

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」

“Steel EMS Package” Optimizing Energy Management at Steelworks

鳴海 克則 NARUMI Katsunori

木村 隆之 KIMURA Takayuki

渡辺 拓也 WATANABE Takuya

製鉄所では“エネルギーセンター”を設置して、多種多量のエネルギーを一元的に管理し、省エネルギー（省エネ）、省力・動力設備の運転合理化および環境管理を総合的に推進している。

富士電機は、エネルギーセンターの基本機能である需給予測と最適化に重点を置き、複雑に絡み合う製鉄所内のエネルギー管理とエネルギーの運用効率を向上させてトータルエネルギーコストを削減するために、「鉄鋼 EMS パッケージ」を開発した。このパッケージは、数時間先や日間・月間のエネルギー変動を予測し、エネルギー生産設備の最適運用を行うことで、製鉄所全体の省エネに貢献する。

With the installation of an “energy center” and the central management of various types of large quantities of energy at a steelworks, a comprehensive approach to energy savings, increased operational efficiency of labor saving and motive power equipment, and environmental management is being promoted.

Focusing on supply-demand forecasting and optimization, which is a basic function of an energy center, Fuji Electric has developed a “Steel EMS Package” for improving energy management and operational efficiency, which are complexly intertwined within a steelworks. This package forecasts the energy fluctuation for several hours in advance or makes daily or monthly forecasts, and optimally operates the energy production equipment so as to contribute to energy saving throughout the steelworks.

1 まえがき

わが国のエネルギー総消費量の10%以上を占める鉄鋼業では、“省エネルギー対策”が、エネルギー・環境問題を解決する上での最重要課題として捉えられている。

製鉄所では、“24時間365日安定的に操業するため、エネルギーを的確に監視・制御すること”“使用するエネルギーのトータルコストを削減するために最も効率的に運用すること”が重要不可欠である。多種多量のエネルギーの一元管理を行い、省エネルギー（省エネ）、省力化・合理化および環境管理などを総合的に管理することを目的として、“エネルギーセンター”を設置して運用している。

富士電機がお客さまと共に世界に先駆けて構築してきたこのエネルギーセンターにおいて、エネルギー管理を最適化する「鉄鋼 EMS パッケージ」を開発した。

2 エネルギーセンター

2.1 エネルギーセンターの目的

エネルギーセンターの目的には、次の四つがある。

(1) エネルギーの安定供給

生産に必要なエネルギーは一定量ではなく、生産状況により大きく変動する。このため変動するエネルギー需要を常に監視し、的確に制御することが必要である。

(2) 省エネ

製鉄所内で、複雑に絡み合う購入エネルギー（ガス、酸素、電力など）と副生エネルギー（副生ガス、蒸気、電力など）の需要と供給をバランスさせ、最も効率的に運用することで無駄なエネルギーを削減することが重要な役割である。

(3) 省力化・合理化

エネルギー設備の監視・操作の一元管理を行うことや、エネルギー設備の運転の自動化が必要である。

(4) 環境管理

近年、環境問題が深刻化しており、多くのエネルギーを消費する製鉄所では環境に配慮した設備の導入など、CO₂の削減に積極的に取り組む必要がある。

2.2 エネルギーセンターの基本機能

図1に示すように五つの機能（生産・稼動計画、実績・設備監視、解析・診断、需給予測、最適化）をPDCAサイクルで回すことにより、エネルギーセンターの目的の達成を強力にサポートしている。

(1) 生産・稼動計画

生産計画や設備の稼動計画から、エネルギーの安定供給を行いつつ、最も省エネとなるエネルギーの配分計画を立案する。

(2) 実績・設備監視

オペレータは操業状態を確認し、生産計画と実績のずれや設備の稼動計画と実績のずれに基づいて、エネルギーの配分の見直しを行う。

(3) 解析・診断

工場や製品別にエネルギーの使用量や発生量などの実績を把握し、さらなる省エネの検討を行う。

(4) 需給予測

生産計画や設備の稼動計画からのずれを、実績情報を基に自動で判断し、工場や製品別にエネルギー使用量や発生量の実績を使って、数時間先や日間・月間のエネルギー変動を予測する。

(5) 最適化

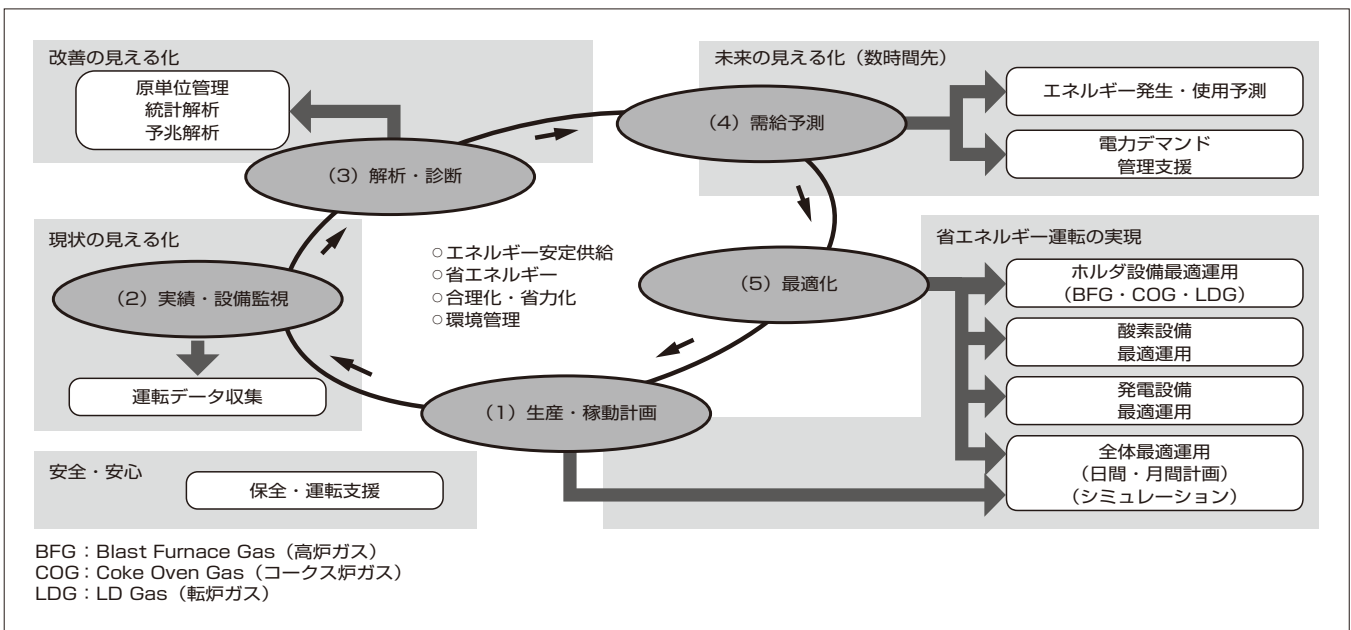


図1 エネルギーセンターの基本機能

エネルギーの予測データからエネルギー生産設備の最適運用計画を立案する。

3 鉄鋼 EMS パッケージ

従来は、顧客のニーズに合うようにエネルギーセンターの基本機能を一つ一つつなぎ合わせるような手法で構築していた。しかし、鉄鋼 EMS パッケージは、エネルギーセンターの基本機能の中で、特に重要な“需給予測”と“最適化（ホルダ設備・酸素設備・発電設備・全体）”の機能をさらに強化し、それぞれを統合 EMS プラットフォーム上で動作するパッケージである。必要なパッケージだけをインストールすることで、顧客のニーズに応じたシステムが構築できる。これにより、従来よりも簡単に各機能が実装でき、より柔軟かつ的確なシステムの提供が可能になった（図2）。

鉄鋼 EMS パッケージは、複雑に絡み合う製鉄所内で使用するエネルギーの運用効率をさらに向上させ、トータルエネルギーコストを最大限削減することができる。

統合 EMS プラットフォームは、鉄鋼だけでなく電力や

産業、店舗流通など各分野のエネルギーサプライチェーンに着目し、さまざまな現場ニーズに合った EMS 機能を迅速かつ廉価に提供するために開発されたものである。

4 需給予測による未来の見える化

需給予測は、鉄鋼 EMS パッケージにおける重要な基本機能の一つである。DCS (Distributed Control System) からの実績データと MES (Manufacturing Execution System) からの生産・稼動計画データを基にエネルギー変動（副生ガス発生量・負荷量、電力負荷量、蒸気負荷量など）を予測する。

オペレータは、エネルギー変動の見える化によって、先を見据えた運転が可能となり、省エネ運転できる。

4.1 予測機能

(1) エネルギー発生・使用予測機能

(a) 生産・稼動計画からのエネルギー予測

現場の運転状況と生産・稼動計画にずれが生じた場合は、計画の補正を自動で行うことで精度の高いエネルギー

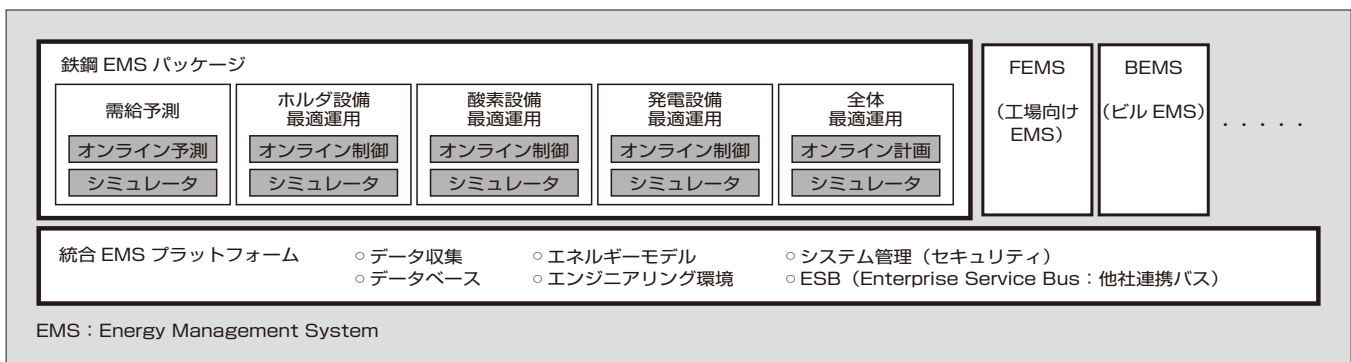


図2 「鉄鋼EMSパッケージ」

ギーの予測値を求めることができる。

(b) エネルギー原単位の作成

実績データから予測に必要なエネルギー原単位を自動で作成する。

(2) 電力デマンド管理支援機能

オペレータは、製鉄所内の各工場の電力使用量の監視を行い、契約値を超えそうな場合は警報を出力し、各工場に生産調整を依頼する。

また、電力会社からの受電量を監視し、契約値を超えそうな場合は、発電設備への出力調整や優先順位に従い工場の生産調整をガイダンスする。オペレータは、ガイダンスに従って該当する工場に生産調整を依頼する。

4.2 予測方式

(1) 稼働計画に基づく予測方式

MESの稼働計画とエネルギー原単位を基に工場やエネルギーの種別ごとのエネルギー需給予測を行う。また、MESの稼働計画と現場の運転状況を比較し、そのずれにより、稼働計画に補正を加える。

(2) 生産計画に基づく予測方式

MESの生産計画とエネルギー原単位を基に製品ごとのエネルギー需給予測を行う。また、MESの生産計画と現場の運転状況を比較し、そのずれによって生産計画に補正を加える。

5 最適化による省エネルギー運転の実現

最適化は、鉄鋼 EMS パッケージにおける最も重要な基本機能である。製鉄所に最適化を適用することにより、省エネ運転を実現している。需給予測から求めた予測データ(工場、エネルギー別のデータ)を基に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、製鉄所におけるエネルギーコストを最小化している。

最適運用は、製鉄所の中で省エネ効果が特に大きい、ホルダ設備、酸素設備、発電設備を対象とし、加えて全体最適運用(日間・月間計画)がある(図3)。

PSO 手法により、運用設備の最適な運転パターンを自

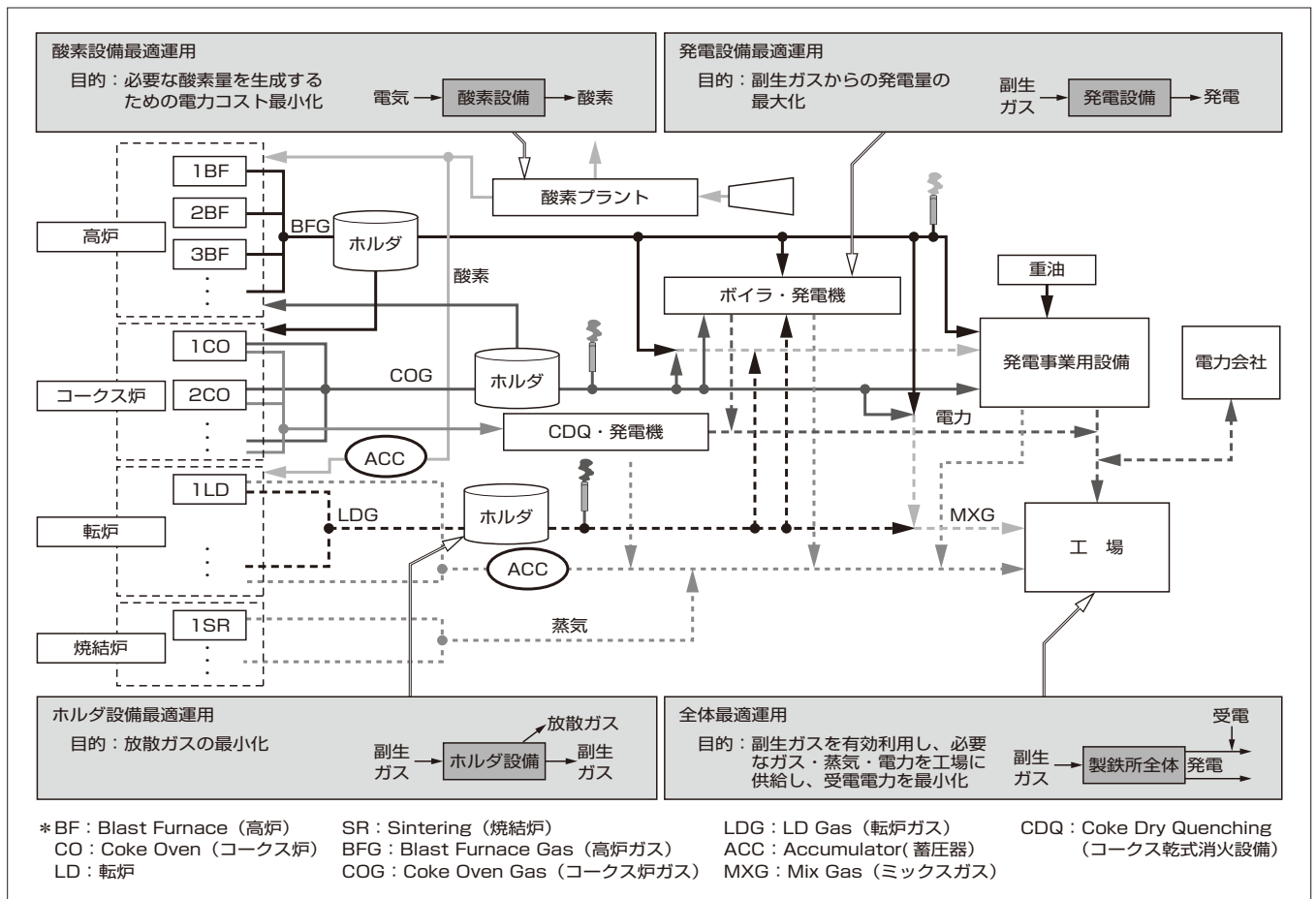


図3 製鉄所の省エネルギー最適運用

〈注〉エネルギー原単位:エネルギー効率を表す値である。製品(鋼)の単位生産量に必要な電力・熱(燃料)などのエネルギー量のことであり、一般に、省エネルギーの進捗状況を見る指標として使用される。

動的に抽出し、ロジックで作成した場合に実現できなかった設計外の運転や運転方法に変更が生じた場合なども最適解を求めることができる。設計外の運転とは、数式化できないあるいは複雑な数式になる場合、条件で数式が変わる場合および検証していない場合である。

5.1 ホルダ設備最適運用

製鉄所では、多量に発生する副生ガスをホルダに貯蔵し、エネルギー源として利用している。副生ガスのうち、高炉から発生するBFG（高炉ガス）やコークス炉から発生するCOG（コークス炉ガス）は発電用の燃料に、転炉から発生するLDG（転炉ガス）は熱風炉・焼結炉などの燃料として使用されている。最適運用では、この副生ガスの使用先を指示し、ガスの放散量を極力少なくすることでガスの回収効率を高めている。

ガスの回収が増加した分、発電所の購入燃料などが削減できるため、さらなる省エネが実現できる。効果試算では、放散量の90%削減を見込んでいる。

(1) COG・BFGホルダの最適運用

4.2節(1)で述べた稼動計画に基づく予測方式で求めたCOGやBFGの発生予測と使用予測を基に最適運用計画を作成し、放散量が最小となるように払出し量を決定する。3時間先まで5分間隔で予測できる。

(2) LDGホルダの最適運用

4.2節(2)で述べた生産計画に基づく予測方式で求めたLDGの発生予測と使用予測を基に最適運用計画を作成し、放散量・払出し量変動が最小となるように払出し量を決定する。3時間先まで1分間隔で予測できる。ホルダ設備の最適運用の画面例を図4に示す。

5.2 酸素設備最適運用

酸素設備では大気から酸素を取り出して酸素ホルダに蓄え、必要に応じて製鉄所内に送る。最適運用では、予測した必要な酸素量から消費電力を最小化することで省エネを実現している。8時間先まで5分間隔で予測できる。酸素設備最適運用の画面例を図5に示す。

効果の試算では、酸素設備の消費エネルギーは、2.8%

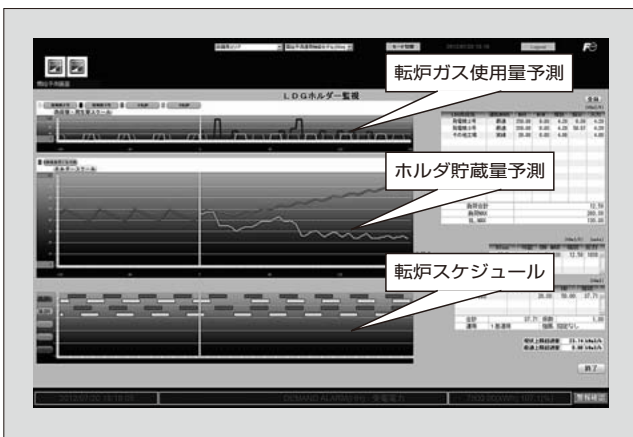


図4 ホルダ設備最適運用の画面例

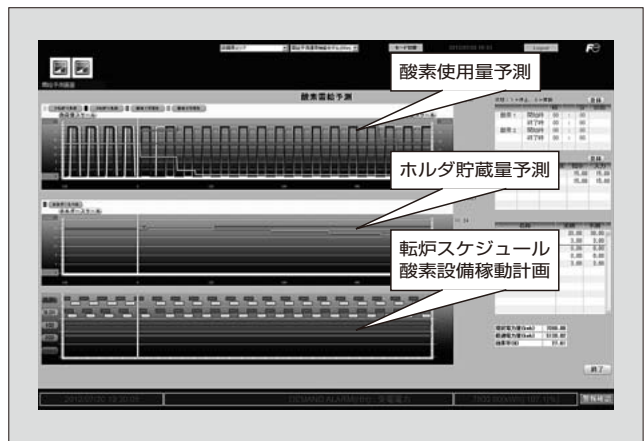


図5 酸素設備最適運用の画面例

削減（年）を見込んでいる。

5.3 発電設備最適運用

製鉄所の各設備を稼動するためには電力が不可欠である。電力は電力会社から購入しているが、製鉄所内の副生ガスを利用した発電設備で電力を賄っている製鉄所もある。最適運用では、複数の発電設備の効率の違いを把握し、副生ガスから最大発電量を得るためのボイラ用燃料の配分やタービン用蒸気の配分を行い、購入電力を最小化することで省エネを実現している。3時間先まで5分間隔で予測できる。発電設備最適運用の画面例を図6に示す。

効果の試算では、発電量2.0%増加（年）を見込んでおり、この分が購入発電量の削減につながる。

5.4 全体最適運用（日間・月間計画）

最適運用では、1日の運用コストを最小化することで省エネを実現している。これは、各種エネルギーの発生・使用予測を基に、製鉄所内で必要なエネルギーの需要を満たしながら、3種類の副生ガス、電気、蒸気に対して30分間隔で1日分の最適配分計画を行う。同様に1か月分の最適配分計画を行うことで、1か月の運用コストの最小化も実現している。温室効果ガスの排出量を最小化するように、各エネルギー設備の運用バランスの最適化も行う。

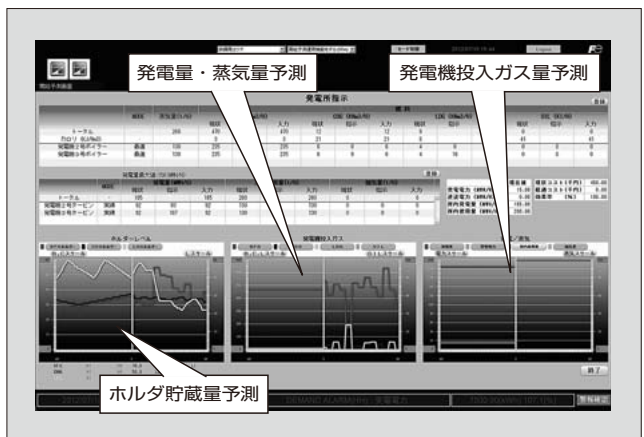


図6 発電設備最適運用の画面例

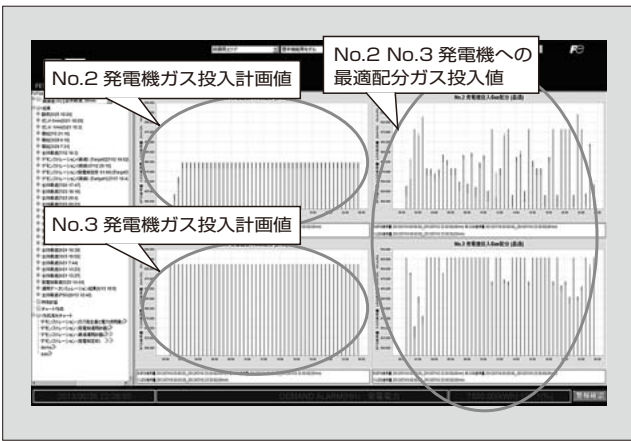


図7 シミュレーション画面例

また、エネルギー設備運用のケーススタディーのためのシミュレーション環境も実装しており、現状の運転を続けた場合と最適化後の運用結果をシミュレーションで比較できる。図7の画面例は、発電機へのガス投入計画と製鉄所内の各種エネルギーの発生・使用予測から最適配分のシミュレーションを行った結果である。効果の試算では、電力購入費用3.5%削減(年)を見込んでいる。

6 あとがき

本稿では、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」について述べた。エネルギーセンターの運用に関する長年の経験を生かして、最先端の制御技術、ソフトウェア技術を用い、最適化により省エネルギーを実現できるEMSである。エネルギーの消費量を予測し、無駄のない効率的なエネルギー運用を図り、エネルギーコス

トおよび最終的には生産コストを下げることで、お客さまの期待に応じていく所存である。

参考文献

- (1) 堀口浩ほか. 統合エネルギーマネジメントシステムプラットフォーム. 富士時報. 2011, vol.84, no3, p.214-218.
- (2) 福山良和. メタヒューリスティック手法の電力・エネルギー分野への適用. 電気学会論文誌B.2004, vol.124, no.5, p.679-682.
- (3) Kennedy, J. and Eberhart, R. Particle Swarm Optimization, Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 1995, vol. IV, p.1942-1948.



鳴海 克則

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部担当課長。



木村 隆之

鉄鋼分野向けエネルギー管理計算機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東京事業所システム技術センターエネルギーシステム部主任。



渡辺 拓也

主に数値アルゴリズムを利用したエネルギーマネジメントに関する研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所制御技術開発センター需要家ソリューション開発部主任。電気学会会員。



*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。