



再エネ講座シンポジウム2023  
2023年12月15日

# デマンドレスポンスと電力市場

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



# はじめに

## ー需要側リソースの活用に向けて

- カーボンニュートラルに向けて需要側リソース（DER）の果たす役割は大きい
  - 再エネ大量導入に伴う柔軟性向上
  - 調整力もクリーンにする必要あり
- 活用種類
  - 大規模デマンドレスポンス（DR）（従来の延長、下げDR）
  - 小規模DR（低圧～）
    - 電気自動車（EV）や電気給湯機、空調などの調整による価値提供
- 小規模DR活用のための価値評価ツール
  - エネルギーを利用する際の需要家効用の維持と制御価値の顕在化
  - 需要の構造を把握し、可制御需要の制御による価値を定量化し、制御に要する費用との比較を行う必要がある
- 本発表内の範囲 低圧DER
  - DR対象機器：EV・給湯機・定置式蓄電池



# 需要家・アグリゲータにおけるDR価値

- 需要家メリット
  - 電気料金削減
  - 屋根置き太陽光発電（PV）自家消費拡大、環境価値
  - 蓄電池機能によるレジリエンス強化
  - アグリゲータへの制御機能提供による対価獲得
- 小売事業者（アグリゲーター）メリット
  - 裁定取引によるスポット市場調達費用削減
  - 時間前市場取引による利益追加
  - インバランス調整による負担軽減
  - 調整力提供による利益追加
  - 容量負担金の軽減
- 系統メリット
  - 需給上の制約緩和
    - クリーンかつ安価な系統調整力の確保（再エネ予測誤差等）
    - 容量価値
    - 上げDRによる再エネ抑制量削減
  - ネットワーク上の制約緩和
    - 系統制約を受けるエリアにおける潮流改善効果
    - 系統増強回避効果（フィーダ容量、バンク容量飽和回避）



# 日本の低圧リソース活用を取り巻く背景

- 需給調整市場開設（2021年4月）
  - 三次調整力②（再生可能エネルギーの予測誤差に対応する調整力）の取引が開始
  - 2022年4月以降他の商品の取引も開始
  - 現行制度上の制約
    - 低圧リソースが需給調整市場に参加不可
    - 機器個別計量が需給調整市場において適用不可
- インバランス制度の変更（2022年4月）
  - 調整力に連動したインバランス価格への変更
  - 実需給の電気の価値を反映（エリア毎、コマ毎の設定）
- スポット市場価格のボラティリティ増加
  - 燃料調達制約
  - 再エネ増加に伴う余剰電力発生
  - 小売価格値上げが進む？
  - 最も価値が高い需要家端においてPV設置世帯であれば自家消費最大化がベストに
- 制御方法
  - 料金型：TOU,ダイナミックプライシング（自端制御）
  - インセンティブ型：アグリゲーション（遠隔制御）



# 低圧リソースの活用に向けて

- 現在は電力市場への参加は認められていない
- 2026年度より可能になる予定
  - 「次世代の分散型電力システムに関する検討会」においてルールを検討中
    - 需要家リスト・パターンの提出等大規模DRを前提としたルールの見直し
    - 機器点計量での参入及び特定計量ルールの緩和
      - 調整力公募や需給調整市場に DRで参画する場合、現状は需要家の引き込み地点（受電点）での計量及びベースライン設定を行うこととなっている。
      - 制御不可能な需要と可能な需要が混在し、参入障壁に。
      - 現行では、調整力kWhの精算は電力量による精算であるため、計量法に基づき、検定を受けた特定計量器（電力量計）を使用する必要がある



# 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
  - 2022年時点で、EQ800万台、Bat70万台、EV40万台
- 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、ただし、需要減少局面では、ニーズも減少）
  - 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 約10000~/kW・年(?)
    - 容量価値 約5000-9000円/kW・年
    - 3次調整力II 7円弱/kWh（22年度実績）
    - 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





# 需要部門 (DR) のモデル化

需給分離型

## 発送電領域



価格・イン  
センティブ  
情報

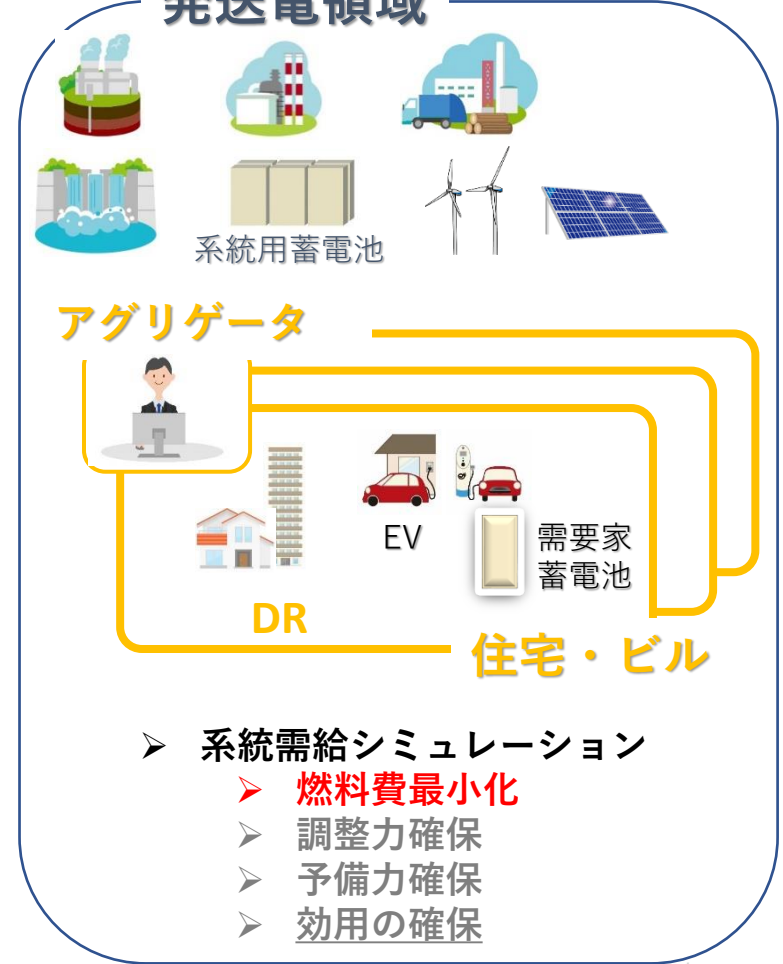
DR (エネルギー  
ギバ・予備  
力・LFC調  
整力)

## アグリゲータ



需給統合型

## 発送電領域



系統全体におけるDRの価値評価

ミクロな需要家におけるDR効果の評価

# 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上乗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するために、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



# 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 (1)	世帯普及率 (2)		消費電力 (万kW) (3)			変動再エネ導入量 -最低需要 (万kW) (4)
		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	157
四国電力	1,627,691	29.8%	12.7%	49	62	111	111
九州電力	5,584,631	21.8%	12.0%	122	201	323	466
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」2020年10月1日現在

注2) 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)

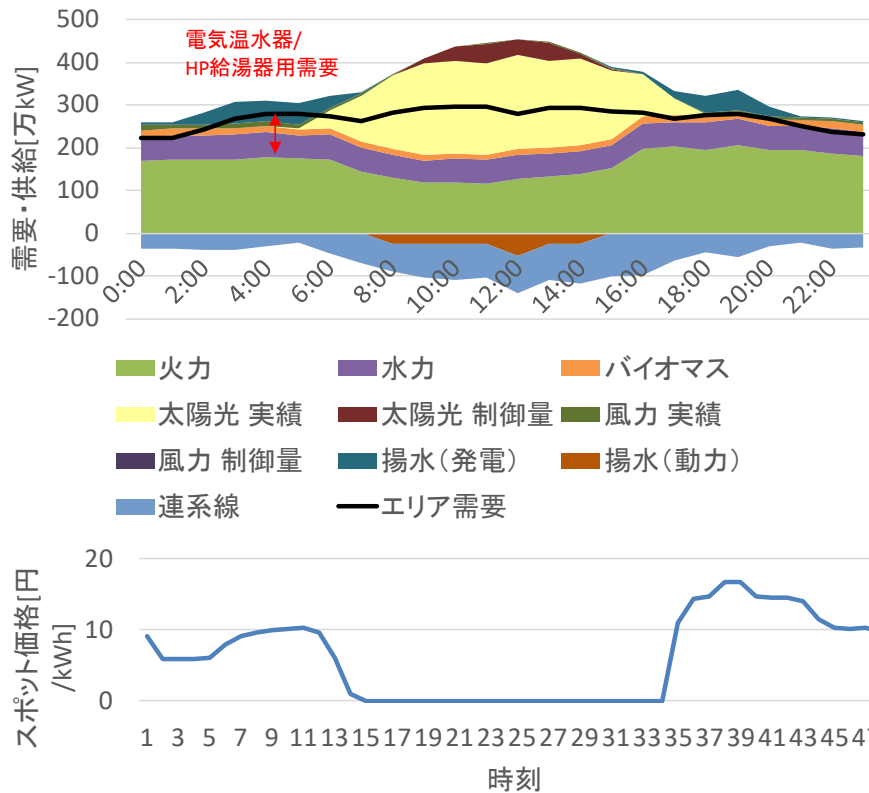
注3) 消費電力はエコキュート1kW、電気温水器3kWとして推計

注4) 変動再エネ導入量、最低需要は21年度値、第47回系統WG資料による

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

# 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）



# 日本全体におけるエコキュートの価値評価

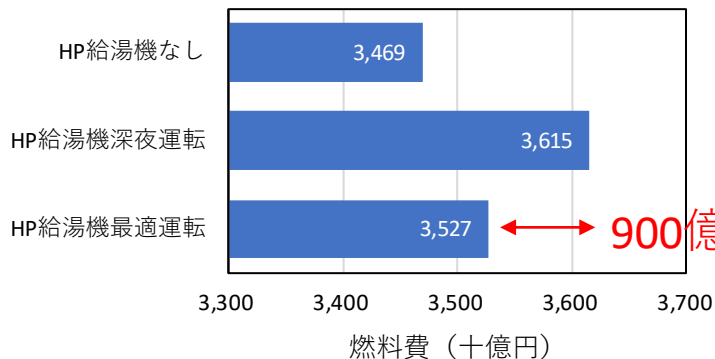
- 地域間連系線によるエネルギーと需給調整力融通を含む広域需給解析モデルを活用したシミュレーション（東大荻本研究室MRモデル）
  - 目的変数 運用費（燃料費+起動停止費）+再エネ抑制ペナルティ 最小化
  - 制約条件 需給バランス/負荷周波数制御（LFC）制約/連系線潮流制約
  - 再エネ優先給電、石炭よりLNG優先のためのペナルティ考慮
- 日本の10送配電エリアごとに、第6次エネルギー基本計画の電源を想定（2030年度）
- 再エネ電源の想定
  - 全国：PV 142.6TWh（103.4GW、設備利用率14.3%）、風力発電51.5TWh（21.9GW、設備利用率26.9%）、水力発電85.8TWh、地熱発電7TWh、バイオマス発電47TWh、コージェネレーション94TWh
- エコキュート 1590万台導入想定、給湯需要は大阪大学TREESモデルによる全国模擬結果を活用（電気自動車の導入なし）
- エコキュートなし、エコキュート深夜運転、エコキュート最適運転で比較

岩船他、2030年電力需給におけるヒートポンプ給湯機のインパクト評価、第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス（2019）の再計算結果



# 日本全体におけるエコキュートの価値評価

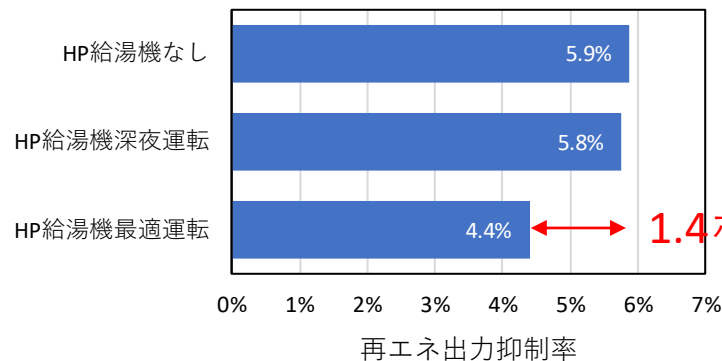
電源運用費  
(燃料費+起動費)



エコキュート一台当たり  
5500円/年のメリット

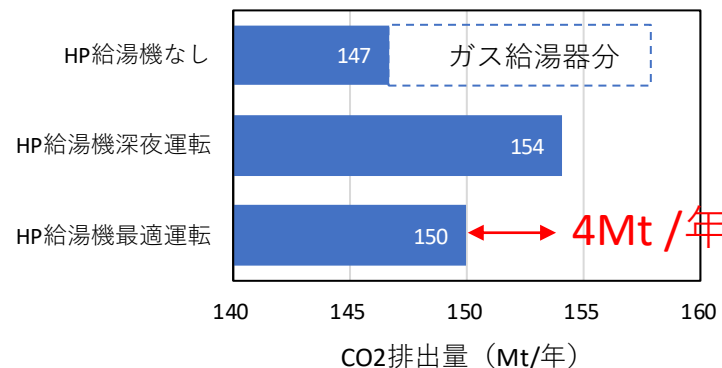
900億円/年

再エネ抑制率  
(PV+風力)



1.4ポイント

CO2排出量

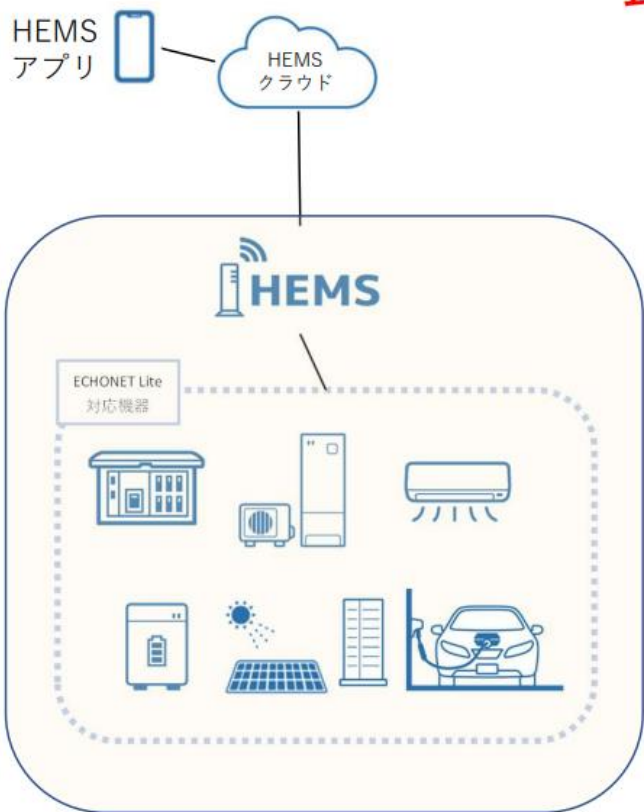


4Mt/年

# まとめ：HEMS GW型 と IoT型 ソリューション

宅内自家消費向上による再エネ活用

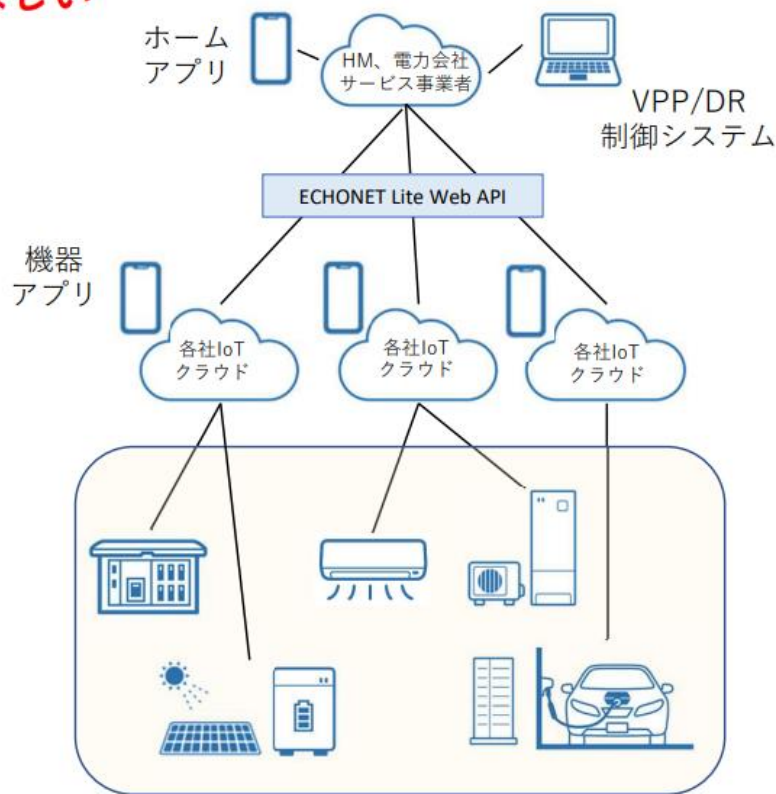
## HEMS GW型 ソリューション



制度として  
公平にしてほしい

新たに認めて欲しい方式  
DER (分散電源) 活用による再エネ活用

## IoT 型 ソリューション

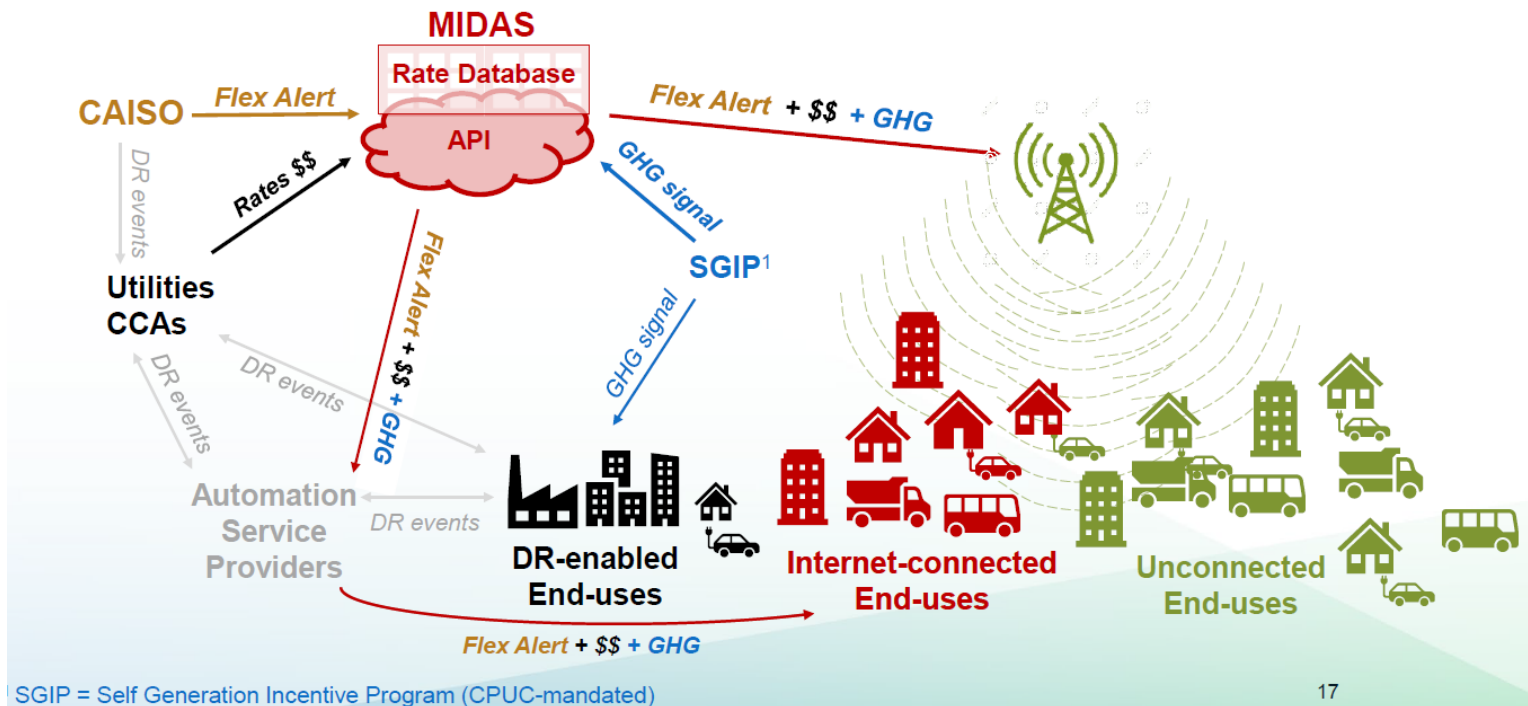


# Load Management Rulemaking

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。



## Demand Flexibility with MIDAS



17



# 大量に再エネが導入された状況下での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、より実取引に近いところで、一定の役割を担うのではないか

(市場取引における小規模リソースのインセンティブ設計(ベースライン設定))

- 安価に遠隔に機器を計量・制御できる仕組みが重要
  - 足元で、EQ制御の早期実現を。



ご清聴ありがとうございました。

