

災害時BCP・コミュニティ連携をめざした スマートファクトリー構想

Smart Factory Design for Business Continuity Plan and Community Involvement

稲田 和広

Inada Kazuhiro

森田 和信

Morita Kazunobu

吉岡 正博

Yoshioka Masahiro

低炭素社会の構築に向けて再生可能エネルギーや省エネルギー設備の導入が進む中、東日本大震災を機に、各企業の製造工場では平常時と災害時の双方を考慮した対策が求められている。その実現には、エネルギーベストミックスによる省エネルギー化と、不安定な再生可能エネルギー利用下での製造設備安定稼働が不可欠である。

日立グループは、このような「スマートファクトリー構想」の第一歩として、日立製作所情報制御システム社大みか事業所において、製造系システムと用役系システムを融合したFEMS（工場エネルギー管理システム）の導入を開始した。さらに、災害時における製造工場の操業継続と周辺地域の生活継続を見据え、コミュニティと連携したBCP（事業継続計画）の立案に取り組んでいる。

1. はじめに

世界的なCO₂排出量の増加に伴い、CO₂排出量削減対策の中核として低炭素化社会構築が加速された。この状況を背景に、再生可能エネルギーへの期待が拡大し、個人・事業者を問わず、太陽光発電などの省エネルギー設備の導入が進んでいる。

そのような中、2011年に発生した東日本大震災を機に、単なる「省エネルギー」ではなく、次に示す新たな視点が必要となってきた。

- (1) 平常時における電力制限に対するピークシフト／ピークカット
- (2) 災害時におけるエネルギー供給持続

高効率・低コストな生産活動をめざす各企業の製造工場においては、BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）という観点からもこれらは重要なファクターとなっている。また、大量にエネルギーを消費する製造工場でのエネルギー施策は、単に自工場で閉じずに、周辺地域との連携を考慮することが重要となっている。

ここでは、製造工場における災害時BCP・コミュニティ連携をめざしたエネルギーマネジメントであるスマートファクトリー構想について述べる。

2. スマートファクトリーコンセプト

製造工場エネルギーマネジメントを地域（コミュニティ）連携に広げることは、近年、世界各国で取り組みが進んでいるスマートシティの一角として機能させることにつながる。

2.1 スマートシティでの位置づけ

スマートシティでは、社会インフラとさまざまな生活サービスがIT（Information Technology）でつながり、環境配慮と生活者の安心・快適をバランスさせながら成長を続けることが期待される。

さらに、災害時には、行政、住民、そして企業とも連携・協調しながらインフラシステムが状況に応じて柔軟に機能し続けることが求められる。

したがって、スマートシティにおいて製造工場（企業）に求められる要件は以下の四つとなる。

- (1) 都市IT基盤との接続とインフラ情報送配信
- (2) 環境に配慮したエネルギー消費活動
- (3) 生活者への安心・快適さの提供
- (4) 災害時の各種インフラ提供

2.2 スマートファクトリーコンセプト

都市IT基盤との接続という要件と合わせ、より高度なエネルギーマネジメントを実現するには、製造設備・現場の製造系システムと電力・熱・水といった用役系システムを融合したFEMS（Factory Energy Management System：工場エネルギー管理システム）が必要となる。

製造系では、MES (Manufacturing Execution System : 製造実行システム)、WMS (Warehouse Management System : 倉庫管理システム) など「見える化」された製造情報によってむだの排除を図り、高効率製造をめざす。

FEMSは、製造系の生産計画、需要予測情報を基に、工場内エネルギー消費原単位が最小化するように使用される各エネルギーの需要・供給を制御する。具体的には、エネルギーベストミックスによる省エネルギー化と、不安定な再生可能エネルギー利用下での製造設備安定稼働を実現する。

これら生産計画とエネルギー供給計画の統合・連携管理により、製造・エネルギー全体最適をめざすのがスマートファクトリーコンセプトである(図1参照)。

3. 省エネルギーアプローチ

電力制限下で安定的に製造継続するには自家発電設備が必要であるが、省エネルギー、CO₂排出量抑制の観点から、再生可能エネルギーの導入が重要となる。

3.1 エネルギーベストミックス

化石燃料を消費しない、また、CO₂を排出しないという観点から、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの導入は必須アイテムとなるが、再生可能エネルギーの発電量は天候や気候に大きく影響を受ける。これに対応し、ガスエンジン発電など燃料系発電設備でベースロードを支え、再生可能エネルギー変動、需要側変動を蓄電池充放電で吸収する構成をとる。

また、災害時は再生可能エネルギー、蓄電池、燃料系発電設備で電力を確保するが、ガス・石油の備蓄や災害時の供給確保について考慮した計画とする。

3.2 電気・熱を合わせたハイブリッド総合エネルギー管理

製造工場用役系には冷温熱源の供給があるが、熱は必ずしも蓄熱槽を設けなくても配管・設備に蓄熱される。

次世代FEMSでは、電力だけでなく、これらの潜在蓄熱と廃熱発電など熱も含めた需給シミュレーションによるハイブリッド総合エネルギー管理をめざす(図2参照)。

災害時は電力主体の非常時管理体系に切り替える。

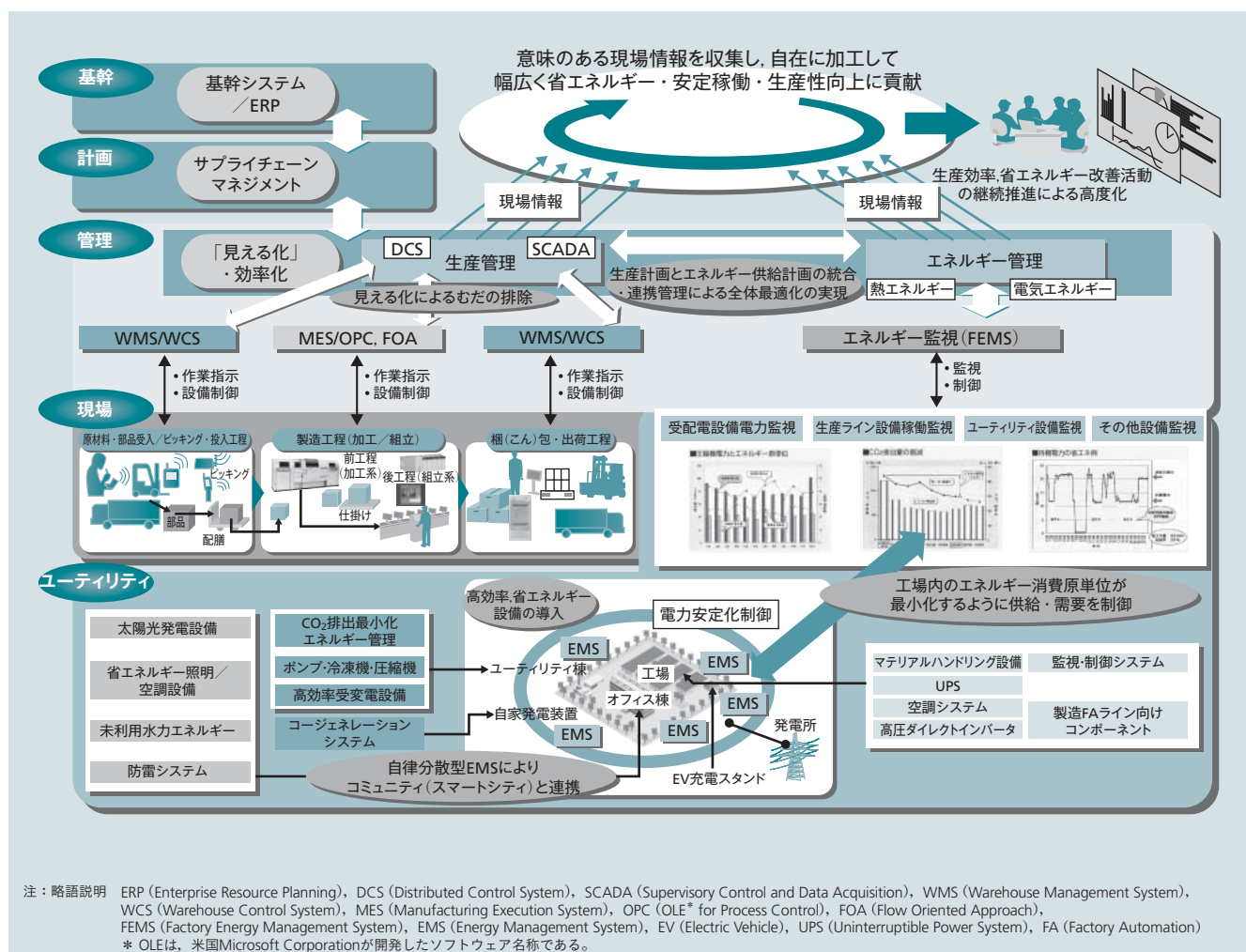


図1 | スマートファクトリーコンセプト

製造・エネルギー全体最適による省エネルギー、工場安定稼働、生産性向上をめざす。

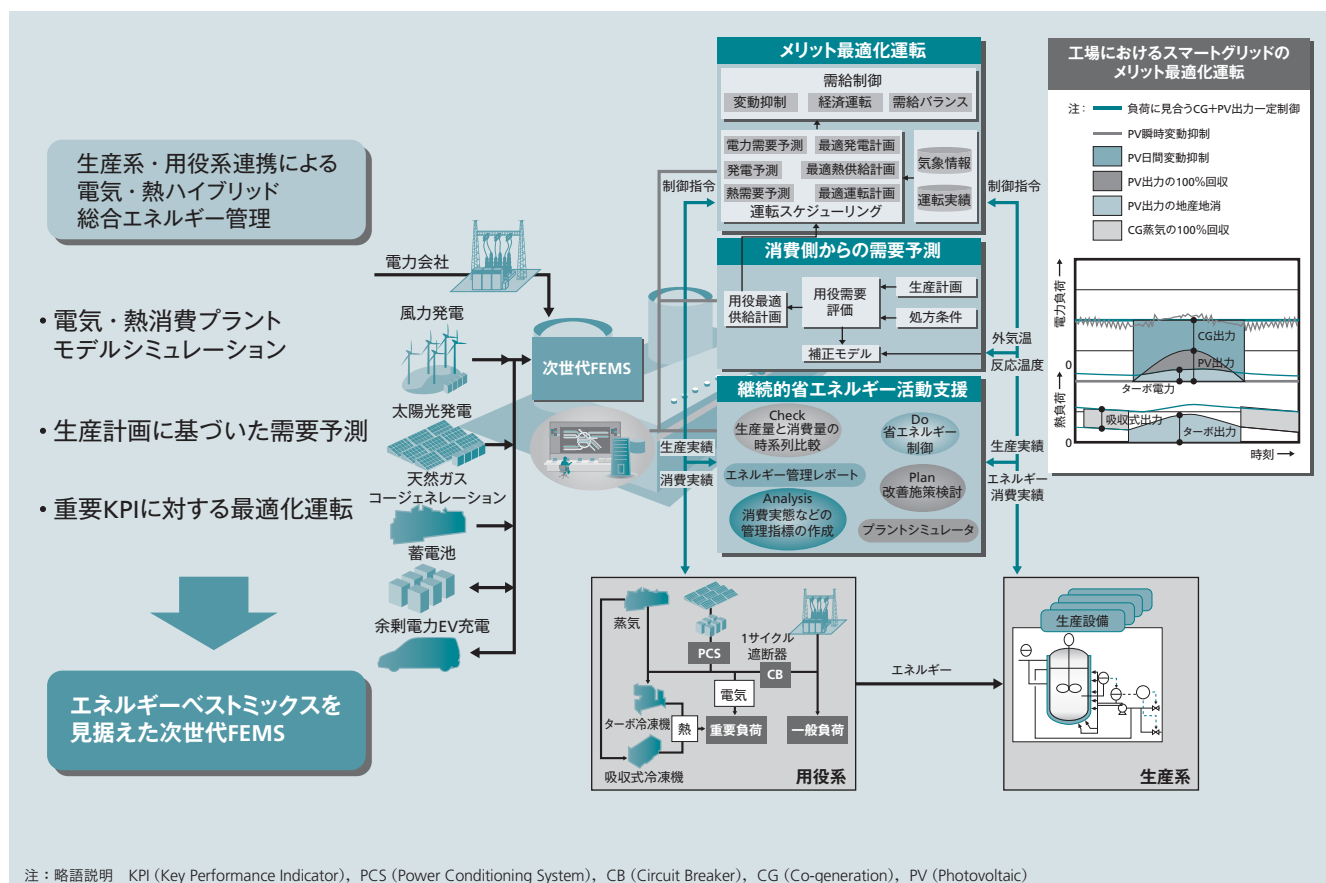


図2 | ハイブリッド総合エネルギー管理

電力だけでなく、熱も含めたエネルギー需給シミュレーションによる総合エネルギー管理を行う。

4. 安定稼働アプローチ

不安定な再生可能エネルギー利用下で製造設備を安定稼働させるため、需要・供給予測精度を上げ、設備稼働計画にフィードバックする確実なピークシフトが重要となる。

4.1 ピークシフト／ピークカット

エネルギー需要のピークをコントロールするうえで重要となる基盤環境・技術がある。

エネルギー需給の見える化環境、CO₂排出量・運転コストなどの重要KPI (Key Performance Indicator) の計算技術、需要予測・最適生産／運転計画・エネルギー供給予測などのシミュレーション技術である。

(1) エネルギー需給の見える化環境

平常時や災害時を問わず、エネルギー需給状況の把握がなければエネルギー監視制御はできない。そのため、需給全体を把握できるようセンシング網を設置する。

エネルギー管理システムは、当該設備・機器の稼働状況(稼働計画)に基づいた優先づけロジックにより、需要ピークが平滑化されるよう運転計画にフィードバックすることとなる。

また、ピークを超えないようにピークカットを実施するうえでは、単なるセンシングによる見える化だけでなく、

エネルギー管理システムからの指示によって電力供給を遠隔遮断することが可能なAMI (Advanced Metering Infrastructure)、遠隔操作機能付き機器を適宜配置する。

(2) 重要KPI計算

用役設備運転状況による原価計算、環境指数計算は、単純な総計だけでなく製品ロットごとなど、きめ細かな単位で必要となってくる。

(3) シミュレーション技術

需要予測、運転最適化を計算するため、MBD (Model Based Design: モデルベース設計) に基づく解析主導型のシミュレーション技術が重要となる。

電源設備、熱源設備、工場負荷など製造工場のさまざまな形態、構成に対応するモデル組込みが容易となるようにビルディングブロック方式などを採用する。設備仕様のパラメータ化により、高保守性と柔軟なシミュレーションを実現する(図3参照)。

(4) 需給予測・運転最適化技術

再生可能エネルギーの発電量は、天候に大きく依存する。また、現場でのエネルギー需要量も天候に依存する部分がある。短期天気予報、生産／運転計画から需給予測を計算し、最適な生産／運転計画にフィードバックする需給予測・運転最適化を行う。

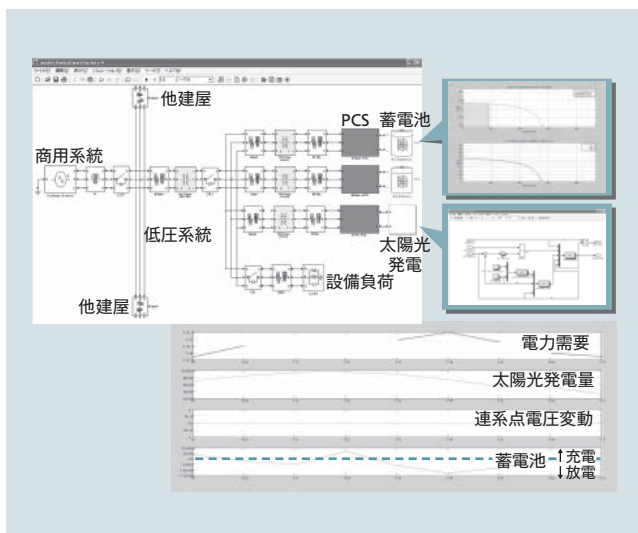


図3 | ビルディングブロックによるシミュレーション技術
モデルベース設計に基づく解析主導型のシミュレーション技術を示す。

全プラント運転最適化が理想ではあるが、精度や構築コストを考慮すると、エネルギー需給で重要となる設備・機器を対象とすることになる。通常時は、生産／運転計画にフィードバックするうえで、FEMSとMESが密に連携できる機構が重要となる。非常時は、後述する周辺コミュニティとEV (Electric Vehicle)、EV充電ステーションを効率的に運用するうえで、FEMSとEV統合管理システムとを密に連携できる機構とする。

4.2 相互最適化

災害時の周辺地域と連携したエネルギー需給を考えるうえで、従来の「自律分散コンセプト」¹⁾を、複数のシステムをまたいだ自律的接続可能性を確保する「共生自律分散コンセプト」に発展させる。

従来の自律分散型コンセプトは、一つのシステム内で「追加」、「修復」といった変化に応じて自律的にシステム持続性を確保する構造化手法である。共生自律分散コンセプトでは、あるシステムが他システムへ融通可能な資源情報を開示し、他システムが資源の融通を自律的に決定することで、複数のシステムが目的を共有して動作する。

具体的には、災害時に製造工場として供給可能な資源情報をコミュニティ群に開示し、コミュニティ群は需要状況から調整をしたうえで、製造工場からの資源融通を受けるといったことになる。

製造工場からコミュニティへ供給可能な資源例としては、次の項目が挙げられる。

- (1) 可搬式蓄電池 (充電済み)
- (2) EV・EV充電
- (3) 飲料水、温水
- (4) 通信環境

5. BCPとコミュニティ連携

製造工場の場合、災害時に操業を100%賄えるエネルギーを自給することは困難である。

平常時に電力制限対応、省エネルギー対応で活用していた設備を有効に利用し、制約下でのBCPを立案する。

立案においては、単に自製造工場の継続操業にとどまらず、周辺地域と共生することが重要となる。

(1) 安全な操業縮退

最悪の事態である電源、熱源喪失に対し、設備を安全な状態に移行させる計画が必要である。この移行は、単にプラントをセーフティシャットダウンさせるだけでなく、計算機システムにおけるデータ退避、従業員の安全な避難路確保なども含む。これらに必要なエネルギーを蓄電池、蓄熱槽に常に残しておくよう監視制御することが重要となる。

(2) 操業継続

サプライチェーンとの接続に必要なシステム機器、通信設備を確保しつつ、重要な操業が最大限可能となるような生産／製造計画立案で対応する。

(3) コミュニティ連携

製造工場から都市IT基盤を通じてコミュニティへ供給可能な資源情報を配信し、広く周辺地域の生活継続確保を図る。例えば、自家発電設備がある製造工場では、蓄電池・EVに充電してコミュニティへ搬送したり、EV充電ステーションとして機能することで周辺地域の生活の一助となることのできる(図4参照)。

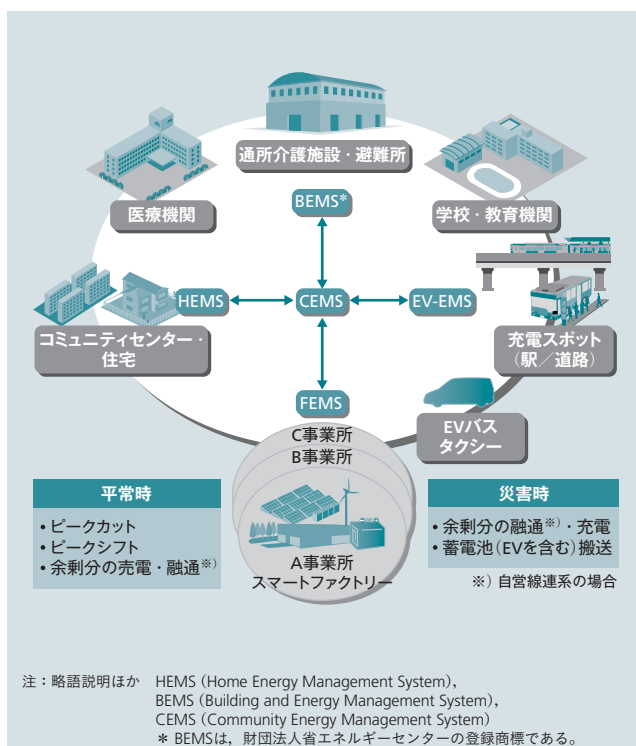
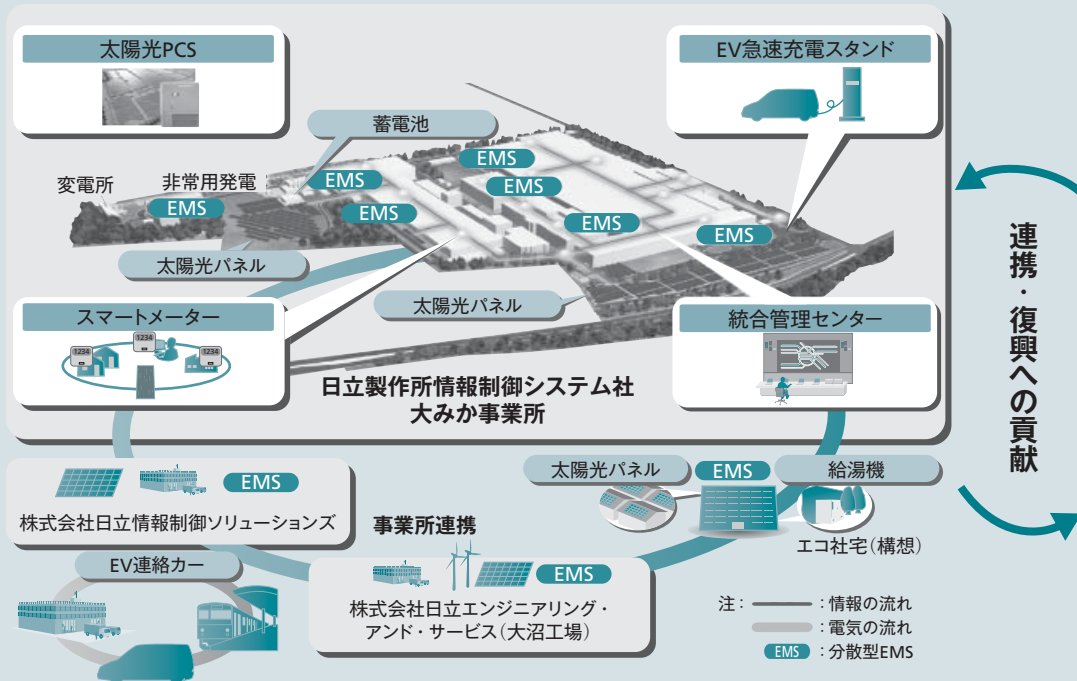


図4 | コミュニティ連携
製造工場から都市IT基盤を通じて周辺地域の生活継続確保を図る。

- ・BCP対応を強化する分散型EMSの実証
- ・内外スマートシティ、スマートグリッド実証成果、新ソリューションの総合的検証



注：略語説明 BCP (Business Continuity Plan：事業継続計画)

図5 | スマートファクトリー化

日立製作所情報制御システム社大みか事業所において、BCPへの対応として、太陽光発電、蓄電池、分散型EMSの導入を開始した。

6. おわりに

ここでは、製造工場における災害時BCP・コミュニティ連携をめざしたエネルギーマネジメントであるスマートファクトリー構想について述べた。

社会インフラにおける情報・制御融合ソリューション事業を展開する日立製作所情報制御システム社は、スマートファクトリー化構想の第一歩として、940 kW太陽光発電、4.2 MWh蓄電池、FEMSの導入を2011年から開始した(図5参照)。

太陽光発電、蓄電設備導入に伴う見える化、ピークカット制御を第一段階とし、震災での被災経験を生かしながら、EV運行連携、共生自律分散型EMS実証などに発展させていく計画である。将来的には、社団法人日本経済団体連合会「未来都市モデルプロジェクト」への参画により、コミュニティ連携を強化していく。

参考文献

- 1) 林, 外：産業用情報制御システムの成長を支える協調自律分散システム, 日立評論, 77, 7, 459~464 (1995.7)

執筆者紹介



稲田 和広

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 産業制御システム設計部 所属
現在, 一般産業各界向けのシステム開発に従事
技術士(情報工学)



森田 和信

2005年日立製作所入社, 情報制御システム社 産業制御システム設計部 所属
現在, 一般産業各界向けのシステム開発に従事



吉岡 正博

1986年日立製作所入社, 情報制御システム社 産業制御システム設計部 所属
現在, 一般産業向けEMS開発に従事