

# スマートグリッド実証システムの開発

中 幡 英 章\*・綾 井 直 樹・柴 田 俊 和  
 重 松 敏 夫・佐 藤 亮・中 石 博 之  
 岩 崎 孝・久 田 俊 哉・北 山 賢 一  
 三 好 秀 和・古 金 谷 正 伸・平 野 信 行  
 畑 中 一 郎・前 田 直 樹

Development of Smart-Grid Demonstration Systems — by Hideaki Nakahata, Naoki Ayai, Toshikazu Shibata, Toshio Shigematsu, Ryo Satoh, Hiroyuki Nakaishi, Takashi Iwasaki, Toshiya Hisada, Kenichi Kitayama, Hidekazu Miyoshi, Masanobu Koganeya, Nobuyuki Hirano, Ichiro Hatanaka and Naoki Maeda — Sumitomo Electric Industries, Ltd. has recently developed two types of smart-grid demonstration systems. One is the micro smart-grid demonstration system operating at Osaka Works from June 2011. This system consists of four types of renewable power generators and a storage battery with DC-connection to balance fluctuations in natural power generation and power consumption, thereby ensuring stable and efficient power supply to the facilities and equipment of the Works without any commercial power network. The other is the megawatt-class power generation/storage system established at Yokohama Works in July 2012. This system consists of the world's largest redox flow battery (capacity: 1 MW x 5 hours) and Japan's largest concentrated photovoltaic (CPV) units (maximum total power generation: 100 kW). Connected to external commercial power networks, the system can store electricity provided by a power company during the night. Both systems employ an energy management system (EMS) that monitors generated electric power, battery storage and power consumption, and stores measured data on a central server.

Keywords: smart grid, micro grid, energy management system, redox flow battery, concentrated photovoltaic

## 1. 緒 言

再生可能エネルギーの導入推進、非常時にも安心できる電力供給、より賢い電力消費、より効率的な需給制御等を目的に、電力システムは従来の単一的で大規模集中的なものから、多様性と柔軟性を有した分散型のシステムへと向かって、いわゆる「スマートグリッド」に関する各種の技術開発が近年各所で精力的に進められている。

当社でも、スマートグリッド分野への事業展開を念頭に、各種の機器、システムの開発に注力しており、その一環として、これまで社内に2つのスマートグリッド関連の実証システムを構築した。2011年6月には当社大阪製作所の構内にて、「マイクロスマートグリッド実証システム」を開発、2012年7月には当社横浜製作所の構内にて、「メガワット級大規模蓄電システム」を開発し、以降、24時間運転の下でそれぞれ実証運転を継続している。本報告では、これら2つの実証システムについて紹介する。

## 2. マイクロスマートグリッド実証システム

2011年6月に竣工した「マイクロスマートグリッド実証システム」は、太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電設備と蓄電池を直流（DC）で連系させたもの

で、自然由来の不安定なエネルギーと電力消費を高度に管理することで、系統電力とは独立系の下で、安定的かつ効率的に各種負荷機器への電力供給を維持することを狙ったものである<sup>(1)</sup>。図1に本システムの構成全体図を、図2に鳥瞰模式図を示す。

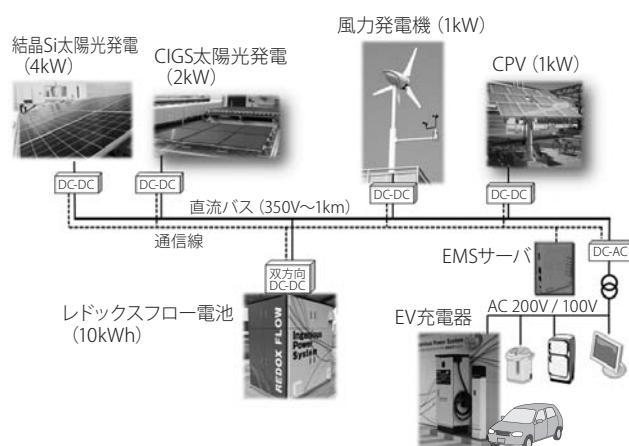


図1 マイクロスマートグリッド実証システムの構成図

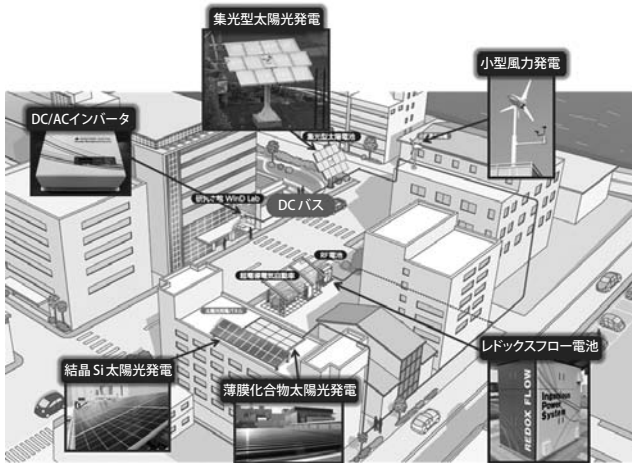


図2 マイクロスマートグリッド実証システムの鳥瞰模式図 (住友電気工業(株)大阪製作所内)

2-1 システムの構成 発電装置には、市販の2種類の太陽光発電装置（結晶系シリコン、及びCIGS薄膜系）と自社開発の集光型太陽光発電装置（CPV）、及び市販の小型風力発電装置を設置している。CPVは、発電素子にレンズで集光させた高密度の太陽光を入射させることによって、小面積の発電素子でエネルギー変換をする太陽光発電装置である。発電素子に特殊な化合物半導体材料を用いていることから、発電効率が市販のシリコンパネルに比べて約2倍であり、また集光パネルを地面から高い位置に設置する構造のため、パネル下のスペースも活用できるなど、次世代の太陽光発電装置として期待されている。今回開発したCPV（出力1kW）では、当社グループの材料技術を活用するとともに、従来のCPVに比べ、パネルの薄型化・軽量化を実現している。現在、低コスト化技術を含めて製品化に向けての開発を進めているものである<sup>(2)</sup>。

蓄電池としては、自社開発のレドックスフロー電池（容量10kWh）を設置している。太陽光や風力といった再生可能エネルギーを利用する電力系統では、その発電量の変動に応じて電力を貯蔵・放出する蓄電池の役割が特に重要になる。レドックスフロー電池は、不規則で変動の激しい充放電運転に適し、貯蔵電力量の正確な監視・制御が可能なることから、太陽光や風力など不安定な発電の有効活用を目指すスマートグリッドには最適な蓄電池と考えている。充放電を頻繁に繰り返しても電極や電解液の劣化は殆どないため長寿命であり、正極と負極の電解液が同じ物質であることから、メンテナンスが容易で、発火性の材料を用いていないことや常温運転が可能なることから安全性も高い蓄電池と言える。市場投入実績を持つレドックスフロー電池について、現在、スマートグリッド用途での本格的な実用化を目指した製品開発を進めている<sup>(3)、(4)</sup>。これらの発電、蓄電機器の概要を表1にまとめる。

本システムでは、上記の3種類の太陽光発電装置と小型

表1 各発電装置、蓄電池の緒元

太陽光発電装置	
多結晶シリコン	定格出力4 kW
円筒型（CIGS系薄膜化合物）	定格出力2 kW
集光型（GaAs系）	定格出力1 kW
風力発電装置	定格出力1 kW
レドックスフロー電池	出力2 kW（最大4 kW） 蓄電容量10 kWh

風力発電装置、電力貯蔵用の小型レドックスフロー電池を総長約1kmの直流電力ケーブルで連結している。それぞれの発電電力（合計の最大発電能力は10kW弱）は、まずDC/DCコンバータで直流のまま昇圧（350V）し、直流電力ケーブルを経由してレドックスフロー電池に貯蔵、或いはDC/ACインバータで一括して交流に変換し、スマート分電盤、インテリジェント電源タップ（コンセント）を経て各種負荷機器に供給している。

発電装置・蓄電池と直流電力ケーブルの連結部分に設置するDC/DCコンバータ、負荷機器への供給直前に一括して直流を交流に変換するDC/ACインバータは、それぞれ通信機能付きパワーコントロール機能を備え、中央制御サーバでこれらを制御するというエネルギーマネジメントシステムを構築している。具体的には、有線/無線のハイブリットネットワークを介して、発電量、蓄電量および消費量を収集し、最適な需給バランスが得られるように、電力の流れを管理することによって、消費者の利便性を損なわずに経済メリットも発揮できるように負荷機器の制御を行っている。計測データは中央制御サーバで一括管理され、発電・蓄電・消費のリアルタイムの状況や、過去の発電や消費データのトレンドをディスプレイ管理している。写真1にシステム管理スペースの写真を示す。なお、DC/DCコンバータ、DC/ACインバータ、各種負荷機器に効率的に給電



写真1 マイクロスマートグリッド実証システムの管理スペース

するスマート分電盤の制御ユニット、その先に接続されるインテリジェント電源タップは、全て自社開発品である。

本実証システムにおいて発電した電力は、所内一部の照明やTV等の家電製品で消費している他、グループ会社の日新電機㈱と共同開発した、超電導電気自動車用充電ステーション用（市販の電気自動車にも対応）の電力としても活用可能にしている。

**2-2 システム全体の特徴** 本システム全体の特徴をまとめると以下のようになる。

- (1) 本システムは、商用電力系統とは連系しておらず、電源は太陽光と風力のみである。エネルギーマネジメントシステムにより、これら不安定な再生可能エネルギーの発電量と各種負荷機器の消費量を監視・制御し、その変動を蓄電池で吸収することにより、システム全体として、安定した電力利用を実現している。
- (2) 今回の直流連系方式は、従来の交流（AC）連系方式に比べて、直流から交流への変換回数を低減することができる。直流／交流の変換では、変換機器の動力や変換によるエネルギー損失が発生するため、変換回数の低減は、再生可能エネルギーの効率的な利用に繋がる。更に、将来は各住宅内での電力を直流のままで使用する方向に進む可能性もあり、そのような場面においては直流連系の技術は一層重要なものとなる。また直流送電は、交流送電に比べてケーブルでの送電損失を低減できる特徴もある。
- (3) 多種多様な再生可能エネルギー発電装置や蓄電池を、ニーズに応じて自在に連結することが可能で、様々な規模の電力系統に適用が可能である。

なお、上記（1）、（2）により、10%程度の省エネ効果を見込んでいる。

図3に、本システムの運転例として、4種類の発電と消費のバランスをレドックスフロー電池の充放電によって安

定に維持している様子を示す。本システムは既に1年以上の昼夜連続運転を継続しており、レドックスフロー電池で直流マイクログリッドの需給調整が十分に可能であることを示すことができている。現在も日照量や風況などの気象条件と発電電力量との関連性を含めてデータを蓄積しており、気象予報と連動させたシステム全体の最適運転制御の技術開発等を進めている。今後は、各種の社会状況に応じて、この技術の具体的な用途開拓を推進していく計画である。

### 3. メガワット級大規模蓄発電システム

これからの再生可能エネルギー電源の導入量の拡大には不規則発電の安定化技術や計画的発電技術が必須である。加えて喫緊の電力不足問題に対しては、需要家の系統供給電力に対する需要のピークカット運用が求められていると共に緊急時の電力バックアップ体制の構築も必要である。さらに事業所レベルから街レベルでの分散型電力のニーズが増大すると、分散電力を高度に制御することが必要となる。このような背景の下、世界最大規模のレドックスフロー電池、国内最大規模の集光型太陽光発電（CPV）、エネルギーマネジメントシステムから構成される「大規模蓄発電システム」を開発し、2012年7月より、当社横浜製作所内の電力利用の中での実証運転を開始した。

**3-1 システムの構成** 図4にシステムの構成、写真2にシステムの全景を示す。本システムは、夜間電力や太陽光発電電力を貯蔵するレドックスフロー電池（容量1MW×5時間）と再生可能エネルギー源としてのCPV（15基、最大発電量100kW）から構成され、外部の商用電力系統とも連系している。CPV発電量、レドックスフロー電池の充放電量は、エネルギーマネジメントシステム（EMS）によって監視され、計測データはEMSサーバで一括管理している。また、レドックスフロー電池とCPVに加えて、既設のガスエンジン発電機を組み合わせ、横浜

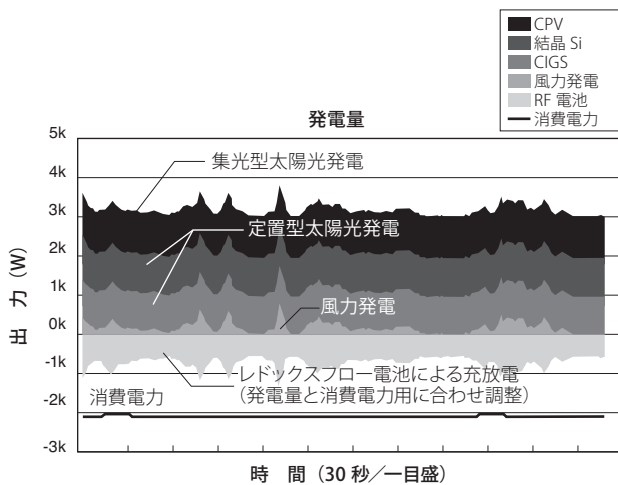


図3 エネルギーマネジメントの例

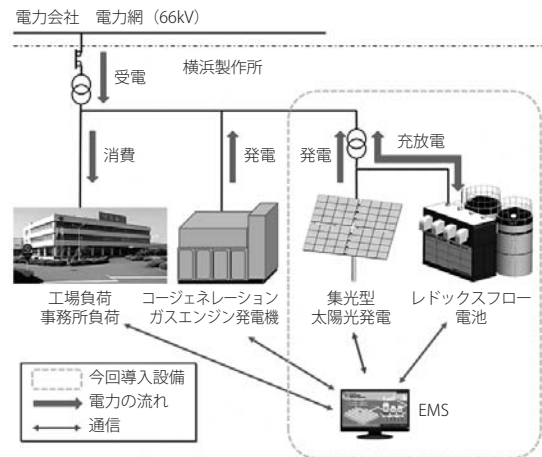


図4 大規模蓄発電システムの構成図



写真2 大規模蓄発電システムの全体像（住友電気工業(株)横浜製作所内）

製作所全体の電気エネルギーの最適運転を行うFEMS（ファクトリーエネルギーマネジメントシステム）の実証も行っている。各機器の概要について以下にまとめる。

(1) レドックスフロー電池（容量1MW×5時間）

レドックスフロー電池は、充放電を行う入出力部（電池盤）とバナジウムのイオン電解液を蓄えるタンクから構成される。本システムでは当社の最新技術を活用して、125kW×8面の電池盤で最大出力1MWのものを構成している。各電池盤ごとに正極用と負極用の電解液タンクをペアで設置し、全体で8組（16台）のタンクを設置している。写真3に設備外観を示す。



写真3 レドックスフロー電池

(2) 集光型太陽光発電CPV（最大発電量100kW）

CPVのパネル内の発電セルにはGaAs系化合物半導体から成る高効率の発電セルを使用している。一基のパネル枚数は64枚の構成で、最大定格発電電力は7.5kW/基である。現在15基で定格100kWのシステム構成としている。各CPV基毎に設置されたDC/DCコンバーターにてDCリンク接続しており、各

基毎に最大電力点追従制御（MPPT）を行うとともに、各基毎の発電量等の運転状態を管理している。写真4に開発したCPVとDC/DCコンバータの様子を示す。当社開発のCPVパネルにおいては、発電出力を落とすことなく、絵や文字をパネル面に表示することも可能で、写真4(a)では文字を表示させた例を示している。

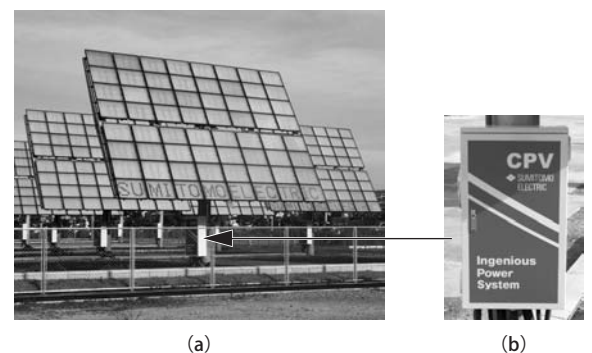


写真4 集光型太陽光発電装置 (a) とDC/DCコンバータ (b)

(3) パワーコンディショナー

レドックスフロー電池と商用電力系の間には500kWのパワーコンディショナー1台と250kWのパワーコンディショナーと2台を設置している。前者は(株)明電舎、後者は日新電機(株)の製造によるものである<sup>(5)</sup>。これらを写真5に示す。

(4) エネルギーマネジメントシステム（EMS）

EMSは本システムにおいてCPV15基の発電量を監視するほか、商用電力系統、CPV、レドックスフロー電池、事務所・工場間の電力フローを監視する役割を担う。必要な情報は光通信ネットワークによって収集されEMSサーバで集中管理している。監視画面の一例を図5に示す。



写真5 パワーコンディショナー  
 (a) 500 kW パワーコンディショナー (株)明電舎 製  
 (b) 250 kW パワーコンディショナー 日新電機(株) 製

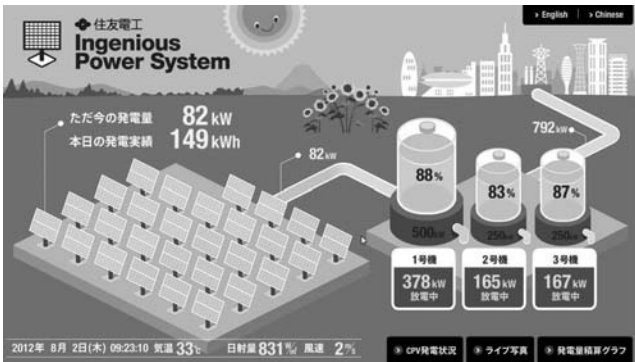


図5 大規模蓄発電システムのモニター画面の例

3-2 実証運転の内容と狙い 本システムで進めている実証運転の内容と効用は次のようなものである。

- (1) 横浜製作所におけるピークカット運用（最大1MWのデマンド抑制）を行う。これにより、国内で喫緊の課題である電力不足問題の軽減に貢献する。
- (2) 天候に左右される太陽光発電をレドックスフロー電池と組み合わせ、計画的な発電を行う。これにより、太陽光発電の価値を高め、導入を促進する。
- (3) あらかじめ設定したデマンドスケジュールとなるよう電力負荷に応じた放電量を調整する。電力消費のレベルを安定化させることで、必要な発電所の規模低減に貢献する。
- (4) 太陽光発電の激しい出力変動をレドックスフロー電池の充放電で補償することで、出力を平滑化する。これにより、火力発電所の調整負荷が軽減され、系統へ連系できる太陽光発電、風力発電の規模が拡大する。

以上のように、太陽光発電や風力発電に代表される不安定な再生可能エネルギーの導入に対し、レドックスフロー電池を駆使することで電力の安定化を実現すると共に、電力不足の問題の軽減に貢献することを目的としている。また、レドックスフロー電池とCPVに既設のガスエンジン発電機を組み合わせ、横浜製作所全体の電気エネルギーの最適運転を行うFEMS（ファクトリーエネルギーマネージ

メントシステム）の実証も開始している。本FEMS実証は、経済産業省「平成24年度次世代エネルギー・社会システム実証事業」として、「横浜スマートシティプロジェクト」の中で(株)明電舎と共同で行っている。

本システムは既に横浜製作所の電力需要のピークカット運用等で活用を始めているが、今後、再生可能エネルギーの導入やエネルギーの効率的運用を一層促進すべく、特に工場や商業施設などの大規模需要家でのニーズに合わせて、本システムの実用化を進めていく予定である。

## 4. 結 言

以上、当社で開発した2つのスマートグリッド実証システムについて紹介した。

これらの実証運転と並行して、事業化に向けた機器の低コスト化等を推し進め、今後数年以内には各機器やシステムの事業を開始する計画で、多様なニーズに柔軟に対応しながら、将来の新しいエネルギー社会に貢献して行きたいと考えている。

## 用語集

### ※1 スマートグリッド

電力の流れを供給側・需要側の両方から制御することで電力需給の最適な調整を行える送電網。省エネとコスト削減及び信頼性と透明性の向上を図れる。

### ※2 エネルギーマネジメントシステム

発電設備と蓄電設備の機能を最適に管理・制御することで、省エネ効果の発揮や電力コストの低減を図るもの。たとえば、電力消費が少なく低コストの夜間電力を貯めておき、電力が逼迫してコストも高い昼間にそれを利用して、系統からの電力消費の平準化（ピークカット）や、電力コストの低減を図ることが可能。また、電力消費を含む各種情報をリアルタイムで見える化し、利用者の生活パターンの改善にも活用できる。

## 参 考 文 献

- (1) 綾井直樹 他、「直流マイクログリッドシステム」、SEIテクニカルレビュー第181号、P.124 (2012)
  - (2) 齊藤健司 他、「集光型太陽光発電システムの開発」、SEIテクニカルレビュー第182号、P.18 (2013)
  - (3) 重松敏夫、「電力貯蔵用レドックスフロー電池」、SEIテクニカルレビュー第179号、P.7 (2011)
  - (4) 柴田俊和 他、「再生可能エネルギー安定化用レドックスフロー電池」、SEIテクニカルレビュー第182号、P.10 (2013)
  - (5) 小林猛 他、「大容量太陽光パワーコンディショナの開発」、SEIテクニカルレビュー第182号、P.22 (2013)
- 

## 執 筆 者

中幡 英章\*：パワーシステム研究所 グループ長  
博士（工学）



綾井 直樹：パワーシステム研究所 グループ長  
柴田 俊和：パワーシステム研究所 グループ長  
重松 敏夫：シニアスペシャリスト  
パワーシステム研究所 グループ長  
佐藤 亮：パワーシステム研究所 グループ長  
中石 博之：パワーシステム研究所 グループ長  
岩崎 孝：パワーシステム研究所 グループ長  
久田 俊哉：パワーシステム研究所 主席  
北山 賢一：パワーシステム研究所 主席  
三好 秀和：パワーシステム研究所 主席  
古金谷正伸：住亜貿易（深圳）有限公司 マネージャー  
平野 信行：生産技術部 グループ長  
畑中 一郎：生産技術部 主席  
前田 直樹：住友電工システムソリューション(株)  
生産システム事業本部 部長

---

\*主執筆者