

B事業：VPPアグリゲーション事業

**多彩なエネルギーリソースをAutoDR™システムにより
統合制御するVPP構築実証事業
成果報告書
(公開版)**

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：アズビル株式会社
リソースアグリゲーター：日本工営株式会社
実証協力者：東京電力エナジーパートナー株式会社、ENEOS株式会社

2021/3/8

azbil

© Azbil Corporation. All rights reserved.

目次

1. 事業名称／目的・概要
2. 実勢体制／実施場所／実施管区
3. 共通実証
 1. 三次調整力実証メニュー
 2. 市場価格連動上げ下げDR
 3. AC-RA連動実証
 4. 価格予測
4. 独自実証
 1. 仮想需要家実証
 2. 熱源水蓄熱実証
 3. EV実証
5. 全体を通じて得た知見、及び残る課題
6. その他特筆すべき事項

1.事業名称／目的・概要



本事業の目的

- **バーチャルパワープラント**構築実証の目的は、従来の大型発電所ではなく各地に分散している創エネ・蓄エネ・省エネリソースに対し、**AIやIoT**を活用した高度な**エネルギーマネジメント**技術により遠隔・**統合制御**を行う事で、あたかも一つの発電所のように機能させることで、電力の**需給調整**に活用する実証を行うことである。
- 本事業では、主として民生業務部門（**業務ビル、地域冷暖房施設等**）に存在するエネルギーリソースを束ねてVPPリソース化する。また、実ビジネスを見据え、精油プラントなど**産業部門のエネルギーリソース**も有効活用できるよう検討をしていく。
- 「VPPアグリゲーター事業」の中で、**需給調整市場、容量市場や相対取引**に対応可能なVPPシステム構築をさらに進め、需要家を集めてVPP実証を行うとともに、**リソースの専門家、電力会社**と連携し市場制度における**課題の洗い出し**も行う。

事業名称／目的・概要

主として**民生業務部門（業務ビル、地域冷暖房施設等）**に存在するエネルギーリソースを束ねてVPPリソース化する。今年度は、実証事業最終年度のため、2019年度までの実証経験に基づき、**予備力・調整力・供給力**を活用したビジネス展開を想定し、実証を行う。

1. VPP基盤整備事業者と共同で実施する共通実証

- 構築中のAutoDRシステムに、ネガワット量創出可能な**精度向上・基準値予測改良・エネルギーリソース選択等**に対応する機能追加をし、**三次調整力①**および**三次調整力②**の調整力実証を行う。需要家ポートフォリオ拡大のため、**熱源水蓄熱リレー方式の有効性**を検証する。リソースアグリゲータである**日本工営**に対して、DR発動により需要家へDR制御を実施する。
- 実証協力者である**東京電力エナジーパートナー**ならびに**JXTGエネルギー**と協力し、東京電力管内の**地域冷暖房施設**の蓄熱槽需要家取りまとめだけでなく**工場市場**へ展開を検討する。
- **蓄熱システム**の専門家である**ヒートポンプ蓄熱センター**、**DHC**の設計シェアの高い**三菱地所設計**等の専門的知見を活かして、VPPリソース化のための技術的課題、制度的課題の洗い出しを行う。

2. 市場価格連動上げ下げDR実証

- **東京電力エナジーパートナー**、**JXTGエネルギー**、**九州電力**など**小売電気事業者**の知見を活かしながら要件を設定して、その要件における**経済DR**の活用性を検証する。
- **価格変動を予測する**機能拡張を行い、**需給調整市場**や**相対取引**にも勘案したシステム構築を行う。

3. その他実証

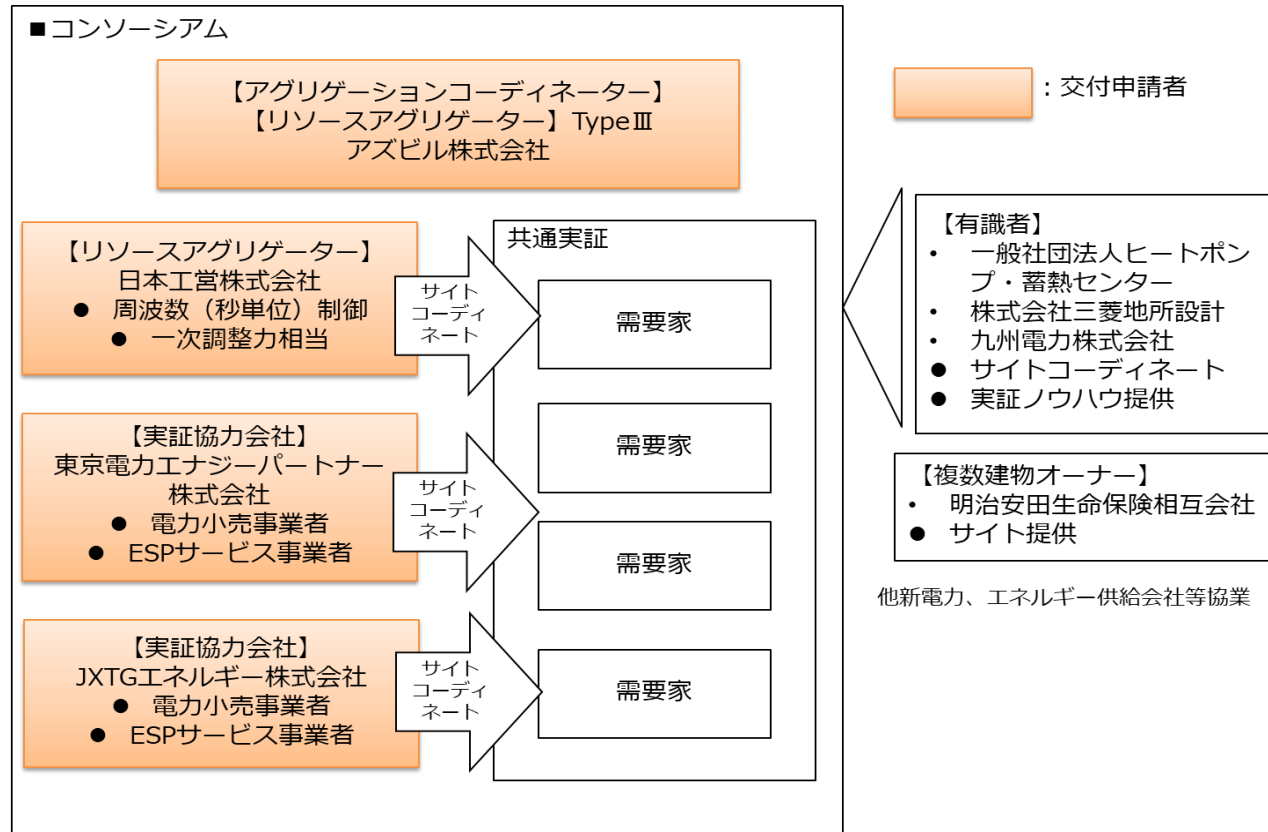
- **クラウド**を活用して、電気自動車ならびに**群制御用PCS／充放電器**における**制御や管理**を実施・検証する。
- 業務用ビルならびに**産業用プラント**の**リソース**を活用したVPP技術の可能性を検証する。

2.実施体制／実施場所／実施管区



実施体制

- **アズビル**は、**アグリゲーションコーディネーター**として全体をとりまとめる。AutoDRシステムの機能追加、ならびに需要家集めや**リソースアグリゲーター**の役割を担う。
- **日本工営**は、**リソースアグリゲーター**として、アズビルからのDR発動信号を受けて、需要家へDR制御を実施する。
- **東京電力エナジーパートナー**は、東京電力管内の**地域冷暖房施設**の蓄熱槽需要家を取りまとめる。
- **JXTGエネルギー**は、需要家のサイトコーディネートをする一方で、ビル市場におけるDRの知見を**工場市場**へ展開する検討を行う。
- さらに、**ヒートポンプ蓄熱センター**、**三菱地所設計**、**明治安田生命**、**九州電力**他といった設備の専門家、設備設計者、需要家、電力会社等、**ERAB**検討会やディマンドリスポンス推進協議会（**DRC**）といった業界団体等の様々なステイクホルダーと連携しノウハウや意見を交換することで、実効性のある技術的、制度的課題の洗い出しを行う。



実施場所／実施管区

- 以下の**実施場所**ならびに**実施管区**において、2020年度の共通実証メニューを全て実施した。
- 制御リソースの総量は**2,925kW**である

実施管区	実証メニュー	実施場所	制御リソース	ネガワット合計
東京電力管内地区	三次調整力①および三次調整力② （下げDR）	東京都、神奈川県、 茨城県	蓄熱槽、空調機、ファン、 CGS、蓄電池	1,095kW
	市場価格連動下げDR	東京都、神奈川県	吸収式冷温水発生機、 蓄電池	620kW
九州電力管内地区	市場価格連動上げDR	福岡県	蓄熱槽、蓄電池	1,210kW

3. 共通実証



3.1 三次調整力実証メニュー



三次調整力①及び② 概要および結果

- 三次調整力メニューについて、AutoDRシステムに機能追加を行い、指令値変更への制御精度を向上させ、追従性を検証する。
 - 機能追加：AIを使用した制御対象需要家の割り当て、及び30分の各コマにおける制御量の過不足を判断したフィードバック制御を実装
- 三次調整力②：8回発動。滞在率最大は83%であり、滞在率最小は0%となった。
- 三次調整力①：4回発動。滞在率最大は32%であり、滞在率最小は8%となった。

■ 三次調整力② 成功コマ数と滞在率

発動日	成功コマ数 (最大6コマ)	滞在率 (%)
8月26日 (水)	1	17
8月28日 (金)	1	17
9月1日 (火)	0	0
9月3日 (木)	0	0
9月7日 (月)	1	17
9月9日 (水)	2	33
1月26日 (火)	5	83
1月28日 (木)	2	33

■ 三次調整力① 成功コマ数と滞在率

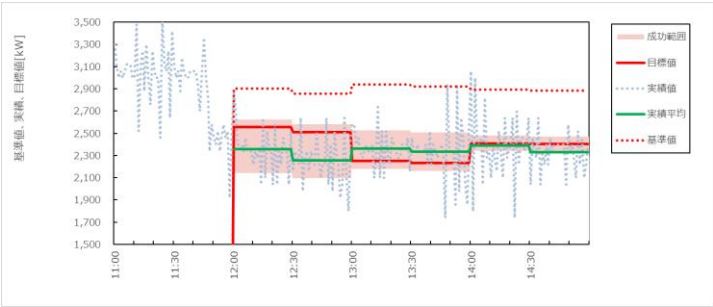
発動日	成功コマ数 (最大180コマ)	滞在率 (%)
9月16日 (水)	57	32
9月18日 (金)	31	17
9月24日 (木)	27	15
9月29日 (火)	15	8

三次調整力 考察：成功判定基準

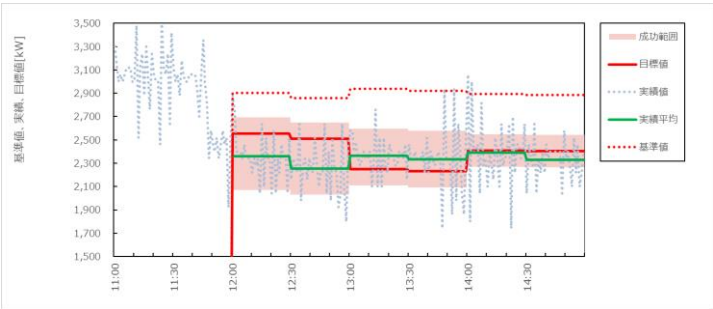
- 三次調整力②における成功判定基準は「供出可能量の±10%」であり、事前審査ならびにアセスメントに大きく影響する。
- 受電電力量を活用した制御量評価において、受電電力量配下にあるエネルギーリソースは他の電力需要変動に影響される。
- DR発動された2日を使用して成功判定を±10%から±20%に変化させた場合の事前審査ならびにアセスメントにおける成功判定を比較した。その結果、成功判定幅の伸張により三次調整力②の要件に満たせる可能性が十分高くなることが分かった。
- 従って、成功判定幅の伸張により、三次調整力②の要件に満たせる可能性が十分高くなることが分かった。

1/26（火） 12:00-15:00

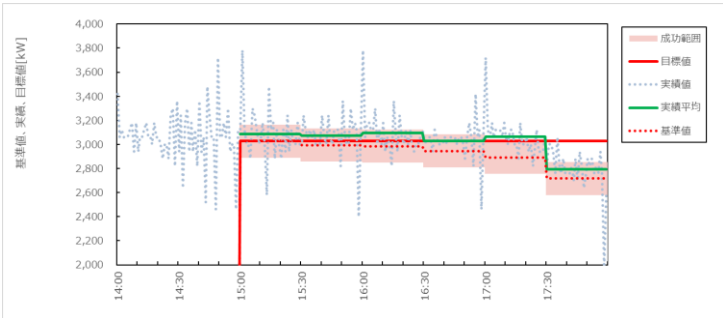
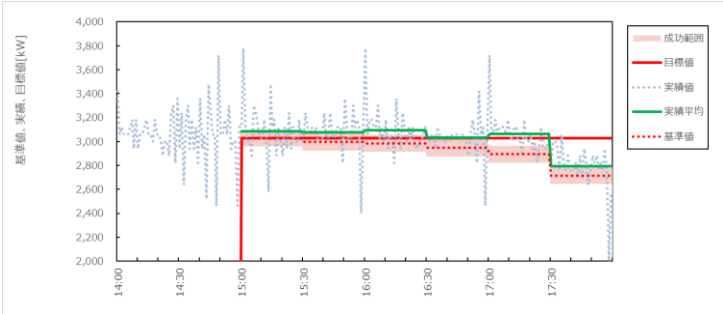
成功範囲
±10%



成功範囲
±20%



1/28（木） 15:00-18:00



事前審査ならびにアセスメントの判定基準

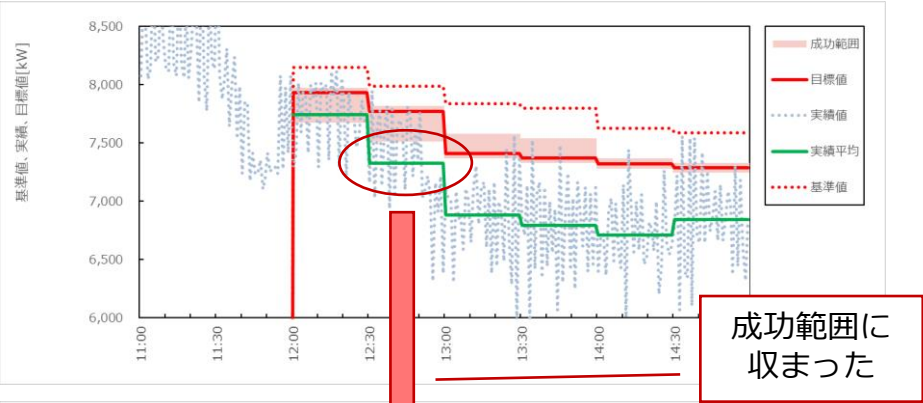
成功判定	事前審査 5分判定		アセスメント 30分判定	
	1/26	1/28	1/26	1/28
±10%	29/36 (81%)	14/36 (39%)	5/6 (83%)	2/6 (33%)
±20%	35/36 (97%)	27/36 (75%)	6/6 (100%)	5/6 (83%)

三次調整力 考察：基準値

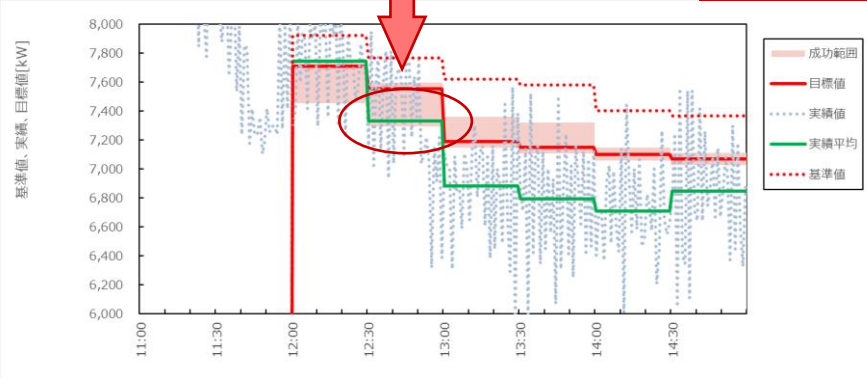
- 三次調整力②において成功判定を100%満たすには、アグリゲーターが作成する**基準値**が重要である。今回の実証では新たに基準値は、「**補正時間帯をDR発動の1-2時間前とし、30分コマ2つの平均を補正量**」としたものを採用している。需要家により設備の運用が異なるため、適切な基準値を探るべく「今回の基準値」、「High4of5（当日補正あり）」、「High4of5（当日補正なし）」の**3つのパターン**で基準値検証をした。
- DR発動日のデータを用いて基準値を組み合わせた。結果、**成功判定は1/6（17%）から2/6（33%）に向上したものの**、制御量が大幅に出力されているため、目標値に収まる事ができていない。**基準値の作成**ならびに各需要家における**リソース等を管理・制御**することも重要であることが分かった。
- 独自実証では、各需要家におけるリソースを管理・制御することに重点をおいて、この課題解決に臨んでいる。

8/28（金） 12:00-15:00

上段
グラフ



下段
グラフ



■各需要家における基準値

	需要家A	需要家B	需要家C	需要家D	需要家E
上段グラフ	標準ベースライン（補正なし）	標準ベースライン（補正なし）	標準ベースライン（補正なし）	標準ベースライン（補正なし）	標準ベースライン（補正なし）
下段グラフ	標準ベースライン（補正なし）	今回基準値	標準ベースライン（補正なし）	標準ベースライン（補正なし）	今回基準値

三次調整力 まとめと今後の展望

● まとめ

- 三次調整力②ならびに①における発動仕様に対して12回の実証を行った。
- 三次調整力②の実証における滞在率の**最大は83%**であり、三次調整力①の実証における滞在率の**最大は31%**であった。

● 課題

- 受電電力量を活用した制御量評価において、受電電力量配下にあるエネルギーリソースは**他の電力需要変動に影響**される。そのため、成功判定基準の「供出可能量の $\pm 10\%$ 」は**事前審査**ならびに**アセスメント**に大きく影響する。
- 需要家に適した基準値を適用することは必須であるが、**リアルタイム**にネガワット量の**過剰/余剰を管理・制御するシステム**を実装することが必要である。

● 今後の展望

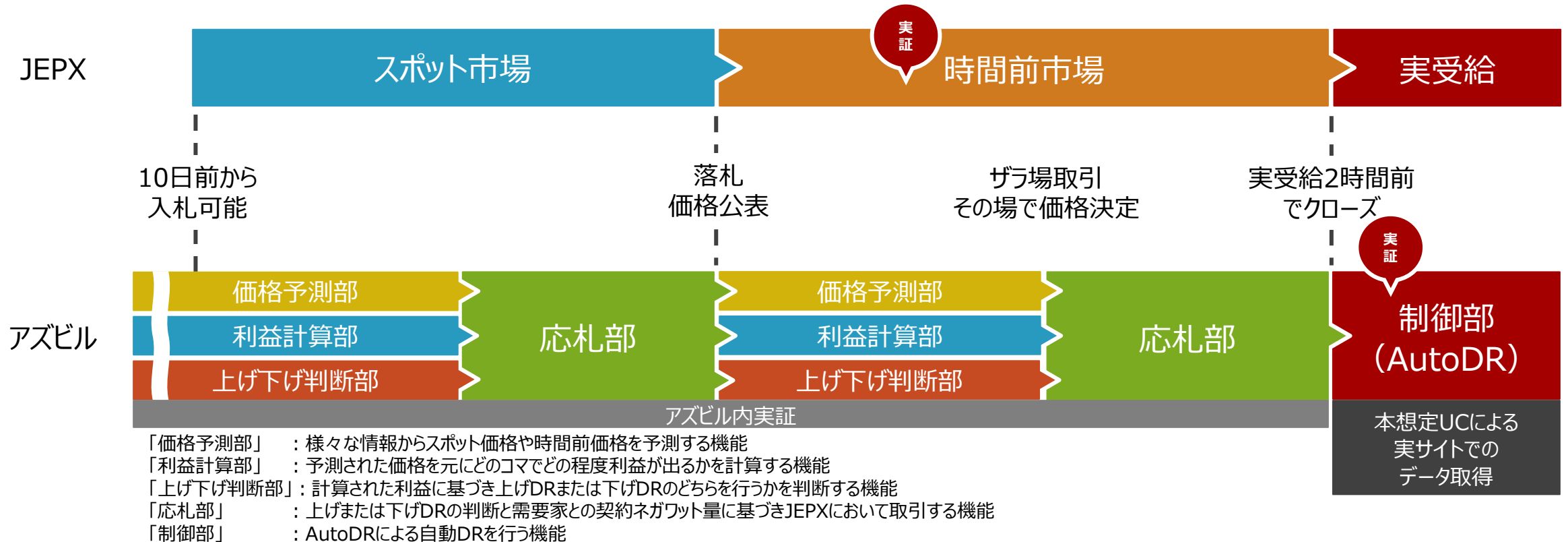
- **熱源水蓄熱**の需要家を多く束ねた実証実験を実施して、**三次調整力②の市場に参入予定**とする。

3.2 市場価格連動上げ下げDR



時系列と実証方法

- 昨年度はスポット市場による実証を行ったため、今年度は**時間前市場を想定**して実証を行う（実証部分を赤ピンマーク部で示した）。
- 時間前市場は10日前から前日の10時まで入札可能。アズビルは各30分コマに対して価格予測を行い、上げまたは下げDRを行うことで利益を上げられると予測できた場合は市場に入札する、落札できた場合は実受給時に上げまたは下げDRを行う等の戦略が考えられる。
- ERAB検討会や制御量評価WGにおいて、上げDRのユースケースについての議論があった。今年度はその中でも**ユースケース1（以下、UC1）を想定し、実証と収支計算を実施**する。
- 価格連動上げ下げの検証のための実データ取得に際し、**上げDRは九電管内、下げDRは東電管内**にて実施した。
- 昨年度同様、JEPXの時間前市場価格をリアルタイムモニタリングし、**上げDRの場合は価格が降下したタイミングで、下げDRは価格が上昇したタイミングで**発動を狙った。



上げDR

azbil

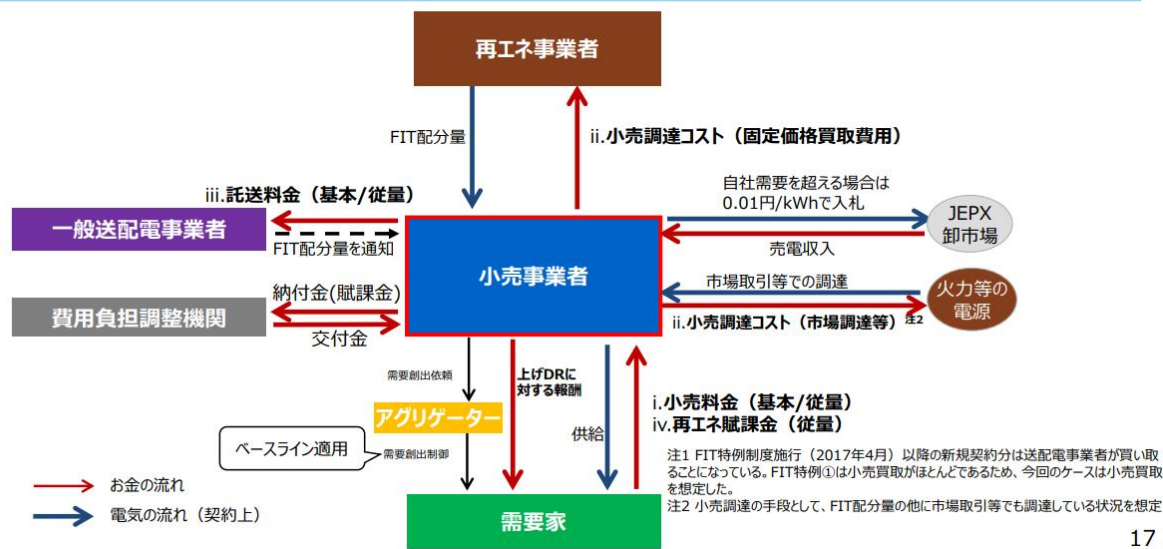
© Azbil Corporation. All rights reserved.

上げDR UC1（FIT特例①配分値の余剰低減） | 収支イメージ

- 国が想定する上げDRのユースケース1についての収支イメージは下記。
- 上げDRのパターンは3パターンあるが、需要家の費用負担の違いのみである。パターン2を適用。

上げDR ユースケース1の収支イメージ

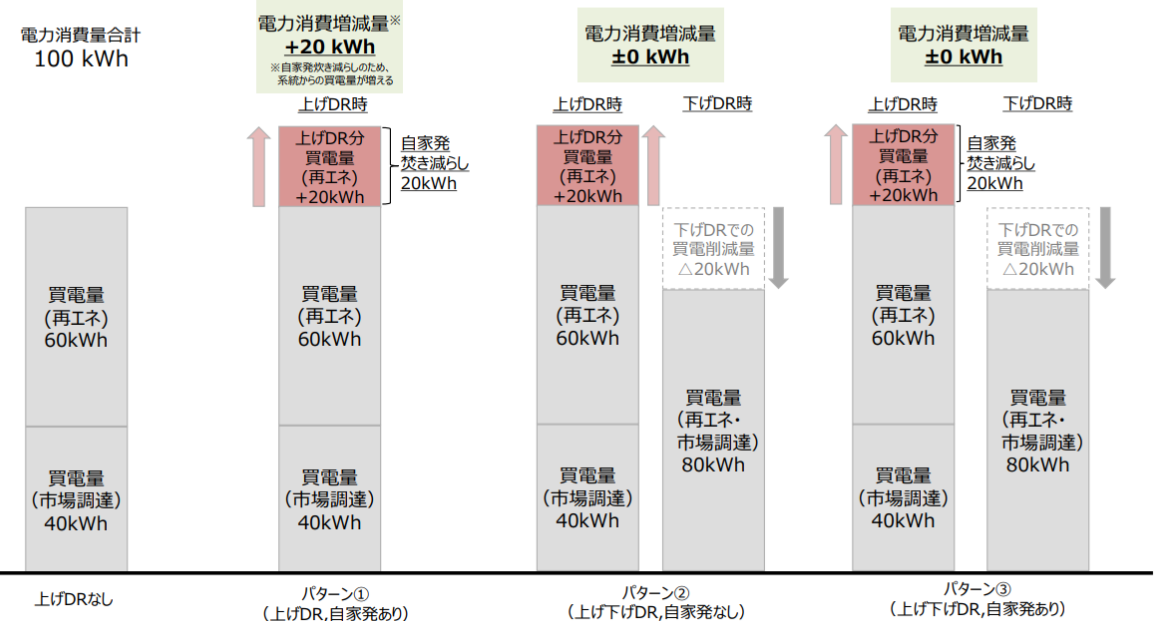
- 今回は、FIT特例①のうち、再エネを小売事業者が買い取る場合のケースを想定^{注1}。
- 上げDRに伴って発生する費用としては、i. 需要家からの小売料金（基本/従量）、ii. 小売電気事業者の調達コスト、iii. 託送料金（基本/従量）、iv. 再エネ賦課金が想定される。
- パターン①～③それぞれについて下記のお金の流れを基に、上げDR時の収支を試算した。



17

各パターンにおける需要家の電力消費量の増減イメージ

- 上げDRを各パターンで実施した場合の需要家の電力消費量の増減は下記の通り。



18

上げDR結果



© Azbil Corporation. All rights reserved.

上げDR UC1 | 上げDR結果 | 2020年11月20日

- DS、DHは建物として同一敷地内となるため、同一需要家として計算。kWhとして計**1,564** kWhとした。FEは単一需要家であり**2,001** kWhとした（各オレンジ色セル）。
- 各種収支計算のため、実際に平時需要家が必要とする需要量（平時需要量）を設定。平時需要量はベースラインの平均値を利用することとし、DS、DHにおいては**4,486** kWh（各青色セル合計）、FEは機器点計量に準じているため、ビル自体の需要は別途ベースライン算定し、**2,621** kWhとした。

DS

時刻(DR時間帯)	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	620	600	540	540	580	580	576.67	3,460	1,730
ベースライン(kW)	360	360	296	276	356	366	335.67	2,014	1,007
需要増加電力(kW)	-260	-240	-244	-264	-224	-214	-241	-1,446	-723

DH

時刻(DR時間帯)	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	1,400	1,520	1,420	1,360	1,460	1,480	1,440	8,640	4,320
ベースライン(kW)	880	1,026	1,146	1,196	1,350	1,360	1,159.7	6,958	3,479
需要増加電力(kW)	-520	-494	-274	-164	-110	-120	-280.3	-1682	-841

FE

時刻(DR時間帯)	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	630.22	626.05	757.27	628.14	633.35	727.05	667.01	4,002.084	2,001.042
ベースライン(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
需要増加電力(kW)	-630.2	-626.1	-757.3	-628.1	-633.3	-727	-667	-4,002.08	-2,001.04

上げDR UC1 | 上げDR結果 | 2020年11月27日

- 2020年11月27日の結果は下記となった。
- 特にDHは設備のトラブルにより想定した上げDR量を出すことができていない。

DS

時刻(DR時間帯)	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	600	620	600	580	580	540	586.67	3,520	1,760
ベースライン(kW)	330	336	330	440	440	436	385.33	2,312	1,156
需要増加電力(kW)	-270	-284	-270	-140	-140	-104	-201.3	-1,208	-604

DH

時刻(DR時間帯)	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	1,560	1,600	1,580	1,640	1,640	1,580	1,600	9,600	4,800
ベースライン(kW)	1,566	1,576	1,560	1,566	1,536	1,386	1,531.7	9,190	4,595
需要増加電力(kW)	6	-24	-20	-74	-104	-194	-68.33	-410	-205

FE

時刻(DR時間帯)	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	平均	kW合計	kWh換算合計
実績(kW)	709.33	611.46	709.43	704.12	701.09	685.36	686.8	4,120.797	2,060.398
ベースライン(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
需要増加電力(kW)	-709.3	-611.5	-709.4	-704.1	-701.1	-685.4	-686.8	-4,120.8	-2,060.4

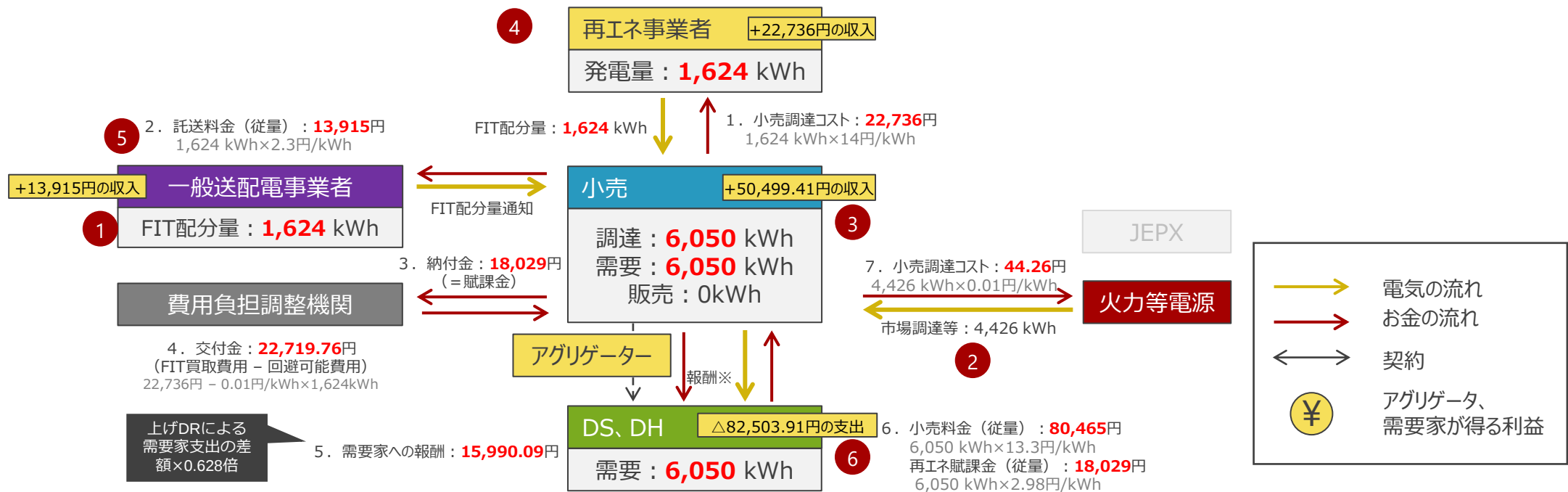
上げDR結果：需要家DS、DH、FE

- 上げDRの収支計算について11月20日のデータを利用して図にて表現した。



上げDR UC1 | 上げDR適用 | 需要家DS、DH（2020年11月20日）

- **上げDRを適用した場合**のステークホルダー間での収支計算結果は以下の通り。（上げDRにより計**1,564 kWh**の需要が創出）
 1. FIT特例①配分値の初期値として再エネ事業者から小売事業者に1,624 kWhの電力が供給される場合を想定
 2. 小売はFIT配分量の他に市場調達等により電力を4,426 kWh調達していると想定。
 3. 小売は自社需要（4,486 kW）を超えた分（6,050 - 4,486 = **1,564 kWh**）を有効活用するため計画値を書き換え、需要家に対して上げDRを発動。
 4. 再エネ事業者は、1,624 kWhを14 円/kWhにて売電するため、**22,736 円**の収入となる。
 5. 一般送配電事業者は、託送料金（従量）として、1,624 kWhを2.3 円/kWhでやり取りし、**13,915円**の収入となる。
 6. 需要家は、小売へ**80,465 円**、再エネ割賦金として**18,029 円**を支払うが、上げDRのインセンティブ**15990.09 円**を受け取るため、**82,503.91 円**の支出となる。



項目	価格	単位	備考
小売料金（通常時、従量）	13.3 円/kWh		市場調達価格9.0円/kWh + 託送料金2.3円/kWh + 小売マージン2.0円/kWh
再エネ賦課金	2.98 円/kWh		2020年5月以降の再エネ賦課金
託送料金（従量）	2.3 円/kWh		東京電力PG 高圧標準接続サービス従量料金
太陽光FIT買取費用	14 円/kWh		太陽光FIT買取価格（2019年度、500kW未満）
卸市場価格（通常時）	9 円/kWh		（参考）システムプライス平均価格の実績：2019年4-6月7.84円/kWh、7-9月8.87円/kWh、10-12月8.07円/kWh 2018年度9.71円/kWh 2017年度9.98円/kWh
卸市場価格（上げDR時）	0.01 円/kWh		卸市場価格が0.01円/kWhになった場合（再エネ余剰時）を想定（＝回避可能費用も同金額で設定）

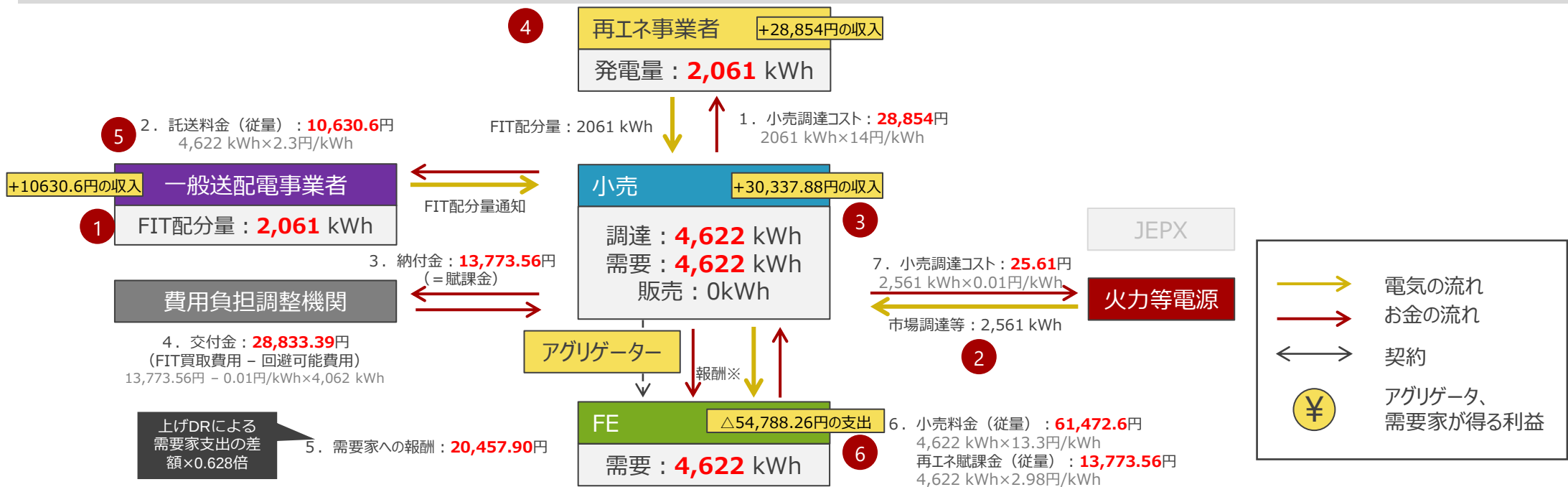
上げDR UC1 | 各種収支変化 | 需要家DS、DH (2020/11/20)

- 収支の変化は、特に上げDR量の成績の良い11月20日の結果を利用し、下げDRを適用した場合の収支から下げDRを適用しなかった場合の収支を差し引いて算出。
- 上げDRで増加した需要量と同量の需要（**1,564 kWh**）を下げDR時に減少すると想定。
- 小売料金単価（従量）、託送料金単価（従量）は上げDR適用時と同じ料金単価と想定（いずれも昼夜間で単価が変わるケースも想定される）。
- 下げDR適用時は再エネの出力制御が生じず、下げDR適用前後で再エネ発電量は同量と想定。
- 小売事業者は販売する電力を市場取引等で調達すると想定（市場価格：**9.0円/kWh**と仮定）。

ステークホルダー	上げDRしない場合の収支額[円]	上げDRによる収支額[円]	上げDRによる収支変化[円]	下げDR実施前後での収支変化[円]	全体収支[円] (上げ収支変化+下げ収支変化)	収支変化額の内訳（下げ）
需要家	△73,032.08	△82,503.91	△9,471.83	+25,461.92	+15,990.09	- 小売料金（従量）：1,564[kWh]×13.3[円/kWh]=20,801.2[円] - 再エネ賦課金：1,564 [kWh]×2.98[円/kWh]= 4,660.72 [円]
小売事業者	+49,301.14	+50,499.41	+1,198.27	△3,128	△1929.73	- 小売料金（従量）：1,564 [kWh]×13.3[円/kWh]=△20,801.2 [円] - 再エネ賦課金：費用負担調整機関への納付金と相殺され、±0[円] - 調達コスト：1,564 [kWh]×9[円/kWh]=14,076 [円] - 再エネ交付金：下げDR前後で買取量は変化せず、±0[円] - 託送料金（従量）：1,564 [kWh]×2.3[円/kWh]=3,597.2[円]
一般送配電事業者	+10,317.8	+13,915	+3,597.2	△3,597.2	±0	託送料金（従量）：1564 [kWh]×2.3[円/kWh]=△3,597.2 [円]
再エネ事業者	+840	+22,736	+21,896	±0	+21,896	固定価格買取費用：下げDR実施前後で出力制御は生じず、変化なし

上げDR UC1 | 上げDR適用 | 需要家FE（2020年11月20日）

- **上げDRを適用した場合**のステークホルダー間での収支計算結果は以下の通り。（上げDRにより計**2,001** kWhの需要が創出）
 1. FIT特例①配分値の初期値として再エネ事業者から小売事業者に2,061 kWhの電力が供給される場合を想定
 2. 小売はFIT配分量の他に市場調達等により電力を2,561 kWh調達していると想定。
 3. 小売は自社需要を超えた分（4,622 - 2,621 = **2,001** kWh）を有効活用するため計画値を書き換え、需要家に対して上げDRを発動。
 4. 再エネ事業者は、2,061 kWhを14円/kWhにて売電するため、**28,854** 円の収入となる。
 5. 一般送配電事業者は、託送料金（従量）として、2,061 kWhを2.3円/kWhでやり取りし、**10,630.6** 円の収入となる。
 6. 需要家は、小売へ**61,472.6** 円、再エネ割賦金として**13,773.56** 円を支払うが、上げDRのインセンティブ**20,457.9** 円を受け取るため、**54,788.26** 円の支出となる。



項目	価格	単位	備考
小売料金 (通常時、従量)	13.3 円/kWh		市場調達価格9.0円/kWh + 託送料金2.3円/kWh + 小売マージン2.0円/kWh
再エネ賦課金	2.98 円/kWh		2020年5月以降の再エネ賦課金
託送料金 (従量)	2.3 円/kWh		東京電力PG 高圧標準接続サービス従量料金
太陽光FIT買取費用	14 円/kWh		太陽光FIT買取価格 (2019年度、500kW未満)
卸市場価格 (通常時)	9 円/kWh		(参考) システムプライス平均価格の実績: 2019年4-6月7.84円/kWh、7-9月8.87円/kWh、10-12月8.07円/kWh 2018年度9.71円/kWh 2017年度9.98円/kWh
卸市場価格 (上げDR時)	0.01 円/kWh		卸市場価格が0.01円/kWhになった場合 (再エネ余剰時) を想定 (= 回避可能費用も同金額で設定)

上げDR UC1 | 各種収支変化 | 需要家FE (2020/11/20)

- 収支の変化は、特に上げDR量の成績の良い11月20日の結果を利用し、下げDRを適用した場合の収支から下げDRを適用しなかった場合の収支を差し引いて算出。
- 上げDRで増加した需要量と同量の需要（**2,001 kWh**）を下げDR時に減少すると想定。
- 小売料金単価（従量）、託送料金単価（従量）は上げDR適用時と同じ料金単価と想定（いずれも昼夜間で単価が変わるケースも想定される）。
- 下げDR適用時は再エネの出力制御が生じず、下げDR適用前後で再エネ発電量は同量と想定。
- 小売事業者は販売する電力を市場取引等で調達すると想定（市場価格：**9.0円/kWh**と仮定）。

ステークホルダー	上げDRしない場合の収支額[円]	上げDRによる収支額[円]	上げDRによる収支変化[円]	下げDR実施前後での収支変化[円]	全体収支[円] (上げ収支変化+下げ収支変化)	収支変化額の内訳（下げ）
需要家	△42,669.88	△54,788.26	△12,118.38	+ 32,576.28	+20,457.9	- 小売料金（従量）：2,001 [kWh]×13.3[円/kWh]=26,613.3[円] - 再エネ賦課金：2,001 [kWh]×2.98[円/kWh]= 5,962.98 [円]
小売事業者	+28,804.79	+30,337.88	+1,533.09	△4,002	△2,468.91	- 小売料金（従量）：2,001 [kWh]×13.3[円/kWh]=△26,613.3 [円] - 再エネ賦課金：費用負担調整機関への納付金と相殺され、±0[円] - 調達コスト：2,001 [kWh]×9[円/kWh]=18,009 [円] - 再エネ交付金：下げDR前後で買取量は変化せず、±0[円] - 託送料金（従量）：2,001 [kWh]×2.3[円/kWh]=4,602.3 [円]
一般送配電事業者	+6,028.3	+10,630.6	+4,602.3	△4,602.3	±0	託送料金（従量）：2,001 [kWh]×2.3[円/kWh]=△4,602.3 [円]
再エネ事業者	+840	+28,854	+28,014	±0	+28,014	固定価格買取費用：下げDR実施前後で出力制御は生じず、変化なし

上げDR | まとめ・考察

● まとめ

- 九州電力館内のDS、DH、FEの3需要家に対し、2020年11月20日、27日において上げDRを実施した。
- ERAB検討会 第14回制御量評価WG事務局提出資料に記載された、**上げDRのUC1**について実際の需要家の需要量を勘案しながら、各プレイヤー（需要家、小売事業者、一般送配電事業者、再エネ事業者）の収支計算を実施した。

● 考察

- DS、DH、FEそれぞれの需要家の結果を比較すると、再エネ事業者の収益が比較的高い。本UCではインセンティブは小売事業者から捻出されているが、再エネ事業者も需要家のDRによる恩恵を受けているため、インセンティブの出どころとしては再エネ事業者からも捻出してもよいのではないかな。
- 特に今回の場合は小売事業者が最終的に赤字となっているため、小売事業者が赤字にならない程度のインセンティブを設定すべきではないかな。

下げDR

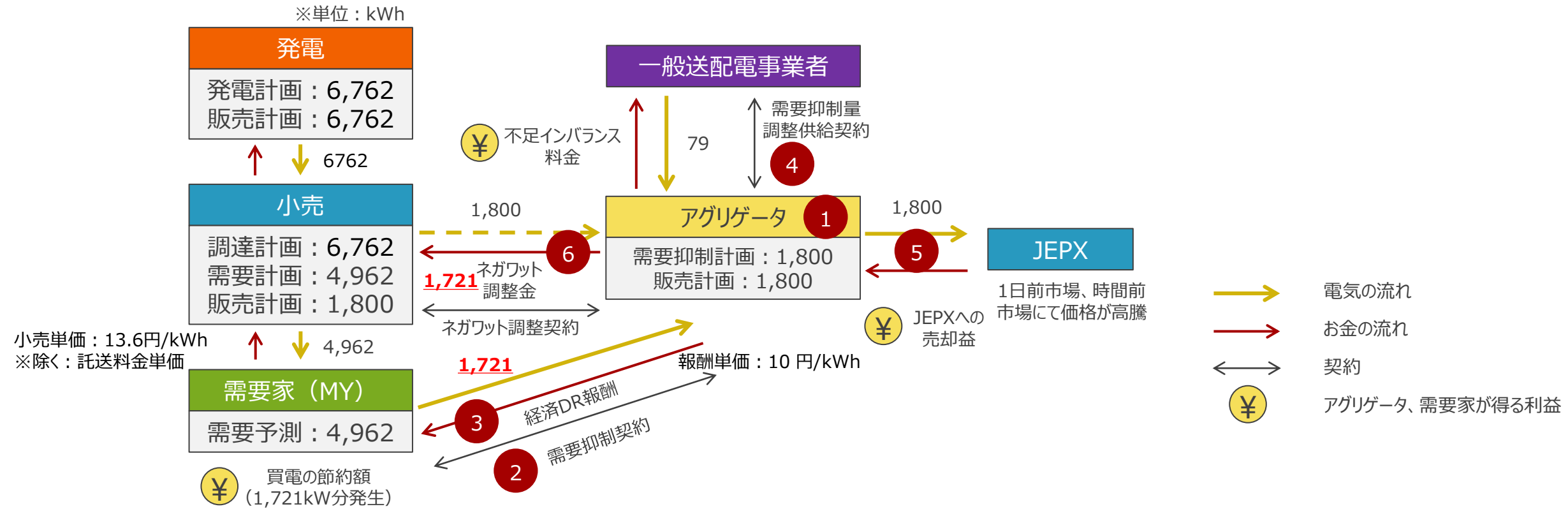
azbil

© Azbil Corporation. All rights reserved.

下げCase4 | 下げDRによる各プレイヤーの収支変化

- 需要家MYの需要は、当日ベースラインの平均値を平均需要電力と仮定すると、2,254 kWであり、電力量は6,762 kWhとなる。この電力量を6コマ分における需要家MYの需要量と仮定した。
- 小売は下げDRによる需要家からの収益減少とネガワット調整金による収益増加が相殺されるように小売単価を設定した。

項目	17:00～17:30	17:30～18:00	18:00～18:30	18:30～19:00	19:00～19:30	19:30～20:00	計
アグリゲータ収益変化 (利益－ネガワット調整金－不足インバランス料金) [円]	71,967	61,897	80,818	63,296	79,505	67,422	424,905
小売収益変化[円] (ネガワット調整金－DRによる売上減)	0	0	0	0	0	0	0
需要家収益変化[円] (DRによる節約＋DR報酬)	7009.2	6372	7009.2	6419.2	6962	6844	40,616



下げDR | まとめ・考察

● まとめ

- 東京電力管内の需要家MYに対し、2021年1月12日におけるJEPX時間前市場の高値価格を利用した。
- アグリゲーターがDRを発動するスキームにおいて、各プレイヤー（需要家、小売事業者、アグリゲーター）の収支計算を実施した。

● 考察

- 当該日は制御量が契約ネガワット量に達していないため、不足インバランスが発生している。インバランス料金算定基準となるスポット・時間前市場の価格も高騰しているため、不足インバランスは高めに評価されているがそれでも下げDRにより各プレイヤーは利益を出すことができている。
- 現在の仮定においては需要家よりもアグリゲーターが多く収益を上げられている。需要家への報酬単価がもう少し高くてもよい（折半など）事が考えられる。

市場価格連動上げ下げDR まとめと今後の展望

● まとめ

- JEPXの価格に連動した**上げDRシナリオの選定、下げDRのシナリオの作成**を行った。
- 想定した上げまたは下げシナリオについて、実際に下記のサイトで実施し、**上げ下げ量、価格規模**を検証または試算した。
 - ◆ 東京エリアにて1建物で1回実施
 - ◆ 九州エリアにて3建物で2回実施
 - ◆ 価格は上げ：「需要家」、「小売事業者」、「一般送配電事業者」、「再エネ事業者」の4者、下げ：「需要家」、「小売事業者」、「アグリゲーター」の3者を考慮した。
- DR実施日におけるJEPX価格と太陽光発電量の関係について考察を行った。

● 課題

- 現状、JEPXにおいて既に約定された価格を用いた試算を行っているが、実ビジネスでは価格は事前に分からないため、**価格を予測する**必要がある。
- 上げDRにおいて、今回考慮したUC1においては、再エネ事業者からのインセンティブも考慮すべきではないか。

● 今後の展望

- 実取引を見据え、**JEPX価格の予測**を行うことでメリットを最大限にする推計を行う。

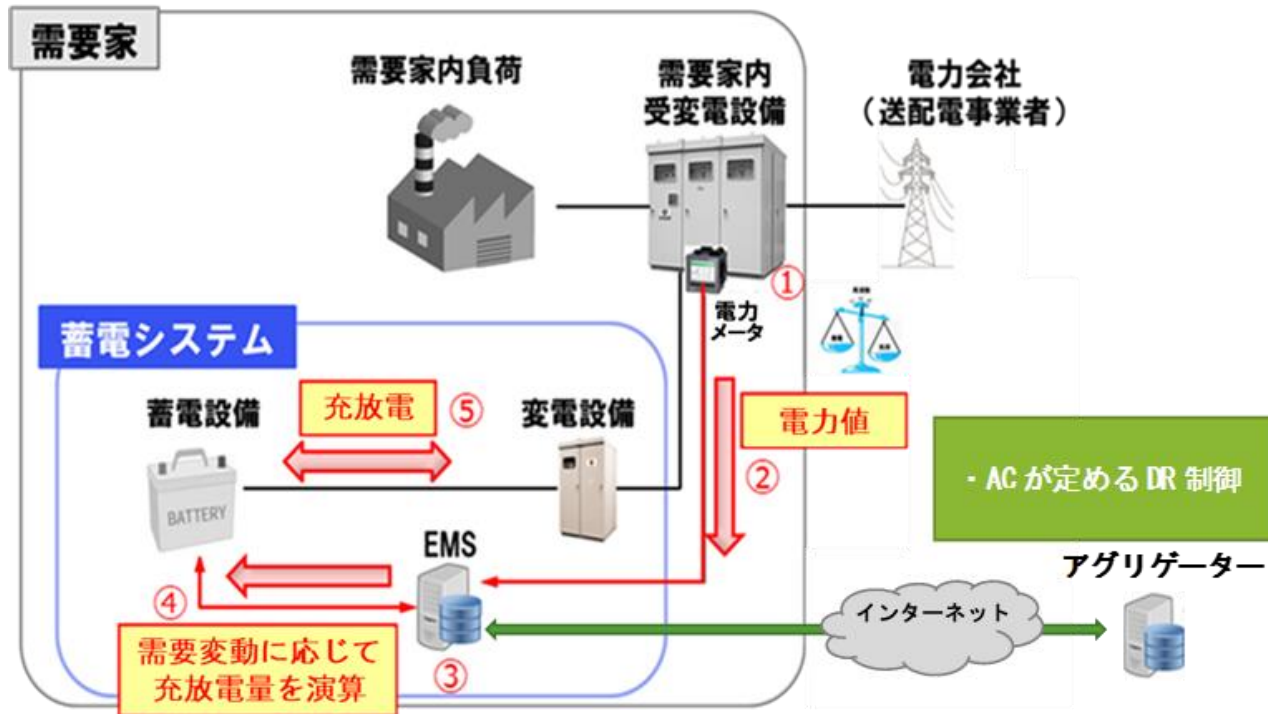
3.3 AC-RA連動実証



AC-RA連動実証 概要

- **AC（アズビル）－RA（日本工営）－需要家（ENEOS）**のスキームにおいて、**蓄電池**を活用し、市場価格に連動したDR指令に基づいた制御実証を行った。日本卸電力取引所（JEPX）において、当日の電力価格を確認し、適正な制御時間帯を確定して上げ下げDR制御を実施した。
- 本実証では、①**市場価格連動上げ下げDR実証におけるDR制御の実施**、②**成功判定基準内への電力値の保持**を実施項目とする。
- システム構成、蓄電池仕様ならびにDR発動メニューは以下の通り。

■システム構成



■蓄電池仕様

エネルギー リソース	対象 電力管内	PCS出力 (kW)	蓄電池容量 (kWh)
蓄電池	九州電力	100	59.5
蓄電池	東京電力	30	150.0

■発動メニユー

項目	JEPX価格連動DR
指令値変更の有無	なし
調整依頼の通知タイミング	当日制御開始1時間前
1回あたりの持続時間	3時間
基準値	High 4 of 5（当日調整あり）
計量単位	30分データ
適用期間	2020年11月19日～2021年2月24日
調整依頼回数	計8回
契約DR容量	上げDR：-10kW 下げDR：20kW
成功判定基準	契約DR容量の100%以上

AC-RA連動実証 結果（上げDR）

結果

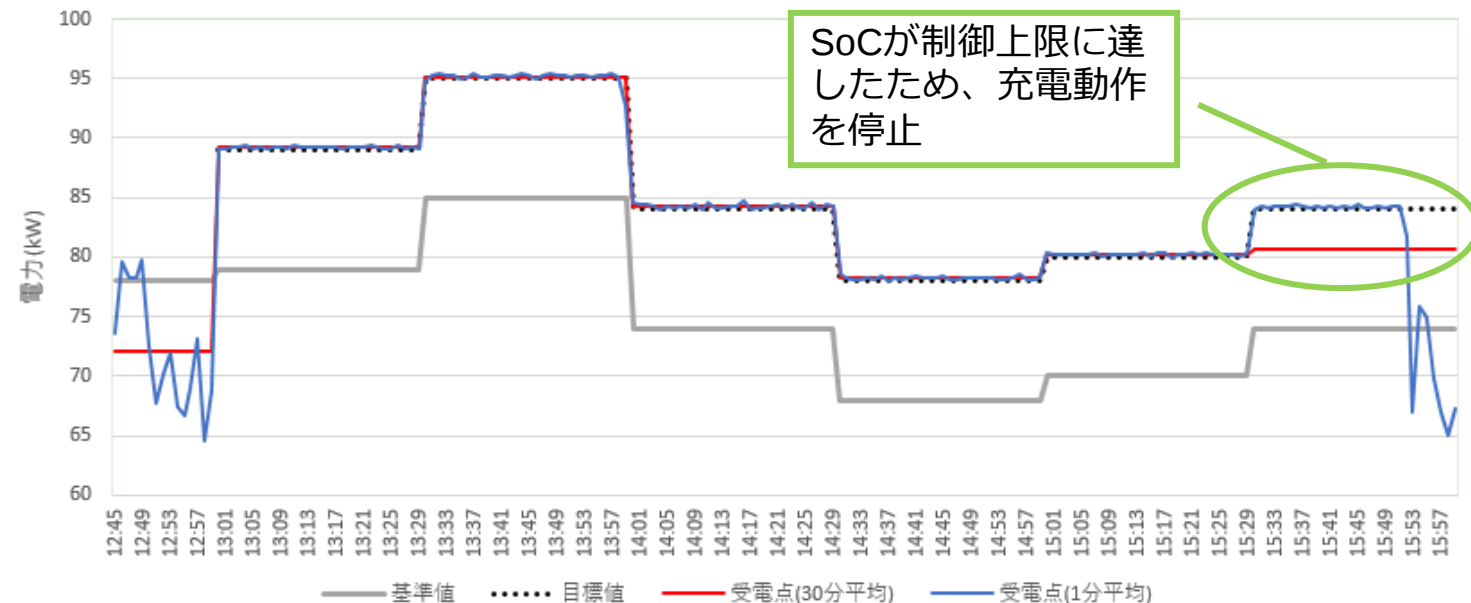
- High4of5による予測よりも**実需要量が多い場合**、蓄電池の充電電力は**指令量よりも小さい充電**をするため、蓄電池上限容量に余裕をもって制御が行われた。
- High4of5による予測よりも**実需要量が少ない場合**、蓄電池の充電電力は**指令量よりも大きい充電**をするため、主に制御後半に蓄電池上限容量に余裕が無くなり、制御失敗となった。

■ 各DR発動日における結果

DR発動日	実施時間帯	成功コマ数
2020年11月19日	13:00-16:00	6 / 6
2020年11月26日	13:00-16:00	5 / 6
2020年12月4日	13:00-16:00	5 / 6
2020年12月9日	14:00-17:00	6 / 6
2020年12月15日	13:00-16:00	6 / 6
2020年12月21日	14:00-17:00	6 / 6

■ 成功未達の事例：2020年12月4日

- 6コマ中5コマで成功である。
- High4of5による予測よりも**実需要量が少ない**ため、蓄電池の**充電電力**としては指令量-10kWよりも**大きい充電**が行われた。
- 大きい充電により、15時50分頃に**SoCが制御上限に達し充電動作を停止**したため、15時30分～16時のコマで制御失敗となっている。



AC-RA連動実証 結果（下げDR）

結果

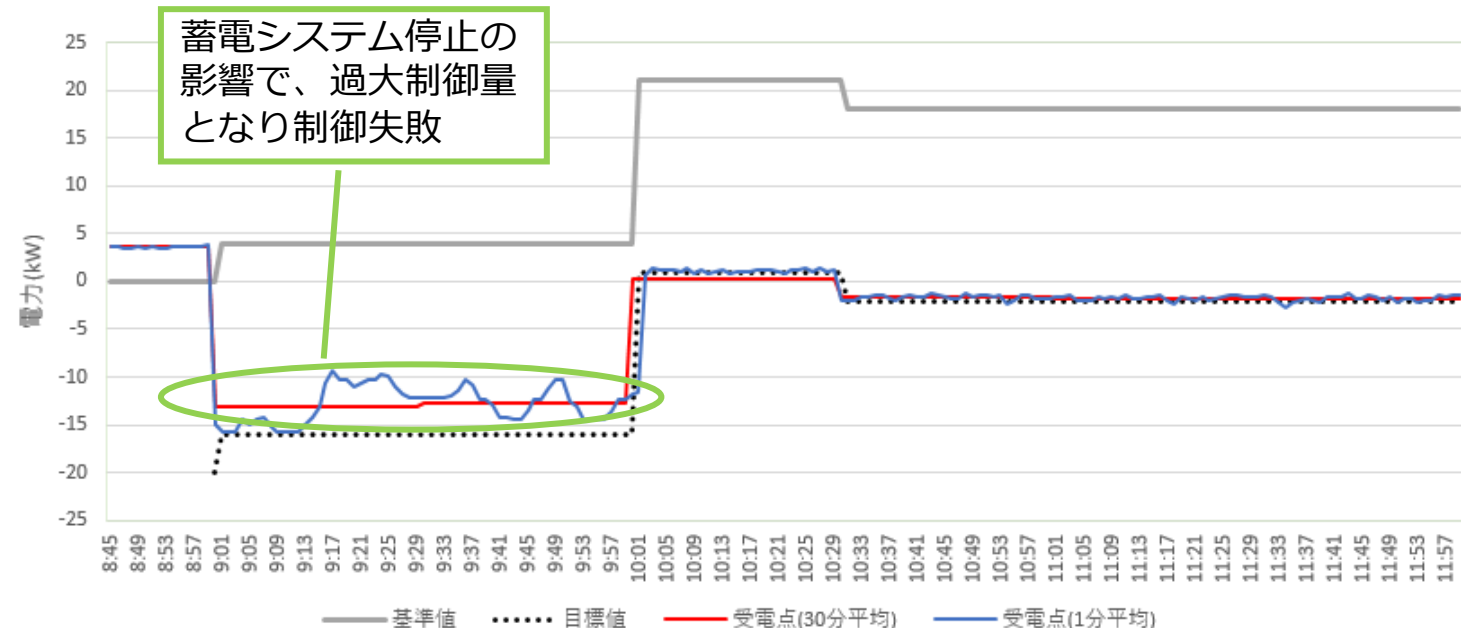
- High4of5による予測と実需要量に大きな乖離がない時間帯において、受電点電力が目標値に対してわずかに不足したため未達となる場合がある。
- High4of5による予測が実需要量より大きく下回る場合、蓄電池システムの**最大放電電力を上回る制御量**が要求され、受電点電力と目標値の**誤差が大きくなり未達**となる場合がある。

■ 各DR発動日における結果

DR発動日	実施時間帯	成功コマ数
2021年2月19日	14:00-17:00	0 / 6
2021年2月24日	9:00-12:00	1 / 6

■ 成功未達の事例：2021年2月24日

- 6コマ中1コマで成功である。
- 9時~10時では、実証直前まで蓄電システムが停止していた影響で**当日補正**が正しく算出されず、High4of5による予測が実需要量より大きく下回った。そのため、蓄電池システムの**最大放電電力(30kW)**を上回る**制御量**が要求され、受電点電力と目標値の**誤差が大きくなっている**。
- 10時~10時30分では、10時以前の制御が3分間継続され、実績値（30分平均値）を押し上げたため制御成功となっている。
- その他の時間帯では、受電点電力が目標値に対して0.3kW程度不足した。



AC-RA連動実証 課題、今後の展望

- 今回の実証における課題は、**ベースライン予測精度**と**蓄電池SoC管理**が挙げられる。
- **ベースライン予測精度**
 - High4of5（当日補正あり）は当日補正により、1日単位での需要の差異を補完することができる。しかし、需要家内で**突発的な需要変化**が発生した場合には**予測値と乖離**してしまう。
 - 今後は、電力データに加えて気象データや需要家のスケジュールを予測に**機械学習**などを利用することで**ベースライン精度向上**をすることができると考えられる。
- **蓄電池SoC管理**
 - [制御量×制御時間]の電力量に加え、ベースライン予測による誤差で発生する**追加制御量**を踏まえた**蓄電池の容量**を確保することが求められる。
 - 今後は、蓄電システム選定時にこれらの電力量を考慮した容量を選択する必要がある。
 - さらに運用面でも、制御開始時の**SoC**を蓄電池の**利用可能電力量**を考慮した値で準備しておくことで、SoCの上下限值に達することによる制御失敗を**回避**できる対策をとるべきと考える。

3.4 価格予測



価格予測 概要

- 市場価格連動上げ下げDRを実行するにあたり、**JEPX各種市場**の価格変動の状況を的確に捉えることで、需要家はそのメリットを最大限に享受できるシステムを構築する必要がある。
- 現状、本システムは人が価格変動を予測して市場取引の判断を行っているが、将来的には**AI技術**を活用し、JEPX各種市場のみならず**相対取引**においても、それぞれの特徴を勘案した精度の高い**価格予測**を実行できるよう機能拡張を図りたい。
- 本年度は、JEPXにおける**スポット市場（1日前市場）**の取引価格をターゲットとし、価格予測の実現可能性とそのレベルを探るため、いくつかの簡単なデータ分析に取り組んだ。

価格予測 実証内容・結果、今後の展望

- 2020年11月のスポット市場エリアプライス（九州）の予測に関連した簡単なデータ分析をオフラインで実行した。

- 11月のスポット市場平均取引価格が最も安くなる時間帯 **11時～14時をターゲット** とする。
- 気象データ（当日実績）の変動のみから取引価格の予測を試みた。

- 使用データ

- ① JEPX スポット市場の取引価格データ（2019,2020年）
- ② 気象庁 九州地区の気象データ〔気温、日射量〕（2019,2020年）
- ③ カレンダー情報「平日/休日」（2019,2020年）

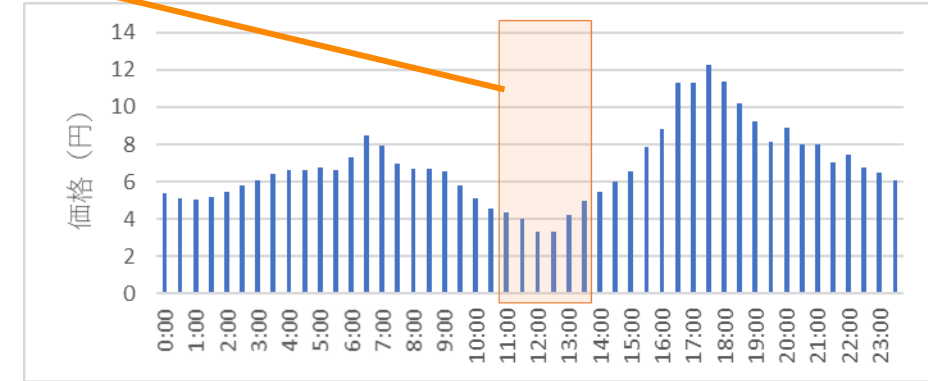
- 結果

- 11月16日～30日のデータにおける実績と予測との誤差は、**0.1円～1.8円**の間に収まっていた。
- 気象データのみからでは十分な予測精度を得られていないが、価格変動の傾向をある程度は把握することができた。

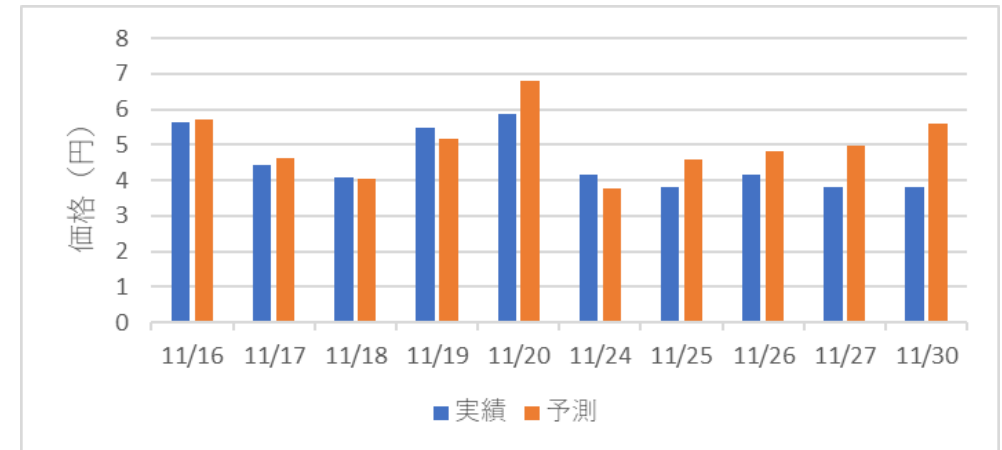
- 今後の展望

- スポット市場価格データや気象データ（実績および予報値）、ならびに他の市場価格に影響を及ぼすデータを加味して、予測精度向上を期待すべく設計をしていく。

スポット市場 平均取引価格（2019/11&2020/11）



スポット市場 価格予測結果（11-14時平均）



4. 独自実証



4.1 仮想需要家実証



仮想需要家実証 概要

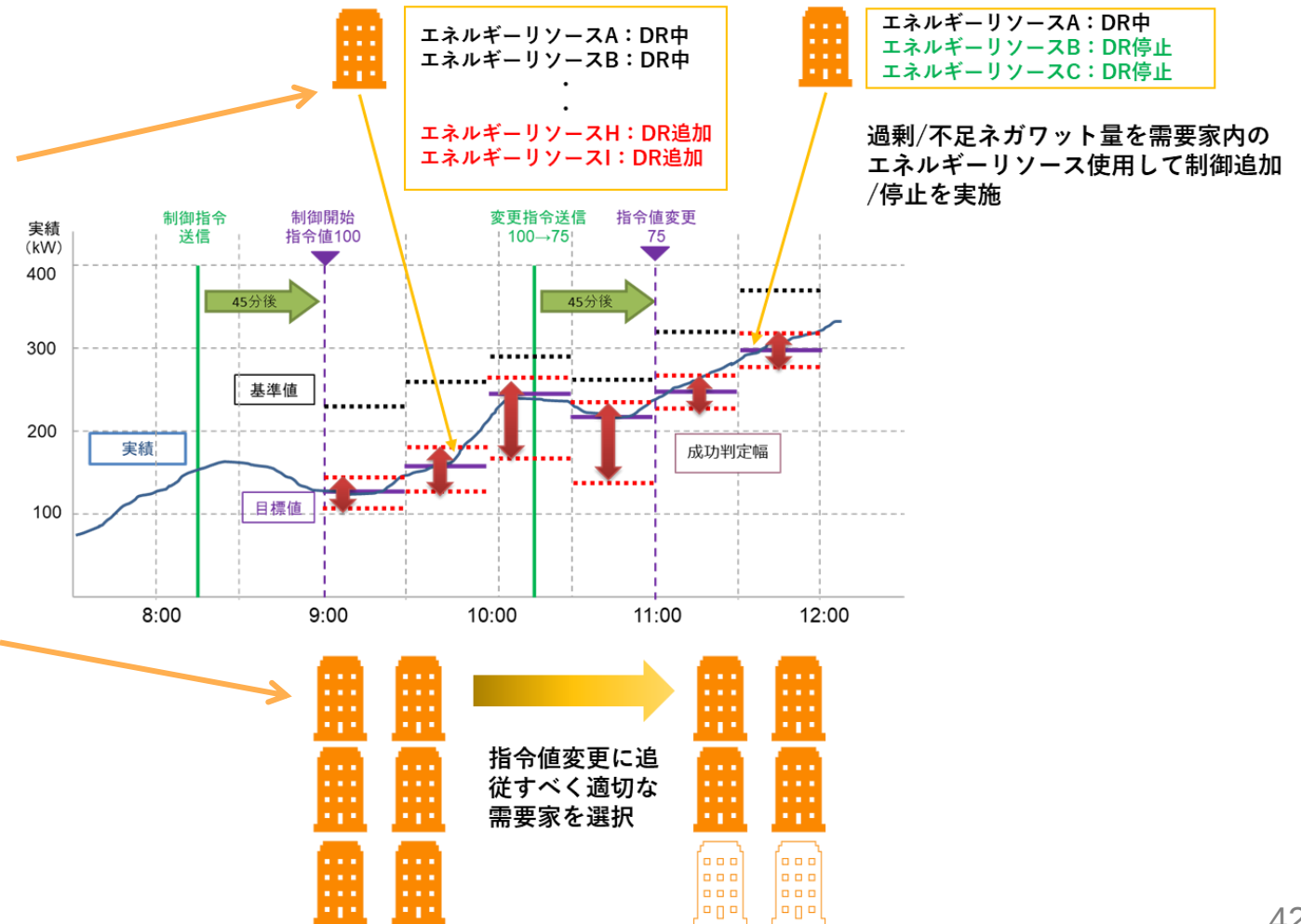
- 三次調整力②は、指令値変更に対して素早く追従することが必須要件である。
- 共通実証から、適切な需要家のディスパッチあるいは過剰ネガワット量算出の課題が浮き彫りになった。それら課題を解決するために、制御指令時に適切な需要家を割り当てる**AIディスパッチ機能**、過剰/不足ネガワット量をリアルタイムで管理し需要家内のリソースを使用して制御を実施する**フィードバック制御**をAutoDRシステムに追加実装した。
- 機能検証は**仮想的な需要家**を構築し、**三次調整力②**の要件で実証を行い**成功判定向上**に努めた。

【フィードバック制御】

- 基準値と1分周期の受電電力量から**リアルタイムのネガワット量を計算**し、ネガワット不足の場合、エネルギーリソースを追加する。

【AIディスパッチ】

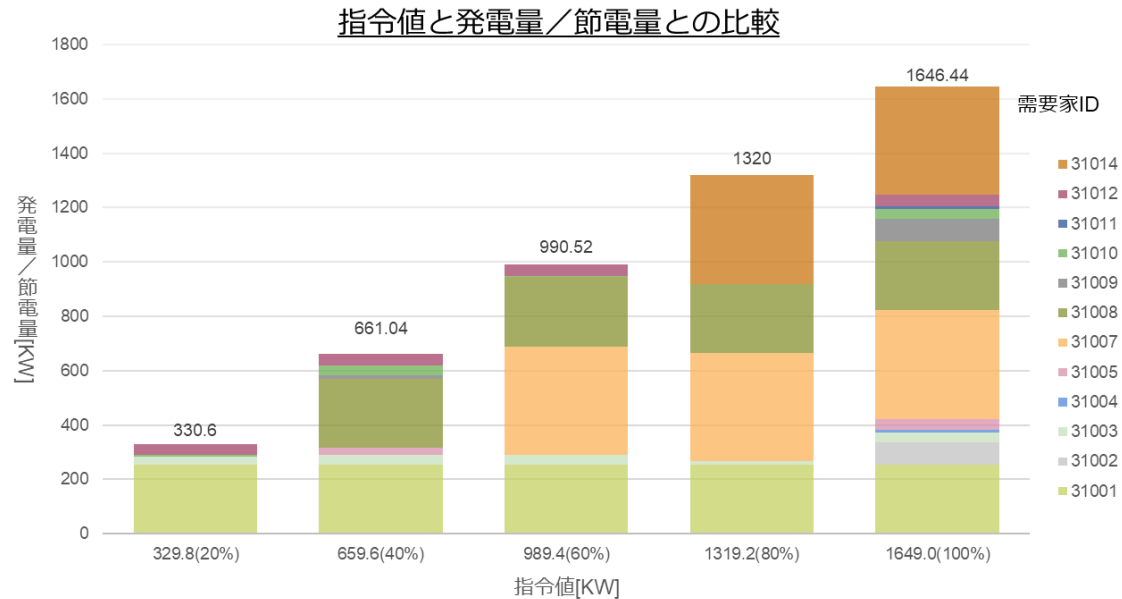
- 指示された指令値に基づき、適切に**需要家を割り当てる**。
- AIディスパッチは**学習機能**を備えている。学習結果に基づいて、安定した発電や節電を見込める需要家のエネルギーリソースを**優先的に使用**することや、エネルギーリソース発動時の発電量や節電量として**予測値**を用いることにより、精度の高い**ディスパッチ計画**を作成している。
- エネルギーリソースの発動に関して、制約条件がある場合はそれを考慮する機能も備えている。



仮想需要家実証 結果

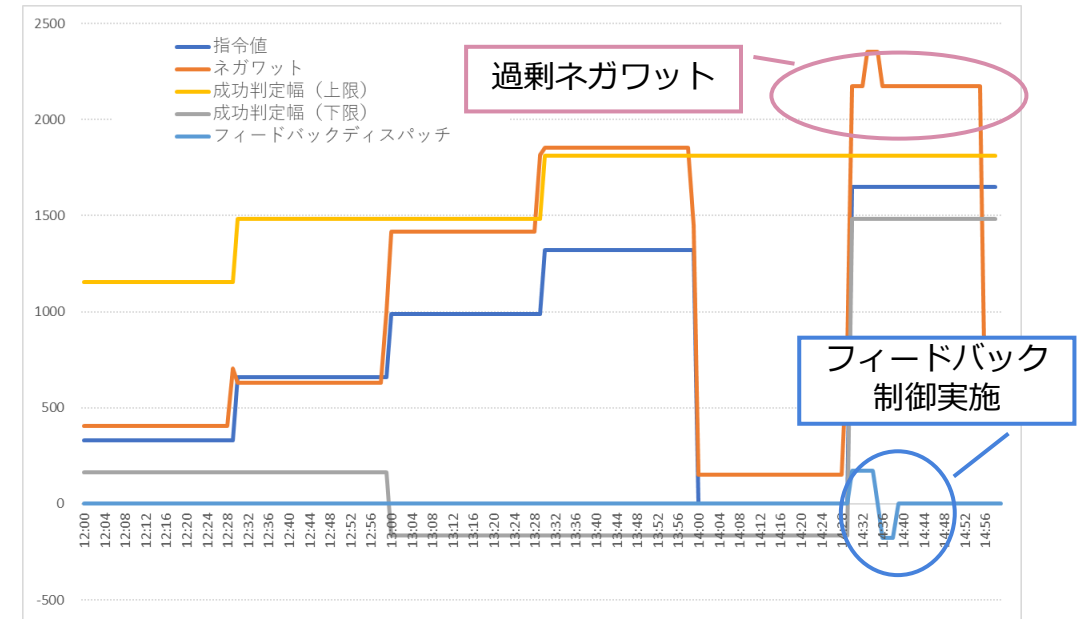
■ AIディスパッチ

指令値変更に対して、**AIを活用**して安定した節電量が見込める需要家を**優先的に割り当て**ている。



■ フィードバック制御、基準値

成功判定は**4/6（約83%）**である。
過剰なネガワットが創出されており、フィードバック制御は実施されたが制御チューニングができていなかった。



三次調整力②での成功判定を達成するには本機能は必須と考えている。指令値変更後における**フィードバック制御の精度を向上**させるために、制御のチューニングを実施し実需要家に対して検証を行う。

4.2 熱源水蓄熱実証

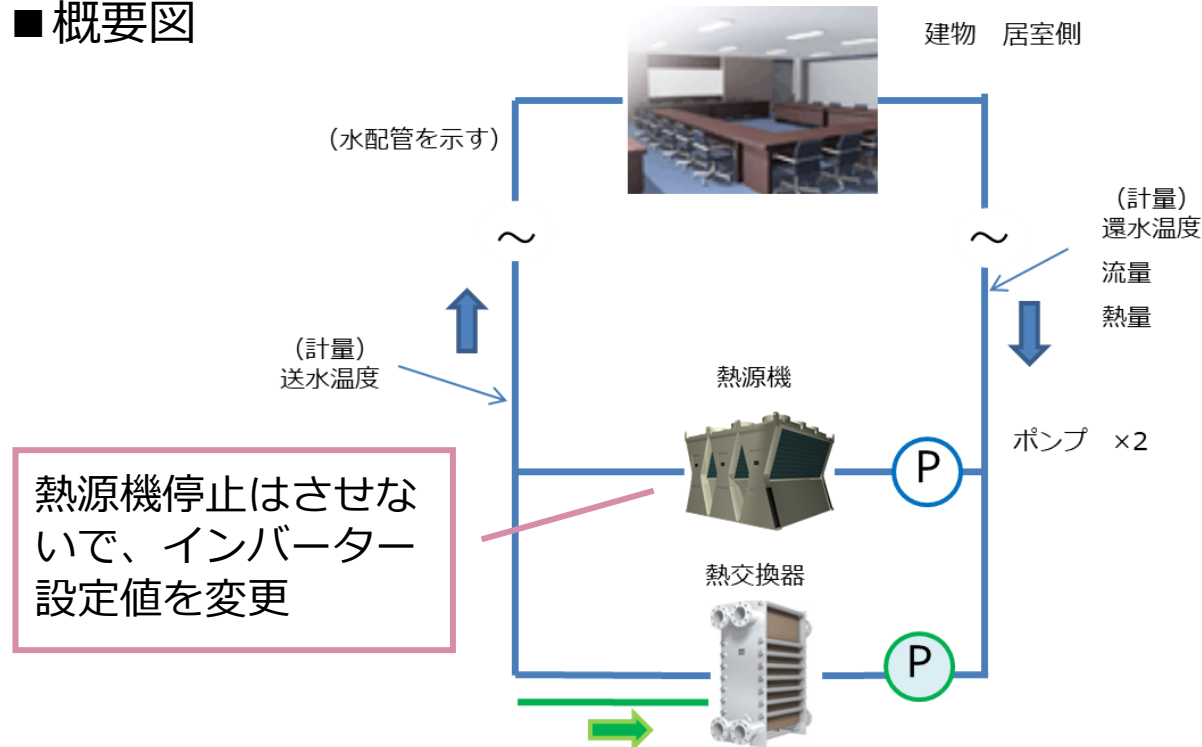


熱源水蓄熱実証 概要

背景と目的

- これまでの実証事業において、空調分野におけるネガワット量は**設備の停止**で創出していた。設備の停止においては、**再起動防止時間などの制約**がある。そのため、設備を停止せずに**インバーターが付帯**している設備においては、その**設定値を変化**させることでネガワット量を創出できれば、需要家は**三次調整力**などの市場に参入しやすいと考える。
- 今回、インバーター設定値変更のDRを成功させることで空調分野におけるネガワット量創出ならびにVPP事業に適用の範囲を拡大することが目的である。

■ 概要図



■ 需要家情報

用途：大学
規模：27,760m²（延床面積）
方式：集中熱源方式
モジュールチラー他

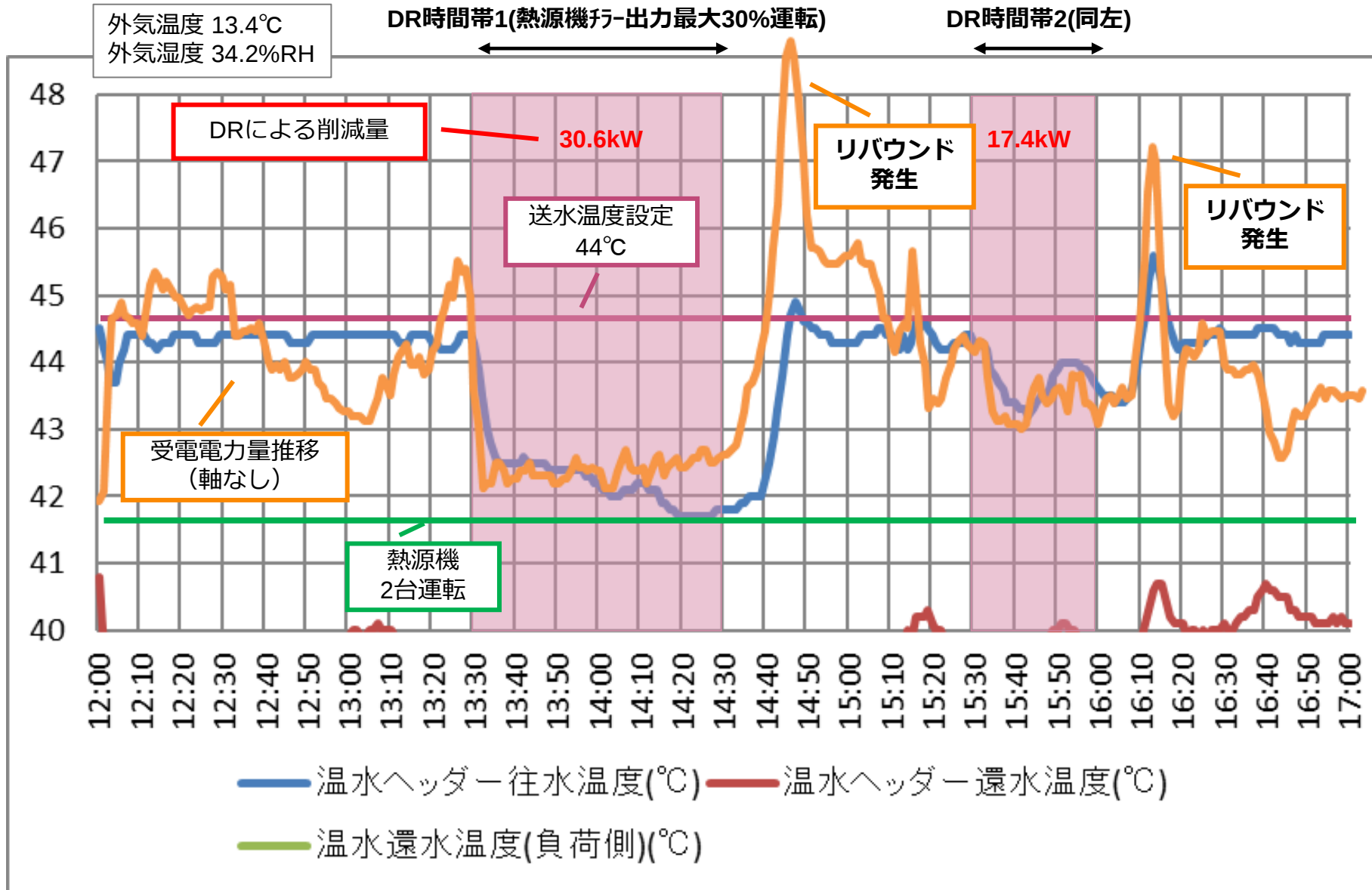
■ 実施日

- 1月14日（木）、1月20日（水）

■ 実証概要

- 熱源機を停止させず、**インバーター設定値を変更**する事で**ネガワット**を創出する実証である。
- DR解除後の**受電電力量リバウンドを抑制**するための制御の立ち上がりを工夫する。

実証試験結果(2021年1月14日)



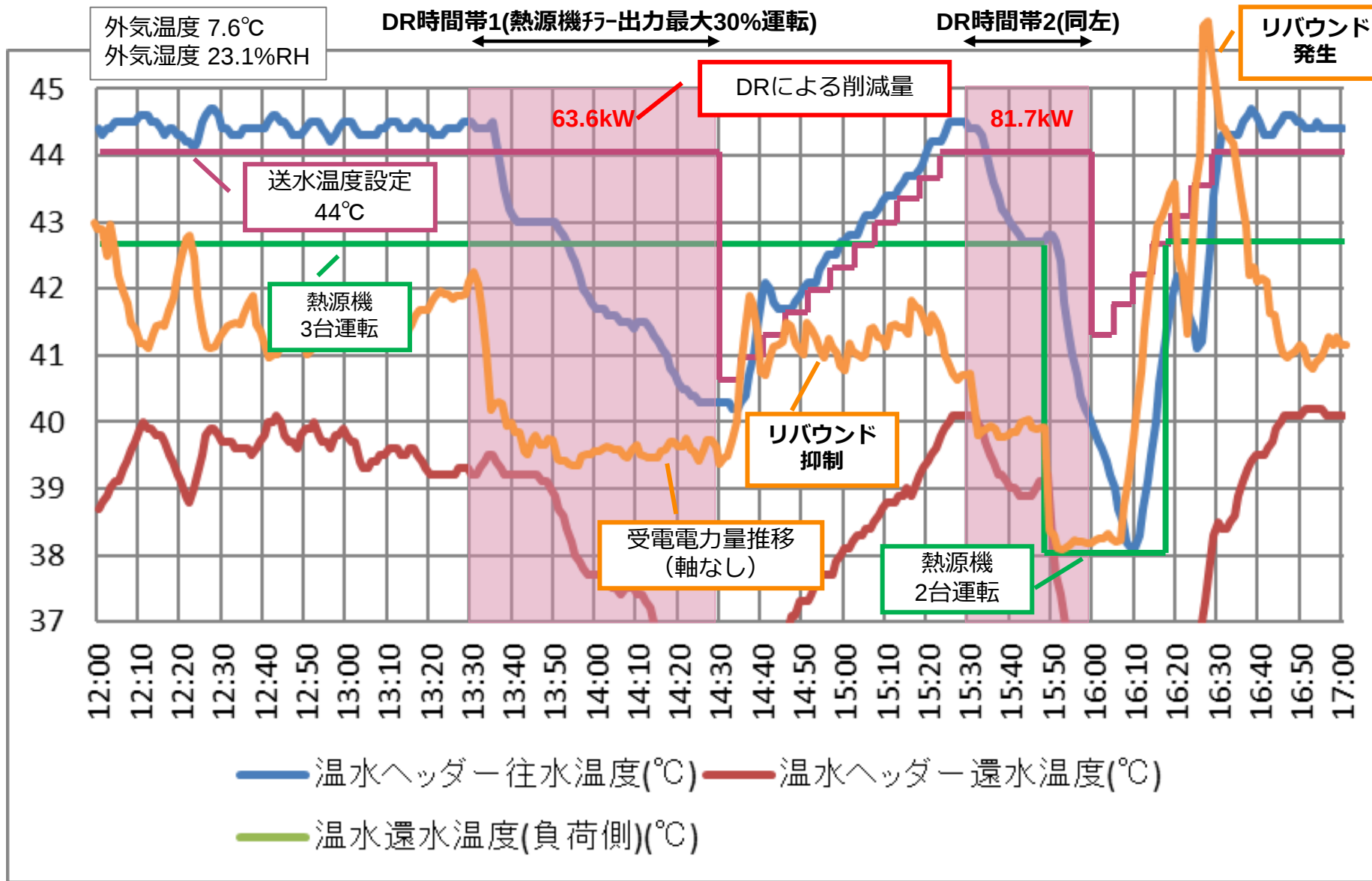
送水温度設定変更なし、ならびに熱源機2台運転のまま、熱源機のインバーター出力を30%まで落とすことによるネガワット量を算出した。しかし、前年度と同様DR解除後には受電電力量のリバウンドが発生した。

ネガワット量

DR時間帯1：1時間制御継続で約30kW

DR時間帯2：30分制御継続で約17kW

実証試験結果(2021年1月20日)



今回はDR解除後のリバウンド回避のため、DR解除後に送水温度設定値を下げて、次のDR開始時まで徐々に設定温度を上げてリバウンド回避策を実施した。
DR制御は前回同様に熱源機のINV出力を30%まで落とすことによるネガワット量を算出した。

ネガワット量

DR時間帯1：1時間制御継続で約64kW

DR時間帯2：30分制御継続で約82kW

課題と解決策、今後の三次調整力②に向けて

課題

- DR解除後の受電電力量の**リバウンド**が発生する。

解決策

リバウンド抑制の手法として熱源機の**送水温度設定値を段階的に上げる**ことを実施した。（2021年1月20日）

- DR時間帯1：送水温度設定値を下げていても受電電力量のリバウンドの発生はあったが、DR発動前と**同程度に抑えられた**。従って、リバウンドの抑制成功したことから、**解決策の1つ**と考える。
- DR時間帯2：DR制御中に**熱源機の減段が掛かりDR解除後に増段**となったため、大幅なリバウンドが発生した。送水温度設定値の対応だけではリバウンドを押さえられないケースが分かったため、DR発動中およびDR解除後の一定期間は、**熱源機の台数制御無効化**の検討が必要と考える。（台数制御停止中の負荷変動実証も必要である。）

結論

- 昨年度から熱源機（モジュールチラー）におけるネガワット量創出とそれに伴うDR解除後リバウンド抑制対策を実施してきた。使用したモジュールチラーにおけるネガワット量は**インバーター出力変更**により約17～82kWの**創出が可能**である。
- 送水温度設定値の**段階的上昇制御**によりリバウンド抑制は**成功**した。更にリバウンド抑制に効果的と考えられるのは、モジュールチラーのインバーター出力値の段階的上昇であるが、送水温度の回復時間の検証が必要と考える。

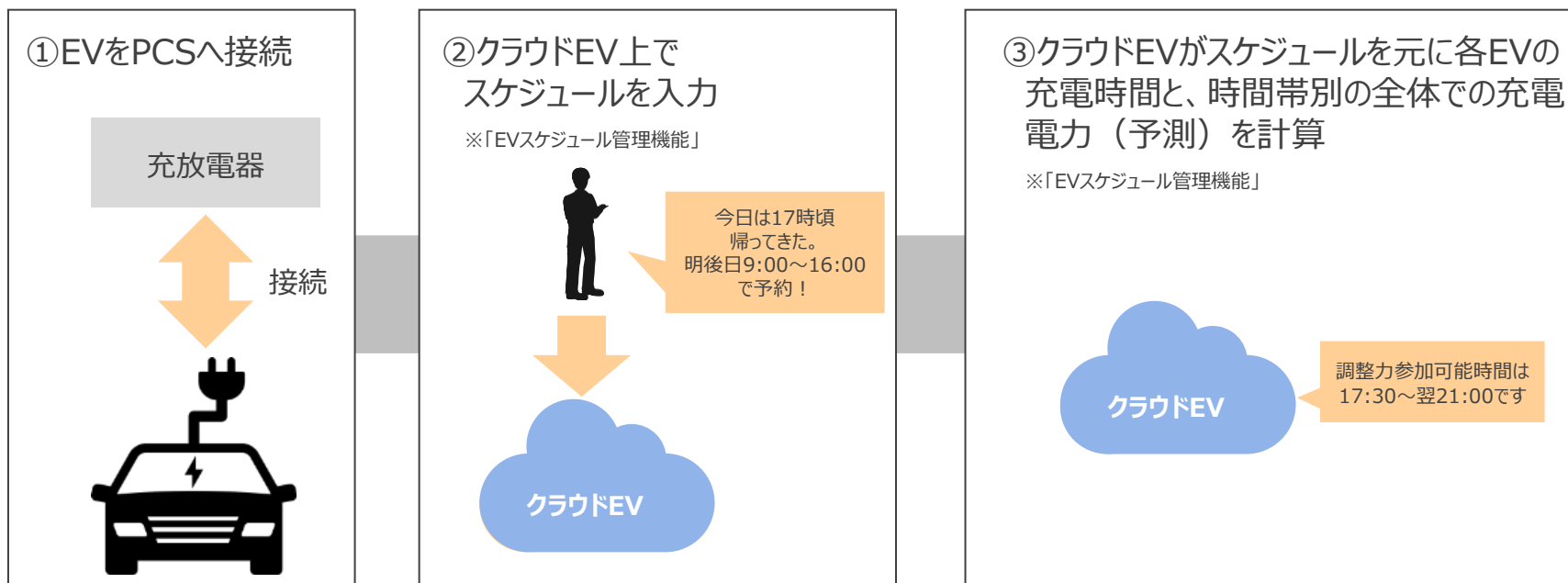
三次調整力②に向けて

- 今回の実証でインバーターの出力値を変更してネガワット量創出が可能である事が分かったため、三次調整力②の**指令値変更に対応できる**リソースとしての役割は期待大である。

4.3 EV実証

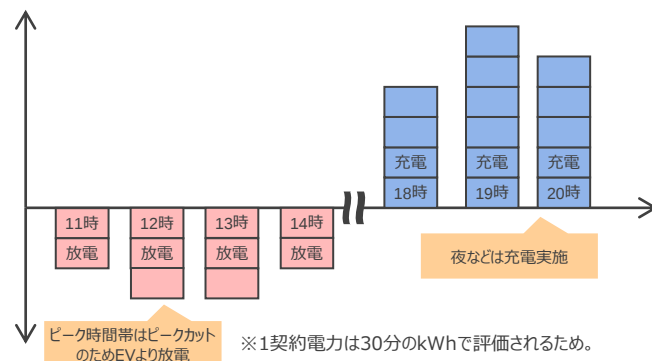


④電力デマンド抑制機能 | シナリオ



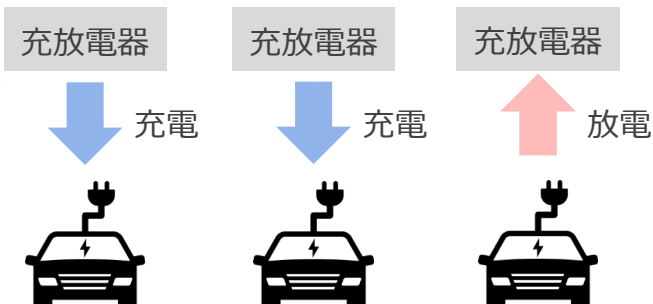
実証

④クラウドEVが現在の電力デマンドとEVの優先度をもとに30分毎※1に充電計画を策定



実証

⑤電力デマンドを見ながら充電計画を修正し、一定の電力を超えないように制御を行う。



シミュレーションパラメータ

- 蓄電容量、充電電力、放電電力についてはEV充放電制御アルゴリズム検証のため市販のスペックを参考にしつつ実際よりも多めとした。
- EVを、利用予約とSoCの状態により3つに分類し、状況に応じて充電・放電を切り替えることによりピーク時間帯はピークカット動作、ピーク時間帯以外では充電動作を主に実施するようにした。
- モデル需要家は弊社研究所とし、2019年9月10日の電源 I 'が発動された日の需要電力を利用した。

EV別パラメータ

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
名前	EV1	EV2	EV3	EV4	EV5	EV6	EV7	EV8	EV9
蓄電容量(kWh)	200	200	200	200	200	200	200	200	200
充電電力(kW)	30	20	30	20	30	20	30	20	30
放電電力(kW)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
SoC(%)	40	30	40	50	40	90	95	90	95
EVの状態	1	1	2	2	2	3	3	3	3
充電計画 - 充電開始時刻	2019/9/10 20:00	2019/9/10 20:00	—	—	—	—	—	—	—
充電計画 - 充電終了時刻	2019/9/11 6:00	2019/9/11 6:00	—	—	—	—	—	—	—
放電時下限SoC(%)	5	10	30	30	30	30	30	30	30
充電時上限SoC(%)	95	90	95	90	95	90	95	90	95

システムパラメータ

項目	値
充電禁止時間帯の開始時刻	6:00
充電禁止時間帯の終了時刻	20:00
シミュレーションの開始時刻	2019/9/10 0:00
シミュレーションの終了時刻	2019/9/11 0:00
シミュレーション実行時の時間分解能	30

EVの状態

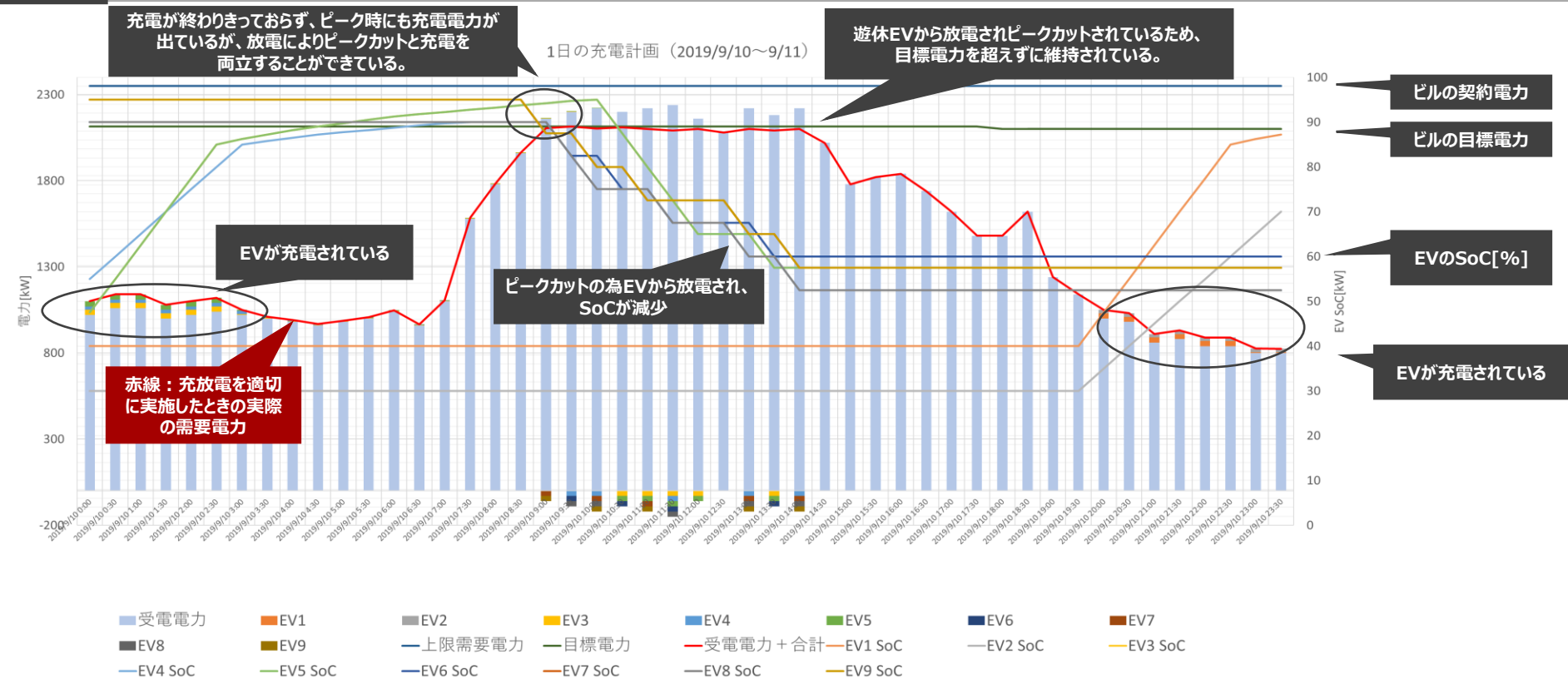
状態名	値	定義
通常EV	1	スケジュールが入っており、次回利用するタイミングがが確定しているEV
次期遊休EV	2	スケジュールが入っておらず、一旦満充電にされたあと次回利用するタイミングが確定していないEV
遊休EV	3	スケジュールが入っておらず、充放電機に接続されたあとに満充電になっていないEV

電力データ

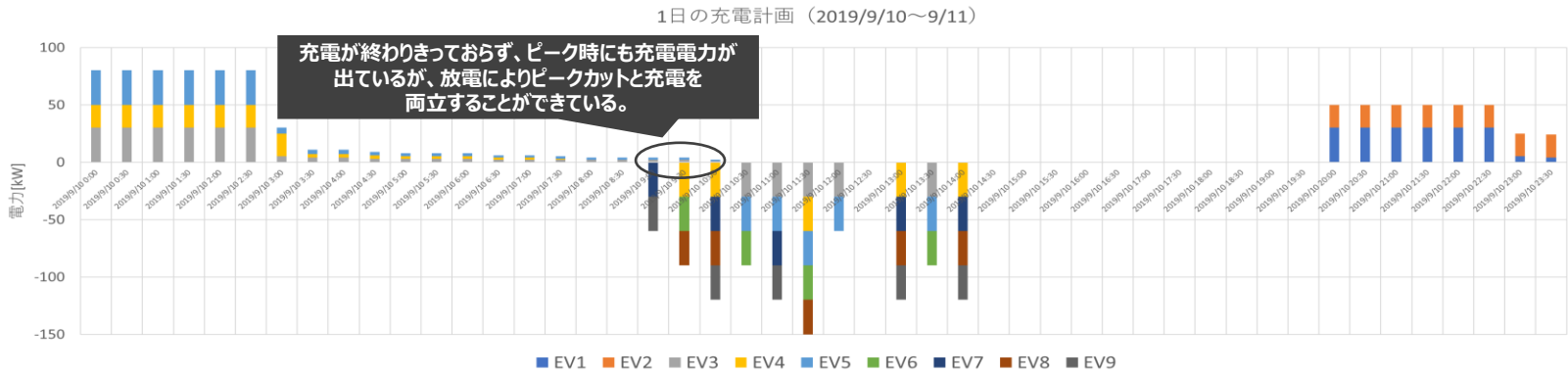
データ	値
需要電力	弊社研究所 2019年9月10日～11日
契約電力	2350 kW
目標電力	日中（6:00～20:00） 2100 kW 夜間（上記以外） 2115 kW

結果

弊社研究所需要電力と
各EVの充放電電力グラフ



EVのみの充放電電力グラフ



まとめ・考察

● まとめ

- ピーク時間帯において、需要電力 > 目標電力の場合、EVから放電されピークカットがされていることが確認できた。特に、一部EVにおいて充電が終了しておらずピーク時間帯に突入した場合でも、他EVにおいて放電容量に余裕があれば放電しながら充電を実施し、EVを最適に充電する事ができることを実証できた。
- ピーク時間帯以外において、需要電力 < 目標電力の場合、EVに対する充電を実施できた。

● 考察

- 弊社研究所において、負荷率（平均電力／最大需要電力）が低いため、ピーク時間帯以外においては複数のEVを同時に充電する余地があることがわかった。同じような負荷率をしている需要家においては本アルゴリズムが有効に作用すると考えられる。

5. 全体を通じて得た知見、及び残る課題



7. 全体を通じて得た知見、及び残る課題

知見

- ビルにおける空調機・熱源設備・蓄熱層・CGS・電気自動車への制御、あるいは工場における生産プロセスをシフトする等で、**ネガワット/ポジワットが創出可能**である。
- 各需要家の成功判定にバラつきが発生しても、**アグリゲーターが各需要家を束ねること**で各市場における**成功確率が高くなる**。それにより、**電源 I'**や**容量市場への参入は可能**となった。
- 三次調整力②は指令値変更に従従するためのエネルギーリソースの組み合わせ、ならびに素早い制御応答性能**により参入の可能性は高くなると考える。
- 市場価格連動の実証を通して、電力需給とJEPX価格連動の状況を把握することができ、電力余剰ならびに不足を補完できるビジネスモデルについて検討している。

7. 全体を通じて得た知見、及び残る課題

課題

● 課題 1：パルスレート

- 継続的に大きな課題の1つとしてパルスレートの問題がある。大規模建物におけるスマートメーターからの受電電力量は、**10kWh/パルスや100kWh/パルスの需要家**がいるため、三次調整力における1分値データの使用時には60倍でぶれてしまう。
- 制度面：CTセンサー等による**アナログ値（kW）**を**成功判定**に寄与できるデータとして扱えるようにすべきと考える。
- 技術面：CTセンサー等を設置する際に、**停電**を伴う工事が必要となる場合がある。また、別途機器設置のため**コスト増の要因**でもある。

● 課題 2：事前審査における5分単位での制御基準

- 三次調整力②の商品要件（リクワイアメント）は30分単位での制御基準である。今までの実証で30分では要件を達成しても事前審査の5分単位で要件が未達であれば、市場に参入することができない。
- 制度面：**事前審査基準**を三次調整力②の商品要件である**30分単位で合わせる**ことができれば参入しやすくなると考える。

● 課題 3：機器点計測

- **受電電力量**における計量を用いて**応動評価**がなされている。受電電力量配下にはエネルギーリソース以外の**他設備**もあり、その**電力需要変動に影響**され、正確な応動評価は**できない**と考える。
- 制度面：応動評価において、**個別機器に接続**したメーターで**応動評価を可**とする制度にすべきと考える。

6. その他特筆すべき事項（任意）



来年度に向けて

- 三次調整力②は、**指令値変更**に**追従**できる必要がある。今までの実証を通じて、**AutoDRシステム**を使用して**多彩なエネルギーリソース**を**統合制御**することは可能であるが、その成功判定は高くはない。
- 来年度は、以下の**課題解決**に伴い、**三次調整力②**に**参入予定**とする。
 - AutoDRシステムに追加実装した**AIディスパッチ**や**フィードバック制御**における課題を解決・精度向上することで、受電電力量配下にあるエネルギーリソースを適切に統合制御して成功判定を高くする。
 - **熱源水蓄熱**は室内環境に影響を与えることなく**30分間程度**の確実な**ネガワット**を創出できることは確認済みである。熱源水蓄熱のネガワット創出時に発生する**受電電力量**の**リバウンド**も**制御**できる事を確認した。今後は、様々なタイプの集中熱源方式のビルで検証を実施する。
 - 全国にある**集中熱源方式**のビルを束ねて**ポートフォリオ**を作り、最適に**リレー制御**を実施することで、**三次調整力②**に**参入**を検討している。