

## 第 102 回講演大会討論会報告

### I. 高炉における計測技術

座長 新日本製鉄(株)本社  
石川 泰

高炉の計測技術は昭和 30 年代の大型高炉建設時より積極的に開発され、更に昭和 40 年代に入り計算機の発達と共に情報の大量処理が可能となり、オペレーションガイド等のプロセス制御の方向に進展してきた。40 年の中頃から実炉の解体調査が実施され融着帯の実態把握、原料の高温性状変化等の炉内現象、ひいてはプロセスそのものが、より精度高く探究できる方向に進展し、生産の安定化、エネルギー原単位的大幅な低減等に多大の成果を挙げてきた。今日の討論会は現状の高炉に関する計測技術の開発の状況及び将来の高炉計測技術、プロセス制御技術のあり方、またこれらに対応する新検出端について論ずることをねらいとした。なお、講演の方法として会場が広いことは参加者の理解を深める上で効果的であつた。以下、各講演と討論の主要点について述べる。

#### 討 1 高炉計測・制御技術の現状と今後の方向

日本鋼管(株)京浜製鉄所 渋谷 悌二

高炉操業との対応において昭和 40 年代から現在に至る高炉計測、制御技術の流れを整理し、現状の問題点として(1)装入物分布に関しては原料の流れ込み、混合層の把握ができない欠点を有している点、(2)滴下帯・湯溜り部に関しては計測手段のみならず計測すべき対象の整理も明確にされていない点を指摘した。一方、総合的操業管理システムが計測センサの情報と数式モデルの組み合わせで計算機により行われている現状と、炉体維持管理に対する計測技術の応用例を紹介した。今後の方向として上記現状の問題点の解決として装入物分布制御面では層厚、粒度、空隙率、ガス流等の各分布計測、炉熱制御の点からは炉頂ガス分析計、融着帯制御の面からは位置、形状の計測等の開発が必要であること、炉下部に関しては現象の整理の考え方の検討が必要であることを指摘した。今後の高炉操業技術のより一層の発展とコストの低減のためには、プロセスの解明を一段と進める必要がある、この目的に沿ってセンサのレベルアップ、開発、システムのレベルアップが重要であると述べた。

#### 討 2 試験高炉内の物質同定および酸素分圧の測定

東大生産技術研究所 桑野 芳一  
千葉工大 雀部 実

オプティカルファイバーを使用して試験高炉内試料の Na, K の吸収スペクトル強度を測定することにより炉内気相中の Na, K 分布が把握できる可能性を見出した。今後は定量化のための検量線の作成方法の確立、高

炉内の汚れた雰囲気から良質の光情報を得るためのプローブの開発が必要であると述べた。酸素濃淡電池による高炉炉内の酸素分圧の測定を行い鉍石の還元反応の程度が把握できる可能性を見出した結果を紹介した。気相中のスペクトル分析は固体の表面の熱エネルギーの測定から平衡論的に算出するかとの質問に対しては、スペクトル分析から同定することの可能性を見出した段階であり、熱力学的に同定が可能という結論は現状では出せないと回答した。高温域における酸素分圧測定プローブの信頼性向上に関する問にはチューブ材質をムライトからグラファイトに変え、基準電極を Cr, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> または Mo, MoO にすることがよいと回答した。その他、観測データに関する討議が行われた。

#### 討 3 高炉耐火物の侵食量診断法

(株)神戸製鋼所 浅田研究所 川手 剛雄

高炉炉体部(シャフト~朝顔部)耐火物の厚さ方向の温度変動の伝播遅れから残存耐火物の厚みを検知するトリガーレスポンス法の原理及び実炉への適用方法、ボーリングによる実測結果と推定値の良好な対応を紹介した。高炉炉底部の耐火物侵食量の測定方法として「プロフィール係数法」を開発し、加古川 1 高炉の吹き止めに際し推定精度の良さを確認した例も併せて紹介した。トリガー信号の測定方法と寿命に関してたずねた点については、炉内に突出している測定温度の信号がトリガー信号であり、信号変動が得られる限り解析は可能で起電力の低下は問題とならず加古川 2 高炉では 2 年間経過しても良好な結果を得ていると回答した。炉底侵食推定法に関しても活発な意見交換が行われた。

#### 討 4 高炉塊状帯観測技術の開発

新日本製鉄(株)堺製鉄所 彼島 秀雄

高炉の塊状帯におけるガス流分布、装入物の挙動を観測するための新検出端と塊状帯外面形状推定モデルの開発実用化の経緯及び高炉への適用例を紹介した。新検出端は、磁気マルチ型マグネットメーターを応用したシャフト部の差渡しゾンデ(SDP)、円周方向に應用した、周方向マグネットメーター(MM)及びプロフィール計、ガス流速計を備えた炉頂ゾンデ(TDP)であり、これらをベースに構成されたモデルの根の推定位置と操業上の Si, スリップとの関係等から融着帯パターンと位置の管理が可能となつたと述べた。ハードに関して SDP は荷下がり乱す程ではなく、ガス温度もシース先端を 20 ミリ炉内へ突出させることで精度は向上するが、シース先端の付着物の発達が問題であること、MM に関しては 500°C を越えると精度が落ちること等が討議された。ソフトに関してはモデルにおける混合層の取り扱い、粒径、空隙率等の取り扱いに関して討議が行われた。

### 討 5 高炉ガス流分布制御のためのセンサとその 定量化

川崎製鉄(株)千葉製鉄所 岩村忠昭

ガス流分布に関与している検出端の概要と千葉 6 高炉におけるガス流分布パターンの定量化, 更に新しく開発した装入物プロフィール計 3 種類の現状とプロフィール計の実炉測定値について紹介した。ガス流分布パターンの定量化に取り組み「判別関数手法」を適用し, ガス成分・温度共にパターン情報が明確に群分け, 定量化ができ, 操業に十分寄与している例を述べた。更に炉中心部に關しては温度情報よりもガス成分情報が良いと指摘している。プロフィール計は機械式, マイクロ波式, レーザ式の 3 種類を独立に開発したが, 課題は混合層の測定であるとしている。今後の計測技術としては信頼できるセンサ技術及び情報の定量化に関する一層の努力の必要性を強調した。ガス流分布制御の実炉への適用方法に関して質問があり, データ採取としては固定温度ゾンデからはチャージごと, シャフト水平ゾンデからはシフトごとにガス成分を取り, マイコン・プロコン・中央計算機で解析を行い, オペレータが PW 装入パターンを選択していると回答した。判別関数使用上のポイントに対する質問には(1)特徴ある群の選択, (2)無意味なデータの排除, (3)各群の同じ母集団からの選択が必要であると回答した。更にプロフィール計, シャフト水平ゾンデの温度データの精度向上, Nバリュウ等についての討議が行われた。

### 討 6 高炉プロセス制御のための計測技術の検討

住友金属工業(株)中央技術研究所 的場祥行

断面均一の高炉モデルによる高炉プロセスシミュレーション結果より高炉用計測機器の必要精度を推定し, この目標精度に現状の機器の精度をあげた例を紹介した。溶銑温度の自動制御を行う場合, 許容誤差として溶銑温度  $5^{\circ}\text{C}$ , 出銑量 0.5% を目標として設定し高炉モデルを用いて出力データの変化量を算定し, 従来の管理精度と対比した結果, 装入鉄分・送風量・ガス成分の精度向上が必要であることが判明し対策をとつた。小倉 2 高炉におけるモデル適用結果は溶銑温度のばらつきが低下し, 低熱レベル操業が可能となり燃料比が低下したと述べた。更に異常検知補助による高炉の安定操業化も無視できないとしている。モデルの熱伝達に関する係数値に対する討議, ガスクロの精度向上のために自己診断機能を持たせるなどの計測機器の精度向上策についても討議された。Si 制御モデルに関する質問があり, 炉内滞留時間, 装入物成分などにより Si は変動するので炉熱制御としては溶銑温度を採用したと回答した。

討論会の総合評論を飯塚(日本鋼管(株)本社)にお願いした。高炉に計算機が導入されたのは昭和 30 年代後半で操業解析, Si 制御モデル等を目ざしたが十分に生かされなかつた。それゆえ, モデルはできるだけ理論的

に組み立て, 人間不在としないこと, 炉況を安定させることが大切であるという反省が, この時なされた。計測制御を進めるに当たっては, 目標を明確にし, その目標に最適なセンサを開発することが必要であると同時に, 現状のセンサ情報を高炉に十分活用することが重要である。実用化に際しては外乱を防止し高炉を安定させておくことが必要であり, 環境条件を総合的に考えることが大切であると指摘した。炉体管理計測制御は大型高炉の長寿命化が望まれている現在, 重要な課題であり総合的なシステムとして開発していくことの必要性を強調した。最後に座長より, 今回の討論で今後追求すべき計測制御の方向が明らかになつたと思われる。近い将来, 再度高炉の計測制御について討論会が開催される時は格段に進歩した成果が議論されることを期待している。なお, 今回の討論会の内容は '82 年の欧文誌 (Trans. ISIJ 誌) 特集号に載せ, 広く海外にも公開されることになつており投稿依頼があつた時は御協力をお願いしたい。最後に本日は 150 名を越える参加者があり講演者, フロアの御協力により討論会が大変順調に進行したことを感謝する旨の挨拶があり, 本討論会を終了した。

## II. 連鑄時の酸化物系非金属介在物の 挙動

座 長 日本鋼管(株)福山研究所

宮 下 芳 雄

副座長 新日本製鉄(株)広畑製鉄所

大 橋 徹 郎

近年連鑄比率は飛躍的に向上し, 生産性, 品質ともにその進歩発展には目をみはるものがあり, 連鑄材に期待される品質レベルはより高度化している。連鑄鋼種拡大ならびに高級鋼化(ラインパイプ, DI 缶など)にとつて重要な非金属介在物の現状ならびに今後の研究方向を討論することはきわめて時宜を得たものといえる。

討論論文は 5 編提出されており, うち 4 編は現状の連鑄鋼種を前提としたもので, 非金属介在物の現状の実態ならびに減少対策を主眼としたものであり, 他の 1 編は新鋼種としての弱脱酸鋼における介在物組成, 形態の変化および製品加工性におよぼす影響について述べたものである。討論進行上の都合から, 前の 4 編を討論第 1 部とし, 後の 1 編を討論第 2 部とした。

討論者は次の諸氏である。

第 1 部 討 7 川崎製鉄(株)技術研究所 吉井 裕

討 8 日本鋼管(株)福山研究所 宮原 忍

討 9 住友金属(株)鹿島製鉄所 渡部忠男

討 10 (株)神戸製鋼所神戸製鉄所 若杉 勇

第 2 部 討 11 新日本製鉄(株)広畑製鉄所 竹内栄一

なお特別コメンターとして名古屋大学工学部 坂尾弘教授, 川崎製鉄(株)飯田義治博士に今後の方向に関する助言をいただいた。