
千葉製鉄所新製鋼・熱延生産管理システム

New Steelmaking and Hot Rolling Production Control System at Chiba Works

船谷 幹夫(Mikio Funatani) 竹本 茂男(Shigeo Takemoto) 神尾 善夫(Yoshio Kamio)

要旨：

千葉製鉄所の新製鋼・熱延工場は製鋼と熱延工場を直結し、この間のスラブ輸送時間、加熱時間をゼロとするとともに、プロセスコンピュータにより完全自動制御されている。これに対応するために、生産管理システムもUNIX機による分散システムで再構築を行った。人による判断とコンピュータによる計算・チェックの機能分担を図ることで一貫製造時間を短縮した。また、自動化・省力化支援強化のために制御変数の集中管理機能を付加し、新製品開発展開支援のためにパソコンを用いたデータ解析システムを採用した。

Synopsis：

At new Steelmaking and Hot Rolling Plants of Chiba Works, two plants were connected together directly and both of the slab transfer time from steelmaking to hot rolling and its reheating time were made to be zero, and the plants have been controlled by process computer perfectly and automatically. The production control system has been reconstructed to cope with the operation of the new plants on a distribution system using a UNIX computer. The consistent production time was reduced by achieving function sharing between human judgement and calculation / checking by computer. In this system, central control function of control variables is added for reinforcing automation and labor saving, and a data analysis system using personal computer is adopted for supporting the development and build-up of new products.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

New Steelmaking and Hot Rolling Production Control System at Chiba Works



船谷 幹夫
Mikio Funatani
情報システム部システム室長(部長)



竹本 茂男
Shigeo Takemoto
千葉製鉄所 企画部システム室長(部長補)



神尾 善夫
Yoshio Kamio
川鉄情報システム(株) 千葉事業所開発グループ 部長

要旨

千葉製鉄所の新製鋼・熱延工場は製鋼と熱延工場を直結し、この間のスラブ輸送時間、加熱時間をゼロとするとともに、プロセスコンピュータにより完全自動制御されている。これに対応するために、生産管理システムも UNIX 機による分散システムで再構築を行った。人による判断とコンピュータによる計算・チェックの機能分担を図ることで一貫製造時間を短縮した。また、自動化・省力化支援強化のために制御変数の集中管理機能を付加し、新製品開発展開支援のためにパソコンを用いたデータ解析システムを採用した。

Synopsis:

At new Steelmaking and Hot Rolling Plants of Chiba Works, two plants were connected together directly and both of the slab transfer time from steelmaking to hot rolling and its reheating time were made to be zero, and the plants have been controlled by process computer perfectly and automatically. The production control system has been reconstructed to cope with the operation of the new plants on a distribution system using a UNIX computer. The consistent production time was reduced by achieving function sharing between human judgement and calculation/checking by computer. In this system, central control function of control variables is added for reinforcing automation and labor saving, and a data analysis system using personal computer is adopted for supporting the development and build-up of new products.

1 緒 言

川崎製鉄千葉製鉄所の製鋼・熱延工場のリブレースは1995年5月に完成した。このリフレッシュで、Fig. 1に示すように東西両工場に分散して設置されていた製鋼・熱延工場を西工場に集約・直結し、製鋼・熱延間のスラブ輸送機関、加熱時間をゼロとすることができた。また、新設備はプロセスコンピュータ配下での完全自動制御が可能となり、製品品質の安定、向上、新製品開発展開が従来の設備に比べより可能となった。

この新工場の操業を支える生産管理システムも、従来の物流速度が遅くかつオペレータ主導のマニュアル操業をベースとした設備に対応するシステムでは対処しきれないため、新しい視点のもとで再構築を行った。その主な特徴は、一貫製造時間短縮支援機能、自動化・省力化支援機能、新製品開発展開支援機能の新構築と強化である。

本論文では、今回構築したこの千葉製鉄所新製鋼・熱延生産管理システムの概要を上述の特徴を中心に記述した。

2 新システム構築の経緯

製鉄所における生産管理は大量の情報処理が必須で、早くからコンピュータ化に取り組んできた。バッチ処理から順次オンラインシステムを導入し、1970年代の半ば過ぎには主要工場の生産管理システムは一通り完成した。

しかし、その後、製品機能やデリバリーに対する顧客からの要求がより厳しくなる中で、製品の高付加価値化推進による新製品の開発、設備の自動化が進められてきた。このような状況下において、1980年代半ばより千葉および水島両製鉄所を中心に全社的に生産管理システムの再構築に取り組み、機能の統合化と拡充を主目的に順次第二次システムへの切替を実施した。

この第二次システムは、生産管理のコンピュータによる自動化を究極の目標としたため、コンピュータシステム規模も大きくなり、かつ各システムには非常に精緻な論理が組み込まれた。このため、稼働当初は所定の目的が達成できたもののその後の製鉄所を取り巻く環境変化に追随しきれず、徐々に各計画機能は本来期待していた効果が発揮できない状況となっていった。またコンピュータシステム規模の増大に比例してコンピュータシステムハード費用、メンテナンス費用も膨大なものになっていった。

これは生産管理システムの構築を生産管理ビジネスコンピュータ(以下ビジコンと略す)システムの構築として捉えすぎていたことも

* 平成7年5月18日原稿受付

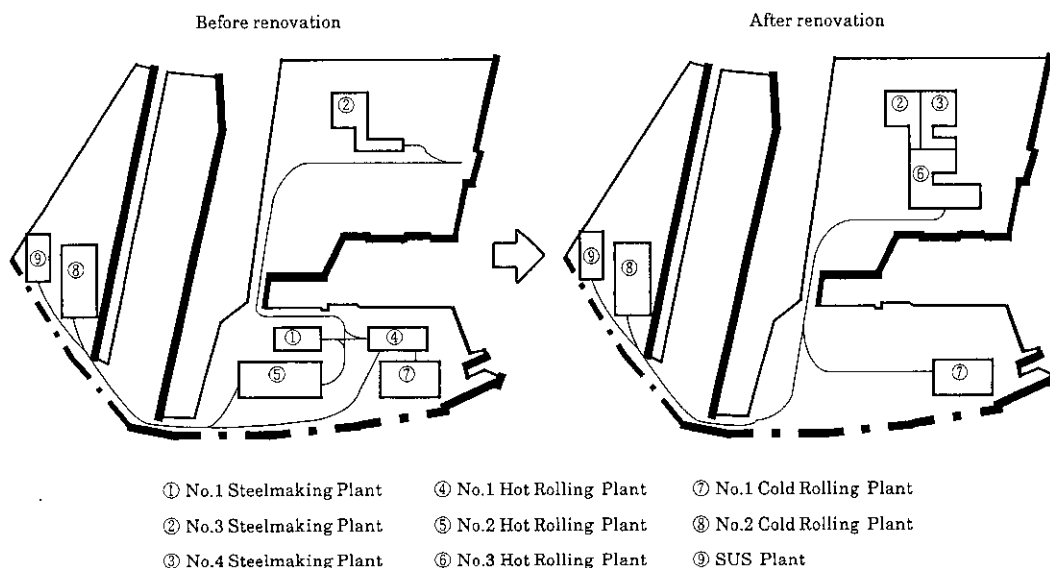


Fig. 1 Plants layout at Chiba Works

その一因である。

今回の新製鋼・熱延生産管理システムの構築にあたっては、第二次システムの経験より、製鉄所での人、物、設備からなる生産構造をベースとする生産管理の仕組みとして生産管理システムをとらえなおした。生産管理を支える情報処理システムの各部品を、人間系とコンピュータ系のいずれで実行する方がよいか、人間系や機械系に情報を提供し、情報を収集するコンピュータ群は、プロセスコンピュータ（以下プロコンと略す）も含めどのような機能分担にし、構成にするのが適切なかを検討した。

3 新システムの概要と狙い

3.1 製造リードタイムの短縮

情報処理に必要とする時間の短縮は、わずかな設備費（システム開発費）でリードタイム短縮と在庫削減が図れ、非価格競争力と価格競争力両面での大きな武器となる。

新工場では、物流速度が旧工場に比べ設備系として格段にスピードアップした。前工程の実績が出ないと後工程の命令が作成できないような情報系では設備系の速度に情報系がおいっけず、結果としてせっかくの新設備の能力が十分に活かしきれないことになる。

しかしながら、製鋼命令一つをとってみても、オーダー納期、下工程からの材料要求、製鋼製造ロット揃えの3要素をバランス良く組み合わせて実行命令を作成することは至難の技である。そのためコンピュータでの自動命令組を実現しようとするれば膨大な論理をコンピュータ化する必要がある。さらに、日々の状況変化に追従しコンピュータシステム論理を修正し、コンピュータシステム基準類を改訂していくためには、システム構築以上の負荷をシステム運用部門とコンピュータシステムメンテナンス部門に強いることになる。

3.1.1 新しい仕組みの特徴と狙い

現状では、システムメンテナンス負荷を増やすことなく、日々の状況変化に追従しきれない自動命令組コンピュータシステムを構築することは難しい。このため、人とコンピュータの機能分担を以下の

ように設定した。

- (1) 判断機能は人が行う。
- (2) 計算や結果のチェックのような標準化された機能はコンピュータが行う。

製鋼命令組でいえば、各オーダーの納期、下工程からの材料要求、製鋼生産能力の3要素のバランスをみて、一週間に出鋼するオーダーを決定するのは人であり、出鋼順を決定するのも人である。コンピュータは人がこの作業をできるだけ短時間でできるように人にデータを提供し、また人が行った作業結果を製鋼操業規制にしたがいチェックし、製鋼命令として成り立つものかどうかを確認する機能にとどめた。

この結果、工程部門もライン部門も満足できる内容の1週間分の製鋼命令が、Fig. 2で示すように3日で作成できるようになり、また完全自動化指向の仕組みと比べれば大幅なコンピュータシステム規模の削減が実現できた。

3.1.2 コンピュータシステム仕様

人とコンピュータが一体となって命令を作成していく仕組みで必須となるコンピュータシステム仕様は以下の3点である。

- (1) 人との優れた会話性
- (2) 人へのデータ指示のビジュアル化
- (3) 安定したハイレスポンス性

これらの要求仕様はホスト系処理を中心としたコンピュータシステムでは対応できないため、各命令組機能をエンジニアリングワークステーション(EWS)で実現し、データ準備と更新をホスト系で行うコンピュータシステム構成を採ることにより実現した。コンピュータから提供されるビジュアル化されたデータ提示の一例をFig. 3に示す。

命令者は、この画面上で鑄込順決定、変更および鑄込幅逆転をあたかも積木細工を行うように行う。また命令者の指示内容をコンピュータが即座に製鋼操業規制にしたがいチェックするため、命令者は作業指示にミスがあった場合はただちに修正することができ、質の高い命令が短時間に作成できる仕組みが実現できている。

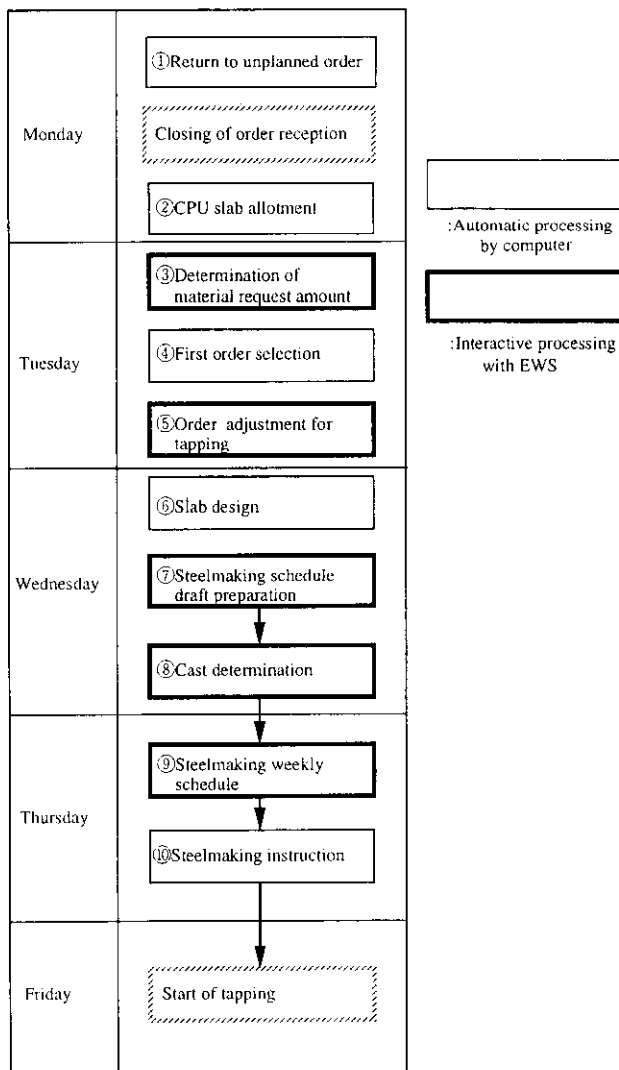


Fig. 2 Schedule of steelmaking weekly planning

3.2 自動化・省力化された工場への操業支援

千葉新製鋼・熱延工場は、自動化・省力化を徹底的に追求した工場であり、自動化操業を前提としたオペレータ配置となっている。そのため、基本的にはマニュアル操業は不可能であり、従来の設備ではオペレータの判断に委ねていた種々の臨時作業についてもコンピュータシステム化し、プロコンを通じてラインへ操業指示を出して行かないと操業の継続が不可能となる。

基本的な制御の仕組みは従来とは変わらない。例えば、熱延ラインでの板厚、幅、所定の材質を得るための圧延温度等、各ラインでの最終製造仕様を得るためにオーダ仕様と現品属性からユニークに定まる制御仕様は、オーダを管理しているビジコンで決定する。次いでプロコンではビジコンから受けた製造仕様、制御仕様と当材、前材の製造状況からのFF、FB情報により、プロコンで全ての制御仕様を決定する。

今回の新システムでは、この基本形に加え、ラインの完全自動化に対応し以下の2機能を基本仕様として追加している。

3.2.1 制御変数の集中管理機能

新設備は自動化が大幅に進み、自動制御項目は従来の設備に比べ大幅に増加した。これらの制御項目の中には、操業、管理、工程等実務部門で変更することがある制御変数も数多く含まれる。これらの制御変数はすべて基準テーブル化しコンピュータプログラムから外出しすることにより、コンピュータプログラムを変更することなく制御変数を変更できる仕組みとしている。

これらの基準の管理がビジコン、プロコンに別れていた場合、基準修正時に片系の修正を忘れ、基準不整合から不具合品を製造してしまうおそれがあるため、基準類はビジコン系基準、ビジコン系・プロコン系共通基準、プロコン系基準にかかわらずビジコンで一括・集中管理する。これによりプロコン系に関係する基準が修正された場合は、修正後の基準をビジコンからプロコン内テーブルを変更する仕組みとした。

この結果、基準不整合によるトラブルが皆無となり、またコンピ

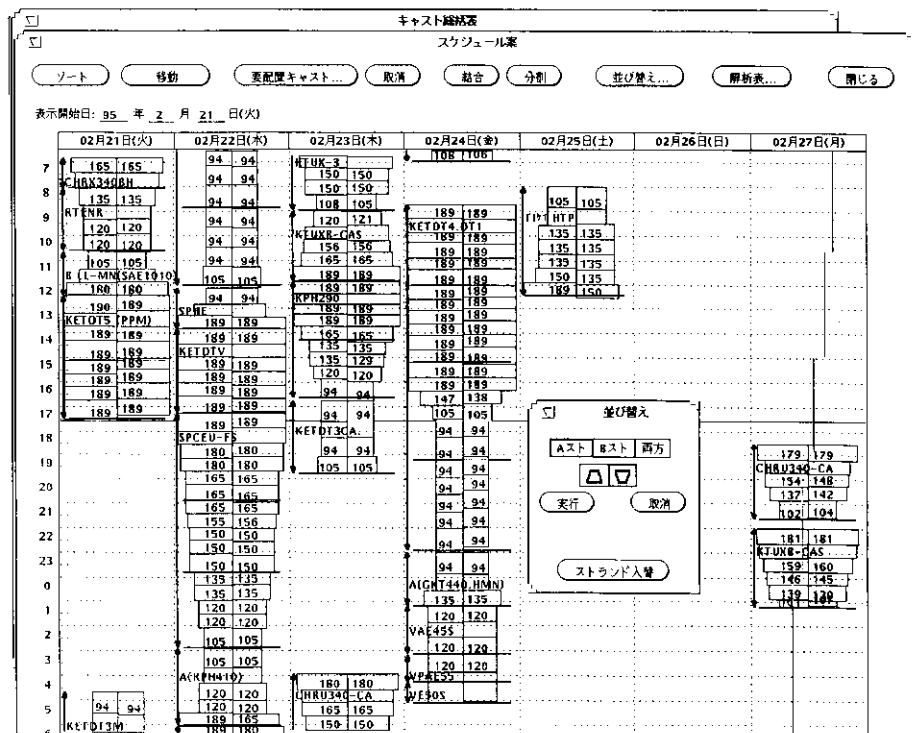


Fig. 3 EWS display image of cast scheduling

ユーザシステム面でもビジコンとプロコンの重複機能がカットできたことよりシステム規模の削減が実現できた。

3.2.2 制御変数の随時変更機能

新製品開発や操業レベルの改善のため、実験操業として、制御変数を随時に変更し改善効果を把握するための操業が行われる。

マニュアル操業が可能であった従来の設備では、実験仕様書を発行しオペレータに実験を通知することにより実験操業が可能であったが、自動化が大幅に進んだ新設備ではプロコンの制御変数を変更しないかぎり実験操業は不可能となる。そのため上述の基準類の一括管理と同様、実験仕様もビジコン系・プロコン系共通して一括管理を行い、ビジコンを通してプロコンの制御変数を自動的に変更する仕組みとした。

この結果、自動化されたラインでの操業実験をオペレータの作業負担増となることなく確実に実行できるようになった。またこの仕組みには、サンプル実験、工程実験ともに実験対象材を過不足なく自動選択する機能を追加し、実験指示に関する操業部門、技術管理部門のホワイト要員の業務効率化に大きく寄与している。

3.3 操業改善・新製品開発支援

操業改善と新製品開発は、現実の操業データの解析からそのヒントを得ることが多くある。

従来より千葉製作所では、操業データ解析のために、TOMASシステムと称する汎用データ解析システムをホスト系コンピュータのなかに構築し、各部門での操業データ、品質データのファイリングとデータ解析ツールを提供することにより、操業・品質データ解析支援を行ってきた。しかしながら、TOMASシステムはホスト系コンピュータのなかの仕組みであるがゆえに以下のような欠点をもっている。

- (1) 定型解析が月初に集中し、TOMASシステムのレスポンスが非常に悪化するし、非定常解析が実行できなくなる (Fig. 4)。
- (2) データ解析結果をレポート資料とするためには、解析結果を一度ワープロに入力する必要がある。

このため、操業改善・新製品開発のための非定型・非定常解析という面から見れば支援レベルがいま一步であり、ホワイト系業務の業務効率化には寄与しきれていない部分があった。

3.3.1 新しい仕組みの特徴と狙い

定常・定型解析と非定型・非定常解析はもともと性格が異なるものであり、それを一つの仕組みのなかで行うことに無理がある。また、定常・定型解析といえども解析結果を資料化する場合が再々ありホスト系システムとパソコンとの連携が必要となる。よって、データ解析系の仕組みの構造を以下のように設定した。

- (1) ホスト系コンピュータでは、解析に使用するデータのファイ

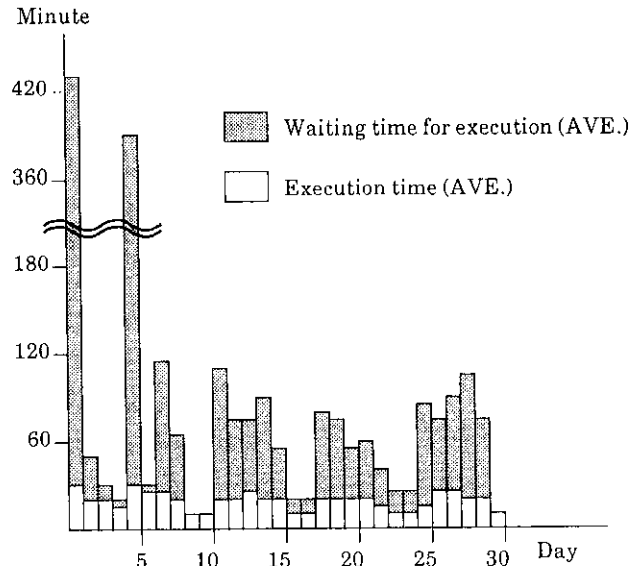


Fig. 4 Daily operation analysis of TOMAS

リングのみを行う。

- (2) 解析に使用するデータは各部門単位に部門DBを構築し、TOMASシステムへの負荷集中を分散する。
- (3) 部門ホストコンピュータを導入、部門DBのデータは部門ホストコンピュータから各パソコンに転送する。
- (4) データ解析、資料化は、実際にデータ解析を行う部門がパソコンを使用して実行する。

この結果、データ解析から資料化までの一連の作業がパソコン上で行えるようになり、また非定型・非定常解析のレスポンスも大幅に向上し、ビジネスチャンスロスの減少、データ解析業務の業務効率化に大きく寄与することができた。

さらに、いままでホストコンピュータで作成していた各種解析帳表類も、原価帳表類等の定型資料以外は前記と同様パソコンを使用してデータ解析を行う部門が自分で作成するようにしたため、従来型のシステムに比べコンピュータシステム規模の削減が実現できた。

3.3.2 コンピュータシステム仕様

ホスト系コンピュータとパソコンが一体となってデータ解析を行っていく仕組みを目標とした以上、ホスト系コンピュータにファイリングされているデータが簡単な操作でパソコンのテーブルに展開できなければならない。

また、パソコンのハード信頼性を考慮してのデータと機能のバックアップシステムを用意しておかなければならない。

よって、この仕組みを支えるコンピュータシステムには Fig. 5 に示すように、パソコンデータのバックアップをホスト系で行うこ

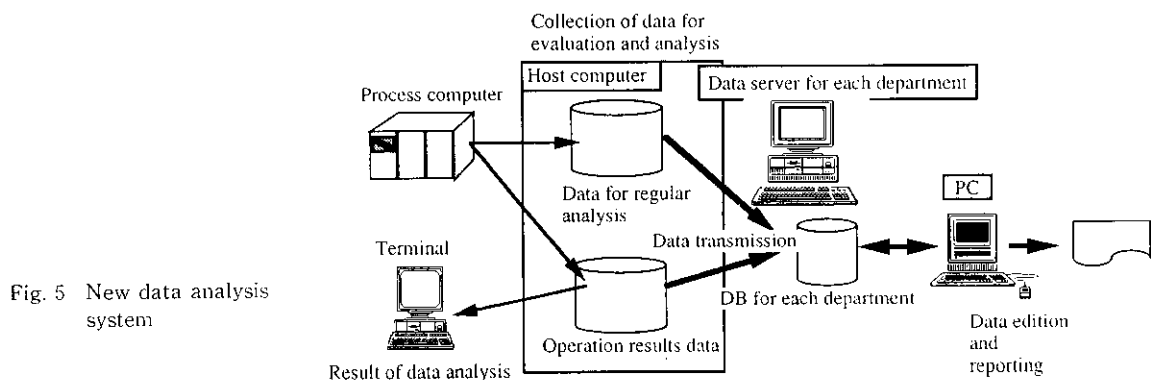


Fig. 5 New data analysis system

と、複数のパソコンで同じ機能が動かせる一台のパソコンが故障しても他のパソコンで機能が実行できる構成を要求した。

また、ホストデータをパソコン上のテーブルへ転送するツールとしては、従来より TOMAS システムの利用者が抵抗なく新システムへ移行できることをめざした。

これらの要求仕様は、各部単位に部門ホストとして EWS を設置し、EWS を各部に設置したパソコン群の部門ファイルサーバとするコンピュータシステム構成と、ホスト系データから特定の指定した項目群を部門ファイルサーバを経由してパソコン上のスプレッドシートに展開するツールを始めとした種々のサポートツール群を展開することにより実現できた。

この仕組みを利用するにあたっては、システムを利用する実務部門の要員にある程度のコンピュータやパソコンの知識が必要であるが、最近の若手の技術者にとってはコンピュータやパソコンはもはや常識の世界であり、抵抗なく新しい仕組みが受け入れられ活用されている。

4 コンピュータシステム構成とその特徴

製鋼、熱延システムリフレッシュにあたって要求機能を満足し、使いやすいシステムを安価で構築することを目指し、最新技術を取り入れたコンピュータ構成の検討に取り組んだ。

最大のテーマは基幹系オンラインシステムのメインフレームから UNIX 機へのダウンサイジングであった。その他には計画業務への EWS の適用、スタッフ業務におけるパソコンの活用、生産管理端末とプロセス制御端末との共用などがあつた。

製鉄所のコンピュータ構成は、メインフレームを中心に構築してきた長い歴史の中で確立してきたが、この検討においてネットワークを含めた新たな変化を遂げた。

4.1 UNIX 機へのダウンサイジング

コンピュータ費用のコストダウン、分散システムによる運用の柔軟性向上（複数システム／1 コンピュータから 1 システム／1 コンピュータに分散することによりシステムメンテナンスのためのコンピュータ停止の容易化など）、豊富なオープン市場ソフトの活用などを狙いとして、生産管理システムを UNIX で構築することにした。

UNIX 機の適用については 1990 年から検討を実施して可能性は確認できていたが、実適用に際してハードウェア、ソフトウェア両面で以下の検討を行い実行に踏み切った。

4.1.1 ソフトウェア検討

最初にソフトウェア機能の検討を行った。データベース管理とデータコミュニケーション管理でシステム運用およびシステム開発の両面で具備すべき必須機能を検討した。要求機能は全部で 203 項目に及んだが、検討を重ね、そのうち 154 項目を必須機能として選別し、必須機能を多く備えているソフトウェアを選び不足する機能は作成し外付けする考え方を取った。

システム開発については生産性が頭打ちになっていた COBOL に替る言語の採用を合わせて検討した。

Informix, ORACLE, SYBASE, ACCELL+UNIFY を対象に要求機能の満足度を評価し Informix の採用を決めた。

Fig. 6 に 203 項目の要求機能にどう対応したかを示す。

4.1.2 ハードウェアの検討

決定したソフトウェア環境に現行システムのデータベースと代表的なプログラムを作成し、ベンチマークテストを実施して評価し

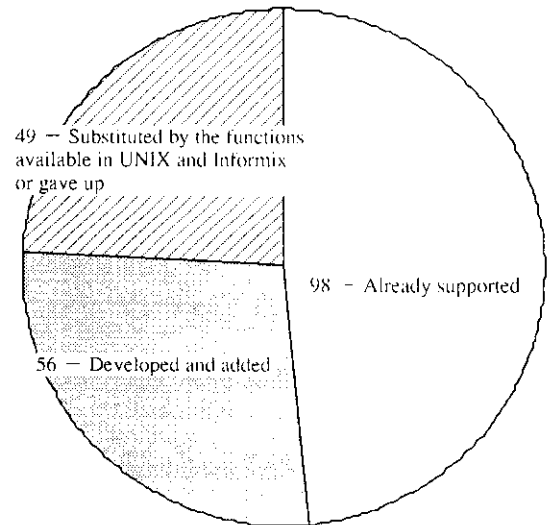


Fig. 6 Circumstances for the 203 required-software functions

た。富士通、IBM、HP のサーバマシンテストでは決定的な優位差は表れなかったが、大型サーバラインアップの充実、運用におけるホットスタンバイ方式への対応などを評価して富士通サーバに決定した。

4.2 計画性システムへの EWS の運用

高度な判断を繰り返しながら進める計画作業に EWS を適用して業務の効率化に貢献した。

EWS の GUI (graphical user interface) ツールを有効に活用することにより高度な HMI (human machine interface) を実現した。具体的には、判断情報の取りだし、判断結果に基づく情報加工指示などをマウスによるタッチ操作とし、表示する情報も図や絵情報を多く取り入れ、マルチウィンドウの活用とあわせて、すばやい判断を可能にしている。さらに EWS は専用マシンとして使用できることからレスポンスの高速化の実現した。

EWS システムの開発では生産性、メンテナンス性の向上を目的に 4 GL (FROENS) を採用した。Fig. 7 にホストと EWS の連携概念を図で示す。

5 新システムの意義と今後の課題

この千葉製鉄所の新製鋼・熱延生産管理システムは、従来ホストコンピュータに集中していた情報処理機能を、人間系も含めて機能分散を図り、生産管理の主体をコンピュータから人に戻したことに意味がある。

ホストコンピュータに蓄えられているデータは企業の共通の財産であり、専門の部門が責任を持って管理していく必要があるが、データを利用し活用していくのは情報システムを利用する各実務部門の仕事である。

従来、コンピュータの利用にあたっては JCL、プログラム言語、運用規制等を始めとするいろいろな制約があり、システムの専門部門が全ての情報処理システムを構築してきた。そのような体制の下では、情報システムを利用する部門は Want 機能も含んだ過大な機能要件をシステム部門に提示し、システム部門では機能要件のチェック能力に不足することとなり、ややもすればコンピュータシステムの肥大化へつながり、システムコストの増大につながって行った。

今回のシステム構築にあたっては、コンピュータシステムをデー

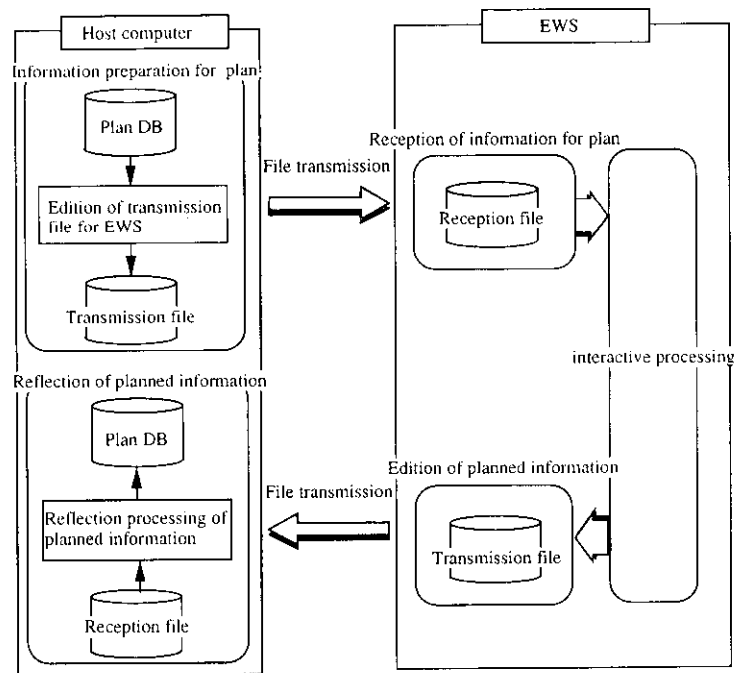


Fig. 7 Connection diagram of host computer with EWS

タ提供の道具として利用し人が生産管理を行う仕組みにシステムの構造を戻した。コンピュータシステムは生産管理の一つの道具である以上、生産管理に携わる要員が道具の性能限界を知り使用前提を熟知しないと満足できるレベルでの生産管理システムの運用は行えない。

また、コンピュータシステムからはデータしか提供されないため、生産管理に携わる人自らがパソコンを利用しデータを情報にしていかなければ、生産の管理も改善も図れないことになる。

パソコンの普及がここ数年の話であったのに対応し、パソコンを自由に扱える層もまだ若手の技術者が中心であり管理者層にはまだ完全には至っていないことと、分散処理技術そのものも現在発展途上であったことより、このシステムでのEUD、EUC化に不十分な点があることは認めざるをえないが、少なくともこの新製鋼・熱延生産管理システムは新しい情報処理技術の流れに沿った最初の大規模な本格的な生産管理システムであることは確かである。

冷延を始めとする生産管理第二次システムの今後の再構築にあたっては、分散処理技術の発展と実務部門要員の意識変化に応じ、このシステムを下敷きにし、よりEUD、EUC化の進んだ実務部門主導形のよりコンパクトで柔軟な生産管理システムにしていかなければ

ならないと考えている。

6 結 言

製鋼と熱延を直結した、千葉製鉄所の新製鋼・熱延工場に対応した新生産管理システムの概要と特徴について報告した。

この結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 人による判断とコンピュータによる計算・チェックの機能分担を図ることで一貫製造時間を短縮することができた。
- (2) 制御変数の集中管理を行うことにより、自動化されたラインに対する制御変数修正・臨時変更が、操業部門・技術部門の負荷最小で実行できるようになった。
- (3) プロコンが収集した操業実績データを、ビジコンを経由してパソコンに自由に展開できる仕組みを構築し、操業改善・新製品開発にたずさわるスタッフの業務効率化を実現した。
- (4) UNIX機による分散コンピュータシステム構成を採用することで、運用の柔軟性に富んだ生産管理システムを安価に構築できた。

参 考 文 献

- 1) 柏谷孝史:「UNIXにおけるGUI構築支援環境の整備」, 鉄鋼のIE, 31(1993)1, 34-40
- 2) 山下芳洋:「UNIXにおける基幹システム開発環境整備の考え方」, 鉄鋼のIE, 31(1994)1, 27-32
- 3) 桐谷厚志, 増田康男, 笠井康裕:「製鋼プロコン構造汎用化への取り組み」, 材料とプロセス, 8(1995)2, 383
- 4) 新山 徹, 野木昭彦, 北尾斎治, 松永彦作, 相原正樹:「千葉 No.1 酸洗ラインシステム概要」, 材料とプロセス, 8(1995)2, 456
- 5) 船谷幹夫, 菅谷照英, 蛸島武誠:「情報システムのオープン化・分散化への当社の取り組み」, 川崎製鉄技報, 27(1995)2, 67-73
- 6) 坂本 彌, 外岡英治, 星加 理, 小嶋英明, 橋本 彰, 島山広造:「製鉄所生産管理システム」, 川崎製鉄技報, 20(1988)2, 108-119