



# EVアグリゲーションによるVPP事業の 可能性評価

---

電力中央研究所 グリッドイノベーション研究本部 ENIC研究部門  
兼 社会経済研究所

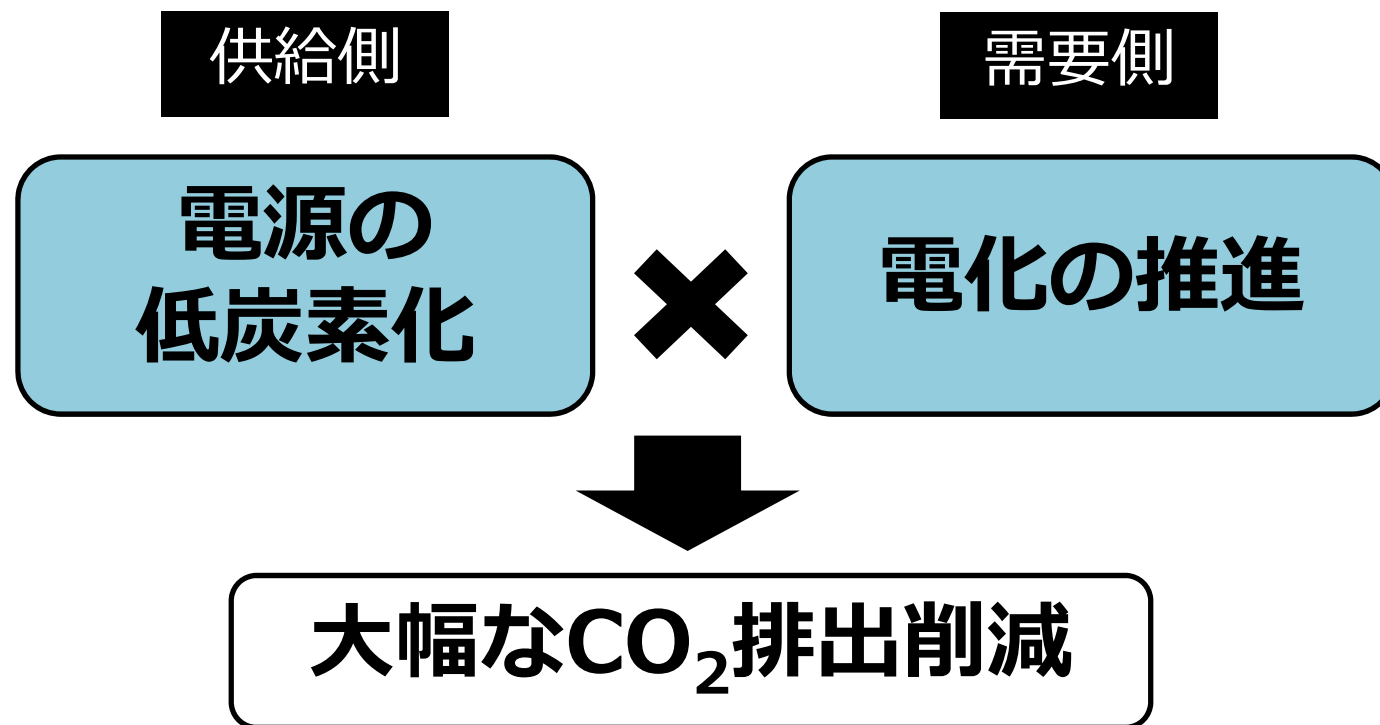
副研究参事 高橋 雅仁

電気学会 電力・エネルギー部門大会 座談会  
「電気の価値」の再定義から考える電気自動車の普及を主とした  
電力システムの課題と期待

2023年9月4日

 電力中央研究所

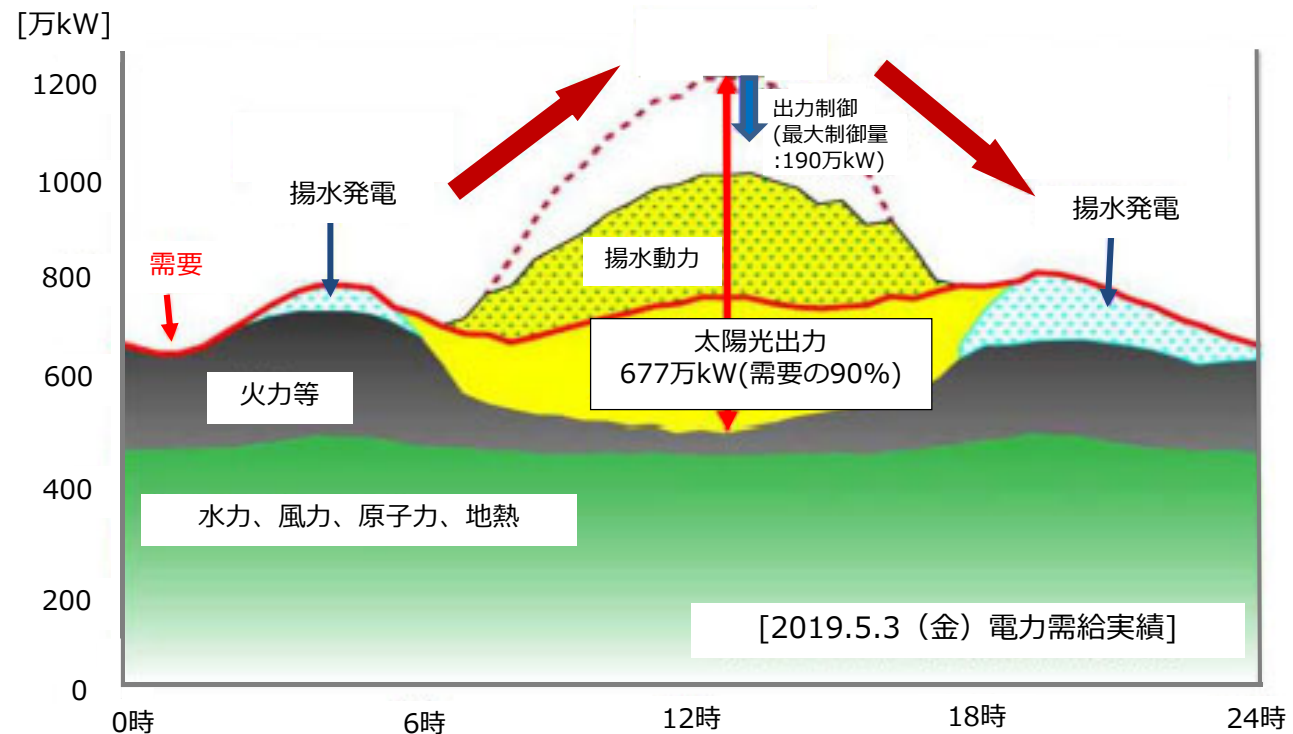
# 脱炭素化と電化：基本公式



# 再エネ電源の導入拡大により生じる課題

- 電力供給のゼロエミ化のため、再エネ電源の導入が拡大し、余剰電力の発生や調整力・慣性力の不足、送電容量の不足、系統安定化コスト増加などの課題が発生する

## 九州電力管内の需給実績



# 需要の最適化

- 再エネ電源の大量導入に対応するため、エネルギー需要を可制御化し、エネルギーを使う地域や時間帯、使い方を最適化することが重要になる

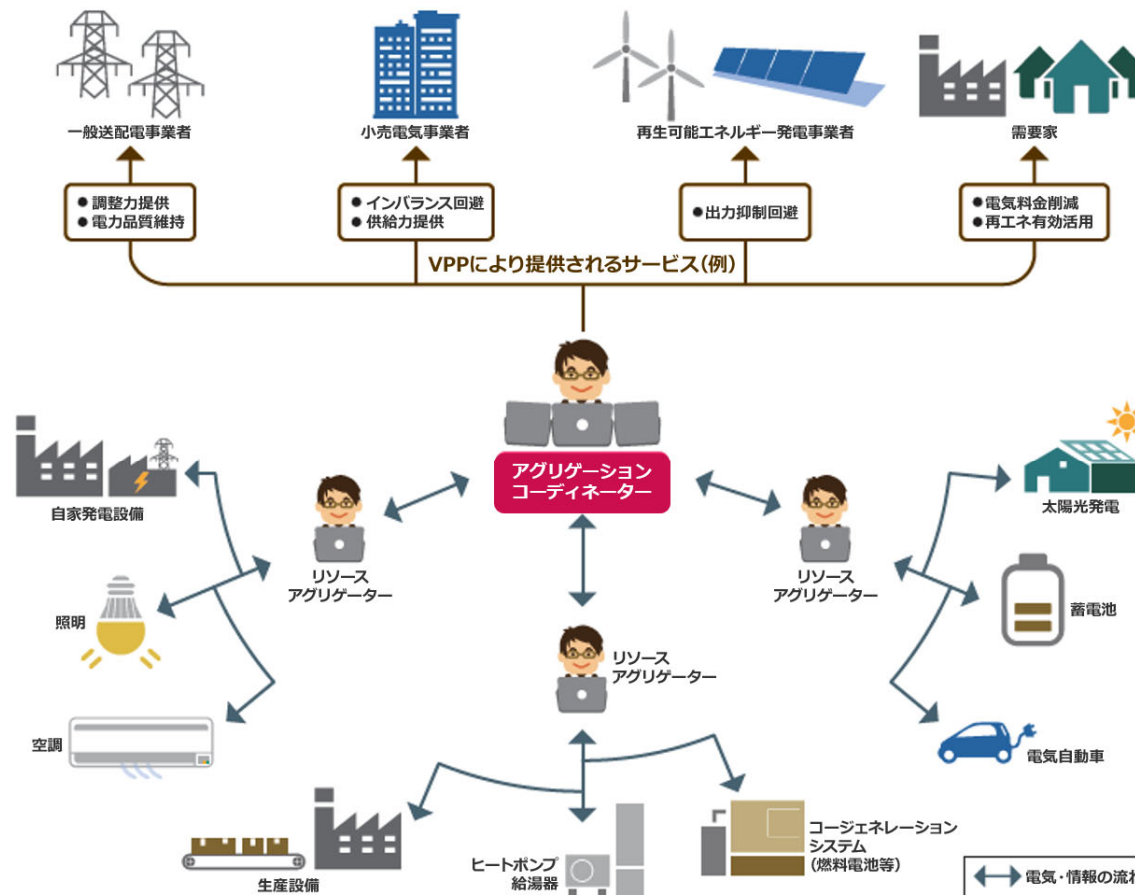
- 太陽光発電等の再エネの導入が拡大し、一部地域では出力制御が実施。出力制御時の系統電力の非化石比率は8割程度との試算もある。
- こうした状況を踏まえると、エネルギーの使用の合理化や需要の平準化だけではなく、再エネ比率の高い時間帯に需要をシフトさせる枠組みが必要ではないか。
- また、「最適化」の検討に当たっては、変動再エネの導入量は、地域や時間帯によっても異なることから、エネルギーを使う場所（地域）、タイミング、使い方の3つの観点も踏まえることが重要ではないか。

## ■ 需要の最適化のイメージ



# バーチャルパワープラント (VPP) とは

工場や家庭などが有する分散型のエネルギーリソースを、IoTを活用したエネルギーマネジメント技術により束ね（アグリゲーション）、遠隔・統合制御することで、電力の需給バランス調整に活用する方策



# 電気自動車 様々な車種・メーカー



日産 リーフ



三菱iMIEV



テスラ モデルS



ホンダ Honda e



ルノー 大型電気トラック



Rivian EV配送トラック  
(amazon)



BYD 電気バス

# 商用車の電動化

- 電動化はこれまで乗用車が中心であったが、商用車の電動化の取り組みが世界的に開始している。



## Optimize prime プロジェクト (英国)

英国の電力・ガス市場規制庁Ofgemが主導する世界最大規模の商用車EV実証。運輸事業者（ロイヤルメールなど）だけでなく、地域配電会社がプロジェクトに参加していることが特徴。

出所：solar media社 current-newsサイト (2021/8/6)  
<https://www.current-news.co.uk/news/optimize-prime-fleet-ev-charging-trial-formally-begins>



## アスクルのEVトラック実証 (日本)

日野自動車が開発した小型EVトラック「デュトロZ EV」を東京都内の配送に試験導入する。日野と関西電力の共同出資会社CUBE-LINXが充電管理などのエネルギーマネジメントを担う。

出所：日経新聞 電子版 2022/1/26掲載  
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC246UJ0U2A120C2000000/>

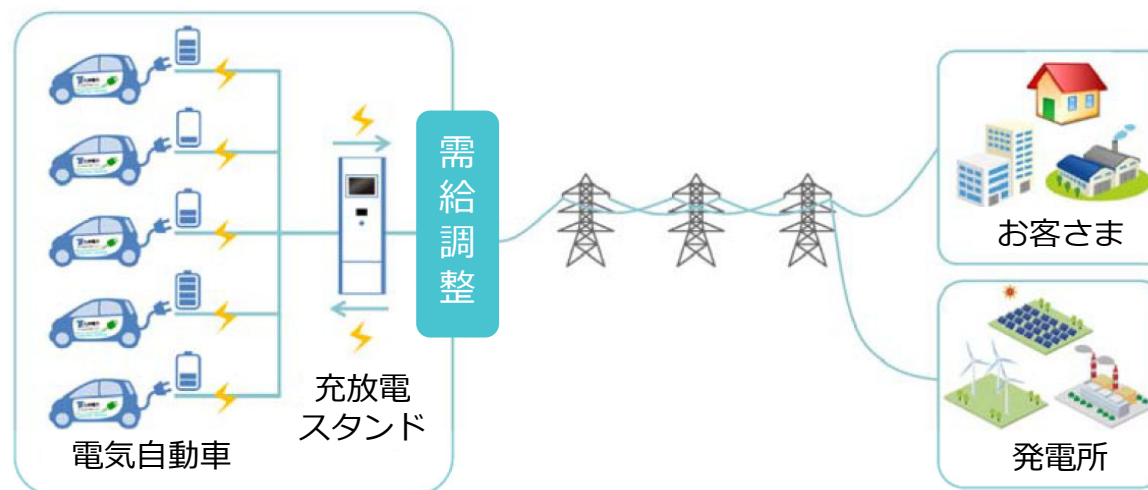
# 国内の電気自動車の現状

- 国内の乗用車6200万台のうち、EVは16万台、PHV17万台、HV1300万台
- 公共充電インフラは、急速充電9千基、普通充電2万基
- 全車両がEVになっても、国内kWh需要は5~10%増加。  
充電が集中すると配電レベルでの影響が懸念される
  - ✓ EV電池容量の増加で、急速充電出力の大容量化の要望増
- EV普及によって、CO<sub>2</sub>排出削減、災害時の停電対策、VPP (Virtual Power Plant) の資源としての活用 (→V2G) が期待される



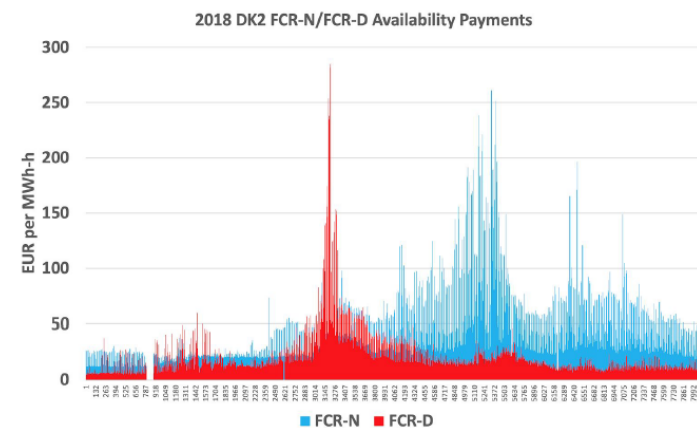
# V2G (Vehicle to Grid) とは

- 通常のEVへの充電に加えて、EVに蓄電された電力を電力系統に放電することによって、電力の需給調整に活用する方策
  - 電力系統に放電せずに、EVへの充電のみを需給調整に活用する方策はV1Gという



# 海外V2G事例：デンマークParkerプロジェクト

- 概要：デンマーク政府のVGI実証プロジェクトの1つ。コペンハーゲン市近郊のユーティリティ公社の敷地内にてEV業務車両（日産eNV200）10台を対象にした実証を行った。V2G充電器の設置はEnel社、EV車両は日産、充電器の監視・運用はNuvve社、市場取引はNEAS社が行う。実証評価はデンマーク工科大学が担当。
- 実証結果：平日夜間と休日に敷地内で駐車中のEV業務車両を、DC10kWのV2G充電器を介して、系統周波数変動に応じて充放電制御した。供出した調整力をデンマーク東部（DK2）のFCR-N市場価格で計算すると、EV1台あたり年間1860ユーロ（24万円）の収入を期待できる。



DK2のFCR市場価格実績（2018年）

# 九州V2G実証事業における当所の3か 年成果（2018～2020年度）

紹介内容の詳しい情報が知りたい方は、以下の報告書をダウンロードしてご覧ください。

高橋、後藤、大嶺、井上、高木、坂東、八太、山田、浅野、池谷：EVアグリゲーションによるVPP事業の可能性評価－九州V2G実証事業における当所の3か年成果－、電力中央研究所報告GD21001、2021年8月

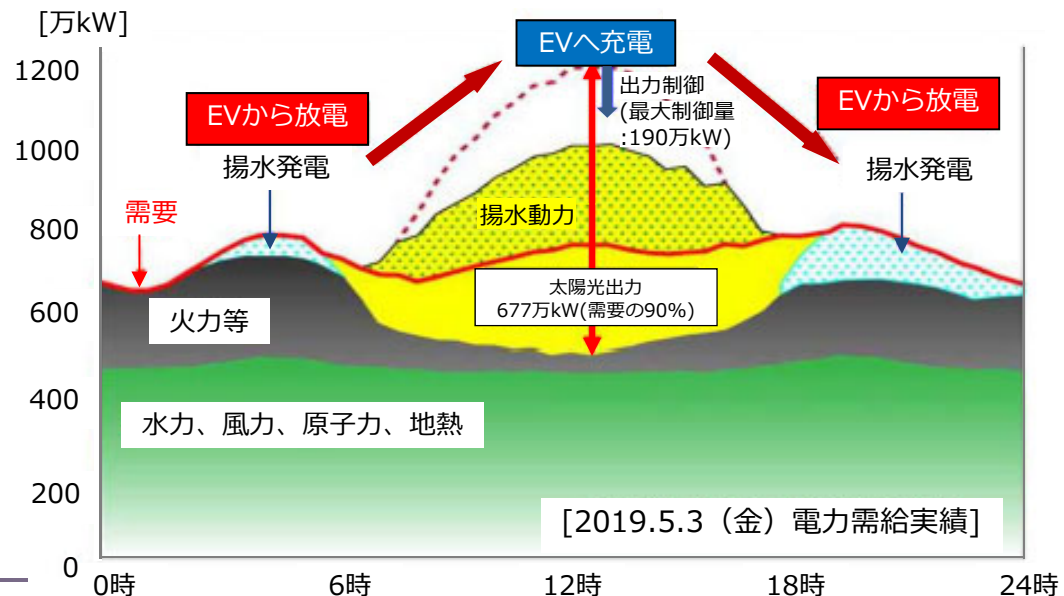
<https://criepi.denken.or.jp/hokokusho/pb/reportDetail?reportNoUkCode=GD21001>

# 九州V2G実証(2018~2020年度)

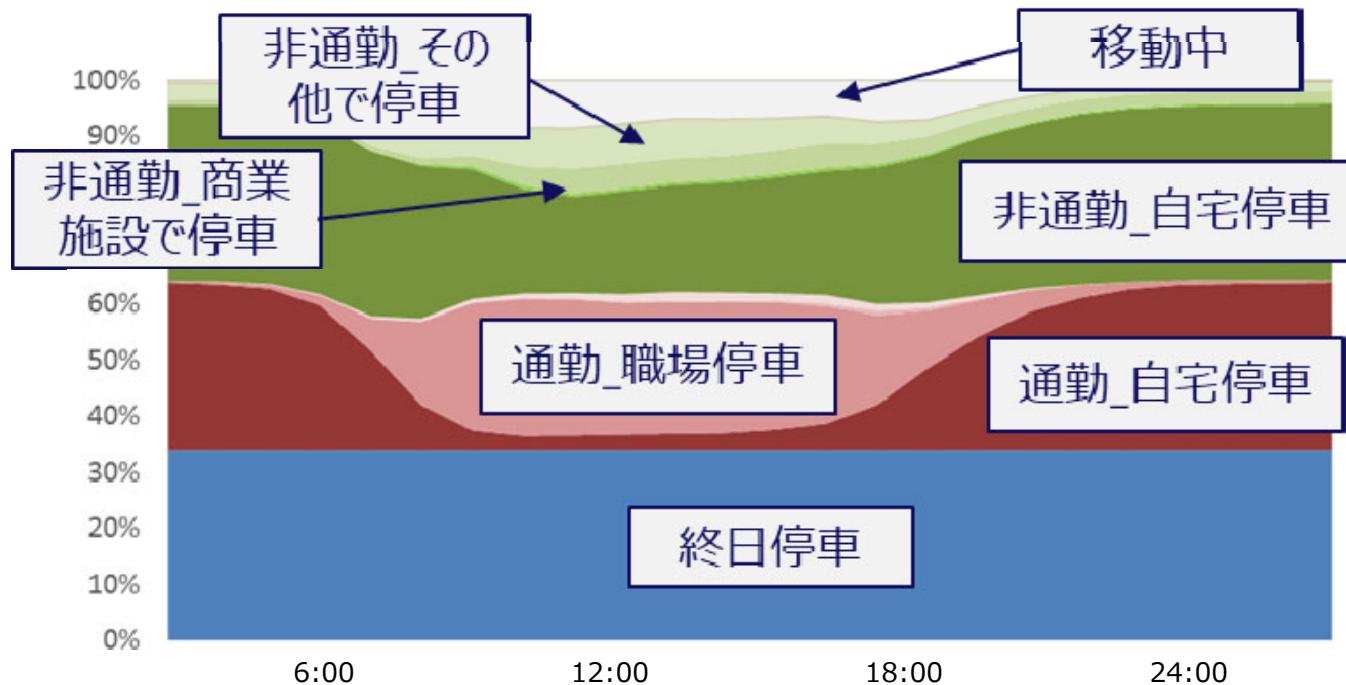
- 経済産業省資源エネルギー庁の補助事業である「九州V2G実証事業」に参画。メンバーは九州電力、**電中研**、日産自動車、三菱自動車工業、三菱電機。
- 実証内容：九州エリアにおけるPV出力制御量の低減やダックカーブ対策に、EVを活用できるかを検証。電中研はV1G/V2Gの可能性評価を担当。電力系統側、EVユーザー側、VPP事業者側のそれぞれの視点から評価する。

## 九州電力管内の需給実績とV2G活用イメージ

出所：平成31年度「需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業費補助金」(VPP)B-2事業者成果報告、2020年3月、  
[https://sii.or.jp/vpp31/uploads/B\\_2\\_1\\_kyuden.pdf](https://sii.or.jp/vpp31/uploads/B_2_1_kyuden.pdf)



# 駐車中EVは将来の有望なVPPリソース



福岡県・平日の乗用車の駐車台数の時間変化

- ほとんどの乗用車は駐車中である。将来、全車両がEV化されれば、駐車中EVの膨大な蓄電池を系統需給協調に利用可能

出典：高橋他(2019/9)

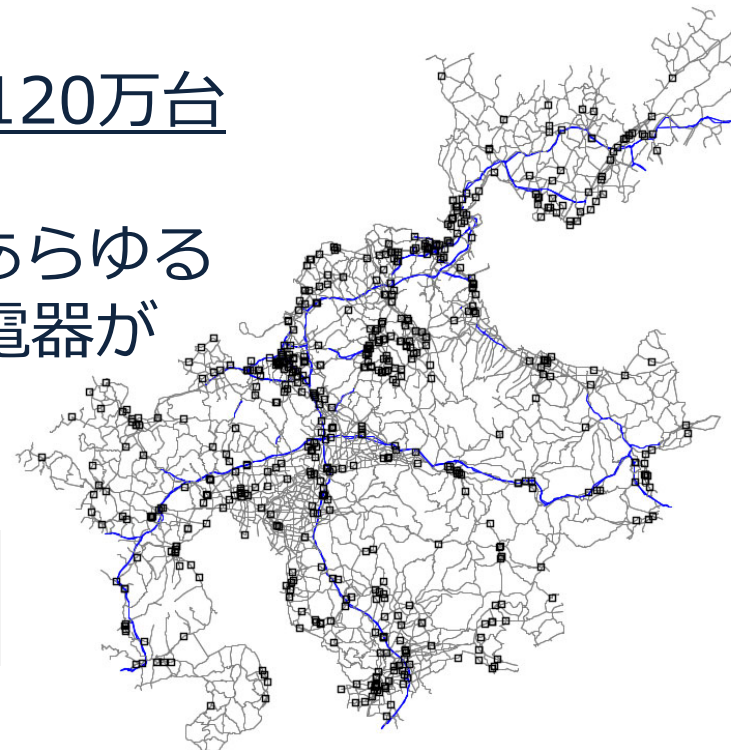
# 次世代自動車交通シミュレータによる評価

- 電中研が開発した次世代自動車交通シミュレータ (EV-OLYENTOR) を用いて、エリア内の個々のEVの走行や充電行動をシミュレーション、九州全域のV1G/V2Gによる需要創出量を評価する

## ➤ 仮定

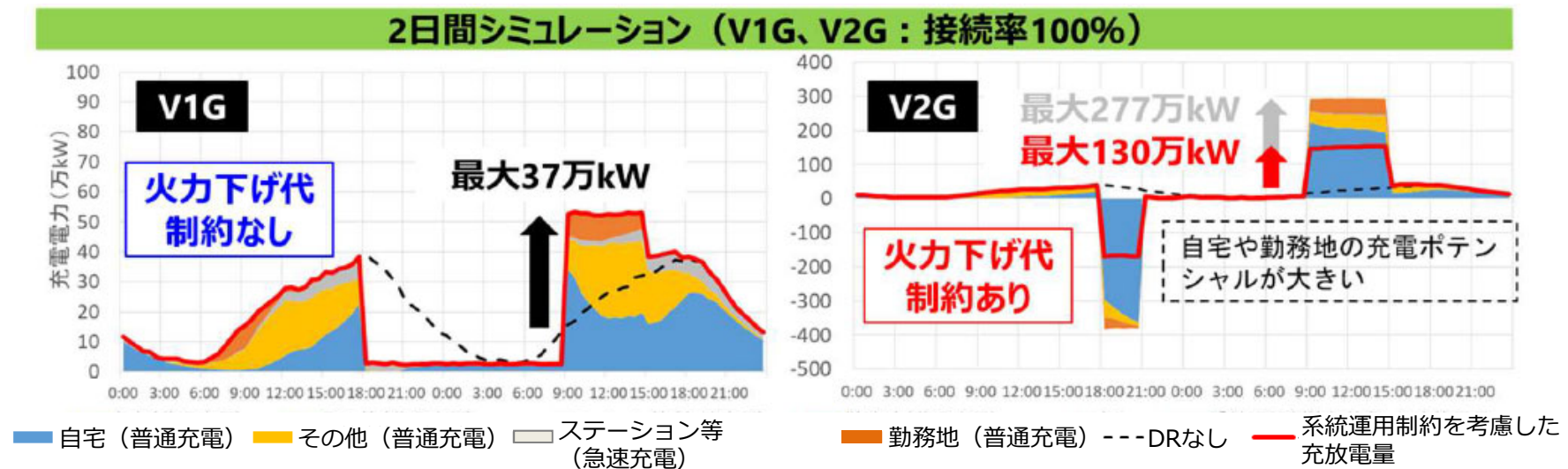
- ✓ 九州全域のEV普及台数：120万台
- ✓ EV属性：電池容量40kWh
- ✓ 自宅・職場・店舗などのあらゆる駐車場所にV1G/V2G充電器が設置済

福岡県近郊の道路地図データと  
急速充電器の配置場所



# V1G/V2GによるPV出力制御量の回避

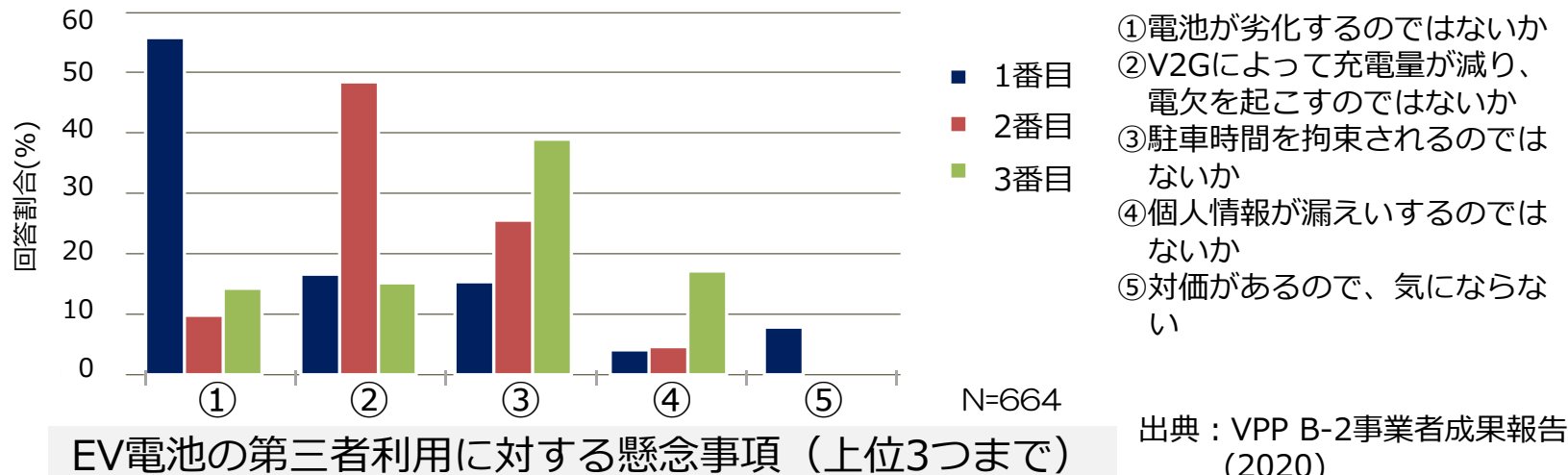
- 電力系統側の受入可能量を加味したシミュレーションを行うと、九州全域のV1G/V2Gによる需要創出量、つまりPV出力制御量の回避可能量は、V1Gで最大37万kW、V2Gで最大130万kW



- **V1G** : 夕方18時以降のEV充電量を、翌日昼間9時-15時にシフトして需要創出する
- **V2G** : V1Gに加えて、点灯帯18時-21時に放電、EVの蓄電残量 (SOC) の空き容量を確保。翌日昼間9時-15時にこの空き容量に充電して需要創出する

# EVユーザーのV2G受容性

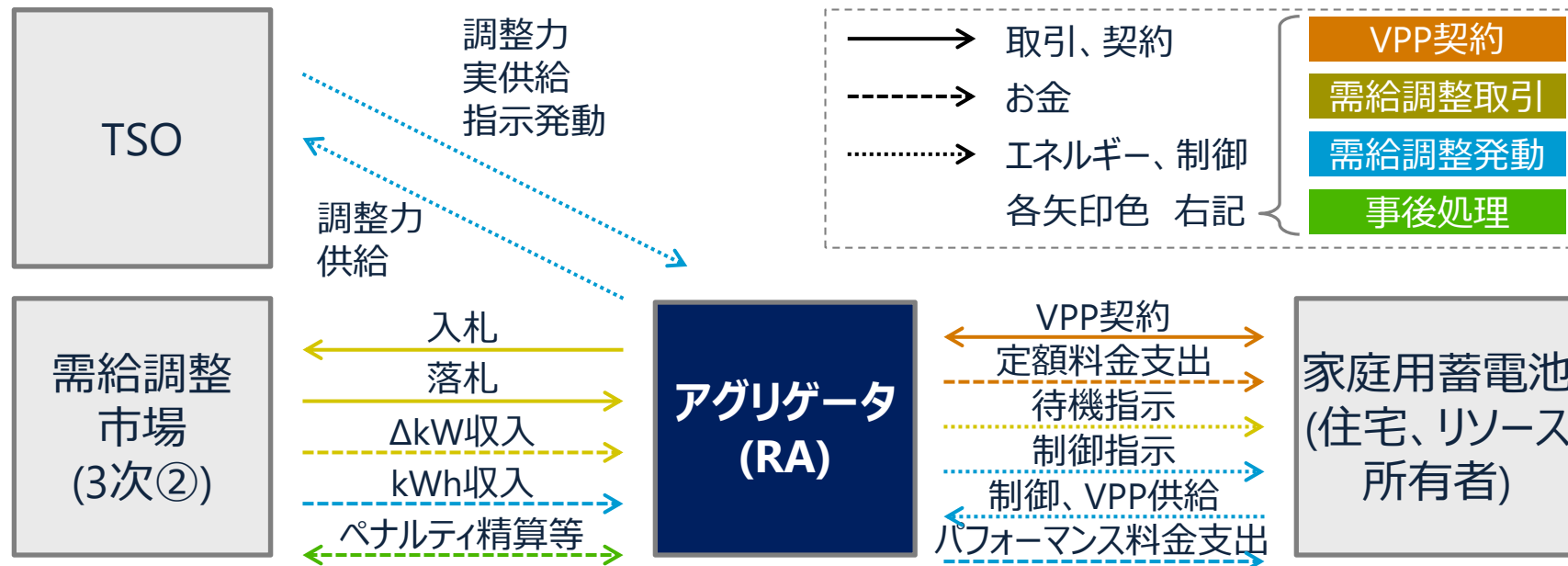
- EVユーザー664名を対象に、V2Gの受容性についてアンケート調査を行った
  - 7~8割のEVユーザーは対価次第ではV2Gに協力可能
  - 電力会社や自動車会社など第三者に、EV電池を制御される場合のユーザーの懸念事項は、①電池劣化、②充電量が減ること（電欠）、③駐車時間の拘束の3つ
- ユーザーの懸念を解消し受容されるV2G事業モデルを構築する必要あり





# VPPアグリゲーションの事業性評価

- 小規模リソース（ヒートポンプ給湯機、家庭用蓄電池、EV）を対象に、VPPアグリゲーションの事業価値を評価した
  - VPP契約に基づく使用料をリソース所有者に支払って調達する調整力  $\Delta kW$  を、需給調整市場（3次調整力②）に供給して収入を得るというビジネスモデルを想定
  - ドイツ3次調整力市場の2019年実績価格を、日本の3次調整力②市場の価格と想定する（＝ベースケース）



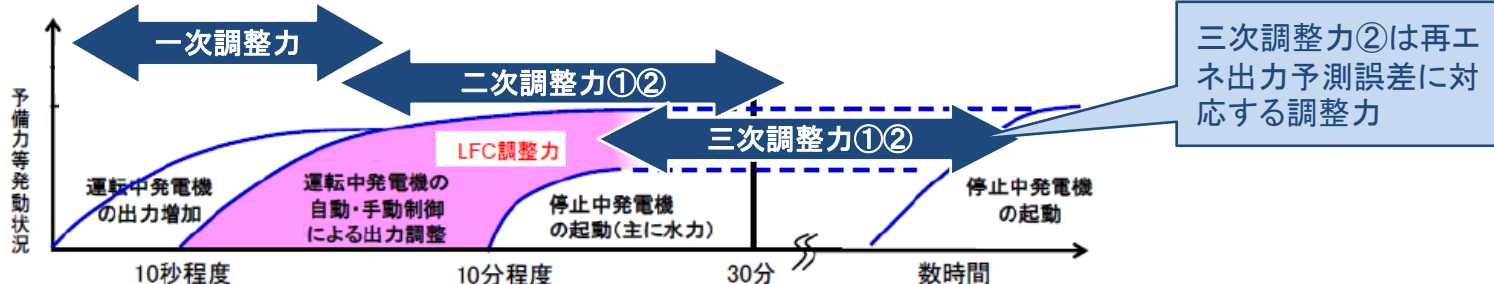
# 需給調整市場の調整力商品カテゴリ

速い ←

→ 遅い

	一次調整力	二次調整力①	二次調整力②	三次調整力①	三次調整力②
英呼称	Frequency Containment Reserve (FCR)	Synchronized Frequency Restoration Reserve (S-FRR)	Frequency Restoration Reserve (FRR)	Replacement Reserve (RR)	Replacement Reserve-for FIT (RR-FIT)
指令・制御	オフライン (自端制御)	オンライン (LFC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン (EDC信号)	オンライン
監視	オンライン (一部オフラインも可※2)	オンライン	オンライン	オンライン	専用線：オンライン 簡易指令システム：オフライン
回線	専用線※1 (監視がオフラインの場合は不要)	専用線※1	専用線※1	専用線※1	専用線 または 簡易指令システム
応動時間	10秒以内	5分以内	5分以内	15分以内	45分以内
継続時間	5分以上	30分以上	30分以上	商品ブロック時間(3時間)	商品ブロック時間(3時間)
並列要否	必須	必須	任意	任意	任意
指令間隔	- (自端制御)	0.5~数十秒※3	1~数分※3	1~数分※3	30分
監視間隔	1~数秒※2	1~5秒程度※3	1~5秒程度※3	1~5秒程度※3	1~30分※4
供出可能量 (入札量上限)	10秒以内に出力変化可能な量 (機器性能上のGF幅を上限)	5分以内に出力変化可能な量 (機器性能上のLFC幅を上限)	5分以内に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な幅を上限)	15分以内に出力変化可能な量 (オンラインで調整可能な幅を上限)	45分以内に出力変化可能な量 (オンライン(簡易指令システムも含む)で調整可能な幅を上限)
最低入札量	5MW (監視がオフラインの場合は1MW)	5MW※1,3	5MW※1,3	5MW※1,3	専用線：5MW 簡易指令システム：1MW
刻み幅 (入札単位)	1kW	1kW	1kW	1kW	1kW
上げ下げ区分	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ	上げ/下げ※5

【運転予備力、LFC調整力の応動イメージ】



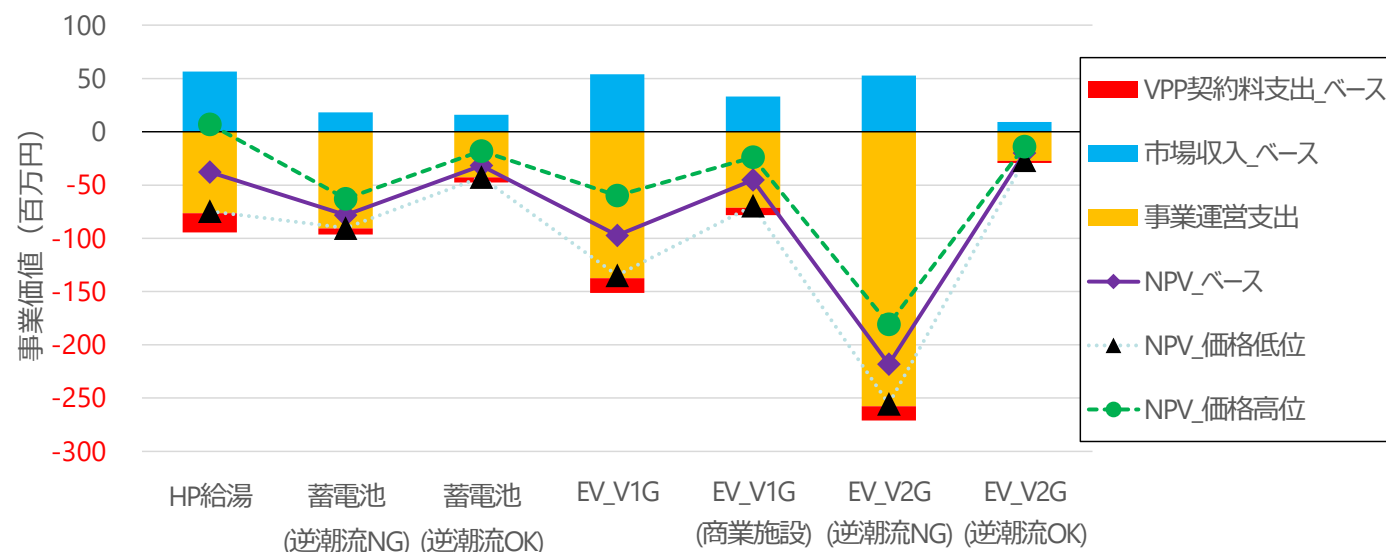
# 想定したユースケース

- 4kWのPV設置済み戸建住宅群を対象として、リソースの種類、運用方法、蓄電池からの逆潮流の可否を考慮した7つのユースケースを想定

ケース名	VPPリソース	運用方法の説明
HP給湯	HP給湯機	3次調整力②を供給しつつ、昼間蓄熱 (PV余剰) と夜間蓄熱 (系統電力) を最適制御。
蓄電池 (逆潮流OK)	蓄電池 (容量6kWh、充放電出力±2kW)	3次調整力②を供給しつつ、蓄電池の充放電を最適制御。蓄電池からの逆潮流は可能。
蓄電池 (逆潮流NG)	蓄電池 (容量6kWh、充放電出力±2kW)	3次調整力②を供給しつつ、蓄電池の充放電を最適制御。蓄電池からの逆潮流は不可。
EV_V1G	EV (容量24kWh、充電電力3kW)	自宅の充電器接続時に、3次調整力②を供給しつつ、EV電池の充電 (PV余剰、系統電力) を最適制御。
EV_V2G (逆潮流OK)	EV (容量24kWh、充放電出力±6kW)	自宅の充放電器接続時に、3次調整力②を供給しつつ、EV電池の充電 (PV余剰、系統電力) と放電を最適制御。EV電池からの逆潮流は可能。
EV_V2G (逆潮流NG)	EV (容量24kWh、充放電出力±6kW)	自宅の充放電器接続時に、3次調整力②を供給しつつ、EV電池の充電 (PV余剰、系統電力) と放電を最適制御。EV電池からの逆潮流は不可。
EV_V1G (商業施設)	EV (容量24kWh、充電出力3kW)	自宅と商業施設の充電器接続時に、3次調整力②を供給しつつ、EV電池の充電を最適制御。

# VPPアグリゲーションの事業性評価（続き）

- 評価結果：想定条件下では、ベースケースにおいて、事業価値（NPV）が正となるユースケースはなく、価格高位ケースではHP給湯のみNPVが正となった
  - 市場から得られる収入に比べて、事業運営支出が大きいことがその理由



ユースケース別推計NPVと市場価格に関する感度分析の結果

## 今後の展開

- V1G/V2Gは、技術的には問題ない水準にあり、今後、経済的に見合うサービスの選択と事業モデルを検討する段階に入る。需要家側と事業者側双方の価値を創出する事業モデルの確立が重要である
- 紹介した通り、V1G/V2Gは、系統側のメリットやEVユーザーの受容性はあるが、現時点では、システムコストが高く、低速カテゴリの需給調整市場からの収入のみに拠るVPP事業の成立は難しい。自立的な事業成立には、システムコストの低減、制度設計による支援（電池からの逆潮流を認める、職場充電環境の整備等）、事業者側の工夫（エネマネなど他事業と合わせる等）が必要
- 研究課題としては、配電系統における影響を評価し、対策を検討することが必要

ご清聴ありがとうございました

**RI** 電力中央研究所  
Central Research Institute of Electric Power Industry