

「電力系統出力変動対応技術研究開発事業／（Ⅰ）
風力発電予測・制御高度化（Ⅱ）予測技術系統運用
シミュレーション」

事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 スマートコミュニティ部
-----	--

目 次

概 要	3
プロジェクト用語集	7
I. 事業の位置付け・必要性について.....	9
1. 事業の背景・目的・位置づけ	9
2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性	10
2.1 NEDO が関与することの意義	10
2.2 実施の効果	10
II. 研究開発マネジメントについて	11
1. 事業の目標	11
2. 事業の計画内容	18
2.1 研究開発の内容	18
2.2 研究開発の実施体制	39
2.3 研究開発の運営管理	44
2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性	47
3. 情勢変化への対応	48
4. 評価に関する事項	49
III. 研究開発成果について	50
1. 事業全体の成果	50
2. 研究開発項目毎の成果	51
IV. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通し.....	74

(添付資料)

- ・プロジェクト基本計画
- ・事前評価関連資料（事前評価書、パブリックコメント募集の結果）
- ・特許論文等リスト

概要

	最終更新日	平成 28 年 10 月 7 日	
プログラム (又は施策) 名			
プロジェクト名	電力系統出力変動対応技術研究開発事業 / (I) 風力発電予測・制御高度化 (II) 予測技術系統運用シミュレーション	プロジェクト番号	P14018
担当推進部/ PMまたは担当者	スマートコミュニティ部 吉川信明 (平成 28 年 4 月～現在) 新エネルギー部 吉川信明 (平成 27 年 7 月～平成 28 年 3 月) 新エネルギー部 岩田章裕 (平成 26 年 6 月～平成 27 年 6 月)		
0. 事業の概要	<p>大幅な導入拡大が期待される風力発電の出力急変 (ランプ) 対策を中心に、風力発電量の予測技術の高精度化に向けた研究開発を行うとともに、発電量の予測技術に基づいた出力変動に対応する技術・手法の開発及び実証事業を展開する。</p> <p>(I) 風力発電予測・制御高度化 (ランプ予測技術開発WG、蓄エネルギー制御技術WG) 国内の主な風力発電を複数モニタリング・分析し、ランプに着目した予測技術を開発。加えて風力発電のピッチ角制御や蓄エネ制御を組み合わせた出力制御技術を開発する。</p> <p>(II) 予測技術系統運用シミュレーション (需給シミュレーションWG、実証WG) 将来の再生可能エネルギーの大量導入を見据え、予測・制御・運用を総合的に組み合わせたシミュレーションシステムを開発し、実際の電力系統において実証試験を実施する。</p>		
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>平成 26 年 4 月に経済産業省が策定した「エネルギー基本計画」の中で、再生可能エネルギーの導入に当たっては、送電線網の整備に加えて周波数変動等の対策が必要であると記載されており、開発規模によって経済性を確保できる風力・地熱発電の導入課題の解決を急ぐ旨の記述がある。また、平成 27 年 7 月に決定した「長期エネルギー需給見通し」で平成 42 年 (西暦 2030 年) までに再生可能エネルギーの導入率 22~24%の見通しが設定された。</p> <p>我が国における再生可能エネルギーの大幅な導入拡大のためには、風力発電のポテンシャルを十分に活かすことが必要不可欠である。他方、天候によって出力が変動する風力発電や太陽光発電は、大量に電力系統に連系された場合、大きな出力変動によって電力の安定供給に影響を及ぼす可能性がある。この問題より風力発電設備の連系拡大の大きな足かせとなっており、政府の掲げる最大限の導入が未達になることに加え、風力発電産業全体の停滞を招くリスクがある。</p> <p>そのため、風力発電の出力変動を予測するなどの電力系統の安定運用に資する技術開発を行うとともに、需給運用面の課題を実際の電力系統にて実証することが必要である。NEDO は、平成 17 年度～19 年度に実施した「風力発電電力系統安定化等技術開発」で、ウィンドファーム発電出力予測モデルと電力系統制御エリア発電出力予測モデルを開発し、一定の成果を上げている。一方で、風力発電をはじめとする再生可能エネルギーを最大限電力系統に連系することを目的とした研究開発は現状では行っておらず、政府見通しである 2030 年までの再生可能エネルギー導入率 22~24%の達成に向けて喫緊に取り組むべき課題である。(例えば風力発電に関しては 2030 年までの政府の導入率目標は容量ベースで 10GW に対し、2015 年末時点での導入量は 3.038GW である。)</p> <p>本事業では、電力の需給運用に影響を与える風力発電のランプ (急激に出力が変動する事象) に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力の変動を抑制する出力制御技術を高度化させ、予測と出力制御を踏まえた需給運用の基本的な手法を確立する。以上の取り組みによって、出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御・運用することが可能な変動電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す。</p> <p>政府目標の下、風力発電の連系拡大に寄与する本事業の実施に当たっては、多くの風力発電事業者と一般電気事業者の協力や公的機関の関与が必要であることから、政策実施機関かつ中立的な立場である NEDO が本事業に取り組むことは妥当と考えられる。</p> <p>また、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す本事業の具体的な効果を以下に示す。</p> <p>①変動電源の計画発電による電力系統への影響を最小化 再生可能エネルギーの出力予測技術と蓄エネルギーを組み合わせた出力制御技術の開発により、変動電源を限りなく計画電源に近づけることで、電圧、周波数問題の改善に加え、地域から広域に及ぶ運用面での懸念を最小化し、接続可能量以上の更なる連系拡大を目指す。</p> <p>②最適な系統運用と設備形成の支援</p>		

再生可能エネルギーが大量導入された 2030 年頃の多地域電力システムの需給シミュレーションの開発により、火力の焚き減らしなどコストミニマムとなる最適な制御分担による需給運用と地域を跨いだ広域における設備形成支援に活用可能となる。

将来、風力発電などの変動電源を大量に電力システムに導入するためには、系統強化や蓄エネルギー設備の併設が必要となってくるが、いずれの対策も高コストもしくは長期の設置期間が必要となり、最終的に国民負担の増大に繋がる。これを回避するためには、現状の設備を最大限活用する方法を検討し、追加コストを最小化するための方策を検討しなければならない。系統強化を前提としない対策として、電力の需給運用に大きな影響を与えるランプを予測する技術を開発し、予測技術を活用した需給シミュレーションシステムの構築と実際の電力システムによる実証試験を行い、その適用可能性を検証することは、中期的視点からみても適切かつ、必要な取り組みであり、その目的には妥当性がある。

2. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<p>研究開発項目 (I) 風力発電予測・制御高度化 (ランプ予測技術開発WG、蓄エネルギー制御技術WG)</p> <p>【中間目標】 (平成28年度) 風力発電のランプ予測技術では、風力発電の出力データおよび気象データのモニタリングによるランプ現象の要因分析を行い、複数のアプローチからランプ予測モデルを開発する。出力変動制御技術では、実用化のコスト比較を踏まえ選定した蓄エネルギー技術および風車制御技術の実証設備を設計し、風力発電設備内を中心に構築する。 モニタリング結果やランプ現象の要因分析、ベンチマークテストから得られる課題を踏まえ、ランプ予測技術の開発目標および出力変動制御技術に求める制御目標を確定させる。</p> <p>【最終目標】 (平成30年度) 風力発電の大量導入を実現するために必要となる、系統運用者のランプに対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。また、風力発電の出力変動緩和による電力システムへの影響の最小化、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用しコストミニマムとなる最適な制御分担に基づいた風車制御技術と蓄エネルギー制御技術（以下、出力変動制御技術）を確立する。 風力発電のランプ予測技術では、火力発電の起動に必要となる約 6 時間先以降に発生する風力発電定格出力のエリア合計値に対する 30%以上の出力変動（継続時間 6 時間以内）をランプ現象と定義し、現行の予測モデルよりも予測精度を向上させ、大外しの最大振れ誤差を 20%以上低減させる。 なお、電力の需給運用に影響を与える出力変動は、風力発電が連系する系統容量および電源構成によって異なる。国内では、電力の需給運用に影響を与えるほど、風力発電設備が連系されていないことから、一義的に数値目標を定めるものの、モニタリング結果や解析結果を踏まえて、上記開発目標を適宜見直すことも検討する。</p> <p>研究開発項目 (II) 予測技術系統運用シミュレーション (需給シミュレーションWG、実証WG)</p> <p>【中間目標】 (平成28年度) 需給シミュレーションシステムでの実施内容と設計方針を確定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力抑制を反映した需給シミュレーションシステムのプロトタイプを開発する。また、実際の電力システムを使った検証地点を選定し、再エネ出力予測・制御と既存電源との制御を総合的に組み合わせたシステム構築のための検討を行い、実証検証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。</p> <p>【最終目標】 (平成30年度) 風力発電のランプ変動予測技術と出力変動制御技術に加え、再生可能エネルギーの出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発し、再生可能エネルギーを最大限入れるための技術的課題とその課題解決策等を明らかにする。また、需給シミュレーションシステム開発で得られた課題解決のための考え方を実際の電力システムを使って検証する。</p>
-------	---

事業の計画内容	主な実施事項	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	
	ラング予測技術開発WG	モニタリング・分析及び予測手法開発			モニタリング・予測モデルの改良		
	蓄エネルギー制御技術WG	ステップ検討・システム策定		設備設置	実証試験・評価		制御手法の改良
	需給シミュレーションWG	シミュレーションモデル構築			再エネルギー系拡大検証・評価		
	実証WG	ステップ検討・設備設置		実機性能試験・調整		実証試験・評価	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円) 注) 予算は今回の評価対象外の事業を含む政府予算額で、委託分は中間評価対象分のみ抽出して記載	会計・勘定	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	総額
	一般会計						
	特別会計(需給)	4,000	6,000	6,500			16,500
	開発成果促進財源						
	総予算額	4,000	6,000	6,500			16,500
	(委託)	3,141	5,140	3,403			11,684
	(助成) : 助成率△/□ (共同研究) : 負担率△/□	-	-	-	-	-	-
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課					
	プロジェクトリーダー	岩本 伸一 (早稲田大学 先進理工学部 教授)					
	委託先 (委託先が管理法人の場合は参加企業数及び参加企業名も記載)	国立大学法人東京大学 (再委託: 国立大学法人筑波大学、学校法人日本大学) 学校法人早稲田大学 (再委託: 国立大学法人北海道大学、公立大学法人大阪府立大学) 一般財団法人電力中央研究所 一般財団法人エネルギー総合工学研究所 (再委託: 北海道電力株式会社) 東京電力ホールディングス株式会社 東京電力パワーグリッド株式会社 株式会社東光高岳 (再委託: NRIセキュアテクノロジーズ株式会社、 一般財団法人日本気象協会) 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 (再委託: 一般財団法人日本気象協会)					
情勢変化への対応	再エネ特措法省令改正(H27.1)による発電事業者等に設置が義務化された遠隔出力制御システムについては、実証試験においても導入し検証していく。また、平成28年4月より導入された「計画値同時同量制度」においても蓄エネルギー制御技術開発と実証において検討していく。						
中間評価結果への対応	—						
評価に関する事項	事前評価	平成25年度実施 担当部 新エネルギー部					
	中間評価	平成28年度 中間評価実施					
	事後評価	平成30年度 事後評価実施予定					

3. 研究開発成果について	<p>ランプ予測技術開発WG： 風力発電所のモニタリングシステムの構築を実施した。また、ベンチマークテストを実施し、現行の風力発電出力予測モデルにおける問題点の抽出整理を行い、複数のアプローチによるランプ現象の予測手法高度化について既存のデータを活用した予測技術のプロトタイプを作成した。</p> <p>蓄エネルギー制御技術WG： 蓄エネルギー技術として圧縮空気エネルギー貯蔵、ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵、および蓄電池を対象とした風力発電出力制御アルゴリズムの基本モデルを開発し、シミュレーションによる検証を実施した。また、各蓄エネルギー技術の実証設備として、ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵設備と、蓄電池実証設備の構築を完了した。圧縮空気エネルギー貯蔵システムについては製造を開始し、現地で据付調整を行い今年度内に設置を完了する見込みである。</p> <p>需給シミュレーションWG： 理論的基礎研究として、海外の類似システム調査と解析ロジックやモデルのメソッド仕様を検討し、策定した。再エネ大量導入時の火力発電所の燃料費を最小にする最適週間運用計画や再エネ出力予測誤差を考慮した、供給信頼度評価、需給運用計画、周波数制御の各機能で構成されるシステムのプロトタイプを構築した。</p> <p>実証WG： 実証試験シナリオとして将来想定される電力システムと各実証試験設備とを対比させ、「出力予測」、「出力制御・抑制」、「需給運用」の組み合わせによる総合的にコストミニマムとなる対策を実証するための試験項目の骨子案を作成した。また、2030年の再エネ大量導入時の出力変動を模擬した周波数解析シミュレーションに基づく、再エネ設備およびその出力変動対応として実証する蓄エネ設備の構築を推進し、風力発電とEMSを除く一部実証試験を開始した。</p>	
	投稿論文	「査読付き」42件、「その他」31件
	特許	0件
	その他の外部発表 (プレス発表等)	外部発表：34件(上記の論文発表は除く) プレス発表、Web記事：24件、展示会：8件
4. 実用化の見通しについて	<p>ランプ予測技術開発WG： 電力会社に対して拡販を行う。主要電気事業者の8割にて適用されることを見込む。</p> <p>蓄エネルギー制御技術WG： 制御ロジックと実績結果について成果報告書等を通して広く公開する。これより蓄電池や蓄エネルギーとしてのバイオガスプラント等の導入を見込む再エネ事業者や電力会社に活用される。</p> <p>需給シミュレーションWG： 一般電気事業者、電力広域的運営推進機関、主要発電事業者、大学、研究機関等に開発したシステムを提供し、今後の系統計画、需給運用解析のために活用される。</p> <p>実証WG： 本実証の実施主体者である東京電力だけではなく、他電気事業者へも東京電力が主体的に成果を共有し、再生可能エネルギー大量導入に備えた需給運用技術の活用を図る。また、システムや技術を標準化し、海外市場含め売り込みを図る。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成26年3月 作成
	変更履歴	平成27年3月改訂 研究開発項目(Ⅲ)「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」を追加。 平成28年3月改訂 研究開発項目(Ⅲ)「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」に太陽光発電に係る記述を追加。NEDOの法人形態の変更を反映。

プロジェクト用語集

用語	説明
B G	バイオガス発電 (Biogas Generation)。糞尿や汚泥等を発酵させ発生したメタンガスを利用する発電のこと。
B T	蓄電池 (Battery) の略称。
C A E S	圧縮空気エネルギー貯蔵 (Compressed Air Energy Storage) の英文略称。コンプレッサーで圧縮した空気をタンクに貯蔵し、必要時に燃料とともに燃焼させ、ガスタービンを回し発電するシステム。
D B	データベース (Database) の略称。
D G	ディーゼル発電機 (Diesel Generator) の略称。
E D C	経済負荷配分制御 (Economic Load Dispatching Control)。電力需要の変化に応じて効率の異なる火力、水力発電機など経済的な出力配分を計算し、発電機出力を中央給電指令所などより制御する考え。後述の L F C と G F と周波数制御の概念は同じだが、E D C が数十分以上の周期を、L F C はそれ以下の数十秒まで、数十秒以下を G F で周期区分にて分担するのが一般的な考え。
E M S	エネルギーマネジメントシステム (Energy Management System) の略。エネルギー管理システム全般の意味だが、本プロジェクトでは電力システムの監視制御を行うシステムを意味する。
G F	ガバナフリー (Governor Free)。ガバナとは発電用水車や蒸気タービンの調速機を指し、ガバナフリーとは周波数の変動に対して自由にガバナを応動させる状態を意味する。ガバナフリーの状態では、周波数が低下 (発電機の回転が低下) した場合は、回転機の出力が増加し、周波数が上昇 (発電機の回転が上昇) した場合は、出力が減少するよう自動制御されるので、電力システムの周波数の安定維持に効果を発揮する。ガバナフリーは短い変動周期の負荷調整を分担し、調整容量としては系統容量の 3% 程度以上を保有することが望ましいとされている。
G P V	Grid Point Value の略で、格子点値の意味。大気の状態を離散的な格子点値で表し、スーパーコンピュータを使って計算した気象予測値のことを言う。気象庁や海洋大気局等が G P V 値を公開している。
H P	ヒートポンプ (Heat Pump)。熱を低温側から高温側に移動させる装置。冷媒を圧縮・膨張することで、水をくみ上げるポンプのように、低温側の熱を高温側にくみ上げる装置。ヒートポンプによる空調・給湯は、電熱器による暖房・給湯より効率面で優れていると言われる。
L F C	負荷周波数制御 (Load Frequency Control)。電力システムの周波数偏差、連系線潮流の変動を検出して中央給電指令所などから制御信号を発電所に伝送し、発電所出力を自動制御することにより、系統周波数を基準値に保持する制御のこと。

用語	説明
PCS	パワーコンディショナー (Power Conditioning System)。パワコンとも言う。太陽電池や風力で発電する直流の電気を交流に変換する装置。
Power to Heat	電気エネルギーから熱エネルギーへの変換。本事業におけるバイオガス発電とヒートポンプの併用運用による熱変換貯蔵。本紙では HP/BG とともに表現している。(HP と BG については各々の用語説明を参照。)
PV	太陽光発電 (Photovoltaics) の略。
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition の略。本紙では主に風力発電所における監視制御システムを指す。
SOC	State of Charge の略。蓄エネルギーの充電状態 (残容量) を指す。
WF	Wind Farm の略。風力発電機を多数設置し運営する風力発電所の意味。
WT	Wind Turbine の略で本紙では風力発電機を意味する。
一般電気事業者	既存の電力供給会社 10 社のこと。平成 28 年 4 月 1 日以降は、法改正 (電力小売全面自由化) により一般送配電事業者となった。
ウィンドプロファイラー	地上から上空に向けて電波を発射し、大気中の風の乱れなどによって散乱され戻ってくる電波を受信・処理することで、上空の風向・風速を測定する装置。(出典：気象庁HP) 気象庁が同システムを全国 33 カ所に設置し、測定データを公表している。
調整電源	電力需要の変動やピーク需要への対応供給力として使われる電源で、主に流水式水力発電と火力発電が該当する。
ナセル	風車の伝達軸、増速機、発電機等を収納する部分のこと。
ピッチ角	風車ブレードの取り付け角度のこと。ピッチ角を変化させることにより、発電出力を制御できる。
変動電源	自然条件によって出力が大きく変動する太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー電源。
マスト	モニタリング装置の一つとして 50m 程の高さのポールの複数高位に風速計を取り付けた風況観測塔のこと。
ライダー (LIDAR)	英文で Light Detection and Ranging/Laser Imaging Detection and Ranging の略語として LIDAR とともに表記する。レーザーの反射を利用して上空の風速や風向を計測できる風況観測設備のこと。
ランプ	急激な変動を意味するが、本書では主に風力発電出力の急激な変動の意として使う。発電だけでなく、電力を使用する側 (需要) の観点から、朝方の急激な変動もランプ需要などと呼ぶ。急激な増加はランプアップ、減少はランプダウンと呼ぶ。英語のまま ramp とともに表記することもある。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. 事業の背景・目的・位置づけ

・政策的な重要性

今後のエネルギー政策として、再生可能エネルギーの最大限の導入を進め、できる限り原子力発電の依存度を低減させることが政府の目標として掲げられている。また、平成26年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」には、再生可能エネルギーの導入を最大限加速させるとともに、系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発を着実に進めることが記載されている。また、同基本計画の中で、再生可能エネルギーの導入に当たっては、送電線網の整備に加えて周波数変動等の対策が必要であると記載され、開発規模によって経済性を確保できる風力・地熱発電の導入課題の解決を急ぐ旨の記述がある。平成27年7月に決定した「長期エネルギー需給見通し」で2030年までに再生可能エネルギーの導入率22～24%の見通しが設定された。

これら経緯から再生可能エネルギーの導入を最大限加速させるという政府目標を達成するためにも、再生可能エネルギー、特に風力発電を大量に電力系統に連系した際に、発生することが予想される電力品質や系統運用上の技術的な課題を明らかにし、課題解決策を短期および中長期に分けて確実に実施していくことが必要である。

・我が国の状況

風力発電の連系可能量に余裕がない地域では、風況が良く風力発電の適地であるにも係わらず、系統連系が出来ない状況となっている。風力発電などの変動電源を大量に電力系統に導入するためには、系統強化や蓄エネルギー設備の併設が必要となるが、いずれの対策も高コストもしくは長期の対策期間が必要となり、最終的に国民負担の増大に繋がる。これを回避するためには、現状の設備を最大限活用し、追加コストを最小化するための方策を検討しなければならない。

・海外での取り組み状況

再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいる海外では、予測技術を活用することで効率的な需給運用を指向している。

例えば、スペインでは、再生可能エネルギーの導入量に対して、隣国との系統連系容量が不足していることもあり、系統運用者Red Eléctricade España (REE) 社が再生可能エネルギーの予測・抑制等を専門に司る「再生可能エネルギーコントロールセンター (CEGRE : Centro de Control para el Regimen Especial)」を設立し、需給運用計画の精度向上、効率的な調整力の活用等に取り組んでいるが、制度面からの検討と平行して、再生可能エネルギーの大きな出力変動を精度良く予測することは重要なテーマのひとつとなっている。

・本事業のねらい

天候によって出力が変動する風力発電や太陽光発電は、大量に電力系統に連系された場合、大きな出力変動によって電力の安定供給に影響を及ぼす可能性がある。そのため、風力発電の出力変動を予測するなどの電力系統の安定運用に資する技術開発を行うとともに、需給運用面の課題を実際の電力系統にて実証することが必要である。NEDOは、平成17年度～19年度に実施した「風力発電電力系統安定化等技術開発」で、ウィンドファーム発電出力予測モデルと電力

系統制御エリア発電出力予測モデルを開発し、一定の成果を上げている。一方で、風力発電をはじめとする再生可能エネルギーを最大限電力系統に連系することを目的とした研究開発は現状では行っておらず、喫緊に取り組むべき課題である。

本事業では、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動（以下、ランプ）に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力の変動を抑制する出力制御技術を高度化させ、予測と出力制御を踏まえた需給運用の基本的な手法を確立する。

以上の取り組みによって、出力が不安定な変動電源から、出力を「予測」・「制御」し、適切に「運用」することが可能な電源に改善することで再生可能エネルギーの連系拡大を目指す。

2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

2.1 NEDO が関与することの意義

風力発電や太陽光発電を主体とした天候により出力が変動する電源より発生する余剰電力、周波数調整力不足等の技術的課題とその課題解決策を明らかにするために、出力予測技術と変動緩和技術の高度化、ならびに需給シミュレーションシステムを開発し、実際の電力系統によって課題解決策の検証を行う本事業は、エネルギー基本計画を踏まえて作成された長期エネルギー需給見通しにある 2030 年での再生可能エネルギー導入率 22～24%の達成に向けて必要不可欠の基礎技術であり、電力会社、製造業者、大学を含む研究開発機関が連携して取り組む必要がある。

産学連携体制での本事業を確実に遂行するためには、国プロとしてNEDOが課題解決に向けてプロジェクトをマネジメントすることが必要である。また、NEDOは、過去から長く送電・配電と幅広く技術開発を行っており、国が推進する再生可能エネルギー導入に向けて、全体的な進捗を踏まえた実施者間の調整等、効率的なマネジメントを実施するとともに、電力系統全体の最適化を考えた取り組みが可能である。

2.2 実施の効果

出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御し、適切に運用することが可能な電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す本事業の具体的な効果として以下の項目が挙げられる。

① 変動電源の計画発電化による電力系統への影響を最小化

再生可能エネルギーの出力予測技術と蓄エネルギーを組み合わせた出力制御技術の開発により、変動電源を限りなく計画電源に近づけることで、電圧、周波数問題の改善に加え、地域から広域に及ぶ運用面での懸念を最小化し、接続可能量以上の更なる連系拡大を目指す。

② 最適な系統運用と設備形成の支援

再生可能エネルギーが大量導入された 2030 年頃の多地域電力系統の需給シミュレーションモデルの開発により、火力の焚き減らしなどコストミニマムとなる最適な制御分担による需給運用と地域を跨いだ広域における設備形成支援に活用可能となる。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

研究開発項目(I)風力発電予測・制御高度化

(I)-1 風力発電および気象モニタリングシステムの構築 (ランプ予測技術開発WG)

○平成28年度の間目標

・ウィンドファーム観測網整備

北海道・東北・関東地域における最大50ヵ所程度の大規模ウィンドファームの中から、本研究開発に資するウィンドファーム観測網の選定を行い、ウィンドファーム観測網の整備を行う。また、ウィンドファームにおける風況変動の把握が困難な場所を中心に、風況観測設備(風況観測用ライダー、風況観測マスト等)を最大10ヵ所程度設置する。

・広域気象観測網整備

気象庁アメダス・ウィンドプロファイラーおよび民間会社の気象観測網(全国最大100ヵ所程度)を活用した広域気象観測網の整備をおこない、これらのモニタリングシステムから、ランプ現象の要因分析および予測手法開発に資するデータ収集システムを整備する。

・風力データベース整備

風力発電データの蓄積・運用を行う風力データベース構築を終了し、平成30年度まで継続的に本プロジェクトに必要なデータ収集を行える環境を整備する。風力DBでは、ウィンドファーム観測網から得られる北海道・東北・関東地域のウィンドファームに対するモニタリングデータ(発電出力・運転制御情報・風速・風向・気温・気圧・日射量等)、および広域気象観測網から得られるウィンドファーム周辺の風速・風向・気温・気圧のデータを格納する。

○平成30年度の最終目標

ウィンドファーム観測網、広域気象観測網、風力データベースのシステム稼働状況の評価・検証し、今後の実用可能性を踏まえ、ランプ予測システム等と連携した実用化システムについて目途をつける。

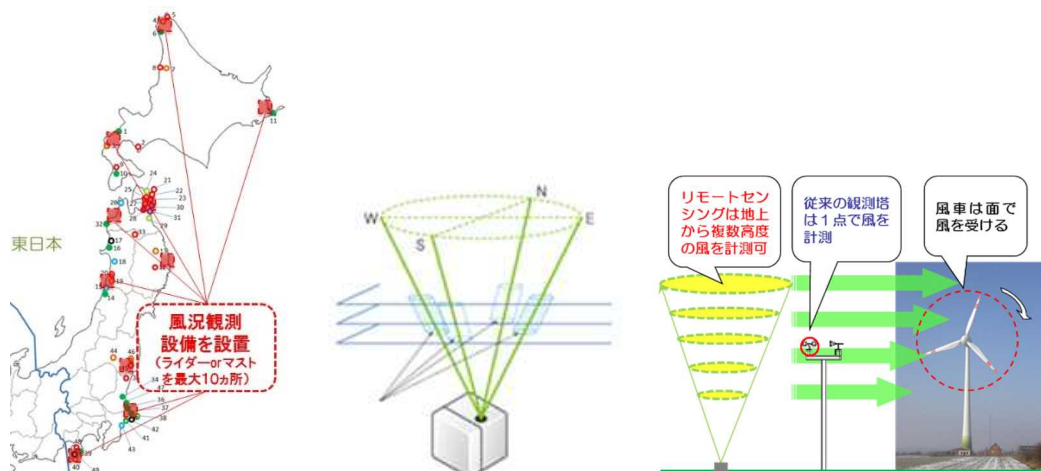


図 II. 1-1. モニタリングシステム構築場所案とライダーのイメージ図

(I) -2 ランプ予測技術の開発（ランプ予測技術開発WG）

① ランプ現象の分析

○平成28年度の間目標

・ランプ現象の事例調査

ウィンドファーム出力、風力合計出力、残余需要データの短時間（20分）から長時間（2時間程度）に至る範囲での変動量（最大変動幅など）の分析に基づき、電力系統の安定運用への影響が大きいと想定されるランプ現象を抽出、並びに、クリティカルなランプ現象を定義し、本事業におけるランプ予測の目標を決定する。

・ランプ現象の要因分析

過去の気象データや数値シミュレーションモデルを用いた解析により、ランプ現象の気象要因を抽出し、個々の現象の要因解明を行うとともにランプ現象発生の可能性や予測可能性に関する分類を定量化する。

○平成30年度の最終目標

・ランプ現象の要因分析

気象データの蓄積を利用して、分析を続け、ランプ現象発生の可能性や予測可能性に関する分類の定量化をより精緻なものとする。

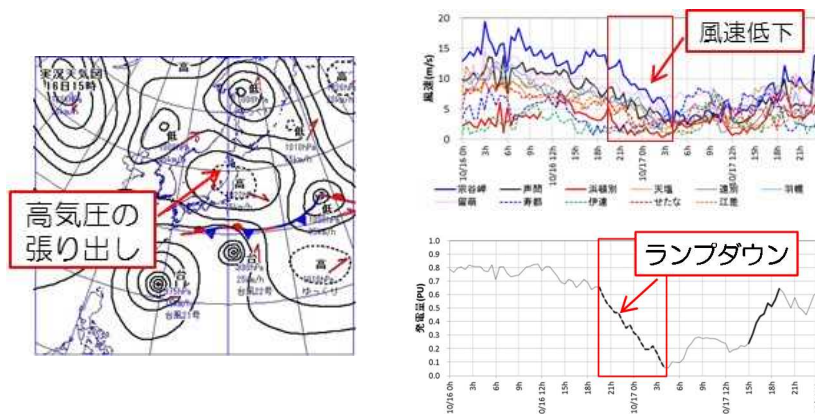


図 II.1-2. ランプ現象の分析イメージ図
（気圧配置パターン分析と要因を分析）

② ランプ現象等予測手法研究開発

○平成28年度の間目標

・ランプ予測技術の開発目標の確定

本部分項目では、風力発電の出力データ・気象データのモニタリング・長期気象解析データ等に基づいてランプ現象の要因分析を行い、複数のアプローチからランプ予測モデルを開発する。モニタリング結果やランプ現象の要因分析、ベンチマークテストから得られる課題を踏まえ、ランプ予測技術の開発目標を確定させる。

・評価手法の開発

本事業にて開発する予測技術は、電力系統における合計風力発電出力の変動を対象とするため、開発技術が電力系統運用に与える影響という観点からの評価を実施する。具体的には、発電コスト（燃料費、起動費など）といった経済性、供給力不足、短周期変動に対する調整力不足などの供給安定性に与える影響を分析することで、技術開発評価

を行う。その分析結果を受けて、予測技術の課題・必要な仕様を設定し、中間評価後の予測技術開発の目標および出力変動制御技術に求める制御目標を設定する。

○平成30年度の最終目標

・ランプ予測技術の確立

風力発電の大量導入を実現するために必要となる、系統運用者のランプ現象に対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。

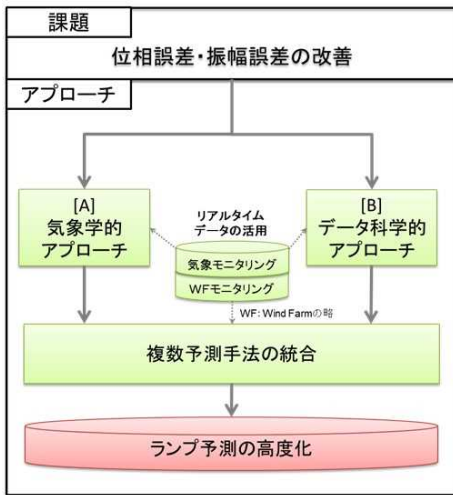
本部分項目では、火力発電の起動に必要となる約6時間先以降に発生する風力発電定格出力のエリア合計値に対する30%以上の出力変動（継続時間6時間以内）をランプ現象と定義し、現行の予測モデルよりも予測精度を向上させ、大外しの最大振れ誤差を20%以上低減させる。

なお、電力の需給運用に影響を与える出力変動は、風力発電が連系する系統容量および電源構成によって異なる。国内では、電力の需給運用に影響を与えるほど、風力発電設備が連系されていないことから、一義的に数値目標を定めるものの、モニタリング結果や解析結果を踏まえて、上記開発目標を適宜見直すことも検討する。

・評価手法の開発

開発したランプ予測技術が電力システムへ与える影響として実証試験、並びに、実証試験結果の分析により、開発された予測技術を評価する。定量的評価として、本技術開発が発電コストなどの経済的指標に与える影響を分析する。定性的評価として、本技術開発が需給バランス、必要調整力量などの供給安定性に与える影響を分析する。

また、予測値が大きく外れる、大外し事例など電力システム運用に大きなインパクトを持つ現象発生時での、本技術開発が与える影響を評価する。



○ランプ予測技術開発のアプローチ

□ 気象学的アプローチ

- ・ 気象学的要因分析によるアプローチ
- ・ アンサンブル予測によるアプローチ

□ データ科学的アプローチ

- ・ 統計的手法によるアプローチ
- ・ 機械学習によるアプローチ
- ・ Dynamical Systems 理論によるアプローチ

□ 複数予測手法の統合

- ・ 複雑系数理モデル学をベースにした複数予測手法の統合

□ ランプ予測技術の評価

- ・ 予測技術が電力系統運用の経済性と安定性に与える影響の分析に基づき、予測対象とするランプ現象を選定し、予測技術開発仕様を決定

図 II. 1-3. 複数予測手法の統合によるランプ予測モデルイメージ

③ ランプ予測システム開発

○平成28年度の間目標

ランプ予測技術の開発成果をもとに、北海道・東北・関東地域におけるランプ予測システムのプロトタイプを構築する。また、実証事業との連携へ向けたインターフェイスの整備を行う。

○平成30年度の間目標

北海道・東北・関東地域におけるランプ予測システムおよび複数予測手法の統合システ

ムに関する評価を行い、リアルタイムでの予測システムの精度、コストおよび信頼性などを総合的に検討し、実用可能性を評価して実用化システムについて目処をつける。

④ WF制御技術の高度化

○平成28年度の間目標

・WF内出力制御

ナセルライダーによる変動緩和技術の開発と商業用実機への適用性検討・基本設計を行い、後年実施するランプ予測との連動を意識したシステムの概観について目処をつける。また、ナセル風速計、ナセルライダーによる変動緩和制御性能の違いに関する計測評価方法について方針に目処をつける。単機ベースで出力変動緩和性能を開発当初から比較して10%低減達成を目指す。

・WF間出力制御

風力発電モニタリング時系列データや数値気象予測（GPV）等の利用可能な時空間ビッグデータとモニタリングシステムからのデータを含む予測開発システムから得られた予測データを複合的に活用し、ランプ現象を含む地域の合計発電出力および個別のウィンドファーム出力をリアルタイムで予測する技術（以下、「WF等出力変動予測」、「WF等出力変動予測技術」）を開発する。

また、風力エネルギー大量導入時の合計出力変動を緩和するため、電力系統全体でのウィンドファームの合計出力と個別ウィンドファームの短時間出力予測に基づき、ウィンドファーム制御技術を制御シミュレーションモデル等により開発する。

○平成30年度の最終目標

・WF内出力制御

ランプ予測と連動した風車出力変動緩和制御システムを確立する。また、ナセル風速計、ナセルライダーによる変動緩和制御性能の違いに関する計測評価を実施する。ウィンドファームベースで出力変動緩和性能を開発当初から比較して20%低減達成を目指す。

・WF間出力制御

開発したWF間制御技術が電力システムへ与える影響として実証試験を行う。また、実証試験結果の分析により、開発された本技術の適用効果を検証する。

(I)-3 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の開発（蓄エネルギー制御技術WG）

① 圧縮空気エネルギー貯蔵による出力変動制御技術の開発

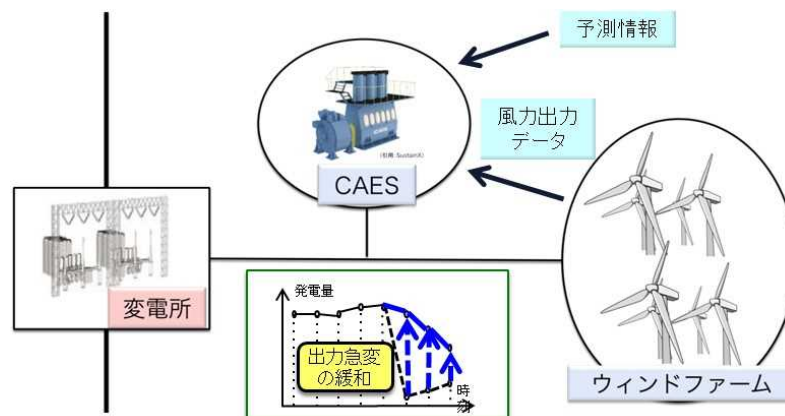
○平成28年度の間目標

ウィンドファームにおける発電量急変の緩和と性能評価に必要な蓄エネルギーシステムCAES(Compressed Air Energy Storage/圧縮空気エネルギー貯蔵)のシミュレーションモデルを開発する。風力発電設備における発電量急変を事前に予測しながら蓄エネルギー設備の運用計画を行う際の制御効果について評価を行い、結果をフィードバックすることで (I)-2「ランプ予測技術の開発」における予測モデルの構築指針や対象とするランプ現象の定義の適切さの検証材料として反映する。

また、ベンチマークデータに対する予測結果を用いたシミュレーションの観点から評価を行い、長期的な風力発電設備、蓄エネルギー設備の運用を行った際の発電電力急変の影響緩和の度合いと蓄エネルギー設備の種類や蓄エネルギー容量との関係を、予測の誤差をふまえた観点からシミュレーションに基づいて評価する。

○平成30年度の最終目標

(I)-2「ランプ予測技術の開発」において確立されるランプ予測技術に基づいて、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用した制御の方法論を「(II) 予測技術システム運用シミュレーション」に提供することでコストミニマムな最適な制御分担に基づいた出力変動制御技術を確立する。



図Ⅱ.1-4. CAESによる風力出力変動緩和イメージ

② Power to Heatによる出力変動制御技術の開発

○平成28年度の間目標

酪農学園大学構内に構築されたHP/BG併用熱供給システムを、風力発電出力の実測データおよび予測データに基づいて運用するための具体的な制御手法を開発すると共に、それを具体的なEMSとして構築し、北海道大学大学院情報科学研究科から、遠隔でHP/BG併用熱供給システムを制御・運用できる環境を整備することを目標とする。その際、構築したHP/BG併用熱供給システムの設備容量に合わせ、風力発電及び予測データを変換することで、様々な規模のランプ現象の制御を検討できるようにする。

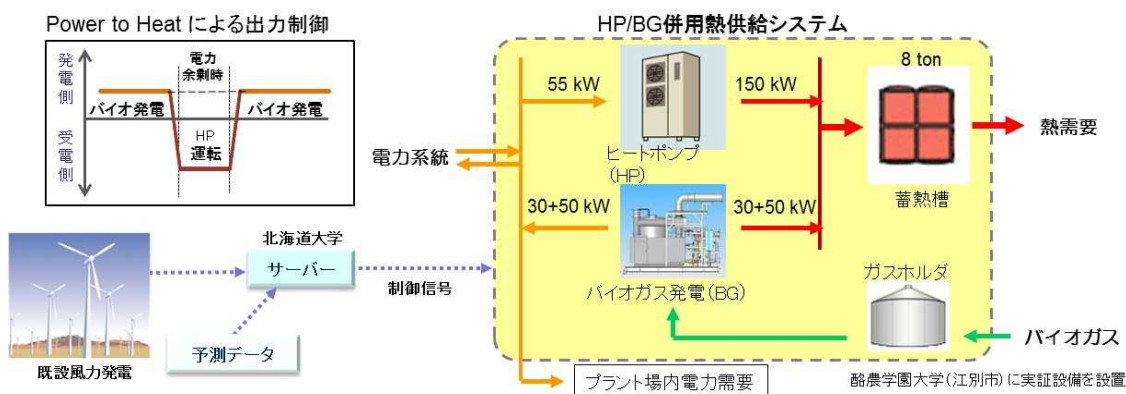
加えて、開発した制御手法の有効性を評価するための手法を開発する。特に蓄電池制御との比較は重要と考えられ、蓄電池制御シミュレーションを通じた制御性能、コスト等の観点から、本システムの優位性を評価するための手法を開発する。

実システムに接続された仕様の異なる家畜系バイオガス発電プラント（二箇所）について、実運用時の運転特性（発電量、熱発生量、補機動力、エネルギー収支等）を明らかにするための計測系を構築し、データ取得を開始する。併せて、周辺需要施設（酪農家等）のエネルギー使用量計測を開始する。

○平成30年度の最終目標

さまざまなウィンドファームのモニタリングデータを活用し実証試験を行いながら、ランプ現象抑制制御の効果を総合的に評価すると共に、バイオガス発電機、ヒートポンプに望まれる性能の評価、制御パラメータの設定指針、等を明らかにする。特に、ランプ現象の予測誤差の実績を考慮し、システムの出力目標値の決定手法を改良する。

実際に連系された家畜系バイオガス発電プラントの実運用下における運転特性を明らかにし、開発する出力変動制御技術の実システムにおける実現性・有効性の評価に必要な知見を提供する。併せて、北海道地域において顕在化している電力系統側の課題にも対応したより効率的なバイオガス発電プラントの運用方策、システムより発生する熱エネルギーの有効利用方策について提案する。



図Ⅱ.1-5. HP/BG併用熱供給システムイメージ

③ 蓄電池および高精度予測情報を活用した出力変動制御技術の開発

○平成28年度の中間目標

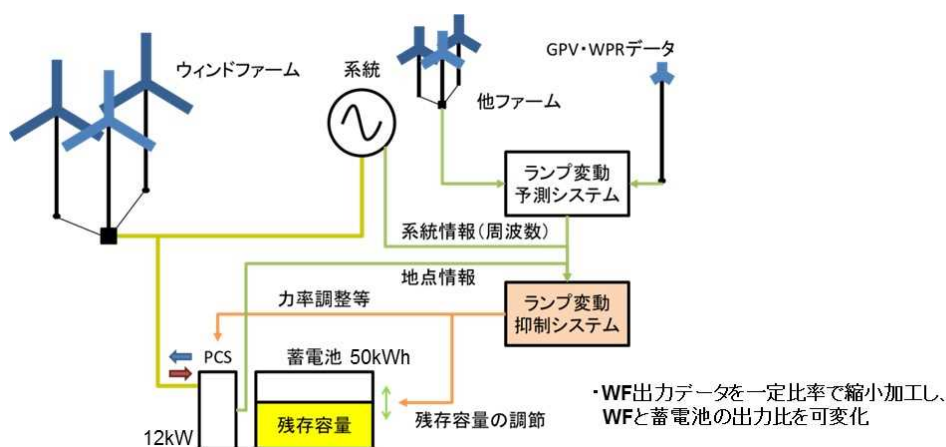
ウィンドファーム単独及びローカルエリアに分布するウィンドファーム群に対して、長周期及び短周期変動のどちらにも対応できる蓄電池及びランプ予測情報を活用した風力発電の出力変動抑制制御手法を開発する。

また、提案する開発手法に対して必要な蓄電池容量を評価し、出力変動の抑制率及び計画発電の達成率等といった評価指標に対する蓄電池容量の削減可能性とコストの関係性を明確化する。

また、研究成果をもとに開発手法の有効性を実証するための研究設備を構築し、実証を通して制御性能を明らかにするとともに、得られた知見を活かし提案する開発手法の改良を図る。

○平成30年度の最終目標

様々なウィンドファームのモニタリングデータを活用し実証試験を行いながら、必要な蓄電池容量を実データに基づいて再評価する。また、対象とするエリア全域に対するランプ現象抑制を目的とした風力発電の出力変動抑制制御手法へ提案手法を拡張するとともに、予測誤差に対応するための蓄電池SOC(充電率: State of Charge)管理手法を開発し、総合的な評価を行う。



図Ⅱ.1-6. ランプ予測情報を活用した蓄電池による風力出力変動抑制制御イメージ

④ 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の実証試験および総合評価

○平成28年度の間目標

風力発電の出力制御用として短中期的に実用化可能と考えられる蓄エネルギー技術について実用化時点のコスト、運転特性、技術課題等の調査・検討を行い、その結果を比較して、本事業において実証研究を行う蓄エネルギー技術を3種類選定する。選定された蓄エネルギー技術について、実証設備を設計し、製作・据付を完了する。

今後の風力発電の導入拡大における系統制約の状況を踏まえた上で、ランプ予測技術、風車制御技術、蓄エネルギー技術の特性や開発レベルを総合的に勘案し、出力変動制御に求める制御目標を確定させる。

○平成30年度の最終目標

平成28年度までに構築した蓄エネルギー実証設備において、①および②項において開発した制御に従った運転が可能であることを実証する。

国内外における系統規模の蓄エネルギー技術とその制御技術の開発動向を踏まえ、本事業において開発・実証を行った蓄エネルギー技術を含む出力変動制御技術の実用化に向けたロードマップを作成する。

研究開発項目(Ⅱ) 予測技術系統運用シミュレーション

(Ⅱ) -1 需給シミュレーションシステムの開発 (需給シミュレーションWG)

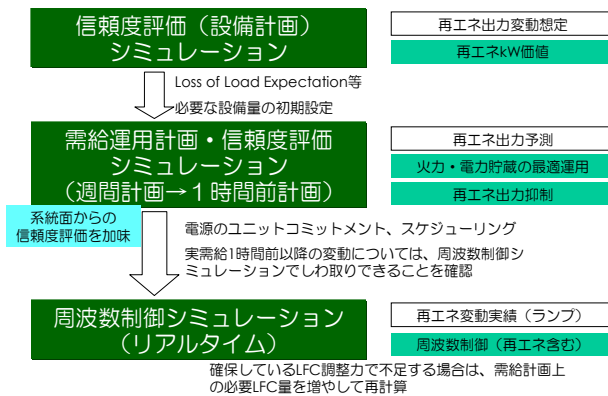
○平成28年度の間目標

需給シミュレーションシステムを構築する解析ロジックの開発仕様を確定し、そのプロトタイプを構築する。また、再エネ出力の予測と制御を踏まえた電力需給の基本的な考え方を検討するためのテストモデル・シミュレーション条件等の検討条件を確定する。

○平成30年度の最終目標

将来の再生可能エネルギー大量導入を支える電力システム構築のための技術課題とその解決策を検討するための、電力系統の信頼度評価・需給運用計画・周波数制御に関する解析基盤として、再生可能エネルギー出力の予測・制御、従来電源および揚水発電や蓄電池等の電力貯蔵の調整、系統評価を総合的に考慮した、多地域電力系統の需給シミュレーションシステムを開発し、再生可能エネルギーに因る電力需給の課題や課題解決の基本的な考え方を系統面の技術的な制約も考慮して明らかにする。具体的には、電力需給面について、2030年頃の再エネ大量導入を想定した東地域電力系統における電力需給の技術課題や課題解決の考え方を明らかにする。

また、系統面については、想定故障解析における再エネ大量導入の扱いに関する技術の理論的基礎の確立を目標とし、特定地域を想定したものではなく、系統面の典型的な課題と対応を整理する。



図Ⅱ.1-7. 需給シミュレーションシステムの構成

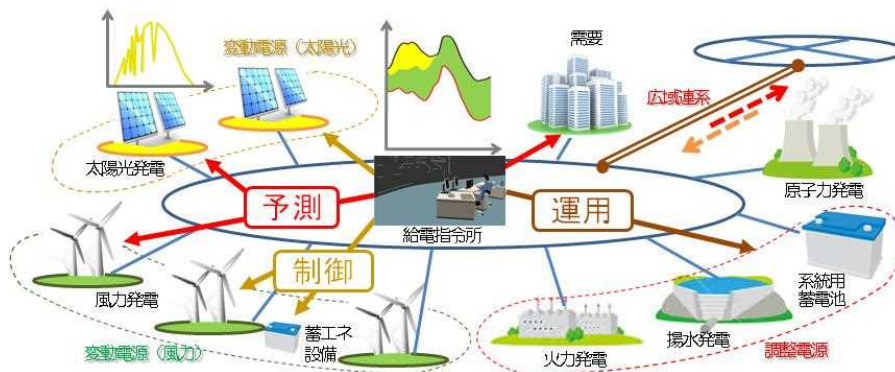
(Ⅱ) - 2 電力系統における運用実証試験 (実証WG)

○平成28年度の間目標

実証試験を実施する地点を選定し、風力発電のランプ予測技術に加え、風力発電・太陽光発電の出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた需給制御システム構築のための合理的な設備形成や運用手段の机上検討、実証試験に必要な試験設備・システムの構築を完了させる。

○平成30年度の最終目標

需給シミュレーションシステムで得られた需給運用の基本的な考え方を実際の電力系統を使って検証する。風力発電のランプ予測技術に加えて、風力発電・太陽光発電の出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた実証試験を通じて、再生可能エネルギーを大量導入するための対策コストを指標として、対策コストが社会的にミニマムとなる最適な設備形成・運用手段を確立する。



図Ⅱ.1-8. 予測・制御・運用各技術を総合的に検証するための実証イメージ

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

前項で記載した通り、本事業では風力発電のランプ現象に注力した予測技術の高度化と出力変動制御技術の高度化を対象とする「研究開発項目(I)風力発電予測・制御高度化」と、東日本地域の2030年における電力系統を模擬して解析を行うための需給シミュレーションの開発と、研究開発項目(I)での予測と制御の技術を踏まえて再生可能エネルギーを最大限活用した需給運用技

術の高度化を対象とする「研究開発項目(Ⅱ)予測技術系統運用シミュレーション」の2項目からなる。各研究開発項目のそれぞれの個別テーマと担当WG（ワーキンググループ）、各WGを構成する実施事業者について表Ⅱ.2-1に整理する。

本事業では風力発電の普及拡大に向けて、「予測・把握」と「制御・抑制」技術の高度化により従来の風まかせの発電から計画する発電として風力発電を活用する目的に加え、火力発電等他電源や蓄電池の効果的な活用により風力発電だけでなく太陽光発電など含めた再生可能エネルギーの最大利用を目的とした「需給運用」技術の高度化を図る事が主な実施内容である。それら実施内容について全体構造のイメージを図Ⅱ.2-1に示す。

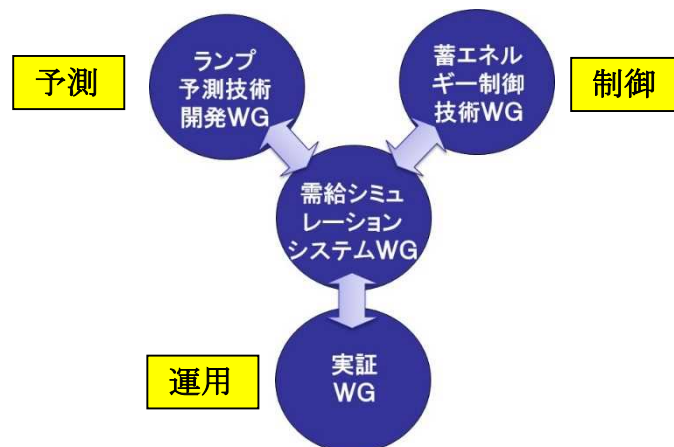
表Ⅱ.2-1. 各研究開発項目の個別テーマと担当WGと実施事業者の整理

研究開発項目	個別テーマ	担当WG	実施事業者 (括弧内は再委託)
(Ⅰ) 風力発電予測・制御高度化	(Ⅰ)-1 風力発電および気象モニタリングシステムの構築	ランプ予測技術開発WG	・伊藤忠テクノソリューションズ(株) ・東京大学 他
	(Ⅰ)-2 ランプ予測技術の開発	ランプ予測技術開発WG	・伊藤忠テクノソリューションズ(株) (日本気象協会) ・東京大学(日本大学、筑波大学) ・(財)電力中央研究所 ・早稲田大学
	(Ⅰ)-3 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の開発	蓄エネルギー制御技術WG	・(財)エネルギー総合工学研究所 (北海道電力) ・早稲田大学 (北海道大学、大阪府立大学)
(Ⅱ) 予測技術系統運用シミュレーション	(Ⅱ)-1 需給シミュレーションシステムの開発	需給シミュレーションWG	・(財)電力中央研究所 ・東京電力パワーグリッド(株) ・東京電力ホールディングス(株) ・東京大学
	(Ⅱ)-2 電力系統における運用実証試験	実証WG	・東京電力パワーグリッド(株) ・東京電力ホールディングス(株) ・(株)東光高岳 (NRIセキュアテクノロジーズ(株)、(財)日本気象協会)



図Ⅱ.2-1. 事業の全体構造イメージ

各WGと実施事業者については次節（2.2 研究開発の実施体制）にて記述するが、ランプ予測技術開発WGで「予測」、蓄エネルギー制御技術WGで「制御」、実証WGで「運用」に係る研究開発を実施し、需給シミュレーションシステムWGで開発するシステムの開発成果に反映させることが本プロジェクトの各WGの相関関係である。（図Ⅱ.2-2）



図Ⅱ.2-2. 各WG間の相関関係

この各WGと実施項目の相互関係を踏まえた各実施項目のスケジュールと事業予算について表Ⅱ.2-2に示す。（ただし、本評価の対象外である平成27年度から開始した「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」事業分も本予算に含んでいる。）

表Ⅱ.2-2. 各研究開発項目のスケジュールと事業予算

研究開発項目	実施項目	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
(I) 風力発電予測・制御高度化	(1) 風力発電および気象モニタリングシステムの構築	製作機器	機器調整	データ収集・分析	データ収集・分析	データ収集・分析
	(2) ランプ予測技術の開発	基礎検討	手法検討	システム化	予測手法・システム改良	検証・評価
	(3) 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の開発	モデル開発	制御技術開発		変動制御手法の改良	
(II) 予測技術系統運用シミュレーション	(1) 需給シミュレーションシステムの開発	仕様検討	設備設置	実証試験・評価		
	(2) 電力系統における運用実証試験	システム仕様設計・プロトタイプ構築	シミュレーションモデル構築	システム構築	再エネ導入拡大の評価	
		スペック検討・設備設置	実証性能試験・調整	実証試験・評価		
マイルストーン		▼ 一部データ提供開始		▼ ランプ予測手法・システムの構築 ▼ 蓄エネ実証試験開始	▼ 電力系統運用実証試験開始	▼ ランプ予測手法・システムの確立
事業予算(百万円) 上段:事業全体(中間評価対象外分含む)、 下段括弧内:本中間評価対象分		400 (400)	600 (500)	650 (260)		

以降、各研究開発項目と実施項目における研究開発内容について記載する。

研究開発項目 (I) 風力発電予測・制御高度化

本研究開発項目では、風力発電の大量導入を実現するために必要となる、系統運用者のランプ現象に対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。また、風力発電の出力変動緩和による電力系統への影響の最小化や予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用しコストミナムとなる最適な制御分担に基づいた、ウィンドファーム(WF)制御技術と蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術を確立する。

本研究開発項目の構成は、研究開発項目 (I) - 1 風力発電および気象モニタリングシステムの構築、(I) - 2 ランプ予測技術の開発、および (I) - 3 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の開発が相互に連携し、風力発電予測・制御高度化のための研究開発を推進する。

(I) - 1 風力発電および気象モニタリングシステムの構築 (ランプ予測技術開発WG)

電力系統エリア合計値の風力発電出力のランプ現象は、我が国においてその課題は認識されつつあるが、ランプ現象に焦点をあてた研究開発は未だ行われていない。そのため、これに資する電力系統エリアを対象とした広域に連携したウィンドファーム観測網は十分に構築されていないのが実態である。

再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいるスペインでは、定格出力 10MW 以上の大規模ウィンドファームを対象に、リアルタイムでの広域のウィンドファーム観測網を整備し、風力発電出力予測・制御に活用している。これにより、風力発電出力予測に関しては、翌日予測で 3~4%の平均絶対誤差率を達成し、風力発電の導入比率が高まった現在でも系統の安定化を実現することに成功している。

上記スペインの事例に鑑みても、本事業においてランプ予測技術を確立するためには、電力系統エリアを対象とした広域でのウィンドファーム観測および広域気象観測に基づくランプ現

象の要因分析は必須である。そのため、我が国で風力発電設備の導入が進んでいる北海道・東北・関東地域における広域ウィンドファーム観測網の構築および広域気象観測網を構築し、ランプ予測技術の基礎となる風力データベースを整備する。

本実施項目における実施内容と担当事業者を以下に整理する。

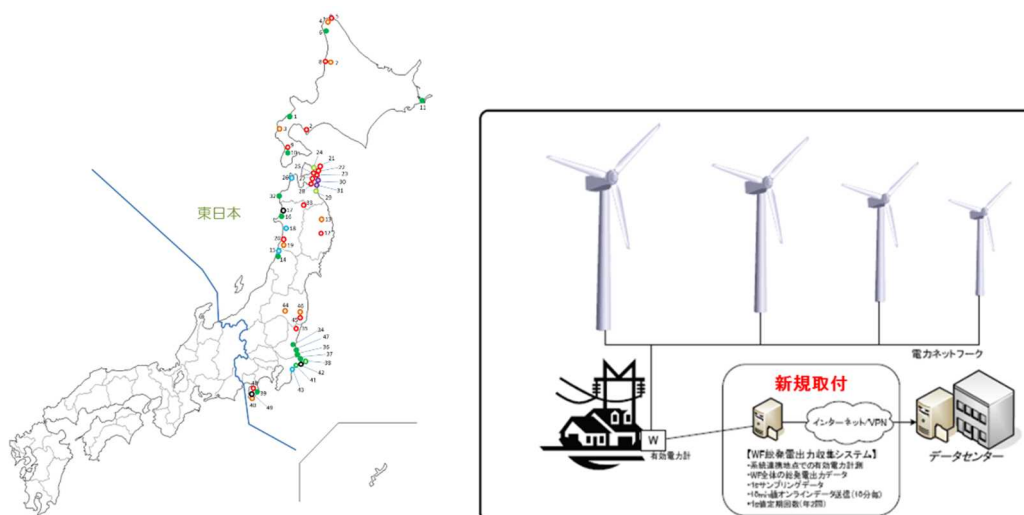
表Ⅱ.2-3. 実施項目(I)－1の実施内容と担当事業者

実施内容	担当事業者
ウィンドファーム観測網整備	伊藤忠テクノソリューションズ(株)
広域気象観測網整備	伊藤忠テクノソリューションズ(株)
風力データベース整備	伊藤忠テクノソリューションズ(株)、 東京大学
出力状況変動解析	伊藤忠テクノソリューションズ(株)、 (財)日本気象協会、東京大学、日本大学、 筑波大学、(財)電力中央研究所、早稲田大学

ウィンドファーム観測網整備：

風力発電の大量導入時に想定される、出力変動特性（短周期・長周期）を把握し、風力発電出力予測技術の高度化を実現することを目的として、北海道・東北・関東地域における最大50カ所程度の中から本研究開発に資する大規模ウィンドファームを選定し、データ収集のための観測網を整備する。ここでは、協力を頂いた風力発電事業者の風力発電設備を対象に、可能な限り風況と発電出力の同時観測（発電出力、気象観測、風車運転情報）を行える環境を構築する。これによって、予測技術開発に資する関連データを収集する。

また、風力発電設備周辺の風況把握のために、風況観測設備（風況観測用ライダー、風況観測マスト等）を最大10カ所程度設置する。



図Ⅱ.2-3. ウィンドファーム総発電出力収集システムの概念図

広域気象観測網整備：

広域に集積された風力発電の出力変動は、その地域の気象の変化と密接に関連していると考えられている。本実施項目では、風力発電出力変動に対応した広域の気象特性を把握すること

を目的として、既設の気象庁アメダス（風速・風向・気温（全国約840カ所）、気圧（全国約150カ所））・ウィンドプロファイラー（全国33カ所）および民間会社の気象観測網（全国最大100カ所程度）を活用し、北海道・東北・関東地域を重点的に、風速・風向・気温・気圧のデータに関する広域気象観測網を整備する。

風力データベース整備：

サーバーなど本プロジェクトにおける風力発電データの蓄積・運用を行う環境を整備し、本プロジェクトにおいて収集された風力発電設備のモニタリングデータの蓄積・運用を行う。風力データベースには、ウィンドファーム観測網から得られる北海道・東北・関東地域のウィンドファームに対するモニタリングデータ（発電出力・運転制御情報・風速・風向・気温・気圧・日射量等）に加えて、広域気象観測網から得られるウィンドファーム周辺の風速・風向・気温・気圧のデータも格納する。データの蓄積・管理は、プロジェクト開始年度から開始し、プロジェクト最終年度まで続ける。

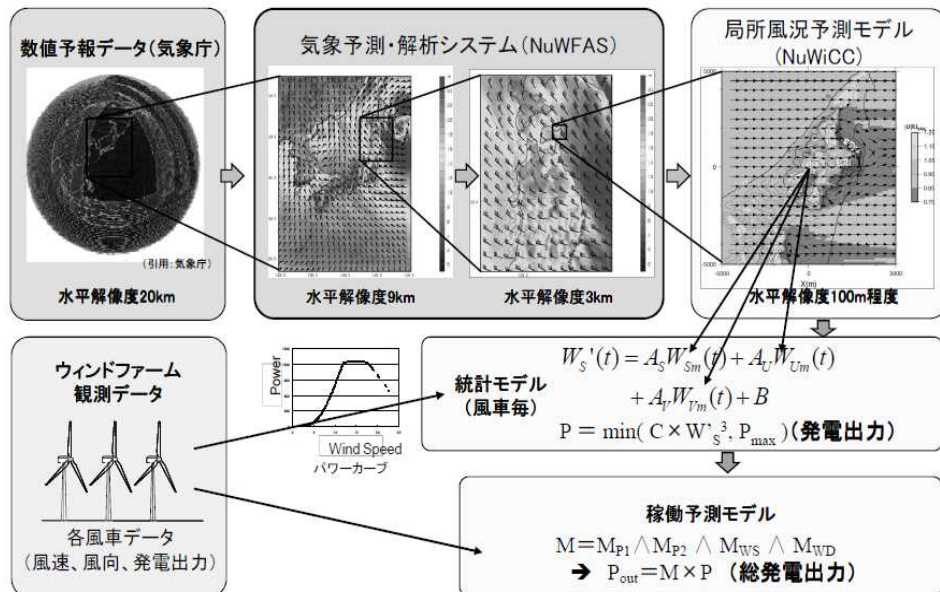
出力状況変動解析：

モニタリングシステムで取得した気象観測および風力発電出力データを用いて、北海道・東北・関東のそれぞれの地域における風力発電出力の変動の状況を把握する。発電出力の変動幅、発電出力急変時と気象擾乱等の関係を天気図等から整理して基礎的な分析を実施する。

(I) - 2 ランプ予測技術の開発（ランプ予測技術開発WG）

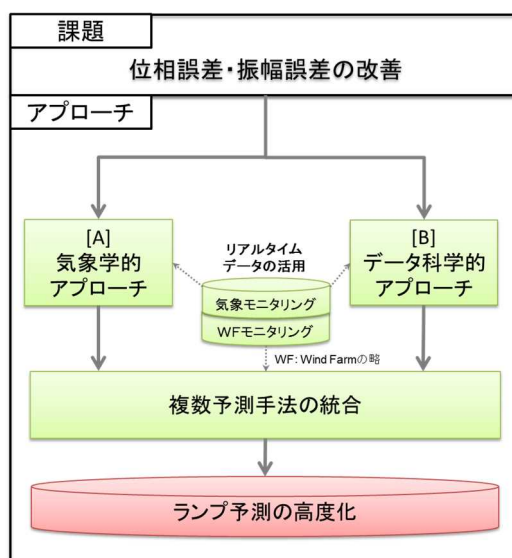
当実施グループの東京大学、電力中央研究所、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、日本気象協会は平成17年度～19年度のNEDO事業「風力発電電力系統安定化等技術開発」（以下「前事業」）に参加し、力学的モデルと統計モデルを組み合わせた手法で発電出力平均誤差の数値目標を達成した。（図Ⅱ.2-4）

本事業では、一定成果をあげた前事業における予測手法の構成を踏襲しつつ、得られた知見を生かしてランプ現象発生 of 適切な予測手法を開発する。



図Ⅱ.2-4. 「風力発電電力系統安定化等技術開発」における風力発電予測手法の構成

前事業では、通常時の誤差は設定目標の精度を得る一方、大外しをする事例が散見された。これがランプ予測誤差の主要な要因となるものと考えられるが、予測誤差は、ランプ現象の発生時刻に対する誤差（以下、位相誤差）と、変動の振幅に対する誤差（以下、振幅誤差）に、大別することができる。これを踏まえて、本事業では、前事業の予測手法に加え、新たに構築する観測網からのリアルタイムデータを活用するとともに、気象学的アプローチ[A]およびデータ科学的アプローチ[B]による予測精度改善、そして複数手法による予測結果の統合を通じて、ランプ予測の高度化を図る（図Ⅱ.2-5）。なお、本書では、気象モデルなど物理モデルによる予測値についての精度改善や有用情報抽出などを中心に検討することを「気象学的アプローチ」、過去のデータの自己および相互の関係性に基づく将来予測を中心に検討することを「データ科学的アプローチ」と呼ぶ。



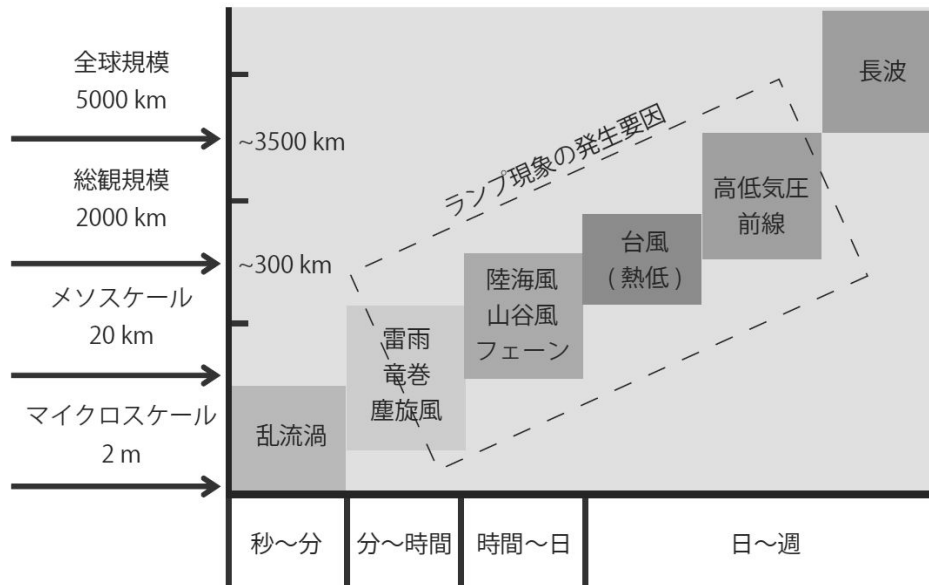
図Ⅱ.2-5. ランプ予測技術開発に向けた課題とアプローチ
本実施項目における実施内容と担当事業者を以下に整理する。

表Ⅱ.2-4. 実施項目(I)-2の実施内容と担当事業者

実施内容	担当事業者
ランプ現象の分析	東京大学、日本大学、筑波大学、(財)電力中央研究所、早稲田大学、伊藤忠テクノソリューションズ(株)、(財)日本気象協会
ランプ現象等予測手法研究開発	同上
ランプ予測システム開発	伊藤忠テクノソリューションズ(株)、(財)日本気象協会、東京大学
ウィンドファーム(WF)制御技術の高度化	東京大学

ランプ現象の分析：

ランプ現象の元となる急激な風速変化は様々な時間スケール・空間スケールの大気現象に関係しており（図Ⅱ.2-6）、現象毎に最適な対応方法が異なることが示唆される。一方、わが国におけるランプ現象の実態やその要因については未解明の状態である。そのため、本プロジェクトでは、ランプ現象の事例調査、要因分析、さらに遡ってランプ現象定義のための調査を実施する。



図Ⅱ.2-6. 大気現象の時間スケール・空間スケールとランプ現象発生要因
(Cathy Finley, 2009 に修正・加筆)

ランプ現象等予測手法研究開発：

本研究項目では、「ランプ現象の分析」の結果を踏まえ、複数のアプローチでランプ現象の予測に適した風力発電予測手法高度化を目指すとともに、複数手法による予測結果から最適な予測情報を統合する手法を開発する。さらには、本提案で開発・高度化したランプ予測技術进行评估するため、従来の風力発電予測手法のベンチマークテストを行う。

まず、ランプ予測における現状予測手法の課題・問題点を抽出し、本事業における開発目標を検討するため、次に示す手法により現状予測手法のベンチマークを行う。ベンチマークテストの前段階として、各ウィンドファームの発電出力特性を把握し、風速を発電量変換する手法を構築する。その後、本手法を用いて、過去1年間の気象庁GPVの風の予測値から北海道・東北・関東地域のそれぞれの発電量を算出し、当日・翌日の予測精度について年間の各種統計値を把握する。また、ランプ現象事例について解析し、発電出力の差異、観測値と予測値の出現時刻のずれ、継続時間の違い等の観点でランプ現象の予測精度を把握する。

次にランプ予測のための風力発電出力予測高度化として、ランプ現象発生の最適な予測手法を開発する(図Ⅱ.2-7)。また、誤差低減に限界があると想定されるため、予測情報の活用にも有効と考えられる誤差情報(確からしさ)の抽出も検討する。ここで、本事業が広範な分野に亘ることを生かして、共同提案機関の連携を密にとり、ウィンドファームの制御や系統運用上の予測情報利用法を踏まえた、実務に有効な確からしさ情報の抽出手法を目指す。これらを、気象学的アプローチ[A]およびデータ科学的アプローチ[B]により開発・検討する。両アプローチにおける以下の詳細アプローチについて各事業者が分担して検討し、相互に連携して開発を推進する。

[A] 気象学的アプローチ

- ・気象学的要因分析によるアプローチ
- ・アンサンブル予測によるアプローチ

[B] データ科学的アプローチ

- ・ 統計学的手法によるアプローチ
- ・ 機械学習によるアプローチ
- ・ Dynamical Systems 理論によるアプローチ

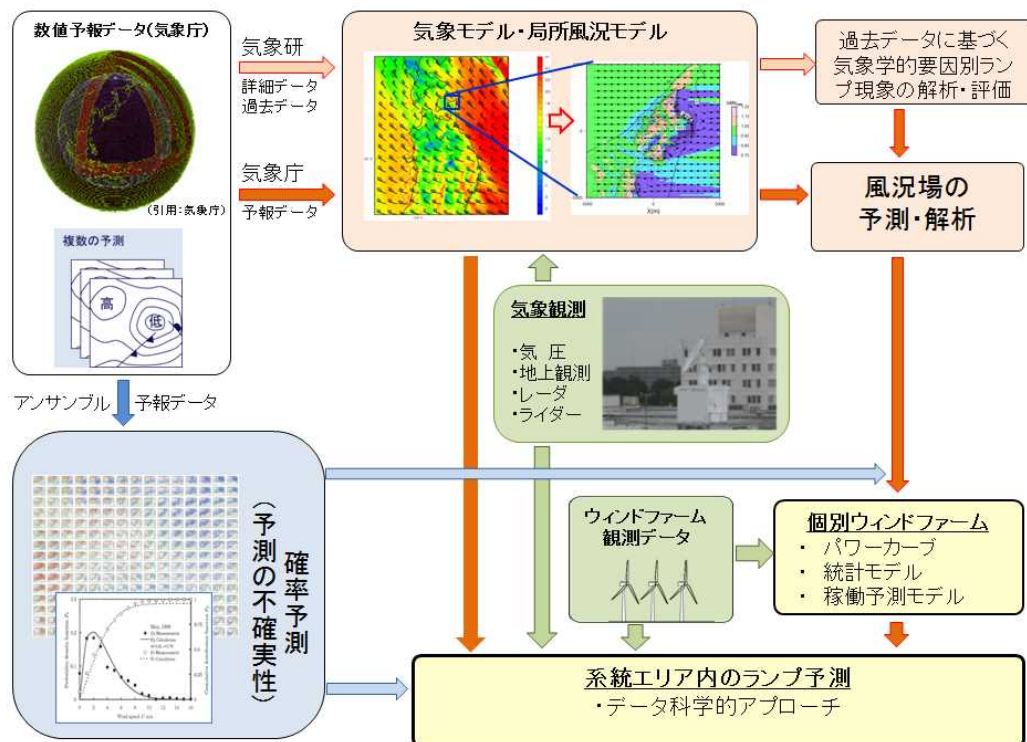


図 II. 2-7. 予測システムの全体構成

これら各アプローチでのランプ予測手法を最終的に統合し、過去の気象条件等に応じて、予測手法を最適に選択・組み合わせるとともに、予測誤差や信頼性に関する補助情報を付与する機構を開発する。

最後に、ランプ予測技術の評価として、本プロジェクトにて開発するランプ予測技術の評価手法の開発と評価を行う。

ランプ予測システム開発：

ランプ現象等予測手法研究開発での手法が、実運用可能となるよう入力データ、処理方法、出力方法等各種条件を検討し、ランプ予測手法をリアルタイムに安定して運用するためのシステムを開発する。このため、各種要件定義や基本設計を実施し、必要な情報提供のタイミングやデータ提供方法等を検討し、システム構成、処理フロー、ネットワーク構成、機器構成等の詳細設計を行い、ランプ予測システムを構築する。更に、構築したシステムを用いて各エリアにおける実証試験を実施し、ランプ予測手法及びシステムの評価を行い、これらシステムの課題を抽出する。

また、複数予測手法の統合手法開発の結果を踏まえ、開発した手法が実運用可能となるよう各種検討を実施し、手法をリアルタイムに安定して運用するためのシステムを構築する。更に、構築したシステムを用いて各エリアにおける実証試験を実施し、ランプ予測手法及びシステムの評価を行い、これらシステムの課題を抽出する。

ウィンドファーム（WF）制御技術の高度化：

系統運用の視点に立った場合、前述のランプ予測技術開発と共に、ランプ予測精度・信頼性を向上させるための計画・運用技術が重要となる。本テーマでは、ランプ予測を踏まえたウィンドファーム制御技術を高度化し、ランプ現象のリスクを低減する技術開発を実施する。ランプ現象のリスク低減については、風力発電機の変動緩和制御技術の高度化とウィンドファーム全体・ウィンドファーム間を見据えた変動緩和制御技術の高度化がある。次項(I)-3で実施する蓄エネルギーを用いた制御技術開発は、風力発電のエネルギー源である風エネルギー（風速）が減少した際を目的にした技術開発であり、本項目で示す制御技術は、風エネルギーはあるが、ランプ現象発生を見据えた出力抑制を効率的に実施するための制御技術開発である。具体的には各風力発電機を対象とするナセル搭載型ライダーによる変動緩和制御技術開発と、ウィンドファーム内の各風力発電機と需給調整が行われる電力システム全体でのウィンドファーム合計出力のそれぞれの変動緩和のための出力予測を活用したWF出力制御技術開発を実施する。

図Ⅱ.2-8に（I）-1 風力発電および気象モニタリングシステムの構築と（I）-2 ランプ予測技術の研究開発を担当するランプ予測技術開発WGの実施項目毎の事業開始時点でのスケジュールを記載する。

実施項目		H26	H27	H28 (中間評価)	H29	H30 (最終評価)
I - (1)	風力発電および気象モニタリングシステムの構築					
	① ウィンドファーム観測網整備		構築	データ収集・蓄積	データ収集・蓄積	
	② 広域気象観測網整備	構築		データ収集・蓄積		
	③ 風力データベース整備		構築		運用・活用	
	④ 出力状況変動解析		基礎検討		継続検討	
I - (2)	ランプ予測技術の開発					
	① ランプ現象の分析					
	1 ランプ現象の事例調査		基礎検討		継続検討	
	2 ランプ現象の要因分析	基礎検討		継続検討		
	3 ランプ現象定義・予測のための調査		基礎調査		継続調査	
	② ランプ現象等予測手法研究開発					
	1 ベンチマークテスト		既存データ活用		実測データ利用	
	③ ランプ予測のための風力発電出力予測高度化					
	A1 気象学的要因分析によるアプローチ		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	A2 アンサンブル予測によるアプローチ		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	B1 統計的手法によるアプローチ		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	B2 機械学習によるアプローチ		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	B3 Dynamical Systems 理論によるアプローチ		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	3 複数予測手法の統合		プロトタイプ構築		検証・運用・改良	
	4 ランプ予測技術の評価		基礎評価		本格評価	
	④ ランプ予測システム開発					
	1 ランプ予測システム開発（北海道・東北・関東地域）		環境構築		改良・運用	
2 ランプ予測システム開発（複数予測手法の統合）		環境構築		改良・運用		
⑤ ウィンドファーム（WF）制御技術の高度化						
1 ナセル搭載型ライダーによる制御技術開発		基礎検討		検証・改良		
⑥ 出力予測を活用したWF出力制御技術開発						
a WF内を対象とした出力制御技術開発		基礎検討		検証・改良		
b WF間を対象とした出力制御技術開発		基礎検討		検証・改良		
研究事業の運営・管理						
ランプ予測技術開発WGの運営						

図Ⅱ.2-8. ランプ予測技術開発WG担当項目の研究開発スケジュール

(I) - 3 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の開発（蓄エネルギー制御技術WG）

気象要因や発電特性に起因する風力発電機の発電量急変に対する対策の1つとして各種の蓄エネルギー設備の利用による出力制御技術の開発が進められている。本開発項目では予測されたランプ現象の情報を有効的に利用することで風力発電設備と併設される蓄エネ

ルギー設備を適切に運用制御し、発電量急変の緩和を行う枠組みの方法論を評価、検証する。

ランプ現象の緩和を制御の主要な目的に据えた時に、

- ・ランプ現象の予測情報を用いてどのように蓄エネルギー設備の運用制御を行うべきか
- ・充放電出力、容量や設備配置の要件等の観点からどの程度の規模の設備が必要か
- ・どのような条件、観点において蓄エネルギーは有用なのか

といった点に関する詳細な知見は未だ無く、これらを明らかにすることが本開発項目全体の主要な目標となる。

本事業では蓄エネルギー技術として、圧縮空気エネルギー貯蔵(CAES: Compressed Air Energy Storage)、ヒートポンプ(HP)とバイオガス発電(BG)の併用運用による熱変換貯蔵(Power to Heat)、および蓄電池に着目し、ランプ予測情報を反映した発電量の変動緩和のための蓄エネルギー設備の運用制御技術の開発を行う。

本実施項目における実施内容と担当事業者を以下に整理する。

表Ⅱ.2-5. 実施項目(I)-3の実施内容と担当事業者

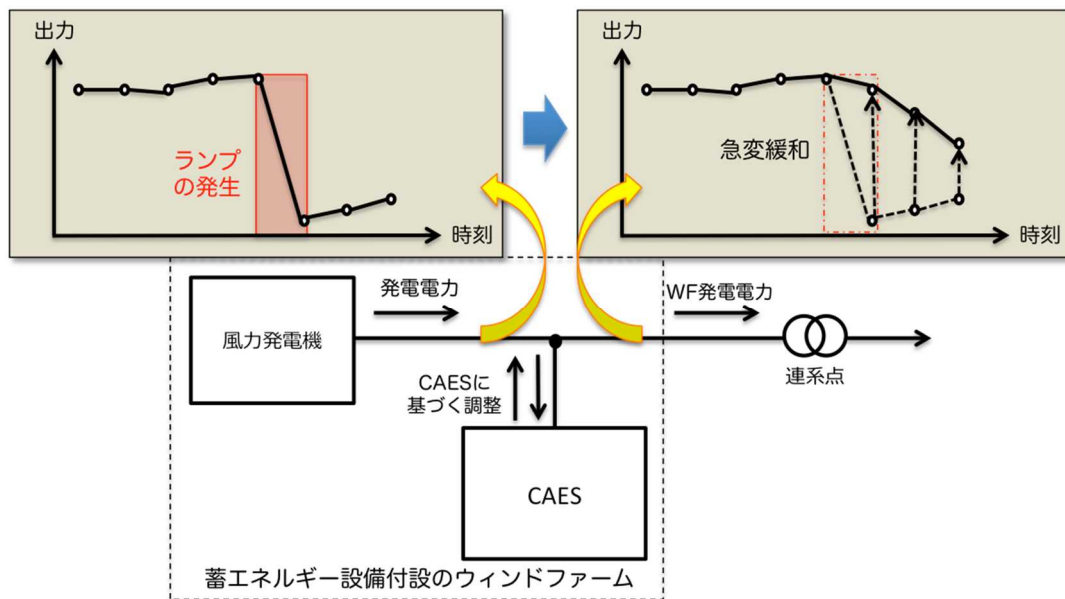
実施内容	担当事業者
圧縮空気エネルギー貯蔵による出力変動制御技術の開発	早稲田大学
Power to Heatによる出力変動制御技術の開発と実規模データ評価	北海道大学、北海道電力(株)
蓄電池及び高精度予測情報を活用した出力変動制御技術の開発	大阪府立大学
蓄エネルギー技術を用いた変動制御技術の実証試験および総合評価	(財)エネルギー総合工学研究所

圧縮空気エネルギー貯蔵による出力変動制御技術の開発：

ウィンドファームへの設置が検討されている大容量蓄エネルギー設備として圧縮空気エネルギー貯蔵(CAES)に着目し、蓄電設備の充放電の特性を再現するシミュレーションモデルの開発を行い、予測されたランプ現象の情報を利用することで発電量急変の影響削減のためのCAESの運用制御技術の開発を行う。本技術は予測されたランプ現象に対してCAESの充放電能力を計画的に利用することで発電出力の急変をウィンドファームにおける収支の意味で緩和することを運用方針とし、発電出力の最大振れ誤差低減という電力系統への影響低減のためのランプ予測の目標を部分的に支援する。

CAESは大きなエネルギーを貯めることができるため電力系統の負荷平準化への利用が可能であり、しかも揚水発電ほど場所を限定されない。また、エネルギーの貯蔵に空気を使用するため安全性が高く、出力応答性も良いため、ウィンドファームにおける発電出力急変の緩和のためのCAESの利用は実用化の面で十分現実的なものと期待される。一方で、充放電時の出力変化に対する応答性、充放電の切り替え時間、様々な運転状態における効率等、実機での確認が必要な部分も存在する。そのため、本事業の中で実証設備を製作・運転し、運用特性等を確認する。制御技術開発に際してはまずCAESの充放電の特性を再現するシミュレーションモデルを設計開発する。その上で開発したCAESモデルを用いて風力発電出力の変動予測結果を利用した蓄エネルギー設備の運用計画に関する方法論を提案し、ウィンドファームにおける発電出力変動

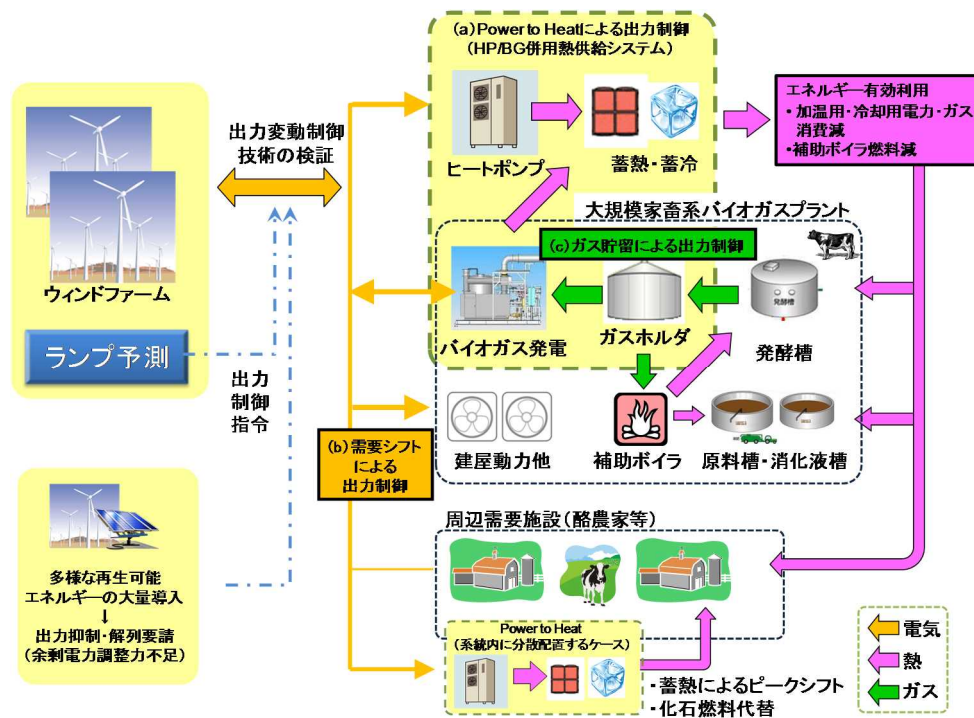
の緩和のシミュレーションを実施することで、特にランプ現象を事前に予測しながら予測情報に基づいて設備の充放電計画を行った際に発電出力の変動がどの程度緩和できるかを定量的に評価する。また、発電出力ランプ予測の誤差が制御結果の意味でどのような影響を及ぼすかについて検証を行い、シミュレーション結果から得られた知見を予測手法の構築指針等に反映していくことで、発電出力変動の緩和に際して有用な予測手法の構築、風車制御技術の開発に向けたフィードバックを行う。また、本項目での実施内容は電力系統エリア規模のランプ現象の影響の緩和能力という観点から最終的に総合評価されるべきものであるため、開発した制御技術の結果となる蓄エネルギー設備運用プロファイルを研究開発項目(II)「予測技術系統運用シミュレーション」へ提供する。図Ⅱ.2-9にCAESが設置されたウィンドファームの概要イメージを示す。



図Ⅱ.2-9. CAESが設置されたウィンドファームの概要

Power to Heatによる出力変動制御技術の開発と実規模データ評価：

“Power to Heat” 技術をベースとした新しい制御方式を開発し、実証によってその制御性能、エネルギー効率などを明らかにすることを目的とする。具体的には、ヒートポンプ（HP）とバイオガス発電（BG）を併用して需要家に熱エネルギーを供給するシステム（以下、HP/BG併用熱供給システムと呼ぶ）を対象に、具体的な制御手法を開発するとともに、シミュレーションならびに実証によりその有効性を検証する。図Ⅱ.2-10にHP/BG併用熱供給システム開発技術の実運用プラントへの導入イメージを示す。

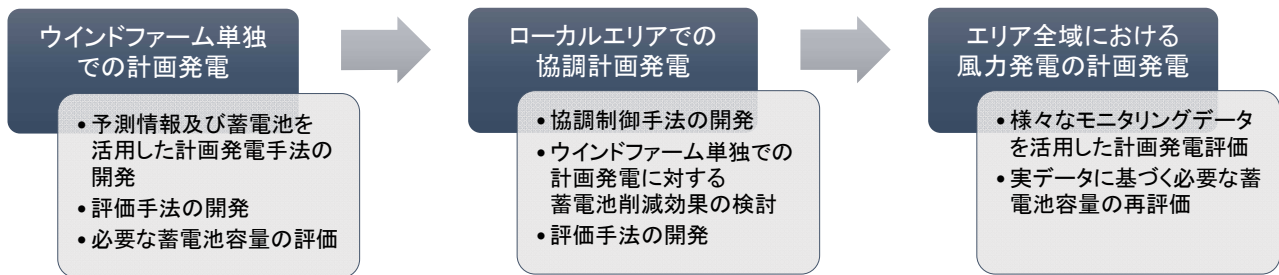


図Ⅱ. 2-10. 開発技術の実運用プラントへの導入イメージ

蓄電池及び高精度予測情報を活用した出力変動制御技術の開発：

現在の蓄電技術をベースとして、ウィンドファーム出力の短周期変動のみならず、高精度予測情報 (High-Predictability Information) を考慮したランプ現象にも対応可能な新しい制御手法の開発を行い、シミュレーションおよび実証によってその有効性を明らかにすることを目的とする。

本事業では、ランプ予測技術及び系統シミュレータの開発が並行で進行することを考慮し、図Ⅱ. 2-11に示すように、はじめにウィンドファーム単独での計画発電手法について検討し、その後、ローカルエリアでのウィンドファーム群における協調計画発電制御や、最終的には本プロジェクトが対象とするエリア全域に対する計画発電手法へ拡張するプロセスとする。はじめに計画発電手法自体の開発を行うことで、最終目標であるエリア全域での計画発電を見据えた提案手法に対する詳細な検討と課題の抽出を行うことができる。次に、蓄電池容量の削減を図るためにローカルエリア内でのウィンドファーム群による協調計画発電手法の開発を行う。ここでは、ウィンドファーム単独で計画発電を行うことによる問題点をウィンドファーム群の協調的な計画発電を行うことにより解決するとともに、均し効果などローカルエリアを対象とすることによって発生する事項についても考慮し、必要となる蓄電池容量の削減効果及びコストについて評価を行う。最後に、様々なウィンドファームのモニタリングデータを活用し、ランプ現象時に対する制御効果について評価するとともに、エリア全域で必要な蓄電池容量について再評価を行う。また、系統シミュレータからの評価結果をもとに提案手法の改良を行い、よりコストミニマム及び安定的に運用することができる計画発電手法の開発を行う。最後に、系統内に分散している予備力（ここでは揚水発電や蓄電設備など）を基準に、提案する制御システムのコスト的競争力および、競争が可能となる蓄電池単価について検討を行う。



図Ⅱ.2-11. ランプ予測情報及び蓄電池を活用した風力発電の計画発電手法開発フロー

蓄エネルギー技術を用いた変動制御技術の実証試験および総合評価：

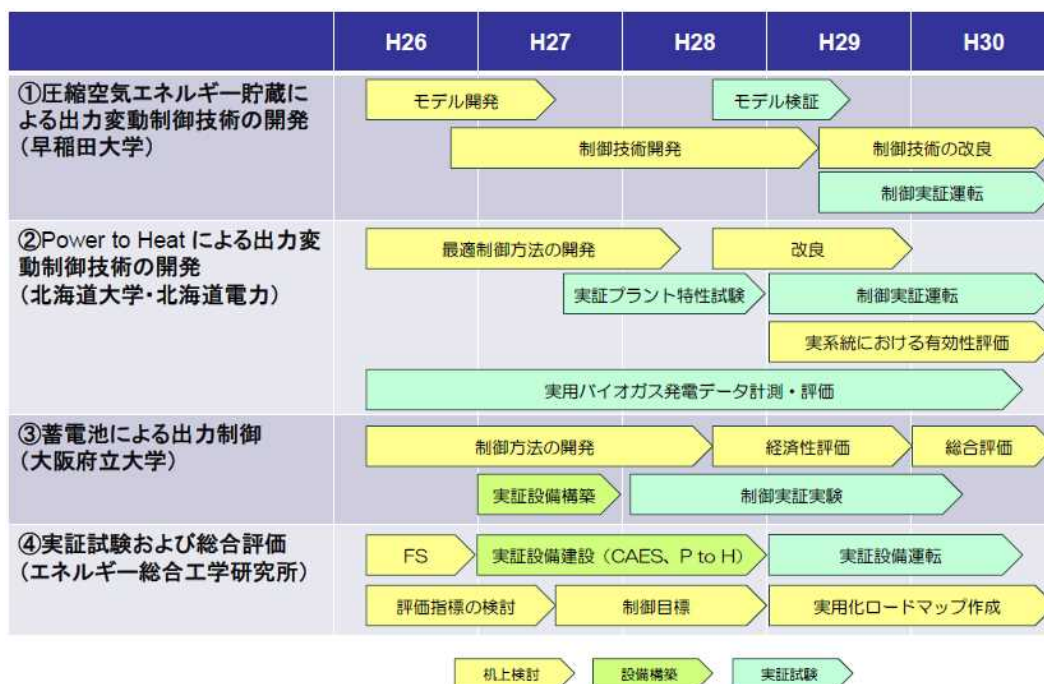
本事業では、出力変動制御技術の実証試験に使用する蓄エネルギー技術として、圧縮空気エネルギー貯蔵（CAES）、ヒートポンプ／ガスエンジン併用熱供給システム（HP/BG）、および蓄電池を想定しており、3種類の蓄エネルギー技術の実証設備の製作・運転を行う。実証設備の製作・設置に先立ち、平成26年度に詳細な検討を行い、対象技術を設備の諸元も含めて確定する。主要な調査内容は、実用化時点のコスト、効率特性、運転特性、および技術課題等とする。特にCAESに関しては、断熱圧縮方式（A-CAES）と等温圧縮方式（I-CAES）とがあるため、双方を比較検討して一方式を選択する。CAESの方式の選択に当たっては、外部有識者からなる専門委員会を設置して評価を行う。

CAESおよびHP/BGシステムとも、平成26年度は、設備仕様の決定、工事計画の策定、ならびに設置運転に必要な法規制手続きの調査と対応準備を行う。HP/BGシステムについては平成27年度に、CAESについては平成27～28年度に、機器製作、据付、および試運転を行い、平成27年度末（HP/BGシステム）および平成28年度末（CAES）までに実証装置を完成させる。続いて、HP/BGシステムについては平成28～30年度に、CAESについては平成29～30年度に、実証運転を実施する。

実証運転の目的は、主に二つある。第一は、蓄エネルギー装置をコンピュータ上で模擬するための基本特性の把握である。第二の目的は、開発した制御技術（制御ロジック）を実証装置に実装して、一定期間連続運転を行い、当該制御技術の実用性を検証することである。実証運転の結果を制御技術開発者にフィードバックし、制御技術の改良に役立てる。

また、蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の総合評価として平成28年度までに出力変動制御に求める制御目標を確定させることを目標として蓄エネルギーと風車制御との最適な分担の考え方を整理する。次に、平成30年度までに蓄エネルギー技術による出力変動制御システムの実用化ロードマップを作成することを目標とする。

図Ⅱ.2-12に（Ⅰ）-3 蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御技術の研究開発を担当する蓄エネルギー制御技術WGの実施項目毎の事業開始時点でのスケジュールを記載する。



図Ⅱ.2-12. 蓄エネルギー制御技術WG担当項目の研究開発スケジュール

研究開発項目（Ⅱ）予測技術系統運用シミュレーション

本研究開発項目では、将来の再生可能エネルギーの大量導入を支える電力需給の考え方や技術開発の方向性の検討に資することを目的に、電力系統の信頼度評価・需給運用計画・周波数制御に関する共通の解析基盤を開発し、必要な技術課題、対応の考え方、今後の技術開発の方向性を検討する。さらに、実際の電力系統において、得られた課題解決の考え方を実証する。

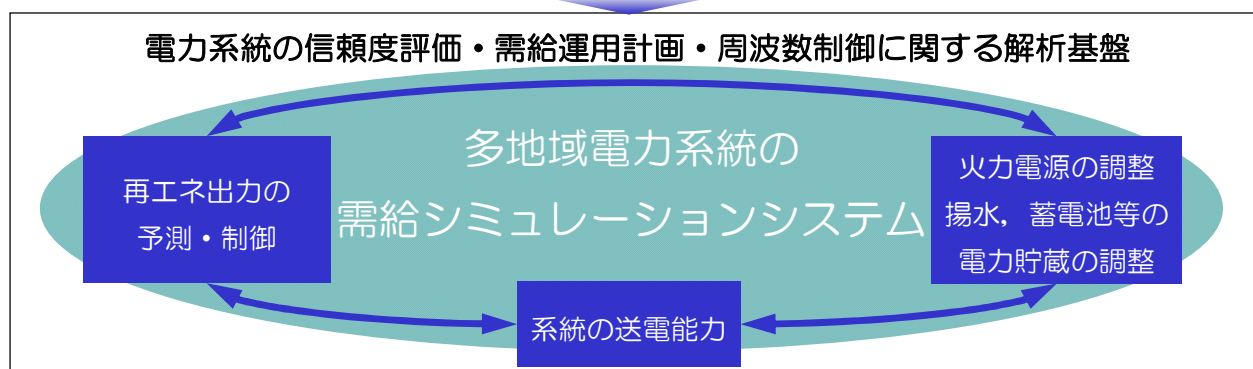
なお、研究開発推進にあたっては、研究開発項目（Ⅰ）の風力発電予測技術・制御技術等に関する成果も活用する。

（Ⅱ） - 1 再生可能エネルギーの連系拡大に向けた需給シミュレーションシステムの開発

（需給シミュレーションWG）

図Ⅱ.2-13 は、本研究開発の狙いを概観したものである。図に示すように、将来の再エネ大量導入に向けて「再エネ出力予測」、「需給運用」、「蓄エネ制御を含む再エネ出力制御・抑制」を組合せた合理的な対応を追及していくためには、再エネ大量導入の電力系統への影響とその対応の解析的な分析・評価やシミュレーションを、客観性高く効率的に可能とする共通の解析基盤が必要である。

将来（2030年頃）の再エネ大量導入



効率的な検討・研究の推進や客観性の高い評価への貢献

① 電力システムの計画・運用・制御における課題とその解決策の提示

- ✓ 再エネ大量導入を支える設備計画
- ✓ 需給運用・周波数制御に求められる調整力・機能

② 電力システムを構成する要素技術の課題と求められる技術仕様の提示

- ✓ 再エネに求められる調整能力、グリッドコード
- ✓ 従来電源・蓄電池等に求められる調整能力

図Ⅱ. 2-13. 研究開発項目(Ⅱ)-1の狙い

本研究開発では、再生可能エネルギーが電力システムに大量導入された 2030 年頃の状況を見据えた、効率的な検討・研究の推進や客観性の高い評価への貢献を可能とする解析基盤として、再生可能エネルギーの予測技術・制御技術、火力発電の調整力や揚水発電・蓄電池等の電力貯蔵の運用技術、再生可能エネルギーが系統面に与える影響を評価する技術等を組み合わせた、多地域電力システムの需給シミュレーションシステムを開発する。具体的には、

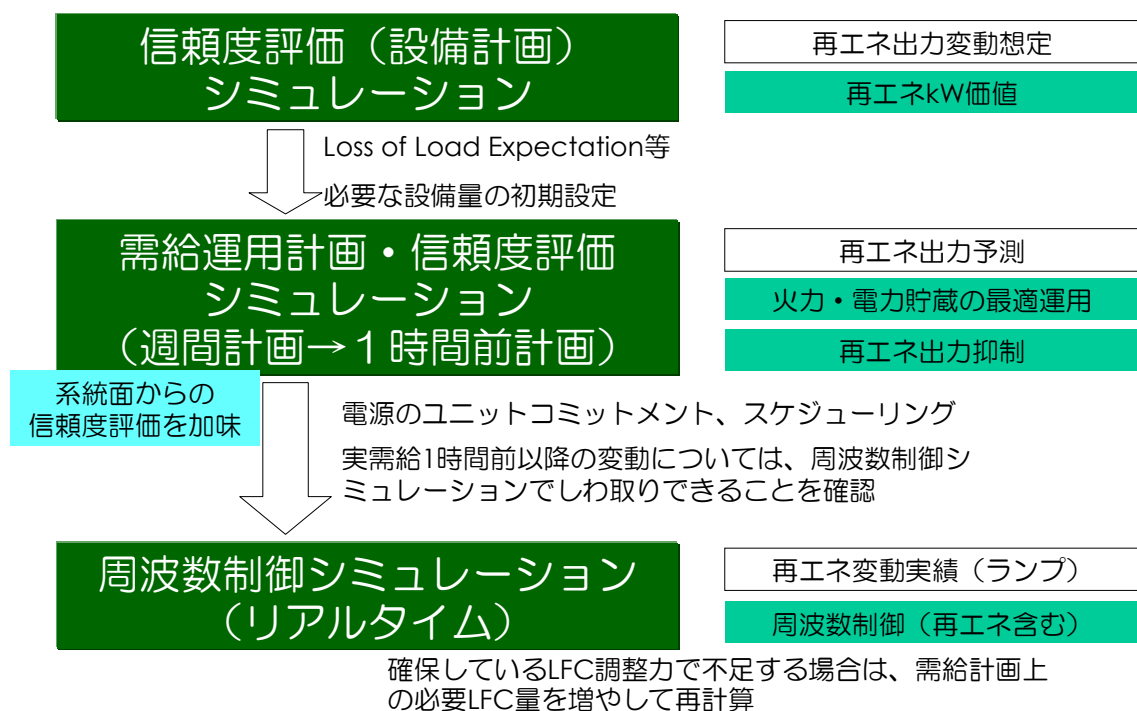
- i) 信頼度評価シミュレーション
- ii) 需給運用計画・信頼度評価シミュレーション
- iii) 周波数制御シミュレーション

の3つの主機能を有する需給シミュレーションシステムを開発し、並列計算等の高速演算技術も活用して、再生可能エネルギーに因る余剰電力の発生、周波数調整力の不足等の電力需給の課題や課題解決の基本的な考え方を系統面の技術的な制約も考慮して明らかにする。

これら3つの機能については図Ⅱ. 2-14 に示すように、需給シミュレーションシステムの概要を年オーダーの長期（設備計画）から週間・日間といった短期（需給運用計画）、そして実需給のリアルタイム（周波数制御）までの時間軸を各々扱う。これら3つの機能についての具体的な説明は以下の通りである。

・供給信頼度評価シミュレーション

再生可能エネルギー大量導入時の電力システムの設備計画を解析・評価するため、再生可能エネルギーの供給力（kW 価値）や出力変動特性などを、電力不足確率（LOLE : Loss Of Load Expectation）等の手法で評価可能な、長期的な電力需給の信頼度を評価する機能を開発する。本機能によって、再生可能エネルギーの出力変動の対応に必要な調整力等の設備量や対応技術の要求仕様の解析・評価などを可能とする。



図Ⅱ.2-14. 需給シミュレーションシステムの概要（図Ⅱ.1-7の再掲）

・需給運用計画・信頼度評価シミュレーション

再生可能エネルギーの大量導入を制約する主要因である、下げ代制約（主に軽負荷時に供給力が需要を上回る可能性）、長周期変動制約（20分程度を超える変動）、ランプ現象と呼ばれる急激かつ大規模な出力変動に対応するための調整力が不足する可能性への対応を考慮した、需給運用計画を検討するため解析・評価機能を開発する。また、再生可能エネルギー大量導入における、需給運用計画の信頼度評価ならびにシステムのセキュリティを評価する（系統評価）の理論的基礎確立のための解析機能を開発し、系統面の典型的な課題と対応の整理を可能とする。

・周波数制御シミュレーション

再生可能エネルギーの大量導入を制約する主要因の一つである短周期変動制約（20分程度以内の変動に対応するための調整力が不足する可能性）を考慮した需給周波数制御を検討するための機能を開発する。本機能によって、予測誤差等の計画からのズレ分や再生可能エネルギーのランプ現象へのリアルタイムにおける対応の解析・評価を可能とする。

本実施項目における実施内容と担当事業者を以下に整理する。

表Ⅱ.2-6. 実施項目(Ⅱ)－1の実施内容と担当事業者

実施内容	担当事業者
システム理論的基礎の研究	東京大学
システム仕様の研究	(財)電力中央研究所
システム適用の研究	東京電力ホールディングス(株)、東京電力パワーグリッド(株)
システム構築の研究	(株)東光高岳

システム理論的基礎の研究：

再生可能エネルギー大量導入を考慮した需給シミュレーションシステムの解析ロジックの基礎理論に関する調査・研究を実施し、解析ロジックの理論的基礎を確立する。

システム仕様の研究：

再生可能エネルギー大量導入を考慮した需給シミュレーションシステムの解析ロジックの仕様に関する調査・研究を実施し、供給信頼度評価、需給運用計画、周波数制御に関する解析ロジックの仕様を設計する。

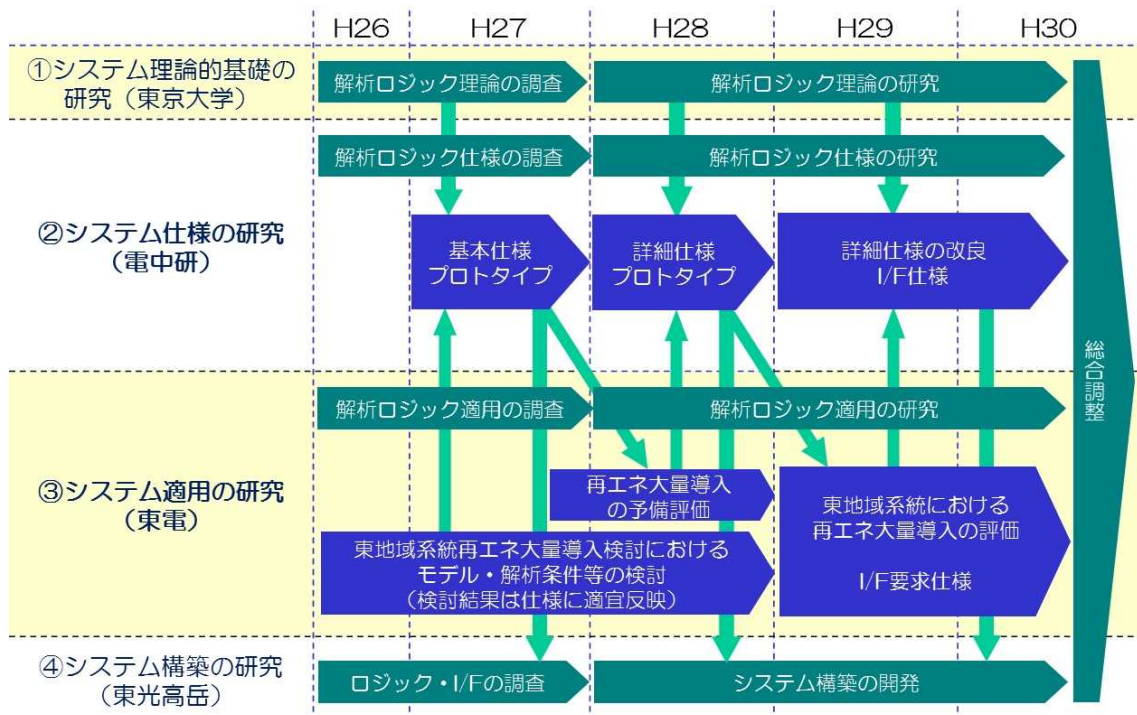
システム適用の研究：

再生可能エネルギー大量導入を考慮した需給シミュレーションシステムの解析ロジックの適用に関する調査・研究を実施する。また、再生可能エネルギー出力の予測と制御を踏まえた電力需給の基本的な考え方を検討するためのテストモデル・シミュレーション条件等の検討条件、求めるべき成果を整理する。さらに、再生可能エネルギー導入拡大における出力の予測と制御を踏まえた電力需給の基本的な考え方を検討する。

システム構築の研究：

再生可能エネルギー大量導入を考慮した需給シミュレーションシステムの解析ロジックおよびプラットフォームの構築に関する調査・研究を実施する。また、システムのプラットフォーム、解析ロジックのインターフェイス、およびマンマシン・インターフェイス等を設計・実装する。

図Ⅱ.2-15に(Ⅱ) - 1 再生可能エネルギーの連系拡大に向けた需給シミュレーションシステムの開発を担当する需給シミュレーションWGの実施項目毎の事業開始時点でのスケジュールを記載する。



図Ⅱ-2-15. 需給シミュレーションWG担当項目の研究開発スケジュール

(Ⅱ) - 2 電力系統における運用実証試験（実証WG）

項目(Ⅱ)－1で開発するシミュレーションシステムの結果から得られる知見等も踏まえ、再生可能エネルギーを最大限受け入れつつ、かつ電力の安定供給、対策コストのミニマム化、低炭素化を両立させるためには、再生可能エネルギーの予測技術と制御・抑制、および既存電源や蓄電池等の運用制御技術を総合的に組み合わせることが有効であることを実際の電力系統において実証する。

具体的には、研究開発項目(I)「風力発電予測・制御高度化」で得られた成果を実際の電力系統で実証できるように、実証地域（およびその周辺）における風況、日射量等を観測し、風力発電・太陽光発電のランプ現象を把握するとともに、実証地域における系統運用者の需給運用計画・制御に供する出力予測モデルの高精度化を行う。また、風力発電および太陽光発電の出力予測、出力制御・抑制、既存電源および蓄電池等の蓄エネルギーとの協調運用制御等により、再生可能エネルギーを最大限受け入れ可能な系統システムをわが国の2030年の電力需要、政府の再生可能エネルギーの導入目標量をもとに、余剰電力の発生しやすい端境期での需要に対する再生可能エネルギー発電変動量の割合が同程度（再生可能エネルギー変動量割合が13～15%）となるよう構築し、実証する。

本実施項目における実施内容と担当事業者を以下に整理する。

表Ⅱ.2-7. 実施項目(Ⅱ)－2の実施内容と担当事業者

実施内容	担当事業者
予測を取り入れた需給運用計画・制御の高度化に関する研究	(株)東光高岳、(財)日本気象協会
発電機・蓄エネ設備等の調整力拡大に向けた運用制御高度化に関する研究	(株)東光高岳、(財)電力中央研究所、東京大学
再エネの抑制量最小化に向けた制御高度化に関する研究	(株)東光高岳
再エネ導入量拡大に向けた再エネ出力予測、需要運用、再エネ出力制御・抑制の最適化に関する研究	東京電力ホールディングス(株)、東京電力パワーグリッド(株)、(株)東光高岳、NRIセキュアテクノロジーズ(株)

予測を取り入れた需給運用計画・制御の高度化に関する研究：

再生可能エネルギー発電出力予測を活用した需給運用計画は、過去の類似データを利用したトレンド予測等を採用した実績はあるが、予測情報のみならず予測精度情報も含めた確率論的なアプローチによる再生可能エネルギーの出力予測を導入した例はない。風力・太陽光の再生可能エネルギーを最大限導入するためには、実際の電力系統の需給運用で活用できる予測手法、情報提供手法を確立することが必要である。これまでの研究で、再生可能エネルギーの予測を実際の需給運用に用いる場合、決定論的なアプローチではなく、確率論的なアプローチの必要性が高くなってきている。また、気象予測の不確実性を考慮した予測情報や予測精度情報を運用面から系統運用者に対し、わかりやすく表現する必要がある。

本研究では、研究開発項目(I)「風力発電予測・制御高度化」で開発された手法も踏まえ、運用面での課題を考慮した気象予測の精度向上について検討し、不確実性を考慮した予測技術の開発を行う。不確実性を考慮した予測技術の開発では、風力および太陽光発電出力の予測に適した確率論的予測技術を確立する。確率論的予測技術の活用方法として、パーセンタイルを

考慮し予測される出力予測幅に応じた「出力予測値」（上値、中値、下値）を需給運用計画や制御手法に取り入れる。これら開発した技術を実証試験において実際の需給運用に適用し、課題や問題点を整理し、改良を実施する。

また、再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された場合、安定的に需給計画・運用を行うためには、再生可能エネルギー発電出力の予測情報が必要となる。予測情報を需給調整に効率的に活用するためには、予測を提供する時刻、予測時間、予測時間間隔等を経済性とのトレードオフを考慮して適切に検討する必要がある。本研究では、系統運用者と一体となって、需給運用への予測情報の最大限かつ最適な利用方法のあり方を検討する。

さらに、実証試験で提供する予測情報は、需給運用に活用可能な予測精度が確保されている必要がある。本研究で対象とする実証フィールドは、ローカルなエリアを想定しているが、ローカルエリアにおける再生可能エネルギーの出力予測は、これまでの実証事業等で広域を対象とした予測と比較して精度が低くなることが明らかになっている。研究開発項目（I）「風力発電予測・制御高度化」では、比較的広域なエリアを予測対象とした手法を開発するため、これら手法のローカルエリアへの適用性を検討する必要がある。従って、本研究では、需給運用への適用可能な予測精度を確保すべく、新たに短時間の再生可能エネルギーの急変予測手法を導入する等、ローカルな地域特性を考慮した予測手法を確立する。

発電機・蓄エネ設備等の調整力拡大に向けた運用制御高度化に関する研究：

再生可能エネルギーの導入量拡大のためには、電力系統に接続される発電機の周波数調整能力や最低出力運転能力の拡大等、発電機性能を高める必要がある。そのため、実証を行う電力系統における発電機特性試験を行い、発電機の特性（振幅・位相）を把握し、シミュレーションと実証の両面から評価が可能なように、発電機による調整力拡大の手法について検討する。本研究で得られる発電機特性試験データ等は、周波数解析等のシミュレーション研究に必要なパラメータ定数等のデータとしても適用し、既設発電機・蓄エネルギー・再生可能エネルギーの各設備を統合した周波数解析シミュレーションを可能とする。また、既設発電機の運用に求められる、「通信機能を含む遠方監視制御応答性能」や「各設備の故障脱落等に対するフェイルセーフ等、実系統運用に即した機能」を備え、「確率論的再エネ予測手法を取り入れた需給運用計画システム」と連携する発電機制御システムを構築し、評価する。実証を通じて、設備に求められる信頼性・保守性・運用性能等の課題等を整理し、システムに反映する。

また、再生可能エネルギーの導入量拡大のためには電力系統に接続される蓄エネルギー設備の変動調整能力の活用や余剰電力発生時における需要シフト等が有効である。系統側・需要家側に設置する蓄エネルギー設備の制御（自端潮流変動抑制制御（配電線潮流 ΔP ）、自端周波数変動抑制制御（自端周波数検出 Δf ）、遠方からの周波数変動抑制制御・余剰電力時の需要シフト制御（発電機との協調制御））を効果的に組み合わせることで、更に再生可能エネルギーの導入量を拡大できる可能性がある。本研究では、標記制御方式、および複数の制御方式の複合による再生可能エネルギーの導入量拡大の可能性について評価、実証を行う。具体的には、蓄エネルギー設備の制御応答特性や周波数調整能力に関する試験を行うことにより、周波数解析のための蓄エネルギー設備のモデル化を行う。さらに、蓄エネルギー設備の制御に必要な「通信機能を含む遠方監視制御応答性能」や「設備の故障脱落等に対するフェイルセーフ機能」等を備え、「複数の蓄エネルギー設備に対する制御」を行う蓄エネルギーSCADAシステムとして構築し、評価する。実証を通じて、設備に求められる信頼性・保守性・運用性能等の課題等を整理し、システムに反映する。そして、需要家側蓄エネルギー機器を活用した周波

数制御に関する研究も実証設備を用いて実施する。

再エネの抑制量最小化に向けた制御高度化に関する研究：

電力系統に再生可能エネルギーが大量導入された場合、再生可能エネルギーを最大限に活用しつつも、その供給力と需要とのアンバランスから再生可能エネルギーを抑制する場合が生じることが想定される。本研究では、風力発電と太陽光発電が接続された電力系統において、再生可能エネルギーの制御・抑制が必要となる状況（発生時期・抑制量）を分析するとともに、電力系統の安定性確保および社会コストミニマムの観点から制御・抑制の効果を評価し、再生可能エネルギーの抑制量および頻度を低減するための抑制条件や抑制方法、優先順位の考え方を明らかにする。

具体的には、実証フィールドにおける年間を通じた再生可能エネルギーの出力特性の把握等を行うとともに、大幅な出力変動等を考慮した制御ロジックを検討する。さらに、再生可能エネルギー設備の運用に求められる「通信機能を含む遠方監視制御応答性能」を備え、「複数の再生可能エネルギー設備に対する制御・抑制」を行う再生可能エネルギーSCADAシステムとして構築し、評価する。実証を通じて、電力系統品質や発電コストを考慮した再生可能エネルギーへの出力抑制条件・抑制対象や制御・抑制対象の優先順位の決定ロジック等を評価する。また、再生可能エネルギーの制御・抑制による、風力発電設備の可動部へのストレスによる寿命や保守費用アップへの影響も考慮したコスト評価も行う。

再エネ導入量拡大に向けた再エネ出力予測、需要運用、再エネ出力制御・抑制の最適化に関する研究：

上記3つの研究開発項目で個々に最適化した再生可能エネルギーの出力予測、系統側・需要家側の蓄エネルギーの需給運用、再生可能エネルギー出力制御・抑制を最適に組み合わせることで、さらに再生可能エネルギーの導入量を拡大することが可能となると考えられる。本研究では、各種制御システムを統合する「統合制御システム」を構築し、システム面、および電力品質面から評価を行う。「統合制御システム」の構成例を図Ⅱ.2-16に示す。

統合制御システムでは、「複数の再生可能エネルギーの設備・蓄エネルギー設備の周波数制御にかかる協調」、「外部から通信による制御が可能な大規模な再生可能エネルギー・蓄エネルギー設備が連系される系統のモデル化」、「各システムを統合し安定な制御を行うための大規模システム開発技術」、「大規模システムでの各機能を効率良く分割する制御技術」、「伝送品質の劣化やシステム異常時のリカバリー制御」等、複合的な制御・システムの高度化を行う。また、再エネ出力予測、需給運用、再エネ制御・抑制を組み合わせ、再生可能エネルギーを社会コストミニマムで最大限受け入れることができる最適制御について、各制御間の制御協調等も考慮し、最適制御の基本的な考え方を検討する。

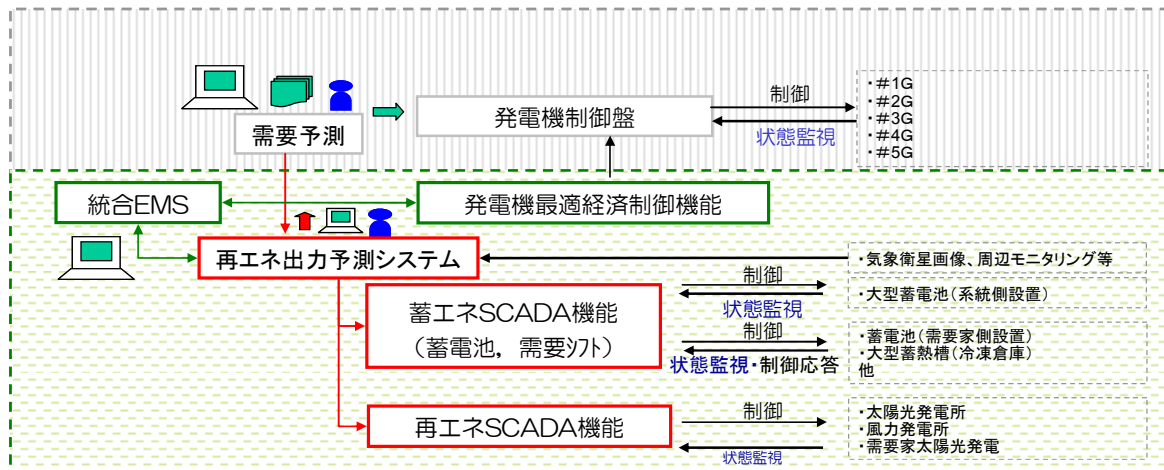


図 II. 2-16. 統合制御システム構成例

そして、システムのセキュリティ機能に関する研究として実証フィールドの環境において有効なセキュリティ防御策を講じることを目的として、リスクの分析を行い、セキュリティガイドラインの策定に関する研究を実施する。その上で実際のサイバー攻撃を模擬するセキュリティ診断をシステムに対して実行し、セキュリティ対策の効果を確認し、確認結果を踏まえて、更なるセキュリティ強化策を検討する。

図 II. 2-17に (II) - 2 電力系統における運用実証試験を担当する実証WGの実施項目毎の事業開始時点でのスケジュールを記載する。

実施項目	H26	H27	H28	H29	H30
1 (1) 日射量・風況変動調査 (2) 需要特性・電源特性調査	[スケジュール]				
2 (1) シミュレーションによる事前検討 (2) 実証試験結果の考察		[スケジュール]		[スケジュール]	
3 (1) 実証設備構築 (2) 制御システム構築	[スケジュール]				
4 (1) 実証設備試験・調整 (2) 実証試験・評価			[スケジュール]	[スケジュール]	

図 II. 2-17. 実証WG担当項目の研究開発スケジュール

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO が、複数の企業、大学等の研究機関から公募により研究開発実施者を選定し、平成 26 年度より委託事業として実施している。各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は第三者である外部専門家をプロジェクトリーダー（PL）として選定し、各実施者は客観的立場からの技術的助言を受けそれぞれの研

究テーマについて研究開発を実施している。また、詳細は 2.3 研究開発の運営管理で触れるが、事業内容から 4 つのワーキンググループ（WG）を設け、各WGに研究統括を設置し、各WG単位だけでなく、WG間の連携を図るため統合推進委員会を設置している。

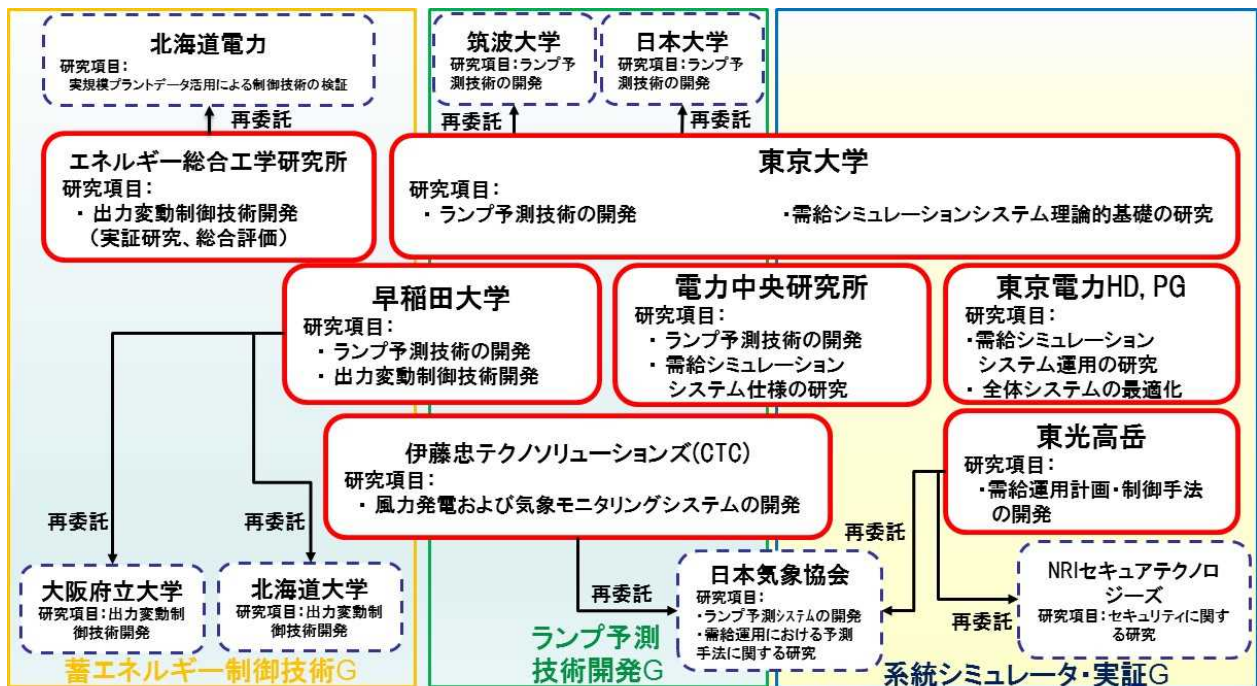
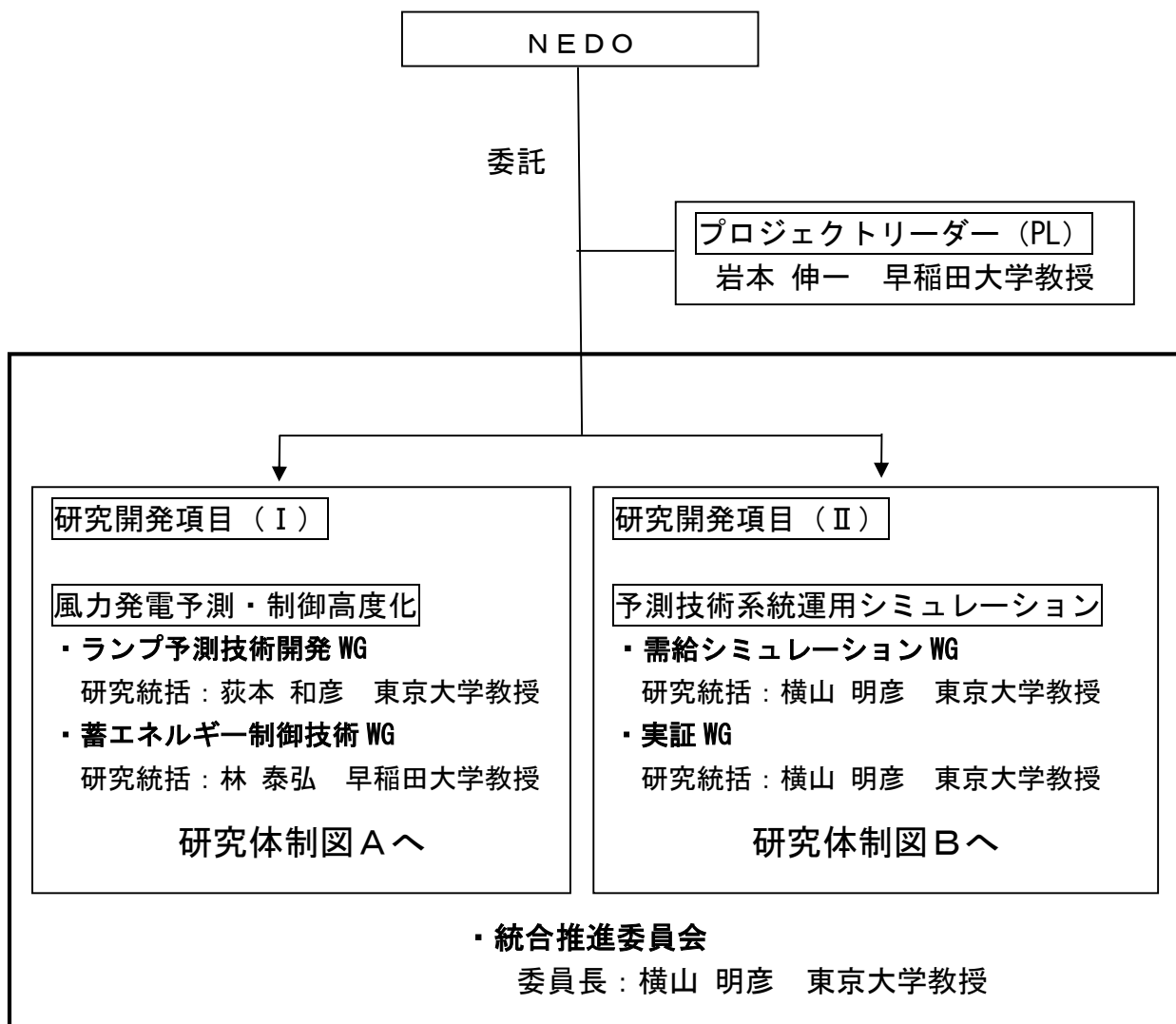


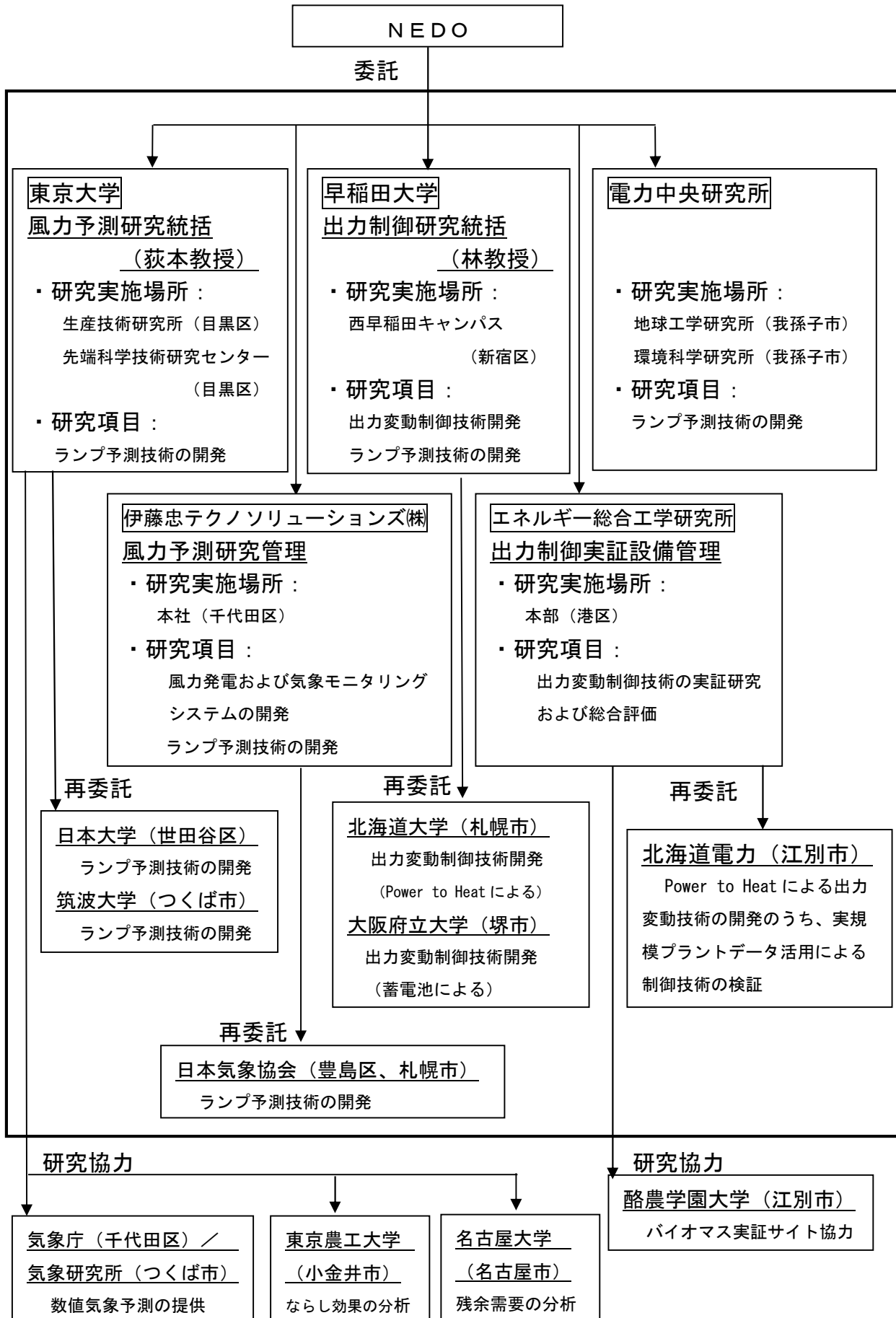
図 II. 2-18. 各WGと実施者との相関図

研究体制スキーム

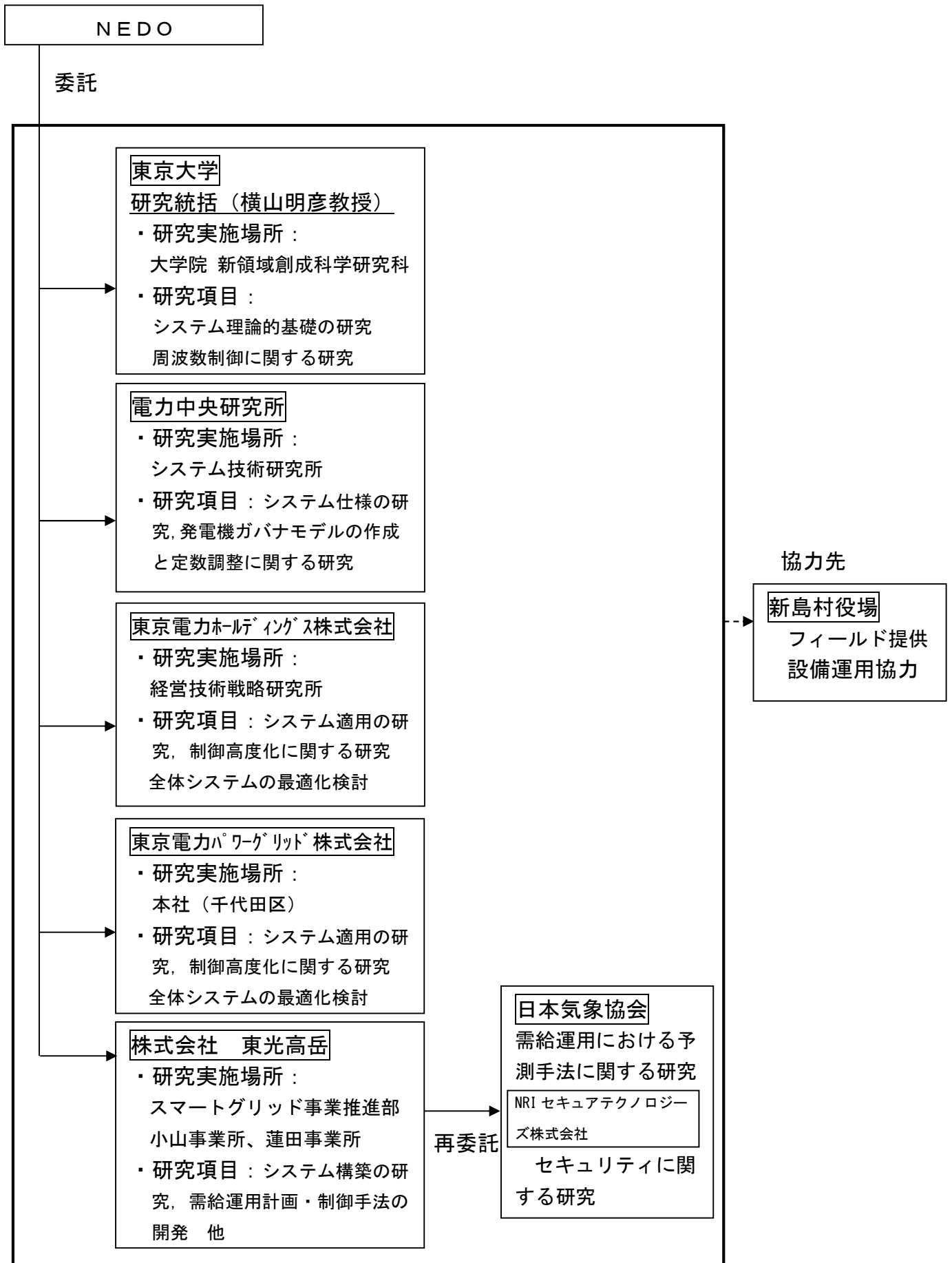


図Ⅱ. 2-19. 実施体制

研究体制図 A (図 II. 2-19 より)



研究体制図B (図Ⅱ.2-19より)



本プロジェクトでPLとして委嘱した学校法人早稲田大学 先進理工学部 電気・情報生命工学科 教授 岩本伸一氏は電力システム工学を専門とし、長年にわたり電力系統関係の研究に従事し、高度な専門知識と経験を有するばかりでなく、その研究活動を通じて関係学会や関係委員会等で活躍しており、高度な知見を有している。また、本事業の目標や目指す方向性あるいは技術的課題も的確に把握できる立場にあり、本事業のPLとして最適任であると判断している。

また、事業者の推進として統合推進委員会と各WGを運営しているが、それらの委員長あるいは研究統括には電力システムならびに需給運用関係での研究開発において高度な専門知識と経験を有する方々により推進されている。

主要な研究者

プロジェクトリーダー(PL)

氏名	所属・役職	役割・研究項目
岩本 伸一	早稲田大学 教授	プロジェクト全体の最適化 研究計画・研究目標等に関する指導・助言

統合推進委員会

氏名	所属・役職	役割・研究項目
横山 明彦	東京大学 教授	委員長。事業の推進。

ランプ予測技術開発WG

氏名	所属・役職	役割・研究項目
荻本 和彦	東京大学 特任教授	研究統括

蓄エネルギー制御技術WG

氏名	所属・役職	役割・研究項目
林 泰弘	早稲田大学 教授	研究統括

需給シミュレーションWG

氏名	所属・役職	役割・研究項目
横山 明彦	東京大学 教授	研究統括

実証WG

氏名	所属・役職	役割・研究項目
横山 明彦	東京大学 教授	研究統括

2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて外部有識者による技術検討委員会等を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる。

・研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

・技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

・委員会・ワーキンググループの設置

本事業を計画的かつ効率的に遂行することを目的とし、以下の委員会・ワーキンググループ（以下WG）を設置・運営する。また各WGの下にはサブWGを設置・運営する。

- 統合推進委員会（事務局：伊藤忠テクノソリューションズ・東京電力パワーグリッド）
6回開催。委員は表Ⅱ-2.3-1を参照。
- ランプ予測技術開発WG（事務局：伊藤忠テクノソリューションズ）
8回開催。（参加事業者：東京大学、日本大学、筑波大学、早稲田大学、電力中央研究所、伊藤忠テクノソリューションズ、日本気象協会、エネルギー総合研究所、東京電力HD、東京電力PG、北陸電力、中部電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力、電力広域的運営推進機関、NEDO）
- 蓄エネルギー制御技術WG（事務局：エネルギー総合工学研究所）
13回開催。（参加事業者：早稲田大学、北海道大学、大阪府立大学、エネルギー総合研究所、北海道電力、東京大学、伊藤忠テクノソリューションズ、東京電力PG、NEDO）
- 需給シミュレーションシステムWG（事務局：東京電力パワーグリッド）
9回開催。（参加事業者：東京大学、電力中央研究所、東京電力HD、東京電力PG、東光高岳、日本気象協会、伊藤忠テクノソリューションズ、エネルギー総合研究所、北海道電力、東北電力、電力広域的運営推進機関、NEDO）
- 実証WG（事務局：東京電力パワーグリッド・東光高岳）
6回開催。（参加事業者：東京大学、電力中央研究所、東京電力HD、東京電力PG、東光高岳、日本気象協会、NRI セキュアテクノロジーズ、伊藤忠テクノソリューションズ、エネルギー総合研究所、NEDO）

表Ⅱ.2.3-1. 統合推進委員会における登録委員

(敬称略、役割ごと氏名五十音順 所属後ろ※は外部有識者)

氏名	所属	役職	役割
横山 明彦	国立大学法人東京大学	教授	委員長
合原 一幸	国立大学法人東京大学	教授	委員
青柳 福雄	株式会社東光高岳	執行役員 部長	委員
蘆立 修一	東京電力ホールディングス株式会社	副所長	委員
飯田 誠	国立大学法人東京大学	特任准教授	委員
井上 俊雄	一般財団法人電力中央研究所	所長	委員

2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省および各研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的および目標に照らして適切な運営管理を実施した。具体的には、以下の通り事業内容と事業範囲毎による各WGと統合推進委員会に NEDO も参画し、統合推進委員会においては第三者の立場である有識者委員からの助言、指摘を頂きつつプロジェクトマネジメントを実施した。

- ・各研究項目単位主催の WG での定例会に NEDO がオブザーバーとして参加し、研究開発の目的、計画、進捗の共用と、課題及び解決手法の共有。事業の方向性や課題について議論し、課題に対しては解決に向けた対策とフォローを WG 内外の場で実施した。
- ・年に2回程度開催する各 WG を統括する統合推進委員会にて、PL の他、オブザーバーとして外部有識者や経済産業省から参加頂き、事業推進内容の確認と課題に対する助言を頂く場として議論し、進捗報告だけに終わらない技術的なマネジメントを実施した。PL から毎回各 WG への助言を実施した。表Ⅱ.2.4-1 に統合推進委員会の開催実績を示す。

表Ⅱ.2.4-1 統合推進委員会の開催実績

回数	開催日	議題
第1回	2014年7月24日	各WGの実施計画
第2回	2014年12月19日	WG間の連携と各WGの進捗状況
第3回	2015年3月17日	各WGの進捗状況（モニタリング設備構築状況とベンチマーク、制御ロジック基礎検討、シミュレーションシステム調査状況、ならびに新島実証における設備仕様検討）
第4回	2015年7月22日	各WGの進捗状況（モニタリング設備構築状況とランプ原因調査、制御ロジックモデル検討、シミュレーションシステム基礎設計状況、ならびに新島実証における設備構築状況）
第5回	2016年1月18日	各WGの進捗状況（中間評価に向けた目標検討と予測システム検討状況、制御ロジックのシミュレーション結果状況、シミュレーションシステムプロトタイプ検討状況、ならびに新島実証における設備構築、試験項目検討）
第6回	2016年8月2日	各WGの進捗状況（モニタリング設備構築状況と予測システム検討状況、制御ロジック実装とBG/HP、CAES実証設備構築検討、シミュレーションシステムプロトタイプ製作状況、ならびに新島実証における設備構築状況）

- ・統合推進委員会を受け、各 WG より PL に対して事業進捗報告を行う場として NEDO 主催による進捗報告会を年に 1, 2 回程度開催し、事業推進にあたり方向性の確認と課題に対する助言を PL より実施した。表Ⅱ. 2. 4-2 に進捗報告会の開催実績について示す。

表Ⅱ. 2. 4-2 進捗報告会の開催実績

回数	開催日	議題
第 1 回	2014 年 12 月 3 日	各 WG からの進捗確認(モニタリング装置設置状況、CAES 選定状況、シミュレーション基礎検討状況、実証試験設備と試験案)
第 2 回	2015 年 3 月 10 日	各 WG からの進捗確認(ベンチマークテスト状況、CAES 選定状況、シミュレーション基礎検討状況、実証試験設備と試験案)
—	2015 年 5 月 28, 29 日	新島実証設備構築状況を確認。主に需給シミュレーションWGと実証WGの進捗を確認。
第 3 回	2016 年 3 月 8 日	各 WG からの進捗確認(モニタリング設備設置とランプ要因解析状況、制御ロジック検討状況、シミュレーションプロトタイプ検討状況、実証試験設備構築状況)

これら定期的な会合や打合せを通してプロジェクト管理を遂行し、研究成果や今後の研究内容について妥当性・実現性の評価を行い、今後の研究開発促進や成果の最大化を図っている。

なお、本事業における成果の取り扱いについては、以下の通りとする。

- ・成果の普及

本研究開発で得られた研究成果についてはNEDO、委託先とも普及に努めるものとする。具体的には、各研究開発成果と技術ノウハウは、電力会社などへ公開し、再生可能エネルギー大量導入に備えた基礎技術として、各社での系統運用に貢献する。

- ・標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るためデータベースへのデータ提供、標準案の提案等を積極的に行う。

- ・知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

3. 情勢変化への対応

再生可能エネルギーの接続保留問題をきっかけに、遠隔出力制御システムの導入義務化及び時間単位での抑制に関する法令改正（電気事業者による再生エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則 H27 年 1 月改正）等の対応として、本事業での実証試験においても、導入・検証を行っていく。また、電力小売り自由化と同時に「計画値同時同量制度」が平成 28 年 4 月より

導入が決定されたのに伴い、蓄エネルギー制御技術WGと実証WGにおいて変動緩和制御に加えて同制度に対応した制御手法を検討する。

4. 評価に関する事項

需要者側ではなく供給者側からの観点で、再生可能エネルギー連系拡大を目的とした電力系統の課題と対策を対象として必要な取組を洗い出し、その内容を具体化することを目的に第三者からなる研究会を平成 25 年度に 3 回開催した。経済産業省資源エネルギー庁からオブザーバーとして参加頂き、本研究開発における事前評価的な議論を行った。

また、平成 26 年 2 月の NEDO 事前評価において、電力系統出力変動対応技術研究開発を NEDO が主導して実施する事の妥当性について評価され、本事業の位置づけは妥当であり、必要性も十分であると判断された。

なお、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成 28 年度に、事後評価を平成 30 年度に実施する。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

基本計画に定めた事業全体の中間目標に対する成果と達成度について事業項目と担当WG毎に記載する。ランプ予測技術開発WGでのモニタリングシステムの構築の一部に遅れがあるが、実証試験を主とする本事業の推進に向けた設備構築のための検討、並びにシステム開発において、概ね中間目標を達成している。

表Ⅲ.1-1. 中間目標の達成度

事業項目	中間目標	成果	達成度
研究開発項目(Ⅰ) 風力発電予測・制御高度化	ランプ予測技術開発WG： 風力発電の出力データおよび気象データのモニタリングによるランプ現象の要因分析を行い、複数のアプローチからランプ予測モデルを開発する。	一部サイトでの工事遅れはあるものの、概ね風力発電所のモニタリングシステムの構築を実施した。また、ベンチマークテストを実施し、現行の風力発電出力予測モデルにおける問題点の抽出整理を行い、複数のアプローチによるランプ現象の予測手法高度化について既存のデータを活用した予測のプロトタイプを作成し、評価を実施しつつ問題点の整理と改善のための開発を実施している。	○
	蓄エネルギー制御技術WG： 実用化のコスト比較を踏まえ選定した蓄エネルギー技術および風車制御技術の実証設備を設計し、風力発電設備内を中心に構築する。	蓄エネルギー技術として圧縮空気エネルギー貯蔵、ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵、および蓄電池を対象とした風力発電出力制御アルゴリズムの基本モデルを開発し、シミュレーションによる検証を実施した。また、各蓄エネルギー技術の実証設備として、ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵技術設備と、蓄電池実証設備の構築を完了し、圧縮空気エネルギー貯蔵システムは製造を完了し、今年度内に現地への設置と据付調整を完了する見込みである。	○

事業項目	中間目標	成果	達成度
研究開発項目(Ⅱ) 予測技術系統運用 シミュレーション	需給シミュレーションWG： 需給シミュレーションシステムでの実施内容と設計方針を確定し、プロトタイプを開発する。	理論的基礎研究として、海外の類似システム調査と解析ロジックやモデルのメソッド仕様を検討し、開発システムの基本仕様を策定した。再エネ大量導入時の火力発電所の燃料費を最小にする最適週間運用計画や再エネ出力予測誤差を踏まえることができるよう、供給信頼度評価、需給運用計画、周波数制御の各機能で構成されるシステムのプロトタイプを構築した。	○
	実証WG： 実際の電力システムを使った検証地点を選定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力制御、既存電源との制御を総合的に組み合わせたシステム構築のための検討を行い、実証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。	実証試験シナリオとして将来想定される電力システムと各実証試験設備とを対比させ、「出力予測」、「出力制御・抑制」、「需給運用」の組み合わせによる総合的にコストミニマムとなる対策を実証するための試験項目の骨子案を作成した。また、2030年の再生可能エネルギー大量導入時の出力変動を模擬した周波数解析シミュレーションに基づく、再生可能エネルギー設備およびその出力変動対応として実証する蓄エネルギー設備の構築を推進し、風力発電とEMSを除く設備を構築し、一部実証試験を開始した。風車とEMSは今年度内に設置完了し、システム全体として平成29年度より実証試験を開始できる見込みである。	○

◎大幅達成、○達成、△一部未達、×未達

2. 研究開発項目毎の成果

2-1. 研究開発項目(Ⅰ)-1「ランプ予測技術開発」

ランプ現象の発生要因の解析を目的とした風力発電所のモニタリング地点、モニタリング項目等の選定を行い、モニタリングシステムを構築した。また、東日本地域における広域気象観測データの収集、蓄積を実施した。(発電事業者との調整に難航し、一部のモニタリング装置の設

置について工事遅延が発生しているが、ランプ予測システム開発は進めており、データ収集と蓄積への影響を抑えつつ後述の要因分析とシステムの開発を実施した。）

これらモニタリングシステムから得られたデータをもとに現行システムのベンチマークテストを実施し、現行の風力発電出力予測モデルにおけるランプ予測の問題点を抽出し、ランプ現象の発生要因のための解析を実施した。また、過去の風力発電データおよび気象データを収集し、ランプ発生時の気象場をパターン分類するとともに、発生要因・規模・強度・頻度に関する分析を実施した。そして、これらのランプ現象の分析結果を踏まえ、複数のアプローチでランプ現象の予測に適した風力発電予測手法高度化に着手し、複数手法による予測結果から最適な予測情報を統合する手法の開発のため既存データを活用した予測のプロトタイプの開発を実施し、現状での評価を行いつつ開発システムの改造開発を推進している。

また、風力発電機前方の風情報を活用した風力発電機の風車出力制御技術の高度化に向けた基礎検討や、短期予測を活用した複数ウィンドファーム間の風車出力制御技術開発のための基礎検討を実施し、その結果を整理し、制御技術手法の検討を実施した。

今後は、工事が遅延しているモニタリング設備を今年度中に設置完了させ、データ取得手段を構築し、並行して複数のアプローチによるランプ現象予測システムの開発完成に向けて各アプローチとシステム全体の改善を図る。また、WF内での風車出力制御技術については制御手法を構築し、実証システムでの検証を行っていき、WF間での風車出力制御技術についてはシステム開発完了に向けたシミュレーションによる検証と改良を進めていく。

2-1-1 「風力発電および気象モニタリングシステムの構築」（実施者：伊藤忠テクノソリューションズ、東京大学）

後述するランプ予測技術システムにも適用する気象データや代表風力発電所（WF）からの発電出力情報などのオンラインデータを得るために、また、それらのデータを使ってランプ現象の要因分析とベンチマークテストを実施するためにウィンドファーム観測網の整備を実施した。観測項目として日照強度や温度、気圧などを観測するための「WF気象計測」、発電量やナセル風速などを観測するための「SCADA計測」、並びにWFの監視制御システムにて収集している有効電力、無効電力、電圧、電流、周波数などを観測するための「総発電計測」の3種類のシステムを東日本の主要WFにて発電事業者の協力を得て、48サイトでの構築を今年度内に完了する。（2016年10月時点で45サイトの構築が完了。）これらシステムの一例を図Ⅲ.2-1-1に示す。



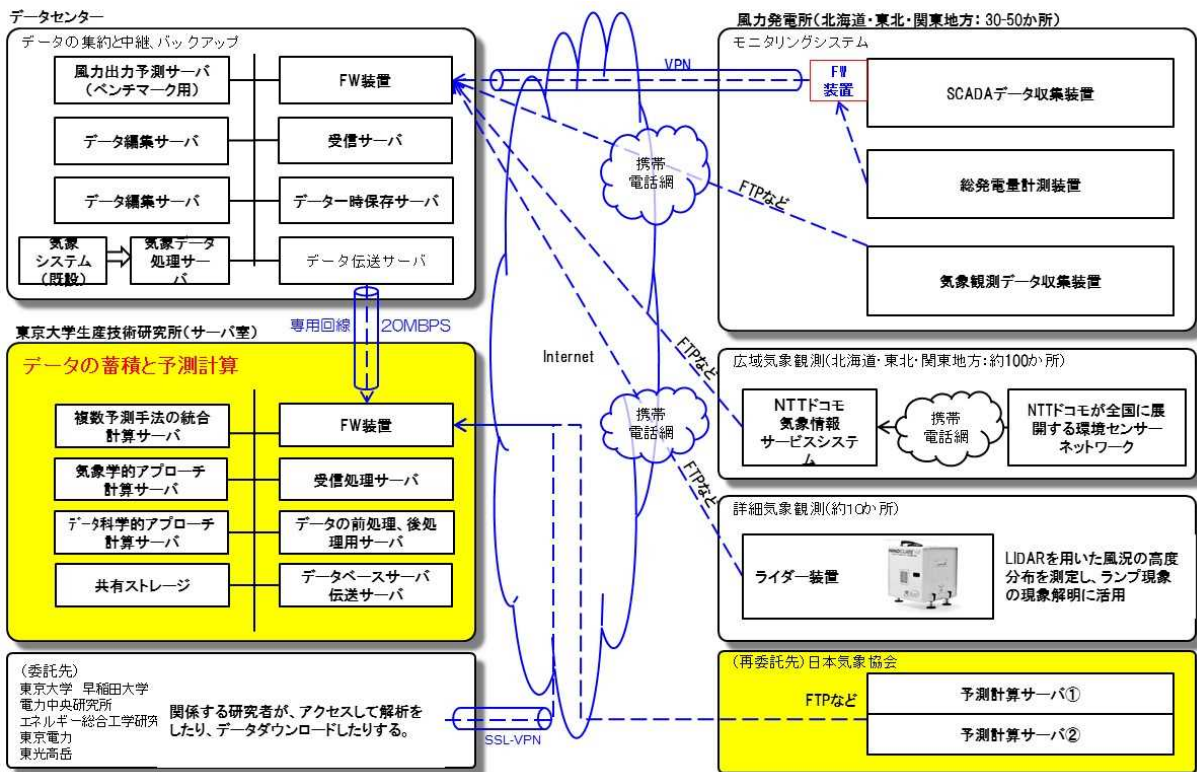
図Ⅲ.2-1-1. モニタリングシステムの一例（左：SCADA/総発電計測装置、右：気象観測装置）

また、風力発電設備周辺の風況観測を目的に、風況観測塔(マスト)と LIDAR (Light Detection and Ranging/Laser Imaging Detection and Ranging) を東日本地域に合計 11 か所設置した。(図Ⅲ. 2-1-2 にマストと LIDAR のイメージ写真を示す。)

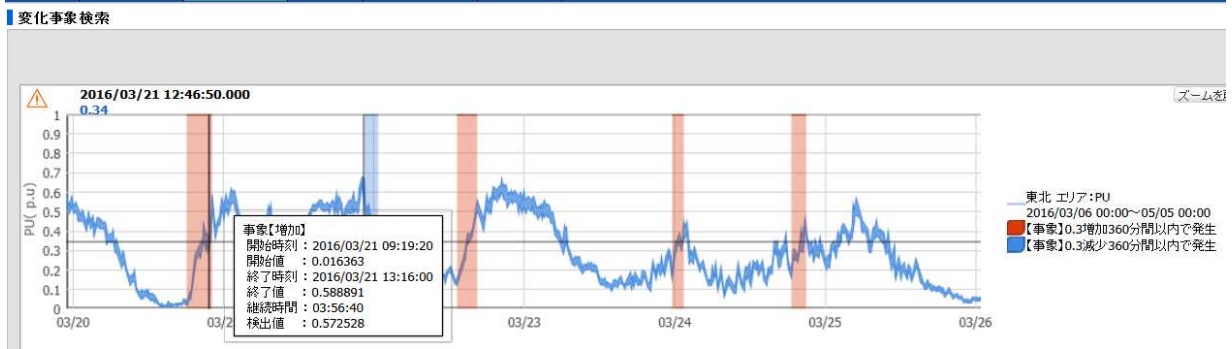


図Ⅲ. 2-1-2. 風況観測装置例 (左 : マスト、右 : LIDAR)

これらのモニタリング装置から得られる情報を一括管理し、データベースの集積を図るシステムを構築した。このシステム (一部予測システムも含む) の構成を図Ⅲ. 2-1-3 に、データベース閲覧画面例を図Ⅲ. 2-1-4 に示す。



図Ⅲ. 2-1-3. モニタリングシステムと出力予測システム構成

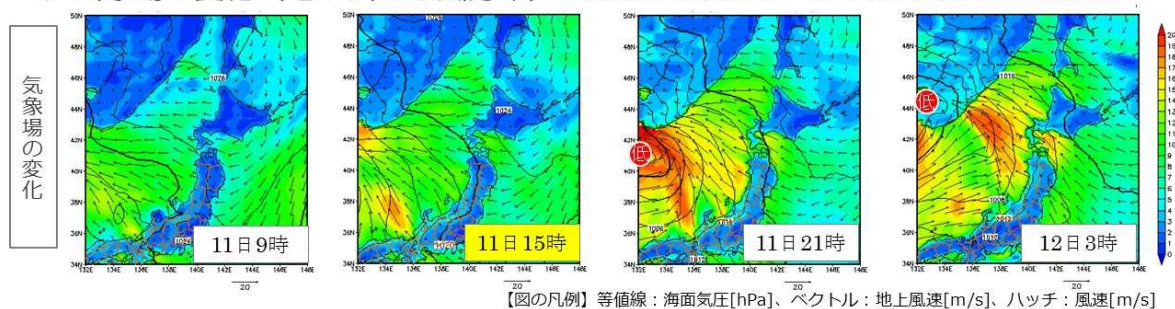


図Ⅲ. 2-1-4. モニタリングシステム閲覧画面例

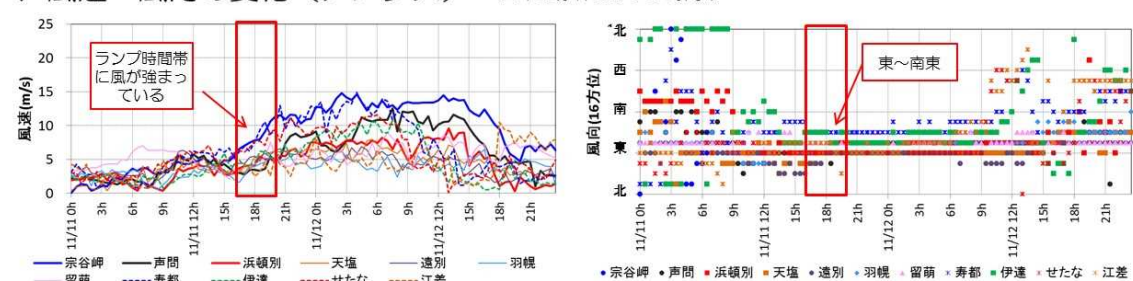
2-1-2. 「ランプ予測技術の研究開発」（実施者：東京大学（再委託：日本大学、筑波大学）、電力中央研究所、早稲田大学、伊藤忠テクノソリューションズ（再委託：日本気象協会））

ランプ予測技術の研究開発として、モニタリング装置から得られる気象情報と代表風力発電所における発電出力情報、並びに気象庁 GSM-GPV などから得られる過去数十年間の気象データなどから、まずはランプ現象の要因分析を実施した。また、2011 年度から 2012 年度のデータを適用して現存システムのベンチマークテストを行った。東京大学では dynamic systems 理論によるアプローチを、日本大学では統計学的手法を、筑波大学では気象学的要因分析によるアプローチを、電力中央研究所ではアンサンブル予測によるアプローチを、早稲田大学では機械学習によるアプローチを主に担当した。図Ⅲ. 2-1-5 にこれら要因分析を行うために活用した気象図や風速・風向トレンド図の一例を示す。

◆ 気象場の変化（地上気圧と風分布）



◆ 風速・風向の変化（アメダス）



図Ⅲ. 2-1-5. ランプ要因分析に活用した気象図と風速・風向トレンド図（一例）

各々のアプローチによる要因分析とベンチマークテストの結果を伊藤忠テクノソリューションズと日本気象協会でもとめたものを以下に示す。

要因分析ではランプ発生前後の天気図などを用いた現象論的な分析と、長期データを用いた統計的な分析の2つの視点から解析と分析を実施した。まず、現象論的な分析として、気圧配置のパターンをランプアップとランプダウン（ランプ現象を変動量が風力発電定格出力の30%以上、かつその間の平均変動率が5%/時間以上と定義）の両方で分析した結果、以下表Ⅲ.2-1-1に纏める通り、強い風速により起こりうるカットアウトを例外として、パターンの分類に特徴が見られることが判明した。

表Ⅲ.2-1-1. ランプ現象の要因分析（現象論的な分析）

	ランプアップ	ランプダウン
要因	①低気圧の接近、②冬型移行、 ③冬型強化、④高気圧	①高気圧、②擾乱衰退、③冬型 緩み、④低気圧の間、⑤カット アウト
特徴	各パターンで、ランプ発生時の 風の変化傾向が異なる。（低気 圧の接近は南風が強まりやす く、冬型移行は風向きが北～西 に急変し、風速が急激に強まる 等。） 低気圧の接近・通過と冬型への 移行の2つで全体の約80%。	パターンにより、風速の低下傾 向に特徴がみられる。（高気 圧、冬型緩みは風速の低下傾向 が緩やかで、擾乱衰退、低気圧 の間は、風速が短い時間に大き く変動する傾向がある。） カットアウトを除く4つの事象 で全体の97%。

注)2011年度～2012年度北海道エリアデータの分析による

また、長期データを用いた統計的な分析として2011年度～2012年度のエリア発電量データと、1977年度～2012年度の長期高解像度気象データから推定した発電量データを使用した要因分析結果を表Ⅲ.2-1-2に示す。

表Ⅲ.2-1-2. ランプ現象の要因分析（統計的な分析）

	ランプアップ	ランプダウン
要因	低気圧 寒冷前線 気圧の谷 大気安定層の崩壊	高気圧 冬型緩み 大気安定層の発達 カットアウト

ベンチマークテストとして気象学的アプローチとデータ科学的アプローチの各現行システムの評価を行うことを目的に、予測精度評価とランプ現象の予測大外しについて評価を行った。結果、平均絶対誤差(MAE)を使った予測精度誤差については6時間後予測が約6%であり、翌日分予測が約7.5%であった。翌日予測を用いる場合と比べて当日予測を用いた場合のMAEは3.5～4.5%程度となり、誤差は約半分になることが分かった。（図Ⅲ.2-1-6にベンチマークテスト結果のMAEによる評価例を示す。）また、予測誤差20%以上の大外し率は6時間後予測を適用した場合は約3%、翌日予測を適用した場合が5.5～7%であったが、使用データそのものの誤差や当時の風力発電出力実績情報の不足が主な要因であることが分かった。特にカットアウトが発生した場合は実績情報

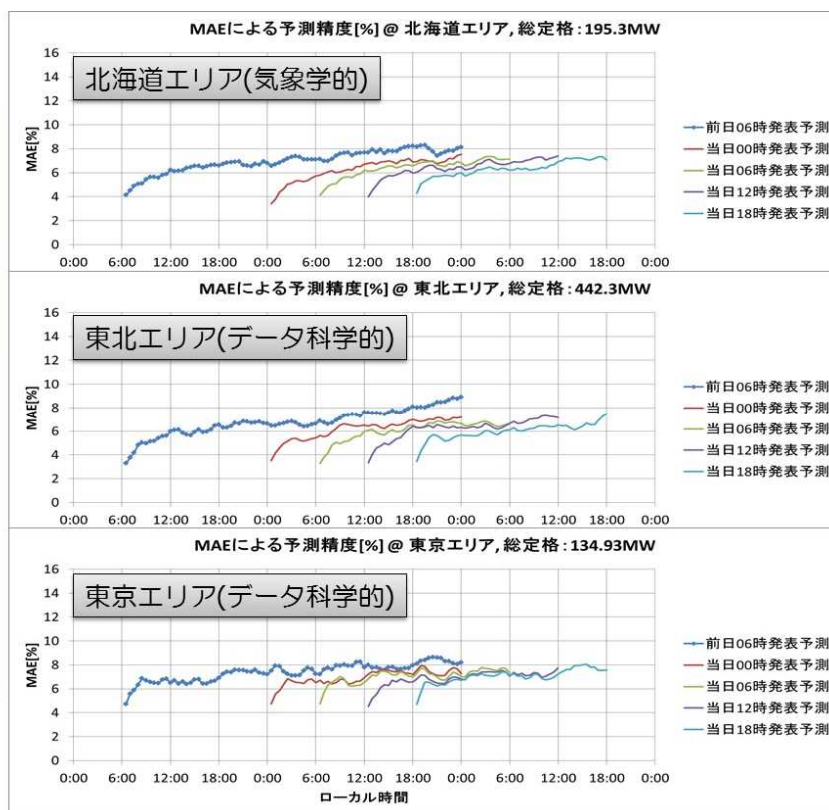
が不足していたため出力予測として大外しとなった事例が数件みられ、カットアウトによる予測の難しさが理解できた。今後は、モニタリング設備の構築などにより実績情報やデータ誤差の問題が解決され、予測技術開発により更なる精度向上が見込まれる。

最新発表の予測を用いることによる精度向上

①北海道エリア
翌日予測 : MAE約8%
↓
当日発表時 : MAE約4%

②東北エリア
翌日予測 : MAE約8%
↓
当日発表時 : MAE約3.5%

③東京エリア
翌日予測 : MAE約8%
↓
当日発表時 : MAE約4.5%



図Ⅲ. 2-1-6. ベンチマークテスト結果のMAEによる評価例

これら分析と評価を踏まえ、ランプ予測システムの構築を開始し、複数予測手法の統合を試みている。システムの構築を改良含めて本格的に進めるのはこれからであり、事業終了時点となる2018年度末までに開発完了を予定しているが、改良途上の当該システムについて2012年の過去気象データと出力実績データを使った現時点での評価を行った。ここで、予測の大外し度合いを測定する一評価指標として海外でも一般的に使われているCSI (critical success index)を適用することとした。CSIとは以下式に示す通り、予測段階でランプ現象の発生が無く、かつ実際に発生しなかった場合を除いた、予測適中率とランプ現象補足率両方を確認するための指標であり、0が悪く、1が最も良い指標である。

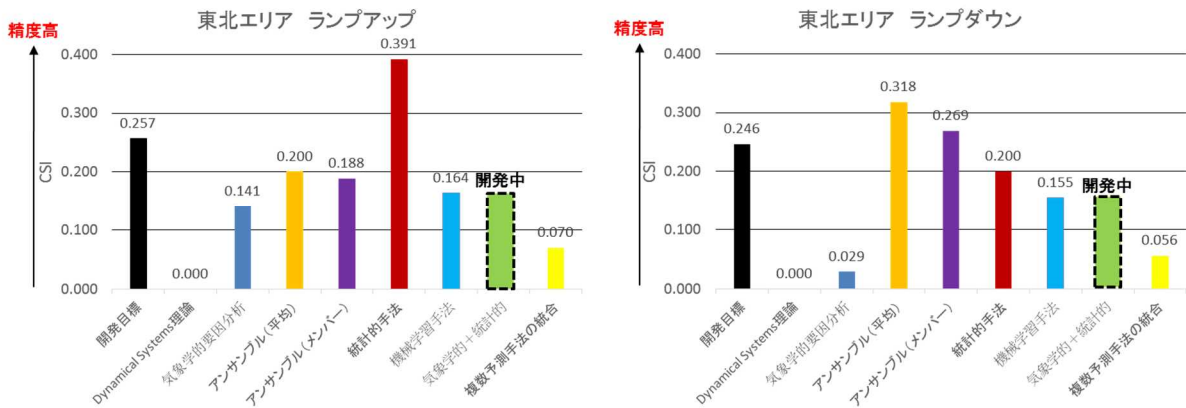
$$CSI = A / (A+B+C)$$

ランプ現象の発生有無に関する予測評価		実績	
		発生あり	発生なし
予測	発生あり	A	B
	発生なし	C	D

図Ⅲ. 2-1-7. CSI 指標の定義

図Ⅲ. 2-1-8 にこのCSIによる開発途上システムの評価結果を示す。開発目標（黒色）に対する個別アプローチ単位での評価と複数予測指標の統合方式での評価状況を掲載している。

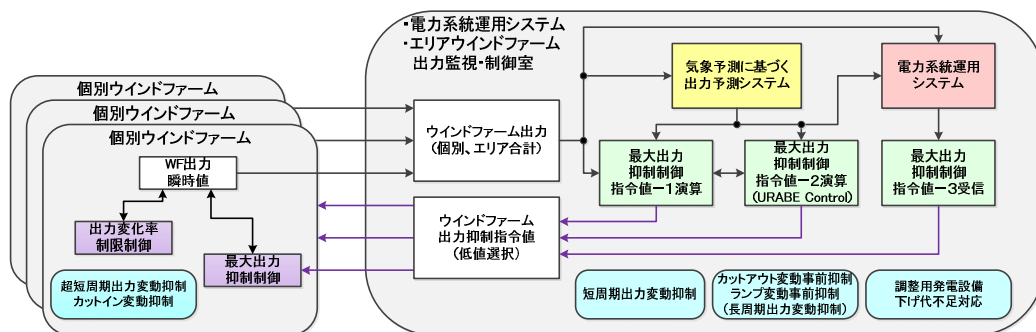
ランプアップに関しては統計的手法（赤色）が、ランプダウンに関してはアンサンブル予測など（黄土色と紫色）が開発目標を上回っているが、複数予測手法の統合によるアプローチ（黄色）では改善が必要である。今後は個別アプローチならびに複数予測手法の統合によるアプローチにおいて長期間の実測データを活用して開発目標に届くようなシステムの改善を図っていく。なお、CSI による開発目標値については本事業の目標である現存システムからの大外しの予測精度 20%改善を CSI に置き換えた場合の数値である。（目標としてベンチマーク CSI 値から北海道エリアは 0.04、東北エリアは 0.05、東京エリアは 0.04 向上させる。）



図Ⅲ.2-1-8. CSI による開発途上システムの評価結果

2-1-3. 「出力予測を活用したWF出力制御技術開発」（実施者：東京大学）

ランプ予測技術 WG として予測技術を活用した WF 内ならびに WF 間の出力制御技術開発に取り組んでいる。WF 内出力制御技術開発としてはナセル搭載型 LIDAR を適用した出力制御技術を開発することを目標に、まずシミュレーション検証を実施し効果の検討を行った。現在平坦地系と複雑地形の2か所において実機を使った検証を行うため設備の構築を実施し、風況観測を開始したところである。これから制御システムを実機に取り入れ検証を進めていく。また、WF 間出力制御技術として時間軸の異なる需給制御分担各領域における制御手法の構築を試みており、複数の平均時間による移動平均フィルター方式を活用した制御手法の検討を行っている。図Ⅲ.2-1-9 に WF 間出力制御手法のブロック図を示す。



図Ⅲ.2-1-9. WF 間出力制御手法ブロック図

2-2. 研究開発項目(I)-2「蓄エネルギー制御技術」

まず、蓄エネルギー技術として、圧縮空気エネルギー貯蔵 (CAES)、ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵、および蓄電池を対象とした。CAES については委員として第三者も入った評価委員会を設け、充放電効率、経済性、実証設備構築のための要件、法規制などの

観点から調査、検討を行い、将来大容量の蓄エネ技術として適用が検討されている断熱圧縮方式による設備による検討を行うことを決定した。

また、風力発電の出力制御に対する系統運用者と風力発電事業者のニーズを検討し、蓄エネルギー技術を用いた風力発電出力制御のユースケースとして変動緩和と計画発電の二つを整理し、予測情報を用いた蓄エネルギー装置の制御アルゴリズムの開発を進めた。変動緩和は、風力発電を系統接続する際の要件として出力変動の上限が設定され、その要件を蓄エネルギー装置の充放電によって達成するものである。また、計画発電は、2016年4月開始の「計画値同時同量」制度に対応する形で、風力発電所が前日および1時間前に30分1コマを単位とする発電計画を作成し、作成した発電計画と実送電量との差を極小化するように、蓄エネルギー装置の充放電で補償するものである。これら二つのユースケースについて開発した制御アルゴリズムの性能をシミュレーション計算により確認した。制御性能の指標は、変動緩和の場合は系統接続要件の逸脱時間率、計画発電の場合は発電計画値からの逸脱量とし、蓄エネルギー設備の容量を様々な値に設定して、蓄エネルギー設備の容量と制御性能との関係を調べた。その結果、制御アルゴリズムに予測情報を利用することにより、一定の制御性能を達成するために必要となる蓄エネルギー設備容量を削減できることを確認した。これにより、実証設備に実装する制御ロジックプロトタイプの開発を概ね完了した。

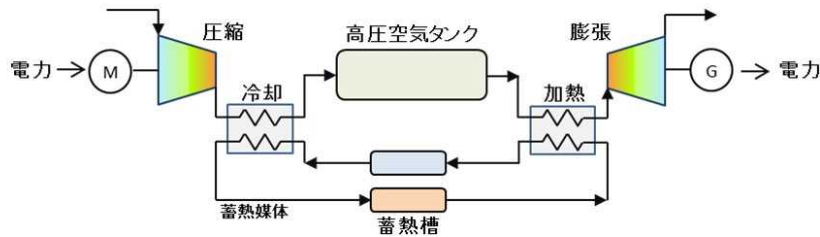
シミュレーション研究と並行して、各蓄エネルギー技術の実証設備の建設を進めた。圧縮空気エネルギー貯蔵システムの実証設備の設置工事を静岡県河津町において開始した。ヒートポンプとバイオガス発電の併用運用による熱変換貯蔵技術については、酪農学園大学の構内において実証設備の設置を完了するとともに、実規模バイオガス発電プラントに計測器を設置し、運転データの取得を開始した。蓄電池システムの実証設備は大阪府立大学の構内に設置した。さらに、蓄エネルギーと風車制御との組合せについて実証試験を行うためのシステム構築計画を立案した。

2-2-1 「圧縮空気エネルギー貯蔵による出力変動制御技術の開発」（実施者：早稲田大学、エネルギー総合工学研究所）

蓄エネルギー技術の一つとして大容量の蓄電が可能な圧縮空気エネルギー貯蔵システム(CAES)の研究開発を行うことを事業開始時に決定したが、海外で実例がある圧縮空気を洞窟に貯蔵するタイプでは我が国の立地、地理条件などから実証が困難であることから、圧縮空気をタンクに貯蔵するシステムを実証含めてシステム全般の構築まで検討することとした。空気の圧縮方式には断熱方式と等温方式とがあるが、製造業者からのヒアリング結果を踏まえ、前述の評価委員会にて各評価対象項目での検討結果、断熱圧縮方式のシステムを研究対象とすることとした。図Ⅲ.2-2-1に各圧縮方式でのシステム構成例と特徴を示す。

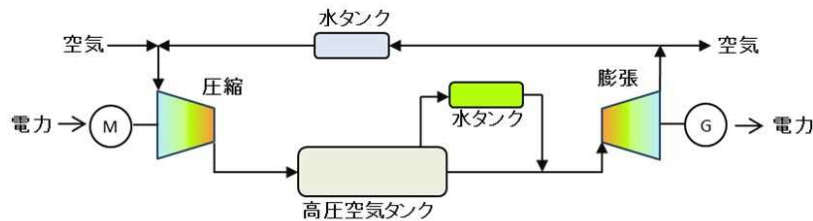
そこで、CAESによる変動制御技術構築のため、まずCAESの特性モデルを構築すべく、充放電出力制約、追従特性、充放電効率の観点から検討を実施しシミュレーション検証を実施した。その特性モデルのブロック図を図Ⅲ.2-2-2に示す。次に、変動緩和のためのCAES制御ロジックの基本モデルを構築し、予測情報（完全予測）を利用した風力発電とCAESの合成出力目標値およびSOC目標値の作成方法を製作し、予測利用の効果について確認した。

断熱圧縮方式(A-CAES)



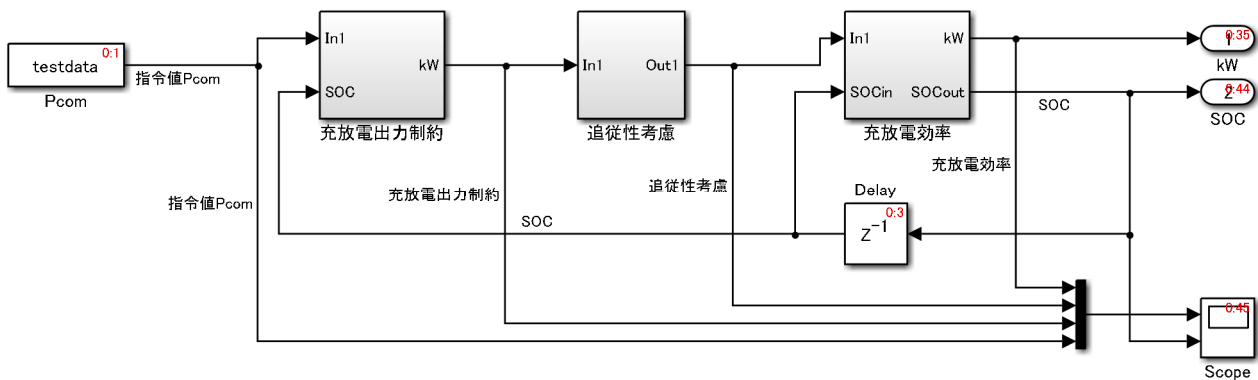
- ◆ 空気を短時間(～1/500秒)で圧縮すると断熱圧縮となり、圧縮機出口では高温になる。
- ◆ この熱を回収してコンパクトな蓄熱器に蓄えておき、高压空気を膨張させる前に加熱する。
- ◆ 既存技術の組み合わせで実現可能。

等温圧縮方式(I-CAES)



- ◆ 空気を水に懸濁させて、ゆっくりと(～1/3秒)圧縮
- ◆ 熱が水に吸収されて温度はあまり上がらない(等温圧縮)。
- ◆ 膨張時は水の熱が空気に伝わり等温膨張する。
- ◆ 2013年から米国で初号機稼働。

図Ⅲ. 2-2-1. 断熱圧縮方式と等温圧縮方式 (CAES)

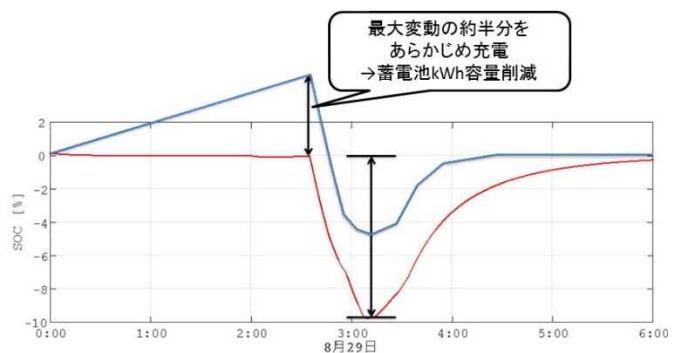


図Ⅲ. 2-2-2. CAES 特性モデル

具体的には、SOC 目標値作成のため、下記式にて合計出力 P_{total} が蓄エネルギー出力に関する係数 K の値に応じて、あるいは予測有無の違いにより逸脱率がどの程度変化するか、あるいは最適な K が CAES 設備においてどういう値になるかについて検討した。

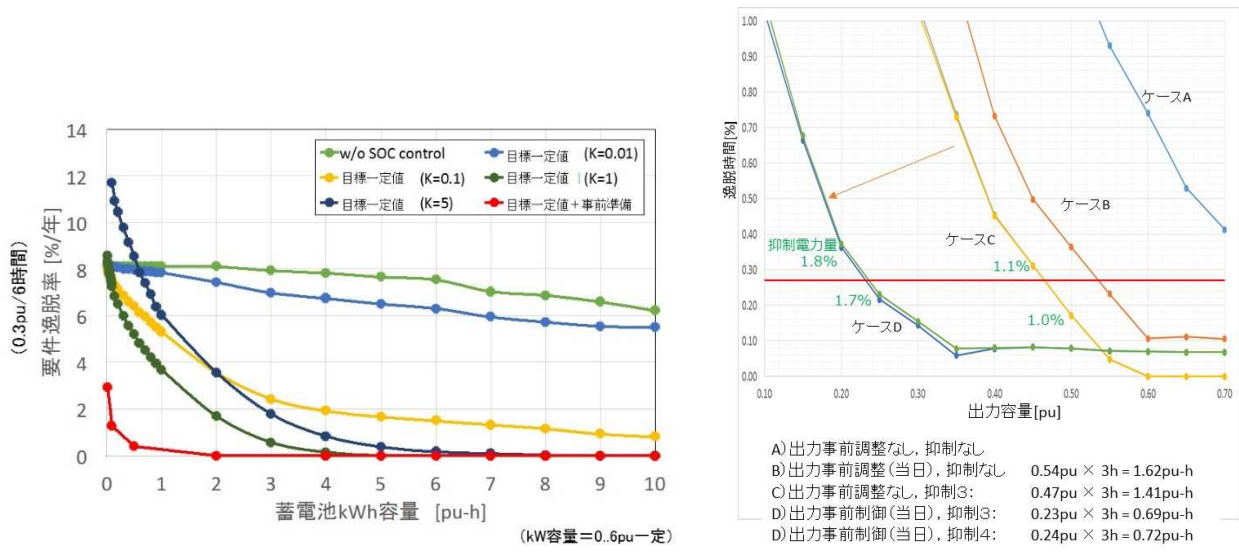
$$P_{total} = P_{wind} + K(E - E_T)$$

- P_{total} : 合計出力
- P_{wind} : 風力発電出力
- K : 係数
- E : SOC 現在値
- E_T : SOC 目標値 (予測値により変化)



図Ⅲ. 2-2-3. SOC 目標値の考え方

図Ⅲ. 2-2-4 に年間のランプ要件 (0.3pu/6 時間) に対する逸脱率が予測の有り無しと K の値によりどう変化するかを検討結果例と、出力制御 (余剰分は風力出力抑制) として抑制有無、あるいは抑制手法の違いによる評価結果例を示す。蓄エネルギー容量が一定値の場合、予測情報を利用した (事前準備を実施した) 場合、大幅に効果がある事が分かる。



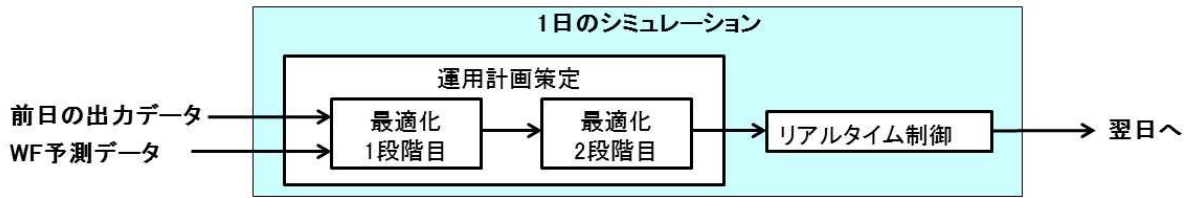
(抑制 3 : CAES 出力を超えた分を抑制、
抑制 4 : 風車出力の上限値を制御周期毎 (例えば 10 分) に設定)

図Ⅲ. 2-2-4. 要件逸脱率 (時間) の検討例

引き続き、CAES と風車出力抑制の組み合わせ制御手法の開発を行っている。

2-2-2. 「Power to Heat による出力変動制御技術の開発」 (実施者 : エネルギー総合工学研究所、再委託 : 北海道大学)

もう一つの蓄エネルギー技術としてバイオガス発電 (BG) とヒートポンプ (HP) の組み合わせ (HP/BG 併用熱供給システム) による出力制御技術の構築に取り組んでいる。まず、システムの運用方針として、ランプ変動が発生していない平常時には HP/BG システムは設備所有者の意思に基づいて運用するが、ランプ変動が予測、観測された場合には設備所有者の意思に係らずランプ変動を抑制する運用に切り替える事として、予測情報に基づく運用策定を行う第 1 ステップと、リアルタイムでの制御を実施する第 2 ステップの 2 段階による制御ロジックを検討した。また、第 1 ステップとして、予測されるランプ変動の影響を許容される範囲まで緩和しつつ、設備所有者の電力の売買にかかるコストが最小となる計画をたてる第 1 段階と、コストが最小となる計画が実行されない状況となりコストの最小化を図りつつ出力変動が最小となる計画をたてる第 2 段階に分けたロジックにて、シミュレーション検討を実施した。図Ⅲ. 2-2-5 に制御ロジックの概念図を示す。第 1 ステップは確定論的最適化で合成出力の最小化と BG 出力調整余力の最大化をもとにした運用計画を策定する。それらを前日の出力データと風力発電予測データを用いて 1 日単位の運用計画とリアルタイム制御のために活用する。



第1ステップ: 予測情報に基づく運用計画策定

・ WFの出力予測情報を基にして、ランプ変動を目標範囲内に抑えるようなBGとHPの運用計画(1日分)を事前に策定

確定論的最適化

第一段階 合成出力変動の最小化

$$\min P_{\text{ref}}$$

P_{ref} : 合成出力の最大出力変動 (合成出力=WF出力+BG出力-HP消費電力)

第二段階 BG出力調整余力の最大化

$$\min \sum_t \left| P_{\text{BG}}(t) - \frac{P_{\text{BG}}^{\text{max}} + P_{\text{BG}}^{\text{min}}}{2} \right|$$

$P_{\text{BG}}(t)$: BG出力[kW] $P_{\text{BG}}^{\text{max}}, P_{\text{BG}}^{\text{min}}$: BG出力上下限[kW]

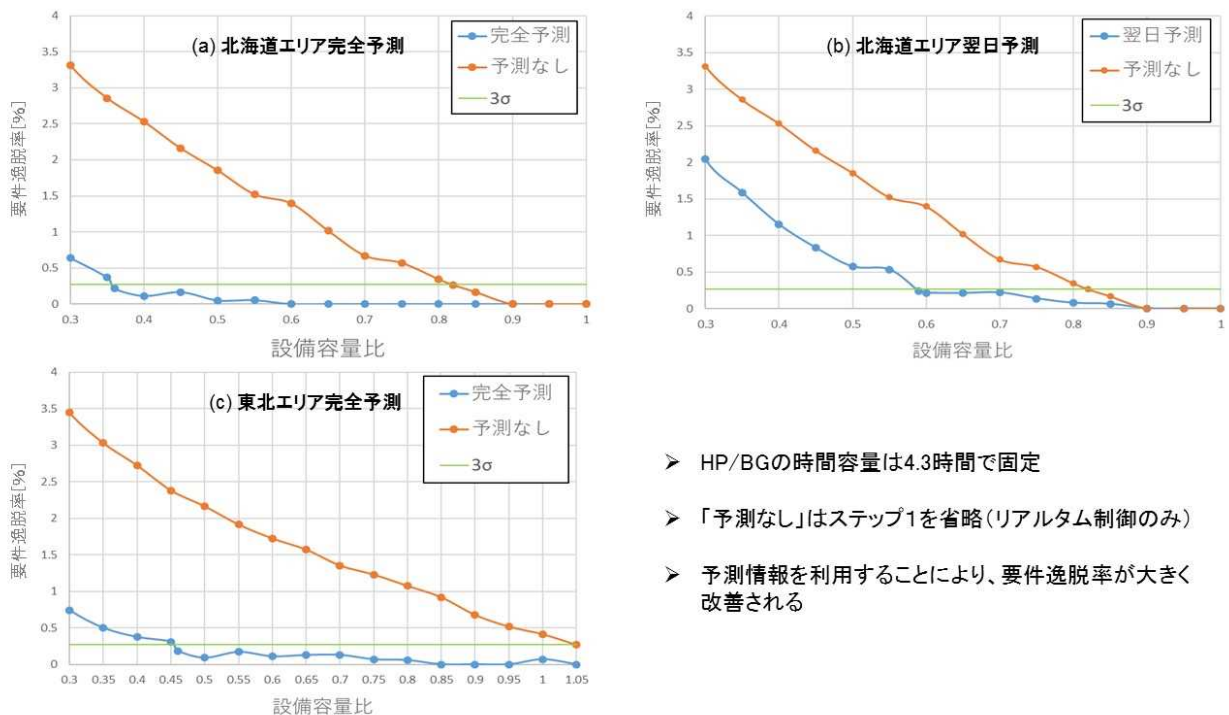
第2ステップ: リアルタイム制御

・ WFの予測出力と実出力との誤差に対応するために、第1ステップで策定された運用計画をリアルタイムで修正する制御

逐次決定

図Ⅲ. 2-2-5. 制御ロジック概念図

図Ⅲ. 2-2-6に変動緩和制御におけるエリア単位の予測情報有無の違いによる年間逸脱率のシミュレーション結果を示す。当然であるが予測データ有りの場合逸脱率は低減できるが、完全予測（予測と実際の出力が一致）の場合は逸脱率が十分に改善できることを確認した。

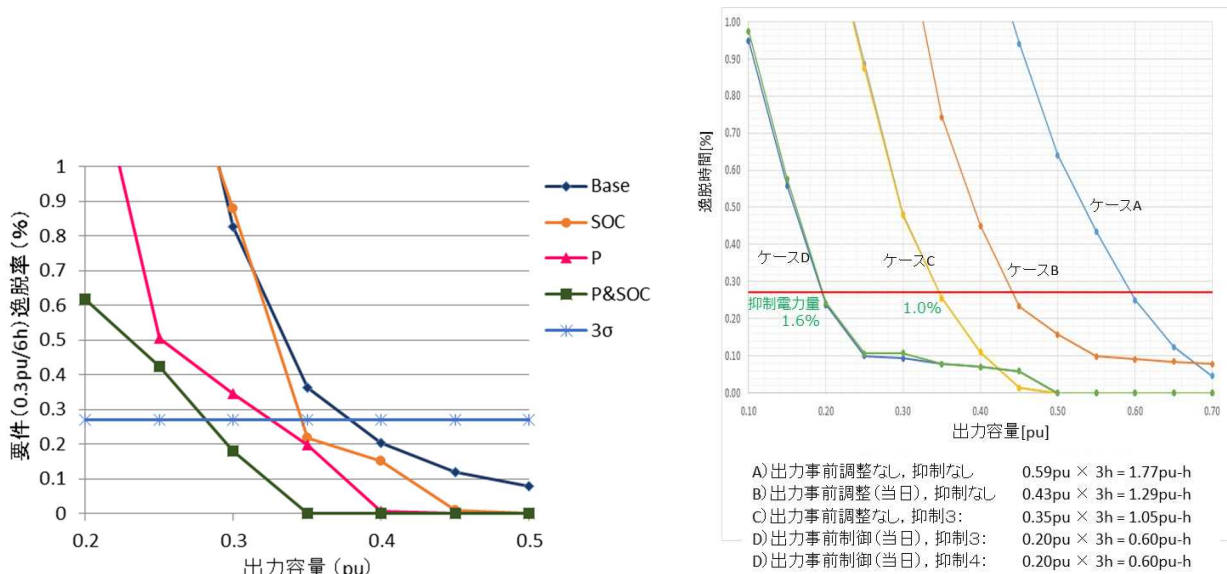


- HP/BGの時間容量は4.3時間で固定
- 「予測なし」はステップ1を省略(リアルタイム制御のみ)
- 予測情報を利用することにより、要件逸脱率が大きく改善される

図Ⅲ. 2-2-6. 変動緩和制御におけるエリア単位の年間逸脱率評価例

2-2-3. 「蓄電池による出力制御」 (実施者：エネルギー総合工学研究所、再委託：大阪府立大学)

CAES に加えて蓄電池による出力変動緩和技術についても予測情報の有無についての検討を実施し、CAES と同様に予測精度の有用性が確認できた。図Ⅲ. 2-2-7 に要件逸脱率 (時間) の検討例を示す。

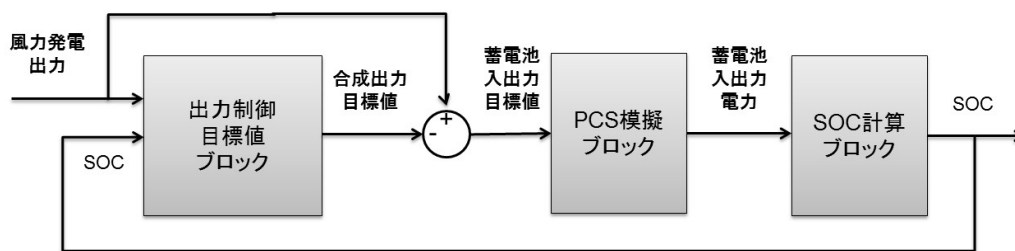


(抑制 3 : 蓄電池出力を超えた分を抑制、
抑制 4 : 風車出力の上限値を制御周期毎に設定)

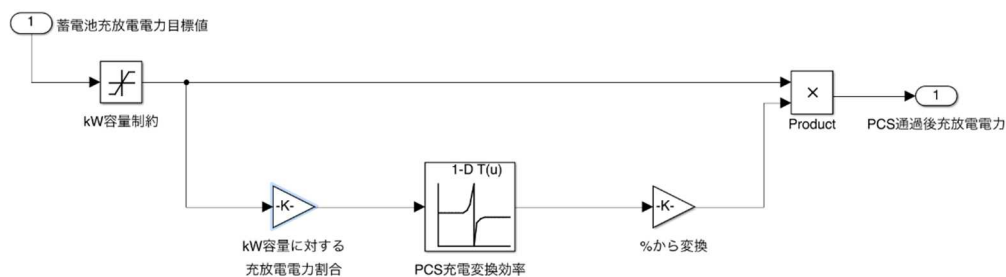
図Ⅲ. 2-2-7. 要件逸脱率 (時間) の検討例

また、図Ⅲ. 2-2-8 に示す制御ロジックの検討を行い、シミュレーションによる検証を行った。考え方として、WF 出力と蓄電池の合成出力が系統連系要件に違反しないよう蓄電池充放電指令値を決定する制御モデルとした。ここで、系統連系要件は 20 分間で 10%及び 6 時間で 30%以内の変動となるよう蓄電池充放電を制御するものである。

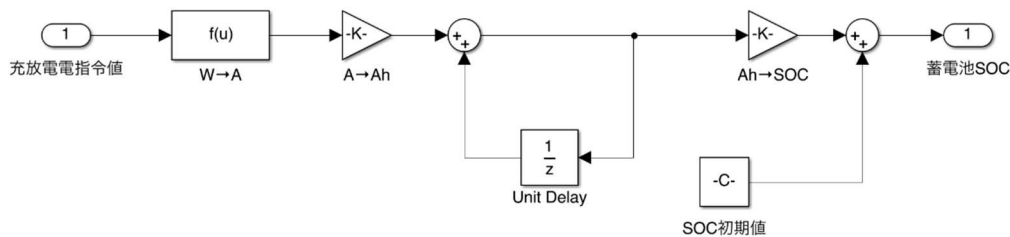
引き続き実証設備により検証を行っていく。



全体ロジック



PCS 模擬ブロック



SOC 計算ブロック

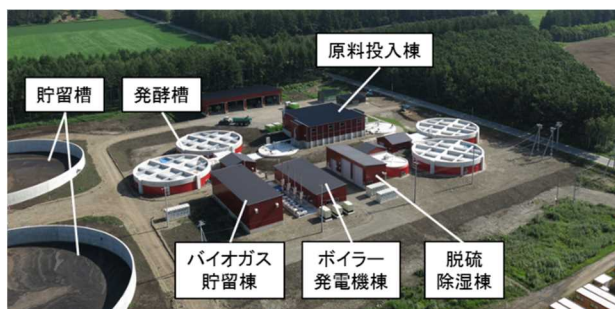
図Ⅲ. 2-2-8. 蓄電池の変動緩和制御ロジック図

なお、3つの蓄エネルギーの制御手法の一つとして、緩和制御に加え 2016 年 4 月に開始した計画値同時同量制度に対応することを目的に、前日および 1 時間前に 30 分 1 コマを単位とする発電計画 (kWh/30 分) を作成し、作成した発電計画と実送電量との差を極小化となるよう、蓄エネルギー装置で補償する計画発電に関する基礎的な制御手法の開発を開始した。今後は本開発を 2018 年度まで継続して設計思想の整理、シミュレーションによる詳細検討、ならびに評価に繋げていく。

2-2-4 「実証試験および総合評価」 (実施者：エネルギー総合工学研究所、早稲田大学、再委託：北海道電力、北海道大学、大阪府立大学)

上記3つの蓄エネルギーを使った制御技術の検証を目的に、実証設備の構築を行い、実証試験により検証を行う。

まず、酪農学園大学における HP/BG 実証試験設備での実証試験用にエネルギー需給計画の策定と計測系の設計検討に繋げるために、北海道の既存大規模バイオガス発電プラントにおけるエネルギー需給の計測と通年の計測データ解析を行うため計測装置は 2015 年度下期に計測装置の据付・調整が完了し、計測データの取得と解析を行う環境を構築した。図Ⅲ. 2-2-9 に計測装置を設置した既存 BG 発電所のサイト写真を示す。



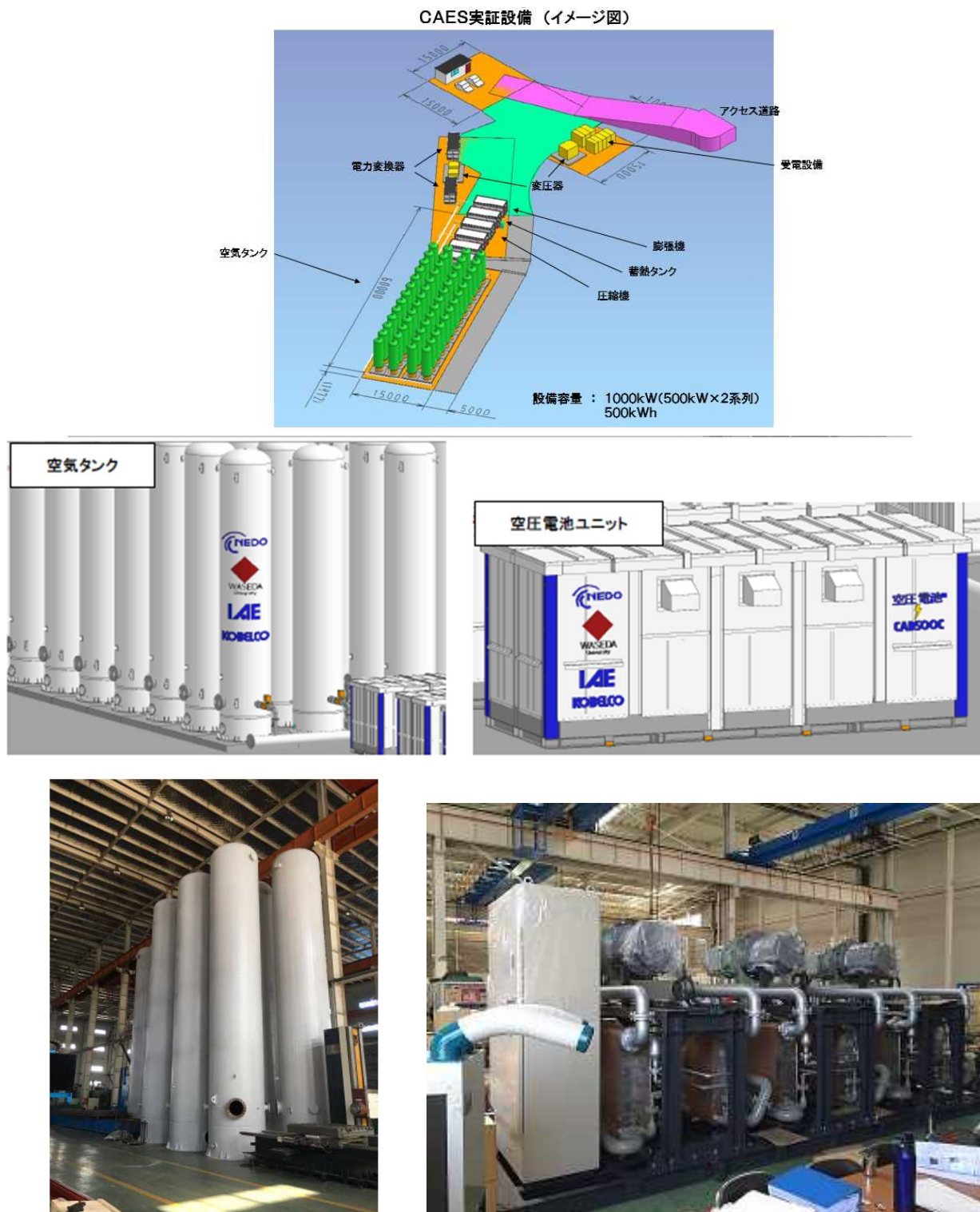
鹿追バイオガスプラント



別海バイオガスプラント

図Ⅲ. 2-2-9 計測装置の設置が完了した既存バイオガスプラント

CAES 実証装置については、東伊豆の建設予定地より水が湧き出て、当初予定していた装置設置レイアウトを変更するなど土木工事や設計工程に一部影響はあったものの、予定通り 2017 年度より運用開始できるよう装置の製造と、制御ロジック構築を進めている。



図Ⅲ. 2-2-10 CAES 実証設備レイアウト（上段）と完成イメージ（中段）と製造中単品装置（下段左：タンク、下段右：圧縮機ユニット）

本事業に協力頂いている酪農学園大学では、2015 年度冬季に HP/BG システムが完成し、2016 年度は試運転と特性試験を実施し、年度末までには運用を開始する。北海道大学から制御を行うための監視制御システムの構築も並行して進めている。



図Ⅲ. 2-2-11 酪農学園大学における HP/BG システム

蓄電池の実証設備は大阪府立大学にて 2015 年度末には設置され、HP/BG システムと同様、2016 年度は試運転と特性試験を実施し、年度末までに運用を開始する。



図Ⅲ. 2-2-12 大阪府立大学における蓄電池システム（リチウムイオン）

なお、実証設備の構築と並行して各種シミュレーション結果による評価を経て、中間目標でもある出力変動制御に求める制御目標について検討し、表Ⅲ. 2-2-1 に記載の通り纏めた。従来技術として NEDO 風力発電電力系統安定化等技術開発(平成 15～19 年度)にて北海道苫前ウィンビラ発電所と併設した蓄電池を使った実証試験をターゲットとし、蓄エネルギー装置の容量を当設備と比べ 25%以下（年間要件逸脱率 3σ）とすることとし、引き続き上記に示した制御ロジックの高度化を図るべく詳細パラメータ調整とロジックの改造を行い、各所に設置した（している）実証設備による検証を 2017 年度より開始できるよう事業を推進していく。

表Ⅲ. 2-2-1 蓄エネルギー制御技術開発における設定目標と条件

条件名	内容
目標	従来技術(*)と比較して蓄エネルギー装置の必要容量を25%以下とする。
ユースケース	変動緩和
変動緩和要件	0.3PU/6時間 かつ 0.1PU/20分間
評価ライン	年間要件逸脱率3σ
蓄エネ技術	蓄電池

(*)NEDO 風力発電電力系統安定化等技術開発(平成15~19年度)

2-3. 研究開発項目(Ⅱ)-1「需給シミュレーションシステム」

システム理論的基礎研究において、再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された2030年頃の状況を見据えた、効率的な検討・研究の推進や客観性の高い評価への貢献を可能とする解析基盤として、多地域電力系統の需給シミュレーションシステムを開発することを目的に、再エネ大量導入という課題に対し、揚水発電所と蓄電池システムの運用計画を、太陽光発電および風力発電の出力予測とこの予測誤差を考慮したうえで最適化し、再エネに最大限対応するための手法検討を行った。この最適化した運用計画に対して、不確実性を考慮したモンテカルロシミュレーションによって算出される供給信頼度の検討を行った。

システム仕様の研究およびシステム構築の研究において、国内外の文献等から電力需給や系統評価に関わる解析ロジックの定式化・手順の抽出・整理を行い、オブジェクト指向言語による解析ロジック/モデルのメソッド仕様案を作成し、その仕様に基づき、供給信頼度評価機能、需給運用計画機能、周波数制御機能で構成される需給シミュレーションシステムのプロトタイプを構築した。

供給信頼度評価機能に関し、基本ロジックである供給力の十分性や再エネのkW 価値等の評価手法を構築した。特に、調整力の十分性評価手法と、調整力を考慮した経済性評価手法に関する新しい枠組みを提案し、概念実証モデルを作成して実現可能性を確認した。

需給運用計画機能に関し、電源起動停止計画、経済負荷配分、揚水運用計画等の基本機能を構築した。特に、新しい手法となる揚水等の電力貯蔵の調整力活用手法に関し、概念実証モデルを作成して実現可能性を確認した。

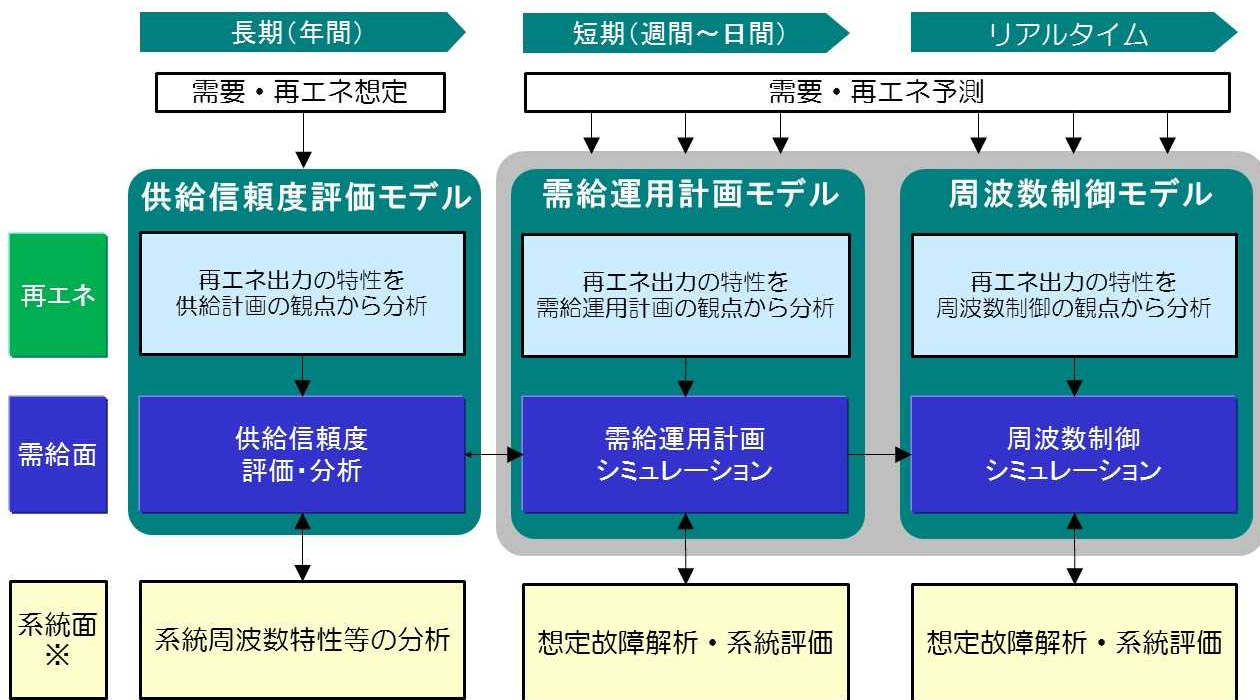
周波数制御機能に関し、平常時を対象として、負荷周波数制御、発電プラント（ガバナフリー制御）等のモデルを構築した。効率的な解析を可能とするため、問題が生じ得そうなケースのスクリーニングを目的とした簡略モデルと、周波数・連系線潮流変動の詳細検討を目的とした詳細モデルを作成した。

システム適用の研究において、解析・シミュレーションに必要となるパラメータ項目（電源関連、負荷特性等）を整理し、国内文献等から標準的な値を調査した。また、再エネ余剰・調整力課題と、再エネ予測課題を検討するためのシナリオを作成した。

2-3-1. 「需給シミュレーションシステムの研究開発」（実施者：電力中央研究所、東京電力ホールディングス、東京電力パワーグリッド、東光高岳、東京大学）

2014年度に全体機能を整理するためのロジックマップを作成し、2015年度に各ロジックの基本仕様を、現時点の2016年度では詳細仕様の検討と整理を行い、プロトタイプを構築した。現在ソ

ソフトウェアの詳細コーディング作業を行っている。詳細については個別事業紹介資料（非公開）に記述することとし、本紙ではロジックマップの簡易版のみ図Ⅲ.2-3-1に示す。



図Ⅲ.2-3-1 解析ロジックマップ（簡易版）

2-4. 研究開発項目(Ⅱ)-2「電力系統における運用実証試験」

本研究項目は、離島の実電力系統をベースに風力発電および太陽光発電の再エネ設備と蓄電池等の蓄エネ設備により、将来の再エネ大量導入時の電力系統出力変動の課題を模擬する実証フィールドを実現し、再エネ設備の「出力予測」、「出力制御・抑制」、蓄エネ設備と既存発電設備と協調した「需給運用」の有効性を実証することを目的としている。実証試験シナリオとして、将来想定される電力システムと各実証試験設備とを対比させ、「出力予測」、「出力制御・抑制」、「需給運用」の組み合わせによる総合的にコストミニマムとなる対策を実証するための試験項目の骨子案を作成した。

再エネ、蓄エネおよび既存発電設備を総合的に制御する統合制御システムに関しては、需要予測、需給計画、ならびに経済負荷配分制御と負荷周波数制御による需給運用等を実現する基本機能・構成を検討し、EMS プロトタイプを開発するとともに、再エネ・蓄エネ設備を連係する SCADA、既設発電設備を連係する DG(ディーゼル発電機)インタフェース装置を開発し、想定されるセキュリティ脅威に対するガイドラインに基づくネットワークを構築、機能試験の環境を整えた。

また、再エネ出力予測の精度を高め、需給計画・運用に効果的に活用するため、ローカルエリアの気象観測設備の設置を完了し、データ収集を開始するとともに、数値モデル予測、運動力学的予測、更に統計的補正により再エネ出力を算出する予測システムを開発した。

既存発電機の調整力拡大検討については、試験対象ディーゼル発電機の特性確認試験を完了し、データ解析により個々のガバナモデルを作成し、ガバナ応答特性のタイプ別分類を行った。また、作成したモデルを用いることで、再エネ出力や負荷の変動時の周波数変動を精度良く模擬できる離島系統モデルを構築した。

実証フィールドに設置する実証試験設備に関しては、周波数解析シミュレーション等により 2030 年の再エネ大量導入時に想定される出力変動を模擬する再エネ設備および出力変動に対応す

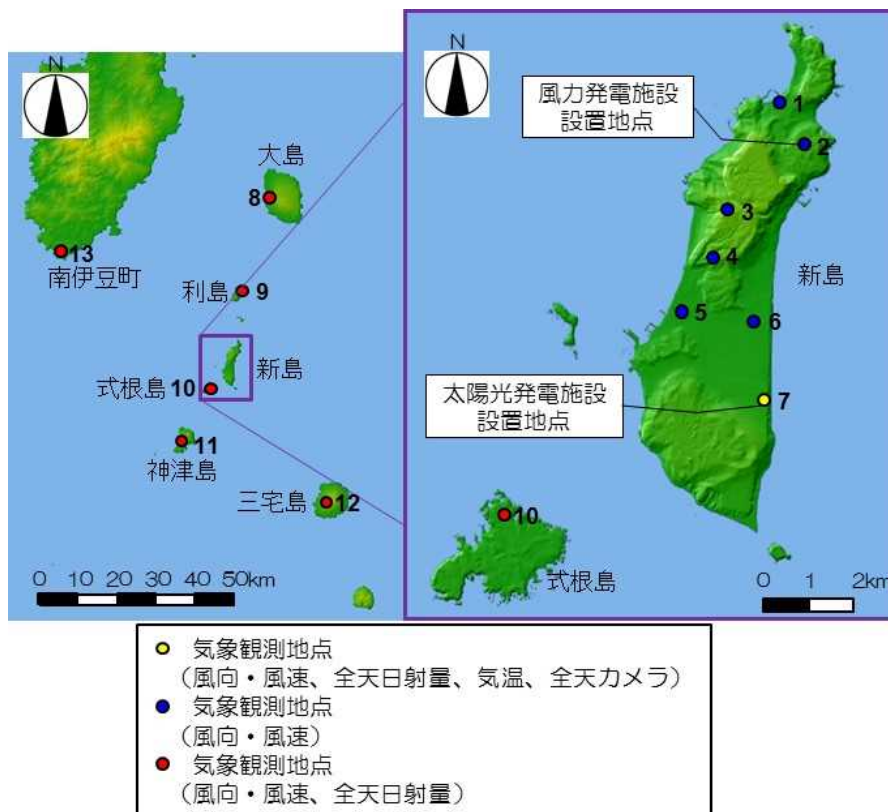
る蓄エネ設備の必要設備量を算定するとともに設置場所および具体的構成の決定、SCADA、PCS の制御条件等、各機器の仕様を検討し、太陽光発電設備や蓄電池設備の実証試験設備の設置に着手し、風力発電機と EMS を除く設備の設置を完了した。2016 年度末までに全ての設備設置と調整試験を完了させ、2017 年度より実証試験を開始する見込みである。

2-4-1. 「予測を取り入れた需給運用計画・制御の高度化に関する研究」（実施者：東光高岳、再委託：日本気象協会）

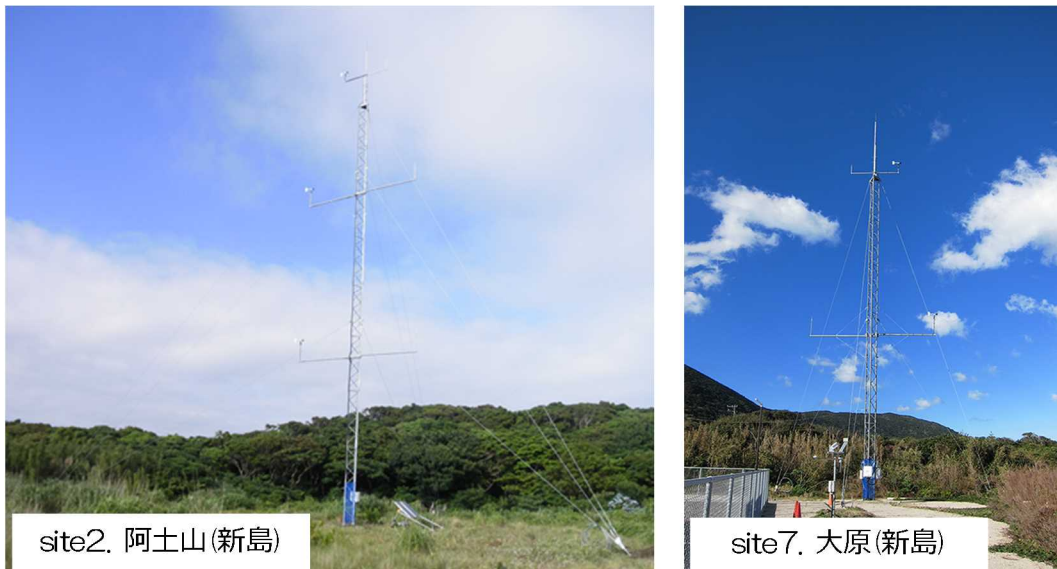
新島とその近隣諸島（図Ⅲ.2-4-1 を参照）において、2015 年度に気象観測装置の設置を完了し、風向、風速、日射量などの計測を実施している（図Ⅲ.2-4-2）。取得した観測データは、実証フィールドである新島及びその周辺の気象の特徴把握や、再生可能エネルギー発電出力予測の精度向上に不可欠な数値予測の統計補正式の作成に活用した。統計補正式に予測地点の観測データを用いることにより、図Ⅲ.2-4-3 に示すとおり、雨天・曇天時の太陽光発電出力の予測精度が改善した。

再生可能エネルギー発電出力予測は、異なる時間スケール毎（週間、当日・翌日、数時間先、数十分先）に最適な予測手法を採用し、48 時間先まで一本に結合した予測情報と週間予測情報の 2 種類の予測情報を新島 EMS に定時配信するシステムを構築している。

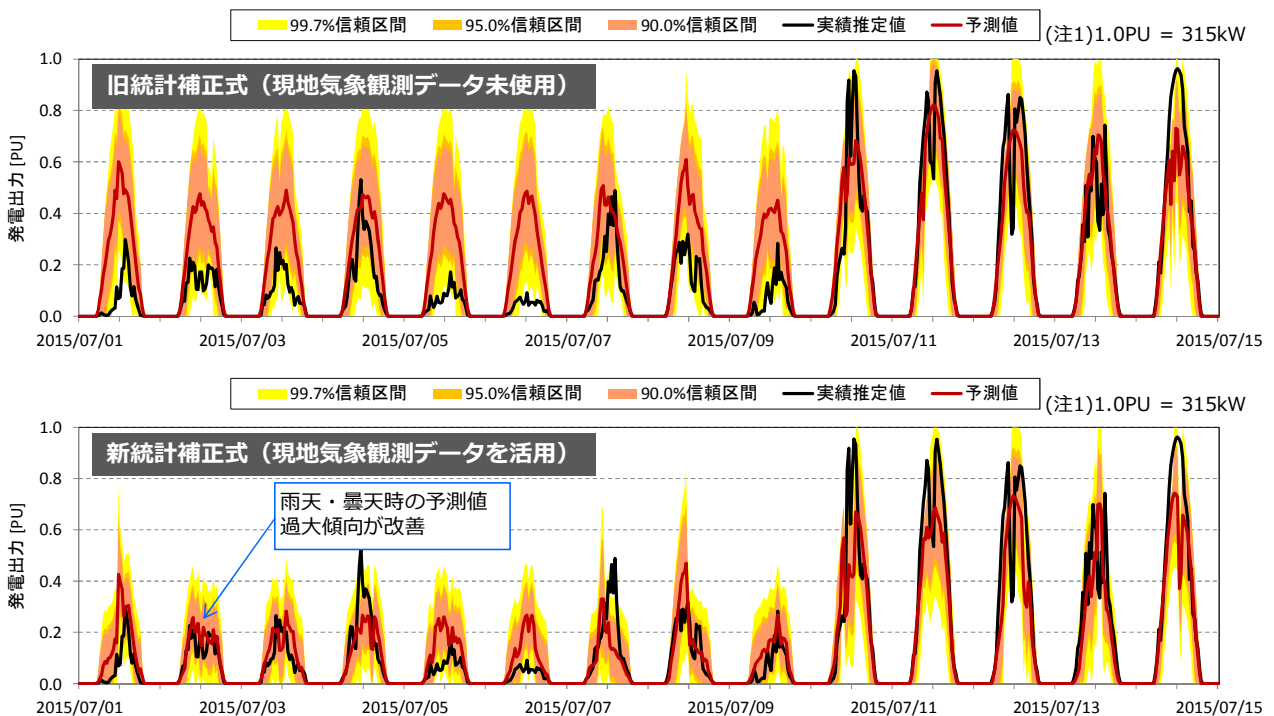
発電出力予測と信頼区間情報の精度向上を図るため、引き続き、新島独自気象予測モデルの改良など、最適な発電出力予測システムの高度化に取り組む。



図Ⅲ.2-4-1 気象観測装置配置図（新島と近隣諸島）



図Ⅲ. 2-4-2 気象観測装置の設置状況（阿土山地点・大原地点）

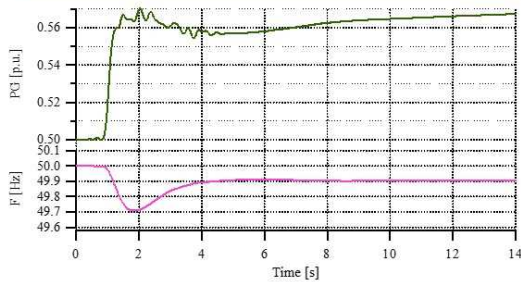


図Ⅲ. 2-4-3 太陽光発電出力予測の改善事例（大原地点、当日・翌日予測）

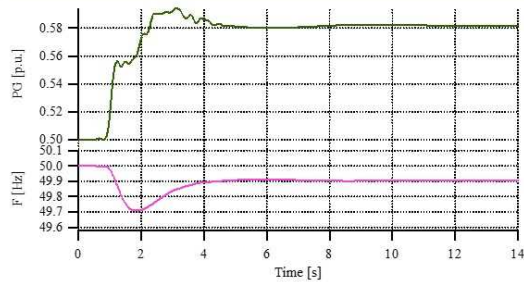
2-4-2. 「発電機・蓄エネ設備等の調整力拡大に向けた運用制御高度化に関する研究」（実施者：東光高岳、電力中央研究所、東京大学）

まず、実証試験における既存ディーゼル発電機(DG)での調整力検討を行うため、新島ならびに近隣諸島で運用している44機のディーゼル発電機特性試験を実施した。特に、ガバナ応答の特性について整理し、図Ⅲ. 2-4-4に示すとおり3パターンの応答特性があることが判明した。周波数に応じて反応するものと、時間差あるいは急峻な変化が起こるものも存在することが分かった。これらデータをもとに、標準パラメータを作成して実証試験のシミュレーションを行うためのモデル化を行う。

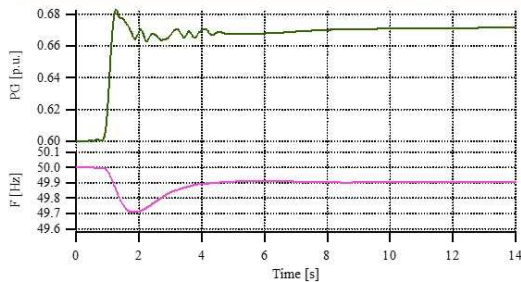
タイプ① 周波数とほぼ逆の応答



タイプ② ①に応答遅れが加わり、周波数変動後も出力の増加が継続



タイプ③ 急峻な出力上昇後、その出力が長時間継続



図Ⅲ. 2-4-4 DG のガバナ応答特性整理

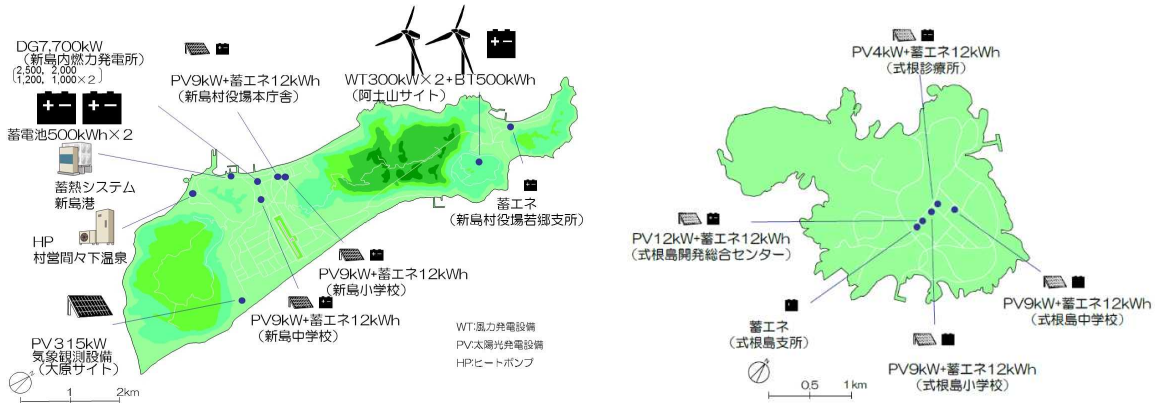
また、再生可能エネルギー事業者および需要家の発電／蓄電設備を効果的に組合せ制御することにより、電力系統全体における最適化制御を検証することとしているが、実証試験における制御概要を表Ⅲ. 2-4-1 に纏める。再生可能エネルギー発電機と蓄電池などの蓄エネルギー制御と需要家設備に対する制御を、余剰発電、変動緩和、計画発電など各状況に応じた形で行うよう試験法案を検討している。また、試験のために再生可能エネルギー発電を出なりで運用するシナリオも想定した運用案も検討している。

表Ⅲ. 2-4-1 制御概要（ユースケースについて）の纏め

	目的	制御内容	対象機器
余剰対策	余剰電力発生時の再エネ出力抑制 蓄エネ直接制御	再エネ抑制制御 蓄エネによる余剰電力充電	再エネ発電+ 系統側蓄電設備 再エネ発電併設用蓄電設備
	再エネ抑制時における需要シフト	再エネ抑制制御 蓄エネの充電電力制御	再エネ発電+ 再エネ発電併設用蓄電設備
変動緩和	再エネサイトにおける出力変動緩和	蓄エネの充電電力制御	風力発電・太陽光発電+ 風力発電併設用蓄電設備
	再エネおよび需要の変動を緩和するための周波数変動抑制制御	消費電力制御	HP・プリンター
発電計画	発電計画とのインバランス補償	蓄エネの充電電力制御	風力発電・太陽光発電+ 風力発電併設用蓄電設備

蓄電池は既設ディーゼル内燃力発電所内に設置した系統用蓄電池(1,000kWh)の他、風力発電機併設蓄電池(500kWh)、小規模蓄電池があるが、系統用蓄電池は2015年10月に設置を完了し、据付調整試験を2016年7月末まで実施し、マニュアル運転、SOC自動調整、周波数変動抑制試験な

ど各種試験を実施し、良好の結果を得た。また、小規模蓄電池も 2016 年 2 月に設置を完了し、最大出力制御、最低出力保証の考えを整理し、制御手法と SOC 限界値の考えを整理した。その他、大原太陽光発電所も 2016 年 12 月に系統連系し、商用運転を開始し、需要家設備についても 2016 年第 1 四半期までに設置を完了し、現在商用運転前の調整試験を実施している。図Ⅲ.2-4-5 に新島（式根島含む）の設備概況図と、図Ⅲ.2-4-6 に代表設備の写真を示す。2017 年 3 月までに風力発電機と EMS の設置完了を予定し、2017 年度からの実証試験の総合運転開始を見込む。



図Ⅲ.2-4-5. 新島(左側)と式根島(右側)における設備概況図



発電所内の系統用蓄電池(1,000kWh)



大原太陽光発電所(315kW)



ヒートポンプ

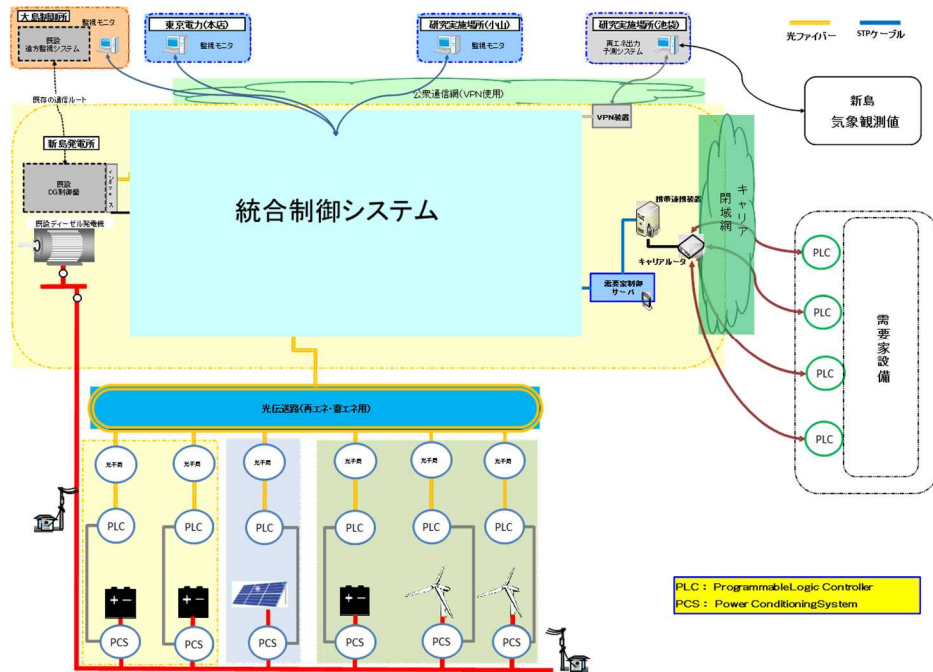


小型太陽光発電所(小学校屋上)

図Ⅲ.2-4-6. 代表設備の写真

2-4-3. 「再エネの抑制量最小化に向けた制御高度化に関する研究」、「再エネ導入量拡大に向けた再エネ出力予測、需要運用、再エネ出力制御・抑制の最適化に関する研究」(実施者: 東光高岳、東京電力HD、東京電力PG、再委託: NRIセキュアテクノロジーズ)

既設発電所の監視制御システムを代替できる形で、今回の実証試験のために設置する再生可能エネルギー発電、蓄エネルギー、需要家設備など新島村の電力系統全体を監視制御する EMS の開発を行っており、基本仕様、監視方法、各装置に対する制御手法、出力予測システムや既存 DG 制御システムなどとのインターフェースについての検討、設計を実施している。2017 年 3 月までには現地への設置完了を予定しており、現時点では委託先事業所での組み合わせ試験を実施している。図Ⅲ.2-4-7 に EMS のシステム構成図を示す。






図Ⅲ.2-4-7 EMS のシステム構成図

2015 年 1 月の再生可能エネルギー特別措置法施行規則の一部を改正する省令により遠隔出力制御システムの設置が義務付けられたことより、再生可能エネルギーの出力抑制を行うための手段や、需要家制御システムとして複数の需要家を束ねて系統運用者の要請により需要調整を行うアグリゲート機能や発電事業者（PPS）を束ねてインバランス調整を行うバルancingグループ機能についても本実証設備で検討が行えるような機能を EMS や関連設備に設けることとしている。

EMS の機能ロジックとして短周期と長周期の変動制御を検証するが、太陽光発電や風力発電など周期の早い短周期変動制御は制御遅れなどを考慮し、蓄電池などを活用した自端制御を基本とし、長周期変動制御は最適経済制御を見据え、EMS からの遠方制御を基本とする考えである。

上記の通り実証設備は逐次設置が完了し、個別制御実証を行える環境になりつつあるが、設備の設置、現地調整状況により、図Ⅲ.2-4-8 に示す通り、3 段階に分けて実証試験を行う計画である。現在は第 1 フェーズにて系統蓄電池や太陽光発電設備などの個別実証を進めている。2016 年度下期より第 2 フェーズを、2017 年度初頭より風力発電機と EMS 含めた総合試験を開始する。

	H 27 上	H 27 下	H 28 上	H 28 下	H 29 上	H 29 下	H 30 上	H 30 下
<個別制御実証 第1フェーズ> 系統用蓄電池設備および大型PV設備のSCADA制御試験 ・系統用蓄電池の周波数変動抑制試験 ・系統用蓄電池の需要変動（長周期）抑制試験 ・太陽光発電出力抑制制御試験（遠隔制御）								
<個別制御実証 第2フェーズ> 風力発電設備・併設蓄電池設備・需要家設備の制御試験 ・再エネ併設蓄電池の変動抑制試験 ・再エネ併設蓄電池を活用した計画発電制御試験 ・風力発電出力制御試験 ・需要家蓄エネ制御試験								
<総合制御実証 第3フェーズ> 再エネ・蓄エネ・発電機・需要家設備等の統合制御試験 ・再エネの出力・変動予測の導入効果 ・再エネ・発電機・蓄エネ（系統用・再エネ併設・需要家）等 組合せ試験 ・最適経済制御（コストミニマム）のあり方検討								

図Ⅲ.2-4-8 実証試験工程

試験法案として、各種制御シナリオを想定して表Ⅲ.2-4-2 に纏めるとおり、実証箇所と対象設備、制御の考え方について詳細の制度設計による対応を見据えて検討、整理した。

表Ⅲ-2-4-2 実証試験における制御シナリオ例

将来想定 プレイヤー	実証箇所	実証で扱う設備	役割・制御の考え方	出力制御シナリオの将来想定
エリア中給・ 一般送配電 事業者	実証試験棟	統合EMS 再エネ出力予測 SCADA	<input type="checkbox"/> 再エネ予測を考慮した需給運用計画 <input type="checkbox"/> 経済性を追求した計画策定 <input type="checkbox"/> 予測を活用した予備力等の合理化 <input type="checkbox"/> 変動に応じた周波数制御指令 <input type="checkbox"/> 発電所、再エネ、蓄エネ等への指令	中給指令（遠方） 中給指令（遠方）
発電事業者	新島 発電所	事業者A ディーゼル発電機、 発電機制御装置 発電BG 事業者B Bat500kWh×2	<input type="checkbox"/> 発電計画に基づく最適経済運転 <input type="checkbox"/> 制御指令に基づく出力調整 <input type="checkbox"/> 余剰発生時の発電抑制・蓄エネ充電	中給指令（遠方） 中給指令（遠方）
再エネ事業者	再エネ設置点A （阿土山サイト）	WT300kW×2 Bat500kWh	<input type="checkbox"/> 風車出力制御（要件対応） <input type="checkbox"/> 蓄エネ活用周波数変動制御（要件対応） <input type="checkbox"/> 蓄エネ活用短周期変動制御（要件対応） <input type="checkbox"/> 蓄エネ活用ラップ緩和※（要件対応） <input type="checkbox"/> 蓄エネ活用計画発電※（イバラシ対応） ※ 両サイトがターゲット、A地点のみ	変動緩和（自端） 変動緩和（自端） 変動緩和（自端・アグリゲート） 計画発電（自端・アグリゲート）
	再エネ設置点B （大原サイト）	PV315kW	<input type="checkbox"/> 余剰発生時の指令に基づく再エネ抑制 <input type="checkbox"/> 再エネ抑制回避のための蓄エネ活用 <input type="checkbox"/> 余剰発生時の指令に基づく蓄エネ充電	中給より再エネ出力抑制依頼 再エネ抑制依頼→自主的充電 再エネは出なり（蓄エネは中給からの運用依頼に基づく）
特別BG 需要家・ 小売事業者	役場・学校等	PV、蓄エネ設備、 HP等	<input type="checkbox"/> 余剰発生時の出力抑制 <input type="checkbox"/> 再エネ抑制回避のための蓄エネ活用 <input type="checkbox"/> 供給余剰や不足時の蓄エネ活用 <input type="checkbox"/> 蓄エネ・HP等を用いた周波数制御	中給より再エネ出力抑制依頼 再エネ抑制依頼→自主的充電 蓄エネは中給からの運用依頼 変動緩和（自端）/中給依頼

※ 再エネサイトや需要家側の蓄電池は、①変動緩和サイト、②計画発電サイト、③再エネは出なりサイト（蓄エネは中給からの運用依頼に基づく）を想定

また、再生可能エネルギー発電所と系統運用者との監視制御用通信網としてインターネットの活用も考えているが、詳細のサイバーセキュリティ対策も踏まえて脅威のタイプと影響度について整理し、机上検討と実証試験による検証法案について整理を行った。

そして、本実証試験を通して関係事業者との共有を図り、関係者への事業内容の紹介を行うことを目的に新島村役場施設である住民センターに本実証事業のPR設備を設け、再生可能エネルギーに対する取り組み状況や、オンラインでの再生可能エネルギー使用状況などが確認できるモニターの構築を進めている。（図Ⅲ. 2-4-9）



図Ⅲ. 2-4-9 新島住民センターにあるPR設備

IV. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通し

本プロジェクトでは各WGにより実施内容が異なる事から、当然目標と成果見通しが各WGで異なるが、何れも再生可能エネルギーの大量導入時の需給運用における基盤技術の構築を最終的な目標としている。以降、実用化あるいは事業化に向けた見通しと取り組み状況について各WG単位で記述する。

ランプ予測技術開発WG：

本プロジェクトでは予測手法の構築だけでなく、手法をプログラム化することで実用化を見据え自動的・定期的に発電出力を算出し表示をするシステム化を行う。今回の研究開発に携わった事業者が協力体制を構築した形で技術検討を継続しつつ、プロジェクト終了年度から、実用化・事業化が可能な出力予測サービスをシステムとして電力会社や発電事業者に対して提供、販売していく。

目標は事業終了から5年以内に主要送配電事業者の8割にて適用されることを見込む。具体的にはプロジェクト終了の翌年度にシステム設計・製造を終了し、2年目～4年目にかけて国内の送変電事業者を中心とした展開を果たすことを目指す。国内での実績をもとに5年目より海外への展開を目指す。

蓄エネルギー制御技術WG：

本プロジェクトで開発する各蓄エネルギーを用いた再生可能エネルギーの出力制御ロジックと実証結果は成果報告書等を通して広く公開する。これにより蓄電池や蓄エネルギーとしてのバイオガスプラント等の導入を見込む再エネ事業者や電力会社に活用されることを見込むと同時に、大学などでの更なる高度化に向けた研究開発に寄与する。

また、CAESについては本実証事業を通して世界で初めての断熱型圧縮空気エネルギー貯蔵システムを構築することで、我が国における規制当局（経済産業省および関東東北産業保安監督部）

との協議を通して認可を受け、実績を作成することにより、設備普及のための基盤作成に寄与する事が可能となる。ヒートポンプ／バイオガス発電併用熱供給システムおよび蓄電池に対する制御システムについては本プロジェクトを通してシステムと制御技術の確立を行い、本事業終了時期前後での実用化開始時期の目標としている。

需給シミュレーションWG：

2030年時点での再生可能エネルギー（再エネ）導入率目標を加味した公平性・透明性の高い需給シミュレーションシステムについては、電気事業者等の電気事業に係わる企業、電力系統運用技術に関わる有識者・大学・研究機関等による、再エネ大量導入時の電力系統の計画・運用・制御における技術課題への対応の考え方の検討、および電力系統解析理論の基礎研究などで広く活用いただくべく、電力会社、電力広域的運営推進機関、主要発電事業者、大学や研究機関に提供する。また、技術啓発書の形で成果を取り纏め、同システムの活用方法などについて委託事業者主体で支援を実施していく。

また、再エネ議論における電力需給の解析・評価の透明性・信頼性を高めることを目的に、国内外の関連学会での情報発信や関連プロジェクトでの活用を通して、電力需給の解析・評価技術の標準化を推進していく。

さらに、実際の電力需給を担う東京電力パワーグリッドや、今回の事業で委員会や他WGで関係している電力会社においては、需給シミュレーションシステムで評価するランプ予測技術・出力変動制御技術・出力予測や調整電源の最適運用手法等に係る基本的な考え方を参考にして、将来の電力系統における最適な設備形成や運用手法に取り組んでいく。

実証WG：

本実証試験におけるシステム構成、試験法案、検証結果などの研究開発成果については成果報告書の形で一般公開し、他の一般電気事業者へも本実証試験の実施主体である東京電力パワーグリッドと東京電力ホールディングスが主体的に成果を共有し、大量再生可能エネルギー導入時の需給計画と運用ノウハウを活用できるようにする。

また、事業終了後は開発した実証システムを基本として標準化を図るべく高品質・低価格に向けた開発を継続し、一般電気事業者に向けた受注活動を行う。並行して多機種の風力発電設備、太陽光発電設備、蓄エネルギー設備および内燃発電設備等との組合せが可能となるよう、開発を進めるとともに、海外の老朽化が進んでいる内燃機関発電機による電力供給地域や、未電化地域を対象に、再生可能エネルギー、蓄エネルギーを組み合わせ、経済的で電力品質も十分なベストミックスになる電力設備形成・運用を実現する事業やコンサルティング業務事業へも展開する。事業終了後5年以内には出力予測システムやセキュリティ対策を強化した標準システムを開発し、体制面の強化含めた受注活動を推進する。

(添付資料)

プロジェクト基本計画

「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」基本計画

スマートコミュニティ部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

今後のエネルギー政策として、再生可能エネルギーの最大限の導入を進め、できる限り原子力発電の依存度を低減させることが政府の目標として掲げられている。

また、平成26年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」には、再生可能エネルギーの導入を最大限加速させるとともに、系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発を着実に進めることが記載されている。

再生可能エネルギーの導入を最大限加速させるという政府目標を達成するためにも、再生可能エネルギー、特に風力発電を大量に電力系統に連系した際に、発生することが予想される電力品質や系統運用上の技術的な課題を明らかにし、課題解決策を短期および中長期に分けて確実に実施していくことが必要である。

② 我が国の状況

風力発電の連系可能量に余裕がない地域では、風況が良く風力発電の適地であるにも係わらず、系統連系が出来ない状況となっている。風力発電などの変動電源を大量に電力系統に導入するためには、系統強化や蓄エネルギー設備の併設が必要となるが、いずれの対策も高コストもしくは長期の対策期間が必要となり、最終的に国民負担の増大に繋がる。それを回避するためには、現状の設備を最大限活用し、追加コストを最小化するための方策を検討しなければならない。

③ 世界の取組状況

再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいる海外では、予測技術を活用することで効率的な需給運用を指向している。

例えば、イベリア半島に位置するスペインでは、再生可能エネルギーの導入量に対して、隣国との系統連系容量が不足していることもあり、系統運用者である Red Eléctrica de España (REE) 社が再生可能エネルギーの予測・抑制等を専門に司る「再生可能エネルギーコントロールセンター (CECRE : Centro de Control para el Regimen Especial)」を設立し、需給運用計画の精度向上、効率的な調

整力の活用等に取り組んでいるが、制度面からの検討と平行して、再生可能エネルギーの大きな出力変動を精度良く予測することは重要なテーマのひとつとなっている。

④ 本事業のねらい

天候によって出力が変動する風力発電や太陽光発電は、大量に電力系統に連系された場合、大きな出力変動によって電力の安定供給に悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、風力発電の出力変動を予測するなどの電力系統の安定運用に資する技術開発を行うとともに、需給運用面の課題を実際の電力系統にて実証することが必要である。NEDO は、平成 17 年度～19 年度に実施した「風力発電電力系統安定化等技術開発」で、ウィンドファーム発電出力予測モデルと電力系統制御エリア発電出力予測モデルを開発し、一定の成果を上げている。一方で、風力発電をはじめとする再生可能エネルギーを最大限電力系統に連系することを目的とした研究開発は現状では行っておらず、喫緊に取り組むべき課題である。

本事業では、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動（以下、ランプ）に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力の変動を抑制する出力制御技術を高度化させ、予測と出力制御を踏まえた需給運用の基本的な手法を確立する。

以上の取り組みによって、出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御・運用することが可能な変動電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

- ・研究開発項目（I）「風力発電予測・制御高度化」

【最終目標】（平成 30 年度）

風力発電の大量導入を実現するために必要となる、系統運用者のランプに対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。

また、風力発電の出力変動緩和による電力系統への影響の最小化、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用しコストミニマムとなる最適な制御分担に基づいた風車制御技術と蓄エネルギー制御技術（以下、出力変動制御技術）を確立する。

風力発電のランプ予測技術では、火力発電の起動に必要となる約 6 時間先以降に発生する風力発電定格出力のエリア合計値に対する 30%以上の出力変動（継続時間 6 時間以内）をランプ現象と定義し、現行の予測モデルよりも予測精度を向上させ、大外しの最大振れ誤差を 20%以上低減させる。

なお、電力の需給運用に影響を与える出力変動は、風力発電が連系する系統容量及び電源構成によって異なる。国内では、電力の需給運用に影響を与えるほど、風力発電設備が連系されていないことから、一義的に数値目標を定めるものの、モニタリング結果や解析結果を踏まえて、上記開発目標を適宜見直すことも検討する。

【中間目標】（平成 28 年度）

風力発電のランプ予測技術では、風力発電の出力データおよび気象データのモニタリングによるランプ現象の要因分析を行い、複数のアプローチからランプ予測モデルを開発する。

出力変動制御技術では、実用化のコスト比較を踏まえ選定した蓄エネルギー技術および風車制御技術の実証設備を設計し、風力発電設備内を中心に構築する。

モニタリング結果やランプ現象の要因分析、ベンチマークテストから得られる課題を踏まえ、ランプ予測技術の開発目標および出力変動制御技術に求める制御目標を確定させる。

・研究開発項目(Ⅱ)「予測技術系統運用シミュレーション」

【最終目標】（平成 30 年度）

風力発電のランプ予測技術と出力変動制御技術に加え、再生可能エネルギーの出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発し、再生可能エネルギーを最大限導入するための技術的課題とその課題解決策等を明らかにする。

また、需給シミュレーションシステム開発で得られた課題解決のための考え方を、実際の電力系統を使って検証する。

【中間目標】（平成 28 年度）

需給シミュレーションシステムでの実施内容と設計方針を確定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力抑制を反映した需給シミュレーションシステムのプロトタイプを開発する。

また、実際の電力系統を使った検証地点を選定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力制御、既存電源との制御を総合的に組み合わせたシステム構築のための検討を行い、実証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。

・研究開発項目(Ⅲ)「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」

【最終目標】（平成 30 年度）

平成 27 年 1 月 26 日に再生可能エネルギー特別措置法施行規則の一部を改正する省令が施行されたことで、系統連系される再生可能エネルギーの年間の出力制御は年間の出力制御は、風力発電が 720 時間、太陽光発電が 360 時間、接続

可能量が超過した際の指定電気事業者制度下では無制限となった。事業者にとっては、出力制御時間よりも出力制御量が事業運営に大きく影響を与えるため、出力制御は出力に応じて行われることが望ましい。そこで、出力予測と出力把握の高度化を行い、実際の電力系統を使って検証しながら事業者間の制御量を事業者の出力比率に応じて決定する出力制御手法を開発する。

【中間目標】（平成 28 年度）

大規模発電から小規模発電まで、全ての発電設備を含めた、風力発電と太陽光発電の遠隔出力制御システムの標準化を実施する。

また、遠隔出力制御システムの実証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。

② アウトカム目標

最小の出力変動への対応で、最大の再生可能エネルギーを受け入れることができる電力系統の姿を需給シミュレーションシステムによって示すことで、政府が掲げる 2030 年における再生可能エネルギーの大量導入の実現を目標とする。

③ アウトカム目標達成にむけての取り組み

再生可能エネルギーの導入拡大に向けた本成果の普及に向け、出力予測技術と出力変動制御技術を風力発電設備の系統連系要件化、需給シミュレーションシステムや遠隔出力制御システムの実用化に向けて開発成果を公開する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

【委託事業】

- ・ 研究開発項目（Ⅰ） 「風力発電予測・制御高度化」
- ・ 研究開発項目（Ⅱ） 「予測技術系統運用シミュレーション」
- ・ 研究開発項目（Ⅲ） 「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する研究開発であり、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDO が、単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業等の特別な研究開発能力、

研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない) から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、必要に応じて、NEDO は第三者である外部専門家をアドバイザーとして選定し、各実施者は客観的立場からの技術的助言を受けそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて外部有識者による技術検討委員会等を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDO は、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

- ・研究開発項目(Ⅰ) 「風力発電予測・制御高度化」と研究開発項目(Ⅱ) 「予測技術システム運用シミュレーション」

平成 26 年度から平成 30 年度までの 5 年間とする。

- ・研究開発項目(Ⅲ) 「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」

平成 27 年度から平成 30 年度までの 4 年間とする

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。評価の時期は、中間評価を平成 28 年度(項目Ⅲは除く)、事後評価を平成 31 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

本研究開発で得られた研究成果については NEDO、委託先とも普及に努めるものとする。

② 標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るためデータベースへのデータ提供、標準案の提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第 15 条第 1 号イに基づき実施する。

6. 改訂履歴

(1) 平成 26 年 3 月、基本計画制定。

(2) 平成 27 年 3 月、研究開発項目(Ⅲ)「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」を追加。

(3) 平成 28 年 3 月、研究開発項目(Ⅲ)「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」に太陽光発電に係る記述を追加。NEDOの法人形態の変更を反映。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目 (I) 「風力発電予測・制御高度化」

1. 研究開発の必要性

風力発電は、電力需要が少ない夜間にも出力変動が発生するため、大量に電力系統に連系された場合、電力の安定供給に悪影響を及ぼす可能性がある。

政府が目標として掲げている風力発電の大量導入を実現するためには、ランプに対する予測技術を高度化し、出力予測に対する誤差の補正と出力変動緩和を目的とした出力変動制御技術の組み合わせによって計画発電が可能な電源を目指す必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 風力発電および気象モニタリングシステムの構築

国内で電力系統に連系している一定規模の風力発電設備を対象に、ランプ現象の発生要因の解析を目的として、発電出力および気象データをモニタリングするシステムを構築する。また、過去の発電出力データ、気象データも可能な限り収集する。

モニタリング項目およびサンプリング周期については、ランプ現象の解析や予測など目的を明確化し、研究開発後の実用化も考慮した設計とする。

(2) ランプ予測技術の開発

現行の予測モデルにおけるランプ予測の問題点を明確にするため、ベンチマークテストを実施するとともに、モニタリング結果から、ランプ現象をパターン化し発生要因をそれぞれ解析する。また海外では、複数の予測モデルを使用することで予測精度を向上させていることから、気象や風況、統計などさまざまなアプローチからランプ予測モデルを開発する。開発した複数のランプ予測モデルの検証試験を行い、予測の信頼性を評価しモデルを改良することで、実際の需給運用においても利用可能な予測精度を達成する。

(3) 出力変動制御技術の開発

再生可能エネルギーの大量導入を実現するためには、系統側の出力変動対策だけでなく、発電側も出力変動対策に取り組む必要がある。予測技術を活用した蓄エネルギー制御技術や風車ピッチ角の先行制御、複数ウィンドファームの協調制御など、実用化コストを踏まえた風車制御技術と蓄エネルギー制御技術を開発する。最小の出力変動緩和によって電力系統への影響を低減させるとともに、予測誤差を補正することで再生可能エネルギーの計画発電を目指す。

3. 達成目標

【中間目標】（平成 28 年度）

風力発電のランプ予測技術では、風力発電の出力データおよび気象データのモニタリングによるランプ現象の要因分析を行い、複数のアプローチからランプ予測モデルを開発する。

出力変動制御技術では、実用化のコスト比較を踏まえ選定した蓄エネルギー技術および風車制御技術の実証設備を設計し、風力発電設備内を中心に構築する。

モニタリング結果やランプ現象の要因分析、ベンチマークテストから得られる課題を踏まえ、ランプ予測技術の開発目標および出力変動制御技術に求める制御目標を確定させる。

【最終目標】（平成 30 年度）

風力発電の大量導入を実現するために必要となる、系統運用者のランプに対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。

また、風力発電の出力変動緩和による電力系統への影響の最小化、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用しコストミニマムとなる最適な制御分担に基づいた出力変動制御技術を確立する。

風力発電のランプ予測技術では、火力発電の起動に必要となる約 6 時間先以降に発生する風力発電定格出力のエリア合計値に対する 30%以上の出力変動（継続時間 6 時間以内）をランプ現象と定義し、現行の予測モデルよりも予測精度を向上させ、大外しの最大振れ誤差を 20%以上低減させる。

なお、電力の需給運用に影響を与える出力変動は、風力発電が連系する系統容量及び電源構成によって異なる。国内では、電力の需給運用に影響を与えるほど、風力発電設備が連系されていないことから、一義的に数値目標を定めるものの、モニタリング結果や解析結果を踏まえて、上記開発目標を適宜見直すことも検討する。

研究開発項目（Ⅱ）「予測技術系統運用シミュレーション」

1. 研究開発の必要性

NEDO では、これまで再生可能エネルギーの大量導入実現に向け、様々な事業を推進し、風力発電機や太陽電池等の個々の高性能化等を進めてきた。東日本大震災以降、原子力発電への依存度低下、再生可能エネルギーの導入拡大が急がれる中で、再生可能エネルギーを最大限電力系統に連系するためには、風力発電など再生可能エネルギーの特性を踏まえて、電力系統運用上の課題などソフト面からの課題を解決することが重要であり、実際の電力系統を使って事前に解決策を検証しておく必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

（1）再生可能エネルギー連系拡大に向けた需給シミュレーションシステムの開発

再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された 2030 年頃を見据え、余剰電力の発生、周波数調整力の不足等の技術的課題とその課題解決策を明らかにする必要がある。再生可能エネルギーの連系可能性を検討するために、研究開発項目（Ⅰ）で開発した風力発電のランプ予測技術と出力変動制御技術に加え、先行のプロジェクトの成果である太陽光発電出力予測や蓄電池等を活用した系統安定化技術、調整電源・蓄エネルギーの最適な運用手法等によって、連系制約が生じている地域での需給シミュレーションや多地域連系系統の需給シミュレーションが可能となるシステムを開発する。

（2）電力系統における運用実証試験

需給シミュレーションで得られた、再生可能エネルギーの連系拡大を実現する最適な運用手法の効果を確認するため、既存の設備等も有効活用しながら、現在一部系統において顕在化しはじめている周波数変動対策や余剰電力対策のみならず、風力の大幅な導入拡大を見据えたランプ対策として、実際の電力系統において実証試験を行う。

実証試験によって、電力の安定供給を維持しつつ、社会コストミニマムで最大限の再生可能エネルギーの連系が可能となる新たな電力システムの基礎を確立するとともに、ここで得られた成果を需給シミュレーションシステムにフィードバックする。

3. 達成目標

【中間目標】（平成 28 年度）

需給シミュレーションシステムでの実施内容と設計方針を確定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力抑制を反映した需給シミュレーションシステムのプロトタイプを開発する。

また、実際の電力システムを使った検証地点を選定し、再生可能エネルギーの出力予測や出力制御と既存電源との制御を総合的に組み合わせたシステム構築のための検討を行い、実証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。

【最終目標】（平成 30 年度）

風力発電のランプ予測技術と出力変動制御技術に加え、再生可能エネルギーの出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発し、再生可能エネルギーを最大限導入するための技術的課題とその課題解決策等を明らかにする。

また、需給シミュレーションシステム開発で得られた課題解決のための考え方を、実際の電力システムを使って検証する。

研究開発項目（Ⅲ）「再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」

1. 研究開発の必要性

再生可能エネルギーの最大限導入に向けた固定価格買取制度の運用見直しによって、今後新たに電力系統に連系する風力発電設備と太陽光発電設備については、遠隔出力制御システムの導入が義務付けられた。

出力制御対象は、風力発電については20kW以上、太陽光発電については地域により差異はあるが10kW未満の小規模設備となったが、遠隔出力制御システムは規格標準化されておらず、また指定電気事業者制度が適用された場合には、風力発電は20kW未満の設備も対象となり風力発電では年間720時間、太陽光発電では年間360時間を超えた無補償の出力制御を受ける可能性がある。そのため、低コストでの遠隔出力制御システムの開発と出力制御量が最小化となる制御手法の開発が必要となっている。

2. 研究開発の具体的内容

（1）風力発電の遠隔出力制御システムに関する研究

一般電気事業者の供給エリア内にある大規模風力発電設備や小形風力発電設備など、様々な風力発電設備に対して、通信回線による出力制御が可能な遠隔出力制御システムを構築する。

遠隔出力制御システムについては、他の再生可能エネルギーにも適用可能となるよう、通信規格の統一や発電事業者側の設備の標準化を行い、発電事業者間の出力制御量が公平となる制御手法の技術開発を行う。

（2）太陽光発電の遠隔出力制御システムに関する研究

中央給電指令所等において、域内に分散設置される太陽光発電設備の発電出力を把握し、これを踏まえた出力制御の指令を行うための機器及び発電出力のマネジメントシステムの構築を目的とした実証事業を行う。

電力系統に連系している発電事業者に出力制御機能付きパワーコンディショナー（PCS）を設置し、双方向と片方向双方の通信方式による実効性の検証を中心に行い、エネルギーマネジメントシステムや蓄エネルギーとの連動などを踏まえた需給制御手法の開発と実証、自端制御機能を具備したPCS機能の高度化開発も行う。

3. 達成目標

【中間目標】（平成 28 年度）

大規模発電から小規模発電まで、全ての発電設備を含めた、風力発電と太陽光発電の遠隔出力制御システムの標準化を実施する。

また、遠隔出力制御システムの実証試験に必要な設備・システムの構築を完了させる。

【最終目標】（平成 30 年度）

平成 27 年 1 月 26 日に再生可能エネルギー特別措置法施行規則の一部を改正する省令が施行されたことで、系統連系される再生可能エネルギーの年間の出力制御は、風力発電が 720 時間、太陽光発電が 360 時間、接続可能量が超過した際の指定電気事業者制度下では無制限となった。事業者にとっては、出力制御時間よりも出力制御量が事業運営に大きく影響を与えるため、出力制御は出力に応じて行われることが望ましい。そこで、出力予測と出力把握の高度化を行い、実際の電力システムを使って検証しながら事業者間の制御量を事業者の出力比率に応じて決定する出力制御手法を開発する。

(添付資料)

事前評価関連資料
(事前評価、パブリックコメント募集の結果)

事前評価書

		作成日	平成26年2月12日
1. プロジェクト名	電力系統出力変動対応技術研究開発事業		
2. 推進部署名	新エネルギー部		
3. プロジェクト概要 (予定)			
(1) 概要			
1) 背景			
<p>平成23年3月11日に発生した東日本大震災及び東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、我が国のエネルギー政策は根本から見直しされることとなり、再生可能エネルギーに対する国民の期待はこれまでにないほど高まっている。</p> <p>平成24年7月から施行された再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度がインセンティブとなり、1年間で350万kWを超える再生可能エネルギー発電が導入され一定の政策効果が得られている。一方で、導入された設備の大半は太陽光発電であり、風力発電の設備導入量は7万kW未満、設備認定量は約80万kWとなっている。</p> <p>風力発電は、大量導入時による平滑化効果によって、一定のベース電源となる可能性があり、発電コストも他の再生可能エネルギーと比較して安価で、LNGや石油火力発電とも遜色ない発電コストとなることが見込まれている。そのため、経済性を考慮しつつ、再生可能エネルギーを導入拡大するためには、風力発電の適切な導入が必須となる。</p>			
2) 目的			
<p>天候によって出力が変動する風力発電や太陽光発電は、大量に電力系統に連系された場合、大きな出力変動によって電力の安定供給に悪影響を及ぼす可能性がある。</p> <p>本事業では、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動（以下、ランプ）に着目し、ランプ予測技術、風車制御技術や蓄エネルギー制御技術（以下、出力変動制御技術）を確立する。また、再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された2030年頃を見据え、余剰電力の発生、周波数調整力の不足等の技術的課題とその課題解決策を明らかにするために、ランプ予測技術や出力変動制御技術を考慮した需給シミュレーションシステムを開発し、実際の電力系統によって課題解決策の検証を行う。</p> <p>これらの技術開発によって、出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御・運用することが可能な変動電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す。</p>			

3) 実施内容

上記目的のために、以下の研究開発項目を実施する。

・研究開発項目① 風力発電予測・制御高度化

国内で系統連系している一定規模の風力発電設備を対象に、ランプ現象の発生要因の解析を目的として、発電出力および気象データのモニタリングを行い、さまざまなアプローチからランプ予測技術を開発する。併せて、最小の出力変動緩和による電力系統への影響低減、予測誤差の補正を目的としてランプ予測技術を活用した出力変動制御技術を開発する。

・研究開発項目② 予測技術系統運用シミュレーション

上記①で開発した風力発電のランプ予測技術と出力変動制御技術に加え、太陽光発電出力予測や調整電源の最適運用手法等を総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発し、再生可能エネルギーの連系拡大に向けた技術的課題とその課題解決策を明らかにする。また、需給シミュレーションシステムで得られた課題解決策の効果を確認するため、実際の電力系統における実証試験を行うことで、安定な電力供給を維持しつつ再生可能エネルギーを最大限受け入れることが可能な電力系統の構築の基礎を確立する。

(2) 規模 総事業費（需給）190億円（委託）

(3) 期間 平成26年度～30年度（5年間）

4. 評価内容

(1) プロジェクトの位置付け・必要性について

1) NEDOプロジェクトとしての妥当性

平成22年10月に経済産業省が策定した「エネルギー基本計画」の中で、再生可能エネルギーの導入に当たっては、再生可能エネルギーが大量に電力系統へ接続されると、余剰電力の発生や周波数変動等の系統安定上の問題が生じる可能性がある」と記載されている。

この問題が風力発電設備の連系拡大の大きな足かせとなっており、政府の掲げる最大限の導入が未達になることに加え、風力発電産業全体の停滞を招くリスクがある。

政府目標の下、風力発電の連系拡大に寄与する本事業の実施に当たっては、多くの風力発電事業者と一般電気事業者の協力や公的機関の関与が必要であることから、政策実施機関かつ中立的な立場であるNEDOが本事業に取り組むことは妥当と考えられる。

2) 目的の妥当性

将来、風力発電などの変動電源を大量に電力系統に導入するためには、系統強化や蓄エネルギー設備の併設が必要となってくるが、いずれの対策も高コストもしくは長期の設置期間が必要となり、最終的に国民負担の増大に繋

がる。それを回避するためには、現状の設備を最大限活用する方法を検討し、追加コストを最小化するための方策を検討しなければならない。系統強化を前提としない対策として、電力の需給運用に大きな影響を与えるランプを予測する技術を開発し、予測技術を活用した需給シミュレーションシステムの構築と実際の電力系統による実証試験を行い、その適用可能性を検証することは、中期的視点からみても適切かつ、必要な取り組みであり、その目的には妥当性がある。

(1) プロジェクトの位置付け・必要性についての総合的評価

本事業は、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動に着目し、不安定な電源である風力発電が系統へ与える影響を抑制するランプ予測技術や出力変動制御技術を確立する。また、再生可能エネルギーの大量導入による技術的課題と課題解決策を明らかにする需給シミュレーションシステムを開発し、実際の電力系統によって課題解決策の検証を行う。これらの技術開発によって、出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御・運用することが可能な変動電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指すものであることから、本事業の位置付け・必要性は妥当と考えられる。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについて

1) 成果目標の妥当性

・研究開発項目① 風力発電予測・制御高度化

火力発電の起動に必要となる約 6 時間先以降に発生する、風力発電定格出力のエリア合計値に対する 30%以上の出力変動をランプ現象と定義し、現行の予測モデルよりも精度を向上させるとともに、大外しの最大振れ誤差を 20%以上低減させる。

なお、電力の需給運用に影響を与える出力変動は、風力発電が連系する系統容量および電源構成によって異なる。国内では、電力の需給運用に影響を与えるほど、風力発電設備が連系されていないことから、一義的に数値目標を定めるものの、モニタリング結果や解析結果を踏まえて、中間評価時点までには上記開発目標を適宜見直すことも検討する。また、開発した予測モデルの検証結果を踏まえ、出力変動制御に求める制御目標についても中間評価時点までに設定する。

・研究開発項目② 予測技術系統運用シミュレーション

再生可能エネルギーの出力変動特性を把握し、出力予測や出力制御を考慮した需給シミュレーションシステムを開発し、実際の電力系統において実証試験を行うことは、国内において初の取り組みである。

以上の内容でプロジェクトを推進することにより、定量的な評価、判断の議論が可能であり、成果目標としては妥当である。

2) 実施計画の想定と妥当性

・研究開発項目① 風力発電予測・制御高度化

ランプ予測技術では、2年目までに、ランプ現象のモニタリングシステムを構築し、現象の要因分析を行う。モニタリングと過去の発電実績データからランプ予測技術を3年目までに開発する。

出力変動制御技術の開発として、2年目までにスペック検討・システム策定を行い、3年目以降から実証試験を実施する。

開発したランプ予測技術や出力変動制御技術は、「研究開発項目②予測技術システム運用シミュレーション」に活用することから、可能な限りスケジュールの前倒しを行う。

・研究開発項目② 予測技術システム運用適用シミュレーション

上記で開発したランプ予測技術および出力変動制御技術を用いて、再生可能エネルギーの導入拡大に向けた需給シミュレーションおよび実際の電力システムによる実証試験を行うため、需給シミュレーションシステムおよび実証試験の環境整備を3年目までに実施する。

また、3年目以降は、ランプ予測技術および出力変動制御技術を需給シミュレーションシステムおよび実証試験設備に取り込むことで、再生可能エネルギーの大量導入による技術的課題と課題解決策を明らかにする需給シミュレーションシステムを開発する。

上記スケジュールに合わせ、初年度から4年目までは40億円、最終年度は30億円を予算として計上を予定しており、目標の着実な達成という観点で妥当と考えられる。

3) 評価実施の想定と妥当性

技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を予定している。時期については、中間評価を平成28年度、事後評価を平成31年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に依じて、適宜見直すものとする。

以上のことから、評価の観点及び方法、実施時期は妥当である。

4) 実施体制の想定と妥当性

現在、電力系統分野に関して日本を代表する大学等の研究者とともに、風力発電出力予測事業者や一般電気事業者の参加により、産学が一体となった体制が見込まれる。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

研究開発成果については、再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、成果報告書やガイドブックなどを通して幅広く公開することで、様々な事業者が

	<p>実用化・事業化することを想定している。</p>
<p>(2) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価</p>	
<p>本事業の目的、実施計画、予算ともに、現在おかれている風力発電の系統連系の現状を念頭に置いた取り組みとして適切と考えられる。また、想定する実施体制、成果の活用についても、本事業の実施する背景を十分反映している。</p>	
<p>(3) 成果の実用化・事業化の見通しについて</p>	
<p>1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性</p>	
<p>出力予測技術と出力変動制御技術を風力発電設備の系統連系要件とし、需給シミュレーションシステムを実際の需給運用で実用化することを想定している。</p>	
<p>2) 成果の波及効果</p>	
<p>大学の研究機関を中心に事業を実施することで、風力発電のランプ予測技術および出力変動制御技術、需給シミュレーションに関するノウハウと知見の習得に関して、人材育成に貢献できる。</p> <p>風力発電を主とした再生可能エネルギーの連系拡大によって、当該関連メーカー、施工業者等の幅広い業界への波及効果と市場拡大が期待できる。</p>	
<p>(3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価</p>	
<p>事業終了後の道筋も明確になっており、実用化・事業化が十分に期待される。</p>	

「電力系統出力変動対応技術研究開発事業基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成26年3月28日
NEDO
新エネルギー部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。

1. パブリックコメント募集期間
平成26年2月27日～平成26年3月12日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>
計0件

以上

(添付資料)

特許論文等リスト

【特許】

無し

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Yoshito Hirata	東京大学	Time series prediction for power grid systems: confidence and credibility	577. WE-Heraeus Seminar on Health, Energy & Extreme Events in a Changing Climate	有	2014/12/6-9
2	平田祥人, 合原一幸	東京大学	再生可能エネルギー出力予測: 予測が大きく外れる時	電気学会全国大会	無	2015/3/24-26
3	原 亮一, 北 裕幸	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討	電気学会全国大会	無	2015/3/24-26
4	横山明彦	東京大学	再生可能エネルギー発電の出力予測を考慮した揚水発電機と蓄電池の最適運用に関する研究	電気学会全国大会	無	2015/3/25
5	加藤丈佳 他	名古屋大学	風力・太陽光発電大量導入時の東日本エリアにおける残余電力負荷変動特性に関する一検討	電気学会高電圧/新エネルギー・環境 合同研究会	有	2015/5/7
6	Yoshito Hirata	東京大学	Time series prediction for renewable energy resources	SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems	無	2015/5/17-21
7	Y. Takahashi, Y. Fujimoto, Y. Hayashi	早稲田大学	Interval Forecasting for Wind Power Generation Based on Random Forests	The International Conference on Electrical Engineering	有	2015/7/5-9
8	伊藤 雅一, 藤本 悠, 光岡正隆, 石井 英雄, 林 泰弘	早稲田大学	連系要件の違いによる蓄エネルギー装置の所要出力・時間容量の検討	電気学会 電力・エネルギー部門大会	有	2015/8/25
9	濱本篤志	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討—リアルタイム制御手法の提案	電気学会 電力・エネルギー部門大会	有	2015/8/25
10	高橋由佳, 藤本悠, 林泰弘	早稲田大学	ランプ検知を目的としたエリア風力発電量予測に関する検討	電気学会 電力・エネルギー部門大会	有	2015/8/25-27
11	大庭雅道, 野原大輔, 門倉真二	電力中央研究所	風力ランプ発生時における総観場の気候学的解析と確率的予測手法の開発	第 23 回 地球環境シンポジウム (土木学会)	有	2015/9/2-4
12	濱本篤志	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討	平成 27 年度電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会, PE-15-125, PSE-15-147	有	2015/9/18
13	加藤央之, 永野良紀	日本大学	寿都における風の急変動現象	日本地理学会 2015 年秋季学術大会	有	2015/9/18-20
14	C. Urabe, T. Saitou, K. Kataoka, K. Ogimoto	東京大学	Case Study of Sequential Wind Power Cut-out Occurrences in Japan	14th Wind Integration Workshop	有	2015/10/20-22

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
15	D. Nohara, M. Ohba, S. Kadokura, H. Hirakuchi	電力中央研究所	Probabilistic Prediction of Wind Speed Ramp Events using a Regional Ensemble Method	14th Wind Integration Workshop	有	2015/10/20-22
16	大庭雅道、 野原大輔、 門倉真二	電力中央研究所	風力ランプ現象発生時における気象場の解析と確率的予測手法の開発	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
17	畔上泰彦、 日下博幸	筑波大学	風力発電のための風速変動の地域特性研究	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
18	小笠原範光 他	日本気象協会	風力発電出力の急変現象の要因分析	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
19	吉田健二、 奥村智哉、 早崎宣之	伊藤忠テクノロジーソリューションズ	風力発電出力予測へのアナログアンサンブル手法の適用	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
20	門倉真二、 野原大輔、 大庭雅道、 他	電力中央研究所	風力発電出力予測の高度化—再生可能エネルギー大量導入時の電力需給運用に向けて—	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
21	野原大輔、田 村英寿、門倉 真二、大庭雅 道、平口博丸	電力中央研究所	領域アンサンブル予測を用いた再生可能エネルギー発電出力予測の信頼性情報	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28-30
22	永野良紀、 加藤央之	日本大学	北海道における風速の急変動現象	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/28
23	加藤央之、 永野良紀	日本大学	風力発電の急変動現象に関する風の予測	日本気象学会秋季大会	有	2015/10/30
24	Y. Hirata, T. Takeuchi, S. Horai, H. Suzuki, and K. Aihara	東京大学	Parsimonious description for predicting high-dimensional dynamics	Scientific Reports, Vol. 5, Article No. 15736 (2015)	有	2015/10/29
25	濱本篤志	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討—WF 容量が制御結果へ与える影響の評価—	電気・情報関係学会 北海道支部連合大会	有	2015/11/7
26	平瀬貴之	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討—計画発電の基礎検討—	電気・情報関係学会 北海道支部連合大会	有	2015/11/7
27	原亮一	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムの等価蓄電池容量	電気・情報関係学会 北海道支部連合大会	有	2015/11/7
28	M. Ohba, D. Nohara, S. Kadokura	電力中央研究所	Climatological attribution of wind ramp events and their probabilistic forecast based on self-organizing maps	EWEA	有	2015/11/17-20
29	Y. Nojima, H. Fujio, N. Nishio, C. Arakawa, M. Iida	東京大学	The influence of yaw misalignment on wind measurement using nacelle-mounted LiDAR	EWEA	有	2015/11/17-20
30	高橋由佳、藤 本悠、林泰弘	早稲田大学	ランダムフォレストに基づく風力発電のランプアラート手法の検討	情報論的学習理論と機械学習研究会 (IBIS2015)	有	2015/11/25-27

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
3 1	Yoshito Hirata, Hideyuki Suzuki, Kazuyuki Aihara	東京大学	Barycentric coordinates revisited: relaxation with linear programming and its evaluations	2015 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2015)	有	2015/12/1-4
3 2	東京電力	東京電力	電力系統出力変動対応技術研究開発事業 1.1 需給シミュレーションシステムの開発 1.2 電力系統における運用実証試験	電気評論（電気評論社）	無	2016/1
3 3	高山聡志、石亀篤司	大阪府立大学	蓄電池を用いた風力発電の計画発電に関する基礎検討	電力系統技術研究会「電力系統における蓄電池利用・制御技術」	有	2016/1/27
3 4	Wataru Ukita, Akihiko Yokoyama	東京大学	Optimal Weekly Operation Scheduling of Pumped Storage Hydro Power Plant and Storage Battery in a Power System with a Large Penetration of Renewable Energy	電気学会研究会（タイ・バンコク）	有	2016/3/11
3 5	Y. Takahashi, Y. Fujimoto, and Y. Hayashi	早稲田大学	Prediction of Wind Power Output for Alerting Ramp Events	10th International Renewable Energy Storage Conference	有	2016/3/15-17
3 6	吉田健二 他	伊藤忠テクノソリューションズ 他	風力発電出力の翌日予測における最大変化量の予測精度検証	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
3 7	奥村智哉 他	伊藤忠テクノソリューションズ 他	風力発電出力予測のベンチマークテストにおけるランプ予測精度検証	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
3 8	平田祥人 他	東京大学	再生可能エネルギー出力の確率予測：無限の履歴を保持可能な逐次時系列予測	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
3 9	占部 千由 他	東京大学	風力発電出力の短周期変動解析	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
4 0	吉田 孝太郎 高山 聡志, 石亀 篤司	大阪府立大学	蓄電池容量を考慮した風力発電出力の変動抑制制御に関する基礎検討	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
4 1	平瀬 貴之 原 亮一 北 裕幸	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討 -計画発電の年間シミュレーション-	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
4 2	伊藤 雅一, 藤本 悠, 光岡 正隆, 石井 英雄, 林 泰弘	早稲田大学	蓄エネルギー装置の出力事前制御による風力発電出力変動緩和のための所要容量削減効果に関する基礎検討	電気学会全国大会	無	2016/3/16-18
4 3	Ohba, M., D. Nohara and S. Kadokura	電力中央研究所	Impacts of Synoptic Circulation Patterns on Wind Power Ramp Events in East Japan	Renewable energy (Journal - Elsevier), 96, 591-602	有	2016

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
44	M. Ohba, D. Nohara and S. Kadokura	電力中央研究所	Climatological attribution of wind power ramp events in East Japan and their probabilistic forecast based on multi-model ensembles downscaled by analog ensemble using self-organizing maps	EGU (欧州地球科学連合) 2016 総会	有	2016/4/17-22
45	平田 祥人	東京大学	非線形時系列解析：時系列予測の不確実性	第60回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'16) ※招待講演	無	2016/5/25-27
46	Y. Hirata and K. Aihara	東京大学	Predicting ramps by integrating different sorts of information	European Physical Journal Special Topics (Vol. 225, No. 3, pp. 513-525 (2016))	有	2016/5/25
47	M. Ito, Y. Fujimoto, M. Mitsuoka, H. Ishii, Y. Hayashi	早稲田大学	Control Methods for an Energy Storage System when a Wind Power Output Deviate Grid Code	ICEE (沖縄)	有	2016/7/3-7
48	吉田孝太郎、根岸信太郎、高山聡志、石亀篤司	大阪府立大学	蓄電池を用いたWFの発電計画値平滑化に関する基礎検討	新エネルギー・環境/高電圧合同研究会	有	2016/7/12-13
49	石川志保、岩渕和則、高橋圭二、原亮一、北裕幸	北海道大学	建設後15年を経過した家畜ふん尿処理用バイオガスプラントのエネルギー評価	2016年度農業施設学会大会	無	2016/8/29-31
50	早崎宣之	伊藤忠テクノロジーソリューションズ	風力発電出力予測技術の開発・利用の動向	電気学会 電子情報システム部門大会	有	2016/8/31-9/2
51	吉田健二 他	伊藤忠テクノロジーソリューションズ 他	北海道・東北エリアにおける風力発電出力のランプ現象の要因分析	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
52	伊藤雅一、藤本悠、光岡正隆、石井英雄、林泰弘	早稲田大学	風力発電の変動緩和における予測値の粒度が蓄エネルギー装置の出力事前制御に与える影響の基礎検討	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
53	占部 千由、斉藤 哲夫、片岡 和人、池上 貴志、荻本 和彦	東京大学	風力発電出力の短周期変動抑制制御	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
54	横山明彦 他	東京大学他	需給シミュレータ開発の狙い・コンセプト	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
55	田辺隆也 他	電力中央研究所他	供給信頼度評価と需給運用計画に関する解析手法の概要	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
56	天野博之 他	電力中央研究所他	平常時の周波数・連系線潮流変動スクリーニング・シミュレーション	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
57	小林義明 他	東光高岳他	需給シミュレータ構築の概要	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
58	宇喜多航、 横山明彦	東京大学	再エネ発電出力予測誤差を考慮した供給信頼度とコスト評価	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
59	前田直人 他	東京電力PG他	シミュレーション・シナリオの狙いと概要	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
60	馬場旬平 他	東京大学他	新島での実証試験における狙いと概要	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
61	桃谷辰也 他	日本気象協会他	離島における再生可能エネルギー発電出力予測の活用検討	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
62	江口智雄 他	東光高岳他	統合制御システムの開発状況	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
63	山下光司 他	電力中央研究所他	内燃力発電機のガバナモデルの作成手順と精度検証手順	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
64	安田斉史 他	東京電力PG他	内燃力発電機の周波数変動抑制能力の分類方法の提案	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
65	平瀬貴之、 原亮一、 北裕幸	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討 —計画発電の年間シミュレーション—	電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/9/7-9
66	宇喜多航、 横山明彦	東京大学	再生可能エネルギー電源が大量導入された二地域の電力系統における電力貯蔵装置の最適週間運用計画に関する一考察	電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会	有	2016/9/20-21
67	平瀬 貴之、 原亮一、 北裕幸、 石川志保	北海道大学	HP/BG 併用熱供給システムによる風力発電出力ランプ変動抑制の検討 -計画発電の検討—	電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会	有	2016/9/20-21
68	吉田 孝太郎、 根岸 信太郎、 高山 聡志、 石亀 篤司	大阪府立大学	蓄電池容量低減を目的とするWFの発電計画コマ間変動緩和に関する基礎検討	電気学会 電力技術/電力系統技術合同研究会	無	2016/9/20-21
69	石川志保、 岩淵和則、 高橋圭二、 鈴木崇司、 原亮一、 北裕幸、 干場信司	北海道大学	家畜ふん尿管理用バイオガスプラントにおける運用上の課題	第27回廃棄物資源循環学会研究発表会	有	2016/9/27-29
70	永野良紀、 加藤央之	日本大学	北海道留萌における風速の急変動現象	日本地理学会 2016年秋 季学術大会	有	2016/9/30-10/2
71	加藤央之、 永野良紀 他	日本大学 他	風力発電の急変動現象に関する風の予測 (2) 平均風速とランプの確率予測	日本気象学会 2016年度 秋季大会	有	2016/10/26-28
72	永松慎平、 桃谷辰也、 前田剛宏、 久野勇太、 岡田牧	日本気象協会	新島における再生可能エネルギー発電出力予測の検討	日本気象学会 2016年度 秋季大会	有	2016/10/26-28

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
73	北海道電力	北海道電力	北海道における再生可能エネルギーの導入状況と今後の取り組み	電気設備学会論文誌 11月号	有	2016/11

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	Y. Umahashi	東京電力	Tepco's Efforts for Integration of Renewable Energy	IEC SC8A: Grid integration of Large-capacity Renewable Energy Generation	2014/9/15-16
2	岡本浩	東京電力	国内におけるDR技術の現状と将来	電気新聞 電力システム改革セミナー	2014/9/19
3	武部俊郎	東京電力	TEPCO's initiatives for "Smart Grid"	CICED (中国)	2014/9/23
4	山口博	東京電力	"Smart Grid" Key to realize a futuristic infrastructure	CEPSI (韓国)	2014/9/29
5	岡本浩	東京電力	スマート社会実現に向けた東京電力の取り組み	日経スマートシティコンソーシアム 2014	2014/10/10
6	A. Yokoyama	東京大学	Optimal Weekly Operation Scheduling on Pumped Storage Hydro Power Plant and Storage Battery Considering Reserve Margin with a Large Penetration of Renewable Energy	2014 International Conference on Power System Technology (POWERCON 2014)	2014/10/20-22
7	藤本悠, 林泰弘	早稲田大学	高次元説明変数に基づく風力発電ランプ予測に関する基礎検討	第17回情報論的学習理論ワークショップ	2014/11/18
8	岩本伸一	早稲田大学	再生可能エネルギーの最新動向と NEDO 電力系統出力変動対応技術研究開発事業の取り組み	東光高岳製品展示会	2014/11/19
9	Shuichi ASHIDATE	東京電力	Renewable Energy Integration to Power Systems -National Projects in Japan-	The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6)	2014/11/23-27
10	池ノ内岳彦	東京電力	東京電力におけるスマートグリッド構築に向けた取り組み	EMC 環境フォーラム	2014/12/4
11	難波雅之	東京電力	東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニーの ICT 活用への取り組み	電力技術懇談会講演会	2014/12/9
12	池ノ内岳彦	東京電力	東京電力におけるスマートグリッドへの取り組み	日本ナレッジセンターセミナー	2015/2/12
13	藤本悠, 林泰弘	早稲田大学	ランプ対策を目的としたウィンドファーム発電量予測に関する検討	第7回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム	2015/3/2
14	炭田義尚	NEDO	Trend of Renewable Energies in Japan and an Introduction of a NEDO Project for R&D on Wind Power Connection Issues	2015 Korea-Japan Symposium on Power Systems Technology	2015/3/16

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
15	蘆立修一	東京電力	次世代ネットワークプロジェクトの取組概要	日本太陽エネルギー学会	2015/3/27
16	大石 峰士	東京電力	東京電力パワーグリッド・カンパニーの事業戦略～2015年度の具体的展開～	環境&エネルギー戦略特別セミナー	2015/4/21
17	福田 寿	伊藤忠テクノソリューションズ	Connected Services Initiatives as a Smart Energy Enabler Integrating the PI System and Value-Added Capabilities	OSI User Conference	2015/4/28
18	Shuichi Ashidate	東京電力	Introduction of Renewable Energy -National Projects in Japan-	CIGRE Japan Day	2015/5/7
19	Akihiko YOKOYAMA	東京大学	R&D Projects for Massive Integration of Renewable Energy into Grid in Japan	2015 IERE-CRIEPI Tokyo Workshop	2015/5/20
20	大石 峰士	東京電力	東京電力(株)パワーグリッド・カンパニー2015年度の事業戦略と重点課題	BINET 戦略セミナー	2015/5/20
21	岩田章裕	NEDO	再生可能エネルギーの最新動向とNEDOの取り組み	電力技術懇談会	2015/06/24
22	占部千由	東京大学	風力発電大量導入に向けたウィンドファームの出力制御	第16回風力エネルギー利用総合セミナー	2015/6/25-26
23	武部 俊郎	東京電力	東京電力(株)新たな競争環境におけるパワーグリッド・カンパニーの使命と改革戦略	JPI 特別セミナー	2015/8/7
24	大庭雅道	電力中央研究所	再生可能エネルギー変動予測のための気候解析とその確率予報への応用	国立研究開発法人海洋研究開発機構 大気海洋セミナー	2015/8/31
25	M. Ito, Y. Fujimoto, M. Mitsuoka, H. Ishii, Y. Hayashi	早稲田大学	Power and Hour Capacity Requirement for an Energy Storage from Grid Codes	IEEE Asia Pacific PETC 2015	2015/11/18
26	早崎宣之	伊藤忠テクノソリューションズ	自然変動電源の出力予測技術の現状と課題	テクノバシンポジウム	2015/11/18
27	炭田義尚	NEDO	Trend of Renewable Energies in Japan and an Introduction of a NEDO Project for R&D on Wind Power Connection Issues	ERC workshop & seminar	2015/11/25
28	早崎宣之	伊藤忠テクノソリューションズ	自然変動電源の出力予測技術の現状と風力発電出力予測への取り組み	第22回CEEシンポジウム(東京大学エネルギー工学連携研究センター)	2015/12/2
29	青柳福雄	東光高岳	Power System Simulation with the Forecast Technology	平成27年度二国間クレジット取得等インフラ整備調査事業(MRV等に関する人材育成)フィリピン受入研修事業	2016/1/27
30	大石 峰士	東京電力	東京電力パワーグリッドカンパニー2016年の重点取り組み課題	JPI 特別セミナー	2016/2/2
31	吉川信明	NEDO	再生可能エネルギーの導入拡大に向けたNEDOの取り組み	電気有効活用セミナー	2016/2/5

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
32	Shuichi Ashidate	東京電力	Opportunities and Challenges for Smart Grid in Japan	ISGAN Public Workshop	2016/3/8
33	早崎宣之	伊藤忠テクノソリューションズ	Maintaining Grid Stability while Integrating Variable Renewable Energy Sources in Eastern Japan monitored by the PI Infrastructure - National R&D Project in Japan -	OSI USERS CONFERENCE 2016	2016/4/6
34	横山明彦	東京大学	再生可能エネルギー大量導入時代の最適需給運用計画技術	第23回CEEシンポジウム	2016/8/9

注) 【論文】欄の発表分は上記に含まない

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	早稲田大学	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」の実施について	Web	2014/6/12
2	東京電力	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」の実施について	Web	2014/6/12
3	東光高岳	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」の実施について	Web	2014/6/12
4	伊藤忠テクノソリューションズ	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」に参加	Web	2014/6/12
5	北海道電力	家畜系バイオマス発電に係る研究開発の実施について ～地域に根ざしたエネルギーの拡大に向けて～	Web	2014/6/12
6	NRI セキュアテクノロジーズ	NEDO実施の「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」に参加	Web	2014/6/12
7	早稲田大学	長寿命で信頼性・環境性に優れた「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発に着手	Web	2015/6/19
8	エネルギー総合工学研究所	長寿命で信頼性・環境性に優れた「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発に着手:風力発電の導入拡大へ向けた実証実験がスタート	Web	2015/6/19
9	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	早稲田大など、信頼性・環境性に優れた「断熱圧縮空気蓄電システム」開発に着手	環境展望台 web	2015/6/19
10	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発について	神戸新聞、日刊工業新聞、日経産業新聞、日刊産業新聞、鉄鋼新聞、化学工業日報	2015/6/20
11	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発について	電気新聞、日本経済新聞	2015/6/22
12	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発について	電波新聞	2015/6/22

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
13	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	電力を「空気」でためる蓄電システム、風力発電の出力変動の吸収に活用へ	ITmedia スマートジャパン web	2015/6/22
14	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	「断熱圧縮空気蓄電システム」の開発について	日刊建設産業新聞	2015/6/24
15	伊藤忠テクノソリューションズ	ITの力で再生可能エネルギーを増やす	Web	2015/11/18
16	東京電力他	「NEDO事業紹介」他について	新島村村長・村議会議員公開実証WG	2015/12/18
17	東京電力他	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」について	東京七島新聞	2016/2/8
18	東光高岳	統合EMSの知見活用へ 新島で実証 海外展開など視野に	電気新聞	2016/2/23
19	実証WG事務局	「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」第5回実証WG会議について	広報にいじま2月号	2016/2
20	早稲田大学、エネルギー総合工学研究所	圧縮空気蓄電システム「空圧電池」 風力発電の出力変動抑制	Sankei Biz web	2016/2/29
21	北海道電力	再生可能エネルギー ～家畜系バイオマス発電～	北海道電力 Facebook	2016/6/7
22	伊藤忠テクノソリューションズ	こだわり eco パーソン	日経産業新聞	2016/7/11
23	北海道電力	家畜系バイオマス発電に係る研究開発の実施について	Web	2016/7/19
24	エネルギー総合工学研究所	「圧縮空気」で蓄エネ来年度実証へ	電気新聞	2016/9/8

(c) その他（展示会）

番号	主催者	展示会名	場所	開催年月日
1	NEDO	再生可能エネルギー世界展示会	東京ビッグサイト	2014/07/30-08/01
2	東光高岳	製品展示会	東京交通会館	2014/11/19
3	NEDO	NEDO FORUM	東京国際フォーラム	2015/02/12-13
4	東光高岳	国際電気自動車シンポジウム	韓国	2015/5/3-6
5	NEDO	再生可能エネルギー世界展示会	東京ビッグサイト	2015/07/29-31
6	東光高岳	電力自由化エキスポ	東京ビッグサイト	2015/9/2-4
7	NEDO	成果報告会	パシフィコ横浜	2015/10/30
8	東光高岳	製品展示会	東京交通会館	2015/11/17-18