

熔 鉱 炉 作 業 の 進 歩

和 田 亀 吉*

Progress in Blast Furnace Practice

Kamekichi Wada

I. 結 言

終戦後、わが国製鉄作業の進歩についてはすでに多数の発表があるが^{1)~4)}、とくに最近熔鉱炉の生産性、品質、コークス消費率において、また炉の構造および付属設備の点において、世界水準を上回る実績をあげていることは内外のひとしく認めるところとなつている。

戦後、熔鉱炉の操業状況を大別して、昭和 21~24 年、25~28 年、29~31 年、32 年以降の 4 期にわけられる。すなわち第 1 期においては、昭和 21 年および 22 年は内地原料のみを使用し、とくに昭和 21 年においては、八幡製鉄所の 3 基の熔鉱炉のみしか稼働していなかつた時期もあり、1,000 t 炉が 1 日 100 t 出鉄できなかつたときもあつた。

昭和 23 年外国原料の再輸入開始とともに、漸次成績が向上し初め、第 2 期当初、昭和 25 年鉄鋼調査団が米国に派遣され、外国事情も次第に判明し、昭和 26 年より各社とも第 1 次合理化に着手、昭和 28 年川崎製鉄千葉製鉄所にわが国最初のオーベディンク設備が稼働し、この前後に各社とも原料設備および焼結設備が整備せられ、品質管理、統計技術の発展とともに、第 3 期においては日本の平均コークス比が 700 kg 前後となつた。第 4 期にいたり昭和 32 年以降ほとんどの熔鉱炉のコークス比は 600 kg 台となり、昭和 33 年より 34 年にかけて 500 kg 台を続ける熔鉱炉も現われた。全国出鉄量も昭和 33 年度には 723 万 t に達し、昭和 34 年度は 800 万 t 以上と推定され、1 炉当り生産性においてもトン当り内容積はようやく 0.8 m³ に達し、炉一代出鉄量においても 300 万 t 以上が達成されるにいたつた。

最近にいたり送風に水蒸気添加、酸素富化などの諸試験も活発に行われ、さらに新記録樹立の趨勢を続けていることは誠に力強いものがある。

II. 鉄 鉄 生 産 量

終戦後主要製鉄所の出鉄量推移を第 1 表に示す。

海外原料の再輸入とともに昭和 23 年日本鋼管の熔鉱炉が火入され、昭和 25 年住友金属工業小倉製鉄所、昭

和 27 年中山、昭和 28 年川崎製鉄千葉製鉄所および尼崎製鉄の熔鉱炉が新設ないし復旧し、昭和 33 年神戸製鋼所第 1 熔鉱炉の火入をみ、昭和 34 年 9 月 1 日わが国最初の 1,500 t 炉が八幡製鉄戸畑で火入されたのはわが国製鉄史上にエポックを画するものであり、現在八幡製鉄は堺、東海製鉄は名古屋、住友金属工業は和歌山等にそれぞれ大型熔鉱炉建設計画が進み、八幡製鉄戸畑、富士製鉄広畑および室蘭、川崎製鉄千葉などにおいてもさらに増設が計画され、わが国に 2,000 t 以上の熔鉱炉が出現するのも近き将来のことである。

現在わが国における稼働熔鉱炉基数は 30 基にして、昭和 34 年度全国出鉄量は 800 万 t 以上と予想され、最近の目標として昭和 45 年度鋼塊生産量を 3,800 万 t と推定した場合、鉄鉄生産量は約 3,000 万 t と予想されている。

これに対し 1958 年、世界の鉄鋼生産量は第 2 表のごとくにして、わが国の鉄鉄生産量は世界第 6 位であり、将来上吹酸素転炉による製鋼法の発展とともに、熔鉱炉の整備はわが国製鉄界にとりますます必要になるであろう。

III. 1 基 当 り 生 産 高

熔鉱炉の 1 基当り出鉄量はほぼ次式により定まる。

1 基当り出鉄量 = 燃焼コークス量

$\times \text{ore/coke} \times \text{ore 中 Fe\%} / \text{鉄鉄中 Fe\%}$

すなわち 1 日燃焼コークス量が多く、しかも ore/coke が大きいほど 1 日 1 基当り出鉄量が多いわけであつて、燃焼コークス量が一定の場合はコークス比の低いほど出鉄量は大きくなる。

世界各国の熔鉱炉 1 基当り生産高は第 3 表に示す通り日本は約 700 t にして、米国につぎ第 2 位であり、これは炉の改修時ごとに炉床面積が大きくなる傾向があるとともに、生産性の向上によりもたらされたものであるが、とくに昭和 34 年 9 月 1 日火入された八幡製鉄戸畑

* 八幡製鉄株式会社取締役、八幡製鉄所技術研究所長、工学博士

第1表 戦 後 出 鉄 量 推 移

(カッコ内は1日平均出鉄量 t)

会社別 年度	八 幡	富 士	銅 管	千 葉	住 友	中 山	尼 崎	神 戸	合 計
昭. 21	128,721 (353)	23,669 (65)							152,390 (418)
22	241,957 (661)	52,093 (142)							294,050 (803)
23	424,911 (1,164)	247,364 (678)	178,280 (488)						850,555 (2,330)
24	687,299 (1,883)	425,567 (1,166)	382,012 (1,047)						1,494,878 (4,096)
25	786,531 (2,155)	900,190 (2,466)	466,929 (1,279)		13,531 (37)				2,167,181 (5,937)
26	1,131,622 (3,092)	1,360,584 (3,717)	559,030 (1,527)		109,199 (298)				3,160,435 (8,634)
27	1,198,426 (3,283)	1,380,750 (3,783)	634,159 (1,737)		119,432 (327)	3,318 (9)			3,336,085 (9,139)
28	1,434,676 (3,931)	1,702,649 (4,655)	855,730 (2,344)	161,324 (442)	139,195 (381)	161,562 (443)	124,489 (341)		4,579,625 (12,547)
29	1,398,469 (3,831)	1,504,940 (4,123)	792,676 (2,172)	233,721 (640)	138,861 (380)	189,399 (519)	117,682 (322)		4,375,748 (11,987)
30	1,657,946 (4,530)	1,784,793 (4,876)	953,017 (2,604)	331,379 (905)	145,214 (397)	218,759 (598)	169,595 (463)		5,260,703 (14,373)
31	1,925,235 (5,275)	1,996,936 (5,471)	995,612 (2,728)	337,518 (925)	293,291 (803)	239,717 (657)	186,366 (511)		5,974,675 (16,370)
32	2,108,406 (5,776)	2,050,811 (5,619)	1,034,736 (2,835)	343,412 (941)	235,970 (646)	383,204 (1,050)	335,881 (920)		6,492,420 (17,787)
33	2,277,653 (6,240)	2,128,775 (5,832)	1,014,463 (2,779)	675,210 (1,850)	369,731 (1,013)	371,316 (1,017)	348,393 (955)	44,614 (122)	7,230,155 (19,808)

第2表 世界鉄鋼生産量 (1958年)
(単位 1,000 t)

国 名	銑 鉄	鋼 塊
アメリカ	52,403	77,342
ソ 連	39,000	54,500
ド イ ツ	16,659	22,785
英 国	13,184	19,883
フランス	11,956	14,592
日 本	7,400	12,050
中 国	6,500	10,700
そ の 他	42,898	60,648
計	190,000	272,500

1基当り生産量は同一の炉においても向上し、この結果各炉とも、トン当り内容積は小さくなり、昭和34年12月における日本全体の製鋼銑炉の平均は0.95 m³/tであり、一例を八幡製鉄洞岡第2熔銑炉にとれば、つぎに示すごとく昭和34年度には0.8 m³/tを切るにいたつた炉も現れている。

昭和31年度 32年度 33年度 34年度
1.464 1.088 0.914 0.783 m³/t

なお鑄物銑炉の場合は昭和34年度全国平均大体1.00 m³/tである。

第3表 各国熔銑炉1基当り生産量

国 名	日 本		西 独		フ ラ ン ス		イ タ リ ー		ベ ル ギ ー		英 国		米 国	
年 度	1951	1957	1951	1957	1951	1957	1951	1957	1951	1957	1951	1957	1951	1957
出 鉄 量 (1000 t)	2,887	6,437	10,697	18,358	8,750	11,885	953	2,138	4,868	5,547	9,824	14,509	64,617	71,979
稼働熔銑炉数	14	25	90	111	110	124	10	9	49	51	100	96	234	171
1基当り平均 日産高(t/日)	565	705	326	453	218	263	260	651	272	298	269	414	757	1,153

第1熔銑炉は炉床径 8,800mm、内容積 1,603m³を有し、わが国最大級のものであり、近く炉床径 9m 以上の 2,000 t 級の炉も出現するものと予想され、1基当り出鉄量はますます大きくなるであろう。第1図は八幡製鉄洞岡第1熔銑炉のプロファイルを示す。

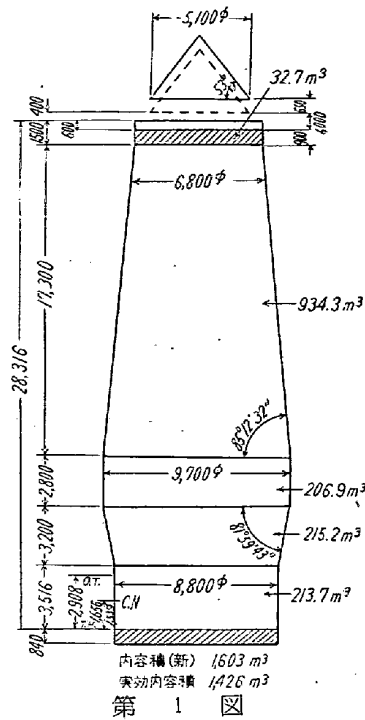
かくのごとく生産性の向上にとともに、さらに炉の寿命も延びた結果、八幡製鉄洞岡第4熔銑炉は昭和27年12月火入後、昭和35年3月末現在すでに300万tを出鉄し、従来炉一代にて日本鋼管扇町工場で193万t出鉄したのが最高であつたが、近くわが国最初の炉一代350

万 t の新記録を樹立することは確実であり、なお現在稼働中の川崎製鉄千葉、日本鋼管大島、八幡製鉄洞岡第3 熔鋳炉でもそれぞれ 200 万 t を超えるものと推定される。

IV. 燃焼コークス量

主要製鉄所における使用コークス量を第4 表に示すが、その大部分は炉内において燃焼したとみて差支えなく、その量は各社とも年々上昇しつつあり、第5 表の八幡製鉄洞岡第2 熔鋳炉の例をみると、コークス燃焼量の増加は出鉄量の増大の要因をなすことが分る。

コークスの燃焼性については、鋳熔炉内の高温ではほとんど同じといわれたが、実際はコークス性質、風量、炉内通風状況などにより左右され⁵⁾、さらに送風中酸素添加などにより促進される。原料の事前処理強化により



第1図 戸畑第1 熔鋳炉プロフィール

炉内通風状況が改善され、送風量を増加し得ればコークスは余計に燃焼し得るが、コークスのサイジングを十分に行なう結果、コークスの表面積が増加したことも当然その燃焼性を促進したと考えられる。

コークス灰分の低下も燃焼性には関係があり、送風温度の上昇も燃焼温度の上昇以外に効果があり、鋳滓量の低下およびその良好な流動性も、炉内においてコークス表面状況を清浄に保つ関係上好結果をもたらすことは想像され、羽口形状およびその大きさなども当然関係があり、いかにしてコークスを多量に燃焼し得るかということはさらに工夫の余地がある。

V. コークス比

燃焼コークス量をコークス比で割つたものが大体生産量であり、使用コークス量は厳密には鉄中C、ソーシオンロス、ダストとして損失となつたCなどが問題になるが、コークス比の低下は一定量コークスが燃える場合出鉄量の増加をともなう。

終戦後わが国におけるコークス比の低下はまったく驚異的であり^{6)~8)}、昭和33 年頃より富士製鉄釜石第1 熔鋳炉および八幡製鉄洞岡第2 熔鋳炉などを初め 500 kg 台のコークス比を続ける炉も現われ、従来の月間記録は八幡製鉄洞岡第2 熔鋳炉の 525 kg である。第6 表にその推移を示すが、昭和34 年度全国平均は約 620 kg で

第4 表 1 日当り燃焼コークス量 (t/日)

会社別	八 幡	富 士	鋼 管	千 葉	住 友	尼 崎	中 山
年 度							
昭. 21	559	94					
22	1,049	162					
23	1,384	756	520				
24	1,958	1,107	896				
25	2,059	2,123	1,134		38		
26	2,955	3,237	1,392		281		
27	2,905	3,196	1,500		281		
28	3,215	3,829	1,947	402	284	276	381
29	2,747	2,956	1,620	510	263	251	379
30	3,189	3,481	1,913	619	264	348	429
31	3,734	4,048	2,056	657	561	378	505
32	3,968	3,905	2,004	657	442	699	816
33	3,968	3,773	1,845	1,228	646	669	766

第5 表 出鉄量とコークス燃焼状況 (洞岡 第2 熔鋳炉例)

年 度	出 鉄 量 (t/日)	1 日当り燃焼 コークス量 (t/日)	炉床 m² 当り 燃焼量 (t/日)	Ore/Coke	含金属平均 Fe (%)	1 分当り送風量 (m³/分)
昭. 31	600	442	11.5	2,156	55.06	896
32	808	552	14.3	2,284	56.30	1,115
33	962	571	14.9	2,702	55.64	1,091
34	1,085	635	16.5	2,690	56.94	1,187

第6表 出鉄量, コークス比, Ore/Coke, 焼結鉱使用割合 (全国)

年度	出鉄量 (1,000 t)	コークス比 (kg)	Ore/Coke	焼結鉱使用 割合 (%)
昭. 21	152	1,567	1,113	34.3
22	294	1,317	1,227	32.3
23	851	1,142	1,456	27.7
24	1,495	968	1,518	30.8
25	2,167	902	1,623	35.8
26	3,160	912	1,767	30.9
27	3,336	866	1,856	33.9
28	4,580	824	1,960	33.0
29	4,376	728	2,145	44.2
30	5,261	713	2,180	44.6
31	5,975	730	2,137	41.3
32	6,492	702	2,191	46.9
33	7,230	655	2,342	52.3

向上, コークス灰分の低下, さらにこれにともなう鉱滓量の少なくなったこともまたコークス比低下の一因として見逃せない. 出鉄量およびコークス比に関連する諸因子の推移につき八幡製鉄所の例を第7表に示す.

VI. 原料使用状況

終戦後のわが国における鉄鉱石および焼結原料使用状況の推移を第8表および第9表に示すが, 最近の傾向として内地鉱石はほとんど焼結原料となりつつあり, 焼結鉱の使用割合は粉鉱篩別の強化とともに増加し, フィリピンおよび中国鉱石が減少し, インド鉱石が漸増しつつあることは注目に値する. 将来全国出鉄量の増大にしたがってインド鉱石の比重がますます増加することが予

第7表 熔鉱炉操業成績 (八幡製鉄所例)

項目 年度	出鉄量 (t/日)	コークス比 (kg)	Ore/Coke	鉱滓量 (kg/t)	焼結鉱使用割合 (%)	ガス灰量 (kg/t)	送風温度 (°C)	鉄鉱石 Fe (%)	鉄鉄成分 (%)				炉頂ガス成分 (%)		
									C	Si	Mn	S	CO	CO ₂	カロリー
昭. 21	353	1,587	1,075	1,301	35.6	47	589		3.19	2.43	1.02	0.173	31.2	6.9	1,035
22	661	1,354	1,187	1,144	34.0	29	569	51.4	3.44	2.18	1.29	0.130	30.5	8.1	1,006
23	1,164	1,189	1,362	858	32.5	26	538	52.2	3.56	1.82	1.20	0.100	29.6	9.5	972
24	1,883	1,040	1,413	686	32.6	33	574	52.4	3.78	1.50	1.10	0.059	29.1	11.7	951
25	2,155	956	1,557	688	32.6	31	574	51.6	3.89	1.22	1.09	0.047	29.7	11.1	973
26	3,092	905	1,732	738	23.5	38	590	54.0	4.03	1.17	1.10	0.041	29.2	11.6	951
27	3,283	886	1,776	648	29.5	35	578	55.4	4.24	0.97	1.18	0.035	28.3	12.7	917
28	3,931	818	1,882	569	31.1	29	625	55.3	4.35	0.88	1.15	0.033	28.3	12.8	923
29	3,831	717	2,150	604	41.2	16	641	56.1	4.40	0.75	1.04	0.026	26.8	14.0	864
30	4,530	704	2,164	535	40.8	25	684	57.2	4.47	0.73	0.96	0.027	26.7	14.0	861
31	5,275	708	2,184	497	33.9	32	686	57.2	4.54	0.72	0.93	0.028	26.3	14.2	854
32	5,776	687	2,250	467	42.5	28	713	57.5	4.58	0.74	0.92	0.028	25.7	15.1	843
33	6,240	636	2,422	422	47.1	24	788	58.5	4.57	0.65	0.94	0.027	25.3	15.7	829

ある. その根本をなすものは同表により理解されごとく, 原料処理の徹底化, 焼結鉱使用割合強化, コークス性質改善などによりもたらされた Ore/Coke の増大であり, これにともない高温送風および送風量の増加を許し, 鉄鉄中 Si を 0.6 に低下可能となし, 必要還元熱量を僅少ならしめた結果であるが, 同時に装入鉱石品位

想され, すでにルールケラーおよびバイラディラ鉱山などについて対策が進展しつつあり, 鉱石専用船の活用と相まち, 南米, オーストラリア, アフリカ, あるいは共産圏などの鉱石も期待されるが, 鉄鉱石の確保に関してはなお相当の施策を要する次第である.

第2図に原料処理のフローシートの代表例を示すが,

第8表 鉄 鉱 石 使 用 状 況 (全国)

(使用量は 1,000t)

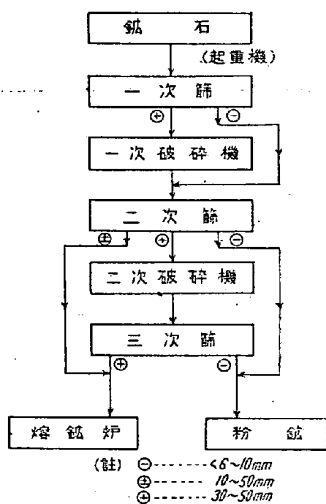
年 度	フィリピン		マラヤ		インド		米 国 (カナダ, 北米, 南米)		中 国		韓 国		そ の 他		輸入鉱石計		内地鉱石		焼結鉱		鉄鉱石計	
	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %	使用量 %
昭 21									25	9.5					25	9.5	149	56.2	91	34.3	265	100
22									14	2.9					15	3.1	307	64.5	154	32.4	476	100
23									75	22.8					470	32.9	553	39.1	392	28.0	1,415	100
24									514	10.1					985	44.3	534	24.3	676	31.4	2,195	100
25									1,006	7.7					1,458	45.1	581	18.2	1,136	35.7	3,175	100
26									1,456	3.1	6	0.1			1,623	57.6	586	11.4	1,572	31.0	5,092	100
27									1,172	0.9	2	0.0			1,294	55.3	562	10.8	1,792	33.9	5,294	100
28									2,342	1.7	31	0.4			1,408	60.0	535	7.2	2,436	32.8	7,379	100
29									2,028	1.0	25	0.4			1,425	50.1	387	5.7	3,018	44.2	6,830	100
30									1,001	0.8	20	0.3			1,169	51.1	342	4.3	3,649	44.6	8,160	100
31									768	0.3	36	0.4			1,186	56.7	266	3.0	3,696	40.3	9,148	100
32									425	0.2	37	0.4			5,020	50.3	261	2.7	4,677	47.0	9,958	100
33									354	0.2	206	1.9			5,010	45.4	256	2.6	5,768	52.0	11,034	100

第 9 表 焼結原料使用状況 (全国)

(使用量は 1,000 t)

原 料	輸入鉱石		内地鉱石		硫 酸 滓		砂 鉄		石 灰 石		計	
	使用量	%	使用量	%	使用量	%	使用量	%	使用量	%	使用量	%
昭. 21	0.5	0.5	44	39.4	65	58.1	2	2.0			111	100
22	7	4.5	68	43.8	80	51.4	0.4	0.3			155	100
23	0.5	0.1	208	48.9	202	47.7	14	3.3			425	100
24	5	0.8	290	44.8	321	49.7	30	4.7			647	100
25	87	8.3	495	47.7	390	37.5	67	6.5			1,039	100
26	160	11.4	484	34.3	542	38.3	226	16.0			1,413	100
27	118	7.3	496	30.6	686	42.2	324	19.9			1,624	100
28	260	11.9	657	30.0	877	40.0	397	18.1			2,192	100
29	512	19.0	763	28.3	1,056	39.2	363	13.5			2,694	100
30	814	25.4	730	23.1	1,197	37.4	450	14.0	4	0.1	3,196	100
31	1,116	32.8	705	20.7	1,080	31.8	489	14.4	9	0.3	3,398	100
32	1,609	39.8	703	17.4	1,174	29.0	529	13.1	29	0.7	4,045	100
33	2,159	41.4	972	18.7	1,258	24.2	585	11.2	236	4.5	5,211	100

鉱石を 30~50mm に破
 砕後、確実に 6~10mm
 で篩別けることが要諦で
 ある。ロビンズ式オー
 ベディングがすでに昭
 和 28 年川崎製鉄千葉製
 鉄所において採用され、
 さらに富士製鉄広畑、八
 幡製鉄戸畑などにおい
 ても設置されんとしてい
 る。



第 2 図

原料処理フローシート例

製鉄所における鉱石の
 破碎篩別の強化は熔鋳炉
 装入原料中の粉率を低下
 させているが、なお依然として 10mm 以下の粉を相当
 含有することは、篩別技術の改善を要するとともに、そ
 の篩目の選択については焼結設備の能力とともに経済性
 を勘案して検討されなければならない。

焼結原料は内地鉱石、硫酸滓、砂鉄などの使用量も増
 加しているが、輸入鉱石粉の量がいちじるしく増加し、
 使用割合が増していることは注目される。

川崎製鉄千葉製鉄所において焼結鉱でなくペレットを
 製造していることは特異なケースであるが、他製鉄所でも
 一部ペレット工場を有し、あるいは焼結炉装入前に微
 粉をあらかじめ細粒化するセミペレット技術も世界的に
 発達しつつある。焼結に際し、石灰石を配合する研究が
 最近作業化されたことも注目され、焼結鉱使用割合の多い
 場合には、熔鋳炉内における CO₂ 追出熱量減少による
 点、および朝顔部における造滓状況の点からコークス
 比低下に好影響をもたらすと考えられるが、朝顔部にお
 けるスラグの粘性に起因する炉内通風抵抗についてはな

お研究の余地が残されているようである。

焼結鉱の性質は粒度を揃え篩別を完全に行ない、熔鋳
 炉内で十分の強度を保つよう考慮が払われ、最近では成品
 を空冷することが一般化してきた。

焼結鉱はもちろん還元性が良好であることが大切であ
 るが、同時に脆弱であつたり、また粉を含んでいてはい
 けない。両者の性質は相反するが、筆者はこの場合には
 強度に重点をおくことにしている。

熔鋳炉装入原料の事前処理強化の結果、平炉滓の利用
 が焼結原料のほか、一部含鉄肥料を回収するにいたつた
 ことは副産的収穫である⁹⁾。

VII. コークス性質

コークス強度、粒度、灰分、水分など、コークス性質
 の向上は米国炭の輸入、内地炭の品質向上、コークス工
 場における装入炭の粉碎および配合技術改善、フリー
 温度上昇、消火注水管理などによりもたらされた。

すなわち灰分の低下は直接コークス中 C の上昇をと
 もないコークス比低下をもたらすほか、鉱滓量低下を招来
 しその所要カロリーを減少させる。良好なる強度および
 粒度の管理はヘビーチャージを可能ならしめ、水分低下
 は炉内熱経済に寄与する。またその変動の減少は装入単
 位コークスの秤量を正確にし、さらに以上各因子の変動
 を減少することは熔鋳炉の炉況を安定せしめる要諦であ
 る。これらコークス性質の推移および原料炭使用状況を
 第 10 表および第 11 表に示す。

VIII. 設備改善

製鉄作業が向上したのは、原料処理が強化されたほか
 に付属設備の改善されたことが特記されなければならない。
 すなわち炉底あるいは朝顔部迄カーボン煉瓦使用が

第 10 表 コークス性質の推移 (鉄鋼 8 社)

年度	コークス 灰 分	潰 裂 強 度		平 均 粒 度	*コークス 水 分
		(50mm) 指 数	(15mm) 指 数		
昭. 21	23.36		79.1		5.0
22	21.40		77.7		5.7
23	17.60		85.5		6.1
24	14.80		87.9		5.7
25	19.96		87.9		3.6
26	14.26	47.7	89.5		1.7
27	13.31	44.5	91.0	82.7	1.7
28	11.73	35.7	91.5	72.7	3.0
29	11.39	37.9	92.0	69.3	1.9
30	10.91	37.8	92.2	64.6	1.6
31	11.21	36.9	92.4	65.3	1.7
32	11.42	40.5	92.6	67.0	1.7
33	10.88	43.4	92.8	70.3	1.6

* 八幡製鉄所

たことなどがあげられる。

薄壁式熔鉱炉は戦時中ドイツにおいて資材使用の節約の見地から発達したが、わが国において昭和 28 年川崎製鉄千葉製鉄所で採用され、昭和 30 年八幡製鉄洞岡第 1 熔鉱炉においても採用されたが、耐火煉瓦の進歩、シャフト部の強化にともない、この考えは炉改築時従来の炉壁を薄くして内容積を増大することに役立ち、炉の生産性向上に寄与している。

八幡製鉄においては昭和 26 年よりカーボン煉瓦を使用しているが、その状況は第 12 表のごとくであり、このうち洞岡第 1 熔鉱炉は朝顔部までカーボン煉瓦を使用している。他の製鉄所においても一般に炉底部にカーボン煉瓦を採用するのが最近の傾向である。

熱風炉の改良の結果高温送風が可能になったわけであ

第 11 表 原料炭使用状況 (全国)

(使用量は 1,000t)

年 度		昭 20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33	
		使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%	使用 量	%
輸 入 炭	粘炭 炭																												

成功し、築炉技術に工夫がこらされ、昭和 27 年八幡製鉄洞岡第 4 熔鉱炉改造以後米国製耐火煉瓦を使用し、昭和 31 年以後は米国フリントクレーを輸入して、耐火煉瓦製造技術と相まつて、国産の良質耐火煉瓦が使用され、熔鉱炉シャフト部はほとんど鉄皮式となつたほか、冷却函が増強されたなどの結果、熔鉱炉の炉底破損、シャフト部侵蝕などの事故が皆無となつたこと、昭和 27 年よりマツガンが電動化され強力となつた結果、出鉄時の減圧休風などが絶無となり、改良マッキーク式巡回装置の採用は従来しばしば起つた同装置保全のための休風がなくなり、炉況安定は羽口破損などによる休風が減少し、熱風炉改良により 900°C 以上の送風も可能となつ

第 12 表 八幡製鉄所カーボン煉瓦使用状況

地区	炉別	次数	公称能力 t/日	吹入年月日	所要量(t)
東	3	7	400	昭30. 4. 1	76
	4	7	400	31. 3. 10	100
	5	6	500	31. 6. 27	108
	6	5	500	26. 12. 14	54
洞	1	4	700	30. 6. 11	412
	2	5	700	31. 10. 5	213
	3	3	1,000	26. 3. 10	42
	4	4	1,000	30. 12. 5	292
岡		3	1,000	27. 12. 1	242
戸 畑	1	1	1,500	34. 9. 1	445

るが、最近では全部カウパー式となり、通例熔鋳炉1基に熱風炉3基をそなえ、キューン式、フライン式、ディディヤ式など各種の炉が設置され、ギッターの目は50mm～60mmに小さくなり、加熱面積も20%から倍近く増加している。ガス使用量も従来銑鉄トン当たり600m³以上のものが、ようやく500m³となり、効率も85%に向上してきた。八幡製鉄戸畑1,500t熔鋳炉付属熱風炉の仕様は、

カナル大きさ	ギッター煉瓦積高さ
2' 2 ⁵ / ₈ '	28,200mm
加熱面積	ギッター煉瓦重量
27,000m ²	900t

であり、第3図はその寸法を示し、第4図は各所における熱風炉下部ギッター煉瓦形状の例を示す。

IX. 技術改善

昭和25年頃より品質管理および統計技術の進展、原価意識の滲透は熔鋳炉作業を計数的に解析し、このため原料および成品品質の安定がもたらされ、この結果はさらに増産とコークス比低下に好影響をもたらした。

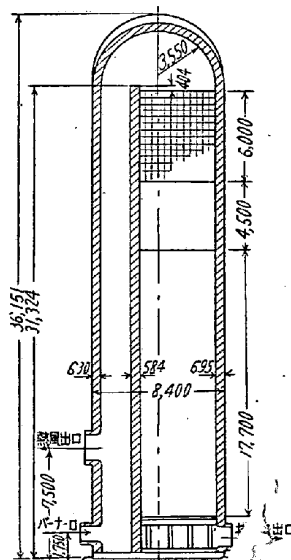
終戦直後の大きな問題はバンキング再開と脱硫であり、原料炭に粉コークスあるいはコーライトなどを配合してよりコークス強度を上げることと実際作業として約2年間採用された。昭和25年頃より各種輸入原料が入荷されてから、メリットが論ぜられ、炉内還元性等が学振にて検討されて、コークス比低下には、ヘビーチャージの過程を経ることが必要であることが確認された。その結果鉄鉱石、コークス、石灰石などすべて塊、粉ともに明確に数字をもつて大きさが規定されるにいたり、このため原料前処理が強力に推進された。最近にいたり石灰焼結が各所で製造され、焼結鉱あるいはペレット使用割合が増加し、減湿送風より水蒸気添加送風に移行してきた。

これらは高温送風が設備的に、また炉内通風の点からも可能になったことにより推進されたものであり、最近

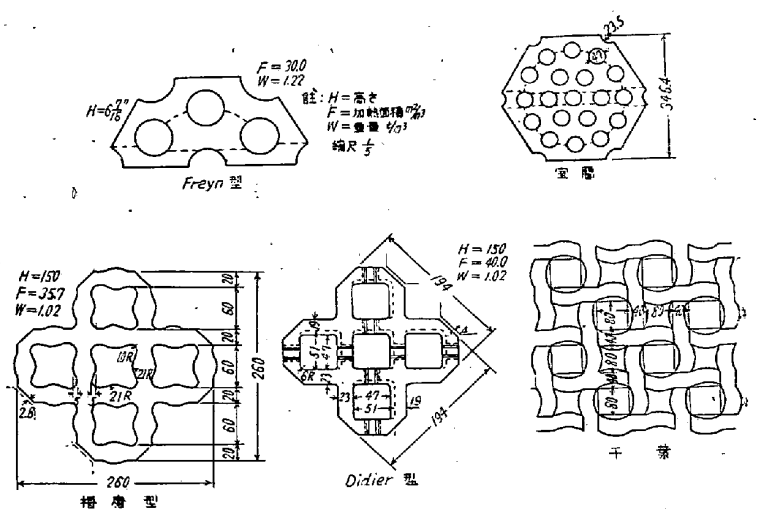
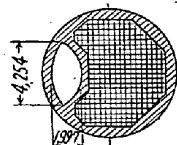
酸素富化送風および直接製鉄がまた巷間の話題となり、この間一時流行の低炉の研究は下火となつた。

熔鋳炉内のガスの流れについては、住友金属工業小倉製鉄所においてチンメルマン式のガス分布記録計が設けられた¹⁰⁾ほか、富士製鉄広畑製鉄所においてはRIを用いたガス流れの研究があり¹¹⁾、炉頂ガス成分の自動記録は一般化され、各羽口温度、圧力、流量なども自動記録され、八幡製鉄東田第3熔鋳炉においては炉内熔銑滓成分測定用試料を採取する研究過程にある。

出銑率の向上は前述のごとくコークスをいかに多量に燃やし、ore/cokeを高めるかにあるが、送風中にO₂を富化することはもつとも確実に実施し得る問題であ



第3図 戸畑第1熔鋳炉付属熱風炉



第4図 熱風炉ギッター煉瓦形状の各種例

り、八幡製鉄、日本鋼管および川崎製鉄などにおいて昭和33年および34年にそれぞれ試験された。これらの試験結果を第13表、第14表および第15表に示す。

しかしながら炉内に多量の風が送り込まれればそれだけコークスは燃焼し得るはずであり、いかにして増風し得るか、あるいはいかにしてコークスの燃焼性を高め得るかということに対してはまだ研究の余地が考えられる。これについては「IV. 燃焼コークス量」の項において述べたとおりである。

送風中に水蒸気を添加することも最近の傾向であるが、その分解熱を高温送風により補い得る場合、棚の発生が減少し、還元にも好影響を与えるものと想像される。第16表は八幡製鉄所における水蒸気添加作業の一例である。

X. 結 言

最近におけるわが国製鉄作業の推移を論じ、とくに燃焼コークス量と出銑量およびコークス比の関係について

第 13 表 東田第5熔鉱炉酸素富化試験 (昭和 34 年)

期 間	日数	酸素 (%)	出鉄量 (t/日)	コーク ス 比 (kg/t)	送風量 (m³/分)	送風温度 (°C)	送風圧力 (g/cm²)	送風中 水 分 (g/Nm³)	銑鉄成分 (%)		炉 頂 ガ ス		
									Si	S	CO₂ (%)	CO (%)	温度 (°C)
5 月													
11~20日	10	21.0	666	615	764	663	861	26	0.67	0.037	15.1	26.0	221
26~31日	6	22.1	737	632	821	676	843	30	0.58	0.036	15.8	26.3	208
6 月													
1~16日	16	22.6	751	620	816	706	822	33	0.69	0.033	15.7	26.7	195
17~25日	9	22.6	752	614	819	725	818	38	0.69	0.032	15.8	26.5	177
6 月 26 日 ~7 月 1 日	6	22.5	803	601	826	768	777	42	0.77	0.031	16.5	26.3	178
7 月													
5~10日	6	23.2	805	626	822	713	819	46	0.72	0.033	16.3	27.9	175
11~17日	6	21.0	698	637	826	735	853	36	0.69	0.035	15.2	26.4	207

第 14 表 鶴見第2高炉酸素富化試験 (第13回製鉄部会)

(昭和 34 年)

期 間	日数	酸素 (%)	出鉄量 (t/日)	コーク ス 比 (kg/t)	送風量 (m³/分)	送風温度 (°C)	送風圧力 (g/cm²)	送風中 水 分 (g/Nm³)	銑鉄成分 (%)		炉 頂 ガ ス		
									Si	S	CO₂ (%)	CO (%)	温 度 (°C)
4 月													
1~8 日	8	21.0	543	625	614	823	854	25.0	0.69	0.034	15.1	26.3	230
10~13日	4	21.9	537	629	617	797	937	25.2	0.63	0.034	15.7	26.4	216
15~22日	8	22.3	547	634	621	772	920	26.0	0.70	0.033	15.8	26.8	213
4 月 23 日 ~ 5 月 7 日	15	22.5	585	610	635	788	890	26.0	0.72	0.038	15.7	27.0	202
8~20日	13	22.9	603	616	644	813	920	26.2	0.67	0.042	16.1	27.3	210
21~31日	11	23.1	614	610	642	825	907	27.0	0.67	0.041	16.0	27.8	207
6 月													
1~15日	15	22.5	588	612	642	835	905	26.0	0.65	0.049	16.1	27.2	208
16~30日	15	22.6	569	626	629	784	887	25.0	0.63	0.037	15.9	26.9	226
7 月													
1~15日	15	22.9	567	626	632	803	870	25.5	0.78	0.037	15.7	27.5	235
16~31日	16	23.1	591	628	649	799	885	26.3	0.82	0.034	15.6	27.9	223
8 月													
1~15日	15	22.0	560	629	642	800	891	27.0	0.75	0.039	15.4	27.3	232
16~31日	16	22.1	579	618	648	830	876	26.8	0.84	0.038	15.4	27.5	218

第 15 表 千葉第1高炉酸素富化試験 (第10回製鉄部会)

(昭和 33 年)

期 間	日 数	酸 素 (%)	出鉄量 (t/日)	コーク ス 比 (kg/t)	送風量 (m³/分)	送風温度 (°C)	送風 圧 力 (g/cm²)	Ore /Coke	銑鉄成分 (%)		炉 頂 ガ ス		
									Si	S	CO₂ (%)	CO (%)	温 度 (°C)
5 月 21 日 ~ 6 月 9 日	20	21.0	891	722	1306	646	850	1.99	1.05	0.046	12.7	26.3	283
6 月 10~18日	9	22.3	1013	692	1294	655	945	2.10	0.94	0.040	13.7	27.4	265
6 月 23~30日	8	22.6	956	661	1122	721	810	2.27	0.71	0.061	14.6	27.6	231
7 月 1~11日	休風7月6日 10	21.0	833	700	1202	670	805	2.09	0.82	0.044	13.4	26.7	269

第 16 表 水蒸気添加送風操業 (八幡製鉄岡例)

項目 年月	水蒸気添加量 (g/Nm³)	送風中水分 (g/Nm³)*	出鉄量 (t)	コークス比 (kg/t)	風 量 (m³/分)	送風圧力 (g/cm²)	送風温度 (°C)	棚	スリップ
昭. 32年度	—	—	3,779	681	1,339	962	730	210	1,812
33年度	6.7	—	4,107	629	1,260	990	769	127	2,090
34年 4 月	9.4	17.6	4,458	615	1,290	968	743	21	211
5	11.6	22.0	4,682	608	1,333	943	780	6	28
6	14.1	27.2	4,745	608	1,344	933	789	8	83
7	6.7	26.4	4,749	621	1,361	945	785	8	106
8	10.3	30.6	4,791	626	1,422	953	809	14	176

述べ、終戦後の原料使用状況、設備改善および技術改善の推移について記した。

今やわが国の製鉄作業は世界をリードしていると申して差支えないと思うが、さらに一層の発展をとげて、数多くの新記録を樹立し、国際競争にうち勝ち、わが国製鉄業の基礎を確固不動のものとするため、いささかでも諸兄の参考となれば望外の俸せである。

(昭和 35 年 3 月寄稿)

文 献

1) 和田, 白石, 小菅: 鉄と鋼, 40 (1954) 3, p. 181

- 2) 和田, 白石, 小菅: 鉄と鋼, 40 (1954) 8, p. 755
- 3) 和田亀吉: 鉄と鋼, 41 (1955) 7, p. 714
- 4) 和田亀吉: 工業教育, 第 4 巻
- 5) 和田亀吉: コークスサーキュラ, (1959) No. 3
- 6) K. Wada: Blast Furn. & Steel Plant, (1955) April
- 7) K. Wada: Iron & Steel Eng., (1957) March
- 8) Doi and Kasai: J. Metals, (1959) Nov.
- 9) K. Wada: J. Metals, (1959) April
- 10) 今尾, 水野: 鉄と鋼, 45 (1959) 12, p. 1321
- 11) 葛原, 芹沢他: 鉄と鋼, 43 (1957) 9, p. 941

(抄録 616 ページよりつづく)

き過ぎ、置換型で入るには小さ過ぎるため、格子欠陥の近くの場所に入り、この場所のエネルギーピークを下げるためであると説明される。この点は $0.0005\%B$ と考えられている。 $0.0007 \sim 0.00037\%B$ の粒界腐食度の増加は、 B 含量が 0.0005% より高くなると粒界の歪みが増加するか、 B 富化相が析出すると推測され、これらの鋼の高炭素含量と固有の炭化物析出の感受性のために粒界には、 B 富化相より、むしろ炭素富化相が析出し粒界腐食度が増加すると考えられる。 $0.0037\%B$ 以上では、粒界腐食度が急速に低下することは、上述の如く説明できないが、金相的に B 含量が増加すると、同じ熱履歴を

受けても、粒内析出が多くなり粒間析出の量を減少させ或いは粒界腐食を受けない B 富化相で置換するためと考えられる。つぎに $1250^{\circ}F$, 2h 鋭敏化した試料を Strauss 試験してみると Heuy 試験と同型の結果にならず、 B 含量の増加に従って順次、粒界腐食度が減少する結果となつた。この相違は良く理解できないが Heuy 試験と Strauss 試験の試料の幾何学的要素と鋭敏化温度が異なる事実の影響も考えられる。総括すると B 添加は粒界腐食度を低下させるが満足すべきものではなく、沸騰硝酸試験の標準として一般に用いられる。 $0.002 IPy$. 以下になるものは $0.0063\%B$, $100^{\circ}F$ 鋭敏化したもののみである。(堤 秀寿)