

関西熱化学加古川工場No. 1 リクレーマー無人運転システムの開発

Automatization of No.1 Reclaimer Operation
at Kakogawa Works, The Kansai Coke and Chemicals Co.,Ltd.

関西熱化学(株)加古川工場 牧 嘉徳・佐藤 学・守田説雄*

1. 緒言

貯炭場内作業機械は、現在リクレーマー2台、スタッカー3台の計5台が稼動しているが、いずれも設置以来20年以上経過していること、および昭和50年代後半から貯炭場内の積山粉塵対策のための散水強化により主要部分の腐蝕劣化が著しいこと、また、稼動率が高いことなどにより逐次更新時期を迎えたため更新した。更新に際しては、全ての作業機械を地上運転室からの完全遠隔自動運転仕様とし精炭設備の一括集中管理化を図ることにより、オペレーターの作業改善ならびに省力化を図った。

今回、No.1リクレーマーの自動化に取り組んだので以下概要について報告する。

2. 貯炭場設備の概要

加古川工場では7面のヤードを現在使用しているが、その内5面が機械化ヤードで、他の2面は非機械ヤードとなっている。貯炭場設備の仕様、稼動時間を表-1に示す。これからわかる様にリクレーマーの一日当りの稼動時間が14~15時間と比較的長いのが特徴である。

Table-1 Specification of yard and yard machines

Item	Specification	Working time
Raw material yard	Width 54m Length 700m cap. =640,000ton	————
No.1~No.3Stackers	4000ton/H × 3	4~10Hr/D
No.1Reclaimer (befor replacement)	* 510ton/H	14~15Hr/D
No.2Reclaimer	* 510ton/H	14~15Hr/D

* $510T/H = \frac{\text{払出量}(T)}{\text{払出時間}(H)}$ で、山の大きさが15~20

KTの大きな山のある断面の最上段から最下段までの石炭を払出した時の能力をさす。(以下公称能力と呼ぶ)

3. No.1リクレーマーの設備仕様

更新にあたっては、旋回体支持方法の変更に加え、自動化仕様を折り込み、省力化をねらった。更新前後の主要設備仕様を表-2に示す。

Table-2 No.1Reclaimer Specification of the automatic control device

Item	Before replacement	After replacement
Operation mode	Machine side operation (manual)	Remote operation (automatic & manual) Machine side operation (automatic & manual)
Reclaiming capacity	510ton/Hr.	510ton/Hr.
Travelling speed	30/7.5m/Hr.	40/20/7.5/4m/Hr.
Reclaimer boom	50m	53m
Slewing range	350deg.	350deg.
Slewing speed	0~36deg./min.	0~36deg./min.
Luffing speed	6m/min.	6m/min.
Bucket wheel	φ5m×8rpm	φ5m×8rpm
Travelling wheel	16 wheels	20 wheels
Travelling control	Pole change	Variable Voltage Variable Frequency
Slewing control	Oil cilinder	Direct current motor
ITV	————	5set
Sensor	————	2set (supersonic waves)

4. 自動化システムについて

4-1 自動化システムの考え方

No.1リクレーマーの遠隔自動運転システム構成にあたっては、一人のオペレーターが5台の作業機械を運転できる仕様とするため、予約、走行、払出しの全てを地上側からの遠隔自動運転ができるような仕様とした。また、遠隔自動運転仕様を決めるに当たっては、以下のことが問題点として想定された。

- (1) 公称能力は、リクレーマー以降の払出BCの能力に余裕がないため、経済性を考慮すると既設No.1リクレーマー並に据え置かざるを得ないこと。
- (2) 当工場の2台のリクレーマーは、いずれも稼動率が高いため、自動化による能力低下が大きいと必要能力を確保する事が出来なくなること。
- (3) コークス用原料炭は使用銘柄数が多く、かつ小ロットの山が多いため、機体移動回数が増え一ロット当たりの持込量が少なくなり、大幅な能力ダウンが心配されること。

そのため、安全対策はもちろん機上手動運転時に比べ作業能力の低下をできるだけ小さくするような仕様とした。

4-2 運転操作の概要

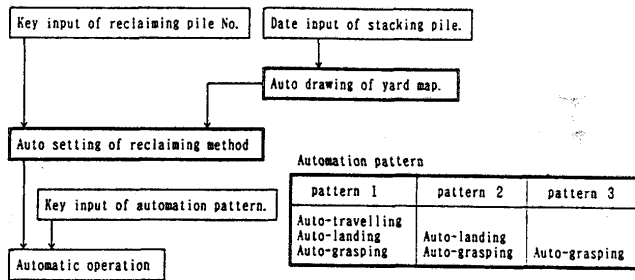
リクレーマーの遠隔運転操作の概要は、表-3のとおりであり、自動運転パターンは3とおりとし、状況に応じて

平成5年8月19日受付 (Received on Aug. 19, 1993)

* Setsuo Morita (Kakogawa Works, The Kansai Coke and Chemicals Co., Ltd., 7 Kanazawa-cho Kakogawa 675-01)

遠隔自動、手動の選択ができるシステムとした。

Table-3 General outline of automatic operation



4-3 自動化機能

本自動化仕様は遠隔操作による自動運転システムであり、地上側と本体側にその機能を分担している。

4-3-1 地上側

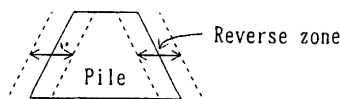
遠隔操作盤 (FAコントローラー収納) を地上運転室に設置し、予約運転情報を設定し、本体に運転指令を出すと共に運転状況もモニターし、運転終了時の払出情報は受信後、保管できるシステムとした。

4-3-2 本体側

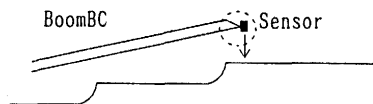
本体側の主な自動化機能を以下紹介する。

- (1) 走行、旋回、俯仰・・・位置検出器を介した自動制御
- (2) 着地・・・超音波センサーによる着地点間距離測定とホイールの負荷電流検出
- (3) 払出・・・反転方法により次の3種類に区別
 - * ①基準角度範囲内とホイール無負荷検出 (標準山用)
 - ②指定角度範囲内とホイール無負荷検出 (特殊山用)
 - ③ホイール無負荷で検出 (異常山用)

*角度範囲とは、山形状により、概略の反転範囲を角度で表示したもの



- (4) 段替・・・段替後退時に、段替ポイントを超音波センサーで検知し、判断



- (5) ホッパー容量管理・・・ホッパー内石炭のオーバーフローを防止するために、第1、第2レベル検知器を設置し、検出

第1レベル検出・・・旋回のみ停止

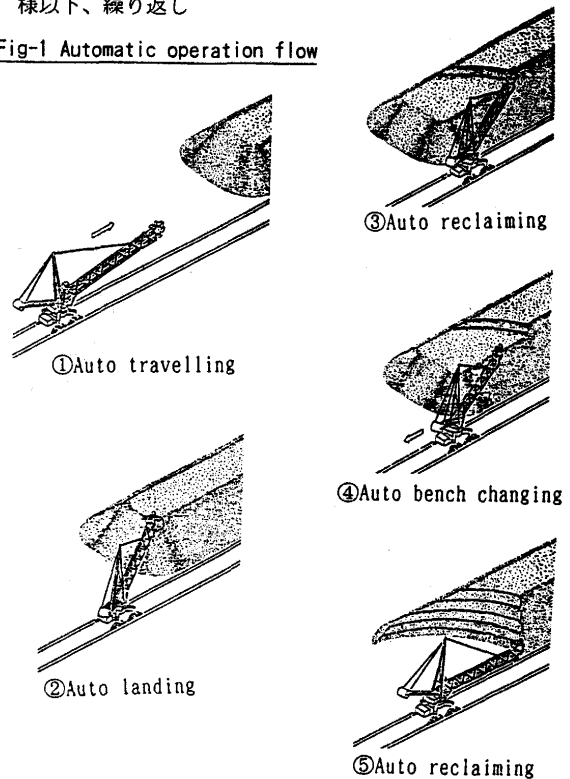
第2レベル検出・・・旋回およびブームBC、ホイール停止

4-4 自動運転概略フロー

自動運転の概略フローは、図-1のとおりであり、その概略動作を下記に紹介する。

- (1) 着地目標手前まで高速走行
- (2) 手前で減速、着地位置までブームを旋回、俯仰させた後、ブームBC、ホイールが起動
- (3) センサーで積山端を検出し、ホイール負荷検出にて着地
- (4) 自動払出開始。着地後道床側に旋回 ⇒ ホイール無負荷により反転 (寸動なし) ⇒ ホイール無負荷により寸動、反転
- (5) 設定寸動払出し後段替。段替の後退時に下段積山端をセンサーで検知 ⇒ 検知位置より払出し ⇒ (3)(4)同様以下、繰り返す

Fig-1 Automatic operation flow



5. 遠隔運転時の払出能力の設定について

遠隔運転の払出能力を決めるにあたり、まず必要能力を次のような考え方にに基づき決定した。

5-1 遠隔運転時の必要能力

- (1) 必要装入炭量：10200WT/日 (窯出本数Gross300本/日)
- (2) ヤードMax払出率：55%
- (3) リクレーマーの稼動可能時間：18時間/日 (定修、食事時間等でのストップ6時間)

以上の前提より

No.1リクレーマーの必要能力=

$$10200\text{WT}/\text{日} \times 0.55 \div 18\text{時間}/\text{日} = 312\text{WT}/\text{H}$$

従って機上手動能力 (380T/H) の82%以上が必要となる。

以下、払出量5610WT/日をベースにして能力を検討した。

5-2 遠隔自動運転時のGross払出能力

$$\text{Gross払出能力 (WT/H)} = \frac{\text{石炭払出量 (WT)}}{\text{リクレーマー運転時間 (払出+移動+待ち時間他) (H)}}$$

と定義し、遠隔自動運転時のGross払出能力を決めるにあたり、遠隔手動運転時の各作業機械の介入比率、Gross払出能力を次のような考え方により決めた。

(1) 遠隔手動運転比率について、

オペレーターの遠隔手動運転時間=18時間=100%とし、各作業機械の手動介入比率を次のように決めた。

イ) スタッカーの遠隔手動運転介入比率：10%×2台（スタッカーは3台あるが、同時3台運転は、ほとんどないため）

ロ) No.1リクレーマー：35%（能力不足カバーのため手動介入率10%含む）

ハ) No.2リクレーマー：25%

ニ) 予備：20%

(2) 遠隔自動運転Gross払出能力

$$\text{遠隔手動運転払出能力} = \text{機上手動運転払出能力} \times 0.9$$

とし、遠隔自動運転時のGross払出能力を算出すると、

$$380\text{WT/H} \times 0.9 \times 0.35 + x \times 0.65 = 312\text{WT/H}$$

$$x = 296\text{WT/H}$$

5-3 遠隔自動時のNet払出能力

$$\text{Net払出能力 (WT/H)} = \frac{\text{石炭払出量 (WT)}}{\text{リクレーマー払出運転時間 (H)}}$$

と定義し、

次の様な割り切りでそれぞれのNet払出能力を設定した。

(1) 遠隔手動運転Net払出能力=

$$\text{機上手動運転Net払出能力} \times 0.9$$

(2) 遠隔自動運転Net払出能力=

$$\text{機上手動運転Net払出能力} \times 0.8$$

以上、リクレーマーの各能力を一覧表にすると表-5のようになる。

Table-4 The comparison of reclaiming rate at 5610WT/D

Item	Reclaiming rate (ton/Hr.)	
	Net	Gross
Machine side operation	490 (100%)	380 (100%)
Remote operation	Manual	441 (90%)
	Automatic	392 (80%)
	Total	409 (90%)
		342 (90%)
		296 (78%)
		312 (82%)

6. 遠隔自動運転時の一ロット当りの移動時間の想定

払出終了から次山に着地する前までに要する時間を一ロット当りの移動時間、その一日の合計時間を移動時間（H/日）とし、

$$\text{待ち時間} = \text{リクレーマー運転時間} - \text{払出時間}$$

$$= \text{移動時間} + \text{配合槽切替待ち時間} +$$

$$2\text{-号リクレーマーとの干渉待ち時間他}$$

とすると、

前述の遠隔運転時のGross, Net 能力より、待ち時間を計算すると、次のようになる。

$$\text{遠隔自動運転時の待ち時間} = (392-296)\text{WT/H} + 392\text{WT/H} \times 18\text{時間/日} \times 0.65 = 2.9\text{時間/日}$$

$$\text{遠隔手動運転時の待ち時間} = (392-296)\text{WT/H} + 392\text{WT/H} \times 18\text{時間/日} \times 0.35 = 1.5\text{時間/日}$$

また、待ち時間のうち、配合槽切り替え待ち時間、2号リクレーマーとの干渉待ち時間他および一日当りの持込ロット数の過去の実績より、一日当りの移動時間、一ロット当りの移動時間を計算すると表-5のようになる。

Table-5 Travelling time and else time

Item	Waiting time (Hr./day)	Travelling time (Hr./day)	Loss time (Hr./day)	Number of reclaiming lot (lot./day)	Traveling time (min./lot)
Machine, side operation	3.3	2.2	1.1	20	7
Remote operation	Manual	1.5	1.1	7	9
	Automation	2.9	2.2	13	10
Total	4.4	3.3	1.1	20	10

7. 機体移動時間の考え方

6より、一ロット当りの機体移動時間を10分/ロット内に押さえるため、次のような検討を行った。

7-1 機体移動時間の短縮

遠隔自動運転のため、機体の絶対安全性を考慮すると、機体移動時の動作は、

(1) ブームの俯仰をMax (2.2 m) まで上げ、周囲のどの山にも当たらない高さとし、

(2) 次に、道床に平行になるまでブームを旋回し、

(3) 次に、目的の山まで機体移動する。

という、一つ一つの動作を確認終了するやり方が一般的であるが、払い出し終了後から次山の払い出し開始までの移動時間を計算すると平均16分/ロットとなり、6分/ロットもオーバーするため、払出し終了山の払出し高さ、および方向と次の払出し開始山の払出し高さ、および方向からブームBCを上限まで、上昇させる必要がない場合は、自動的にブームを次山の俯仰高さに合せることとし、ブームBCの上限までの上昇時間と次の山の払出し高さまでの下

降時間の短縮を図ることとした。また、パターンによっては、ある範囲内に限り機体移動とブームBCの上下移動の同時動作も可能とした。

7-2 予約システムの導入による時間の短縮

スケジュールを予約することによって、次山指定を都度入力する作業をなくした。上記等によりロット当りの移動時間を10分/ロットに押さえることとした。

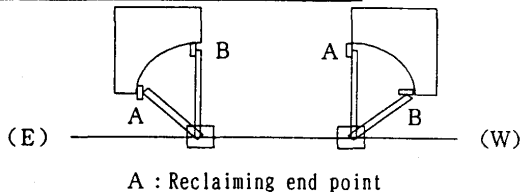
8. 払出作業時間短縮の考え方

遠隔自動運転時のGross払出能力を機上手動のその82%以上とするため、以下のような仕様を折り込んだ。

- (1) 旋回スピード変速制御
旋回角度が大きくなると払出量が減少しないように旋回速度を増すようにした。
- (2) 着地、段替時の走行速度の探索について、
着地時の速度：当初4.0 → 7.5m/minに
段替時の速度：当初4.0 → 20m/minにアップ
- (3) 払出終了点の指定

払出終了点を図-2のように、常にA点で払出終了することにより、次山移動時の旋回時間の短縮を図った。

Fig-2 Set up reclaiming end point



(4) 空振り時間の短縮

標準山の石炭払出時は、ある一定角度まで左右共強制旋回することとしたが（旋回途中山崩れなどの荷切れで反転することを防ぐため）異常山、特殊山の払出時には、強制旋回が災いして、空振り時間が多くなるため、荷切れ即、反転運転もできるようにした。

9. 安全対策

安全対策は無人運転を行う上では、極めて重要であり、これまでの機上手動運転時に比べ、走行、旋回、俯仰動作では、ソフト制限の追加、非常停止スイッチ、警報装置の追加、監視ITVの設置、スタッカーとの衝突防止システムの導入など万全を期した仕様とした。

10. 遠隔運転の実績

図-3、図-4に遠隔運転の実績、および遠隔運転能力の実績を示すが、これから、わかるように能力については、遠隔手動運転時のNet払出能力が当初想定441WT/Hに対し、405WT/Hと10%程度下廻ったが、その他は、ほぼ計画

どおりであり、平成4年2月度の実績は、払出量5444T/日、Gross払出能力311WT/H（遠隔自動運転65%、遠隔手動運転35%）であり、当初の目標を達成することができた。また、当初トラブルはあったが、対策後はトラブルもなく現在、順調に稼働している。

Fig-3 Remote operation ratio and trouble frequency

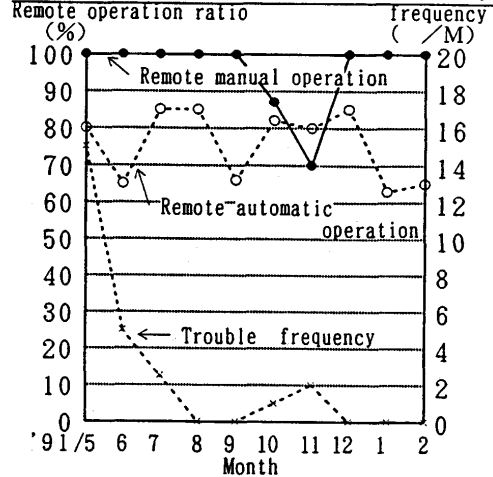
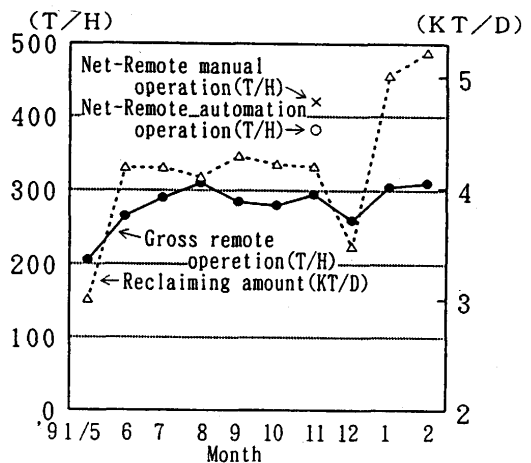


Fig-4 Reclaiming capacity



11. 結言

以上、述べたとおり、No.1リクレーマーの遠隔自動運転は、順調に稼働中であるが、稼働能力という点では余力がなく、今回の実績を踏まえ、No.2リクレーマーについては、更に能力向上を図り、'93年4月より順調に稼働している。

最後にあたり、今回No.1リクレーマーの遠隔自動運転システムの開発において、絶大なる、ご支援・ご協力を頂いた(株)三井三池製作所の関係各位に対して深甚なる敬意と感謝の意を表する次第である。