・運転保守支援システムの実現に向けて積極的に取り組んでいく考えである。

終わりに、このシステムの開発では、東北電力株式会社、東京電力株式会社、中国電力株式会社、および九州電力株式会社の関係各位からご指導をいただいた。ここに厚くお礼を申し上げる次第である。

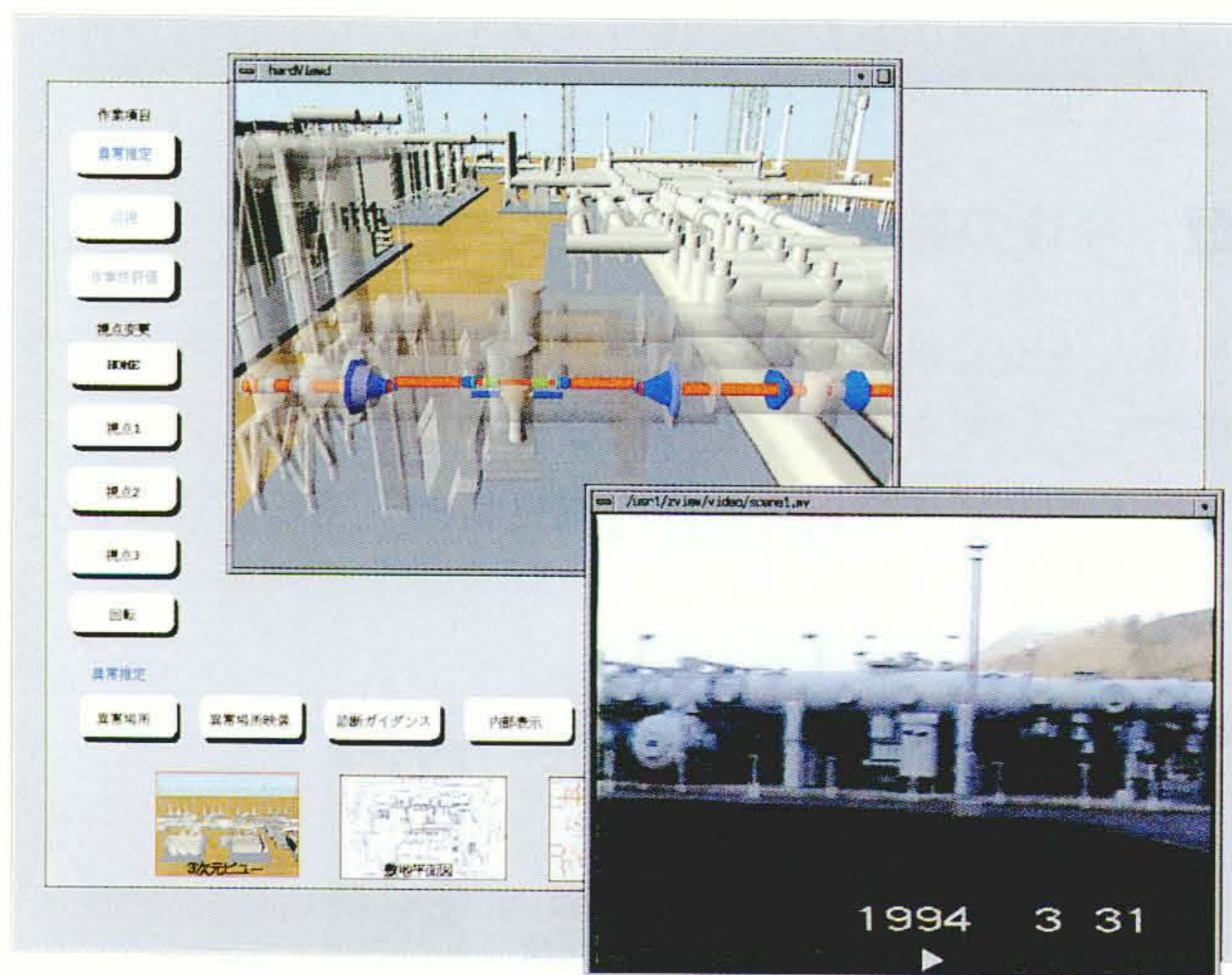


図4 マルチメディアを使用した三次元画面例

GISを透視して充停電部、故障箇所の色別表示を行って視認性を向上させる。

## 参考文献

- 1) 塩永, 外: 大容量変電所の監視制御システム, 日立評論, 65, 5, 345~350(昭58-5)
- 2) 藤川, 外: 変電所運転保守支援システム, 日立評論, 73, 6, 587~594(平3-6)
- 3) 丸山, 外: 知識処理を適用した変電所監視制御運転保守支援システム, 日立評論, 74, 2, 176~181(平4-2)