

上下水道システム特集

上水道総合管理制御システム……………	57
広域水道情報伝送システム……………	65
下水道集中制御システム……………	71
上下水道計測機器……………	76
上下水道ポンプと速度制御システム……………	82

上水道総合管理制御システム

Total System for Water Supply Control

In the utilities industries supplying electric power, gas and water, it is becoming increasingly important to secure maximum efficiency of operation by striking a balance between supply and the ever-changing demand resulting from changes in social conditions as well as in natural environments. Described here is a total system for water supply control that is designed to guarantee rational operation in water intake, conveyance, reservation, purification, and distribution. The descriptions include the various subsystems that are required so as to share the various functions of the sophisticated computer control system, which is in practical use.

浜岡 尊 *	Takashi Hamaoka
大音 透 **	Tôru Ôhto
鈴木 敬 **	Takashi Suzuki
橋本忠雄 ***	Tadao Hashimoto
小野寺傑 ***	Suguru Onodera
松本邦顕 ****	Kunioki Matsumoto
長井正篤 *****	Masaatsu Nagai

1 緒 言

最近の人口および産業が都市ならびにその周辺へ集中化する傾向は、ガス、水道、電気などのユティリティ産業において設備の大型化、運営の複雑化を招来している。一方、資源としての水も量、質の面からの圧迫によって自由材から貴重材へと移向しつつある。このような条件下にあっては上水道の需要供給特性を系統的にとらえ、コンピュータ・パワーによりその総合管理制御を図っていくことが必要であり、すでに横浜市、愛知県、北九州市などでこのようなシステムを計画中であり、アメリカにおいても大形計算機を導入して計算制御、経営計算、運用計算を計画している数例がある。

2 上水道総合運用管理システム

一般に上水道の持つ特長は次のようである。

- (1) 公共性（必要時に必要な水を供給する）
- (2) 供給系統（特に配管網）の複雑性

- (3) 需要変動（季節、気象条件、使用目的により使用水量が変動する）
- (4) 供給変動（天候による水質汚濁、水量変動がある）
- (5) 系の特性（系の制御にあたって需要～供給間に時間遅れ、漏水現象を考慮する必要がある）

したがって、上水道系全体の効果的運用を行なうためには、配管網末端圧力一定制御、系の時間遅れ、需要変動および気象予測を考慮した予測制御、安定な水の供給のための水質、水量、構造の面からの安全性制御、労働力不足に対処するための省力化を基調に系統全体の運転費用の最小化を図るための経済運用の機能が必要である。

経済運用は取水、運水、貯水、配水など需要、供給に関する諸条件を制約として線型計画法（LP）あるいは動的計画法（DP）などの採用により運転費用を最小化するような各送配水流量を決定する最適送配水計算として与えられる。この計算

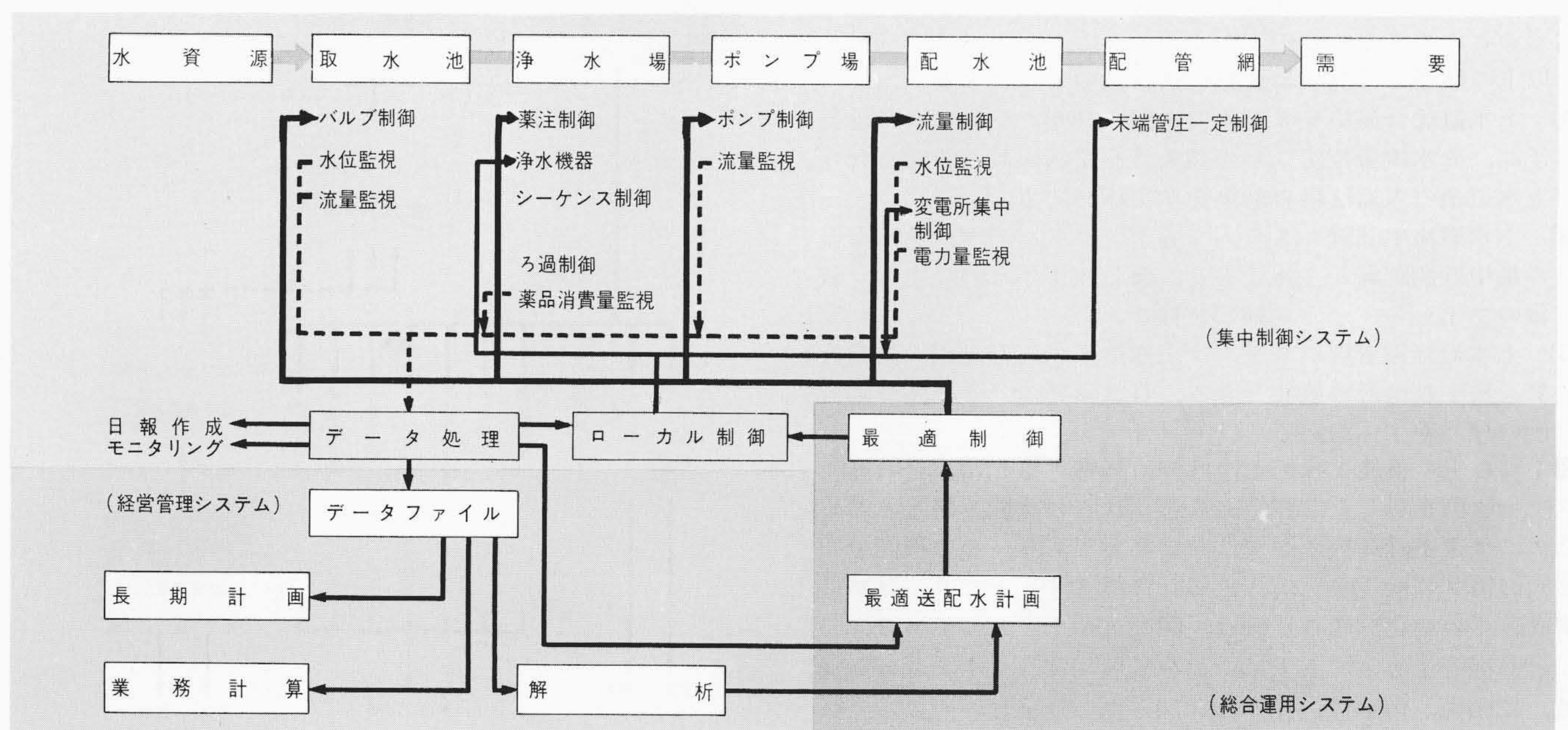


図1 上下水道総合管理制御システムの機能系統図 上水道系の合理的運用のための機能と制御の関連を示す。

Fig.1 Functional Sequence Diagram of Total System for Water Supply Control

* 日立製作所システム技術本部 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所大みか工場 **** 日立製作所日立研究所
***** 日立製作所コンピュータ第1事業部

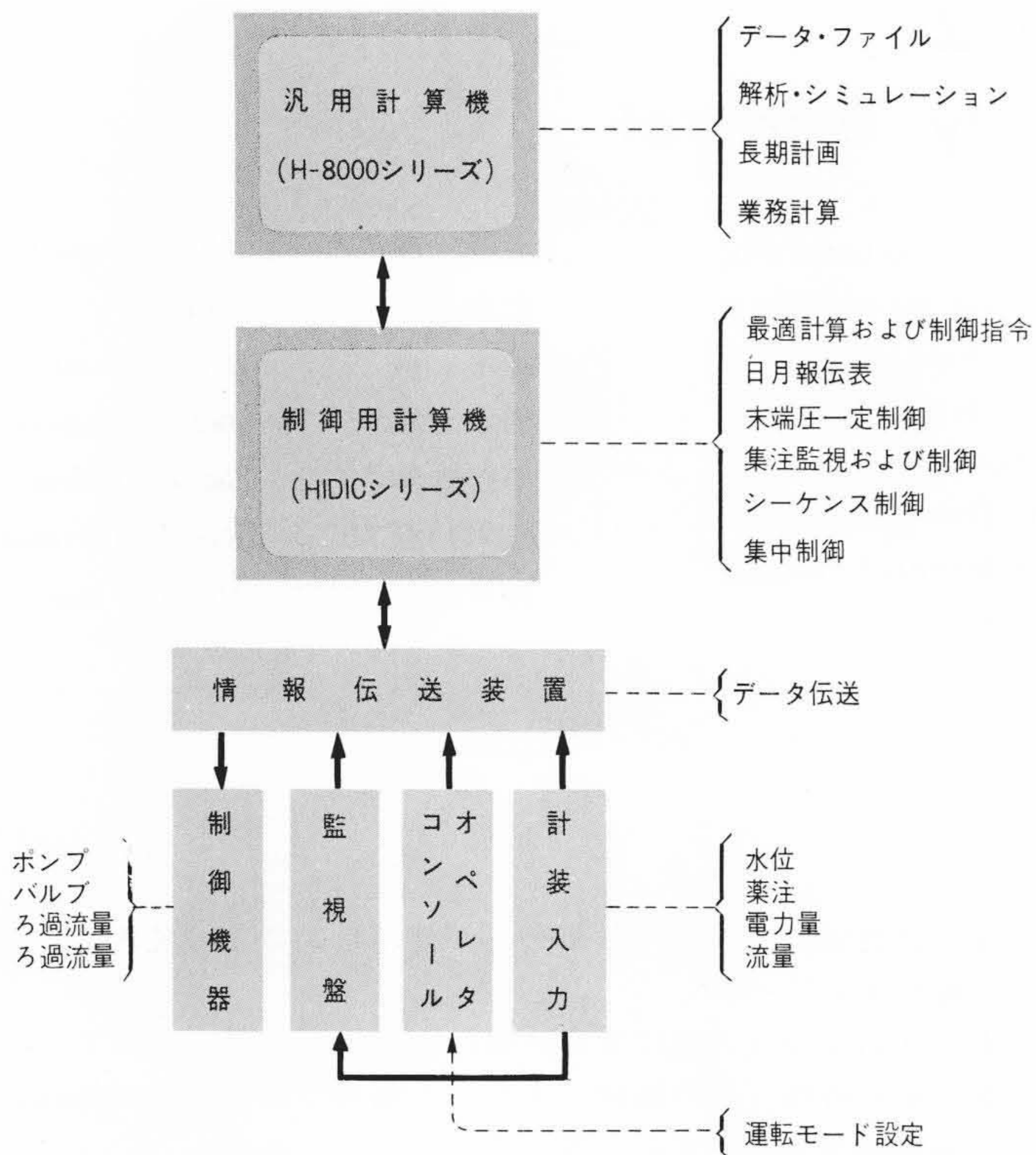


図2 上水道総合管理制御システム構成図 上水道系の合理的運用のための計算機構成と機能分担の一例

Fig. 2 Block Diagram of Total System for Water Supply Control

の条件の一つである負荷需要予測は需要データの因子解析により需要基本パターンと天候変移確率を算出することにより求められ、また、流量推定計算は対象河川上流の降雨量を取水点に集中するときの遅れと流域内での貯留流下を考慮したユニット・ハイドログラフ解析によって求められる。さらに、設備拡充のための長期計画、技術計算、給与計算など運用上の業務計算の省力化は今後の上水道の効果的運用のためには欠くことのできないものである。

以上の機能を目的別に要約すれば次のようになる

- (1) 上水道総合運用システム：送配水計画を中心に負荷需要予測、取水流量推定などの諸条件や評価係数の設定を含み、上水道系の短期運用の効率化が主体である。
- (2) 上水道集中制御システム：各ポンプ、バルブ、薬注などの集中計測制御が主体であり、偏差補正のために水位、流量のフィード・バック制御を行なう。
- (3) 上水道経営管理システム：上水道系の長期計画、業務計算、科学技術計算機能を含み、日常業務の効率化、長期計画の検討が主体である。

図1は以上の機能と水道系の計測、制御対象を結び合わせたブロック図を示したものである。これらの機能を満足させるためには電子計算機の導入はぜひ必要であり、その機能分担は制御用計算機((1), (2)), 汎用計算機 ((3)) となり、計算機構成とその業務分担の一例は、図2に示すとおりである。

計算機を中心とする上水道総合管理制御システムでは融通性、拡張性、信頼性、操作性、保守性、経済性の点ですぐれることは明らかである。

3 上水道集中制御システム

3.1 上水道集中制御の必要性とシステム構成

大都市の上水道需要量が増大し、また配水面積は拡大する

一方、取水源の量的、質的逼迫が重なっている。これに対し水道の運営は次の点に十分対処できることが必要である。

- (1) 取水源が遠隔化し、原水の長距離送水が必要となっている。
- (2) 広域配水および需要に応じた適正な流量配分が重要である。
- (3) 取水源の水質汚濁が進行している。
- (4) 必要な貯水量を確保することが要求される。
- (5) 技術者が不足し、人件費の高騰が著しい。

一方、水道事業の持つ公益性からは、

- (1) 給水信頼性の確保
- (2) 低廉で良質な水の給水

が要求されている。これは相互に関連があり、水道システムの日常の運営が、これらの条件を満足するためには、全システムの情報を中央に集めて監視し、全システムがバランスを保つよう必要個所を迅速に制御することが重要となる。すなわち、最近の上水道では集中管理が不可欠のものとなってきた。これに対し、ここに述べる上水道集中制御システムは

- (1) 安全確保、水質、水量および設備の安全性が確保できること。
- (2) 最適化：最少のコストで要求される水質、水量が供給されること。
- (3) 迅速化：運転状況、異常状況を確実に把握(はあく)し、常時はもちろん異常時にも的確な処置、操作が行なえること。

を基本条件として、計画されている。システムの構成は対象とする浄水場の規模により異なるが表1は規模別に分類した集中制御システムの構成を、また、図3はこの中の一例としてAQUAMAT[®]-P₃システムの構成を示すものである(* 商標登録申請中)。

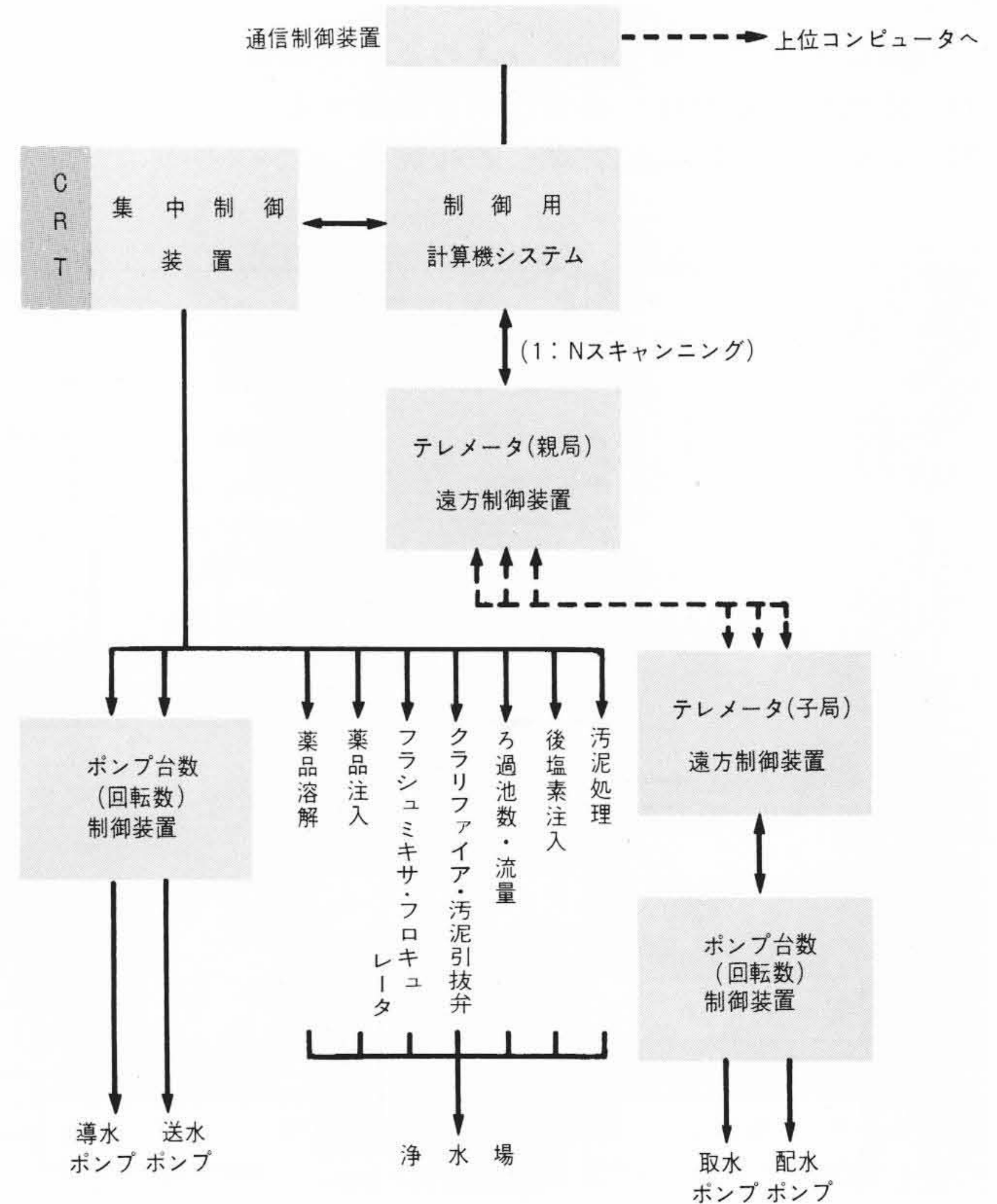


図3 AQUAMAT-P₃システム構成図 プロセス 200,000~500,000 m³/日の浄水系に対する集中の1例を示す。

Fig. 3 Block Diagram of AQUAMAT-P₃ System

表1 制御システムの制御項目 犬山ポンプ場設置の計算機システムの機器の一覧表

Table 1 Details of Computer Control Systems

	制 御 項 目
1	無効電力制御
2	変電所の自動復旧制御
3	変電所の運転切換制御
4	予測流量計算
5	ポンプ流量制御
6	着水圧力制御
7	正常、異常時のバルブ制御
8	取水水位制御
9	故障表示記録
10	操作および動作記録
11	計測値デジタル表示
12	電力用諸計算と伝送
13	予測値、実績値、基本パターン、故障発生時のCRT表示
14	オペレータ・コントロールによる状態表示と処理

3.2 取水ポンプ場の集中制御

取水流量の増大水質汚濁の進行に伴って、取水源はしだいに遠隔地に求めざるを得なくなっており、また取水口も散在設置され長距離送水が一般化する傾向にある。

- これに伴って、
- (1) 水の到達時間を考慮し、送水管のむだ時間を補償するための需要量の予測の修正ならびに先行（予測）制御。
 - (2) 取水流量の適正配分
 - (3) 取水ポンプ場の無人化
 - (4) 水質汚濁監視
 - (5) 取水ポンプの経済的運転
 - (6) 洪水時の流入ゲート制御
- などの新しい考慮が必要となっている。

3.3 浄水場の集中制御

浄水場は水道系統の中心となる設備である。まず、浄水場を自動化、集中制御化し、これはしだいに上水道系統全体へ拡大し、総合管理を進めていくことが、これからの上水道総合管理制御システムのあり方であろう。

- 浄水場内の自動化項目は次のとおりである。
- (1) 需要予測に基づく最適運転スケジュールの決定と制御ならびに実流量による修正制御。
 - (2) 受変電設備の系統自動復旧と無効電力制御
 - (3) 導水ポンプ、送配水ポンプの流量制御

- (4) 薬品注入制御
- (5) 沈殿池機械シーケンス制御
- (6) 急速ろ過池シーケンス制御
- (7) 汚泥処理の自動化

これらは、ほとんど自動化可能であり、その効果の多いことも容易にわかるが、浄水場の大規模化に伴って、入出力点数が増加するため自動化をじょうずに集約することおよび総合的な運転信頼性を確保するために、手動操作、バックアップ装置とも関連して、タスク配分、すなわち電子式調節計やサブループ制御装置を有効に活用し、総括的な監視制御を集中制御装置に行なわせることが重要となる。また、計算機を導入した集中制御システムでは制御の高度化、監視機能の向上、安全性と経済性の向上、省力化など期待される効果は大きい。

3.4 圧送ポンプ場の集中監視制御

集中監視制御の最近の例として、名古屋市犬山圧送ポンプ場における集中監視制御システムについて紹介する。

3.4.1 ポンプ場の概要

犬山ポンプ場は、木曾川を取水口とし、15km離れた春日井浄水場、鳥居松浄水場に導水するための圧送ポンプ場で、ポンプ駆動用1,650kw誘導電動機3台（将来は5台）はカスケード接続ブラシレス方式とし、I C化セルビウスセットで回転数制御を行なうユニークな方式である。ポンプは1,350mm, 14,400m³/h 3台（将来は5台）で当分は、常時春日井浄水場向けに圧送し、鳥居松浄水場には自然流下で送水し、ピーク時は双方に圧送する運転を行なっている。犬山ポンプ場を中心とする導水水路系統は図4のとおりである。これの受電変電所は33kV, 8,500kVA変圧器2バンク、2回線で中部電力株式会社より受電している。

3.4.2 管理形態

犬山ポンプ場は将来無人化されることを前提に、その管理形態は次のようになっている（当初は夜間のみ無人運転）

すなわち、春日井浄水場の計算機により春日井系の運用管理を一括して行ない、ここで犬山ポンプ場に対し、送水流量指令、ポンプ、変電所、取水場の遠方操作が可能で、これに必要な情報はデジタル情報伝送装置で春日井浄水場に伝送されている。一方、犬山ポンプ場でも自構内の監視制御のほか、取水場、変電所の遠方制御が可能である。ポンプ場～取水場間にはデジタル情報伝送装置が、ポンプ場～変電所間は簡易スーパによってリンケージされている。また将来、春日井浄水場の上位に中央管理センタが計画され、ハイアラキ・システムによって、名古屋市の水道運営が、一括集中管理化される予定である。

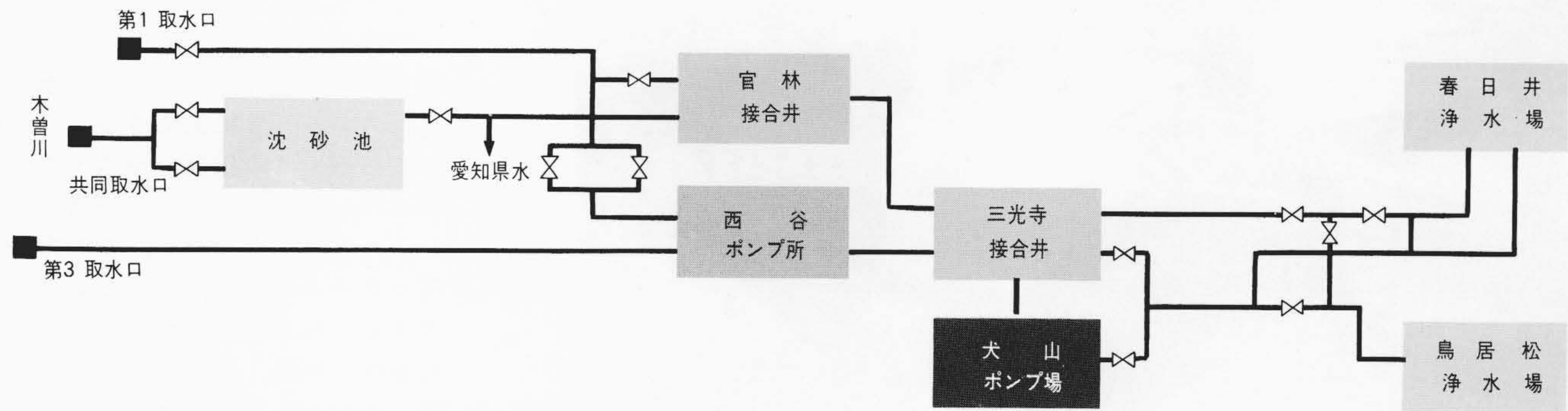


図4 導水々路系統図 犬山ポンプ場を中心とする導水の系統図

Fig. 4 Water Intake and Conveyance Systems Around Inuyama Pumping Plant, Bureau of Waterworks, City of Nagoya

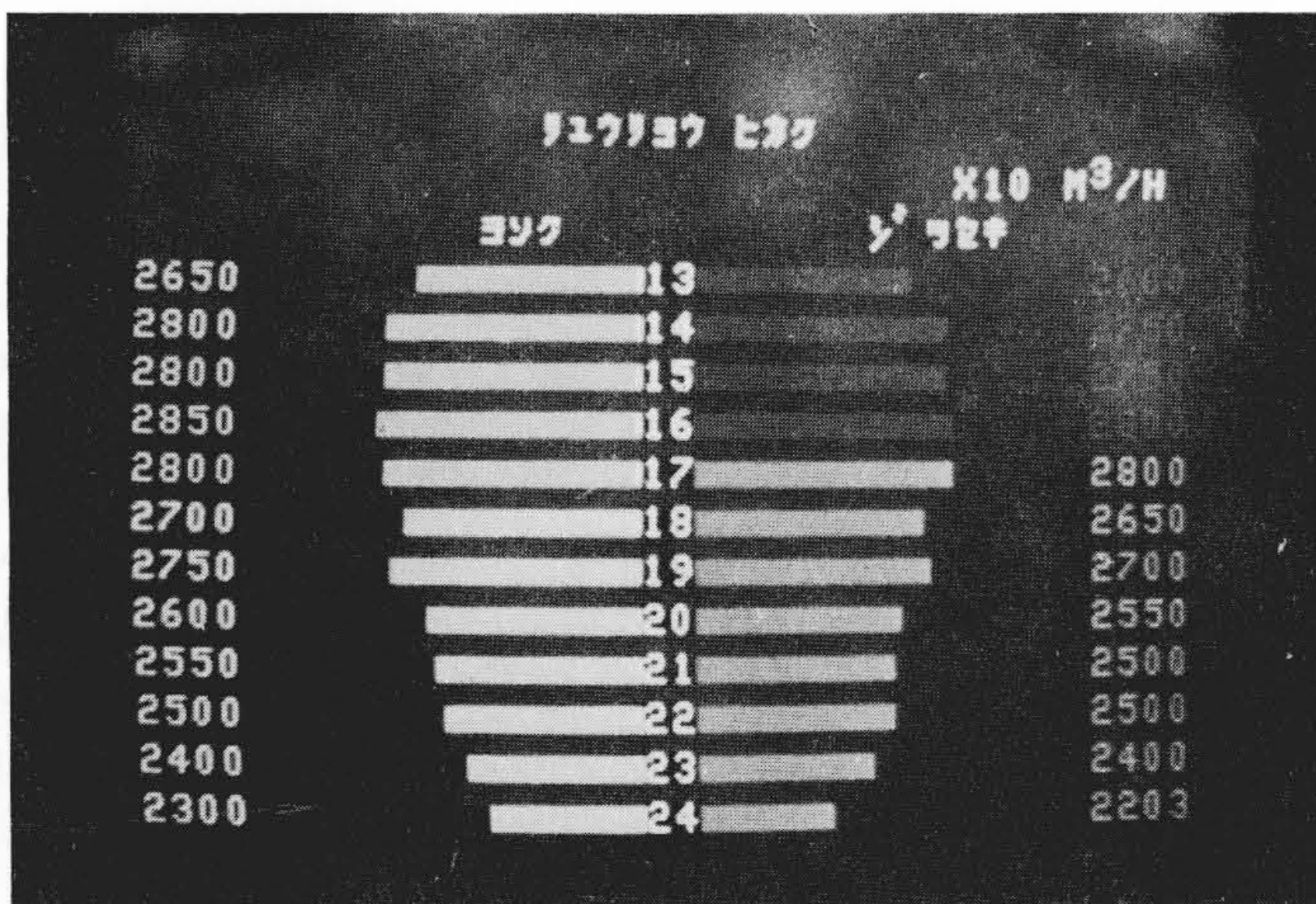


図5 カラーディスプレイ表示例 カラーディスプレイによる使用水量の予測と実績の比較例。今後の上水系の運用に有用である。

Fig. 5 Estimated Water Demand Shown on Hitachi H-7833 Color Display Compared With Demand Results.

3.4.3 監視制御盤

プロセスの円滑な運転に対処するため、中央管理室に変電所、ポンプ設備、送水管路、取水設備および館内空調設備を模擬したグラフィック監視盤を設置し、これに対応した操作デスクを扇状に配置して施設および機器の運転状態、故障状態を表示し、常時プラント全体の動作状況が容易に把握できるようにしている。監視盤はカラーディスプレイを採用し、図5に示すように需要予測値、修正値をグラフィック表示しまた、故障に対しては、発生個所、種類および対策ガイダンスを与えるなどディスプレイ機能をフルに発揮させた。したがって監視盤は万一の計算機ダウン時のバックアップ運転に必要な最小限のシンボル表示にとどめ、特に重要なプロセス量は常時計算機からのデジタル表示によって監視できる。操作デスクには最小限のアナログ指示計で選択計測し、一般の計測値は選択式によってデジタル表示される。また操作方法は誤操作防止の意味から二段選択操作方式を採用し、小形の表示器、スイッチ類が人間工学的に配置され、計算機システムのバックアップ機能も備えたざん新なスタイルで使いやすい構成となっている。図6は監視盤操作デスクの外観を示

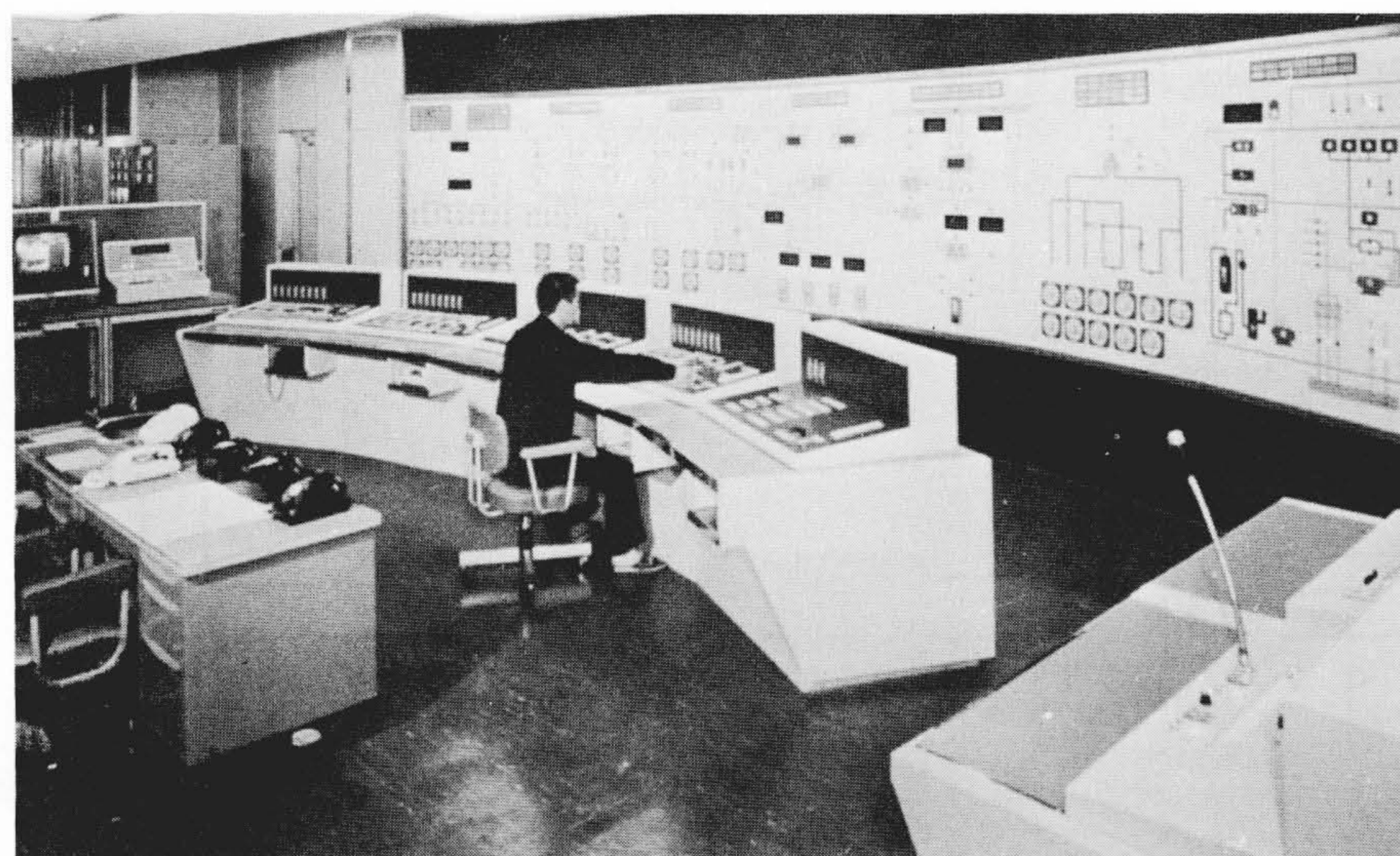


図6 監視盤の外観

Fig. 6 Centralized Control Boards for Inuyama Pumping Plant, Bureau of Waterworks, City of Nagoya

すものである。

3.4.4 信頼性対策

システムが部分的にダウンしても全体の系統としては支障なく運転できるようバックアップシステムが考慮されている。たとえば圧力あるいは流量制御において、計算機からサブループ制御装置に圧力または流量の指令値が与えられ、サブループ制御系でこれをいったんサーボメモリで保持し、フィードバックループによって目標値に追従させている。このため万一指令値が喪失してもサーボメモリで保持されているためそのまま運転が継続され制御系に擾乱(じょうらん)を与えることはない。また受電設備のしゃ断器の開閉、ポンプの起動停止、ゲートの開閉などは選択切換スイッチによって中央あるいは現場単独操作が可能である。

このほか制御電源の無停電化、セルビウスセットのIC化、インバータ装置の二重化、制御ロジック回路のユニット化などハード的な対策とソフト的にも、変電所の事故時自動復旧操作、信号レベルのチェック、カラーディスプレイによる事故発生時の詳報とその対策表示、操作指令後の機器応動チェック、春日井浄水場との信号伝送による送水管路の切換インターロックなど、徹底した安全対策を施している。

3.4.5 計算機システムの導入とその構成

前述のように犬山ポンプ場は前例のない新方式のポンプ場で、将来トータルシステムのサブシステムとして位置づけられていること、無人運転管理を志向していることにより計算機システムの導入は必須条件となり、そのシステム設計の基本方針として次の点を考慮した。

- (1) 取水場、ポンプ場、変電所、送水管路各プロセスの円滑な運転
- (2) 設備の保護と危険防止および事故のすみやかな復旧
- (3) 効率運転、経済運転
- (4) 使いやすさと拡張性
- (5) 人為的過誤の防止
- (6) 省力化

図7は計算機システムのブロック図である。

3.4.6 計算機による制御機能

制御機能については犬山ポンプ場の特異性と前項の導入目的から、計算機に課せられる業務を系統的に慎重に検討し決定した。表2はその一覧表を示すものである。

4 上水道総合運用システム

前述の浄水場あるいはポンプ場の集中制御システムは、これに対してハイアラキシステムを構成する上位の制御用計算機を主体とする総合運用システムの導入によって上水道総合システムへと拡大できる。

もちろんこの相互のシステム間に融通性、拡張性、適合性が必要なことはいうまでもないが、この総合運用システムの導入によって上水道システム全体を広い地域にわたって総合監視、制御、運用管理する必要に迫られつつあるユーザーのニーズにこたえうる技術段階に達している。以下運用に対する考え方を中心にその概要について述べる。

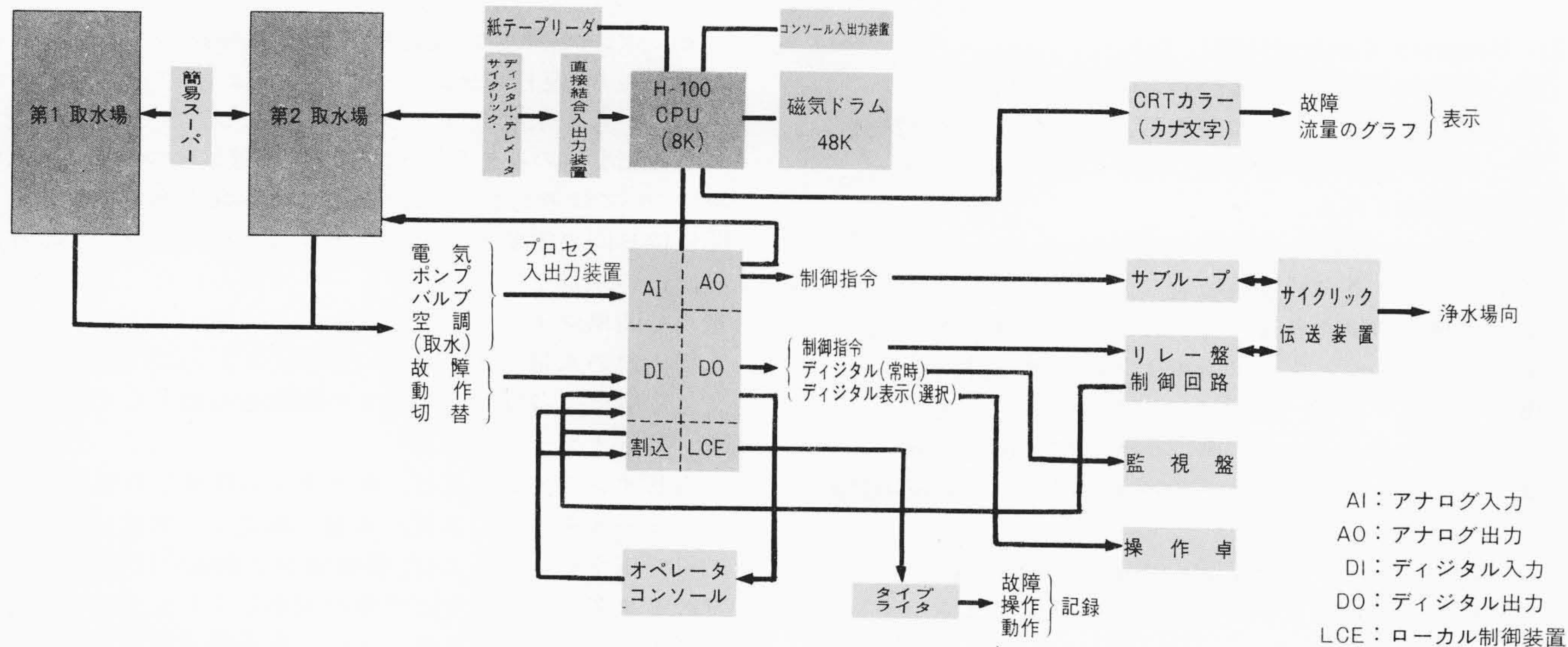


図7 計算機システムブロック図 犬山ポンプ場計算機システムの構成を示す。

Fig. 7 Control Computer Systems for Centralized Control of Inuyama Pumping Plant

表2 制御システム構成 浄水場の規模別に分類した制御システムの構成を示す。

Table 2 Hitachi AQUAMAT-P Systems for Centralized Control of Water Purification, Sludge Treatment and Pumping Plants

システム名		AQUAMAT-P ₁	AQUAMAT-P ₂	AQUAMAT-P ₃	AQUAMAT-Q ₄
プロセスの規模 (m ³ /d)		50,000	50,000~200,000	200,000~500,000	500,000以上
シーケンス	浄水プロセス	100以下	100~500	500~1,000	1,000~2,000
	汚濁処理	—	50~100	100~200	200~400
入力点数	浄水場内情報伝送	1:1伝送	1:1伝送	リモートステーション	リモートステーション
	取水および配水ポンプ所情報伝送	1:1スーパテレメータ	1:1スーパテレメータ	1:Nスキャニングテレメータ	1:Nスキャニングテレメータ
集中監視制御	ベンチ形1人制御方式		グラフィック盤一段選択制御	グラフィック盤一段選択制御	グラフィック盤二段選択制御
	カラーディスプレイ				
記録	アナログ記録計		ロガー専用機	HIDIC 100 または HIDIC 350 制御用計算機	HIDIC 500 または HIDIC 700 制御用計算機
	シーケンス制御	プログラマブルシーケンスコントローラ	プログラマブルシーケンスコントローラ		
水量制御	専用制御装置		専用制御装置		
	総合管理				

4.1 制御対象のモデル化

上水道は、取水口—沈殿池—浄水場—配水池—需要端が複雑に連結した大規模、複雑ネットワークであるためその総合管理にあたっては運用アルゴリズムの開発、水量水質の予測について適切なモデル開発の必要がある。この場合、制御対象をノードとブランチから構成されるいわゆるネットワーク系としてとらえることができる。ノードを機能的に分類すると、

- (1) 水量を発生する 取水ノード (取水口, 他事業体)
- (2) 水量を消費する 需要ノード (需要端, 他市町村)
- (3) 水を貯蔵する 貯蔵ノード (沈殿池, 配水池)
- (4) 水を収集配分する 分岐ノード (浄水場, 分水池, 分岐点)

に分けられる。またブランチは、導水管, 送水管, 配水管から構成される。図8はこれらの記号に従ったモデル例を示すものである。

以上のように、上水道システムを輸送物の発生, 消費, 貯蔵, 分岐の各種ノードおよび導水管などのブランチをもつネッ

トワークとして把握することにより、取水から配水までの総合的な最適化運用システムをつくることができる。

4.2 運用の基本思想

上水道システム運用の基本的な考え方は、2章で述べたように対象の大小によって異なるところはなく。

(1) Security Controlの確立:

水質, 水量, 構造上の安全性の確保

(2) Optimum Controlの確立:

最適な取水配分, 流量配分

(3) Man-Machine Communicationの確立:

人と計算機の協調性の確保

が必要である。これらの制御を実現するために、

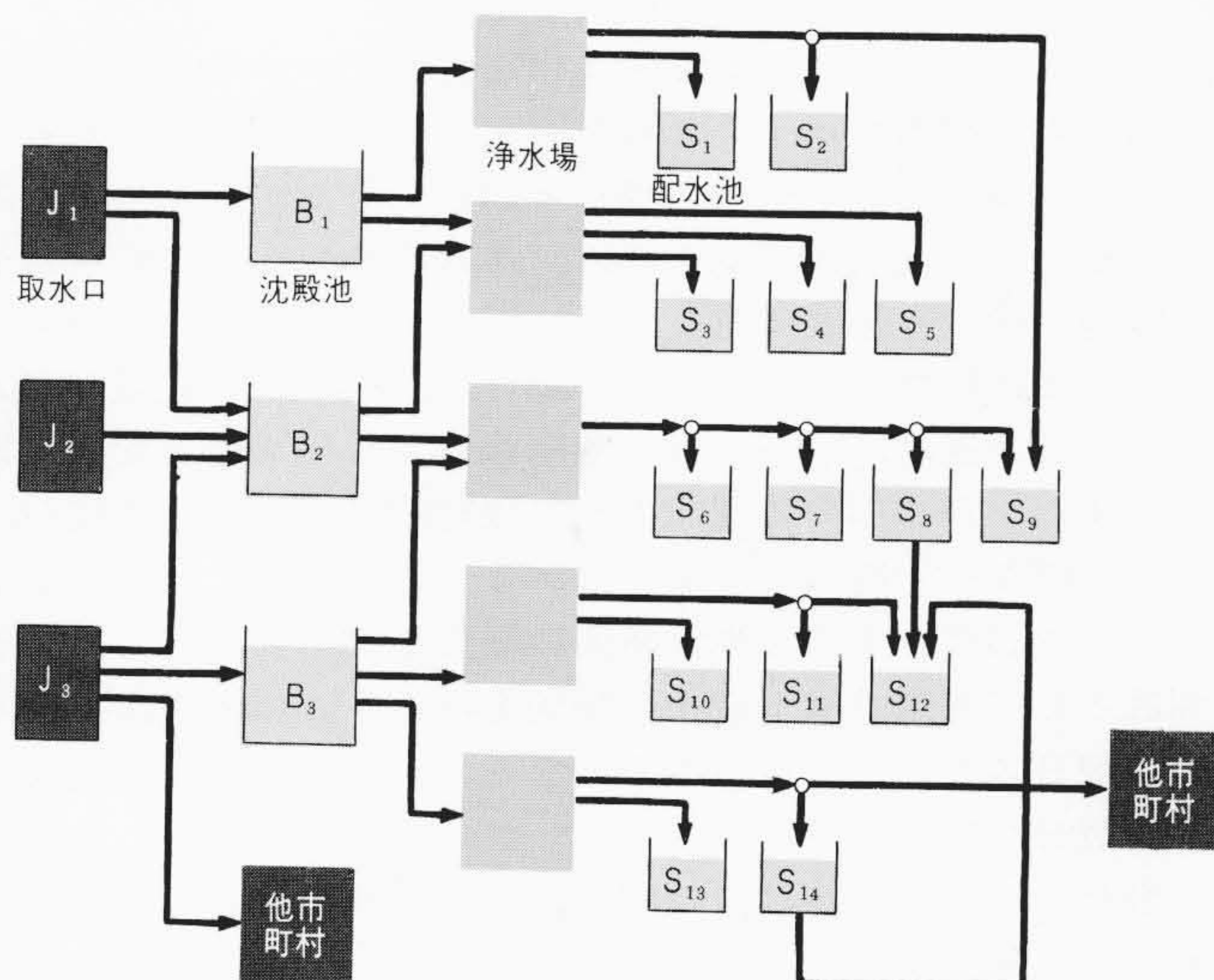


図8 上水道システムのモデル例 上水道の送水系統図の一例を示す。

Fig. 8 An Example of Sequence Diagram for Water Supply

- (1) **Security Control**に関しては、
- (a) 異常を予知し、それに対処する予防制御
 - (b) 異常発生後、その波及を阻止するための緊急制御
 - (c) 異常状態から正常状態に戻すための復旧制御
- などから構成される。
- (2) **Optimum Control**に関しては、
- 薬品注入費、各種設備運転費などの最小化を目標としたハイアラキ構成の下記各種スケジュールから構成される。
- (a) 長期スケジュール（月単位年間の運用計画）
 - (b) 短期スケジュール（日単位週間の運用計画）
 - (c) 翌日スケジュール（時間単位日間の運用計画）
 - (d) 当日オンライン修正（各種予測誤差による運用計画のオンライン修正）
- (3) **Man-Machine Communication**に関しては、
- 緊急時の制御に **C R T** を積極的かつ効果的に使用する運用方式とする。

4.3 運用アルゴリズムの構成

- (1) 長期スケジュール
- 長期スケジュールは、月単位の年間運用計画を作成するものであり、決定事項としては、
- (a) 長期の取水必要量を決定する。
 - (b) 長期の各取水口、他事業体からの取水配分を決定する。
 - (c) 長期の薬品消費量を決定する。
 - (d) 長期の給水制限量を決定する（渇水時のみ）。
 - (e) 長期の導送水配分を決定する。
- などがある。これらのアルゴリズムを具体化してその数式モデルを作るため、長期スケジュールの場合は、システム対象を取水口から各配水ブロック（水系別配水池群）までとらえ、システム内の貯蔵や流下遅れなどを考えない **static** 系として考える。入力としては各配水ブロックで必要とする月単位年間の需要予測を入力し、評価関数として運用コスト（薬注費＋動力費）最小の問題を解く。
- (2) 短期スケジュール
- 短期スケジュールは、日単位の週間運用計画を作成するものであり、決定事項としては、
- (a) 短期の各取水口の取水配分を決定する。
 - (b) 短期の各沈殿池の水位レベルを決定する。
 - (c) 短期の各導送水管の流量配分を決定する。
 - (d) 短期の各浄水場の運転状態を決定する。
 - (e) 翌日スケジュールの指令を出す。

などである。短期スケジュールの場合は、システム対象を取水口から各配水ブロック（水系別配水池群）までとらえる。これは長期スケジュールの場合と同じであるが、システム内の貯蔵として沈殿池のみを考え、浄水場や配水池の貯水量や、沈殿池の中でも需要に対して1日以上貯蔵能力のないものについては長期スケジュールの場合と同様その貯蔵量は考えない。流下遅れについては、各取水口から浄水場までを考える。また、浄水場の処理能力や処理時間についても考慮し、より正確な解が得られるようにする。入力としては各配水ブロックで必要とする日単位週間の需要予測を入力とし、評価関数として運用コスト最小の問題を解く。この結果出てくる解は翌日スケジュールの指令となる。

- (3) 翌日スケジュール
- 翌日スケジュールは、時間単位の日間運用計画を作成するものであり、決定事項としては、
- (a) 翌日の各浄水場から各配水池への給水量を決定する。
 - (b) 翌日の各配水池の水位レベルを決定する。

- (c) ポンプ、バルブ、薬注制御などの制御パターンを決定する。などである。翌日スケジュールの場合は、システム対象を浄水場出口から配水池出口までとらえる。システム内の貯蔵としては各配水池のみを考える。また、流下遅れについては浄水場以降については考えない。入力としては各配水池で必要とする時間単位日間の需要予測を入力する。評価関数としては、各浄水場出口の水量を短期スケジュールで得られた一日の送水予測量の時間単位平均送水量にできるだけ近づくように送り、浄水場出口の水量変化を最小に押さえるようにする。この結果出てくる解は、各施設への翌日の制御指令値として送られる。
- (4) 当日オンライン修正

当日オンライン修正は、前日までに作成した短期、翌日スケジュールを当日の水質、水量、構造上の異常に対して適応的に修正する。たとえば、需要量が予測値に比較して急増し、そのままでは配水池などの水が渇水してしまうような場合、短期ないしは翌日のスケジュールを需要予測値を変えて修正計算を行なうアルゴリズムである。この場合、異常事態が特にひどい場合は短期スケジュールまで、またあまりひどくない場合は翌日スケジュールまで修正計算をする。以上の各スケジュールのモデル化にあたっては取水、需要、貯蔵、分岐の各ノード特性を求め、それらを条件として長期、短期、翌日スケジュールに関する評価出数の最小化を図ることが必要である。この手法としては、具体的には **LP (Linear Programing)** や **DP (Dynamic Programing)** などの手法がある。

当日オンライン修正については、翌日スケジュールで作成したスケジュールにおいて、

- (1) 需要ノードの需要量が需要予測値と一致しないとき。
 - (2) 取水ノードの水質が水質予測値と一致しないとき。
 - (3) 取水口や途中の池などで毒物などが混入されたとき。
 - (4) 管路や池などに破損が生じスケジュール通り運転が出きなくなったとき。
- などの水量、水質、構造上の異常から当日のオンライン運用とマッチしなくなった場合、短期ないしは翌日のスケジュールを各種条件を変更して再計算するアルゴリズムである。具体的には、予防制御と緊急制御と復旧制御があり、表3はこれらをまとめて示すものである。

4.4 需要予測

前節の運用アルゴリズムの入力となる需要予測値について

表3 '当日オンライン修正表' オンライン運用時における異常処理とその対策を示す。

異常		水 質 異 常	水 量 異 常	構 造 異 常
予 防 制 御 (フ ィ ー ド バ ッ ク)	検出	水質予測誤差微分値	需要予測誤差微分値	保全計画
	検討	異常状態波及計算 異常状態対策計算	異常状態波及計算 異常状態対策計算	
	対策	Reschedule 取水制限 給水制限 応援給水 薬注制御	Reschedule 給水制限 応援給水	
緊 急 制 御 (フ ィ ー ド バ ッ ク)	検出	水質予測誤差	需要予測誤差	管路、池などの破損、使用不可
	検討	異常状態対策計算	異常状態対策計算	異常状態対策計算
	対策	Reschedule 取水制限 給水制限 応援給水 薬注制御	Reschedule 給水制限 応援給水	Reschedule 取水制限 給水制限 応援給水 バイパス給水
復 旧 制 御	対策	再起動 洗浄制御 ドレーン制御	再起動	保全 再起動

述べる

(1) 長期需要予測モデル

長期需要予測モデルは、月単位年間の需要予測モデルであり、年間の需要の伸びと季節的变化を特に考慮しなければならない。データを時刻の順序に並べたいわゆる原時系列は、12ヶ月の移動平均法を用いて長期的傾向因子、循環的脈動因子、二季節的変動因子、不規則変動因子に分離される。まず、 $(m-6+1)$ 月に対応する12ヶ月の移動平均を求め、さらに時系列中に含まれる不規則変動成分をなるべく除去するため、5項移動平均を求める。

次に、これに複利増加曲線を当てはめることによりすう勢曲線ないしは季節指数を使用して長期の需要を予測することができる。

(2) 短期需要予測モデル

短期需要予測モデルは、日単位週間の需要予測モデルであり、暦日、気象（晴雨、気温、照度）などの因子より強く影響されると考えられる。したがって、短期の需要予測は基本負荷と暦日、気象による変化要因の形に分解することができる。

基本負荷は需要ブロックにおけるあるサンプル時間帯の需要実績を指数平滑することによって得られる。また、変化要因は暦日および気象による要因として次のように取り扱う。

(a) 社会的要因として、

(i) 土曜、休日の前日………午後の予測を変える。

(ii) 月曜、休日………週日と別に扱う。

(iii) 月曜、休日の翌日………午後の予測を変える。

のように分けて考える。その他、連休や大口会社の休日やストライキなども考慮する必要がある。

(b) 気象的要因

(i) 気温、日射量

(ii) 雨天が続いた後。

などの諸因子を考え予測する。これらの気象要素は、気象予報をもとに決定されるが影響度を示す諸係数は過去の実デー

タから求められる。

(3) 翌日需要予測モデル

翌日需要予測モデルは、時間単位日間の需要予測モデルであり、この予測法は短期需要予測と同じ方法で行なわれる。

4.5 水質予測

水質予測値はそれにかかる薬注コストに換算され、運用スケジュールの入力となるため必要である。ここでは、水質のうち濁度の予測についてのみ説明する。

濁度は一般に台風、大雨、強風などによって変わるが、平日はある一定濁度と考えられ、雨量との相関が特に強い。このため、月単位の予測としては、梅雨時、台風時などを除いてほとんど一定とする。一方、日単位の予測については一日一日の雨量の予測と相関を持たせて予測する。これらの関係を示すと以下ようになる。

(1) 長期水質予測モデル 濁度 $= D_0 + \delta \cdot m$

(2) 短期水質予測モデル 濁度 $= D\alpha + \alpha \cdot ({}_dR - {}_{d-1}R)$

ただし、

$D_0, D\alpha$: 平均実測水質

δ : 月単位の濁度変化の微係数

m : 月

α : 係数

${}_dR$: d サンプル時の雨量(d =当日, $d-1$ =前日)

5 上水道経営管理システム

5.1 現状と動向

従来、上水道業務においては正確で迅速な事務処理の実現、省力化による事務処理コストの低減、用品在庫の適正化などによる上水原価の低減をねらって料金調定収納事務、用品在庫管理事務および財務会計など事務処理のEDP化が進められてきた。しかし、最近の大都市およびその周辺の人口増加、生産施設の拡充に伴う需要の増大、環境汚染の悪化による水資源の遠隔化、労働力不足など環境条件の変化により水資源

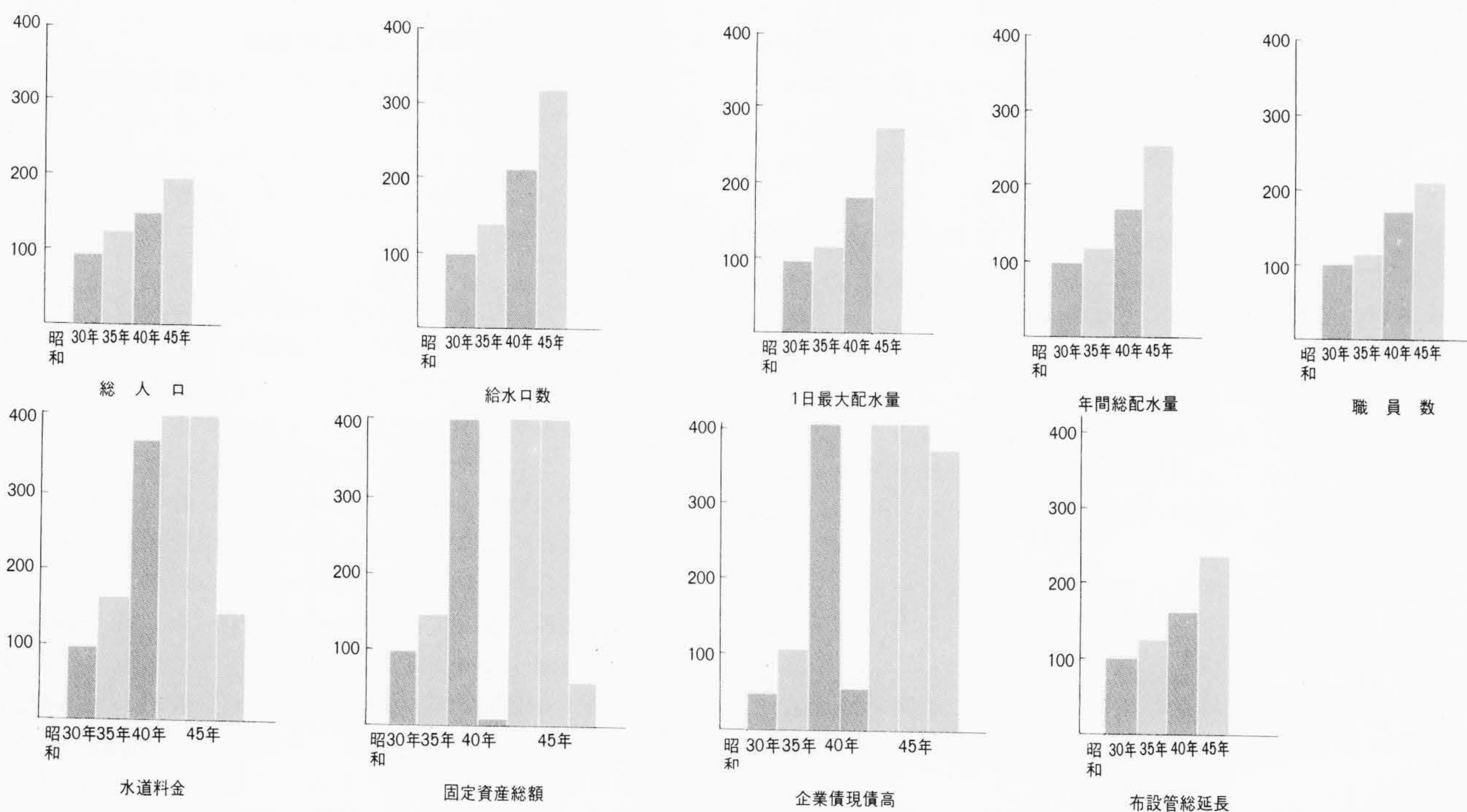


図9 上水道事業の環境条件の変遷 昭和30年に比較して、昭和45年をみると、年間総配水量が2.59倍に増大したのに対して、固定資産総額が同じく8.60倍、水道料金が同じく9.42倍になっているのが目につく。

Fig. 9 Changes in Environmental Conditions for Water Supply Service

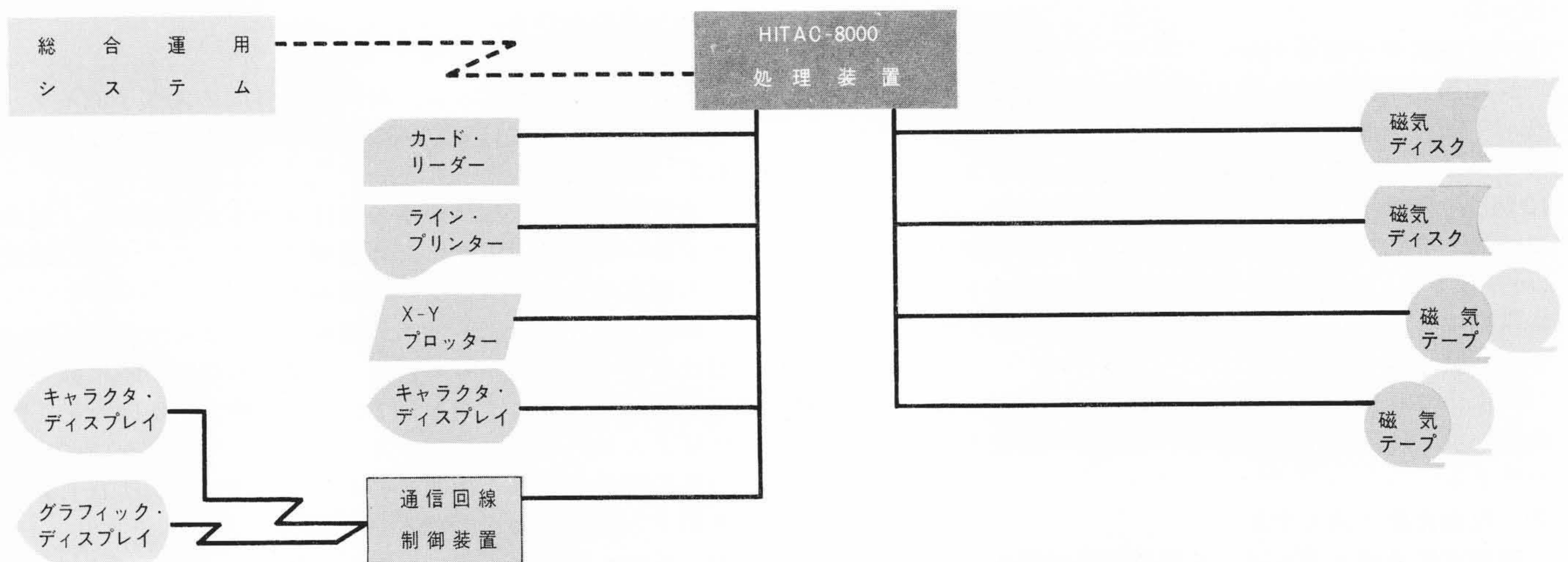


図10 上水道経営管理システム例 具体的なシステム・ニーズにより任意に構成できる。

Fig.10 An Example of Management Control System for Water Supply Service

の効率化、安全性を考慮した上水道経営管理システム確立の必要性に迫られている。

たとえば、某市における昭和30年から45年に至る環境条件の変遷は図9に示すとおりで、特に昭和40年から45年までにはなほだしい変化があることがわかる。供給力の増加指数に対する資産総額および企業債残高指数の顕著な伸びは高度経済成長と水源の遠隔化がもたらす建設コストの上昇を物語っている。一方、過疎化傾向にある地方都市では、経済地盤が沈下し複数の自治体による上水道事業の運営が検討されつつある。

5.2 上水道経営管理システムの機能

上水道は公共事業であるだけに省力化、効率化など一般の経営管理システムの有する機能に加えて、地域政策に合致した先行的な経営施策の立案が必要である。したがって前項に述べた最適送配水計画モデルの設計、評価のシミュレーションを行なうこと、上水道系の長期需要予測を基礎とした給水設備、財政その他の計画を解析して経済評価を行なうこと、料金収納業務その他一般の経営管理業務の計算処理を行なうことなどの機能を上水道総合管理制御システムの中で分担する。これら機能の概要は次のとおりである。

- (1) 人事管理業務：人事管理に関するいっさいの業務を扱う。
- (2) 資材管理業務：資材の発注から入在庫、在庫処分に至るいっさいの資材管理に関する情報処理を行なう。
- (3) 施設管理業務：施設の減価消却事務、施設の運営に必要な経費管理業務に関する情報処理を行なう。
- (4) 原価管理業務：人事管理、資材管理、施設管理で扱われる諸情報をとらえて上水単位量当たりの原価を算出する。
- (5) 料金徴収業務：需要者台帳と検針情報を総合し、料金徴収書を作成する。
- (6) 財務管理業務：財産、人件費、料金徴収などによる収入、借入金、起債、貸付金その他すべての金銭会計に関する情報処理を行なう。
- (7) 予算管理業務：予算案の策定について代替案の評価など定量的解析を必要とするもの、予算の実施について情報処理を行なう。
- (8) 積算業務：上水道諸設備費の工事費用の積算に関する情報処理である。
- (9) 工事管理業務：上水道設備の工事に関する進捗管理である。

- (10) 長期需要予測：過去の需要傾向、生活様式、産業構造の相関を解析し、予測モデルを作成する。
- (11) 給水計画：長期需要予測に基づく給水計画策定のための情報処理である。
- (12) 設備計画：長期需要および給水計画による設備計画である。
- (13) 人事計画：将来の計画を実施するために必要な人材確保のための情報処理である。
- (14) 財務計画：将来計画を裏づけるための財政的な計画の立案、代替案との比較解析を行なう。
- (15) 最適送配水モデルの設計、評価、修正を行なう。
- (16) 配管網管理業務：事故時の早期復旧を図るため、配管系統図を計算機に記憶させておき、故障点および操作点の指示、サービス低下域と配管網バイパス路の表示などを行なう。

5.3 上水道経営管理システムの構成

以上、述べた機能を果たすための上水道経営管理システムの構成は、具体的なシステム・ニーズに基づき、システム・パフォーマンス、プライス・パフォーマンスなどを勘案しつつ決定されるが、図10はその例を示すものである。

6 結 言

上水道総合運用システムでは運用アルゴリズムの開発、需要予測および水質予測について適切なモデルを開発していく必要がある。これらについてはユーザー側のデータを十分活用して今後モデルを修正していくことが重要であると考えられるので、この方面について努力したい。

上水道について、集中制御システム、経営管理システムに加えて今後その必要性が生じている運用管理システムとこれら全体を統合する総合管理制御システムについてそれぞれの考え方、機能、構成の概要について述べた。総合管理制御システムは急増する上水利用に対処するためのものであり、必要時における必要水量の確保、上水系全般にわたる経済運用という点にその特色がある。これは上水系の制御と経営管理の融合された大規模なものであり、世界的にも例がなく、その実現には高度のシステム技術と関連機関の緊密な協力が必要である。各サブシステムは、すでにそれぞれの分野で数々の実績を持っているが、それらの計画にあたって参考になれば幸いである。