

再生可能エネルギー・EMSと組み合わせた三菱スマート 中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree”

越智良輔*

Mitsubishi Smart MVDC Distribution Network System "D-SMiree" Coordinated with Renewable Energy and EMS

Ryosuke Ochi

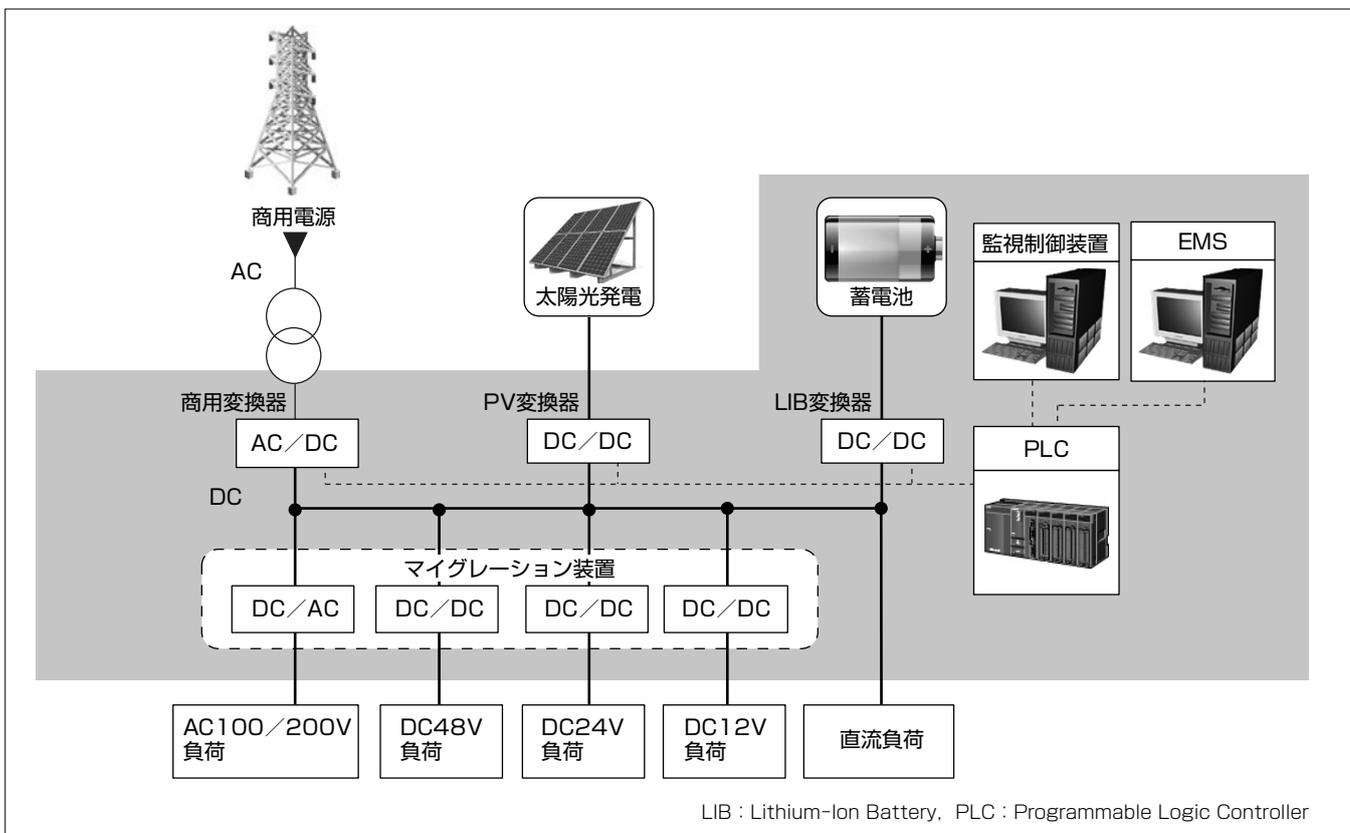
要旨

COP21(気候変動枠組条約締約国会議)で採択されたパリ協定に基づき、日本は温室効果ガス2030年度26%削減(2013年度比)に向けた対策の実施が求められている。このような世界的な環境問題への取組み意識が高まる中、近年、低炭素社会実現に向けた供給力の一つ、又はエネルギー安全保障を担う供給力の一つとして、太陽光発電(Photo Voltaic: PV)・風力発電(Wind Turbine: WT)等の再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)が注目されている。また、同時に効率的かつ安定した電力供給を目指し、エネルギー貯蔵装置としての蓄電池を組み合わせた環境配慮型の創蓄連系システムが普及している。

PV等は直流で発電するが、一般的に交流に変換して送配電され、電気機器の多くが機器内部で直流電力で動作するた

め、コンセント等から受電した交流電力を機器内部で直流電力に再度変換して使用している。これらの変換の際に生じる電力損失の削減が省エネルギー化を進める上での課題の一つである。今回、構築したスマート中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree(Diamond-Smart MVDC^(注1) distribution network system innovative, reliability, economy, ecology)”は、発電した直流電力を直流配電することで交流に変換する回数を極力削減し、電力損失の低減や電気機器での部品点数削減による故障率の低減等を実現した。また、再エネ、EMS(Energy Management System)及び蓄電池と組み合わせることで省エネルギーを実現する次世代の配電システムである。

(注1) MVDC: Medium Voltage Direct Current



LIB: Lithium-Ion Battery, PLC: Programmable Logic Controller

スマート中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree”の仕組み

スマート中低圧直流配電ネットワークシステムD-SMireeは、直流配電技術に加え、最新のスマートグリッド関連技術や蓄電池最適制御技術などを組み合わせたシステムである。商用変換器は商用電源を直流に変換し、直流母線電圧を一定に制御する。監視制御装置とEMSは、発電・需要予測から需給計画を行い、LIB等の蓄電池へ充放電の指示を行う。マイグレーション装置は負荷機器に応じた電圧に変換する。

1. ま え が き

デジタル化・クラウド社会の到来によるデータセンター需要の拡大や、東日本大震災以降のBCP(事業継続計画)対策や電力自由化を代表とした市場環境の変化に伴い、電力インフラに対して省エネルギー化・分散電源・エネルギーミックス等の新しい要求が増えている。

また、近年“建築物省エネ法”など省エネルギー規制の強化の流れを受け、建設業界でのZEB(ネット・ゼロ・エ

ネルギー・ビル)実証設備の建設も増加し、従来の“エネルギー消費型”から自然光・周囲環境を利用した省エネルギー化に、電力の発電・蓄電・制御技術を応用する“エネルギーの地産地消型”へ変化している。

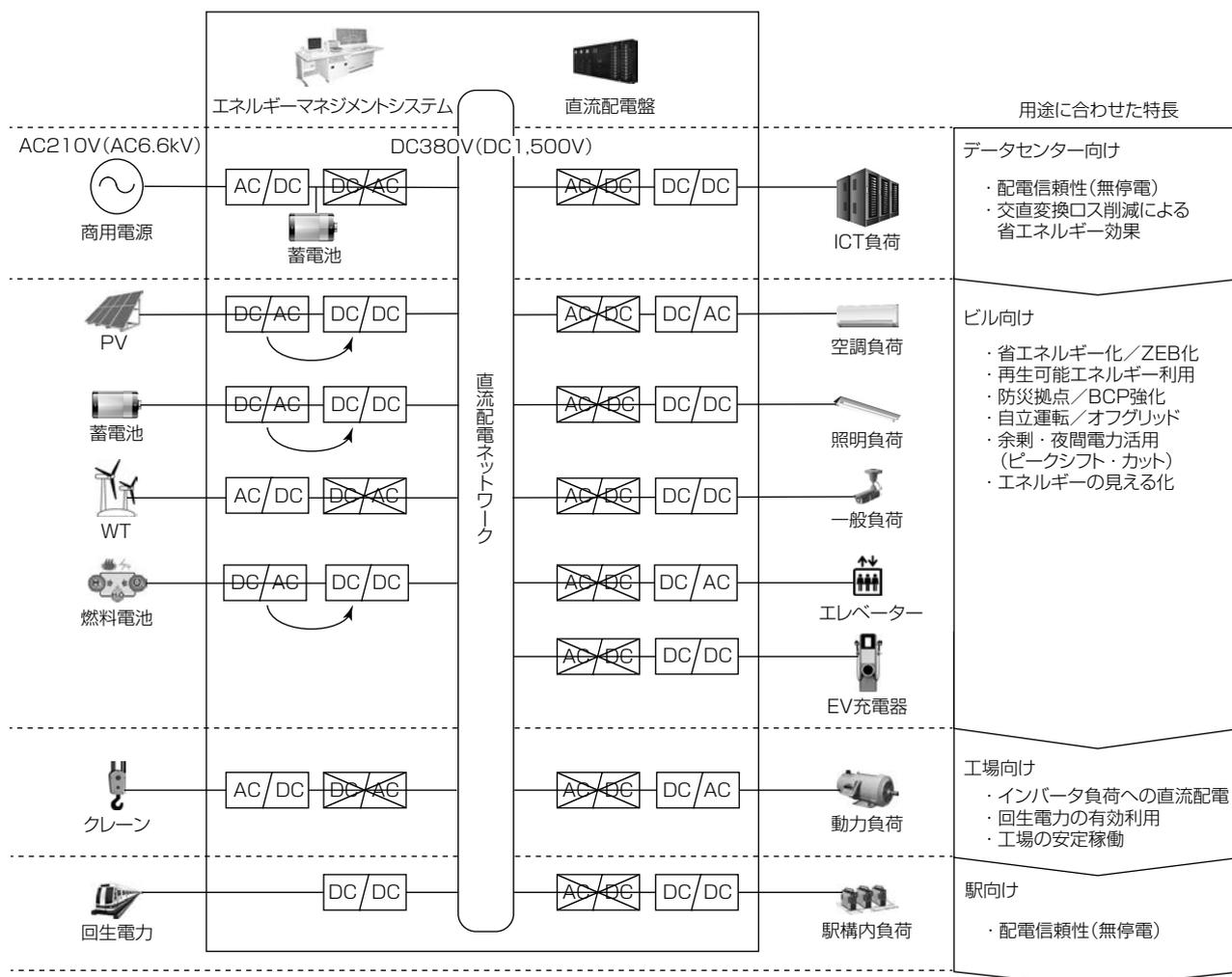
このような背景の中、三菱電機は、2016年7月、スマート中低圧直流配電システム実証棟を当社受配電システム製作所内に建設し(図1)、今後の直流配電の普及促進に向けた製品開発やエンジニアリング強化を図るための開発検証とこのシステムの事業展開を開始した。

本稿では、スマート中低圧直流配電ネットワークシステムD-SMireeのコンセプトと用途に合わせた特長について述べ(図2)、続いてD-SMireeの主な製品群であるエネル



所在地	香川県丸亀市蓬萊町8番地
実証棟構造・建築面積	地上3階建/175.2m ² (延床面積507.44m ²)
導入設備	整流装置、PV、WT、蓄電池、EMS、EV用パワーコンディショナ、各種変換器、LED照明、サーバ、監視カメラ/セキュリティ、テレビ/サイネージ、換気扇、無人受付機、盤用冷却装置(空調、エレベーター)ほか
直流系統電圧	DC400V以下(今後DC1,500V以下まで拡大予定)

図1. スマート中低圧直流配電システム実証棟



ICT : Information and Communication Technology

図2. スマート中低圧直流配電ネットワークシステムD-SMiree⁽²⁾

ギーマネジメントシステム(EMS)、直流給電システムとDC連系変換装置、直流分電盤とマイグレーション装置の特長について述べる。

2. D-SMireeの用途に合わせた特長

電力を無駄なく活用できる、信頼性と経済性を両立させたスマート中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree”を、データセンター、ビル、工場、駅などの用途に合わせて提供する(図2)。

(1) データセンター向け

従来の無停電電源装置(UPS)を通じてIT機器へ給電する交流給電システムではなく、直流給電システムによってシステム全体の変換段数を削減した。また、IT機器の消費電力に応じて電源ユニットの運転台数を最適制御する電源アダプティブ制御技術“ダイヤモンド・エコ・ドライブ機能”を確立し、常に運転効率の高い状態を維持することを実現した。さらに、PVやDC空調等との組合せによって、もう一段高い省エネルギーが可能となる。

(2) ビル向け

電源システム自体の効率化に加え、PV・蓄電池とのDC連携、DC照明等との組合せによって、創蓄連携システムの効率化が図られ、ZEB化に貢献できる。

(3) 工場向け

生産効率向上・合理化を図る工場で、産業用ロボットや生産ラインで使用されるモータの導入はより一層加速すると考えられる。これらの回生電力を直流給電システム内の他の機器で使用し、さらに余ったエネルギーは蓄電池に充電することで、無駄なくエネルギーを使用する。また、EMSと組み合わせることでピークカット、ピークシフトによる電力コスト削減が期待できる。

(4) 駅向け

省エネルギー化を進め、電車の回生電力・再生可能エネルギーを有効活用することが期待できる。

3. D-SMireeの主な製品群の特長⁽¹⁾

3.1 EMS

3.1.1 EMSの電力需給計画・制御機能

D-SMireeでは、“創エネ”“蓄エネ”の最適制御を実現するため、EMSを導入している(表1)。EMSの電力需給計画・制御機能は、大きく需要予測機能、再エネ発電予測機能、需給計画機能、負荷制御機能の4機能から構成されており、再エネを最大限に活用するためには、需要予測、再エネ発電予測からの需給計画に基づいた蓄電池の有効活用が重要になる。

(1) 需要予測機能

需給計画のためには、その基本となる“需要予測”を行う必要がある。一般的に、需要は気温との相関性が高く、需

要予測は、気象予報データの気温、過去の気温と需要の実績データを基に、回帰分析を用いて、48時間先までの需要を予測する。また、当日の需要予測に関しては、直近の実績データを基に予測カーブを補正して、より実態に近い予測値で計画するようにする。

(2) 再エネ発電予測機能

スマート中低圧直流配電システム実証棟には再エネ発電としてPV、WTを導入しており、いずれも発電出力が気象に左右されることから、気象予報データ(日射量、風向、風量)と発電出力特性モデル(PV、WT)から、翌日の発電量を予測する。当日の発電予測は、予測精度を高めるため、過去の日射量実績、PV発電実績データを利用し、気象予報に基づく“予報モデル”、直近の発電出力が持続すると考える“持続モデル”、過去の天候変化を予測に反映する“時系列モデル”を組み合わせた予測を行っている。

(3) 需給計画機能

需要予測、再エネ発電予測を基に、ビル、工場などの設備運用に合わせた需給計画を行う。商用電源からの給電を最小限にして再エネ発電を蓄電池と組み合わせることで最大限活用する運用を実現する。図3に需給計画例を示す。

(4) 負荷制御機能

生産・運転スケジュールに合わせたスケジュール制御、契約電力以下の運転を監視制御する30分デマンド制御、照明、空調の制御等、負荷側機器に対する制御を目的に合わせて組み合わせることが可能である。正味の電力使用量低減にも寄与する。

3.1.2 不確定性を考慮した需給運用計画

従来の発電出力予測手法ではPV出力、WT出力変動の不確定性が考慮できず、これらの導入量が増加すると停電確率(Loss Of Load Probability : LOLP)や燃料コストの増加につながることもあった。そこで不確定性を考慮可能な確率的手法によって、PVやWTの導入比率が増加した

表1. 主なEMS機能

項目	機能
スケジュール機能	設備・機器の運転スケジュールのパターンを設定可能、1年単位の運転スケジュールを設定可能
デマンド監視制御機能	30分間の平均使用電力が、契約電力を超えないように30分単位で監視し、必要に応じて警報表示や負荷制御が可能
空調監視制御機能	三菱電機製コントローラを介し、空調機の監視・制御を実施
照明監視制御機能	三菱電機照明製照明ゲートウェイを介し、照明器具の監視・制御を実施
蓄電池オンライン診断機能	蓄電池の残量、容量劣化度をオンラインで診断可能
電力需給計画制御機能	過去の電力使用実績と気象情報からの電力需要予測や過去の日照量・発電実績と気象情報からの再生可能エネルギーの発電予測に、蓄電池を組み合わせた需給を計画して制御
グラフィック表示機能	グラフィック画面作成アプリケーションで画面を作成し、各設備の機器状態、異常、計測値を表示
プレイバック機能	設備異常や機器故障などのイベント発生前後の設備稼働状態を記録し、グラフィック画面上でイベント発生当時の設備状態を再生可能

場合にもLOLPを現状から悪化させることなく燃料コストの削減を実現できる。

3.2 直流給電システムとDC連系変換装置

D-SMireeの電源は直流給電システムとDC連系変換装置で構成している。標準機である“D-SMiree Standard”を例に各機器の特長を次に述べる。

(1) 直流給電システム

D-SMiree Standardに採用する変換器は、2009年のNEDO（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）委託研究で製品化開発したものであり⁽²⁾、商用電源AC210Vを変換してDC380Vを出力する中核機器として適用している。主な特長は、消費電力変動に応じて電源ユニットの運転台数を最適制御する。“ダイヤモンド・エコ・ドライブ”で、低負荷時から定格負荷時まで全領域で高い運転効率の維持を実現して省エネルギー化に貢献している。DC連系変換装置と連系することで、PVやリチウムイオン蓄電池(LIB)との協調運転も可能にした。

(2) DC連系変換装置

DC連系変換装置は、PVとLIBを連系させ、直流電力を

制御する装置で、PV用、LIB用のDC/DC変換器で構成されている。PV用DC/DC変換器ではMPPT(Maximum Power Point Tracking)制御を行い、発電エネルギーを負荷へ給電しており、余剰分はLIB用DC/DC変換器を充電制御し、LIBへ蓄えることができ、発電エネルギーを無駄なく利用できる。また、中央監視制御装置からの指令によって、LIBの充放電制御が可能で、先に述べた変換器との協調運転によって、様々なパターンによる給電を可能にした(図4)。さらに、商用停電時にはLIBから給電することで、停電補償機能も持つ。

3.3 直流分電盤とマイグレーション装置

3.3.1 直流分電盤

D-SMireeで使用する直流分電盤は、NEDO委託研究の開発成果を基に製品化しており、①各分岐MCCB(Molded Case Circuit Breaker)収納ユニットの負荷電流、漏洩(ろうえい)電流、電力量等の計測・表示が可能な電子式マルチDC計測器を搭載した高機能型、②マルチDC計測器を搭載せず1面当たりの分岐MCCB実装台数を多くした高収納型の2機種がある⁽³⁾。

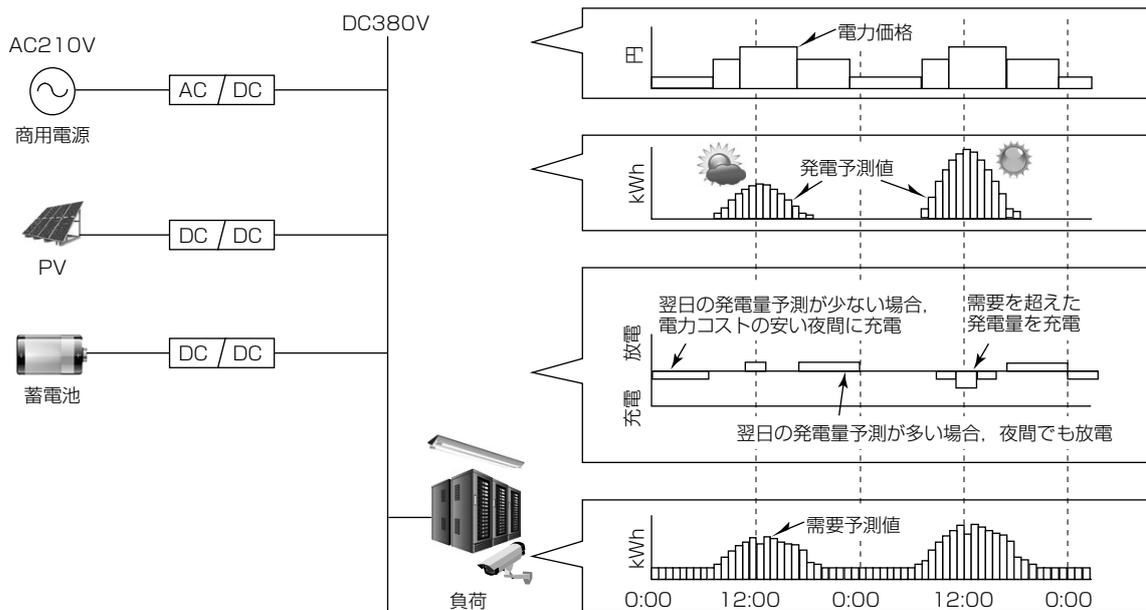


図3. 需要予測と再エネ発電予測に基づく需給計画例⁽²⁾

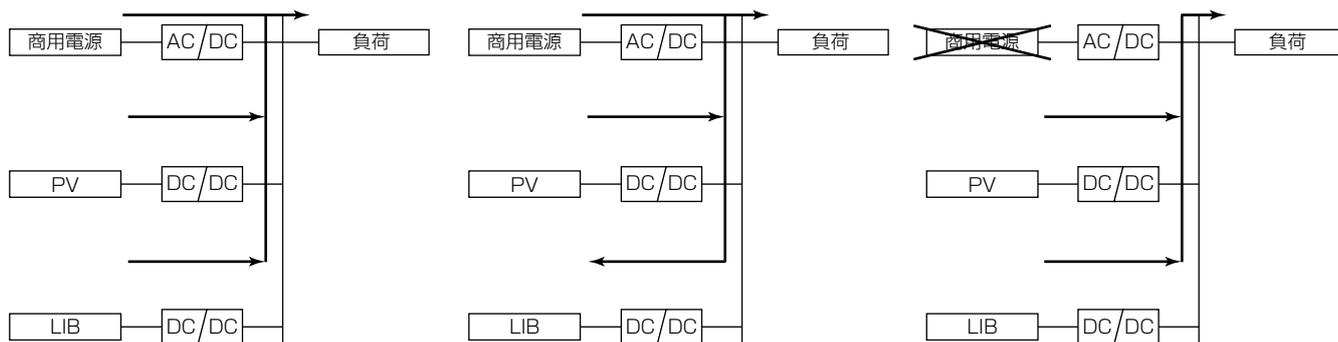


図4. 給電パターンの一例⁽²⁾

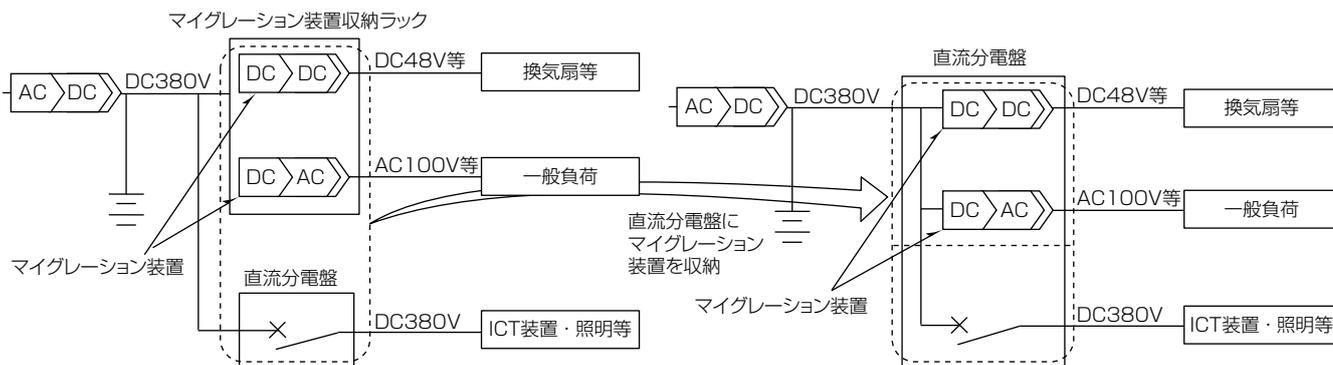


図5. マイグレーション装置の構成⁽²⁾

3.3.2 マイグレーション装置

DC380V直流給電システムは導入の過渡期であり、負荷側設備が完全にDC380Vに対応していないため、給電システム移行(マイグレーション)用の電圧変換装置(マイグレーション装置)が必要になる。そこで、次の特長を持った装置を開発している(図5)。

- (1) 当社製の直流分電盤に実装可能で分岐MCCB収納ユニットと置き換えが可能である。
- (2) 当社製の直流分電盤に実装可能とするため、マイグレーション装置の電源側は分岐MCCB収納ユニットと同様のグリップ構造とする。

これらによって、負荷側がDC380Vに対応した際に、マイグレーション装置を撤去した部位に分岐MCCB収納ユニットを配置することが可能であり、分電盤の追加設置が不要となる。

4. むすび

2016年7月に稼働開始したスマート中低圧直流配電システム実証棟を主要拠点として、DC380V以下の製品、システム群の実証試験を進めるとともに、顧客向けにシステムのPR活動を展開している。2017年度以降は、DC1,500V級システムへの適用範囲拡大検討や、国内・海外市場への展開をする予定である。

参考文献

- (1) 竹内勇人：データセンター・ビル施設向け中低圧直流配電ネットワークシステム，三菱電機技報，**91**，No.9，500～503（2017）
- (2) 志摩悠介，ほか：高効率・大容量の無停電電源装置，三菱電機技報，**91**，No.9，504～507（2017）
- (3) 関 孝一郎，ほか：新市場向け低圧配電盤，三菱電機技報，**88**，No.11，705～708（2014）