

下水道普及率向上と小規模下水道システム

Small Scale Sewage System

これからの下水道整備は、中小の市町村を中心に大きな進展が予想される。中小下水道はそれぞれ地域の多様性を持っており、簡便で、維持管理の容易な技術、システムが求められている。また、中大都市で開発した技術などを、そのまま適用しにくい面もある。

このたび日立製作所は、中小下水道に適した輸送システム、電気システムを開発し実用化した。信頼性や保守性に優れ、小形パッケージ化を図り、コストパフォーマンスの良いシステムである。

齋藤 隆* Takashi Saitō
 銭谷英夫** Hideo Zeniya
 上島寿彦*** Toshihiko Kamijima
 金子智則*** Tomonori Kaneko

1 はじめに

わが国の下水道整備は欧米先進諸国と比較して、かなり遅れている状況にあり、日米構造協議でも指摘されている。

下水道、道路などを代表とする生活関連の社会資本整備として、公共投資430兆円の計画が示されている。その中で下水道は過去10年間の実績に対し、平成3年度から10年間で約2倍の50兆円の投資規模が予定されている。

現在の下水処理人口普及率は、平成3年3月で全国平均44%である、しかし、下水道の普及は中大都市に偏在しており、人口5万人未満の市町村での普及率は9%と低い。建設省は平成3年度からスタートする「第7次下水道整備5箇年計画」で、中小市町村の下水道整備促進を最重点課題としている。

ここでは、中小市町村下水道向けの下水道システムの課題を概括し、主として新規開発した電気システムについて述べる。

2 中小下水道の整備促進

下水道の整備は中大都市中心に進められ、大都市の下水道普及率は高水準に達している。しかし、都市人口別に見れば、人口5万人未満の約2,000市町村が下水道未着手の状況である。都市人口ランク別の下水道整備状況を図1に示す。

下水道整備目標として、普及率を平成7年に約55%、平成12年に約70%とする長期計画が立てられている。このように、普及率向上で特に中小市町村を中心に促進することが急務となっている。

一方、下水道事業を取り巻く社会的背景は変化しており、

生活排水の処理、浸水の防除という基本的役割から、高度処理、親水エリア創生などの質的向上、施設やエネルギーの有効利用、資源の活用など多面的な役割が要求されている。

2.1 現状と課題

中小市町村は、中大都市と比較して、(1)人口密度が低い、(2)地域の多様性、(3)人材や専門家の不足、(4)財政力不足などの特徴を持っている。

中小下水道の特徴を図2に示す。

地域の多様性とは、地理(どこに位置するか、例えば都市近郊、水田農業地域、漁・山村)、地形、人口規模、集落形態、特定産業の有無(例えば、観光地のような社会産業構造)などである。

従来、都市部で用いられていた制度や手法を、そのまま中小市町村へ適用しても円滑には運用されにくいこともあり、中小市町村向けの財政的、人的な面での新しい支援や制度が着々と進められている。

また、従来の下水処理施設は、スケールメリットを基本に集中化する考え方である。しかし、中小下水道では、スケールメリットがそれほど期待できない。

したがって、中小下水道に適した輸送、水処理、汚泥処理方式の技術的研究、開発が行われ、さまざまな方式が実用化されており、技術的にも多様化の傾向にある。これらの中小下水道に関して、計画、設計、建設、維持管理面での技術援助が建設省、日本下水道事業団を中心に進められている。

2.2 下水処理方式

小規模の下水処理方式の選定にあたっては、流入水量、流

* 日立製作所 機電事業部 技術士(電気・電子部門) ** 日立製作所 機電事業部 *** 日立製作所 大みか工場

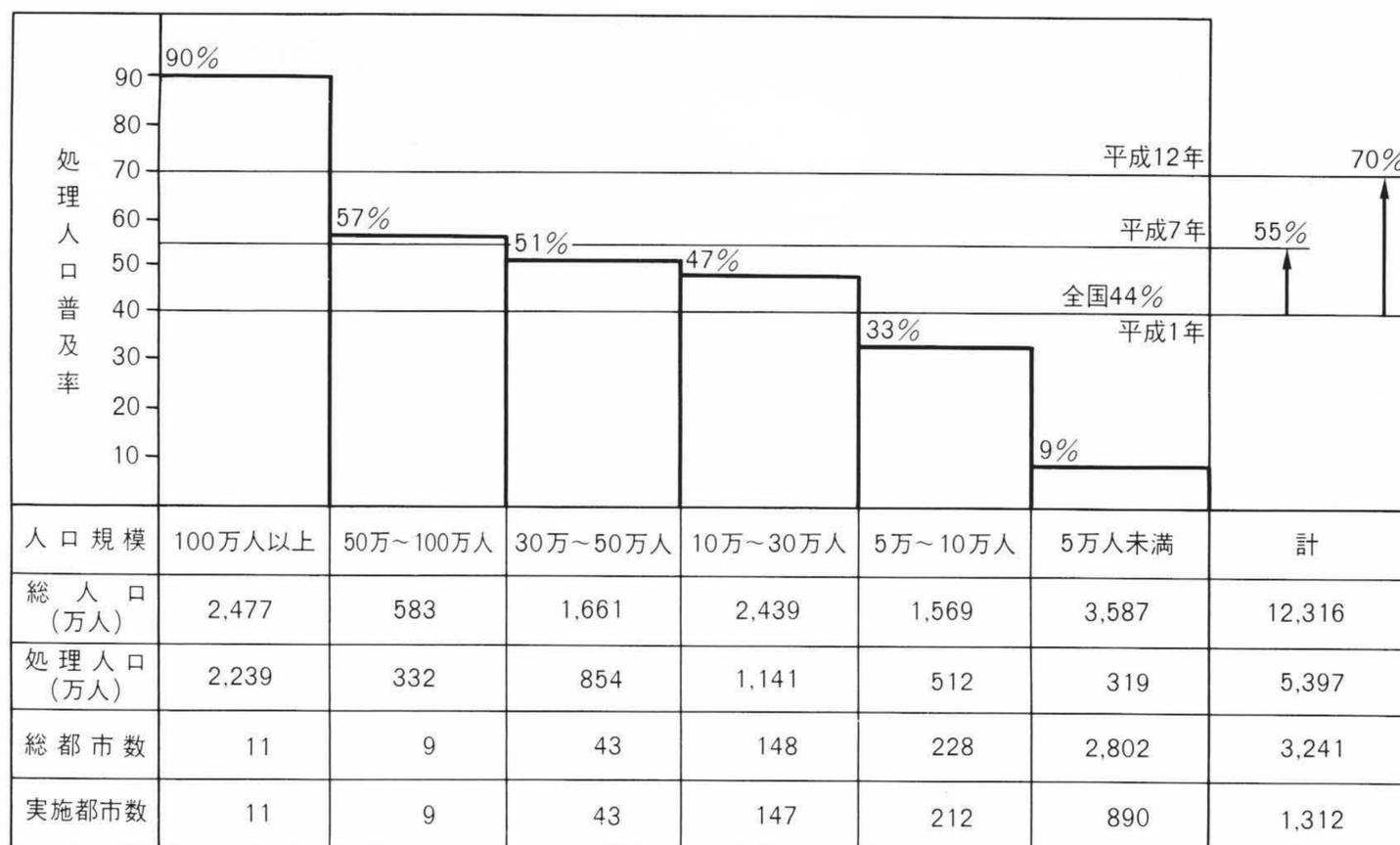


図1 都市人口ランク別の下水道実施状況 人口5万人未満の約2,000市町村が、下水道未実施の状況にある。

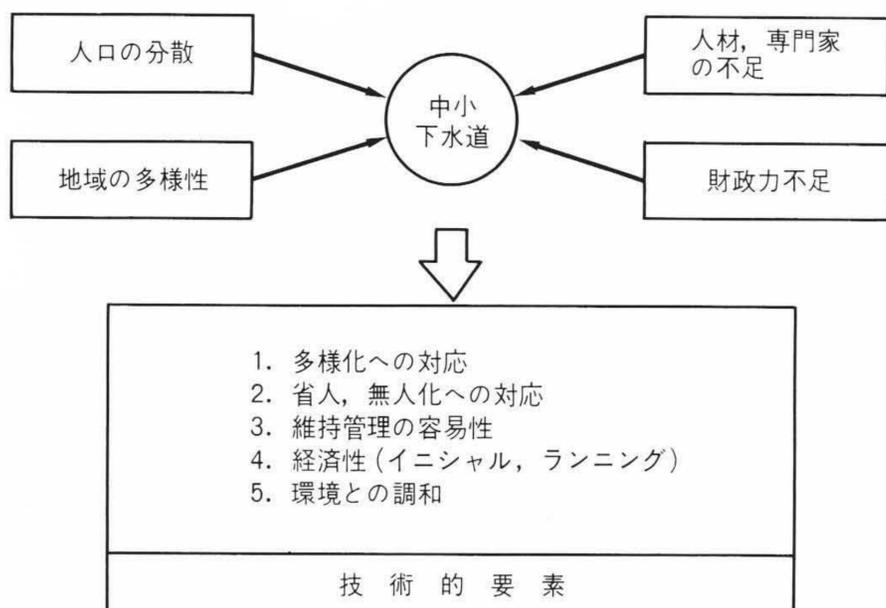


図2 中小下水道の特徴 中大都市と比較して, 中小市町村の持っている特徴から, 中小下水道に必要な技術的要素を示す。

入水質, 昼夜の負荷変動, 地域特性, 用地面積, 放流水質(基準)などの条件で, 処理効率, 安定性, 経済性および維持管理性を考慮することが重要である。

中大都市の下水道は, 生物化学的処理法の中で標準活性汚泥法を主に採用しているが, 中小市町村では, 必ずしも有利とはならない。

施設, 設備が簡単で維持管理の容易な方式が求められ, 小規模に適した方式が種々研究開発されている。

回転生物接触法, 好気性汚床法, 嫌気・好気活性汚泥法, 酸素活性汚泥法などが期待されている。

小規模向け下水処理方式として, 実績の多いOD法(オキシデーションディッチ法)と回分法(回分式活性汚泥法)の2種に

表1 OD法と回分法 小規模下水道に適した下水処理方式として, OD法と回分法の概要を示す。標準活性汚泥法と比較して, 施設が簡単で構成機器も少ない。

項目	OD法	回分法
フロート		
敷地	広い用地要	比較的 小
処理性	低負荷に適 負荷変動に安定 脱窒素が可能	低～高負荷に対応 沈降性 良 脱窒素, 脱リンが可能
運転	連続運転	各工程のシーケンス運転
維持管理	容易	比較的容易(施設がシンプル)
実績	多い。	少ない(増加傾向)。

注: 略語説明 OD(オキシデーションディッチ)

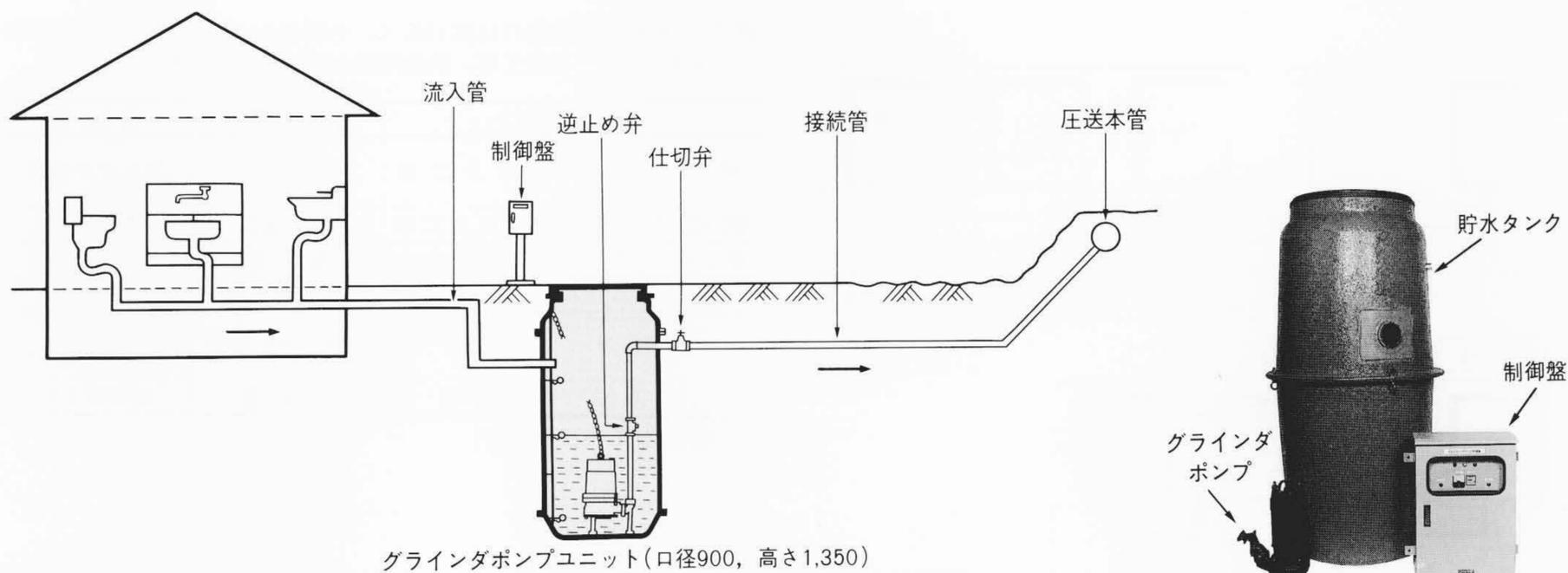
ついて, 概要を図1に示す。

3 中小下水道向け新輸送システム

下水の輸送は自然流下を原則として行われている。居住地から管きょを埋設し, 処理場へ自然流下される方式である。

通常, 下水道の建設費の約7割を管きょ部分が占めており, 中小下水道では比較的住居密度が低いため, 人口当たりの管きょ延長が長くなる傾向にある。したがって, 管きょ建設費の低減を実現する輸送システムの開発が不可欠である。

自然流下方式と比較して, 下水を圧送することにより, (1)



グラインダポンプユニット(口径900, 高さ1,350)

図3 圧力式下水道とグラインダポンプユニット 圧力式下水道の概要とグラインダポンプユニット(ガラス繊維強化ポリエステル製集水ます)を示す。

管を小口径にできる、(2)管を浅く埋設可能であり、施工費用の低減や工事期間の短縮などが期待できる。

管きよを深く埋設することが困難な地域(岩盤、軟弱地盤、地下水位の高い地盤)や、低地、起伏の多い地域で有効とされ、中小下水道に適した輸送システムとして注目されている。

下水の圧送方式は圧力式と真空式に大別され、ここでは圧力式について概説する。

3.1 圧力式下水

圧力式下水道は、グラインダポンプを用いる方式が主に実用化されている。ポンプの吸込口に固定刃、回転刃を設け、固形物を破碎できるグラインダポンプを貯水タンク内に設置する。このユニットを各戸または複数戸に1基設置し、家庭排水を集水して、処理場(下水本管)へ圧送するシステムである。圧力式下水道の概要とグラインダポンプユニットを図3に示す。

実績として、茨城県つくば市大角豆地区での建設省土木研究所との共同研究、横浜博覧会などがあり、本格的には佐世保市針尾処理区で採用される予定である。

日立製作所でも習志野工場の敷地内3.8 haを対象にグラインダポンプ35基を持つ圧力式下水道システムを建設し、平成2年9月から稼動している。

この方式は国内では歴史が浅く、今後の実績が期待される。また小形・高性能グラインダポンプの開発、維持管理性の改善などが進められる。

4 中小下水道向け新電気システム

中小下水道向けの電気システムでは、多様化への対応が重要である。すなわち輸送、汚水処理、汚泥処理方式がさまざまであり、かつ具体的施工メーカーによって部分的に異なることもあり、これらに効率的に対応しなければならない。

さらに、下水道事業は市町村にとっては大形事業と位置づけられ、ユーザー意向をできる限り実現することが重要である。すなわち簡単で、わかりやすく、維持管理が容易で、自動運転を可能とする必要があり、コンパクトでコストパフォーマンスの良いシステムが望まれている。

今回、これらのニーズに適合する新電気システムを開発した。

なお、これまで日立製作所での中小下水道向け電気システムは、中大規模システムと同質な考え方や手法によって設計製作し納入していた。すなわち、個々に設計製作する方式であり時間や労力を要していたが、これらの分析を十分に行い、設計や製作上の改善を含めて実施した。

4.1 新電気システムの開発

中小下水道向け新電気システムの開発は、中大規模システムの考え方や発想を変えることによって、次の方針を進めた。

(1) 広い視点での考察

製品だけにとらわれるのではなく、計画・設計・製作・工事・現地調整・維持管理の広い視点での検討を進める。

(2) 簡単主義の導入

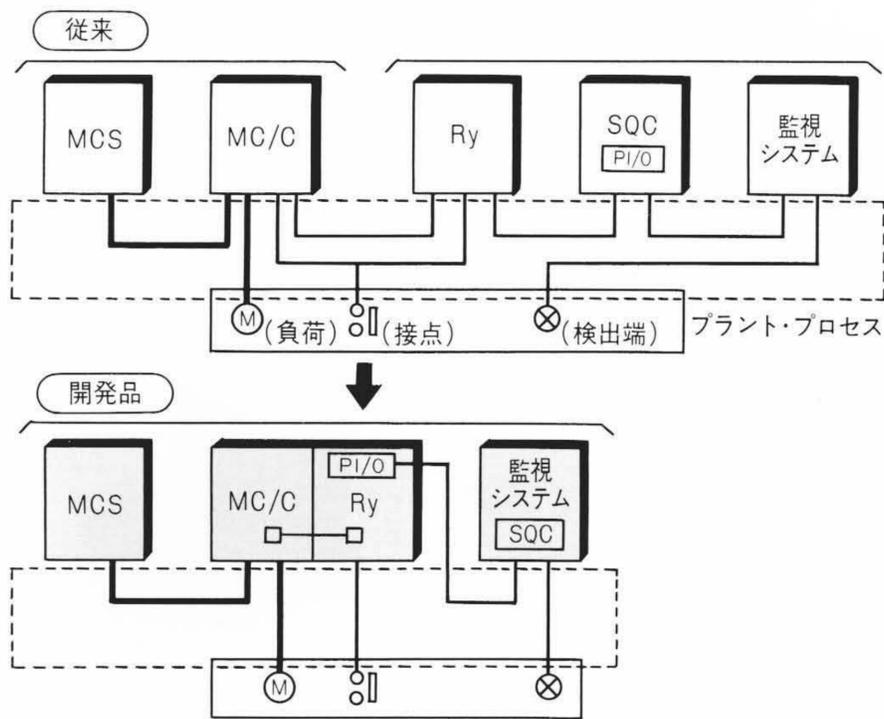
簡単の持つ意味を「少ない」、「小さい」、「単純」、「容易」、「間違いのない」、「だれでもできる」と拡大し、システムに投影させる。

具体的には高信頼化を保持しながら、システムを構成するコンポーネントがコンパクトとなるようにパッケージ化を図った。

パッケージ化の概念図を図4に示す。

4.2 システムの標準化

従来のスケールメリットを追求する中大規模向け電気システムでは、電源・動力・操作・制御・監視などの機能ごと個別にコンポーネントを構成している。中小規模では「簡単」



注：略語説明 MCS (メタル スイッチ コントロール ギヤ), MC/C (モータ コントロール センタ), Ry (補助継電器), SQC (シーケンス), PI/O (プロセス入出力装置)

図4 パッケージ化の概念図 従来の中大規模向けシステムを、小規模向けにパッケージ化を図り、外部ケーブルを減らして「コンパクト」、「簡単」を実現する。

表2 補助継電器盤の比較 日立製作所でのユニットリレー方式採用のメリットを、従来方式と比較して示す。計画から製作・検査まで簡略化できる。

項目	従来	開発品 (ユニットリレー方式)
計画	概略設計 (負荷, 運転仕様によってリレー員数を算出)	負荷仕様により, ユニットサイズを決定 段積設計
設計	シーケンスを作成 リレー員数を算出 リレー配置を決定	同上
製作	設計資料に基づき製作	リレーユニットを, 仕込生産 ビルディングブロック製作
検査	設計図書に基づき検査	ユニット検査 MC/Cとの組み合わせ検査

の思想を導入し、各コンポーネントを重ね合わせ、コンパクトなシステムに組み変えるパッケージ化を図った。

全体システムの機能で、動力・操作・制御・監視を動力操作+監視制御と大別し、おのおののサブシステムについて、標準化とパッケージ化を実施した。

(1) シーケンスの標準化

動力、操作機能は、従来ハード的にMC/C(コントロールセンター)、Ry(補助継電器)を設け、ソフト的にはシーケンスによって機能を作り出す方式であった。設計はサイトごと個々に打ち合わせを行い、シーケンスを作成し、個々のシーケンスに基づき製作している。

特にシーケンスは機械仕様、運転仕様、システム形態、設

表3 現地工事調整の比較(MC/C, Ry関係) 日立製作所での開発品の採用により、現地工事、調整期間の短縮が実現できる。

項目	従来	開発品
MC / C ~ Ry ケーブル工事	現地施工	コネクタ接続
MC/C, Ry ~ 外部ケーブル工事	現地施工	現地施工
ケーブルルート	複雑	簡略化
ケーブル多心化	可	大幅に可
ケーブル接続	設計ごとに決定	TB規格化 (作業性向上)
ケーブル手配, 布線	設計後	負荷確定後

注：略語説明 TB(端子台)

表4 MC/C, Ry面数の比較 日立製作所での開発品採用のコンパクト性を示す。パッケージ化の具体例であり、面数の削減が可能となっている。

項目 (負荷数)	従来		開発品		MC/C, Ry 増・減
	MC/C	Ry	MC/C	Ry	
条件 (計算式)	C-C方式 両面形 6 × 2 段 負荷 12	負荷 × 10個 120個	B-B方式 両面形 8 × 2 段 負荷 16	負荷 16ユニット	—
15	2面	2面	1面	1面	▼ 2面
20	2面	2面	2面	2面	0
30	3面	3面	2面	2面	▼ 2面
40	4面	4面	3面	3面	▼ 2面
50	5面	5面	4面	4面	▼ 2面

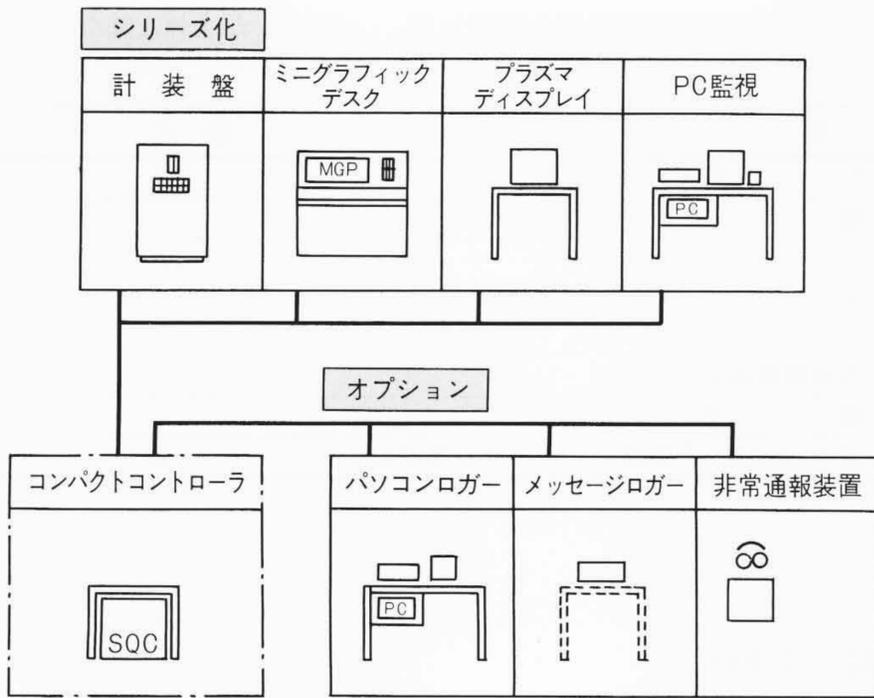
計者などによって多種多様な設計となっている。

この多種類の機械設備などに対しシーケンスを標準化して、CAD, AI設計(設計自動化)によって作成することとした。さらに補助継電器盤は、リレーのユニット化方式を導入した。

この方式の採用により、(1) 現地、工事、調整が短期間で可能、(2) 工場生産工程の短縮、(3) 信頼性の向上、(4) 維持管理の向上と、ユーザーメリットを提供できるシステムとなっている。さらに計画、設計面でも「簡単」が実現可能となっている。

シーケンスの標準化は、日本下水道事業団との共同プロジェクト(小規模処理場電気設備シーケンス標準化委員会)へ参画して、精度の向上、公共性の確保に努めた。

標準化の効果として、補助継電器盤の比較を表2に、現地工事、調査の比較を表3に示す。また、コントロールセンターと補助継電器盤を組み合わせたコンパクト性を、MC/C, Ry面数の比較として表4に示す。



注：略語説明 PC (パーソナルコンピュータ)
MGP (ミニグラフィックパネル)
SQC (シーケンサ)

図5 監視システムの構成 監視システムのシリーズ化と、各種オプションを示す。

(2) 監視システムの標準化

監視制御機能は、従来、階層的に制御用と監視用おののにおにコントローラを設け、機能分散を図っていた。しかし、小規模では、建設当初から両者を区分するほどのスケールメリットが発揮できないケースも多い。

小規模システムでは、制御と監視用コントローラをまとめ、イニシャルコストを低減できる方式を採用した。なお、規模の拡大には、施設増設形態に合わせコントローラを追加して対応する。

さらに、コントローラを独立盤として設けるのではなく、キャスター付きキャビネット形式とし、コンパクト化を図り、デスクとの統一デザインも考慮している。

一方、監視制御システムは処理場のシンボルとして位置づけられるため、種々選択、組み合わせできるなどの多様性を要求される。

今回、監視制御システムのコンポーネントを複数設け、シリーズ化を図った。さらに基本部分が大き過ぎないように、ハード的、ソフト的にオプションを設定し、コストパフォーマンスの良いシステムとなっている。

監視システムの構成を図5に、監視システムの機能を表5に、パソコン(パーソナルコンピュータ)監視を図6に、システム構成を図7に示す。

4.3 受変電設備の開発

高圧受電を行う小規模処理場用に、「新M形受変電設備」を日本下水道事業団と共同で開発した。これまでのM形受変電設備の改良(きめ細かな標準化など)と地域特性など多様化に適合するように製品のシリーズ化を図り、豊富なオプション

表5 監視システムの機能一覧 シリーズ化した監視システムおのの機能を示す。

項目	計装盤	ミニグラフィックデスク	プラズマディスプレイ	パソコン監視
監視状態	LED表示器	同左(MGP)	キャラクタ表示	CRT画面
故障	LED表示	同左(MGP)	キャラクタ表示	(グラフィック画面)
計測値	小形指示	同左	デジタル表示	デジタル表示 バーグラフ表示 トレンド表示
機器操作	操作スイッチ	同左	タッチパネル 機器選択 +MS	CRT画面 機器選択+MS
帳票	—	—	—	日報 月報

注：略語説明 LED(発光ダイオード)、MS(マスタースイッチ)

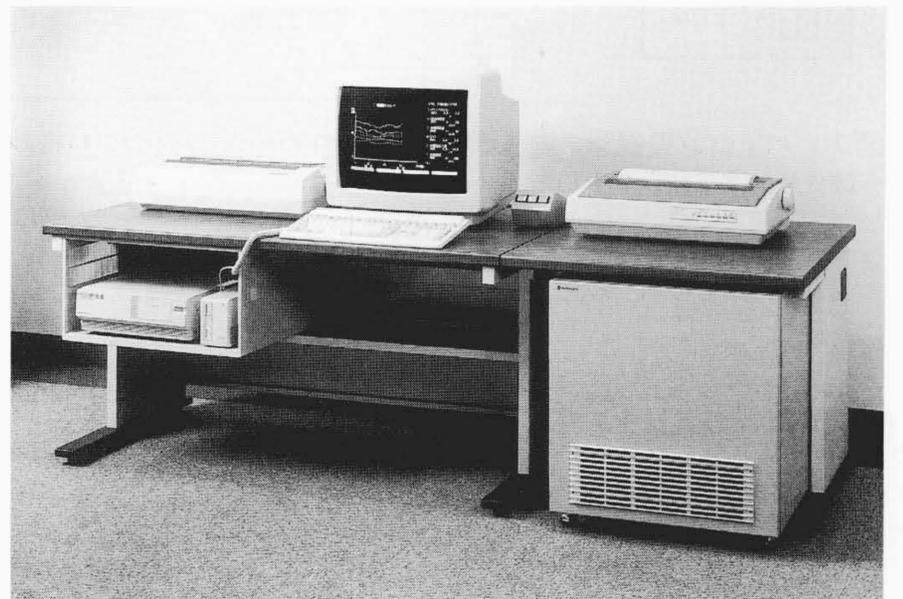


図6 パソコン監視 コントローラは、デスク下部に収納し、コンパクト化したデスクタイプを採用している。

を設けている。

新M形受変電設備を図8に、概略仕様を表6に示す。

4.4 維持管理の効率化

中小下水道では専門家不足であり、下水処理プロセスの状態が良好か、正常かを判断することは困難な場合が多い。したがって、人に代わって簡単に診断したり、運転操作をシミュレーションできるシステムの実現が期待されている。

パソコンなどを利用し、実績データベースを持ち、AI(エキスパートシステム)、プロセスモデルを駆使して訓練、診断できるシステムも提供できる。

また、広域集中監視システムを導入して各処理場を無人化、巡回点検し、維持管理を軽減させることも制度や技術面から検討されている。

今後は、これら維持管理の効率化に向けたシステムの導入が行われる気運にある。

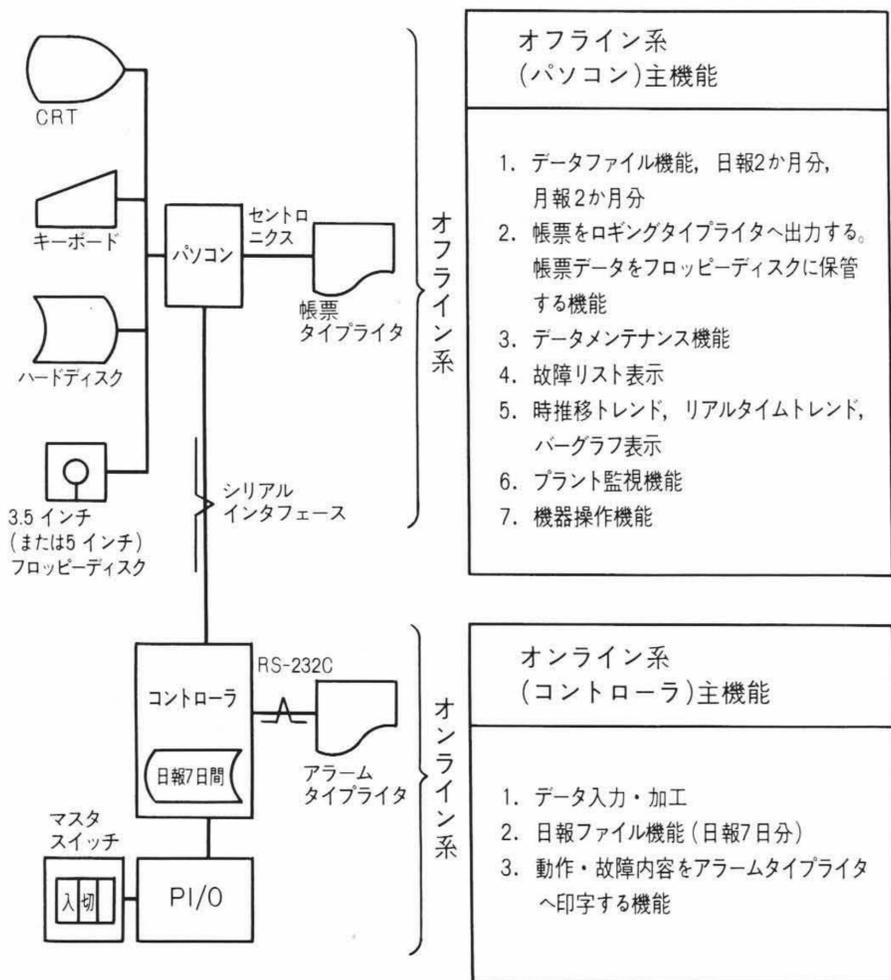


図7 パソコン監視システム構成
コントローラとパソコンに機能分散させ、高信頼性を実現している。

表6 新M形受変電設備の概略仕様 信頼性、安全性を重点に、コンパクト性、経済性を満足させる仕様となっている。

項目	仕様
受電	6 kV I 回線
電圧	200 V (400 V)
変圧器	1バンク 100, 200, 300, 500 kVA モールド・油
自家発電装置	有・無
構造	屋内・屋外
オプション	防塵(じん), 塗装指定ほか

5 おわりに

中小下水道の特徴を抽出し、それらに適した新電気システムについて述べた。

いずれも実績を積み重ね、改良、改善することが重要と考えられる。

システムの事例が、中小下水道の整備促進の一助となれば幸いである。

終わりに、新電気システムの開発にあたって多大なご指導、ご協力をいただいた日本下水道事業団および関係各位に対し、深謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：小規模下水道計画・設計指針(案)(昭59-10)
- 2) 村山，外：小規模下水道計画，設計，施工(1991-6)
- 3) 建設省：第7次下水道整備5ヶ年計画(案)(1990)
- 4) 日本水道新聞社：水道公論，Vol.27，No.4(1991-4)
- 5) 中本：下水道実務講座1，制度と経営(1990-12)
- 6) 公共投資ジャーナル社：全国の下水道事業実施計画(1990-5)
- 7) 下水道の未来像：第35回都市計画中央審議会(答申)(1990-7)
- 8) 栗林：下水道実務講座7，高度処理と再利用(1989-10)
- 9) 弘報通信社：総覧下水道整備事業(1991-1)
- 10) 日本下水道事業団：季刊 水すまし，3.1，No.63(1991-1)
- 11) 日本下水道事業団：オキシデーショントリッチ法設計指針(案)(1990-10)
- 12) 日本下水道事業団：回分式活性汚泥法設計指針(案)(1990-12)



図8 新M形受変電設備 高圧受電を行う下水処理場用に、回路構成機器を標準化した受変電設備である。