

### 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。

表 1 酸化物系非金属介在物の現状と対策

項 目		川 崎 製 鉄	日 本 鋼 管	住 友 金 属	神 戸 製 鋼	新 日 本 製 鉄
問題点となる介在物	組 成	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MnO-SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-MnO-SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-(MgO)-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO-Na <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	欠陥となる最小直径(μ)					
	ス ラ ブ	冷延薄板 DI缶 厚板 UOパイプ ERWパイプ	250 50 200 150	400 60 220 220	250~300  200~250 100~200	100 50 200 100
	ブ ル ーム	熱間鍛造用鋼 冷間鍛造用鋼 ステール コード			300 100 40	100 5
大型介在物の生成起源		転炉スラグ 大気再酸化 タンディッシュスラグ 耐火物溶損	転炉スラグ 浸漬ノズル付着物 大気再酸化 タンディッシュスラグ モールドパウダー	転炉スラグ 大気再酸化 タンディッシュスラグ モールドパウダー	転炉スラグ 脱酸生成物 大気再酸化 タンディッシュスラグ 浸漬ノズル付着物 モールドパウダー	転炉スラグ 大気再酸化 タンディッシュスラグ 浸漬ノズル付着物 モールドパウダー
操業の非定常域対策		タンディッシュ Ar 置換 タンディッシュ溶鋼深さ タンディッシュ堰形状 Ca 添加 転炉スラグカット 空酸化防止	タンディッシュ Ar 置換 タンディッシュ 3重堰 頭部処理法改善	取鍋スラグコントロール タンディッシュ Ar 置換 タンディッシュ大型化 取鍋スラグ混入防止	タンディッシュ溶鋼深さ 転炉スラグカット 浸漬ノズル吐出口径 管理	タンディッシュの大型化 タンディッシュ内スブラッシュ防止 スラグのたたき込み防止 転炉スラグカット

討論第 1 部の主要討論点は次の各項である。

- 1) 問題となる介在物の組成および最小粒径
- 2) 大型介在物の生成機構およびその起源
- 3) マン垂直部の有効性
- 4) 操業の非定常域対策
- 5) 研究の手法, 介在物の評価法
- 6) 今後の研究, 開発方向および課題

「討論点 1, 2, 4 については, 討論者間に相違があまりなく, 現状認識について的一致がみられた。これをまとめて表 1 に示す (新日本製鉄の見解は当日の討論過程で示されたスライドを参考にした)。介在物についてもつとに厳しい用途は DI 缶の 50 μ および ERW パイプ素材の 100~250 μ で, その出現頻度も DI 缶で 50 ppm 以下というレベルが要求されている。これらの介在物の主体は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系で casting の非定常部にとくに出現しやすい。取鍋スラグのタンディッシュへのたたき込み, 大気酸化, 浸漬ノズル内面への付着物の脱落などが原因と考えられており, 広範な対策が採用されている。現状では各社ともかなり満足すべき水準に近づいてきているとはいうものの, 今後の品質要求の厳格化, 製造工程の歩留りの向上などを考えると, さらに継続的な研究が必要といえる。

討論点 3 のマン垂直部の有効性についても, 各討論者ともその有効性の認識については一致しているものの, 高速 casting における比較的小型な介在物減少効果の有無について議論がなされ, 50 μ 程度の介在物まで有効とする意見 (吉井, 宮原) と 100~200 μ 以上で効果が現れるとする意見が出され, 今後の理論検討をも含め

た研究が待たれる。

討論点 5 の研究の手法, 介在物の評価法については, 鋳片段階ではスライム法が主体であり, 鋼板では UST や磁粉探傷法が用いられている。問題となる介在物径が小さく, かつ出現頻度も低下してくると, スライム法では代表位置, 抽出量などの点で問題があり, また鋼板調査ではフィードバックに時間がかかるなどの欠点があるため, これにかわる新たな介在物検出法の開発を期待するとの意見が多数出された。

討論第 2 部では弱脱酸鋼の介在物に関する現象が報告された。その骨子は脱酸系を変えることにより介在物組成のみならず, その形態および圧延時の変形能も変化することを示したもので, 今後の介在物問題を考えるうえでの一つの重要な方向を示したものと見える。討論においてもこのような指向に対する賛同意見が出され, 今後積極的な研究が行われることが期待される。

討論点 6 の今後の研究, 開発方向および課題については, 次の諸点が強調された。

(1) 小型介在物のより一層の低減

タイヤコード, テレビシャドーマスク素材などの品質厳格材のレベルアップのためには 50 μ 以下の小型介在物をさらに減少させる必要があり, これには溶製段階での高浄化, 高純化技術をはじめタンディッシュやノズル耐火物の基本的特性の研究が必要となる (吉井, 渡部, 宮原)。

(2) 介在物の無害化

Ca, RE 添加, あるいは脱酸系の変更により, 材質に悪影響をおよぼさないような形態制御が重要となる。こ

れには一次、二次脱酸生成物の挙動や圧延時の変形能に関する基礎研究も重要となる(竹内, 吉井)。

### (3) 鋳型での介在物浮上対策の推進

垂直部の効果, ノズル形状改善などは今後も引き続き研究されねばならないが, より積極的手段として鋳型内電磁攪拌技術の適用も重要である(若杉, 竹内)。

### (4) 浸漬ノズル内面付着酸化物の減少

介在物起源の中で残された最大の課題との受けとめ方があり, その付着機構および付着防止技術が重要である(宮原, 若杉)。

### (5) 介在物の定量化と検査法

すでに述べたように, 今回の討論会でもつとも強調された課題の一つであり, 製鋼鑄造工程に近い段階での有効な手法の開発が待たれる(全員)。

最後に特別なコメントから示唆に富んだ意見が述べられた。坂尾教授からは介在物の特性とその制御要因の関係から, 今後の研究および技術のアプローチについて貴重な指摘がなされた。とくに脱酸方法の改善および溶鋼と耐火物との反応性に関する重要性が強調され, またそのベースとなるものは信頼性の高い計測技術であると述べられた。飯田博士からは長年の製造現場での経験をもとにした個性あふれるユニークな指摘がなされた。とくに個々の介在物減少技術もさることながら, 工程全般にわたる管理技術の重要性を強調され, また対策技術が経済的プロセスでなければならないことも忘れてはならないとの指摘があつた。その意味からも今後は脱ガスの見直し, タンディッシュ堰の改善, 垂直部の有効性の認識などについてのアプローチが必要であると述べられた。

なお当日の多数の参加者からも活発な意見, 質問があつたが, 討論時間の関係で十分な議論ができなかつた。なかでも特殊鋼の介在物との比較論, 弱脱酸鋼の製造技術, 垂直部の有効性などについては, 次の機会にぜひとも討論を続けるべき問題との印象を受けた。

以上, 討論会の主要点についての概要を述べたが, 連続鑄造の導入当初に比べ介在物量が格段に減少し, 従来考えられなかつたほどの高度の品質要求までも満たす状態にあることを思うと今昔の感がある。しかし今後に残された課題もきわめて重要で, より一層の研究, 開発を続け, わが国の連鑄技術の進歩に寄与することを願うものである。

## III. 大型形鋼への連鑄素材の活用

座長 川崎製鉄(株)水島製鉄所  
柳 沢 忠 昭

日本鉄鋼業においては, 省エネルギー, 省資源, 省工程などの観点から, これまでの造塊・分塊にかわるプロセスとして連続鑄造が我が国に導入されて後, その設備と操業技術は著しく進歩した。特に石油危機後は, コス

トダウンの有力な手段として各社とも連鑄比率を向上させて大きな成果をあげて来た。第 1 次石油危機の 1973 年における連鑄比率は 20.7% であつたが, 昨 1980 年は 60.7% に達し, さらに本年度以後も多数の連鑄機の新設が計画されている。

さて, H形鋼を始めとする形鋼の製造においても, 小型サイズのものには連鑄ブルームを用いることにより, いち早く連鑄化が進んだが, 大型形鋼は容易に連鑄化が進展しない分野であつた。しかし, ビームブランク連鑄機の導入や, 連鑄スラグからの大型H形鋼圧延技術の開発によつて, 最近連鑄化が急速に進んで来ている。鉄鋼協会共同研究会第 33 回大形分科会資料によると, 昨年 10~12 月の高炉 4 社の H 形鋼連鑄比は 49.6% となつており, これは連鑄材を圧延で作り分ける技術の開発に負うところが大きい。

今回のテーマである「大型形鋼への連鑄素材の活用」はそれら最近の圧延技術に焦点を合わせたものとなつている。

討論会には大型形鋼メーカーの主力製鉄所から 4 件の研究成果が発表され, 多数の参加者を得て, 終始活発な討議が行われた。以下に講演内容と討論の要点を述べる。

### 討 12 フランジ幅広げ圧延法の連鑄材への適用

日本鋼管(株)福山製鉄所 森岡清孝

本年 5 月にブルーム・ビームブランク兼用連鑄機を稼働させ, 歩留りなどの観点から, このビームブランクを適用する大型H形鋼のサイズ拡大を図つている。これを支える技術として, 前段の粗ユニバーサルミルに組み入れた凸状垂直ロール圧延でフランジ足先近傍の肉厚を残し, 後段の粗ユニバーサルミル垂直ロールで圧下するフランジ幅広げ圧延がフランジ幅の大きいH形鋼圧延に有効であるとしている。またウェブ高さの大きいH形鋼を圧延するための, ブレイクダウンミルでのウェブ高さ拡大圧延における材料のセンタリング性は, 材料のウェブ厚さと, 材料とロールとの接触開始時のカリバーのウェブ位置に関係するとしている。さらに, スラブからのH形鋼圧延に上記のフランジ幅広げ圧延法を適用することにより, 製品幅とほぼ等しい厚さのスラブから大型H形鋼を能率よく製造できると述べた。

これに対して, 凸状垂直ロールによるフランジ幅広げ圧延パススケジュールの考え方, 適用サイズおよび圧延疵について質問があり, 後段のユニバーサルミルの初パス以外は従来と同じパススケジュールを使つており, 適用サイズは H400×400 で疵の問題はないと回答した。

### 討 13 連鑄スラブからのH形鋼製造方法

住友金属(株)中央技術研究所 林 千博

従来の造塊・分塊プロセスで製造するセミキルド鋼のビームブランクは製鋼原因による線状疵, 分塊圧延による折れ込み疵などの発生によつて素材手入れ率が高い上