

次世代電力プラットフォームと フレキシビリティの創り手としての住まい

2019.12.12

大阪大学大学院工学研究科招聘教授
早稲田大学先進グリッド研究所招聘研究員
ERAB検討会委員、制御量WG委員



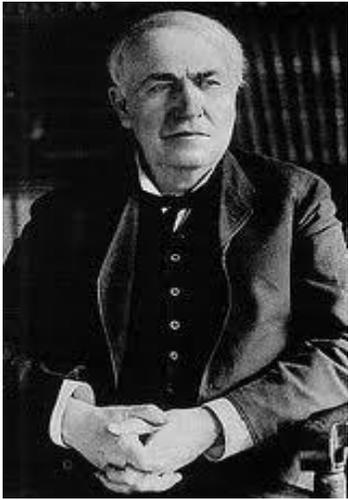
次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会委員
関西電力（株）営業本部（併）地域エネルギー本部 担当部長

西 村 陽

電力の世界でここ数年起こっていること

- 世界的に再生可能エネルギーが急速に普及拡大し、それが電力市場、ひいては家庭用のエネルギー機器・エネルギー消費(場合によって生産)に大きなインパクトを与えている。
- 2018年の北海道(地震に伴う系統崩壊)、2018年～19年の台風被害(関西、東海、東関東)での停電等、電力ネットワークの強靱性(レジリエンス)と停電時自立が以前にも増して重要な論点となってきた。
- こうした動きに対して、日本でも次世代技術を活用した電力プラットフォームの検討の動きが始まり、住宅を含めてすべての建物を電力ネットワークの参加者(支え手)とする世界が始まっている。

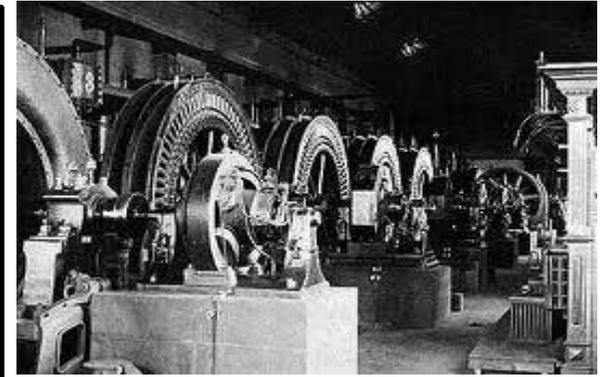
電気140年(ベンチャーから始まった)



トーマス・エジソン

1880年代 電灯会社の起業

- 近くの発電所から直接電気を販売
(1つの需要場所に1つの発電機)
- 基本的には近距離にしか送れない
直流システムが採用されていた。
(世界各国の○○エジソン)



1895 浅草発電所
(東京電燈発の交流発電所)
(アルゲマイネ社、50Hz)

直流VS交流論争

エジソン: 交流は危険性が高く、採用すべきでない(エジソン電気商会)

テスラ他: 大容量発電、長距離送電、大量利用には交流が不可欠
(ウェスチング・ハウス、トムソン・ハウストン)

日本でも大阪市内で直流(東京電燈)VS交流(大阪電灯、トムソン社)の戦い
⇒結局交流が勝利し、エジソンとトムソンが合併(GEの誕生)

○19世紀末の電気事業=直流発電機を使った小規模な「地産地消」ビジネス

(必然的に世界各地でベンチャービジネスとして電気事業が始まった)

○変圧、長距離送電が可能な三相交流システムの採用によって今日の電気事業の構造が決定

(品質の高い大規模送電ネットワーク、多数の発電所の協働による安定供給)

①利用機器のイノベーション

- 1910年にGE、フィリップスによりタングステン電球が開発される。
(日本での販売代理店は東京電気～現東芝)
⇒1920年代、ランプやろうそくから電球への切り替えが加速
- 1910年後半から工業用モーターが量産され、生産現場で蒸気機関(大規模工場)や人力(中小工業)の変わりに使われるようになる。
⇒1920年代にすべての産業で動力比が逆転



1910年
タングステン電球

②電気供給システムのイノベーション

- 小規模電気事業では品質が安定せず、発電機の過不足も起こりやすいことから、広域で送電ネットワークを建設し、発電所を多数制御して電気を供給するようになった。
(国家送電網=ナショナルグリッドの形成、系統運用の誕生)

③電気経営のイノベーション

- ②の過程で巨大な資本が必要となった電気事業は、事業の合併や新たな出資を募る形(日本・米国)か国がスポンサーになる形(欧州)で経営を変化させていった。

2000年までの電力技術の発展の基本的枠組み(世界共通)

① 大型化・大規模化

- 発電・送電にはスケールメリットがあり、大型化することで効率が向上。

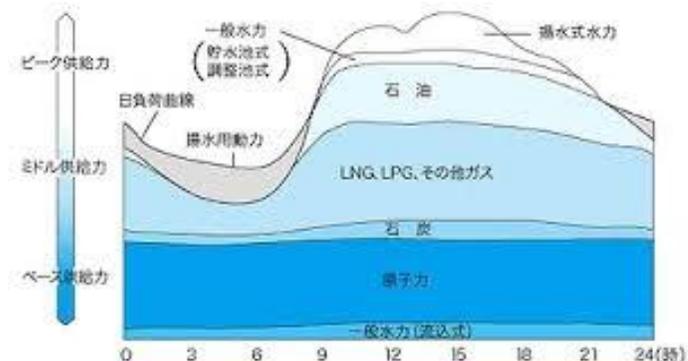


② 強固なネットワーク

- 多重で強いネットワークを持つことで供給信頼度は上がり、エネルギー基盤を確立。

③ 需要変動に供給が自在に反応

- 電気は貯蔵が効かず、需要は大きく変動するので供給側の自在な変動で品質を確保。



① 大型化・大規模化→小型化

- ☆ 分散型発電
- ☆ 再生可能エネルギー

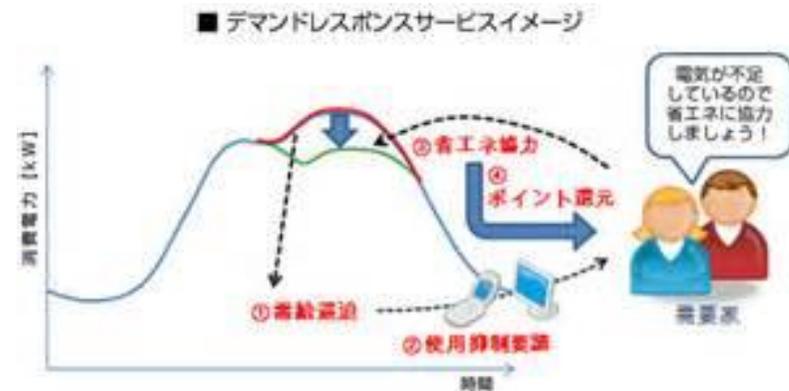


② 強固なネットワーク→需要サイド

- ☆ HEMS、家庭内IoT
- ☆ 地産地消モデル、スマートコミュニティ

③ 供給が反応→需要側も動く

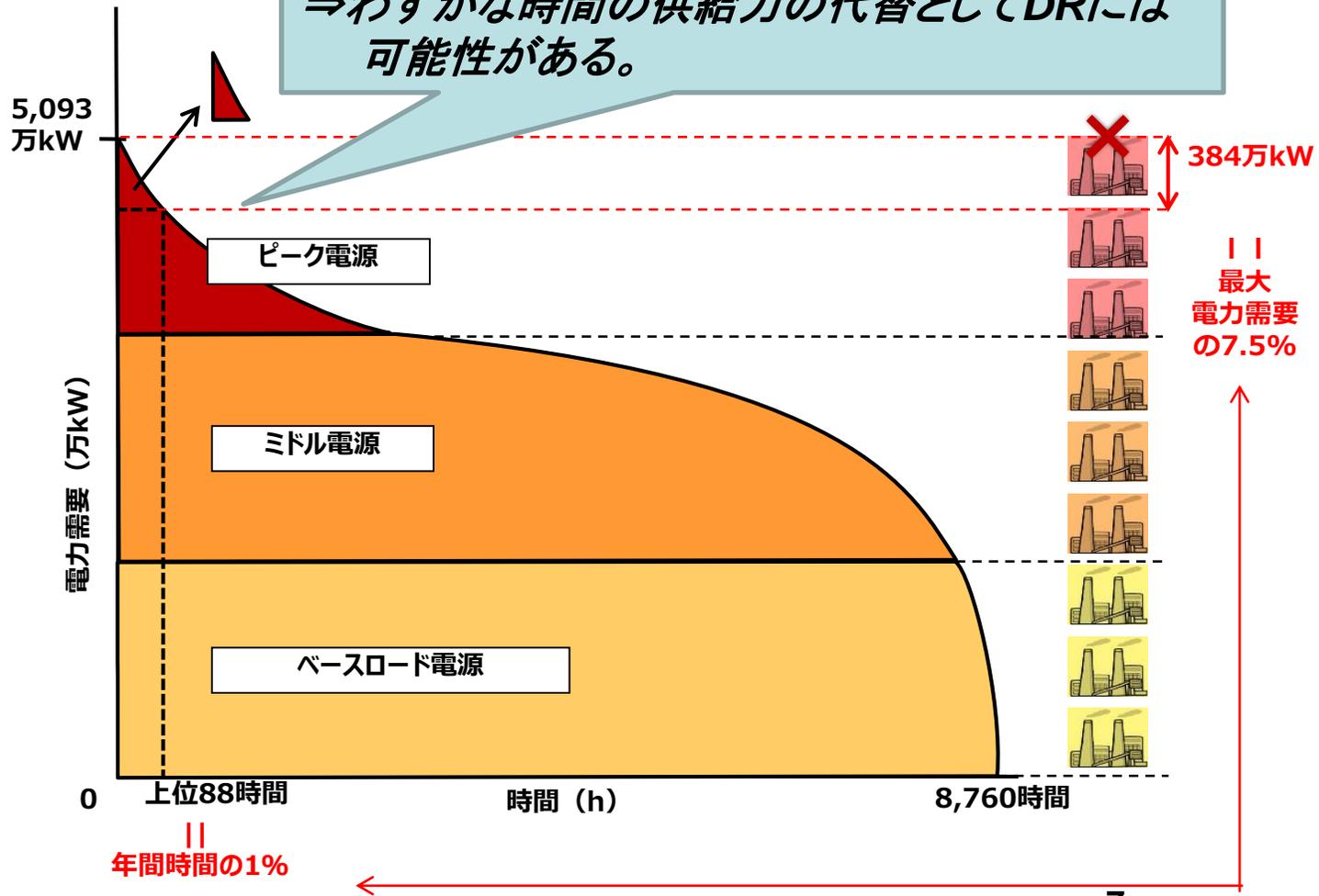
- ☆ 蓄電池・需要による系統調整
- ☆ ネガワット(デマンド・レスポンス)



大きな潮流として明確なのはネットワークの双方向化、ハイブリッド(混合)化。

供給力確保の新しい考え方～DR

電力自由化で火力の余剰供給力は閉鎖される方向。(予備力縮小)
⇒わずかな時間の供給力の代替としてDRには可能性がある。

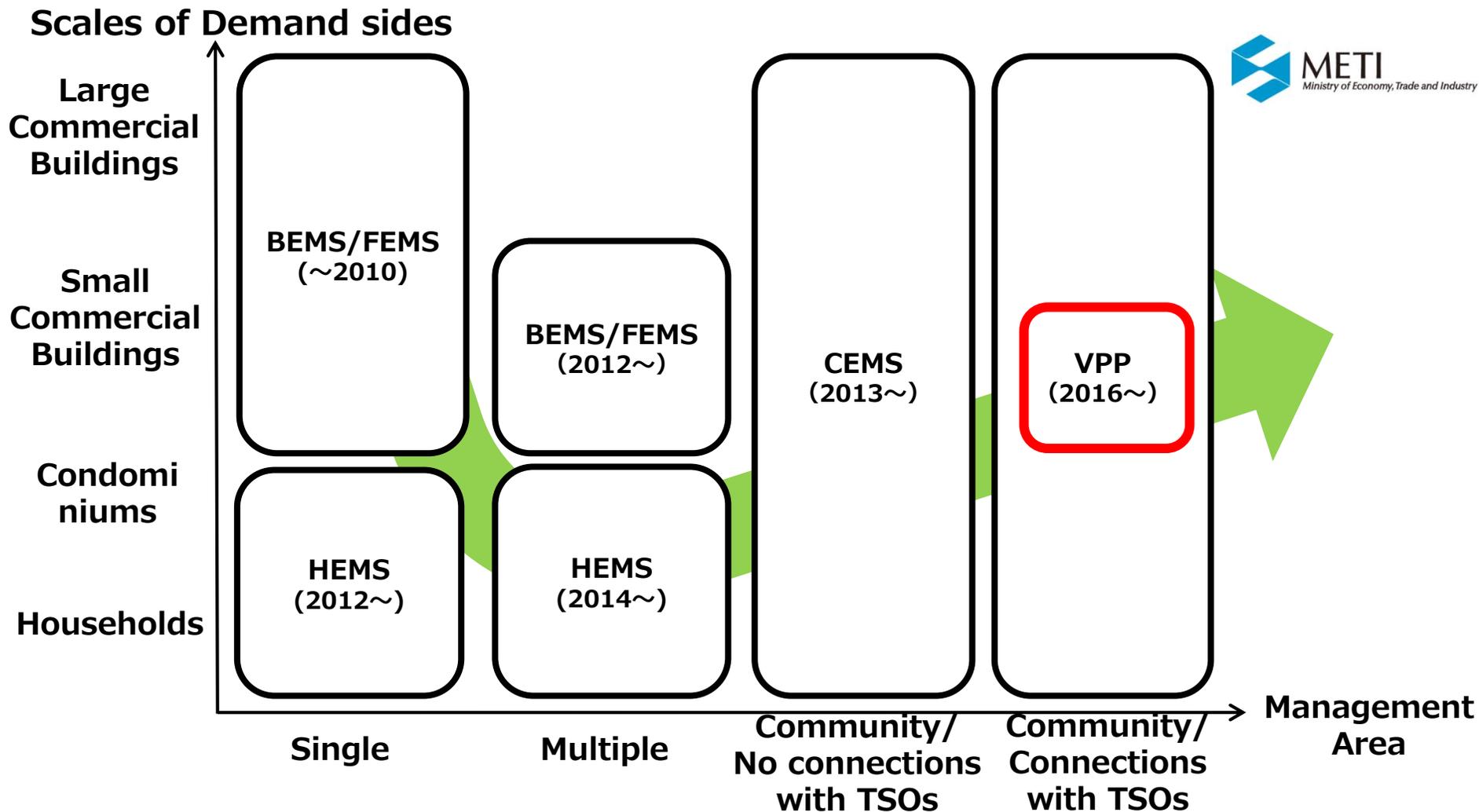


か

【出典】 東京電力「でんき予報」の需要データをもとに資源エネルギー庁作成

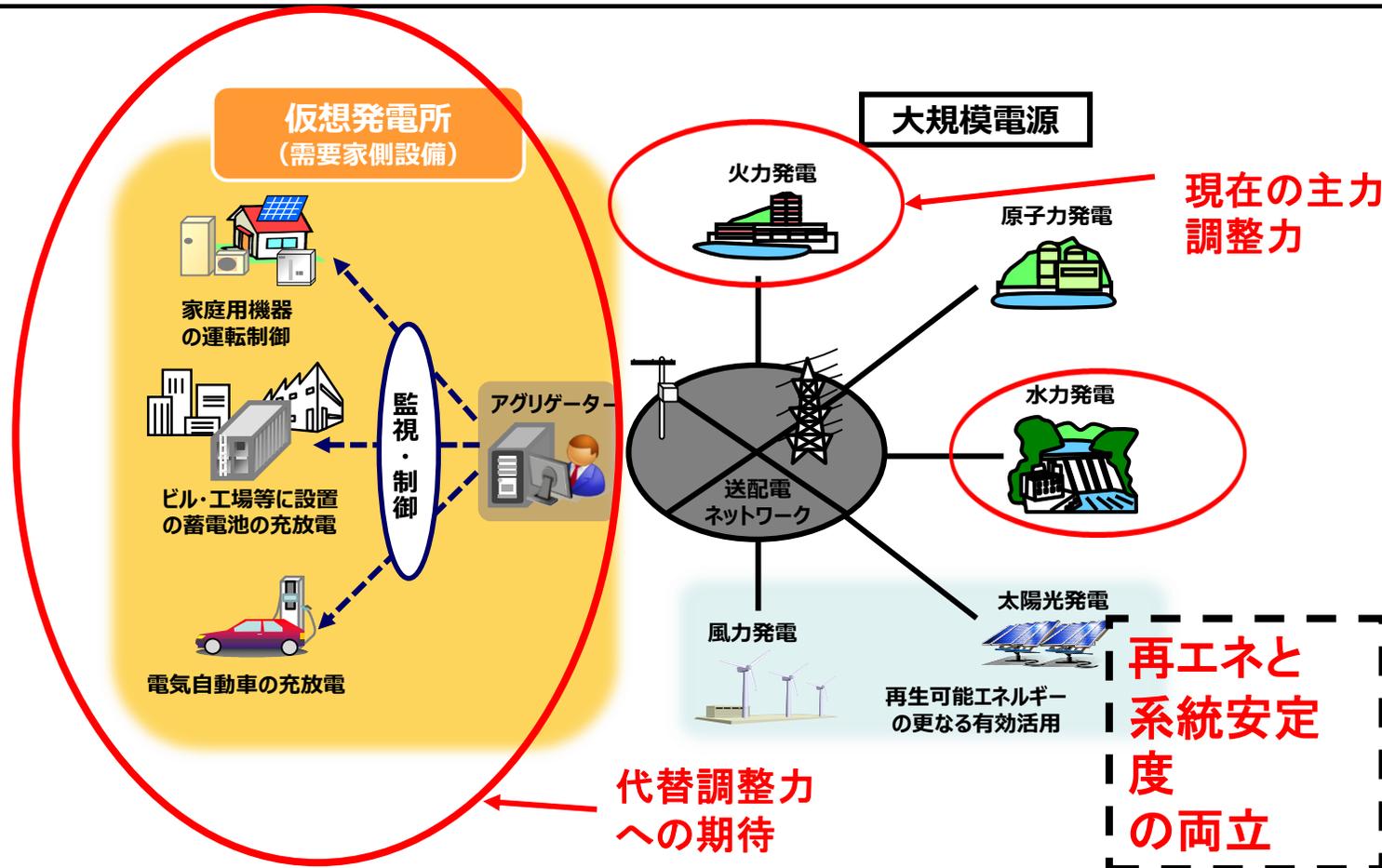
- 2011 東日本大震災 ⇒ピークコントロール、エネマネが大きな論点に
- 2012 電力システム改革の再スタート
- 2014 DRの活用を含むエネルギー基本計画が定められる
- 2015 ベーライン等のDRガイドラインが策定される。
- 2016 調整力公募に伴って調整力 I´ がメニューに入る
VPP実証(5年間)がスタート
- 2017 I´取引の開始
- 2018 初のDR発動、VPP実証の本格化(V to X&G等)
- 2019 DR取引拡大、需給調整市場具体化、PF研、レジリエンス研発足

エネルギーマネジメントシステムの進化(資源エネルギー庁)



バーチャルパワープラント (VPP)～再エネ導入のための新機軸

- 日本のIoT技術を活かして多様な電気利用機器を需給調整する発電所のかわりに使う(仮想発電所)実証。2016～2020年度で実施中。



関西VPPプロジェクト（関西電力を中心に実施中）

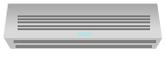
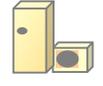
多くの蓄電池、電気自動車、発電機事業者が参画中。

（A事業）関西電力株式会社、富士電機株式会社、住友電気工業株式会社、日本ユニシス株式会社、**横河電機株式会社**

（B事業）株式会社NTTスマイルエナジー、株式会社エネゲート、エリーパワー株式会社、株式会社ダイヘン、Nature Japan株式会社、三菱商事株式会社、**京セラ株式会社**、**シャープ株式会社**、**パナソニック株式会社**、**福島工業株式会社**、**横河ソリューションサービス株式会社**

【各社の役割】

2017年度実証の対象リソース

	EMS	空調	給湯	EV・PHV	蓄電池	PV	発電機
家庭用	 HEMS エネゲート	 エアコン Nature Japan	 家庭用HP給湯器 関西電力 住友電気工業 日本ユニシス エネゲート	 自家用車 関西電力 住友電気工業	 小型蓄電池 NTTスマイルエナジー エリーパワー、 三菱商事 京セラ パナソニック シャープ	 屋根上PV 三菱商事	 家庭用 ジェネレーション
業務 産業用	 BEMS FEMS 住友電気工業 ダイヘン 福島工業 横河ソリューションサービス	 業務用空調	 業務用HP給湯器	 社用車等 エネゲート	 大型蓄電池 関西電力 富士電機	 メガソーラ	 ジェネレーション 自家発電機

VPP実証プロジェクトのアグリゲータメンバー

アグリゲーションコーディネータ



リソースアグリゲータ



- 優れたプラットフォームへの革新
(参加資源のコスト革新、通信制御の確実化)
- ユーザーの理解と積極参画(家庭用を含む)
(太陽光、EV、蓄電池、エコキュート…)
- プラットフォーム事業がマネタイズ可能な仕組み設計
(需給調整市場、電力取引市場等)
- 多様なエネルギー取引を可能にするビジネス創造
(ブロックチェーン技術等)

2021年から順に整備される需給調整市場

	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※2,5
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※3	45分以内
継続時間	5分以上※3	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※4	1~数分※4	1~数分※4	30分
監視間隔	1~数秒※2	1~5秒程度※4	1~5秒程度※4	1~5秒程度※4	未定※2,5
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	5MW※1,4	5MW※1,4	5MW※1,4	専用線：5 MW
Entry Resources	Generator Battery, DR	Generator Battery, DR	Generator Battery, DR	Generator, DR D-Generator	Generator, DR D-Generator
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

最初取引が始まる調整力3-②は、再エネ予測ブレ対応の30分kWh市場であり、そもそも大きなビジネス化は望めない。⇒海外(これ以外の市場活用)にヒントはないか??

2010年代に欧州で起こった劇的変化



①風力の大量導入(英国、ドイツ他) ②当日市場の変動拡大、ネガプライス

○風力発電のコストダウンは政策的優遇で、欧州電力市場全体で火力発電⇒再エネの代替が進んだ。

○特に2017年以降は超大型の洋上風力プロジェクトが増加し、担い手も電力会社(デンマーク、オランダ)が中心。

○再エネ増加は需給調整(Δ kW)のニーズを大きくする。

○風力発電を必ず給電しようとする、需給がバランスしない(供給過剰)時間帯ができるので、系統運用者はマイナス価格をつけて他国やタイムシフトである機器(蓄電池や電気温水器)に引き取らせようとする。

欧州電力デジタル革命～電力市場の活用によるベンチャー

欧州における「最適化」とは、買う(使う・貯める)べき時に買い、売る(使わない・放出)するべき時に売る(使う・貯める)べき時に売る(使わない・放出)すること。



Eセント/kWh

20



買う(使う・貯めるべき)時間帯
～ネガプライスまたは安価



売る(使わない・放出)するべき時間帯(スパイク時間帯)

10

0



0時

6時

12時

18時

24時



[周波数調整]

○ Δ kWを調達し、系統運用者が需給を瞬時調整して系統全体の信頼度を維持すること
(VPPの当初の目的)

+

[送/配電系統安定] ※

○ 再エネ大量導入による送配電系統の不安定化を防ぐ(特に変電所増設ではなくDER活用で実現)
(今後でてくる役割)

=フレキシビリティ

[例えば日本の家庭用機器でもありうるケース]

- ① 家庭用太陽光の多い地区での日没時の電圧低下を避ける
⇒ 日没時の充電を避け、できれば放電や使用削減する
- ② 太陽光発電が多すぎる時、電圧上昇を避ける(or 出力抑制を回避)
⇒ エコキュートの昼間沸かし、蓄電池の蓄電等

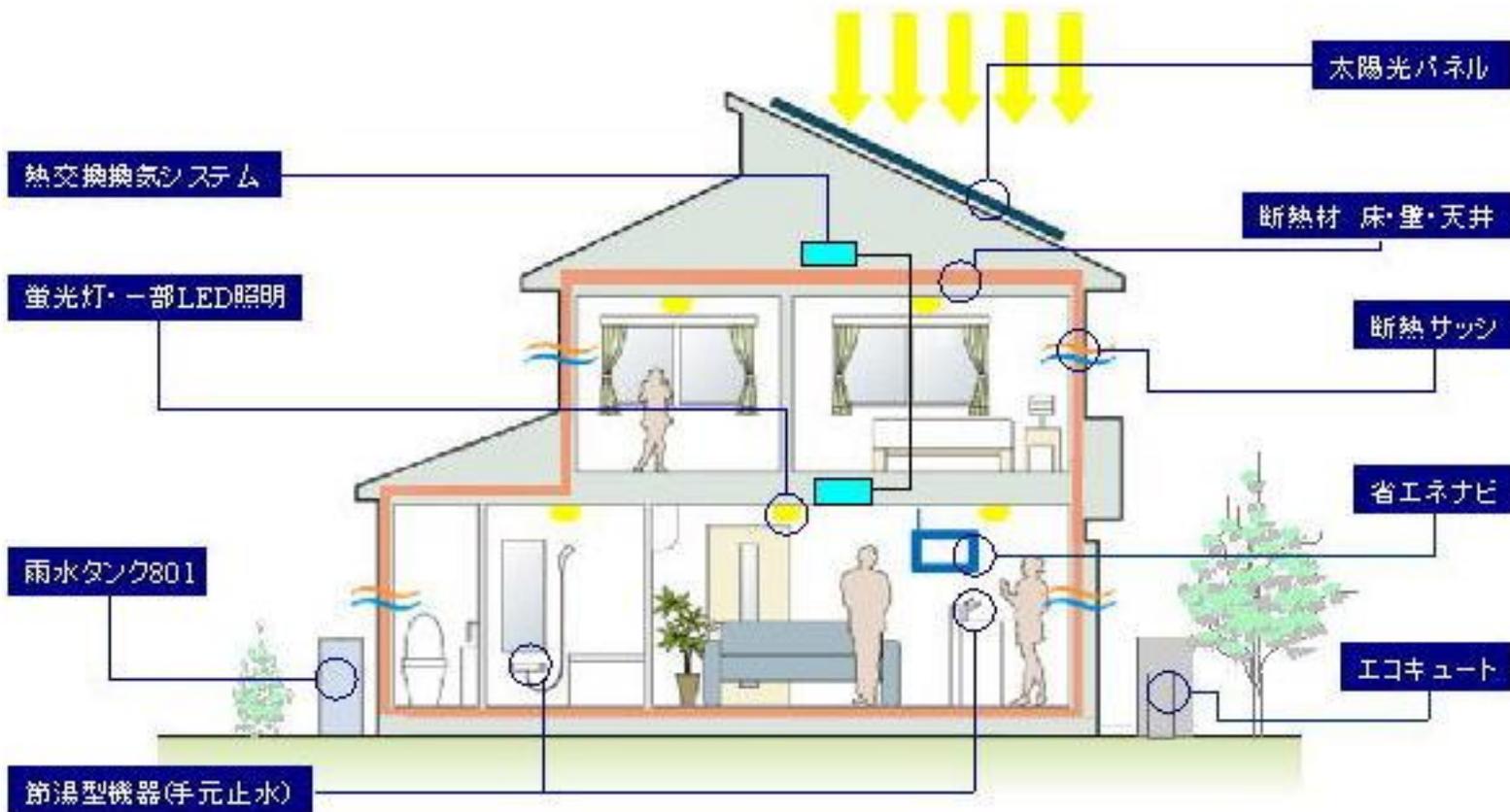
○欧州での蓄電池やDRの容量はC&Iユーザーを中心に劇的に増えている。導入ユーザーは大型・製造業から小さなアセットへと広がっている。フレキシビリティ(需給調整/配電線安定化)の世界は大きく火力⇒非火力へと変わり、すべての建物はフレキシビリティ供給者としていわばプロシューマ化する。

※フレキシビリティ=需給調整力と配電線安定維持能力を合わせた欧州の概念
デルタee・フィリパ・ハーディ博士(フレキシビリティ・蓄電池)ー

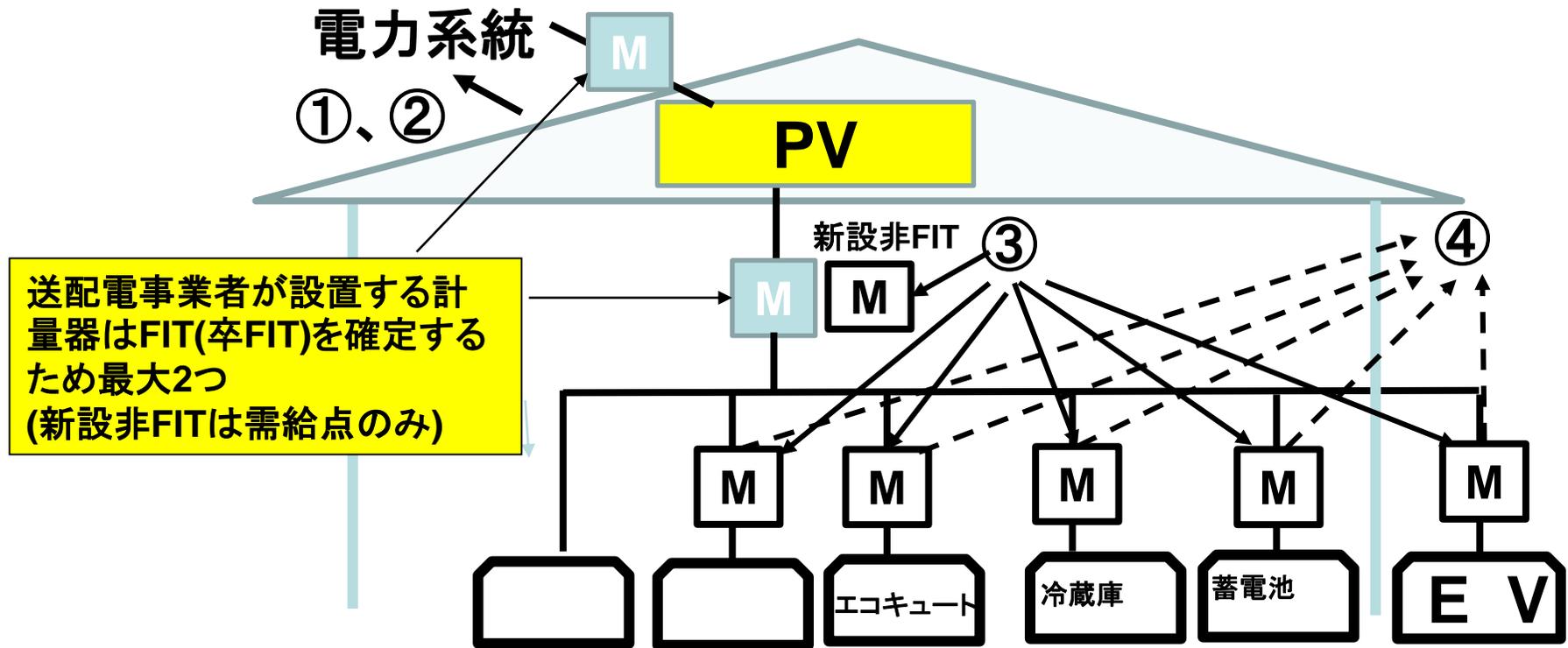


再生可能エネルギーが配電系統にたくさん入ってくると、火力発電所や配電線の容量強化でそれに対応するよりも、家庭まで含むユーザーが持つ蓄電池、給湯器、空調機等の動作能力をうまく使った方が全体としてエコノミーになり、温暖化対策上も有効です。

ZEHとDER活用の未来(リソースとしての「すまい」)



○家庭用太陽光の普及が限定的であったとしても、300～500万単位の「売り手」が将来電力市場に現れることは事実であり、発電以外の需要側リソース(蓄電池・電気自動車、その他熱機器)をビジネス活用することには大きな可能性がある。



- ①個人が電気の売り手となるためには小売電気事業者登録が必要
- ②FITではない電気を売ると同時同量のクリアが必要(小規模BGに負担大)
- ③機器別計量や新設非FIT太陽光は自費負担で検定計量器設置が必要
- ④設置した計量器のデータ収集、精算のコストは自費負担が必要

☆太陽光発電、燃料電池にかかわる自家消費電力分の取引 (実際の取引内容)

太陽光屋根借り発電事業者によるkWh確定のための計量
(環境価値の根拠となる可能性も)

⇒実体的な消費者を相手とするkWh取引のための計量
であり、検定計量器に近い精度・確実性が必要。

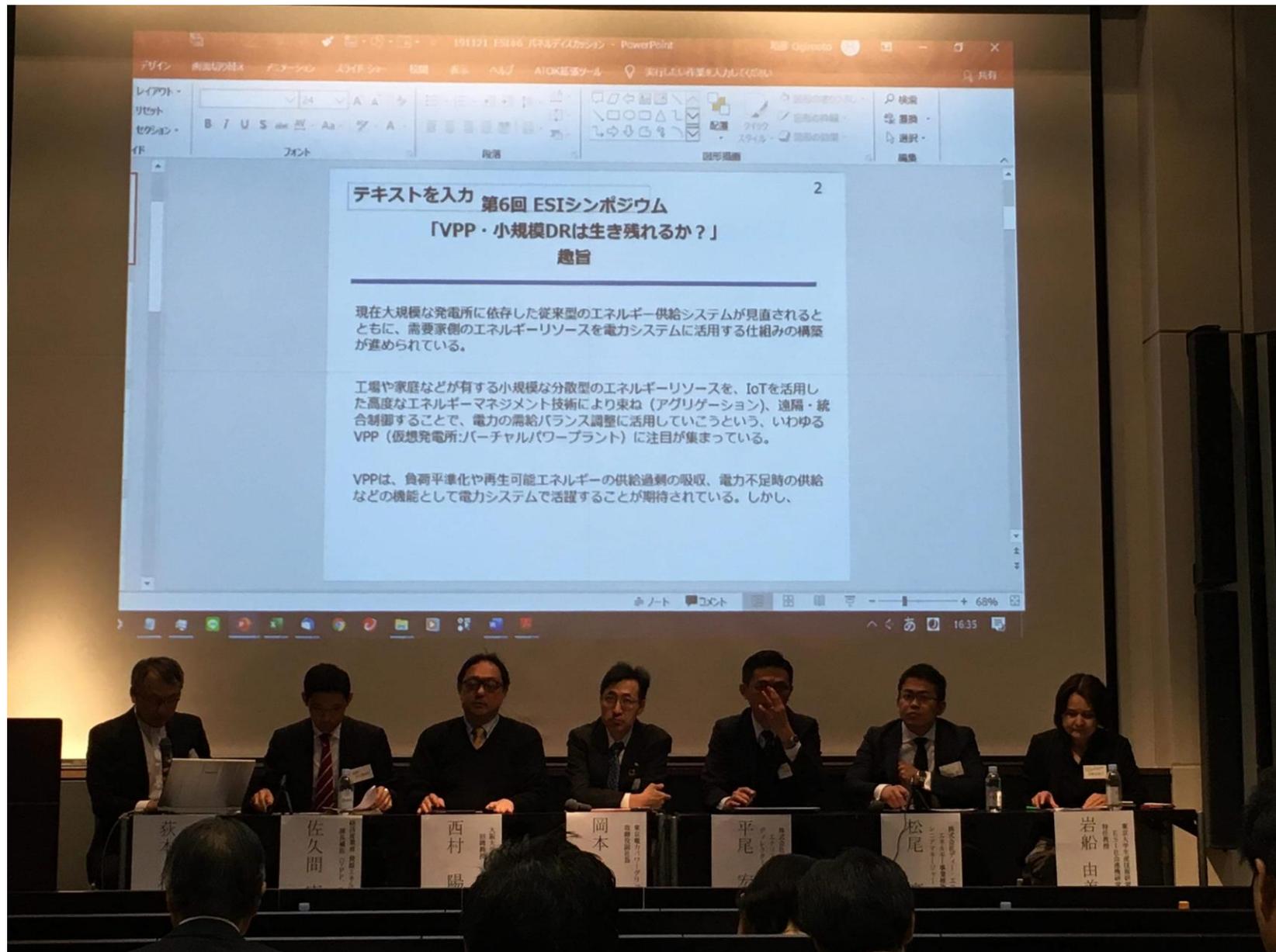
(考えられる新計器)

仮説

新簡易計量器(新JIS(仮称))○、
分電盤CT(新JIS準拠)○、
PCS自身の計量機能 △、(精度)

(論点)現在検定済み計量器を使用している事業者にとって
料金低廉化メリットがあり、再エネ拡大にも貢献する。
ただし、消費者保護の観点でどこまで精度緩和を許
容するか??

ESIシンポジウム「家庭用リソースは生き残れるか」@東京大学(2019.11.21)



ま と め

- 日本の電気事業は、自由化から20年、再エネの大量導入や災害の激化を受けて、ネットワークの革新を中心に技術と仕組みの変革期にある。欧州は極端な風力の増加によってそのイノベーションの最先端にいる。
- 日本でも、太陽光発電(パネル、PCS)の価格低下によって再エネの増加が予想され、電力ネットワークの安定化をどう図っていくか、政策や技術の検討が進められている。
- 住宅自体が省エネ化やNET-ZERO化に進むのはもちろん、家自体がエネルギー資源化していく可能性も出てきている。
※特に家庭用リソースの活用は日本独特のイノベーションの出どころでもあり、政策的に重要である。