

製鉄技術の趨勢について*

芹 沢 正 雄**

On Recent Trend of Pig Iron Production Technique in Japan.

Masao SERIZAWA

I. 緒 言

本邦製鉄技術の向上は近年鉄鋼業の進歩発展と共に著しく、まことに目をみはるものがある。北から南へ港という港に製鉄所が建ち、そこに製鉄所のシンボルとも言うべき溶鉱炉が偉容を誇り、その数 40 基、大多数の炉が 1000 t/d 以上の出銑をつづけている。その操業成績においては各炉の内容積当出銑量は増大し、コークス比は驚異的にまで減少した。第 1 図は広畑製鉄所第 1, 2 溶鉱炉の操業成績を示したものである。両炉共戦後バンキングの名において休止していた公称 1000 t/d 炉である。当初 800 t/d 前後の出銑に汲汲としていたのであるが、その後炉体の改修時にいささか炉容を大きくしたとは言え、現在は 1600 t/d 以上の出銑をなし、出銑率 $1.2 \sim 1.5 \text{ t/m}^3$ 、コークス比は最近にいたつて 0.5 以下となつている。これらの成果は鉱石コークスの品位の高揚及粒度管理の実施を第一歩とし、ついで高温送風、調湿送風、酸素富化送風、重油吹込み送風などの操業法の

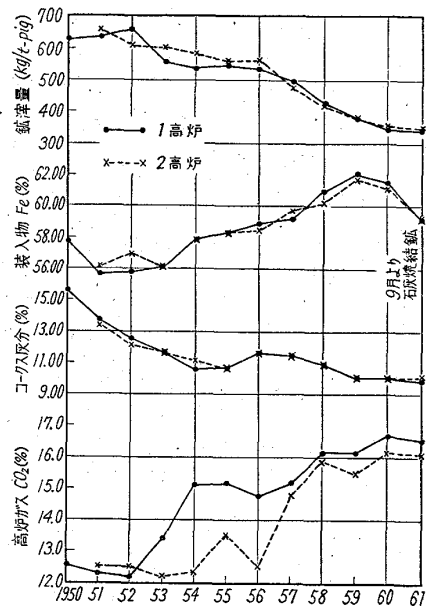


Fig. 1-2. 広畑製鉄所溶鉱炉の 1950 年以降の操業データ

確立および優良焼結鉱の生産などが次々になされてもたされたものである。広畑製鉄所は戦後の混乱時代 5 ケ年を経た昭和 25 年に再開されたのであるが、本邦戦後の鉄鋼業もこの年を起点として進んだとみてもよいであろう。ここに広畑製鉄所を中心として 10 年間の製鉄技術の趨勢について述べることにする。

II. 原料の取扱い

イ. 未利用鉄資源の活用

昭和 25 年当時の第 1 の目標は国内未利用鉄資源の活用強化であつた。その対象の主なものには砂鉄、平炉滓、硫酸滓などが挙げられた。砂鉄は湿式磁選機の進歩によつて鉄品位の向上が得られ、その採鉱は砂鉄ブームを招来し、使用量も銑 t 当 100 kg 以上にもなつた時があつたが、出銑率の増加にそくし、普通操業においては含有 Ti のため使用限度をむしろ低下せざるを余儀なきにいたつた。平炉滓も破砕磁選工程の研究によつて鉄分の向

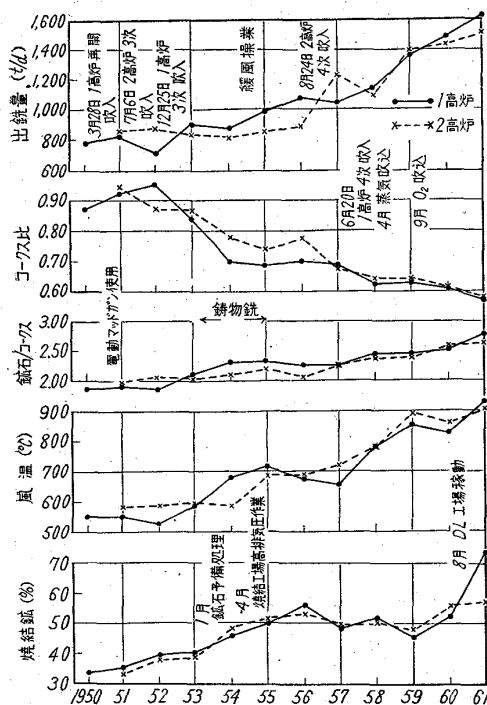
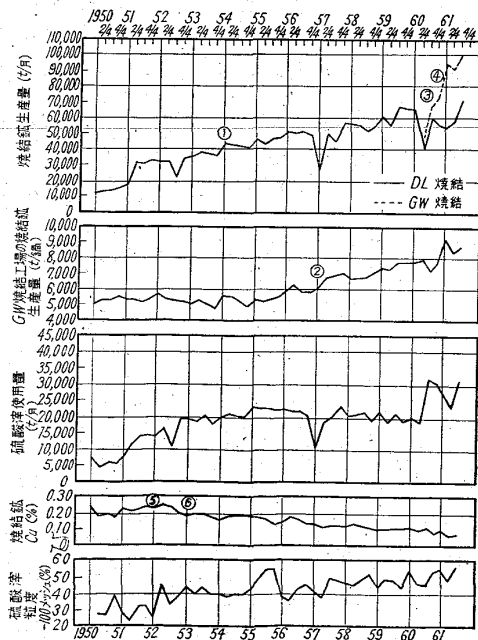


Fig. 1-1. 広畑製鉄所溶鉱炉の 1950 年以降の操業データ

* 昭和37年4月本会第47回通常総会における香村賞受賞記念特別講演

** 富士製鉄株式会社広畑製鉄所

上を期し、含有有害成分による支障の来たさぬまで使用量を増し原価低下に寄与せしむる努力がはらわれた。硫酸滓は最も重要な原料として注目されたが、含有 Cu が問題となった。広畑製鉄所は昭和 27 年より水浸出、ついで再焙焼水浸出法による脱銅設備を設置して硫酸滓の使用強化を図り、溶鋳炉装入鉱石の 20% 以上にまで上げ、しかも銑鉄中の Cu の上昇を防ぐことが出来た。溶鋳炉の稼働数の増加、出銑量の増大に伴い、硫酸滓の全国的使用量の増加によつて、硫酸滓使用率は抑制され、一方硫酸滓の原料鉱又はその焙焼法の変化によつて硫酸滓の含銅量の低下するものが多くなり、脱銅設備は休止するにいたつたが、その反面粒度が極微粒化し、溶鋳炉原料とするための焼結操業の能率を阻害するようになった。これが対策として研究されたのが semipellet 法である。本法は極微粒鉱を以て小粒生ペレットを作り、これを他の普通原料粉と混合して焼結するものである。細粒原料処理対策として G. W. 式焼結機に高負圧吸引法が取られたこともつけ加えられる。昭和 35 年稼働の D. L. 焼結機にはさらに forepellet 法が採用され、焼結の生産率は一段と上昇された。第 2 図は G. W. 式焼結機において、硫酸滓の脱銅によつて使用増による Cu の上昇を防ぎ、セミペレットによつて極微粒粉増加による生産減を阻止し、高負圧操業 (8 基中 4 基) によつて生産増加を図つた逐年の操業状態を示したものである。



- ① 排気高負圧操業
- ② セミペレットの使用
- ③ D.L.工場の稼働(60年8月)
- ④ 石灰焼結 (D.L.)
- ⑤ 硫酸滓の湿式脱銅
- ⑥ 硫酸滓の再焙焼脱銅

Fig. 2. 1950年以降各 4 半期の焼結鉱生産データ

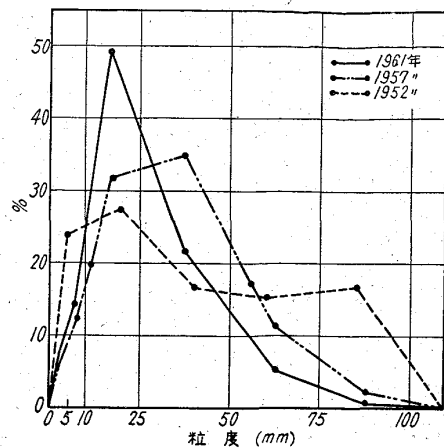


Fig. 3. 装入物の粒度分布 (コークスを除く)

ロ. 鉱石の粒度管理

鉱石の破碎篩分による粒度管理は言い得べくして実行されなかつたものの一つである。それは粒度の大きさ、発生粉の処置、その効果への期待に問題があつた。広畑製鉄所は昭和 27 年より篩分設備の改善を図り、29 年より全原料の破碎篩分粒度調整へ前進を開始した。各鉱石の粒度、粘性などの調査を行なう一方、溶鋳炉炉頂における装入物の分布実験、粒鉱の還元試験が並行的に行なわれ、粉鉱処理としての焼結操業における粒度管理、焼結鍋中の通風、鍋装入法などの研究が進められた。焼結鉱も亦大塊の破碎、細粒の除去を行なう整粒設備が設置された。かくて破碎篩分設備の強化改善に伴い逐次全原料の粒度は小さく、かつその粒度分布は狭くなつた。第 3 図は粒度分布の変遷を示す。かくして装入物の整粒効果は第 1 図に見るごとく送風温度の上昇、コークス比の低下、出銑量の増加 (昭和 29 年～30 年は鑄物銑吹製あるいは緩風操業) を招来し、さらに大型溶鋳炉建設への自信が深められたのである。

ハ. 含石灰焼結鉱使用

鉱石の篩分による粒鉱発生増加に伴い、焼結機の増強を必至のものとし、焼結鉱の使用増加は溶鋳炉成績向上の要素ともなつた。とくに含石灰焼結鉱はその効果を極めて大きいものとした。広畑製鉄所の実績によると、第 4 図のごとき実績を示している。焼結鉱の使用率は粉鉱の入手量、焼結機的能力によつて実際日常操業においては 60～80% 使用が目標とならざるを得ない。

ニ. コークスの灰分および粒度管理

溶鋳炉の成績を戦前に比して飛躍的なものとしたものにコークス灰分の低下を特筆しなければならない。戦前の灰分は 15% 前後あつたのであるが、米炭の輸入によつて潰裂強度高く、灰分 10% のものが入手し得るようになり、それだけコークス比の低下、炉況の安定をもた

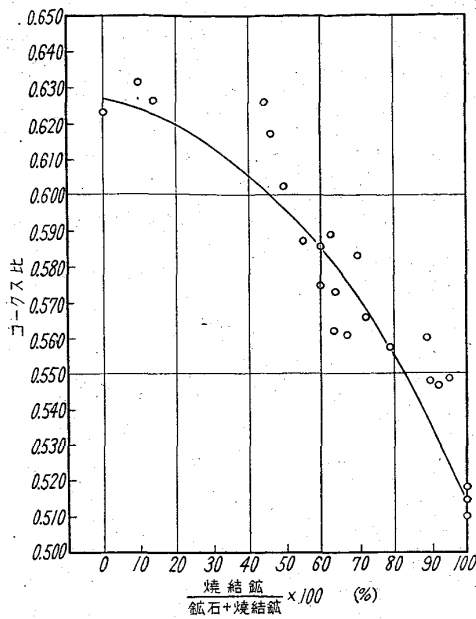


Fig. 4. 装入物中焙結鉄割合のコースス比におよぼす影響

らしたことは多言を要しない。

コーススの粒度管理については先づ各装入時毎にコースス計量槽を利用して 1m^3 重量指数を測定する方法が採用された。この数値はよく粒度分布を示唆し、水分灰分の変動をあらわし、炉況すなわち送風圧/送風量と正比例的に関係するので、この数値によつてコース量を加減して炉況調整の一手段に使われた。水分の低減、灰分変動の減少が図られるとともに粒度調整はカッターの設置によつて推進された。従来コーススの破碎などは考えられもしなかつたことであるが、かくしてコーススの粒度も次第に小さく、かつ正規分布に近いものとなり、第5図に示すごとくとなつた。コーススの小粒化は鉄石の粒度調整とあいまって炉頂装入分布の適正に寄与したものと考えられる。

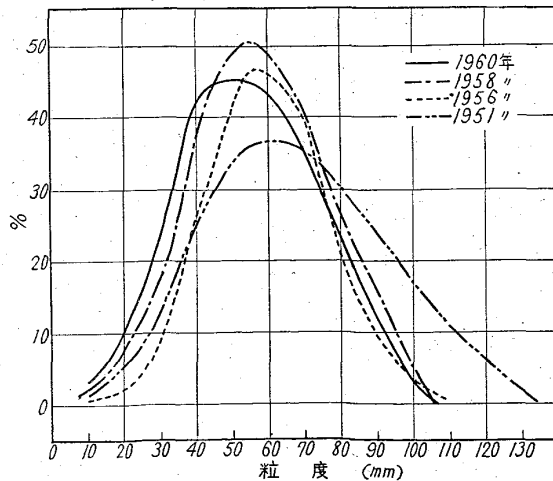


Fig. 5. コーススの粒度分布

III. 溶鉄炉特殊送風操業

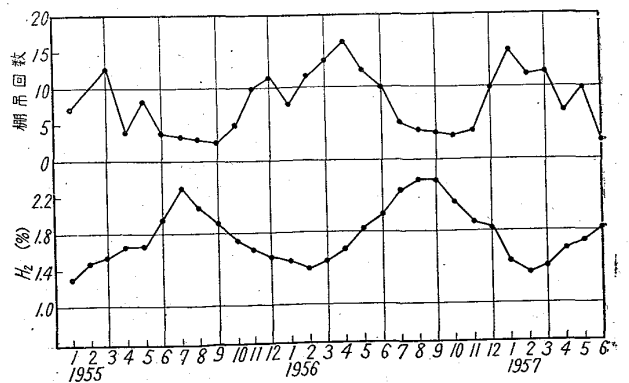
イ. 高温送風及び加湿送風

装入鉄石に粉鉄が多く含まれている時は送風温度を高くすると炉内において装入物の懸滞が生じやすい。粉鉄の除去による整粒鉄の使用は高温送風を可能とし、従来 $500\sim 600^\circ\text{C}$ であつた送風温度は逐年上昇し、 $950\sim 1000^\circ\text{C}$ を使用するようになった。この間温度上昇過程において過高温はまた懸滞を起すので、水蒸気添加によつて羽口先燃焼温度の調節が行なわれた。一方昭和30~32年の本邦各地代表炉について年間各月の炉頂ガス中の H_2 と懸滞発生数とを調査すると第6図のように空気中に水分の多い夏期に懸滞が少く、水分の少い冬期に懸滞が多いことが解つた。また送風中に蒸気を加減して懸滞の発生除去を故意的に実験して水蒸気の添加およびこれが調節が炉況安定上必要なことが確められた。かくて炉況温度調節は従来送風温度の上下によつて行なわれていたのであるが、熱風炉供給可能最高温度を以て送風温度とし送風中の水蒸気添加の加減によつて行なう操業法が採られ、かくて高温送風はまたコースス比低下の要素ともなつたのである。

ロ. 酸素富化送風

酸素富化送風操業はさきに外国において実施されていたが、本邦においても製鋼法に酸素が使用され、酸素発生装置が設置されるにおよんで、その余剰酸素を溶鉄炉に使用する機会を得るにいたつた。広畑製鉄所は昭和34年以來熱風炉あるいは送風機の修理時の送風能力不足の際に酸素富化送風を行ない、よく出鉄量を確保することが出来た。 O_2 1%, 水蒸気 $7\text{g}/\text{m}^3$ の添加によつて5%の出鉄量の増加が得られたが、常時操業に酸素富化することは原価的になお問題があるようである。

ハ. 重油吹込み送風



(広畑 1, 2 高炉, 洞岡 3, 4 高炉)
(釜石 8, 10 高炉, 室蘭 1, 2 高炉)

Fig. 6. 毎月の溶鉄炉懸滞回数と炉頂ガス中平均 H_2 %

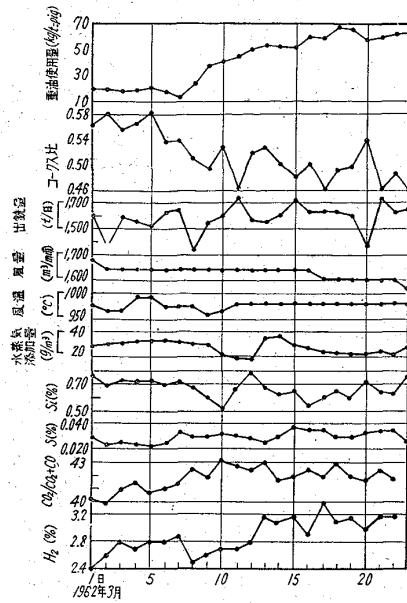


Fig. 7. 重油吹込の場合の高炉操業成績

重油吹込み送風は昭和 36 年より試験が開始され、37 年に入つて各製鉄所は日常操業に実施して成果をあげつつある。吹込法として air atomize 法あるいは oil pressure 法が採用され、重油のコークス使用量におよぼす関係は銑 t 当重油 1 kg がコークス 1.2~1.5 kg 前後に相当するようである。第 7 図は広畑製鉄所第 1 溶鋳炉における重油銑 t 当 65 kg まで使用した期間のコークス比の低下状態を示す。本操業によつてコークス比は 460 kg という驚異的数値を実現しつつあり、これらの成績については種々の報告がなされるであろう。

IV. 溶鋳炉の炉内容積の拡大

溶鋳炉の炉容は本邦においては 1,000 t/d が限度とさえ考えられていたのであるが、最近の新設炉はどれも 1,000 t/d 以上の出銑を目標とし、小容量炉は次第に淘汰され、第 8 図に示すごとく戦前 36 基 (満洲、朝鮮を除く) 平均内容積 660m³ であつたのが、戦後は 800m³ となり、36年には 39 基で 1000m³ 以上と大きくなり、最高内容積・1800m³ の炉が建設された。内容積当出銑量はほとんどの炉が 1.2 t 以上となり、1.5 t 以上に達するものも見られるようになった。これが原因は操業技術の向上によること勿論であるが、炉体構造の改新が耐火煉瓦、炉体冷却、その他各部になされたことによる。さらに大容量溶鋳炉稼働に必要な附帯設備の製作技術の進歩発展が寄与していること付け加えなければならない。これらの設備装置の設置あるいは改造に溶鋳炉技術者の

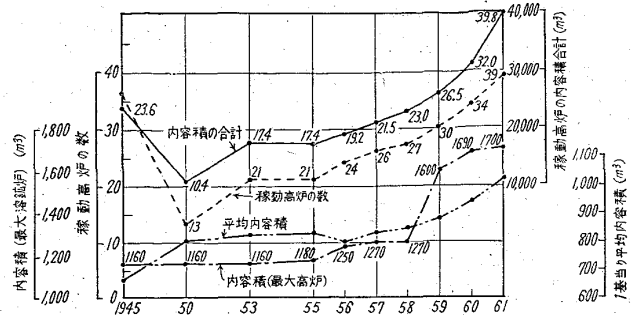


Fig. 8. 溶鋳炉の基数とその内容積の推移

薄い経験と研究が基礎となつていることも言を俟たない。

V. ラジオアイントープの利用

溶鋳炉は炉内を見ることが出来ないという操業上の不便はラジオアイントープの出現に異状なまでの関心を高め、これが操業への利用は極めて興味ある問題を提起した。広畑製鉄所は昭和 28 年 Rn を使用して炉内ガスの通過時間の測定をはじめ、ついで炉内ガス分布の炉況との関係調査を行ない炉内究明に役立てた。RI の利用は各製鉄所においても進められ、装入物の下降、炉床内溶銑の挙動などの解明に資し、また装入線の測定、炉壁煉瓦の浸食判定などにも使用されるにいたつた。

VI. 結 言

本邦戦前の溶鋳炉操業は宿命的原料事情の悪条件のため、長い棘の道を歩んで来たのであつた。先輩の労苦もここに存し、それだけに先輩より受けついで尊い力と伝統が新しい時代への飛躍を可能とし、積極的に技術革新に取り組む道を開くことが出来たのである。現在の成績が向上を示すものであるならば、それは先輩の業績の上に築き上げられたものであることを敬意を以て銘記しなければならない。

溶鋳炉の存在の意義は鉄の安価な大量生産にあり、内容積当出銑量の増大、燃料消費量の減少がその使命であり、操業的には原料の有効利用、送風法の新機軸が進められなければならない。RI の利用は炉内の解明研究に重要な役割をなすようになるであろう。computer control は経験を主体とした操業の自動化をどこまで可能とするかも興味ある問題である。溶鋳炉操業の新技術の誕生を祈念してやまないものである。

(昭和 37 年 5 月寄稿)