

下水汚泥処理の監視制御システム

* 臼井 正和(うすい まさかず)・* 安東 圭司(あんどう けいじ)・* 上野 健郎(うえの たけお)・** 清水 勉(しみず つとむ)
** 青木 誠(あおき まこと)・*** 伊藤 修(いとう おさむ)

① まえがき

日本の下水道普及率は総人口に対して33%程度であり、先進諸外国に比較し低い水準にある。このため下水道事業は都市基盤の整備、水域環境保全などを目的とし、国民的課題として力強く推進されている。昭和56年度には「フェニックス（広域最終処分場）計画」と呼ばれる特別法も成立している。

一方、下水道普及率の上昇に比例して下水処理場から発生する汚泥量も増大している。第5次下水道整備5か年計画の最終年度にあたる昭和60年度には、年間450万m³に到達する見込みであり、これは昭和55年度の約2倍に相当する。現在、下水汚泥の約8割は埋立て処分されているが、昨今、都市化が進み適地確保が次第に困難な状況となっており、汚泥の減量化を迫られている。更に、この汚泥処分の問題を解決するため、汚泥処理専門の施設も登場している。汚泥処理が本格化するとともに、その監視制御も重要になってきた。

本稿では、汚泥処理の監視制御システムについて、多くの処理場への納入実績・蓄積技術をもとに、その全容を紹介する。

② 設備と運転管理

2.1 汚泥処理のプロセス概要

汚泥処理工程において発生した汚泥を処理する方式には各種の方式があるが、図1に代表例を示し処理プロセスを

紹介する。濃縮槽で沈降濃縮された汚泥は、消化槽で嫌気性細菌の作用によりガスと無機物に分解、安定化され、脱水機にて水分除去される。そして、最終的に焼却され、有機分はガス化し、無害化かつ減量化された無機灰となる。

2.2 機械設備の特徴

汚泥処理プロセスのなかから、中心的な設備である脱水・焼却設備について設備の概要を紹介する。

2.2.1 脱水方式

汚泥脱水機としては、遠心脱水機、真空脱水機、加圧脱水機、ベルトプレス脱水機が多く設備されている。小規模処理場で数台、大規模処理場では数十台設置される。近年、省エネルギー、高効率、及び制御のしやすさからベルトプレス脱水機を用いる処理場が増えている。

2.2.2 焼却方式

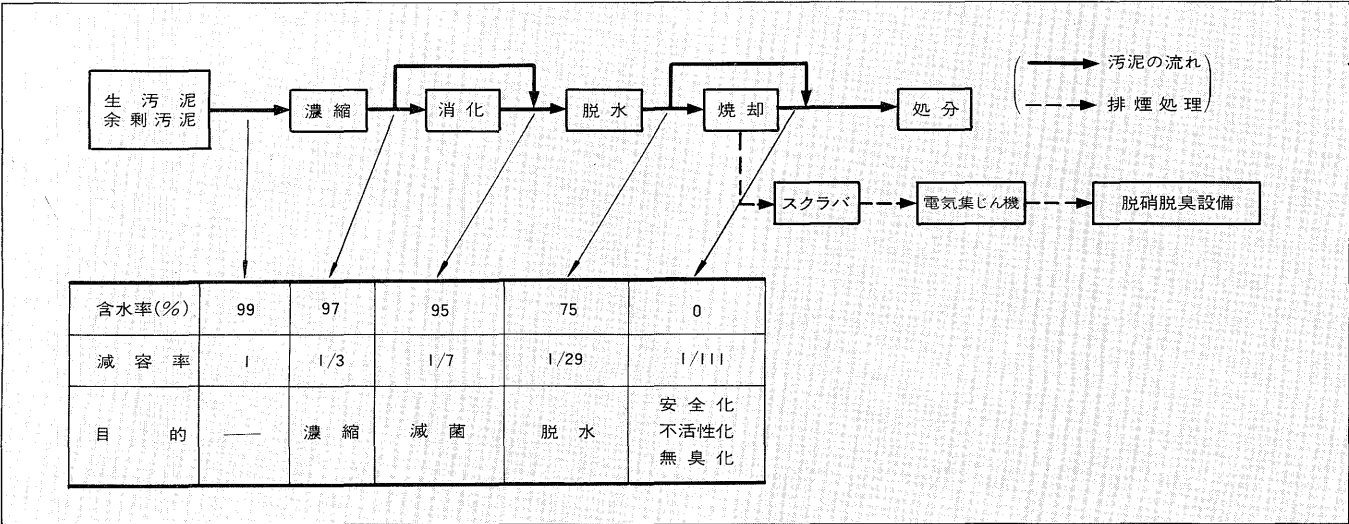
焼却方式は、大きく乾式焼却と湿式焼却に分類されるが、なかでも乾式による立形多段焼却炉及び流動焼却炉は実施例が多い。

(1) 立形多段焼却炉

立形多段焼却炉は、6～14段程度の炉床からなっており、耐火れんがを縦に円筒形に組み上げたものである。炉頂から投入された脱水ケーキは、各段の炉床で中心軸に取り付けられた攪拌レーキによりかきならされながら下段に落下し、中下段に吹き込まれる熱風によって乾燥・燃焼され、灰として排出される。

立形多段焼却炉は、投入される脱水ケーキの性状が多少変動しても安定した制御を得られる特徴があり、小規模

図1 汚泥処理プロセスの例



(数 t/d) から大規模 (500 t/d 程度) まで数多く採用されている。近年、汚泥が高カロリー化する傾向にあり、自然焼却や高効率運転などに、立形多段焼却炉の特徴を生かした各種の制御方式の研究が行われている。

(2) 流動焼却炉

流動焼却炉は、固体粒子 (けい砂) を充てんした円筒容器に下方から加熱した空気を吹き込み、粒子を浮遊させて流動床を形成したものである。投入された脱水ケーキは粒子の運動により細かく解砕され、反応面積が拡大し、瞬間的に燃焼される。流動焼却炉は熱効率が良く、けい砂の熱容量が大きいので、断続運転が可能である。これまで小規模なもの (100 t/d 以下) が多かったが、最近は大規模炉への適用例もみられる。

(3) 排煙処理

汚泥焼却に伴い発生する排ガスを無公害化するために、ダストの除去、脱硫、脱硝、脱臭、白煙防止などの各処理設備が設けられている。

2.3 運転管理

汚泥処理設備の運転管理は、汚水処理設備とは独立して行われることが多い。また、プロセスの構成要素、特性が異なることから、焼却設備だけ分離して独立の管理室を設けることもある。これらは、汚泥処理設備の運転管理上の下記特徴に起因している。

- (1) 運転員・保全員は、プロセス・機械に関する専門的知識を要求される。
- (2) バッチ運転、連続運転が混在しており、保守時に自動から手動に、手動から自動に切り換える操作が複雑である。
- (3) 補助燃料として重油・ガスを、また排ガス処理に薬品を使用するので運転操作の安全性が要求される。
- (4) 運転・保全を専門業者に委託することが多い。

3 システム構築技術

下水処理場における監視制御のシステム化は著しく、汚泥処理設備にも及んでいる。特に大都市では下水処理場の大規模化に伴い、汚泥処理施設も大規模化しており、その運用・管理は非常に複雑なものとなってきている。一方、省エネルギー化、省力化がさげられる折から、大量の情報を早急に操作員に伝え、少人数で運用できるシステムが望まれている。

近年、マイクロプロセッサ技術の発達により、各種の監視制御用機器が開発され、ユーザーのニーズに合ったシステムの構築が可能となってきている。

以下に、最近の納入例をもとに、大規模汚泥処理場におけるシステム構成例を紹介する。

3.1 設計基本方針

監視制御システムを構成する際の設計基本方針の決定因子を図 2 に示す。

下水処理場の施設の場合、システムの構築に際しては、監視・操作性及びプロセスの安定制御が重要な決定因子となる。特に、汚泥焼却施設は重油、ガスなどを扱うプラントなので、安全性には特に配慮が必要となる。更に、化学工場プラントに似て、プロセスからの情報量も非常に多く、保全性、融通性などの面にも注意を払い、プラントも含めた全体としてのシステムバランスを考えて監視制御システムを構築することが必要である。

3.2 システム構成

汚泥処理のプラントは、処理工程によって設備構成要素が大きく異なり、また工程内もブロック分けされており、ブロック単位ごとの運転・保守・増設・リプレースが可能である。したがって、分散制御が適する。更に、処理工程はシリーズにつながっているため、システムとしての信頼性・安全性が要求され、一部分のダウンが全体に波及しないようなシステム構築法が要求される。そのため、階層構造の集中管理・分散制御システムが採用される。

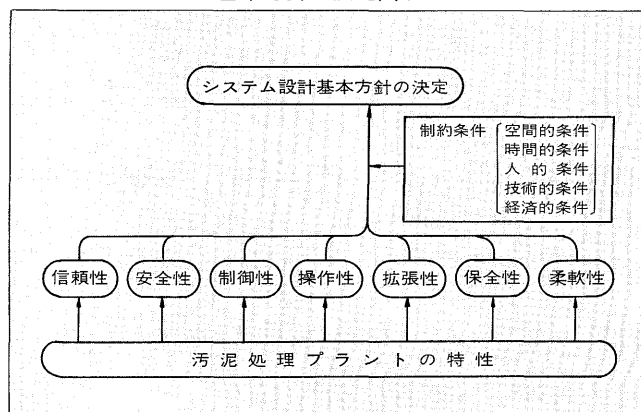
図 3 に大規模汚泥処理場におけるシステム構成例を示す。

このシステムは、サブシステムとして脱水設備監視制御システムと焼却設備監視制御システムの二つを持ち、両者はプラント全体を管理・監視する総合管理システムの下位に位置付けられている。システム機能は統括制御レベル、決定制御レベル、分散制御レベルの三つに分けられ、階層構造となっている。総合管理システムは統括制御レベルに位置し、プラント全体にかかわる運営情報処理、設備計画、資材管理などを総合的に行う。

脱水設備、焼却設備の各監視制御システムは、中心に計算機システムを置き、脱水設備ではシーケンサ (MICREX-E) とユニットプロセスコントローラ (MICREX UTC-μ) を各系列ごとに、また焼却設備では炉ごとにシーケンサ (MICREX-E) と DDC 制御装置 (MICREX DDC-μW) を配し、それらの間をデータウェイにて結合している。データウェイには高速光データウェイ (MPCS-F) を用い、高い信頼性を持たせている。

更に現場のコントロールセンタ、リレー盤などから監視制御システムへの信号系統は、現場-シーケンサ-データウェイ-情報処理システムという通常ルートのほかに、現場-

図 2 システム設計基本方針の決定因子



監視操作机専用シーケンサ-監視操作机という直送ルートを開け、万一システムに異常が生じた場合にも安全なプラント運転を維持するための最低限の監視機能を確保している。

決定制御レベルである情報処理システムはグラフィックディスプレイ装置、漢字プリンタ、ハードコピーなどをマンマシンインタフェースとして用いている。その機能については3.3に述べる。

分散制御レベルはプロセスとのインタフェース部であり、直接制御を行っている。したがって、プロセスに合った機器を用いることが必要である。濃縮・消化・脱水工程はバッチプロセスであり、焼却工程は立上げ、立下げ時はスケジュール運転、通常は連続運転である。これらの工程では、連動起動・停止制御、間欠制御、計画制御が頻繁に行われ、シーケンサの導入が効果的である。

アナログ制御系にはDDC制御方式を採用する。脱水設備では脱水機1台に対応するブロックごとに保守、増設などが行われることを考慮し、シングルループコントローラ（コンパクトコントローラF）とユニットプロセスコントローラ（MICREX UTC-μ）を結合して、DDC及びデータ伝送を行っている。焼却設備では、情報処理装置による高度なSCC制御を行えるよう炉1台に対応して32ループ形のDDCマイクロコントローラ（MICREX DDC-μW）を用いている。更に、安全性確保のためにバックアップ機器を収納した計装盤を設けている。

3.3 マンマシンインタフェース

マンマシンインタフェース（MMI）は、操作員・保全員

とプロセスとの情報交換システムであり、その優劣がプラント運転管理の使いやすさを決定づけている。

3.3.1 管理室の条件

MMI機器の設置される管理室は、下記のような環境条件が整備される必要がある。

- (1) 居住性が優れていること
- (2) 通常時、異常時の人の行動を配慮した機器配置であること
- (3) 最適な照明設計であること
- (4) 色彩、デザインのバランスがとれていて情報の視認性に優れ、疲労感のないこと
- (5) 拡張性が優れていること

3.3.2 MMI機器の機能分担

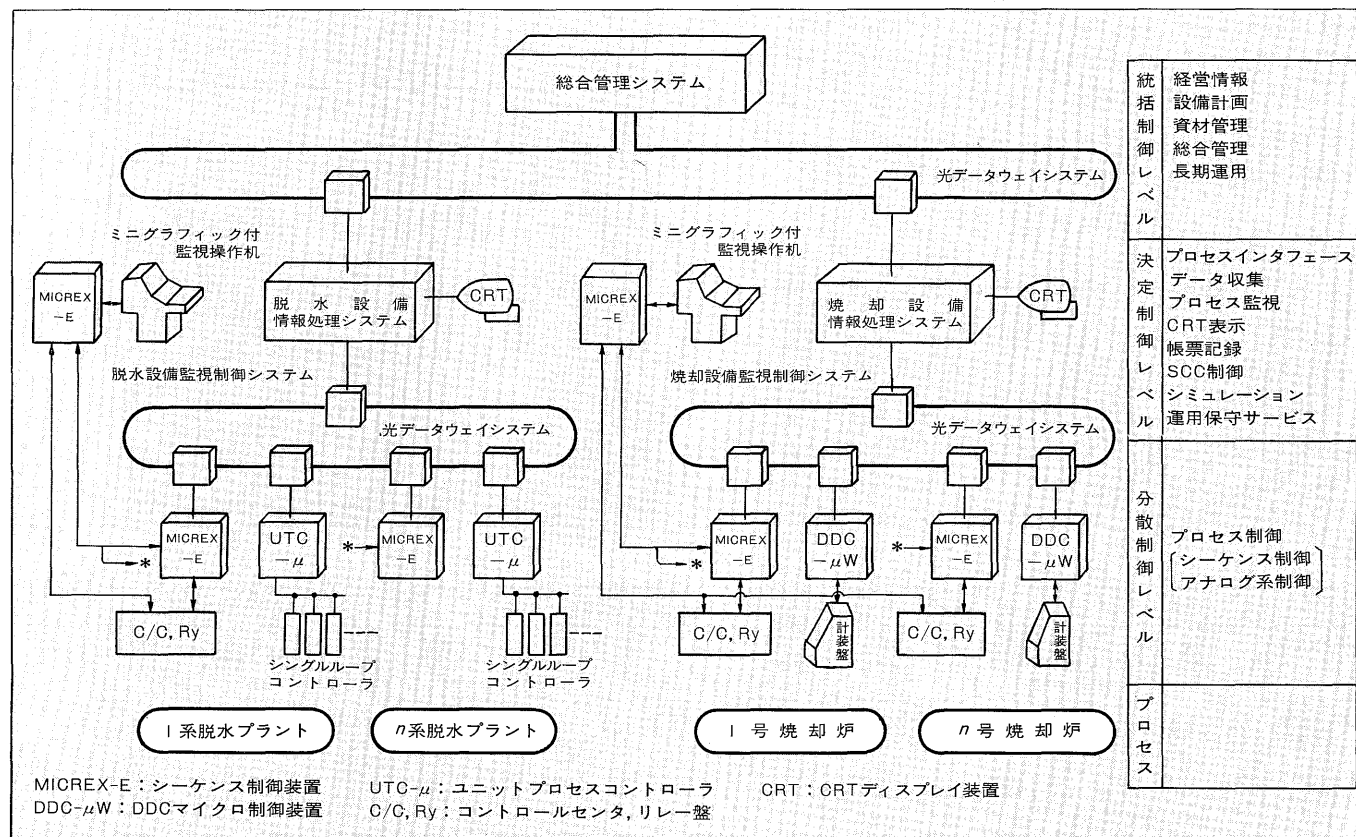
MMI機器には、情報処理機器、監視操作机（ミニグラフィック付）、計装盤などがあるが、主体はCRTディスプレイであり、タイプライタ、XYプロッタ、ハードコピーなどの機器も用途に応じて用いられる。表1に機能分担を示す。

(1) 監視操作机

管理室スペースの有効利用、居住性向上などのため、大規模グラフィックパネルを排除し、操作机にプロセス全体把握用のミニグラフィックパネルを設け、監視機能を付加した操作机としている。

操作機能の主体はプラント全体にかかわる連動起動・停止、及びシステム異常時のバックアップ操作である。バックアップ操作に関連する情報、操作信号は光データウェイと独立した伝送ルートを開け、高信頼化を実現している。

図3 大規模システム構成例



(2) CRT ディスプレイ

CRT ディスプレイは、4,000 字グラフィックディスプレイを複数台設置し、CRT ごとに機能割り振りを行っている。また故障時には、相互にバックアップを行い、信頼性を向上させている。

(3) 漢字プリンタ

日報、月報、警報メッセージに漢字を用い、報告書としての質、運転員の視認性を飛躍的に向上させている。

(4) 計装盤

バックアップ用機器を収納し、システム異常時にも安全なプラントの運転を維持できるようにしている。

3.4 データ伝送技術

汚泥処理プラントにおける監視制御システムでは、収集データの発信源が設備ブロック単位に散在し、情報量も多い。また電氣的ノイズが多いこと、伝送ケーブルが受変電・動力設備ケーブルと並行布設されることが多いなど電氣的な外乱が多い。しかし、光伝送システムを採用することで、①広帯域性、②低損失、③電氣的絶縁性、④無誘導、⑤防爆、⑥軽量・細径・可とう性などの特徴を生かして、高速・高効率で電氣的の外乱に強く、高信頼性のデータ伝送を実現できる。富士光データウェイシステム (MPCS-F) の概略仕様を表 2 に示す。MPCS-F は上記の特徴のほかに部分的な障害が他へ波及しないフォールトトレラント性や、RAS 機能の充実を図っており、汚泥処理総合管理システムのデータウェイとして適している。

3.5 ガス分析計

固定発生源から排出される NO_x、SO₂、HCl などは大気汚染防止法によりその排出基準が定められている。また、SO₂ と NO_x については総量規制が行われており、汚泥焼却炉はその対象となることが多い。したがって、それらの排ガスの監視用に排ガス分析計の設置が必要である。表 3 に富士電機の代表的な分析計の仕様と用途を示す。

3.6 環境対策技法

下水処理場の環境条件は従来に比べ改善されてきているが、制御装置にマイクロプロセッサをはじめとする電子部品が随所に使用される時代となってきた、種々の環境対策を施し、装置、機器の長期間にわたる正常稼動を維持する必要に迫られている。なかでも、汚泥処理設備では、粉じん、腐食性ガス (H₂S、SO₂、Cl₂ など) が発生し、温

度湿度条件との複合作用により、より厳しい環境となっている。このような環境条件下の電子機器に対し、下記の手法で対応している。

3.6.1 粉じん、腐食性ガス対策

- (1) 活性炭フィルタ、ファンユニットを採用し、押込み方式の換気を行うことにより、盤内圧を高めて外気の侵入を防ぐ (図 4)。
- (2) 良質な空気で盤内をパージし、外気の侵入を防ぐ。
- (3) プリント基板に樹脂コーティングを行う。
- (4) ダミープリント板、ダミーコネクタを挿入する。

表 2 MPCS-F の光伝送概略仕様

分類	項目	特性
伝 送 性 能	伝送速度	12.6 M ビット/秒
	伝送距離 (1 スパン)	1.5 km
光 ファ イ バ	モード	マルチモード (SI)
	損失	4 dB/km (0.85 μm)
	伝送帯域	< 40 MHz・km
	コア径	62.5 μm
	クラッド径	125 μm
光送信モジュール	発光素子	LED (0.83 μm)
	光送信レベル	− 7 dB・m 以上
	伝送速度	0.1 ~ 32 M ビット/秒 (NRZ)
	インタフェース	TTL
	電源電圧	+ 5 V
光受信モジュール	受光素子	pin ホトダイオード
	光受信レベル	− 15 ~ − 22 dB・m
	符号誤り率	1 × 10 ^{−9} 以下
	インタフェース	TTL
	電源電圧	+ 5 V, − 5 V

表 3 代表的なガス分析計

機 種	方 式	用 途
O ₂ 計	磁気風式 磁気力式 ジルコニア式	炉内燃焼制御 炉内燃焼状態監視
SO ₂ 計	非分散赤外線吸収式	SO ₂ 除去状態監視 排出口 SO ₂ 濃度管理
NO _x 計	非分散赤外線吸収式	NO _x 還元用 NH ₃ 注入制御 脱硝反応監視 排出口 NO _x 濃度管理
NH ₃ 計	非分散赤外線吸収式	脱硝反応監視
HCl 計	塩素イオン電極式	排出口 HCl 濃度管理
CO ₂ 計, CO 計	非分散赤外線吸収式	燃焼状態監視

表 1 マンマシンインタフェース機器の機能分担

	C R T	監視操作机	計 装 盤
監視機能	・全データを表示可能 ・分かりやすく情報提供可能 ・加工データを表示可能	・ミニグラフィックでプロセスの大まかな状態把握 ・主要データの表示	・CRT データ表示のバックアップとして、指示・積算・記録計を設置
制御機能 (操作機能)	・CRT とキーボードによる設定値、制御パラメータ、定数などの入力 ・ライトペンによる操作	・主要機器の個別操作 ・一括連動操作 ・非常停止	・調節計操作
記録機能	・漢字プリンタによる日報・月報印字、報告書作成、警報印字		・専用記録計による記録

3.6.2 温度対策

3.6.1の(1)の方式は、盤内温度上昇を抑える放熱効果も有している。また、現場盤は収納機器の発熱、直射日光による温度上昇があるため、断熱材の取付や温度センサによる自動強制換気などの方式をとる。

これらの手法を状況に応じて使い分け、複合対策を行い、装置の環境改善を行っている。

④ システムの機能

監視制御システムに要求される機能は、監視機能、制御機能、記録機能に大分類される。本稿では、監視、記録の2機能を総合的に情報処理機能とし、プロセス機能とに分けて以下に説明する。

4.1 プロセス制御

汚泥処理プロセス制御は、従来リレー回路によるシーケンス制御が主体で、アナログ系制御は簡単な単ループPID制御のレベルであった。しかし現在、プロセス制御技術が体系化され、シーケンス制御とアナログ制御とを結び付けた複合制御や、フィードフォワードなどを組み入れた高度な制御が行われつつある。図5に、各工程のつながり、制御対象、主な制御項目をまとめる。このうち、脱水と焼却について以下に代表例を挙げる。

4.1.1 汚泥固形物量比例薬注制御

脱水機に対して送られる汚泥の固形物量が一定となるように汚泥供給ポンプの回転速度制御を行って、汚泥流量カスケード制御を行う。また、汚泥固形物量を超音波濃度計による濃度信号と、電磁流量計による流量信号を演算することにより求め、それに比例して薬品注入量制御を行う。

4.1.2 炉内燃焼制御

炉内燃焼制御は、熱バランス制御と燃焼空気量制御からなる。

(1) 熱バランス制御

炉内熱バランスを最適に保つためには、熱収支にかかわる制御を互いに干渉しない形で構成する必要がある。

(a) 熱風量制御

補助燃料制御を行って、所望の燃焼制御段温度となるようにする。

(b) 排ガス循環量制御

排ガスを循環させることで、低空気比運転を行い、燃焼の抑制による温度制御を行う。

(c) 除熱量制御

燃焼段又は乾燥段から、余剰熱量を外部へ抽気して炉内各段の熱バランスを正常領域へ復帰させる制御を行う。

図4 環境対策ロックの押込み換気方式

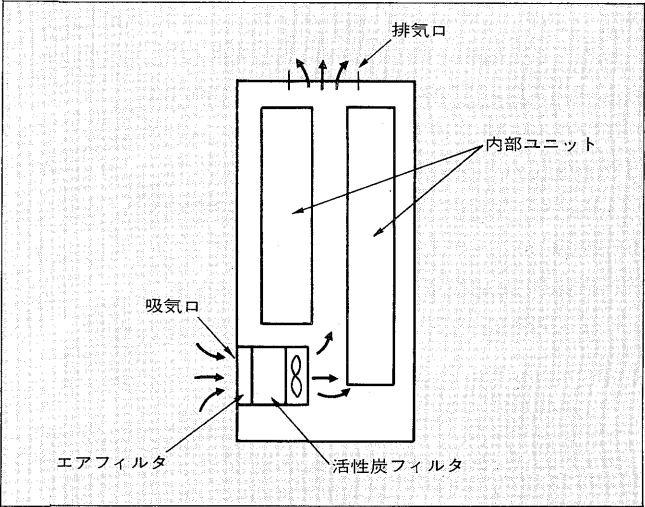
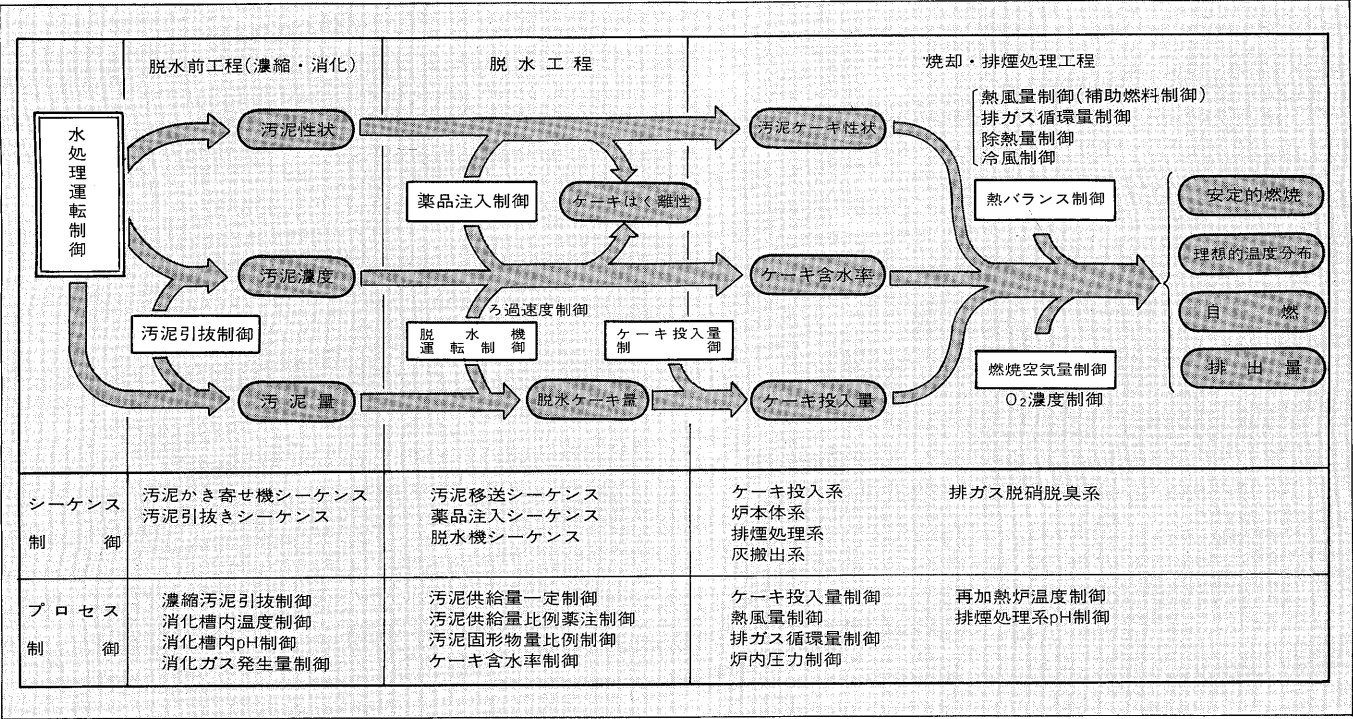


図5 プロセス制御の体系的フロー



(2) 燃焼空気量制御

(a) O₂ 濃度制御

炉内 O₂ 濃度が低くなると未燃ガスが発生するため、O₂ 濃度による軸冷空気循環量制御を行う。

(b) 自然時制御

高カロリー汚泥が自然状態になった場合は、補助燃料系統を遮断して、自然に必要な空気量の供給制御をする。

4.2 情報処理機能

決定制御レベルに位置する情報処理システムの機能構成を図6に示す。この機能構成の特徴を以下に述べる。

(1) データベース指向

情報処理装置には直接入出力及び伝送による入出力があり、その量は非常に多い。これらのデータを効率よく集め、効率よく表示印字し、効率よく制御を行うために、データベースシステムを導入している。これは、入出力データ（一次データ）及びこのデータを加工編集した二次データから成っている。このデータベースの導入により、運用形態に応じてCRTの同一画面に表示する項目を任意に組み合わせたり、日報・月報印字項目を任意に組み換えたり、警報処理仕様を任意に変更することが、ユーザーにおいても容易に可能である。また、プラントの増設改造などによるソフトウェアの拡張・改造においても柔軟性を持った対応が可能となっている。

(2) 対話機能の充実

情報処理機能は多様であり、ともすれば表示内容、オペ

レーションが複雑になりがちである。そこで対話機能を操作員を対象とする「運用レベル」、計装技術者対象の「エンジニアレベル」、ソフトウェア全般にわたって詳細な知識を必要とする「システムエンジニアレベル」に明確に区分して、誤操作のない使いやすいものとしている。

対話機能の中心は、CRTディスプレイであり、データの任意組み換え、制御パラメータ・定数の設定、対話作画などが容易に行える。

(3) 漢字表示・漢字印字の全面的採用

CRT表示は最近部分的に漢字を使用することが多いが、警報メッセージ、ループ名称、各種信号名称の表示にも全面的に漢字を採用している。これにより、操作員の情報機器への違和感を取り除き、異常時の視認性にも優れることから心理的效果も大きい。

また、日報、月報、警報記録、動作記録などの印字記録に漢字プリンタを採用して、品質を格段に向上させている。図7にCRTディスプレイ表示例を、図8に漢字プリンタへの印字例を示す。

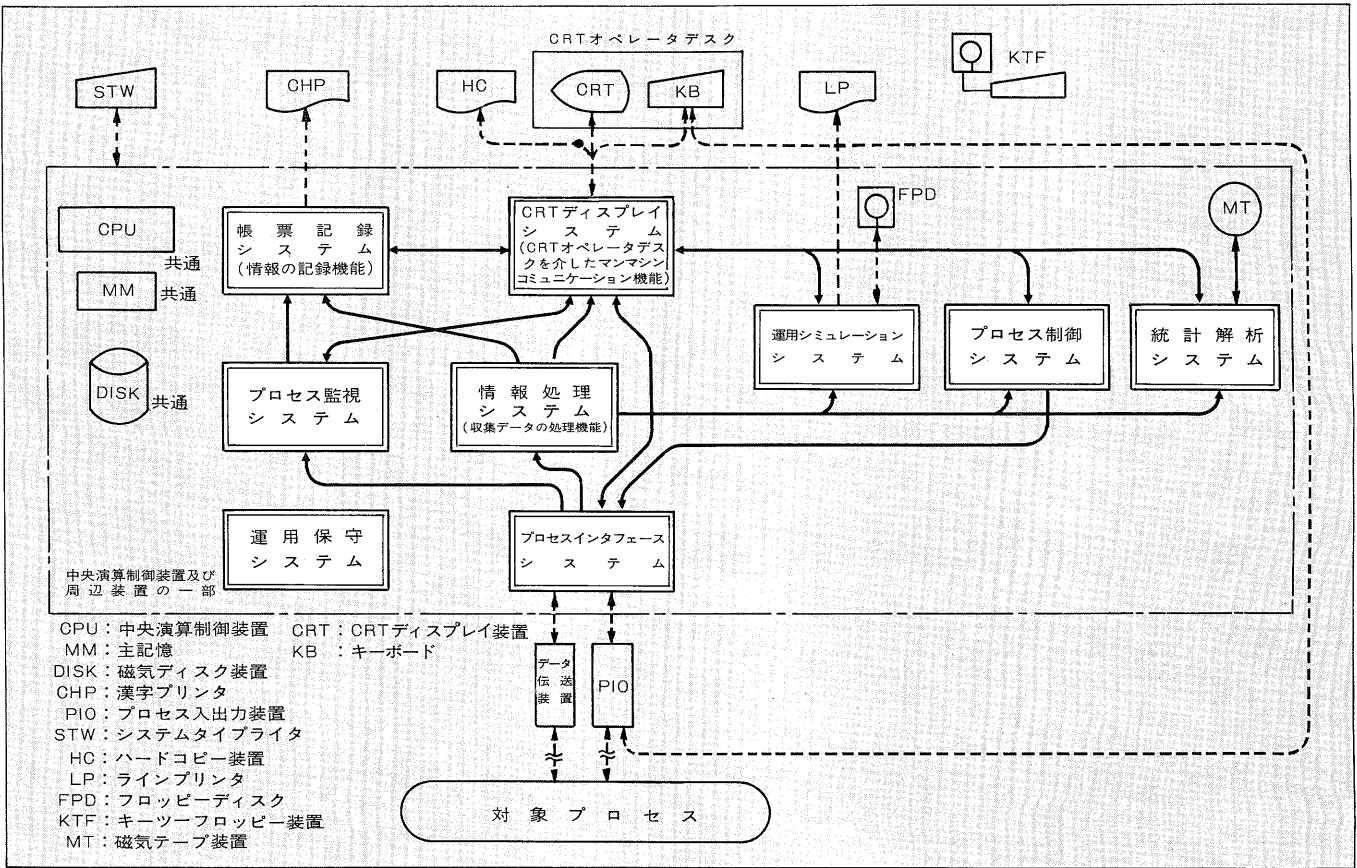
(4) ペーパーレス記録

プラントデータはMT（磁気テープ）、フロッピーディスクに記憶し長期保存が行える。保存データをCRT表示したり、解析用として使用したり、その用途は広い。

(5) プロセス解析機能

汚泥処理プロセスの未解明部分、制御手法の未成分野に焦点をあて、積極的に解決していくために、以下のような解析制御機能を開発し、ユーザーに提供している。

図6 情報処理システムの機能構成



- (a) 多段焼却炉運用シミュレーション機能
- (b) 汚泥処理 SCC 制御機能
- (c) 時系列データ収集表示機能（トレンド表示）

5 立形多段焼却炉の汚泥燃焼シミュレーション

汚泥燃焼シミュレーションシステム⁽³⁾には、大形計算機によるオフラインバッチシステムと、制御用計算機を用いたオンラインシステムの二つがある。両者とも、

- (1) 汚泥ケーキ燃焼静的シミュレーション
 - (2) 汚泥ケーキ燃焼動的シミュレーション
 - (3) 汚泥ケーキ燃焼制御シミュレーション
- からなっている。

5.1 シミュレーションの目的

両システムとも、その目的は次のとおりである。

- (1) 静的シミュレーションは定常燃焼状態を知ることにより、長期的な運用管理指標を得る。
- (2) 動的シミュレーションは、運用操作条件の変化による汚泥ケーキの燃焼状態の推移を解析する。
- (3) 制御シミュレーションは各種の運用操作条件下で制御動作を含めたシミュレーションを実施し、制御方式の検討・開発及びパラメータの同定と有効性の評価を行うこと、並びに実プラントにおいて事前に焼却炉の燃焼状態の変化を予測し、安全かつ適切な運転管理を行うためのガイド情報を取得すること、の二つの目的で利用する。

5.2 シミュレーションの機能

5.1の目的を満たすため、次の機能を有している。

- (1) 汚泥の投入量、含水率、可燃分比率、可燃分の成分比率の設定、外乱操作
- (2) 熱風量、軸冷空気と排ガスの循環量、冷風量、燃焼ガスの引抜き量などの設定・各種制御操作
- (3) 焼却炉各段の燃焼ガス温度、残留酸素濃度の計算
- (4) 焼却炉各段の汚泥ケーキの乾燥・燃焼・冷却状態の判定、及び含水率・発熱量の計算
- (5) 焼却炉の汚泥ケーキの自然状態の判定

5.3 シミュレーションモデル

焼却炉に投入された汚泥ケーキが熱風や冷風と向流接触し、乾燥・燃焼・冷却を経て排出されるまでの各プロセスを記述できるモデルが必要である。そのため、汚泥ケーキの組成を可燃分、灰分、水分とし、燃焼ガスの組成を乾燥ガスと水蒸気として、汚泥ケーキの乾燥・燃焼プロセスを記述するモデル式により各段の熱収支、物質収支を計算している。それにより、汚泥ケーキや燃焼ガスの状態変化をシミュレートすることができる。

5.4 オンラインシミュレーションのシステム構成

構成例を図9に示す。このシステムは実プラントの運転状態及び各種操作値のデータが容易に設定可能で、かつシ

図7 CRTディスプレイ表示例

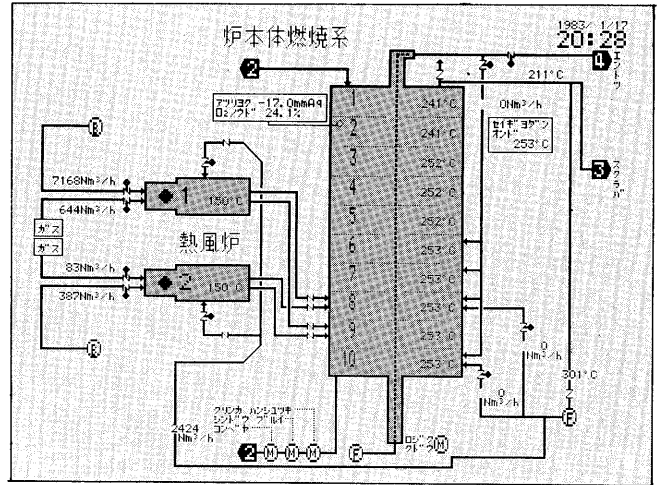


図8 漢字プリンタ印字例

*** 焼却炉日報 ***											
項 目	投入時間	保温時間	都市ガス 燃焼時間	自然時間	ケーキ 投入量	ケーキ 含水率	排ガス 処理量	熱風炉 都市ガス 使用量	焼却炉 電力		
乗 車	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
単 位	分	分	分	分	t	%	Nm³	Nm³	kW		
1:00	60	0	60	0	8.23	79	27346	248	2100		
2:00	60	0	60	0	8.35	82	32702	235	2100		
3:00	60	0	60	0	8.28	80	26999	240	2110		
4:00	60	0	60	0	8.20	80	23312	263	2110		
5:00	60	0	60	0	7.32	79	26656	60	2130		
6:00	60	0	60	0	8.35	80	24037	61	2120		
7:00	60	0	60	0	8.48	77	35418	150	2130		
8:00	60	0	60	0	8.12	79	22803	100	2115		
9:00	60	0	60	0	8.43	77	23187	15	2110		
10:00	60	0	60	0	8.27	79	24507	40	2130		
11:00	60	0	60	0	8.29	80	23801	18	2110		
12:00	60	0	60	0	8.21	78	23113	10	2110		
13:00	60	0	60	0	8.23	78	36414	218	2110		
14:00	60	0	60	0	8.05	77	28726	175	2105		
15:00	60	0	60	0	8.05	77	22655	304	2100		
16:00	60	0	60	0	8.15	78	23354	344	2100		
17:00	60	0	60	0	8.86	79	24025	346	2110		
18:00	60	0	60	0	8.84	77	25911	340	2115		
19:00	60	0	60	0	8.52	79	25195	316	2125		
20:00	60	0	60	0	8.77	80	24486	243	2110		
21:00	60	0	60	0	8.84	78	27759	324	2110		
22:00	60	0	60	0	8.12	84	30054	325	2100		
23:00	60	0	60	0	8.73	80	30337	353	2100		
24:00	60	0	60	0	8.38	78	24620	352	2120		

図9 オンラインシミュレーションシステムの構成

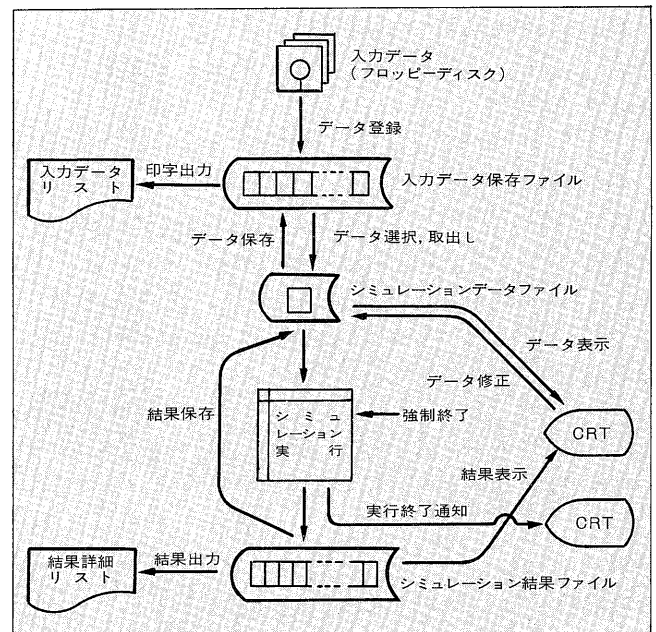
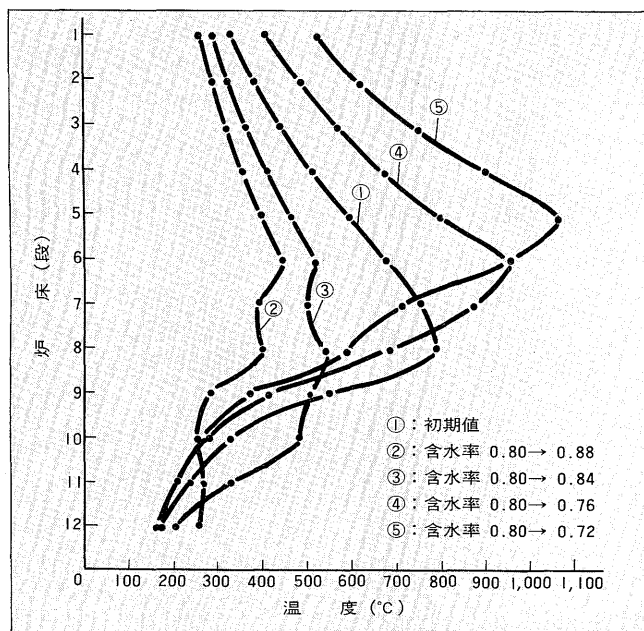


図 10 含水率変化から 240 分後の温度分布



- (2) 稲尾勝三ほか：産業分野における光ファイバ伝送システム，富士時報，55，6，pp. 388～394（1982）
 (3) 伊藤修ほか：立形多段焼却炉の汚泥燃焼シミュレーション（その 1），第 19 回下水道研究発表会講演集，pp. 616～618（1982）

シミュレーション結果が実際の運転操作に活用可能な形で出力できる構成となっている。

5.5 シミュレーションの適用

汚泥燃焼シミュレーションは、

- (1) 汚泥ケーキの投入量，性状によるフィードフォワード制御
 (2) 省エネルギーと省資源を目的とした低空気比運転
 (3) 汚泥ケーキの安定燃焼のための熱風量，排ガスの再循環，燃焼ガスの引抜きなどの制御

などの検討・開発に適用できる。更にモデルの改良，汚泥ケーキ性状，炉内燃焼状態を検出するセンサの改良・開発により，オンライン SCC 制御への適用も可能である。図 10 に定常状態（含水率 0.8，投入量 250 t/d）より含水率が変化した場合の 240 分後の燃焼ガスの状態をシミュレーションした結果を示す。

⑥ あとがき

日本における下水汚泥処理プラントは建設の時代にあり，新技術，新機器の導入を図ることによって，より人間との協調を重視した監視制御システムを構築していけるものと確信している。

今後一層のレベルアップを図るべく，技術の蓄積，プロセスの解析を行っていく所存である。

なお，本稿の執筆にあたっては，多くの自治体への納入実績，成果をもとにしており，御指導頂いた関係各位に深く感謝の意を申し上げるものである。

参考文献

- (1) 田中修司：汚泥の減量化と省エネルギー，月刊下水道，5，10，pp. 2～7（1982）



＊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。