

日立東大ラボ活動(エネルギー分野)のご紹介

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

Electricity Systems to Support Super Smart Society, Society 5.0

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

荻本 和彦

東京大学 生産技術研究所特任教授

佐藤 康生

日立製作所 エネルギーマネジメント研究部

2018年4月18日

将来のエネルギーシステムの あるべき姿

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて エネルギーシステムの全体像 (再掲)

- 地域社会と基幹システムは、**共存**を前提として再構築
- 急増する分散リソースを統合する**協調メカニズム**の確立

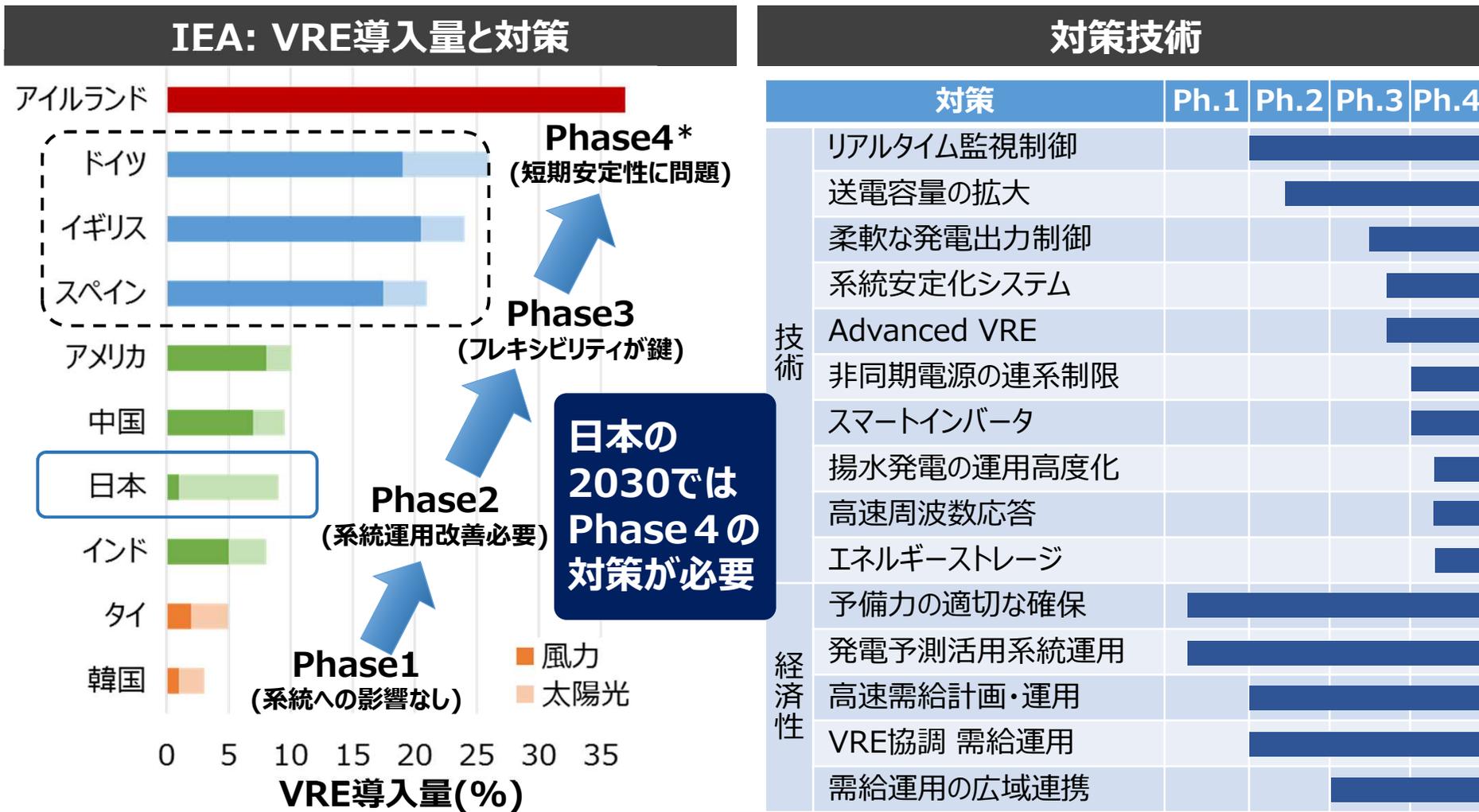
社会全体の3E+Sを向上



Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

VRE導入量と系統運用施策

地域社会と基幹システムの双方で、中長期を見据えた段階的な取組みが必要



* さらにその先には、Phase 5「構造的再エネ余剰発生」、Phase 6「週間・季節間貯蔵が必要」が存在

出典：IEA “Integrating variable renewables: Implications for energy resilience”, Asia Clean Energy Forum 2017

VRE: Variable Renewable Energy

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

具体的な論点

産学官で議論を重ねつつ、日本の技術優位性と人財を活用してあるべき姿を実現

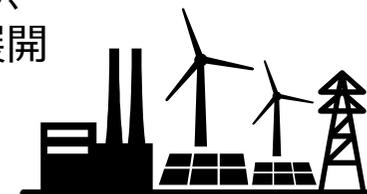
地域社会で挑戦すべき新しい方向性

- エネルギーの価値が多様化する中、独自の価値を創造/流通/取引するための技術革新と制度整備
- 電力/ガス/水道/ICT/自動車などの各種インフラ情報を公共的なものとして共有する仕組みを構築
- 社会価値を軸に、都市・街区のエネルギー性能、環境性能を指標化、共有



基幹システムの変革を支える枠組み

- 産学官の協力で社会全体のエネルギーシステムを評価するプラットフォームを構築し、あるべき姿を議論（解析ツール・標準データの開発と共有）
- 基幹システムと地域社会をデジタルでつなぐ新しい制御技術を組み込み、実践し、その技術と経験をグローバル展開



挑戦と変革に向けた制度・政策

- 多くの不確実性を抱える時代に対し、日本の社会にとっての大きな変化要因を評価軸とし、複数のシナリオや選択肢で制度・政策を議論
- 日本で確立した先進的なエネルギーシステムをグローバル展開して、国際社会に貢献
- サプライチェーン全体としてのサイバーセキュリティ確立



エネルギーシステムを支える人財・技術の育成

- 短・中・長期のマルチタイムスケールの戦略立案と人財と技術を育成のための継続的な投資
- 工学分野に加えて、経済学・経営学・金融工学、社会学などがクロスオーバーする研究と教育の仕組みを構築
- 貴重な人財であるシニア人財の積極的活用



Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて 具体的な論点

産学官で議論を重ねつつ、日本の技術優位性と人財を活用してあるべき姿を実現

地域社会で挑戦すべき新しい方向性

- エネルギーの価値が多様化する中、独自の価値を創造/流通/取引するための技術革新と制度整備
- 電力/ガス/水道/ICT/自動車などの各種インフラ情報を公共的なものとして共有する仕組みを構築
- 社会価値を軸に、都市・街区のエネルギー性能、環境性能を指標化、共有



基幹システムの変革を支える枠組み

- 産学官の協力で社会全体のエネルギーシステムを評価するプラットフォームを構築し、あるべき姿を議論（解析ツール・標準データの開発と共有）
- 基幹システムと地域社会をデジタルでつなく新しい制御技術を組み込み、実践し、その技術と経験をグローバル展開



挑戦と変革に向けた制度・政策

- 多くの不確実性を抱える時代に対し、日本の社会にとっての大きな変化要因を評価軸とし、複数のシナリオや選択肢で制度・政策を議論
- 日本で確立した先進的なエネルギーシステムをグローバル展開して、国際社会に貢献
- サプライチェーン全体としてのサイバーセキュリティ確立



エネルギーシステムを支える人財・技術の育成

- 短・中・長期のマルチタイムスケールの戦略立案と人財と技術を育成のための継続的な投資
- 工学分野に加えて、経済学・経営学・金融工学、社会学などがクロスオーバーする研究と教育の仕組みを構築
- 貴重な人財であるシニア人財の積極的活用



WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

地域社会で挑戦すべき新しい方向性

地域社会を取り巻く変化

個人の生活が主役となって、地域社会ごとに特色あるエネルギーシステムを構築

- 地域
中核都市**
- レジリエンシー向上サービス
 - BCPを求める企業を誘致

- 再エネ立地
好適地**
- 系統安定化施策に加えて
余剰電力による産業創生



【個別技術の革新】 家庭・業務・産業・運輸部門の省エネ・低炭素化を促す電化・電動化

- ✓ ヒートポンプの温・冷熱供給
- ✓ 電気自動車EVの充電設備
- ✓ スマートインバータ
- ✓ 非接触給電・蓄電

地域社会で挑戦すべき新しい方向性

取り組むべき施策

急増する分散リソースを統合する協調メカニズムを具現化するための取組み

多様なエネルギー価値の流通

環境性、利便性・快適性、品質・調整力などの価値化

エネルギー消費からサービス利用への変化



各種インフラ間でのデータ共有促進

電力・ガス・水道、ICT・自動車・物流などの連携

都市・街区全体のエネルギー性能・環境性能評価

生活の在り方や産業構造の観点からめざす社会価値の指標化

地域社会で挑戦すべき新しい方向性

取り組むべき施策

	問題意識・課題認識	施策
多様なエネルギー 価値の流通	<ul style="list-style-type: none">• EV充電やHP給湯などの取組みが個別に進む一方で、対象種別・数の急増への準備が必要• 調整力取引の技術・制度の準備に加えて生活者視点でのサービス融合の 共通評価環境が必要	<ul style="list-style-type: none">• 分散リソースを統合する協調メカニズムの構築に向け、産学官で制度を定めて実証を加速、社会実装と社会的合意形成を促進 <p>事例 1 集中・分散エネルギーマネジメント</p> <p>事例 2 マウイ島実証における分散リソースの活用例</p>
各種インフラ間での データ共有促進	<ul style="list-style-type: none">• インフラ種別ごとに異なった事業者が運用保守する構造の限界• インフラ代替・融合を進めるために新たな情報活用が必要	<ul style="list-style-type: none">• 新しいサービス事業創生に向けて、国のイニシアチブで公共的な情報収集・蓄積・共有の仕組みを構築し、過度な独占を防止 <p>事例 3 コペンハーゲン City Data Exchange</p>
都市・街区の 指標化・共有	<ul style="list-style-type: none">• 現状は個別の機器や建物での認証制度に留まっており、地域社会が目指す姿の評価に繋がらない	<ul style="list-style-type: none">• 生活のあり方や産業構造の観点も含めてエネルギー性能・環境性能指標化を整備し戦略的にインフラを再構築
基幹システムとの 連携	<ul style="list-style-type: none">• 地域の多様性に対し、送電部門と配電部門の役割が固定的	<ul style="list-style-type: none">• 社会全体の「3E+S」を担う基幹システムとの役割分担の再設計

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

事例 1

集中・分散エネルギーマネジメント

事例 1

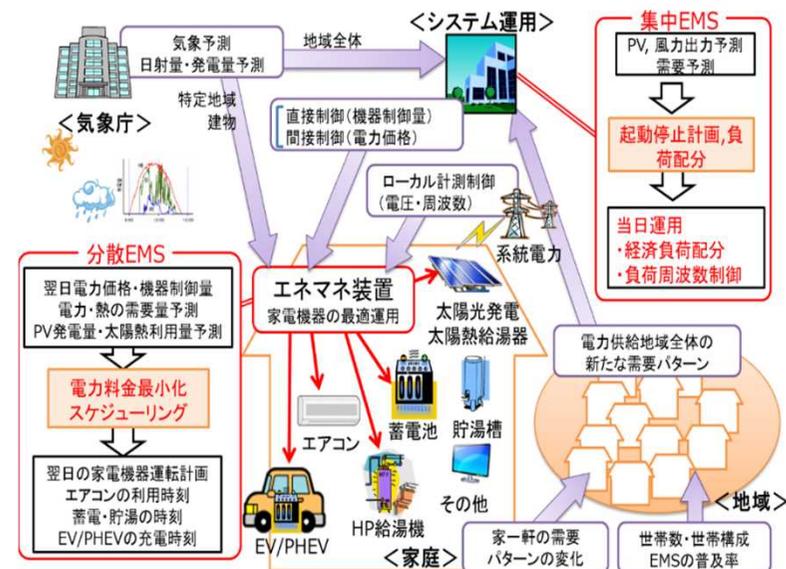
分散リソースの価値の統合(Integration)



- 電力・エネルギーシステムの将来を分析する「**Integration Study**」の実施が必要。
- 経済性の指標としては、「生涯年での平均発電コスト LCOE(Levelized Cost of Energy)」が広く用いられる。
- LCOEは、電源単体の費用と発電電力量から算出される原価であり、システムにおける本来の価値を表していない。

- 新しい技術・制度の価値を評価するためには、**System Value** という「ある技術や制度の追加・変更により期待される価値(費用の減少)をシステム全体で評価する」考え方が用いられる。
- 燃料費・起動停止費、運用損失や炭素価格等のパラメータを変化させ、再生可能エネルギーやデマンドレスポンスなどの多様な選択肢の組み合わせを含めた**System Value** に基づく分析・評価が必要となる。

分散型資源を活用した地域の分散資源の活用



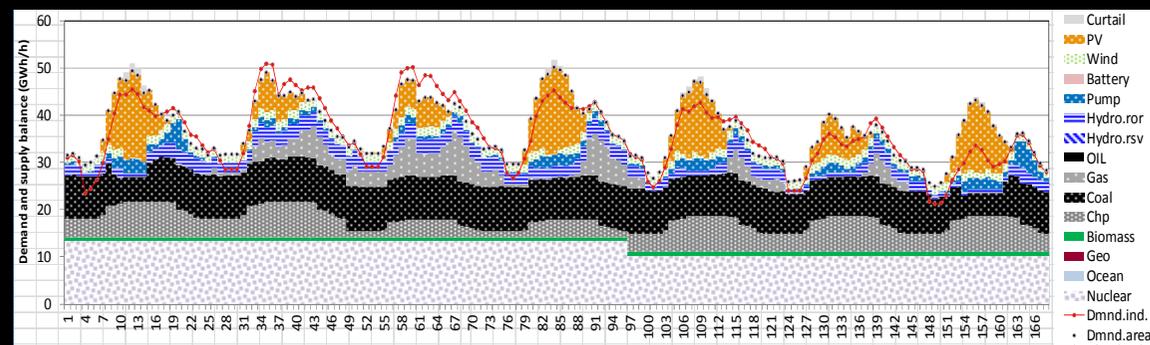
事例 1

分散リソースの価値の統合(Integration)



- 再生可能エネルギーの大量導入下の技術評価 (**Integration Study**) は、**四季の変動を反映するために8760時間、不確実性を反映するために予測誤差を含めた電力需給解析** (需給シミュレーション) が必要となる。
- 予測誤差の低減効果を反映するため、前日、当日、ゲートクローズ前 (1時間前) などよりリアルタイムに近い時点で予測誤差の低減を評価することがより重要となる。
(複数予測を含む多段階UC+シミュレーション)
- 再生可能エネルギーの変動性と不確実性への対応には、より広い地域を連系した需給運用が重要となり、連系線運用を含めた多地域連系システムの需給解析が必要となる。
- 「予測」と揚水やバッテリーなどの「貯蔵技術」を含めた「多地域連系検討」の「多段階解析」には、大きな計算資源が必要となる。
- 多地域の多様な調整力の多数の組み合わせの評価では、完全予測を前提とした需給シミュレーションによる評価も有効。

電力需給解析うち、
需給シミュレーションのイメージ

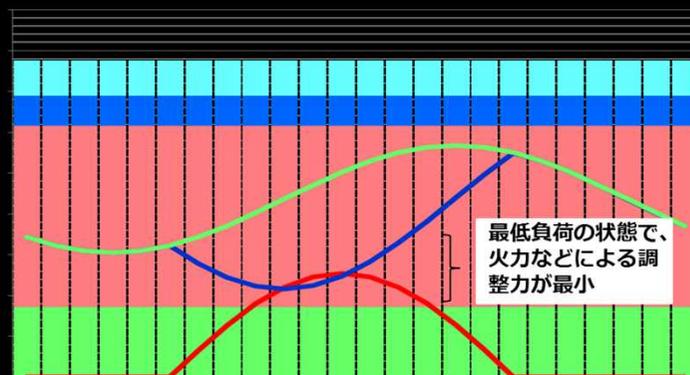


事例 1

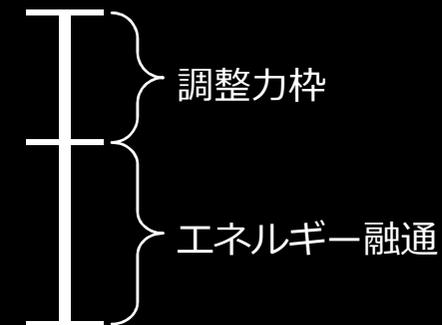
分散リソースの価値の統合(Integration)



- 調整力の必要量は、太陽光発電など再生可能エネルギー発電の発電量の変動を含む供給量の変動と、需要の変動により決定される。
- 調整力は、従来は集中電源により確保されてきたが、**再エネの出力制御**、**需要調整**、**エネルギー貯蔵**など、新たな方策への期待もある。
- 需給調整力は、対象とする変動と対策の技術特性から、調整場(kW)調整速度(kW/秒or分)、継続時間(秒、分)など、**複数の領域**が考えられる。
- 今回の分析は、「**LFC調整力**」を対象とする。



揚水
水力
火力
原子力
PV
需要-PV
需要



太陽光発電導入の需給バランスに与える影響(1日、中間期)

連系線容量の利用区分の例

荻本和彦,片岡和人,池上貴志,野中俊介,東仁,福留潔_将来の電力システムの需給調整力の解析手法_IEEJ,Journal-C, Vol.132-No.10-pp.1376-1383 (2012)などより作成

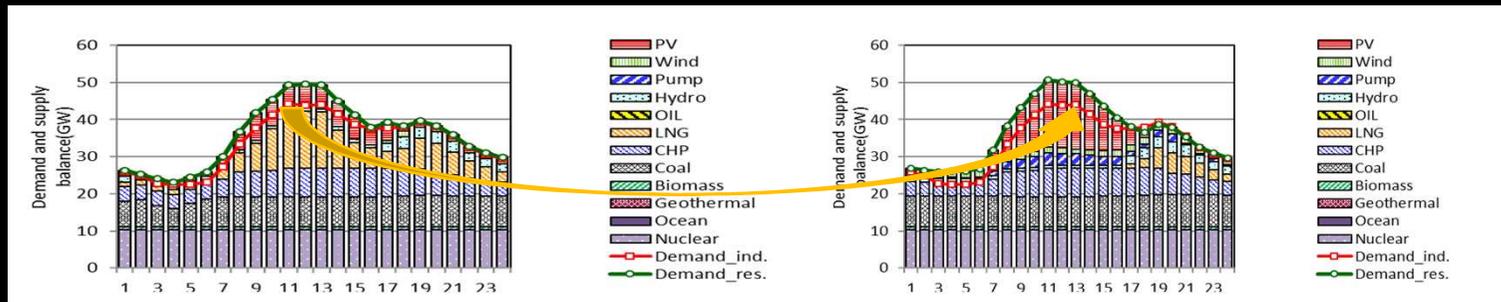
事例 1

分散リソースの価値の統合(Integration)

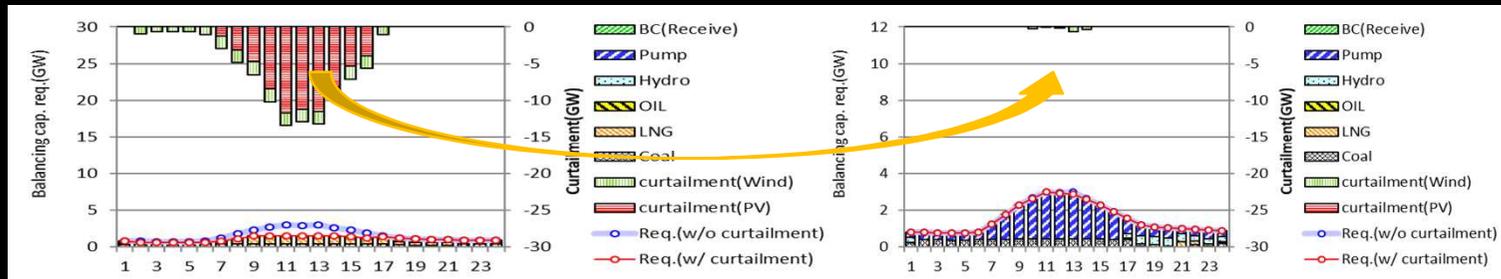


- 揚水の無 → 有とすることで、LFC調整力、ランプ調整力の供給が増加し、PV+風力の電力量最大日(5月17日, グリッドC) に再エネの出力抑制がほぼ解消する。

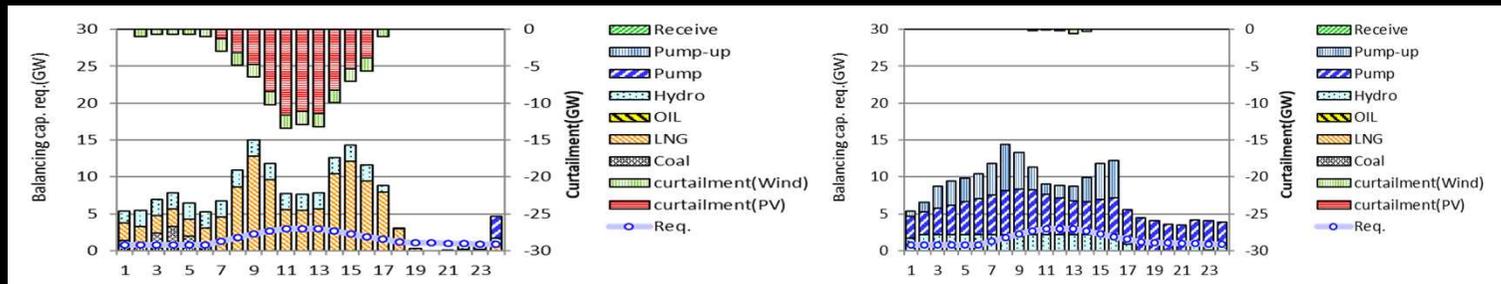
需給 バランス



LFC調整力 バランス



ランプ調整 力バランス



荻本和彦, 片岡和人, 占部千由, 齊藤哲夫, 日本における揚水発電所のSystem Value (II),
IEEJ B部門大会 講演論文集 No.149 (2017)の検討結果より作成

事例 1

分散リソースの価値の統合(Integration)



- PVと風力の導入シナリオは、現行の長期需給見通に対し、
全国でPV103 GW、風力32 GW（エリア分布は資源量などによる想定）とした。

● 解析ケース

- T50Ee : ベース
- T53Ee : 石炭火力のLFC調整力±3%
- T50EeB : LFC調整用バッテリー3GW
- T50Eb : 連系線LFC調整量融通（容量の10%）
- TEeHP+EV : ヒートポンプ、EVのDRあり

ケース	LFC調整力		バッテリー (系統側) GW	融通容量		DR		揚水
	LNG ±%	石炭 ±%		Energy %	LFC %	HP 有/無	EV 有/無	
T50Ee	5	0	0	100	0	-	-	○
T53Ee	5	3	0	100	0	-	-	○
T50EeB	5	0	3	100	0	-	-	○
T50Eb	5	0	0	90	10	-	-	○
T50EeHP	5	0	0	100	0	○	-	○
T50EeHP+EV	5	0	0	100	0	○	○	○

GRID		PV103	Wind32
A	Hokkaido	4.5	2.7
B	Tohoku	13.5	10.9
C	Tokyo	27.4	5.9
D	Chubu	12.9	3.7
E	Hokuriku	1.8	0.8
F	Kansai	14.2	2.1
G	Chugoku	7.5	2.1
H	Shikoku	3.6	1.1
I	Kyushu	17.3	2.4
J	Okinawa	0.6	0.4
Total		103.4	32.2

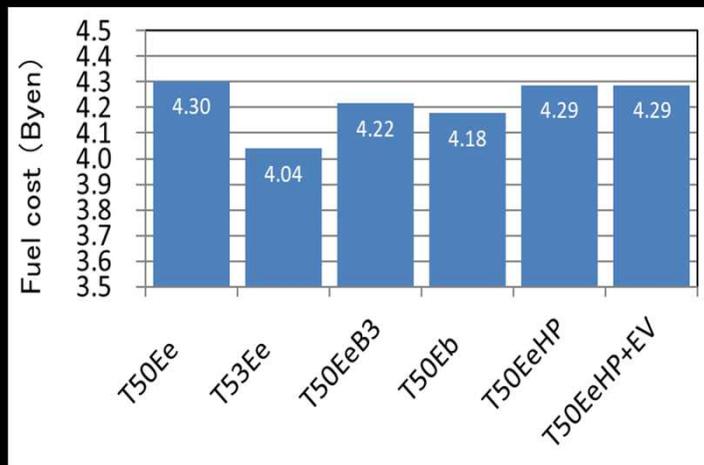
荻本和彦,片岡和人,占部千由,齊藤哲夫, 長期エネルギー需給見通しに基づく我が国の2030年の電力需給解析,
エネルギー・資源学会,第32回コンファレンス講演論文集1-2(2016)より作成

事例 1

分散リソースの価値の統合(Integration)



- 諸対策により、社会全体の電力供給に係る費用は、年間数千億円の低減の可能性が示される。(今回の解析ではHPとEVは残余需要の底上げのみに適用)
- 消費者の利用を考慮した、ヒートポンプ給湯、EV充電などの最適な運用により、消費者の利用を反映した最適運用により、効果の拡大が期待される。

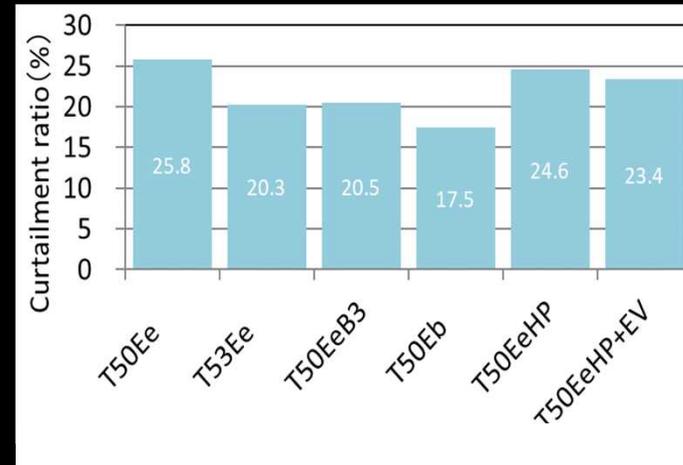


年間の運用費用(10億円)(燃料費、起動停止費)

T50Ee : ベース

T53Ee : 石炭火力のLFC調整力±3%

T50EeB : LFC調整用バッテリー3GW



PV+風力の出力抑制率(%)

T50Eb : 連系線LFC調整量融通 (容量の10%)

TEeHP : ヒートポンプ による残余需要底上げ

TEeHP+EV : ヒートポンプ+EVによるの残余需要底上げ

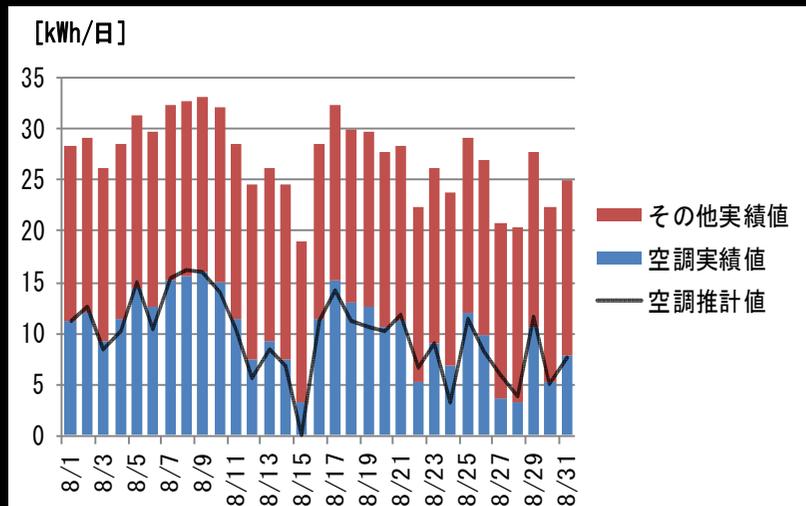
荻本和彦,片岡和人,占部千由,斉藤哲夫, 長期エネルギー需給見通しに基づく我が国の2030年の電力需給解析, エネルギー・資源学会,第32回コンファレンス講演論文集1-2(2016)より作成

事例 1

分散リソースの価値の統合(Integration)

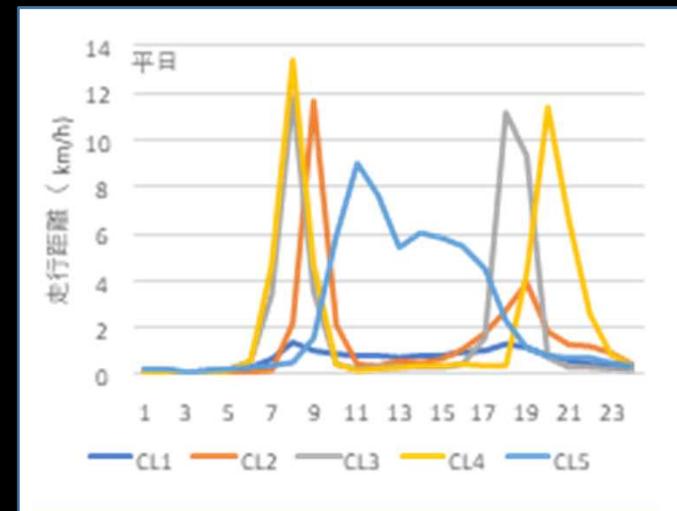


- 需要側の分散リソースの電力需給への能動的な参加を分析・評価するためには、需要データを収集・蓄積・分析して、その動的な特性を反映したモデル化が必要。
- 需要側の分散リソースを含めた応答が、配電網の電流・電圧の変動の制約違反あるいはそれらの変動緩和に貢献できるかなど、需要、配電、送電、集中電源の各領域を跨いだ検討も必要。



スマートメータデータによるある家庭の
空調利用電力の解析結果 (kWh/日)

岩船由美子, 河合俊明, 森裕子: スマメータ・EMSデータの分析手法と省エネサービスへの活用: 住宅用スマートメータを活用した給湯及び空調消費量推計手法の検討, エネルギー資源学会研究会, 講演論文集4-2 (2018予定)



道路交通センサ調査結果に基づく自動車の走行特性の
クラスタリング結果 (自家用個人, 平日)

岩船由美子, 荻本和彦, 宇田川佑介: 2050年の電気自動車走行需要に関する検討, エネルギー資源学会研究会講演論文集7-2 (2018予定)

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

事例 2

マウイ島実証における分散リソースの活用例

事例 2

米国ハワイでのスマートグリッド実証

2040年、ハワイ州の発電量の100%を再生可能エネルギーで賄う
マウイ島では、2016年12月時点で既に再生可能エネルギーが約36.9%

※ 経済産業省, NEDO (国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) の補助による実証事業です

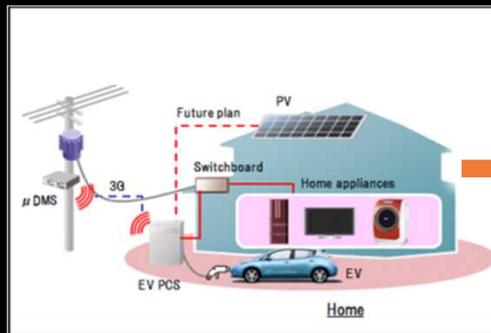
ルーフトップ型太陽光発電が 6 MW(2011年時点)から 40 MW以上に増加

太陽光発電の影響で「ダックカーブ」問題が顕著化

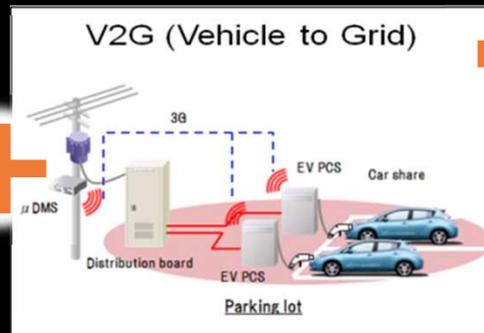
さらなる課題にチャレンジ

- (1) 電力の需給計画に合わせたデマンドレスポンスによる需要家負荷コントロール
- (2) 複数分散電源を1つの大規模なVPPとして制御

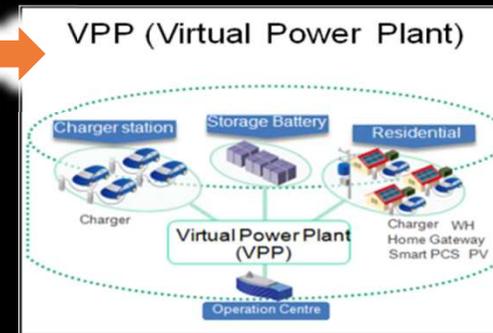
DR 負荷制御



EVの分散電源化



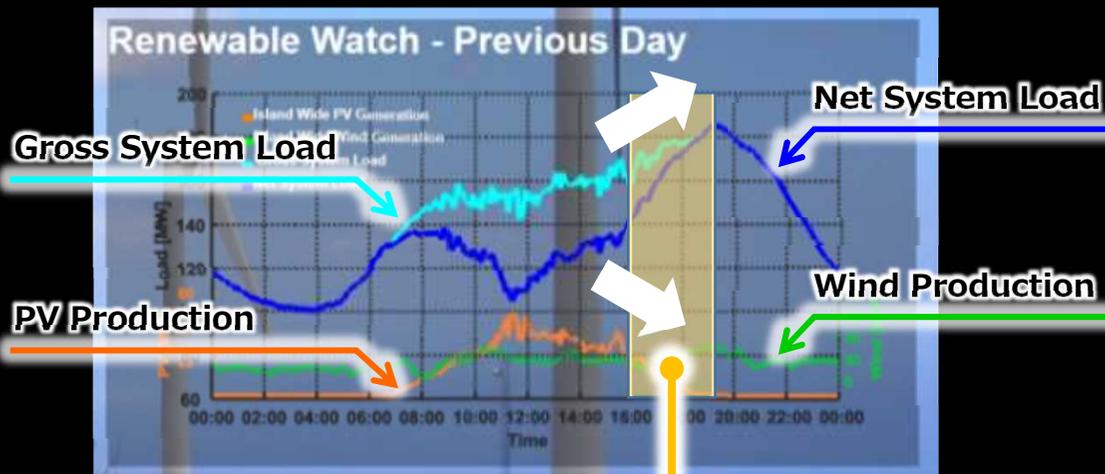
VPPの実現



事例 2

ハワイ州各島でのダックカーブ

マウイ島では風力発電と太陽光発電が全体の発電量に対し36.9% (2016年12月時点)

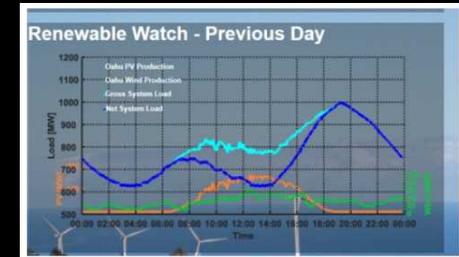


Maui

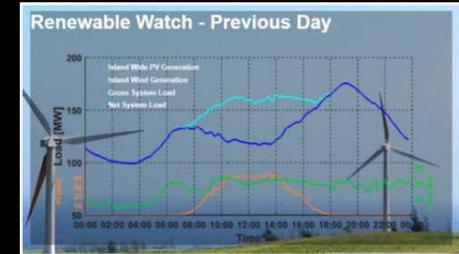
夕方の4時頃から7時頃にかけて
電力需要が増加するが、太陽光発電の発電量が
減少する時間帯と重なるため、ダックカーブが発生

出典：ハワイ電力 Renewable Watch web site

Oahu



Hawaii



Molokai



Lanai



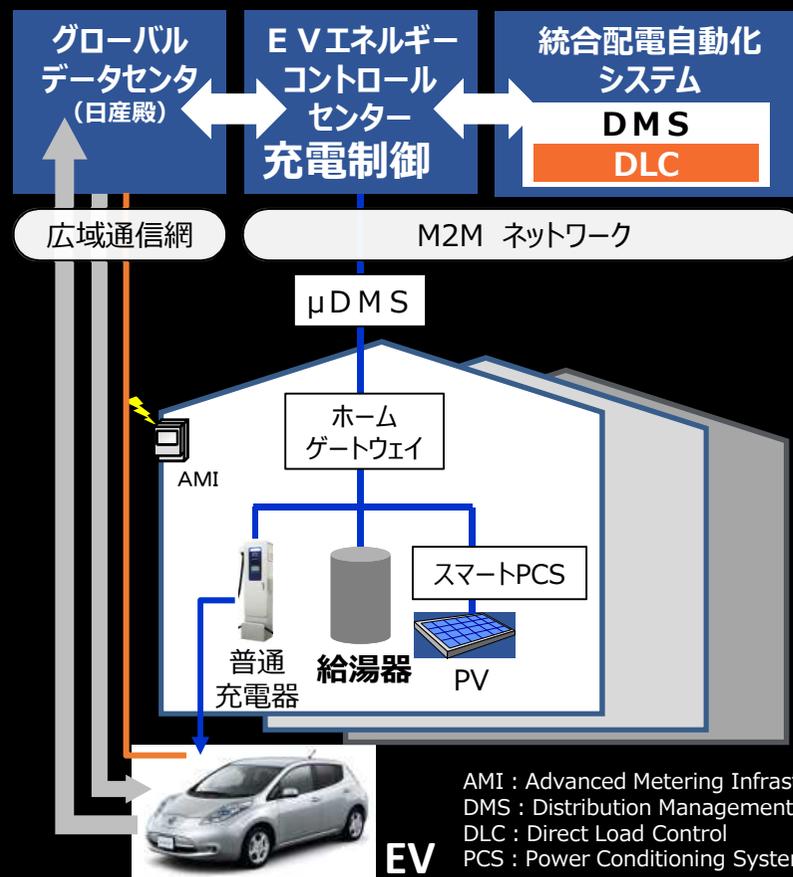
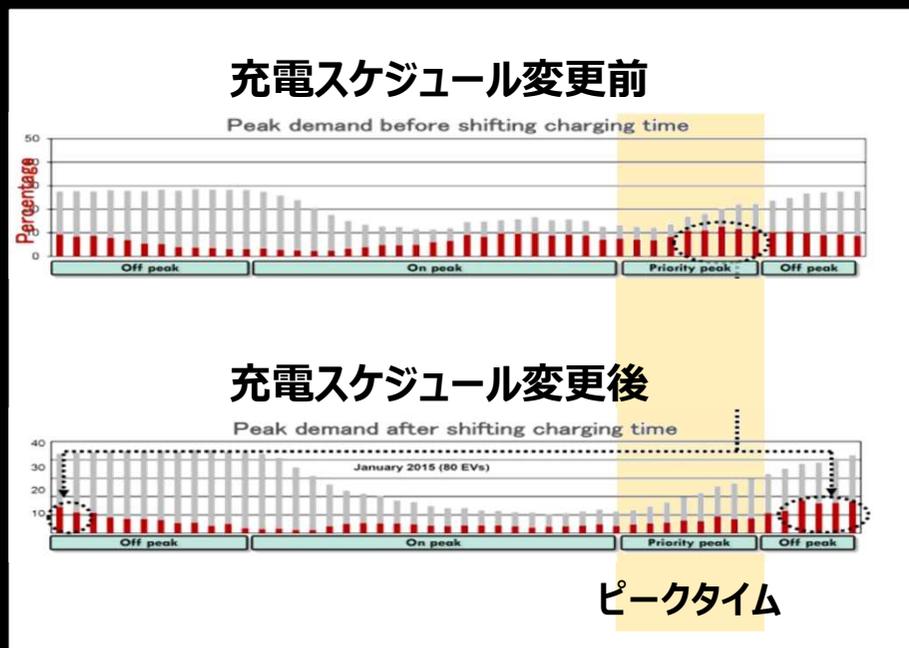
事例 2

実証プログラム 1 DR (Demand Response)

- 充電制御
- ・各利用者はEVの充電完了時間を設定
- (DR) ・電力システムのピーク予想からオフピークにEVが充電されるようDRスケジュールを策定
- ・EVエネルギーコントロールセンターでEV全体の充電スケジュールを変更

- 直接負荷制御
- ・系統過負荷時の緊急負荷抑制では給湯器やEV充電を停止
- (DLC) (Direct Load Control)

190台がプログラムに参加



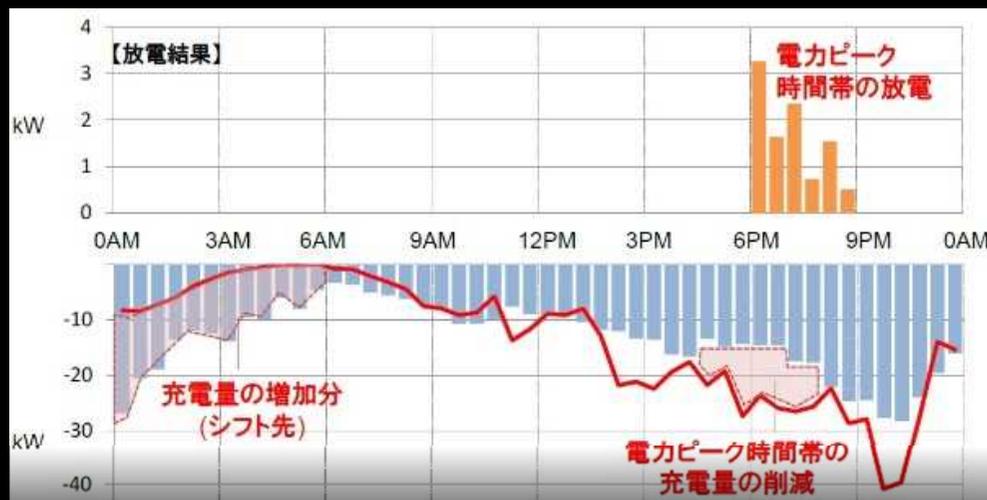
※ 経済産業省, NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の補助による実証事業です

事例 2

実証プログラム 2 VPP (Virtual Power Plant)

- 複数のEVを蓄電池としてアグリゲーションし、1つの仮想発電所化 (VPP)
 - PV発電量が多い場合はEVへ充電
 - 充電制御 (DR) 同様にオフピークでEVへ充電
 - 電力系統のピークにEVから系統へ放電
 - 風力発電の予期しない離脱などの緊急時にEVから系統へ放電

80台がプログラムに参加



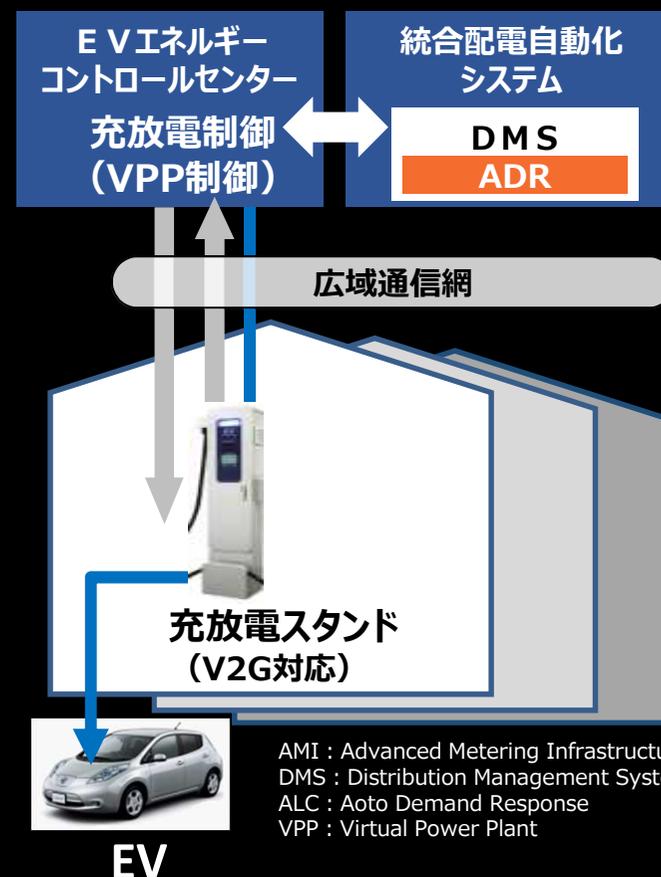
EVのエネルギーリソースとしての有効性

ボランティアEV 387台中80台がV2Gに参加

昼下り (放電) 6~16% ピーク (放電) 14~31%

昼間 (充電) 2~4% 夜間 (充電) 8~30%

(EV蓄電容量kWhに対する比率)



地域社会の変革に向けて

【事例1】

Integration Study

- 消費者の「利用」を考慮した分散リソース運用に向けた対策により社会全体の電力供給コストについて低減できる可能性を示唆

【事例2】

マウイ島実証成果

- 再エネ(VRE)に起因する急峻な需給アンバランスに対して地域社会に埋もれていた需要サイドの「調整力」の価値創造を確認



さらなる施策へ

- 制御対象となる分散リソースが指数関数的に増えていく中、分散リソースを統合する新しい協調メカニズムを確立する取り組み要
- 産学官の協力で、制度を定めた上で実証規模と件数を拡大して社会実装を促進し、社会的合意形成に貢献



魅力的な地域社会の創生へ

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

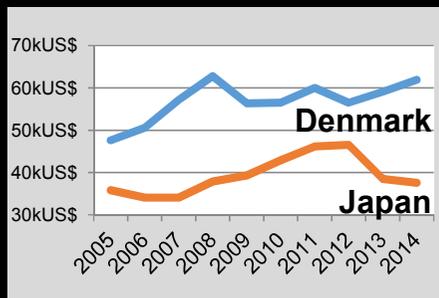
事例 3

コペンハーゲン City Data Exchange

事例 3 デンマークの特徴

欧州はHorizon2020で、福祉、食料、輸送など成熟型社会の7つの課題を抽出し、イノベーション創生に向けた取り組みを推進
 デンマークでは、電子政府によるIT定着などにより高い目標を掲げ、**成熟型社会の課題**解決に向けた施策を世界に先駆けて進めている。

国際競争力 World competitiveness



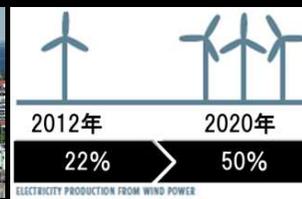
1人当たり
GDP
 GDP per capita **6位**
 (JPN/24位)

国際競争力 **9位**
 World competitiveness (JPN/21位)

高い国際競争力を維持するために、
 国家戦略としてイノベーションを推進
 世界の課題を先取り

毎年15万人以上の職を新規創出
 (総人口550万人)

イノベーション力 Innovativeness



1人当たり
 風力発電能力
世界1位



通勤の自転車
 利用率/コペンハーゲン
35→50%
 (2015)



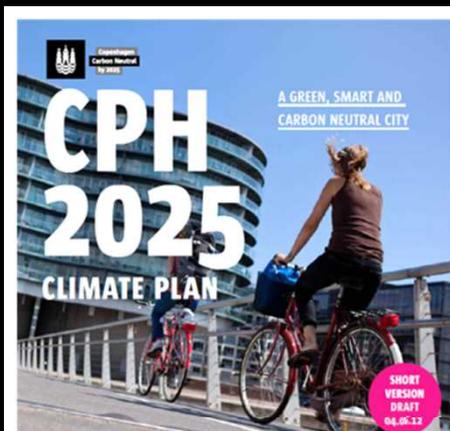
食料
 自給率
300%



スマートメータ
 普及率
50%

事例 3 デンマーク／コペンハーゲンの特徴

- 国策として明確なゴール+コンセプトを立てて推進、背景には雇用創生がある
- 予算は各州・各都市に配分され、各州・各都市で具体的に推進される



Smart Energy



No.1 Smart City in Europe*



Smart Healthcare



風力発電機を
100機以上導入

CO₂ 855 Kトン削減
発電量の50%を風力化



室内暖房の50%を
ゴミ焼却から供給



市内移動の75%を、
徒歩、自転車、
公共交通に

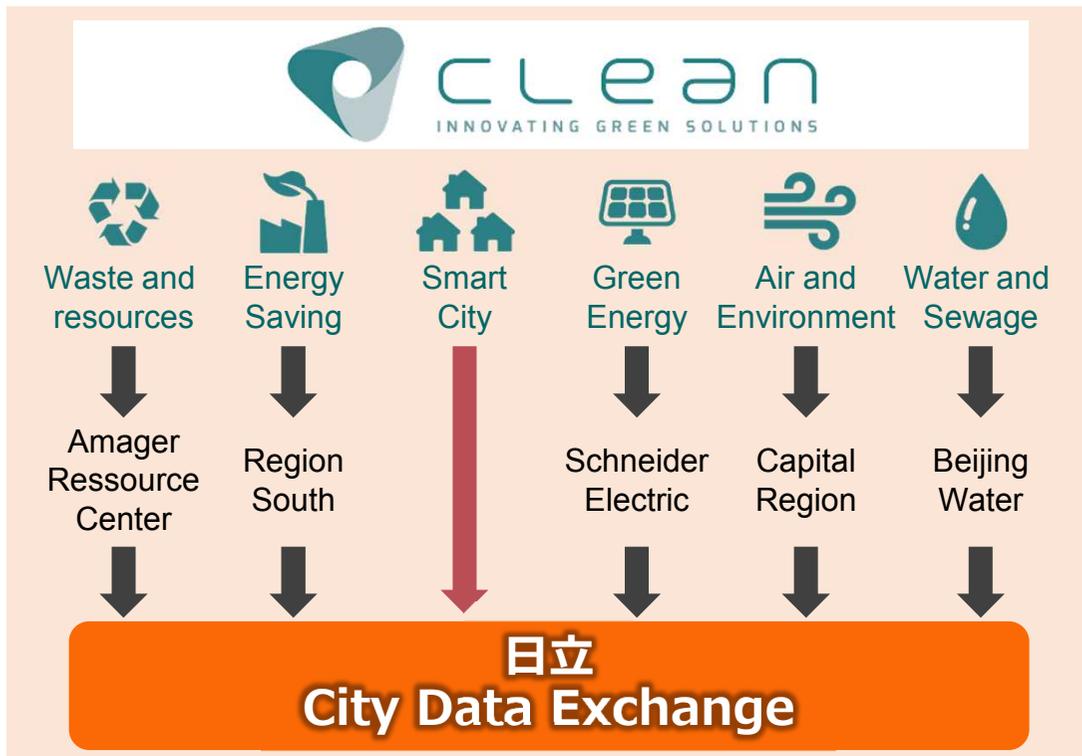
市民は積極的に参加しているが、更に10~15トン/人のCO₂の削減が必要

*the capital Copenhagen was named No.1 in a ranking of "The 10 Smart Cities in Europe" by the U.S. business magazine Fast Company.

事例 3

産官学コンソーシアムClean

- 「官民の“ビッグデータ”を活用し、環境負荷を低減し、効率化・省エネルギーのソリューションを提供し、CPH2025宣言を実現する」
- 国が産官学コンソーシアムCleanを立上げ、産学が中心にランドデザイン
※単発の国家プロジェクトではなく、国家目標を達成に向けて、任意の都市（コペンハーゲン）にて「エコシステム」を実証



写真：コペンハーゲン市長

民間や州が中心に、単発ではなく、様々なプロジェクトを複合しながら、コペンハーゲン市におけるエコシステム達成が目標

事例 3

City Data Exchange (CDE)

- 多様な組織がデータを販売・購入・共有できるマーケットプレイス
- オープンデータ（無料）とプライベートデータ（有料）を統合



事例 3

C D E が提供する新しい都市の姿

- 21世紀の経済では、従来のお金の流れに加え、データの流れが成長の鍵を握る
- C D E は、データが自由に流れる都市のデータ・ネットワークを提供
⇒新たな経済活動を産み出し、イノベーションと都市の成長を促進

従来

限定されたデータ共有

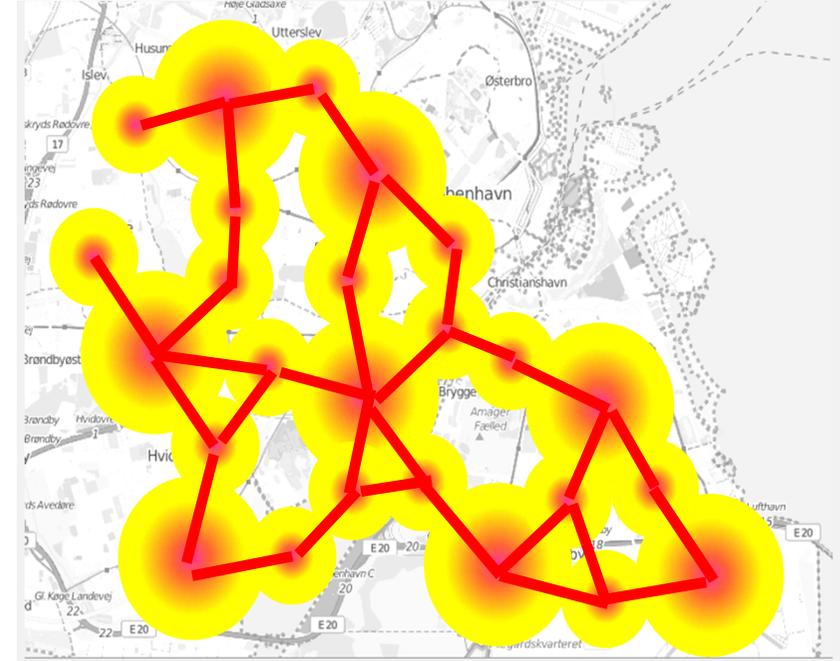


個別経済最適化



CDE

自由なデータの流れ

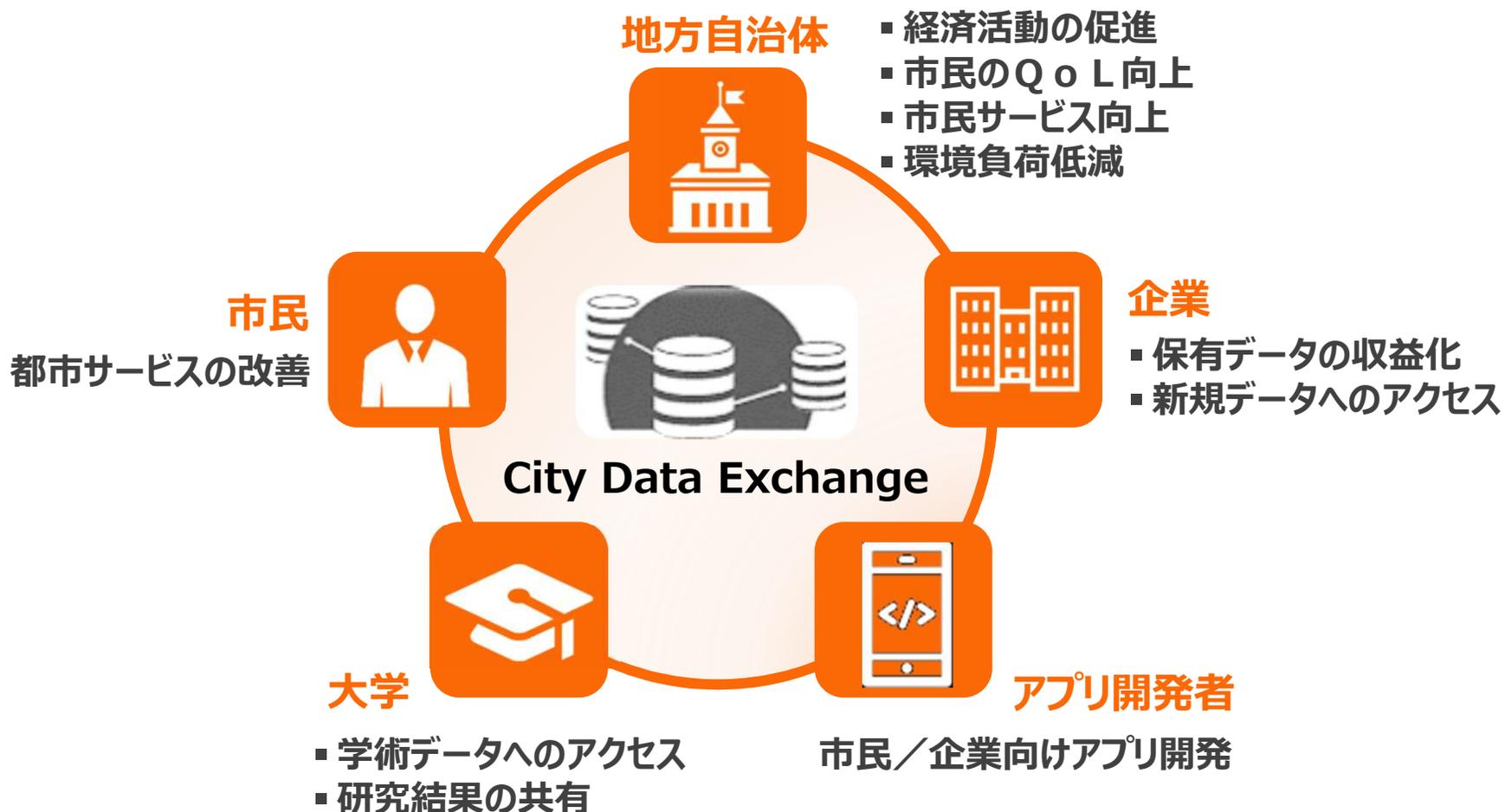


都市の経済全体最適化

事例 3

CEDステークホルダと提供価値

- 都市・市民・企業からのデータを収集する単一プラットフォーム
- 地域に密接したソリューションの開発が可能



地域社会の変革に向けて

【事例3】 コペンハーゲン からの学び

- 政府が主導して、産官学コンソーシアムを発足
- 産学が中心にグランドデザインして、単発の国家プロジェクトではなく、国家目標を達成に向けた「エコシステム」を実証



さらなる施策へ

- 電力・ガス・水道に加えて、ICT・自動車・物流などを含む
各種インフラの情報を公共のものとして共有する仕組みを設ける
- 情報共有に関する規制緩和と同時に、情報の過度な独占も防止し、
産学に適正な競争を創出

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

まとめ

地域社会で挑戦すべき新しい方向性 取り組むべき施策

急増する分散リソースを統合する協調メカニズムを具現化するための取り組み

多様なエネルギー価値の流通

環境性、利便性・快適性、品質・調整力などの価値化

エネルギー消費からサービス利用への変化



各種インフラ間でのデータ共有促進

電力・ガス・水道、ICT・自動車・物流などの連携

都市・街区全体のエネルギー性能・環境性能評価

生活の在り方や産業構造の観点からめざす社会価値の指標化

地域社会で挑戦すべき新しい方向性

取り組むべき施策

	問題意識・課題認識	施策
多様なエネルギー 価値の流通	<ul style="list-style-type: none"> EV充電やHP給湯などの取組みが個別に進む一方で、対象種別・数の急増への準備が必要 調整力取引の技術・制度の準備に加えて生活者視点でのサービス融合の共通評価環境が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 分散リソースを統合する協調メカニズムの構築に向け、産学官で制度を定めて実証を加速、社会実装と社会的合意形成を促進 <p>事例 1 集中・分散エネルギーマネジメント</p> <p>事例 2 マウイ島実証における分散リソースの活用例</p>
各種インフラ間での データ共有促進	<ul style="list-style-type: none"> インフラ種別ごとに異なった事業者が運用保守する構造の限界 インフラ代替・融合を進めるために新たな情報活用が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 新しいサービス事業創生に向けて、国のイニシアチブで公共的な情報収集・蓄積・共有の仕組みを構築し、過度な独占を防止 <p>事例 3 コペンハーゲン City Data Exchange</p>
都市・街区の 指標化・共有	<ul style="list-style-type: none"> 現状は個別の機器や建物での認証制度に留まっており、地域社会が目指す姿の評価に繋がらない 	<ul style="list-style-type: none"> 生活のあり方や産業構造の観点も含めてエネルギー性能・環境性能指標化を整備し戦略的にインフラを再構築
基幹システムとの 連携	<ul style="list-style-type: none"> 地域の多様性に対し、送電部門と配電部門の役割が固定的 	<ul style="list-style-type: none"> 社会全体の「3E+S」を担う基幹システムとの役割分担の再設計

END

日立東大ラボ活動(エネルギー分野)のご紹介

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

Electricity Systems to Support Super Smart Society, Society 5.0

WG2 地域社会で挑戦すべき新しい方向性

荻本 和彦

東京大学 生産技術研究所特任教授

佐藤 康生

日立製作所 エネルギーマネジメント研究部

2018年4月18日