

# JFE スチールにおける計測制御技術の進歩 Progress of Instrumentation and Control Technology in JFE Steel

浅野 一哉 ASANO Kazuya JFE スチール スチール研究所 主席研究員・博士(工学)  
飯塚 幸理 IIZUKA Yukihiro JFE スチール スチール研究所 計測制御研究部長・博士(工学)

## 要旨

高品長

## 1. はじめに

鉄鋼業が多品種少ロット生産の時代になって久しく、お客様の多様なご要求にお応えすべく高品質の製品を必要に応じて必要な量だけお届けすることがますます重要になってきています。

生産計画・物流計画技術のレベルアップが強く求められるようになっており、種々の技術開発を進めてきた。

生産計画・物流計画については JFE 技報 No. 28 に販売・生産・物流一貫管理技術特集号<sup>1,2)</sup> が組まれているため、それを参照していただくこととし、本稿では計測と制御の技術の進歩について述べる。

## 2. 計測制御技術を取り巻く潮流と技術動向

JFE スチール発足後 10 年が経過した。この間の計測制御技術を取り巻く潮流と技術動向について振り返ってみたい。

JFE グループ誕生（川崎製鉄と NKK の統合）前の川崎製鉄技報 Vol. 31 No. 1（1991 年発行）に、「計測・制御研究 10 年の歩み<sup>3)</sup>」が掲載されている。当時は薄板を中心とす

る高付加価値製品の生産比率増大、熱間圧延、連続焼鈍、ステンレス鋼製造ライム像処理装置の高速化などにより、より

高性能なオンライン計測のための開発環境が整備された。また、鉄鋼プロセス特有の悪環境下での測定や製品特性変動が測定に及ぼす影響を低減するための計測のロバスト化も指向され、複合化・融合化計測、知能化技術の適用が行なわれた。制御では、ロバスト制御をはじめとする最新の制御理論やいわゆる FAN（ファジィ制御、人工知能、ニューラルネットワーク）などの基礎技術を実システムに適用しようとする機運が高まるとともに、その設計、解析のためのソフトウェアが充実して強力なツールとなり、アドバンスド制御の実プロセスへの適用が大きな潮流となった。このように、ハードウェアとソフトウェアの両面におけるシーズ技術の進歩に後押しされる形で新技術開発が行なわれたのが特徴であった。

一方、ここ 10 年間は大きな設備の新設は一段落し、既存の設備をいかに安定に稼働させ、高品質の製品を造り込むかに重点が置かれるようになった。さらには、お客様のニーズに対応した新製品開発の効率化やその安定製造、製造工

2014年9月13日受付

程で発生する CO<sub>2</sub> 削減やさらなる省エネルギーなど環境負荷低減のための制御技術開発が求められるようになった。

計測では、高精細 CCD (電荷結合素子)、フェーズドアレイ技術の発展に代表されるようにデバイスの高性能化、高密度化が一段と進むとともに、PC や専用プロセッサによる信号・画像処理が年を追って高速化しており、高速高分解能な多点・多元計測技術が適用可能となった。また、高機能材へのシフトにより、スペック・ギランティーからパフォーマンス・ギランティーに 乗

h : スペサ

”

用した  $S$

---

” t x  
” Wp

より精密な品質設計の達成と化した。これも制御技術の適用範囲の広がりを示すものである。  
別の例として、連続鋳造におけるモールド制御

また、複数プロセスの操業データの変動を同時に監視すれば、品質異常につながる要因を早期に検出できるようになるが、データ項目が膨大になり、要因ごとに管理範囲を設定する従来の管理方法では対応が困難である。そこで、多変量統計的プロセス管理 (Multivariate statistical process control, MSPC) を適用した薄鋼板品質操業管理システム<sup>30)</sup>を開発した。MSPC では、主成分分析を用いていくつかの統計量を算出し、その変動を監視することで異常検出能力を高めるとともに効率的な管理ができる。薄鋼板品質操業管理システムでは、製鋼、圧延、焼鈍などの工程を自動的に一貫管理ができるようになっており、品質安定化に貢献している。

#### 4.2.4 設備・操業のトラブルの予兆検出

設備や操業のトラブルは、製品品質の低下や生産の停止によるお客様へのデリバリー遅延につながるものであり、早期検出、できれば事前の予兆検出によるトラブル抑止が望ましく、そのためのセンサやシステムの開発に注力している。連続焼鈍炉における板破断予知技術<sup>31)</sup>では、正準相関分析とよばれる統計的手法を適用した。これにより、操業変数間の関係だけでなく長手方向の関係を抽出し、正常時の関係からの変化を監視することにより検出性能を高めることを可能とした。

コークス炉では、原料組成、乾留条件、炉壁性状などにより乾留後のコークスを押し出す際に要する力が変動する。極端な場合、通常の設定では押し出すことができなくなる恐れがあり、操業トラブルにつながる。それを防止するため、押し出性を予測するモデル<sup>32)</sup>の開発が行なわれている。操業データベースの項目から統計的手法によってモデルの説明変数を選択することにより実用的な押し出性予測式を得ている。

## 5. おわりに

この10年間のJFEスチールにおける計測制御技術の進歩を概括してきた。前述の論文<sup>3)</sup>では、今後求められるものとして、労働人口減少に伴う設備や検査の自動化、環境への配慮や設備長寿命化のためのプロセス状態監視・設備診断、高付加価値製品に対する材質計測、プロセス横断的な制御が挙げられており、これまでの技術開発はこれらのニーズにマッチしたものである。

今後は製品のさらなる高品質化、高強度化、高機能化に対応するため、計測制御技術に対するニーズも必然的に高まると予想される。このような製品の造り込み過程では、制御量を目標値に厳密に合わせることが求められ、そのためのプロセス計測技術および制御技術を一段とレベルアップする必要がある。また、個々の製品の製造工程を一貫で管理し、製造履歴をトレースする仕組みを用いて品質管理や造り込みを行なうにあたっては、膨大な操業データをハンドリング

する技術が必要となる。こうしたニーズに対応すべく、新たな計測制御技術の開発、実用化に取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- 1) 亀山恭一ほか・JFE スチールにおける販売・生産・物流一貫管理技術の歴史と展開・JFE 技報・2011, no. 28, p. 1-4.
- 2) 山口収ほか・生産計画・物流計画への最適化およびシミュレーション技術の応用・JFE 技報・2011, no. 28, p. 23-28.
- 3) 虎尾彰ほか・計昂報

実用化と全社展開 . JFE 技報 . 2015, no. 35, p. 8-13.

- 30) 茂森弘靖ほか . 多変量統計的プロセス管理による薄鋼板品質操業管理システム . CAMP-ISIJ . 2012, vol. 25, p. 1030.
- 31) 平田丈英ほか . 正準相関監視による CAL 板破断予知技術 . CAMP-ISIJ . 2010, vol. 23, p. 1050.
- 32) 橋本佳也ほか . コークス炉における押出性予測式の構築 . CAMP-ISIJ . 2014, vol. 27, p. 333.



浅野 一哉



飯塚 幸理