

# 最近のじん芥焼却炉プラントの計測制御装置

## Recent Instrument and Control Equipment for Refuse Incinerator Plant

佐々木雅敏\* Masatoshi Sasaki・井村博治\* Hiroji Imura

### I. まえがき

廃棄物は、一般廃棄物（以下、じん芥またはごみと称す）と産業廃棄物とに大別される。前者は人間が日常生活を営む時に、後者は産業活動に起因して排出される。本稿では、じん芥処理システムの計測制御装置について述べる。

じん芥の排出量は、人口と国民所得の伸びに比例して上昇するといわれ、全国のじん芥の排出量は、昭和52年度末推定で約5,000万トン/年である。ここ数年来、増大するじん芥をいかに処理するかは、社会的に大きな問題としてクローズアップされてきている。

じん芥が処理される時は、減量率が高く、安全でかつ安定した物質に還元され、大量処理とエネルギーの再利用ができることが条件である。その意味でじん芥を焼却処理する方法は、文明社会における物質サイクルの中間処理として上述の条件を満足するものであり、手段として用いられる焼却炉は大部分が機械炉であり、最近では流動炉や熔融ガス化炉が出現してきた。

現在、各地方自治体が建設している大形の清掃工場は、経済的で効率のよい焼却炉へと進んでいるが、これから建設される清掃工場は、排ガス、排水、臭気、騒音、交通、美観などの環境公害に関する地域社会のコンセンサスを得る必要がある。

当社は昭和38年に、埼玉県川口市をはじめ、全国津々

浦々に536基に及ぶバッチ炉や機械炉の電機・計装システムを納入してきた。

これらの中には、東京都板橋清掃工場の回転キルン炉、習志野市実籾清掃工場の流動式焼却炉、大阪市南港ポートタウンの真空ごみ輸送システムなどの計装や計算機システムを含み、清掃事業に数多くの実績を重ねてきた。

最近、清掃工場の焼却炉やその付属設備をミニコンピュータと複数のマイクロコンピュータを導入して、操業管理や自動化を進める傾向が見受けられる。

本稿では主にコンピュータを含むシステムについて、その概要を紹介する。

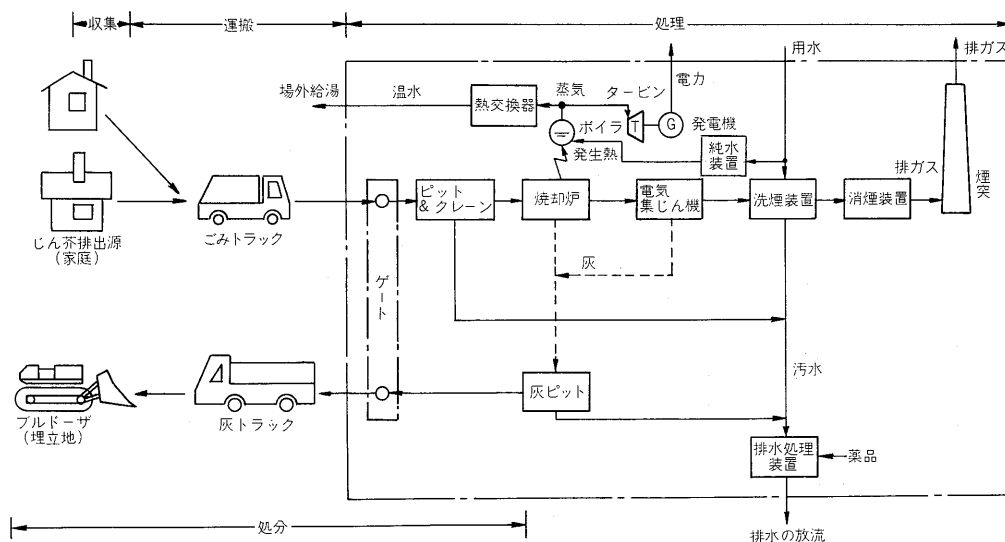
### II. 清掃工場の概要

大形連続焼却炉による清掃工場の処理プロセスを第1図に示す。

じん芥処理には一般に収集、運搬、処理、処分の4工程がある。

家庭から発生するじん芥の収集、運搬は、各自治体の自営または業者委託によるごみトラックと人力で行われている。東京都の昭和52年度統計では、約17,000t/dのじん芥が約3,900台の専用収集車、約300台の特殊車両（埋立用ブルドーザ等）、57隻の運搬船と8,000人以上の人々により処理されている。

現在、全国の各自治体が実施しているじん芥の収集、



第1図 清掃工場の処理プロセス  
Fig. 1. Disposal process at refuse disposal factory

\* 計測技術部

運搬の形態は東京都とほぼ同じかそれに近い形態であり、人海・物量両面作戦である。この方式での機械化には限界があるように思われる。

人力によって収集されたじん荼は、ごみトラックによって清掃工場に運ばれ、清掃工場のゲートではごみトラックの入出門管理がされている。

清掃工場内で粗大ごみは破碎され、不燃物は選別されたのち、いったんごみピット内に貯えられる。ピット上部に設置されているバケットクレーンによって、じん荼は破碎混合されて適宜焼却炉へ投入される。

処理工程では、じん荼は焼却炉で乾燥、燃焼、後燃焼のプロセスを経て、ほぼ完全に焼却されてガスと残灰となる。

じん荼は 600~2,200kcal/kg の低位発熱量を有しているので、そのエネルギーの一部はボイラによって回収される。タービン・発電機を設置すれば約 600kW/t の電力が得られると言われている。その電力は、所内動力や別の用途に有効に使用される。また、ボイラの蒸気系統に設置された熱交換器を介して温水が得られ、その温水は暖房やプールなど、地域住民の福利に役立っている。

燃焼された排ガスは電気集じん機で集じんされ、洗煙装置で SO<sub>x</sub>、HCl ガスなどが規定値以下に除去され、消煙装置を経て煙突から排出される。

一方、洗煙装置やピットなどからの排水は、活性汚泥法により有機物を高アルカリ処理などの重金属物処理法で無機物をそれぞれ処理し、最終的に懸濁物質(SS)、溶存酸素(DO)、pH、生物化学酸素要求量(COD)など排水基準が満足された状態で河川等に排出される。

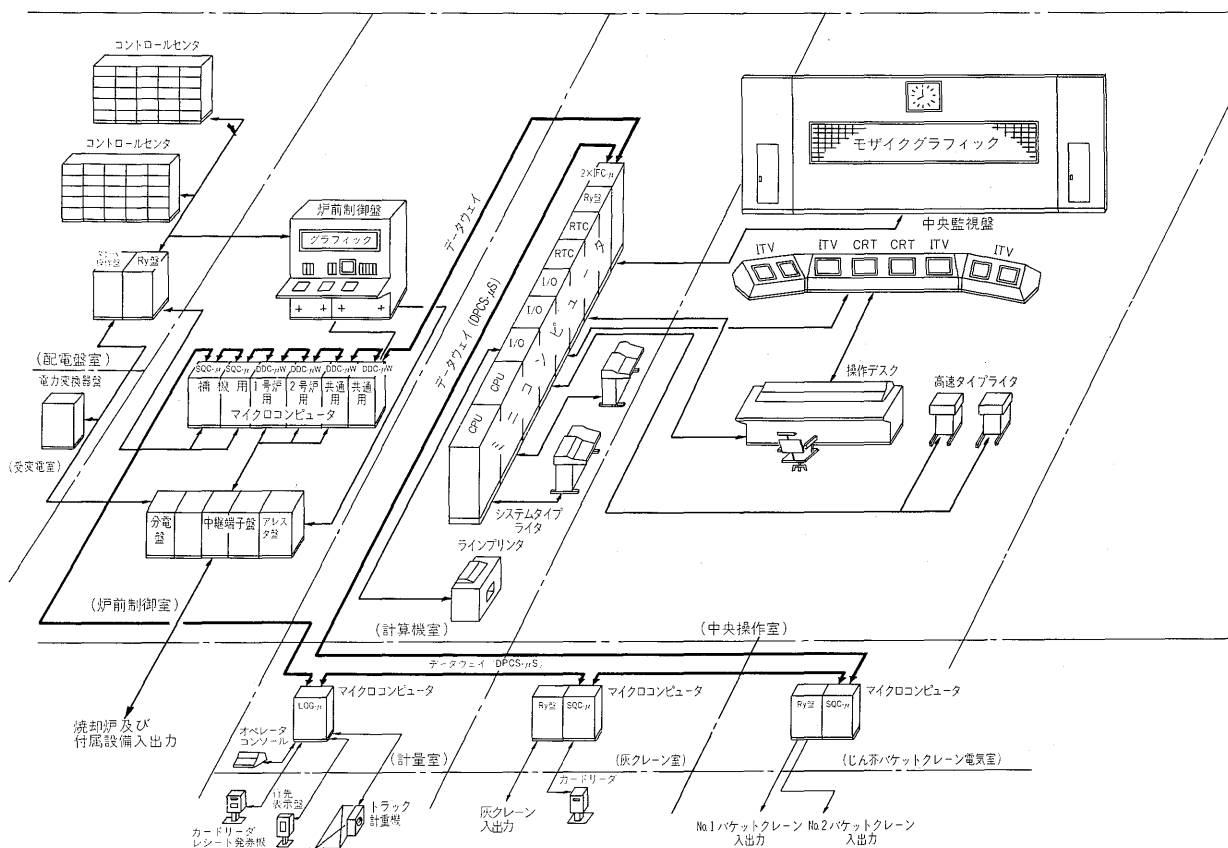
焼却炉や電気集じん機から排出された灰は灰ピットに集められ、灰トラックによって清掃工場から搬出され、指定された埋立地で処分される。

### III. 最近の計測・制御システム

清掃工場のじん荼処理のプロセスでは、多くの計測器や制御装置が使用されている。最近では、マイクロコンピュータやミニコンピュータの利用が現実可能となってきた。これらの機器はプロセスに応じ、下記の機能別に設置され、相互にデータウェイで結ばれる。

- (1) ごみトラック、灰トラックの入出門管理システム
- (2) 焼却炉及びその付属設備の計測制御システム
- (3) クレーンの制御システム
- (4) 総合データ管理と最適運用システム
- (5) ごみトラックの配車計画システム

以上のうち(5)は、地方自治体の広い地域におけるごみ収集、運搬を交通公害防止・収集サービス向上を含めていかに効率的に運用するかの高度な判断を要するシステム



第2図 清掃工場のコンピュータシステム  
Fig. 2. Computer system for refuse disposal factory

である。したがって地域によって特殊性があり、大形のミニコンピュータと広域データ伝送システムに負うことになる。

(1)~(4)まではマイクロコンピュータやミニコンピュータを使用した比較的地域差、処理方式の差のないシステムである。これらのシステムの一例を第2図に示す。

本システムは当社のマイクロコンピュータシステムFUJI MICREXとミニコンピュータシステムPANAFACOM U-400 IIを利用した機能分散階層制御システムである。このシステムによれば、(1), (2), (3)はマイクロコンピュータによって各設備ごとに独立して情報の処理と制御が行われ、(4)に必要な情報及び(1), (2), (3)相互に必要な情報は、高速データウェイ(DPCS- $\mu$ S, N:N方式, 実効4kw/sの情報伝送速度)で遅滞なく伝送され、計算機室にあるミニコンピュータによって(4)の機能を果たすことができる理想的なシステムである。以下、各システムの概略を述べる。

1. ごみトラック、灰トラックの入出門管理システム

清掃工場には早朝から多くのごみトラックが殺到する。搬入されるじん芥の計量や、じん芥の投入場所の指定、伝票処理は、ごみトラックの場内移動とともにリアルタイムに処理されなければならない。これらの処理に必要な入出力点数及びデータ量は比較的少なく、したがってマイクロコンピュータがよい。当社のマイクロコンピュータ(LOG- $\mu$ )はこのシステムに適している。その仕様を第1表に示す。

このコンピュータは入出門管理ゲートに到着したトラック、灰トラックの車番をカードリーダーで読み、トラック計重機でトラック総重量を読む。あらかじめ登録されたトラックの空車重量を引算し、搬入じん芥量や、搬出灰量をレシート発券機によりタイプアウトする。

更にごみトラックに対しては、入門時投入場所を行先表示盤に指示する。

この際、(3)のクレーン制御システム側からの投入許可を確認している。

第1表 LOG- $\mu$ の仕様  
Table 1. Specifications of LOG- $\mu$

制 御 方 式	マイクロプロセッサ制御
入 出 力 点 数	アナログ入力最大128点, コード入力最大8点(BCD4桁) デジタル入力最大8w デジタル出力最大4w
演 算 周 期	1~4秒
プ ロ グ ラ ム 方 式	ストアードプログラム
オペレータコンソール	オプション
伝 送	マイクロデータウェイ(DPCS- $\mu$ )
タイ プ ラ イ タ	リコータイプ ASR, KSR 任意印字, 警報印字

未登録のトラックが入出門する時は、計量室にあるオペレータコンソールにより操作をする。なお、じん芥の搬入、灰搬出に関する日・月報作成に必要なデータは、高速データウェイ(DPCS- $\mu$ S)を介して計算機室にある(4)のミニコンピュータへ伝送され、ミニコンピュータは必要な統計・事務処理を行う。

2. 焼却炉及び付属設備の計測制御システム

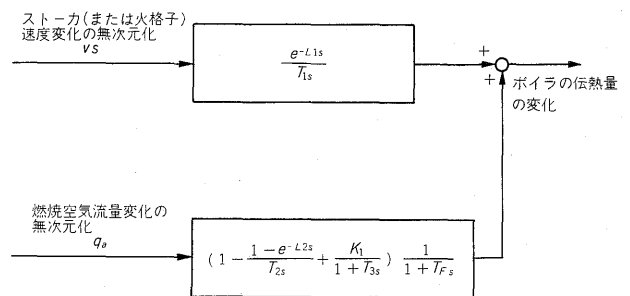
じん芥焼却炉は、不定形物質を燃焼させるため詰まりやすく、発生するガスによって高温・低温腐食があり、長期間安定して連続運転することは難しい。したがって、炉は定期補修を前提とした操業が一般的であり、複数基の炉が清掃工場に設けられている。ここでは2基設置された清掃工場を例にとった。

このシステムでは1号炉、2号炉及び蒸気系、排水処理系などの共有プロセスとに分けて、これに適したマイクロコンピュータ(DDC- $\mu$ W)をそれぞれ設け、各種データ収集及び自動化が考慮されている。

焼却炉の運転には炉体の保護、臭気分解などの温度条件があり、火格子上の温度分布を適正化することにより、完全燃焼に近づけることができる。そのため燃焼制御、いわゆるACCが必要である。

今までは、燃焼されるじん芥の成分分析がオンラインで計測できないため、開ループ制御にとどまっていた。最近、マイクロコンピュータの出現によって、これを補うために他の諸データから制御アルゴリズムが検討され、各方面で実験がされて実用化が可能となってきた。

炉の挙動を知る一つの考え方として、火格子上のじん芥の単位時間当たりの発生熱量、及び水分蒸発量の分布をあらかじめ仮定した数学モデルから、第3図のダイアグラムが考案されている。その入力火格子速度と燃焼空気量の変化であり、出力はボイラへの伝熱量変化である。この系の中には大きな遅れの要素があるので、最適



- 一例  $T_1 \approx 54 \text{ min}$   $T_3 \approx 2.5 \text{ min}$   
 $L_1 \approx 8.5 \text{ min}$   $K_1 \approx 0.06$   
 $T_2 \approx 30 \text{ min}$   $T_F \approx 2 \text{ min}$   
 $L_2 \approx 32 \text{ min}$

第3図 ブロックダイアグラム(火格子速度変化と燃焼空気量変化に対するボイラ伝熱量変化)

Fig. 3. Block diagram

化される制御アルゴリズムを考え、大形電子計算機であらかじめシミュレートしておき、各種補助入力やフィードフォワード信号によって自動燃焼制御が実現される。

そのほかに、このマイクロコンピュータには炉内圧力の非線形制御、ボイラ給水量制御、燃焼空気の子熱制御、助燃バーナ制御が組み込まれる。これらは万一の場合を考えて、バックアップ操作器によって各制御ループが保護されている。

蒸気・排水処理系は共有プロセスであり、その制御はアナログとシーケンスが混在する。アナログ制御としては、高・低圧蒸気コンデンサの入口蒸気圧力制御及び出口温度制御、復水タンクの液面制御、脱気器の圧力、液面制御、排水処理系のpH制御などがある。シーケンス制御は、排水処理系の各槽のバッチ処理にみられる。この共有プロセスにもマイクロコンピュータ (DDC- $\mu$ W) が用いられる。特に共有プロセスの制御システムは、この部分の障害が全体の機能停止に及ぶこともあるので、信頼性向上を意図して、待機冗長系が形成されている。

マイクロコンピュータ (DDC- $\mu$ W) は、上述のように多目的に使用される。DDC- $\mu$ W の仕様を第2表に示す。

第2表 DDC- $\mu$ W の仕様  
Table 2. Specifications of DDC- $\mu$ W

制 御 方 式	マイクロプロセッサ制御
制 御 ル ープ 数	32ループ
演 算 周 期	1~8秒サイクリック
プログラム方式	ストアードプログラム
入 力 の 種 類	アナログ、デジタル、パルス
出 力 の 種 類	アナログ、デジタル、パルス幅
入 力 点 数	アナログ入力 128点 (最大) デジタル入力・出力合計 512点 (最大)
出 力 点 数	アナログ出力+パルス幅出力 合計 32点 (最大) デジタル出力・入力合計 512点 (最大)
制 御 入 力	テレバーム統一信号 (DC 1~5V) 直接入力、熱電対、測温抵抗体
制 御 出 力	DC 4~20mA または増減2方向パルス幅出力
オペレータコンソール	オプションユニットとの組合せによる
バックアップ操作	バックアップユニットとの組合せによる
伝 送	マイクロデータウェイ (DPCS- $\mu$ ) により可能

### 3. クレーンの制御システム

じん茶ピットは焼却炉の処理能力に合わせて、約2日分の容量で設計されている。ごみピット内に堆積したじん茶は、バケットクレーンによってつかみあげられたり、落下によって破碎・混合され、最大8回/時程度の頻度で焼却炉入口にあるホッパに投入される。このため、バケットクレーンは24時間の連続稼働であり、その運転者は交代で深夜作業が強いられている。

このように作業環境が悪いなかで高度な操縦技術を必

第3表 SQC- $\mu$  の仕様  
Table 3. Specifications of SQC- $\mu$

制 御 方 式	マイクロプロセッサ制御 インタプリタ方式
プログラム方式	ストアードプログラム
命 令 種 類	シーケンス基本命令 4種 シーケンス補助命令 2種 ワード演算命令 18種 一 般 命 令 3種
シーケンスステップ	標準 1,000ステップ
演 算 時 間	約 100 $\mu$ s/命令
内 部 メ モ リ	最大 1,024点
外 部 入 出 力	割込み入力 最大4点 デジタル入・出力計 最大512点 増設単位32点 アナログ入力 最大16点 パルス入力 8ビットカウンタ最大8点または 16ビット可逆カウンタ(割込み付) 最大4点
伝 送	マイクロデータウェイ (DPCS- $\mu$ ) により可能

要とするので、半自動または全自動によってバケットクレーンが制御されることが望まれている。

クレーンに内蔵されたレゾルバやパルス発信器などによってクレーンの位置が検出され、クレーンの走行3軸方向に適当な間隔で絶対位置発信器が設けられ、クレーンが通過するたびに位置信号が補正される。

ピット内のじん茶レベルを検出する適当なセンサがなかったため自動化が遅れていたが、これを補うためにマイクロコンピュータが利用されて、現在、半自動運転が実現されている。完全自動化はバケットの転倒防止、じん茶レベルの計測、巻上げと走行の同時動作によるバケットの振動対策などまだ検討を要する部分がある。

クレーンの制御システムでは、シーケンシャルな制御を目的としたマイクロコンピュータ (SQC- $\mu$ ) が用意される。その仕様を第3表に示す。

### 4. 総合データ管理と最適運用システム

ミニコンピュータシステムは、データウェイで結合される下位のマイクロコンピュータ群からの情報を吸収し、清掃工場全体の最適経済運用を可能ならしめる重要な位置にある。したがって、各機器のMTBFを考慮して、協調性ある信頼性システム設計がなされている。

このシステムの特長を以下に述べる。

- (1) 大量のデータを高速処理できるように、ミニコンピュータとして最大規模の PANAFACOM U-400 II 形を採用した。この仕様を第4表に示す。
- (2) プロセス入出力制御装置 (RTC) は、内部のアダプタレベルで二重化されている。
- (3) データウェイのインタフェース (IFC- $\mu$ ) は二重化され、それぞれのミニコンピュータの共通バスに接続されている。
- (4) CRT ディスプレイは2台設置されている。登録さ

第4表 PANAFACOM U-400 II の仕様  
Table 4. Specifications of PANAFACOM U-400 II

方	式	プログラム記憶方式	
記憶装置	素子	磁気コアメモリまたは半導体メモリ	
	語長	16ビット+2パリティ	
	アクセス単位	語(16ビット)またはバイト(8ビット)	
	サイクルタイム	磁気コアメモリ	650ns(8kバイト, 16kバイトの時), 750ns(32kバイト, 64kバイト)
		半導体メモリ	750ns(8kバイト, 16kバイト)
主記憶容量(最小/最大)		(64k/256k)バイト	
演算制御	演算方式	並列2進法, 2の補数表示, 固定小数点, 浮動小数点	
	命令数	108(オプション命令を含む)	
	割込みレベル	内部3, 外部8, 特殊外部1	
	ハードウェアレジスタ数	汎用8, 浮動小数点演算用2(オプション)	
入出力制御	方式	共通バス方式	
	モード	プログラム制御またはダイレクトメモリアクセス(DMA)	
	最高データ転送速度	2Mバイト/s	

れた画面はいずれのCRTモニタにも表示ができる。

(5) 待機中のCPU側は、必要に応じてオフラインの各種科学計算や事務処理が可能である。

清掃工場では主に次のような運転日報・月報が作られる。

- 1) じん芥受入れ, 灰搬出日報・月報
- 2) じん芥焼却量及びクレーン稼働日報・月報
- 3) 焼却炉運転日報・月報
- 4) 電力日報・月報
- 5) その他のユーティリティ関係の日報・月報

これらの日・月報は、現状では運転員が定時にデータを目視によって読みとり、作成している。これをミニコンピュータによって高速タイプライタに自動作表させれば、運転員の作業改善に大いに役立つ。

作表用紙は一般には、印字項目が印刷された固定フォーマット方式のものが多く、この方式では各日・月報ごとにタイプライタが設置される必要がある。この場合、多数のタイプライタが必要となるので、その設備費、スペース、維持費、各種用紙代などがかさみ必ずしも得策でない。できれば1台のタイプライタが、1)~5)項までの内容を作表用紙を取り替えることなしに、24時間の毎正時分を記憶しておいて1日1回作表し、必要に応じて任意時間のデータを印字することが望しい。

本システムでは、24時間分のデータを印字項目とともに高速タイプライタの一般用紙に打ち出す。これによって日・月報ごとに印刷された作表用紙を準備する必要はなくなる。作表用紙がフリーになり、頻繁に作表することがないので、アラームメッセージ、トレンドログやCRT画面のソフトコピーに利用できる。CRTディスプレイされる画面の一例を次に示すが、2台のモニタが設置されていることは、片側に重要画面を常駐させて、

他方で次々に必要画面とデータのせん索ができるので利便性は高い。

- 1) じん芥の搬入量, 焼却量
- 2) 焼却炉及び付帯設備の各種データ
- 3) 電力デマンド予測
- 4) 排煙着地濃度の予測
- 5) クレーンその他の補機の操業状態
- 6) 炉及び付帯設備のオペレーションガイド
- 7) 各種薬品, 助燃料量などの副原料管理データ

ここに挙げられたデータは、トレンドログ、テーブル、グラフなどの種々のフォーマットで、オペレータに読みやすく加工した画面で提供される。一つの清掃工場で30~50種の画面が用意される。この画面製作にはプログラマの多くの労力が投入され、高い密度の情報がほとんど加工されなければならない。

ミニコンピュータの主たるJOBは、上述のような情報処理である。更に、最適運用のために電力デマンド計算や負荷の選択しゃ断の制御、無効電力制御、蒸気コンデンサの台数制御、空調設備の制御、環境モニタリング、メンテナンス作業計画など清掃工場でのミニコンピュータの利用は更に広がりつつある。

以上、コンピュータシステムについて大略を述べてきたが、これらの端末として検出端や操作端についても要点だけ述べたい。これらの検出端、操作端は清掃工場の運転の諸条件に合わせ、絶え間ない改良、開発がなされている。

例えば、流量計測等に用いられる差圧発信器は、静電容量式の高精度(±0.2%/FS)形のもが実用化され始めた。排ガス、排水系の分析計は全般的に品質が向上し、特に清掃工場のような悪条件にも耐えるシステムとしてブラシアップされてきた。清掃工場特有のHClガス分析

計は、塩素イオン電極方式のものが確立された。高圧蒸気系の操作端は、計測機器の中では大きな騒音源となっていたが、低騒音弁が採用され始め、騒音公害源とはならなくなった。

#### IV. あとがき

今後、清掃工場の計測・制御システムは更に改善・改良を要する部分や、炉メーカーの協力を得なければならぬ点が多々ある。清掃工場が本稿で紹介したようなコン

ピュータシステムで運用され、更にごみ収集、運搬システムが、ごみ真空輸送パイプラインのようなシステムに発展するならば、清掃工場の建設に際しても地域社会から温かく迎えられらるだろうし、ごみ戦争の物語も昔話になるであろう。

#### 参考文献

- (1) 清掃のあらまし，東京都清掃局（1977）
- (2) 五郎丸ほか：じん芥焼却炉の動特性，第13回，第15回 SICE 学術講演会

#### 発明の紹介

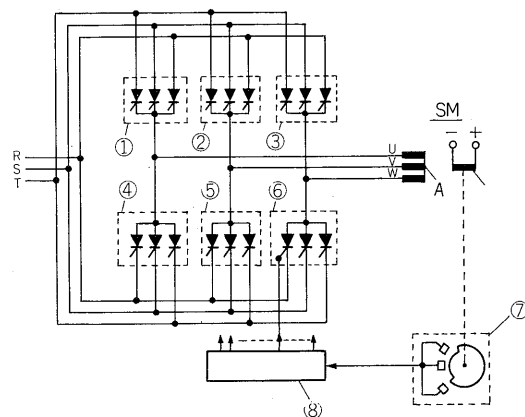
### 無整流子電動機の制御方式

(特許 第920830号)

無整流子電動機は、直流電動機の整流子やブラシをサイリスタ等から成る変換装置や回転子位置検出器に置き換えたものに相当する。図示のように、電動機本体 SM（同期機）の電機子巻線 A に給電する変換装置内のサイリスタ群①～⑥は、回転子位置検出器⑦からの回転子 F の位置信号に応じてパルス分配器⑧を介して順次選択導通される。変換装置の制御進み角  $\gamma$  は、回転子位置検出器の取付角度により決まり、ふつうは電動機誘起電圧を利用して転流を行わせるために、 $30^\circ \sim 60^\circ$  程度に設定される。確実な転流動作を保証するためには  $\gamma$  を大きくした方がよい。しかし、 $\gamma$  を大きくするほど電動機から発生するトルク中のリップルが大きくなり、しかも平均トルクも減少するので、始動時の回転子の停止位置によっては十分な始動トルクが得られないで始動不能となることがある。このほか、始動時には電動機の誘起電圧は 0 で、これを利用した転流は不可能なので別に始動時用の転流手段、例えば電源電圧による転流手段をいずれにせよ用意しなければならない。

この発明はこの点に着手し、かつ始動時には  $\gamma$  を任

意に選べることを利用して、回転子位置検出素子を図示のように複数個互いに位置を適宜ずらせて設けておく。始動時にはこれらの内  $\gamma = 0^\circ$  の素子からの信号で、各サイリスタを点弧制御して可能な限りの最大始動トルクを発生させて確実に電動機を始動する。始動完了後は電動機の誘起電圧が出てこれを利用した転流が行えるようになるので、所望の  $\gamma$ 、例えば  $60^\circ$  の信号が得られるよう検出素子からの信号とその極性をパルス分配器の所で切り換えて、最適の制御進み角の点弧信号をサイリスタに与えるようにすることができる。





\*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。