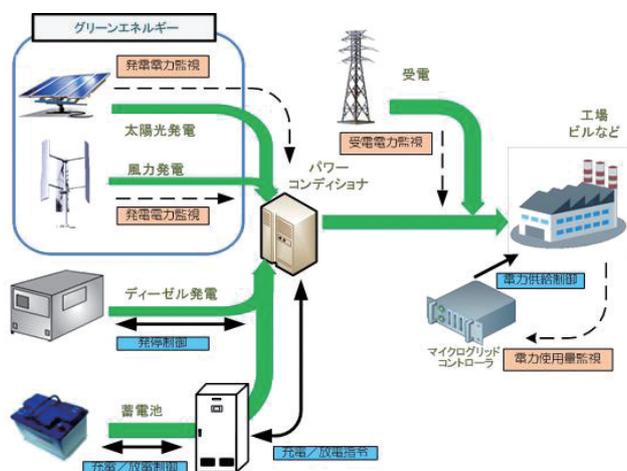


# マイクログリッドシステムの開発

Development of the Micro Grid System



岡田 紀之	Noriyuki Okada	①
向井 俊文	Toshifumi Mukai	①
山崎 康裕	Yasuhiro Yamazaki	①
小川 祥太	Syouta Ogawa	①
出井 佑三郎	Yujiro Dei	①
佐藤 忍	Shinobu Sato	①
北村 暁晴	Takaharu Kitamura	②

## あ ら ま し

マイクログリッドシステムとは、エネルギー供給源（分散型電源）と消費施設から構成され、エネルギーの需要と供給を適合させるよう情報通信技術を利用し、エネルギー・ネットワークを管理運転するシステムである。当社では、分散型電源として、太陽光発電、風力発電などのグリーンエネルギーと複数の発電装置、蓄電装置を組み合わせて安定的に電力を供給するマイクログリッドシステムの開発を実施している。本システムを工場や各種プラントへ導入した場合に情報通信技術と融合した新たなエネルギーソリューションを提供することができる。また省エネルギー、低炭素社会への貢献が可能と考えている。

## Abstract

The Micro Grid system is a small-scale energy network consisting of distributed energy sources and energy consumption facilities, which is managed to balance supply and demand using information and communication technology.

We have been developing a system to supply stable power by combining multiple electric generators and storage devices with distributed green energy sources such as photovoltaic and wind power. When introduced into factories and plants, this system will be able to provide a new energy solution based in information and communication technology. As a result, it will be able to contribute to a more energy-saving, low-carbon society. This report describes the characteristics of our Micro Grid system and our recent developments.

## 1. 緒 言

地球温暖化への対応として有限な化石燃料への依存度とエネルギー輸入依存度の低減がエネルギー供給に関する喫緊の課題となっている。東日本大震災以降は、原発停止による電力供給の逼迫により、経済活動が停滞しかねない社会問題となっている。これらの問題を解決するために、太陽光発電や風力発電をはじめとするグリーンエネルギーに注目が集まっている。しかしながら、グリーンエネルギーは気象の変化による出力変動があり

電力需要の変動が生じた場合には、電力系統内の電力が不安定となる。このため、グリーンエネルギーの導入が増えると電力系統に負担をかける危険性がある<sup>1)</sup>。

当社は発電設備として、ごみ焼却発電施設、植物油直焚き発電設備、ORC廃熱回収発電設備、風力発電設備、ガスタービン発電設備、ガスエンジン発電設備など製品を取り揃えている。また、各種電池などの蓄電製品の開発にも取り組んでいる。電子制御ビジネスユニットは、1975年から産業用電子ボードの設計製造に取り組み、電子ユニット、制御盤、情報システムの外販、社内製品への展開を行ってきた。これらの当社保有技術を基にグリーンエネルギーを積極的に導入、電力を安定的に供給するマイクログリッドシステムの開発に着手した。

① Hitachi造船(株) 精密機械本部 電子制御ビジネスユニット

② Hitachi造船(株) 技術開発本部 技術研究所 博士(工学)

マイクログリッドとは、小規模なエネルギー・ネットワークであり、電力需給の問題を解決する方法の一つとして世界中で注目を集めている。このマイクログリッドは、米国CERTS (The Consortium for Electric Reliability Technology Solutions) で以下のように定義されている<sup>2)</sup>。

- ① 複数の小さな分散型電源と電力貯蔵装置、電力負荷がネットワークを形成する一つの集合体
- ② 集合体は電力系統から独立運転も可能であるが、電力系統や他のマイクログリッドと適切に連系することも可能
- ③ 需要家のニーズに基づき、設計・設置・制御が可能

近年、マイクログリッドに関する研究開発は国内外を問わず進められており、特にグリーンエネルギーの活用や分散型電源としての利用が注目されている。グリーンエネルギーの活用では、化石燃料によるエネルギーへの依存度を下げ、CO<sub>2</sub>排出量の低減を図る効果がある。また分散型電源は、送電網が寸断されるなどの大規模停電が発生した場合でも、社会活動の機能停止に至るリスクを低減する効果がある。さらに、エネルギーの地産地消の効果もあり、長距離送電線などの設備を設ける必要が無く、送電ロスが小さくでき、エネルギーの効率的な利用が図れる。

これらのメリットを活かすために、グリーンエネルギーによる発電量の変動を吸収させる仕組みが必要となり、電力を平準化・貯蔵する技術が重要になると考える。

本報告では、マイクログリッドシステムのうち、システム全体を管理・制御する『マイクログリッドコントローラ』、蓄電池を監視、制御する『バッテリーコントローラ』、直流を交流に変換し、電力を供給する『パワーコンディショナ』について紹介する。

## 2. マイクログリッドシステムの概要

### 2.1 機能

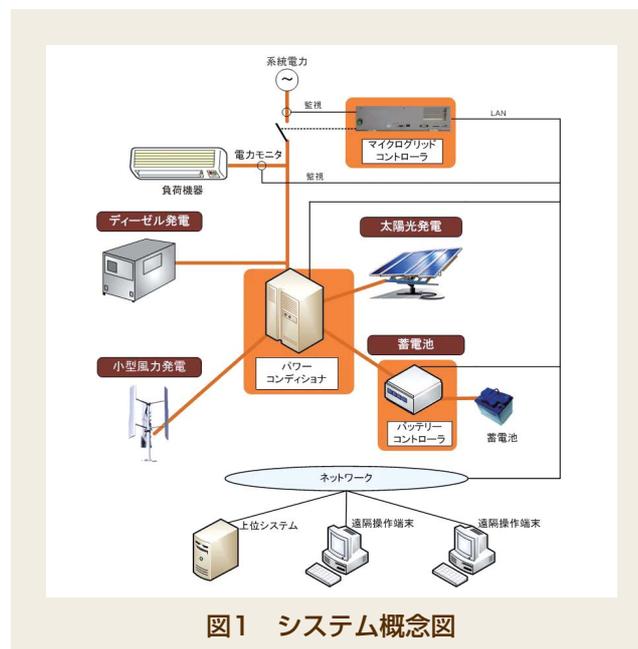
当社のマイクログリッドシステムは、1ユニットの設備規模を500kW未満とし、ユニット単位の拡張性を考慮している。本システムの基本構成は、太陽光発電装置、風力発電装置、小型発電機、蓄電装置である。システムは系統から受電しており、受電変圧器から配電される低圧(400V以下)電路に各機器が接続される。

本システムは、マイクログリッドコントローラ、バッテリーコントローラ、パワーコンディショナ、電力モニタなどが通信ネットワークを介して接続され全体システムを構築する。この通信ネットワークを介することで上位システムとの接続や遠隔監視も可能となる。本システムの概念図を図1に示す。

本システムは導入場所や目的に応じて、様々な機能の実現を求められ、経済性、拡張性、災害時対応を基本コンセプトとし、基本機能は以下の通りとした。

- ① 発電量/需要量収集
- ② ピークカット/ピークシフト
- ③ 停電時制御

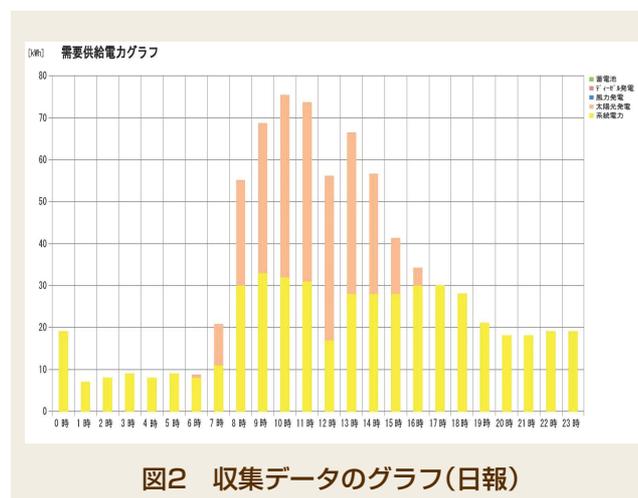
- ④ 運転計画策定
- ⑤ 遠隔監視
- ⑥ 他システムとの接続



**2.1.1 発電量/需要量収集** 太陽光発電による発電量はパワーコンディショナから通信ネットワークにより収集を行い、データベースに蓄積する。蓄積されたデータは、太陽光発電予測の基となるデータとして活かされる。発電量以外に、太陽光パネル出力電圧、太陽光パネル出力電流、変換効率、系統電圧なども同時に収集し、システムの稼働状況、安全を監視するために利用する。

また、各負荷機器の需要量を取得するため、負荷機器に取り付けた電力モニタからデータ収集を行い、データベースに蓄積する。蓄積されたデータは、電力需要予測に用いる。

データベースに蓄積したデータは日報、月報、年報の帳票として出力でき、省エネルギーを検討するための分析、改善活動として利用可能である。収集したデータのグラフ(日報)を図2に示す。



**2.1.2 ピークカット／ピークシフト** ピークカットは、受電電力が契約電力を上回らないように太陽光発電、風力発電、ディーゼル発電機を制御する。また、空調、照明などの負荷機器に対して、予め設定した通りに電源オフや設定変更を指令する。ここで重要な技術に電力予測機能が挙げられるが、詳細は後述する。

ピークシフトとは、夜間電力を蓄電池に蓄えておき、今後の発電量、需要量を予測し、受電電力が契約電力を上回らないように蓄電装置からの放電量を制御する機能である。ピークシフトのイメージを図3に示す。ピークシフト、ピークカットを組み合わせることにより、契約電力を引き下げることが可能である。

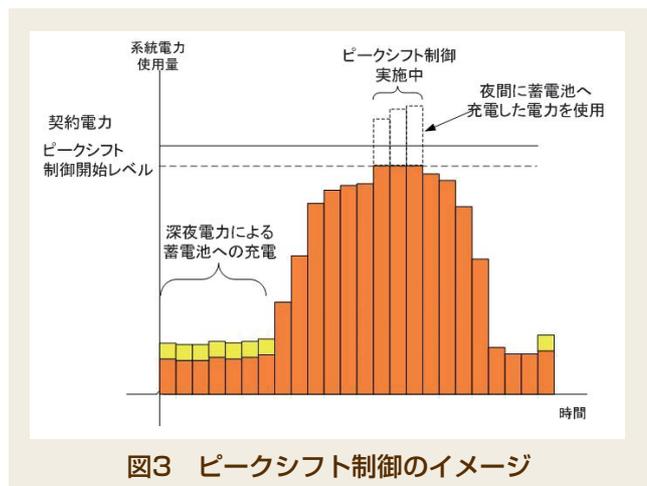


図3 ピークシフト制御のイメージ

**2.1.3 停電時制御** 電力システムの事故などによる停電時に重要な負荷機器に対して電力を供給する制御としている。停電時制御のイメージを図4に示す。この機能により、企業、工場にとって重要な負荷機器に電力供給を保つことが可能となり、事業継続計画 (Business Continuity Plan) の非常用電源としての使用も想定している。

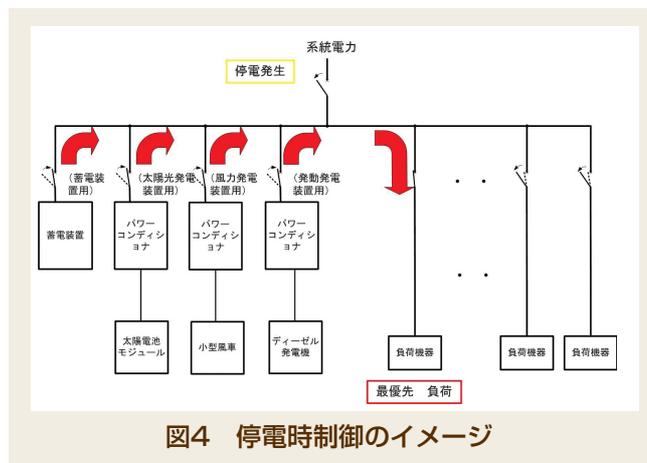


図4 停電時制御のイメージ

**2.1.4 遠隔監視** 本システムの稼働状況などは通信ネットワークを介して遠隔の端末から監視できる。これにより、遠隔地にいながら発電状況、電力デマンドをリアルタイムに確認することができ、システムの運用保全に役立つ。また、消費電力の見える化では節電の啓発としての利用も想定しており、管理者、職員が個々に

状況を確認し、節電による経済性の分析、改善活動に有益とも考える。

遠隔地の端末から確認できるデマンド監視画面例 (30分間平均電力) を図5に示す。

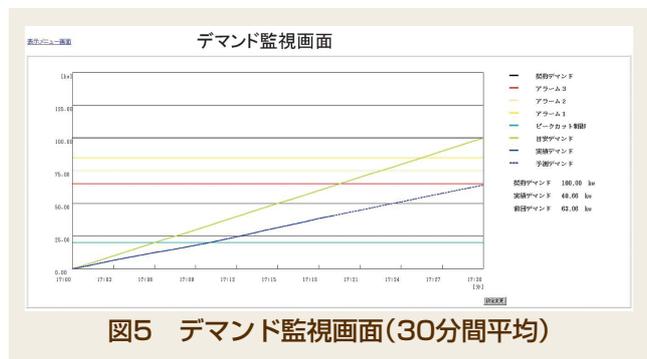


図5 デマンド監視画面(30分間平均)

**2.1.5 他システムとの接続** 本システムを入退出管理システムと通信ネットワークを介して接続した場合には、部屋に人が居ない状態を入退出管理システムにて検出して、照明、空調機器の電源を管理するなど、人の出入りに伴う電力制御が可能となる。また生産工場へ導入した場合は、生産システムの通信ネットワークと接続することにより、製造品目毎の電力使用量や原単位管理など製造業向けのエネルギー・マネージメント・システムの構築が可能となる。これら他システムとの接続により省エネルギーが図れ、データの一元管理による省人力化が期待できる。本システムは、このような拡張性のあるシステムの構築を目指している。

**2.2 予測機能** ピークカットやピークシフトを実現するために重要な要素として予測機能がある。本システムは「太陽光発電予測」と「負荷機器需要予測」の2種類の予測機能を備えている。

「太陽光発電予測」は、過去に収集した発電量や気象情報により、太陽光発電パネルの特性を加味したアルゴリズムと学習機能を用いて今後の発電量を予測する機能である。

本システムでは、収集した過去の発電量を基に、統計計算にて該当日の発電量を予測している。一例として予測該当日の天候が快晴の場合の太陽光発電量比較 (予測値と実績値) を図6に示す。この場合、予測値は概ね実績値に近くなっている。

ただし、曇天や雨天の日は予測値と実績値には異なりが見られる。今後は日射量の変化を取り込み、気象情報との連携により精度の向上を目指すように、予測アルゴリズムの改善を検討している。

「負荷機器需要予測」とは、過去に収集した各負荷機器の電力需要量や天候、気温からマイクログリッド内の電力需要量を予測する機能である。収集した過去の電力需要量から、統計計算にて該当日の電力需要量を予測している。電力需要量比較 (予測値と実績値) を図7に示す。工場などでは、一日の生産スケジュールが季節、時期によりパターン化されることが多く、電力需要量もそれに連動するため、収集データが増すほどに予測精度の向上が期待できる。

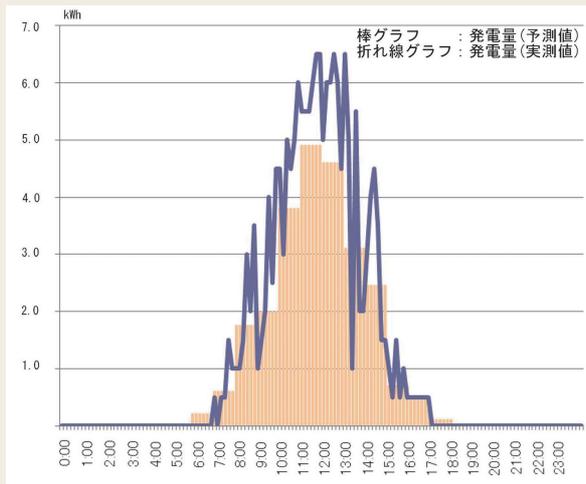


図6 太陽光発電量比較(快晴時:予測値と実績値)

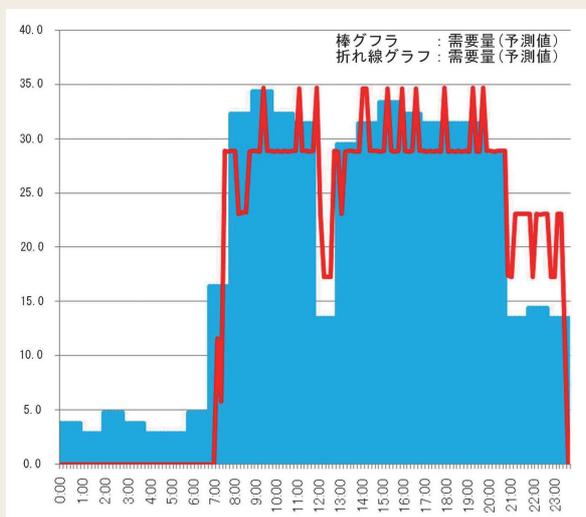


図7 電力需要量比較(予測値と実績値)

**2.3 主要構成機器** 本マイクログリッドシステムは、マイクログリッドコントローラ、バッテリーコントローラ、パワーコンディショナ、電力モニタ、通信ネットワークから構成される。また、通信ネットワークを介すことで上位システムとの接続と遠隔監視も可能となる。本システムの構成図を図8に示す。

**2.3.1 マイクログリッドコントローラ** 本システム全体の監視、制御を統合して行う装置である。本装置にはシステム内の各発電機の発電量、各負荷機器の電力需要量、気象情報などのデータを収集し、各発電機、各負荷機器を制御する。

収集データは、本装置内のデータベースに保存される。蓄積データは日報、月報として管理されるだけでなく、このデータを基に発電量、電力需要量の予測値を算出して、ピークカットやピークシフトの制御に活かされる。データベースは、顧客の求められる期間の保存が可能となる設計とする。年単位のデータ比較が可能となる。

本マイクログリッドと電力システムを常時監視し、停電、地絡事故、短絡事故などを検出する機能を有する。

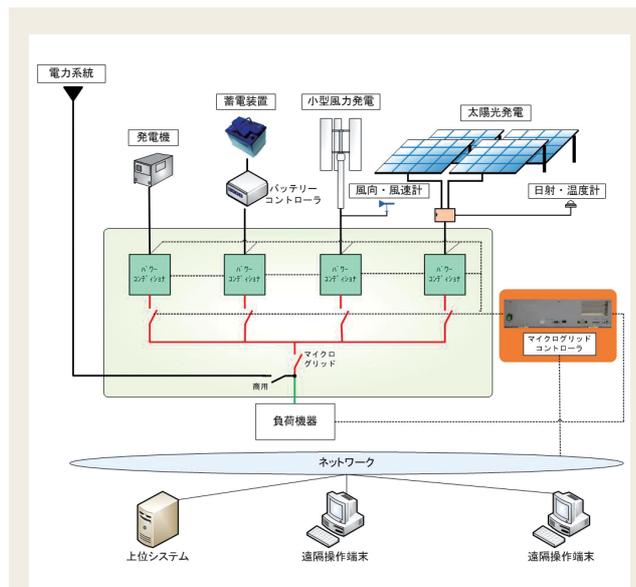


図8 システム構成図

停電時制御として、電力システムの異常を検知すると優先度の高い負荷機器に対し電力を供給する。同時に太陽光発電、風力発電の各パワーコンディショナ、ディーゼル発電機、バッテリーコントローラに対し、発電出力を指示する。現段階では汎用パソコンにて構築しており、今後は専用装置として開発を進める予定である。本装置の基本機能を表1に示す。

表1 マイクログリッドコントローラ基本機能

項目	機能
データ収集	太陽光、風力の発電量、状態 蓄電装置の充電/放電量 ディーゼル発電機の発電量 受電電力量 負荷機器の需要電力量 気象情報(日射量、温度、風速、風向) など
制御	太陽光、風力の運転 ディーゼル発電機の運転 蓄電装置への充電/放電 負荷機器への電源オン/オフ スケジュール運転 ピークカット制御 ピークシフト制御 停電時制御、復電時制御 など
監視	各装置の異常監視 システムの異常監視 など

**2.3.2 バッテリーコントローラ** バッテリーマネージメントシステムとも呼ばれ、蓄電池に対し充電/放電制御、安全管理などを行う装置である。現段階では、蓄電池には鉛電池を採用している。将来的には、開発中の蓄電池なども含め各種蓄電池への対応を検討している。

本装置は各種蓄電池の特性に応じた充電／放電の制御を実行することにより、安全かつ効率的な蓄電が可能となる。

マイクログリッドシステムでは遠隔による充電／放電の制御、電池状態のデータ収集が必要となり、また導入するシステム毎に電池容量、バックアップ時間をカスタマイズする必要があるため、本システム専用のバッテリーコントローラを開発している。

本装置の主な機能は、蓄電池の安全管理、寿命延伸のための制御、劣化状況を把握し、電池交換時期の算出と考えている。

鉛電池は、電池メーカー各社、各製品にて劣化判断要素が異なると想定している。当社では、鉛電池の劣化を判断する手法を、実証実験などにより検証を進めている。

**2.3.3 パワーコンディショナ** 太陽光発電パネル、蓄電池の直流電力を交流電力に変換し、電力系統に送電する機能を持った装置である。

分散電源に対応可能な装置としているため、遠隔からの出力制御と発電量、発電効率、状態などを収集することができる。本装置の基本仕様例を表2に示す。

表2 パワーコンディショナ基本仕様例

項目	仕様
入力電圧	DC 600V
出力電圧	三相三線式 AC 220V
定格出力	最大 10kW
運転効率	0.95 以上
インバータ回路	電圧型・電流制御
その他	自立運転の機能 上位からの制御指令

### 3. 実証実験

本システムの開発では、制御機器センター（2012年4月竣工）の設備にて実証実験を進めている。現在、年間を通して発電量や需要量のデータ蓄積をしており、季節、天候に応じた予測機能の精度を高める基礎データとして活用する。また、制御や安全性の確認もあわせて進めていく。制御機器センターの実証実験設備を表3、電力系統を図9に示す。

表3 実証実験設備

項目	仕様
太陽光発電	定格出力 70kW
パワーコンディショナ	定格出力 100kW
風力発電	定格出力 1kW
ディーゼル発電機	定格出力 7.5kW
電力モニタ	分電盤内に設置
気象計	温度計、日射量計、風向・風速計

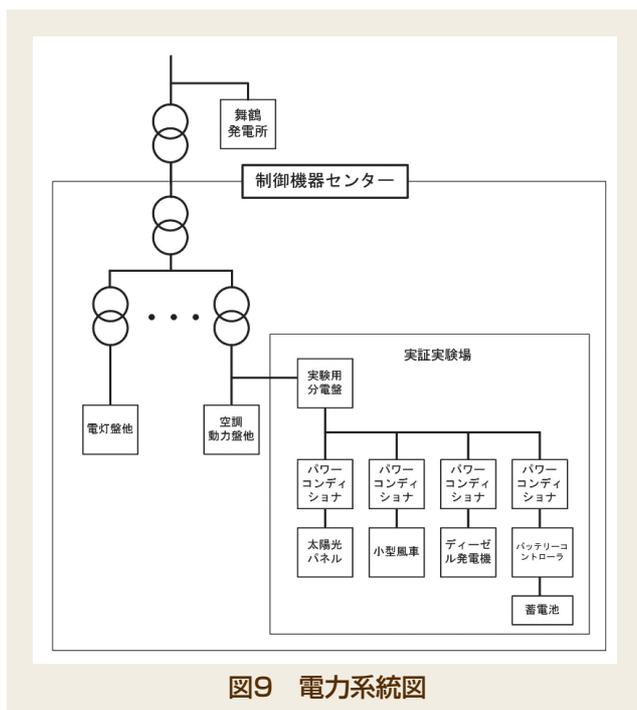


図9 電力系統図

## 4. 結言

本報告では、当社のエネルギーソリューションの新たな取り組みとして、グリーンエネルギーと情報通信技術を融合したマイクログリッドシステムの開発について述べてきた。

今後、CO<sub>2</sub>排出量削減の義務化や電力需給のひっ迫、電気料金の高騰が懸念されており、本システムの重要度は増すと考える。国内だけに限らず、電力供給に不安がある新興国離島においても、グリーンエネルギーを活かす貴重な技術と成り得ると考える。安心、安全、効率的なエネルギー環境を実現するトータルソリューションを提供し、グローバルに展開できるようにHitzマイクログリッドシステムの開発と提供を今後も継続していく所存である。

### 参考文献

- 1) 日本学術会議：エネルギー政策の選択肢に係る調査報告書,2011, 1-15.
- 3) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック, 2008-9, 9-12.
- 3) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構：NEDOの新エネルギー・省エネルギー技術開発, 電気評論, 2010-2, 20-25.
- 4) 財団法人 省エネルギーセンター 工藤博之：エネルギー・マネージメント・システム (EMS), 電気評論, 2008-8, 36-42.

## 【文責者連絡先】

Hitz日立造船(株) 精密機械本部  
 電子制御ビジネスユニット  
 マイクログリッドプロジェクト室  
 岡田紀之

Tel : 0773-62-8774 Fax : 0773-62-8805  
 E-mail : no\_okada@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation  
 Micro Grid Project Department  
 Electronic Control Business Unit  
 Noriyuki Okada  
 Tel : +81-773-62-8774 Fax : +81-773-62-8805  
 E-mail : no\_okada@hitachizosen.co.jp



岡田紀之



向井俊文



山崎康裕



小川祥太



出井佑次郎



佐藤忍



北村暁晴