

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.21 (1989) No.1

コークス炉ガス精製設備のプロセスコンピュータシステム

Process Computer System for Coke Oven Gas Refinery

国武 幹生 (Mikio Kunitake) 藤原 聡 (Satoshi Fujiwara) 秋本 圭一 (Keiichi Akimoto) 山島 千秋 (Chiaki Yamashima)

要旨：

化学事業部水島工場コークス炉ガス(Cガス)精製設備において、Cガスの発生量の変動に追従し、操業の最適化および安定化を実現するシステム(化成システム)を開発した。本システムでは、プロセスモデルによる最適操業条件の探索結果およびCガス品質の変動に追従した設定値計算結果から、吸収塔への吸収液量および再生塔の処理量を決定するとともに、計装による自動制御を実施する。さらに、計器室統合のための計装のリフレッシュを同時に行った。システムは、1988年4月以来順調に稼働しており、Cガス精製コストの低減およびCガスの品質管理強化に寄与している。

Synopsis：

At the coke oven gas (COG) refinery process in Mizushima Works, a computer control system has been developed which can stabilize the plant operation by following after fluctuations in the COG generation rate. This system decides the flow rates of both absorption and regeneration towers in order to optimize the operating condition by process model calculation, and follows after fluctuations in COG quality. It also realizes no-man control by the process computer (P/C) and digital control instrumentation (DDC). At the same time, all the control rooms were integrated by refurbishing the instrumentation. This system has made a great contribution to reduction in the COG refinery cost and the intensification of quality control.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Process Computer System for Coke Oven Gas Refinery



国武 幹生
Mikio Kunitake
化学事業部 水島工場
管理室 主査(掛長)



藤原 聡
Satoshi Fujiwara
化学事業部 水島工場
管理室



秋本 圭一
Keiichi Akimoto
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室 主
査(課長)



山島 千秋
Chiaki Yamashima
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室 主
査(掛長)

要旨

化学事業部水島工場コークス炉ガス(Cガス)精製設備において、Cガスの発生量の変動に追従し、操業の最適化および安定化を実現するシステム(化成システム)を開発した。本システムでは、プロセスモデルによる最適操業条件の探索結果およびCガス品質の変動に追従した設定値計算結果から、吸収塔への吸収液量および再生塔の処理量を決定するとともに、計装による自動制御を実施する。さらに、計器室統合のための計装のリフレッシュを同時に行った。システムは、1988年4月以来順調に稼働しており、Cガス精製コストの低減およびCガスの品質管理強化に寄与している。

Synopsis:

At the coke oven gas (COG) refinery process in Mizushima Works, a computer control system has been developed which can stabilize the plant operation by following after fluctuations in the COG generation rate. This system decides the flow rates of both absorption and regeneration towers in order to optimize the operating condition by process model calculation, and follows after fluctuations in COG quality. It also realizes no-man control by the process computer (P/C) and digital control instrumentation (DDC). At the same time, all the control rooms were integrated by refurbishing the instrumentation. This system has made a great contribution to reduction in the COG refinery cost and the intensification of quality control.

1 結 言

鉄鋼業を取り巻く近年の厳しい経済環境の中で、コークス炉ガス(Cガス、COG)精製部門においても、さらに極限までの省エネルギー、省力の推進が必要である。一方、Cガスの利用範囲は、燃料としての場内消費、都市ガスとしての外販、高純度水素のガス製造等の広範囲にわたっており、その品質管理強化も重要なテーマのひとつである。

化学事業部水島工場では、これまでにCガス精製設備のプロセスモデルを中核とする操業ガイドシステムを開発してきており、オフラインガイドによる省エネルギーを推進してきた。しかしながら、コークス炉操業が回分的であることからCガス発生量の変動は大きく、これに追従して精度よく各精製設備を運転するためにはプロセス計算機(P/C)の導入が必要であった。さらに、数箇所に分散している計器室の、統合による集中監視体制の整備が望まれていた。

そこで、Cガス精製設備のうち、精製コストの占める比率の高い脱軽油および脱硫設備について、P/C導入によるプロセス制御お

および計装のリフレッシュによる計器室統合化の2点を実施し、総称して「化成システム」と呼ばれるシステム化を図った。

本報では、当システムの機能概要と適用結果について報告する。

2 コークス炉ガス精製設備概要

Fig.1に化学事業部水島工場のCガス精製設備フローを示す。

水島製鉄所のコークス炉は全部で6炉団から成るが、1~4炉団および5~6炉団に対してそれぞれ1系列ずつ、計2系列のCガス精製工程を有する。

Cガス精製工程の大部分は基本的には同じ単位操作の組み合わせ、すなわち吸収および再生操作で構成される。具体的には吸収塔および再生塔が用いられ、それぞれ次の機能をもつ。

- (1) 吸収塔
形式はスプレー塔である。Cガス中の目的成分を、スプレーされた吸収液の液滴により吸収する。
- (2) 再生塔
吸収塔から送られてきた、目的成分を含んだ吸収液に蒸気ストリップングを行い、目的成分を放出させる。目的成分を放出

* 昭和63年11月9日原稿受付

して吸収能力を回復した吸収液は冷却後、再び吸収塔へ循環される。放出された目的成分は後処理工程を経て各製品となる。

Table 1 にCガス精製各工程において、対象とする目的成分、使用する吸収液および生産される製品の一覧を示す。

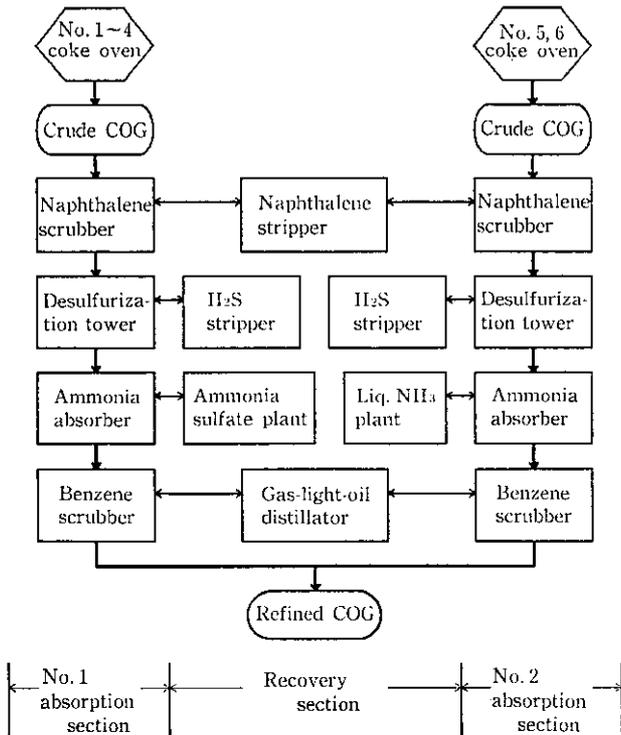


Fig. 1 Schematic flow of coke oven gas (COG) refinery process

Table 1 Objective components, absorbent solutions, and products involved in each process

	Process				
	Naphthalene separation	Desulfurization	Ammonia removal		Gas-light-oil recovery
Objective component	Naphthalene	Hydrogen sulfide	Ammonia		Gas-light-oil
Absorbent solution	Absorption oil	Ammoniacal liquor	Dilute H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	Absorbent oil
Product	Naphthalene	Sulfur	Ammonium sulfate	Liquid ammonia	Gas-light-oil

3 システム構成

Fig. 2 に化成システムの構成を示す。P/Cとしては日本IBM社のIBM 4361型汎用機を用いた。磁気ディスクは2GBである。計装システムとは通信用ミニコンS/1を介して接続される。また、基本システムとして同社の化学工場向け汎用パッケージACS (Advanced Control System) を採用、制御用ソフトウェアはすべて自社開発 (14000ステップ) を行った。

デジタル計装 (DDC) としては山武ハネウェル社のTDCS 3000 BASICを採用した。DDCによる種々の複合制御は、手続き型言語にて同社に開発させた。

4 システム機能

4.1 P/C制御機能

最も重要な機能としてP/C制御機能がある。化成システムでは、

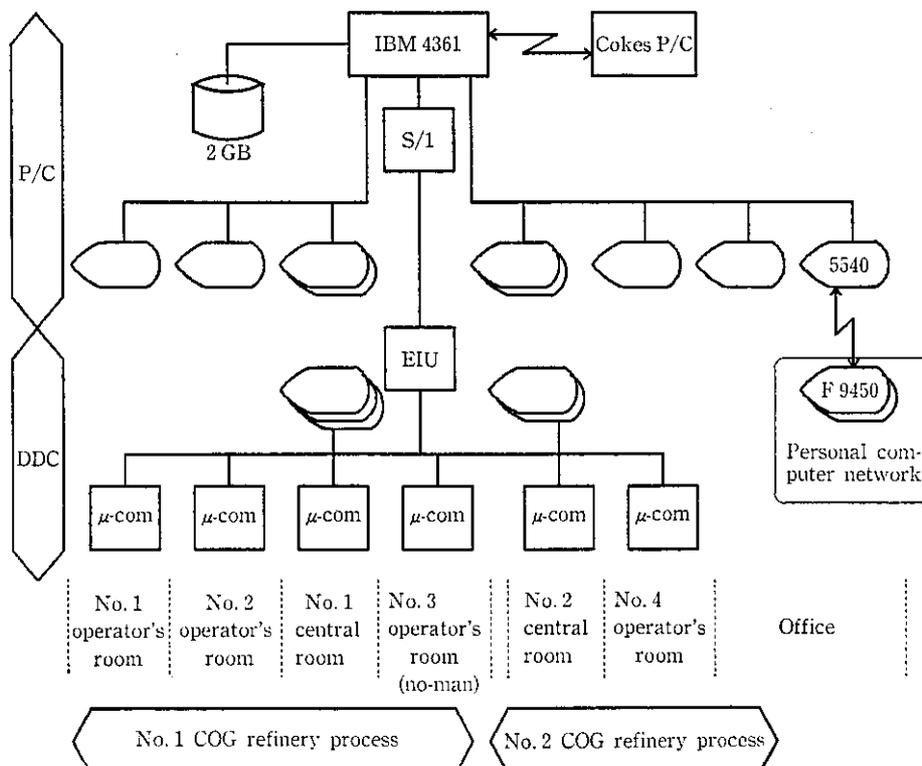


Fig. 2 System configuration

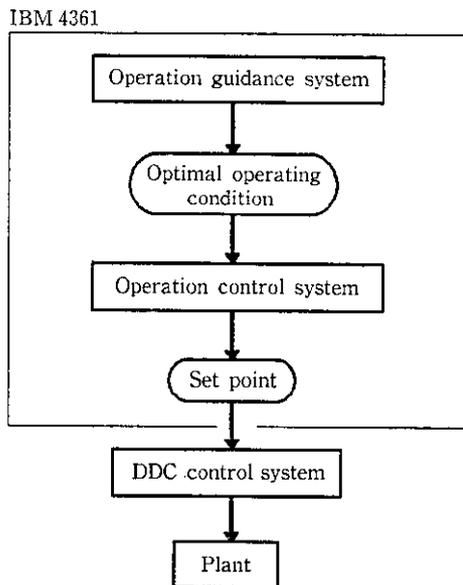


Fig. 3 Control system flow

Fig. 3 に示すように操業ガイドシステム、操業管理システムおよび DDC 制御システムの 3 つの階層構造から成る制御方式を用いている。この制御方式と脱軽油および脱硫設備の制御システム例を次に示す。

4.1.1 操業ガイドシステム

プロセスモデル（静的モデル）を中核とし、生産環境に合致したメリット指標を最大とする最適操業条件を指示する。モデルとしては液滴吸収モデルを用い、P/C 上にてリアルタイムで実行している。

(1) 液滴吸収モデル⁽⁴⁾

吸収塔における物質移動現象を非定常拡散モデルにて記述した。吸収塔にスプレーされた液滴内の濃度変化は次式で表される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \times \frac{1}{r^2} \times \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C}{\partial r} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

- C: 液滴内目的成分濃度
- t: 時間
- D: 目的成分の液滴内拡散係数
- r: 液滴中心からの距離

(2) 経済性評価式

最適操業条件を探索するための経済性評価式の基本式を以下に示す。

$$L = \text{Max}[Y_1 - Y_0] \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- L: 吸収液量
- Y₁: 売上高
- Y₀: 製造コスト

4.1.2 操業管理システム

操業特性値の変動に対応して各吸収塔および再生塔の処理液量を計算し、オンライン設定とする。操業特性値としては、C ガス品質、液/ガス比、C ガス流量等がある。

(1) 吸収塔液量制御

吸収塔の液量制御は、(3) 式に示すように各操業特性値に関する線型モデルから成る。

$$\sum_{i=1}^n (L_1)_i = \sum_{i=1}^n (L_0)_i + \sum_{j=1}^m K_j (C_1 - C_0)_j \dots\dots\dots (3)$$

ここで、

- L₁: 今回の吸収液量
- L₀: 前回の吸収液量
- K: 操作量の重み
- C₁: 今回の操業特性値
- C₀: 前回の操業特性値
- i: 吸収塔系列数 (1, 2, ..., n)
- j: 特性値の個数 (1, 2, ..., m)

(2) 再生塔液量制御

再生塔の液量制御は、(4) 式に示すように中間タンク液面を考慮した物質収支モデルを用いた。

$$\sum_{k=1}^l (W_1)_k = \frac{\sum_{i=1}^n (L_1)_i}{\sum_{i=1}^n (L_0)_i} \times \sum_{k=1}^l (W_0)_k + V(H_1 - H_{obj}) \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

- W₁: 今回の再生液量
- W₀: 前回の再生液量
- V: タンク単位高さ当たりの容量
- H₁: 今回のタンク液面高さ
- H_{obj}: 目標のタンク液面高さ
- k: 再生塔系列数 (1, 2, ..., l)

4.1.3 DDC 制御システム

DDC においては、P/C からの設定値に対応して、計装レベルでの単純制御の他に、手続型言語による演算制御を実施している。

4.1.4 脱軽油設備における制御機能

Fig. 4 に脱軽油設備のフローを示す。脱軽油設備において要求される機能としては、経営戦略上の最も有利な軽油回収量の決定であり、それを設備上で実現することである。脱軽油設備操業ガイドシステムでは、静的シミュレーションにより、(1) 吸収塔への吸収液量を設定する液/ガス比指標および(2) 再生塔への再生液量を設定する処理振分け指標を計算し、最適操業条件として出力する。下位システムでは、これを受けて液量バランスをとることになる。機能一覧表を Table 2 に示す。

Table 2 Control item in gas-light-oil (GLO) recovery process

System	Control item
Operation guidance system	Decision of optimal liquid/gas ratio (L/G) Decision of distillation flow rate
Operation control system	Minimizing standard deviation of L/G Minimizing standard deviation of tank level
DDC control system	Flow balance control in benzene scrubber Flow balance control in distillation column

4.1.5 脱硫設備における制御機能

Fig. 5 に脱硫設備のフローを示す。脱硫設備において要求される機能としては、C ガス中に残存する硫黄分の品質管理とその中での省エネルギーである。脱硫設備操業ガイドシステムでは、静的シミュレーションにより吸収塔のスプレーポンプ台数を決定し、オフラインガイドを実施している。

吸収塔への吸収液量および再生塔への再生液量の決定は、操業管理システムで実施している。前者には、吸収塔出 C ガス中の硫化水

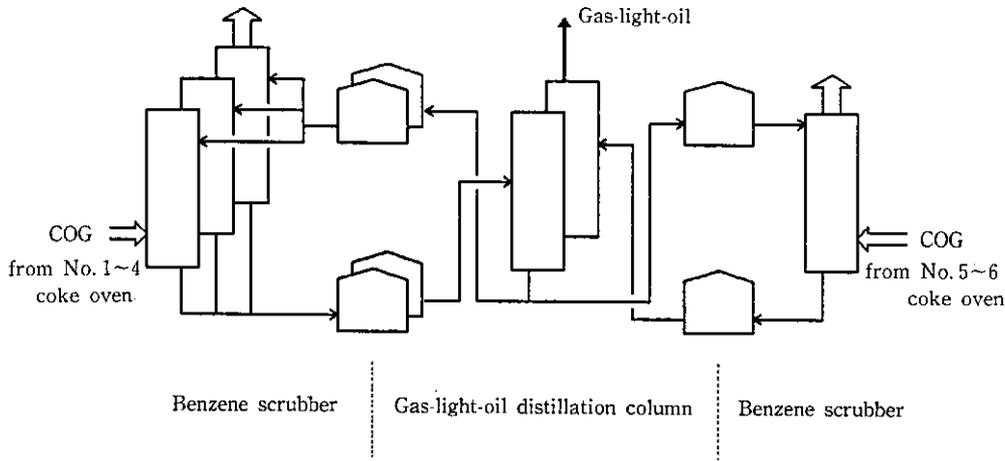


Fig. 4 Schematic flow of gas-light-oil recovery process

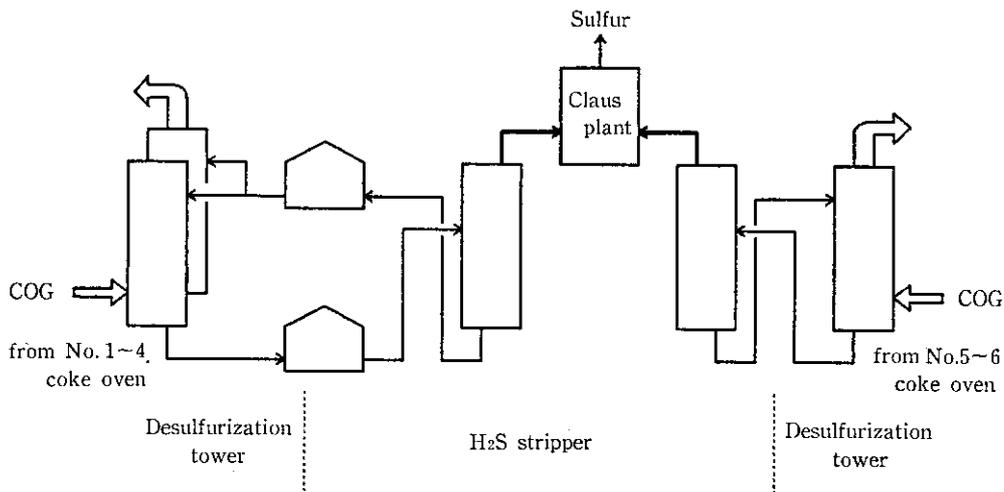


Fig. 5 Schematic flow of desulfurization process

Table 3 Control item in desulfurization process

System	Control item
Operation guidance system	Number of spray pump in desulfurization tower
Operation control system	Minimizing standard deviation of H ₂ S Minimizing standard deviation of tank level
DDC control system	Temperature control in H ₂ S stripper

素 (H₂S) 分析値および加熱炉排ガス中の SO_x 分析値, Cガス発生量, 大気温等の各変動について (3) 式を用いて計算している。後者には (4) 式を用いている。機能一覧表を Table 3 に示す。

4.2 運転支援機能

4.2.1 設備異常診断

化学プロセスに対する異常診断手法には種々の方法があるが, 当システムでは以下に示す簡易な診断をオンラインで実施している。

(1) 熱交換器U値診断

計 25 基の熱交換器群に対して総括伝熱係数 U 値を計算し, 洗浄のため下限警報を出力する。

(2) 再生塔閉塞診断

重要な再生塔の塔内圧損を計算し, その変動を監視することによって閉塞による上限警報を出力する。

(3) 液面計故障診断

重要貯槽の液面計について, その故障を他の複数の計器を用いて診断し, 数種類の警報を出力する。

4.2.2 情報ネットワーク

生産管理機能の強化のために, 他計算機システムと以下に示す情報ネットワークを形成した。

(1) コークス P/C リンク

コークス炉操業情報および C ガス発生情報の受信

(2) 生産管理パソコンリンク

生産管理部門のパソコンへオフサイト情報を送信

(3) 工程分析パソコンリンク

分析部門のパソコンから工程分析データを受信

5 効果

化成システムは 1988 年 4 月から本稼働を開始した。その効果について以下に述べる。

(1) 品質の安定化

脱軽油設備における液/ガス比制御の結果を Fig. 6 に示す。

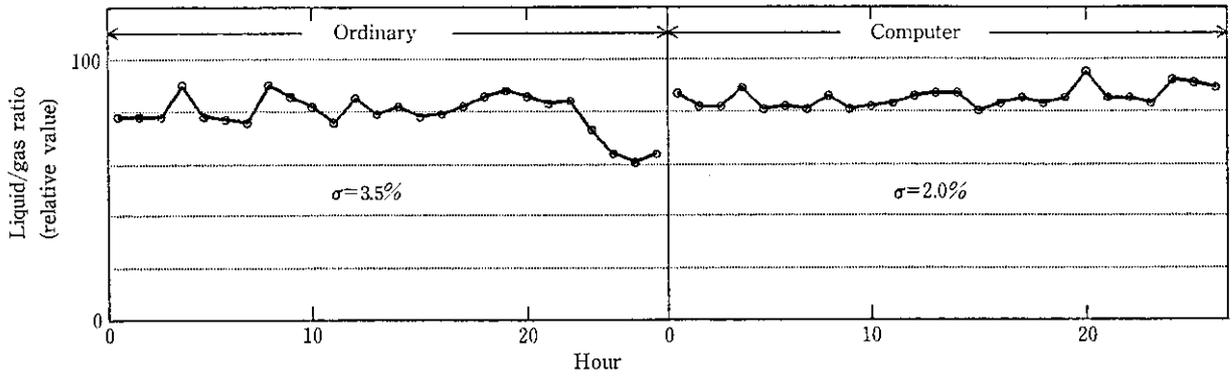


Fig. 6 Transition of liquid/gas ratio control

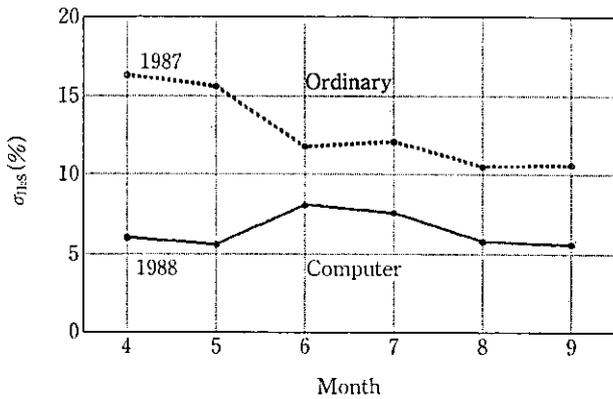


Fig. 7 Transition of standard deviation of H₂S in desulfurization process

設定の液/ガス比に対するバラツキは2%と手動制御に比べ向上している。

脱硫設備におけるCガス中硫化水素の品質制御結果を Fig. 7 に示す。硫化水素濃度のバラツキは No. 2 脱硫設備においてはほぼ半減している。

(2) 省エネルギー

脱軽油および脱硫設備の1987年および1988年におけるエネルギー原単位の推移を Fig. 8 に示す。脱軽油設備では、最適な液/ガス比設定、再生塔の制御等の結果、粗軽油生産量に対するエネルギー原単位は7%程度減少している。また脱硫設備についても、最適なスプレーポンプ台数のガイド、Cガスの品質制御等の結果、処理Cガス量に対するエネルギー原単位は同じく7%程度減少している。

(3) 計器室の統合化

1~4コークス炉団に対する4計器室を1箇所の中央計器室へ統合した。その結果、7%程度の省力を達成した。

6 結 言

化学事業部水島工場Cガス精製設備に建設した化成システムについて報告した。主な結果は以下のとおりである。

- (1) 脱軽油設備についてプロセスモデルを中核とするシミュレーションによりリアルタイムに最適化計算を実施、その結果に基づいて液/ガス比制御することが可能となった。
- (2) 脱硫設備についてシミュレーションによるオフラインガイドによりスプレーポンプ台数を決定し、Cガスの品質制御を実施することにより、そのバラツキを低減した。

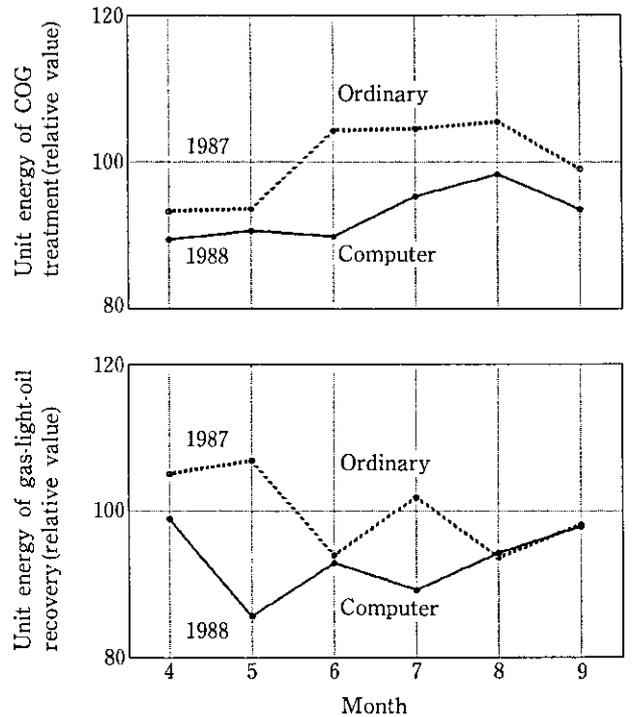


Fig. 8 Energy saving benefit by computer control

- (3) 既設アナログ計器のデジタル計器へのリフレッシュを実施、1~4コークス炉団に対する4計器室を統合化して省力化を達成した。
- (4) 他システムとの情報ネットワーク化により、種々のデータをオンラインで送受信し、日常操業および生産管理で利用できるようになった。

以上のようにCガス精製設備へのプロセス計算機の導入の結果、より極限の省コスト、よりきめの細かい品質管理が可能となった。今後、さらに他設備へ拡大し、トータルシステムへ発展させる計画である。

参 考 文 献

- 1) 釘嶋正弘, 中島 晋, 国武幹生, 永岡義久: 川崎製鉄技報, 19 (1987) 2, 87
- 2) 釘嶋正弘, 中島 晋, 国武幹生, 永岡義久: コークス・サーキュラー, 36 (1987) 3, 142
- 3) 釘嶋正弘, 中島 晋, 国武幹生, 永岡義久: アロマティックス, 39 (1987) 1・2, 13
- 4) 中島 晋, 永岡義久, 湯澤俊治: アロマティックス, 37 (1985) 7・8, 34