

東京大学生産技術研究所 荻本和彦

エネルギーシステムの変革のもとでの科学技術、イノベ政策、技術開発戦略**1 背景**

進行中のエネルギーシステム（システム・オブ・システム）の 3E+S の展開においては、世界共通の状況として、産業革命以来の化石燃料主導+エジソンによる電気事業以来の大規模電源主導のエネルギーシステムの大きな変革が進みつつある

- ⇒再エネ導入による発電電力の変動性と不確実性の克服とそのため「無数の」分散資源の導入
- ⇒エネルギー（特に電力）の価値の、エネルギー量 (Joule, kWh) から調整力へのシフト
- ⇒新たな価値である調整力を経済的、安定的に確保し使用する、システム構成と運用の再設計

**2 エネルギー分野の競争力強化のポイント（付記した例は、バッテリーの場合）**

構造が変わり、価値がシフトする中、従来の Value Chain の理解では、技術の開発と導入普及望み薄。

⇒価値（何等かの技術を投入した時の、費用の低減、効用の増加）の定量評価（Integration Study\*）

→例えばバッテリーは電気が安い時間に充電して高い時間に放電するだけか？

- ・エネルギーの使用の効率化（例：安いときに充電し、高いときに放電）
- ・接続される配電網の電圧制御、過負荷回避（例：インバータを使った有効/無効電力制御）
- ・エリア全体での様々な時間領域での需給調整（例：瞬時からエネルギー市場取引まで）

⇒定量評価に基づく、各技術の仕様の適正化

→エネルギーシステムに対してどういう機能を実現するのか？

- ・設備としての基本性能（例：設置スペース、損失、寿命、価格、構成）
- ・新たな小売り料金への対応（例：価格信号への応答）
- ・自端情報に基づく自律制御（例：周波数上昇に対する有効電力制御）
- ・遠隔からの集中制御への対応（例：電力システム全体での負荷周波数制御への参加）
- ・アグリゲーションへの参加による更なる付加価値（例：アグリゲータによる管理）

⇒個別システムの競争と分担とシステム設計

→個別システムの競合の分析と使用へのフィードバック、選択（Integration Study\*）

⇒技術開発戦略、製品開発戦略、導入戦略（基本計画、Roadmap ほか）

注：\*Integration Study とは、エネルギーシステムの統合的・定量的検討（添付資料参照）

**3. 市場化、自由化のもとでの競争力強化を牽引する市場と規制の仕組みの整備**

各ビジネス主体の取り組みは短期化のもとで、

政策決定、規制機関は将来のニーズを見越した、市場と規制の整備の責を負う。

- ⇒アンシラリーを含めた市場整備
- ⇒系統連系要件を含めた基準、標準の策定
- ⇒電力システム/エネルギーシステム運用のリアルタイム化（電源、送配電、ネットワーク）

**添付資料：定量分析評価のための統合システム技術****参考：海外の再生可能エネルギー大量導入の対応の経験からの示唆**

再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第3回）資料3 荻本委員提出資料：  
IEA Insight Series 2018, System Integration of Renewables An update on Best Practice（2018.2）

# エネルギーシステムの最適化について

～将来のエネルギーシステムの統合的・定量的検討～

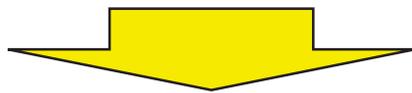
2018年2月

東京大学 生産技術研究所  
荻本和彦

1. システム・オブ・システムズ
2. 電力需給解析・インテグレーションスタディとは
3. 電力需給解析・インテグレーションスタディの状況
4. 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例

# 背景：エネルギー・電力システムを取り巻く環境の変化

- **変動性再生可能エネルギーの導入拡大に伴う電力系統上の諸問題発生**
  - 余剰電力発生、周波数調整不足ダックカーブ問題(朝夕の「みかけ需要」急激な変動)、慣性力低下、配電系統圧・潮流複雑化 等
- **電力システム改革に伴うプレイヤー増加と新たな取引市場創設**
  - 垂直統合型電力事業が3レイヤー(発・送配電・小売)に分割され、様々なプレイヤーが参入
  - 新たな電力取引市場の創設(調整、ベースロード源容量等、容量市場等)
- **需要家側の新技術・機器が電力需給バランスに与える影響増大**
  - 太陽光発電(PV)、電気自動車(EV)、電力貯蔵システム(バッテリー含む)の機器
  - デマンドリスポンス(DR)、バーチャルパワープラント(VPP)等の新技術



## 「超分散エネルギーシステム」※時代到来

※需要家側に小規模で多種多様な機器・技術が偏在を伴って広域分散配置され、既存電力システム(大規模集中型電源や送配電網等)と共存するエネルギーシステム

課題： 将来のエネルギーシステムに関して不確実な要素が多く、種々の意思決定が困難である。

対策： 将来のエネルギーシステムの統合的・定量的検討

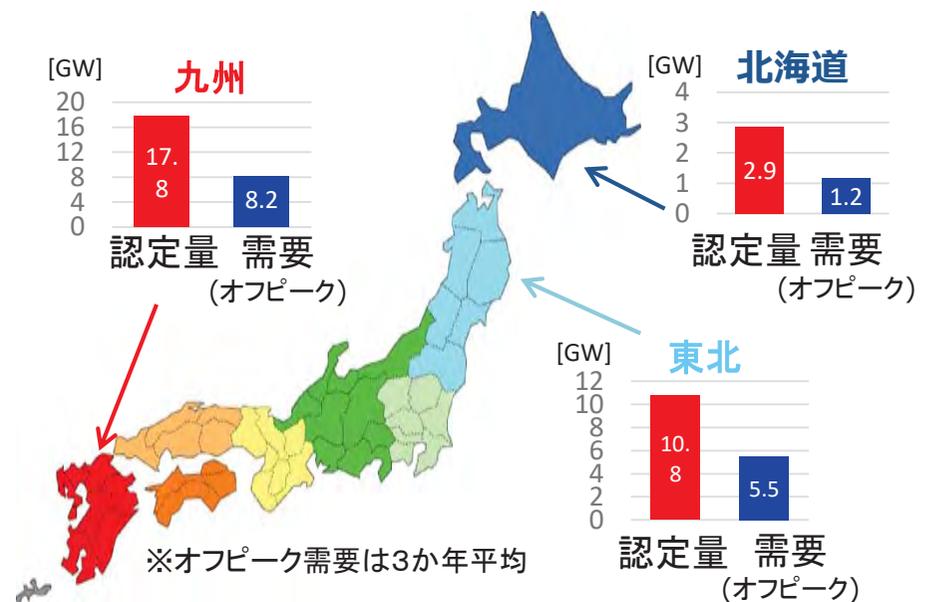


図 再エネ認定量の状況

# 将来のエネルギーシステムの定量的検討: 課題

■ 課題: 将来のエネルギーシステムに関して不確実な要素が多く、種々の意思決定が困難

— 不確実要素

- 電源構成
- 再エネ導入量・需要推移
- 需要家側新技術・機器の普及・活用動向
- 電力取引市場整備状況 等



図 エネルギーシステムの構成要素

出典: 東京大学 荻本和彦研究室

# 将来のエネルギーシステムの定量的検討: 対策・効果

## ■ 対策: 将来のエネルギーシステムの定量的検討

### ① 将来のエネルギーシステムに関するシナリオ作成

- 再生可能エネルギー導入や需要家側新技術・機器(電力貯蔵システムやEV、DR等)類普及等に関する将来シナリオを検討。

### ② エネルギーシステムの統合的・定量的検討

- 再生可能エネルギーや新技術・機器をエネルギーシステムに統合した際の経済性や環境性、供給安定性等の統合分析・評価。

## ■ 効果:

- 将来シナリオに沿って、経済性・環境性を定量的に考慮することで、**エネルギーシステムの将来課題を把握し、先取り対応することが可能となる。**また、再エネや需要家側新技術・機器等の仕様検討、最適導入計画策定等の意思決定に活用することができる。

変動性の再エネ電源導入拡大によって生じる電力需給上の問題への対策

対策メニュー システム統合技術	対策メニュー 個別技術	大規模 発電側	分散型 電源側	送電・ 配電側	需要側
エネルギーシステム の定量的検討	集中電源の調整能力向上	✓			
	再エネの出力予測精度向上	✓	✓		
	需要応答 (DR)				✓
	電力貯蔵システムによる需給調整	✓	✓	✓	✓
	再エネ発電の出力制御(抑制)	✓	✓		
	広域需給運用				✓

# 将来のエネルギーシステムの定量的検討: 目的・用途

- 数年～数十年先の将来に関する定量的議論に基づく意思決定に活用  
 ※電力系統・送配電運用者(ISO, TSO/DSO)等の日々の電力需給運用への活用は対象外

目的	ユーザ例	用途(意思決定)	複数の目的関数
設備計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電事業者</li> <li>・ 送配電事業者</li> <li>・ 広域機関</li> <li>・ 自治体等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術の価値評価・比較</li> <li>・ 設備計画の策定</li> <li>・ コミュニティ検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料費最小化</li> <li>・ 電気料金最小化</li> <li>・ CO<sub>2</sub>排出量最小化</li> <li>・ 設備コスト最小化等</li> </ul> <p>※目的に応じて設定</p>
研究企画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メーカー (電力貯蔵システム、EV、次世代火力、揚水発電等)</li> <li>・ サービスプロバイダ (エネルギーマネジメント、DR等)</li> <li>・ 発電事業者</li> <li>・ NEDO等のファンディング機関</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術の価値評価・比較</li> <li>・ 研究開発分野の選定</li> <li>・ 標準化対象の選定</li> </ul>	
事業企画 (ビジネスモデル)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メーカー</li> <li>・ サービスプロバイダ</li> <li>・ 発電事業者</li> <li>・ 金融機関</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ビジネスモデル検討</li> <li>・ 開発機器仕様検討</li> <li>・ サービス設計支援</li> <li>・ 事業成立性検討</li> </ul>	
政策立案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政策立案</li> <li>・ 政策立案者への情報提供者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政策立案</li> <li>・ 制度設計</li> <li>・ 市場設計</li> </ul>	

# 将来のエネルギーシステムの定量的検討：研究開発要素

## ■ 研究開発要素

### － システム全体の統合的解析手法の確立

- ・ 発電電、配電、需要のそれぞれの制約を考慮したシステム全体の統合的解析

### － 新たな要素のモデリングと解析対象としての組み込み（スマコミ実証事業等の知見も活用）

- ・ 膨大にある小規模な需要家の挙動（需要家側機器・新技術）
- ・ 再エネの発電出力予測

## ■ 想定実施者

- － 大学、電力会社、研究機関（電中研、産総研等）、アグリゲータ、メーカ（電力貯蔵システム、ヒートポンプ等）、コンサル、システムベンダー・IT企業等

### 従来の解析

発電電

配電

需要

### 今後のあるべき解析

発電電

配電

需要②

①

現状・課題

- ①目的に応じて発電電、配電、需要の各領域毎に解析。システム全体を統合的に解析できない。
- ②システム全体の解析を目的とした需要家や再エネのモデルが無い。自家発電が考慮されておらず、システムにおけるDRの価値を評価できない。

対応

- ①発電電、配電、需要のそれぞれの制約を考慮し、システム全体を統合的に解析する。
- ②膨大にある小規模な需要家や工場等の自家発電の挙動、再エネの発電出力予測をモデリングし、解析対象として組み込む。

図 電力システム解析の現状・課題・対応 出典：NEDO技術戦略研究センター作成(2016)

エネルギーシステム全体(システム・オブ・システムズ)として環境目標を最も経済的に達成するため、最終的には、電力にガス、水素、熱等を含めたエネルギーシステム全体解析への拡張が必要

# エネルギーシステム = システム・オブ・システムズ

- 二次エネルギーの観点では、エネルギーシステムは**電力・都市ガス・水素・熱等の各システム**から構成される。さらに、各システムは**生成、輸送・貯蔵、利用のサブシステム**とその**要素（機器・技術）**から構成される。（**システム・オブ・システムズ**）
- **各システム・サブシステム内およびシステム間には様々な関係性（競合・補完・連携等）・制約がある。**  
 （例）電力システムの制約： 発電特性、系統電圧・周波数、送配電容量、需要特性等
- **環境目標を最も経済的に達成するためには、各システムの構成（機器仕様、最適配置等）や運用・制御方法について、各種関係性・制約を考慮し、システム全体を統合的に検討する必要がある。**

	生成(創エネ)	輸送・貯蔵(送・蓄エネ)	利用(省エネ)
電力	大規模発電 火力・水力・原子力 分散型電源 再エネ・GT・FC	送電・変電・配電 電力貯蔵	動力 照明 EV 給湯 空調
都市ガス	LNG輸入	ガス導管・配管 ガスタンク	ガスタービン 燃料電池
水素	再エネ水電解 褐炭+CCS	各種水素キャリア 液体水素・MCH・アンモニア等	FCV 水素タービン
熱	ボイラー コージェネ 再エネ熱	熱配管 蓄熱 地域熱利用	産業プロセス 空調

図 エネルギーシステム全体イメージ

余白

1. システム・オブ・システムズ
2. 電力需給解析・インテグレーションスタディとは
3. 電力需給解析・インテグレーションスタディの状況
4. 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例
5. 技術の課題・技術開発の進め方(たたき台)

# 電力需給解析・インテグレーションスタディとは

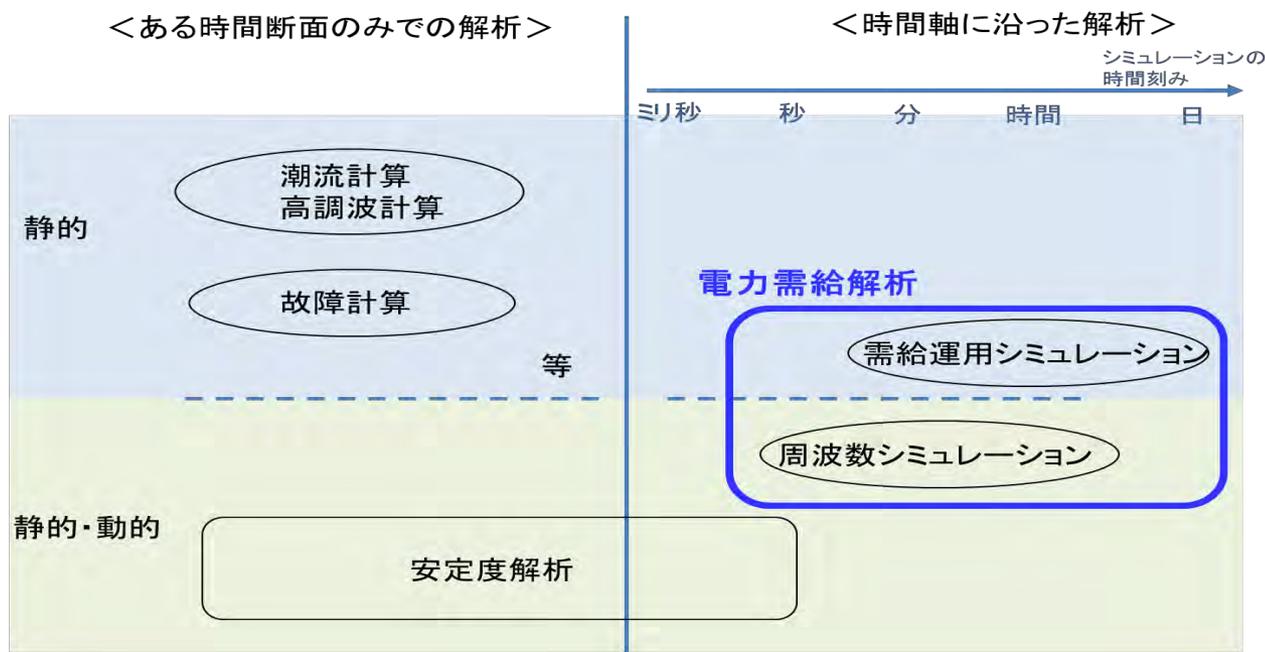
## ■ 電力需給解析

- 電力の安定供給に必要な需要(消費)と供給(発電)のバランス等について、目的に応じて、様々な条件・制約(需要・発電の特性、送配電線容量等)・時間軸(リアルタイム～数十年先)のもとで解析を行うこと。

## ■ インテグレーションスタディ

- 再生可能エネルギーや新技術(電力貯蔵システムやEV、DR等)をエネルギーシステムに統合した際の経済性や供給安定性等を統合分析・評価すること。  
インテグレーションスタディを行うためのツールのひとつに電力需給解析がある。

電力系統解析技術の体系の例



# 電力需給解析・インテグレーションスタディの活用例

## ■ 政策立案・制度設計支援

- － 技術導入の際の影響を評価

## ■ 設備形成検討

- － 各種技術の特徴(性能やコスト、設置制約等)を考慮した設備形成を検討

## ■ システム最適運用検討

- － 燃料費低減やCO<sub>2</sub>排出量低減などの目的に応じたシステム最適運用方法を検討

## ■ 技術の価値評価

- － 研究開発投資分野の選定のため技術の価値を評価

## ■ 機器仕様検討

- － 機器に求められる性能・仕様を検討

## ■ ロードマップ作成

- － 将来シナリオに沿って必要となる技術スペックを特定

## ■ 課題抽出

- － 産業競争力強化の観点から、世界展開を視野に入れて、先取りで各種需要家機器に関する課題を抽出
  - ⇒ 技術開発及び標準化への反映で先行

# 解析・評価の具体例

## サービスプロバイダー（DRアグリゲータ等）

### ■ DRの価値評価

- 電力需給調整にDRを活用するに当たり、DRの必要スペック（応答時間、電力変化幅、持続時間、総容量等）を求め、適用する業種、機器等の選定に活用する。
- 従来、電気料金の安い夜間に操業していた電炉などの電力多消費型産業について、再エネの導入が拡大し、昼間に余剰電力が発生する状況になった場合の、操業形態の見直し等に活用できる。

## メーカー（電力貯蔵システム）

### ■ 電力貯蔵システムの費用対効果評価

- 様々な方式の電力貯蔵システムの価値を定量的に評価・比較することで自社製品の導入効果を説明できる。
- 例えば、2013年、CPUC（カリフォルニア州公益事業委員会）が、州内の大手民間電力会社3社に対して、2020年までに3社計1.325GWの系統用蓄電システム導入量目標を設定（カリフォルニア州法AB2514（2010年）に基づく）。AB2514においては、蓄電リソースの費用対効果を如何に担保するかが検討項目であり、入札において、競合する様々な蓄電技術と比較するための、LCBF（Least-Cost Best Fit）に関する資料・データの提出が必要。

## 電力会社（発電事業者）

### ■ 揚水発電の価値評価

- 従来、揚水発電は夜間の安価な電力を用いて揚水運転（充電）を行い、電力需要の多い昼間に発電運転（放電）を行う経済運用を行っていた。（揚水発電の充放電効率：約70%）
- 2011年の震災以降、原子力発電の減少と再エネの急増等により電力需給形態が変化し、経済運用ではなく、昼間の再エネ余剰電力対応等に用いられるなど、運用方法に変化がみられる。
- 揚水発電は、現在のエネルギー市場では評価が低いですが、他の競合する電力貯蔵技術に比べて膨大な量のエネルギーを貯蔵可能な特徴を有しており、電力システムにおける揚水ならではの価値（周波数調整力、ランプ変動対応力等）を定量的に評価し、再エネが大量導入される将来に備えて維持する必要性を示す必要がある。

1. システム・オブ・システムズ
2. 電力需給解析・インテグレーションスタディとは
3. **電力需給解析・インテグレーションスタディの状況**
4. 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例

# インテグレーションスタディに関する国内外の状況(1/3)

Integration Study文献の概要						手法など			
#	タイトル	実施機関	発表年度	対象地域	対象年度	主な分析内容	利用手法	評価方法	使用ツール
1	Western Wind and Solar Integration Study (WWSIS)	NREL, GE	2010	US Western Int.	2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な調整力の分析</li> <li>頻繁な起動停止に関する分析</li> <li>アデカシーの分析</li> <li>送電線負荷の定量把握</li> <li>発電コストの定量把握</li> <li>CO2等排出量の定量把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> <li>モンテカルロシミュレーション</li> </ul>	電力不足発生時間 (LOLE)	MAPS, MARS
2	Western Wind and Solar Integration Study II	NREL, GE	2013	US Western Int.	2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電機消耗コストの定量把握</li> <li>CyclingによるCO2等排出量の定量把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		PLEXOS
3	Western Wind and Solar Integration Study III	NREL, GE	2014	US Western Int.	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数応答の影響</li> <li>過度安定度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		PLEXOS
4	Western Wind and Solar Integration Study IIIa	NREL, GE	2015	US Western Int.	-				PSLF
5	Demand Response and Energy Storage Integration Study	DOE	2016	米西部	2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー貯蔵の運用価値の評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		PSLF
6	TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE EUROPEAN ELECTRICITY SYSTEM WITH 60% RES	EDF	2015	フランス	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な調整力の分析</li> <li>アデカシーの分析</li> <li>周波数応答の影響</li> <li>発電コストの定量把握</li> <li>再エネの市場価値の把握</li> <li>CO2等排出量の定量把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>モンテカルロシミュレーション</li> </ul>		CONTINENTAL
7	PJM Renewable Integration Study	GE	2014	US (PJM)	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な調整力の分析</li> <li>アデカシーの分析</li> <li>発電コストの定量把握</li> <li>CO2等排出量の定量把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>感度分析</li> </ul>		MAPS, PLOBE LT
8	Hawaii Solar Integration Study: Solar Modeling Developments and Study Results	NREL, GE	2012	US (ハワイ)		<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な調整力の分析</li> <li>周波数応答の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		MAPS

# インテグレーションスタディに関する国内外の状況(2/3)

#	Integration Study文献の概要					手法など			
	タイトル	実施機関	発表年度	対象地域	対象年度	主な分析内容	利用手法	評価方法	使用ツール
9	2016 WIND INTEGRATION STUDY	SPP	2015	US(南西部)		<ul style="list-style-type: none"> <li>送電線への負荷の影響</li> <li>周波数応答の影響</li> <li>電圧安定性の分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>送電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		DSA Tool, VSAT, Original tool
10	NSP Wind integration Study	EnerNex	2014	US(北部)	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電コストの定量把握</li> <li>風力抑制量の把握</li> <li>ランプ対応によるコストの影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> <li>負荷持続曲線</li> </ul>	シナリオ毎の発電コスト抑制率	PROMOD
11	Minnesota Renewable Energy Integration and Transmission Study	GE	2014	US(ミネソタ州)	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデカシーの分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		PLEXOS
12	Solar Impact on Grid Operations - An Initial Assessment	NYISO	2016	US(New York)	2019-2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデカシーの分析</li> <li>必要な調整力の分析</li> </ul>			-
13	ERCOT Analysis of the Impacts of the Clean Power Plan	ERCOT	2014	US(Texas)	2015-2029	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデカシーの分析</li> <li>エネルギーコストの影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> </ul>	シナリオ毎の燃料費、排出コスト、設備費	不明
14	WIND INTEGRATION STUDIES	IEA	2013	Europe	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデカシーの分析</li> <li>エネルギーコストの影響</li> <li>送電線負荷の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELCC法</li> <li>発電シミュレーション</li> <li>定常状態解析</li> <li>確率的手法</li> <li>動的安定性解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LOLP</li> <li>ELCC (Effective Load Carrying Capacity)</li> <li>発電コスト</li> </ul>	
15	The European Power System in 2030: Flexibility Challenges and Integration Benefits	Fraunhofer IWES	2015	Europe	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>アデカシーの分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> </ul>		不明
16	Low Carbon Grid Study: Analysis of a 50% Emission Reduction in California	NREL	2016	US (California)	2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギーコストの影響</li> <li>CO2等排出量の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電シミュレーション</li> <li>発電シミュレーション</li> </ul>	シナリオ毎の発電コスト シナリオ毎のCO2排出量	PLEXOS PLEXOS

# インテグレーションスタディに関する国内外の状況(3/3)

#	Integration Study文献の概要					手法など			
	タイトル	実施機関	発表年度	対象地域	対象年度	主な分析内容	利用手法	評価方法	使用ツール
17	Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart	NREL	2015	US (California)					
18	Eastern Renewable Generation Integration Study	NREL	2016	US		・運用における影響			PLEXOS ReEDS
19	エネルギー供給WG 現時点でのとりまとめ	環境省	2012	日本	2020, 2030, 2050	・再エネ導入に応じた電力系統の見通しの検討	・発電シミュレーション	再エネ出力抑制量	-
20	再生可能エネルギー接続可能量の算定結果について(総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会 系統ワーキンググループ)	経済産業省, 九州電力	2014. 10- 2015. 11	日本(九州)	2013	・再エネ接続可能量の算定	・負荷持続曲線	再エネ接続量の限界値	-
21	電力広域的運営推進機関(OCCTO) 広域系統整備委員会	OCCTO	2016	日本	2030	・広域メリットオーダーの算定	・発電シミュレーション		
21	電力広域的運営推進機関(OCCTO) 調整力及び需給バランス評価等に関する委員会	OCCTO	2016	日本(各エリア)	—	・必要供給予備力の検討		・LOLP ・LOLE ・EUE	

# 論文動向

- 電力需給解析に係る論文は、**米国が常に上位**
- 最近**DRの系統統合**に係る論文が多い
- 電源別では、**風力発電の系統への統合**に係る論文が多く、最近**太陽光発電**に係る論文も**増加傾向**

使用ツール Web of Science  
 トピック 電力需給解析: (integration study demand supply electricity) OR (demand supply "power grid") OR (demand supply "grid integration")  
 索引 SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI  
 対象期間 1980.1-2016.12

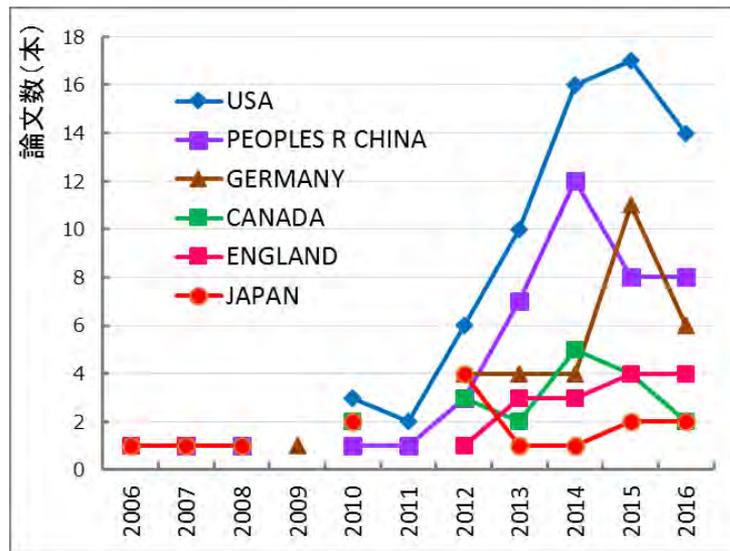


図 電力需給解析 論文数 年推移

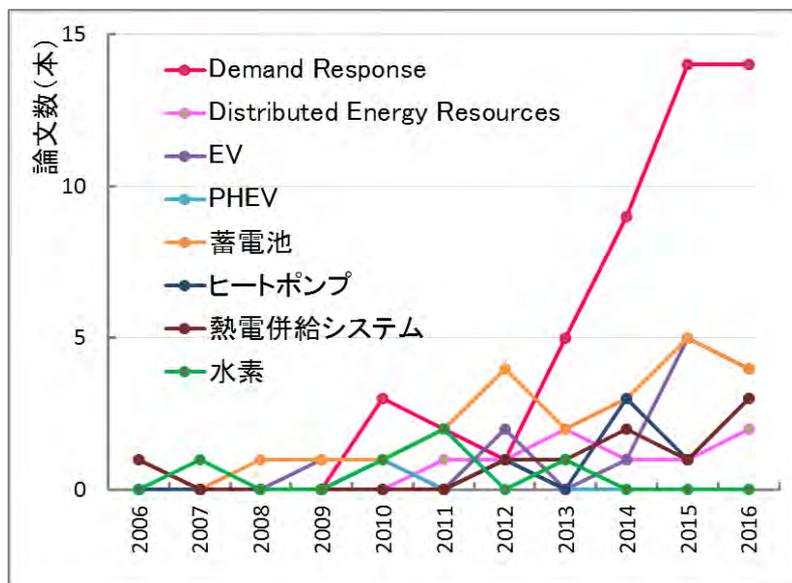


図 電力需給解析 対象技術別 論文数 年推移

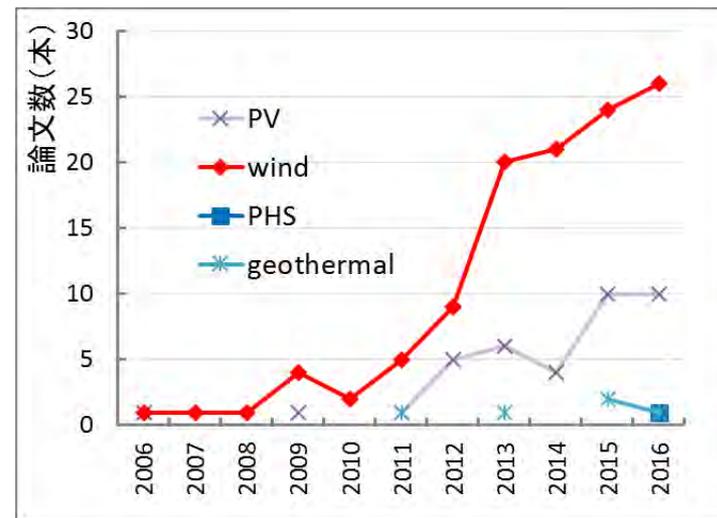


図 電力需給解析 電源別 論文数 年推移

出典: NEDO技術戦略研究センター作成(2016)

# 特許動向

- 電力需給解析に係る特許は、**中国企業の件数が最も多い**
- **米国が長期にわたり上位に位置し、最近では中国が追い上げている**
- **インターフェイスやプログラム制御を含めた需要応答に関連する特許件数が近年増加**
- **2009年以降EVや蓄電池の特許件数が増加**

使用ツール Thomson Innovation

使用DB DWPI and DPCI

対象レコード Thomson Innovation-DWPI、DPCIのファミリー・ベーシックのレコード  
(特許公報、公開公報)

対象期間 出願年: 2000年~2016年(調査実施日: 12月16日)

母集団 13,647 件

表 電力需給解析 特許譲受人/出願人 上位15件

譲受人/出願人	本社所在地	ドキュメント数
1 STATE GRID CORP CHINA	中国	960
2 IBM	米国	420
3 GEN ELECTRIC	米国	234
4 HITACHI LTD	日本	234
5 CHINA ELECTRIC POWER RES INST	中国	212
6 SIEMENS AG	独国	167
7 TOSHIBA KK	日本	128
8 JIANGSU ELECTRIC POWER CO	中国	114
9 PANASONIC CORP	日本	108
10 TOSHIBA CORP	日本	103
11 MITSUBISHI ELECTRIC CORP	日本	103
12 NEC CORP	日本	96
13 UNIV NORTH CHINA ELEC POWER	中国	80
14 FUJITSU LTD	日本	78
15 MICROSOFT CORP	米国	76

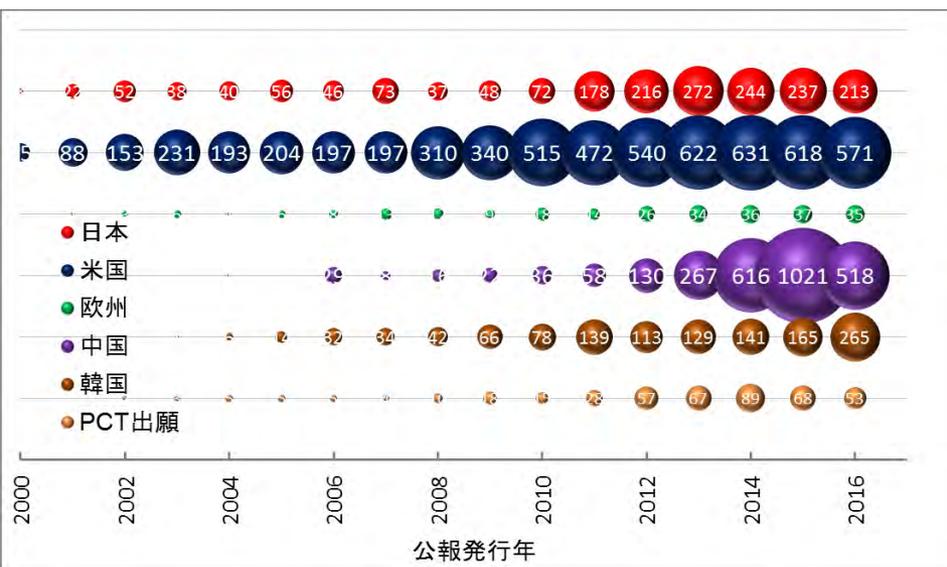


図 電力需給解析 公報ドキュメント数 年推移

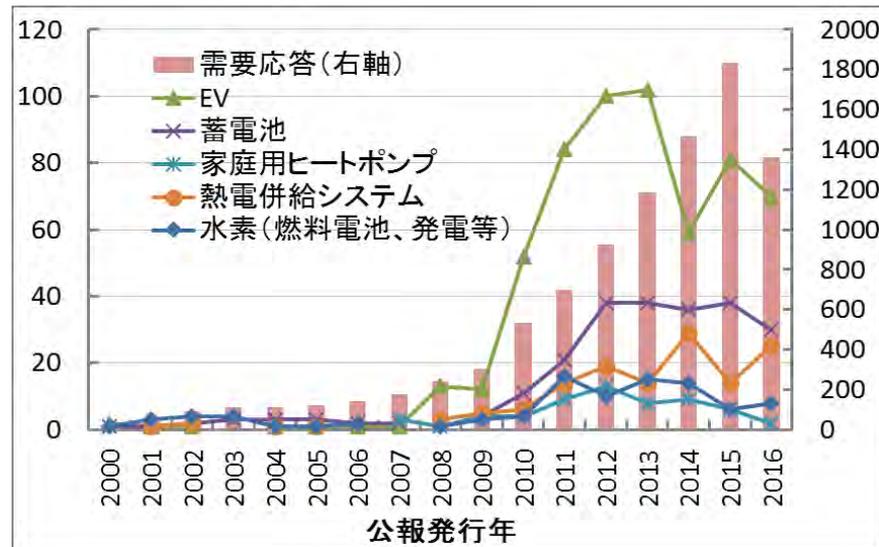


図 電力需給解析 各技術 公報ドキュメント数 年推移

出典: NEDO技術戦略研究センター作成(2016)

1. システム・オブ・システムズ
2. 電力需給解析・インテグレーションスタディとは
3. 電力需給解析・インテグレーションスタディの状況
4. 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例

# 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例：条件

- 2030年の日本の電力システムを対象に、エネルギー融通、需給調整力、再エネ出力抑制等を考慮して、**時間断面毎に燃料費最小で電力需給バランス維持が可能な発電ユニットを決定(最適化)**。

検討対象	エリア	日本全体 ※10のバランシングエリアから構成	
	年	2030年 ※1年間(=8,760時間)	
最適化指標	火力発電用燃料費の最小化		
入力データ・制約条件	発電	電源構成	長期エネルギー需給見通し(経済産業省、平成27年7月)
		PV・風力発電導入量	①PV: 64GW、風力:10GW (長期エネルギー需給見通し(経済産業省、平成27年7月)) ②PV: 103GW、風力:32GW (日本風力発電協会資料、(株)資源総合システム資料) ※①、②ともに地域偏在を考慮
		PV・風力発電出力予測精度	2013年度実績値 ※予測誤差をゼロと仮定
		燃料価格	原子力: コスト等検証委員会報告書(内閣官房、平成23年12月) 火力: 発電コスト検証WGの想定に基づき、IEA-WEO2014の新政策シナリオの見通しに対して、足元を2013年の日本CIF価格で補正
	送電	電力系統構成	エリア間の連系線容量のみを考慮(現在の連系線容量+広域機関の広域系統整備計画値) ※北海道-本州間: 900MW(現状+300MW)、50Hz-60Hzエリア間: 2,100MW(現状+900MW)
	需要	電力需要カーブ	各エリアの電力システムの2013年度毎時需要実績と年間需要電力量から想定(一部修正)
	調整力	広域連系線によるエネルギー融通可能量	広域機関等公表値
		LFC調整力	火力発電: 定格容量の±5% 水力発電: ±20% 揚水発電: 発電時±20% (可変速揚水: 発電時/揚水時±20%)
		DR資源量	計22GW/158GWh (0, 10, 22 GW) ※EV、エコキュート、電気温水器、蓄熱空調、電炉等
		バッテリー量	計3GW/10GWh (0, 0.3, 1.5, 3.0 GW) ※周波数調整用
	その他	制度・規制	優先給電ルール適用(FITは考慮しない)
	電源の経済負荷配分	需給調整力を確保したうえで電源の経済負荷配分(メリットオーダ)を実施	

# 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例：結果①

- **周波数調整用のバッテリー導入により、日本全体の燃料費の削減が可能**（左図）。  
 バッテリー3GW導入ケースでは、CO<sub>2</sub>排出量を約200～400万トン／年削減可能。  
 （理由1）変動対応に備えて定格に比べて発電効率の低い部分負荷で運転していたLNG火力発電を、定格負荷で運転できるため、燃料使用量が削減できる。  
 （理由2）LNG火力発電で実施していた再エネ変動対応の機能をバッテリーに担保させることができるため、運転休止せざるを得なかった発電コストの低い石炭火力発電を定格で運転することができる。
- **ネガワット制御だけでなく、ポジワット制御にも活用可能なDR資源の導入により、日本全体の燃料費の削減が可能**（右図）。  
 （理由）DR資源をポジワット制御で活用することにより、主にPV等の余剰電力を貯蔵し、再生可能エネルギーを出力抑制することなく有効活用できる。

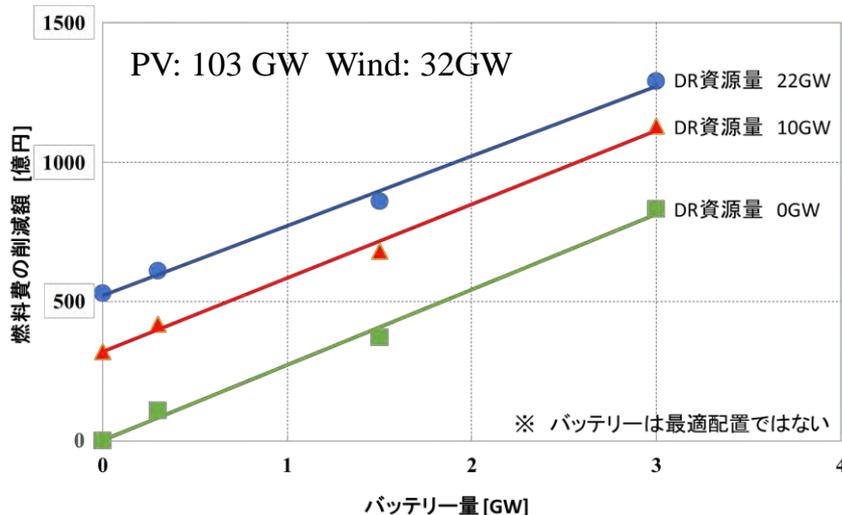


図 2030年におけるバッテリー活用による燃料費削減効果

出典：技術戦略研究センター作成(2016)

↑ 周波数調整用のバッテリーが最適配置されることで、より少ない量のバッテリーで同様の効果を得ることが出来ると期待される。

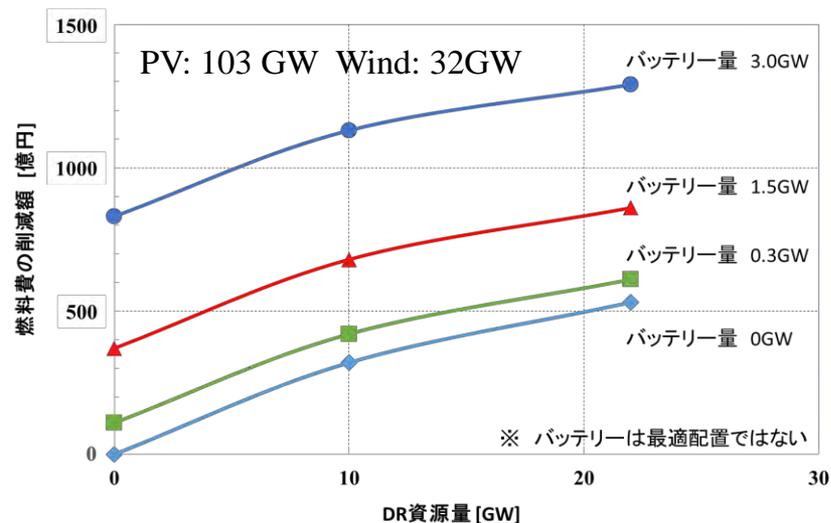


図 2030年におけるDR資源活用による燃料費削減効果

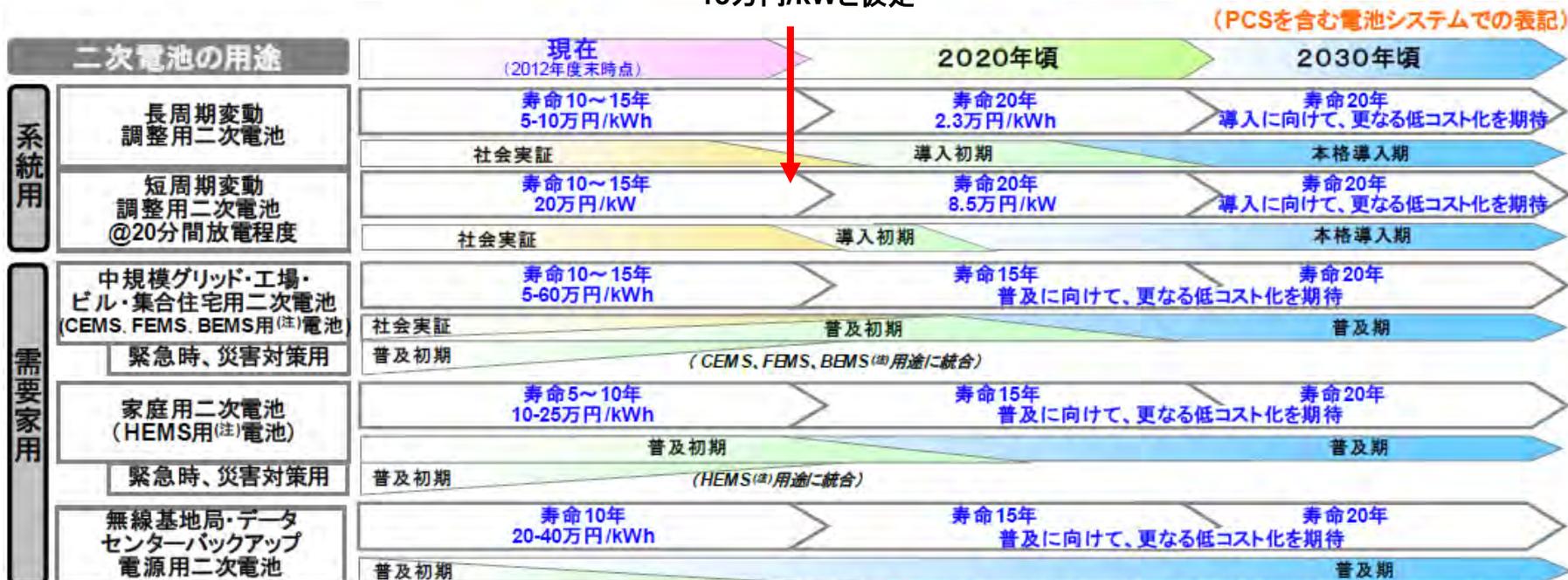
出典：NEDO技術戦略研究センター作成(2016)

↑ DR資源量が増加するにしたがって、日本全体の燃料費削減効果が拡大するが、ある時点からその効果が飽和するものと考えられる。

# (補足)経済性の検討

- 経済性の観点では、**バッテリー3GWの設備コストは約4500億円**となる。  
(NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013をもとに15万円/kWと仮定)。
- バッテリー3GW、DR資源量0GWが導入された場合、**燃料費の削減額が年間約800億円**であるため、**単純投資回収年は約6年**となる。  
(実際には慣性力や同期化力を有する火力・水力発電などバッテリー以外の手段でも調整力を確保することや、バッテリーの設備コストが更に低減されることを考慮する必要がある。)

2016年時点：  
15万円/kWと仮定



(注) CEMS=Community Energy Management System, FEMS=Factory Energy Management System, BEMS=Building Energy Management System, HEMS=Home Energy Management System

# 電力需給解析によるDR・バッテリー効果の検討例：結果②

- PV及び風力の出力抑制は、PV・風力の導入量が一定程度以上になると発生する。
- DR資源やバッテリーの活用により、PV・風力の出力抑制量を2%～5%低減可能。
- 長期エネルギー需給見通しにおけるPV・風力導入量を基準値としてPV・風力の出力抑制率を検討すると、バッテリーやDR資源を導入しても、基準の2倍程度のPV・風力導入量で出力抑制が15%程度まで増大する。

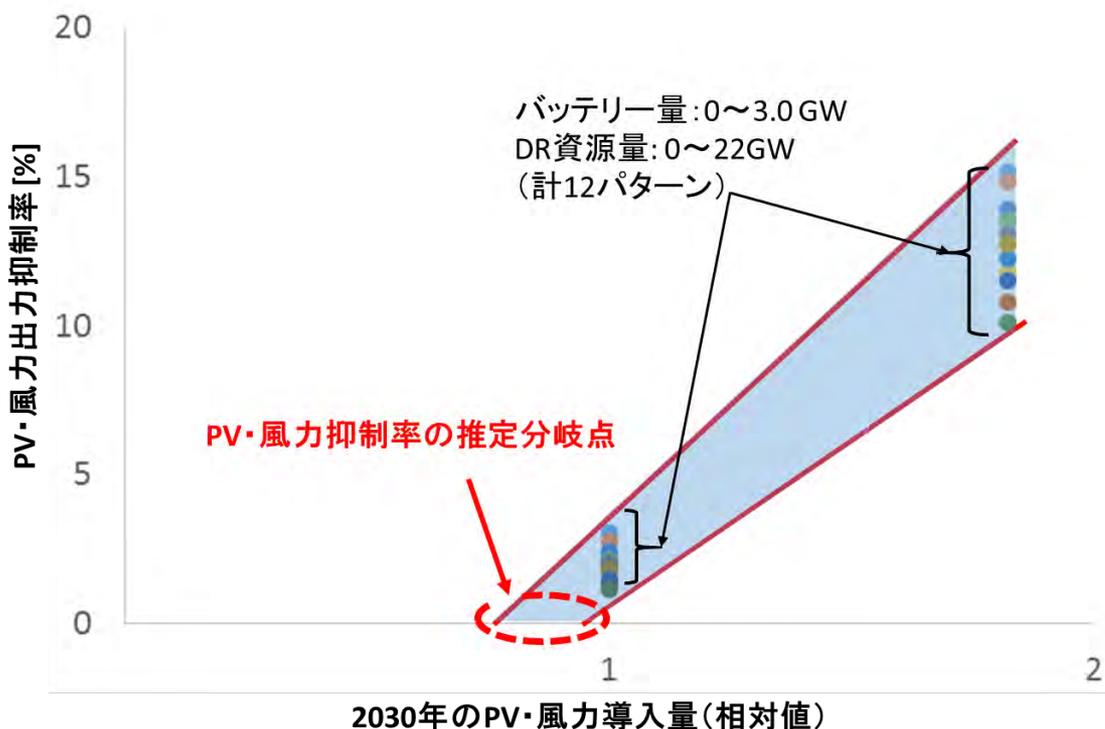


図 PV・風力の出力抑制率の推定