

# 特 別 講 演

— 渡辺義介賞受賞記念論文 —

## 製鉄, 製鋼技術の今昔\*

塩 沢 正 —\*\*

### 1. ま え が き

わが国の鉄鉄および粗鋼生産高の推移を見るに、図 1<sup>1)</sup>に示すごとく昭和 7 年以前は明治 42 年の鉄鉄 159,000 t、粗鋼 101,000 t に始まり、毎年数 10 t の増加に過ぎなかつたが、昭和 6 年以降急カーブをもつて上昇し、昭和 18 年には鉄鉄 4,032,000 t、粗鋼 7,650,000 t に達し世界第 6 位の生産国となつた。しかるに終戦により外地にあつた製鉄所の放棄、内地における高炉のバンキングなどにより、昭和 21 年には鉄鉄 203,000 t、粗鋼 557,000 t に感じ大正初期の生産状態に戻り世界の第 16

位に落ちた。昭和 22 年以降、原料の輸入、各製鉄所の生産開始により再び増産の道をたどり新技術の導入開発考朽施設の改善、新施設の増設などにより急激に上昇し粗鉄生産高は昭和 34 年にフランス、36 年英国、38 年にはついに西ドイツを抜き、米ソについて第 3 位となり、世界粗鋼生産高の 8.4% をしめるにいたつた。

### 2. 製 鉄

かくのごとき生産高の目覚しい躍進ぶりと同時に、わが国高炉のコークス比は 500 kg/t 代となり短期間には 300 代に低下した記録もあり、世界鉄鋼界の驚異の的となる値を出した。その目覚しい躍進ぶりを示すと図 2<sup>2)</sup>のごとくである。また図 3<sup>3)</sup>により、わが国のコークス比が諸外国のコークス比にくらべいちじるしく低いことがわかるであろう。

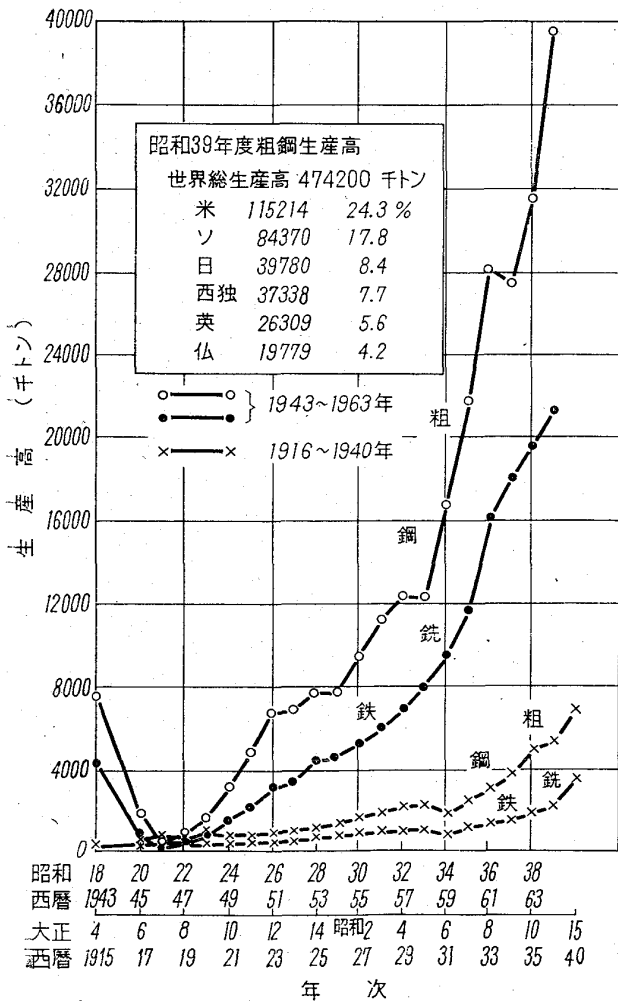


図 1 わが国鉄鉄および粗鋼生産高の推移

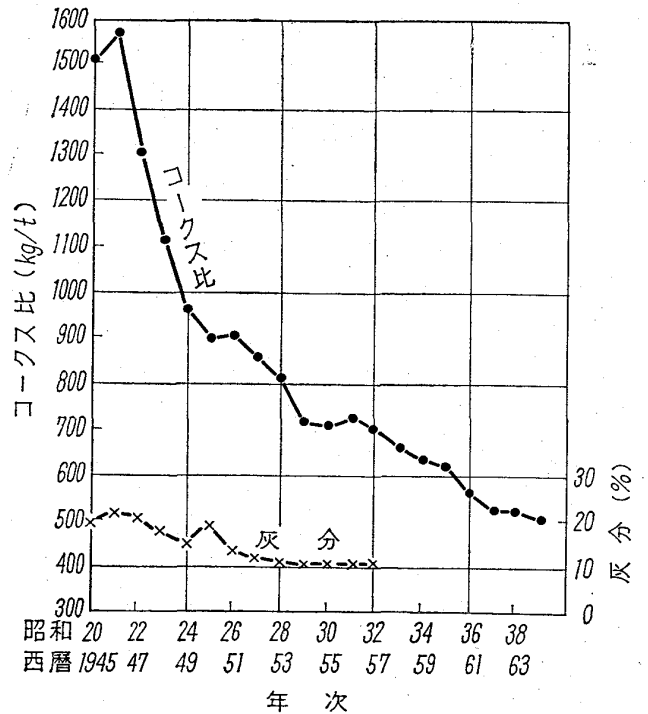


図 2 わが国高炉コークス比変化

\* 昭和41年 4月 5日 日本会第 51 回通常総会において講演

昭和41年 5月 7日 受付

\*\* 早稲田大学名誉教授 国士館大学教授 工博

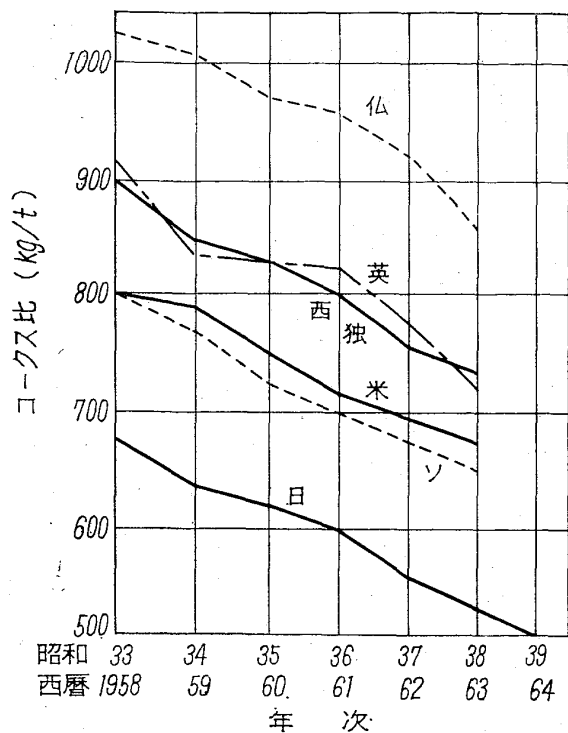


図3 各国コークス比変化の比較

生産の増大とコークス比低下の帰因とするところは、高炉の改造と大型化、原料および燃料の改良、新操作業の開発であつて、以下これらが増産とコークス比低下におよぼす効果について述べる。

2.1 炉体関係

高炉の生産能力は図4に示すごとく装入物の種類および質によりまた操業法により著しい差を生じるが同じ条件の下では炉の大型化につれて増大する。図4によつて明かなごとく昭和初期においては高炉の能力多くは150~350t (70tという小さいものもあつた)で出鉄比は0.55~0.65 t/m<sup>3</sup>に過ぎなかつたが、昭和30年頃には500~1000t, 0.7~0.9 t/m<sup>3</sup>におよんだ、その後原料の整粒自溶焼結鉄配合増加、燃料の改良、新技術の採用などにより昭和36年には1.2~1.4 t/m<sup>3</sup>最近には1.5~1.8

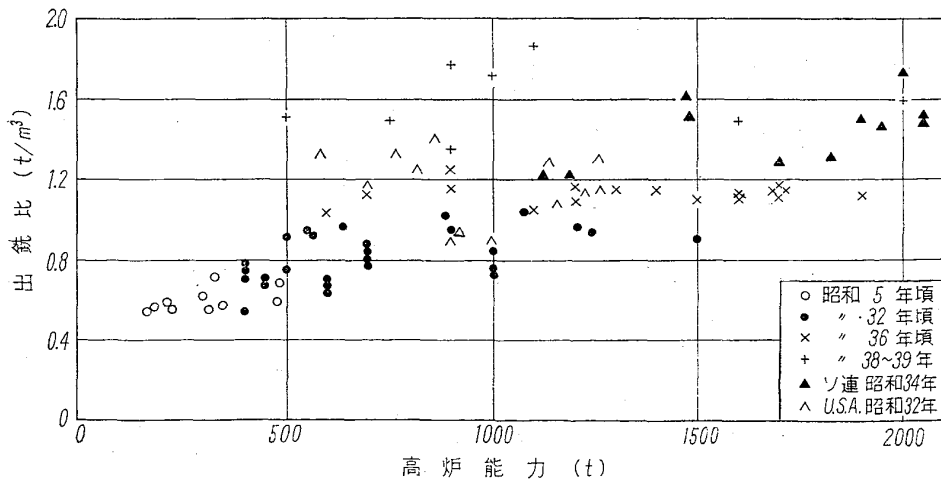


図4 高炉生産能力の比較

表1 有効内容積と出鉄量の変化

		改造前	改造後
ライニングの厚 (mm)	炉 床	760	570
	朝 顔	600	570
	炉 腹	1220	1000
	シャフト	1240	1000
	炭素部	1000	760
	煉瓦部		
有効内容積, m <sup>3</sup>		970	1154
出 鉄 量, t/day		1033	1374

表2 ペレット配合の効果

	Base	40% ペレット	60% ペレット
平均出鉄量 t/dlay	1933	2260	2345
送風量 m <sup>3</sup>	2631	2906	2972
コークス比 kg/t	641	614	616
煙塵 kg/t	35.5	27.1	29.1
歩留り %	92.99	96.10	96.40
送風圧力 kg/cm <sup>2</sup>	1.49	1.53	1.51
送風湿分 g/m <sup>3</sup>	40	41	39
送風温度 °C	871	871	843
鉄鉱石 %	56.84	58.39	59.1

t/m<sup>3</sup> におよび 2.0 t/m<sup>3</sup> なる成績をあげたものもあり、高炉も 2,000~2,500 t と大型化した。なおソ連においては昭和 34 年頃すでに自溶鉄焼結鉄 60~100% 配合高温高湿送風 (900~1050°C, 30~40 g/m<sup>3</sup>) 高圧操業 (炉頂圧 1.0~1.5 kg/cm<sup>2</sup>) により出鉄比 1.5~1.8 t/m<sup>3</sup> とし 5,000 t 炉の建設も行なわれた。

つぎに高炉の改造による生産量増加の顕著なのはカーボンライニングによる高炉内容積の拡大で戦後間もなく行なわれた米国における 1,000 t 炉改造後の有効内容積と出鉄量の変化は表1<sup>5)</sup>に示すごとくで内容積18.6%、出鉄量 33% の増強となつた。

2.2 原料関係

鉄石の粒度調整、ペレット、焼結鉄特に自溶焼結鉄の使用はコークスの品質向上と相まって炉内の通風が良くなり、鉄石/コークスが昇り高温送風が可能となりいちじるしく能率を向上する。

鉄石の粒度に関しては、かつて米国において試験を行ない 25~30 mm が最適であるとの報告があつた、わが国においても戦後各所で整粒効果試験<sup>6)</sup>を行ないコークス比 20~30 kg/t 低下、出鉄量5~8%の増加があげられている。

ペレット配合の効果は表2<sup>7)</sup>に示すごとくコークス消費量約 4%減、出鉄量 17~21% 増となつている。ただしこの場合天然ガス吹込の効果が伴うのでペレット単独の効果ではないがそ

表 3 自溶焼結鉄配合の効果

	普通 鉄 石	45%焼結鉄
生産量 t	573	728
コークス比 kg/t	745	635
石灰石 kg/t	408	225
焼結鉄中石灰石	65~67%	
焼結鉄中湿分	6.6%	
石灰石中湿分	3.4%	

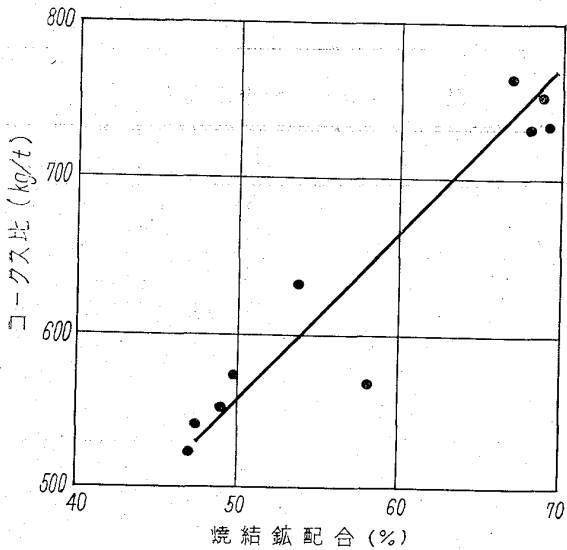


図 5 焼結鉄配合とコークス比低下の関係

の効果の一辺がうかがえるであろう。

表 3 は自溶焼結鉄 45% の効果を示したもので出鉄量 27%増, コークス比 11% 減, 石灰比45%低下となる。

図 5<sup>9)</sup> は焼結鉄配合量によるコークス比低下の傾向を示したものである。なお昭和 33 年に住友金属工業小倉製鉄所では 100% 自溶焼結鉄配合によりコークス比 548 kg/t<sup>10)</sup>をあげ当時世界の注目をあびたことは、自溶焼結鉄使用による効果に特筆すべきことである。

2.3 操業法

2.3.1 高温送風

高炉の送風に水蒸気を加え、水蒸気分野により H<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> を発生させ還元力の増強を計り、増産と炉況の安定化を目的として、戦後ソ連において行なわれ、水蒸気 30~40 g/m<sup>3</sup>, 送風温度 970°C により生産増加 3.7%, コークス比低下 2.6%, CO の利用増加 39~41%, 還元に与える H<sub>2</sub> 約69%, 直接還元はやや減ずると報告<sup>11)</sup>している。

わが国においては送風湿分 15~30 g/m<sup>3</sup> とし H<sub>2</sub>O の分解熱を補うため送風温度を 900~1050°C に上げる高温高温操業が一般に行なわれているが、かつて日本鋼管で行なわれた試験炉の結果<sup>12)</sup>によると湿分 15 g/m<sup>3</sup> で出鉄量 2.05%増, コークス消費量 1.4% 減となり湿分30 g/m<sup>3</sup> によりそれぞれ 6.2%, 2.7% なる値を出し大体ソ連と同じよう効果を示した。

2.3.2 酸素富化送風

高炉の送風に酸素を吹込めば一定量の C を燃焼させる

に要する送風量が減ず、したがって炉内ガスの量および送度が減じ、ガスの顕熱およびガス灰の発生量が低下する。なお生産増加, コークス比低下におよぼす効果がある。しかし酸素単独富化によると炉内に高温溶融帯を生じ棚吊りを起こしやすくなるので、水蒸気を添加して温度を調節し、あわせて羽口先の過熱を防ぎまたガスの還元力増強を計るのであつた。これは昭和の初めドイツの Oberhausen で始めて行なわれたが、酸素の高価なためと、高温送風の場合と同じく酸素単独添加による炉況不安定により、酸素添加に刻限があり一時顧みられなかつた。しかし最近技術の進歩発達により Tonnage oxygen の生産と、水蒸気添加による炉内温度調節による酸素富化の効果が期待されるようになった。表 4 は酸素富化送風による作業成績<sup>13)</sup>の一例で出鉄量 4.3~13.0% の増加とコークス比 2.0~2.8% の低下が見られる。

2.3.3 ガス吹込

羽口よりガスを吹込むことにより出鉄量の増加とコークス比低下を計つたもので、ガスとしては天然ガス, コークス炉ガス, R-ガスなどが利用される。ガス吹込により送風中の酸素が減じ、その結果炉内温度が低下するので送風温度の上昇, 酸素吹込, 添加蒸気の減少などにより炉内温度の適正を計る。天然ガス吹込量について、Ford Motor Co.<sup>14)</sup>によれば、2.5~3.0% が適当で、出

表 4 酸素富化送風による作業成績結果

	No. 1		No. 2		No. 3	
送風中酸素 %	21.0	23.1	21.0	23.2	21.0	23.1
送風湿分 %	25	27	36	46		
生産量 t/day	543	614	698	805	1443	1506
コークス比 kg/t	625	610	637	626	609	596
送風温度 °C	823	825	735	713	902	836
炉頂ガス温度 °C	230	207	207	175	188	154
送風量 m <sup>3</sup> /min	625	614	826	822	1670	1460
煙塵 kg/t	27.2	19.9				

表 5 ガス吹込による操業成績結果

	普通	コークス炉ガス	天然ガス
生産量 t/day	745	779	748
コークス比 kg/t	780	700	680
ガス吹込速度 m <sup>3</sup> /t	—	68	63
送風速度 m <sup>3</sup> /t	1430	1320	1297
ガス吹込率 %	—	2.60	2.42
送風湿分 g/m <sup>3</sup>	22	18	15.5
送風温度 °C	755	750	815
炉頂ガス CO/CO <sup>2</sup>	2.09	1.87	1.97
Btu/ft <sup>3</sup>	97	100	101

註: 炉

直径 6.7m

内容積 851m<sup>3</sup>

	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>	その他	Btu/ft <sup>3</sup>
天然ガス	92.46	—	1.12	—	1.07	5.36	1050
C-O-ガス	29.00	57.0	1.50	5.5	3.00	4.00	535

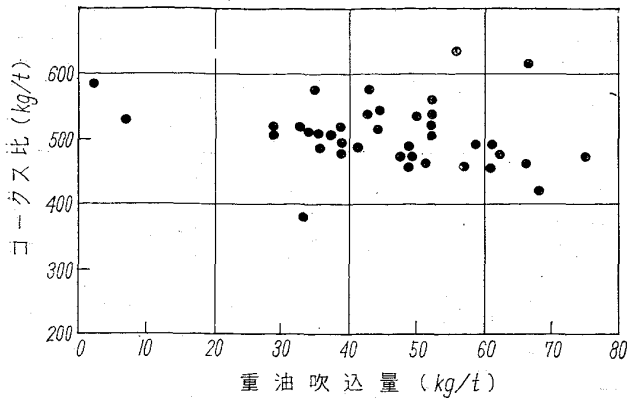


図 6 重油吹込量とコークス比の関係

銑量 16~20% を増し，コークス 25~27 kg/t を減ずという．また Lone Star Steel Co<sup>15)</sup> では天然ガスを 5.6 気圧で供給し，0.63 気圧で吹込み出銑量 25% 増加とコークス消費量 19% をあげているが，一方コークス比は低下するも出銑量は増加しないとの報告<sup>16)</sup>もある．すなわち表 5 に見るごとくコークス比は低下しているも出銑量はあまり増加していない．

2.3.4 重油吹込

重油吹込により生産の増加とコークス比低下が確認され，今や重油吹込時代となっている．わが国においては鉄鋼共同研究会で重油吹込について検討し多大の成果をあげているが実際操業に応用されたのは昭和 36 年日本鋼管川崎製鉄所で，その後急速に進歩した．その作業成績については，鉄鋼協会創立 50 周年記念特集号に詳細に述べられてあるが，これにより重油吹込量とコークス比との関係を図示すると図 6 のごとくである．なお普通法と重油吹込との作業成績<sup>17)</sup>を比較したものを表 6 にあげたが要するに重油吹込量 30~50 kg/t で出銑量 3~6 %，コークス比 50~70 kg/t 低下となる．

2.3.5 高圧操業

Julian M. AVERY の特許によるもので，ガス出口内にガス圧調節弁，すなわち Septum valve (Throttling valve) を備え炉頂圧を調節し，ガス速度を減じガスと装入物との接触を良くして還元を助長し，生産の増大，コークス消費量およびガス灰発生量減少を計つたものである．この方法が実際操業に取り入れられたのは昭和 22 年で，最初はベルの摩耗，ガス圧調節弁の故障，熱風弁の摩耗，出銑口の破損など多くの問題があつたが，その後

表 6 重油吹込量とコークス比との関係

	普通操業	油吹込	普通操業	油吹込
重油比	0	29	0	60
出銑量	1607	1643	1165	1214
コークス比	555	508	682	598
Dust rate	20	18	42	86
鉄滓比	273	259	280	315
送風量	1.72	1.68	1.73	1.75
送風温度	875	882	780	850
送風湿分	44	35	30	34
送風圧力	1.66	1.74		
炉頂圧	0.34	0.37	0.12	0.14
CC/CO <sub>2</sub>	1.53	1.52	1.90	1.60

(Dofasco No. 3 Blast Furnace, Ontario)

表 7 普通操業と高圧操業の比較

	普通操業	高圧操業
出銑量	859	1141
コークス比	932	829
煙塵	235	165
送風圧力	1.1	1.8
炉頂ガス圧力	0.16	0.66
送風量	1647	2167

多くの改良が加えられ米国に次いでソ連では大部分の炉に取り入れ，炉頂圧を 1.0~1.5 kg/cm<sup>2</sup> にあげている．わが国においては昭和 37 年以來八幡，東田，水江，室蘭などで実施され炉頂圧 0.5~0.7 kg/cm<sup>2</sup> とし出銑比 1.7~2.0 t/m<sup>3</sup> という好成果を得ている．表 7 は Youngstown, Republic Steel Corp. において普通法と高圧法とを比較<sup>18)</sup>したもので，32.9% の生産増加と 11.3 % のコークス比低下を示している．

3. 製 鋼

1740 年 HUNTSMAN によつて発明された優秀鉄製造法として長く親まれたルツボ製鉄法も今では姿を消している．また 1855 年 Henry BESSEMER によつて発明され，製鉄史上に一大革新をもたらした酸性転炉も，わが国においては八幡製鉄所に 10 t 炉 2 基が明治 38 年から昭和 2 年まで 7 年間にわたり操業された．その他 1879 年 THOMAS と GILCHRIST によつて考案された塩基性転炉も日本鉄管川崎製鉄所で 20 t 炉 2 基が昭和 13 年から 32 年まで 15 年操業されたが LD に改造された．し

たがつてわが国における主要製鋼法は，純酸素転炉，平炉，電炉の三製鉄法となつた．元来転炉は平炉にくらべ製鋼能率良く，製産費も低いが N の含有量が平炉の 0.004~0.008% に対し 0.012~0.025% におよんでいる．現今一般に低温切欠衝撃値が高く，脆性破壊のない鋼および溶接鋼への要求のため N および P の

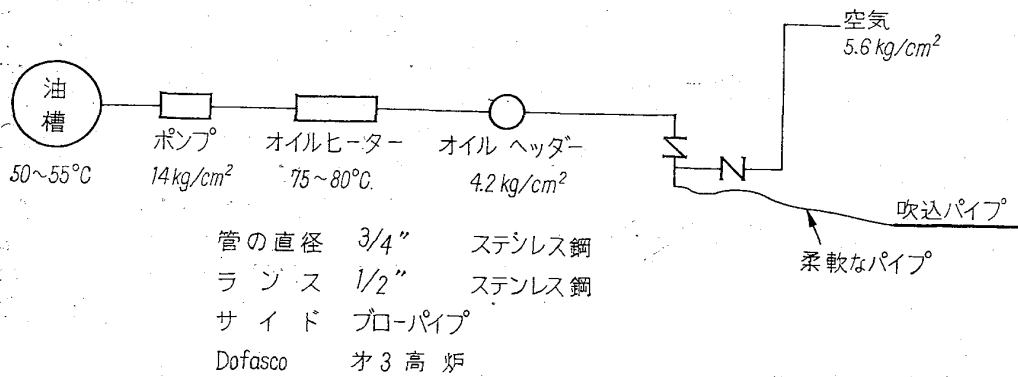


図 7 重油吹込系統図

表 8 O-V 法吹精例

装入鉄鉄	25 t
石灰石, 添加量	5~8%
屑鉄添加量	3.5~4.0%
吹精時間	8.0~8.5 min
操業時間	20.0~25.0 min
酸素量	40~43m <sup>3</sup> /t 鉄鉄
水蒸気供給量	48~56m <sup>3</sup> /t 鉄鉄
吹精酸素濃度	43~46%
歩留り	87~89%

低いことを望んでいる, したがって従来の転炉鋼は, この要望に沿わず平炉鋼が主要鋼として鋼の大部分を占めていた. ところで鋼のN吸収を少なくする主なことは浅浴, 短吹精時間, 低温操業または無窒素送風にあり, この線に沿って種々の方法が考えられた. たとえば August Thyssen Hütte の HPN 法<sup>19)</sup>, STEWARTS & LLOYD の LNP 法<sup>20)</sup> などが出たがいずれも炉底の寿命が問題となり実用の域に達しなかつた. これについて酸素富化送風<sup>21)</sup>が出た, 普通の転炉では 330~390 m<sup>3</sup>/t の送風を行なっている, したがって 260~310 m<sup>3</sup>/t の N<sub>2</sub> が送入されることになるが送風に酸素を添加すれば送風中の N<sub>2</sub> 量が感じ鋼浴のN吸収量が下ることになる. Maximilianhütte, Sulzbach-Rosenberg の例によれば, 35% 酸素富化送風を行ない, 吹精時間 40% 短縮し, 生産高 20% を増加した, この方法は屑鉄その他の冷却剤の添加により低温操業となし, P および N の低下に特徴があるというが, やはり炉底の寿命が問題となつた. 無窒素送風の代表的なものは O-V 法 (Oxy-Vapour Process) で Stahleisen-Erzberg の高品位鉄鉱から造られる Stahleisen の吹精例をあげると表 8<sup>22)</sup>のごとくである. O-V 法で造つた鋼は, その機械的性質, 平炉鋼の性質とほとんど同じで<sup>23)</sup>, 低 P, 低 N 鋼を造る方法として注目されたが, 炉底の損傷が著しかつたので, 銅管の羽口 (図 8) を用いて炉底の寿命延長を計つた. しかし銅管の歪と取付けた問題があり, LD より炉底保存費の高いことおよび歩留低下により生産費高となり, その後の発展が見られな

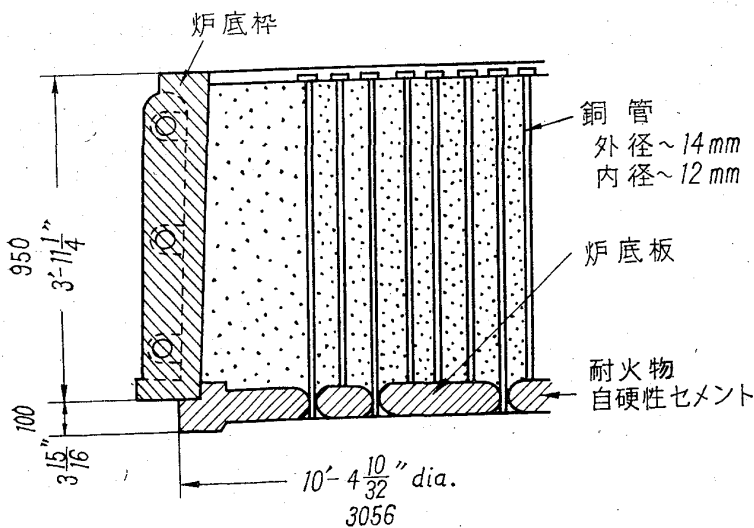


図 8 銅管羽口を有する炉底断面

表 9 LD 法開発当時の作業成績

製 鉄 所		Donawitz	八 幡
炉の能力 t		40	50
鉄 屑	%	76~82	80~82
鉄 灰	%	18~24	20~18
石 灰	kg/t	50~70	76~77
酸 素 供給量	m <sup>3</sup> /t	56	57~61
圧 力	kg/cm <sup>2</sup>	7~8	7~8
純 度	%	—	99.6
操業時間	min	35~40	39
装 入	min	—	6
吹 精	min	20~22	22
出 鋼	min	—	11
歩 留 %		89	86~87

Donawitz	八 幡
ライニングの寿命	120~280 (ドロマイト) 230~280 (ダードロマイト) 400~600 (マグネシア煉瓦)
鋼 滓 成 分	CaO 27~40 SiO <sub>2</sub> 10~20 MgO 3~7 MnO 15~25 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.5~1.0 T.Fe 10~17
鋼 滓 量	10~18% (装入物の)

い. 次いで LD 法が昭和 27 年 Linz および Donawitz 両工場で本格的に操業が開始され, 較炉独特の製鋼能率と平炉鋼に劣らない鋼のできる事が明らかにされ各国競うて採用するところとなつた. 表 9<sup>24)</sup>に LD 法開発当時の作業成績, 表 10 に平炉鋼と LD 鋼の機械的性質の比較<sup>25)</sup>をあげる.

わが国においては昭和 32 年本格的に採用し, 図 9<sup>26)</sup>に見るごとく, わずか数年にして永年わが国主要製鋼法であつた平炉鋼を凌駕し, その生産率はオーストリア, オランダにつぎ, 生産高および転炉数は世界第 1 となり, 作業成績また本元のオーストリアより遥かに優れるにいたつた. 特に大型化に対する多孔ノズルの使用は諸外国に先立つて行なわれ, 多大の成果をあげ, わが国製鉄技術の進歩発達と共に LD 製鋼技術の優秀なことは世界の注目をあびている.

炉の能力は各国共次第に大型化し, わが国においては昭和 32 年八幡で採用されたのは 50 t, 日本鋼管の 42 t であつたが, 今日では 100~150 t におよび米国 Great Lakes のは 300 t<sup>27)</sup>と言われる.

3.1 Kaldo 法, Rotor 法, LD-AC 法

LD 法は現今では高炭素鋼<sup>28)</sup>, 合金鋼などの製

表10 平炉鋼とLD鋼の機械的性質の比較

	C	Mn	P	S	Cu
転炉鋼	0.079	0.37	0.019	0.020	0.10
平炉鋼	0.075	0.33	0.015	0.023	0.14

	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>		引張強 kg/mm <sup>2</sup>		伸 %		エリクセン
	L	C	L	C	L	C	
転炉鋼	22.18	23.24	33.87	34.50	40.04	42.69	9.95
平炉鋼	23.99	25.17	35.72	36.31	40.44	40.44	9.73

試料板厚 0.6mm, L-縦方向, C-横方向

表11 Kaldo 法と Rotor 法の比較

		Kaldo (29)	Rotor (30)
炉の容量 t		100	
鉾石使用量(Fe 55), kg/t		120~150	60
ミルスゲール kg/t		—	90
石灰 kg/t		100~130	50
酸	使用量 m <sup>3</sup> /t	57~63	70 Main 4 : Second. 1
	圧 atm. press	3	6 Main 3 Second.
素	純度 %	97	95~99 Main 45 Second.
	製鋼時間 min	80	120
1日の製鋼回数		14~16	9~10
歩留 %		92	91
ライニング	ドロマイト kg/t	21	35~40
グの寿命	マグネサイト kg/t	4.5	2

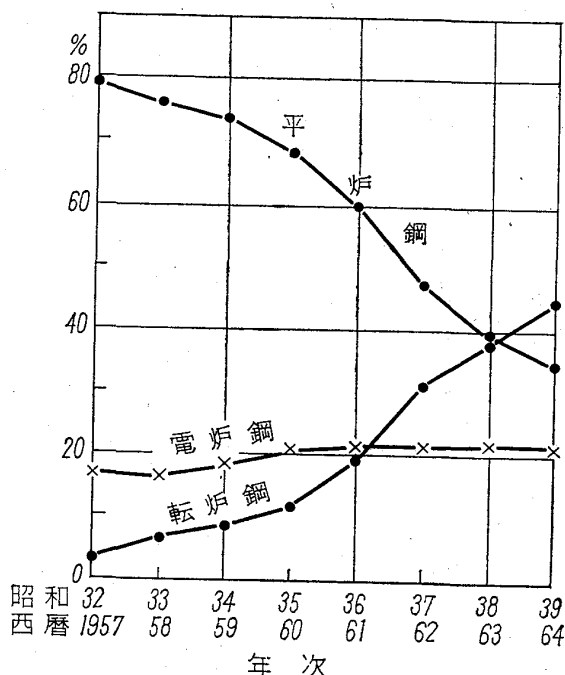


図9 平炉鋼と転炉鋼の年次生産割合変化

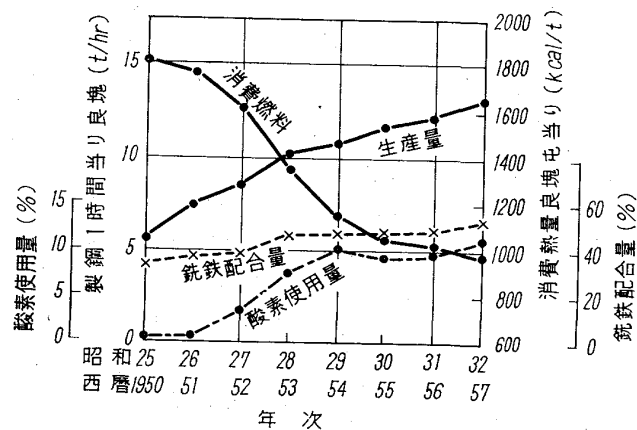


図10 酸素使用量と生産量との関係

造にも利用されているが元来主として低燐鉄より低炭素鋼を造るに利用された。一方フランス, ベルギー, ルクセンブルグなど高燐鉄生産国では高燐鉄の純酸素転炉製鋼法としてスウェーデンの Kaldo 法, ドイツの Rotor 法, フランスの LD-AC 法などが現われた。表 11 に Kaldo 法と Rotor 法の作業成績を比較してみた。

Kaldo 法は炉体の回転により鋼浴と鋼滓との接触を良くし精煉を促進する。また炉の回転速度, ランスの角度により酸化速度の調節ができるという面白い idea であるが, ライニングの寿命LD炉に比し短かく製鋼能率一般に 1000 t 炉で 50 t/hr にして(Sollac の 100 t は 87 t/hr<sup>32)</sup>という) LD 炉に劣る。なお重い炉体 (110 t 炉で炉体 170 t, ライニング 280 t, 合計 450 t<sup>31)</sup>を支えるギヤが焼付くおそれあり, またライニングが脱落することも考えられる。わが国においても近く建設されると聞いている。

Rotor 法については資料の持合せがないが 10 数年前の Graef の報告によれば, 経済性, 製品の優秀性があげられている。しかし製鋼能率低くライニングの寿命が

短かく LD 法に匹敵できないと思う。

LD-AC 法は昭和 31 年ベルギーの CNRM (Central National de Recherches Metallurgie) およびフランスの IRSID (Institut de Recherches de la Siderurgie) において別個に研究が行なわれ, その後前者はルクセンブルグの Arbed, 後者はフランスの Uninor でそれぞれ 25 t 炉で実験を行ないトーマス鉄の吹製に優れた能力のあることが認められた。この CNRM 法は当初 OCP 法, IRSID では OLP 法と呼んでいたが後に LD-AC 法と称するにいたつた。LD-AC 法の特徴<sup>33)</sup>は脱燐が早く脱炭に先だつて脱燐が終了するので高炭素鋼を造るいわゆる Catch Carbon Process が容易に行なわれることにある。わが国においても高級鋼製造にこの方法を取入れる動きがある。

### 3.2 平炉製鋼法

LD法の発達につれ平炉製鋼法の利用範囲は, せばまりつつあるが英米においてはまだ主要製鋼法となつている。平炉の容量は大きい程, 製鋼能力が向上し, 燃料原

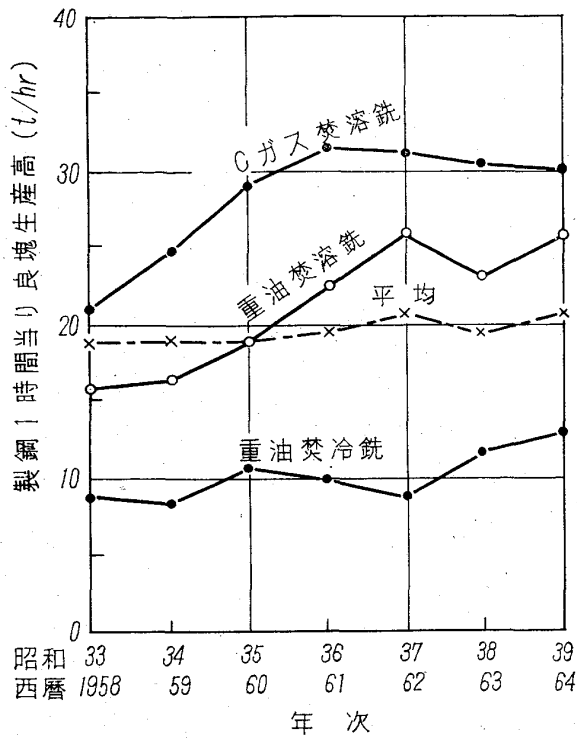


図11 良塊生産高の変化

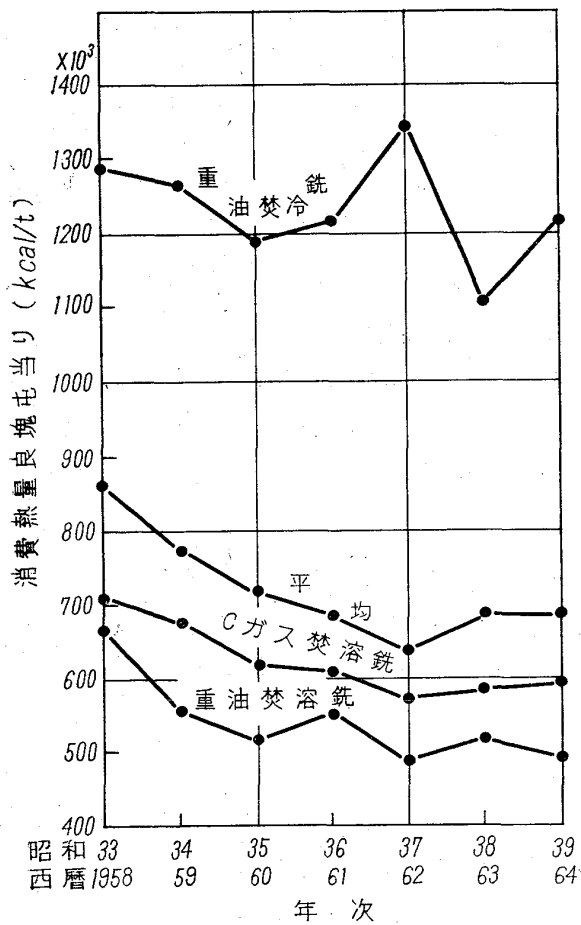


図12 消費熱量の変化

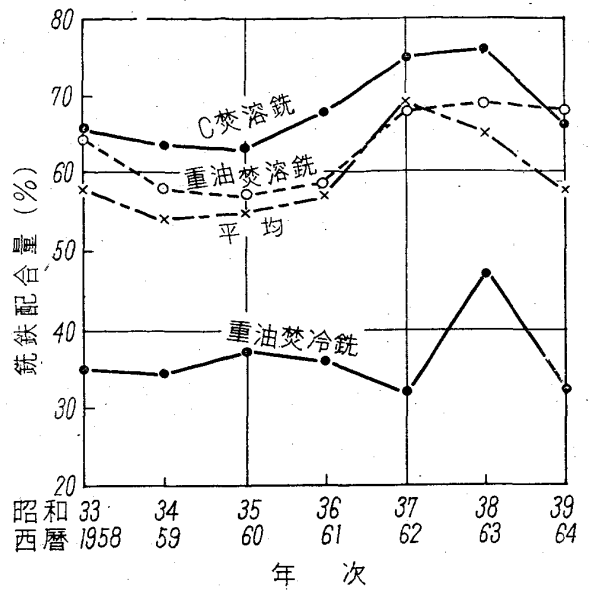


図13 鉄鉄配合量の変化

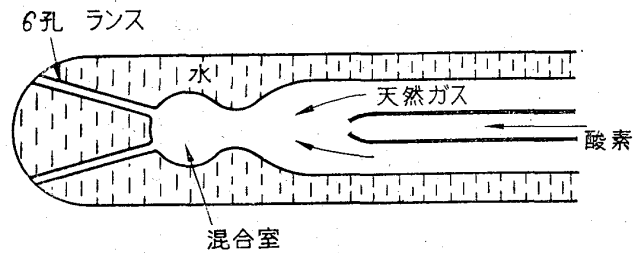


図14 精錬用ノズル

表12<sup>37)</sup> 酸素富化操業と普通酸素操業の比較

	酸素富化操業	普通酸素操業
Net tons/hr (tap to tap)	70.48	38.03
Net tons/hr (charge to charge)	82.28	43.80
燃料消費量 × 10 <sup>3</sup> kcal/t	322.5	600.0
酸素消費量, m <sup>3</sup> /t	18.3	11.4
溶銑装入, %	57	57
Net ton tapped	319	316
インゴット歩留, %	86.07	86.00
操業時間	2°17'	3°48'

単位が減じ、生産価格が低下するので大きな傾きがあり、大正14年秋開かれた鉄鋼協会最初の製鋼部会の資料によると固定式では小は10t、大は60t、多くは25~50tであったが今日では100~150tとなり、米国では600t、ソ連では800tにおよんでいる。わが国大正末期の作業成績は炉が小型であり、燃料には発生炉ガスを用い製鋼法は多くは屑鉄60~70%配合の冷銑法であったので製鋼能率5~6t/hr、消費燃料200万Cal/tにもおよんだ。しかし炉の大型化につれ、燃料としても重油、混合ガスなどを用いことに酸素の利用により第10図<sup>34)</sup>に示すごとく生産量の増加、消費燃料の低下をみた。最近の作業成績<sup>35)</sup>をあげると11~13図に示すごとく諸外国の作業成績に比しきわめて優秀であることは世界に誇るべきものと思う。

さて平炉には平炉としての特長があるが純酸転炉の製鋼能率に比べれば著しく劣るので、米国においては Oxygen lance の改良, 酸素と天然ガスの併用, あるいは溶鉄および屑鉄の迅速装入ならびにガスの燃焼速度増加いわゆる High oxygen blowing により生産力の増強を計っている。例えば Ford Motor Co.<sup>36)</sup>では 4~6 孔天井ランスを用いて 215 t 炉で従来の製鋼時間 10hr を 7~8hr に短縮し, 製鋼能率 20 t/hr を 27~33 t/hr に上げた。Granite City Steel Corp.<sup>37)</sup>では酸素とともに天然ガスを送り焔の温度上昇 (普通 2060°C に対し 2705°C) により製鋼能率の増進と燃料原単位の低下を報じている。Indiana Harber においては普通送酸素量, 鉍石-石灰沸騰期において 560~700 m<sup>3</sup>/lance, 精煉期に 860~940 m<sup>3</sup>/lance, 合計 1500~1600 m<sup>3</sup>/lance に対し 2800 m<sup>3</sup>/lance におよぶいわゆる High oxygen blowing により表12のごとき結果を得ているが燃料消費量がきわめて低い点に興味がある。なお一方煙塵発生減少を目的とし Campbell Works, The Youngstown Sheet & Tube Co. では Lance oxygen と共に水蒸気を吸入したが歩留の低下, 経済性について問題があつたと報じている<sup>37)</sup>。

電気製鋼においては戦後 Top charge による迅速装入, 高圧, 大電流による高温迅速溶解の目的として変圧器の性能増大, 高二次電圧使用の傾向にあり, また精煉促進のため誘導攪拌, 溶解並に精煉促進のための酸素利用などが盛んとなつている。ここでは電気製鉄にふれないことにする。

#### 文 献

- 1) 商工省鉍山局編製鉄参考資料: 山岡武, 鉄と鋼毎年1月号
- 2) 山岡武: 同上, 日本鉄鋼連盟編戦後の鉄鋼史
- 3) 日本鉄鋼連盟編日本鉄鋼業の国際的位置19
- 4) 日本鉄鋼連盟調査局編ソビエトの鉄鋼業, 海外調査資料 1959 第 32 号
- 5) J. M. WALSH: Blast Furn. & Steel Plant, 4 (1953), p. 1439
- 6) 鉄と鋼: 51 (1965) 3, p. 317
- 7) R. D. KILLIAN: Jr. Blast Furn. & Steel Plant, June (1962), p. 523
- 8) Blast Furn. & Steel Plant, Feb., (1958), p. 198
- 9) 山岡武: 同上
- 10) 日本鉄鋼連盟編戦後の鉄鋼史 761
- 11) J. L. JOSEPH: Blast Furn. & Steel Plant, March (1961), p. 239
- 12) 鉄と鋼: Sept (1958), p. 956
- 13) Stahl u. Eisen, 55 (1935), p. 539  
Blast Furn. & Steel Plant, (1957), p. 869;  
(1960), p. 855
- 14) R. D. KILLIAN: Jr. Blast Furn. & Steel Plant, June, (1960), p. 523
- 15) J. C. MORELAND: Blast Furn. & Steel Plant, April, (1961), p. 317  
T. L. JOSEPH: March (1961), p. 239; April, (1961), p. 417
- 16) Eugene R. DEAN: Blast Furn. & Steel Plant, May, (1961), p. 417
- 17) W. R. RIMBOUGH: J. Metals, Oct. (1961), p. 743  
W. R. RIMBOUGH: Blast Furn. & Steel Plant, Jan. (1962), p. 35
- 18) Jhon C. MURRAY: Blast Furn. & Steel Plant, Jan. (1953), p. 49
- 19) W. BADING: Stahl u. Eisen, (1949), p. 212
- 20) W. SMITH: J. Iron and Steel Inst., (1953), p. 1227
- 21) G. SAVARD, R. LEE and M. R. CAMPBELL: J. Metals, July (1960), p. 566
- 22) H. KOSMIDER and A. WEYEL: Blast Furn. & Steel Plant, May (1956), p. 483
- 23) M. C. HARRISON and P. TRASCOTT: J. Iron & Steel Inst, Aug. (1961), p. 341
- 24) 鉄鋼協会第1回製鋼部会報告
- 25) 同上
- 26) '65 日本鉄鋼業の現勢 (日本鉄鋼連盟編)
- 27) R. B. MORGAN: J. Metals, Sept. (1961), p.623
- 28) O. CUSCOLENA and ROSNER: J. Metals, Oct. (1958), p. 673
- 29) Bo KALLING and Fulke JOHANSON: J. Iron & Steel Inst., Aug. (1957), p. 303
- 30) R. GRAEF: Stahl u. Eisen, (1957), 77, p. 1
- 31) Carl SEBARDF: J. Metals, Sept. (1961), p. 638
- 32) R. H. COLMANT: J. Metals, July, (1962), p.505
- 33) TRENTINI: J. Metals, (1958), 7, p. 466  
P. METZ: Blast Furn. & Steel Plant, 46(1958) 10, p. 1065, 11, p. 1191  
富士製鉄技報総覧, (1958) 12, p. 889
- 34) 山岡武: 鉄と鋼
- 35) 山岡武: 鉄と鋼
- 36) J. E. HOWKINS: J. Metals, April (1961), p. 292  
G. A. FERRIES: J. Metals, April (1961), p. 298  
D. F. BRION: J. Metals, April (1961), p. 300
- 37) KIRPATRICK: Blast Furn. & Steel Plant, July (1961), p. 621