

最近の下水道集中遠方監視制御システム

Recent Trends of Centralized Supervisory Control Systems for Wastewater Systems

下水道事業は居住環境の質的向上，公共用水域の水質保全，市街地への浸水防止を目的として強力に推進されている。流域下水道，都市公共下水道の広域化，大形化に伴い集中監視制御システムを導入し，中継ポンプ場，下水管きょを含む下水道設備全体を総合的に運用管理する方向に進んでいる。

下水道設備の集中化により流入予測に基づく雨水排水，処理場の負荷を平均化させるための管きょ内一時貯留，水量，水質の異なる幹線間の汚水を混合，高濃度下水の希釈制御を可能にした。

本稿では広域下水道の運用と遠方監視制御装置の概要，並びに流入量予測システム，中継ポンプ場の遠隔制御に当たっての無人化，及び広域下水道集中監視システムの装置構成について述べる。

高木直文* Naobumi Takagi
上島寿彦* Toshihiko Kamijima
笠井武郎* Takeo Kasai

1 緒 言

近年，大都市の公共下水道及び流域下水道は，処理区の拡大，処理人口の増加，市街地の雨水排水区域の拡大により広域化，大規模化している。この下水道設備全体を円滑に効率よく運転するには，遠方監視制御装置による集中監視，操作のほか，管理用計算機による雨水，汚水の流入量予測とそれに基づくポンプ運転，水量，水質の異なる幹線間の汚水の混合，又は高濃度汚水を通常濃度の汚水で薄める希釈制御，幹線間の汚水の融通により処理場負荷を下げる平滑化制御などが重要となる。本稿では下水道集中監視制御の運用と適用例について述べるほか，マンホール内設置の遠方監視装置，データ処理機能付き遠方監視制御装置を紹介する。

2 下水道集中監視制御システム

2.1 下水道集中監視制御システムの概要

下水道設備は市街地の拡大や流域下水の普及による処理区

域の拡大により下水管きょが長くなり，自然流下だけで下水の流入を行なうことが困難となり，中継ポンプ場の設置が増大している。そこで広域化，複雑化した下水道システムを小人数で効率良い運用を行なうため，集中監視制御システムの導入が必要となる。本システムは図1に示すように，管理用計算機と各設備とのデータ授受を行なう通信制御装置，遠方監視制御装置で構成する。

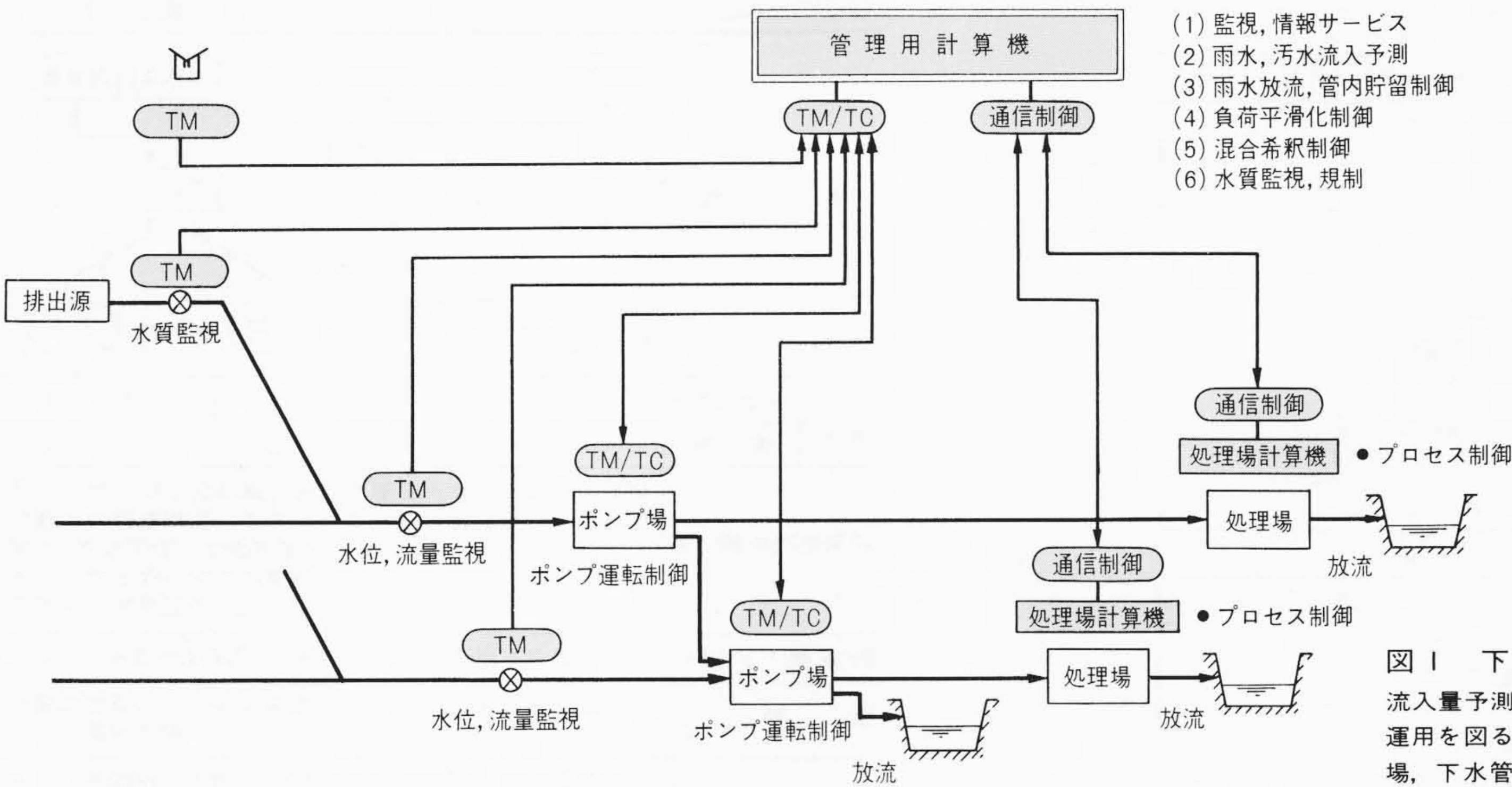
管理用計算機は，下水道全体の総合運用と管理を行なうもので，主な機能は次に述べるとおりである。

(1) 情報サービス

管理用レポート作成，CRT (Cathode Ray Tube) のプロセス表示，実績データ表示などを行なう。

(2) 雨水流入量予測^{1),2)}，排水制御

水理学モデル，解析モデルによる雨水流入量予測に基づく雨水ポンプの最適スケジューリング運転を行なう。



注：略語説明 TM(遠方監視装置)，TM/TC(遠方監視制御装置)

図1 下水道広域管理システム
流入量予測制御，負荷平滑化などの総合運用を図る管理用計算機，及び各ポンプ場，下水管きょのデータを収集するTM/TC装置，TM装置から構成している。

* 日立製作所大みか工場

(3) 混合希釈制御¹⁾

下水道の汚水は幹線ごとに水量、水質及びその時間変動が異なる。高濃度汚水流入時に管内に一時貯留し、希釈又は他の幹線の汚水と混合し、処理場への水質の均一化を図る。

(4) 負荷平滑化制御³⁾

幹線間又は処理場間で汚水を融通し、処理場全体の効率を上げる。

(5) 水質監視、規制³⁾

排出源近くに検出端を設け、水質、水量データ収集及び排出基準に違反する工場の規制を行ない、処理場の負荷軽減を図る。

通信制御装置は管理用計算機と処理場計算機間のデータ送受信を行ない、各ポンプ場及び分散設置した下水管きょの検出端間はTM/TC装置(Telemeter/Telecontrol装置：遠方監視制御装置)、TM装置(Telemeter装置：遠方監視装置)を使用する。

2.2 下水道用集中遠方監視制御システムの課題

下水道設備の集中遠方監視制御化に当たっての課題は、次に述べるとおりである。

- (1) 規模、機能の異なる設備群(中継ポンプ場、下水管きょの水位、流量、水質監視局)と合理的に整合できる機種選定
- (2) 中継ポンプ場の多量データの高速伝送や下水管きょの小容量データ伝送が、ランニングコストを含め経済的であること。
- (3) 最適な伝送回線の選択が可能なこと。
- (4) 制御用計算機とTM/TC装置の機能分担が合理的であること。

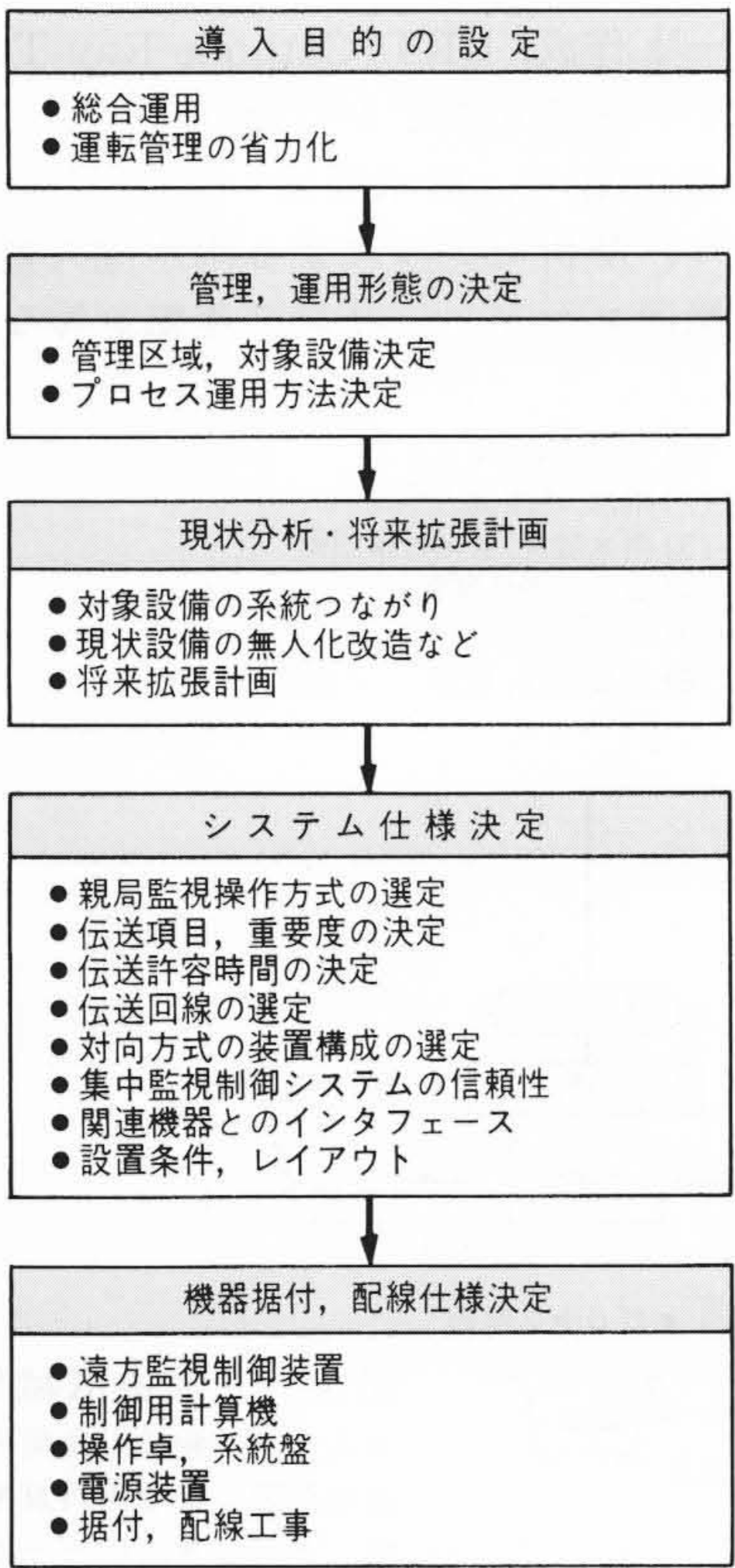


図2 集中監視制御システムの計画手順 システム計画では、対象設備の運用方法、マンマシンの合理化、処理業務の自動化、制御の自動化の検討が必要である。

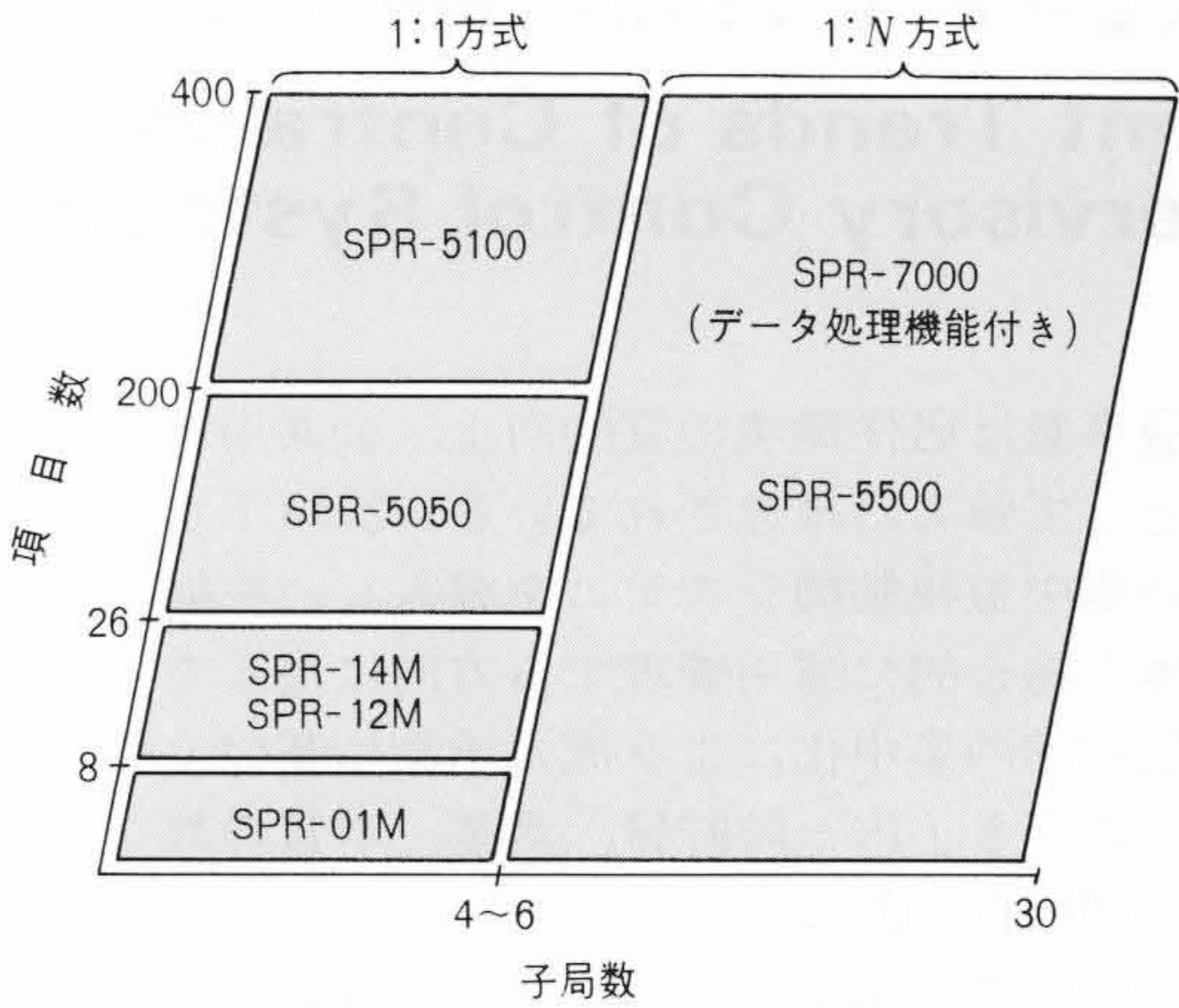


図3 SUPERROLのファミリー構成 システムに最適な機種が選択できるように、極小容量SPR-01Mからデータ処理機能付きSPR-7000まで、統一設計思想に基づきシリーズ化している。

図2に集中監視制御システムの計画手順を示す。計画に当たって特に考慮すべき点は、

- (1) 対象設備の安全性
- (2) 対向方式、機種の選定
- (3) 伝送回線の選定
- (4) 集中監視制御システムの信頼性
- (5) マンマシン装置の構成方法

などである。日立遠方監視制御装置SUPERROL(以下SPRと略す。)は、下水道の設備群に対応できるよう統一設計思想に基づきシリーズ化している。図3にSPRのファミリー構成を、表1に1：1集合方式と1：N集中方式の比較を示す。

表1 1：1集合方式と1：N集中方式の比較 最近は1：N集中方式が増加している。1：N集中方式の伝送形態は、使用伝送回線、対象設備により選択される。小容量子局の場合、1：N方式の順次呼出し方式を適用する。

項目		形式	1：1 集合方式	1：N 集中方式
構成	表示, 計測		操作卓 ₁ --- 操作卓 _N --- 計算機	操作卓 --- 計算機
	制御		親局 ₁ --- 親局 _N --- 子局 ₁ --- 子局 _N	親局 --- 子局 ₁ --- 子局 _N
伝送形態	表示, 計測		1：1	1(2)：N (1:1)×N (1:1)×N
	制御		1：1	1(2)：N 1：N (1:1)×N
親局処理の集約化			親局ごとに操作卓が必要で、監視制御の合理化が図りにくい。	操作卓は各子局に対し共通化でき、監視制御の合理化(選択表示、計測など)と操作卓のコンパクト化ができ、小人数での監視制御が容易。
計算機との結合			結合回路はN組み必要。	結合回路は一組みでよい。
信頼性			親局故障の影響は1子局に限定される。	機能モジュール分割二重化により、信頼性が高い。
システムの拡張性			既設に関係なく増設可能。ただし、計算機は入出力回路の増設が必要。	親局の増設は機能モジュール、プリント基板追加で比較的容易。
経済性			子局数が少ない場合、有利。	子局数が4～6局以上の場合、有利。

最近は遠方監視制御装置として親局処理の集約化，計算機結合の面から1：N集中方式のSPR-5500の採用が増大している。SPR-5500はマルチマイクロコンピュータ自律分散のTM/TC装置⁴⁾である。本装置は図4に示すTM/TCの基本機能単位に機能モジュール化し，必要なモジュールの組合せによりTM/TC装置を構成する。機能モジュールは送受信（ポーリング方式，ハイレベルデータリンク制御方式など），監視制御，データ交換モジュールなど用途に応じて約30種準備している。本装置は重要な機能モジュールだけの二重化が可能で容易に経済的な信頼性の高いシステムが構築できる。

3 下水道集中監視制御システム例

3.1 流入量予測制御システム⁵⁾

市街地の拡大，道路網の整備により雨水の滞留場所が少なくなり，雨水流出係数の上昇及び降雨時の下水管きょへの雨水流入量の急増により，ポンプ場の冠水事故や市街地への浸水の危険性が増大している。したがって，雨水ポンプの運転には流入量の予測，管内貯留容量を有効に利用した最適ポンプ運転が必要となる。流入流量予測の方法には，大別して管きょ内水位，流量実測値による水理学モデル，雨量と流入量の関係を過去のデータからモデル化する解析モデルがある。またポンプ井水位の水位変化率から予測を行なう簡易モデル方式がある。これら流入量予測方式を表2に示す。水理学モ

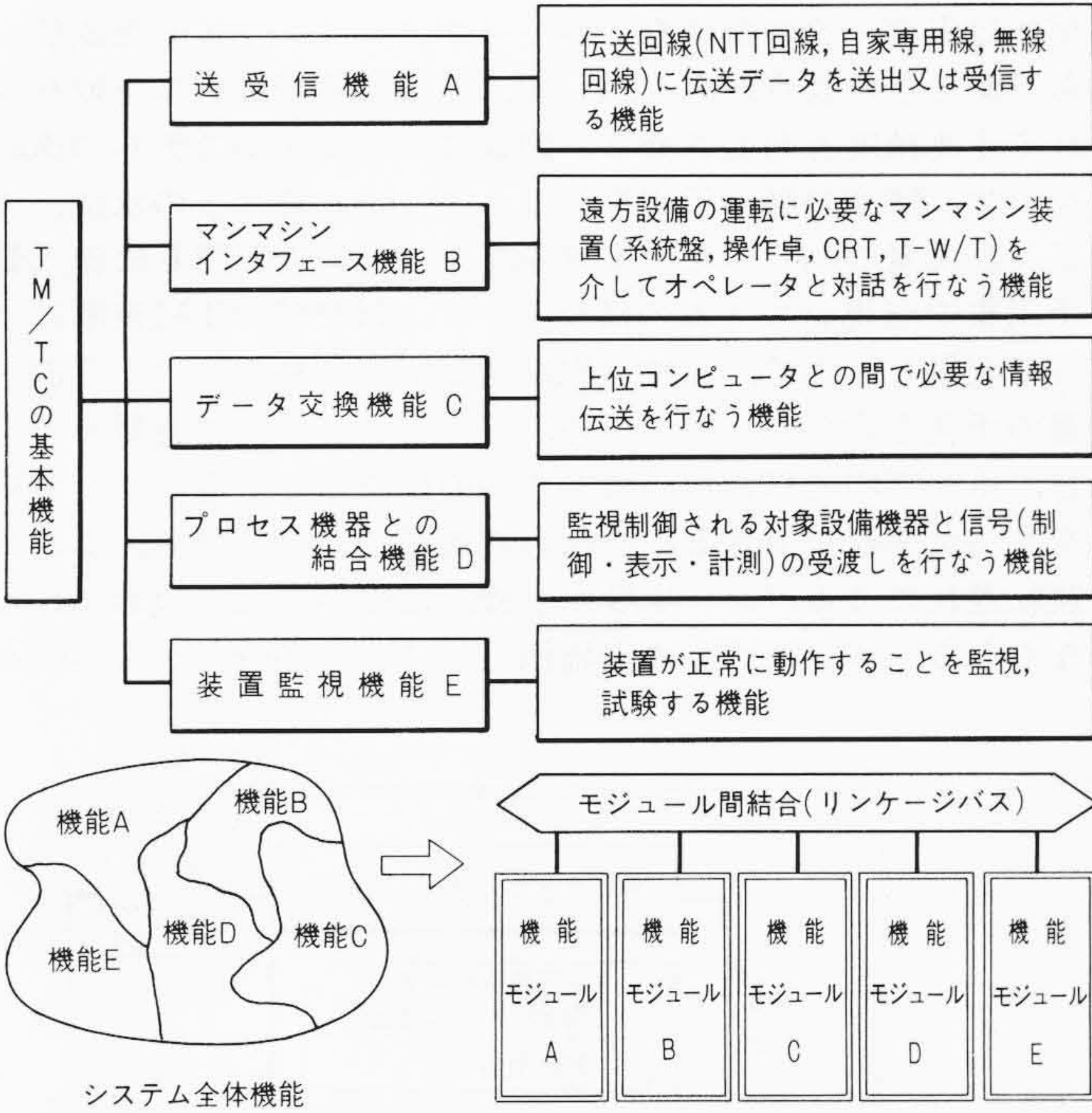
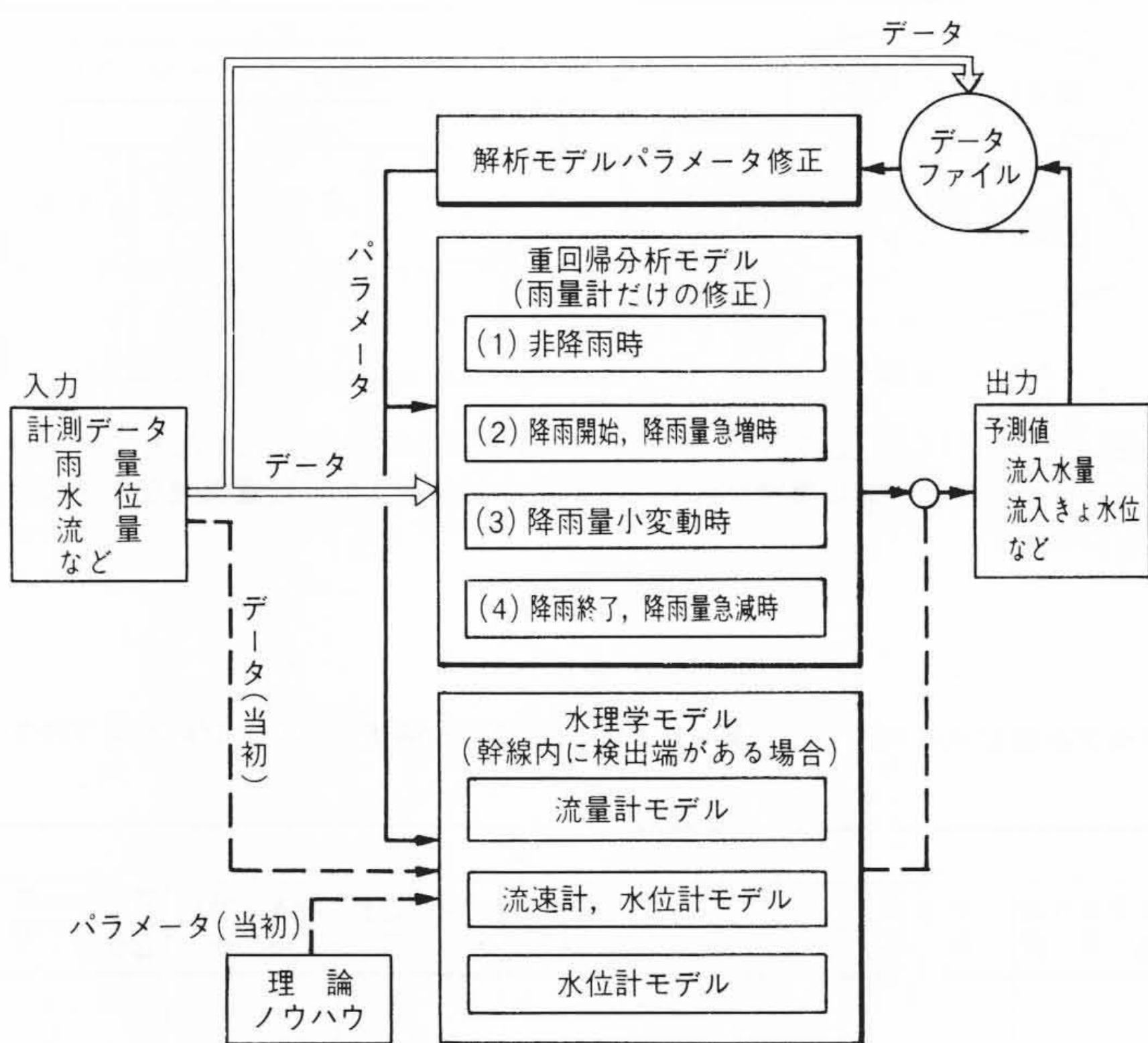


図4 TM/TC装置の基本機能 遠方監視制御装置の入り組んでいた機能を五つの基本機能に整理統合し，これらの組合せにより装置構成ができるようにした。

表2 流入量予測方式 流入量予測には，流量，水位の実測値を用いる水理学モデル及び過去の雨量，流量を統計的に処理する解析モデル並びにポンプ井水位変化率から求める簡易モデルがある。

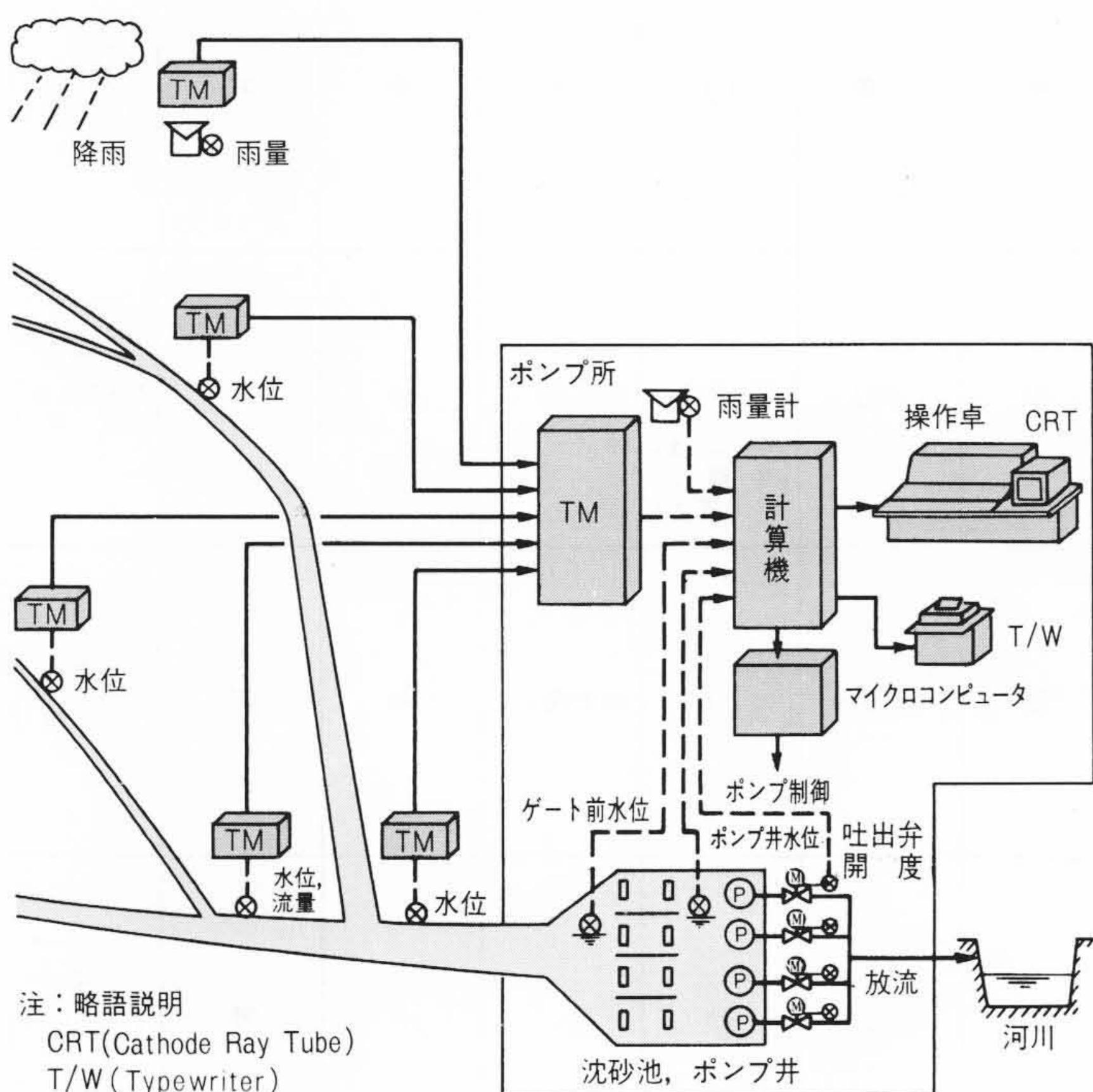
分類	モデル名称	概要	比較項目						
			モデル作成 難易度	データ 蓄積	予測 精度	流入量急変 への応答性	ポンプ起動 頻度	管きょ貯留 可否	管きょ拡張 によるモデル 変更
簡易モデル	ポンプ井水位測定モデル	ポンプ井水位変化率から高水位となる時刻を予測する。 比較的短時間(10~20分)の予測用	易	不要	△	やや速い。	大	否	不要
	管内水位測定モデル	管きょの数地点に水位計を設置し，管内水位から理論式(マンニングの公式など)により管内流量を推定，流下時間を考慮して流量を予測する。 	中	不要	○	やや速い。	中	可	要 (ソフトウェア追加)
水理学モデル	雨量/流入量パターンモデル	過去のデータから降雨パターンと流入パターンの対応表を作成し，降雨時に，どのパターンの降雨かを判定し，流入パターンを決定し流入量を予測する。 	中	1年以上	○ (データ蓄積により向上)	やや遅い。	中	否	要 (モデル式変更)
	雨量/流入量解析モデル	雨量と流入量の関係式を，過去の降雨時の雨量と流入量のデータから作成してモデル化する。これを基に降雨時に雨量から流入量を予測する。 	難	2~3年	○	やや速い。	中	可	要 (モデル式変更)
解析モデル	雨量，水位解析モデル	雨量と流入量だけでなく，管内水位や流入量実績値からモデル式を作成し，流入量を予測する。 	難	2~3年	◎	速い。	小	可	要 (モデル式変更)

デルは実データの蓄積を必要とせずに、オンライン実測値から予測できる利点があり、データ蓄積後解析モデルを取り入れて予測精度を向上させる。図5に流入量予測モデルの構成を示す。精度の高い予測を行なうには下水管きよの水位、流量及び雨量の測定のためTM装置を設置する。図6に流入量予測集中監視システムの構成を示す。計算機はTM装置によって収集した雨量、水位、流量及びポンプ井水位により流入量の予測を行ない、ポンプ井、下水管きよの貯留容量を考慮し、ポンプの運転台数、時刻を事前に決定できるので、余裕をもった運転ができる。これら流入量予測の採用で、ポンプ運転遅れによるポンプ場冠水事故、市街地の浸水のおそれなくなる。本システムの実施例としては、1982年から運転を



注：――→ 当初（データ蓄積前）、――→ データ蓄積後

図5 流入量予測モデルの構成 当初は水理学モデルで運用し、データ蓄積後、解析モデルを取り入れ予測精度を向上させる。



注：略語説明
CRT(Cathode Ray Tube)
T/W(Typewriter)

図6 流入量予測集中監視システム 流入量予測の精度向上のため、下水管きよの水位、流量及び雨量の測定を行なう。

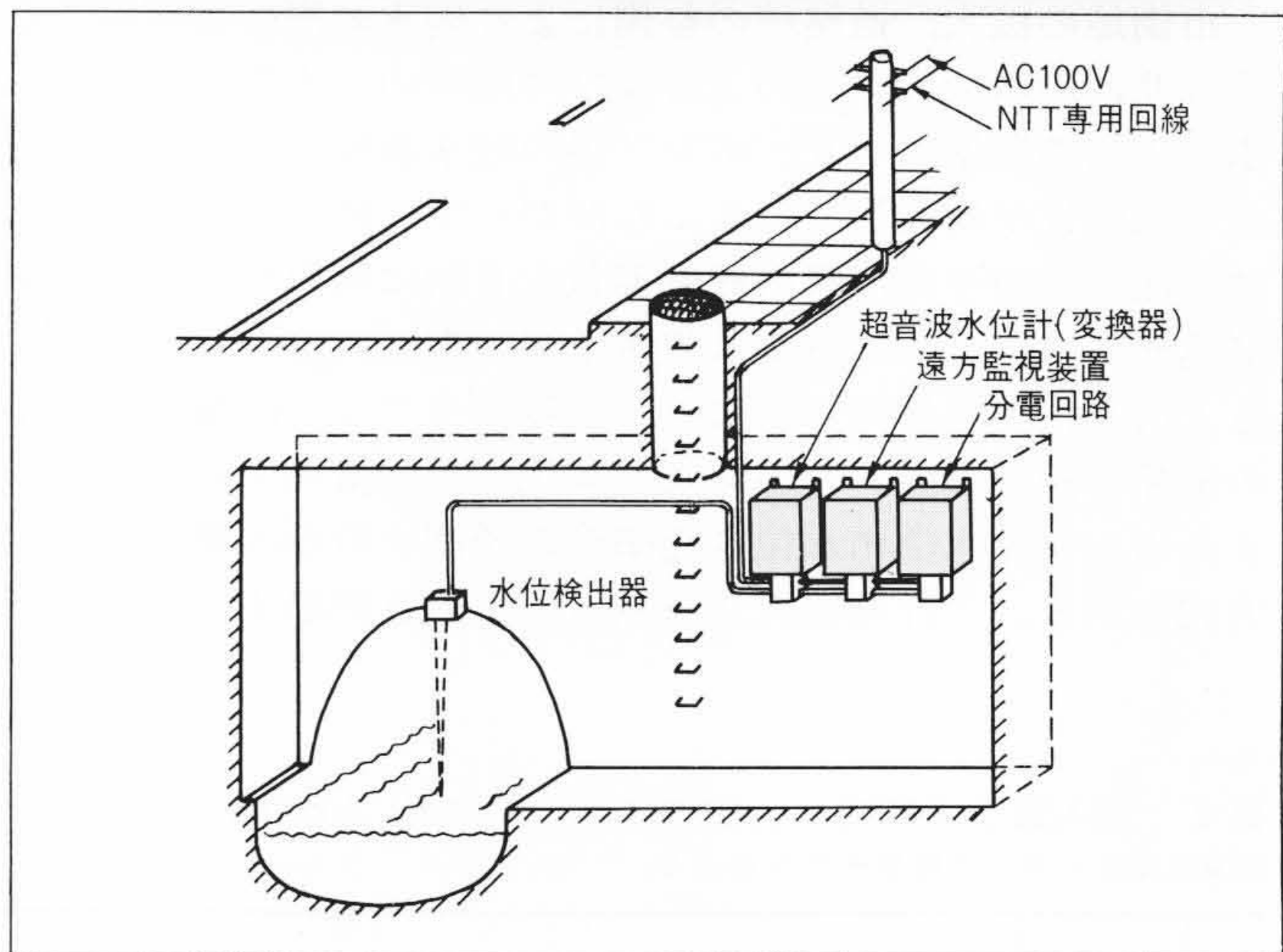


図7 マンホール設置のTM装置 TM装置をマンホール内に設置可能とするため、防水、防錆形のTM装置収納箱を開発した。これにより、TM装置設置スペースの確保が困難な市街地への設置を可能とした。

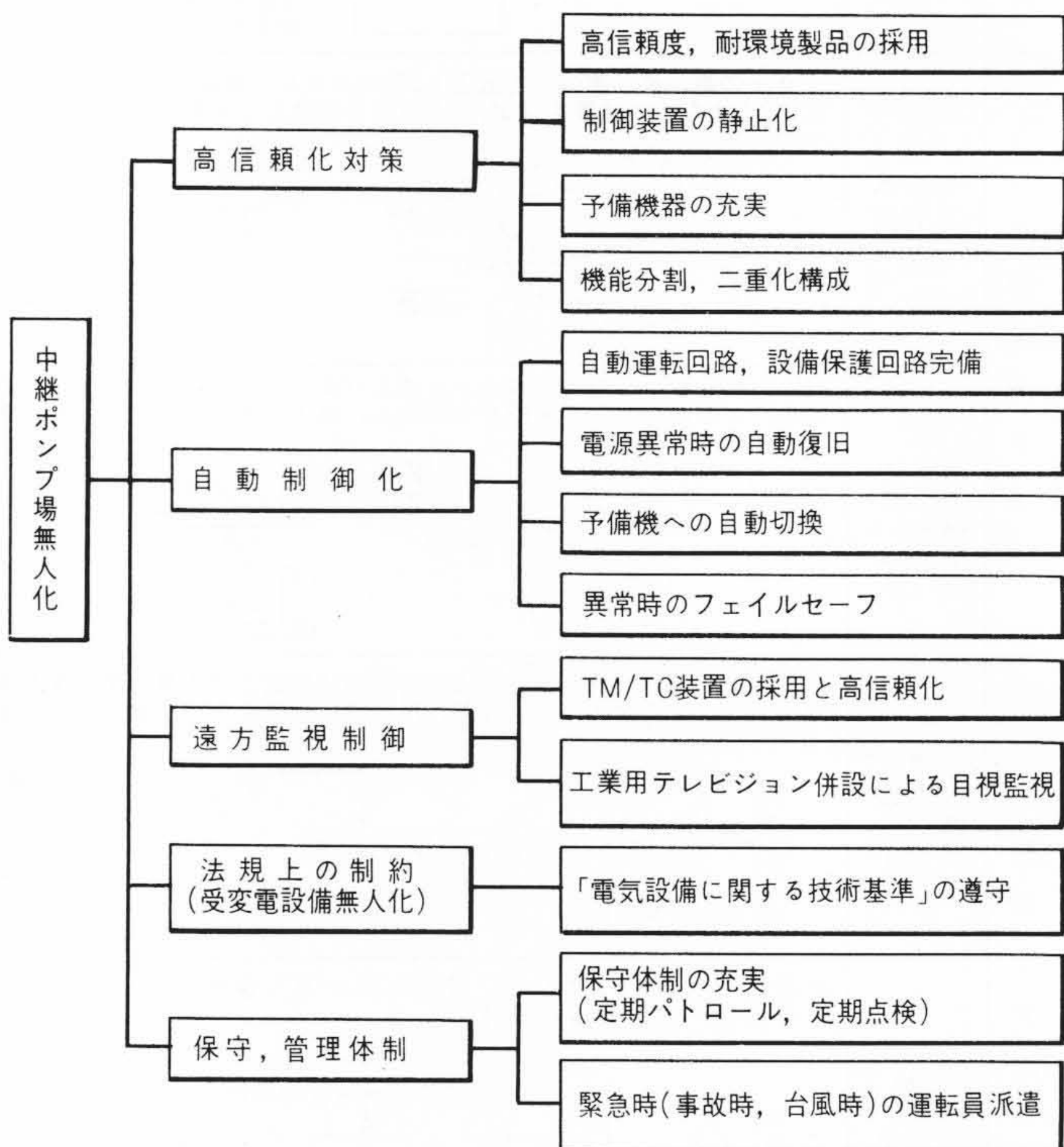


図8 中継ポンプ場無人化の対応策 ポンプ場の無人化に当たっては自動運転回路、保護回路が完備し、異常時に設備の安全性確保ができることが必要である。

開始した大阪市下水道局弁天抽水所がある^{6),7)}。下水管きよの水位、流量測定用のTM装置は柱上、路上に設置されるが、都市部では都市美観上、設置スペース上の問題からマンホール内設置となる。下水管きよ内のマンホールに設置するTM装置は高湿度、汚水から発生する有害ガスにさらされており、時には冠水する。このためTM装置収納箱は耐食アルミ合金にポリウレタン樹脂を塗装し、さび止め対策を施し、またニトリルゴム製特殊ガスケット、防水コネクタで密閉防水構造(水深1m:72時間)とした。下水道のマンホールは有害ガスの危険があり、装置の保守、メンテナンスは非常に困難なため、TM装置のプリント基板は二重コーティング及び長時間エージングによりメンテナンスフリーとした。図7に下水道マン

ホール内に設置したTM装置の実例を示す。

3.2 中継ポンプ場集中監視制御システム例

下水道設備の広域化、大規模化に伴い中継ポンプ場の設置が増大し、中継ポンプ場の集中監視制御が各地で実施されている。中継ポンプ場を無人化し、管理所から集中遠方監視制御するには中継ポンプ場の自動運転回路が完備し、迅速かつ的確な運転ができるとともに、異常時でも設備の安全性を確保できることが必要である。このためには、従来にも増して日常の保守、点検が重要となる。また無人化に当たっては、異常事態を管理所のオペレータに漏れなく伝達するためのTM/TC装置が重要な役割を果たす。図8に中継ポンプ場無人化の対応策を示す。図9に無人化した中継ポンプ場設備フ

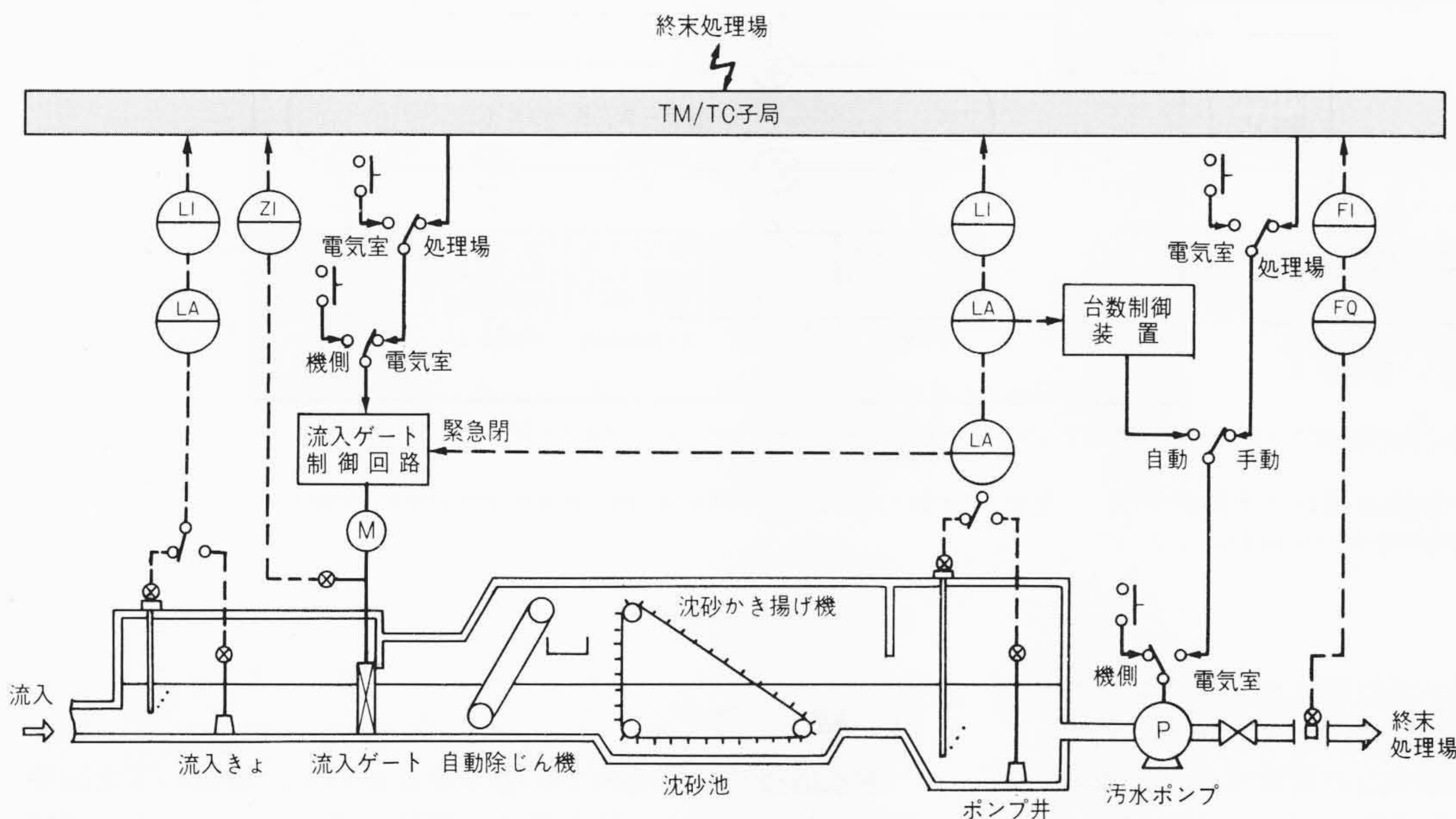


図9 中継ポンプ場設備フローシート例 エアバージ式と投込式水位計の二重化により、水位信号の信頼性向上、ポンプ井水位異常高で流入ゲートを緊急閉するなどの対策により、ポンプ場の冠水防止を図っている。

注：略語説明 LI(水位指示), LA(水位警報), FI(流量指示), FQ(流量積算), ZI(開度指示)

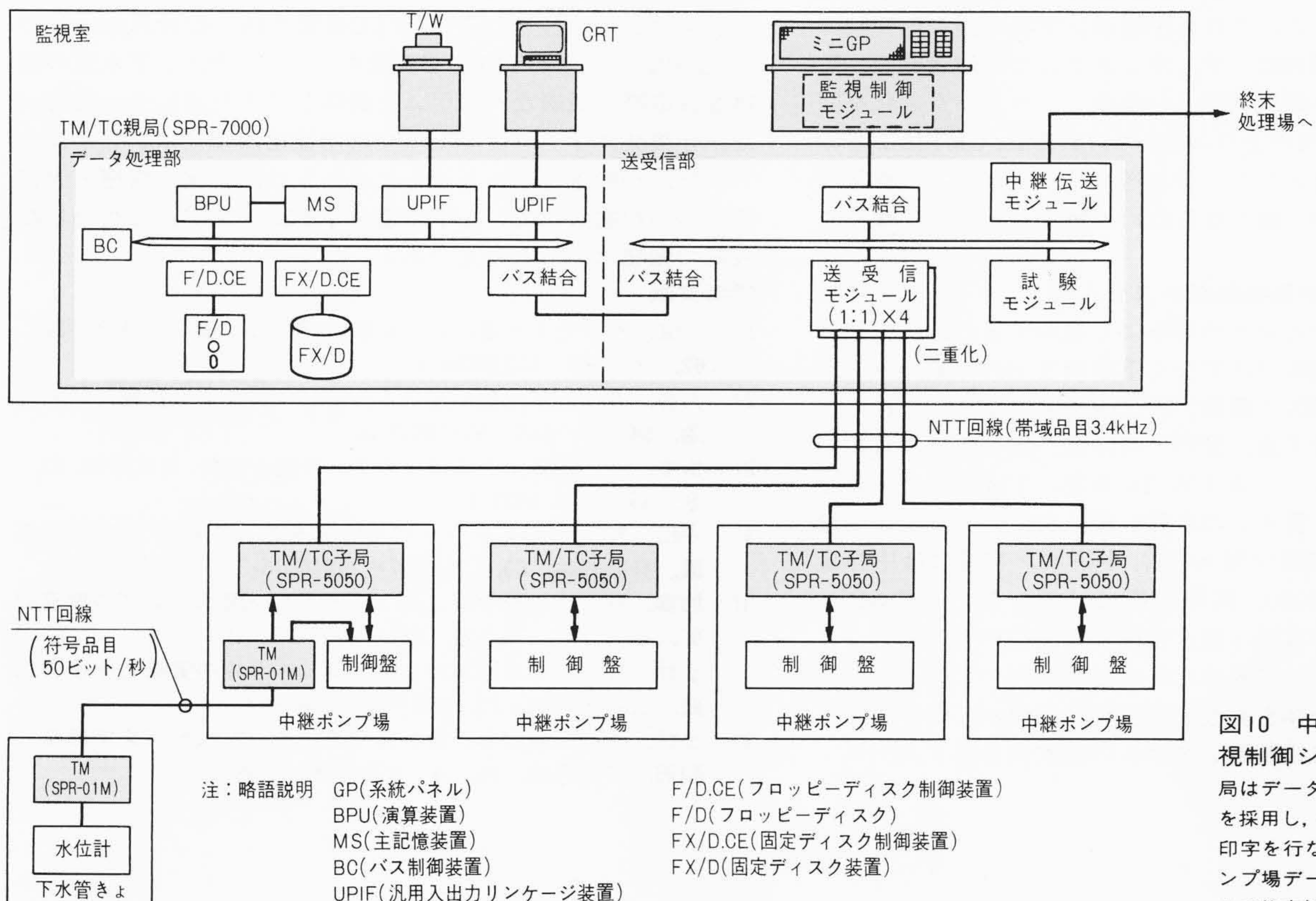
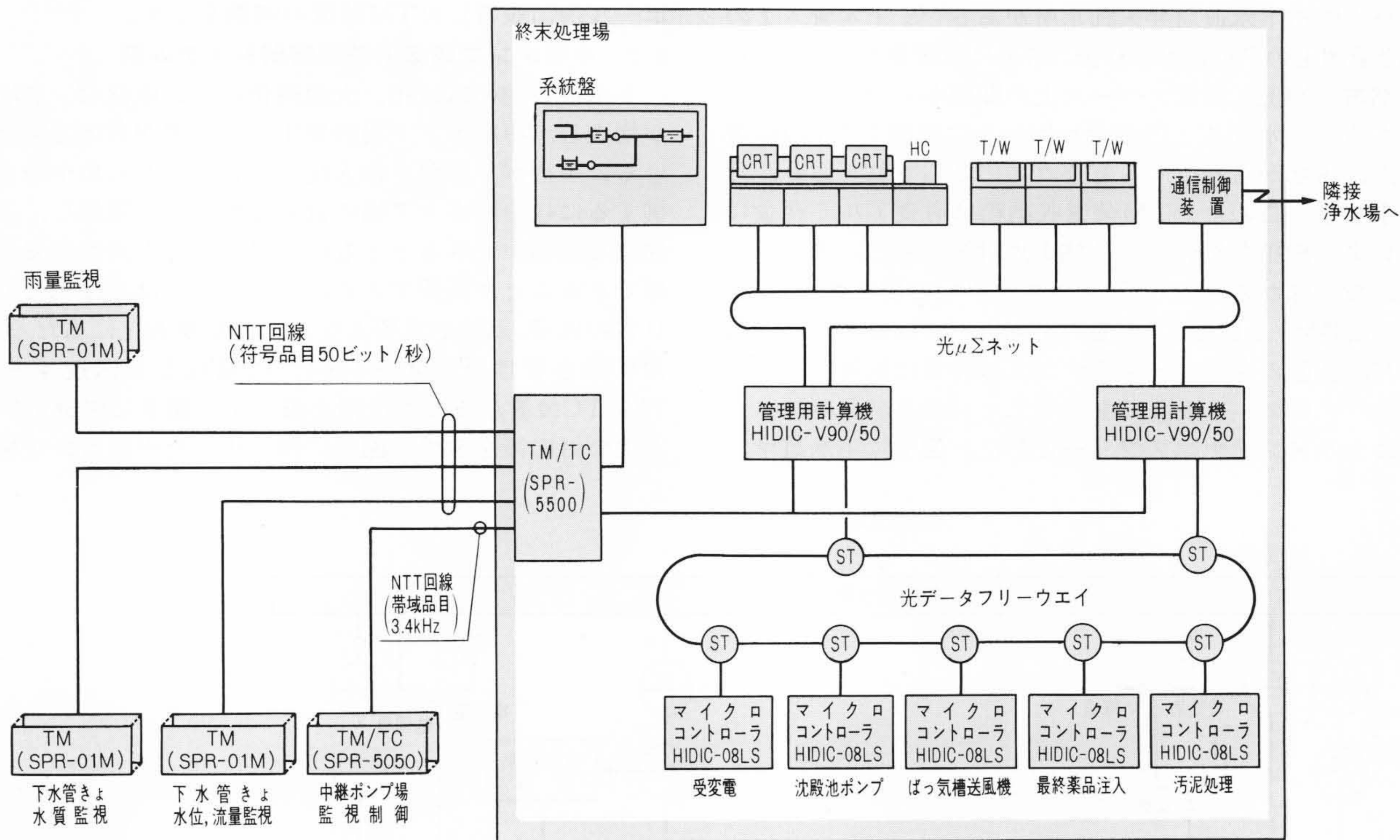


図10 中継ポンプ場集中監視制御システム構成例 親局はデータ処理機能付きSPR-7000を採用し、CRT表示、タイプライタ印字を行なわせる。また各中継ポンプ場データを中継伝送モジュールで終末処理場へ転送する。



注：略語説明 HIDIC-V90/50(日立制御用コンピュータ), CRT(ディスプレイ装置), HC(ハードコピー), ST(ステーション)

図11 広域下水道集中監視制御システム構成例 雨量、下水管きよのデータ収集には、極小容量のSPR-01Mを、中継ポンプ場の監視制御には中容量のSPR-5050を適用した。

ローシート例を示す。汚水ポンプの運転方式はポンプ井水位の高、低により運転台数を増減し、送水量の調整を行なう。なお流入量が急増し、ポンプ井水位が異常高水位となった場合は、流入ゲートを緊急閉する回路を設けて中継ポンプ場の冠水を防止している。本設備の運転で水位信号は最重要の信号であり、エアパージ式と投入式水位計の二重化により信頼性の向上を図っている。これら中継ポンプ場の集中監視制御システム構成例を図10に示す。本システムでは伝送機能、監視制御機能、データ処理機能を一体化し、コンパクト化を図ったSPR-7000の採用により、帳票の自動作成、CRTによる集中監視、操作を可能とした。なお送受信モジュールの異常は全局の監視、操作が不能となるため二重化を行ない信頼性の向上を図った。

3.3 広域下水道集中監視制御システム例

下水道設備全体を安全かつ効率よく運用するには、中継ポンプ場の集中監視制御だけでなく下水管きよの流量、水位、水質データ及び処理区の雨量データが必要となる。これらデータに基づき流入量予測、管内一時貯留、混合希釈、負荷平滑化制御などを可能とするTM/TC装置、TM装置が重要な役割を果たす。下水管きよの水質監視、水位、流量及び雨量監視には極小容量装置SPR-01M、中継ポンプ場には中容量TM/TC装置SPR-5050、親局装置には1：N方式のSPR-5500を適用した。計算機は遠方監視制御装置からのデータと光データウェイを介して集めた終末処理場内のデータを基にして、下水道設備全体を見渡した制御を行なっている。図11に広域下水道集中監視制御システムの構成例を示す。

4 結 言

下水道設備は大都市での普及率が高いが、全国の下水道普及率は34%と低く、現在強力に建設が進められている。同時にこれら下水道設備を効率よく総合的に運用管理する集中監視制御システムの役割が増大している。本稿では集中監視制御システムの中核となるTM/TC装置が統一設計思想に基づき大、中、小容量形TM/TC装置をシリーズ化し、下水道の複雑な設備群に最適なシステムを提供してきた点について述べた。今後共マイクロプロセッサ応用技術によりインテリジェント化、小形化を図るとともにネットワーク化、高速・大容量化への対応を行ない、下水道集中制御システムに適合した装置の開発に努める考えである。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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, 64, 9, 645～650(昭57-9)
- 3) 松本, 外：広域上下水道システムの総合制御, 日立評論, 62, 8, 553～558(昭55-8)
- 4) 寺田, 外：マイクロコンピュータを用いた遠方監視制御装置, 日立評論, 63, 3, 197～202(昭56-3)
- 5) 加藤, 外：流入量予測に基づく汚水及び雨水ポンプの最適制御, 日立評論, 59, 8, 661～666(昭52-8)
- 6) 小林, 外：下水道設備の自動制御システムの実際と今後の課題, 公害と対策, 21, 240～247(昭60-3)
- 7) 小林, 外：広域雨水排除システムにおける大形ポンプ設備と制御, 日立評論, 65, 4, 279～284(昭58-4)