

# 高炉情報測定・解析システム「3D-VENUS」



## センサー情報を統合し、 高炉内の状況を3次元・秒単位で可視化

現在新日鉄では、高炉の大型化による生産性とコスト競争力向上を目指している。2007年、高炉操業の安定化を支援する操業管理技術として、高炉内部の状態を3次元かつリアルタイム（秒単位）に解析する「3D-VENUS」を開発した。同技術は、2007年4月に改修を行った名古屋製鉄所第1高炉で初めて採用され、今後、全国の各製鉄所への導入が予定されている。本企画では、その開発経緯や導入メリット、今後の展開・可能性について紹介する。

### 大型高炉の操業安定化に寄与する システム開発

高炉は、鉄鉱石とコークスを高温下で化学反応させ、鉄鉱石に含まれる酸素を除去（還元）して鉄を取り出す装置だ。高さ約40m、テニスコートほどの炉底面積を持つ徳利形の反応容器から作られる銑鉄の量は、1日で自動車1万台分に相当する約1万トンを超える。

高炉での生産効率を高めるためには、炉内の鉄鉱石やコークスの充填状況を把握して、鉄を還元するときに必要な還元・溶融を促すガスの「通気」を最適な状態にしなければならない。特に現在は、原料費が高騰しており、従来に比べて安価で劣質な燃料を多く使用することが求められているため、効率よく銑鉄を生産し、操業の安定・継続につながる操業支援システムの開発に大きな期待が寄せられている。

高炉内部を実際に「見る」ことはできないため、新日鉄では従来から、炉体のステープ（冷却装置）に設置した温度センサー（約500個）と、装入物の充填状況、ガスの流れを検知するシャフト圧力センサー（約20個）により、炉内の状況をデータ化していた。しかし高炉内部は固形物の分布が不

均一なため、炉内の状況を精緻に把握することが難しかった（図1）。

今回開発した「3D-VENUS」は、高炉表面に設置されたセンサーから、温度や圧力、ガスの分布状況を1秒単位で計測し、3次元画面で再現する技術だ。従来の2次元システムに比べ、情報の精度が高まり、操業オペレーターの判断に基づく大型高炉の操業安定化に大きく寄与するものと期待されている。

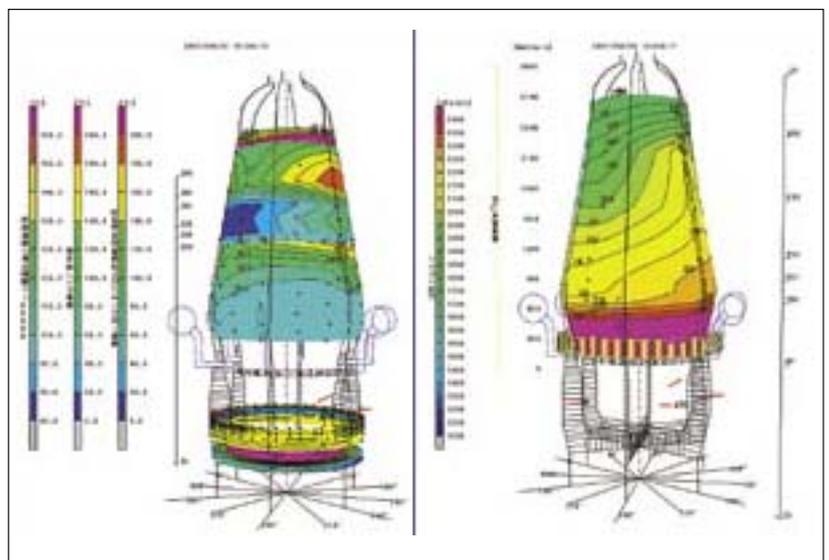
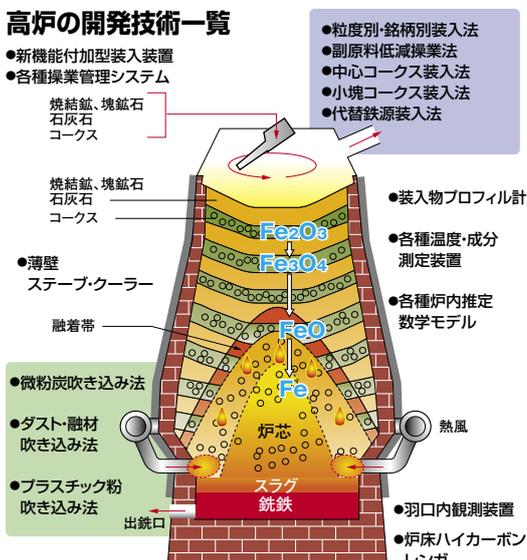
### 多彩な要素技術を組み合わせ 「秒単位の3D化」を実現

新日鉄はすでに2004年に、センサーデータを平面的に表す「2次元VENUS」の開発に成功しており、今回誕生した「3D-VENUS」の基盤技術となっている。2005年から始まった「3D-VENUS」の開発は、「秒単位での3次元データ化」への挑戦だった。開発の主導的な役割を担った技術開発本部環境・プロセス研究開発センター製銑研究開発部主幹研究員の松崎真六は語る。

「秒にこだわったのは、高炉内のガスの流れや還元反応が刻々と変化する状況で、異常が発生したときに、秒単位

図1 高炉内部のメカニズム

写真1 3D-VENUSの画面



で変化を見ることができないと即応できないからです」

開発の際にまずポイントとなったのが、画像化の前提となるデータの取り込み方法だ。環境・プロセス研究開発センターシステム制御技術部システム制御技術グループマネジャーの伊藤雅浩は語る。

「センサーの位置や数は、各高炉によって異なります。当社の全高炉に対応できるシステムをつくるため、データファイルと併せてセンサー位置などの一覧ファイルを作成し、さまざまな使用環境に順応する汎用システムの開発を目指しました」

「システムを構成する段階では、まず正方格子状に配置されていない各センサー情報を等高線で描くプログラムを自社開発するとともに、秒単位でのデータ処理を行い、空間・時間的変化を精緻にとらえる技術を確立しました。また併せて、異常などが発生したときに、過去の同様の事例を検索できる『過去事例検索技術 (LOM)』を設定した高炉操業ガイダンスシステムを開発して、類似事例の検索精度を飛躍的に向上させました。一方、3次元描画は、『OpenGL (グラフィック処理用のプログラミング・インターフェース)』によって通常のPC端末で高速描画ができるようにするとともに、等高線の描画にテレビゲームのプログラミングに使われる技術を転用して炉内の状態変化をカラーで一目でわかるようにしました(写真1)」と、日鉄プラント設計(株) シミュレーションエンジニアリング・ソリューション部の石田崇は語る。

「“秒単位の3D化”に必要な各要素技術を組み合わせた膨大なシミュレーションを重ね、最終的に、データ収集から内部処理、描画までを1秒以内に行えるシステム開発に成功しました」(松崎)。



技術開発本部  
環境・プロセス研究開発センター  
製鉄研究開発部主幹研究員  
松崎 眞六



技術開発本部  
環境・プロセス研究開発センター  
システム制御技術部  
システム制御技術グループマネジャー  
伊藤 雅浩

写真2 名古屋製鉄所での活用風景



## 実機での経験をもとに さらなる信頼性向上を目指す

改修される名古屋製鉄所第1高炉への導入が決定してからは、総合技術センター (RE) 内や実機で性能検証を実施し、そこで生じたさまざまな課題の解決に取り組んだ。24時間365日の連続稼働に順応するシステムの信頼性向上を目指し、データの自動復旧・バックアップ機能や監視機能 (アラーム発信) を整備し、保守性の高いシステムを構築した(写真2)。

「仕様検討やテストを急ピッチで行いましたが、2007年4月の火入れまで約1年という短工期の中で品質維持に苦勞しました。実稼働後も、現場からの改善要求に粘り強く応え、本技術の信頼性を高めていきました」と、システム制御技術部システム制御技術グループの河原健次と米倉秀春は振り返る。

また、プログラム構造を工夫し柔軟性を持たせることで、他の製鉄所への導入を容易にした。今後、各製鉄所の高炉定期改修に合わせて全国展開する予定で、第2弾は、2008年の改修後に世界最大級となる大分製鉄所第1高炉への導入が決定している。

今後も「3D-VENUS」の進化は続く。

「夢は高炉の完全自動制御ですが、それに近づくために、数億個を超える炉内粒子の動きを把握するシミュレーションモデルを駆使して、炉表面から遠い内部の状況を精密に描画できる新たなシステム開発に取り組みたいです」(松崎)。

## 高炉内のイメージを共通化して 安定操業を目指す

名古屋製鉄所製鉄工場高炉課マネジャー 江中 崇

1分周期のデータ収集・描画を行う従来の2次元システムも安定操業に寄与していましたが、今回の開発によって、高炉内の状況把握がさらに容易になるとともに、現象メカニズムの解明が進展すると期待しています。名古屋製鉄所第1高炉では、オペレーターが従来から見慣れている温度・圧力などの2次元データも同じ画面で確認できるマルチウィンドウにしており、従来画面と比較しながら3D画面を見ることで、新たなシステムに着実に適応しつつあります。

「見える化」の目的は見るだけでなく、そこから現象を把握・予測することにあります。3D-VENUSは各オペレーターが持つ高炉内のイメージを共通化する強力なツールであり、技能伝承や人材育成にも役立つと考えています。稼働後のデータ蓄積がまだ少ない状況ですが、操業オペレーターと技術スタッフで定期的に開催している「操業検討会」などを通して、3D-VENUSを最大限に活用していきたいと思っています。

