

建設省近畿地方建設局加古川大堰管理所納め

# 堰放流設備制御システム

## Control System for Weir Discharge Facility

急速な都市化が進むなかで、都市用水の確保及び農業近代化のためのかんがい用水確保など、河川の水利用を図るため堰(せき)の建設が進められている。堰の管理は、平常時の取水、すなわち利水、及び洪水処理を中心とした治水が柱である。そのため、利水、治水を安定させ、かつその管理の省力化と制御の安全性が強く求められている。

今回開発した加古川大堰放流設備制御システムは、ゲート天端フラップゲート越流による取水確保という新しい思想のもとに建設された堰の取水制御と洪水制御を行なうものである。また、堰制御に光伝送を我が国で初めて採用するなど、幾つかの新しい試みを実施し昭和61年3月に現地調整を完了した。

畑 俊夫\* *Toshio Hata*  
 土屋 稔\* *Minoru Tsuchiya*  
 稲員裕三\*\* *Yūzō Inakazu*  
 佐藤信彦\*\*\* *Nobuhiko Satō*  
 金成 薫\*\*\*\* *Kaoru Kanari*

### 1 緒 言

加古川大堰は、建設省で過去の堰運用実績と経験を踏まえ、運用の合理化と管理の省力化を追求した新しい思想のもとに設計された。すなわち、堰は可動堰であるが平常取水確保時のゲート操作を不要とする目的で、ゲート天端フラップゲート越流方式が採用された。これによって平常時のゲート操作の監視、管理の省力化が可能となった。

堰放流設備制御システムは、上流で観測した河川流量による洪水処理制御方式を採用し、急速な洪水立上がりにも安全な洪水流下制御を可能にしている。また、堰関連設備及び制御機器の障害監視機能と処置オペレーションガイド機能を強化し、日常の運転管理業務を改善した。ダム、堰制御システムに我が国で初めて光伝送を採用するなど、斬新な制御システムでその成果が各方面から期待されている。

ここでは、今回開発した堰放流設備制御システムの概要を述べる。

### 2 加古川大堰の概要

加古川大堰は、兵庫県中部を流れる加古川に新設された長径間可動堰で、河口から上流12kmに位置している。加古川下流域の急速な都市化に対応して、都市用水(水道用水1.20m<sup>3</sup>/s、工業用水12.08m<sup>3</sup>/s)、農業用水(7.04m<sup>3</sup>/s)の確保、及び下流都市部の治水安全度向上を使命としている。

#### 2.1 設備の概要

加古川大堰の諸元を表1に、取水・放流設備の配置を図1に示す。

##### (1) 本川設備

主ゲート3門、調節ゲート2門及び左・右岸に各々流量調節ゲート1門、魚道ゲート1門が設けてある。主ゲート及び調節ゲートは、フラップ付きシェル構造で、河川を堰止め取水確保するとともに、洪水を下流へ安全に流下させるゲートであり、長径間可動堰の主設備である。また、流量調節ゲートは、安定な取水確保する設備である。

##### (2) 左岸、右岸取水設備

都市用水、農業用水の取水設備で、流量調節バルブなどにより所定の取水量を確保している。

表1 加古川大堰諸元表 加古川大堰は河口から12km上流に建設された長径間可動堰で、取水及び下流域の治水を目的にしている。

区分	項目	諸 元		
大 堰	堰 長	422.5m(可動部273.5m)		
	敷 高	TP+7.2m		
	計画高水流量	7,400m <sup>3</sup> /s		
	洪水開始流量	250m <sup>3</sup> /s		
貯 水 池	集水面積	1,657km <sup>2</sup>		
	湛(たん)水面積	0.82km <sup>2</sup>		
	総貯水量	1,960,000m <sup>3</sup>		
	有効貯水量	1,640,000m <sup>3</sup>		
	計画高水位	TP15.46m		
	常時満水位	TP12.50m(かんがい期確保水位)		
	平時時確保水位	TP12.10m(非かんがい期確保水位)		
本川放流設備	取水確保、洪水調節用ゲート	本体ゲート	3門	径間50.2m、扉高6.0m(フラップ付きシェル構造)
	取水位置微調節用ゲート	微調節ゲート	2門	径間3.0m、扉高3.5m(フラップゲート)
	魚類遡(そ)上用ゲート	魚道ゲート	2門	径間5.0m、扉高3.6m(10連フラップゲート)

注：略語説明 TP(東京湾中等潮位)

#### 2.2 堰運用方式

堰運用は、平常時の取水確保、左・右岸からの取水、及び洪水時の洪水流量処理に分けられる。

##### 2.2.1 加古川大堰の特徴

一般に、取水を目的とした長径間可動堰は、取水確保(貯水位)を一定に確保するため、可動堰の開度を操作する定水位制御を採用している。このため、ゲート動作状況及び制御機器状態を監視するため24時間連続の管理体制が必要である。

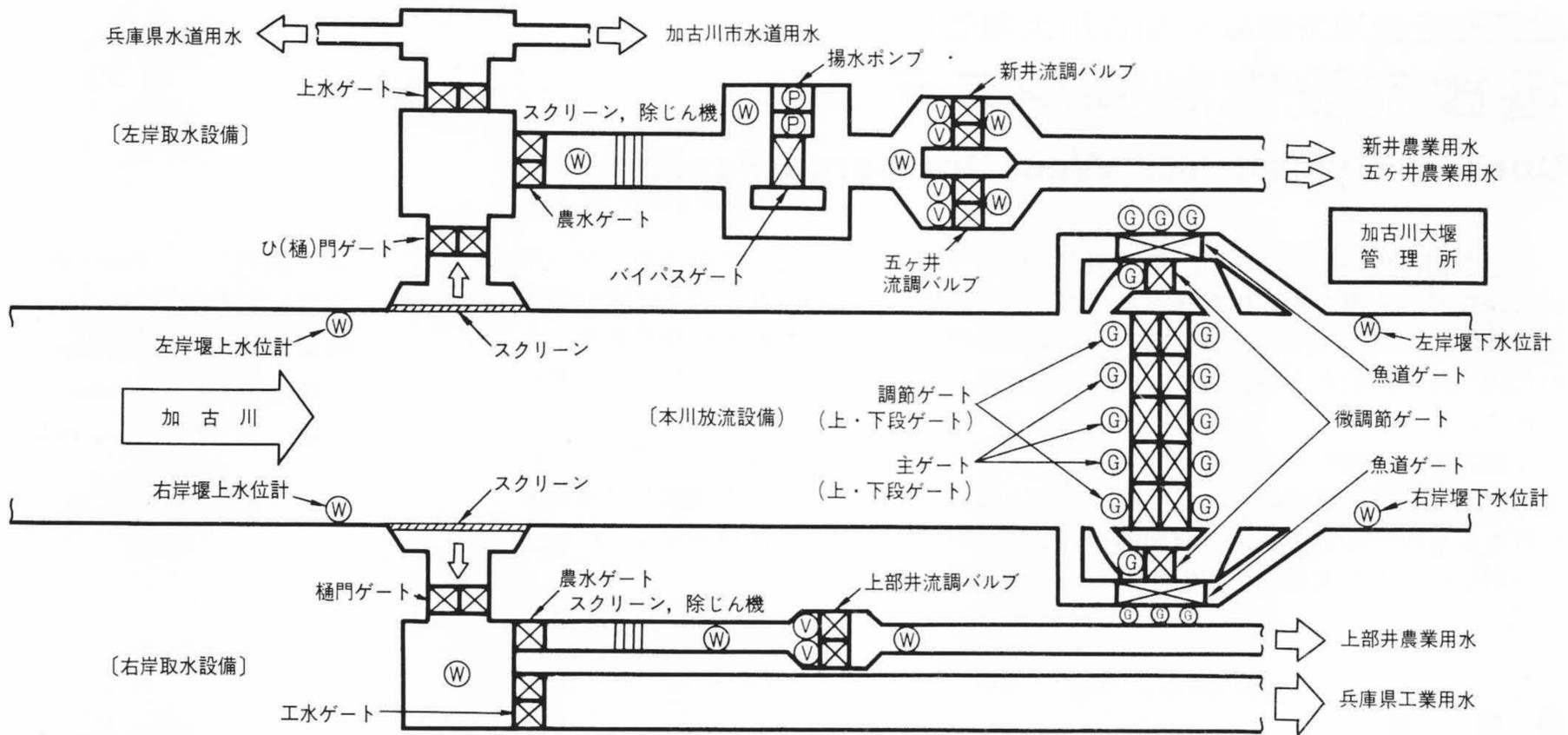
本堰では、平常時に本川の主ゲート及び調節ゲートを全閉とし、ゲート天端のフラップゲートから越流させる方式を採用した。これによって、平常出水250m<sup>3</sup>/s以下では本体ゲートの操作が不要となり、日常の堰管理が著しく省力化された。

図2に加古川大堰の平常時、洪水時の運用方式を示す。

##### 2.2.2 平常時運用(流入量250m<sup>3</sup>/s以下)

安定な取水を確保するため、貯水位をTP12.50m(かんがい

\* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立製作所関西支店 \*\*\* 株式会社日立コントロールシステムズ \*\*\*\* 日立エンジニアリング株式会社



注：略語説明など (W) (水位計), (G) (ゲート開度計), (V) (バルブ開度計), (X) (ゲート及びバルブ), (P) (揚水ポンプ)

図1 加古川大堰取水、放流設備配置図 本川放流設備で取水位を確保し、左・右岸取水設備で取水量を確保する。

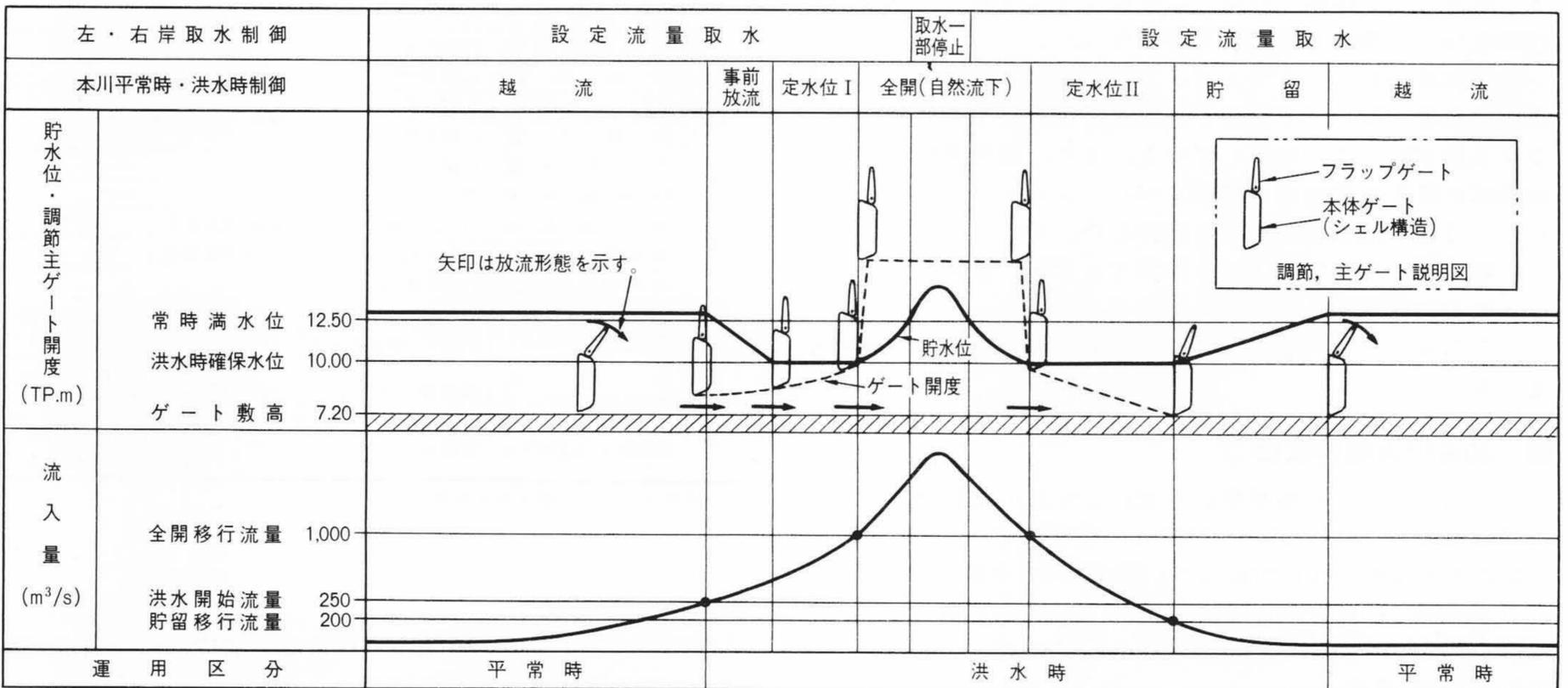


図2 堰運用方式説明図 平常時はゲート天端フラップゲートから越流させて取水位を確保し、本体ゲート操作を行なわない方式としている。

期)に保つ。本体ゲートを全閉し、本体ゲート天端のフラップゲート開度を一定にして越流させる。流入量の変化に対しては、左・右岸の微調節ゲートを調節する。

2.2.3 洪水時運用(流入量250m<sup>3</sup>/s以上)

洪水時運用は、次に述べるとおりである。

(1) 事前放流制御

流入量が250m<sup>3</sup>/sに達すると、事前放流を開始する。本体ゲートを開きながら貯水位を一定降下速度( $\Delta H/\Delta T$ )で洪水時確保水位TP10.00mまで下げて洪水流量の流下を可能とする。

(2) 定水位 I 制御

増大する洪水量を本体ゲートで下流に流下させる。この間、貯水位を洪水時確保水位TP10.00mに保つ。

(3) 全開制御

洪水流量が1,000m<sup>3</sup>/sを超え、かつ堰上と堰下水位差が規定値(1.0m)以内になったとき本体ゲートを全開する。これにより、洪水は自然河川状態で下流へ流下する。

(4) 定水位 II 制御

洪水流量が1,000m<sup>3</sup>/s以下に減少すると本体ゲートを下げ、放流量を制御して貯水位を洪水時確保水位TP10.00mに保つ。

(5) 貯留制御

流入量が200m<sup>3</sup>/s以下まで減少すると本体ゲートを全閉に制御する。これで貯水位は上昇する。貯水位が常時満水位TP 12.50mまで回復すれば平常時運用に移行し、本体ゲート天端のフラップゲートからの越流を開始する。

### 3 堰放流設備制御システム構成と機能

堰放流設備制御システムの構成を図3に示す。本システムは、日立制御用計算機(HIDIC-80M)を中核として、入出力中継装置、伝送装置、テレメータ及び障害監視装置から構成している。本システムの機能を表2に示す。

#### 3.1 演算処理装置

演算処理装置(HIDIC-80M)は、2台で構成しゲート制御用及び通信処理用に機能分散させた。ゲート制御用演算処理装置は、堰管理諸データの作成、表示、記録、左・右岸の取水制御及び本川のゲート制御を担当させた。

一方、通信処理用演算処理装置には、建設省関連部署へのデータ送信、上流の雨量、水位データ収集及び関連機関とのデータ送受信を担当させた。また、通信処理用演算処理装置に、ゲート制御用演算処理装置の堰管理諸データ処理のバックアップ機能をもたせ、システムの信頼性を向上させている。

#### 3.2 入出力中継装置

入出力中継装置は、取水、放流設備の計測、ゲート遠方手動制御、ゲート動作保護、グラフィックパネル表示及び試験機能をもつ装置で、シーケンサ(HIDIC-S10/2)で構成して小形化を図っている。

#### 3.3 伝送装置及び光伝送

堰に散在する計測設備及びゲート機側盤との結合は、従来メタリック多心ケーブルが用いられていた。このため、雷サージによる障害発生が避けにくいこと、及びケーブル工事の

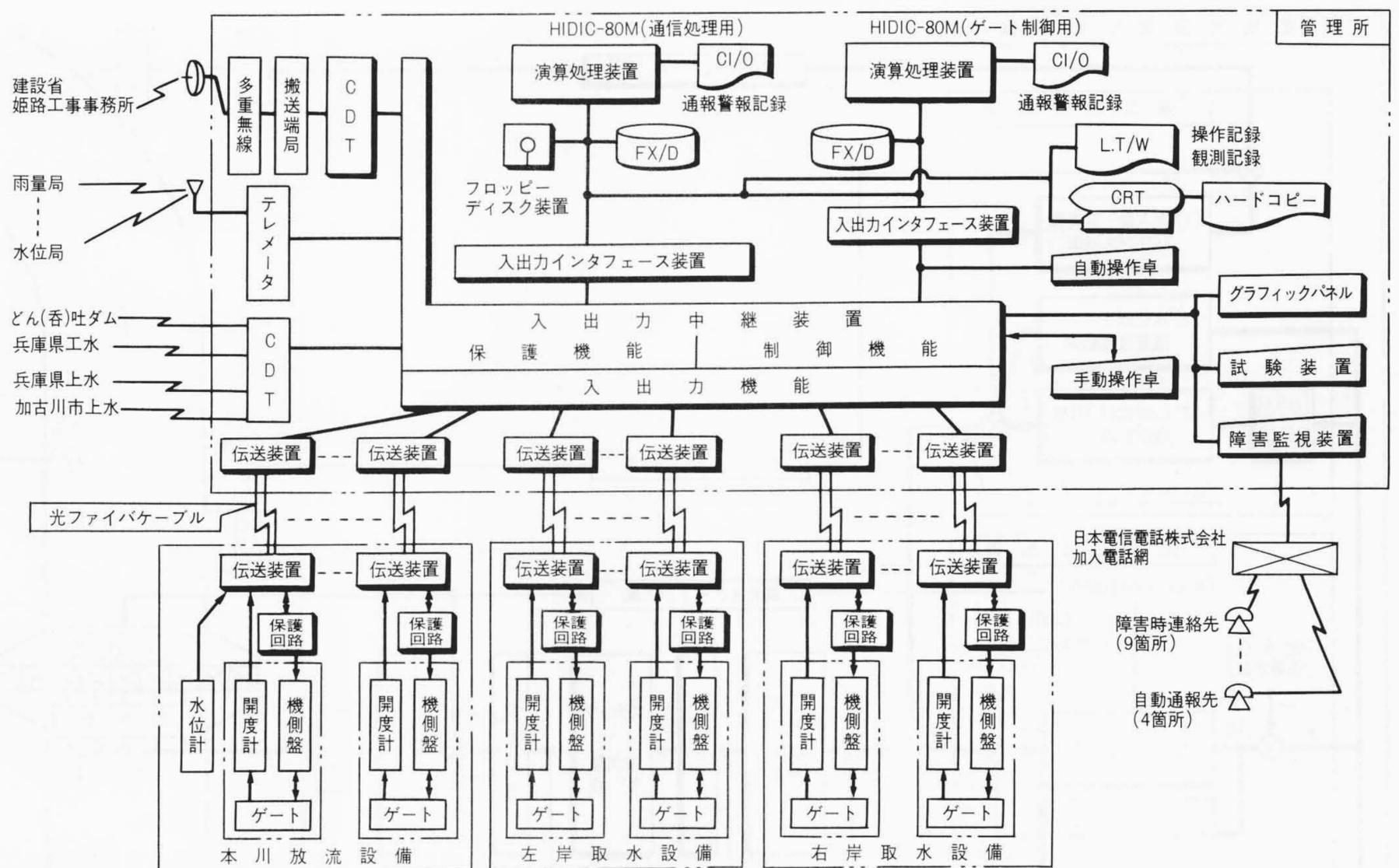
表2 堰放流設備制御システム機能表 2台の演算処理装置には、バックアップ機能をもたせシステム信頼性を向上させている。

処理機能	内 容	演算処理装置担当区分	
		ゲート制御用	通信処理用
データ入力と演算処理	堰諸量データ	●	○
	上流雨量、水位データ	○	●
	関連機関関係データ	○	●
制御処理	左・右岸取水制御	●	×
	本川平常時、洪水時制御	●	×
表示処理	グラフィックパネル表示	●	○
	CRT表示	●	○
記録処理	操作、観測記録	●	○
	通報警報記録	●	●
警報・通報処理	障害時処置ガイダンス	●	○
	自動通報	●	○
データ送信処理	建設省関連部署への送信	○	●
	関連機関への送信	○	●

注：記号説明 ●(主機能であることを示す), ○(バックアップ機能であることを示す), ×(機能なしを示す)

経済性が問題となっていた。加古川大堰では、これらの問題を一挙に解決するため光ケーブルを採用した。ダム、堰のゲート制御システムで光ケーブルの採用を試みたのは我が国で初めてである。

伝送装置は、実績のあるテレコンテレメータ装置(SPR-14



注：略語説明 FX/D(Fixed Disk(固定ディスク)), CI/O(Console Input Output(コンソール入出力装置))  
 L.T/W(Logging Typewriter(ログングタイプライタ)), CRT(Cathode Ray Tube(画像表示装置))  
 CDT(Cyclic Digital Telemeter(サイクリック デジタル テレメータ))

図3 堰放流設備制御システム構成図 散在する各設備との制御信号の結合に、全国で初めて光伝送方式を採用した。障害監視装置は、障害時連絡先と日本電信電話株式会社加入電話網を介して接続している。

M)を採用し、光ケーブルは、コア径50 $\mu$ m、グラッド径125 $\mu$ mのGI(Graded Index)ファイバと電力線の複合ケーブルを使用した。伝送装置は、信頼性を重視して(1:1) $\times$ 13対向とし障害発生時の影響範囲が最小限となるようにした。

3.4 障害監視

取水、放流設備及び堰放流設備制御システムの障害発生状況の把握、発生時の処置迅速化を図るため障害監視装置を設けた。処置をオペレーションガイドするとともに、関連先への自動通報機能を備えている。

管理所操作室を図4に示す。

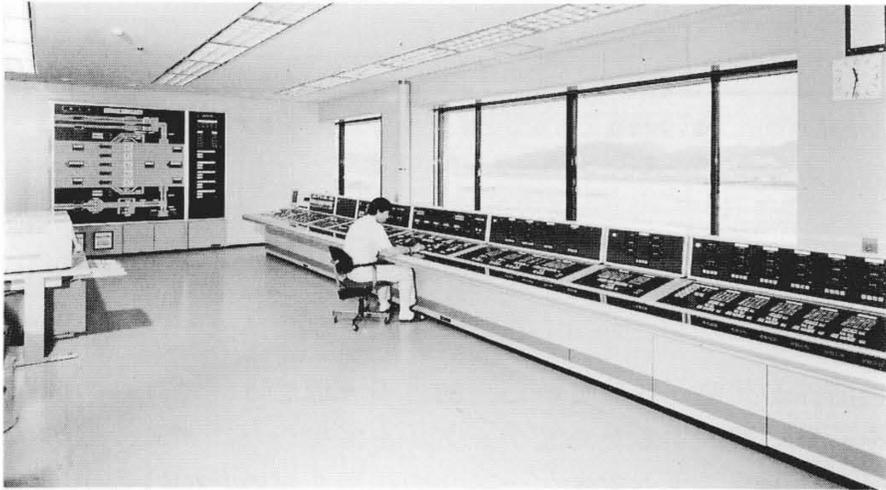


図4 管理所操作室 取水、放流設備の監視、制御はすべて管理所操作室の操作卓で行なう。流域、堰状況は刻々グラフィックパネルに表示される。

4 洪水時制御方式

本堰で制御の中心をなす洪水時制御について述べる。図5は洪水時制御ブロック図である。上流で観測した河川流量による洪水処理制御方式を採用し、急速な立上りにも安全な洪水流下制御を可能にしている。

4.1 事前放流制御

流入量が250m<sup>3</sup>/sを超えると、事前放流制御を開始する。平常時は取水を目的に堰貯水位を常時満水位TP12.50mに保っているため、洪水時はまず堰貯水位を洪水時確保水位TP10.00mまで下げて洪水に備える。

水位低下制御は次の制御を併用して行なっている。

- (1) 流入量・放流量バランス制御
- (2) 水位低下流量放流制御
- (3)  $\Delta H/\Delta T$ 補正制御

本体ゲート目標放流量は次式で与えられる。

$$Q_{01} = Q_i'' + q + \Delta Q$$

ここで  $Q_i''$ : 上流流入量  $Q_i'$  - 堰地点取水量  $Q_s$

$q$ : 堰地点流入量  $Q_i$  を 0 m<sup>3</sup>/s と仮定して、目標  $\Delta H/\Delta T$  で水位を低下させるのに必要な放流量

$\Delta Q$ : 実  $\Delta H/\Delta T$  と目標  $\Delta H/\Delta T$  との偏差を補正する放流量

前記(1)は、堰上流で計測した河川水位から上流流入量  $Q_i'$  を求め、これから堰地点取水量  $Q_s$  を差し引いた流量  $Q_i''$  に等し

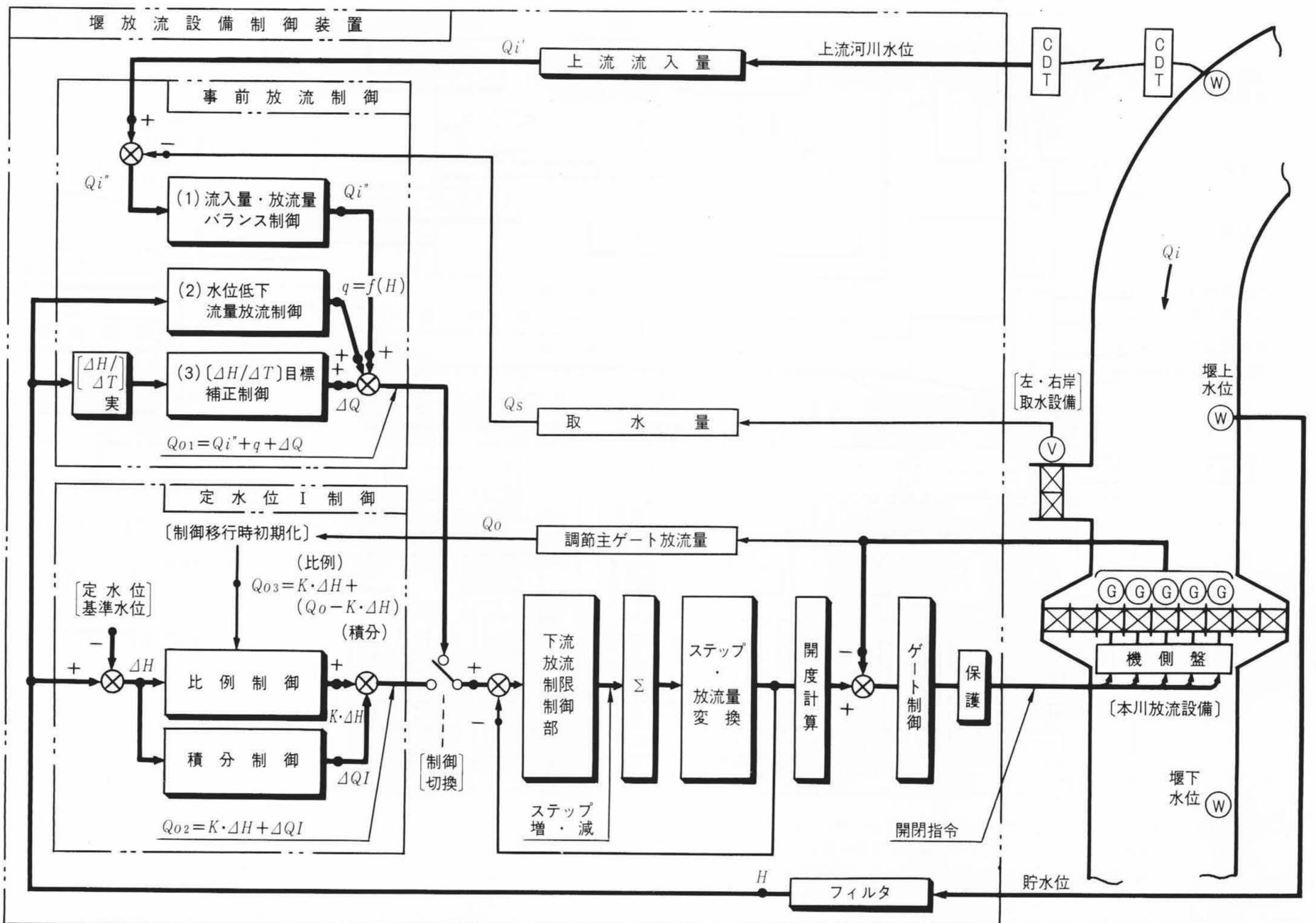


図5 本川洪水時制御ブロック図 調節、主ゲートでの事前放流、定水位制御Iを示す。制御には、上流流入量を使用して制御の安定化を図っている。

い放流を行なう。

(2)は、堰貯水位 $H$ を目標低下速度 $\Delta H/\Delta T$ で低下させるのに必要な流量 $q$ で、堰貯水位 $H$ から計算して求める。

(3)は、実際の水位低下速度 $dH/dT$ と目標の水位低下速度 $\Delta H/\Delta T$ との偏差で刻々放流量 $\Delta Q$ を補正する制御で、(1)、(2)制御の誤差分を吸収しながら水位低下速度を目標水位低下速度 $\Delta H/\Delta T$ に保つ。

#### 4.2 定水位 I 制御

堰貯水位を洪水時確保水位TP10.00mに保ちながら、増大する洪水流量を堰本体ゲートから下流へ流下させる制御である。

定水位制御は、単純な比例、積分方式を採用して制御の安定化を図っている。なお、制御周期は10分とし無用なゲート動作を排除した。

#### 4.3 事前放流制御から定水位 I 制御への移行

事前放流制御から定水位 I 制御への移行は、堰貯水位が定水位領域(洪水時確保水位 $\pm 50\text{cm}$ )の上限、すなわち洪水時確保水位 $+50\text{cm}$ に達したとき定水位 I 制御へ切り換えることとした。

#### 4.4 ゲート操作

本体ゲートの重要性及び下流への影響の重大さにかんがみ、ゲート操作は半自動としている。すなわち、ゲート制御用演算処理装置が、堰諸量データ及び制御目標値の演算を刻々行ないその結果を自動操作卓に表示し、操作員の確認、判断及び操作実行指令に基づいてゲート制御を行なっている。

#### 4.5 システム安全性の確保

本システムの安全性とは、万一にも異常放流を引き起こさないことである。その要因は、部品、素子などの故障に起因するものや伝送回線の異常など、いろいろな要因が考えられる。本システムでは、システム構成上保護に最も適したポイントと方法について検討し、以下に述べる保護分担を採用し

た。これによって、ゲート誤動作の絶無を期しシステム安全性を強化した。ゲート制御指令保護機能を図6に示す。

(1) 制御関連設備が異常検出したとき、制御指令をロックする。すなわち、演算処理装置、入出力中継装置、伝送装置、回線、符号誤り、水位・開度信号の異常及び機側故障を検出し、検出した各装置で開・閉指令をロックする。

(2) 誤って放流しても最小限でゲートを停止させる。ゲート1回の動作量(ゲート開度:30cm)を規定し、ゲートが30cm以上の過動作をしたときは、開・閉指令をロックする。この保護は、演算処理装置、伝送装置出力側に設けた保護回路及び機側盤で行なわせ万全を期した。

(3) 平常時、制御しないゲートに対してゲートモータ電源を管理所から遠方制御で切り、無用なゲートの誤動作の絶無を期した。

(4) 本システムで採用した制御信号二重化による保護方式について述べる。本方式は、ゲート制御信号を制御すべき条件が成立したことを示す制御指令と、ゲート開・閉指令の二重化を図り、伝送装置出力側でこのAND条件を組み入れた。更に、制御指令を一定周期で反転させ、伝送装置出力側保護回路で一定周期の反転を判断する保護機能をもたせた。これによって、入出力中継装置及び制御信号伝送系に連なる装置やケーブルのどこで発生した故障でも保護可能である。

### 5 障害監視方式

本システムでは、休日や夜間の少人数管理を可能にするとともに、障害発生時の処置迅速化を図るため専用の障害監視装置を設けた。そのねらいは次の問題点を解決することである。

- (1) 分散設置された数多い管理設備で障害が発生した場合、情報の収集、判断、処置が遅れる。
- (2) 障害内容によっては、その場の操作員では対応できない

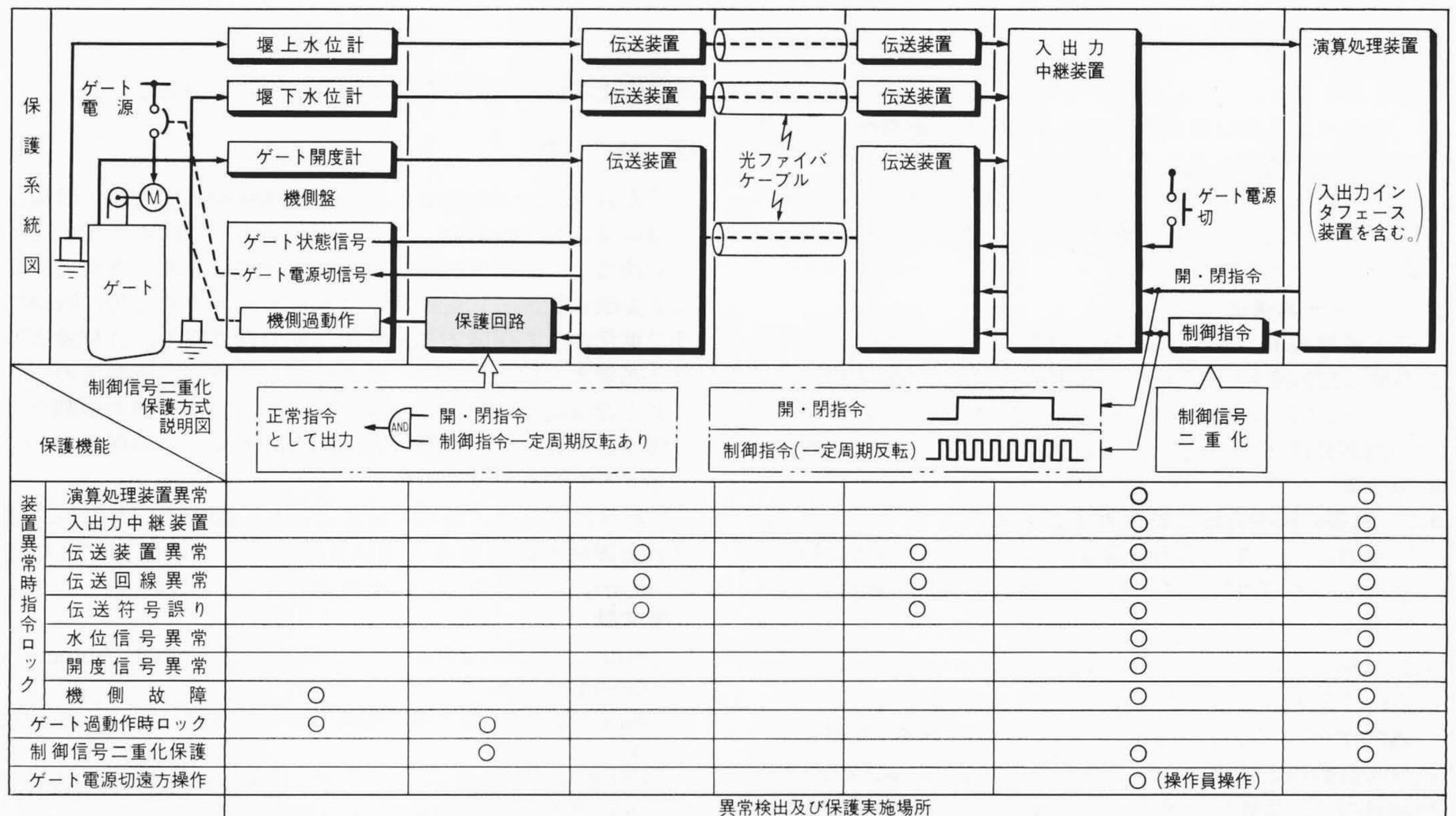


図6 ゲート制御指令保護機能図 制御信号二重化保護機能により、入出力中継装置、伝送装置に連なる伝送系の異常も確実に保護可能で、安全性を大幅に向上させている。



図7 障害監視装置 障害項目は、すべて本装置で集中監視するとともに、連絡先への通報も本装置から行なう。

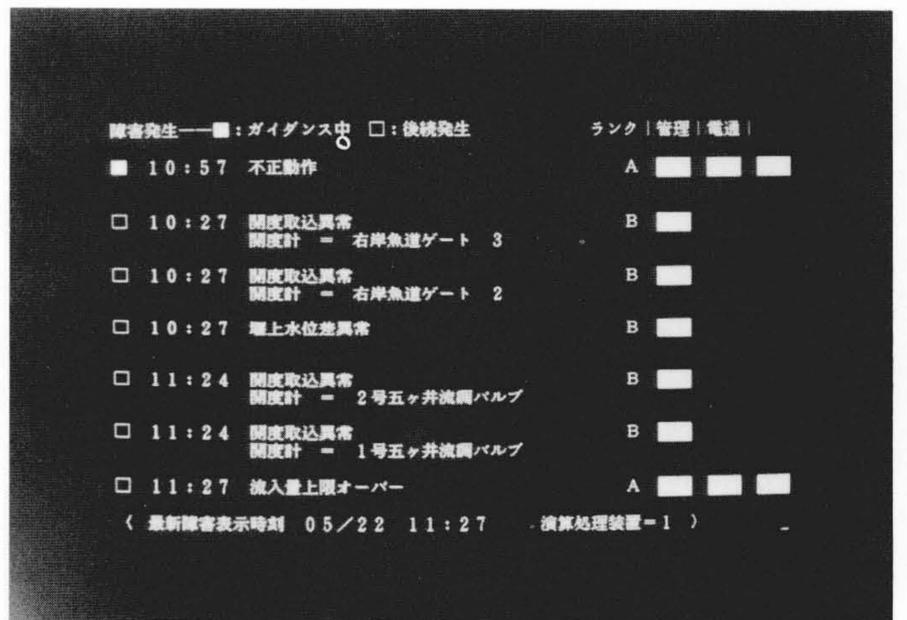


図9 障害発生時の漢字CRT表示(例) 障害項目表示は障害内容、重要度、担当課を1行で出力し、同一担当課の項目が一目で分かるようにした。

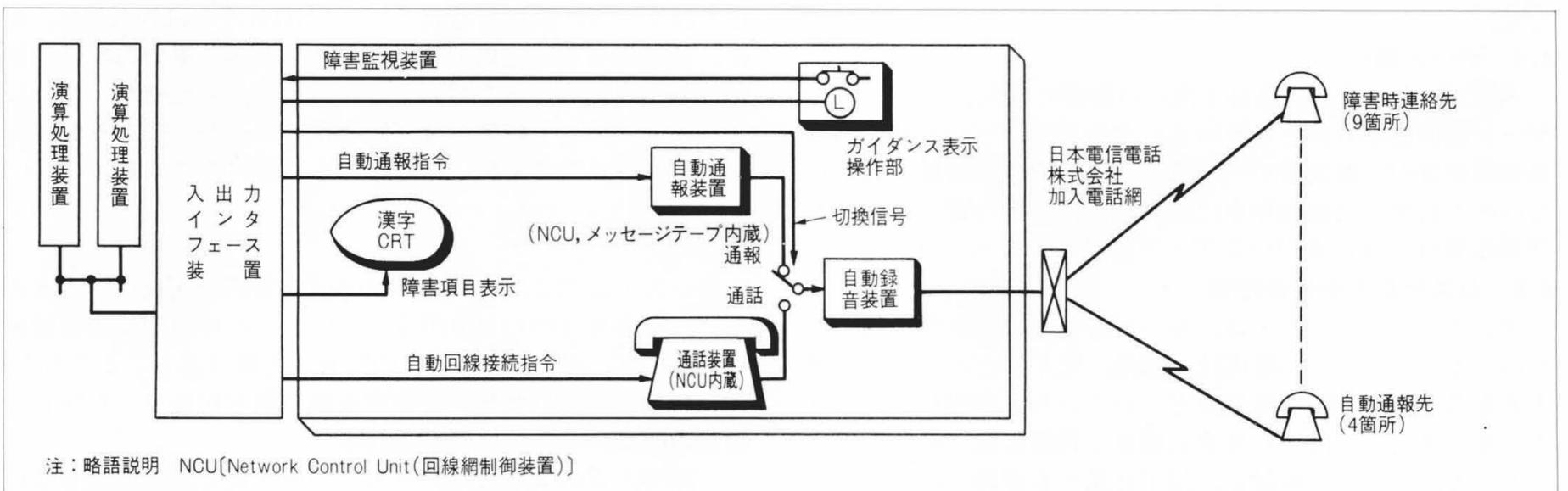


図8 障害監視装置システムブロック図 障害時、連絡先への回線自動接続と通話、処置対応されない場合の自動通報、及び連絡、指示内容の自動録音が可能構成とした。

事態もあり得る。

- (3) 緊急時に必要な情報収集漏れや連絡漏れが発生し、処置が遅れる可能性がある。
- (4) 障害連絡の内容及び指示内容の記録が必要である。
- (5) 障害の担当課及び担当者を迅速に判断する必要がある。

障害監視装置を図7に示す。

### 5.1 システム構成

障害監視装置のシステム構成を図8に示す。本装置は、判読容易な12in漢字CRT(Cathode Ray Tube)装置、LED(発光ダイオード)表示器使用のガイダンス表示と操作部、NCU(回線制御装置)内蔵形通話装置、メッセージテープ内蔵形自動通報装置及び自動録音装置で構成した。

### 5.2 障害の監視方法と処置ガイダンス方式

障害項目のCRT表示例を図9に示す。一つの障害に対して発生時刻、障害内容、重要度、担当課を1行で表示し、最大7障害まで同時表示可能である。また、ガイダンス中の障害項目以外に、同一担当課への障害項目があれば、それも同時に連絡する運用とし、重複ガイダンスを排除した。

処置ガイダンスは、障害項目に対する関連情報の収集要求、担当課自動判定結果による連絡先の確認要求、連絡先への自動回線接続、操作員と連絡先との通話内容の自動録音を行なう。操作員の対応がない場合はあらかじめ定めたメッセージの自動通報を行なう。本ガイダンスにより障害発生時の処置

が明確化され、迅速で確実な対応、処置を可能とした。

## 6 結 言

建設省近畿地方建設局姫路工事事務所納め加古川大堰放流設備制御システムでは、ゲート制御に全国で初めて光伝送方式を採用し、耐雷サージ性の向上、上流で観測した河川流量による洪水制御方式を採用し洪水流下制御の安定化、制御信号二重化による保護方式を採用し安全性の向上、及び障害監視と処置オペレーションガイドを行なう障害監視装置の採用による管理業務の改善を実現した。これらは今後の堰制御の管理の省力化、運用合理化、信頼性、安全性の確保に大いに寄与するものと考えられる。

終わりに本システムの開発に当たり、御指導いただいた建設省近畿地方建設局及び姫路工事事務所の関係各位に対して、心からお礼を申し上げる次第である。

### 参考文献

- 1) 青山: 加古川大堰魚道ゲート, 取水と制水, No.1, Autumn, 65~71(1984年)
- 2) 西岡: 加古川大堰の施工概要, 建設の機械化, 11, 17~23(1983年)
- 3) 国土開発技術研究センター: ダム放流設備制御装置の設計参考書, 国土開発技術センター(1982年8月)
- 4) 杉川: 加古川大堰管理施設概要, 建設電気技術, No.71(1985年)