

第 111 回講演大会討論会報告

I. 検出端情報に基づく高炉内の解明

座 長 東北大学選鉱精錬研究所

大 森 康 男

副座長 (株)神戸製鋼所鉄鋼技術センター

稲 葉 晉 一

今回の討論会は 1981 年第 102 回講演大会における討論会テーマ「高炉における計測技術」に続くものである。その後、コークス、焼結鉱等装入物の挙動に関する研究が数多く発表されるとともに、高炉内からの固体サンプリングにより、これら装入物の製造法と品質および炉内における挙動との関係が明らかにされてきた。さらに、第 102 回の討論会の結論にみられたように、高炉下部の状況を把握するセンサーの開発が進められ、炉下部の実体が着実に理解されてきた。本討論会では、計測端情報を利用した装入物性状・品質の制御、炉下部高温域の解析および計測情報とより進歩した形の数学モデルへの結合についての討論をめざした。

討論会に先立つて、次に示す炉内観察のビデオテープが公開された。

- 日本鋼管(株) (i) 炉口部暗視野カメラによる装入物表面の観察
- (ii) シャフト中部ゾンデによる装入物挙動の観察
- 新日本製鉄(株) (i) 炉芯ゾンデによるレースウェイ、炉芯の観察
- (ii) 炉腹ゾンデによる下部融着帯域の観測
- 川崎製鉄(株) (i) 斜行羽口ゾンデによるレースウェイ周辺部の観察

これらは今回初めての試みであるが、多くの参加者が視聴され、討論の内容を高め、理解を深める上で有意義であった。

参加された討論講演は、以下の 5 件である。

- (討 1) 検出端情報に基づく融着帯挙動の解明とその制御技術
(日本鋼管(株)京浜製鉄所 竹部 隆ほか)
- (討 2) 炉壁温度分布による軟化融着帯形状の推定と操業解析
(株)神戸製鋼所鉄鋼技術センター 清水正賢ほか)
- (討 3) 炉腹ゾンデ、炉芯ゾンデ開発による高炉下部炉内状況の解明
(新日本製鉄(株)大分製鉄所 芦村敏克ほか)
- (討 4) 高炉内容物サンプリングによる炉内現象の解明
(住友金属工業(株)中央技術研究所 栗田興一ほか)
- (討 5) 高炉レースウェイ近傍での溶鉄、スラグの反応、

滴下挙動

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 武田幹治ほか)

(討 1) では TDR (Time-domain reflectometer) 法で軟化融着帯挙動を測定し、この解析結果に基づいて融着帯の制御方法を示した。円周方向では数時間周期で位置の変動があり、これは熱流比のアンバランスに関係していることを見出した。3次元数学モデルと組み合わせて融着帯の変化を予測するモデルを開発し、羽口ごとの熱風制御バルブにより支管風量分布を制御する方法を紹介した。融着帯形状の半径方向分布については、ベル下ゾンデ、水平ゾンデ、プロフィール計のデータを用いて熱流比の分布を求め、目標とする分布に合致させるように送風条件と装入条件を制御している。

支管風量制御では、重油もしくは微粉炭吹込量制御との併用が討論されたが、羽口前コークス燃焼速度と熱流比および羽口前理論燃焼温度の相互関係から、支管風量制御が有効であると述べた。

また、今後のより高度な操業管理を行うために、差圧式降下速度計、層内ガス流速計の開発と適用例を示した。

(討 2) は高炉ホットモデルから得られた知見に基づいて、高炉炉壁のステーブ温度分布から融着帯形状を連続的に推定する方法を開発し、推定した融着帯形状と操業との関係を解析したものである。炉況の安定化と燃料比の低減のためには、L型もしくは逆V型の融着帯形状が望ましいことを示すと同時に、融着帯形状の変動に起因する炉況変動を実験的に考察した。

高炉への装入原料が細粒化するとW型の融着帯が形成される頻度の高くなるメカニズムの討議では、装入物分布に基づく解釈が提示された。小粒コークスや細粒焼結鉱の利用については、今回の講演大会でもいくつか報告があり、今後、実操業上、あるいは実験的に解明されてゆく課題であろう。また、本報告で示されたように、縮小されたサイズのコールドモデルやホットモデルから得られた知見が、センサー情報の活用と並行して実操業の管理や制御に結びつけられていくものと考えられる。

(討 3) では炉腹部と羽口部でそれぞれ炉内を観測でき、炉内容物の採取できる炉腹ゾンデと炉芯ゾンデの開発とこれらのゾンデによつて得られたいくつかの知見を紹介した。炉腹ゾンデでは融着物を採取し、RDI の低い焼結鉱では円滑に融着層が形成されることを示すと同時に、ゾンデ推力の変化と光ファイバーによる観察、中でもゾンデ後退時にみられる空洞から炉下部の構造を明らかにした。さらに、このゾンデで測定した半径方向の固体温度分布は融着帯形状と密接に関係することを示した。

炉芯ゾンデでは、固体温度測定と内容物採取を行い、炉芯温度の低下がスラグの流動性を悪化させ、炉芯部通気性を阻害すると解析した。

以上の結果は高炉 2 次元数学モデルの諸パラメーター

の設定に反映され、数学モデルの推定精度が高められた。

ゾンデの測温値、W型融着帯の形成、炉芯部へのコークス粉の堆積メカニズムについて討議された。炉芯部へのコークス粉の堆積に関しては、高炉内ガス流れの変化による融着帯形状の変化、すなわち融着帯が低下することにより炉芯コークス温度が低下してガスの浸透性が悪化するため、レースウェイ部で発生したコークス粉は炉芯部よりレースウェイ近傍で補獲されると述べた。

(討4)は高炉内容物を採取してコークス、焼結鉱および融体の挙動を調査、解析した報告である。コークス強度の低下の主要因はソリューションロス反応であり、CSR指数がソリューションロスを介して炉内温度分布を変化させること、羽口レベルにおける半径方向のコークス粒径、コークス温度、アルカリ分布に対応関係のあることを示した。さらに、羽口風速と炉芯コークスの-3mm粉率の調査から、炉芯通気性を確保するために最適な風速のあることを示唆した。

焼結鉱では、サンプリング調査とシミュレーションから還元粉化は炉頂から約5m以内で終了し、還元率はシャフト中段で20%と低く、下段では80%に達することを示した。

さらに、高炉2次元半径方向モデルにSi移行モデルを導入してSiとFeOの分布を推算した。これらの結果を羽口レベルで採取した溶銑滓の分析結果と比較するとともに、高炉内のSi移行の鍵が羽口近傍の狭い範囲にあることを示した。

本報告に対して3者からのコメントと質問があつた。焼結鉱のRDIと炉内滞留時間、装入物分布との関係に対して、出銑比、すなわち送風量レベルに合わせてRDIを管理する必要があると述べた。また、Si、FeOの還元反応速度、および滴下帯と炉床部の伝熱に関する数学モデル上の取扱い方法の今後考慮すべき点が討論された。

(討5)は隣接した羽口からゾンデを挿入し、羽口衝風を害することなくレースウェイを側面から3次元的に観測した報告である。(討3)と同じように、ゾンデの推力の変化から炉芯とレースウェイの境界を測定するとともに、ガスを採取して分析し、レースウェイ内では気相中の酸素が他の相へ、他の領域では逆方向の反応が生じていることを示唆した。また、温度分布の測定では理論燃焼温度に近い2100~2200°Cの高温を計測している。

さらに、羽口への鉄鉱石吹き込み時の現象を小型燃焼炉の実験で調査し、実炉の測定結果と比較した。その結果、小型燃焼炉で鉄鉱石を吹き込んだ場合のSi低下は温度低下によりSiO₂ガス発生が抑制されるためであること、レースウェイ近傍のFeOによる脱けい反応の低Si化への寄与は小さいこと、およびレースウェイ間のスラグ、メタルは出銑滓成分にほぼ等しいが、レースウェイ内のFeOは著しく高いことを報告した。

本発表に対して、斜行羽口ゾンデの利用法、酸化鉄吹

込みによる低Si化に対してコメントと討論がなされた。中でもSiの移行のメカニズム、FeOの脱けい効果に多大な関心が寄せられるとともに、(討4)と合わせて、Siの移行挙動に関して一つの光が投げかけられたといえよう。

全講演発表後、日新製鋼(株)設備計画室喜多川専門部長より高炉建設の経験をふまえたコメントをいただいで締めくくつた。

以上、討論内容の概略を記した。約10年前高炉の解体調査が我が国製鉄各社で行われ、稼動していないとはいえ、炉内状況が実在の姿として明らかにされるとともに、この結果に基づいて高炉の数学モデルが大きく進歩した。これらの成果は鉄鋼協会の高炉内反応部会報告としてまとめられている。その後、高炉内容物のサンプリングやコールドモデル、ホットモデルあるいは小型反応炉の実験、さらには高炉下部高温域のセンサーの開発と調査により、稼動時の炉内状況が我々の目の前に着実にイメージ化されてきた。これらの各種センサーから得られた情報が数学モデルと組み合わせられ、2次元から3次元へと、あるいは未知パラメーターの解明を経て、より高度なモデルへと進展している。これらのモデルは、高炉内状況を推定して操業指針を与えるとともに、操業の安定化、新しい操業技術の開発にも活用されてきており、今後更に発展してゆくものと期待される。

最後に、本討論会のために貴重な炉内観察のビデオテープを快く提示いただいた、日本鋼管(株)、新日本製鉄(株)、川崎製鉄(株)の各社に謝意を表するとともに、講演いただいた各氏、ならびに討論に参加された会場の諸兄に厚くお礼申し上げる。

II. 合金溶鋼の脱りん

座長 東京大学工学部

佐野 信雄

副座長 日新製鋼(株)

長谷川 守弘

従来、合金溶鋼の脱りんはほとんど未開拓の分野であつたが、数年前に斬新な着想による還元脱りん法が発表されて以来、還元脱りん法のみならず強塩基性フラックスによる酸化脱りん法の研究も各方面において精力的に行われ、この分野の研究開発は急速に進展した。これには近年ステンレス鋼あるいは高Mn鋼の使用用途の拡大が、従来に増して指向され、あるいは今後共鋭意指向されるであろうことが背景としてあげられる。

また、最近熔融還元法あるいは転炉への鉱石添加による合金鋼の溶製法が開発途上にあるが、混入するりんの除去技術が並行して開発されるならば、使用する炭材の制約条件がなくなり好ましい。

このような状況下において、現時点における合金溶鋼