

市乳工場におけるプロセスCIM

—雪印乳業株式会社野田工場—

CIM for Milk Industry

—Snow Brand Milk Products Co., Ltd.—

日々受注・生産・配送を行う日配食品分野である市乳業界でも、近年の消費者ニーズの多様化を反映して、多品種少量生産およびリードタイム短縮への対応がきわめて重要な課題となってきた。雪印乳業株式会社では、総合市乳工場である野田工場の建設に合わせて、CIM(Computer Integrated Manufacturing)化を推進した。受注、生産および配送システムから成るCIMシステムのうち、生産システムについてはオフィスプロセッサHITAC L-70/38ESと総合計装システムユニットロールEX-1000Aをシステムインテグレートした、生産情報・計装統合システムを構築した。このシステム構築は全社CIMシステム構築の一貫であり、今後も全社CIMシステム構築に向けて推進する予定である。

千葉正兄*	Masae Chiba
河村勝明*	Katsuaki Kawamura
中本隆司**	Takashi Nakamoto
大野浩市***	Kōichi Ōno
本田穰慈****	Jōji Honda
田中澄江*****	Sumie Tanaka

1 緒 言

日々受注・生産・配送を行う日配食品分野でも、近年の消費者ニーズの多様化、市場競争の激化・飽和状態に伴い、売れる商品・新しい開発商品を他社に先駆けて、すばやく市場へ供給するという目的から、多品種少量生産への対応、リードタイムの短縮がきわめて重要な課題となってきた。

雪印乳業株式会社では、このような状況に対応するため、

千葉県野田市に総合市乳工場を建設し、それに合わせてCIM(Computer Integrated Manufacturing)システムの構築を進めた。

雪印乳業株式会社野田工場(以下、野田工場と言う)では、受注、生産計画、製造、検査および出荷の一連の流れをコンピュータによって統合管理し、生産設備の自動化(図1)と合

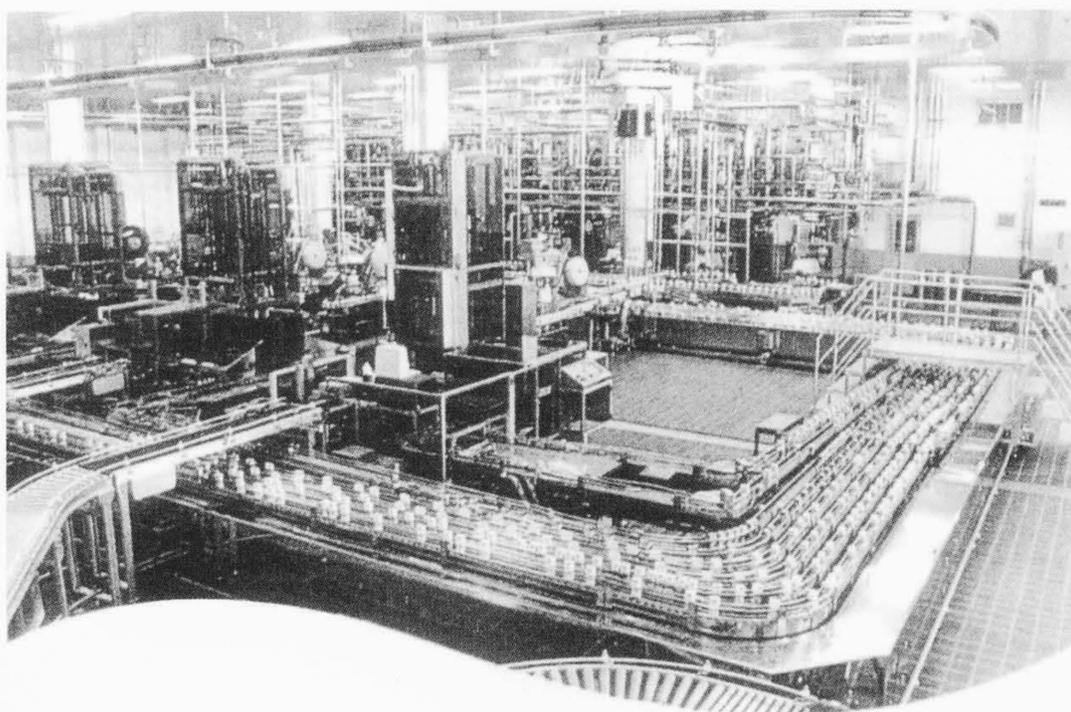


図1 自動化されている充てん工程 充てん機は、毎時1万6,000個が1ライン、毎時1万2,000個が2ライン、毎時6,000個が8ラインおよび毎時5,000個が1ラインの全12ラインが稼動している。

* 雪印乳業株式会社 装置技術部 ** 雪印乳業株式会社 野田工場 *** 日立製作所 システム事業部 **** 日立製作所 那珂工場 ***** 日立システムエンジニアリング株式会社

わせて多品種少量生産・出荷体制を確立し、平成元年5月からチルド製品(低温保存製品)製造部門が、そして同年11月からLL(Long Life)製品製造部門が順次稼動を始めた。野田工場の外観を図2に示す。

本稿では、工場の生産部門のCIM化を推進するためにオフィスプロセッサHITAC L-70/38ES(以下、L70/38ESと略す。)と総合計装システム ユニtrol EX-1000A(以下、EX-1000Aと略す。)をシステムインテグレートした、生産情報・計装統合システムを中心に、システム構築の考え方および機能について述べる。

2 システム開発の背景とねらい

「市乳」とは牛乳、飲料、デザートなど鮮度を命とする商品群の総称であり、雪印乳業株式会社の売り上げの50%以上を占める主力商品である。野田工場では、牛乳および生乳・粉乳・バターを使用した加工乳、コーヒー・イチゴなどの乳飲料、「アカディ」で知られる機能性を加味した特殊乳など、チルド製品と呼ばれる23品種の市乳類とLL製品と呼ばれる日持ちの長い17品種のジュース類・清涼飲料類を生産している。

市乳は鮮度保持の目安として、商品の製造された日付(充てん日付)を表示することが義務づけられている。つまり、スーパーマーケットやコンビニエンスストアなどでは、同じ陳列棚に置かれていても、製造日付が1日でも古い商品は消費者から敬遠されてしまう。

したがって、市乳は基本的に、毎日受注、生産、そして配送しながら販売する商品であり、事前の作りだめや、売れ残りの翌日販売などが難しい商品である。つまり、在庫ゼロをねらった受注体制の確立、受注から店頭納入までの最短化、さらには少量でも届けるというきめ細かい配送サービスなどに対応する、受注、生産および配送が一体となったトータルシステムの構築が望まれている。

3 システム構築の考え方

3.1 生産システム構築への要求

市乳工場は、高鮮度品質の確保をねらって、消費地に最も近接した形で全国28か所に分散配置しており、特約店や販売店からの注文を、毎日その地区の工場ごとに直接受注して、直接配送を行っている。

しかし、販売当日の気象状況(天候の良・不良、気温の高・低など)、販売店の政策(特売品など)、曜日、季節などによって、商品の売上数量が大きく変動するため、工場から製品が出荷されるまで、特約店や販売店からの注文変更を受け付けなければならない。

また、小口受注および多頻度配送の増加という現象によって、配送仕分け作業はますます煩雑化しており、欠品、遅納、未納、さらには配送コストの上昇といった問題が発生する可能性も持っている。

そこで、受注の確定および変更の情報を迅速に収集できる受注システムが必要になり、工場を拠点とした分散式受注オンラインシステムを構築している。

また、製品在庫データの迅速かつ的確な把握、およびピッキング作業の効率化を図る配送システムが必要であり、ラック式自動倉庫、フローラック倉庫およびピッキング用電動台車を導入して、効率よく確実に小口配送などに対応している。

したがって、生産システムに求められる必須(す)条件は、特約店や販売店からの要求に沿って、毎日決まった時間までに新鮮な製品を全品種製造することである。つまり、多品種製造に対応できる生産システムの構築であり、製造を容易に変更できる生産システムの構築である。

3.2 生産システムの目的

生産システム構築の目的は、受注および配送からの要求を満足させるために、高品質を維持しながら、製造リードタイ

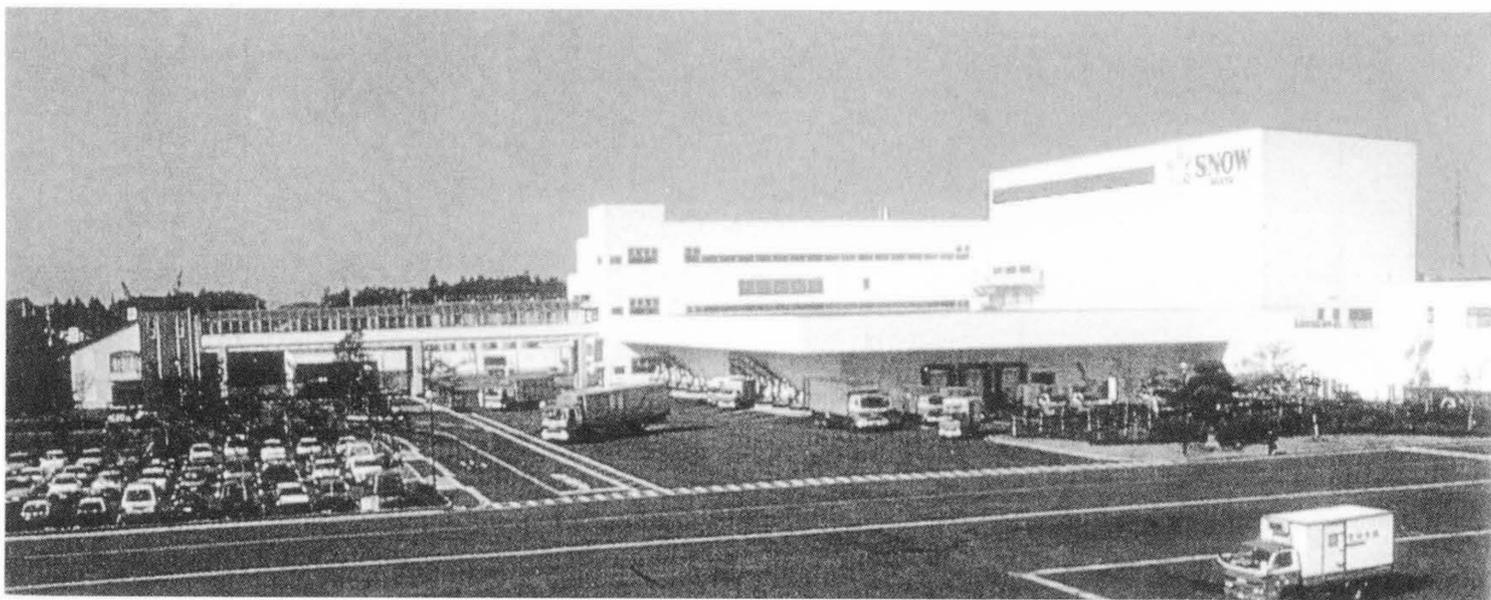


図2 野田工場全景 敷地面積約6万m²、常磐自動車道柏インターチェンジから4.5kmの国道16号線沿いの交通至便などところにある。

ムの短縮を実現することである。具体的には、生産部門FAとしての品種切り替え時間の短縮と生産部門OAとしての製造計画立案業務の短縮である。

多品種製造に対応するためには、品種切り替え時間の短縮を実現する必要がある。つまり、現場プロセスの機械化・自動化はもちろんであるが、製品の品質を大きく左右するライン切替を、容易にしかも確実に実施できる制御機能、および原材料・包装資材を必要現場への確に供給(ジャストインタイム)できる搬送機能などが必要である。

また、製造を容易に変更できるためには、製造計画立案業務の短縮を実現する必要がある。つまり、受注データ、原材料の在庫データ、原材料・半製品・製品の品質分析データ、製品出来高データ、その他生産現場でのプロセスデータなど、工場内で発生する情報を一元的に統括管理する必要がある。そして、一元的に統括管理した情報に基づいて、作業スケジュール、作業指示などを作成する計画立案業務が容易に実施できる機能が必要である。

受注、生産、配送システムの関係を図3に示す。生産システムの具体的な展開については、野田工場の建設で、L70/38ESとEX-1000Aを活用した生産情報・計装統合システムとして実現した。

4 野田工場の生産システム概要

以下、野田工場の生産システムを中心に述べる。

4.1 市乳製造プロセスの概要

市乳製造プロセスの概要を図4に示す。工程は大別して、原材料受け入れ、貯乳、調合、殺菌・滅菌、サージから成る製造工程と、紙容器への充てんを行う充てん・包装工程、および完成した製品の出荷を行う配送工程から成る。

さらに、食品製造プロセス特有の洗浄プロセスであるCIP (Cleaning In Place)工程があり、原材料受け入れから充てんまでの配管プロセスと密接かつ複雑に関連しあっている。

製造プロセスの特徴を一口で表すと、製造工程はタンクと配管から成るバッチプロセス、充てん・包装工程は高速コンベヤから成るディスクリートプロセスであるということが出来る。

4.2 市乳生産業務の概要

(1) 製造依頼業務

- (a) 製品別製造依頼：受注システムで集められた注文データに基づいて、製品別充てん数を充てん業務へ依頼する。
- (b) ベースミックス別(製品液種別)製造依頼：受注システムで集められた注文データに基づいて、ベースミックス別仕込み量に換算して調合業務へ依頼する。

(2) 受け入れ業務

- (a) 原乳受け入れ：原乳の受け入れ検査の後、タンクローリから原乳の受け入れを行う。

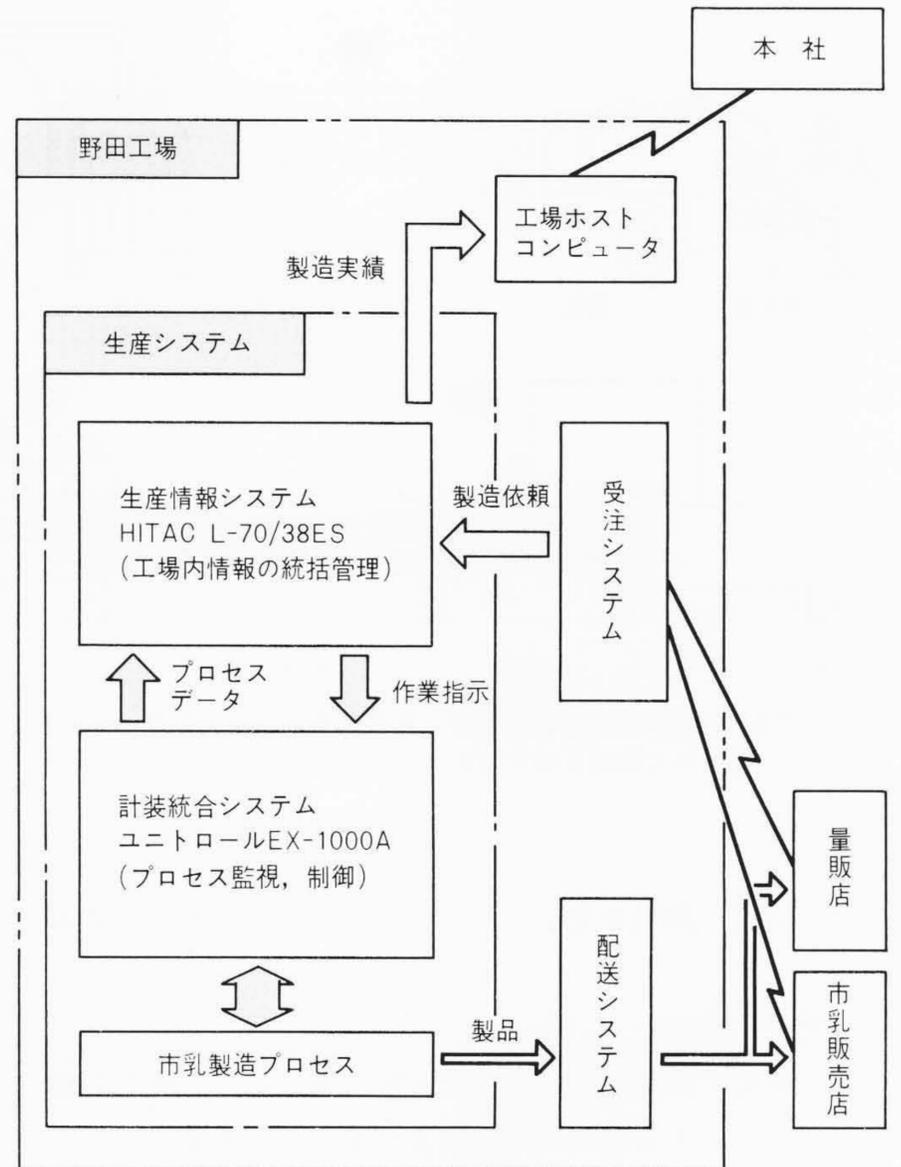


図3 受注、生産、配送システムの関係 生産情報システム(HITAC L-70/38ES)と計装統合システム(ユニットロールEX-1000A)が密接に結び付いて生産システムを構成している。

- (b) 原乳受け入れ量の確定：トラックスケールにより、原乳の受け入れ量の確定を行う。
- (c) 原乳検査：受け入れた原乳にかかわる検査を行う。
- (d) 調合乳送出：調合用の生乳の送出を行う。
- (e) 受け入れ関係受け払い：原乳の受け払い処理を行う。

(3) 調合業務

- (a) 製造仕込み量確定：ベースミックス別仕込み量に基づいて、製造仕込みの順番および量の確定を行う。
- (b) 仕込み：ベースミックス別に確定した仕込み量に基づいて、調合する各原材料の量を計算し、ベースミックスの仕込みを行う。
- (c) ベースミックス組成検査：調合したベースミックスにかかわる組成検査を行う。
- (d) 調整：ベースミックスの組成検査に基づいて、一定成分の製品になるように追加原材料を計算し、ベースミックスの調整を行う。
- (e) 調合関係受け払い：ベースミックスの受け払い処理を行う。

(4) 殺菌・滅菌業務

- (a) 殺菌・滅菌：ベースミックス別に確定した仕込み量に

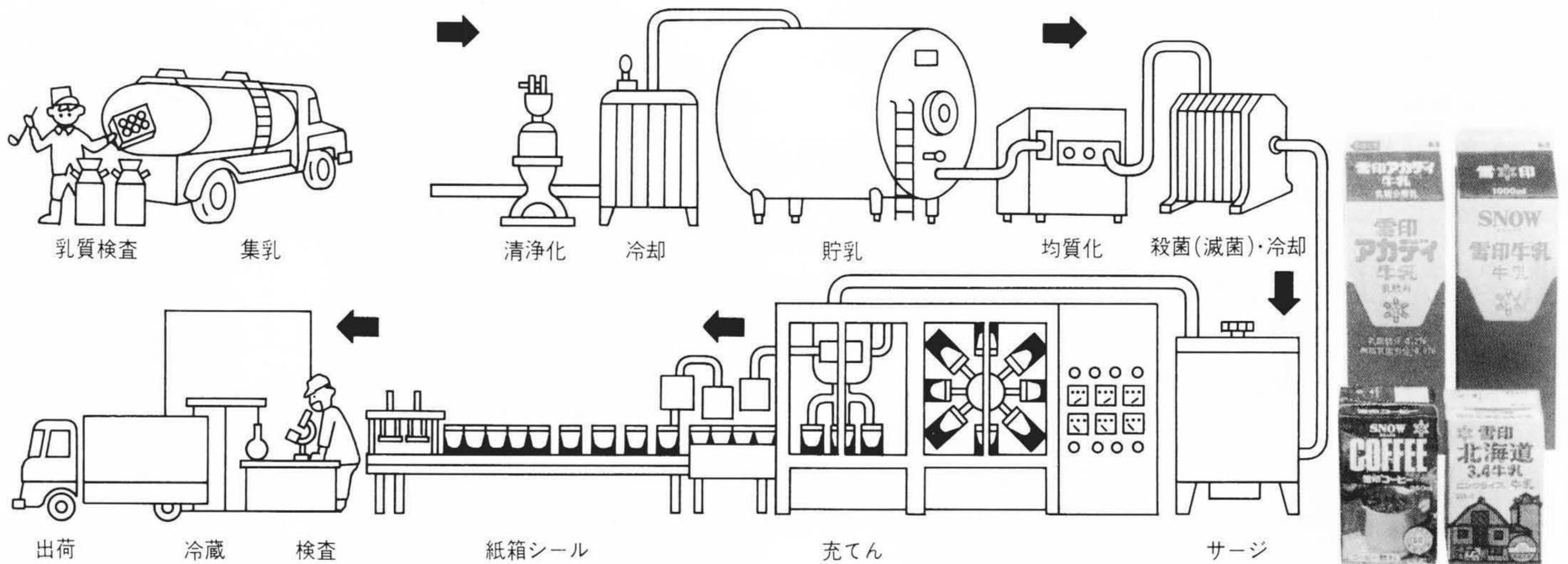


図4 市乳製造プロセスの概要 生乳の受け入れからサージまでは、配管から成るバッチプロセス、充てん以降は高速コンベヤから成るディスクリートプロセスで構成されている。

に基づいて、調整を完了したベースミックスの殺菌・滅菌を行う。

(5) 充てん業務

- (a) 充てん計画：製品別充てん数に基づいて、充てん機ごとに充てんする製品の順番および量を計画する。
- (b) 充てん：充てん機ごとに計画した順番に基づいて、製品の充てんを行う。
- (c) 出来高確定：製品ごとに充てん出来高を確定する。

(6) ユーティリティ管理業務

- (a) 特別高圧受変電、冷凍機、空調、ボイラ、排水処理、空気圧縮機などのユーティリティ設備の監視操作を行う。

(7) 生産業務の特徴

(a) 品質の標準化

生産工程で難しいのが、乳飲料や果汁類でのベースミックスの仕込みや多成分原材料の仕込み指示計算である。品質の標準化のためには、多種類の組成の異なる原材料を配合して、一定の成分を持った製品を作り上げなくてはならない。

しかし、一般的な対応策である製品ごとに、単位量を製造するための原材料の配合比率を、マスタファイルとして管理するだけでは役に立たない。

ここでの難しさは、原材料となる生乳やその他原料の組成が一定ではなく、ばらつくことである。さらに、運用上で、仕込み作業直前でないと使える量が確定できない原材料があることである。一定の成分を持った製品を作り上げるためには、使用する原材料によって配合比率を常に調整しなければならない。

つまり、品質の標準化のために、市乳は製品ごとに原材料の配合比率を変えるほかに、使用する原材料の組成によっても配合比率を調整する必要がある。

(b) 在庫管理と品質管理の一体

在庫管理の対象は、生乳に代表される原材料、工程中の半製品であるベースミックス、製造された製品、包装資材などである。

しかし、市乳の在庫管理は、どんな物が、どこの場所に、どれだけの量、どんな状態で、存在しているかを迅速に把握するだけでは役に立たない。上記(a)でも触れたように、ベースミックスの仕込みや調整業務に必ず必要となる原材料やベースミックスなどの組成分析値も、いっしょに対応して把握できることが重要である。

つまり、市乳の在庫管理は、通常の在庫管理に比べると品質管理との結び付きが強いという特徴を持っている。

4.3 生産システムの機能分担と構成

生産システムの開発にあたり、前述したシステム構築の考え方および製造プロセスと生産業務の特徴を踏まえ、システム化する対象を生産工程中心に機能を抽出した。システム機能の一覧を表1に示す。

システム機能を大別すると、情報管理レベルと工程監視制御レベルの二つに分けることができる。

情報管理レベルの機能は、間接業務の合理化を目的としたシステム化で、ベースミックスの仕込みや調整業務での仕込み指示計算など、生産スケジュールからの作業指図への展開のように、工場内で発生する大量の情報を取り扱う情報処理が必要である。

工程監視制御レベルの機能は、直接業務の合理化を目的としたシステム化で、広範囲なプロセス設備に対して、省人化と確実な操作ができるように集中監視と分散制御が必要である。

野田工場で実現した生産システムのシステム構成を図5、6に示す。情報管理レベルと工程監視制御レベルとは、シ

表1 生産システムの機能一覧 間接業務の合理化を目的として、情報管理レベル機能と、直接業務の合理化を目的とした工程監視制御レベル機能とに分けることができる。

情報管理レベル	(1) 生産スケジュールの立案
	(2) 生産スケジュールからの作業指図への展開
	(3) 生産実績の蓄積
	(4) 在庫管理
	(5) 品質管理
	(6) 帳票管理
工程監視制御レベル	(1) 製造プロセスのモニタリング
	(2) タンクおよび経路の切替制御
	(3) 設備機器の起動・停止制御
	(4) 温度・流量・レベルなどのプロセス制御
	(5) 多品種生産管理機能による調合制御
	(6) CIPの自動制御
	(7) バッチ報印字による各プロセスの出来高管理
	(8) ユーティリティ設備の監視・制御

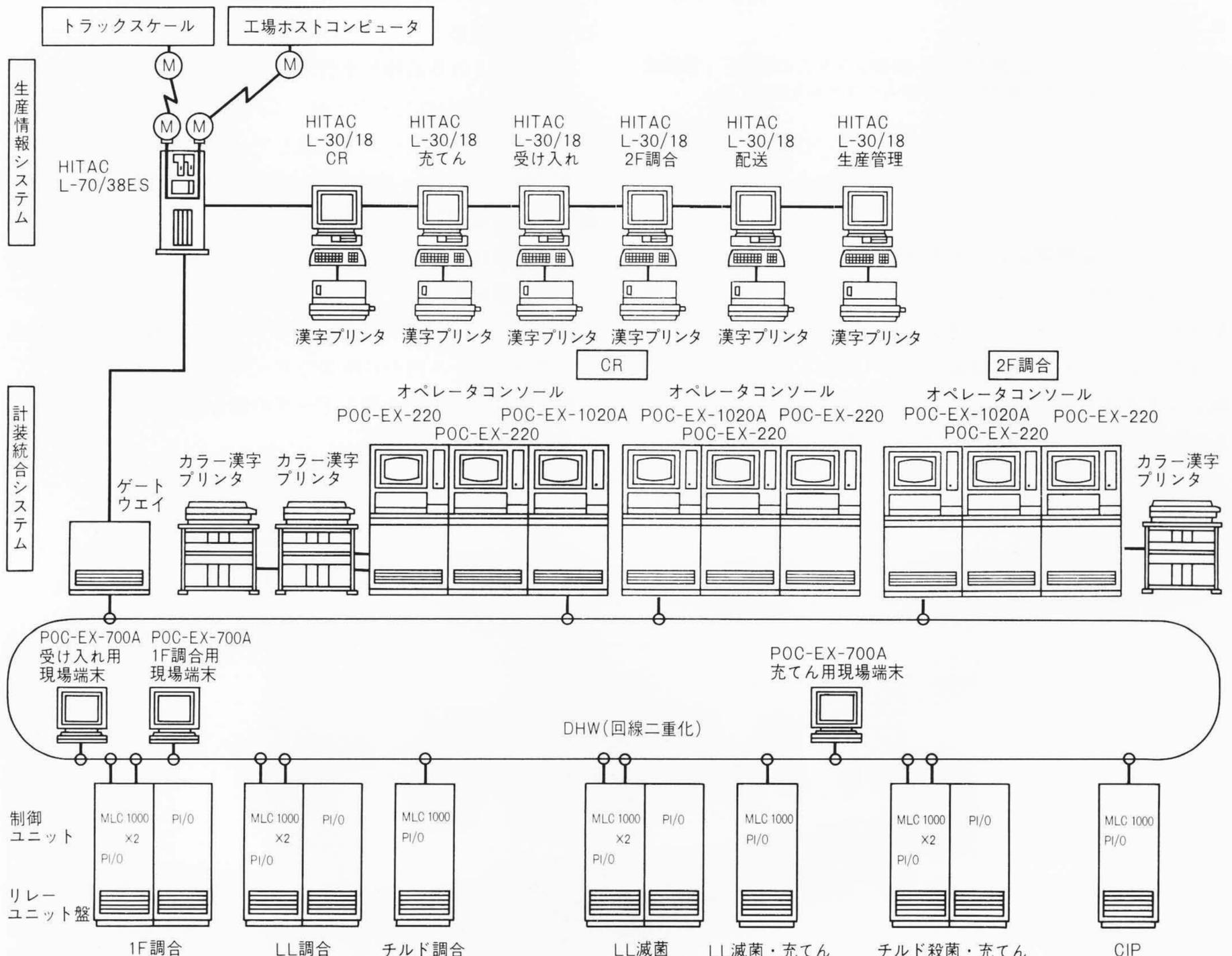
注：略語説明 CIP(Cleaning In Place)

システムとして具備すべき機能がはっきりと違うため、システム機器を分割した。

さらに、工程監視制御レベルのなかでもユーティリティ設備の監視・制御機能については、機能的に独立色が強いので、あえて独立したシステム機器とした。

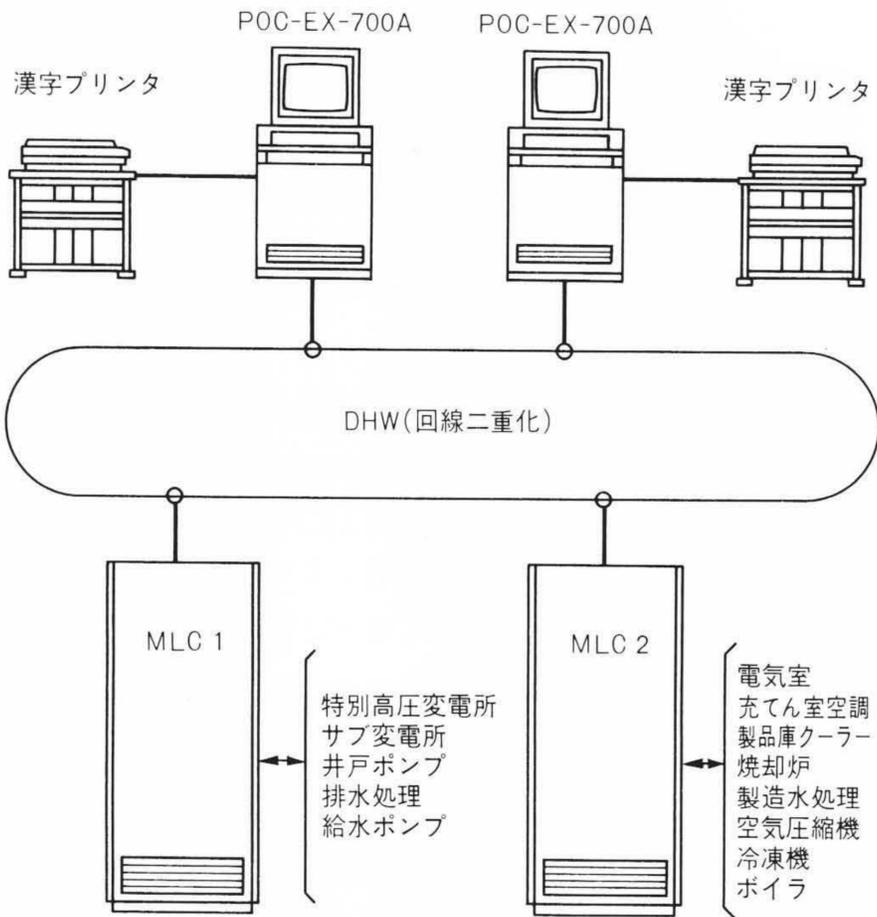
情報管理レベルは、生産情報システムとして、非専門家でも簡単に使えるリレーショナルデータベースを中心とした第4世代言語ETOILE/OP(Effective Object Oriented Language for End Users/Office Processor)が用意されており、大量の情報を容易に取り扱いができるL70/38ESを採用した。

工程監視制御レベルは、計装総合システムとして、容易なエンジニアリング機能と安心して使える高い信頼性を持ち、多品種生産に最適な品種管理機能が用意されているEX-1000Aを採用した。



注：略語説明 POC (Process Operator Console), MLC (Multi-Controller) PI/O (Process Input & Output), LL (Long Life), DHW (Data High Way)

図5 生産情報・計装総合システムの構成 大量の情報を容易に取り扱えるL70/38ESと多品種管理機能を備えているEX-1000Aをシステムインテグレートしたシステム構成をとっている。



注：略語説明 DHW (Data High Way)

図6 ユーティリティ設備の監視・制御システムの構成 計装統合システムとの操作性、保守性の統一からシステムを採用した。

しかし、生産情報システムと計装総合システムは、ハード的には分割されているが、ソフト的には一つのものとして機能するようなフレンドリー性が必要である。

また、ユーティリティ設備の監視・制御システムは、計装統合システムとの操作性、保守性の統一と規模からEX-1000Aの小規模システムであるユニットロールEX-700Aを採用した。

4.4 生産システムの特徴

(1) 高生産性・省力化の追求

今までの市乳プラントの自動化は、シーケンサを使ったバルブのシーケンス制御や、パーソナルコンピュータを使った固定化した配合パターンから原材料の仕込み量を計算するなどの程度であった。

今回のシステムは、(a)計画した生産スケジュールにのっとり市乳プラントの各工程を自動的に運転するスケジュール機能、(b)在庫管理と品質管理を一体化した原材料の仕込み指示計算機能と、その計算結果を直接制御に結び付ける多品種生産管理機能、(c)製造プロセスの状況、原乳の受け入れ履歴、原材料などの受け払い、製品出来高などが一目でわかる管理機能、(d)設備の異常や故障を自動的に知らせるアラーム機能、などの機能を具備した。また、小人数でのプラント操業をサポートする方策の一つとして、図7に示す中央監視室に情報を集約する一方、現場での迅速な対応を図るため、その範囲で中央監視室と同じ機能を持つ端末を設置した。

(2) 多品種対応

EX-1000Aの多品種生産管理機能は、BASICなどの汎(はん)用言語で書かれたものと違って、総合計装システムの基本要素である計器イメージで実現している。このため、オペレータにわかりやすく、運転操作が容易である。EX-1000Aの多品種生産管理機能の概要を図8に示す。

品種制御は、マルチコントロールユニット内の品種予約器から品種設定器へと、電子的な生産指令カードを流すことによって行う。このカードが流れてくると、品種設定器はオペレータコンソール内の品種処方データ管理システムに対して、制御を実行するための処方データの値を伝送するように指示する構造となっている。

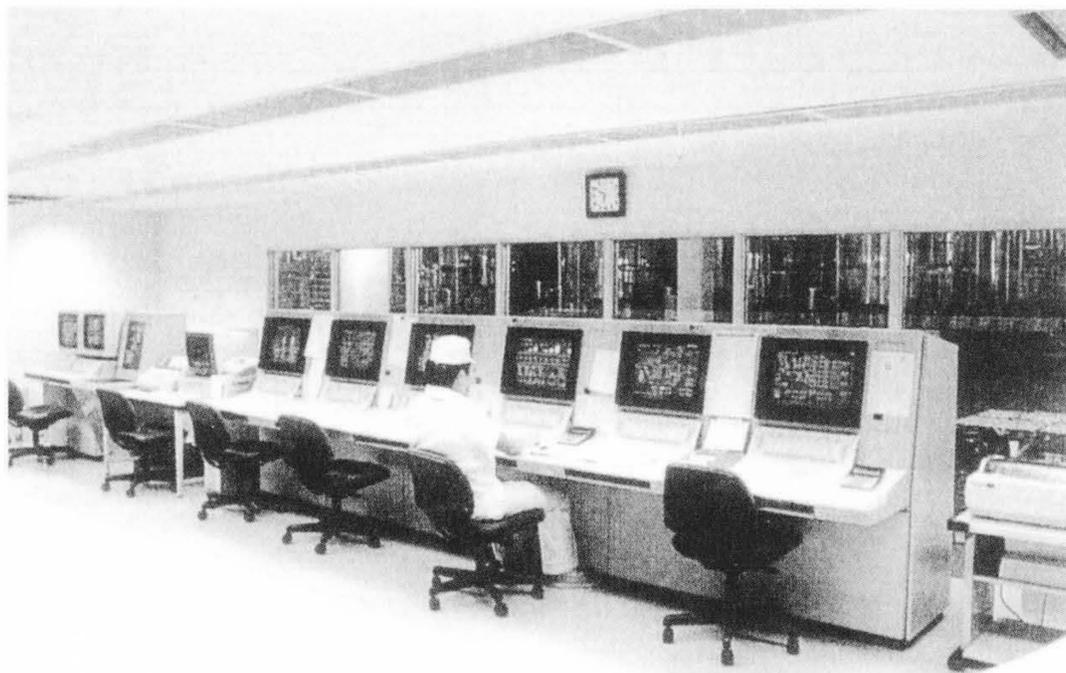


図7 中央監視室 中央監視室で、市乳製造プロセスおよびユーティリティ設備の状態が一目でわかるようになっている。

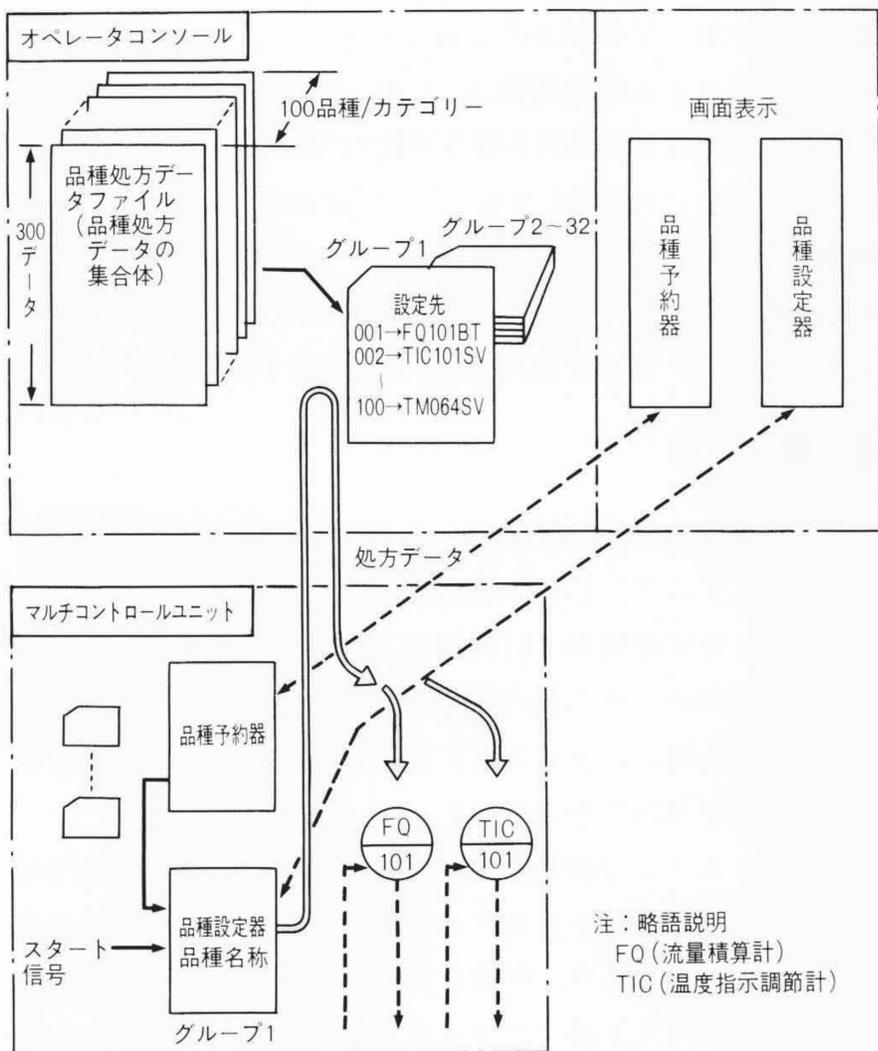
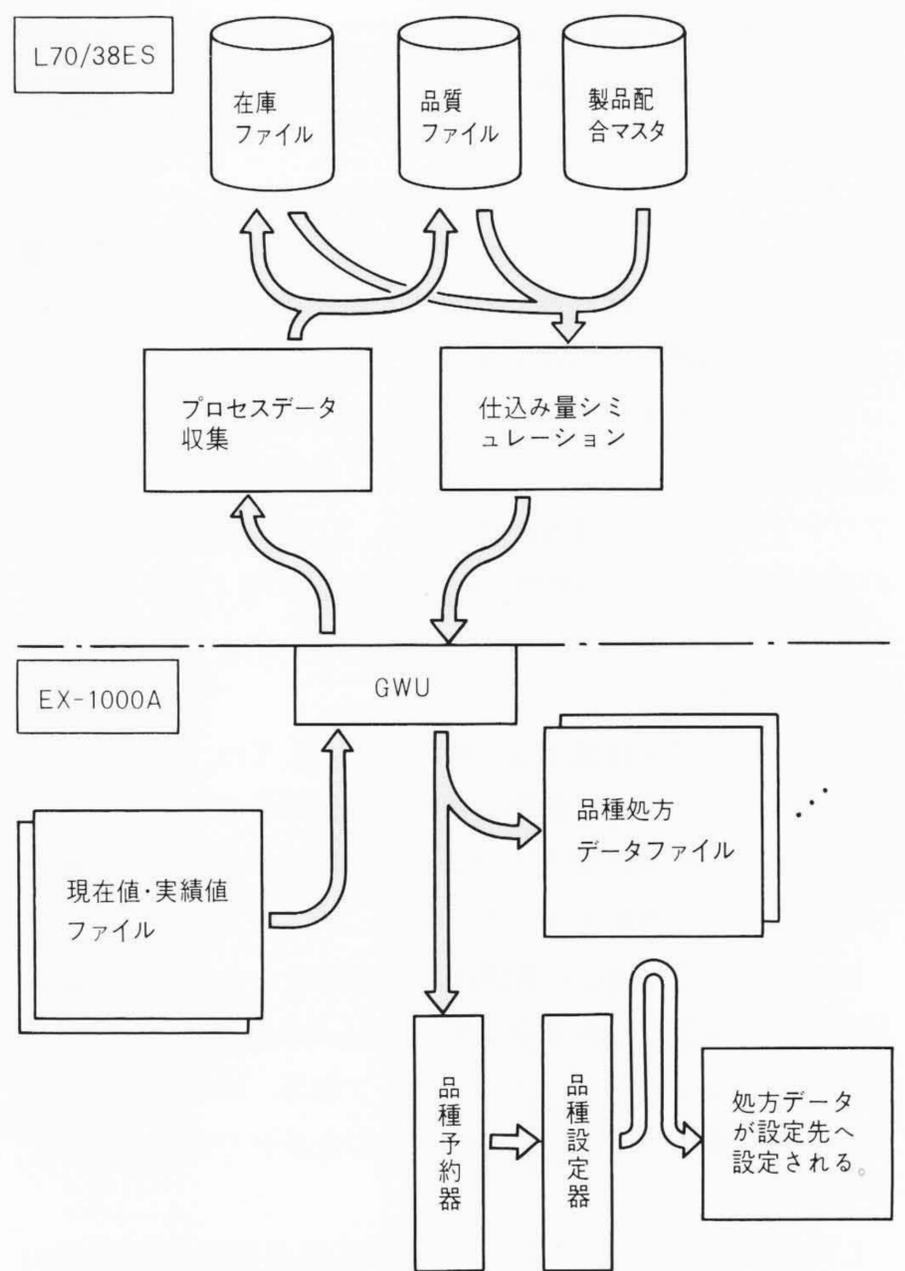


図8 EX-1000Aの多品種生産管理機能の概要 総合計装システムの基本要素である計器イメージで、多品種生産管理機能を実現している。

L70/38ESとEX-1000Aをシステムインテグレートした今回のシステムでは、L70/38ES側から直接EX-1000A側の品種予約器および品種処方データファイルのデータを設定、変更することができる。つまり、L70/38ESとEX-1000Aをシステムインテグレートしてできた多品種生産管理機能は、EX-1000Aの持つ多品種生産管理機能をさらにグレードアップしている。

L70/38ESとEX-1000Aの一体運用ができる構造を図9に示す。EX-1000AのGWU(Gate-way Unit)を経由して、L70/38ES側からEX-1000Aを意識することなくデータを収集し、ファイルを作成することができる。また、L70/38ES側で計算した結果をもとにEX-1000A側のファイルを変更し、制御を実行することができる。

グレードアップした機能としては、(a)システムで管理する品種数をEX-1000Aの規制に縛られず、品種数を大幅に拡大することができる。L70/38ES側でマスタとしての品種処方データファイルを持ち、生産スケジュールにのっとり、EX-1000A側で持つ品種処方データファイルの大きさに合わせて、データを切り出し書き替えることにより、EX-1000A通常が多品種管理機能として制御を実行することができる。(b)L70/38ES側で実行されるシミュレーションなど複雑な計算を行った結果を用いて、EX-1000A側で実行する制御変数をその場その場で変更することができる。L70/38ES側で在庫管理と品質管理を一体化した原材料の組成分析値を用いて仕込み配合量を計算



注：略語説明 GWU (Gate-Way Unit)

図9 生産情報・統合計装システムの多品種管理機能 L70/38ES側から直接EX-1000A側の品種予約器および品種処方データファイルのデータを、設定および変更することができる(EX-1000Aの殻を破った)。

し、製品として品質の一定規格を満足する計算結果を用いてEX-1000A側の品種処方データファイルを変更し、制御を実行することができる。

今回のシステム規模は、トータルとして約1,500品種数(製品の品種数ではなく区分けできる作業グループ数の意味)、約1,800処方データ数を持っている。これらをL70/38ESの管理のもとでEX-1000Aの多品種管理の自動変更をサポートしている。

(3) 品質管理の徹底

品質を大きく左右するCIP(洗浄)工程を全自動化した。CIP装置は分散形を採用して、各ブロック分けしたユースポイント近くに設置することで、省資源や省エネルギーを図っている。

品質に関する組成分析値についてはL70/38ESで一括管理しており、原材料の在庫量を確認しながら実現性のある仕込み配合比率をシミュレーションすることができる機能を具備している。この機能をフルに活用して、製品としての一定品質

を満足できる仕込み配合量を見つけだし、EX-1000Aの品種処方データファイルへ自動的に反映して、間違いのない制御をサポートしている。

(4) システム構築の容易性および保守性の向上

生産システムを構築するために雪印乳業株式会社と日立製作所とで作業を分担した。雪印乳業株式会社が長年にわたって蓄積した製造ノウハウを生かして、機能設計からソフトウェア作成、検査までを担当し、日立製作所が機能設計および検査のコンサルタント、ソフトウェア作成のためのエンジニアリングサポートを担当した。また、L70/38ESとEX-1000Aの接続ソフトウェアの提供、L70/38ESと工場ホストコンピュータおよびトラックスケールの接続ソフトウェアの作成は日立製作所が担当した。

ソフトウェアを作成するための言語としては、以下に述べるとおり、システムを構築した後での保守性も考えて、専門家でも容易に使える言語という観点から、事前に検討および試用して判断を下した。

EX-1000Aで使用した言語は、計装用語を主体としたEX-1000Aの標準言語である会話形SLC(Softless Controller)であり、制御ループから、グラフィック画面、帳票、多品種管理までの制御システム機能を端末との会話形で作成することができる。

L70/38ESで使用した言語は、伝票や帳票発行(生産指図の発行)を中心とした定形業務開発機能と非定形的な業務開発機能とを備えている第4世代言語ETOILE/OPを採用した。

特に、ETOILE/OPの特徴は、(a)RDB(Relational Data Base)ファイルを利用して簡単にイメージどおりの伝票・帳票を作成し印刷できる、(b)RDBファイルの加工および更新のコマンドの組み合わせで、定形業務の開発とともにRDBファイルの内容を即時にその場でいろいろな形にデータ加工する非定形業務を実行できる、(c)RDBファイルの作成から保守、ファイルの複写、削除などのユーティリティ機能や開発した業務プログラムドキュメント作成などの運用、保守機能を兼ね

備えた統合形ソフトウェアである²⁾。

今回のシステム開発規模は、L70/38ES側が画面数約100、帳票数約80、および処理手続き本数約200、EX-1000A側がユニットシーケンス数約1,000、ループ計器数約2,000、および制御総点数約1万ほどの大規模システムであるが、雪印乳業株式会社では開発人員約8人、開発期間約12か月間(システム設計からテスト完了まで)でシステム構築することができた。

5 結 言

雪印乳業株式会社全社CIMシステムの一翼を担う野田工場の生産システムで、L70/38ESとEX-1000Aをシステムインテグレートした生産情報・計装統合システムを構築した。このシステムも含め、その他の新技術を導入した結果、人員も従来の同規模工場に比べると約半数となっているが、さらに生産性の向上を目指す予定である。

現在のシステムで満足しているわけではないが、全社CIMシステムの一翼を担うシステムを構築できたという実績は有形、無形の財産であり、今後も操作性・運用性などの面から改良を加え、市乳工場でのプロセスCIMのモデル工場としてシステム作りを進めていく考えである。

参考文献

- 1) 野里, 外: OA融合による中規模システムのフレンドリ性, 計装, Vol.32, No.11, 46~50, 工業技術社(1989-11)
- 2) 土屋, 外: オペレーティングシステム“MIOS7/AS”用第4世代言語“ETOILE/OP”, 日立評論, 71, 11, 1145~1152(平1-11)
- 3) ケーススタディ/雪印乳業, 日経コミュニケーション, 127~132, 日本経済新聞社(1986-3)
- 4) ケーススタディ/雪印乳業, 日経コミュニケーション, 85~90, 日本経済新聞社(1988-11)
- 5) 雪印乳業野田工場, 酪農乳業速報, 89夏期特集, 58~60, 68, 69, 酪農乳業速報
- 6) オフコンユーマー訪問 雪印乳業株式会社殿野田工場, おふこん日立, '89, No.3, 4(平1-7)