

特別講演

UDC 669.1.004.1:620.9

日本鉄鋼業の生産性

—— 特に省力化技術について ——

高野 廣*

Productivity of the Japanese Iron and Steel Industry

—— Technology for Man Power Saving ——

Hiroshi TAKANO



1. 緒言

今回荣誉ある渡辺義介賞をいただき身に余る光荣と存じ、これもひとえに皆様方の御指導、御鞭撻のたまものと深く感謝致しております。

本日は、お集まりの皆様方に何かお話をすることとさせていただきますが、日本の鉄鋼技術につきましても先輩諸氏が各分野について多くの御発表をされておられますので、できるだけ重複を避ける意味で我が国鉄鋼業の労働生産性を高めている省力化技術について触れてみたいと思います。

日本鉄鋼業は優れた技術、設備を有し、その国際競争力は抜群であるといわれております。その原因は種々ありますが、労働生産性が高いこと、省エネルギー、省資源の合理化技術が優れていることが挙げられると考えます。

特に、省エネルギー、省資源の合理化技術が第一次オイルショック後、我が国鉄鋼業において長足の進歩をなし遂げたことは皆様の御承知のとおりですが、労働生産性

の高いことも大きな一つの柱となっております。

少し話が古くなり、また、先刻 DeLancey 氏も触れておられましたが、昭和 53 年第一次トリガープライスマカニズムの設置にあたり、日米鉄鋼業の差が論議の的となりました。当時、米国ミドルテネシー州立大学の Hans Mueller 教授と川人教授が共同で日米の鉄鋼製造コストに関する報告を出しました。それによれば、製品も t 当たりのコストは日本の方が 118 ドル安いと算出されておりますが、このうちの実に 87 ドルが労務費の差であると述べられています。賃金格差があまりない日米間でこのコスト差はいかに日本の労働生産性が高いかを如実に示しています。

この我が国鉄鋼業の労働生産性を高めた省力化技術の進歩ですが、これは単に労働生産性の向上のみならず、我が国鉄鋼業に無形の大きな貢献を行っております。すなわち後に詳述いたしますように、省力化技術は作業環境の改善に大きな役割を果たしております。最近是非常に減少しておりますが、鉄鋼業にはどうしても高熱、重筋のごとき悪い作業環境があります。これを排除することにより、我が国鉄鋼業の労働の質の向上が計られ、その高いレベルは国際的にも大きな評価を得ております。更にこの作業環境の改善は労使間に友好的関係をもたらし、これが日本鉄鋼業の優位性を一層、向上させております。

それでは以下、労働生産性と省力化技術の内容について御説明いたします。

2. 労働生産性の推移

まず、我が国の労働生産性の推移を振り返ってみたいと思います。

図 1 に、ここ 20 年間における主要先進国の労働生産

昭和 56 年 4 月 2 日本会講演大会における渡辺義介賞受賞記念特別講演

* 日本鋼管(株)代表取締役副社長 (Nippon Kokan K.K., 1-1-2 Marunouchi Chiyoda-ku 100)

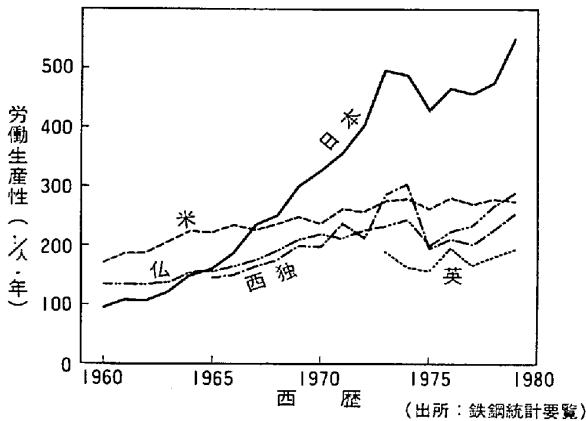


図 1 各国の労働生産性 (生産高) の推移

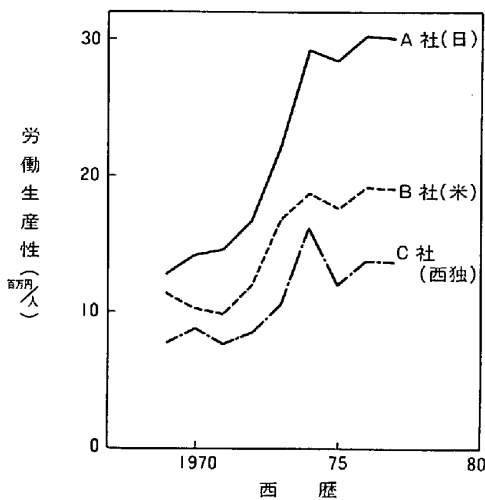


図 2 各国の労働生産性 (売上高) の推移

性の推移を示します。外注率等の差から各国間の絶対値差をそのまま論ずることは問題であると思いますが、我が国の労働生産性の伸びがいかに高いものであるかは他先進国のそれと比較してよく理解できます。すなわち、1960年時点と現時点とを比較しますと他先進国の伸びが1.5~2.0倍程度であるのに対し、我が国は5.0倍もの伸びを示しており、1973年の第一次オイルショック以降の生産量の落ち込みによる鈍化はあるものの依然としてその伸張の継続が認められます。

鉄鋼業におきましては労働生産性を論ずる際、技術的効果を明確にするため(すなわち物価等の影響を消すため)一般に、図1のごとく物量単位、すなわち t/人 を基準として用いておりますが、ここで参考までに売上高を基準とした労働生産性の推移を図2に示しておきます。

図2は、日、米、独の各1社を例として抜き出し、その労働1人当たりの売上高推移を表したのですが、図1の生産量を基準とした労働生産性と同様の傾向を示し、他先進国に対する我が国鉄鋼業の優位性が明瞭に認められています。

3. 省力化に寄与した技術

3.1 分類

それではここでこのように高い労働生産性の基盤となっている省力化技術について論じてみたいと思います。

省力化技術は多くの因子によって構成されておりますが、ここでは次の5ヶの因子に分類してみました。

- (1) 大型化、高速化; 設備の大型化、高速化による生産性向上の結果生ずる省力化
- (2) 機械化; 従来、人力に頼っていた作業を機械化することによる省力化
- (3) 自動化、システム化; 操業の自動化、コンピュータ化、あるいは管理のシステム化による省力化
- (3) 連続化; プロセスの連続化、省略による省力化
- (5) その他; 以上の項目に分類できないもの。例えば周辺技術の進歩による省力化等

3.2 効果

次にこれらの因子の省力化に対する効果について考えてみます。

このおのおの寄与率を正確に算出することは困難ですがおよその状態を把握するため、弊社、京浜製鉄所内の旧水江工場と現扇島工場について高炉、転炉(造塊、連铸は含まず)、熱延(スラブ手入は含まず)の三部門を例として労働生産性の比較を行ってみました。いずれも、2.0~3.5倍と大幅な上昇が認められておりますが、その省力化内容を前述の分類に従って要因別に解析しますと、図3のごとき結果となり各因子の効果は分野によってかなり異なっていることがわかります。すなわち、高炉、転炉では大型化の効果が非常に高く、高炉では65%、転炉では45%であるのに対し、熱延では10%にすぎません。また自動化の効果はいずれの分野でもかなり高い効果を示しておりますが、熱延では特に60%という高い値となつております。

3.3 内容

次にこれら各省力化技術の内容について事例をあげて説明します。

(1) 大型化、高速化

大型化、高速化は日本鉄鋼業の最大の特徴といわれ、戦後、一貫して進められてまいりました。

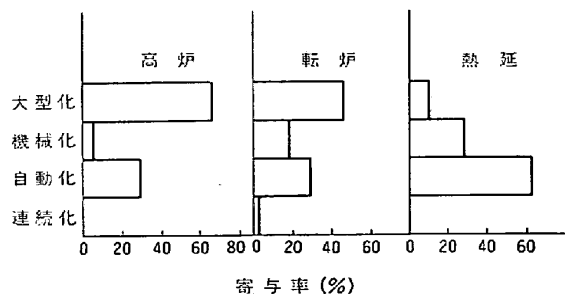


図 3 各種省力化技術の寄与率

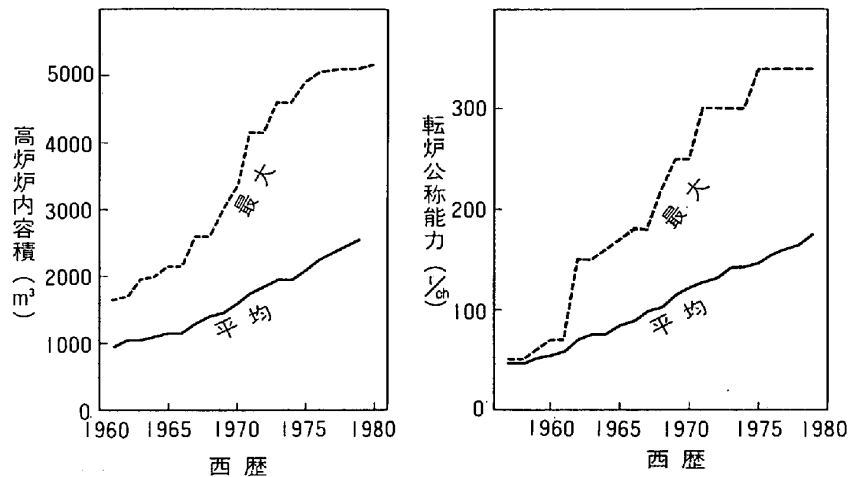


図4 高炉・転炉の大型化推移

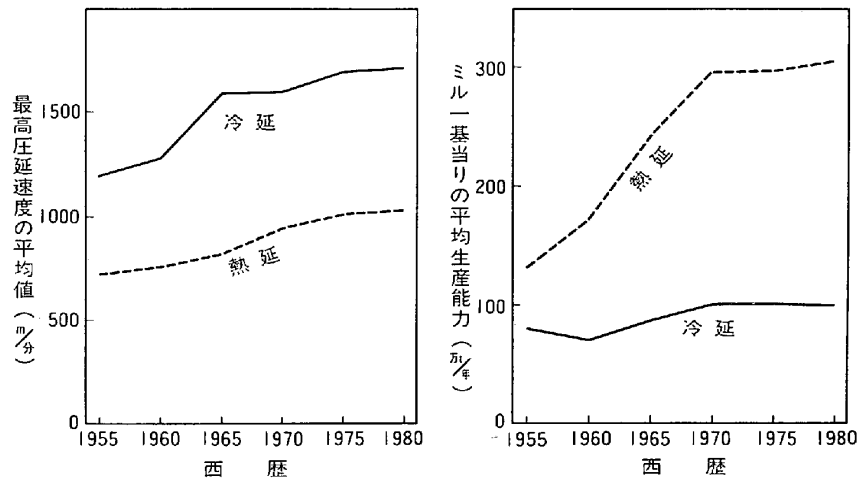


図5 熱延・冷延の大型化高速化推移

図4は、高炉、転炉の炉容の推移を示しておりますがいずれも急激な大型化が認められ、省力化に大きな役割を果たしていることがわかります。例えば転炉の場合、現在の300~350t炉の1炉当たりの要員を初期の50~60t炉のそれと比較してみますと、機械化、自動化の効果が含まれるとはいえ、炉容の拡大とは逆に1/2以下となっており、その省力化効果の大きさが認識されます。

ただし、この大型化は最大炉容の推移からわかるように既に鈍化の傾向が認められます。すなわち、大型化による設備費面及び操業費面でのメリットが限界に近づいていること、また、特に高炉の場合、巻き替え時、あるいは経済変動時の生産調整に対するフレキシビリティが小さいことなどの点から、今後スクラップアンドビルドによる平均炉容の上昇はあるものの本質的には大型化技術の進展は一段落したものとみてよいのではないかと思います。

図5に、圧延部門の例として熱延、冷延におけるミル1基当たりの生産能力と圧延速度の推移を示します。製

鉄製鋼部門と比較して大型化の伸びは低い値となっておりますが、熱延では初期からみれば2倍近い値となっております。やはりその省力化に対する効果の大きさを示しています。製鉄、製鋼と同様、この分野においても大型化の鈍化傾向が認められ、今後の伸張はあまり期待できないと思います。

(2) 機械化

表1に、各分野における機械化の例を示します。

機械化の特徴は、その重点を高熱、重筋のごとき労働環境の悪い作業、あるいは単純な繰り返し作業に置いている点であり、前者としてはコークス炉頂、高炉炉前、製鋼造塊等の作業の機械化、後者としてはサンプリング、製品結束等の作業の機械化が進められている点が注目されます。

先程も述べましたように、この分野の労働の排除が単なる省力化面の効果のみでなく、鉄鋼業における労働の質の向上に大きな効果をもたらし、日本鉄鋼業の特徴として各国の注目をあびている技能員の高い能力の基盤を

表 1 部門別機械化例

部 門	機 械 化 例
港湾・原料	オートサンプラー
製 鉄	高炉炉前(開孔機金棒交換機, マッド投入機), 種整備(流し込法, 自動スタンパー), コークス炉頂・炉前作業の機械化
製鋼・分塊	滓かき, サブランス, ロータリーノズル, 定盤清掃用ロボット, スポットスカーフアー
熱間圧延	ロール関係(自動組替装置, チョック磨脱装置), クレーン自動吊り具, 自動バンディング, 自動梱包ライン
冷間圧延	巾計, 長さ計, 各種欠陥検出計, ラベル作成・添付機
試験・分析	試験片加工機, 試験片脱着装置
修 理	自動給油(脂)

形成しているといつてよいと思います。

製鋼工場に例をとつてこの機械化の数列を紹介しておきます。(写真1, 2, 3)

写真1は造塊におけるロータリーノズルによる注入作業を示しております。従来のレードルの人力によるストッパー操作は、その作業環境面とレードルの大型化に伴う操作の困難さにより苛酷な作業の一つに数えられておりましたが、スライディングノズル機構の開発によりこの写真に示しますごとく、容易なペンダント操作に変わってきております。写真2は造塊における下注定盤の清掃機を示しております。造塊の定盤作業は環境面から、また、要員面から従来最も問題視されている作業であり、連続鑄造の伸張により急激に減少しつつありますが、特殊な大型鋼塊用などとして現在も残っております。この装置は定盤の清掃を遠隔より迅速に行うことを可能としており苛酷な環境問題を解決しております。

写真3はスラブの部分疵取り装置を示します。全面疵取りの機械化は早期よりホットスカーフアー、コールドスカーフアーとして採用されておりますが、部分的な疵取りは現時点でも人力に頼るところが大きく省力化研究の一つの対象となつております。この設備は事前に検査した欠陥部を遠隔操作によりスポットスカフティングする方式ですが、更に自動疵検出、自動マーキング、自動疵取りという完全な自動手入システムの開発にまで進むものと期待しております。

(3) 自動化、システム化

我が国鉄鋼業はセンサーの開発、ソフト・ハード両面からの制御技術の進展及びコンピュータ利用技術の発展を基として、製造方式の自動化はもとより管理方式のシステム化を急速に進めてまいりました。

表2に、その例を示しますが、コークス炉の燃焼制御、連続鑄造の自動注入、圧延のAGC等のプロセスの自動化をはじめとして輸送方式の自動化、システム化、更には工程管理、保全計画、エネルギー管理等の管理方式のシステム化を通じて、省力化に大きな効果をあげてきております。

我田引水となりますが、弊社の扇島工場はこの面で一

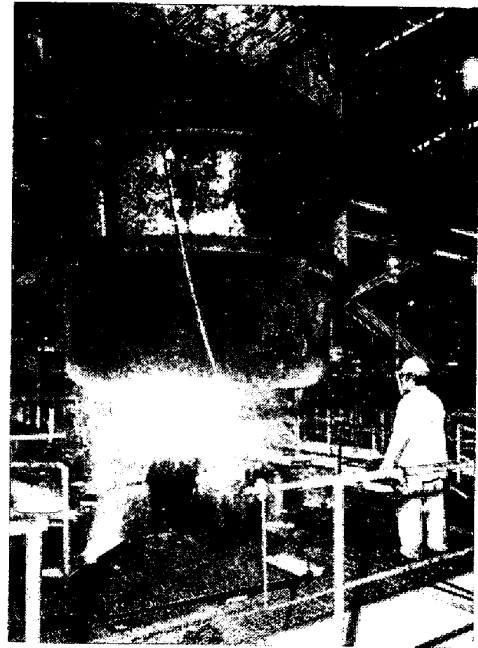


写真1 造塊におけるロータリーノズルによる注入作業

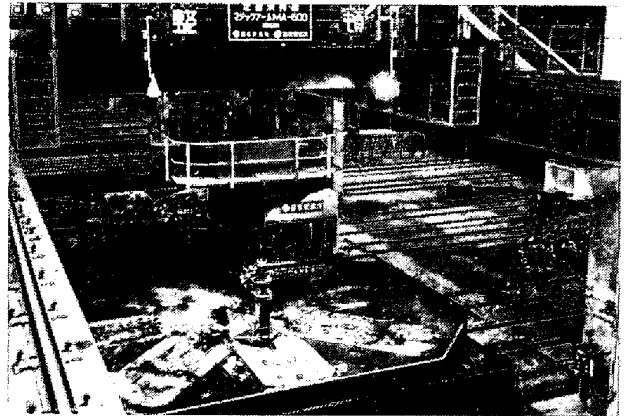


写真2 造塊における下注定盤清掃機

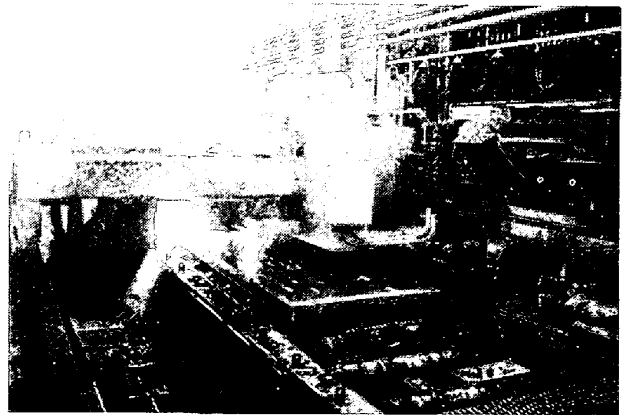


写真3 スラブの部分疵取り装置

つの代表例と考えられますので、ここに同工場より2~3の事例をあげて説明したいと思います。

まず製造プロセスの例として熱延工場について説明し

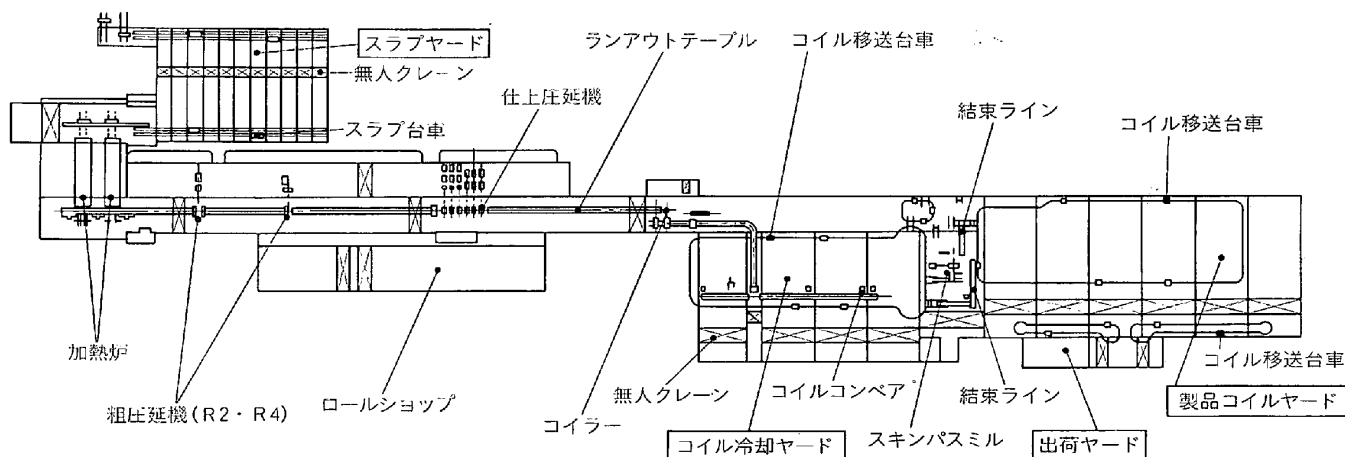
表 2 部門別自動化例

部門	自動化, コンピュータ化, システム化 例
港湾・原料	原料集中管理システム
製 鉄	コークス炉の燃焼制御, 高炉装入, 送風制御
製鋼・分塊	転炉ダイナミックコントロール, 連続の自動注入
熱間圧延	加熱炉燃焼制御, AGC, スラバヤード・コイルヤード無人化 ロールグラインダーNC化
冷間圧延	冷延オンラインシステム(工程のシステム化), ロールグラインダーNC化
輸 送, 成品受払	機関車中央コントロールシステム, 無人クレーン, 自動倉庫, 受払オンラインシステム
試験・分析	自動材料試験機, 自動分析機
修 理	修理用機器管理のシステム化, 修理計画のコンピュータ化
動 力	エネルギー集中管理システム

表 3 熱延工場——省力化効果

	新工場	従来工場	差	
要員	スラバヤード	12人	64人	52人
	加熱炉～ダウン コイラー	60	84	24
	コイル冷却ヤード	8	88	80
	精 整	56	108	52
	製 品 ヤ ード	4	44	40
	出 荷	36	52	16
	ロールショップ	40	84	44
計	216	524	308	
生産性	1250 t/人・日	700 t/人・日	550 t/人・日	

新工場レイアウト



従来工場レイアウト

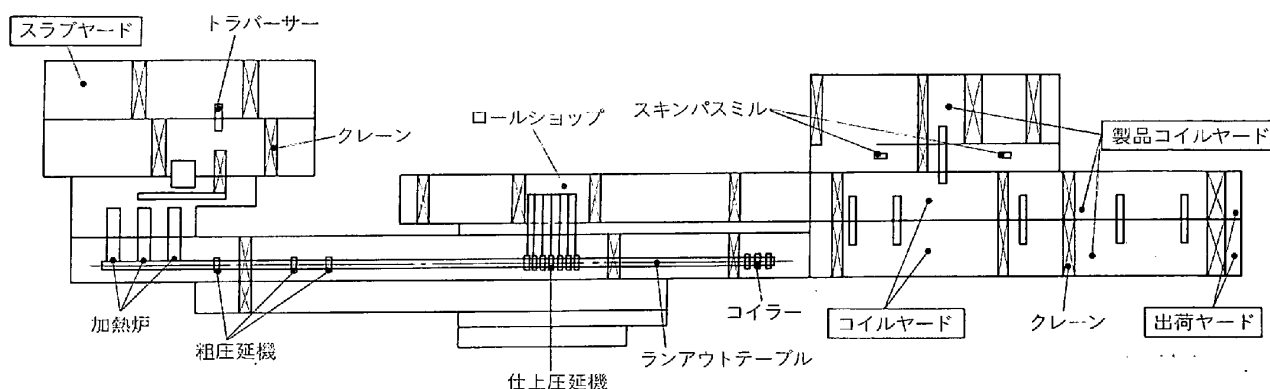


図 6 熱延工場レイアウト比較

ます。この工場は省力化技術の集大成として計画、建設したもので、表 3 に扇島の熱延工場と一般の熱延工場(弊社、福山熱延工場を例にとる)との要員比較を示しますが、実に 60% もの省力化を果たしていることがわかります。このように、大幅な省力化を可能とした構成技術を次に示します。

①理想的なレイアウト

- ②無人ヤードの完成(スラバヤード, コイルヤード)
 - a) 無人化クレーンの開発
 - b) 無人化搬出入装置の開発
 - c) ヤード管理運用システムの開発
 - d) オンライン現品管理システムの開発
- ③その他の技術
 - a) 生産管理システムの完成

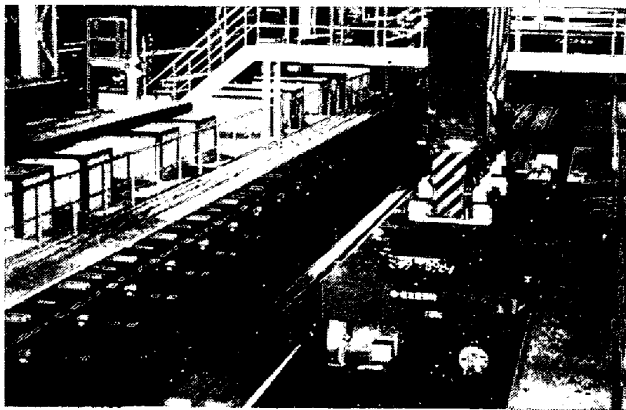


写真 4 扇島熱延工場スラブヤード

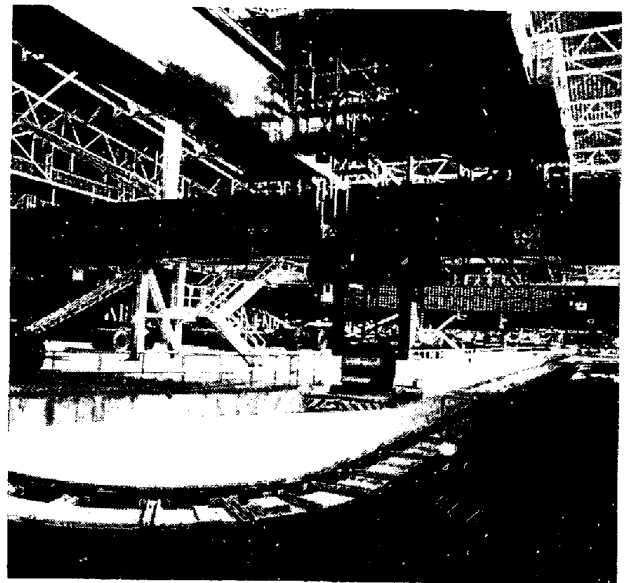


写真 5 扇島熱延工場コイルヤード

- b) 圧延制御モデルの開発
- c) 品質実績の自動判定
- d) ロールショップの近代化
- e) コイル冷却設備の開発

表3の要員比較からもわかりますように、この最大の特徴は従来最も自動化の遅れていたスラブヤード、コイルヤードの無人化にありますので、この点につき今少し具体的な説明を行っておきます。図6に、扇島熱延工場と従来の熱延工場のレイアウトの比較を示しますが、この特徴はスラブヤードとコイルヤードにあります。

すなわち従来のヤード・レイアウトは数十mのスパンの横長の大きな棟を2~3棟持ち、各棟ごとに数台の天井クレーンを搭載している横型配置が基本となつています。これに対し、新しいヤード・レイアウトは各棟の長さを短くして多数の棟を縦に並列配置し、一棟一台の天井クレーンで稼動する形式となつており、クレーン間の

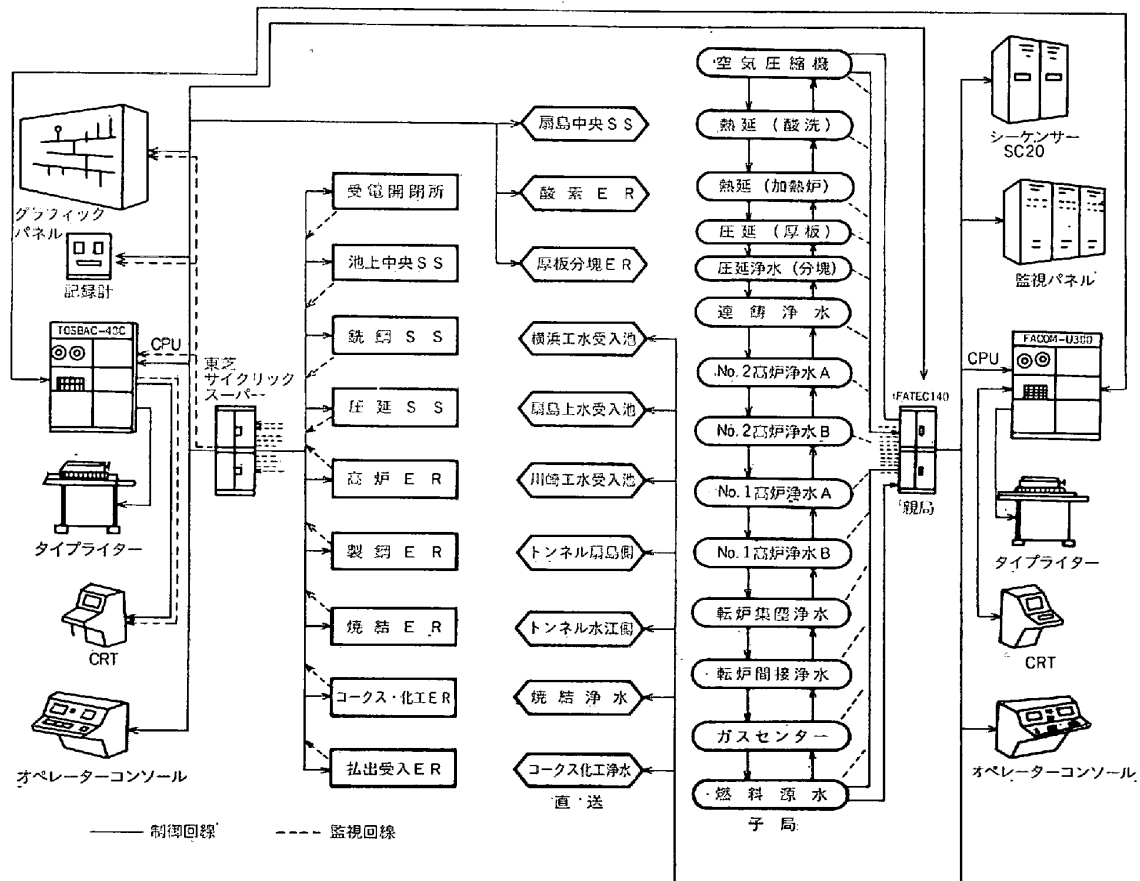


図7 総合エネルギー管理システム

表4 部門別連続化例

部門	連続化及び工程省略
製鋼・分塊	混銑炉省略, 連続鑄造
熱間圧延	熱片装入, 直接圧延, オンライン熱処理
冷間圧延	完全連続式タンデムミル, 連続焼鈍

干渉を排除しております。更にこれらのクレーン及びヤードへの搬出入台車の無人化技術とコンピュータによる各ヤードの管理運用システムの開発により、いわゆる無人化ヤードを完成しております。参考までにスラブヤードとコイルヤードの写真を示しておきます。(写真4, 5)

次に管理方式のシステム化例としてエネルギーの集中管理システムをあげておきます。図7に、扇島エネルギーセンターの集中監視制御システムを示しますが、所内約30ヶ所に分散配置されているエネルギー設備を無人化し、エネルギーセンターにて集中監視制御するシステムとなっております。

このようにして、伝送される電力、燃料、用水等、すべてのエネルギーのデータはセンター内でオンライン・コンピュータ処理をされ、エネルギーの総合需給管理が行われるシステムとなっており、現在の最大の問題といわれるエネルギー管理を少数の要員で効率よく行うことに成功しております。

(4) 連続化

連続化は大型化、高速化と並んで、日本鉄鋼業の最大の特徴とされておりますが、第一次オイルショック以降の低成長期に入つて大型化、高速化が鈍化傾向にあるのに対し、連続化は著しい発展を示しつつあり、80年代もその進展が大いに期待されております。

表4に、連続化技術の例を示します。ここでは高炉、

転炉技術の進歩による混銑炉省略、あるいはスラブ製造技術の進歩による熱片装入(すなわちスラブ疵取り省略)のごとき工程省略を含ませておりますが、本来の連続化技術の代表例としては連続鑄造と連続焼鈍があげられます。

連続鑄造の最近の著しい伸びについては皆様よく御存知のとおりですが、1970年10%であつた連鑄比率が昨80年には普通鋼で約64%となり、85年には85%という高い伸長が予測されております。この連続鑄造の省力化効果はケースにより大きな差があり、一概に論ずることは難しい点がありますが、造塊、分塊と完全に置き換える場合は約50%という省力化が可能とされており、かなり大きな省力化効果が得られると考えられます。

連続焼鈍は、我が国において研究開発、工業化された代表的な技術であり、国外からも広く着目されてきており、現在、技術輸出の先端にあります。

図8に、従来のバッチ焼鈍と連続焼鈍の工程比較を示しますが、電解清浄からリコイルに至るまでの5工程を連続化することにより物の運搬が大幅に省略され、クレーンの数は従来の10台が2台に減少し、要員は実に73%の節減が得られております。

(5) その他(周辺技術の進歩による効果)

以上、省力化技術を構成する大型化、機械化、自動化、連続化についてその事例を基に説明してまいりましたがここで強調しておかねばならないことは、これらの技術は単に鉄鋼業内の技術開発のみによつて達成されたものではなく、多くの周辺技術の進歩、発展がその基盤となつております。例えば重工技術、土建技術等の進歩が高い信頼性をもつた大型設備を可能とし、計測技術、制御技術、コンピュータ技術等の進歩が自動化技術を発展させております。

ここでこれら周辺技術の進歩が省力化に与えた効果に

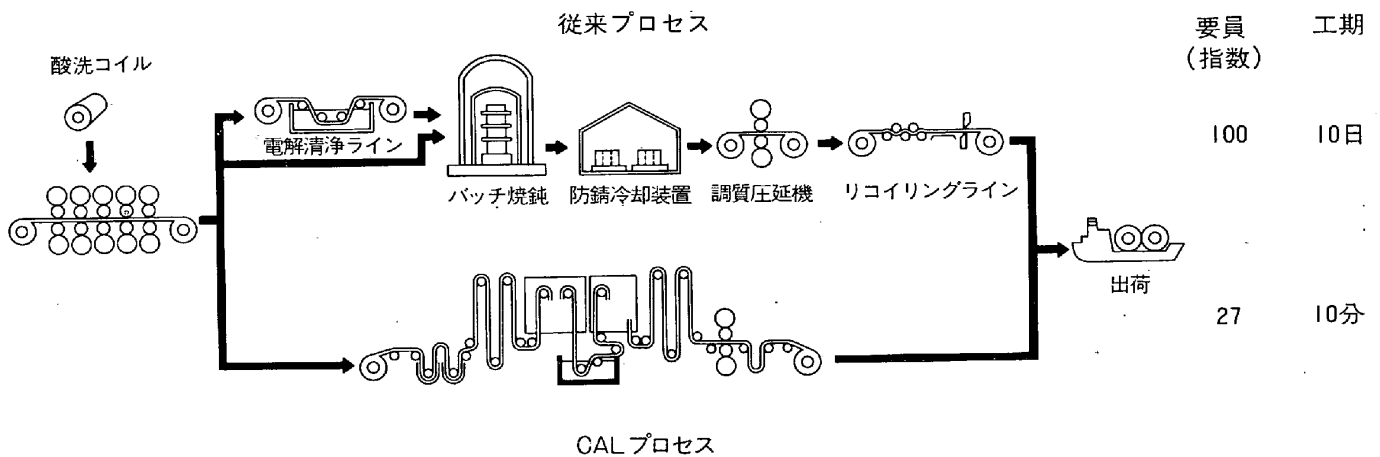


図8 連続焼鈍による省力化

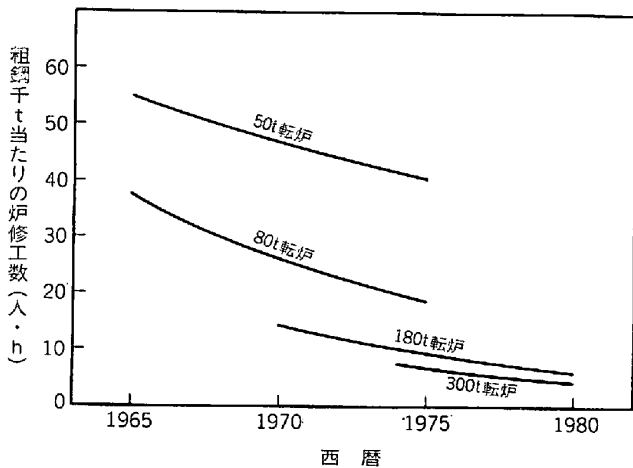


図 9 転炉における炉修工数の推移

分 野	西 歴					
	1955	1960	1965	1970	1975	1980
主モーター絶縁種別			日種		F種	H種
主回路直流電源		直流発電機 水銀整流器			特殊事情の場合 サイリスタ	
界磁電源		直流発電機	回転増幅器 磁気増幅器		サイリスタ	
主モーター冷却方式			ダウンドラフト、アップドラフト		ユニットクーラ	
計算機制御						
シーケンス制御			リレーシーケンス		シーケンス コントローラ	
論理素子		磁気論理素子	トランジスタ 論理素子		IC論理素子	LSI素子

図 10 圧延用電気品の発展推移

ついて、今までの分類に含まれなかつたものを若干説明しておきたいと思ひます。

その一つに耐火物品質の向上による炉、鍋寿命の延長があります。鉄鋼業の上工程である製鉄、製鋼は高温の溶湯を扱うため耐火物は非常に重要な役割を担っておりますが、近年における耐火物品質の向上は著しいものがあり、高炉、転炉及び各種レドールの寿命は大きく伸びています。図9は、弊社における転炉炉体の炉修工数の変遷を示しますが、炉修理要員減に対する炉の大型化の効果と同時に寿命延長の効果が明瞭に認められ、耐火物品質の向上が省力化の一因となつていことがわかります。

次に電気、機械部品の進歩に伴う設備故障の減少をあげてよいと思ひます。図10は、圧延設備用電気品の発展推移を示すものですが、例えば論理素子の変遷—磁気素子からトランジスタ、更にはIC、LSIへとの進展により、自動化に伴う電気制御関連設備の増加にもかかわらず、故障率の低減あるいは保全の容易さなどにより修理工数の減を可能としています。

4. 今後の展望

日本鉄鋼業の労働生産性の推移とその基となる省力化技術について述べてまいりましたが、終わりに今後の進展について若干考察を加えてみたいと思ひます。

まず個々の技術についてですが、大型化、高速化は前述のごとくほぼ限界に達してきており、今後、大きな期待は持てないと思ひます。ただし、歴史の新しい技術、例えば連続鋳造等はまだまだ伸張の余地があり、つい最近まで10~15万t/月といわれたスラブ連鋳の能力は、現在20~30万t/月を目標に急激な向上が行われつつあり、今後の省力化効果は大いに期待できると思ひます。

一方、機械化、自動化はまだまだ発展していくものと思ひます。特に機械化は—例えばロボットの導入を考えてみますと、最近、各産業分野において急激に伸びており、自動車産業等でその普及が目立つてきておりますが、鉄鋼業におきましては作業環境条件及び取り扱い対象物が千差万別であり、汎用性が小さいため普及度の面でおくれが認められます。例えば日本ロボット工業会の調査によりますと、昭和54年度における産業用ロボットの導入台数は日本全体で13800台であり、そのうち自動車産業が2200台を占めているのに対し、鉄鋼業はわずか58台であります。今後、各ケースに合わせた特殊技術の開発により、機械化を進展させていく必要があると思ひます。

また、自動化は、今までどちらかという製造プロセスのメインラインに重点が置かれておりましたが、今後、精整、検査、点検、修理等のいわゆる補助分野にその主体が置かれるようになり、省力化の効果を引き続きあげていくものと考えます。

連続化につきましては、省力化面のみでなく、省資源、省エネルギーの面から、現在、最も重点的に進められている分野だけに更に大きな伸びが考えられます。先般、通産省で作成された「今後の我が国鉄鋼業の課題と対応策」においても、技術開発の最大テーマとしてプロセスの連続化がとり上げられており、「連続鋳造と熱間圧延の直結」、「全冷延工程の完全連続化」あるいは「コークス炉、焼結工程を省略した新製錬プロセス」等が例として考えられておりますが、今後、これら連続化新技術の研究開発はますます進展し、省力化面にも大きな効果をあげていくものと期待してよいと思ひます。

また、物流の円滑化、運搬の合理化は非常に大きな省力化効果をもたらすことから、自動化、連続化技術を十分に生かした工場レイアウトの研究は重要な課題であり、今後の新工場の建設に当たっては、物流にポイントを置いた斬新なレイアウトの採用が進むものと考えます。

ここで個々の技術から離れて全般的に国内の工場を眺めてみますと、おのおの新鋭工場とはいえ、分野により

その新技術の採用度にかかなりの凹凸が観察されます。

今後、各工場がそのおこなっている分野を進展させることにより、日本全体としての労働生産性の伸張は続き、我が国鉄鋼業の国際的優位性を保ち得るものと考えます。

以上、生産性の向上について技術、設備面に主体を置いて述べてまいりましたが、この基本となる思想はあくまで技術、設備のみを単独に考えるものではなく、プロセスを人と技術及び設備との関連としてとらえ、システムエンジニアリング等管理技術の適用を通じ、従業員の持つ能力を十分に発揮できる条件を作り出すことでありまして、このハード・ソフト両面の研究があいまつて成果をあげてきております。この分野の研究、すなわちいわゆるソフト面の研究も既に鉄連の IE 委員会等により多くの実績があげられてきており、今後一層の成果を期待したいと思っております。

最後に、労働生産性の考え方について、一言付け加えておきたいと思っております。今まで述べてまいりましたよう

に、一般に、鉄鋼業におきましては労働生産性を物量単位、すなわち t/人を基準として表しておりますが、今後は、価値単位、すなわち円/人についても併せ考慮する必要があると思っております。すなわち最初に御説明しましたごとく、現在までの労働生産性は生産量を基準としたもの (t/人) と売上高を基準としたもの (円/人) とほとんど同じ推移を示しておりますが、今後、製品の高級化に伴うプロセスの付加、あるいは加工度の上昇などを考えますと、その動向は必ずしも同じ状況にあるとはいえ、単なる量的な生産性のみでなく、売上高、あるいは付加価値を考慮した価値的な生産性を併せ検討していかねばならないと思っております。

以上、今回の受賞に当たりまして、日本鉄鋼業の生産性につき、省力化技術を中心に述べさせていただきました。今後、更にこの分野での技術開発の進展が、日本鉄鋼業発展の基盤となることを期待いたしまして、私の講演を終わらせていただきます。