

応 用 例

鉄鋼分野における応用

Application for Iron and Steel Making Plant

菅 興彦* Okihiko Kan・川原 浩* Hiroshi Kawahara・横山常昭** Tsuneaki Yokoyama

鳥丸兼代** Kaneyo Torimaru・長友安之** Yasuyuki Nagatomo・荻野慎一** Shin'ichi Ogino

I. ま え が き

当社は、鉄鋼プロセス計算機制御に多くの納入実績を持っている。

- (1) 製鉄設備としてはその主体をなす高炉を初め、焼結機の計算機システム、原料ヤードの計算機管理システム。
- (2) 製鋼設備としては、転炉及び転炉排ガス回収装置、真空脱ガス設備の計算機システム。
- (3) 造塊加工設備としては連続鑄造設備、加熱炉、各種熱処理炉の計算機システム、スラブ管理計算機システム、各種圧延工程制御計算機システムなどの製造設備のほか、
- (4) 製鉄所の全エネルギーを管理するエネルギーセンターも得意の分野としている。

これらの技術は単に装置を製作・納入することによってのみ得られたものではなく、日本の各製鉄所、造機メーカーとの共同研究開発並びに当社の制御技術、計算機技術を駆使した自主開発によって得られたものであり、当社の技術は鉄鋼設備の特性を理解して設計、製作されているところに最大の特徴を有している。

製鉄所における計算機制御システムの特徴は、上位の管理用計算機と結合され、中央からの生産指令に従いながらプロセス制御を行うとともに、実績データをオンラインで上位に伝送し、製鉄所全体を有機的に運用する一貫システムの重要な要素となっていることである。

最近の制御用計算機では、情報の集中化と処理の分散化により管理レベルの向上と危険の局所化を目的とするものが多く、そのための重要な手段はデータウェイの導入であり、光伝送の利用と相まって、ますます普及すると思われる。しかしソフトウェアから見れば、分散化することは、通信手順の介在とデータの重複を不可避とし、信頼性の向上のためには普遍性のある通信手順の確立と制御用計算機用データベースの開発が必要となってきた。

以下に主なる分野の計算機制御システムについて説明する。

II. 高炉計算機制御システム

高炉の計算機制御システムに与えられる業務は、

- (1) 原料装入秤量制御や熱風炉制御その他のプロセス制御のようにプロセスに密着して常にオンラインでかつリアルタイムで処理されなければならないジョブと、
- (2) 各種技術計算、炉況制御モデルの開発や解析、モデルのリファイニングのためのデータ収集のように、データ処理能力や記憶容量が重視されるジョブとが混在するという本質的な特徴を有している。

最近の計算機システムでは、これらのジョブを機能的に分類し、階層化して、

1) 上位制御部（計算機システム）

プロセスの SPC 制御指令

データ収集、監視

プロセス情報処理

2) 下位制御部（分散形デジタル計測制御システム）

プロセスデータの一次処理

プロセス制御

に明確に区分して処理する方式とするシステムが優れている。両制御部はデータウェイを経由して結合され、ハイラーキーシステムを構成する。このような構成とすることによって、高炉制御システムに要求されるデータの集中化と制御の分散化という機能を調和のとれた形で満たし、効率の良いシステムを実現している。

1. 上位計算機システム（決定制御レベル）

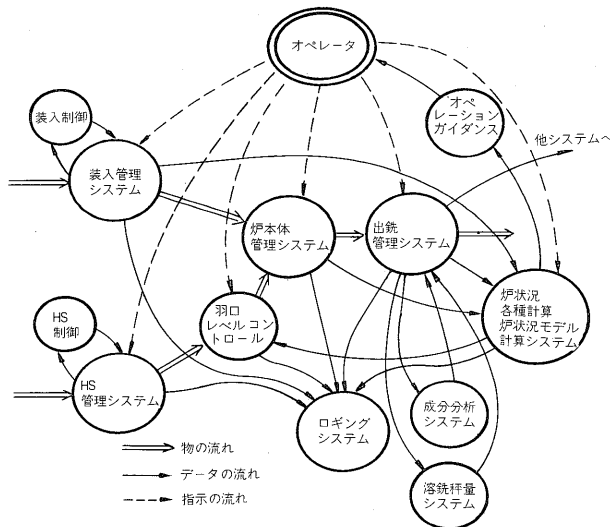
上位計算機システムは、下位分散形計測制御システムと有機的に結合され、高炉のトータル制御システムを構成する。高炉は原料系統、熱風炉、炉本体、出銑管理などデータの個数が多く、しかも装入原料、出銑などのバッチ的に発生するデータと、連続的に発生する送風関係のデータが混在しているので、これらのデータを総合的に収集し、操業で必要な形式に計算・処理し管理することがこのシステムで重要でかつ得意な機能である。第1図はこの上位計算機システムの概念図である。

2. 下位分散形デジタル計測制御システム

（調節制御レベル）

下位制御部として当社のデジタル計測制御システム

* 計測事業部 技術部 ** 富士ファコム制御 システム本部



第1図 高炉計算機制御システム概念図
Fig. 1. Concept of BF computer control system

(FUJI MICREX)を採用している。下位制御部は、高炉の各プロセス別に数システムに分割し、各々にマイクロコントローラを適用する。第2図はFUJI MICREXによる高炉の制御システムの構成図である。

各マイクロコントローラは、データウェイ (DPCS-μ) によって結合されており、信頼性の高いN:N方式のデータ伝送が行われ、データの集中化が図られている。各マイクロコントローラは対応するプロセスに適応した機能を持っており、各々独立した自己完結性の高い制御を行っているので、一部のマイクロコントローラの不具合

が他に影響を及ぼすことがなく、システムの危険分散が図られている。

III. 転炉計算機制御システム

転炉の計算機制御システムの導入目的を顧みると、そこには幾つかの変遷が見られる。

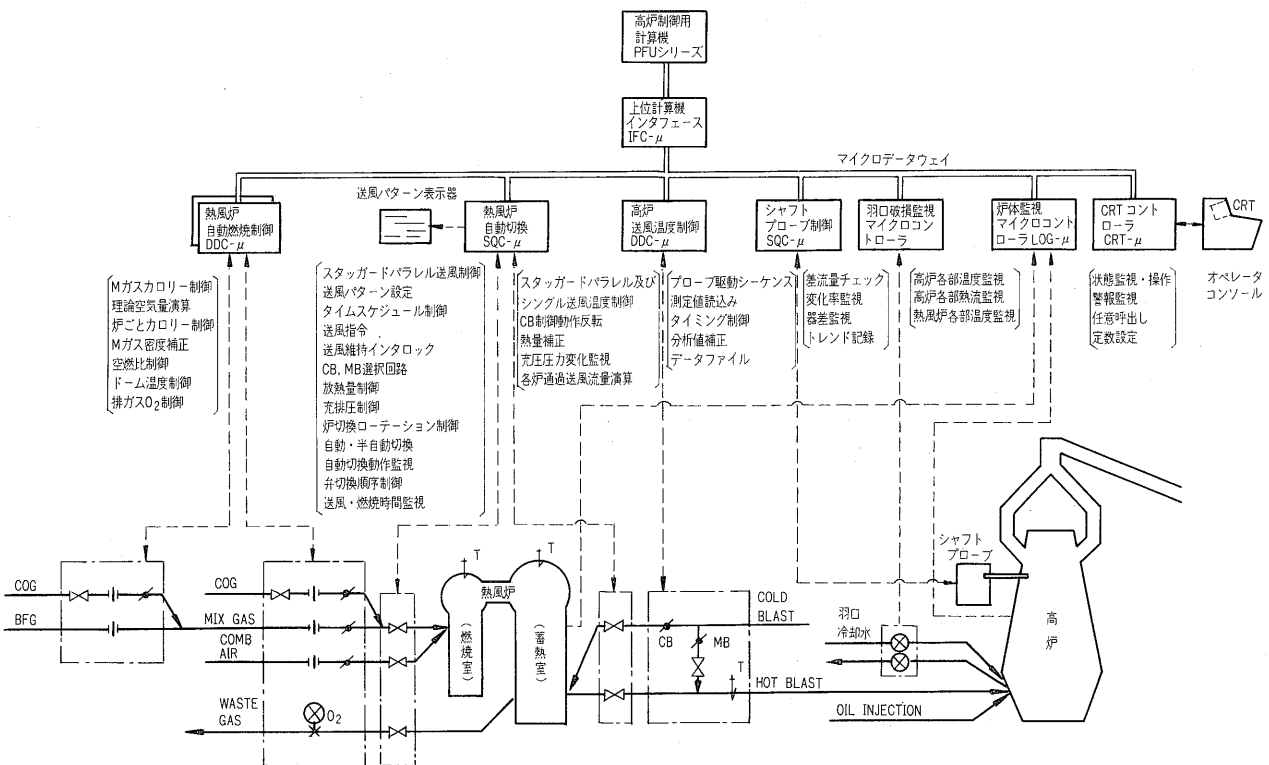
初期には大量生産と省力化による生産性の向上が主眼であり、ロギングの自動化による省力効果、吹錬制御モデルの適中率上昇による生産性の向上が重視された。

次には、熟練工不足対策及び作業標準化の要求から、計算機によるオペレーションガイド方式が一般化され、CRTディスプレイの活用が行われた。更に、下工程における連鑄化率が高まるにつれて、転炉-連鑄の操業マッチング及び製鉄所全体の生産管理の問題がクローズアップされ、制御用計算機と上位の管理用計算機の通信回線による結合が盛んに行われるようになった。

最近では、製鉄所の生産方法が大量生産によるコストダウンから高品質・高付加価値の追求へと変化しつつあることを反映して、脱ガス装置の導入、制御モデルの高級化、制御精度の向上、作業標準の精密化が要求されている。一方、石油ショックに端を発する省エネルギー・省資源の観点から、転炉排ガスの発生量を計算モデルにより予測制御し、回収量の増大と排ガスカロリーの向上を図る方式も実用化されつつある。

1. システム設計上の主眼

転炉プロセスの特徴は、次の諸点である。



第2図 FUJI MICREXによる高炉制御システム構成図
Fig. 2. Schematic diagram of the BF control by FUJI MICREX system

- (1) 複数のバッチプロセスが同時・並行運転される。
- (2) 製品及び原料は、複数プロセスをシーケンシャルに流れて行く。
- (3) 各プロセスに同一設備が複数個存在し、並行に運転される。

したがって、転炉システムにおいては、データは場所(設備)、物(製品)、時間の三つの属性を持っており、これらの属性を常時正確に把握できるようなデータ管理方式が必要になる。換言すれば、物の動きを見失わないようにすることが肝要である。転炉プロセスでは、物の動きをすべて自動的に把握することは困難であり、手動入力情報と混在する必要があるが、この際、操業シーケンスの的確な把握と適切なキーワードの選択が極めて重要である。

1) 機能分担

転炉計算機システムの主要な機能を第3図に示す。上位の管理計算機及び下位の制御装置との間で適切な機能分担を行うとともに、分担の変更に柔軟に対応できるようにする必要がある。製造命令、吹錬順序、振替命令などを上位から受信し、操業状況、実績データなどを上位へ送信するが、操業変更に対し迅速・的確な処置が行えるよう設計している。下位へのマイクロコントローラの導入は、転炉の場合まだ例が少ないが、ルーチ的な仕事はマイクロコントローラで行われるようになる。

3) データウェイの活用

工事費の低減・保守性の向上・障害の局所化の目的からデータウェイの導入が盛んであるが、転炉工場では、プロセスが散在するので特に有効である。光伝送の採用による通信の高信頼化、計算機とのインタフェースの標準化、応答性の向上に努力している。

3) マンマシンインタフェース

転炉では、きめ細かい作業指示を行う要求が強くなっているが、いかなる時点でも予定/実績データを正しく

CRT ディスプレイなどに表示できる必要があり、柔軟性のあるファイル管理方式とCRT ディスプレイ画面作成方法の確立に努力している。

4) 信頼性の向上

予備機の採用など、システム構成上の高信頼化とともにソフトウェア自体の高信頼化が重要であり、ソフトウェア作成の工業化に努力している。

2. 今後の動向と課題

転炉は、バッチプロセスであり、将来とも工場全体の自動化は困難であり、操業の重要な局面では、人の判断に頼りながら運転する方式が続くと思われる。そのためグラフィックディスプレイの採用などにより、人が迅速かつ的確に状況を把握できるよう支援する必要がある。

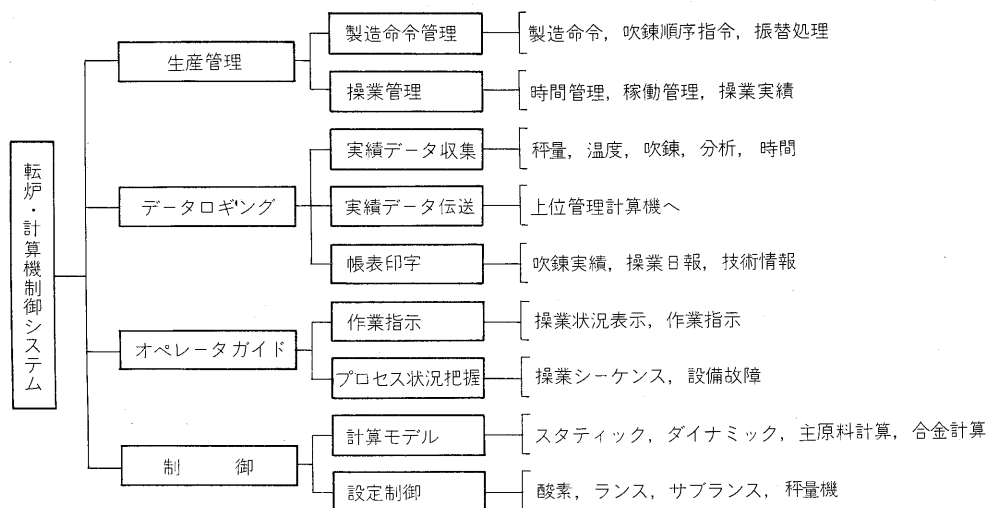
データウェイは今後更に普及すると思われるが、光伝送の採用による高速化・高信頼化のほかに、故障時のシステム編成変更、入出力情報の行先変更・入切選択、一斉伝送、個別伝送などのインテリジェンス機能の強化が要求され、鋭意開発中である。

信頼性と保守性の向上を目的として、共用予備機の導入が一般化する傾向にあるが、予備機によるプログラムの開発・テストが簡単に行えるようなシミュレータの提供が必要になる。

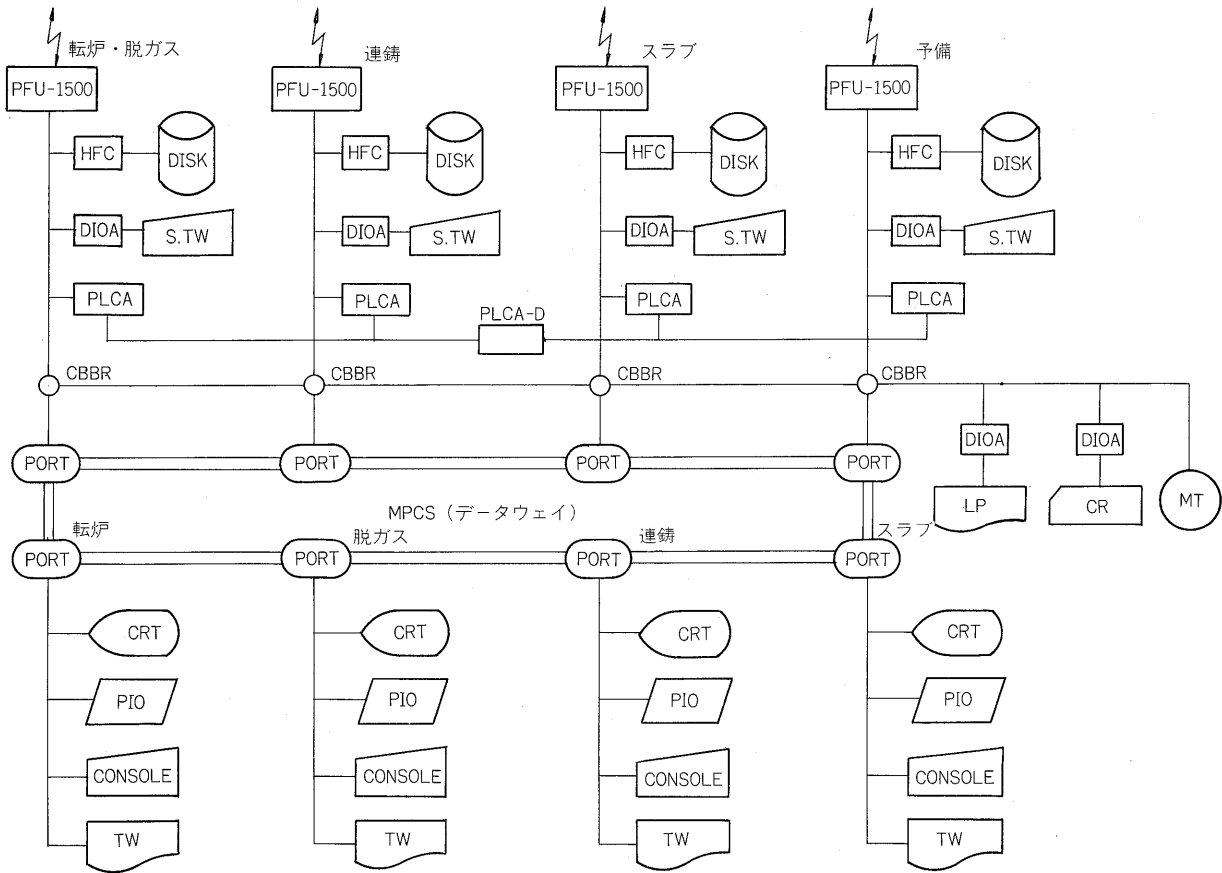
第4図に、共通予備システムを有する製鋼工場計算機制御システムの例を示す。

IV. 連鑄計算機制御システム

当社は、連鑄設備導入の初期から、計装・計算機制御システムを多数納入してきた。当初の計算機制御システムは、実績の収集、ロギング、オペレータガイドなどを主な機能としていた。しかし、製鉄所における、製造管理技術の進歩、システム技術の進歩、計算機制御システムの利用技術の蓄積を背景として、計算機制御システムに対するユーザのニーズが、質的に高度になってきてい



第3図 転炉計算機制御システムの機能
Fig. 3. Functions of BOF computer control system



第4図 製鋼工場における計算機制御システムの例

Fig. 4. Example of computer control system in steel making plant

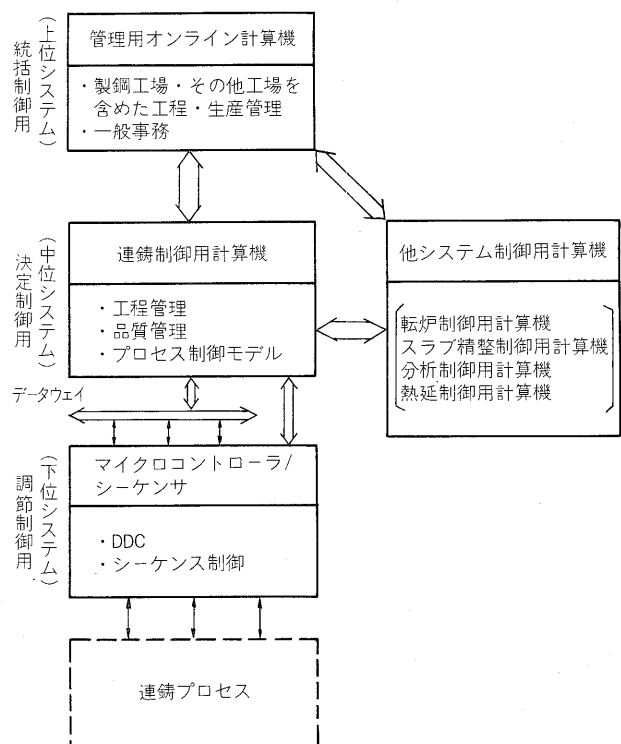
る。その結果今日では、工程管理機能・品質管理機能・プロセス制御機能を柱に、計算機制御システムは、連続設備に、必須なものになっている。

1. システム設計上の主眼

スラブの製造工程における時間的経過・処理経過が、該当スラブの任意の位置について知り得ない従来の管理レベルから、任意の位置について知り得るというミクロな管理レベルの実現が要求されており、かつその目的に供されるデータについて、今後の技術開発に資する汎用性、製鉄所全体で扱い得る普遍性を有することが必要である。このようなニーズは、必然的に連続計算機制御システムに対して、高い信頼性と、製鉄所全体における機能分担の最適化、操業実績の収集といった側面における汎用的なシステム機能を要求してくる。

1) 機能分担

DDC、シーケンス制御など、ローカルな制御機能をマイクロコントローラに分担させ、制御用計算機の負荷軽減と更に制御の高度化、危険分散を図る。増大する情報処理や高度な制御モデルの開発・実行のために、制御用計算機をセンサベースとデータベースに機能分割する。など多様なニーズにこたえ得る、ハードウェア並びにソフトウェアを用意している。これらを背景に、第5図に



第5図 連続計算機の階層構成

Fig. 5. Hierarchy structure of CC computer control system

示す階層的なシステムを構成し、制御用計算機と下位レベルのマイクロコントローラの機能分担を最適化させている。また、機能の階層間移動に対しても柔軟性をもたせている。

2) システムの高信頼性

(1) データ転送制御機能の信頼性

データの有機的結合という要求から、計算機間の伝送異常は、システムの停止にも匹敵している。そこで、高速・高信頼性で、かつ効率的な情報伝送が必要となり、MODEMを使用する所には、基本伝送手順がファームウェア化されたBCA (Basic Mode Communication Adapter) を、計装マイクロコントローラ間には高速なPLCA (Parallel Line Communication Adapter) を採用している。

更に伝送制御機能・管理機能の標準化を図り、効果を上げている。

(2) 計算機の稼働率の向上

ミクロなデータ管理と、高度なきめ細かい制御を行うため、プラント稼働中の計算機の停止は許されなくなった。この対策として、マルチCPUシステム、デュプレックスシステム、ロードシュアシステムを採用し、信頼性を向上させている。

(3) 制御の危険分散

マイクロコントローラ (FUJI MICREX) を導入し、従来制御用計算機で行っていた制御を、マイクロコント

ローラ複数台に分担させ、制御用計算機及びマイクロコントローラがダウンしても、影響を局所的に抑えられるように、危険の分散を行っている。第6図はその構成の一例である。

3) システムの柔軟性

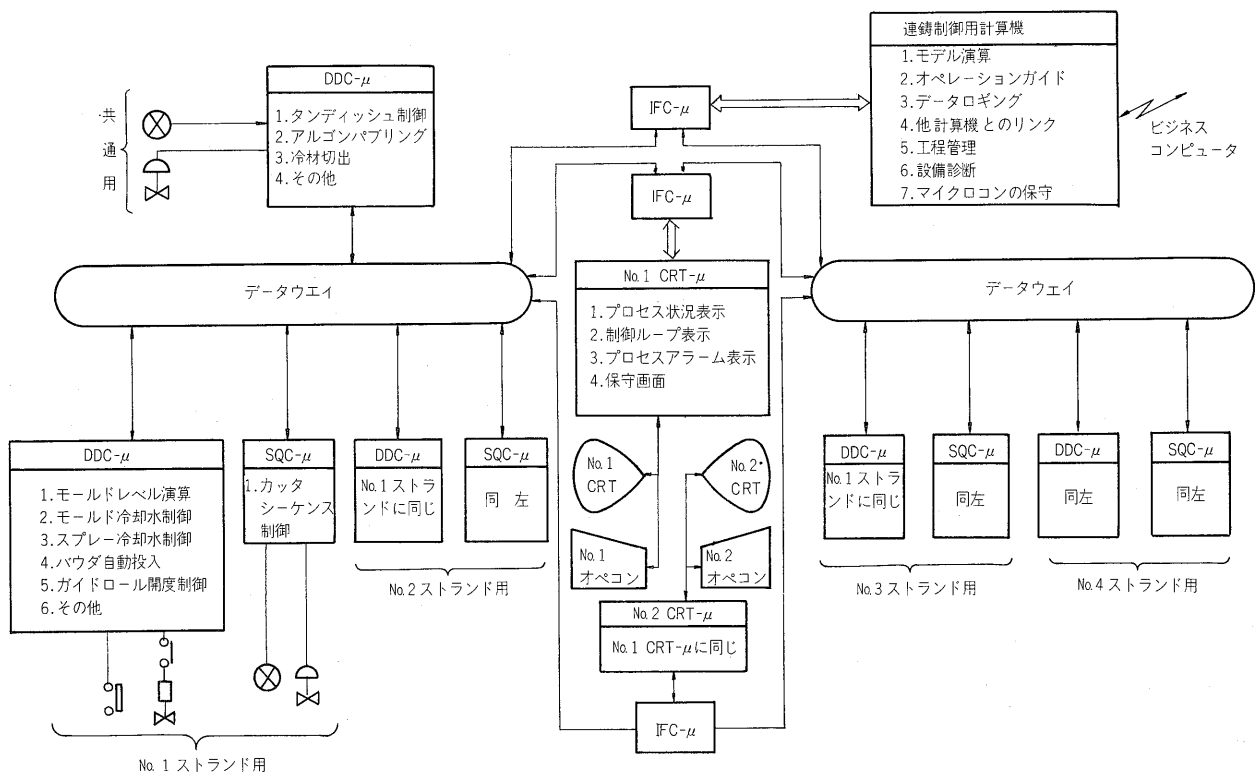
連铸プロセスのデータを、時間や铸造長などの普遍的なキーで統一的に管理し、製造技術標準などの特定の目的に加工集約せずに、事象発生順に蓄積するデータ管理を採用している。このシステム構造は次の特徴をもつ。

- (1) プロセスデータの特定の目的への加工集約を、容易に自由度を持たせて行える。
- (2) 設計思想の統一により、データ収集機能の保守性の向上を図ることができる。
- (3) 蓄積データを他計算機システムへ伝送する場合、他計算機システムでは、伝送のインタフェースを変えることなく、特定の目的への加工集約を自由に行える。

2. 今後の動向と課題

連铸技術は、生産性の向上・品質の向上を目指して発展することが十分予想される。しかし、連铸設備の形態これを取りまく要素は流動的である。プラントの管理システムとしての、連铸計算機制御システムの役割も、更に高度化・多様化してくると思われる。これに伴い、

- (1) システムの高信頼性への強化
- (2) 階層化システムの機能分担の最適化
- (3) 新しい効果的なセンサの開発



第 6 図 連铸計装システム概要 (大規模な分散形総合計装システムの例)

Fig. 6. Outline of CC control system (Example of large distributed control system)

などが望まれる。

当社はCRTディスプレイを全面採用し、設定盤の削除を行い、マンマシンインタフェースとしての機能を向上させると同時に、生産性の向上を図っている。同様に、アプリケーションソフトウェアにおいても、長年の蓄積されたこの分野の実績を生かし、汎用的機能の標準化、パッケージ化など強力に推進し、生産性向上に努めている。

V. 圧延機計算機制御システム

圧延機分野の計算機制御は、電気品と一体となって鋼材を動かすとともに形状制御を行い、かつ、その鋼材の情報処理を行う。したがって圧延機分野の計算機システムは、一般的に次のような機能が要求される。

- (1) 計算機周辺機器のみならず、電気品を含めた信頼性を要求される。
- (2) 鋼材の動きに合わせて圧延ラインの制御を行うため、演算処理、情報処理も含めて速い応答速度が必要とされる。
- (3) 鋼材に関する情報処理にきめ細かなサービスが必要である。

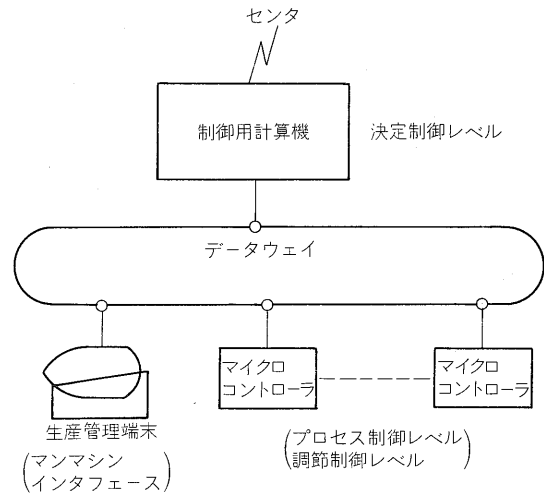
最近では計算機の著しい技術革新により、プロセス制御レベルの処理のみならず、生産管理レベルの処理が増加している。更にマイクロコントローラの出現とその機能上昇によって、プロセス制御レベルの処理の一部及びワイヤードロジック制御は、マイクロコントローラに置き換わりつつある。したがって、圧延機分野のシステムにおいても計画レベルの大形汎用計算機、生産管理も含めた決定制御レベルの制御用計算機、調節制御レベルのマイクロコントローラの3階層から成るハイラークシーシステム構造へと移行しつつある。この背景には、半導体集積技術などのめざましい進歩による制御用計算機、マイクロコントローラ的能力向上だけでなく、データウェイに代表されるデータ伝送技術の進歩が大きく寄与している。

当社はPFUシリーズ計算機、マイクロコントローラ及びデータウェイ並びに豊富な周辺機器などをツールとして、分塊圧延、厚板、線材、棒鋼などのシステムを数多く納入しており、その実績に基づき最適なシステムの設計、製作が可能である。

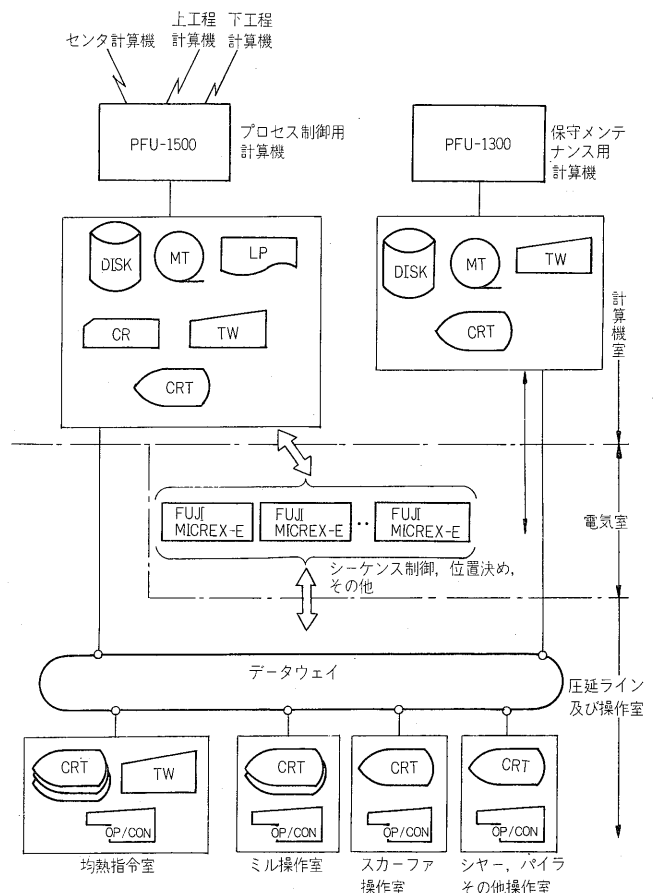
1. システム設計上の主眼

当社のシステム設計上の留意点としては、以下のとおりである。

- (1) マイクロコントローラの有効活用により、従来のワイヤードロジック部を極力置き換え、無接点化を進め、信頼性の向上を図る。
- (2) 従来、制御用計算機で実施していた調節制御的な処



第7図 圧延工場における分散形基本システム構成
Fig. 7. Fundamental system configuration in mill factory distributed type



第8図 分塊圧延システムにおける設計例
Fig. 8. Example of system configuration in the blooming & slabbing mill computer system

- 理はマイクロコントローラに移し、制御用計算機の占有率を下げるるとともに生産管理的情報処理の集中化と制御の分散を考慮し、危険分散を図る。
- (3) データウェイの有効活用により処理を必要とする場所での処理と工事費の削減を行い、トータルコストダウンと信頼性向上を図る。

以上の事項を考慮し、第7図に示すシステム構成を基調としている。しかしながら実際の適用に際しては、システムの内容、規模、応答速度を考慮した場合、必ずしも第7図に示す方式が最適でない場合がある。その場合には、従来形と第7図の両方式を取り入れて検討することとしている。

第8図は、分塊圧延システムに適用した場合の設計例である。本システムの特徴とするところは、次のとおりである。

- (1) 計算機室と電気室は近接しており、データウェイを用いる必要性がないため、マイクロコントローラFUJIMICREX-Eと制御用計算機PFU-1500は直接計算機結合し、処理の迅速化を図っている。なお、一般的に圧延機システムでは、計算機室と電気室が近接している場合が多い。
- (2) 各操作室は現場に点在しているため、データウェイを活用しマンマシンインタフェース用端末を接続している。
- (3) 保守の容易性と省力化をねらいとして、電気品を含めたシステム機器の監視システムを導入している。

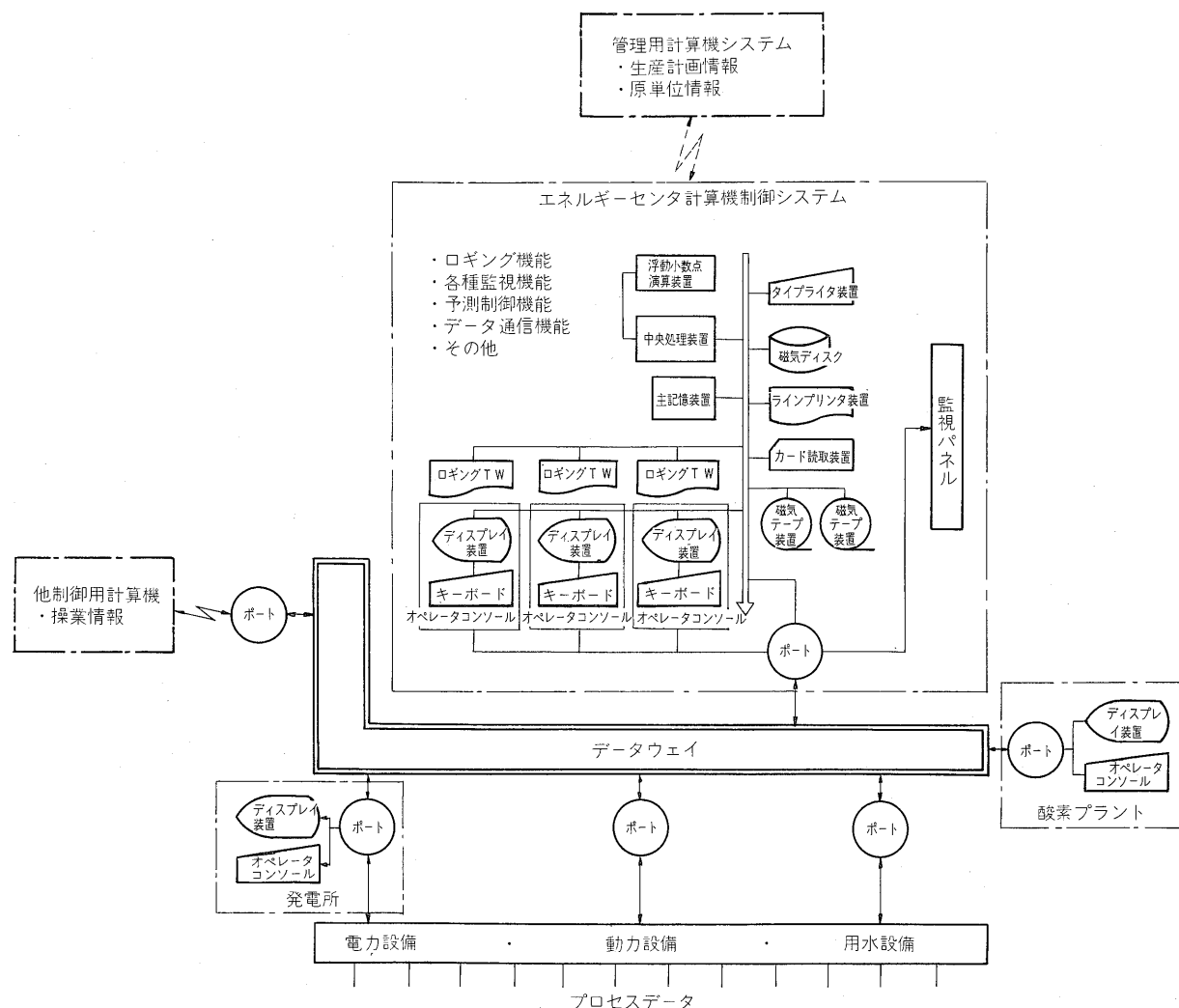
2. 今後の動向と課題

今後の動向としては、かつての高度成長期の生産性向上を目指したシステムから製品品質の向上、歩留り向上を重視したシステムが指向され、生産管理面の情報処理の充実が図られることとなろう。また、省力化によりシステム全体として保守の容易なものが要求されるであろう。

VI. エネルギーセンタ計算機制御システム

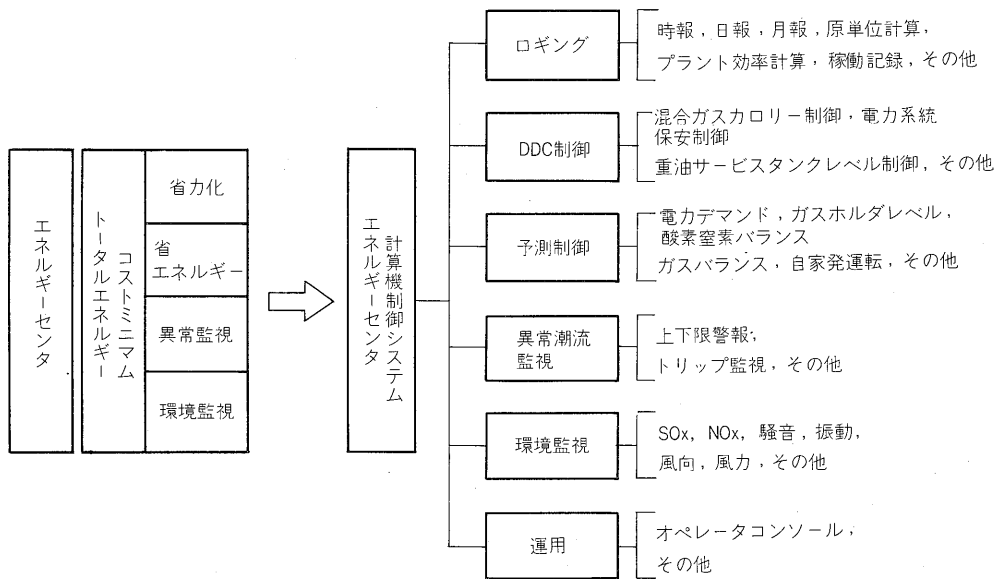
エネルギーセンタにおいても、遠方監視制御装置の導入による変電所、ガスステーションの無人化・省力化をはじめ、CRTディスプレイによる表示機能の充実・操作性の向上など特筆すべき多くの開発、改良が行われてきた。

当初は単純なロガーと潮流監視を出発点としたものであった。しかし、その後、エネルギーの需給バランス調整と経済配分・各種の予測制御・高度なデータ処理が、その演算能力を生かして組み込まれ、副生ガスの有効利用・設備の安定運転・原単位の低減などに、大きな具体的成果を上げている。



第9図 エネルギーセンタ計算機制御システム構成例

Fig. 9. Example of computer control system in energy control center



第10図 エネルギーセンタ計算機制御システムの機能
Fig. 10. Functions of energy control center computer control system

一方、省エネルギーの目的とは異なるが、ここ数年来新たな機能として環境監視が定着してきた感がある。

石油ショックに端を発したエネルギー需給のひっ迫とコスト上昇は、改めて省エネルギー思想にスポットライトをあて、十数年の歴史をもつエネルギーセンタ技術に大きく期待を寄せる結果となっている。

1. システム開発の主眼点

トータルコストミニマムを目標に掲げ、省エネルギー時代に誇れる機能の開発強化を行ってきている。その中から、特筆すべき機能を以下に紹介する。

1) 電力デマンド制御

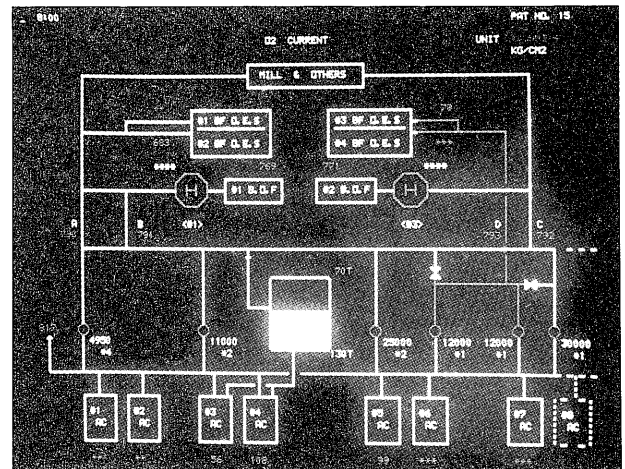
本機能は、エネルギーセンタへの計算機導入当初から計画され、各製鉄所の負荷条件に適合した各種予測演算方式を開発して今日に至っている。

CRT ディスプレイによるデマンド曲線のリアルタイム表示は、緊急時の負荷制御の操作を容易にし、契約電力の遵守に絶大な効果を取めている。買電電力の時系列データによる瞬時値予測に加えて、過去の操業実績から運転員にピーク時間帯を指示する点に特色がある。なお、電力消費量の瞬時値変動が大きいケースに対しては、操業状況を加味した予測を行うとともに、実際の消費電力量を基準にした選択負荷しゃ断を一部取り入れ、即応性を高めて契約電力量の引き下げを図っている。

2) 自家発電最適運転計算

買電料金の上昇に対処していく上で、自家発電の運転合理化を果たす役割は大きい。本機能は、オンラインで、副生ガスの放散防止・重油投入時のSOx規制をはじめとしたプラント制約条件のもとに、

- (1) 副生ガスのボイラへの最適配分
- (2) 発生蒸気量のタービンへの最適配分
- (3) 自家発電と買電電力量との最適比率の決定



第11図 エネルギーセンタにおけるCRT画面一例
Fig. 11. Example of CRT display in energy control center

の各種計算を行い、電力におけるトータルコストミニマムを目的としたものである。この結果、プラント効率の向上・環境対策・副生ガスの有効利用など、多面的な効果をあげている。

3) ガスホルダ制御

副生ガスホルダの安定操業を目的とし、従来から、レベルの予測制御・パララン制御などを行い、ガスの安定供給・有効利用に側面から役立ってきた。中でも、発生が不規則で、レベル変化の予測が困難である転炉ガスについては、その予測精度の向上が課題となっていたが、当社においては、近年、新しい制御方式を開発し、転炉ガス放散を皆無にすることに成功している。

2. システム機能の概要

エネルギーセンタ計算機システムの機能概要を第10図に示す。近年のエネルギーセンタは、遠方監視制御装置・高速データウェイ・高速モデムなどを伴い、所内全域

をカバーする情報収集手段を具備している。計算機は、これらから収集される大量の情報を利用し、各種の演算制御を行っている。当社は、個々のプラントの特殊性を考慮し、豊富な経験と技術をもとに、最も適するシステムを提供してきた。

3. 今後の動向と課題

省エネルギーのテーマは、エネルギーセンタの機能強化のみによって達成されるものではなく、製鉄所各工場設備の運転合理化に負うところもまた大きい。

エネルギーセンタは、過去スタンドアロンシステムとして、予測精度の向上や最適配分計算論理の確立などの面で、著しい成果を上げてきた。今後の開発の重点は、個々の制御機能のレベルアップから製鉄所全体としてのトータルコストミニマムの運転指示に移っていくと思われる。その際、他計算機システムからの情報、とりわけ管理用計算機からの生産計画情報や他プロセス計算機からの実操業データなどを取り込み、よりの確な予測演算と適正な配分を求めてスタンドアロンシステムを脱した構成になっていくであろう。

現在取り組みつつあるエネルギーセンタの新しいテーマとして、

(1) 酸素の放散防止

(2) 工水の循環利用に伴う水質管理

がある。従来は独立したプラントとして存在したそれぞれの設備が新たにエネルギーセンタのもとに置かれて、ユーティリティとしての一括集中管理が更に進んでいくものと思われる。

VII. あとがき

鉄鋼設備のデジタル情報処理技術について代表的な設備への応用について、最近の傾向、特徴を述べた。これらの技術は国内ばかりでなく海外にも輸出され、順調に稼働を続けている。

鉄鋼の制御技術は設備の進歩、操業技術の進歩、制御機器の進歩と相まって進歩するものであり、当社の技術が多少なりともこれら技術の進歩の参考となれば幸いである。

参考文献

- (1) 日本鉄鋼協会：第57, 58西山記念講座 鉄鋼業における設備技術（昭54）
- (2) 新日本製鉄・大分システム開発室：第65回計測部会資料 プロセス管理のシステム構造（昭52）



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。