

応 用 例

石油・セメント・その他分野における応用

Application for Oil, Cement and Other Plants

後藤昌男* Masao Gotoh・中野英明* Hideaki Nakano・熊井道隆* Michitaka Kumai・天一彰夫* Akio Amakazu

野口謙一* Ken'ichi Noguchi・海藤 勝* Masaru Kaidoh・石田紘三** Kohzoh Ishida

I. まえがき

装置産業としての石油、化学、セメントなどのプラントに対する計算機制御システムの導入もまた、製鉄業のそれに劣らず歴史が古い。

当社では従来からのセメント・石油出荷・醸造・一般化学プロセスの実績に加えて、近年は特に石油パイプライン、ごみ処理などに技術開発の力を注いでいる。

この分野では、計装・計算機の総合システムメーカーとしての特長を生かして、工業計器、計算機、テレメータ・テレコン、データウェイなど各種ハードウェアとソフトウェアを組み合わせ、プロセスの要求にこたえている。

最近の納入例の特色は、PFUシリーズ計算機システムと分散形制御システム FUJI MICREX を結合したハイラーキーシステムである。以下に代表的システムについてその概略を紹介する。

II. 石油パイプラインの計算機制御システム

1. 技術動向

石油製品の大量内陸輸送手段としてのパイプラインが、車両による輸送に比べて、輸送路の過密緩和や防災の見地から多くの利点を持っていることが認識されるようになり、我が国でも代表的ともいえる数システムが既に実稼働に入り、実績を上げつつある。

国内のパイプラインは欧米のそれと異なり、市街地に近接して布設されることが多い。そのため、システム全体として特に安全性に主眼を置いていることがその特徴である。

石油パイプラインの計装システムは、パイプラインの運転監視をつかさどる制御装置であるとともに、誤操作事故の防止、あるいは管路その他における漏えいの早期かつ確実な検知を行う保安装置でもある。

2. システム開発の着眼点

当社では、長距離にわたる石油パイプラインの集中監視制御を行うために、制御用計算機、工業計器、遠隔測定装置（テレメータ）／遠方監視制御装置（テレコン）、シーケンサなどを組み合わせ、前述の要求にこたえている。また、単に石油パイプラインの監視・制御にとどま

らず、発基地・着基地におけるタンク管理・入出荷管理などを含めたトータルシステムとして、システムを開発してきた。

以下にその特長を述べる。

- (1) 漏えい検知システムに要求される機能は、正確・迅速な事故検出、正確な位置決定及び事故波及防止である。

漏えい検知の方法としては、大きく、①直接漏えい検知法、②間接漏えい検知法、に分類される各種の検知技術が開発されている。

当社では、各検知法の特長及び限界を十分考慮し、それらを組み合わせることにより、より確実で優れた漏えい検知システムを構成している。

- (2) 大形電子計算機によるシミュレーションを行い、温度、圧力、油粘度、比重などによる補正計算式を確立し、実際に適用している。
- (3) CRT ディスプレイの特長を生かし、管内圧力分布やタンク内在庫量のパターン表示、管内ピグ位置の表示など、グラフィックパネルに加えて更にきめの細かいデータ表示を行っている。

また、音声システムにおける当社の実績を生かして、警報や操作指令を音声で伝達し、同時にディスプレイ画面に詳細情報を表示することによって、緊急時のオペレータの運転操作を極めて容易にしている。

- (4) 漏えい検知機能の中断を避けるため、システム上特に重要と思われる部分には、機器の二重化や機能の補完を図っている。また、シーケンス制御部はマイクロコントローラによる分散化システムを採用し、上位計算機の障害時も連続した制御が行われる構成となっている。このことにより、高い信頼性と優れたメンテナンス性を提供している。

3. 機能紹介

基本的なシステム構成を第1図、第2図に示す。

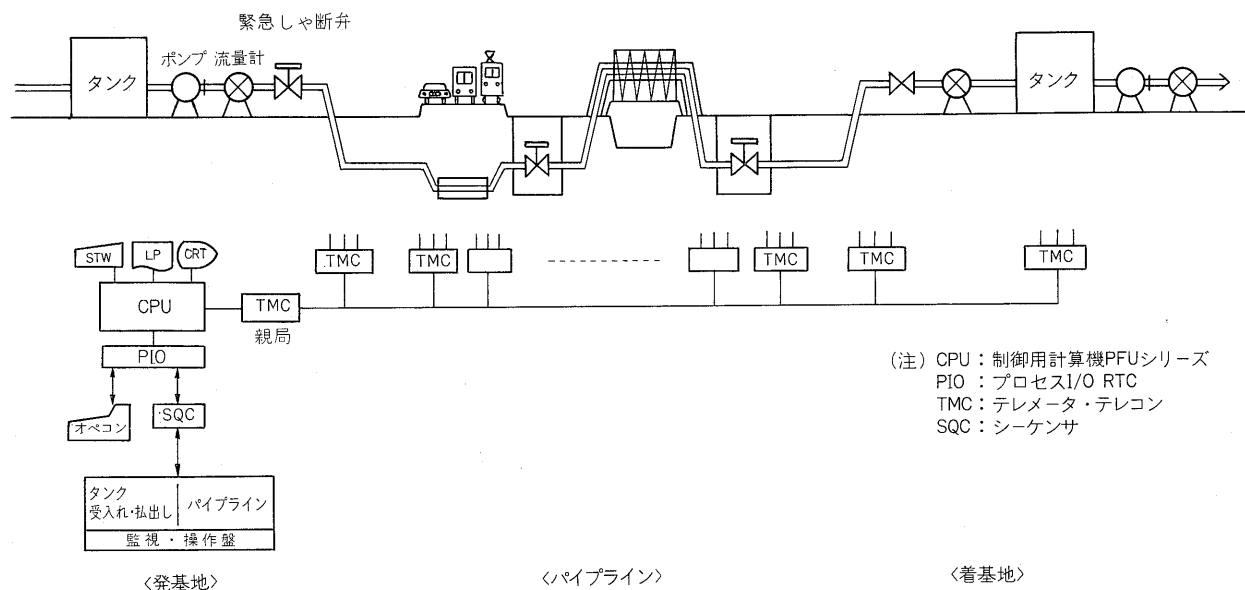
以下に間接漏えい検知法についての概略を紹介する。

1) 流量差検知法

パイプラインの入口ー出口間の流量差を比較して検知する方法であり、微量の漏えいの検出に適している。

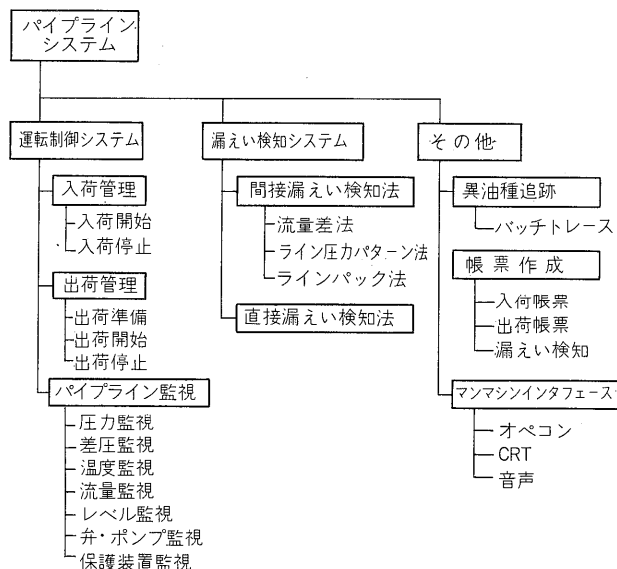
2) ライン圧力パターン法

* 富士ファコム制御 システム本部 ** 計測事業部 技術部



第1図 パイプラインシステム構成図

Fig. 1. Oil pipeline system



第2図 ソフトウェアシステムの構成

Fig. 2. Application software system

ポンプ吐出圧とパイプライン流量が定常状態にあれば、ラインの圧力こう配はある定まったパターンを示す。

漏えい時にこのパターンが変化することを利用して検知する方法で、大量の漏えいの検出に適している。漏えい位置の検出も可能である。

3) ラインバック法

パイプラインを休止し、ブロックバルブを閉止してバルブの両側の差圧を監視するものであり、漏えいが生じると、差圧が時間とともに変化（増大）していくことを利用して検知する方法で、微量の漏えいの検出に適している。

4. 今後の展望

現状の漏えい検知技術は、パイプラインの定常状態に

おいては優れた検知精度を有するが、タンク切換や送油圧力・流量の急変に際して、圧力伝播の過渡現象が減衰するまでの期間、すなわち非定常状態での検知能力の向上が更に必要である。検出論理に運転操作条件を更に組み入れ、パラメータをダイナミックに補正することにより、定常・非定常いずれをもカバーし得る検知システムのレベルアップを実行中である。

パイプラインの普及とともに、将来は直列あるいは分岐パイプラインが登場してくるであろう。これらに対しても適用できる制御技術を、今後とも開発していきたいと考える。

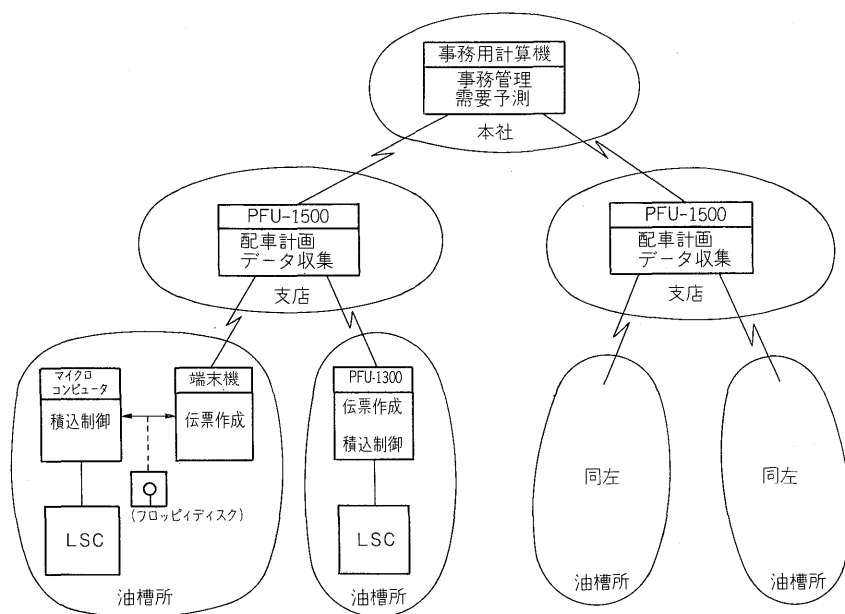
III. 石油出荷計算機システム

1. 近年の技術動向

石油出荷部門の合理化は、当初油槽所での積み込み作業の自動化からスタートしたが、計算機を適用するに及んで予約データとの照合、出荷伝票の作成、出荷実績データの収集までを実現し、定量出荷機能と合わせて出荷システムとして一つの形式が定まった。

出荷実績データは、従来オフラインで本社の計算機へ注入されるのが常であったが、経営上、需要や実績の迅速な状況把握が要求されるようになり、これに必要な全社的オンラインシステム開発の気運がでてきた。最近では、本社、各支店、各油槽所に計算機を設置し、その間を通信回線により接続した階層化計算機ネットワークが計画されている。

一方、油槽所の自動化面では、従来の機能を更に押し進めてハードウェアの小形化、低コスト化、保守性向上の絶えざる要求が出されている。また油槽所の管理面では、配車業務の合理化要求から、支店レベルでの広域運



第3図 計算機ネットワーク例

Fig. 3. Example of computer network

営が実際に計画されるようになってきた。

2. システム開発の着眼点

以上の動向を念頭におき、当社では第3図のような計算機ネットワーク構成を基本思想にシステム開発を行ってきた。

各支店では、担当地域内の予約受付と配車計画作業をして、各油槽所に対し出荷指示を行うほか、実績データを収集し、本社計算機とのデータ中継の役割を受け持っている。このための計算機としては、上位ミニコンのPFU-1500などが適している。

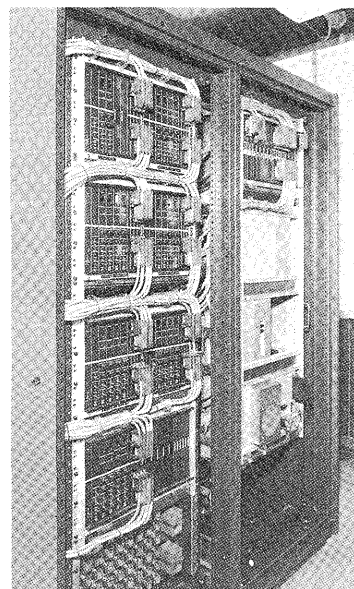
各油槽所では配車情報を受け、それに従って出荷伝票の作成及び石油積み込み業務を行う。これらは、従来1台の計算機で管理することが多かったが、安価なマイクロプロセッサや端末機器が開発されるにつれ、データ処理機能と制御機能とが別々のプロセッサに分担されるようになってきた。データ処理にインテリジェントターミナル、積み込み制御にマイクロコントローラ及び出荷専用制御装置LSC(Land Shipping Controller)を配し、両機能をフロッピーディスクまたは通信回線により、データ授受を行っている(第4図)。

3. システムの機能

1) 配車計画

得意先の注文をもれなく各ローリー車に割り当てることが配車業務の基本である。配車計画では、これに加えて以下の点も考慮している。

- (1) 稼働経過時刻を随時計算することによるローリー稼働時間の平均化
- (2) より近い油槽所から配送することによるローリー走行時間の短縮化。



第4図 出荷専用制御装置(LSC)

Fig. 4. Land shipping controller (LSC)

- (3) 満載配車を目標としたローリー積載効率化

2) 積み込み制御

タンクローリー車への石油積み込み作業の自動化は、早くから安全性確保、誤操作防止のためのインタロック、定量積み込み、ハンマ防止制御について適用されてきた。当社では既に機能の標準化を図り、制御シーケンスをIC化したLSCを商品化している。機器の小形化とユニット化により、拡張性・保守性に優れた実績をあげている。

3) 出荷伝票の作成

従来オペレータコンソールから伝票を作成していたが、インテリジェントターミナルを採用した結果、上位システム計算機からの情報で伝票が直接自動作成されるとともに、キーボードからも設定が可能になるなど、操作性の著しい向上が見られるようになった。

4) 実績データの収集・集計

出荷実績データは、支店計算機を経由して迅速に本社計算機へ伝送される。また油槽所単位の集計値は、本社から必要に応じて各油槽所へ伝送される。

4. 今後の展望

出荷作業そのものは、今後共油槽所固有の業務として規模の大小を問わず、更に省力化、自動化が追求されてゆくものと思われる。それに対し、データ管理は支店以上に集中し、配車計画の有効性がより問われてゆくであろう。従来受身であった配車計画は、予約情報に加えて各サービスステーションの石油在庫情報をとらえることにより、支店レベルの積極的な出荷計画に変わってゆくものと思われる。そのためのサービスステーションと支店間の情報伝達手段の開発と、更に進んだ配車計画プログラムの開発が今後のテーマとなろう。

IV. セメント製造プロセスの計算機制御システム

1. 技術動向

最近のセメントプラントは、大形化とエネルギー効率向上の面から研究・改造が行われ、現在では熱効率や操作性に優るサスペンションプレヒータ付乾式キルンが主流を占めている。

それに伴い、電気・計装設備に対しても、より効率の良い制御や操作性の良い自動運転が要求されている。また、昨今広く話題になっている省エネルギー対策（重油・電力）、環境対策（NO_x、SO_x）の問題もセメントプラントにおける大きな課題の一つである。

このような背景のもとで、近年建設されるセメントプラントは電子計算機を使用し、総合判断に基づいた安定かつ経済的な自動運転が行えるよう計画されてきている。また、最近では、マイクロコントローラやデータハイウェイの普及で、工場全体をハイパーキーシステムで制御しているケースもみられる。

2. システム開発の着眼点

セメントプラントの一層の安定化、省力化、電力・重油原単位の向上を目標に、当社では特長のある制御・監視プログラムを開発し、納入してきている。以下に、その要点を述べる。

1) 原料調合制御

キルンへの投入原料の調合状態は、焼成工程における安定性や重油原単位、並びに製品品質に大きな影響を与える。当社としては、原料工程における時間遅れを考慮した仮目標計算、刻々変動する天然の原料成分の予測計算、原料供給比計算などのプログラムを開発し、問題解決にあたった。これにより安定した調合原料の供給を成し遂げている。

2) キルン制御

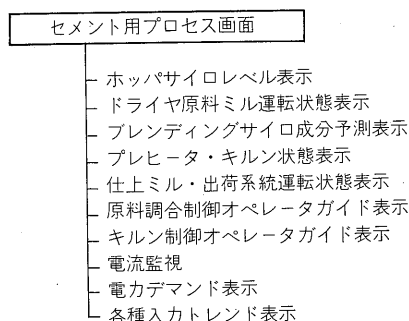
キルンプロセスは多入力多出力で、かつ内部ノイズとそれらのフィードバックのため、原因結果がつかみにくく、制御という点からみると極めてやっかいなプロセスといえる。当社においては、キルンプロセスを統計的ダイナミックシステムとしてとらえ、オフラインでのプラント解析と最適制御系の設計を経て、実際のオンラインに移行する手法を開発してきた。キルンの安定制御により、重油原単位の向上やれんが寿命の引延しなど、様々のメリットが得られている。

3) CRT ディスプレイによるプロセス表示

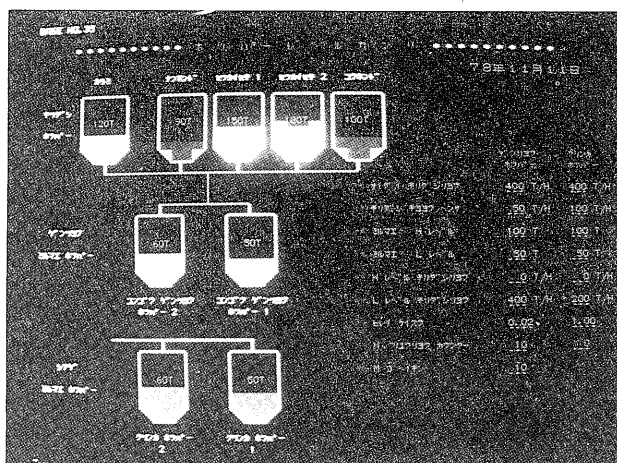
現在、プロセス制御の分野において、ディスプレイ装置は広く普及している。セメントプロセスにおいても、CRT ディスプレイの導入により、ホッパ・サイロの在庫量の直感的な把握、プレヒータやクーラの各種温度・圧力の相関的な認識、グラフィックパネルと監視盤の簡

素化、異常時の対応時間の短縮など多くのメリットが得られている。

当社がセメントプロセス向けに作成している代表的な画面を第5図に、その例を第6図に示す



第5図 セメント用プロセス画面
Fig. 5. Display for cement process



第6図 セメントプラント用CRT画面の一例(ホッパレベル)
Fig. 6. Example of CRT display for cement plant

3. システムの概略

1) オフラインシステム

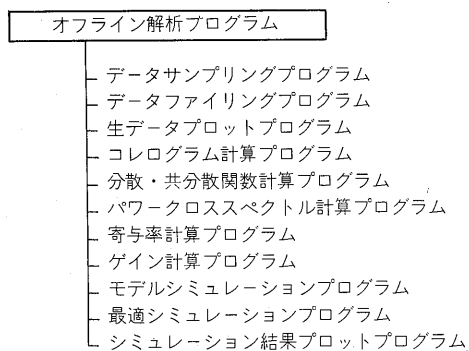
セメントプロセスの計算機制御システムの開発には、プロセスやシステム解析のための各種シミュレーションなどをユーザ担当者の要求に応じ、随時実行できるソフトウェアシステムが必要である。特にキルン制御などでは実際のオンライン運転に入る前に、可能な限りのデータ解析を行い、制御モデルを作らなければならない。

当社としては、このようなモデル作成を短期間に行うために、第7図のようなオフライン解析用のプログラムを準備している。

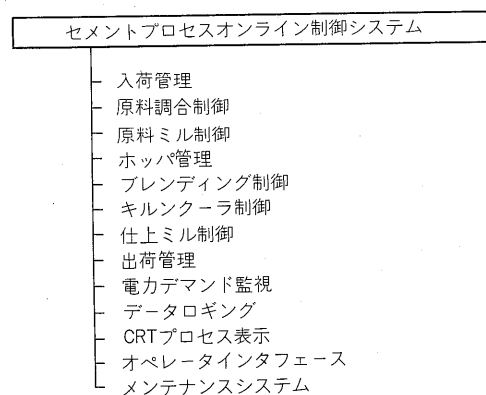
2) オンラインシステム

オンライン制御対象は原料工程から仕上工程、管理部門へとセメント工場全域に及んでいる。第8図にオンライン制御システムの構成を示す。

当社ではこの図に示すシステムを、各セメントプラントの構成上の違いや、キルンのタイプに合わせて、それぞれの特徴を生かすように設計・納入している。



第7図 オフライン用解析プログラム
Fig. 7. Offline analysis programs



第8図 セメントプロセスオンライン制御システム
Fig. 8 Application software system

4. 今後の展望

セメント製造における原単位の向上に対する要求は、今後ともより一層強まっていくと考えられる。このため、従来オフラインで行っていた長期の生産計画、電力負荷の効率的な配分、更にはオンラインデータを使ったプラント解析と研究用資料の作成などを、今後はオンライン制御用計算機を使って処理することが必要となってこ

う。当社においても、これらについて鋭意開発中である。

V. じん芥処理設備の計算機制御システム

1. 技術動向

都市及びその周辺市街地で発生するじん芥は、その内容・性質を変えながらも着実に増加を続けている。加えて、埋立地など廃棄場所の不足、また直接廃棄に伴う公害問題から、いわゆる都市ごみの処理は、そのほとんどを焼却にゆだねる結果となっている。

じん芥焼却量の増大は、じん芥処理設備そのものの大形化を招き、じん芥の質的变化は、焼却炉寿命の延長、排ガス公害の防止、副生エネルギー（蒸気・電力など）の回収などの目的と結びついて、より高度な制御と自動化とを要求するようになった。

じん芥処理設備の計算機システムは、当初、搬入ごみの秤量やごみトラックの管理など、データ処理を行うに過ぎなかった。しかし最近では、ディスプレイ装置やデータウェイを装備し、各設備のDDC制御、シーケンス制御をつかさどり、中央監視制御の中核位置を占める例が多い。

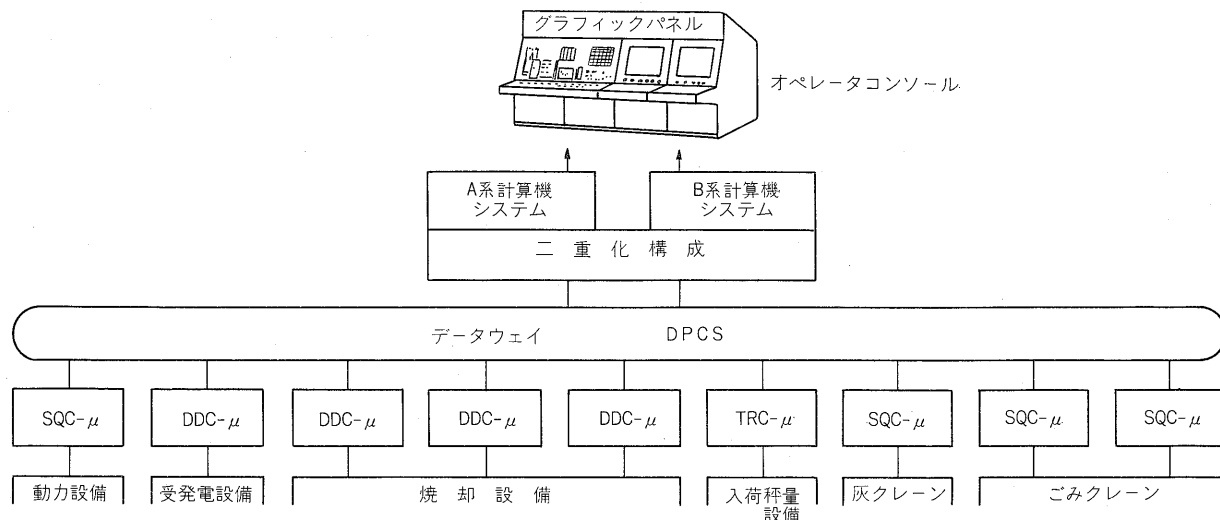
2. システム開発の着眼点

じん芥処理設備の計算機システム開発の特徴は、主として以下に述べるような点にある。

- 1) 高温・悪臭あるいは騒音のもとでの作業から、オペレータを解放
- 2) 少数のオペレータによる運転を可能
 - (1) 運転データの中央集中化による遠隔監視・制御
 - (2) 個々の設備の自動化
 - (3) 日報・月報など管理データの自動作成
- 3) 制御性能の向上（特に焼却炉の燃焼制御）

3. システムの機能概略

じん芥処理設備の計算機システム構成を第9図に示す。



第9図 じん芥処理設備の計算機システム構成例
Fig. 9. Example of system configuration

主な業務は、以下のとおりである。

1) ごみトラックの管理

トラック運転手が、カード読取り機にカードをセットすることにより、トラックスケールによる計量、搬入ごみ量の算出と搬入伝票の発行、ごみ投入場所の指定を自動的に行う。

2) 焼却設備の計測制御

ごみの安定燃焼、焼却炉寿命の延長、公害成分の発生量抑制などを目的に燃焼制御を行い、火格子上の温度分布を適正化する。本制御には、火格子の速度と燃焼空気をパラメータとするモデル式を開発して適用している。

3) クレーン制御

計算機は、ごみピット内に堆積するごみの分布状態を把握し、次にごみをつかむ位置を算出する。また、計算機は、クレーン自体の運転（横行、走行、巻上げ、巻下げなど）の制御プログラムをもち、オペレータの介入なしにクレーンを操作することができる。

焼却設備からの投入要求を受けて、自動的にクレーンを作動させ、焼却炉ホッパにごみを供給する。要求のないときは、指定場所のごみ混合均質化作業を行う。

これにより、悪環境の中でのクレーン操縦作業を解消している。

なお、ごみの分布状態が著しく偏っていると判断される場合は、オペレータがごみをつかむ位置を指定することができる。

4) 受発電・動力設備管理

発電機の始動停止、発電量の制御、同期投入、力率制御、異常時の負荷しゃ断、動力設備の稼働停止などの処理を行う。

5) 総合データ管理

計算機はごみの搬入量、焼却量、焼却設備の各種計測データ、クレーンの操業状態などを常時取り込み、異常の有無をチェックしている。

オペレータは、CRTディスプレイを通して、適宜プラントの運転状態を監視できる。

また、各設備の運転データを日報あるいは月報として自動作成する。

以上によって、少数のオペレータによるプラント運転が円滑に行われている。

4. 今後の展望

最近のじん芥処理施設は、エネルギー回収効率が向上したことによって、施設外へ余剰電力を供給することも一部では現実のものとなっている。近い将来、単にじん芥処理の面にとどまらず、有効な電力供給源としての安定操業が望まれるようになる。

また一方、目を転ずるとじん芥の収集手段の改善の問題がある。ニュータウンを対象としたパイプラインによ

るごみの空気輸送が実用化され、当社でもこれを制御する計算機システムを納入し、好調に運転を続けている。

しかしながら、既成市街地に対してはパイプラインの適用は建設費、施工、その他の面で困難であり、複数の清掃工場を結んだ広域運営の形でごみトラックの最適配車計画を計算機で算出することが、今後のテーマとして考えられる。

VI. ビール仕込み工程の計算機システム

1. 技術動向

ビールの醸造プラントは、大きく製麦、仕込み、発酵、貯酒、製品の5工程に分割される。仕込みの工程は更に原料処理工程、糖化工程、ろ過・煮沸工程、麦冷工程に分けられる。

各工程における計装は、工程を進めるシーケンス制御と、プログラム制御にうまく結合された温度調節が主体である。従来はリレーシーケンス、ステッピングプログラマ、アナログ調節計などの工業用計器、グラフィックパネル、警報盤等々の組合せにより、全体システムを構成してきた。

最近ではシーケンサ、DDCを適用し、それらをデータウェイにより結合し、上位に管理計算機を配したハイアラキーシステムを構成する計装が主流になりつつある。

監視、操作は大部分が自動化され、記録は計算機のデータ処理機能により作表されて、タイプライタやラインプリンタに打ち出される。オペレータはCRTディスプレイとの対話によって、プラントの起動、停止と異常時の処理だけを行う。

醸造技術と自動化技術の発達でプラントの大形化が進んできており、少数オペレータで運転できるこのような計装方式は今後ますます発展、定着していくものと思われる。

2. システム開発の着眼点

- (1) 仕込みのスケジューリングによるプラント操業性の向上
- (2) CRTディスプレイとの対話を主とする全自動運転
- (3) プラントの運転データ収集、並びに運転記録、生産管理帳票及び税務管理帳票の自動作成

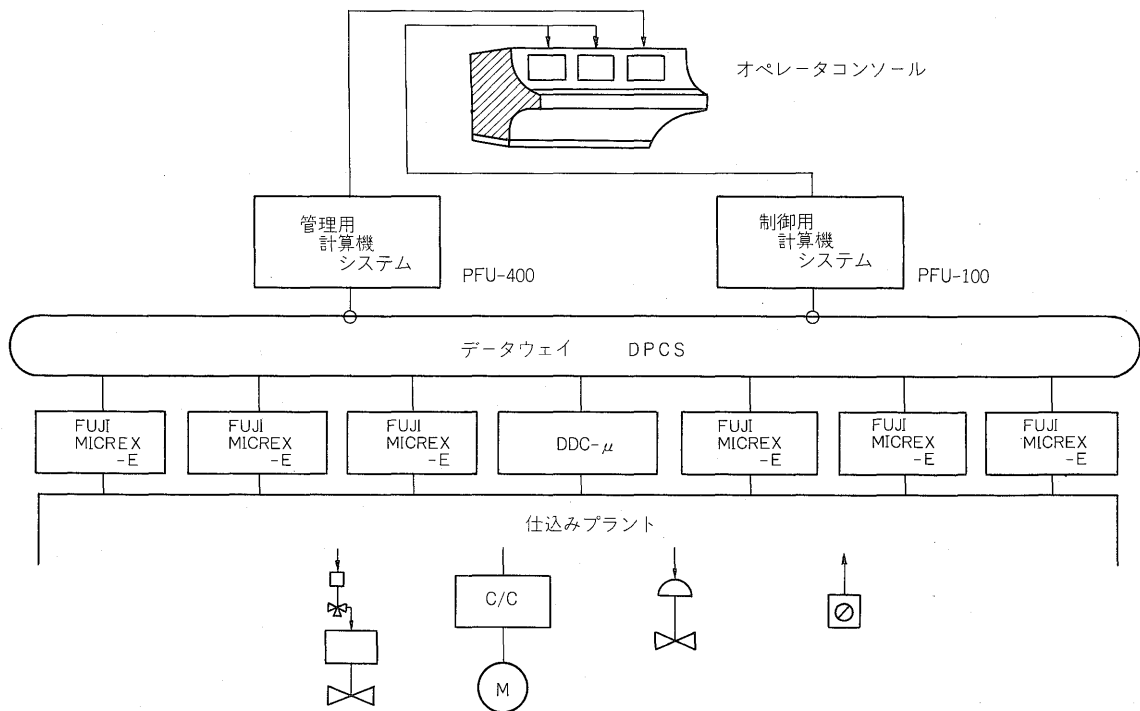
以上を主目的としたビール仕込み工程の一括集中管理システムを開発している。

3. システムの機能概要

第10図に仕込み工程のシステム構成例を示す。

1) プラント運転スケジューリング

仕込み工程はバッチプロセスのため、バッチごとの切換には多くのプロセス定数を再設定して起動する必要がある。このような作業を効率よく行うことによって、プラントそのものの操業性を高めることができる。



第10図 仕込み工程のシステム構成例
Fig. 10. Example of system configuration

オペレータは、コンソールのCRTディスプレイから週単位でのプラント運転スケジュール表を入力する。計算機はこれに従って、順次シーケンサ及びDDCにプロセス定数を伝送する。これによってバッチの切り換わりを意識することなしに、連続的なプラント操業を可能にしている。

2) プロセスの監視

CRTディスプレイ画面を大きく監視用と操作用に分け、通常オペレータは監視用グラフィック画面によってプラントを全体的に掌握、監視している。機器異常等が発生すると警報ブザーと同時に画面上に関連する画面番号が表示されるので、オペレータはその画面を選択することによって異常原因を知ることができる。

3) プラントの操作

プラントは通常、シーケンサ及びDDCによってすべて自動的に制御されるように設計されている。したがって、オペレータがプラント起動指示を行うだけで全工程が進行する。これを全自動制御モードと呼んでいる。更にプロセスの異常時対策として、シーケンス制御ステップの要所にオペレータの判断を介在させ、確認を行いながら工程を進める半自動制御モードとプログラム制御と切り離して、個々のバルブモータを単独に操作する条件

手動制御モードとを設けて、フレキシビリティに富んだプラント操作を可能にしている。

4) 運転記録の自動ロギング

プロセスの運転データはオンラインで計算機に収集され、CRTディスプレイ画面上でその途中経過をみることができる。バッチ終了時には運転記録、生産管理及び税務管理用帳票に作表されてタイプライタ、ラインプリンタに打ち出される。

4. 今後の展望

ビールの製造工程の中で、仕込み工程は最もプラントの操作頻度が高く、かつ制御要素を多く含んだ工程である。本工程の自動化は、省力化とプラントの生産性の両面で大きな効果をあげている。現在、後続する発貯・貯酒・製品工程をも自動化し、データウェイで統合するビールプラント一括集中管理システムが計画されつつあり、鋭意協同開発を推進中である。

VII. あとがき

以上、これら分野の代表的システムについてその技術的特長と今後の展望について述べた。運転実績を踏まえて、更にそれぞれのシステムのレベルアップを図って行く所存である。



＊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。