

鉄鋼プロセスの管理とコンピュータ・システム*

伊 藤 朗** 中 野 宣 邦**

コンピュータが1960年頃に、米国ではじめて産業界に導入されてから約10年を経過した。初期にはコンピュータの能力が過大に評価され、そのため多くの誤解と失敗が繰り返されたが、コンピュータ利用技術の進歩とともにその利用範囲は加速度的に拡大し、最近では用途別に配置したコンピュータを階層的に結合した、いわゆるハイアラキ・システムにまで発展している。

コンピュータをプロセス産業に導入する目的は、ひと口にいって生産活動を合理化して生産コストを低下させることである。コンピュータ設置の効果としては、生産性の向上、歩留り向上によるコスト削減、省力化などがあるが、これらは今までの手作業の一部を単にコンピュータで置き換えれば達成できるというものではない。まずコンピュータの現在の機能では100%の人間の代替はできないし、また生産活動のうちには人間の方がコンピュータより優れている面が数多くある。したがって人間とコンピュータおよび生産設備がうまく調和したシステムによって生産活動を行なうことが最も重要である。このような適切なマン・マシーン・システムを作り上げるという意味からは、現在のコンピュータ・システム技術はまだ完成されたものではない。

本文ではコンピュータを積極的に活用している鉄鋼業のコンピュータ・システムを例にして、プロセス産業へのコンピュータ利用技術の現状とその問題点の概要を説明する。

1. 鉄鋼プロセスにおけるコンピュータの利用

鉄鋼プロセスは図1に示すように、主原料の鉄鋼石から製鉄、製鋼、圧延の3工程をへて成品の各種鋼材を製造する。

製鉄工程では、高炉（溶鉱炉）の炉頂から鉱石と還

元用コークスを交互に装入し、炉底部からは高温空気（熱風）を送り込んで還元反応を起こさせ、炉底から一定時間毎にとけた鉄鉄を得る。最近建設されている高炉はきわめて大型で、生産能力は7000 t/日から10000 t/日に達する。

製鋼工程は、高炉より供給される溶鉄（炭素4～5% および不純分を含む）を精錬して、鋼（炭素1%以下）を製造する。日本では製鋼工程の主流は転炉で、この炉の内部に溶鉄とくず鉄および生石灰を装入し、上部から吹き込む純酸素によって不純分（炭素、シリコン、リンなど）を酸化除去する。大型の転炉では35～40分間隔で、1度に300トン程度の溶鋼を製造する。この溶鋼は用途に応じた鋳型に注入して鋼塊を作るか、または近年発達してきた連続鋳造法により溶鋼から直接鋼片を作る。

圧延工程は、分塊圧延と仕上圧延にわけられる。分塊では鋼塊を均熱炉で加熱したあと分塊圧延機で鋼片とする。鋼片はサイズによりスラブ、ブルーム、ビレットに区分されている。分塊または連続からの鋼片は加熱炉で加熱されたあと、仕上圧延機によって条鋼、厚板、熱延薄板等の成品鋼材となる。熱延薄板の一部は、さらに常温で圧延され冷延薄板となる。圧延された鋼材は切断、矯正、手入れ、寸法、検査、マーキングなどの精整工程をへて出荷される。冷延薄板のなかには表面処理工程でブリキ、亜鉛鉄板等につくられるものもある。

以上は生産部門で、これらのほかに荷役、運搬設備、電力、ガス、水などを供給する設備など多くの付帯設備がある。

このような鉄鋼プロセスの特長としては、(1)設備単位が大きく物量、エネルギーの流れが莫大である、(2)受注生産のため生産管理が複雑である、(3)多くのパッチ・プロセスが複雑にからみ合っていて、各工程における負荷バランスとか置場管理が重要、(4)手動操作による作業が多いなどである。これらの特長がコンピュータの導入を必要とすると同時に、効果あるコンピュータ・システムの確立を難かし

* Computer System for the Control of the Iron- and Steel-making Process, by Akira Ito and Nobukuni Nakano (Process Automation Office, Nippon Steel Corporation)

** 新日本製鉄株式会社、計装技術室

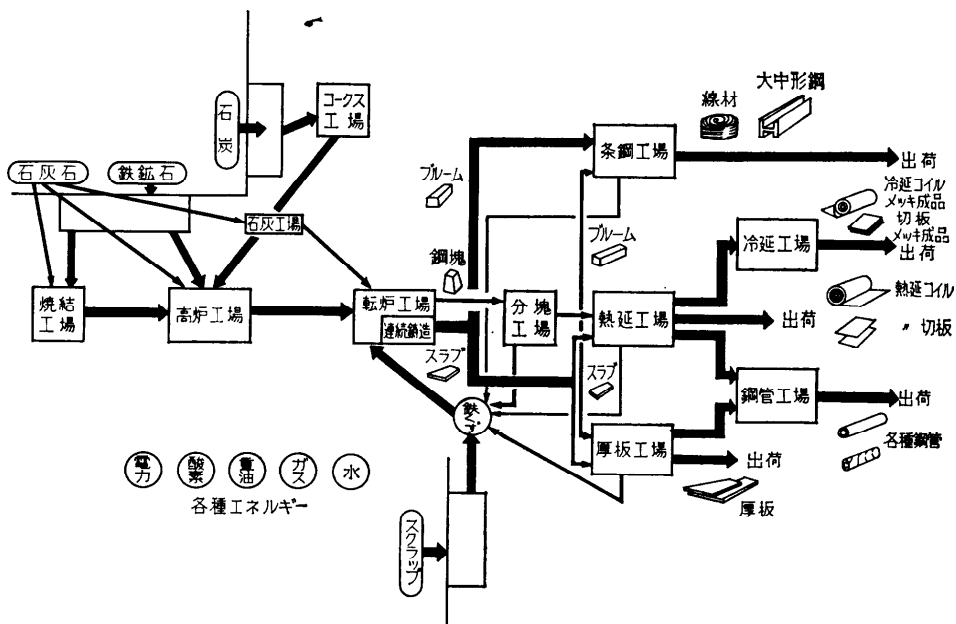


図 1 鉄鋼一貫製鉄所の物の流れ

くしている。

鉄鋼におけるコンピュータの導入については、事務合理化の面とプロセス制御への応用という2つの面から始まった。事務用ではPCSに引き継ぎ、昭和35年頃からEDPSが導入され給与計算、資材計算のようなバッチ処理業務がスタートした。ついで第3世代のコンピュータの出現により業務は拡張され、生産事務、販売事務のバッチ処理が始まった。その後昭和42年頃からオンライン・トータル・システムをもつ新鋭製鉄所の建設が盛んになった。このシステムは生産計画、生産調整、工程管理、運転制御、省力化などを有機的に結合したものである。現在このシステムは受注—生産—代金請求にわたる企業内の生産管理システムとして確立されようとしている。

一方プロセス制御では昭和35年頃から転炉、圧延工場を中心に導入され、はじめはオペレータ・ガイド・システムがとられた。ついで局部的な自動制御と結合され、プロセス・オートメーションとして発展した。

コンピュータはいわゆるビジコン（事務用）とプロコン（プロセス制御用）があるが、オンライン生産管理システムではこの両者がオンラインまたはオフラインで有機的に結合され、コンピュータ・ハイアラキー

を形成している。表1に最近の導入状況を示す。

表 1 日本鉄鋼業コンピュータ設置状況（含既発注）

(46年7月1日現在)

		高炉 会社	平炉 会社	電炉 会社	単 社 他	計
ビ ジ ネ ス コンピユータ	設置会社数	9	3	17	6	35
	台 数	132	10	40	12	194
プ ロ セ ス コンピユータ	設置会社数	6	—	3	1	10
	台 数	169	—	4	2	175
計	台 数	301	10	44	14	369

鉄鋼会報による。²⁾

コンピュータを鉄鋼プロセスに導入する目的としては設備の生産性向上、品質管理の強化、生産管理の合理化、省力化などがあげられる。これらの目的達成のために導入されたコンピュータ・システムの効果を数量的に算定することは非常に難しい。コンピュータの導入によって実際に生産コストが下がったとしても、普通それには他の要因も数多く関係していて、単にコンピュータ導入の効果だといえる場合は少ない。さらに算定できない効果、たとえばコンピュータでのデータ・ロギングによって操業者のプロセスに対する理解度が深まったことなどは、すぐには生産性向上に結びつかないにしても長期的に見た場合無視できない大き

な効果である。

最近建設された新鋭製鉄工場では、コンピュータ導入を前提として設備を設計し人間、生産設備、コンピュータの3者の特長をうまく利用することにより大幅な生産性の向上が達成されている。これは逆に年産1000万トン以上の新鋭製鉄工場の操業はコンピュータの導入によって始めて可能になったといっても誇張ではないだろう。

2. オンライン・コンピュータ・システムの実例

2.1 総合生産管理システム

すでに述べたごとく製鉄工場は物の流れが複雑であり、また受注生産であることから生産管理の重要性は大きい。鋼材の製造は受注後に材料の仕様、数量、納期などを勘案のうえ製造ラインと工程を決定してから開始される。工程の組み方は成品→鋼片→鋼塊の各工程を逆算し、遡上方式によって製鋼工場の作業にはじまる(図2)。これまで工程に精通した人による人海

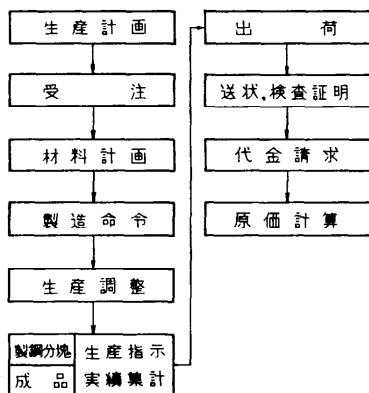


図2 鋼材生産管理フロー

戦術で生産管理を行ってきたが、従来の比較的生産規模の小さい製鉄工場ならともかく、最近建設されている大型製鉄工場では物量、情報量ともに膨大で、これを人海戦術で管理することは難しく、また生産コストの面からも不利である。そこで製鉄工場の円滑で効率的な生産操業管理を行なうため、コンピュータによる全工程一貫したトータル情報管理が行なわれるようになってきた。この生産管理用システムの目的は(1)生産管理要員の削減、(2)納期管理の強化、(3)歩留、生産性の向上があげられる。

総合生産管理システムの例として新日鉄君津製鉄所

のコンピュータ・システムについて説明する。君津オンライン・システムは製鉄所の主要機能別に設置した、いわゆるハイアラーキ・システム構成をとっている。君津オンライン・システムの組立を図3の第I期計算機構成に示すが、管理レベルA、Bはオフライン処理であり、Cレベルはオンライン生産管理用コンピュータ、Dレベルはプロセス・コンピュータである。

この君津システムは昭和41年半ばに第1高炉建設の確定と同時に検討に入り、昭和43年4月厚板、8月冷延、12月熱延と相ついで生産管理システムが稼働を開始し、またプロセス・コンピュータも焼結、高炉、転炉、分塊、熱延とそれぞれ設備稼動と同時に立上っている。このシステムの特長は下記のごときものである。

(1) A、B、Cレベルは生産管理を主目的とする。

(2) オンライン生産管理は効果の大きい成品工場を対象とする。

(3) Cレベル(オンライン)の故障は生産停止につながるため、A、Bレベル計算機と一緒に製鉄所中央事務所に設置し十分保護している。万一故障した時にはA、Bレベル計算機のうち1台に切替える。

(4) Dレベル(プロセス)はプロセス制御を主目的とする。

(5) Dレベルは数式モデルの変更などのために停止することがあるので、各工場からの情報は現場の専用端末機器から直接Cレベル・コンピュータに電送回線を通して伝送する。

君津システムはその後第2高炉火入れ(44年10月)にともない各レベルの増設あるいは増強を行ってきたが、第3高炉完成時点(47年3月)に図3の第II期システム構成に変更された。第II期システムは基本的には第I期と同一の思想を踏襲しているが、差異としては下記があげられる。

(1) 転炉、分塊工場がそれぞれ2工場であるため、この間のデータ処理の迅速化をはかるとともに、さらに後工程である成品工場へデータを流すため製鋼分塊Cレベル・コンピュータを導入する。

(2) 自動運転との結合を強化するため、サテライト・コンピュータ(Dレベル)を厚板、条鋼工場に設置する。なお図3ではCレベルのバックアップ・コンピュータが脱落しているが、実際には第I期システムと同じく6台に対して1台のバックアップを設け、万一の故障の時は切り換えられるようになっている。オ

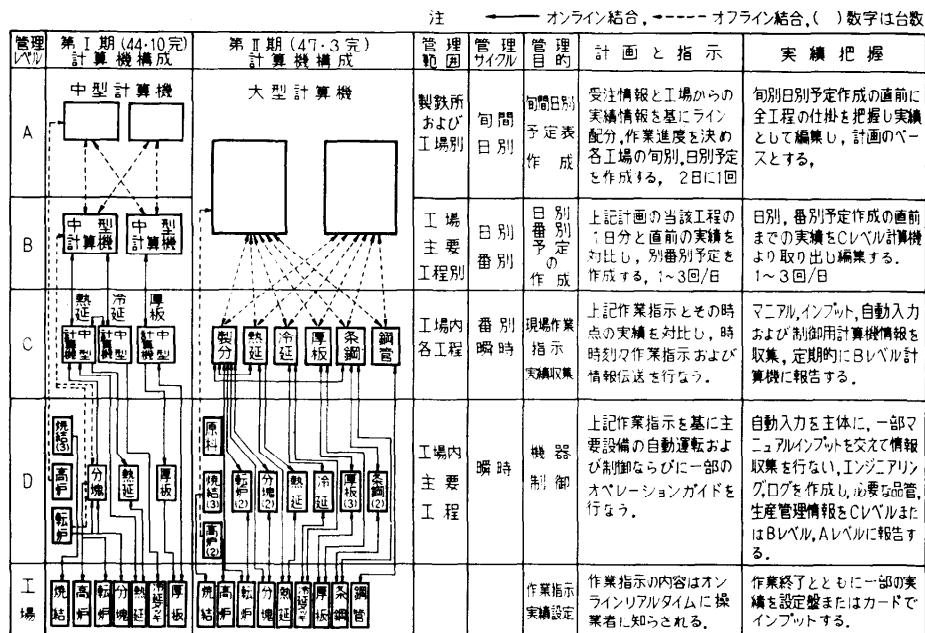


図 3 情報処理システム概念図 (新日鉄君津製鉄所)

オンライン・コンピュータの正常稼働時には、バックアップ・コンピュータは技術計算などのオフライン処理に使用される。

以上簡単に君津システムについて紹介したが、これと類似の巨大システムが他の製鉄工場にもいくつか導入され、大きな効果をあげている。

2.2 高炉工場におけるプロセス・コンピュータ

高炉は高炉本体と原料装入設備、送風設備、熱風炉などからなっている。最近の高炉の巨大化にともなうその最高生産性を維持するため、高炉炉内的高温化学反応を常に安定に保つことがきわめて重要である。しかし、高炉は周囲を厚い耐火レンガで覆われた巨大な高温反応装置であり、その内部で進行している複雑な反応過程を把握することは非常に困難である。したがって高炉制御法としては熟練操業者の経験と勘にたよった操業法が、いまなおほとんどすべての高炉で採用されている。

コンピュータを使った高炉の制御法はまだ開発段階であるが、いままでに開発されている制御モデルはいずれも炉頂ガス組成を使った高炉の物質収支と熱収支に基づく単一の理論モデル、またはそれを骨子とした統計モデルである。しかしながら実際の高炉操業では炉熱状態の制御だけでなく、通気性状態あるいは溶

鉄、溶滓の性状その他広範囲な制御対象を有しており、いままで報告されているような単一モデルで高炉を正しく制御することは到底不可能であろう。今後熱的な理論モデルの改良だけでなく、通気性面を考慮したモデルおよび従来の長い経験に裏づけられた作業標準をうまく組み合わせたシステムにすることなどによって高炉炉況制御が進展していくものと期待されている。

高炉におけるコンピュータの機能としてはこの炉況制御のほかに(1)原料秤量および誤差補正制御、(2)装入シーケンス制御、(3)熱風炉制御、(4)データロギング、(5)原料配合計算などがある。この内(5)はオフライン的な計算である。

図4に、高炉におけるプロセス・コンピュータ・システムの概要を示す。

2.3 製鋼工場におけるプロセス・コンピュータ

製鋼工場におけるコンピュータ・コントロールの大部分は転炉精錬(吹錬)作業を対象にしたものである。転炉の吹錬作業では20分程度と短い精錬完了時に鋼の成分、温度、出鋼量を所定の値に的中させる必要があるため、その制御は容易ではない。1958年頃からこの制御にコンピュータを利用しようという研究が始まったが、その後開発が進み、現在その実施例は

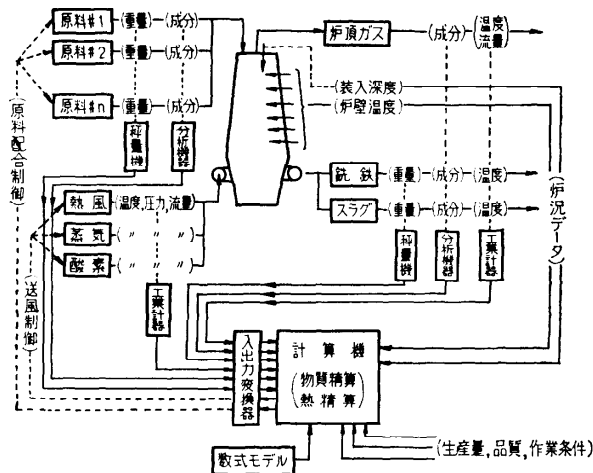


図4 高炉コンピュータ・システム概要図

非常に多い。

吹錬制御のやり方は、まず吹錬前に熱バランス、物質バランスを基本とした数式モデルによって溶銑、くず鉄、副原料および所要酸素量を計算する。その計算値にしたがって材料を転炉に装入し、吹錬を開始する。吹錬中の酸素量は積算され、その値が吹錬前に計算された所要酸素量に達した時点で吹錬を自動的あるいはオペレータ・ガイド方式で停止する。吹錬後その結果によって数式モデルのパラメータを補正し、次回の吹錬計算を行なう。このいわば軌道修正を行なわないロケットの打上げのような制御方法を通称スタティック・コントロールと呼んでいる。

スタティック・コントロールは吹錬条件が大きく変わった場合に弱点があり、終点的中率向上にはおのずと限界がある。これをカバーするため、吹錬の途中で何らかの手段（検出端）で情報を検出し、コンピュータで吹錬の途中修正を行わせる、いわゆるダイナミック・コントロール方式が併用されるようになってきた。吹錬中の鋼浴の成分と温度の実測は技術的に非常に困難であるが、最近ようやく炭素成分と温度の測定ができるようになり、ダイナミッ

ク・コントロールは実用段階に達した。

転炉工場のプロセス・コンピュータ・システムは終点的な中制御と同時に、各種の作業順序指示、操工表作成、次工程に対する情報伝送などの機能を含んでいることが多い。図5にその例を示す。

造塊、連続鋳造の各工程は将来コンピュータ・コントロールが望まれるが、現在では一部で工程管理システムが導入されているにすぎない。

2.4 圧延工場におけるプロセス・コンピュータ

圧延プロセスはコンピュータ・コントロールの最も普及している分野である。そのなかでもホット・ストリップ・ミル、コールド・ストリップ・ミル、厚板ミルならびに分塊における応用例が多く、成果も大きい。型鋼、棒鋼、線材、鋼管では完全な実施例は少なく、対象になっているものの多くは開発中のものである。

圧延設備では元来製銑、製鋼にくらべると自動化率が高く、設備それ自体の全自動または半自動運転はコンピュータ導入以前にも常識であった。しかしこれらの自動制御装置の機能は、圧延作業のパラメータのいくつか（ロール速度、ロール圧下位置、加熱炉温度など）を制御するもので、圧延する材料または成品の制

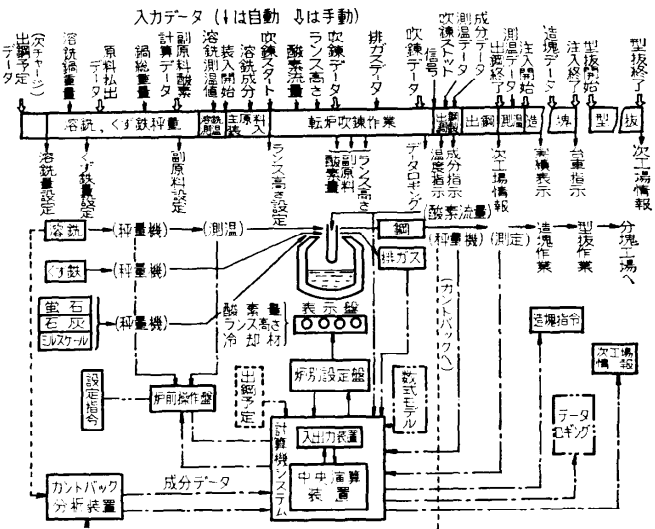


図5 転炉コンピュータ・システム概要図

くものではなく、この飛躍的進歩が待望される。

(2) 入出力機器

オンライン・プロセス・コンピュータでとくに重要なプロセス I/O 機器は、現在汎用設計のためプロセスの特殊事情に対する融通性が少なく、またコンピュータ本体に比較して非常に高価であるという問題がある。周辺機器、端末機器はオンライン長時間使用の信頼性がまだ不十分である。また現在の汎用端末機器の種類は少なく、やむをえず新たに設計製作をすることが多いが、そのためシステム設置の工期が長くなる場合がある。今後操作が容易で、入出力ミスの少ない端末機器が標準品として数多く利用できるようになることが望まれる。

(3) 検 出 端

自動化を行なう場合に検出端の有無、信頼性は非常に重要であるが、まだ技術的未開発の部分が多い。今後キズ自動検出器などの特殊検出端の開発と同時に、既存の検出端の信頼性向上が必要である。

(4) そ の 他

以上述べたこと以外にもコンピュータ・ダウン時の対策、システム・エンジニアの養成、自動化機器および省力化機器の開発、コンピュータ・システム設置工事費の削減など今後考えていかなければならない問題は多い。

お わ り に

オンライン・コンピュータの鉄鋼生産に果たす役割

は、今日きわめて大きい。今後ともその拡張が行なわれ、さらに高度の利用によって生産の合理化がはかられていくことは確実である。

オンライン・コンピュータに対する投資は、計算可能な経済的効果だけにとっても十分採算に乗る場合が多いが、それ以外にも各種技術レベルの向上、製造技術の改善等の無形のメリットもいろいろと期待できる。しかしコンピュータリゼーションは良いことづくめの安易な道ではない。まだ前途には技術的、経済的、運用上の問題が山積している。これらを今までの結果の見直しと反省によって明確に把握し、一個ずつ解決していかなければならない。

参 考 文 献

- 1) 野坂編著：鉄鋼業のコンピュータ・コントロール，産業図書，1970.
- 2) 吉谷著：コンピュータ・コントロール，日刊工業新聞社，1971.
- 3) 鉄鋼業のコンピュータ設置状況，鉄鋼界報，No. 912，1971. 7. 1.
- 4) 伊藤：鉄鋼業における情報処理の実際，オートメーション，Vol. 16，No. 9，p. 58，1971. 9.
- 5) 野坂：鉄鋼プロセスにおけるオンライン・コンピュータの利用，化学経済，p. 67，1971. 8.
- 6) 野坂，宮崎ほか：生産のオンライン・システム，計表，Vol. 13，No. 9，p. 39，1970. 9.

(昭和 47 年 4 月 17 日受付)