

第3回 ESIシンポジウム

電力品質維持にも貢献する再生可能エネルギー発電
-システムサービスへの再エネ発電制御機能の活用-

エネルギーシステムインテグレーション
-RESの出力制御の活用に向けた国内外の動向-

2018年7月9日

荻本 和彦

東京大学 生産技術研究所 ESI社会連携研究部門

東京大学 生産技術研究所

エネルギーシステムインテグレーション(ESI)

社会連携研究部門

[> 研究者](#) [> 最新の研究](#) [> 部門・センター](#) [> 研究グループ](#) [> 名誉教授](#)

部門・センター

エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部門

電力/エネルギーシステムにおいて、全体システムの需給運用・設備計画、個別システム・技術の運用・制御について、開発・価値評価・導入検討を行い、価値評価、および技術・制度設計の考え方を確立する。また、これらを実施する評価ツールを開発し、それらを用いた電力/エネルギーシステムの検討・提案、人材育成を行う。

○ 関連研究者



> 鹿園 直毅 教授

SHIKAZONO Naoki

熱エネルギー工学
エネルギー工学連携研究センター、機械・生体系部門、
エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部
門
工学系研究科 機械工学専攻



> 大岡 龍三 教授

OOKA Ryoza

都市エネルギー工学
人間・社会系部門、エネルギーシステムインテグ
レーション社会連携研究部門
工学系研究科 建築学専攻



> 荻本 和彦 特任教授

OGIMOTO Kazuhiko

エネルギー需給システム
エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部
門、人間・社会系部門
工学系研究科 電気系工学専攻



> 岩船 由美子 特任教授

IWAFUNE Yumiko

持続型エネルギーシステム
エネルギー工学連携研究センター、人間・社会系部門、
エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部
門
工学系研究科 電気系工学専攻

東京大学 生産技術研究所 エネルギーシステムインテグレーション(ESI) 社会連携研究部門

(前略) このような中長期の電力/エネルギーシステムの構造的な変化に対し、
本社会連携講座は、エネルギー工学連携研究センター(CEE)とその後継の活動
と連携し、

「2030年、あるいはより長期の2050年に代表される今後の電力/エネルギーシ
ステムにおける新しい技術、制度の必要性、価値、可能性を考慮して、全体シス
テムの需給運用、設備計画、個別システム、個別技術の運用・制御開発・評価・
適用検討と新たなサービスなどのビジネスの検討を通して、価値、評価の考え方
の確立、これらを実施する評価ツールの開発、それらを用いた電力/エネルギー
システムの検討と提案、これらの検討の活動を通じた、人材育成を行う」

ことを目的とします。

3. 対象分野

本社会連携講座では、この目的の達成に向け、以下の分野に関する総合的、システム的な取り組みを行う：

- **供給側技術**としては、火力、揚水、一般水力、原子力の集中電源、太陽光発電、風力発電、熱供給発電などの分散電源双方の価値の最大化とそのために必要となる運用特性、制御性能の開発と適用研究
- **需要側技術**としては、住宅、業務用建物、産業、運輸などの需要の、本来の目的を損なわない省エネルギーとそれらの能動化、分散・集中型エネルギー貯蔵技術、分散型エネルギーマネジメントによる電力/エネルギーシステムの需給調整への最大活用のための技術の開発と適用研究
- 供給側、需要側双方の分散型の資源の価値の最大活用に向けては、**送配電網およびシステム運用に必要なICTなどネットワーク**に係る技術の開発と適用研究
- 大規模エネルギー貯蔵を見通した、熱供給や運輸需要を統合した**エネルギー輸送、貯蔵体系**の確立に関する研究
- これまでになかった多数の供給、需要、調整の各資源を経済的、安定的、そして環境負荷少なく運用するための**運用の計画、実施技術**の開発と適用研究

4. 取り組み内容

(データ収集・整備)

- 各国、国際機関、企業などの公表データの活用
- 参加企業のデータ・情報の活用
- 学会、会議などでの収集

(マクロモデルの開発・活用)

- 全国10地域を一括して扱う電力需給解析
- 予測を直接扱うなどの詳細な電力需給解析

(マイクロモデルの開発・活用)

- 住宅需給解析
- 業務建物需給解析

(アグリゲーションモデルの開発・活用)

- HP給湯アグリゲーション
- EVアグリゲーション

(連携)

- 住宅、建物などの積み上げ型の需要モデル
- エネルギーの長期最適化モデル
- ナショプロなど外部プロジェクト
- エネルギー工学連携研究センター(CEE)とその後継の活動、生産技術研究所、東大の諸活動

(成果の発表・活用)

- 研究部門内での報告、討論、とりまとめ
- 論文発表
- 公開シンポなどの社会へのフィードバック
国の委員会などでの社会貢献

(人材育成)

- 大学のスタッフと共同で以上の諸項目を実施することで、将来のエネルギー/電力システムの発展に貢献する人材育成を行う。

エネルギーシステムインテグレーション(ESI) とは何か（仮置き）

エネルギーの供給、流通、需要における設備形成、管理・運用、利用に関する技術、制度の個別あるいは組み合わせの価値、開発可能性を評価し、「エネルギーシステムの需給」と「エネルギーが提供するサービス」の同時最適化、将来のあるべき姿を追求する。

対象範囲 ： 地理的 （家一軒、コミュニティ、エリア、一国など）
 ： 管理的 （地理的枠を超えた業種、技術横断など）
 ： 個別仕様（技術、制度）

時間スケール： 短・中・長期の将来

最適化の目的： システムの経済性、安定供給、環境性、安全性、
 サービスの品質、可用性。

手 法： 技術・制度の個別・組み合わせについての様々な断面・期間での
 価値・最適化評価を、解析ツールを用いた定量評価を基礎とした
 検討により行う。

あるべき姿 ： 社会に役に立つことが儲かる設備・インフラ形成、運用、制度

本日の内容

1. 2050年への方向性と課題

- ・出力が変動する再生エネ (VRE) の導入の影響
- ・分散型資源の導入
- ・価値のシフト
- ・新たな二次エネルギー

2. 2030年への方向性と課題

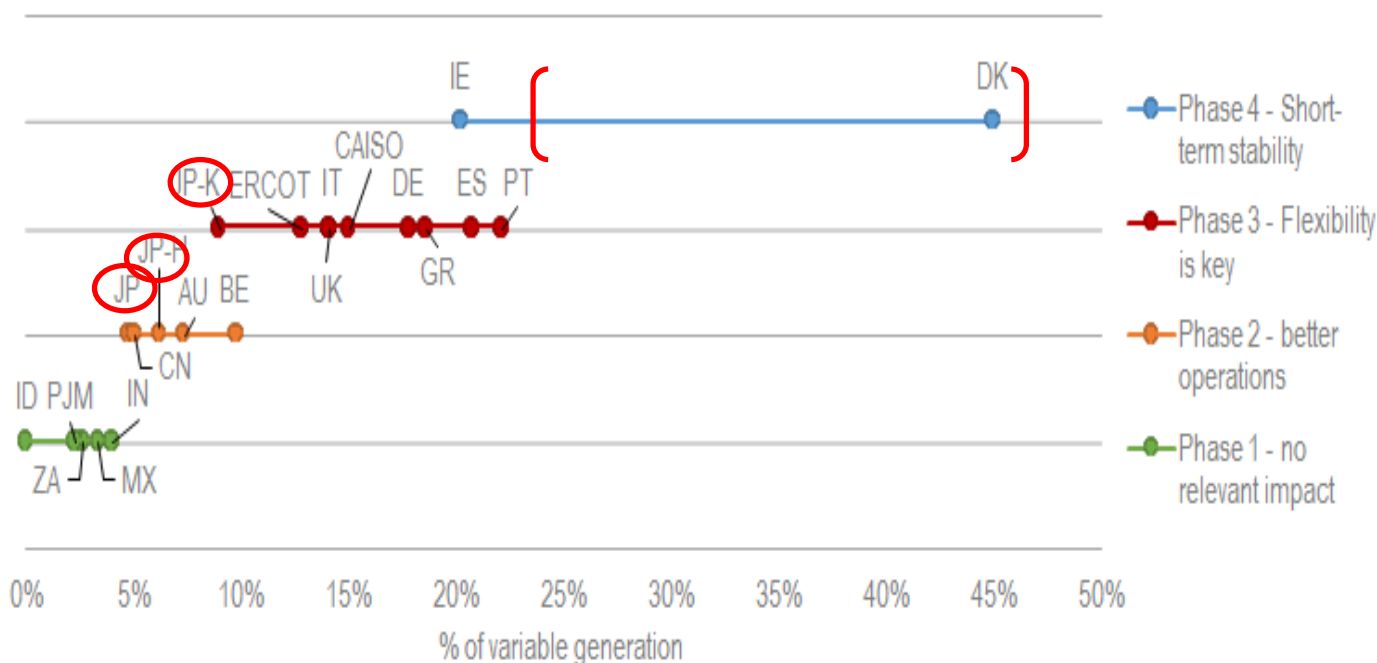
- ・需給調整力
- ・Integration Study

3. 再生可能エネルギー発電の出力制御

- ・なぜ必要か
- ・実現の鍵 (ビジネス・制度)
- ・実現の鍵 (技術・設備形成)

RE導入の状況: IEAによる導入段階

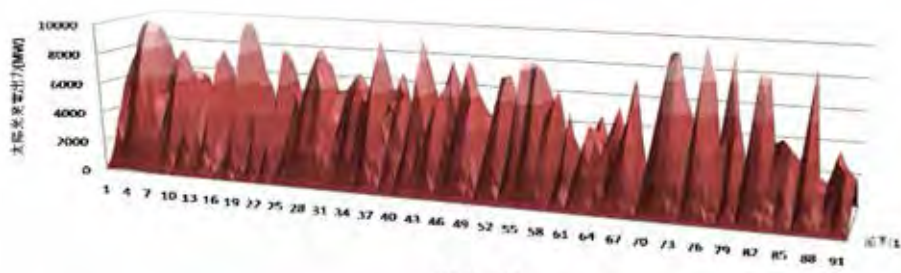
- 電力システムとして独立していないデンマークを除くと現在、一定規模以上の電力システムの出力が変動する再エネ(VRE: PV,風力)の最大導入率は25%弱程度
- 日本は全体としてのVRE導入率は数%であるが、PVの導入の突出する九州の電力システムの運用の難しさは、IEAの提唱する導入段階のうち「Phase 3」とされている。
- 低炭素排出に有効な原子力の一定出力運転を加えると、九州(JP-K)、北海道(JP-H)の電力システム運用の難しさは、アイルランド(IE)にも近づく状況。



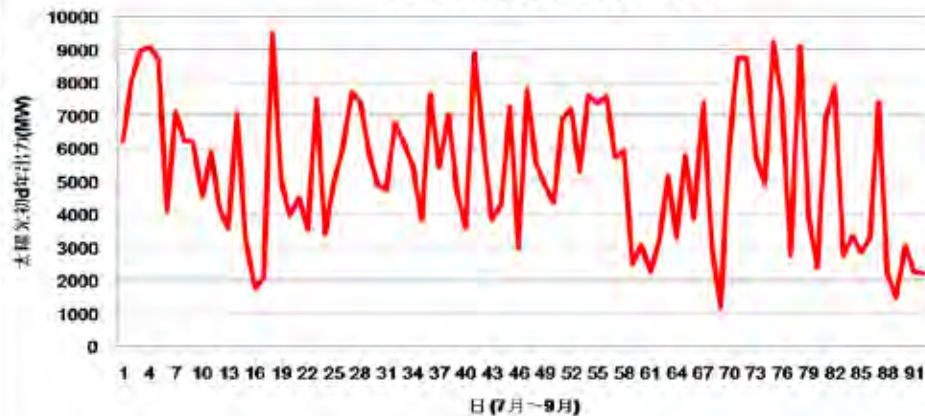
九州電力殿資料

VREの課題: 出力変動 (Variability)

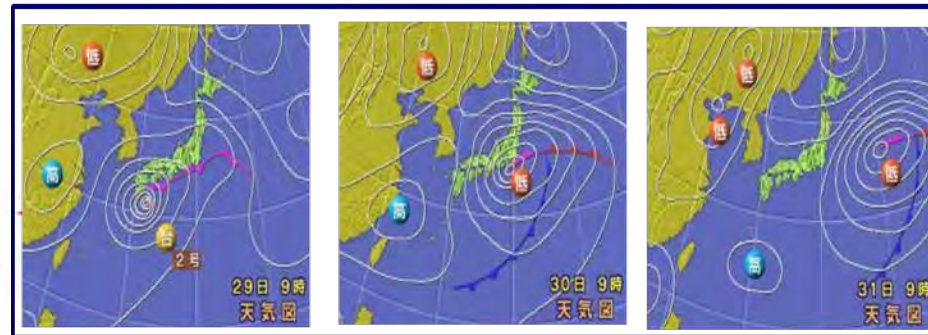
- 再生可能エネルギーをエネルギー源として導入するためには、水力の場合と同様、出力変動特性を分析・把握し、きめ細かな運用と設備形成が必要。
- 太陽光発電、風力発電など、ならし効果による変動性の緩和は期待できるが、それでも残る出力変動は大きい。



太陽光発電出力(14時)



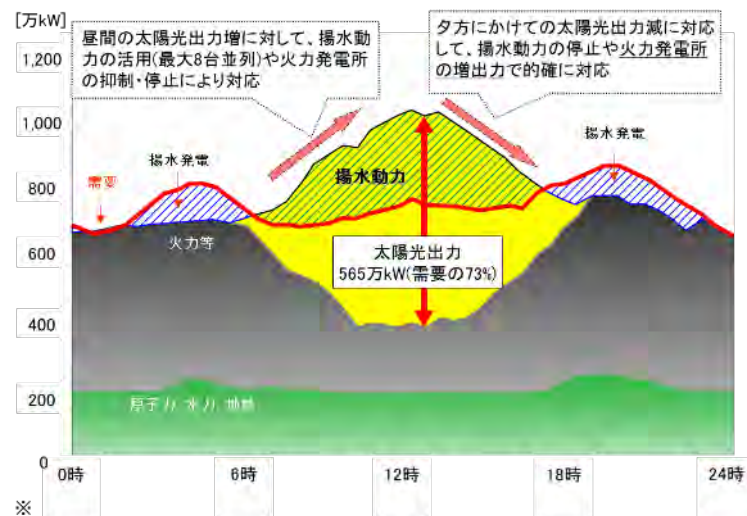
日(7月~9月)



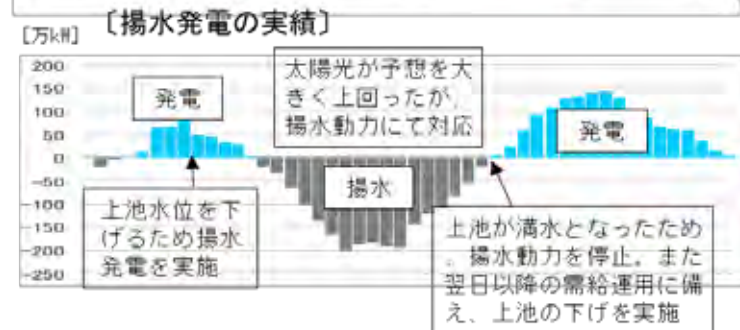
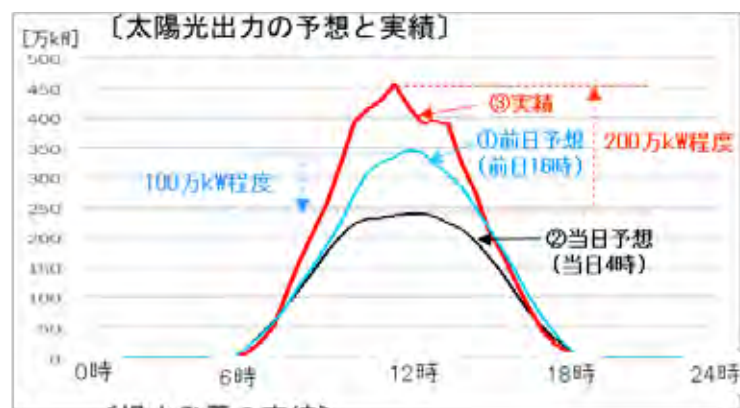
50Hzの電力会社管内別、合計の風力発電電力
 荻本和彦,池上貴志,片岡和人,齊藤哲夫:電力需給解析のための全国風力
 発電量データの収集と分析,電気学会平成24年電気学会全国大会講演論
 文集,6-003,5-6 (2012)

VRE導入の課題：不確実性(Uncertainty)

- ⓐ VRE導入の課題は、変動性に加え不確実性があり、システム運用の経済性、安定供給の低下を引き起こす。
- ⓑ 限れた連系線運用容量のもと、最大需要15GWに対し8GWのPVが導入された九州エリアは世界で最も需給運用の難しい電力システムの一つ。
- ⓒ 避けがたい希頻度の発電出力予測の「大外れ」は、システム運用の大きな脅威となる。
- ⓓ 変動性、不確実性に対するシステムの需給調整力(柔軟性)向上は喫緊の課題。。

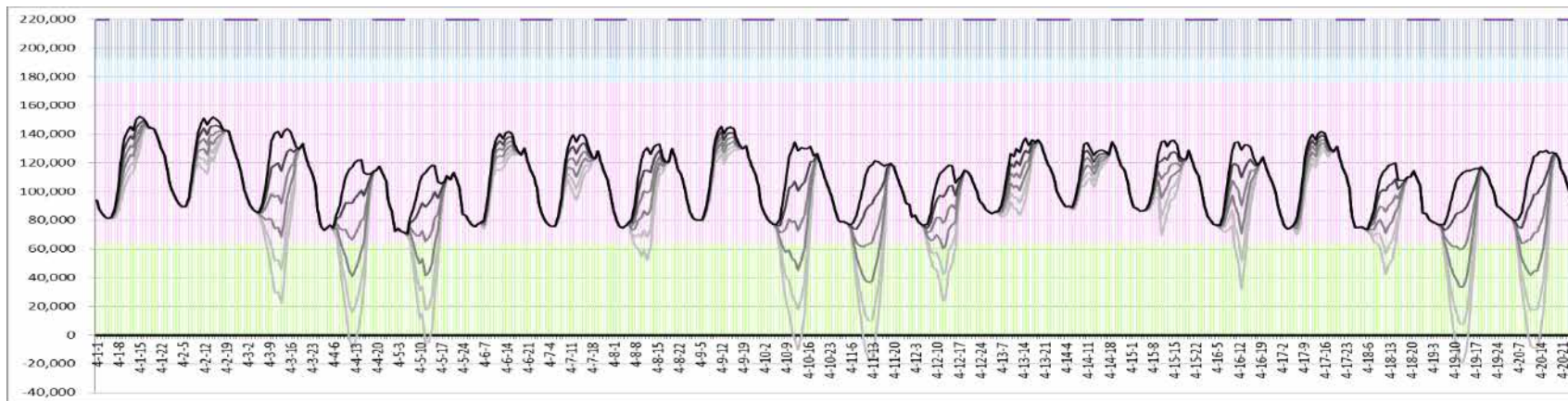


2017.4.28 九州電力殿資料



2017.5.5 九州電力殿資料

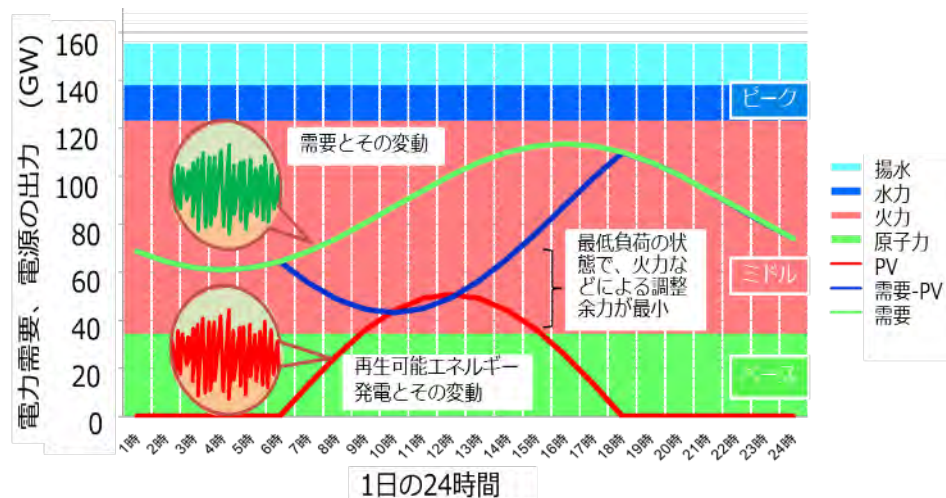
RE導入の課題: 変動に対する需給調整力不足



2030年において総発電量におけるPV発電の割合20%まで増加した場合の残余需要

再生可能エネルギーの導入量の増加により、電力システム全体の需給調整問題が発生する理由は、

- ⦿ 再生可能エネルギーの発電出力の変動による、変動要素の増加
- ⦿ 火力など従来システムの需給調整を担う発電方式の運用量の減少



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, 電気学会論文誌C, Vol.132 No.8, pp1376-1383 (2012)

世界共通の課題：需給調整力の確保

- ⌘ 原子力や、石炭火力などの大規模系統電源は、優れた経済性、環境性を有するが、その特性を最大限に発揮するためには、一定出力の運転を行うことが望ましい。
- ⌘ 低炭素化は、出力調整の容易な火力発電の利用の低減を意味し、**電力システムの供給側の需給調整力の低下は世界共通の課題。**
- ⌘ 電力システムにおけるニーズに応じて、**調整力の価値は、大きさ、速さ、継続時間、確実性で決まる。**



先進的原子力発電



IGCC, IGFC



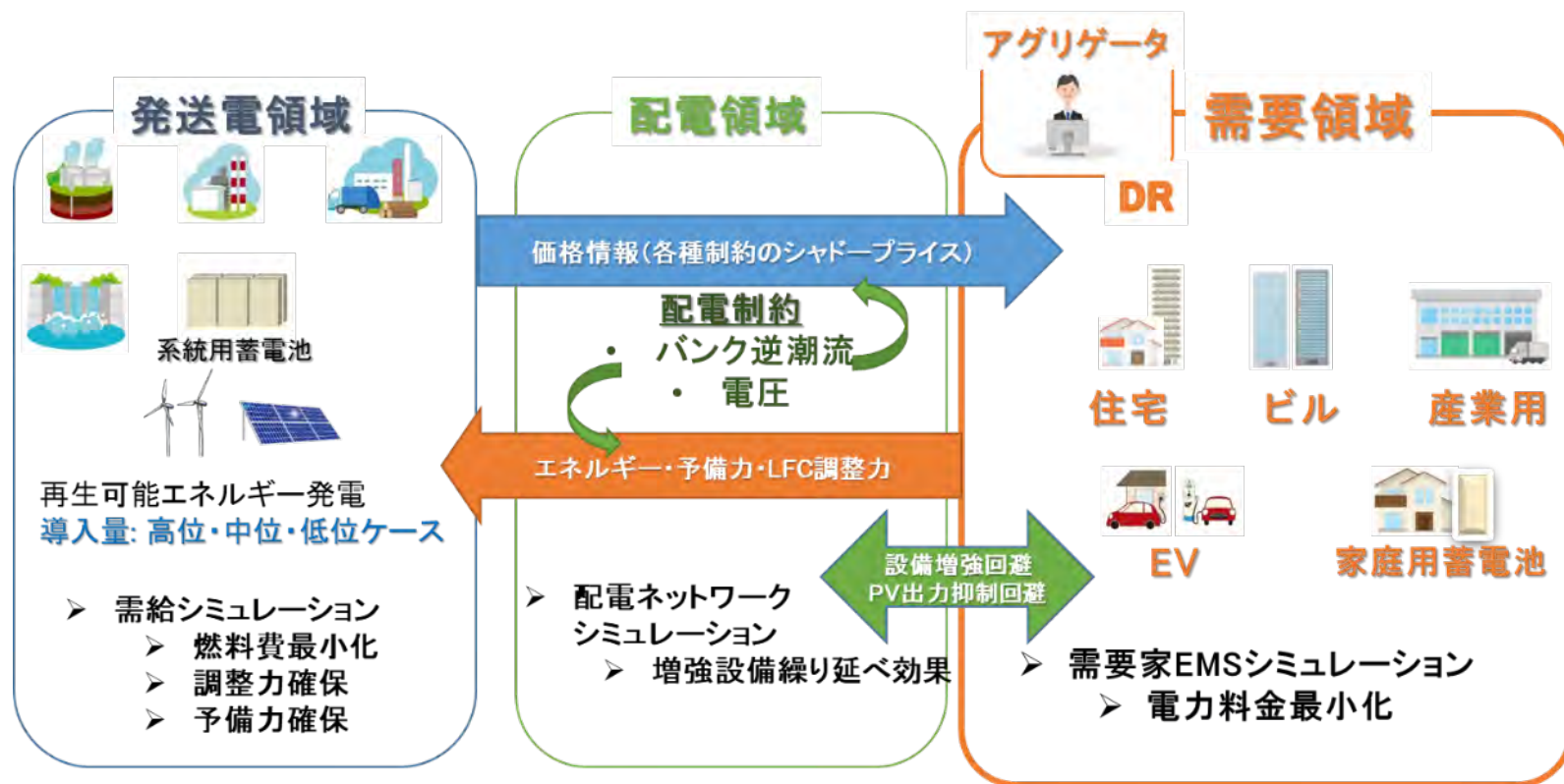
高効率天然ガス複合発電



図の出典：CoolEarthエネルギー革新技術計画報告書

世界共通の潮流：分散型資源の導入

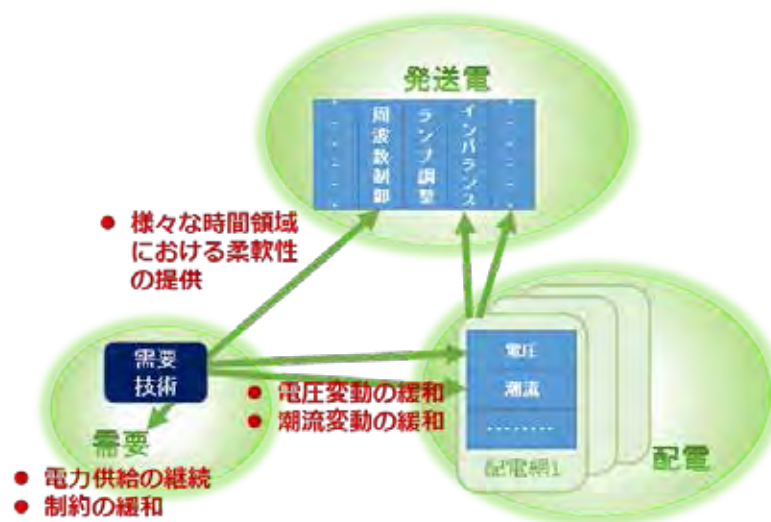
- ルーフトップPVやコージェネレーションなどの分散電源に始まり、電力・温冷熱貯蔵、需要など、分散型のエネルギー技術が需要側に導入され、エネルギー・電力の需給を大きく変える可能性がある。



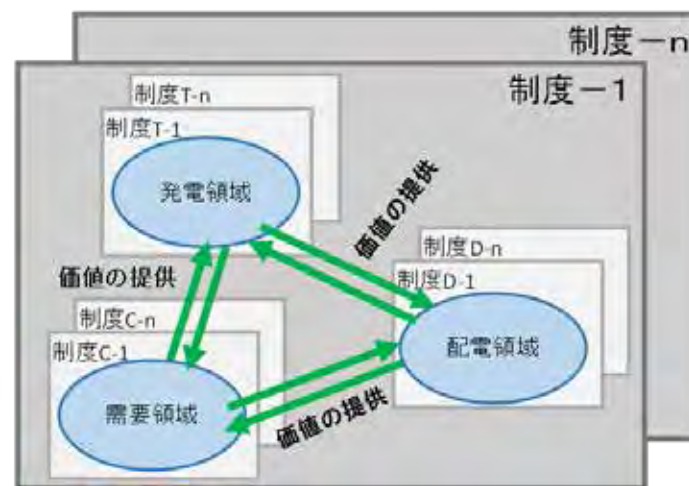
東京大学、ほか：革新的エネルギー貯蔵システム等を活用した超分散エネルギーシステムの研究報告書(2018)

世界共通の潮流：価値のシフトとマネタイズ

- PVや風力など可変費ゼロのVREの導入拡大により、電力需給において、出力が確定できない電力の価値は低下し、確定できる、さらには調整できる発電出力、需要の価値が上がる。
- 需要は、エネルギーあるいは電力自体が必要ではない。本来必要とするサービスに向かって最終的な価値はシフトする。
- この革新の実現には、投入される技術が報酬を得られること「マネタイズ」が鍵となる。



需要技術の領域を跨いだ価値の活用
(有効電力の場合)

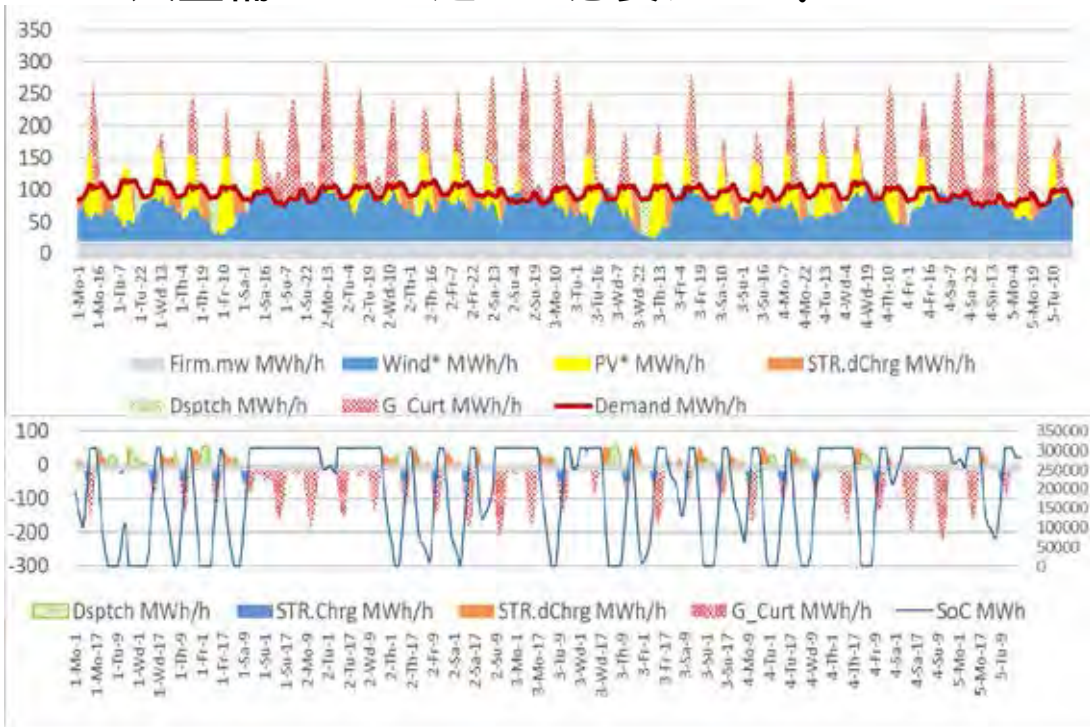


価値の提供と制度による実現(マネタイズ)

東京大学、ほか：革新的エネルギー貯蔵システム等を活用した超分散エネルギーシステムの研究報告書(2018)

エネルギー需給の低炭素化：電化・新二次エネルギー

- 低炭素化の目標のもとでの一次エネルギー供給は、出力が不確定に変動するPV、風力や一定出力が望ましい原子力、地熱、潮流などの発電技術にシフトする。
- 短・中期的には、電力を直接利用でき、かつ省エネルギーに効果的な、運輸や比較的低温の温熱エネルギー需要などを中心とした電化を進めることが必要。
- 低炭素排出の電源の導入量が増加した段階では、月間、季節間などの大規模エネルギー貯蔵が必要となり、新たな二次エネルギーの導入を製造・利用インフラの導入整備とともに進める必要がある。



需要, PV, Windの2013年データにもとづく需給解析結果例(4月の第1~5週)
 (Firm:114 GW, PV: 212GWp, Wind: 128 GWp, Storage: 20 GWx6.1 hours, Dsptch:114GW)

上:需給状況,
 下:荷配分可能電源,電力貯蔵装置の入出力とSoC,抑制出力)

凡例 Firm.mw: Firm電源出力, Wind*:風力出力, PV*:PV出力, STR.dChrg: 貯蔵設備発電/充電, Dsptch:負荷配分可能電源出力, G_Curt: 出力抑制, Demand: 需要, SoC: 充電残量

荻本和彦,占部千由,斉藤哲夫,2050の日本のエネ需給-将来の再生可能エネルギー100%の可能性と課題,エネ資コンファレンス講演論文集31-5 (2018)

本日の内容

1. 2050年への方向性と課題

- ・出力が変動する再生エネ (VRE) の導入の影響
- ・分散型資源の導入
- ・価値のシフト
- ・新たな二次エネルギー

2. 2030年への方向性と課題

- ・需給調整力
- ・Integration Study

3. 再生可能エネルギー発電の出力制御

- ・なぜ必要か
- ・実現の鍵 (ビジネス・制度)
- ・実現の鍵 (技術・設備形成)

柔軟性向上と変動性低減：

足元の現状から、将来のニーズと可能性を見通して、設備と運用の双方による5つの分野での対応が必要かつ有効

- ▶ 新しいニーズの反映による、**従来電源の需給調整力の最大活用**：
 - 火力発電の最低運転電力低減、負荷調整能力の向上、起動時間短縮
 - 揚水の積極運用、可変速化による揚水運転時の調整力向上
 - 水力の運用の高度化

- ▶ 新たに導入される**RESの発電の調整力の積極的活用**
 - 出力制御、出力変化率制御、その他の有効電力制御
 - 無効電力制御と事故時運転継続機能

現在新たに検討が進められているスマートグリッド的対応策

- ▶ 民生・業務の建物、PHEV/EVの充電需要に分散型の電力貯蔵を含む**需要の能動化(自動デマンドレスポンス)**
- ▶ **送電線、系統連系の拡充**によるならし効果と電力システムの柔軟性資源の最大活用の環境整備
- ▶ PV、風力など出力の変動する**再生可能エネルギー発電の出力把握・予測**を含めた**システム運用と市場運営の高度化と電力システムの進化**

3. Flexibility: 需給調整力向上への挑戦

需給運用における柔軟性向上の体系

2. 再生エネの最適構成・配置と調整力向上



風力



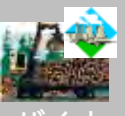
太陽光



小水力



地熱



バイオ



海洋

3.分散エネルギー・マネジメントと需要の能動化



産業



業務(大規模)



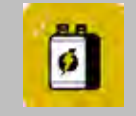
業務(小規模)



住宅



交通



蓄電池



燃料貯蔵



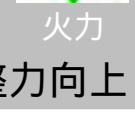
揚水



水力

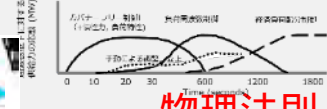
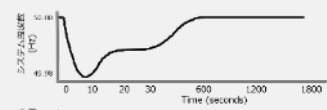
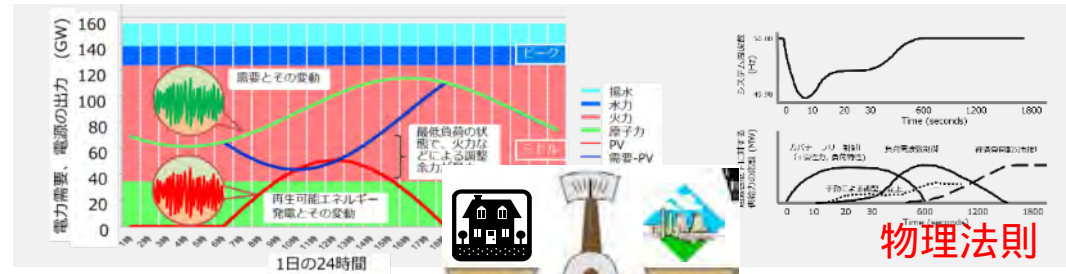


原子力



火力

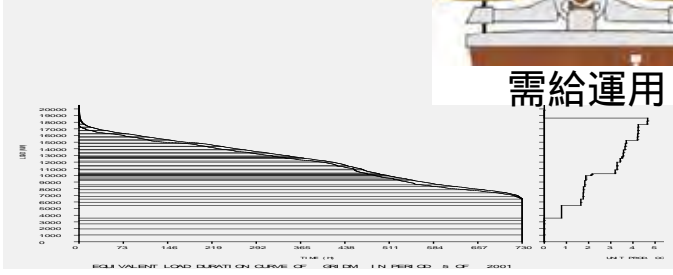
エネルギー貯蔵技術活用



物理法則
経済原理



需給運用



電力・情報ネットワーク



4.送配電網と系統連系



5.予測と運用高度化

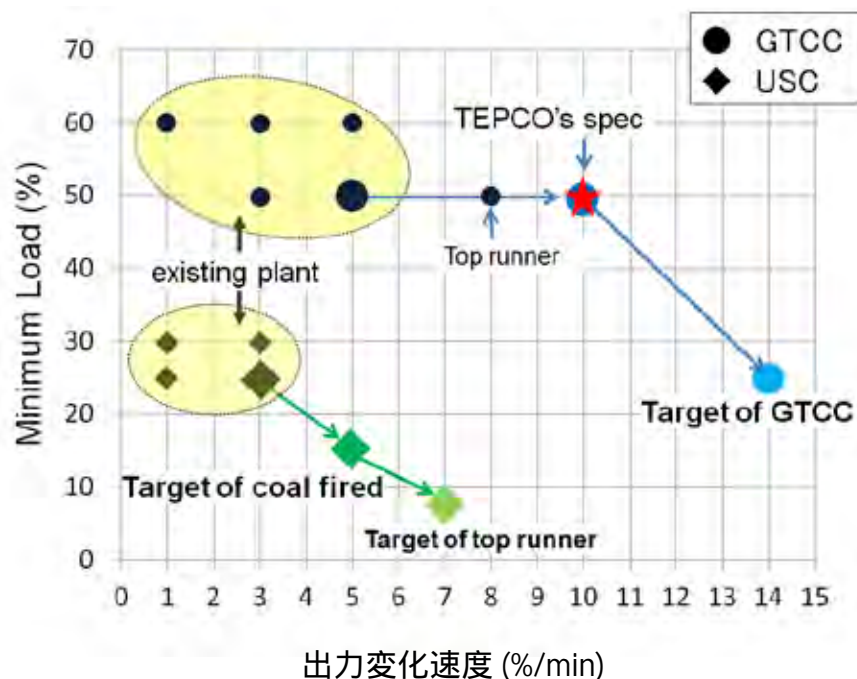


1.系統電源の調整力向上

火力発電の新たな役割：柔軟性向上

- 一般的な運用値と現存するプラントのトップレベルを比較しても，火力プラントの柔軟性向上には大きな改善余地がある。
- EUでは火力の柔軟性向上に対するニーズが高く，左表で目標とする性能のプラント開発がほぼ終了している。

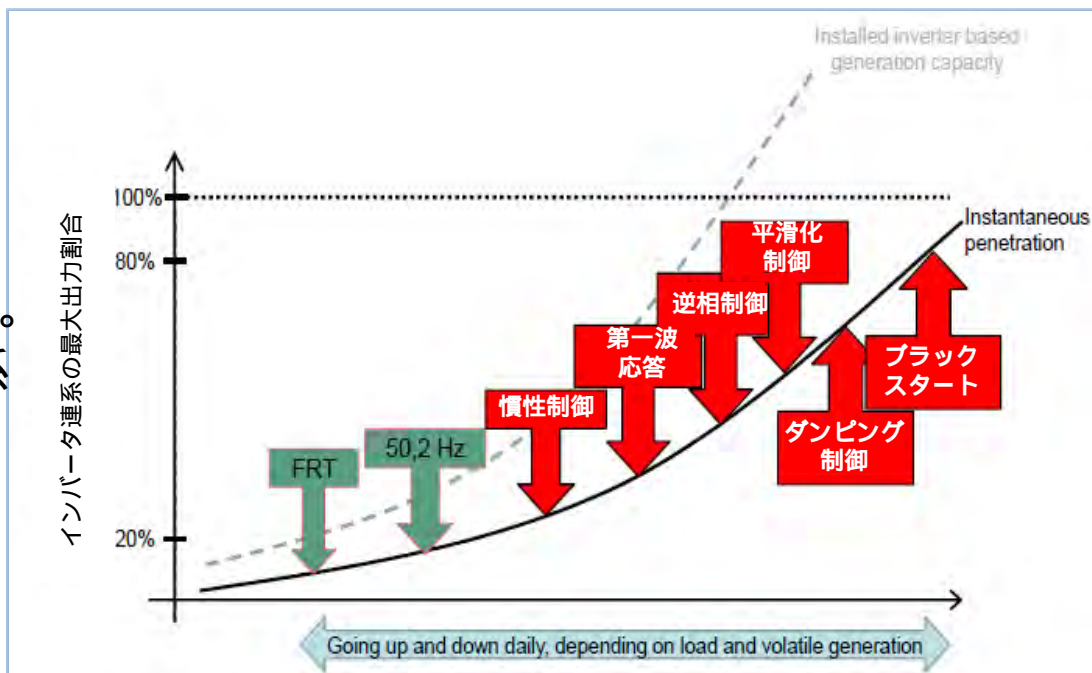
		貫流石炭ボイラ (1,000~600MW級)	GTCC(1軸、多軸) 1,100~1500℃級
変化速度	現 状	1~3%	1~5%
	潜在能力	3~5%	8%
	目 標	5%(低出力帯) 8%(高出力帯)	14%(中間負荷)
最低出力	現 状	30%程度	50~60%
	目 標	15%以下	25%
起動時間	現 状	4時間	60分
	目 標	より短く	30分



火原協「再生可能エネルギー導入拡大時の火力設備の対応検討会 第一次研究報告書 P61 (2014.7)
中澤,荻本,黒石,船橋,RES導入拡大のための火力発電の柔軟性向上_IEEJ全国大会No.6_154 (2015)

風力・太陽光発電の抑制と協調運転

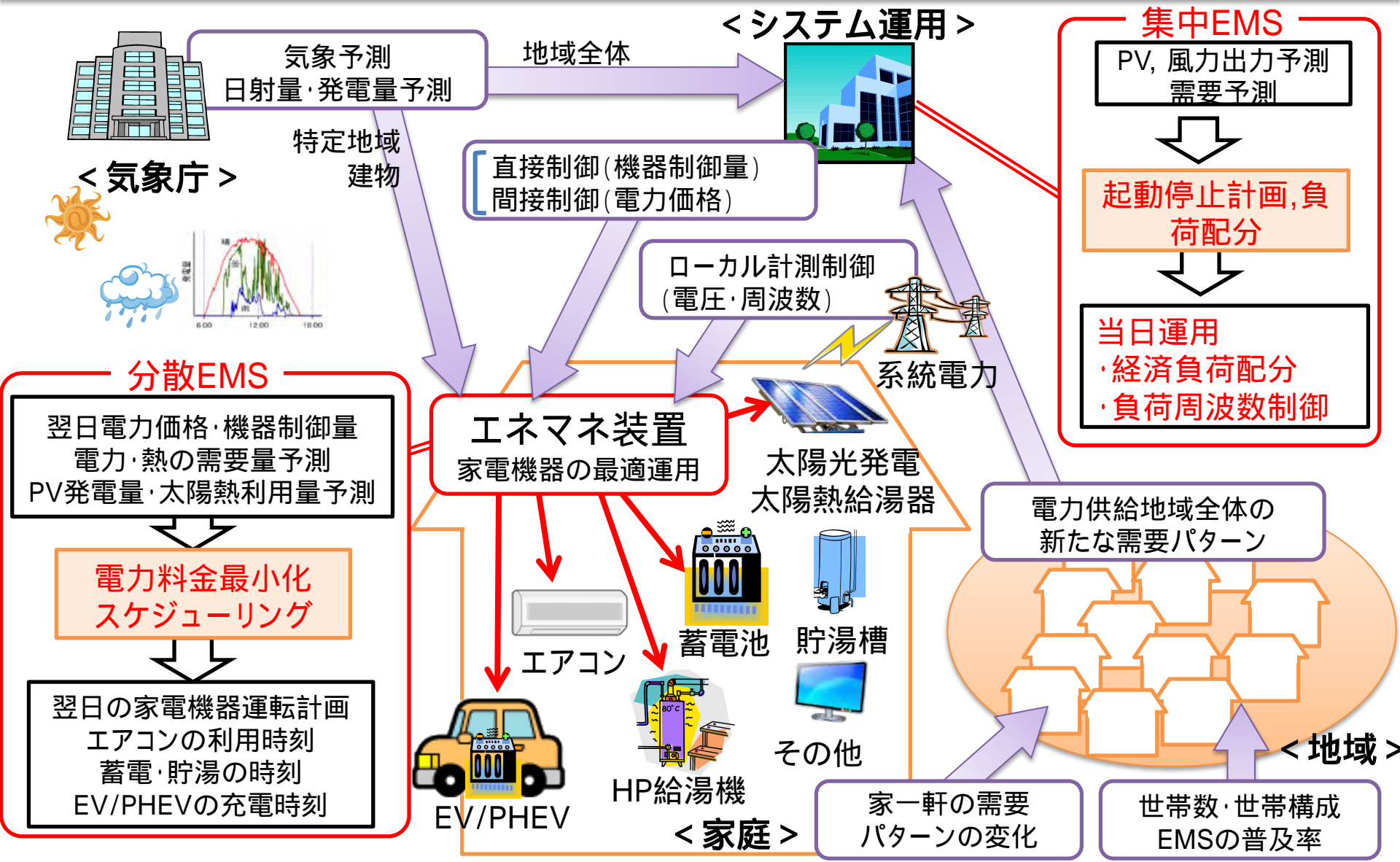
- 出力の変動する風力発電や太陽光発電においても、発電出力(有効電力)の抑制方向の制御、機器の電流定格の範囲での無効電力の制御ができる。
- ヨーロッパの風力発電では、系統連系要件の整備と並行して、優先給電ルールのもので風力発電の需給運用、電圧制御、周波数異常時の出力制御が行われている。
- 系統の電圧・周波数変動時には、機器の設計により運転継続の特性が決定されることから、系統連系要件、機器仕様、系統運用との組み合わせが重要になる。
- ヨーロッパにおいては、今後、同期化力を模した慣性制御、電力動揺制御、高調波電流吸収、ブラックスタート機能など、様々な機能が新たに求められる可能性がある。
- PVについても、ドイツの系統連系要件において、小規模を含め遠隔制御の要件が定められ、例外規定としてパネル出力の70%のインバータ容量が推奨されるなど、新しい動きが現れている。



E. Quitmann, ENERCON: Ancillary services from WT and related Grid Codes, IRED (2012)

3. Flexibility: 需給調整力向上への挑戦

需要の能動化: 集中/分散エネルギーマネジメントの協調



荻本和彦, 岩船由美子, 片岡和人, 池上貴志, 八木田克英: 電力需給調整力向上に向けた集中・分散エネマネの協調モデル, IEEJ電力・エネルギー部門大会講演論文集, 16, 08_7-12 (2011)

- Ⓟ 「電力・エネルギーシステムの将来を分析する **Integration Study**」において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。

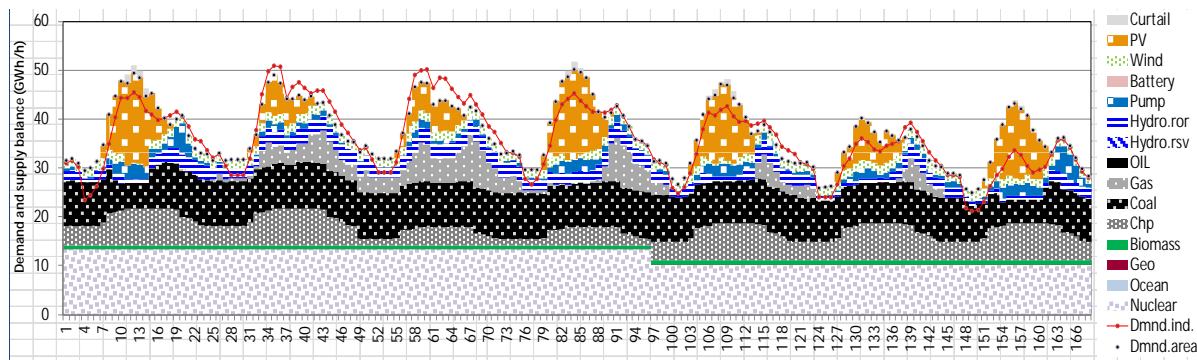
社会に役に立つことをした主体が儲かる仕組みをつくることにつながる

- Ⓟ 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。

「柔軟性」のIntegration Study



- 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含めるため、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系統の需給解析が必要となる。



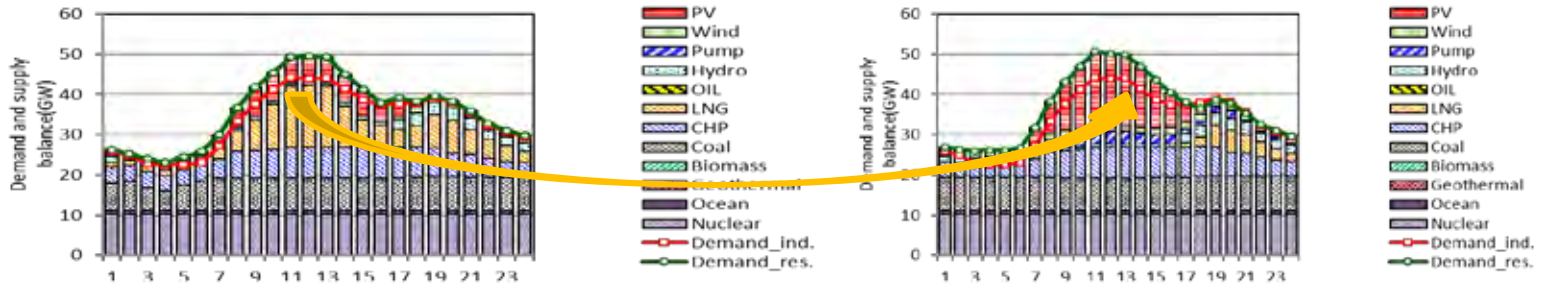
電力需給解析うち、需給シミュレーションのイメージ

「柔軟性」のIntegration Study: 揚水の効果

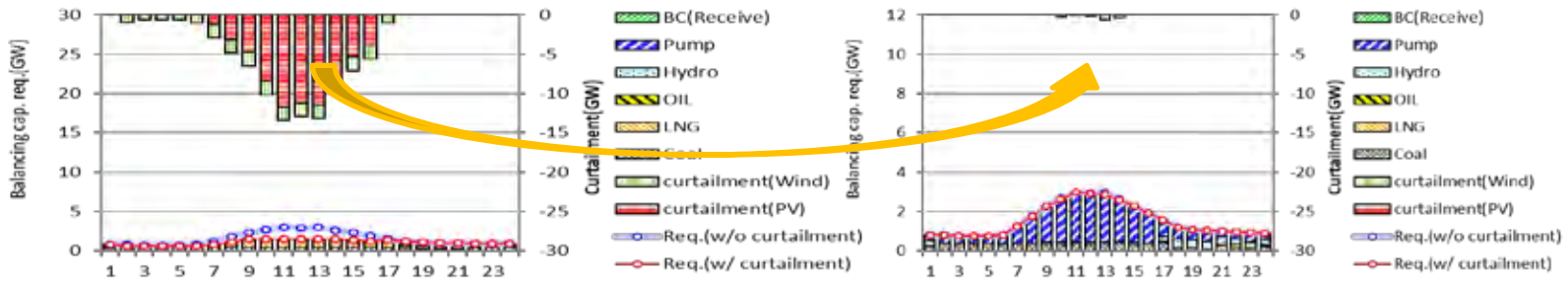


ρ 揚水の無 有とすることで、PV+風力の電力量最大日(5月17日, グリッドC)に再エネの出力抑制がほぼ解消する。

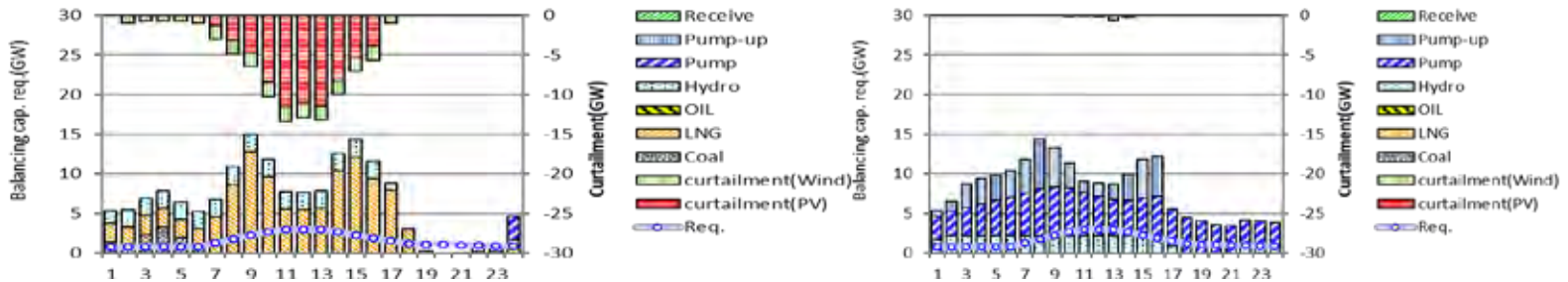
需給
バランス



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, 斉藤哲夫, 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



「柔軟性」のIntegration Study



- 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	EV	
	±%	±%	%	%	有/無	有/無	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	○	○	○

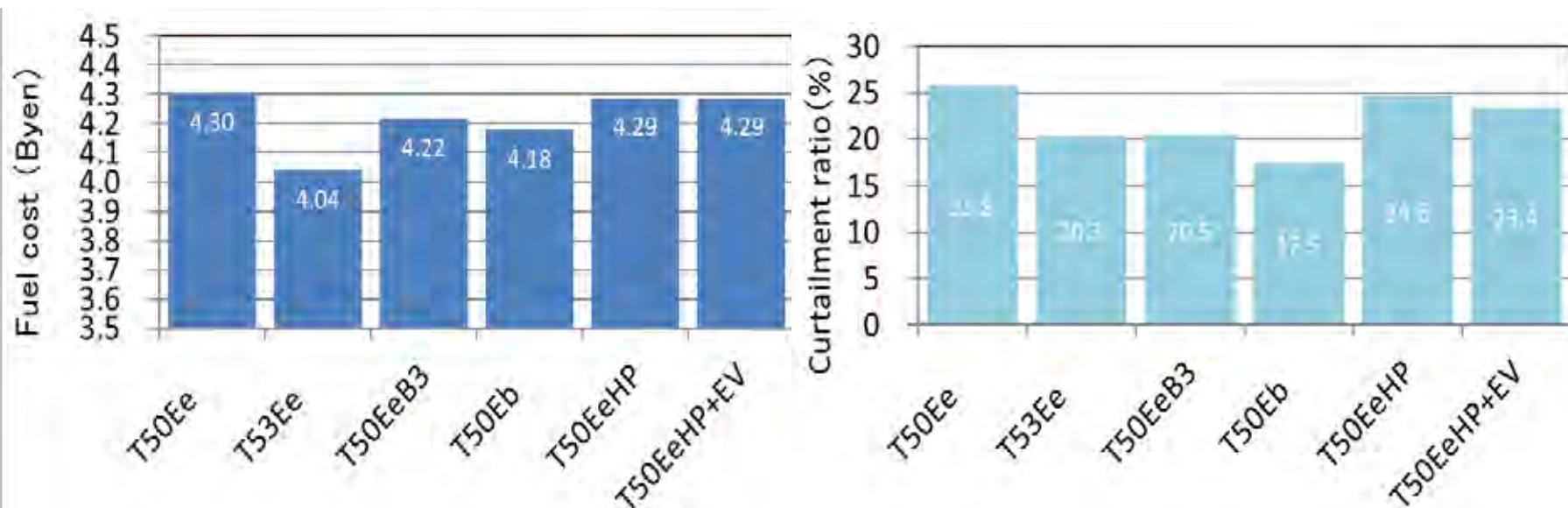
GRID		PV103	Wind32
A	Hokkaido	4.5	2.7
B	Tohoku	13.5	10.9
C	Tokyo	27.4	5.9
D	Chubu	12.9	3.7
E	Hokuriku	1.8	0.8
F	Kansai	14.2	2.1
G	Chugoku	7.5	2.1
H	Shikoku	3.6	1.1
I	Kyushu	17.3	2.4
J	Okinawa	0.6	0.4
Total		103.4	32.2

荻本和彦,片岡和人,占部千由,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

「柔軟性」のIntegration Study



- 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)

PV+風力の出力抑制率 (%)

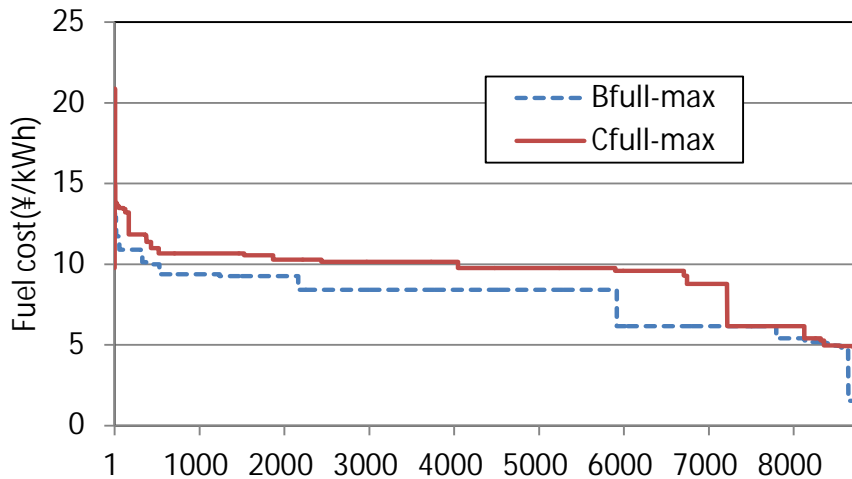
T50Ee : ベース
 T53Ee : 石炭火力のLFC調整力±3%
 T50EeB : LFC調整用バッテリー3GW

T50Eb : 連系線LFC調整量融通 (容量の10%)
 TEeHP : 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

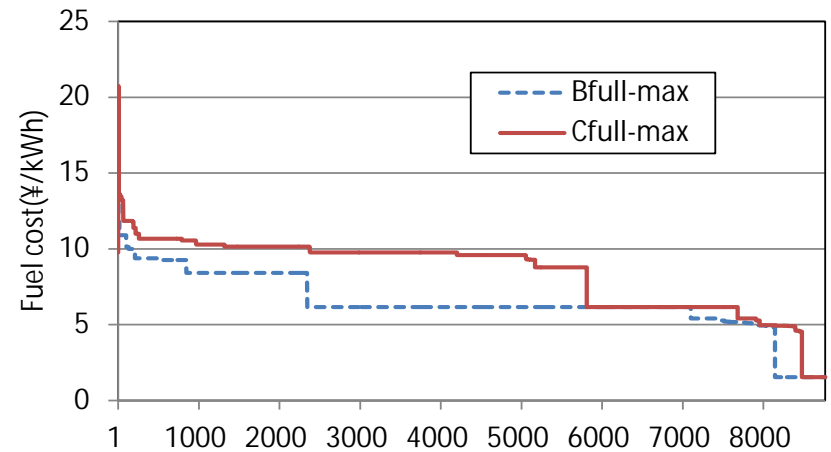
荻本和彦,片岡和人,占部千由,斉藤哲夫,長期エネルギー需給見通しに基づく我が国の2030年の電力需給解析, エネルギー・資源学会,第32回コンファレンス講演論文集1-2(2016)より作成

Integration Study の例: 10エリアの卸市場価格の解析

- p PVの導入が増加するにつれて、エネルギー市場の価格は、価格を決定する電源がガス火力から石炭火力に移行することに伴い下落する。



PV: 64 GW



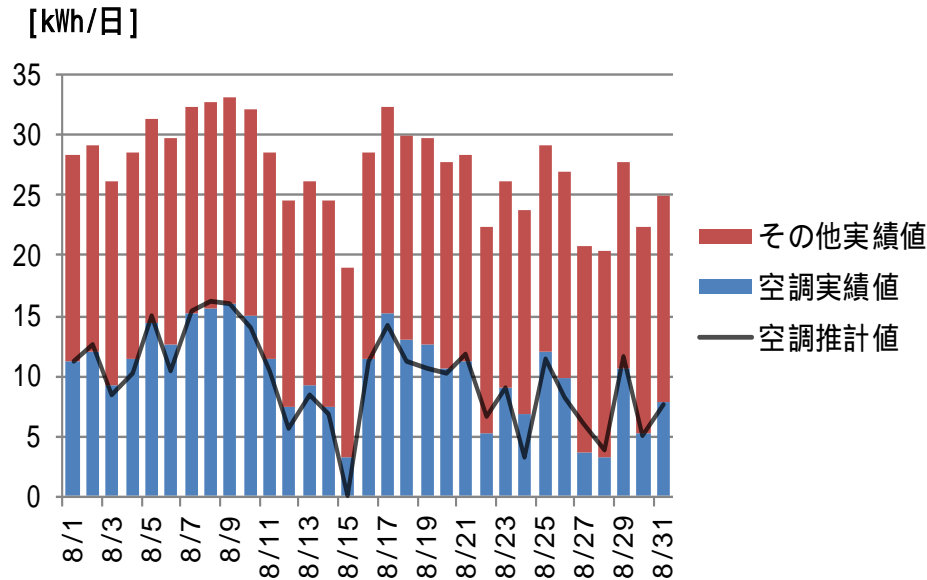
PV: 103 GW

Fig.10, 11 市場価格を決定する電源の限界燃料費の年間の持続曲線
(B:東北エリア, C:東京エリア)

荻本和彦, 片岡和人, 中山寿美枝, 簗津真一郎, 東仁, 福留潔, 将来の電力システムの卸市場価格に関する基礎検討, エネルギー・資源学会, 第32回コンファレンス講演論文集1-1(2016)

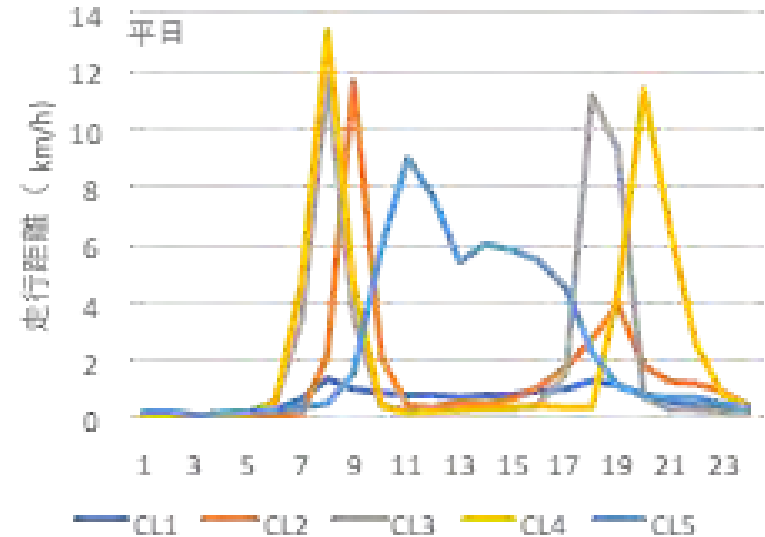
「柔軟性」のIntegration Study: デマンドレスポンス

- 需要側の分散資源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。
- また、需要側の分散資源を含めた応答が、配電網の電流・電圧の変動の制約に違反しないか、またはそれらの変動の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: スマメデータ・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)



道路交通センサス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)

主要な解析技術の変遷

- ρ 電力システムの運用計画、設備計画にはその時代の要請を反映した解析ツールが使用されてきた。
以下、設備の経済性を解析する年間の需給解析について述べる：
 - 火力主体の段階では、**負荷持続曲線**に基づくモデル。
ESPRIT、より簡単なモデル
 - **再生可能エネルギーの出力変動**に伴う需給調整力評価には、**時系列曲線**に基づくモデル
MR
 - **再生可能エネルギーの予測誤差の影響**の評価には**予測付き起動停止計画モデル**
予測付きUC
- ρ これらのモデルを、必要に応じて各種解析モデルと併せて使用することで、電力システムの運用計画、設備計画が行われる。

本日の内容

1. 2050年への方向性と課題

- ・出力が変動する再生エネ (VRE) の導入の影響
- ・分散型資源の導入
- ・価値のシフト
- ・新たな二次エネルギー

2. 2030年への方向性と課題

- ・需給調整力
- ・Integration Study

3. 再生可能エネルギー発電の出力制御

- ・なぜ必要か
- ・実現の鍵 (ビジネス・制度)
- ・実現の鍵 (技術・設備形成)

出力制御はなぜ必要か

- ρ 再エネを主要な電源として導入するということは、それらの利用率の低さを考えると、時間帯によっては余剰するほどの設備を導入すること。
- ρ 再エネを主要な電源として導入するためには、余剰する分を管理・制御し安定な運用確保するためにそれらの出力制御が「できる」ことが不可欠。
- ρ 例えば、自動車のブレーキを考えてみる。ブレーキを踏めばその分燃料が余計に必要になるが、ブレーキを使うことを躊躇するドライバーはいない。
それは
自動車の目的は安全かつ十分速く目的地に移動することです。
ブレーキを使うことで、
安全にカーブを曲がること、安全な時にスピードを出すことができ、
その結果早く目的地に着くことができる。
こうして目的が達成されるので「ブレーキを使うと燃料が余計に必要でCO2がその分余計に排出される」という人はいない。
- ρ 再エネの出力制御は、さまざまな不確実性と様々な需給調整の可能性の中で、それがどれだけ必要かを見極められるシステム運用の中で行うことが必要。
- ρ 電力システムの安定性、経済性はシステム全体の視点で判断する必要があり、その意思決定には再生可能エネルギーの不確実性の考慮と、調整力(柔軟性)の機能と量などの条件で異なる。
(例えば、すべての需給設備をリアルタイムで制御できれば、理屈の上ではギリギリまで待って最小限の制御のみで充分)

出力制御の実現の鍵(ビジネス、制度)

- ρ 出力制御が必要であるということは、それを実施することが、電力システム全体の安定性、経済性の維持向上に有効であるということ。
つまり社会全体にとっての停電のリスクが下がり、全体の費用が下がるということ。
- ρ しかし、例えば、固定価格買取制度のもとでは、発電電力量(余剰買い取りの場合は余剰電力量)に買いとり単価を乗じたものが買い取り額となるため、少しの量の抑制でも買い取り額の低下につながり、設備所有者のメリットとならず、受容性を妨げている。
- ρ また、出力制御があると、再生可能エネルギー事業の出資者のリスクが増すという意見が強く、リスクを定量的に把握できなければ、あるいはできたとしても出資判断に影響するのが現状。



- ρ 社会全体に良いことをすることが「規制で求められる」、あるいはそのことで「報われる」など、現行のビジネスの環境・条件、それらを規定する制度を継続的に改善することが必要。

出力制御の実現の鍵 (技術、設備形成)

- 出力制御を技術的に可能にするためには、a)個別の設備が出力制御機能を備えていること、b)出力制御に係る運用インフラが整備されていること、c)出力制御を含めたる電力システム運用、電力市場運営のシステムが整備されていることが必要。



- 「a)個別の設備への機能確保」のためには、実運用が始まる前に将来の必要性をみこんだ機能を確定した段階的導入が必要。
- 「b)運用インフラの整備」のためには、SCADA機能、保護機能など、より先行して導入される運用インフラの形成に取り込むことが重要。
但し、有効電力、無効電力の自律制御の場合、不要。
- 「c)実施のためのシステムの整備」に向けては、将来必要となる運用を解析・評価し、需要や出力の予測、負荷配分などのその他のシステムと統合したシステム設計、制御方式選択、パラメタ決定を順次先行的に行うことが重要。

制度の不完全性の認識が重要

- ρ IEAでは、2014.1月の GIVAR IIIによる「The Power of Transformation」の2年後の、2016.1に「[Re-powering Markets](#)」を発刊した。
- ρ 「Re-powering Markets」は、低炭素電力への移行にかかわる今世紀の諸課題に対応するための、新しい電力市場設計のベストプラクティスを紹介し、電力市場を再設計するための効果的かつ効率的な方法論を述べている。
- ρ 「Re-powering Markets」は、[2017.3にNEDOによる邦訳が公開された](#)。



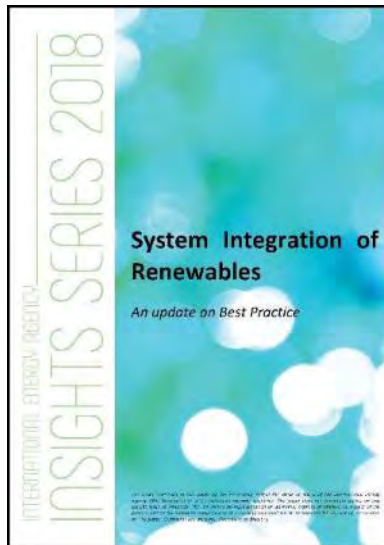
[IEA: Re-powering Markets](#)



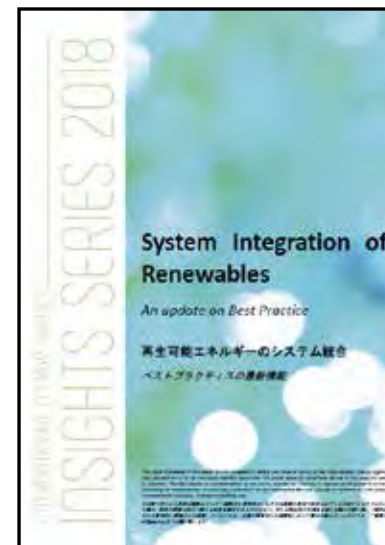
[NEDOによる邦訳](#)

海外の良い面、悪い目を理解し取り込むことが重要

- ρ IEAでは、2018.1にそれまでの複数のレポートを 抜粋して「[System Integration of Renewables](#)」を発刊した。
- ρ 「System Integration of Renewables」は、太陽光発電及び風力発電導入時のシステム統合について、その導入段階ごとに発生する課題への対応とそのための制度設計のベストプラクティスを紹介している。
- ρ 「System Integration of Renewables」は、[2018.6にNEDOから邦訳](#)が公開された。
- ρ 海外は技術ばかりではなく制度設計を含めた試行錯誤の中で将来を模索している。



[IEA: System Integration of Renewables](#)

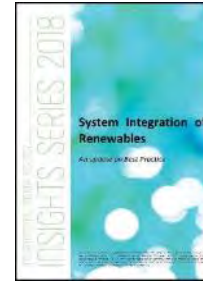
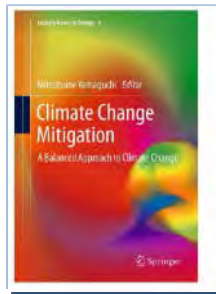


[NEDOから公開の邦訳](#)

ご清聴ありがとうございました

東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター
荻本研究室ホームページ

<http://www.ogimotolab.iis.u-tokyo.ac.jp/>



Nipponn.comで「日本の長期電力需給の可能性とエネルギーインテグレーション」を日英で公開中です。
<http://nipponn.com/ja/in-depth/a00302/>

「シナリオ選択のインパクト」を、2012年 Springer 発刊の “Climate Change Mitigation” とその和訳である 2013.4 丸善 発刊の「実現可能な気候変動対策」に掲載しました。
<http://www.springer.com/us/book/9781447142270>

「出力が変動する再生可能エネルギー発電の大量導入と電力システムの進化 (1) (3)」を、原子力学会誌 ATOMO 2014 年 1, 2, 5 月号に連載しました。
<http://www.aesj.or.jp/atomos/tac/hiyomi/mihon.ht>

IEA “The Power of Transformation” を監訳し、NEDO より公開しました。
http://www.nedo.go.jp/library/denryoku_henkaku.html

IEA PVPS の報告書 “Power System Operation and Augmentation Planning with PV Integration” をまとめました
<http://www.iea.org/pvps/index.php?id=322>

IEA “Re-powering Markets” を翻訳し、NEDO より公開しました。
http://www.nedo.go.jp/library/repowering_markets.html

IEA “System Integration of Renewables” を翻訳し、NEDO より公開しました。
http://www.nedo.go.jp/library/repowering_markets.html