

電力制度・市場再設計下の 再エネバランスと 分散型電力システム

2024年 3月 15日

大阪大学大学院工学研究科招聘教授
次世代の分散型電力システムに関する検討会委員
同EVグリッドWG委員

西 村 陽



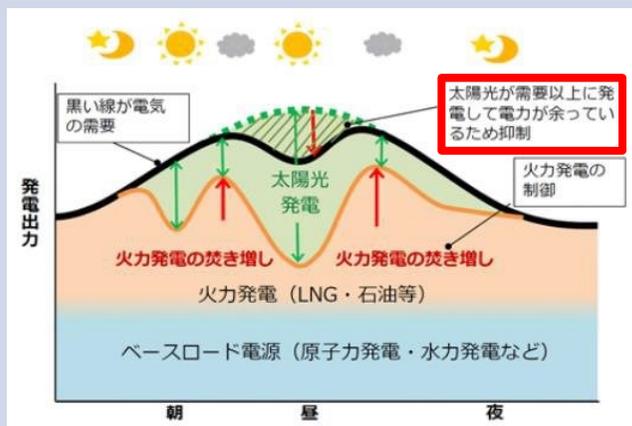
再生可能エネルギー導入推移と2030年の導入目標 1

- 2012年7月のFIT制度（固定価格買取制度）開始により、再エネの導入は大幅に増加。
（2011年度10.4% ⇒ 2021年度20.3%）
- 2030年度のエネルギーミックスにおいては、再エネ比率を36-38%としており、この実現に向けて、
 更なる再エネの導入拡大を図る必要がある。

| | 2011年度 | 2021年度 | 2030年度ミックス |
|--|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 再エネの電源 構成比 発電電力量:億kWh設備 容量:GW | 10.4% (1,131億kWh) | 20.3% (2,093億kWh) | 36-38% (3,360-3,530億kWh) |
| 太陽光 | 0.4% | 8.3% | 14-16%程度 |
| | 48億kWh | 861億kWh | 1,290~1,460億kWh |
| 風力 | 0.4% | 0.9% | 5%程度 |
| | 47億kWh | 94億kWh | 510億kWh |
| 水力 | 7.8% | 7.5% | 11%程度 |
| | 849億kWh | 776億kWh | 980億kWh |
| 地熱 | 0.2% | 0.3% | 1%程度 |
| | 27億kWh | 30億kWh | 110億kWh |
| バイオマス | 1.5% | 3.2% | 5%程度 |
| | 159億kWh | 332億kWh | 470億kWh |

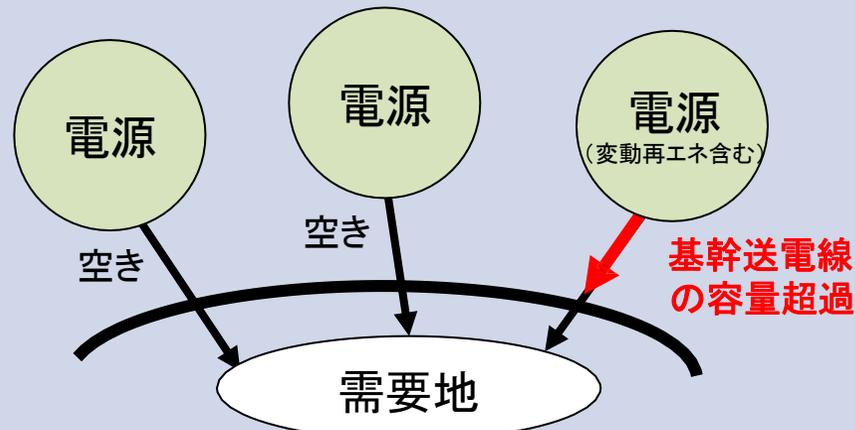
・出力制御には、①エリア全体の需給バランスによるものと、②個別の送電線の容量によるものが存在。現状、①のみ実施中(電気が需要以上に発電された時、出力制御ルールに基づき実施)。

①需給バランス制約(需給制約)による出力制御



出力制御の発生イメージ

②送電容量制約(系統制約)による出力制御



さらに将来は配電レベルでも混雑発生・抑制ニーズ増加

ルール

出力制御ルール

出力制御順

- ①火力(石油、ガス、石炭)の出力制御、揚水の活用
 - ②他地域への送電(連系線)
 - ③バイオマスの出力制御
 - ④**太陽光、風力の出力制御**
 - ⑤長期固定電源※(水力、原子力、地熱)の出力制御
- ※出力制御が技術的に困難

先着優先

- ノンファーム電源
- ファーム電源

一律で出力制御

再給電方式

- ①調整力(火力等)(電源Ⅰ)、火力等(電源Ⅱ)の出力制御、揚水の揚水運転、貯蔵装置の充電
 - ②火力等(電源Ⅲ)の出力制御
 - ③ノンファームバイオマス(専焼、地域資源出力制御困難なものを除く)の出力制御
 - ④ノンファーム太陽光、風力の出力制御
 - ⑤その他のノンファーム電源※の出力制御
- ※地域資源(出力制御困難なもの)及び長期固定電源

2022年12月末までに開始

2023年12月末までに開始

再エネ/需要;2022年度の出力抑制日数(OCCTO)

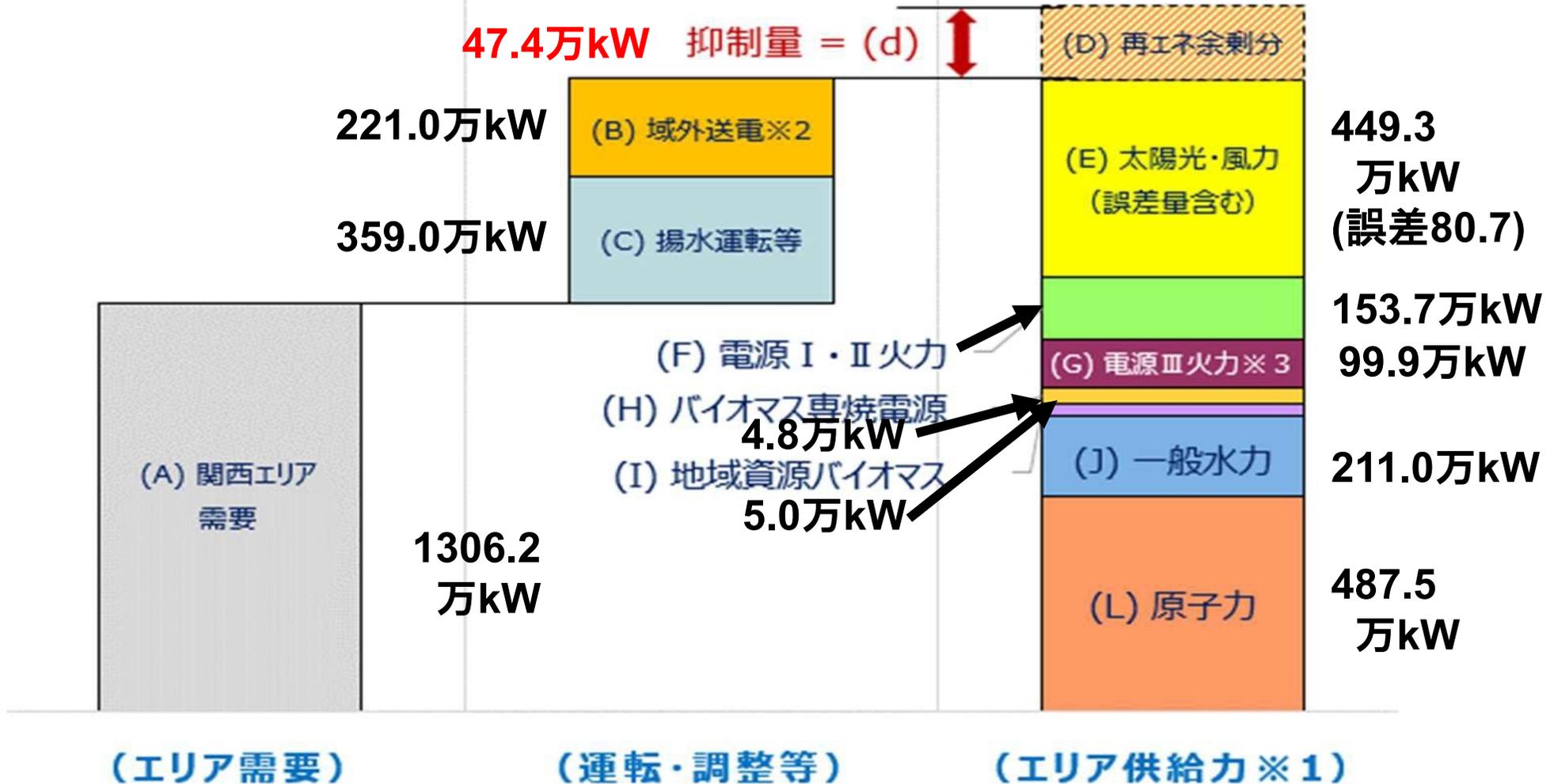
| | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 年度計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| 九州 | 17 | 7 | | | 1 | 1 | 7 | 4 | 1 | 6 | 13 | 23 | 80 |
| 四国 | 4 | 6 | | | | | | | | | | 3 | 13 |
| 中国 | 2 | 5 | | | | | 2 | | | | | 8 | 17 |
| 北陸 | 5 | | | | | | | | | | | | 5 |
| 東北 | 5 | 9 | | | | | | | | | | 4 | 18 |
| 北海道 | | 2 | | | 1 | 2 | | | | | | | 5 |
| 中部 | | 5 | | | | | | | | | | | 5 |
| 関西 | | | | | | | | | | | | | |

※広域機関ホームページより西村作成。太陽光が集中している九州、日照条件が良く需要が小さい四国・中国、風力が多く春需要が小さい東北が多くなっている。

関西電力送配電管内で初の出力抑制(2023.6.4)

(最も下げ余力が少なかった10:30~11:00の状態)

端境期から順に大都市圏の出力抑制増⇒再エネシフトのボトルネックに。



現在考えられている対策・政策

- 更なる再エネの導入拡大に向けて、費用対効果を踏まえつつ、足元で増加傾向にある再エネの出力制御の抑制に向けて、幅広い取組を行っていく必要がある。
- 2021年末に取りまとめた対策パッケージを補完・強化する更なる取組として、以下に掲げるもののほか、どのような取組が考えられるか。

<短期対策>

- 発電設備のオンライン化の更なる推進
- 全国大での**火力の最低出力引下げ等**(揚水の最大限活用含む) —
蓄電池や水電解装置、ヒートポンプによる需要創出 (実は最重要)
- 電源制限装置の設置等による関門連系線の再エネ送電量の拡大

<中長期対策>

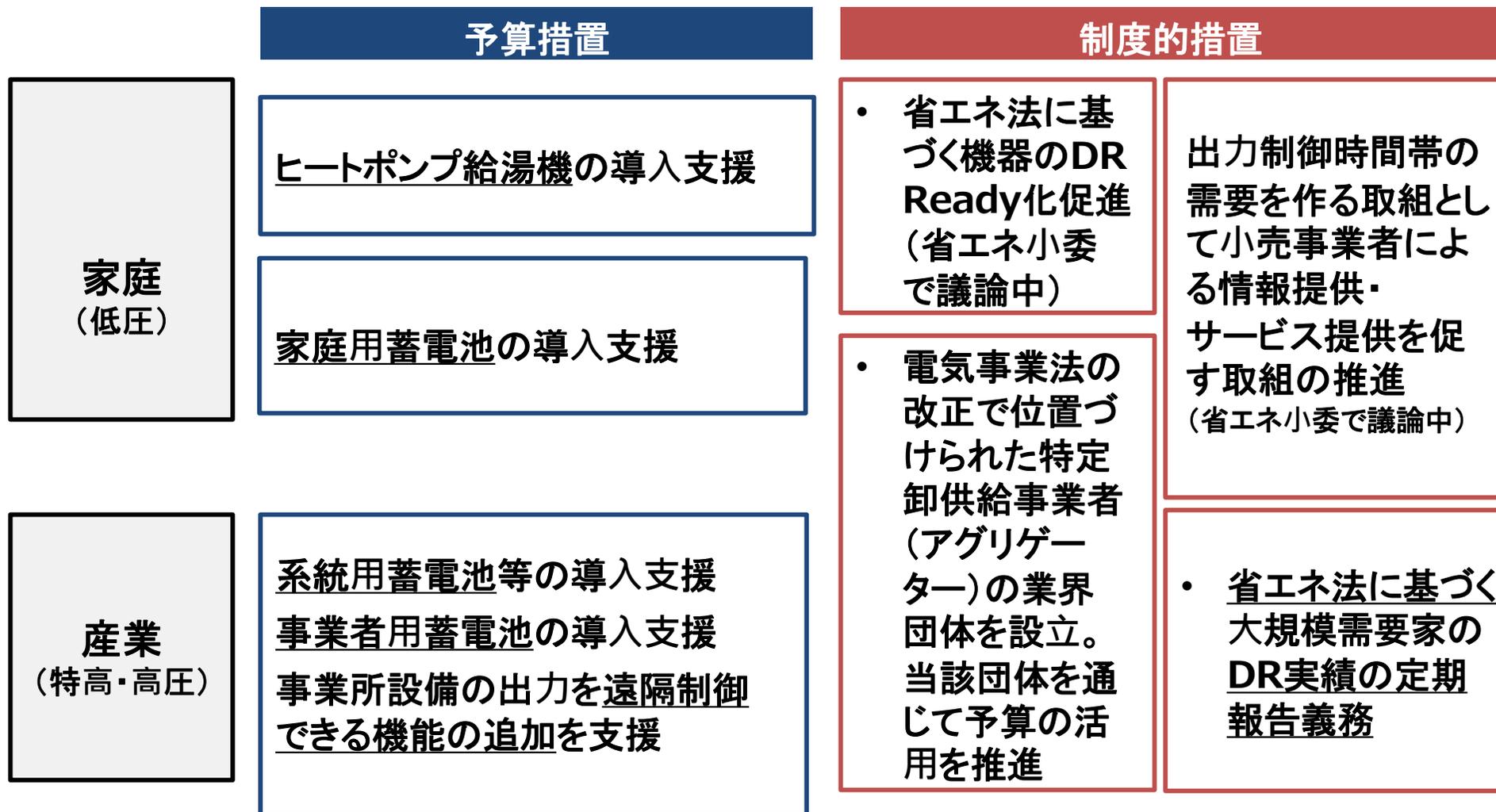
- 地域間連系線の増強◆
- 変動再エネ(風力・太陽光)の調整力としての活用 —
価格メカニズムを通じた供給・需要の調整・誘導

※◆は2021年末に取りまとめた対策パッケージに同じ。

出力制御対応パッケージ(需要サイド)

(出所)第49回系統ワーキンググループ(2023年12月6日)資料1を加工。

- 出力制御対策パッケージにおける需要面での対策について、家庭・産業分野のそれぞれに、予算・制度的措置を講じることで、各措置が相乗的に効果を発揮する仕組みとする。



| 項目 | 上げDR | 下げDR | 需給調整市場でのDR |
|-----------|---|--|--|
| 概要 | 再エネ余剰時等に電力需要を増加させるDR ※小売電気事業者と需要家との契約等 | 電力需給ひっ迫時に電力需要を抑制させるDR ※一般送配電事業者又は小売電気事業者と需要家との契約等 | (余剰時・ひっ迫時に関わらず) 実需給断面で電力需給バランスを確保するために行われるDR ※需給調整市場で調達 |
| 主なDRの指令方法 | 小売電気事業者が、(アグリゲーター等を介して) 需要家に需要増加を指令する。 | 小売電気事業者又は一般送配電事業者が、(アグリゲーター等を介して) 需要家に需要抑制を指令する。 | 一般送配電事業者が、(アグリゲーター等を介して) 需要家に、必要な量の応動を指令する。 |
| イメージ | <p>電力需要</p> <p>電力需要を増やす (対価の受領or安い電気料金)</p> <p>再エネ余剰時</p> <p>時間</p> | <p>電力需要</p> <p>電力需要を減らす (対価の受領等)</p> <p>需給ひっ迫時</p> <p>時間</p> | <p>電力需要</p> <p>一般送配電事業者からの指令等に応じて精緻に応動</p> <p>時間</p> |

- いずれのDRにおいても、需要側での設備投資や行動変容にコストや手間が係るため、それに見合ったインセンティブ(or ディスインセンティブ)がないと需要家は動かない。

○大規模ユーザーの蓄電池や生産プロセスはすでに取り組みが始まっており、今後の焦点は家庭用の熱機器、蓄電機器となるが・・・。



エコキュート(1.5~2kW、10kWh)

○現状価格や再エネ抑制指令に合わせて湯沸かし時間をシフトできる機器はごく一部しか存在しない。(今後の買い替え分から対応か)

○湯沸かし時間内は1.5~2.0kWの系統電力吸い込みが期待できるが春秋は使用給湯量が少なく、電気料金面も課題。



家庭用蓄電池(2kW、10kWh)

○大量普及が期待されるがまだ普及途上。

○現在昼夜間運転や屋根載せ太陽光吸収運転しているものが多く、系統と連動するにはBMSへの仕込みが必要。

EV(6~10kWh、50~80kWh)

- 家庭用DERの中で最も大きな蓄電の絵力を持つが、走った分しか電池は空いていない。
- 系統側からの信号、または時間毎の料金信号を受ける仕組みをBMS(バッテリー制御システム)に入れないと動作しない。
⇒場所別の把握やメニュー提示が必要



短期対策⑤：軽負荷時期の電気料金割引メニュー（例）

- 中国電力では、今秋、家庭向けの需要を対象に、昼間の時間帯の料金を割り引くことにより、需要創出・シフトを促すサービスを実施。
- 春・秋の季節は電気の需要が少なく、出力制御が起きやすいことから、出力制御の抑制が期待できる。

【「ぐっとずっと。タイムサービス 秋の昼割セール」の概要】

Press Release

2023年09月01日
中国電力株式会社



「ぐっとずっと。タイムサービス 秋の昼割セール」の実施について
～ 対象日時のご使用量に応じて電気料金を割引します! ～

当社は、本年10月21日から約2週間にわたり、対象時間の電気をお得にご使用いただける「ぐっとずっと。タイムサービス 秋の昼割セール」を実施することとし、本日から事前申込の受付を開始しますのでお知らせします。

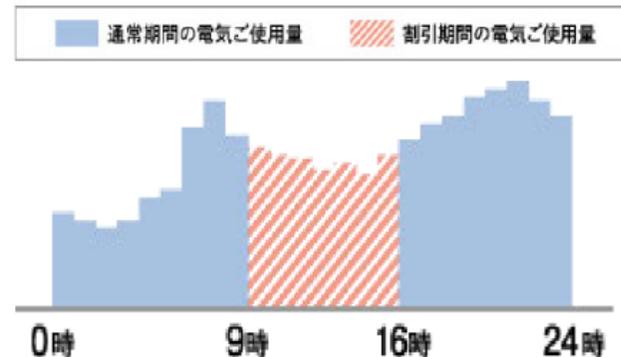
一年の中で、春・秋の季節は電気の使用量が少ない傾向にあることから、近年、再生可能エネルギーの出力が制御されるケースが増えています。

本サービスは、こうした時期にお客さまに電気をお得にご活用いただくことを目的として行うもので、10月21日～11月5日の期間(16日間)の9時～16時に実施することとし、この時間帯にご使用いただいた電力量料金の単価を25～30%程度割引[※]します。

なお、2週間以上わたってタイムサービスをご提供するのには、当社として初めての試みとなります。



(イメージ)



「割引期間の30分ごとの電気ご使用量(//) × 割引単価」
を合計した金額を「翌月分料金」から差し引き

料金メニュー等によって 4
10～15円/kWhの割引単価を設定

短期対策⑥：ヒートポンプ給湯器等による需要の創出・シフト（例）

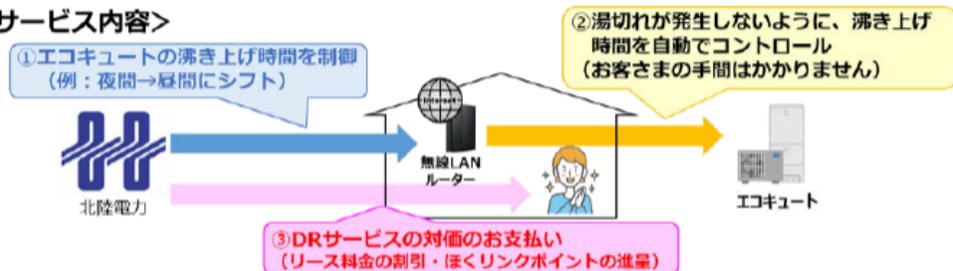
- 北陸電力では、同社が提供する「Easyキュート」サービスにおいて、エコキュートを遠隔制御するダイヤモンドリスponsサービスを2022年12月から開始。
- 顧客の利便性を損ねることなく、自動で焚き上げ時間をコントロール。夜間から昼間に電力需要をシフトすることで、出力制御の抑制に資する取組を行っている。

エコキュートを活用したデマンドレスポンスサービス

▶エコキュートを活用したデマンドレスポンスサービスとは、エコキュートの蓄熱機能に着目し、お客さまのエコキュートを電力需要の調整にご活用させていただき、その対価をお支払いするサービスです。

▶お客さまの利便性を損なうことなく、エコキュートの沸き上げ時間を夜間から昼間にシフトさせることにより、今後増加する太陽光発電等の再生電源の有活用や電力設備の効率運用を実現します。

<DRサービス内容>

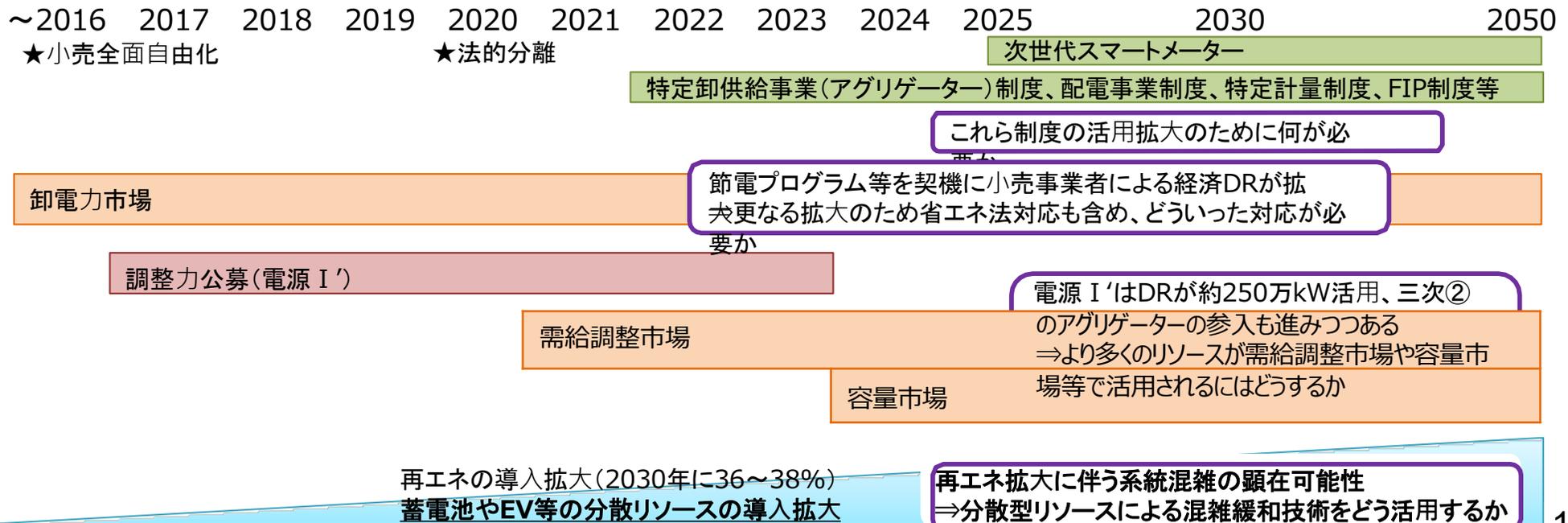


<DRサービスの対価>

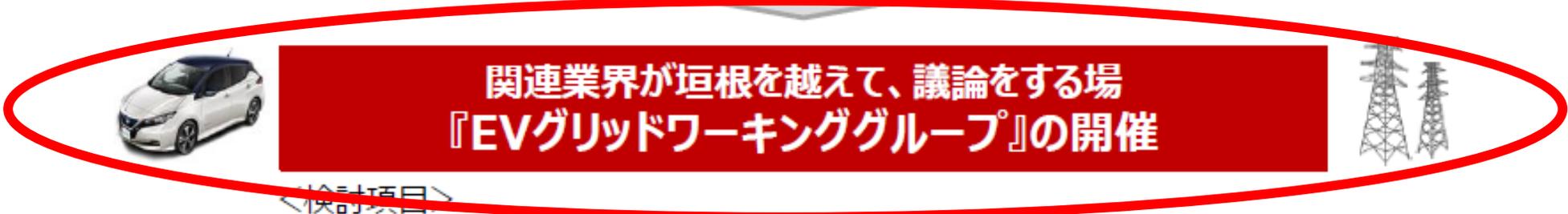
| | |
|---------------|---|
| ①リース料金の割引 | DRサービスにご加入いただく場合、リース料金を月額500円を割引きます。 (リース期間 合計 60,000円/10年間) |
| ②ほくリンクポイントの進呈 | 更に、年間2,000円相当のほくリンクポイントを進呈します。 |

分散型リソースを取り巻く環境変化の進展

- 2011年の東日本大震災以降、カーボンニュートラルやレジリエンス等に対する関心の高まりを背景に、**太陽光等の再エネや、蓄電池やEV等の分散型リソースの導入拡大が大きく進んでいる。**
- 電力制度面においても、小売全面自由化や法的分離等を踏まえて**卸電力市場、需給調整市場、容量市場等の各種電力市場の運開**が進み、それぞれの市場への分散型リソースの参入も実現。また、**2022年からは特定卸供給事業（アグリゲーター）制度、配電事業制度、特定計量制度、FIP制度等が始まる、また2025年度からは次世代スマートメーターの導入も開始予定である**など、分散型リソースの活用拡大に向けた制度整備が進展。
- 引き続きカーボンニュートラル達成を目指しつつも、足元では電力需給ひっ迫等の課題も顕在化している中、これらの**分散型リソースの潜在価値を「使い尽くす」**ための措置が重要。



- EVと電力システムとの統合を考えるにあたっては、EVという財を様々な観点から捉え、社会の全体最適を実現していくことが重要であり、EVの高付加価値化による産業競争力強化やエネルギーの安定・効率的な供給の共存に向けて、産業政策、エネルギー政策両面からの検討が必要。
- そのためには、多様な業種、プレイヤーの関与が不可欠である一方で、各社が自社の立場から踏み出さなければ、将来像への到達シナリオは描けない。



関連業界が垣根を越えて、議論をする場『EVグリッドワーキンググループ』の開催

<検討項目>

- (1) 将来シナリオ^{※1}の検討
- (2) 検討すべき課題^{※2}の抽出や特定
- (3) 最適解（課題を解決し得る仕組みや機会を実現し得る仕組み）の検討

<事務局>

資源エネルギー庁電力・ガス事業部 電力産業・市場室
資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギーシステム課
製造産業局 自動車課
産業技術環境局 国際電気標準課
三菱総合研究所

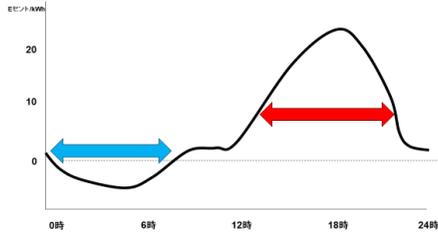
※1 新たなビジネスやユースケースを踏まえた普及・活用シナリオ
※2 機会を実現し得る上での課題含む

1. エネルギー危機・GX推進下で分散型電力システムは切り札
⇒電力システム再構築の中で、市場ルール改革/予備力充実
・原子力政策立て直しと並んで**DERの普及・最大限活用による脱炭素型安定供給システム強化が重要。**
2. 再エネ大量導入に伴うバランスの必要性
⇒日本の再エネの中心である**太陽光のバランスには、ユーザー側DER(分散型エネルギーリソース)の発掘・最適化が必須。**
EVは普及ポテンシャル・kW/kWhとも最大のDER
3. 電力グリッドにとってのEVリスク回避・ポテンシャル活用
⇒**送配電投資の回避・レベニューキャップ目標(次世代化)の達成**
4. EV普及にかかわる産業政策
⇒**日本の自動車産業、EV周辺ビジネスの競争力強化**

欧州・米国におけるEV活用

二つのマネタイズ手法

①イントラ(当日)市場に合わせた
充電シフト(スマートチャージング)



現状欧州は①が
EV活用が中心。
エネルギー危機により加速。

②電力ネットワークにニーズに基づく
フレキシビリティの供出(充電/非充電)

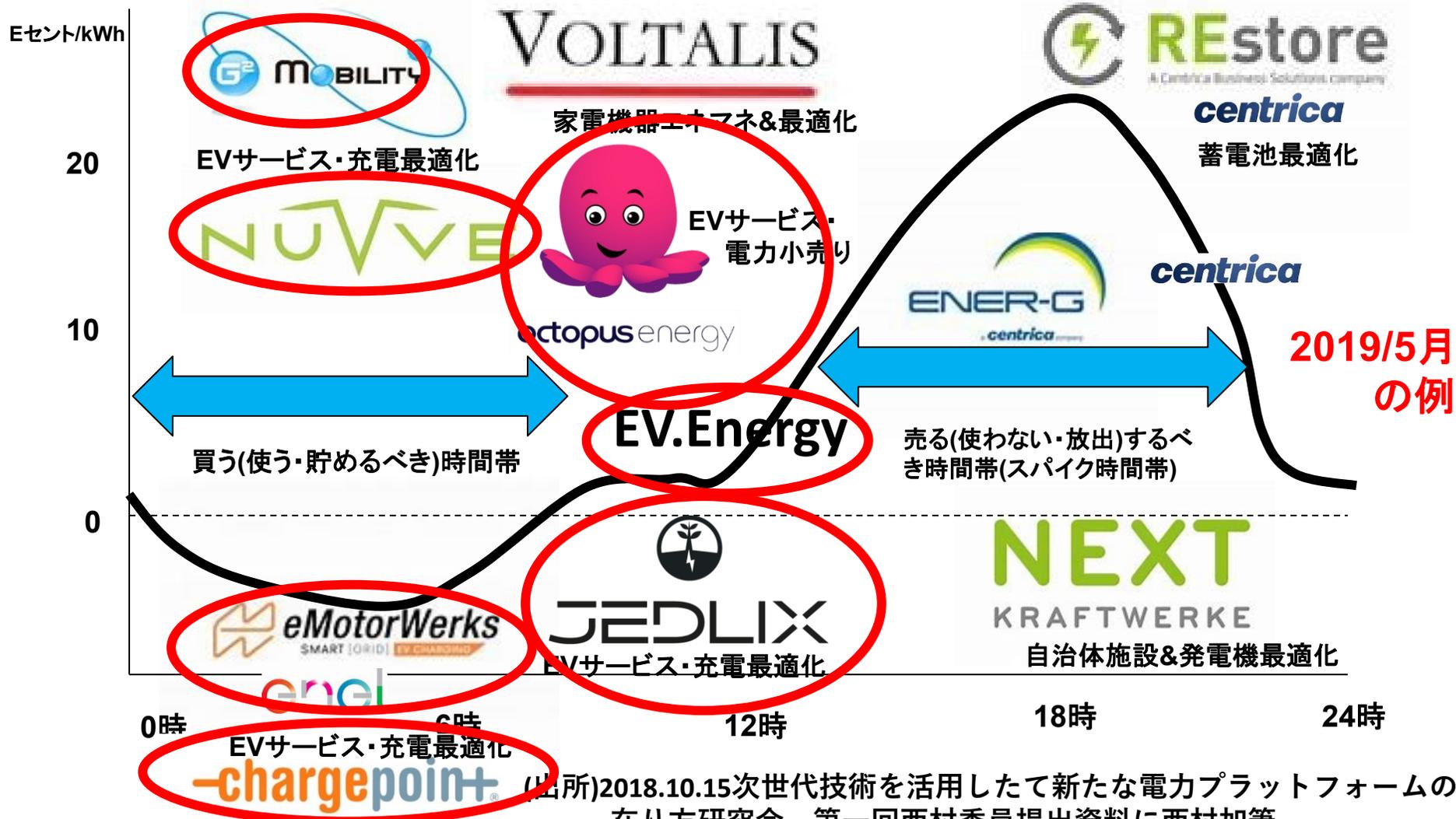


米国では地域によって②が先行。



イントラ市場活用ベンチャーの主役はスマートチャージング

○当日(インフラ)市場をユーザーに使わせるためには市場接続とDER動作サービスが必要であり、スマートチャージングベンチャーがその機能を担っている。



EVビジネスマネタイズの起源②～充電/非充電の提供

16

Demand response

Actively curtailing load



日没等非充電



米国

Local network optimization

Throttling charging on a local cluster of EVs



配電電圧安定



英国

Static load-shifting

Shift load to off-peak hours



固定時間充電



米国

Renewables integration

Align EV load to green generation



再エネ吸収



米国

Dynamic price optimization

Charge during cheapest hours



スパイク時非充電



米国

Rewards and a custom tariff

End to end managed charging



個別充電設計



ドイツ

Public charging & fleet

Away from home charging



商用EV向け



広域

Our platform can be deployed to flexibly integrate any of the above use cases to deliver a unique smart charging experience, for your drivers

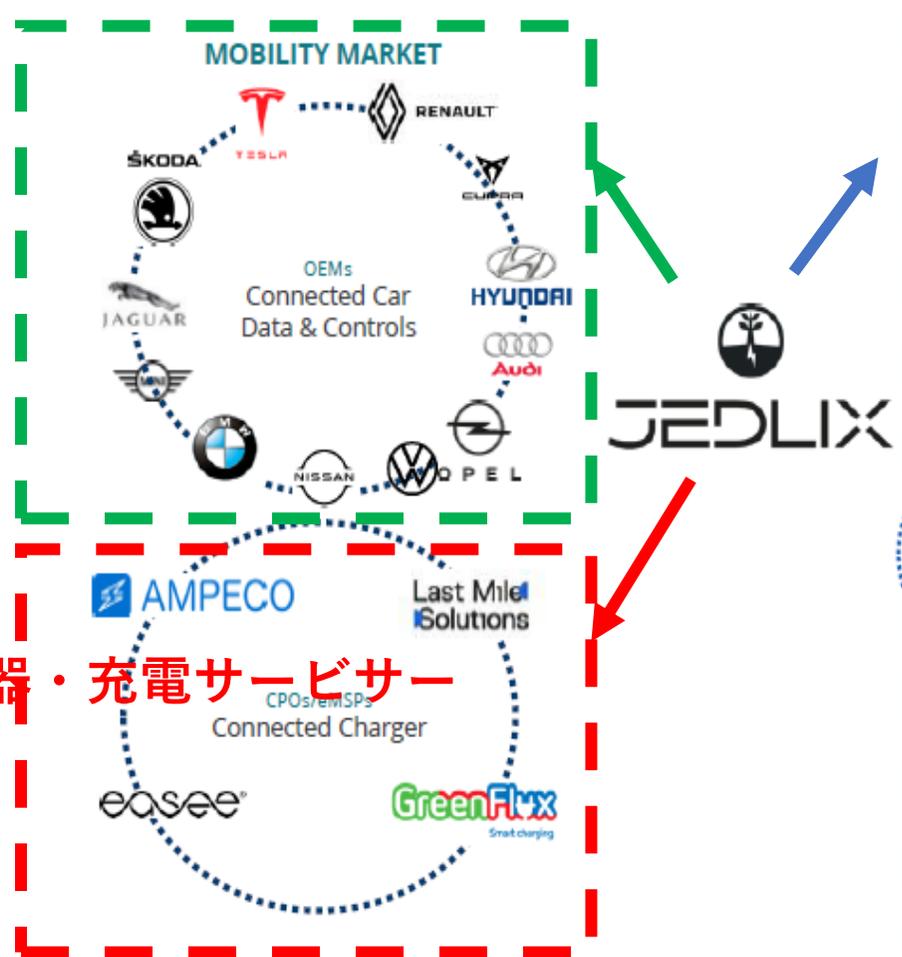
～単純な充電・非充電の機能でも、特に地域によって多様なフレキシビリティニーズのある米国ではDR、電圧安定等多様な使われかたをしている。(EV.ENERGYの例)

(出所)2022.1108分散型電力システムに感化する検討会第一回資料に西村加筆

JEDLIX ECOSYSTEM

自動車メーカー・データ・制御

Jedlix has onboarded 14 OEMs, 14 CPOs and has access to flexibility markets in 7 countries



充電器・充電サービス

エネルギー事業者



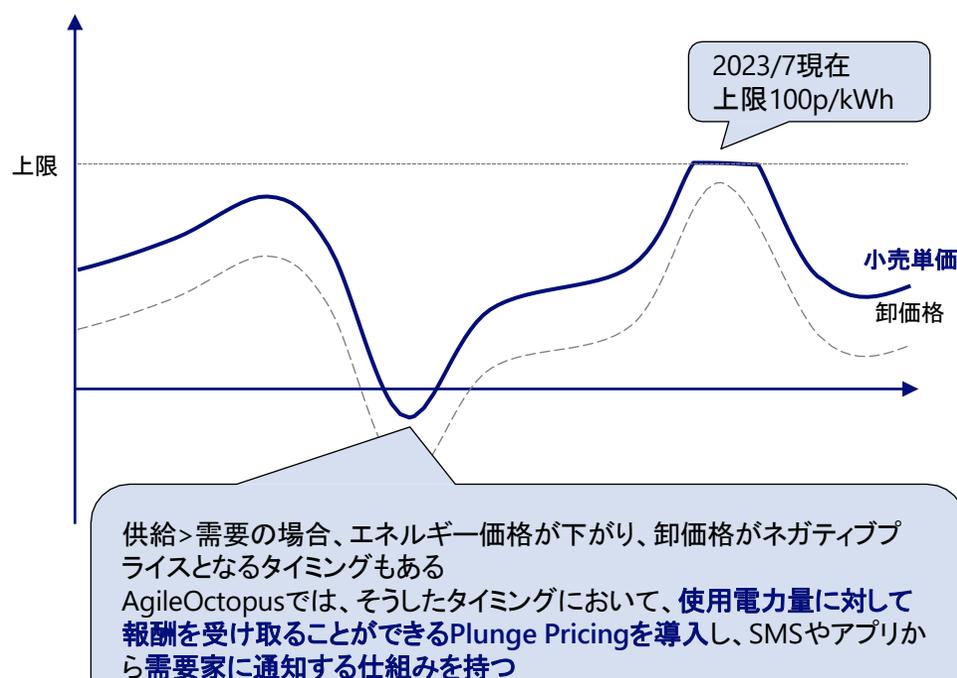
効率的なスマートチャージングアプリを軸にした3分野連携

英国の代表的なEVスマートチャージング料金

Agile Octopusでは30分毎の小売価格を設定しており、通常夕方ごろに翌日の24時間（48コマ）の価格が公表される

- Octopusは、Agileに契約し、火力発電が稼働するピーク時間の消費を減らし、再エネ余剰となっているオフピーク時間の消費を増やすことで、電力システムの脱炭素化に貢献可能としている

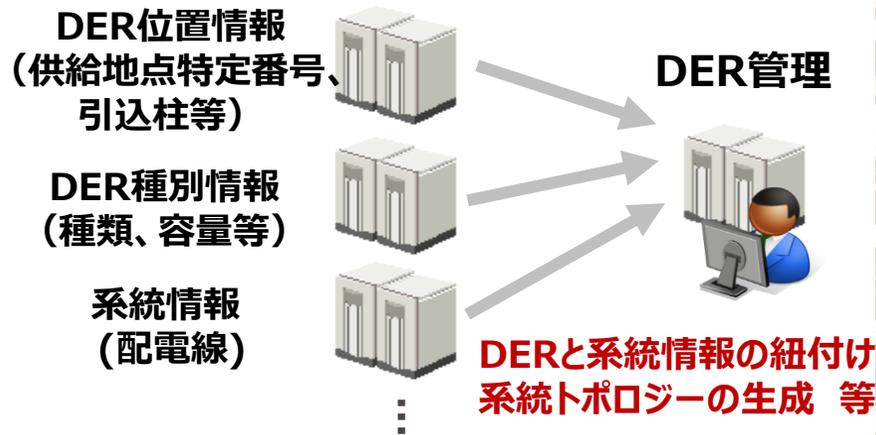
| | 概要 |
|----------|---|
| 加入条件 | <ul style="list-style-type: none"> スマートメーターを保有していること |
| 料金価格の設定 | <ul style="list-style-type: none"> 30分毎に価格が設定される 毎日、16~20時（通常16時頃）に翌日の24時間の価格が公表される なお、上限価格あり（2023/7現在 100ペンス/kWh） |
| ターゲット顧客層 | <ul style="list-style-type: none"> EVや蓄熱式設備を持つ需要家 ピークタイムから需要をシフトできる需要家 |



第8回分散型電力システム検討会資料、NRI作成

- 配電系統でDERを充放電制御して活用するためには、DERの位置情報が必要不可欠
- 加えて、DERの種類 (EV、蓄電池等) やDERの容量等の把握、管理も必要
- 更に、解消する必要のある系統混雑の情報開示が必要
- DERの制御に当たって、いつ、どこで、どの程度の量が必要か、定量的な把握が必要
- ローカルでのDER利活用には、系統情報とリソース情報の双方が必要

<DERの管理イメージ>



<情報公開イメージ>

DER活用推進の観点から、情報公開の仕組みも重要 (データ種類、開示方法、更新頻度等)

| 系統混雑箇所 | | 要因 | 期間 | 対象エリア | DER充放電 必要量 (概算) |
|--------|------|-----|-----------|-------|--------------------|
| 変電所 | 配電線 | | | | |
| 〇〇変電所 | ○配電線 | 熱容量 | ○年○月～○年○月 | ○市□□町 | △△kW |
| □□変電所 | □配電線 | 電圧 | □年□月～□年□月 | □市〇〇町 | ◇◇kW |

○ニーズの高まる公共拠点含むEV充電インフラについて、電圧・能力(急速等)、台数目標、通信規格のあり方について策定。

充電電圧・能力・・・日本では相当部分(50km走行以下が90%)が基礎充電でカバーだが、経路充電拠点は高電力化が必要。

一口90kW以上・複数口を基本とし、
150kW以上の急速充電器も設置

台数目標・・・・・・・・公共用3万含む15万台を目標に。

通信規格・・・・・・・・何らかのオープンプロトコルを公共用充電器補助要件に設定(OCPP準拠が望ましい)

CEV補助金の今後の方針と連動へ。

【EVグリッドWG最終報告】2030年の共有イメージ

政策サポートの姿について議論は残るが、概ねコンセンサス。

| 将来像を実現するための価値 | | 2030年の姿 | |
|------------------------|-------------------------|---|---|
| ① 従来車と同等の利便性 | ①-1 モビリティとしての活用機会を損なわない | <ul style="list-style-type: none"> 集合住宅を含む自宅・職場周辺に『普通充電器』が十分^{注1}に普及している。 高機能な基礎充電(通信機能付等^{注2})が整備され、サービスが普及している。 技術的・コスト的に障壁の高い既築集合住宅の機械式駐車場にも充電器導入が進む。 | |
| | ①-2 利用形態に合わせた航続距離を確保 | <ul style="list-style-type: none"> 需要が多い場所において、高出力の急速充電器が普及する。 長距離走行が必要な高速道路を中心に、十分な充電器が設置される。 サービスによる充電も含めた有用な経路情報が提供される。(EVは、ラストワンマイルやセカンドカーとして、短距離走行を念頭に保有される前提。) 充電器がトラブルなく利用できる。 | |
| | ①-3 ユーザーの経済的負担が少ない | <ul style="list-style-type: none"> EV(蓄電池)の情報開示や適正な評価の仕組みがOEM・中古市場で確立し、蓄電池の使用状況等を反映した価格で売買されている。 EVのイニシャルコスト・維持費の低減等により、EVユーザーにメリットがある状態。 | |
| ② ならではの価値 | ②-1 安価なランニングコスト | 余剰再エネやTOUを活用した安価に充電できるEV充電専用の小売メニュー・サービスが更に普及し、維持費が低下。 | |
| | ②-2 日々の手間の削減 | <ul style="list-style-type: none"> EV所有者の全戸建てに基礎充電が整備されている。 50%以上の集合住宅に基礎充電が整備されている。 | |
| | ②-3 レジリエンス価値 | 主に戸建ての一部のEVユーザーがV2Xによりバックアップ電源としてEVを利用可能。 | |
| | ②-4 環境への負荷が小さい | 再エネ小売電力メニューの普及が進み、ユーザーが選択できるようになる。 | |
| | ②-5 リユース電池としての利用 | 劣化評価・制御手法が確立され、EVリユース電池が一定数、定置用蓄電池等として活用され始めている。 | |
| ③ ユーザー(電力インフラへの追加経済価値) | ③-1 電気料金最適化 | <ul style="list-style-type: none"> 複数の小売電気事業者等により、スマート充電プランが提供され、ユーザーは自分のライフスタイルに合ったプランを選択し、スマートチャージ・V2Xにより^{注3}意識せず電気料金の削減ができる。 EVの貢献に合わせ、小売電気事業者等が貢献に対する対価を払う仕組みができていく | |
| | ③-2 グリッド貢献による追加報酬 | ③-2-1 需給バランス調整 | 機器点計量制度が導入され、需給調整市場でEVが信頼されるリソースとして一般的に活用される。それにより、ユーザーが、その対価を得ている。 |
| | | ③-2-2 供給力の提供 | 小売電気事業者の外部から調達している供給力のピーク発生の緩和に貢献し、ユーザーがその対価を得ている。 |
| | | ③-2-3 系統混雑緩和貢献 | 一部の地域で、仕組みが実装され、社用車を中心にEVが混雑緩和に寄与し、将来の設備投資抑制に貢献する。 |

[EVと電力ネットワークにかかわる制度・市場整備の今後]

- ① **車両情報、充電情報にかかわる規格(基本民民で決めていくべきもの)検討。**
→既にOCPP準拠の方向性は急速充電インフラ指針で明らかにされており、NACsも内容開示の方向で動いているので、**この機に場の設定、概要決定へ現在調整中。**
- ② **合わせてDSOとの取引に不可欠であるVIN(車両特定番号)またはそれと同等の機能を果たせるものの設定について検討する実務者による場が必要。**
アグリゲータの役割が重要になる。一般送配電事業者の積極的関与を図れるよう構想中。
- ③ **将来の基礎充電、その際のスマートチャージングの簡便化のためのチャージングの絞った少人数の検討の場。**
→**通信規格ではなく技術的構想の問題。** オンボードか、充電器での制御なのか。オンボードが一般化すれば充電サービサーはスマートチャージングのマネタイズ機会を失い、充電器での制御を一般化すれば家庭での普及に多額の補助金を普及に合わせて支出していく必要が生じてしまうので、できるだけ幅広い視点の検討を志向する。

需要側の脱炭素イノベーションに必要なもの

市場(価格メカニズム)・
制度の整備



再エネを最大限活用する(電気利用シフト、貯電・放電)ための市場設計・市場の動きを反映した電力ユーザーへの料金メニュー提示(小売電気事業者・アグリゲータ)



連動

機器のIoT化と
市場等シグナルへの反応



市場価格や料金メニューに追従できる動作機能の実現(IoT)=DR Ready機器・システム、送配電会社への取引用プラットフォームの整備、ルールやメニューの整備



連動

機器普及・更新と
顧客コミュニケーション



DR Ready機器・システムへの確実な更新、燃料利用機器からDR Ready電化機器への転換を推進(ロックイン効果回避)
再エネバランシング料金/市場活用の認知向上

1. 日本の電力システムにとって最大の課題は単純な信頼度確保から需給運用上困難さを増す再エネバランシングとなっており、それができなければ大型風力等今後の日本の再エネ拡大は望めない。
2. エネルギー危機によって自家消費型太陽光の増加がみられる他、原子力の復権(火力の下げ余力減少)によっても再エネバランシングは難しくなる傾向にある。
3. 一つの解法は分散型電力システムの構築を加速することであり、DERのプラットフォームと価格メカニズムを使ったバランシングは電力システムの安定化の可能性を高めることにつながる。特にポテンシャルの高い給湯器・蓄電池・EVをめぐる仕組みづくりが注目され、市場・制度、電力ネットワーク技術、製品技術の協働が強く求められる。