

# 安定操業・省エネルギー・環境保全を支える計測・制御システムソリューション

Instrumentation and Control System Solutions to Support Stable Operation, Energy Efficiency and Environmental Conservation

庄林 直樹 SHOBAYASHI Naoki

小出 哲也 KOIDE Tetsuya

稲村 康男 INAMURA Yasuo

操業の安定化や高度化、エネルギー効率の向上、環境保全などが、さまざまな分野に共通する顧客の課題となっている。これに対して、富士電機は、計測機器における60年以上の経験を生かし、計測・制御システムソリューションを提供している。鉄鋼業界では、製鉄所の安定操業、エネルギー運用の効率化、高品質製品の安定生産を支えている。化学、食品、医薬品業界では、多品種少量生産への対応、安全・安定操業、予防保全、製品製造記録の確保を支えている。また、清掃工場、ボイラ設備、セメント工場においては、安全・安定操業、環境対策などを支えている。

Stabilization and sophistication of operation, improvement of energy efficiency and environmental conservation are common issues shared by customers in various fields. To address these issues, Fuji Electric makes full use of its 60-plus years of experience with instrument to offer instrumentation and control system solutions. In the steel industry, they support stable operation of iron mills, improvement of energy management efficiency and stable production of high-quality products. In the chemical, food and pharmaceutical industries, they facilitate high-mix low-volume production, safe and stable operation, preventive maintenance and ensured product manufacturing records. In addition, they contribute to safe and stable operation and environmental measures in garbage processing plants, boiler facilities and cement plants.

## 1 まえがき

富士電機の計測・制御技術は、1951年に流量計やガス分析計といった計測機器の発売に始まり、受信計器・調節計器と組み合わせたパネル計装へ発展した。1963年には計測機器業界で初となる計算機による制御システムを納入し、1975年に富士電機で最初のDCS（Distributed Control System）を発売して現在に至り、60年以上の歴史がある。この間、“お客さまの課題は何か？ それを富士電機はどのように解決できるか？”を常に考えて、お客さまにその答えとしてのソリューションを計測・制御システムで実現してきた。具体的な課題には、操業の安定化や高度化、エネルギー効率の向上、環境保全といったことが挙げられる。

本稿では、鉄鋼、化学、食品、医薬品の各業界および燃焼プロセスにおいて、富士電機が提供してきたソリューションについて述べる。

## 2 鉄鋼業界における計装・計算機システムソリューション

富士電機は、製鉄から製鋼、圧延、そしてプロセスラインに至る鉄鋼プラント向けに数多くの計測・制御システムを納入し、製鉄所の安定操業、エネルギーの効率化および環境保全に貢献している。

### 2.1 取り巻く環境

鉄鋼業は、他の産業の原材料や建設用の資材として広く使われる重要な物資を生産する、わが国の代表的な基幹産業である。近年、中国の躍進や国内メーカーの統合・再編などの大きな環境変化に直面している。その中で、鉄鋼業

が今後も国際競争力を維持・強化し、さらなる飛躍を目指していくためには、国内需要を確実に取り込み、かつ海外の新たな需要を積極的に開拓するとともに、生産を効率化することが急務である。

### 2.2 業界が抱える課題と富士電機のソリューション

#### (1) 転炉の操業安定化

転炉の一部である転炉排ガス処理（OG：Oxygen Converter Gas Recovery System）設備を、図1に示す。OG設備では、転炉の精錬反応において発生する転炉ガス（LDG：Linz-Donawitz converter Gas）を、未燃状態でガスホルダに回収する。LDGは、COを主成分とした高温かつ粉じんが多い可燃性ガスであり、製鉄所内の各設備の燃料として活用される。OG設備では、大気の流れによる爆発、LDG吹出しによるエネルギー回収率の低下、および粉じんを含んだ有害ガスの漏えいによる環境汚染の問題がある。これらを防止するためには、外乱を最小限に抑制して、炉口圧力（P0）を一定に保つことが課題である。

富士電機は、この課題を解決するためにNCP0（New Control of P0）の計測・制御システムを提供している。NCP0は、最適制御（最適レギュレータ）に外乱パターン

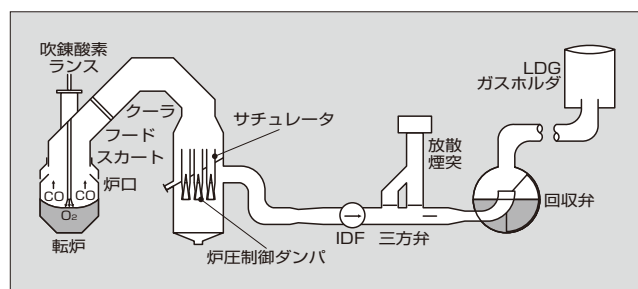


図1 OG設備の概要

判定およびハンチング検出などの適応制御を付加し、さらに炉内発生ガスの流量推定値を使ったフィードフォワード制御を組み合わせた制御方式である。これにより、外乱を抑制するための制御ゲインと各種パラメータの自動変更が可能となり、プロセスゲインや炉圧、炉内発生ガスの変化を最小限に抑制することができる。

(2) エネルギーの運用効率向上

製鉄所で使用する多種多様なエネルギーを大きく分けると、都市ガス・酸素・電力などの購入エネルギーと、副生ガス・蒸気・電力などの副生エネルギーになる。これらのエネルギーの最適運用により需要と供給をバランスさせ、無駄なエネルギーを削減することが、製鉄所のエネルギー管理において最も重要な課題となっている。

富士電機は、この課題を解決するために、需給予測（未来の見える化）と最適化（省エネ運転の実現）のソリューションパッケージ「鉄鋼 EMS パッケージ」(図 2)を提供している。

需給予測では、DCS からの実績データおよび MES (Manufacturing Execution System) からの稼働計画、ならびに生産計画データを基に、エネルギー変動の予測を行う。これにより、オペレータは数分前から数日先までのエネルギーの需要と供給を考慮して、省エネ運転を行うことが可能である。

また、最適化では、需給予測から求めた予測データ（工場、エネルギーごとのデータ）に対して、最新のメタヒューリスティクス最適化技術である PSO (Particle Swarm Optimization) 手法を使用し、エネルギーコストを最小化している。この PSO 手法では、収集した実績情報から、運用設備の最適な運転パターンを自動的に抽出することができる。想定外の運転をした場合や運転方法に変更が生じた場合などに対して、従来の手法では対応できなかったが、この手法により最適解を求めることができ、需要と供給をバランスさせて無駄なエネルギーを削減することができる。

(3) 高品質製品の安定生産

製鉄所全体の課題は、操業の安定化、製品の品質確保、エネルギー効率の向上などである。計算機制御システムには、品質情報のきめの細かい管理、収集した情報の正確な解析、およびシステム更新時のダウンタイムの最小化が求

められる。この課題を解決するために、富士電機は、品質情報管理システムや操業解析システムを提供している。

(a) 品質情報管理システム

鉄鋼のプロセスラインの品質情報管理システムにおいて、PDCS (Process Data Collection System) パッケージを提供している。このパッケージでは、製品コイルの長さ方向の製品品質データをライン内の各種センサから収集し、適切な分解能で管理する。このパッケージにより、コイルの製造時の状況が正確に記録され、操業を安定化するとともに製品の品質を確保することができる。

(b) 操業解析システム

PDCS で収集した操業実績データを解析することにより、品質に影響を与える操業因子を識別できる。富士電機は、生産の安定化に寄与する操業解析システムとして、次のシステムを提供している。

① ベイジアン解析システム

ベイジアン解析システムは、複雑な因果関係を条件付き確率で表す確率推論のアルゴリズムを使ったベイジアンネットワークを応用したものである。過去の操業実績データをこのシステムで解析することにより、品質に影響を与える製造工程の重要な要因を識別できる。

② 「MainGATE MSPC」

MainGATE MSPC は、単なる上下限值設定では検出できない異常を多変量解析手法を用いて検出し、品質に最も影響を与える要因を見つけて品質向上に結び付ける。

(c) 計算機更新の効率化

計算機システムは、既設のハードウェアの生産中止により、操業の安定化を図るための増強や改造が困難になることから、他の制御装置に比べて短い周期で更新する必要がある。

富士電機は、既設システムを新しいハードウェアへ更新する際に、新たな機能の搭載を容易にする仮想化技術を利用した更新技術を提供している。また、このシステムは動作試験を容易にする次の機能も実装しており、計算機更新の効率化に寄与している。

○ 新旧計算機の同時並列稼働機能

○ 新旧計算機の出力結果の比較機能

更新システムにより、更新コストと期間が従来に比べ

特集 産業・社会に貢献する計測・制御ソリューション

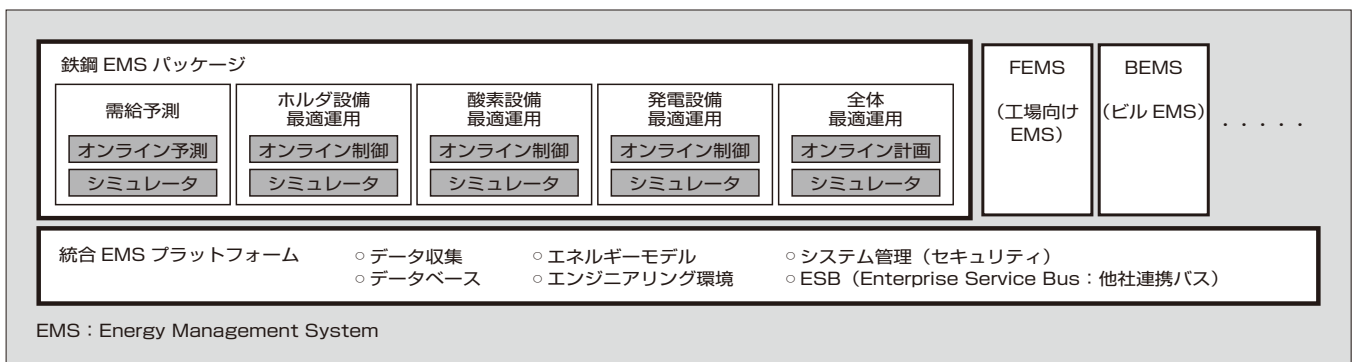


図2 鉄鋼 EMS パッケージ

て半減し、品質を確保しながら、かつ拡張性に富んだシステムに更新することができる。

### ③ 化学・食品・医薬品業界における計装システムソリューション

#### 3.1 取り巻く環境

化学、食品、医薬品などの業界は、われわれの生活に欠かせない製品を製造しているにもかかわらず、最近の原材料費の高騰、国内の少子高齢化や人口減による需要の低迷傾向、消費者のニーズの多様化など、取り巻く環境は厳しい状況にあり、いっそうの競争力強化が必要である。さらに、欧米における化学企業の再編により国際的に競争も激化している。

また、安全・安定操業が求められている中、国内の工場では、オペレータの高齢化や減少という問題が起きている。

#### 3.2 業界が抱える課題と富士電機のソリューション

化学、食品、医薬品の業界に共通する課題と、これを解決する富士電機のソリューションについて述べる。

##### (1) 多品種少量生産への対応

需要の低迷、ユーザニーズの多様化、および原料のコスト高への対策の一つとして、多品種少量生産を行っている。その中で、品種の追加や変更に対し、容易に対応できる生産システムを構築することが課題となる。

富士電機は、この課題を解決するために、多品種少量生産用のバッチ制御として、ISA S88 に準拠した銘柄管理システムを提供している。このシステムは、富士電機のDCSである「MICREX-NX」に搭載することができる。これにより、製品の銘柄追加や製品改良に伴うレシピの変更に対して、迅速かつ確に対応することができる。図3にMICREX-NXの銘柄管理機能の例を示す。

さらに、汎用のOAソフトウェア(Excel, Visio)<sup>(注1)</sup>を使ってソフトウェアを作成できるエンジニアリングツール「HEART」を開発した。これにより、仕様書とソフトウェアの一元管理やソフトウェアの内製化もでき、製品の改良に伴うランニングコストの低下と新製品投入を迅速に行う

ことができる。

##### (2) 安全・安定操業

従来、製品の安定供給を実現する安全・安定操業は、経験やスキルを持ったオペレータに頼っていた。今後の熟練オペレータの減少に対応するためには、安全の確保や操業の安定を機械やシステムで強化していくことが課題である。

近年、欧州が発端となって、機能安全や機械安全規格に基づいた新しい安全を確保する手法(安全設計、安全認証、安全マネジメント)で、コンポーネントや設備全体の安全を確保しようとする動きが活発化し、国内でも注目されつつある。

富士電機は、製造現場の安全を確保するため、安全計装システムを提供している。安全計装システムは、プラントの予期せぬ事故やトラブルから人や環境、設備を保護する。MICREX-NXの安全計装システムは、安全度水準のSIL3まで対応している。

安全計装システムを導入することにより安全に関わる異常が発生した際、設備に被害を与えることなくシャットダウンすることができる。これにより、設備のスムーズな再立上げが可能となり、安定操業にも貢献する。

##### (3) 予防保全

製造現場において、さまざまな問題に対する改善または予防活動が行われている。しかし、問題の兆候となる事象が表面化しない場合があり、これが突発的な故障や事故を引き起こすことがある。これらの表面化しない事象を予測、または推定し、故障や事故を予防することにより生産のダウンタイムを極小化することが課題である。

富士電機は、MainGATE MSPCの多変量解析手法により、単なる上下限設定では見つけられない異常を検出することができる。現場で発生するさまざまな事象の相関関係から問題の兆候を把握し、予防保全および事故の防止に寄与し、生産のダウンタイムを極小化する。

##### (4) 製品製造記録の確保

製品製造においては、製造過程の記録(トレーサビリティ)を確保し、それを活用し改善を行っていくことが重要な課題である。

富士電機は、MICREX-NXにより、工場における製造過程のトレーサビリティを確保するために、FDA 21 CFR Part 11<sup>(注2)</sup>をはじめとした、ER・ES<sup>(注3)</sup>に対応している。これにより、必要なデータの電子的な記録ができ、保存管理が容易となる。

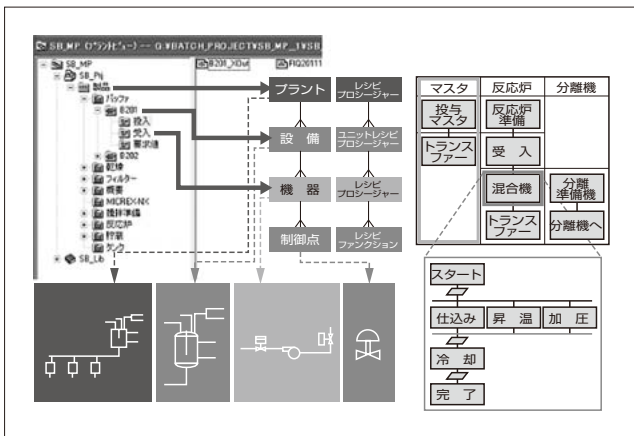


図3 「MICREX-NX」の銘柄管理機能例

〈注1〉 Excel, Visio : 米国 Microsoft Corp. の商標または登録商標  
 〈注2〉 FDA 21 CFR Part11 : アメリカ食品医薬品局 (FDA) が制定した規則。医薬品や食品の販売許可申請の際に使用する電子記録と電子署名について、順守するべき要件を規定している。  
 〈注3〉 ER・ES : 医薬品などの承認または許可などに係る申請などにおける電子記録および電子署名の利用についての規則

## ④ 燃焼プロセスにおける計装システムソリューション

清掃工場、ボイラ設備およびセメント工場の燃焼プロセスにおける計装システムソリューションについて述べる。

### 4.1 取り巻く環境

#### (a) 清掃工場

清掃工場は、公共性の非常に高い設備であり、一般廃棄物を安定かつ効率的に処理できることが求められている。また、環境問題対策や余熱エネルギーの活用などの社会的要請が高まっている。

#### (b) ボイラ設備

東日本大震災以降、電力供給・確保の重要性が再認識され、公共性の高い事業用火力発電所のボイラから工場内に熱源や電力を供給するための熱供給式火力ボイラに至るまで、安全かつ安定した運転の要求がますます高まっている。

#### (c) セメント工場

環境省の環境基本計画では、目指すべき社会を持続可能な社会としている。セメント業界においても、この目標に向かい、循環型の社会を目指し、地球温暖化対策や廃棄物・副産物の有効利用などの取り組みが求められている。

### 4.2 業界が抱える課題と富士電機のソリューション

#### (1) 安全・安定操業

工場や設備を安全・安定でかつ効率的・効果的に運用するための課題は、次のとおりである。

##### (a) 清掃工場

廃棄物を安定かつ効率的に処理するために、設備全体の稼働状態を的確に把握する必要がある。

##### (b) ボイラ設備

タービンなどの負荷に応じて、高温・高圧蒸気を速やかにかつ効果的に供給する必要がある。

##### (c) セメント工場

品質の良いセメント製品を各品種に対応して、安定して生産する必要がある。

富士電機では、これらを解決するために、安全・安定操業を実現する「MICREX-VieW XX」を提供している。その特徴を次に示す。

- 高速・高信頼化システム
- 操作性が格段に向上した最新のモニタ機能
- 計測、駆動、発電および EMS (Energy Management System)、ならびに FA (Factory Automation) から PA (Process Automation) まで、分野を横断したコンポーネントの統合 (高速制御から計測・制御までを同一のコンポーネントで実現)
- 高効率エンジニアリング機能
- グローバル対応
- 顧客の既設資産の継承

MICREX-VieW XX や制御パッケージを使用し、各燃焼プロセスでソリューションを展開している。

#### (a) 清掃工場

MICREX-VieW XX は、電気・計測・計算機統合システムを実現する。これにより、特高受変電設備から焼却炉、管理用計算機までの清掃工場全設備の稼働状態を的確に把握できる。その結果、工場全体の各設備について異常を早期に発見し、迅速な原因の除去および回復操作を行うことで、安全・安定操業を実現できる。

図 4 に、MICREX-VieW XX を使用した清掃工場のシステム構成例を示す。

#### (b) ボイラ設備

MICREX-VieW XX は、高速制御装置であるタービンガバナ制御装置と計測・制御システムであるボイラ制御装置を同一のコンポーネントで実現する。これにより、ボイラ制御とタービン制御の連携がより強まり、高度なボイラ・タービン協調制御が実現できる。その結果、ボイラは、タービンの負荷に応じてより速やかに、かつ効果的に安定した蒸気を送ることができる。

#### (c) セメント工場

富士電機は、セメント工場生産設備に対して、次に示す制御パッケージを提供している。これを活用することにより、品質の良いセメント製品を、さまざまな品種で安定して生産することができる。

- ① セメント製品の品種に応じた原料 (石灰石、副原料) の比率制御
- ② 蛍光 X 線分析計からの分析データに基づく原料調合補正制御
- ③ セメント製品の品種に応じたクリンカ、石こう、混合材の比率・切出し制御

#### (2) 環境対策と環境負荷軽減対策

社会的要請としての環境を保全するため、排ガス規制を順守する必要がある。また、CO<sub>2</sub>削減など、環境へのいっそうの負荷を軽減するための施策を実施することが課題である。

##### (a) 清掃工場

ごみ焼却の排ガスに含まれている有害な HCl を中和するために、濃度に合わせて消石灰を吹き込んでいる。富士電機は、この濃度を検出する装置としてレーザ方式ガス分析計を提供している。従来の赤外線式分析計は、排ガスを採取してから計測するまでに 2~3 分必要であったため、制御においてハンチングしないようにむだ時間制御やサンプル PI 制御で対処していた。これに対し、レーザ方式ガス分析計は 1~5 秒の高速で計測できるため、リアルタイム制御が可能になり、排ガスの HCl 濃度をさらに下げることができる。

##### (b) ボイラ設備

- ① 高速応答のレーザ方式 CO 分析計を使用した排ガス CO 制御、およびジルコニア O<sub>2</sub> 分析計を使用した排ガス O<sub>2</sub> 制御により排ガス熱損失を低減することができ、ボイラで消費する燃料を削減し、CO<sub>2</sub> の

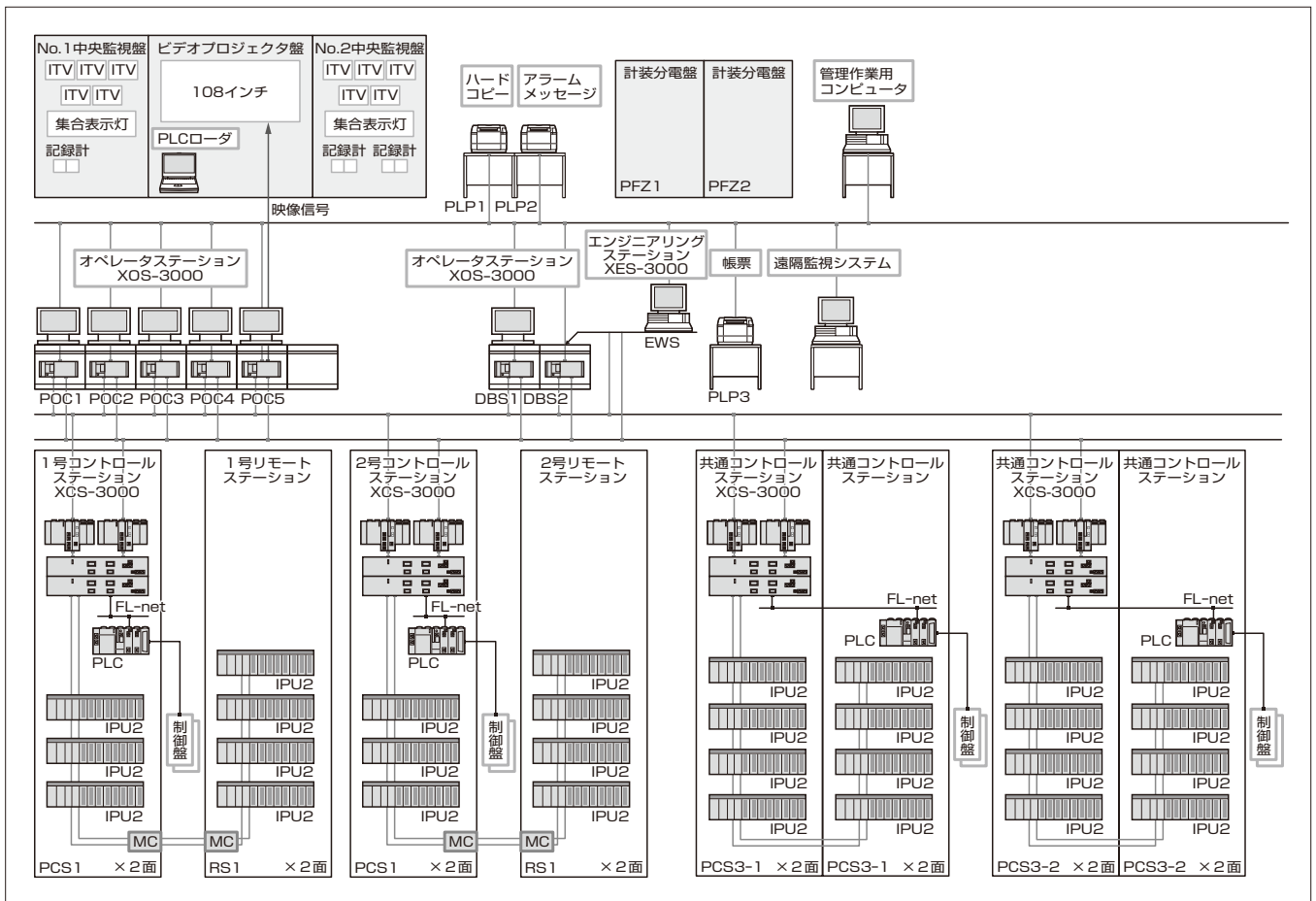


図4 清掃工場のシステムの構成例

発生量を削減する。

- ② 事業所から発生する副生ガスや副生油を燃料として使えるボイラにおいては、副生燃料発生量の予測やモデル予測による効率の高いボイラの自動選択(複数缶ある場合)、ならびに副生燃料を最適にかつ自動で増減させる制御により、最小限のコストで運転することができ、CO<sub>2</sub>削減に貢献する。

(c) セメント工場

セメント工場では、廃棄物を熱エネルギー源として、また、下水汚泥をセメント原料として積極的に利用することで、環境負荷の低減に貢献している。

しかし、廃棄物を燃料として使用する場合、廃棄物の成分の変動が大きく、排ガスなどの環境モニタリングが必要になる。これに対し、富士電機は、排ガス煙突部などに設置する高温・高ダスト用排ガス分析計を提供している。

5 あとがき

安定操業・省エネルギー・環境保全を支える計測・制御システムソリューションについて述べた。

富士電機は、これからもソフトウェアから重電機器までをワンストップで供給できる総合力を生かし、お客さまの安全・安定操業、コスト低減、環境対策に貢献していく所

存である。

参考文献

- (1) 鳴海克則ほか. 製鉄所のエネルギー管理を最適化する「鉄鋼EMSパッケージ」. 富士電機技報. 2013, vol.86, no.3, p.177-181.



庄林 直樹

食品、化学、石油、空港設備の計測制御システムのエンジニアリングに従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部産業計測システム技術部課長。



小出 哲也

鉄鋼分野の計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部産業計測システム技術部課長。



稲村 康男

エネルギー、原子力、清掃工場、窯業分野の計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社産業インフラ事業本部計測制御システム事業部産業計測システム技術部課長。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。