

# 下水道における計算機制御システム

## Computer Control System for Waste Water Treatment System

近年、下水道への計算機制御システムの導入が盛んに行なわれ始めた。当初は小規模なデータ ログであったがCRTの出現、水質制御への期待からその機能も高度なものとなってきている。

本稿では下水道の終末処理場(汚水処理プラント)の規模に応じた計算機制御システムの機能、構成について概説し、下水道への計算機制御システム導入計画の参考に供する。また計算機制御の本命とも言うべき水質制御方式の研究を進め、フィールドテストにより得られた多くのデータ解析から得られた汚泥量制御方式につき、その概要を述べる。

加藤修嗣\* Katô Shûji  
 大音 透\*\* Ôto Tôru  
 柏木雅彦\*\*\* Kashiwagi Masahiko  
 池田義毅\*\*\* Ikeda Yoshiki

### 1 緒 言

我が国の下水道事業の進展は昭和38年度より発足した第一次下水道整備5箇年計画から第二、三次を経て人口普及率は7.2%から20.5%(49年度末)に上昇し51年度より始まる第四次5箇年計画では総事業費7兆5千億円を投じ55年度末には普及率を40%にまで上昇させる目標が立てられている。

下水道のこのような発展に伴い、下水道システムの運転管理の近代化の武器として計算機制御システムの導入が盛んになり始めている。

計算機制御システムの適用は当初は簡単なデータ ログのレベルであったが、カラーCRTの出現により集中監視システムの中核に位置づけられ、更に雨水氾濫防除や放流水質安定化などの高度な制御への適用が計画されている。

一方、計算機テクノロジーの発展はマイクロ コンピュータやデータ フリーウェイを生み出し、これらが従来の計装、伝送及び制御システムの構造に変革をもたらしている。

本稿は下水道システムにおける計算機制御システムの位置づけと適用、計算機制御システム構成につき述べ、更に計算機システムに多大の期待が寄せられている水質制御方式について言及する。

### 2 計算機制御システム

#### 2.1 下水道における計算機制御システムの位置づけ

終末処理場に代表される下水道プラントへの計算機の導入は、電気量及び水量に対するデータ ログ装置として早くから行なわれてきたが、近年に至り監視制御装置のエレクトロニクス化、計算機システムの高信頼化とカラー Cathode Ray Tube(以下、CRTと略す)の台頭という装置の発展とプラントの安定運転、高効率運転及び労働者の勤労観の変化への対応というニーズとの出会いにより、多面的な計算機システムの導入が計画されている。

制御システム(電気、計装、計算機を含む制御系のすべて)の中に占める計算機システムの位置は、本来、管理者、技術者、オペレータなど下水道に従事する「人間」に最も近いものであり、プロセスと人間を対話させる神経系としての働きと電気、計装装置に対する人間の代行処理を行なう、いわば有能な秘書であると言える。

このため計算機システムに要求される機能の第1点は何よ

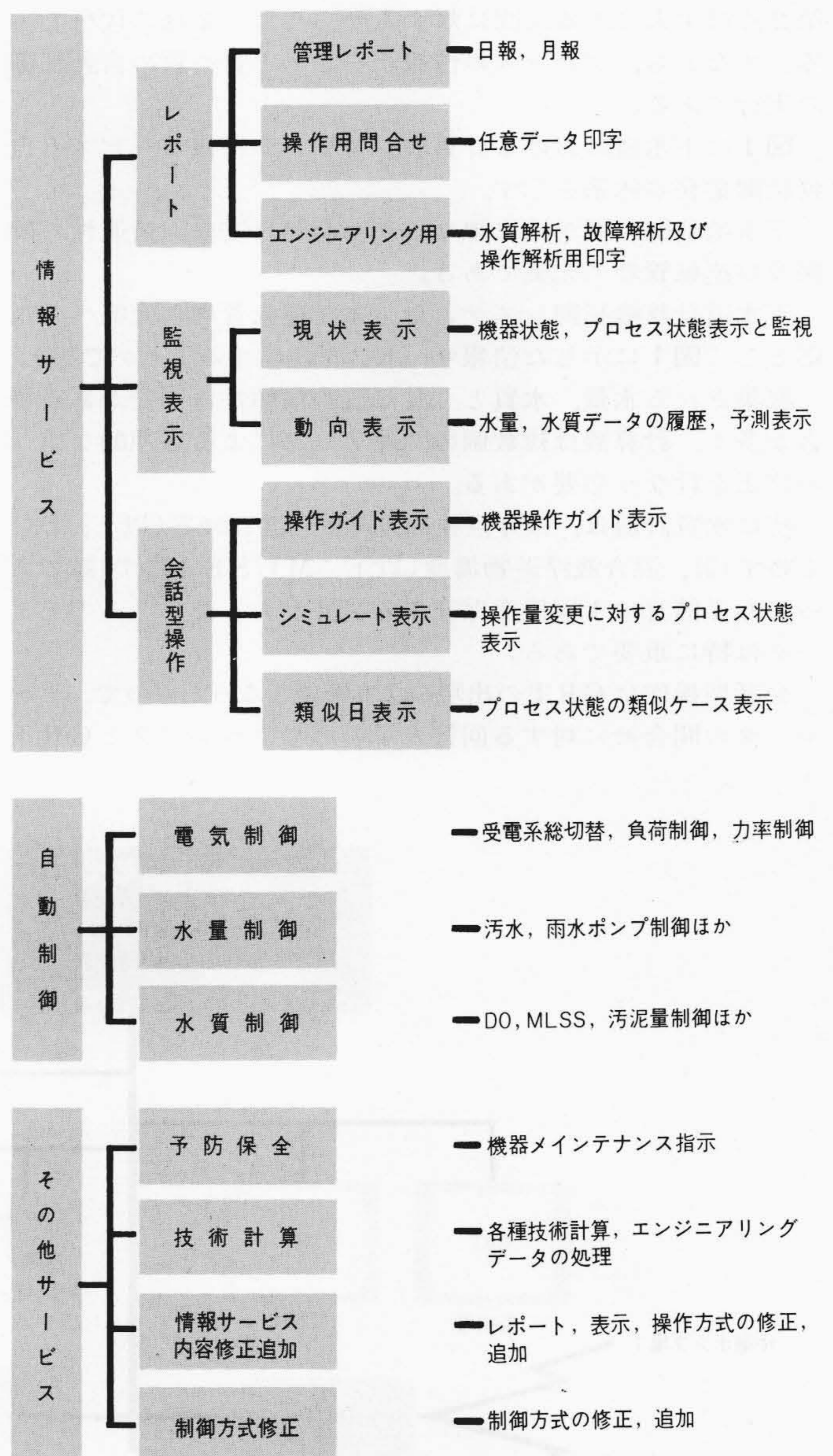


図1 下水道計算機制御システム業務体形 処理場における計算機制御業務は、情報サービス、自動制御、技術計算及び他のサービスに分類される。

\* 東京都下水道局整備拡充部電機設計課 \*\* 日立製作所機電事業本部産業技術本部 \*\*\* 日立製作所大みか工場

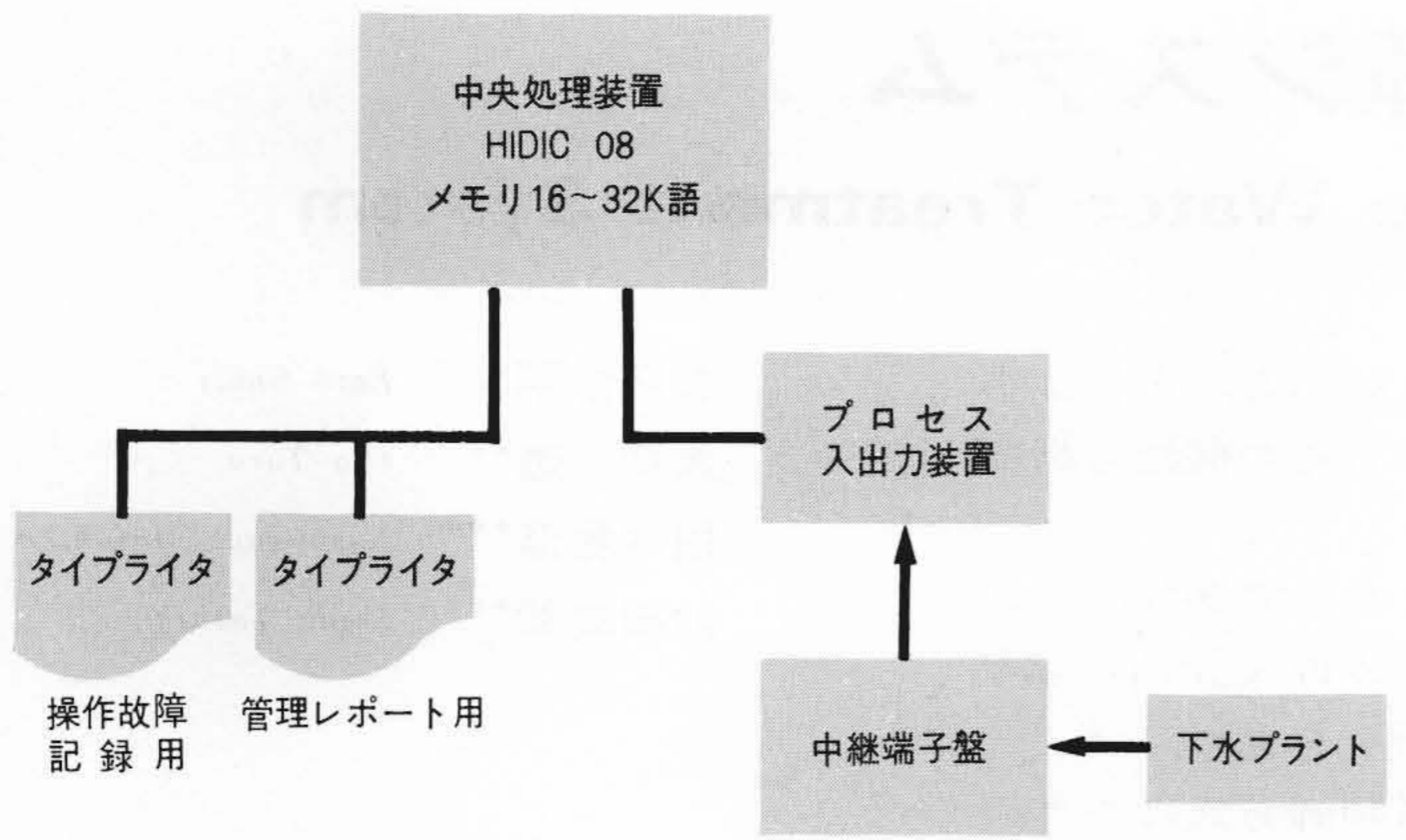


図2 小規模処理場計算機システム構成例 データ ログ専用であり、マイクロ コンピュータにより構成される。

りもプロセス情報を迅速、正確に収集、整理することであり、第2点は主人である人間に対するサービスと業務の代行である。すなわち、プロセスの情報サービスと量や質の自動制御の実行である。

図1に下水道における計算機システムの情報サービスと自動制御業務の体系を示す。

下水道制御システムに課せられた命題は安全、最適性の確保及び運転管理の充実である。

下水道計算機制御システムは、まず運転管理の充実への対応として図1に示した情報サービスを提供することができる。

収集される水量、水質とも計測器の信頼性に不安がある場合が多く、計算機は複数個の関連データによる合理的な値への修正を行なう必要がある。

特に水質計器は、保守点検周期の長い溶存酸素(以下、DOと略す)計、混合液浮遊物濃度(以下、MLSSと略す)計であっても1箇月に1回程度保守する必要があるため、そのチェックは特に重要である。

会話型操作はCRTの出現により可能となったもので、オペレータの問合せに対する回答表示の形でオペレータとCRT

が会話し、オペレータに対する操作ガイドや現状のプロセス状態に類似した過去のデータと操業状態の表示を行なう類似日表示などにより、熟練度の低いオペレータでの操業を可能にするものである。

安全確保及び最適性への対応は、水質制御による放流水質の安定化と降雨時の流入量予測に基づく雨水ポンプ制御などであり、この方面についての最近の技術開発には目覚ましいものがあり、一部の制御については実用化されており近年中に広く実用化され始めよう。

## 2.2 計算機制御システムの業務と構成

計算機制御システムの導入を計画する場合、図1の業務をどのように選択するかを検討が必要であり、また処理場特有の条件により必要とする業務も変わってくる。

下水処理場の規模は一日当たりの処理水量(km<sup>3</sup>/d)に依存しており、各種の計画仕様もこの処理水量に依存している。

そこで、一日当たりの処理水量により小規模システム、中規模システム、大規模システムに分類した場合の計算機制御システムの業務例を表1に、システム構成例を図2、3、4に示す。

30km<sup>3</sup>/d以下の小規模処理場では、制御システムも簡潔なものとなり、計算機システムもいわゆるデータ ログ程度が適用される。

計算機システム構成は図2に示すように、マイクロ コンピュータ レベルのHIDIC 08を中心に構成され、レポート作成用タイプライタは、管理レポート用に1台、操作及び故障記録用に1台程度である。

中規模システムにおける特徴は、CRTの導入による監視である。

CRTの用途は監視表示として、プロセス及び機器の現状状態(運転、休止、故障など)表示とプロセス値の動向をトレンド表示するもので、オペレータ、技術者がプロセスの傾向を把握し、起こすべき行動の判断を行なうための貴重な参考データとなる。

中規模システムの構成を図3に示す。

中央処理装置はHIDIC 80であり、補助メモリが装置される。

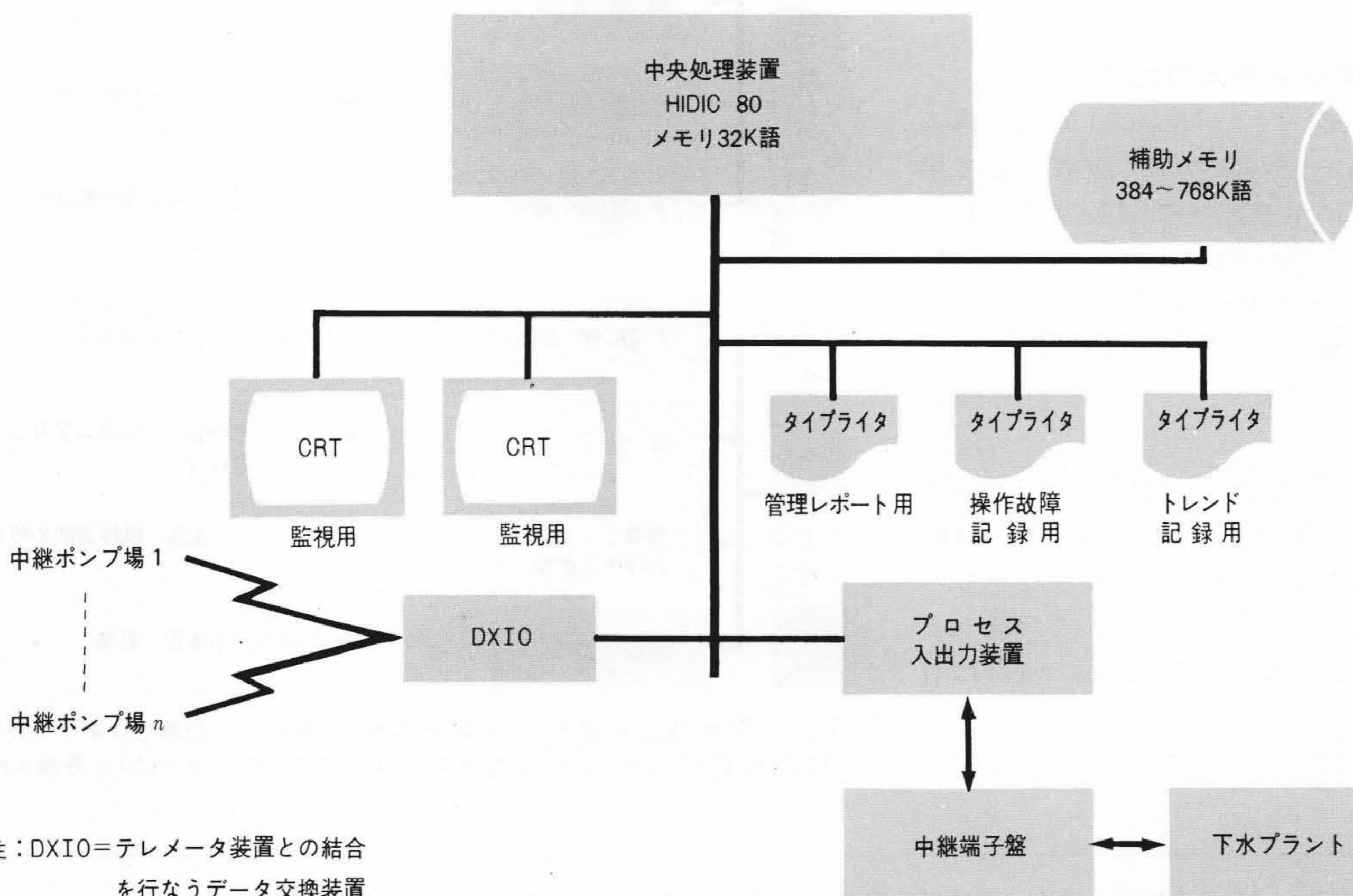


図3 中規模処理場計算機システム構成例 CRTを採用し、マン マシン インタフェース性の向上を図っている。

注:DXIO=テレメータ装置との結合を行なうデータ交換装置

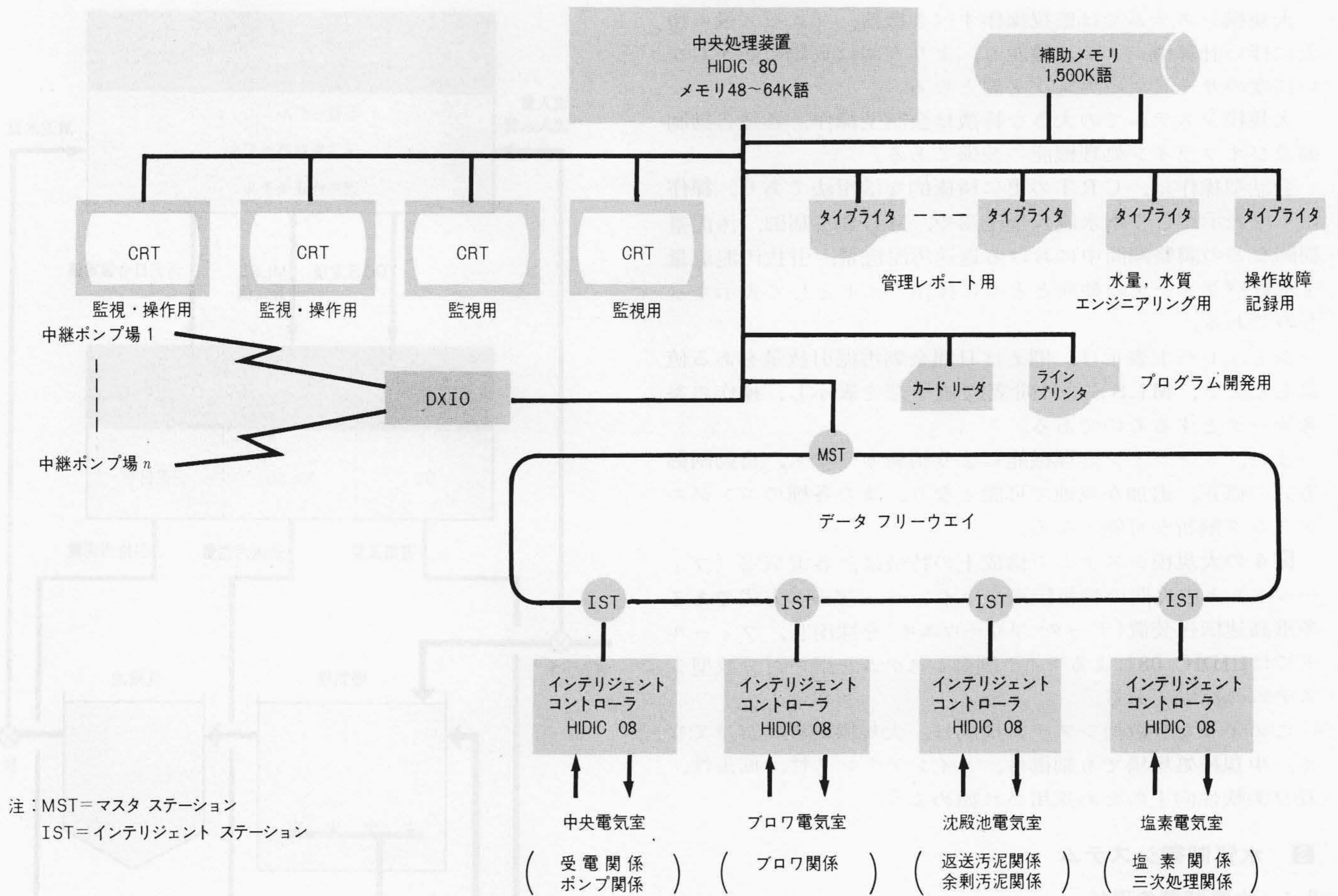


図4 大規模処理場計算機システム構成例 各電気室に直接計算制御(DDC), シーケンサ用のインテリジェントコントローラを配置した分散型システム例を示す。

表1 処理場規模別計算機制御機能例 処理場の規模に応じた計算機制御機能の例を示す。

機能項目	小規模 (30km <sup>3</sup> /d以下)	中規模 (30~200km <sup>3</sup> /d)	大規模 (200km <sup>3</sup> /d以上)
情報サービス	1. レポート作成 (1) 管理レポート (2) 操作, 故障記録	1. レポート作成 (1) 管理レポート (2) 操作間合せ (3) エンジニアリングレポート 2. 監視表示 (1) 現状表示 (2) 動向表示 3. 会話型操作 (1) 操作ガイド表示	1. レポート作成 (1) 管理レポート (2) 操作間合せ (3) エンジニアリングレポート 2. 監視表示 (1) 現状表示 (2) 動向表示 3. 会話型操作 (1) 操作ガイド表示 (2) シミュレート表示 (3) 類似日表示
制御		1. 電気制御 (1) 力率制御 2. 水量制御 (1) 汚水, 雨水ポンプ制御 3. 水質制御 (1) DO制御 (2) MLSS制御 (3) 汚泥量制御	1. 電気制御 (1) 受電系統切替制御 (2) 負荷制御(ピークカット) (3) 力率制御 2. 水量制御 (1) 汚水・雨水ポンプ制御 (2) 中継ポンプ所制御 3. 水質制御 (1) DO制御 (2) MLSS制御 (3) 汚泥量制御 (4) 総合水質制御
その他サービス			1. 予防保全システム 2. 水質データ解析システム 3. 情報サービス, 制御システム方式修正変更システム

大規模システムでは監視操作すべき機器、プロセス量の増大に伴い計算機システム機能も、より人間に負担のかからない高度のサービスの実施が必要となる。

大規模システムでの大きな特徴は会話型操作、各種自動制御及びオフライン処理機能の装備である。

会話型操作は、CRTの更に積極的な活用法であり、操作ガイド表示として雨水流入量予測や、MLSS制御、汚泥量制御などの調整期間中における返送汚泥流量、引抜汚泥流量を水質パラメータの動向とともに操作ガイドとして表示するものである。

シミュレート表示は、例えば日間余剰汚泥引抜量がある値にしたとき、MLSSの日間変動値予想を表示し、操作の参考データとするものである。

また、オフライン処理機能により情報サービス、自動制御方式の修正、追加が現地で可能となり、また各種のエンジニアリング解析が可能となる。

図4の大規模システムの構成上の特徴は、各電気室(フィールド)と中央間の情報伝送をラインシェアー方式である多重高速伝送装置(データフリーウェイ)を採用し、フィールドではHIDIC 08によるマイナ制御システムを用いた分散型システムの採用である。

このような分散型システム構成は、大規模処理場だけでなく、中規模処理場でも制御性、メンテナンス性、拡張性、及び柔軟性向上のため採用され始めよう。

### 3 水質制御システム

#### 3.1 水質制御の現状

水質制御の目的は、流入下水量及び下水水質の変動に対して、処理水質をできるだけ高度にかつ安定させ、公共水面の水質を保全すると同時に処理効率を極力高く保ち、施設の維持管理を容易に行ない、消費エネルギーの節減を図ることである。

一般に合流式下水道では、終末処理場への流入下水量と、水質の変動が特に大きい。また、活性汚泥プロセスでは微生物による生物化学反応によって処理が行なわれ、水質に影響を及ぼす各要因が複雑な関係にあり、また、プロセスの応答特性が時間、日の単位で非常に遅いという特徴がある。放流水質を更に高度にするために種々の三次処理プロセスが考えられるが、用地やエネルギーなどの制約も大きいのでまず活性汚泥プロセスによって処理成績をできるだけ高度かつ安定させることが重要であって、計算機はこの目的のために強力な武器となるものである。しかし、以上のような特性を持つ活性汚泥プロセスを計算機制御するためには、まずオンライン計測器の開発と制御モデルの開発が必要である。近年、オンライン水質計器の実用化の目途がつき始めるとともに、処理場の微生物処理に対する自動化の期待が一段と高まり、この研究が3~4年前から国内外で活発になり始め現在に至っている。

放流水質の一般的指標であるBODの測定には長時間を要するため、測定が容易でかつ放流水質に代わる指標としてDO、MLSS、汚泥日令の水質パラメータを用い、この最適値を目標値として手動設定し、これらの計測値を目標値に近づける追値制御を行なうことが広く検討されてきている。

これらの水質パラメータ制御は、国内外で実プラントで制御確認中であり、DO制御に関しては実用化の段階にあり、国内では東京都下水道局三河島処理場などで、国外(アメリカの例として)ではワシントン市のレントン処理場、サンフラ

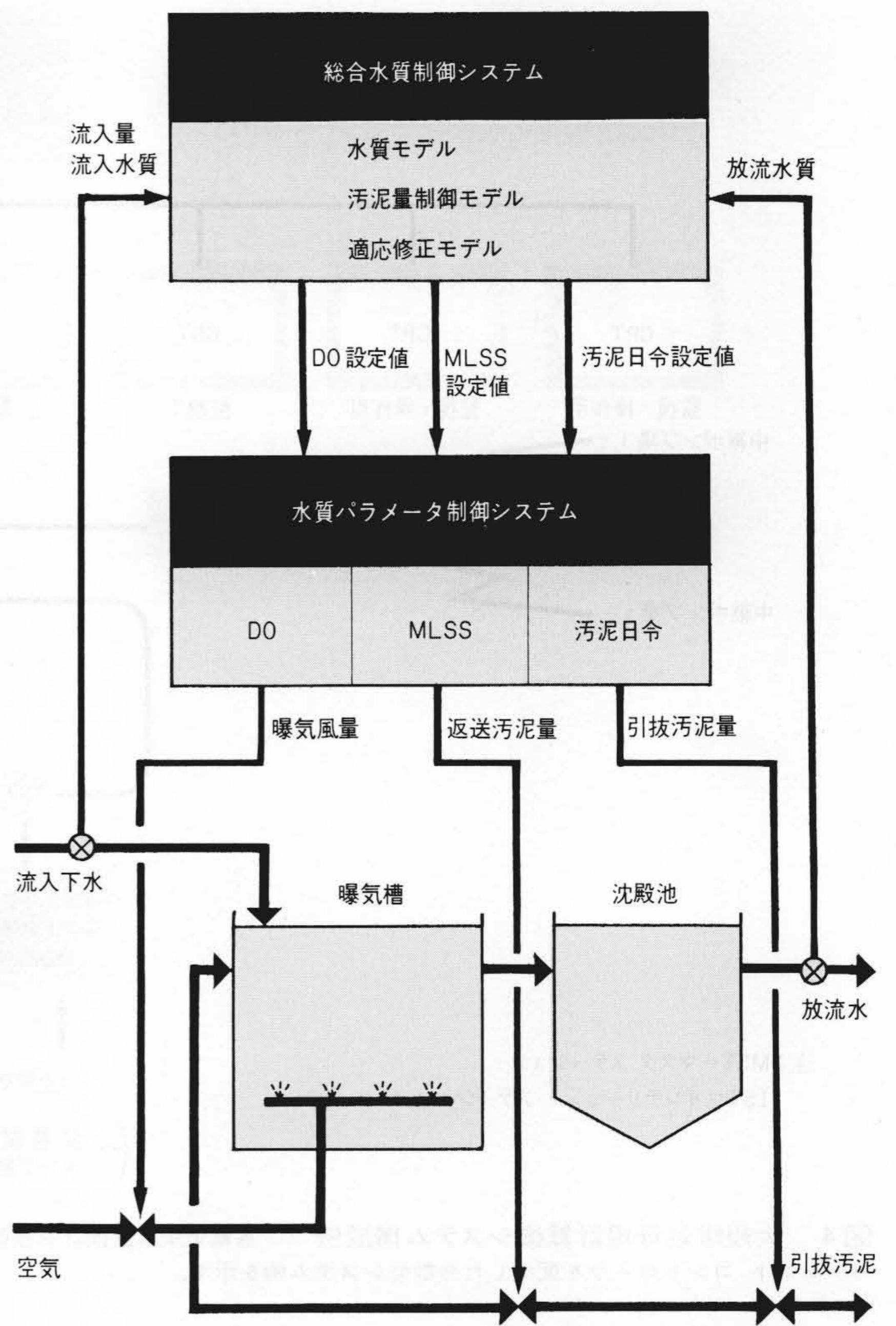


図5 水質制御システムの全体構成 水質制御システムの構成で、最適設定値を与える上位の総合水質制御システムと、この設定値に追値制御を行なう下位の水質パラメータ制御システムから成る。

ンススコ市のパロアルト処理場及びイギリスのオックスフォード処理場でテスト、実施されている。制御効果としてレントン処理場の例では、手動時における処理水BODが算術平均値で11.1ppmに対して、DO制御時では3.9ppmに改善されたと報告されている。

#### 3.2 水質制御システムの構成

水質制御システムの全体構成を図5に示す。同図における総合水質制御システムは、水質モデル、汚泥量制御モデル及び適応修正モデルで構成され、放流水質などの水質データから先に述べたDO、MLSSの最適設定値を与えるためのシステムであり、そのパラメータは長期的に修正される。

水質モデルはDO、MLSSの最適設定値を計算し、DOに関しては最適DO値をDO制御系へ与え、MLSSに関してはこれを汚泥量制御モデルに与える。

汚泥量制御モデルでは系内の総汚泥量からMLSS修正設定値と汚泥日令を計算し、MLSS制御系と汚泥日令制御系へそれぞれの設定値を与える。

総合水質制御システムから与えられたDO、MLSS、汚泥日令の最適目標値に対し、マイナ制御を行なうのが水質パラメータ制御である。

#### 3.3 プラントデータ収集と解析

実プラントの操業データを収集し、プロセス特性の解明と

実プロセスにおける水質制御実験を試みる目的で、制御用計算機を前記、三河島処理場に設置し、データ収集を行なった。図6は操業データの時系列出力の一部を示す。これらのデータから水質制御に必要なDOモデル、MLSSモデル、汚泥増殖モデル、返送汚泥濃度モデル、溶解性/非溶解性有機物モデルなどの検討を行なった。図7は返送汚泥濃度モデルの計算値と実測値の比較例を示す。

3.4 汚泥量制御システム

総合水質制御システムのうち、本稿では汚泥量制御システム

につき述べる。汚泥量制御システムは、特殊な計測値を必要とせずに系内の汚泥についての操業指針が得られる実現性の高いシステムである。

3.4.1 プロセス内の汚泥量制御の必要性

水質パラメータ制御のうち、DO制御は汚泥の活性維持のためであり、MLSS、汚泥日令制御は本来、汚泥量の制御のために必要であると言える。系内に蓄えられる総汚泥量は、曝気槽内の汚泥量と沈殿池内の汚泥量との和によって表わされ、従来、放流水の水質制御では返送汚泥量  $Q_R$  の操作方

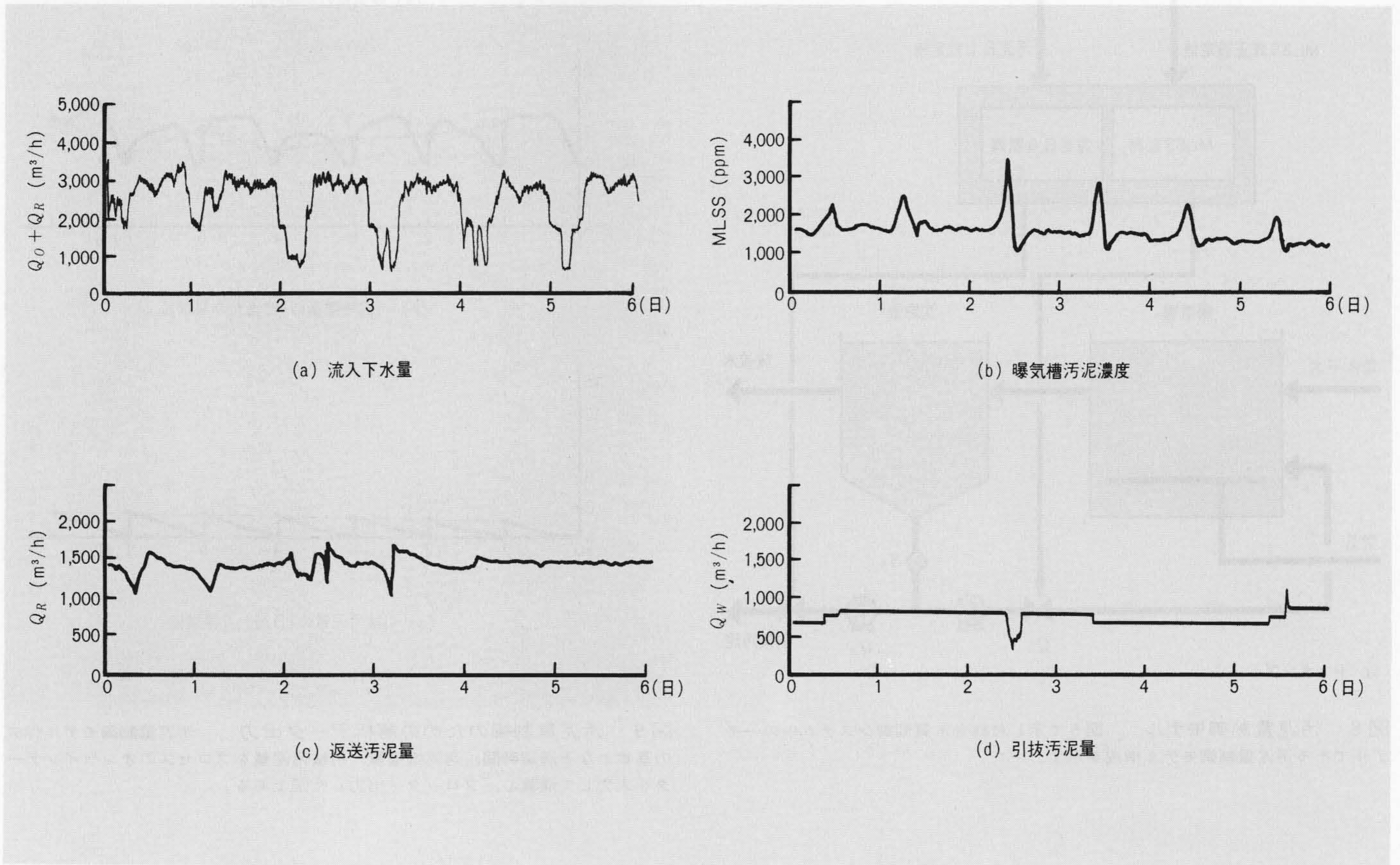


図6 操業データの時系列出力 実プラントにおけるオンライン データをプロッタへ出力した図を示す。

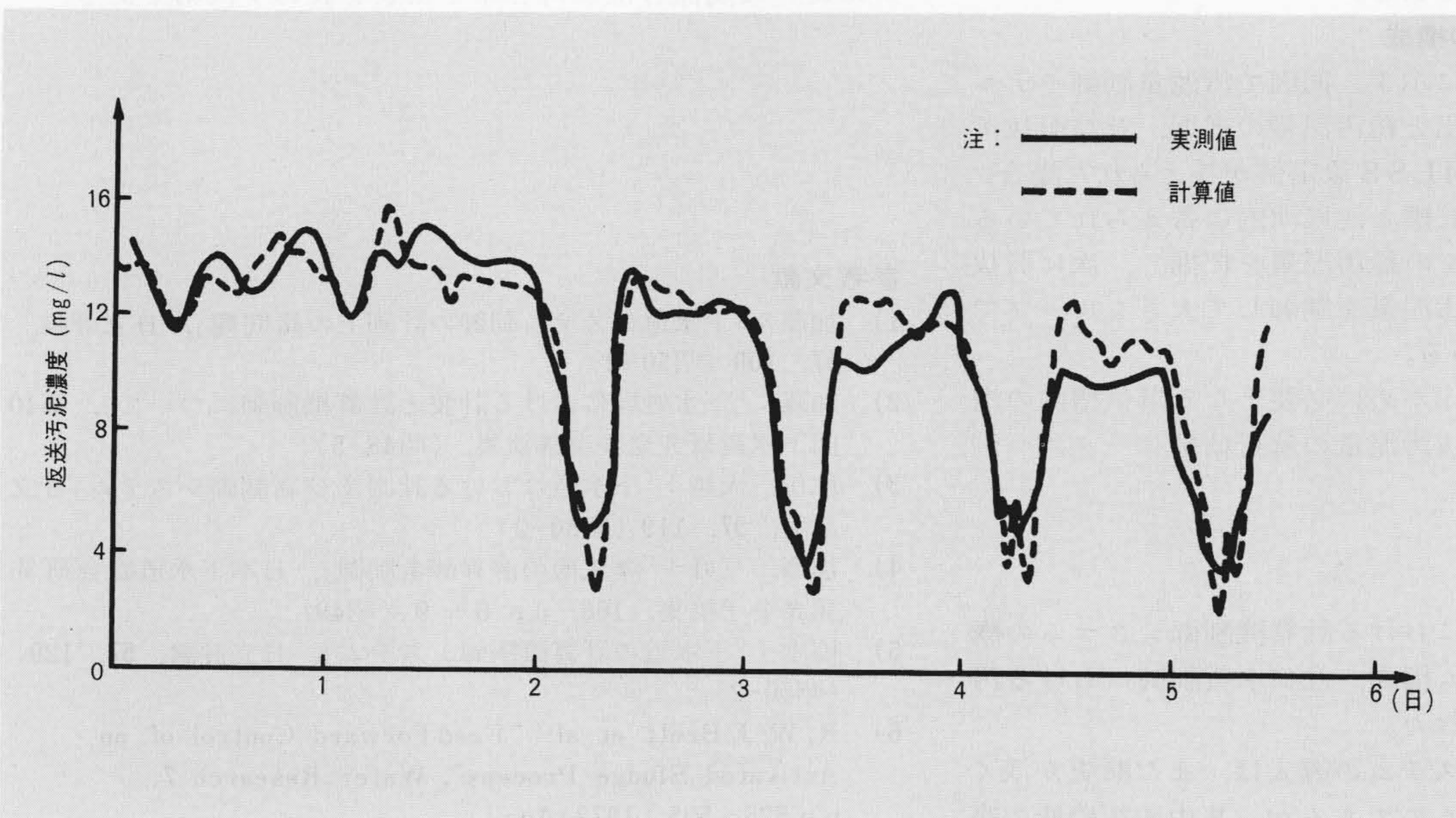


図7 返送汚泥濃度の実測値と計算値の比較 返送汚泥濃度モデルによる計算値と実測値の比較を示す。

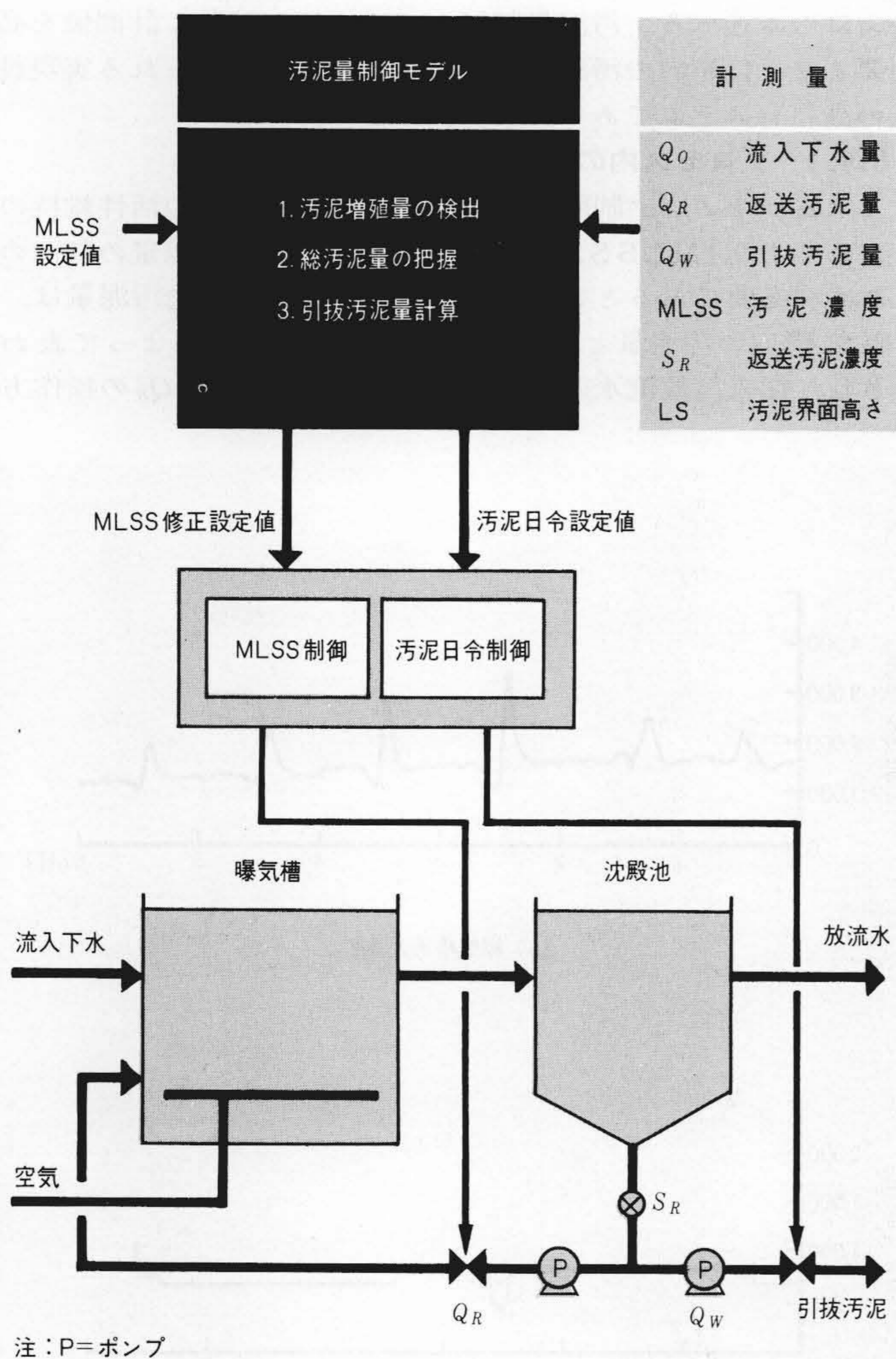


図8 汚泥量制御モデル 図5で示した総合水質制御システム中の一モデルである汚泥量制御モデル構成を示す。

法だけが論じられており、プロセス内の総汚泥量については余り関心が払われていなかった。汚泥の増殖量に応じて、系内の総汚泥量を最適な値に保つことが重要であり、MLSSの安定な制御へつながるものである。

#### 3.4.2 汚泥量制御モデルの構成

汚泥量制御モデルを図8に示す。同図で汚泥量制御モデルの機能は、汚泥増殖量の検出と総汚泥量の把握、及び引抜汚泥量の計算から成り、最適MLSS設定値が与えられた場合、汚泥増殖量を検出し、曝気槽と沈殿池内に蓄えられている総汚泥量を計算して、現在の総汚泥量を把握し、次に引抜汚泥量を決定することで総汚泥量を制御して大きなループでMLSSを制御するものである。

図9に汚泥量制御を行なうために必要となる曝気槽内の滞留時間、汚泥増殖量及び引抜汚泥量の解析結果データの一例を示す。

#### 4 結 言

以上、下水道終末処理場における計算機制御システムの概要、処理場の規模別システム構成、及び水質制御における汚泥量制御システムにつき述べた。

下水道への計算機制御システムの導入は、まだ歴史が浅くその適用範囲も限定されたものであるが、集中監視機能の高

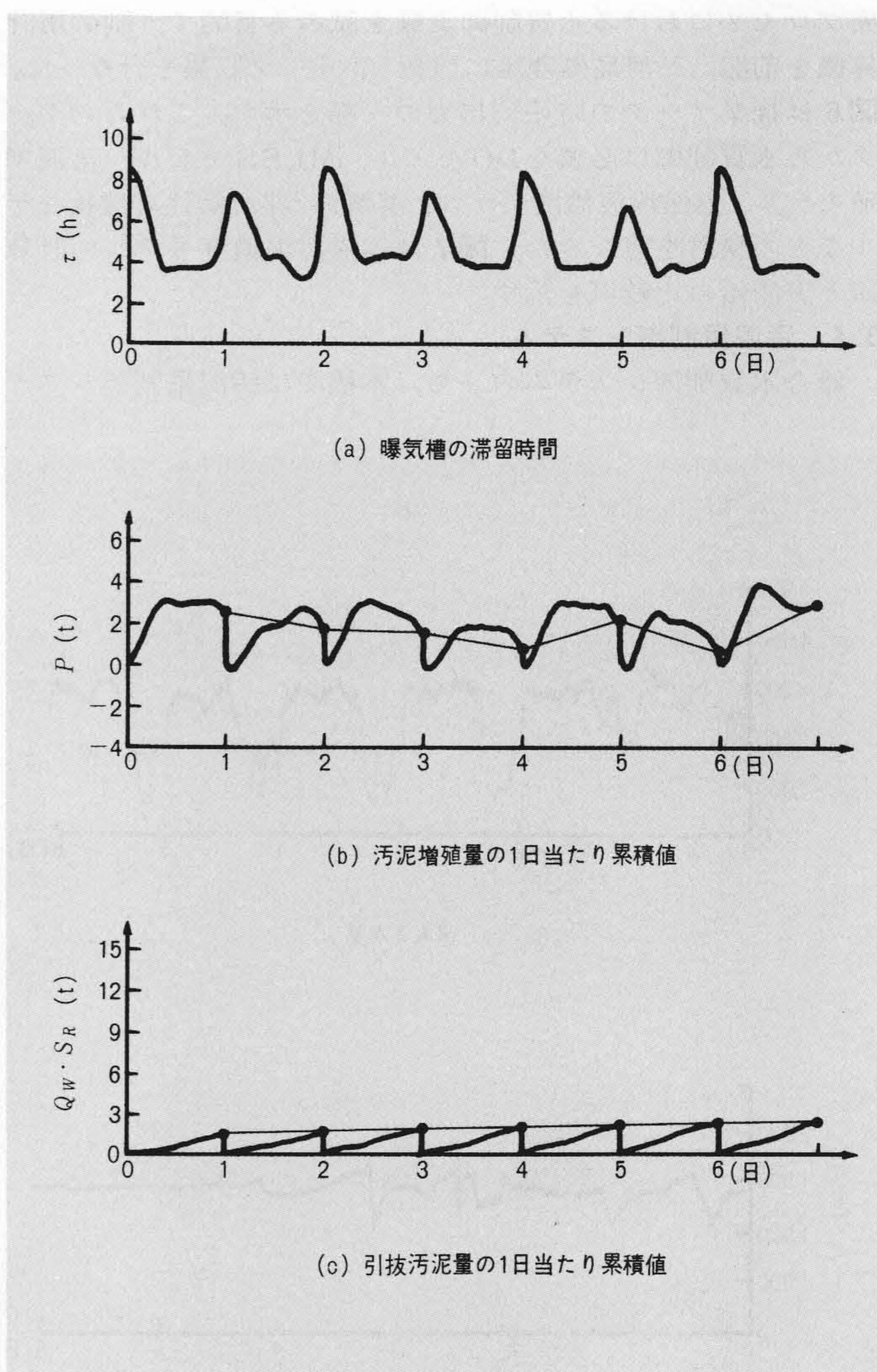


図9 汚泥量制御のための解析データ出力 汚泥量制御モデル作成の基本となる滞留時間、汚泥増殖量、引抜汚泥量をプロセスのオンラインデータを入力して演算し、プロッタへ出力した図である。

度化、水質制御やプラント近代化への道具として今後広く利用されるため、適用技術の向上に力を尽したい考えである。終わりに下水道システムの開発に当たり、一貫して御指導をいただいた関係各位に対し深く謝意を表わす次第である。

#### 参考文献

- 1) 加藤：「下水道システム制御の計画上の諸問題」, 日立評論, 57, 109 (昭50-2)
- 2) 加藤：「下水処理における計装と計算機制御について」, 第10回下水道研究発表会講演集, (昭48-5)
- 3) 地田, 大越：「下水道における計測及び新制御システム」日立評論, 57, 119 (昭50-2)
- 4) 加藤, 三好：「曝気槽の溶存酸素制御」, 日本下水道協会研究発表会予稿集, 166, p.p. 6 ~ 9 (昭49)
- 5) 柏木：「下水道の計算機制御システム」, 日立評論, 57, 129 (昭50-2)
- 6) R, W, J. Brett et al : "Feed Forward Control of an Activated Sludge Process", Water Research 7, p.p.525~535 (1972-April)