

# 上水道広域集中監視制御システムの動向

## Trends of the Recent Centralized Supervisory Control Systems for Water Systems

上水道は需要の増大に伴い、水源の遠距離化、水質の悪化、長期・短期の需要変動大、配水管の老朽化による漏水などの問題をかかえている。これらの問題点を少しでも解決するため、管理用計算機を核とした総合管理システム化が推進されている。管理用計算機は曜日、天候、過去の実績を基に需要予測をして取水、浄水、配水計画を行なうほか、漏水防止、サービス圧の均一化を目的として配水管網の制御を行なう。このためには、各設備のデータ収集及び制御指令伝達のため、集中遠方監視制御装置が使用される。

本稿では上水道管理システムの構築の考え方と適用例について述べるほか、配水管網の適正圧力制御(集中形、分散形)と送水幹線の集中監視制御の実施例を紹介する。

高木直文\* Naobumi Takagi  
 野村精志\*\* Seiji Nomura  
 三井芳郎\*\*\* Yoshirô Mitsui  
 笠井武郎\* Takeo Kasai

### 1 緒言

最近の上水道を取り巻く問題として、水資源の不足、配水管からの漏水増加、原水水質の悪化などが発生している。この対応策として、従来はダム建設、浄水場の新設あるいは増設などで対応してきたが、建設費の高騰、用地確保の困難さ、取水権の制限などの問題があり、この対応に限界が生じつつある。このため、既存の設備内で運用・管理面の機能向上を図ることによって解決したいとのニーズが強まり、水源の共用化、浄水場間の水の融通などが行なわれ、これらを円滑に運営する上から、広域に散在する施設を集中監視する上水道広域運用管理システムの導入が強く求められている。

日立製作所は、この社会的要請にこたえるため、最近目覚ましい発展を遂げているコンピュータ技術、通信制御技術、シミュレーション技術を駆使し、種々の検討と工夫を重ね、これらのニーズに対応してきている。本稿では、最近の上水道設備の制御技術の動向と、その中核となる監視制御システムの新技术及び適用例について述べる。

### 2 上水道設備と制御技術の動向

上水道事業には、  
 (1) 上水の安定な供給  
 (2) 適正な水圧の確保  
 (3) 適正な水質の確保  
 の三つの使命が課せられている。しかし、経済規模の拡大、生活水準の向上、人口の集中化などの社会的環境の変化に伴い水道施設の大規模化、使用水量の増大、水源の水質悪化といった問題が生じてきている。この対策として、省資源、省エネルギー、省力化の面からの対応が社会的要請であることから、「限られた水資源、施設の効率的運用」がこの解決策の大きな課題となってきている。このためには、浄水場やポンプ場などの単独施設の監視制御だけでなく、水の需要量予測をも考慮した広域水道管理、いわゆる「上水道広域運用管理システム」が必要である。このシステムに要求される機能としては、  
 (1) 需要に応じた取水、導水、送水、配水計画と、これら運

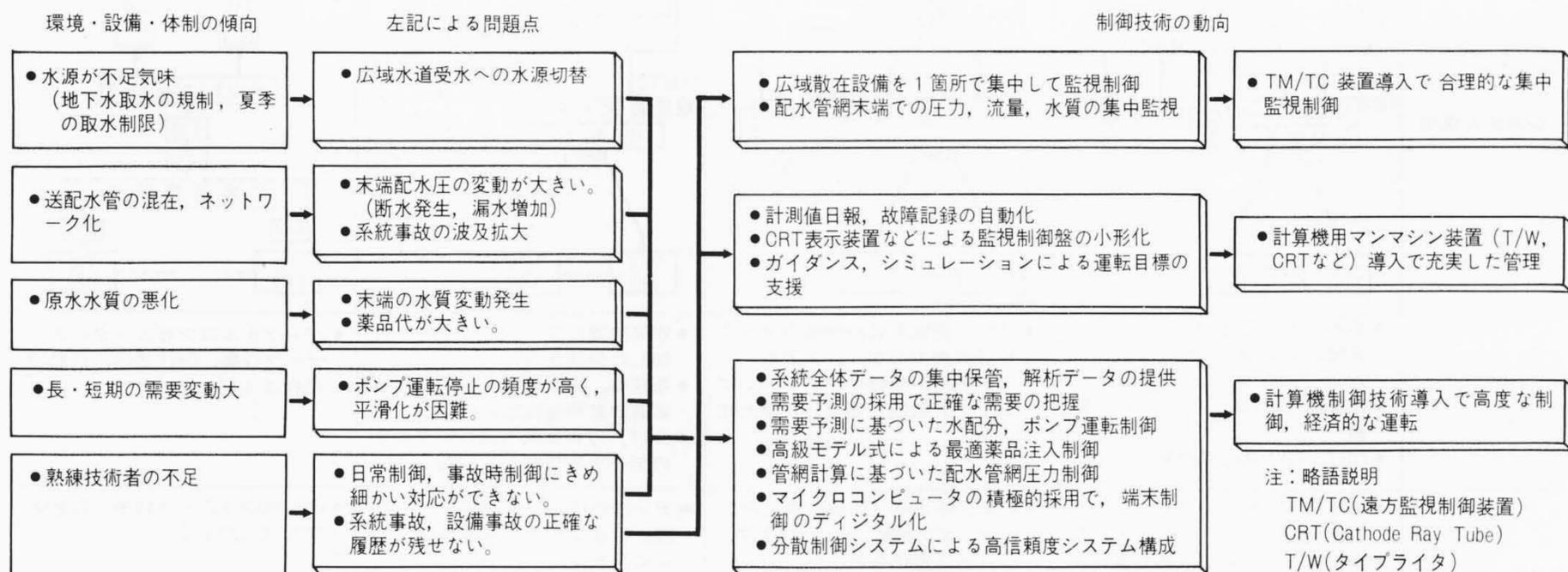


図1 上水道設備と制御技術の動向 広域運用管理システムの導入計画に際しては、問題点とその対応技術の動向を十分に把握して行なわねばならない。

\* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立エンジニアリング株式会社 \*\*\* 日立製作所機電事業本部

用計画に基づく制御。

- (2) 最適水質制御
- (3) 異常の早期発見と的確な対処
- (4) 上水道設備全般から眺めた経済運用

などである。広域運用管理システムの導入計画に当たっては、施設、機器の運用管理及び技術者の不足、環境、設備の変化とこれに伴う問題点、並びに将来計画の検討が重要となる。この整理結果を図1の上水道設備と制御技術の動向に示す。

### 3 広域運用管理システム

#### 3.1 広域運用管理システムの機能と構成<sup>1)</sup>

上水道運用管理システムの構成を図2に示す。広域上水道

系統全体の運用計画と制御という位置づけから、システムに要求される機能としては、取水量及び給水区域全域の需要予測、並びに需要を満たす取水、送水、配水計画の制御が中心となる。本システムは、通常TM/TC(Telemeter/Telecontrol)装置と呼ばれる遠方監視制御装置と、データの処理、加工する管理用計算機から成る。管理センターでのハードウェア構成としては、表1に示す四つの構成が基本となる。方式1は、TM/TC装置に計算機を付加したCASC(Computer Aided Supervisory Control)方式、方式2は、TM/TC装置の親局機能のすべてを計算機化し、マンマシン機能、融通性に優れたCBSC(Computer Based Supervisory Control)方式に基づくものである。方式3は、TM/TC装置にデータ処理機能を付加

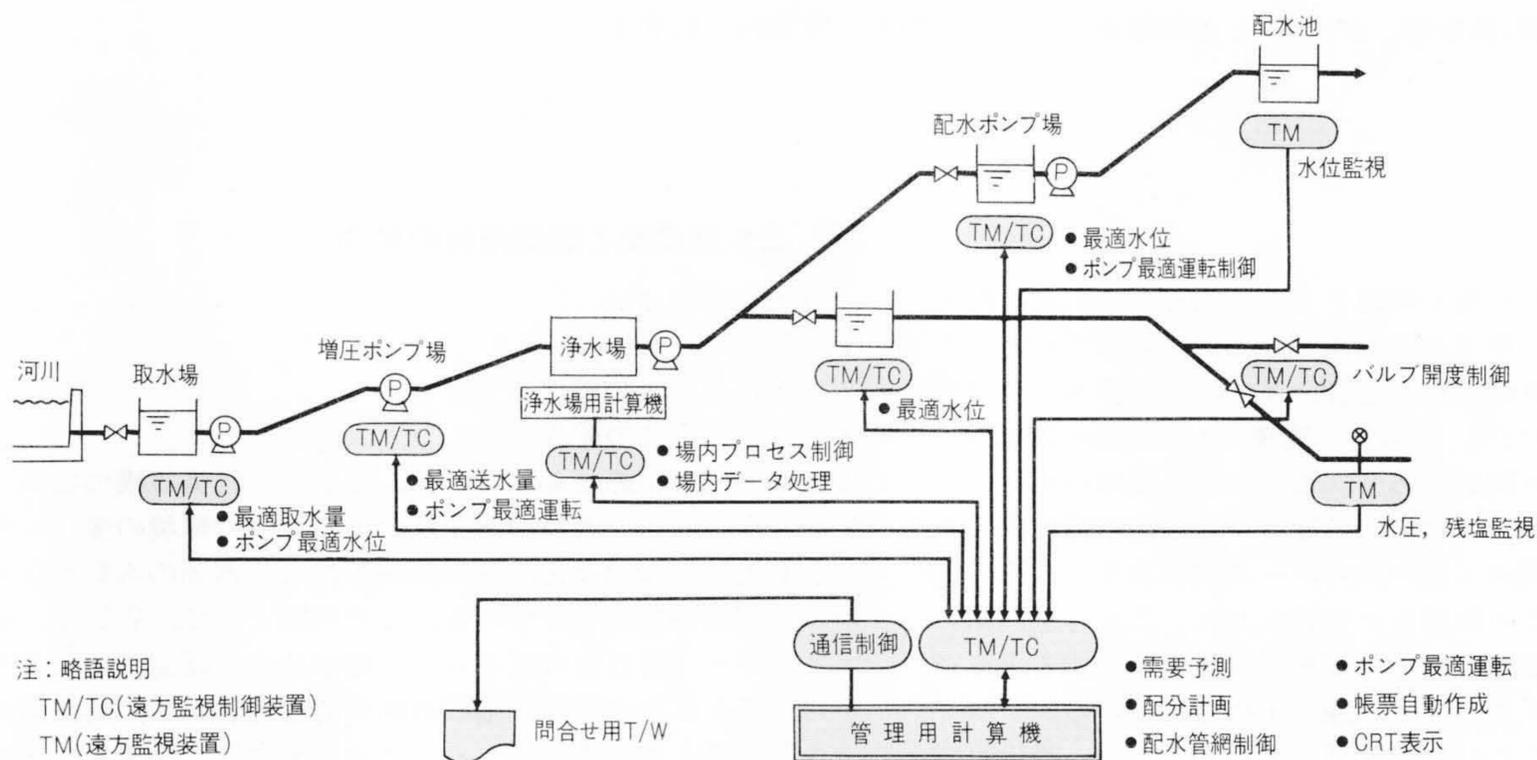


図2 広域運用管理システムの構成  
広域に散在する設備からのデータ収集と遠隔制御を分担するTM/TC、及びこれらのデータをもとに需要予測、運転目標値などを計算する管理用計算機から構成されている。

表1 管理センターでのハードウェア構成 対象設備の規模、要求される信頼性、処理速度などから、大きく四つの形態に分類される。

方式	方式1 (CASC方式)	方式2 (CBSC方式)	方式3(データ処理機能付きTM/TC方式)	方式4(パーソナルコンピュータデータ処理方式)
システム構成				
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>●集中遠方監視制御システムに計算機システムを付加したシステム</li> <li>●系統盤、操作卓はTM/TC親局駆動</li> <li>●CRT、T/Wは計算機駆動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●遠方監視制御装置機能のすべてを計算機で行なうシステム</li> <li>●親局機能の処理はソフト化しマンマシン機能、融通性に優れている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●親局装置にデータ処理機能を付加したシステム</li> <li>●系統盤、操作卓は遠方監視制御装置の監視制御部から駆動</li> <li>●CRT、T/Wは遠方監視制御装置のデータ処理部から駆動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●パーソナルコンピュータによりデータ収集、CRT表示、自動帳票作成を行なう。</li> </ul>
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計算機停止時でも操作卓からの制御可能</li> <li>●集中遠方監視制御装置設置後、計算機システム増設容易</li> <li>●広域、大規模の集中遠方監視制御システムに適する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●計算機停止時(改造、増設時など)すべての機能が停止するため、計算機二重化などのバックアップが必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●データ処理(CRT表示、自動作表)を行なう小-中規模システムに適する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●中小規模のデータ収集、自動帳票作成に適する。</li> </ul>

注: 略語説明 CASC(Computer Aided Supervisory Control), CBSC(Computer Based Supervisory Control), RTU(Remote Terminal Unit), NCU(網制御装置)

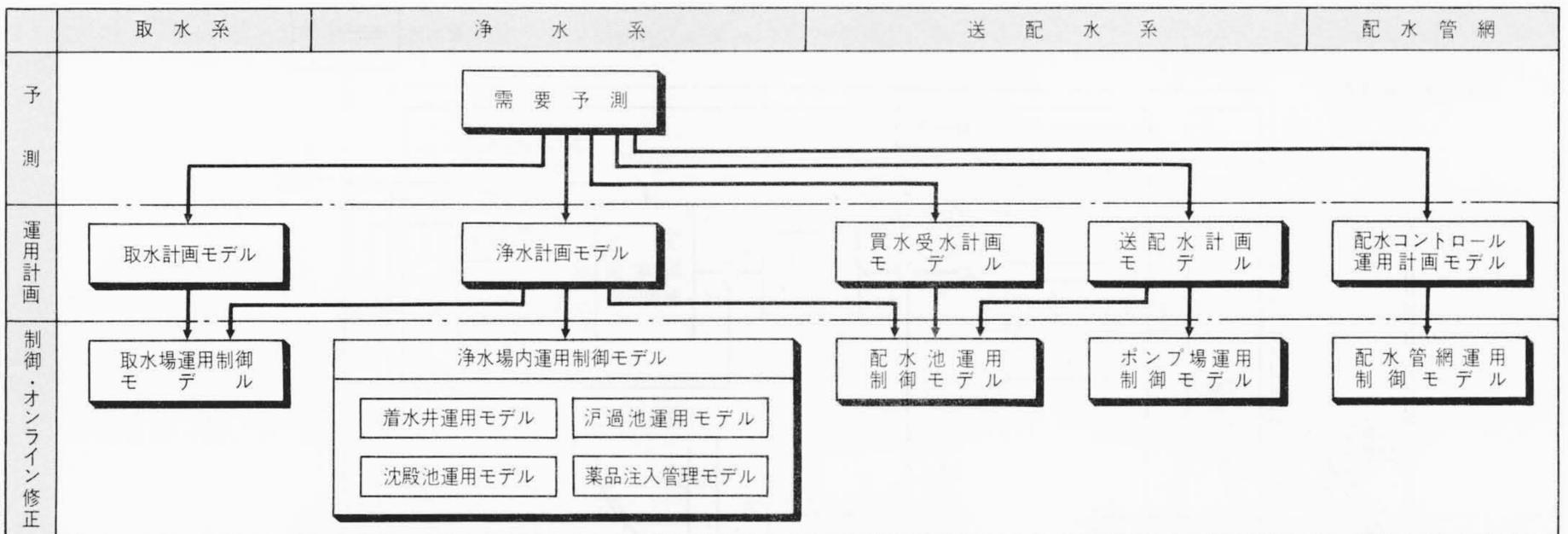


図3 上水道広域管理システムに要求される水運用アプリケーションソフトの全体図 需要予測を基に取水、浄水、配水の計画に必要な広範囲のアプリケーションソフトをそろえている。

し、一体化を図ったものでコンパクトな構成が特徴である。方式4は、公衆通信回線網を用いて収集したデータを、パーソナルコンピュータに処理させる方式で各施設のデータ収集を図りたい場合などに適用すると経済的である。適用に当たっては、システムの信頼性を第一とし、各々の長が最大限に生きるよう考慮してゆかねばならない。

### 3.2 主要ソフトウェア

広域運用管理システムの制御は、予測、運用計画レベルとプロセス制御レベルに分けられる。このためのソフトウェアは、広範囲にわたって取りそろえており、多数の納入実績により改良され、充実されたものとなっている。図3にアプリケーションソフトの全体図を示す。

## 4 配水管網制御システム

### 4.1 配水管網解析技術の開発

配水制御を実施するに際しては、管路網の圧力分布、流量分布を知り、減圧バルブの設置点、圧力観測点の位置を決定することが重要である。このための手段として管網計算が行なわれるが、従来の手法はHardy-Cross法やMarlow<sup>2)</sup>法を用いるものであった。これは非線形代数方程式の収束計算のため、これを線形化するための係数行列を記憶するために大きなメモリと処理時間を要し、大形計算機でしか解くことができなかった。しかし、NEFLAN-A<sup>3)</sup>(Network Flow Analysis and Planning Method-Analysis)の開発により、制御用計算機でオンライン的に大規模管網計算が精度良く行なえるようになってきている。図4は、配水池、総需要量、減圧弁開度をキーインしたときの流量、圧力、流れの方向をCRT(Cathode Ray Tube)画面に出力したときのものである。これにより、制御バルブ設置位置の適否、圧力測定点の決定を定量的に行なうことができ、計画時の立案、設計検討が容易に行なえることとなった。

### 4.2 集中形配水管網制御システム

配水制御は、配水システムの圧力や流量を目標に保つことであり、これによって、全配水量の約2割が失われていると言われている漏水の削減、及び公平な給水サービスが実現できる。しかしこれまで、最適なバルブ操作量を求める管網計算は大形計算機によっても計算時間に数時間を要していたため、オンラインでの制御は不可能となっていた。日立製作所ではこれに対し、

- (1) 原管網を流量、圧力の許容誤差範囲内で約 $\frac{1}{3}$ に縮約する技法の開発
- (2) ネットワークフロー理論による演算自体の高速化技法の開発

を柱とする新制御方式NFFLAN-C<sup>4)</sup>(Network Flow Analysis and Planning Method-Control)によりこれを可能とし、既に高松市水道局<sup>5)</sup>で稼働実績を積み上げつつある。

### 4.3 分散形配水管網制御装置

本装置は、管網の中に分散設置されている減圧弁室に設置して、弁二次圧を中央又は現場で設定した目標値に保つよう制御を行なうもので、ブロック給水及び中小規模上水道への適用を目的としている。中央側では、TM(テレメータ)装置により収集する被制御点である末端圧を検出し、これをもとにして該当する減圧弁子局に二次圧目標値を一定時間間隔で伝送している。減圧弁子局では図5に示す機能図に従い、二次圧が一定となるようバルブを制御する。本方式の特徴は、中央側及び伝送系異常時のバックアップ制御(推定二次圧)機能、消火栓など緊急時の水量を通過させるため、流量急変による圧力補正制御をもたせていることである。また、開度特性補正機能を付加して、ロート弁の制御範囲を3~80%と広げ、昼間、夜間の広い流量変更に対応できるようにしており、更

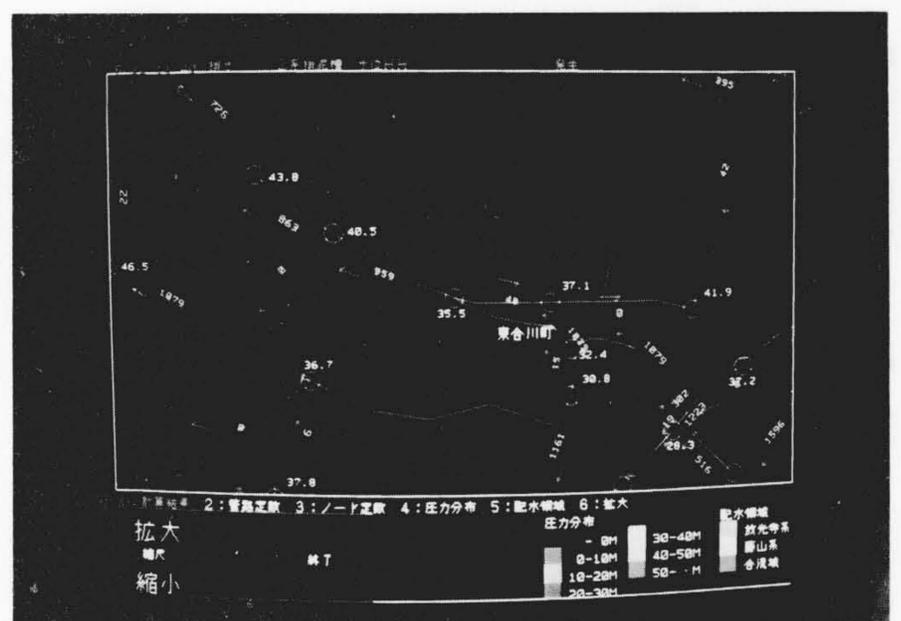


図4 NEFLAN-Aの適用例 原管網をあらかじめインプットした後、配水池水位、総需要量、減圧弁開度をキーインすることにより、水の流れ方向、流量、圧力が画面に表示される。

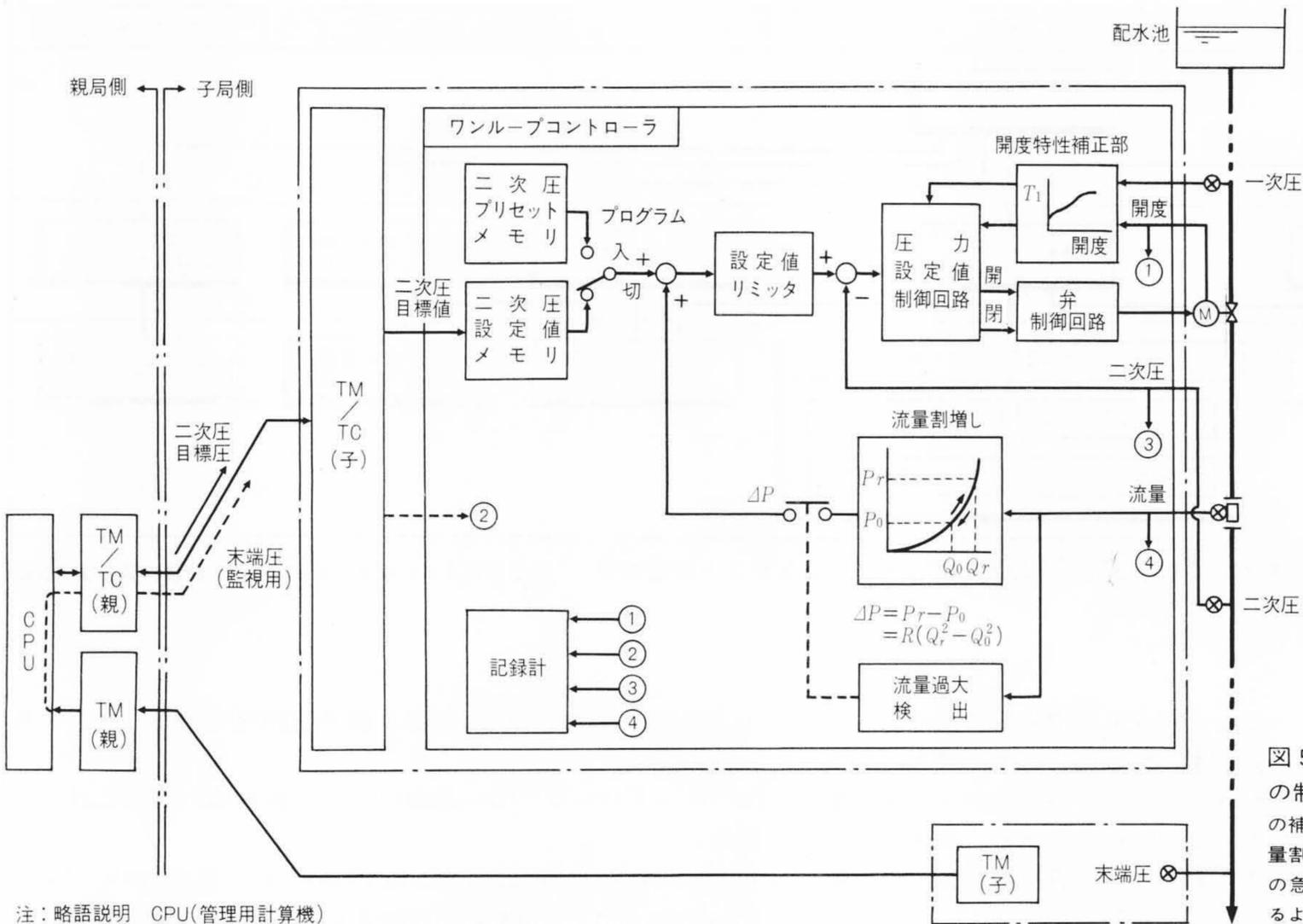


図5 分散形配水制御装置の制御機能図 バルブ特性の補正部及び流量過大検出時流量割増しを迅速に行ない、流量の急変に対し末端圧が一定となるようにバルブを制御している。

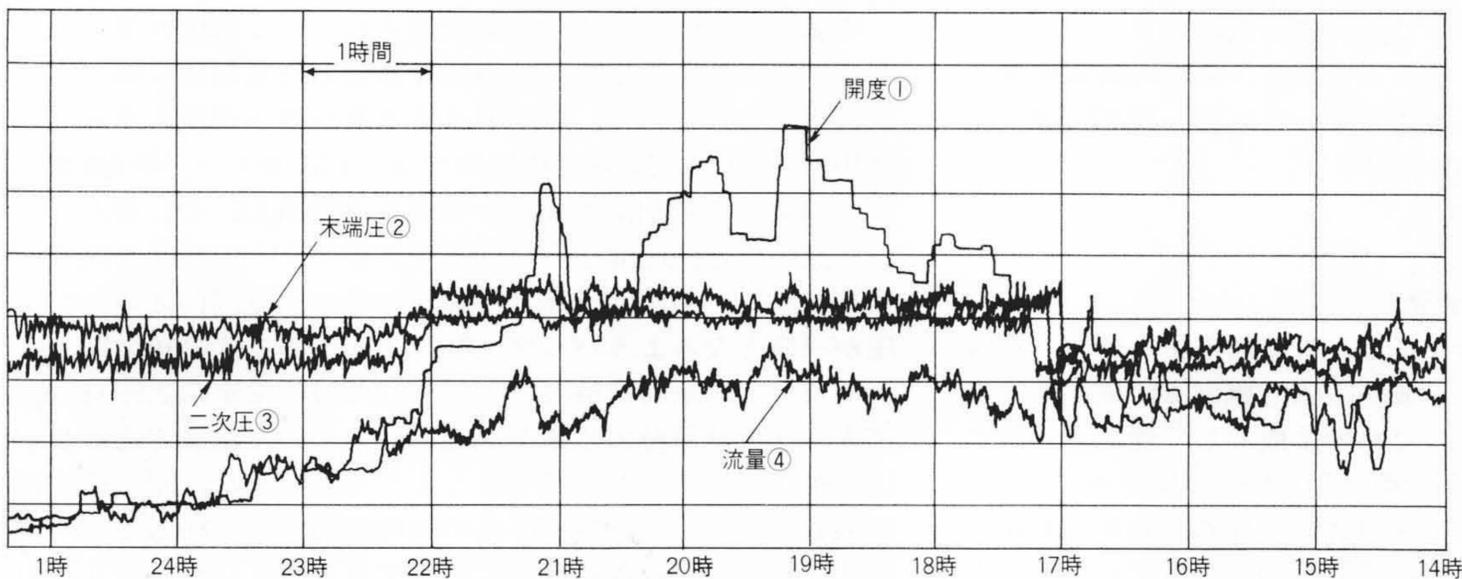


図6 配水バルブの制御特性実測結果 流量変動に対しバルブ開度の制御が的確に行なわれ、末端圧に二次圧がよく追従していることが分かる。

に流量過大検出時は目標設定値に補正を加え、即応性をもたせている。図6に制御特性の実測結果を示す。流量変動に対し、バルブ制御が的確に行なわれ、末端圧に二次圧がよく追従していることが分かる。本装置の採用により、需要家への水圧は均一化されるとともに、漏水の減少、配水管破裂事故の低減が期待できる。

## 5 TM/TC装置

### 5.1 上水道用TM/TC装置の課題

上水道設備の集中監視制御化に当たっての課題は、次に述べる通りである。

- (1) TM/TC装置の信頼性の確保
- (2) 規模、機能の異なる設備群と合理的に整合できる機種がそろっていること。
- (3) 浄水場の多量データの高速度伝送や、配水管路網の少量データ伝送などが、ランニングコストを含め経済的であること。

- (4) 上位管理用計算機との機能分担、結合が合理的に行なえること。

以上の背景をもとに、上水道の多様な設備群に最適な構成ができるよう統一した設計思想のもとに、大・中・小容量形TM/TC装置をシリーズ化している。日立集中遠方監視制御装置、SUPERROL(以下、SPRと略記)の機種と仕様を表2に示す。同表中のSPR-5500は、TM/TC装置の諸機能を標準機能モジュールの組合せによって実現する自立分散マルチプロセッサ構成を採っており、次のような特長を備えている。

- (1) 機能モジュールの追加、増設が容易であり、高信頼度の装置を経済的に構築することができる。
- (2) 万一、いずれかのモジュールが故障した場合には、モジュール監視機能により、該当モジュールだけをリネーバースから切り離すフォールバック運転を可能とし、装置の稼働率向上とシステム信頼性向上を図っている。
- (3) 機能モジュール単位で二重化ができるので、容易に経済

表2 SUPERROLの機種と仕様 小容量から大容量までを統一設計思想に基づきシリーズ化し、システム規模の多様化に対し柔軟に対応できるようにしている。

対向方式		1:1方式				1:N方式
子局数/親局		1子局				30子局
親局	機種	SPR-01M	SPR-02M/12M	SPR-04M/14M	SPR-5050/5100	SPR-7000 (データ処理機能付き) SPR-5500
	親-子組合せ	[Diagram showing connections between parent and child stations]				
子局	機種	SPR-01M	SPR-02M/12M	SPR-04M/14M	SPR-5050/5100	SPR-5500
	伝送点数	制御 ON-OFF 設定値	4 —	—	6・12 —・2	100・200 8・30
	表示	8	13・26	13・26	200・384	
	計測	4	4・8	4・8	40・48	
伝送仕様	伝送手順	CDT手順				CDT, HDLC手順
	伝送速度(ビット/秒)	50・200			50・200・1,200	200・1,200・2,400・4,800
	伝送路	NTT専用回線, 公衆通信回線, 光ファイバケーブル, 自家専用通信ケーブル, 多方向多重無線, 単信無線				
適用システム		極小規模	小規模	中規模	中~大規模	

注: 略語説明 HDLC手順(High level Data Link Control手順)  
CDT手順(サイクリック デジタル テレメータの標準手順)

的な信頼性の高いシステムとすることができる。

- (4) HDLC(High level Data Link Control)方式によるメッセージ伝送, 高速・大容量伝送が可能である。
- (5) 豊富なマンマシン機能(CRT表示, ロギング, アラーム印字機能など)を具備している。

一方, SPR-01Mはマイクロプロセッサ搭載の小形, 省電力の極小容量形TM/TC装置であり, 小形, 小容量ながら対象設備と直接, 接続可能な強電仕様(高耐圧入出力)をもたせている。前述した配水管網制御では, TM/TC装置が必要となるが, 本SPR-01Mを低圧受電部, 計測制御部と一体として1面構成

とし, 更に路上形, 柱上形, マンホール形の3種類を用意して市街地での設置に対処している。

## 6 送水幹線集中管理システム

### 6.1 システムの概要

東京都水道局の多摩地区給水計画の一環として, 日野増圧ポンプ所を中核とした広域給水用送水系施設の集中管理システムが設置された。図7に送配水系統図を示す。

集中管理システムは, 日野増圧ポンプ所から檜原給水所を経て寺田調整槽までの各増圧ポンプ所の円滑な運転, 関連市施設へ送配水するために必要な信号の伝送, 及び無人局管理施設に対する中央からの運転管理, 市施設との情報交換を目的としている。

このために日野増圧ポンプ所を親局とし, 宇津木, 檜原, 寺田の各増圧ポンプ所及び日野幹線上の各調整槽を子局として, 大規模TM/TC装置を設置し, 必要な信号の送受信を行っている。

図8に, SPR-5500のデータ転送機能の一部を示す。日野増圧ポンプ所制御情報は同図に示すように, 管理用計算機を経由することなく, リンケージバスを介して子局に転送し, 増圧ポンプの故障が生じて, 送水系全体へ事故波及の影響がないように考慮している。

### 6.2 特長

- (1) 親局及び重要装置のある増圧ポンプ所には, SPR-5500を設置し, データの集約, 機間間の制御情報の伝送に自律分散マイクロプロセッサ技術を駆使し, 本来の構成技法を活用した構成としている。
- (2) データ管理用計算機としてHIDIC-80Eを中核とし, 日野増圧ポンプ所以降の送水計画を行ない, オペレータガイドの形でCRT表示させ, きめ細かな機間関係運転を実現させている。また, TM/TC装置とHIDIC-80Eとは状態変化優先結合方式とし, 計算機側の負荷を大幅に軽減している。
- (3) 増圧ポンプ所子局にはデータ蓄積機能を付加し, 回線異常時の日報データ欠損防止を図っている。
- (4) 各子局の重要性, 規模により, 表3に示すように伝送回線を選定し, トータルコストミニマムを図っている。

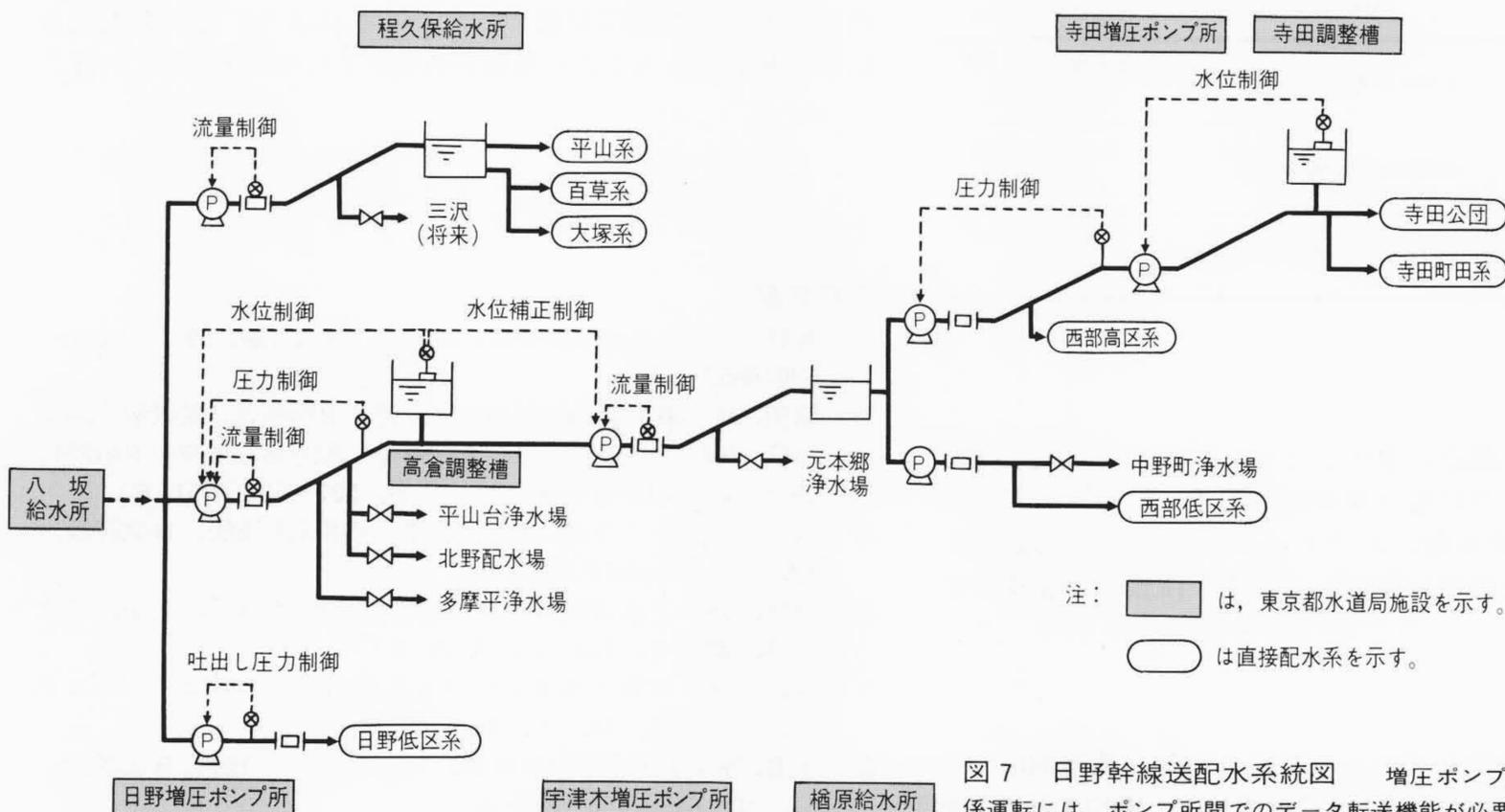


図7 日野幹線送配水系統図 増圧ポンプ所, 給水所間のポンプ連係運転には, ポンプ所間でのデータ転送機能が必要である。

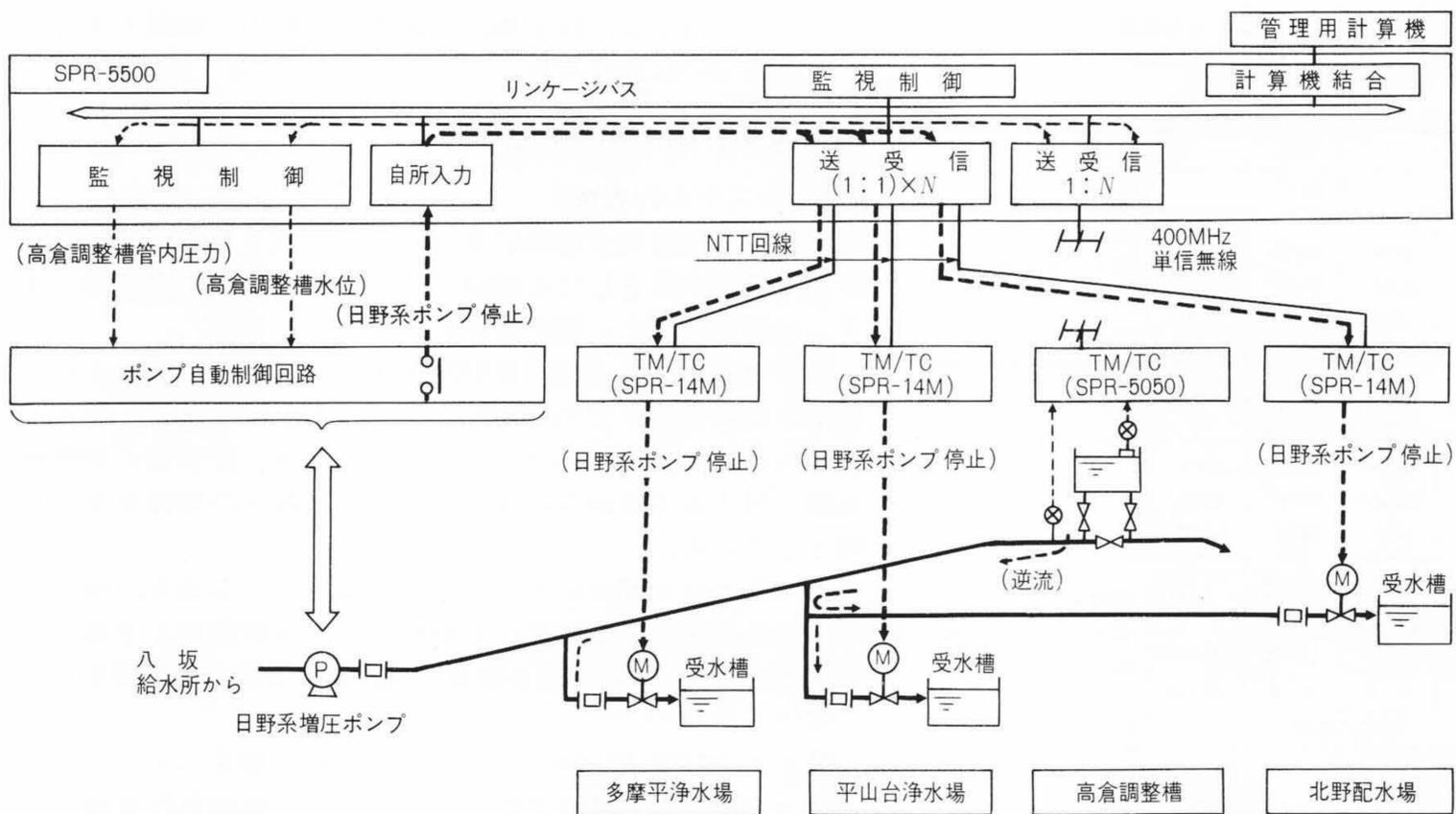


図8 SPR-5500のデータ転送機能 日野系増圧ポンプ停止信号をリンケージバスを介して転送し、各受槽の流入弁を閉し、逆流及び管路内への空気吸込や赤水の発生を防止している。

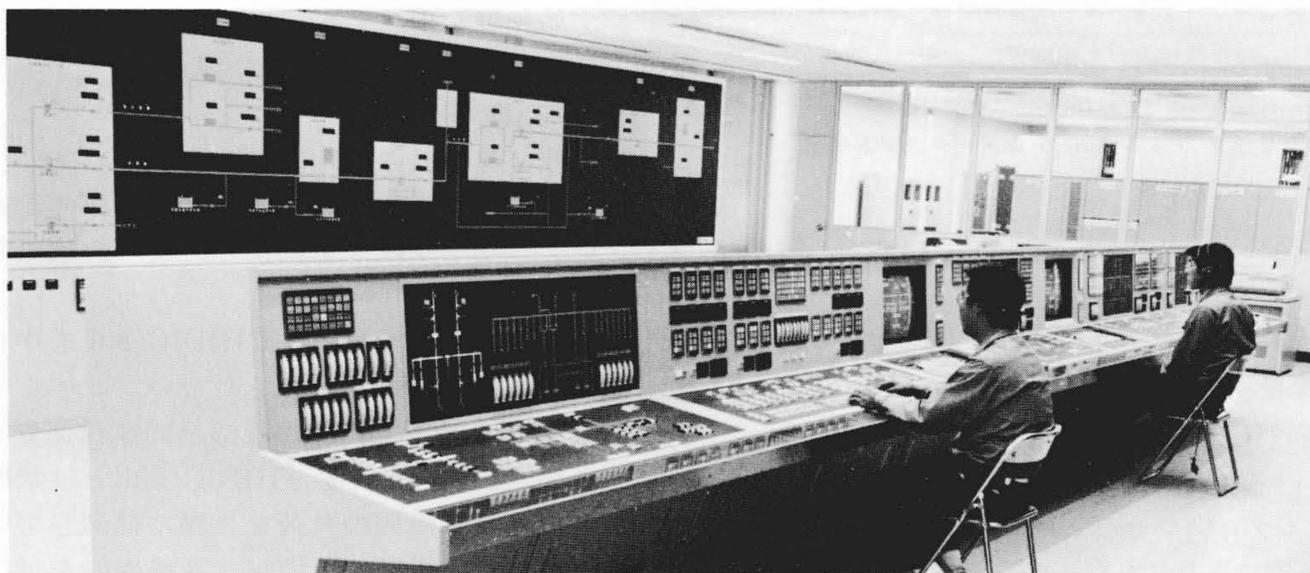


図9 送水系統盤と操作卓 各増圧ポンプ所、給水所、調整槽の詳細はCRTに表示させ、全体系統把握に必要なものだけ送水系統盤、操作卓に指示、表示させて運用管理が行いやすいように配慮している。

表3 適用伝送回線の内容 子局設備の規模と重要度及び設置場所に応じて、伝送回線の種類を選定している。

対象施設	適用伝送回線	伝送速度
増圧ポンプ所、給水所 (3箇所)	2GHz多方向多重無線回線	4,800ビット/秒 (HDLC手順)
調整槽 (3箇所)	400MHz単信無線回線	600ビット/秒 (CDT手順)
受水槽、浄水場 (7箇所)	NTT回線(帯域品目3.4kHz)	200ビット/秒 (CDT手順)

本システムにより相互に連係したポンプ運転を可能とするとともに、逆流防止を行ない赤水発生防止、管路への空気吸込みによる各種障害(水撃, エアポットによる断水)の防止を図っている。図9に親局に設置した送水系統盤と操作卓を示す。

## 7 結 言

以上、広域運用管理システムの最近の動向と適用例について述べたが、上水道設備にTM/TC装置が広く適用されてきた

背景には、日本電信電話株式会社の回線サービス開放が大きく影響しているといっても過言ではない。高度情報社会を迎え、今また通信回線の在り方が大きく変わりつつあり、この利用の方法を的確に見極めてゆくことにより、更に発展的な広域運用管理システムが展開されてゆくものと確信している。

## 参考文献

- 1) 神林, 外: 上水道総合管理システム, 日立評論, 59, 8, 625~630(昭52/8)
- 2) 宮岡, 外: 最小費用流計算による管路網解析法, 電気学会論文誌C, 261~268(昭56/11) 及び高桑: 配水ネットワークの解析法とその応用, 電気学会雑誌, 96, 527~534(昭51-6)
- 3) 大成, 外: 上下水道における設備・運用計画技法, 日立評論, 62, 8, 547~552(昭55-8)
- 4) 宮岡, 外: 上水道配水制御技法“NEFLAN-C”の開発, 日立評論, 64, 2, 135~140(昭57-2)
- 5) 西岡, 外: 高松市水道局向け上水道配水コントロールシステム, 日立評論, 64, 6, 447~452(昭57-6)
- 6) 大音, 外: 上下水道におけるシミュレーション技術, 日立評論, 57, 9, 645~650(昭57-9)