

電力システムの低炭素化を目指して —変動電源連系と系統柔軟性—

浅野 浩志

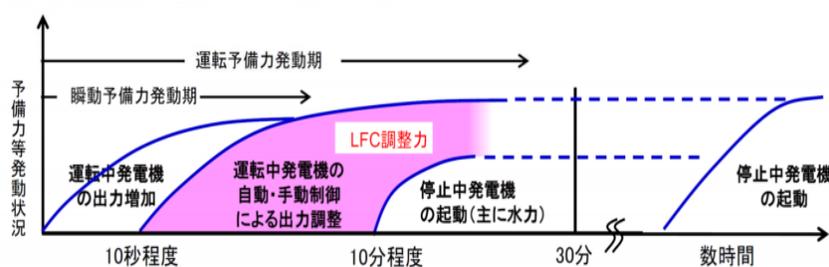
電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 研究参事
東京大学大学院 客員教授
東京工業大学 特任教授

2017年12月12日

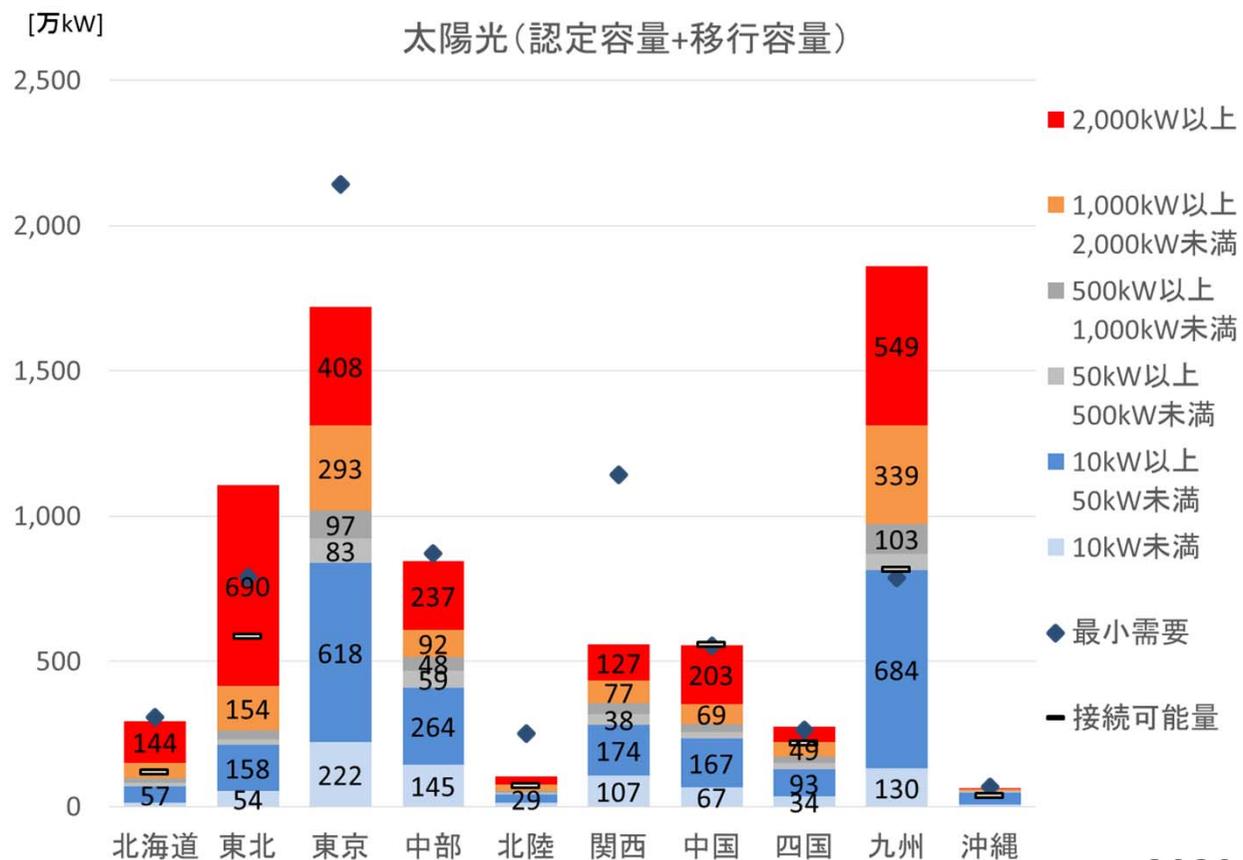
低炭素社会戦略センターシンポジウム「低炭素社会実現に向けた道筋」
パネル「エネルギーシステムの低炭素化に向けた課題とイノベーション」

- PV系統連系の技術課題：安価な柔軟性が必要
- 低炭素技術の研究開発：VPP
- 技術革新と連動した制度設計の重要性

【運転予備力、LFC調整力の応動イメージ】



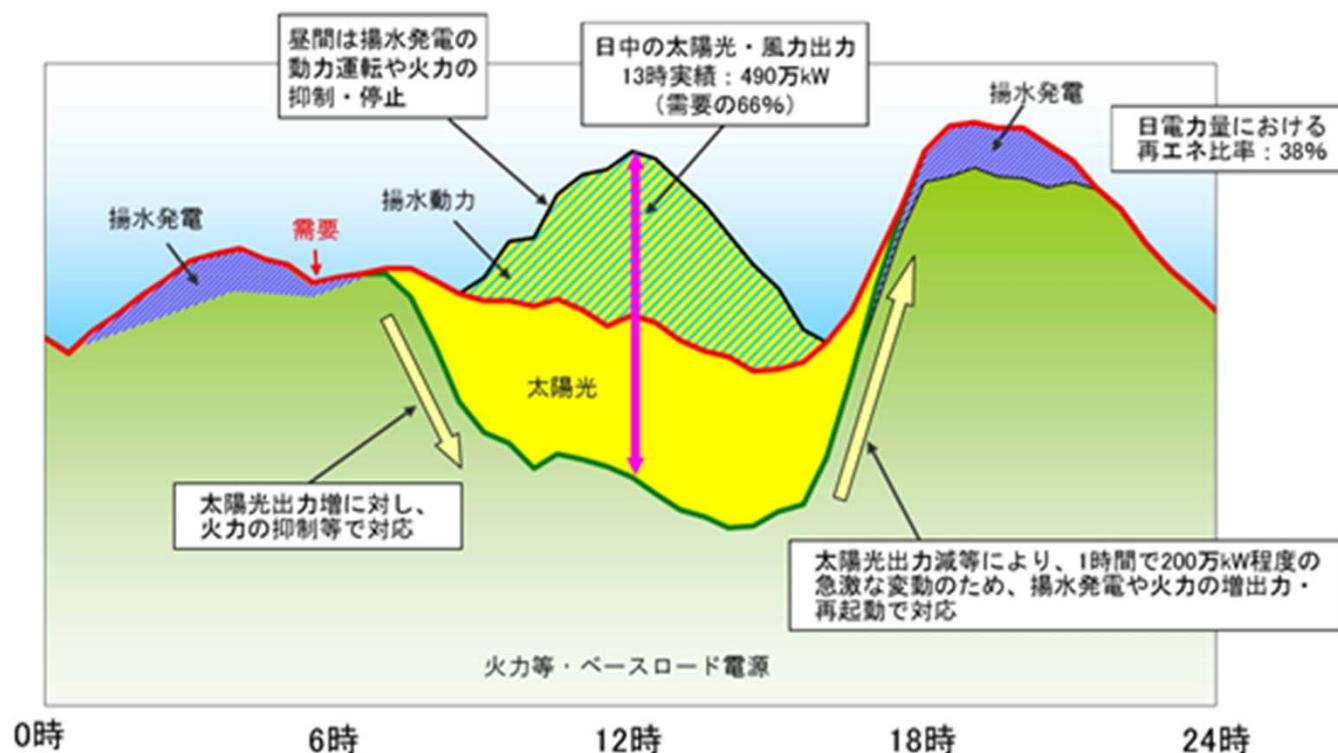
FIT認定設備容量（2014年10月） 九州での連系が最も厳しい



2030年エネルギー需給見通し目標
PV: 64GW
WT: 11GW

九州電力のダックカーブ (2016年5月4日)

火力の起動停止が増加、火力の持ち替え、燃料費増、CO2増、ランプ対応



- 6.4 GW PV連系
- 2017年4月23日、PV出力は、需要の76 %
- PVの最大予測誤差は2 GWに達する→火力を待機

出所: 九州電力2016年7月21日プレスリリース

太陽光発電（P V）固有の発電特性に起因する課題と対策案

- 気象依存型の電源：出力が気象条件にリアルタイムに依存するため、出力が変動し、予測が難しいこと。
 - 必要な調整力を増やす
 - 予測精度の向上により必要な調整力を抑制すること
 - 一方、従来の調整電源である火力機は市場から退出する（限界費用の低いPVが主となるため）
- 分散設置された需要家の(behind-the-meter)電源：従来は基本的に電源がなかった配電系統に、単体としては小規模ながら広く分散して大量に導入される電源であること。
 - 出力の把握が困難
 - AMI（スマートメーターインフラ）等ICTを活用
 - 出力抑制機能などローカルな制御
- インバータ型の電源：特に慣性を有しないことから、系統事故時等、緊急時の応動が従来の系統電源とは異なること。
 - 系統監視制御機能の高度化
 - スマート機器による周波数維持機能
 - 模擬的な慣性力(Virtual Synchronous Generator,パワエレ技術)

系統柔軟性

- ◆ system flexibility : 需給調整能力
- ◆ 給電指令困難な電源（変動電源、PV,風力）の割合が増える中、出力予測外れに対応して、より多くの柔軟性を確保する必要がある
- ◆ 供給側対策：柔軟な火力の開発・導入。
 - 高速ランピングレート（出力変化率）：従来の火力発電機の出力変化率能力（上げ、下げ方向）を向上させる必要がある
 - 起動停止時間の短縮：主力電源である大規模火力発電所は、長時間の準備時間（事前通告）が必要である。
 - 最低負荷制約(turn down)：複合サイクルガス火力など50%までしか最低出力を落とせないなど、柔軟性が不十分である。
- ◆ 現状の電力市場では、頻繁な起動停止や急速な出力変化などプラントの疲労劣化を招くような運転方法に経済的インセンティブは与えられていない。
- ◆ 需給調整力市場で合理的な価格水準が与えられないと、火力発電機による柔軟性供給が進まない恐れがある。

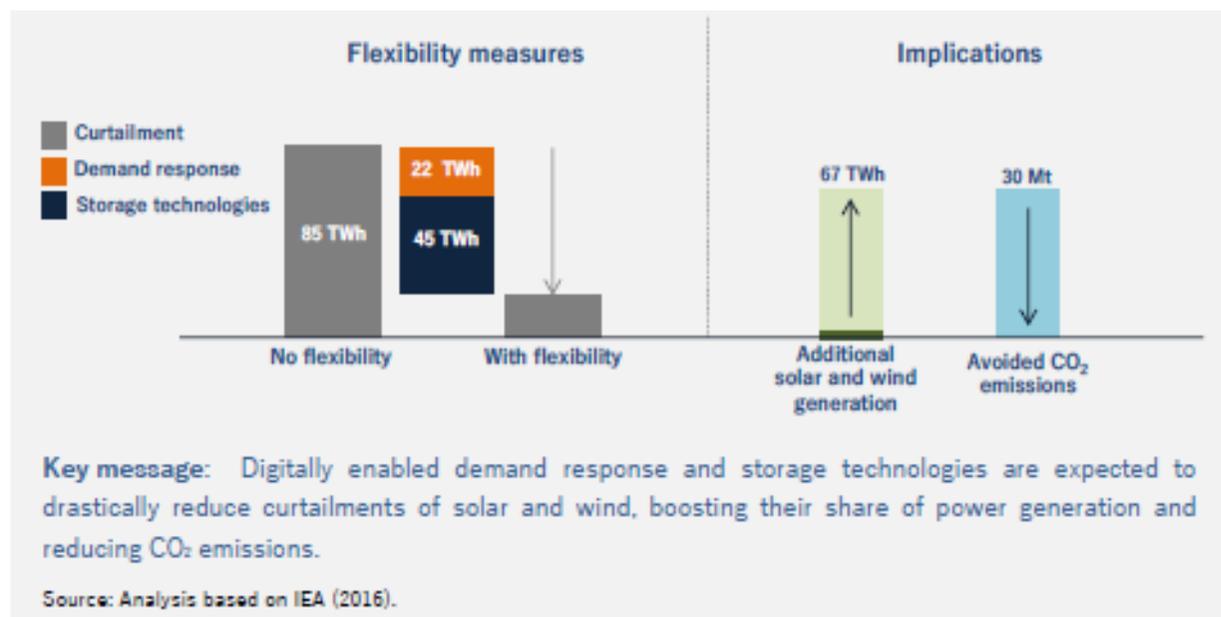
柔軟性の供給源

- ◆ 変動電源の出力抑制を最小化するため、より多くの柔軟性を安価に調達すること
- ◆ 多様な資源
 - 揚水
 - 柔軟な火力機
 - エリア間連系
 - 蓄エネルギー：蓄電池、蓄熱、水素貯蔵、etc
 - 需要側資源（分散型資源）
- ◆ 資源の要件
 - 反応時間（分オーダー）
 - 継続時間（時間オーダー）
 - 追従可能な最大ランピング率(MW/s)
- ◆ 予測バランスング確保にはエネルギー市場（将来は容量市場も）を活用

変動電源出力抑制回避の柔軟性

デマンドレスポンス（需要側資源）とエネルギー貯蔵により再生可能エネルギー電力を増やし、CO2排出を削減できる（欧州、2040年の例、570GW変動電源）

- 変動電源シェアは36%
- DRとエネルギー貯蔵なしの抑制率は7%

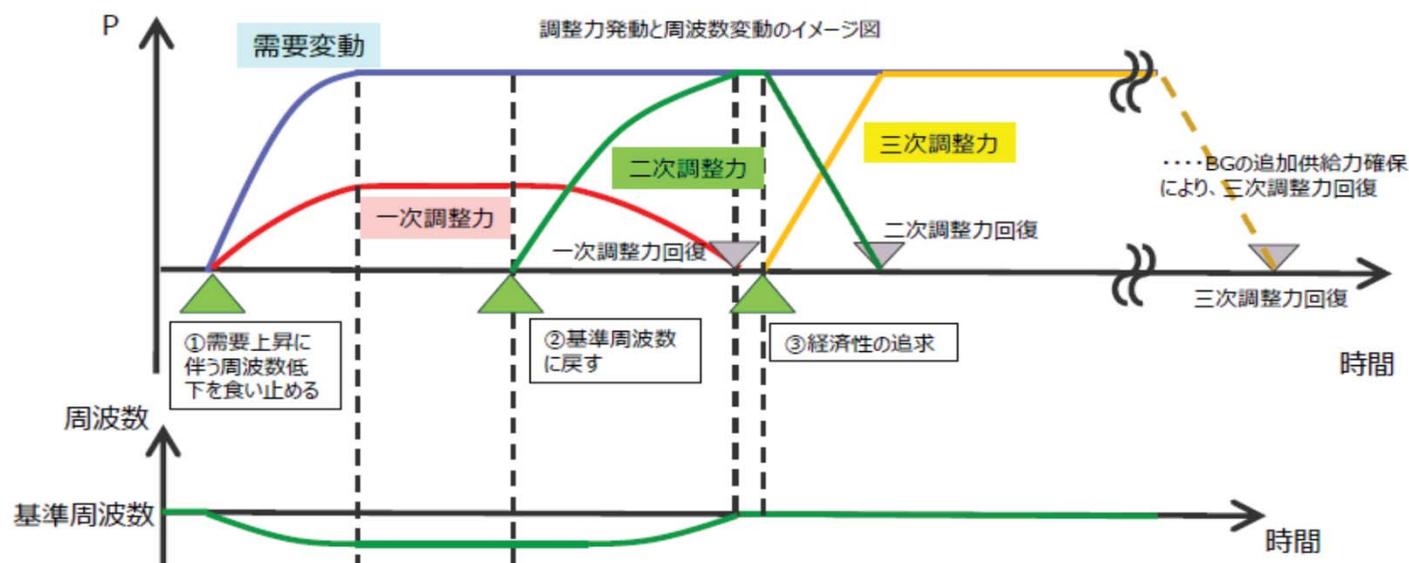


Source: Digitalization and Energy, IEA,2017

3種類の調整力（価値：反応力、調整幅）

一般送配電事業者が確保すべき調整力は、2017年度分以降、原則公募で調達

2020年から市場調達へ



出所：電力広域的運営推進機関、第3回 調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会（平成29年5月）

変動電源増による調整力不足をVPPがサポート

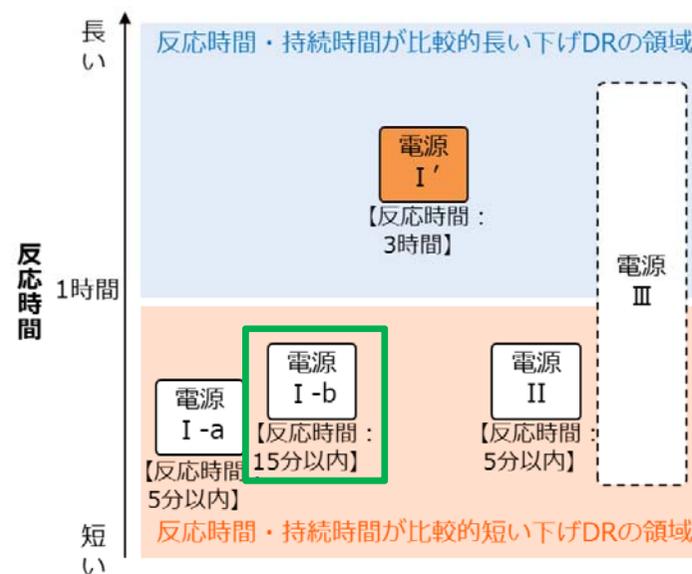
- VPPは、電源 I' や電源 I bとしての活用が期待される。

調整力の分類

電源名	類型の定義
電源 I	一般送配電事業者があらかじめ確保する調整力
電源 I-a	周波数制御・需給バランス調整に活用できる電源等（周波数調整機能を有する電源等）
電源 I-b	需給バランス調整に活用できる電源等（周波数調整機能を有しない）
電源 I'	主に猛暑時等需給逼迫時に需給バランス調整に活用できる電源等（周波数調整機能を有しない）
電源 II	一般送配電事業者からオンラインでの調整ができる電源
電源 III	一般送配電事業者からオンラインでの調整ができない電源

主に下げDRの活用が期待される領域

調整力用電源の分類の反応時間（目安）



出典：「デマンドリスポンス（ネガワット取引）ハンドブック」

電力システム改革とVPP推進

- ◆ 国は長期エネルギーミックスにおいて再生可能エネルギーの最大限の活用を目指して、系統制約の克服を政策課題にしている
 - 出力制御ルールの在り方、調整力確保とそのコスト回収、託送コスト回収の在り方等
- ◆ 需要家リソースの活用を進めている：エネルギーリソースアグリゲーション検討会
 - 新産業創出
- ◆ ネガワット取引市場の創設（2017年4月）
- ◆ 需給調整市場の創設（2020年4月）
- ◆ 実証事業結果に基づく、制度設計の具体的な提案が必要
- ◆ 実効的な制度設計とそれにもとづくVPPサービス事業モデルの確立

→PVの出力抑制を最小化する技術と制度の革新が必要

文献

- 日本におけるデマンドレスポンス研究の最前線、電力経済研究、No.62,2015年11月
- 米国におけるアンシラリーサービス供給のための需要側資源の活用動向、電力中央研究所報告Y14011、2015年4月
- 浅野浩志、デマンドレスポンスによる需給安定化、電気学会誌、Vol.132, No.10, 2012年10月、pp.688-691
- 浅野浩志、電力システム運用における需要側資源の活用、電気学会誌、135巻、11号、2015年11月
- 浅野浩志、電力システムの柔軟性（調整力）と需要側資源、エネルギーと動力、2016年春季号、No.286,2016
- 浅野浩志、分散型エネルギー資源の統合制御と需給調整市場、PVTECニュース 77号、2017年11月
- 菊池広典、浅野浩志、坂東茂、再生可能エネルギー電源大量連系時の業務用空調機電力制御による負荷周波数制御、電気学会論文誌, Vol.135-B, No.4, pp.233-240,2015
- 橋本有史、浅野浩志、坂東茂、変動電源大量連系時の系統柔軟性予備力の評価、第31回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、2015年1月
- 西條豪、浅野浩志、坂東茂、風力発電連系時のPHEV充電制御による予備力供給、第32回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、2016年2月
- 藤原啓資、浅野浩志、坂東茂、系統大における家庭用エアコンの有する電力需給調整ポテンシャルの評価、エネルギー・資源、Vo1.38, No.2, 2017年3月
- 高木健太郎、浅野浩志、坂東茂、太陽光発電の大量連系を考慮した業務用空調機制御による系統調整力の経済性評価,電気学会論文誌B,Vol.137, No.10,2017