

災害に強い電力供給インフラを実現する スマートグリッド技術

Smart Grid Technologies for Robust Power Supply Infrastructure against Disaster

高木 喜久雄 竹田 大輔 飯野 穰

■ TAKAGI Kikuo ■ TAKEDA Daisuke ■ IINO Yutaka

世界一級の供給信頼性を誇るわが国の電力インフラも、東日本大震災による大規模停電と深刻な電力不足の試練に直面している。再生可能エネルギー導入促進を主目的に注目されながら急速に発展してきたこれまでのスマートグリッド技術は、災害に強い電力インフラという新たな機能の実現に向けて期待が高まっている。

東芝は、太陽光発電 (PV) や蓄電池、及びそれらを含む多様な分散型電源の連携制御を生かす電力系統制御技術を集約したスマートグリッド監視制御システム μ EMS (Micro Energy Management System) と、需要家個々から群管理、地域管理へと拡張させたコミュニティエネルギー管理システム (CEMS: Community Energy Management System) をベースに、広域災害や電力不足への対策を考慮した、次世代のスマートグリッド技術の開発に取り組んでいく。

Japan's power supply infrastructure systems with their reputation for high supply reliability are currently facing the risk of wide-area blackouts and serious shortages of electricity as a result of the Great East Japan Earthquake. Smart grid technologies, which are being rapidly developed in order to introduce renewable energy sources and improve the efficiency of energy usage, are now also a focus of rising expectations in terms of a new functionality; namely, the achievement of reliable power supply systems that are robust against disasters.

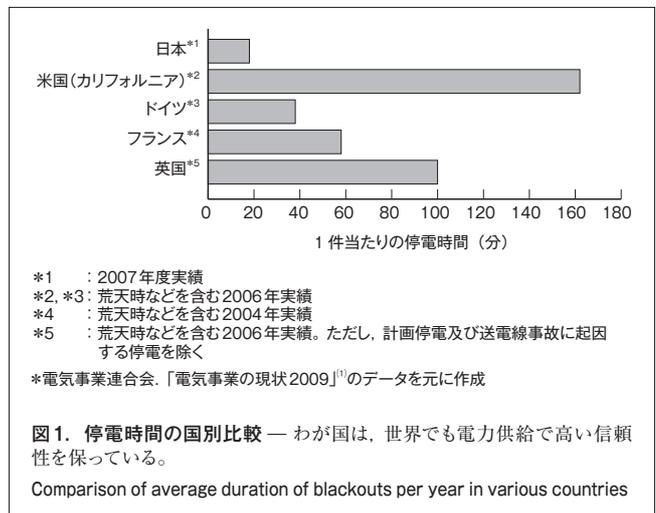
In response to this situation, Toshiba has been engaged in the development of next-generation smart grid technologies based on the μ EMS (Micro Energy Management System)—which is an integrated technology utilizing photovoltaic (PV) energy, battery storage systems, and various forms of distributed generation—and technologies for the community energy management system (CEMS).

1 まえがき

わが国の電力インフラは、他国と比べて信頼性が高いと言われてきた。事実、図1に示すように、2009年までの集計では、わが国の停電時間は諸外国に比べて非常に短い。わが国では電力会社の主導の下、電力系統保護の自動化など、最新の設備導入によって安定した電力供給を可能にしている。しかし東日本大震災では、被災地を中心とした大規模停電をはじめ、関東圏では深刻な電力不足にみまわれ、計画停電が実施されることとなった。その後、懸命な復旧作業が行われているものの震災による発電設備への影響は依然として大きく、今後も電力不足が懸念されている。このような未曾有の大災害の経験を通じて、災害に強い電力インフラの必要性が改めて認識されつつある。

このような状況において、双方向の情報通信技術 (ICT) を活用するスマートグリッド技術の中でも、小規模な地域内で複数の分散型電源と蓄電池を組み合わせることで電力を合理的に供給する“マイクログリッド”が注目されている。

これまで東芝は、送配電機器や中央給電指令所向けシステムなどで数多くの納入実績があり、電力系統における需給バランスの実現に貢献してきた。そして分散型電源の協調制御をマイクログリッドで実現する μ EMS (Micro Energy Manage-



ment System) を開発し⁽²⁾、太陽光発電 (PV) システムや当社製二次電池 SCiB™ を適用した蓄電池を含めたスマートグリッド技術を展開している。また、 μ EMSにも実装されている配電自動化システム (DAS: Distribution Automation System) 機能は、配電系統事故の検出及び対処を自動化することで、停電時間の短縮や停電範囲の極小化で災害からの迅速な復旧に貢献できる。更に、電力系統や需要家側のPVシステム、蓄電池、分散型電源の協調制御技術、及び電力系統と需要家

負荷を協調連携するためのデマンドレスポンス (DR: Demand Response) 機能による電力不足対応も、災害対策として有効であると考えられる。

ここでは、これらの技術とノウハウに基づく災害対策の可能性に着目し、スマートグリッドが担う役割について考察するとともに、当社のソリューションと取組みについて述べる。

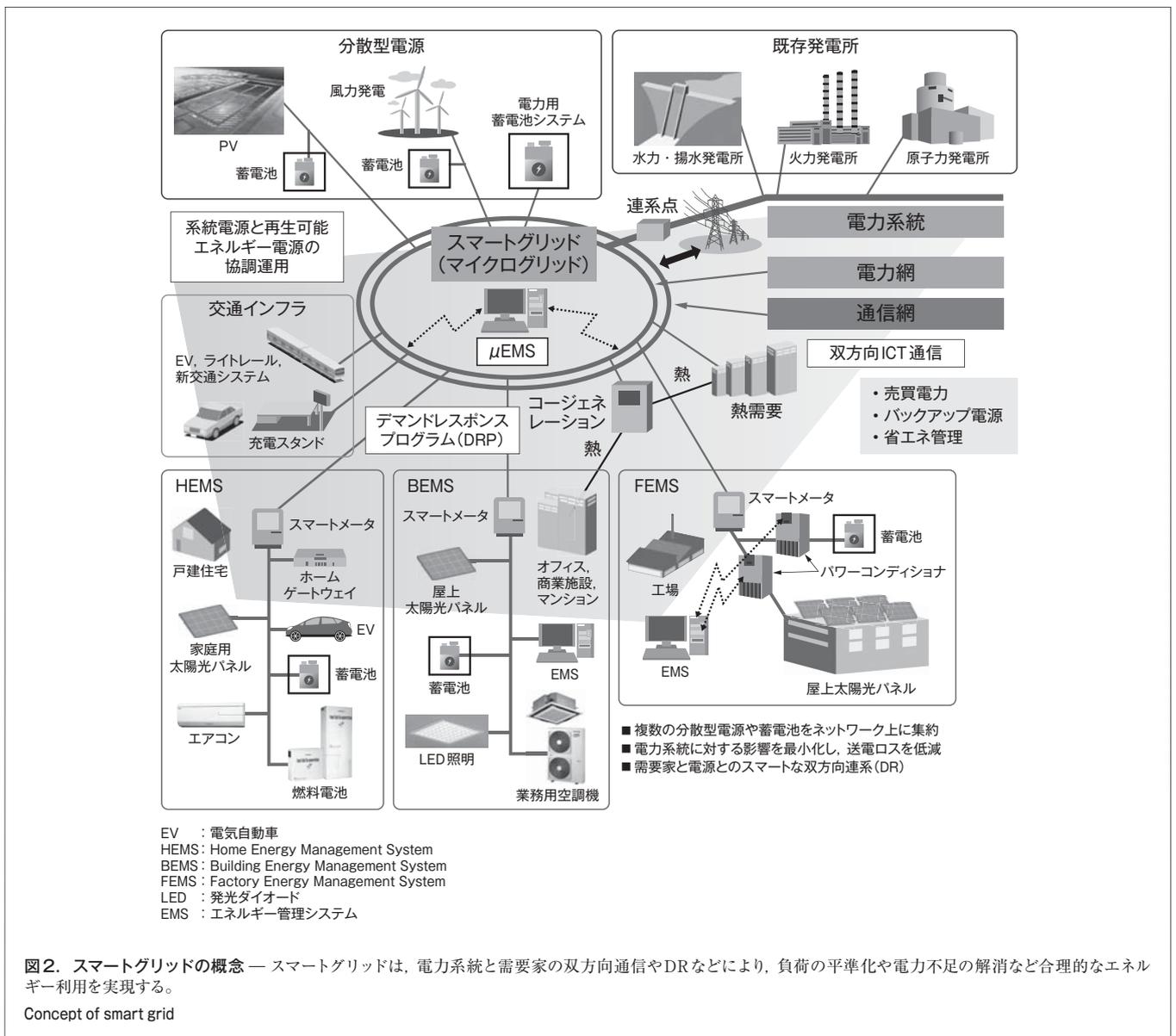
2 スマートグリッドへの期待

近年新しい電力インフラとして、スマートグリッド技術が注目されている (図2)。これまでのスマートグリッド技術に期待されている主な導入効果として、以下が挙げられる。

- (1) PVや風力発電など、再生可能エネルギーの積極的な導入による低炭素社会の実現

- (2) 送配電網の機能高度化による効率的な電力供給による低炭素社会の実現とインフラコストの低減
- (3) 電力系統側や需要家側に設置された蓄電池と、分散型電源の活用による独立電源機能の提供
- (4) 電力系統と需要家負荷の協調連携 (DR) によるエネルギー利用の合理化

このうちわが国や欧州は(1)、米国では(2)が主目的であると言われている。わが国では震災による発電政策の見直しもあり、政府が2020年代に再生可能エネルギーの割合を20%にすると発表した。これらを目的として、世界各地で様々なスマートグリッド関連のプロジェクトが提案され、実施されているが、これまでの事例では災害対策という視点が十分ではないように見受けられる。これに対し(3)と(4)は、地域や需要家まで含めた電力供給の経済的合理化と、広域停電時の独立



電源機能や電力不足対応手段として、災害対策への貢献が期待される。

3 災害に強い電力インフラの要件

電力インフラの強さを表す指標として、信頼性、迅速な復旧性能、及び電力需給アンバランスへの対応能力の三つが考えられる。信頼性については、電力系統の障害が次にいつ起こるかを表す平均故障時間 (MTBF: Mean Time between Failure) を指標とし、この値が大きいほど信頼性の高いシステムであると言える。また、復旧性能については、復旧に要する時間を表す平均復旧時間 (MTTR: Mean Time to Repair) が小さいほど迅速な復旧を意味する。電力需給アンバランスへの対応は、需要家への使用電力の調整要求が考えられ、これを実現する機能がDRである。

前述したように、わが国の電力系統技術は世界でも屈指のレベルにある。しかし災害対策の視点では、今後スマートグリッドが普及していく過程で、災害時にも信頼性 (MTBF) と迅速な復旧性能 (MTTR) を更に強化していくことが望まれる。また、独立電源機能も含めた電力需給アンバランスへの対応能力については、わが国の経済活動に深刻な影響を与えかねない計画停電を回避するための技術として期待されている。

4 スマートグリッドに基づく防災ソリューション

スマートグリッドはPVや風力発電などの再生可能エネルギーを積極的に導入しつつ、安定した需給バランスを実現する。そのためには電力供給インフラと需要家を結ぶ双方向通信網が不可欠である。μEMSは、各家庭のエネルギー管理を行うHEMS (Home Energy Management System) や、ビルエネルギー管理を行うBEMS (Building Energy Management System)、工場エネルギー管理を行うFEMS (Factory Energy Management System) などの間で協調制御を行うことによって電力の合理的な利用を実現する。

しかし、これまでのスマートグリッド技術では、再生可能エネルギー導入時の系統電力の安定化やエネルギーの経済的配分に注力されており、災害対策にはあまり焦点が当てられていなかった。ここでは、災害に強い電力インフラの構築のためにスマートグリッド技術を生かすため、スマートグリッドに基づく防災ソリューションとして、以下の3点について考察する。

- (1) 分散型電源とマイクログリッドによる独立電源機能
- (2) 需要家側の蓄電池と、分散型電源の活用
- (3) DRによる需要家負荷との協調連携

4.1 分散型電源とマイクログリッドによる独立電源機能

ここで考えるスマートグリッドでは、上流の電力系統からの電力供給が遮断されても、これらの分散型電源や蓄電池を利

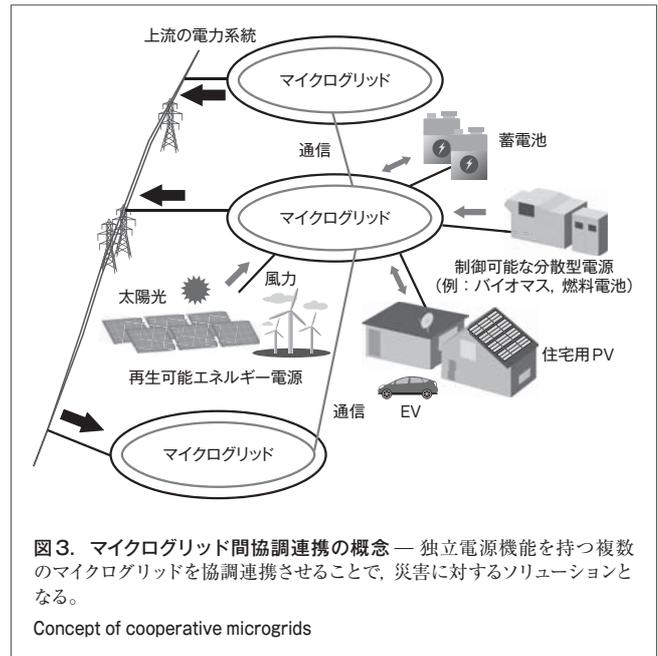


図3. マイクログリッド間協調連携の概念 — 独立電源機能を持つ複数のマイクログリッドを協調連携させることで、災害に対するソリューションとなる。
Concept of cooperative microgrids

用してグリッド単独で需要を制限しながらの運転が可能になる。したがって、これまで同様の信頼性の高い集中型電源に加え、分散型電源群、更にそれらを協調制御するマイクログリッドによる分散型の電力系統が大規模災害対策の観点では有効であると考えられる。例えば図3に示すように隣接する複数のマイクログリッドを連結し、グリッド間で電力を融通し合うことで電力不足の影響を低減するなど、分散及び協調を前提とした電力網の構築が災害に対して有効な手段の一つになりえると考えられる。

4.2 需要家側蓄電池と分散型電源の活用

住宅用PVは今後普及が見込まれ、また、電気自動車 (EV) が各家庭に普及すれば、これを蓄電池として災害時に利用することができる。EVは各家庭での単なる予備電源としてではなく、これらを束ねた巨大な仮想蓄電池としてグリッド全体の安定化目的で用いることも可能である。需要家側蓄電池と分散型電源の仮想化を実現することで、グリッド内の電力配分の最適化も併せて可能になる。

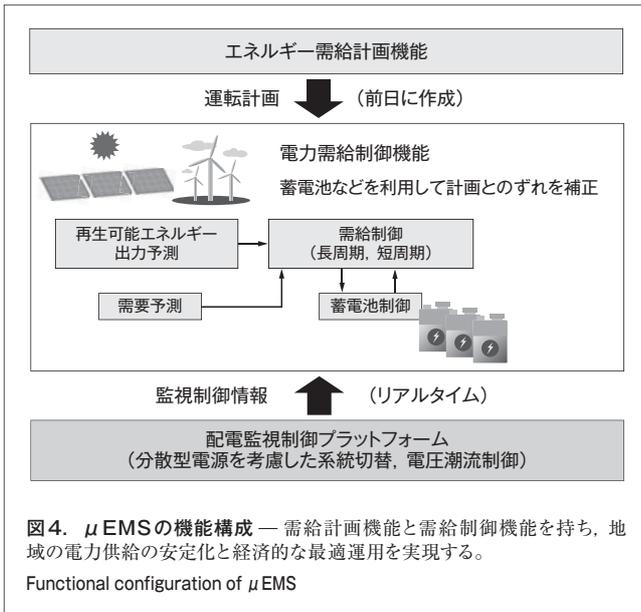
4.3 DRによる需要家負荷との協調連携

電力需給アンバランス時にはDRによって需要家に無理のない範囲での負荷調整を実現するとともに、PV発電出力余剰時は需要家負荷による再生可能エネルギーの最大有効活用を可能にする。

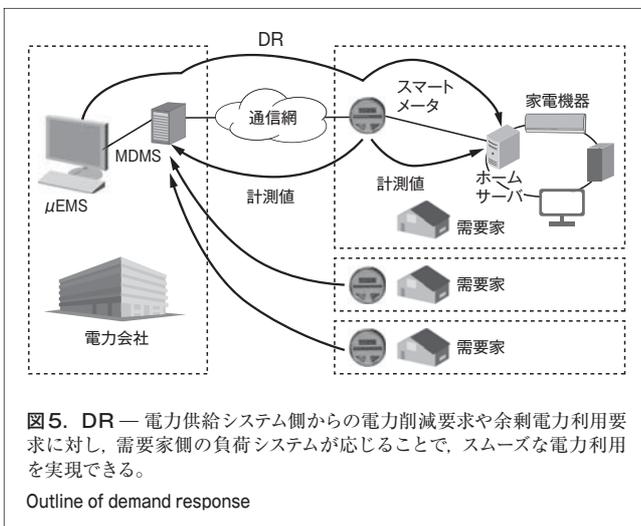
5 電力系統側の防災ソリューション

5.1 μEMSによる防災ソリューション

災害に強い電力供給ソリューションとして、電力系統側からのソリューション技術であるμEMSについて述べる。



μ EMSは、発電計画及び需給制御に基づいて、スマートグリッドの基本機能である電力システムの安定化を行うものである。 μ EMSの機能構成を図4に示す。 μ EMSでは、過去の実績データをもとに、翌日の天気予報などを考慮して電力需要を予測し、翌日の運転計画（発電計画）を立てる。その際には、PV、風力発電などから、どの時間帯に、どの程度出力が得られるかを予測したうえで、火力、水力などの発電機や、バイオマス発電設備などの制御可能な分散型電源に対して運転指令を出す。そして、当日の電力需要と前日の予測に対するずれを蓄電池を用いて補正する（需給制御）。また、 μ EMSでは、発電時のコストを考慮し、運用コストがもっとも低くなる発電計画を立案する経済負荷配分の機能を備えており、発電コストの低減を可能にしている。更に1章で述べたDAS機能も備えており、配電システム内の監視制御及び開閉器操作や、事故検



出、復旧などを行う。これにより停電時間の短縮が期待でき、災害対策として有効である。

これまで μ EMSの基本的な役割について述べたが、震災及びそれに起因する計画停電を経験したことで、電力不足に対する対策も求められている。その一つとして注目されているのがDRである。

DRの実現方法は様々であるが、典型的なものは図5に示すように、 μ EMSから、MDMS (Meter Data Management System)、スマートメータを介して需要家負荷に対して行う手法である。スマートメータは、従来の検針機能に加えて通信機能が装備されており、MDMSやホームサーバと通信を行うことができる。例えば電力システムの電力が不足傾向にあると、 μ EMSから使用電力調整要求が出され、各需要家のホームサーバに伝えられる。ホームサーバでは、スマートメータから得られる使用電力量を基に、家庭内の家電の制御が行われる。このような仕組みを今後どう実現していくかが課題である。

5.2 導入事例

μ EMSの技術をベースとしたメガソーラー実証研究の一例として、宮古島での導入実績を紹介する。

宮古島は沖縄本島から南西約300 kmに位置し、人口は約5万5千人である。島外からの電力の供給がない離島独立システムとなっており、合計4,200 kWの風力発電が導入されている。ここに4,000 kWのメガソーラーと4,100 kWの蓄電池を新たに導入して、PV設備が大量導入された場合の実系統に与える影響を把握するとともに系統安定化に関する実証研究が行われている（図6）。PVなどの再生可能エネルギーは、天候に左右される発電出力の不安定性に関する課題に対して適切な系



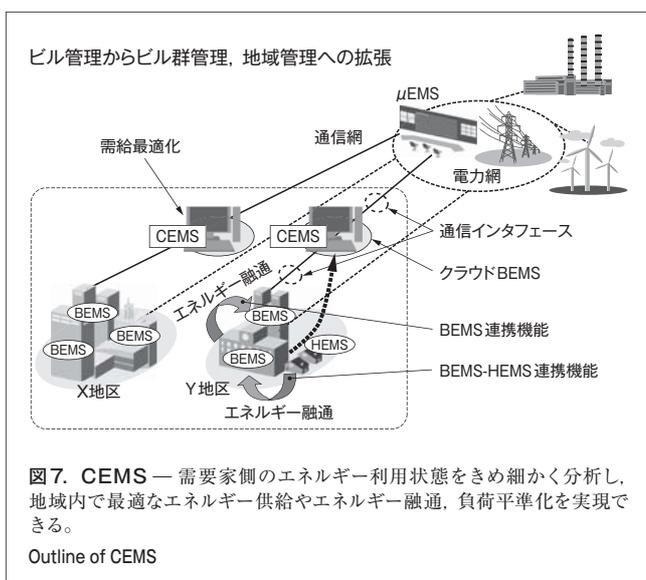
統安定化策を検討する必要がある。当社は μ EMSをベースとした制御装置を納入し、系統の安定化策の検討において貢献している⁽³⁾。

6 コミュニティ側の防災ソリューション

もう一つの災害に強い電力供給ソリューションとして、需要家群や地域を対象としたコミュニティ向けのエネルギー管理のコンセプトについて述べる。これは、図7に示すように、ビル群、あるいは住宅などの複数の需要家を群管理し、需要家の所有する自家発電設備やPV設備などの分散型電源を共有し、連携制御によって特定地域内の電力供給継続性を実現しようというものである。

需要家側での防災対策は数々の手法が想定される。例えば、産業施設や、公共施設、データセンターなどでは、停電に対する事業継続性を考慮した自家発電と無停電電源による冗長化電源が適用されている。

CEMSでは、単なる需要家側の防災対策だけでなく、地域内での給電継続性を優先し、複数のBEMSやHEMSの群管理により、地域内の不足電力を解消するため負荷を最適に配分調整したり、地域内でエネルギーを融通したりする。そのためには、DR機能における負荷調整の優先度を通常時と災害時で区別したり、個々の需要家負荷のエネルギー消費特性や優先度を把握することで、需要予測やエネルギー調整余力の推定精度が向上し、よりきめ細かな需給制御で地域の電力供給信頼性を確保することが期待できる。



7 あとがき

ここでは、災害に強い電力インフラの構築をテーマとして、スマートグリッド技術がどのように貢献できるかを考察した。平常時の経済性と電力系統運用効率を優先した集中電源に加え、災害時には分散型電源やマイクログリッドへの依存が期待できる。

当社は、米国ニューメキシコ州や横浜市などでスマートグリッドとスマートコミュニティの実証プロジェクトに参画して、 μ EMSやCEMS技術を実証する予定である。これらの実績を積みながら、電力安定化及び需給制御技術を培っている。今後、これらの技術を生かして、災害に強い電力供給インフラ技術の開発の一端を担っていく。

文献

- (1) 電気事業連合会. 電気事業の現状2009. 東京, 電気事業連合会, 2009, 26p.
- (2) 吉村吉彦 他. スマートグリッド監視制御システム μ EMS. 東芝レビュー, 65, 9, 2010, p.6-9.
- (3) 玉城正裕 他. 「宮古島メガソーラー実証研究設備」のシステム構築. 電気評論, 95, 10, 2010, p.22-25.



高木 喜久雄 TAKAGI Kikuo

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 スマートグリッド統括推進部長。スマートグリッドの技術開発及びエンジニアリング業務に従事。電気学会, CIGRE会員。Transmission & Distribution Systems Div.



竹田 大輔 TAKEDA Daisuke, D.Eng.

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 スマートグリッド統括推進部主務, 工博。スマートグリッドの技術開発及びエンジニアリング業務に従事。電子情報通信学会会員。Transmission & Distribution Systems Div.



飯野 穣 IINO Yutaka

スマートコミュニティ事業統括部 スマートコミュニティ事業開発部主幹。スマートコミュニティのコンセプト設計, 評価, 及びエンジニアリング業務に従事。IEEE, 電気学会, 計測自動制御学会会員。Smart Community Div.