© 1987 ISIJ

製鉄統合プロセス計算機システムの開発

技術報告

加藤　明*・富田　貞雄*2・運崎　秀明*
秋山　守*・崎村　博*

Development of Integrated Process Computer System in Ironmaking Department

Akira KATO, *Sadao* TOMIDA, *Hideaki* UNZAKI,
Mamoru AKIYAMA and *Hiroshi* SAKIMURA

Synopsis:

A hierarchical computer system was developed for the control of Nos. 3 and 4 sinter plants at Chiba. This system consists of three layers; digital control system, process computer, and central computer at Chiba Works.

Besides for the control of the sinter plants, the process computer system is scheduled to be extended in steps for the control of the other plants in the ironmaking department, to be eventually the integrated process computer system for the ironmaking process by using an exclusive computer. It enables the improvement of the maintenance efficiency.

For the high future extensibility of the system, the process computer system adopted a general-purpose computer (IBM-4361) and software package ACS (Advanced Control System) for process control. Since, however, the ACS is a software for a continuous process such as petroleum refining process, various kinds of functional expansion was made for the ironmaking process.

The 3-layer hierarchical system of Nos. 3 and 4 sinter plants at Chiba Works was completed in July 1985, and has brought about saving of the cost and increase of the efficiency in the operation.

1. 緒　　言

製銑部門の操業は従来の安定指向から原燃料条件の変化及び鉄鋼需給の変動に対応できるよりいつそうの弾力性，高能率性が要求されている．そのためには操業及び設備に関する信頼性の高い情報の入手と，これらの情報の汎用的な利用技術の確立が従来にも増して必要である．

千葉製鉄所製銑部門ではこのような製銑情報システムへの要求に応じるため，計測制御装置からプロセス計算機（以下プロコンと略す），及び上位の中央ビジネス計算機（以下ビジコンと略す）までを包括した長期間有効に機能するシステム更新を推進中である[1)2)]．

その第1ステップとして焼結システムの更新を行い，3焼結は昭和60年5月より，また4焼結は同年7月より稼動している．この中で新焼結デジタル計装システム[1)]の上位プロコンとして製銑部門の全プロセスの情報処理，運転制御の一元的な統合管理を最終目的とする製銑統合プロセス計算機（以下統合プロコンと略す）を新たに導入した．以下に統合プロコン導入による新しいシステム構成とプロセス制御支援基本ソフトウェアの製銑プロセスへの適用及び焼結システムの概要について報告する．

2. 製銑情報システム再構築の基本方針

製銑情報システム再構築にあたつての基本方針を従来の問題点と共に以下に述べる．

2·1 プラントごとの計装設備からビジコンまでを包括した製銑情報システムの構築

従来，プラントごとに開発されてきた計装設備，プロコン，ビジコンについての焼結システムの更新を機会に製銑部門全体を包括したシステムにした．すなわちデータベースの構成，処理機能について各階層での役割を明確にして開発効率及びデータの信頼性の向上を図つた．

昭和60年10月本会講演大会にて発表　昭和61年7月3日受付（Received July 3, 1986）
* 川崎製鉄(株)千葉製鉄所（Chiba Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasaki-cho Chiba 260）
*2 川崎製鉄(株)千葉製鉄所（現：川崎製鉄(株)エネルギー技術部）（Chiba Works, Now Energy Control and Technology Dept., Kawasaki Steel Corp.）

本システムの機能分担の方針を以下に示す.

①マイコン：プラントのデータを直接，即時的に計測し，プラントを制御するためのシステム（プラントの一部）

②プロコン：オペレーターがプラントを効率的に運転するためのプラントとオペレーターに付随したシステム

③ビジコン：オペレーター，スタッフ，管理者及び関連部門を含む多くの人々がプラントの情報をもとにプラントを管理するためのプロセスデータベースと管理者に付随したシステム

さらにプロコンが故障した時にもマイコン機能によつてプラントは生産を続行できることを基本条件とした. Fig. 1 に機能分担の概念を示す.

2·2　1台の汎用機種によるプロコン機能の統合

従来の分散したシステムでは制御の高度化に伴うプロコン処理容量の定常的な不足，設備ごとのプロコン建設費用の重複および保守効率が低いこと，また情報処理の一元化の不徹底，CPU 負荷の過大等の問題点があつた. これらの問題を解決するために製銑部門の各プロセスに共通な大能力でかつ能力増強が容易な汎用機種コンピューターを統合プロコンとして導入した. このことによつてソフトウェアの改定が容易になり，設備更新に伴うシステムの機能拡張にも十分に対応できるようになつた.

2·3　システムメンテナンス体制の確立

システムの有効利用を図るため操業側のニーズを的確に取り込む必要がある[3]. 本システムにおいてはソフトウェアの製作に使用部門からの参画を図り，稼動後のソフトウェアの保守も使用者側で実施している.

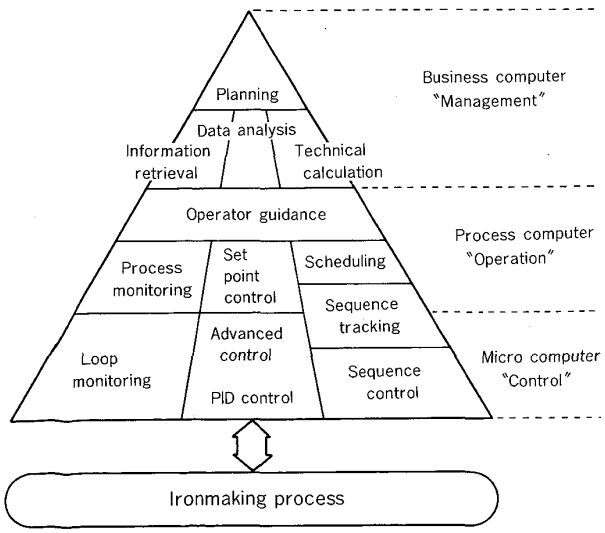

Fig. 1. Functional hierarchy of the ironmaking information system.

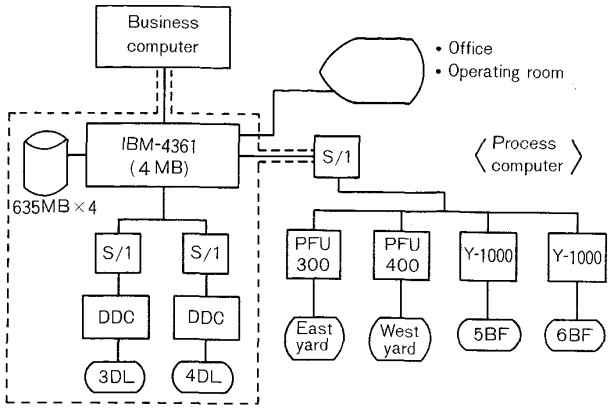

Fig. 2. System construction at the first step.

3. システム構成

3·1　計算機構成

製銑情報システム更新第1ステップのシステム構成を Fig. 2 に示す. その特徴を次に示す.

（1） 製銑部門の各工場（高炉，コークス，焼結，原料ヤード）のプロコン機能を最終的に統合管理する構想に基づいて，中型汎用計算機（IBM-4361）を統合プロコンとして導入した.

（2） 既設プロコンの情報は統合プロコンを経由してオンラインでビジコンに伝送する.

3·2　プロセス制御用ソフトウェアパッケージの採用

統合プロコンの基本ソフトウェアとして，IBM のプロセス制御用ソフトウェアパッケージ ACS（Advanced Control System）を採用した. ACS では，プロセス制御の中心であるプロセス変数単位の基本機能すなわちデータ収集，状態監視及び制御，データファイル検索が標準化されており，それらの各機能の仕様定義を CRT 画面より空欄記入方式で行える. さらに標準機能以外の機能については ACS の環境下で実行できるプログラムを高級言語（FORTRAN）で作成しソフトウェアを開発した. また，ソフトウェア開発用にテスト ACS 領域を設けることによりオフラインでのシミュレーション機能を備えている.

4. システムの機能

4·1　基本ソフトウェアとその拡張

Fig. 3 に ACS の構成を示す. ACS が行うリアルタイム制御を管理するオペレーティングシステムが汎用機種としての本来のオペレーティングシステムのもとで機能する.

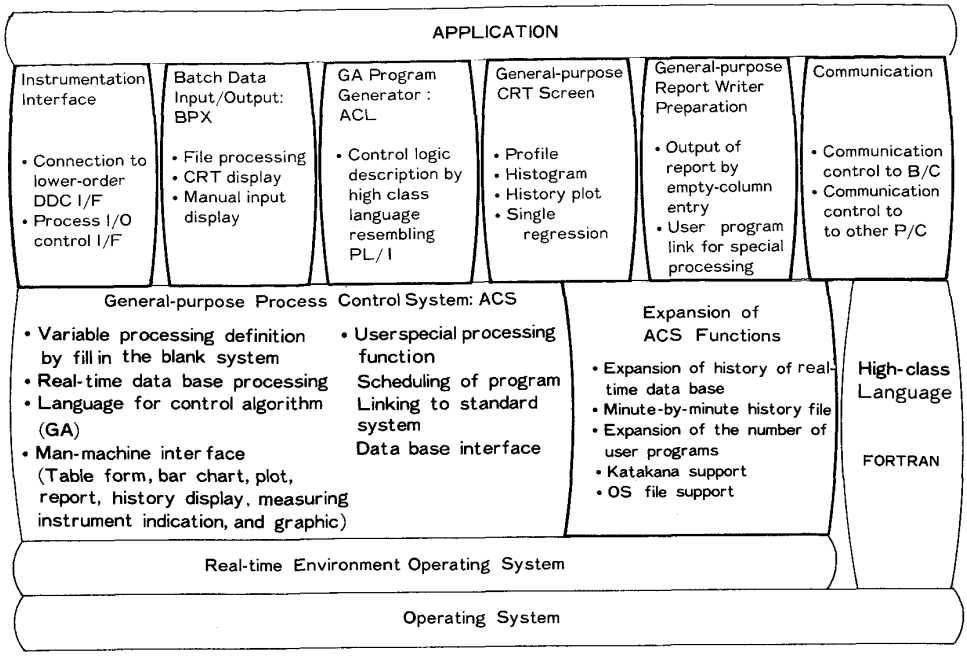

Fig. 3. P/C software composition.

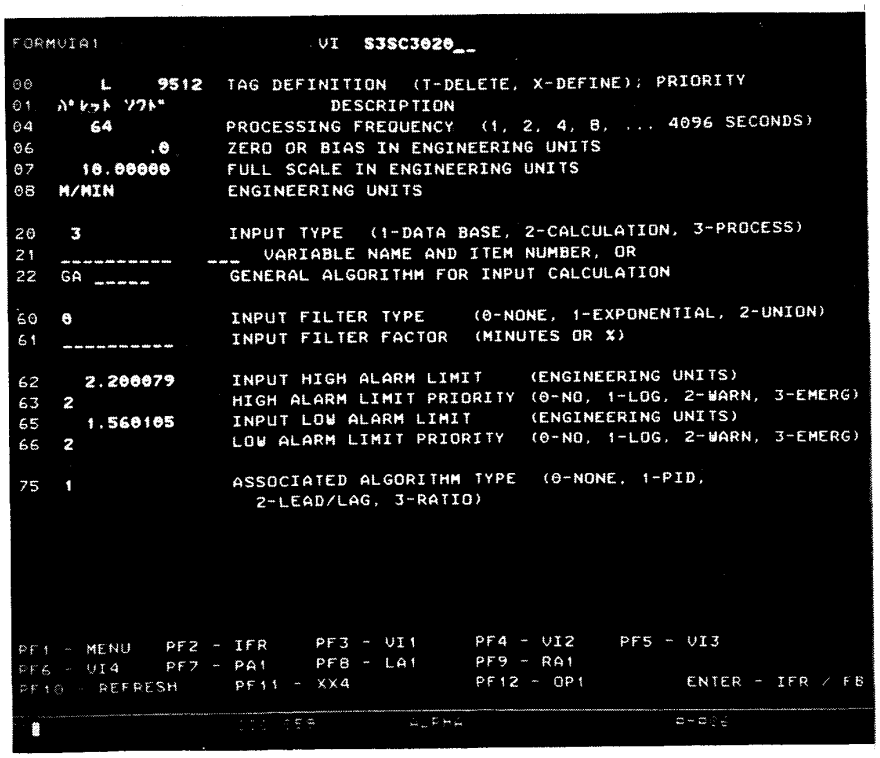

Photo. 1. An example of fill-in-the-form method for variable definition.

ACS 機能は，標準の汎用プロセス管理機能（計装インターフェース，制御用高級言語によるプロセス制御，汎用 CRT 表示，他システムとの伝送）と今回の開発で新たに拡張した ACS の環境下で実行される機能とがある．Photo. 1 に空欄記入方式によるプロセス連続値変数定義のための仕様入力 CRT 画面例を示す．この画面より入力する定義項目としては，変数タグ名，変数説明，データのサンプリング周期（1～4 096 s 内で選択），バイアス及びフルスケール，工業単位，入力タイプ（データベースからの入力，プログラム内の計算結果の入力，及びプロセスからの入力の内いずれかの選択），アラーム用上下限リミット，制御出力タイプ等がある．計装設備からのデータを基本として主要な連続値データはこの方法により変数処理情報として定義され，その内容に沿つて監視，制御アルゴリズム処理，制御出力演算及び時系列データ作成等の処理が実行される．この連続値変数

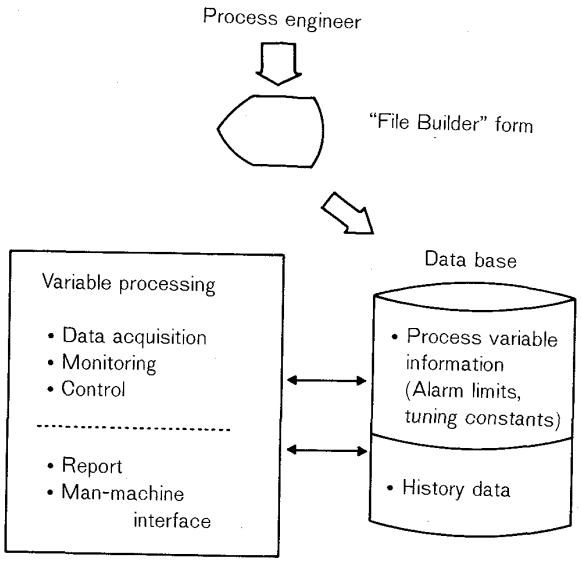

Fig. 4. Function of "Variable processing" in ACS.

に関する処理が ACS の中で中心的な機能である.(Fig. 4 参照)

ACS は元来，石油精製プロセスを主対象とした連続プロセス向けソフトウェアであり[4] 製銑部門のプロセス管理で扱うバッチデータ処理（出銑ごと情報処理等）の取り込みは機能上不十分であるなど数項目の弱点があつた．そこで次の点を今回開発し ACS 標準機能に加えた．

（1） バッチデータ処理機能 BPX(Batch data processing extension)

不定期に発生する事象および関連するデータの発生ごとのファイリングと，そのデータを用いた加工計算を標準化し，その支援基本ソフトウェア BPX を ACS 機能の拡張として追加した．ファイリングされるデータの標準入力モードとしては，下位システム等との伝送による入力，実行プログラム中の書込み命令による入力，及びマニュアル入力がある．これにより発生ごとロギングファイルを生成するほか，選択により日ごとファイルを定義する機能も有する．Photo. 2 に BPX の中心機能であるロギングファイルの定義（必要により日ごとファイルの定義も含む）用の空欄記入フォーム（CRT 画面）を示す．このフォームにファイル番号，ファイル名，保有する最近の発生件数，項目数及びデータ収集時の起動プログラム名を登録し，さらに次の展開画面に各項目のタグ名（ACS 環境下のもの）を定義することによりファイル生成が可能である．ファイルに累積されたデータはファイル番号の指定のみにより BPX 標準画面に表示できる．焼結システムでは，焼結鉱成品性状（化学成分，強度，粒度），設備運転停止情報，原料配合設定情報等に標準処理として適用している．

（2） カタカナ使用機能の追加

ACS では英文字しか使用できなかつたが，日本語文字（カタカナ）の表示を標準機能の拡張として追加し開発作業のほか特に CRT 表示，帳票出力で有効に活用し

Photo. 2. An example of fill-in-the-form method for batch data file definition.

ている．

（3） 時系列データ保有機能の拡張

連続値変数の時系列データの種類，保有期間が従来固定されていたのを，プロセス固有情報の経時変化を即座に得るため使用者の選択による設定を可能とした．Fig. 5 に本システムのデータファイル生成フローを示す．時系列データの種類は，5 min ごと，30 min ごと，8 h ごと，及び日ごとで，それぞれ 3 日分，20 日分，30 日分，150 日分の保有とし，必要により実験時の 1 min ごとの連続値変数時系列データのファイリングも可能としている．BPX によるファイリングは発生ごと，及び日ごとの 2 種類を有する．

（4） 汎用 CRT 表示

時系列データを有効に利用するため，CRT 画面によるグラフィック表示のうち，時系列グラフ，相関図，ヒストグラム，プロフィールについて汎用的な表示機能を従来の ACS に追加して新たに作成した．これによりプロセス変数名，時系列データの種類及び期間の設定入力だけで操業オペレーターを含む使用者によるグラフ作成が可能になつた．

（5） 汎用レポート作成 GRW (General report writer)

帳票作成は操業管理上重要な機能であり，操業基準の変更等に応じてフォーマットの変更が頻繁に要求される．このような要求に短期で応じられる帳票作成支援基本ソフトウェア GRW を作成した．その結果，ACS の変数タグの指定による所定の位置への時系列データの表示のほか，ACS 環境下で実行されるプログラムによる操業指数等の計算結果の書込みができる．また帳票出力に関しては，定刻起動出力のほか専用画面からの部数等の指定による出力の 2 種類がある．本ソフトウェアの適用とプロコン運用体制の強化により帳票の新規作成及び改造に要する期間が従来の ⅓ に低減できた．

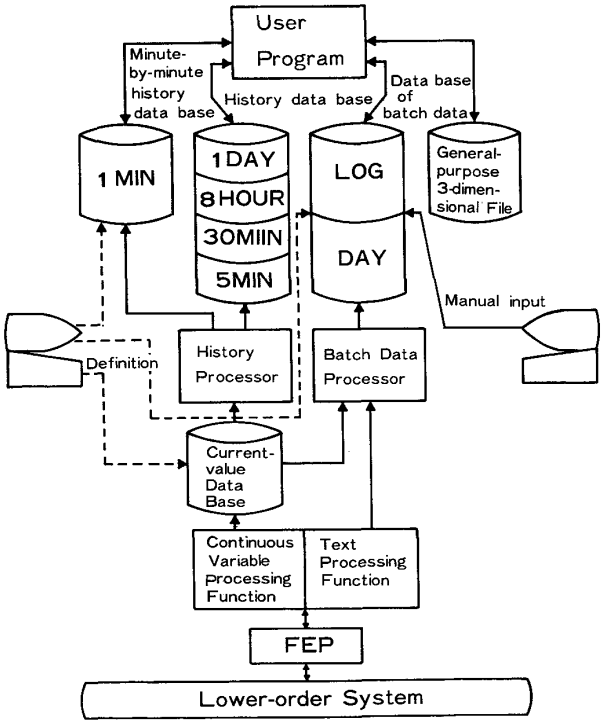

Fig. 5. Concept of data base generation.

4·2 焼結システム機能

4·2·1 機能構成

焼結プラントは，混合された鉱石や副原料などの粉体原料にコークスを加えて焼き固め下工程の高炉の原料として供給しており，高炉の安定操業のために適切な成分，粒度，強度などの品質と生産量を確保する役割を持つが，原料事情の変化や高炉操業自体の多目的化に応じて操業目標も迅速に対応していかなければならない．さらに排ガス処理（脱硫，脱硝，潜熱回収）あるいは各種顕熱回収設備の運転を含む焼結操業全体のより効率的な操業条件を選択することによるコストミニマムの達成も要求されている．

このようなニーズに対応して焼結操業を管理する上での主要項目として次のものが考えられる．

①生産管理：生産量，コークス原単位，用役原単位

②原料管理：化学成分，焼結性，粒度，水分

③操業管理：パレット上原料偏析，層内通気性，コークス着火状況，層内温度分布，パレット上長手方向風量分布，排鉱部赤熱状況

④焼結鉱品質管理：化学成分，強度，粒度，還元性，還元崩壊指数

⑤設備管理：原料装入系，焼結機，排ガス処理系，付帯設備

上記の管理項目について，前述の役割を果たすため，プロコンでは次の機能構成を適用している．

（1） センサ情報管理

分散形デジタル制御用マイコン（以下 DDC マイコンと略す）からのセンサ情報は原則として 1 min ごとに統合プロコンに読み込み，それから操業管理用の指数計算等の加工処理を行い時系列データファイルに蓄積する．また焼結層内のヒートパターンデータの収集は，ACS の標準機能である通常のセンサ情報処理とは別の処理で実験データファイルに取り込むが，このファイルへ蓄積するデータについては読込み周期，蓄積期間等の設定には任意の数値が選択できるようになつている．

（2） 他の計算機との伝送による情報収集及び提供

統合プロコンは原料ヤードプロコン，高炉プロコンより日ごとに主要な操業実績を収集して，焼結データと共にビジコンへ伝送している．その他焼結原料配合槽のオンライン管理を目的として，統合プロコンと原料ヤードプロコンとの間で焼結工場の原料使用状況を送信し槽レベル値を受信している．

（3）　操業状況モニタリング

原料槽ごと配合状況，成分調整アクションガイド等がCRTに表示される．これら専用画面のほか，前述の汎用CRT表示機能を用いた時系列グラフ，相関図等のグラフィック表示がオペレーターの操業状況把握上非常に有用である．また，設備監視強化の面から後に示す設備稼動状況監視システムを本システムで新たに構築した．

（4）　焼結品質モニタリング

本開発では，焼結鉱品質に関して次のような監視機能の強化を行つた．すなわち冷間強度及び粒度分布については自動サンプラによる測定結果が，また化学分析については分析プロコンの測定結果がそれぞれ試験実施ごとに統合プロコンに伝送され，オペレーターの結果の確認の後その際のアクション実施状況と共にファイリングされるようにした．

（5）　プロセス制御

オペレーションガイドシステム（OGS）は焼結システムの中核であり，統合プロコンとDDCマイコンとを直結した自動操業システムとしてすでに完成している[5)~8)]．本開発では新たに取り込むセンサ情報を追加し，よりいつそうの制御性の向上を図つている．今後の方向としては焼結操業コスト情報を取り込むことによりオンラインで操業に生かす操業コスト評価システムを追加してオペレーションガイド機能を強化することが重要と考えられる．

4・2・2　新規ソフトウェア概要

本開発で新規作成したソフトウェアの概要を以下に示す．

（1）　設備稼動状況監視システム

本システムは稼動中の各機器の負荷電流値を読み込みそれからの加工処理結果を基にして機器の稼動状況をオンラインで判定しオペレーターに知らせるのが主機能である．ベルトコンベア駆動用モーターの例として輸送量と負荷電流の関係をFig. 6[8)]に示す．図中に示すようにベルト片寄りが発生すれば同一重量でも負荷電流が上昇することからベルト異常を検知できる．この他にも焼結機モーターの負荷電流からパレットの異常などが検知できる．

本システムの基本的処理フローをFig. 7に示す．前処理用マイコンに電流値を2sごと，設備単位（パレット等）のピーク電流値を0.2sごとに入力しピーク電流値の判定をマイコンで行い，さらに1minごとにプロコンに入力し他の操業データと組み合わせた判定処理の後データファイリング及び必要によりアラーム表示を行う．

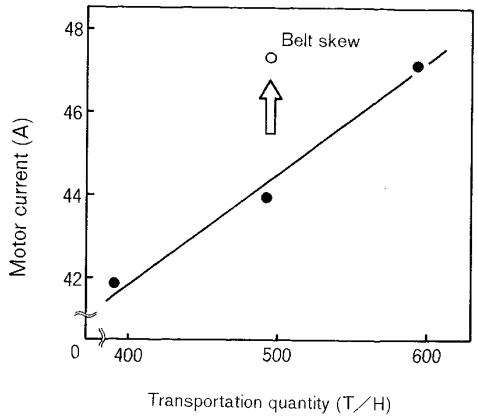

Fig. 6. Relation between belt conveyor transportation quantity and belt conveyor motor current.

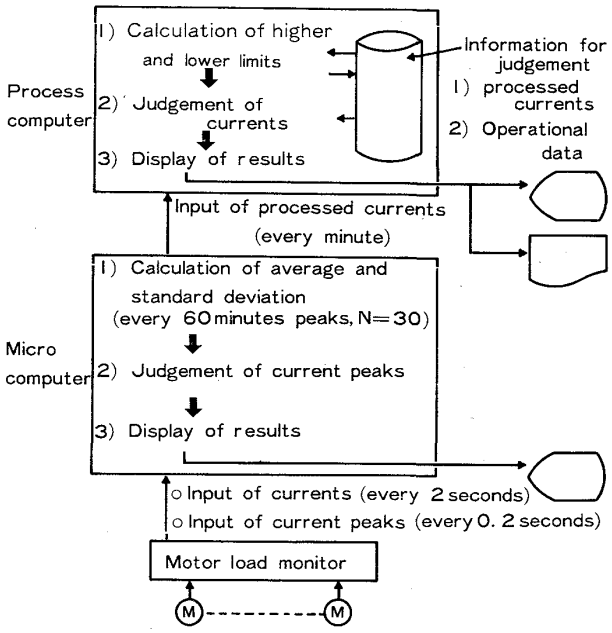

Fig. 7. Flow of facilities monitoring system.

（2）　オペレーションガイドシステムの機能強化

オペレーションガイドシステムは，設備保護を最優先にして焼結鉱の生産率及び品質を目標値に保つと共に焼結鉱製造コストの低減を図ることを目的とするが，炭材の燃焼状態を測定する2種類のセンサ情報を用いた焼結鉱焼成エネルギーコントロールシステムSECOS（Sintering Energy Control System）を新たに組み込ん

だ．

排鉱部に設置したITVカメラがそのひとつである．落下直後の焼結ベッド断面を撮影し画像データを加工して焼結層内の600°C以上の赤熱帯領域比（*HZR*）[9]を得る．一方焼結機排ガスの化学成分のデータより実質燃焼カーボン配合比（*RC*）及び実質燃焼カーボン熱量（*HC*）[9]を求める．*RC*の計算式を以下に示す．

$$RC = \frac{(V_{CO}^{EX} + V_{CO_2}^{EX}) - V_{CO_2}^{DOL} - V_{CO_2}^{LIM} - V_{CO_2}^{IG}}{W_M \times 1\,000} \times 100$$

ここで，

RC：実質燃焼カーボン配合比（%）

V_{CO}^{EX}：排ガス成分CO中カーボン（kg/h）

$V_{CO_2}^{EX}$：排ガス成分CO_2中カーボン（kg/h）

$V_{CO_2}^{DOL}$：ドロマイト分解によるCO_2中カーボン（kg/h）

$V_{CO_2}^{LIM}$：石灰石分解によるCO_2中カーボン（kg/h）

$V_{CO_2}^{IG}$：点火ガス燃焼によるCO_2中カーボン（kg/h）

W_M：配合原料使用量（t/h）

これらの情報から焼結過程の炭材の燃焼状況を判定しコークス配合比変更アクションを実施した．この結果，早くきめ細かなアクションが可能となり返鉱発生比変動

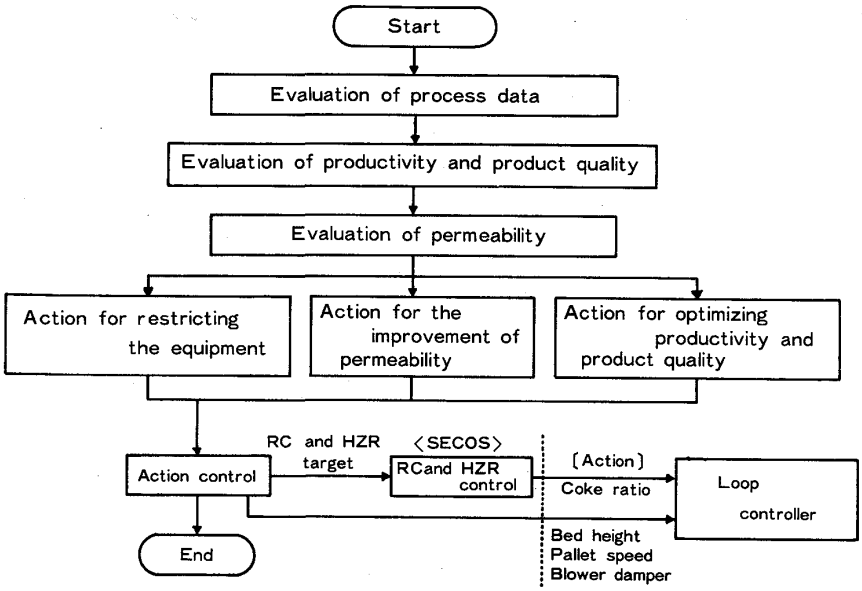

Fig. 8. Flow of OGS functions.

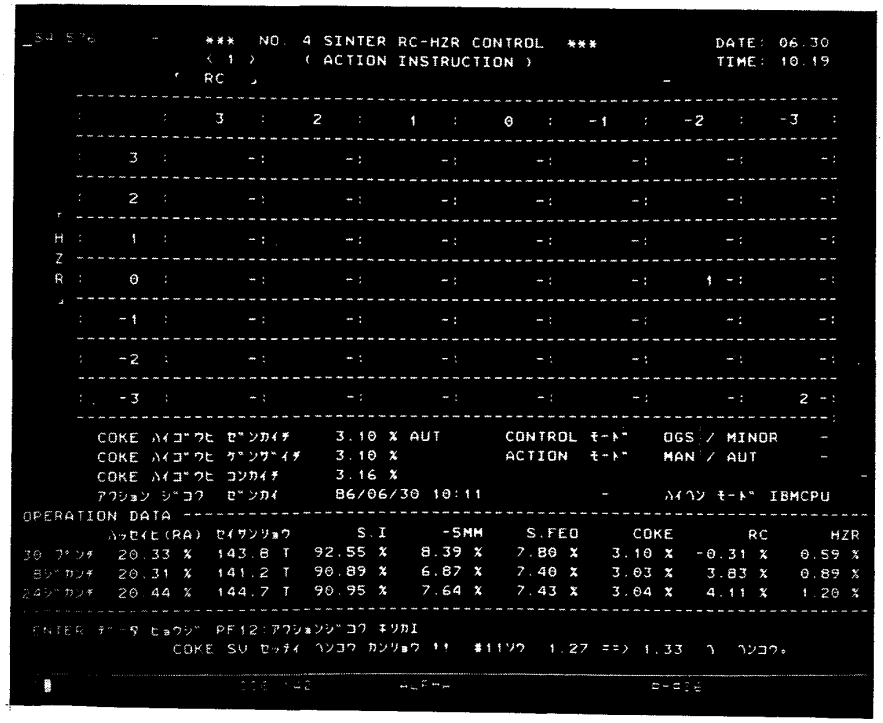

Photo. 3. An example of action instruction by SECOS.

を低減させ成品の冷間強度，FeO成分の変動も低減できた[9]．SECOSを組み込んだオペレーションガイドシステムの機能フローをFig.8に示す．SECOSに入力される*RC*及び*HZR*の目標値はオペレーションガイドシステムの判定結果より与えられる．

Photo. 3はSECOSのCRT表示画面例を示す．*RC*及び*HZR*の各判定結果より得られる設定変更操作量算出係数を前回分と今回分についてマトリックス的に表示すると共に，求められたコークス配合設定値と主要な操業データを表示する．DDCマイコンへ入力するコークス配合比が変更されるごとにアラームが鳴りオペレーターにアクション実施を知らせ，オペレーターは判定結果及び設定値変更幅を確認する．操作モード（手動及び自動）切替もこの画面より行う．また，その他にアクションの基準単位操作量，判定結果ごとに設定する操作量算出係数，デッドタイム（アクション実施後の追加アクションの禁止期間）の更新も行う．

5. 結　　言

製銑情報システムレベルアップの第1ステップである焼結システムを更新する一環として製銑統合プロセス計算機システムを開発した．本システムは1台の統合したプロセス計算機で原料ヤード，焼結，コークス及び高炉の複数のプロセスを制御しようとするものである．昭和60年5月に3焼結，同年7月に4焼結で順調に稼動し，省エネルギー，省力を含めた焼結操業の効率化に大いに寄与している．また本システム構築により焼結システムの情報処理の基盤が完成すると共に使用者の参画したシステムメンテナンス体制を確立することができた．センサや付帯設備の導入と，それを利用した新規ソフトウェアの取込みも十分可能な環境が形成されている．今後，さらにシステム更新を行えば，統合プロコン拡張により従来と比較して開発工数低減や保守効率向上が期待できる．

文　　献

1）三木克之，高橋博保，渡辺　実: 鉄と鋼，**71**（1985），S 36
2）蛸島武誠，槍崎義一，高橋博保，加藤　明，富田貞雄，崎村　博: 鉄と鋼，**72**（1986），S 102
3）福田隆博，内藤文雄，姫田昌孝，末瀧哲郎，西尾通卓，西川　潔，神部三男: 鉄と鋼，**70**（1984），p. 51
4）田村　久: 横河技報，**30**（1986），p. 147
5）佐々木　晃，槌谷暢男，岡部俠児，老山大輔，竹原亜生: 鉄と鋼，**69**（1983），S 68
6）佐々木　豊，渡辺　実，老山大輔，竹原亜生，篠崎佳二，国分春生，田口整司: 鉄と鋼，**70**（1984），S 25
7）中島一磨，天野初文，飯田　修，井山俊司，中嶋由行，秋月英美: 鉄と鋼，**71**（1985），S 812
8）崎村　博，運崎秀明，三木克之，飯田　修，高橋博保，中島一磨: 川崎製鉄技報，**18**（1986），p. 136
9）高島暢宏，渡辺　実，篠崎佳二，佐々木　豊，佐藤幸男，竹原亜生: 鉄と鋼，**70**（1984），S 764