

ガス事業における供給管理システム

Hitachi Tele-Operation System for Gas Services

Demand on gas changes season to season, and even in a single day, it changes hour to hour especially when there is a large change in temperature. Throughout such demand fluctuation, the gas supply must be kept at such pressure and flow which guarantee complete combustion of gas even in the oven of the remotest end user. In the gas service network, therefore, is installed a transmission system (telecontrol and telemeter system), whereby to grasp the status of gas pressure and flow at several key points of the network and accordingly control gas supply. In small scale service networks, such control is effected on the judgement of human operators, but in the case of huge networks involving extensive, complicated pipelines like those in mammoth cities, the duty is beyond human capacity and necessitates a complete data collecting and controlling supply system using computers. This article introduces the system developed by Hitachi, "Hitachi Tele-Operation System", its transmission system and processing system.

平河幸太郎* Kôtarô Hirakawa
湯沢靖臣* Yasuomi Yuzawa
近藤孝一* Kôichi Kondô
山下嘉昭** Yoshiaki Yamashita

1 緒 言

ガスの需要量は、季節により、また1日をとっても気温、時間帯により大幅に変化する。このような変動があっても末端においては、ガスの完全な燃焼に必要な圧力、流量を確保する必要がある。このため、ガス供給システムの主要点の圧力、流量を測定してその量を把握し、必要に応じて供給圧力、流量を制御する。

この制御は、小規模のガス管網では人手によりオペレータの判断で行なっているが、大都市での複雑かつ広域に張りめぐらされた管網の場合は、人手による制御では難しく、データ収集とその処理を含んだ供給管理システムが必要となる。本稿では、この要求に対して日立計測データ通信システム (Hitachi Tele-Operation System: 以下, "HITOS" と略す) を適用した結果について述べる。

2 供給管理システムの必要性⁽¹⁾⁽²⁾

都市ガスは、石炭、コークス、原油、ナフサ、液化石油ガス (LPG) などを原料とし、これを乾留、分解、改質など

して製造されたものが主体で、これを供給管に圧力をかけて圧送し各需要家に供給する。

この場合、図1に示すようにガス供給事業の規模が大きくなると高圧供給方式が一般的となり、製造されたガスは、まず工場内のホルダに貯蔵され、高圧圧送機により高圧導管を通り各供給所へ送られる。供給所にはホルダなどの貯蔵設備、圧送機、高圧ガバナ (圧力調整器) などが設備され、供給圧力の調整を行なう。ガスはさらに供給所から高圧導管を通して高圧整圧所へ送られて中圧に減圧され、次に中圧導管を経て中圧整圧所へ、そして低圧本支管から供給管を通り、一定圧力をもって各家庭に供給される。

ガス消費量は、1日のうちでも時間帯により大きな差がある。また曜日・天候・季節によっても変わるが、この変化に対しても供給圧力は一定でなければならない。圧力が低すぎると実用上での熱効率が悪くなり、高すぎると不完全燃焼の原因となり、ひいては安全にかかわることになる。

需要量の変動に対応して安定した供給を維持していくため

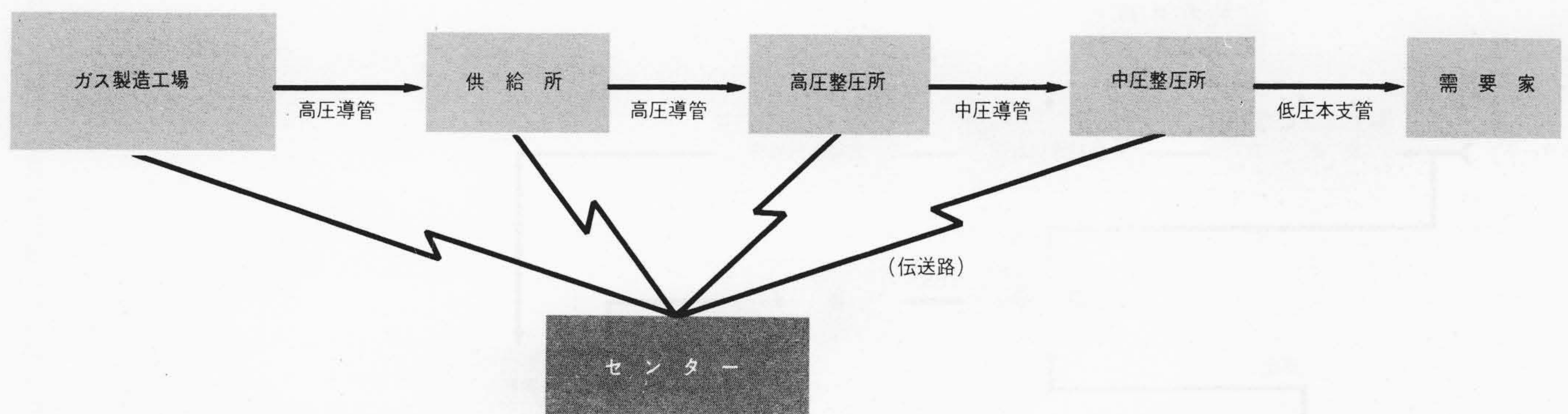


図1 都市ガス供給システム 伝送路は有線または無線を使用する。

Fig. 1 Supply Networks of City Gas

* 日立電子株式会社小金井工場

** 日立製作所通信機事業部

には、適切な需要予測を行なって、需要にみあったガス量を製造すると同時に全需要家への供給圧力が均一になるよう、供給設備を運用する必要がある。ガス製造工場、供給所および高圧整圧所の各送出圧力を常に測定して、規定値に制御するためには、計測データ通信装置による供給管理システムが有効である。

3 供給管理システム

3.1 供給自動化の必要性

緒言において述べたように、大都市での諸設備（製造工場・ホルダ・ガバナ）および導管網が広域化し、複雑化していくと、需要家全体への円滑な供給が重要な問題となる。

本システムの導入により、次の2点が可能となる。

- (1) 需要予測と、その結果を基に作成された1日の操作計画による円滑なガス供給。
- (2) 管網系異常（需要と供給のアンバランスによる圧力異常や事故など）の早期発見および応急対策の迅速化。

3.2 システム概要

本システムは、需要予測による1日の予測需要量と、製造計画による各工場の製造量を基にして1日の供給計画を立てることが基礎となる。

1日分の供給計画書は、ロギングタイプライタに印字され、オペレータはその計画が適当か否かの判断を下し、もし不適当な場合は、パラメータの変更または一部書換えを行なう。

このようにして完成した供給計画に従い、1日の供給操作（テレコントロール）を行ない、またテレメータから送られてくる各地点の圧力監視を適時行ない計画どおりのガス供給が行なわれているかを並行してチェックする。

監視圧力が規定値を越えた場合には、カラーディスプレイに警告を発し、対処すべき作業内容を指示する。オペレータは、この指示を見て指示どおりの作業を行なうか、またはオペレータの考えを加味するかかの判断を行なう。オペレータの考えを加味する場合は、操作卓から、ガバナの設定圧変更、バルブの開閉などの指定を行ない指示内容を修正する。

その他、作表業務として、テレコントロールによる供給操作、修正操作内容の記録印字、設定した時間ごとの各観測点の圧力状況の記録印字および各工場の製造量・貯造量・送出量、各供給所の貯造量・送出量の記録印字がある。

3.3 サブシステムの構成

本システムは、次のサブシステムに大別される。

- (1) 自動供給処理サブシステム（処理系）
- (2) 情報伝送サブシステム（伝送系）

以下各サブシステムについて述べる。

4 自動供給処理システム

4.1 システム処理内容

供給管理システムの処理系をつかさどる自動供給処理システムの処理内容を大別すると、次のように分けることができる。

- (1) 過去の実績に基づいた需要予測
- (2) 需要予測に基づいた供給操作計画
- (3) 供給操作計画に基づいた定時の自動供給操作
- (4) 供給状態の監視
- (5) 異常に対する修正制御
- (6) 作表業務、ディスプレイ制御など

図2は、以上の各処理要素を図示したものである。

(1) 需要予測

過去の実績データにより統計的手法を用いて、需要量の予測を行なうが、一般的には需要量と気温の関係を利用し、予測平均気温から最小自乗法を用いて算出する。しかし、季節変動の特徴が大きいいため、次の三つの型に分け、曜日（平日と休日）による差は、修正係数を用いて予測の精度を上げている。

- (a) 一般型（3月～5月、10月）
- (b) 夏型（6月～9月）
- (c) 冬型（11月～2月）

(2) 供給操作計画

需要予測による予測需要量と、製造計画による工場製造量とから供給操作の計画を作成する。工場の貯蔵計画と製造量から工場送出量を求め、工場送出量と予測需要量から供給所のホルダの動き（ガスを受け入れるか、送出するか）を決定する。

また管網計算により、導管網の各需要点の圧力、流量を求め、この値に基づいて各ガバナの設定圧力を求める。供給操作は一定の時間間隔で実行するため、供給操作計画も一定の時間間隔ごとの計画を作成しなければならない。

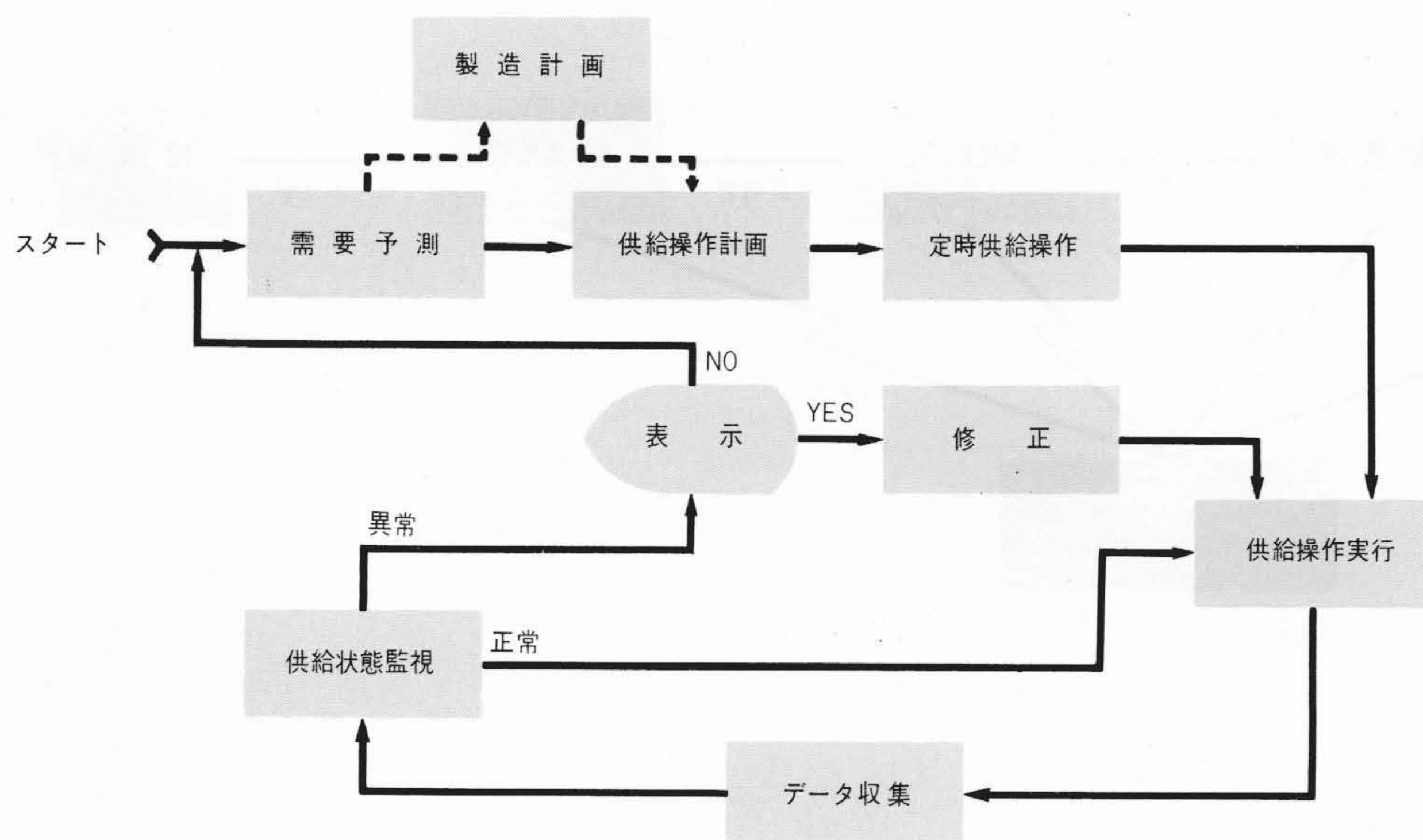


図2 システム系統図 表示を見てオペレータが判断できるようになっている。

Fig. 2 System Flow Diagram

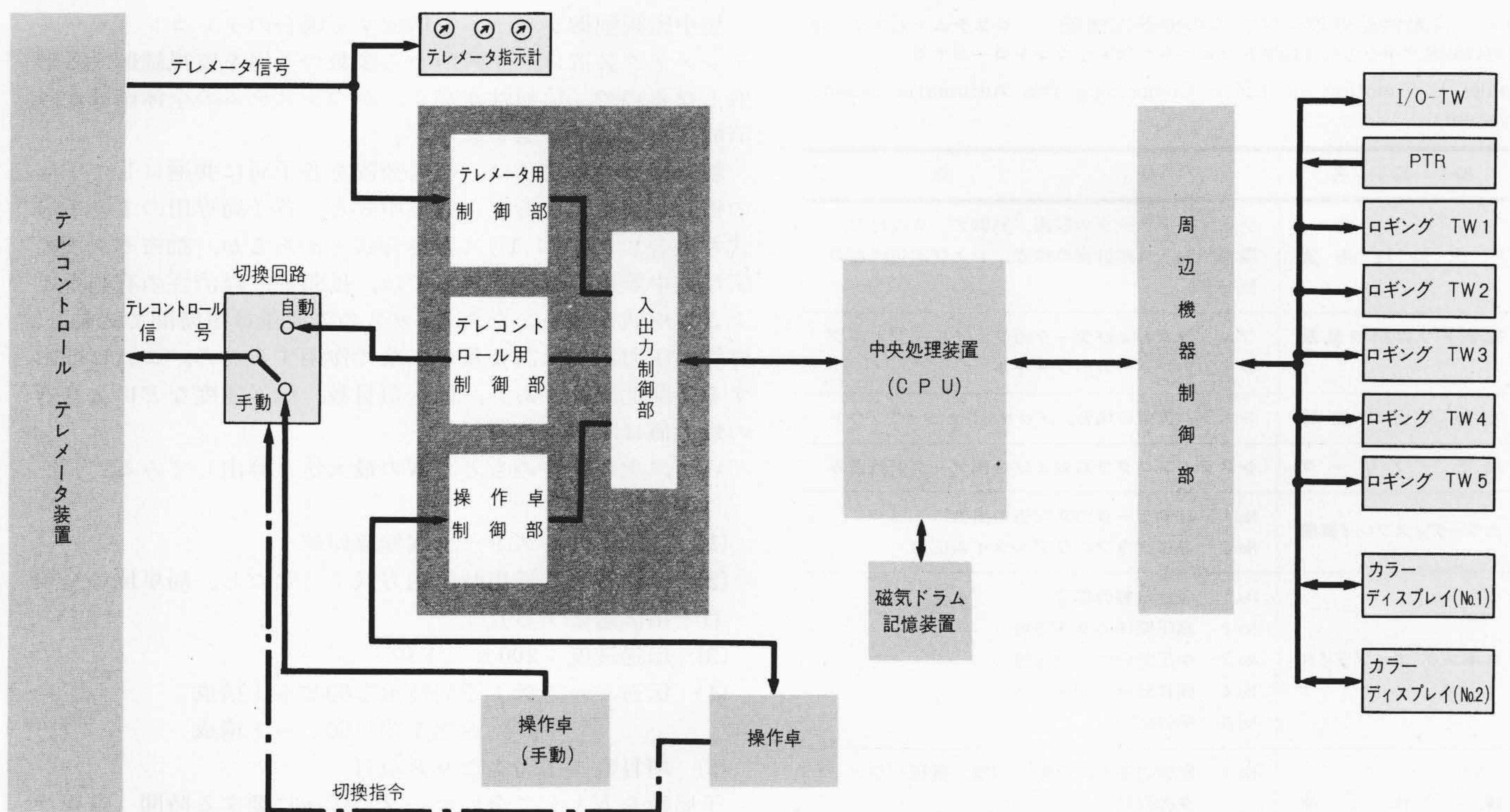


図3 自動供給処理システムハードウェア構成図 テレコントロール テレメータ装置との連動を示す。

Fig. 3 Block Diagram of Automatic Supply System for Gas Services

(3) 定時の自動供給操作

供給操作計画に従って、各工場の送出量（圧送機の運転台数）、各ガバナの設定圧力、ホルダのバルブ開閉などを、一定の時間間隔でテレコントロール装置（情報伝送系サブシステムに含まれている）を介して自動的に制御する。

(4) 供給状態の監視

テレコントロール装置を介して自動的に供給操作を行なうと同時に、テレメータ装置（情報伝送系サブシステムに含まれている）を介して各監視点の供給状態を監視する。監視方法は、大別して圧力監視と状態監視とがあり、圧力監視には、圧力そのものの監視と、前回との圧力の差の監視がある。前者には、上上下下限監視（圧力がその設備の運用範囲に入っている。）、上下限監視（圧力がその設備の最適使用範囲に入っている。）があり、後者には、こう配監視（一定時間に圧力が一定値以上変化する。）がある。状態監視は、装置の状態を監視するもので、対象は、電源状態、ガス漏れの有無、ガバナ開度、震度、バルブ故障の有無、圧送機の状態（連動中、故障中など）、火災などとなる。

供給状態の監視で異常が発見された場合、オペレータに異常を知らせるため、カラーディスプレイに、異常が起こった場所、原因および対応修正方法を表示して、オペレータが何を行なえばよいかを指示し、また、警報ブザーを鳴らしロギングタイプライトに警報の原因などを出力する。

(5) 異常に対する修正制御

供給状態に異常が生じた場合、その異常に対応した修正操作を選び出し（あらかじめ対応を定めておく。）カラーディスプレイに表示して、オペレータの判断を含めて修正供給操作を実行する。

あらかじめ定めてある対応操作には、異常地点に対応するガバナの設定圧変更や、工場・供給所送出量調整などがある。

(6) 作表業務、ディスプレイ制御など

供給操作を行なっていくうえで、作表作業は欠かせないのである。日報の作成（需要量、送出量、貯蔵量などを時間単位で印字する）、状況記録（定刻ごとに集めた各監視点の圧力を印字する。）、操作記録（供給操作を行なった記録を印字する）などがある。

ディスプレイ装置は、異常警報と対応操作表示の役割および人間と機械の対話の窓口の一つとしての役割がある。前者は異常箇所、異常原因、対応処置などの表示を行ない、後者はグラフ出力、データの表示および変更、操作計画の変更などに用いられる。

4.2 機器構成

図3は、ハードウェア機器構成(例)を示すものである。本例はコンピュータをシングルシステムとし、システムがダウンしても操作卓からテレコントロールのバックアップができるようにしたものである。

また、表1は、各ハードウェアの機能を示すものである。

5 情報伝送システム

5.1 システム形態

供給管理システムの伝送系をつかさどる情報伝送システムは、機器の制御と表示の伝送を目的とするテレコントロールと、計測値（監視項目も含む）の伝送を目的とするテレメータとに機能的に大別できる。これらのテレコントロール・テレメータ装置には対象設備の規模、設備から要求される機能および性能、伝送路の形態などにより種々の装置があり、これらを対象設備に応じて使い分けることにより、最適なシステムが構成できる。

(1) 伝送情報

都市ガスの場合、テレコントロール・テレメータの対象項目は、供給系統各所の圧力・流量の計測およびバルブ・圧送機・ガバナの制御がその主体で、表2に示すものがある。

表1 自動供給処理システムの機器別機能 システムとしては、中央処理装置が中心となり磁気ドラム以下の端末をコントロールする。

Table 1 Function of Units Comprising the Automatic Supply System

機 器 名	機 能
中 央 処 理 装 置	テレメータデータの収集、制御データの出力、需要予測、供給計画の作成、および周辺機器の制御
磁気ドラム記憶装置	プログラムおよびデータのファイル、ディスプレイ出力フォームのファイル
万 能 入 出 力 装 置	システム異常の場合、メッセージをタイプアウト
紙 テ ー ブ リ ー ダ	システムプログラムおよび各種データの読み込み
カラーディスプレイ装置	No. 1 計測データの異常値の出力 No. 2 各種グラフのリアルタイム出力
ロギング タイプライタ	No. 1 圧送日報の印字 No. 2 高圧関係の状況記録 No. 3 中圧関係の状況記録 No. 4 操作計画の印字 No. 5 操作記録
操 作 卓	No. 1 制御の手動、自動の切換、各種パラメータの設定 No. 2 制御の手動切換時の操作

(2) 伝送路

伝送路は大別して有線方式と無線方式に分かれるが、一般に、供給系統が小規模で、同一市内の場合には有線伝送路が手軽でよく使われ、広域にわたる大規模な供給系統では無線伝送路が有利である。

また、小規模のシステムではテレコントロールとテレメータを同一伝送路で共用し、テレコントロール必要時はテレメータを中断して行なう方式がとられるが、規模が大きくなるとテレコントロールに要する時間が長くなり、その間監視が中断されることは保安上問題となるため、テレコントロールとテレメータそれぞれに専用の伝送路を設けることが必要である。

(3) 対向方式⁽³⁾

集中監視制御システムを構成する場合のテレコントロールテレメータ装置は、1箇所から多数の子局を監視制御する形態となるので、信頼性が高く、かつシステムの全体構成が経済的であることが望ましい。

親子構成の方法には、親局装置を各子局に共通にして子局の信号を集中化する1：N集中式と、各子局専用の1：1方式を集合した(1：1)×N集合式とがあるが、都市ガスでの広域集中監視制御システムでは、拡張性、経済性の有利な1：N集中式が多い。ただし、ガスの需要量は短時間で変動し、導管の圧力損失は需要量の二乗で作用するため、これに即応する時間的制約があり、伝送項目数、伝送速度などによりNの最大値は限定される。

いま、次の条件のもとでNの最大値を算出してみる。

(条件)

- (1) 回線：プレストーク式無線回線
- (2) 伝送方式：呼出時伝送方式：（ただし、局単位的全項目一括伝送とする）。
- (3) 伝送速度：200ビット秒
- (4) 伝送ビット数：子局呼出し60ビット構成
返送1項目60ビット構成
- (5) 項目数：1局当たり8項目

子局数をNとして全局データの伝送に要する時間（監視サイクルという）Tは、子局呼出時間とデータ返送時間の和になるから、

$$T = \left\{ \left(t + \frac{60}{200} \right) + \left(t + \frac{60 \times 8}{200} \right) \right\} \times N$$
$$= (2t + 2.7) \times N (\text{秒})$$

ここに、t：無線機立上がり時間

ここで、監視サイクルを最大2分にしたいとすれば、t = 0.5秒と仮定して、

$$N = \frac{2 \times 60}{2 \times 0.5 + 2.7} \div 32$$

したがって、上記条件のもとで監視サイクルを2分以内に収めるためには、親局1に対して子局数を32以下としなければならないことになる。

(4) 伝送方式⁽³⁾

データの伝送方式には、複数個の計測量をデジタルコードに変換し、時分割伝送するデジタル方式と、複数個の計

表2 伝送対象項目 各設備の送出圧力の監視および供給圧操作が主体となる。

Table 2 List of Control and Telemeter Item

対 象 施 設	項 目		
	伝 送 情 報		
	テ レ メ ー タ	テレコントロール	スーパー（監視項目）
工 場	送出圧 貯蔵量 製造量	送出量操作	各施設共通に 電源状態（商用／予備） ガス漏れ バルブ状態（開閉・故障）
供 給 所	高圧受入れ・送出圧・送出量 中圧送出圧・送出量 貯蔵量	圧送機運転・ホルダ操作 高圧ガバナ供給圧操作 供給系統切換操作	
高 圧 整 圧 所	高圧到達圧 中圧供給圧・流量 ガバナ開度	中圧供給圧操作	
中 圧 整 圧 所	中圧到達圧		

表3 “HITOS”装置一覧 ガス事業用システムの例を示す。
Table 3 Specification of Hitachi Teleoperation System

機 種	適用規模	対向方式	子 局 数	項 目 数	符号形式	伝 送 路	データ収集方式	伝 送 速 度	誤 り 検 定	適用システム
簡易 テレメータ	小	(1:1)N	1	T M : 2 S V : 8 } 以下	デジタル	有線 または 無線	常時伝送方式 無線の場合は 呼出時伝送	50, 200bps F S 変調	水平・垂直 パリティ方式	処理装置を含ま ない小システム
HITOS-3100	"	(1:1)N	"	T M : 5 S V : 8 } 以下 T C : 8 }	アナログ	"	"	50bps F S 変調	(行なわず)	
HITOS-3400	中	(1:1)N 又は 1:N	8 16 32	T M, S V, T C を含めて31項目 または62項目	デジタル	有線	常時伝送方式 (サイクリック)	50, 200, 1,200 bps F S 変調	垂直パリティ と反転連送照 合方式	処理装置を含む 中, 大システム
HITOS-3500	大	1:N	60	T M : 7 の整数倍 S V : 16 の整数倍 T C : 4 の整数倍	デジタル	有線 または 無線	呼出時伝送方式 (ポーリング)	"	水平・垂直 パリティ方式	

注：T M：テレメータ，S V：スーパー，T C：テレコントロール

測量を変復調装置を介して搬送波に変換し、アナログ値のまま連続的に多重伝送するアナログ搬送式とがあるが、信頼度、精度が要求され、かつ伝送量も比較的多いガス供給事業では、デジタル方式を採用することが多い。

またテレコントロールでは万一にもミスのない操作が要求されるため、選択スイッチ操作で所要機器を選択し、選択をランプで確認した後に制御操作を行なう2挙動方式の採用や伝送制御部には誤伝送を防ぐためのパリティ検定などがあるが、出力制御部は無防備なため、出力部を二重化するなどして信頼度を上げることが必要である。

5.2 “HITOS”装置

表3は都市ガス供給管理システムの伝送系に適する“HITOS”装置の仕様一覧で、本装置のおもな特長は次のとおりである。

- (1) 本装置はビルディングブロック方式を採用しており、計測項目追加、子局増設などに対し容易に対処できる。
- (2) 回路は半導体集積回路(I C)を駆使して高性能であるため、装置の信頼度が高い。
- (3) 操作ボタンや表示ランプを有機的に配置し、運用の便を図っている。
- (4) 機能的にユニット化しており、保守点検に便利である。

6 実施例(東邦瓦斯株式会社におけるシステム)

東邦瓦斯株式会社は名古屋市熱田区に本社を置き、名古屋市を中心に中京経済圏を供給区域としている。情報伝送システム(テレコントロールテレメータ装置)は、昭和43年より導入され、その後増強を重ねて現在では供給業務に欠かせないシステムとなっている。

伝送路は、日本電信電話公社専用線による有線方式と無線同送方式の混合使用によっており、伝送データは監視盤で表示され、日報の自動印字などが行なわれている。

図4はシステム系統図を、図5、6は、テレコントロールセンタおよび子局の外観を示すものである。

7 結 言

ガス供給事業における情報伝送システムとして、日立計測データ通信システム(“HITOS”)がその事業規模や形態に

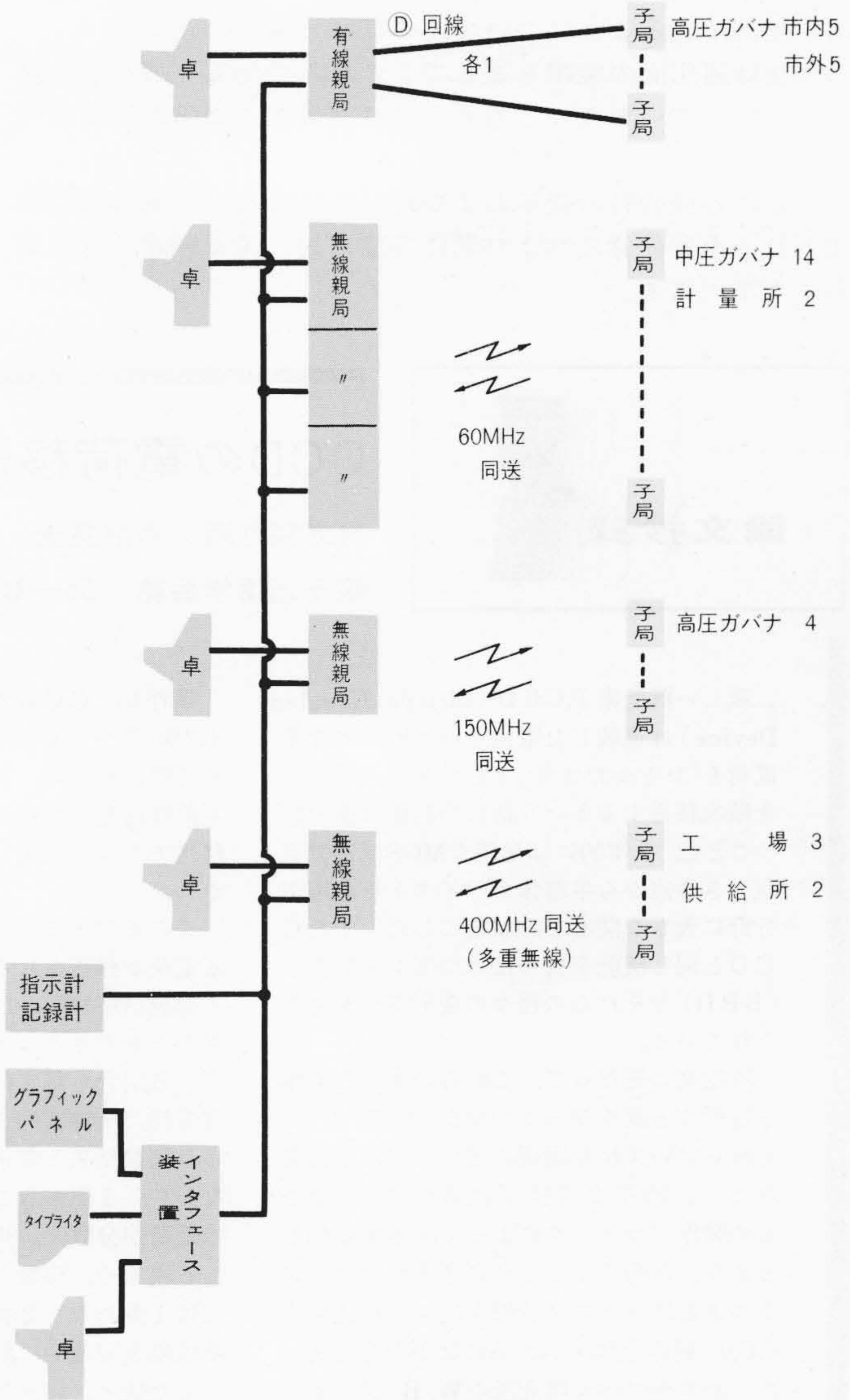


図4 東邦瓦斯株式会社計測データ通信システム系統図 伝送路は有線および無線を用いて計測データを収集し、操作卓からテレコントロールを行なう。

Fig. 4 Block Diagram of Gas Control System

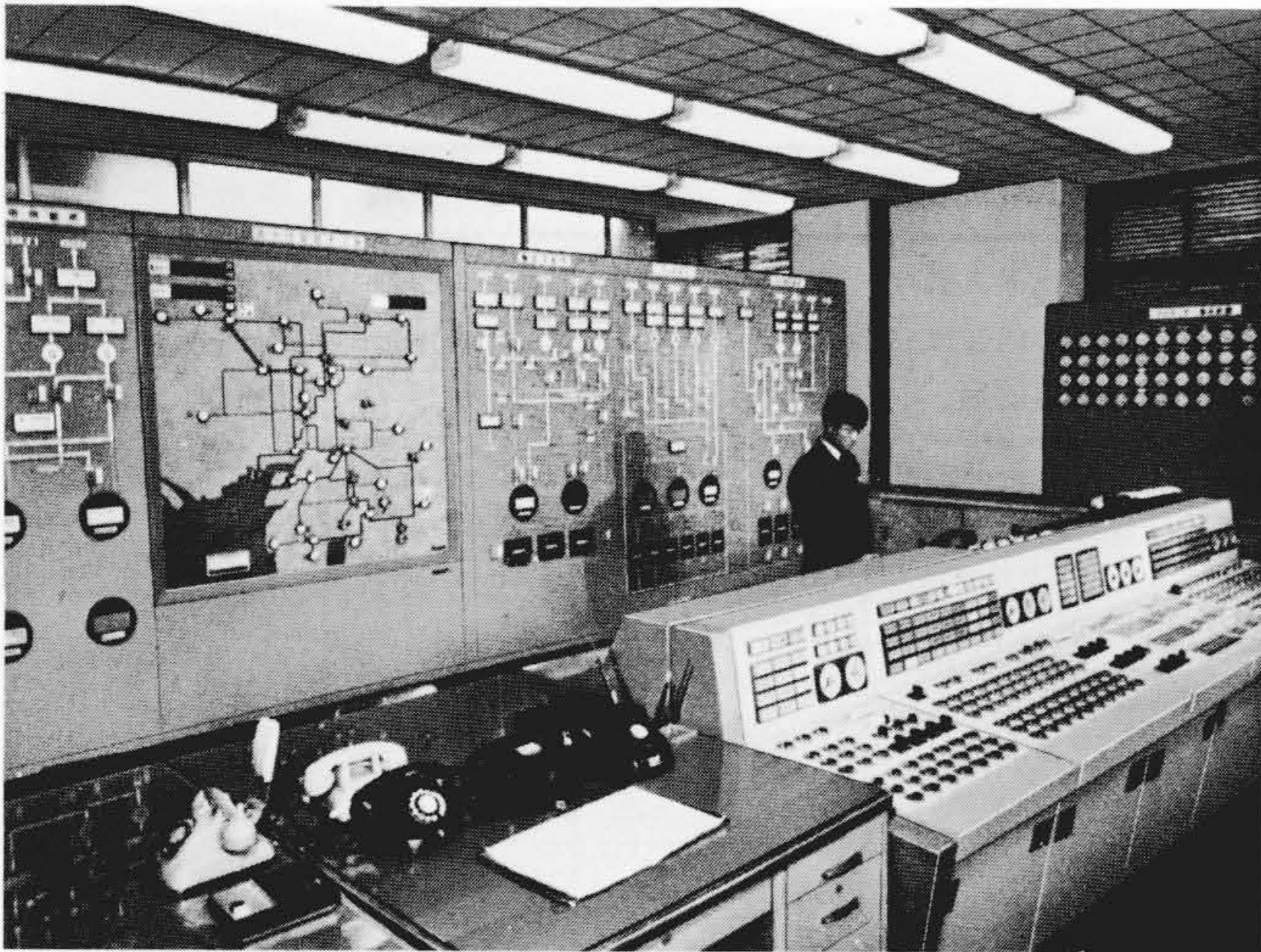


図5 東邦瓦斯株式会社テレコントロール センター 各所の計測データはセンターに集められ、管網システムを示すグラフィック盤に表示して常時監視されている。

Fig. 5 External View of Control Center



図6 東邦瓦斯株式会社子局 子局は通常無人運転となる。

Fig. 6 External View of Terminal Station

応じて有・無線伝送系ならびに処理系を含め、最適なシステムを提供できることについて述べた。

今後は運用面の実績を通してシステムの充実を図りより良いものにしていきたいと考えるので、大方のご指導をお願いしたい。

最後に各種資料の提示および助言をいただいた東邦瓦斯株式会社の水谷欽弥氏および関係各位に対し深く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- (1) 日本電機工業会編：「遠方監視制御応用技術ハンドブック」(1972)
- (2) 平尾：「ガスプラントのテレコン技術を図解する」電気計算41, 211 (1973)
- (3) 原田，渡瀬ほか：「広域水道情報伝送システム」日立評論54, 913 (昭47-10)

論文抄録

CCDの電荷移送モデルとその実験的検証

日立製作所 角南英夫・神垣良昭，他1名
電子通信学会誌 55—C, 586 (昭47-11)

新しい機能素子CCD (Charge Coupled Device) は連続した電流という形ではなく電荷を「ひとかたまり」として多くの電極下を順次移送するという新しい動作機構を持つことと、基本的には単純なMOS構造で実現できる点から半導体デバイスとその応用分野に大きな関心を引き起こした。またCCDと同じ機能を持つばかりりレー形素子(BBD) やそれらの種々の変形素子が発表されている。

本論文に先だって、これらの素子の動作を解析する試みがいくつかなされていたが、それらはいずれも電荷の拡散方程式を出発点とし、隣接2電極下の電荷の流れを多くの動作パラメータによって記述するにとどまり、電荷のかたまりに含まれたデジタルまたはアナログ情報を次々と移送するCCDの動作全体を調べるには不十分であった。わずかにベル研究所のW. B. ジョイスらが伝送線路になぞらえて線形化された電荷の分散を解析的に求めているにすぎない。

筆者らはCCDの実験を進めるうちに、出力信号から素子の性能を客観的に評価する必要性を認め、CCDの多数の電極間の電荷移送を解析的に取り扱うことができる移送モデルを提案しその有効性を実験で確かめた。

このモデルによれば、各電極下に存在する電荷が移送される部分(移送項)と残留する部分(残留項)とに分離して漸化式で表わすことができる。また存在する電荷の移送される割合を示す移送効率に電荷密度依存性を持たせ物理的な意味を付加することにより実験結果と非常に一致をみた。すなわち、1個の入力パルスに対して電極下の電荷が分散し、複数の出力パルスが現われる現象や、複数の連続パルス入力に対しては1番めより2番め以降の出力が増大する現象を定量的に解析できるようになった。

また従来、移送効率は信号系列や移送電荷量によって大幅に変化するので素子の客観的な性能比較がむずかしかったが、この

電荷移送モデルの中で、与えられた電極電圧で決まる電荷密度の最大値に対する移送効率を「初期移送効率」と定義し、これを用いることにより性能比較が可能となった。

この電荷移送モデルに基づき計算機を用いて任意の「初期移送効率」の素子の出力信号をシミュレートすることができる。本論文の中にその一例として80ビット×60ビットの二次元CCD撮像装置が変換した画像信号を計算し、その結果を視覚的に示した。

さらにこのモデルを用いて解析を進めた結果、移送途上で消滅する電荷の影響と残留する電荷の影響を出力パルス列の形から分離できることがわかった。バイアス電荷を加えることにより、みかけの移送効率はよりいっそう向上するが、いくらバイアス電荷を加えても素子全体の移送効率は消滅分によって押えられてしまい、電荷の消滅を減らすことがこの種のCCD形素子の性能向上にとって重要であることを明らかにした。