

和歌山冷延・表面処理工場における物流改善

An Improvement of Coil Transportation in Wakayama Cold Strip Mill

川畑友明/Tomoaki Kawabata・システムエンジニアリング事業部 和歌山システム部 参事

宮崎英明/Hideaki Miyazaki・和歌山製鉄所 薄板技術室

宇都宮憲一/Ken-ichi Utsunomiya・和歌山製鉄所 IE室 参事補

西村豊秋/Toyooki Nishimura・和歌山製鉄所 制御技術室 参事補

藤原幹生/Mikio Fujiwara・システムエンジニアリング事業部 和歌山システム部

要 約

和歌山製鉄所冷延・表面処理工場に、大規模な自動搬送設備とエキスパートシステムを中核にした自動搬送制御機能を持つ物流制御システムを導入し、大幅な物流生産性の向上を実現、在庫削減などの付帯効果も得られている。特にエキスパートシステムを活用した自動搬送制御には、独自の手法が適用され、これにより従来にもましてスムーズな立ち上げが実現した。

Synopsis

In order to achieve a significant improvement in transportation productivity, an automatic transportation process and control system were introduced. The system has the automatic transportation scheduling and control utilizing an expert system. This function was able to be fully adopted within only 2 weeks of commissioning because of its unique method of construction. As a result, productivity has improved by 200 %, and furthermore, running stock has been reduced by 41 %.

1. 緒 言

和歌山製鉄所冷延・表面処理工場は、工場操業開始以来の付加価値増大に対応した諸設備の個別かつ段階的な増設による分散したプロセス配置と、これらプロセス群のフル活用を要する多種多様な小ロット製品の生産活動の継続により、プロセス間のコイル物流は複雑さを極めていた。そのため置き場管理精度の粗さによる非効率的な配替えや各プロセスへの計画に対する材料投入誤差といった問題点を抱えていた。

しかもクレーン以外の平面物流には無線操縦の1人運転台車が主として使われており、歩行距離の長い厳しい作業であることから次世代の労働力供給にも不安を抱えていた。

そこで筆者らはこれらに対応して、物流中心である冷圧一焼鈍域への自動搬送設備と、自動設備を含む搬送プロセス全体を効率よく運用するための制御システムを同時に導入し、抜本的な物流改善を実現した。

2. 改善の背景

改善前の工場内物流には以下に記すような問題点があった。

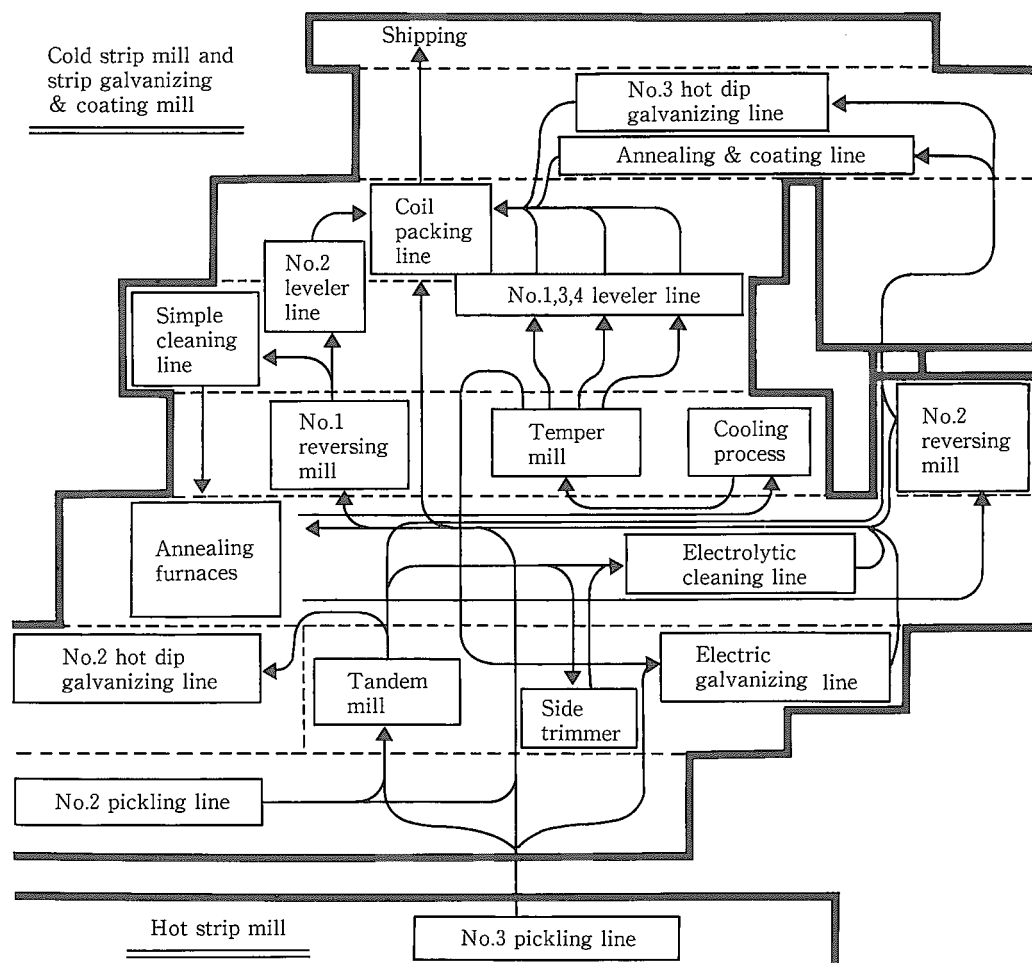
2-1 搬送効率

改善前の工場レイアウトと代表的物流ルートならびにルート別搬送量を第1図に示すが、タンデム圧延と圧延後の電清ライン及び焼鈍を繋ぐルートが搬送量の最も多い領域であった。これにも拘わらず搬送手段は天井クレーン/有人自走台車/棟替え台車に拠っており、入り組んだ台車線上での自走台車同志による運搬停滞や、天井クレーン作業が台車への積み卸しとラインからのコイル搬出で競合するといった健全な搬送を阻害する状態が頻発していた。

またホスト系システムによる置き場管理は行われていたが、初歩的な天井クレーン状態管理システムのみに拠っていて、有人台車のトラッキングなどを行っていなかったため、その精度は低く搬送管理は人手による計画と相互連絡に拠らざるを得なかった。そのため管理調整作業ミスによる誤運搬や無駄運搬も発生していた。

2-2 労働生産性と作業環境

上述した搬送形態を続ける限り操業維持のため物流作業や搬送段取り従事者を多数必要とし、しかも平面物流要員は歩行距離 320 km/人・月という厳しい作業を伴っていた。



第1図 物流ルート概要

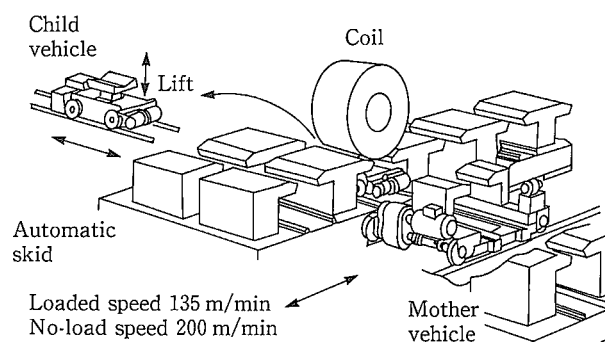
Fig.1 Outline of coil transportation route

3. 自動搬送設備の概要・ 自走台車搬送の改善

第1図にても明らかな物流負荷の最も高い焼鈍棟を対象に大規模な自動搬送設備を導入、同時に自動設備周辺プロセス入り出側設備の改造を行った。自動搬送の中核を担うのは第2図に示す2段式コイル搬送台車であり、これ以外に1段式台車を目的に応じて使い分けている。

自動台車は全体に敷設された走行用軌道線上を、プロセスから次工程に応じた自動スキッド域へ、あるいはスキッドから次工程入り側まで、直接又は中継を経ながらコイルを搬送する。また軌道線間にまたがるコイル搬送のために線間にコイルターナを配置している。

全ての平面物流の自動化実現は不可能であったため、自走台車には、タグ方式のトラッキングを導入した。これを制御システムが把握することにより全体管理を実現している。第1表にこれらの概要を示す。また第3図には自動設備全体レイアウトを示す。



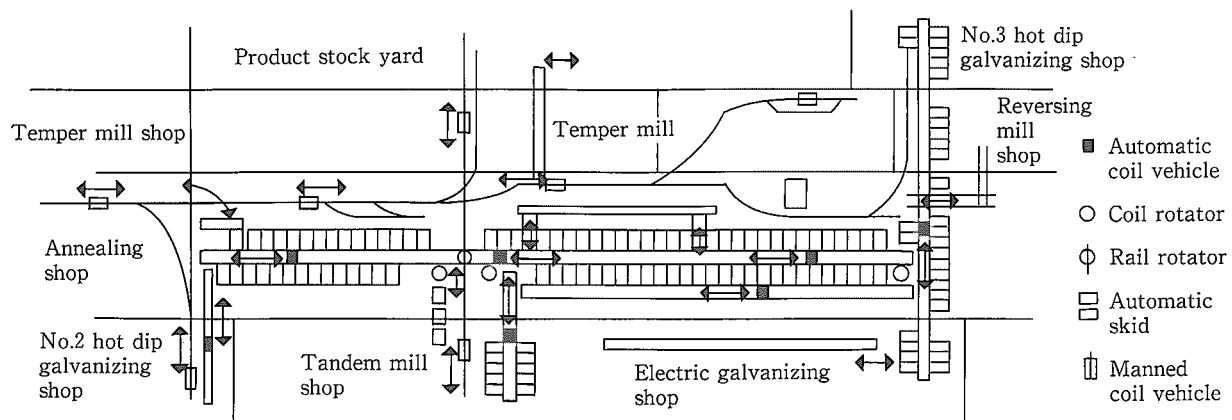
第2図 2段式コイル搬送台車

Fig.2 Two-stage style coil transportation vehicle

第1表 改善後の搬送設備一覧

Table 1 Improved transportation facilities

搬送設備名	設置数	自動化レベル			活用方法
		指示	制御	実績	
自動台車	7	自動	自動	自動	自動搬送スケジュール立案に基づく自動搬送指示・制御 搬送中・停止中状態の自動トラッキングと次指示へのフィードバック
コイルターナ	3	自動	自動	自動	自動搬送指示が台車軌道線にまたがるコイル受け渡しを含む場合自動的に 選択・起動
天井クレーン	14	自動	手動	自動	車上クレーン端末への FROM-TO 指示に基づき、手動走行・吊り卸操作
有人台車	8	—	手動	自動	搬送スケジュールに基づき、管制室から連絡指示
自走台車	2	自動	自動	自動	圧延機ロール運搬などに適用。管制室から遠隔半自動にて操作
軌道ターナ	1	手動	手動	自動	自走台車走行時、遠隔半自動にて操作 自動台車走行に割り込む
棟替え台車	5	自動	手動	自動	天井クレーン卸時にクレーンより遠隔起動
オンラインエンダ	1	自動	自動	自動	コイル姿・方向変更時、自動指示・制御



第3図 自動搬送設備全体レイアウト

Fig.3 Outline layout of automatic transportation process

4. 制御システムの全体構成と機能分担

従来の管理精度の粗さを克服するために、第4図に記す3階層構造にて物流管理システムの一新を図った。

4-1 機器制御システム群

最もプロセスに近接した最下位層であり、自動台車設備制御システム、置き場管理精度を確保するための天井クレーン状態管理システム、有人台車タグ方式トラッキングシステム、自動搬送設備隣接設備制御システム、さらには自走台車制御システムにより構成されている。

今回導入した自動台車制御には、第3図に示すように1軌道線上での複数台車の走行・停止・衝突回避制御、軌道線と交差する自走台車や自動設備領域に移動してくる天井クレーンとの衝突防止制御を盛り込み、輻輳するレイアウトに適合させている。

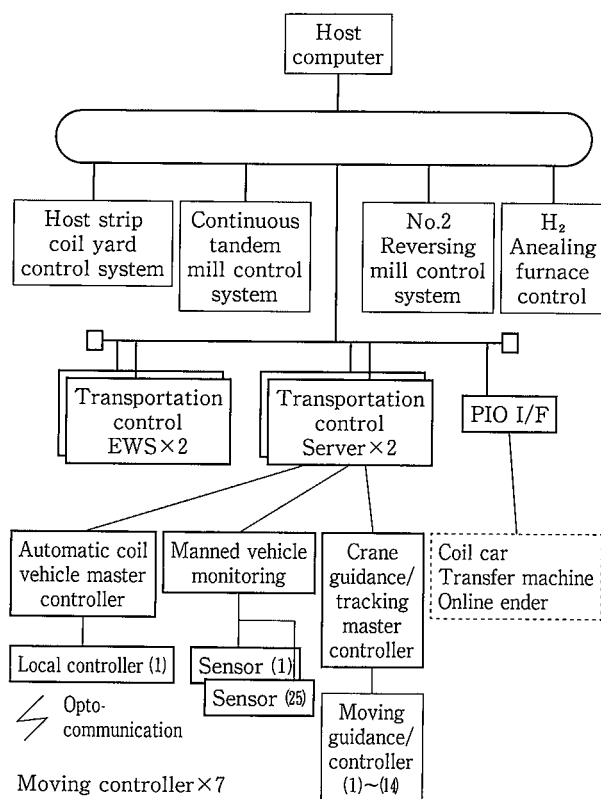
4-2 プロセス制御システム

上記機器制御レベルを基盤にして、冷延・表面処理工場内物流をエリアとして管理・制御を行う。サーバ/EWSにて天井クレーン・有人台車・自走台車管理を含むコイル物流管制機能、エキスパートシステムを柱とした自動搬送制御機能を実現している。サーバ/EWSは共にシステム停止が直ちに領域内工場操業阻害に繋がることから2重系を構成している。

図中明らかなように隣接する上工程の熱延工場コイルヤードや、冷延工場内の重要プロセスのプロコンとはネットワークを介して連携している。

4-3 ホストシステム

ホスト系は、薄板一貫管理を実現しているメインフレーム/分散型計画系の複合システムであり、各ライン操業計画機能を有してプロセス制御システムの搬送指示立案の前提を与え、またこの計画精度を維持するために物流の実績を把握している。



第4図 3階層構造システム構成

Fig.4 Configuration of transportation control system

5. 制御システムの主機能

5-1 コイル物流管制機能

新たな有人台車管制機能・大幅に拡張して一新した天井クレーン管制機能・充実した全体監視／管制支援機能により、大幅な物流管制の自動化が実現できている。

5-1-1 有人台車管制機能

各台車の個体識別情報を書き込んだタグを有人台車に取り付け、分岐・合流点など軌道上の主要な地点に埋め込まれたアンテナを経由してこの情報を受け取り、有人台車トラッキングを自動化した。これを前提にして効果的な搬送指示を組み立てている。

5-1-2 天井クレーン管制機能

各ラインの処理完了予定やコイル投入順情報を搬送の参考情報としてガイダンスする機能にとどまらず、手動の天井クレーンを全体の自動物流管理実現手段の一形態としたきめ細かい作業指示を実施している。搬送優先順の決定機能や、リアルタイムに置場状況を反映させた指示作成機能、また工場全体視点にたった置場運用に基づく置き先指示作成機能がこれを可能にしている。

当然、クレーンの走行・横行位置追跡、吊り卸動作の検出は自動的に行われていて、搬送実績・置き場管理・次指示の作成に活用されている。

また第5図に示すようなクレーン端末画面そのものを管制員にエミュレートして表示する状態監視機能も、地上と車上の密な連携を可能にしている。

< クレーン作業状況画面 >									
棟 号クレーン					棟 号クレーン				
**** BG ダイヤ オロシ ****					**** G 2 セン オロシ ****				
01	E001 - T022	Z3230	1TM	15.5	01	#M012 - A025	C2143	42 R	18.5
02	-				02	M013 - A057	C2144	42 R	18.9
03	-				03	M014 -	A4304	42	08.7
04	-				04	M015 -	C2138	42	16.8
					05	M016 -	C2145	42	19.0
					06	M017 -	C2146	42	18.1
***** (キョウセイ OK) *****					*****				
E002 - T013 Z3233					A025 - Z2G1 A4301				

クレーン作業状況選択										
P C棟		CM棟		1・2 G棟		AF棟		S I		
1	2	4	5	1	2	1	2	3	1	2

主		小	
---	--	---	--

物流状態監視	自動搬送状態監視	有人/自走台車管理	スケジュール情報	置場負荷状況	スキッド負荷状況	クレーン作業状況	その他メニュー
--------	----------	-----------	----------	--------	----------	----------	---------

第5図 クレーン端末状態監視画面

Fig.5 Display for remote monitoring of crane operation

5-1-3 置き場全体管理機能

全工場内の置き場は、有人台車、天井クレーン、自動搬送設備それぞれの管制と連携する各プロコンからのコイル出し入れ情報によって管理されている。在庫期間の長短も判断しやすい画面で表示、全体管理に活用されている。

このようなコイル物流管制機能を使用するために、総数45画面のマンマシンインターフェイスを用意している。これらを自社開発の安価で簡易なウインドウシステムを用い集中管理することにより、1シフト1名での工場全体の物流管制を実現している。

5-2 自動搬送制御機能

5-2-1 機能概要

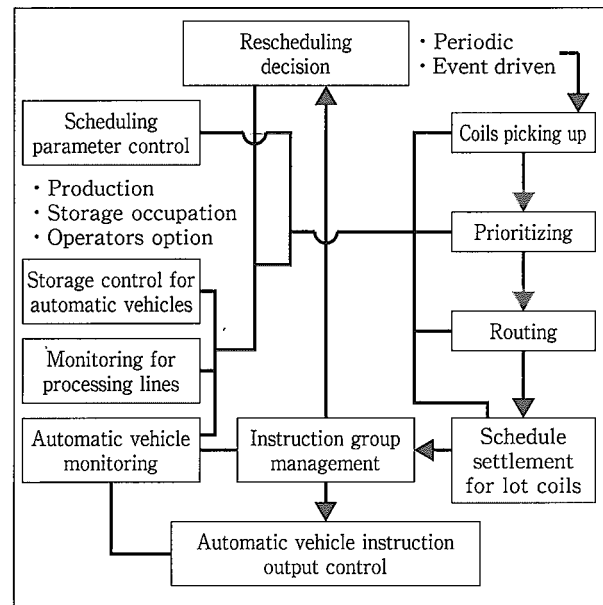
自動搬送制御機能の概要構成を第7図に示す。

自動搬送計画対象の選択による対象ロットの決定、ロット内での各コイル優先順位づけ、優先順位に基づいた複数の自動搬送台車への振り当てを含むルート決定が一連の流れとなっており行われている。さらに組みあがった搬送計画の妥当性の評価とこれに基づく再調整実施も組み込まれている。

条件管理機能はこれらに与えるスタティック/ダイナミックな条件を一元的に管理する。また、最終段の台車への指示は自動台車状態監視に基づいて出力する。

これらの機能がすべてエキスパートシステムとその周辺とのインタフェースシステムで実現されている。

第8図は自動搬送計画立案のための条件入力画面、搬送計画実行状況画面、及び5-1の一部である自動搬送設備全



第7図 自動搬送制御機能の概要構成

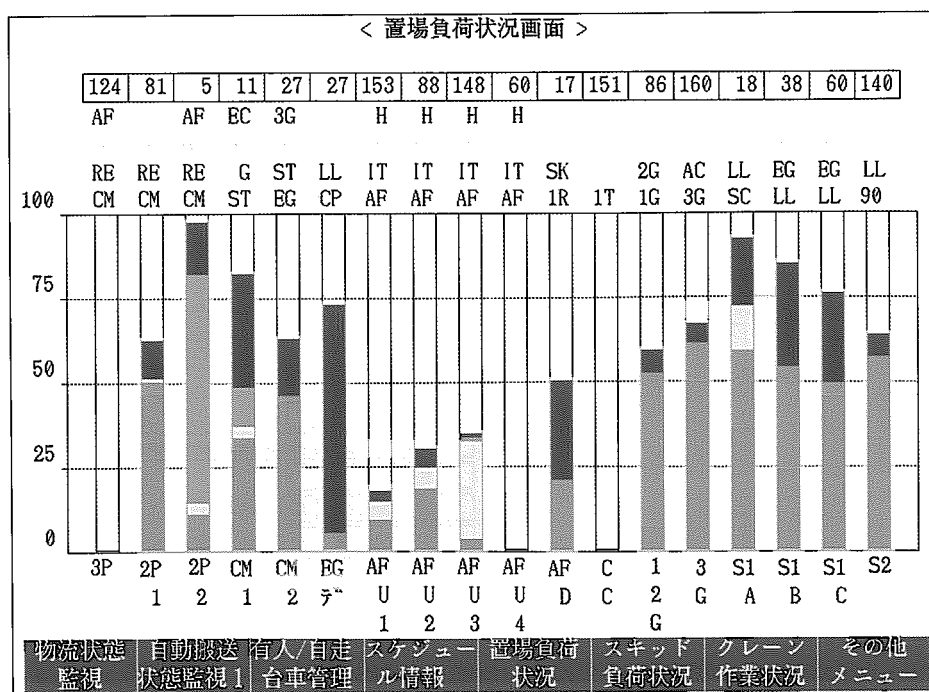
Fig.7 General flow of automatic scheduling function

体のトラッキング監視画面であり、管制員は自動搬送機能の状態を一目で把握できている。

また、エキスパートシステムの開発・改善技術者にとって重要なシステム動作状態監視評価用の機能を有し、第9図に示すように画面表示している。

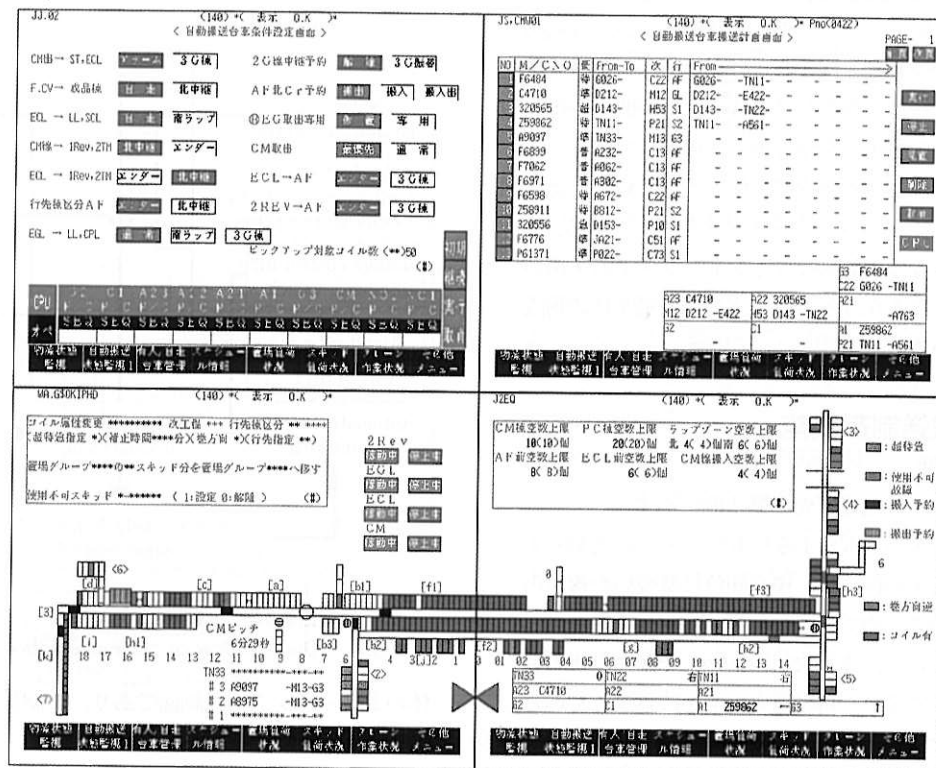
5-2-2 エキスパートシステムの役割

工場全体の操業に関わる、大規模な自動搬送設備が全く新しく導入されるためこの設備の制御機能実現には次のよ



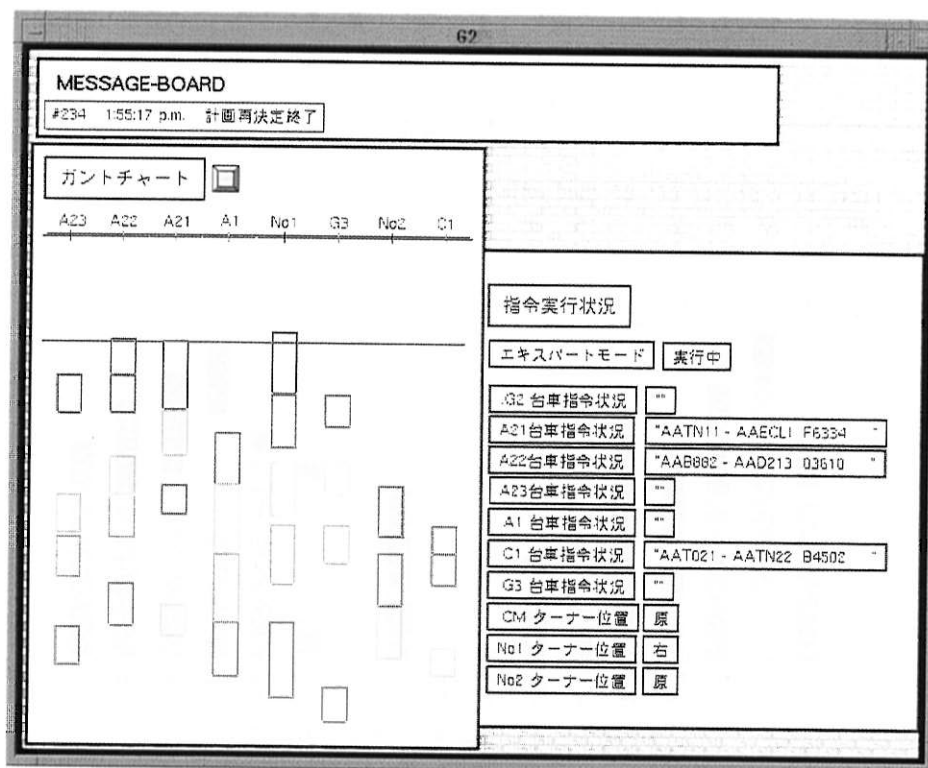
第6図 在庫監視画面

Fig.6 Display for coil stock analysis



第8図 自動搬送トラッキング監視画面

Fig.8 Display for monitoring of tracking and automatic scheduling result



第9図 動作状態監視評価画面

Fig.9 Display for monitoring of expert system

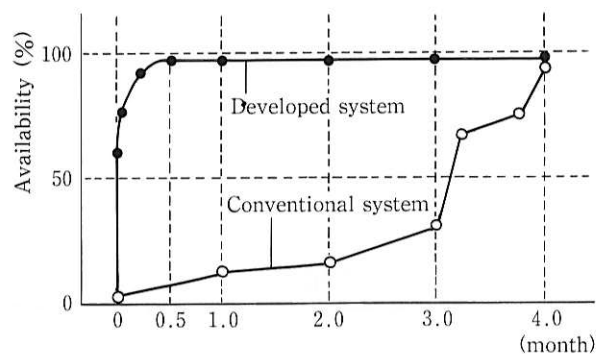
うな課題があった。まず第一に、工場全体の効率的な操業のために必要な方法論が不足していることであった。第二には、本システム稼働後、製造品種構成等により発生する、操業形態の継続的な変更・追加にどう対応するかということであった。

この2つの課題を解決するために、段階的な知識獲得によるシステムを構築していくことのできるエキスパートシステムを導入した。今回、このエキスパートシステムを構築するために、リアルタイム性を要求されるオンライン運用に適し、しかも開発用ツールとしても効率よく機能できるエキスパートツールを採用している。

5-2-3 エキスパートシステムの構築方法と適用

今回、段階的な知識獲得を実現するため、プロトタイプングを実施した。これと同時に、搬送制御計画からの指示により動作するシミュレータを、エキスパートツール上に構築し、設備運行状況の厳密な評価を可能にしている。このシミュレータの積極的な活用により操業知識の不足を補える大量の制御方案の導出を設備導入と平行して実現した。さらに、細かな制御ロジックの厳密な評価も可能なため、高いシステム初期品質を確保し、非常に短期間での自動搬送制御システムの立ち上げを実現した。

第10図に、本システム立ち上げ時の自動搬送制御適用率推移を示す。シミュレータ等を用いない当社従来システムでの実績例を対比のために示した。



第10図 適用率推移図

Fig.10 Raising availability of expert system operation

6. 物流改善の効果

上述してきた自動設備導入・関連設備改善、ならびに制御システムの活用により、次の効果を得た。

- (1)自動搬送設備及びエキスパートシステムを活用した搬送制御システムの適用により従来142人であった物流要員を73人に半減できた。
- (2)全域を管制するシステムにより物流・在庫管理精度を改善、これによりホスト系の操業計画精度が向上し冷延表面処理工場内の在庫量を41%圧縮できた。

(3)物流調整・台車運転・屑処理等のいわゆる3K作業を解消できた。

(4)第2表に、処理行程の複雑な代表品種における改善前・改善後夫々の搬送手段ごとの搬送回数(吊り具替え等の派生作業含む)をまとめた。表中にても明らかなように、天井クレーン搬送回数を大幅に減らすことができ、結果として運搬疵を低減しスクラップの発生を削減することができた。

第2表 代表品種における搬送方法の改善状況

Table 2 Example of transportation tool improvement

搬送手段	天井クレーン	吊り具替え	コイル仮置き	有人台車	自動台車	合計
改善前回数	24	11	9	5	0	49
改善後回数	12	0	3	0	5	20
差	-12	-11	-6	-5	+5	-29

7. 今後の課題

工程間の仕掛かりバランスが大きく変動すると自動化した物流においても、大きくその効率を阻害する。この変動を改善するために以下の項目について検討中である。

- ・操業計画立案への、仕掛かりバランス変動要素の盛り込み
- ・技術開発・改善による製造工程簡素化
- ・ボトルネック工程の処理能力向上

8. 結 言

和歌山製鉄所冷延・表面処理工場で、自動搬送設備と、自動設備を含む物流プロセス全体を効率よく運用するための物流制御システムを同時に導入し、平成6年7月より順調に稼働している。

この改善により、物流要員の半減をはじめとし在庫圧縮・歩留まり改善などの効果を得ることができた。

またこの開発で得られた物流制御の技術蓄積は同様他工場の物流改善実施にも適用されつつある。



川畑友明/Tomoaki Kawabata

システムエンジニアリング事業部
和歌山システム部 参事

(問合せ先: 0734(51)3103)