

宮古島における 島嶼^{しよ}型スマートコミュニティの取り組み

＜宮古島市 島嶼型スマートコミュニティ実証事業＞
～エリアアグリゲーションの実現～
～再エネサービスプロバイダ事業の推進～

2020年2月25日



令和元年度
新エネ大賞
経済産業大臣賞
(金賞)



宮古島における
「再エネサービスプロバイダ事業」の推進

株式会社宮古島未来エネルギー、宮古島市、
株式会社ネクステムズ、三菱UFリース株式会社



太陽光電気エネルギーを **制御技術** で整える

エリアアグリゲーション事業

Area Aggregation
(AA事業)

宮古島
実証事業
推進

エネルギー
コンサル
ティング事業

制御システム
開発事業



太陽光電気エネルギーを **無料設置** で届ける

再エネサービスプロバイダ事業

Renewable Energy Service Provider
(RESP事業)

住宅等向け
PV自家消費
電力販売

住宅等向け
EQ温水熱
販売

系統向け
PV余剰電力
販売



比嘉 直人 (ヒガ ナオト) 略歴

1995年3月 琉球大学工学部卒業

1995年4月 沖縄電力グループの(株)沖縄エネテックに入社

宮古島メガソーラー実証設備のシステム設計責任者、国内初の可倒式風車導入のシステム設計責任者、国内最大級の廃材由来の木質燃料ペレット製造設備の調査設計などを歴任し、JICA事業等でアジア・大洋州への再エネ等技術調査・導入などのプロジェクトを経験。

宮古島スマートコミュニティ実証事業を推進中。エネルギー管理士。



エコアイランド宮古島宣言2.0 「千年先の未来へ。」 ～持続可能な島づくりの取り組み～

5つの主なゴール（素案） H30.3公表→H31.3決定

指標①地下水水質・窒素濃度（硝酸態窒素濃度）

基準年：平成28年度（2016）	5.05mg/L
2030年目標：	4.64mg/L
2050年目標：	2.17mg/L

指標②1人1日当たり家庭系ごみ排出量

基準年：平成28年度（2016）	542g/人・日
2030年目標：	488g/人・日(10%減)
2050年目標：	434g/人・日(20%減)

指標③エネルギー自給率

基準年：平成28年度（2016）	2.88%
2030年目標：	22.05%
2050年目標：	48.85%

指標④サンゴ礁被度

ハマサンゴ優占群集	2030年40%以上	2050年40%以上
ミドリイシ優占群集	2030年70%以上	2050年70%以上

指標⑤固有種の保全

2030年目標：	伊良部島・宮古島北半島のクジャク個体群を根絶
2050年目標：	市全域のクジャクを根絶



宮古島市が目指すエネルギー供給のビジョン



持続可能な島づくりのため、
より**安定的**で、より**持続的**で、**低コスト**な
エネルギーの供給により、エネルギー自給率向上を目指している。

- 宮古島市において必要な一次エネルギー量に占める地産エネルギーの割合とした。
- 基準年に対して、省エネ対策が進み、技術的な対策により再生可能エネルギーの利用を拡大することを想定。
- 環境モデル都市行動計画におけるCO2排出削減目標を達成することを前提とした。

指標③エネルギー自給率

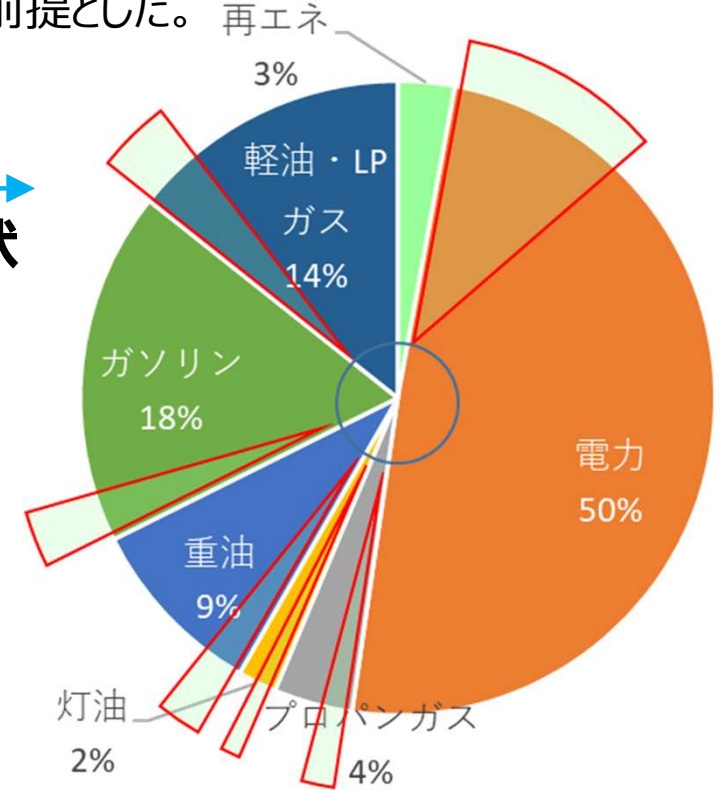
基準年：平成28年度（2016）

2030年目標：2.88%

2050年目標：22.05%

	2016年	2030年	2050年
省エネ(電力)(%)	-	20.6	24.0
省エネ(燃料)(%)	-	17.5	20.8
E V(万台)	0	1.3	3.0
太陽光(MW)	22	128	208
風力(MW)	4.8	6.9	36.9
CO2排出量(万t-CO2)	33.3	20.1	9.9
CO2削減率(%)	-	37.3%	69.1%
再エネ電力比率(%)	12.0%	55.1%	91.9%
エネルギー自給率(%)	2.88%	22.05%	48.85%

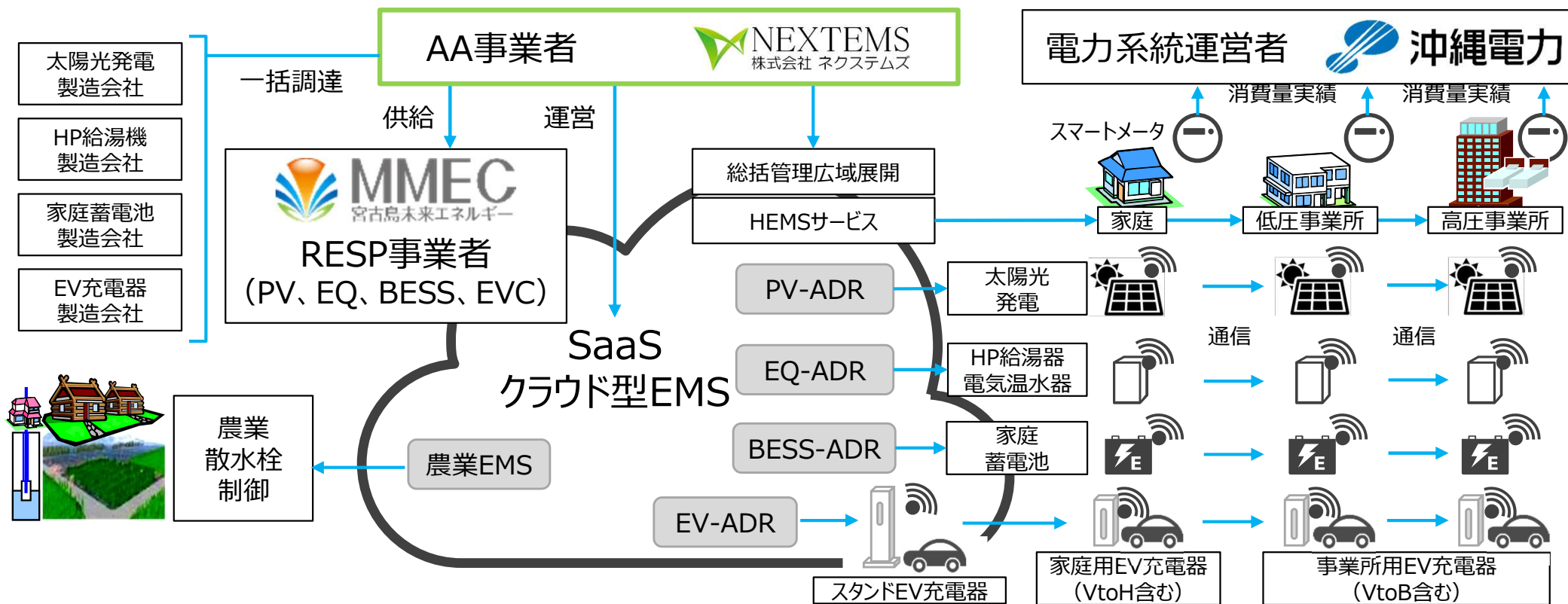
現状



△再エネ拡大ポテンシャル
調整力を得ることによって、拡大可能となり、かつ電力系統運用も向上する。

宮古島市島嶼型スマートコミュニティ実証事業

【事業概念図】 需要家メリットがあり、地域に普及した可制御負荷（主に蓄エネ装置）を面的群制御することで、系統負荷率向上と再エネ余剰電力吸収を行う。



【事業計画案】

	2011 (H23)	2012 (H26)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)
主要 工程	実証事業の立ち上げ 各EMSシステム設計 各EMSシステム開発		家庭EMS : 電力消費見える化 事業所EMS : 見える化、ピークカット 農業EMS : 見える化、ピークカット			可制御負荷の検証 屋外コントローラ開発 クラウド制御システム開発		フィールド実証・新システム改良		
			来間EMS : 再エネ100%化の検証			旧システムの廃止		第三者所有設備普及		
								市営住宅 / 戸建住宅 / 事業所		

■ コンセプト

将来望まれるエネルギー供給モデルのコンセプトは以下の通りと考える。

- ① 一過性の制度や補助金に頼らず、社会コストを最小化したエネルギー構造を目指す。
- ② 電力を含むエネルギー供給コスト全体を低減して、需要家メリットを最大化する。
- ③ 電気事業者とエネマネ事業者が協調することで、実質的な発電コスト低減を図る。

社会コスト低減

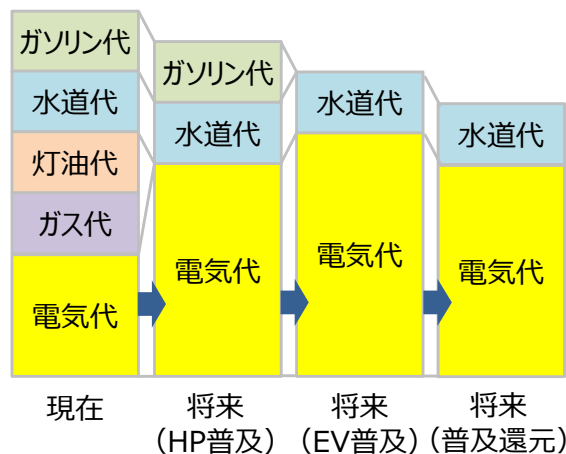
長期的・経済的に安定したエネルギー構造や社会システムを目指す。

- F I T 利用しない
- 公金を利用しない
- 民間事業で推進
- 需要家負担で普及

但し、普及段階は補助金を最大限利用。

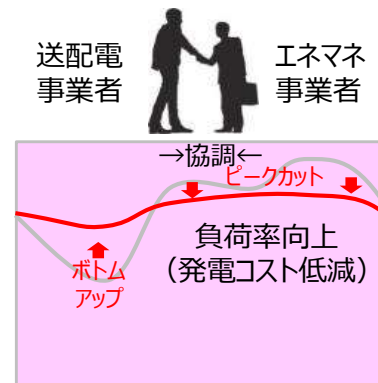
需要家メリット最大化

電化によるエネルギー効率向上を実現し、メリット最大化を図る。



電力供給コスト低減

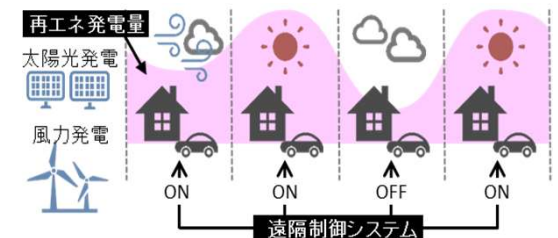
系統負荷率向上で、単位電力量 [kWh] の発電コストを低減できる。(共存共栄型電力システム)



宮古島モデル

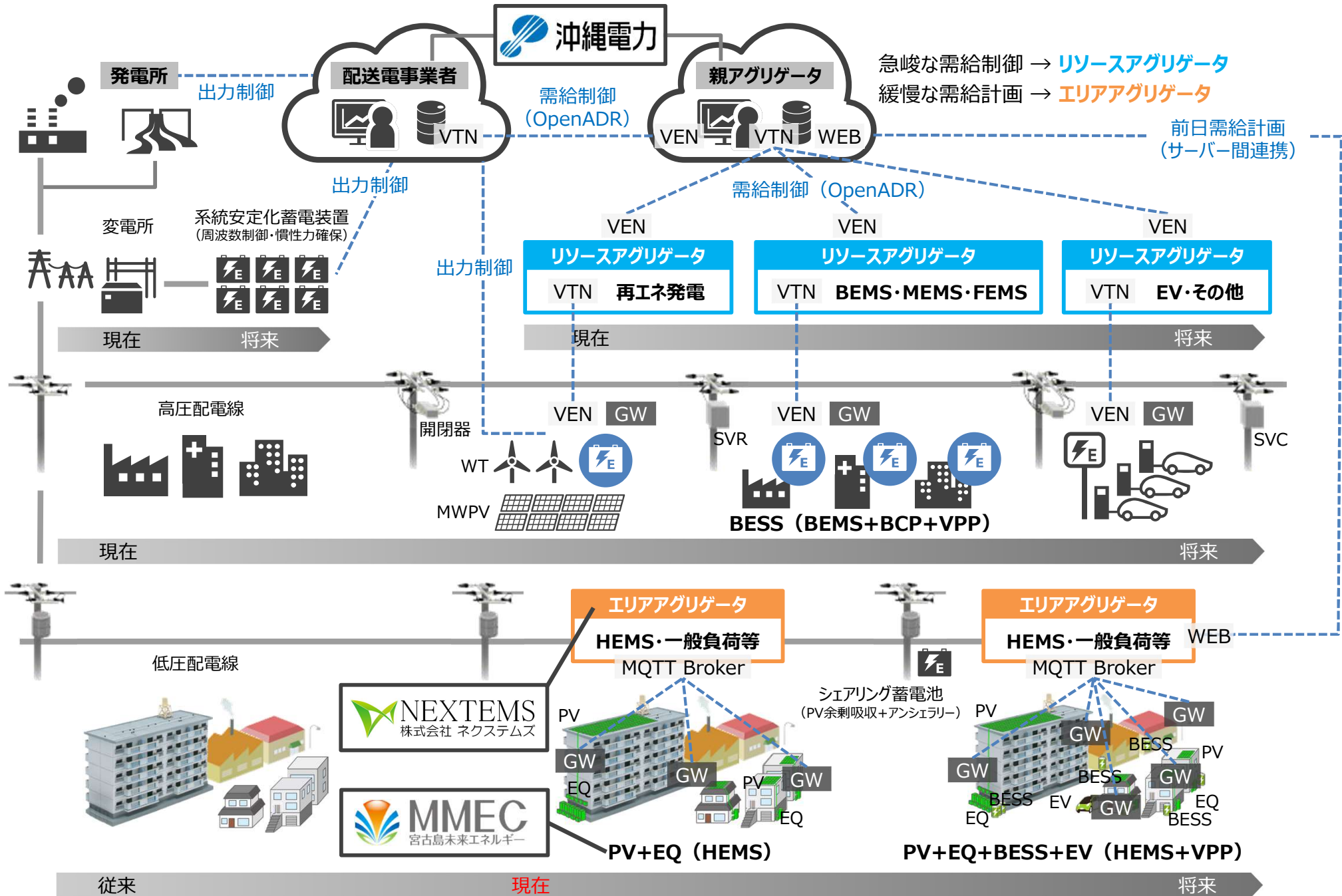
再エネ主力電源化

太陽光発電のパラダイムシフト。分散型エネルギーシステムへの移行に向けた新たな利用形態で、再エネ主力電源化を目指す。



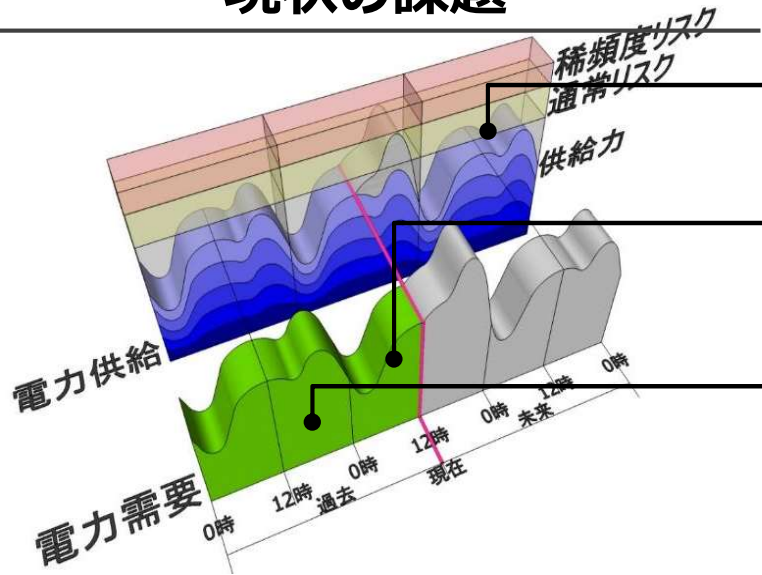
なお、本モデルを用いて実質的価値を創出するためには、エリアアグリゲーションの制度の確立及び適用を見据えて、モデルの成熟・検証を実施すべきである。

エリアアグリゲーションの将来概念図



エリアアグリゲーション(AA事業)の意義

現状の課題



メリットオーダー

小売自由化による
需要変動の拡大

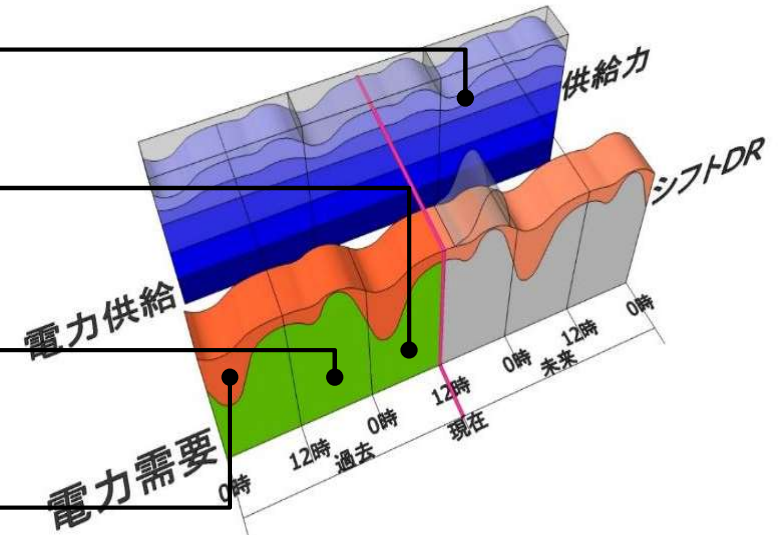
再エネ普及による
需要変動の拡大

需要負荷をシフトする
(面的群制御)

託送料金上昇の懸念
発電設備利用率低下の懸念

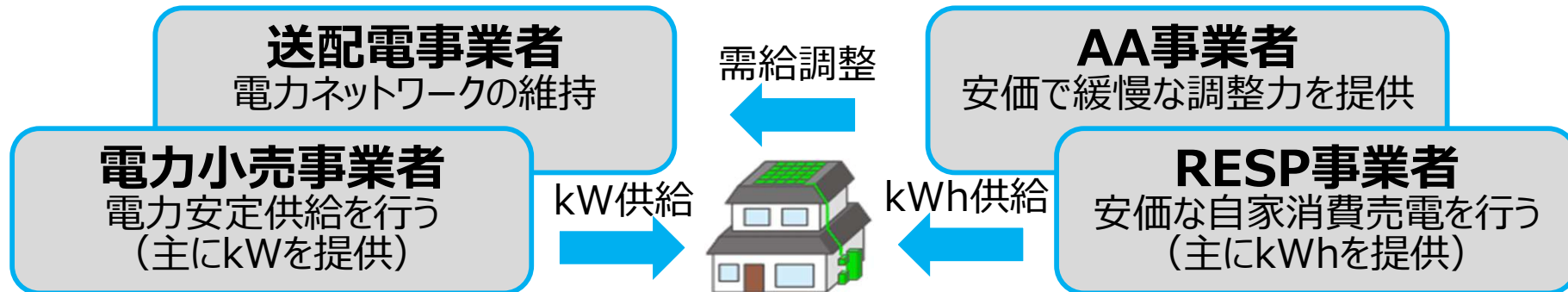
電気料金上昇の懸念

AA事業活用による効果



需要負荷形成で供給リスクを低減
発電設備利用率も向上
稀頻度リスクにも余力で対応可能

電気料金低下の期待

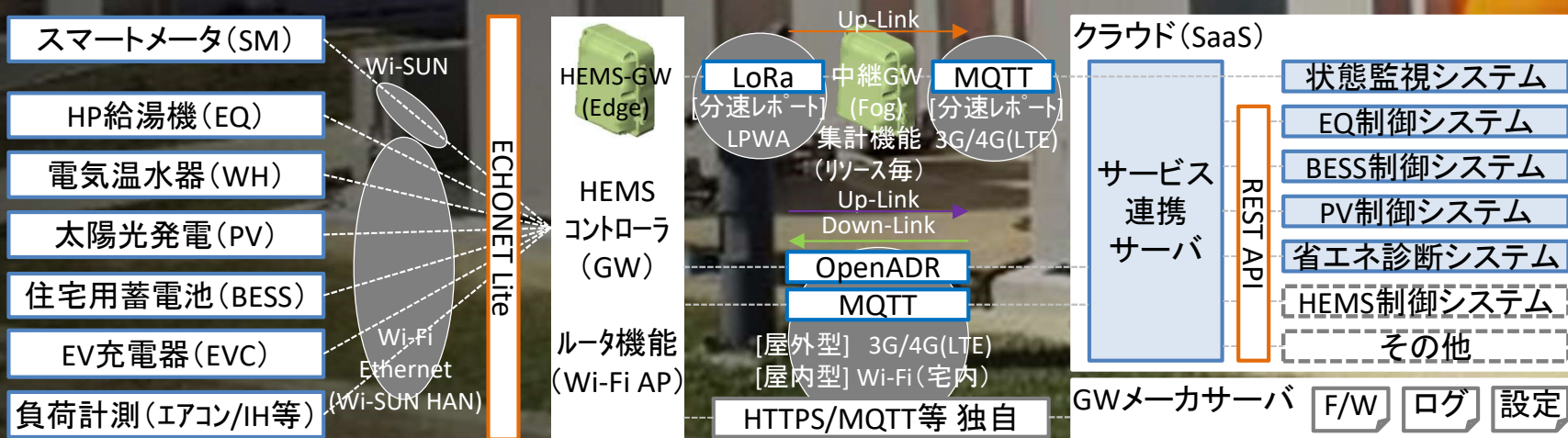


電力システムに対する社会的役割

エコパーク宮古実証サイト

エコパーク宮古実証サイトでは模擬負荷等を用いて、対象機器の動作検証等を実施している。
対象機器となる蓄エネ家電は、市販品を用いており、改造品はない。
標準プロトコルのECHONET Liteを用いて、マルチベンダーでの制御実現を図る。

制御の中核となるコントローラーは屋外型を本事業で開発。
その他、健全に動作するための各種試験を実施。

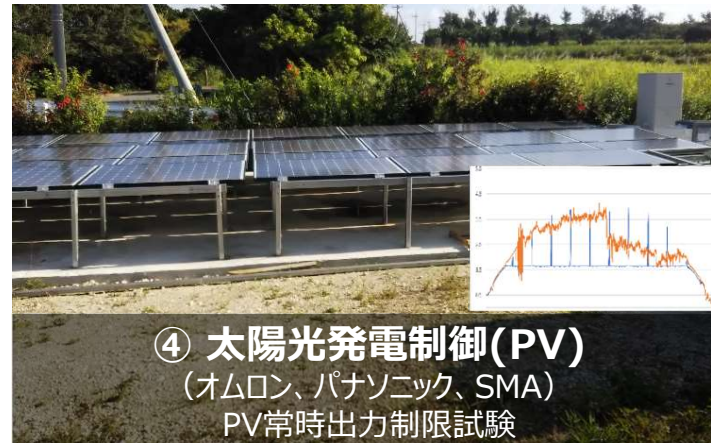


実証事業成果概要①

2016年度～2018年度

対象機器の { 制御性能確立
普及容易性
コスト低廉化

- ① HEMS-GWコントローラ
- ② エコキュート制御(EQ)
- ③ 電気温水器制御(WH)
- ④ 太陽光発電制御(PV)
- ⑤ 住宅用蓄電池制御(BESS)
- ⑥ IoTネットワーク実証
- ⑦ クラウド制御システム開発
- ⑧ 農業散水栓制御
- ⑨ その他の関連試験
 - ・JET相当広義PCS試験
 - ・PV常時出力制限試験
 - ・接着剤劣化寿命試験
 - ・EQ搬送カート開発
 - ・水質硬度対策試験
 - ・高所EQ給湯試験
 - ・200V回路スイッチ開発
 - ・市営住宅エネルギー計測
 - ・家庭エネルギー消費調査
 - ・e.t.c



実証事業成果概要②

2016年度～2018年度

対象機器の { 制御性能確立
普及容易性
コスト低廉化

- ① HEMS-GWコントローラ
- ② エコキュート制御(EQ)
- ③ 電気温水器制御(WH)
- ④ 太陽光発電制御(PV)
- ⑤ 住宅用蓄電池制御(BESS)
- ⑥ IoTネットワーク実証
- ⑦ クラウド制御システム開発
- ⑧ 農業散水栓制御
- ⑨ その他の関連試験

- ・JET相当広義PCS試験
- ・PV常時出力制限試験
- ・接着剤劣化寿命試験
- ・EQ搬送カート開発
- ・水質硬度対策試験
- ・高所EQ給湯試験
- ・200V回路スイッチ開発
- ・市営住宅エネルギー計測
- ・家庭エネルギー消費調査
- ・e.t.c



実証事業成果概要③

2016年度～2018年度

対象機器の { 制御性能確立
普及容易性
コスト低廉化

- ① HEMS-GWコントローラ
- ② エコキュート制御(EQ)
- ③ 電気温水器制御(WH)
- ④ 太陽光発電制御(PV)
- ⑤ 住宅用蓄電池制御(BESS)
- ⑥ IoTネットワーク実証
- ⑦ クラウド制御システム開発
- ⑧ 農業散水栓制御
- ⑨ その他の関連試験

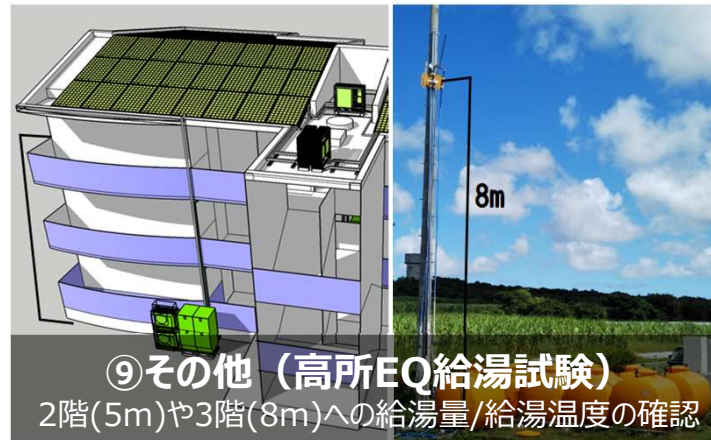
- ・ JET相当広義PCS試験
- ・ PV常時出力制限試験
- ・ 接着剤劣化寿命試験
- ・ EQ搬送カート開発
- ・ 水質硬度対策試験
- ・ 高所EQ給湯試験
- ・ 200V回路スイッチ開発
- ・ 市営住宅エネルギー計測
- ・ 家庭エネルギー消費調査
- ・ e.t.c.



⑨その他 (EQ搬送カート開発)
重量80kgのEQ貯湯ユニットの搬送効率化



⑨その他 (水質硬度対策試験)
EQの石灰詰まり(スケール閉塞)の対策



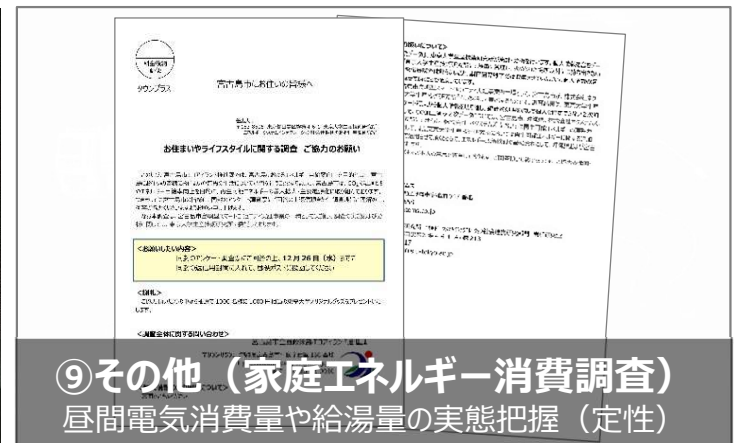
⑨その他 (高所EQ給湯試験)
2階(5m)や3階(8m)への給湯量/給湯温度の確認



⑨その他 (200V回路スイッチ開発)
電気温水器制御用、EV充電器制御用
(九電テクノシステムズ)



⑨その他 (市営住宅エネルギー計測)
昼間電気消費量や給湯量の実態把握 (定量)



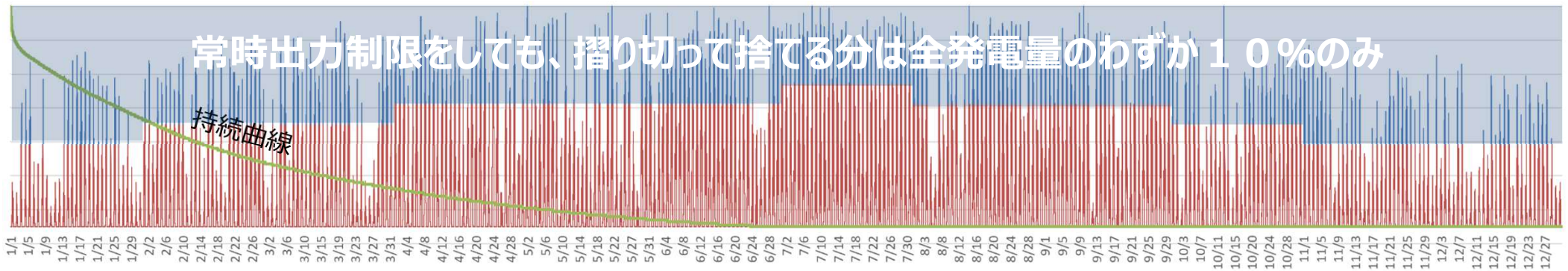
⑨その他 (家庭エネルギー消費調査)
昼間電気消費量や給湯量の実態把握 (定性)

太陽光発電の安定電源化

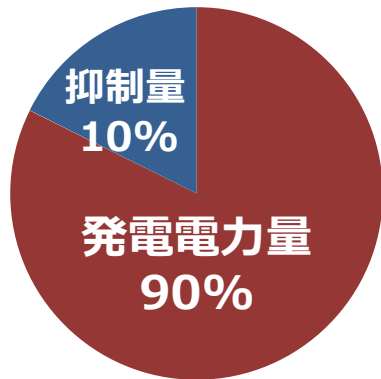
太陽光発電の **主力電源化** のためには、まずは変動性電源から安定性電源にすることが必要。
 確実に安価になる太陽電池パネルを前提として、日射による変動成分が多い高位出力帯を
常時出力制限 で取り除いた太陽光発電(PV)での普及を目指す。

高位出力帯は変動性が高く、下記例のような常時出力制限運用を行っても年間発電電力量に及ぼす影響は限定的。

2011年 宮古島 日射量データ 1分周期 (気象庁データ)



【月別PV出力抑制率と発電量割合】



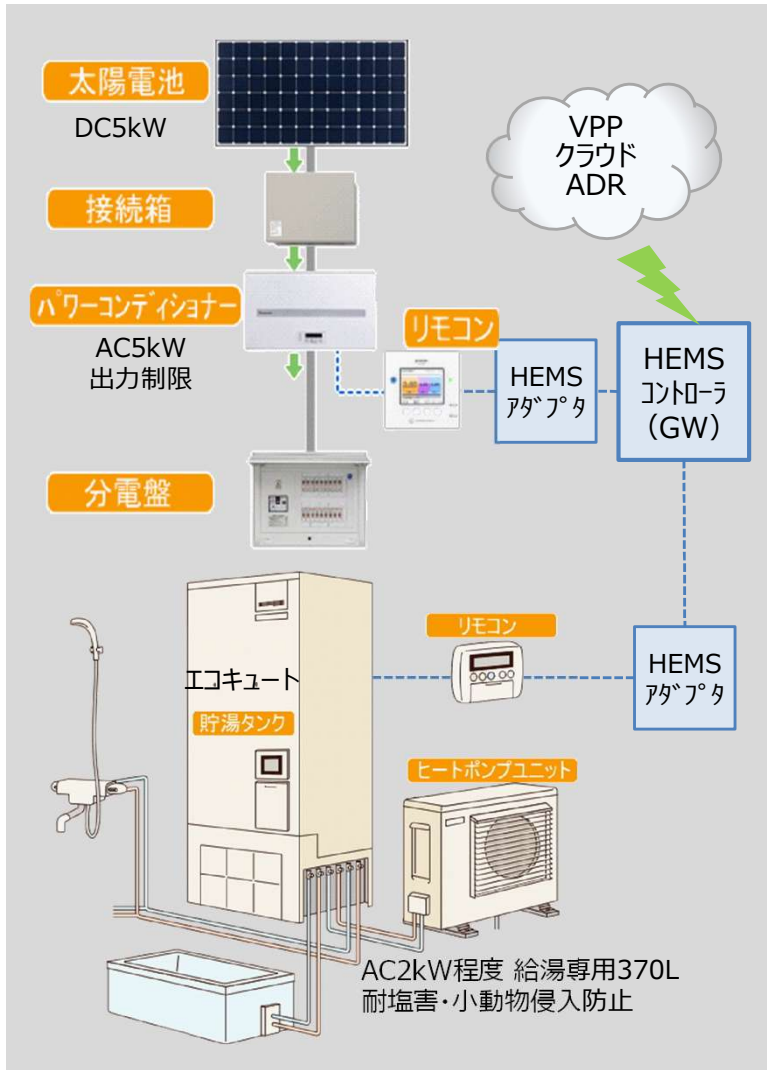
夏期60~70%、
 冬期40~50%に
 kW出力制限を
 月間固定で行っても
 年間発電量は
90%確保できる。

PV出力 制限率	PV 月別発電量割合												計	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
100%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
90%	100.0%	100.0%	99.9%	99.8%	99.7%	99.8%	99.6%	99.8%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%
80%	100.0%	99.9%	99.3%	98.7%	98.7%	98.3%	97.5%	98.4%	99.1%	99.9%	100.0%	100.0%	99.9%	98.9%
70%	99.8%	98.9%	97.7%	95.6%	96.5%	95.2%	93.2%	95.0%	96.2%	99.2%	99.6%	99.9%	99.9%	96.4%
60%	98.7%	95.8%	94.6%	90.4%	92.9%	90.2%	87.1%	89.9%	91.0%	96.2%	98.3%	99.4%	92.3%	92.3%
50%	95.4%	90.2%	89.7%	83.1%	87.7%	83.0%	79.0%	83.1%	83.8%	90.9%	95.0%	97.1%	86.1%	86.1%
40%	90.6%	82.3%	82.6%	73.7%	80.2%	73.4%	69.1%	74.2%	74.0%	83.1%	89.4%	92.7%	77.7%	77.7%
30%	83.3%	71.3%	72.1%	61.6%	69.4%	60.9%	56.7%	62.8%	61.4%	71.9%	80.1%	85.3%	66.4%	66.4%
20%	70.5%	55.3%	56.6%	45.9%	53.6%	45.1%	41.6%	47.3%	45.3%	55.5%	65.3%	72.2%	51.0%	51.0%
10%	47.7%	32.8%	34.9%	25.9%	31.3%	25.0%	22.9%	26.7%	25.2%	32.4%	40.9%	47.1%	29.8%	29.8%
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

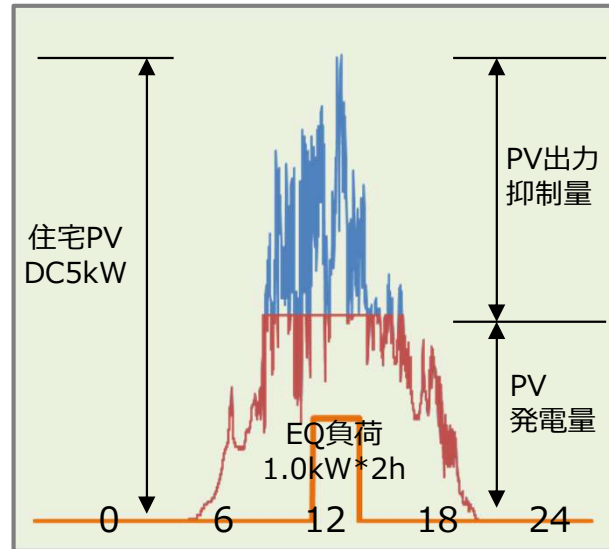
■ オンサイトでの太陽光発電の使い方

太陽光発電はPV常時出力制限運転を行い、ヒートポンプ給湯機(EQ)は沸き上げシフトを行う。
住宅用蓄電池(BESS)は充放電シフト運用、EC充電器(EVC)は充電シフトを行う。

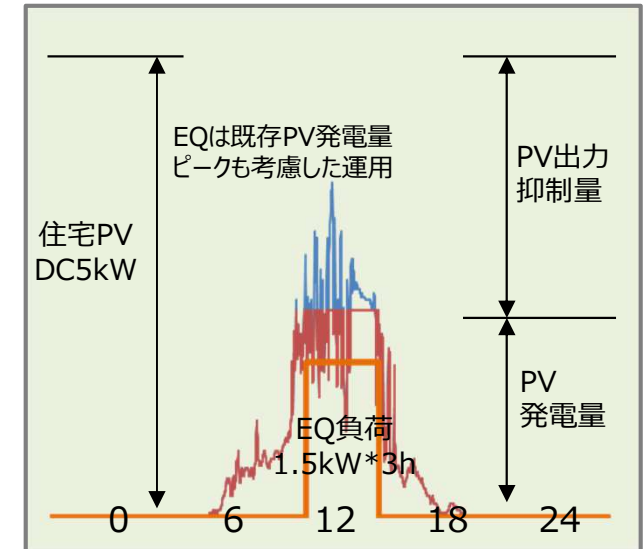
【基本システム構成】PV+EQの場合



夏期の場合
(8/12)



冬期の場合
(1/5)

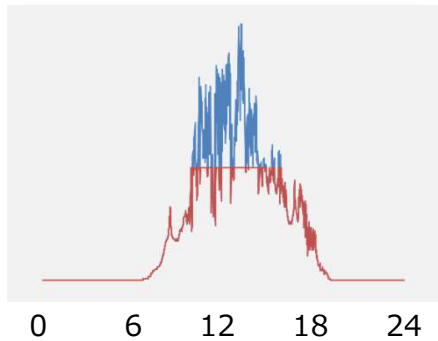


PV常時出力制限運転：当面は期間固定運用
EQ沸き上げシフト：PV余剰電力が多い時間帯

将来は受電点逆潮流が極力一定になるよう制御を行う。

PV常時出力制限

可制御負荷による調整力提供



低位出力帯のみ発電
(常時出力制限)

低位出力帯は変動性が低く
分散平滑化効果が高い

安定した出力の
PV発電が実現できる

オンサイト

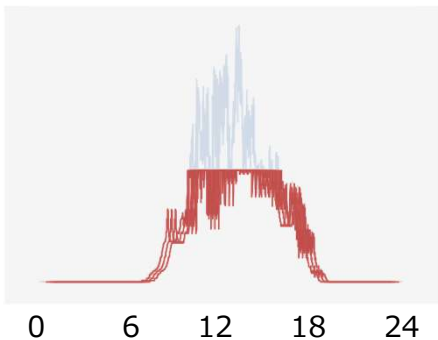
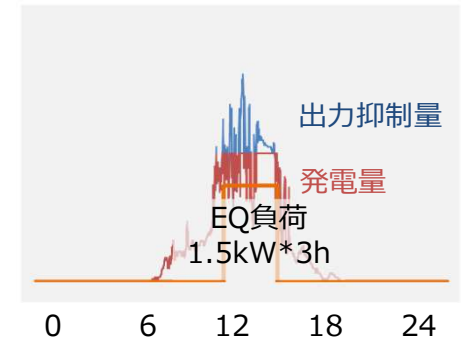
エリア内

電力系統大

PV出力が高い時間帯に
積極的に自家消費する

PV余剰電力を吸収することで
配電系統電圧上昇を抑制

地域面的に台数制御して
既存PV余剰電力吸収に活用



低位出力帯のみ発電
(常時出力制限)

低位出力帯は変動性が低く
分散平滑化効果が高い

安定した出力の
PV発電が実現できる

オンサイト

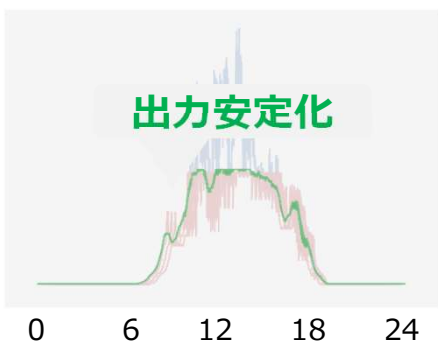
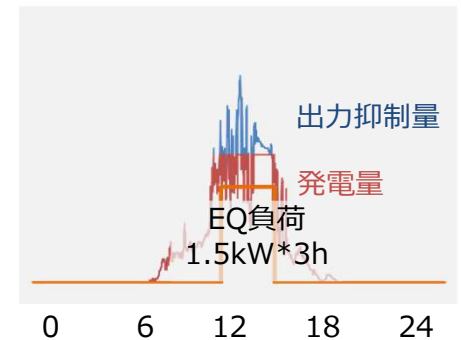
エリア内

電力系統大

PV出力が高い時間帯に
積極的に自家消費する

PV余剰電力を吸収することで
配電系統電圧上昇を抑制

地域面的に台数制御して
既存PV余剰電力吸収に活用



低位出力帯のみ発電
(常時出力制限)

低位出力帯は変動性が低く
分散平滑化効果が高い

安定した出力の
PV発電が実現できる

オンサイト

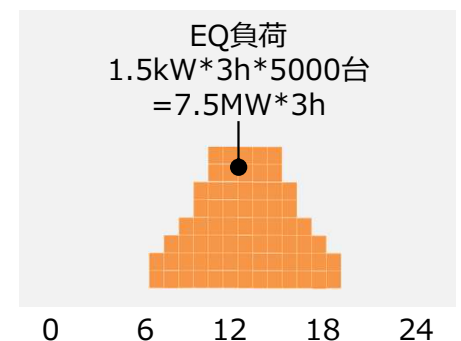
エリア内

電力系統大

PV出力が高い時間帯に
積極的に自家消費する

PV余剰電力を吸収することで
配電系統電圧上昇を抑制

地域面的に台数制御して
既存PV余剰電力吸収に活用



PV常時出力制限

可制御負荷による調整力提供

不測な余剰電力の発生抑制

周波数変動の発生抑制

配電系統の電圧上昇抑制

不測な余剰電力の発生抑制

周波数変動の発生抑制

配電系統の電圧上昇抑制

PV出力分速レポート

変動性が緩慢になれば計測と分速レポートでも十分な監視分速であれば低廉通信で可能

系統大PV出力
 常時監視

+

PV由来
 短周期変動の緩和

=

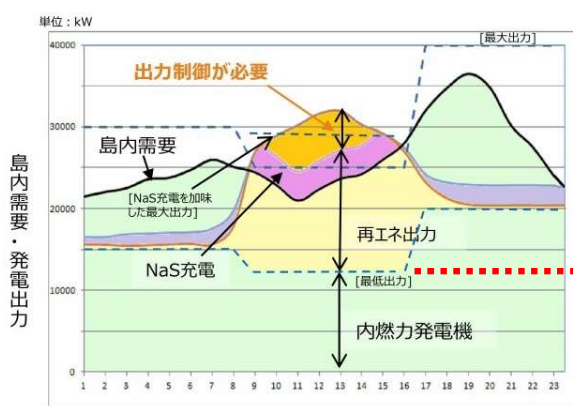
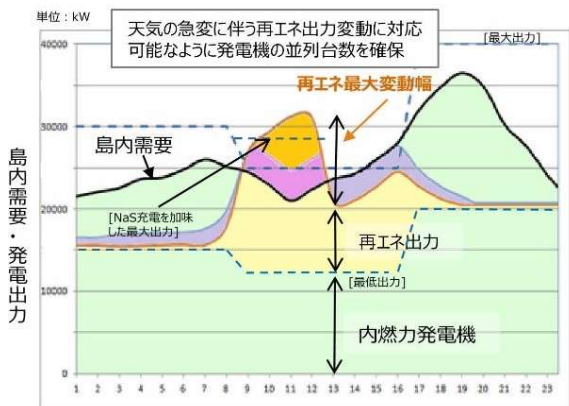
PV発電出力の
 予見性向上



GOAL

PV出力抑制（停止）を回避
 内燃力発電機の瞬動予備力を抑えられる

天候急変に伴う影響度が小さくなり、軽負荷時のディーゼル発電機の並列台数を減数可能（要検証）



出展：沖縄離島系統における再生可能エネルギーの出力制御の実施方法についてH29.12.15沖縄電力

宮古島フィールド実証の体制

電源制御の沖縄電力 と **需要制御のNEXTEMS** で、需給バランス最適化を図る。

実証事業の実施にあたり、相互に協力することで、宮古島をはじめとする沖縄離島地域における第三者所有設備を活用した調整力制御（エリアアグリゲーション）の技術的成熟及び実現を目指し、離島電力系統での負荷率向上及び再エネ普及拡大を図ることを目的とする。

RESP事業

補助事業

環境省・経産省

設備普及事業者
(再エネサービスプロバイダ事業)



需要家



宮古島実証事業

100%委託事業

沖縄県

宮古島市

H28～H29年度
動作検証・低コスト化検証

H30～H32年度
宮古島フィールド実証事業
需給バランス/調整力効果検証

エリアアグリゲーション事業
NEXTEMS
株式会社 ネクステムズ

＜実証事業協力に関する協定書＞
沖縄電力(株)-(株)ネクステムズ
2018.10.10締結

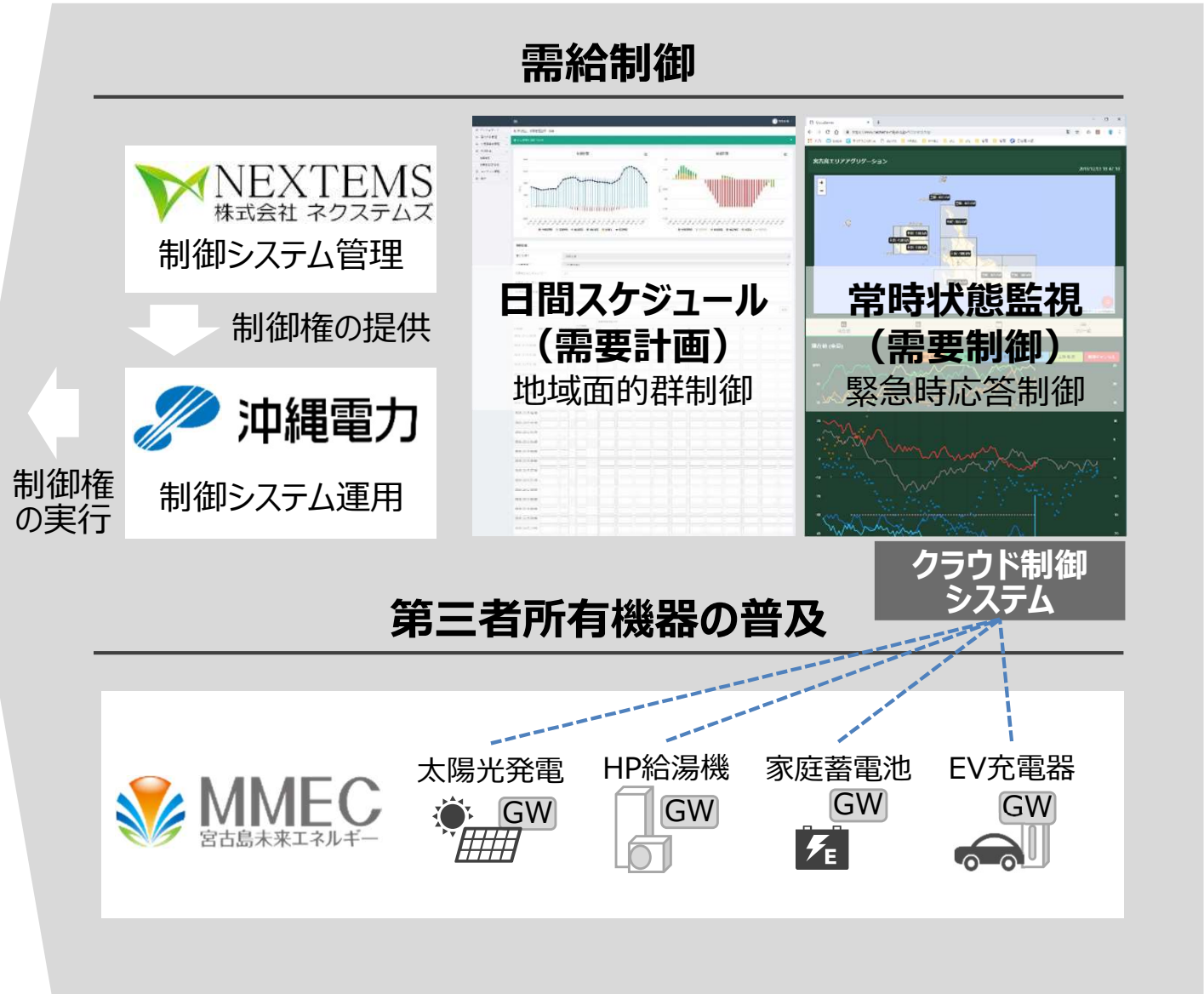
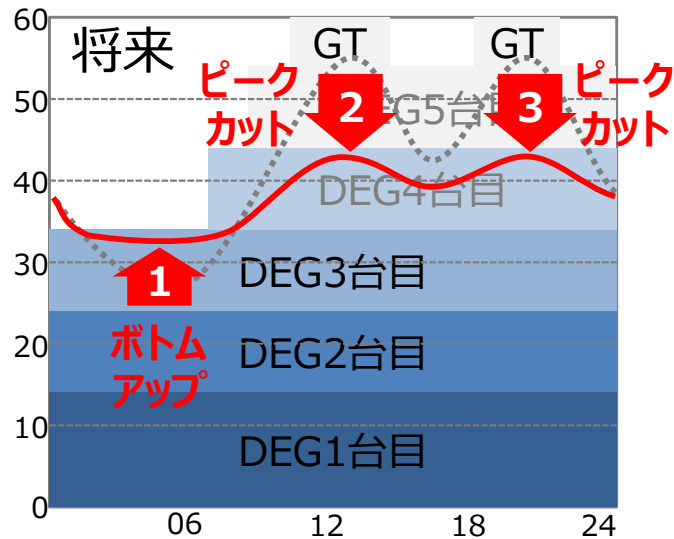
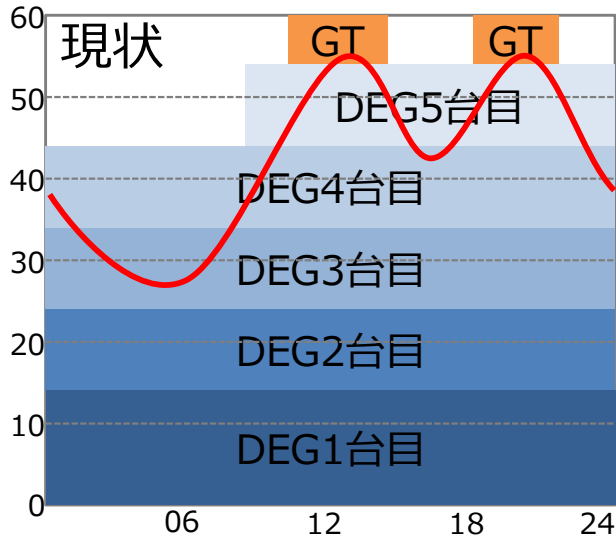
送配電事業者
沖縄電力

遠隔
制御

実証
協力

宮古島フィールド実証の概要

実際に、再エネサービスプロバイダ機器（太陽光発電やエコキュート、家庭用蓄電池等）を第三者所有で普及しながら、遠隔制御にて対象機器を地域面的に群制御して需要を制御する。



宮古島フィールド実証の普及計画

2019年度まではPV+EQであったが、2020年度以降はPV+BESSが中心。+EQ+EVChとする。

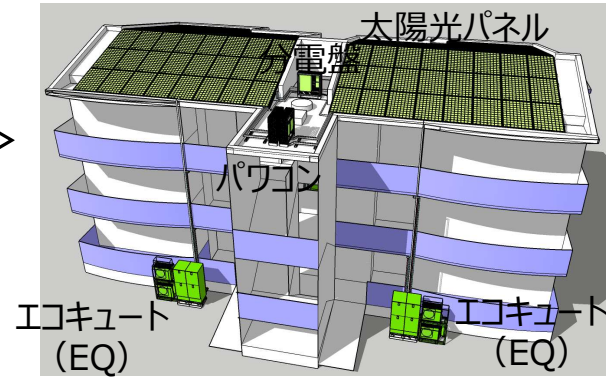
2018年度実績

＜市営住宅**40棟202戸**＞

太陽光発電：1,217kW

PV-PCS：858kW

エコキュート：120台



2019年度計画

＜福祉施設**10箇所**＞

太陽光発電：468kW

PV-PCS：317kW

エコキュート：38台

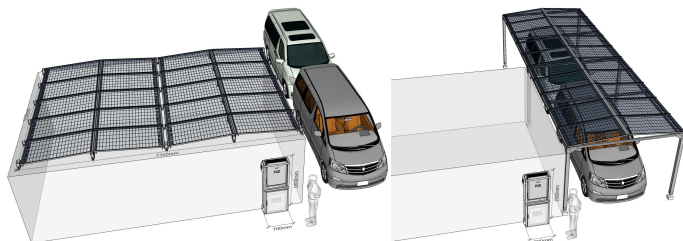


2020年度計画

＜戸建住宅**1000戸**＞

太陽光発電：7,400kW

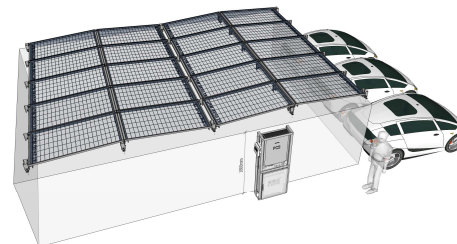
蓄電池PCS：5,500kW



＜防災施設**100箇所**＞

太陽光発電：400kW

蓄電池PCS：275kW



＜事業所**50箇所**＞

太陽光発電：1,600kW

蓄電池PCS：1,000kW

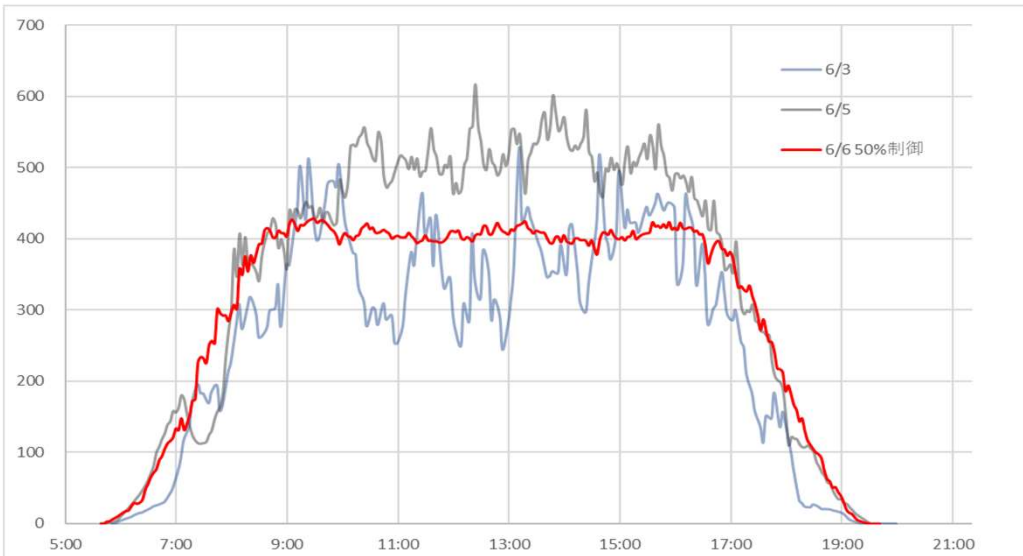
EV充電器：200台

エコキュート：100台

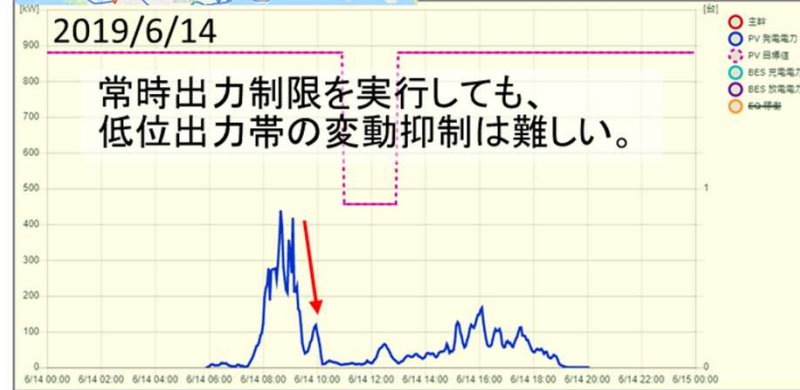
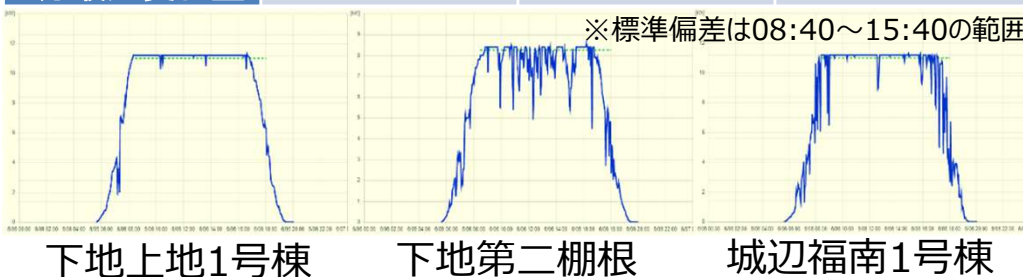


クラウド制御システム運用及び制御性能の評価

- ・常時出力制限については、好条件可であれば、想定通りの効果を発揮することが分かった。標準偏差も向上する。
- ・但し、一部日射変動以外に前述した電圧上昇抑制による変動が重畳していると考えられる。
- ・稀頻度の天候急変時には出力制限は安定化効果が低減し、制限値を下回る出力帯での事象は全く効果がない。

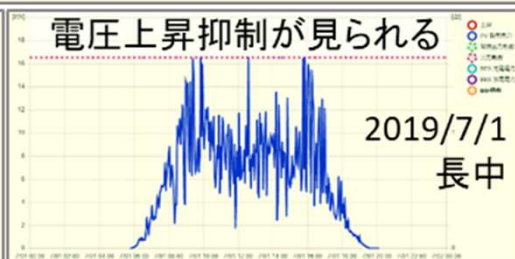
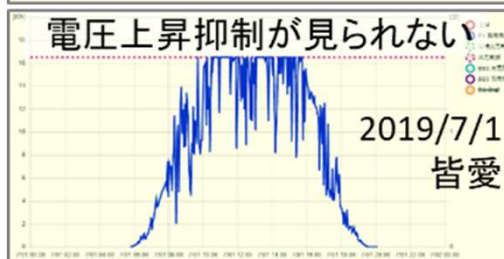
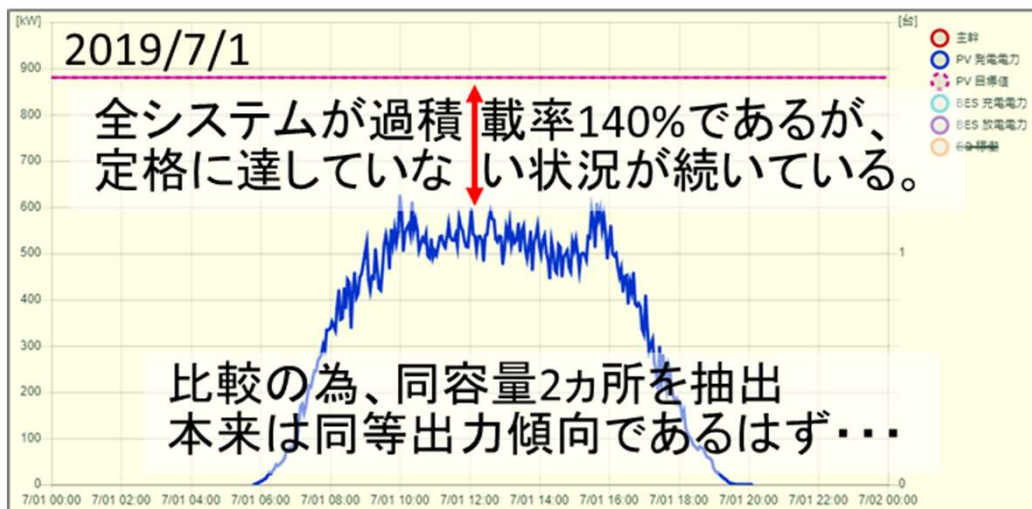


	6/3	6/5	6/6 50%制御
最下位値	244.3kW	358.4kW	378.3kW
最上位値	527.9kW	616.5kW	428.5kW
平均	377.1kW	501.0kW	407.5kW
標準偏差σ	69.5kW	45.9kW	9.5kW
3分最大変化量	130.5 kW	80.9 kW	10.8 kW



運用データ収集・評価

- 6月からのフィールド実証機器の運用開始に伴いデータの収集を開始。
- サイト電源断によるデータ欠測等が見られ、PV設備の漏電ブレーカー取替により不要動作を抑えた。
- PV設置容量が同じでありながら、発電出力が極端に少ない箇所が見られた（下図参照）。
- 全設置場所の電圧測定を実施した結果、設置場所により電圧上昇抑制がかかっていることが判明した。
- 電圧上昇抑制で出力制限による安定化が図れず、日射と電圧の双方の変動を受けるため、より変動が増す。
- この事象について、大量普及を想定する弊事業側でも解決の糸口を探る必要があり、デバイス側での対策を検討。
- 低圧機器であっても高圧線路に対する無効電力注入を目的に力率制御が実装可能な見込み。



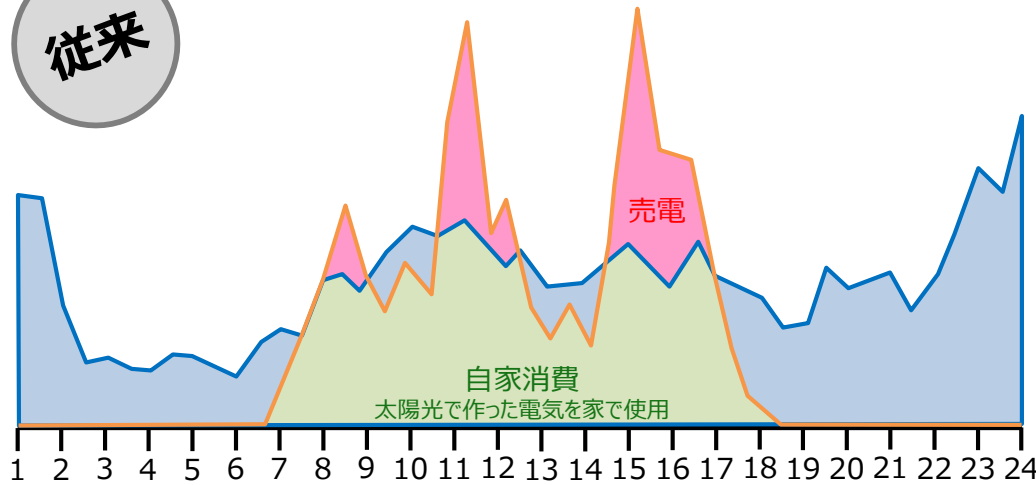
番号	所在地	PCS kW	WH分電 発電機 出力 kW	WH分電 発電機 出力 kW	WH分電 発電機 出力 kW	WH分電 発電機 出力 kW	電圧上昇 抑制調整 率	電圧上昇 抑制調整率	PV分電 発電機 出力 kW	PV分電 発電機 出力 kW	PV分電 発電機 出力 kW	PV分電 発電機 出力 kW	A-W 電圧差 率	B-W 電圧差 率
46	福岡北九州市住宅1号棟	3.16.0	103.0	103.7	104.7	104.6	0.0	1.45234307	102.0	101.7	106.0	106.2	1.3	1.6
47	福岡北九州市住宅2号棟	3.16.0	102.3	103.0	106.6	107.6	0.0	1.2592232196	101.8	101.7	106.1	109.1	1.5	1.5
48	福岡北九州市住宅3号棟	3.16.0	103.4	101.6	106.7	105.0	0.0	1.47221523196	102.6	101.1	106.0	106.5	1.3	0.5
49	福岡福岡県2号棟	3.16.0	106.0	104.2	106.2	106.1	0.0	1.85822133165	104.4	104.2	106.4	105.6	0.2	-0.5
50	福岡福岡県2号棟	3.16.0	102.7	104.6	106.0	106.7	0.0	1.25323073202	103.6	104.1	107.1	107.8	1.1	1.1
51	福岡福岡県2号棟	3.16.0	104.0	104.2	106.3	106.5	0.0	1.24522232186	103.3	103.0	106.3	106.6	1.0	1.1
52	福岡福岡県市住宅1号棟	3.16.0	102.1	101.9	106.7	105.8	0.0	1.522143207	101.0	101.4	106.0	106.7	1.2	0.9
53	福岡福岡県市住宅2号棟	3.16.0	101.7	101.9	106.3	105.0	0.0	1.0421082150	100.7	101.1	106.0	105.8	1.6	0.8
54	福岡福岡県市住宅1号棟	3.16.0	102.4	102.9	106.0	106.7	0.0	1.25022263242	101.9	101.8	106.1	106.2	1.1	0.3
55	福岡福岡県市住宅2号棟	3.16.0	102.1	101.8	106.0	106.3	0.0	1.252222673202	102.6	102.9	106.0	109.2	2.9	2.9
57	福岡福岡県市住宅1号棟	4.22.0	102.4	101.1	104.4	104.8	0.0	1.88213821042166	103.0	102.5	106.4	106.4	2.0	1.6
58	福岡福岡県市住宅2号棟	4.22.0	102.4	102.9	106.5	106.8	0.0	1.63219422132155	102.3	101.4	106.8	106.9	1.3	1.1
65	福岡長門市住宅	3.16.0	102.1	104.9	102.9	106.1	0.0	1.272228323672416	101.8	104.4	104.6	105.3	1.7	0.2
66	福岡長門市住宅	3.16.0	102.3	103.2	106.7	104.6	0.0	1.27122693204	101.8	102.2	106.0	106.8	0.2	1.2
67	福岡長門市住宅	3.16.0	102.1	102.1	104.1	104.4	0.0	1.30623493305	102.5	102.0	106.4	106.7	1.3	1.3
68	福岡長門市住宅	4.22.0	104.0	103.2	106.7	106.6	0.0	1.86221231434191	103.3	103.0	106.4	106.2	2.7	1.6
69	福岡長門市住宅	4.22.0	102.3	103.2	107.9	107.8	0.0	1.250230633084277	101.9	102.5	106.4	106.2	0.5	0.4
71	福岡長門市住宅	4.22.0	104.5	104.3	106.8	107.6	0.0	1.2002314327242910	103.5	103.4	109.1	107.2	0.3	-0.4
72	福岡北九州市住宅	4.22.0	103.7	102.6	107.7	110.0	0.0	1.00722673300228207	102.6	101.4	107.5	110.8	-0.2	0.8
73	福岡北九州市住宅	3.16.0	101.3	101.0	102.5	102.1	0.0	1.04212331199	100.3	100.5	104.6	104.0	2.1	1.9
74	下井上村市住宅1号棟	4.22.0	104.2	103.1	107.9	106.9	0.0	1.97224031802207	104.0	102.9	106.6	107.8	0.8	0.9
75	下井上村市住宅2号棟	4.22.0	102.9	101.4	109.1	107.9	0.0	1.067226833042294	103.1	102.3	106.7	109.4	0.6	1.5
76	下井上村市住宅3号棟	4.22.0	104.9	103.0	110.1	108.5	0.0	1.254226232612263	104.2	102.6	110.5	109.0	0.4	0.5
77	下井上村市住宅4号棟	4.22.0	103.6	102.7	106.3	106.7	0.0	1.275221832362265	104.6	102.8	110.5	108.8	2.2	2.1
78	下井上村市住宅5号棟	4.22.0	103.0	102.2	106.0	107.1	0.0	1.443219931452294	104.2	103.0	110.0	109.2	2.0	2.1
79	下井上村市住宅6号棟	4.22.0	103.4	104.9	104.6	108.5	0.0	1.215224232322295	101.8	103.4	104.1	109.1	-0.9	-0.4
80	下井上村市住宅7号棟	4.22.0	104.2	103.0	106.6	106.5	0.0	1.1152212931026	102.4	103.9	106.6	107.4	2.2	0.1
81	下井上村市住宅8号棟	3.16.0	103.9	103.4	106.4	106.4	0.0	1.1152212931026	102.4	103.9	106.6	107.4	2.2	0.1
82	下井上村市住宅9号棟	3.16.0	102.5	101.8	106.1	106.4	0.0	1.22922473236	102.0	101.2	104.9	104.3	-0.2	-0.3
105	下井上村市住宅10号棟	3.16.0	102.5	103.5	106.2	104.4	0.0	1.13222113128724180	102.1	102.3	104.3	103.8	-0.9	-0.6
107	下井上村市住宅11号棟	3.16.0	103.3	103.3	106.4	106.4	0.0	1.1282222312672411	103.2	100.6	106.7	106.7	0.6	1.2
108	下井上村市住宅12号棟	3.16.0	104.2	103.2	106.3	106.7	0.0	1.2522238320672411	103.7	102.1	106.0	107.9	-0.3	0.2
109	下井上村市住宅13号棟	3.16.0	103.7	104.2	106.0	106.2	0.0	1.411261393	103.5	103.2	106.2	106.1	1.2	0.9
110	下井上村市住宅14号棟	4.22.0	104.1	104.2	104.6	105.2	0.0	1.06215931054144	103.7	103.5	105.0	107.2	0.4	2.0
111	下井上村市住宅15号棟	3.16.0	102.9	103.0	104.1	104.3	0.0	1.6121533202	103.5	103.6	107.0	106.8	2.9	2.9
142	上野村市住宅2	3.16.0	103.4	103.3	104.3	104.0	0.0	1.189212521111	102.1	102.5	104.4	103.0	0.1	-1.0
150	上野村市住宅3	4.22.0	103.8	104.6	104.0	105.0	0.0	1.60213331214122	103.3	104.1	104.1	104.9	0.1	-0.1
151	上野村市住宅4	4.22.0	103.7	104.5	104.1	105.0	0.0	1.462223224440	103.3	104.1	103.2	104.8	-0.9	-0.2
151	上野村市住宅5	3.16.0	103.7	103.7	104.9	104.6	0.0	1.11721723169	103.0	103.4	106.6	105.3	-1.7	0.1
301	下井上村市住宅10号棟	3.16.0	103.3	103.3	106.3	106.3	0.0	1.146223030	103.0	102.4	105.6	104.7	0.3	0.1
301	下井上村市住宅10号棟	4.22.0	104.7	104.0	108.3	107.9	0.0	1.208225032224224	103.9	103.4	108.9	108.9	0.6	1.0

今後の普及モデルの説明①

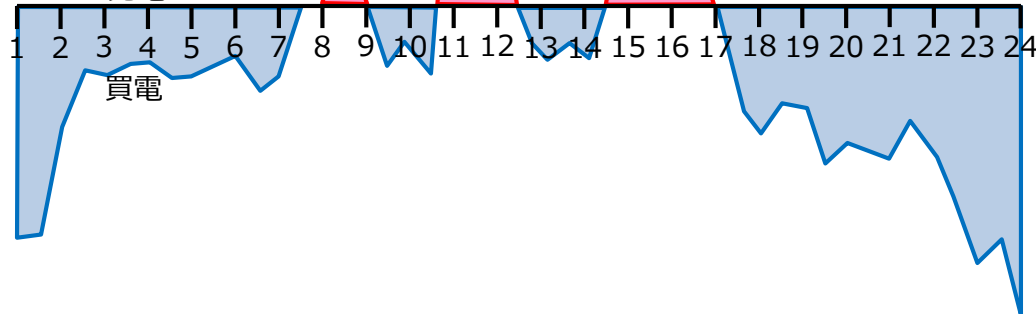
■ PV

従来の太陽光発電システム
PV出力変動や負荷変動が、電力系統に影響を与える。
再エネ大量普及する将来は現行システムでは耐えられない見込み。

従来



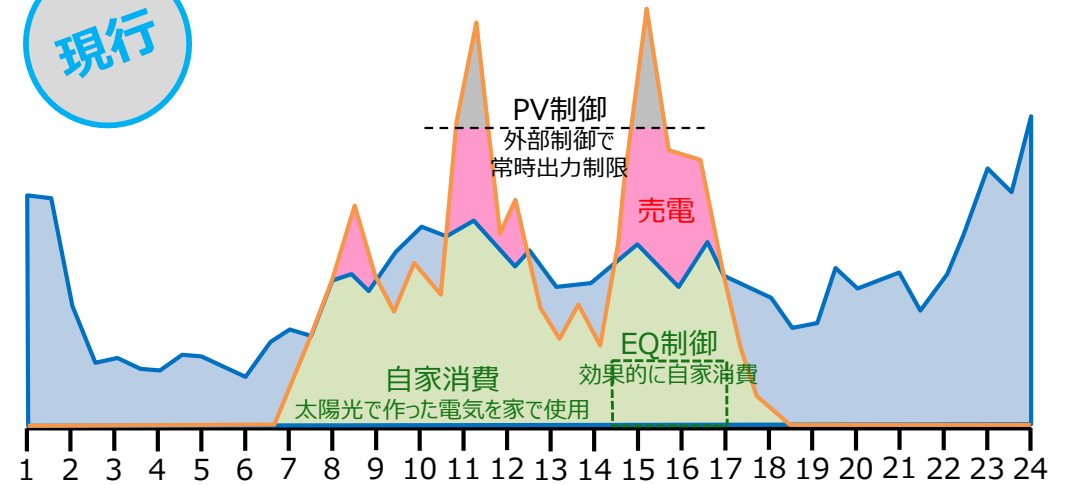
<対電力系統>
売電



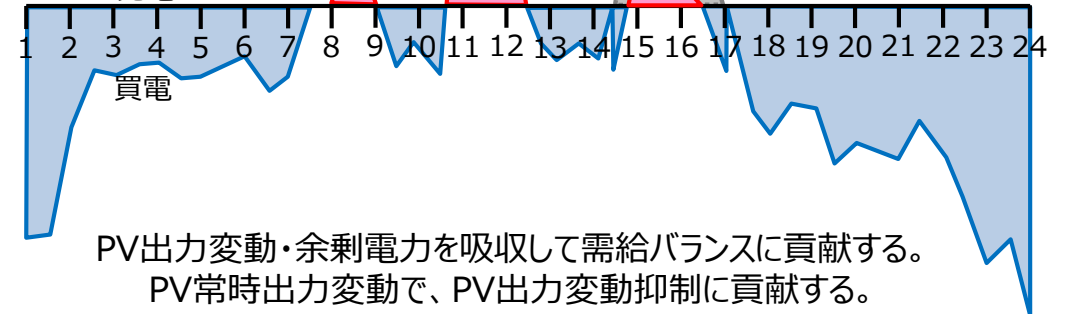
■ PV+EQ (現行普及モデル)

可制御の太陽光発電システムとヒートポンプ給湯機の組合せ
PVを常時出力制限しつつ、EQ沸き上げシフトしてPV余剰電力を吸収する。
蓄電池で経済合理性を得られるまでの暫定普及モデル。

現行



<対電力系統>
売電

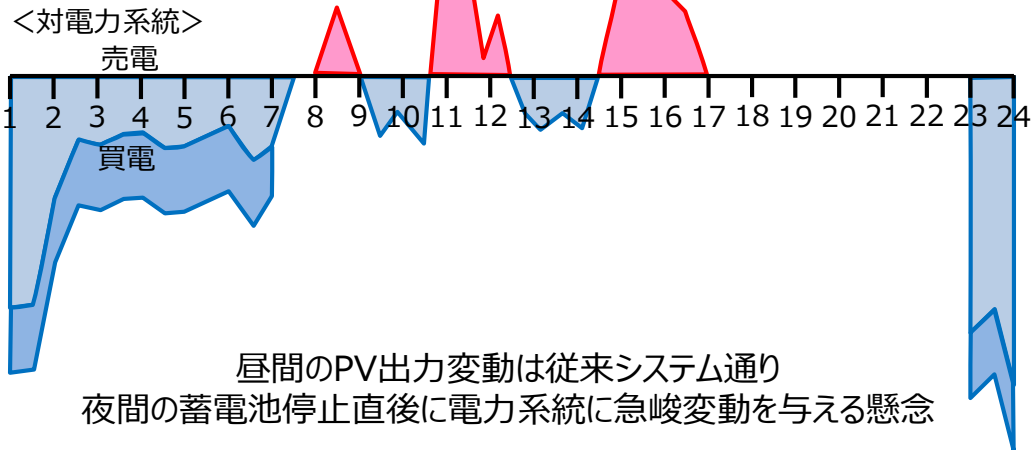
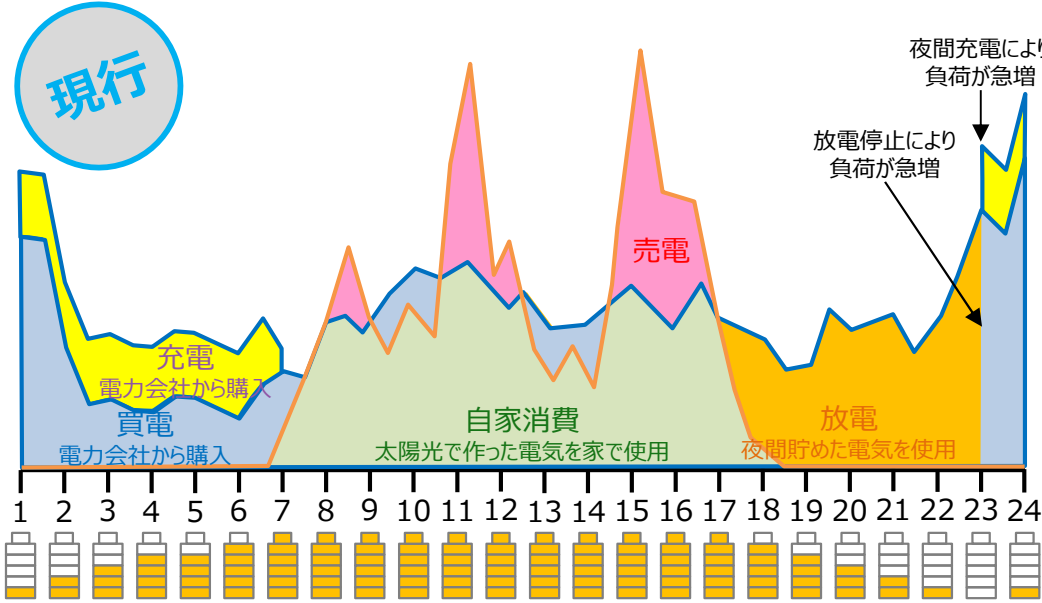


PV出力変動・余剰電力を吸収して需給バランスに貢献する。
PV常時出力変動で、PV出力変動抑制に貢献する。
負荷変動への貢献度が少ない。

今後の普及モデルの説明②

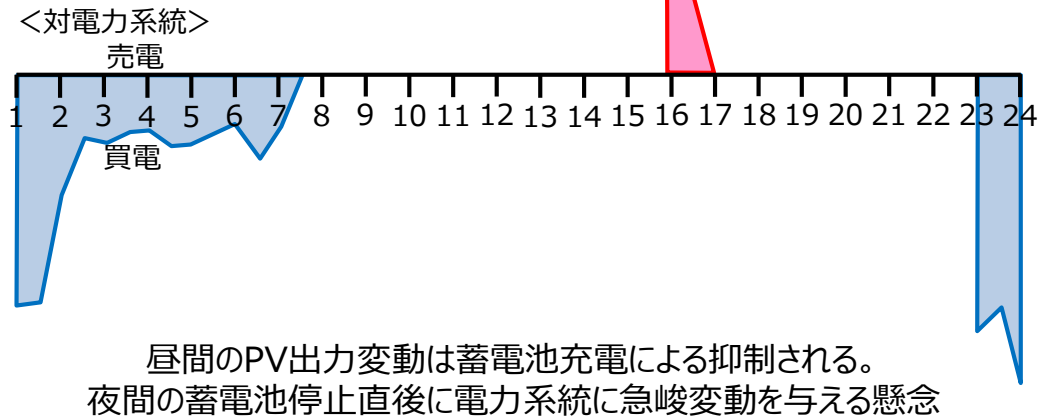
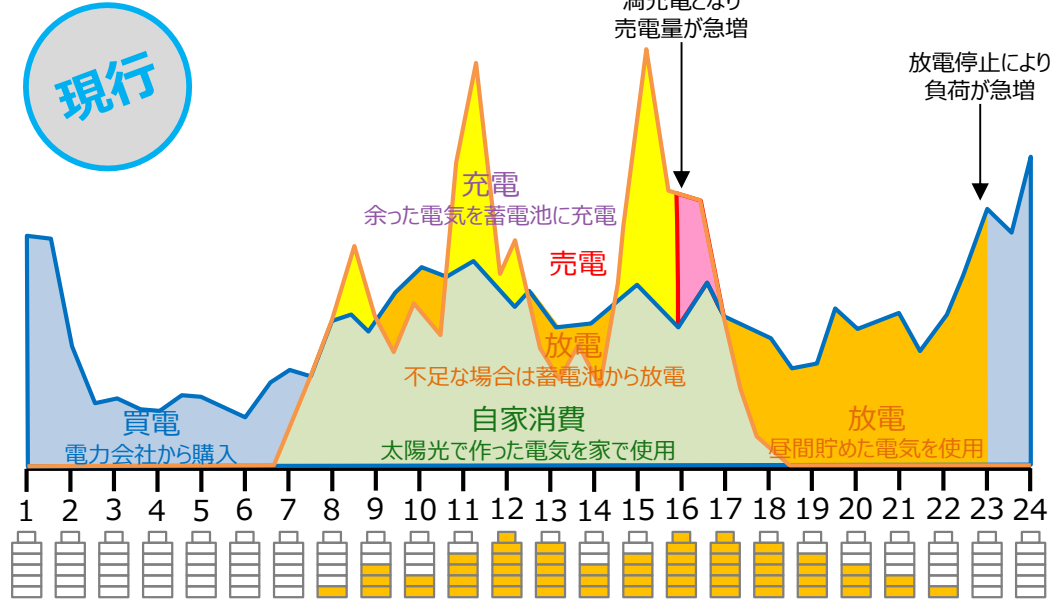
■ PV+BESS（経済優先モード）

住宅用蓄電池システムはFIT型となっている。
経済優先モードでは売電及び夜間電力利用が優先されるため、電力システムにより一層の大きな急峻変動を与える懸念がある。



■ PV+BESS（自家消費優先モード）グリッドモード

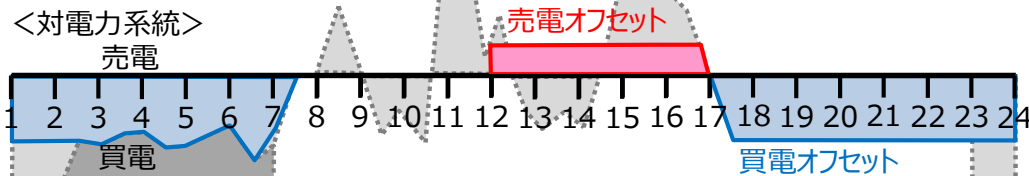
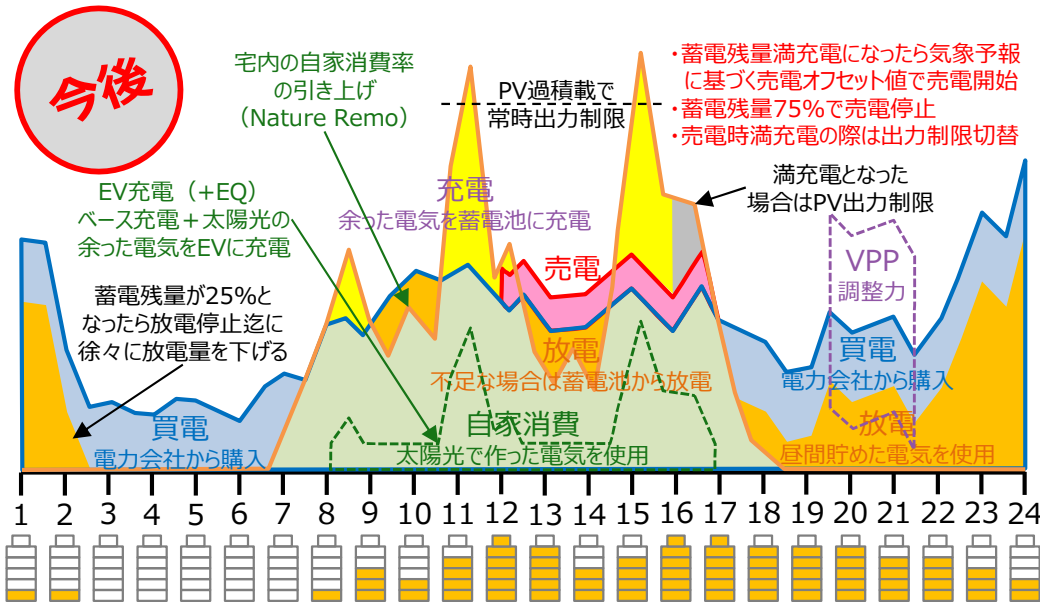
住宅用蓄電池システムはFIT型となっている。
自家消費優先モードであっても、夜間の急峻変動は顕在化する懸念がある。



今後の普及モデルの説明③ (需給一体型モデル)

■ PV+BESS (標準容量) ... +EVC+EQ+ 宅内制御(利便性向上)

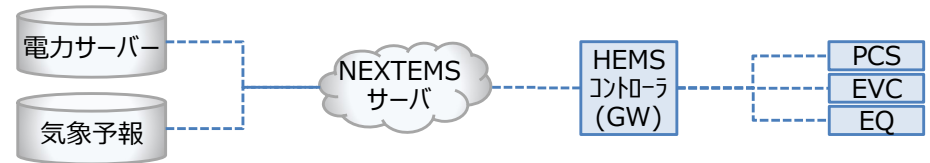
自家消費型PVの大量普及を考慮した需給一体型モデル。
電力システムへの変動要因を低減。系統制御も可能な機能を実装予定。
アグリゲータが日々のオフセット量×時間帯の制御やVPP制御を実行。



格段に系統影響を軽減でき、大量普及に耐えられる
各オフセット値は需要予測と日射予測で決定される
前日レポートすることで、系統全体の需要予測精度が向上
その他、VPP対応や電圧制御対応などに備える

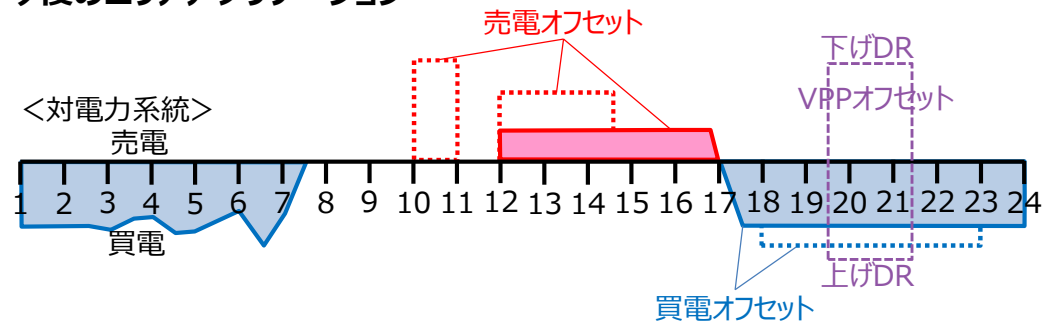
クラウド制御システム指令の概念図

電力系統制御：出力抑制、力率制御、整定値、周波数制御

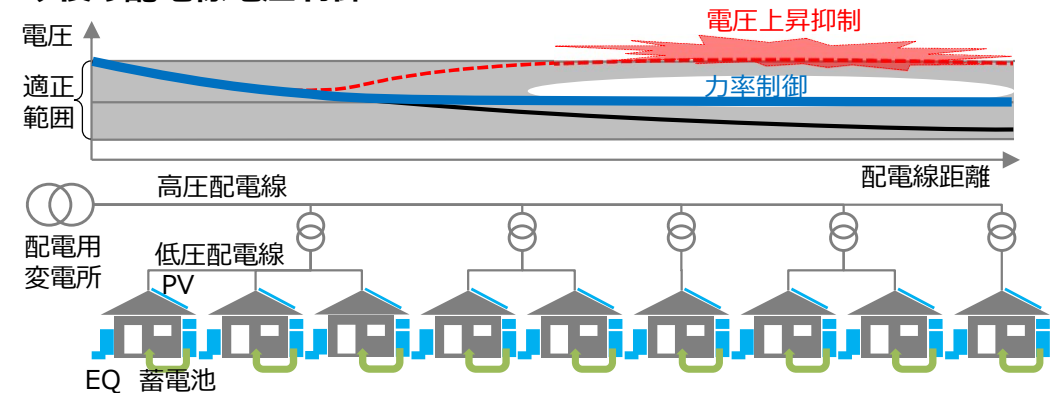


機器運転制御：運転計画、モード切替、オフセット量 (売電、買電、VPP)

今後のエリアアグリゲーション

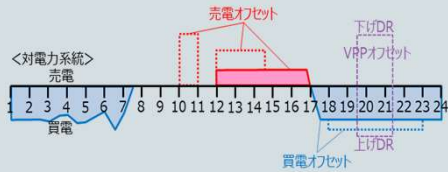


今後の配電線電圧制御



2020年度実装

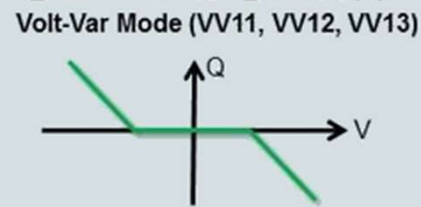
・有効電力オフセット制御 (宮古島独自制御方式)



・力率調整



・電圧-無効電力制御



2022年度実装

周波数サポート機能

Frequency Support

・最大有効電力制御

Adjust Maximum Active Power (INV2)



・電力貯蔵制御

Request Active Power from Storage (INV4)



・充放電信号制御

Signal for Charge/Discharge (INV5)



・周波数-有効電力制御

Frequency-Watt Mode (FW21, FW22)



・有効電力-力率制御

Watt-Power Factor (WP41, WP42)



電圧サポート機能

Voltage Support

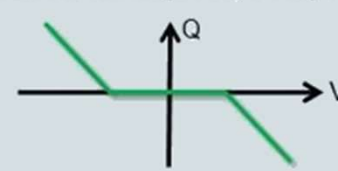
・力率調整

Adjust Power Factor (INV3)



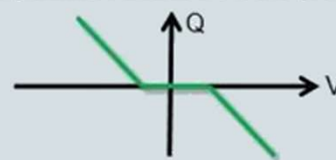
・電圧-無効電力制御

Volt-Var Mode (VV11, VV12, VV13)



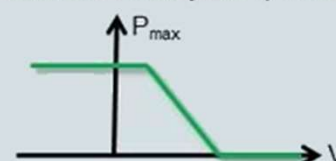
・動的無効電力制御

Dynamic Reactive Power (TV31)



・電圧-有効電力制御

Volt-Watt Mode (VW51; VW52)



IEC 61850-90-7

系統保護機能

Grid Protection
(Response to Disturbances)

・接続/解列

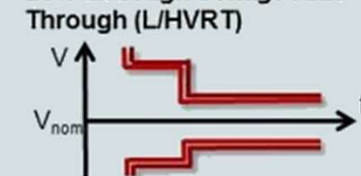
Connect/Disconnect (INV1)



・瞬時電圧低下(上昇)

時運転継続機能

Low and High Voltage Ride Through (LHVRT)



・瞬時周波数低下(上昇)

時運転継続機能

Low and High Frequency Ride Through (LHFRT)*



・温度制御

Temperature mode Behavior (TMP)



地域マイクログリッド構築

申請者名	株式会社ネクステムズ／株式会社宮古島未来エネルギー
補助事業の名称	ネクステムズ／宮古島未来エネルギーによる宮古島市来間島における地域マイクログリッド構築に向けたマスタープラン策定事業
事業実施地域	宮古島市来間島

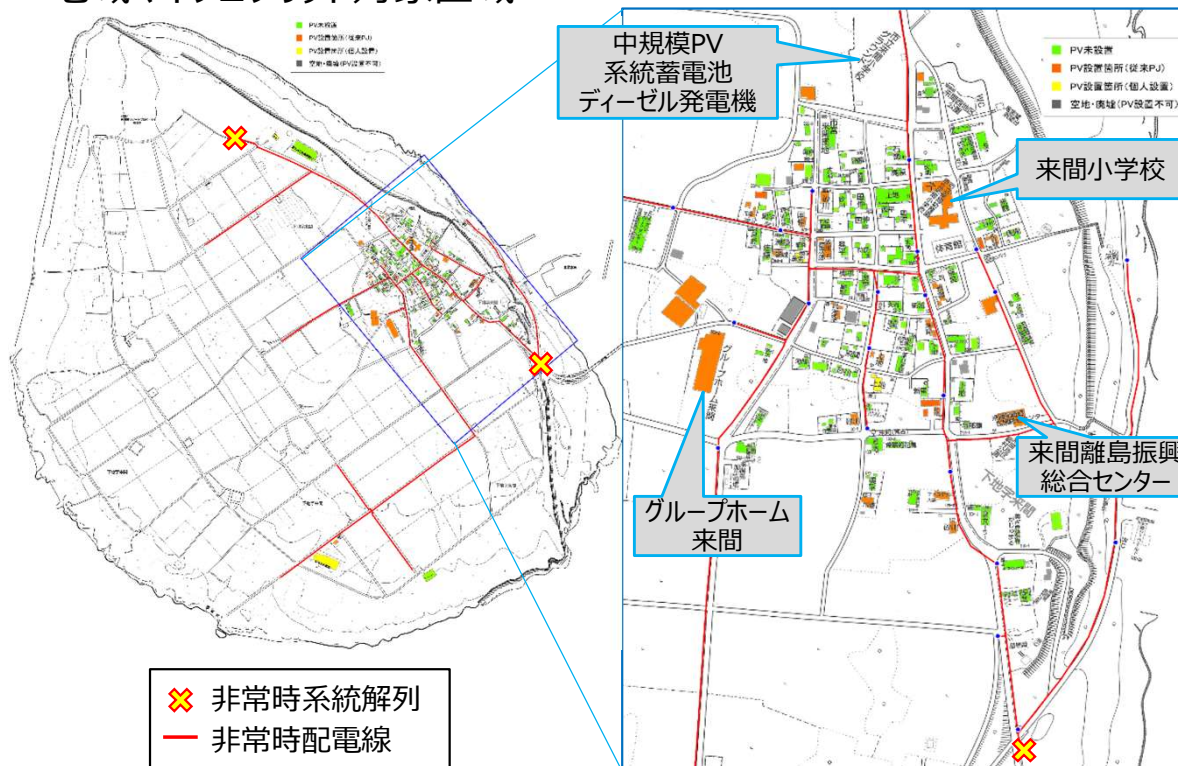
■ 事業の背景、目的

来間島は橋梁添架ケーブルで電力供給を受けており、台風停電時の復電が他地域よりも遅延傾向にある。そこで、中規模PV、住宅PV蓄電池、EMS機器などを住宅建物や遊休地に設置し、かつ島内送電線に系統蓄電池等を設置して、それら全てをMG-EMSで統合制御することにより、台風停電等の災害時にも自立的な電源活用を可能とすることを目的とする、地域マイクログリッドの構築に向けたマスタープランの作成を行う。

■ コンソーシアムメンバー(予定)

宮古島市	地域住民への周知、マイクログリッド発動要請
沖縄電力(株)	系統側EMS、系統蓄電池、電力供給、系統維持、解列実施
(株)ネクステムズ	需要側EMS、需給Watt制御対応、Var制御対応、DR対応
(株)宮古島未来エネルギー	自家消費電力供給(住宅PV蓄電池)、中規模PV

■ 地域マイクログリッド対象区域



・非常時に電力が供給される主な施設

施設名	概要
一般住宅/小規模店舗	人口165人、世帯数96世帯
来間島離島振興総合センター	指定避難所、収容人数200人相当
グループホーム来間	福祉施設、収容人数9人
来間小学校(2020年3月廃校)	指定避難所、収容人数200人相当

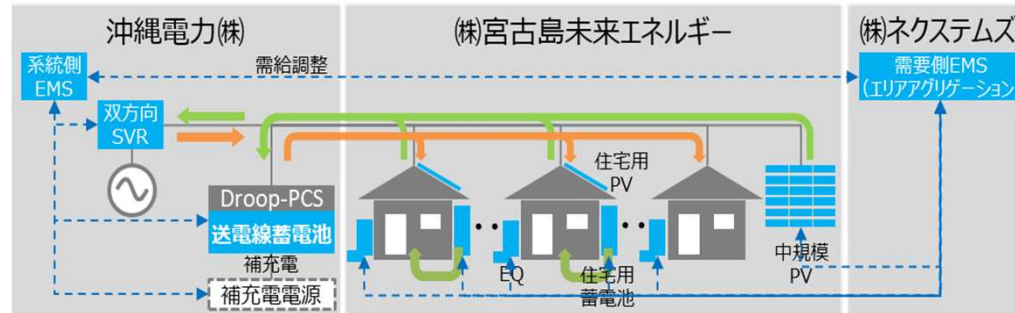
・マイクログリッドを構成する設備の概要

設備名	新設/既設	仕様等	
①太陽光発電(既設FIT-PV)	既設	380kW(市PJ導入FIT売電)	
②太陽光発電(住宅PV蓄電池)	新設	5.5kW-5.6kWh×60戸分	
③太陽光発電(中規模PV)	新設	720kW(PCS)、1000kW(PV)	
④蓄電システム(系統蓄電池)	新設	500kW-1500kWh×1台	
⑤ディーゼル発電機(補充電用)	新設	100kW×1台	
MG-EMS	⑥系統側EMS	新設	データ取得及び需給調整
	⑦需要側EMS	既設	データ取得及び需給調整

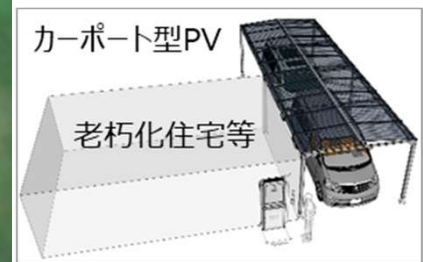
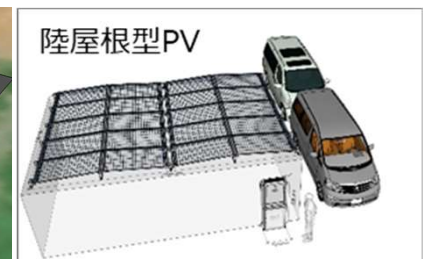
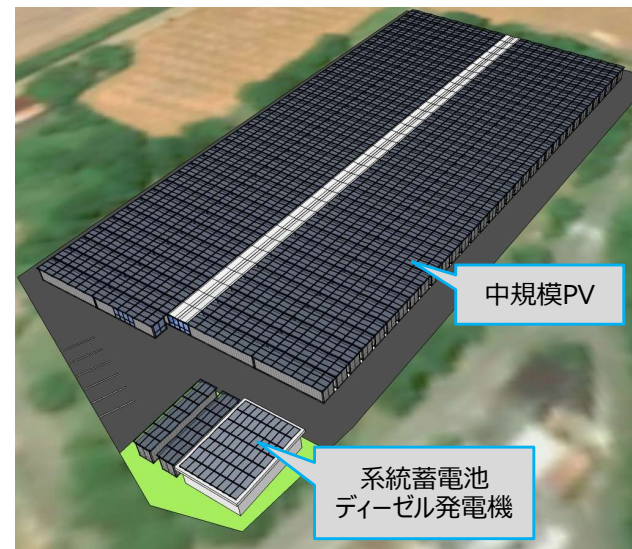
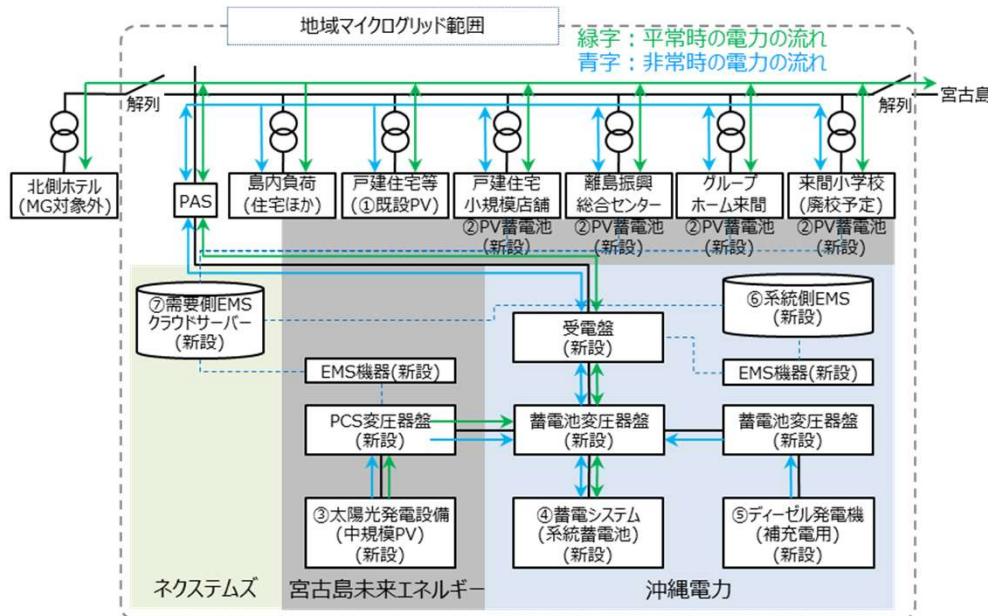
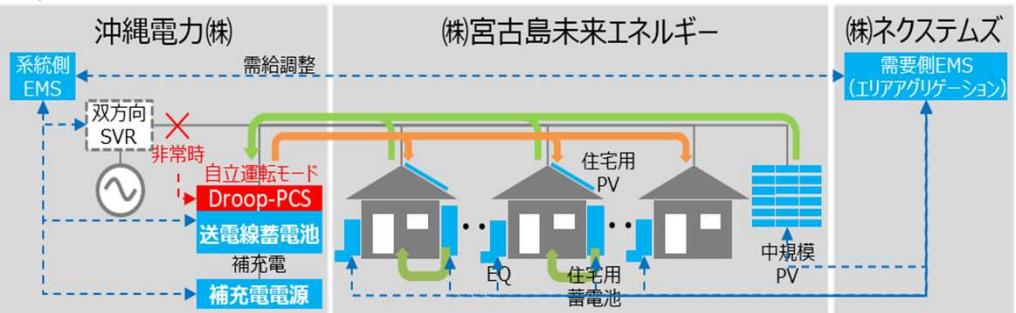
地域マイクログリッド構築

- 平常時は②住宅PV蓄電池や③中規模PVは需給バランスや電圧制御を行い、④系統蓄電池との協調運転を行う。
- 平常時③中規模PVは、スマートインバータ機能にて、有効電力制御及び無効電力制御を行う。
- 更に②住宅PV蓄電池は売電量又は買電量を安定化させるオフセット制御や無効電力制御を行う。
- 平常時④系統蓄電池は、②③と連携したPV余剰電力吸収と、配電線路電圧制御及び系統アンシェラー制御を行う。
- 災害時(台風停電等)は④系統蓄電池が主電源(電圧源)となり、他の機器①②③は連系接続し、⑤は補充電を行う。
- 当該MG内に事故点がある場合には④系統蓄電池は自動解列し、他の機器②③は各建物内で自立運転を行う。
- マイクログリッド構築及び運用の将来性のためグリッドコード化を見据えた最適制御の探求も併せて行う。

平常時



緊急時・・・単独グリッド運用



気候変動問題

地球温暖化について科学的な調査・研究を行う国際的な組織である「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」が掲げる、確信度の高い複数の分野や地域に及ぶ、気候変動による将来の主要なリスクを下表に示す。

<p>1 海面上昇 高潮 (沿岸、島しょ)</p>	<p>2 洪水 豪雨 (大都市)</p>	<p>3 インフラ 機能停止 (電気供給、医療などのサービス)</p>
<p>4 熱中症 (死亡、健康被害)</p>	<p>将来の 主要なリスク とは？ 複数の分野地域におよぶ 主要リスク 出典) IPCC 第5次評価報告書 WGII</p>	<p>5 食糧不足 (食糧安全保障)</p>
<p>6 水不足 (飲料水、灌漑用水の不足)</p>	<p>7 海洋生態系 損失 (漁業への打撃)</p>	<p>8 陸上生態系 損失 (陸域及び内水の生態系損失)</p>

持続可能な開発目標 (SDGs)

SDGs (Sustainable Development Goals) は、2015年9月の国連サミットで策定された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2016年～2030年の国際目標。世界中の企業がSDGsを経営の中に取り込もうと力を注いでおり、日本でも、SDGsを経営に組み込むべく様々な取組が進められている。

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



再エネ大量普及への期待

- ★ 需要地に隣接して発電することができるため、送電ロスが少なく、大規模な送電設備が不要。
- ★ 需要家自身が電力供給に参画することができ、個人や公共産業用など様々な規模に柔軟に対応可能。
- ★ 電源の分散化が進み、大規模電源に対し単独事故の影響が低減する。
- ★ EV、貯湯槽、バッテリーなどが、分散システムとして能動的になる。
- ★ 電化による新たな需要は、分散型の調整可能な技術となる。
- ★ 災害時に非常用電源として利用できる。



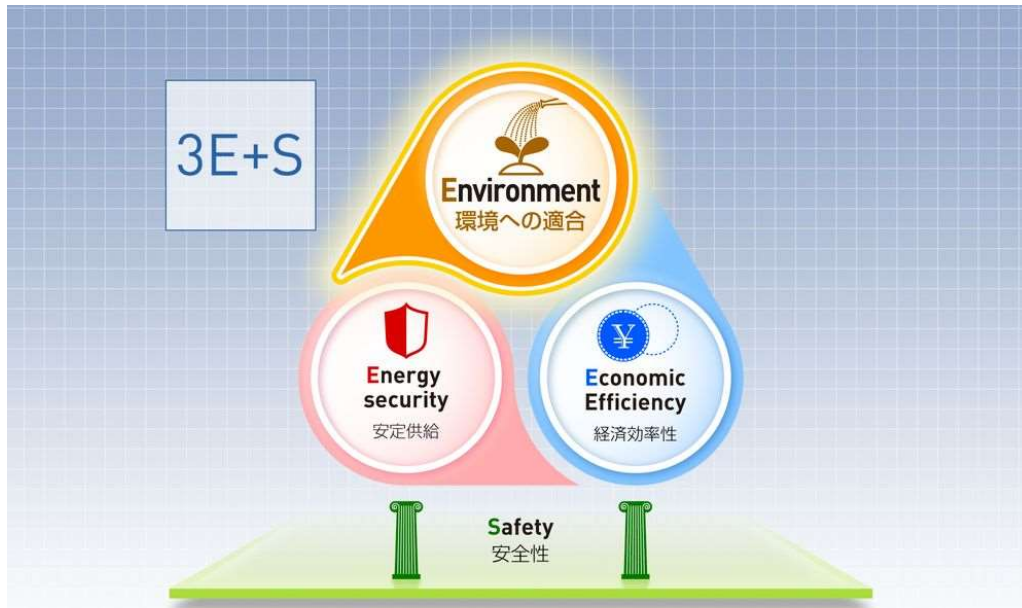
再エネ大量普及に伴う制度的課題

太陽光発電や風力発電などの再エネは、「主力電源」（電力をつくる方法）となるには、まだまだ課題を抱えています。今後のエネルギー情勢を考えれば、再エネを大量導入し「主力電源」化していくことは不可欠です。

（出所：資源エネルギー庁）

- ▶ 世界に比べて高い再エネコストの低減
- ▶ 長期的視点から見た安定性の確保
- ▶ 再エネへの電力系統接続の問題
- ▶ 適切な調整力対策費の負担
- ▶ 適切に継続利用する環境整備
- ▶ 「3E+S」の確保

（安定供給、経済効率性、環境適合 + 安定性）



		日本の課題	
再生可能エネルギーの 主力電源化	発電コスト	<ul style="list-style-type: none"> • 欧州の2倍 • これまで国民負担2兆円/年で再エネ比率+5% (10%→15%) → 今後+1兆円/年で+9% (15%→24%)が必要 	国際水準を目指した 徹底的なコストダウン
	事業環境	<ul style="list-style-type: none"> • 長期安定発電を支える環境が未成熟 • 洋上風力等の立地制約 	規制のリバランス 長期安定電源化
再エネの大量導入を支える 次世代電力ネットワークの構築	系統制約	<ul style="list-style-type: none"> • 既存系統と再エネ立地ポテンシャルの不一致 • 系統需要の構造的減少 <p style="text-align: center;">⇓</p> <ul style="list-style-type: none"> • 従来の系統運用の下で、増強に要する時間と費用が増大 • 次世代NW投資が滞るおそれ 	「新・系統利用ルール」 の創設 ～ルールに基づく系統の開放へ～
	調整力	<ul style="list-style-type: none"> • 変動再エネの導入拡大 <p style="text-align: center;">⇓</p> <ul style="list-style-type: none"> • 当面は火力で調整 • 将来は蓄電の導入によりカーボン・フリー化 	広域的・柔軟な調整 発・送・小の役割分担 調整力のカーボン・フリー化

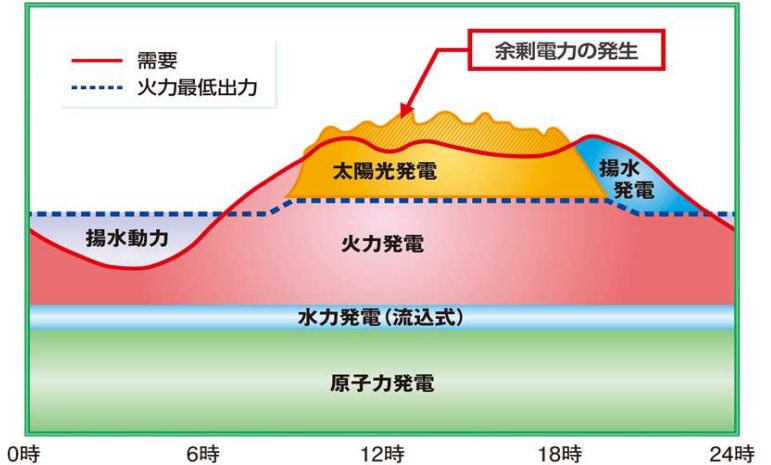
再エネ大量普及に伴う技術的課題

発電出力が変動する分散型電源の大量導入によって、商用電力系統の需給バランスや電力品質の維持に以下の影響が考えられる。

(出所：日本電気工業会)

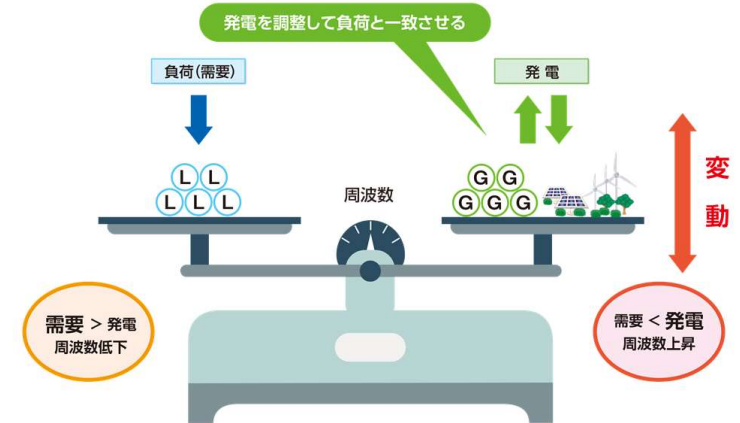
1. 需要と供給のバランス調整への影響（余剰電力の発生）

電力供給においては、系統運用者が各発電所の出力を制御し、常に需要と供給を一致させるよう運用されているが、例えば、太陽光発電が大量に導入されると、需要が比較的少ない春や秋の週末の昼間に電気が余る、いわゆる余剰電力が発生する。



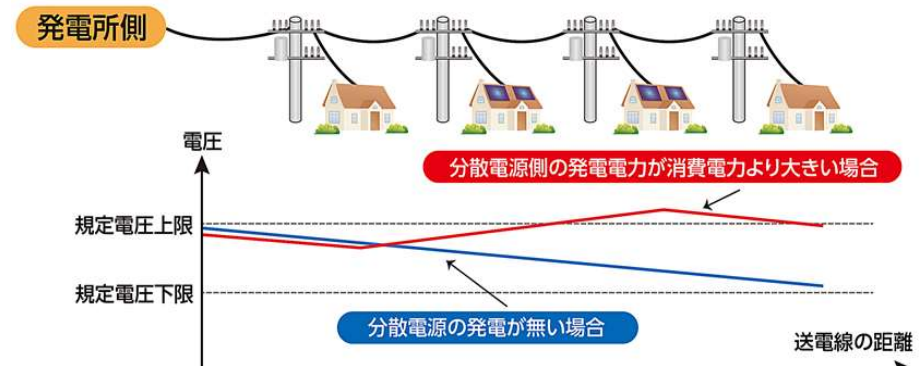
2. 周波数変動

電力系統の周波数は、系統運用者が瞬時瞬時の需給をバランスさせることで維持されているが、太陽光発電や風力発電の大量導入により、周波数調整力が不足する恐れがある。



3. 分散型電源の逆潮流による配電線の電圧変動

住宅用太陽光発電など電力系統の需要家端に設置された分散電源が普及し、その電力が逆潮流することによって電圧が上昇し、適正值（ $101 \pm 6V$ ）を逸脱する電圧上昇が発生する。



4. 系統事故時の安定性低下

再エネの多くはインバータ型電源であり、系統安定化等の能力は同期発電機に劣る。

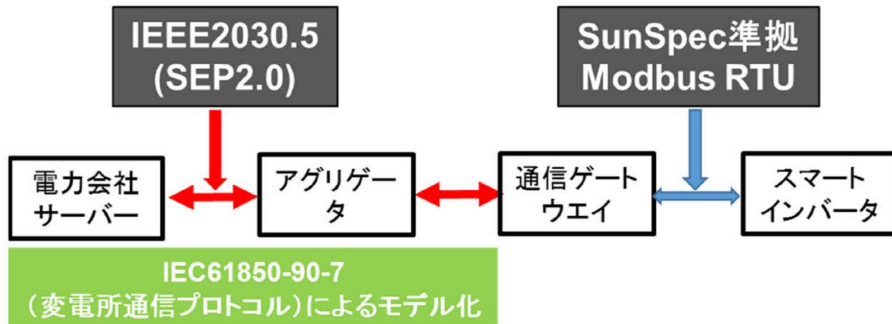
5. 送電容量の不足

再エネの適地が偏在しているため、一部地域では送電線の容量が不足し、ネットワーク増強が必要になる。

スマートインバータ

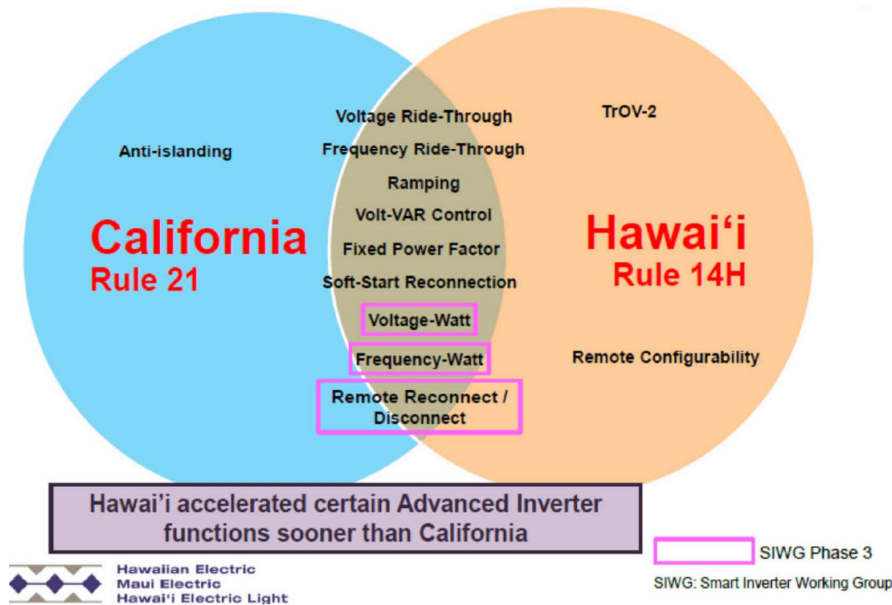
自律調整機能（電圧安定化、周波数安定化、力率調整、出力制御、ソフトスタート等を実現するインバータ制御機能）と電力会社またはアグリゲータとの双方向通信機能を有し、電力システムの安定化及び電力品質の向上と同時に電力会社との協調を実現する次世代電源変換装置を称して**スマートインバータ**と呼ぶ。

先行する米国においてはカリフォルニア版**California Rule 21**、ハワイ版**Hawaii Rule 14**、欧州では**RfG**として系統連系規程に要件化されている。
(出所：日本電気工業会)



IEC 61850-90-7で規定する機能一覧 NEXTEMS編集

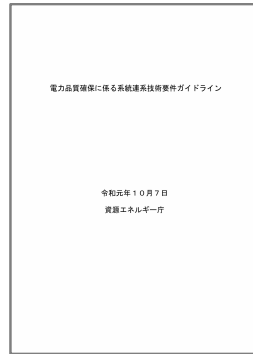
周波数サポート機能 Frequency Support	電圧サポート機能 Voltage Support	系統保護機能 Grid Protection (Response to Disturbances)
<ul style="list-style-type: none"> 最大有効電力制御 Adjust Maximum Active Power (INV2) 	<ul style="list-style-type: none"> 力率調整 Adjust Power Factor (INV3) 	<ul style="list-style-type: none"> 接続／解列 Connect/Disconnect (INV1)
<ul style="list-style-type: none"> 電力貯蔵制御 Request Active Power from Storage (INV4) 	<ul style="list-style-type: none"> 電圧-無効電力制御 Volt-Var Mode (VV11, VV12, VV13) 	<ul style="list-style-type: none"> 瞬時電圧低下(上昇)時運転継続機能 Low and High Voltage Ride Through (L/HVRT)
<ul style="list-style-type: none"> 充放電信号制御 Signal for Charge/Discharge (INV5) 	<ul style="list-style-type: none"> 動的無効電力制御 Dynamic Reactive Power (TV31) 	<ul style="list-style-type: none"> 瞬時周波数低下(上昇)時運転継続機能 Low and High Frequency Ride Through (L/HFRT)*
<ul style="list-style-type: none"> 周波数-有効電力制御 Frequency-Watt Mode (FW21, FW22) 	<ul style="list-style-type: none"> 電圧-有効電力制御 Volt-Watt Mode (VW51; VW52) 	<ul style="list-style-type: none"> 温度制御 Temperature mode Behavior (TMP)
<ul style="list-style-type: none"> 有効電力-力率制御 Watt-Power Factor (WP41, WP42) 		



グリッドコード

グリッドコードとは、電力システムの安定かつ経済的な運用を実現するためのルールの体系。現在は「系統連系規程」、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」、「系統連系技術要件」、「系統アクセスルール」などで技術要件が規定されている。太陽光発電の大量導入に対応した**スマートインバータ機能**の追加が必要となっている。2020年度制定し、2022年度には実用化・規程化される。

電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン
(資源エネルギー庁)



系統連系技術要件
(沖縄電力)



系統アクセスルール
(沖縄電力)



日本版グリッドコード案 (出所: 太陽光発電協会)

要件	機能	基準	電力系統の電圧区分 [○: 必要、△: 選択、●: 今後必要]							
			低圧			高圧		特高		
			逆潮流なし	逆潮流あり 住宅 非住宅	逆潮流なし	逆潮流あり 500kW未満	逆潮流あり 500kW以上	逆潮流なし	逆潮流あり	
1 適正電圧・周波数の維持	系統電圧上昇の制限 (OVR)	あり	○	○	○	○	○	○	○	
	系統電圧低下の制限 (UVR)	あり	○	○	○	○	○	○	○	
	系統周波数上昇の制限 (OFR)	あり		○	○		○	○		
	系統周波数低下の制限 (UFR)	あり	○	○	○	○	○	○	○	
2 受電点の電圧調整	自動電圧調整	有効電力制御 (Volt-watt)	あり		○	○		○	○	○
		無効電力制御 (Volt-var)	あり		○	○		○	○	○
		進相	あり		○	○		○	○	○
		遅相	なし					△		●
	力率一定制御	あり		○	○		○	○		
	動的無効電流制御 (Dynamic Volt-var)	なし					△		△	
3 不要解列の防止	発電電圧異常 (OVR、UVR)	あり	○	○	○	○	○	○	○	
	保護協調 (事故範囲の局限化)	あり	○	○	○	○	○	○	○	
	系統側地絡事故	地絡過電圧リレー	あり				△	△	△	△
		電流差動リレー	あり							△
3 不要解列の防止	FRT (Fault Ride Through)	系統電圧上昇	なし						●	●
		系統電圧低下	あり	○	○	○	○	○	○	○
		周波数上昇	あり		○	○		○	○	○
		周波数低下	あり	○	○	○	○	○	○	○
4 単独運転防止	単独運転検知	受動的方式	あり	△	○	○	△			
		能動的方式	あり	○	○	○	○	○		
5 遠隔制御	逆電力リレー (RPR)	あり	△			△				
	転送遮断 (N-1電制、高圧は単独運転防止)	あり					△	△	○	
	最大出力抑制制御 (遠隔出力制御) ※自家消費分は除外	あり	○※	○	○	○※	○	○	○※	
	有効電力・無効電力の設定	なし		△	●		●	●	●	
	パラメータの設定、機能の有効化・無効化	なし		△	●		●	●	●	
	遠隔操作 (起動・停止、再閉路・解列)	なし		△	●		●	●	●	
	将来に系統運用に活用するデータの規程	なし		△	●		●	●	●	
6 周波数変動抑制 (周波数調整)	慣性力 (イナーシャ制御)	なし							△	
	周波数調定率制御 (Frequency-Watt)	なし		△	△		△	●	●	
7 出力変動緩和機能	出力変化率制限制御	なし						△	●	

地域エネルギー事業

地域のニーズや、地域が抱えるエネルギーインフラ問題の解決策と合致した、エネルギー資源開発と電化を責任をもって促進する事業で、再エネ出力電源化を掲げ第三者所有や遠隔制御EMSで社会貢献を実践する。

従来型の再エネ普及(FIT電源の多く)

自然エネルギーで成り行き発電、逆潮流売電目的、長期利用に適さない低コスト化

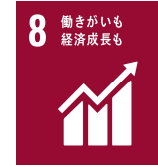


再エネサービス プロバイダー事業 (RESP事業)

||
責任ある
地域エネルギー事業
+
再エネ主力電源化
+
第三者所有モデル
+
遠隔制御EMS

地域経済活性化

責任ある保守管理で雇用創出、燃料不買で域内資金循環



住民サービス向上

機器一括調達や保守管理で低廉化した自家消費電源



地域レジリエンス強化

災害時、緊急時の電源(蓄電池)／水(貯湯槽)の確保



環境負荷低減

再エネ利用、適正な保守等による資産長期利用



発送電コストの低減

低廉な需要機器制御の実現、最適電力制御への貢献



需給一体型制御で安定供給

すべての機器が監視でき、有効電力・無効電力の制御に貢献



宮古島市島しょ型スマートコミュニティ実証事業では、
昨今のエネルギー制度改革に注視しつつ、本モデル案の実現性を追究しています。
事業成果報告等は、他の地域でのビジネスモデルの参考にして頂くため、
可能な限り広く一般公開致します。
同様なビジネスが全国的に普及展開され、
装置や技術が標準化され低廉化されることを望みます。
それらを活用して、
エコアイランド宮古島の実現、沖縄県内エネルギー需給構造の最適化
を目指します。



www.nextems.co.jp