

# 上下水道管理システムの構築

\* 伊東 祐輝(いとう ゆうき)・\*\* 佐武 昇(さたけ のぼる)・\*\*\* 大倉 和郎(おおくら かずお)・\* 山本 正昭(やまもと まさあき)

## ① まえがき

上下水道施設が高度化、自動化するのに伴って、電機・計装を中心とする監視制御システムも高度化、多様化してきている。また、水道システムの規模も大都市の広域水道から地方都市の小規模システムまで大小さまざまである。これら多様な水道システムに対応するためには、その各々に適したシステム構築が可能でなければならない。幸い、現在はマイクロエレクトロニクスを基盤とする各種のコンポーネントが豊富であり、これらを組み合わせた種々の階層のシステム構築が可能で、大方の要求には対応できる。

本稿では、富士電機におけるこれら各種水道システムに対応するシステム構築法について紹介する。

## ② 上下水道システムの形態

上下水道は、広域水道、流域下水道から簡易水道まで大小さまざまである。また、一つの上下水道は浄水場、下水処理場、ポンプ場など複数の水道施設からなる階層構成をなしている。これらの水道施設の管理レベルも、経営管理から定常レベルのプロセス制御までさまざまである。水道施設とその管理運用法が組み合わされて、全体として階層化された上下水道システムを構成している。

上水道では、最下層施設として配水池、供給点、給水ポンプ所と給水ネットワークがあり、最終需要家との直接の接点として運営される。小規模のものはほとんど無人運転であり、若干の一般計装とテレメータ・テレコントロール装置で運転される。ポンプ場の大規模なものはミニコンピュータ、マイクロコントローラなどで有人運転される。

これらの上に中位層として、浄水場があり、水の供給を行っている。浄水場は小規模なものは簡易水道、井戸水源の浄水場のように若干の計装でほとんど無人に近い運転がされる。一般の浄水場は計算機、マイクロコンピュータによる集中管理、分散制御方式をとり華々しい本格的な計装システムを展開している。浄水場の中には、浄水と給配水を兼ねているものがあり、計算機とテレメータリング・テレコントロールが展開される。配水コントロールは、浄水場とは別に独立した給水センターで運営されることもある。

浄水場、給水センターの上位に水運用センターがあり、複数の浄水場、取水ポンプ場、給水ポンプ場、送配水路の総合運用を行う。この層では、大形計算機と複数のミニコンピュータが通信回線を介したコンピュータネットワークを形成する。最上位には本局の水道経営システムがあつて、

水道施設の総合管理、需要家各営業所の料金管理や水源管理、給水計画、施設計画、管路計画など大形計算機と通信施設を駆使したトータルシステムが展開される。

下水道では、最下層施設として、コミュニティプラントや地方町村の小規模処理場がある。これらは簡単な計装で一人若しくは数人で半自動的な運転がされる。最近は、これらを電話回線で結び、群管理の無人化をしようという動きがある。中位層の下水道施設は、処理場と中継ポンプ場がほとんどである。両者ともミニコンピュータ、マイクロコンピュータを使用した集中管理・分散制御システムが華々しく展開されている。処理場は中継ポンプ場とテレメータ・テレコントロール装置で連絡され、処理場・下水幹線・中継ポンプ場の下水ネットワークが形成される。最上層は流域下水道システムであり、流域下水処理場を中心として下水幹線群、中継ポンプ群が広域下水道システムを形成する。これは更に左岸、右岸を統合して河川流域管理に発展する。この層では大形計算機を頂点にミニコンピュータ、マイクロコンピュータ、伝送を合わせた大形の階層システムが組まれる。

このように上下水道システムは最上層から最下層まで各種の施設が存在し、これらが有機的に組み合わせられ、全体として階層構成をなしている。各層にはそれにふさわしい各種の計装コンポーネントが要求され、これらが横断的にも縦断的にも自由に組み合わせられて適正な全体システムが構成されねばならない。

## ③ 上下水道管理システムの構成

### 3.1 上下水道管理システムの概要

上下水道システムは、階層化された各種施設と、それを有機的に結合し効果的な水道運営を行うことを助ける管理システムとから構成される。

管理システムは階層化されたサブシステムの集合体として構成され、それが適用される水道システムの規模や管理レベル、対象水道施設の位置付けに合わせて自由に構成できることが望ましい。管理システムの分類と上下水道施設への適用を図1に示す。

### 3.2 ハードウェアの構成

富士電機の上下水道管理システムは機能が階層化されており、図2に示すハードウェア群で構成される。

富士電機の上下水道管理システムは大規模場内設備用システム、中小規模場内設備用システム、場外設備用シス

ムの3種類に大別される。この3種類のシステムを適切に組み合わせることによって、最も投資効果の高い適正システムを構築することができる。

(1) 大規模場内設備用システム

大規模場内設備用システムを構成する主な機器は、32ビット高級計算機であるS-3000シリーズスーパーミニコンピュータ、分散制御用機器であるMICREXシリーズプロセスコントローラ（PCS）や高機能シーケンスコントローラ（HDC）、マイクロコンピュータ内蔵の調節計FCシリーズシングループコントローラ（PMK/PML）、データ伝送装置としてはデータウェイが用いられる。なお、データウェイとシングループコントローラの結合のために通信コントローラ（UTC）がある。

(2) 中小規模場内設備用システム

中小規模場内設備用システムを構成する主な機器は、後述のU-1000シリーズミニコンピュータやFCシリーズシングループコントローラ（PMK/PML）も使用されるが、一般のアナログ計装機器やシーケンサなどが多用される。ただし、データ伝送装置としてSASシリーズ場内信号伝送装置が用いられる。なお、計算機とシングループコントローラの効率的な結合のためにFCシリーズ通信コントローラ（PMN）が用意してある。

(3) 場外設備用システム

場外設備用システムを構成する主な機器は、SASシリーズ遠方監視制御装置である。

3.3 ハードウェアの種類

(1) S-3000シリーズスーパーミニコンピュータ

このスーパーミニコンピュータは、日本語情報システム（JEF）をベースに体系的な日本語処理が実現できるので、定形業務の日本語出力や図形データの出力が可能であり、プログラム開発も日本語による見やすい画面で行うことができる。

更に高速演算処理能力を生かし、多量のデータによる統計処理や技術計算とか、多数業務の時分割同時並行処理、多重会話機能による複数端末機からの同時並行処理が可能である。

広域水道や流域下水道では、多量のデータによる統計処理や技術計算によって施設の最適運用や最適経営計画を立案する必要があるため、このスーパーミニコンピュータはこれらの用途に最適の機種である。

(2) U-1000シリーズミニコンピュータ

上下水道施設の監視制御の中心的な機種である。上下水道施設を構成する各種設備相互の運用制御や次に述べるMICREXシリーズのコントローラ用制御定数の演算、更にデータのCRT表示やラインプリンタへの出力、前記スーパーミニコンピュータへの転送処理も行う。

図2の大規模場内設備は、ミニコンピュータを2台使う方式である。この目的は二つあって、一つはバックアップであり、もう一つは機能分散である。すなわち、1台は制御演算処理用とし、他の1台をCRT表示処理用として各ミニコンピュータの負荷専有率を下げて、CRT表示速度を上げる。

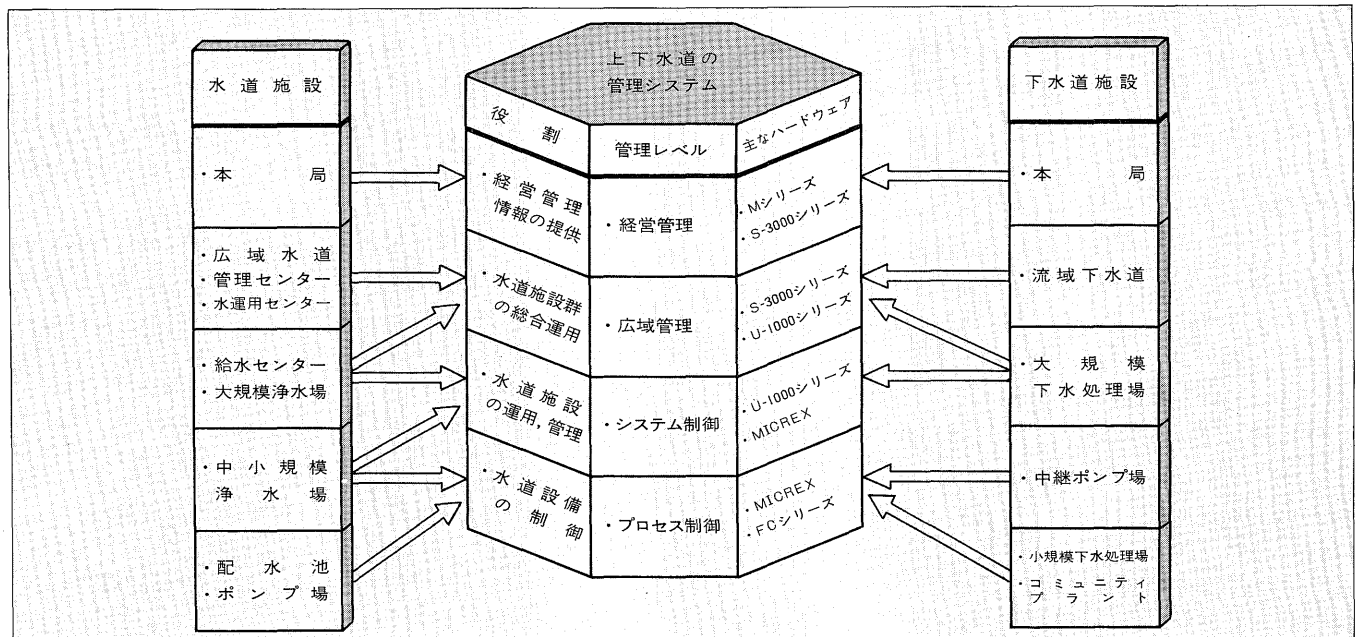
(3) MICREXシリーズプロセスコントローラ（PCS）

プロセス制御専用の分散形マイクロコントローラである。そのために、演算速度は次に記すシーケンスコントローラよりは遅いが、アナログ制御機能とシーケンス制御機能の両方を兼ね備えているので、上下水道施設のコントローラとして最適である。

なお、このプロセスコントローラには富士オートチューニングシステムを付加することができるので、だれにでも簡単に最適PID定数を求めることができ、PID定数調整に時間を費やす必要がなくなった。

(4) MICREXシリーズ高機能シーケンスコントローラ（HDC）

図1 管理システムの分類と適用



( 9 ) 265



シーケンス制御専用の分散形マイクロコントローラである。前記プロセスコントローラよりも演算速度は速いし、また入出力点数も多い。上下水道施設では、ポンプ制御やデータウェイから中央の監視盤や操作机への信号の受渡しに使う。

(5) MICREX シリーズデータウェイ

各マイクロコントローラやミニコンピュータ相互間のデータ伝送には、高速で信頼性が高く、バックアップ機能に優れた伝送システムが用意されている。

(6) FC シリーズシングルループコントローラ(PMK/PML)

マイクロコンピュータを内蔵したシングルループ形の調節計である。複雑な制御演算が可能であるので上水道では薬品注入制御、送配水圧力/流量制御などに使われ、下水道では、ばっ気風量制御、返送汚泥量制御などに使われている。

なお、通信コントローラ(PMN/UTC)で上位システムとの結合が可能で、データ伝送によるDDC機能分担を持たせたシステムも構築できる。

(7) SAS シリーズ場内信号伝送装置

多心ケーブルの置替えとして、又は中小規模場内設備用のデータウェイ用として用いる。大規模場内設備用システムにおいては、マイクロコントローラのバックアップ信号路としても使うことができる。

(8) SAS シリーズ遠方監視制御装置

伝送機能として常時サイクリック伝送以外に優先伝送、サブコミュニケーション、選択計測などの機能を持っている。

図2の遠方監視制御装置の親局は2台使う方式になっている。この目的は二つあって、一つはバックアップであり、

もう一つは機能分散である。すなわち、1台は遠方監視専用とし、他の1台を遠方制御専用として遠方制御中、他局の監視不能になることを防ぐ。

4 ソフトウェア構成

先端技術開発は、種々の活性化要求を取り入れ、各分野で急速に進展している。計算機システムの分野でも、32ビットスーパーミニコンピュータ、光ファイバ伝送技術、音声の合成と認識技術など、情報処理技術の進歩は著しく、その応用範囲も急速に拡大しつつある。このように、機器・装置の単体性能が大幅に向上する中で、各性能を最大限に発揮させ、かつシステム性能や価値を向上させるソフトウェアの開発も並行して進められている。

4.1 上下水道管理システムのソフトウェア階層

上下水道管理システムにおけるソフトウェアも階層化されており、下位からプロセス制御、システム制御、広域管理、経営管理の各レベルに区分される。各階層の主要機能、基本ソフトウェアの対応を表1に示す。

最近、上水道の送配水管理制御に見られるように、適切な水運用制御を行うことにより配水池などの施設・設備を有効利用する例があるが、このような例では、大量のデータ処理やシミュレーションを短周期で、かつオンラインで行う必要がある。この例は、広域管理レベルに属し、32ビットスーパーミニコンピュータ(S-3000シリーズ計算機システム)でシステム化され、オペレーティングシステムOVIS/S配下のリアルタイム処理(RTCF)で動作する。

表1 上下水道管理システムのソフトウェア階層

| 階層      | 主 要 機 能                                                                                | 基 本 ソ フ ト ウ ェ ア                                                                                                                                                          | ソフトウェア名                  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 経営管理レベル | ① 人事管理<br>② 財務管理<br>③ 経営管理<br>④ 設備計画<br>⑤ 需要予測(長期)<br>⑥ 都市計画<br>⑦ ダム/河川の運用計画           | ① 日本語処理(JEF)<br>日本語ユーティリティ(ADJUST)<br>日本語端末<br>② 定形マンマシン業務(AIM)<br>トランザクション処理<br>③ 図形処理(GPS)<br>④ リアルタイム処理(RTCF)<br>リアルタイム制御システム<br>リアルタイム制御言語<br>会話形デバッグ機能<br>入出力サブルーチン | Mシリーズソフトウェア(OSIV/F4, X8) |
|         | ① 上下水道総合管理(水量, 水質, 設備)<br>② 需要予測/処理負荷予測<br>③ 水運用計画<br>④ 統計処理<br>⑤ シミュレーション<br>⑥ 機器保全   | ⑤ 言語<br>JIS COBOL<br>PL/I<br>FORTRAN 77<br>⑥ 科学技術計算ライブラリー<br>⑦ マルチパッチ処理<br>HYPER COBOL                                                                                   | S-3000シリーズソフトウェア(OVIS/S) |
| システム制御  | ① 最適制御(水量, 水質, 電力, 薬品, 燃料)<br>② 施設・機器運用<br>③ マンマシンインタフェース(CRT, ミニグラフィック, 音声)<br>④ 帳票作成 | ① 制御プログラム<br>スーパーバイザ<br>データ管理, ジョブ管理, コンソール管理<br>② 言語<br>FORTRAN (JIS 7000), MACRO<br>③ ユーティリティ<br>データ管理, システム運用, RASIS<br>④ POPS<br>PIO サービス, I/O サービス                  | U-1000シリーズソフトウェア(USAII)  |
| プロセス制御  | ① DDC<br>② シーケンス制御                                                                     | ① モジュール<br>PID, PIDV, ALM, ...<br>② データウェイサービス                                                                                                                           | MICREX シリーズソフトウェア        |

図3 上下水道管理システムのアプリケーションソフトウェア全体構成

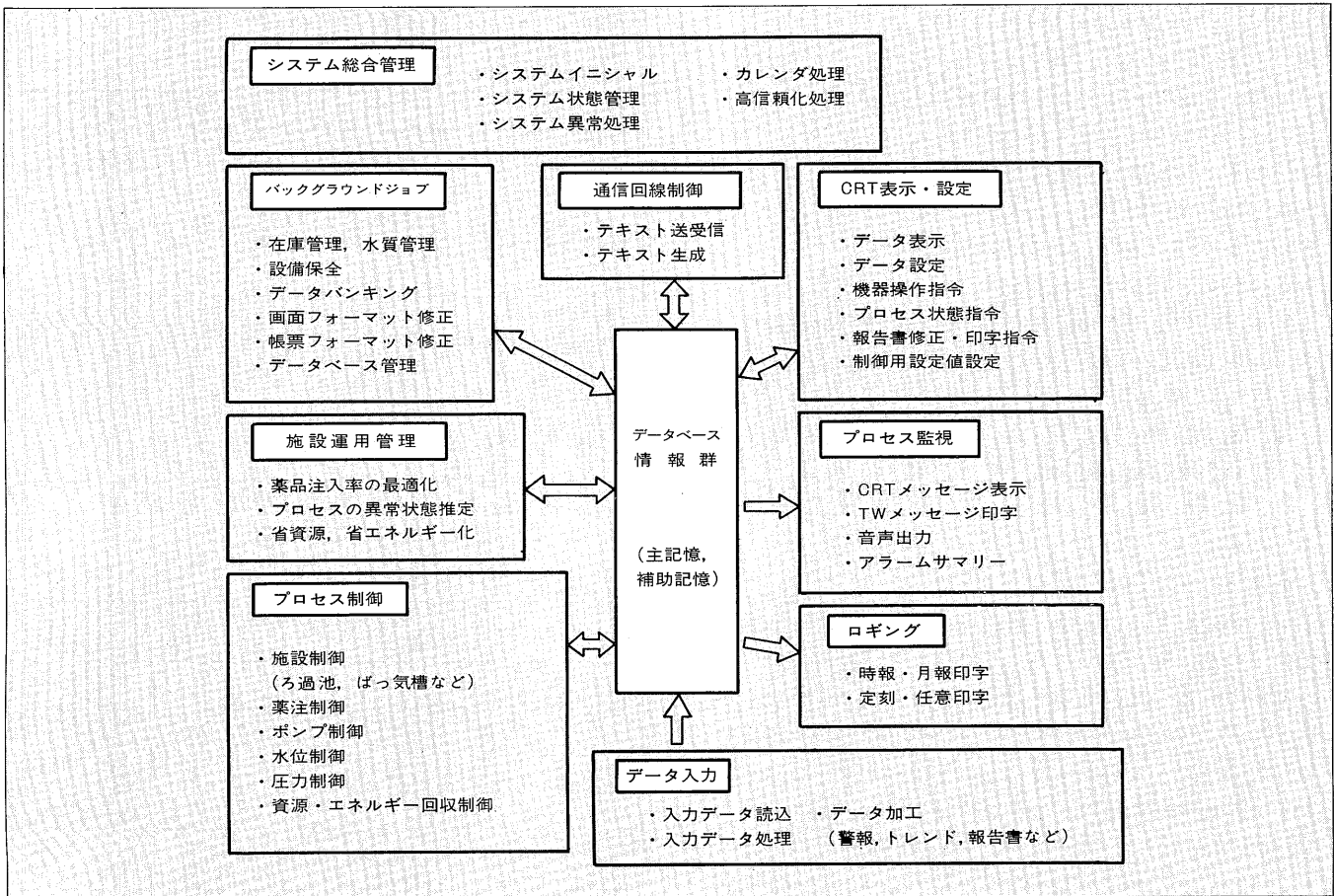
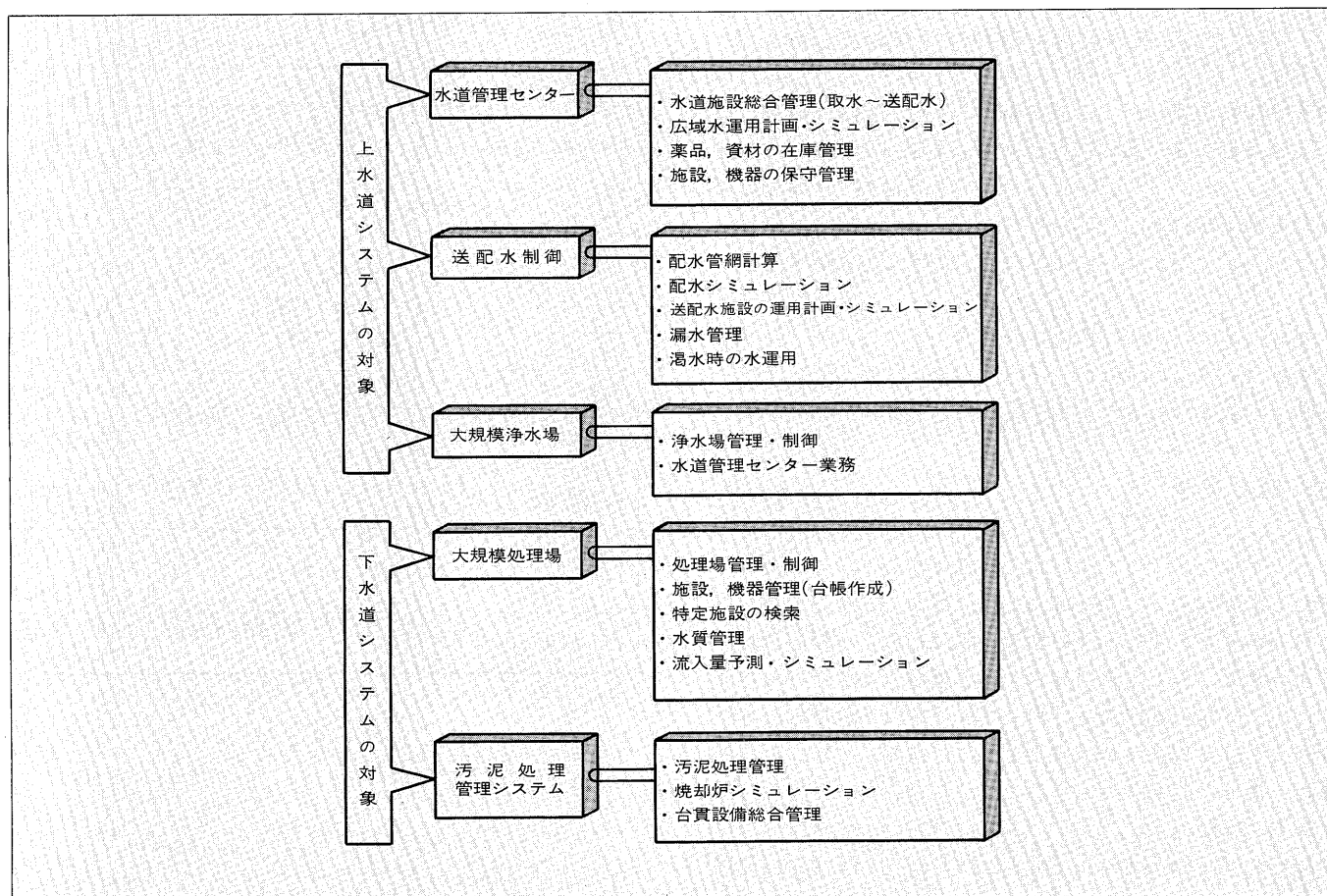


図4 上下水道管理システムへのS-3000シリーズの適用



4.2 アプリケーションソフトウェア

上下水道管理システムのアプリケーションソフトウェアの全体構成を図3に示し、この特長を下記する。

(1) バックグラウンドジョブの拡充

リアルタイム制御レベルのシステムで、監視制御機能に悪影響を与えない範囲でバッチジョブを行うもので、在庫管理や水質管理、あるいはCRT画面や帳票のフォーマットなどを会話形式により修正を行う。ここで扱うデータ量が大量であったり、本格的な日本語処理機能が必要な場合には、より上位レベルのシステムを採用することにより、表1に示すような基本ソフトウェアを利用することができる。

(2) 施設運用管理の充実

浄水場や処理場の運用過程で得る運用上のノウハウを、システムに簡単に組み込むことができるように計画されたシステムである。

(3) 拡張性、保守性の容易性

上下水道管理システムは、数年度にわたる長期的建設に特徴の一つがある。このため、それほど大がかりでない設備の増設や改造が比較的多く、その都度、スケール変更や帳票フォーマット変更が発生する。CRT画面や帳票など出力形式の修正・変更、あるいはスケールやデータ名称などデータ処理内部の修正・変更を直接プログラムを操作することなく、CRTなどを利用した会話形式にて行うことにより、システムの拡張性、保守性を一段と容易にする傾向にある。

4.3 スーパーミニコンピュータのソフトウェア

図3に示すように、スーパーミニコンピュータは、広域管理レベルに位置し、上下の各階層の一部も網羅できる。上下水道管理システムにおける適用例を図4に示す。本適用例では、スーパーミニコンピュータの特長の第一である計算能力を最大限活用した各種シミュレーション技術を中心に、オンラインリアルタイムで処理が可能なシステムを構築できる。

更にS-3000シリーズ計算機システムは、Mシリーズ計算機システムのソフトウェア財産を活用することにより、高品質の基本ソフトウェアが構築できる。

5 あとがき

上下水道システムが高度化、多様化するにつれて各種の管理、制御システムが要求される。幸い、エレクトロニクス技術を基本とする種々の機器が用意され、その融通性ある組合せによって大方のシステムを構成することができる。本稿では、富士電機のシステム構築法を具体的に紹介した。システム制御技術は日進月歩であり、進歩が早い。今後も新しい機器の開発とシステム構築に精進する所存である。

参考文献

- (1) 大倉和郎・伊東祐輝：上水道におけるマイコン制御，電気学会雑誌，101，3，pp.204～208（1981）

最近公告になった富士出願

〔特 許〕

| 公 告 番 号     | 名 称                            | 発 明 者                            |
|-------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 特公昭58- 6043 | ケーシングと軸受台との連結装置                | 久保 善弘                            |
| 特公昭58- 6197 | 並列コード伝送方式における端末コントロール機器の制御システム | 井崎 健一<br>飯島 輝明<br>佐々木 莊<br>大橋 一弘 |
| 特公昭58- 6198 | 並列コード伝送方式におけるアドレス選択回路          | 井崎 健一<br>飯島 輝明<br>佐々木 莊<br>大橋 一弘 |
| 特公昭58- 6307 | 半導体装置                          | 内田 喜之<br>大沼 崇<br>目黒 謙            |
| 特公昭58- 6389 | 無効電力補償形変換装置の非常運転方法             | 藤原 正克                            |
| 特公昭58- 6390 | 制御整流回路における故障検出装置               | 星野 栄雄                            |
| 特公昭58- 6986 | 飲料自動販売機の冷、温水供給回路               | 江上 元一<br>長谷川俊男                   |
| 特公昭58- 7371 | 薄板のエンボス成形方法                    | 中野間 誠<br>稲垣 正文<br>羽生 利正          |
| 特公昭58- 7558 | 飲料供給装置                         | 石井 欣吉<br>城處 俊一<br>山下 智弘          |
| 特公昭58- 7928 | 差圧応動装置                         | 玉井 満<br>安原 毅                     |
| 特公昭58- 8025 | 紙幣類鑑別装置の検査方法および装置              | 松尾 治<br>佐野 安一                    |
| 特公昭58- 8462 | 分析システム                         | 上田 伸也<br>中沢 俊之<br>金子 輝男          |
| 特公昭58- 8528 | 計器用警報装置                        | 城所 勲                             |
| 特公昭58- 8734 | 試料ガスサンプリング装置                   | 上田 伸也<br>金子 輝男<br>杉本 啓介          |
| 特公昭58- 8744 | 水中のアンモニア性窒素分析方法                | 田沼 良平                            |
| 特公昭58- 9994 | 多重価格設定形のボトルリリース式自動販売機          | 川崎 治夫<br>後藤 光男<br>近藤 謹也          |
| 特公昭58-10098 | 聴力検査装置                         | 柿間 克彦                            |
| 特公昭58-10148 | 電気集じん装置                        | 降矢 正保                            |
| 特公昭58-10561 | 蒸気タービンの推力発生防止構造                | 高橋貞次郎                            |
| 特公昭58-10598 | 送風機のサージング防止制御装置                | 太田 徳二<br>福本 武也                   |
| 特公昭58-10840 | 誘導加熱コイル                        | 山崎 仁<br>松本 巖<br>川崎 道夫            |
| 特公昭58-10954 | 同期リニアモータの速度制御装置                | 藤原 正克<br>井村 輝夫                   |



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。