

特集

エネルギーシステムの計装制御

都市ガス供給管理システム

City Gas Supply Management System

太田末吉*

Suekichi Ohta

1. はじめに

東京ガスは、首都圏を中心とした約730万件のお客様に都市ガスを供給している。お客様には総延長約4万2千kmのガス導管を經由してガスを供給し、平成2年度には年間約53億 m^3 の販売量を記録した。販売量の内訳としては、近年ビル冷暖房・工業用等の大口需要家の増加が顕著ではあるものの、家庭用のお客様に対する販売量が全体の約50%を占めており各御家庭の生活パターンの変化などを反映して、ガス供給量は季節・曜日・時間・気温等によって大きく変動する。(図-1)

東京ガスではこのような大きな需要変動に対応しつつ、ガスを効率的に、安全に、かつ安定して供給するための施策の一つとして、昭和48年にガスの製造と供給を一貫して管理するためのトータルシステム(TGCS-Total.Gas.Control.System)を開発し、爾来数度のシステム改廃を経て今日に至っている。

本稿では現在の東京ガスにおける供給管理システムを業務の流れに沿って説明するとともに、最後に現在リプレースを進めている新しいシステムの概要についても簡単に紹介する。

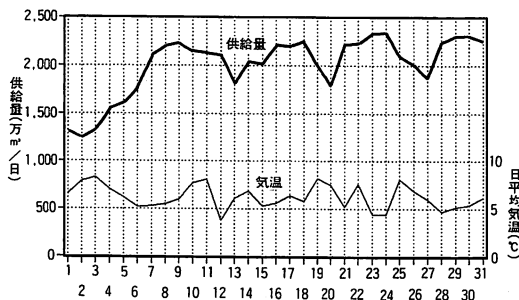


図-1 日間供給量の変化(平成3年1月)

*東京ガス(株)供給センター係長
〒105 東京都港区海岸1-5-20

2. 東京ガスの都市ガス供給方式

都市ガス原料の主役は時代の変革とともに石炭・石油系・LNG(液化天然ガス)と変遷し、現在ではLNGがほぼ全体の9割をしめている。LNGは東京湾沿岸の袖ヶ浦(千葉県)・根岸(横浜市)両主力工場に海外(アラスカ・ブルネイ・マレーシア等)から輸送され、気化した後一定の品質に熱量調整し高い圧力(20~45kg/cm 2)で高圧幹線に送出される。高圧幹線からは約30カ所のガバナーステーションから中圧A導管網(3~10kg/cm 2)に送出され、夜間は約20カ所のホルダー(いわゆるガスタンク)に貯えられる。中圧A導管網からは整圧所(ホルダー設置送出拠点)や地区ガバナーを經由して中圧B導管網(0.6~3kg/cm 2)へ送出されるとともに、供給量の多い方方にはホ

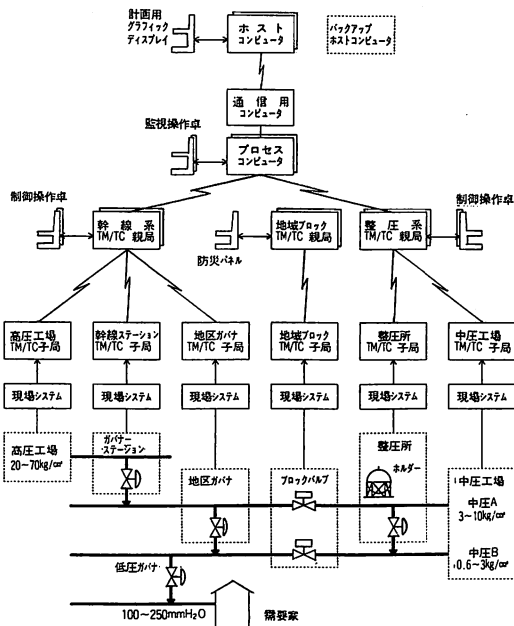


図-2 TGCS概略システム構成

ルダに貯蔵していたガスも中圧B導管網へ送出される。最終的には約3000カ所の低圧ガバナーから低圧導管網（100～250mm水柱）へと送出され各御家庭へ供給される。（図-2）

3. システム構築の要件

3.1 都市ガス供給の業務の流れとシステム要件

第2章で述べたガス供給システムを最適にコントロールするために、ガス供給に関わる業務を図-3の流れにそって実施している。図のように、毎年1～2月に翌年度（4～3月）1年間の各月のガス供給量を予測し、予定されている大規模なガス供給設備の工事計画を勘案して1年間のガス製造供給操作計画を作成する。この計画は、毎月1回最新の工事計画や供給量の実績データなどによって見直しを行い、より精度の高い計画が作成される。日々のオペレーションはこれらの計画を重要な指針としつつ、気象庁の気温予測や、その日のガス供給量の推移・過去の供給量実績などに基づいて当日の供給量を予測し、時間毎のガス製造計画やガスホルダーの稼働計画などの供給操作計画を作成する。これらの計画に基づいてタイムリーに工場へのガス製造量変更指示を行うとともに、ガバナーステーション・整圧所などの送出圧力の変更や各ホルダーの操作（ガスの受け入れ・払い出し）を行う。また、これらの供給操作と併行して各所の圧力・流量データを収集し、

供給量実績や各所の圧力状況などを把握する。その結果大きく予測と実績が異なったときには再度予測・計画・操作を繰り返すこととなるが、通常では1日3回（朝7時・午後3時・11時）供給操作計画の作成・見直しを行っている。また、ガス製造工場の緊急停止やガス導管の事故などの緊急事故が発生した場合には、即座に緊急時対応操作（各所の送出圧力変更・ホルダーからの緊急送出・高圧幹線ブロックバルブの遮断など）を行って、2次災害の防止とガスの安定供給に努める。

当社ではこれらの業務を

- ・年間計画－YOPS (Yearly.Operation.Planning.System)
- ・月間計画－MOPS (Monthly.Operation.Planning.System)
- ・日間計画－DOCS (Daily.Operation.Control.System)
- ・監視制御－TACS (Telemeterring & telecontrol. Automatic.Control.System)

のように分類し、TGCSの中のサブシステムとして位置付けている。

本稿では上記サブシステムの内の主要なシステムである、DOCS・TACSについて説明する。以下にこれらのシステムに関する要件を列挙する。

(1) リアルタイムな集中管理機能

供給プロセスを効率的に管理するためには、各所の圧力・流量をリアルタイムに収集しプロセスに異常があれば速やかに警報として通知して、オペレーターに適切な供給操作を促す機能が必要である。また、収集したデータから現在の供給量などの有用な情報へ加工してオペレーターに提供する機能や、これらの情報を後の利用のためにヒストリカルなデータベースに蓄積することも必要である。

(2) 確実な遠隔操作機能

需要変動への対応や緊急時対応操作を行う上では、多数のガス供給拠点に対して迅速かつ確実な遠隔操作機能が必要となる。この機能は、本システムの根幹をなす重要な機能である。

(3) 信頼性の高いシステム構成

本システムは、プロセスの特性上24時間・365日一瞬たりとも機能停止をゆるされないシステムである。このためには重要設備の2重化、予備電源の設置、通信回線のループ化などの十分な安全措置をこざる必要がある。

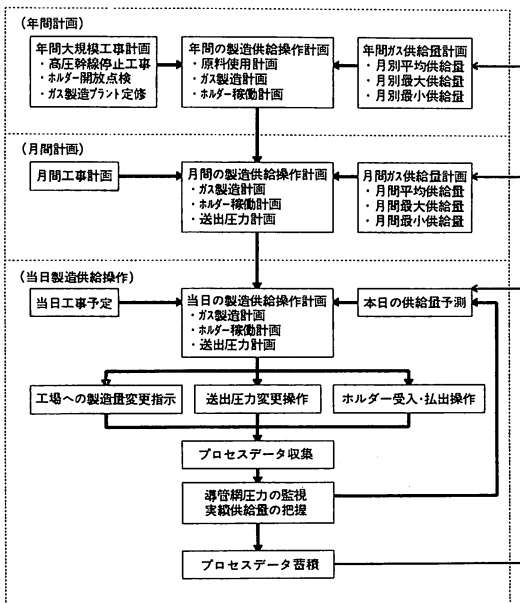


図-3 都市ガス供給管理業務の流れ

(4) 充実したマンマシンインターフェース機能

ガス供給プロセスは極めて複雑であり扱うデータ量も多いことから、オペレーターの的確な判断を支援するためには業務要件に適した効果的なマンマシンインターフェースが不可欠のシステム要件となる。

3.2 広域災害への対応

都市ガスは、都市生活の機能を維持するための必要不可欠なライフラインの一つとして位置づけられ、大規模地震などの自然災害に対しても2次災害の防止とともに供給を最大限確保する必要がある。このために必要なシステム要件は以下のものである。

(1) 供給エリアの迅速なブロック化操作

広域にまたがる複雑なガス導管網を地震発生時に健全なエリアと被災したエリアに分割し、健全なエリアでは供給を継続し被災エリアでは2次災害を防止するための緊急処置を行う。このために全エリアを9つのブロックに分割し、パイプラインの各ブロック境にバルブを設置して緊急時には一斉に本社から遠隔操作でガスを遮断する。

(2) 地震規模に関する情報の迅速な収集

ブロック毎の地震の規模を推定するために各ブロック毎に3カ所以上の地表加速度計（ガル値）を設置している。地震発生時にはこれらの情報を迅速に収集して、ブロック化を実施する必要があるかどうかの判断基準とする。

(3) 被災ブロックの2次災害防止

不幸にして特定のブロックで被害が大きいと判断さ

れた場合には、安全かつ迅速にブロック内のガス導管からガスを大気放散し2次災害を防止する処置を行う。

4. システムの概要

4.1 システム構成

図-2にシステム構成の概要を示す。これらのシステムを円滑に運用するための基本設備として通信設備と電源設備がある。通信設備は現場のデータ収集や遠隔操作に使用される重要な設備であり、当社の場合自営無線網を主体として構成されている。通信システムの基幹回線については全てループ化され、重要通信拠点の設備を2重化するなど極めて信頼性の高い通信システムとなっている。また、電源設備についても本社をはじめとして遠隔操作対象の重要拠点全てについて、CVCF・バッテリー・自家発電設備などを各拠点毎の重要度に応じて設置することによって信頼性の高い電源システムとなっている。

(1) ホストコンピューターシステム

ホストコンピューターは、当社の情報システム部門のIBM大型汎用機を他のシステムと共同で使用し本システムの中の計画業務に使用している。ホストコンピューターでは、プロセスコンピューターから送られたプロセスデータを長期間保存して供給量の予測などに役立てると同時に、中圧導管工事の実施可否を判断するためのパイプラインネットワークシミュレーションなどの規模の大きい計算にも使用している。ホストコンピューターのバックアップとしては、情報システ

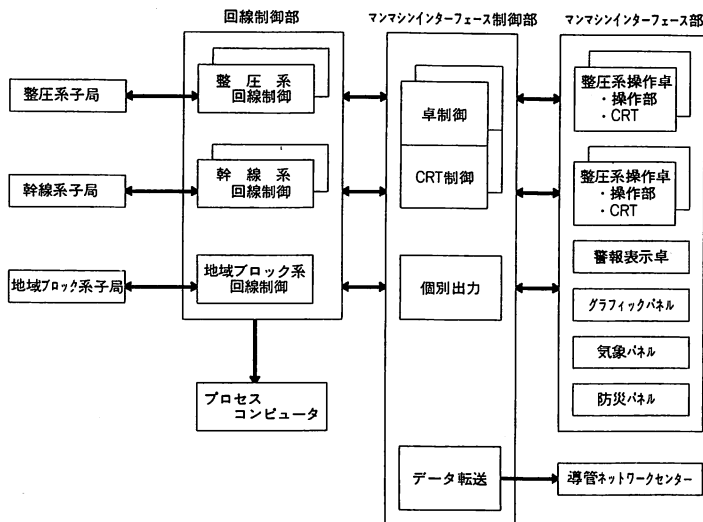


図-4 テレメーター・テレコントロール設備構成

ム部門自体のCPUの2重化の他に小規模な汎用機を本社に設置し、本社～情報システム間の回線断に備えている。計画業務のマンマシンインターフェースとしては2台のグラフィックディスプレイを設置している。

(2) プロセスコンピューターシステム

プロセスコンピューターシステムは、本システムの中のプロセス監視機能の中核として位置付けられる。また、上位のホストコンピューターや他のCPUへの情報サービス窓口でもある。このため、プロセス監視機能を司る主要部分については完全な2重化構成として信頼性の向上を図ると同時に、他CPU向けの通信機能専用のCPUを配置し主要部分の負荷の軽減をも図っている。

また、プロセス監視用のCRTを4台配置し操作性の向上を図っている。

(3) テレメーター／テレコントロールシステム

テレメーター／テレコントロールシステムは、本システムの中では現場の情報収集・制御を効率的に実現するための最も重要な設備である。そのため、システム設計上信頼性向上のために以下のような点に配慮されている。(図-4)

- ・対向方式およびデータ伝送形式(1対1, 1対N, 2対Nなど)の異なった子局からのデータを効率的に収集するために、子局を操作対象局の種類毎に分類し(整圧系・幹線系・地域ブロック系)、各種別毎のデータ収集部を2重化した回線制御装置で構成した。
- ・操作卓, CRT, 表示パネルなどの多様なマンマシンインターフェースに効果的に対応するために、機能を分離し各機能対応に2重化した制御装置を割り当てた。
- ・操作卓は2重化構成とし、表示装置として操作対象

種別ごとに各々2台のCRTを設置し操作性の向上と信頼性の向上を図った。

4.2 システム機能

(1) DOCS機能

DOCSは、一日の供給操作計画を作成するための機能の集合であり、ホストコンピューターシステムに接続された2台のグラフィックディスプレイを使用して実行される。このサブシステムの主体は、以下の3つのシステムで構成される。

・供給量予測

過去の供給量・気温実績を一次回帰し、当日の気温予測や曜日特性を考慮して本日の供給量を予測する。また、午後3時頃には当日の0時以降の毎時供給量実績のパターンと似通った日を検索してその日の供給量から予測する方式もある。このような各種の方式を組み合わせることによって、供給量は通常約1～2%程度の誤差で精度よく予測されている。このために、ホストコンピューターには、供給量に関するデータを最大10年分保存している。

・ホルダー稼働指針の作成

予測供給量に基づいて各時間の供給量を推定し、各ホルダー毎の政策(緊急時対応のために最高在高を維持することなど)や工場毎の稼働条件を制約として、毎時の物量バランス(供給量=製造量+ホルダー稼働量)から各ホルダーの稼働パターンと各工場のガス製造パターンを決定する。

・パイプラインネットワークシミュレーションシステム

当社の中圧導管網は網の目状に構成されており、導管網の一部を切断する工事を実施した時にどのような影響があるかを直感的に判断するのは困難である。パイ

表1 収集データ・制御項目の概要

系統 (方式)	設置場所	概略 個所数	テレメーター			テレコントロール		
			アナログ	測定 定量	スーパービジョン	測定 定量	制御項目	制 御 シ ン ジ ン ポ 数 ヨ
整圧系 (1:1)	整圧所 高圧工場	20	圧力 流量	230	電動弁, リモート セッターの開, 閉, 全開, 全閉, アラームなど	2,030	電動弁, リモート セッターの開, 閉 調節系設定値など	410
幹線系 (2:N)	ガバナーステーション バルブステーション 中圧工場 地区ガバナー	110	ホルダー在高 製造量 圧力設定値 地震加速度	240		2,860		660
地域ブロック (1:N)	地域ブロックバルブ	30	温度 バルブ通過流量 など	50	油圧弁の全開, 全閉, アラーム など	210	油圧弁の開, 閉	30
合 計		160		520		5,100		1,100

プラインネットワークシミュレーションシステムはこのような工事の可否を判定するための道具であり、グラフィックディスプレイを使用した簡単な操作で、各所の圧力・流量状況を推定するものである。当社の中圧導管網の場合、データ設定も含めて約10分程度で一回のシミュレーションを終了する。また、このシステムは、各ガス送出拠点の必要な送出圧力を求めることにも使用される。

(2) TACS機能

この機能は、都市ガス供給管理システムの中核機能であり、以下のような個別機能で構成される。

・データ収集機能 (テレメータリングシステム)

プロセス監視のための子局のデータの収集機能で、主として自営の無線回線網を利用して収集する。収集するデータの内容を表1に示す。子局の機能により必要とするレスポンスタイムが異なり、それに伴ってデータ収集方式が異なっている。

整圧系は、整圧所・工場などを対象に、製造量・ホルダー在高・需要変動に敏感に反応する整圧所からの送出量など供給管理上重要なデータを多数収集している。そのために、子局毎に1対1で本社と結合しレスポンスの早いデータ収集を実現している。

幹線系は、ガス輸送上最も重要な高圧幹線の子局のデータ収集を司っているが、パイプラインプロセスの特性上、需要変動に対してプロセス量の変動が緩慢であるために高レスポンス性を特に必要としない。そのためにデータの収集は子局を順次呼び出して収集する2対Nスキャンニング方式を採用している。

地域ブロック系は、大地震などの災害時に、被災地区と健全地区を分離して被災地区へのガス供給を遮断するためのバルブの情報を扱っている。これらに対するデータ収集方式は中継局で集約した子局の情報を本社から呼び出すことによって収集する方式である。

・遠隔制御機能 (テレコントロールシステム)

首都圏を中心とした広域なエリアに設置された多数の子局設備を、本社から遠隔制御する機能である。制御対象の局数と項目数を表1に示す。遠隔制御は、テレメーター/テレコントロール装置に接続された制御用操作卓で実施される。操作卓は、子局データをグラフィック表示するCRTが設置されている整圧系、幹線系各々2卓と、各所のブロックバルブの開閉状況を表示した「防災パネル」卓とで構成されている。図-5に整圧系制御卓のCRT表示例を示す。

・供給プロセス監視機能

ガスの供給システムを監視する機能として、以下の2つの機能がある。

a) アラーム機能

アラーム機能は、ガス供給プロセスを監視するうえで最も重要な機能である。アラームは効果的にオペレーターに通知される必要があることから、本システムではアラームを重要度に応じて3種類に分類して、各々最適な方法でオペレーターに提示している。

第1は、各所の設備に関するアラームであり、火災発生、ガス漏洩、通信回線断、ESV閉など子局の機能停止に直結するような重大警報である。これらのアラームは、テレメーター装置と直結した専用の警報表

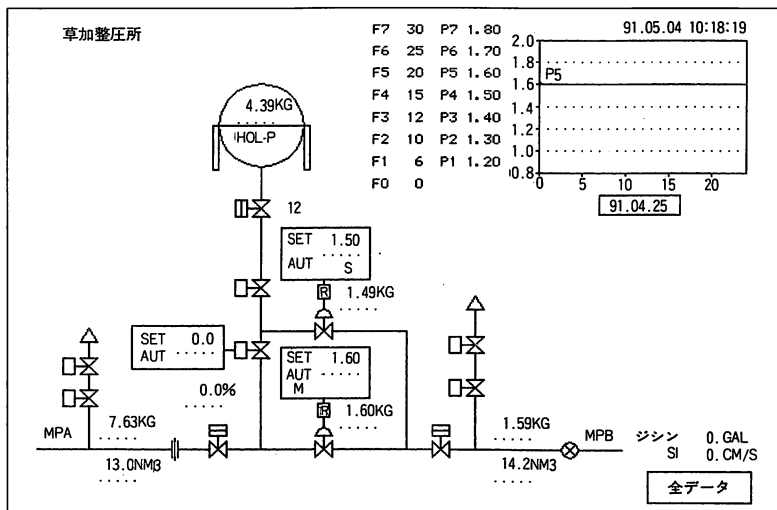


図-5 整圧系制御卓CRTの表示例

示卓にランプマトリクス表示される。

第2は、各々の設備毎の設備保護の意味で設定された圧力の上限アラームである。このアラームは、テレメーター装置で処理され制御操作卓のCRT上に表示される。

第3は、運用上定められた圧力・流量の上下限アラームである。このアラームはプロコンで処理され、プロコンに接続された監視用のCRTにアラーム一覧として表示される。また、このアラームの設定値については、供給プロセスの運用に応じて簡単に変更できるよう配慮されている。

b) モニタリング機能

収集したプロセスデータは、オペレーターの必要に応じて各種の方法で表示できるよう配慮されている。以下に主要なモニタリング機能をいくつか紹介する。

第1は、グラフィックパネル表示である。グラフィックパネルは指令室の壁面に設置された高さ約2m横幅約10mの導管網図を表現したパネルであり、テレメーター装置に直接接続され各所の圧力・流量・ホルダー在高などがリアルタイムに表示される。

第2は、リアルタイム供給量グラフ表示である。これは、3分毎にプロコンで作成される瞬時供給量を監視用のCRTにグラフ表示したもので、供給量の変動をリアルタイムに把握するためのものである。また、プロコンにはこのデータが過去1年分以上保存されていて、これら過去のデータと対比することによって、今日と類似した日を検索することもできる。(図-6)

第3は、供給管理日表の表示である。供給管理日表

は、1時間に1度プロコンで作成され、監視用CRTにオンデマンドで表示される。供給管理日表には毎時供給量や各工場毎の製造量などが表示され、今後の供給量推移などを数量的に推定する資料として利用される。

第4は、地震情報の表示である。本店地区内約30カ所に設置された加速度計の情報を収集し、一定規模以上の加速度が複数カ所で測定された場合には、プロコンから自動的に監視用CRT上にガル値の地域分布が表示される。オペレーターは、この情報に基づいてブロックバルブを遮断するかどうかを判断する。(図-7)・プロセスデータサービス機能

ガス供給プロセスのデータは、ホストコンピューターをはじめ、各所に送られ利用されている。このため、プロコンに集められたデータはデータ通信専用のコンピューター(プロコンと同一機種)を経由して各CPUに送られる。

5. おわりに

以上、東京ガスの都市ガス供給管理システムの概要について紹介したが、現在このシステムのリプレースが進められている。おわりにあたって、今回のリプレースの考え方について以下に簡単に紹介する。

5.1 システムリプレースの背景

(1) 広域災害対応システムの充実

第3章でも述べたとおり、本システムの機能の一つに広域災害対応の機能がある。都市ガスの都市生活におけるライフラインとしての重要性に鑑みて、従来以

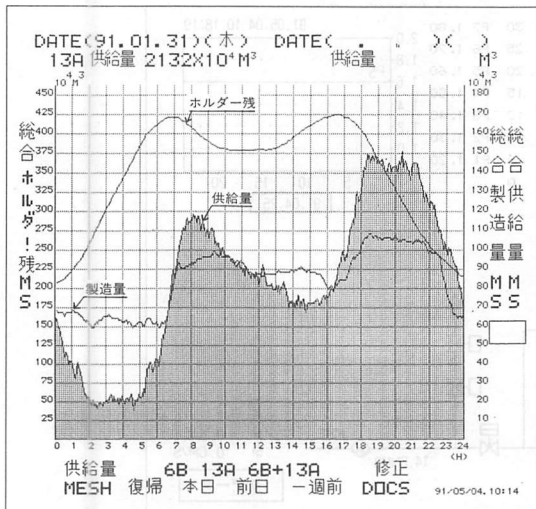


図-6 リアルタイム供給量表示

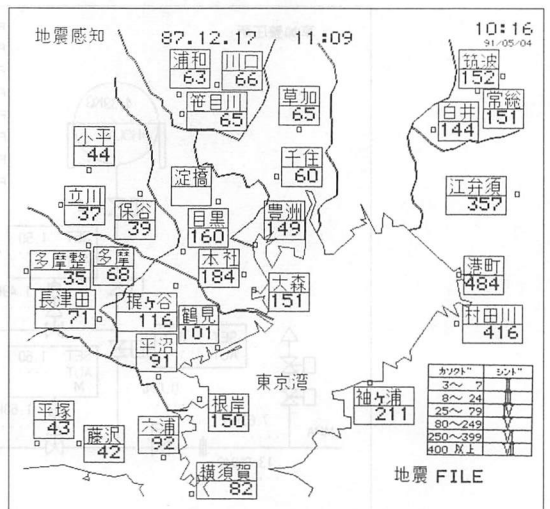


図-7 地震情報表示

上に防災に関するシステムの充実が要請されている。

このための施策の一つとして、防災関係の情報を収集するための子局の増加（約300局）が計画（一部実施済み）されているが、現行システムのままではハード的にもソフト的にも無理がある。また、現行システムとは別の体系で開発されてきた防災関連のアプリケーションも、運用面の効率化のために統合する必要がある。

(2) 既設子局設備の老朽化

既設の子局設備の中には、設置してから10数年以上経過し既に製造停止となっている設備もある。今後このような設備が年々増加することが予想されることから、今後の子局システムのあり方を踏まえて、センター側も含めた全体のシステム構成を検討すべき時期にきている。

(3) システム処理能力の限界

現行システムが開発されて以来、子局数の増加・新しいアプリケーションの増加などによって、既に現行のプロセスコンピューターの能力が限界近くになっている。このため、新たな業務要求に応えるためにも、より処理能力の高い、効率的なシステム構築が望まれている。

5.2 リプレースシステムの概要

(1) インテリジェント子局システム

子局システムのリプレースにあたっては、従来以上にインテリジェンシーをもった設備に置き換えて行く。これによって、従来オペレーターが処理していたガバナ設定操作などをオペレーターの指示に基づいて子局システムで行ったり、複合した操作を一括して子局に実行させることなどで、オペレーターも含めシステム全体の負荷を軽減することが可能となる。また、現場設備のより高度な管理も可能となる。

(2) 分散データ集配信方式

従来、プロセスデータの収集方式にはセンター集中方式を採用してきた。しかし、今後子局数が現状の数倍になった時点での危険集中回避の見地と、プロセスデータを必要とするシステムが分散配置（本社および6カ所の導管ネットワークセンターなど）されることなどから、データ集配信システムを5カ所に分散配置することとした。また、これらのデータ集配信システム間を高速パケット網でループ化し、データ通信網のより一層の信頼性向上を図ることとした。

(3) プロコン能力の増強

現行プロコンに代えて、より高速なコンピューター

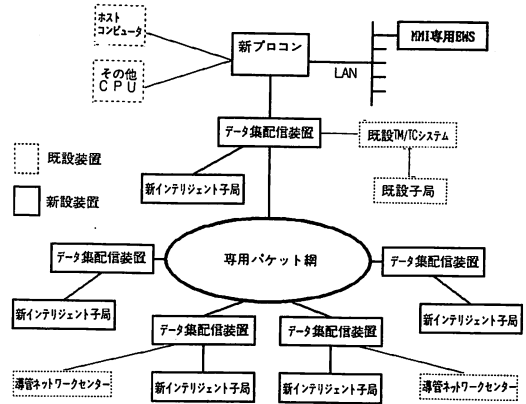


図-8 新TGCSのシステム構成

を導入し、従来以上のオペレーターサービスの充実を図る。また、新子局へのリプレースに長年月を要することから、既設子局・新子局各々の監視・制御を新プロコン配下のマンマシンに統一することで、オペレーターの運用面の煩雑さをさけるよう配慮する。

(4) マンマシンインターフェースの一層の充実

プロコンとLAN接続されたマンマシンインターフェース専用機（EWS端末）を複数台導入する。これは、マンマシン特有の画像処理など計算機負荷の高い処理をプロコンから切り放すことによって、プロコンの負荷の軽減とマンマシンアプリケーションの柔軟性をより一層高めるためである。また、従来制御、監視、計画の業務別に各々別の操作卓を使用していた方式をあらためて、オペレーターの必要な機能全てを同一操作卓に統合することとした。このことによって、オペレーターは各種の業務を操作卓から離れることなく実施できるようになり、運用面の煩雑さをさけることができる。

図-8にリプレース後のシステム構成を示す。このリプレースシステムは、本年秋にスタートする予定である。

今後とも変化する業務要件にあわせて、タイムリーなシステム改善ができるように努力していく所存である。