

特別講演

UDC 669.1.012(047.3)

今後の鉄鋼技術の動向*

池上平治**

Recent Development and Future Trend of Iron and Steel Technology

Heiji Ikegami

日本の鉄鋼業は、戦後ほとんど壊滅に帰し、粗鋼の生産量は昭和21年に55~56万tといった状態から、図1に示すように昭和45年には9300万tまでになった。昭和46年にはドルショックや、不況で8000万t台に落ちたが、昭和47年の予想は9600万tである。世界のランクから見ると昭和46年はソ連がトップで、その次がアメリカ、3番目が日本で、その他は日本の半分以下というところまできている。

このように急速な進歩をした原因は、戦後の壊滅状態から何とか立ち上がろうということで、積極的に先進の外国の技術や新しい設備を入れ、そしてそれを消化するだけでなくその先を工夫してきたことである。この結果技術・設備の面でどうやら世界のトップレベルといつていいところまで来たところである。

さて、これまでのところはそれでよかつたが、トップ

レベルということは、これから先を伸ばすのに今までのように先進者のまねをしてそれを導入して消化すればいいというようなことでなくて、自分で積み上げていかなければならないということである。おそらく今までの何倍も苦勞して、効率の悪いことをして進めなければならぬであろう。

わが国には鉄鋼資源がなく、鉄鉱石はほとんど全部、石炭も70%ぐらい輸入に頼っている。これがわが国の鉄鋼業の一つの形を作つたと思われる。図2は鉄鉱石の海外依存度で、日本は非常に高く95~96%である。しかも海外から持つてくる海上の輸送距離を見ても図3に示すように日本は他よりはるかに遠くなつている。海外からほとんどすべての原料を持つてくるということは、

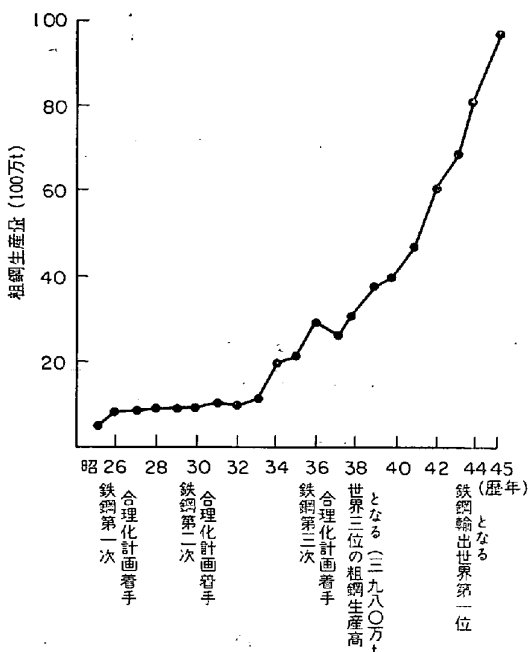


図1 わが国の粗鋼生産量

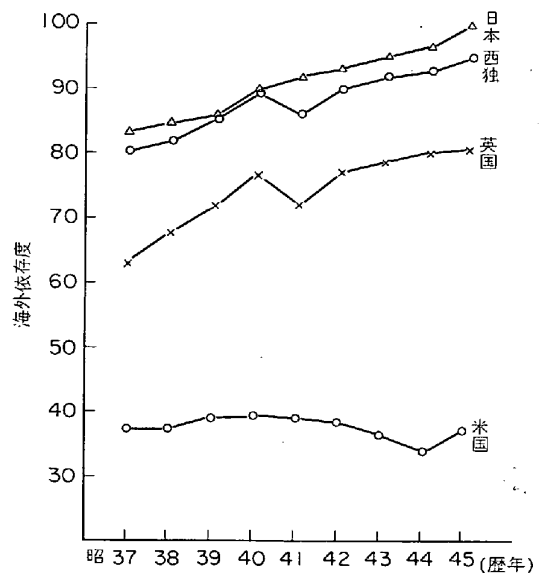


図2 鉄鉱石の海外依存度

* 昭和47年9月13日受付
本講演は昭和47年4月15日日本会共同研究会計測部
会第50回記念大会における特別講演

** 日本鋼管(株)技術部長

表1 鉱石専用船大型化の傾向(歴年)

船規模 年度	2万t以下	3万t級	4万〃	5万〃	6万〃	7万〃	8万〃	9万〃	10万〃	11万〃	12万〃	13万〃	14万〃	15万〃	16万〃	計
36	12	2														14
37	5															10
38	1		3	2												4
39	1	2	1	3												6
40		1		3												6
41	2	5	1	3	1											28
42		4		3	2	2		3								24
43			5	3	2	1	3	8	1							17
44			2	4	2	5		2	3	1						19
45				3	2	2	1		2	5		1				16
46					2	2		1		6	2		2	1	3	15
合計	21	14	13	36	15	14	5	14	6	12	2	1	2	1	3	159

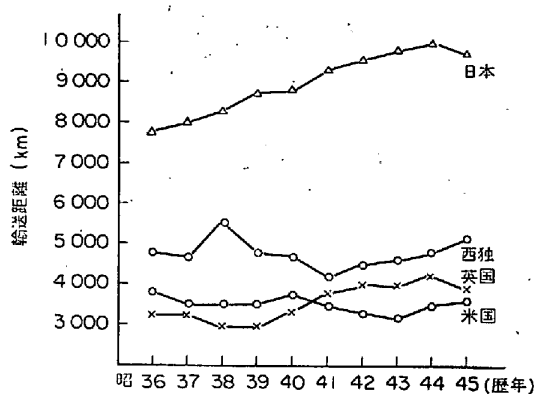


図3 鉄鉱石の平均海上輸送距離

日本の製鉄所を全部海岸に作らざるを得なかつたことになり、したがって日本の製鉄所は全部臨海製鉄所となっている。

外国に比較して輸送距離が長いということは、要するに運賃がかかるということである。これを減らすために日本で建造したのが鉱石専用船で、その大型化を積極的にはかり、これで運賃を下げ輸送コストを減らそうとした。表1に船の大型化の足取りを示す。昭和36年あたりは、2万t以下の船が大部分であつたが、昭和46年に作られた船は一番小さい船で9万t、最大16万t、大略10万t以上の船になつた。

それから、原価を下げるためにやらなければならなかつたことは、燃料費を下げるためにコークス比を下げることであつた。これが、日本の鉄鋼業の骨格となる一つの特色を形成したものであつたといえよう。

ところが、図3に示すように、ドイツあたりも国内の鉱石がそろそろ枯渇してしかも低品位になつてきたということで輸送距離が増えてきた。それから英国も似た状態になり、米国もあまり比率はふえていないがやつぱり

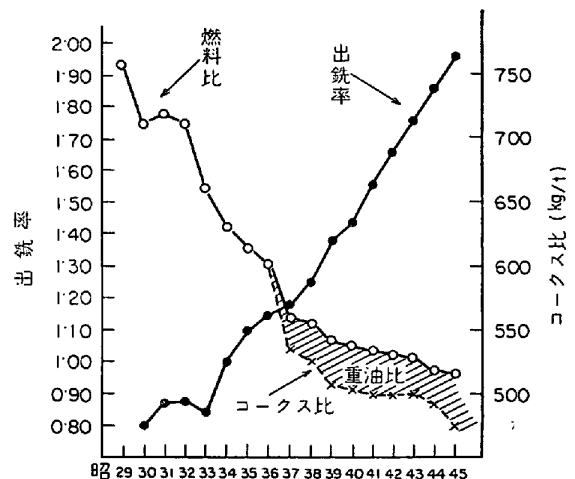


図4 わが国の高炉の出鉄率燃料比の推移

遠くから運んでこなければいけなくなつた。そこで今度は日本のように海岸に製鉄所があつてよい港があるということが、逆に日本の鉄鋼業の強みとなりこれがわれわれの競争力を高くしている要因になつてきている。

つぎにこれから個別の高炉・製鋼などの技術について触れてみたい。図4にコークス比と出鉄率が示してあるが、まずわれわれはコークス比、燃料費を下げなければならぬと努力をしてきた。そのためには鉱石のサイジングに非常に力を入れるとか、粉を除くとか、その粉を固めて石灰を混ぜて自溶性焼結鉄を作つてその割合を増加させるというようなことをした。さらに、コークスのほうではアメリカの強粘結炭を使つていたので強度はよいがそのサイジングをしつかりやることによつて炉内の反応を均一に行なわせ、炉況を安定させるという努力をした。これによつて急激にコークス比は低下し、外国に比べて200kg/tも低いというようになった。

その後、さらに燃料の吹込み、送風温度の上昇、酸素

表 2. 世界の大型高炉

国名	製鉄所	炉番号	炉内容積 (m ³)	火入れ年月
日本	日本鋼管(福山)	No 4	4 197	昭46. 4
日本	新日本製鉄(君津)	〃 3	4 063	46. 9
日本	川崎製鉄(水島)	〃 3	3 363	45. 10
日本	住友金属(鹿島)	〃 1	3 159	46. 1
日本	日本鋼管(福山)	〃 3	3 016	44. 7
ソ連	西シベリア製鉄所	〃 3	3 000	46. 3
日本	新日本製鉄(名古屋)	〃 3	2 924	44. 4
日本	新日本製鉄(君津)	〃 2	2 884	44. 10
日本	川崎製鉄(水島)	〃 2	2 857	44. 1
日本	神戸製鋼(加古川)	〃 1	2 847	45. 8

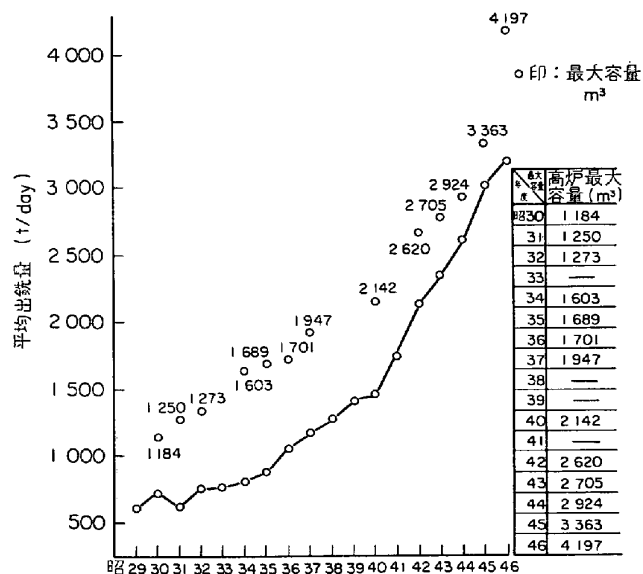


図 5 一基当たり平均出鉄量および各年度に出現した最大容量高炉の推移 (日本)

富化などをやりコークス比を低下させた。それから、出鉄比を上げていくために高圧操業を取り入れたりした。現状では出鉄比で 2.7 t/m³、コークス比で 300 kg/t 台という成績が出てきた。

このような努力をして炉況が安定してきた結果、高炉はさらに大きくできることがわかった。それと日本の経済が拡大してきたために需要が増加し、われわれが高炉を作るチャンスが多くなってわが国の溶鉄炉は急速に大型化した。図 5 がわが国の高炉の大型化の推移である。世界中で高炉の大きさ、操業度の高さでは断然他を引き離している現状である。

こういうことが可能になった原因には、いろいろと高炉自体でやったこともあるが、周辺技術が非常に進歩してきたことが大きく寄与している。たとえば、大容量の送風機が製作可能になった、焼結鉱の比率をふやすために 500m² というような大きな焼結機ができるようになった、操業を順調に行なわせるための計算機をはじめと

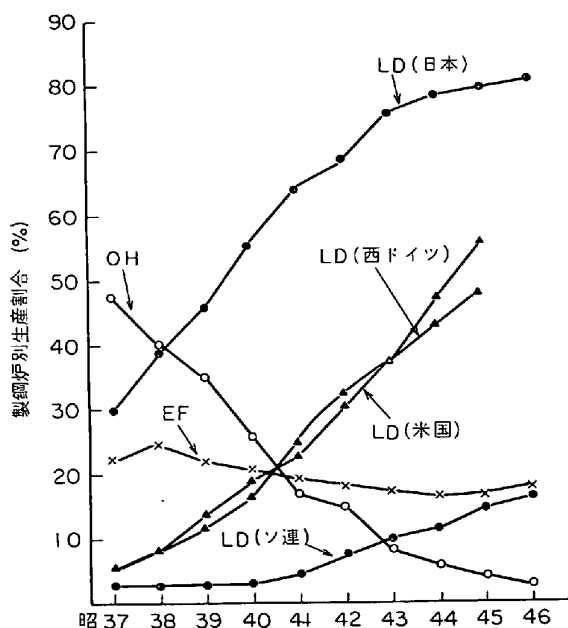


図 6 主要国の転炉鋼比率の推移およびわが国における製鋼炉別生産割合の推移

する計装技術の進歩、その他外燃式熱風炉の導入といったものがこれを助けてきたと考えられる。

今世界で 2000m³ 以上の高炉が 45 基ある。そのうち 23 基が日本で、上位の 10 基だけをとってみるとそのうちの 9 基までが日本である。

わが国の製鋼技術の特徴は、何といたっても転炉の比率が非常にふえてきたということである。わが国に純酸素転炉が導入されたのは 12 年前であつたが、その後急速に伸びてきた。そうして 80% 以上が転炉に変わった。図 6 に示すように平炉が 2~3% というところまでほとんど姿を消した状態になっている。

転炉化がこのように急速に進んだ理由の一つは、日本の LD グループがお互いに技術の公開をして共同研究の形で進めてきたために国内のレベルが急速に上つてきた。それから前に述べたように新しいものを取り入れてゆくという積極的な精神がこの LD 転炉をここまでにしたのである。

外国ではどうかというと、米国は 1960 年前後に非常に大型の平炉を作りまだ相当に平炉に魅力があつたため転炉化が遅れたが、最近になって急速に増加している。ソ連にしても平炉の大型化に力を入れていたためにやはり伸びが遅れている。ドイツあたりも高磷の鉱石が多いということもあつて、トーマス転炉と平炉の影響がなかなか抜けなかつた状況である。

さて、日本では LD 転炉がこれだけ伸びて平炉が低下したが、これに比較して電気炉は 17~18% というところ

ろで横ばいになっている。この 10 年間で粗鋼生産量は非常に増加しているから、電気炉も同じように増加しているということであろう。

電気炉が、日本では電力費が安くはないにもかかわらずこのように比率が横ばいになっているのは、やはり設備費が安い。そこで需要の増加に伴って、大手の間をぬって設備がつけられるということが一つの原因であろう。また電気炉の容量が大きくなり、電気容量の面でも HP とか UHP という技術が導入され炉の能率が非常に上ってきてコスト的に改善された。それから連続 casting との組合せによつて、コストの切り下げをはかつてきた。この辺が電気炉の量が絶対量として増えているということの原因になっている。もつとも高級鋼を要求されるということでその面から電気炉の必要性もあるかと思われるが、趨勢としてはやはり大型高炉メーカーに、普通鋼の分野でも対抗できるからであると考えることができる。

そこで、現在の LD 転炉の傾向の一つは転炉の大型である。最初は大体 100 t 以下の転炉であつたものが現在では 300 t 前後のものまで出てきている。転炉をどこまで大きくできるかという問題があるがまだまだ大きくはできると思われる。しかし一方では、ロットの大きさの関係などもあつてこれ以上に大きくしてメリットがあるかどうか問題であり、大体高炉の大型化と見合つてこの辺が一つの上限になつてきているのではないかと思われる。

もう一つの傾向は高級鋼ができるようになったということである。ステンレスも実炉でやつた実験があるわけでステンレスでも技術的には可能であるが経済性の問題でそこまでいかないだけであつて、9% Ni ぐらいまでは転炉でできる。

さらに転炉に計算制御が非常に進んできた。新しい転炉で計算機のついていないものではなく、ロギングから少なくともスタティック制御まではたいていの炉についているということで、これが非常に精錬を楽にしているといえよう。

その他、精錬関係でないが鋼塊が大型化してきているということがある。これは使用鋼材の単重がふえてきているということ、圧延機自体が大きくなつて大きな鋼塊で伸ばした方が得だということもある。この大型化影響として、製品品質の安定化をはかるために脱ガスを増やしていかなければならないということが出てきている。

製鋼の問題でもう一つとりあげなければいけないのは連続 casting である。図 7 のように、日本ではスラブ・ブルーム・ピレット全部で昨年 66 基ある。この傾向をみると昭和 41~42 年までは少なくともそれから急速に増加し

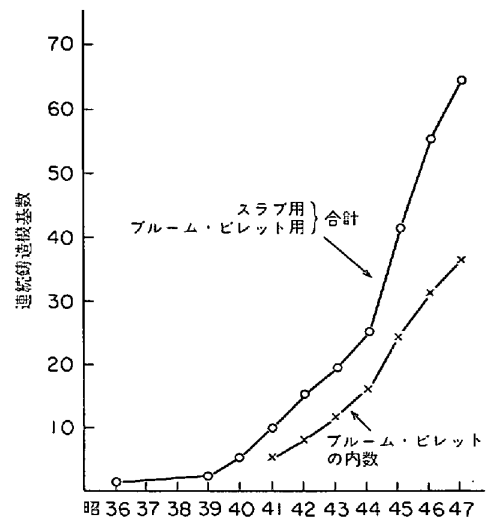


図 7 わが国における連続 casting の設置基数の推移 (計画を含む)

ている。

前に述べたように昭和 44 年頃までは電気炉との組合せで、中小規模の工場の方で連続 casting 機を使う傾向が増えているが、スラブ用の連続 casting 機については導入が遅れている。その理由は生産性が低いということが難点であつた。製造工程から分塊工程を一つ省きたいというのは技術者の夢であつたが、実際問題として一基で月に 2 万 t くらいでは月に 20~30 万 t という分塊圧延機に経済的に大刀打できないという面があつた。ところが昭和 42 年に日本鋼管の京浜 (鶴見) に公称 2 万 t/月として設けられたスラブ連続 casting 機が月に 3~4 万 t という成績を出すに及んで連続 casting 機の評価が変わつてきた。現在大手では各社ともスラブの連続 casting 機を持つようになり、最近計画された新日鉄大分などは分塊を省いて連続 casting だけでやるという計画があると新聞に出るような状態になつている。

最初スラブの連続 casting がなかなか取り入れられなかつたもう一つの原因の中に、リムド鋼の連続 casting ができそうにないということがあつた。ソ連でもいろいろ試験をしたようであるが、リムド鋼の連続 casting というのは、リム層の安定をさせることが困難であるため大体無理だといえるのではないかと考えられる。そのかわりとして米国などではリバンド鋼という、リムド鋼にかわるような性格のものを作り出しわが国でも安いキルド鋼の開発が進められてきている。これが現在のスラブの連続 casting に対する趨勢である。

つぎに圧延の技術としては、前にちよつと述べたような大型化、連続化、高速化、自動化などがすべての機械に共通した目標であつた。とくに最近の問題としては日本ではストリップミルが増加していることが特徴と思わ

表3 世界各国のストリップの基数

年度	米 カ ナ ダ	日 本	ア ジ ア	オ ー ス ト ラ リ ア	西 欧	東 欧 (含 ソ 連)	ア フ リ カ	中 南 ア メ リ カ	世界計
1920年代	2								2
1930	15				2	1			18
1940	4	2				1		1	8
1950	16	5		1	14	10	1	4	51
1960	16	10	3	1	17	9		4	60
1970	1	4	1		11	2	1	2	12
計	54	21	4	2	34	23	2	11	151

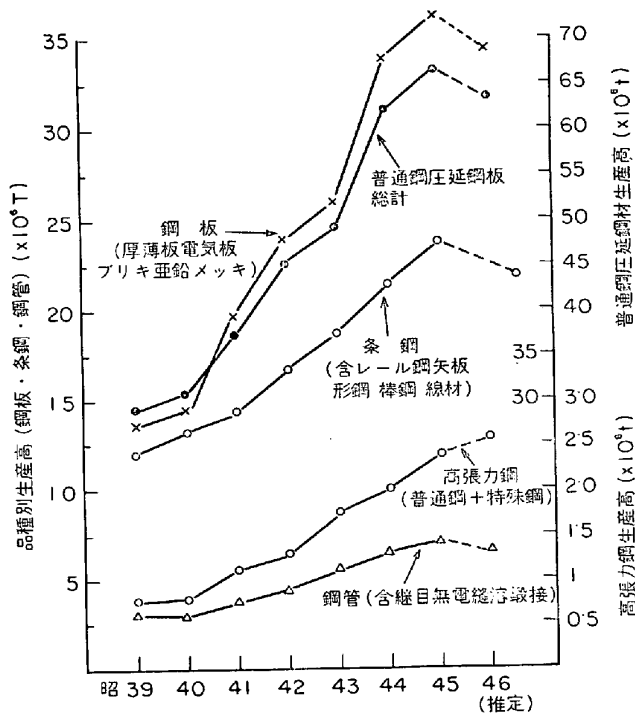


図8 品種別生産高

れる。表3に世界中のストリップミルの情勢を示しているが、一国としては日本は非常に高い数字になっている。これはメーカーが外国の技術をそのまま入れただけでなく、国産でいろいろ工夫されて非常に高効率のものができているということと、日本では計算機の技術者が非常に優秀であるためにいろいろと制御関係が進んできたことがストリップの大型化、進歩を助けたといつていいと思う。

それから大型化、自動化、高速化ということは分塊その他の圧延機もみなその方向であつて、たとえば分塊圧延機1基で年間500万tというようなレベルがいまの第一線の機械になりつつある。

圧延製品においていうと昭和45年は普通鋼圧延鋼材約6800万t、そのうちフラット・ロールが3500万tと約50%になつてきている。分塊も大型化し、ストリップ・ミルが発達し厚板圧延機も大きくなつて板が安くで

きるようになった。それと溶接技術が進歩して板から作つた方が安くできるという傾向になつてきたためにこういう状況になつたと思われる。

これと変わつている傾向としては、最近ワイド・フランジ・ミルが増えてきているということである。これは大型の量産機械で型钢を出していくということによつて省力化がはかれるということで伸びている。パイプ部門においては板から溶接によつて造られる溶接管が増加しているということが挙げられる。

さて現在わが国の鉄鋼技術の流れは大略このようなところであつて、前に述べたように生産量では1億t近くになつてきた。景気が立ち直れば大体1億tというのは遠からず達成できるかと思う。それでは今後も同じように伸びるであろうかということが問題であるが、技術を自主的に開発していかなければならないことは前にも述べたがそのほかにもいくつかの問題があらわれてきている。

第一は、輸出に対して制限が加えられてきたごとき市場の問題である。これはここでは省略したい。

つぎには昭和60年度には1億5000万とか1億6000万tという想定がなされているが、これを達成する際にあらわれてくる問題にあれてみたい。

まず一番問題になつてくるのは原料炭であろう。わが国のコークス用の原料炭は、基調が米国の強粘結炭、それに日本の弱粘結炭というのがベースである。これに豪州とかカナダあたりのものを配合するという姿できたわけである。いま1億6000万tとなつた場合に今のような溶鉱炉を主にした製鉄法を続けるということにすると、コークス比を450kg/tとしても石炭が9500万tいる。昭和44年と比較すると2.5倍であつて、供給の可能性を出してみると2000万tくらい不足になる。それから米国の強粘結炭であるが、世界中からコークスのベースとして奪り合いになつており、それに鉄鋼が伸びてきたために山元の労働事情とかその他で伸びが追いつかない。そのため価格が最近急激に上昇している。そこでこ

の米炭を減らすことを考えなければならない。この不足分 2000 万 t のソースを見つけることと、米炭を減らすことの 2 つの問題があるわけだが、今のコークスの技術の一番主流は米炭を減らすことがさしあたりの研究目標である。

これにはいくつかの方法が考えられている。まず成形炭法、これは豆炭にしてコークス炉に入れる方法である。それから成形コークス、これは豆炭だけを特殊なコークス炉に入れて焼く、栗を焼くようにして砂の中で焼くという方法もあるが、最近京阪練炭あたりで出しているようにコークス炉のようなかまの中で焼く方法である。それから乾燥炭、石炭を乾燥するとか予熱炭装入、これらの方法が今検討されている。

鉄鉱石について同じようなベースで考えてみると、世界の粗鋼生産量は昭和 60 年で 7 億 7000 万 t くらいと想定されている。これに必要な鉄鉱石は 8 億 t くらいになる。これに対して供給可能量を推定すると 1 億 4000 万 t くらい不足することになり、新しいソースを見つけないといけないことになる。日本が伸びるためには、海外に資本を投下しても鉱山を確保しなければならないであろう。

今のような鉄鉱石と石炭を運ぶための輸送の問題がでてくる。前にも述べたように輸送距離が非常に長くなつて粗鋼 1 億 6000 万 t に必要な原料を運ぶと、船が 1000 万 t 足りなくなる。これを手当てしなければならないし港の問題もある。

そこでコークスを使わない製鉄法はどうかということになる。現在世界で直接還元と電気炉を組み合わせたものがいくつか出ている。たとえば US スチールでベネズエラでやろうとしている流動還元の方法、米国の西岸でミドレックス法という、普通のペレットを堅型の炉で還元して電気炉に入れる方法、カナダのステルコとルルギで出した SL 法という、固形の還元剤を使つてロータリーキルンでペレットを還元する方法、さらにメキシコにあるガス還元でレトルトを使う方法などがある。

しかしこういうものが現在どのくらい実用化されているかということ、SL 法でニュージーランド・スチールで年間 20 万 t 程度、ミドレックス法でオレゴン・スチールで 40 万 t の能力、それからメキシコの炉が 1 日 200 t くらいの能力で、なかなかコストの面、量産化の面などで問題があるようである。

そこでいまのコークスを減らすということから原子力製鉄という問題が出てくるわけであるが、還元ガスと熱源が安ければ成り立ちうのではないかというのが一つの狙いであつて盛んに現在研究されている。電気に変え

てそのエネルギーを利用することと直接に熱を利用する二つの流れがあるが、直接利用の問題は化学工業その他の多目的の利用と組み合わせないとむずかしいのではないかと思われる。

つぎにわが国の製鉄業の面している問題は公害である。公害は大気汚染の問題、排水の問題、それからノロなどの廃棄物処理の問題の三つである。

まず大気汚染の問題は焼結工場、加熱炉などから出る SO₂ の問題である。燃料の方は現在 LNG その他の低硫黄燃料の手当ての問題からナフサを使おうということが出てきている。ナフサの燃焼について化学工業界あたりで反対しているようであるが、鉄鋼業としてはこういうものを利用できるものから利用していくよりないであろう。

そこで問題になつてくるのはガソリン分の多いものを災害を起こさないようにうまく燃焼させるという技術の開発で、これは何とかやらなければならないであろう。

一方、焼結工場の SO₂ を除くことについては、鉄鋼協会で共同研究をやつていて 15 万 m³ の設備が動いている。現在のところ順調に進んでいるようで、あとコストなどを下げること、ロング・ランでどうなるかということが今後出てくるかと思われる。また問題点の一つに廃液の処理がある。共同研究ではアンモニアで脱硫するため硫安ができる。こういうものを日本中でやると 100 万 t のオーダで生成物が出てくるので、これをどう処理するかが問題となる。現在の研究方向としては、アンモニアソーダあるいは亜硫酸ソーダ、それから硫安および石膏にするということであろう。

水質については、シアン・フェノールあたりのところが一番問題であるとは鉄の場合あまり問題にならないようである。これはすでに活性汚泥というようなものが発明されていてこれで処理できる。ただいかにして今後コストを下げていくかということが問題であろう。

スラグ類のような廃棄物の問題がもう一つある。高炉と製鋼のスラグは現在埋立てなどに使われているが、これが埋立てに使えなくなると海岸から 150km 以外に持つていかなければならないことになつている。発生量が 3500~4000 万 t という大量なので、この処理は考えなければならない大きな問題である。

最近新聞を見るとこういう公害を発生する産業は外国に行つたらいいだろうとか、知能集約産業に移行すべきであるとかいわれている。いろいろ問題はあるが 1 億人の人間が生活するには、こういう安いベースになる鉄鋼のような産業がしつかりしていないとなかなか頭脳だけで考えても食べていけないので、やはりわれわれとして

は公害をなくして栄えさせていくということではな
ならないと思うし、十分そのようなことは可能である
と思う。いま述べたような問題がいろいろあるが、われ
われの力で不可能であるという問題は今のところ見
当たらないようであり、お互いにこれを克服してい
くことをや

今後鉄鋼業が伸びていくに従って人手がだんだん足り

なくなるので、省力化の問題は計測の人の一番力を
発揮される場所であるが、それだけではなく今までの
鉄鋼業がここまで伸びてきたのは装になる計装技術、
自動制御を主とした周辺技術の進歩であつたという
ことで、計測部会の皆さんにますますがんばつて
いただいて、日本の鉄鋼業を伸ばしていかなければ
いけないと思つてい