

LNG受け入れ基地向け新制御システムの開発

Newly Developed Control System for Gas Plant

電気、計装、計算機を統合した新しい制御システムが完成し、東京ガス株式会社根岸工場で稼動に入った。このシステムは、都市ガスの安定供給に重要な役割を果たすシステムであるため、安定稼動・高信頼化には特に配慮したシステムとしている。光スターカップラを活用した10 Mビット/s LAN、デジタルバックアップシステムなど、数々の新技術を折り込んだものとなっている。また、計装制御と管理用計算機を有機的に統合することにより、システムの効率的運用を実現しながら運転員の負担軽減をも図っている。さらに、将来の増設に備えて拡張性に優れたシステムとしている。

伊 東 厚 徳* Atsunori Itô
 室野井博好* Hiroyoshi Muronoi
 富 山 尚* Hisashi Tomiyama
 川 口 幸 一** Kōichi Kawaguchi
 田 丸 健 一** Ken'ichi Tamaru
 大 関 敏 之*** Toshiyuki Ōzeki

1 緒 言

近年、市場競争の激化、国際化、運転員の高齢化などが背景となって、プラント制御システムの高機能化、高効率化の要望が高まっている。LNG(Liquefied Natural Gas)受け入れ基地でも、日常生活に欠くことのできない都市ガスの安定供給のため、需要変動への対応、高信頼化などが求められている¹⁾。

特に、プラントのトラブルや停止は、ガスの供給不良につながる可能性があるため、絶対に避けなければならない。ガス供給の安定化のためには、工場そのものの冗長化、プラン

トの冗長化、プラントの2系統分離化などが施されている。さらに、システムに対しても、冗長化による信頼性向上と同時に、バックアップ時のオペレータの負担低減などが求められている。

東京ガス株式会社根岸工場(以下、根岸工場と言う。)でも、増大するガスの需要に対応しながら、基地全体の信頼性向上を実現するため増強計画が実行に移された。根岸工場は、東京ガス株式会社袖ヶ浦工場と並ぶ都市ガスの供給基地として重要な役割を果たす工場である。この根岸工場のプロセスフ

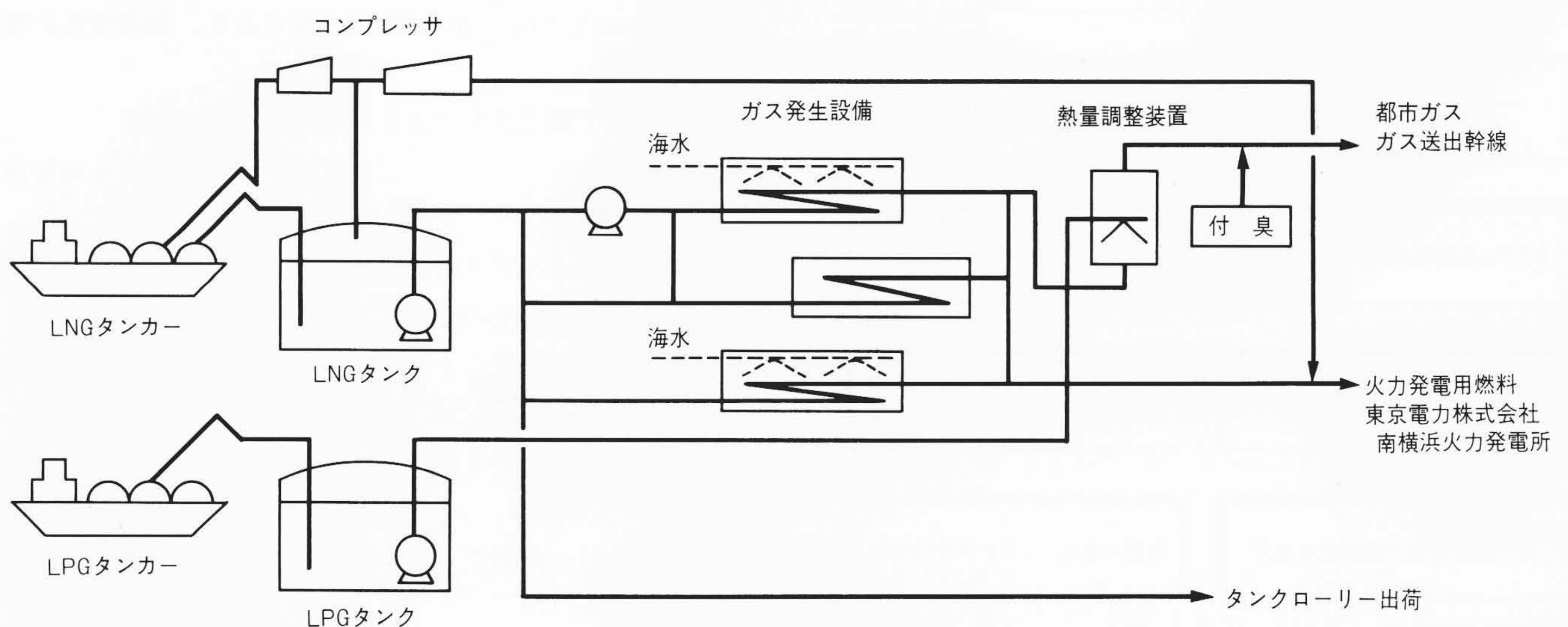


図1 東京ガス株式会社根岸工場プロセスフロー LNGは、ガス発生装置で海水との熱交換によって気化され、熱調整装置でLPGと配合することで熱量が調整され都市ガスとなる。火力発電用燃料、タンクローリー出荷されるガスもある。

* 東京ガス株式会社 生産技術部 ** 日立製作所 大みか工場 *** 日立製作所 機電事業本部

ローを図1に示す。LNGタンカーで輸送されたLNGはタンクに貯蔵される。ポンプで昇圧され、気化器によって気化し、発電用燃料として火力発電所に送出されると同時に、熱量調整設備でLPG(Liquefied Propane Gas)で熱量調整され、付臭剤を添加し都市ガスとして幹線に送出される²⁾。

2 増強計画でのシステムの開発課題と具体策

この増強計画に対し、東京ガス株式会社ではプラント制御システムに求める基本機能として以下の開発課題と具体策を設定した(図2)。

- (1) 都市ガスの安定供給のため、基地を2系統化する。これに対応し、今回新設するプラント用の制御システムは既存の設備とは完全に独立して機能できるようにする。具体的には、
 - (a) コントロールセンター(既存)とそのバックアップであるサブセンターの2か所でプラントの制御・監視を可能とする。
 - (b) 現場計器室へシステムを分散配置し、危険分散を図る。
 - (c) 既存のシステムとは電源も含めて完全分離した構成とする。
- (2) 新設するシステムは今回増設するプラントだけでなく、将来既設プラントをその制御対象に順次追加し、最終的にシステムを一元化し根岸工場全体を統括した制御を行う。このためのシステムの拡張、移行が円滑に行えるシステムとする。

No.	基本機能	具体策
1	基地の2系統化	既設設備との完全分離
2	工場全体の統括制御	システムの拡張性確保
3	システム信頼性向上と無停止増設	デジタルバックアップ
4	オペレータの負担低減	高度マンマシン機能
5	ガス需要変動への柔軟な対応	高度自動化とソフト保守性確保
6	効率的なプランと制御, 管理	制御システムと工場管理用計算機の有機的結合

図2 システム開発項目の設定と具体策 システムの開発に際しては、都市ガスの安定供給のため高信頼化・拡張性を重点課題とし、運転員の負担低減、制御・計算機の統合を図った。

- (3) システムの信頼性向上のためメインDDC(Direct Digital Control)システム停止時にも、独立して機能できるバックアップシステムを設置する。このバックアップシステムはメインシステムと同様の分散型システムを使用したデジタルバックアップとする。これによって、
 - (a) バックアップ時の機能向上と操作・表示方法の同一化を図り、オペレータの違和感をなくし負担を軽減する。
 - (b) 拡張やシステム移設などに際しては、プラントを停止することなく、かつ円滑な改造・増設を可能とする。
- (4) オペレータの負担低減と安全操業のため、高度なマンマシン機能を持つ。
- (5) ガスの大幅な需要変動に対応するためのプラントの稼働変動、起動・停止などの標準作業、予想される異常処理をすべて自動化する。また、自動化にあたっては、作成、改造が容易なソフトウェア構成とする。
- (6) 制御システムと工場管理用計算機を有機的に結合し、より効率的なプラント制御・管理を可能にする。

3 EIC統合システム“HIDIC-AZ”³⁾

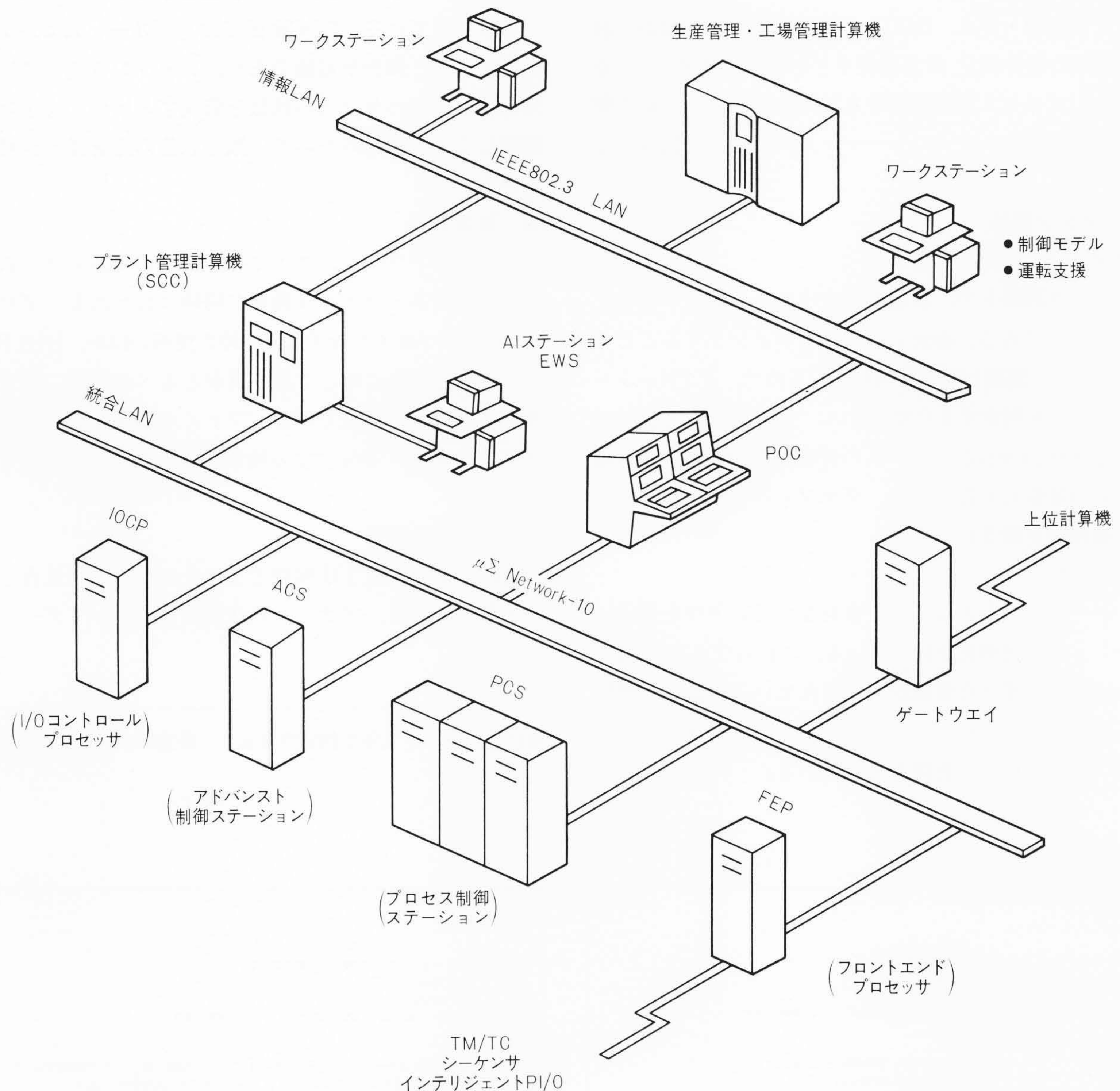
今回の増強計画に対しては高信頼システムを実現する最新鋭の機種であり、計装制御と計算機制御・管理の統合を可能としたEIC統合システムHIDIC-AZを採用した。ここでは、HIDIC-AZの概要を紹介する。HIDIC-AZは、制御用統合LANを核に、E(電気)、I(計装)、C(計算機)を統合した製品である。以下、HIDIC-AZの特長について述べる。EIC統合システム構成概念図を図3に示す。

3.1 システム構成

- (1) 制御用統合LAN
 - $\mu\Sigma$ Network-10は制御用統合LANであり、次の特長を持っている。
 - (a) パッシブ素子採用による伝送路の信頼性確保
 - (b) 通信制御マスタレス、二重化共通部排除による対等分散化の実現
 - (c) 光スターカップラによる機器の分散配置、エクステンダによるセグメントの延長が可能
 - (d) メモリ転写機能によるプラント情報の高速転送の実現
- (2) PCS(Process Control Station)

プラントの制御を行うステーションで、DDC(フィードバック制御、ループ制御)、シーケンス制御などを行う。高速のE(電気制御)には、専用プロセッサを付加できるマルチプロセッサとしている。
- (3) POC(Process Operator Console)

マンマシン用ステーションで、1台のステーションに最大4台の高精細20インチCRTを接続できる。POCはシステムに最大12台接続できる。各POCの機能は同一にし、故障時のバックアップが容易な構成となっている。



注：略語説明 SCC (Supervisory Computer Control), POC (Process Operator Console), EWS (Engineering Workstation), TM/TC (Telemeter/Telecontrol)

図3 EIC統合システム構成概念図 EIC統合LANとしてμΣ Network-10を採用し、情報LANとして汎用のIEEE802.3 LANを採用している。この構成により、EIC(電気・計装・計算機)を統合したシステムを実現している。

(4) IOCP(Input Output Control Processor)

システムで共通な入出力をサポートするステーションで、音声出力装置接続、他システムとの情報授受などに用いる。

(5) ACS(Advanced Control Station)

複数のPCSにまたがる統括制御を行う制御ステーションである。

(6) バックアップシステム

万一のシステム異常に備え、バンプレス切換を実現する専用の切換装置を用いて、デジタル バックアップ システムを構築することができる。

3.2 コントローラ機能

(1) フィードバック制御, ループ制御

指示計、調節計などの従来アナログ計器イメージをソフト化したもので、計器(タグ)を組み合わせてループ制御を行う。タグの機能は、入力処理機能、制御演算機能、出力機能および補助演算機能の組み合わせによって構成する。HIDIC-AZの大きな特長は、内部データの取り扱いを工学値ベースとし、内部演算、シーケンス、マンマシン機能などとのインタフェースを容易にしたことである。

(2) マクロシーケンス

C言語をベースに、シーケンス制御用機能(マクロコマンド)を付加したC(計算機)機能付きシーケンス制御機能である。弁、ポンプなどの起動・停止、DDCループの制御などのほか、汎(はん)用言語の条件判定、演算機能などを駆使してプラント立上げ・停止、プロセス異常に対する対策処理などの高級な制御が実現可能である。マクロシーケンスの記述例を図4に示す。

3.3 マンマシン機能

(1) グラフィックオペレーション

グラフィック画面上で、状態監視だけでなく設定・操作が可能としたものである。画面上をポインティングすることで各種ウィンドウに展開し操作が可能となるので、タグNo.,シーケンスNo.などを指定する必要がない。上位のSCC(Supervisory Computer Control)システムの管理情報を表示させ、確認しながらの運転も可能である。グラフィックオペレーションの画面展開例を図5に示す。

(2) ウィンドウ

タグ、シーケンスなどについて多彩なウィンドウを備え、オペレーションの効率化を図っている。これらウィンドウは、タグまたはそれに準じた情報が表示されている画面から展開可能である。さらに、いったん表示されたウィンドウから、詳細情報ウィンドウへの展開も可能である。

(3) 標準画面

標準画面として、DDC関連画面およびシーケンス関連画面が用意されている。DDC画面では、グループおよびタグ個別画面で監視・操作が可能であり、シーケンス画面では、工程表示画面でシーケンスの状態を監視するほか、ウィンドウに展開して待ち状態のモニタ、機器状態の確認操作を可能としている。

(4) 警報処理

プロセスアラーム、オペガイド、システムアラームについて表示・印字・ファイル保存が同時に行われる。プロセスアラーム、オペガイド表示は発生時の情報のほか、HELP機能により、発生警報に対して運転員がとるべき処置、留意事項を表示することが可能である。ファイルに保存された情報は、ワイルド文字*1)指定による検索結果の表示・印字が可能である。

(5) トレンド画面

高速トレンドは1秒周期で1日分のデータを保存し、イベントトレンドは、プラントの状態変化によってデータ収集開

※1) ワイルド文字が指定されると、任意の文字に置き換えて検索を行う。

```
1: mstep(2,0,"開始");
2: on(ST00F);
3: on(V0004);
4: msg(GUI,"LPGガス受入N2ガス開始します");
5:
6:
7: mstep(3,PGSTJHR,"PURG開始"); bypass(4);
8: cksts(DI01F,ON) opt(mont(4));
9: cksts(DI05F,ON) opt(mont(4));
10: cksts(DI07F,ON) opt(mont(4));
11: emgr(5,9);
12: setstag(N2PSTAG,WCNT);
13:
14: close(PV5108);
15: ddcoff(PL5101) opt(intlmv(-2.0));
16:
17: open(PV5103,PV5104,PV5107);
18:
19:
20: mstep(4,0,"終了監視"); bypass(5);
21: for(;;)
22: { if(cksts(PX5101,PH)) break;
23:   wait(N2PEND);
24: }
25: for(i=0;i<N2PKE1ZK;i++)
26:   wait(1);
27: setstag(0,0);
28:
29:
30: mstep(5,0,"停止"); bypass(6);
31: execs;
32: close(PV5104,PV5107);
33: open(PV5108);
34: exece;
35:
36: ddcoff(PL5101) opt(intlmv(102.0));
```

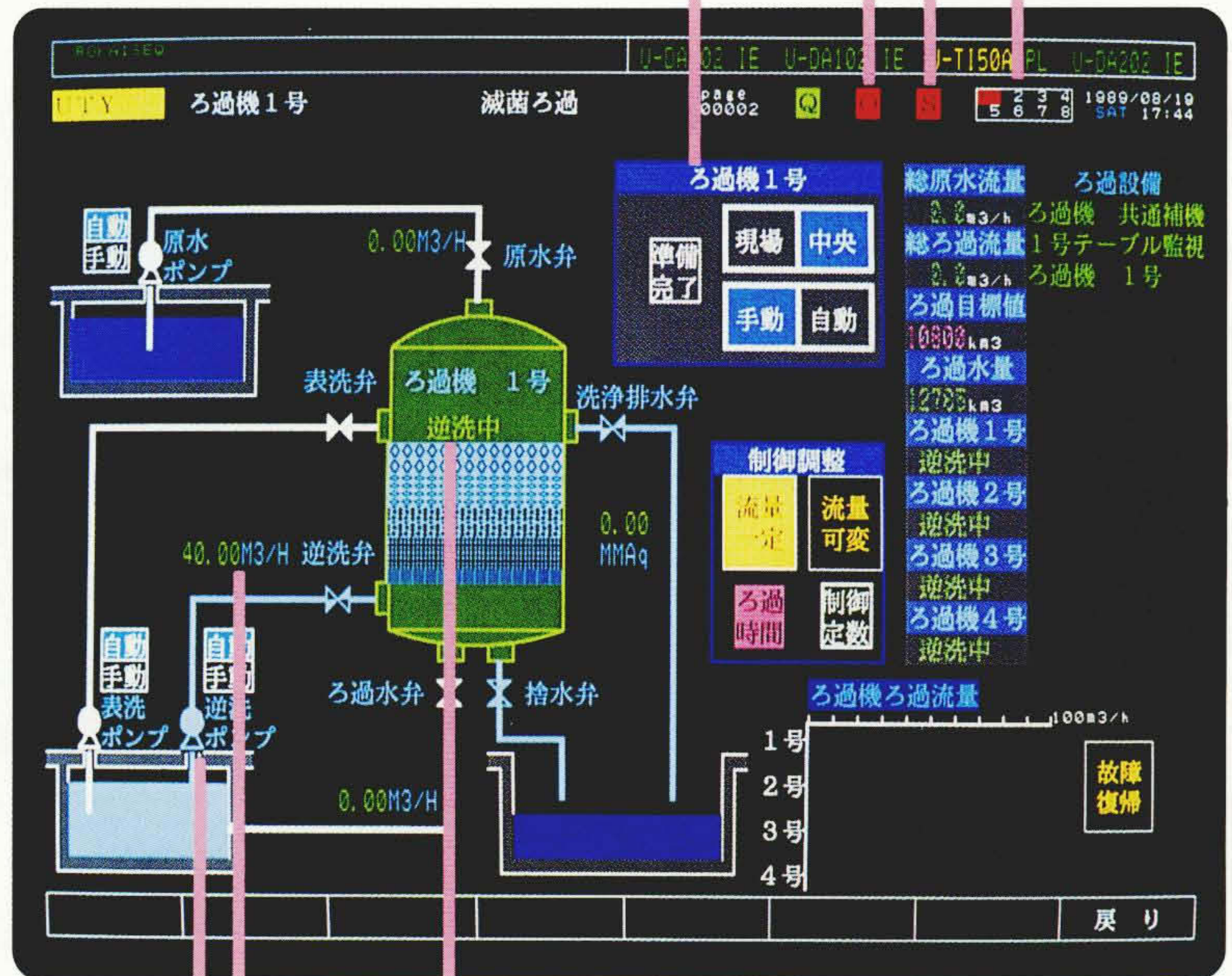
(a) マクロシーケンス記述例

```
1: 【2】メインステップ“開始” 渋滞時間(0 秒);
2: ON(ST00F);
3: ON(V0004);
4: メッセージ出力(GUI,"LPGガス受入N2ガス開始します");
5:
6:
7: 【3】メインステップ“PURG開始” 渋滞時間(ガススタート渋滞HR 秒); バイパス指定時はステップ(4)へ;
8: プロセス状態のチェック(DI01F ON)か オプション(モニター異常発行レベル(4));
9: プロセス状態のチェック(DI05F ON)か オプション(モニター異常発行レベル(4));
10: プロセス状態のチェック(DI07F ON)か オプション(モニター異常発行レベル(4));
11: レベル(5)の異常発生時はステップ(9)へ;
12: 工程渋滞チェック時間(N2ガス行程HR 秒)カウントモード(WCNT);
13:
14: CLOSE (リターンHCV);
15: DDCループ(受入ガス抜LC)をシーケンス設定モードへ オプション(出力値に(-2.0)をセット);
16:
17: OPEN (ガス抜ESV,ガス抜HCV,受入・RG連絡弁);
18:
19:
20: 【4】メインステップ“終了監視” 渋滞時間(0 秒); バイパス指定時はステップ(5)へ;
21: for(;;)
22: { if(プロセス状態のチェック(LPGガス濃度 PH)か) break;
23:   時間(N2ガス待ち時間 秒)待ち;
24: }
25: for(i=0;i<N2ガス継続;i++)
26:   時間(1 秒)待ち;
27: 工程渋滞チェック時間(0 秒)カウントモード(0);
28:
29:
30: 【5】メインステップ“停止” 渋滞時間(0 秒); バイパス指定時はステップ(6)へ;
31: 複合開始;
32: CLOSE (ガス抜HCV,受入・RG連絡弁);
33: OPEN (リターンHCV);
34: 完了チェック;
35:
36: DDCループ(受入ガス抜LC)をシーケンス設定モードへ オプション(出力値に(102.0)をセット);
```

(b) 保守ドキュメント出力例

図4 マクロシーケンス記述例 シーケンス制御手順は、専用に用意されたマクロコマンドとC言語を用いて記述する。制御の実行と条件判断・演算処理の両者を同時に実現している。また、日本語による保守ドキュメントは、手続き形記述の保守性を大幅に向上させている。

プロセスアラームサマリーウィンドウ表示



工程表示ウィンドウ表示

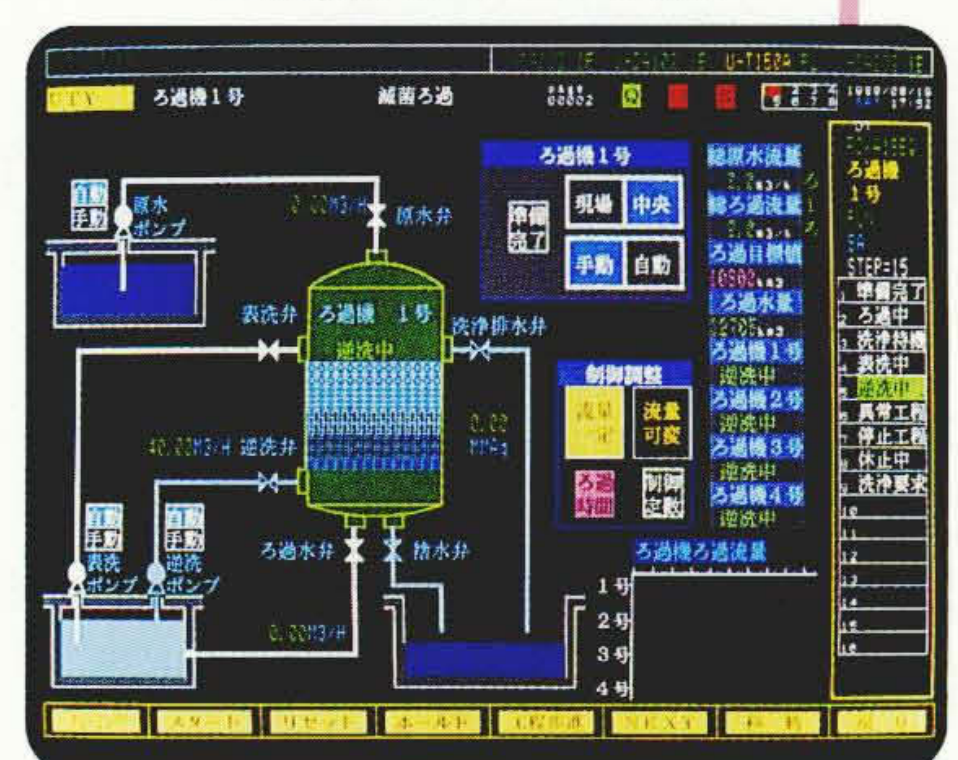


図5 グラフィックオペレーションの画面展開例 グラフィックオペレーションでは、プロセス監視画面であるグラフィック画面からすべての監視・操作を可能としている。ポインティングによるウィンドウ展開は、運転員に負担を増加させることなく、容易な操業を可能としている。

始・停止をコントロールでき、プラントのシャットダウン、トラブル時などの解析に有効である。また、オフライントレンド機能として、トレンドデータをセーブしておき、必要時にその内容を再表示する機能も備えている。

(6) POCの属性変更機能

オペレータの守備範囲の変更や、POCを用いた保守・改造

に対応するために各POC別にプラントの掌握範囲をソフト的に変更できるPOC属性変更機能を持っている。

(7) その他

以上述べたほかに、運転員向けの各種機能(オンラインユーティリティ)、計装エンジニア向けの各種機能(ENGファンクション)、システム管理・保守画面などを持っている。

3.4 エンジニアリング機能

(1) 基本OS

OSにUNIX^{※2)}を採用し、C(計算機)機能の作り込みを容易にしている。

(2) B&M(Builder and Maintenance)

制御仕様、画面仕様、システム構成仕様などは、FIF(Fill In the Form)形式を主体としたB&Mによってソフトレス化を図っている。B&Mは会話形式のほかに、バッチ形もサポートしており、UNIX^{※2)}マシンがあれば実機がなくても入力ができる。これは、初期の大量の入力作業の効率向上に有効である。

(3) 保守ドキュメント

B&Mで入力した内容を、ドキュメントとして清書するセルフドキュメント機能を持っている。この機能により、システム開発終了時点で、最終ドキュメント作成が可能であり、保守性向上に有効である。また、マクロシーケンスでは、日本語による保守ドキュメント出力機能を持っている。マクロシーケンスの保守ドキュメント出力例を先の図4に示す。

(4) 開発・テスト機能

制御システムの開発および増設・改造での動作確認機能として、以下の機能を用意している。

(a) プラントシミュレーション機能

実プラントがなくてもDDC、シーケンスの動作確認が可能なシミュレーション機能である。

(b) マクロシーケンステスト機能

ステップ単位実行、マクロ単位実行、実行マクロトレースなどの機能である。

(c) 開発PCS支援システム

オンライン稼動中システムの増設・改造に対し、稼動中システムに影響を与えることなく動作確認を行う機能である。

4 増強計画システムの構成

HIDIC-AZを用いた根岸工場増強計画の制御システムの概要について紹介する。このシステムは、前記各機能を満足させるとともに、ユーザーニーズに合致したシステムを実現すべく、CRTオペレーションでの標準画面や画面展開、DDC、シーケンスなど制御機能の追加・改良、バックアップシステムのインタフェース方式、アドバンス制御機能など、多くの面で東京ガス株式会社と日立製作所が共同開発を行い、ユーザーとメーカーのおおのの技術を統合した最適な標準化が図られている。なお、工場管理用計算機としては、高性能

工業用計算機であるHIDIC V90/65を採用した。システム全体の構成を図6に示す。

4.1 システム構成

システムは大きく、プラントの運転制御を行うオンライン制御システム(DDC)、DDCシステム異常時バックアップ運転を行うバックアップシステム[BCS(Back-up Control System)]および工場管理を行う上位計算機システム[SCC(Supervisory Computer Control)]によって構成される。

(1) DDC

プラントの運転制御を行う中核のシステムである。DDCシステムは安定稼動、高度自動化などを実現するため下記の構成としている。

(a) 冗長構成

重要個所の冗長構成により、高信頼化を実現している。マンマシン用計算機(POCC: Process Operator Console Controller)、ネットワーク、PCS、プロセス入出力装置(PI/Oデバイス)などの二重化を施している。

(b) 高機能制御

異常処理を含めた自動化を実現するため、マクロ記述式のシーケンス制御機能を採用している。このマクロシーケンスにより、プラントの立上げ・停止、プラント異常に対する自動対応などを実現し、運転員は例外処理だけで済むようにしている。

(2) BCS

万一、DDCシステムにトラブルが発生した場合に備え、バックアップシステムとして設置しているのがBCSである。バックアップ時の運転員の負担を軽減するため、その基本コンポーネントはDDCと同一のシステムを採用し、プラントをDDC、BCSの両方に接続することによりデジタルバックアップを実現している(図7)。したがって、バックアップ時でも、運転員はまったく同一の操作手順で運転が可能となっている。

また、DDCとBCSが同時に停止することのないよう、共通部を排除し、独立した構成としている。さらに、無停電電源装置の故障に備え、DDCはAC100 V駆動としているのに対し、BCSはDC24 V駆動として両系停止となることを防いでいる。

(3) SCC

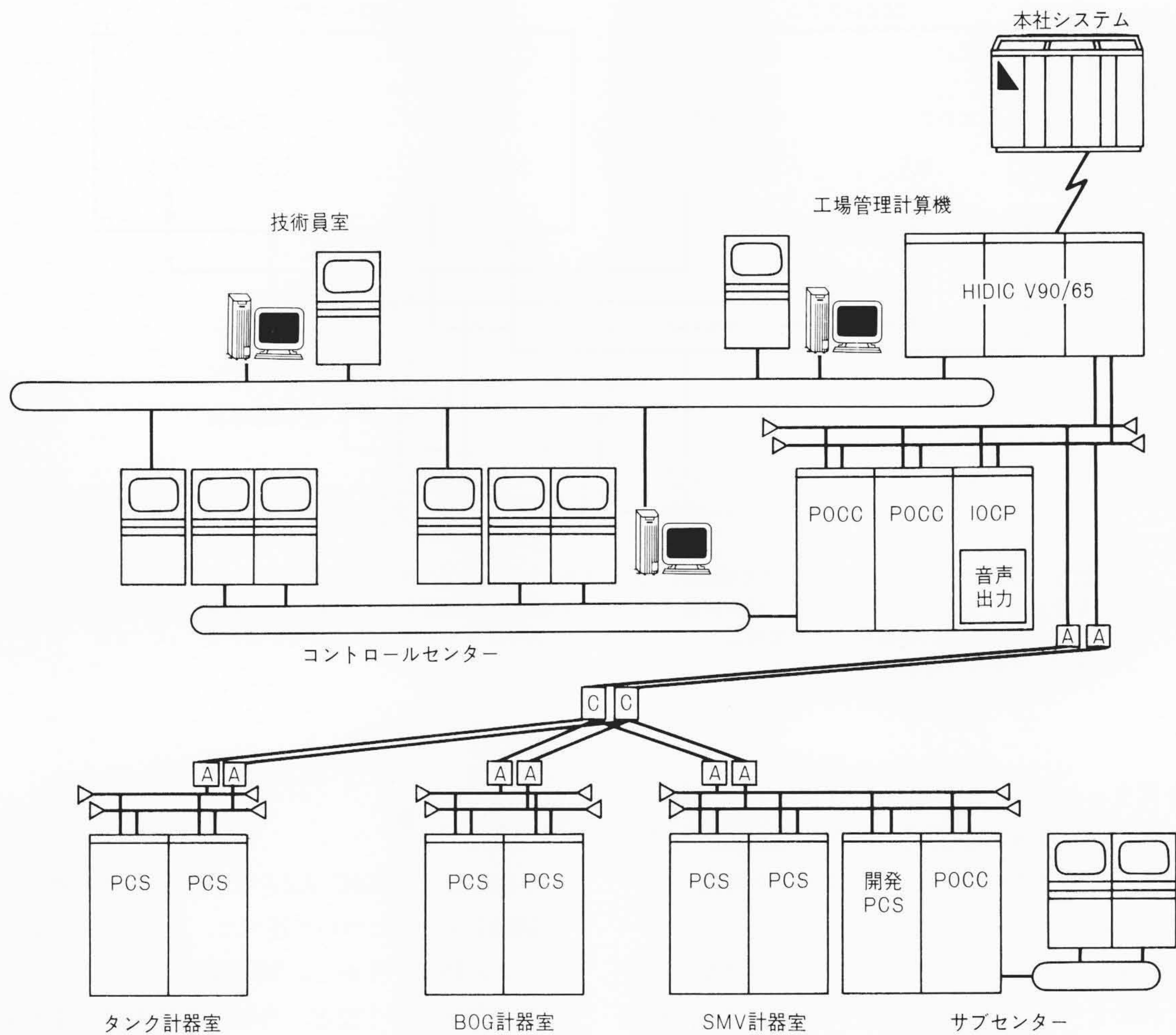
工場管理計算機は、HIDIC V90/65を採用し、ソフトウェアはSCC用パッケージであるHIDACS-S(Hitachi Standard Process Data Acquisition and Control System for SCC)を採用している⁴⁾。計装制御との統合の結果、CRT操作手順の統一、メモリ転写を活用した高速データ通信、計装画面へのSCCデータの混在表示などを実現している。

さらに、ワークステーションを活用して、帳票出力の簡素化を合わせて実現している。

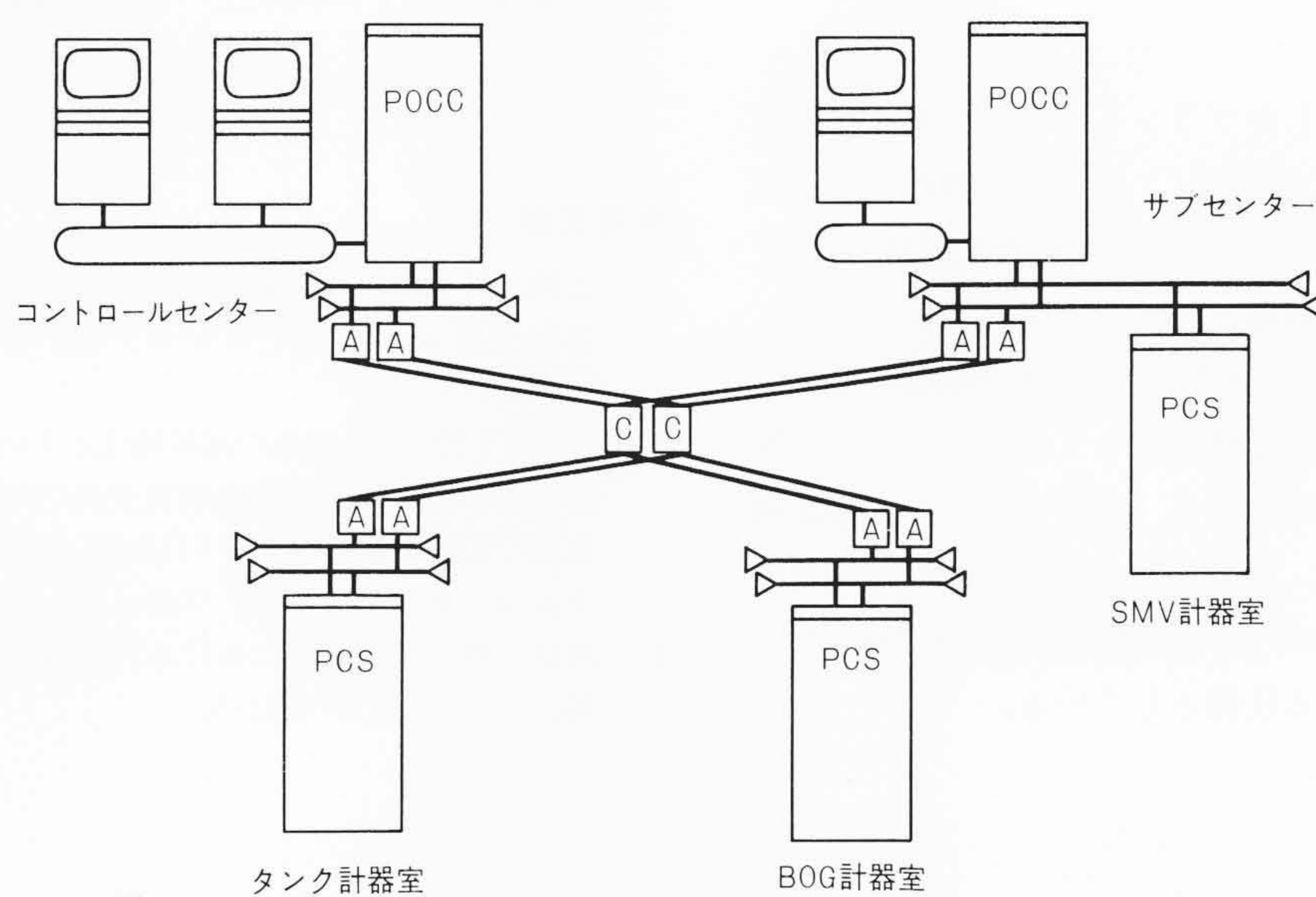
4.2 ネットワーク構成

このシステムは、制御機能と操作・監視機能を分散配置し、

※2) UNIXは、米国AT & T社ベル研究所が開発したソフトウェアであり、AT & T社がライセンスしている。



(a) オンラインコントロールシステム(DDC)と工場管理計算機(SCC)



(b) バックアップシステム(BCS)

注：略語説明など [A] (光アダプタ), [C] (光スターカップラ), POCC (Process Operator Console Controller), IOCP (Input Output Control Processor)

図6 都市ガス製造プラント制御システム全体構成 DDCとSCCを統合させ、BCSは独立したシステムとし、システム全体の停止の可能性をなくしている。各計器室ごとにセグメントを独立させ、光スターカップラで接続している。これにより、1か所の被災でシステム停止にならないようにしている。

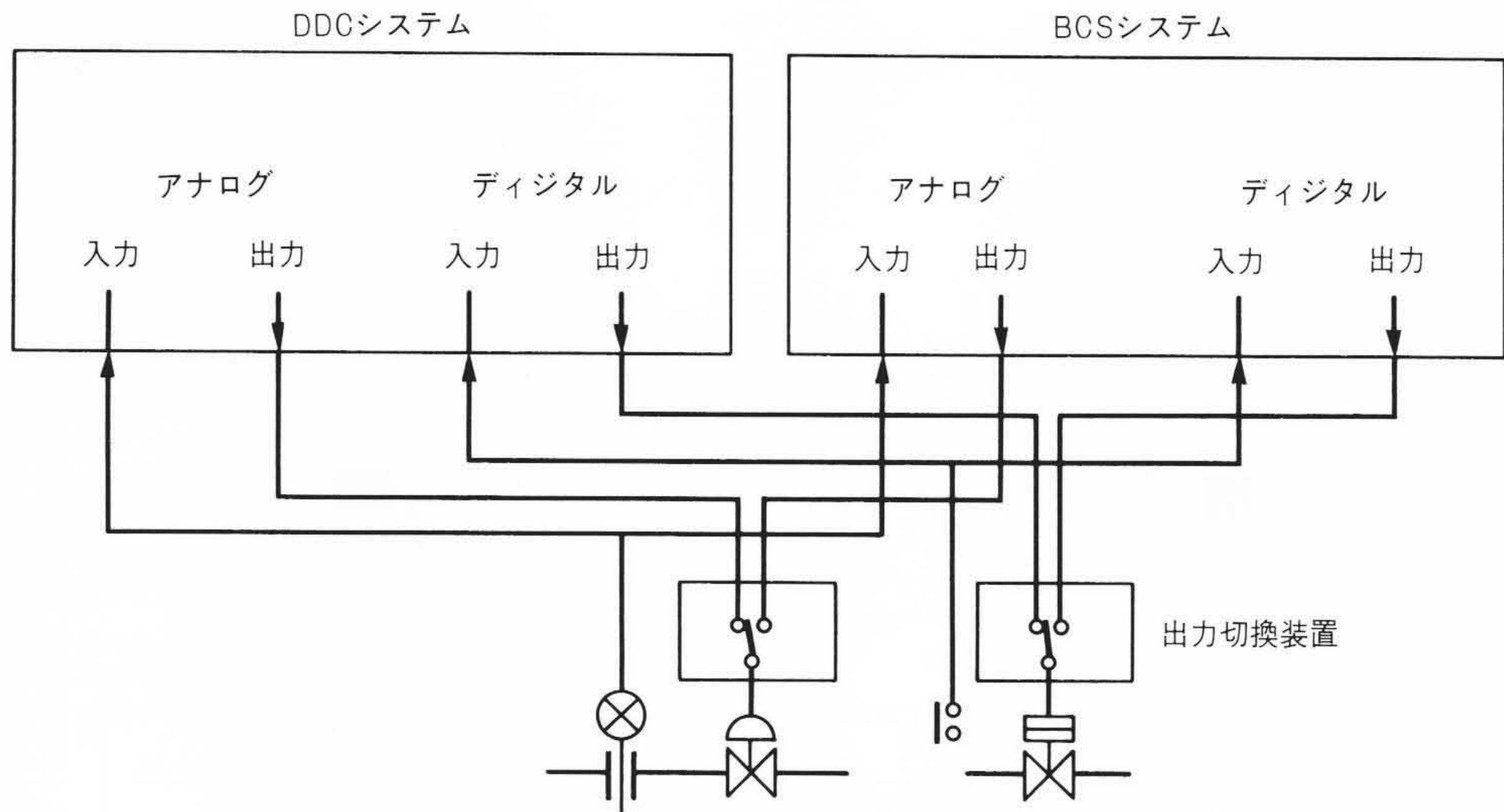


図7 デジタルバックアップの構成 入力信号はDDCとBCSの両者に接続され、出力は切換装置を介してプラントに出力される。切換装置はシステムの動作状態に応じて、自動的に正常動作中の出力信号を選択する。待機系の出力信号は、フィードバック信号にトラッキングさせているため、バンプレスバックアップを実現させている。

各計器室間を光ネットワークで接続する構成としている。さらに、ネットワークはDDC、BCSそれぞれ二重化し、セグメントは計器室ごとに独立させている。計器室間を接続している光ネットワークについても、二重系の各系統ごとにスターカップラの分散配置、光ケーブルの布設ルート分けなどを行っている。これによって、万一コントロールセンターが被災しても、サブセンターで操作・監視を行うことによって操業が続けられるなど、システム全体が同時にダウンすることのないようにしている。

4.3 将来拡張への対応

このシステムは今回増設したプラントだけでなく、既設プラントをその制御対象に順次追加し、最終的に根岸工場全体を統括して制御を行う計画である。これら将来拡張時の増設、改造や円滑な移行のための対応として、アナログ・バックアップパネルを排したDCSの対応やDDCとBCSの切換によって設備が稼動中でも増設が可能な構成としている。さらに、開発用制御ステーションの採用により、制御ロジックの事前確認が可能な構成としている。また、このシステムに接続可能なPCS台数(最大32台)、サポートタグ数(最大1万6,000 タグ)なども将来拡張に耐えられる仕様としている。

5 結 言

本稿では、HIDIC-AZを用いた都市ガス製造プラント向け新制御システムについて述べた。このシステムは、EIC統合システムの特長を生かし、制御機能を分散化しながら監視・操作の一元化を行うなど、当初の開発課題を達成することができた。このことは、今後の制御システムの考えおよびCIM対応への一つの方向づけができたものとする。この事例が、今後の制御システム構築上の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 山崎，外：都市ガス製造プラントのオンラインリアルタイム形運転支援エキスパートシステム，日立評論，71，8，779～784(平1-8)
- 2) 富山：LNG受入基地の高信頼化とその制御システムについて，第4回システム工学部会研究資料(平成元年11月16日)
- 3) 佐藤：EIC統合システム「HIDIC-AZシリーズ」の概要とシステムコンセプト，計装，Vol.133，No.4，55～62
- 4) 川口，外：装置産業における計算機制御システム，日立評論，70，5，513～519(昭63-5)