

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

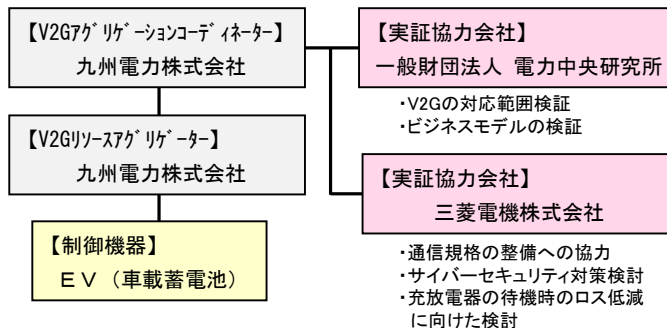
九州V2G実証事業（B-2事業）
成果報告書

2020年3月9日

九州電力株式会社
一般財団法人 電力中央研究所
三菱電機株式会社

今後の普及拡大が見込まれる電気自動車（以下、EV）を電力需給バランスの調整に活用するため、EVに蓄電された電力を電力系統に逆潮流させるV2G技術等について検証を行う。

＜事業体制＞



＜実証設備＞ 6拠点、16台のEV充放電ステーション及び、複数拠点のEVを管理・制御するV2Gシステムを構築

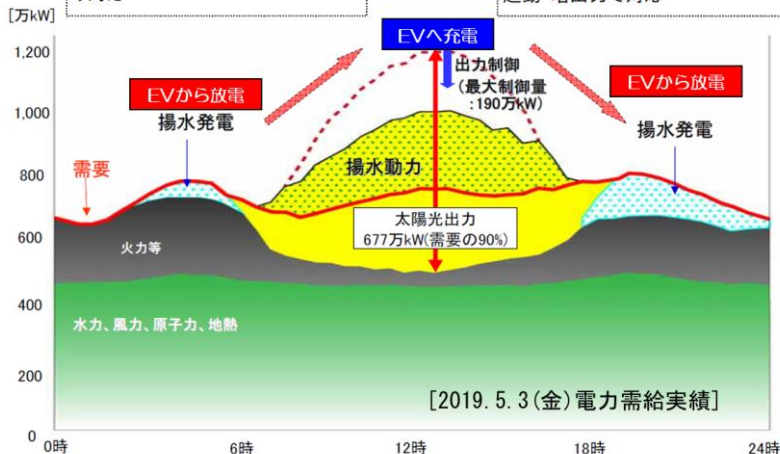


＜実証・制御内容＞

- EVを用いて、太陽光発電出力制御量の低減や、揚水機・火力機の出力調整の負担軽減（ダックカーブ対策）に活用できるか検証

昼間の太陽光出力増に対して、揚水動力の活用や火力発電所の抑制・停止に加え、再エネ出力制御により対応

夕方にかけての太陽光出力減に対応して、再エネ出力制御の解除、揚水動力の停止や 火力発電所の起動・増出力で対応



【出典】第22回 系統WG（再エネ出力制御量の低減に向けた対応状況について）[九州電力]

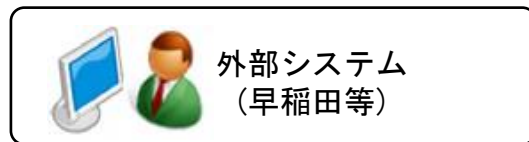
＜検証項目・事業内容＞

検証項目	事業内容
①EV充放電制御システムの開発と検証	・外部システムとの連携機能、複数拠点のEVリソース管理・制御機能の追加 ・システムの機能検証
②電力系統への逆潮流検証	・EVステーション（代表地点）にて、逆潮流時の電圧測定を行い、影響を評価
③V2Gの対応範囲検証	・V2Gシステムの機能検証・評価を踏まえた需給調整メニューへの適合性を評価
④ビジネスモデルの検証	・EVユーザーへのアンケート・インタビュー、法人へのEV導入に対する意識調査 ・調査結果等を踏まえた、EV所有者のメリット検討 ・ユースケース検討によるビジネスモデルの検討
⑤系統連系機能付き充放電スタンドの認証制度の整備への協力	・充放電スタンドを実際に系統連系 ・JET認証制度の整備への対応を検討
⑥通信規格の整備への協力	・通信範囲の拡大に応じた通信規格整備への対応 ・システムのオープン化・共通化に向けた検討
⑦自動車メーカー側の設定値の検証	・自動車メーカーとして設定している充放電ルール等を確認し、V2Gシステムの運用に反映
⑧その他	・サイバーセキュリティガイドラインに即したセキュリティ対策を実施 ・充放電器の待機時のロス低減に向けた課題の抽出と改善方策の検討

- 具体的には、複数の充放電ステーションのEVを管理・制御するV2Gシステムを開発し、DR配分指令及び実績管理機能などを検証

V2Gシステム構成図は以下の通り。

2019年度実証範囲



OpenADR2.0b準拠



- 外部システム連携
- 2018年度構築ステーション、RA機能への配分制御

OpenADR2.0b準拠



- 複数拠点への配分制御
- リソース管理

車両管理システム
[補助事業外]

- 車両の使用予定等を管理

MQTT

https://

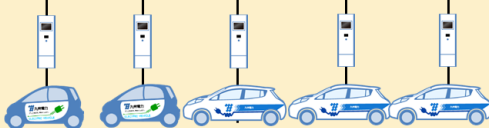
RAサーバにて、各拠点及び個別EVへ指令を配分

2018年度構築

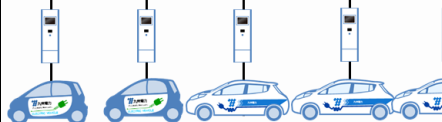
ステーションへ
一括指令



ECHONET Lite
VER.1.12 Release J



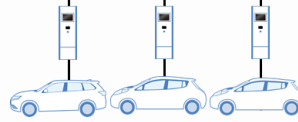
CHAdEMO rev. 1.0
CAN2.0Bアクティブ
九州電力(株) 総合研究所



九州電力(株) 福岡支社



ECHONET Lite VER.1.12 Release J



九電テクノシステムズ(株)



(株)九南



宮崎日産自動車(株)



CHAdEMO rev. 1.0、CAN2.0Bアクティブ

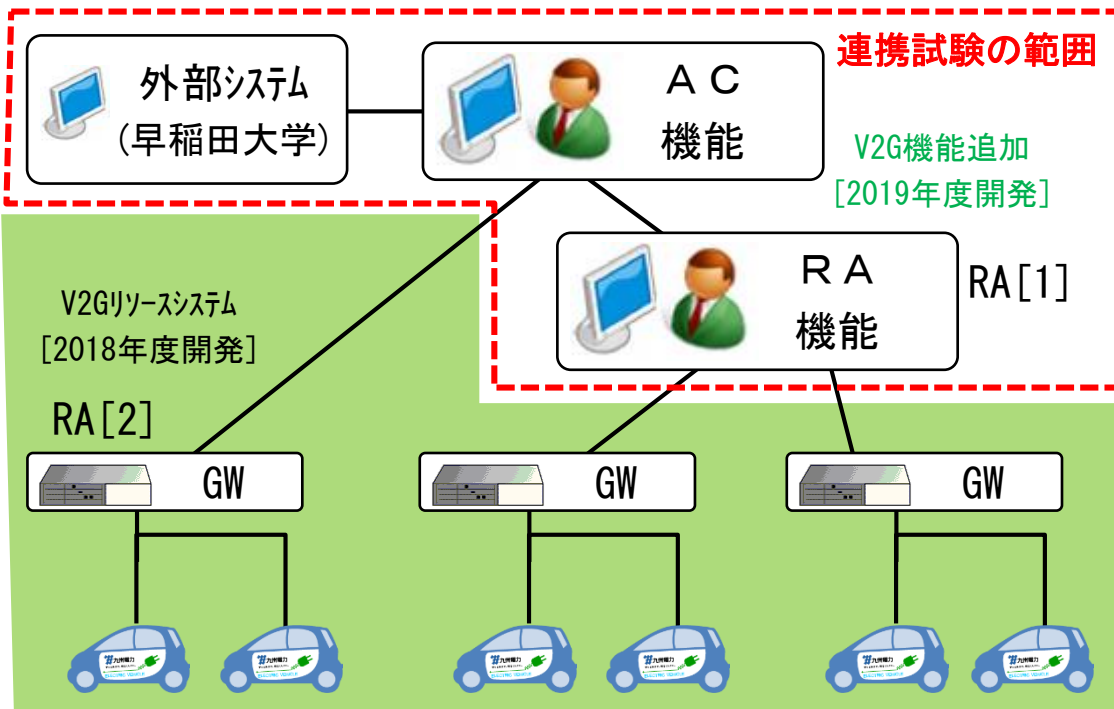
会社	実施場所 (所在地)	台数	使用車両	最大出力
九州電力株式会社	総合研究所 (福岡市南区) ※2018年度構築	5台	i-MiEV LEAF	30kW
	福岡支社 (福岡市中央区)	5台	i-MiEV LEAF	30kW
九電テクノシステムズ 株式会社	本店 (福岡市南区)	3台	アウトランダー LEAF	17.7kW
株式会社九南	宮崎本店 (宮崎市)	1台	LEAF	5.9kW
	都城本社 (都城市)	1台	LEAF	5.9kW
宮崎日産自動車 株式会社	宮崎店 (宮崎市)	1台	LEAF	5.9kW
合計		16台		95.4kW

	三菱電機株式会社	ニチコン株式会社
外観		
型式	EVP-SS60B3-M7-R	VCG-666CN7-R
外形寸法(W×D×H)	842×451×1219mm	809×337×855mm
質量	158kg	91kg
定格出力	6.0kW	5.9kW
設置場所	九州電力 総合研究所 九州電力 福岡支社	九電テクノシステムズ 九南 宮崎本店 九南 都城本社 宮崎日産自動車

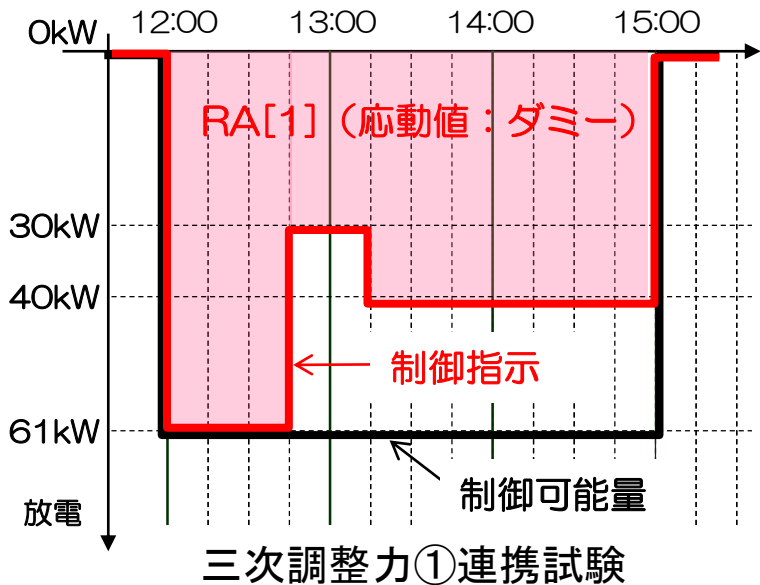
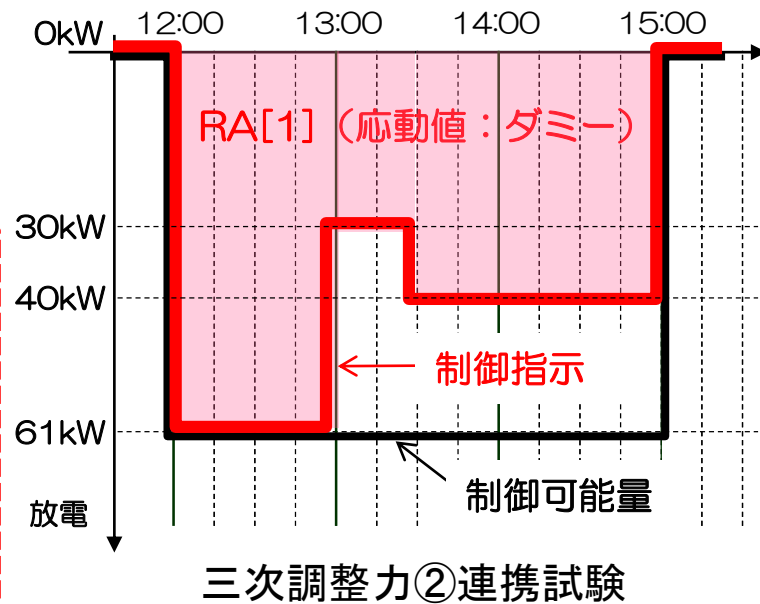
- (1)外部システム（早稲田大学）との間で接続および信号授受が可能であること、(2) 6拠点のEVステーションへ指令配分が出来ること及び、各EVスタンドが指令値に応動出来ることを確認するための検証試験を実施した。
- 平成31年度VPP事業 共通実証仕様書の流れに沿って、三次調整力②①の試験を実施し、成功率（※）で評価を行った他、失敗したコマの原因等についてリソースの応動を調査した。
※ 成功判定 … 実績値が指令値に対して±10%以内の幅に収まっていること、また、制御対象時間内に変更指示があった場合は、変更指示時間から変更対象時間までの間、実績値が入札量の±10%を含めた上下限範囲に収まっていること。

試験概要	結果
<u>(1) 早稲田大学との連携試験</u> 外部システム(早稲田大学) との間で接続及び信号授受が可能であることを確認。	良
<u>(2) 三次調整力②①を想定した実証試験</u> 以下の試験を実施し、システム全体の制御指令に対する応動（拠点間の指令値配分、指令値に対する各スタンドの出力変動等）を確認。 なお、本年度は外部システムとの連携は無し。（共通実証への参加は無し）	
<u>三次調整力②一定試験</u> 三次調整力②の流れに沿って、一定出力の制御指令に対する応動を確認。	良
<u>三次調整力②変更試験</u> 三次調整力②の流れに沿って、途中で2回の出力変更に対する応動を確認。	良
<u>三次調整力①一定試験</u> 三次調整力①の流れに沿って、一定出力の制御指令に対する応動を確認。	良
<u>三次調整力①変更試験</u> 三次調整力①の流れに沿って、途中で2回の出力変更に対する応動を確認。	良

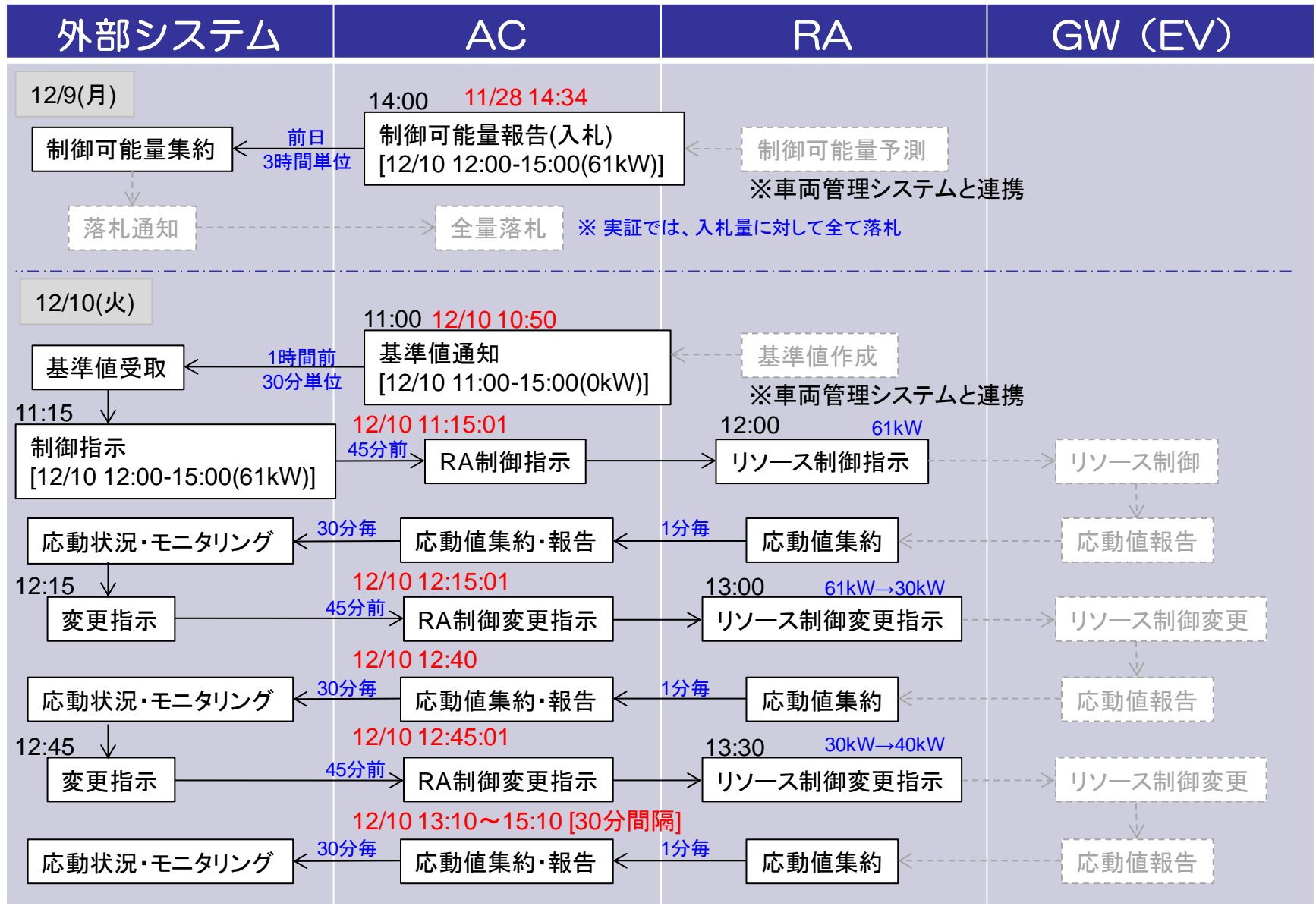
来年度の共通実証への参画のため、外部システム(早稲田大学)との連携試験を実施し、外部システムとの間で連携、信号の授受が可能であることを確認。



三次調整力②①の試験を実施し、外部システム・AC・RA間で制御可能量、基準値、制御指示、応動値の送受信が可能であることを確認できた。



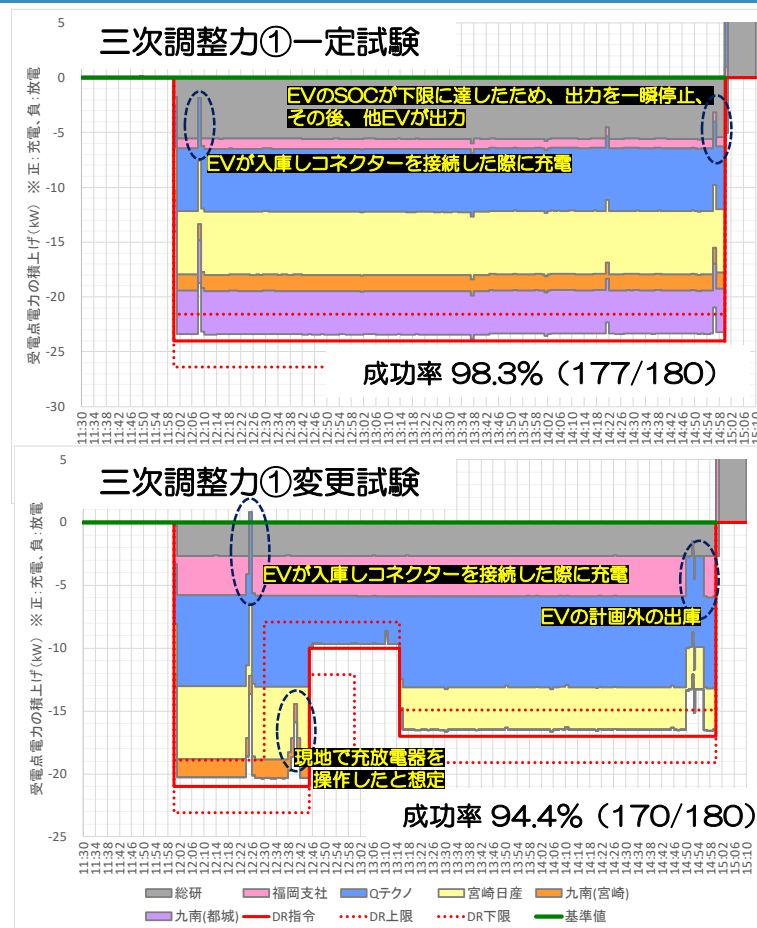
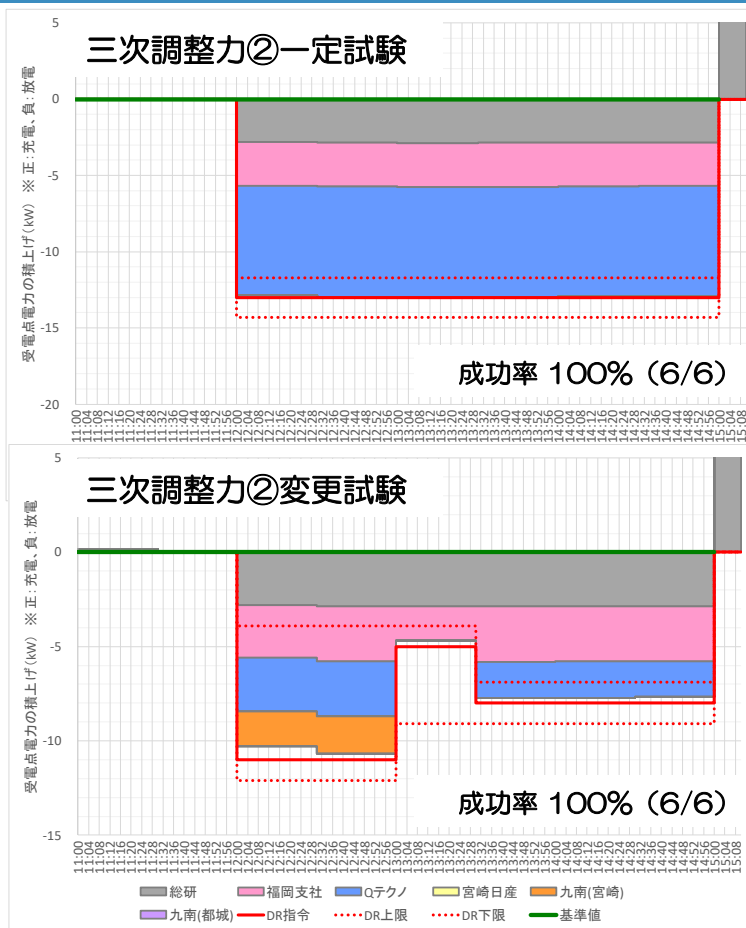
① - 6. 【参考】早稲田大学との連携試験結果（三次調整力②）



ダミー信号

※ 黒字: 予定、赤字: 実績

① - 7. 三次調整力②①を想定した実証試験

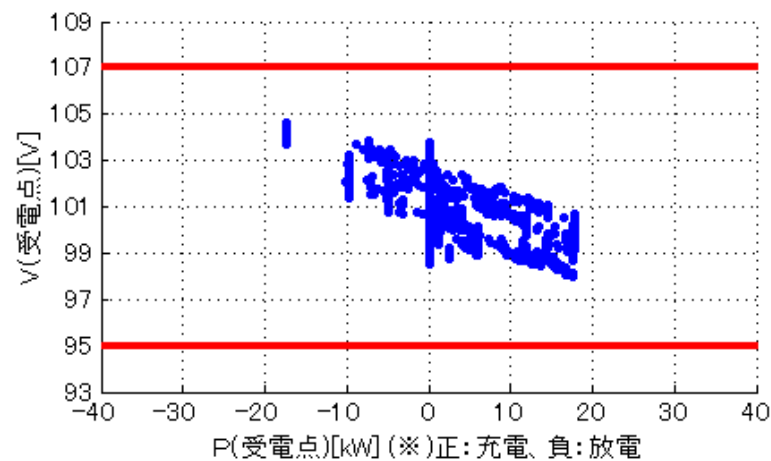
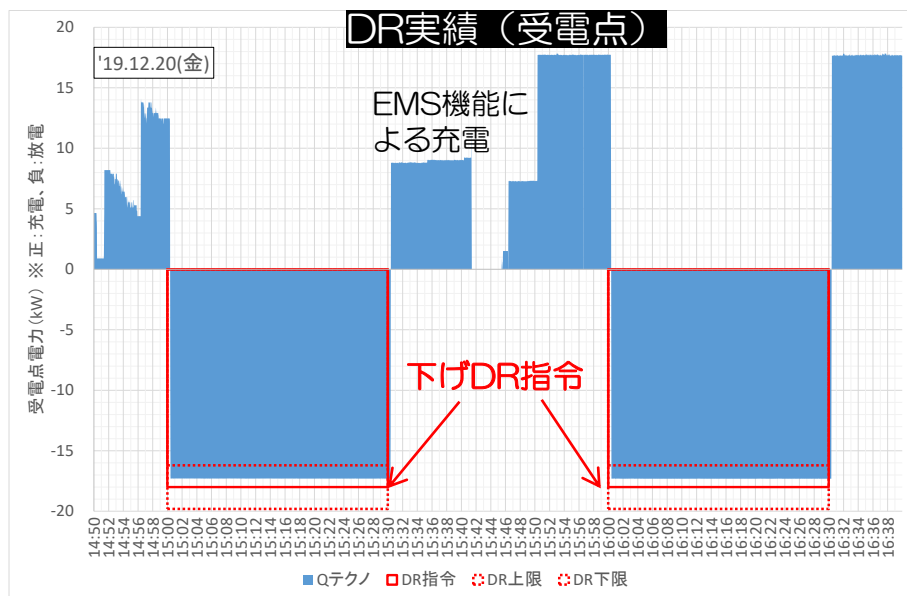
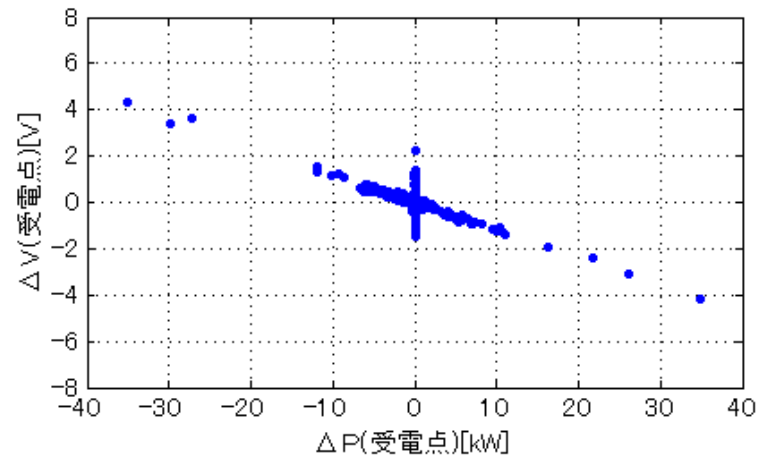


- 拠点の異なる複数のEVステーションに対して、V2Gシステムから三次調整力②①の制御指示の配分が可能であることを確認した。
 - ACによる総研のステーションとRAへの配分指令を確認
 - 福岡エリア、宮崎エリアの全ての拠点に対する配分制御を確認
- V2Gシステムからの制御指示に対して、EVの計画外の出庫等により指示値を満足できない時間コマはあったものの、ほぼ指示値どおりに応動し、その応動値をV2Gシステムで受信できることを確認した。

② 電力系統への逆潮流検証

EVステーションを定格出力（EVの台数×6kW）の下げDR指令に基づく放電を実施した際の、電圧の変化状況について確認する。

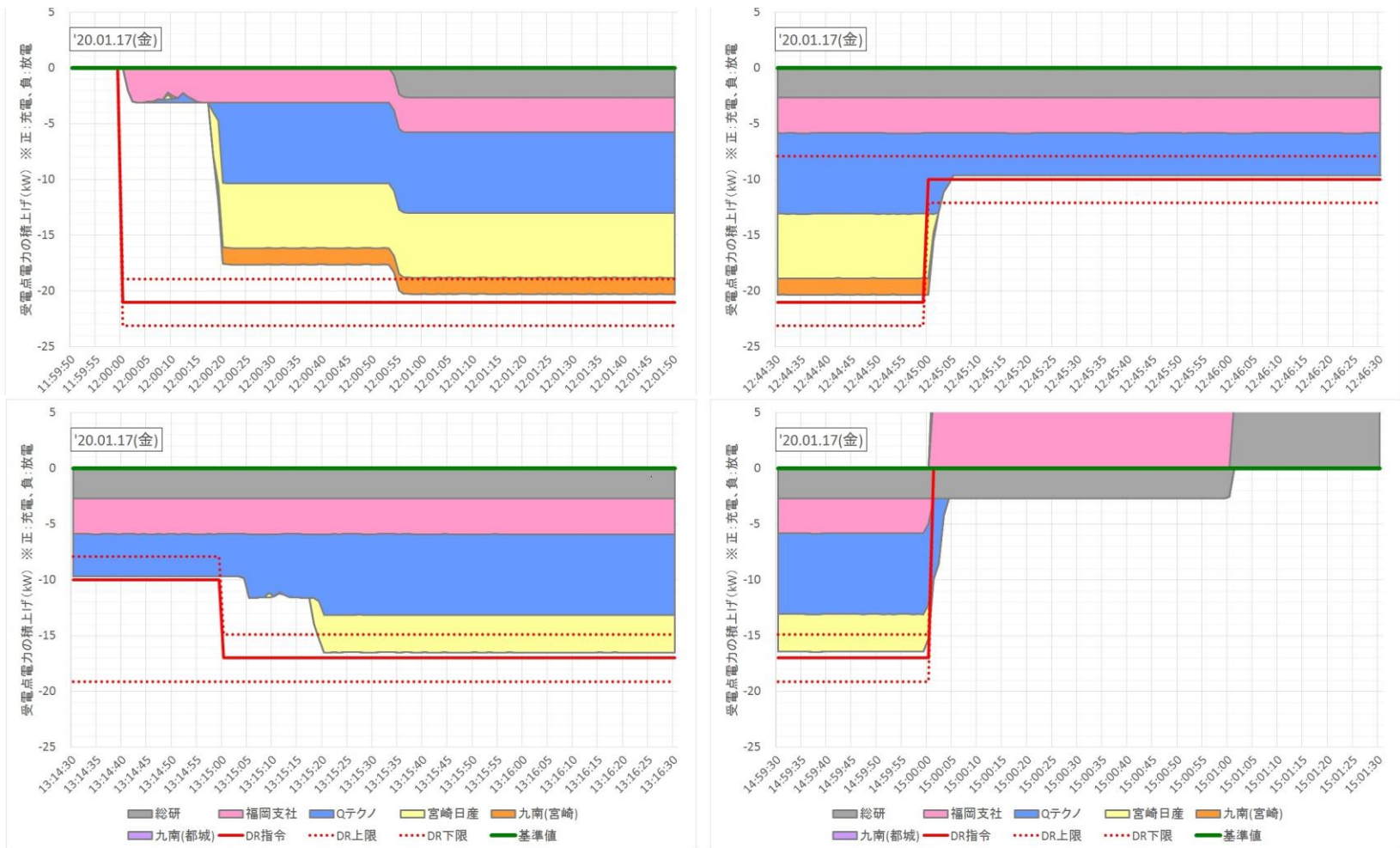
九電テクノシステムズ(株) 本店 [18kW：6kW×3台]



全6か所のEVステーションについて、電圧の変動範囲は（±6V）程度であることを確認した。

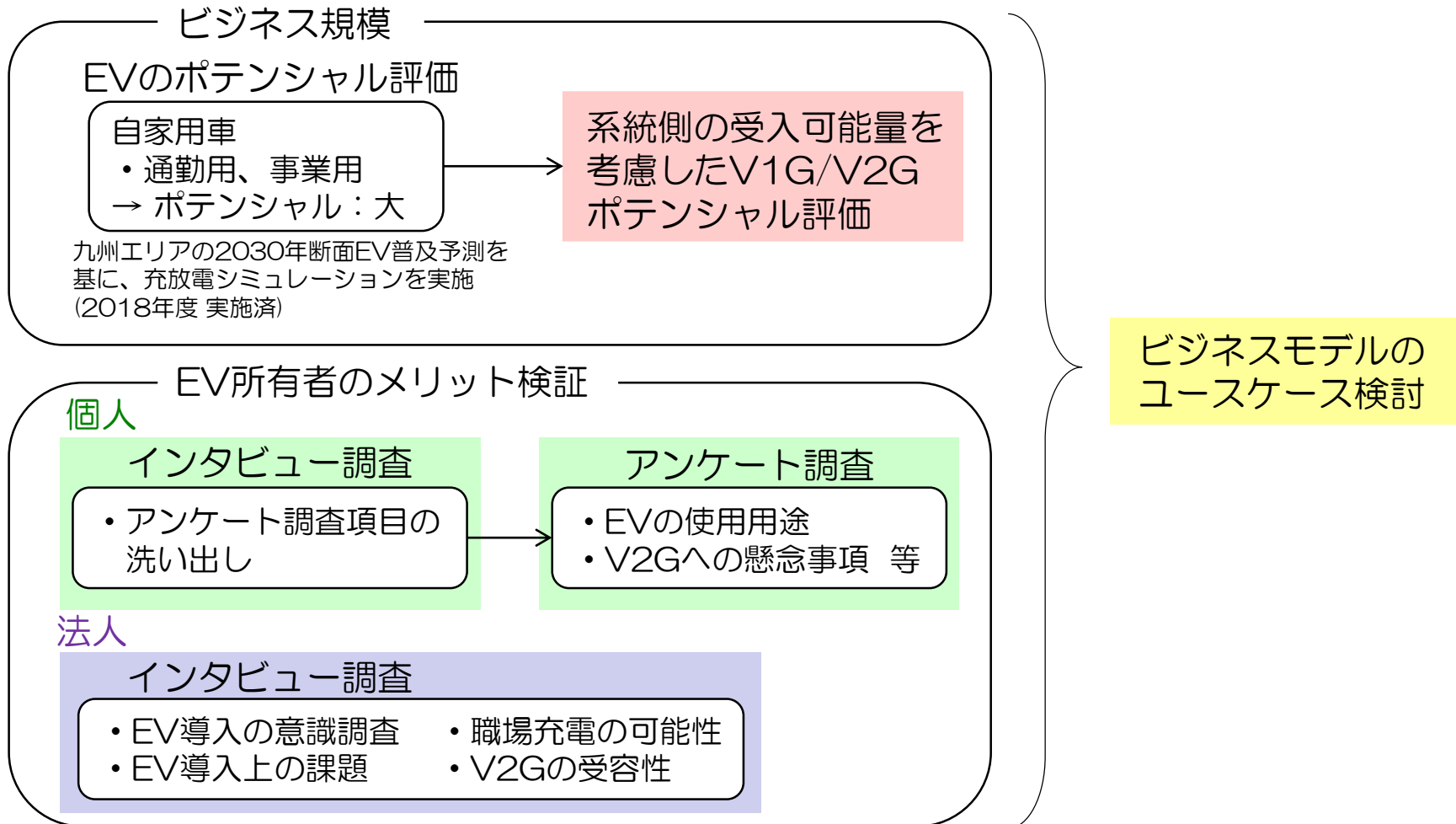
制御指示に対するAC全体の挙動について実証で確認することにより、応動時間の観点から需給調整市場における適合可能性について評価する。

三次調整力①変更試験における制御開始・変更直後の応動



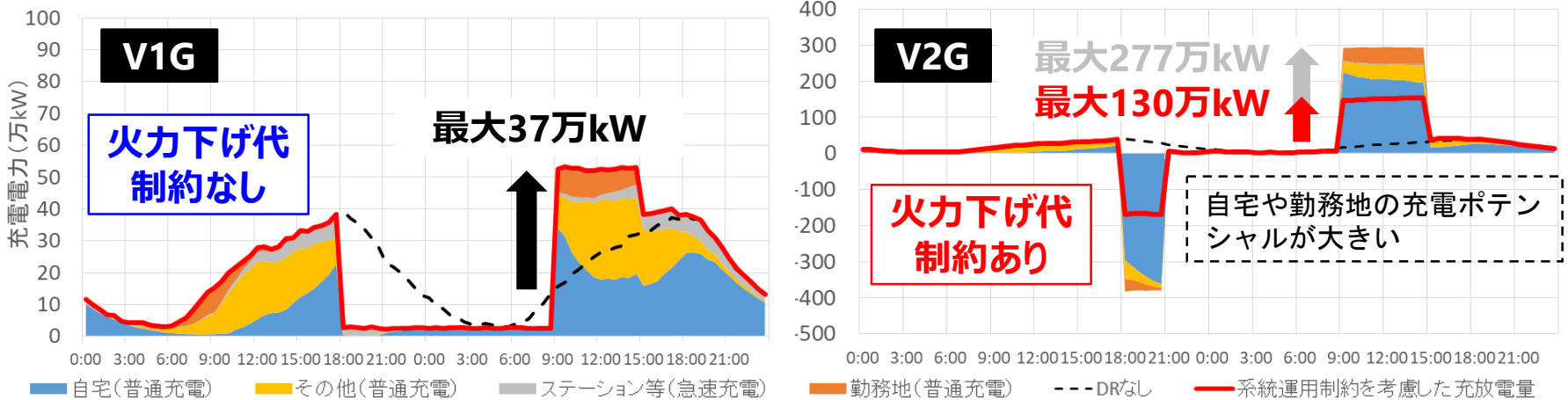
制御開始・変更から1分以内に制御指示に追従可能であることから、応動時間については二次調整力①②相当（5分以内）のスペックを有していると確認できた。

- EVを使ってPV出力制御量の削減、ダックカーブ対策を実施するためのビジネスモデルのユースケースを検討
- ユースケースの検討にあたって、シミュレーションによるEVのポテンシャル(ビジネス規模)の評価とアンケート調査等に基づくEV所有者へのメリットを検証

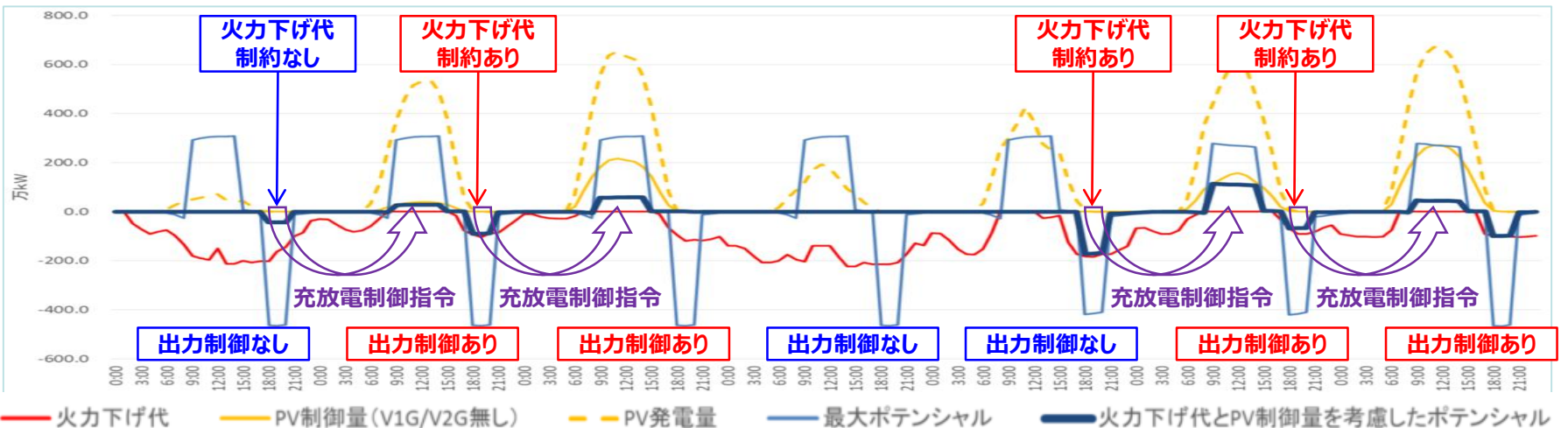


昨年度評価したEVポテンシャルと系統WGシミュレーションデータ(九州エリア)を用いて、系統側の受入可能量を考慮した九州全域のPV出力制御量の削減効果について評価を行う。

2日間シミュレーション (V1G、V2G : 接続率100%)

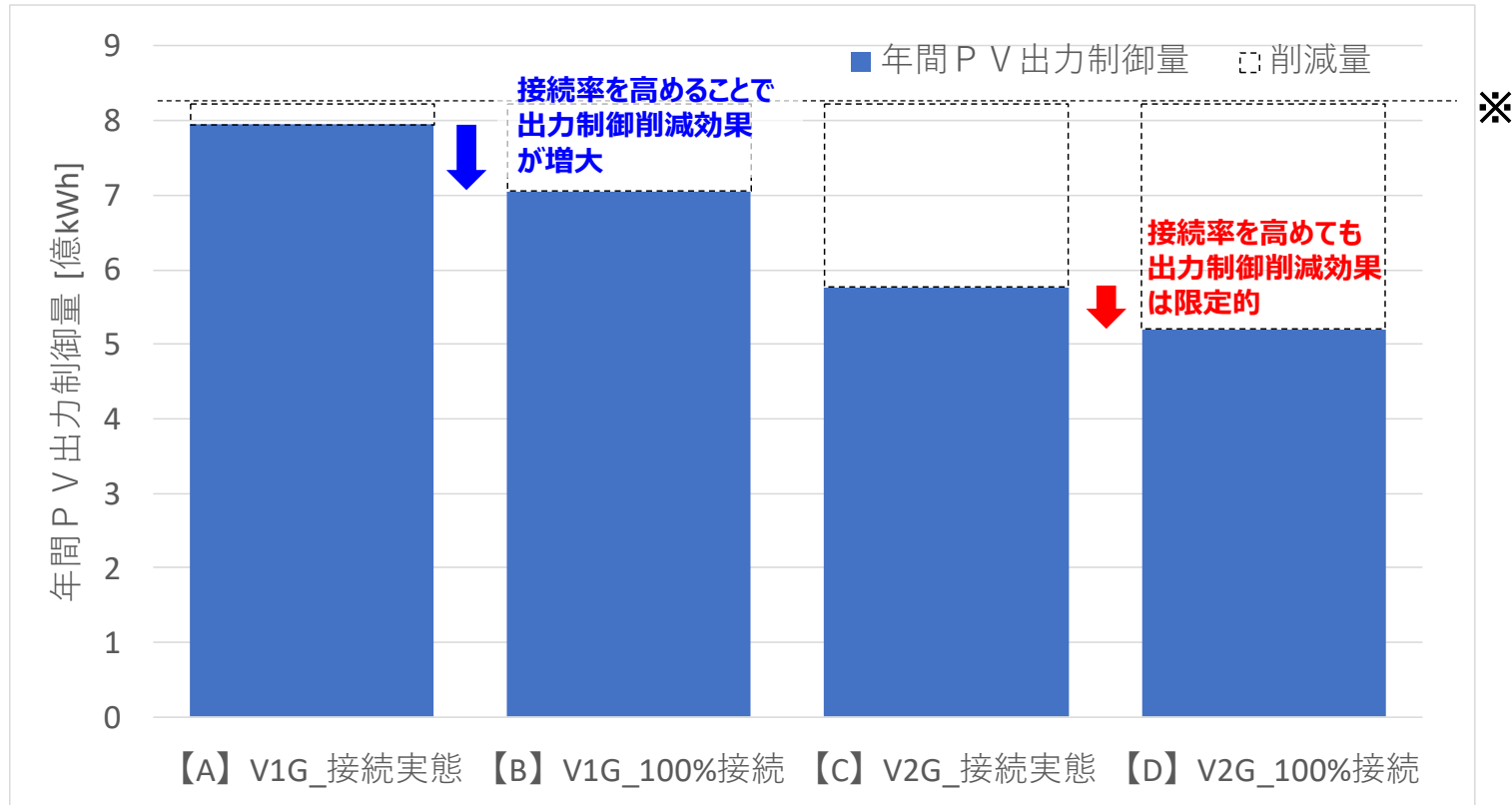


週間シミュレーション (V2G : 接続率100%)



系統側の受入可能量を考慮した場合、V2Gでは火力の下げ代が点灯帯の放電制約となり翌日昼間の充電量が限定的で、頭打ちとなる。

PVの充放電器への接続率の違いによるV1G/V2Gの年間PV出力制御量の削減効果について評価を行う。

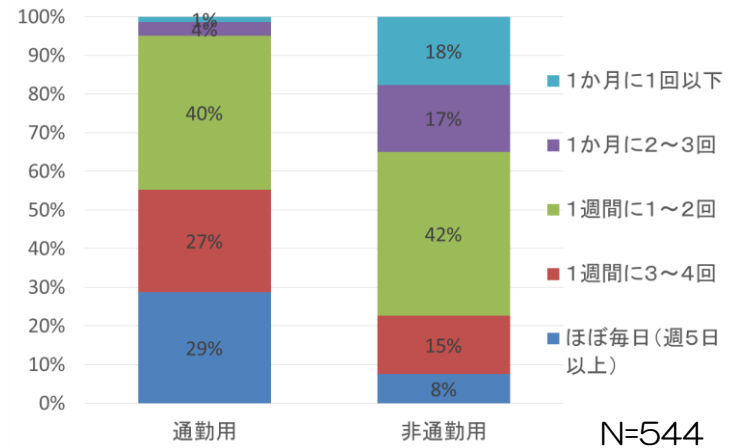
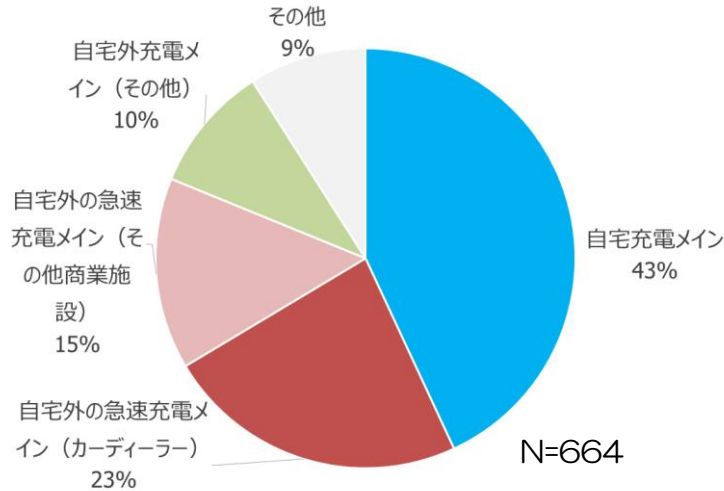


※ 2017年度のエリア需要実績を基に、太陽光817万kW、風力180万kWとした場合の需給シミュレーション結果から得られる年間のPV出力制御量の合計値

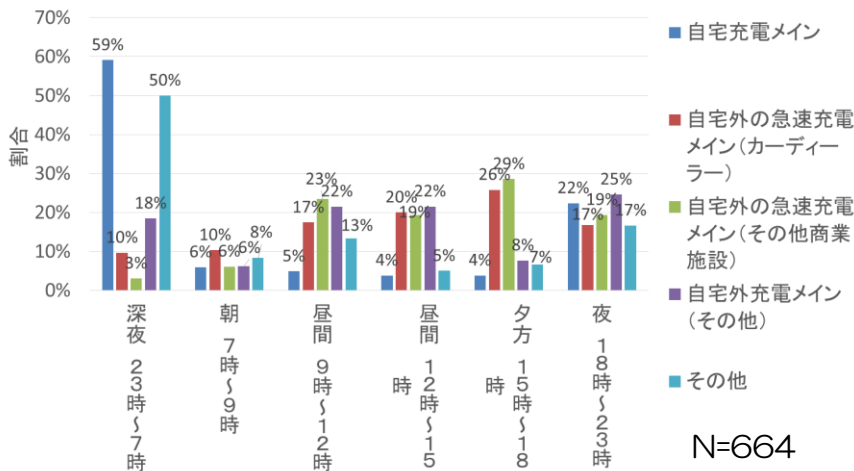
【出典】再生可能エネルギーの接続可能量の算定に用いた2018年度シミュレーションデータ(九州エリア) / 九州電力HP

- V1Gに比べてV2Gの方が、PV出力制御量の削減効果が高い
- 系統側の受入可能量を考慮した場合、V2Gでは接続率を高めても火力の下げ代が点灯帯の放電量制約となり、出力制御削減効果が限定的で、頭打ちとなる。

インタビュー調査結果を踏まえて、EV所有者の普段の充電行動、急速充電サービスや職場充電の利用状況と利用意向、V2Gの受容性などを把握するため、2019年12月に全国のEV所有者664名を対象にアンケート調査を行った。

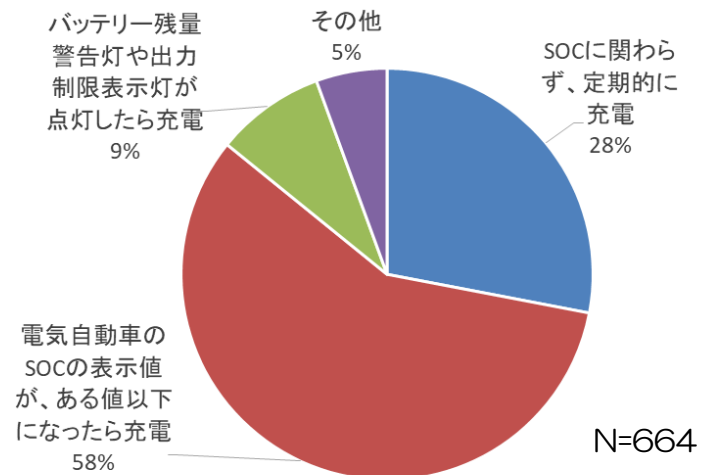


普段の主たる充電場所



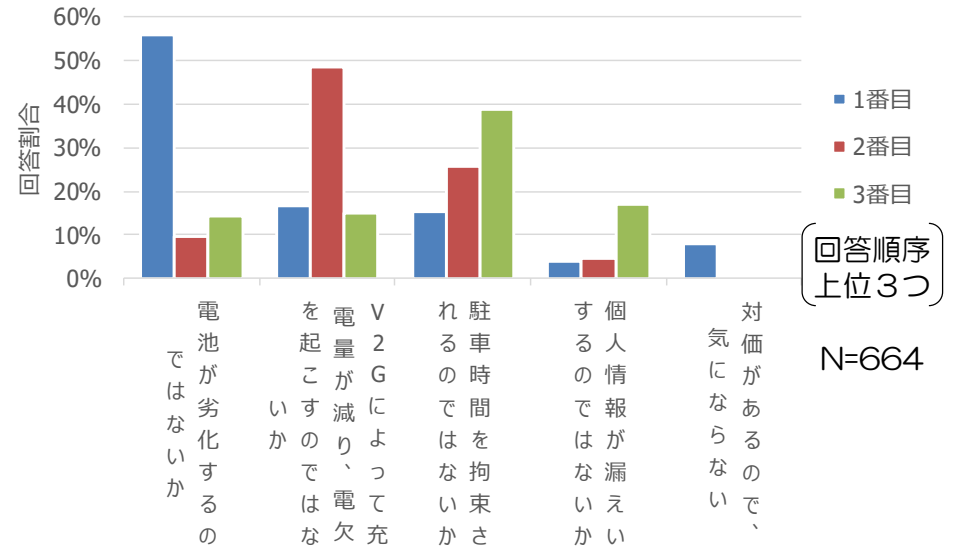
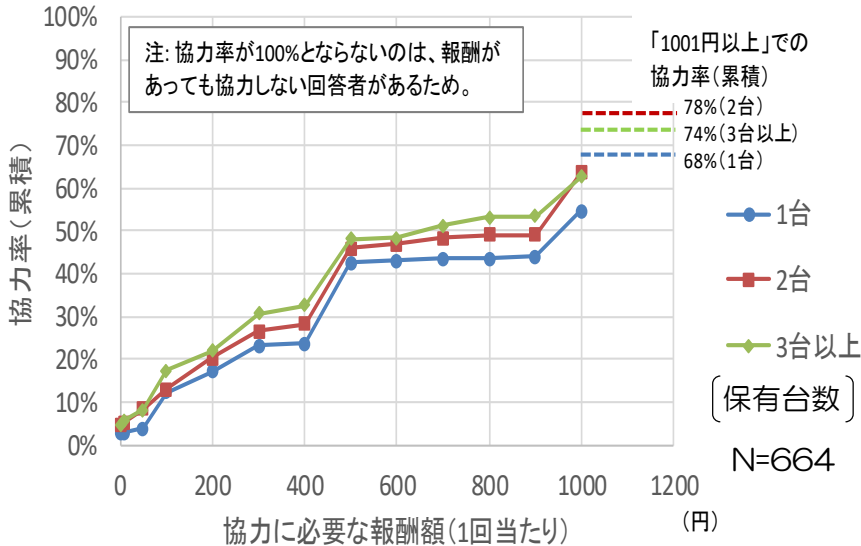
主たる充電時間帯 (充電場所別)

充電頻度 (通勤非通勤別)



EVを充電するタイミング

V2Gの受容性：PV制御量を抑制するために、休日昼間に自宅充電器にEVを接続してもらい、V1G/V2Gに協力することに対して、どの程度の報酬が必要か尋ねた。
 また、V1G/V2Gに協力する際、EV電池を第三者（電力会社や自動車会社など）に制御される場合の懸念事項について尋ねた。



V1G/V2G協力に対する報酬額と協力率

EV電池の第三者利用に対する懸念事項

- 7～8割のEV所有者は対価次第では協力可能。報酬額が多いほど、協力率は高くなる。
- 最も懸念されるのは電池劣化、2番目に充電量が減ること（電欠）への懸念、3番目は駐車時間の拘束であった。対価があるため気にならないと回答したのは1割弱であり、9割以上が懸念を有する。
- 法人EV導入の最大の障壁は、車両本体や充電設備の導入コストであり、コスト低減の取り組みが重要。
- 職場充電を推進するためには、経営側にメリットを与える制度が必要。

2018年度実証成果や2019年度実施のインタビュー・アンケート調査結果をふまえて、3つのV1G/V2Gユースケースを想定した。時間帯や場所、協力方法の違いに注目した。充電量や蓄電池の劣化は自動車利用などに影響がない範囲とした。

	(A) 自宅×夜間～昼間 (DR実施日のみ) [V1G,V2G]	(B) 商業施設×昼間 (DR実施日のみ) [V1G]	(C) 自宅×夜間 (毎晩) [V1G]
概要	休前日夜から休日午後に自宅充放電器に接続、その間に充放電量を調整	休日午後に商業施設で充電器に接続、その間に充電量を調整	毎晩、自宅で充電する。その間に充電量を調整
時間帯	休前日18時～休日15時	休日の昼12時～15時	夜間、毎晩
場所	自宅	商業施設	自宅
協力方法	事前通知→協力可否判断	事前通知→協力可否判断	毎晩接続状態として協力
対価	協力度に応じて報酬額や電気代割引額を決定		
共通条件	<ul style="list-style-type: none"> ・アグリゲータがEVの充放電制御を行う。 ・制御終了時に希望する充電量を保証。 ・蓄電池が劣化しない範囲で充放電量を調整。 		
適用	PV出力制御量の低減、 ダックカーブ対策	PV出力制御量の低減	ダックカーブ対策

需要側 (EV所有者)、供給側 (アグリゲータ、系統運用者) の視点から、各ユースケースの経済性を評価する必要がある。

項目	検討内容	検討結果
⑤	<ul style="list-style-type: none"> 今年度検証では各リソースにおいて2社が提供する充放電器を用いて実証。 系統連系機能付き充放電スタンドの認証制度の整備への協力について検討するに際し、各充放電器メーカーが考える認証にあたっての課題について確認。 	<ul style="list-style-type: none"> 充放電器メーカーの意見は以下のとおり。 再生可能エネルギーの普及加速、PCS品種の拡大が予測される中、JET認証の申込件数の増加、システムの多様化から、登録に要する期間が増え、普及拡大のネックになる可能性が予測される。そのため、認証委託先を拡大することで、認証登録の簡素化、短縮により、事業展開の加速に期待できる。
⑥	<ul style="list-style-type: none"> 本年度開発したV2Gシステムは、ERABシステムの基本方針に沿った通信規格を適用。 [R1] ACサーバはOpenADR2.0bを適用(必須要件)し外部システム(簡易指令システム等)と連携[本年度、連携試験まで実施済] [R3] ACサーバはOpenADR2.0bを適用(推奨事項)しRAサーバと連携。 [R4] 大量リソース接続時の性能維持のため、RAサーバとGW間はMQTTを適用。 [R5] GWに複数社製のECHONET Liteプロトコル規格(VER1.12 Release J)を採用した充放電器を制御できる機能を実装。 	<ul style="list-style-type: none"> [R4] RAサーバとGW間の通信にMQTTを採用。OpenADRに準拠した項目のI/Fが可能であることを確認した。 [R5] システムのオープン化を指向し、リソース毎に異なるメーカー(三菱電機製、ニチコン製)の充放電器を採用。対応プロパティの開示により、V2Gシステムで外部制御できることを実証試験で確認した。 充放電器メーカーの仕様により、制御シーケンスや動作の優先度等に差異があるため、システムの共通化にあたり、制御仕様の把握、必要に応じプロパティ追加の検討が必要である。

項目	検討内容	検討結果
⑦	<ul style="list-style-type: none"> • EV側に設定されている充放電ルール等により、EVをDRに活用するにあたっての制約や課題がないか確認した。確認できた課題は以下の2点。 ① DR指令どおり使用できるEVバッテリーのSOC範囲を確認。 ② DRの制御に必要となるEVの実電池容量(SOH)について、CHAdeMO規格における各車両メーカーの取扱いについて確認。 	<p>[①SOC範囲について]</p> <ul style="list-style-type: none"> • 一定出力で充電できるSOC範囲は車両により大きくばらつきがあり、SOCの運用範囲を一概には決められない事を確認。 • 具体的な対策を定めるにはより多くの試験が必要。 <p>[②SOHについて]</p> <ul style="list-style-type: none"> • CHAdeMO規格における値（電池総容量）に対して、EVメーカーにより「出荷時の電池容量」、「現在のSOH」と異なる取扱いがされていることを確認。 • 電池劣化が進展した状態など、通信により得られる電池容量と実電池容量との間に乖離がある場合、DRを満足できない可能性があることから、EVをDRに活用する際には、現在のSOHが必要。 • CHAdeMO規格における電池総容量に関する通信項目の内容統一、必須化が必要。
⑧	<ul style="list-style-type: none"> • 異なるメーカーの充放電器を採用してシステムを構築したところ、DR指令待機時のインバーターの状態に違いがあることを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> • インバーターの状態によって、指令値変動への応動性や待機時の消費電力に差異が生じていることが分かった。 • 今後の需給調整市場へ対応するためには、充放電器のロスや制御指令の応動時間等を考慮し、目的に応じた最適なシステム設計が必要となる。

本年度の実証結果を踏まえた課題は以下のとおり。

1	V2Gシステムの機能向上に向けた取り組み	<ul style="list-style-type: none">• 今年度開発したV2Gシステムは、三次調整力①②に適合する基本的性能を有していることを確認。• ただし、本年度の試験においてEVの計画外離脱等の影響も確認されたところ。• V2Gシステムを用いたDRの信頼性向上には、EVの運行計画の信頼性や充放電器への接続行動等、ユーザ行動の把握及び解析が必要。このため、次年度の実証を通じて、これら車両運用データの解析を行う予定。• また、2社の充放電器を用いて実証試験を実施したことにより、PCSの運転・制御の違い等の把握ができた。システム効率や応動性能等、目的に応じた最適システム設計の取組みも必要。
2	自動車メーカー側の設定値に関する検証	<ul style="list-style-type: none">• 電池総容量データについて車両メーカーによる違いを確認した。• 今回開発したV2Gシステムは、現在SOHの値が得られることを前提としているため、CHAdeMOプロトコルにおける必須化に向けて、関係機関との協議を進めたい。• また、SOCの運用領域の設定に関しても、更なるデータ取得が必要であると考えているため、引き続き、データの採取に取り組んでいく。

3	EVの普及拡大に向けた取り組み	<ul style="list-style-type: none">• 昨年度評価した、EVの持つ電力需給調整に係るポテンシャルについて、系統側の受入可能量を考慮して、V1G/V2GによるPV出力制御量の削減効果について評価した。• その結果、V1Gに比べV2Gの方がPV出力制御量の削減効果が高いことを確認。なお、V2Gでは火力の下げ代が点灯帯の放電量制約となり、翌日昼間帯の充電量が限定的で頭打ちとなることを確認。• このポテンシャルを活用するためには、EVの普及拡大に向けた取り組みが必要であり、一般家庭への取り組みに加えて、計画運行を行う運輸部門に対する電化の取り組みも必要。
4	ビジネス化に向けた経済性評価	<ul style="list-style-type: none">• EVユーザーのメリットに沿ったユースケースの検討を行った。• これらのユースケースに対して、需要側（EVユーザー）、供給側（アグリゲーター、系統運用者）の視点からの経済性評価が必要。• 更には、V2Gをビジネスとして成立させるためには、収益の確保が鍵であり、マルチユースの観点からの検討も必要。

次年度は、以下の重点課題に取り組む予定
 (1)年間を通じた共通実証への参加による、V2Gシステムの機能検証
 (2)需給調整市場等への参加を目指した多様なVPPリソースの連携

