

ビール工場におけるCIM化の推進

—サッポロビール株式会社新工場トータルシステム—

CIM for Beer Industry Total Management and Control System
for the New Factories of Sapporo Breweries Ltd.

近年の消費者嗜好の多様化を反映して、ビール業界でも多品種少量生産、および多頻度少量配送への対応といった、生産、物流両面での柔軟な体制の確立が急務となっている。サッポロビール株式会社では、新工場建設の目標である「高品質」、「高効率」、「高アメニティ(快適性)」追求の一環としてCIM(Computer Integrated Manufacturing)化を推進した。システムは大きく分けて本社ホスト計算機、工場ホスト計算機、工程制御・物流制御の各システムから成る。これらはすべてネットワークで接続され、高度な自動化生産設備、自動倉庫を核とした物流設備と連動して、原料受け入れから仕込み、パッケージング、また受注から出荷に至る一連の機能の一元的な統括管理を実現した。このコンセプトに基づくシステム更新を、既設の生産・配送拠点に対しても展開中である。

坂 詰 良*	Ryô Sakazume
黒 田 浩**	Hiroshi Kuroda
多々良英喜***	Hideki Tatara
倉 益 敬 輔****	Keisuke Kuramasu
渋 井 正 昭*****	Masaaki Shibui
佐 藤 純 一*****	Jun'ichi Satô
河 南 邦 男*****	Kunio Kannan
浜 口 則 昭*****	Noriaki Hamaguchi

1 緒 言

最近の消費者嗜好は、表1に示す品種数の増加に示すように多様化し、かつ当日のオーダー変更が当たり前というように変化しやすくなっている。サッポロビール株式会社(以下、サッポロビールと言う。)では、このような状況に対応するため、昭和63年6月竣(しゅん)工の千葉工場、平成元年6月竣工の北海道工場の建設に合わせて、CIM(Computer Integrated Manufacturing)システムの構築を進めた。昭和55年の

静岡工場建設時に導入したFAシステムは、醸造工程を対象として制御用計算機とコントローラを中心に構成していたが、新工場ではこれを製品パッケージング工程、物流関係を含めた全工程に拡張するとともに、工場ホスト計算機を導入して実績データ管理の一元化を図り、本社ホスト計算機と接続することで、生産計画の授受、受注・配送情報のリアルタイム送受信を可能にした。また、物流システムについても千葉、北海道とも、同様のコンセプトに基づいて構築したが、千葉工場では首都圏の物流事情を反映して、大規模自動倉庫をはじめ各種の自動化設備を導入した。

表1 ビール製造品種の動向 ビール製造量の増加率に比べて、品種数の増加率が高くなっている。

項 目 \ 年 度		'82年度	'85年度	'88年度	'88/'82
ビ ー ル 総 生 産 量		473万kl	475万kl	575万kl	1.2倍
品 種 数	大 手 4 社 の 合 計	74	164	197種	2.7倍
	当 年 度 の 新 製 品 種	15	33	68種	4.5倍

出典：ビール酒造組合

注：1.お祭りラベル、記念缶などのプライベートラベルは品種に含まない。

2.各ビール会社では、ビールのほかに清涼飲料水、ワインなどを生産しており、品種総数に占める割合は、ビール以外のほうがはるかに多い。

2 新工場建設のシステム化のコンセプト

2.1 新工場建設の背景とねらい

サッポロビールでは、明治20年以来当社の主力工場として稼動してきた恵比寿工場が都心にあり、輸送上のネック、設備の老朽化などの問題を抱え、また需要の増大に対応すべき増設の余地もないことから移転を決定し、首都圏へのビール供給の要(かなめ)として、千葉県船橋市に新工場を建設した。千葉工場の外観を図1に示す。また1年後に同様の理由から、

* サッポロビール株式会社 プラント事業部 ** サッポロビール株式会社 エンジニアリング部 *** サッポロビール株式会社 情報システム部
**** 日立製作所 システム事業部 ***** 日立製作所 大みか工場 ***** 日立エンジニアリング株式会社
***** 日立システムエンジニアリング株式会社 ***** 日立製作所 機電事業本部

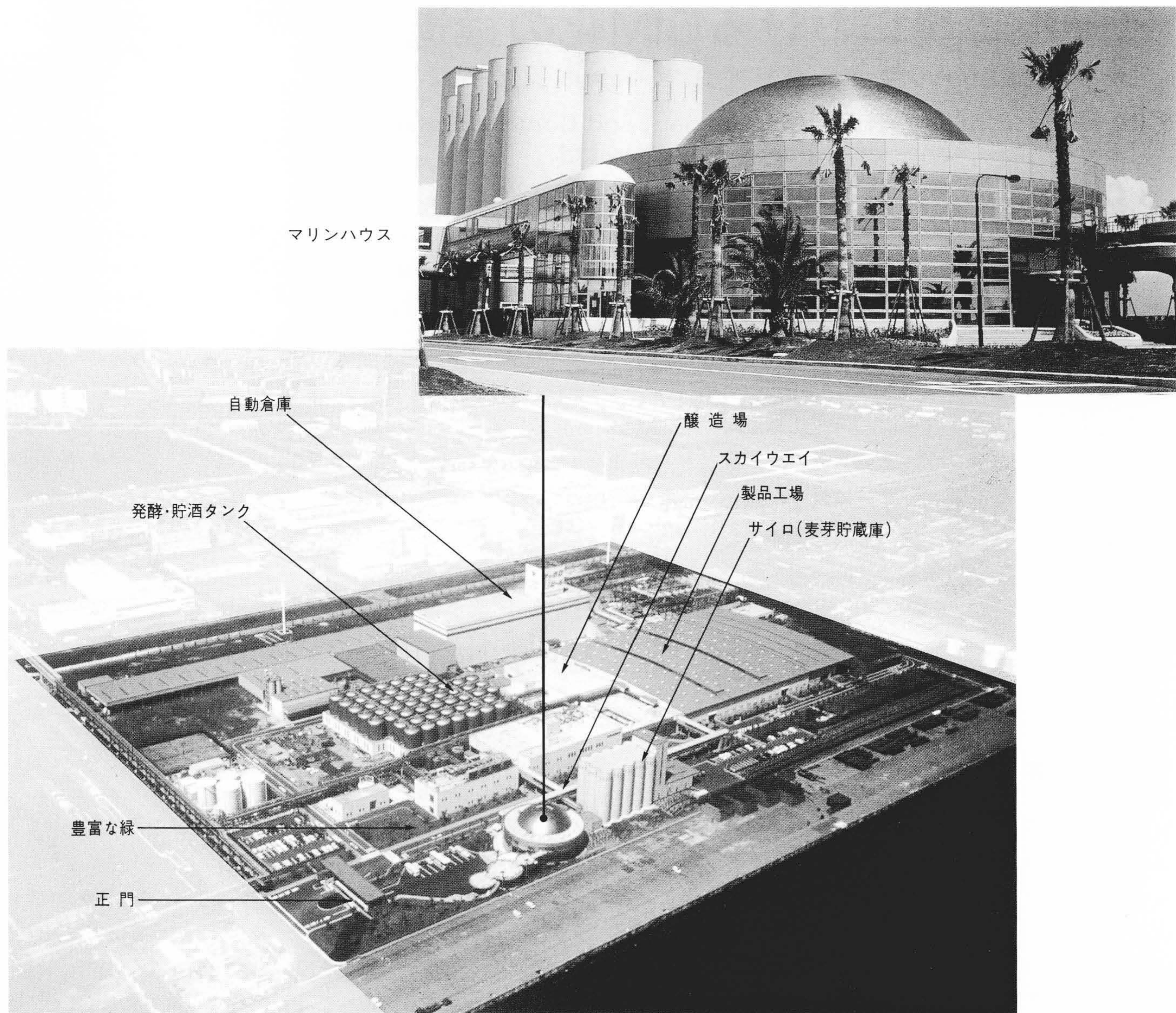


図1 千葉工場概観図 16万m²の敷地内は緑豊かで、マリンハウスなどの見学者向け施設も充実しており、「海と緑のピアコミュニティ」にふさわしい。

札幌市中心部に位置する札幌第一工場を、北海道工場として恵庭市に移転した。これら二つの旧工場跡地は、いずれも再開発プロジェクトを推進中である。

連続した新工場建設の大きなテーマは、「21世紀を指向する開かれた工場」であった。そのための目標は、「高品質」、「高効率」、「高アメニティ(快適性)」の実現であり、本稿で紹介するシステムのほかに見学者設備の充実などにも力を注いだ。

2.2 システム化の目標と展開

新工場システムの構築に際して、図2に示す目標を掲げた。具体的には、ビール製造工場として多品種混合生産に対応できる工程制御システムの構築、次にビール配送拠点として多頻度少量配送に対応できる物流システムの開発を基本とした。そして、これら二つのシステムと本社ホスト計算機を工場ホスト計算機を介して接続し、生産情報、出荷情報、品質情報

を一元管理する統括システムの構築を指向した。

3 システムの全体構成

千葉工場を中心に、システムの全体構成について述べる。

3.1 ビールプラントの概要

千葉工場の設備概要を図3に示す。工程は大別して、原料受け入れから仕込み、発酵、貯酒、ろ過から成る醸造工程と、瓶、缶、業務用の樽(たる)へのパッケージングを行う製品工程、および完成した製品の受け入れから出荷までを行う物流工程から成る。このうち醸造工程はバッチプロセスであり、製品工程はきわめて高速のディスクリートプロセスとなっている。また、仕込みからパッケージングまでの各工程に、食品工場特有の洗浄プロセスであるCIP(Cleaning In Place)プロセスがあり、製造ラインと密接かつ複雑に関連し合っている。

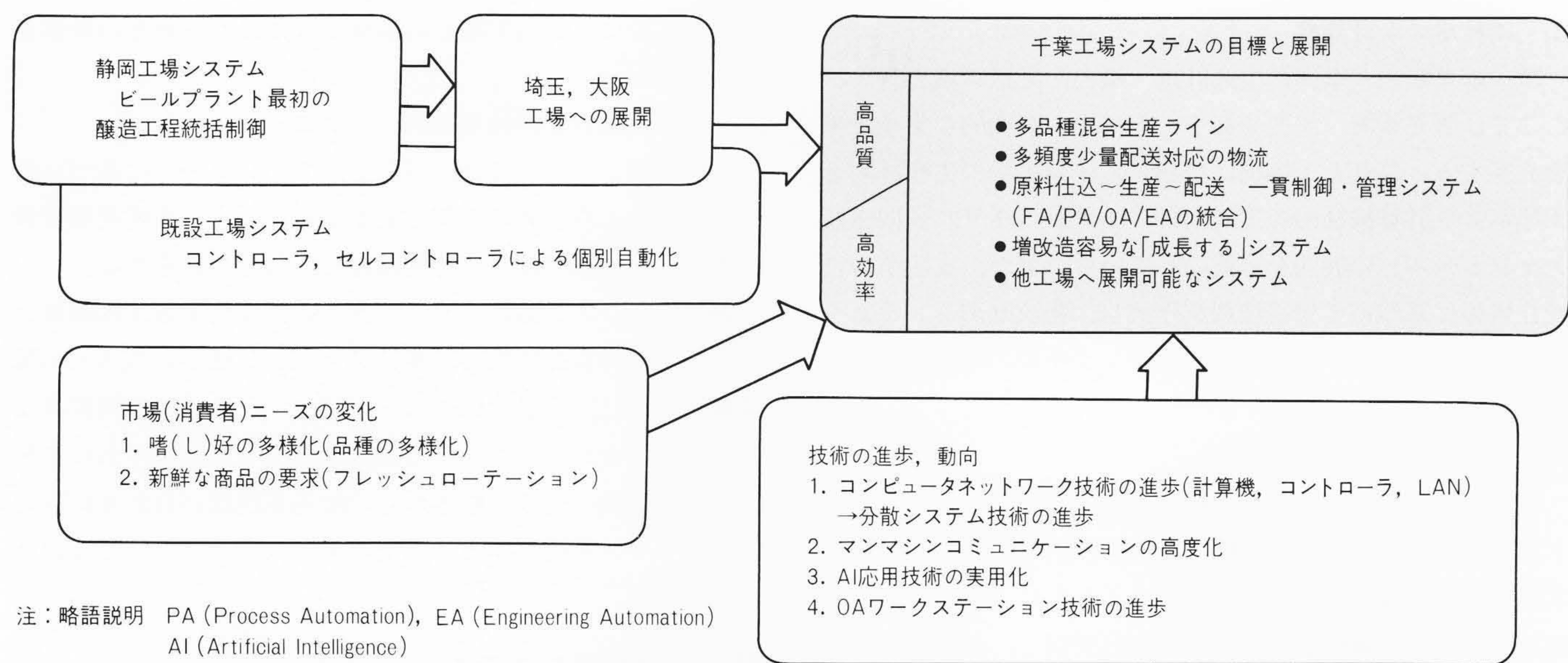


図2 千葉工場システムのコンセプト 高品質・高効率な工場操業のためには、生産、物流の両面で多品種化、高速化を実現できるシステムを構築する必要がある。

3.2 システムの全体構成と特徴

システムの構成を、サッポロビールの基幹ネットワークである全国専用線情報ネットワークと、それに接続される工場ホスト計算機以下の工場システムに分けて、前者を図4²⁾に、後者を図5に示す。専用線ネットワークは、本社ホスト計算機HITAC M-680Hを中心に、全国各地の支社および工場を中形汎(はん)用計算機や端末で接続している。本社集中管理方式をとっているため、全国の受注情報、在庫情報を一元的に把握でき、各配送拠点への出荷指示あるいは工場間や倉庫間の移送指示などをタイムリーに行える。

一方、工場システムは工場ホスト計算機、工程制御、物流制御の各システムから成り、工場LAN、製造LAN、物流LANで接続され、分散形階層化システムを構成している。工

程制御、物流制御の制御にかかわるCPU、LANなどの主要機器は二重化バックアップとし、コントローラは小区分の工程ごとに自律分散することで危険分散や負荷分散を図った。ただし、プラントオペレーションや、ソフト追加・改造の効率向上のために必要な機能と情報は中央監視室に集約した。すなわち、制御分散・管理集中の形態をとった。

主要機器の台数は、本社および工場ホスト端末が合計10台、HITAC M220DXが1台、制御系では工程、物流合わせてHIDIC V90/25が8台、コントローラS10/2αが82台、B16/FXが12台など、大規模な構成となっている。

3.3 全体システムの機能分担と情報の流れ

千葉工場での各システムの機能分担とシステム間の情報の流れを図6に示す。

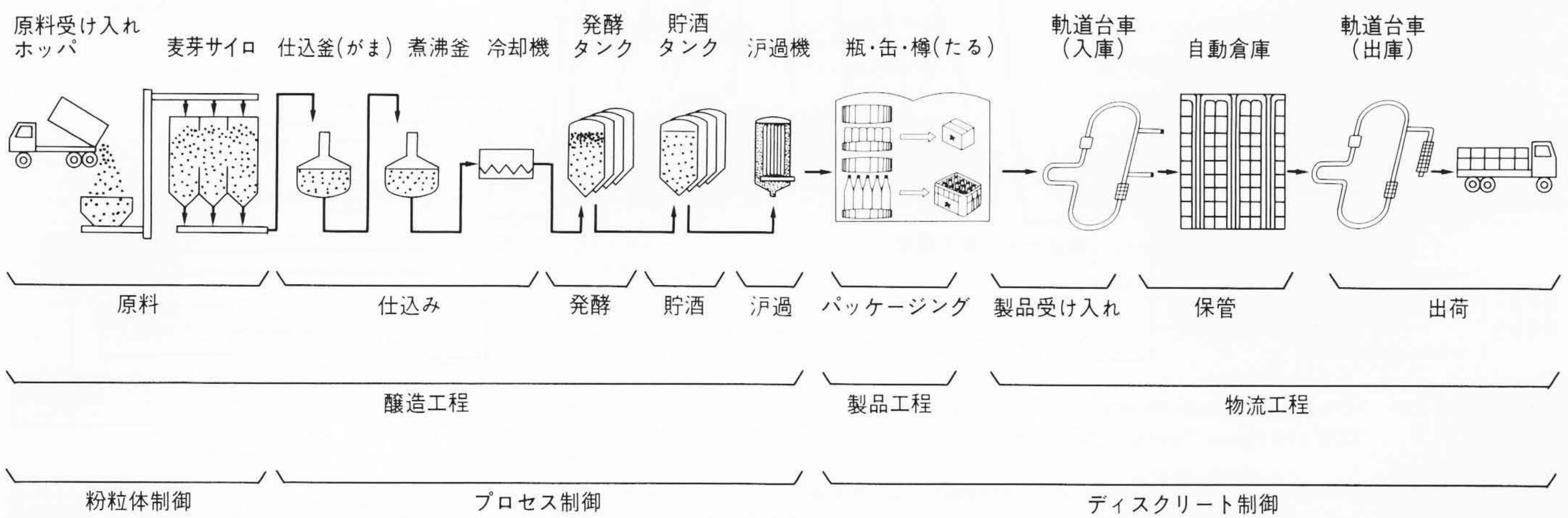


図3 千葉工場の設備概要 仕込み工程は24時間体制で釜(かま)当たり7バッチ/日運転、製品工程は1分当たり瓶1,500本という高速ディスクリートプロセスである。

(1) 本社ホスト計算機

サッポロビール全体の生産計画、販売・配送管理を行う。ここでは販売状況、需要予測をもとに中・長期的な生産計画を立案する。これを工場別に整理して千葉工場の生産計画を工場ホスト計算機経由で工程制御システムへ送り、週間生産スケジュールへの展開を可能にしている。また、支店からの受注情報に基づいて出荷情報を作成し、物流制御システムへ送信するとともに、運輸会社へトラック手配のための配送情報も送信する。

(2) 工場ホスト計算機

工程制御システムのホスト機能と物流制御システムのホスト機能を、本社ホスト計算機との通信も含めて実現している。工場内の生産管理、品質管理を行うとともに、実績情報を工程制御・物流制御両システムから毎日受信し、長期間保存管理する。また、品質管理情報は生産実績情報と関連づけて、月報、税務帳票などの帳票を作成するとともに、製品工程か

ら原料工程に、原料工程から製品工程にわたる酒歴の検索を可能とした。

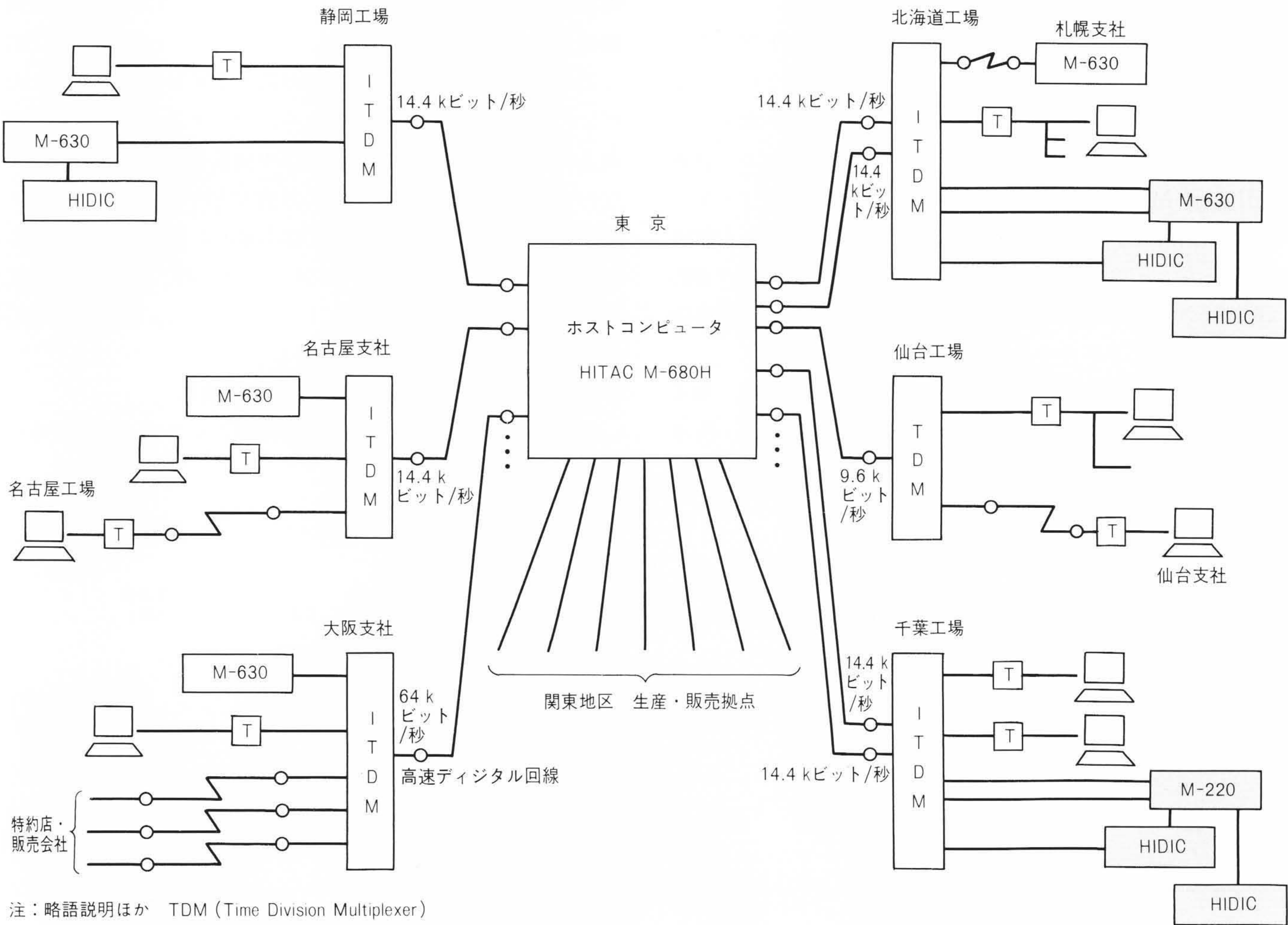
(3) 工程制御および物流制御システム

工程制御システムでは、週間生産スケジュールに基づいてビール製造工程全体の制御と集中監視を行う。生産実績情報は本システム側では3か月間保存し、製造日誌を作る。

物流制御システムは、リアルタイムに受信する工程制御システムからの製品情報と、本社ホスト計算機からの入・出荷情報をもとに、自動倉庫の入・出庫、トラックの出荷管理などを行う。また、トラックの積込状況はリアルタイムに本社ホスト計算機へ送り、顧客からの配送状況問い合わせに対応するサービスを提供する。以上の両システムについては以下に詳述する。

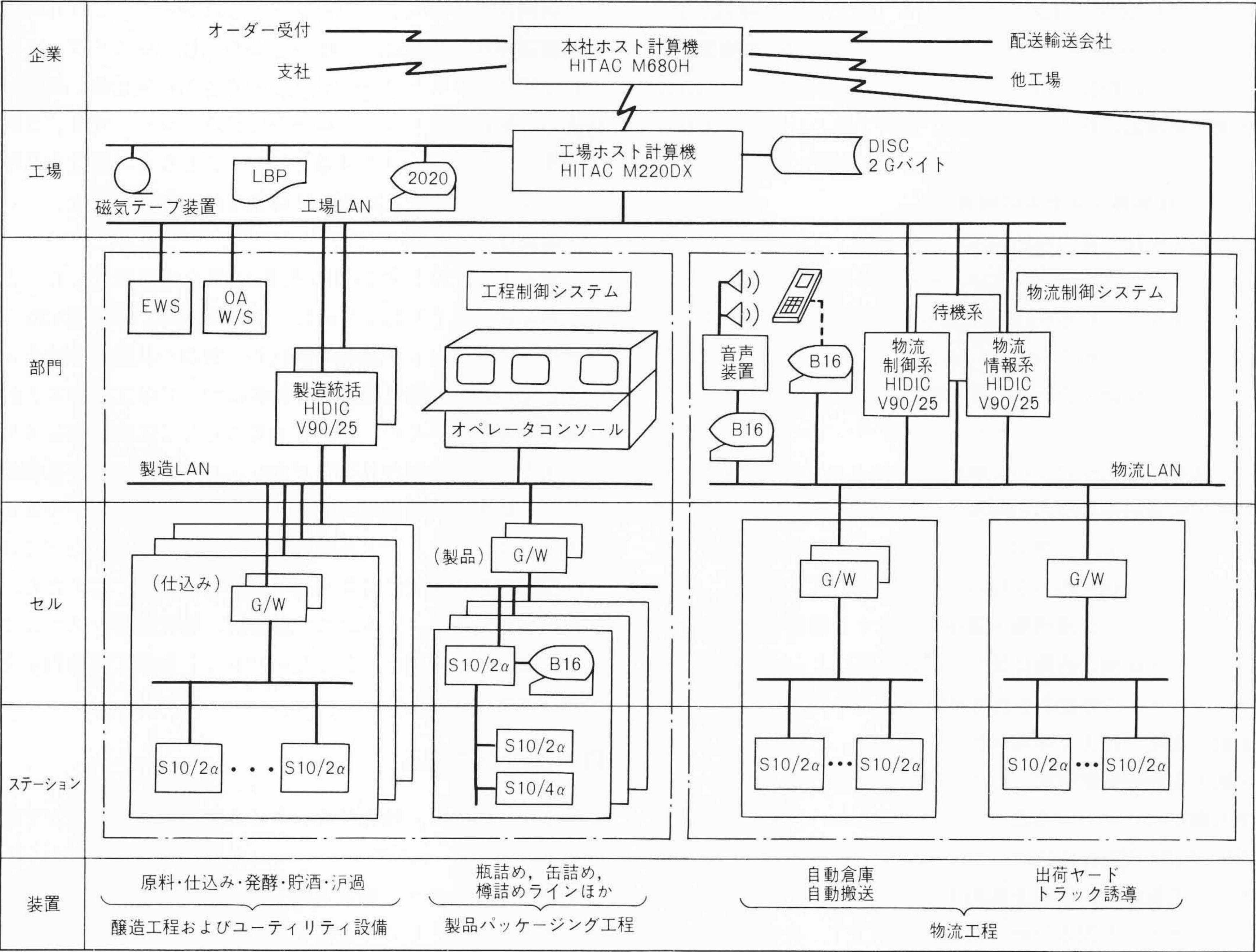
4 工程制御システム

工程制御システムは、バッチプロセス向け制御パッケージ



注：略語説明ほか TDM (Time Division Multiplexer)
ITDM (Intelligent Time Division Multiplexer)
[T] ターミナルコントローラ, [VDT] VDT (Video Data Terminal), [O] モデム

図4 サッポロビール株式会社の全国情報ネットワーク 受注情報は上記のほか、九州、横浜など全国の営業拠点から本社に集約され、各地の配送拠点に出荷指示が行われる。



注：略語説明 LBP (Laser Beam Printer), EWS (Engineering Workstation), OA W/S (OA-Workstation), G/W (Gateway)

図5 千葉工場のCIMシステム構成 分散形階層化システムを形成し、主要機器は二重化をとっているため信頼性に優れ、しかも、トラブルを局所化できる構成である。

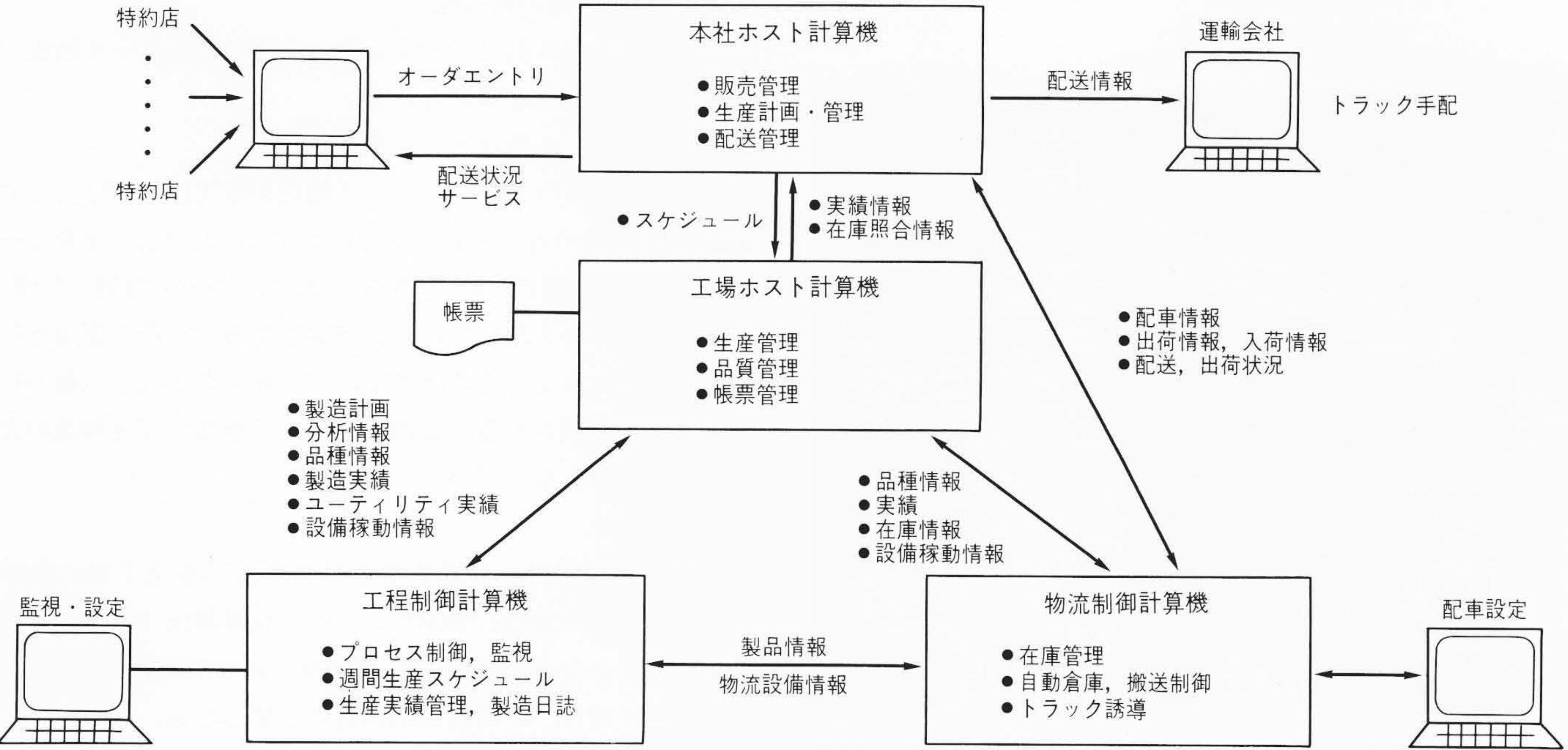


図6 システム機能と情報の流れ 本社ホスト計算機に集約される出荷情報は特にリアルタイム性を要求されるため、直接物流制御計算機に送られる。

であるHiDACS(Hitachi Standard Data Acquisition and Control System)をベースに、静岡など既設工場での実績を生かし、以下の特長を持つシステムを構築した。本システムは、千葉、北海道の新工場に導入後、静岡工場のシステム更新にも適用した。さらに、現在仙台工場への展開を検討中である。

4.1 工程制御システムの特長

(1) 高生産性・省力性の追求

ビールプラントの自動化は、昭和55年に静岡工場である程度まで実現しているが、今回さらに(1)原料配合や副原料・汚過助剤発注のためのシミュレーション機能、(2)ユーティリティを設備の稼動に合わせて効率的に運転させたり、計画した製造スケジュールにのっとりビール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、(3)仕込み工程・前発酵・後発酵・製品出来高などの状況が一目でわかるトレンド表示機能、(4)ビール出し、製品ライン切換作業、副資材発注など運転員に事前に作業指示を知らせる各種ガイダンス機能、(5)設備の稼動状態や故障情報を蓄積し管理する設備管理機能、(6)冷凍機や圧縮機の故障に関し、知識処理によって故障原因をリアルタイムで推論する故障診断機能、(7)冷凍機や圧縮機の振動・温度・圧力を時系列的にモニタし、その傾向によって診断する設備診断機能、などの機能を追加した。また、ごく少人数でのプラント操業をサポートするため、現場の主要個所にCCTV(Closed Circuit Television)を設置して、図7に示す中央監視室に情報を集約する一方、現場での異常発生時対応の迅速化を図るため、現場に共用CRT、表示盤などを設置した。

(2) 多品種対応

ビールは品種ごとに原料の配合や運転方法が異なり、品種

別の制御情報は膨大なものとなる。したがって、これらの情報を製造統括計算機に、品種ごとに整理したマスタファイルとして管理し、スケジューラによって各工程開始時、品種に対応した制御情報をコントローラにダウンロードする。これにより、コントローラの容量を増やすことなく、異なる品種のビールをバッチごとに容易に切換生産可能となった。

(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。また、異品種の混合を防ぐために、制御開始時、作業指示時の合理性チェックおよび制御対象以外の機器の状態を常時チェックしている。品質に関する分析値については工場ホスト計算機で管理しているが、これを必要に応じて工程制御システムに送り、原料の配合比率などをシミュレーションする機能を持つ。結果は製造情報に反映される。さらに、ビールは常時あるいは抜き取りによる品質検査を各工程ごとに行っており、結果が出るまでに時間を要するものもある。このため、検査結果の情報は、工場ホスト計算機、物流制御システムに伝えられ、検査合格となりしだいパレット単位で出荷指示を出せる体制を確立した。

5 物流システム

物流システムは、物流制御システムと物流設備によって構成している。

千葉工場は、ビール製造工場であるとともに、南関東地域の物流配送拠点としての機能を合わせ持っている。そのため出荷ばかりでなく他工場からの移入品も受け入れて、欠品のない品ぞろえを行っている。この物流システムの合理化テーマは、「フレキシブルな高速物流」の実現である⁴⁾。

5.1 ビール物流の特殊性

システムを具体的に計画する際に前提となるビール物流の特殊性として、次が挙げられる。

(1) 一貫パレット輸送とピッキング

ビール製造業では、一貫パレット輸送が確立しており、1,100 mm×900 mmの専用パレットで出荷する。ただし、出荷オーダーはケース単位のため、パレット単位(パレット内同一品種)の出荷と、ケース単位での出荷が混在する。実際の運用としては、ケース単位のものは事前にピッキングされ、混載パレットとして出荷される。このピッキング作業が高速物流の大きな障害要因となっている。

(2) 大量物流

千葉工場の場合、平成2年4月の増設工事完了後の夏季で、1日の出荷量は7,000パレット(大瓶換算16.5万ケース、約330万本)となり、11tトラックで約430台の物量となる。朝夕のピーク時は、1時間に約70台の出荷となる。

(3) 多品種

千葉工場の生産品種は各種ビール約50種であるが、物流セ

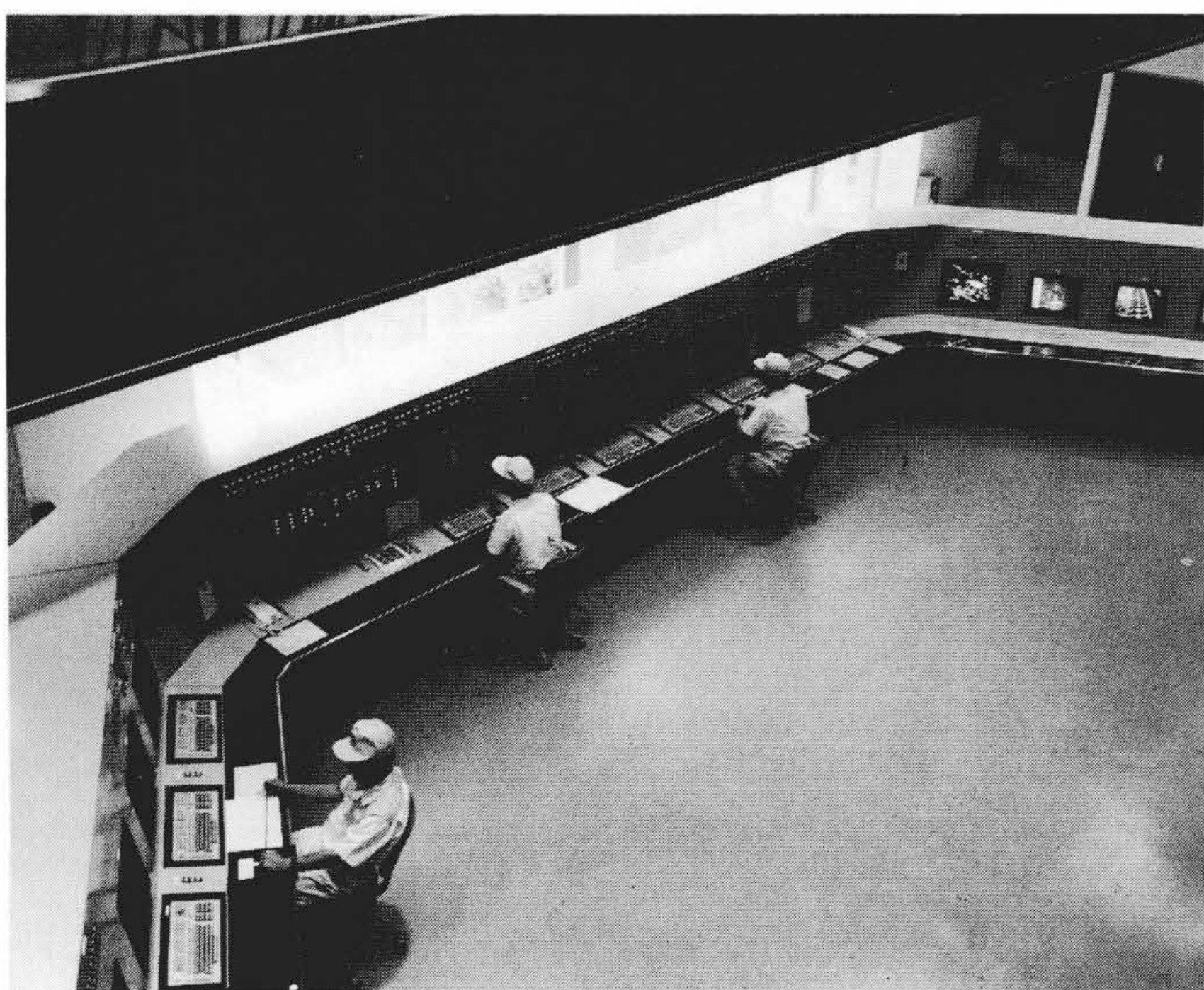


図7 中央監視室 シングルウィンドウにより、ビール製造工程の統括管理を24時間体制で行っている(コンソールの左側が上工程、右側はCCTVの映像)。

ンターとしては飲料水などを含めて約300品種の出荷を必要とし、トラックにはこれら多品種を一括して積み込むことになる。

(4) フレッシュローテーションと旬管理

ビールは新鮮さを売り物としている。したがって、在庫量は欠品を生じない範囲で極力小さく抑えるとともに、製造順による徹底した先入れ・先出しの考え方(フレッシュローテーション)による出庫が行われる。また、旬単位の在庫管理、旬を考慮した出荷が必須(す)である。

5.2 物流システムのねらいと具体的展開

次に、物流システム構築に当たっての、システム化のねらいと具体的展開について述べる。その中で特にサブシステムとして位置づけたものについては、かっこ内にシステム名称を示した。

(1) リードタイムの短縮

(a) 本社ホスト計算機との受注情報、在庫情報のリアルタイム伝送による欠品のない迅速な品ぞろえ

(b) IDカードによるトラックの作業状況のチェックを行い、積み残し防止、オーダー変更への迅速な対応を可能とする(車両追跡システム)。

(2) 迅速な入・出庫作業

(a) 高速スタッククレーン搭載の自動倉庫を核とした高度自動化設備の導入

(b) トラック積込機による全品種一括積み込みの実現

(c) 入・出門ゲート、IDカード、表示盤、音声でのトラック誘導案内による運行の効率化(車両誘導システム)

(d) ピッキング作業を、原則として前日に済ませることによる出荷当日の作業効率向上(事前ピッキングシステム)

(e) パーソナルコンピュータと表示器によるケースフローラックピッキング指示システムの導入

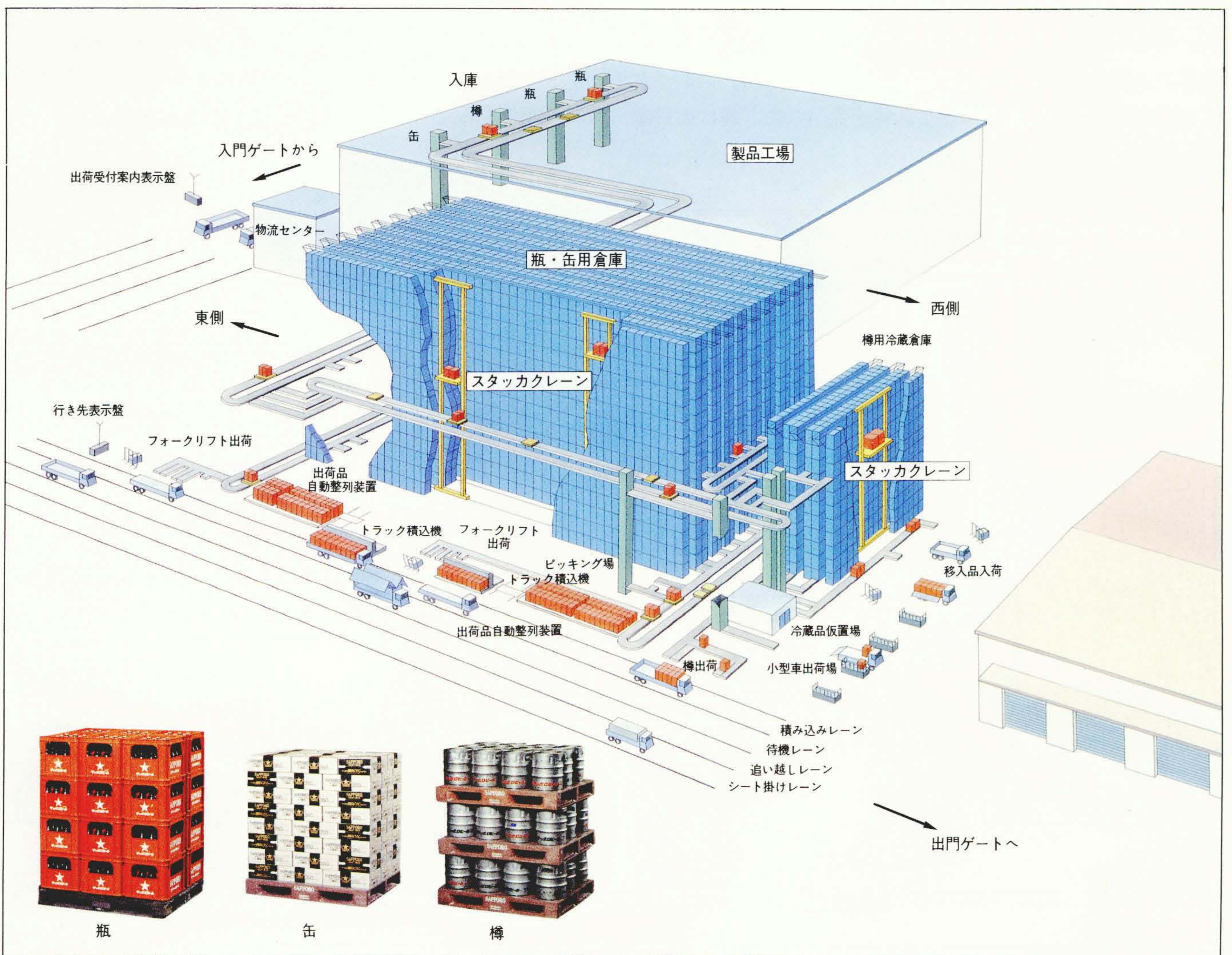


図8 製品自動倉庫鳥観図 入庫口で製品工程からパレット単位に品種・数量・製造時刻の情報を受け取ると、トラック積み込みまで一貫してトラッキングされる。

- (f) 他工場からの移入品は移入品入荷口で、IDカードとCRTで、事前に受信された移入情報の確認を行い、フォークリフトで取り卸し、自動倉庫へ格納する。
- (3) 在庫管理の強化
 - (a) パレット単位のリアルタイム製品情報(品種、数量、製造時刻)を出荷まで一貫管理する。
 - (b) 平置き倉庫では、ハンディターミナルにより随時棚卸しを行い、工場ホスト計算機に送信して、在庫情報との一致化を行う(リアルタイム在庫照合システム)。
- (4) 物流情報の一元化
 - (a) 工程制御システム、工場ホスト計算機、本社ホスト計算機との連動による迅速な情報交換と把握
 - (b) CCTV設置による現場作業、設備状態のビジュアル管理

5.3 システムフロー

情報の流れについては3.3で述べたが、次に物(製品)の流れ、出荷作業の流れ(トラックの運用)について述べる。

5.3.1 物の流れ

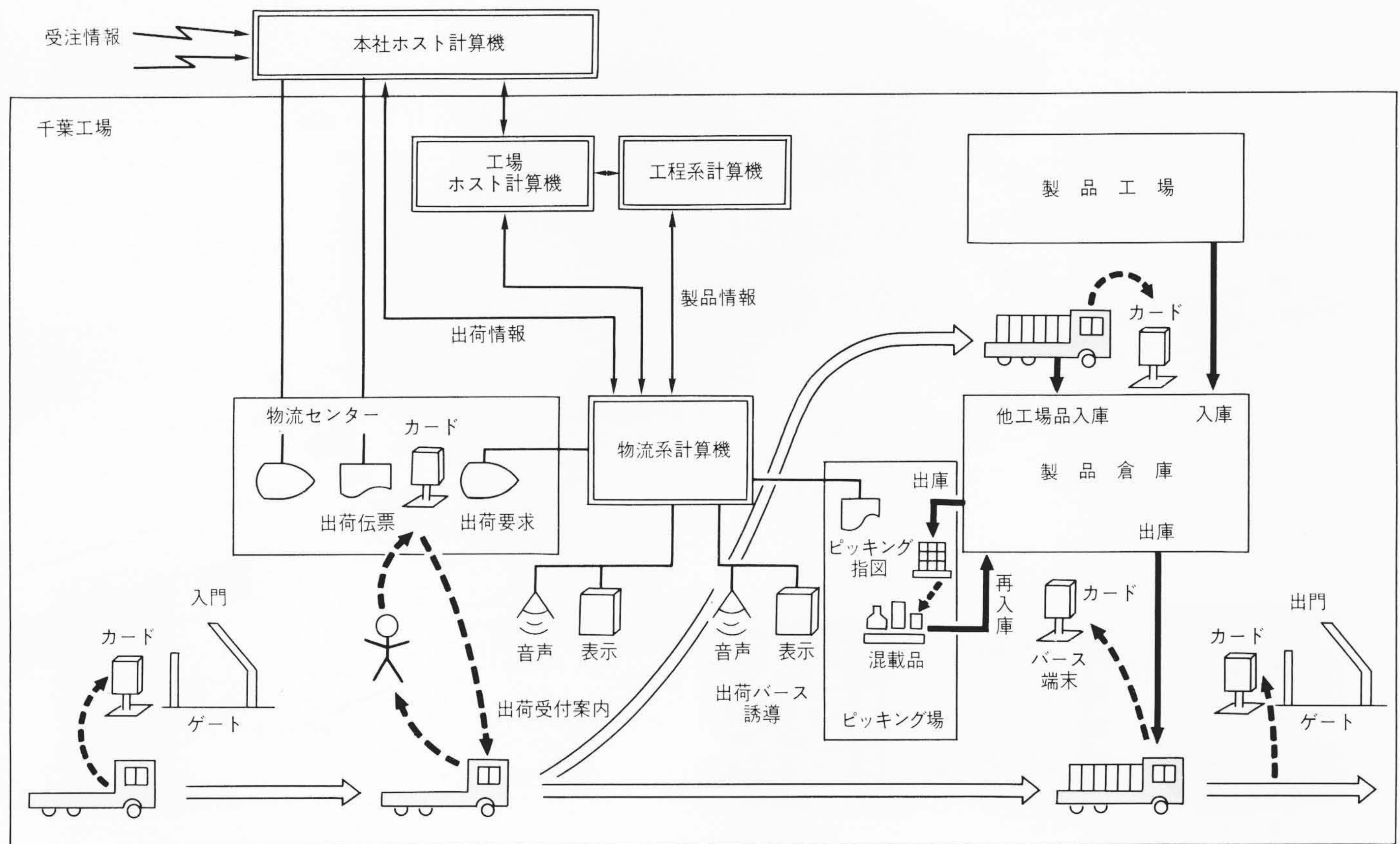
- 製品の流れを図8によって説明する⁶⁾。
- (1) 製品工場でパレタイズされた製品(自工場製品)は、図8上部の4製品ラインから受け取り、軌道台車と搬送コンベヤで自動倉庫の東西に振り分けて入庫する。また、樽は樽用冷

- 蔵倉庫へ入庫する。
- (2) 他工場からの製品(移入品)は、倉庫西側から入庫し、同様に東西に振り分けて搬送する。
 - (3) ピッキングするための製品は、CRTからの出庫設定によってピッキング場に出庫され、ピッキング作業終了後ピッキング済み混載パレットは、CRTからの入庫設定によって入庫されるが、出荷時東西どちらのバースにも出庫できるように、倉庫の中央領域に収納される。
 - (4) 2系統ある出荷設備には、自動倉庫からの出庫効率が最大となるように、製品が順不同で搬送されてくる。出荷品自動整列装置は、順不同の製品をトラックの荷姿安定となるように定めた積み付け順序に整列させる。トラックローダは、オペレータが操作して最大18パレットを同時にトラックに積み込む。

5.3.2 出荷作業の流れ

次に、トラックが入門してから製品を積んで出門するまでの、一連の出荷作業について概要を図9に示す。

- (1) 入・出門をはじめ主要な個所にIDカード設定器を設置し、トラックをチェックしたうえで次の行き先を表示する。特に出門時は、作業漏れのチェック、オーダー変更の有無のチェックなどを行い、正しければ計算機によりゲートを開けて出門可能となる。



注：→ トラックの流れ，→ 場内の製品の流れ，→ 情報の流れ，--- 人手作業

図9 出荷作業の流れ トラックは各ゲートで、IDカードによるチェックを受けながら出荷作業を進める。

- (2) 物流センターでは、配車係によってトラックへの積み荷を確定したあと、順次表示盤と音声によって出荷受付案内を行う。トラック運転手は、出荷受付時にカード設定を行い、そのタイミングで自動倉庫からの出庫を開始する。
- (3) トラックは図10に示す行き先表示盤と音声により、最も速く出荷作業可能な出荷バスへ誘導される。

5.4 物流設備の概要

主要な物流設備の概要を表2に示す。これらの物流設備は、トラック積込機を除き、すべて計算機によって自動制御され

る。自動倉庫を図11に、出荷品自動整列装置を図12に、トラック積込機の外観を図13に示す。

5.5 システム異常時のバックアップ

本システムは徹底した自動化を進めたが、万一のトラブル発生時にも出荷を停止させないこと、あるいは最短時間で操業を復旧するための施策がきわめて重要である。以下にそのポイントを述べる。

(1) 設備のトラブル時の対応

製品受け入れラインの軌道台車のトラブル時は、受け入れ



図10 トラック行き先表示盤 音声呼び出し装置と合わせて、的確な出荷車両の誘導を行う。

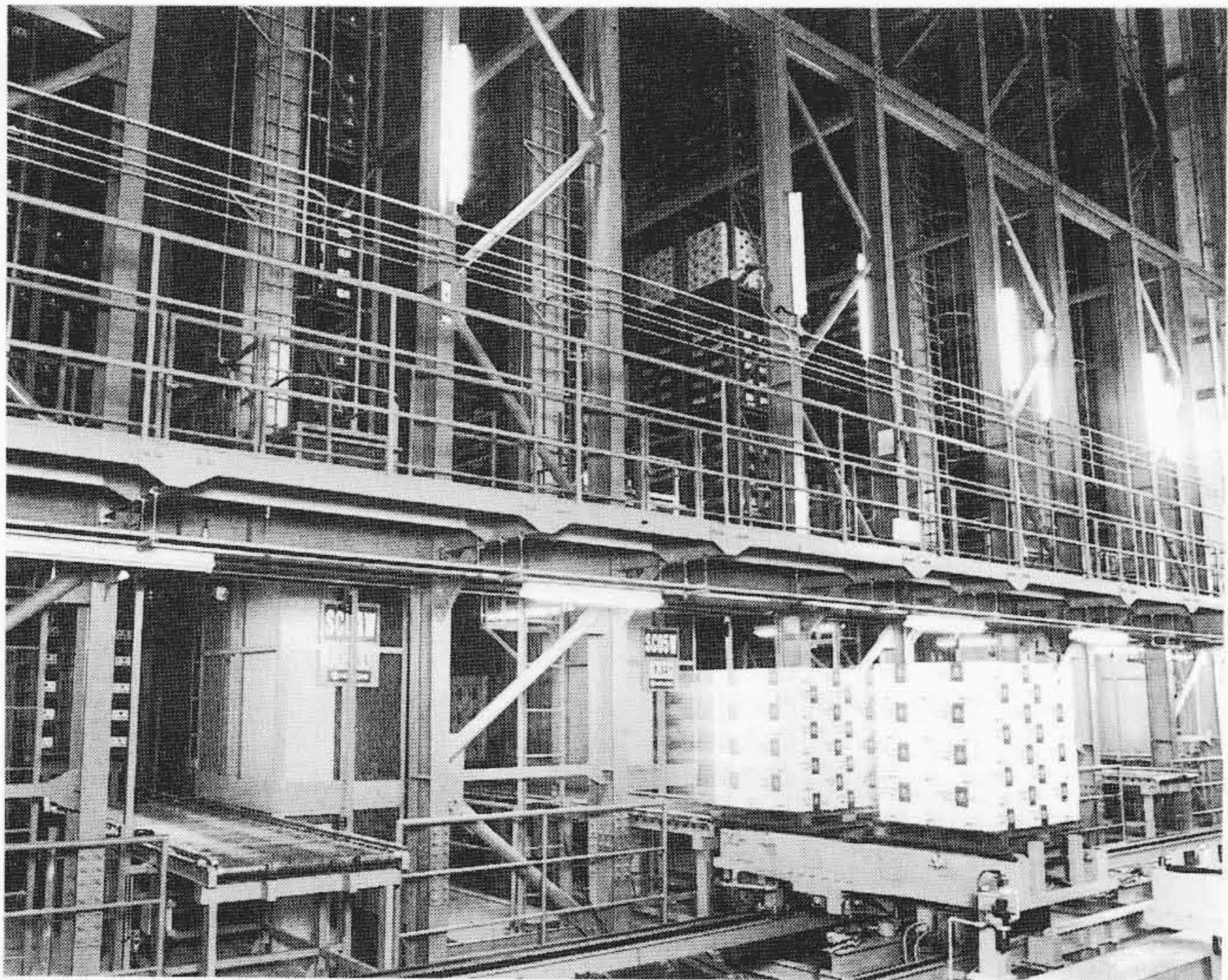


図11 ラックとスタッカクレーン 1レーンに2基のスタッカクレーンにより、軌道台車を介して迅速な入・出庫が行われる。

表2 主要設備の概要 入・出庫能力を高めるため、スタッカクレーンは1レーン2台とし、高速仕様としている。

機 器		概 要 (増 設 完 了 時)
製品倉庫	瓶・缶倉庫(常温倉庫)	ラック構成：22列×(14または15)段×89行 ラック数：29,014パレット
	サンケイ樽用倉庫(5℃冷蔵倉庫)	ラック構成：6列×11段×16行 ラック数：1,056パレット
設備機器	軌道台車設備	軌道5ループ：延長約1,190 m 2パレット積み台車：89台 走行速度：70 m/min
	転送コンベヤ	入・出庫コンベヤ，リフトなど一式 コンベヤ速度：15 m/min
	スタッカクレーン	2パレット積み 瓶・缶倉庫用：機高30 m，走行150 m/min，昇降50 m/min，フォークリフト30 m/min，台数1レーン2台，9レーン合計18台(増設時22台) サンケイ樽倉庫用：機高20 m，走行63 m/min，昇降40 m/min，フォークリフト25 m/min，台数1レーン1台，3レーン合計3台
	トラックローダ	油圧駆動式 出荷品自動整列装置：二式，トラバーサ：一式付き2台 定格：15 t(最大18パレット同時積み込み可能) 能力：24トラック/時(1台当たり) 方式：地上軌道走行時(ウイング車に積み込み可能)



図12 出荷品自動整列装置 出荷品はあらかじめトラック荷台への積み込み順が決められており、油圧リフトで持ち上げながら整列される。

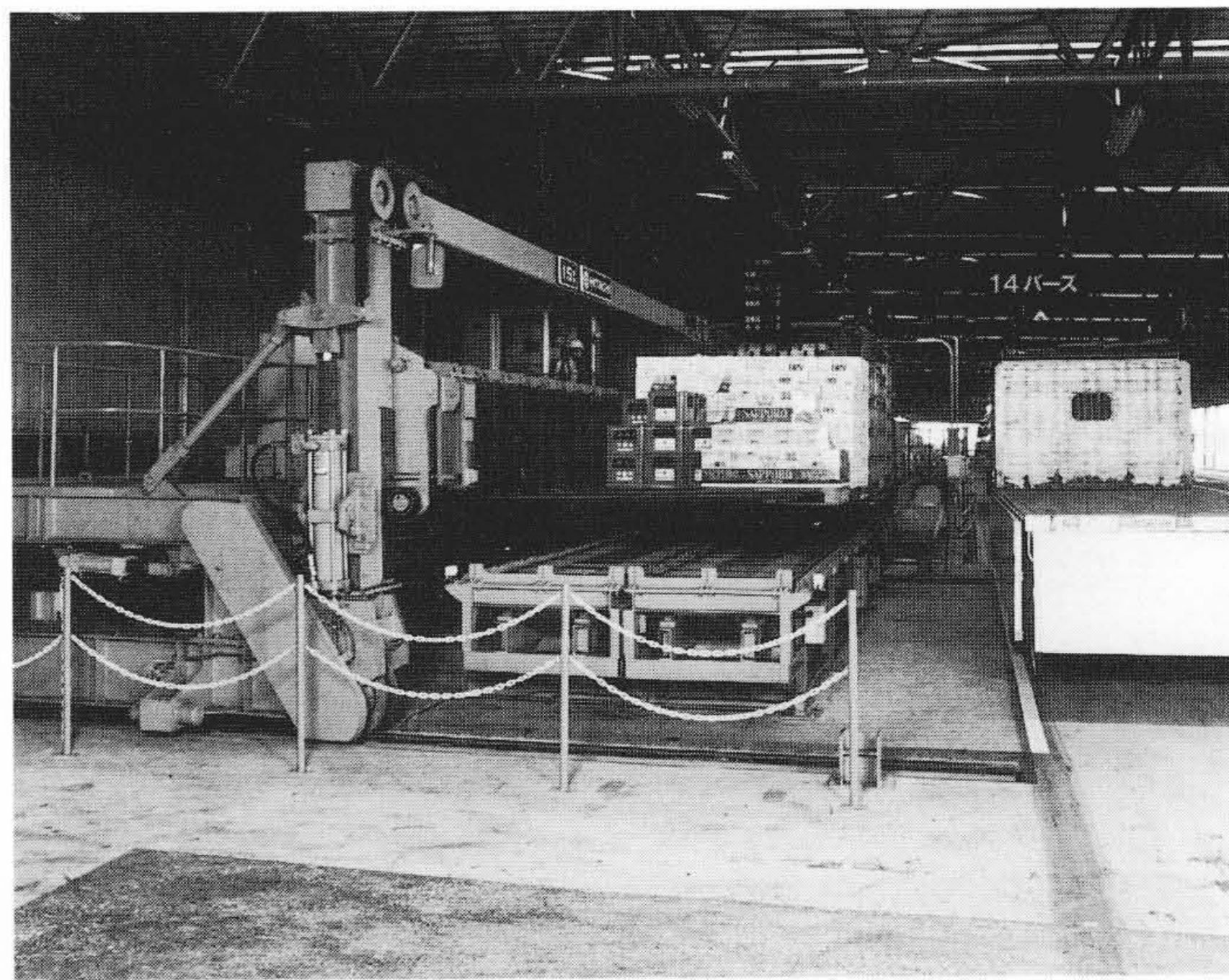


図13 トラック積込機 最大18パレットを一括積み込み可能である。

ライン手前から製品を一時的に払い出し、製造を継続する。それ以外の設備トラブルについては、設備が東西2系統となっているため、入・出庫運転全停止とはならない。

(2) 情報矛盾発生時の対応

パレット上の製品荷姿不良などの原因で、パレットの実際の位置と、計算機が認識している位置情報が不一致となるケースが発生するが、この場合、CRTから位置情報を修正した後、自動運転を再開する。また、入・出荷情報、在庫情報、トラック追跡情報も同様に修正可能である。

(3) システムダウンなど発生時

CPUなどの主要ハード機器は二重化されており、信頼度はきわめて高いが、万一システム停止となった場合は、設備上の入・出庫途中のパレットを強制的に自動払い出しし、かつ入・出荷途中のトラックをすべて出門させ、情報を初期化状態で一致化させることによって、迅速なシステム再開を可能とする機能を装備した。

6 結 言

自律分散形の階層化CIMシステムを構築した。これにより、千葉工場では旧恵比寿工場と比較して、作業員1人当たりの生産性で約4倍に向上し、積み込み作業時間は、11tトラックの平均積み込み時間で25分と、従来より約40%短縮された。また、高品質、高効率、高アメニティ追求の姿勢を評価され、日本経済新聞の「'88優秀先端事業所 ファクトリー部門・アメニティ部門賞」および日本物流管理協議会の「'89物流大

賞」を受賞した。

現在第二期増設工事に合わせて、操作性、運用変更などの面からシステムを改良中であり、これを北海道および既設工場に順次展開中であるが、CIM化のいっそうの進展のためには、売れ筋情報をリアルタイムに把握して、販売戦略や生産計画に反映させるといった、営業部門と生産部門のより密接な連携を図っていくことが重要と思われる。

CIMとは常に成長し続けるものである、との認識を新たにしながら、今後も柔軟性の高いシステム作りを進めていく考えである。

参考文献

- 1) 松浦，外：ビール製造設備計算機制御システム，日立評論，64，6，430～434(昭57-6)
- 2) ケーススタディ/サッポロビール，日経コミュニケーション，89～93，日本経済新聞社，1989.2.6
- 3) 伊藤，外：Sapporo's New Automated High-tech Brewery, Impressions Job, No.1684, Master Brewers Association of the Americas
- 4) Konventionelle Technologie-modernste Technik, Brauwelt, 808～815, Nr.19(1989)
- 5) 小谷：自動出荷システムによる多品種物流への対応，物流，Vol.18, No.3, 物流管理協議会(1988.5.6)
- 6) 山本，外：自動倉庫システム，日立評論，71，6，541～548(昭63-6)