



エナリス脱炭素サミット2025「脱炭素社会の実現に向けたアグリゲーションビジネス最前線」
2025年2月4日

炭素中立実現へ向けた DRリソースの活用可能性

東京大学生産技術研究所

エネルギーシステムインテグレーション

社会連携研究部門

岩船由美子

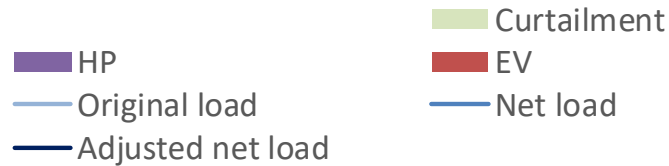
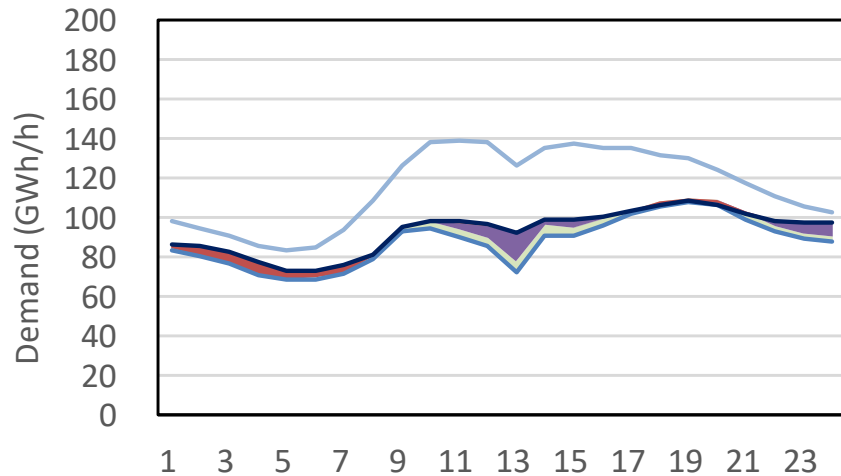


低圧リソース活用の価値

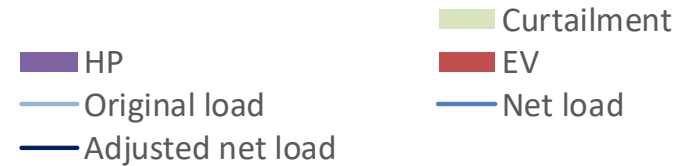
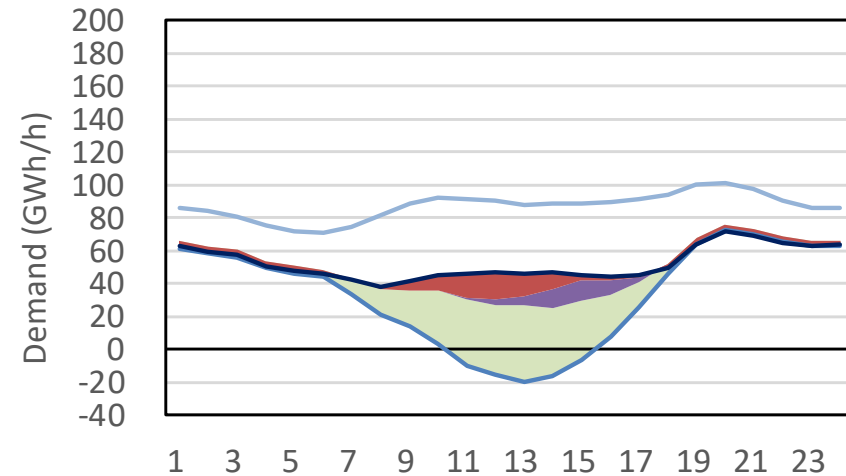
- 系統側からのデマンドレスポンスニーズ拡大
 - 再エネ余剰抑制（再エネが余るときに需要創成）
 - 裁定取引（市場価格が安いときに貯めて、高いときに放出）
 - 調整力（調整速度遅い～速い、再エネ予測誤差吸収～周波数制御？まで）
 - 容量価値（需要抑制により冬や夏のピーク需要緩和）
 - 送配電網混雑解消
- 対象機器
 - ヒートポンプ給湯機、電気自動車、定置式電池
 - エアコン？冷蔵庫？
- 制御方法
 - 料金型：TOU, ダイナミックプライシング（自端制御）
 - 市場価格に連動、PVが多いところに需要シフト
 - インセンティブ型：アグリゲーション（遠隔制御）
 - 調整力として活用可能
 - リアルタイムの調整をどこまで行うか



電気自動車/ヒートポンプ給湯機の最適運用結果（全国、2030年）



4月24日（天気が悪い日）



4月28日（天気が良い日）

電気自動車（EV）896万台、ヒートポンプ（HP）給湯機1400万台導入時
それぞれ最大20GW程度の調整力に。

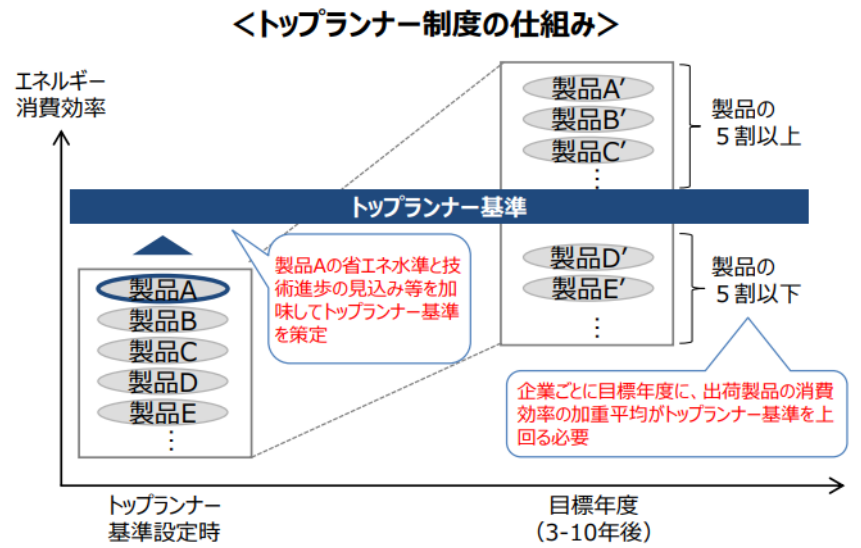


省エネルギー小委におけるDR推進の議論

①：エネルギー消費機器を通じたアプローチ

既存制度：トップランナー制度

- 自動車や家電製品等32品目の機器や建材のメーカー等に対して、機器等のエネルギー消費効率の目標を示して達成を求めている。
- トップランナー基準は、**製品の省エネ水準と技術進歩の見込み等を加味して策定し、企業ごとに目標年度に、出荷製品の消費効率の加重平均がトップランナー基準を上回る**ことを求めている。



論点

- 左記のトップランナー制度を参考に、機器のメーカー等に対して、目標年までに**一定のDR Ready機能や非化石エネルギー比率（※）の達成**を求める仕組みを検討することについてどう考えるか。

※ 例えば、電気や水素、eメタン等のCN貢献度等を踏まえた総合的な指標。

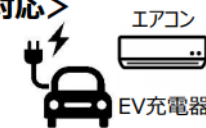
- 留意事項：

＜共通＞

- ✓ コスト/ベネフィット等の分析を踏まえた、対象商品セグメント・目標年・目標値の設定
- ✓ 消費者への情報提供や必要に応じた導入支援策

＜機器のDR Ready 対応＞

- ✓ DR Ready機能の定義
- ✓ インターオペラビリティやサイバーセキュリティ等



＜機器の非化石転換＞

- ✓ CN貢献度評価の技術中立性
- ✓ 集合住宅等の需要側の特性



次世代の分散型電力システムに関する検討会における議論の進展

【参考】検討スケジュールについて

需給調整市場（機器個別計測、低圧）の全体スケジュール

- 機器個別計測、低圧リソースの活用については、2026年度の開始を目指して検討を進めていくこととした。
- これらの実現にはシステム面の対応が必須であるところ、先述のように2024年度からのシステム改修着手を目指すためには、2023年度第1四半期頃までに、システム詳細設計に必要な主要な業務フロー等の概要を固める必要がある。
※今後の詳細な業務フロー設計等を踏まえ、必要なシステム改修期間は長くなる可能性がある
- なお、機器個別計測での不正対策や調整金（仮称）等の課題（システムとは切り離して検討が進められる部分）の詳細については、2026年度までに並行して検討を進める。



82

低圧リソース活用の課題

- そもそも数が少ない
 - 2023年度時点で、EQ900万台、Bat80万台、BEV30万台、PHEV25万台
- 制御の費用対効果が悪い
 - 料金型
 - 通信費用不要
 - 期待する調整量が得られるとは限らない
 - アグリゲーターはマネタイズできない
 - リアルタイム制御できない
 - 柔軟な料金メニューが必要、国からメニュー作成を強制できるか
 - インセンティブ型
 - 需要を動かすだけの十分な対価が払えるのか
- 需要家にとっての価値が不明瞭



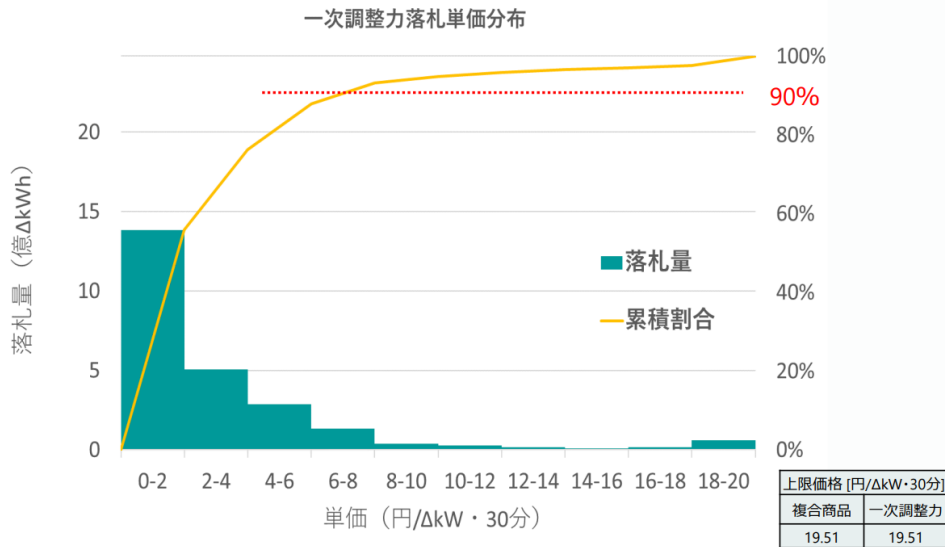
需要を動かす価値はあるのか？

- マネタイズできる（市場）メカニズムが必要
 - 周波数制御（一次調整力、再エネ増加で必要量増加傾向、最も高価（なはず）だが、全体に占める比率は小さい）
 - 再エネ予測誤差対応（3次調整力I,II、再エネ増加で増加傾向）
 - 容量価値（再エネ増加でもピークは減らない。下げDRの価値は、アンシラリーよりは低い
が、DRの利益のためには最も効くところ）
 - エネルギー（需要シフト、基本的に燃料費差で決まるので、価格インセンティブは低め）
 - 周波数制御価値 ～10000円/kW・年(?) 通年使えば
 - 容量価値 約5000-9000円/kW・年
 - 3次調整力II 7-8円/kWh (22-24年度平均)
 - エネルギー価値 10~30円/kWh
 - 調整力市場、容量市場でマネタイズするには、一定の規模が必要（入札単位1000kWは小規模だけでは難しい）
- 上げDRの可能性
 - ベースラインが決められず、料金型で対応するしかないか
 - 系統混雑対応であれば、追加的な価値が生じる



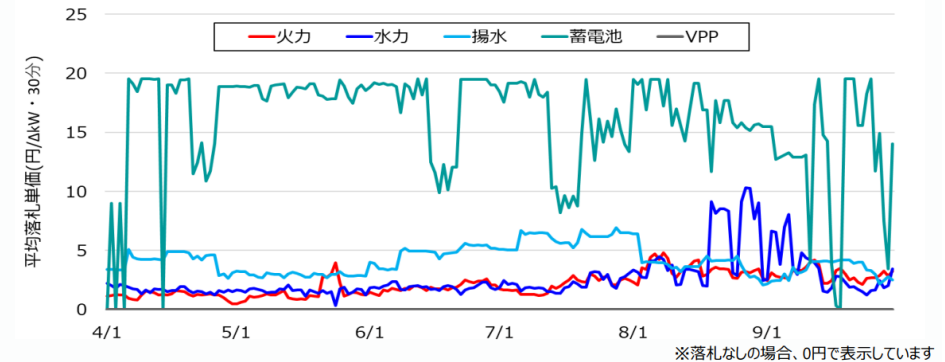
一次調整力落札単価分布及び電源種別落札単価 (2024年度上期)

○ 上限価格付近で落札するリソースが他の商品より多く、蓄電池を中心に一定程度 (2.4%) 存在する。



平均単価は2.94円/ΔkW・30分

○ 特に蓄電池の落札単価が上限単価付近で高い傾向にある。



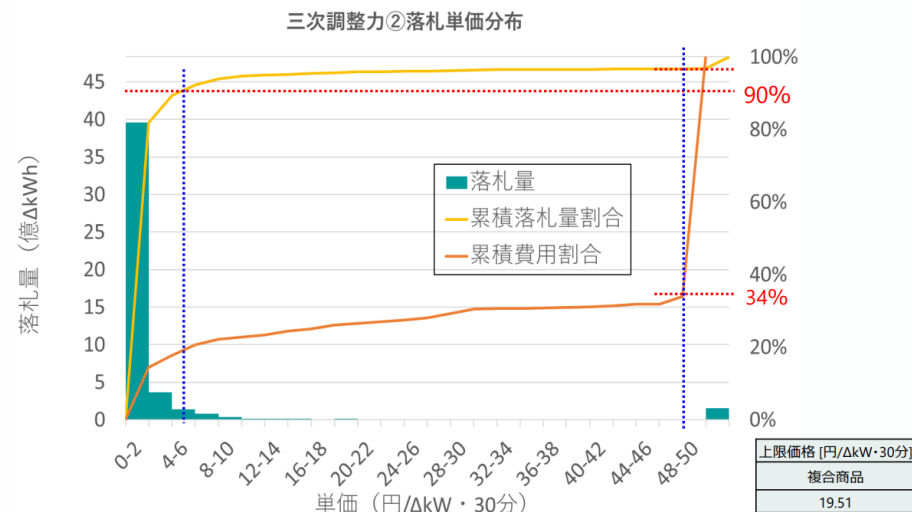
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
火力	1.23	1.45	1.88	2.02	3.42	2.92	-	-	-	-	-	-
水力	1.70	1.56	1.85	2.12	4.07	2.95	-	-	-	-	-	-
揚水	4.13	2.94	4.69	6.04	3.95	3.57	-	-	-	-	-	-
蓄電池	16.28	18.55	17.77	15.52	17.28	14.36	-	-	-	-	-	-
VPP(DR等)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2024年度上期の取引実績について、一般社団法人 電力需給調整力取引所、2024年12月6日



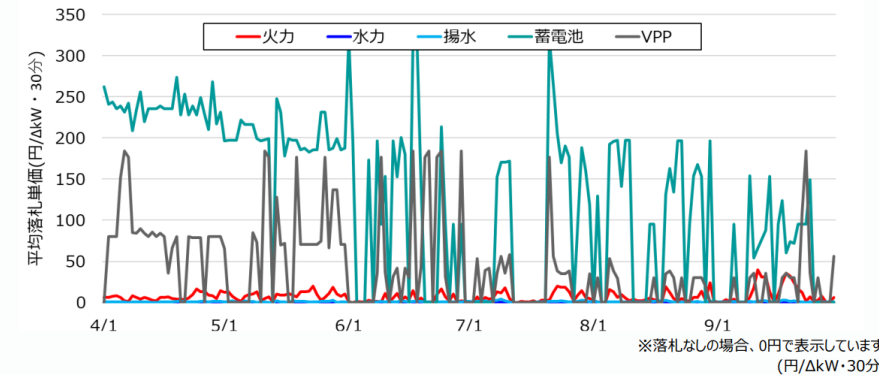
3次調整力II落札単価分布及び電源種別落札単価 (2024年度上期)

○ 全体の約9割程度が6円/ΔkW・30分程度以下で落札されている一方で、50円/ΔkW・30分を超過した3.3%の落札量が全調達費用の66%程度を占めている。



平均単価は4.16円/ΔkW・30分

○ 特に蓄電池とVPP (DR) の平均落札単価が高い状況ではあるが、削減係数が導入された6月以降、徐々に低下している。



	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
火力	6.57	9.30	4.08	6.36	5.05	10.10	-	-	-	-	-	-
水力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
揚水	0.77	0.97	0.82	1.05	0.86	0.92	-	-	-	-	-	-
蓄電池	234.89	200.39	177.70	171.50	164.55	82.19	-	-	-	-	-	-
VPP(DR等)	82.06	73.21	42.91	38.51	32.84	35.67	-	-	-	-	-	-

※落札なしの場合、0円で表示しています (円/ΔkW・30分)

2024年度上期の取引実績について、一般社団法人 電力需給調整力取引所、2024年12月6日



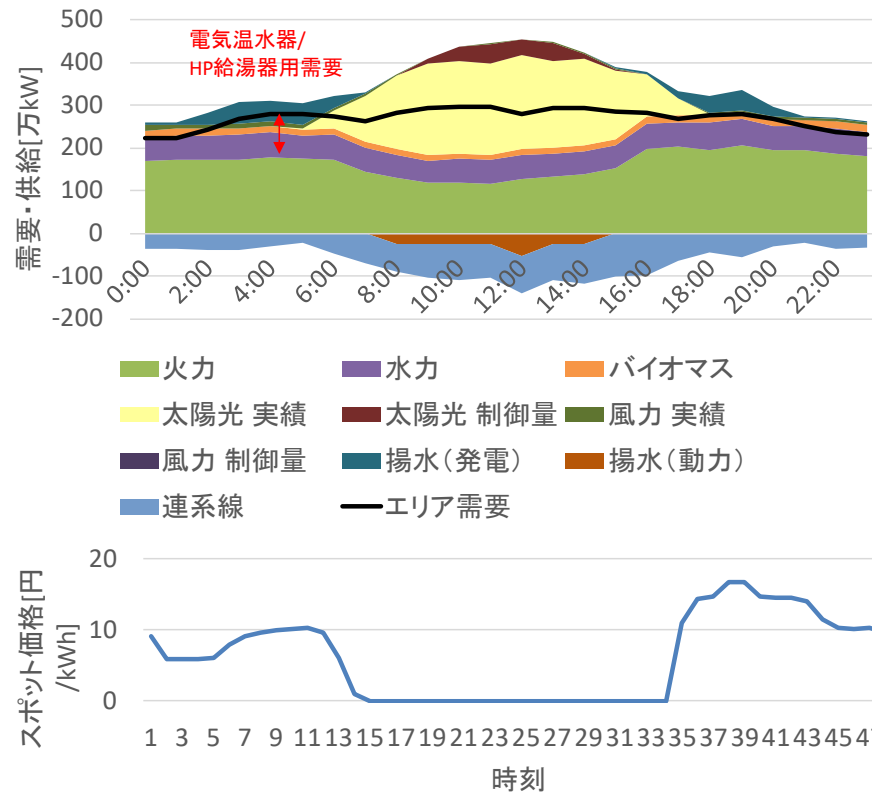
短期的な取り組み

- 逼迫時の節電
 - 市場価格が高い時のkWh抑制
 - 電源設備建設回避・容量確保のkWの価値
 - 小売事業者においては、今のところ前者しかメリットがないのでせいぜい10円/kWhのインセンティブしか払えない。
 - 後者の容量価値がNETCONE相当として、9000円/kW・年とすれば、100時間/年確実に減らせるならば90円/kWh上乘せすることが可能で桁が変わる。
 - 24年度以降小売事業者が容量拠出金を負担するようになれば、自らの拠出金の負担を下げるために、確実な下げDRに対しては100円/kWh近く払える可能性はあるかも
- 再エネ抑制回避
 - EQの昼間運転の可能性



再エネ出力抑制の緩和のための需要対策

四国電力2023年4月27日の需給バランスとスポット価格

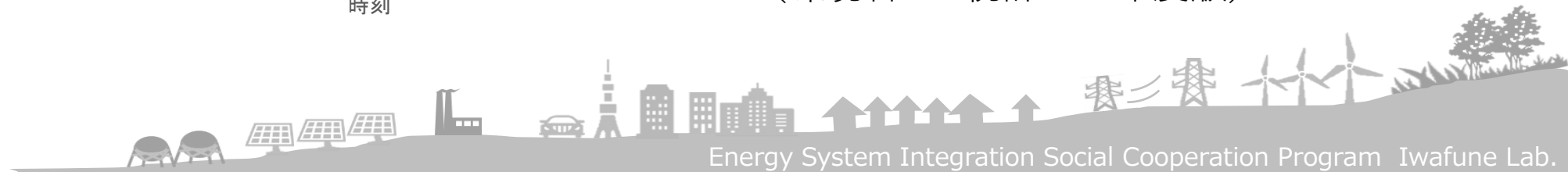


- ・現在の夜間運転を昼間に切り替えられれば、PVを活用可能

- ・電気温水器（日本全国300万台以上）のHPリプレイスによる省エネ

四国地域の給湯機種類

HP給湯器：29.7%（全国14.5%）
 電気温水器：12.7%（全国7.8%）
 （環境省CO2統計2021年度版）



電気温水器・エコキュート需要を昼間にシフトできれば、2,000万kWの調整力に。

電力会社	世帯数	世帯普及率		消費電力（万kW）		
		エコキュート	電気温水器	エコキュート	電気温水器	計
北海道電力	2,469,063	2.9%	10.5%	7	78	85
東北電力	4,364,234	16.5%	8.5%	72	111	183
東京電力	20,470,379	10.1%	4.5%	207	276	483
北陸電力	1,162,534	23.2%	10.7%	27	37	64
中部電力	6,323,103	18.1%	8.0%	114	152	266
関西電力	9,964,365	12.6%	8.4%	126	251	377
中国電力	3,125,655	24.3%	13.2%	76	124	200
四国電力	1,627,691	29.8%	12.7%	49	62	111
九州電力	5,584,631	21.8%	12.0%	122	201	323
沖縄電力	613,294	7.2%	8.9%	4	16	21
全国	55,704,949	14.50%	7.80%	808	1,303	2,111

注1) 総務省統計局『国勢調査報告』による。2020年10月1日現在。

注2) エコキュート、電気温水器の普及率は環境省「令和3年度 家庭部門のCO2 排出実態統計調査 資料編(確報値)」(2023年3月)

注3) 消費電力はエコキュート1kW、電気温水器3kWとして推計

第27回 再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース
会議資料より作成



低圧リソースをどこまで活用できるか

- 料金型

- 市場価格が小売料金に連動しない
 - 市場連動価格を採用している新電力6社（エネチェンジHP（2025.01.16時点）、市場価格の一部が連動する会社はより多い）
 - 旧一電は、既システムの改修という面で、動的料金の設定は困難
 - 需要家に選択されない（21年の高騰イメージ）
- 昼安いメニューの提供はスタート（旧一電）

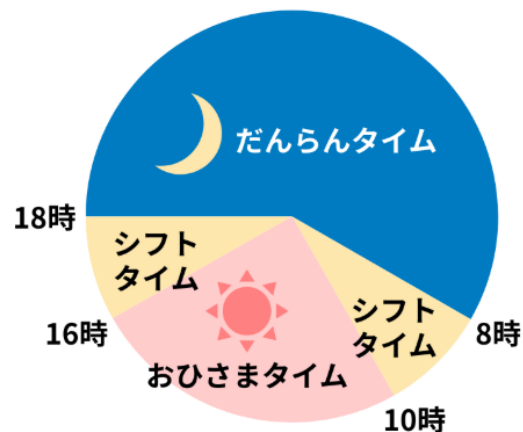
- インセンティブ型（市場活用）はどこまで進むか？

- 系統用蓄電池・再エネ併設蓄電池がたくさん入れば、必要ないのでは？？
- 系統用でなくても、需要家蓄電池のほうがEV/EQより制御の制約が少ない
- 蓄電池のコスト低下、普及具合に依存する



九州電力おひさま昼トクプラン

時間区分イメージ



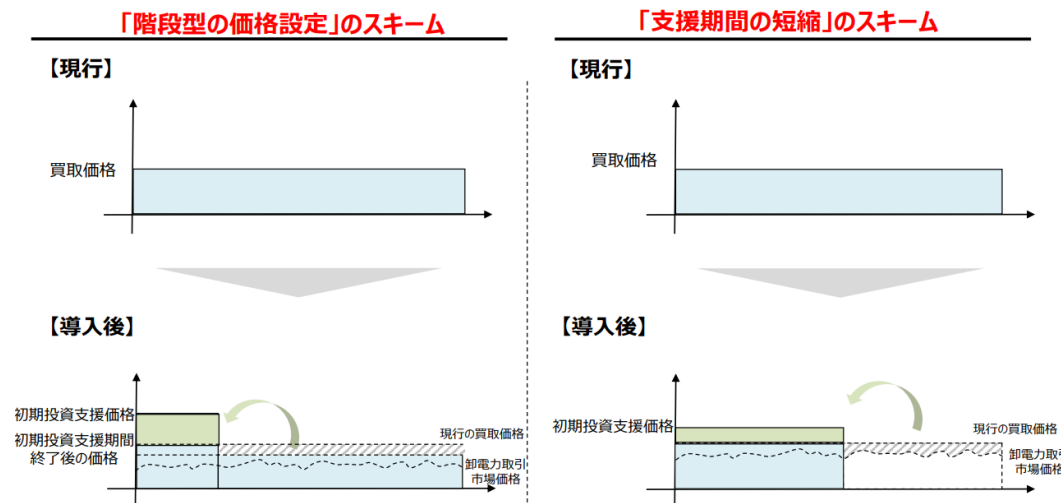
(円)

区分		単位	料金単価	
基本料金	契約電力が10kW以下	1契約	1,888.80	
	契約電力が11kW～15kWまで	1契約	4,758.20	
	契約電力の15kW超過分	1kW	573.88	
電力量料金	おひさまタイム (10時～16時)	夏冬	1kWh	13.47
		春秋	1kWh	12.37
	シフトタイム (8時～10時、16時～18時)	夏冬	1kWh	35.02
		春秋	1kWh	31.84
だんらんタイム (18時～翌朝8時)	1kWh	18.37		

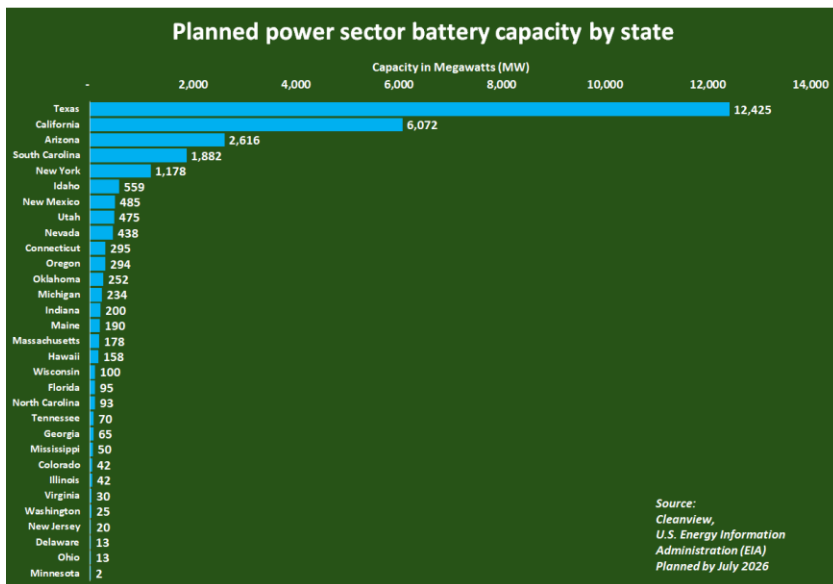
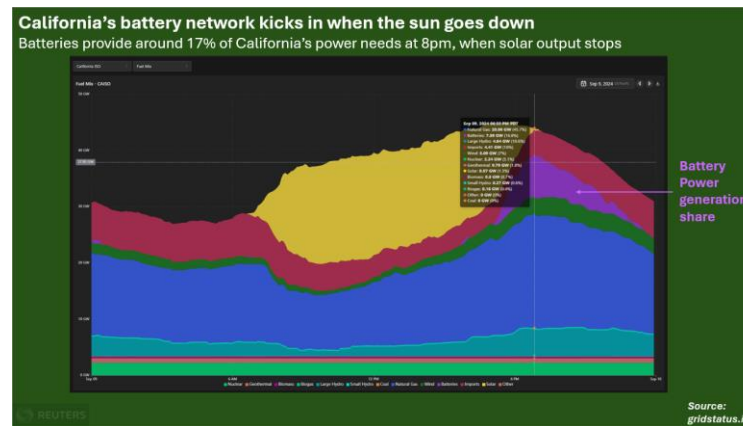
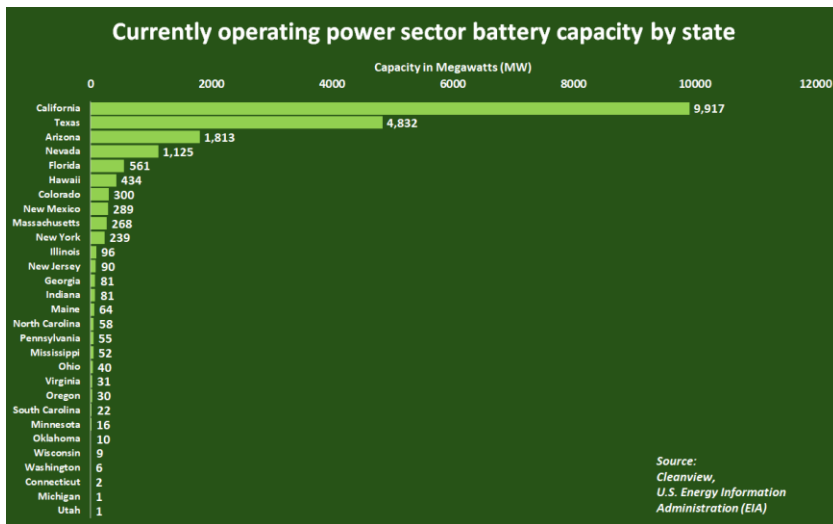
(注1) 料金単価には消費税等相当額を含みます。

料金型に対する懸念

- FITPV 初期投資支援スキームの導入（25年10月～）
 - 事業用太陽光（屋根設置）:初期投資支援期間5年、初期投資支援価格19円/kWh程度（階段型）
 - 住宅用太陽光:初期投資支援期間4年、初期投資支援価格24円/kWh程度（短縮型）（変更前の25年度価格は15円/kWh）
 - EQ昼シフトの障害になるのでは？（中部、関西、九州の夜間料金より高い）



米国における蓄電池導入状況及び今後の計画



インセンティブ型の可能性

- **BG向けの経済DR**
 - ひっ迫時、インバランス対応
- **調整力としての活用**
 - **3次調整力II（再エネ予測誤差）対応はあるのでは？**
 - EQ, EVは従来需要を越えて上げ側（EQなら多めに貯湯、EV充電なら多めに充電、EV充放電なら放電枠の確保）にマージンを持った計画を策定
 - マージン分を ΔkW コミット分として対価獲得
 - 当日指令が来たらマージン分の貯湯運転、EV充電をやめる、あるいはEV放電する
 - **系統混雑対応（今後の可能性）**
- **これを実現するためには遠隔制御が必要**
 - 一つ一つの容量が小さいDERの通信コスト問題
 - メーカークラウドAPIの活用が現実的な選択肢では？



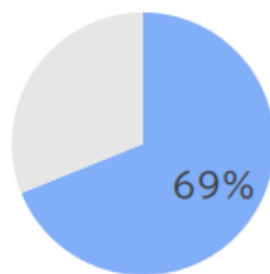
EQの外部制御への対応状況

MRI

国内出荷ヒートポンプ給湯機の外部制御への対応状況

- 2023年度のヒートポンプ給湯機出荷台数全体のうち、69%は機器メーカーサーバ経由での外部制御に向けた準備ができている状況であり、97%はGW経由でのDR制御に向けた準備ができている状況である。

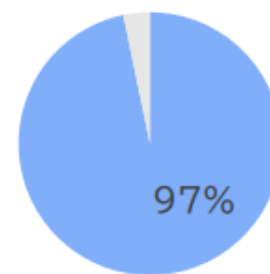
機器メーカーサーバ経由での外部制御可能な
ポテンシャルを有するHP給湯機の割合



機器メーカーサーバ経由で外部制御可能な
ポテンシャルを有するHP給湯機の割合*

※DRサービス等のサーバと連携するためのインターフェースを搭載している割合

GW経由で外部制御可能なポテンシャルを有する
HP給湯機の割合



GW経由で外部制御可能なポテンシャル
を有するHP給湯機の割合*

※ECHONET Liteに準拠している割合

第3回DRready勉強会 DRready要件検討の関連情報（マシンリーダーダブル、ヒートポンプ給湯機の外部制御対応状況） 2024.9.19

HP給湯機の遠隔制御方式の比較

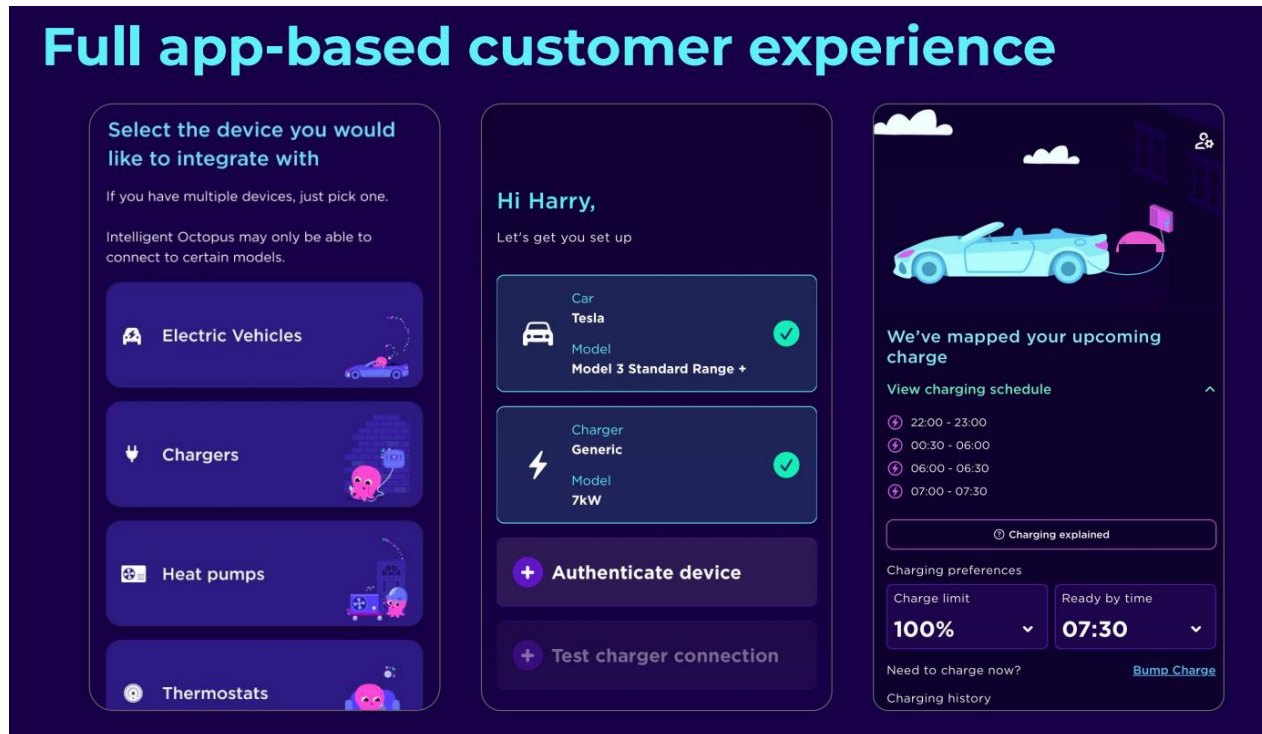
方式	(1)遠隔制御スイッチ活用	(2)HEMS活用	(3)メーカーサーバー活用	(4)スマートフォンアプリ活用
通信フロー	アグリゲーションサーバー			
			メーカーサーバー	
	Wi-Fiルータ			
	スマートフォンアプリ	HEMS	無線LANアダプタ	スマートフォンアプリ
	遠隔制御スイッチ	HEMSアダプタ		
	HP給湯機リモコン			
	HP給湯機			
想定ユーザー	HEMSなし、旧式のHP給湯機	HEMSあり	HEMSなし、新機種のHP給湯機	HEMSなし、新機種のHP給湯機
課題	<ul style="list-style-type: none"> ON/OFF制御のみ 需要情報を取得できない 	<ul style="list-style-type: none"> 専用アダプタが必要 普及率低い 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化された遠隔制御を想定していない 各社でAPIが統一されていない 	<ul style="list-style-type: none"> 自動化された遠隔制御を想定していない 機種、OS対応が煩雑

畠山ほか、地域エネルギー協調の段階的社会的実装に向けた
家庭用ヒートポンプ給湯機の遠隔制御実証環境の構築、第41回エネルギーシ
ステム・経済・環境コンファレンス（2025）



Octopus EnergyによるDER制御

- メーカークラウドと自社プラットフォーム（Kraken）をAPI連携し、遠隔制御を実施
- 12.5万台のデバイス管理（24年1月時点）

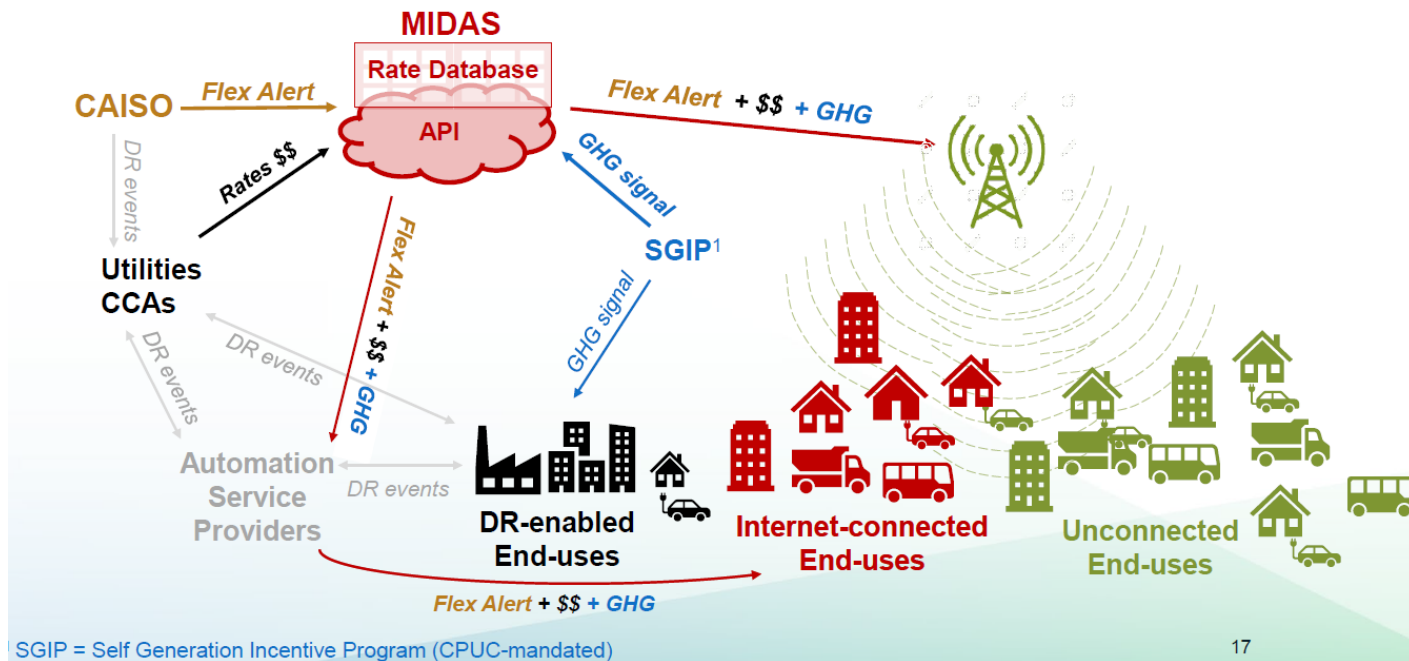


Load Management Standards

- ・カリフォルニア州エネルギー委員会（CEC）は、州内の5大電力会社及び大規模CCA（コミュニティチョイスアグリゲータ）に対し、地域ごとの限界費用を反映し、少なくとも1時間ごとに変化する電力小売料金の設定を義務付ける新基準を設定
- ・これらの電気料金をMIDAS（Market Informed Demand Automation Server）と呼ばれる州のデータベースに掲載（23年4月～）



Demand Flexibility with MIDAS



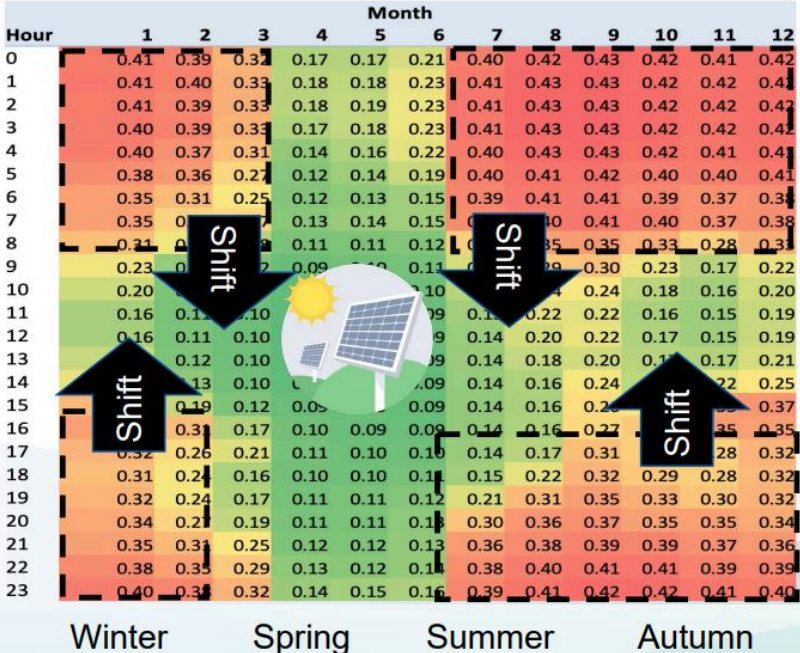
Load Management Standards — MIDAS

- ・時刻別CO2排出係数をもとに需要シフトを促すことも（ただし時刻別CO2排出係数の登録は義務化されていない）



Decarbonization Requires Load Shifting

2021 Hourly Marginal Emissions Intensity (MT CO₂/MWh)



Shift electricity use from dirty hours...

...to clean hours (charge, heat, cool, pump: 9am to 3pm)

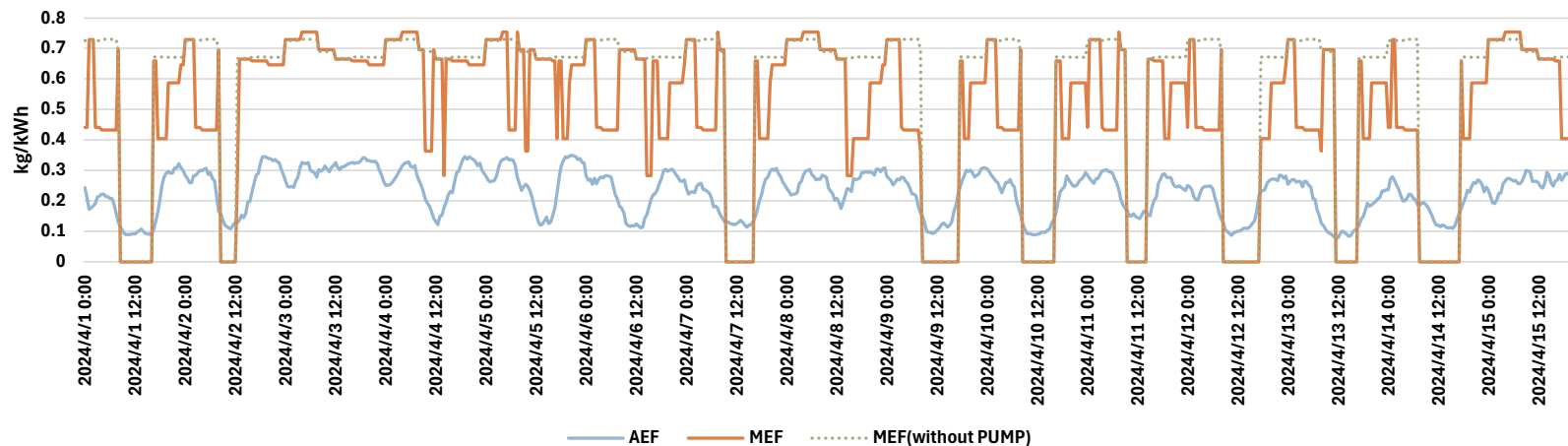
HOW? Reschedule default run-times by responding to price/GHG signals

Source: Angela Tanghetti, CEC



時刻別CO2排出原単位の必要性

- GHG Protocol Scope 2 ガイダンス
 - 「電力消費のタイミングにより近いタイミング、かつ電力消費がなされる地域によりふさわしい排出係数の利用を必須とする」といった改定案が提出中
 - 時刻別エリア別のCO2排出原単位による排出量算定は、需要側のデマンドレスポンスや蓄電池活用のCO2削減価値を示すために重要
 - 発電・需要双方の調整のためのシグナルとして活用できれば、再エネを含む安定的な需給運用にも貢献が可能
- 適切な指標を用いて需要家に帰属するCO2排出量を算定するニーズ
 - 需要シフトのCO2削減評価が評価可能に
- 発電側の環境価値評価（再エネHourly Matching）



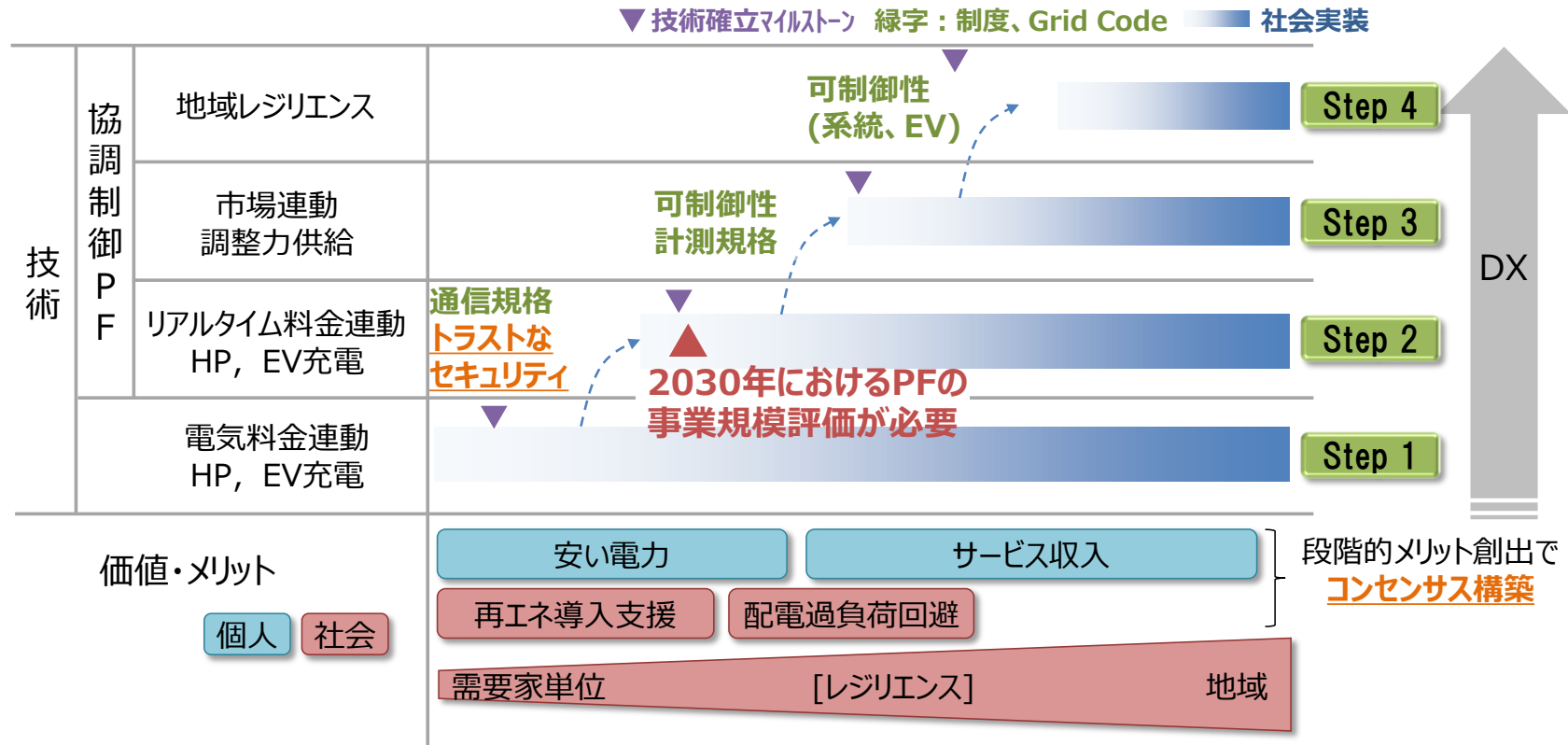
九州エリアにおける時刻別平均CO2排出原単位（AEF）と限界CO2排出原単位（MEF）

大量に再エネが導入された状況下での低圧DRの役割

- ほとんどの時間で再エネ抑制が発生し，火力が稼働する時間帯が短く，DRは系統側の燃料費抑制には貢献しない
 - エネルギー用のDRの価値はほぼ0に
- DRは基本再エネ抑制を減らすことに貢献，市場価格に反応し，連動する小売価格が安い時間にシフトする需要として，需給計画に織り込まれるようになるのではないか
- ただし、再エネ誤差対応、緊急時の調整等，より実取引に近い局面での役割が重要になる



協調・制御PFの実装プロセス



HP : Heat Pump、EV : Electric Vehicle

段階的な価値の実現と技術・制度整備による「投資・効果・再投資」の好循環を実現

日立東大ラボ 第4回産学協創フォーラム資料 (2021年12月)

おわりに

- データの整備が必要
 - DER
 - どこにどのようなリソースがあり、どのような契約でいつ動いているのか？
 - PV
 - FIT・FIP以外の設備情報の捕捉、管理
 - FIT・FIPも所有者も住所も適切に管理されていない→ 集約のバリアに
- アグリゲータ（小売）と機器メーカーの協調が重要



ご清聴ありがとうございました。

