

## 特別講演

UDC 669.1

## わが国鉄鋼業の進歩発展と今後の課題\*

山下 伸 六\*\*

## Recent Progress and Future Innovation of Japanese Iron and Steel Industry

Shinroku YAMASHITA

## 1. 緒 言

今回、栄誉ある渡辺義介賞をいただき光栄に存じます。関係の皆様のご厚志に対し厚くお礼申し上げます。

わが国鉄鋼業は最近 10 年間にめざましい発展をとげ、大型の新鋭製鉄所がつきつぎと建設されております。現在では、設備ならびに操業技術の面で世界の最高水準にあると思います。しかしながら、石油危機以来原料の値上りは甚だしく、また環境に対する規制も年とともに厳しくなってきました。いわば日本の鉄鋼業も一つの転機を迎えつつあるように思います。このような時期です。で今までの発展のあとを振り返り、また今後どのように対処すべきかについて、主として製鉄所の設備と運営の立場から私見を述べたいと思います。

## 2. 製鉄所規模の拡大とその背景

日本における粗鋼の生産の伸びは、図 1 に示したとおりであります。昭和 40 年頃から図の上部に示したように数多くの新しい製鉄所が建設されました。これらはいずれも、内容積 2000 m<sup>3</sup> 以上の大型高炉と 150 t 以上の大型転炉を備えた大型製鉄所で、その生産量を示したのが斜線の部分 (C) であります。また (B) の部分は設備の一部を大型の新鋭のものに更新した製鉄所の生産量であります。この (C) と (B) の部分の比率をみれば、昭和 40 年ごろからいかに日本の鉄鋼業の近代化が進んだかよくわかると思います。

このように大きな製鉄所が建設されるようになったのは、鉄鋼需要の急激な伸びによることはもちろんですが、設備的にみると高炉の大型化が可能になったことが最大の原因であります。図 2 はわが国における高炉の大型化の傾向を示したものであります。上の線は各年度の最大の高炉の内容積を、下の線は全国の高炉の内容積の平均値を示したものです。このように大型化が急速に進み、最近では炉容 5000 m<sup>3</sup>・1 日の出銑量 1 万 t を越える高

炉も出現いたしました。

この大型高炉から出る大量の溶銑を 250 t~350 t の大型転炉で鋼とし、年間能力 400 万 t といわれる巨大なホットストリップミルでコイルに巻き取る工程が、いわゆる 1000 万 t プラントの典型的な形であります。

このような大型製鉄所の立地の選定に当つて最も問題となるのは港湾と水であります。

原料の大部分を海外よりの輸入に依存しているわが国としては、大型専用船の利用によりフレートの合理化に努め船型も年々拡大してきました。この大型船により一度に大量の原料が入荷すると従来のような小規模な製鉄所では原料在庫の変動がはなはだしくなり配合の安定にも問題を生じます。したがつて大型専用船に使用による原料費の削減は、必然的に製鉄所の規模を拡大させる結果となつたのであります。

大型製鉄所の港湾としては、大型原料運搬船の着岸できる水深をもつことと、大量の製品を出荷するに十分な長さの出荷バースをとれることが不可欠の条件であり、この状況いかによつて製鉄所の規模が決るといつても過言ではありません。

大型の製鉄所では大量の水を必要とするので水の確保が重大な問題であります。図 3 はわが国鉄鋼における工業用水の使用量と循環率を示したものです。新しい製鉄所では水の循環率を極度に高めており現在では 95~96% が普通になつてきました。また最近では工業用水の料金が値上りし、一方では工場排水の水質規制がますます厳しくなつたため循環率は図 3 のように年々高まる傾向にあります。

また、大型製鉄所では工場の運営についても新しい方式がとり入れられていますが、とくに目につくのはコンピューターの活用であります。たとえば、工程管理なども大量の素材が流れているので従来のようなやり方では混乱を起こすおそれがあり、そのうえ多数の人手を必要とします。このためチャージの編成、鋼塊片の運用、生

\* 昭和 51 年 4 月 5 日、本会第 91 回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)副社長 (現(株)吾孺製鋼所社長)

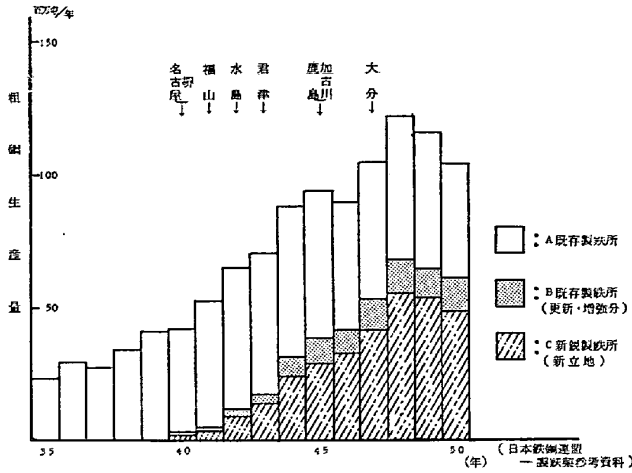


図 1 製鉄所近代化の推移

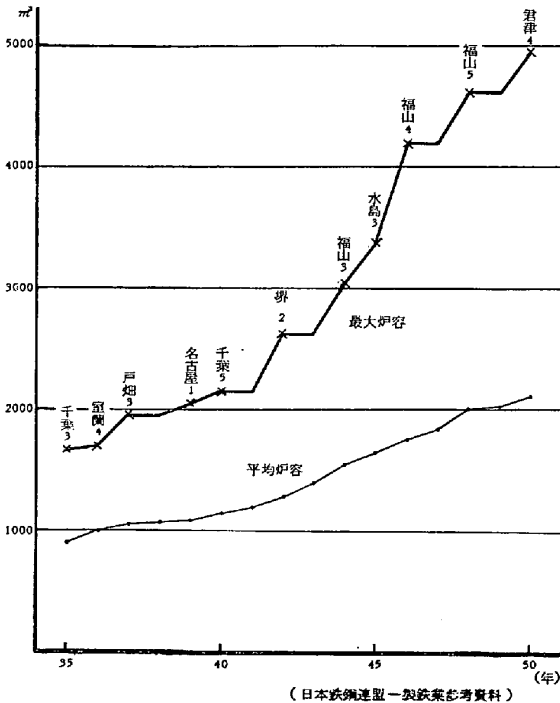


図 2 高炉大型化の推移

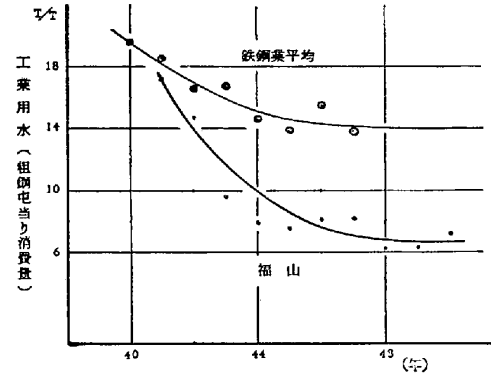
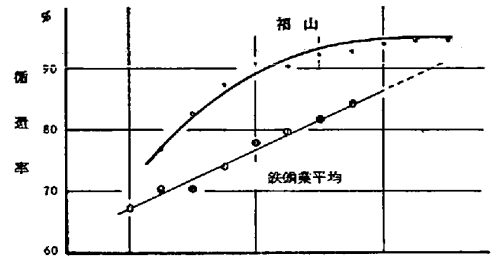


図 3 日本鉄鋼業における工業用水の使用状況

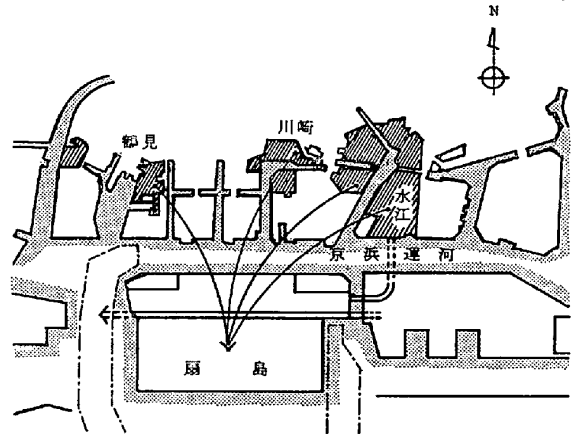


図 4 扇島計画図

産の指示、置場管理、出荷業務など工程の全般にわたってコンピューターシステムが採用され、さらに製造現場の各分野に設置されている多数のプロセスコンピューターと直結し、トータルシステムが作られています。コンピューターの進歩も製鉄所の大型化を可能にした原因の一つであります。

以上述べたように、新しい製鉄所では各設備の大型化、連続化、自動化、あるいは高速化が積極的に推進され、合理的なレイアウトによる輸送量の減少と、コンピューターシステムの本格的採用とあいまつて、思い切った省力化が可能となりました。その結果として生産性が著しく向上しこれが国際競争力の優位を保たせた最大の原因となっております。

### 3. 当社における製鉄設備の近代化とその効果

設備の近代化がどの程度の効果をもたらしたかについて、当社を例として述べることにします。

さきに述べたようなわが国鉄鋼業の情勢に対応して当社でも、昭和30年頃から設備の近代化に着手しました。昭和34年から37年にかけて水江製鉄所を建設しました。これは薄板の生産を目的とした年産200万tの一貫製鉄所であります。さらに昭和40年ごろになり鉄鋼需要の増大に対処するため広島県の福山市に新製鉄所を建設することを決定しました。昭和40年から48年の間に年産1600万tの世界でも最大の福山製鉄所を完成させました。

一方、京浜地区では公害防止が問題になってきたので、

表 1. 京 浜, 福 山 の 比 較 表

		京 浜	福 山	扇 島
生 産 規 模	粗 鋼 (万トン)	550	1 600	600
	社 内	17 500	10 000	7 000
作 業 員 数	社 外	7 600	14 600	2 000
	計(人)	25 100	24 700	9 000
敷 地 面 積	万 (平方米)	430	1 055	813 (内扇島 552)
建 設 費	総 額 (億円)	2 143	7 970	9 899
	粗鋼トン当 (円)	38 900	49 800	164 000
備 考	年 度	昭 44	昭 49	昭 53
		最高生産時	第 5 期完成時	完 成 時 定 (想 定)

京浜製鉄所の徹底した環境整備と抜本的な体質改善をねらいとして扇島地区へのリプレースを計画しました。図4は扇島計画図であります。昭和43年に、京浜地区にあつた川崎、鶴見、水江の3製鉄所を統合して京浜製鉄所と呼んでおります。この工場の沖合にある扇島原料センターの前面を昭和46年頃から埋立て、ここに製鉄、製鋼ならびに鋼板圧延部門を移転することとし、既存地区とは海底トンネルで結んでおります。

従来あつた7本の高炉を大型の2本に集約し、年産600万tの製鉄所を建設中であります。最終の完成は昭和53年末の計画ですが本年11月に第1高炉に火を入れる予定であります。

表1は京浜・福山・扇島の生産規模・作業員数・敷地面積・建設費などを比較したものです。京浜製鉄所が最高の550万tを生産した昭和44年には社内外合わせて約25000人の作業員がおりましたが、扇島の完成する昭和53年には9000人に減少させる積りです。粗鋼t当たりの建設コストは福山の場合約5万円でしたが、扇島では最近の物価の上昇のため約3倍の16万円位になる見込です。図5は京浜・福山・扇島の生産性などを比較したものです。新鋭の福山の生産性は京浜に較べて約3倍です。また扇島ではさらに合理化されますので福山の約2倍になります。しかし、京浜の既存地区には品種的に生産性の低いパイプ部門が残るのでリプレース後の京浜全体としては福山とほぼ同じ位になります。

粗鋼t当たりのエネルギー消費量や構内運搬量もリプレースにより福山なみに低下します。

また、図6は京浜・福山の原料バースの水深や鉬石専

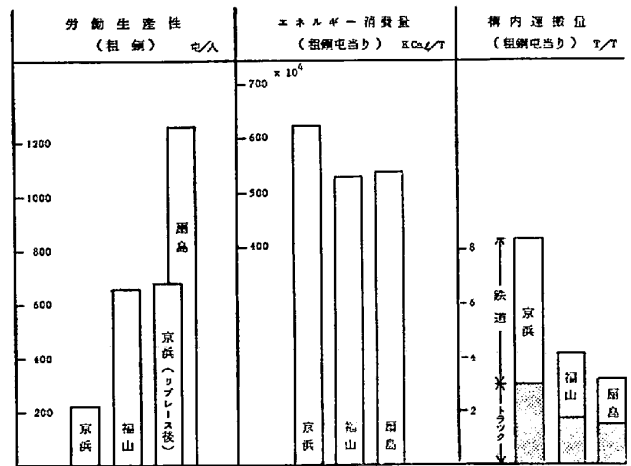


図 5 京 浜, 福 山 の 実 績 比 較

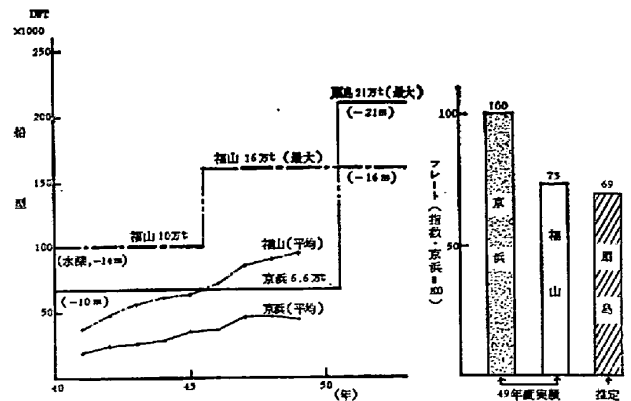


図 6 鉬石運搬船の船型とプレート

用船の大きさを比較したものです。現在の水深は、京浜-10m、福山-16m なので船型の平均も福山の方が大きく、フレートに約 30% の差があります。扇島にリブレス後は水深が -21m になり、最大 21 万 t の船型まで着岸が可能になるので、フレートも福山よりやや安くなる見込です。

このように、製鉄所の近代化は多額の投資を必要としますがその効果は著しく、国際競争力にも大きな影響を与えますので、最近では諸外国でも設備の近代化に努力しております。

#### 4. 今後の課題

以上のように日本の鉄鋼業は順調に発展してきましたが、石油危機以来情勢が大きく変わってきました。それは原料・エネルギーの価格の高騰と環境規制の強化です。その対策として、現在省資源、省エネルギー、産業廃棄物の活用あるいは公害防除技術などについて真剣に研究開発が進められております。そのなかで実用化の段階に入りつつあるものについて少し述べます。

##### 4.1 成型炭法

原料炭対策のなかで最も問題なのは、強粘結炭の不足と、これに基づく炭価の上昇であります。そのため、より低品位の石炭でいかにして良質のコークを作るかが、今後の大きな課題であります。強粘結炭を節約する手段として、最近成型炭法が注目されてきました。この方法は、コークス炉に装入する石炭の一部約 30% をバインダーを用いて豆炭状に成型加工します。これを残りの石炭と混合してコークス炉に装入するとコークス強度が増加します。このため、強粘結炭の一部を弱粘結炭におきかえることが可能であり、石炭のコスト低減にも効果があります。非粘結炭も数 % 位ならば成型加工の際に使用することができます。この方法は八幡製鉄所で早くから実施されていましたが、当社でも現在、京浜製鉄所では全量に、福山製鉄所では 1/3 位に適用しております。

成型炭法に対して、成形コークス法があり各国でいろいろの方式が研究されています。成型炭の場合は、豆炭状のものがコークス炉で乾溜される際に、まわりの石炭と溶融してコークスができ上るのに対し、成形コークスの場合は、成形された石炭をそのまま形を崩さずに、特殊の設備で乾溜してコークスにする点が異つています。成形コークス法では、無煙炭とか一般炭のような非粘結炭を大量に配合できるので、原料炭選択の自由度を大幅に拡大できる利点があります。しかしながら、成形コークス法はどの方式もまだ試験の段階であり、今後大型のプラントを作り、高炉での長期間の試験を繰返しながら、実用化に進むものと思います。また成形コークス法の場合は、コークス炉の代わりに大型の乾溜設備を新たに建設しなければならないので、本格的採用には相当の日時を要するものと思います。これに対して、成型炭法は従

来のコークス炉をそのまま使えるので、強粘結炭の不足に対する当面の対策としては有効と考えられます。

##### 4.2 コークスの乾式消火法

石油危機以来、省エネルギーに対する関心が急速に高まり、いろいろの設備や技術が開発されています。その代表的なものの一つがコークス乾式消火法 (CDQ) であります。これは窯出したコークスを消火する際に、水の代わりに不活性の循環ガスを用いる方法であります。図 7 は CDQ 方式のフローシートを示したものです。真赤なコークスを消火室の炉頂に運び、プレチャンバーに装入し、コークスは冷却室へ順次降下して、ここで循環するガスと熱交換して冷却され、下部から排出されます。約 800°C に加熱されたガスは除塵した後に余熱ボイラーに導かれ、水蒸気として熱回収が行われます。冷却されたガスは再び冷却室へ循環送風されます。当社では扇島コークス炉用として、消火能力 70 t/hr のものを 5 基建設中であります。この設備で回収されるエネルギーは油に換算して月間 3 000 kl に相当します。CDQ 方式によつて作られるコークスは、粒度も均一であり、水分の

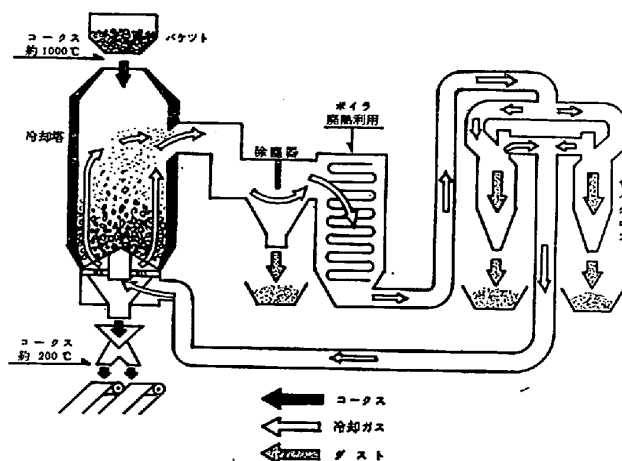


図 7 コークス乾式消火法 (CDQ) のフローシート

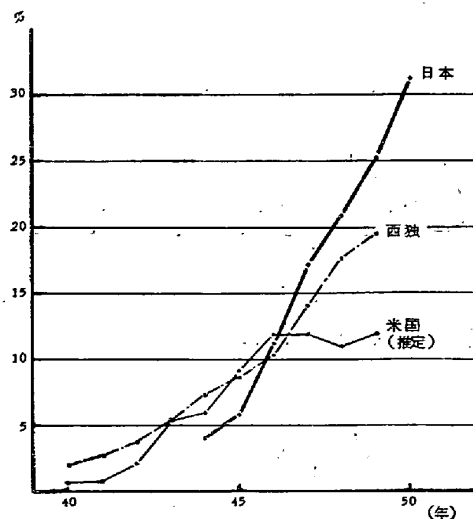


図 8 各国の連铸比

変動がないので高炉操業の安定に効果があると思います。従来のコークス炉の消火方式をCDQ方式に変えるには、レイアウトや改装費の点で問題があると思いますが、これから新しく作られるコークス炉には漸次この方式が採用されるようになるでしょう。

4.3 製造工程の連続化

新製鉄所の建設に当たっては、省力化のために工程の連続化が積極的に採用されていますが、さらに最近では省エネルギー対策として、連続化に一層の拍車がかけられました。工程の連続化の最も典型的な例は連続鑄造方式であります。図8は各国の連続化の比率を比較したのですが、わが国は欧米に較べて最も高率を示しております。昭和50年末には31%に達しましたが、今後さらに伸びるものと思います。連続鑄造の設備も操業技術も年とともに進歩し、適用可能品種も拡大しましたので、オール連続化の問題点は連続材の品質よりも、むしろ単重の点にあるように思います。今後残された問題は、いかにして大単重スラブを作るかということでもあります。連続鑄造方式は分塊方式に較べて、当たりの建設費が高いことが難点でしたが、最近のように燃料費が高くなると連続鑄造の優位性が高まってきました。また連続鑄造方式はこのような経済性の他に、造塊作業の環境改善としての意義も大きいと思います。

連続化の次のステップとして連鑄スラブを冷却することなくつぎの圧延工程に流すことが、すでに一部の鋼種について行なわれています。連鑄スラブの表面性状が改善され、ホットスカーファーにより完全に疵取りが可能になれば、このスラブ直送方式の比率はますます増加すると想像されます。この場合にはもちろん連鑄と圧延との作業スケジュールの調整を行わねばなりません。解決できぬ問題ではないと思います。

この他連続化で注目されるのは、冷延鋼板の連続圧延法と連続焼鈍法であり、いずれもわが国で開発されたものです。ここで詳細な説明は省略しますが、連続圧延法

は酸洗工程と冷間タンデム工程との連続化であります。この方法は、コンピューター制御技術の進歩によつて走間板厚変更が可能となつたため成功を収めたものです。この方法によれば、圧延能力は50%位増加し、オフゲージ部分がほとんどなくなるので歩留りも向上します。また、連続焼鈍法はブリキ原板について早くから行なわれていましたが、軟質冷延鋼板では焼鈍時間が短いため、軟化が不十分となり使用できませんでした。ところが、特殊な熱サイクルが開発された結果、深絞り用の冷延鋼板にも適用できるようになりました。この方法によれば、それまで一週間もかかっていた焼鈍工程を僅か数minで行なうことができます。この連続焼鈍法を採用すれば、電解清浄・焼鈍・調圧などの工程の連続化が可能となり、工程期間の大幅な短縮や省力化のほか、仕掛り品の運搬や置場も不要となるので、建設費・作業費の低減にも大きな効果があります。

この連続圧延法と連続焼鈍法を組み合わせることにより、従来何回もコイルを巻いたり巻き戻したりしていた複雑な冷延工程に画期的な変化を与えることが可能になります。今後これらの技術の完成により、新しい型の冷延工場が生まれてくるものと大いに期待しております。図9は冷延鋼板の製造工程について、今まで述べた連続化方式と従来の方式とを比較したものであります。図のように連続化により、不連続箇所を5箇所減少させることが可能です。勿論現状では、このような連続化を完全に行なうには、まだ解決せねばならぬ問題がたくさんありますが、省力化、省エネルギーに対する効果が大きく、建設コストも低減できるので、今後ますます連続化の方向に向うものと思います。

4.4 鋳滓の処理

高炉法により年間1億tの粗鋼を生産するとすれば、高炉滓で約2800万t、転炉滓で約1300万t、合計で4000万t以上の膨大なスラグが発生します。図10は各国の高炉滓の利用状況を比較したものです。わが国の昭

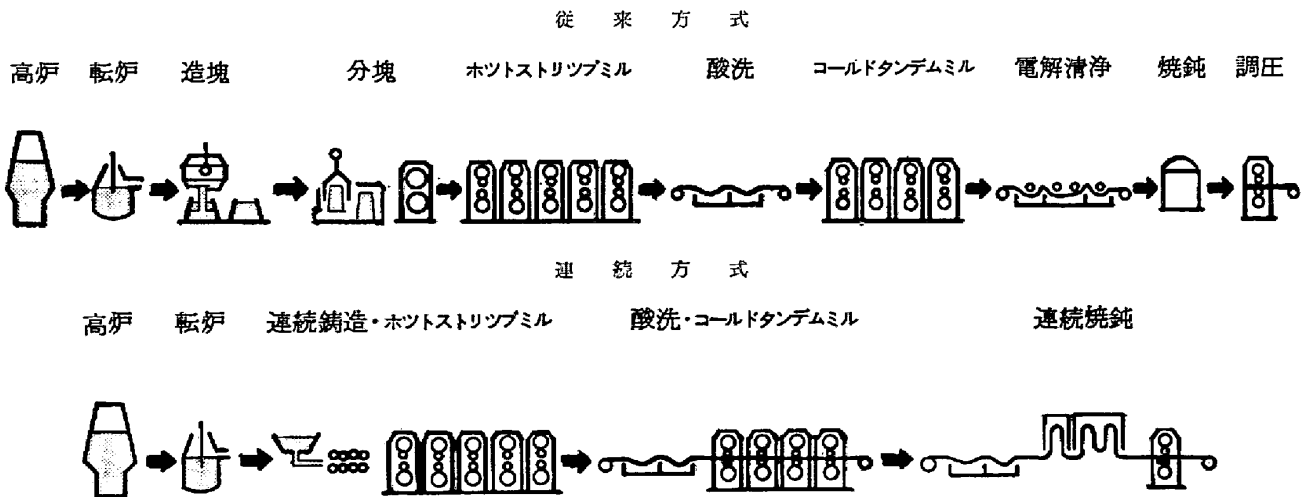
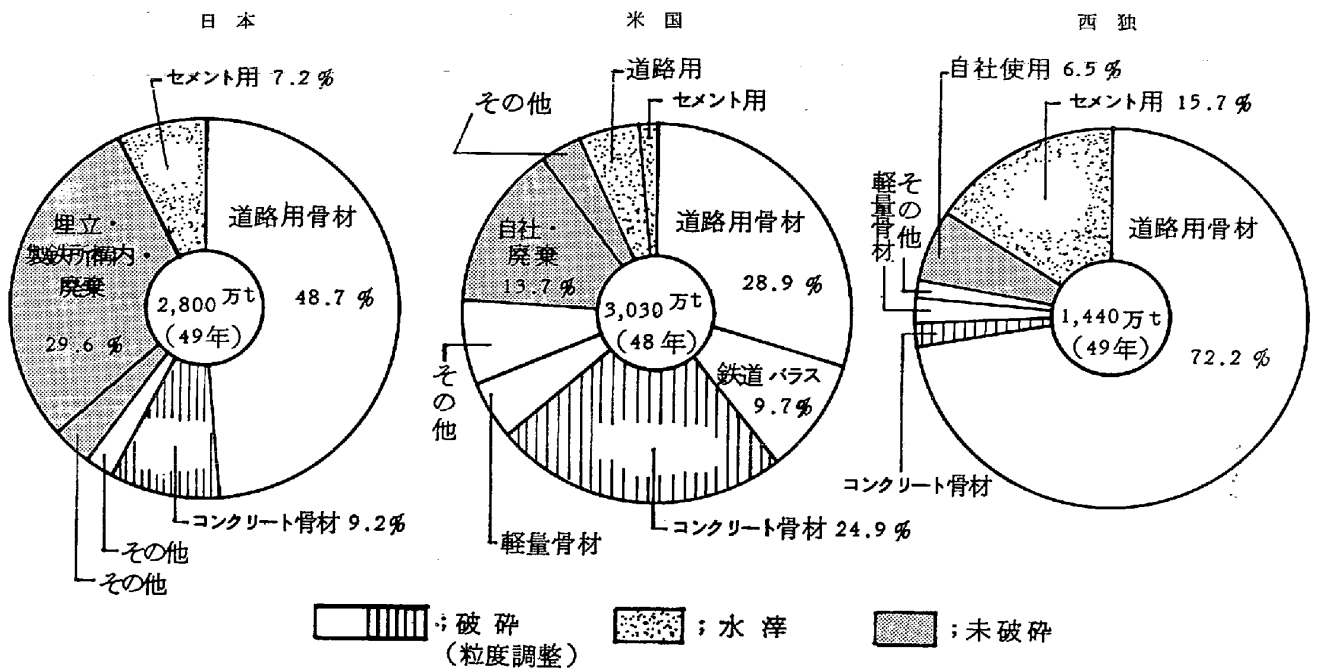


図9 工程の連続化の例



日本鉱滓協会資料

Bureau of Mines Minerals Yearbook

日本鉱滓協会  
「スラグ処理および利用に関する  
欧米調査」報告書

図 10 高炉滓使用状況

和 49 年度の利用状況は、道路用バラス・コンクリート用骨材・セメント用水滓などに約 70% ほど使われています。残りの 30% は自社の建設や埋立などに使われていますが、相当の量が廃棄されています。最近では、埋立なども規制が厳しくなりましたので、大きな製鉄所では余剰のスラグの投棄場所の確保に頭を悩ましております。米国では日本より利用率が高く、自社使用や廃棄は 14% に過ぎません。西独ではほとんど全部利用されております。わが国においても省資源の点からスラグを極力活用すべきであると考えます。

最近、石油の価格が上昇したために、セメントクリンカーの焼成費が高くなってきたので高炉セメントが見直されてきました。今後省エネルギーという点からも、高炉セメントは漸次欧米なみに伸びて行くことと思えます。

一方、転炉滓は風化しやすいこと、比重が大きいことなどの問題があるため、高炉滓よりも利用度が低く、廃棄されるものが多い状況です。省資源のためには高炉にリターンするのが望ましいのですが、溶銑の磷分が高くなるので、リターンする量には制限があり一部が使用されているに過ぎません。転炉滓の利用は今後の研究課題の一つであります。

また、スラグの利用度を高めるためには、一日も早い JIS 化が望まれます。JIS 化について大部前から、日本鉄鋼連盟や日本鉱滓協会等で推進が計られてきましたが、最近日本鉄鋼連盟のなかにスラグ資源化委員会が設けら

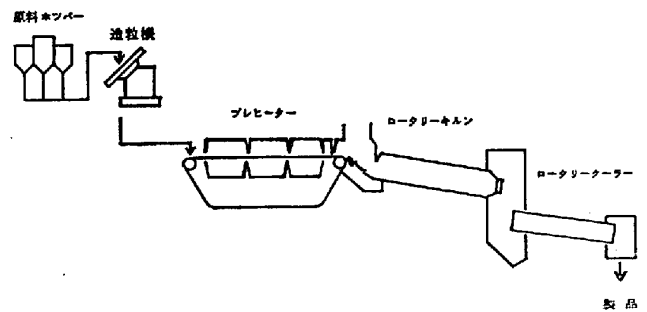


図 11 還元ペレット設備 (SL-RN 法) フローシート

れ、業界をあげてスラグの活用を進めることになりましたので、その成果が大いに期待されます。

#### 4.5 還元ペレット設備

廃棄物の活用という点ではスラグの他に、ダストの問題があります。高炉および転炉のダストは鉄分が高いので、一部は焼結原料として利用されています。しかし、焼結工程では亜鉛がとれまませんので、亜鉛分の多いダストを使うと焼結鉄の亜鉛含有量が増加します。したがってこのようなダストの配合を多くすると、繰返しにより亜鉛分は富化され、ついには高炉操業に支障をきたすようになります。このため、ダストをペレットにし、これを還元するとともに脱亜鉛を行ない、還元ペレットを作る方法が資源の活用、廃棄物の処理対策として注目されるようになりました。このような目的で当社は、福山製鉄所に還元ペレットプラントを設置してダストの処理を行なっています。図 11 は、福山の還元ペレット設備 (SL/

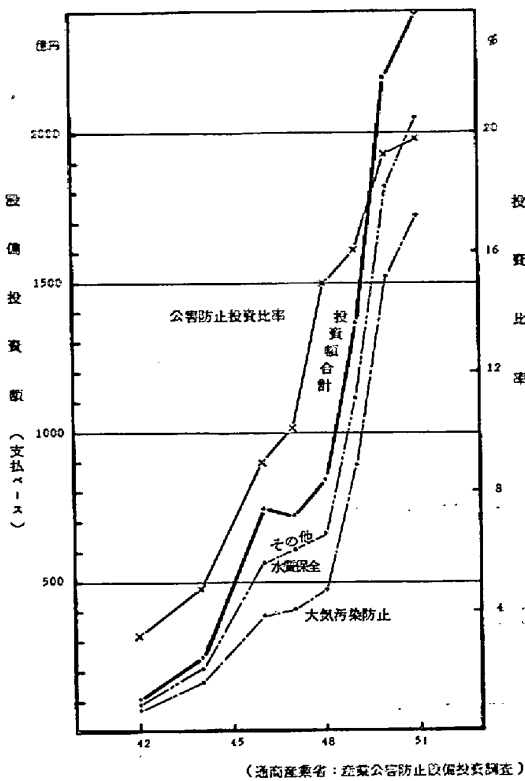


図 12 日本鉄鋼業公害防止設備投資状況

RN式)のフローシートを示したものです。高炉ダスト；転炉ダストを約70%、粉鉱石を30%配合し、ペレットに造粒後プレヒーターを通し、ロータリーキルンで石炭を還元剤として還元ペレットを作ります。このペレットは還元度に応じて高炉または転炉に装入しています。生産能力は年間35万tです。このような還元ペレット設備は、資源の利用、廃棄物処理対策として大きな製鉄所にとって欠くことのできぬものであります。

#### 4.6 環境管理

鉄鋼業界はこれまで厳しい環境規制に対し、積極的な努力を続けています。このため公害防止設備に対する投資も増加の一途をたどっています。図12はこの傾向を示したもので、昭和50年度は支払ベースで2100億円の巨額になり、全設備投資の20%近くになっています。また、公害防止設備の運転に要するエネルギーも漸増しており、当社の場合でも全工場の電力の1/4位にな

つてきました。このような努力の結果として環境は著しく改善されましたが、公害対策費は鉄鋼コスト上昇の大きな要因の一つになっています。

現在最も問題なのは、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )対策であります。わが国の $\text{NO}_x$ の基準は世界一厳しいものですが、防除技術はまだ開発の途上であり、残念ながら基準の方が先行している状態です。このため、鉄鋼業界としても日本鉄鋼連盟に鉄鋼業窒素酸化物防除技術本部を置き、その実施機関として $\text{NO}_x$ 開発基金と $\text{NO}_x$ 研究組合(いずれも略称)を設け業界の総力をあげて対処しています。開発基金の方は関連業界や大学などの研究機関に対して研究費の助成を行なっています。研究組合は、焼結炉の排ガスの脱硝について、鉄鋼メーカー9社で共同研究を行なっています。焼結炉の場合は他の焼結設備に較べて、排ガス中のダストが多いので、脱硝が難しいといわれていますが、何とかこれを解決するため鋭意研究を続けています。

## 5. 結 言

わが国においては製鉄所の近代化が早くから行われ、現状では欧米に較べて新鋭設備の比率が圧倒的に高くなっています。これが今まで国際競争力の優位を保つことができた最大の原因です。しかし最近のように環境規制が厳しくなると製鉄所の新立地は難しくなってきました。これからは旧設備のリプレースによる環境の改善と生産能力の増強が設備投資の主体になるものと思えます。海外においても同様な傾向であり、設備の近代化に力を入れておりますので、わが国との生産性の差は漸次縮まってくると思えます。またわが国の場合は、最近の資源ナショナリズムのため原料やエネルギーの点で不利であり、金利負担や公害対策費なども外国より高いなど、いろいろのハンディキャップがあります。これを克服して競争力を維持できるか否かは一に技術力のいかんによりますが、わが国の鉄鋼技術者の質と層の厚さは、充分この期待に答えてくれると思えます。

今後、日本鉄鋼業は今までのような急激な成長は難しいとしても、体質改善のほぼ完了した設備と優れた技術と経験を支えとして、まだまだ発展を続けるものと確信しています。