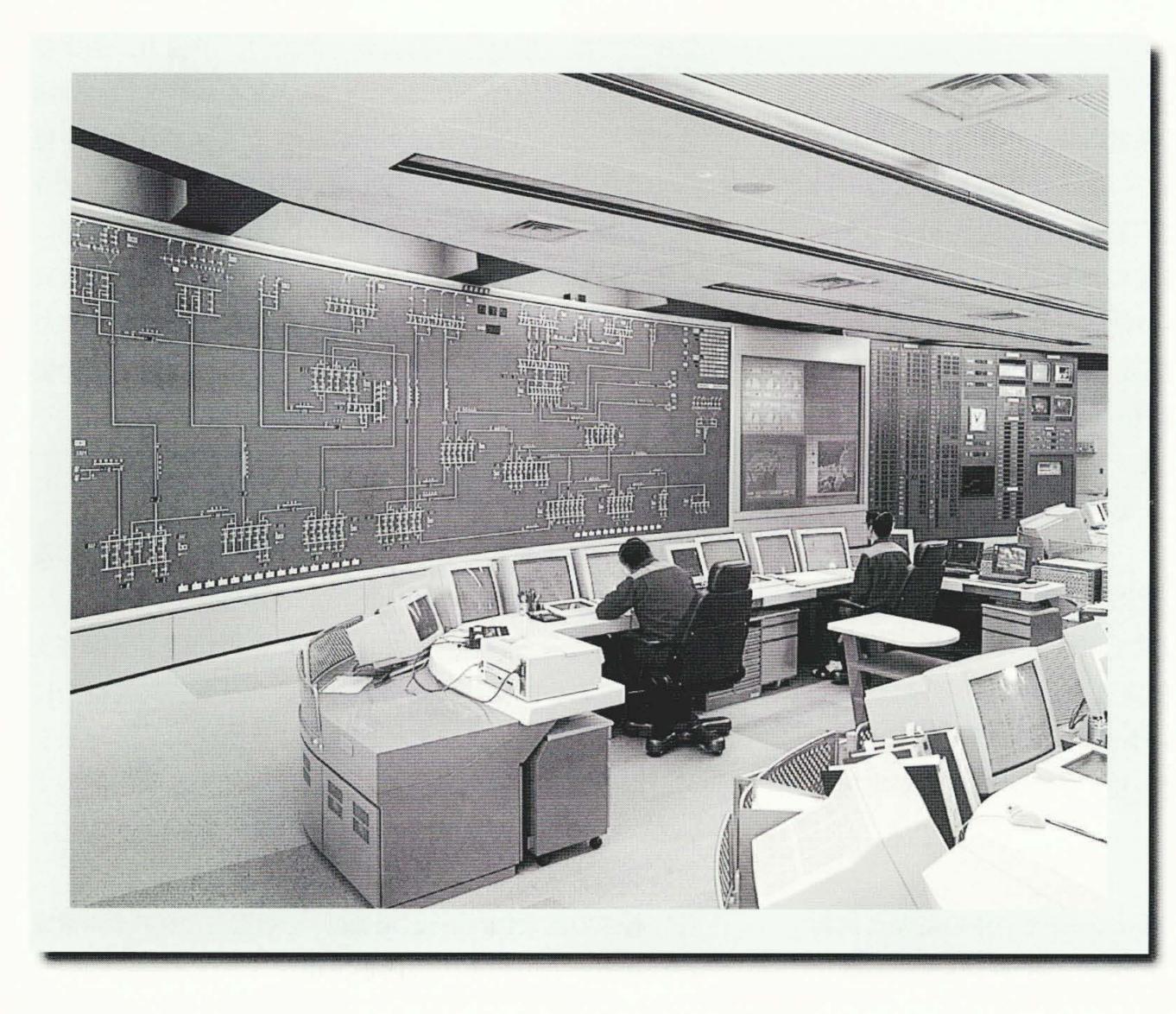
# 電力の安定供給に向けた情報制御システム技術

Information and Control Management System for Secure Electric Power Supply

Shigeru Tamura 照沼武司 Ichirô Tôma

廣瀬真道

Takeshi Terunuma Masamichi Hirose



### 関西電力株式会社の中央給 電指令所の操作室

台風や雷などを観測する と, 事故時の影響が少なくな るようにあらかじめ調整する とともに、事故発生時には速 やかに復旧操作指令を行う。

最近の電力系統情報制御システムは、ネットワークを中核にしたクライアントサーバ型の分散システムとなっており、運用 性の向上が一段と推進されている。

サーバ個々の情報制御機能には、ハードウェアの高性能化によって高度な監視制御技術が適用され、オンラインデータがさ まざまな角度から分析、評価できるようになっている。また、コンパクトなハードウェアの採用により、システムのコンパク ト化も図られている。さらに、高速・大容量ネットワークや、リアルタイム分散型データベース機構と高度なヒューマンイン タフェースは、電力系統運用者の判断を支援し、電力の供給安定に寄与している。

#### はじめに

電力系統情報制御計算機システムは階層的に設けら れ,個々の発電所を監視制御する発電所の計算機システ ムから,下位電圧系統のための制御所計算機システム, 変電所計算機システム,系統全体と上位電圧系統を監視 制御する中央給電指令所計算機システムなどで構成され ている。個々のシステムでは、役割が異なることから情 報制御の運用方法も異なるが, 分散型システムの特徴と リアルタイム分散型データベース機構を生かして, 高度

な運用者支援を実施している。

ここでは、その例について述べる。

## 中央給電指令所での情報制御

電力系統運用の中枢を担う中央給電指令所では,(1) 主要系統の電圧や潮流の監視, (2)系統の操作指令, (3) 電力需要と供給をバランスさせるための発電機の出 力制御を行っている。中央給電指令所では, 主要系統に 事故が発生すると系統全体に及ぼす影響が大きいことか ら,事故発生時の迅速な復旧だけでなく,系統を常に健

全に保つための先行的な予防措置が重要である。これらの情報を運用者に提示するシステムを,関西電力株式会社中央給電指令所に納入した。このシステムの主要な機能の一つである電圧安定度制御支援と,事故復旧支援について以下に述べる。

#### 2.1 電圧安定度制御支援

関西電力株式会社では、系統の電圧を制御する調相設備はスケジュール運転されている。電圧運用違反時の解消は、運用者による指令で実施されており、指令のタイミングや操作すべき調相設備の判断は運用者の経験に頼らざるを得なく、運用者への負担が大きい。

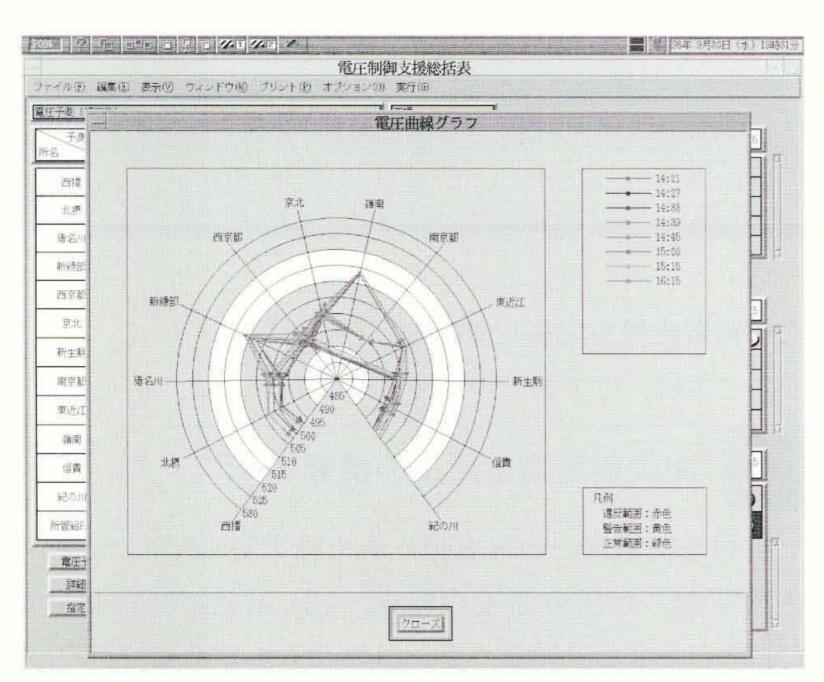
電圧安定度制御支援機能は、2時間先までの電圧状態を予測し、操作すべき適切な調相設備を運用者に提示し、運用者の指令を支援する。電圧安定度制御支援の画面例を図1に示す。さらに、運用者に対して以下の主な支援を行っている。

- (1) 電圧安定性余裕(電圧安定度の余裕量の提示)
- (2) 事故を想定した場合の電圧違反発生の有無
- (3) 過渡安定度余裕(過渡安定度の余裕量の提示)
- (4) 安定化対策ガイダンス(不安定時の対策の提示)

これらの支援情報により、効果的な予防措置が実施される。

#### 2.2 事故復旧支援

主要設備に事故が発生すると、系統全体の需要と供給のバランスや周波数などを考慮し、迅速に健全な系統に復旧することが重要である。このためには、的確な事故



#### 図1 電圧安定度制御支援の画面例

主要変電所の電圧の違反個所が一目でわかるとともに、電圧の 分布も把握することができる。これを基に、操作すべき調相設備 を判断することができる。 状況把握と迅速な復旧手順の立案が必要となる。

事故復旧支援機能では、事故復旧に必要な情報を一括して運用者に提示する。復旧過程を緊急操作と、その後の復旧操作に分け、それぞれの操作内容を支援する。緊急操作では、事故時の総需要、供給力、予備力、およびそれらの予測値だけでなく、作業状況や他社との電力融通状況などの、運用者の判断に必要なすべての情報を提示する。さらに、復旧操作では、熟練運用者の復旧ノウハウを蓄積し、それを活用して復旧手順を自動作成する。

実際の事故の件数は非常に少なく,運用者が実事故に 遭遇する機会は少ない。そこで,運用者が設定した事故 に対して,事故状況を模擬的に体験でき,復旧手順の提 示を行う「事故模擬学習機能」も備えている。

### 3 500 kV基幹系変電所での情報制御

500 kV変電所での監視システムには、機能充実による 省力化、運用性向上の両面性が求めれられている。

今回,これらのニーズに合致した監視制御運転保守支援システムを開発し、東京電力株式会社東群馬変電所に納入した。このシステムには最新技術を導入し、従来システムの構成装置の見直し、および機能の増強を図っている。システムの特徴は下記のとおりである(図2参照)。

- (1) システムのコンパクト化
- (2) 将来の無人化(遠方監視制御)を考慮したシステム構成
- (3) リモート監視運用機能の実現

#### 3.1 システムのコンパクト化

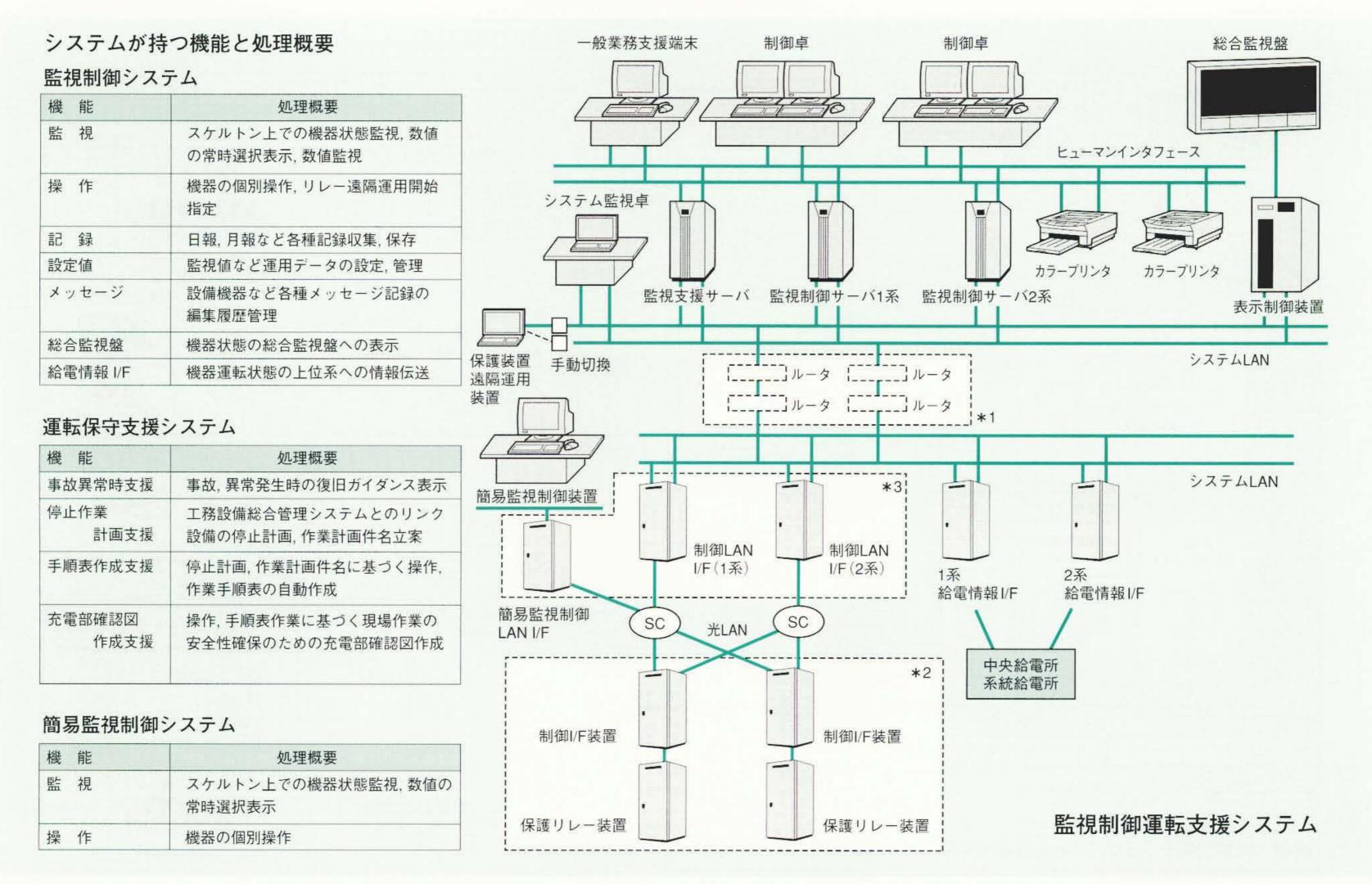
このシステムは、(1) 小型監視制御サーバの採用、(2) 制御I/F(Interface) 装置など各種I/F装置への前面保守構造の採用、(3) 監視制御卓での運転支援機能実現によるCRT台数削減、(4) カラープリンタ(ページプリンタ、ハードコピー、静電プロッタ機能の統合)採用によるプリンタ類の台数削減、(5) システム監視卓のタッチパネル化などにより、既設システムとの比較で、設置面積約70%減、消費電力約50%減を実現した。

#### 3.2 将来の無人化を考慮したシステム構成

将来の変電所無人化対応を考慮し、監視制御機能が制御所に移る場合には、システムLANをルータで分割接続することにより、制御LAN I/F装置などは変電所に残し、監視制御サーバなどを制御所に移設することで、遠隔での監視制御を可能な構成とした。

### 3.3 リモート監視運用機能の実現

この機能には、システムLANに遠隔運用装置(可搬型パソコン)を接続することで、制御LAN I/F装置、制御



注:略語説明ほか SC (Star Coupler) \*1;無人化時にルータを実装し,制御所からの遠方制御となる。制御所と変電所間はディジタル回線でシステムLANを接続する。\*2;主機単位でハイム内に収納し,屋外分散配置 \*3;各装置の運用状態メンテナンスツールはリモート(遠方)接続,またはローカル(直接)接続が可能

#### 図2 500 kV変電所のシステム構成

小型サーバを採用して、システムをコンパクト化している。監視制御サーバを遠隔地に設置できるシステム構成とすることにより、将来の 無人化対応を考慮している。

I/F装置,保護装置の各盤の状態監視,整定操作を行う リモート遠隔運用機能と,各盤に直接接続して同様な操 作を行うローカル遠隔運用機能がある。これにより,従 来各盤に取り付けていた整定パネルを一括削除してい る。また,リモート遠隔運用機能で装置異常を含めた運 転状態を監視することにより,将来の無人化時での初期 応動・運転員の負担低減,およびトータル的なコストダ ウンを図ることができる。

### 4 水力制御所での情報制御

東京電力株式会社奥利根工務所に水力総合監視制御システムを納入した。

このシステムは、群馬県北部の利根川最上流に位置する5か所の水力発電所(1,527 MW)と7か所のダム・取水口を遠隔で監視、制御、および情報交換するものであり、発電所集中監視制御システムとダム運用システムを連係させた総合監視制御システムである。このシステムの構

成を図3に示す。

#### 4.1 発電所集中監視制御システムの情報制御

河川にダム・発電所が階段状に設置された連接水系では,水の有効利用は個々のダム単独では論じられず,水系の全ダム・全発電所を考慮し,かつ流下遅れ時間も加味しなければならない。

このシステムでは、ネットワークフロー理論を用いて、溢(いっ)水量の最小化と電力価値の増加を目標に、運用上の制約条件を加味して発電運用計画を立案し、結果をCRT画面へ表示するとともに、水力発電所の自動スケジュール運転を実現している。

揚水発電所では、中央給電指令所からの指令情報(運転・停止指令、および出力調整指令)に応答して運転する必要がある。このシステムでは、情報通信と制御演算の高速処理により、中央給電指令所の自動出力調整信号から末端の水力発電所の発電機出力調整信号までの所要時間を大幅に短縮し、高速応答性が必要とされる電力需

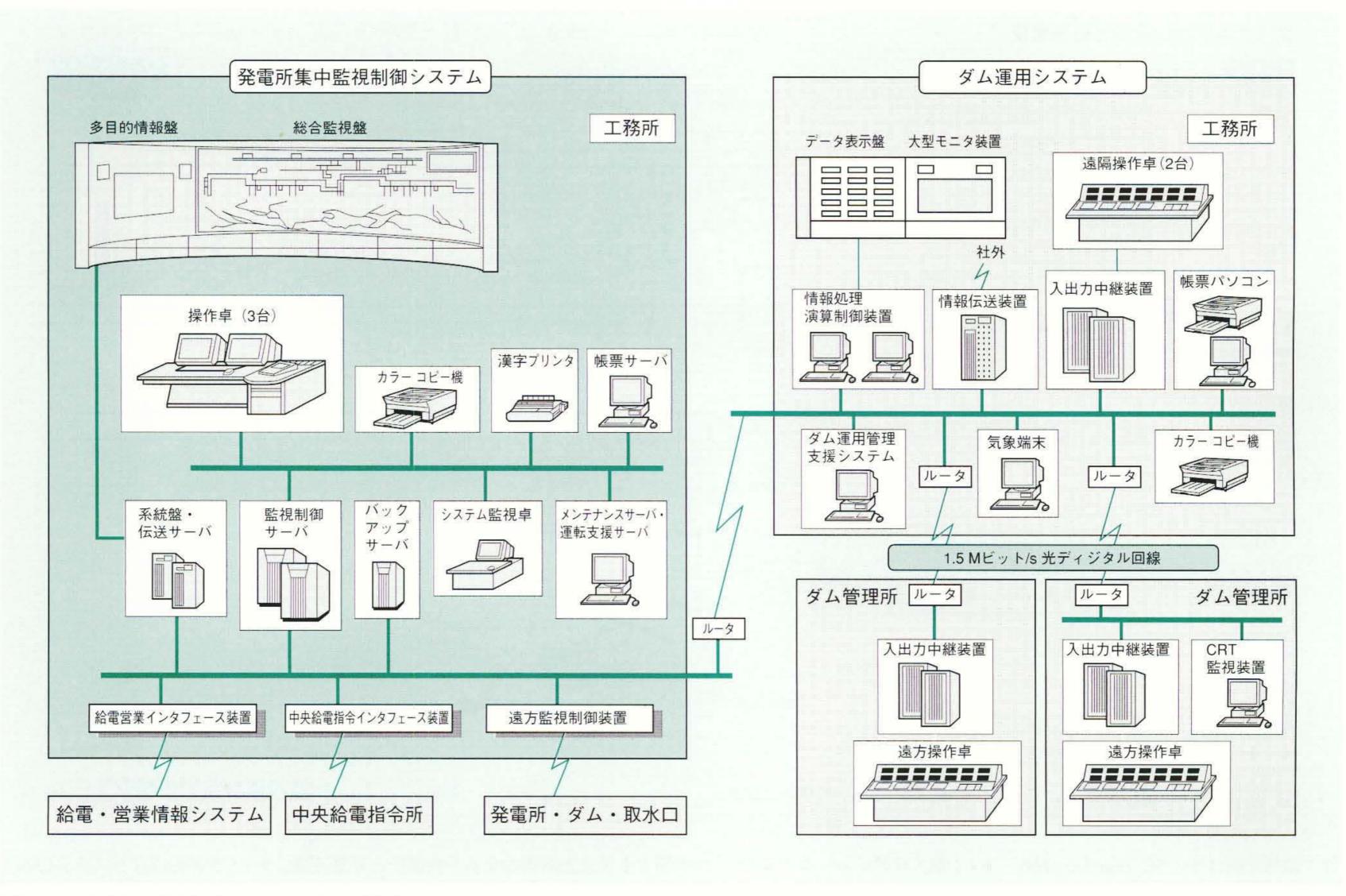


図3 水力総合監視制御システムの構成

発電所集中監視制御システムとダム運用システムを汎用LANで接続し、オンラインデータや運転スケジュール、出水予測結果などの情報を両システムで共有する。

給調整に大きく貢献している。また、発電機の運転実績時間・停止号機などに基づく優先号機の自動判定を行い、発電機の運転・停止操作を支援している。

#### 4.2 ダム運用システムの情報制御

このシステムでは、実績降雨量・予測降雨量から計算される予測出水量と、前述の発電運用計画値からダムへの流入量を予測計算している。この予測流入量を基に、このシステムの自動制御機能を用いて放流操作した場合を想定してダム放流計画を立案し、結果をCRT画面へ表示することにより、ダム運用業務を支援している。

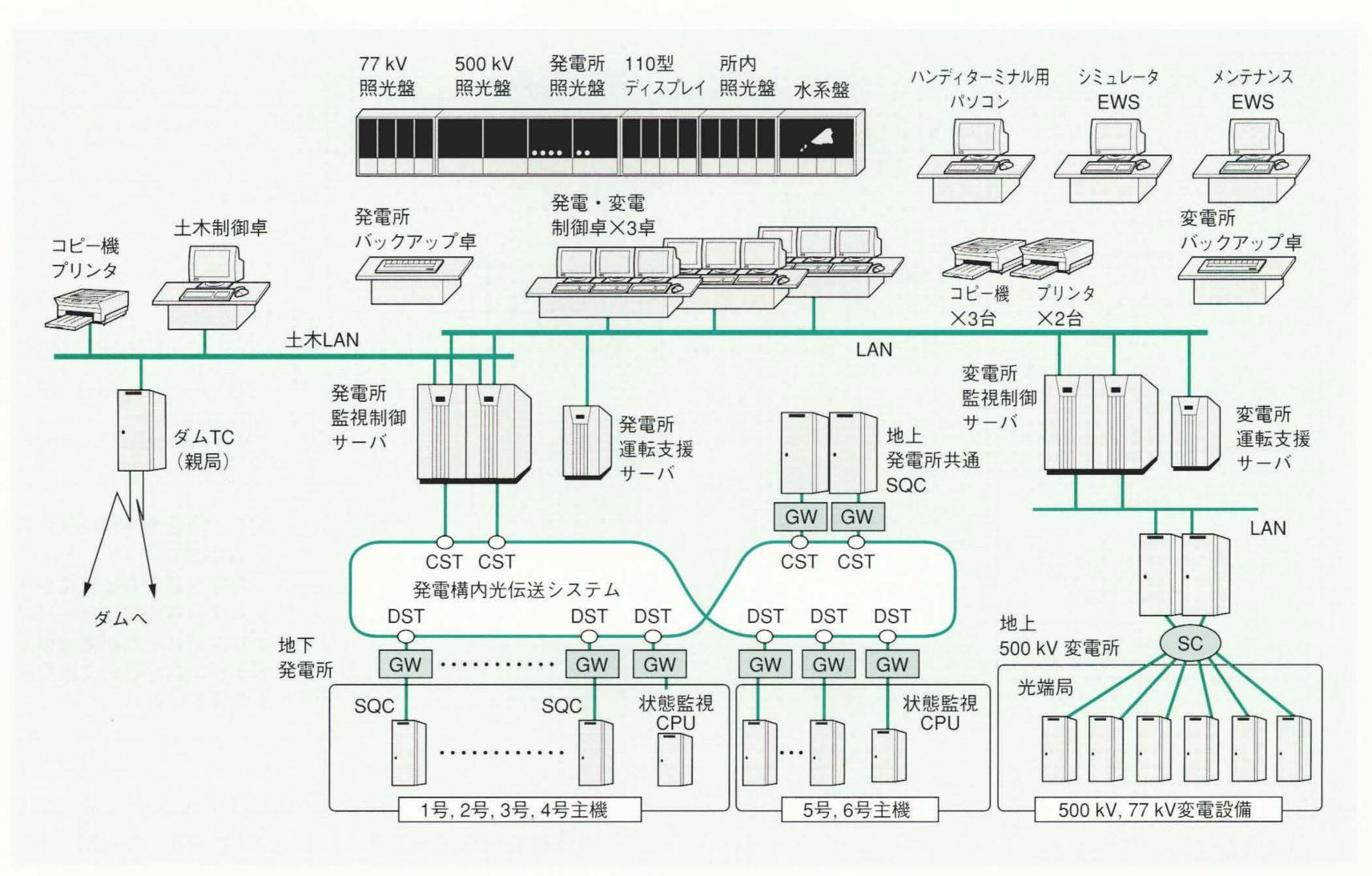
また、上記の予測流入量パターンまたは過去に発生した実際の洪水パターンに従ってダム水位を模擬的に変化させる「ダム操作訓練機能」を装備している。この機能には、実際のゲート操作卓を使用して臨場感のある自動操作・手動操作が実施できる「実機訓練機能」と、オンライン処理に影響を与えずにパソコン単独で実施できる「個人訓練機能」があり、いずれの手段でも非出水時のダム操作訓練が可能である。

### 大容量水力発電所での情報制御

揚水発電所は、ピーク時電力供給の電源として近年、 大容量、大規模化しており、今後もますます大容量化 して、各所での建設が予定されている。これに伴って、 運転を担うシステムも高度かつ高機能なものが要求さ れてきており、基本となる監視制御機能の即応性、信 頼性はもとより、限られた人員で大規模な設備を運用 するために、事故復旧支援などの付帯機能を設け、い っそう多角的に合理化を図る必要がある。

関西電力株式会社奥多々良木発電所(1,932 MW)は, 国内最大の揚水発電所として1998年6月から運用を開始した。運転を担う総合監視制御システムでの例について以下に述べる。システム構成を図4に、システムの機能を図5にそれぞれ示す。

このシステムでは、発電所および併設された500 kV 超高圧変電所の大規模な設備の運転を自動化、高機能 化することにより、二人の運転員で対応可能なものと



注:略語説明 EWS (Engineering Workstation), SQC (Sequencer), GW (Gateway), CST (Control Station), DST (Data Station), CPU (Central Processing Unit) 図4 総合監視制御システムの構成

発電システム、変電システム、ダムシステムと別々に監視制御する。制御卓は統合して共有する分散システムである。

した。システムの特徴を以下に示す。

- (1) 複数分散システムでの監視制御統合化
- (2) 運転の高速化および信頼性向上
- (3) 運転支援機能の強化

#### 5.1 複数分散システムでの監視制御統合化

発電所、変電所、ダムの各設備を監視制御するにあたり、規模が大きいことと、信頼性の点からサーバはそれぞれ個別に分散配置した。運転を行うクライアント(CRT制御卓)では、複数サーバを統合して共有するNサーバ:Nクライアントの分散システムを実現した。これにより、運転員に発電、変電を意識させず、卓1台で同時に監視制御が行えるものとなり、運用性を向上させることができた。

#### 5.2 運転の高速化および信頼性向上

揚水発電所は、ピーク時電力供給のほか、急激な負荷 変化への対応として、迅速かつ頻繁な運転停止や周波数 調整が必要である。また、主機の状況を常に把握し、即 時対応できるようにすることが重要である。 このため、地下発電所の発電電動機主機6台を光ネットワークで接続し、主機単位で設けたGWで監視制御情報を32 ms同期の高速で送受信している。主な特徴を以下に示す。

- (1) 中央給電指令所の指令受信から主機出力調整信号出力までの時間を約1秒で実現した。
- (2) GWなどの伝送系システムと主機制御を直接行うシーケンサについては、その重要性から基板単位での異常監視を行い、異常時にはCRT表示できるようにしている。これにより、運転員だけで即時交換、復旧する態勢を整えている。

#### 5.3 運転支援機能の強化

揚水発電所としては初めてエキスパートシステムを導入することにより、運転支援の大幅な向上を図った。また、500 kV変電所では、従来行っているエキスパートシステムによる事故時復旧支援を、このシステムでも踏襲して適用した。これにより、発電所、変電所ともに事故時には、運転支援サーバによって「事故復旧手順」、「事

発電システム機能		変電システム機能		土木システム機能	
監視	管理値監視 シーケンスモニタ 主機状態監視	監視	管理値監視	監視	管理值監視
操作	主機起動停止 主機出力調整 所内操作	操作	主回路操作 所内操作	操作	ゲート開閉操作
自動操作	操作手順表作成 自動操作	自動操作	操作手順表作成自動操作	土木計算	貯留量などの各種 諸量の計算
自動制御	ALR制御(中央給電 指令所ELD, AFC) 所内切換制御	長期運転管理	主機運転情報, 巡視結果な どを5年分にわたり蓄積		田里♥クロ「升
配管系操作手順表	水管系, 空気管系, 油管 系の手順表作成と模擬 実行	ハンディターミナル	専用パソコンと連携し、 巡視結果を入力		
長期運転管理	状態監視情報, 巡視結果な どを5年分にわたり蓄積				
ハンディターミナル	専用パソコンと連携し, 巡視結果を入力	運転支援	事故個所推定 事故復旧ガイダンス		
運転支援	事故個所推定 事故復旧ガイダンス 主機軸受温度予測 主機軸振動監視	図面ファイリング	情報蓄積 図面·写真画像再生		
図面ファイリング	情報蓄積 図面·写真画像再生				

注:略語説明

ALR (Automatic Load Regulation)

ELD (Economic Load Dispatching)

AFC (Automatic Frequency Control)

#### 図5 総合監視制御シス テムの機能

発電システムと変電シス テムは、運転支援サーバに より、それぞれが事故復旧 ガイダンスなどの支援機能 を備えている。

故復旧ガイダンス」、「巡視ポイント」などがCRT表示さ れ, 迅速な対応を可能とした。

また、図面ファイリング機能によって写真画像などを 蓄積し、AI(人工知能)推論結果の一環としてCRTでガ イダンス表示している。

巡視点検では、ハンディターミナルを導入し、専用パ ソコンと連携して運転員の負担を軽減できるものとした。 電気系の主回路操作では、従来、操作手順表の作成 と、これに基づく自動操作を行っているが、今回、油管 系,水管系,空気系の配管系の操作でも,操作手順表の 作成, 検証をCRT画面で行えるものとした。

### おわりに

ここでは、電力の安定供給に向けた情報制御システム のうち, 高度な運用者支援を実施している四つのシステ ムについて述べた。

分散型システムの特徴とリアルタイム分散型データベ ース機能を生かすことにより、電力の安定供給のための 電力系統情報制御システムを, 今後さらに発展させてい く考えである。

#### 参考文献

1) 中田,外:リアルタイム分散型データベースを用いた電力 系統監視制御システム, 日立評論, 77, 7, 499~502(平7-7)

- 2) 吉川、外:系統運用高度化を実現するインテリジェント 中央給電指令所システム, 日立評論, 78, 2, 151~156 (平8-2)
- 3) 中山,外:最新の需給制御システム,日立評論,80,2,  $229 \sim 234 (平10-2)$

#### 執筆者紹介



#### 田村 滋

1983年日立製作所入社,大みか工場 電力システム設計部

現在, 中央給電指令所システムのアドバンストソフトウ エアの開発に従事 電気学会会員

E-mail: s-tamura @ omika. hitachi. co. jp



#### 東馬威知郎

1972年日立エンジニアリング株式会社入社, 1997年日立製作所 大みか工場 電力システム設計部 出向 現在, 発変電制御所向け計算機システムの設計に従事 E-mail: i-touma@ omika. hitachi. co. jp



#### 照沼武司

1977年日立エンジニアリング株式会社入社, 1997年日立製作所 大みか工場 電力システム設計部 出向 現在,変電所監視制御システムの開発に従事 電気学会会員, 電子情報通信学会会員 E-mail: t-terunu@ omika. hitachi. co. jp



#### 廣瀬真道

1995年日立製作所入社,国分工場送変電システム設計部 所属

現在,変電所監視制御装置の開発に従事 E-mail: ma-hirose@cm.kokubu. hitachi. co. jp