

「ポルトガル共和国における自動デマンドレス ポンス実証事業」（事後評価）

（2016年度～2019年度 4年間）

実証テーマ概要 （公開）

事業者名
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ部・国際部)

2020年12月11日

公開

複製を禁ず

3. 実証事業成果



1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (ダイキン工業)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [一部非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

3. 実証事業成果

(1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義



実証事業成果		プロジェクト概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
			実施内容	成果	達成度	課題	対策	
事業コンポーネント1（BC1） ADR/VPPオペレータ								
テーマ1	小売事業者のDRプログラムに基づくADR（Automated Demand Response）	- 前日スケジュールによるADR（Slow DR）と開始時刻 5 分前通知によるADR（Fast DR） - OpenADRプロトコルを採用、デファクトスタンダードに従ったシステムで空調機を制御	[KPIに対して] 応答成功率 - City Hall：53%（夏）39%（冬） - Olivais：62%（夏）53%（冬） - Cp.Grande：90%（夏）74%（冬） - LNEG：75%（夏）38%（冬）		△～○	不規則な建物運用に対する電力需要予測精度	- 予測リードタイムの短縮と修正 - アグリゲーション効果	
テーマ2	VPP（Virtual Power Plant: 仮想発電所）サービスに基づくADR	- 空調機はVPP事業者の保有アセット群の1つとして、前日および当日のスポット市場での価格変動に基づき空調機を制御 - VPPでの最適運用プロセスとして空調需要予測を提供	応答時間 ほぼ全てのイベントで5分以内で応答、50%は2分以内					
事業コンポーネント2（BC2）ビル用マルチエアコン（VRV）を対象とする空調ADRオペレータ								
テーマ3	空調ADRシステム	- ADR対応クラウドサーバー構築（OpenADR、VPP） - 対応コントローラー作成（独自＋VPP対応）	- ADR/VPP両対応のクラウドシステムの構築 - ADR/VPP両対応のコントローラ作成	○	- OpenADRカスタマイズ等のコスト - 複雑なVPPネゴシエーション	- 実情に合った標準化の推進 - システムモジュール化による対応		
テーマ4	ADR対応ビル用マルチエアコン	- ADR対応ビル用マルチエアコン制作 - 実証サイトへの設置とデータ収集、運用	- ビル用マルチエアコン（蓄冷タンクユニット付き）の設置完了 - 基礎データの収集完了	○	蓄冷タンクユニットコスト	蓄冷蓄熱両用の開発		
ワークパッケージ（WP1）経済性評価								
テーマ5	事業の実現可能性及び持続可能性評価	- 実証を通じて得られたデータをもとに、仮説事業モデルの見直し - 欧州に主要国での電力市場分析を通じ事業可能性を検討 - ADR/VPP 事業のリスク・課題を抽出し、事業成立要件を検討	4つの重点分析に分け評価を実施 - 空調フレキシビリティの特性評価 - DR/VPPシステム設計基準 - 電力市場のインセンティブシグナル - 政策と脱炭素化の目標	○	空調によるDRは課題はあるものの技術的には可能、しかし需要家の参入を促すインセンティブに乏しい	- 空調サービスソリューションのなかでのDR実施で収益性を確保する - PV、EV等との他ソースとの連携によるフレキシビリティ提供		

2

3. 実証事業成果



実証事業成果	プロジェクト概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
--------	----------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

プロジェクトの概要

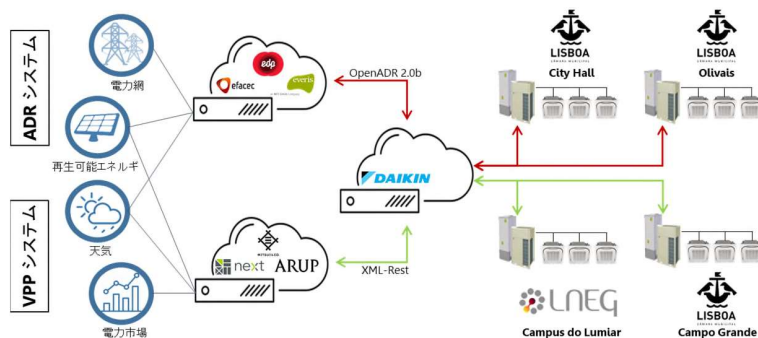


図 1: プロジェクト実施体制とユースケース概要

Use Cases:

- 蓄冷ストレージ付き空調システムをアグリゲートし、電力消費量やフレキシビリティのスケジュールを予測
- デマンドレスポンスは以下の条件で発動:
 - 電力系統からの要求 (ADR システム)
 - 市場でのスポット価格に基づく需要家機器の最適化スケジュール (VPP システム)

テーマ1. ADR システム

- 電力網の逼迫状況、再生エネ発電量の予測をもとに、主に電力系統運用者から発せられる電力需給調整の要請に応じて行われるデマンドレスポンス (DR)
- 1 日前にスケジュールされた計画DRイベントに基づくSlow DRと、DRイベント開始 5 分前に通知されるFast DRの 2 種類のユースケースを実施
- 需要家サイドにおいては、空調および建物消費電力の需要予測からのkW削減可能量予測に基づきDR要請に対する自動応答を実施

テーマ2. VPP システム

- VPP事業者による電力市場 (スポット市場) でのkW取引の市場価格予測に基づき、DR制御によるkW調整力を創出
- 空調制御によるkW調整力を太陽光発電や蓄電池と同様にVPPリソースとして位置付け、電力市場におけるkW取引により価値創出/市場からのインセンティブ獲得を目指す
- 需要家サイドにおいては、ADRシステム同様に空調および建物消費電力の需要予測からのkW削減、あるいは消費促進可能量 (ネガワット) の予測とVPP事業者からの市場価格予測に基づき空調DR制御を実施

3

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

プロジェクトの概要

- リスボン市内の4つの実証サイトに蓄冷ストレージ付き空調システムと計装システムを設置

表 1: 実証サイトと導入設備概要

	テーマ1 (ADR システム)		テーマ2 (VPP システム)	
呼称	City Hall	Olivaiss	Campo Grande	LNEG
				
用途	市庁舎	オフィス	オフィス	オフィス+実験室
床面積	5,400m ²	930m ²	1,660m ²	900m ²
ビル用マルチエアコン	12 x 10HP(28kW) VRV 4 x 8HP(22kW) VRV	6 x 10HP(28kW) VRV	8 x 10HP(28kW) VRV	4 x 10HP(28kW) VRV
蓄冷タンクユニット タイプ 1	4 (1 x 4 室外機)	6 (2 x 3 室外機)	8 (2 x 4 室外機)	6 (3 x 2 室外機)
蓄冷タンクユニット タイプ 2	n/a	n/a	n/a	6 (3 x 2 室外機)
PV (NEDO資産外)	Yes (15kW _p)	No	No	Yes (63W _p)

4

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

空調フレキシビリティ:蓄冷ストレージ付きVRV システム

- ビル用マルチエアコン (VRV) と蓄冷タンクユニットを組み合わせ、DR要請に応じて動作する。
- 基本動作として、DR要請 (ネガワット) に対して、室内設定温度変更および圧縮機能力制御により消費電力を抑制する。
- 蓄冷タンクユニットにより、DR時に冷熱を利用し空調機の効率を上げること、室温環境への影響を抑え居住者の快適性を保ちつつ、消費電力抑制を行う。
- 蓄冷タンクユニットは、結果としてエネルギー消費を時間的にシフトする効果をもつ。これによりエネルギー取引におけるフレキシビリティ(予備力・調整力)を創出しやすいシステムを提供する。
- ポジワット要請には、消費電力量を蓄冷熱として貯めることで、電力消費を促進する。

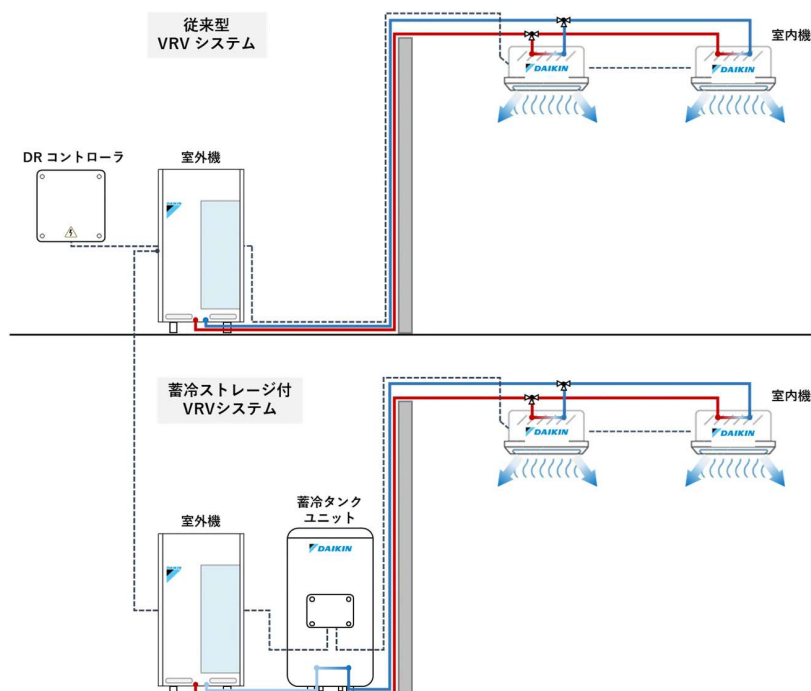


図 2: 蓄冷ストレージ付ビル用マルチエアコン

5

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバ ーシステム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

空調フレキシビリティ:蓄冷ストレージ付きVRV システム

- 一般的な蓄冷タンクユニットを用いた運転モード（夜間蓄冷運転、日中高負荷時に蓄冷熱利用空調運転）に加え、ポジワット要請時には空調と蓄冷運転の同時運転（Mode 3）が可能であり、より柔軟な運用が可能となる。

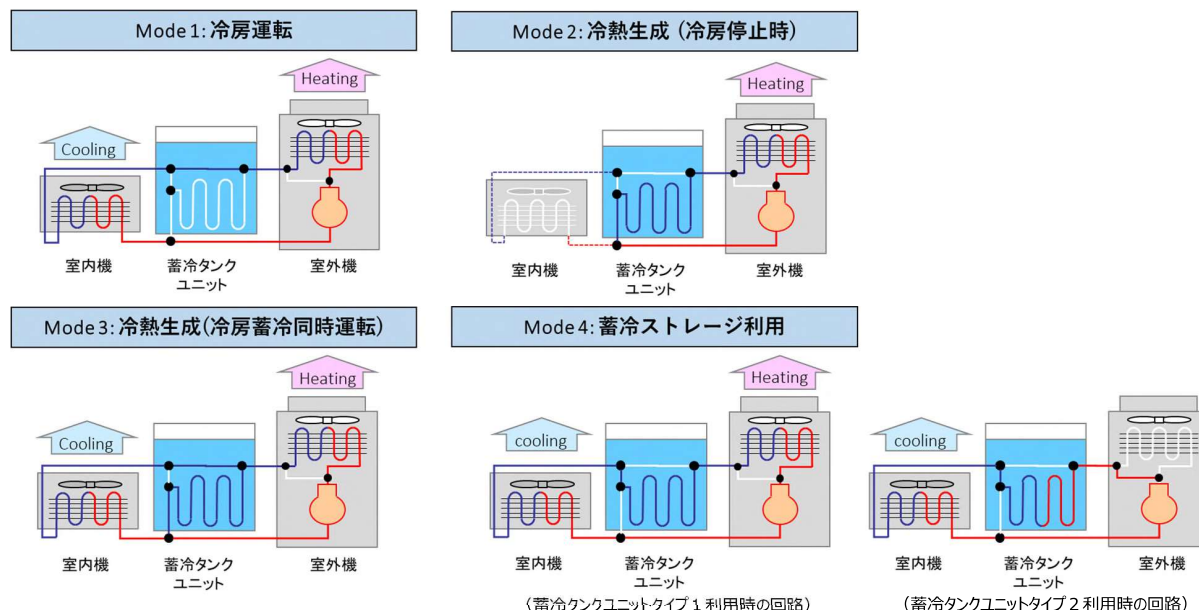


図 3：蓄冷ストレージ付VRVシステムの運転モード

6

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバ ーシステム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

空調フレキシビリティ:蓄冷ストレージ付きVRV システム

タイプ1: 過冷却方式

- 蓄冷タンクユニットでの冷熱により循環冷媒の過冷却量を増大させる「過冷却方式」を採用。
- 室外機の凝縮器を出た冷媒は、蓄冷タンクユニットの熱交換器を通過し、冷媒温度をさらに低下させる。
- 所定の冷房能力に必要な冷媒循環量を低減する（圧縮機回転数を下げる）ことにより、消費電力量を低減し調整力を創出する。

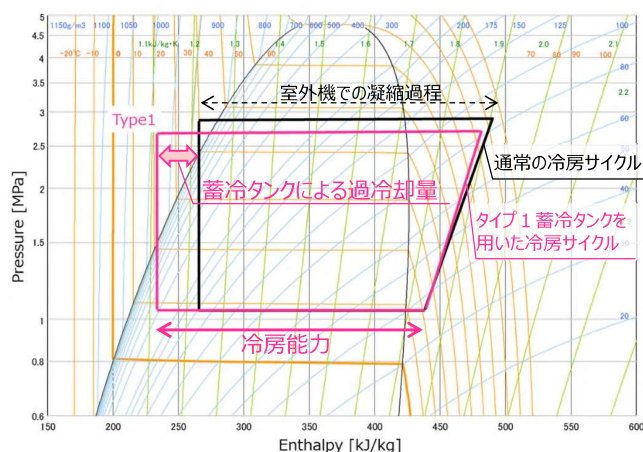


図 4：蓄冷ストレージ付VRVの冷凍サイクル（蓄冷タンクユニット タイプ 1）

タイプ 2: 凝縮方式

- 蓄冷タンクユニットでの冷熱を循環冷媒の凝縮熱として利用する「凝縮方式」を採用。
- 外気温よりも低い冷熱を用いることで冷媒の凝縮温度を大幅に下げることができる。
- 凝縮温度（凝縮圧力）低下による圧縮機入力低減により消費電力量を低減し調整力を創出する。

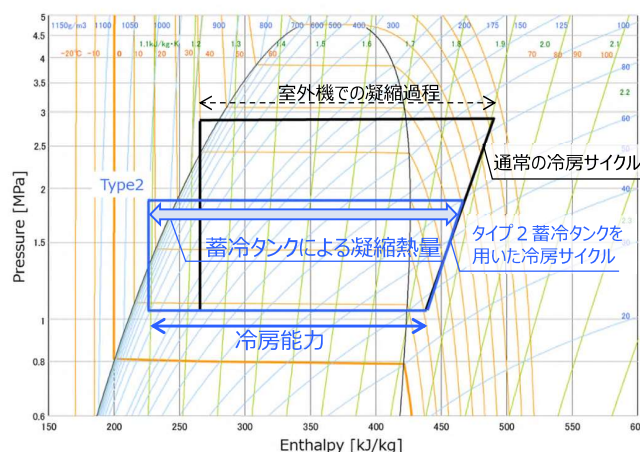


図 5：蓄冷ストレージ付VRVの冷凍サイクル（蓄冷タンクユニット タイプ 2）

7

3. 実証事業成果



実証事業 成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

空調フレキシビリティ:蓄冷ストレージ付きVRV システム

ネガワット:

タイプ1:過冷却方式

- 平均のネガワット量は基準消費電力量の約25%減
- 単位冷媒循環量当たりを利用する冷熱量が比較的小さいため、蓄冷タンク容量が小さい、あるいは蓄冷利用時間を長くとることができる。

タイプ2:凝縮方式

- 平均のネガワット量は基準消費電力量の40%程度
- 特に瞬発的に大幅な消費電力削減が可能
- 継続した蓄冷熱利用には大きな容量が必要

ポジワット:

- ポジワット:** 1~2 kW/タンクユニット
- ポジワット量は冷熱生成（蓄冷モード）と同時に運転される冷房運転の運転効率に大きく依存する。
- 例えば、建物の冷房負荷が低い場合、蓄冷を行うことで圧縮機が低負荷から定常負荷状態に移行し、システム全体の運転効率が改善。結果として、蓄冷タンクユニットの運転によって提供される有効なポジワット量が減少することもある。

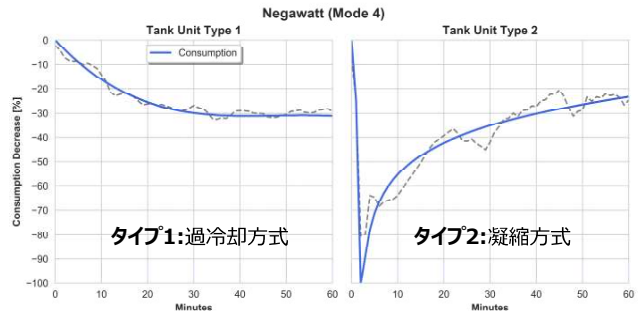


図 6: 蓄冷利用時 (Mode4) における空調消費電力量の挙動 - ネガワット創出

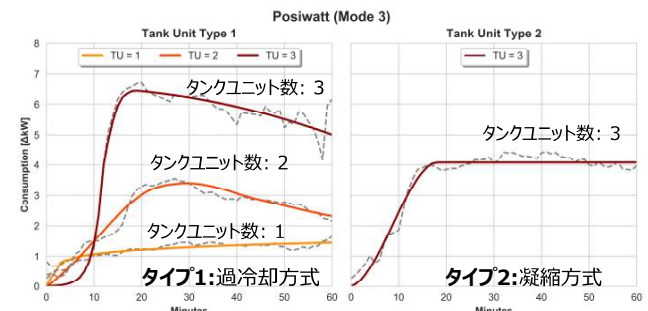


図 7: 冷房蓄冷同時運転時 (Mode3) における空調消費電力量の挙動 - ポジワット創出

8

3. 実証事業成果



実証事業 成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

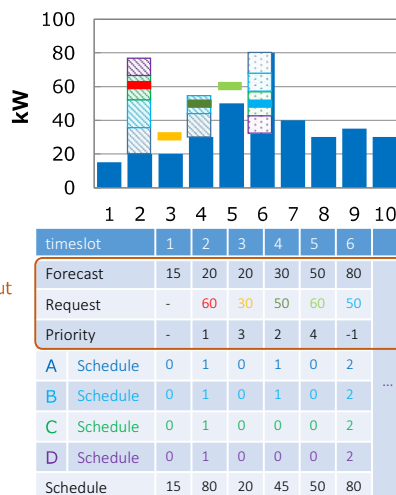
目標I:
応答速度

目標II:
成功率

蓄冷タンクユニットの蓄熱量予測及び制御決定ロジック

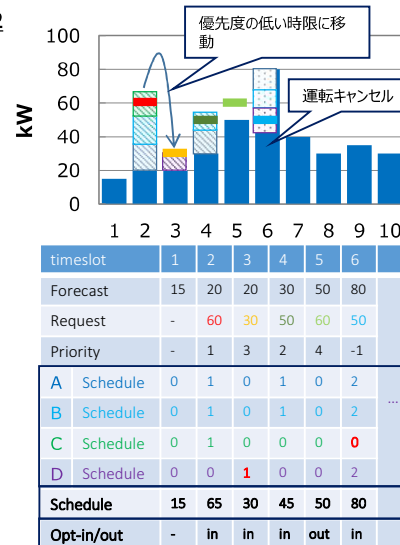
- 運転予測および蓄冷ストレージユニット状態を考慮したOpt-in/out判断(テーマ1),消費電力スケジュールの決定(テーマ2)
- 各DR要求へのFlexibilityの分配

Step1



DR要求input
イメージ

Step2



各サイトの
集中コントローラ

Theme2 Output

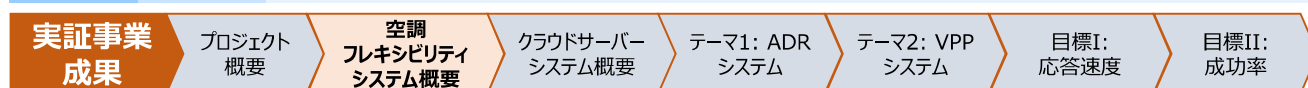
Theme1 Output

図 8: 蓄冷タンクユニットの運転スケジュール作成ステップの例

- 蓄冷量から各ユニットの対応可能枠数を決定
- 枠数だけDR要求の優先度が高いところからスケジュールを割り振り
- スケジュールを元に各時限の消費電力を計算

- 要求値に対し余剰な調整が発生した時限に対し、調整量を再分配（優先度の低い時限に移動、運転取りやめ）
- 調整が余剰な時限がなくなるまで再分配を繰り返し、Opt-in/Outおよび各ユニットのスケジュールを判断

9



空調フレキシビリティ:蓄冷ストレージ付きVRV システム

Step 1: 調査・設定・現地エンジニアリング

- ・ 実証サイトごとの個別調査を実施。
- ・ ゾーン・部屋ごとに、使用頻度、設置されている室内機の容量、居住者のタイプ、快適性の優先順位を決定。
- ・ 室内機系統ごとに制御レベルポリシーを決定。

Step 2: 制御

- ・ 快適性の優先順位（低～高）に基づいて部屋・ゾーンを分類し、それぞれに制御レベルを設定。
- ・ 各レベル内では、各部屋・ゾーンの優先度に応じて実行可能な制御信号を選択。

Step 3: DRイベント

- DR時には、室内機ごとの制御ポリシーに応じて動作。
- 制御レベルは、建物消費電力に設定された目標電力に対し、毎分の空調消費電力量トレンドに応じて自動的に決定される。



図9: 実証サイトにおける制御優先度ヒアリング (例)



図10: デマンド制御レベル

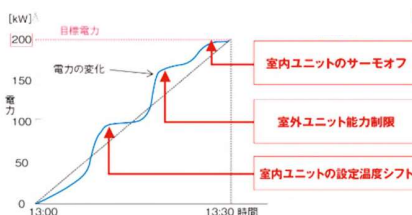


図11: デマンド制御時の消費電力量推移と制御レベルの例



クラウドサーバー

概要:

- クラウドサーバは、アグリゲータやマーケットプレーヤーと制御対象（ビル・機器）の間に位置する。
- 本システムでは、空調システムと蓄冷ストレージに対する、単一機器向けのサブアグリゲータとして機能する。
- システムは、建物の快適性に関する最低限の要求事項を満たすことを保証するための動作制御をしつつ、フレキシビリティを確保。

インターフェース:

- ADR システム (Efacec) 、VPP オペレータ (Next Kraftwerke) との独立した通信インタフェース = 異なる通信プロトコルを実装。
- 気象予報などのサードパーティーサービスからデータを取得。

ロジック:

- 3つのコアアプリケーション：負荷予測、フレキシビリティ予測、DR/イベントスケジュール

ローカル通信:

- 各ローカルDRコントローラと通信し、データを収集する。

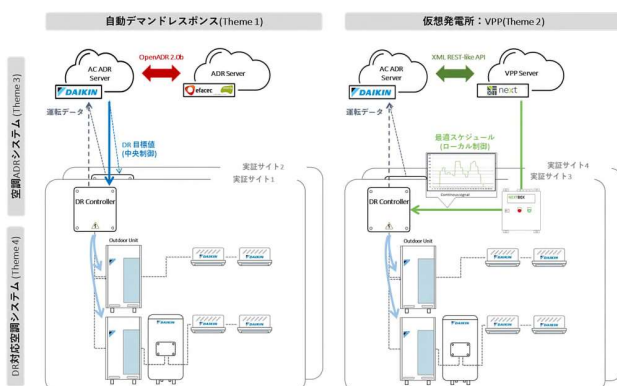


図12: テーマ1およびテーマ2のクラウド/コントローラシステム構成概要

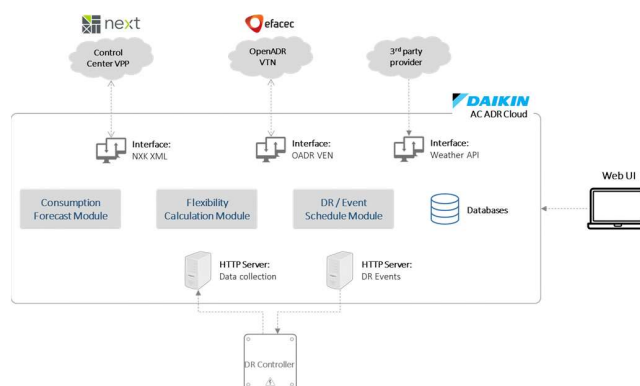


図13: クラウドシステム概要 (外部クラウド連携)

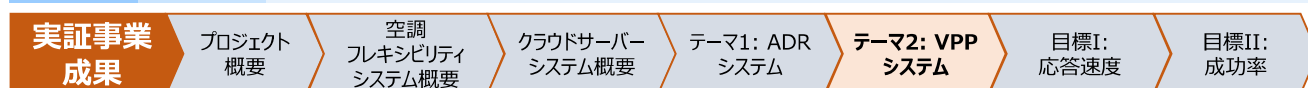
目標II:
成功率

12

目標II:
成功率

13

3. 実証事業成果



テーマ2: VPPシステム

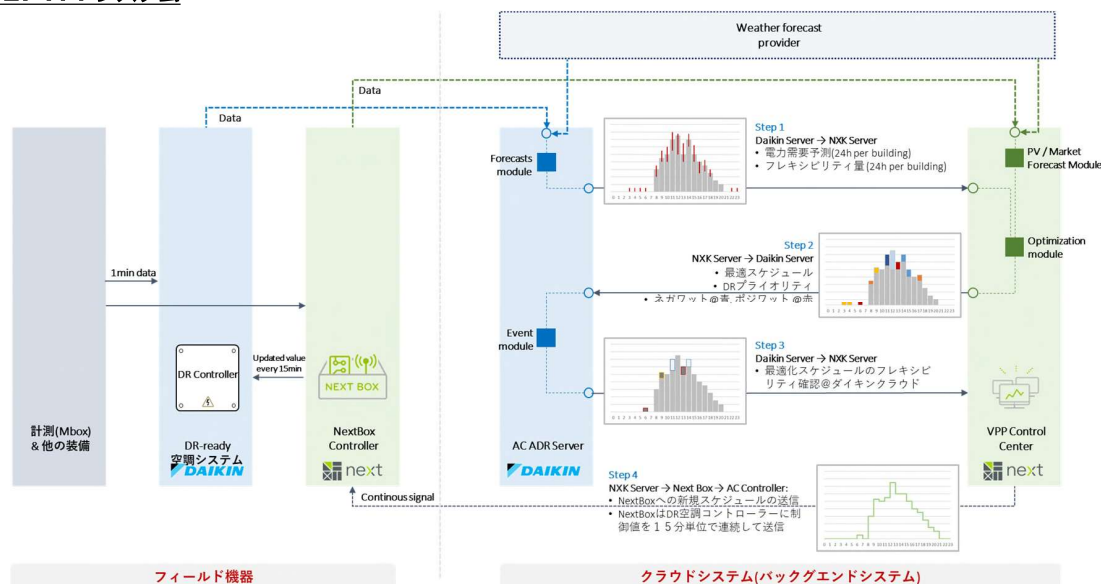
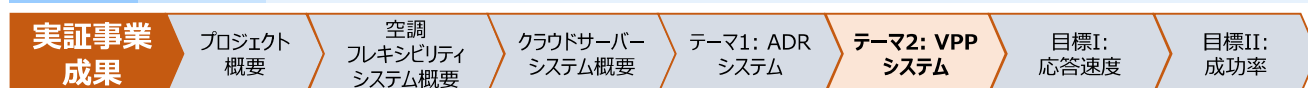


図17: VPPシステムの通信シーケンス

- ・ VPP事業者（NXK）は、複数の発電・消費ユニットをIoT技術で統合・束ね、アグリゲートした電力を電力市場(スポット市場)で取引。
- ・ VPP事業者の保有するVPPアセット群に空調システムを統合するために、ダイキンとNXKの間でDRイベントのスケジュール決定のためのネゴシエーションプロセスを導入。
- ・ スポット市場での取引ポジションに基づいたVPPアセット群制御の最適化を行い、市場取引でのマージンから需要家に新たな収益を提供。

14

3. 実証事業成果



テーマ2: VPPシステム

最適化プロセスの概要:

- ・ ポルトガルの市場構造を踏まえた最適化プロセスを実施:
 - ・ **前日市場取引:** ポルトガルで事業を行っている事業者は、スペイン・ポルトガルの電力市場プラットフォーム（MIBEL）上で電力を取引しており、需要と供給をマッチングさせて翌日の24時間のそれぞれの時間帯に対し前日オークションを行う。
 - ・ **当日市場取引:** 一日に6回のネゴシエーションが行われる。
- ・ 当日市場のメカニズムにより、実際の運用状況の変化（事前に合意したスケジュールからの乖離）や市場価格の変動を考慮し、フレキシビリティを再計算するための短期最適化が可能
- ・ 前日オークション、当日オークションNo.2（取引時間00:00～24:00）、当日オークションNo.5（取引時間11:00～24:00）に参加するためのプロセスを実施
- ・ ダイキンとNXKは、全ての取引枠には参加していない。

VPPシステムにおける最適化実施タイミング

- ・ **Day-ahead:** 前日 12時
- ・ **Intraday 1:** 当日 00時
- ・ **Intraday 2:** 当日 11時

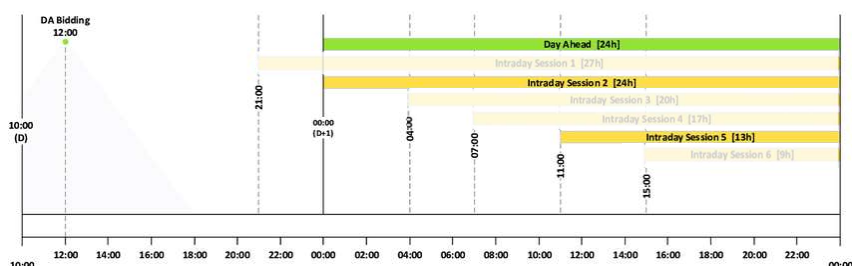


図18: スペイン/ポルトガル市場（イベリアマーケット）における日中オークションの時間ルール

15

3. 実証事業成果

実証事業
成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

テーマ2: VPPシステム

例1: Campo Grande, 2019年8月30日

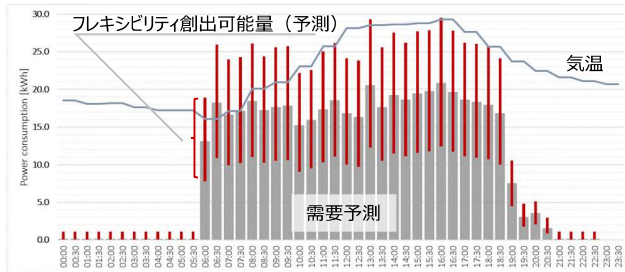


図19: 需要およびフレキシビリティ量予測 (Cp.Grande, 2019年8月30日)

1. ダイキンが予測を提供(電力需要 / フレキシビリティ)

前提条件:

- ・ 天候は晴れ、最高気温は約29℃
- ・ 日射量が多く、建物の立地条件から入熱量は一日を通じて多い
- ・ 過去の建物消費電力及び空調消費電力から電力需要及び創出可能な調整力を予測



予測:

一日中ほぼ一定の負荷
空調負荷は比較的低く (20~30%) ポジワット創出は容易な条件

16

3. 実証事業成果

実証事業
成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

テーマ2: VPPシステム

例1: Campo Grande, 2019年8月30日

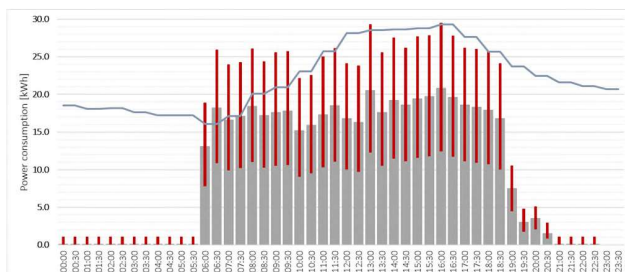


図19: 需要およびフレキシビリティ量予測 (Cp.Grande, 2019年8月30日)

1. ダイキンが需要予測を提供 (電力需要 / フレキシビリティ)

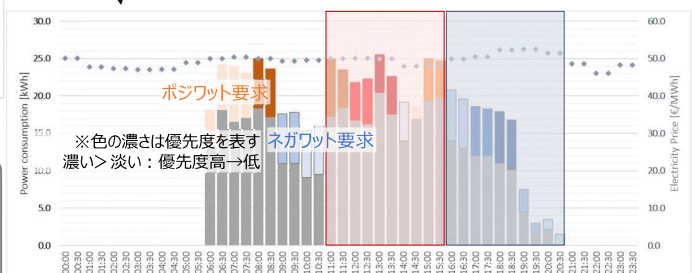


図20: ネガワット/ポジワット要求 (Cp.Grande, 2019年8月30日)

2. NXKが最適化プロセスを実施

- ・ 前提条件: 市場価格は終日実質的に一定 (スプレッドは7€/MWh以下) - 従来型発電所が支配的なエネルギーミックス
- ・ 17~21時が最も高価格の時間帯

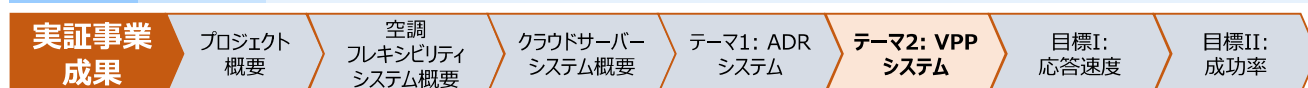


最適化:

- ・ 日中、価格が安定した時間帯 → ポジワット
- ・ 午後遅くに価格が上昇 → ネガワット

17

3. 実証事業成果



テーマ2: VPPシステム

例1: Campo Grande, 2019年8月30日

3. ダイキンが最終スケジュールを提供:

前提条件:

- 午後遅い時間帯のネガワットに対して事前に冷熱を生成する必要がある。
- 朝の時間帯に冷熱生成実施する可能性



最終スケジュール:

- 蓄冷タンクユニットの蓄熱生成/利用を2回連続で実施(昼の前後)
- 快適性を保証するために30分イベントを実施

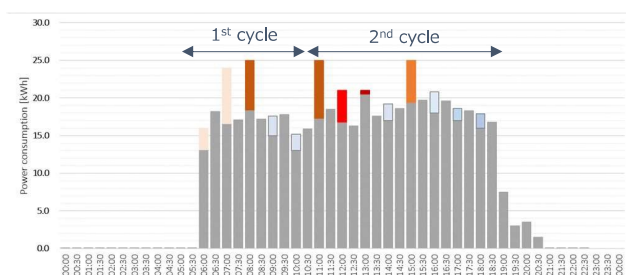


図21: 決定した運用スケジュール (Cp.Grande, 2019年8月30日)

2. NKKが最適化プロセスを実施

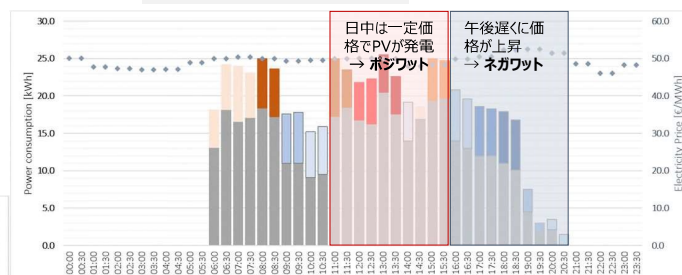
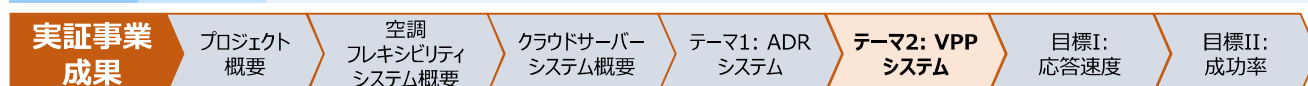


図20: ネガワット/ポジワット要求 (Cp.Grande, 2019年8月30日)

18

3. 実証事業成果



実証を通じて得られた知見、改善点 (苦労した点)

ADR、VPPとも需要予測の提供について議論を重ね、本実証の実施フロー/通信シーケンスを確立した。

元来、ADR (OpenADR)はネゴシエーションベースであり、需要家側からの OptIn/OptOutの応答に対し、上位アグリゲーターが最適化を再実施するという考え方。

一方、両テーマのアグリゲーター (ADR:Efacec、VPP:Next Kraftwerke) とも、特に空調需要は読み切れず、かつその応答と制御ロジックも不明のため、**需要とフレキシビリティの予測を設備機器側から出してほしいと要求。**

加えて、Next Kraftwerkeは、当初は彼らの最適化した需要カーブに**需要側機器は完全に従ってほしい**というのが彼らの要求であった。しかしながら、空調機は天候や利用状況で当日変動が多く、時々刻々の状況でのフィードバック制御で動作するので**24時間完全に従うのは不可能。**

「**予測→時間スロットの優先度を提示→最低3枠は完全に従う条件で運用スケジュールを決定**」というルールとするというプロセスを決定した。こうした**最終的なシステムの接続試験までに1年以上を要した。**

Time	Forecast (kW)	Proposal (kW)	Priority	Final (kW)	Status
00:00	0	0	0	0	
01:00	1	1	0	1	
02:00	1	1	0	1	
03:00	1	1	0	1	
04:00	1	1	0	1	
05:00	0	0	0	0	
06:00	0	0	0	0	
07:00	4	0	0	4	
08:00	6	0	0	6	
09:00	5	6	7	6	Accepted
10:00	6	8	6	6	-
11:00	7	9	5	8	Accepted
12:00	9	11	4	11	Accepted
13:00	10	13	3	10	-
14:00	10	13	2	15	Accepted
15:00	12	15	1	15	Accepted
16:00	12	12	-3	12	Accepted
17:00	11	8	-2	11	-
18:00	9	7	-1	7	Accepted
19:00	0	0	0	0	
20:00	0	0	0	0	
21:00	0	0	0	0	
22:00	0	0	0	0	
23:00	0	0	0	0	

上位アグリゲーター (アグリゲーションコーディネーター) と下位アグリゲーター (リソースアグリゲーター) との契約における標準化・規格化 ⇔ 競争領域の示唆として貴重な知見を得た

19

3. 実証事業成果



実証事業
成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

テーマ2: VPPシステム

例2 (ネガワット): Campo Grande, 2019年8月30日

表3: DRイベントスケジュール
(Cp.Grande, 2019年8月30)

Time [UTC]	Target [kW]	Measured [kW]	Accuracy [%]
06:00	16.0	14.3	89%
07:00	24.0	19.1	80%
08:00*	25.0	16.1	64%
09:00	15.0	14.5	97%
10:00	13.0	13.3	98%
11:00	25.0	23.8	95%
12:00	21.0	19.4	92%
13:00	21.0	19.5	93%
14:00	17.0	16.6	98%
15:00	25.0	23.4	94%
16:00	18.0	17.5	97%
17:00	17.0	16.1	95%
18:00	16.0	14.3	89%

*Event: No success

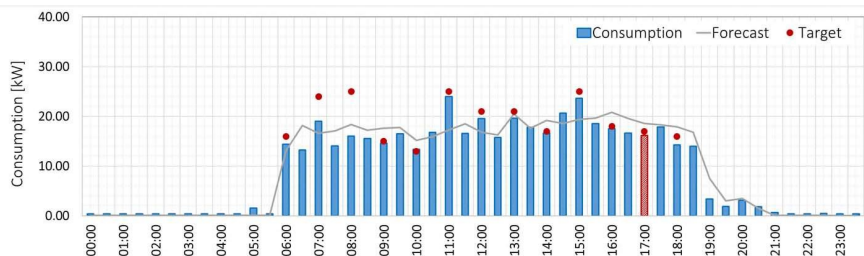


図22: 建物消費電力量における予測値と実績値およびDRイベント目標値 (Cp.Grande, 2019年8月30日)

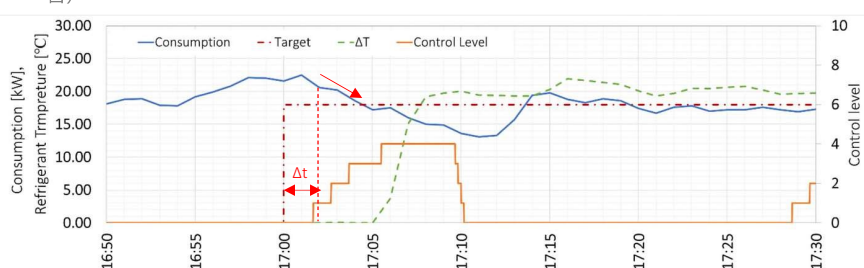


図23: DRイベント中の消費電力量とデマンド制御レベル (Cp.Grande, 2019年8月30日)

20

3. 実証事業成果



実証事業
成果

プロジェクト
概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

テーマ2: VPPシステム

例3 (ポジワット): Campo Grande, 2019年10月7日

表4: DRイベントスケジュール
(Cp.Grande, 2019年10月7)

Time [UTC]	Target [kW]	Measured [kW]	Accuracy [%]
11:00	16.0	14.2	89%
12:00	15.0	14.7	98%
13:00	13.0	12.6	97%
14:00	20.0	18.7	94%
15:00	13.0	12.3	95%
16:00	11.0	11.1	99%
17:00	9.0	8.7	97%

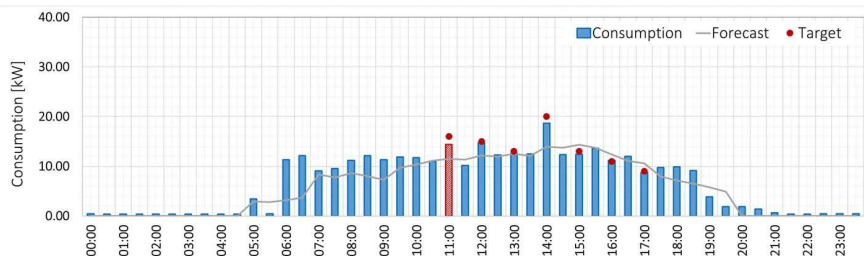


図24: 建物消費電力量における予測値と実績値およびDRイベント目標値 (Cp.Grande, 2019年10月7日)

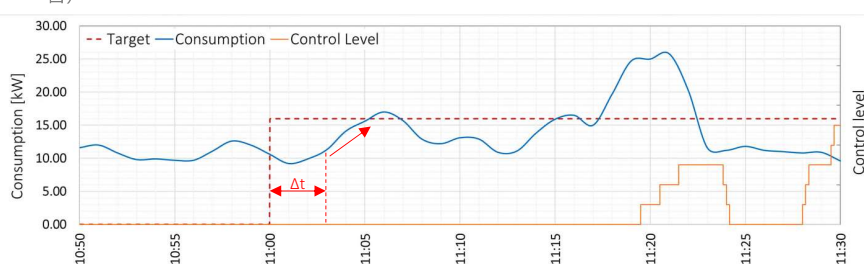


図25: DRイベント中の消費電力量とデマンド制御レベル (Cp.Grande, 2019年10月7日)

21

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

KPIの評価 目標I: 応答速度

◎ : 大幅達成、○ : 達成、△ : 達成見込み、× : 未達

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目1. タイキン工業は、冷熱を主とした空調機器を活用した自動デマンドレスポンスをADR/VPP事業者に提供し、また、従来の空調機器に蓄冷タンクユニットを導入することにより、ネガワット及びポジワットを創出する。ADR/VPP事業者が指令したシグナルに対し、 5分以内 で上記の自動デマンドレスポンス 応答すること を目標とする。	応答時間 5分以内	≈2~3分	◎	一部、空調負荷のごく小さい条件において、相対誤差が大きいくことにより5分以上が計測された条件は存在したが、全体のkW影響は小さい

- イベント開始からの10分の単純移動平均（SMA₁₀）で算出
- 起動時間は、5分間の連続した増加あるいは減少トレンドの確認により計測を行う。

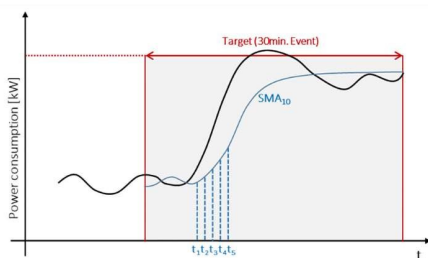


図26: 応答速度の算出

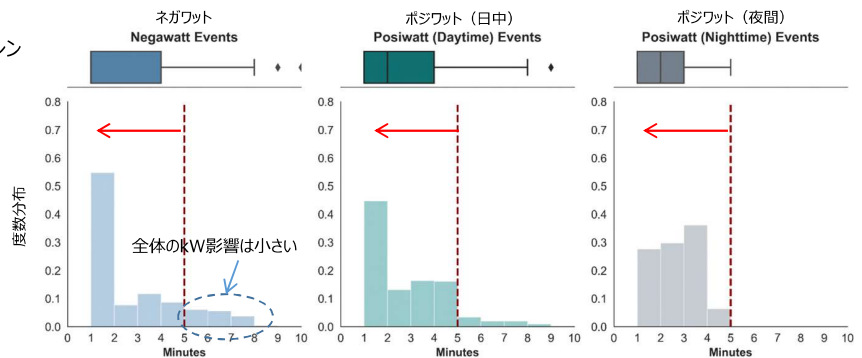


図27: DRイベントごとの応答速度の分布

22

3. 実証事業成果



実証事業 成果	プロジェクト 概要	空調 フレキシビリティ システム概要	クラウドサーバー システム概要	テーマ1: ADR システム	テーマ2: VPP システム	目標I: 応答速度	目標II: 成功率
------------	--------------	--------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------	--------------

KPIの評価 目標II: 応答成功率

◎ : 大幅達成、○ : 達成、△ : 達成見込み、× : 未達

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目2. ADR/VPP事業者から受け取ったシグナルの内、ダイキン工業が自動デマンドレスポンスの応答可能と判断したシグナルに対して、実際に 90%の確率 でシグナルの指令内容の通りに 応答すること を目標とする。	応答成功率 90%	53~90% 75% (夏) 50% (冬)	△~○	- 空調および建物電力需要の予測精度に成功率が大きく依存。 - 規則性に乏しい運用が多い建物においては成功率が低い傾向。

ルール 1:

10分以内に目標値に応じた変化量を示しているか

$$\frac{power_{10} - power_{ref}}{target - power_{ref}} > 0.10$$

ルール 2:

目標増減量に対し±50%の範囲に収まっているか

$$0.5 < \frac{power_{final} - power_{ref}}{target - power_{ref}} < 1.50$$

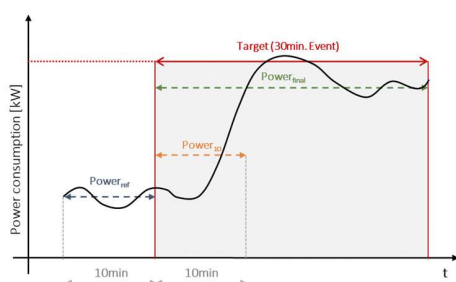


図28: 応答成功率の算出

表 5: 実証サイトごとの応答成功率の結果

サイト名	夏季	冬季
City Hall	100/189 (53%)	20/52 (39%)
Olivais	109/176 (62%)	37/70 (53%)
Cp. Grande	390/435 (90%)	97/132 (74%)
LNEG	846/1131 (75%)	94/251 (38%)

- 冬季DRの成功率は相対的に低い
- 蓄冷タンクユニットは暖房運転には適用していないため、制御自由度の幅が限定的であったことが原因

23

実証事業成果

プロジェクト概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

目標II: 応答成功率

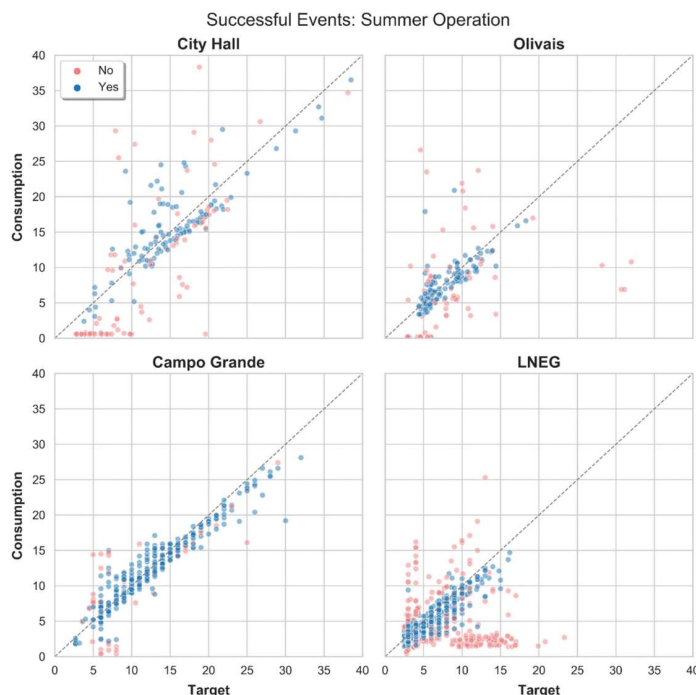


図29: 実証サイトごとの応答成功率の分布

Opt-inイベントに対する応答成功率について、

Yes : ルール 1 およびルール 2 を満たしたイベント

No : どちらか一方のルールを満たさなかったイベント

- ・ オフィスビルであるCampo Grandeは運用の周期性が高く、需要予測精度が高いことからイベント成功率が最も高い
- ・ 個々の建物の一日前の予測の正確性は低く、それが結果に影響。イベント/行事等で不規則な負荷を持つ建物では、前日予測の信頼性が低い。
- ・ City Hall、LNEGは運用が不規則で結果のばらつきが大きい（グレーの破線までの各点の距離が短いほど成功に近い）。
- ・ 需要予測が、日中イベント時の空調機の応答だけでなく、予測が外れた際の蓄冷タンクユニットの残留冷熱量の予測にも影響を与えることから、夜間蓄冷運転～翌日のイベントにも影響を与える可能性がある（冷熱使い切りでリセット）。
- ・ 複数のビルを組合せアグリゲートしたデータに対する予測と制御を行うことで、システムの応答性と成功率が向上する可能性がある（アグリゲーション効果の推定は後述）

24

実証事業成果

プロジェクト概要

空調
フレキシビリティ
システム概要

クラウドサーバー
システム概要

テーマ1: ADR
システム

テーマ2: VPP
システム

目標I:
応答速度

目標II:
成功率

目標II: 応答成功率

- ・ 成功率を上げるための方策

1. 日中での予測アップデート

- ・ 日中のリアルタイムの消費と予測と実消費の差が大きい場合に、日中のセッションを利用して予測を補正することで、予測精度を高めることができる。
- ・ DR発動に近いタイミングでの補正は、特に負荷パターンが不規則な建物については大きなメリットがある。
- ・ リードタイムを短縮することでより良い予測となる。

$$MAE\% = \frac{\sum_{t=1}^n |d_t - f_t|}{\sum_{t=1}^n d_t}$$

MAE=Mean Absolute Error
d=demand
f=forecast

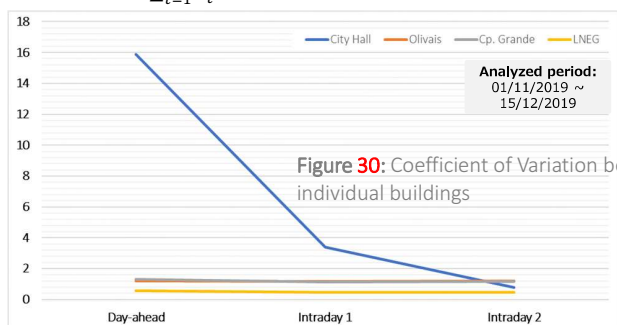


図30: 予測タイミングと予測精度の改善効果の関係

2. アグリゲーション効果

- ・ 異なる実証ビルをアグリゲートすることで、電力消費の行動に対するバラティティが低下し、予測可能性が高まる。
- ・ アグリゲートされた電力はデータの変動がなまされ、予測や制御が容易になる。
- ・ リスボン市の4サイトの実証ビルのみを集約することでも、消費のばらつきを20%削減することができるとのシミュレーション結果を得た。

$$CV_{ind} = \frac{\sigma}{\mu} \Rightarrow CV_{agg} = \frac{\sigma_{agg}}{\mu_{agg}}$$

CV=Coefficient of variation
 σ =std. deviation
 μ =mean

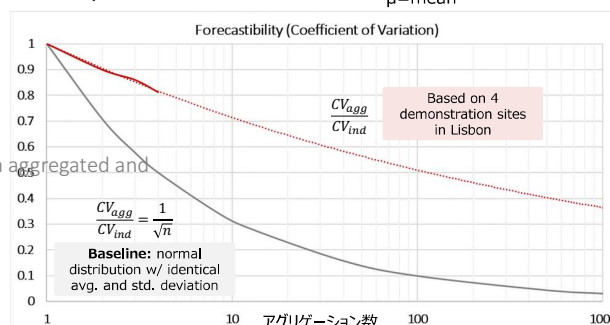
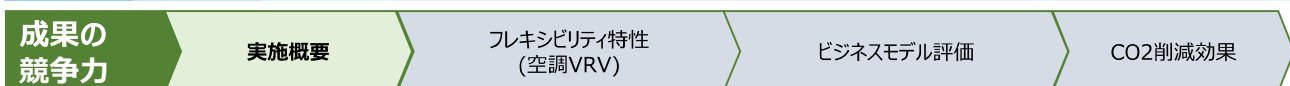


図31: アグリゲーション効果

25

1. 事業の位置付け・必要性 (NEDO)
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント (NEDO)
 - (1) 相手国との関係構築
 - (2) 実施体制
 - (3) 事業内容・計画
3. 実証事業成果 (ダイキン工業)
 - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (同上)
 - (1) 事業成果の競争力 [一部非公開]
 - (2) 普及体制 [非公開]
 - (3) ビジネスモデル [一部非公開]
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

4. 事業成果の普及可能性



実施概要:

得られた結果から:

- ・ 空調システムによるデマンドレスポンスは**技術的には「Ready」の状態**。
- ・ **十分適用可能な信頼性において** 2つのユースケースが実現できた (ADRシステムとVPPシステム)。
- ・ アグリゲーション効果も含め、**予測性の改善とより正確なレスポンス**の可能性が示された。
- ・ **技術は既に確立している**が、DRのビジネスモデル、特に空調ユニットを活用したものは、現時点では大規模にはロールアウトされていない。

どのように実証から商用ソリューションに展開するか?

- ・ 本実証事業の目的の一環として、DRサービスのためのアグリゲーション型空調システムの**技術的・経済的な実現可能性**について、4つの重点分析に分けて評価を実施：
 - 空調フレキシビリティの特性評価
 - DR/VPPシステム設計基準
 - 電力市場のインセンティブシグナル
 - 制度構築や標準化に向けたロビー (CO2削減効果も併せて評価)

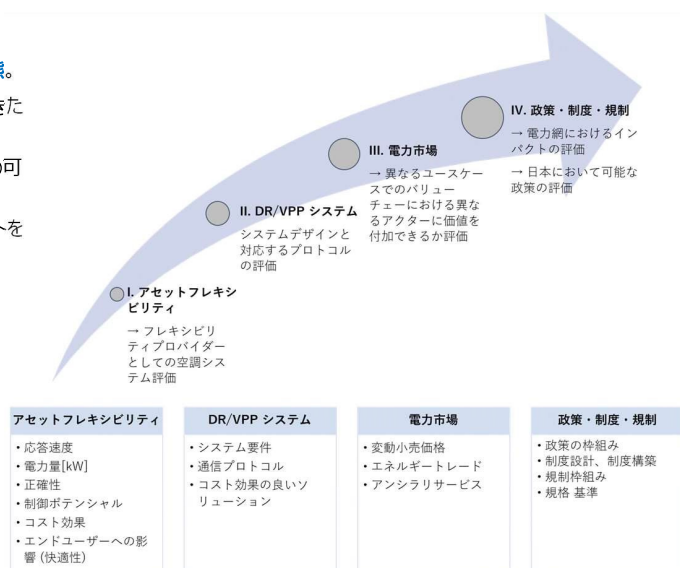


図 32 評価プロセス

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力



成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

フレキシビリティプロバイダーとしての空調システム (VRV)

I. フレキシビリティ量

- 空調負荷率（圧縮機回転数）と ΔkW 量との間に直線的な相関を確認
- ネガワットとポジワット量の間には明らかな非対称性を確認
- 空調機 1 台（冷房定格能力22~28kW）あたり3kW以上のポジワット目標は非常に少ない。これは、3kW以上のポジワット創出する目標はユーザーの快適性に大きな影響を与えてしまうためと考えられる。

II. 応答速度

- KPIとして設定された5分以内での応答が可能

III. イベントの精度

- 各実証サイトで空調による精度良いレスポンスが得られた。
- イベント精度の平均は86%で、目標kWとの乖離量が2kW以下のイベントが90%以上
- 精度の低いイベントの要因については下記理由が考えられる。
 - 需要予測の精度に起因するもの（応答成功率での分析内容）
 - 空調負荷が小さい条件下において目標kWが小さい場合、わずかな差でも相対的に精度が悪く算出される。

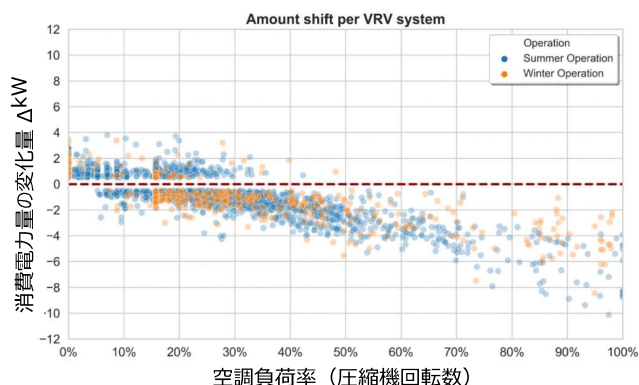


図 33: 空調負荷率（圧縮機回転数）に対するVRVユニットのフレキシビリティ

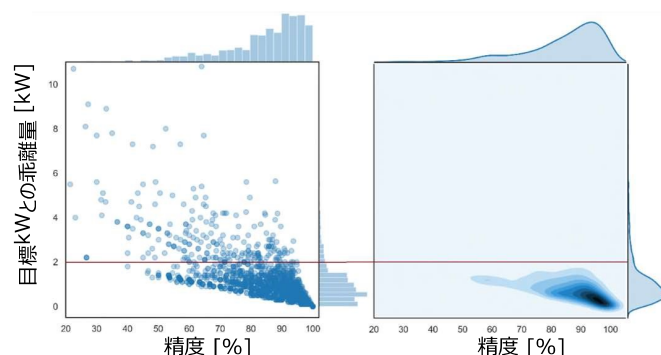


図 34: DRイベントの精度

28

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力



成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

フレキシビリティプロバイダーとしての空調システム (VRV)

IV. フレキシビリティポテンシャル (制御ポテンシャル)

- 各サイトにおける空調負荷率から、各建物のもつフレキシビリティポテンシャルを算定した。
- 空調負荷率は、主に気温および需要家の利用パターンに大きく依存し、過去の運転データ、気象予測、カレンダー情報などから予測することが可能。
- したがって、空調負荷率の予測から、建物のもつフレキシビリティポテンシャルを算定することが可能となる。
- 負荷とフレキシビリティポテンシャルは概ね直線的な相関を示すが、需要の大きさがフレキシビリティポテンシャルと直接的に等しいわけではない。
- 需要家の応答性は、快適性の確保、需要パターン、およびその他の外部要因（インセンティブなど）から推定する必要がある。
- 制御ポテンシャルは時間依存性があり、例えばDR実施後のリバウンドや残存蓄冷量など後の時間帯におけるフレキシビリティに影響を与える要因もあるため、それらを考慮した一日単位での予測とマネジメント、および複数リソースをアグリゲートした建物全体での予測とマネジメントが肝要となる。

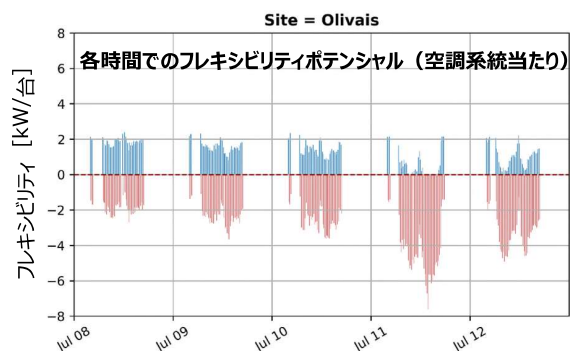


図 35: フレキシビリティポテンシャル変化(日次)

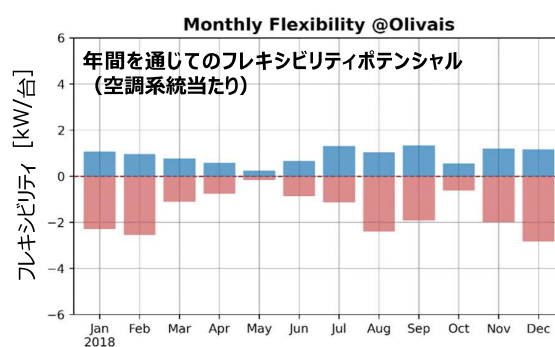


図 36: フレキシビリティポテンシャル変化(月次)

29

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

フレキシビリティプロバイダーとしての空調システム (VRV)

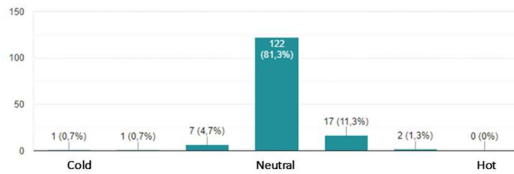
V. 需要家への影響

- DRイベントに対する居住者へのWEBによるアンケート調査と室内温度センサー分析により、DRイベント実施に伴う快適性への影響を評価した。
- アンケート調査では、回答者のうち90%以上が「通常の温熱環境（暑すぎない/寒すぎない）」「満足」と回答し、室内温度センサー分析では、全般的に各コントロールエリアでの温度変化は **1℃以下** であったことから、DR中も**快適性が確保されていたとの結論が得られた**。
- 実装にあたっては、**IoTセンシングデバイスを活用**するなど、より居住者環境に近い温度測定やそれらのセンサーデータを使用した制御へのフィードバックなどの改善点が考えられる。

アンケート調査結果

※アンケート調査はDRイベントを実施した同日中に実施

室内環境（温熱環境）



満足度

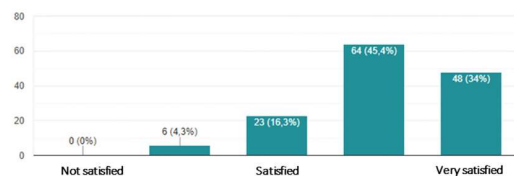


図 37: アンケート結果@LNEG

室内温度センサー分析結果

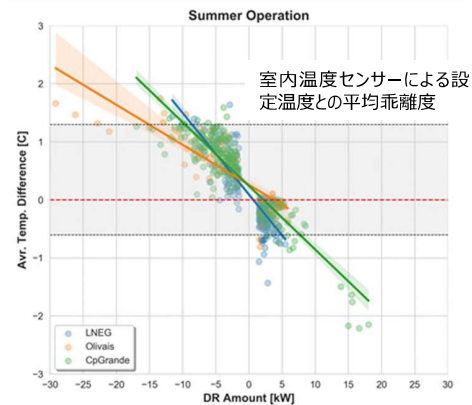


図 38: 各サイトのDRイベント中の平均乖離度（夏期）

30

4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

フレキシビリティプロバイダーとしての空調システム (VRV)

VI. コスト効率

- 様々なフレキシビリティリソースのコスト効率を比較した結果、現時点では、バイオガスプラントと産業プロセスにおけるデマンドレスポンスが最も安価なフレキシビリティの一つである。
- 業務用ビルでの普及率の高い個別分散型空調システムの調整余力の活用により、非常に小さい追加コストでフレキシビリティを創出できる可能性がある。
- 一方で、個々の機器における調整余力は小さく、アグリゲーションによる調整力確保が求められることから、データ取得や制御における通信やクラウドシステム等のコストが費用を圧迫するリスクがある。また、小規模なアグリゲーションは、コストの割合が相対的に高い。

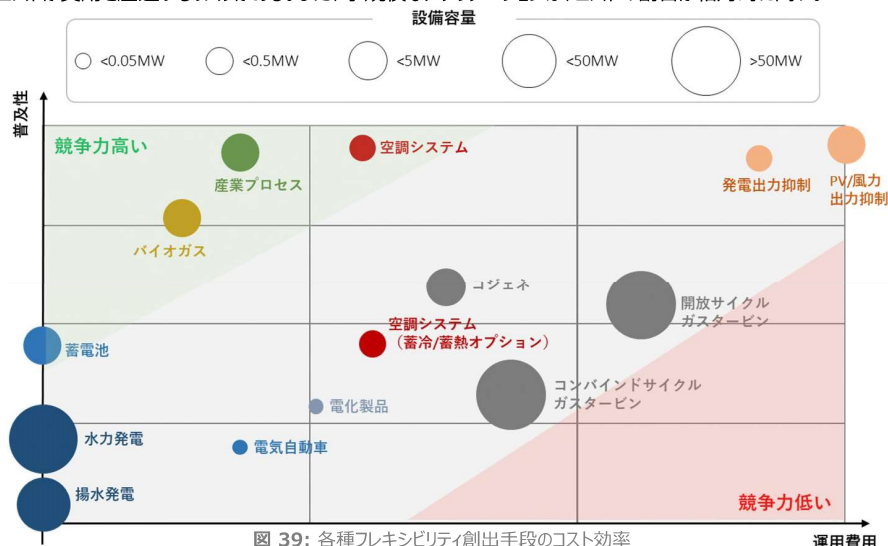


図 39: 各種フレキシビリティ創出手段のコスト効率

31

4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル

成果の競争力

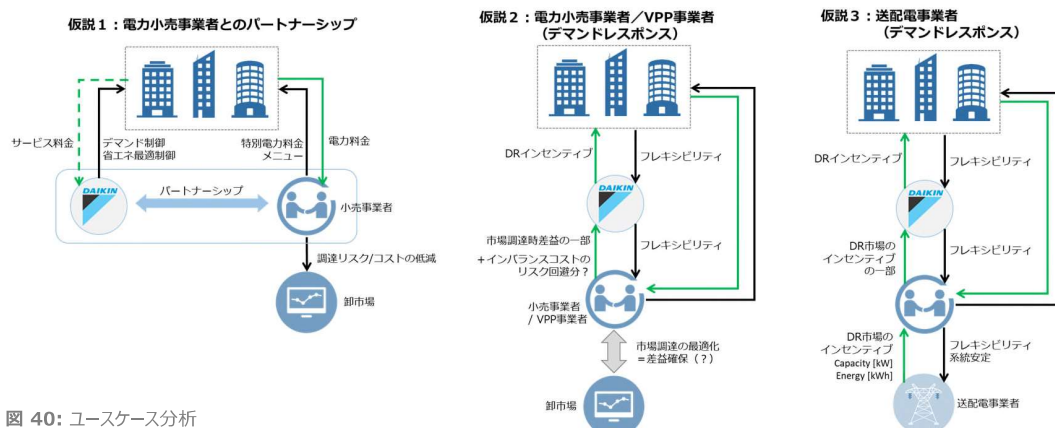
実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ



1. 卸市場調達リスク/コスト低減

- 電力小売事業者とのパートナーシップを前提としたユースケース
- 対象需要家を束ねたデマンドコントロールにより卸市場の価格変動時（価格高騰時）の電力調達リスクを軽減
- 需要家は基本料金低減とアグリゲーション効果によるデマンド制御時の快適性確保のメリットを得る。

2. インバランスリスク/コスト回避

- 電力市場（スポット市場）でのコスト最適化を目的とし、アグリゲーターやVPP事業者に対しフレキシビリティの供給を行う。
- 空調需要の予測、さらには空調システムを用いた需要コントロールによりインバランスリスク回避やボラティリティを前提とした市場収益を図る。
- 需要家は消費電力量の削減と市場収益からの一部を報酬を得る。

3. アンシラリーサービス

- 電力システムの最終的な需給調整を目的とし、TSOに対し、需給調整市場を介して二次調整力、三次調整力の供給を行う。
- 報酬は、調整力としての容量（kW）及び調整力として創出したエネルギー量（kWh）に基づいて支払われることを想定
- 小売事業者の同意なしに、フレキシビリティをアグリゲーターに直接提供できる「供給者なしの同意」を検討

32

4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル

成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ

- DRをベースとしたビジネスモデルを評価する国を選定するために、欧州8カ国を対象に予備的な評価を行い、以下の4カ国を選定した。
- 選定にあたり考慮した要素:
 - ✓ 建築市場 業務用ビル市場の大きさ
 - ✓ 気候 冷房需要・暖房需要
 - ✓ 電力市場 デマンドレスポンスの適用可否
 - ✓ 空調市場 市場の大きさ
- これらを考慮し、ドイツ、フランス、イギリスは、現在、デマンドレスポンスサービスに基づいたビジネスモデルに適した市場であると分析した。さらにこれらの国に、本実証事業の実施国であるポルトガルを追加した計4カ国をビジネスモデルを評価する国として選定した。

	Portugal	Great Britain	Germany	Spain	France	Italy	Netherlands	Belgium
Buildings	2.0	3.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5
Commercial Building Floor Area	1	4	5	4	4	1	4	2
Commercial Energy Intensity	3	3	3	4	3	5	1	3
Weather	2.0	4.0	4.0	2.0	3.0	2.0	3.0	3.0
Cooling + Heating Degrees	2	4	4	2	3	2	3	3
Demand Response	1.3	4.0	3.0	1.3	4.5	2.8	2.5	2.8
Capacity	1	5	1	1	5	5	1	1
Wholesale	1	3	3	1	5	1	3	1
Ancillary Services	1	5	3	1	5	1	3	5
Imbalance Price	2	3	5	2	3	4	3	4
AC Sales	3.0	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	2.0	2.0
AC Sales	3	5	4	3	5	4	2	2
RESULTS	8	17	15	10	16	12	10	10

33

4. 事業成果の普及可能性

(3) ビジネスモデル (4) 政策形成・支援措置



成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性 (空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ

	ポルトガル	ドイツ	フランス	英国	日本
現状	- 多数の揚水発電によるフレキシビリティ - ソーラーオークションの導入 (2030年までに7GW導入予定) - 石炭火力の段階的廃止: 2025年	- フレキシビリティに欠ける市場シグナル (ネガティブプライス、RESの削減)。 “Energiewende”の下での明確なインセンティブ - VPPの最先端市場 - 原子力発電からの脱却	- 原子力・水力に依存 - 可変生成の低集積化 (10%未満) - DRの最先端市場 - 石炭火力の段階的廃止: 2022年	- 過去数年間の石炭火力からガス火力へ早急に移行 - 石炭火力の全廃: 2025年 - にオークションと差額決済契約制度 (CFD) を導入	- 原子力発電稼働停止後、化石燃料への依存度増加 - FITによるRESインセンティブの導入
容量市場	- 欧州委員会により停止 - DRは参加不可	- 戦略的予備力 (エネルギーマーケットのみ) - パイロット実施	- 分散市場 (キャパシティ証明書) - DRは参加可	- 中央市場 - DRは参加可 (クリアランスボリュームは増加)	- 中央市場 - DRは参加可能 (限定的) 2024年度市場開設
スポット市場	- 上限・下限のキャップにより価格変動が非常に小さい - 価格形成は自由ではない	- ネガティブプライスが常態化している状況 - DR参加可	- 高い価格変動性 - DR参加可	- 高い価格変動性 - ネガティブプライスの方が多い	- 高い価格変動性 - 地域間の価格差 (東 > 西)
アンシラリーサービス	- DRは参加不可 (発電機のみ参加可) - 価格形成は自由ではない	- DR参加可 - 過去数年で平均落札価格が大幅に低下 (競合)。 - 風力発電が増加	- DR参加可 - 高い価格変動性 - ネガティブプライスの方が多い - DRへの参加をインセンティブに	- DR参加可 - 製品や活性化が透明ではない - 風量削減は指数関数的に増加している。	- 地域電力会社がDRを調達 2021年度に需給調整市場創設 (三次調整力から段階的に開設)
空調/ヒートポンプ市場	- 市場規模は比較的小さい - 電化率は低い	- 暖房における脱炭素化、ヒートポンプ推進 - 成長市場	- EU 最大の市場 - 電化率は高い	- 暖房における脱炭素化、ヒートポンプ推進 - EUで2番目に大きな市場	電化率は高い
フレキシビリティ / DR の機会	市場はオープンではない	DR参加は認められているが、取り組みは遅い	すべての市場はDRに開放されており、ピーク時には高値で取引される	すべての市場はDRに開放されており、ピーク時には高値で取引される	市場の改革が進んでいる。DRは緊急時の調整力として活用されている

34

4. 事業成果の普及可能性

(3) ビジネスモデル



成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性 (空調VRV)

ビジネスモデル評価

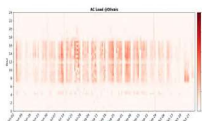
CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ

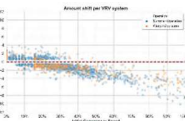
Step 1: フレキシビリティの価値定量化

- 空調システムの建物、市場、制御の可能性に関する履歴データに基づく負荷の最適化 (年間の最適化)
- 最適化の関数は各ユースケース毎に設定
- 市場のプレーヤーにフレキシビリティを提供することによる追加の収益または省コストの計算

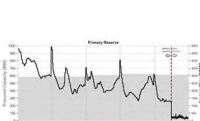
Historical data (building, AC)



AC Flexibility / Control potential



Market data (spot, ancillary)



Optimization model

Flexibility value
(Revenue/year)

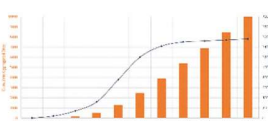
Step 2: 事業性評価

- フレキシビリティの価値は、10年間のキャッシュフローとして反映
- キャッシュフローと成長力を見積り
- 仮定の変数: アグリゲートされるビル数
- CAPEXとOPEXは各ユースケースで必要な開発に応じて見積り

CAPEX & OPEX

Item	Cost
Payroll	432,000.00 €
Rent & Utilities	50,000.00 €
Legal services	15,000.00 €
Marketing	12,000.00 €
Travel, Fleet and Sales Expenses	35,000.00 €
Insurance	1,200.00 €
Others (Patents, R&D, etc.)	7,500.00 €
Total	552,700.00 €

Initial assumptions (growth, etc.)



Financial model

Cash flow calculation

35

4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル

成果の
競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ

- 電力市場での取引をベースとするユースケースにおいては、市場から得られるインセンティブのみで事業モデルを構築することは、フレキシビリティ創出のための実装および運用コストを勘案すると課題が多い。
- ただし、DR/VPPを電力事業者との協業におけるキーコンテンツとしつつ、エネルギーを含むサービスソリューション全体としてのユーザーメリットを創出することにより、その可能性は十分あると考えられる。

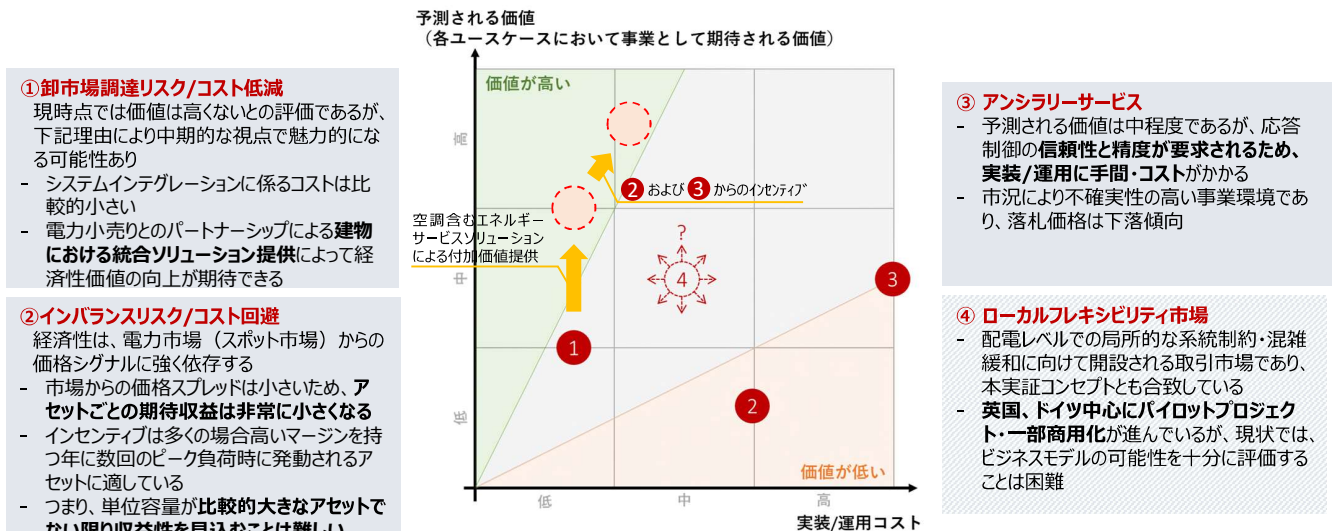


図 41: 各ユースケースの事業性評価

36

4. 事業成果の普及可能性 (3) ビジネスモデル (4) 政策形成・支援措置

成果の
競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

ビジネスモデル評価: ケーススタディ

I. インセンティブの最大化:

アグリゲーションによるフレキシビリティ価値の最大化
PV等の他のリソースとの組合せ

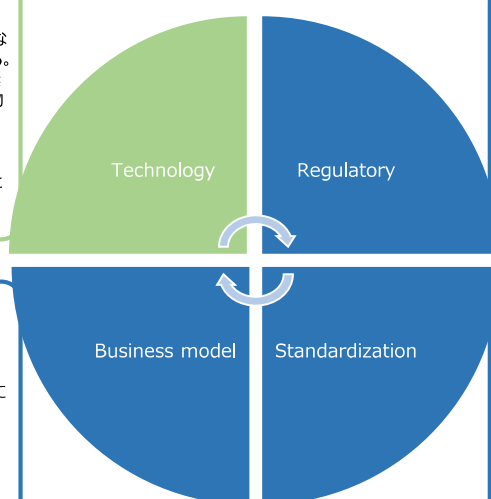
II. コスト削減:

DR対応の機器制御およびシステムの標準化
機器の接続コストの低減

III. 制度構築に向けたロビー:

ZEBやスマートビル要件として、建物から創出される**フレキシビリティの評価・認証**

- 1) 空調/ヒートポンプはエネルギーシステムの中に既に存在する柔軟なアセットであると捉えることができる。
- 2) エネルギーシステムの重要な要素として、ヒートポンプは系統や建物と連携することができる。
- 3) 空調/ヒートポンプを通じたDRは技術的に実現可能であり、「Technology Ready」にあるといえる。



- 1) 建物の可能性に対応。
- EU最大のバッテリー
- 省エネルギーラベル
- "建物の慣性またはDR能力に基づく「Demand Response Ready」ラベル
- 2) 規制緩和は、DSMの機会を創出すべきである
- 3) バリューチェーン上のすべてのステークホルダーの利益を考慮する
- 4) CO2証明書の検証
- 5) 瑕疵担保の懸念を明確に

- 1) 長期的に持続可能な「インセンティブ型」から「経済型」への移行
- 2) ボトムアップ型のアプローチとして、より柔軟な価値を生み出すためにはパートナーシップが鍵となる
- 3) トップダウン型のアプローチとして、技術的に可能なことは何かを規制当局や市場関係者にアピールすることが求められている。

- 1) 将来に欠かせないプラットフォームがサイバーセキュリティとプライバシーの懸念に対処するために不可欠
- 2) 米国では、OpenADRは標準的な通信だが、プロトコルの調和が必要である。(EVCS、PVなどのため)
- 3) 欧州連合 (EU) では電力供給者と機器間の通信のための独自のプロトコルを (ハイレベルな議論で) 準備中

図 42: DR/VPP事業に向けた課題と評価

37

成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

CO2削減効果

- CO2削減効果について、2つのケースについて算出を行った。

- デマンドレスポンス（蓄冷利用あり/なし）により消費電力量およびピーク負荷削減の最適化運用を行うケース
- デマンドレスポンスにより化石燃料による発電所の設備容量を削減するとしたケース

I. デマンドレスポンス能力が独立して考慮されている場合:

- システムレベルでは、中規模オフィスに設置されている蓄冷タンクユニット付きの集合型空調設備の柔軟な運用の影響は極めて限定的である。
- CO₂排出量を0.05%未満に抑えたとの試算結果。
- 蓄冷/放冷は、数MWhの石炭ガスからの転換に相当する。
- エネルギー効率性はCO₂排出量への影響が最も大きい。

シナリオ

CO₂削減効果

1: 蓄冷ストレージの使用（日中に使用し、夜間に蓄冷）	▲0.014% ▲2,130 tCO ₂
2: ピーク負荷の削減（蓄冷ストレージ無し）	▲0.023% ▲3,500 tCO ₂
3: 空調ピークの削減（効率的な運用、蓄冷ストレージ無し）	▲0.038% ▲5,780 tCO ₂

前提条件:

- 対象: 23,000棟のビル
- 稼働日: 180 日/年
- 時間ステップ: 30分
- ベースラインの年: 2018

シナリオ 1:

- 夏季における最適化運用
- 日中におけるポジワット要求はなし（再エネ電源出力抑制は極小）
- 蓄冷熱を日中に利用/夜間に蓄冷運転
- 発電の多くは排出係数の大きい石炭またはガス火力にて行われる

シナリオ 2:

- 年間を通じた空調システム運用の最適化
- 電力ピーク負荷時の空調負荷削減

Scenario 3:

- 年間を通じた空調システム運用の最適化
- 空調ピーク負荷時の負荷削減

成果の競争力

実施概要

フレキシビリティ特性
(空調VRV)

ビジネスモデル評価

CO2削減効果

CO2削減効果

II. デマンドレスポンスにより化石燃料による発電所の設備容量を削減するとしたケース:

- ポルトガルでは、石炭火力発電所の閉鎖とデマンドレスポンス（システムの適正化）を組み合わせることによって、排出量を最大約10%、平均5.9%削減する可能性があるとの試算結果。

前提条件:

- 石炭火力発電所(576MW)の焚き減らし
- ピーク期間においてデマンドレスポンスによる付加的な容量を供給する
- 時間ステップ: 1時間
- ベースラインの年: 2018, 2019

試算結果:

- 2018年、2019年平均CO₂排出量: 平均 12,910,000 tCO₂/年

DR予備力によるCO₂削減効果: 平均 ▲765,000 tCO₂/年
(▲5.9%)

月別最大 ▲181,000 tCO₂/月

(▲10.8%)

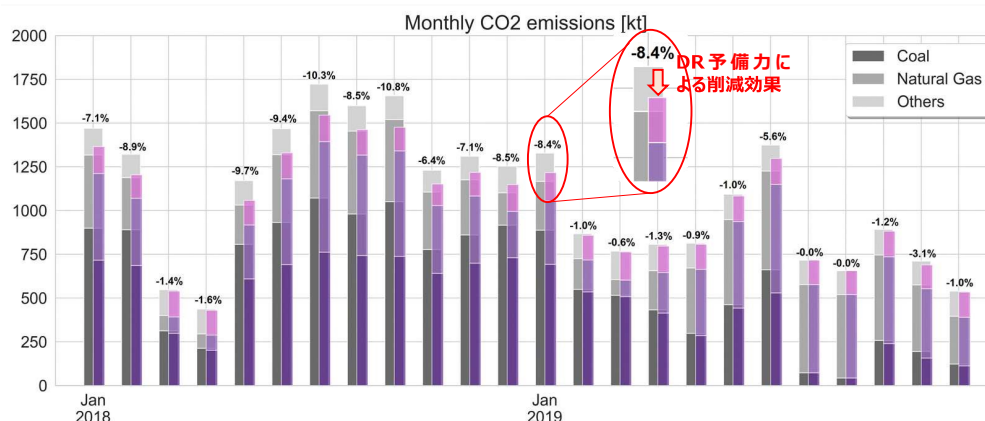


図 43: CO2排出削減量