

(討3) 高炉装入原料性状の研究方向

日本鋼管(株)技術研究所 安 藤 遼

1 緒 言

戦後高炉が再開されて以来約25年、この間の高炉操業成績の向上は誠に目覚しい。そしてその原因の大半は装入原料性状の向上にあると云って過言でない。このため装入物性状向上の努力が研究、生産購買など多くの面で強力に進められて来た。然しながら最近の高炉燃料比、操業度を見るとやゝ頭打ちになりつゝある。この事実は特に研究の場、就中研究の効率を考える時十分検討されねばならない問題である。たまたま当技研では此処数年間高炉そのもの、および溶銑予備処理、還元ペレットなどの研究を強化する方向で進んで来たので、原料関係の研究の進め方について検討する時期に来ている。本文はこの間に対する一つの解答を念頭に置いたものであるが、同時に今回の討論会の意図にも合致するものと信ずる。

2 原料研究の風土

研究の方向を定めるに当ってその風土を考えることが必要である。「原料関係の研究は何故この様に長く続くのであろうか」という質問を手掛りにその風土を考えて見た。理由を次にいくつか挙げる。

- 1) 原料は天然の産物である。従ってその特性は極めて複雑で、個々の銘柄が夫々の特性を持っていると云つても良い。従って異状現象を予知することが困難で、問題が発生してから対策を講ずるという防衛的姿勢を取らざるを得なかった。
- 2) 高炉の原料特性の差に対する検出力が小さい。シャフト炉の本質的欠点はガスを均一に流すことが困難なことである。このため高炉における試験は一般に長日時を要するが、長日時に亘ると他の要因が交絡する。結局大きな差でないとは仲々検出出来ない。
- 3) 生産規模が大きいので設備改変が簡単に出来ない。磁石の整粒が最初の45~40 $\frac{m}{m}$ から今日の20~25 $\frac{m}{m}$ に約15年を要したことは雄弁にこの間の事情を物語っている。
- 4) 高炉は依然としてブラック・ボックスに近い。このために常に推定がつきまとい、明快な結論を導き出すことが困難であった。

以上4つの理由を挙げたが、これ等が交互に作用し合つて風土というものを作り上げて来たと思う。なおここで付言したいのは、この分野は製品部門などと異なり非常にオープンである。従って研究所、工場などの見学も可成り自由に行われ、また学振54委、ISO委などの場で多くの共同研究が行われている。さらに原料の共同買付けのため、工場のローカルな条件も非常に少ないことである。

さてではこの風土が今後とも続くのであろうか。筆者の見解は次の如くである。

変る可能性の第1として高炉炉内解析が進むことが挙げられる。当所試験高炉、新日鉄東田高炉の解体調査については既に報告が行われている。未実施の会社が今後計画することは十分考えられることで、ここ数年急速な進展が見られると期待して良さそうである。

第2の可能性は高炉の検出力が飛躍的に向上することである。検出力の悪い理由として高炉がシャフト炉の宿命的欠点を現在なお抱っていると述べたが、壁付きの存在はその具体的問題である。ダイナマイトを用いる所謂外科的除去法は既に確立された技術となっている。今後壁付防止の技術が急速に進むことは十分期待出来よう。後に実例で述べるが、高炉炉況判定法の進歩も重要な因子である。

変らないものは何であらうか。「原料は天然の産物である」どうも最後までこのことは残りそうである。生産規模が一層大きくなったことは説明するまでもない。

3 試験高炉解体から見た所見

高炉炉内解析の進歩が原料性状の研究の風土を変える可能性について述べたが、当所で行った試験高炉解体の結果から筆者がどのようなことを感じたか以下に列挙する。

1) 鉱石とコークスの層がレースウェイ直上まで整然と層状構造を保っていた。しかもシャフト下部から鉱石層内の各粒子は次第に凝集し大きなブロックを形成している。還元された鉄のドーナツがコークス層で分離されて降下しているという表現が適切と思う。一般にシャフト炉の致命的なトラブルは粒子同志がブロックを作り荷下り不調を来すことであるが、高炉ではこの問題が見事に解決されている。装入物が炉外に液体および気体として取出されるということと相まって、今日高炉が存在する秘密が明らかにされたと云えよう。当然の帰着として高炉の成績向上がガスの均一な流れを得ることによって達成されることは明らかで、今日まで長期に亘って行われた装入物性状の研究の裡、微粉の装入をしない、あるいは微粉の炉内での発生防止が最も有意となっていることと合致する。

2) 高炉の熔融帯と云う言葉が屢々用いられる。用いる人によってイメージが異なるようであるが、何か液体の層あるいは溜りという概念、しかもそれがレースウェイの上部に存在するという考えがある。解体調査の結果はこの様な存在に対し全く否定的である。熔融したメタル、スラグがどのような経路で炉床に達するかは必ずしも明らかでないが、可成り短時間の裡に炉床に向って適下して行くことが想定される。若し濡れた、乾いたと云う感覚が許されるならば、羽口上部は非常に乾いた状態と云えよう。羽口からシャフト下部の圧力降下がシャフト下部から炉頂間のそれより大きいことが知られており、その理由として上述の概念の熔融体の考えが示されることが多い。従って解体調査の結果はその考え方に疑問を示したことになる。コークスの粒子径の変化、特にレースウェイ近傍での変化、レースウェイ内の圧損、風温変化と炉断面積の変化など他の要因について脚光を当てべきと思う。また早合点の恐れはあるが、湿った状態を念頭においた原料の高温性状を考えることは意味がなさそうに思われる。

3) 壁付きがコークスと鉱石の層状構造に悪影響を与えていることが認められた。以前装入物分布モデルで壁付きの影響を調べた時、その影響の余りにも大きいことを知らされ、これがその後日本鋼管のダイナマイトによる壁付除去を強力に進める原動力となった。壁付の生じない操業法については各所で研究が進められていることと思うが、原料性状の問題として特に検討することは有意義であろう。

4) 焼結鉱の還元粉化は操業中は発生しなかつたことが認められた。一方操業停止後追加装入した焼結鉱は還元粉化の発生が認められた。現在実際の高炉操業中どの程度還元粉化が発生するかについては種々議論のある点である。そして解体調査は一つの知見を与えるものであろう。筆者は操業が順調な時は粉化現象は殆んど起らず、異状時、例えば休風、棚吊り、スリップなど装入物が低温に比較的長時間保たれる部分があると其処に生ずると考えるのが妥当と思う。勿論粉化特性に差のあることを否定するものではない。

5) 所謂炉芯は存在した。二度目の調査の時黒鉛電極のマーカを用いて荷下りを調べた処、所謂炉芯も上部の方は鉱石層と一緒に荷下りし、下部の方は所謂「デッド・マン」という言葉が当嵌ることが分った。高炉にとって炉芯とは如何なる役割を果すものであるかは依然謎である。装置あるいはプロセスが大型化し得る条件として自己調節機能を内蔵していることが挙げられている。炉芯がそのような役目を果しているのではないかと想像する人もいる。原料性状との関係は皆目不明である。ただ一つだけ分った事実はこの部分のコークス粒径が小さくなっていたことである。そして多

分多量のガスがこの部分を通過するものと思う。

4. 新高炉炉況判定法からの知見

当社京浜製鉄所・鶴見製鉄工場では最近炉頂のストックライン直上で経方向の温度分布測定を行い、これをもって新炉況判定法として活用効果を挙げている。先に高炉の原料性状の差の検出力が向上する可能性について述べたが、新炉況判定法はまさに好適な例なので簡単に紹介する。

鶴見 I B F は炉口径 6 m の炉で、上述熱電対は炉中心からある半径方向の炉壁近くまで 8 ケに取付けられている。判定方法は炉中心と炉壁間の温度がどの程度差を生ずるかで行われ、最も良い状態は各温度間に差がなく、しかも低温であることである。同高炉の特徴は比較的多量のペレットを使用していることであるが、シュラッグパンツアの如き装入分布を機械的に変える装置がないのでスキップに打込む鉱量を変える方法を採用している。非常に敏感に応答するものとして i) 原料予備処理の徹底の度合い (粉率) ii) ペレットの常温強度、還元後強度、ふくれ指数 iii) 炉内原料装入分布 iv) コークス強度を挙げている。

ここで原料性状との関係で再認識すべきは次の諸項である。

1) 炉頂ガス温度分布を判定対象に選んだことは、ガスの流れを均一にすると認識の下に採用された手段であり、結果も温度分布が平滑なとき最も良い成績となっていることである。また原料性状中微粉に関係のあるものが敏感に検出されたことは当然とは云えそのことが如何に重要かを知るべきと思う。

2) 「装入分布」が重要な因子として明確に捕えられたことは意味深い。高炉操業者がこのことを重視していたことは勿論であるが、一方の原料性状の特性については個々の粒子に関する特性のみが現在までの対象とあって良い。粒子群としての特性は殆んどなく、わづかに安息角、高密度などを挙げるに止まる。(荷重軟化試験は例外かもしれない)何か新しい特性を考える必要があるのか質問が出された恰好である。

3) 鶴見 I B F の例では「装入分布」より従来から云われている装入物特性の良否の方が大きい影響を持っているとのことであつた。

4) 鶴見の例ではペレットの性状に関する限り、従来云われている以上の精度でその良否を判定している。

5 現在までに重要と認められた諸特性

既に述べたごとく装入物性状の研究、高炉操業への実際の効果の検討は長期に亘って行われて来た。そして製鉄部会、学振 54 委などの場で屢々その意見の取纏めが行われている。詳細は省略するが最近取纏められた文献を参考に重要な特性として認められたものを列記する。

焼結 鉱 : 落下強度、低温還元粉化率、 CaO/SiO_2 、 Al_2O_3 、粒度

ペレット : 冷間強度、被還元性、塩基度、ふくれ

塊 鉱 : 粒度、熱割れ鉱石、粘性鉱石、被還元性

此処で強調したいのは先に述べた「原料は天然の産物である」という風土は最後まで残りそうであると云うことである。上記諸項目は千変万化の自然界の複雑さにも係らず、共通のものとして生残ったものである。ある意味では最も確かなことなのである。この「最も確かなこと」の今後の取扱いについて筆者は次の点が肝要と考える。

1) 測定法の迅速化、簡素化について検討し、現場操業に一層容易にデータを利用できるようにする。

2) 特性の本質をより明らかにし、類似の特性を発見する。

3) 高炉操業に何故利くかについて考察し、高炉炉内解析などとの照合に備える。

6 結 論

今後の高炉装入原料性状の研究の方向について、特にこの分野の風土について考慮しつつ考えを述べた。限られた研究人員で効率の良い研究を行うことは望ましいことではあるが仲々大変なことである。これを実現する先づ第1に必要なことは良いテーマを選ぶことであろう。筆者が述べたことはテーマそのものではなくその選定のガイドラインの試案である。この様な試みが繰返されるうちにやがて良いテーマが選ばれることを期待してやまない。

以下に結論を要約して述べる。

- 1) 原料が天然の産物であることは基本的に必要な認識である。従って長い実績から得られた「最も確からしいこと」については十分大切にすることが必要である。そして積極的にその活用を計ることがより望ましい。
- 2) 未知の異状現象を組織的検討によつて発見しようとする考えは「労多くして功少し」と云うことになろう。問題が発生してから対処することが止むを得ないが賢明な道である。
- 3) 近い将来において高炉炉内解析および高炉の原料性状特性に関する検出力が進歩向上することは十分期待出来る。従って今後の原料性状の研究は上記進歩向上を十分見届けてから開始する態度も一面必要である。
- 4) 高炉内のガスの流れを均一にすることは(就中シャフト部において)高炉操業成績を向上させる確実な方法と見て間違いない。原料性状の中で未だ検討されたことのないこの点についての特性の有無については十分考察の要がある。例えばカーボンデポジション、微粉の滞留といったこととの関連においてである。
- 5) 従来性状は夫々の粒子の特性としてとらえられて来た。粒子群としてその特性をとらえる必要性の有無は大いに議論されて良いことと思う。装入分布で焼容鉢とペレットで相当違いのあることが答のヒントを与えるものと思う。