

【個別報告】 需要側資源の活用（1） —DERの特性を踏まえた フレキシビリティ資源の拡大—

電力中央研究所
グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門
研究推進マネージャー（デマンドインテグレーション）

上席研究員 坂東 茂

研究報告会2024

2024年11月7日

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2024



RI 電力中央研究所

本報告でお伝えしたいこと

- 再エネの増大により、調整力を含むフレキシビリティがさらに必要となり、火力の稼働率が低下する中で、必要量を不足なく確保し続けることは大きな課題（【個別報告3】で報告）
- フレキシビリティ供給源として活用可能なDERを拡大する必要がある。本報告では下記を紹介する
 - ▶ フレキシビリティ供給源として活用可能なDERを増やす
国外事業者の取り組み
 - ▶ DERによるフレキシビリティ供給のポテンシャルを増やす
取り組み
 - ▶ 多様な事業者を交えてDER活用を議論する「場」をつくり、
課題を抽出する取り組み

© CRIEPI 2024

1

報告内容



1. フレキシビリティ供給源としてDERを活用する国外事業者の事例紹介
2. DERのフレキシビリティ供給リソースとしてのポテンシャルを増やす取り組み
3. DER活用を語り合う「場」をつくり、課題を抽出する取り組み

報告内容



1. フレキシビリティ供給源としてDERを活用する国外事業者の事例紹介
2. DERのフレキシビリティ供給リソースとしてのポテンシャルを増やす取り組み
3. DER活用を語り合う「場」をつくり、課題を抽出する取り組み

フレキシビリティを供給するDERを増やすためには

- DERを束ね（アグリゲーション）、フレキシビリティを供給する事業は、わが国ではビジネスフェーズにあるが、現状では活用が進んでいる、とは言いきれない
- 国外では低圧リソースをアグリゲーションした事例が見られる
 - ▶ 高圧リソースに比較して 低圧リソースの事業はコストがかさみやすく、経済性確保のための工夫が必要。その工夫は高圧/低圧問わず、今後の事業展開の参考になる可能性がある
 - ▶ DERは系統側から信頼されるリソースになりうるか
- 米国における電気温水器VPPの事例※を通して、上記の課題を考察する

米国Mosaic Power（MP）社の事業概要

- 米国PJM管内の計14千台超の電気温水器（電熱線式）の電力使用を遠隔制御してVPPリソースとする
- PJMで最も高値の「わが国の二次調整力①（周波数調整）相当」のカテゴリにて調整力を提供するスタートアップのアグリゲーター
- 携帯電話の通信技術に強みを持つ

州別の電気温水器 対象台数

| | |
|--------------|---------|
| ・ ウェストバージニア州 | 1,690 台 |
| ・ バージニア州 | 1,000 台 |
| ・ ペンシルベニア州 | 1,288 台 |
| ・ オハイオ州 | 6,982 台 |
| ・ メリーランド州 | 3,334 台 |
| ・ イリノイ州 | 276 台 |
| ・ ワシントンDC | 32 台 |
| (2019年11月時点) | |

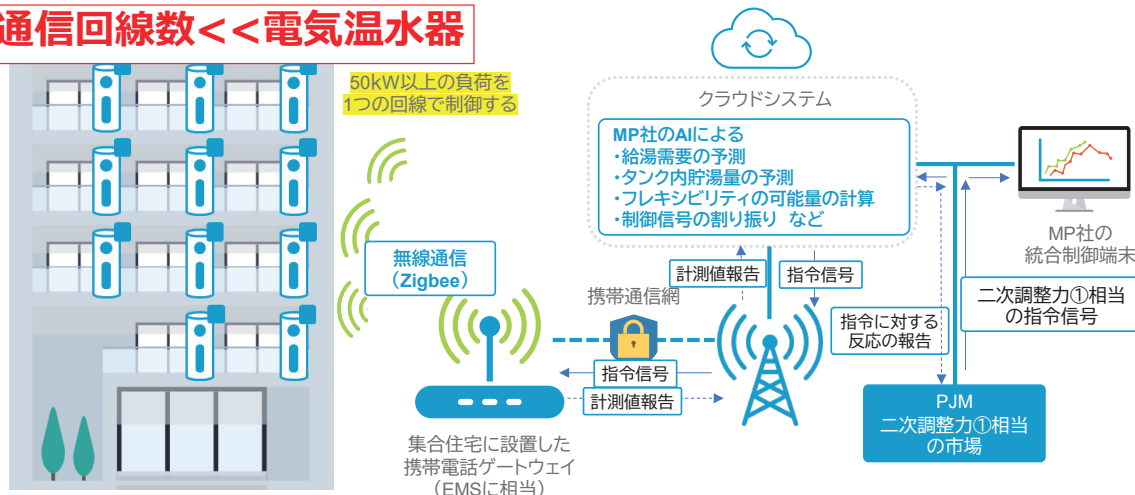
PJMの二次調整力①相当の市場への 通信・計測設備の参加要件

- 二次調整力①相当のカテゴリでは、リアルタイムかつ秒単位での計測・通信が必要であり、専用のエネルギーマネジメントシステム（EMS）が必要
- 電気温水器1台毎に秒単位で計測・通信ができる専用EMSをつけるのはコスト高

| 市場カテゴリ | | 計測点 | 計測頻度 | 正確性 |
|--------------|----------|-----------------------------|--------------------------|-----|
| エネルギー市場&容量市場 | | 配電連系点 | 1時間毎 | ±2% |
| 需給調整市場 | 二次調整力②相当 | 配電連系点 | 1分毎 | ±2% |
| | 二次調整力①相当 | 配電連系点 または 承認済デバイス端末単位 | 2秒（高速） または 10秒（低速） | ±2% |

MP社：新築賃貸用集合住宅の電気温水器群を 無線により通信・制御

通信回線数<<電気温水器



- 専用EMSから10~15台の電気温水器を無線通信で結び、**通信コスト低減を図る**
 ▶ **建物の設計段階から関わり**、できるだけ多くの電気温水器との**無線通信の空間経路を確保**している
- 携帯通信網を使用しながらも、指令への反応遅れを1秒以内に抑える技術を持ち、**PJMで最も価格が高いカテゴリで取引可能に**

MP社のリソースの信頼度は？

- 「二次調整力①相当」のサービス提供者は、Performance Scoreと呼ばれる指標にて、その実績をPJMから評価される結果は、PJMから得るインセンティブに直結する

Performance Scoreは

- ・指令に対する反応の遅れが小さいほど
 - ・指令に対して出力値が近いほど
 - ・上げ・下げの指令に対する反応の相関係数が大きいほど
- 評価[%]が高くなる(満点:100%)

- Performance scoreの実績
 - MP社のリソースの総合評価（2018年）は 80%
 - 他電源の平均値（参考）
 - ✓ 大型蓄電池90%、ガス火力85%、石油・石炭75%、水力78%
 - ✓ **MP社の事業は、大規模発電に劣らない実績を出している**

フレキシビリティ供給源としてDERを活用する 事業者の事例紹介 まとめ

- DER活用は今後拡大する方向
 - 再エネ導入が進むにつれ、調整力市場への参加、バランシンググループや卸電力市場の状況に応じた経済DRなど、フレキシビリティの供給事業の機会が拡大
 - 調整力の指令に対し、火力発電と同等の応答を示すDERは低圧にも存在
- MP社の事例にみる事業性の高いDERを集めるための工夫
 - 高圧/低圧問わず、専用EMSの設置が必要な場合は、建物・工場の新築時等、リソースを密集させる機会を捉える
 - ✓ CO₂ヒートポンプ給湯機等の低圧リソースは、わが国ではDR-Ready機能の標準装備の議論が進行中。専用EMSを使わない方法になると考えられる
 - B2Cではなく、B2Bを指向するなど、機会創出と営業費用の低減を図る
- MP社の技術を適用する際の課題
 - わが国では新築時に電熱線式の温水器が導入されることはほぼないため、別のリソースをそれぞれの特徴に合わせてアグリゲートする必要がある
 - ✓ 電気自動車の蓄電池や高圧リソースなど

報告内容



1. フレキシビリティ供給源としてDERを活用する国外事業者の事例紹介
2. DERのフレキシビリティ供給リソースとしてのポテンシャルを増やす取り組み
3. DER活用を語り合う「場」をつくり、課題を抽出する取り組み

DERのフレキシビリティポテンシャルを増やす取り組み



- 現状フレキシビリティ供給が検討されていないDERを対象として、制御・通信・計測の役割を持つエネルギー管理システム（EMS）を開発・装備する取り組みが必要
 - **制御・通信・計測のインフラ基盤の整備**：電気自動車、CO₂ヒートポンプ給湯機などのDR-Ready化について国大で検討が進行中
 - **EMSの開発**：農山漁村に設置する植物工場をフレキシビリティの供給源として開発した当所の取り組み（一例として紹介）

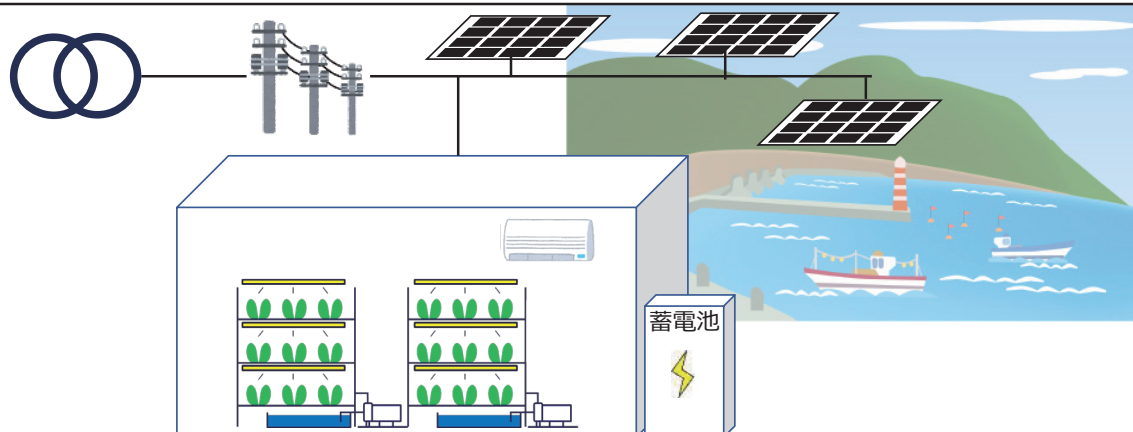
農山漁村におけるフレキシビリティの ポテンシャルを増やす意義

- 電力需要の小さい地域、特に農山漁村に再エネが大量に導入されることがある
- 電力需要の小さい地域では、送配電設備の容量も小さく、再エネ大量導入時には、過負荷や系統混雑などが発生しやすい
- このような地域で、需要創生とフレキシビリティ供給が可能になれば、系統設備の増強を抑制、もしくは繰り延べる可能性がある

農山漁村を想定した フレキシビリティ供給源としての植物工場の開発

(視点)

- 農業従事人口の減少の一方で、国産生鮮品のニーズは高い
⇒ 植物工場は解決策の一つ
- 小需要地域、かつ再エネが大量導入される農山漁村において
 - 蓄電池を用いて、すべて再エネによる電力で育てるレタス栽培を目指す
 - フレキシビリティの供給源を作る



宮古島におけるフレキシビリティ供給が可能な 植物工場の実証施設

(目的)

- 離島において「安定的に入手可能、再エネで運用、かつ鮮度が良いレタス」を栽培する
- PV+蓄電池のグリッドパリティ※の敷居が低い離島において、経済性の確保を狙う
- デマンドレスポンスの手段として、LED照度の増減、室温設定変更を実施するEMSを開発する




© CRIEPI 2024

2021年度～2022年度 NEDO先導研究「植物工場向けDR・生育維持システムの基礎技術開発」にて実証
※グリッドパリティとは、DERによる電力費用が、系統電力に比べて同等もしくは安い状態を表す

14

宮古島の植物工場 電力を供給する設備

| 太陽光発電 パネル | パワー コンディショナ (PCS) | リチウムイオン 蓄電池 | ゲートウェイ |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Q.PEAK DUO-G7 (Q CELLS) | KPV-A55-J4 (オムロン) | Powerwall (TESLA) | IoT-GateWay (日新システムズ) |
| 335 W×24パネル ×3セット 計 24.12 kW | 5.5 kW×3セット 計16.5 kW | 5kW/13.5kWh 3セット 計15kW-40.5 kWh | 3セット |

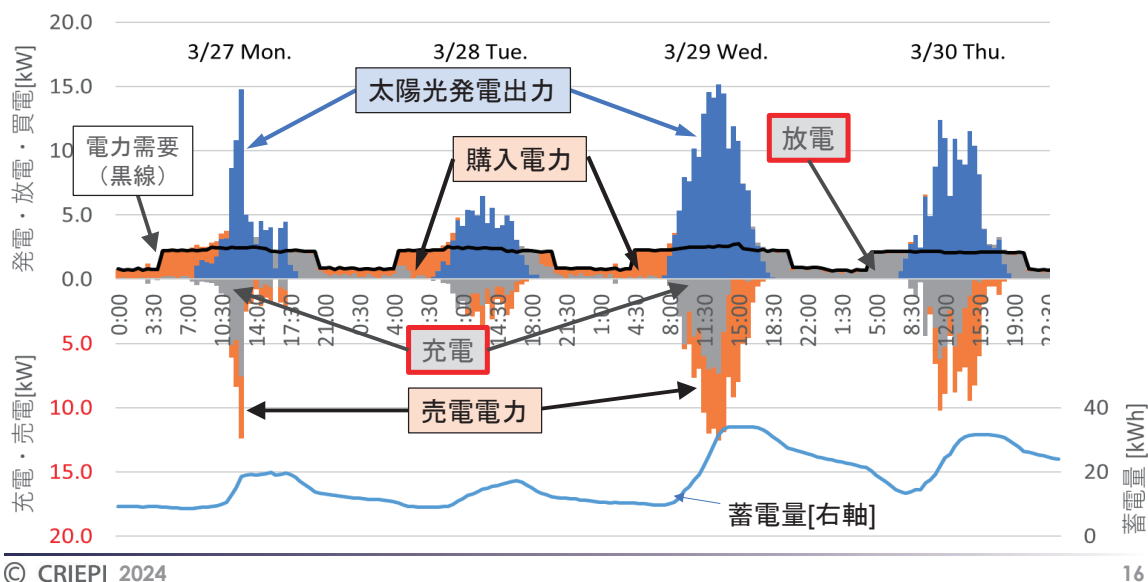
過積載率146 %

© CRIEPI 2024

15

宮古島の植物工場におけるエネルギー運用の例

- 昼間の余剰電力の充電量が十分あれば、夜間は購入電力はほぼ不要
- 4月～10月は日射が強く、日単位で再エネのみによる電力供給が可能な日が多い



植物の生長に影響の出ないDRの探求

- レタスは無光状態・高温状態が長時間続くと、成長障害を起こす
- 成長障害が出ない温度・照度・時間範囲を特定し、DRメニューとして組み込む

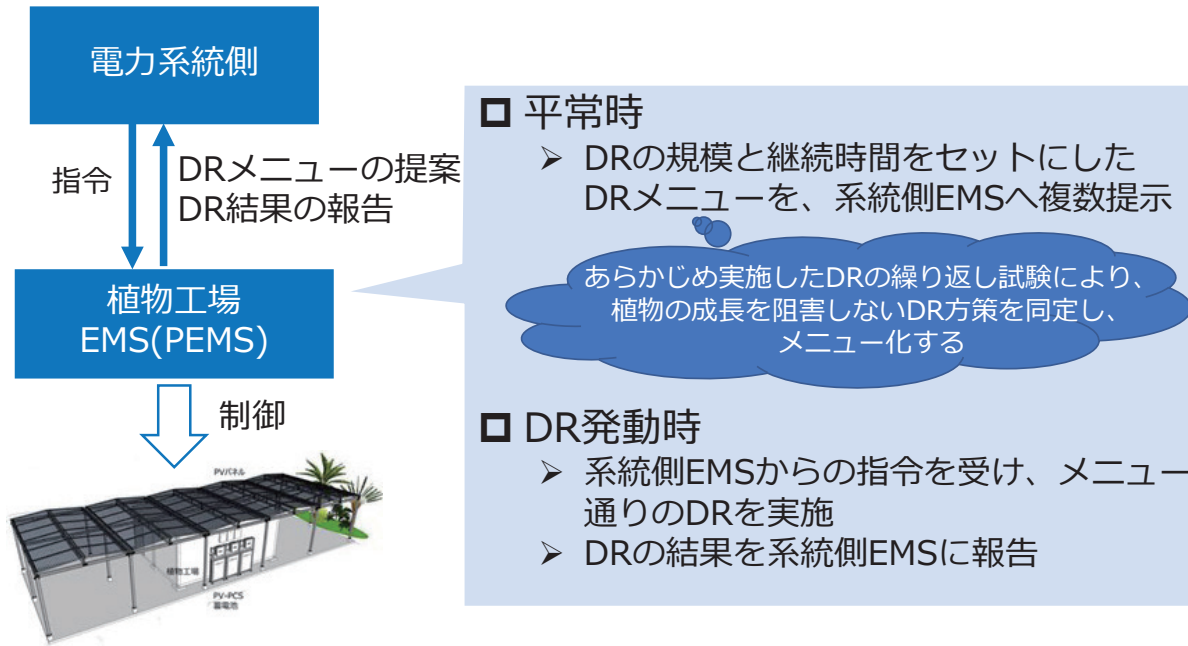


光量不足が続いたことによる
成長障害 (徒長)
とちょう

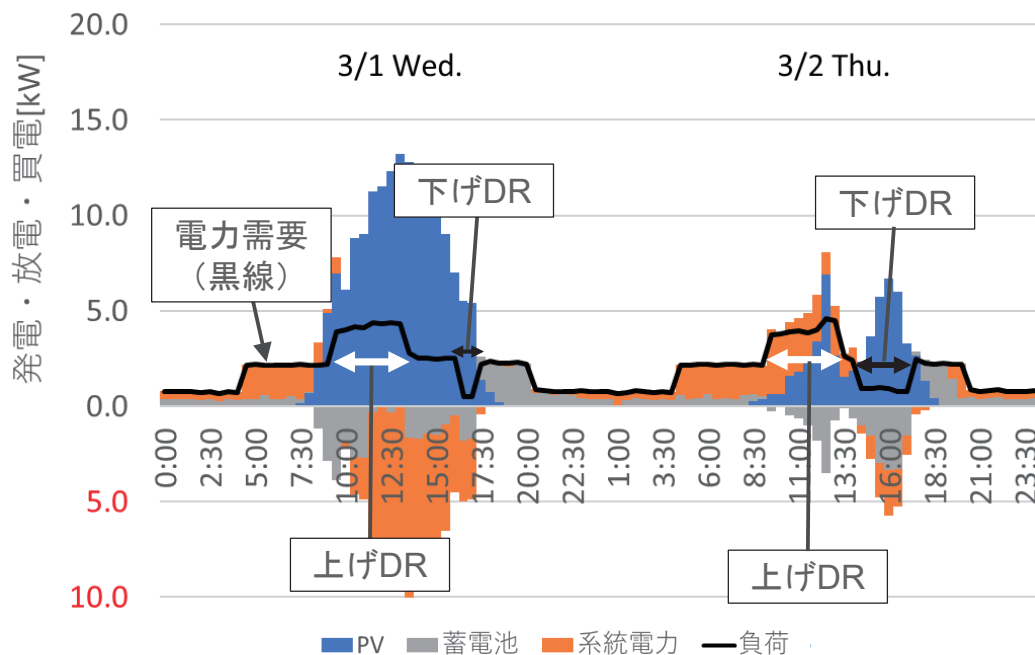


高温状態が続いたことによる
成長障害(Tip Burn)

植物工場用エネルギーマネジメントシステム (Plant Factory EMS) の設計と開発



DR試験（訓練指令）によるPEMSの動作を確認



フレキシビリティ供給源としての DERのポテンシャルを増やす取り組み まとめ

- 離島のフレキシビリティ供給源として、再エネ稼働型の植物工場のEMSを開発する取り組みについて紹介した
 - レタスの成長障害が出ない範囲でDRを検討し、電力需要を増減可能なEMSを開発した
 - DR信号に反応して、需要の上げ下げが設計通りにできていることを確認した
 - 植物工場において再エネのみの電力供給での運用については、年2回ある雨季（冬と梅雨）が課題である
- 新たな国の実証プロジェクト※により、植物工場以外の設備（陸上養殖など）にもEMSの対象を増やす取り組みを開始した

※2024年～2026年 NEDO「革新的VEMSの開発とモデル地域実証」を実施中

報告内容



1. フレキシビリティ供給源としてDERを活用する国外事業者の事例紹介
2. DERのフレキシビリティ供給リソースとしてのポテンシャルを増やす取り組み
3. DER活用を語り合う「場」をつくり、課題を抽出する取り組み

DER&グリッドセミナーの開催

□ セミナー開催の背景

- » アグリゲーター、系統運用者、制度設計者にとって、DERのフレキシビリティの積極的な活用を検討する段階
- » DERの無秩序な活用は、アグリゲーション事業、電力の安定供給、および国が目指す再エネの有効活用を阻害することになりかねない
- » 全てのプレーヤーが、ルールの必要性、ならびに系統運用者とアグリゲーター双方のニーズを理解した上で事業を進めることが重要

□ 多様な関係者が議論し課題を抽出する場として、セミナーを開催

- » 講演とパネルディスカッションを実施
- » 参加者（2回合計） 対面80人、リモート380人

開催概要（第1回 6月13日、第2回 9月18日）

第1回 テーマ 「DER活用の課題は何か？」

プログラム

- 13:30～13:35 (5分) 開会あいさつ
- 講演 1**  **セミナーの全体概要とDER活用の必要性**
13:35～13:55 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 副部門長 上村 敬
- 講演 2**  **基調講演「DER活用の状況と制度等の課題」**
13:55～14:25 (30分)
エネルギーリソースアグリゲーション事業協会会長 川口 公一 氏
- 講演 3**  **基調講演「EVとグリッドエッジEMSへの期待」**
14:25～14:55 (30分)
大阪大学大学院 工学研究科 特任教授 太田 豊 氏
- 14:55～15:10 (15分) 休憩
- 講演 4**  **「DER活用による電力系統への影響と課題」**
15:10～15:30 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 研究推進マネージャー 八木 啓行
- 講演 5**   **「国内のVPPポテンシャル評価と市場の課題」**
15:30～15:50 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 研究推進マネージャー 坂東 茂
社会経済研究所 研究推進マネージャー 西尾 健一郎
- 15:50～16:10 (20分) 休憩・パネルディスカッション準備
- 『市場や制度設計および系統接続に関する課題は何か？』**
パネルディスカッション 16:10～17:10 (60分)
テ マ : 「市場や制度設計および系統接続に関する課題は何か？」
パ ネ ラ ー : 川口公一氏 (ERA事業協会)、太田豊氏 (阪大工学研究科)、上村敬、坂東茂 (電中研)
モデレーター : 八木啓行 (電中研)
- 17:10～17:15 (5分) 閉会あいさつ
- 17:15～18:30 (75分) 懇親会・名刺交換 会費制 対面参加者のみ

第2回 テーマ 「DER活用の課題を乗り越えるには？」

プログラム

- 13:30～13:50 (20分) 開会あいさつ・第1回の振り返りとセミナーの全体概要
- 講演 1**  **基調講演「DER活用の課題、VPP・アグリゲーション運用時の課題」**
13:50～14:20 (30分)
株式会社ネクステムズ 代表取締役社長 比嘉直人氏
- 講演 2**  **基調講演「VPP・アグリゲーション運用時の課題」**
14:20～14:50 (30分)
エナジーブルージャパン株式会社 代表取締役社長 市村 健 氏
- 14:50～15:00 (10分) 休憩
- 講演 3**  **「需給調整力確保とレジリエンス向上に向けた系統用蓄電池の活用事例ー米国加州におけるNEDO国際実証事例の紹介ー」**
15:00～15:20 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 上席研究員 大嶋 英太郎
- 講演 4**  **「国外事業者のVPPリソース確保のための工夫・対策」**
15:20～15:40 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 研究推進マネージャー 坂東 茂
- 講演 5**  **「系統の慣性力不足への対応と地産地消型地域グリッド、無効電力の価値」**
15:40～16:00 (20分)
電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門 研究部門長 上村 敬
- 16:00～16:20 (20分) 休憩・パネルディスカッション準備
- 『DER活用は今後どうすべきか？』**
パネルディスカッション 16:20～17:20 (60分)
パ ネ ラ ー : 比嘉直人氏 (株式会社ネクステムズ)、市村健氏 (エナジーブルージャパン株式会社)、
太田豊氏 (株式会社eVooster)、上村敬、坂東茂 (電中研)
モデレーター : 堀富士雄 (電中研 グリッドイノベーション研究本部 研究統括室長)
- 17:20～17:25 (5分) 閉会あいさつ
- 17:25～18:30 (65分) 懇親会・名刺交換 会費制 対面参加者のみ

DER&グリッドセミナー パネルディスカッションの様子

発表時に写真掲示

- アグリゲーター、学識経験者、当所研究者が登壇

DER&グリッドセミナーで出た意見の例

課題

電力の安定供給を確保した上で、
DER活用を促進すべき

低圧のDER活用は、これから市場も
立ち上がりそうだが、課題山積

電力市場入札に対するペナルティと
インセンティブとのバランスが大事

DER側の事情を考慮した
リクワイアメントを設定してほしい

デジタル技術への期待

低圧のDER活用は 民間主導で
プラットフォームを構築するのが早道

DER活用の進展 = デジタル化の進展

DER活用への期待

EVの導入量が多くなると、
系統への影響も効果も共に大きい。
「団体交渉可能」なDER活用となる
ポテンシャルあり

連系しない家庭用バッテリーの
導入が進む可能性あり

PV+ストレージのグリッドパリティを
確保できている事例（離島）がある

水素製造は季節間貯蔵や
高温熱需要など将来の活用に期待

まとめ

- ◆ DERのフレキシビリティ供給を取扱う国外事業者の取り組みを紹介
 - 低圧DERは、通信コストを抑制できるシステムが重要
 - 適切なDERを選ぶことで、調整力の指令に対し火力発電と同等の応答は可能
 - 建築物の新築工事時などに、リソースを一括して取り込むことが有効
 - B2Bは、営業費用削減、営業機会の確保の点からも効果的
- ◆ 再エネ導入の多い農山漁村においてDERのフレキシビリティ供給を増やす取り組みとして、植物工場をDR供給源として開発したプロジェクトを紹介
- ◆ VPP事業者、エネルギー事業者、当所の研究者などが集まり、フレキシビリティ供給源としてのDERの活用に関して、お互いの理解を深めつつ、意見交換する場を設定。今後も継続的に課題を抽出していく

ご清聴ありがとうございました

R 電力中央研究所

Central Research Institute of Electric Power Industry

DR/VPPによる系統サービス供給の海外事例

■ Mosaic Power社の他、下記の事例を文献[1][2][3]にて紹介

- バイオマスコージェネレーション中心のVPP（ドイツ）
 - ✓ 多数の自治体所有のバイオマスコージェネレーションシステムのアグリゲーションによりフレキシビリティを供給。電源の最適運用を含む管理・制御、電力の小売りを組み合わせて「エネルギーワンストップサービス」を提供する（顧客の手間の削減）。調整力市場は単体のコージェネでは市場に登録できないので、アグリゲーションにより収入を得る機会を増やしている（顧客の運用費用の削減）
- ガラスボトルメーカーのDRの例（英国）
 - ✓ ガラス材の溶融炉における電熱線負荷（4MW）を対象としたDR。ガラス溶融物の温度分布が基準範囲以内に収まるように、下げDRの容量（2MW）と継続時間（30分）を策定した事例
- 冷凍倉庫のDRの例（英国）
- アルミ精錬の例（ドイツ）
 - ✓ 氷晶石からアルミニウムへと還元反応プロセスにおける直流電源負荷を対象としたDR。ドイツの一次調整力市場への参加を自社で検討し、消費電力の上げ指令実施時のポッドの温度上昇がネックになると解析。熱交換器をつけて解決し、一次調整力に参加中
- EVフリートのDRの例（オランダ）

[1] 山田智之, 坂東茂; “欧米のアンシラリーサービス供給における需要側資源の活用動向調査 - 関連制度とリソース実例 -”, エネルギー・資源学会論文誌 Vol.41(5), p.219-225 (2020年9月)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jiser/41/5/41_219/article-char/ja/

[2] 山田智之, 坂東茂; “国外の調整力市場における需要側資源の活用動向—米独英の制度とビジネス事例の調査—”, 電気学会論文誌B, Vol.143(10), p.552-558, (2023年10月)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejpes/143/10/143_552/article-char/ja/

[3] 坂東茂・山田智之: 「調整力市場の高速カテゴリにおけるリソースアグリゲーション活用のケース分析」, 第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス(2021年1月)

参考文献

1. 「2021年度～2022年度成果報告書 N E D O先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/植物工場向けDR・生育維持システムの基礎技術開発」NEDO成果報告書データベース（報告書管理番号20230000001046）（2023）
2. 第1回DER&グリッドセミナー「DER活用の課題は何か？」(2024).
<https://egsweb.denken.or.jp/research/dergrid-seminar-1/>
3. 第2回DER&グリッドセミナー「DER活用の課題を乗り越えるには？」(2024).
<https://egsweb.denken.or.jp/research/dergrid-seminar-2/>
4. 山田智之, 坂東茂: 欧米のアンシラリーサービス供給における需要側資源の活用動向調査 - 関連制度とリソース実例 -, エネルギー・資源学会論文誌 Vol.41(5), p.219-225 (2020) .
5. 山田智之, 坂東茂: 国外の調整力市場における需要側資源の活用動向—米独英の制度とビジネス事例の調査—, 電気学会論文誌B, Vol.143(10), p.552-558 (2023) .
6. 坂東茂・山田智之: 「調整力市場の高速カテゴリにおけるリソースアグリゲーション活用のケース分析」, 第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス (2021).

