



Energy Policy
Institute

VPP・アグリゲーターに 関する海外調査

報告書（2023年3月）



委託先



Energy Policy
Institute

Energy Policy Institute合同会社

Table of Contents

エグゼクティブサマリー	3
1. 世界のVPP市場	7
2. ビジネスモデル	10
3. 課題	18

- 本報告書は国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST)の委託によりEnergy Policy Institute合同会社(EPI)が作成したものです。
- 本報告書は細心の注意を払い作成しておりますが、各社の経営判断において本報告書を参照する場合は、その妥当性につき各社の責任にて検証頂きますようお願い申し上げます。

エグゼクティブ・サマリー

Executive Summary.

欧州・米国・豪州における主要なVPP・アグリゲーターのビジネスモデルを分析し 技術的及び制度上の課題を示した

○ 調査フロー

1. VPP市場

1-1

世界のVPP市場

- 地域別及び制御対象別に主要VPP事業者の制御量を示した

2. ビジネスモデル

2-1

ビジネスモデル
類型

- 欧州、米国、豪州において、VPP・アグリゲーターのビジネスモデルを類型化した

2-2

代表企業の
ビジネスモデル

- 類型ごとに主要なVPP・アグリゲーターのビジネスモデルを分析した

3. 課題

3-1

課題

- VPP事業者・アグリゲーターへのヒアリングにより、技術的な課題と制度上の課題を示した

VPPの市場規模は欧州・北米・豪州の順に大きく VPP事業者・アグリゲーターのビジネスモデルは売電最適化 ネガワット取引 周波数調整力提供 送配電投資抑制に類型化される

1. 世界のVPP市場*1

- 世界的に有力とされるVPP事業者・アグリゲーター12社の制御量を合計すると、VPP市場規模は欧州が最も大きく、次いで北米、豪州の順に大きく、制御対象は発電設備、負荷、蓄電池の順に大きい。

2. ビジネスモデル

- 本調査対象の企業のビジネスモデルは売電最適化、ネガワット取引、周波数調整力提供、送配電投資費用抑制の4つに類型化される。
- 売電最適化は売電収入が最大となるよう売電タイミングや売電先市場を最適化するもので、発電事業者の代わりに発電電力を卸市場へ売電し、発電事業者から手数料を得る場合もある。
- ネガワット取引は電力需給が逼迫する時間帯に負荷等を制御し、下げDRをTSO等に提供することでTSO等から報酬を得るもので、得られた報酬を参加者に還元する場合もある。
- 周波数調整力提供は負荷や発電設備の出力を素早く調整することにより需給調整市場から報酬を得るもので、得られた報酬を参加者に還元する場合もある。
- 送配電投資費用抑制は負荷が増加していく地域において、蓄電池等を導入し負荷を平準化することで送配電投資を抑制するもので、抑制された費用に基づき送配電事業者から収入を得る。

3. 課題

- 技術的には素早い反応が求められる需給調整市場への参加に必要な計測・通信コストが高むこと、制度では参加条件変更による機器仕様変更の対応や通信仕様の不統一などが課題である。

*1 各社が公表する制御量はMWもしくはMWhのどちらかの単位で公開されており、本来は両者を合計することはできないが、本調査では地域別の制御量の規模感を分析するため、両者を合算した。

エグゼクティブサマリー

EPIのグローバルネットワークを活用し

英国・ドイツ・フランス・イタリア・米国・豪州の事業者ヒアリングを実施した

○ VPP事業者ヒアリング



1. 世界のVPP市場

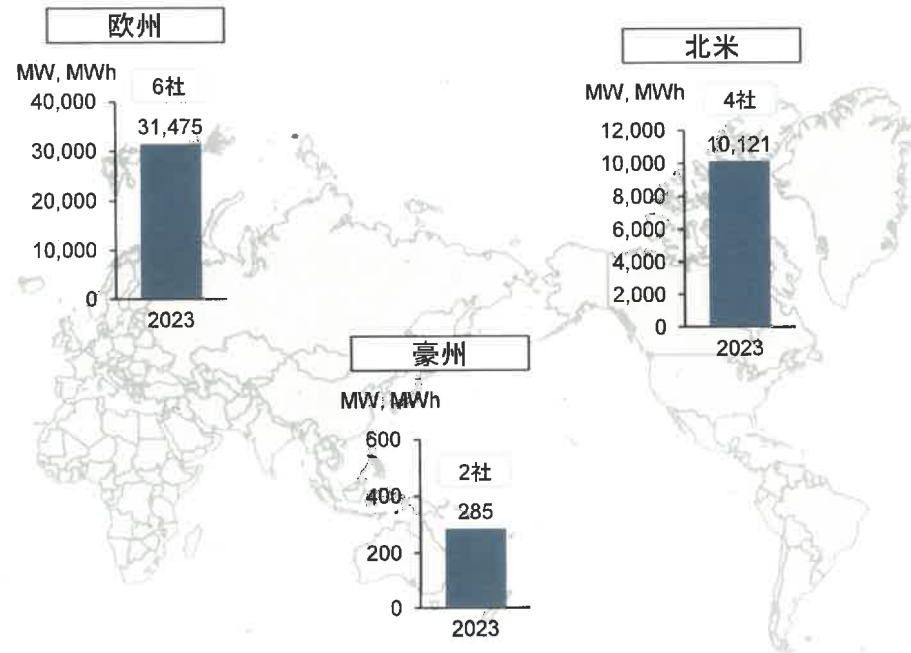
1. 世界のVPP市場

VPPは欧州・北米の市場規模が大きく 制御対象設備は発電設備 負荷 蓄電池の順に制御量大きい

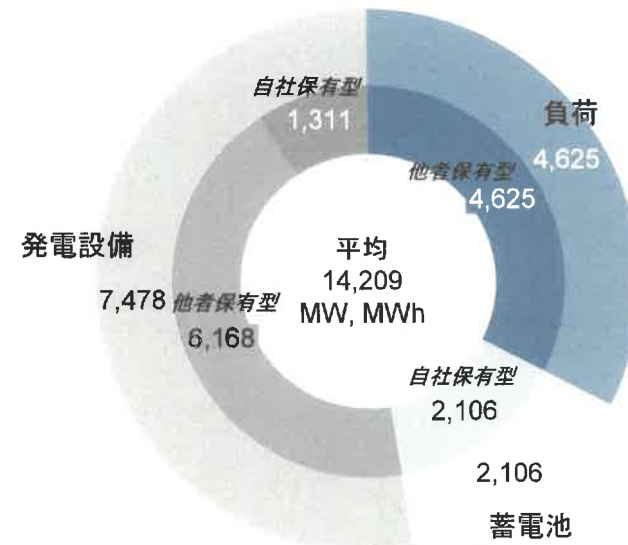
- 本調査の対象企業である欧州8社、北米4社、豪州3社の計15社のうち、制御量を公表している12社の制御量を分析した。

○ VPP・アグリゲーター市場(1/2)*

主要VPP・アグリゲーター事業者の地域別制御量
(本調査の対象企業合計値)



制御機器
(本調査の対象企業平均値)



*各国の主要なVPP・アグリゲーターを選定し、各事業者の本社所在地を基に地域を分類した。左図の地域別制御量では、地域別の事業者の制御量合計値を算出し、右図の制御機器では、各事業者の平均制御量を算出した。事業者によって、設備出力(MW)を公表する事業者、蓄電池容量(MWh)を公表する事業者が存在したため、両者を合計した数値についてはMWとMWhを併記した。

1. 世界のVPP市場

本調査では DR事業者・蓄電池プロバイダー・発電設備アグリゲーター・マイクログリッド事業者・発電機プロバイダー・ソリューションプロバイダー・P2P事業者を対象とした

○ VPP・アグリゲーター市場 (2/2) *

企業	種別	対象			制御機器			制御量
		家庭	産業	発電	負荷	蓄電池	設備発電	
英国	centrica	DR事業者						5,000 MW
	Flextricity	DR事業者						800 MW
	moixa	蓄電池プロバイダー						不明
	Connected Energy	蓄電池プロバイダー						不明
ドイツ	next	発電設備アグリゲーター						12,300 MW
	sonnen	蓄電池プロバイダー						675 MWh
フランス	Energy Pool	DR事業者						4,500 MW
イタリア	enel x	DR事業者						8,200 MW
米国	FLUENCE	蓄電池プロバイダー						5,500 MW
	stem	蓄電池プロバイダー						2,000 MWh
	AlphaStruxure	マイクログリッド事業者						2,000 MW
	ENCHANTED ROCK	発電機プロバイダー						621 MW
豪州	Allume	ソリューションプロバイダー						35 MWh
	TESLA	蓄電池プロバイダー						250 MWh (SA VPP Programの目標である最大5万世帯を想定した場合)
	Powerledger	P2P事業者						不明

*各国の主要なVPP・アグリゲーターを選定し、各社のVPP・アグリゲーター事業に係る主な特徴を示した

2. ビジネスモデル

ビジネスモデル類型

代表企業の
ビジネスモデル

2. ビジネスモデル

VPP・アグリゲーターのビジネスモデルを4種類に分類した

○ VPP事業者のビジネスモデル類型

	① 売電最適化	② ネガワット取引	③ 周波数調整力提供	④ 送配電投資費用抑制
スキーム図				
解説	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 売電収入が最大となるよう売電タイミングや売電先市場を最適化する ✓ 発電事業者の代わりに発電電力を卸市場へ売電し、発電事業者から手数料を得る場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 電力需給が逼迫する時間帯に負荷等を制御し、下げDRをTSO等に提供することでTSO等から報酬を得る ✓ 得られた報酬を参加者に還元する場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 負荷や発電設備の出力を素早く調整することで、需給調整市場から報酬を得る ✓ 得られた報酬を参加者に還元する場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 負荷が増加していく地域において蓄電池等を導入し負荷を平準化することで、送配電投資を抑制する ✓ 抑制された費用に基づき、送配電事業者から収入を得る
代表企業*	A社 B社	C社	D社	E社
主要取引市場	エネルギー市場 epexspot AEMO	DR市場(デマレス) nationalgridESO	需給調整市場 REGELLEISTUNG.NET	送配電事業者 SDGE PC&E Dominion Energy

* ビジネスモデルの分析にあたってはヒアリングを実施しており、ヒアリング結果には一部非公開情報も含まれることから、個社名は非開示とし、一般化した情報を記載している。

2. ビジネスモデル

ビジネスモデル類型

代表企業の
ビジネスモデル

2. ビジネスモデル

A社は分散型電源を対象に発電事業者の売電代行により収入を得ている

① 売電最適化 (1/2)



ドイツ



A社

制御対象

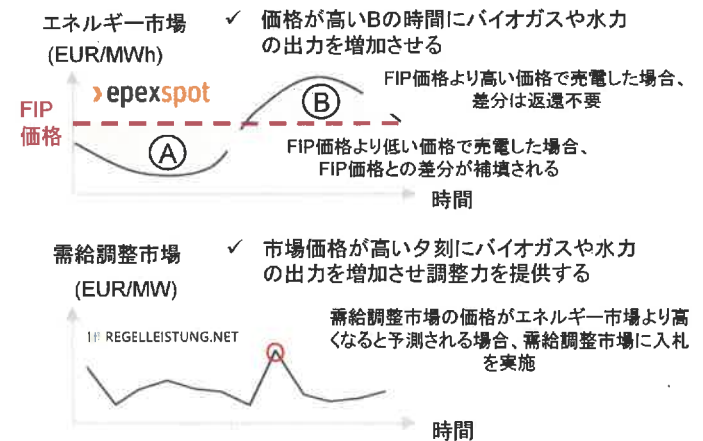
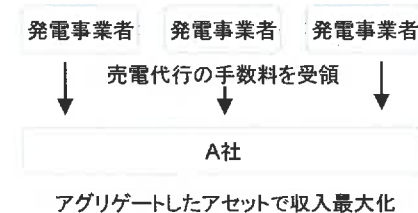
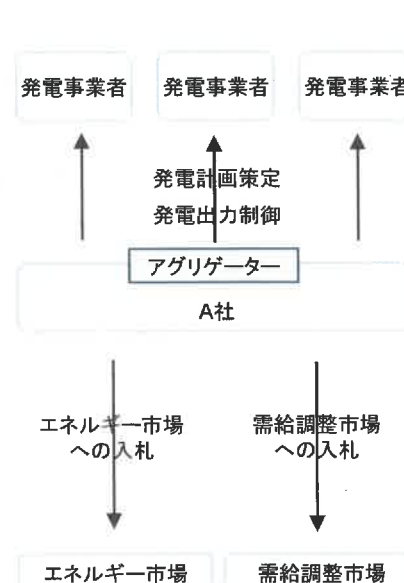
- FIPにおいて発電事業者は自ら卸市場へ売電する必要があり、自社で卸市場への売電ができない事業者を対象としている
- こうした発電事業者に対し、A社が売電代行を実施

提供機能

- A社が発電事業者に代わり発電計画策定、エネルギー市場への入札、インバランス抑制などを実施
- 顧客の分散電源・蓄電池等をアグリゲートすることで、アセット全体の発電計画と実績を15分単位で一致するよう制御

マネタイズの仕組み

- 売上の9割程度がエネルギー市場、1割が需給調整市場^{*1}
- FIP制度では卸市場価格がFIP価格よりも高い時間帯での売電量を増やすことで、収入の最大化を図る
- バランシング市場ではアセット全体の計画・実績誤差を最小化するよう電源の出力制御を行う



*1 需給調整市場には太陽光・風力は参加していない

2. ビジネスモデル

B社は電力小売事業者と提携し 住宅向け屋根置きPVと蓄電池をアグリゲートし 余剰電力を主にエネルギー市場で売電し収入を得ている

① 売電最適化 (2/2)



豪州



B社

制御対象

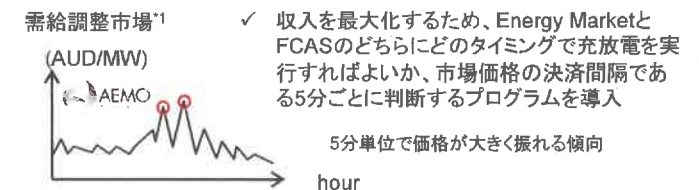
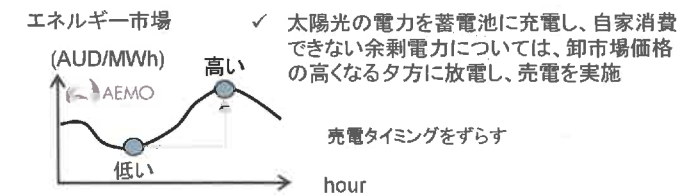
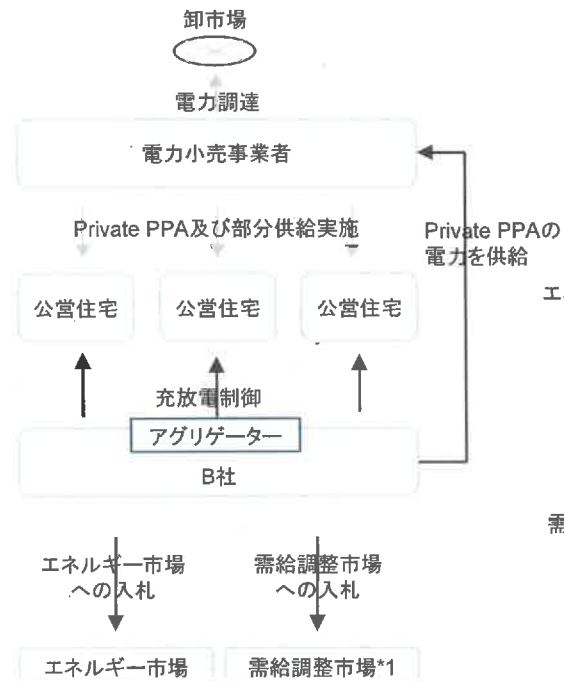
提供機能

マネタイズの仕組み

・ SA州のVPPプログラムにおいて 家庭用太陽光・蓄電池(B社製)が設置された公営住宅1,100世帯が制御対象となる

・ 電力小売事業者と提携し、Private PPAにより太陽光の電力を供給し、余剰電力を卸市場へ売電する

・ Private PPAから得られる収入及び卸市場との電力取引 (Energy Market, FCAS^{*1})から得られる収入



*1 FCAS(Frequency Control Ancillary Services) Contingencyは自端で周波数を監視し、周波数が規定値を下回る/上回る場合に落札者が出力/負荷を制御し周波数を規定値内に維持する商品

2. ビジネスモデル

C社は産業向け設備をアグリゲートしDR市場に参加するほか 家庭向けヒートポンプをアグリゲートし需給調整市場に参加することで収入を得ている

② ネガワット取引



英国



C社

制御対象

提供機能

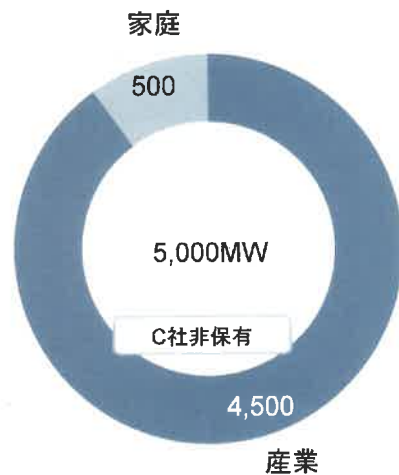
マネタイズの仕組み

- 産業用の製造設備や自家発、家庭用のヒートポンプ(空調機、給湯器)が制御対象となる

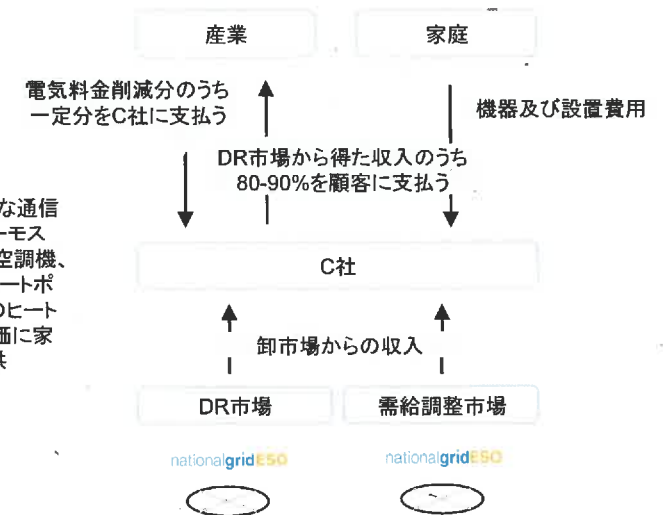
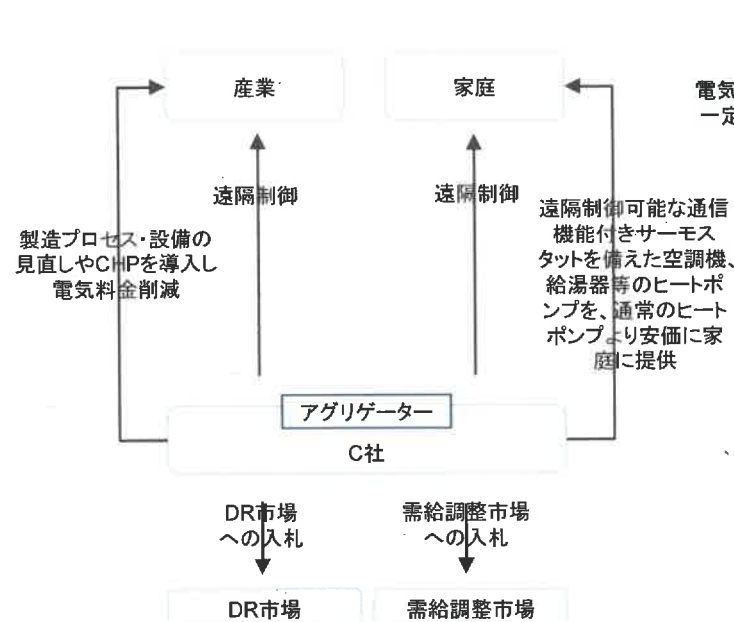
- 主に製造業を対象に消費電力を削減するとともに、機器を遠隔制御することでDR市場に参加可能とする
- 家庭向けにヒートポンプを販売・設置し、遠隔制御を実施

- 産業向けでは電気料金削減分、DR市場から得た収入の一部を自社の収入とし、家庭向けでは需給調整市場から得た収入のすべてを自社の収入とする

家庭用ヒートポンプ



製造設備や自家発



- ✓ C社が製造設備やCHPを遠隔制御し、電力需要減少分をDR市場に入札する

- ✓ C社がヒートポンプを遠隔制御し、得られた調整力を需給調整市場に入札する

2. ビジネスモデル

D社は住宅向けに太陽光・蓄電池を販売し コミュニティー内の余剰電力の融通や需給調整市場への調整力提供により収入を得ている

③ 周波数調整力提供



ドイツ



D社

制御対象

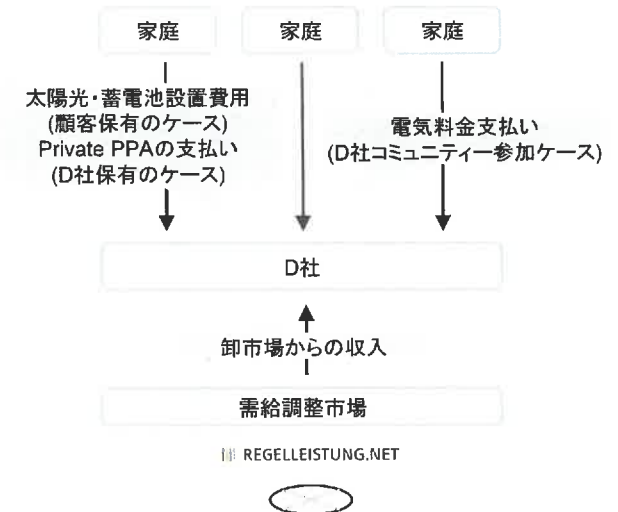
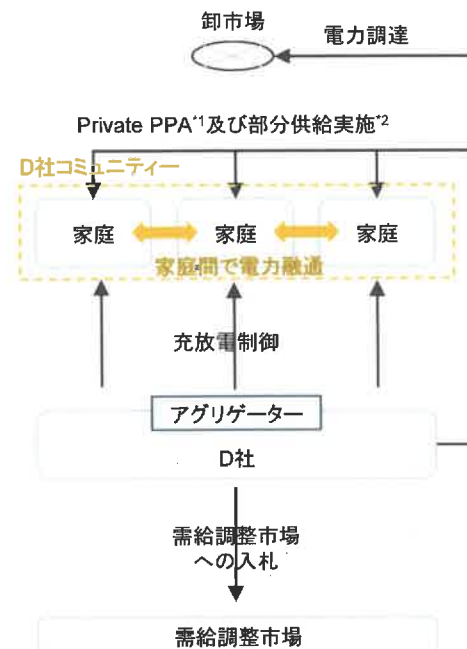
提供機能

マネタイズの仕組み

- D社製蓄電池が設置された家庭用の蓄電池が制御対象となる

- 初期投資が不要なPrivate PPAの提供、ユーザー間で電力を融通するD社コミュニティからの電力提供に加え、需給調整市場に参加可能

- 機器販売・設置のほか、電力販売の収入、需給調整市場から収入を得る



- ✓ D社コミュニティに参加する家庭の余剰電力をユーザー内で融通することで電気料金を20%程度削減
- ✓ 24時間常にアップ、ダウン指令に対応可能とするため、アグリゲートされた蓄電池プール全体の蓄電容量が30%から90%の範囲に収まるよう制御を行う

*1 D社が太陽光・蓄電池を保有する場合は顧客とPrivate PPAを締結する *2 D社の蓄電池を導入した家庭はコミュニティに参加するか選択可能

2. ビジネスモデル

E社はCA州を拠点に産業・商業施設を対象に蓄電池を導入し 顧客から電気料金削減分に比例したリース費用を受領するとともに DR市場及び送配電事業者から収入を得ている

④ 送配電投資費用抑制



米国



E社

制御対象

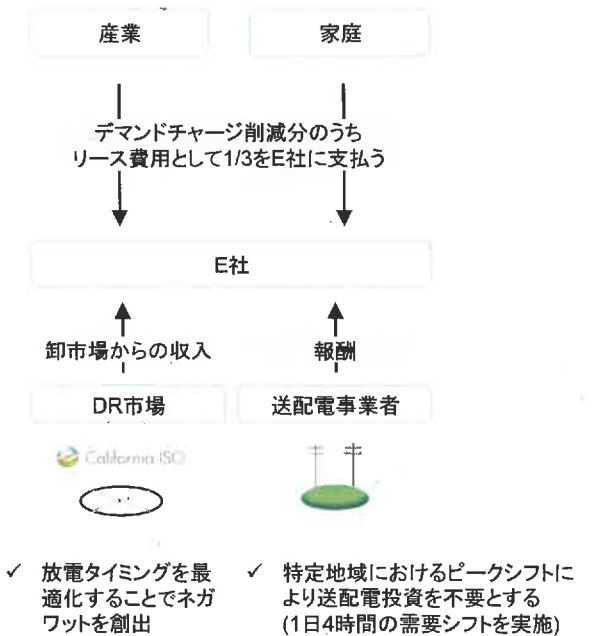
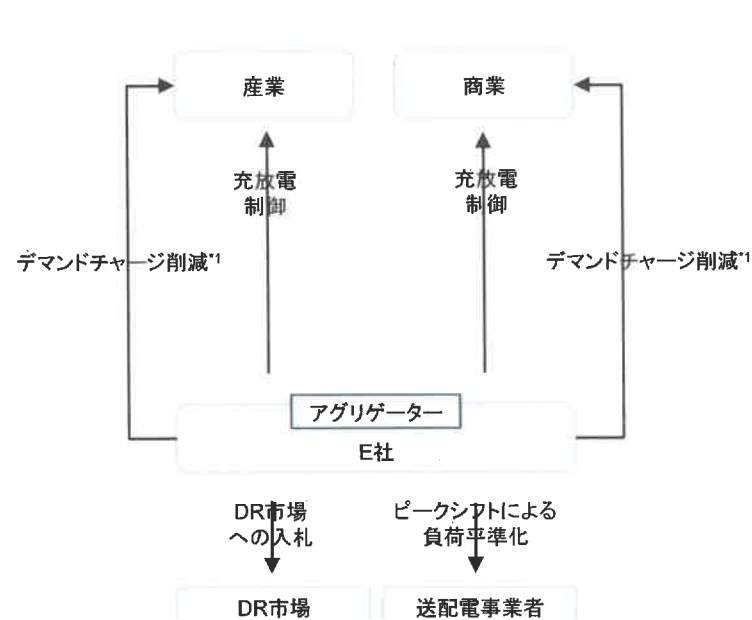
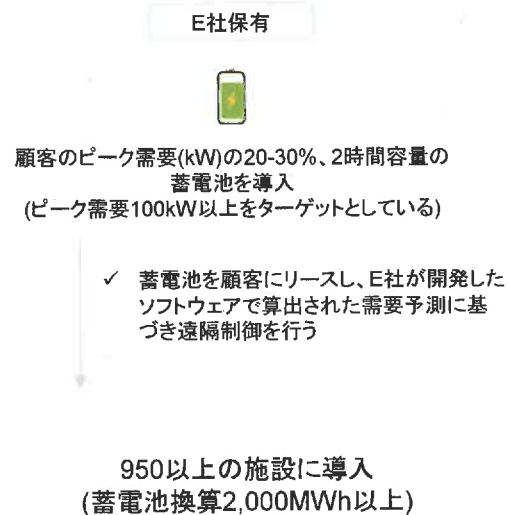
- 産業・商業施設(製造施設、ホテル、商業ビル、スーパーマーケット等)に導入されたE社の蓄電池が制御対象となる
- 蓄電池は複数の他社メーカー製を採用

提供機能

- 蓄電池を遠隔制御し、顧客のデマンドチャージを削減する
- 蓄電池をアグリゲートすることで、DRへの入札を実施するほか、地域によっては送配電事業者へピークシフトサービスを提供する

マネタイズの仕組み

- 機器販売・設置のほか、電力販売の収入、需給調整市場から収入を得る
- CA州ではSGIP^{*2}の補助金を受けられるため収益性が高い



*1 設置した蓄電池容量の約半分のピーク需要を削減し、デマンドチャージを削減する(CA州ではデマンドチャージが電気料金の約半分を占める) *2 SGIP(Self-Generating Incentive Program)

3. 課題

3. 課題

技術的には素早い反応が求められる需給調整市場への参加に必要な計測・通信コストが高むこと
制度上では参加条件変更による機器仕様変更の対応や通信仕様の不統一などが課題である

○ 課題（各国事業者のヒアリング結果）

技術的な課題

制度上の課題

計測コスト	  ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 家庭のスマメは15分周期通信のため、10s以内の反応が必要なFCR(Frequency Containment Reserve)に使用できず、追加でCTを設置する必要があり計測コストが負担となる。 	参加条件の変更	  英国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 英国は他国に比べ多くの商品があり、かつ各々での参加条件が頻繁に変更となる。 ✓ 特に、計測頻度の高く、反応速度の速い商品が増えており、機器の仕様変更が必要となる。
	  英国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 主に蓄電池を対象にしたDynamic Containmentでは、50Hz間隔(0.02s)の計測が必要となり、ロガーの費用が高くなる。 	参加意欲の低下	  英国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 現状のビジネスモデルでは、卸市場で得られる収入に依存しているため、仮に電気料金やアンシラリー価格が低下した場合、顧客がVPPプログラムに参加するモチベーションが低下する。
通信コスト	  米国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 5分周期の無線通信の通信費は15-20 USD/monthと高いが、オペレーティングリザーブでは4s周期のワット計測が必要となり、5分周期より高い通信費の負担が求められる。 	通信仕様の不統一	  米国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 主要な通信規格として、open ADR、発電所ではSCADAなどで採用されているDNP3、従来TSOが採用しているICCPが存在するが、CAISO、ERCOTなどグリッドオペレーターが採用する通信プロトコルが異なる。
障害発生時の対策	  英国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 通信エラー発生時は顧客にメールで連絡するか、センサーメーカー経由で顧客に電話し修理するか手段は無く、迅速な対処が困難。 	参加者の縛り	  豪州	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 集合住宅では親メーターのスマートメーターしか登録できないため、子メーターを設置してもアパートメント単位では参加できない。

■ 本報告書について

- ・ 本報告書は、国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST)よりEnergy Policy Institute合同会社(EPI)に委託して作成されました。
- ・ 報告書作成にあたっては、VPP・アグリゲーター各社の公開情報の分析及びヒアリングを実施しました。ヒアリングで得た情報については、個別企業名を特定できないよう加工した上で、一般化した示唆を記載しています。

■ 発行人



国立研究開発法人
産業技術総合研究所(AIST)
www.aist.go.jp/

■ 委託先



Energy Policy
Institute

Energy Policy Institute合同会社
www.epi.inc/

