

# 本邦 銑鉄 製造 技術 の 進 歩

和 田 亀 吉

## PROGRESS OF PIG IRON MAKING PROCESS IN JAPAN

*Kamekichi Wada, Dr. Eng.*

### Synopsis:

As nothing but domestic iron ore of high sulphur and of poor quality was used, pig iron making operation in Japan right after the termination of the War could not reach the high efficiency of production, despite of the all-out efforts they were making. As the result of rationalization of equipments and strictly-enforced quality control launched in around 1950, however, the 1000 ton blast furnace, the actual production of which had been 800 tons before the War, was able to tap out 1200 tons per day at the highest in the monthly average in 1954. The average coke ratio in Japan came down below 700 kg. per ton of pig iron, and that of Yawata Works since Sept. 1954 has kept up the bright record of 680 kg., surpassing the world level.

The present author explained that this advancement was brought about chiefly by the improvement of facilities and the quality control of coke as well as by the increased ratio of sinter in the burden of B.F. A mention is also made of the technical progress achieved in Yawata Works.

### I. 緒 言

終戦後我国の熔銑炉は殆んど潰滅状態となり、集中生産により作業を継続したる八幡製鉄所の3基の熔銑炉の生産状況は1日計400tにして、1000t熔銑炉は1日150tを生産し得るに過ぎず、当時コークス灰分23%にて、低品位高硫黄の内地原料のみによる作業はともすれば炉内固結し、加うるに炉底破損等故障頻発し、明治時代の苦闘を再現せしめた感があるが、昭和23年以降海外原料が入手可能となつてから、各製鉄所の熔銑炉は逐次再開され、鉄鋼調査団が米国へ派遣せられた昭和25年頃より、設備の合理化および品質管理の強化等と相俟つて、作業成績は逐年向上の一途を辿り、戦前1日800t程度の出銑に止まつた1000t熔銑炉は、昭和29年には最高月平均1日1200tを生産すると共に、全国過半数の熔銑炉のコークス比は0.70の関門を突破し、昭和29年9月以降八幡製鉄所全平均コークス比は0.68を続けている。斯の如く今や世界の水準を凌駕しつつある事は、我国製鉄史上特筆に値する。

### II. 生産状況

昭和29年現在本邦熔銑炉の総数は37基にして、その稼動数は21基であるが、これ等の稼動状況をFig. 1に、生産状況をTable 1に示す。年間出銑量は昭和21年度に15万tを生産し得たに過ぎなかつたが、昭和28

年度には戦前最高の411万tを上廻る458万tを生産し1基当1日出銑量は終戦前381tであつたものが、約600tに上昇し、炉内容積1M<sup>3</sup>当出銑量は平均0.53tから0.74tに、炉床面積1M<sup>2</sup>当出銑量は平均13.7tから18.5tに上昇した。特に1000t炉の出銑状況は洞岡第4熔銑炉の場合、昭和28年度1日平均1,036t、内容積M<sup>3</sup>当0.84tにして、炉床面積M<sup>2</sup>当22.85tは米国の22.74tの水準を抜いている。

熔銑炉一代の出銑量も生産率向上と共に増大し、輸入煉瓦を使用せる洞岡の1000t炉は200万tを越えるであろう。

銑鉄t当コークス比は終戦後内地原料のみ使用せし時は異状に高く、1.6を示したがその後逐年低下し、昭和25年には0.9となり、昭和29年上期は全国平均0.75に低下し、昭和29年9月以降八幡製鉄所初め富士および日本鋼管の全平均コークス比が0.68を屢々示している事は驚異的である。戦後全国平均コークス比の推移をFig. 2に示す。

銑鉄の品質においても昭和29年度以降八幡製鉄所平均珪素は0.75%、硫黄は0.030%以下となり、斯の如く生産能率の向上は設備改善および技術の向上によりもたらされたが、原料の安定に負う所が大きい。Table 2は戦後全国製鉄所原料使用状況を示し、昭和22年迄は

\* 八幡製鉄所製銑部長、工博

Table 1. Trends in pig iron production of Japan. unit: metric ton

Fiscal years	1942	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Mar. to Sept.
Pig production/year	4,118,704	455,457	152,462	294,161	850,550	1,494,880	2,167,053	3,160,438	3,336,112	4,579,625	2,201,050
Average tapping/day	11,284	1,247	418	804	2,330	4,096	5,937	8,635	9,140	12,547	12,028
Number of B.F. in operation	29 <sup>6</sup> 1)	9 <sup>6</sup>	3 <sup>5</sup>	4 <sup>0</sup>	7 <sup>4</sup>	9 <sup>8</sup>	11 <sup>8</sup>	16 <sup>3</sup>	17 <sup>1</sup>	20 <sup>8</sup>	20 <sup>4</sup>
Average tapping/day/unit	381 <sup>2)</sup>	130	119	201	315	418	503	530	535	603	590
Average tapping/M <sup>3</sup> inner vol./day	0 <sup>5</sup> 3 <sup>3)</sup>	0 <sup>1</sup> 7	0 <sup>1</sup> 8	0 <sup>3</sup> 6	0 <sup>4</sup> 9	0 <sup>5</sup> 9	0 <sup>6</sup> 6	0 <sup>6</sup> 7	0 <sup>6</sup> 6	0 <sup>7</sup> 4	0 <sup>7</sup> 1
Aver. tapping/M <sup>2</sup> hearth area/day	13 <sup>7</sup> 4 <sup>4)</sup>	4 <sup>3</sup>	4 <sup>4</sup>	8 <sup>0</sup>	11 <sup>5</sup>	14 <sup>6</sup>	16 <sup>6</sup>	17 <sup>1</sup>	17 <sup>9</sup>	18 <sup>5</sup>	17 <sup>9</sup>

- 1) The number of units of the blast furnaces, which had been blown in or off in the middle of the fiscal year, was calculated by the days operated.
- 2) The quantity of yearly tapping was divided by the number of calendar days.
- 3) 4) The quantity of average daily tapping was divided by total M<sup>3</sup> (or M<sup>2</sup>), which had been obtained by multiplying the inner volume (or hearth area) by the respective coefficients of units in operation.

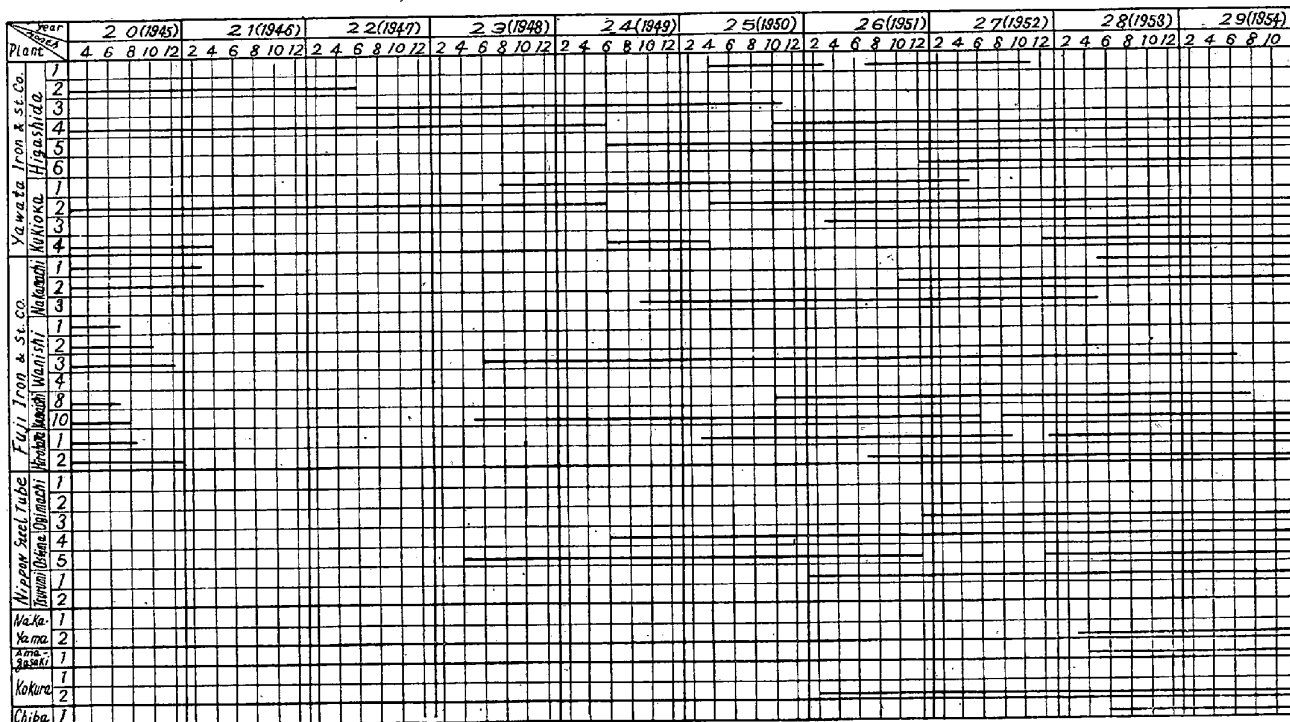


Fig. 1. Postwar status of blast furnace operation of Japanese firms. (As of November 1954)

殆んど内地鉱石のみ使用したが、昭和 23 年より海外原料入荷し、海南島鉱石も一時入荷したが昭和 24 年より再び杜絶し、米国鉱石も 20% 以上配合されたが、昭和 29 年以降フィリッピンおよびマレー等南方鉱石が主体を

なすようになった。品位の向上と共に銑鉄 t 当鉄鉱石および石灰石の使用量は漸減して来、平炉滓は終戦後銑鉄 t 当 150 kg 迄使用せしも、一時 80 kg 程度に減少し、近年再び 150 kg 使用されて来た。

Table 2. Trends of ferrous raw materials consumption in Japan.

Fiscal years	Imported ore(%)						Domestic ore	Sinter (%)	Total (%)	Per ton pig iron (kg)				
	South countries	India	U.S.A & Canada	China	Korea etc	Total				Iron ore	Mis-cell.	Mn-ore (Mn, containing slag)	O.H furnace slag	Lime
1945	3.2	—	—	3.0	—	6.2	54.0	39.8	100	1.846	288	21	135	715
1946	—	—	—	9.5	0.1	9.6	56.1	34.3	100	1.743	206	33	151	696
1947	0.1	—	—	3.0	—	3.1	64.6	32.3	100	1.615	179	74	129	568
1948	5.3	0.2	4.7	23.0	—	33.2	39.1	27.7	100	1.663	123	60	85	425
1949	23.4	1.9	9.3	10.2	0.1	44.9	24.3	30.8	100	1.468	197	27	139	304
1950	31.7	4.0	2.1	7.8	0.3	45.9	18.3	35.8	100	1.465	200	21	113	354
1951	28.6	6.4	19.1	3.0	0.5	57.6	11.5	30.9	100	1.611	115	31	81	371
1952	22.1	7.6	24.9	0.9	—	55.5	10.6	33.9	100	1.586	97	28	91	351
1953	31.7	7.7	18.1	1.7	0.5	59.7	7.3	33.0	100	1.615	66	23	99	326
1954 (Apr-Sept.)	28.2	10.5	10.4	1.4	0.4	51.3	6.1	42.6	100	1.576	62	1	102	263

Table 3. Status of raw materials for sinter (%)

Fiscal years	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Apr-Sept.
Fines, imported	0.5	4.4	0.1	0.7	7.0	9.5	6.2	10.3	16.2
Fines, domestic	38.9	43.3	46.9	40.4	40.3	28.6	26.3	26.0	24.9
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -sinter	57.4	50.9	45.7	44.8	31.7	31.9	36.3	34.7	34.5
Sand iron	1.9	0.3	3.1	4.2	5.5	13.3	17.1	15.7	11.9
Scales	0.4	—	1.0	2.4	4.0	4.4	4.3	4.4	4.4
Gas ash	0.3	0.8	1.4	1.7	3.6	5.9	5.3	4.4	2.9
Others	0.6	0.3	1.8	5.8	7.9	6.4	4.5	4.5	5.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 4. Status of blending of coking coals (%)

Fiscal year		1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Apr-Sept.
Imported coals	U.S.A	—	—	2.0	41.3	36.1	17.8	27.4	34.5	38.1	37.2
	Canada	—	—	—	—	—	—	2.7	0.4	—	—
	India	—	—	—	0.6	1.1	0.6	10.7	9.4	4.9	4.4
	China	6.1	0.4	1.2	0.6	—	11.6	0.1	—	2.6	3.0
	Sagalien	—	—	1.0	0.4	1.4	0.8	—	—	0.8	0.1
	Oil coke	—	—	—	—	—	—	1.7	1.7	1.0	—
	Total	6.1	0.4	4.2	42.9	38.6	30.6	42.6	46.0	47.4	44.7
Domestic coals	High-caking	22.5	39.9	38.3	17.3	12.0	12.3	15.1	8.8	7.4	8.3
	Light-caking	71.4	59.7	57.5	39.6	49.1	54.1	40.5	44.9	45.2	47.0
	Coalite etc	—	—	—	0.2	0.3	2.8	1.8	0.3	—	—
	Total	93.9	99.6	95.8	57.1	61.4	69.2	57.4	54.0	52.6	55.3
Total sum		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

焼結鉄使用割合は昭和29年に到り全国平均40%を越え、その原料配合割合はTable 3に示す如く内地粉鉄石および硫酸焼鉄は減少し、外国粉鉄が相当配合され熔鉄炉には塊鉄のみが使用される傾向にあり、砂鉄およびガス灰の利用が強化されたが、砂鉄は使用量を増大すると鉄滓口より熔鉄流出する為、八幡にては鉄鉄t当TiO<sub>2</sub> 12kgに制限され、ガス灰は昭和29年に到り発

生量著しく減少したため、配合割合も低下した。

コークス用原料炭はTable 4に示す如く、昭和23年より米炭を配合する事ができ、印度炭は10%程度配合したるも昭和29年以降入荷を見合せ、昭和26年より昭和29年迄オイルコークスを米国より輸入配合し、国内コーライト等が昭和24年より27年迄配合された事は興味がある。

Table 5. Trends of ash content in coking coals for Yawata Iron & Steel Works (%)

Fiscal year	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Apr.-Sept.
Imported coal	—	—	17.5	11.8	6.9	14.8	10.0	8.6	8.2	5.8
Domestic coal	20.2	23.0	20.7	19.1	17.2	15.2	13.8	13.8	11.9	10.6
Average	20.2	23.0	20.6	16.1	13.3	15.1	12.2	11.2	10.2	8.4

Table 5 は八幡製鉄所原料炭灰分の推移を示すが、山元洗炭の強化に伴い国内炭灰分低下し、米炭の入荷と共に各製鉄所コークス灰分は漸減し、昭和 28 年以降概ね 10~13% となり各製鉄所においては昭和 29 年以降コークス工場附属洗炭作業を休止したが、銑鉄 t 当石炭比はコークス比低下のため次表の如く改善されている。コークス強度も強粘結炭の安定配合により改善され、昭和 28 年以降各製鉄所 15 mm, ドラム指数 90% 以上となり、近年コークス粒度を表示するようになり、その平均粒度は概ね 70~80 mm である。(Table 6)

III. 設備改善

炉体: 熔鋸炉のプロファイルは湯溜径が依然として大きくなりつつあり、洞岡第 4 熔鋸炉は 7,200 mm が 7,600 mm に拡大され、同第 3 熔鋸炉は我国最大の 7,700 mm になった。朝顔高さは洞岡第 4 は 3,600 mm が 3,200 mm に低くなり、朝顔角度は 81° 前後の炉が多くなつて来た。熔鋸炉型式は昭和 28 年千葉製鉄所にフリースタンディングの炉ができ、洞岡第 1 熔鋸炉は同型式の第 2 基目である。羽口数が昭和 26 年からの新設分は 500~700t 炉 14 本、1000t 炉 16 本が標準になりつつあり

Fiscal year	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Apr.-Sept.
Coal ratio (Yawata)	3.02	2.60	2.05	1.63	1.57	1.52	1.37	1.29	1.18

Table 6. Trends of coke quality

Fiscal year		1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954 Apr.-Sept.
Coke ash %	Yawata	23.9	23.1	21.6	18.6	15.3	15.5	15.0	14.6	13.3	12.7
	Fuji	—	22.5	21.6	18.1	14.3	14.2	12.3	12.0	10.7	10.2
	Nippon St. Tube	—	—	—	17.0	14.1	13.6	12.8	12.2	11.2	11.0
Tumbler test index % 15mm	Yawata	84.1	88.4	88.6	90.0	90.8	90.9	92.0	92.1	91.9	92.7
	Fuji	—	69.8	66.8	79.8	86.7	84.6	89.3	89.8	90.3	91.5
	Nippon St. Tube	—	—	—	86.7	86.4	88.2	90.3	91.4	91.5	91.6
Average lump size. mm	Yawata								82.7	76.9	78.5
	Fuji									71.8*	77.1
	Nippon St. Tube									80.8*	80.7

\* Operation records for the period from April 1 to Sept. 30, 1953.

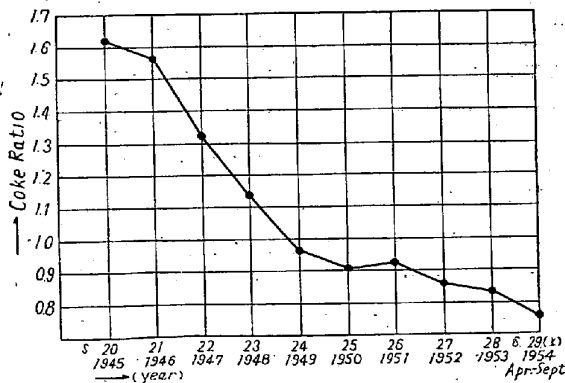


Fig. 2. Trends of all-Japan coke ratios.

Table 7. Trends in the cooling box of blast furnaces.

	Old		New	
	Number of stages	Number of units	Number of stages	Number of units
Shaft	4	96	21	658
Bosh	5	60	6	118
Around tuyeres	2	32	4	116

Table 8. Examples of carbon bricks in Yawata Iron &amp; Steel Works.

B.F. No.		Carbon tonnage used (t)	Date of blowing-in
Higashi-da	No. 6	62	Dec. 1951
	No. 3	79	Apr. 1955
Kuki-oka	No. 3	41	Mar. 1951
	No. 4	254	Dec. 1952
	No. 1	412	July. 1955 (projected)

同時に非常羽口が無くなった。シャフト等の冷却が強化され、その段数および個数が増加され、洞岡第4熔鉱炉の例を示すと Table 7 の通りであり、将来我国の熔鉱炉は米国および独逸の中間型式の方向に進むであろう。

炉体煉瓦積に關し、薄壁式は己に釜石製鉄所および日本鋼管に実施せられているが、八幡にても東田第3および洞岡第3熔鉱炉に採用された。炉体煉瓦は昭和26年以降大半の熔鉱炉は主としてアメリカ製煉瓦を輸入し、カーボン煉瓦が洞岡第3熔鉱炉炉底周辺に昭和26年我国で初めて使用されてより、主として八幡にて発造し、昭和30年洞岡第1熔鉱炉は遂に朝顔迄積まれるに到つた。八幡におけるカーボン煉瓦使用状況は Table 8 に示す通りである。Fig. 3 は洞岡第1熔鉱炉の構造および煉瓦積の状態を示す。炉頂装入装置はブラウン式は逐次マッキー式に改められ、洞岡第1熔鉱炉は最新式設計をマッキー会社より購入したので、旋回シャフトの折損等の故障は無くなるであろう。八幡製鉄所では各羽口温度は各々別々に調節される。

**熱風炉:** 熱風炉は千葉製鉄所においてカウパー式を採用したが、洞岡第1熔鉱炉もマックルアーをカウパーに改造した。釜石第10熔鉱炉附属熱風炉は全鉄皮を溶接にて組立てた。チェッカー目は漸次細かくなり、洞岡第1熔鉱炉附属熱風炉は130mm単層から120×120mm, 140×50mm, 60×60mmのキューン式3層に改造し、このため伝熱面積は1基当り6,200m<sup>2</sup>から13,010m<sup>2</sup>に増大したが、一般に伝熱面積は約50%増加している。送風温度は昭和26年以降自動的に調節され、洞岡に米国 Northrup 式が輸入されている。ガス燃焼装置は全国的にプレッシャーバーナーを具え、自動燃焼式となり一例として八幡製鉄所熱風炉ガス使用量は昭和25年銑鉄t当928m<sup>3</sup>のものが、昭和29年に688m<sup>3</sup>に低下した。

**原料設備:** 昭和26年以降各製鉄所とも原料の破碎および篩別設備が増強され、大体磁鉄鉱は40mm以下、

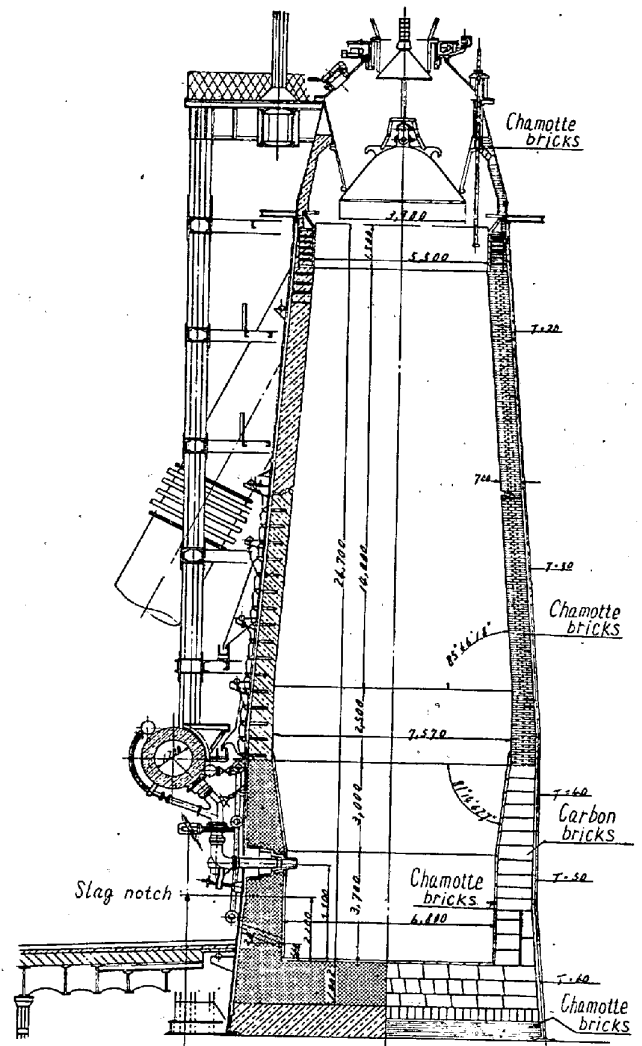


Fig. 3. Kukioka No. 1 blast furnace, reconstructed (Yawata Iron &amp; Steel Works)

赤鉄鉱および褐鉄鉱は50mm以下に破碎し、6~10mm以下の粉鉄は主として焼結原料となる。洞岡の場合昭和29年9月鉄鉱石粒度は<10mm 24.7%, 10~50mm, 65.6%, 50~70mm 9.0%, 70~100mm 0.7%である。千葉製鉄所においてロビンソン式ベディング設備を設置した事は画期的であり、同所に300tペレット製造設備を建設した事も粉鉄処理の発展上注目される。

焼結設備は昭和4年以降主としてグリンナワルト式焼結炉が設置され、その後ドワイトロイド式が日本鋼管および輪西に建設されたが、八幡においても昭和28年米国マッキー会社よりドワイトロイド式設計を輸入し、同時に成品の空冷装置、スイングスパウト、バッグミル等を設備した。焼結鉄實際製品につき試験の結果、空冷の場合10mm以下粉鉄16%に対し水冷の場合26%である。

**送風機およびガス清浄設備:** 戦後八幡製鉄所において電動送風機が2台、千葉製鉄所に蒸気ターボ送風機が

2台設置されたが、一面においてガスエンジンがその運転費の低い点から再認識されている。減湿装置が昭和29年八幡製鉄所にて完成し、23~28°Cの大気温度を8~10°Cに冷却し、18~21g/m<sup>3</sup>の湿度が8~9g/m<sup>3</sup>となり、出銑量増加し、コークス比約2%減少する効果をあげた。

ガス清浄装置は戦時中増設分はタイゼン式のみであったが、近年コットレルの優位性が再認識され、千葉製鉄所のルギ式は最新設備である。ハードルワッシャーも千葉および八幡製鉄所においてドイツ式設計が導入された。

**附帯設備:** マッドガンは近年電動式となり、八幡および千葉にペーレー式が輸入され、炉内強圧に対抗して出銑口閉塞が容易となつた。鉍滓口も機械的に閉塞され出銑口の開口もエアーハンマー又は電動ドリルにて操作されるようになった。鑄鉄機は千葉製鉄所において固定ローラー型が設置され、八幡においても Heyl & Patterson 式は Pittsburgh coal washer 式に改造され、モールド塗料が石灰質からカーボン質に改められた。

各熔鉍炉共計器が充実し、従来の炉頂部以外にシャフトおよび炉底部の温度測定が強化せられ、炉況判断および炉体保全に重要な役割をつとめ、アグメ式等による炉頂ガス成分自動測定装置、その他熱風炉ドーム温度測定或いは装入物の秤量自動記録計等の計量および計測が進歩した。

#### IV. 技術の進歩

**バンキング再開:** 戦時中多数の熔鉍炉がバンキングのやむなきに到り、当時そのままの再開は約2月迄可能と考えられていた。終戦後八幡において4回、輪西にて2回バンキング炉が再開されたが、各炉は4月乃至3年2月を経過したため、何れも羽口面より内容物を掻出し

通常火入の場合と同じく、再充填して再開を行い、概ね良好な結果を得た。(昭和23年5月日本鉄鋼協会バンキング研究会報告書)

**脱硫:** 終戦後昭和23年迄、八幡製鉄所熔鉍炉装入物中硫黄は鉄鉄t当20~40kgあり、昭和24年に漸く15kgに低下したが、この間脱硫につき種々研究した結果、炉内脱硫の要諦は最も順調な操業を行う事にあり鉄鉄中硫黄は装入物によつてほぼ自然に定まり、装入物中硫黄の多くなる程コークス比は大となり、脱硫率減少し、鉄鉄中硫黄が多くなり、出銑率を急減する結論に達した。なお湯溜部においては熔鉍が鉍滓部を通過する間に脱硫される程度が、大体炉内下部における脱硫の限度を大きく支配し、鉍滓の流動性は界面の脱硫反応に最も重要である事が判明した。(昭和28年4月八幡製鉄所技術研究所研究報告 Vol. 27 No.2) ソーダ灰による炉外脱硫は現在標準作業として継続されている。

**コーライトコークス使用:** 昭和24年より昭和25年にかけて輪西製鉄所においてコーライトを配合してコークスを製造したが(鉄と鋼、昭和26年2月1頁)八幡製鉄所においても昭和24年8月より試作し、昭和25年1月より27年5月迄東田熔鉍炉に使用し、相当の効果を上げた。八幡において使用せるコーライトは灰分14.8%揮発分21.4%にして、これを0.3mm以下約40%に微粉碎し、強粘結炭30%、粘結炭60%、コーライト10%の割合に配合したが、コークス灰分は15.8%、気孔率44%15mmドラム指数90.3%、50mm指数42%、タンブラー25mm指数44%、100mm以上21%にして、昭和25年東田第5熔鉍炉操業状況はTable 8に示す通りである。(燃料協会コークスシリーズ昭和25年第2号)

**炉底破損防止:** 終戦当時我国の熔鉍炉は炉底破損頻発し、例えば洞岡第2熔鉍炉は昭和22年9月より昭和

Table 9. Operational record of a blast furnace using coalite-coke.

	Coke species	Iron tapped	Coke ratio	Imported ore	Fe % in ore	Blast temp.	Coke ash
				%	%		
1950	Ordinary coke	(t/d) 500	t/t 0.854			°C 610	% 15.0
	"	437	0.902	55.9	56.3	590	15.5
	"	463	0.892	45.6	53.8	690	14.1
1951	"	413	1.013	40.1	54.1	550	15.6
	"	428	1.045	34.4	54.6	500	15.7
	Coalite-coke	432	1.006	31.5	53.9	550	15.5
	"	464	0.937	62.6	54.0	640	13.9
	"	442	0.907	51.7	54.8	670	13.8
	"	484	0.876	54.9	55.0	700	14.0
	"	475	0.928	54.8	55.5	720	15.0

Table 10. Operational records of Kukioka No. 4 blast furnace.

Year & month		1953 Dec.	1954 Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Dec.	Nov.
Quantity tapped		1036	1148	1227	1107	1162	1072	965	924	977	1050	1029	1081
Coke ratio ore/coke		0.722 2.006	0.714 2.037	0.713 2.047	0.745 2.126	0.725 2.061	0.764 2.037	0.748 2.144	0.722 2.123	0.658 2.229	0.665 2.227	0.651 2.356	0.635 2.380
Pig iron	Si%	0.90	0.84	0.80	0.76	0.78	0.80	0.84	0.71	0.73	0.70	0.74	0.74
	S%	0.028	0.033	0.028	0.024	0.028	0.028	0.032	0.026	0.026	0.025	0.027	0.027
B. F. top gas	CO <sub>2</sub> %	13.1	12.5	13.6	13.8	12.9	13.7	14.1	14.2	14.6	14.8	15.3	15.4
	CO %	27.6	28.5	27.5	27.5	28.4	27.8	27.7	26.9	25.3	25.2	25.0	24.8
	CO/CO <sub>2</sub>	2.11	2.24	2.02	1.99	2.20	2.03	1.96	1.89	1.73	1.72	1.63	1.60
Consumption per ton pig	Gas ash kg	25	28	22	25	29	26	18	14	13	14	12	13
	Slag kg	494	524	481	534	482	514	534	505	572	535	557	542
	Blast m <sup>3</sup>	1,976	1,967	1,907	1,995	1,920	2,678	2,108	2,090	1,901	1,908	1,951	1,860
	Gas m <sup>3</sup>	2,504	2,517	2,445	2,553	2,666	1,092	2,872	2,783	2,571	2,599	2,582	2,520
Blast pressure g/cm <sup>2</sup>		1,030	1,086	1,086	1,093	1,058	1,092	1,036	1,035	1,013	1,050	1,045	1,055
Blast temp. °C		613	663	650	650	659	632	621	658	637	669	723	721
Furn. top. temp. °C		264	260	247	241	234	215	230	221	211	209	195	189
Gas calories K.cal.		879	891	880	879	909	893	890	863	812	816	805	791
Sinter ratio %		42.5	39.0	42.4	42.6	36.3	34.7	36.7	42.4	47.7	46.5	47.0	47.9
Coke ash %		11.9	12.3	12.7	12.8	12.9	12.8	12.8	12.6	12.5	12.6	12.4	12.1

26年11月迄11回破損事故を惹起しており、これは主として内地製煉瓦を使用せる事に起因するが、その後炉底温度を温度計により記録し、一定温度以上に達する時は直ちに減風或は休風等の処理をとるようになってから一回も炉底破損が起らない。然し乍ら此等対策はなお出銑量の減少を伴う故、八幡製鉄所においてカーボン煉瓦の使用にやや成功した事は一時代を画したといえる。

出銑率およびコークス消費率の向上：一昭和28年頃より各溶銑炉の成績は著しく向上したが、特に洞岡1000t炉が昭和29年2月一日平均1227t出銑し、コークス比が29年11月平均0.635に低下し、日本全体の平均コークス比も29年上期平均0.753を示し、同年下期において0.7を切るに到つた事は、米独の平均0.7~0.9を凌ぐ記録にして我国製鉄史上特筆すべき進歩である。

Table 10は洞岡第4溶銑炉の成績を示すが、銑鉄成分も珪素0.74%となり、硫黄も尠く、炉頂ガス中CO<sub>2</sub>は15~16%を示し、CO/CO<sub>2</sub>が1.6に下り、炉頂温度190°Cにして、ガス発生量が銑鉄t当2,520m<sup>3</sup>、ガスカロリー800Kcal/Nm<sup>3</sup>であり、熱量損失が入熱の8%なる成績は従来の冶金学教科書には見られなく、その原因はコークス研究の進歩、焼結銑使用割合の増加および原料事前処理の強化に伴い ore/coke を増加せしめ得たからである。

コークス研究：溶銑炉用コークスの試験項目について昭和26年以降研究され、昭和28年八幡、富士、鋼管の

三社コークス会議においてドラム試験15mmおよび50mm指数、タンブラー25mm指数、平均粒度、100mm以上および25mmにつき試験すべき事に統一されたが勿論灰分、気孔率および水分は従来通り重要であり、特に近年品質管理の進展と共に、各性質の変動(R)を小さくする事が重要視される。一例として昭和28年1月より29年11月の間の洞岡溶銑炉について調査の結果 Fig. 4~8の如き関係があるが、これ等は勿論重相関々係にあり、各々を最良の条件におく事が要請される。

(鉄と鋼、昭和29年8月3頁)

原料処理：原料破砕および篩別設備の改善により昭和28年頃より鉄銑石の6~10mm以下は主として焼結原料となり、70mm以上の塊銑は殆んど溶銑炉に装入されず、焼結銑も成品の篩別が強化され、石灰石も70mm以上は殆んどなくなり、昭和29年4月より八幡および広畑製鉄所においては平炉滓もサイジングされるに到つた。八幡製鉄所の平炉滓および石灰石のサイズは次の通りである。実際作業において鉄銑石のサイズが何

	<10mm	10~50mm	57~70mm
O.H. furnace slag (%)	9	69	22
Lime (%)	2	72	26

mmが最上であるかを定量的に求める事は仲々難しいが、東田第6溶銑炉にて昭和29年4月試験の結果は Fig 9に示す如く、平均粒度の細かい方が炉頂ガス中CO<sub>2</sub>が増す。

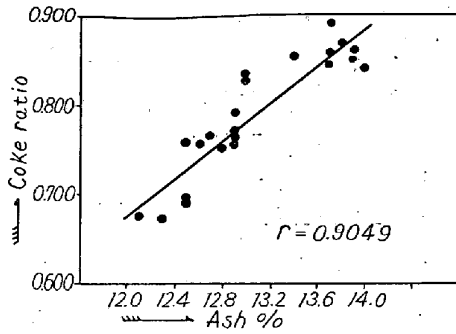


Fig. 4. Relation of coke ratio and coke ash.

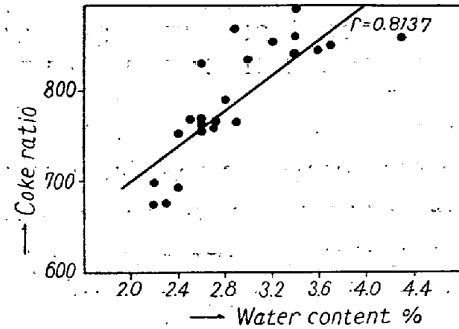


Fig. 8. Relation of coke ratio and coke humidity  $\bar{X}$ .

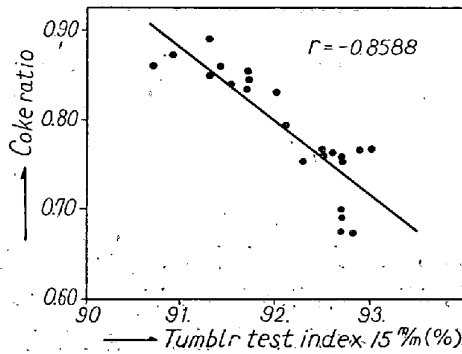


Fig. 5. Relation of coke ratio and tumbler test index 15 mm  $\bar{X}$ .

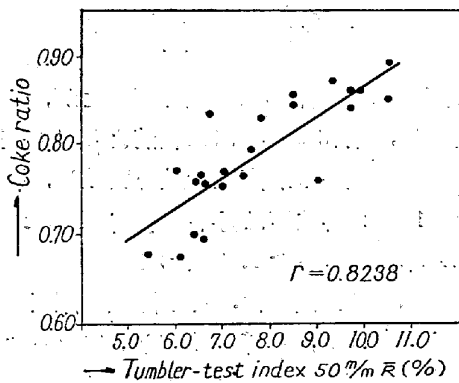


Fig. 6. Relation of coke ratio and tumbler test-index 50mm  $\bar{R}$ .

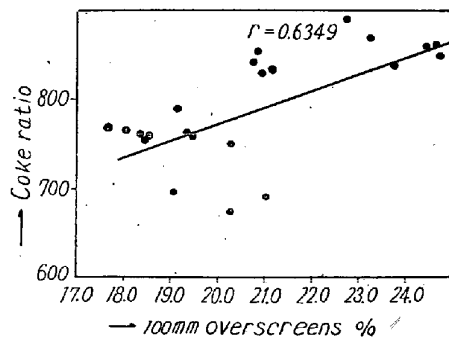


Fig. 7. Relation of coke ratio and lump size in overscreen 100mm.

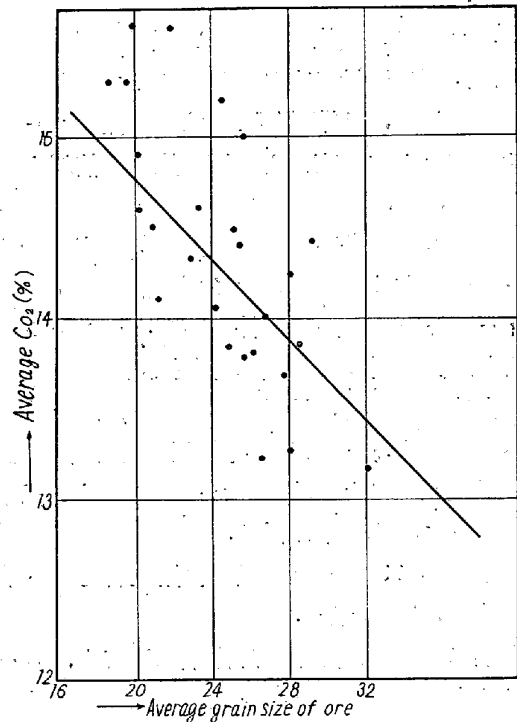


Fig. 9. Relation of grain-size and the  $\text{CO}_2$  in furnace-top gas.

焼結原料としての硫酸焼鉱は尼ヶ崎および広畑製鉄所において昭和 28 年に脱銅設備が設置され、40~60%の脱銅率が工業的に得られており、各硫酸会社においてもリーチングによる脱銅作業が昭和 29 年に到つて確立され 30% 程度の脱銅が可能となつたが、一面その粒度の微細化と共にペレットの研究も進展している。

我国の原料はその品種頗る多く、品質も非常に多いため、ベッディングシステムが望ましいが、原料のサンプリング、試験法、規格の検討と共に、迅速分析を活用して原料の計画的配合が推進されつつある。

ヘヴィチャージ：八幡製鉄所の例をとると、装入物の Ore/coke の平均は次の如く(次頁 a 表)推移している。コークス灰分を低下し、送風温度を上昇せしめれば、コークス比が下る事は常識であるが、実際下げるには



(a表)

昭和21年	22	23	24	25	26	27
1.07	1.19	1.36	1.41	1.56	1.73	1.78
28	29上期					
1.88	2.10					

Ore/coke を増さなければならない。小さい溶鉱炉においてはコークスの潰裂強度が過大でない方がコークス比が下るといふ考え方は、弱いコークスは Ore/coke の限度が小さい事を考えていない。還元し易い鉱石または粉鉱の方が熱量的にはコークス比が下る筈であるが、Ore/coke を増した時に棚を吊つて了う事を考えなければならない。

すなわちコークスの強度が大きい程 Ore/coke は大きくなるが、炉の容量に応じてそのサイズをかえ、粉を除く事が望ましく、3t溶鉱炉でも大型炉用のコークスを用い、サイジングする事により炉の能率を倍以上にあげる事ができる。

焼結鉱も FeO の多いものは還元し難い事は分るが、それよりも粉がすくなくて、サイズの揃つている事の方がヘヴィーチャージの必要条件である。ペレットの方が焼結鉱より還元し易くても、100% 操業でない限り粉鉱を相当量混入する場合、焼結鉱の方が炉内通風状態が良好で、ヘヴィーチャージになり易ければ、還元必要熱量の不足は送風温度の上昇或いはコークス灰分の低下により補い、コークス比を下げ得る。東田における昭和28年4月より29年11月迄の焼結鉱使用割合と Ore/coke の関係を Fig. 10 に示す。

高圧操業にしても、酸素吹込作業にしても、コークス比を論じる場合にはヘヴィーチャージになれるように原料の処理が先行しなければならない。かくて原料の処理が行われヘヴィーチャージになる場合、還元の難易および溶解に対する熱量を考慮して熱量を補給するが、同一熱量で分布を改善してガスとの接触度を増進してやる事が

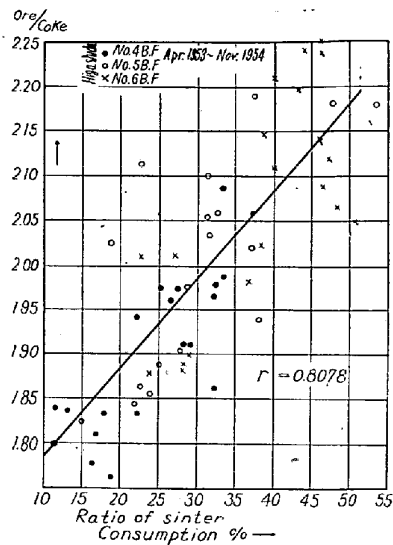


Fig. 10. Sinter/consumption ratio versus the ore/coke ratio.

必要であるが、原料処理の完備によりコークス比が 0.6 に下つた後、高圧操業或いは必要以上のコークス灰分低下等によりコークス比切下げの余地は殆んど残らぬであろう。常に化学的、物理学的、および機械的の総合研究を必要とする所に溶鉱炉の難しい点がある。

## V. 結 論

終戦後我国溶鉱炉の作業は難渋を極めたが、その後能率は逐年向上し、昭和28年には戦前より10基すくない20基の炉にて戦時の最高生産量を突破し、戦前一日800t程度の1000t溶鉱炉は月平均最高1200tを出鉄し、昭和29年にはコークス比は0.70以下となり、欧米の水準を凌駕するに到つた。その原因は原料の安定にある事は勿論であるが、設備の改善と共にコークス品質の改良、焼結鉱の配合強化および原料事前処理強化にある事を示し、技術の進歩について述べた。