

特 別 講 演

住友金属工業小倉製鉄所における高炉，平炉操業 および線材生産技術の改善促進について*

里 井 孝 三 郎**

Recent Improvements in Operating a Blast Furnace, a Open-Hearth Furnace and
a Wire Rod Mill in Kokura Steel Works, Sumitomo Metal Industries Ltd.

Kozaburo SATO

I. 緒 言

小倉製鉄所は，高炉，平炉および中形，小形，線材の圧延設備をもち，銑鉄鋼塊および線材などの圧延製品を製造しているが，これらのそれぞれについて徹底的な究明を行ない，問題点を解決するとともに改善の方向を把握していちじるしい技術向上を達成した。

すなわち，昭和 31 年以降の 5 年間で，製鉄技術にあつてはコークス比を 0.70 から 0.58 に，有効容積当りの日産量を 0.8 から 1.3 とし，製鋼技術にあつては時間当り生産量を 11 t から 19 t に，重油原単位を 95 l/t から 55 l/t にし，各圧延工場においても 20~80% の t/h の向上と 15~25% の重油原単位の低減を達成したが，とくに新線材工場の稼働に当つては数カ月で最高的高速作業の確立と品質向上を達成した。

ここでは製銑・製鋼および新線材設備における生産技術の改善促進について報告したい。

II. 製鉄技術の改善

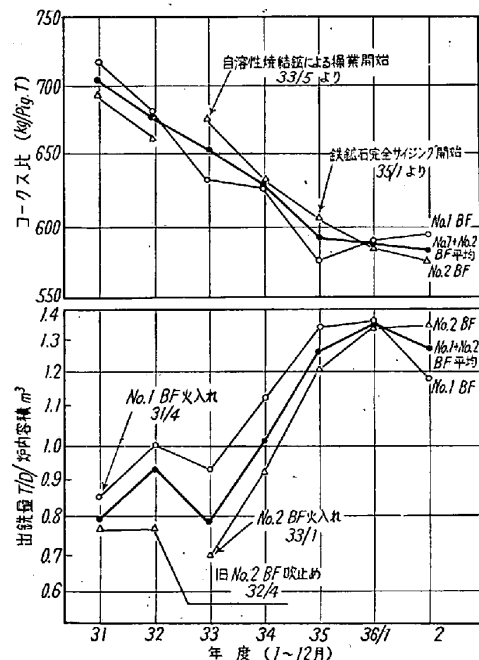
製鉄技術は，高炉に装入される原料の調整と高炉内での諸現象の把握と炉内条件の調整とにかかっている。この指標に向つてあらゆる面にわたつて努力したが，当所が行なつたその主な点はつぎのごとくである。

A. 高炉原料の調整

- (1) 自溶性焼結鉱の完成と適用(石灰焼結鉱を含む)
- (2) ペレタイジングによる微細原料の処理
- (3) 生鉱石のサイジング強化

B. 炉内現象の把握

- (1) 模型実験などによる装入分布の調査
- (2) 模型実験による装入物の降下分布の調査



第 1 図 高炉操業成績の推移

(3) チンメルマン装置による炉内ガス，温度分布の把握

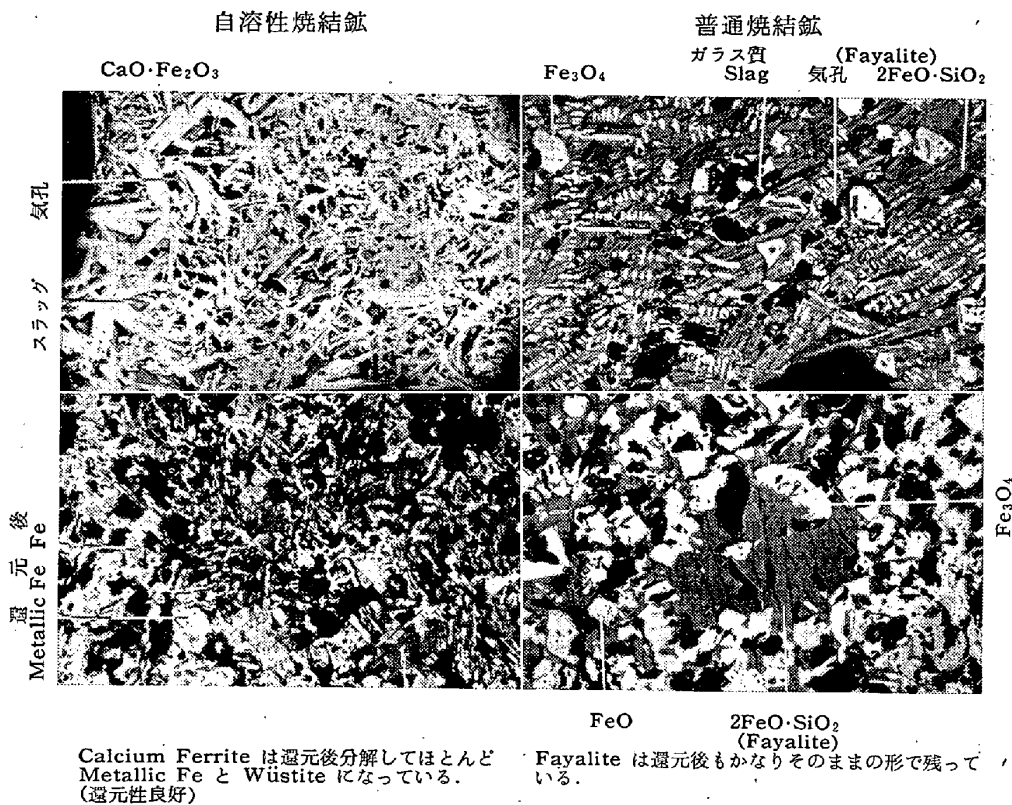
(4) 原料の炉内変化の実験室的試験；研究

C. 炉内条件の調整

第 1 図に高炉成績の推移を示す。高炉の成績を簡明に示すコークス比と炉内容積当りの日産量について見るに昭和 31 年のコークス比 700，生産 0.8 t/d/m³ 程度が，現在ではコークス比 580，生産 1.3 t/d/m³ 程度に改善されている。この間逐年の改善が成績に一つの向

* 昭和 36 年 4 月本会第 46 回通常総会における服部賞受賞記念特別講演

** 住友金属工業株式会社常務取締役小倉製鉄所長，工博



第2図 焼結鉄の組成 ×150(2/3)

上傾向を与えているがとくに自溶性焼結鉄の使用とサイジング強化の効果が目立っている。

1. 自溶性焼結鉄による高炉操業

(1) 自溶性焼結鉄のねらい

わが国ではコークス価格が高いため、鉄鉄コストを低減させるためにはコークス比の低下を大きくとり上げているが、高炉で煤溶材として使用する石灰石を分解するのにこの高価な塊コークスの一部が消費される。そこで石灰石を焼結原料中に加え比較的安価な粉コークスによつて焼結過程でこれを分解することは有利である。この考えに出発して研究・試験を進めたところさらに焼結原料に適量の石灰石を添加することにより焼結鉄中の fayalite の生成を阻止するとともに酸化鉄を包圍する slag 質 (ガラス状珪酸質) を解離して焼結鉄の被還元性が一層向上することが判つた。

普通焼結鉄では酸化鉄の周りに縞状に fayalite と slag の層が存在し、還元を行なつてもこの fayalite が残っているが、石灰が入つた場合はまったく様相が異なることが第2図の写真に示されている。第3図は還元曲線を比較するもので、fayalite がいかに難還元性のものであるかも明かである。

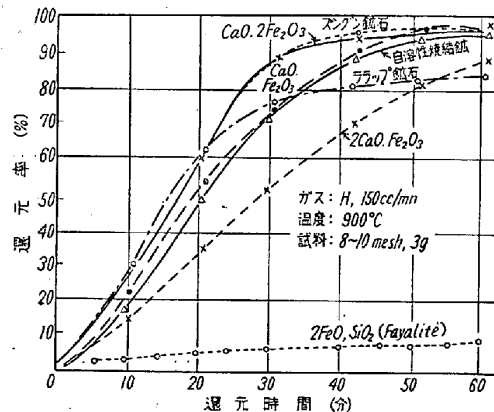
この焼結鉄を高炉に100%使用するとき、その被還元性の高いことと、解離熱をとらないこと、および炉内ガス・温度分布の均一化 (第5図参照) により、還元ガ

スをもつとも効果的に使用しうるので生産性とコークス比の大きい改善が期待できる。

(2) 経過と効果

昭和28年に石灰添加焼結鉄の研究調査を行なつてこれを高炉の実操業に試み、石灰焼結鉄からさらに自溶性焼結鉄に進め、この操業法を確立したのは5年後の昭和33年であつた。この間の経過として主要事項を表示すれば第1表のごとくである。

すなわち適性の自溶性焼結鉄を高炉に100%使用し1カ月の操業を行なつて、コークス比548という成績を得、かつ新操業法を確立



第3図 諸鉄石の還元曲線

したわけであるが、このコークス比の低下と生産性の向上は製鉄技術の一つの革新であり、これらの操業改善という効果のみならず、つぎに述べるチンメルマン装置によるガスのCO₂%および温度の分布の測定結果から見れば、高炉の高さを実質的に低める可能性をも示唆しまた高炉原料としての焼結鉄に対する価値評価を大いに改めさせ、これらの面でもさらに進展を促すこととなつた。

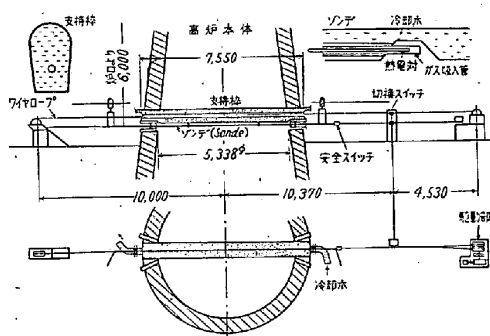
2. 操業の調査・改善

(1) チンメルマン装置の活用

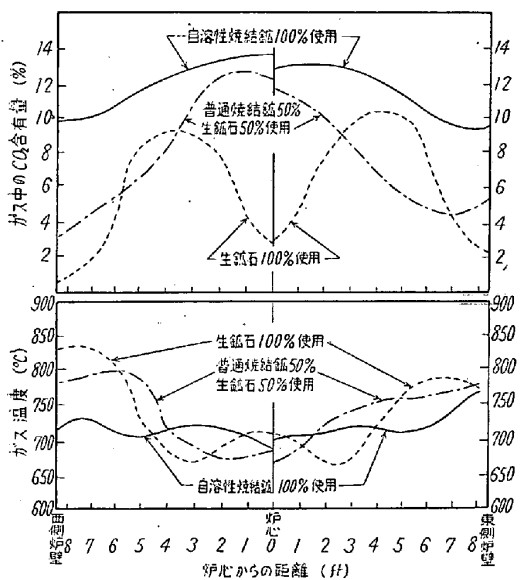
チンメルマン型ガス分布測定装置を第1高炉に設置し、炉内 (炉頂より6m下) におけるガス成分・温度の

第1表 自溶性焼結鉄への経過

年	1953	1955	1957	1958
事項	石灰焼結鉄の研究，調査	2月 石灰焼結鉄の高炉使用	2月 自溶性焼結鉄の研究，調査	4月 自溶性焼結鉄の100%高炉操業 5月 自溶性焼結鉄の100%高炉操業
成果	石灰石の適性粒度 石灰石配合率 成品組織強度	コークス比低下 生産量増大	添加法 石灰石粒度 原料粒度 添加方法 成品性状 組織 還元性 被熱間強度 わが国の原料条件に 適合した自溶性焼結鉄の完成	8日間の試験効果を確認し，量産を準備す。 1カ月間操業 コークス比 548 新操業法の確立



第4図 チンメルマン装置



第5図 チンメルマンの装置によるガスおよび温度分布

分布状況を直接測定し，炉況の判定に幾つかの新事実を把握することにより，自溶性焼結鉄などの実験操業にさいしてもその特異点を明らかにし，操業向上の力となつた。

第4図にその装置，第5図に同装置により測定された

炉内のガス温度およびガス中の $CO_2\%$ の値の一例を示すが，つぎのごとき各種の異なる原料条件による差異が比較されている。

- (a) 100% 自溶性焼結鉄操業 (6 mm以下の粉は排除)
- (b) 50% 焼結鉄，50% 生鉄石操業
- (c) 100% 生鉄石操業

これより知ることは，6 mm以下の粉鉄を極力排除した自溶性焼結鉄 100% 装入の操業が炉内ガスの $CO_2\%$ も温度分布も均一になつており，炉況の安定に寄与することが明らかである。

(2) 鉄石サイジングの強化

高炉内の原料の通気性を増すためには，高炉へ装入される原料の粒度を適当な大きさに揃える必要がある。そのため鉄石や焼結鉄のサイジングを強化して来た。

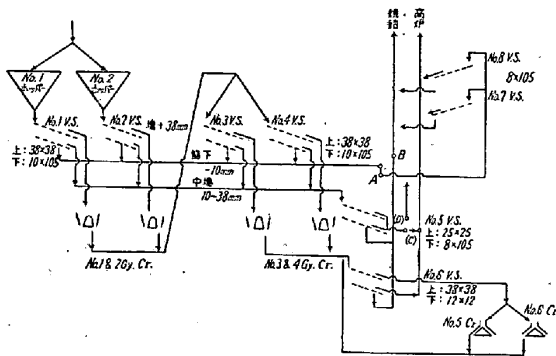
とくに，昭和 35 年始めより原料事情により，篩分け困難な粘着性鉄石の使用量が増えたので，サイジング系統や篩の種類などをいろいろ研究し，篩分け効率の向上につとめた。

すなわち第6図に示すようなサイジング方式を採用することにより，乾鉄と粘着鉄石とでそれぞれ篩の使い分けを行ない，高炉および焼結にそれぞれ適した粒度の範囲内に鉄石粒度を収めることができた。

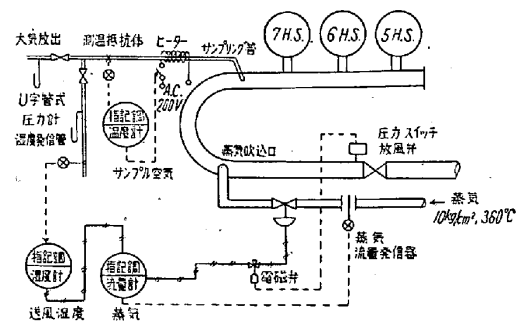
その結果，第7図に示すように昭和 35 年度以降は高炉原料として適当な 10~35mm の鉄石が全体の約80%となり，自溶性焼結鉄の使用と相まって高炉操業向上に資した。

(3) 調湿送風など

高炉原料の処理の面では以上の他に，ペレタイジングを研究し，微細原料の消化対策としてペレット製造設備を設け，逐次改善して生産性と製品品質とを向上した。



注 (1) V. S.....タイロック型振動篩
 (2) No. 7 & 8 V.S. 使用基準
 乾鉄: A & C 接続 篩下再篩分
 湿鉄: B & D 接続 中塊再篩分
 第6図 鉱石サイジング概要



第8図 湿度制御系統図

III. 製鋼技術の改善

製鋼技術向上の主要点は、平炉における酸素製鋼法の確立とこれに適応する平炉炉体構造の改善にある。昭和28年を中心とする平炉の重油焚化は、製鋼能率の向上とともに、炉の寿命短縮を招いたが、さらに酸素使用の増加に伴って炉体の損傷防止と品質から見た精錬法の検討を必要とした。

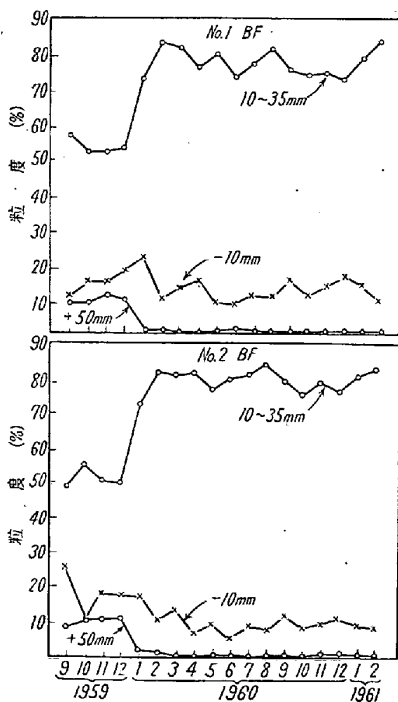
品質については、酸素使用率の上昇に応じた精錬法・酸素使用法を研究して対処し、その効果的使用により平炉能率の向上と重油原単位の大巾な切下げを達成した。

1. 平炉の改善

製鋼能率の向上と O₂ 使用の増大は平炉寿命の減少を結果するが、平炉の寿命を扼するものは、局部的な損傷であることが多く、天井・蓄熱室・裏壁・突当りなどのしかもその一部の損傷が原因で改築にいたるのが普通であつた。

これが防止のため、まず稼働後の損傷調査・火入前の冷風実験などに併せて、昭和29年には本格的な流体模型実験にとりかかり、炉体を合理的に改めていった。

模型は第10図(写真)に示すごとく透明な有機ガラスで作り、アルミ粉をトレーサとして混じた水または空



第7図 サイジング強化後の鉱石粒度

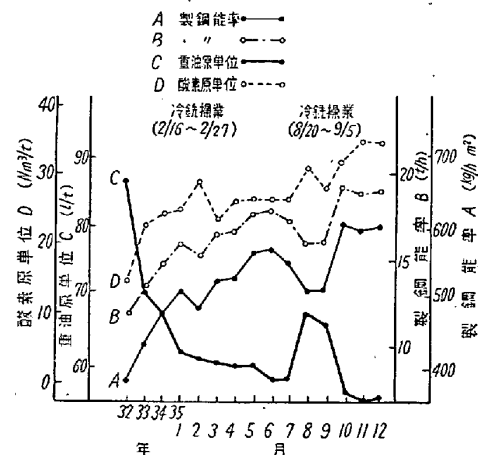
高炉衝風に対しては熱風炉の合理的使用により送風温度を上げ、さらに自動湿分調整、酸素富化を試みた。

高炉吹込空気の湿度は日々いちじるしく変動しており、これが高炉炉況に相当影響しているものと考えられる。

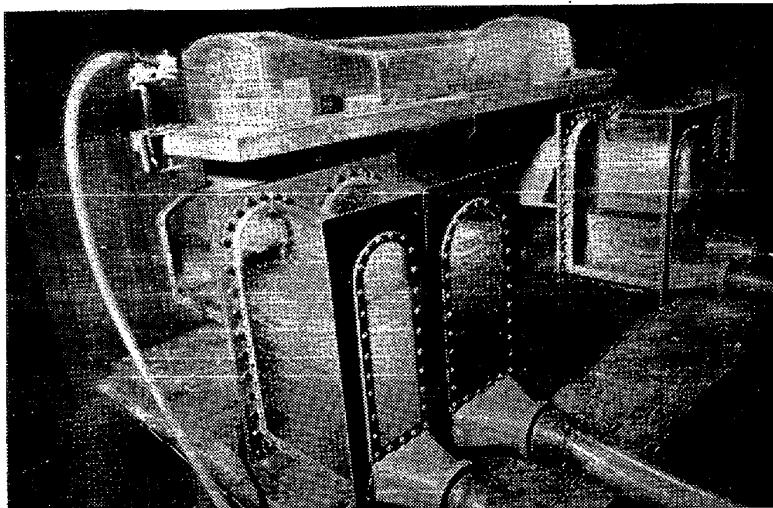
すなわち羽口より炉内へ入る水蒸気は赤熱コークスにより分解され、そのとき熱を吸収

するので水蒸気量の変動は、羽口上部の温度を変化させる。そのため炉内の熱分布の変動をひき起し炉況の不安定の一因をなすものと考えられる。そこで当所では、調湿方法についていろいろ検討し、第2高炉において、昭和35年6月より第8図のような送風の調湿制御を実施し炉況の安定化という面で予期した効果を示し、棚吊りも激減し、荷下り状況も安定化した。

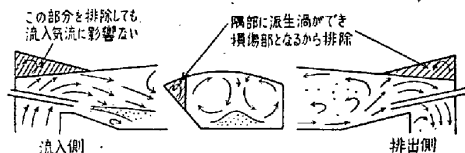
さらに調湿操業に伴って酸素吹込みを昭和35年11月以降行ない、高炉炉況の安定化と生産性の向上に好結果を得た。高圧操業についても研究・調査を行ない、重油吹込みなどの調査研究と併せて今後の新高炉操業技術の向上を企図している。



第9図 平炉作業成績推移



第10図 流体実験模型炉



第11図 平炉の改造例

第2表 小天井寿命の延長

傾斜(°)	炉No.	出鋼回数	残厚(mm)	O ₂ 使用(m ³ /t)	
+7	平均	280~300	80~100	0.2	微少
+4	2	477	70~210	0.3	
0	3	501	125~260	1.5	多
0	3	526	35~110	11.0	
-4	4	516	30~160	13.1	

気を通じ、スリット状の光を当ててその中の流れを調べるもので、流体力学的に実炉と相似を保つようになっている。

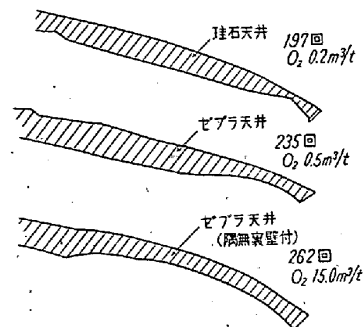
第11図は模型実験の結果に基づいて改造を行なった例を略図で示したものであり、小天井や後壁の隅角部に生ずる派生的渦流がこの部分の損傷を起すのを知り、水平ないし端下りの小天井や隅無裏壁として改善したことを示している。

第2表は小天井の傾斜を変えて、酸素使用の増大にもかかわらず、この部分の寿命を倍増した実績を示す。

第12図は同様に大天井の寿命延長の実績であり、珪石天井からゼブラ天井となり、これに隅無裏壁を適用した効果を示している。

この流体模型実験設備は平炉のみならず焙焼炉・加熱炉・高炉・転炉ならびに造塊湯流れの研究などにも利用され、窯炉その他設備の改善設計に役立った。

平炉バーナの改善については、模型実験の進行に伴って炉内での燃焼機構が明らかになって始めて正しい観



第12図 大天井の損傷防止(隅無裏壁)

点に立つて改善の目的に到達し得たものであり、それまでの努力の焦点であったバーナ内部あるいは先端における霧化あるいは混合促進策が大して効果なく、大きい役割をするのが炉内の混合機構であることが判つた。

2. 懸垂ブロック天井

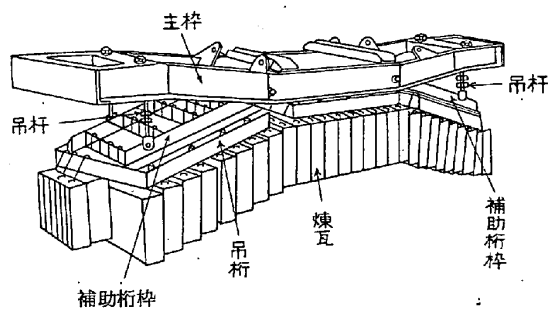
炉型の改善とともに炉耐火物および構築法の研究改善を行ないその寿命の延長をはかったが、とくに天井については築造も簡易な全懸垂式ブロック天井を完成した。

この天井は従来のアーチ式構造を根本的に変更し単一形状の煉瓦を使用し、天井をブロックごとに分割して垂直に吊り、ブロックごとに取付け取外しが可能であるのみでなくその位置を調整できる特長をもつものであり、損傷を減じ、稼働時間を延長し、築造時間を短縮して、修理工数を減じ酸素製鋼平炉の要請に大きく応えるものとなった。(第13図)

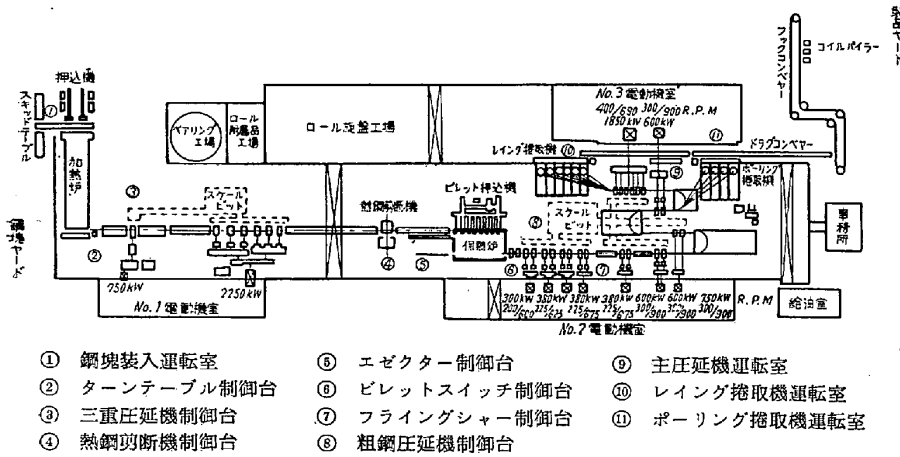
現在 50 t 平炉で O₂ 使用前は溶銑操業時 26 Nm³/t 冷銑操業時 35 Nm³/t であるが、製鋼能率は 19 t/h で炉床 1 m² 当りでは 581 kg/h m²、炉命 400~420 回の実績である。

IV. 圧延技術の改善

圧延技術の面においては、生産能率の向上・燃料原単位の低減・歩留品格率の向上・新製品の開発等各圧延設備にわたっていちじるしいものがあるが、新線材圧延設



第13図 全懸垂式ブロック天井図



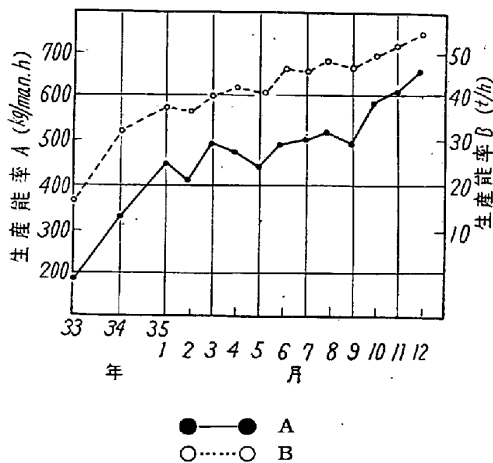
第14図 第2線材工場配置図

備の効果的操業化について述べる。

1. 全連続式線材圧延設備の特徴

当所第2線材工場は鋼片圧延設備を保熱炉で連結した全連続式線材圧延設備である(第14図)。この特徴としては

- (1) 650 kg 小形リムド鋼塊より、直接 300 kg コイルの線材, bar in coil を製造する ingot direct 方式である。
- (2) holding furnace をもつた one-heat 型式をとっている。
- (3) 圧延設備としては horizontal stand と vertical stand とを具備したドイツ式に対して, loop をもたすための repeater と twist guide 方式とを具備した 32 m/s (6,300 ft/mn) の最大仕上速度の出しうる米



第15図 第2線材場圧延成績推移

国式の代表的な最高級設備である。

2. 操業の向上

この圧延設備は昭和 33 年 9 月操業を開始して以来, カント・ガイド・レピーターなど一連の圧延付属案内装置の改良, 30 m/s 以上の高速圧延時における熱鋼材の操業ならびに水冷捲取方法の改善, PM, QC 管理の強化, などの各種問題点の解決と併せて作業の指導訓練に全力を注いだ結果, 早期に安定操業を確立し, 4 カ月後の 12 月には米国を主体とする線材輸出を始め, この結果

はさらに多量の契約をもたらし, 昭和 34 年 4 月には交代作業による量産に移行し飛躍的な上昇を達成した。

すなわちレピーターを具えた全連続式線材設備をわが国技術陣のみで世界最高級の最大仕上速度 30.5 m/s (6,000 ft/mn) で駆使し, 650 kg 鋼塊よりの一貫作業による線材直接生産方式の先駆となつた。

V. 結 言

高炉における成績の向上は, 自溶性焼結鉍の使用とサイジングの強化によるところが大であるが, チンメルマン装置を備え, 模型実験や実験室的試験を行なつて炉内現象を把握し, この炉内条件を調整する幾つかの方法を講じた結果である。

平炉における成績の向上は, 製鋼条件の激化に対処するために損傷の実態を調べ模型実験を採用し, 炉を改造してきたことが大きく寄与している。

線材圧延技術の急速なる確立は, 設備・技術・作業の各方面にわたつて高速圧延と品質向上に適応さすべく充分の検討を行ない, 研究・改善をした結果に外ならない。

これらの向上の直接の原因は, それぞれに異なつていても, いつの場合にも着想を生かし研究・調査・工夫によつて確固たる基礎の上に立つて, 明快なる決断を下し必要な方法は敢てとり, 勇気と和心・協力とによつて目的達成に努力を注いだたまものによることは変りない。

(昭和 36 年 5 月寄稿)