

鉄鋼電炉業における自動化物流システムの事例

Examples of Automated Material Handling Systems for Iron and Steel Works

田村 祐二* *Yūji Tamura* 木村正二郎** *Masajirō Kimura*
杉本 豊和* *Toyokazu Sugimoto* 工藤 雅人** *Masato Kudō*



トーア・スチール株式会社鹿島製造所のスクラップヤード自動化システム

鉄鋼システムで自動化物流システムは多くの工程で実用化されてきている。最近では、原料ヤードでもスクラップ搬入・搬出台車や全自動クレーンなどの最新技術を用いて搬送・保管の完全自動化を実現している。

最近の国内鉄鋼業では、需要が伸び悩む中で海外製品の流入や市場価格の低下といった背景から、生産効率のいっそうの向上が急務となっている。このような状況の中で鉄鋼電炉業でも製品競争力の強化を図って発展していくには、原価の低減や品質管理の向上が最重要課題になってきていると考える。

物流システムは生産工程を結ぶものであり、生産計画と密接に関連し、原価の把握や品質の管理を行ううえで不可欠となっている。特に、構内の生産情報の流れをリアルタイムに把握し、また搬送作業の省力化を図る自動化物流システムが積極的に導入さ

れている。

日立製作所は、圧延設備やプロセスラインなどの主生産設備とともに計算機システムなどの情報機器、クレーン設備などの搬送設備を設計・製作・納入しており、これらの実績を基に、これまで数多くの物流システムを提案し、納入してきた。鉄鋼電炉業でも最近、新工場建設に合わせて原料(スクラップ)ヤードなどに自動化物流システムが導入されており、日立製作所もこのシステムの納入を図っている。これらは、近い将来普及する物流システムのモデルになるものであると考えている。

* 日立製作所 システム事業部 ** 日立製作所 機電事業部

1 はじめに

最近のわが国の鉄鋼業は粗鋼生産量1億トン前後で推移しており、大幅な需要増加が期待できない中で、海外圧延製品の輸入量増加、価格破壊などの市場動向による販売価格の低下といった課題に直面している。特に鉄鋼電炉業では、原料であるスクラップ価格の高騰によって製造原価が圧迫されており、原価の低減や品質管理の向上による企業体質の強化が必須となっている。

物流システムは原料や製品を保管するヤード内搬送設備と生産設備を結ぶ搬送設備から成り、生産計画に従って生産設備への原料、仕掛かり品の供給、および生産設備からの仕上がり品の受け入れを行っている。特に自動化物流システムでは、省力化と生産情報のオンライン化の両方が実現できるため、原価低減や品質管理の向上を図るために積極的な導入が行われている。

ここでは、日立製作所が提案している物流システムの導入手順を示し、納入したシステム事例を紹介するとともに、最新の搬送自動化技術について述べる。

2 鉄鋼物流の動向

鉄鋼業の物流は、製鉄所から物流拠点またはユーザーへ運ばれる製品輸送と、製鉄所構内の原料、半製品、製品の搬送に大別される。製品輸送はその製鉄所の立地条件や製品の輸送量により、海上輸送や陸上輸送で行って

おり、RORO(Roll on/Roll off)船¹⁾などの合理化が図られている。しかし、生産製品や販売形態に依存する要素が大きく、輸送方式での合理化では大きな導入効果は期待できず、現状は鉄鋼EDI(Electronic Data Interchange)²⁾を含めた販売情報統合システムでの輸送効率向上を目指している。構内搬送は製品輸送よりもさらに搬送形態が多様化し、生産設備の配置、構内の敷地の広さ、作業者の作業環境(3K対策)などの違いにより、自動化設備の規模や自動化率が異なっている。

物流コストが製鉄原価に占める割合は、生産設備の製造効率向上(生産の高速化、連続化およびエネルギー効率向上)に伴って年々増加しており、物流コスト低減は製造原価低減の最重要課題となってきている。特に電炉業では、高炉と比べて工程数が少なく、製品の種類も少ないため、すでに生産設備の製造効率は高いレベルまで達しており、今後は構内搬送の効率向上が原価低減のための急務となっている。鉄鋼電炉業の製造工程を図1に示す。

2.1 原料(スクラップ)ヤード

原料ヤードは購入したスクラップを受け入れ、保管するとともに、所定の生産計画に従って配合した後、電気炉設備に払い出す機能を持つ。スクラップは不定形で重量物であるため取り扱いが困難であり、また受け入れ時に検収・格付けを行っているため、搬送保管を人手に頼っている。

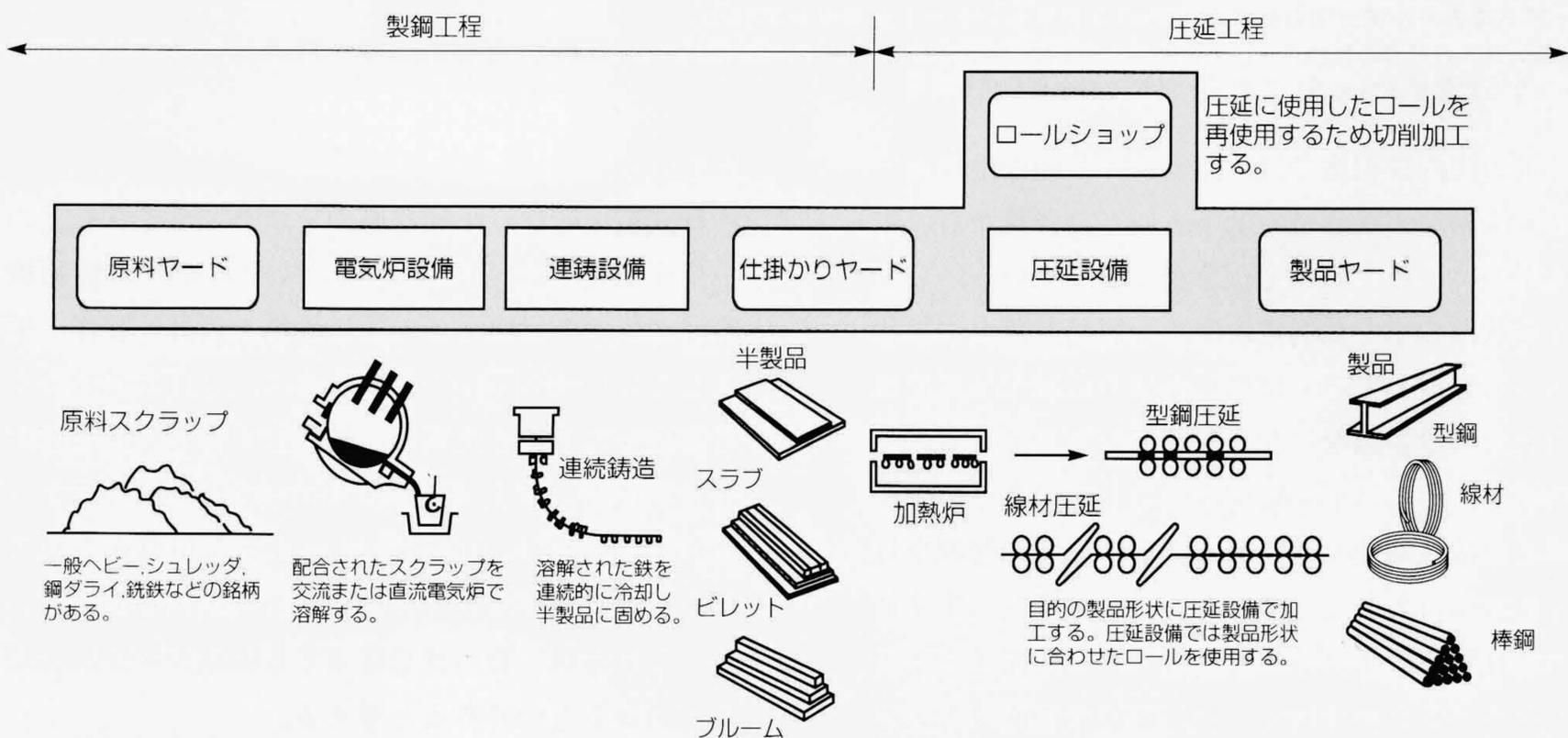


図1 鉄鋼電炉業の製造工程

鉄スクラップを主原料として製鋼工程と圧延工程から成り、主に型鋼、棒鋼、線材を製造している。

2.2 仕掛かり(ビレット, ブルーム)ヤード

製鋼工程と圧延工程の中間に位置し、製鋼と圧延の稼働時間の違いや、品種の切り替え時に保管を行う。保管量は少ないが搬送頻度は高いという特徴を持ち、熱効率の向上を図るために直結化の傾向にある。製鋼工場から出た半製品は温度が600~700℃と高く、搬送設備の耐熱対策が重要となる。

2.3 製品ヤード

製品はサイズ、形状など種類が多く、出荷の形態もトラック輸送や内航船などさまざまであり、搬送の大部分を人手に頼っている。在庫の量もほかのヤードより多く、まず出荷の効率向上のために生産管理システムとのオンライン化が進められている。

2.4 その他の搬送

上記のヤード以外に、構内搬送として圧延設備で使用したロールを再切削するロールショップでの搬送や、製品の引張強度などの機械特性を試験する試験センター³⁾、工程内で発生したスクラップ搬送、副原料・鋳滓(さい)・燃料などの搬送など多くの種類があり、定常的なものは合理化の対象となっている。

3 物流システム構築の考え方

構内搬送は生産設備の前後に位置するため、担当製造部門はもとより購買や販売、出荷などの他部門と関係しているため、物流システムを導入するにあたってはシステム機能の決定手順が複雑となる。また、量産重視から高品質化などの将来の生産形態の変更や、注文形態の変更などに対応する柔軟性のあるシステム設計が必要であり、経営的視点も重要である。そのため日立製作所は、

物流システム構築にあたり、生産性を向上するために設けられた部門の壁を越えた体制作りを提案している。また、類似システムの経験も設計効率を向上するために必要であり、システム概要の計画段階から積極的な搬送方式の提案も行っている。

3.1 構築の手順

システム構築では大別して三つのステップを提案している。第1ステップは生産状況の調査、解決すべき運用課題、システム課題の抽出、最新技術の調査などから成る現状分析、第2ステップは物流システムの機能や構成を規定し、さまざまなシステムレイアウトから所定の機能を満たすものを抽出する搬送保管方式の検討、第3ステップはシステム導入段階での既設備の運用方式(既設工場に導入する場合)やシステムの段階的建設などの実施手段の検討である。これは物流システムに限らず一般的に行われる構築手順であるが、物流システムの場合はシステムを構成するコンポーネント設備の組合せが自由であり、また多様なため、特に第2ステップが重要であり、検討に最も期間を要する。物流システム構築の手順を図2に示す。

3.2 シミュレーション技法の採用

前述したように物流システムは柔軟性が重要であり、システム稼働時と、さらに将来での搬送・保管能力など、システム機能の確認を行ったうえで導入する必要がある。しかし、複数の搬送コンポーネント設備を組み合わせた物流システムの場合、単体設備での能力検討ではシステム全体の搬送能力が把握できない。そのため日立製作所は、これまでシミュレーション技法を活用し、シミュレーションの目的や規模に応じてダイナミックシミュ

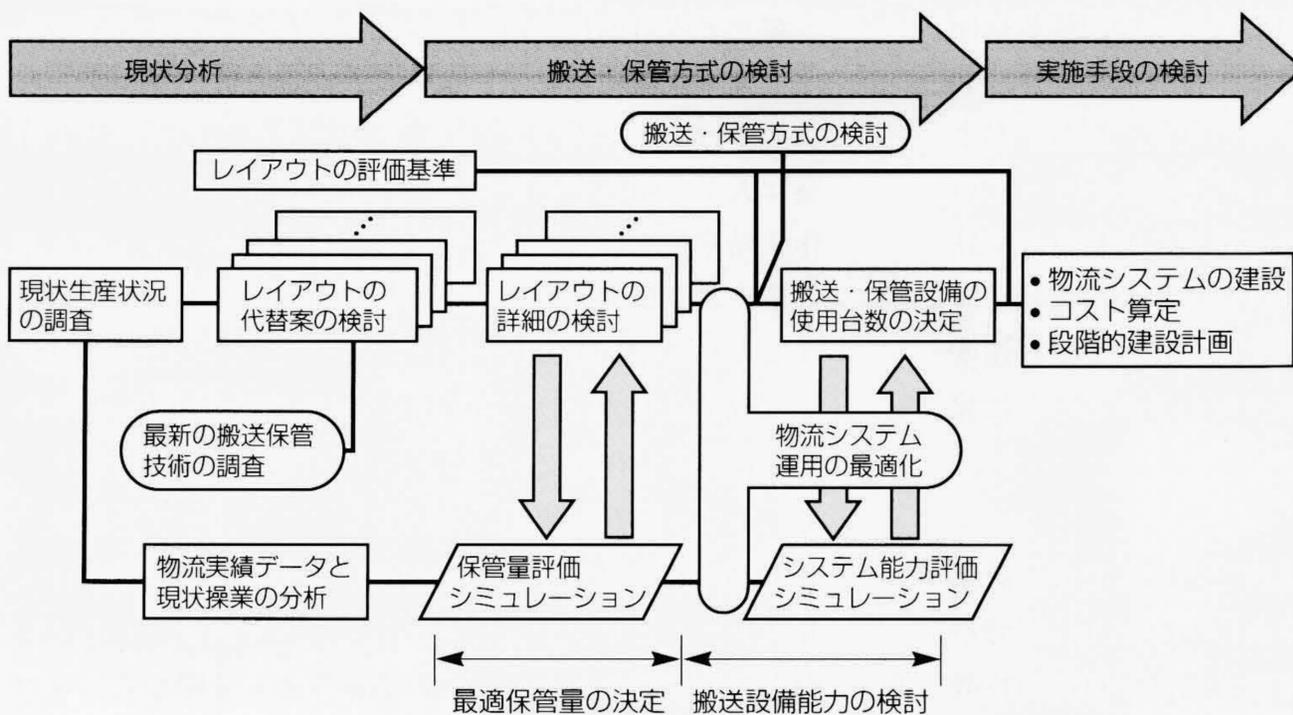


図2 物流システムの構築手順
大別して現状分析、方式の検討、実施手段の検討の3ステップから成り、方式の検討ではシミュレーション技法を用いている。

レータ⁴⁾などを利用したシステム能力検証を行っている。ヤードシステムに一般的に用いる保管量算定と設備能力検討の2段階シミュレーションの例を図2に示す。

4 現状の搬送自動化技術

物流システムを構成するコンポーネント設備は多種多様であるが、鉄鋼電炉業ではクレーン設備と台車設備が数多く採用されている。これは搬送対象物が重く、温度の変化やさまざまな形状に対してもハンドリングが比較的容易なためと考える。また自動化システムでは各コンポーネントに動作指令を与える制御計算機システムが必要であり、生産計画と直結した情報管理も同時に行っている。日立製作所の搬送自動化の最新技術と納入事例について以下に述べる。

4.1 クレーン設備

天井クレーンは構内搬送システムの主設備として位置づけられるもので、省力化、作業効率向上、3K対策などを目的として自動化が図られている。自動クレーンは、(1)取扱物仕様、取扱状況に適応した特別なつり具を装備すること、(2)荷振れ防止などの姿勢制御の機能⁵⁾を持っていること、(3)生産管理計算機とオンラインにすることにより、操業状況に応じた自動運転を可能とする。

既設天井クレーンの自動化改造では、操業条件に合わせた運転速度の変更や自動化のための専用つり具への交換が必要となり、またガーダなどの主要部材の補強、電動機など電気品の交換、追加などが必要となる場合もある。

4.2 台車設備

台車設備は構内搬送の中で棟替えや道路横断などの地上搬送を行う設備として広く普及している。この設備は取扱物、作業環境に対応した運用を図るため、移載機能や走行方式が重要なポイントとなる。移載機能は昇降装置やスライドフォークなど、取扱物の重量、形状、および地上受け渡し場所の条件に適応する機構を持っている。走行方式は有軌道と無軌道の2種類に大別され、鉄鋼物流では有軌道方式が主流を占めているのが現状である。これは、有軌道方式が無軌道方式に比べて走行速度を早くすることができ、作業効率が向上できることに起因している。

4.3 計算機システム

物流システムは複数の設備と連携しているため、計算機の機能停止がシステム全体の停止につながり、影響が大きい。そのため、構内物流での物流制御計算機の特徴

の一つに、安定稼動・無停止対応機能がある。またこの機能は、操業上、複数の設備を同時に停止させることができない物流システムの保全・保守に対しても必要不可欠なものとなる。つまり、物流システムの高機能・高信頼性を安定して保つためには、計算機の稼動中にソフトウェアの拡張や変更、保守が可能なシステムを構築することが重要である。

従来の物流制御計算機では主にハードウェアの信頼性向上を図ってきており、ダウンサイジング化に対応した、FA用WS(Workstation)やパソコンを応用したシステムを構築している。日立製作所は、さらに自律分散技術⁶⁾を適用することで、いっそう信頼性を向上させ、稼動中に拡張や変更、保守が容易にできるシステムの開発を目指している。

4.4 システム納入事例

4.4.1 トーア・スチール株式会社におけるスクラップヤードの自動化

スクラップは電炉業にとって主原料であり、その価格が製造原価に占める比率は20~30%と高い。スクラップの市場価格は持ち込み業者と電炉メーカーとの需給関係で変動するため、市場価格に左右されない安定した生産を行うには、適正な在庫の確保が重要である。そのため、設備の自動化と在庫管理のオンライン化が有効であるが、スクラップは不定形重量物で取り扱いが難しく、スクラップヤードの自動化はこれまで実現されていなかった。

トーア・スチール株式会社では、同社の鹿島製造所の新設にあたり、自動化による省力効果だけでなく製品品質の向上といったメリットにも着目し、業界初のスクラップヤードの自動化を実現した。このシステムの外観を43ページの図に示す。

ヤードの自動化を阻害する主な要因に、納入業者のトラックが規格化されていないことがある。トラックの形状が1台ごとに異なるため、トラックからの荷降ろし作業は人手に頼らざるを得ない。また従来のヤードでは、作業効率を上げるために荷降ろし作業とヤードへの入庫作業、および電気炉への出庫作業を同一のクレーンで行うことが多く、自動化が遅れていた。このシステムでは、(1)荷降ろし作業とヤードの入出庫作業を分離し、人手作業を荷降ろし作業だけに集約、(2)不定形重量物対策として、トラックから専用の搬送容器にスクラップを移載、(3)複雑な山形状に対応するため、ヤード内の搬送には天井クレーンとリフティングマグネットを採用、(4)電気炉からの出庫要求とクレーンの出庫作業を分離するバッフ

ァとして配合ホッパを採用し、クレーンの稼動時間を平準化することによって自動化を実現した。

これらの自動設備の制御にはFA用WSを採用し、管理情報のオンライン化を図っている。例えば、電気炉に投入するスクラップは生產品種に応じて銘柄・量・投入順が決められているが、このシステムではホッパ上の積載重量をリアルタイムで取り込み、出庫回数を制御することによって配合精度を向上している。これらの入出庫実績はオンラインで在庫情報に反映され、きめ細かな在庫管理が可能となった。また情報管理面での特徴として、これまで重量だけで管理していた在庫情報に、今回新たにクレーンの制御に必要な積み高さも加えた。この高さ情報に基づいて、各区画の積み高さが均一となるような搬送スケジューリングを行うことにより、ヤードの有効活用を図っている。また隣接する区画の山形状を管理し、銘柄の混在を防止することにより、製品品質の向上に寄与している。

4.4.2 愛知製鋼株式会社におけるビレットヤードの自動化

愛知製鋼株式会社知多工場では、圧延設備の増強計画に合わせ、既設ヤードの合理化および保管量の増加を目的として、トレーラ・フォークによる入庫や圧延順に合わせた出庫を、自動および半自動で行うビレットヤードのリニューアルを実施した。このシステムの外観を図3に示す。

このシステムは、主に入出庫搬送を行う屋外門形クレーンと、出庫されたビレットを圧延順にそろえる台車で構成し、全体をFA用WSで制御している。製鋼工程と圧延工程は構内で別棟にあり距離が離れているため、ヤードまでの搬送はトレーラもしくはサイドフォークで行い、入庫作業の効率を向上させるため、積載ビレットの種類に応じてFA用WSが入庫位置を指示する。出庫では、生産計画情報から設備の搬送効率が向上するように出庫指令を組み合わせで行う方式により、クレーンと荷ぞろえ台車の稼動率向上を図っている。主要設備であるクレーンのつり具には、搬送回数を少なくするため最大6本のビレットを同時に吸着できるリフティングマグネットを採用している。扱い物が長尺であることから、トレーラや置き場に合わせたつり具を旋回する機構を設けている。ビレットは最大690℃と高温であり、リフティングマグネットやケーブル類には耐熱対策を施している。一般に仕掛かりヤードの特徴として搬送量が多いことがあげられるが、門形クレーンは安全対策上走行速度を速



図3 ビレットヤード自動化システムの外観

門形クレーンの搬送量を増加するため、クレーンガーダ下にビレット仮置き機構を設けている。台車は圧延順に並べ替える機能を持つ。

くすることができず、今回のシステムでは処理能力が不足することが考えられた。このためクレーンのガーダ下に、ガーダと同方向に走行するビレット仮置き機構を設け、1回当たりの搬送量を最大12本まで増加することにより、搬送能力の向上を図っている。クレーンの操作は極力自動で行うことを目指し、ビレットの吸着・開放だけを手動で行い、残りの動作は自動で行う半自動運転とし、オペレータの負担を軽減した。荷ぞろえ台車は圧延工程の要求により、出庫された最大8本のビレットを台車上に積載しながら圧延順に並べ替える機能を持ち、この動作をFA用WSの指示によって全自動で行っている。

4.4.3 東京製鐵株式会社におけるロール保管の立体自動化

ロールショップは、圧延設備で使用した圧延ロールの保管、および再使用のため再切削する所であり、圧延工程では不可欠なヤードである。形鋼生産での圧延用ロールは製品形状が多種多様であるため在庫管理が煩雑であり、管理および操業の多くを人手に頼っているのが現状である。物流コストの削減が必須となっている現状では、在庫管理精度向上、格納効率向上、搬送効率向上は圧延工程の合理化を進めるうえでの必要条件となっている。東京製鐵株式会社は、同社の宇都宮工場を新設するにあたり、ロール管理をオンライン化し、ロール保管面積の圧縮やロール保管作業の省力化などを目的にロールショップの保管、搬送設備の自動化を実施した。主要設備であるロール倉庫システムの全体構成を図4に示す。

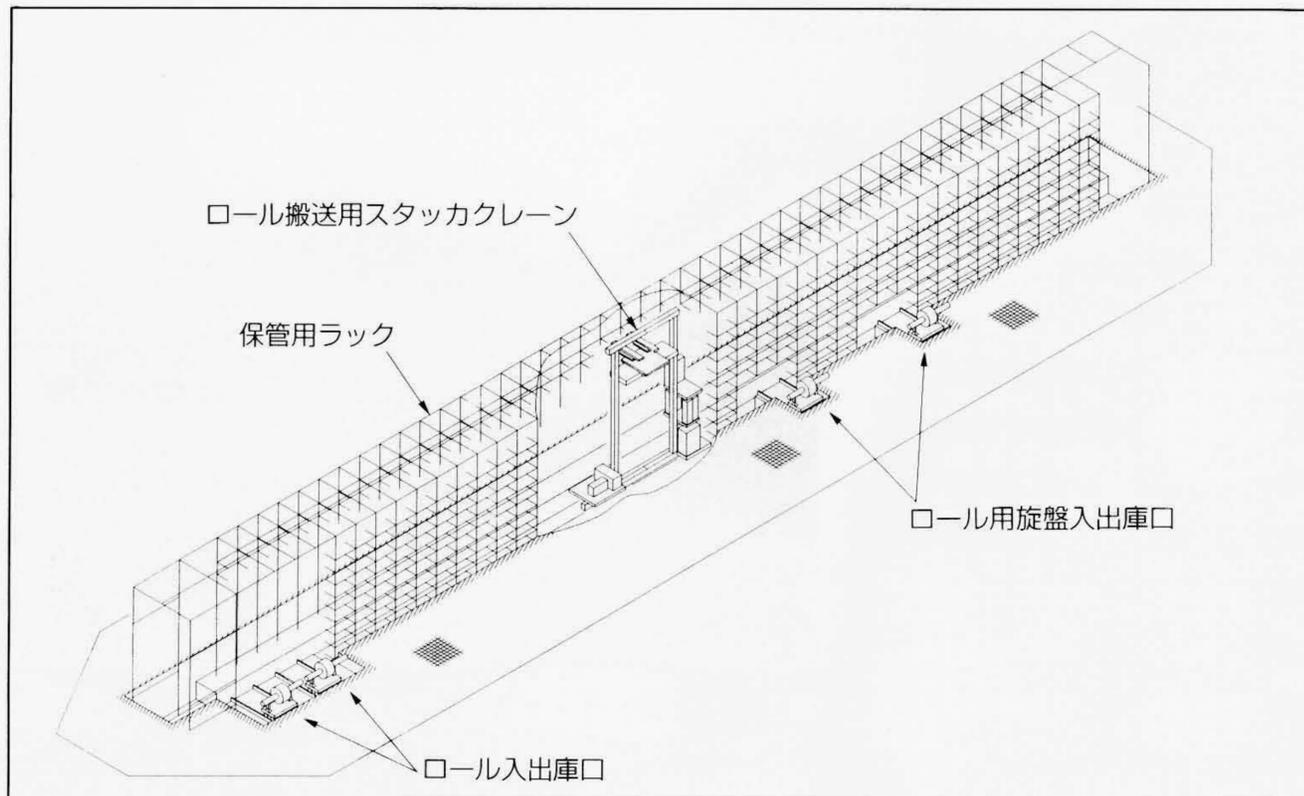


図4 ロール倉庫システムの全体構成

ロール保管方式の特殊化による保管効率向上や、ガイド、圧延治具の格納を行って、フレキシブルな運用を可能としている。

このシステムは、立体格納を行うラック設備、入出庫を行うスタッククレーン、入出庫口設備、および全体の動作指令を行う制御装置で構成する。このシステムによって空間格納効率、搬送効率の向上、搬送自動化による省力化を可能とし、また在庫情報管理は専用の倉庫パソコンによって在庫管理、切削指令などの情報の一括管理を実現している。

このシステムの特徴は、ロール格納効率向上を目的としたロール保管方式を特殊化したことと、専用パレットを使用したガイドや圧延治具の格納があり、フレキシブルでより高効率の運用を可能としていることである。また、計算機システムは在庫管理、搬送制御を行う倉庫パソコン、および制御システムとロールショップ全体を管理するロールショップパソコン、ロール切削用旋盤パソコンの3者間を汎用LANで接続して構成し、圧延生産計画を基に切削作業スケジュールの作成など、ロールショップの操業計画を立案、実行している。このシステム

の稼動により、当初の計画どおりの効果が実現できるとともに、同社の宇都宮工場全体の生産効率が向上している。

5 おわりに

ここでは、鉄鋼電炉業での構内搬送の位置づけを示し、それに対応する日立製作所の物流システム構築の考え方や手順を述べるとともに、納入した物流システムの事例を紹介した。それぞれ無人化を指向したシステム設計を行っており、近い将来普及する物流システムのモデルになるものとする。

今後は鉄鋼業もさらに競争激化が予想され、市場動向に即した製品提供が重要となる。そのため、製鉄所の1工程の無人化対応だけでなく、「販売・生産管理と直結した情報化」がシステム構築のキーワードとなり、鉄鋼業の物流システムが販売と生産現場を直結する重要なコンポーネントとして進展するものとする。

参考文献

- 1) 井塚, 外: 鉄鋼業における一貫物流最適システム, 鉄鋼のIE, 31, 4, 16~27(平5-7)
- 2) 鉄鋼EDIセンター: 鉄鋼EDIの展開, 鉄鋼界, 49~52(平6-11)
- 3) 阿部, 外: 製鉄所における自動材料試験システム, 日立評論, 72, 5, 469~474(平2-6)
- 4) 森戸, 外: SLAMIIによるシステム・シミュレーション入門, 構造計画研究所(昭61-10)
- 5) 珍部, 外: 自動クレーン用フィードバック式新振れ止め制御の開発, 日本機械学会講演論文集, 948, 3, 298~300(平6-11)
- 6) 熊山, 外: 鉄鋼向け大規模分散情報制御システム, 日立評論, 75, 6, 423~426(平5-6)