
千葉西工場ヤード機械の自動化

Automatization of Stacker and Reclaimer Operation at Raw Material Yard

水野 権一(Gon-ichi Mizuno) 秋葉 義雄(Yoshio Akiba) 佐藤 幸男(Yukio Sato) 山下 昇(Noboru Yamashita) 福井 良夫(Yoshio Fukui) 竹中 久雄(Hisao Takenaka)

要旨：

千葉製鉄所西工場において、原料ヤードのスタッカーおよびリクレーマーの遠隔自動運転システムを開発し、運転員の作業環境の改善と省力を達成した。オペレーターはヤードの制御センターから ITV モニターを見ながらスタッカーおよびリクレーマーを自動プログラム運転または遠隔手動運転で運転できる。センターの操作卓とスタッカー、リクレーマーは有線で結ばれている。自動制御装置、信号伝送装置、衝突防止装置にはマイクロコンピュータが使われている。新システムでの運転効率は機上手動運転時とほとんど変わらない。

Synopsis：

An automatic remote operational system of stacker and reclaimer at raw material yard was developed to improve working condition and save man-power at West Plant of Chiba Works, Kawasaki Steel Corp. Stackers and reclaimers are operated with automatic programs or manual remote control by operators monitoring ITV in a yard control center. Remote control desks of the yard control center are connected with stackers and reclaimers through control wires. Micro-computer is utilized for automatic controlling system, signal transmission system and stackers and reclaimers collision avoidance system. Operational efficiency of the new system is almost equal to that of manual control on the spot.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

千葉西工場ヤード機械の自動化

Automatization of Stacker and Reclaimer Operation at Raw Material Yard

水 野 権 一*
Gon-ichi Mizuno

秋 葉 義 雄**
Yoshio Akiba

佐 藤 幸 男***
Yukio Sato

山 下 昇****
Noboru Yamashita

福 井 良 夫*****
Yoshio Fukui

竹 中 久 雄*****
Hisao Takenaka

Synopsis:

An automatic remote operational system of stacker and reclaimer at raw material yard was developed to improve working condition and save man-power at West Plant of Chiba Works, Kawasaki Steel Corp.

Stackers and reclaimers are operated with automatic programs or manual remote control by operators monitoring ITV in a yard control center. Remote control desks of the yard control center are connected with stackers and reclaimers through control wires.

Micro-computer is utilized for automatic controlling system, signal transmission system and stackers and reclaimers collision avoidance system.

Operational efficiency of the new system is almost equal to that of manual control on the spot.

1. 緒 言

製鉄所における原料ヤードのスタッカー、リクレーマー等ヤード機械の運転は、広大なヤードでの孤独な作業である。こうした作業環境から運転員を解放するため、また省力要求の高まりからヤード機械の自動化が強く望まれていた。しかし今までの自動化の試みでは、運転能率が著しく低下することや、機体の衝突防止が困難であることなどから、成功例は少なかった。

千葉製鉄所では西工場において、既設のスタッカー4台、リクレーマー5台を対象とし自動化を計画した。開発に当たっては、使いやすく、かつ運転能率、機体の安全性および諸機器の信頼性の

確保に重点をおき、現場操業に適した自動化システムの開発を進めた。種々の実用化試験を繰り返しながら改造工事を実施し、昭和55年4月に全機の自動化を完成した。以下に自動化システムと設備の概要について報告する。

2. ヤード設備の概要

千葉製鉄所では、原料ヤードは西工場にあり、大型ヤード5面を粗鉱、精鉱、焼結鉱、石炭、雑原料のヤードとして使用している。

ヤード機械の配置をFig. 1に、設備の仕様をTable 1に、リクレーマーの操業状況をPhoto. 1にそれぞれ示す。

* 人事部付川鉄鉄構係出向主査(課長待遇)
*** 千葉製鉄所製鉄部原料処理課掛長
***** 千葉製鉄所設備部設備技術室主査(掛長待遇)
(昭和55年6月12日原稿受付)

** 千葉製鉄所設備部設備技術室主査(掛長待遇)
**** 千葉製鉄所設備部設備技術室
***** 人事部付 Philippine Sinter Corp. 出向

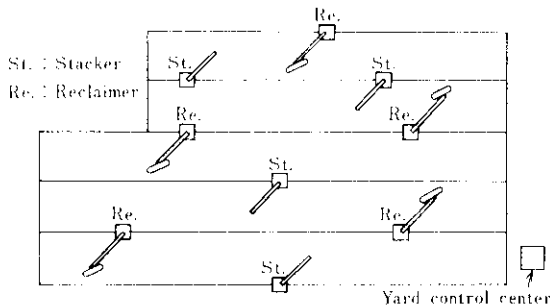


Fig.1 Layout of stackers and reclaimers

Table 1 Specification of yard facilities

Item	Specification
	Width length
Raw material yard	Size : 50m × 900m × 3
	Size : 50m × 700m × 2
Stacker	Capacity : 3 600 t/h × 3
	Capacity : 500 t/h × 1
Reclaimer	Capacity : 1 200 t/h × 5

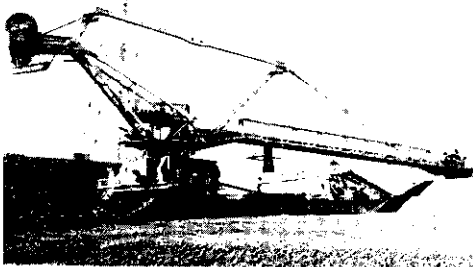


Photo.1 General view of reclaimer

3. 自動化の基本的な考え方

今回の自動化は、オペレーターの作業環境改善および省力を主目的としたが、その基本的考え方は以下のとおりである。

- (1) 建設費の低減を図るため既設電気品を有効に利用した。
- (2) 制御装置の信頼性および保全性の向上を図った。
- (3) 装置は小型化と将来の拡張性を考慮し、マイクログコンピュータ主体の構成とした。
- (4) 安全と操業状況を確認するために ITV による

監視装置を採用した。

- (5) 機体間および機体と原料との衝突を防止するために防止システムを開発した。

- (6) 自動化の程度は、以下のようにした。

スタッカー：プリセット後の完全自動運転

リクレーマ：遠隔手動着地後の自動払出し

- (7) 自動化後のスタッカー、リクレーマの能力は、従来の機側運転に対して夫々 95% 以上にすることを目標とした。

4. 操作システム

4.1 運転モードの考え方

西工場原料ヤードでは、限定された貯鉱場に多銘柄の原料を効率よく置分けなければならない。

また原料成分および粒度の変動防止対策として偏析を少なくするような積付方法を選ぶ必要がある。そのため、小山の積付、すでに積付られた元山への上乗せ積付、少量の払出、多層積付などの特殊作業を行っている。これらの操業条件を考慮に入れ、作業能率向上および省力を図った運転モードとした。なお遠隔運転装置故障時には、従来の機上での手動運転がそのまま使用できるようにした。Fig. 2 にスタッカーの運転モードを Fig. 3 にリクレーマの運転モードを示す。

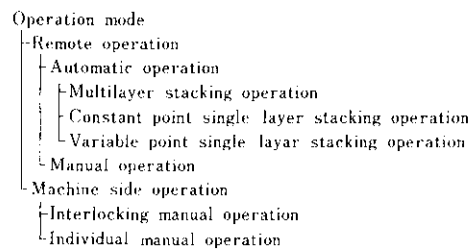


Fig.2 Operation mode of stacker

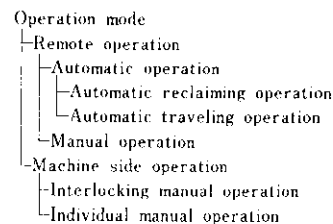


Fig.3 Operation mode of reclaimer

4・2 運転操作の概要

スタッカーおよびクレーマーの主な運転操作を以下に述べる。

4・2・1 スタッカー

(1) 多層積付運転

多層積付とは、Fig. 4 に示すように、原料を7列4段で10層に積付することをいう。この運転は、主として偏析を防止するために使われている。オペレーターは、操作卓上で積付範囲、積付方向を選択して操作鈕を押せば、以後は、自動回路が働いて積山を検知し走行、俯仰および旋回動作がワンステップごとに自動で切り替り、順次積付られる。なおこの運転モードには、自動積付準備機能を備えている。たとえば、現在積付中の山が完了した場合、その位置から次の積付場所を設定し、スタート鈕を押すと自動的に走行、旋回、および俯仰

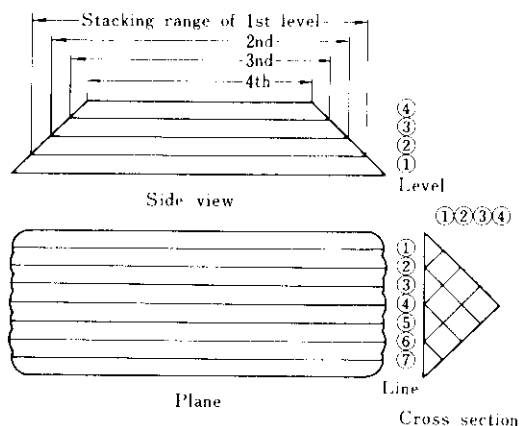


Fig. 4 Typical multilayer stacking

動作が行われ、積付開始位置に移動して次の原料が来るのを待機する。

(2) 定点1層積付運転

定点1層積付とは、原料を1列4段に積付することをいい、主として小山の積付に使われる。このモードは、俯仰および走行が自動で行われ、旋回は行わない。

(3) 任意1層積付運転

任意1層積付とは、原料を1列1段に積付することをいい、主として元山への追積に使われる。

このモードは、走行を自動で行い、他は遠隔手動で行う。

これらの運転機能を備えたスタッカーは以下の特徴を持っている。

- (1) 元山への上乗せ積付や小山の積付ができるため、同一銘柄および小量原料が効率よく置分けることができる。
- (2) 多層積付により粒度成分の偏析が防止できる。
- (3) 任意の位置から積付範囲を設定し、その位置まで走行させる自動積付準備機能により省力性が高い。
- (4) ブーム先端カメラにより、山の裏側監視ができるため死角がなくなり機上運転よりも正確な積付、安全な操業が確保できる。
- (5) 万一機体を異常接近させた場合でも自動的に機体を停止することができる。

4・2・2 リクレーマー

(1) 自動払出運転

オペレーターは、操作卓上で走行範囲、旋回範囲および寸動走行距離の選択をし、押鈕を押せば、以後はプログラムに従い自動的に走行寸動、旋回、反転動作を繰り返しながら定量払出を行う。バケットホイールの着地、段替操作は、正確な距離検出および軟着地等を開発中であるため、ITVモニター2台で、ブームコンベヤ全景とホイール接地部分を監視し、かつ超音波レベル計により積山との接近距離をみながら手動で操作を行う。Photo. 2 にその操作状況を示す。

(2) 自動走行運転

オペレーターは、まずブームコンベヤを軌条と水平かつ平行に固定し、走行目標位置を選択しスタート鈕を押せば、機体が自動的に目標位置まで走

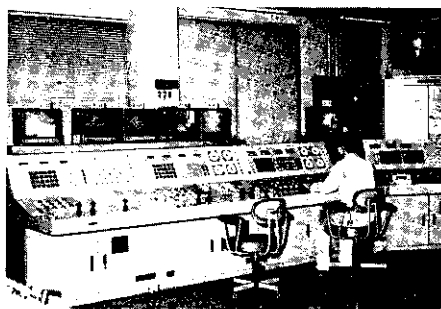


Photo. 2 Operation room of reclaimer

行する。この運転は、次の山を払出するために山替移動するのに使われる。

これらの運転機能を備えたリクレーマーは、以下の特徴を持っている。

- (1) 払出量は、制御装置の働きによりブーム旋回角度にかかわらず定量化されて払出されるために、機側運転時と変らない能力が発揮できる。
- (2) 払出中に過負荷によりバケットホイールが動かなくなった場合は、自動的に旋回を停止させ、ブームを逆旋回させて過負荷状態を解除し、再び元の払出作業を継続させる。
- (3) 機体を任意の位置から払出目標位置まで、自動走行で移動させることにより省力性を高めている。
- (4) 払出開始時点の着地および段替操作は、ブームを山に激突させることなく安全に操作するために、ITV モニター監視と超音波距離検知の2重のチェック機構を持っている。
- (5) 万一機体を異常接近させた場合でも、警報を発信し自動的に機体を停止する。

4.3 コントロールセンターの配置と操作

操作用機器は、原料ヤードコントロールセンターの一角に設け、Fig. 5, Photo. 3 に示すように操作卓、ITV モニター、総合監視用 CRT を L 型に配置した。操作卓には自動制御装置、信号伝送装置、インタフェイス装置、各種設定器などを内蔵している。コントロールセンターから原料ヤードは見えないため、遠隔運転上 ITV モニターと総合監視用 CRT は、特に重要な役割を果たしている。このため配置の決定には、種々の実験を行い、

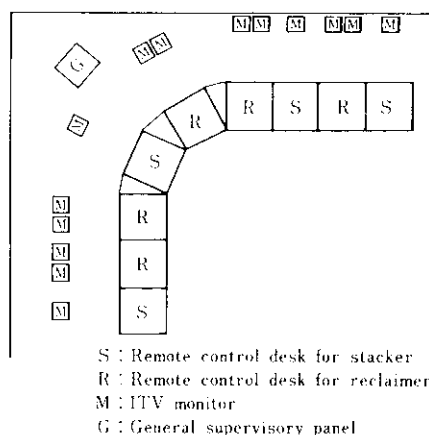


Fig. 5 Layout of operation room

オペレーターの疲労度が極力少なくなるよう配慮した。この結果オペレーター1人で2～3台分の操作を受け持つことができた。

5. 制御システム

5.1 全体システム

Fig. 6 に全体システムを Table 2 に主な設備仕様を示す。本システムの構成を決めるに当たっては安全性、信頼性および保全性を考慮した。その特徴は次のとおりである。

- (1) 信号伝送は、少ない制御線に多量の信号を送送できる多重伝送装置を採用した。万一装置が誤動作し、ヤード機械が暴走する等の事態が発生した場合でも電源を切る等の非常処置がとれるように有接点伝送でバックアップした。
- (2) ITV 用カメラは固定型とし、機上に5台設置



Photo. 3 General view of operation room

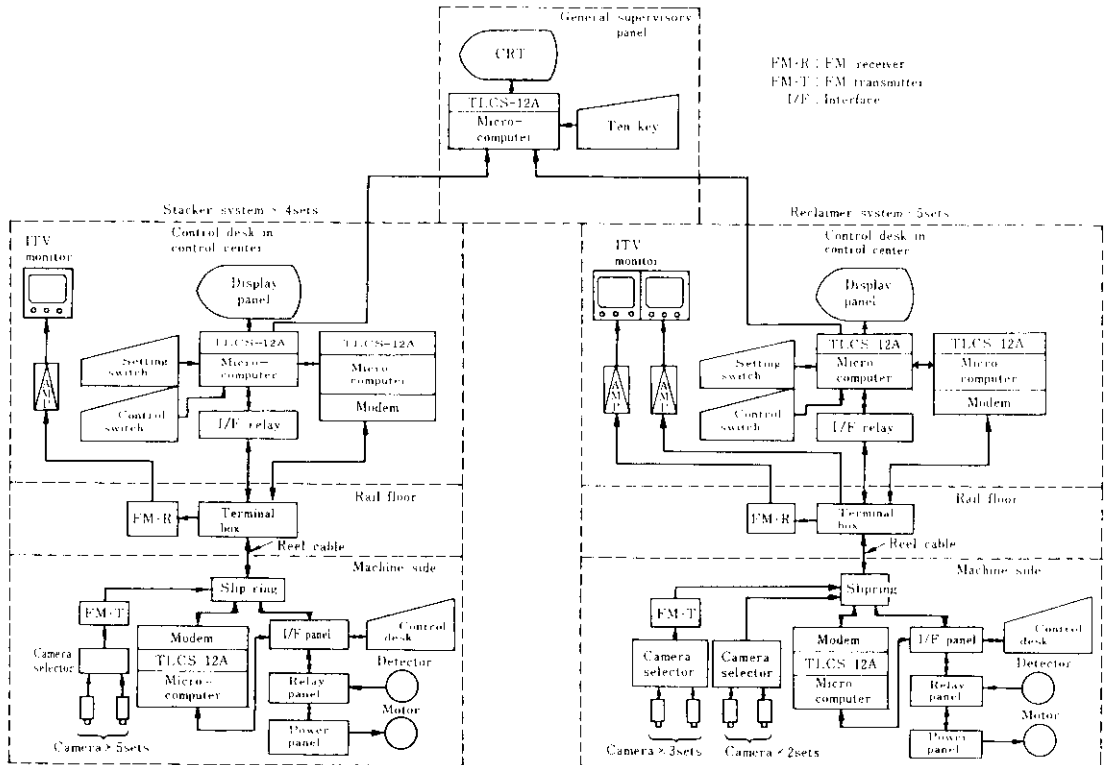


Fig. 6 General control system

して監視範囲を広くした。

- (3) 総合監視装置は、CRTに各機体の運転状況と概略位置を表示し、一目で把握できるようにした。
- (4) 衝突防止対策は演算方式とセンサ方式を併用し2重の安全を図った。
- (5) 走行位置検出は、パルスカウント方式とし、正確性を図るために絶対位置修正および全長アナログ監視機能を設けた。
- (6) 制御用コントローラーは、マイクロコンピュータを採用し、全機共通仕様として互換性を図った。
- (7) 電子部品は機能に余裕を持たせ、かつマイクロコンピュータと外部との信号取合は、フォトカップラーおよびインターフェイスリレーにて絶縁し、信頼性を高めた。
- (8) マイクロコンピュータInput/Outputカードは、発光ダイオード付きとし、状態判別を容易にした。

5・2 自動制御の概要

5・2・1 スタッカー

積付プログラムは、置場効率、安全性および省力化を考慮したものとした。その特徴は以下のとおりである。

- (1) 積付プログラムは、置場条件にあったものを選んで使用できる3種類のものがある。
- (2) 多層積の山裾が、円錐形になるようにした。
- (3) 指定位置への山替移動が、自動的に行われるようにした。
- (4) 走行、旋回および俯仰の制限回路を持っている。

5・2・2 リクレーマー

原料の払出は、ブーム旋回速度をバケットホイールモーターの負荷電流と旋回角度で制御することにより、払出量の定量化を図り払出効率を向上

Table 2 Specification of automatic control device

Equipment		Specification	
Control unit		Processing system	: 12 bit parallel processing
		Interruption	: 8 level
		Instruction code	: 18 kinds, 80 instruction
		Memory capacity	: 4 kW
		Processing rate	: 7~155μs
Signal transmitter		Transmission system	: Serial transmission cyclic system
		Transmission rate	: 1200 baud
		Error control system	: Parity check and loop checking system
Position detector	Travelling position	Detecting system	: Selsym and pulse count system
		Position display	: Digital display
		Position correction	: Absolute correction at every 50m
		Precision	: ±3% (at 50m traveling)
	Turning position	Detecting system	: Selsym system
		Position display	: Digital display
		Precision	: within ±1°
	Lift position	Detecting system	: Selsym system
		Position display	: Digital display
Precision		: within ±1°	
ITV		Television camera	: Fixed type with automatic disposure
		Transmission system	: FM and AM system
		Monitor	: 17 inches
Collision avoidance system	Arithmetic system	CRT	: 26 inches color monitor
		Arithmetic unit	: Micro computer
	Radar system	Type	: ACAL 202
		Carrier frequency	: 8 875 MHz
		Antenna	: Special parabolic antenna
	Capacitance system	Type	: LIC-S45
		Sensitivity	: 0.2 pF

させた。その特徴を以下に示す。

(1) ブーム旋回速度制御

Fig. 7 に払出動作概要を示す。旋回速度は、旋回角度に応じて基準速度 $v_1 \sim v_5$ に変速される。またこれをベースとして、バケットホイールモーターの負荷電流によりさらに補正される。この基準速度は、経験にもとづき最適値にセットする。

(2) バケットホイールロック解除制御

バケットホイールが過負荷によりロック状態になった時は、自動的に逆旋回を行いロック状態を解除する。逆旋回は、過大にならぬようホイールモーター電流監視により最適値に制御される。

(3) ブーム旋回反転制御

反転位置の検出は、超音波検出器と旋回範囲設定により、反転時間のロスを防止している。また

反道床側山裾の払出は、旋回数回に 1 回行い払出量の定量化を図っている。

この結果リクレーマーの払出は、従来の機上手動運転と変らない能力を発揮している。

5.3 衝突防止装置

ヤード機械は、総重量 400t もあるバランスマシンであり、衝突は即倒壊となりその被害は甚大である。このような機械を遠隔自動運転化するに当たっては、衝突防止対策こそ重要であり十分配慮する必要がある。今回の自動化についても特に慎重に検討を行い、機体と機体および機体と原料山のいずれに対しても衝突防止検出ができるようにした。次にその装置を説明する。

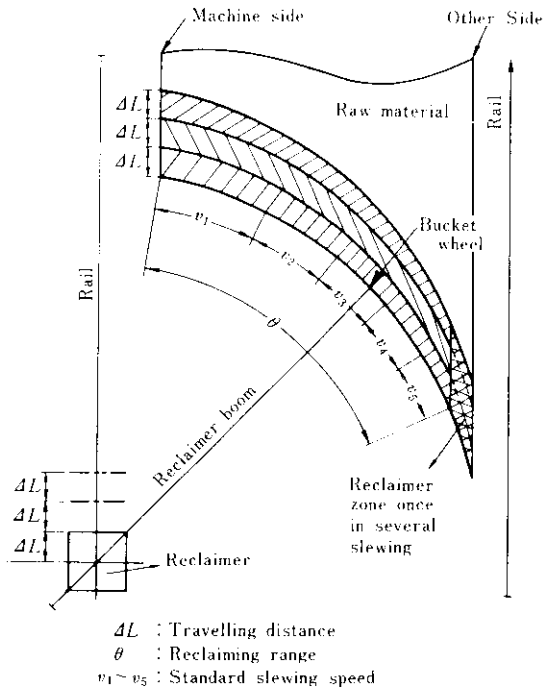


Fig.7 Reclaiming action of reclaimer

5・3・1 機体間衝突防止

(1) 演算式衝突防止装置

各ヤード機械の走行位置および旋回位置をマイクロコンピュータにより演算処理し、機体間距離が50mで警報を発し、30mで該当機械を停止させる。この装置は、同一軌条の機体間および隣接軌条の機体間いずれに対しても有効である。

(2) マイクロ波式衝突防止装置

同一軌条上のヤード機械は、マイクロ波発信器と受信器を互いの機械に対向して取付け、一定距離に近づいた場合、双方の機械を停止する。この装置は演算式衝突防止のバックアップとして使用している。

5・3・2 機体と原料山との衝突防止

ブームの両サイドより、レベル検知器を複数個吊下げて、それぞれをワイヤーで連結し、ブームの全周にわたって原料山との接触を検出するものである。この検出器は、常用と非常用の2段構成としている。

6. 実施後の評価

自動化されたヤード機械の稼動状況は、極めて順調でその成果は次のとおりである。

- (1) オペレータを20名削減した。
- (2) 置場効率（単位長あたりの積付量）は、機側手動運転時と変わらない。Fig. 8に実績データを示す。
- (3) 遠隔運転率は、特殊事情のある場合を除いて高率を維持している。Table 3に昭和55年5月の実績を示す。
- (4) リクレーマの自動払出能力は、Fig. 9に示すように平均して1200t/hとなっており手動運転時とほとんど変わらない。また定量性については600~1800t/hとなっており、手動時の600~2400t/hに比べて変化が少なくすぐれたものとなっている。

Table 3 Remote operation ratio

Machine number	S 12	S 13	S-14	S-15	R-11	R 12	R 13	R 14	R 15
Mode									
Remote operation	100	95	93	100	75	97	87	56	87
(Auto)	24	95	74		11	32	44	12	85
(Manual)	76	5	26		89	68	56	88	15
Machine side operation	0	5		0	25	3	13	44	13
Remark	The remote operating ratio of R11 and R14 was decreased because the operation was done in the range of anti-collision								

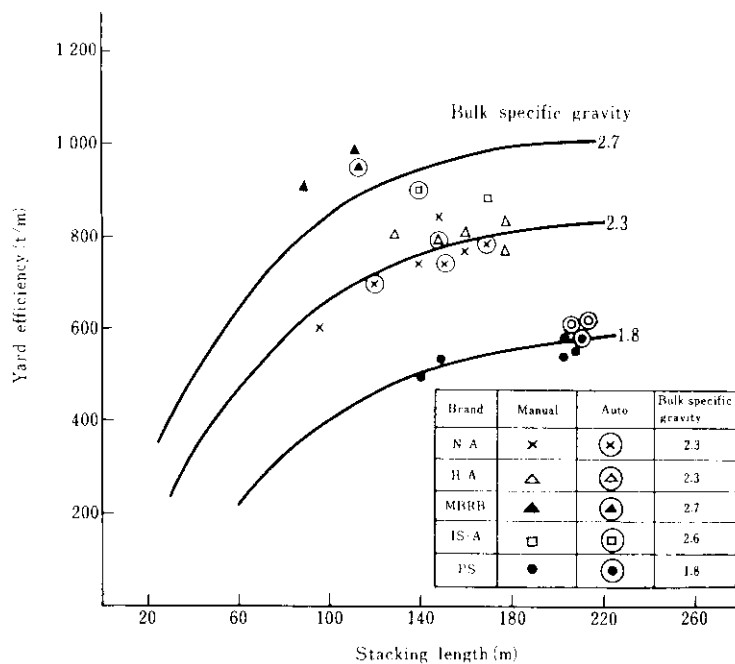


Fig. 8 Comparison of yard efficiency between manual and automatic operation

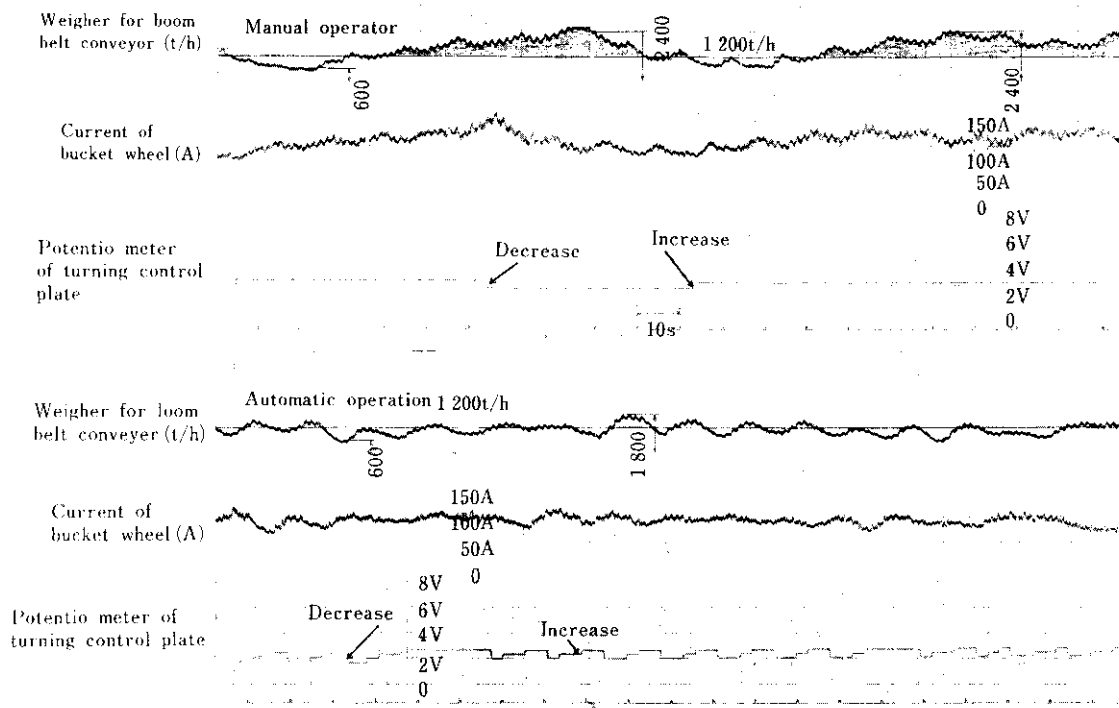


Fig. 9 Reclaiming chart of reclaimer

7. 結 言

以上ヤード機械の自動化についてその概要を説明した。実施後の評価においても、その初期目標は十分達成されている。技術水準においても数十件の特許を申請しており、高度なレベルのものと

自負している。今後の方向としては、フォローの強化を図るとともに、ヤードシステムを含めた完全自動化を指向したい。

終わりに、当システムの開発に当たり御協力いただいた(株)三井三池製作所および東京芝浦電気(株)に、謝意を表します。