

厚板操業設備リフレッシュ

Renewal of Plate Production Facilities

星 俊弘/Toshihiro Hoshi・鹿島製鉄所 制御部 制御技術室

貴志信之/Nobuyuki Kishi・鹿島製鉄所 熱間圧延部 厚板技術室

金岡良夫/Yoshio Kaneoka・鹿島製鉄所 工務部 生産・物流技術室 参事補

浜田重行/Shigeyuki Hamada・鹿島製鉄所 熱間圧延部 次長

要 約

鹿島厚板工場では、最近の環境変化に伴うお客様の要求の多様化への対応を目的に、'92～'95年に「粗ミル主機電動機」、「ショットプライマー設備」および「厚板製品コンテナ輸送システム」の設備リフレッシュを行った。

いずれの設備も現在順調に稼働しており、品質や生産能力の向上、および短納期化等の効果を発揮している。

Synopsis

To meet the growing variety of customer needs stemming from recent environmental change, some facilities were renovated in '92 to '95 at the Kashima Plate Mill. The renewed facilities are "Replacement of Roughing Mill Drive Motors", "Shot and Primer Facilities", and "Container Transportation System of Plate Products".

These facilities are now operating and contributing to improved quality, production capacity and delivery times.

1. 緒 言

鹿島厚板工場においては、最近の環境変化に伴う短納期化、要求品質の高度化、小ロット・多品種化、更には旺盛な需要に対応すべく、操業諸元の改善・向上にむけて自主管理活動等によるベース改善活動とともに、種々の設備改造等を実施してきた。

「粗ミル主機電動機リプレース」は、世界最大容量のGTO素子を適用したGTOインバータドライブシステムを採用した。この際、電動機容量をアップすることにより圧延各パスにおける最大圧延トルクの増加が可能となり、その結果としての圧延パス数の減少効果と応答性向上効果とから、圧延能率は大幅に向上した。更に、強圧下圧延により製品の靱性改善効果も得られている。

「ショットプライマー設備」は、'95年より稼働しているが、物流改善によるプライマー鋼板の処理能力向上を目的として、ショットブラスト設備の新設および既設ショットプライマーラインの改造を実施したものであり、錯綜した物流集中が改善され、品質・能率向上に寄与している。

「厚板コンテナ輸送システム」は、2000年時代のあらたな物流体制を目指し、他社に先駆けて鹿島～堺間の厚板輸送に本システムを導入し、大幅な作業のスピードアップ、輸送費の削減等海上輸送の効率化を実現できた。

本報では、これら3つの設備リフレッシュの概要について述べる。

2. 粗ミル主機電動機

2-1 はじめに

鹿島厚板工場には、粗ミルと仕上ミルの2スタンドの圧延機があり、粗ミルではスラブの成形圧延・仕上ミルでは成品圧延の機能を分担している。これらの圧延機的主機電動機として稼働当初より直流機を採用していたが、電動機の絶縁劣化の進行・操業の変化に伴うパワーアップニーズの高まり・交流可変速技術の進歩等の時代背景により、昭和60年に仕上げミル主機電動機をリプレース（DC5000kW→AC7500kW）し、今回同様に粗ミル主機電動機のリプレース（DC4500kW→AC5800kW）を実施した。

仕上げミルのリプレース時は当時の最新技術であるサイクロコンバータドライブシステム（以下C/Cと略す）を採用したが、今回の粗ミルについては最新技術を織り込むとともに、世界最大容量のGTO素子（Gate Turn Off thyristor：自己消弧機能を有するスイッチング素子）を使用したGTOインバータドライブシステム（以下GTOINVと略す）を採用し、力率1.0運転を可能にしている。

2-2 ドライブシステム採用の背景

今回のリプレースにおいては、厚板工場の受電ケーブルの電流容量(変電所～厚板工場)に余裕がなく、単純に容量アップすることができないため、従来の直流機と同等の電流値で力率1.0運転をする必要があった。そこで、現在の主機ドライブシステムの中で力率1.0を実現できるものはGTOINVだけであったこととGTOINVの開発が急速に進んできていることを考え、今後の主機ドライブシステムはGTOINVが主流になると判断し採用した。一方、電動機本体については、籠型誘導電動機(IM)に比べスリップリングがあるため、若干保守性が劣るもののパワーデバイスの能力をフルに発揮できることと、エアギャップが大きくとれ冷却目詰まりを起こしにくいことを優先に考え同期電動機(SM)を採用した。また電動機容量については、強圧下をできるだけかけたいという操業ニーズ・従来の直流機基礎流用の前提から考えられる新同期電動機の体格・世界最大容量のGTO素子(6inch-6kV-6kA)の能力をフルに発揮させることを考慮し5800kWに決定した。各ドライブシステムの優位性比較を第1表に示す。

2-3 GTOINVの装置仕様

今回採用したGTOINVの特徴を述べると、まずインバータ部には、3レベル・PWM制御を適用し、出力波形を正弦波に近い状態としトルクリップルを少なくしている。そして更にコンバータ部には、インバータ部と同じPWM制御を適用したGTOコンバータを採用しているため、力率1.0を実現するとともに、既設電源設備に対する高調波を最少化している。この結果、既設の受電ケーブル増強が不要であっただけでなく、高調波に対するフィルタや遮断器も不要となった。

また、前述したように世界最大容量のGTO素子を適用しているので、ドライブ盤がコンパクトになり、電気室の設置スペースも最少の改造で済んでいる。

同期電動機、GTOインバータの仕様および主回路構成を下記に示す(第2表、第3表、第1図)。

第2表 モータ仕様

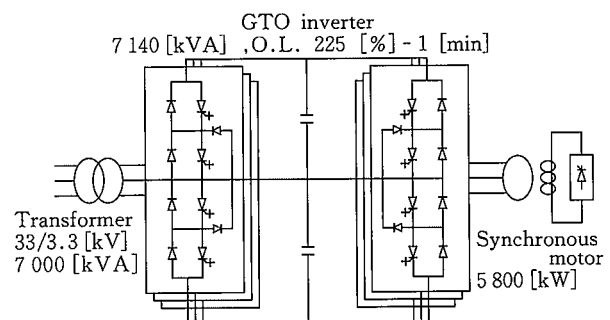
Table 2 Motor specification

型 式	同期電動機
容 量	5 800 【kW】
電 圧	3 300 【V】
電 流	1 085 【A】
極 数	16 【P】
回転速度	40/80 【rpm】
同期周波数	5.33/10.67 【Hz】
過負荷耐量	100%連続 225% 1分間 (Base) 191% 1分間 (Top)

第3表 GTOインバータ仕様

Table 3 GTO inverter specification

入 力	電 圧	3 300 【V】
	周波数	50 【Hz】
出 力	電 圧	3 300 【V】
	容 量	7 140 【kVA】
	電 流	1 085 【A】
	周波数	50 【Hz】
	過負荷耐量	100% 連続 225% 1分間



第1図 主回路構成
Fig.1 Main circuit

第1表 各ドライブシステムの優位性比較

Table 1 Drive system comparison

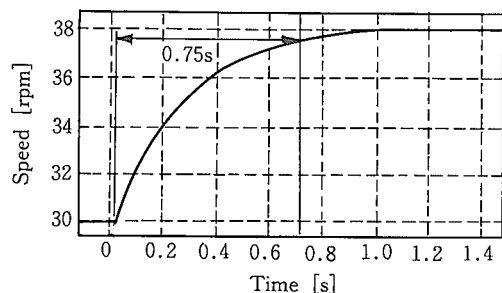
項 目	DCM	GTOINV		C/C	
		IM	SM	IM	SM
主回路構成	—	2パラ	1パラ +界磁	1パラ	1パラ +界磁
力 率	0.74	1.0	1.0	0.5	0.7
電源設備改造	要	不要	不要	要	要
保守性	整流子	メンテナンス フリー	スリップ リング	メンテナンス フリー	スリップ リング
効 率	86%	87%	89%	87%	89%

2-4 リプレースの効果

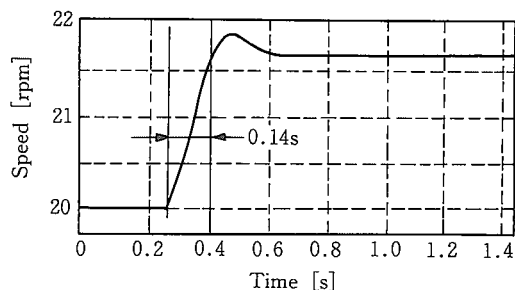
(1) 応答性向上

既設の直流ドライブシステムは、稼働当初からのアナログ制御であったが、今回採用の GTO ドライブシステムは、当然のことながらオールデジタル制御であり制御応答性もはるかに向上している。この結果、同一サイズの材料において圧延時間が2.7秒から2.1秒に短縮され圧延効率の向上に効果を発揮している。

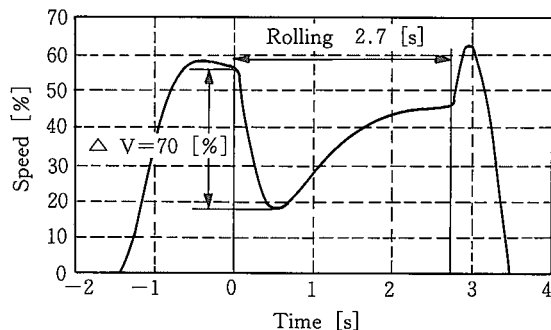
圧延中のインパクトドロップとミル無負荷時のステップ応答のデータ下記にを示す (第2図～第5図)。



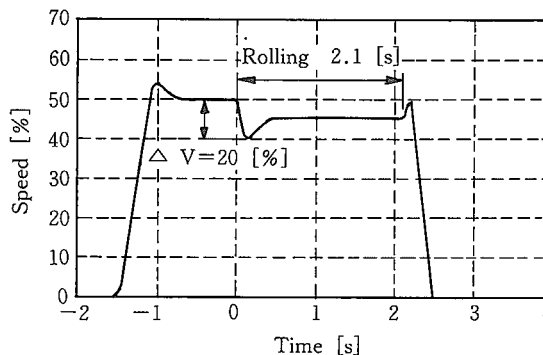
第2図 ステップ応答 (DCM)
Fig.2 Speed control response (Existing DC drive)



第3図 ステップ応答 (GTO)
Fig.3 Speed control response (GTO drive)



第4図 インパクトドロップ (DCM)
Fig.4 Impact drop (Existing DC drive)



第5図 インパクトドロップ (GTO)
Fig.5 Impact drop (GTO drive)

(2) 保守性向上

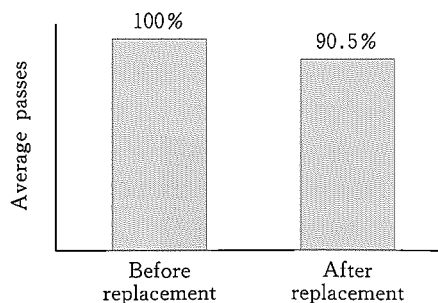
既設の直流機は整流子が存在するため、整流子の手入れ・ブラシの定期的な取替および電動機本体の定期的な清掃等日常のメンテナンス工数がかかりかかっており、また、絶縁劣化に起因する電動機本体のトラブルも少なくはなかった。今回のリプレースで同期電動機となり、メンテナンスとしては界磁のスリップリングを定期的に点検する程度で済んでいる。

更に、リプレースと同時に電動機本体をユニットクール化しており、外部からの塵埃・湿気等の侵入を防止できるため、定期的な清掃が不要になっただけでなく電動機本体の延命にも寄与している。

(3) 操業上の効果

電動機容量の増加により、圧延各パスにおける最大圧延トルクの増加が可能となった。板厚の比較的大きい粗圧延においては、トルク制約により各パスの圧下量が制約される場合が多い。そのため、リプレースにより粗圧延パス回数は、10%程度減少した(第6図)。このパス回数減少の効果と、応答性向上の効果により、圧延率は大きく向上した。

また、各パスの圧下量増加により圧延材の組織が細粒化され、圧延後の成品の靱性が改善される等の効果も上がっている。



第6図 粗ミル平均圧延パス回数
Fig.6 Average passes in roughing mill

2-5 おわりに

今回の粗ミル主機電動機リプレースにより、生産能力の向上・保守性向上等計画していたとおりの効果を発揮しているとともに、GTOINVドライブシステムの大容量化・ドライブ技術の向上等得るものが多かった。

また粗ミルと仕上げミルの容量アップを含めた圧延主機のリプレースは完了したことになり、今後はこれらの能力をフルに発揮させるとともに付加価値の高い成品の造り込み技術確立に向けて努力していく所存である。

3. ショットプライマー設備

3-1 はじめに

鹿島製鉄所厚板工場のショットブラストラインでは、プライマー鋼板と熱処理鋼板のショットブラスト処理を行っている。しかし、厚板工場にはショットブラスト設備が1基しかなく、プライマー鋼板と熱処理鋼板の物流集中による処理能力低下を引き起こしていた。また一方で、造船、橋梁および鉄骨材対象のプライマー鋼板の増産要望が出されている。そこで、物流改善による処理能力向上を目的としてショットブラスト設備の新設および既設ショットプライマーラインの改善を実施したので、本設備の概要について報告する。

3-2 設備概要¹⁾

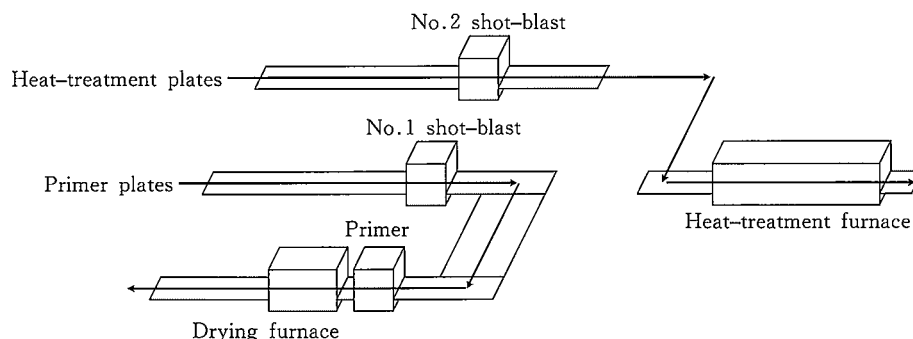
3-2-1 新ショットブラスト設備

既設 (No.1) ショットラインに隣接する建家内に第7図に示すように新 (No.2) ショットラインの配置を行った。No.1ショットブラストをプライマー鋼板専用、No.2ショットブラストを熱処理鋼板専用とすることで物流分散を図っている。更に、既設設備に比べ高投射密度化 (Max. 1.27 kN/m²) されており、硬質材の除錆度向上が図られている。また、ショット玉の安定吹き落しのため、吹き落とし方式をスクレーパー方式からブロウ方式に変更している。No.2ショットブラスト設備仕様を第4表に示す。

3-2-2 既設ライン改善

(1)搬送制御

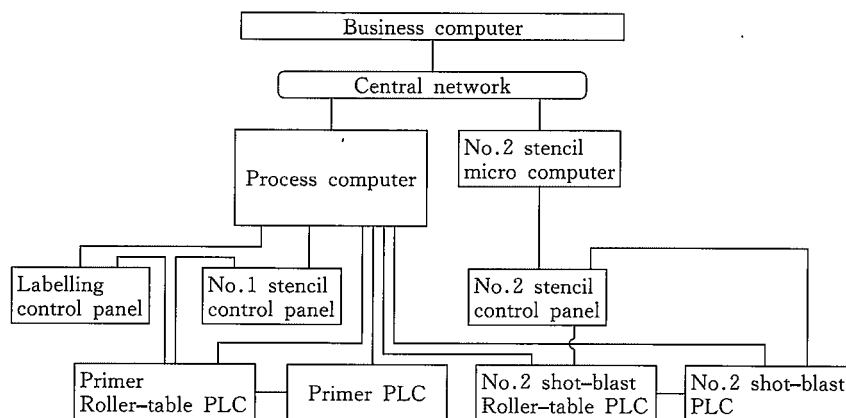
従来、オペレーター介入による半自動搬送を行っていたが、処理能力向上、操業効率化を目的としてショットプライマーラインにプロコンを導入した。システム構成を第8図に示す。ビジコンより伝送された板情報 (板長さ・ステンシル位置) および塗装条件、搬送速度等をもとに、品質および能率を考慮した最適搬送スケジュールをプロコンで計算し、PLC に対して搬送指示を出力し鋼板の自動搬送を行っている。なお、No.2ショットラインについてもプロコンを導入している。



第7図 新ショットプライマーライン概要
Fig.7 Outline of new shot-blast & primer

第4表 No.2ショットブラスト設備仕様
Table 4 Main specifications of No.2 shot-blast

Facilities	Main specifications
Material	Thickness : 4.5~200 mm Width : 800~5 160 mm Length : 2 438~26 000 mm
Impeller unit	Upper impeller : 4 unit Lower impeller : 4 unit Projection capacity : Max 196 N/s
First blow-off room	Blower : 2.25m ³ /s × 9.32kPa × 3 units
Second blow-off room	Blower : 2.25m ³ /s × 9.32kPa × 3 units
Dust blow-off room	Blower : 3.67m ³ /s × 4.41kPa

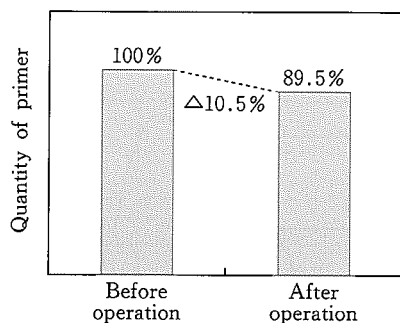


第8図 システム構成図

Fig.8 System configuration

(2)塗料原単位

塗装室の前面に設置された板幅計により、鋼板エッジ部の高精度な検出が可能となった。本データを基に塗装タイミングを最適に制御することにより、鋼板幅方向のオーバー Sprey 量が減少し、第9図に示すように塗料原単位が向上した。

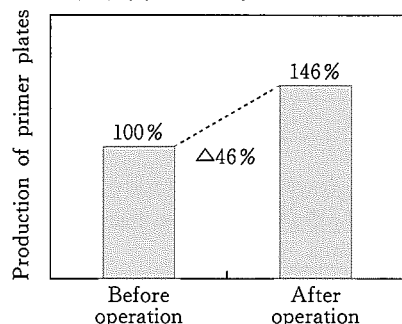


第9図 塗料原単位

Fig.9 Quantity of primer

3-3 おわりに

鹿島製鉄所厚板工場では、No.2ショットブラストの新設および既設ショットプライマーラインの設備改善を実施した。これによりプライマー鋼板と熱処理鋼板の物流集中が解消され、第10図に示すようにプライマー鋼板の処理能力向上を実現した。本設備は、1995年4月より本格稼働しており、現在も順調に稼働している。



第10図 プライマー処理能力

Fig.10 Production of primer plates

4. 厚板コンテナ輸送システム

4-1 はじめに

住友金属の2000年時代の新たな鉄鋼物流体制として、厚板コンテナ輸送システム（ユニットロードシステム）を他社に先駆けて、平成4年10月より実施した。

物流を取り巻く環境は、多品種、小ロット化、短納期化、ジャストインタイムのデリバリーなど、ニーズの多様化が一段と顕在化してきたなか、旧態然とした物流体制の抜本的な改革が急務とされ、鉄鋼各社もそれぞれの事情に応じた、物流体制の構築に注力している。

当社の物流システムは、全体の70%が海上輸送（製鉄所～中継基地）に依存しており、海上輸送の効率化として、鹿島～堺間の厚板輸送に「コンテナ輸送システム」を導入した。

4-2 厚板コンテナ輸送概要

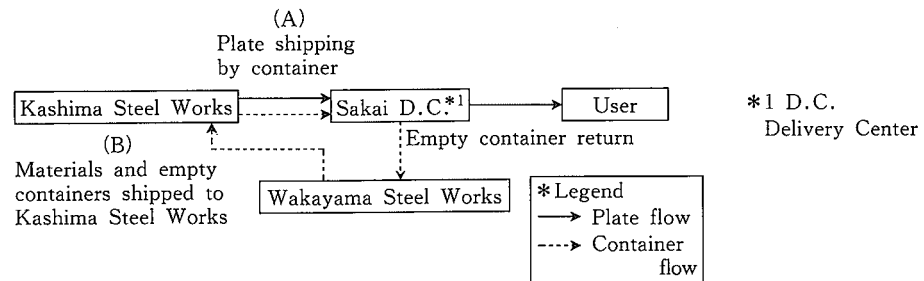
コンテナの導入により従来の一品単位での荷役作業に比べて、約7倍のスピードでの作業が可能となった。

それに伴い、積地・揚地での停泊時間の短縮により、内航船運航効率の向上と岸壁の荷役作業員の省力等、大幅な効率化を達成することができた。また品質管理面・安全面でも大幅な向上が図られた。

4-2-1 輸送方法とコンテナローテーション

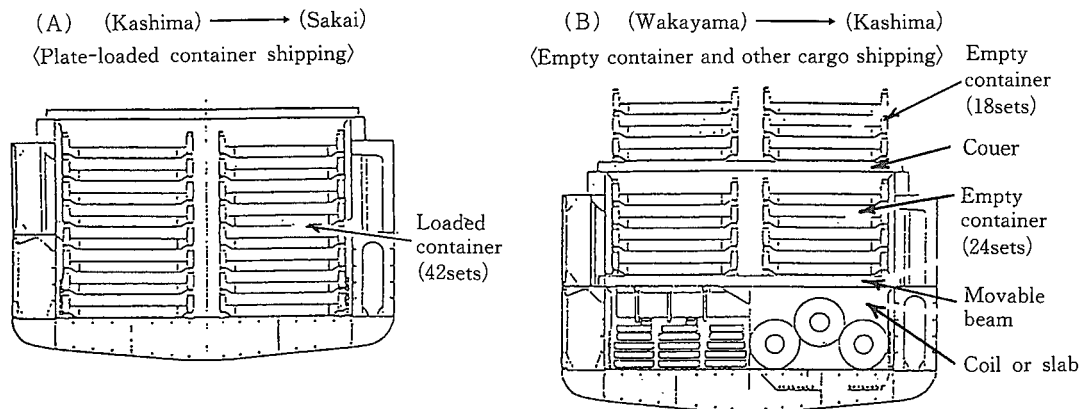
(1)コンテナローテーション

コンテナ輸送は第11図に示すとおり、(鹿)→(堺)→(和)をワンラウンドとするローテーションで輸送をするシステムである。コンテナ輸送の重要なポイントとして空コンテナの回収があるが、空コンテナのみを輸送したのでは運航効率を著しく悪化させることから、今回下記フロー第11図および第12図に示すとおり、(和)から(鹿)向け所間材を回収空コンテナと合い積み運搬することで復荷を確保し運航効率を高めた。



第11図 コンテナ輸送フロー
 Fig.11 Container shipping flow

(2) コンテナ輸送と空コンテナ回収方法



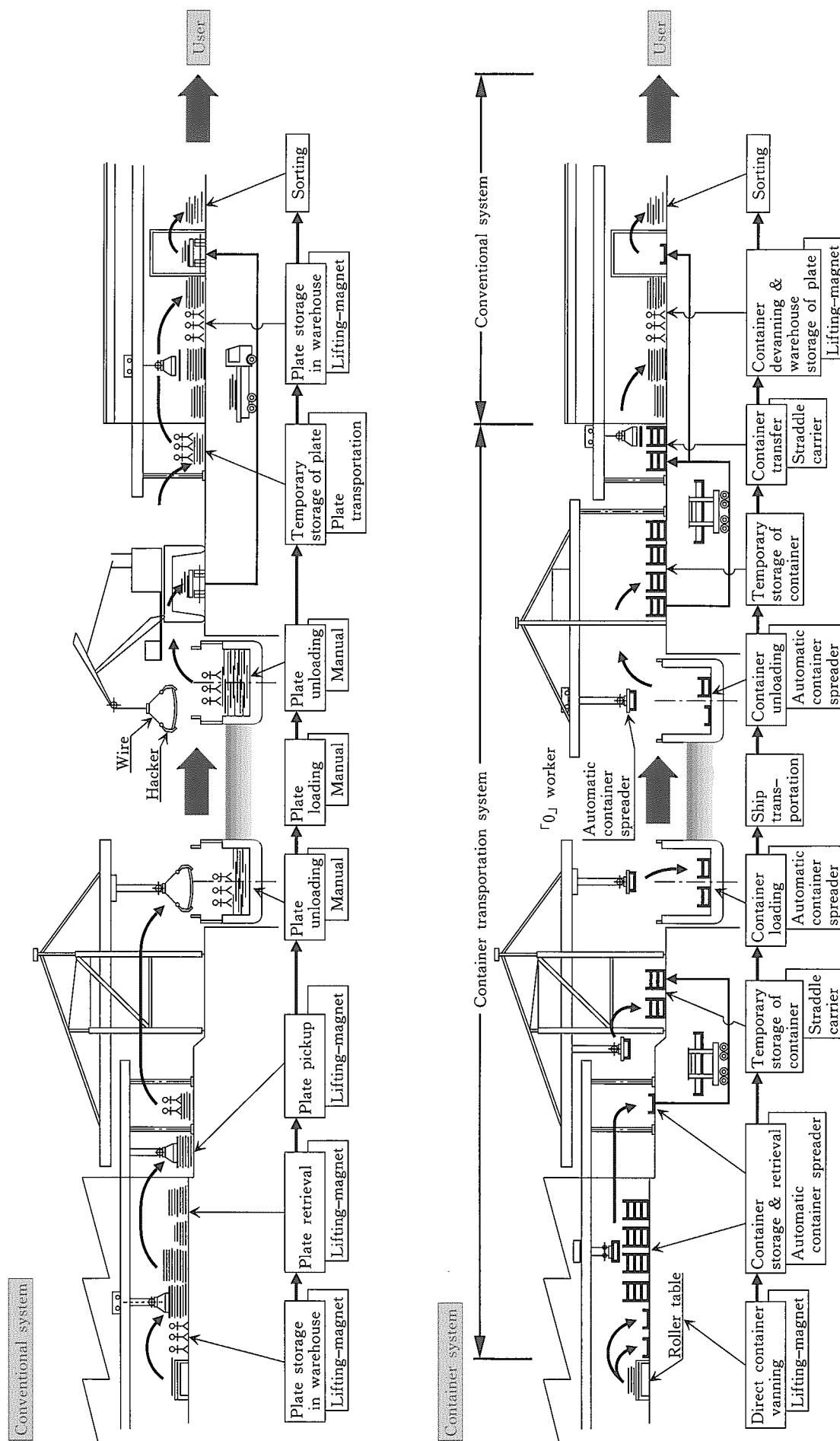
第12図 船舶断面図
 Fig.12 Cross-section of vessel

4-2-2 従来方式とコンテナ方式の比較

(1) 作業比較 (第13図)

(2) 諸元比較

比較項目		従来方式	コンテナ方式
作業面	作業単位	1品単位	コンテナ単位
	吊り具	ハッカーまたはマグネット	コンテナ専用吊り具
	下廻り作業	玉掛け・リン本作業要	不要
効率面	吊り重量 (鹿)	6t/回	30t/回
	(堺)	9t/回	30t/回
	サイクルタイム (鹿)	9回/h	21回/h
	(堺)	15回/h	24回/h
	岸壁作業効率 (鹿)	55t/h	620t/h
	(堺)	140t/h	720t/h
	荷役時間 (鹿)	25h/回	2.1h/回
	(堺)	9h/回	1.8h/回
航海数		6～7回/月	10回/月
品質管理面		吊り具等が製品に直接タッチするため傷発生の危険がある	製品にノータッチのためノーダメージ
安全面		クレーン下廻り作業あり危険	下回り作業なし
作業環境面		屋外作業および下回り作業	下回り作業なし
輸送リードタイム		(鹿) → (堺) 80h	(鹿) → (堺) 50h

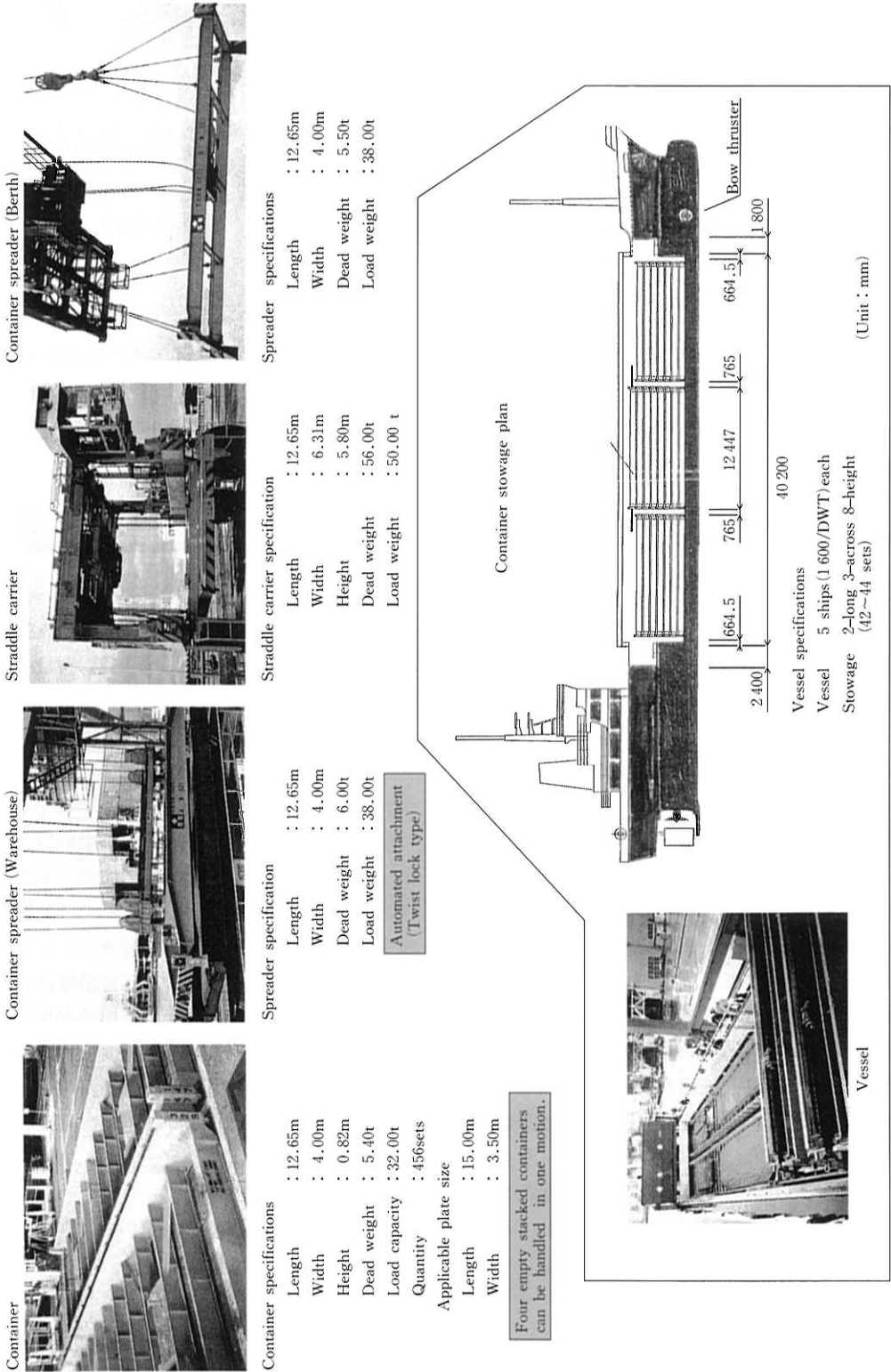


第13図 従来方式とコンテナ方式の比較図
Fig.13 Comparison of conventional system & container system

4-2-3 設備内容

- (1)主な改善設備
- (2)厚板コンテナ主要設備概要図 (第14図)

場所	主な設備内容	仕様・数量および補足
鹿島	・倉庫内天井クレーン能力アップ ・岸壁クレーン改造 ・コンテナキャリア導入	28t→45t 1台 吊り能力43t 1台 吊り能力50t
堺	・コンテナクレーン新設 ・コンテナキャリア導入	1台 吊り能力47t 1台 吊り能力50t
共通	・コンテナ船建造 ・コンテナ製作	5隻 リブレース建造 456個



第14図 厚板コンテナ主要設備概要
Fig.14 Outline of plate container transportation system

技術報文

4-3 効果

- ・省力……………約20%削減
- ・船舶運航効率向上……………約30%向上
- ・ダンネージ（木材）削減……………100%削減
- ・その他輸送費用削減

4-4 おわりに

平成4年10月稼働した「厚板コンテナシステム」も現在順調に稼働しており、更に切板製品および形鋼製品にもコンテナ輸送を拡大し、期待通りの成果が得られている。今後の鉄鋼物流はユニット一貫輸送システムが主流を占めると予測しており、今回の厚板コンテナ輸送システムの技術が将来への試金石となると確信している。

5. 結 言

これら3つの設備リフレッシュにより、生産能力（圧延能力、整備能力）および品質の向上とともに、物流の効率

化を図ることができた。今後、更にこれらの設備能力を十二分に発揮させると同時に、高品質造り込み技術の確立に向け努力し、多様化するお客様のニーズに応えていく。



星 俊弘/Toshihiro Hoshi

鹿島製鉄所 制御部 制御技術室
(問合せ先：0299(84)2119)

参考文献

- 1) 貴志信之ら：材料とプロセス，Vol.9 (1996)， p.326