

『関西VPPプロジェクト』 R2年度実証結果と今後の取組み

2021年 3月8日
関西電力株式会社
地域エネルギー本部

関西VPPプロジェクトの概要

◆申請者名（全29社）

VPPアグリゲーションコーディネーター	関西電力株式会社【アグリゲーションコーディネーター＋リソースアグリゲーター】（TypeⅢ）
VPP実証協力事業者 （15社）	関西電力送配電(株)、出光興産(株)、(株)三社電機製作所、住友商事(株)、デルタ電子(株)、ニチコン(株)、(株)日本ベネックス、日本ユニシス(株)、富士電機(株)、(株)YAMABISHI、エリーパワー(株)、ENEOS(株)、住友電気工業(株)、(株)ダイヘン、横河ソリューションサービス(株)
VPPリソースアグリゲーター （17社）	ENEOS(株)、住友電気工業(株)、(株)ダイヘン、横河ソリューションサービス(株)、イオンディライト(株)、(株)NTTスマイルエナジー、(株)エネゲート、京セラ(株)、(株)きんでん、四国電力(株)、シャープ(株)、パナソニック(株)、(株)日立製作所、フクシマガリレイ(株)、北陸電力(株)、三菱商事(株)、(株)Loop

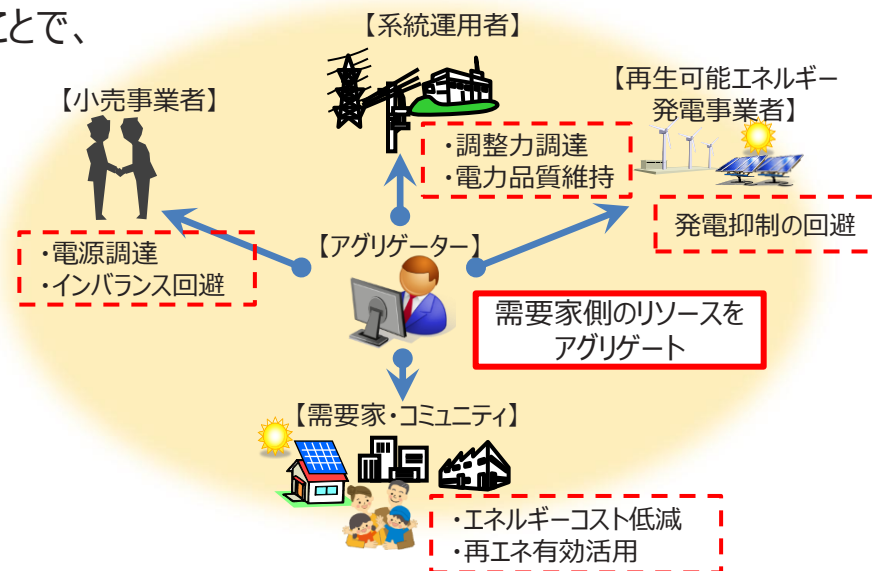
◆目的

- 調整力公募やネガワット取引の開始、需給調整市場・容量市場創設など、国やERAB検討会の検討状況を踏まえたビジネスチャンスの活用を念頭に、需要家設備をアグリゲートするシステム・事業スキームを構築する。
- VPP構築実証期間を活用し、蓄電池等の各種リソースを既設・新設共に拡大する。

◆概要

- 需要家側リソースを遠隔監視制御によりアグリゲートすることで、上げ下げDRを行い、下記のサービス提供を目指す。

サービス提供先	サービス内容
小売事業者	- インバランス回避サービス - DRによる電源調達サービス（経済DR）
系統運用者	- 調整力（一次～三次②）供出サービス - 需給調整市場・容量市場向けサービス
再エネ事業者	再エネ出力抑制発動エリアでの上げDRによる出力抑制回避サービス
需要家	- PV自家消費サービス - 需要家内エネマネサービス（ピークカット・シフト等）



- 【系統運用者】 【小売事業者】 【再工業事業者】

三次調整力対応 御高度化・機器個別 計測の検証

連携企業1社追加

※関係事業者

←--→ 2020年度構築

【関連プロジェクト】



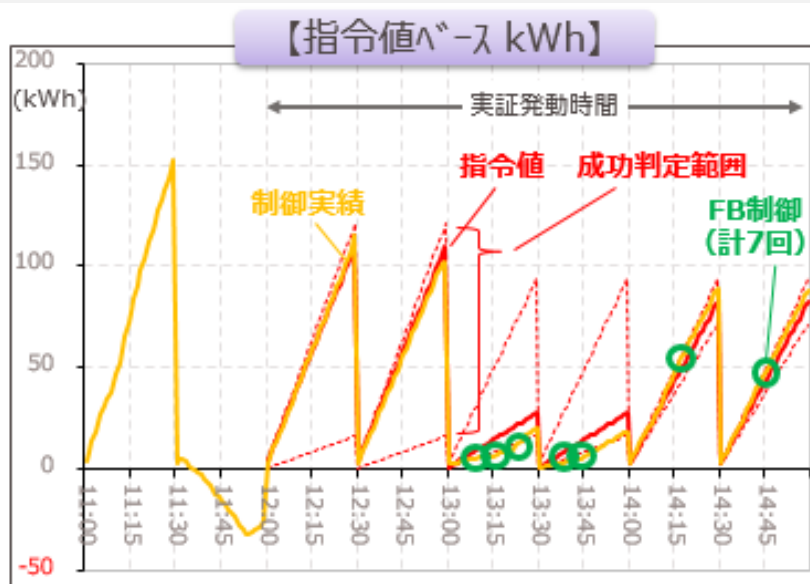
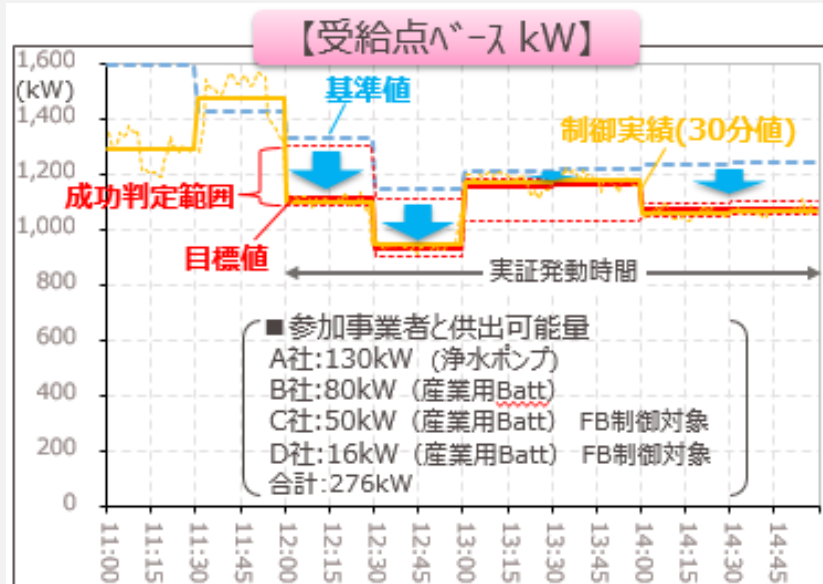
- 共通
実証

独自
実証

共通実証
(VPP基盤整備事業者と共同で実施する
共通実証 三次調整力①②)

昨年度実証における課題と解決策

昨年度実証の結果



結果考察と課題

- ◆FB制御の精度向上により、浄水ポンプのような負荷系DRリソースを含むポートフォリオにて三次②（30分kW値）の評価基準をクリアできた。
- ◆需給調整市場（三次②）参入に向けた事前審査に合格するためには、リソース拡大と更なる制御精度の向上が必要である。

解決策（令和2年度 実証の方向性）

- ◆基準値（事前予測値）の精度向上に向けた取組みを継続するとともに、三次②実証の中で機器個別計測によるリソースの応動検証を行うことで、その課題抽出を実施する。

■ 需給調整市場の制度設計を踏まえ、受電点における基準値設定精度向上に向けた下記テストを実施。

① 基準値予測テスト(リソース制御なし)

⇒ 三次②における30分単位および5分単位(事前審査相当)の基準値予測精度を検証する。

② 指令値0実制御テスト(リソース制御あり)

⇒ 三次②における0kW指令を想定し、基準値と実績値の乖離をリソースの供出可能量でカバーできるか検証する。

【総評】

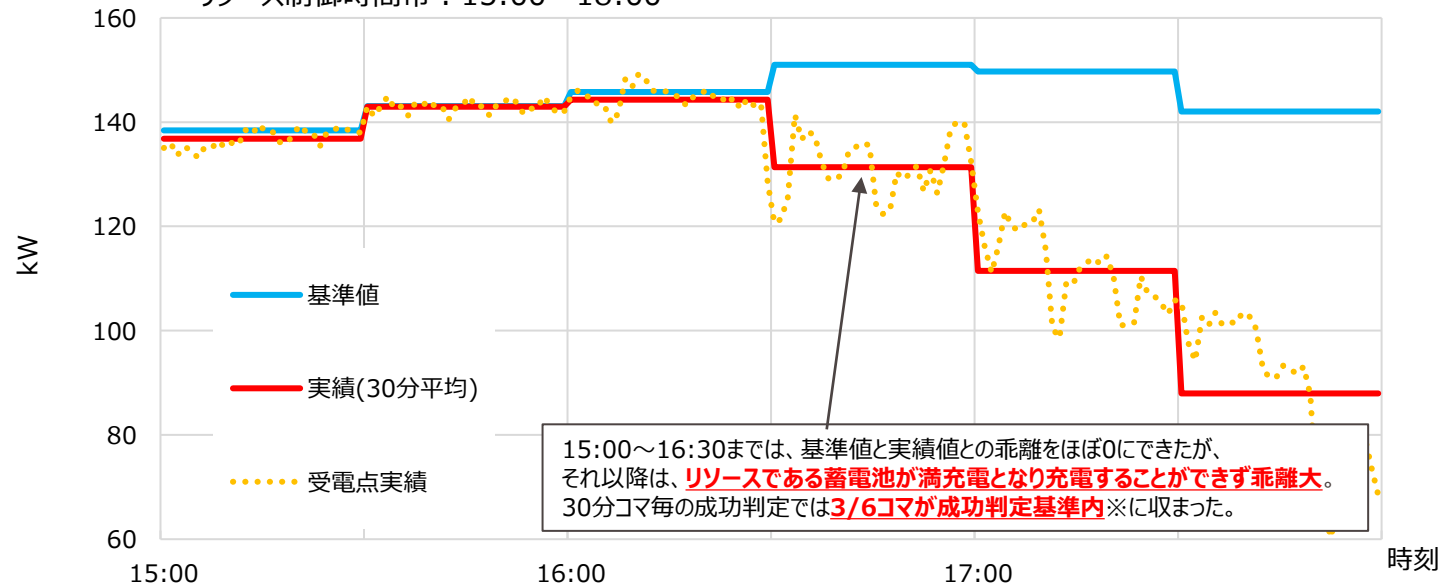
- ・基準値設定精度の更なる向上に向け、RA各社と相互意見交換の場を設け、課題の共有や解決の糸口を議論し、基準値テストを行ったが、天候に左右されるPVや需要家の操業予定等を考慮し、精度良く基準値設定するのは困難であった。
- ・基準値を精度良く予測できるのは、受電点電力の変動幅が小さく、かつ安定している需要家に限られる。
- ・今後、VPPリソースを幅広く活用するためには、受電点ではなく、純粋なリソース応動を評価可能な機器個別計測が必要であると考えられる。 (機器個別計測の実証結果については P9~P10参照)

テスト結果代表

実証日：11/30 テスト項目：② 指令値0実制御テスト(リソース制御あり)

供出可能量：50kW

リソース制御時間帯：15:00～18:00



共通実証 実証結果詳細（1/13 三次調整力②）

7

◆ 指令値変更への対応も含め、30分値全コマで成功判定を収めることができた。

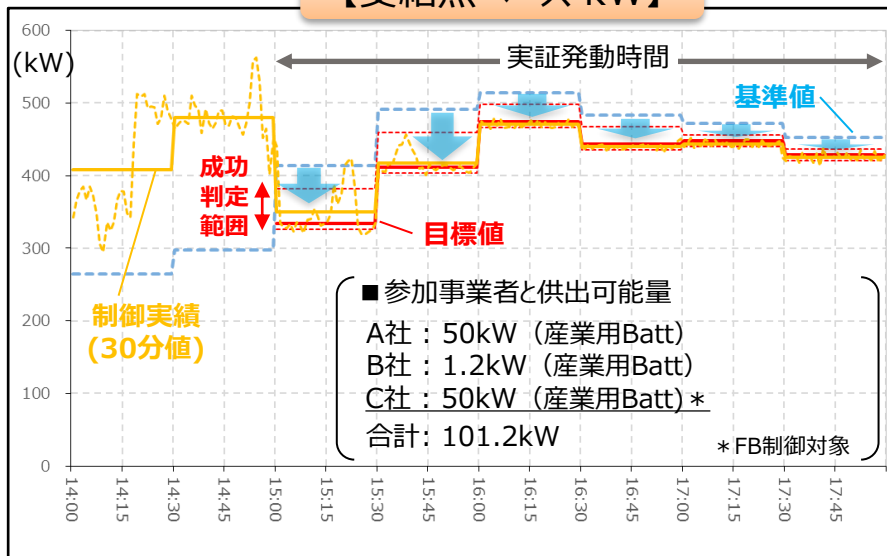
実証条件

■ 実証メニュー 三次調整力②（下げDR）
 ■ 日時 1/13(水) 15:00～18:00
 ■ エリア 九州

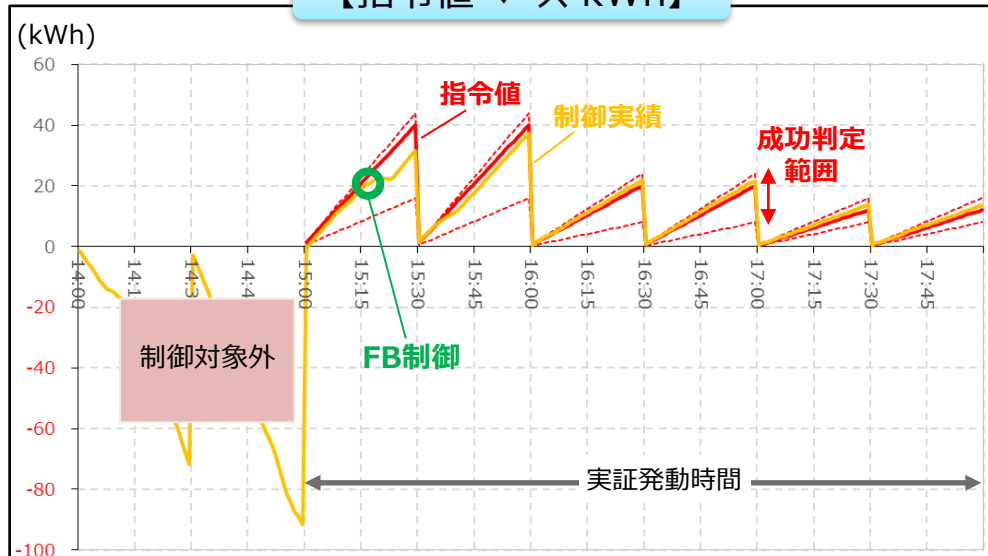
■ 入札量 80kW
 ■ 指令値 24～80kW（指令値変更は2回）
 ■ 条件 RAは選抜3事業者、ACでのFB制御あり

実証結果

【受給点ベース kW】



【指令値ベース kWh】



◆ 応動の成功率 **6/6コマ → 100%**（指令値を基準に入札量の±10%の範囲に収まった30分値のコマ数）

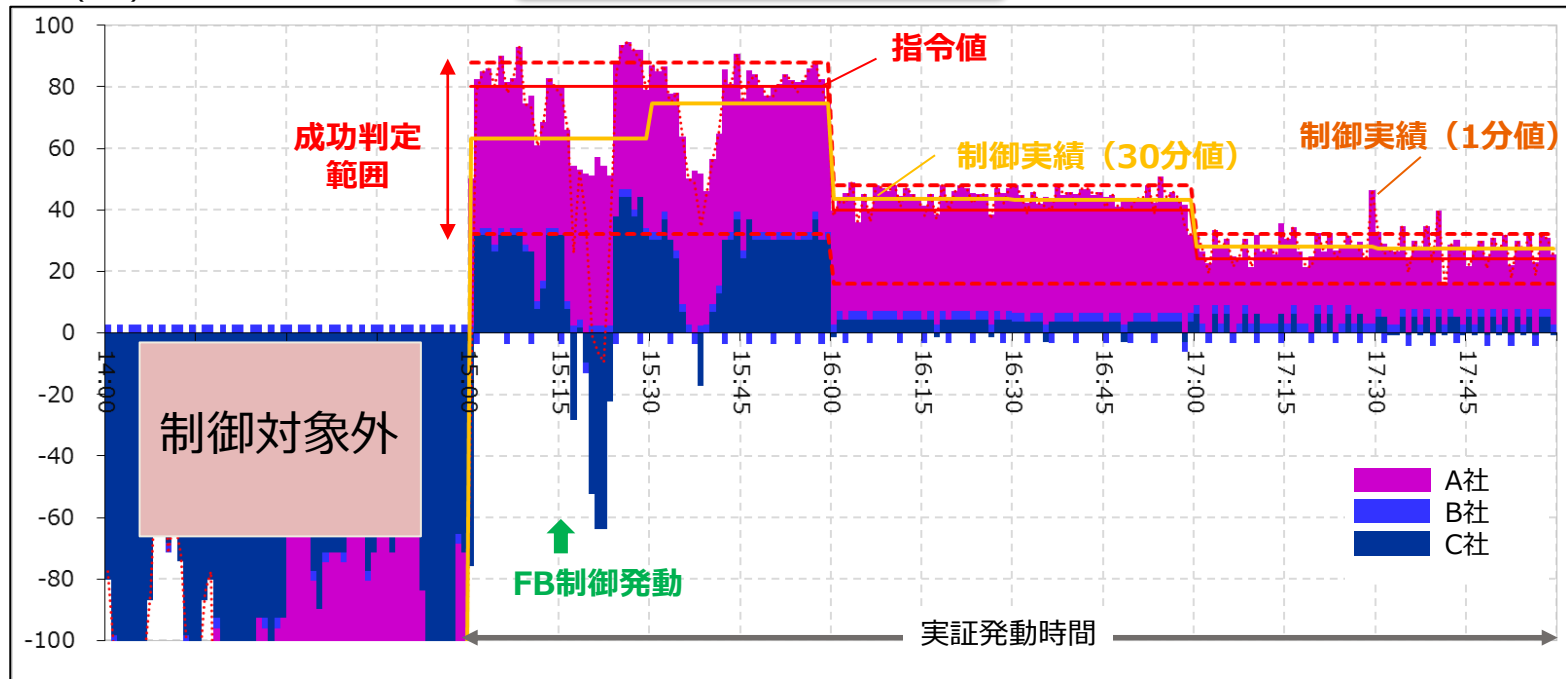
	15:00-15:30	15:30-16:00	16:00-16:30	16:30-17:00	17:00-17:30	17:30-18:00
指令値	80kW		40kW		24kW	
制御実績（30分値）	63.1kW	74.7kW	43.7kW	43.3kW	28.1 kW	27.3kW
入札量に対する乖離幅	▲21%	▲7%	5%	4%	5%	4%
応動の成功判定	○	○	○	○	○	○

◆需要家のPV発電や操業の影響等を受けながらも各リソースが制御目標値に対して着実に追従できた。

実証結果

(kW)

【指令値ベース kW】



分析・考察

【基準値精度】

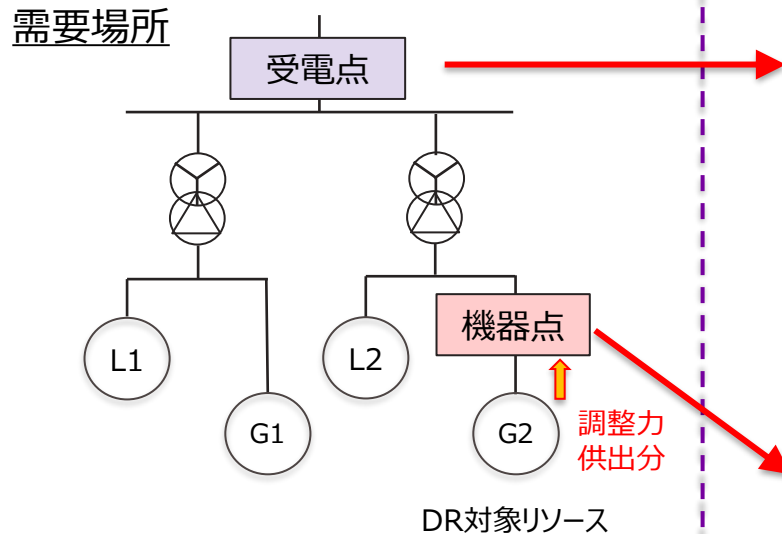
C社の蓄電池リソースに関しては太陽光発電設備に加え、需要家の操業の影響による需要変動が大きく基準値の設定に課題が残る。一方、B社の蓄電池リソースに関しては、需要家の負荷変動が比較的小さいため、過去の同一曜日の平均値による基準値算出にて相応の精度を担保している。

【制御精度・FB制御】

C社の蓄電池リソースは、15:10～15:42に発生した需要家の大きな負荷変動が蓄電池能力を上回り、乖離が生じたものの、それ以外の時間帯は安定した制御ができた。総じて各リソースが、指令値変更に伴う成功判定幅の広がりも加味しながら、一定の精度で制御できたため、FB制御の発動は一回のみとなり、30分値全コマで成功判定を収めることができた。

- ◆ これまでの実証を通じ、特定のケースにおいてリソース制御が特に難しい事例が見られた（下図参照）。
- ◆ 現在は、受電点計測による制御のみ認められているが、より多数のリソースが参入するためには機器個別計測による制御での評価も認めるべきという議論が少しずつ進められている。
（2020年10月21日「第13回 ERAB検討会」）
- ◆ このような議論に資する知見・データ等を収集すべく今年度のVPP実証（三次調整力②）の中で検証を実施する。

＜機器個別計測のイメージ図＞



【受電点計測での課題】

- ① 需要規模に対してリソースのDR量が相対的に小さい場合、需要変動の影響を大きく受ける。
- ② 需要場所にPV発電設備が設置されている場合、需要予測に加え、PV出力予測の精度も求められるため、不確実性の要素が大きくなる。

【機器個別計測の効果】

- ① 需要規模によらず、リソースごとに機器点でDR量を供出することが可能である。
- ② 需要場所にPV発電設備が設置されている場合においても、PVの出力変動の影響をほとんど受けることがない。

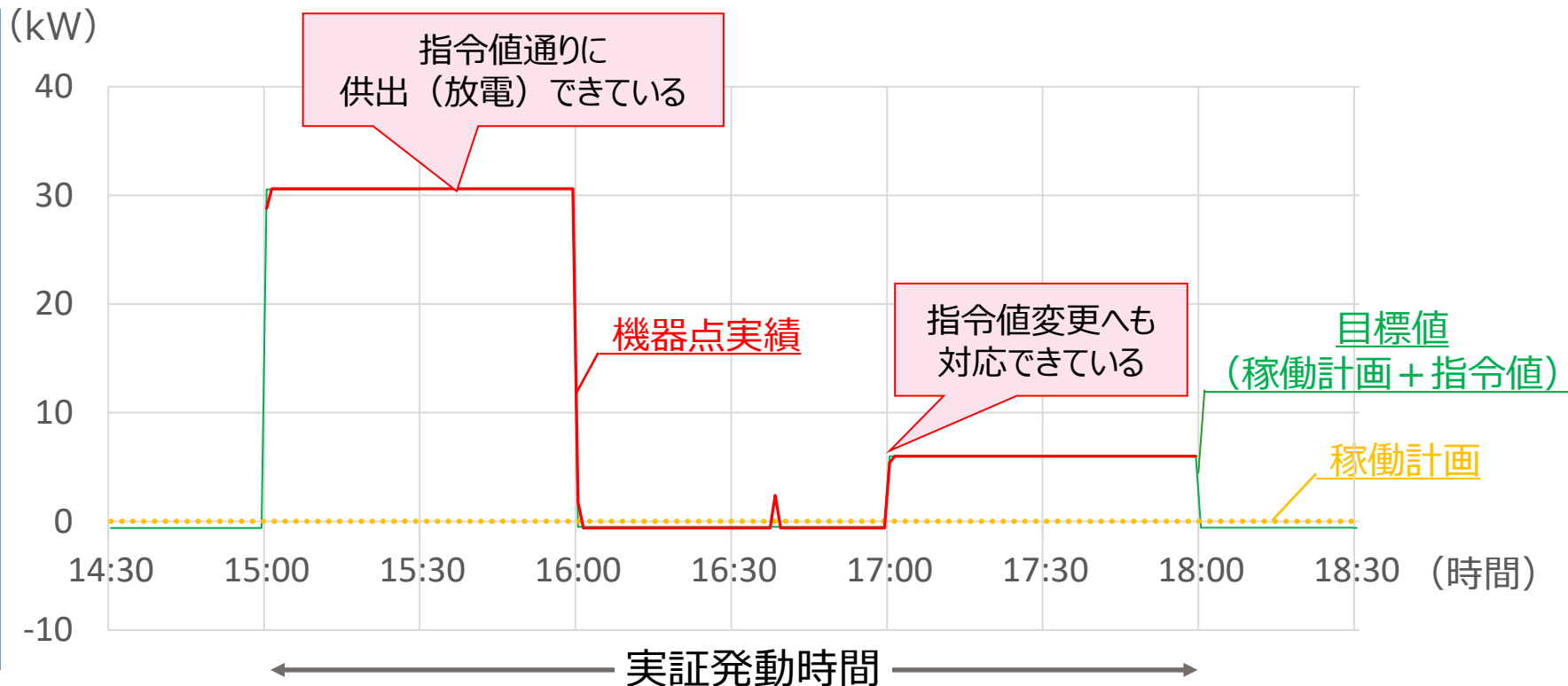
- ◆ 機器個別計測にて大型蓄電池を用いた三次調整力②（下げDR）実証を実施。
- ◆ 機器点にて指令値通りの供出、指令値変更へ対応できることを確認。

実証条件

- 実証メニュー： 三次調整力②（下げDR）
- 実証日時： 12/15（火） 15:00-18:00
- 実証エリア： 関西

- 制御リソース： 大型蓄電池
- 稼働計画： 発動時間帯は0kWに設定

実証結果



主な取組み項目	取組み結果の整理
基準値精度向上	・標準ベースライン(High 4 of 5)と比べ、格段の精度向上を図ることは難しい。 ・基準値を精度良く予測できるのは、受電点電力の変動幅が小さく、かつ安定している需要家に限られる。 ・受電点電力の変動幅が大きい需要家等、より多くのリソースをVPPに活用できる方策の検討が課題である（機器個別計測 等）。
実証仕様や市場要件に合わせた制御	・三次②実証（30分kW値）では、FB制御を活用しながら、狙い通りのリソース制御が実現できた。 ・発動直後や指令値変更、単位時間ごとの基準値切り替りのタイミング等で、リソースの制御誤差が増大し、成功判定の悪化につながるケースが見られた。 ・RAやリソースレベルでの制御精度向上等も含め、より速い領域における要件対応方策の検討が課題である。
機器個別計測によるリソース制御	・機器個別計測において指令値通りの供出が可能であり、指令値変更にも対応できることを確認した。 ・ピークカット等で常時稼働しているリソースの場合、需要変動による影響を受けるため、稼働計画を作成することが困難である。
その他	・共通実証(三次①、②)におけるDRAS制御指令の通信遅延模擬に対して、AC以下で支障なく対処し、遅延模擬のない場合と同等のリソース制御を実施できた。

RA独自実証の取組み（EV）

令和2年度 独自実証結果 (EV 市場価格連動上げ下げDR)

13

■ 全81台のEVで実証。2分毎に目標値と充電実績値を比較し充電電力を増減するフィードバック制御、V2Hのデューティ(充電電流可変)制御等における制御ロジックを改善することで、制御精度向上を図った。

実証概要

- ・市場価格連動上げ下げDRを想定した実証を実施。
- ・EVスイッチ73台・V2H6台・Mode3充電器2台を活用し、EVサーバより制御。
- ・VPPにおけるEVの活用可能性について検討。

※EV充電端で評価



三菱自動車
京都製作所



ニチコン亀岡



黒部eバス

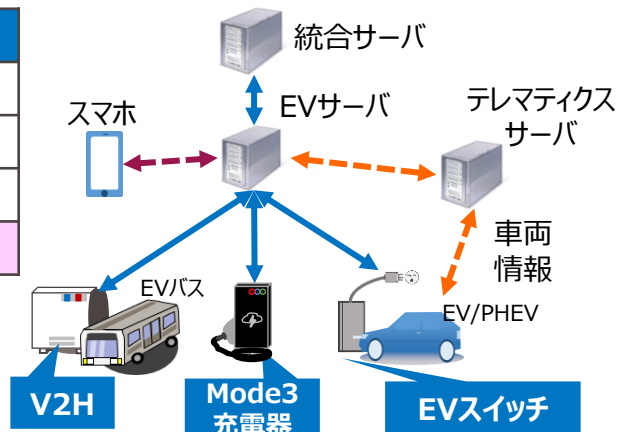


一般家庭

EV/PHEV内訳

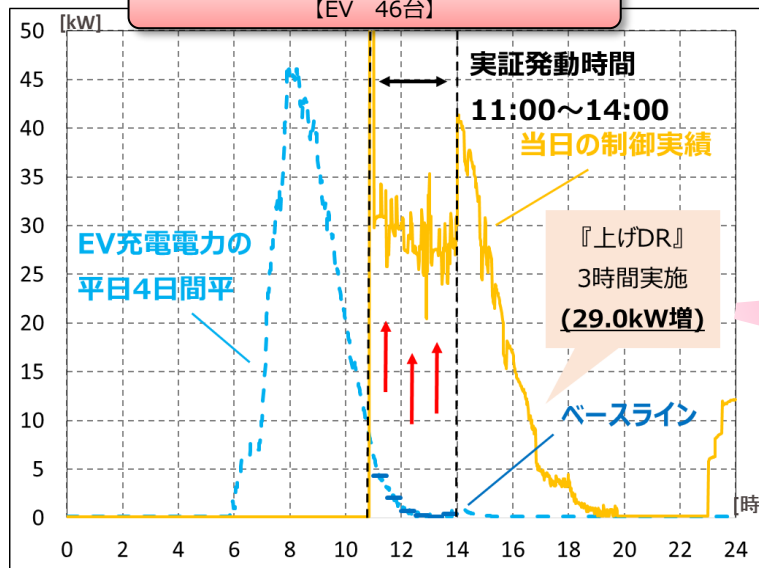
使用用途	台数
通勤用	25 台
業務用	41 台
家庭用	15 台
合計	81 台

システムイメージ



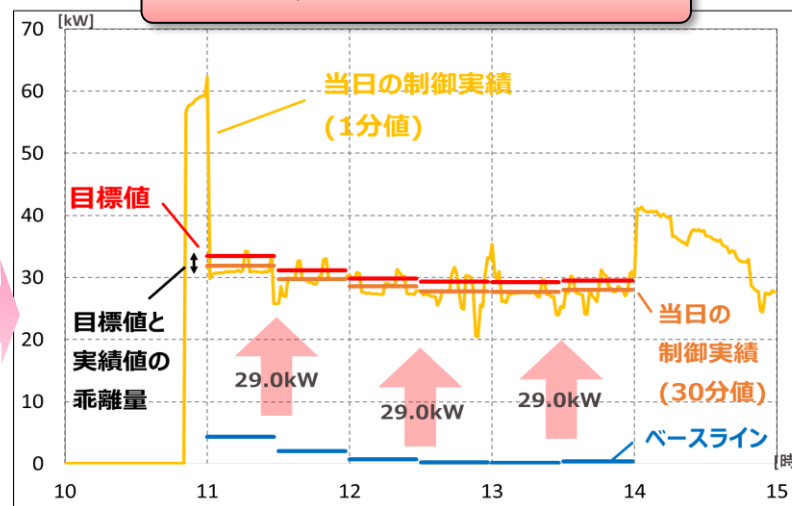
実証結果

2/5 上げDR結果全体波形
【EV 46台】



(上げDRでの成功判定基準：90%~100%)

2/5 上げDR詳細波形

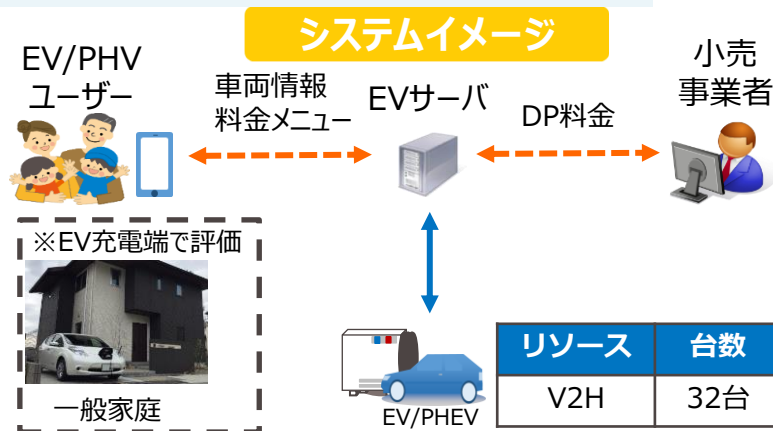


- ・EVスイッチ40台・V2H6台が参加。3時間、29.0kWの上げDRを維持。
- ・30分コマ毎の成功判定では全コマが成功判定基準内に収まった。

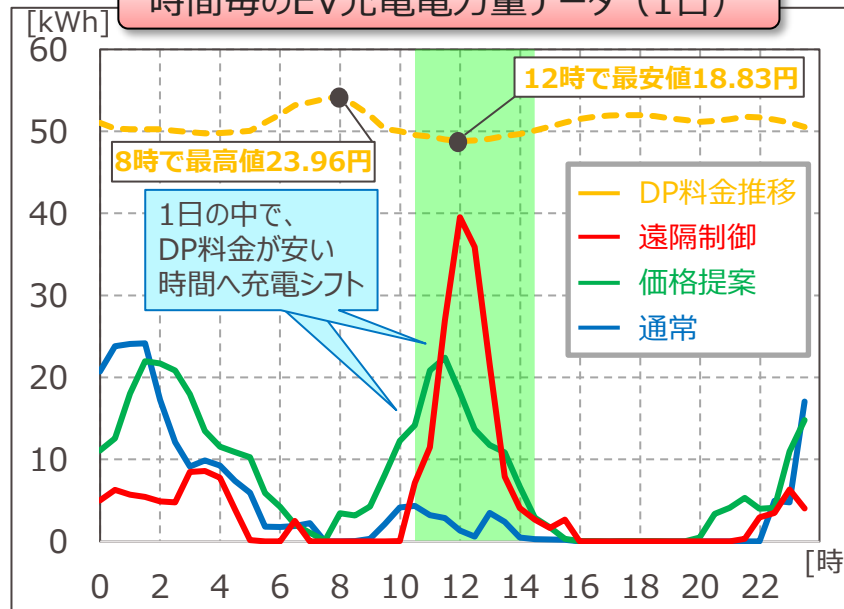
■ 卸電力市場価格に連動する電気料金（DP料金）に基づいたEVの充放電遠隔制御実証を実施した。

- 一般家庭のV2H32台をアグリゲーターが遠隔制御することで、市場価格の安い時間帯にEVの充電時間をシフト。
- 価格提案、遠隔制御の2通りの実証を実施し、両結果を比較することで、電力需要最適化への寄与について検討。

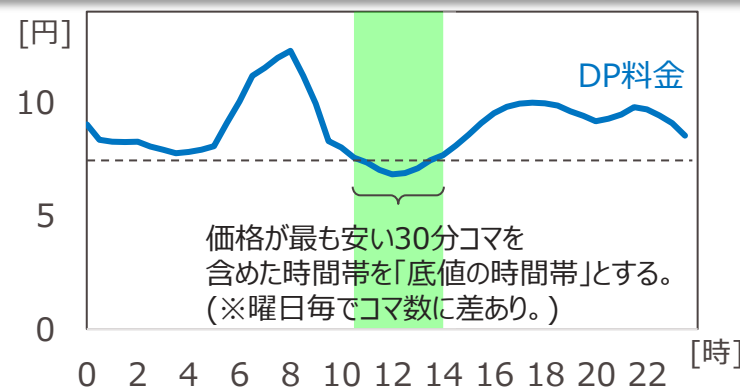
価格提案	DP料金の提示のみにより、安価な時間にユーザー自身で充電。
遠隔制御	ユーザーのEV利用を阻害しない時間帯で遠隔制御による充電。



時間毎のEV充電電力量データ（1日）



底値の時間帯での充電電力量比較（1週間合計値）



	通常	価格提案	遠隔制御
底値の時間帯での充電電力量 (kWh)	137	908	1258
		+771	+350

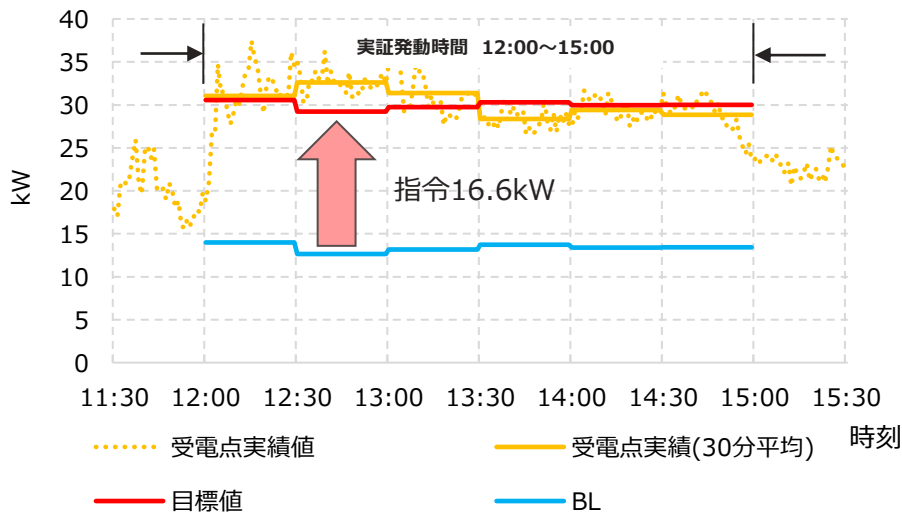
- 価格提案、遠隔制御の実証において、DP料金を適用することによる充電時間のシフトを確認。
- 遠隔制御の方がより大きな電力量の充電時間シフトが確認され、遠隔制御における充電時間帯シフトの優位性が窺えた。
- 遠隔制御ではDP料金が安価な時間に自動で充電されるため、EV充電に対するユーザーの負担は少ないと考えられる。

RA独自実証の取組み（EQ、EF）

■ 新型エコキュート(以下、EQ)を計16台、エネファーム(以下、EF)を計30台接続し、群制御を実施。

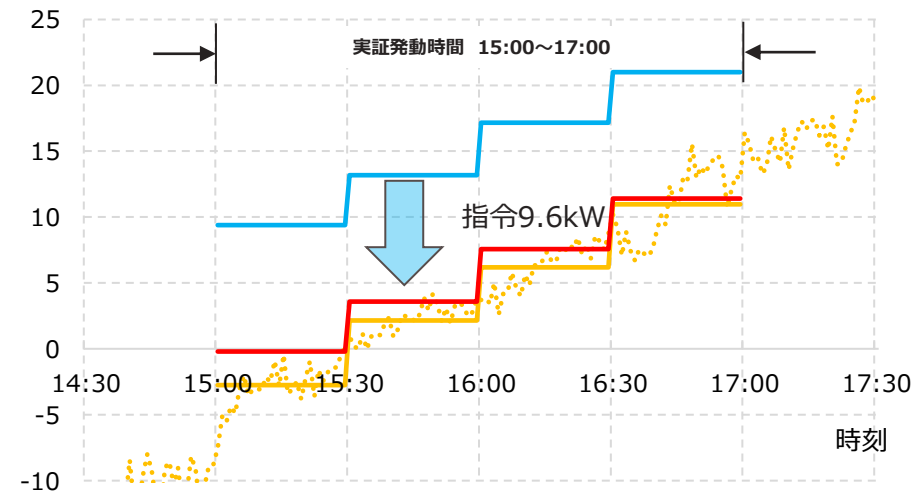
- EQを計16台接続し、夜間沸き上げの一部を昼間にリレー制御させる試験を実施。
- 指令の継続時間を満たすため、EQ複数台でリレー制御を実施。
- 2020年度の新たな試みとしてEFを遠隔制御するシステムを構築。
- EFを計30台接続し、上げ下げDR制御試験を実施。

EQ制御 **上げDR**結果



試験条件を満たすEQ13台を応動させ、**上げDR 3時間で平均17.0kWの需要量を創出。**
30分コマ毎の成功判定では**3/6コマが成功判定基準内**に収まった。(指令値に対し制御量が90-100%に収まったコマ数)

EF制御 **下げDR**結果



試験条件を満たすEF18台を応動させ、**下げDR 3時間で平均11.0kWの供給量を創出。**
30分コマ毎の成功判定では**1/4コマが成功判定基準内**に収まった。(指令値に対し制御量が100-110%に収まったコマ数)

VPP実証全体を通じて得た知見および課題

	知見	残る課題
制度面	・需要家における制御対象外の負荷等の変動に左右されるため受電点でのDSR制御は難易度が高い。 ・需給調整市場への参入要件がシビアである。 (主となる特高需要家ほど、託送メーターの計測粒度が粗く、事前審査に悪影響)	・機器個別計測の採用 ・独自計器を使用する場合の要件緩和 ・DSRの特性を踏まえた市場参入要件の緩和 (評価の粒度、成功率、商品ブロック等)
コスト面	・VPPシステムの開発や改修等に加え、通信、セキュリティ対策等のコストが発生(リソースの増大に応じて)。 ・エネマネ等を目的とするDSRを受電点で高速高精度に制御する場合、より高コストのシステム構築が必要。	・需給調整市場への参入等、実証後の実ビジネスを念頭においた収益モデルの確立 ・システム開発および運用コスト、通信コスト、セキュリティ対策コスト等のスリム化
技術面	・ACシステムにおけるFB制御の有用性を確認できた。 ・各需給調整市場等の各メニューに応じたリソースの選定とポートフォリオの形成ノウハウを獲得できた。 ・基準値の設定精度はPV発電や需要家の設備稼働等の不確定要素に大きく左右される。 ・単位時間毎の基準値(BL)の切替り時における瞬時のリソース応動が必要となる。 (自家発等の応動に一定の時間を要するリソースは対応困難)	・基準値(事前予測)の設定精度向上 ・ポートフォリオに応じたFB制御ロジックのチューニング ・三次①等のより速い制御領域における要件対応 ・機器個別計測におけるエネマネ等に利用しているリソースの稼働計画予測
その他	・産業用/家庭用蓄電池、自家発、EV、EQ、ポンプ等の負荷系設備といった幅広いラインナップのDSRをアグリゲートし、リソースの特性や制御精度を評価できた。 ・産業/業務オンサイトPVが今後一層普及することが予想されるため、リソース制御の難易度はより高くなる。	・需要家の負荷トレンド等、市場要件への適合が期待できるリソースの確保・拡大 (同エリア内で1,000kW以上の規模) ・供出可能量の最適化 (時間帯別での設定、入札量の調整等)

蓄電池を用いた周波数制御の取組み

令和2年度 VPP構築実証の概要（周波数制御実証）

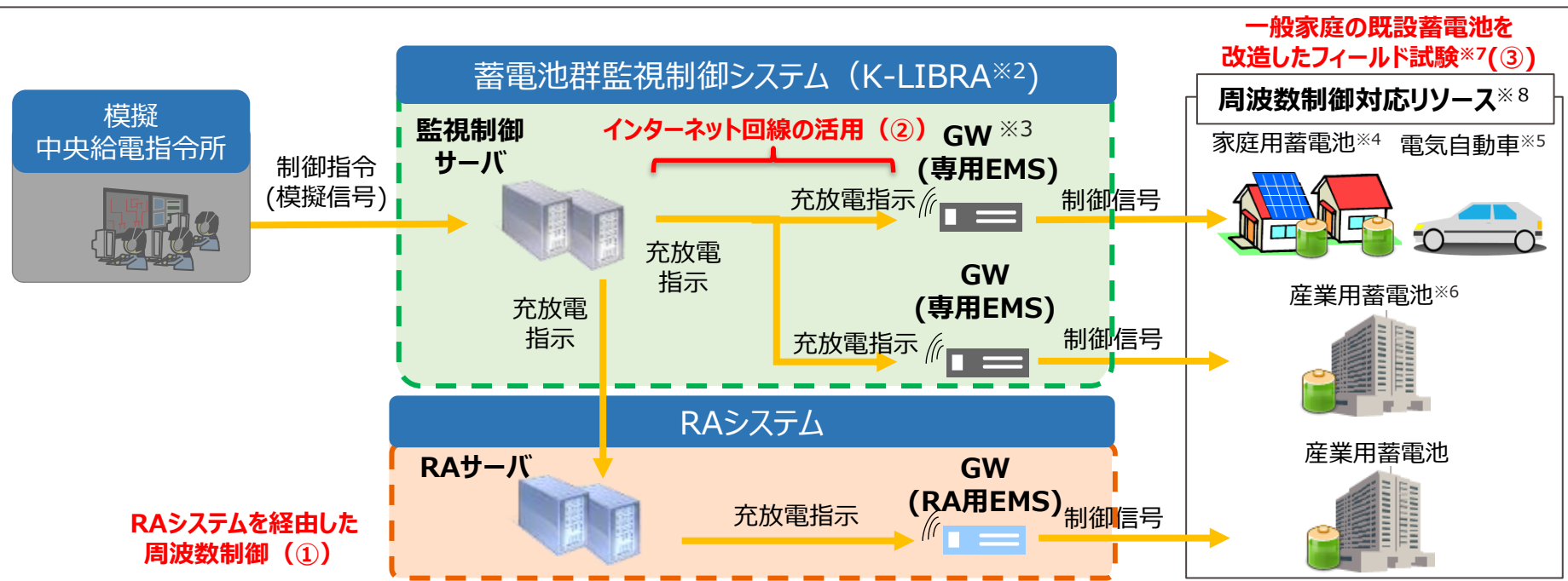
20

名称：需要家蓄電池を活用した周波数制御技術に関する実証試験

実証期間：2020年12月1日～2021年1月29日

実施者：関西電力送配電(株)、ENEOS(株)、エリーパワー(株)、関西電力(株)、(株)三社電機製作所、住友商事(株)、住友電気工業(株)、(株)ダイヘン、デルタ電子(株)、ニチコン(株)、(株)日本ベネックス、富士電機(株)、(株)YAMABISHI

実験項目：①RAシステム※1を経由した周波数制御の検証
②インターネット回線を活用した周波数制御が可能かを検証
③一般家庭の既設蓄電池を改造したフィールド試験



※1：リソースアグリゲーターが保有するシステム、今回のリソースアグリゲーターはENEOS（株）。

※2：Kansai transmission and distribution's Liberty to manage the power grid Integrated Batteries and energy Resource Aggregator(s)の略。

※3：（Gate Wayの略）監視制御サーバと蓄電池の通信を実現するために、需要家側に設置する端末であり、EMS（Energy Management System）とも呼ぶ。

※4：蓄電池メーカーが自社保有するリソースで、実証参加している企業は、エリーパワー(株)

※5：EV充放電器の保有者は関西電力（株）。EV充放電器のメーカーはデルタ電子(株)。

※6：蓄電池メーカーが自社保有するリソースで、実証参加している企業は、(株)三社電機製作所、住友電気工業(株)、(株)ダイヘン、ニチコン(株)、(株)YAMABISHI。

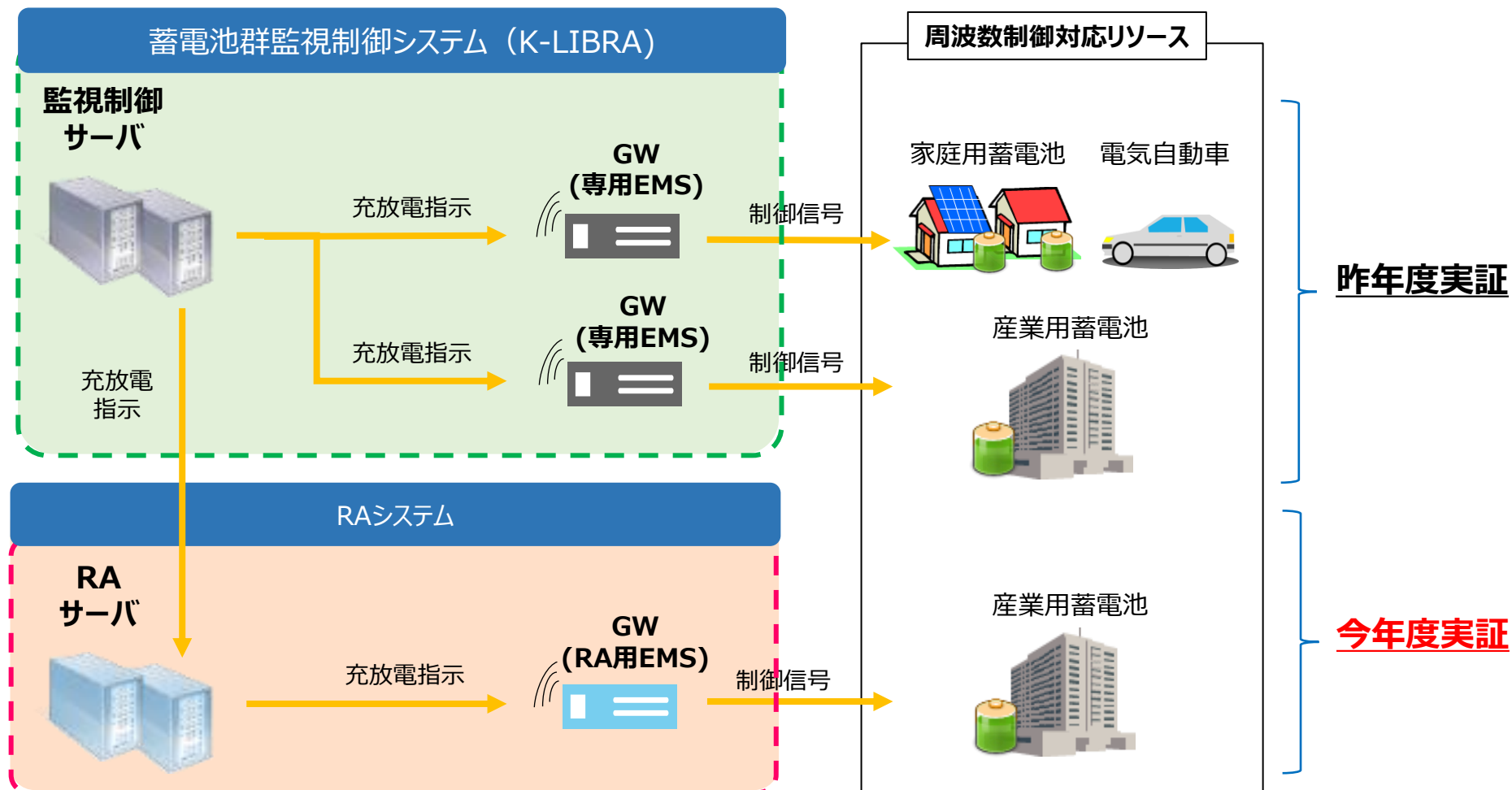
蓄電池保有者と蓄電池メーカーが異なる企業として、住友商事(株)、(株)日本ベネックスが実証に参加しており、それらの蓄電池メーカーとして富士電機(株)が参加している。

※7：一般家庭に設置されているエリーパワー製の蓄電池を周波数制御対応に改造し、周波数制御試験を実施

※8：蓄電池の応動は、蓄電システムのパワーコンディショナー等の計測機能により計測した値で示す。

RAシステムを経由した周波数制御(1/2)

- 蓄電池監群監視制御システム(K-LIBRA)からRAシステムを経由して制御した場合に、K-LIBRAから直接リソースを制御した場合と比較して、秒単位の周波数制御に遜色がないことを確認することが目的（GF相当制御※¹、LFC制御※²、ピークカット等のエネルギーマネジメントと周波数制御を同時に行う同時マルチユースの試験を実施）



※1：蓄電池側で周波数を計測し、監視制御サーバからの制御情報を基に出力制御を実施

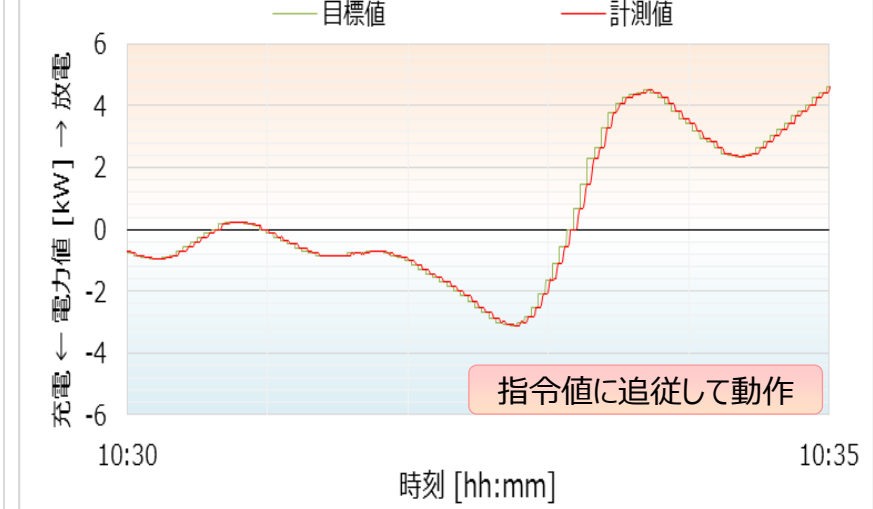
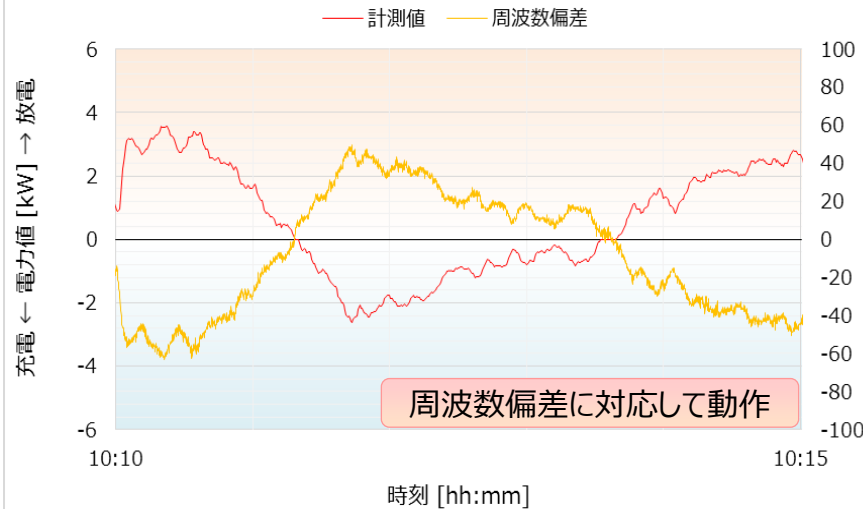
※2：中央給電指令所からの信号を監視制御サーバが受信し、各蓄電池へ信号を送信することで、出力制御を実施

- RAシステムを含む蓄電池群で、周波数偏差に対応した応動、LFC信号に追従した応動を確認
- RAシステムを経由した同時マルチユース試験も良好な結果を確認
- RAシステムを制御対象に含めても、群としての秒単位制御の制御精度に影響がない事を確認

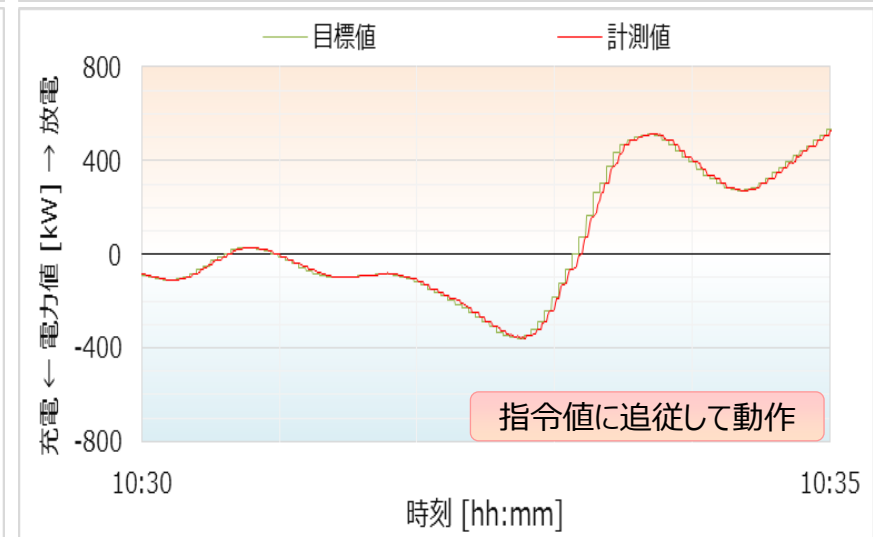
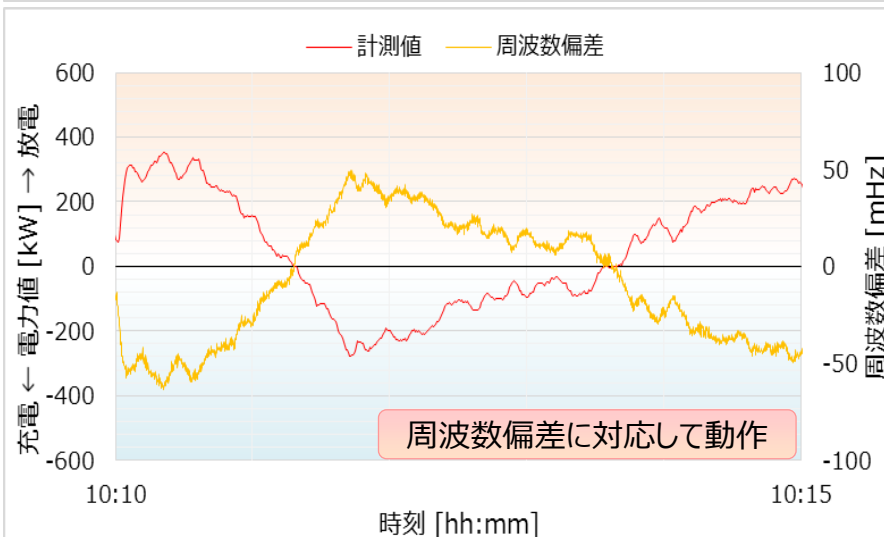
<代表ケース(GF相当制御)>

<代表ケース(LFC制御)>

RAシステムのみ



直接制御分のみ



インターネット回線を活用した周波数制御(1/2)

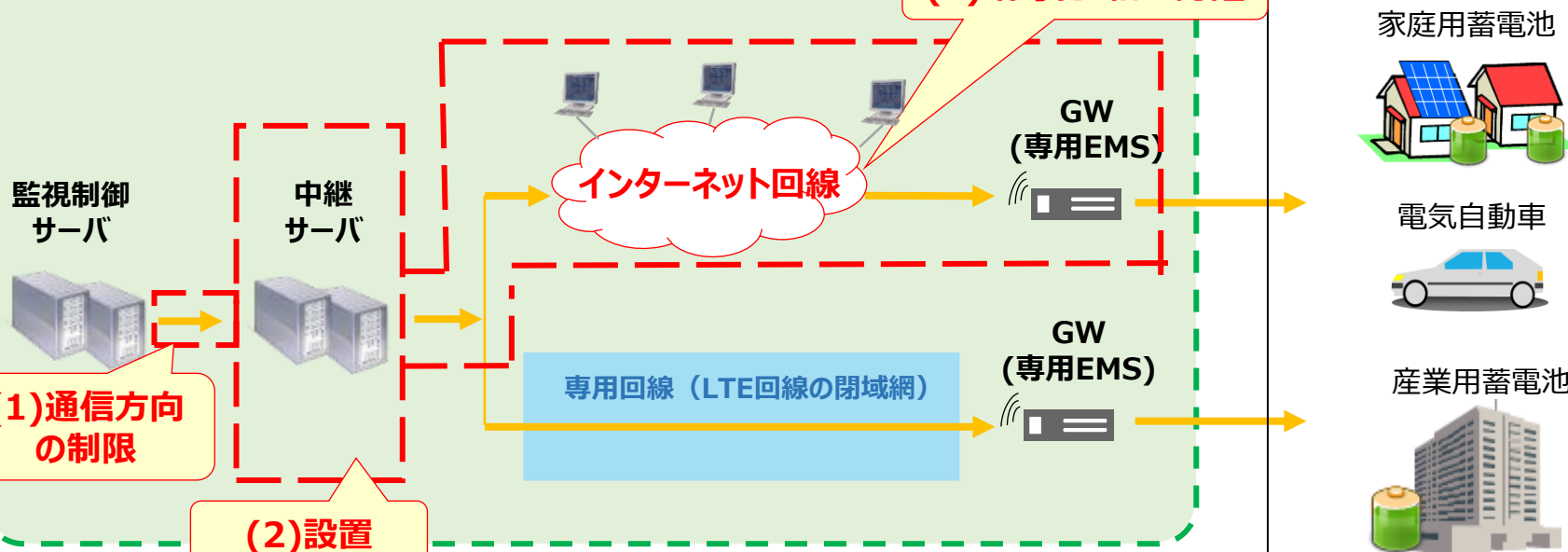
- 一般家庭に広く普及したインターネット回線を活用して、周波数制御を実施できるか確認
- インターネット回線の活用にあたっては、セキュリティ対策の高度化を実装

※セキュリティ要件の検討については、「ERABに関するサーバーセキュリティガイドライン」、「制御系システムへの接続に伴うセキュリティ要件」を準拠

蓄電池群監視制御システム (K-LIBRA)

(3)暗号化・相互認証

周波数制御対応リソース



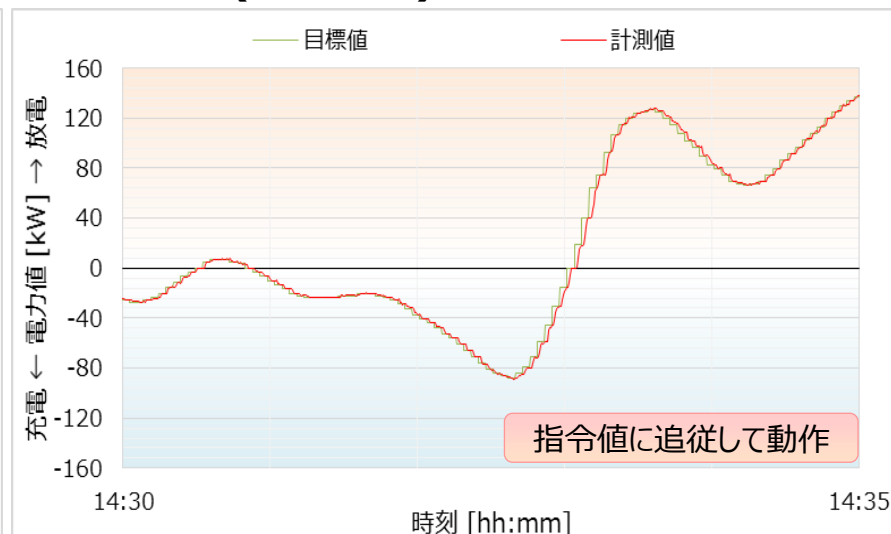
No	項目	目的
(1)	通信方向の制限	電力制御システムセキュリティガイドラインにおける「外部ネットワークとの分離」として、外部ネットワーク（インターネット）から制御系システムである中央給電指令所間を分離（間接的な接続）するため。
(2)	中継サーバの設置	
(3)	相互認証	なりすましの防止
	暗号化	メッセージを第三者に参照されることを防止

- GF相当制御は自端の周波数偏差に対応して応動するため、インターネット回線の影響を受けない
- LFC制御は、インターネット回線とLTE回線において時間遅れ・制御精度は同等の結果を確認

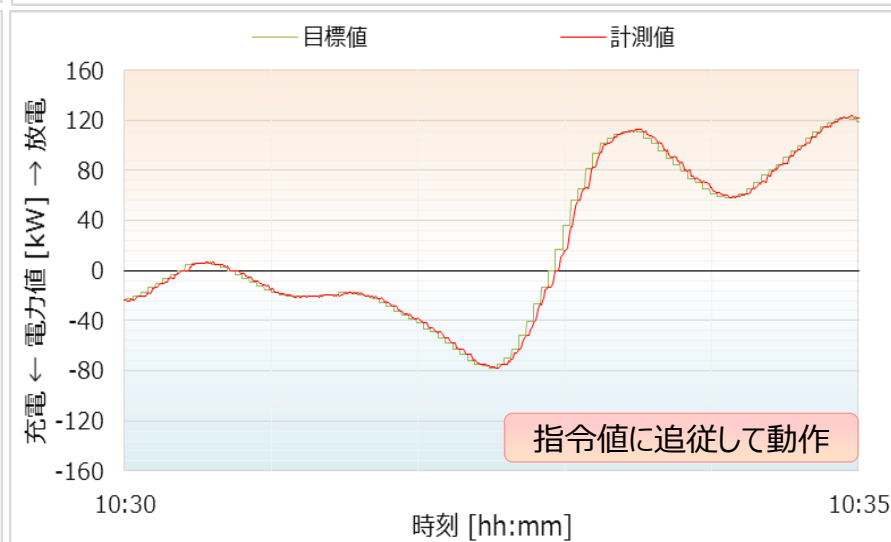
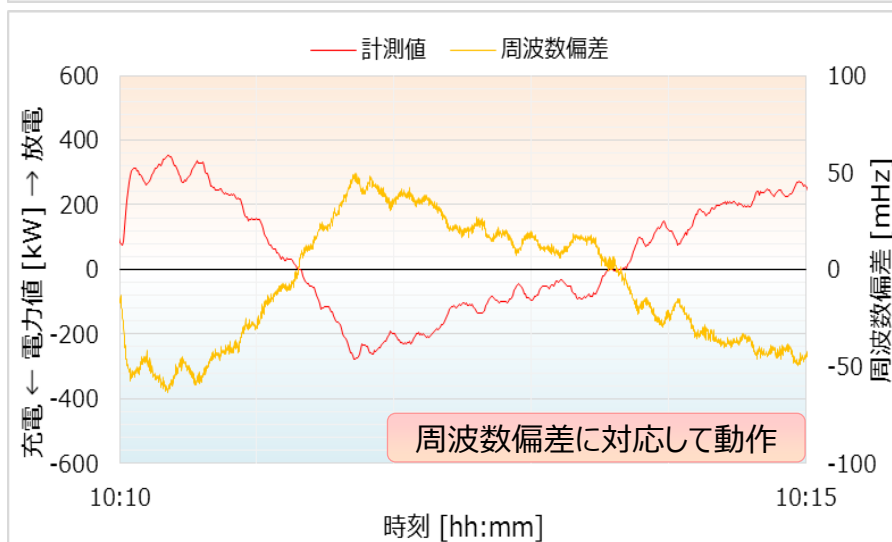
<代表ケース(GF相当制御)>

<代表ケース(LFC制御)>

インターネット



LTE

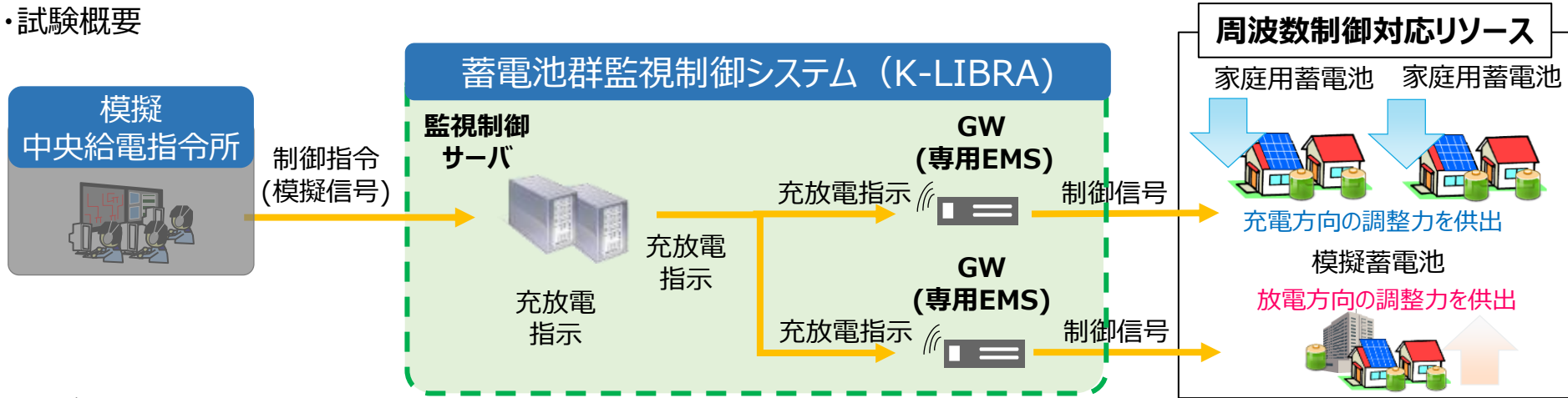


一般家庭の既設の蓄電池を改造したフィールド試験

25

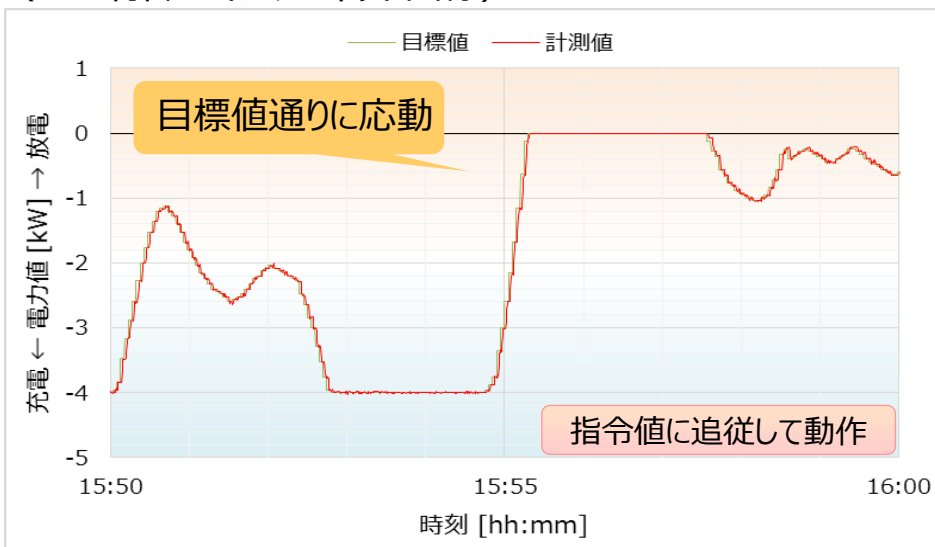
- すでに一般需要家宅に設置された蓄電池を周波数制御に活用可能か確認することが目的
- 周波数制御対応に改造することで、下げ（充電）方向のみの周波数制御（GF相当制御・LFC制御）が実施できることを確認

試験概要



試験結果

(LFC制御：インターネット回線)

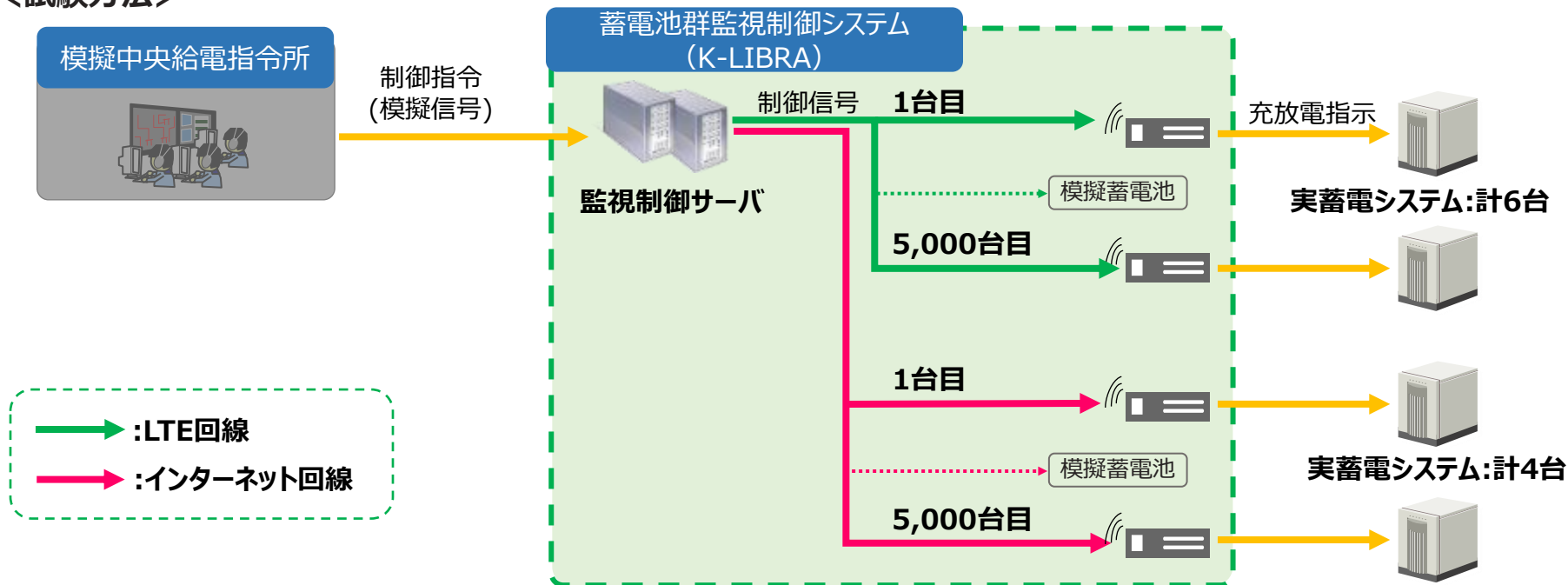


(GF相当制御：LTE回線)



- 高度化したK-LIBRAで、1万台規模の蓄電池を遠隔から秒単位で制御できることを確認（LTE回線:5000台、インターネット回線:5000台にて試験）
- 最初の1台目には2秒以内に指令が届くことを確認
- 発動時間：インターネット回線 ≒ LTE回線
発動時間を（サーバ内での時間）と（通信経路での時間）に分割した場合の比較
 - ・サーバ内：インターネット回線＞LTE回線 ※暗号化処理に伴う
 - ・通信経路：インターネット回線＜LTE回線

<試験方法>



蓄電池残存性能評価手法の開発

【目的・概要】

ピークシフトや需給インバランス回避等に使用される家庭用蓄電池、および業務用蓄電池の劣化度合いに応じた、残存容量、出力、最大蓄電能力（実効容量）指標化を確立し、リソースの適切な運用をはかる。

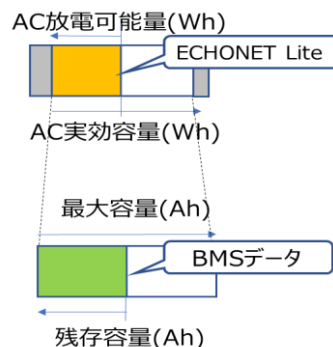
【詳細】

3年間の実証により、リチウムイオン電池（リン酸鉄系、マンガン系）には、以下の問題点があることを明確化した。

- ・劣化による**最大容量**の減少
- ・運用時の**残存容量**表示

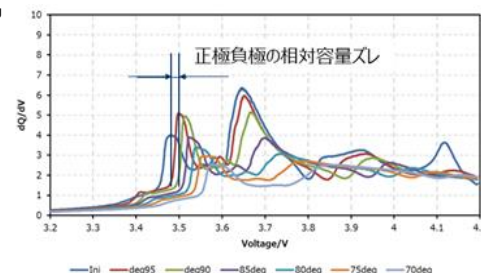
本年度は、

- 指標化できる電池の適応種類拡大（三元系に適応）を図った。
- 実運用中システムの指標化では、すべてのセルデータを入手できないことが多いため、入手可能なデータから適用可能なサービスの内容を明らかにした。
- 解析データ取得のための標準化については、上位規格（FEMS Functions and Information Flows）をNP提案し、IEC63376としての規格開発を行った。



【R2年度 実証結果】

- 三元系電池の指標化
三元系電池では、残存容量表示がOCV電圧から指標化できることが確認できたことから材料に依存しない最大容量の指標化手法を開発した。



- 実運用システムの指標化
適用可能なサービスとして**セルバランス要否の判定****モジュール交換時期の把握**ができる指標化手法を開発した。

	検出可能なESS性能	劣化状態診断	サービスへの貢献	可否
①	Cellバランス要否の判断および容量回復量推定	—	ESSの効率化・最適化	○
②	ESSの最大電力 (kW)	容量劣化	ESS運用計画	○
③	最小容量Cellの最大容量	容量・安全性の劣化	交換タイミング	△
④	最大容量Cellの最大容量	容量・安全性の劣化	交換タイミング	△

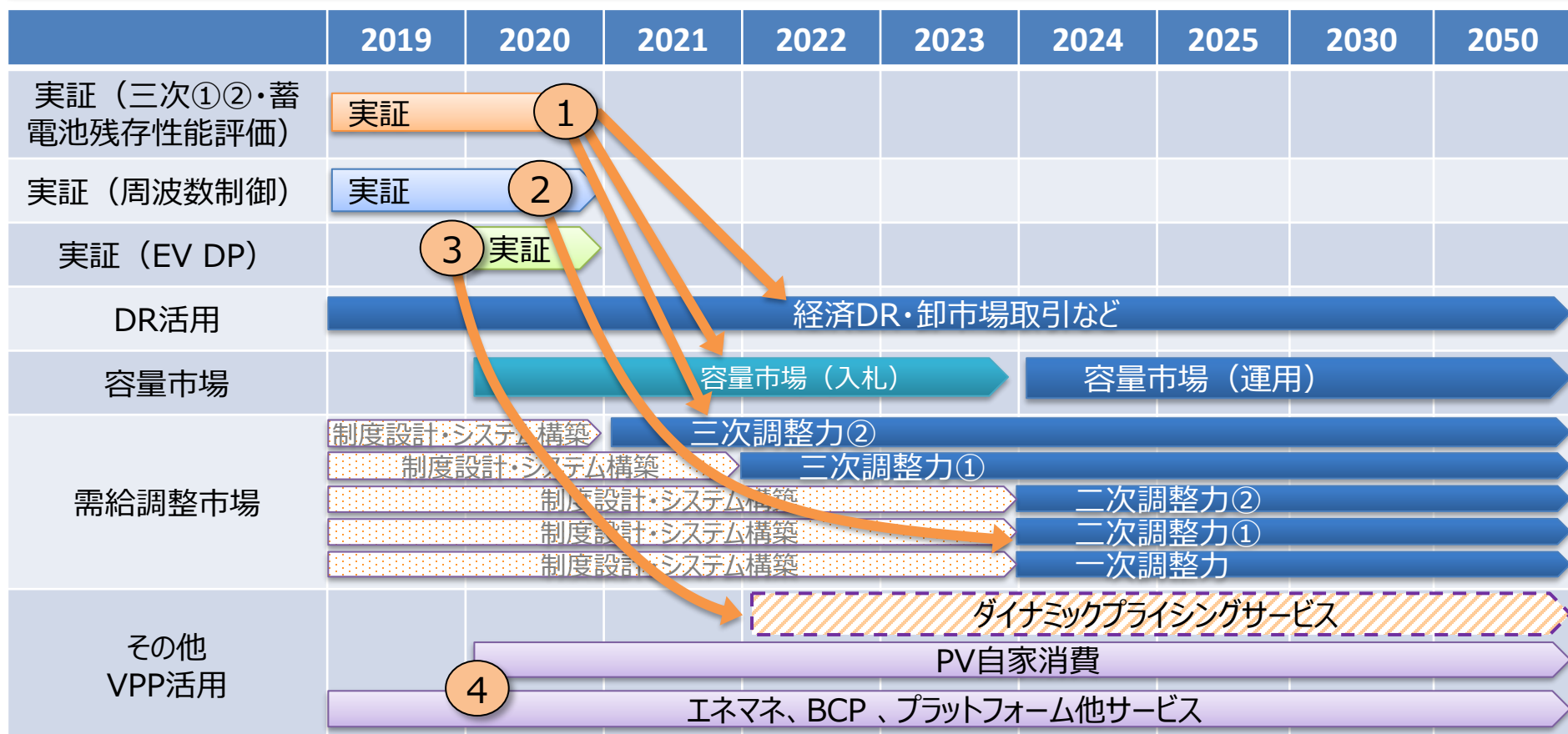
【今後の展望】

- リチウムイオン電池（リン酸鉄系、マンガン系、三元系）指標化技術をもとにリユース蓄電池の診断サービスを開始する。
- 実運用中システムのオンライン診断から運用最適化、保守の最適化サービスを開始する。
- FEMSの標準化規格を発展させ、データフォーマットの標準化を目指す。

実ビジネスへの展開に向けた取組み

将来展開とビジネスモデル

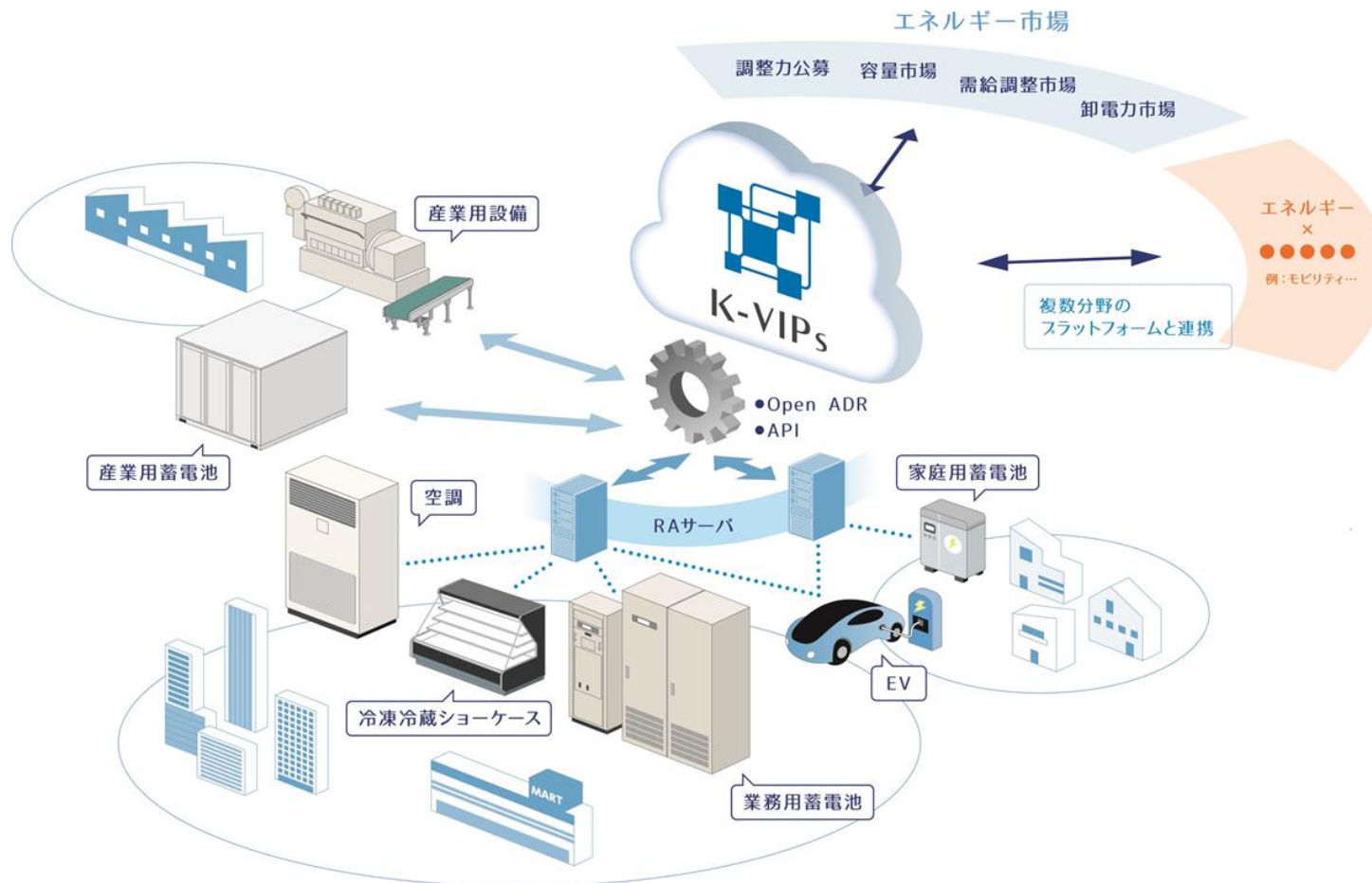
- ① 実証で高い制御性を確認しているリソースを中心に、2021年度以降の三次②対応を推進。調整力電源 I Ⅰレベルのリソースは、容量市場や経済的活用へ移行。蓄電池の経年劣化やリユース品は残存性能を踏まえたビジネス活用を検討。
- ② 周波数制御実証は、一次・二次①参入を目標として実証を進めつつ、参入条件を整備。
- ③ 電力需給状況等に応じた電気料金（ダイナミックプライシング:DP）の実証も進めながら、EV以外のリソースへの拡大等、ビジネスモデルを検討。
- ④ VPP起点でのPV自家消費やエネマネサービス、他社アグリゲーター等へプラットフォームを提供するサービス（業務委託、SaaS等）は順次展開。



「K-VIPs」の描く将来ビジョン

- ◆ 関西電力は本実証を通じて獲得した技術、知見を基に、VPPシステム「K-VIPs」を開発、運用開始した。
- ◆ K-VIPsは、今後、蓄電池、空調、給湯器、EV等、社会を取り巻く様々なVPPリソースから価値（kW、kWh、ΔkW）を創出し、容量市場・需給調整市場・卸電力市場等のエネルギー市場へ提供するプラットフォームを目指している。

K-VIPs : Kanden Vpp Integrated Platform system



K-VIPsについて : https://www.kepc.co.jp/energy_supply/energy/vpp/system/index.html