

日本鉱業株式会社倉見工場向け

伸銅業における総合生産・物流システム

Integrated Production Management and Material Distribution System for Copper Alloy Plant in Kurami Work, Nippon Mining Co., Ltd.

伸銅業では、近年のエレクトロニクス業界向けの需要増大により製品の極薄・高品質化及び多品種小ロット化がいつそう進み、工場全体の省人化、生産性向上を目的とした近代化の気運が高まっている。

このような状況の中で、日本鉱業株式会社倉見工場は、総合生産・物流システムを導入した。本システムは、最新鋭圧延設備などによる製品の極薄・高品質化と、自動倉庫など物流設備自動化による仕上・出荷工程の省人化、更に工場全体の各工程情報の一元管理を行なうことによる生産性向上を実現させたものである。

本稿では、システム導入の背景・特徴・機能・構成についてその概要を紹介する。

中尾英邦* *Hidekuni Nakao*
 菊口 悟* *Satoru Kikuguchi*
 石田 康** *Yasushi Ishida*
 田村祐二** *Yūji Tamura*
 三井善夫*** *Yoshio Mitsui*
 小山 紘*** *Hiroshi Koyama*
 桐生隆久*** *Takahisa Kiryū*

1 緒言

伸銅品の中で板・条製品は、最近のエレクトロニクス機器向けの需要増大により「軽・薄・短・小」化している。その結果、製品の極薄・高品質化の要求が強まり、多品種小ロット化の傾向にある。更に、厚さ精度、品質検査も厳しく要求され、また競争激化により注文も短納期化している。このような状況の中で、日本鉱業株式会社倉見工場は、極薄・高品質化、省人化及び生産性向上を目的とした工場の近代化を目指して、工程管理と生産設備及び物流設備の有機的結合によるシステム化を指向する総合生産・物流システムを開発・導入した。

本システムは、下記工程ごとのシステムから構成される。(1)圧延工程での、UC-MILL(Universal Crown Control Mill)をはじめとする最新鋭生産設備を用いた極薄・高品質製品の生産ライン。(2)仕上・出荷工程での、自動搬送設備・自動こん包設備・出荷自動倉庫設備を用いた物流自動化システム。(3)工場全体の工程での、日立制御用計算機HIDIC V90シリーズ及び日立はん(汎)用計算機HITAC M-240Hを用いた操業管理、生産管理システム。

伸銅業でも個別のシステム化は従来から行なわれてきたが、このように工場全体にわたるシステム化は例がなく、総合FA(Factory Automation)システム実現への第一歩を踏み出したものである。

2 製造工程の概要とシステム開発のねらい

2.1 製造工程の概要

板、条の伸銅品の製造工程は、図1に示すとおりである。すなわち、注文に応じた製品成分となるように銅、亜鉛、ニッケルなどの原料を配合し、素条を作るまでの素条工程、注文仕様に合わせた板厚や品質となるように、圧延と焼鈍を繰り返す圧延工程及び注文寸法、重量に合わせて仕上切断機で分割し、最終製品としてこん包出荷する仕上・出荷工程の三つに大別される。プロセスは素条工程での中間製品が仕上・出荷工程にいくほど、顧客仕様に従って加工され小分割化し、

情報及び物流が増大する発散形プロセスであり、下記の特徴をもっている。

- (1) 典型的な多品種小ロット注文生産プロセスであり、こん包の種類まで含めると数千もの製品品種になる。
- (2) 生産設備、加工設備が仕上・出荷工程にいくほど多様化しており、これら多数設備の繰返し加工処理を経て製品が作られる。このため物流が錯そうしている。
- (3) 薄物化傾向の中にあって品質に対する要求は非常に厳しくなっている。品質としては化学成分、機械的性質、寸法精度、形状、表面色調、表面きず、などがある。
- (4) 仕上・出荷工程は全工程内で最も物流量が多く、また自動化が遅れている。今後、更に小ロット化していくため、保管スペース及びこん包・出荷作業量は増大する傾向にある。

2.2 システム開発の背景とねらい

本システムの開発は、上述した製造工程の特徴及び今後の傾向を踏まえ、強い企業体質を実現するという背景のもとに行なわれた。その基本的考え方とねらいは次のとおりである。

- (1) 多品種小ロット注文に対し、現場操業の状況を反映し、円滑な物流と安定した操業を保障するフレキシブルな生産管理システムを実現すること。
- (2) 極薄仕上圧延機(UC-MILL)をはじめとする高品質化対応自動化設備導入による高品質製品の生産と、設備のワンマン運転を実現すること。
- (3) 仕上・出荷工程での搬送・こん包・移載・保管・出荷作業の省力化と作業効率及び保管効率を向上させること。

3 システムの機能

前述のねらいを実現するため、今回開発したシステムでは、工程ごと又は全工程にわたり以下に述べる機能をもつものとした。

3.1 生産・操業管理

生産・操業管理機能の概要を図2に示す。本機能は、素条工程から仕上・出荷工程までの範囲にわたる設備・操業・仕

* 日本鉱業株式会社倉見工場生産管理部情報システム課 ** 日立製作所システム事業部 *** 日立製作所機電事業本部

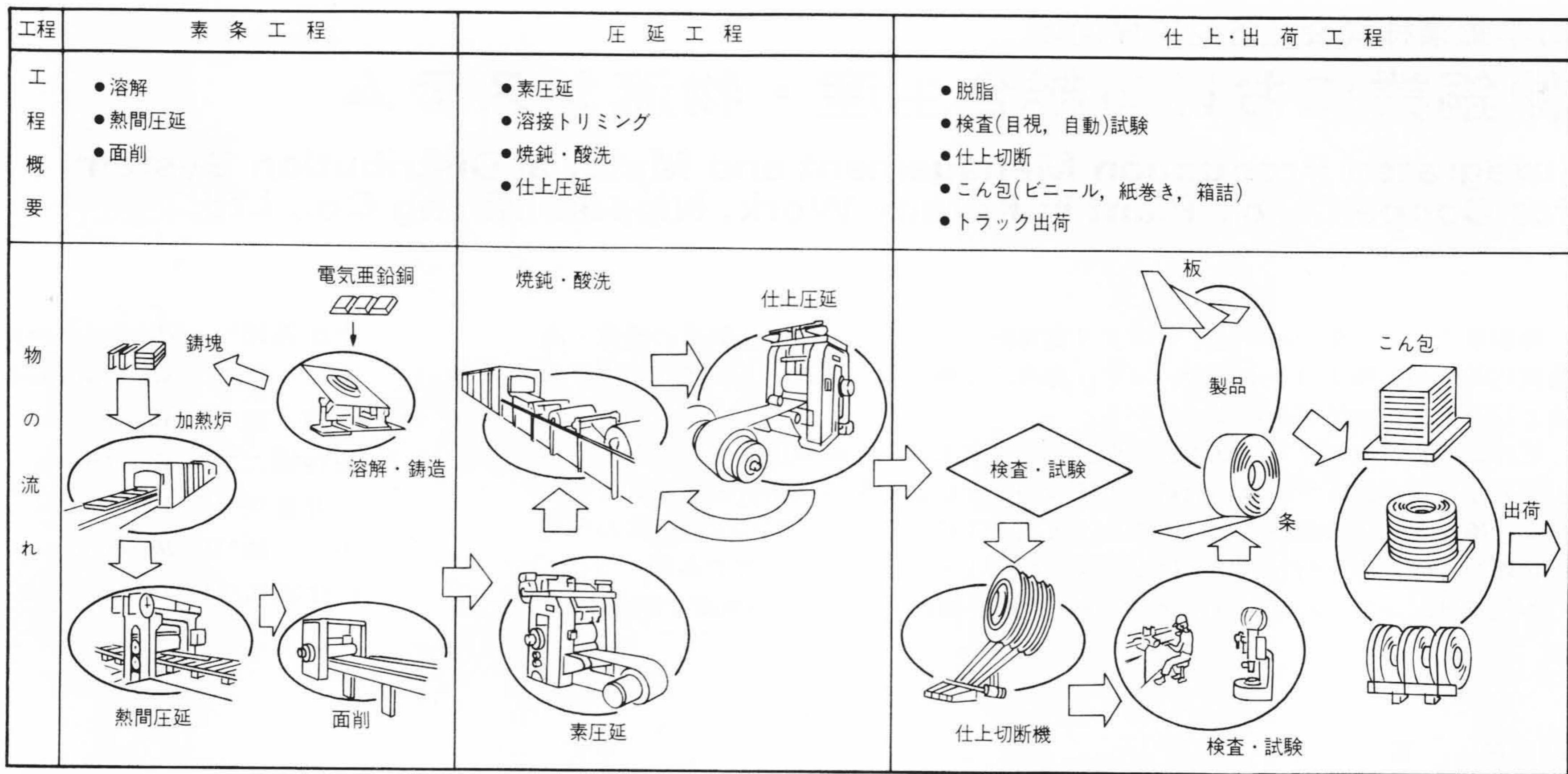
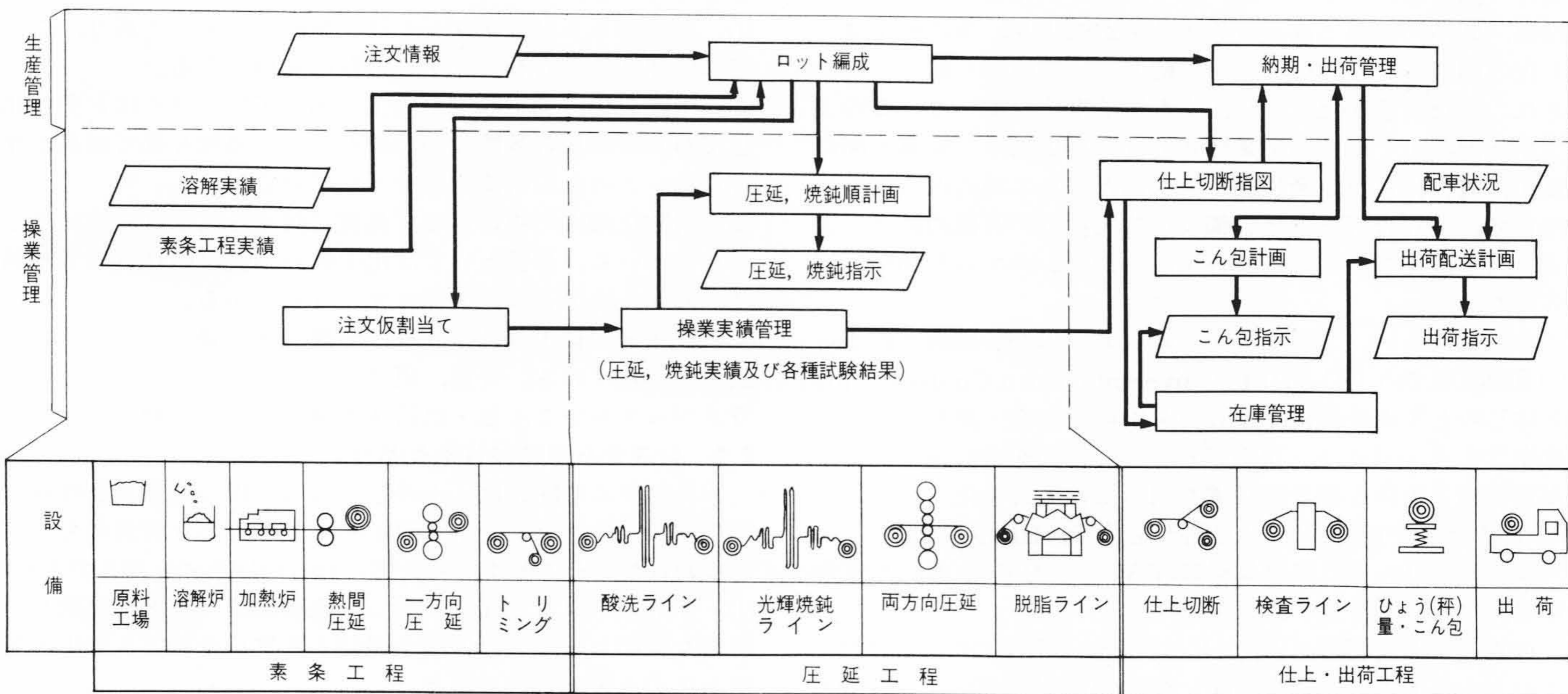


図1 伸銅品製造工程 素条工程から仕上・出荷工程にいくに従って小分割化していく発散形プロセスである。



注：▭ (入出力情報), □ (機能)

図2 生産・操業管理機能概要 主な機能として生産計画, 操業指示, 実績収集, 情報管理, 設備制御の5項目がある。

掛り中間製品情報を現場端末又は直接に設備から取り込む。そして生産計画を見直し、各工程の操業計画を立て現場への指示を行なう。以下に、本機能の主要項目につき詳述する。

(1) 生産計画

- (a) ロット編成：納期, 製品仕様(品種, 板厚, 重量など)の注文情報, 溶解・素条工程の生産実績及び歩留まりをもとにして1箇月から週単位のロット別生産計画を行なう。
- (b) 注文仮割当て：ロット編成で行なわれたロット別注文配分をもとに, 各コイル単位に注文情報を仮割当てする。現場端末を利用して, 現場状況を反映したロット編成及び仮割当ての修正が可能であり, 計画に柔軟性をもたせている。

(2) 実績収集

素条工程での溶解・加熱・熱間圧延実績, 圧延工程での圧延・焼鈍酸洗実績, 仕上・出荷工程での仕上加工・こん包・出荷実績を収集する。これら実績には, 素条工程での成分分析試験, 圧延工程と仕上・出荷工程での引張試験情報と特性試験情報も含まれており, 品質管理精度の向上を図っている。

(3) 操業計画及び指示

- (a) 圧延・焼鈍順序計画：ロット編成及び操業実績をもとに, シフト単位に設備投入順序を決定し, 現場端末にガイダンス表示する。現場からの要請による計画修正及び実績入力も同一の端末から行なえる。
- (b) 仕上切断指図：注文仮割当て及び圧延工程操業実績をもとにして, 仕上切断前のコイルについて最終的な注文割当てを行なう。この割当てをもとに, 段取時間の縮小化,

歩留まり向上を考慮して、使用する仕上切断機と切断パターンを決定し、現場端末に表示する。

(4) 情報管理

(a) コイル情報トラッキング：中間製品及び製品は、途中工程で複数コイルに分割されたり、複数コイルを単一コイルに巻き上げて加工処理される。このため、各工程での仕掛けコイル品質・注文・コイル番号を一元管理し、生産・操業管理の基礎データとして使用する。

(b) 在庫管理：各工程の仕掛け在庫量と製品在庫量を把握し、圧延工程での操業計画、仕上・出荷工程でのこん包計画及び出荷配送計画に使用する。

(c) 納期出荷管理：注文情報とロット編成及び仕上切断指図情報をもとに、納期厳守となるような出荷計画を日単位に作成する。そして、更に詳細のシフト単位のこん包順序計画と時間単位のトラック配送計画を作成する。これにより、タイムリーで円滑な出荷作業が可能となる。

(5) 設備制御情報設定

(a) 圧延設備：コイルを圧延するための設定情報(パススケジュール、圧下量、張力、速度など)を1コイルごとに制御用計算機に対して送信する。設定情報は品種、母材及び仕上り寸法により異なり、最適な圧延となるように決定する。

(b) 酸洗焼鈍設備：焼鈍を行なう場合の加熱パターン、冷却パターン、速度などを、コイルの生産仕様ごとに最適となるよう選択決定して情報設定する。

(c) その他：仕上・出荷工程での各種設備に対し制御情報の設定を行なう。

3.2 圧延工程での機能

圧延工程は、酸洗・焼鈍・圧延などの設備により、注文仕様に従った板厚精度・形状、製品特性となるように処理する工程である。今回、製品の極薄・高品質化を実現するため、下記設備による機能強化と、効率向上を図った。

(1) 圧延機では、従来よりも大幅に薄い $35\mu\text{m}$ 以下の製品を生産するために新しい圧延設備を導入し、これに精度の高い張力制御と応答性の優れた板圧制御機能をもたせた。そのために、完全自動化による設備のDDC(Direct Digital Control)を行なった。

(2) 焼鈍酸洗ラインでも設備の新鋭化を行ない、計装システムによる完全自動化を行なって操業の信頼性・安全性の確保を図った。

(3) 検査設備では生産のスピードアップに追従するオンライン自動検査を導入し、検査機能の充実を図った。これにより、ハンドリング回数が削減され表面きず発生減少につながった。また、クリーンルームによる雰囲気改善により、品質の向上を図った。

(4) 光輝焼鈍ラインによる無酸化焼鈍や、スキンパスミルによる表面圧延による光沢度向上など、表面品質の向上を図った。

3.3 仕上・出荷工程での機能

仕上・出荷工程は、今後の製品の多品種小ロット化傾向の中で、生産量増強の最大の支障となる工程である。今回、搬送・こん包・移載・保管・出荷の自動化設備導入と物流をリアルタイムに管理・制御することにより、下記の機能を実現した。

(1) 仕上切断卸しからこん包工程までの範囲に対し、ロボット、ハンドリング自動化装置、無人搬送車、立体自動倉庫を組み合わせることで、分割コイルをこん包ロット単位へ集約し、一時保管した後、こん包工程へ供給する一連のライ

ンを完全自動化した。

(2) こん包工程は、ビニール・ゲートル・箱詰こん包など多種多様なユーザーの注文形態に対し、従来ほとんど人手、又は半自動機で対応していた。これらこん包を自動化機器と搬送ライン、ハンドリング設備を結合することにより、特殊な例外を除き自動化した。

(3) こん包工程から出荷工程までの範囲に対しては、自動倉庫、台車、移載などの設備を結合することにより、保管効率向上、こん包ロットと出荷ロットとの自動編成替え、トラック出荷に対し積込み順を考慮したトラックバースへの製品払出しを可能にした。

これらの機能を満足するシステムのハードウェア、ソフトウェア及びその特徴について次に述べる。

4 システムの構成

システムの構築に当たっては、24時間稼働、設備の広域な分散、狭い現場スペースなどを考慮し、機器の選択、機能分担、設備仕様の決定を行なった。計算機システムは、生産計画用として日立はん用計算機(以下、ビジコンと呼ぶ。)HITAC M-240Hを、操業管理用として工程ごとに日立制御用計算機(以下、プロコンと言う。)HIDIC V90/50を用い、階層システムを実現している。また、工場全体に光LAN(Local Area Network: μ - Σ Network)を設け、仕上・出荷システム用計算機HIDIC V90/30、HIDIC V90/5及び生産管理端末と仕上圧延機用計算機HISEC-04M/DGを接続し、リアルタイムな生産指示、実績収集を行なうとともに、圧延、焼鈍、保管、搬送、こん包などの設備の制御を行なう。本システムの全体構成概要を図3に示す。この中で、今回のシステムの核となり、重要な役割を果たしている計算機システムと極薄仕上圧延自動運転システム及び仕上・こん包・出荷システムの3項目に絞って詳述する。

4.1 計算機システム

計算機システムは管理の集中と制御の分散の思想のもとで機能分担を行ない、ビジコン、プロコン、コントローラを3階層化して構成した。生産計画を行なうビジコンでは本社営業部門から注文情報を受信し、注文データベースを作成して大日程計画(0.5~1箇月単位)を立て、ロット編成注文仮割当て・再割当て、出荷指示を作成する。プロコンは、工程ごとにHIDIC V90/50を配置し、上位、下位とネットワークで結合し、シフト単位又は日単位での実操業レベルの管理・制御を行なう。素条工程では月単位で計画(原料配合計画)される溶解工程の生産実績をビジコンから入力される注文仮割当てをもとに熱間圧延機の日単位の生産順引当てを行ない、更に素条工程の進捗管理、成分分析試験結果の管理を行なっている。成分分析試験結果は出荷時の品質保証と関係するため、ビジコンでの出荷管理でも同時に管理される。圧延工程では、圧延焼鈍順序計画、仕掛け管理、圧延スケジュール、実績収集を行ない、仕上・出荷工程では注文確定による仕上切断指示をはじめ出荷計画、こん包計画及び各設備の効率的運用計画、実績管理などを行なう。現場端末としては素条工程のように、情報量を多く必要とする場所には、はん用パーソナルコンピュータMB-16000を、圧延以降の設備が多く分散し狭い場所には、小形でEL表示部をもつテーブルトップタイプのFA端末をLANに接続し分散配置した。図4にその計算機システムのハードウェア構成を示す。

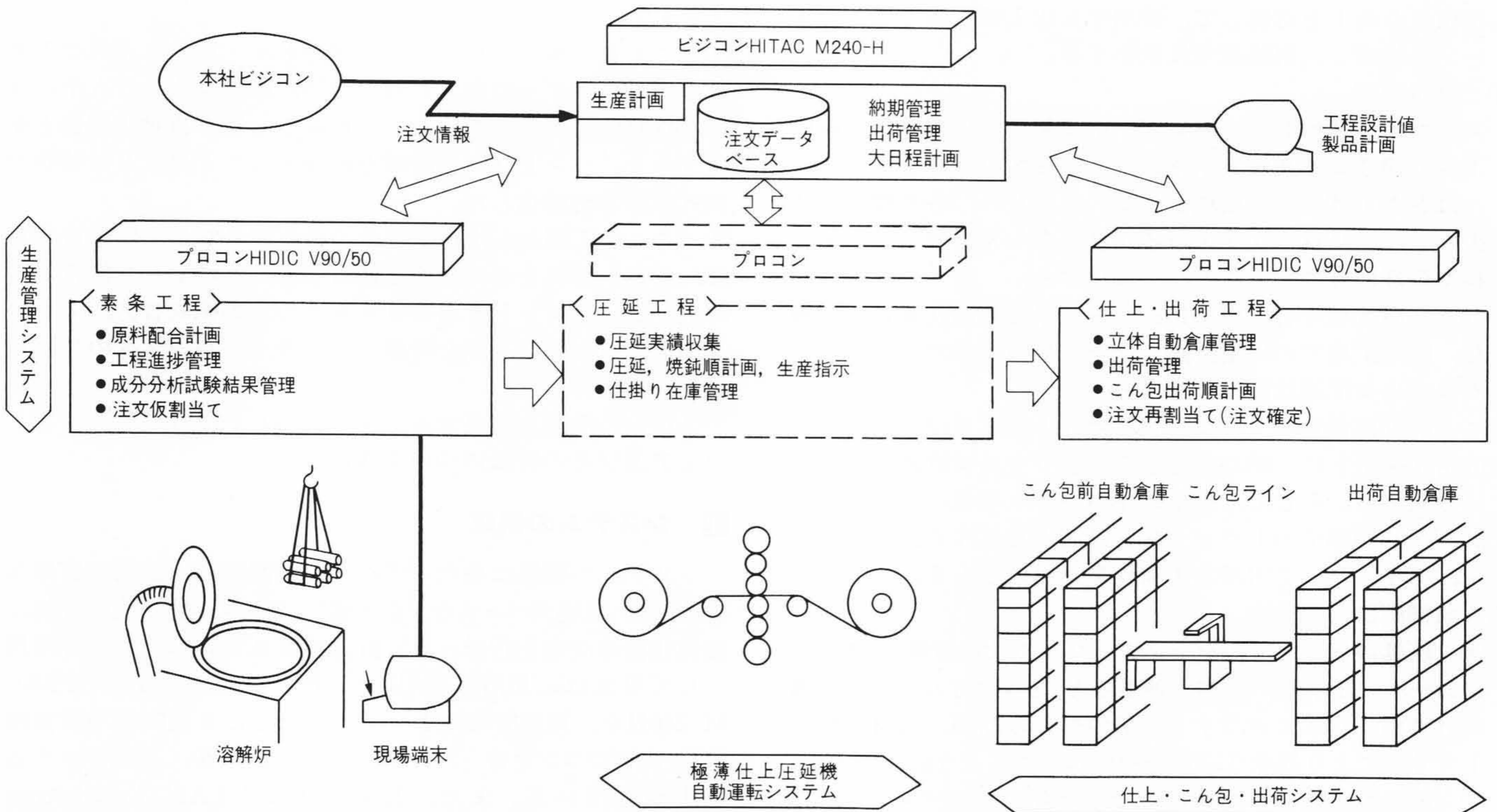


図3 総合生産・物流システム全体構成 生産・操業管理の機能分散階層システムを実現し、三つのサブシステムで構成される。

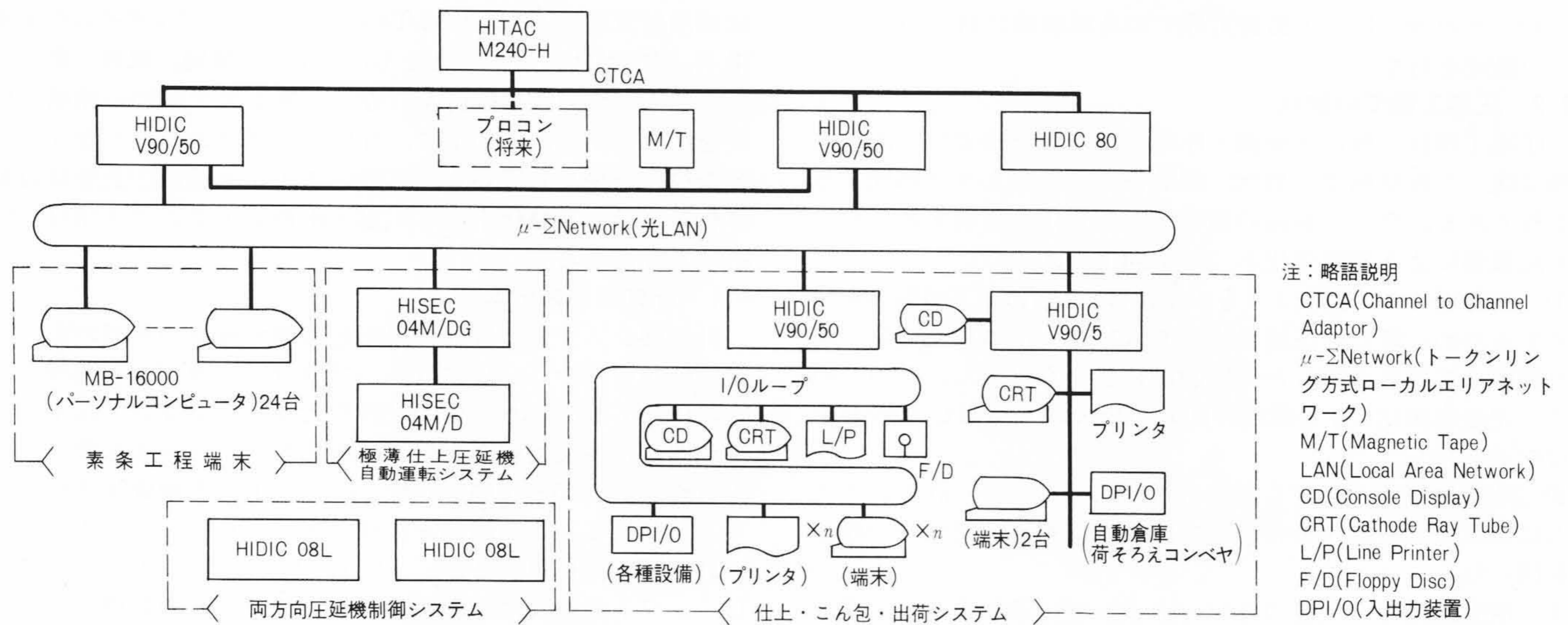


図4 計算機ハードウェア構成 工場全体に光LANを設け、生産指示、実績収集及び圧延、焼鈍、保管、こん包などの設備制御を行なう。

4.2 極薄仕上圧延機自動運転システム

極薄仕上圧延は6段UC-MILL(図5)を採用し、極薄化に対し板厚精度、安定通板、安定張力、しわ及びきず防止、蛇行防止、安全巻取などを考慮した構成とした。そして高度なワンマンオペレーションが行なえるようDDC機能に情報処理機能を付加した制御用計算機HISEC 04Mを用い、AGC(Automatic Gage Control:自動板厚制御)、APC(Automatic Position Control:自動位置制御)、ASC(Automatic Shape Control:自動形状制御)などを導入し、LANと接続することにより高速運転での薄板圧延を行ないながら、生産実績の自動収集及び学習制御を可能とした。ハードウェア構成としては、学習制御用のHISEC 04M/DGと圧延機DDC用の04M/Dで構成される。上位リンケージは、1コイル圧延ごとに上位と生産実績、操業実績を交信しており、また圧延結果情報とパススケジュー

ールとの比較解析を行ない、パススケジュールを修正することにより、いっそう生産技術向上を図ることが可能となった(図6)。

4.3 仕上・こん包・出荷システム

本システムは、無人搬送車(定格3t)、立体自動倉庫、自動こん包設備、これらを結ぶネットワークなどから構成される。スペースと設備の有効利用を図るため、これら設備を立体的に組み合わせ配置した。すなわち、自動こん包設備は2階に設置し、立体自動倉庫の入出庫口を2階、1階と複数設けることによって多機能な自動倉庫として利用が可能となり、シンプルで省スペースなレイアウトが実現できた(図7)。自動倉庫はこん包前倉庫と製品出荷倉庫から成る。こん包前倉庫は自動こん包設備の稼働率を最大限に向上させるためにこん包順序組替えを行なう。また、重量の重い(3t)特殊手こん包

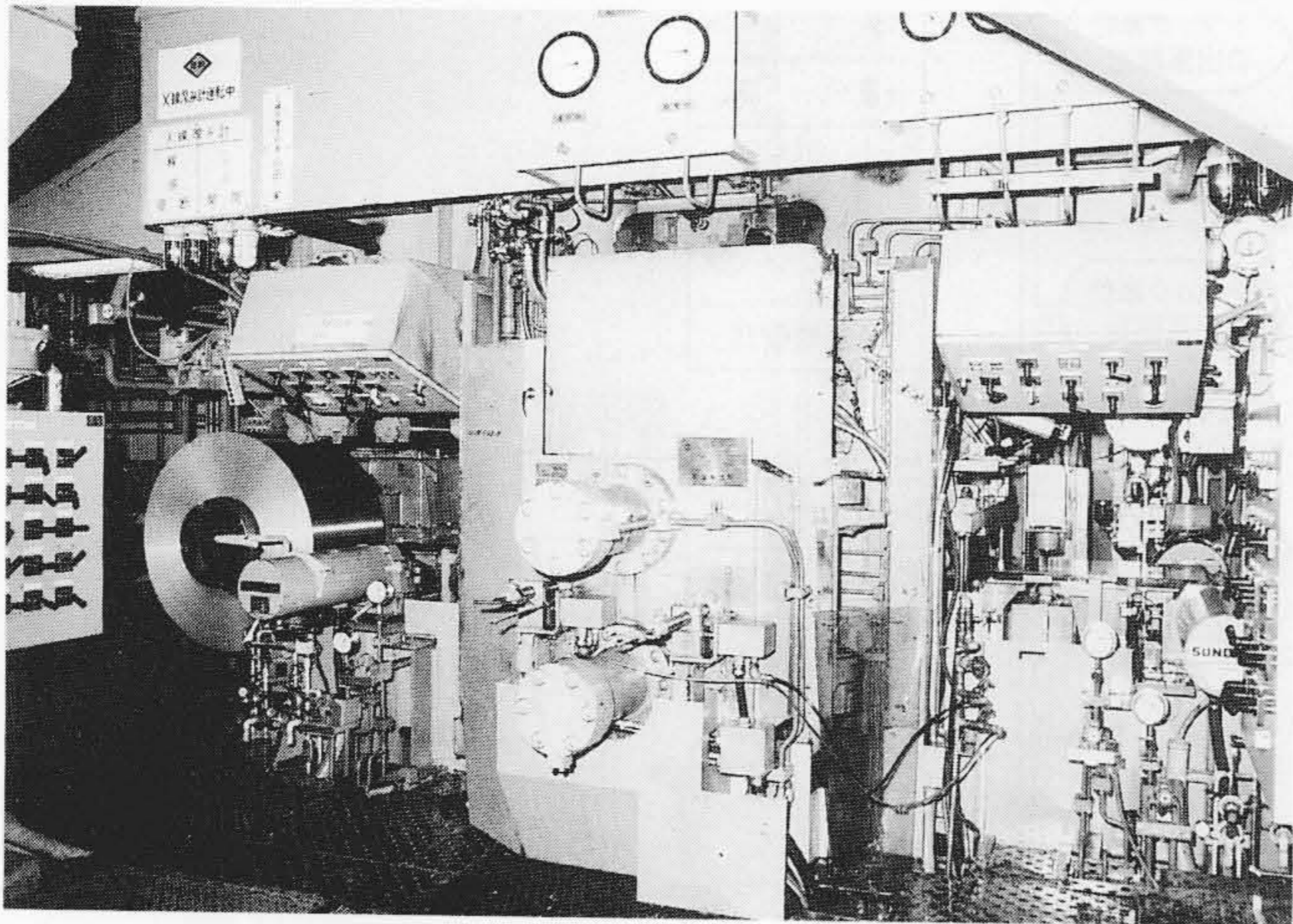


図5 極薄仕上圧延機 極薄高品質製品を6段UC-MILL(Universal Crown Control Mill)で圧延する。

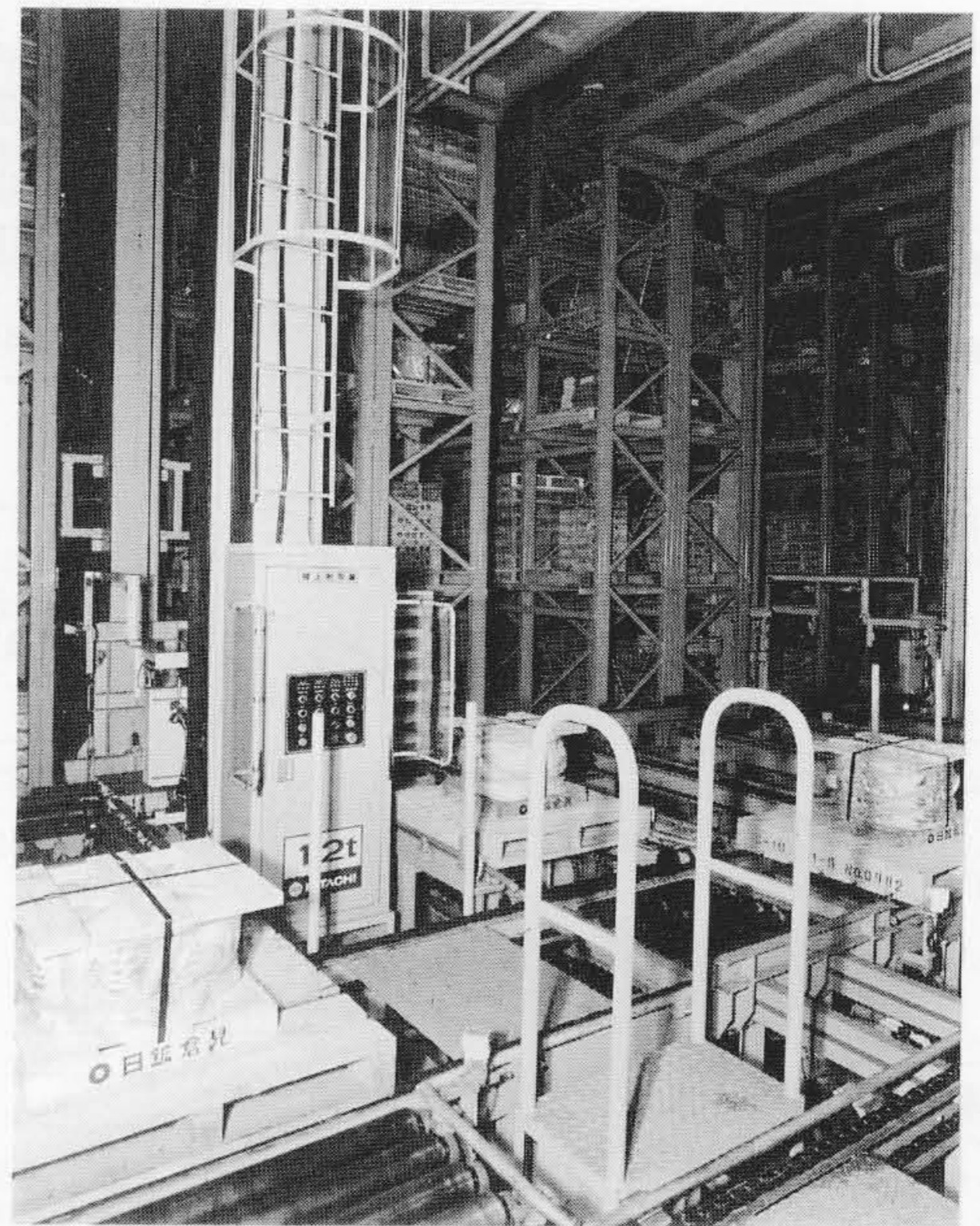


図8 製品自動倉庫 出庫口で出荷順制御を行っている。

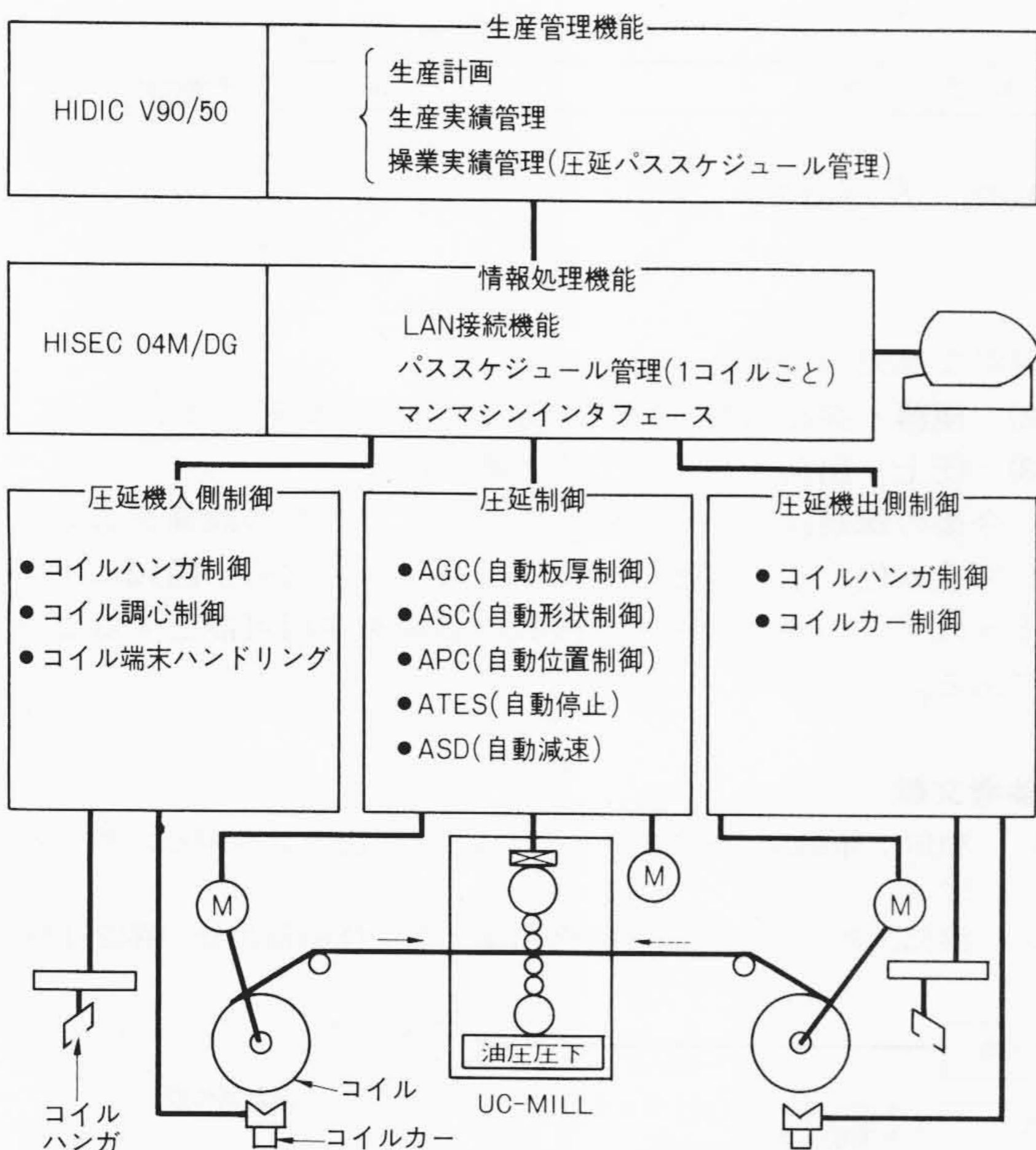


図6 仕上圧延機自動運転システム概要 高速薄板圧延の自動運転を行なっている。

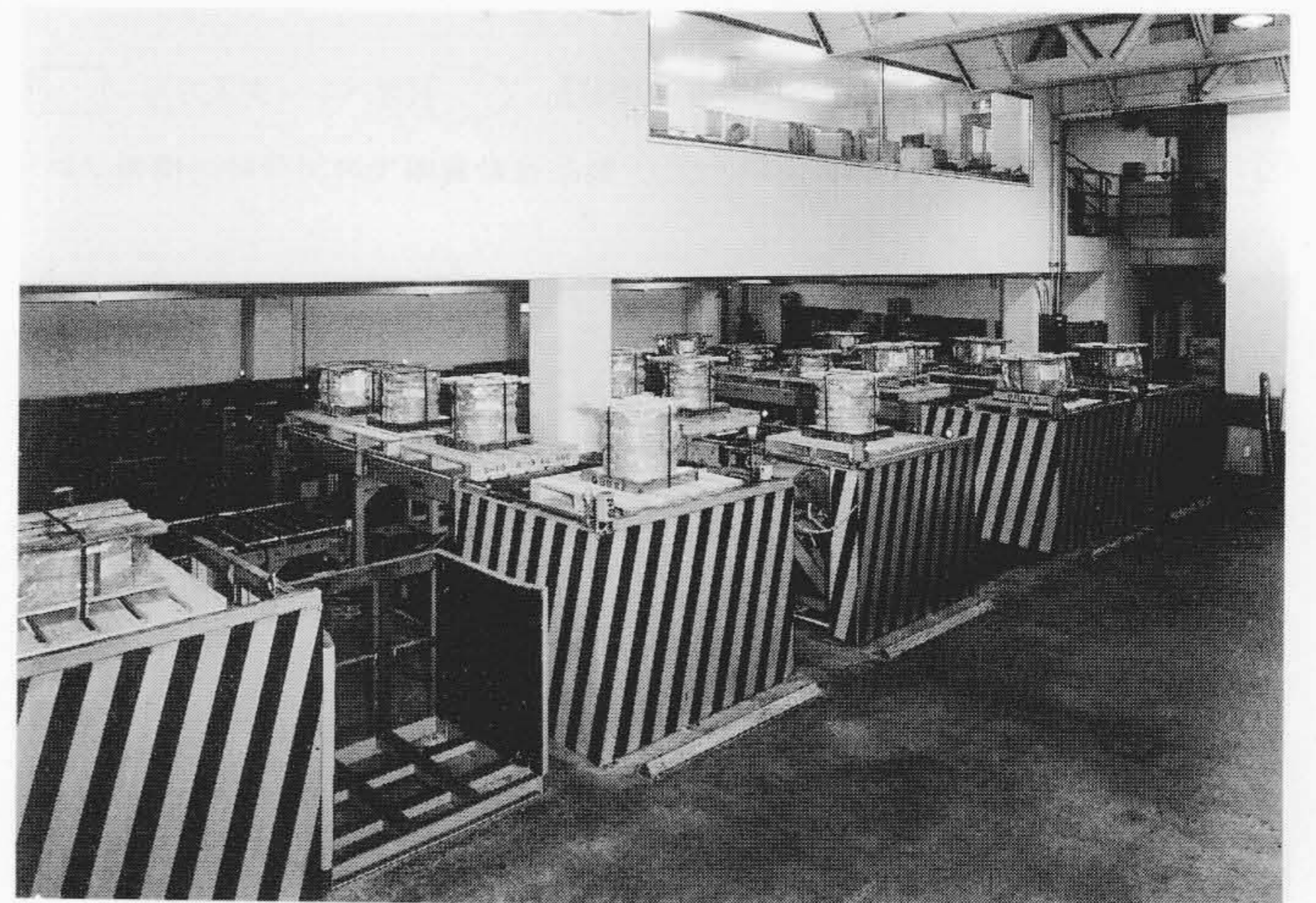


図9 出荷荷ぞろえライン 出荷トラックごとに製品が並べられる。

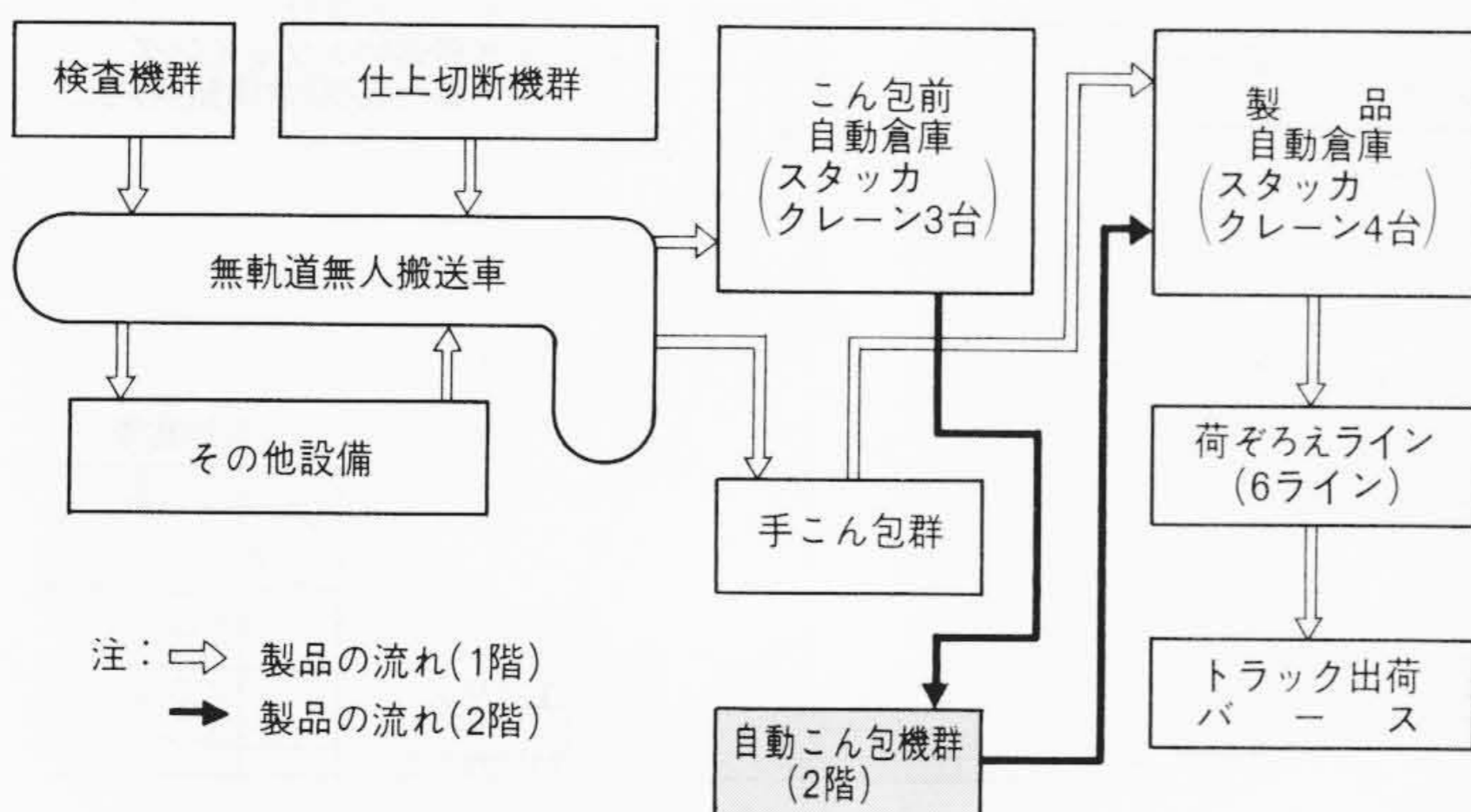


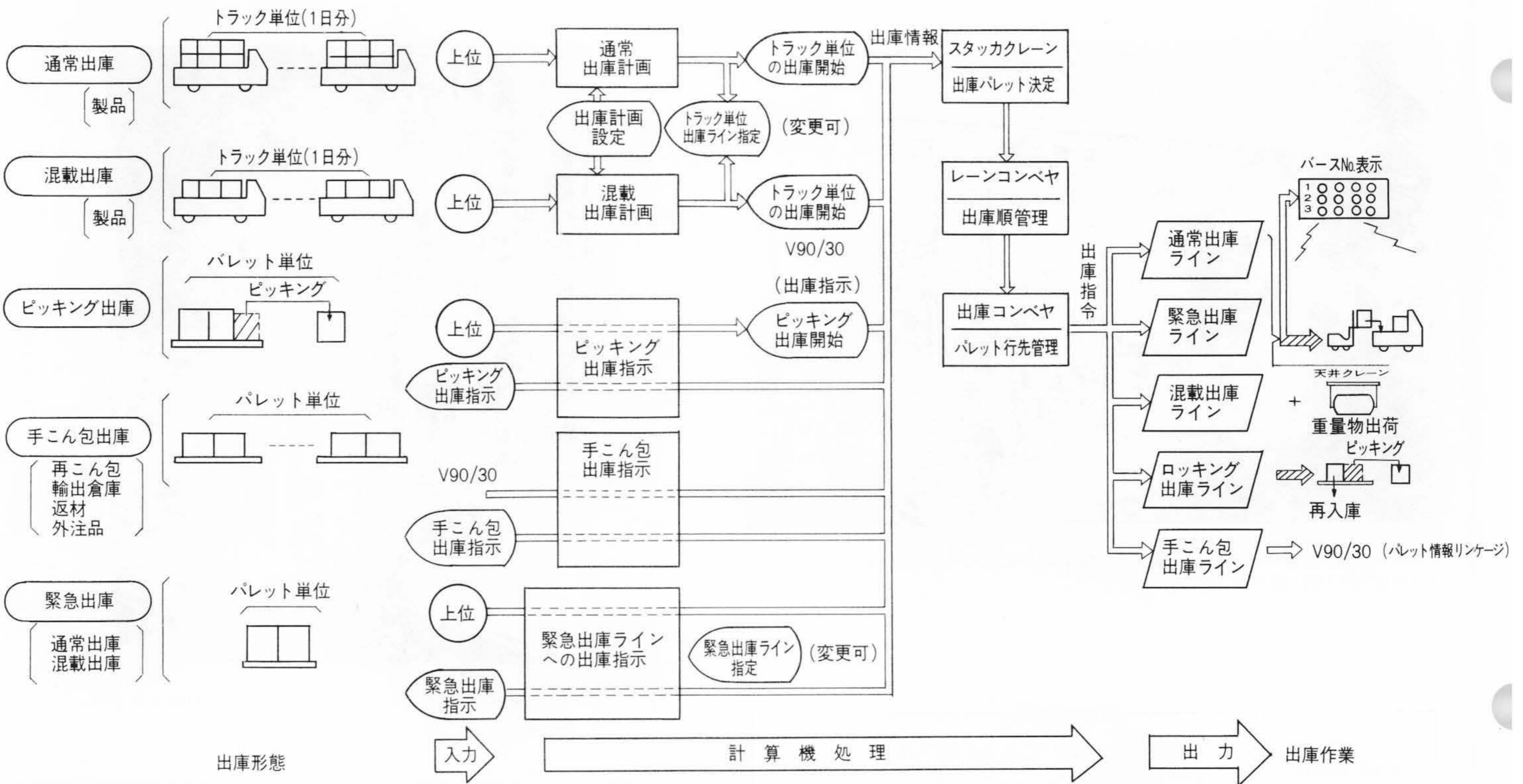
図7 仕上・こん包・出荷システム物流フロー 物流が単一方向となるように、全体をレイアウトしている。

品を格納する。製品出荷倉庫は、出荷製品を保管し、出荷スケジュールに応じて出荷バースへ払い出す(図8)。出荷スケジュールは、出荷バースでトラック3台が同時に効率良く作業ができるように、配送地域、納期、重量などを考慮してトラック単位に出荷順序を決め、作業状況に応じて出荷バースに対応する荷ぞろえライン(図9)を決める。トラック出荷時の情報フローを図10に示す。製品出庫には、1日分の出荷予定に従って行なう通常出庫、重量物を含んだ混載出庫、同一パレット内の一部を出庫するピッキング出庫、手こん包場へ出庫する手こん包出庫、オペレータ又は上位計算機指定により行なう緊急出庫があり、それぞれトラック単位、パレット単位で出庫情報が与えられる。出荷状況を監視し、出荷作業指示を行なう仕上・出荷工程のオペレータ室を図11に示す。

5 結 言

以上、日本鋳業株式会社倉見工場に納入した総合生産・物流システムの概要について述べた。本システムは稼動後日も浅いが、次に述べるような効果を挙げつつある。

(1) 多品種小ロット注文に対し、生産・物流条件を満足した



注：記号説明 (上位) [上位計算機(HIDIC V90/50)], (オペレータ入力), (計算機処理), (設備)

図10 トラック出荷情報フロー 製品自動倉庫での出荷時の情報フロー概略を示す。



図11 仕上・出荷工程オペレータ室 出荷バースの中2階に設置されており、出荷状況を一望に見渡すことができる。

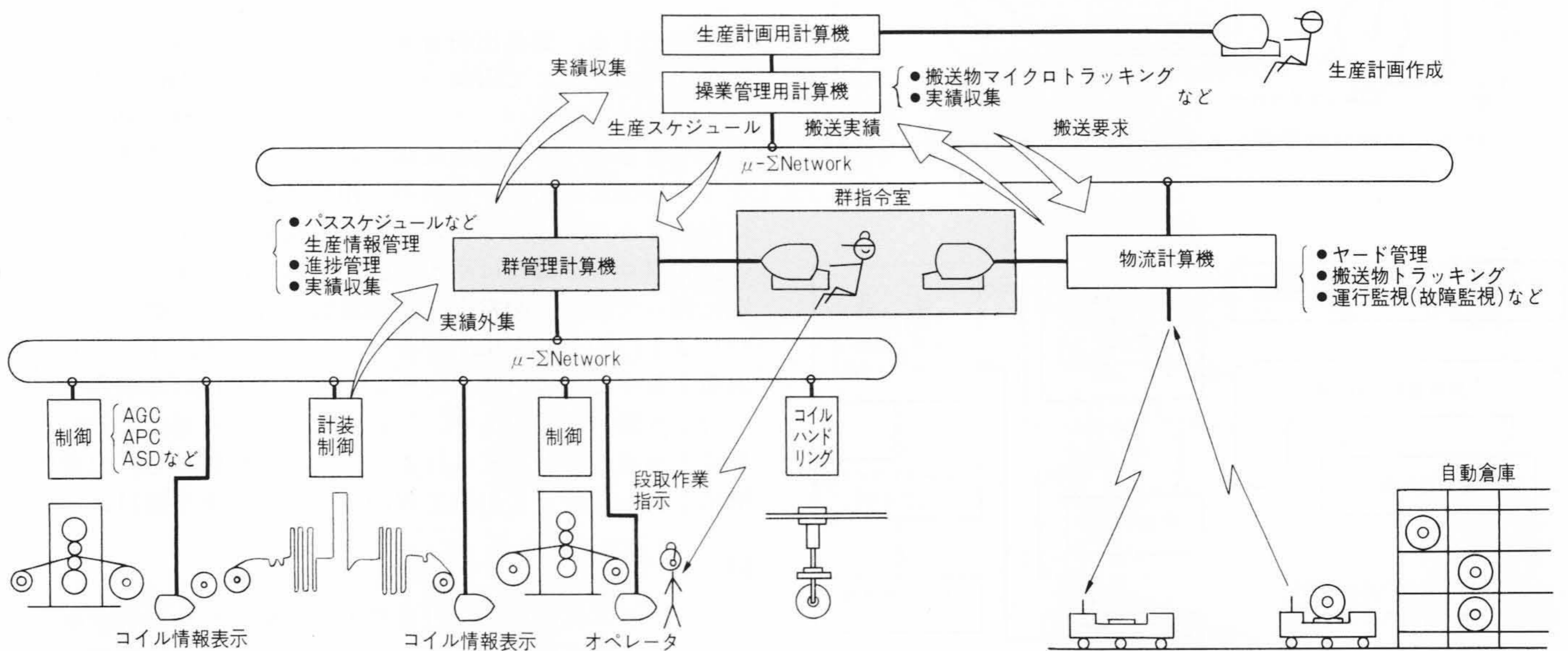
円滑な操業の実現

- (2) 極薄・高品質製品(板厚35 μ m以下)の安定した生産
- (3) 仕上・出荷工程の省力化と能力向上

今後の課題は、今回、対象外となった既存の設備を含めてシステム化することと、更に本システムを拡張し図12に示すように1人のオペレータで複数の設備を運用可能とすることである。

参考文献

- 1) 和田：伸銅品，銅産業シリーズ(1)，社団法人日本銅センター(昭57-8)
- 2) 渡部，外：非鉄金属の実際知識，東洋経済新報社(昭42-12)



注：□ (将来拡張部分を示す。)

図12 将来システム構想 群指令室で複数の設備をワンマンで運転可能な構成とする。