

高 炉 技 術 考

随 想

楯 岡 正 毅*

第二次世界大戦での敗北によって、文字どおり焦土と化した日本がどの様にして復興を図り、いかに今日を築いたかについては多くの本に紹介されているところであり、ここで触れるつもりはないが、経済発展の大きな原動力が工業であったことは周知のとおりであり、その中において鉄鋼業も大きな役割を果たした事に関係者の一人として誇りに思うものである。

1959年に学校を卒業して直ぐに製鉄部門に配属となった。それは八幡製鉄所の新しい鉄源基地として1600 m³の大型高炉の火入れを控えた戸畑製造所であった。海に築く製鉄所として内外の注目を集めたこの計画は、その後次々と建設された各社の臨海製鉄所の先駆的役割を果たした。1968年に君津製鉄所に転勤、本格的に近代的な製鉄所の建設、操業の業務に携わることとなった。二度に亘り新しい製鉄所の誕生と成長を直接目の当たりにできた事は、誠に技術屋冥利に尽きると言うものである。

しかし高炉はすでに250年の歴史を有し、それに比べるとその後のたかだか30年の経験では、先人のそれや、苦勞と比較すべくもないと思うものの、客観的に見てもこの間の技術的進歩には評価すべきものがあり、それを振り返ってみるのもそれなりの意味があると思ひ筆を執った。

1. 高炉大型化の限界

この時期は日本の高炉各社が大型臨海製鉄所の建設計画を有し、その中心となる高炉のスケールアップについて集中的な議論がなされた。そしてそれが今日の、いわゆる近代製鉄技術の骨格の形成に大きな役割を果たしたと言つて良いと思う(図1)。

君津3高炉は10000 t/dの生産能力を期待され1971年に火入れされた。この高炉の計画に当たっても大型化の限界を検討し、特にそのプロフィールの決定に重大な関心が払われた。

(1) 炉芯の機能

一つは炉床径の限界についてである。上司から100 mの炉床径の高炉をイメージして考えるようにと指導をうけた。炉芯の役割について無用の長物論から装入物降下均一化機能、熱量保持機能を評価し、更には炉芯を不活動なものと思わず、活性であるべきとの考えから、そ

の活性維持の為の方法論に議論が展開され、改めてコークス品質の重要性を確認した。また炉芯の粉コークスの排出機能がそれ自身の熔銑、熔滓の通過能力によるとの考え方から通液性の言葉も生まれた。しかし炉床径を拡大する事の弊害に注意を向け羽口数と燃料燃焼能力を確保する最小の径とすることとし、熔銑の排出を完全ならしめるため出銑口を4本とした。また結果として炉芯が拡大し溶解ラインが上方へ移行することから、その分だけ朝顔、炉腹の高さを上げた。

(2) 装入物分布制御

炉口径の決定も議論を呼んだ、当時の装入物分布制御に関しては体系的なものが無くスケールアップについても、せいぜい幾何学的な検討に止まった。したがって径の拡大については最小にする方針を採り、併せて分布制御装置としてムーバブルアーマの導入を決めた。そして、その効果の把握も含め、八分の一裁モデルによる分布実験を行った。この実験からは直接操業に適用できる結果は得られなかったが、コークスの流れ込み現象等、いろいろな知見が得られ、その後ひきつづき分布実験を行う事の必要性が認識され、最終的には風入り、或いは一分の一モデルでの実験まで行われることとなった。その後、費用と時間の関係からハードシュミレーターに代わるソフトシュミレーターの開発が要望され、コンピューターの急速な発達にも助けられ各社が精力的に仕事をした。しかし、数式モデルは論理構成はよしとしても境界条件はハードシュミレーターもしくは実炉の結果を適用しており、その精度が十分かどうかの重要な問題が残されている。ばらつきや分布も考えてデータは信用に足るものかどうか、どこまでが使えるものなのかについては常に検証されるべきである。

『似て非なるもの』これはモデル実験や数学的モデルの研究に従事する人達、或いはそれを利用する人達の頭の中に常に留め置かれるべき言葉である。

高炉操業はフィードフォワードの操業設計にもとづくフィードバック制御である。したがってどうしても分布制御を行った場合に高炉炉内の変化を把握する必要がある。そこで西ドイツからシャフトに水平に装入してガス成分とガス温度を計る、いわゆるschacht-sondeを導入した。当初、そのサイズの大きさに装入物分布が乱されるのではないのかと心配もしたが期待どおり分布制御技術の進歩に非常に大きな成果を上げた。

* 新日本製鉄(株) 監査役

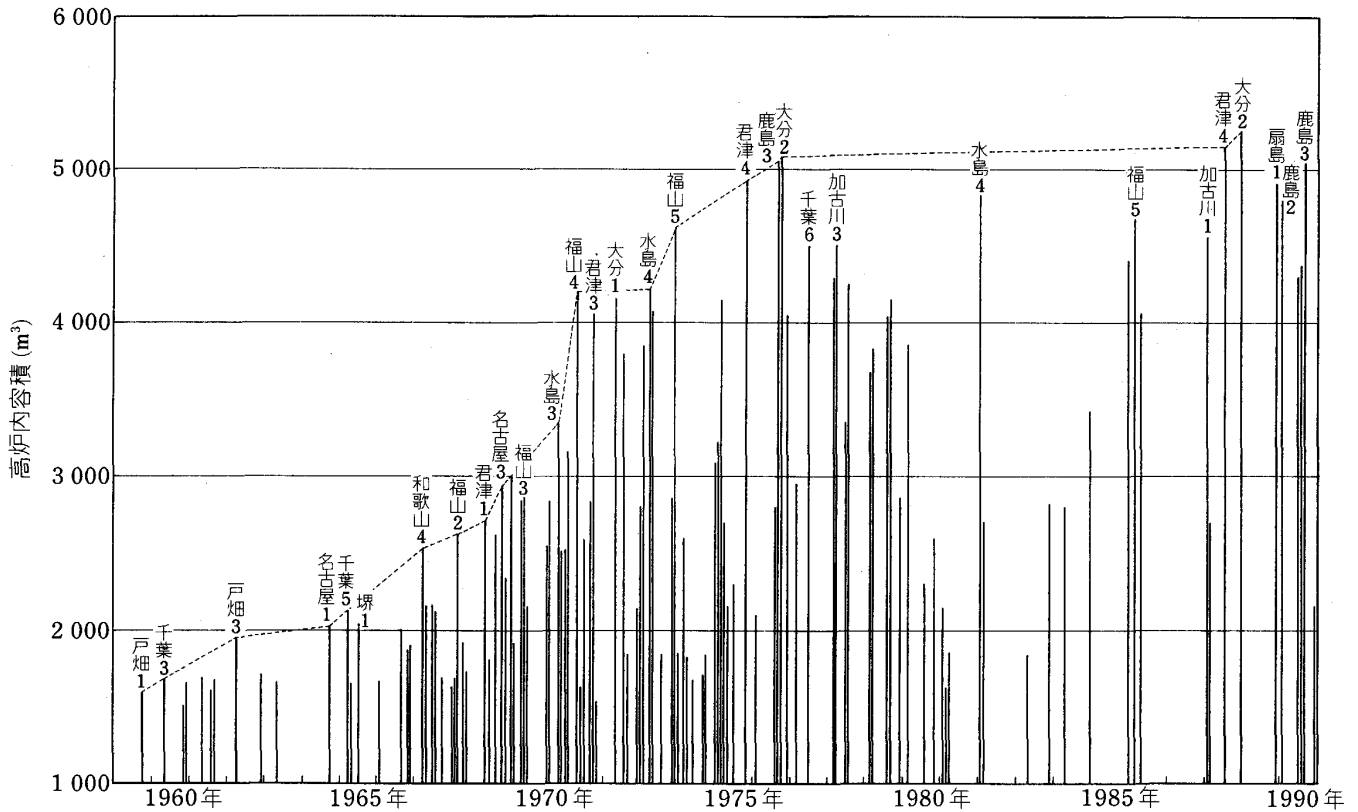


図1 高炉大型化の推移(新設及び改修高炉の内容積)

2. 融着帯の概念の確立

ところで、高炉を考える上での最も新しい情報は融着帯の概念の出現であった。ご承知のとおり、それは吹止め高炉の内部観察の結果として報告されたものであり、しかもわが国で最初の解体調査をおこなった東田5BFでは炉内状態は整然としておらず明確な概念を打ち出すに至らなかったが、その後、引き続き行われた数基の解体調査により現在のような理解に収斂した。当時、現在の融着帯の概念を解体結果を見る前に提案できなかった事に一製鉄技術者として臍を噛む思いをしたが、負け惜しみに言えば、実高炉にはそんなに整然とした融着帯分布が存在すべくもない現実の中にいたのが理由ということになる(図2)。

プロフィールが融着帯形状を支配する要因である事は常識的に判断されるが、どの様に影響するかについては当時の能力では定量的には出しえなかったが、君津高炉の特徴である、いわゆるのっぽ型プロフィールについては3高炉の燃料比が非常に低く、通気性についても、絶対値は上昇するが炉頂圧をあげることによってガスの均一上昇に支障の無い事を融着層に挟まれたコークス層、それをコークススリットと呼んだが、その累積断面積が十分確保されていることを説明して、他とは若干異なるプロフィールが君津4高炉にも適用された。しかしそれは装入物分布制御技術の向上によって炉口径の拡大が可能

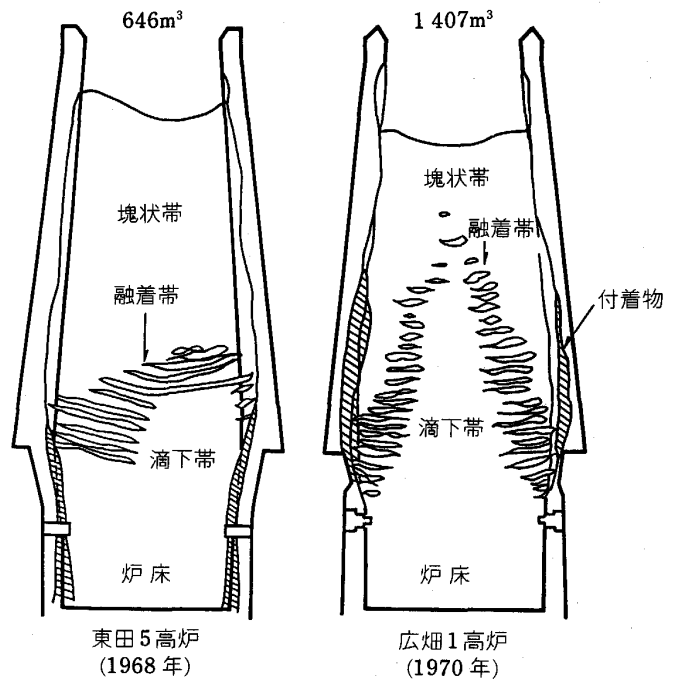


図2 高炉解体調査結果 (鉄と鋼 Vol.62(1976)No.5)

になった時点で、いわゆるずんぐり型プロフィールへ移行することを否定するものではない(図3)。

その後炉内測定に関する技術は急速に進み、垂直ゾンデ、シャフト中部、炉腹、羽口、炉芯ゾンデ等が開発さ

れ、現在の炉内状況把握技術となっている。

炉内状況把握とは融着帯分布を決定するところに大きな目的があり、加えて炉芯状態および付着物、煉瓦損耗等を考慮した炉壁稼働面プロファイルの把握がもとめられる。融着帯分布の推定に関して最初の方法として発表された静圧モデルが1975年に火入れされた君津4BFのオンラインに組み込まれた(図4)。

その後、化学工学的解析の研究がコンピューターの利用が容易となった事により急速に進み、融着帯分布を推定するいわゆる高炉炉内推定数式モデルが次々と発表された。しかし多くの解体調査結果に見られるように、装入物降下とガス流分布の完全な均一性の維持は難しく、炉内の円周方向では決して均一ではない。この現実を無視することなく高炉操業を考える必要がある。数式モデルは操業要因の変化に対して高炉が全体系としてどの様に変化し、どの様にバランスするかを予測する最良の武

器として利用されることになる。

高炉は21世紀も製鉄プロセスの主役として生き続ける事は間違いないが、その理解度と制御性の向上がいかなる形で進められるのか興味もあり心配なところでもある。それは、次の世代を担う若い高炉技術者が自らの頭の中に高炉炉内状況を描き、それが操業条件の変化によっていかなる変化のプロセスを辿るのかを推定する能力を養うことが、過去の現象のドキュメンテーションの勉強だけによって可能とされるものではないからである。ところで最近工場実験の回数が減っているように思う。生産の重要性、或いはコストへの影響からトラブルに繋がる可能性のある操業条件の変更等に神経質になっていることが原因であろうが、棚、スリップ、羽口破損等の軽度の操業トラブルさえも激減した今日の高炉操業において、日常操業の中で経験を積み操業技術を磨くということは至難の技に近いと思われる。やはり関係者の理解を得てそういう機会を意識的に作っていかねばならないとおもう。勿論、それには単に実験結果を待つのでは無くその前にしっかりした予測があり、それと結果との比較が無ければ成果はないに等しい。高炉の大型化は5000m³を上限に止まっているが、これは技術的に不可能ということではなく経済的効果との兼ね合いもあっての事であり、その限界を本当に真剣に検討することは技術的に意味のあることと思う。それは紹介したように高炉プロセスの本質を理解する方法として非常に優れたものの一つであると考えからである。

「愚者は経験に学び、賢者は歴史に学ぶ」と言われるが私のこの小文が単なる経験の羅列にとどまるか、歴史的記述の一部として役立つ事ができるのか筆者にとって気になるところである。

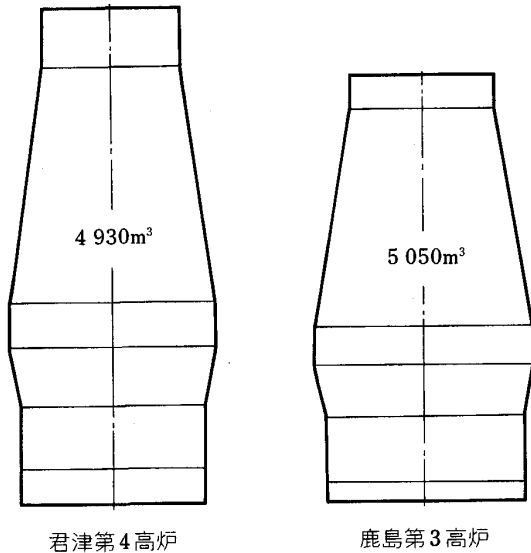


図3 高炉のプロファイル例

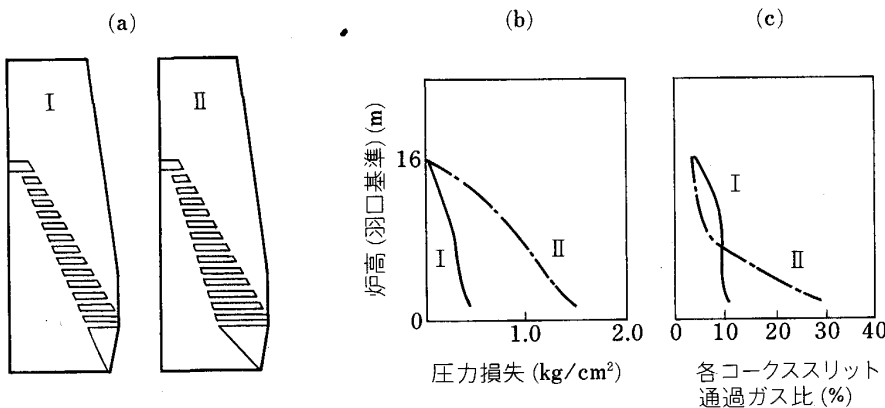


図4 静圧モデルによる融着帯推定例