# 水系一貫運用を支援する水力総合制御システム

Total Control System Supporting Combined Operation of Hydraulic Power Systems and Dam Systems

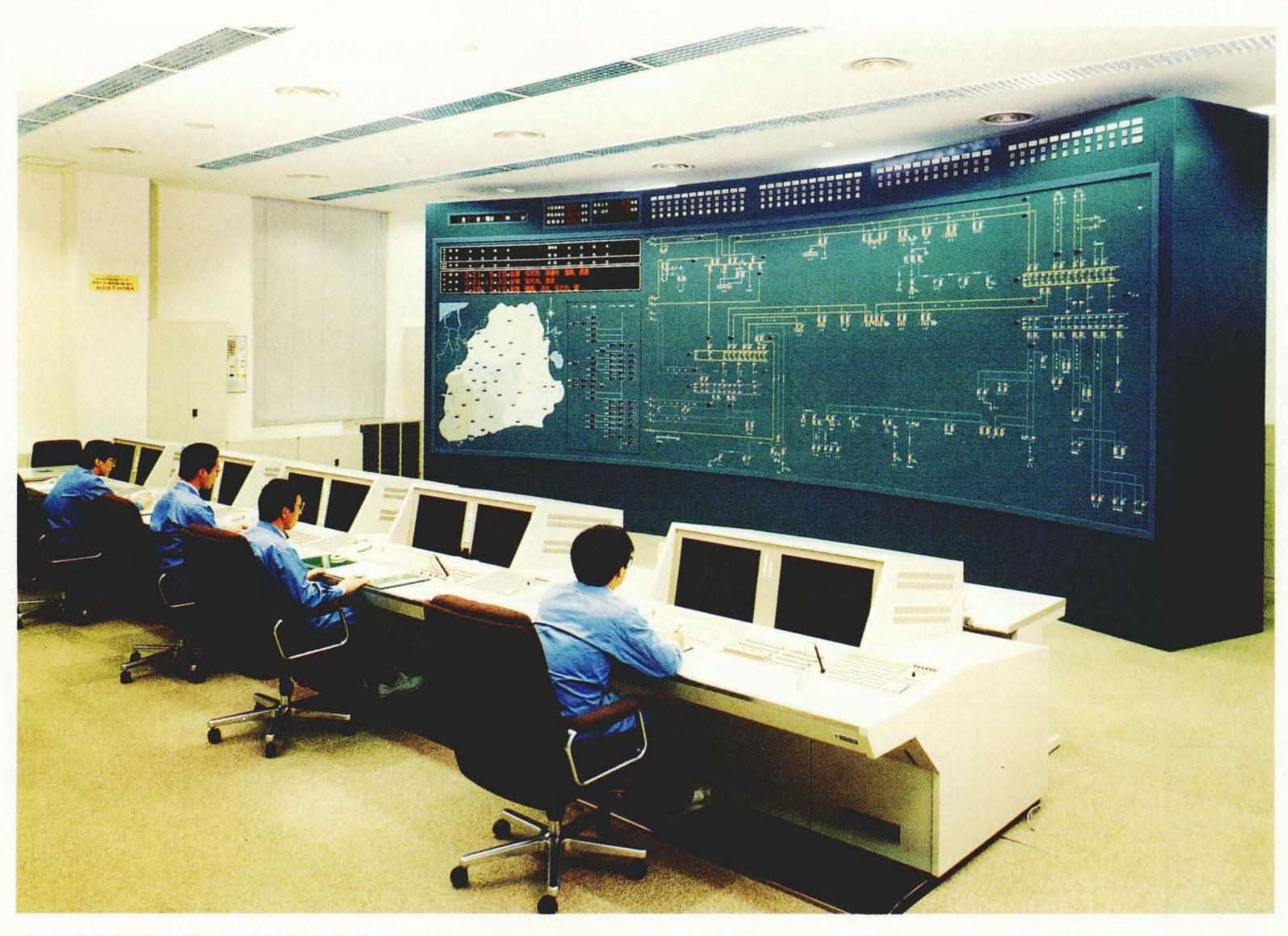
伊藤裕司\*

Yûji Itô

荒卷俊秀\*

Toshihide Aramaki

鈴木登美男\*\* Tomio Suzuki



東北電力株式会社 会津制御所制御室 づけられる。

会津制御所は,発電所やダムを含む総合システムの中核となる制御システムとして位置

近年の電力需給逼迫(ひっぱく)により、応動性の 高い水力発電は特にピーク負荷対応に欠かせない発 電力としてその重要性を増している。このため、水 系に連接される多数の水力発電所を効率的に運用す る総合制御システムが導入されてきている。

水力総合制御システムは平水時には需給バランス をとる発電制御を行い, 出水時には河川を安全に運 用するゲート制御を行うことを目的とするが、 最近 は給電・水文情報を業務OA機器に配信するなど,

情報化支援機能に対するニーズも高まっている。

このような諸ニーズに対応した水力総合制御シス テムを東北電力株式会社会津地区に納入した。この システムは東北電力株式会社 会津制御所の監視制 御システム, 事故・水系情報システム, 各ダムのダ ムゲート制御装置から成り、おのおのが業務分担し 電気・土木の監視制御機能や情報配信機能を統合し たシステムを構成している。

# 1 はじめに

水力発電はその応動性の高さで、ピーク時や負荷急変時に柔軟に対応できる発電力として、需給制御上に重要な地位を占めている。

水力発電所を多数含む連接水系の運用にあたっては、 単に発電力の制御だけでなく、河川の運用をも考慮した 総合的な運用を行う必要がある。また、近年の傾向とし て、情報処理や情報伝送機能の強化により、各種運用情 報を関連各所に通知する機能や、運転員の事務処理支援 などのニーズが出てきた。

東北電力株式会社 会津制御所(以下,会津制御所と言う。)管内で,只見,阿賀野水系には13か所の水力発電所が設置され,運用されている。これらの各水力発電所,ダム,関連変電所の運用のために,制御機能,高度情報化機能およびダム制御機能を持つ各種システムを導入し,それらを統合運用することにより,各種ニーズにこ

たえた運用を行っている。すなわち、平水時には各水力 発電所の制御を行い、出力時にはゲート制御を行う。ま た、運用情報を関連各所に自動配信することにより、運 転員の負担を軽減し、また運転員が正確な情報に基づく 効率運用ができるようにした。

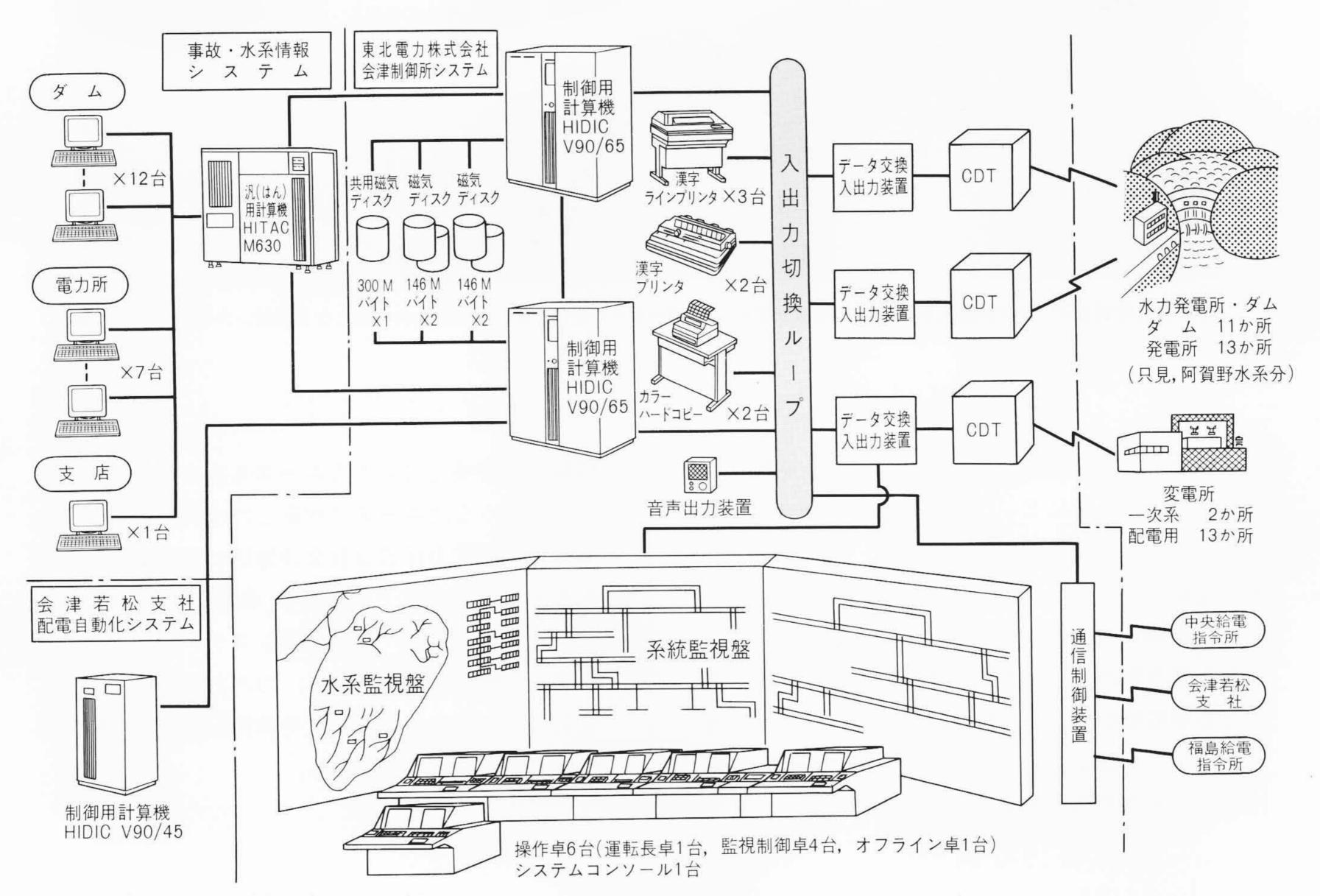
実際に,会津制御所管内では次のようなシステムを導 入し,総合的な運用を行っている。

- (1) 発電所などの制御……監視制御システム
- (2) ダムゲートの制御……・グムゲート制御装置
- (3) 運用情報の配信……事故・水系情報システム 以下に、これらの各システムの具体的な内容と、その運 用についてまとめて述べる。

# 2 システム概要

会津制御所管内での各システム構成を図1に示す。

会津制御所には,制御用計算機(HIDIC V90/65)2台を 中核とする制御システムと,汎(はん)用計算機(HITAC



注:略語説明 CDT(Cyclic Digital Telemeter)

図 | システム構成図 会津制御所システムと高度情報化システムの統合したシステム構成を示す。

M-630/40) 1 台を中核とする高度情報化システムが、ま た各ダムには制御用計算機(HIDIC V90/25) 1 台を中核 とするダムゲート制御装置を設置している。

# 2.1 機能分担

# 制御系と情報系

系統の各設備やダムの設備の監視制御は、制御用計算 機を中核とする監視制御システムと, ダムゲート制御装 置によって実施される。これはオンライン制御に適した 計算機を利用して,高速な応答性を実現するためである。

監視制御システムとダム制御装置によって収集された オンライン情報(系統設備,ダム設備,気象,河川状況な どの情報)については、監視制御システムに集められて各 種記録情報として集計される。これらの情報については、 運用上関連のある各電気所やダム,本店などに配信する 必要がある。この情報配信を主に受け持つのが、情報処 理向けの汎用計算機を中核とした事故・水系情報システ ムである。

これらの情報配信は、従来は運転員が電話、ファクシ ミリ, 磁気テープなどによって手動で行っていたが, 事 故・水系情報システムの導入によって自動化された。

#### (2) 電気の制御と土木の制御

水力発電機は,河川の水量が平水時には,中央給電指 令所の需給制御に従う形で制御される。洪水時には,洪

水吐ゲートを開けて, 水を安全に放流することを主眼と したダムゲート制御を行い、発電機は使用できるだけの 水を使用し,フル稼動の発電を行う。

平水時の発電制御は,監視制御システムによって水系 全体の状況, 特に全発電機の状態を把握しながら行う。

出水時のダムゲート制御は、ダム側でダムゲート制御 装置によってダムの状態をよく把握しながら行う。

平水時の制御と出水時の制御の境界は、洪水に対する 予備水位低下であるが,監視制御システムでこの予備低 下までを運用する。このため、監視制御システムには発 電機の制御(電気の制御)と,ダムゲートの制御(土木の制 御)の両機能を備える。

出水時のダムゲート制御を行うダムゲート制御装置で は, 洪水発生時にダム水位を低下させ, 洪水中は安全な 水位を保ち, 洪水終了後には水位を回復させる一連の制 御を自動的に行う。これらの一連の制御は、従来はダム 側で運転員がダムの状態をチェックしながら手動で行っ ていたが、このダムゲート制御装置の導入により、運転 員の負担が軽減された。

#### 2.2 システム構成の考え方

監視制御システム, ダムゲート制御装置および高度情 報化システムを統合して,全体として一つの情報処理系 を構成する。

会津制御所機能一覧 監視制御システムとしての機能一覧を示す。 表1

No.	業務	小 項 目	内容
-		系 統 監 視	電力系統の潮流や電圧状態の自動監視による状態変化,運用目標値違反の警報とCRT表示
	監視 制御	需 給 監 視	会津制御所管内の全発電力の総合値と発電所別ごとの監視
	血 7元 · 市川 144	気 象 監 視	雨量監視,各種警報・注意報の表示
		系 統 制 御	系統を構成する各種設備に対する個別の制御出力
		誤 操 作 防 止	系統状態に適していない制御出力のインタロック
2	平常時操作	操作手順の作成・登録	標準操作手順から操作手順を作成・模擬実行による確認
	平常時操作	操作手順の自動実行	登録された実行時間の音声告知および操作実行
3	水系監視制御	水 系 監 視	ダム水位,河川流量などの監視
	小不血沉削啊	水 系 制 御	各ダム個別および只見・阿賀水系一括のダムゲート制御
4	出水予測計算	出 水 予 測	降雨状況より、河川に対する出水状況を予測する。
	山小川川川井	流 量 予 測	出水予測,水系運用計画から,河川の流量状況を予測する。
		発 電 機 制 御	各発電機に対する個別制御
5	有効電力制御	A F C	中央給電指令所AFCのバックアップとして、会津制御所管内発電所に対するAFCを実施
	17 双电刀削脚	E L D	中央給電指令所ELDのバックアップとして,会津制御所管内発電所に対する運用計画を作成する。
6	記録	電機・土木記録	電気所・ダムの運転状況や気象状況の日報・月報出力
7	シミュレーション	操 作 訓 練	系統設備とダム関連機器の操作手順訓練
1		テレコン模擬	増・改造時にテレコンの動きを模擬し、プログラムテストを実施する。

AFC (Automatic Frequency Control), ELD (Economic Load Dispatch)

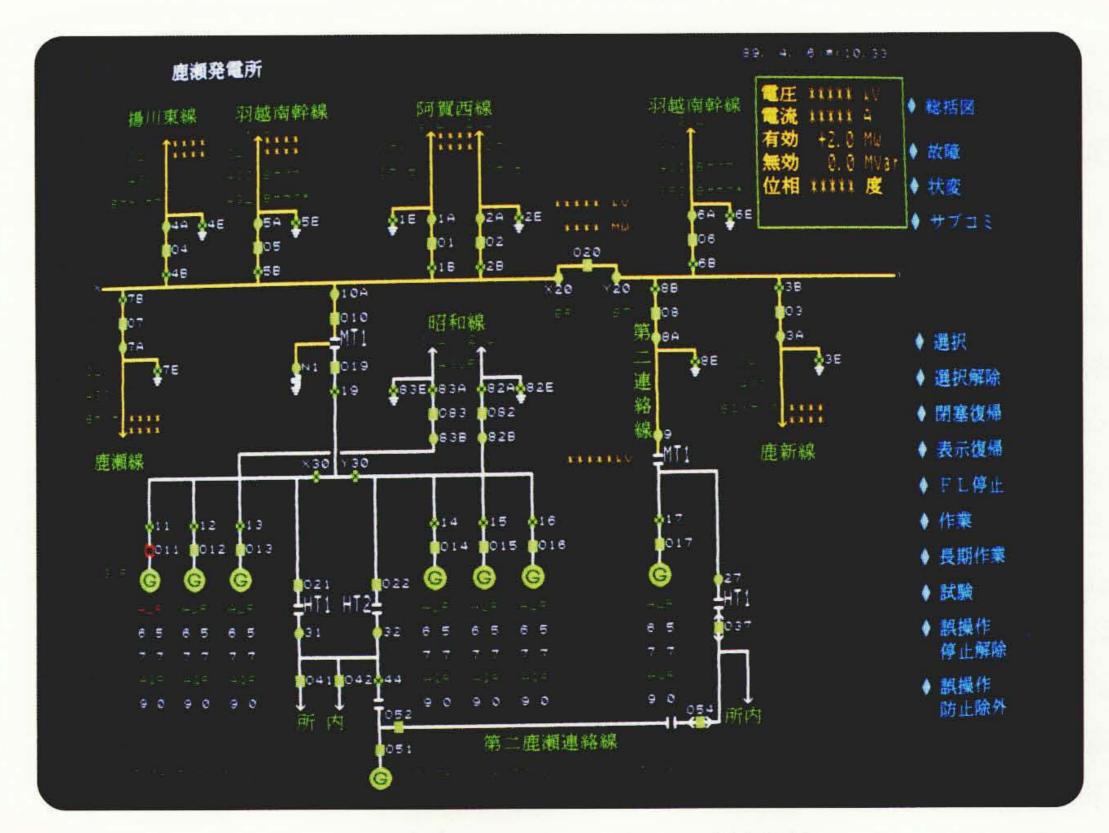


図 2 会津制御所システム画面例—鹿瀬発・変電所単線結線図 スケルトン表示例を示す。系統設備の操作はこの画面から行う。

この統合システムで、その中核を成すのは監視制御システムである。これは、監視制御システムが電力系統またはダムの諸設備を常時監視・制御し、また会津制御所管内の全オンラインデータは監視制御システムで集中処理されるためである。

したがって、制御システムは二重系デュプレックス構 成となる。

ダムゲート制御装置は、洪水時だけ使用するため、一 重系となっている。ただし、ダムゲート制御中に障害が 発生した場合には、制御システムの持つダムゲート制御 機能でバックアップするか、または運転員が手動制御盤 で手動バックアップすることになる。

情報配信を一手に受け持つ高度情報化システムは、オンライン制御に直接関係がないため、一重化構成とする。 障害発生によって一時的に情報の流れが中断するが、 その間の記録データは、回復後、制御システムから再送 することによって補完する。なお、制御システムでは日 報は当日を入れて3日分、月報は当月を入れて2か月分 を常時保存している。

# 3 監視制御システム

監視制御システムでは、中央給電指令所からの給電指令に基づき、発電制御を行う有効電力制御業務と、系統設備の操作を行う系統制御業務や監視業務を持つ。

また、常に河川の状況を把握し、出水時に初期放流を 行うため水系の監視・制御業務を持つ。そして、これら の運用結果をまとめ帳票とする記録業務を持つ。

これらの業務内容の詳細は**表1**に示すとおりである。 運転員には、これらの業務を遂行するために、2台の CRT、タブレット、スタイラスペン、キーボード、ボタ ンパネルなどで構成する制御卓が与えられる。そしてこ の制御卓によって対話形式によって業務を実施する。

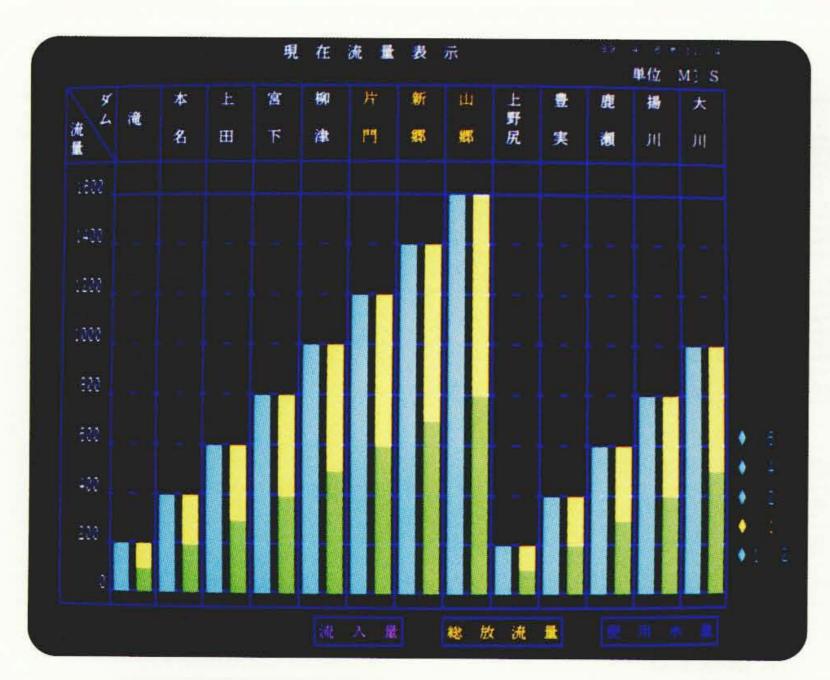
#### 3.1 ハードウェア構成と特徴

このシステムは先の**図1**に示したハードウェア構成から成り、次に示すような特徴を持つ。

- (1) 処理装置は制御用計算機(HIDIC V90/65) 2 台によるデュプレックス構成をとっている。常用系処理装置により、常時オンライン全業務を実施し、待機系処理装置は、オンライン情報を取り込みながら常用系処理装置障害発生時に備え、ホットスタンバイを続ける。
- (2) 系統盤のシンボルの点消灯・フリッカの制御は, CBSC方式(計算機システムから直接行う方式)を採用 し, CRT画面と同期のとれた系統盤表示を行う。
- (3) マンマシンインタフェースの基本装置として、タブレット付きの高精細CRT(20インチ形)を備え、マンマシン性の向上を図った。

# 3.2 ソフトウェア構成と特徴

このシステムの業務用ソフトウェアは、電気系と土木



会津制御所現在流量表示 只見・阿賀野水系の各ダム ごとの流量状況を示す。

系の2本立て構成になっている。これは、発電機や系統 設備を制御する場合と,河川の水の流れをコントロール するためにダムゲートを制御する場合のまったく異なる 業務形態にそれぞれ対応するためである。

ソフトウェア構成の特徴は次のとおりである。

- (1) 事故発生時には, 音声出力による警報出力を実施し, 事故概要を速やかに運転員に伝える。
- (2) 操作訓練のための操作シミュレーション機能を備 え,特に新人運転員を業務になじませるのに適している。
- (3) データファイルをオンライン用とシミュレーション 用に二重に持つことで、操作手順をオンライン運転中に 模擬実行させることができるようにした。

操作画面の例を図2,3に示す。

## 高度情報化機能

水力総合制御システムは、多数の発・変電所およびダ ムを総合的に監視制御する。このため、多くの部門、ダ ムに対して適切なタイミングで必要な情報を送る必要が ある。保守部門に対しては事故詳細情報を, ダムに対し ては上流ダム状況などを常時連絡する。従来,この連絡 は電話やファクシミリなどで行われていたが、この情報 を編集して各所に情報伝送を行うため、図1に示す事 故・水系情報システムとして, データ編集, 配信機能に 優れた汎用計算機(HITAC M-630/40)を設置し,ダム12 か所,支社7か所,支店1か所に端末(ワークステーショ ン2050/32) に必要なデータ送信を行う構成とした。

会津制御所事故・水系情報システム機能一覧 事故• 水系情報システムの機能内容を示す。

No.	業務	小 項 目	内容
		給 電 情 報 サ ー ビ ス	給電速報・概況, 給電記録など の情報の表示と配信
Ī	情報サービス	事 故 情 報サービス	事故速報に関する情報の表示と 配信
		水文・気象情報 サービス	各種気象・土木情報の表示と配 信
2	業務支援サービス	業務支援サービス	文書作成・管理などの事務支援 機能および本店計算機の業務サ ービスを受ける端末機能



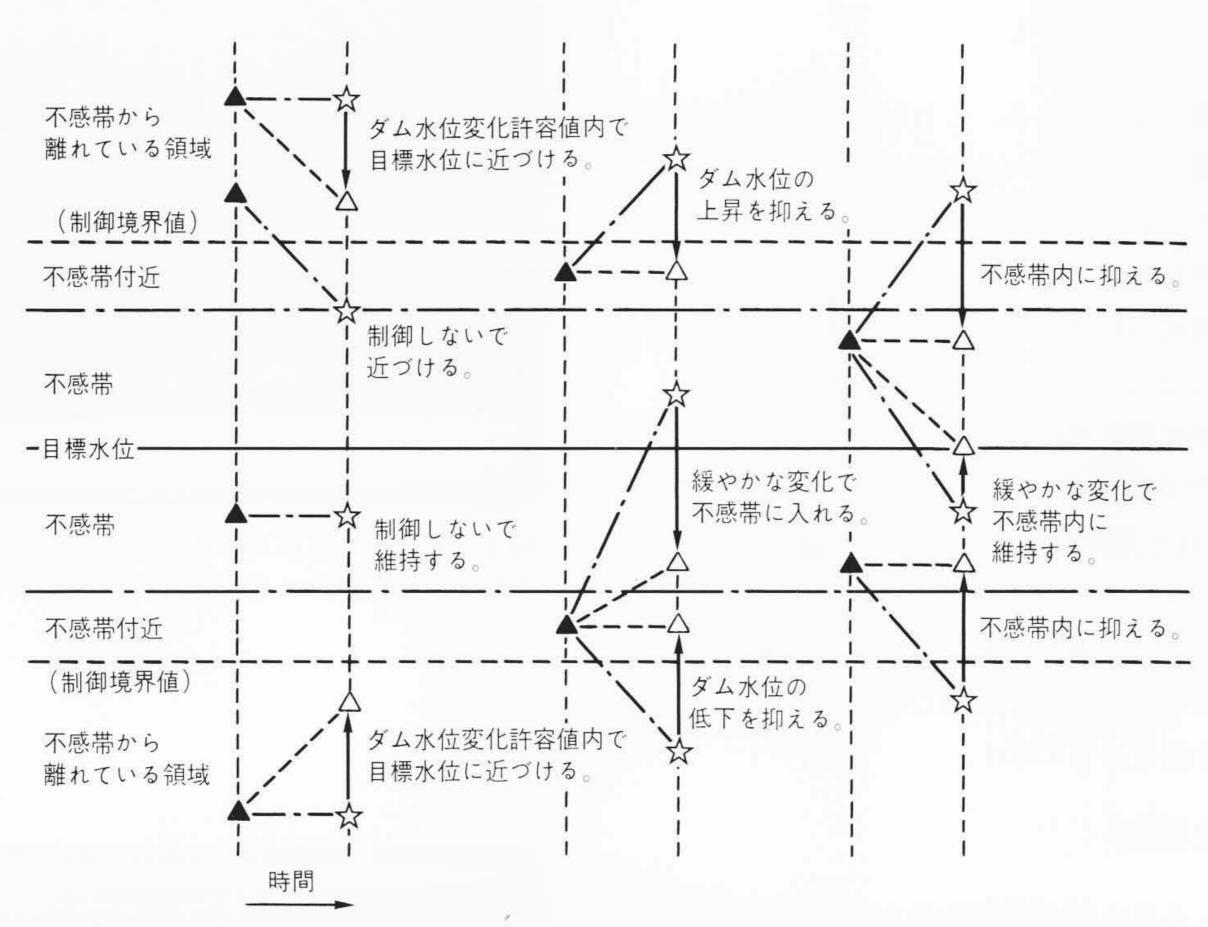
高度情報化システム画面例―事故情報 監視制御シ ステムから伝送された事故関係の情報を表示する。



高度情報化システム画面例―ダム状況グラフ 制御システムから伝送されたダムの水位・流量情報を表示する。

表 3	ダム!	ノック 機能	<b>化一覧</b>	ダムゲー	ト制御装置の機能内容を示す。
	5.000			W331 8-6	

No.	業務	小 項 目	内容
1	監視・制御	ダ ム 監 視	ダムの諸設備の状態監視, 異常警報出力
		ダ ム 制 御	ダムゲートの手動制御
		初 放 流 制 御	水位低下に際し, 初期放流に関する制御を実施する。
	ゲート自動制御	水位低下制御	ダム水位を運用規則に従い, 目標水位まで低下するようにゲート制御する。
		定 水 位 制 御	ダム水位を一定に保つようにゲート制御する。
2		貯 留 制 御	ダム水位を回復させるために、水を貯留するようにゲート制御する。
2		追 従 制 御	水量が増え、フリーフロー状態になった際、水脈とゲート先端を一定に保つようにゲート制御する。
		流量比例制御	季節ごとに流量に応じた目標値を設けて制御する。
		自動移行制御	ダム状況を判断し, 各制御モード間の移行を自動的に行う。
3	予 測 計 算	ダム流入量予測	10分先, 1時間先, 5~6時間先のダムの流入量を予測計算する。
4	警戒体制発令	警戒体制自動発令	雨量、流量の実績から警戒体制の要否を判定し、自動発令する。
5	記 録	ダム運用記録	ゲート制御など、ダム運用に関する帳票を作成する。
6	情 報 伝 送	記録, 操作情報伝送	操作、記録などの情報を制御所に伝送する。



注:記号説明 ▲ 〔現在のダム水位(cm)〕, ☆ 〔10分後の予測ダム水位(cm)〕, △ 〔制御目標のダム水位(cm)〕

図6 ダムゲート制御装置一ファジィ応用定水位制御 このシステムでは、現在のダム水位が「不感帯から離れている」、「不感帯付近」、「不感帯内」の三つの状況での | 回の制御量の制限値をメンバーシップ関数として与え、目標ダム放流量の計算を行う。また、現在ダム水位と10分後の予測ダム水位から「制御する」、「制御しない」を判断して制御する「フィード・フォワード制御」を採用し、急激な水位変動を起こさないように制御している。

# 4.1 事故・水系情報システム機能

事故・水系情報システムの機能一覧を**表2**に示す。情報サービス機能として、給電の概要を支店、ほかに送信する給電情報サービス機能、事故の詳細を保守部門に送

信する事故情報機能,および各種気象・土木関連の情報をダムへ送信する水分・気象情報サービス機能から成る。また,業務支援として,文書作成・管理を支援し,本店汎用計算機へ記録を送信する業務支援サービス機能

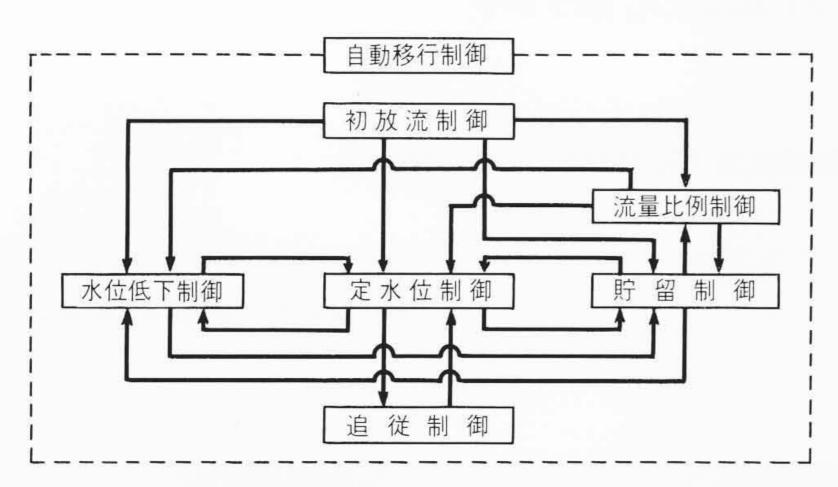


図7 ダムゲート制御装置―制御の自動移行図 ダムゲー ト制御装置では、本図に示すように、各制御モード間をダム状況を 判断しながら自動遷移する。

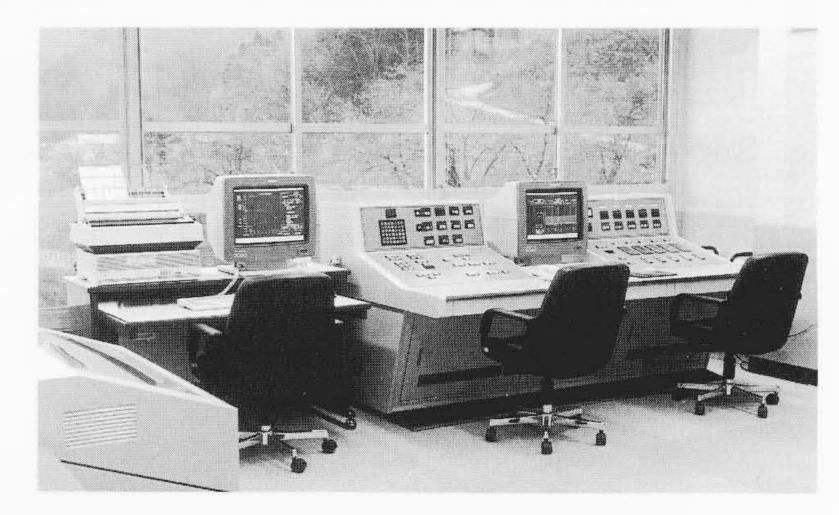


図8 ダムゲート制御装置―制御卓(片門ダム) テーション2台を中心としたマンマシン性の高い構成としている。

から成っている。

#### 4.2 画面例および操作

事故・水系情報システムは、常時監視制御システムか ら情報を受信し、内部に蓄える。この情報は各所に設置 された端末のメニュー画面から指定し,画面例(図4,5) に示すように自由に検索・表示できる。

# ダム制御機能

ダム制御は,河川法に従いゲート操作を実施するが, 降雨量から河川に出る水の量を予測し操作するという自 然現象を相手とし, さらにゲート操作を誤ると人身・家 屋に被害がでる非常に重要な機能となっている。また, 自然現象を相手とすることから長年の経験が必要となっ ていた。このダム操作員の負担軽減と、より的確なダム管 理を図るため、次に述べるダム自動制御装置を開発した。

## 5.1 システム構成

このシステムは、制御用計算機HIDIC 90/25を中心 に,エンジニアリングワークステーション2050/32を2台 設置し,各種情報を見やすい形で提供するとともに,ガ イダンス機能を充実して使いやすい構成としている。ま た, 計算機の万一の故障時にも手動バックアップのため の手動操作卓を設置している。

## 5.2 ダム制御機能

ダムリック機能の一覧を表3に示す。

ダムゲートの制御には目標放流量決定に短時間ダム流 入量予測を用いたフィード・フォワード制御を導入する とともに、制御量を水位偏差を変数とするメンバーシッ プ関数で与えるファジィ制御を取り入れ, 熟練操作員同 様の微妙な操作を行える機能を開発した。ファジィ応用 定水位制御例を図6に示す。さらにこのシステムでは、 図7に示すように定水位制御、貯留制御などの諸制御を 全体で管理し,自動的に制御モードを移行させる自動移動 制御機能を開発し、ゲート操作を極力減らす形にしている。

各ダムでは、他ダムの状況把握は重要な形であり、こ のシステムは会津制御所に集約されたデータを汎用計算 機(HITAC M-630/40)を介して、端末装置に表示する 方式をとり, 各ダムの連係を密にして安全性を向上させ ている。システムの外観を図8に示す。

## おわりに

水力発電所, ダムを集中監視・制御するトータルシス テムとして,会津制御所,ダム制御所を中心に平成2年 3月から順調に稼動中である。これらのシステムにより、 統合化した電気・土木の運用ができるようになった。

今後, このシステムおよび水力総合制御システムとし て,各種OA機器などを取り入れた運転支援機能を充実 し、より安全で、使いやすいシステムの構築を目指して いく考えである。

# 参考文献

高嶋,外:ダム操作支援システムの開発について,電力土 木誌, 34~42(平2-11)