

日華化学工業株式会社向け多品種少量生産化学工場における総合管理制御システム

Production Management and Control System for Many Products and Small Quantity Production Chemical Plant in Nikka Chemical Industry Co., Ltd.

近年の化学工業界では、製品需要の多様化、製品寿命の短期化が進んできており、このような中で、生産効率を向上させ、高品質な製品を造りながら、多品種少量形の生産形態が望まれている。

日華化学工業株式会社では、福井県鯖江市に界面活性剤を生産する新工場を建設した。このプラントは、製品、原料共に各々数百種類に及ぶ典型的な多品種少量生産形プロセスである。同工場で、プロセス制御用計算機HIDIC V90/5を中心に、バッチプロセス制御、生産管理、自動倉庫管理を行なう総合的な生産管理制御システムを構築した。

本稿では、従来、FA化が困難とされてきた多品種少量生産形バッチプロセスで実現した総合管理制御システム及びそのソフトウェアの中核をなすバッチプロセス制御用パッケージHIDACS-Bについて述べる。

大西明道* Akemichi Ônishi
岩佐正人** Masato Iwasa
西岡 勉*** Tsutomu Nishioka
川口幸一**** Kôichi Kawaguchi
菊池 彰***** Akira Kikuchi

1 緒 言

近年の化学工業界では、製品需要の多様化、製品寿命の短期化が著しい。界面活性剤業界もその例外ではなく、取り扱う製品品種は一つの工場で数百種に達しており、製品寿命が1年未満の製品も見られる。原料投入、かくはん(攪拌)、昇温、反応、冷却、抜き出しというバッチオペレーションで製造するプロセスは、多品種少量のために自動化が遅れ、一部の温度制御を除き、ほとんどが人手により操業されていた。

この中で、生産効率の向上、製品品質の向上を目指しながら多様化する需要にこたえていくことが課題であった。

日華化学工業株式会社では、前述の課題に対し、日立製作

所、関連会社である江守商事株式会社及び三菱油化エンジニアリング株式会社と共同で検討を進め、大幅に自動化されたFA(Factory Automation)化工場(図1)を実現した。図2に日華化学工業株式会社鯖江工場の全景を示す。

日華化学工業株式会社鯖江工場に導入した総合的な生産管理制御システムは、ハードウェアとしては、FA用コントローラであるHIDIC FMC(以下、H-FMCと略す。)をキーコンポーネントとして、HIDIC V90/5(以下、H-V90/5と略す。)及びFA用LAN(Local Area Network)である $\mu\Sigma$ Network、ソフトウェアとしては、多品種少量生産形バッチ

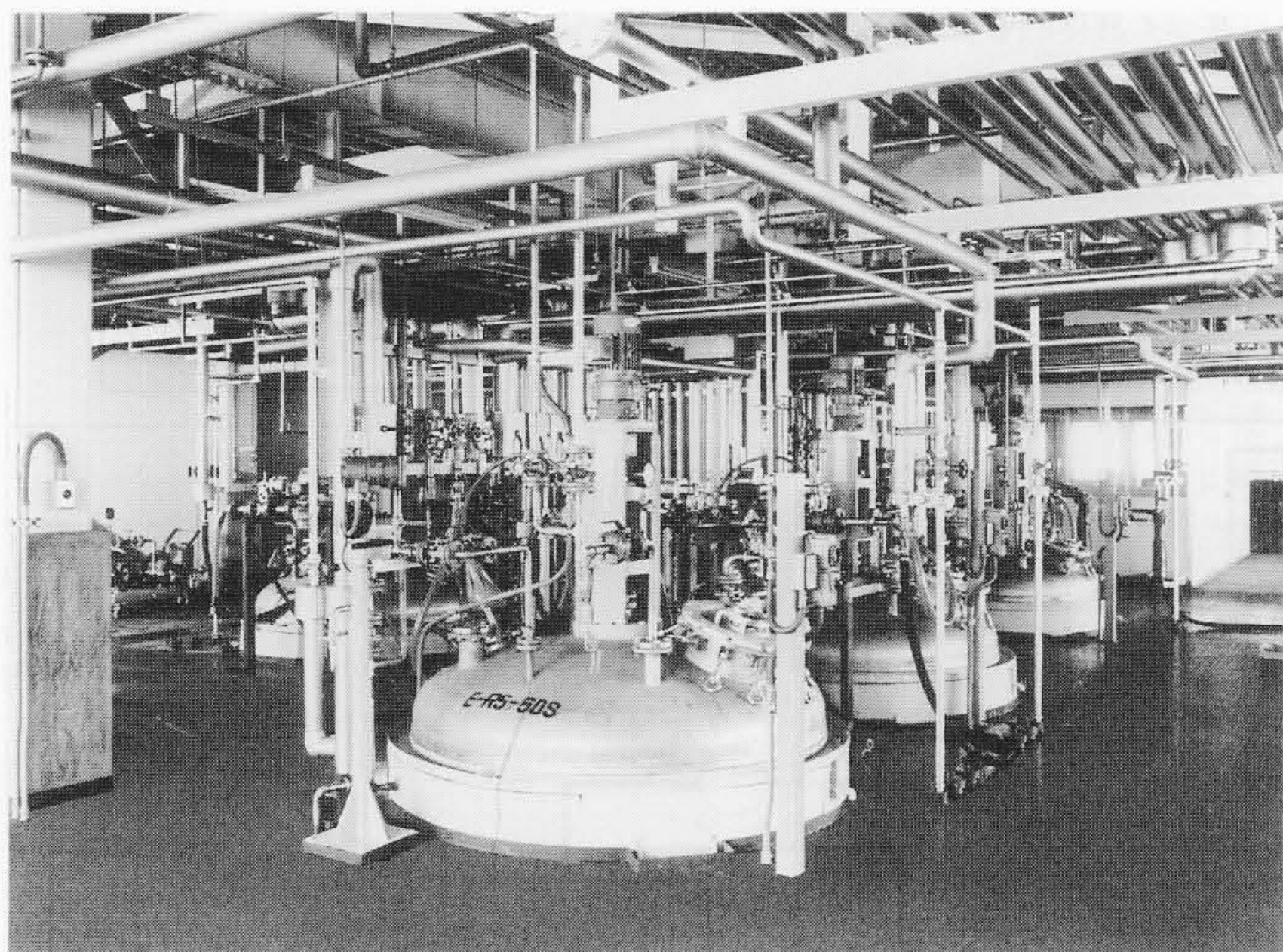


図1 FA(Factory Automation)化工場の生産部門 生産変更に柔軟に対応できる。

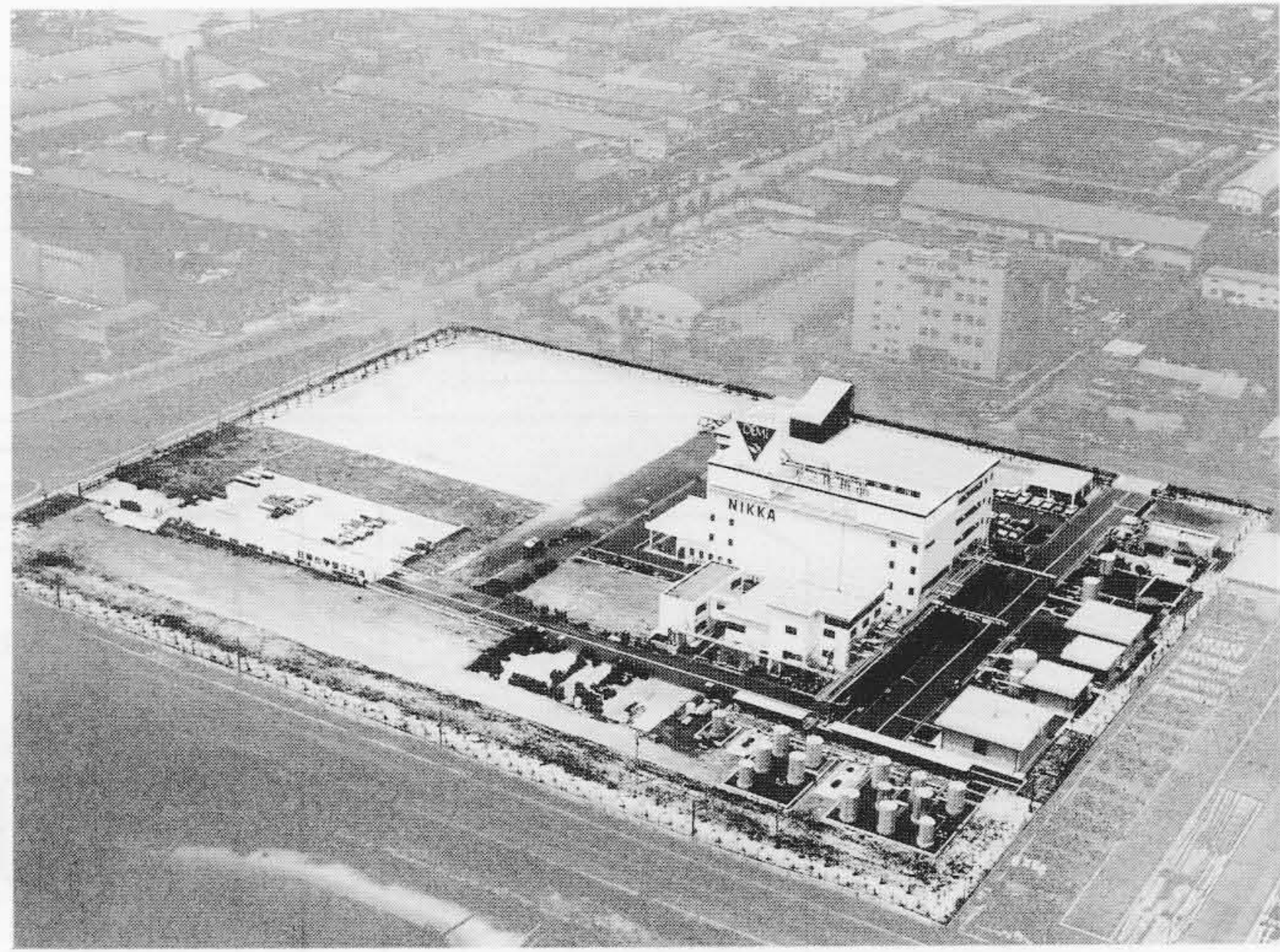


図2 日華化学工業株式会社鯖江工場の全景 製造工場と自動倉庫が併設された5階建の最新FA化工場である。

* 日華化学工業株式会社 ** 三菱油化エンジニアリング株式会社
***** 日立エンジニアリング株式会社

*** 日立製作所システム事業部 **** 日立製作所大みか工場

プロセス制御用に準備されたソフトウェアパッケージであるHIDACS-B(Hitachi Standard Process Data Acquisition & Control System-Batch Process Control)により構成される総合管理制御システムであり、昭和61年1月に完成し、現在順調に稼動している。

本稿では、界面活性剤プロセスの概要と総合管理制御システムの目的、機能、HIDACS-B及び成果について述べる。

2 システム開発の背景とねらい

2.1 界面活性剤プロセスの概要

界面活性剤製造プロセスの概要を図3に示す。原料は、副原料とともに反応がま(釜)に投入、かくはん(攪拌)され、所定の温度パターンで昇温されて反応工程が実行される。反応終了後は冷却され、更に各種容器に充てんされた上で、製品として出荷される。

このプロセスの特徴は下記に示すものであり、このようなことから、工場トータルのFA化が困難とされてきた。

- (1) 原料が約350種類、製品が約200種類に及ぶ典型的な多品種少量生産プロセスである。
- (2) 原料については、タンク、倉庫、平置など保管形態がさまざまあり、製品についてはドラム缶、ポリエチレンなど多数の荷姿ごとの管理を必要とし、それらの管理が複雑である。
- (3) 飛び込み生産依頼の割合が高く、生産計画立案が複雑となっている。
- (4) 反応がまと、そこで造られる製品品種の組み合わせが複数あり、かまへの品種の割当てが頻繁に変更される。
- (5) 近年の企業間競争の激化により、新規開発品の要請が大きく、製品寿命が短縮化の傾向にある。

2.2 システムの目的

総合管理制御システムの開発に当たり、前述の特徴を踏まえ、更に高効率、高品質生産を目指し、将来への増産にも対応できるよう、下記(1)~(9)を具体的な目的として検討を進めた。

- (1) 原料、製品の在庫量の把握と低減
- (2) 飛び込み生産依頼への迅速な対応
- (3) 反応がまへの柔軟な製品品種割当て
- (4) 製品寿命の短期化への対応
- (5) 原料・製品在庫情報、製造指図情報の管理業務を削減

- (6) 運転操作の自動化及び省力化
- (7) 設備増設への対応の容易化
- (8) 制御の危険分散化
- (9) 将来の全社生産管理システムの実現

3 システムの概要

3.1 システム構成の考え方

システムの目的とそれに基づいたシステム化の施策を図4に示す。システム化の施策は、大きく生産管理レベル、制御の監視レベル及び直接制御レベルに分けることができる。

システム構成としては、各レベルに対し各々、生産管理用計算機H-V90/5を、監視制御用計算機H-FMCを、制御用コントローラHIDIC S10/2(以下、H-S10/2と略す。)を採用した。システムの構成を図5に示す。

(1) 生産管理

H-V90/5では、μΣ Networkを介し、自動倉庫制御盤を接

システムの目的	レベル	システム化の施策
●在庫把握、低減 ●飛び込み生産への対応 ●管理業務の削減 ●かまへの柔軟な製品割当て ●将来全社レベルの生産管理の実現 ●製品寿命の短期化への対応 ●設備増設への対応 ●運転操作の自動化、省力化 ●制御の危険分散	生産管理	●在庫情報把握のリアルタイム化 ●生産計画の自動作成 ●原料在庫情報の生産計画へのリンク ●製造指図のリアルタイムな供給 ●品種情報の一元管理 ●製品品種と使用かまの組合せ管理 ●本社計算機との接続
	制御の監視	●かま群監視の集中化 ●制御情報の一括管理 ●シーケンス制御メンテナンスの容易化
	制御	●製造プロセスの自動化 ●制御の分散化

図4 システムの目的とシステム化の施策 システムの目的と、それに基づく具体的なシステム化の施策を示す。

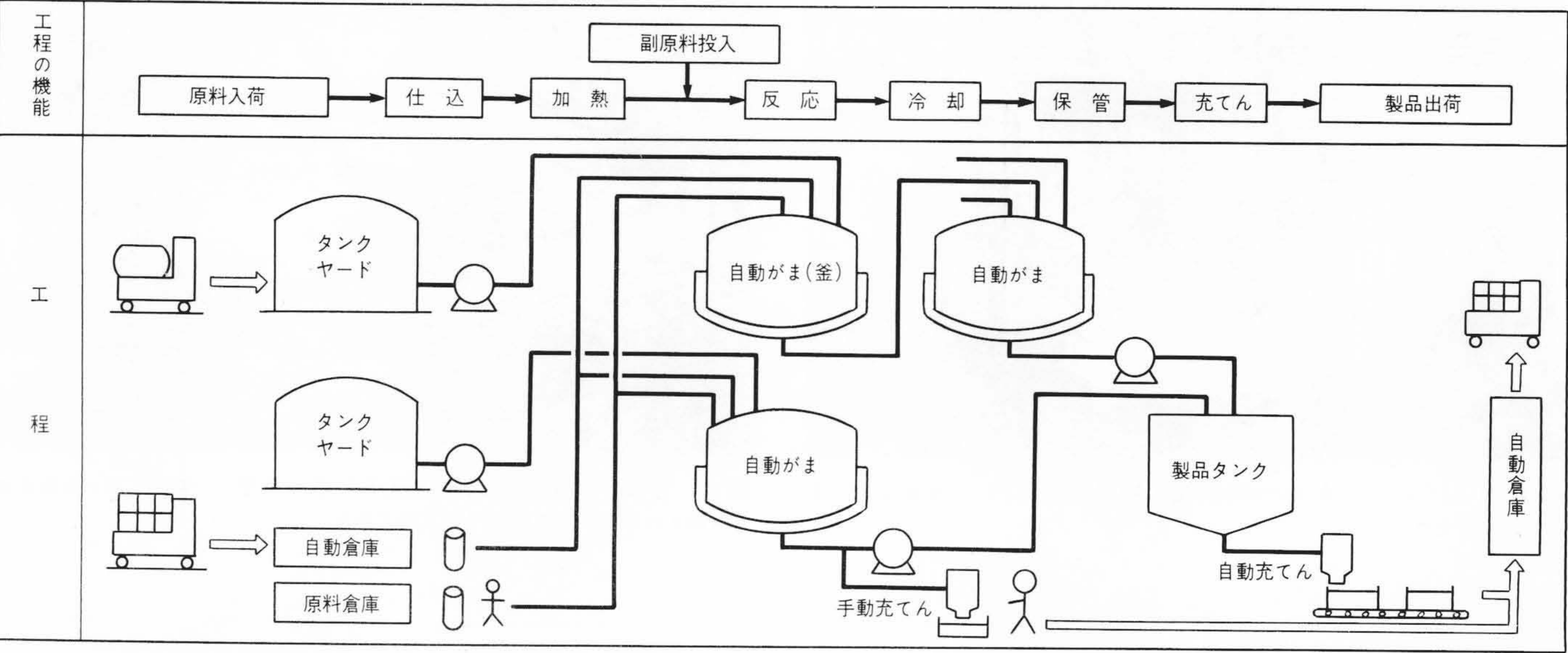


図3 界面活性剤製造プロセスの概要 多品種少量生産であり、仕込、加熱から充てんに至るバッチプロセスの形態である。

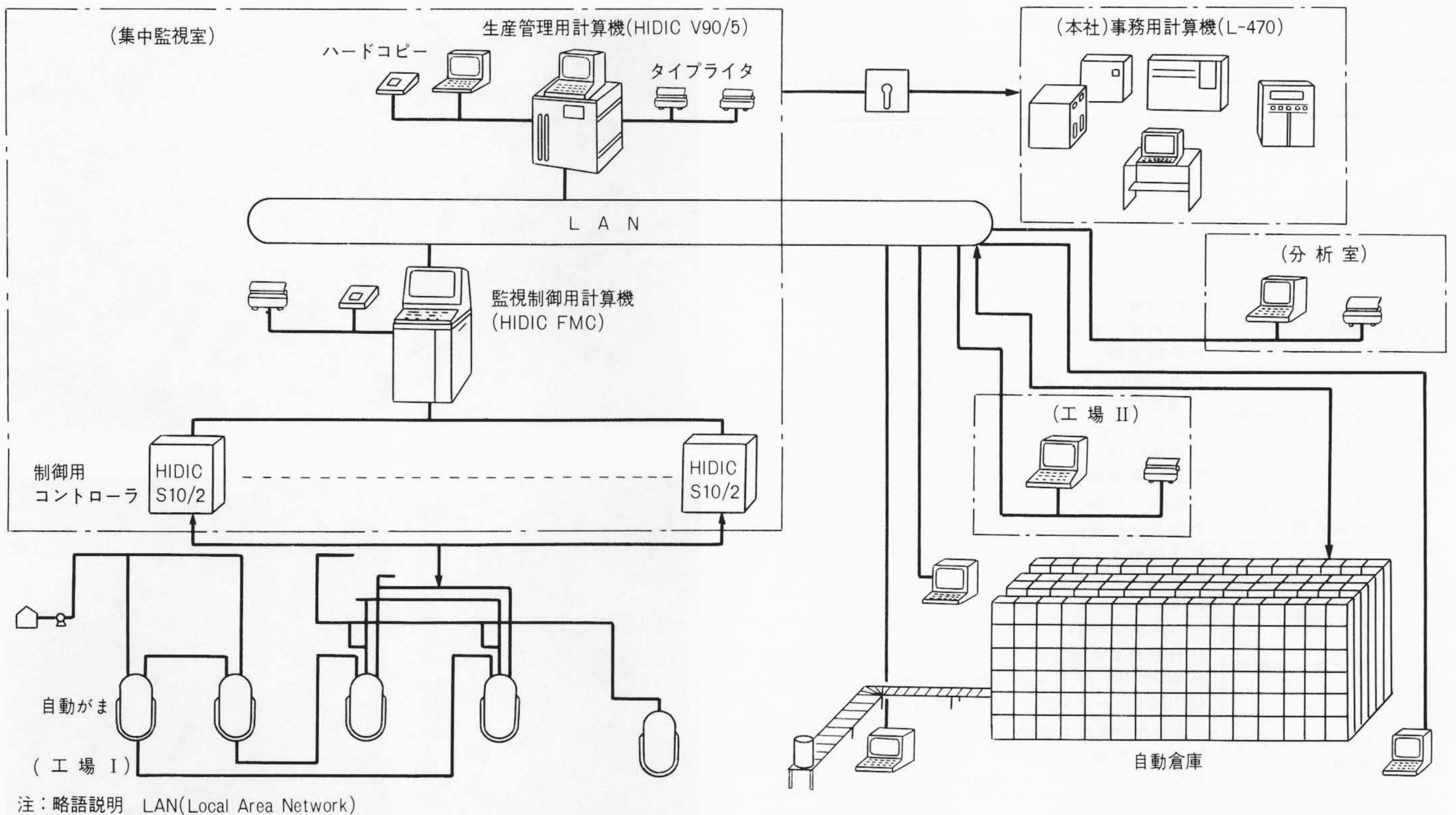


図5 生産管理・制御システムの構成 危険分散制御，集中監視を実現でき，また拡張性に富んだ構成となっている。

続し，原料，製品入出荷情報をもとに在庫量の把握を行なっている。

また，自動倉庫保管品以外の平置品，その他についても，端末装置から在庫情報を入力することにより，在庫量を把握している。

生産計画立案時には，原料在庫量のチェックを行ない，飛び込み生産依頼にも対応できるものとした。

製造指図情報，品種情報を一元管理し，現場に必要な製造指図書を即時に供給できる方式としている。

(2) 制御の監視

H-FMCでは，全自動がまの監視を行なっている。また，プロセス制御に必要な情報を一括で管理するものとし，H-S10/2へのダウンロード機能と合わせ，自動がまのシーケンス処方管理という形で自動がまへの製品割当てを容易なものとした。

これにより，新規製品に対応する制御情報の登録，修正も可能としている。

(3) 直接制御

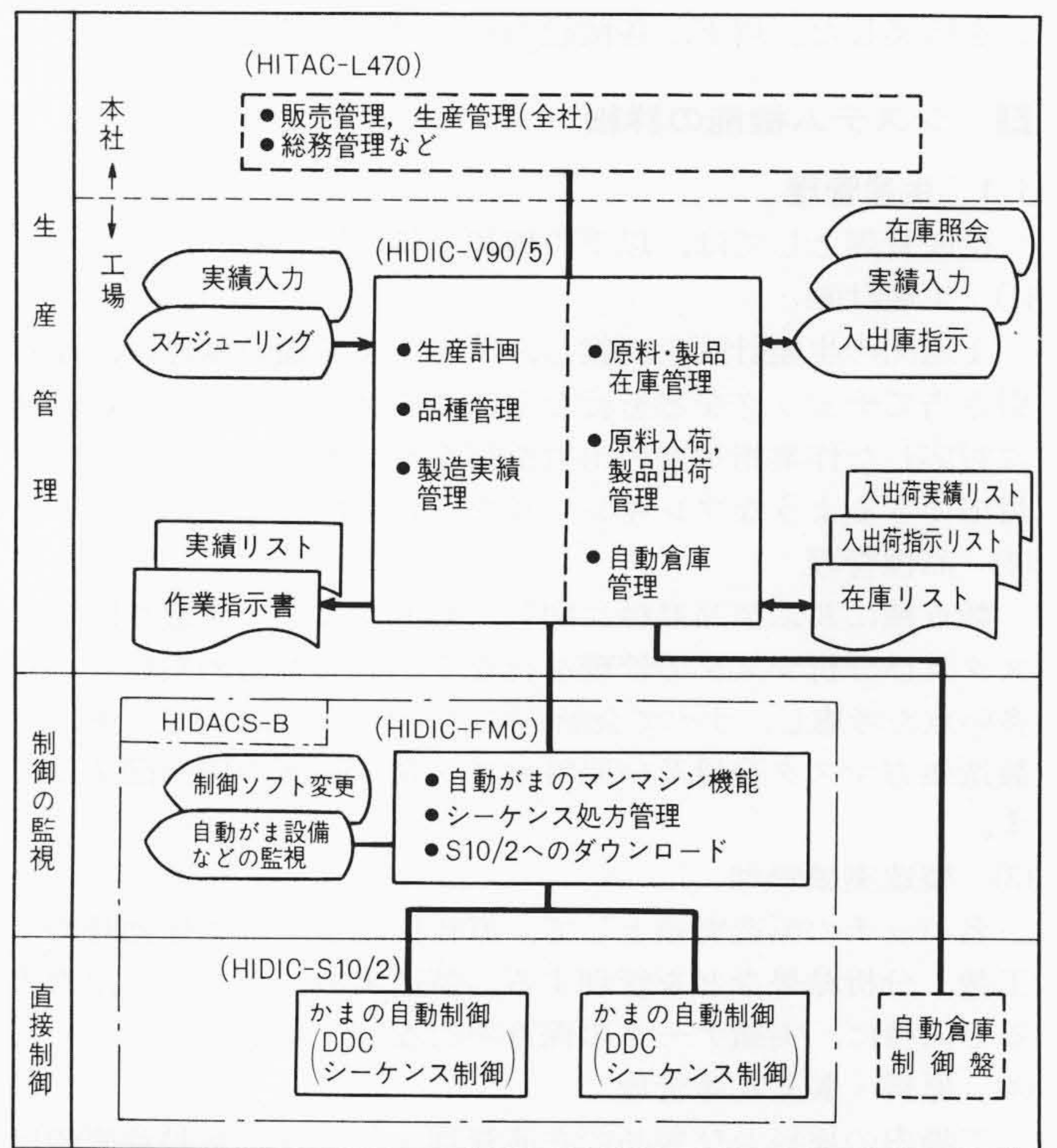
製品が造られるかま群ごとにH-S10/2を割り当て，制御の分散化を図るものとした。これにより，設備の増設に対応するシステムの拡張も容易なものとしている。

3.2 システムの機能分担

システムの機能構成は，図6に示すように，H-V90/5に生産計画，品種管理，在庫管理などの生産管理機能を，H-FMCでは，自動がまのマシン機能，シーケンス処方管理機能などを，H-S10/2では，かま制御の実行を分担させる階層構造とした。システム機能の一覧を表1に示す。

特に，柔軟な製品割当て，製品寿命の短期化及び将来の設備増設などへの柔軟に対応できる自動運転操業を実現するため，H-FMCとH-S10/2に多品種少量生産形バッチプロセス制御用パッケージHIDACS-Bを適用することとした。

また，H-V90/5で作られる製造実績データを本社事務用計



注：略語説明 DDC(Direct Digital Control)

図6 システムの機能構成 H-S10/2で動作する制御ソフトウェアは，H-FMCで一括管理され，必要に応じてダウンロードされる。

算機L-470に送り，全社レベルの生産管理を実現できるようにしている。

本システムでは，生産管理，自動がま制御の監視，自動がまの直接制御の一貫した機能構成をサポートすることにより，

表1 システム機能一覧 製造業務全体をカバーできる幅広い機能をもっている。

	項 目	内 容
生産管理	1. 生産計画	(1) 週間生産計画及び緊急生産計画受け (2) 原料引当てチェック(在庫の有無チェック) (3) 原料使用量リスト作成 (4) 製造指図書作成
	2. 品種管理	(1) 品種の登録及び削除 (2) 製造標準管理 (3) 製造作業指図書作成
	3. 製造実績管理	(1) 製造実績 (2) 原料使用実績 (3) 分析実績
	4. 原料・製品在庫管理	(1) タンクヤード、建屋内など在庫場所ごとの原料在庫管理 (2) タンク、ポリエチレン容器、缶など荷姿ごとの製品在庫管理 (3) 自動倉庫棚情報の管理
	5. 原料入荷、製品出荷管理	(1) 原料入荷実績 (2) 製品出荷実績
	6. 自動倉庫管理	(1) 入庫要求の発行 (2) 出庫要求の発行 (3) ピッキング要求の発行
制御の監視	1. マンマシン機能	(1) シーケンス実行状態の表示 (2) 自動がま関連設備の動作状態のプロセスフロー表示 (3) ポンプON/OFF弁の手動操作サポート (4) DDCチューニング、トレンド表示
	2. シーケンス処方管理	(1) シーケンス処方管理 (2) バッチ実績 (3) シーケンスパターン、パラメータのダウンロード
制御	制 御	(1) シーケンス制御 (2) アナログ制御

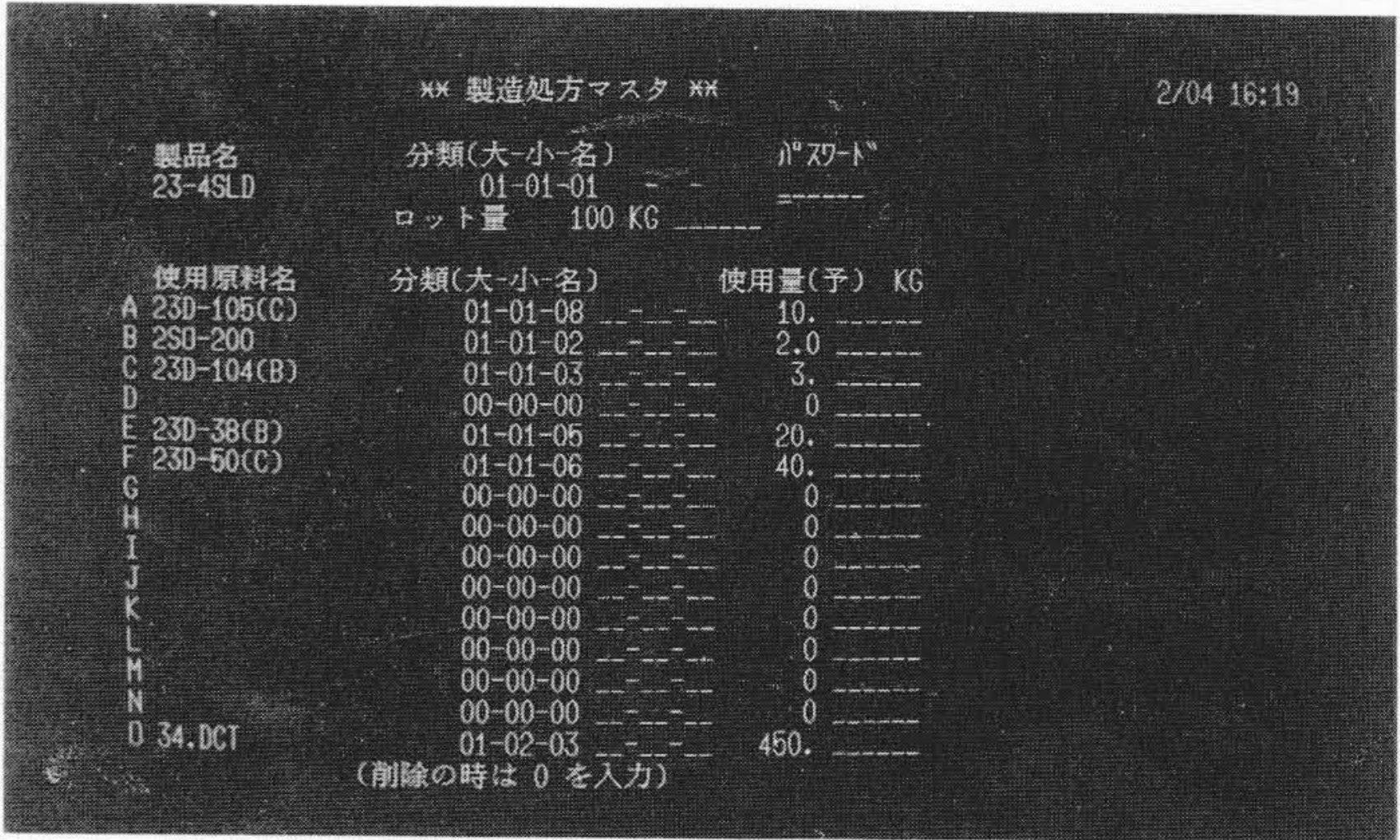
典型的な多品種少量生産形工場に対し、トータルなFAシステムを構築した。以下、各機能の詳細について述べる。

4 システム機能の詳細

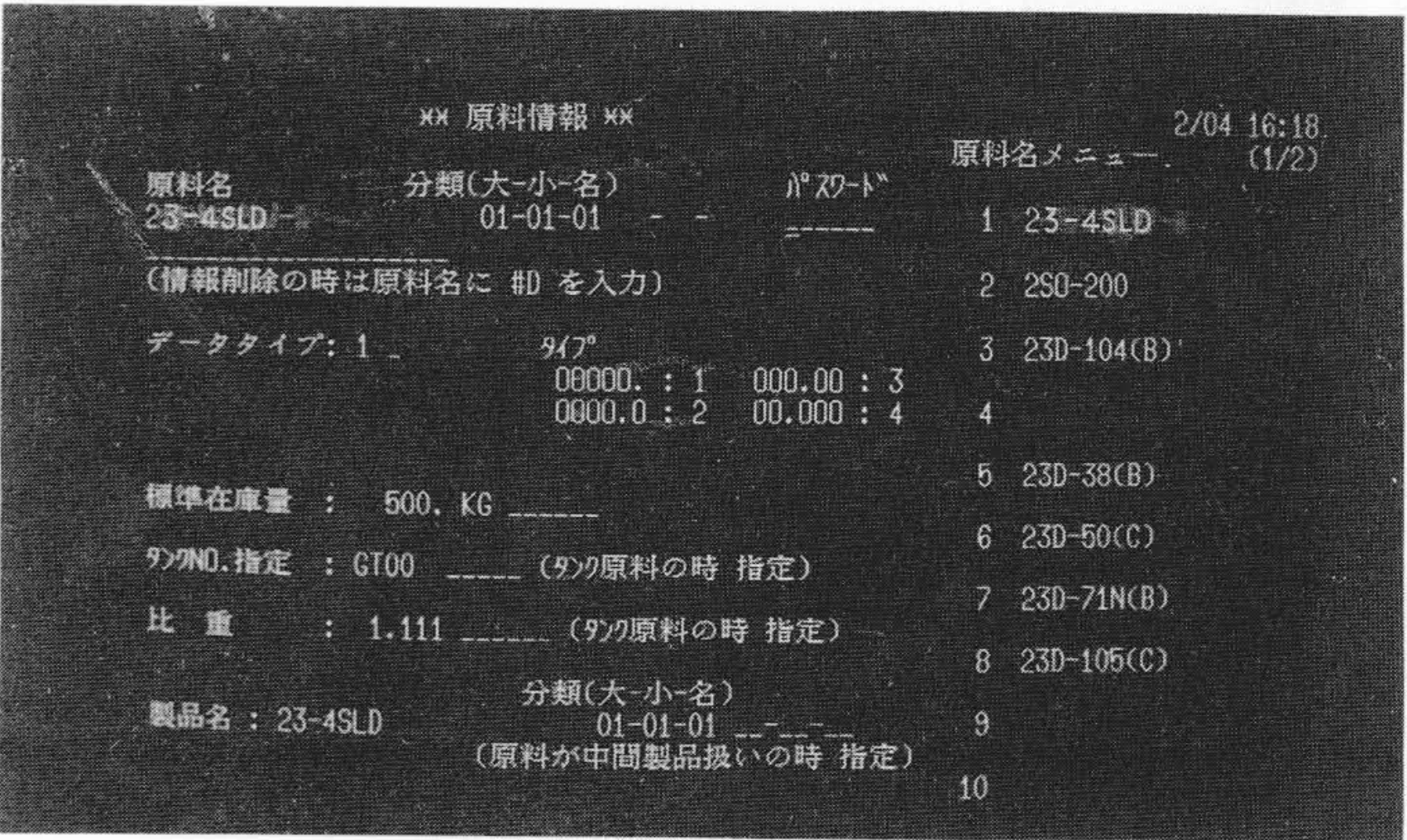
4.1 生産管理

- 生産管理としては、以下の機能を備えている。
- (1) 生産計画
- 1週間の生産計画を立案し、反応がま設備の割付け、原料引き当てチェックなどを行なう。この計画に従い、製造品種に対応した作業指示書の出力を行なう。飛び込み生産要求に対応できるようなフレキシブルな計画機能としている。
- (2) 品種管理
- 数百種に及ぶ製品品種に関し、処方マスタ、製造指図書マスタ及び分析マスタの管理を行なう。製品寿命の短いものが多い点を考慮し、すべて会話形でメンテナンスが可能である。製造処方マスタ登録及び原料マスタ登録画面の例を図7に示す。
- (3) 製造実績管理
- 名バッチの製造実績として、原料使用量、かま稼動時間、工数、分析結果などを管理する。製造実績レポートを出力すると同時に、実績データの保存を行なう。
- (4) 原料・製品在庫管理
- 工場内の原料及び製品の在庫管理を行なう。自動倉庫のほか、原料タンク、屋外保管、建屋内保管など、すべての保管形態の在庫管理を行なう。本管理情報は、生産計画時の原料引き当てチェックに用いる。
- (5) 原料入荷、製品出荷管理
- 工場への原料入荷、工場からの製品出荷を管理する。
- (6) 自動倉庫管理

本自動倉庫は、原料倉庫、製品倉庫兼用で用いるもので、各入出庫ステーションで原料入出庫、製品入出庫及び原料再入庫を行なう。



(a) 製造処方マスタ登録画面



(b) 原料マスタ登録画面

図7 品種管理画面例 製造処方及び原料情報の登録を行なう。

管理する棚情報は、品名、ロットNo.、荷姿、数量、パレットサイズなどである。入出庫オペレーションとしては、入出庫スケジュールをはじめ、緊急出庫、ピッキング、棚指定出庫などをサポートする。

4.2 自動がま監視・制御

反応がまでのバッチプロセス制御は、前述のバッチプロセス制御用パッケージであるHIDACS-Bを用いて実現している。HIDACS-Bについては次章で述べる。

(1) マンマシン処理

漢字カラーフルグラフィックCRT(Cathode Ray Tube)により、シーケンス実行状態の監視、制御などのマンマシン処理を行なっている。プロセスフロー画面では、設備状態、シーケンス状態表示のほか、手動で機器を操作するなどのグラフィックオペレーションをサポートしている。その他、DDC(Direct Digital Control)チューニング画面、トレンド画面、アラーム速報などをサポートする。

(2) シーケンス処方管理とシーケンス制御

多品種少量生産プロセスの自動化を容易に実現するため、図8に示す形でシーケンス制御を実現している。すなわち、必要なシーケンスパターンと、対応するパラメータの設定品種情報を構成する。品種が指定されると、対応する情報が下位のH-S10/2にダウンロードされ、シーケンス制御が実行される。H-S10/2で動作する制御プログラムは、H-FMCが一括管理をする。

5 HIDACS-B

HIDACS-Bは、多品種少量生産形バッチプロセス制御用のソフトウェアパッケージである。今回のシステムでは、プロセス制御の自動化に非常に大きな役割を果たしている。本章

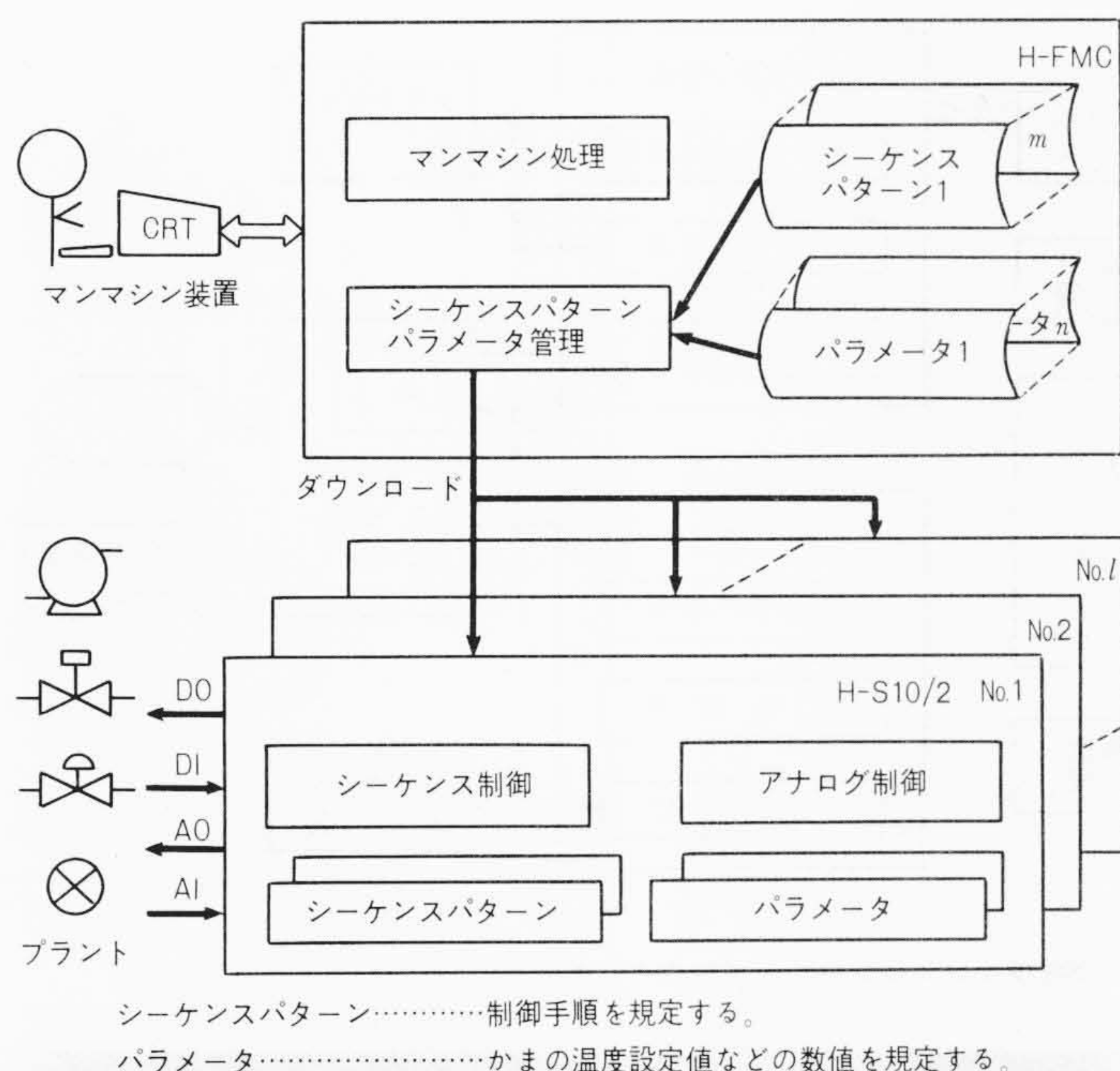


図8 シーケンス処方管理とシーケンス制御の概要 H-FMCで品種が指定されると、下位のH-S10/2にシーケンスパターン、パラメータがダウンロードされる。

ではその概要を述べる。

5.1 HIDACS-Bの特長

HIDACS-Bは、日立製作所の長年にわたる化学プロセス制御の経験に裏付けされて開発されたパッケージである。HIDACSには、HIDACS-Bのほか、SCC (Supervisory Computer Control) 用パッケージHIDACS-S、ファインケミカル制御用のHIDACS-Fの各タイプが用意されている。

以下、HIDACS-Bの特長について述べる。

(1) 多品種少量生産形操業のサポート

バッチプロセス制御では、シーケンス処方管理機能が極めて重要である。HIDACS-Bでは品種情報を制御パターンと制御パラメータの組み合わせで管理する。会話形で必要な制御パターンを選択し、対応する制御パラメータを設定することにより処方を与える。これにより、新品種の追加登録処方、既登録処方の修正は極めて容易となり、多品種少量生産形の自動運転操業が実現する。

(2) プログラマブルコントローラの活用

HIDACSシリーズの高機能シーケンサであるH-S10/2をプロセスインタフェースとして採用している。シーケンス制御、アナログ制御をH-S10/2で行ない、その仕様定義、プログラミングは上位H-FMCで行なう。

(3) 仕様定義サポートツールの完備

制御仕様の定義は、実際の操業を担当するオペレータが行なうことを原則としている。すなわち、タグ仕様定義、シーケンス制御仕様の定義、更にはCRT表示画面の定義に至るまでCRT端末で会話形式で生成及び修正ができる。

(4) 拡張性

HIDACS-Bは、スタンドアロン形態の比較的小規模なシステムからネットワークを駆使した大規模なシステムにまで適用が可能であり、増設・改造にも容易に対応ができる。

(5) FAトータルシステムの構築

HIDACS-Bは、H-FMCを基本コンポーネントに用いているため、今回のシステムのように生産管理、自動倉庫・物流制御までの工場全体をカバーするFAトータルシステムを容易

に実現することができる。

5.2 HIDACS-Bの構成

HIDACS-Bの機能構成を図9に示す。各機能ブロックは、以下に示す機能をもっている。

(1) アナログ制御

プログラマブルコントローラで動作する制御サブシステムである。アナログ信号を取り込み、リニア変換又は测温抵抗体変換で工学値に変換後、上下限チェックを行なった上でPID (比例・積分・微分) 演算を行ない制御信号を出力する。

(2) シーケンス制御

シーケンス制御はHIDACS-Bの中核をなす機能であり、次の4種のプログラミング方法を用意している。

(a) SCR

FA用の順序制御形問題向き言語であるSCR (Station Controller)を用いて、シーケンス制御を行なわせる。

(b) マクロ

バルブの開閉など、シーケンス制御専用に使われたマクロ命令を用いて、処理順序を記述する。

(c) 工程歩進

各ステップでの出力パターンと次ステップに進むべき条件を定義し、デシジョンテーブル形式で制御手順を定義する。

(d) ラダー

インタロックのように、品種により変化することのない制御を行なう。

(3) プラントデータベース

プログラマブルコントローラで処理するアナログ(PV)、デジタル(LV)、タイマ(TM)などの情報をタグ単位にプラントデータベースとして管理する。ここで、トリガ(TV)タグとはアナログ情報と基準値との大小比較結果をON/OFF信号としてユーザーに提供するものであり、データ(DT)タグとは、ユーザーのデータをタグとして管理するものである。

これらのタグ仕様は、すべてタグ仕様定義で、CRTによる会話形FIF (空欄穴埋め方式)により定義し、修正することができる。

(4) シーケンス処方管理

シーケンス制御を、シーケンスパターンとパラメータに分離し、必要なシーケンスパターンの選択と、対応するパラメータの設定により、品種情報を構成する。品種情報の定義画面の例を図10に示す。

処方管理では、品種が指定されると、対応するシーケンスパターンとパラメータを取り出し、プログラマブルコントローラにダウンロードする。これにより、指定品種を製造するシーケンス制御が実行される。

(5) 状態変化

タグ仕様定義で指定された状態変化仕様に従い、プロセスの状態変化がユーザーに報告される。これにより、状態変化メッセージ印字、シーケンス起動、ユーザープログラムの起動などを行なう。

(6) 実績データ管理

プロセス量(PV値)を時間、日間、月間データとしてヒストリカルファイルを作成するヒストリカルデータ処理と、シーケンス制御の実績値を管理するバッチ実績管理とにより、実績データが管理される。この実績データにより、日報、月報、バッチ報は容易に出力することができる。

(7) マンマシン管理

マンマシンインタフェースは、本サブシステムにより管理

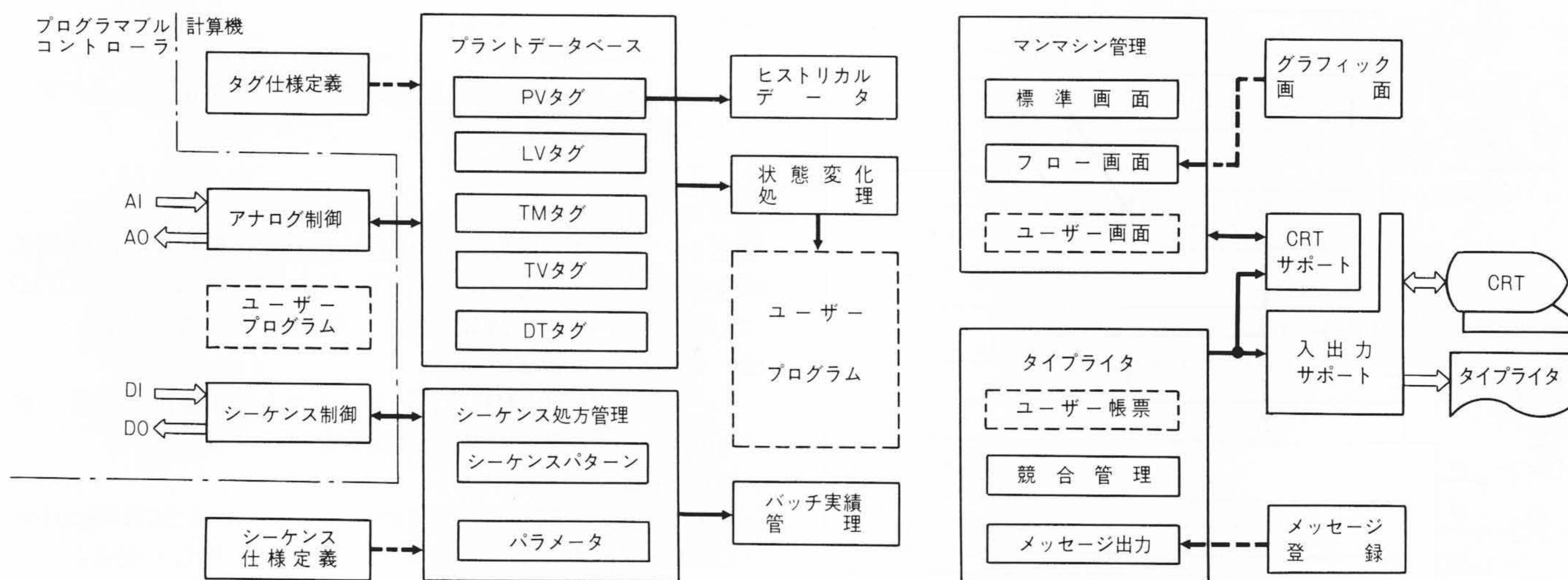


図9 HIDACS-B機能構成図 シーケンス処方管理をはじめ、プラント情報及び各種マンマシン機能から構成される。

工程仕様				11/05 16:51	
品種名 = ガセツソーダ	ブロックNo = 1	装置名 = B-R2-20G			
工程No	工程名称	シーケンス名			
1	カイズ コウイ	AKAISI			
2	カズ コウイ	AKANETU AKERYOS			
3	テカ コウイ	ATEKIKI ATEKA1S			
4	ハンク コウイ	AHANNO AKANKES AJAKETOS			
5	レイキツ コウイ	AREIKYA			
6	ミズスミ コウイ	AMIZU AJAKETOS			
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
1	2	3 設定	4 登録	5	6 7 頁 8 終了

(a) シーケンスパターン設定画面

ブロックパラメータ				11/05 16:51	
品種名 = ガセツソーダ	ブロックNo = 01	装置名 = B-R2-20G			
COMMENT	DATA	UNIT	COMMENT	DATA	UNIT
P001 エカハンシアル ケリョウ	700.0	KG	P017 オンチュウ ショウゲン	80.00	°C
P002 ショウオン	30.00	°C	P018 オンチュウ ショウキ	2	MIN
P003 オントアンティ L	40.00	°C	P019 オンチュウ カイト	50.00	%
P004 オントアンティ H	60.00	°C	P020 オンチュウ カイシカ	1	MIN
P005 オントアンティ ショカン	3	MIN	P021 ショミ コウオン	40.00	°C
P006 テカ ショカン	15	MIN	P022 ショミ ハンク ショカン	1	MIN
P007 テカ リュウリョウ	200.0	L/H	P023 レイキツ コウオン	32.00	°C
P008 テカ ショウオン	70.00	°C	P024 レイキツ オン	20.00	°C
P009 テカ モグショウ オン	80.00	°C	P025		
P010 テカ ヘンク 1	5.00	°C	P026		
P011 テカ ヘンク 2	10.00	°C	P027		
P012 テカ ヘンク 3	15.00	°C	P028		
P013 テカ ヘンク 4	20.00	°C	P029		
P014 テカ ショウキリョウ	10.0	L/H	P030		
P015 ハンク ショカン	10	MIN	P031		
P016 ショウゲン ミズスミ	1	MIN	P032		
1	2	3 設定	4 登録	5	6 7 頁 8 終了

(b) パラメータ設定画面

図10 品種情報定義画面例 シーケンスパターンとパラメータの設定により、品種情報の定義を行なう。

される。標準画面とは、タグ仕様、シーケンス仕様のように標準的な機能でシステムごとに変更する必要のない画面を言う。プロセスフロー画面のように、グラフィックな画面は専用のグラフィック作画支援ツールにより、容易に作画を行なうことができる。

(8) メッセージ管理

メッセージ出力及びタイプライタの競合管理を行なう。メッセージ出力のためのフォーマットは、会話形により登録することができる。

6 結 言

以上、日華化学工業株式会社鯖江工場に導入した総合管理制御システムの概要とHIDACS-Bについて述べた。本システムによって、多品種少量生産形バッチプロセスを対象とした工場に対し、頻繁な品種割当て、製品寿命の短期化、飛び込み生産への対応といったFA化困難の要因を克服し、トータルなFA化を実現するとともに、標準的な化学工場向け総合管理制御システムが構築できたと考える。本システムの導入効果を次に述べる。

(1) バッチプロセス制御用パッケージHIDACS-BをH-FMCとH-S10/2に適用することにより、多品種生産への対応が容易となり、制御情報の一元管理、新品种登録し業務が従来工場に比較して大幅に削減できた。

- (2) 飛び込み生産など、生産計画の変更に対する柔軟性が向上した。
- (3) 製造情報の一元化により、多部門への情報提供が容易となるなど、間接業務が削減できた。
- (4) 集中監視、製造プロセスの自動化などトータルなFA化により省力化が図れた。
- (5) 原料、製品在庫情報を把握でき、在庫が削減できた。
- (6) 高品質、設備の増設及び将来全社レベルのトータル生産管理の実現への対応が可能となった。

これらにより、省力面では、従来工場の $\frac{1}{2}$ の人員で運転が可能となった。

なお、日華化学工業株式会社では、将来、本社工場と各工場とのオンライン化及び海外合弁工場のFA化を計画している。

終わりに、この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、深謝する次第である。

参考文献

- 1) 松本、外：ファクトリーオートメーションにおける自律分散制御システム、日立評論、65、823～828(昭58-12)
- 2) 姫路、外：ファクトリーオートメーションシステムの計画技法、日立評論、65、819～822(昭58-12)
- 3) 小野、外：制御用計算機のアプリケーションの動向、日立評論、64、395～400(昭57-6)