

広域水道情報伝送システム

Data Transmission System of Wide Range Water Distribution

Water resources are becoming harder to secure especially in the environs of large cities, and in such area, high efficiency utilization of existing water resources should be realized. One way to attain this is centralization of information on available water supply from all pumping stations in the area.

The authors discuss the system of remote supervision and control for such information system citing a few examples of its application.

原田寿明* Toshiaki Harada
渡瀬英夫* Hideo Watase
高橋 猛** Takeshi Takahashi
宝川卓也*** Takuya Hôkawa

1 緒 言

戦後わが国のめざましい経済成長とともに、都市構造の改革が行なわれ、同時に水の使用面においても生活環境の変化によって需要形態が大きく変化した。

このような事態に対処するため、各都市において水道の拡張事業あるいは広域化が進められているが、水道設備が同一区域にとどまらず広域に散在するため、施設の経済的運営、省力化を図る一環として、集中管理化が計画され、実施されつつある。

本稿は今後計画実施される水道の広域化に伴う情報伝送システムを取り上げ、水道事業に適したシステムの考え方を概説するとともに、最近の納入実績から代表的な二つの例について述べる。

2 対象設備の概要

上水道設備は生産と輸送という二つの面がある。すなわち、水源より取水した原水を飲料水として使用できるように、沈殿、薬品注入、ろ過などの処理を行なうことが生産であり、取水から配水までの水の移動が輸送である。上水道設備の特徴は水の輸送のために設備が広域にわたって散在し、しかも設備数が多いことである。

一方、設備運用の面から考えると、水は生活に不可欠であり、(1)需要をまかなうだけの水量の確保(2)安全を守るための水質の確保は必須条件である。しかも経営の面からはプロセスを合理的に運営して人件費、動力費の削減を図り、喝水、水質汚染時の迅速な処理によるサービスの向上を図る必要が

ある。

従来、これら設備は有人で現場相互で連絡をとりながら運転をしてきた。しかし設備は増加するのに人手は不足し、サービス向上の要求は強まるために、遠方制御装置により設備を無人化し、制御用計算機によって運転を自動化する広域集中制御方式が採用されるようになった。

2.1 プロセスの遠方制御対象

図1は一般的な上水道プロセスのブロック図である。ここでは代表的設備の動作概要とその遠方監視制御項目について述べる。

(1) 取水場の監視制御

河川からの表流水を取り込み、スクリーンによってごみ、流木などの流入を防ぎ、微小粒子を沈砂池に沈殿させる。ここではゲート、バルブを制御し、水位、流量、ゲート開度などを監視する。

(2) 導水ポンプ場の監視制御

通常、取水場から浄水場までの距離は遠いので圧送するためのポンプ場を設けることが多い。ここでは加圧ポンプ、吐出弁、受変電設備を制御し、水位、開度、流量、電圧、電流、電力などを監視する。

(3) 浄水場の監視制御

着水井にはいつてくる原水は細菌類がはいっているので塩素によって滅菌する。続いて硫酸バンド、ソーダ灰、バックなどの薬品を注入して浮遊物を凝集させ沈殿池で沈殿させる。これを飲用水にするにはろ過池でろ過し、再度塩

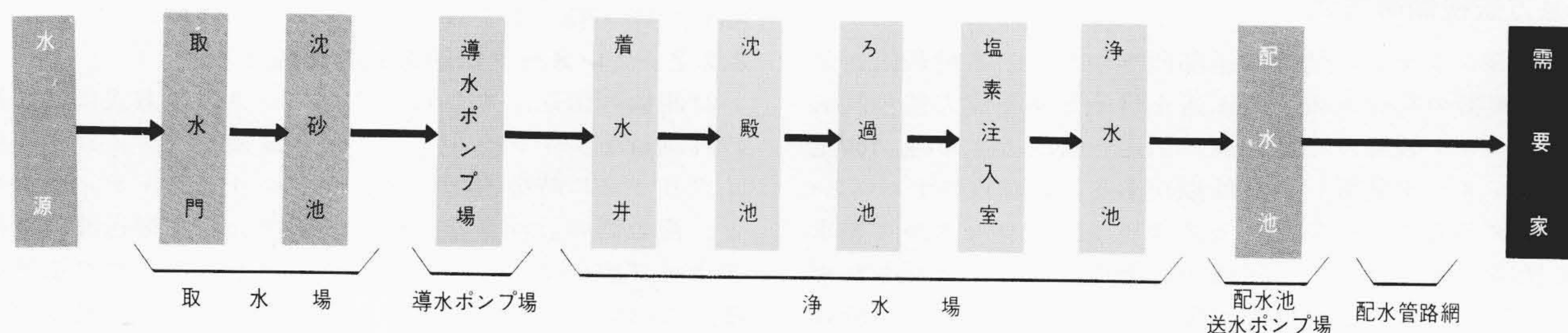


図1 上水道プロセスブロック図 上水道プロセスは水源から需要家までの水の輸送と浄水の生産を目的としている。その設備は広域に散在しているので、情報伝送が必要になる。

Fig. 1 Block Diagram of Water Distribution Process

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所通信機事業部 *** 日立製作所小金井分室

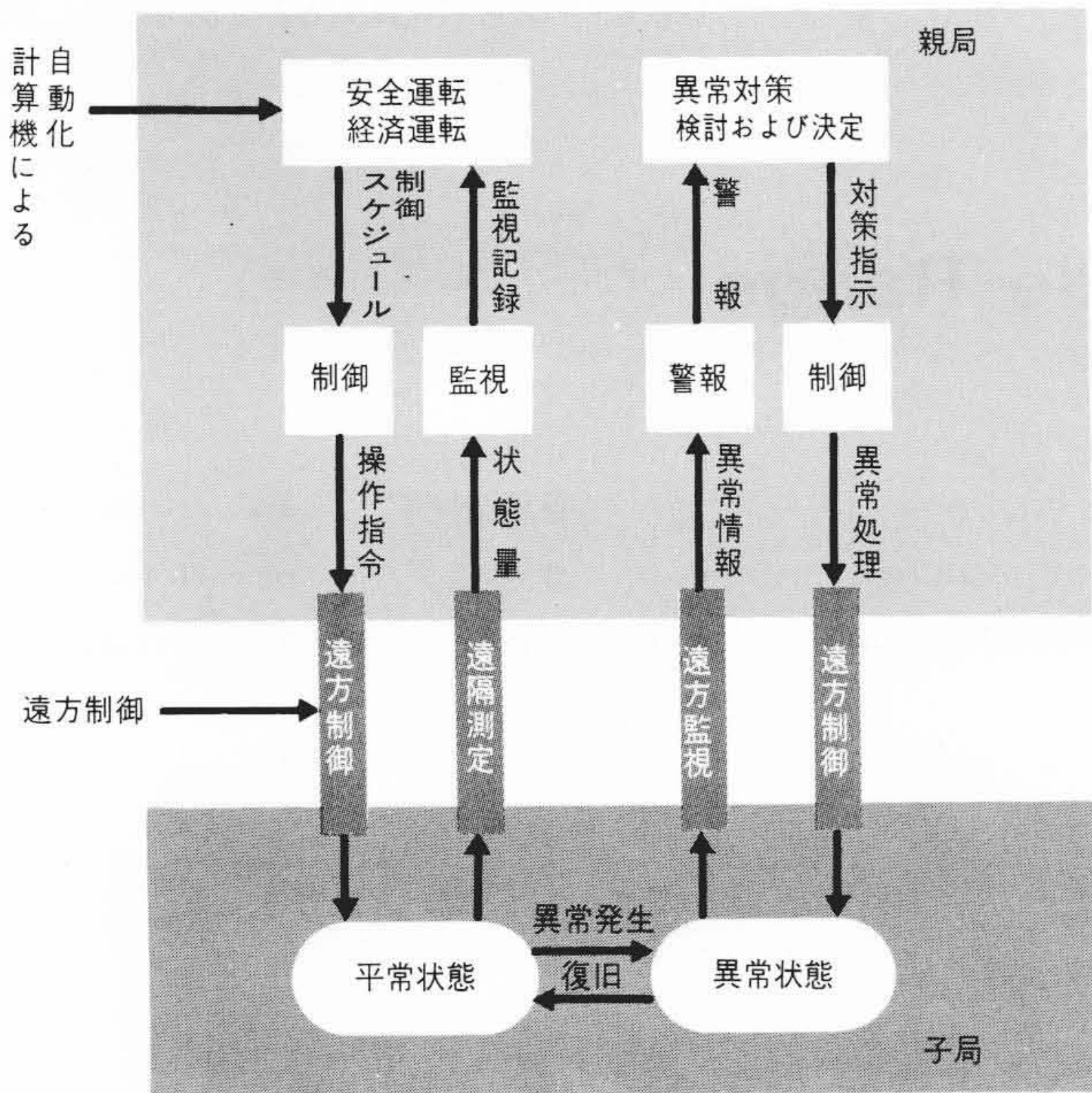


図2 プロセスの管理運用形態 プロセスの運用はプロセスの安全性と経済性を最大限に引き出すために行なわれる。

Fig. 2 Flow Diagram for Process Control

素を入れて浄水とする。ここでは流入弁、流出弁、ポンプ、薬品注入機、受変電・自家発電設備を制御し、流量、開度、速度、水位、濁度、電圧、電流を監視する。

(4) 配水池の監視制御

配水池は浄水場と需要家の中間にあって、需要のピークを吸収するため浄水を貯蔵するところである。ここではバルブの制御があり、水位、流量の監視がある。さらに高台にある需要家に給水するような場合には配水圧力を大きくするための配水ポンプが使用され、加圧ポンプ、受変電設備の制御と電流、電圧の監視が追加される。

(5) 配水管路網の監視

配水管路は需要家への給水路であり、末端圧力の確保と漏水防止のため、主要部分の配水管圧力を監視することもある。

2.2 プロセスの管理と運用

図2はプロセスの管理運用の形態を示したものである。形態は平常時と異常時に大別される。

平常時はプロセスを安全にしかも効率よく運転することが重要で状態量をモニタしながら、取水量、ポンプ台数さらには浄水場運転計画を決定し、制御する。異常時は異常の内容を警報し、その拡大を防止するための異常処理制御を行ない、プロセスを平常に復旧する。

3 遠方監視制御方式

集中制御システムの情報伝送部門をつかさどる情報伝送装置には、機器の制御と表示の伝送を目的とする遠方監視制御装置（テレコン装置）と計測値の伝送を目的とする遠隔測定装置（テレメータ装置）の2種類がある。これらのテレコン・テレメータ装置には対象プロセスの規模、プロセスから要求される機能および性能、伝送路の形態などにより分類された各種の装置があり、これらを対象プロセスに応じて使い分けることにより、最適な監視制御システムが構成できる。

3.1 方式選定条件

プロセスに最適な集中制御システムを構成し、運転合理化と労働力節減の最大効果を得るためには、テレコン・テレメータ装置の最適機種を選定が絶対条件であり、装置の方式選定条件には次のものがあげられる。

(1) 対象プロセスの規模

これには子局数と制御・表示・計測項目数の大小があり、子局数の大小により装置の親局対向方式すなわち1:N集中式と(1:1)×N集合式の区別を決定し、1子局当たりの項目数の大小が信号の分割伝送の方法を決定する要因になる。

(2) 伝送情報の内容

伝送情報の種類には、機器のON-OFF制御、設定値制御、ON-OFF表示、デジタル入力計測値およびアナログ入力計測値があり、これらの情報伝送機能の有無により、装置の方式が限定される。

(3) 伝送路の形態

伝送路は大別して親子間の信号伝送を同時に重複して行なう複信回線と交互にのみ行なう単信回線があり、単信回線の場合のテレコン・テレメータ装置はその信号伝送方式が限定される。

(4) 情報伝送速度

プロセスの運転上許される伝送の時間遅れの大小で、装置の親子対向方式、変復調装置のボー数、表示優先割込伝送など高速伝送機能の要否が決まる。

(5) 計測精度

高精度の計測を必要とする場合のテレメータ装置には、伝送機器の誤差が少ないデジタル方式が有利である。

以上のほか、親局関連制御装置との結合、プロセスから要求される運転制御のシステム信頼度、増設時の許容停止時間、盤面監視制御の形態、設置場所の環境条件なども考慮すべき条件である。

3.2 機器の方式比較

テレコン・テレメータ装置の方式選定にあたり、装置の各種方式仕様の検討を行なうが、そのおもな比較項目のうち親子対向方式、テレメータ伝送方式、監視制御形態の比較について説明する。

3.2.1 親子対向方式の比較

集中制御システムを構成する場合のテレコン・テレメータ装置は一個所から多数の子局を監視制御する形態となるので、信頼性が高く、かつシステムの全体構成が経済的であることが望ましい。

この場合、装置の方式を大別する一要因の親子対向方式の比較がよく問題視される。これには親局装置を各子局に共通にして子局の信号を集中化する1:N集中式と、各子局専用の1:1方式を集合した(1:1)×N集合式とがある。

表1は1:N集中式と(1:1)×N集合式の比較を示したものである。表1より広域集中制御のテレコン・テレメータ装置は、情報量が多く高速伝送を必要とする重要プロセスを除いては一般に1:N集中式が適している。

3.2.2 テレメータ伝送方式の比較

計測値の伝送、すなわちテレメータ伝送方式には、複数個の計測値をデジタル・コードに変換し、デジタル値をサイクリックに時分割伝送するサイクリック・デジタル方式と、複数個の計測値を変復調装置を介して搬送波に変換し、アナログ値のまま連続的に多重伝送するアナログ搬送式がある。このいずれを採用するかは情報の信頼性、精度および応答速度などがシステムの的に調和のとれることを検討して決める必要がある。

表2はデジタル方式とアナログ方式の比較を示したものである。表2より、大量多目的の情報の伝送と自動処理装置の結合などによる本格的集中自動制御システムを構成する場合はデジタル方式が、また盤面監視制御を主体とする小規

模集中制御システムを構成する場合はアナログ方式が適している。

3.2.3 監視制御形態の比較

盤面制御の形態には、全子局の全項目ごとの指示計、表示器、制御スイッチを個々に設け、これで全項目の常時監視制御を行なう常時監視制御方式と、全子局に対し最大公約数の指示計、表示器、制御スイッチを設け、これらの共通器具で子局単位に選択監視制御する選択監視制御方式がある。

前者は盤面監視制御を主体とする小規模集中制御システムに、また後者は自動処理装置を中核とした大規模集中制御システムに適している。

3.3 日立テレコン・テレメータ装置の概要

表3は広域集中制御に適した日立テレコン・テレメータ装置の仕様一覧表である。

装置はいずれもビルディング・ブロック方式をとっており、表1 1:N集中式と(1:1)×N集合式の比較 1:N集中式の特長は盤面監視制御の合理化、自動処理装置および上位伝送装置との結合の簡易化である。

Table 1 Comparisons of 1:N System and(1:1)×N System

項目	方式	1:N 集中式	1:1 集合式
信頼性		論理素子のIC化と共通回路の二重化により信頼性が高い。	装置故障の影響が1個所に限定される。
盤面監視制御		監視制御デスクと1:1結合になり、制御表示の合理化と小人数での監視制御が容易。	監視制御デスクと(1:1)×N結合になり、運転制御の合理化が図りにくい。
関連の装置結合	自動処理装置	結合が容易。	結合がやや困難。
	上位伝送装置	結合が容易。	結合がやや困難。
システムの拡張性		親局関連装置の増設は容易。子局の増設は比較的容易。	親局関連装置の増設はやや困難、子局の増設は容易。
経済性		子局の数が多く、関連装置が多い場合に有利。	子局の数が少なく、関連装置が少ない場合に有利。

表2 デジタル方式とアナログ方式の比較 デジタル方式は大規模制御システムに、またアナログ方式は小規模制御システムに適している。

Table 2 Comparisons of Digital Telemetry and Analog Telemetry

項目	方式	デジタル方式	アナログ方式
運用上の特長		大量多目的の情報伝送に適し自動処理装置、上位伝送装置との結合が容易である。	小容量のアナログ量の伝送に適し、変化が連続的に把握(はあく)できるので、アナログ指示、記録ができる。
情報の信頼性		伝送路の雑音による影響を受けにくい。	伝送路の雑音による誤差がでる。
精度		高い(±0.5〜1%)。	低い(±1〜2%)。
装置の経済性		情報量の多い場合に有利である。	情報量の少ない場合に有利である。

表3 テレコン・テレメータ装置の仕様一覧表 対象プロセスに適した各種方式に最適な方式を選択できる。

Table 3 Specification of Supervisory Control Equipment

製品名称		周波数組合せテレコン装置		アナログ搬送テレメータ装置		アナログ無線テレメータ装置		1:1汎用サイクリックテレコン・テレメータ装置		1:1大容量サイクリックテレコン・テレメータ装置		1:Nサイクリックテレコン・テレメータ装置	
項目		制御・表示		計測		計測		制御・表示・計測		制御・表示・計測		制御・表示・計測	
装置の目的	ON-OFF制御	あり	小容量	なし	—	なし	—	あり	中容量	あり	大容量	あり	中容量
	設定値制御	なし	—	なし	—	なし	—	なし	—	あり	小容量	あり	小容量
	ON-OFF表示	あり	小容量	なし	—	なし	—	あり	中容量	あり	大容量	あり	中容量
	アナログ入力計測	なし	—	あり	小容量	あり	小容量	あり	中容量	あり	大容量	あり	中容量
	子局数		10		制限なし		10		1		1		15,30,60
表示優先伝送		なし		なし		なし		なし		あり		あり	
伝送速度(ボー)		—		50		50		50/200/(600)		200/(600)/1,200		50/200/(600)/1,200	
伝送路の形態		複信回線		複信回線		単信回線		複信回線		複信回線		複信・単信回線	
関連装置との結合	自動処理装置(制御用計算機)	困難		やや困難		困難		容易		容易		容易	
	上位系伝送装置	困難		やや困難		困難		やや困難		やや困難		容易	

注：1. デジタル入力の計測値はON-OFF表示10項目に相当する。
2. 伝送路形態の複信回線は日本電信電話公社専用線、私設線を示し、単信回線は単信無線などを示す。
3. 伝送速度の()内の数字は非標準である。

対象プロセスに応じた最適な構成を組むことができる。

(1) 周波数組合せテレコン装置、アナログ搬送テレメータ装置

周波数組合せテレコン装置は音さ発信器の信号で周波数分割して多重伝送するもので、ON-OFF制御とON-OFF表示の伝送ができる。

アナログ搬送テレメータ装置は計測値を衝流周波数に変換し、変復調器を介して搬送波に変換して多重伝送するもので、アナログ量の伝送ができる。

この両者の装置を組み合わせると、小容量設備の遠方監視制御に適している。

(2) アナログ無線テレメータ装置

本装置は周波数組合せテレコン装置の原理で子局を呼び出し、アナログ搬送テレメータ装置の原理で計測値を伝送する1:N集中式テレメータ装置であり、伝送路が単信無線の場合の小容量設備の計測に適用される。

(3) 1:1サイクリック・テレコン・テレメータ装置

本装置は機器の制御、表示および計測を目的としたもので、制御、表示信号は常時サイクリックに伝送され、計測値は表示信号と同じ回線を用いてサイクリック・デジタル・テレメータで伝送される。

装置は容量に応じて汎用形と大容量形の2種類があり、伝送速度は50ボーから1,200ボーまで自由に選ぶことができ、さらに表示の優先割込伝送ができるなど、用途の広い装置である。

(4) 1:Nサイクリック・テレコン・テレメータ装置

本装置は広域に点在する設備機器の制御、表示および計測を目的とし、親局装置を各子局に共通にした1:N方式の集中制御装置である。

装置の主要部はすべてIC化され、親局装置はきわめて小形化されている。本装置は自動処理装置および上位系伝送装置との結合が簡素化され、制御用計算機と組み合わせた本格的集中自動制御システムの構成が可能である。

4 実施例

4.1 十日町市の上水道管理システム

(1) プロセスの概要

十日町市では市内7,000世帯に1日16,000m³を給水する水道設備(4水源地、3配水池)をもっている。同市は信

濃川に沿った町でその伏流を使用して4個所の井戸からポンプで原水をくみ上げ、これを塩素減菌して3個所の配水池に貯(たくわ)え自然流下で各需要家に供給している。

図3はプロセスとその制御システムのブロック図である。冬季における設備の運転保守は降雪量が多いため多大の労力を必要としてきた。そこで第1水源池にコントロールセンタを設置して、水源地および配水池との間に電話回線を使用したテレコン・テレメータ装置を導入して機場の無人化を図ったものである。そしてコントロール・センタに設置された監視盤によって刻々と変化する水位、流量、ポンプの運転状態、減菌剤の残存量などを監視するとともに、機器の異常検出を行なって異常が迅速に発見できるようにしてある。

表4は設備の監視制御項目を取りまとめたものである。

(2) 監視制御システムの概要

本システムは無人化された水源地、配水池の集中制御が目的の比較的小規模の広域上水道システムである。機場とコントロール・センタを結ぶ連絡線には日本電信電話公社の電話回線を利用している。情報の伝送方式はその量と質に従って各種方式に使い分けられている。配水池および第2水源地は比較的情報量が少ないためにアナログ搬送テレメータ装置が採用され、表示も項目数が少ないので周波数組合せ方式が採用され、経済的なシステムを構成している。コントロール・センタでは流量と水位についてアナログ記録指示するとともに流量積算値をデジタル表示している。故障表示としては故障が発生すると警報、点滅表示する。

第3、第4水源地は計測量が多いうえに機器の制御もあるので、1:1方式のサイクリック・テレコンにデジタル・テレメータの機能を備えた遠方制御装置を用意し、制御と計測を同時に行なっている。連絡線に余裕がなく時間的には比較的余裕のあるシステムでは本装置が有効であり経済的である。水源地では計測値のうち水位と流量をアナログ記録表示するとともに、流量積算値のデジタル表示を行なっている。また水温、吐出圧力、塩素残量、電圧、電力、周波数を常時表示し、バルブ開度、ポンプ電流は機器に対応した選択測定になっている。ポンプ、バルブおよび受変電設備の制御は、コントロール・センタの制御デスクから行なわれ、故障表示、計測値は監視盤に表示される。

表4 設備の監視制御項目 十日町市のプラントを例にとって小規模集中制御システムの監視制御項目をまとめたものである。

Table 4 List of Supervisory Control Items

子局名	項目	量数	内容
第1水源地	表示	6	ポンプ故障
	計測	3	電圧、電流、電力、水温
第2水源地 第1配水池	表示	3	ポンプ故障
	計測	4	電圧、電流、電力、水温
第3水源地	制御	20	しゃ断器、ポンプ、バルブ
	表示	30	減菌機故障、発電機故障、火災、過電流、エンジン故障、直接
	計測	21	水温、電圧、電流、電力、周波数、弁開度、吐出し圧力、送水量
第4水源地	制御	20	(第3水源地に同じ)
	表示	30	"
	計測	21	(第3水源地に同じ)
第2配水池	計測	2	水位、流量
第3配水池	計測	2	水位、流量

故障表示と計測は同じ装置を使用して伝送しているが、急いで故障警報を出すために優先伝送機能をもたせてある。

図4はコントロール・センタの外観である。

本システムの特徴は電話回線を利用し、しかも対象設備の規模にみあった各種方式を採用して経済的なシステム構成としたところにあり、小規模な広域水道情報伝送システムの典型と考える。

4.2 愛知県水道局（西三河水道事務所）におけるシステム

4.2.1 システムの概要

本実施例のシステム系統は図6に示すとおりである。幸田浄水場と豊田浄水場では、それぞれ水質(シアン、pH、濁度)水位、機器の状態、各供給点の残留塩素、水圧、流量、機器の状態および調整池の水位、機器の状態を計測、監視することにより、各自治体に供給する上水の品質、配水量の管理ならびに取水、配水の効率的運用を図るものである。

幸田浄水場と豊田浄水場は、現状システムではそれぞれ独立にデータの収集処理を行なっているが、同一周波の電波を時分割で使用して電波の有効利用を図っている。

また、現在幸田浄水場と豊田浄水場で独自に行なっている

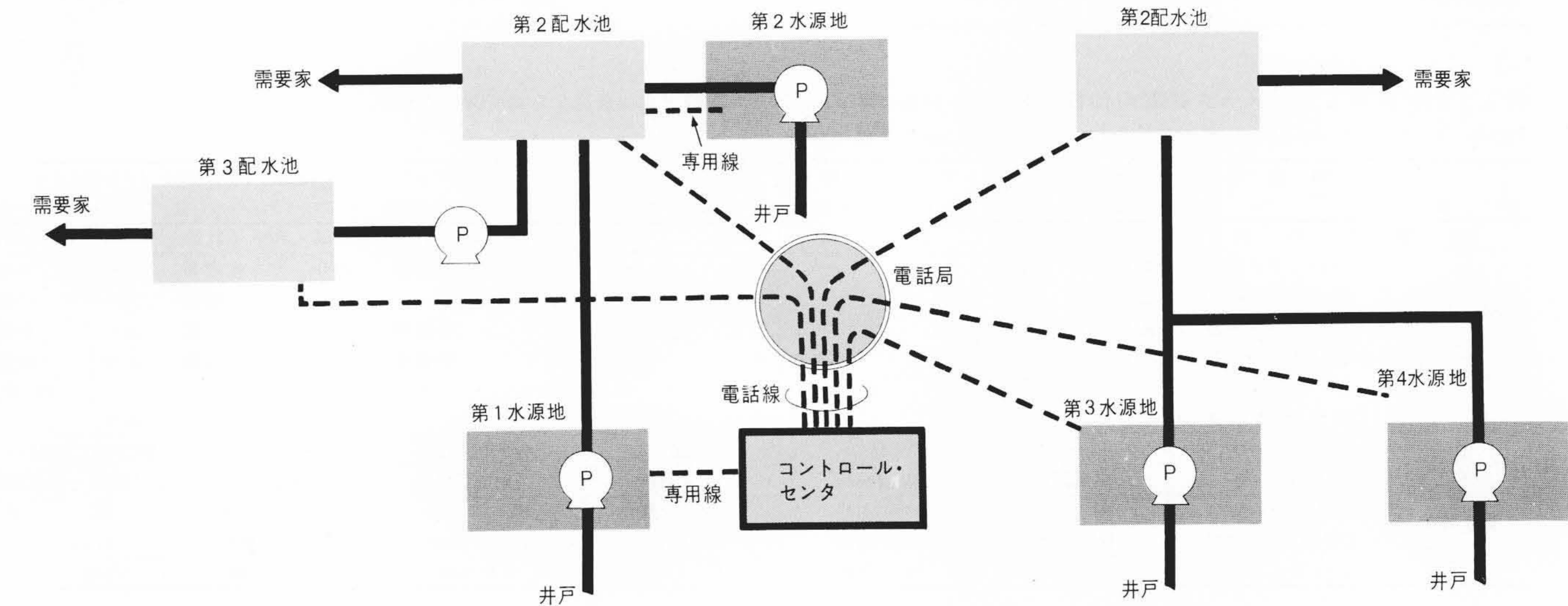


図3 上水道プロセスのブロック図 表4の監視制御項目を制御するシステム構成である。

Fig. 3 Water Distribution Process Control System for Tōkamachi City

管理運用を将来は知立管理事務所で集中的に行なうことが可能のように準備されている。

前述の目的のために、本システムでは下記的方式が採用されている。

- (1) 情報伝送システムとして、HITOS 4000システムを採用した。
 - (a) 伝送路には70MHz帯1波を用い、デジタルポーリング方式でデータの収集を行なう（データ収集時間外には通話が可能）。
 - (b) データ伝送方式はNRZ等長符号による50B/Sデジタル方式である。
 - (c) 符号検定方式は水平垂直パリティ併用である。
 - (d) 幸田浄水場と豊田浄水場の両システムには同一周波の電波が使用されているため、両浄水場に連携装置を設けてインターロックを行なっている。

- (2) 両浄水場には処理装置を設置し、データ収集の時間管理、情報伝送システムの制御（15分間隔のデータ収集、任意時操作による全局あるいは1局のデータ収集、収集データ異常時の再呼出しなど）を行なうとともに、下記の収集データをもとにした各種演算と演算結果の出力を行なうほか、各種システムの異常が発生した場合のメッセージ出力、機器の制御などを行なっている。
 - (a) 15分間隔あるいは任意時に収集したデータを表示盤に出力する。このとき流量については前回収集データとの増分を1時間値に換算した各供給点の値およびこれらの和である総流量を出力する。
 - (b) 毎定時には日報としてタイプライタに印字する。このとき、流量については、前回印字値との増加分としての1日の累積値、1ヶ月の累積値を各供給点ごとおよびこれらの和を同時に出力する。

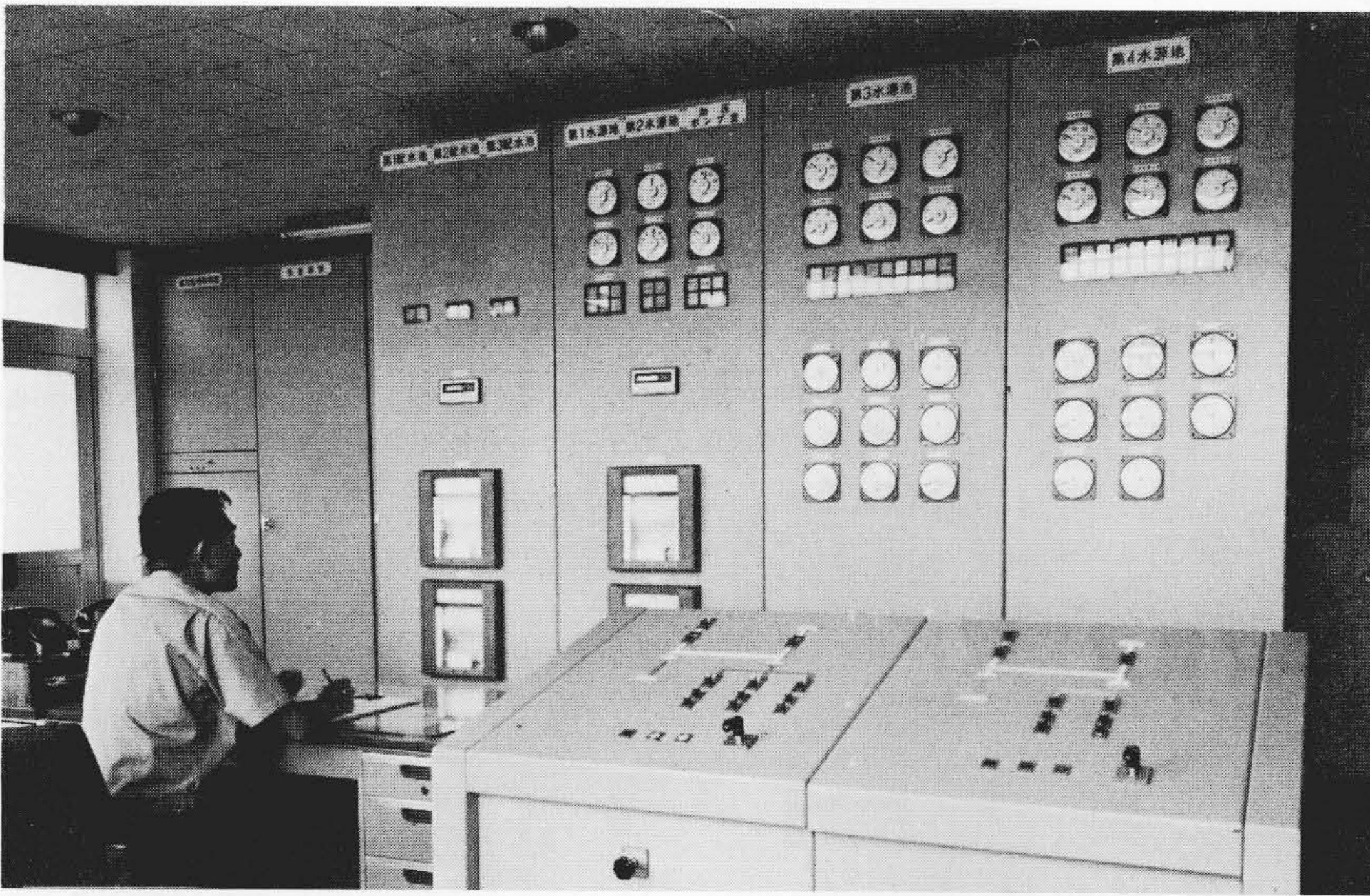


図4 十日町市水上道コントロール・センタの外観 十日町市上水道の運営、管理、制御を集中処理するコントロール・センタの外観である。

Fig. 4 External View of Control Center

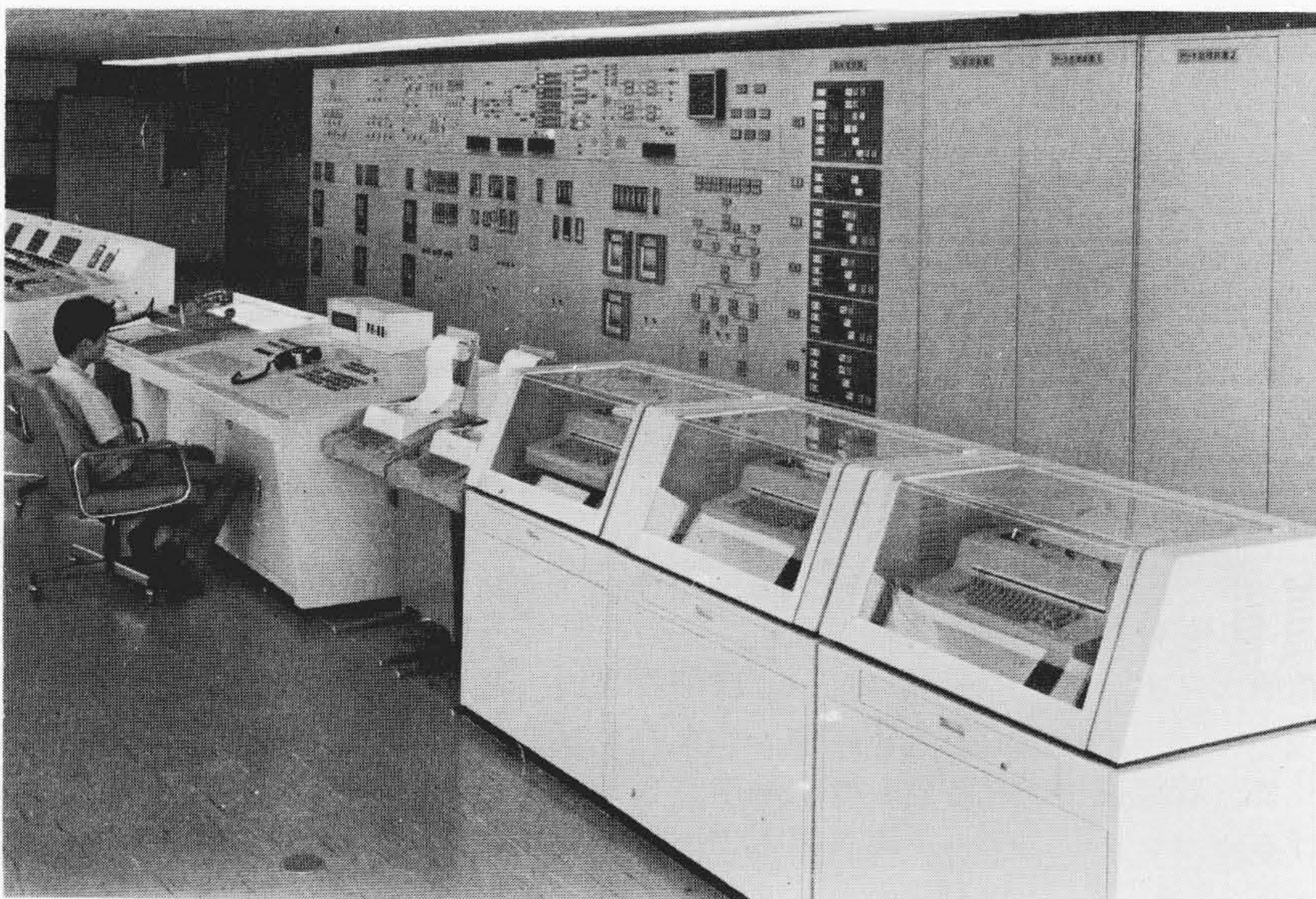


図5 豊田浄水場コントロール・センタ外観 豊田浄水場内設置のコントロール・センタ全景である。

Fig. 5 Control Center of Toyota Water Purification Plant

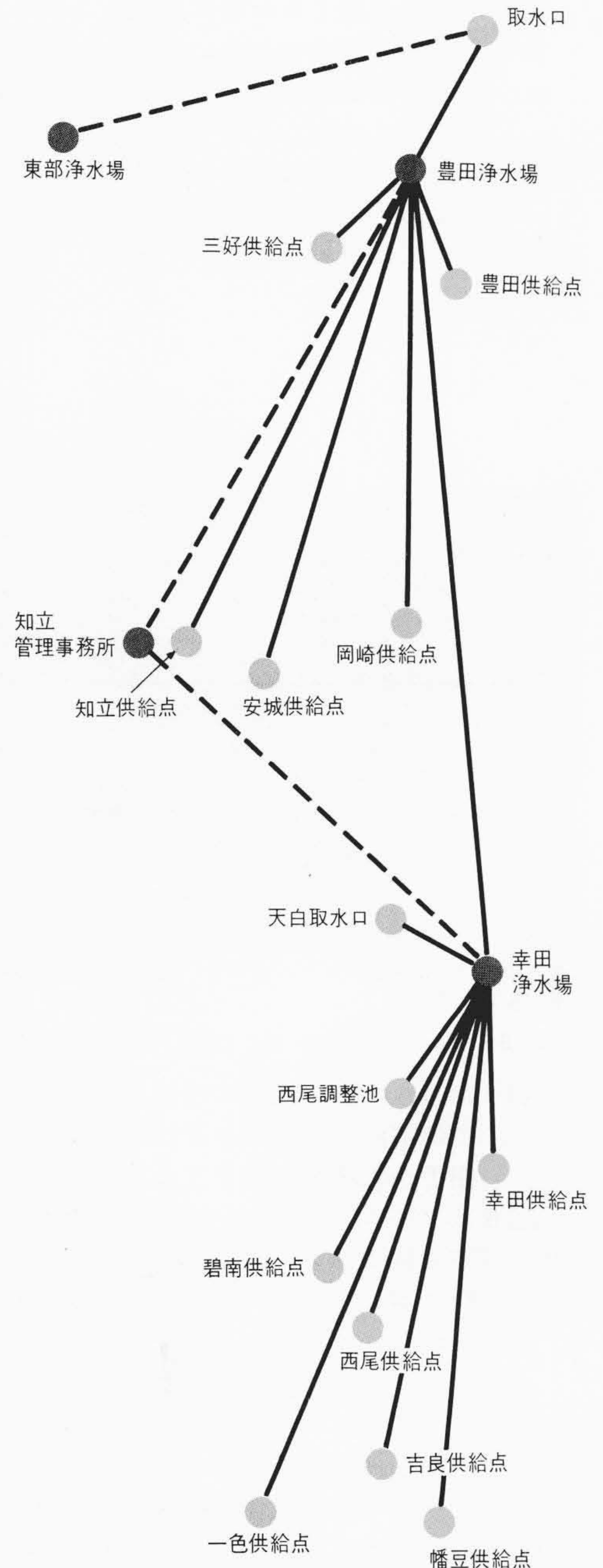


図6 システム系統図 ●印は観測点を、●印は監視を行なう場所を示し、実線は実施中の、点線は将来増設すべき伝送経路を示す。

Fig. 6 Data Transmission System Configuration

(c) 情報伝送システムの異常（不応答，符号検定不良が再呼出し後にも発生したような場合），受信したデータが異常値の場合，各種デバイスに異常が発生した場合には，現象ごとに万能入出力装置へのメッセージ出力，操作卓へのランプ表示，ブザー表示などを行ない保守点検を容易にしている。

(d) 幸田浄水場システムについては西尾調整池の水位データは特に重要であるので，情報伝送システムの予備系として無線アナログテレメータが併設されている。

豊田浄水場中央監視室に設置された親局設備の機器構成は図7に示すとおりである。豊田浄水場では浄水場内のデータ収集処理が同一システムとして構成されている。

4.2.2 本システムの特徴

(1) 電波共用のためのインターロック

幸田浄水場と豊田浄水場のそれぞれ独立したシステムが同一電波を共用するために，両システムが同時にデータ収集を行なうことができない。このため，

- (a) 両浄水場が15分間隔で行なうデータ収集開始時間をずらす（6分間）。
- (b) 両浄水場の時刻が常に一致している必要があるので，幸田浄水場から毎正時に信号を送り，豊田浄水場の時刻を補正する。

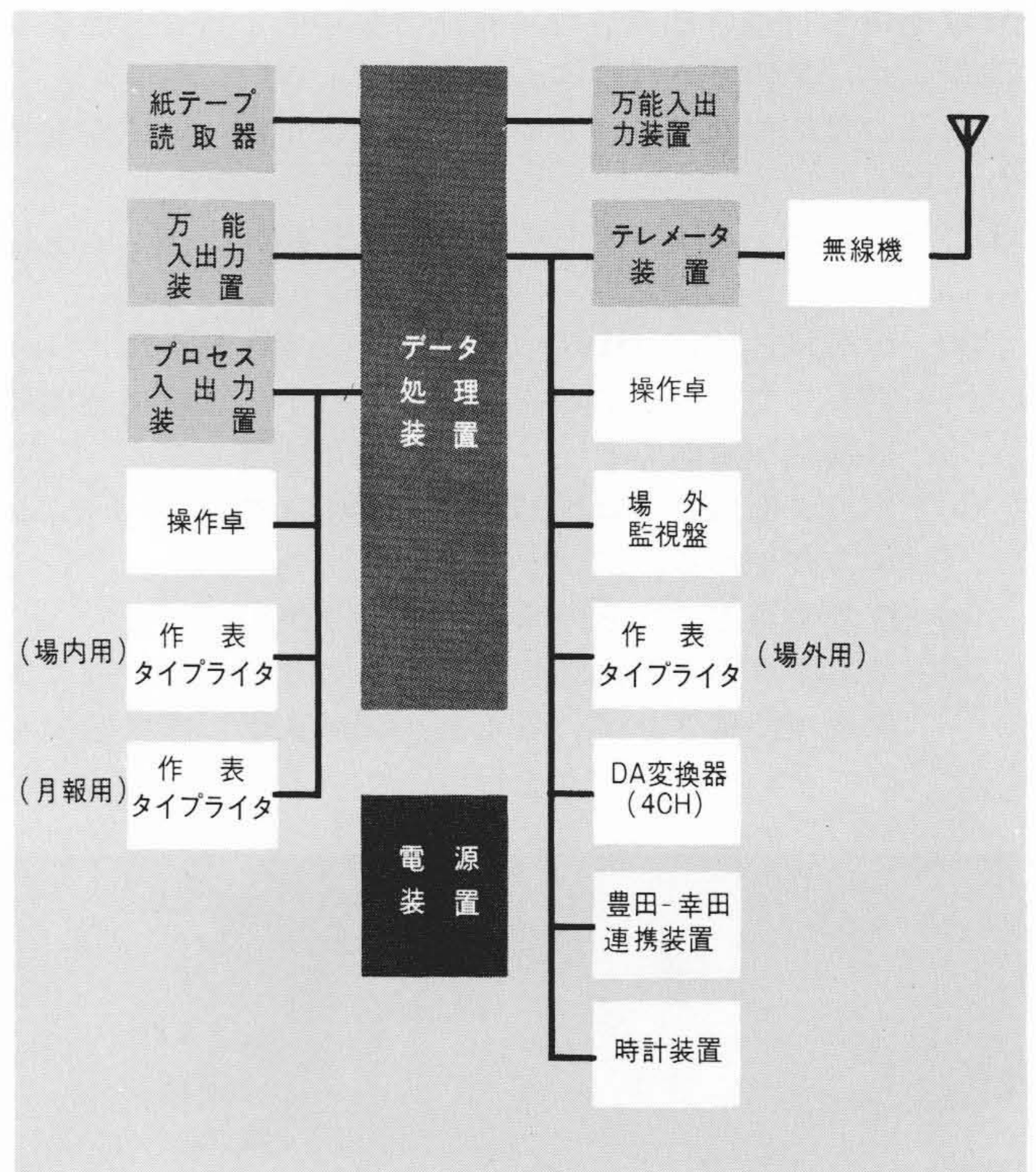


図7 豊田浄水場中央監視室機器構成 テレメータを用いた遠隔地点のデータのほかに浄水場内のデータを合わせて収集処理している。

Fig. 7 Block Diagram of Toyota Water Purification Plant

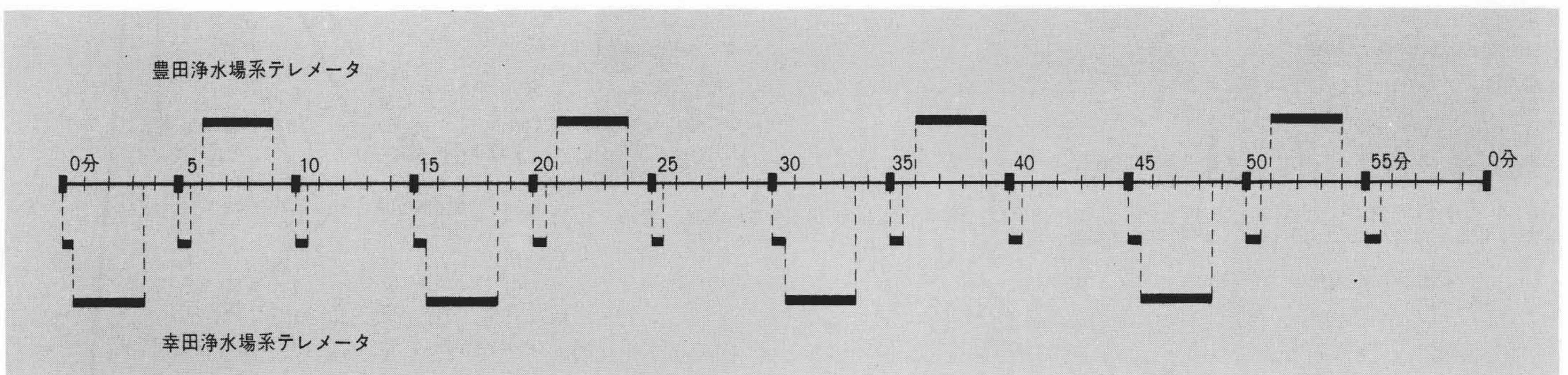


図8 幸田一豊田浄水場データ収集タイムスケジュール 本図は定められた時間に行なわれるデータ収集のタイムスケジュールを示し，空(あ)き時間には任意選択によるデータ収集，あるいは通話に用いることができる。

Fig. 8 Time Schedule for Data Transmission

(c) 両浄水場が任意時に行なう，データ収集，通話に際しては電波使用開始および終了を表わす信号を送出し，相手浄水場をロックする。

図8はタイムスケジュールを示したものである。

(2) 積算流量カウント方式

一般に本システムのように単一无線回線を用いて伝送を行なう場合には子局にカウンタを設けて計数し，親局からの呼出しがあったとき，計数値を伝送するが，これが終わると自動的にあるいは親局からの信号により計数値をリセットするのが通常である。

本システムでは流量値は料金徴収をはじめとして，管理運用上も非常に重要な情報であるため，子局に設けるカウンタは1ヶ月分の容量をもったノンリセット式カウンタである。伝送路，親局などにトラブルが発生しても，トラブル回復時に再呼出しを行なうことにより，トラブル発生前からの積算値は常に正しく得ることができる。

また，子局装置の故障などに対しては，子局内蔵カウンタは数値設定機能を設け，検出器側に設けた指示値と数値を一致させておくことにより，1ヶ月以内のいかなるトラブルに対しても流量積算値が得られるようにしてある。

5 結 言

以上，広域水道情報伝送システムの考え方と代表的実例について述べたが，この分野における情報伝送システムは，他の分野に比べ，設備の規模，運用方法，地理的条件が，各水道事業体によってまちまちであるため，今後，これらの特質を考慮した広域用システムが必要であり，調和のとれたシステムを導入することにより，さらに，水道事業の経済的な運営が行なわれるものと考えている。

本稿をまとめるにあたりご指導，ご協力をいただいた，十日町市水道課，愛知県水道局の関係各位に深く感謝する次第である。