



都市ガス製造供給管理システム*

片 桐 英 輔**

1. はじめに

都市ガスは、増大する都市のエネルギー需要に答える良質のエネルギー源として重要な役割を担っている。都市ガス製造供給管理システムの特徴は、製造工場群と需要家が直接大規模広域なパイプラインネットワークを通じて結合され、一日を基本同期として繰り返される系を形成していることである。このため適切な需要予測に基づく製造管理、ネットワーク管理が行われる必要がある。同時に時々刻々の天候急変等の外的外乱要因に対し適切な処置を迅速に行う必要がある。

当社は昭和 31 年以降製造供給網の管理の自動化、集中化が逐次進められ、テレメータ、テレコントロール装置による遠隔計測監視、制御、コンピュータによる製造供給情報の収集の時代を経てこの間に培われた諸技術、経験を基礎としてこれらの通信技術、コンピュータ利用技術を集大成し、操作レベルに密着した製造供給管理システムとして Total Gas Control System (以下 TGCS) を昭和 48 年に完成し、以降順調な稼働を続けている。以下この TGCS につき紹介していきたい。

2. 都市ガスの製造供給

当社の本社地区においては、東京湾岸に配置された 6 工場で製造された都市ガスが、東京、神奈川、埼玉、千葉の 1 都 3 県にまたがった約 530 万件の需要家に総延長約 3 万 km に及ぶパイプラインネットワークを通じて届けられる。

都市ガスは減速経済下にあるとは言え、民生用、工業用、ビル冷暖房用にとその省エネルギー性、無公害性により、需要は旺盛であり逐年需要量は増大している。この対処のため当社にあっては製造設備の増強、

原料の多様化、パイプラインの敷設、天然ガスへの熱量変更等重点的な施策を立ててきている。このため製造供給操作に要する情報量も飛躍的に増大し、複雑化している。

都市ガスの需要パターンは、大きくは季節変動、小さくは日間で図-2, 3 (次頁参照) に示すように変動し、しかも外気温、天候等の外的外乱条件で大きく左右される。これらの製造供給網のシステムを安定にし、しかも安全を確保しながら効率的に運営するためには、時々刻々の製造供給網上の情報、すなわち全供給網上の需要の状態、流量、圧力、工場の製造状態、ホルダー在高、各ステーションのバルブ、電源、通信、計器等の状態、地震感震器の作動状態等の監視情報をリアルタイムでの確に把握する必要がある。

さらに一日の需要動向を予測し、事前にそれに対し適切な対応を取り、工場の製造量、ホルダー在高、各ステーションからの送出量、導管の圧力を広域システムとして最適値にコントロールする必要があり、それには全社的な集中コントロールが不可欠の条件となる。このコントロールの合理化については、過去の永年の努力が積み上げられてきている。昭和 20 年代にあっては、電話連絡による状況の把握と経験と勤によるコントロールが主であったが、昭和 30 年代に至ってテレメータによる遠隔計測監視、テレコントロール装置による遠隔コントロールと進んできた。昭和 40 年代に至りプロセスコンピュータの導入によるモニタリング、ロギングデータ収集が実施され集中コントロールの機能強化が図られた。

その後需要量の増大天然ガス熱量変更の実施に伴い製造供給の計画、調整、管理、更には末端の制御等をきめ細かく運用する必要性が生じた。

一方、この間に集中コントロールの手段として不可欠なコンピュータ応用技術、通信技術、プロセスコントロール技術も飛躍的に発展し都市ガス製造供給の効果的集中コントロールへの前提条件が整ってきた。

本稿で紹介する TGCS はこれらの技術を基礎とし

* City Gas Production and Supply Control System—Total Gas Control System (TGCS) by Eisuke KATAGIRI (Distribution Control Center, TOKYO GAS Co., LTD.)

** 東京ガス(株)供給センター

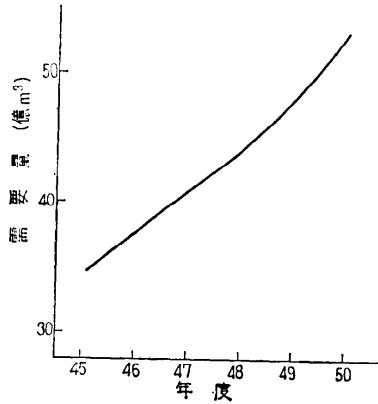


図-1 ガス需要量の伸び

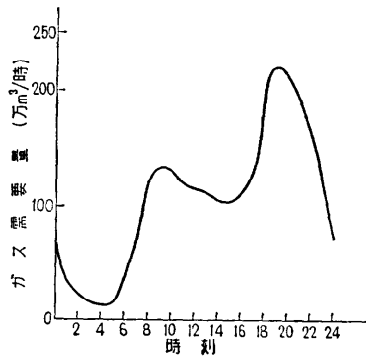


図-2 日間需要変動 (52年度ピーク期の例)

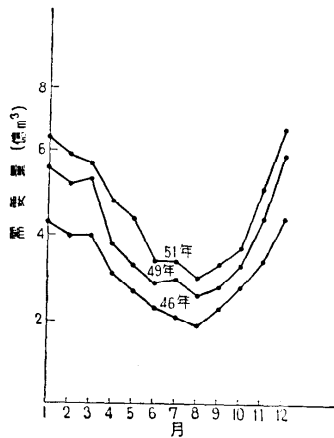


図-3 年間ガス需要の変動

て、公共システムとしての社会的要請である「都市ガスの安定的供給、保安の維持」を全うすべく開発したシステムである。

3. TGCS の概要

都市ガスの製造と供給に関する総合的な計画、調整、コントロール業務を簡単に図示すると図-4のフローようになる。TGCSは、これらの都市ガスの製造、供給、管理調整業務を総合的にシステム化したものである。これらの適用業務は、個々の業務の規模、頻度が異なるため、ハードウェア的にもソフトウェア的にも各業務が有機的に結合して、トータルシステムとして効果的に機能するようにシステム設計が行われているが、特にシステム設計上着目すべき事は一般の需要家の日常生活と密接に関係している、デイリー、アワリーの操作レベルのシステムに重点をおき、コンピュータシステムと操作レベルとの融和に考慮を払っている点である。

この考え方は TGCS の随所に生かされている。例えばコンピュータと人間とのマンマシンコミュニケーションが大型計算機に付随するグラフィックディスプレイを媒体としてインタラクティブに高速に行えること。末端の制御機器に対しコンピュータから直接制御情報を送りコンピュータが直接端末の制御要素を動かすコンピュータコントロールが行われていること等である。即ちコンピュータと人間が一体となりシステムをマンマシン系として効率的に運営している。

(1) TGCS のハードウェア構成

このシステムのハードウェアシステムは、

- コンピュータシステム
- テレメータ・テレコンコントロールシステム
- 通信回線網

から構成されている。

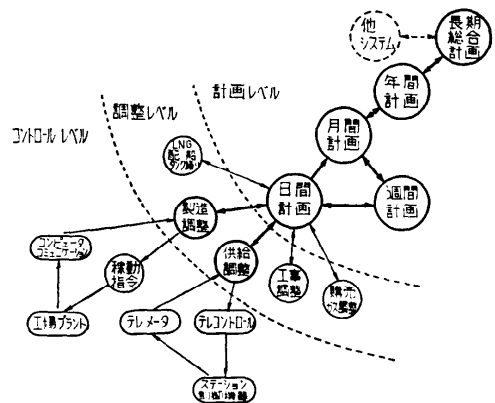


図-4 製造供給調整業務フロー

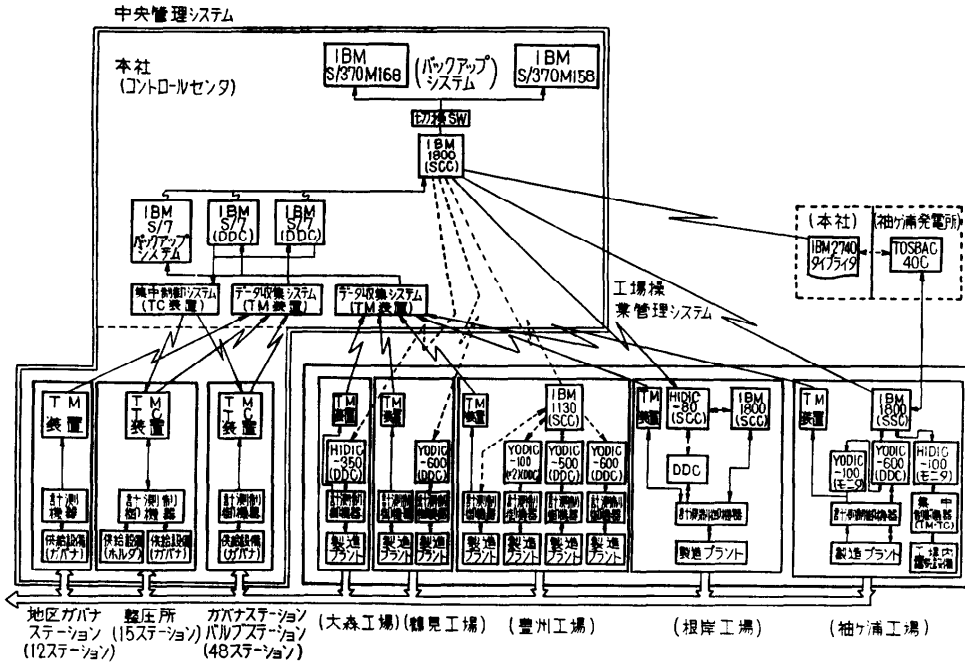


図-5 都市ガス製造供給網トータルコントロールシステム (TGCS) ハードウェア総合構成図

図-5 にコンピュータシステム、テレメータテレコントロールシステムの構成図を示す。

このシステムに必要なリアルタイム情報は、当社の本社地区供給区域である東京、神奈川、埼玉、千葉の1都3県に敷設された総延長約 30,000 km に及ぶパイプラインネットワーク上にある約 90 ヶ所のステーション情報と、海岸線に並ぶ6つのガス製造工場の情報である。即ち、工場からのガス送出流量、圧力、ホルダー在り高、各所パイプライン上の圧力、スーパービジョン情報が主なものである。

これらの情報は、テレメータ装置によって遠隔地のステーションから、電電公社専用回線および当社のマイクロ、VHF 回線を介して、本社に集中的に伝送され、コンピュータシステム (IBM S/7-1800-S/370) に入力される。また、本社の IBM 1800 は、袖ヶ浦工場の工場管理用コンピュータ IBM 1800、根岸工場管理用コンピュータ HiDic-80 とも直接、通信回線で結合されており工場の稼働情報が入力される。

コンピュータシステムは、入力された情報

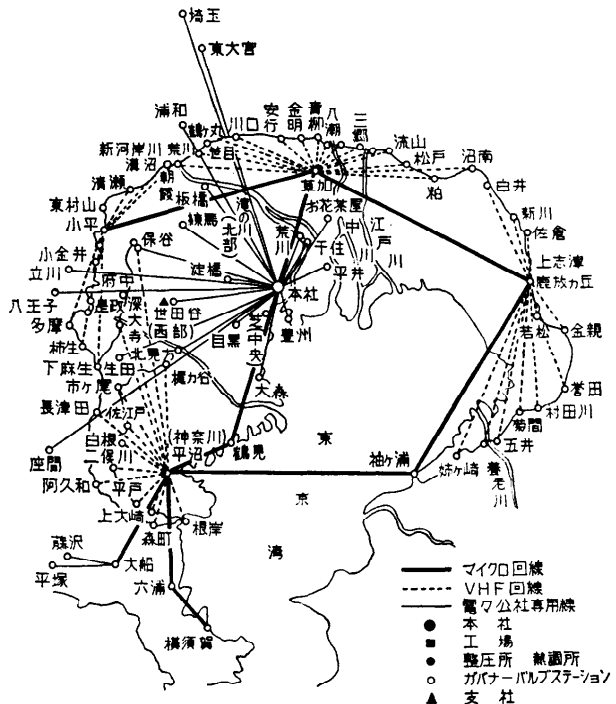


図-6 通信回線網

をもとに各種業務を行うが、特に S/7 は、ガスホルダーのガス受入、送出流量の自動コントロール、ガバナ（圧力調整器）の圧力設定の自動コントロールのために、そのコントロール値を自動的に計算し、その信号をテレコントロール装置に出力している。テレコントロール装置は、本社から集中的に通信回線を介して、ホルダーやガバナステーションの機器を自動的に遠隔制御している。また工場への製造指令は、このシステムのデータ処理結果をもとに、工場コンピュータへデータ伝送することにより行われる。その他本社 IBM 1800 は、東京電力（株）の 2740 タイプライタ通信装置とも公社回線で結合され、各種インクフェアリー業務が行われる。

大型計算機 S/370-168, S/370-158 は、当社システムセンターに設置され、需要家情報システム (CIS)、その他全社的データ処理に利用されており、この TGCS はその 1 部を使用するものである。IBM 1800, S/7 およびテレメータテレコントロールシステムの親局装置は、都市ガス製造供給のコントロールセンターである本社の供給センターに設置され、システムのオペレーションを行っている。オペレーションは主として S/370 に結合している IBM 2250 グラフィックディスプレイ装置、S/7 およびテレメータテレコントロール装置に結合しているバックアップコンソールであるキャラクターディスプレイを用いて実行される。

ここで TGCS のハードウェア構成の特徴を列記すると以下ようになる。

- ① 業務に適したハイアラキシステムの構成をとっていること。
- ② ハイアラキシステムをとることにより、システムの運用を効率的にし、システム全体の信頼性を上げていること。
- ③ テレメータテレコントロール装置と結合したコンピュータコントロールシステムであること。
- ④ キャラクターディスプレイ装置、グラフィックディスプレイ装置等のマンマシンコミュニケーションにより、インタラクティブなオペレーションを考慮した非常に使い易いシステムであること。
- ⑤ 計算機間コミュニケーションを効果的に利用していること。
- ⑥ オンラインリアルタイム処理、バックグラウンド処理を有効に利用していること。
- ⑦ 将来の業務計画に十分に対処しうるように拡張性を有したシステムにしていること。

④ 各システムのダウンに関しても、それぞれに必要な十分なバックアップシステムがとられていること。

(2) ハイアラキコンピュータシステムとソフトウェア構成

TGCS は、システムのリソースの効果的利用と構成要素のコミュニケーションの効率化、バックアップへの配慮から、ハイアラキカルなコンピュータ構成を取っている。すなわち図-5 に示すように各実施業務内容に応じた最適なサブシステムにシステムを分割し、その各々を通信回線を介して有機的に結合し、個々のシステムの負荷の分散を図ると同時に各業務に応じた最適なハードウェア構成で業務を効率的に処理するものである。

このシステムのソフトウェアの構成、適用業務内容の一覧を表-1 (次頁参照) に示す。このシステムのソフトウェアが、ハードウェアシステムとどのような関係になっているかを述べ、特に日常の製造供給管理と関係の深い DOCS につき項を改め説明したい。

① 大型コンピュータ S/370-168 (あるいは S/370-158) では、送出量予測、線型計画法による最適稼働計算、導管網シミュレーション、製造供給情報データベース等の大規模な計算およびファイルを必要とする YOPS, MOPS, WOPS, DOCS の各システムを実行する。YOPS, MOPS はバッチ処理で行われるが、WOPS, DOCS, PACS は、2250 グラフィックディスプレイ装置もしくは 1800 を用いてオンライン処理が行われる。

データベースファイルは S/370-168, -158 両システムからアクセス可能な 3330 磁気ディスク装置を各々持っている。

② 中型制御用コンピュータ IBM 1800 は、5分～1時間の間隔の比較的周期の長い DOCS, TACS のオンラインリアルタイム処理を行っている。即ち、下位システムの S/7 から来る製造供給情報を用いて、製造供給管理のための各種管理レポートの作成、および日間の製造供給状況表の作成を行っており、また下位システムから来る情報を一時蓄積し、適当なタイミングで S/370 に伝送している。また、S/7 を補佐し製造供給網の監視、オペレータへのガイドを行うとともに、工場とのコンピュータコミュニケーションにより、工場データの処理、工場への伝送を行っている。また、PILOT のオンライン処理を行い、東京電力(株)

表-1 TGCS ソフトウェア構成

サブシステムの名称	業務の内容	
計 画 レ ベ ル	YOPS Yearly Operation Planning System	年間計画システム ・年間送出量予測 ・LNG 最適使用計算 ・高中圧導管網計算 ・工場最適稼働計算 ・各種原料使用計算 ・ホルダー稼働計算
	MOPS Monthly Operation Planning System	月間計画システム ・月間送出量予測 ・LNG 最適使用計算 ・高中圧導管網計算 ・工場最適稼働計算 ・各種原料使用計算 ・ホルダー稼働計算
	WOPS Weekly Operation Planning System	週間計画システム ・週間送出量予測 ・LNG 最適使用計算 ・高中圧導管網計算 ・工場最適稼働計算 ・各種原料使用計算 ・ホルダー稼働計算
	TOCS Tank Operation Control System	LNG タンクオペレーションシステム ・LNG タンク間最適移送計算
	PILOT Planning Information System for LNG Opera- tion and Transportation	LNG 管理情報システム ・LNG タンカーの所在場所および行動の予測 ・LNG タンカーの入港予測 ・LNG 配船計画、LNG 使用計画
調 整 コ ン ト ロ ー ル レ ベ ル	DOCS Daily Operation Control System	日間製造供給調整システム ・送出量予測 ・送出パターン予測 ・工場停電時のシミュレーション ・調整所、ガバナーステーションの稼働パターン予測 ・工場最適稼働計画 ・高中圧導管網のシミュレーション ・製造供給操作の最適ガイダンス ・製造供給網情報および気象情報のデータ警報
	TACS Telemeter-telecontrol Automatic Control System	日間製造供給自動コントロールシステム ・製造供給網の情報収集 ・製造供給状況表の自動作表 ・調整所、ガバナーステーションの自動コントロール ・オペレーターへの情報サービス ・集中監視
管 理 レ ベ ル	PACS Production Analysis and Control System	生産管理システム ・製造原料情報の実績把握 ・計画との差異分析 ・計画へのフィードバック
	DEMS Distribution Equipment Maintenance System	供給設備管理システム ・調整所、ガバナーステーションの設備機器類の故障統計 および作業統計 ・最適維持管理
サービスプログラムパッケージ	・高、中圧導管網解析 ・各種統計計算 ・システムメンテナンスプログラム ・データメンテナンスプログラム ・ガス燃焼性計算 ・各種報告書作成プログラム	

の 2740 タイプライタ通信装置と当社の 1816 プリンターキーボードとの間で、インクアイアリ業務が行われる。

- ③ 小型制御用コンピュータ S/7 では、ミリ秒～1 分間隔の非常に周期の短い TACS のリアルタイム処理を専用に行っている。S/7 は製造供給網のテレメータテレコントロール装置と直接結合し、データ収集、監視、自動コントロール等の制御のための専用システムとして用いられ、またプロセスオペレータコンソールを介して、オペレータとの密接なコミュニケーションを行う。TACS は、製造供給網の管理範囲を各々分担した 2 台の S/7 コンピュータと、データ収集バックアップのための S/7 コンピュータ、合計 3 台のコンピュータで実行している。

(3) DOCS

DOCS は、当日の製造供給調整管理業務を中心とし

たオペレーションを円滑効率的に行うため、即時性、即応性の高いグラフィックディスプレイ装置を介して人間が計算機との対話を通じて調整管理に対する指針をグラフィカルに把握できるシステムである。

この DOCS を利用することにより、当日の製造供給調整管理の迅速化、管理精度の向上を図り、適正な予測に基づく安定な都市ガス供給を図っている。

DOCS のフローを図-7(次頁参照)に示す。

このシステムは、当日の供給量の予測、時間別の供給パターンの予測、万一の製造工場停止時のシミュレーション、工場最適稼働量、供給パターンに基づく供給ライン圧力バランスシミュレーション等を行っており、これらを含めて、約 100 モジュール程用意されている。これらのシステムは、回帰分析、線型計画、導管の動的解析、ハーダイクロス法による導管網の収束計算等を用いたものである。

- (4) コンピュータによる遠隔自動コントロール
DOCS を実行することにより、供給予測に基づく工場の製造量、各ステーションの圧力、流量の設定値、の時間的变化パターンが求まる。

この各ステーションの設定値は大型コンピュータから下位の S/7 に送り込まれ、この時間パターンの設定値をもとに S/7 がテレコントロール装置、通信回線を介して、各現場のコントロールバルブ操作をオペレータの介在なしに自動的に行う。

因みにこのパターン設定は、オペレータコンソールからも入力可能な構成になっており、人間の判断による修正も可能である。このコンピュータコントロールの実施によりオペレータ負荷が減少すると共に、コントロールの精度は従来に比し格段に勝れたものとなっている。

ホルダステーションを例に取りコンピュータコントロールを説明する。

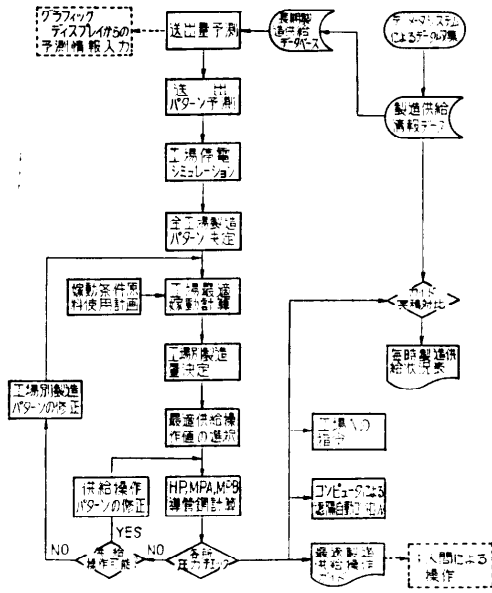


図-7 DOCS フロー

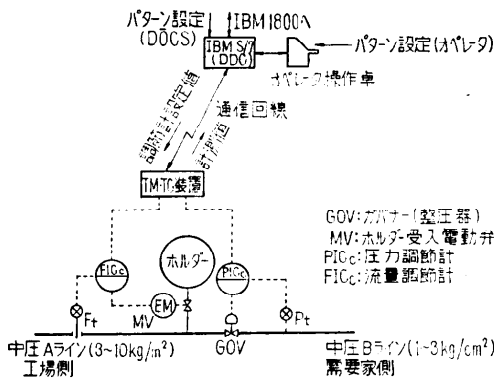


図-8 ホルダーステーション計装フロー

ホルダステーションの計装フローを図-8に示す。ホルダステーションに対しては需要に応じたホルダーの在高压コントロールや、送出圧力設定コントロールを必要とする。

① ホルダー在高压コントロール

図-10にホルダーレベルコントロールのアルゴリズムを説明する。図上、 t_0 時のレベルから t_2 時の最終目標レベルまで、コントロールする場合、当面の目標時 t_1 時のレベルを理想直線から計算し、その H_{t_1} のレベルに対してホルダーの変化量 ΔH_0 を計算し、その間にホルダーから送出される流量 F を勘案して、受入流量設定値 $F_{set} = \Delta H_0 + F$ として計算してS/7から、テレコントロール装置に出力する。一方、コン

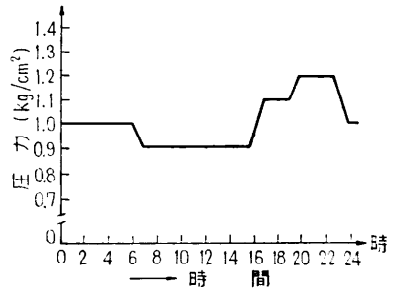


図-9 ホルダーステーション PC 送出圧力設定パターンの一例

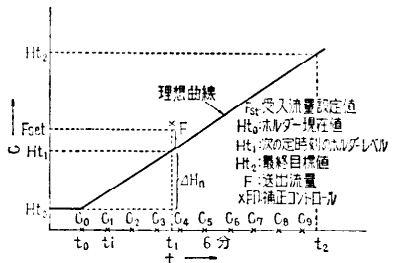


図-10 ホルダー在高压コントロール概念

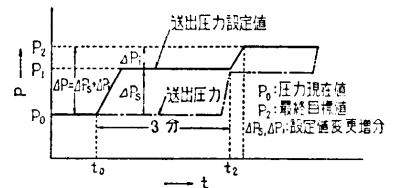


図-11 送出圧力設定コントロールの場合

ロール中、6分間ごとに、ホルダー設定値と実際のホルダー在高压をチェックし、補正コントロールを行い、設定パターン通りなるようなフィードバックループを組んでいる。

② 送出圧力設定コントロール

図-11に、送出圧力設定コントロールのアルゴリズムを説明する。図上、 t_0 時の圧力設定値から t_2 時の最終目標まで、コントロールする場合、圧力変化がある一定値 (0.3 kg/cm^2) を越えた場合は、設定変更のオーバーシュートを防ぐために、ある一定値ごとの設定変更をS/7から出力し、最終目標値までコントロールする。設定変更の間隔は、圧力コントロールの動特性を考慮して、3分間隔で行い安定化を計っている。また、S/7から出力される圧力設定値パターンは、端末の圧力調節計PCの実際の設定値とチェックされフィードバックループが構成されている。

(5) 工場操業管理システム

工場操業管理システムは、ホルダステーション等の供給システムと同様 TGCS のコントロールレベルに組み込まれている。当社においては、プロセスにおけるコンピュータ応用技術の開発、特に ICI 装置 (ICI 式ナフサ水蒸気改質装置)、SNG 装置 (代替天然ガス発生装置) 等の連続プロセス、CNG (サイクリック式ナフサ改質装置) などのバッチプロセスの DDC (Direct Digital Control) によるプロセスの自動化に成功しており、これを基礎として TGCS の完全自動化を旨とすべく工場操業管理システムの自動化を旨としてきた。この自動化の一例として、昭和 48 年に建設された袖ヶ浦工場では、プラントの運転計画から操業に至るまでの完全自動化を図った。

図-12 に袖ヶ浦工場操業管理システムを掲げる。

このシステムの特徴は、

- ① DOCS からの指令に基づき、一日の操業パターンを決定する。
- ② 目的に応じたコンピュータを選択し分散処理を行わせ、ハイアラキシステムを構成している。さらに危険分散の意味からバックアップをかねたサテライトコンピュータを配置し、その間が有機的に結合されている。

- ③ 工場全体があたかも 1 プラントとして 1 人のオペレータで全工場を把握できるようなシステムになっている。マンマシンコミュニケーションについては、CRT 装置を用いてプラントの状態が目でみて感覚的にわかるようになっている他、音声告知装置などの採用により、きわめて効率的になっている。

等である。

4. システムの今後の課題

TGCS は、一応の完成をみているが、今後解決すべき技術的、システムの課題は、以下のものが考えられる。

- 予測精度の向上：需要に影響を及ぼす要因の分析、統計方法改善等による精度向上。
- 設備診断：設備状態の診断、分析による異常の事前認知による供給障害の回避。
- 信頼性の向上：通信網の 2 重化等による信頼性の向上。ソリッドステート化、高信頼機器の採用によるフェイルセーフシステムの拡充。
- コンピュータコミュニケーションの標準化。

5. おわりに

都市ガスは、都市エネルギーとして社会全体のエネルギーシステムの一部を形成している。本稿で紹介した TGCS も大きな目でみた場合、企業の私的システムとしてとらえるのではなく、社会のエネルギーシステムをコントロールするシステムの一部としてとらえる必要がある。先頃の米国のカーター大統領の炉辺談話にみられるように、世界のエネルギー供給は逼迫してきている。今後都市ガスは省資源、無公害の安定したエネルギーとしてますます重要性は増してくると考えられる。TGCS はこの増大複雑化する都市ガス需要に応える効果的なガスディストリビューションコントロールシステムとして、その重要性もますます増大してくるであろう。

今後なお一層の技術開発、システムの整備を行うことにより、これら社会の要求に応じていきたい。

(昭和 52 年 6 月 7 日受付)

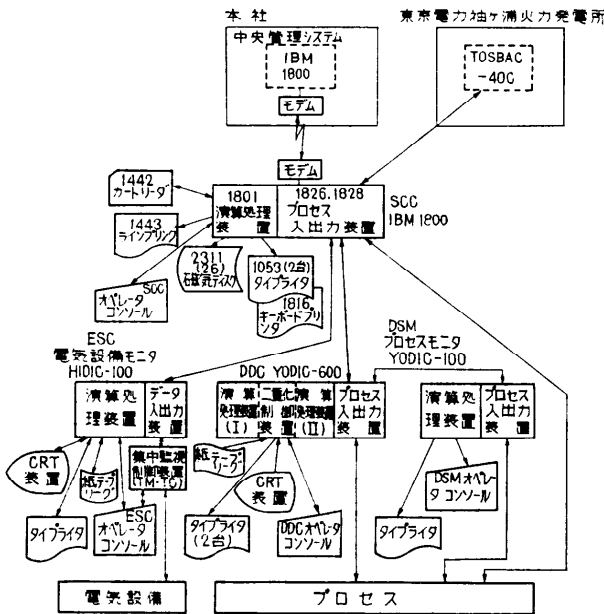


図-12 袖ヶ浦工場操業管理システム