

電力の安定供給を支える 分散型エネルギーリソース統合基盤

木皿大介*
Daisuke Kisara
石崎 啓*
Hiromu Ishizaki
岡本健太郎*
Kentaro Okamoto

Distributed Energy Resource Integration Platform for Ensuring Stable Power Supply

*電力システム製作所

要 旨

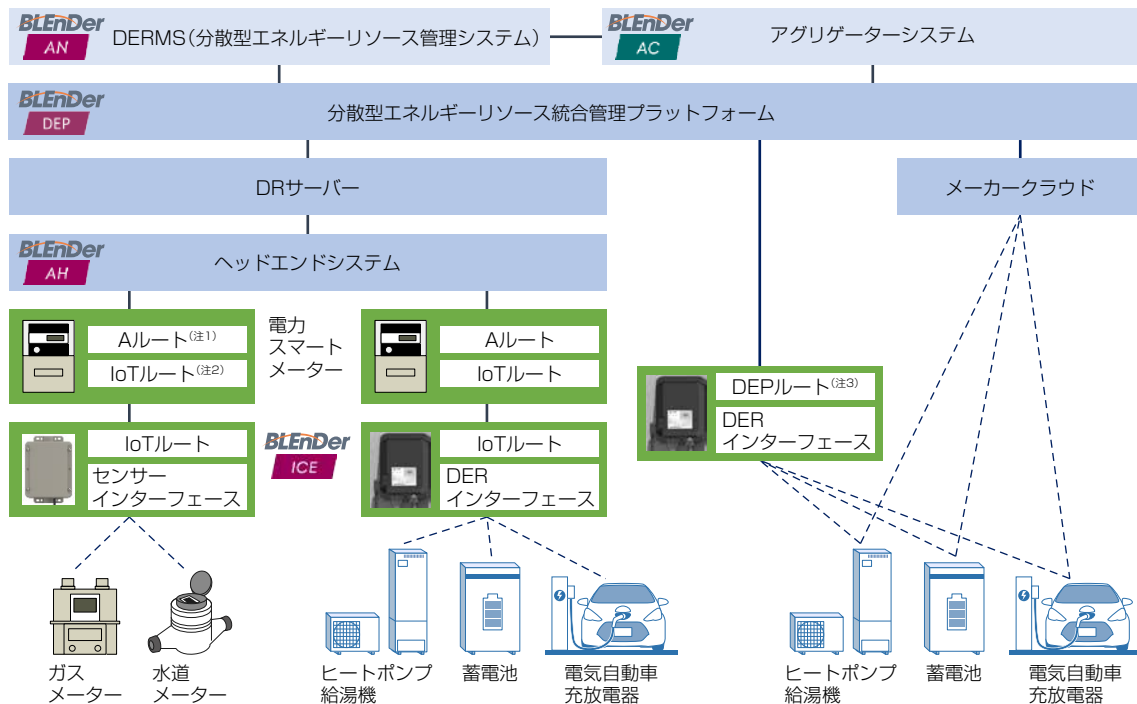
2050年カーボンニュートラル達成に向けて再生可能エネルギーの導入が進む一方、出力変動による電力需給の不安定化が課題である。電力需給の調整力を高めるには、需要側に存在する分散型エネルギーリソース(DER)の有効活用が重要であり、その一手段として需要家機器のDRready対応が求められる。

三菱電機は、スマートメーターのIoT(Internet of Things)ルートに対応した無線端末である“BLENder ICE(Intelligent Communication Edge)”の試作と、DERを統合管理するIoTプラットフォーム“BLENder DEP(Digital Energy Platform)”を開発し、既存インフラを活用した多様なDERの接続及び制御を実現している。今後、膨大なDERの統合監視・制御を通じて、再生可能エネルギーの有効活用と電力需給の安定化に貢献する。

1. ま え が き

2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、再生可能エネルギーの導入が急速に進んでいる。一方、太陽光発電や風力発電は天候や環境条件に左右されやすく、電力需給の不安定化の要因になっている。そのため、需給バランスを調整する手段の確保が重要な課題である。デマンドレスポンス(DR)は、需要側の電力消費を需給状況に応じて調整する仕組みであり、ピーク負荷の削減や再生可能エネルギー過剰時の需要引上げに有効である。

需要家の持つヒートポンプ給湯機や蓄電池などのDERが遠隔制御によるDRに対応できる状態であることをDRready



(注1) スマートメーターからの計量データを送配電事業者に送るルート
(注2) 特定計量器・ガスメーター・水道メーターからの検針データをスマートメーターシステムを経由して共同検針するルート
(注3) 分散電源から収集したデータを送配電事業者に送るルート

AN : Active Network Management, AC : Aggregation Coordinate, AH : Advanced Head-End

図1-DERの遠隔制御を実現するシステム構成

という。DRreadyの普及は、再生可能エネルギー出力抑制の回避による二酸化炭素排出量削減など、社会全体の環境負荷低減に寄与する。しかし、一般家庭や小規模オフィスでのDERは、数は多いが一件当たりの容量が小さく、大規模工場などに比べて活用が十分に進んでいない。これらの低圧需要家のDER活用を進めるには、遠隔制御に必要な通信設備や機器のコストが課題になる。スマートメーターのIoTルートを活用したDRはその解決策の一つである。既存の通信インフラを活用することで低コストでのDERの制御を実現し、従来は経済性の観点から困難であった低圧需要家のDR参加を促進できる⁽¹⁾。

当社は、太陽光発電、蓄電池、EV(Electric Vehicle)充電器、ヒートポンプ給湯機などの多様なDERと接続し、さらにスマートメーターのIoTルートに対応する無線端末BLEnDer ICEを試作した。これによって、既存電力インフラを活用したDERの遠隔制御を実現している。また、多様な接続経路を持つDERを統合管理するIoTプラットフォームBLEnDer DEPを提供し、DER活用基盤の構築を進めている(図1)。

本稿では、電力の安定供給を支えるための当社の取組みを述べる。

2. DERのDRready対応

DERのDRready対応としては、上位システムからの“需給調整に対応できる”ことに加えて、実際に機器・システムが指令に応じて信頼性高く動作できる準備状態が定義されている。

国内では資源エネルギー庁／経済産業省の勉強会で蓄電池やヒートポンプ給湯機を対象に次のとおり挙げられている⁽²⁾⁽³⁾。

(1) 通信接続機能

機器が外部システムと構造化されたデータ形式で通信可能であること。

通信はDRイベントの指令受信と状態送信のための基盤であり、この機能搭載が前提である。

- ・ゲートウェイやアグリゲーターとの通信インターフェースを保有
- ・標準化されたプロトコルを用いた通信が可能(ECHONET Lite^(注4)など)
- ・機器がサーバーや制御システムと双方向に通信可能

(2) 外部制御機能

機器本体が外部からの指令に応じて動作制御できること。

- ・アグリゲーターからの制御指令を受信・実行可能
- ・消費電力や充放電量を送信可能
- ・個別機器ごとの識別及び制御対象機器を特定可能
- ・計画的な充放電スケジュールを構築・調整可能

(3) セキュリティー

通信・制御機能の安全性を確保するためのセキュリティ対策が実装されていること。

DRreadyは外部制御の仕組みであるため、サイバー攻撃や不正制御の対策は必要になる。

- ・認証機能(不正アクセス防止)
- ・通信暗号化
- ・セキュリティ適合性評価・ラベリング基準への準拠(JC-STARなど)

(注4) ECHONET Liteは、エコーネットコンソーシアムの商標である。

3. BLEnDer ICE

この章では、BLEnDer ICEの特長や機能について述べる。

3.1 BLEnDer ICEの特長

低圧需要家に分散する多数のDERを経済的に遠隔制御する基盤を確立することを目的として、2章で述べた要件のうち通信接続機能及び外部制御機能に着目し、BLEnDer ICEを試作した。BLEnDer ICEは、上位の電力スマートメーターシステムと需要家側のDERやガスメーター、水道メーターなどの機器を接続する装置である。装置内でIoTルートアプリケーション及びDRアプリケーションが動作することでDERの制御及びデータ処理を可能とする構成である(図2)。

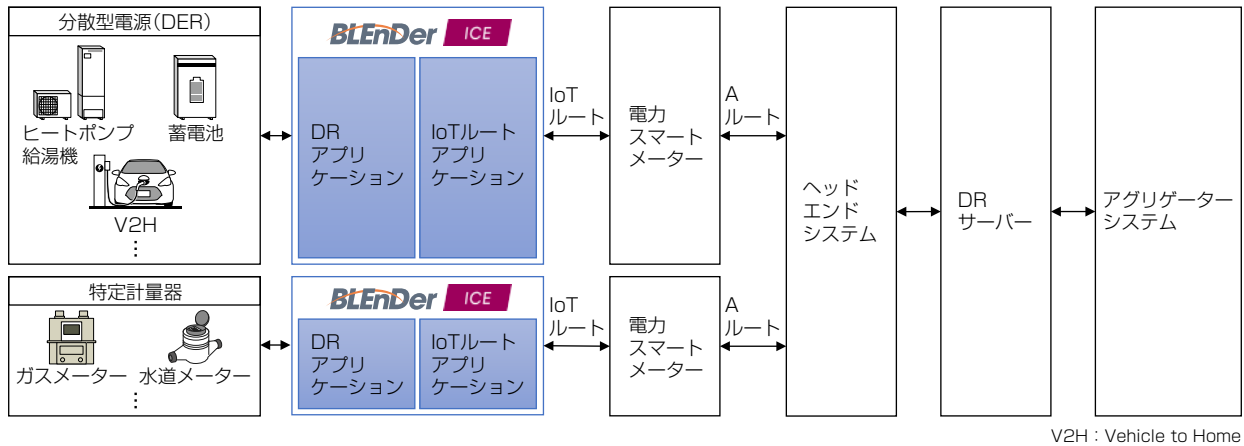


図2-スマートメーターIoTルートを活用したDRの通信構成

V2H : Vehicle to Home

全国に普及しているスマートメーターのIoTルートに対応し、DERやガスメーター、水道メーターと新たな通信インフラを構築することなく広域展開できる点を特長とする。DERとEthernet^(注5)等の標準インターフェースを介して接続し、ECHONET LiteやModbus^(注6)など複数のプロトコルに対応することで、多様な機器の計測・制御を統合的に実現する。

(注5) Ethernetは、富士フィルムビジネスイノベーション(株)の登録商標である。

(注6) Modbusは、Schneider Electric USA Inc.の登録商標である。

3.2 BLENder ICEの機能

BLENder ICEは、DRサーバーからAルートを經由したIoTルート網によって指令を受信し、IoTルート電文内の独自電文を解釈して対象DERに対してECHONET Liteプロトコルで制御を実行する。

BLENder ICEに実装したソフトウェア機能の概要を次に示す。各機能の①～④の番号は図3に示すソフトウェア構成中のモジュールの番号に対応している。

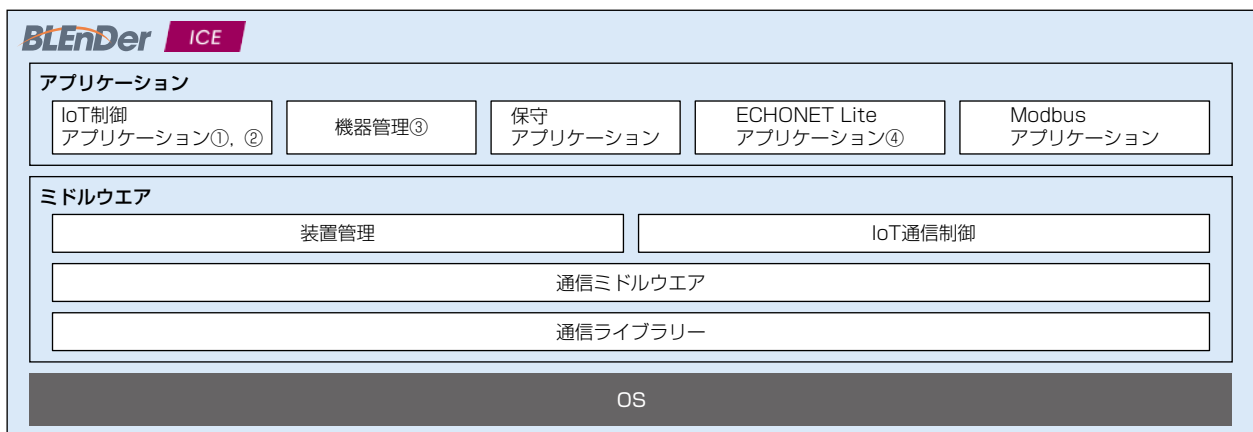


図3-BLENder ICEのソフトウェア構成

①ネットワーク管理

電源投入後、IoTルートを介して電力スマートメーターを探索し、自動的に接続を確立する。その後、制御対象であるDERを探索・接続し、接続したDERの情報を上位のDRサーバーや4章で詳述するBLENder DEPへ通知する。

②収集・制御

上位サーバーから連携された計測・制御指令に基づいて、対象DERのデータ収集及び動作制御を実行する。運用指令に基づく機器動作を担う。

③DER情報通知

DER情報(蓄電池の充電量など)やDER状態(蓄電池の充電・放電状態など)を上位サーバーへ一定周期で通知する。

④アプリケーション連携

接続したDERの設定及び取得可能なECHONET Liteのプロパティ一覧を管理する。上位サーバーからの独自電文を受信したIoTルートアプリケーションとDRアプリケーションが連携し、対象DERのECHONET Liteプロトコルに基づく設定及び取得処理を実行する。

先に述べた機能を持つBLENder ICEの試作及び検証によって、DERの遠隔制御及び計測データのBLENder DEPとの連携が可能であることを確認した。今後は、対応機器の拡充及び標準化動向への適合を進めて、更に広範なDERへの適用と機能高度化を図る。

4. BLENder DEP

当社はDERを統合管理するIoTプラットフォームのBLENder DEPを開発している。BLENder DEPは、クラウド上で動作する分散型エネルギーリソース統合管理基盤であり、BLENder ICEと連携してエッジとクラウドの役割分担を実現する。DERからデータを収集・蓄積し、それを活用するための機能を提供するとともに、事業者からの要求に従ってDERを制御する機能を持つ。AWS(Amazon Web Services)^(注7)上で稼働するマルチテナント(一つのシステムやアプリケーションを複数のユーザーや企業が共有して利用する方式)のサービスであり、当社が開発した需要家のDERを運用するパッケージの“BLENder AC”や再生可能エネルギー・蓄電池を監視・制御するパッケージの“BLENder RE(Renewable Energy)”とともに、複数の事業者にサービス提供を開始している。

スマートメーターのIoTルートを活用したDRの検討が進む中で、BLENder DEPはこのIoTルートを活用したDRにも対応していく。BLENder DEPはメーカークラウド、IoTルートなど多様な接続経路が存在するDERを統合監視・制御することを志向している。次にBLENder DEPの最新の開発状況について述べる。

(注7) AWS, Amazon Web Servicesは, Amazon. com, Inc.の登録商標である。

4.1 BLENder DEPの機能要件

BLENder DEPの機能要件には、デバイス接続、データ収集・管理、データ可視化・分析、デバイス制御、アプリケーション連携などがある(図4)。この節では、これらの要件のうち、デバイス接続に関する開発状況を述べる。

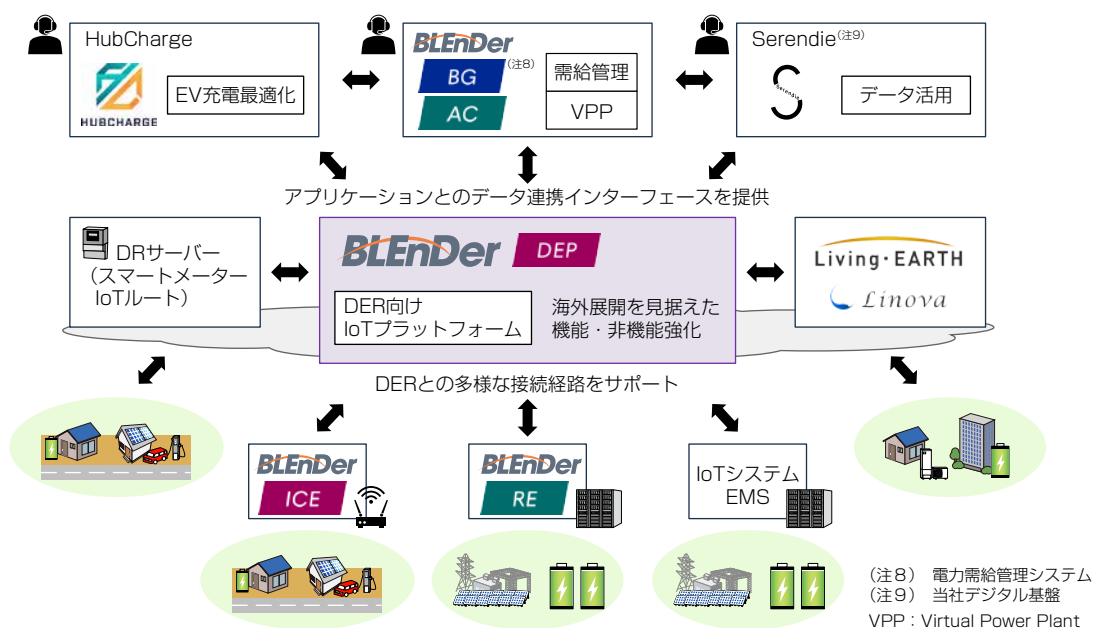


図4 -BLENder DEPによるDER接続とアプリケーション連携

DERと接続する際の通信プロトコルは様々なものが存在する。日本の家庭用機器に普及するECHONET Lite、産業用機器のデファクトスタンダードであるModbus、EV充電器の国際標準であるOCPP(Open Charge Point Protocol)、家庭用機器の新たな国際標準であるMatterなどがある。BLEnDer DEPは以前からサポートするECHONET Lite、Modbusに加えてOCPPのサポートも進めており、当社のモビリティソリューション事業推進部で開発するEV充電最適化ソリューション“HubCharge”と連携してEV充電器を制御する技術検証を実施している。また、今後急速な普及が予想されるMatterのサポートも検討している。これらは当社が開発するゲートウェイであるBLEnDer ICEなどを介して接続する。

DERとの接続では、先に述べたようにゲートウェイを新規設置するのではなく、DERと通信可能な既設のIoTシステムやEMS(エネルギーマネジメントシステム)と連携して接続できることも多い。BLEnDer DEPではこれらのIoTシステムやEMSとの連携も進めており、当社が提供する標準インターフェース又は他社が提供するインターフェースを活用して連携する。過去には、主に蓄電池を中心に複数の他社IoTシステム、他社EMSと連携して制御を実現している。当社のIoT・ライフソリューション新事業推進センターで開発する法人向けエネルギー制御システム“Living・EARTH”とも連携し、DERを制御する技術検証を実施している。また、スマートメーターのIoTルートで接続されるDERはDRサーバーと呼ばれるシステムに集約される予定だが、BLEnDer DEPはDRサーバーと連携したDERの制御も視野に入れている。DRサーバーと連携することで従来は経済性の観点で困難であった低圧需要家が所有するDERの活用にも貢献する。

4.2 BLEnDer DEPの非機能要件

BLEnDer DEPの非機能要件には、可用性、性能・拡張性、運用・保守性、セキュリティ、移行性などがある。BLEnDer DEPは海外展開を見据えて非機能要件の見直しを進めており、特に性能・拡張性とセキュリティに関して海外の動向とともに開発状況を述べる。

米国では連邦エネルギー規制当局(FERC)によってFERC Order 2222が発令されている。単体では小規模だが大量に存在するDERを束ねて卸電力市場に参加できることをISO(Independent System Operator)/RTO(Regional Transmission Organization)に義務付けた制度であり、DERの導入・活用は今後更に加速すると考えられる。性能・拡張性という観点では数百万～一千万台規模のDERが管理対象になることが想定されるため、BLEnDer DEPはシステムアーキテクチャーの検討に着手しており、その方向性は次のとおりである。

- (1) データ管理 : 従来のRDB(Relational DataBase)に加えて、時系列データ向けにNoSQL(Not Only Structured Query Language)を検証
- (2) アプリケーション連携 : 従来のWeb API(Application Programming Interface)に加えて、オブジェクトストレージを活用したファイルベースの連携を検証
- (3) データ収集 : 大量デバイスの接続やデータ収集は外部パッケージを活用して開発を効率化
- (4) マイクロサービス : データ収集、集計、連携など各機能を独立させた構造にすることで拡張性を担保

現在は要素技術の検証段階であるが、実現の見込みが立ち次第、商用システムへの段階的な適用を進めて、最終的に数百万台規模に対応可能なシステムへと進化させる。

海外展開ではセキュリティの観点も重要になる。特に欧州ではCRA(Cyber Resilience Act: EU(European Union)サイバーレジリエンス法)と呼ばれる製品セキュリティ規制が発行されており、製品を提供するメーカーに対して製品のライフサイクル全体を通じたセキュリティ要件適合や脆弱(ぜいじゃく)性・インシデント報告が要求されている。2026年9月11日から脆弱性・インシデントの報告義務が開始し、2027年12月11日から全ての製品でCRAへの完全準拠が必要になる。BLEnDer DEPでは、CRAのセキュリティ要件に適合するため、CRAに加えて制御システムセキュリティの標準規格IEC 62443も参考にしたリスク分析やセキュリティ設計を進めている。また、脆弱性については複数の脆弱性診断ツールを利用したセキュリティチェックを進めている。これらは開発プロセスの中で継続して実施するが、今後はエビデンスとなる文書の整備や脆弱性・インシデント報告に対応する運用の構築が課題になる。

5. む す び

当社は BLEnDer ICE、BLEnDer DEPの開発を通じて、スマートメーターインフラやメーカークラウドを活用したDERの遠隔制御を実現してきた。今後はBLEnDer DEPを中心に機能の高度化を進めて、膨大なDERの統合監視・制御によって再生可能エネルギーの有効活用と電力需給の安定化に貢献する。

参考文献

- (1) 林 泰弘：低圧需要家視点での社会インフラの再構築～低圧需要サイドからの「S+3E」にむけて～（2024）
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/076_05_00.pdf
- (2) 経済産業省：ヒートポンプ給湯機のDRready要件(案)（2025）
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/dr_ready/pdf/004_04_00.pdf
- (3) 経済産業省：家庭用蓄電池及びハイブリッド給湯機のDRready要件(案)（2025）
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/dr_ready/pdf/007_03_00.pdf

