

巨大化する溶鉱炉

住友金属工業株式会社* 長谷川 太郎**

1. はじめに

1950年代には2,000 t 高炉がマンモス高炉と呼ばれていたが、現在すでに5,000 t 高炉が稼動し、7,000 t の超マンモス高炉が建設されようとしている。この急速な発展の原動力は何であろうか。

わが国の銑鉄および粗鋼生産量の推移は図1のごとく

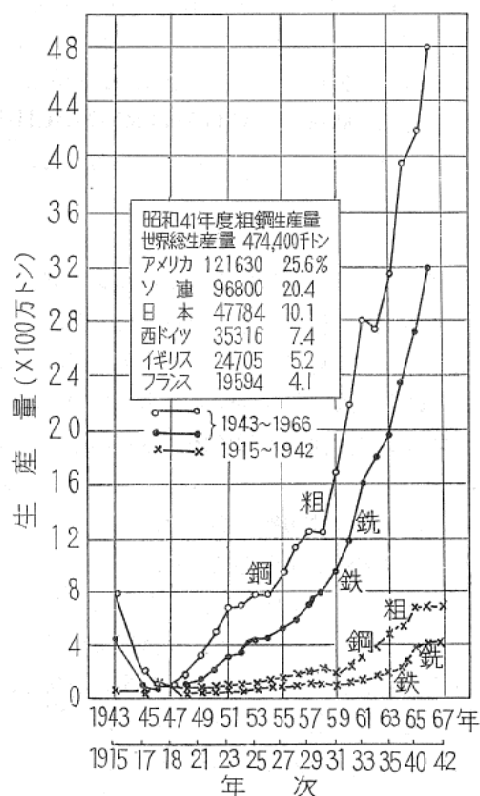


図1 銑鉄および粗鋼生産量の推移

戦前は1943年(昭和18年)に粗鋼生産量は世界第6位的位置を占めていたが、終戦後(昭和21年)は世界第16位に落ちた。しかしその後の推移は1963年に西ドイツを抜き、米・ソについて第3位となり、1966年には世界粗鋼生産量の10.1%、銑鉄生産量の9.5%を占めるに至った。

本文では高炉の巨大化を中心として、この巨大化への

* 大阪市東区北浜5丁目15

** 住友金属工業KK第1技術開発部長

歩みを可能ならしめた製鉄技術および設備の発展と将来について展望することとする。

2. 高炉生産性の向上とコークス比の低下

高炉生産性の指標としての出銑比(高炉の内容積1 m³ 当りの1日の出銑量 t/d・m³)の推移は、図2に示すごと

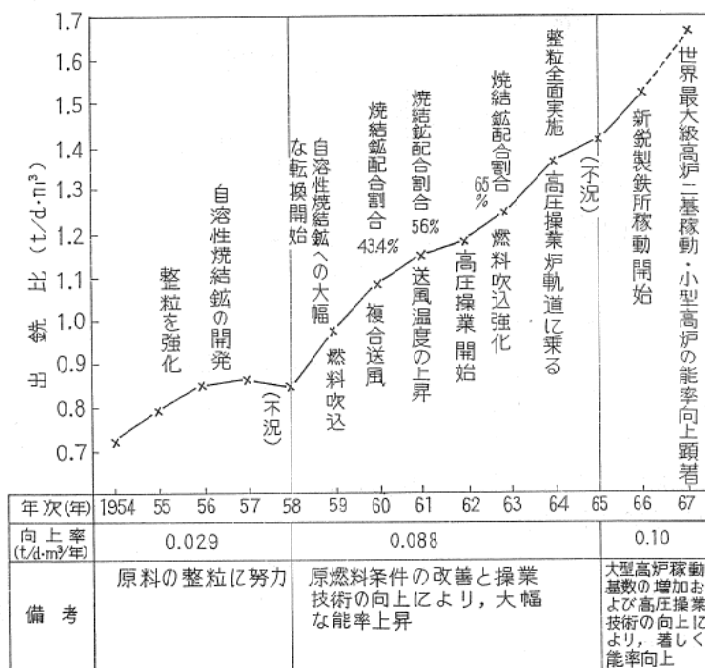


図2 高炉出銑比の推移

く1935年に0.5 t/d・m³、1955年に0.78 t/d・m³、1965年に1.42 t/d・m³に達し、1967年には1.66 t/d・m³が見込まれる。したがって最近10年間で生産性が約2倍になっている。すなわち高炉生産性向上のためにとられた技術の進歩は、原料の事前処理(整粒強化、自溶性焼結鉱の製造)、複合送風処理(湿分添加、酸素富化)、高温送風、燃料吹込、高圧操業が行なわれたためである。特に事前処理では自溶性焼結鉱の開発と高炉での積極的な使用は、わが国の世界に誇り得る技術といえる。また、操業管理の計測化、カーボン煉瓦の使用を含む高炉耐火物の質的

向上、炉壁冷却法およびこれの管理技術の確立、炉前作業の機械化、2コの出鉄口の採用など画期的な技術を開発採用した結果であった。

つぎに、高炉の生産性を高炉1基当たり日産出鉄量(t/d)で主要製鉄国と比較して示すと表1のごとくであり、最近のわが国の高炉生産性の高いことがわかる。

表1 主要国の高炉1基当たり出鉄量(t/d)の比較

年次 国	1930	1960	1963	1964	1965	1966
アメリカ	595	1468	1224	1122	1462	1396
ソ連	178	1009	*1191	*1247	*1305	*1366
日本	260	959	1332	1416	1538	1731
西ドイツ	178	547	576	659	711	810
イギリス	129	510	635	687	725	795

注 *高炉基数不明のため推定値による

一方鉄鉄原価の $\frac{1}{3}$ を占めるコークス比の低下は近年600 kg/t 代より500 kg/t 代となり、主要製鉄国のコークス比の比較(図3)でもいちじるしく低いことがわか

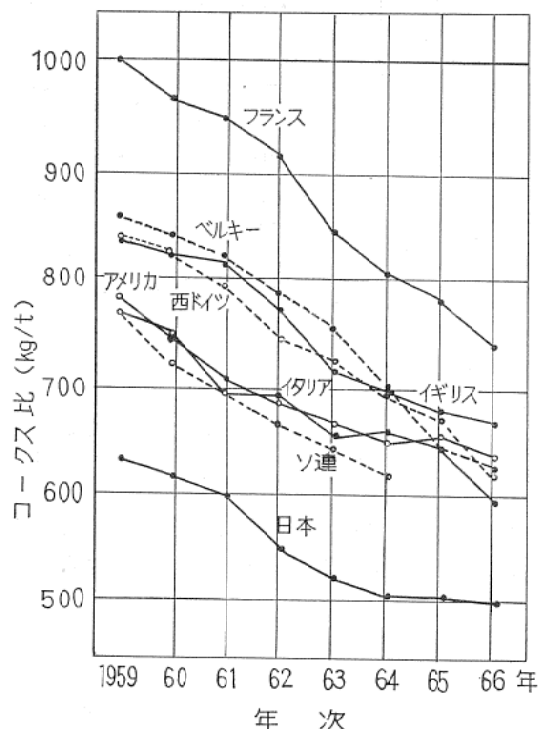


図3 主要製鉄用のコークス比の比較

る。しかし各国ともコークス比を低下させて鉄鉄原価の引き下げに努力している。わが国では1961年以降高炉羽口を通して各種燃料(重油、タール、微粉炭)を吹込む技術を導入し、これを実用化し、従来考えられていた理論コークス比の限界をのり越えてコークス比を一層低下

させることに成功したわけである。現在燃料吹込みは30 kg/t 代の原単位で実施されている。

コークス比低減のためには図2に示された原料の事前処理技術および高温送風技術の向上に依存することが大である。また一般に出鉄比の増大と共に燃料比(コークス比+重油比)の上昇がある。これは高圧操業、酸素富化操業技術などの積極的な使用により、単純な送風量の増加による燃料比の上昇を防ぐことが行なわれている。しかしコークス比をさらに低下させるためには原料処理として整粒強化が一層推進され、鉄鉱石装入物の粒度の改善に伴ってコークスの粒度改善も検討されなければならない。近年アメリカではペレットの多量使用により生産性の向上、コークス比の低下をもたらしている。同じく1960年以降の欧州の主要製鉄国のコークス比低下の理由も、原料事前処理技術の拡充と燃料吹込技術の使用によるものが大きい。すなわち塊成鉄(焼結鉄+ペレット)使用割合上昇の効果が認められる。この傾向はわが国では焼結鉄を base として進んでいるが高品位の粉鉄入手難による高品位の自熔性焼結鉄の配合減の見通しからは輸入ペレットの使用量増加の傾向となっている。

なお最近事前還元装入物の研究が行なわれているが、将来高炉での多量使用が可能となれば高炉自体に大きな変革がもたらされるであろう。

3. 高炉の巨大化

(1) 高炉巨大化の基盤

わが国鉄鋼業が国際競争に対処するため、製鉄部門でとられた生産性の向上、コークス比低下のための操業技術の進歩は世界一のレベルに達している。さらにコスト低減と新製鉄所の最終粗鋼量1000万t/年への規模の拡大とともに設備建設技術の進歩は高炉および附属設備の大型化と自動化に象徴されている。

高炉の巨大化は(a)生産量の増加、(b)作業費の低下、(c)操業上コークス比低下などの利点を持っているので、建設技術の許す限り進められるであろう。とくに附属設備の進歩が高炉本体の巨大化を可能とした。すなわち装入設備や送風機の進歩により捲揚は完全に自動化され、大能力に対処するため、スケールカーやスキップが廃止され、ベルトコンベヤーが採用されつつある。送風機は軸流送風機やガスタービンが採用され高性能をあげつつある。ガス清浄はベンチュリースクラバー、電気収塵機の使用が常識となりつつある。今後高炉の建設にあたっては将来の出鉄比向上を予想して、ある程度附属設備に余裕をもっておく必要がでて来ている。

また原料処理部門の発展は、今まで高炉内で行なっ

生産と技術

いた原料処理を炉外で行ない、高炉は還元熔解のためにフルに使うようにしたことによるところも大きい。それゆえに、これに伴う原料処理設備の進歩も著しく、焼結鉱多配合の傾向は焼結機の大型化の方向に進んできた。

1962年わが国で実施され始めた高圧操業も高炉巨大化への一つの支えとなる基盤となっている。すなわち高炉の生産性を増すためには送風量をふやすことが必要であるが、送風量が多くなると炉内のガス上昇速度が大となり、ある限界以上になると操業が困難になる。したがって多量の送風を行なってもこのような状態にならないように炉の断面積を大きくする。つまり高炉炉容の大型化が必要となってくる。この点は炉容に関係なく高圧操業により解決され、特に大型高炉では炉況安定の一手段として実施されるわけである。

さらに生産性の向上、人員の節減、品質の向上などの面より機械設備の自動化と共に高炉操業の自動化が推進されねばならないが、各種計測、制御装置および電子計算機の進歩によりこれが可能となりつつある。高炉では炉内の状況が完全に測定できていないので操業の自動化にはまだ間がある。しかし要因間の関係が各種試験によって求められており、またこれまでにわかった関係で、原料装入や炉内状況の計測を結びつけて電子計算機を通して判断し、制御しようとする試みがいくつか実施されつつある傾向にある。近い中に高炉の計算機制御技術も大型高炉の安定操業の一助となるものと期待される。

(2) 高炉巨大化の現状

わが国高炉稼働基数および平均内容積の推移は図4および表2のごとくである。特に1960年より高炉の大型化が進み、ついに1967年3月および7月には世界最大級の

2,500 m³ 代の高炉の火入れが行なわれた。1967年12月末現在の世界ベストテン高炉は表3のごとくであり、わが国の高炉の平均内容積は1,300 m³ であって、大型高

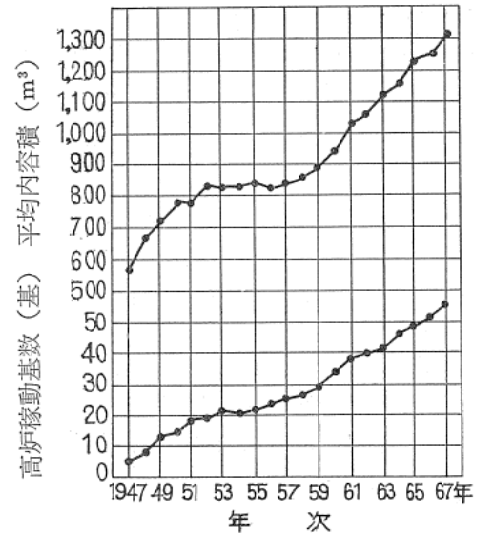


図4 高炉稼働状況の推移

表2 高炉内容積の推移 (m³)

	500 以下	501 1000	1001 1500	1501 2000	2001 2500	2501 以上	合計
1954	3	15	2	—	—	—	20
1957	—	20	5	—	—	—	25
1960	1	20	9	4	—	—	34
1963	1	16	13	10	—	—	40
1966	2	20	15	11	4	—	52
1967	2	20	15	11	6	2	56

(1967年12月現在)

表3 世界における大型高炉

国名	製鉄所名	炉号	炉床径 (m)	炉内容積		日産能力 (t/d)	火入れ月
				順位	(m ³)		
ソ連	クリボイログ製鉄所	No. 8	11.0	1	2,700	5,500	1967.10
	八幡製鉄・堺	No. 2	11.2	2	2,620	5,500	1967. 7
	住友金属・和歌山	No. 4	11.0	3	2,535	5,000	1967. 3
ソ連	ジダーノフ製鉄所	No. 4	10.5	4	2,300	4,700	1965.12
	富士製鉄・名古屋	No. 2	10.3	5	2,166	4,600	1967. 6
	川崎製鉄・水島	No. 1	10.0	6	2,156	4,500	1967. 4
日本	川崎製鉄・千葉	No. 5	10.0	7	2,142	4,000	1965. 3
	八幡製鉄・堺	No. 1	10.0	8	2,047	4,000	1965. 6
	富士製鉄・名古屋	No. 1	9.8	9	2,021	4,000	1964. 9
日本	日本鋼管・福山	No. 1	9.8	10	2,004	4,000	1966. 8

- (注) (1) 1967年10月現在。建設中および計画中の高炉は除く。
 (2) 上記の高炉はいずれも高圧操業を採用。
 (3) 現在、世界の炉容積 2,000m³ 以上のものは合計24基ある。

炉はわが国に集中しており、設備面でも最も進んでいる。

表3に示される大型高炉の世界第1位の位置はついに1967年10月ソ連に奪われたが、わが国では2,700m³、2,850m³さらには3,000m³高炉の建設が進みあるいは計画が実施されようとしている。われわれが高炉の大型化への自信を深めているのは、現在稼働中の2,000~2,620m³の大型高炉の操業経過の推移より見ても十分技術的、設備的に問題ないことが確認されたからである。

表3で2,001m³以上の高炉としてソ連は2基であるが、これはソ連は標準設計による高炉の建設を行なっているためであり、現在2,000m³高炉14基が稼働している。新設用の標準高炉として設計が決定している炉は内容積2,700m³であり、近い将来3,000m³の建設も考えられている。

アメリカでは高炉大型化のテンポはわが国のと比べて、

著しく遅いが、これは原料原単位が重要でない事情や、償却済設備を活用して行くという考えから立ち遅れているものと考えられる。本格的な高炉の大型化にはなおしばらくの時間がかかるものと考えられるが、内容積2,500m³、炉床径11mの高炉の建設が行なわれようとしている。

イギリス、西ドイツなどの欧州(E.C.S.C)全体としても、まだ比較的小型の高炉が多い。この10年間の進歩は高炉大型化よりも原料処理設備の改善に力が入れて来たが、今後高炉の大型化は、日本のように急激ではないが、進められるものと思われる。

(3) 高炉プロフィールの変遷

つぎに高炉炉容の拡大がいかんして進められたかを炉の大きさで示す図5によれば、高炉の大きさとプロフィールの変化には一見画期的な変化はなかったように

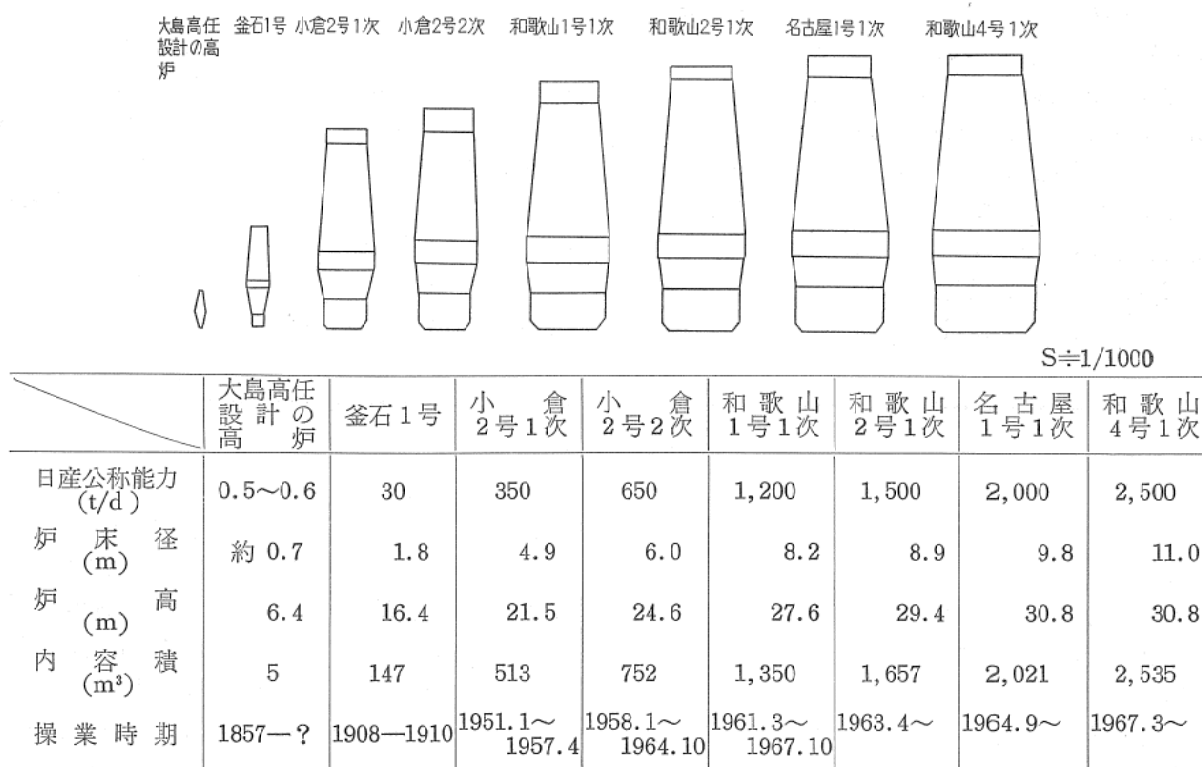


図5 高炉プロフィールの変遷

見えるが、現在2,500m³高炉は100年前のものに比べると炉高は5倍、内容積は500倍、生産能力は5,000倍にも達している。すなわち内容積当りの生産能力は10倍となっており、設備だけの大型化でないことがわかる。すなわち高炉の炉容は飛躍的に増大したが、炉高は内容積の増大に対して必ずしも直線的に増大することなく、大型高炉になるに従い内容積に対する炉高の比率は小さくなる。これに反し炉床径および炉腹径は高炉の大型化に従って増大し、とくに炉腹径の増大する傾向が大きい。また朝

顔高さは全炉高に対して低くなる傾向が顕著に見られる。これらの要因は装入物の性状に支配されるためであり、還元性の良い装入物(焼結鉱およびペレット)の使用により朝顔を低くしてガスの流動抵抗を減少せしめるためと考えられる。一方当然のことながらコークス強度の向上も高炉大型化の必要条件である。

結局高炉のプロフィールの面からは炉容の大型化は主として炉床径の増加により炉高はあまり変化せず、図5のプロフィールの変化を簡単に示すと図6のA型からB型に

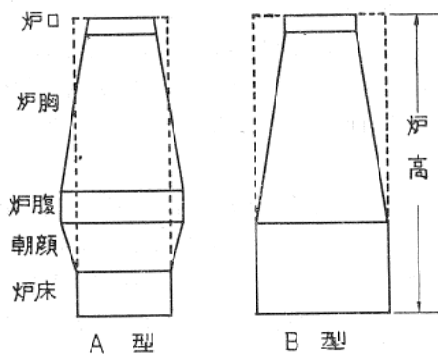


図6 高炉プロフィールの変化

移行しつつあると考えてよい。

(3) 和歌山第4高炉について

つぎに昭和42年3月3日世界で初めて内容積 $2,500\text{m}^3$ 級の出現となった和歌山第4高炉について、その構造の特長を述べればつぎのようである。すなわち、大きさは炉高95.9m、炉内容積 $2,535\text{m}^3$ 、炉床径11m、鑄床のスパン40mであり、性能当りの設備重量が従来の方法ではどうしても大きくなり過ぎてしまうので、従来のシャフト受け支柱を改め8本の支柱からブラケットを出し炉体上部を受ける方式として、炉前の合理化を図り、羽口数を34本としている。さらに最高炉頂圧 $1.05\text{kg/cm}^2\text{G}$ の

高圧設備を採用し、熱風炉は外燃式を用い、送風温度を最高 $1,300^\circ\text{C}$ まで上げることができる能力を有している。

火入れ以来操業も順調に推移し昨年11月には火入れ後9カ月目で月間平均出鉄量 $4,846\text{t/d}$ 、出鉄比 $1.91\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ 、コークス比 470.6kg/t 、重油比 28.5kg/t 、燃料比 499.1kg/t と世界第一の記録を作り、さらに下旬平均では $5,049\text{t/d}$ と $5,000\text{t/d}$ 出鉄量の壁を遂に破った。

4. おわりに

以上本文ではわが国製鉄技術の進歩を高炉生産性の向上とコークス比低下の面より展望しこれら製鉄技術が設備技術の進歩と共に高炉巨大化の基盤となり $3,000\text{m}^3$ 高炉の建設へと進んでいることを述べた。

高炉の巨大化はどこまで限り無く進むかの質問に対して、現時点では $3,000\text{m}^3$ が一応の限度と見られよう。したがって今後は大型高炉での生産性の向上とコークス比の低下を目標に高炉へ挑戦する製鉄技術者の闘いの歴史の繰返しとなろう。すなわち高炉プロフィールや大きさが現在のままで行く限り、原料の事前処理の徹底化と超高圧操業、計算機制御技術の発達によって現在 312m^3 の小型高炉で達せられている出鉄比 $2.7\text{t/d}\cdot\text{m}^3$ の超大型高炉での実現に向って進むことが製鉄技術者に課せられた命題であり、楽しい夢でもある。

8頁より続く

で取り付け。

iv) 上部構造ブロックの反転前に甲板裏や壁につくパイプ、ダクト、各種ピースなどを取り付け、プリエレクションによる大ブロック完成後、仕切り、内張り、電線布設、結線、家具取り付けなどを地上で行なう。

v) 主機や煙突を建造ドックの200tクレーンで進水前に搭載する。

8 あとがき

坂出工場新造船部門の建設は、増設部分を除いて概ね完成した。第1船はすでに引渡しを終え、現在ドック内

では第2船(18万トン・タンカー)を建造中である。第3船以降は170型ないし200型の連続建造が予定されている。

また現在、修繕ドック(幅72m×長さ450m)の建設が進められており、昭和43年8月末には完成する予定である。船の大型化の傾向が今後どこまで続くか正確に予測することは困難であるが、坂出工場の現有の建造ドックでの建造可能最大船は35万トンとされているから、それよりも大型の船の需要が高まり、かつ全体としての受注量が堅実な伸びを示すならば、当然50万トンあるいはそれ以上の巨大船用のNo.2建造ドックとそれに付随する工場設備の建設を決意せねばならない時期が案外早くくるかも知れない。