「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／
ポルトガル共和国における自動ディマンドレスポンス実証事業」
個別テーマ／事後評価委員会

資料5-1

「ポルトガル共和国における自動ディ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

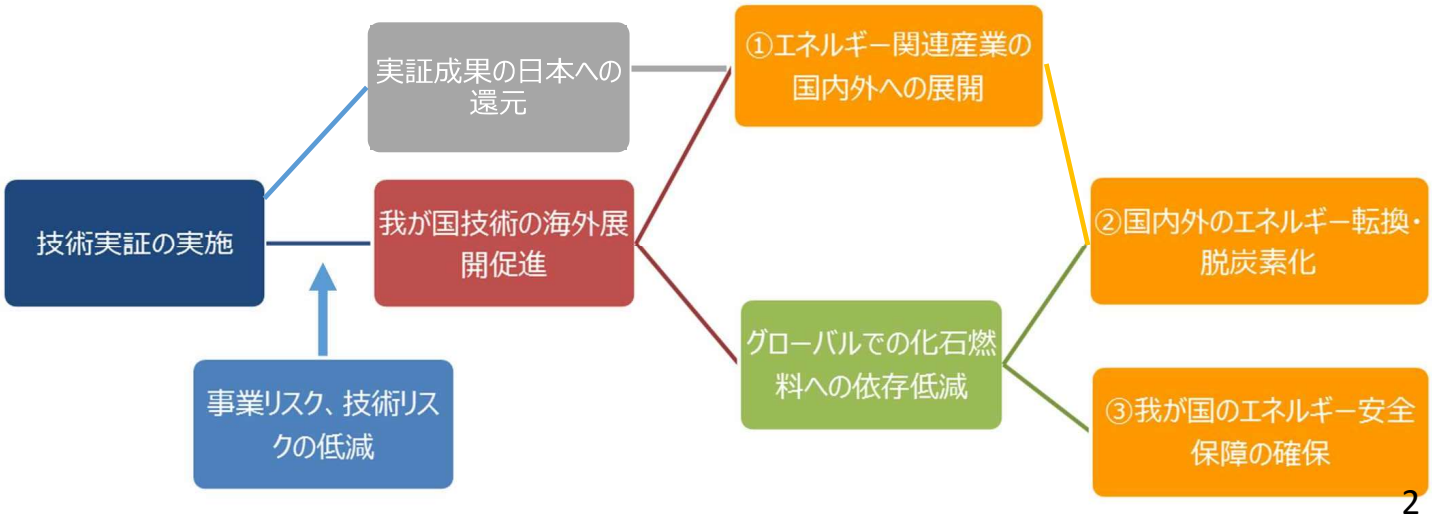
複製を禁ず

目次

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

エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業

３E+S （安定供給、経済性、環境適合、安全性）の実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することを目的としている。（出所：基本計画）



社会的背景・位置付け

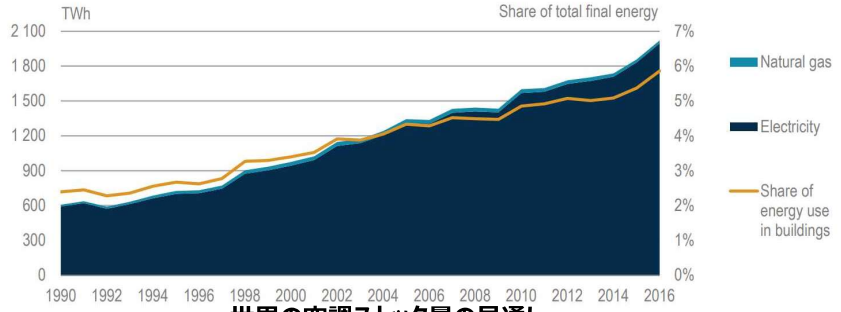
- 風力発電や太陽光発電などの変動性再生可能エネルギーの普及拡大により、従来の火力発電所等による需給バランスが困難となり、分散型エネルギー資源や需要家側に設置された設備負荷を束ねて制御して、フレキシビリティを提供するビジネスが、再生可能エネルギー電源比率が高く、電力市場設計の進んだ欧州諸国や米国の一部の地域で進展。
- 我が国においても2016年度からバーチャルパワープラント構築実証事業が開始され、2021年度創設予定の需給調整市場等を活用した事業化が期待されている。
- 制御対象リソースとしては、主流とされている小型発電機に加えて蓄電池などへの期待が高まっているが、デマンドレスポンスとして最もポテンシャルの大きい需要分野は空調である。
- 空調機器を利用したFast ADR（自動デマンドレスポンス）は、バーチャルパワープラントの要素として新たな領域であり、蓄冷ストレージと連携することにより、従来の省エネルギー推進にとどまらず、再生可能エネルギーの利用率拡大に寄与する新たな価値を提供できる可能性を秘めている。

1．事業の位置付け・必要性　（1）事業の意義

世界の空調市場見通し

- ビルの冷房によるエネルギー消費量は1990年から2016にかけて約3倍に増加（2016年は2,020TWh）。
- IEAの予測に基づくと、世界の空調ストックは2050年まで4倍の成長が見込まれており、欧州では9,700万台から2億7,500万台へとほぼ3倍に増加すると予想されている。

世界のビルにおける冷房空調によるエネルギー消費量の推移



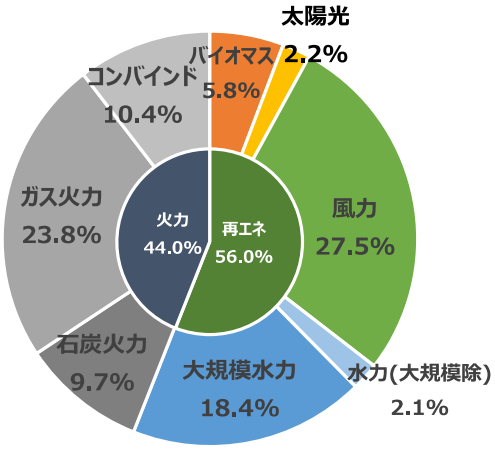
世界の空調ストック量の見通し

出所：IEA（2018）,The Future of Cooling

1．事業の位置付け・必要性　（2）政策的必要性

ポルトガルの概要

- ポルトガルは、風力発電や水力発電など再生可能エネルギーの導入を積極的に進めており、欧州でも有数の大量導入国。2019年の実績では、総電力消費量のうち約56%を再生可能エネルギーで賄っている。2016年4月には、4日間にわたり再生可能エネルギーが国内の全電力需要を満たしたほか、2018年3月には、同国の一カ月分の全電力需要を上回る発電量を記録。
- 2030年には発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合80%、2050年までにポルトガルにおける発電量の100%を脱炭素化する目標を定めている（2030年に向けて風力1.2～1.7GW、水力3.9GW、太陽光7GWを新規導入予定。なお、2019年現在の設備容量は風力5.4GW、水力7.1GW、太陽光0.8GW）
- 変動性再生可能エネルギーの普及率が高い系統への空調システムからフレキシビリティ提供を行うという、日本の将来課題を先取りした本実証を実施するサイトとして最適。



総発電電力量（48,742 GWh）

2019年のエネルギーミックス（ポルトガル）

出所： RENをもとにNEDO作成

2030年および2050年の目標（ポルトガル）

Metric	2030	2050
CO_2 emissions	-45~-55%	-85~-95%
Energy efficiency	35%	n/a
Renewable Energy Share - Electricity - Transport - Heating / Cooling	47% (80%) (20%) (40%)	n/a

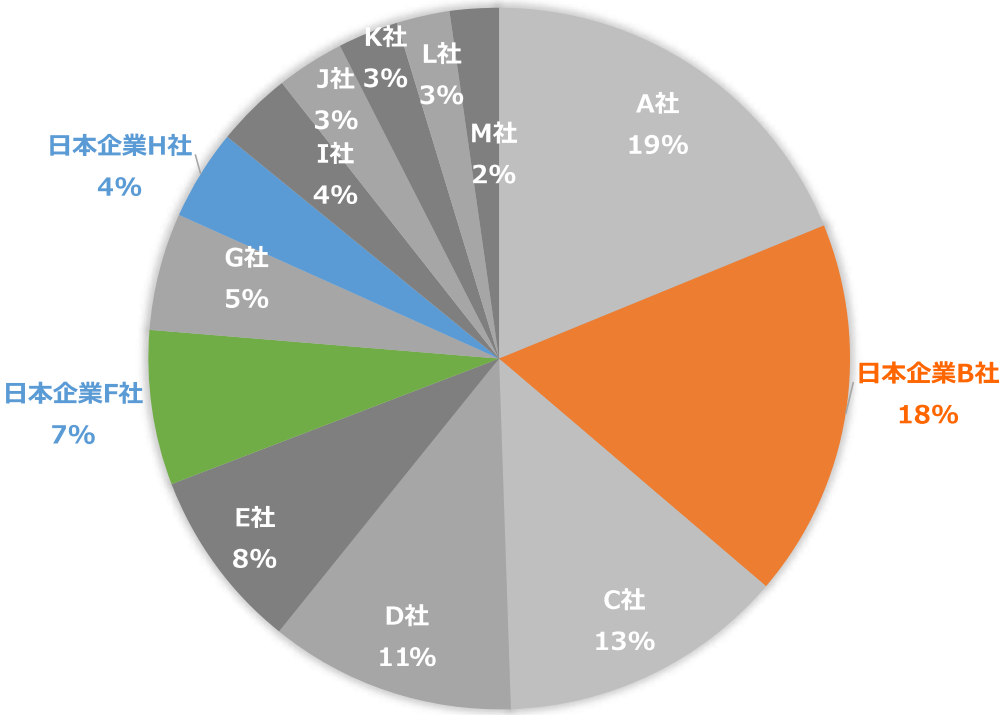
出所：DGEG, Plano National de Energia e Clima をもとにダイキン工業作成

1．事業の位置付け・必要性　（2）政策的必要性

日本の優位性

- グローバルな空調・エアコン市場において、日本企業はシェアの約3割を占めており競争力がある分野。
- 我が国企業が有する空調制御技術と組み合わせて、グローバルに展開していくことが可能。

2020年空調・エアコン世界市場シェア



出所：各種資料を元にNEDO作成

1．事業の位置付け・必要性　（3）NEDO関与の必要性

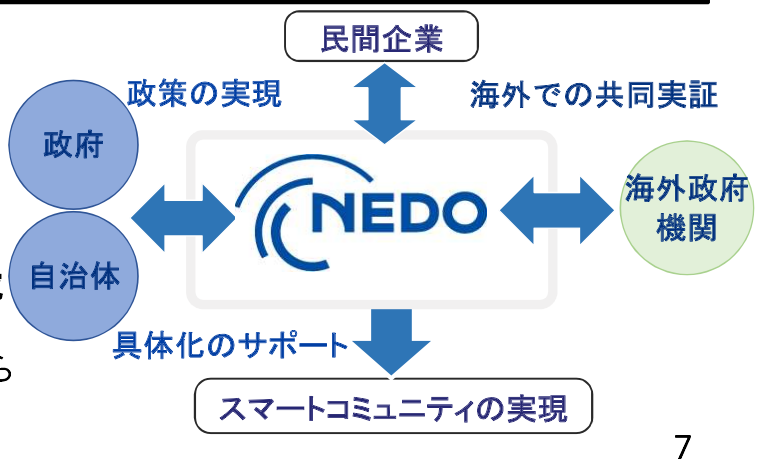
NEDOが推進すべき事業

「NEDOのミッション」
　エネルギー・地球環境問題の解決、産業技術の強化
「国際エネルギー実証のミッション」
　将来の先行実証、エネルギーセキュリティへの貢献、日本企業の海外展開支援

実証事業を円滑に遂行していくためには、官民一体となった取り組みが必要であり、政府機関とのネットワークを活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポート

『実証の場』を創出

- ✓ リスボン市およびLNEG（国立エネルギー地質研究所）所有施設を活用した実証を実現
- ✓ 現地企業等の各プレーヤーに一定の便益をもたらすビジネスモデルを検証



1．事業の位置付け・必要性　（３）NEDO関与の必要性

実証の場を創出

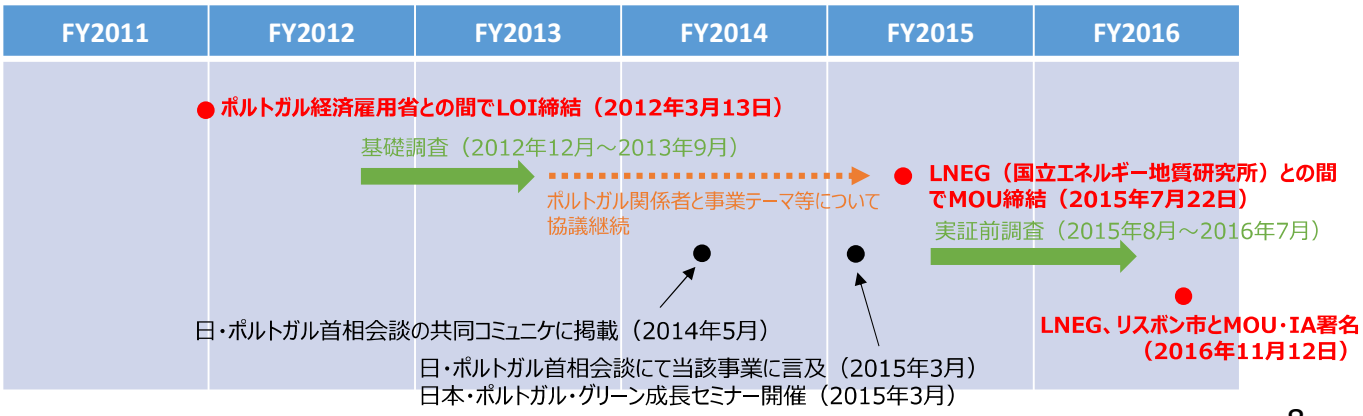
- NEDO主導で、2011年からポルトガル政府との意見交流などを通じ、事業フレームを形成（2012年3月にポルトガル経済雇用省との間で協力に係る合意を形成（LOI締結））。

↓

- 基礎調査を通じたポルトガル政府機関との協議の末、事業テーマを「自動ディマンドレスポンスシステム（ADRシステム）」と決定。

↓

- 2015年7月、環境・国土・エネルギー省（現在は環境・エネルギー転換省）傘下のLNEG（国立エネルギー地質研究所）との間で合意を形成（MOU締結）、リスボン市を実証場所として選定し、「実証の場」を創出。その下で、両国の各企業・団体が協力関係を構築。



目次

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

2．実証事業マネジメント（1）相手国との関係構築の妥当性

相手国との関係構築

MOU締結の他、定期的（年2～3回）に相手国を含む関係者を招聘し、Project Board Meeting を開催することで、プロジェクトの進捗や課題を把握し、綿密な調整・検討のもと適切なマネジメントを実施。

- **LNEG（国立エネルギー地質研究所）との間でMOU締結（2015年7月22日）**
- 実証前調査（2015年8月～2016年7月）
- **LNEG、リスボン市とMOU・IA署名式典（2016年11月12日）**
- Project Board Meeting（2017年3月）
- Project Board Meeting（2017月6月）
- Project Board Meeting（2017月10月）
- Project Board Meeting（2018年4月）
- **実証システム運転開始式（2018年6月28日）**
- Project Board Meeting（2018年10月）
- Project Board Meeting（2019年5月）
- LNEGとMOU,IA改定（2019年7月）
- リスボン市とIA改定（2019年10月）
- Project Board Meeting（2019年10月）
- **事業終了（2020年3月31日）**

LNEG、リスボン市との署名式典の様子（ポルトガル経済省）

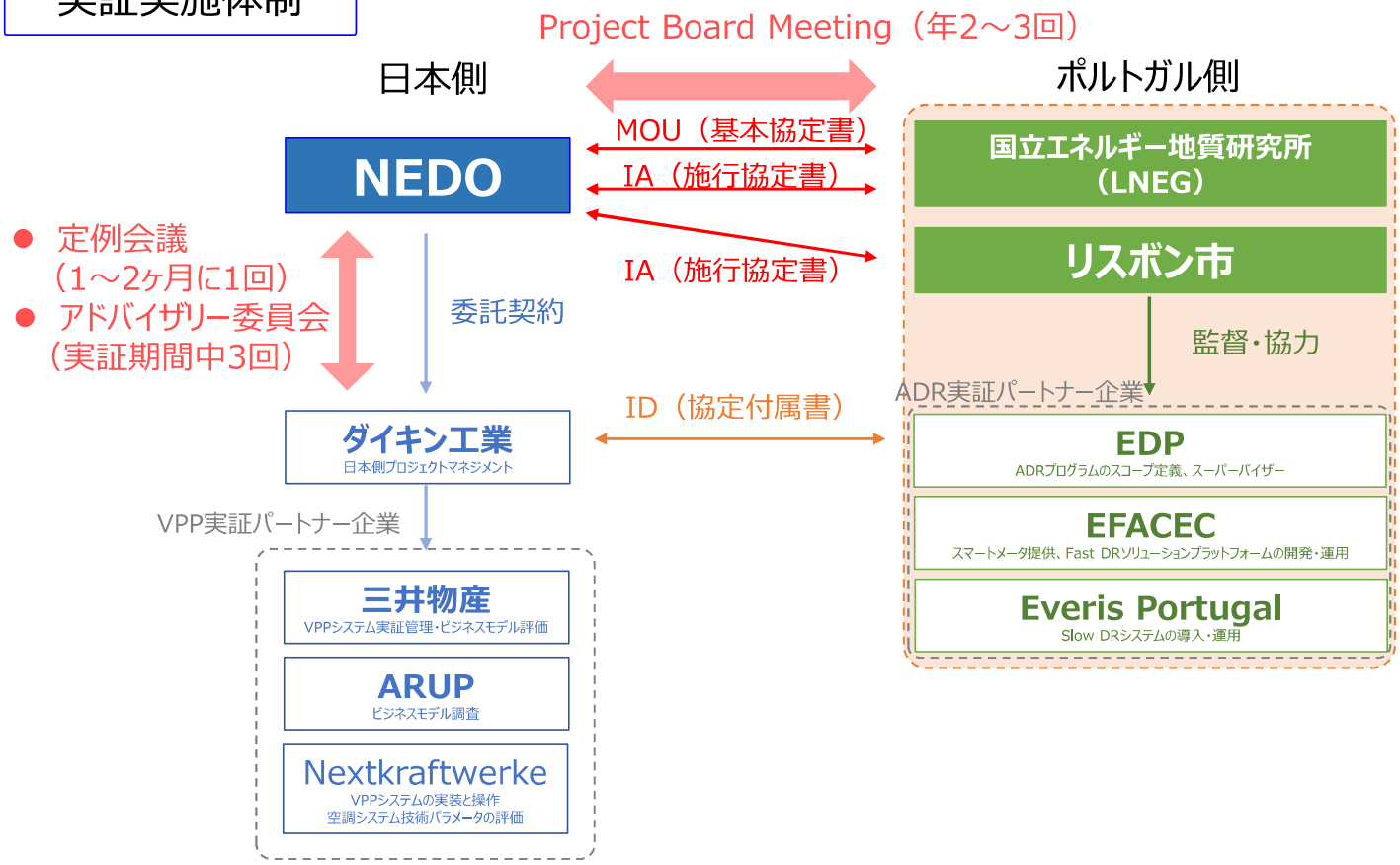
第1回Project Board Meetingにおいて、複数国企業から成るプロジェクト参加者間において、実証事業完遂に向けた一体感の醸成を図るべく、また実証事業の一般社会への認知度の向上および実証終了後に欧州始め諸外国への普及を図る際に有用となるよう、プロジェクトの愛称検討をNEDOから提案。その後、ボードメンバー各社から候補を募り、愛称を「LiSCool」に決定

LiSCool
Lisbon Cool Energy Project

運転開始式の様子（リスボン市庁舎）

2．実証事業マネジメント（2）実施体制の妥当性

実証実施体制



2．実証事業マネジメント

課題共有・問題解決

会議体等	頻度 または回数	目的	具体例
Project Board Meeting （PBM） (NEDO、LNEG、リスボン市、ダイキン工業、実証パートナー企業等）	年２～3回 合計7回	• プロジェクト・スケジュール管理 • 情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、および事業の円滑な推進のための便宜供与の依頼 • 必要な実務処理のための働きかけ • 成果の情報発信・広報の共同推進	• 追加実証実施の提案と合意形成 • 実証終了後の資産運用・管理（処分）のためのコンセンサス形成
定例会議 （NEDO、ダイキン工業）	1～2ヶ月に1回	NEDO⇔委託者間で交わす「実施計画書」に基づく、進捗実行管理。 • NEDO規定・責任範囲内の意思決定、承認のため協議等	定例プロジェクト進捗管理 • 情報・課題・問題の共有 • 予算の適切な管理 • 情報発信・広報の推進 • 対処方針・審議（適宜）
リスク管理	適宜	「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定する。	• 次項参照
アドバイザリー委員会 （有識者、NEDO、ダイキン工業）	合計3回	• 実証事業移行後、効果的な実証データ分析手法や経済性分析手法、また途中経過段階の成果について、国内の有識者からのアドバイスを仰ぎ、事業に反映させる。	• 次次頁参照
デマンドレスポンスワークショップ（ダイキン工業、ダイキンヨーロッパ、欧州・米国有識者、NEDO、実証パートナー企業等）※ダイキン主催	2019年3月	• 欧州および米国のデマンドレスポンスの現状、将来の電力市場設計の方向性、デマンドレスポンスのビジネスモデルの可能性と課題等について専門家と議論を行う。	

2．実証事業マネジメント

課題共有・問題解決

- 2018年2月にNEDO国際部が制定した「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、国際実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定し、事業に臨んだ。

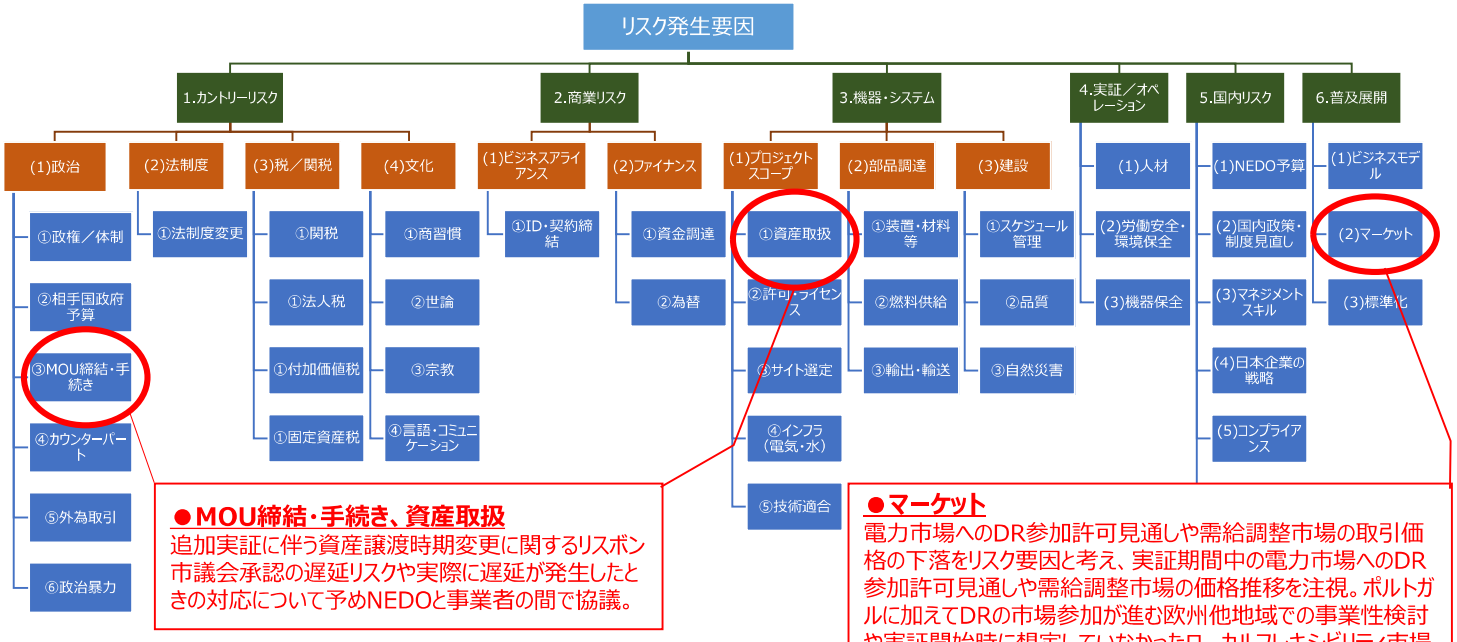


図　リスク一覧と具体的な議論例

出典：国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン第１版

2．実証事業マネジメント

課題共有・問題解決

- 実証事業移行後に、効果的な実証データ分析手法や経済性分析手法、またその分析過程等について、国内有識者から助言を得るため、有識者で構成されるアドバイザリー委員会を3回開催。
- 暖房機能を用いた2019年冬季追加実証の実施やアグリゲーションによるならし効果の分析など、アドバイザリー委員会での助言をきっかけとして実証成果の分析や効果最大化において有益な示唆を多数得ることができた。
- 実証事業移行後に、アドバイザリー委員会開催を通じて定期的に実証内容について協議を行うのは、NEDOとしては初めての試み。

アドバイザリー委員会の様子

開催実績

- 第1回：2018年7月24日（実証運転開始直後）
- 第2回：2019年4月12日（実証運転開始約１年後）
- 第3回：2020年1月20日（実証終了直前）

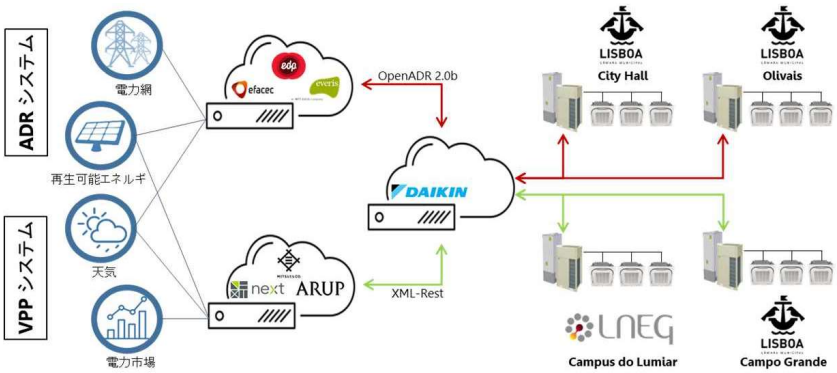
委員構成（敬称略）

氏名	所属、役職
安芸　裕久	国立大学法人筑波大学 システム情報系構造エネルギー工学域 准教授
石井　英雄	学校法人早稲田大学 スマート社会技術融合研究機構／先進グリッド技術研究所 研究院教授／事務局長／上級研究員
橋本　克巳	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター　カスタマーサービスユニット　ヒートポンプ・省エネG 上席研究員
坂東　茂	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター　需要デザインG 上席研究員
安田　陽	国立大学法人京都大学大学院 経済学研究科 特任教授

2．実証事業マネジメント （３）事業内容・計画の妥当性

事業内容

- 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***)
- 現地パートナーとの実証を通じた協業を踏まえて、ポルトガルおよび欧州他地域での空調システムを活用した自動デマンドレスポンスシステムの展開への足がかりとする。



実証サイトに設置したVRV室外機と蓄冷ストレージ

テーマ1. ADR システム

- 電力網の逼迫状況、再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（ネガワットあるいはポジワット）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

事業内容

リスボン市内の4つの実証ビル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

	テーマ1 (ADR システム)		テーマ2 (VPP システム)	
呼称	City Hall	Olivais	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	5,400m²	930m²	1,660m²	900m²
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
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)
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$_p$)	o	No	Yes (63W$_p$)

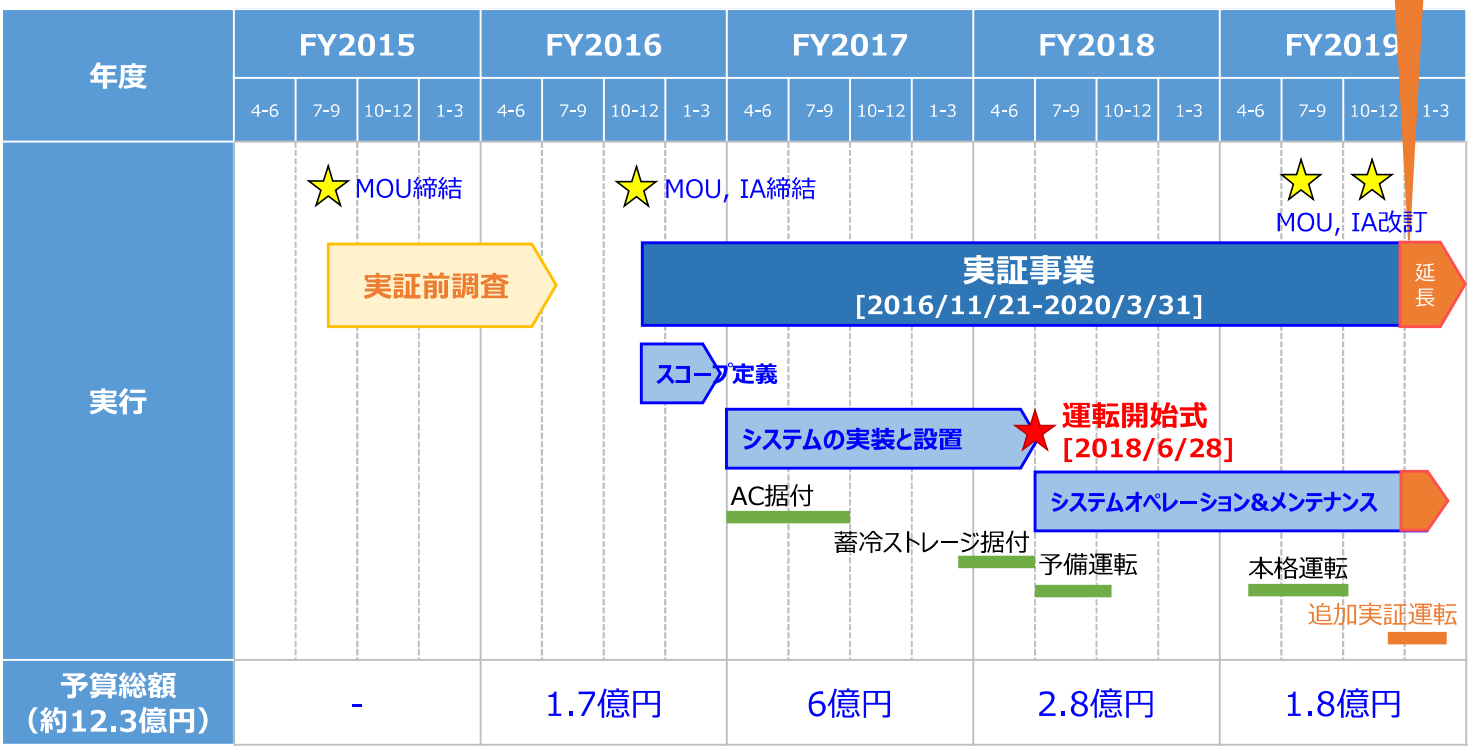
実証項目・内容

		実施内容
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：ADR)	• 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
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、前日および日中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
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）
テーマ４	DR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
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

スケジュール

実証事業は当初計画から大きな遅延なく当初計画通りに進捗

実証事業期間を約3ヶ月延長し、暖房によるデマンドレスポンス（暖房デマンド制御開発、設定温度シフト、スケジュール機能によるピークシフト等）を追加実施



- 実証開始当初は、冷房機能を用いた夏季のデマンドレスポンス実証（DR実証）を実施する予定であったが、実証開始以降、各実証サイトにおける夏期及び冬期の冷暖房の実負荷データを蓄積した結果、冬期の暖房需要は建物の電力需要の25%程度（夏期需要と同程度）とのデータが得られた。
- また、第1回アドバイザリー委員会でも冬季DRに関する議論があったところ、暖房機能を活用した冬季DR実証の事業性含めた可能性についてダイキン工業が検討。
- 第2回アドバイザリー委員会において、ダイキン工業から3つの検討案を示し、実証スケジュール等も考慮し、B案で追加実証を実施する旨を説明。

	実施内容	備考
A案	暖房向け蓄熱タンクユニットを新規開発し、暖房DRを実施 ✓ 冷媒、水回路検討 ✓ 制御仕様作成 ✓ 性能評価 ✓ 信頼性評価 ✓ 温蓄用通信、制御ロジック実装（コントローラ、サーバ改造含む）	• 開発期間として2年必要（設置期間・データ取得期間含めず） • 蓄熱ストレージタンクユニットの新規設置が必要
B案	空調機のみで暖房DRを実施 ✓ 暖房デマンド制御開発 ✓ 設定温度シフト ✓ スケジュール機能によるピークシフト	• 冬季実証データ取得のため3ヶ月の実証期間延長が必要
C案	暖房データからDR効果推測（手動での設定温度シフト実運転も実施） ✓ 暖房期間データ分析 ✓ 現地でデマンド実施 ✓ 効果推測、検証	• シュミレーションのみのため、建物毎に異なる断熱性能を考慮したDR効果の検証が困難