大阪ガス株式会社姫路製造所向け

LNG受入れ基地運転管理システム

Total Computer Control System for LNG Receiving Terminal Supplied to Himeji Works Osaka Gas Co., Ltd.

ガスの安定供給は都市ガスプラントに課された大きな使命であり、そのための運用、制御システムには高い信頼性が要求されている。今回、大阪ガス株式会社では、 姫路市にLNG基地を建設するに当たり、運転管理システムとして日立制御用計算機 HIDIC V90/50を中核とした大規模自律分散制御システムを導入し、製造所設備全 体の高効率運転と都市ガス供給の安定化に効果を発揮している。

本稿では、システム導入の背景及びその特長について述べる。

弘* 和田 Hiroshi Wada 織田守昭* Moriaki Orita 仁和恭平* Kyôhei Niwa 五十嵐治男** Haruo Igarashi 宮本 章** Akira Miyamoto 渋井正昭** Masaaki Shibui 前川 修*** Osamu Maekawa 菊田 勇 **** Isamu Kikuta

■ 緒言

既に周知のように、クリーンエネルギーLNG(液化天然ガス)は、都市ガス用をはじめ、発電用、工業用に広く使われてきており、石油代替エネルギーとして重要な位置を占めてきている。

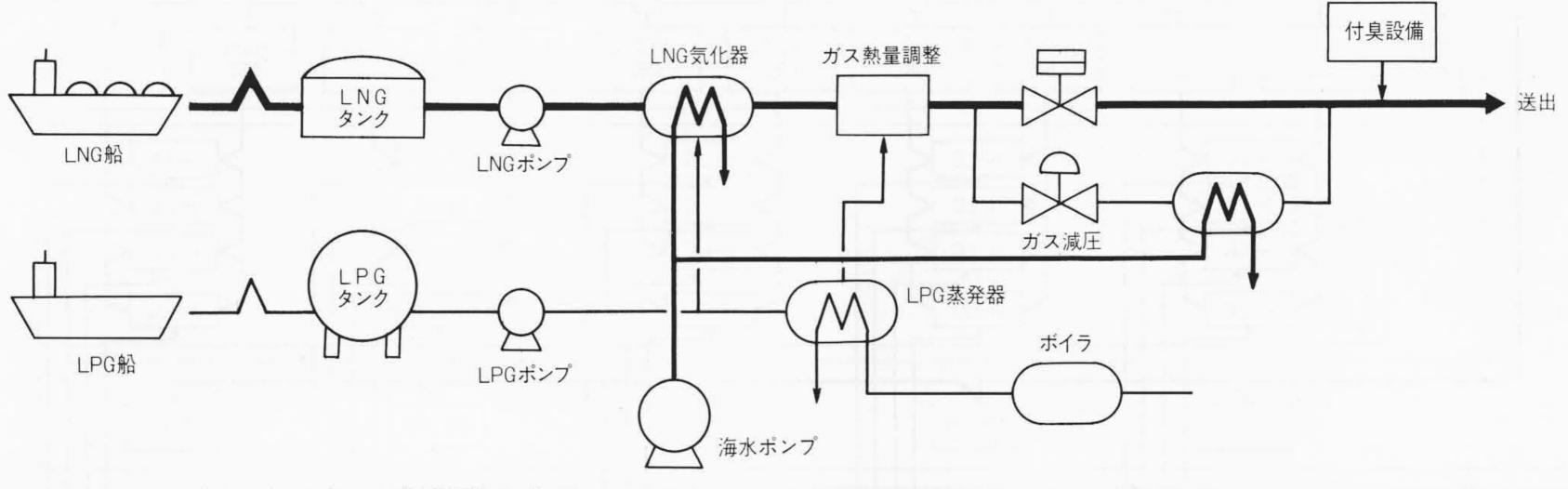
大阪ガス株式会社では、京阪神都市圏を中心とする都市ガスの広域安定供給を目的として、従来の泉北製造所に加えて、昭和56年から第2のLNG基地である姫路製造所の建設を進めてきたが、その運転管理システムとして大規模自律分散制御システムを導入した。本システムのねらいは、都市ガスを安定して製造、送出するため、プラントの運転とシステム構成の両面から徹底して自律分散化を図ることにより信頼性と効率化を追求した点にあり、システムの二重化はもちろん、機能別、階層別分散システム構成を採用している。

本稿では、大阪ガス株式会社姫路製造所の特徴と運転管理 システムの導入の背景、システムの特長についてその概要を 紹介する。

2 大阪ガス株式会社姫路製造所のLNGプラントの特徴

大阪ガス株式会社姫路製造所のガス製造プロセスの概要を 図1に示す。LNGは、生産地で採取した天然ガスを-160°Cと いう超低温に冷却、液化し、LNG専用船により製造所に輸送される。製造所は液化されたLNGを受け入れ、タンクに貯蔵し、気化、熱量調整、付臭の各工程を経て顧客に送出する。LNGプラントは、一般の化学工業プラントに比べてプロセス的に単純で自動化も比較的容易であるが、LNGプラントの主な特徴として、(1)極低温のLNGを取り扱うこと、(2)大量のLNGを受け入れて安全に貯蔵すること、(3)都市ガスの主力設備であり、安定操業が特に要望されること、が挙げられる。そのため設備、運用の両面から十分に考慮された運転管理システムが必要とされる。

また大阪ガス株式会社姫路製造所では泉北製造所の経験を踏まえて、LPGを液状態で直接LNGの気化ガスに混入する液熱調方式の採用、海水流量の広範囲な調整ができる可動翼形の海水ポンプの採用などがなされており、省エネルギー面での効果をねらっている。本システムの対象設備としては、図1に示した設備以外に、電力、水、蒸気などのユーティリティ設備も含まれている。なお、大阪ガス株式会社姫路製造所は最終的にはLNGタンク11基、年間のLNG取扱い量200万tの規模を予定しており、京阪神都市圏を中心とする都市ガスの広域安定供給体制に大きな役割を果たすことになる。



注:略語説明 LNG(液化天然ガス), LPG(液化石油ガス)

図 I ガス製造概略フロー図 大阪ガス株式会社姫路製造所でのLNGプラントガス製造工程の概要を示す。

3 システム導入の背景

従来、LNGを取り扱う都市ガス製造プラントでは、運転の自動化あるいは工場管理の効率化のための計算機システムの導入が活発に行なわれており、数多くのシステムが実運用に供され効果を挙げてきた。しかし、従来システムの多くが、計算機システムと計器パネルの併用によるマンマシン性の不統一の問題、プラントの増設、拡張に対して一部システムを停止しなければならない点、あるいは工場内の複数システムの間の有機的な結合が不十分、といった点で必ずしも満足できる状態でない面があった。また最近の傾向として、システム全体の信頼性、柔軟性、拡張性及び保守性向上を目的とした自律分散制御システムの導入される例が増えてきている。

大阪ガス株式会社姫路製造所の運転管理システムでは、このような背景から、より安定した運転管理システムの構築を目的として、以下に示す方針に従いシステムの設計、製作を進めた。

(1) 自律分散制御システム構成の採用

システムの信頼性を向上させ、増設に伴う機能の拡張と保 守作業を円滑に行なうために徹底した分散構成とする。

(2) マンマシンインタフェースとして全面的なCRTオペレーション方式の採用

中央制御室から従来のアナログ計器パネルをなくし、CRT (Cathode Ray Tube)オペレーションに統一することにより、操作性の向上と省力化及び制御室スペースの有効利用を図る。

(3) 光ネットワークシステムの採用

分散された計算機システム間を光ネットワークで結ぶこと

により、情報の高速伝送、システムの拡張性、配線工事費の 削減、耐ノイズ性の向上などの効果を期待する。

4 システムの特長

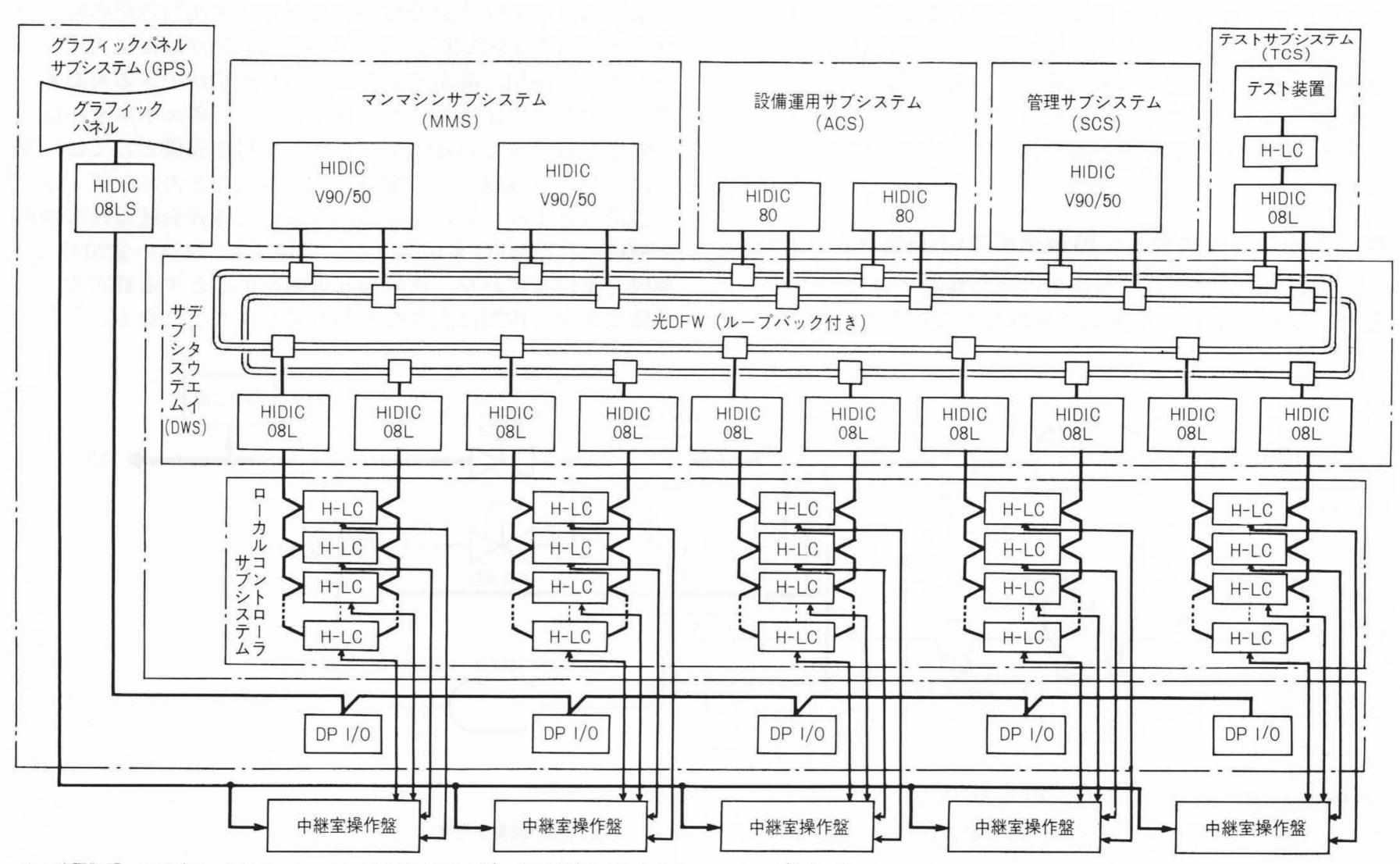
4.1 大規模自律分散制御システム

4.1.1 システム構成と規模

本システムのハードウェア構成を図2に示す。システムは機能別に、大きく上位機能と下位機能に分かれる。上位機能は更に機能ごとにサブシステムに分けられ、この中でシステムの中核となるマンマシンサブシステム(MMS)は32ビット制御用コンピュータHIDIC-V90/50(主メモリ:7 Mバイト、補助記憶75.2Mバイト)を使用した。また、上位機能のうちで特に重要なサブシステムは二重化構成とし、障害発生時は自動的に待機系と運転系が切り換わるデュープレックスシステムとした。下位機能であるローカルコントローラサブシステム(LCS)は、設備ごとに制御用マイクロコントローラHIDIC-LC(主メモリ:16k語又は32k語)を使用し、分散構成とした。データウエイサブシステム(DWS)は、日立データフリーウエイシステム(DFW)を使用し光ファイバケーブルによる伝送路と現場計器室に設置したノード及びノードコントローラから構成されている。

DWSは各サブシステムを結ぶ重要な装置であり、伝送路及びノードとノードコントローラの二重化を図るとともに、ループバック制御を採用し伝送路の一部に障害が発生してもデータ伝送が可能な構成となっている。なお、本システムの規模は以下に述べるとおりである(昭和60年9月現在)。

- (1) H-LC台数: 70 台
- (2) 入出力点数:アナログ信号3,000点,ディジタル信号2万点



注:略語説明 DFW(データフリーウエイ), H-LC(HIDIC-LC), DP I/O(Distributed Process Input/Output)

図 2 姫路製造所運転管理システムハードウェア構成図 機能ごとにサブシステムに分け主要機能は二重化構成をとった。また設備とH-LCは | 対 | に対応した分散構成をとった。各サブシステムを結ぶDFW(データフリーウェイ)は光とし二重ループ構成とした。

表 | サブシステム機能分担 本表は、各サブシステムごとの主な機能について説明したものである。

サブシステム名称	主な機能					
MMS (マンマシンサブシス) テム	 操作指令LCS伝送機能 プラントの状態表示機能 電力・空調・CVCF設備の監視機能 ロギング機能 各サブシステム統括管理機能 					
SCS(管理サブシステム)	製造日報・月報作成管理データ表示機能取引データ・設備運転時間ほかの管理機能					
ACS (設備運用サブシス) テム	プラントの最適台数制御プラントの停・復電時処理プラントの連携運用処理					
TCS (テストサブシステ)	■ LCS単体試験機能● 各サブシステム待機系による総合試験機能					
DWS (データウエイサブ) システム	● 各サブシステム間データ伝送機能● 各サブシステムへのダウンロード機能					
GPS (グラフィックパネ) ルサブシステム	●プラントの稼動状況表示●プラント手動トリップ機能●主要プロセス値・アラーム状態表示機能					
LCS (ローカルコントロ) ーラサブシステム)	プラント単体の制御(DDC,シーケンス)機能運転状態監視機能異常時緊急処理機能					

注:略語説明 CVCF(Constant Voltage Constant Frequency)
DDC(Direct Digital Control)

(3) CRT画面数: 400画面

(4) CRT台数: 10台

(5) 帳票種類:50種

4.1.2 サブシステムの役割

本システムの機能は、表1に示すようにサブシステムに分散されている。各サブシステムは、プラント全体の集中監視・操作を行なうマンマシンサブシステム(MMS)、プラント設備の効率的運用を行なう設備運用サブシステム(ACS)、プラントの操業管理を行なう管理サブシステム(SCS)、将来の増設・拡張特にシステム機能のチェックを行なうためのテストサブシステム(TCS)、及び個々の設備に対応して制御機能を分担するローカルコントローラサブシステム(LCS)があり、これらのサブシステムをデータウエイで結んだデータウエイサブシステム(DWS)と、グラフィックパネルによりプラント監視を行なうグラフィックパネルサブシステム(GPS)で構成される。

4.2 高信頼度化システム

本システムの運用方式は,方式の多様化とバックアップの 充実を期すためプロセス監視制御の運用,計算機システムの 運用及びバックアップシステムの運用と3段階にわたる運用 方式を適用した。以下に各運用方式の特長を示す。

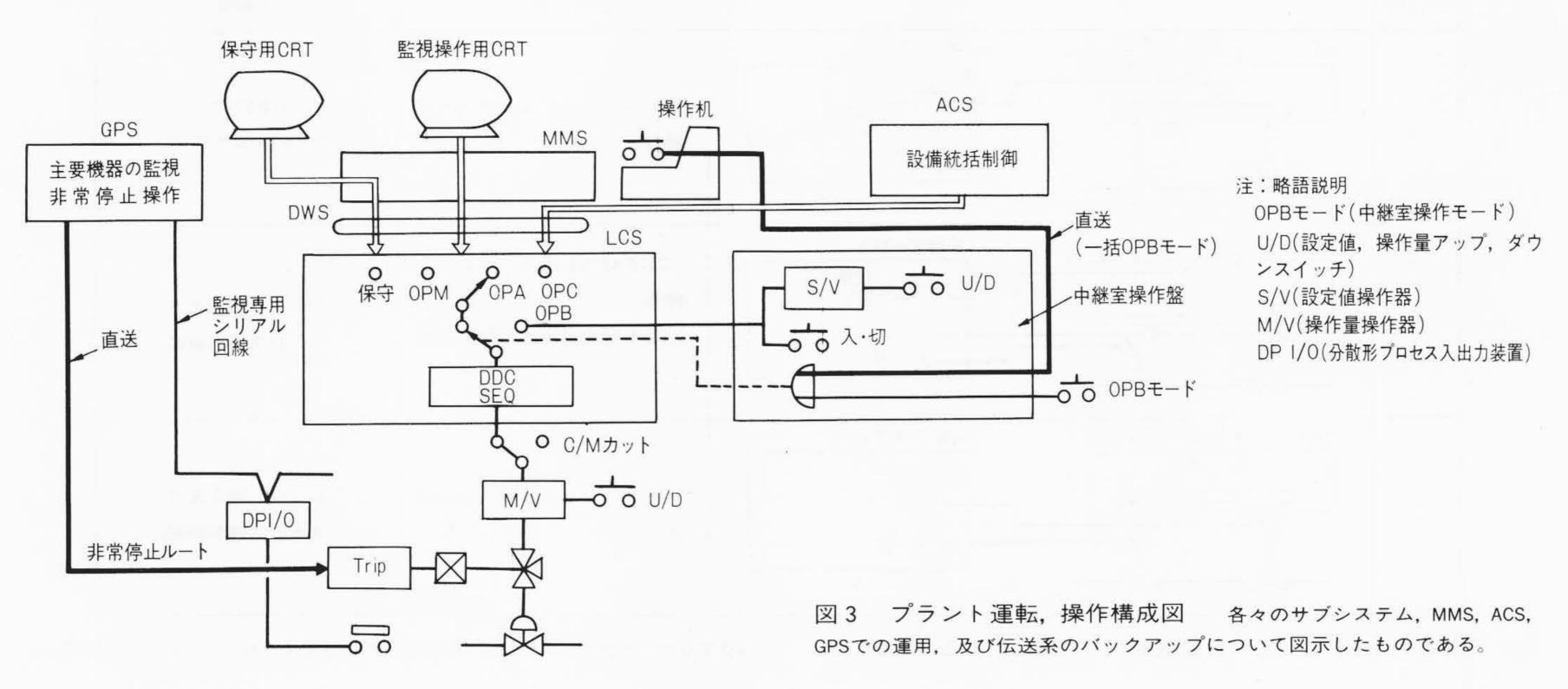
4.2.1 プロセス監視・制御の運用

図3にプラント運転,操作構成図を示す。個々のプラントの制御はLCSが分担しているが,操作形態は信頼性,運転性を向上させるために,表2に示すように分類した。一方,プ

表 2 各操作モードでの運転形態及びその目的 各々の操作モード、操作場所の相違による運転形態及びその目的を示す。

項目	中継室操作		中央操作			
	C/M カット	中継室操作モード	保守モード	OPMモード	OPA-T-F	OPCモード
プラント運転形態	● 中継室でのプラント 機器単独運転	中継室操作盤でのオペレータバックアップ運転上位伝送系ダウン時の運転	プラントの休止状態 での試運転,及びプ ラント保守	プラント単位に機器 個別操作ループ系の立上げは オペレータの判断	●プラント単位の自動 運転●ループ系の立上げは 自動	■ LNG 送出系プロセス の連携をとった全自 動運転
主な目的	計装システムと LCS の強制分離	●上位システムダウン時のバックアップ●LCS立上げ時のデバッグ用	● LCSの出力チェック● 機器単体の動作チェック	制御ループのチューニング	●省力化自動運転●プラント単位での起動・停止	● 省力化,最適化● 停電からの全自動立上げ

注:略語説明 C/Mカット(LCS切離しモード),保守モード(プラント保守モード),OPMモード(手動運転モード),OPAモード(半自動運転モード),OPCモード(全自動運転モード)



ラントの集中監視・操作のためのマンマシンインタフェースは監視操作用CRT、保守用CRTをもつMMSが分担し、設備統括運用はACSが受け持っている。また、2重化されたMMS、DWSが万一故障した場合でも、中継室操作盤で十分バックアップ操作ができるように配慮されている。また監視ルートは、伝送路としてDFW、及びGPS専用シリアル回線を設け、ハードウェア的に分離し、信頼性を向上させている。また非常停止用としては、これらとは別のケーブルによる直接操作可能な方式としている。

4.2.2 計算機システムの運用

構成制御を含めた計算機システム全体の運用は、各サブシステムに分散し、各々独立した管理を行なった。各サブシステムには、(1)計算機システムの起動・停止、異常処理、計算機構成制御を担うCPU(中央処理装置)管理、(2)DFW回線の情報伝送、回線構成制御を担うDFW管理、(3)分散したLCSからの情報集収、個々のLCS構成制御を担うH-LC管理、に分け、きめ細かな管理を行ない、各管理間、サブシステム間で協調を取りながら計算機システム全体の運用を行なう総合的な構成制御を実施した。

本システムの特徴である「高信頼性の確立」については、ガス製造プラント全体の運用を十分考慮し、障害発生時の構成制御のほか、二重故障についても検討を加え種々の施策を実施した。図4はこの施策の一例である。

MMSが片系停止し、片系運転中にDFWのMMS側MST (マスタステーション)の障害を発見した場合、MMSの切替えは待機系がないためできない。このとき使用ループであるAループ下に運転系として接続されている伝送ノードすべてを一括に切り替え、Bループ下の伝送ノードを運転系として使用し、コントローラもBループ伝送ノードに切り替えることを示す。

4.2.3 バックアップシステムの運用

運転・操作・監視を行なう場所は通常中央制御室であるが、これが不可能になるような万一の場合に備え、現場計器室(中継室)に設備と1対1に設置されたLCSなどを用いて運転が継続できるようにバックアップ運転用の中継室操作盤を設けた。

この中継室操作盤には, 運転員の指令で運転を継続するた

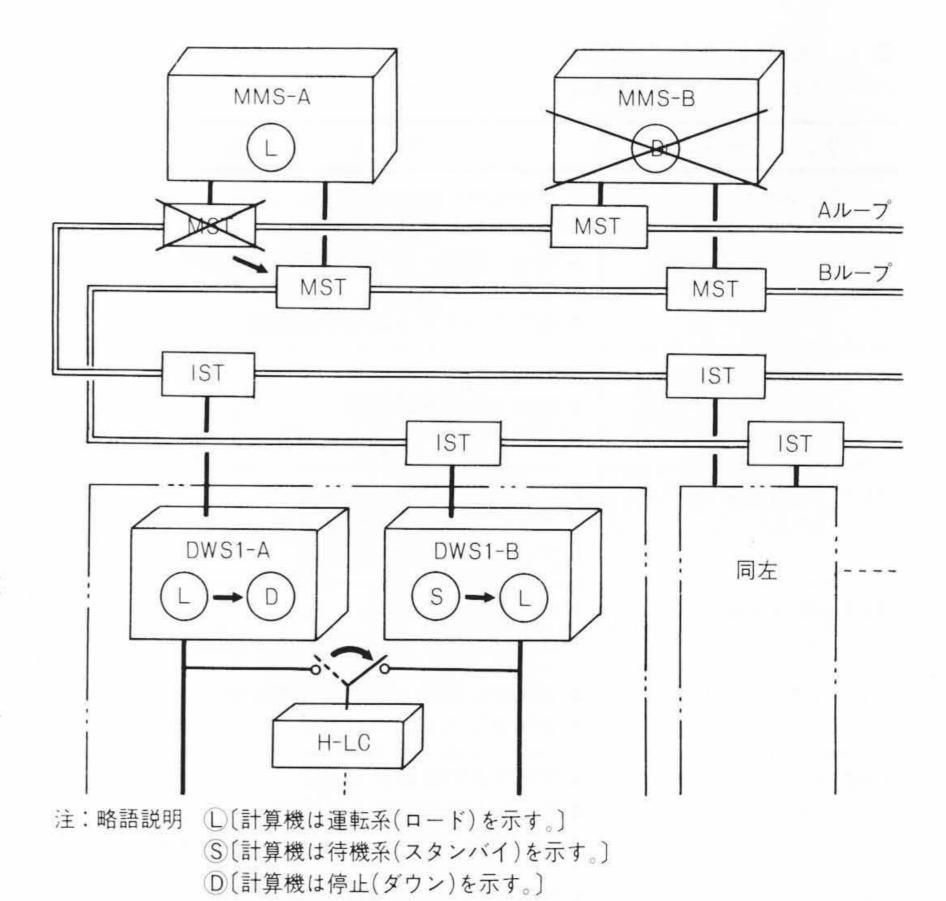


図 4 二重故障時の構成制御実施例 MMSが片系運転中にMMSの MST(マスタステーション)に障害が検出された場合、H-LCを含めたAループ下の運転系をすべてBループ下へ切り替えることにより業務の継続を図る。

めに必要なアナログ及びディジタルの情報が表示され、操作スイッチなども合理的に集約されている。また、LCSの異常出力や運転員の誤操作などに対しての最終インタロックもここに組み込まれている。

図5はバックアップのタイプと運転モードの違いによる信号の流れを表わしており, A, B, Cの3種類に分類している。

このバックアップ装置は、その重要性から高信頼度構成と しており、特にディジタル機器は信頼性の高い部品構成と実 績のある半導体論理回路によった。

4.3 マンマシンインタフェース

本システムのマンマシンインタフェースは,操作性の向上

設備の タイプ	バックアップ時の操作		バックアップ操作時の LCSの使い方	LCSダウン時のプロセス のホールド機能	
А	LCS 上位システム P	中継室操作盤 ・設備 ・起動・停止	LCSを経由してのオペレータ 操作	ホールド機能なし。 プロセスはトリップ	
В	LCS 上位システム P	中継室操作盤	LCSを経由してのオペレータ 操作 LCSを経由せず直接駆動部操 作も可	ホールド機能あり。 プロセス運転継続	
С	LCS 上位システム	中継室操作盤 - U/D - 入・切	LCSを経由せず直接駆動部操 作	ホールド機能あり。 プロセス運転継続	

図 5 バックアップのタイプと運転モードの違いによる信号の流れ バックアップタイプごとに,LCSと中継室操作盤の信号の流れ,及び操作方法を示した。

を特に考慮した設計としている。主な特長は次に述べるとおりである。

- (1) 機器の起動・停止,弁の開閉などの操作は,プロセスフロー図に合わせたCRT画面上の操作対象をライトペンで選択する方式とし,誤操作の防止と選択の容易さを図った。
- (2) ソフトファンクションキー**を中心としたツリー構造の操作と、漢字によるファンクション名ガイドの表示を全面的に採用して、操作の簡素化を図った。
- (3) CRT表示エリアの目的別の分割と、中断した操作をワンタッチで再開できる機能により、数百種類に及ぶ操作を効率よくできるようにした。
- (4) 操作の誤りがあった場合は、その理由を詳細にCRTに表示し、誤操作後の再操作を容易にした。
- (5) 一連の操作はクリアキーを押すごとに操作ツリーの枝を 一段ずつ戻れる方式にし、きめ細かな操作を可能にした。
 - 図6にCRTとグラフィックパネルの設置された中央制御

室を**,図7**にCRTの表示例を**,図8**に中断した操作のワンタッチ再開の例をそれぞれ示す。

4.4 プロセス制御方式

本システムのように大規模自律分散制御を行なう場合、上位計算機とローカルコントローラ間の負荷をどのように分散するかがシステムの応答性、操作性を決定するかぎとなる。今回設備ごとに分散配置されたLCSでは、プラントの状態を図9に示すように7種類の状態で管理し、上位からの指令により、設備を全自動的に立ち上げる方式を標準的に採用したため、上位の負荷低減・操作性向上が図かれた。なお、設備の立ち上げ時には、図10に示すように、制御ループを開度ループから流量ループ、圧力ループと順次カスケード結合させる方式を採用したため、他系プラントに与える影響が最小となりスムーズに立ち上げることが可能となった。また流量ループには、ロードリミッタループを設けることにより、過大流量防止を図っている。



図 6 中央制御室の全景 カラーCRTを設置した操作机により、製造所全体の運転・監視を中央制御室から行なう。

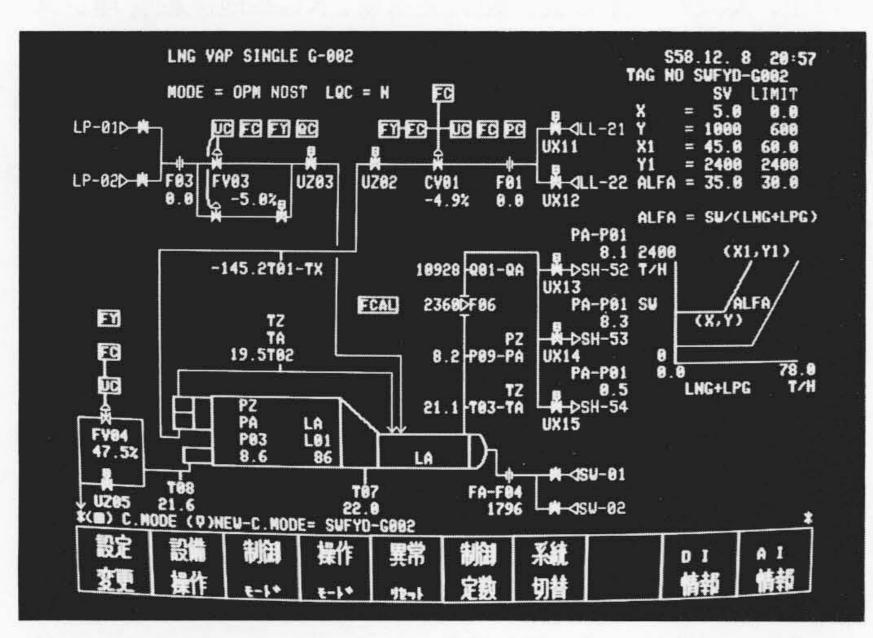


図7 MMSの操作用画面 表示エリアをプロセスフローエリア, データ 詳細エリア, データ設定エリア, ファンクション名ガイドエリアに分割し, ファ ンクション名ガイドは10個のファンクションに対応し漢字で表示している。

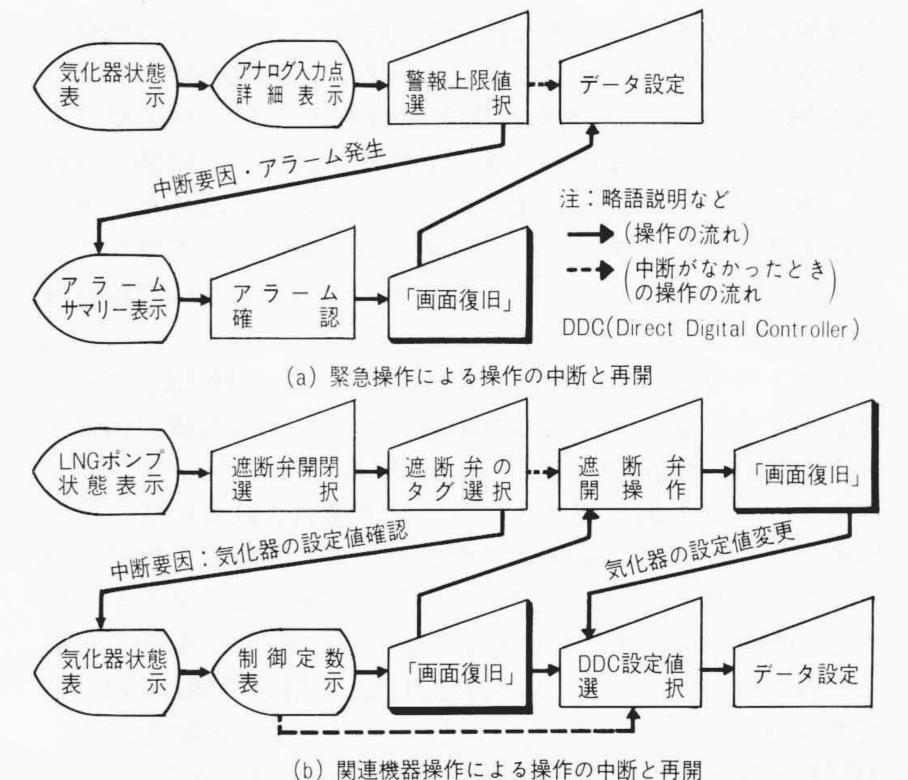
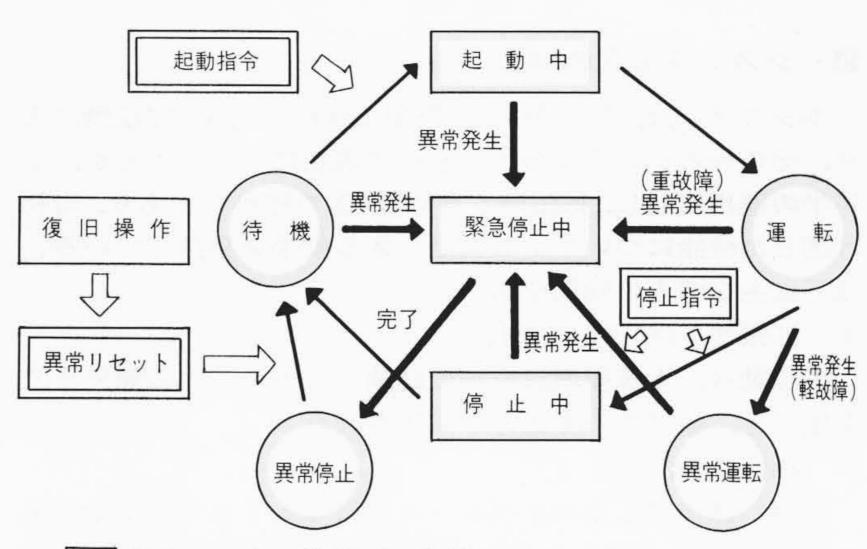


図 8 中断した操作のワンタッチ再開 各種要因で操作を中断しても、「画面復旧」キーを押すことにより、いつでも操作が再開できる。



注: (上位,ローカル操作盤からの指令) (定常状態), (過渡状態)

図 9 プラント設備状態遷移 主要な設備に本方式を採用したため、上位のマンマシンシステム又は設備運用システムのソフトウェアの標準化が可能となった。

^{※)}ソフトファンクションキー:キーボードの役割を固定せず、操作 ごとに意味付けを与えるキーで、どういう役割をもつかはCRTに ガイド表示することにより認識させるものである。

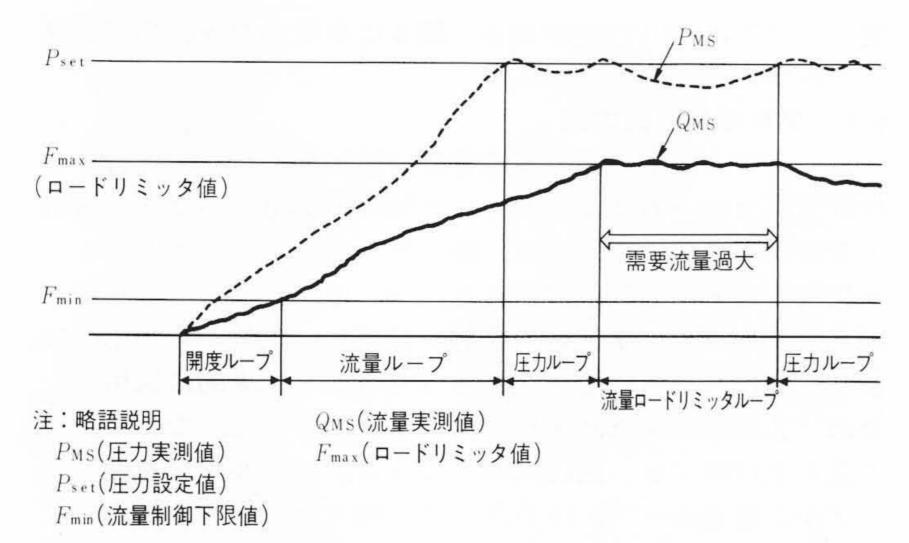


図10 ループ制御系立上げの例 UCモード→FCモード→PCモード立 上げとロードリミッタの効果について図示したものである。

4.5 拡張性,保守性

ガス製造プラントは顧客の増大に伴い、プラント増設工事が頻繁に行なわれる。また、定期的なハードウェアの点検、ソフトウェアの改造も行なわれている。この場合に、システムを無停止で増設工事及び保守が行なえることが必要であり、この要求に十分対応できる柔軟性がシステムに要求される。本システムでは2重化されたサブシステムは片系で独立に機能することとテストサブシステムを設けて、工事後のチェックが十分行なえるようにすることにより、この問題を解決している。

テストサブシステムは、コントローラであるH-LC、プロセスシミュレーションを組むためのプラント模擬装置、伝送ノード、IBP(会話形プログラミング装置)及びエンジニアリングドキュメント出力用タイプライタで構成されている。増設時を例にとれば、二重系システムの一方の運転系を継続したまま完全に独立させ、他方の待機系を利用したテスト系を構成し、運転業務に外乱を与えることなく、MMS、ACSを含めた総合試験ができるようにした。H-LCの増設手順は、TCS内での単独プログラミング、シミュレーション試験を経て、MMSとTCS内のH-LCとの間でリンケージ試験を行ない、確認後MMSから実使用するH-LCへプログラムローディングし、実プラントでの試験を行なうことにより完了する。なお、保守時にも必要に応じ増設時の手順を応用することにより対応できる。図11に増設、保守時のシステム運用方法を示す。

5 システム導入の効果

本システムは,第1期として昭和59年3月から実稼動に入り,その後のシステムの拡張を経て現在に至っているが,1 年半の運用に対し,拡張時も含め100%の稼動率であり,当初計画した機能について十分満足できる効果を発揮している。 以下に主な導入の効果を示す。

(1) 拡張性,保守性の向上

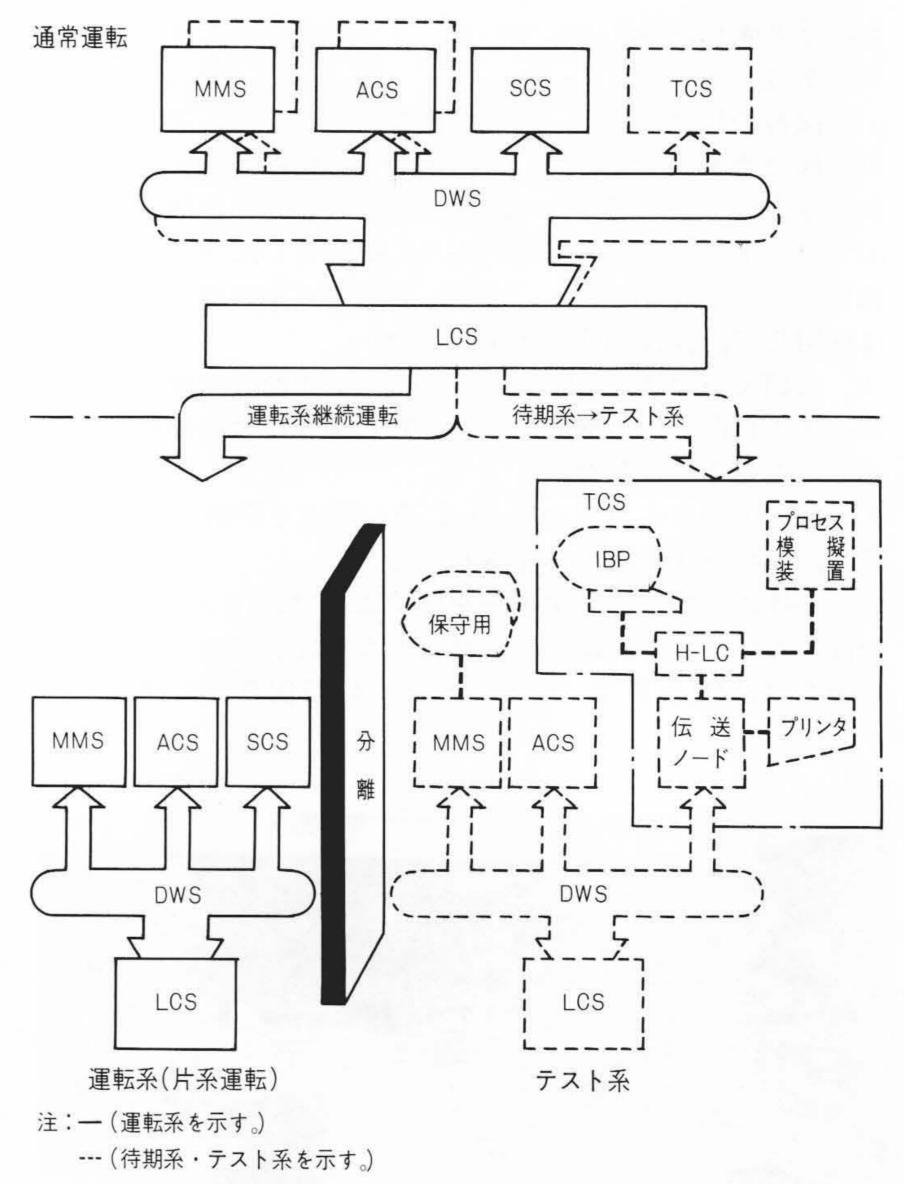
実稼動後,大規模増設を一度経験したがシステム無停止で 実施でき,設計時の考え方が実証された。

(2) 操作性の向上

監視,操作は2人のオペレータで行なっており,十分な省力化の効果を上げるとともにCRTオペレーション及びプラントの自動化により従来に比べ操作回数が半減し,操作の確実性と合わせて運転員の負担を軽減している。

(3) 省エネルギー効果

設備の効率的な運用,きめ細かな制御方式の採用により,従



図II 保守・改造時のシステム運用形態 運転を継続しながら、待期系を分離してテスト系とし、TCSを利用した総合的な試験ができることを示す。

来の同等設備と比べて大幅にランニングコストを低減できた。

6 結 言

以上,大阪ガス株式会社姫路製造所LNG基地運転管理システムについて導入の背景,システムの特長を中心に述べた。

本システムは,ガスの安定供給という公共性を重視し,無 停止システムの構築という観点から信頼性を徹底的に追求 し,機能分散システムとして実現したもので,約1年半の運 転実績から当初の設計目標を十分達成している。

今後本システム例のように、計測制御分野への大規模自律 分散システムの適用は、ネットワーク技術、分散処理技術の 進歩とあいまって、ますます増えてゆくものと確信する。

終わりに、本システムの開発に当たり終始御援助、御助言をいただいた関係各位に対し、感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 織田:姫路製造所の運転管理システムについて,日本ガス協会誌,都市ガスシンポジウム技術論文特集(昭59-5)
- 2) 岸川,外:LNG基地安全操業への設備管理システム,計装, '83-8
- 3) 岡本:LNG冷熱発電における計装制御,計装,'83-8
- 4) 福井,外:都市ガスの送出圧力制御におけるスミス法の適 用,計装,'83-8
- 5) 大阪ガス株式会社納めLNG基地運転管理システムの完成, '84-Vol.66