

日本鉄鋼業発展の回顧と展望*

—製鉄技術を中心として—

辻 畑 敬 治**

Retrospections of and Future Outlook over the Development of Japanese Iron and Steel Industry —With Specific Reference to the Ironmaking Technique—

Keiji TUJHATA

1. 緒 言

戦後における日本鉄鋼業の発展のあとを振り返ってみると、敗戦直後には、火のはいつている高炉はわずかに3基という状態であり、かかる荒廃の中からまず立ち上がるキッカケを与えたものは、いわゆる傾斜生産方式と呼ばれた「石炭鉄鋼超重点増産計画」であり、ついで昭和25年の朝鮮動乱によって鉄鋼市場が拡大し、そのブームのさなかに鉄鋼業の第1次合理化計画が発足して戦後の鉄鋼業の基盤整備が行なわれた。このように昭和20年代は鉄鋼業にとって戦後の廃虚の中からの「復興の過程」ととらえることができよう。ついで「神武景気」と呼ばれた昭和31年からは第2次合理化計画がスタートしたが、その特徴は①第1次合理化計画にくらべて製鉄・製鋼部門の比重が高まったことと、②近代的な製鉄所の建設があいついで行なれわたることであり、LD転炉の増設および大型高炉の建設、輸送の合理化が進められて、日本鉄鋼業をして国際的に優位に立たせしめるための「体質改善」が遂行されたことが30年代の特徴といえよう。かくして40年代の現在、わが国鉄鋼業は技術的に見て世界をリードする立場に到達したかの感があり、「限界への挑戦」の時代に突入したといえるであろう。以上のごとき、わが国鉄鋼業の発展の経過を数字で裏付けてみると、終戦直後の55.7万トン（昭和21年）から図1にみるごとく粗鋼生産量は飛躍的に増大して1959年（昭和34年）にはフランスを追い越し、2年後の1961年（昭和36年）には英国、1964年（昭和39年）にはドイツを抜いて、米・ソに次いで世界第3位に躍進し、1969年は約8000万トンに達し、1970年は1億トンに迫ろうとしている。これを需要面からみると1968では粗鋼生産6689万トンのうち26%弱（粗鋼換算）は輸出であり、5000万トン弱が国内消費である。軍需中心であった戦前の粗鋼生産量の最高が765万トン程度であったことを考えると、隔世の感がある。

これらの粗鋼は当初主として平炉にて製造されたものであるが昭和33年からコスト的に有利なLD転炉による製鋼が始まり、昭和38年にはその生産比率は平炉と肩を並べるに至り、昭和43年（1968年）には73%

に達した。この間の変化（図2）はアメリカのそれとくらべるといかに急激であったかがわかる。LD転炉の発展はその製法上の特徴として溶洗率が約80%と高いことから大量の溶銑を安定して供給することを要請した。LD転炉の抬頭に呼応して、大型高炉の新設に一層の拍車がかげられ、鉄鋼生産量は増大した。（図3）

以上は日本鉄鋼業の発展を量的にとらえてきたわけであるが、戦後の混乱期から、今日のごとき鉄鋼業の繁栄を招来した要因の一つとして、積極的な外国技術の導入があげられる。すなわちわが国は戦後の技術の立ち遅れを取りもどすために、熱心に外国の技術を導入し、それを消化して今日の繁栄の基礎を形成したのである。近年に至りわが国からの技術輸出も活発化し始め、技術収支で黒に転ずる企業も出るようになったが、鉄鋼業全体として大きなマイナスであり、この辺にも今後のわれわれの目標がひそんでいる。

戦後25年間、多少の起伏はあつたとはいふものの、わが国鉄鋼業は質・量ともに順調に推移してきた。今後とも同じような順風を期待できるのであろうか。きくところによると「近き将来、粗鋼1億6000万トン」という長期見通しがわが国鉄鋼業の現実的な目標として語られるに至つた。1億6000万トンという生産規模は現在のアメリカおよびソ連（1968年実績でアメリカ1億2200万トン、ソ連1億700万トン）を大きく上回るものであり、アメリカ・ソ連の近年の生産の伸び率から推定して、その時点では世界第一位となる可能性を十分にはらんでいる。この場合、輸出は現在の約2倍の4000万トンに達し、内需が1億2000万トンになることが予想されている。もちろんこれらの目標は座して達成されるわけではなく、国の内外において需要を喚起する大型プロジェクトを積極的に推進する必要がある。1億6000万トンの生産規模に達し、世界の鉄鋼基地としての役割を演ずるようになるための問題点は何か。

いうまでもなく鉄鋼原料のほとんどを海外に依存して

* 昭和45年1月、本会渡辺記念講演会にて発表
昭和45年4月7日受付

** 新日本製鉄（株）工博

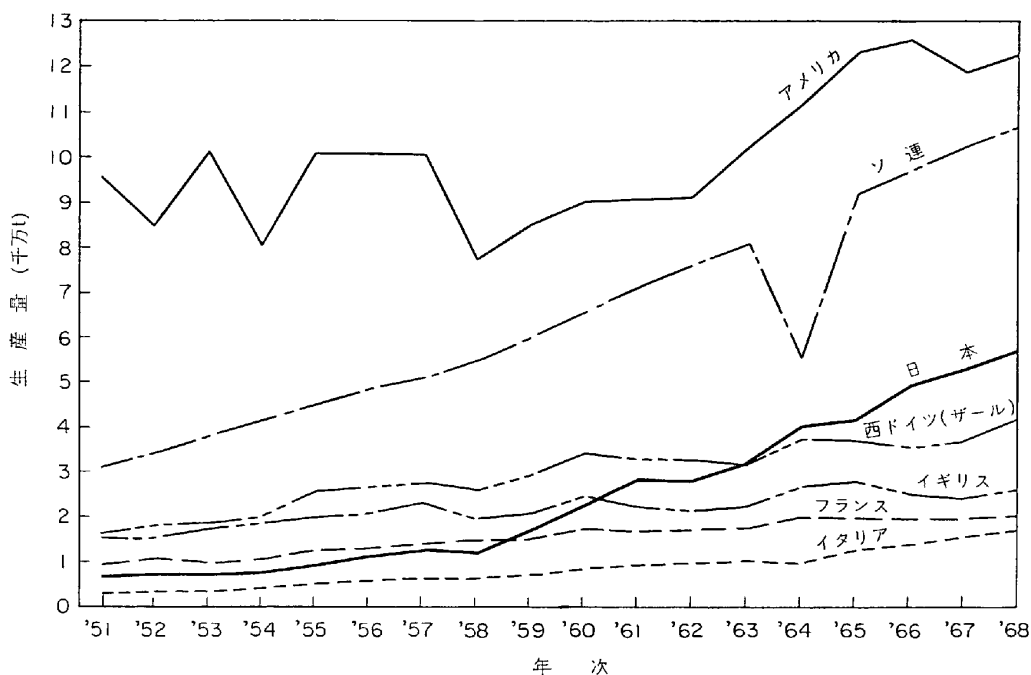


図 1 主要国粗鋼生産高の推移

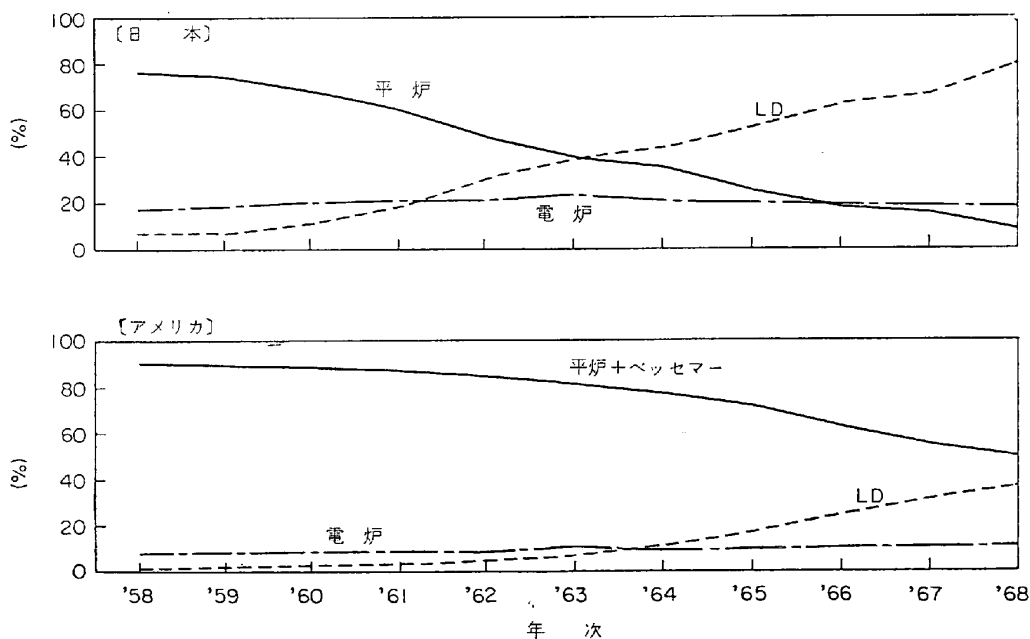


図 2 製法別粗鋼生産割合

いるわが国にとって、従来通りに海外鉱山との長期契約を主体とした購買方式をもつてわが国が期待する価格で期待する時期に、期待する量が確保できるかということが第一の問題点であろう。鉄鉱石に関していえば現在、事態はさほど急を上げるほどまでに至っていないが、原料炭に関していえば、年々炭価の上昇は避け難く、しかも量的にも確保できるかどうかという非常にタイトな状況に直面している。

さらに高熱重筋職場が多く、しかも三交代による昼夜連続作業という、鉄鋼業にとって宿命的な労働条件にて

労働力を確保できるか否か。その他、公害対策、資金調達など、今後鉄鋼業が克服しなければならない難問は幾多もあるが、何といたしても最大の問題は鉄源確保にあると思われるので、ここでは鉄源確保、つまり原料部門および製鉄部門の問題にしばつてお話ししたい。

2. 原燃料事情の変遷

わが国は元来原料資源に恵まれない国であり、海外よりの輸入に原料の大半を仰いできたために大量の原料を安く安定して購入すること、原料の原単位を切下げるこ

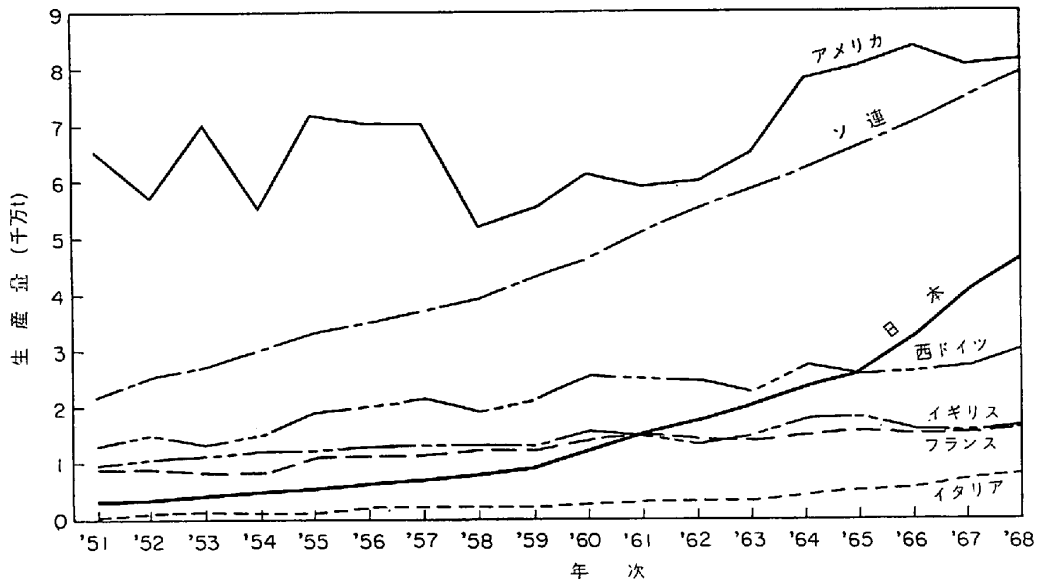


図 3 主要国鉄鉄生産高の推移

表 1 粗鋼生産と輸出 (粗鋼換算)

(単位 1 000 m/t)

年次	生産高	輸入高	輸出高	生産+輸入-輸出
1957	12 570	1 590	1 261	12 899
1958	12 118	204	2 216	10 106
1959	16 629	405	2 207	14 827
1960	22 138	308	3 144	19 302
1961	28 268	412	3 192	25 488
1962	27 546	249	5 269	22 526
1963	31 501	69	7 195	24 375
1964	39 799	49	8 940	30 908
1965	41 161	32	12 705	28 488
1966	47 784	38	12 789	35 032
1967	62 154	463	11 918	50 699
1968	66 893	139	17 227	49 805

	東南アジア	北米
26年度	61%	33%
27〃	55	42
28〃	69	28
29〃	80	17
30〃	83	15
31〃	77	16
32〃	71	15

鉄鋼業の技術収支

	技術輸出	技術導入
41年度	816 百万円	2 633 百万円
42年度	907	2 827

とに最大の努力を払ってきたわけであるが、最初に原料購入を有利にするための戦略の経過について説明しつつ、原単位を切下げるための製鉄技術の努力と進歩のあとをたどつてみたい。

終戦直後、鉄鋼生産を再開させるに当たり、さしあたり最も深刻であったものは原料、なかでも石炭不足であった。そこで 22 年に至り、日本の経済危機を打開するため傾斜生産方式がとられ、国内の石炭の増産と鉄鋼の増産を図つた。戦前の原料供給は輸入鉄鉱石の約 35% を中国大陸に、また輸入原料炭の約 70% を中国から得ていたが、戦後には、中国の政治経済体制の変化と日中

間の貿易の禁止があり、また占領下における管理貿易によりアメリカ炭やアメリカ、カナダの鉄鉱石を使用するようになり、その後における日本鉄鋼業の原料基盤がここに培われた。当時の輸入原料はきわめて割高であったが、政府による補給金にて補助され（鉄鉱石は 61%、石炭は 34%）、鉄鋼業はそれだけ安い価格で使うことができた。また国内炭についても約 70% の補給金を得ていた。この補給金制度は 24 年のいわゆるドッジ・ラインにより漸次廃止に向かい、また為替レートの設定によりわが国鉄鋼業は国内的にも国際的にも、自己の責任において世界の経済競争に立ち向かわざるを得なくなり、企業の合理化を強く進めざるを得なくなつたのである。

アメリカの対日援助政策により、中国炭に代わり米炭が昭和 25 年頃からベース・コールの地位を占めるに至つた。米炭そのものは強粘結性と低灰分であるがゆえに、品質において他の原料炭の及ぶところではなかつたが、製鉄用原料炭としてその輸送距離が世界最長である点が経済性において最大の難点であった。すなわちアメリカからヨーロッパへの海上輸送距離が 3 500 海里であるのに対し、パナマ運河経由でわが国までは 9 700 海里ある。その結果山元では 5~6 ドル/トン当たりの原料炭は日本着価格で海上運賃の高騰時には 29 ドルにも達した。この原料炭の割高を緩和するために、一方ではなるべく高品位の鉄鉱石を輸入することにより、また地方では原

表 2 鉄鉱石輸入量の推移

(単位 1 000 m/t)

年度	合計 (100 %)	マレー		その他東南 アジア		インド		北アメリカ		オースト ラリア		南アメリカ		アフリカ		その他	
		数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)
1958	7 856	2 523	32.1	1 608	20.5	2 419	30.8	1 120	14.3	—	—	158	2.0	6	—	22	0.3
1959	11 781	4 020	34.1	1 551	13.2	4 009	34.0	1 326	11.3	—	—	624	5.3	191	1.6	60	0.5
1960	16 212	5 680	35.0	1 588	9.8	4 374	27.0	2 030	12.5	—	—	2 195	13.6	315	1.9	30	0.2
1961	21 211	6 651	31.4	2 009	9.5	4 560	21.5	2 089	9.8	12	—	5 341	25.2	468	2.2	81	0.4
1962	22 619	6 146	27.2	2 003	8.8	5 265	23.3	2 775	12.3	—	—	5 741	25.4	657	2.9	32	0.1
1963	27 523	6 704	24.4	2 309	8.4	6 138	22.3	3 911	14.2	10	—	7 284	26.5	1 049	3.8	118	0.4
1964	31 865	6 803	21.4	2 793	8.8	6 513	20.4	3 886	12.2	105	0.3	9 698	30.4	1 780	5.6	287	0.9
1965	40 553	6 923	17.1	3 682	9.1	8 725	21.5	4 704	11.6	254	0.6	12 842	31.7	2 748	6.8	675	1.6
1966	49 268	5 490	11.1	3 890	7.9	10 449	21.2	5 460	11.1	3 499	7.1	15 884	32.3	3 979	8.1	617	1.2
1967	58 531	5 111	8.7	3 646	6.2	11 146	19.1	5 385	9.2	9 701	16.6	16 987	29.0	5 570	9.5	985	1.7
1968	70 608	5 068	7.1	3 440	4.9	12 938	18.3	5 475	7.8	15 044	21.3	18 871	26.7	7 997	11.3	1 777	2.5

料の事前処理を推進し、焼結設備の拡充によって、世界にも類のない低コークス比を実現したのである。

鉄鉱石についてはアメリカ・カナダからの輸入が 26 年度に 33%、27 年度に 42% に達したが、以後その割合を減じ、代わつて 30 年度には輸入鉄鉱石の 80% は東南アジアに依存するようになった。このようにして戦後の原料問題は原料炭に対してはコークス比の切下げ、鉄鉱石に対しては東南アジアへソースを転換することにより不利な原料条件を克服しようと図つたのである。

わが国の鉄鉱石対策はその主要ソースを東南アジアに転換してもなお、輸送距離は世界最長である。(昭和 31 年においてトン当たり日本は 3 551 海里、アメリカは 2 031 海里、イギリスは 1 787 海里、西ドイツは 1 731 海里、フランスは 1 130 海里)。また米炭の輸送距離の世界最長であることもいぜんとして変わらなかつたのである。この輸送距離の長いことが海上運賃の比重の大なることにつながり、我が国の原料価格高及び原料価格不安定の主要な原因をなした(昭和 26 年～30 年の原料 CIF 価格に占める海上運賃の割合は、鉄鉱石で 40～50%、原料炭で 40～66% である)。このように第 1 次合理化のあとでもわが国の鉄鋼原料費は割高であった。また、著しく増大してゆく鉄鋼生産の伸びに対して主要原料をいかに確保するかということが問題として残された。

次の問題は屑鉄の確保である。わが国は輸入鉄屑の大半をアメリカに依存していたが、好況期にはアメリカにおける屑鉄需給の逼迫から輸出が困難となり、輸入国であるわが国は屑鉄の量の確保および価格の高騰に悩まされた。このような事情から屑鉄をあまり必要としない LD 転炉が各国に先がけて導入されたわけである。LD 転炉の採用はとりも直さず溶銑を大量消費するので、その後の鉄鋼生産の伸びと相まつて、わが国の製銑能力の一層の拡大をせまり、第 2 次合理化以降の高炉の建設に拍車をかけた。製銑能力の拡大は鉄鉱石および原料炭の所要量をそれだけ大きくする。ここにまた増大した鉄鉱石および原料炭の需要を確保するという宿命的な問題が

さらに尖鋭化されたのである。

このようにして、原料の価格高と量的確保の不安定という問題点を抱えていた鉄鋼業は、第 2 次合理化のなかで 2 つの対応策をうちだしたのである。1 つは原料市場の転換を伴う長期確保であり、他の 1 つは専用船の建造である。

すなわち、一時は鉄鉱石の供給ソースの 80% を占めた東南アジア地区からの輸入が、絶対量は年々増加しつつも漸次その比重を減じ(35 年度では 72%、42 年度では 48%)、代わつてまず南アメリカからの輸入が増加した(33 年度 2%、35 年度 13.6%、40 年度 32%)—表 2。また 1960 年の 12 月にオーストラリア政府が過去 22 年間続いた鉄鉱石の輸出禁止令を条件つきではあるが解除して以来、西オーストラリアにはアイアン・ラッシュの時代が到来した。ハマスレー地区の諸鉄床、マウントニューマンのホエール・バック鉄床、ローブ・リバー鉄床等西オーストラリア中部地区を中心にあいついで大鉄床が発見された。日本からきわめて近いこと、品質的にも鉄分の高いものが望めることなどの理由から、わが国鉄鋼業はこれらの鉄床に強い関心を持ち、数次にわたり調査団を派遣した。一方アメリカ・イギリスなどの巨大鉄山資本も、これらの鉄床の開発にきわめて積極的な姿勢を示した。1963 年より 1966 年にかけて、日本の鉄鋼業は西オーストラリアを中心としたオーストラリア鉄石の契約交渉にあけくれ、大量の鉄石、ペレットの購入契約が次々に成立した。1964 年度にわずか 10.5 万トン(0.3%) だつたものが、4 年後の 1968 年度には 1 500 万トン、その比率は一躍 21% へと増大したのである(表 2)。近い将来は 40% になるであろう。

それでは諸外国の傾向はどうであろうか。欧米の鉄鋼業の中心地はそれぞれ国内の鉄鉱石または石炭の産地を基礎としているものが多く、したがって内陸立地の場合が多いが、最近主要製鉄国は海外の高品位鉄石を求めて積極的に進出し、したがって海岸立地の製鉄所が建設されつつある。主要国の鉄鉱石海外依存度を比較すると図

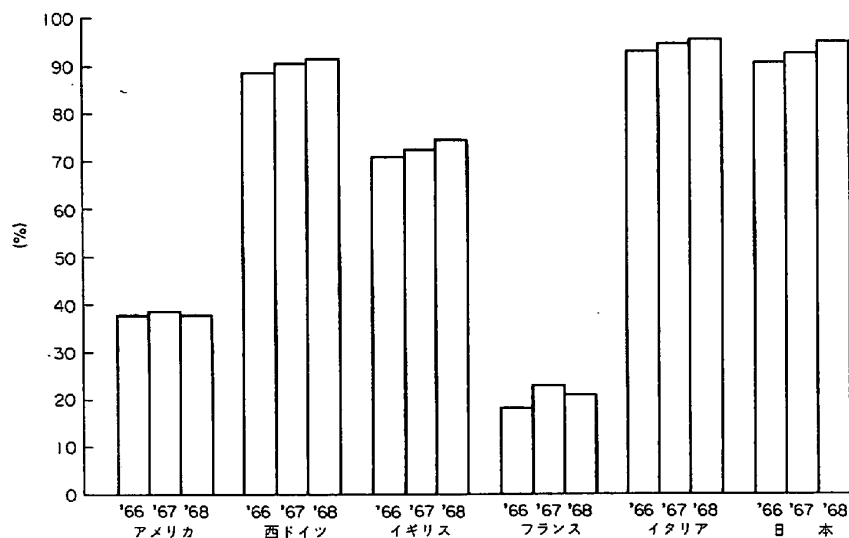


図 4 主要国鉄鉱石海外依存度

表 3 主要国の鉄鉱石平均海上輸送距離 (単位 海里/トン)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
日本	3 500	4 000	4 900	5 000	5 100	5 440	5 460	5 800	5 980	6 180
アメリカ	2 700	2 500	2 400	2 230	2 160	2 140	2 230	2 240	2 150	2 110
西ドイツ	2 600	2 900	3 300	2 890	3 370	3 000	2 940	2 660	2 740	2 820
イギリス	2 200	2 100	2 100	2 100	2 200	2 200	2 180	1 980	2 460	...
イタリア	2 900	3 300	3 600	3 760	3 860	3 560	3 030	2 930	3 090	...
フランス	1 900	2 100	2 400	2 680	3 240	2 710	3 040	3 180	3 470	3 780

表 4 主要国鉄鉱石価格 (単位 ドル/mt)

年	日本		アメリカ				西ドイツ			スイグリ		フランス		イタリ
	国内鉱	輸入鉱	国内鉱		輸入鉱	輸出鉱	国内鉱	輸入鉱		国内鉱	輸入鉱	国内鉱	輸入鉱	輸入鉱
	山元貨車乗せ価格 (Fe 50%)	CIF	ベッセマー級旧地区 Fe 51.5%	非ベッセマー級メサビ Fe 51.5%	FOB	FOB	山元価格	スウェーデン級 Fe 60% CIF	CIF	山元価格	CIF	ミネト鉱 (Fe 32%)	CIF	CIF
1956	7.1	18.4	11.1	10.7	8.1	8.7	5.8	14.4	14.4	—	16.1	3.9	15.7	15.8
1957	7.1	21.7	11.7	11.3	8.3	9.7	6.2	15.1	15.8	—	17.1	3.6	15.1	18.9
1958	7.2	16.2	11.7	11.3	8.3	9.9	6.0	14.5	15.0	2.0	15.6	3.3	13.9	15.0
1959	7.2	14.0	11.7	11.3	8.6	11.2	5.8	12.6	11.5	2.0	14.5	3.6	12.3	12.3
1960	7.2	14.2	11.7	11.3	9.2	10.8	5.9	12.8	11.3	2.0	13.5	3.6	12.8	12.1
1961	7.2	14.2	11.7	11.3	9.6	10.8	6.1	12.8	11.1	2.0	13.5	3.6	12.0	11.9
1962	7.2	14.3	10.9	10.5	9.5	10.5	—	12.0	10.2	2.0	13.3	3.6	11.3	11.6
1963	7.2	13.6	10.9	10.5	9.6	11.0	—	—	9.8	2.0	12.6	3.3	10.3	11.0
1964	7.2	13.5	10.8	10.6	9.8	11.3	—	—	9.9	2.0	12.3	3.1	10.8	10.4
1965	7.2	13.4	10.8	10.6	9.7	11.2	—	—	9.9	—	12.3	3.1	11.2	9.5
1966	7.2	13.1	10.8	10.6	9.8	10.6	—	—	10.1	—	12.1	3.0	11.2	9.9
1967	7.2	12.7	10.7	10.6	9.8	10.6	—	—	9.6	—	10.2	2.6	9.9	10.0
1968	7.2	12.2	10.7	10.6	10.2	10.5	—	—	9.2	—	11.3	—	—	10.1

4 に示すごとくである。すなわち各国の鉄鉱石の流通構造の変化をみると、まずアメリカでは 1960~1967 年において、鉄鉱石輸入量が 1 400 万トン増加したが、そのほとんど全部がカナダからの輸入量の増加によってまかなわれた。また、フランス、西ドイツ、イギリスなどに

おいては国内の割高な低品位鉱山の減産または閉山が進み、これに代わつてリベリア、モリタニアを主力とする西アフリカの新興ソースが急速に開かれた。またブラジル、スウェーデン鉱石などの輸入も着実に増加した。とくにスウェーデン鉱石の輸入量は EEC 全体で 1968 年

表 5 原料炭輸入量の推移

(単位 1 000 m/t)

年度	合計	中 国		ソ 連		カ ナ ダ		ア メ リ カ		オーストラリア		そ の 他	
		数 量	(%)	数 量	(%)	数 量	(%)	数 量	(%)	数 量	(%)	数 量	(%)
1958	3 214	79	2.5	308	9.6	5	—	2 557	79.6	226	7.1	39	1.2
1959	4 474	—	—	293	6.6	149	3.3	3 471	77.6	470	10.5	91	2.0
1960	6 479	—	—	551	8.5	453	7.0	4 433	68.4	954	14.7	88	1.4
1961	9 393	40	0.4	824	8.8	513	5.5	5 565	59.2	2 394	25.5	57	0.6
1962	9 164	113	1.2	894	9.8	462	5.0	5 196	56.7	2 464	26.9	36	0.4
1963	9 983	89	0.9	933	9.4	581	5.8	5 324	53.3	3 012	30.2	44	0.4
1964	11 859	170	1.4	858	7.2	736	6.2	5 474	46.2	4 597	38.8	24	0.2
1965	15 117	420	2.8	1 076	7.1	792	5.3	6 489	42.9	6 339	41.9	—	—
1966	18 369	619	3.4	1 353	7.4	827	4.5	7 377	40.1	7 669	41.7	524	2.9
1967	23 872	624	2.6	2 210	9.3	803	3.4	10 933	45.7	8 499	35.6	803	3.4
1968	30 604	20	0.1	2 412	7.9	884	2.9	14 590	47.7	11 710	38.3	938	3.2

表 6 原料炭使用高

(単位 1 000 m/t)

	原料炭使用高			国 内	輸 入
	強 粘	弱 粘	計		
1956	3 285	3 780	7 065	57.8	42.2
1957	3 633	4 248	7 881	54.2	45.8
1958	3 453	4 005	7 458	52.0	48.0
1959	4 242	4 950	9 192	55.3	44.7
1960	5 646	5 601	11 247	49.0	51.0
1961	7 670	7 007	14 677	44.0	56.0
1962	8 356	7 327	15 683	40.5	59.5
1963	8 992	7 883	16 875	44.7	55.3
1964	10 633	9 033	19 666	43.1	56.9
1965	12 646	9 911	22 557	36.4	63.6
1966	14 368	11 459	25 827	36.0	64.0
1967	18 736	13 306	32 042	31.4	68.0
1968	23 552	13 595	37 147	25.6	74.4

に 2 200 万トンで約 26% を占め、いぜんとして第 1 位である。これらの結果、各国の鉄鉱石の海上輸送距離にも変化が現われているが、相変わらず、わが国が、並はずれて最も長い(表 3)。

それでは鉄鉱石の価格の動向はどうであろうか。1960 年台は鉄鉱石需要の伸びにつれて、大規模な鉱山の開発があいついで行なわれ、鉄鉱石の需給関係は一種の供給過剰の状態にあった。それ以後、国際市場における鉄鉱石の価格は下落する一方となつた。それに加えて後述するように大型専用船の就航によって大量の鉱石輸送が可能となり、一方港湾設備も整備されて鉱石の海上運賃も年々大幅に低下することとなつた。表 4 に 1956 年から 68 年までの主要国の鉄鉱石価格の推移を示した。

原料炭問題は当初、価格問題であった。つまり戦後わが国のベース・コールとなつた米炭は、その品質において世界に類をみない良質炭であり、またその埋蔵量と生産量も世界最大の規模であり、量の確保についてはとくに問題はなかつた。しかしアメリカで 10~11 ドル/トンで使える原料炭が 10 000 海里近い海を渡つて購入されるという点がまず第 1 の問題点であり、また主として弱粘結炭である国内原料炭の価格が輸入炭よりもさらに

高いという事実が問題である。

対策の第一は近距離ソースの開発であり、米炭との代替である。すなわち 1955 年(昭和 30 年)には輸入量の 87% を占めていた米炭は、1960 年に 68%、1965 年には 43% とその比率を下げ、代わつてオーストラリア炭が 1955 年のわずか 0.4% から 10 年後には 42% と米炭と肩を並べるところまで、激増したのである(表 5)。

しかしながら、わが国の原料炭需要は引続き増加しており、1956 年(昭和 31 年)の 700 万トンから 10 年後の 1966 年には 2 600 万トンに激増した。当初輸入炭はそのほとんどが強粘結炭にあつたのであるが、銑鉄生産の拡大テンポがあまりに急であり、また国内炭の生産もこれに追いつかないために、原料炭需要の増加分は、その大部分を輸入炭によってまかなわれた結果弱粘結炭の輸入も増加し、かくして 1960 年(昭和 35 年)からはついに輸入炭がその使用比率において国内炭を上廻り、1968 年には輸入炭比率は約 74% と 4 分の 3 を占めるに至つたのである(表 6)。

原料炭価格を引下げる第 2 の対策は大型専用船就航による海上運賃の低位安定である。

鉱石専用船の建造問題は昭和 28 年に鉄鋼連盟内に臨時委員会を設けて本格的に取り上げることになつたが、原料の海外依存度が大きく、その海上輸送距離が長距離化するにしたがつて海上輸送運賃の低位安定を求めるとはきわめて自然なことであった。その後欧米諸国に調査団を派遣し検討を重ねた結果、昭和 33 年にいたつて鉄鋼生産の低迷期に造船業界も同じように不況に悩んでいたもので、専用船建造促進のチャンスであるとして製鉄業界が主導権をとり、鉄鋼会社が船会社と共同保有の形式をとつてはじめて専用船 5 隻(1 万 5 000 トン型)が 33 年の第 14 次計画造船により建造された。その後第 15 次計画造船には引続き 3 隻が建造され、専用船による輸入鉱石の輸送方式がその緒についた。

わが国は鉄鋼原料輸入量が飛躍的に増大し、しかも非常に遠距離から輸入している。したがって輸入原料価格の中に占める運賃の比重はきわめて大きい。しかも海上

表 7 鉄鉱石専用船船型別年度別竣工量

(単位 1 000 DWT)

		1960 以前	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969 以降予	計
2万t 以下	隻数 重量(トン) 比率(%)	15 259 56.0	1 19 11.3									16 278 4.1
2~4 万t	隻数 重量(トン) 比率(%)	8 204 44.0	7 149 88.7	4 99 28.4	1 28 14.9			1 36 3.6	4 151 13.7			25 667 9.7
4~6 万t	隻数 重量(トン) 比率(%)			5 250 71.6	3 160 85.1	3 158 100.0	5 284 100.0	6 336 33.4	2 110 10.0	1 45 3.7	3 138 7.3	28 1,481 21.7
6~8 万t	隻数 重量(トン) 比率(%)							7 634 63.0	4 294 26.8	3 220 18.2	3 215 11.3	17 1,363 20.0
8~10 万t	隻数 重量(トン) 比率(%)								6 543 19.5	9 844 69.7	3 293 15.4	18 1,680 24.6
10万t 以上	隻数 重量(トン) 比率(計)								1 101 8.4	1 101 8.4	12 1,254 66.0	13 1,355 19.9
	隻数 重量(トン) 比率(%)	23 463 100	8 168 100	9 349 100	4 188 100	3 158 100	5 284 100	14 1,006 100	16 1,098 100	14 1,210 100	21 1,900 100	117 6,824 100
平均 船型	隻数 重量(トン) 比率(%)	20.1	21.0	38.8	47.0	52.7	56.8	71.9	68.6	86.4	90.5	

運賃はその性質上きわめて変動を受けやすい要素をもっている。このように不安定な要素をもつ海上運賃を基として輸入原料価格は構成されるのであるから、原料コスト、鉄鉄コストについては鋼材価格の安定は期待できないのである。これの解決策が専用船による原料輸送である。

一般に大型化するほど、その輸送コストは低下する。また大型化によるコスト引下げ効果については、積地、揚地の荷役能率、輸送距離等との間にある関係があり、最適の船型というものがあるかと思われるが、実際問題として過去 10 年間、船舶の大型化を規制する要因を次々と取り除いて、当初 15 000 トンの専用船から出発して、現在では 25 万トン級の専用船を検討するに至っている。表 7 と表 8 に年度別の鉄鉱石と石炭専用船の竣工量を示すが、年々専用船の急速な大型化の傾向がみられる。この大型化に応じて輸送コストの低下も著しいのである。表 9 表 10 に輸入原燃料の海上運賃の推移を示すが、1961 年には鉄鉱石の CIF 価格は 14.26 ドル/トンに対して平均運賃は 5.90 ドル/トンであり、鉱石価格に占める運賃比率は 41.4% であったが、1967 年には鉄石鉱 CIF 価格 12.70 ドル/トン、平均運賃 4.00 ドル/トンとなり運賃比率は 31.5% へと低下した。

原料炭については米炭より豪州炭へソース転換が行なわれたことにより、平均海上輸送距離は 1961 年の 7 402 海里から 1967 年の 6 460 海里へと短縮されたこともあり、平均運賃は 1961 年の 6.45 ドル/トンから 1967 年の 4.60 ドル/トンへ、また運賃比率は 37.85% から 29.87% へと低下した。このように専用船の発達により、鉄鉱石の場合には、輸送距離の遠隔化にもかかわらず輸送コスト切下げに大きな効果を及ぼしたのである。

ついで、わが国鉄鋼業界は大型多目的船による輸送効率に着目し、まず 40 年度に ore/oil 兼用船 2 隻を建造した。この兼用船の運航形態はペルシャ湾→英国または西欧またはブラジル向けの石油を運び、帰りにブラジルまたはアフリカ→日本向けの鉱石を積取る ore/oil 兼用船、またはペルシャ湾→米国に石油を運び、帰りにハンプトンローズ→日本へ石炭を輸送する oil/bulk carrier などいずれも往復とも荷物を計画的に運ぶコンビネーション輸送によってコストの合理化をはかるものである。さらに ore/bulk/oil 兼用船構想もある。

以上、戦後におけるわが国の原燃料事情を概観してきたが、今後の問題点を展望すると次のようになる。

1. 鉄鉱石の供給量の面では当分不安はないものと思われるが、高炉操業の高効率化という観点から塊成鉱比

表 8 石炭専用船船型別年度別竣工量

(単位 1000 m/t)

		1962以前	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969以降予	計
2万t以下	隻数 重量(トン) 比率(%)									
2~3万t	隻数 重量(トン) 比率(%)	1 23 100	5 120 100							6 143 8.1
3~4万t	隻数 重量(トン) 比率(%)			1 36 100	2 71 63.4	4 142 46.0				7 249 14.1
4~5万t	隻数 重量(トン) 比率(%)				1 41 36.6		5 207 62.7	2 88 34.1	4 226 39.3	12 562 31.9
5~6万t	隻数 重量(トン) 比率(%)					3 167 54.0	1 59 17.9	3 170 65.9	3 158 27.5	10 554 31.4
6万t以上	隻数 重量(トン) 比率(%)						1 64 19.4		3 191 33.2	4 255 14.5
計	隻数 重量(トン) 比率(%)	1 23 100	5 120 100	1 36 100	3 112 100	7 309 100	7 330 100	5 258 100	10 575 100	39 1763 100
平均船型	隻数 重量(トン) 比率(%)	23.0	24.0	36.0	37.3	44.1	47.1	51.0	57.5	

表 9 主要国原料炭価格

(単位 ドル/mt)

年	日本		アメリカ							西ドイツ		フランス		イギリス	
	国内(弱粘) 京浜 CIF	輸入(混合) CIF	全石炭 山元平 均 fob	コーク スタ 当 り に 用 い た 石 炭 価 格	コーク ス 用 炭 工 場 消 費 者 価 格	ヨー ロ ッ パ 向 FOB ハン プ ト ン ロ ー ズ	西 独 着 CIF ハン プ ル グ ブ レ ー ル メ ン	フ ラ ン ス 着 CIF ダン ケ ル ク	イ タ リ ー 着 CIF ジ エ ノ バ	オ ラ ン ダ ー 着 CIF ア ム ス テ ル ダ ム ト ワ ー プ	ル ー ル ン 坑 所 渡 ヶ ヶ	ア ー ヘ ン ヶ	ノ ー ル パ ド 、 カ レ ー ヶ	全 石 炭 山 元 平 均 ヶ	
1956	19.56	24.40	5.00	14.64	10.31	11.51	23.05	22.43	23.46	22.84	12.53	13.90	13.70	10.61	
1957	21.10	28.90	5.60	15.52	10.92	11.76	17.39	18.03	18.07	17.18	13.45	14.91	14.57	11.30	
1958	20.21	21.29	5.36	15.60	10.90	9.84	13.29	13.93	13.66	13.09	14.49	15.96	13.68	11.72	
1959	19.31	18.00	5.26	15.45	10.89	9.94	13.18	13.80	13.69	12.95	14.49	15.96	13.88	11.49	
1960	18.69	17.23	5.17	15.47	10.90	9.60	12.32	13.98	13.61	13.13	14.47	15.94	14.08	11.86	
1961	18.06	17.09	5.05	15.43	10.79	9.60	13.52	13.16	13.78	12.31	15.19	16.74	14.08	12.41	
1962	17.19	16.92	4.94	15.59	10.86	9.84	12.74	13.38	13.29	12.53	15.19	16.74	14.08	12.64	
1963	16.50	16.25	4.94	15.01	10.46	10.11	14.00	14.40	14.90	13.80	15.58	17.16	14.59	12.72	
1964	16.50	15.91	4.91	14.65	10.23	10.41	13.88	14.02	14.84	13.67	15.96	17.52	14.59	12.63	
1965	16.96	15.73	4.89	14.89	10.64	10.41	14.37	14.51	15.16	14.16	16.68	18.24	14.59	12.61	
1966	17.06	15.44	5.00	15.37	10.81	10.77	13.89	13.98	14.89	13.63	16.68	18.24	14.59	11.88	
1967	17.06	15.67	—	—	—	11.15	14.20	14.27	14.90	13.82	16.68	18.24	14.59	14.10	
1968	17.06	15.87	—	—	—	11.97	15.97	15.72	16.37	15.37	16.50	18.13	14.59	—	

を高める傾向にあり、とくに焼結鉱とペレットおよび整粒鉱との経済的な組み合わせが問題となろう。また、焼結用粉鉱石の微粉化傾向、購入ペレットの品質の安定化、輸入鉄鉱石のソースの分散と captive mine の開発。

2. 原料炭については近年、山元の労働不安のために出

荷量に問題があったが、この傾向は今後も続くものと思われ、また価格も年々上昇の傾向にある。現在約8000万トンの粗鋼生産レベルに原料炭問題が重大化しているのであるから、1億6000万トンの粗鋼生産を目指す日本鉄鋼業にとって原料炭確保は最大の問題となろう。

表 10 輸入原燃料の海上運賃推移 (全国)

		年 度							
項 目		1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	
鉄 鉱 石	平均 CIF 価格 (ドル/t)	14.26	14.07	13.54	13.53	13.34	13.02	12.70	
	平均運賃 (ドル/t)	5.90	5.70	5.50	5.50	5.00	4.43	4.00	
	平均輸送距離 (カイリ/t)	5 094	5 262	5 373	5 646	5 982	6 131	6 280	
	トン-カイリ当たり平均運賃 (セント/t-カイリ)	0.116	0.108	0.102	0.098	0.084	0.072	0.064	
	運賃比率 (%)	41.37	40.51	40.62	40.65	37.48	34.02	31.50	
石 炭	平均 CIF 価格 (ドル/t)	17.04	16.81	16.13	15.66	15.67	15.52	15.40	
	平均運賃 (ドル/t)	6.45	5.93	5.32	5.01	4.98	4.62	4.60	
	平均輸送距離 (カイリ/t)	7 420	7 219	7 038	6 701	6 473	6 460	6 460	
	トン-カイリ当たり平均運賃 (セント/t-カイリ)	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	
	運賃比率 (%)	37.85	35.28	32.98	31.99	31.78	29.77	29.87	

3. 専用船の大型化, 大型 ore/bulk/oil carrier の採用, スラリー輸送などの輸送の合理化がさらに推進されよう。

3. 製鉄技術の進歩

昭和 23 年に原燃料の輸入が再開された。このときわが国は、はじめてアメリカ炭やアメリカ、カナダの鉄鉱石を使用することになった。ま昭和 24 年にはドッジ・ラインにより補給金の撤廃と輸入原料の使用制限という政策のために、わが国鉄鋼業は合理化への歩を踏み出した。

昭和21年度	出 鉄 量 152×10 ³ トン	コークス比 1 560 kg
22	294	1 317
23	851	1 142
24	1 495	968
25	2 167	902
26	3 160	912
27	3 336	866
28	4 580	824
29	4 376	728
30	5 261	713

次いで昭和 26~30 年に遂行された第 1 次合理化計画により鉄鉱石の事前処理が開始された結果、高炉の作業能率は著しい向上を示した。すなわち、昭和 26 年に 912 kg があつたコークス比は 30 年には 713 kg へと世界の最低水準まで低下した。また昭和 31 年から始まる第 2 次合理化計画では高炉の新設は 10 基を数え、しかも内容積 1 600m³ 以上という大型高炉が出現した。この間コークス比は 35 年に 617 kg, 37 年からは重油の吹込みも始まつて、40 年には 507 kg に達し、44 年には 400 kg 台に突入したと思われる。他方高炉の能率を表わすもう一つの指標である出鉄比 (高炉の内容積 1m³ 当たりの 1 日の出鉄量) は 32 年の 0.87 t/m³ から 10 年後の 42 年には、およそ 2 倍の 1.64 t/m³ へと向上し、最近ますます能率向上の歩みを速めているのである (図 5)。

高炉の能率向上に影響を及ぼした各要因について以下

説明したい。

3.1 原料の事前処理の強化

戦後初期のコークス比低下、出鉄比上昇は主として高品位鉄鉱石と低灰分コークスの使用と鉄鉱石の整粒効果によるところが大きい。鉄鉱石の破碎・篩分による粒度管理は、その効果への不安、発生粉の処置等の問題から実行に移されなかつたが、昭和 27 年より広畑にて篩分け設備の改善をはかり、28 年にこれが完成して以来、各社ともあいついで鉄鉱石の整粒設備を増強した。最初はず大塊を砕く整粒方法がとられ、ついで粉鉄の徹底的篩分けと最大サイズの縮小化が行なわれた。

広畑が 28 年に 2 段破碎処理方式に改善されたあと、32 年には洞岡、東田、33 年には鶴見、34 年には室蘭とあいついで原料処理設備が改造された。これまでは最大粒度を 50 mm 以下にすることに重点を置いていたが、2 次破碎により生じた粉鉄は高炉に装入されていた。31 年に中山では、所定サイズ以上のものは再び破碎機に戻すサーキュレート方式を採用し、その後各社ともサーキュレート方式への改造、新設をあいついで完成させた (34~38 年)。他方、整粒効果の確認試験も各社で行なわれた。(たとえば東田の 3 高炉では昭和 36 年に焼結鉄 50%、10~25 mm の整粒鉄 50% の配合で増風し、出鉄比は 1.98 を記録した。当時の全国平均の出鉄比は 1.10~1.20 であった。) かくして最近の各社の整粒鉄のサイズは 8~30 mm からさらに、10~25 mm へと移行しつつある。

3.2 塊成鉄の増加

高炉の能率向上のために鉄鉱石の整粒を強化したことは、これに伴つて粉鉄の発生量が増加することを意味する。従来から焼結機は硫酸滓、ガス灰、磁選精鉄などの処理のために稼働していたが、鉄鉱石の整粒による粉鉄発生量の増加に伴い、焼結機能力を増強する方向にむかつた。それにつれて昭和 25~28 年度まで約 30% であつた焼結配合割合は 29~32 年度には約 40% になり、この結果、焼結鉄の性状が高炉操業に及ぼす影響も重視されるようになった。なかでも 30 年頃から始まつた石灰石

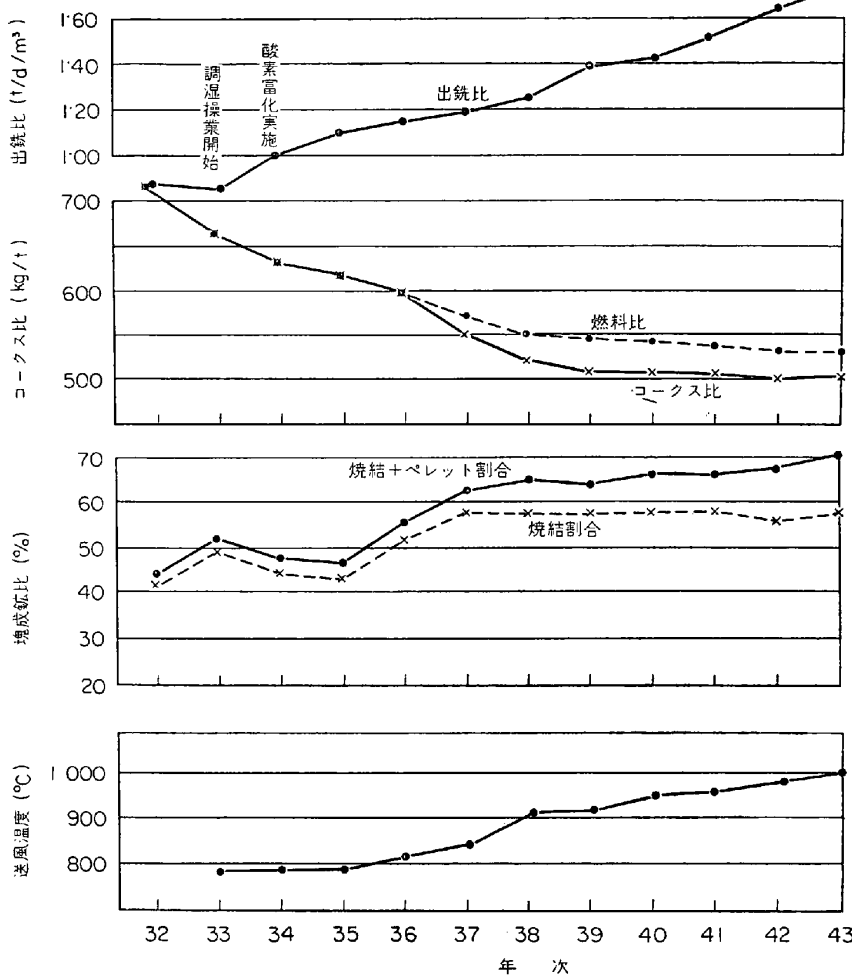


図 5 高炉操業成績の推移

粉を配合した自溶性焼結鉱の研究は重要で、33~34年には自溶性焼結鉱の多量装入試験を各社があいついで実施し、出鉄量増大、コークス比低減に著しい効果があることを確認したのである。以後各社とも焼結鉱はすべて自溶性焼結鉱への転換を計るとともに配合割合の増加に努め、最近では55~60%を占めるに至っている(図5)。

焼結鉱と並んで塊成鉱として重要なものにペレットがある。わが国の鉄鋼業は海外の多数の鉄鉱石ソースに依存しているので、多種類の粉鉱石のペレタイジングは技術的にもむずかしいと思われ、粉鉱処理としては焼結能力を増強してゆけば十分であったが、次のような意味からペレットは購入問題としてクローズアップされるに至った。

(1) 従来の供給ソースで開発の進展にともない、低FeでしかもS、Cuなど不純物の高い鉱床が次第に多くなりつつある。その結果、これらの不純物を除去し、かつFeを富化するため磨鉱や選鉱を強化することによって生じた精鉱をペレット化する動きがあった。

(2) わが国の主要な供給ソースとなっている鉱山では一般に粉率が高く、とくにブルーダストといわれる微

粒粉鉱を大量に伴う場合が多い。このブルーダストはそのままでは細かすぎて焼結原料とはならないのでこれをペレット化して活用する。

(3) 選鉱およびペレット化技術が進歩した。

(4) 高品位で不純物が少なく、良質のペレットは自溶性焼結鉱と同程度のメリットがある。

(5) 焼結鉱にくらべ輸送に適している。

わが国にペレットが本格的に輸入され始めたのは39年度で、その量はわずか12万トン程度であったが、その後使用量は飛躍的に増大し、43年度では820万トン(輸入鉱石の12%)に達した。現在購入ペレットの問題点は品質が不安定なことで、新しいペレットの契約時には使用者の希望する規格が漸次とり入れられるようになりつつある。

3.3 高温送風

かつてわが国の高炉の送風温度は500~700°Cであったが、前述の原料の予備処理の強化、焼結鉱の高配合、また後述の燃料吹込などによって高温送風の基礎が築かれ、現在では全国平均で1000°C以上、最高1200°Cの高温送風が行なわれ(図5)、今後さら

らに高温送風が要求されている。

送風顕熱は高炉の入熱の約35%を占めるため、送風温度を上昇させるということは熱的に有利になり、コークスを節約することができる。送風温度のコークス比におよぼす効果は温度100°C上昇につき約20kg/tのコークス比低下と見られている。

高温送風のための熱風炉設備の改善としては次のようなものがある。

3.3.1 熱風炉加熱面積の増加

送風温度800~900°Cでは高炉内容積1m³当たりの加熱面積は45~50m²であったが、1200°Cの高温送風を行なう場合には65~75m²/m³内容積に増加している。

3.3.2 煉瓦材質の改良

熱風炉ドーム温度は従来煉瓦積の保守の問題から1150~1200°Cに制限していたが、高アルミナ煉瓦、シリカ煉瓦などを使うことにより1550°Cまでドーム温度を上昇できる熱風炉も出現した。

3.3.3 外燃式熱風炉の採用

従来わが国の熱風炉は大半がカウパー式の内燃式であったが、シリカ煉瓦を使うことにより外燃式が普及して

きた。

3.4 複合送風

調湿送風、酸素富化送風、燃料吹込などの送風処理技術を複合送風という。コークス比切下げのための各種の試みがなされてきたが、その1つに前述の高温送風がある。しかし単純な送風温度上昇は炉況不調を招いて、おのずから限度があったが、その後夏季と冬季の大気湿度の差が炉況に大きく影響することがわかり、昭和33年頃より水蒸気添加操業が考えられ、さらに調湿操業へと発展した。

一方、酸素製鋼法の発展とともに安価な酸素が得られ、生産性向上のために酸素富化操業が考えられ、33年から実用化にはいつた。単なる酸素の富化は羽口前の温度を上昇せしめて炉況が不安定になることから、調湿操業との併用が考えられ、羽口前理論燃焼温度一定という考え方が導入された。さらに36年からは羽口から重油またはCガスなどの燃料を吹込む技術が開発され、コークス比を大きく低下させるのに寄与したのである。

3.4.1 調湿送風

第2次大戦後、ソ連にて大気に水蒸気を加えて調湿する操業が研究され、生産性の向上、コークス比の低下、送風温度の上昇などの好結果を得た。わが国においては29年より調湿操業がとり上げられ、高温送風、酸素富化との組み合わせで一般化してきた。しかし最近では燃料吹込操業との関連で、羽口前温度の低下は燃料吹込みで達成されるので、送風湿度を低い水準に安定させ、かつ炉熱をコントロールする手段として使われている。

3.4.2 酸素富化送風

1930年にドイツのオーバーハウゼンで初めて酸素富化が行なわれ、コークス比の低下、炉況の安定の効果が

確認されたが、初期の頃には酸素富化は炉床温度の上昇による炉況改善の効果が大きかった。しかしその後広く普及するに至らなかったのは酸素の値段が高すぎるからであった。しかし酸素製鋼法の発展とともに大量の安価な酸素が得られるようになり、高炉への吹込みが一般化するようになった。最近では燃料吹込時の熱補償と燃料の燃焼効率向上のために、1~2%の酸素を使用している高炉が非常に多くなった。

3.4.3 燃料吹込

昭和37年よりのコークス比低下はとくに燃料吹込によるものが大きい。32年頃よりすでに一部では調査研究が進められていたが、35年に日本鉄鋼協会共同研究会で理論面の検討が行なわれて以来、急速に実用化に向って進んだ。わが国で最初に燃料吹込を始めたのは、重油では鋼管川崎第3高炉で36年4月に、Cガスでは36年6月八幡東田第5高炉である。その後の普及はきわめて早く、現在では何らかの燃料を吹込んでいない高炉はなくなっている。

燃料を吹込むと羽口前の温度を下げるため高温送風、酸素富化が可能となり、複合送風効果は一層大きくなりコークス比低下に大きく寄与した。(重油1kg当たりコークス比低下1.0~1.5kg)。現在の重油吹込量は平均で30~40kg/tであるが、最高では80~100kg/tに達する高炉が出現し始め、今後の原料炭不足事情からも重油吹込量はますます増加していくものと思われる。

3.5 高圧操業

高炉の高圧操業の理論的研究の歴史は古く、今世紀の始めにまでさかのぼるが、実際操業にとり入れたのはアメリカのRepublic社が最初で、第2次世界大戦中の1944年である。このときの炉頂圧は0.7kg/cm²(10lb/

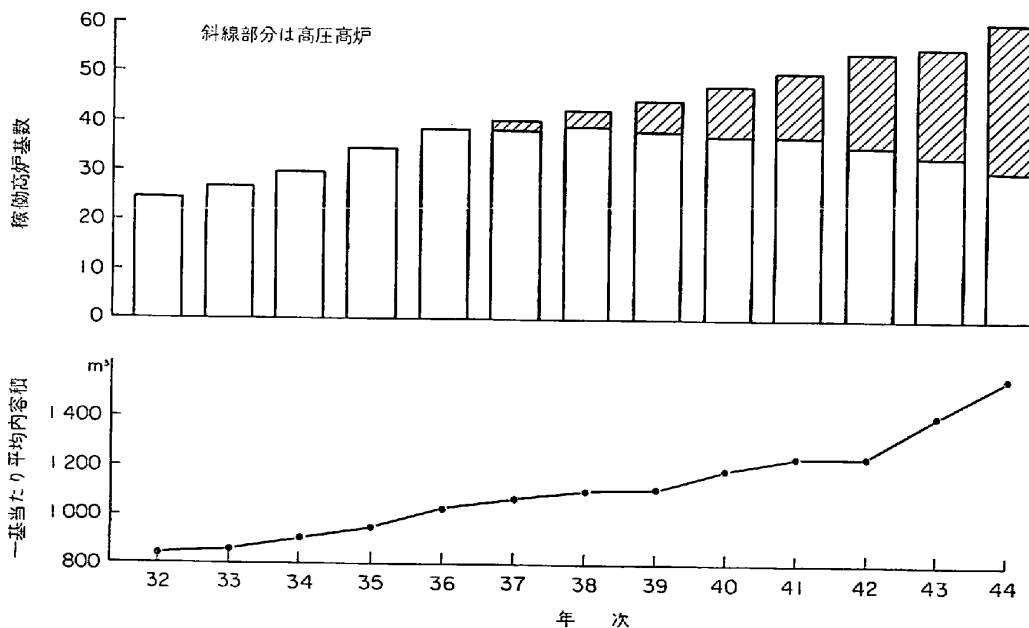


図6 高炉稼働基数と内容積の推移

表 11 世界の大型高炉ベストテン

①	日本	鋼管・福山	No 3	3 016m ³	1969. 7.25	火入
②	〃	富士・名古屋	No 3	2 924	1969. 4. 5	〃
③	〃	八幡・君津	No 2	2 884	1969.10. 1	〃
④	〃	川鉄・水島	No 2	2 857	1969. 1.13	〃
⑤	〃	八幡・君津	No 1	2 705	1968.11.27	〃
⑥	ソ連	クリボイログ	No 8	2 700	1967.11	
⑦	〃	チエレポペツ	No 4	2 700	1969. 3	
⑧	〃	ニージネタギール	No 9	2 700	1969.	
⑨	日本	住金・和歌山	No 5	2 630	1969. 2.12	
⑩	〃	鋼管・福山	No 2	2 624	1968. 2.15	

m²)で出鉄量 13% 増, コークス比 11% 減という結果が得られ, 以後全米に普及した. 一方ソ連では 1950 年に Magnitogorsk 工場で実施されて以来急速な発展をとげた.

わが国ではアメリカから技術を導入して, 八幡東田第 1 高炉が 37 年 (1962 年) 8 月 1 日, 続いて同年 11 月 16 日に鋼管水江第 1 高炉が, また 38 年 1 月 16 日には富士室蘭第 3 高炉が, それぞれ高压高炉として火入れされた. 以後新設された高炉はほとんど高压高炉であり (図 6), また, 既存の高炉も改修時に高压高炉に生まれ変わるケースが多く, 昨年 (1969 年) 末の稼働高炉 60 基・高压高炉は 32 基を占めるに至っている. 注目すべきは近年, 新設高炉の炉頂圧がますます高められていく点で, 当初 0.7 kg/cm² から出発した高压化は, 最近ではほとんど 1.0~1.5 kg/cm² になり, しかも昨年にはソ連の技術を導入して炉頂圧 2.0~2.5 kg/cm² という超高压高炉が富士の名古屋と室蘭に登場したことである. 今後この傾向はさらに強められるであろう. しかしながら設備上の問題も多く, 炉頂装入装置の構造と材質, 高炉炉壁の冷却方法とガス洩れ防止対策など今後改善すべき問題も残されている.

3.6 高炉の大型化

高炉の規模は鉄鉄の需要増大と鉄鉄トン当たりの建設費を低下させる目的で年々大型化が行なわれてきた. 図 6 は昭和 32 年から 44 年までの高炉 1 基当たりの平均内容積を示したものである. 32 年当時稼働していた高炉 1 基の基当たり平均内容積は 835m³ に対し 44 年 11 月末では 60 基, 1 541m³ と内容積が増加しているが, とくにここ 2~3 年の大型傾向は著しい.

現在, 高炉の大型化では日本は世界をリードしており, 大型高炉ベストテン中 7 基を日本が占めている (表 11). しかもこの大型化傾向はさらに勢いを加え, 近く 4 000m³ の高炉が出現しようとしているのである. 最近諸外国も日本の大型化傾向に刺激され, 西ドイツに 4 761 m³ の高炉建設の計画があると聞いている. これ以上高炉が大型化するに当たつての限界は何によって決まるか. 現在のところ炉口径が大きくなる場合のベルの製作と炉内装入物分布の問題, 溶鉄・滓の処理の問題, 送風機の大型化の問題などが議論されているが, このほかに

高炉改修時の溶鉄不足をどうするかということも問題となつている.

4. 製鉄技術の今後の課題

わが国の製鉄技術は今や世界の第一線級にあることは, すでに前にも述べたとおりであるが, これらは原料の予備処理, すなわち原料の整粒, 自溶性焼結鉱・ペレットなどのいわゆる塊成鉱の多量使用といった基盤技術の上に立つて, 高压操業, 高温送風, 調湿送風, 酸素富化送風などの送風の事前処理, さらには羽口よりの燃料吹込み (重油, タール, 微粉炭など) などの各技術が加味されて, 今日の高生産性, 低コークス比がもたらされてきたものである.

製鉄技術の今後の課題についてみると, まず将来の原料炭対策に焦点を合わせる必要がある. これは近い将来の粗鋼生産量 1 億 6 000 万 t 時代に必要とする原料炭の量は約 1 億 t といわれ, 今日の高炭事情即ち坑内掘りに順次移行しその地下深度が増していつていること, また, 労働事情による人件費の増, さらには米国はもとより, 欧州鉄鋼業の今後の巻き返し等々の客観情勢を考えると, われわれとしてはいかにして石炭比 (鉄鉄 1 t を製造するに要する石炭の量) を低下させるか, いいかえるといかにしてコークス比を低下させるかが今後の最大の課題といえることができる.

コークス比を低減させる方策には, 今日までに確立してきた各新技术を一段と飛躍させることはいうまでもないが, ここでは①劣質炭の活用, ②変成ガスの吹込み, ③予備還元物の使用の 3 技術, についてふれて見ることにする. また, 若干遠い将来として原子力エネルギーを想定した場合の新製鉄法に対しても, その基礎固めを今日から行なつておく必要がある.

4.1 劣質炭の活用

本技術は直接コークス比の低下に結びつくものではないが, 一般炭あるいは劣質炭を活用することによって, 今後の石炭費の上昇を押える一方, 原料炭入手の困難性を出来るだけ緩和しようとするものである.

劣質炭の活用技術について, 現在進行中のものを世界的に眺めて見ると, 西独の炭鉱研究所 (Bergbau-Forschung) で開発した通称 B. F. コークス法, オーストラリア B. H. P が開発した Auscoke 法, さらには日本で開発した成型炭配合コークスなどがあげられよう.

B. F. コークス法は西独炭鉱研究所にて 1965 年以降研究が進められてきているもので, Königin Elisabeth 試験場で, 能力 50 kg/hr の実験室規模の小型装置から出発し, 1967 年には 5 t/hr の試験設備が完成している. 本方式は図 7 に示すごとく, 劣質炭約 70% を流動層により約 700~800°C の温度で低温乾留を行なった後, 強粘結炭約 30% と配合し, briquetting machine による成型を行ない, できた成型炭を shaft 式の砂乾留

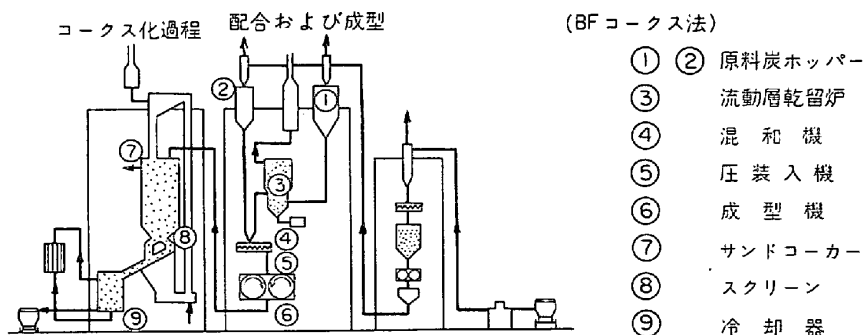


図 7 加熱成形法による成形コークス製造試験設備のプロセス

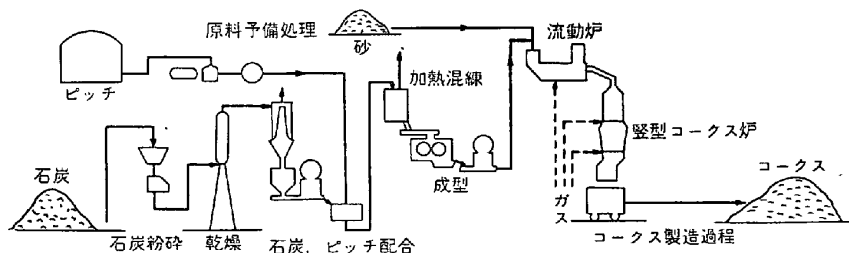


図 8 Aus Coke

炉に入れ、約 1000°C の温度でコークス化を行なわせる方法である。最終的には成型コークスを砂から分離し、砂は循環して再使用される。

Auscoke 法は B. H. P の Central Research Laboratory で開発されたもので、現在能力 100 t/day pilot plant を建設すると発表されている。本法は最終的に石炭の乾留を砂の中で行なわせるという点では、前述の B. F. コークス法と同一であるが、本法では 100% の弱粘結炭で高炉用コークスを製造しようともくろみ、石炭の成型から始まり、コークス化は砂と成型炭の混合物を流動層、Shaft の 2 工程において行なわせる方法である。

B. F. コークス法、Auscoke 法のいずれも砂の中で乾留を行なわせる点に特長を有しているようであるが、反面、問題点も多いものと予想される。問題として、砂に起因したものが多く、建設費、設備寿命、コークス歩留、作業費等々、さらには成品コークスが果たして高炉用に適するものであるかどうか、いずれにしても研究の域を脱していないと見るのが妥当と思われる。

日本で開発した成型炭配合コークス法はあくまで既存のコークス炉における炭化室での乾留を前提としたものであり、原料炭の一部を劣質炭に置換え、その一部を成型し配合炭に混合して装入するもので、近く工業化されるまでに到達している。

いずれにせよ将来の石炭対策を目標にしたコークス技術の開発としては、圧縮（あるいは成型）された石炭を乾留する方法が、その基盤をなすものであると見てさしつかえない。設備開発は今後を期待するとして、これから出発した連続式コークス炉の実現こそ、われわれの念

願するところである。

4.2 変成ガスの吹込み

前述した高炉羽口よりの燃料吹込みは、送風温度による熱補償および炉内の通気性の点より吹込みうる量には自ら制約があるので、重油あるいは天然ガスなどを高炉外で CO ガスと H₂ ガスに変成し、これを高炉のシャフトあるいはその他の位置から吹込むことにより、高炉内での還元反応を促進し、コークス比を低下させることができる。現在富士製鉄広畑第 3 高炉で開発中の FTG プロセス（富士—テキサコガス吹込み技術）は正に本技術を世界に先がけて実用化しようとしているものであり、今後の成果が大いに期待されている。

しかし、この変成ガス吹込みによって得られる効果は前に述べた重油をそのまま羽口より吹込む場合に比較して

少なく、重油 1 kg/pig·t に対し、コークス比の低下率は 0.6~0.8 kg/pig·t である。したがって重油は可能な限り羽口より吹込み、その上乘せとして重油あるいは天然ガスを変成した還元ガスをシャフトあるいはその他の位置に吹込むことによつて大幅なコークス比の低下が期待できる。

問題点としては、①コークスとの置換率が羽口より直接重油を吹込んだ場合に比して劣ること、②高温変成ガス（1000~1500°C）を高炉のシャフトあるいはその他の位置に安全でかつ均一に吹込む engineering の問題がある。しかしこれらの問題点も将来の鉄鋼の伸びと原料炭の入手難という事態を考えれば是非解決していかねばならないものであり、また、近き将来実現される有望な新技術と考えられる。

4.3 予備還元装入物

予備還元装入物とは、高炉に装入する鉄鉱石（粉鉱、塊鉱あるいはペレット）を事前に低級還元剤（固体あるいはガス還元剤）により予備還元したもので、一般には還元ペレット、還元ブリケットなどとして知られている。

高炉に予備還元物を装入すれば、生産量を増加し、コークス比を低下させることはすでに明らかになっている。発表されている過去における実験の例としては、1962 年の U. S. Bureau of Mines, Bruceton の Pilot Plant, 1965 年の The Steel Company of Canada Ltd. の Hilton "B" 高炉 (589m³)、同じく 1965 年 (昭和 40 年) 八幡製鉄東田第 6 高炉 (648m³) などの 3 例があるにすぎないが、その使用効果について第 9 図に示すごとく、ほぼ直線上に乗り、いずれも同一の結果を出している。

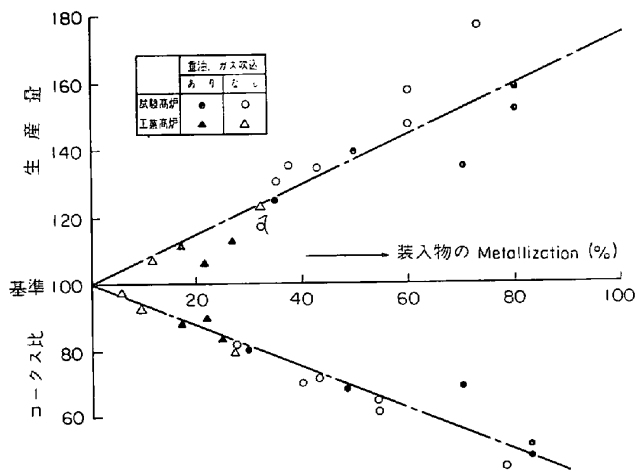


図 9 予備還元物の使用効果 (出所-八幡製鉄資料)

予備還元法の一分類

分類	還元剤	代表例
1. 流動層法	ガス	H-Iron process Esso process
2. 回転炉法	固体	Krupp-Renn process SL-RN process
3. シャフト炉	ガス	Wiberg process Midland-Ross process HyL process

すなわち、予備還元物を使用することによつて、装入物全体の metallization % (金属化率 = $\text{Metallic Fe} / \text{Total Fe}$) をベースにして見ると、metallization 10% の増加につき生産性の増加は 7%、コークス比の低下は 5% である。

予備還元物の使用が経済的に成り立つかどうかは、予備還元物をいかにして安価に製造するかという製造プロセスの開発が現在での最大問題点になつてはいるが、この技術は近き将来、コークス比を大幅に低減させる有力な新技術として、各社でも力を入れ期待されているものである。

予備還元物の製造法は、世界的に見て現在試験段階にあるものを含めると相当の数に登るが、これを分類すると、大別して使用する炉による分類、使用する還元剤による分類があり、代表的なものには上記のような方法がある。

以上述べた劣質炭の活用、変成ガスの吹込み、予備還元物の使用は、いずれも将来の原料炭対策に焦点を合わせた、あくまで従来の高炉を主軸とした、原料炭対策であるが、これを系統図的にしたものが図 10 である。すなわちコークス技術では石炭の dry charge、成型炭配合コークス、さらに進んで成型炭或は圧縮炭による連続コークス化へ、また、従来の酸化ペレットは自溶性ペレットの方向へ、あるいは予備還元物の装入へ、高炉では超

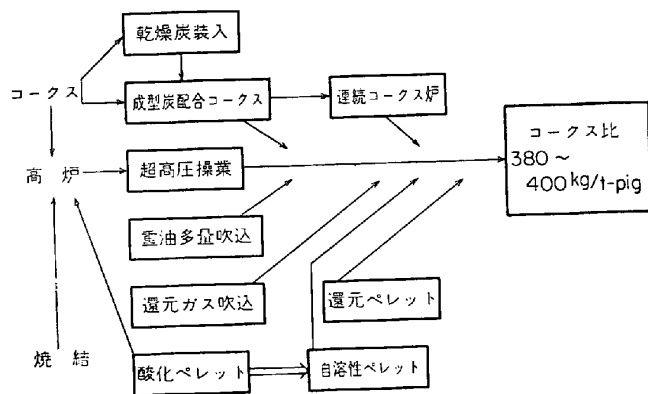


図 10 高炉法の変革

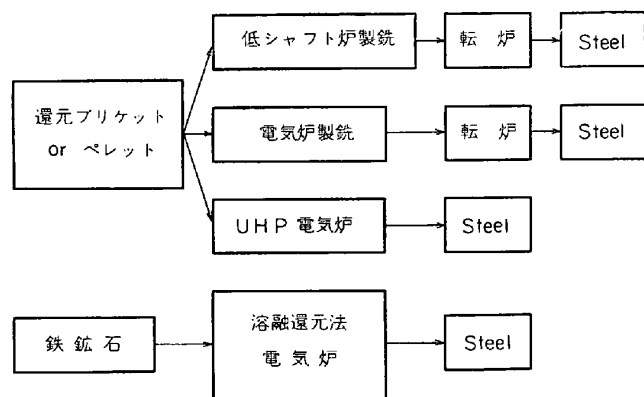


図 11 将来の製鉄法

高圧操業を基盤として重油の多量吹込み、さらには変成ガスの吹込みへと進んで、最終的なコークス比は約 380~400 kg/pig-t と見るのが妥当な線ではないであろうか。もちろん、現在の高炉で最低いくらのコークス比で操業が可能であるかはわれわれにとつて非常に興味ある今後の問題である。

また、将来考えられる新製鉄法としては、原子力エネルギーによる安価な電力および高温還元ガスが得られることを加味して想定すると、図 11 のごとき方法が考えられる。すなわち高還元度のブリケットあるいはペレットから出発し、従来の転炉製鋼法をベースにすると、低シャフト炉または電気炉による製鉄法が考えられ、製鉄工程を省略する場合には、U. H. P 電気炉あるいは鉄鉱石からの直接熔融還元法などの出現が考えられる。

しかし、現在の高炉-転炉方式のいわゆるマスプロ、高生産方式に取つて代わるべき新製鉄法にいかなる方式が出現してくるかは、今後の注目するところであるが、いずれにしても今後の原料炭事情、原子力などのエネルギー事情の変換が将来の製鉄法を大きく左右するものであることは事実で、われわれもこれらに対する各方向からのアプローチをおこたりに行なつておく必要がある。

5. む す び

以上、日本鉄鋼業の回顧と展望と題して、主として製

銑技術について述べてきたが、ここ 10 年間に於けるこれら技術の向上進歩は飛躍的なものがあり、将来における日本鉄鋼業の基礎固めとして重要な意義をもつものであつた。いまやわが国の製銑技術は世界の第一線を行くものであり、さらには近き将来の粗鋼生産量 1 億 6 000 万 t、また将来の原料炭事情等々に対処し、今後ますます

激化される国際競争に打勝つていくためには、たゆまざる精進、努力が必要である。

鉄鋼業の合理化の道は無限である。製銑技術の明日への目標は、“Three-half”より“Three-four”（コークス比：0.4，生産性：0.4m³/t/day，銑鉄中 Si：0.4%）への飛躍であり、“限界への挑戦”である