

「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
- (Ⅲ) 再生可能エネルギー連系拡大対策高度化
(事後評価)

(2014年度～2018年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

スマートコミュニティ部

2019年11月19日

◆事業実施の背景およびねらい

- ・2009年 FIT法制定後、再エネ導入量が急激に増加
- ・2014年 第4次エネルギー基本計画：エネルギー政策、再生可能エネルギーを最大限導入
長期エネルギー需給見通し：総発電量のうち再生可能エネルギーを22~24%に

- 一般電気事業者による電力需給バランス（周波数）維持への課題が顕在化
⇒ 一部の一般電気事業者では再生可能エネルギー系統接続の制約条件を
設定せざるを得ない状況

研究開発項目 I・II 立ち上げ

- 再生可能エネルギー接続制約の直接的な原因となっている電力需給運用上の課題を優先的に解決しないと2030年の政策目標（再生可能エネルギー22~24%）の達成が困難

- ・2015年FIT法改正：
発電事業者の遠隔出力制御機能の実装義務化
一般送配電事業者の遠隔制御システムの実装義務化

研究開発項目 III
立ち上げ

再エネ導入量拡大

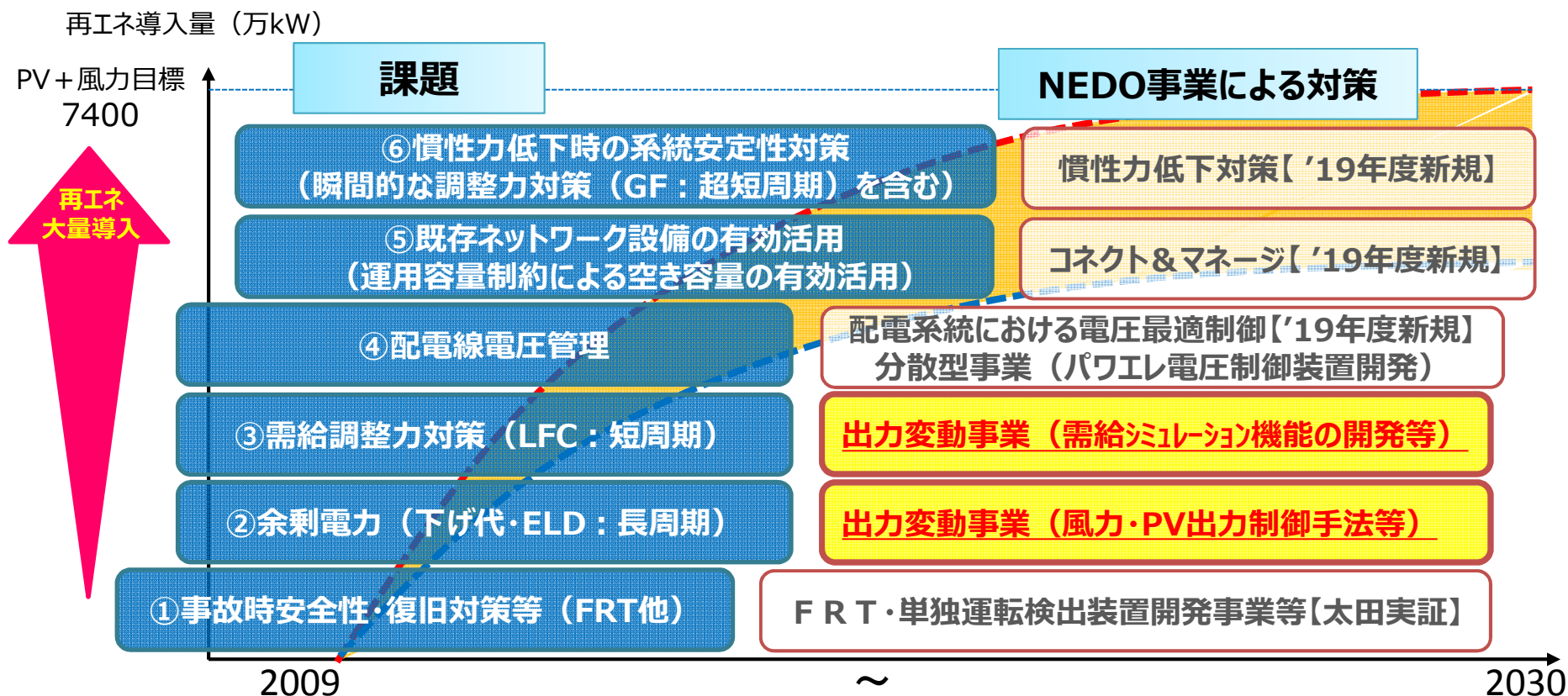
【本事業のねらい】

電力需給バランス（周波数）維持における課題の解決

◆本事業の技術的位置付け

再生可能エネルギー最大限導入といったエネルギー政策の実現に向けていくつかある課題の中で、本事業では再生可能エネルギー発電の系統連系への制約が顕在化している電力需給バランス維持対策（需給調整力や余剰電力）に特化した対策技術を開発

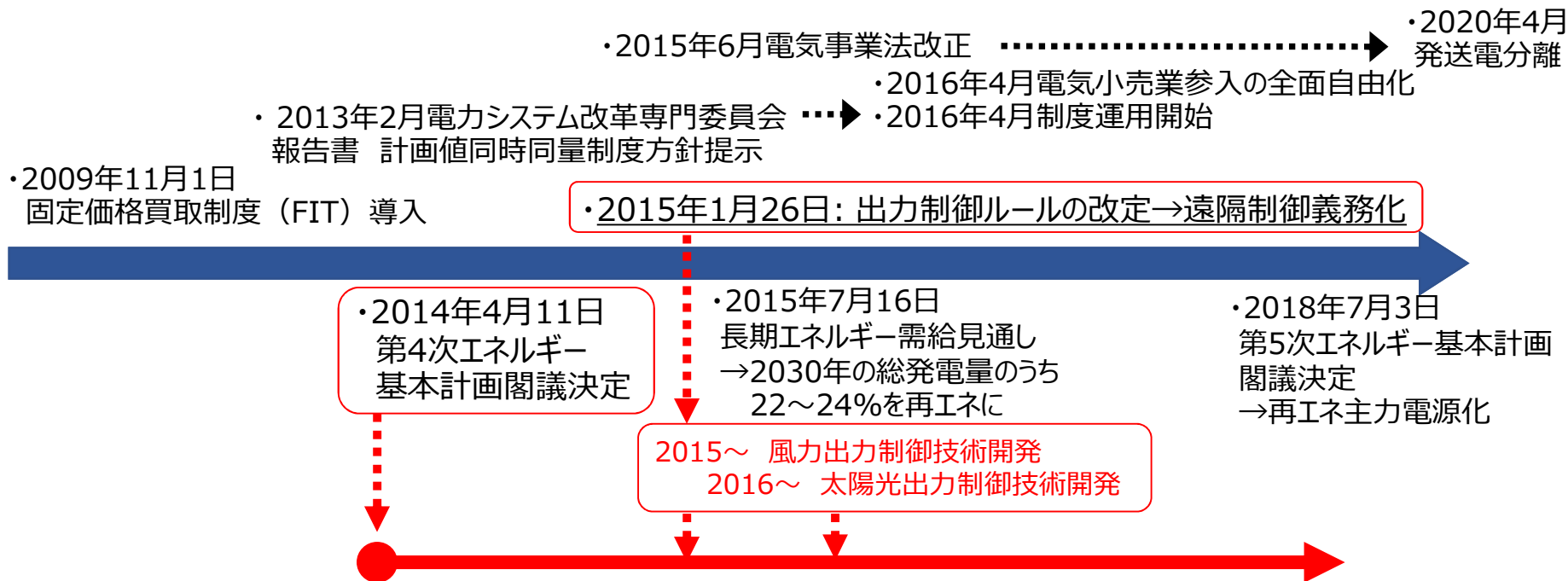
■再生可能エネルギーの大量導入に向けた主な課題と対策事業の推移



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆上位政策と事業の関係性

政策目標「日本における再生可能エネルギー（再エネ）の導入加速」の達成に向け、政策動向と連携しながら、天候によって出力が変動する太陽光発電や風力発電などの変動電源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解決が必要となった。



電力系統出力変動対応技術研究開発事業 (2014年度~2018年度)

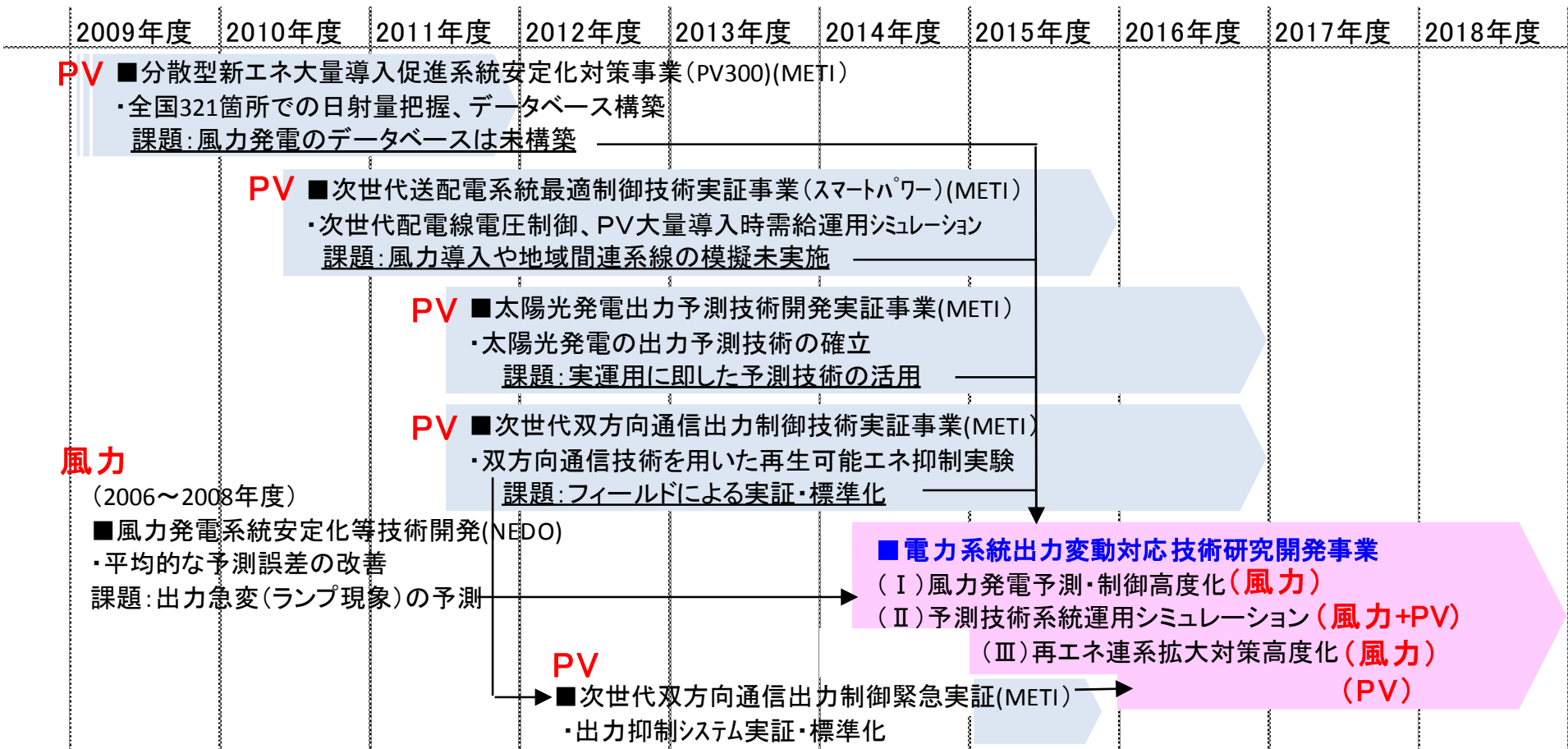
第4次エネルギー基本計画 (2014)

- ・エネルギー政策として、再生可能エネルギーを最大限導入
- ・送配電網の整備に加え、周波数変動等の対策が必要
- ・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

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆技術戦略上の位置づけ

過去の事業では、太陽光発電（PV）のデータベース構築、需給シミュレーション出力制御技術開発を実施したが、風力発電の系統関連技術開発は限定的であった。再エネ導入拡大に向けて、実施されてこなかった風力発電におけるデータベース構築（モニタリングシステム）その出力制御、総合的な需給シミュレーションに関連する技術開発等の実施が課題であった。



◆ 事業概要

電力系統出力変動対応技術研究開発事業 2014年度～2018年度（5年間）

- 課題として残っていた風力発電の急激な出力変動（以下「ランプ」）に着目し、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（研究開発項目Ⅰ）、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（研究開発項目Ⅱ）
- また、2015年の出力制御ルールの変更に伴い、発電事業者に義務付けられた遠隔出力制御システムの高度化を効果的に実現するため、よりきめ細やかな出力制御を実現する研究開発を実施（研究開発項目Ⅲ）

研究開発項目(Ⅰ)

風力発電予測・制御高度化

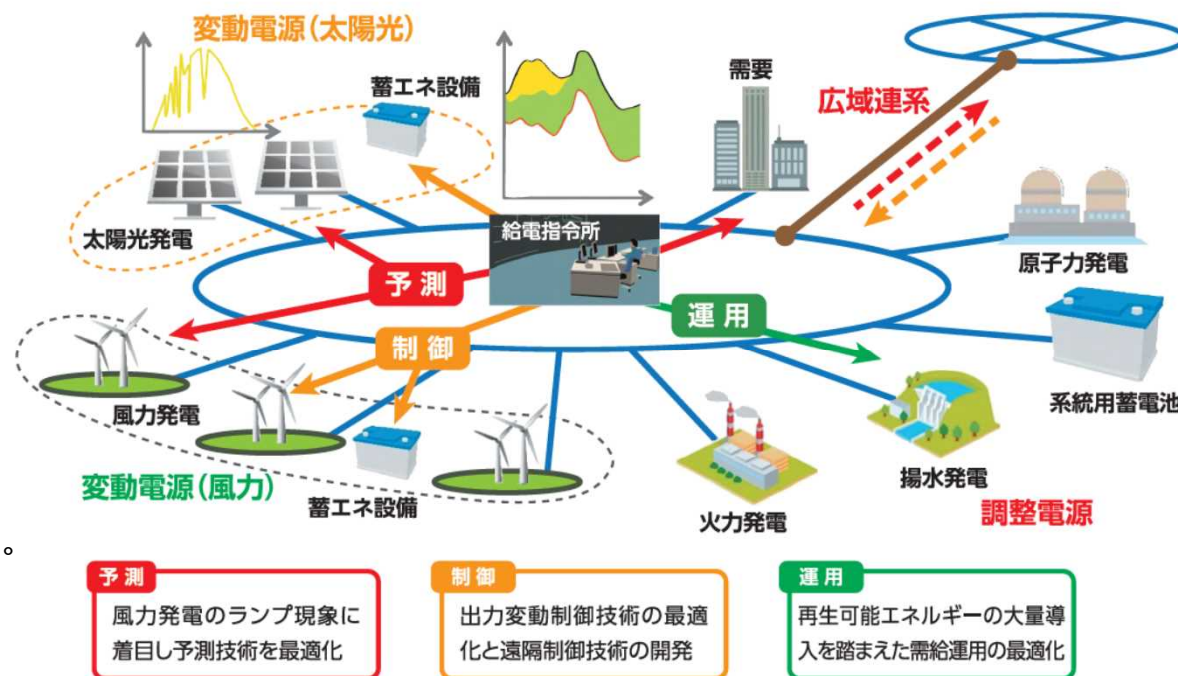
研究開発項目(Ⅱ)

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

※出力制御ルールの変更を受け、順次追加。
(風力:2015年度～、太陽光:2016年度～)



◆ 国内外の動向と本事業の位置づけ

国内外の動向

■ 国内状況

- ・再エネを大量に電力系統に接続するためには、系統強化や蓄エネルギー設備の設置が必要となるが、いずれも高コストかつ対策期間を要し最終的には国民負担の増大につながる。これら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の中で需給バランス（周波数）を維持するための方策が求められている。
- ・電力小売り自由化と同時に「計画値同時同量制度」が2016年4月より導入された。こういった情勢変化に対しても遅れが出ないように柔軟に対応する必要がある。

■ 海外状況

- ・再生可能エネルギーの導入拡大が進んでいる海外では、出力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おり、本事業と同様の技術開発が各国で推進されている。
- ・出力制御も欧米を中心に行われており、例えばスペインでは、系統運用者REE社が再生可能エネルギーの予測・制御等を専門に司る「再生可能エネルギーコントロールセンター」を設立した。それにより、再生可能エネルギーの増加に対応した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。

位置づけ

- ・欧米と同様に既存の電力系統に再エネを接続するための技術開発に取り組む。
- ・ただし、我が国の電力事業形態・市場・規程や気象状況等は海外と異なる点も多いことから、そのまま流用できない部分もあり、独自の技術開発が必要な領域がある。

◆NEDOが関与する意義

- 本事業での開発技術は、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る。
(社会的必要性：大)
- 民間だけの対応では、対策が遅れる可能性。
- 政策の策定状況等を受けて的確な対応が必要である（開発項目追加等）。
- 実施事業者のみでなく、全国的一般送配電事業者や発電事業者にも裨益する。
- 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。



○電力需給バランス（周波数）維持における課題は我が国共通の喫緊の課題であり、経済産業行政の一翼を担うNEDOが関与し、解決を主導する必要性の高い事業である。

◆実施の効果

本事業を通して22～24%の再生可能エネルギー導入に向けた電力系統面からの基盤技術を構築し、定量的な評価と課題を整理することにより、以下の効果が得られる。

①変動電源の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する。結果、需給バランス問題の改善に加え、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が実現可能となる。

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年頃の電源構成を想定した多地域電力系統の需給シミュレーションモデルの開発を進め、最適な電源運用を試算することにより、2030年頃の電力市場のファンダメンタルモデル（需給バランスを踏まえた電力価格の見通しなどが検証できる共通基盤モデル）が確立できる。また、需給運用と地域をまたいだ広域における設備形成支援にも活用できる。

③遠隔出力制御展開の加速と出力制御の適切化

標準的な制御システム仕様の開発により、遠隔出力制御の展開の加速が可能となる。また、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の開発により、出力制御量の適切化が可能となる。

CO2排出量削減に資する。

2030年度新エネ全体で約1.25億ト/年^{※1}、風力および太陽光発電で約0.47億ト/年^{※2}

^{※1}、^{※2} 諸元：2015年度「長期エネルギー需給見通し」における2030年度再生可能エネルギー22～24%導入による再生可能エネルギー全体および風力、太陽光発電電力量。
電気事業者別排出係数（特定排出者の温暖効果ガス排出量算定用）2017年度実績（0.000512 t-CO₂/kWh）- 2018.12.27環境省・経済産業省公表。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 事業の目標

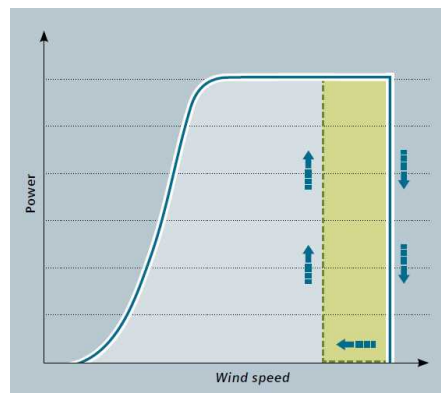
研究開発項目(Ⅰ)「風力発電予測・制御高度化」

【最終目標】(2018年度)

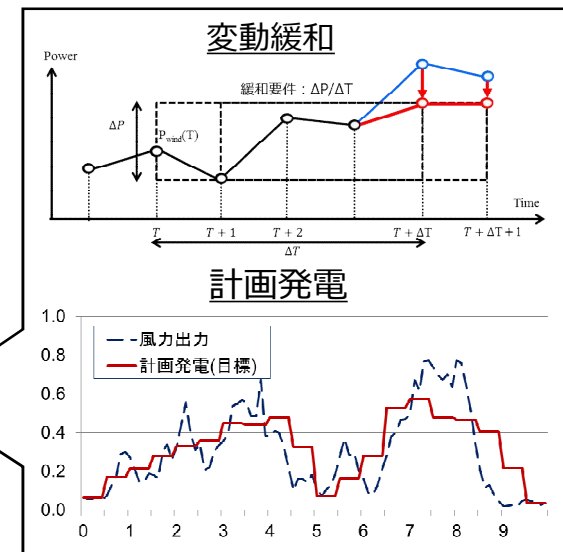
系統運用者のランプ現象*に対応する適正な調整力確保を目的に、ランプ現象の要因分析に基づくランプ予測技術を確立する。また、風力発電の出力変動緩和による電力系統への影響の最小化、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術を活用しコストミニマムとなる最適な制御分担に基づいた風車制御技術と蓄エネルギー制御技術(出力変動制御技術)を確立する。

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(ランプ発生予測の適中に対する見逃し)」を評価指標(CSI*)において20%以上低減させる。

風力発電のパワーカーブ(イメージ)



圧縮空気エネルギー貯蔵システム



* ランプ: 風力発電の風況変化に伴う急激な出力変化。

* CSI: 出力頻度の低い現象について検証するのに有効な指標。気象庁でも採用

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

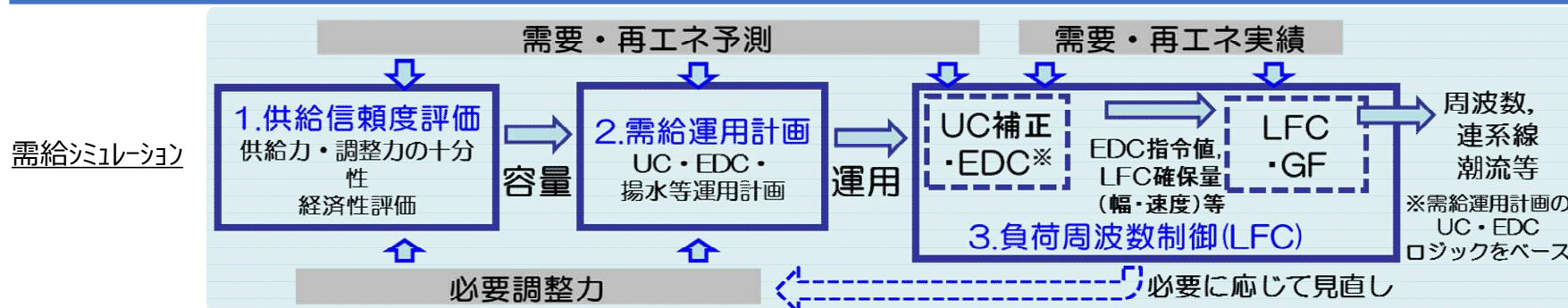
◆事業の目標

研究開発項目(Ⅱ)「予測技術系統運用シミュレーション」

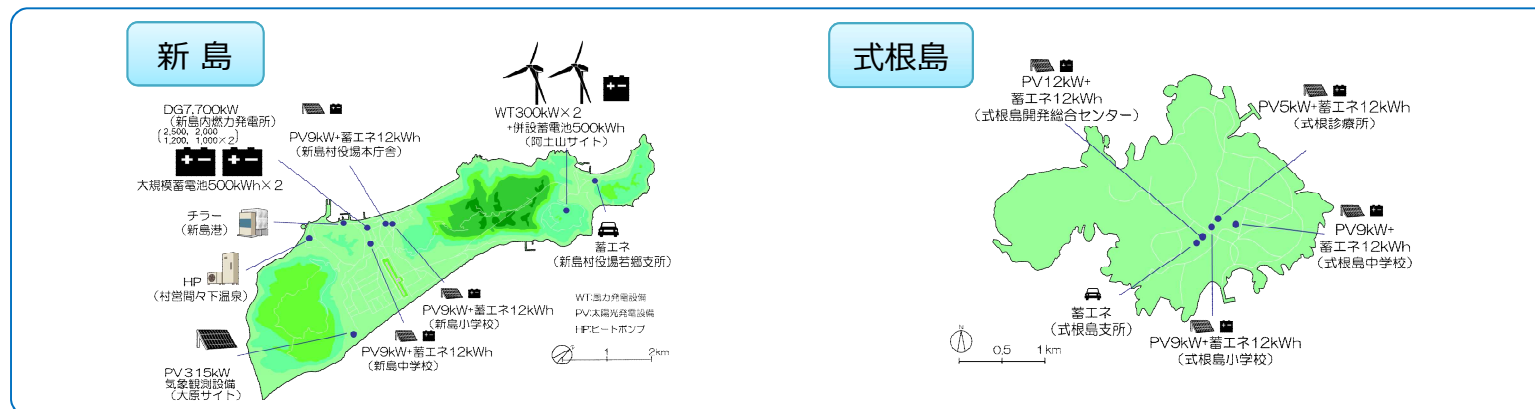
【最終目標】(2018年度)

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(新島)を使って検証する。



実証(新島)



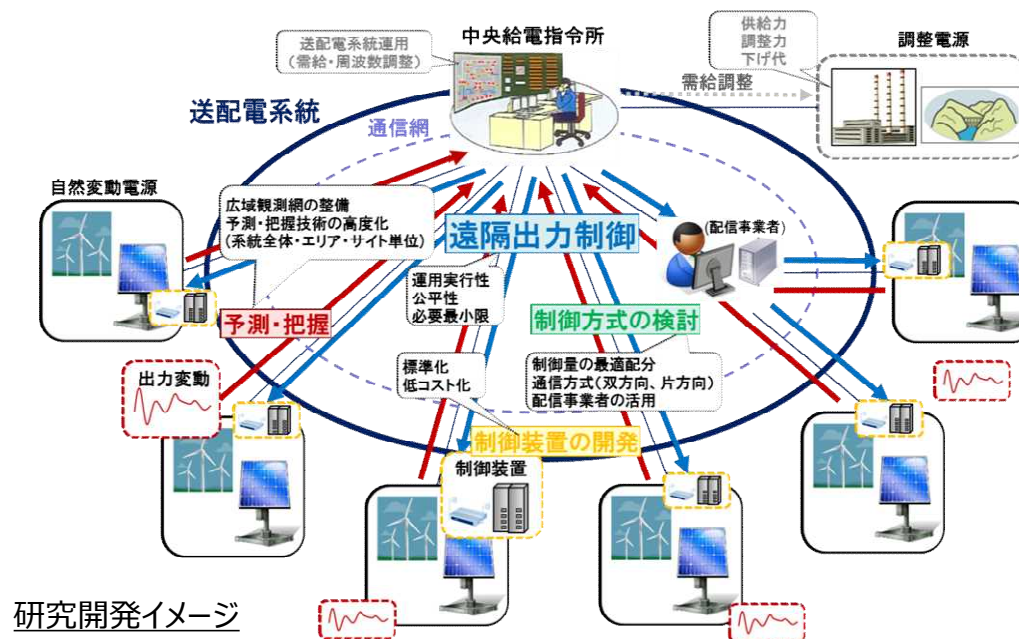
2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

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】(2018年度)

2015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。これにより、系統連系される再生可能エネルギーの年間の無保証での出力制御は、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後に導入される再生可能エネルギーは無制限となった。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。



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

▼ 中間評価

研究開発項目	実施項目	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018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 (2) ランプ予測技術の開発 【ランプ予測技術開発WG】	機器製作	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	
		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 【蓄エネルギー制御技術WG】	モデル開発	制御技術開発			変動制御手法の改良	
		仕様検討	設備設置	実証試験・評価			
(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 【需給シミュレーションWG】	システム仕様設計・プロトタイプ構築			システム構築		
		シミュレーションモデル構築			再エネ導入拡大の評価		
	(2) 電力系統における 運用実証試験 【実証WG】	スペック検討・設備設置			実証試験・評価		
		実証設備試験・調整					
(III) 再生可能エネルギー 連系拡大対策高度化	(a) 風力発電の 遠隔出力制御システムの開発 【出力制御技術(風力)WG】		仕様検討・開発		実証試験・評価		
	(b) 太陽光発電の 遠隔出力制御システムの開発 【出力制御技術(太陽光)WG】			調査・開発	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	

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

(単位：億円)

研究開発項目	2014年度 (H26年度)	2015年度 (H27年度)	2016年度 (H28年度)	2017年度 (H29年度)	2018年度 (H30年度)	合計
研究開発項目Ⅰ 風力発電予測・制御高度化 ・ラフ予測技術開発WG ・蓄電池制御技術WG	17	25	20	11	11	84
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 ・需給シミュレーションWG ・実証WG	14	25	16	9	7	71
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 ・出力制御技術（風力）WG ・出力制御技術（太陽光）WG		6	38	48	20	113
委託費	31	56	74	69	38	268

※小数点以下を四捨五入等しているため、内訳と合計は一致しない。

【参考】

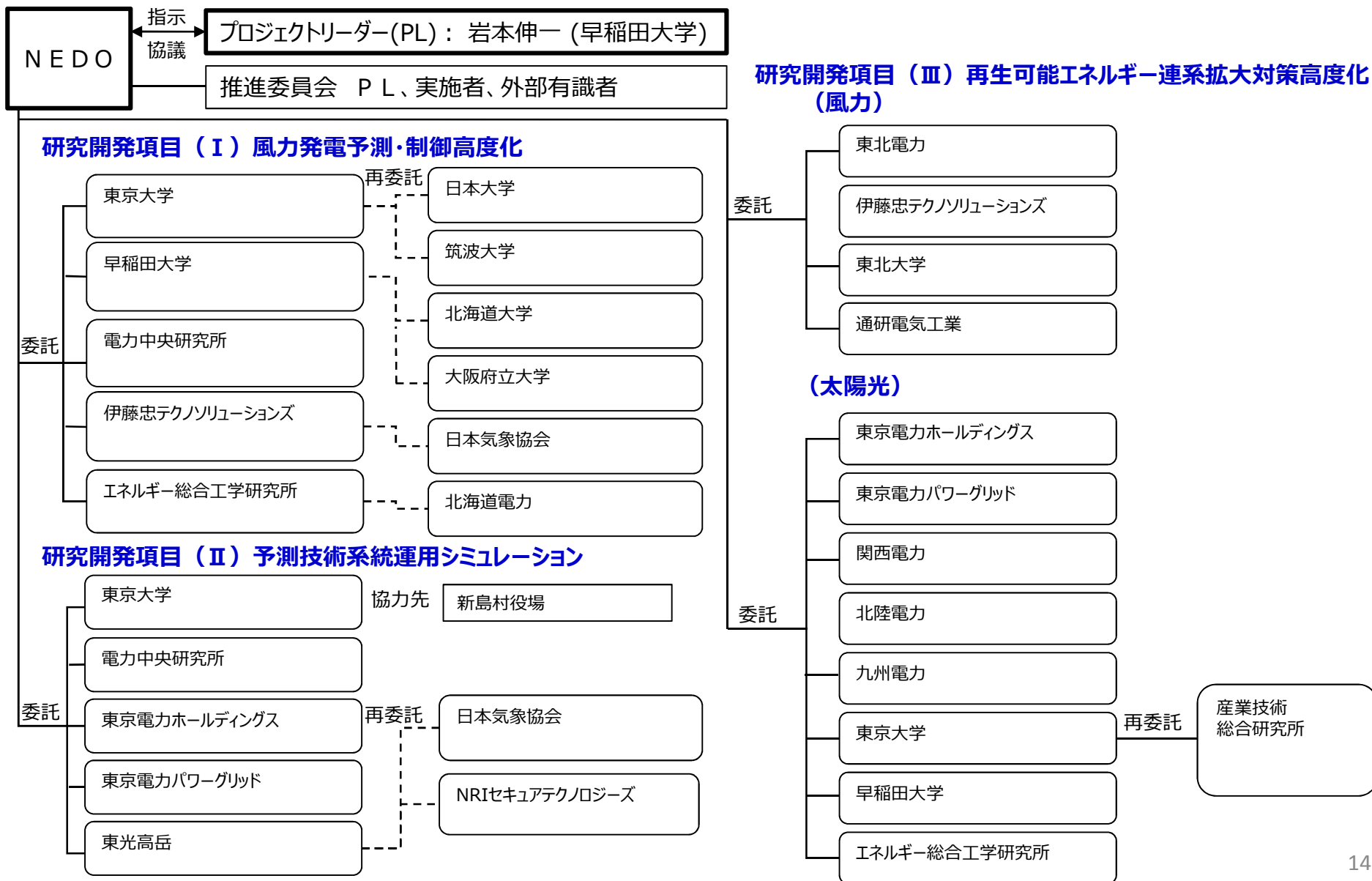
2030年度における再生可能エネルギー連系制約による経済損失（約4,445億円※）を回避に貢献。

※：風力および太陽光発電が導入できない状況となったと仮定した際の、2030年度における発電事業者の投資、売電収入の逸失値（NEDO試算値）

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

7大学、3研究機関、民間企業5社及び6電力が結集し、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体制を構築



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

各WG間の連携

研究開発項目Ⅰ・Ⅱ：風力発電予測・制御高度化／予測技術システム運用シミュレーション（2014～2018年度推進）

2030年度までに必要となる将来的技術として、研究開発テーマに合わせて、ランプ予測WG、蓄エネWG、需給シミュレーションWG、実証WGの4つのワーキングを設置し、個別に研究開発を実施するとともに、それぞれが有機的に連携して事業を推進。

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

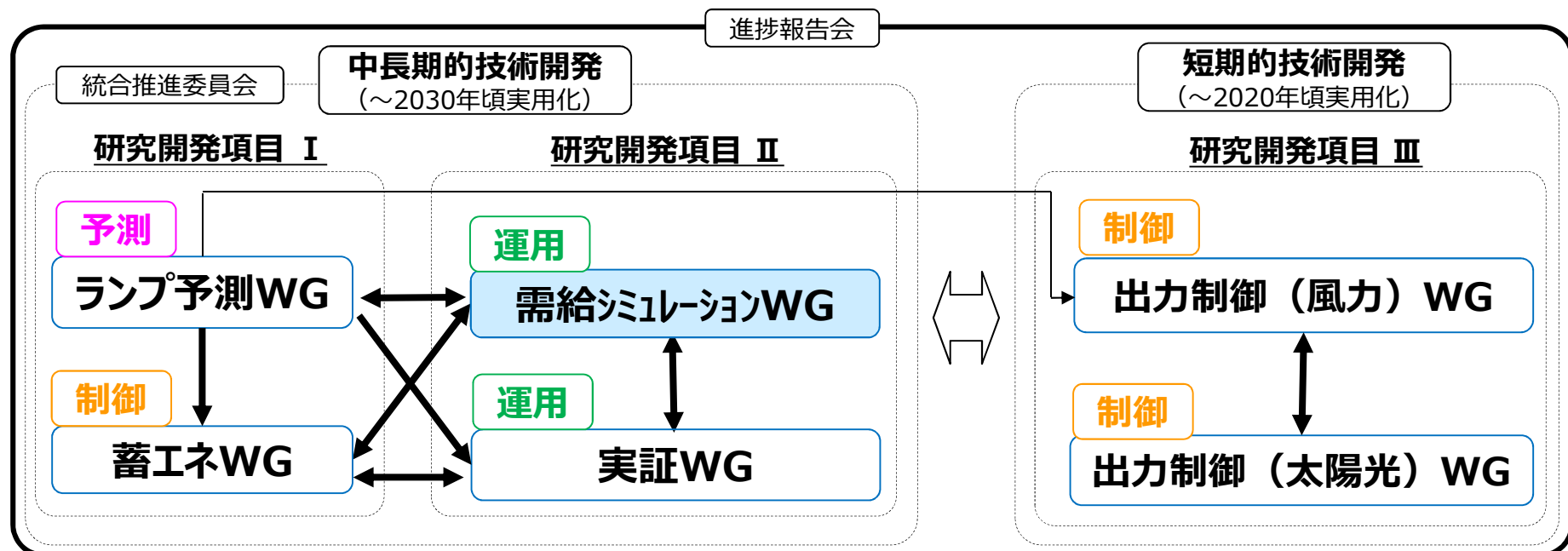
（風力：2015～2018年度推進、太陽光：2016～2018年度推進）

2020年度までに必要となる実用化技術として、風力および太陽光発電の出力制御システム技術を開発。

（開発成果をⅠ・Ⅱに共有するとともに、活用できるデータはⅠ・ⅡのWGから入手して推進。）

⇒開発項目単位のみでなく、**各WG間でデータや技術開発情報を横断的にやりとりする有機的関係の構築**して推進。

プロジェクト全体の成果を最大化できるように、**予測＋制御＋運用**として連携した技術を開発。



2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

NEDOはPLを設置し、経済産業省とも緊密に連携しながら、効果的なマネジメントを実施。

- 事業全体の進捗状況を把握し実施者代表とステアリング（動向・情勢に応じた対応等）するため、「進捗報告会（ステアリングコミティ）」を設置・運営した。
- 事業開始時点から推進した研究開発項目Ⅰ・Ⅱについては、WG単位での進捗管理に加え、全体の進捗状況把握と外部有識者を加えての適切なステアリングを行うための「統合推進委員会」を設定し、WG間連携の促進等による成果の最大化を図った。
- 途中から追加された研究開発項目Ⅲについては、先に加えた出力制御技術開発（風力）と、追って加えた出力制御技術開発（太陽光）においても、逐次「有識者委員会」「運営委員会」を設定するとともに、研究開発項目Ⅰ・Ⅱと同様に、進捗管理とステアリングを実施した。

管理運営母体			統括と主な参加者	実施回数（頻度）
進捗報告会（ステアリングコミティ）			PL、実施者リーダークラス	6回（年1、2回程度）
Ⅰ・Ⅱ	統合推進委員会		PL、東大・横山教授、外部有識者、事業者、METI他	11回（年2、3回程度）
	Ⅰ	ランプ予測技術開発WG	東大・荻本教授、事業者他	13回（年3回程度）
		蓄エネルギー制御技術WG	早大・林教授、事業者他	23回（年4回程度）
	Ⅱ	需給シミュレーションWG	東大・横山教授、事業者他	18回（年3回程度）
		実証WG	東大・横山教授、事業者他	12回（年2、3回程度）
Ⅲ	出力制御技術（風力）	有識者委員会	東工大・七原教授、外部有識者、事業者、METI他	8回（年2回程度）
		WG	事業者他	17回（年2、3回程度）
	出力制御技術（太陽光）	運営委員会	東大・横山教授、事業者他	6回（年2回程度）
		WG	事業者他	8回（年4回程度）

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 動向・情勢の把握と対応 (NEDOのマネジメント)

情勢変化	対応
①「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則」が2015（H27）年1月に改正され、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がなされた。	・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）を新たに加えて、対応する技術開発を推進した。 ・実証WGにおいて、需給運用試験項目の一つに加え、それに対応する設備を構築し、検証を行った。
②電力小売り自由化と同時に「計画値同時同量制度」が2016（H28）年4月より導入された。	・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についても検討を行っており、その妥当性を確認した。

上記情勢変化への対応における具体的なNEDOのマネジメント

- 九州電力でのPV出力制御について、当該システムが実運用で使用される前に、開発したシステムが動作することを確認する必要があったため、被制御事業者の減電補償を組み入れた形で、使用前に確実に確認できるよう実施計画や予算に織り込み事業を推進した。
- 蓄エネルギー制御技術WGでは例えば、新しい市場ルールに従って、計画値同時同量の実現を目的とした蓄エネルギー制御手法も実証した。

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 中間評価結果への対応

指摘	対応
ランプ予測、出力制御、需給制御、それぞれの課題に対して、 対象地域を明確にした 上でプロジェクトを進めてほしい。	ランプ予測と蓄エネは同一管内、需給シミュレーションは東日本地域等、各WG で扱う技術の 主な適用範囲は整理した上で実施 していた。 全WG を統合する統合推進委員会にて俯瞰した確認を行い、整理を行う等の取り組みを実施した。
各WG同志の動き・成果をリンクする必要がないか、という視点を常に持ち、 有機的な融合 をお願いしたい。	プロジェクト開始当初から、互いのWG に参加し、成果の進捗状況を確認するとともに、 プロジェクトの進め方について意見交換を行う等の活動を実施 していた。ランプ予測技術や需給シミュレーションの成果を実証試験に共有する等、 連携促進を推進した。 (補足資料参照)
一部の研究開発項目では実施されているが、 数値目標などの明確な目標を設定 し、確実にプロジェクトが進むように工夫をすべきである。	定量的な目標設定が可能な内容については、定量的な目標を設定した。 定量的な目標設定が困難な内容については、定性的な目標設定を行った。定性的な目標については、 最終目標達成に向けて、取組み内容をより具体的に記載する といった工夫をすることで明確化に努めた。
ランプの定義次第で、プロジェクト全体の研究成果は大きく変化する。現在の ランプ定義の妥当性 を、需給シミュレーションを用いて早期に検証する必要がある。	本プロジェクトのランプの定義は、各国のそれぞれの考え方を調査するとともに、国内の有識者との長期的な議論により設定したものであり、妥当性があるものと考えている。計画通り2017年度に、 実データに基づく確認等を行う事で、その妥当性をより確実なものとした。
各WG の成果については、 国内への普及に向けて共通の部分と地域固有の部分 を切り分けて示しておく、マイルストーンの確度も上がると思われる。	各WG の成果を共通部分と地域固有の部分に分けて整理することは、事業終了後に各電力会社等が成果を活用する際、必要な情報を容易に取捨選択することが可能となる。 実用化に向けた課題の整理も行い易くなる等、有効的な手段であることから成果の整理を実施した。
成果の実用化のためには、 外部の動き と本技術開発の方向性との整合がとれるよう、 必要に応じて計画の修正 を検討する努力をお願いしたい。	遠隔出力制御システムの導入義務化 がなされたことを受け、 出力制御技術開発を加える とともに、実証WG において、 需給運用試験項目の検証を行った。

◆NEDOの研究開発マネジメント

■その他のNEDOの研究開発マネジメント

- 本事業は、再生可能エネルギーの導入量の急激な増加に伴って発生する課題解決のための事業である。このため、国の再生可能エネルギーや電力市場改革に関わる様々な委員会、WGの動向を把握し、事業の方向性をチェックする必要があった。
- 特に、資源エネルギー庁新エネルギー課が主催する系統ワーキングでの議論や、同新エネルギーシステム課が推進するVPP/DR事業との役割分担なども重要なマネジメント項目となった。
- 中間評価以降で、再生可能エネルギーの急激な導入拡大と、一方で電力自由化による発送電分離が明確になったため、アウトカムのイメージの再構築を行った。
- 本事業を推進するに当たり、発電事業者からの協力が不可欠であり、情報提供や実証試験の理解を得るために実施事業者とNEDOが連携して対応した。例えば、風況モニターについては、47カ所の風力の発電事業者から理解を得て設置ならびに情報収集させていただいた。
- 既に次期事業が立ち上がっているが、本事業との実施内容の整理がなされており、新島での実証設備などの利活用も計画されている。

- 2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性
- 3. 研究開発成果 (4) 知的財産権の確保に向けた取り組み

◆ 知的財産権等に関する戦略

< 知的財産権等に関する戦略 >

- 本事業の目的は政府の方針である再生可能エネルギーの導入拡大に対する基盤技術の普及であり、成果に関して公開（オープン）を基本とした。その中で、事業者はNEDOと協力し積極的に“成果の普及”や“標準化施策等”を進め、一般送配電事業者等に展開。
- 事業終了後も成果が活用されるよう、取り組みを継続。

【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、一般送配電事業者等へ公開し、再生可能エネルギー大量導入に備えた基盤技術として、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関係者へのデータ提供、標準案の提案等を積極的に行う。

【知的財産権の帰属】

- 推進中に特許出願案件が発生した場合には、「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とする。（産業技術力強化法第19条（日本版バイ・ドール条項）による）

3. 研究開発成果 (2) 成果の普及
 3. 研究開発成果 (4) 知的財産権の確保に向けた取り組み

◆ 成果の普及

- 多数の論文発行等により、積極的な技術公表を展開。
- 電気新聞、電波新聞、電気評論、OHMなどの業界誌のみならず、日本経済新聞などの一般誌でも成果の発表を行い、広く理解を得られるように推進した。

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	以降	計
特許	0件	0件	0件	0件	1件	0件	1件
論文	7件	39件	62件	59件	122件	21件	310件
発表・講演	17件	31件	18件	28件	31件	10件	135件
新聞・雑誌等への掲載	8件	25件	10件	7件	7件	8件	65件
展示会への出展	3件	5件	1件	0件	0件	0件	9件

注) 発表・講演に論文発表分は不含。

◆ 標準化施策等との連携

- 風力発電の遠隔出力制御に係る技術仕様について、日本風力発電協会及び日本小型風力発電協会の協力を得てとりまとめ、国の審議会等で報告し全国に展開した。
- 太陽光発電設備の出力制御機能付きPCS（単方向方式）の技術仕様について、日本電機機器工業会等と調整を図りながら完成し、国の審議会等で報告し全国に展開した。
- 上記について、設備導入時には一般送配電事業者より発電事業者やメーカー等に一般公開することで設備構築に繋げ、再生可能エネルギーの遠隔出力制御機能を実現した。

※太陽光の施策は緊急実証の成果をもとに本事業期間内で実施

4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

【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：予測技術システム運用シミュレーション】

必要な技術を確認し、制御システム、サービス等の準備を完了すること。さらに、周辺環境の整備（再エネ導入量の拡大、電力運用ルールの変更による電力市場の創出等）の進捗を踏まえつつ、当該研究開発に係る制御システム、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)を開始すること。

【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】

再エネの急激な増加に対応するための省令改正を受けて、実現すべき再エネ出力制御技術について、必要な時期までに使用可能な水準まで確立すること。さらに、本事業で開発した成果が、再エネ出力制御が必要となった地域において速やかに活用されることによって、政策(再エネ発電事業の拡大)に貢献すること。

ラップ予測WG	本事業で開発した 予測システム が、出力予測サービスとして展開されること。 (風力発電の導入拡大が見込まれる主要な一般送配電事業者に展開)
蓄エネWG	本事業で開発した 制御ロジック が、蓄エネルギーシステムにて活用されること。 (再生可能エネルギー発電事業者の出力変動緩和や計画発電のニーズに対応)
需給simWG	本事業で開発した 需給シミュレータ が、関連する業界や企業で活用されること。 (一般送配電事業者だけでなく、発電事業者や政策関係者、アカデミアも活用できること)
実証WG	本事業で開発した EMSシステム仕様 が、関連する業界や企業で活用されること。 (実質実用化段階にあり、各メーカーで開発を進め販売展開)
出力制御 (風力) WG	本事業で開発した 出力制御システム仕様 が、関連する業界や企業で活用されること。 (風力発電 の遠隔出力制御の活用)
出力制御 (太陽光) WG	本事業で開発した 出力制御システム仕様 が、関連する業界や企業で活用されること。 (太陽光発電 の遠隔出力制御の活用)

再生可能エネルギーの導入状況、電力自由化の進行状況を見据えて、実証されたシステムやソフトウェアを活用できる電力運用の環境、導入するために必要な制度論の裏打ちがあって初めて実用化可能となる。また、実用の際には、この事業で開発されたシステムやソフトウェアはカスタマイズされて実用化されるものとする。

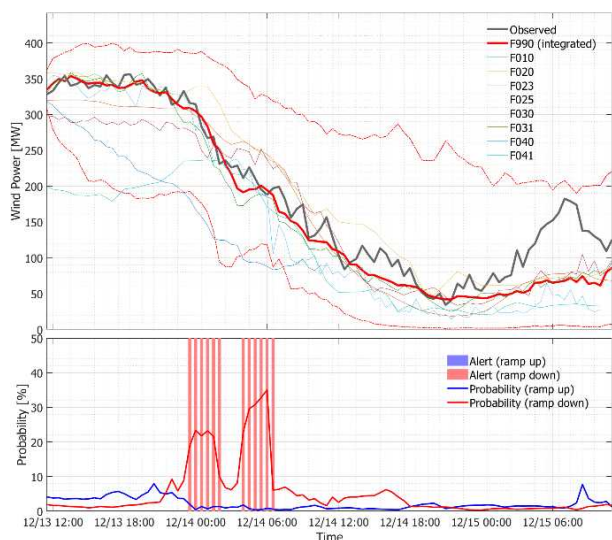
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

ランプ予測技術開発WG

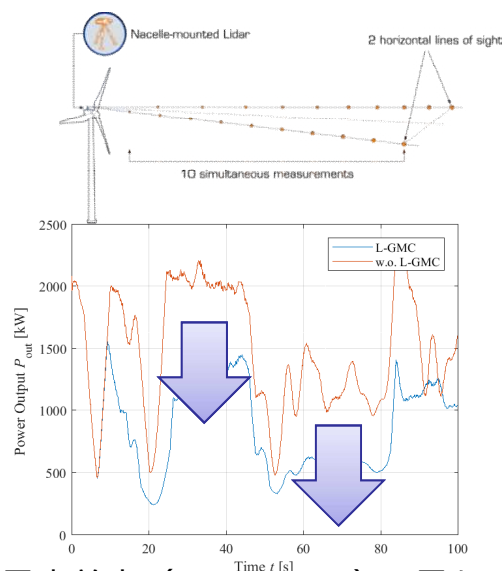
ランプ予測技術、WF内制御技術、WF間制御技術において、高いレベルで設定した目標を達成。風力発電の出力変動緩和による電力系統への影響の最小化が見込まれる。

ランプ予測技術開発



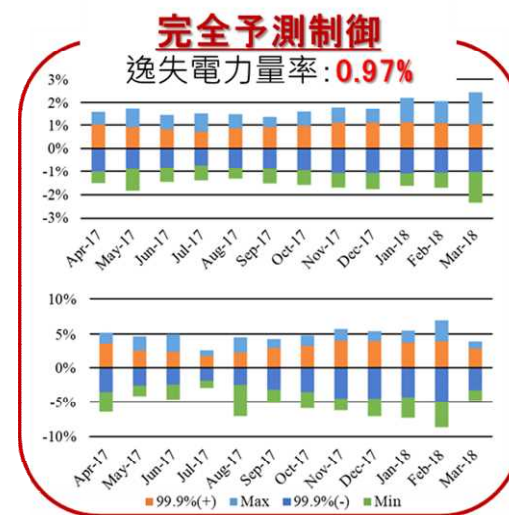
最新のデータ科学技術と数値気象予測技術で、世界でも類を見ない多様性のある7つの予測手法を開発し、風力発電の変動性・不確実性に対応した予測技術を実現。
 ランプ予測技術の予測精度は、既存数値目標を達成（改善率20%以上）。その予測精度は海外プロジェクトにおけるランプ予測精度と比較して、世界最高水準を達成。

WF内制御技術開発



風車前方（100-400m）の風をLIDARにて計測し、急激な風の変動（ガスト）を検知して事前出力変動を予測し、出力制御を実施することで、出力急変を緩和する制御技術を開発。世界初のガスト緩和制御技術を実機にて実現。30%を超える変動緩和も達成。

WF間制御技術開発



電力系統エリア内の風力発電合計出力の超短周期および短周期変動を少ない逸失電力量率で低減する制御技術を開発。
 超短周期変動・短周期変動率および逸失電力量率の目標（1%以下）を達成し、電力系統の調整力不足による連系制約の改善（風力連系設備容量の増加）に寄与。

最終目標に対する達成度



○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

ランプ予測技術開発WG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発した予測システムが、出力予測サービスとして展開されること。
(風力発電の導入拡大が見込まれる主要な一般送配電事業者に展開)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 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一般送配電事業者に対して提供、販売していく。
- 今後、エネルギー基本計画の数値目標以上に風力発電の導入が加速されると仮定し、**2030年に主要な送配電事業者にて本技術が適用されることを見込む**。具体的には、2019年～2024年にかけて、風力発電の導入が進む北海道・東北エリアへの一般送配電事業者へ導入を見込む。2024年～2029年にかけては、残りのエリアの一般送配電事業者への導入を見込む。
- なお、固定価格買取制度改正等により、発電事業者が再エネ予測技術を活用する可能性もある。そのような場合には、発電事業者への本技術の展開を検討する。

◆成果の実用化・事業化の見通し

ランプ予測技術開発WG

【実用化・事業化に対する課題と今後の方針】

- 予測技術の実用化に向けては、外部環境（風力発電の導入拡大、電力システムの制度設計など）の進捗に歩調を合わせる必要であり、継続的な対応を進める。
- 発電・気象データの継続的な取得・蓄積が、高品質な予測情報を提供するためには重要であるため、本事業で得られた知見を、業界関係者・学会などにおいて情報提供を実施し、今後の再エネ主力電源化に向けた電力システムの高度化に貢献する。
- 事業終了後は、**大学・研究機関（東京大学・早稲田大学・電力中央研究所）を中心とした「風力発電等データ利用コンソーシアム」**を既に立ち上げており、本事業で取得したデータを活用し、予測・制御技術の高度化・実用化に向けた継続的な検討を進める。また、一般送配電事業者（発電事業者）への本成果の展開の検討については、伊藤忠テクノソリューションズ、日本気象協会が中心となって検討を進める。
- 電力自由化からくる将来の市場取引への対応や、現在ルール化が検討されているコネクト&マネージの様な制度で使われると想定される再生可能エネルギー発電所単位の発電予測については、手法論もまだ確立していない。⇒ 今後のNEDO事業で検討を考慮

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

蓄エネルギー制御技術WG

- 変動緩和および計画発電について、予測情報を利用した蓄エネ装置の制御手法を開発し、シミュレーションと実証設備（CAES、HP/BGシステム、蓄電池）を用いた試験により、制御の効果を実証した。
- 蓄エネルギー制御と風車制御（出力制御）との組合せについて定量的分析を行い、組合せの最適化の方法を示した。
- CAESおよびHP/BGシステムについて実用プラントの設計を行い、実用規模システムの仕様を提示した。
- 変動緩和に関して、所要蓄エネ容量の大幅減（従来手法の25%以下）とする開発目標を達成し、変動緩和システムのコスト低減と導入拡大への寄与が見込まれる。
- 計画発電に関して、風力発電への適用に先がけて制御方法を提示したことにより、風力発電の計画発電化の実現に寄与する。

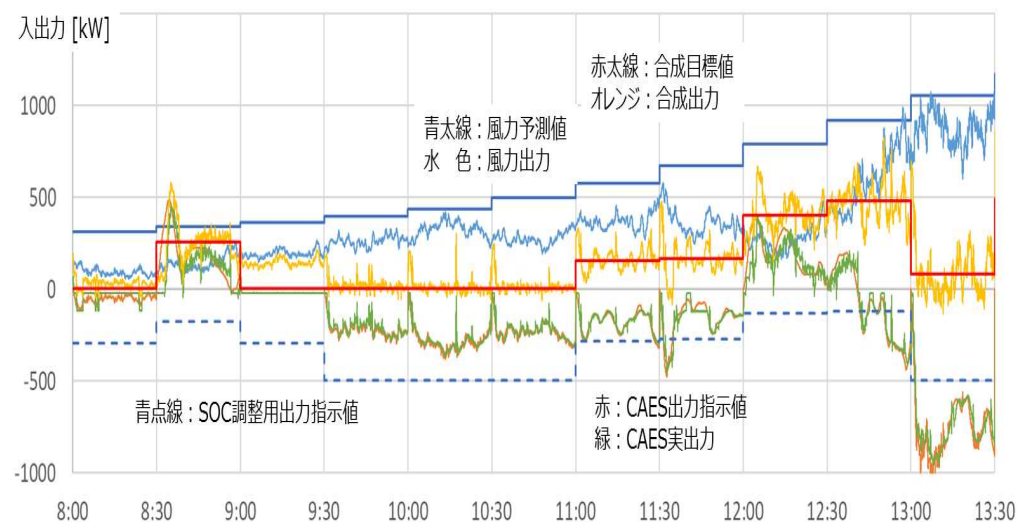
変動緩和に関する開発目標*の達成

	従来手法 ** (比較対象)	本事業における開発技術	
		逐次決定	確定論最適化
kW容量 [pu]	0.5	0.36	0.39
放電時間容量 [h]	9.1	2.8	2.84
kWh容量 [pu-h]	4.55	1.01	1.11
kWh容量 比	100%	22.2% (<25%)	24.4% (<25%)

* 従来手法の25%以下

** NEDO風力安定化事業(H15~19年度)において開発された手法

CAESを用いた計画発電の実証試験結果例



最終目標に対する達成度



○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

蓄エネルギー制御技術WG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発した制御ロジックが、蓄エネルギーシステムにて活用されること。
(再生可能エネルギー発電事業者の出力変動緩和や計画発電のニーズに対応)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 変動緩和制御は、風力発電の系統接続に際して、蓄エネルギーを用いた制御の要件が設定されている状況を前提としたものである。そのような要件が設定されている一般送配電事業者の管内において、制御要件に合わせた制御を組み込んだ風力発電が導入が検討され、本事業で開発された制御技術が活用されることが見込まれる。
- 風力発電所は、固定価格買取制度における特例（出なり発電が可能）の適用終了以降、発電電力を相対取引または市場を介して販売することが想定され、計画発電のニーズが顕在化する。そうした状況下において、本事業で開発された制御技術の活用が見込まれる。

【実用化・事業化に対する課題と今後の方針】

- 変動緩和
 - ・制御ロジックの公開と問い合わせに対する積極的対応。
 - ・個別の一般送配電事業者の募集枠に記載される変動緩和の仕様に合わせた制御ロジックの開発
- 計画発電
 - ・他種電源等と組み合わせた場合の計画値同時同量制御の確立。
- 蓄エネ技術
 - ・効率向上、低コスト化、スケールアッププラントでの実証。

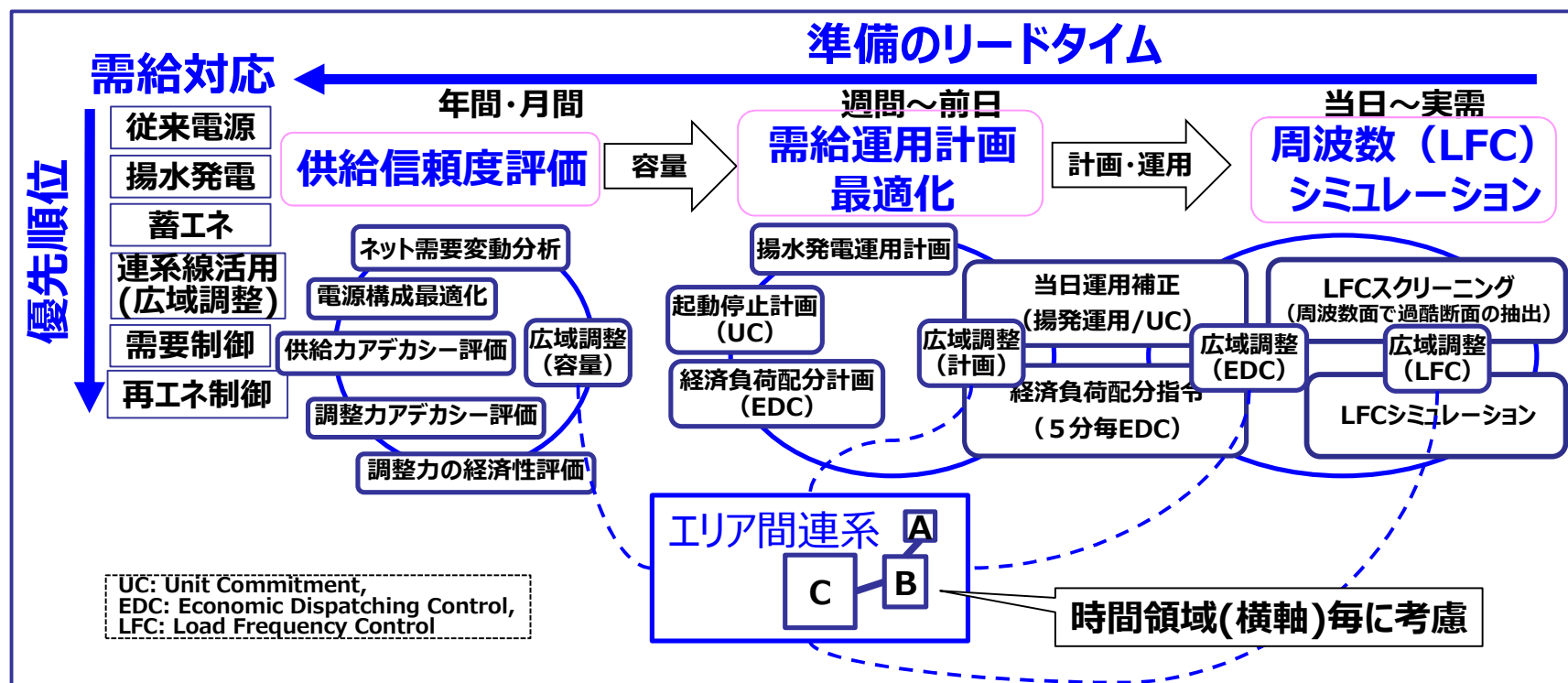
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

需給シミュレーションシステムWG

- 風力ランプ警報活用等の再エネ対応新技术を実装した、年間～実需にわたる時間領域での3つの機能で構成される需給シミュレータを開発した。
- 本シミュレータにより、需給対応の優先順位やリードタイム考慮した将来の需給状況・各種需給対応の定量評価ができ、需給の仕組み理解、再エネ大量導入を支える電力需給の考え方等の検討に活用できる。

開発したシミュレータにおける時間領域(横軸)から見たシミュレーション機能間の関わり



最終目標に対する達成度

○ ○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

需給シミュレーションシステムWG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発した需給シミュレータが、関連する業界や企業で活用されること。
(一般送配電事業者だけでなく、発電事業者や政策関係者、アカデミアも活用できること)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 再生可能エネルギーのランプ変化を伴った系統での需給計画（ユニットコミットメント、地域間融通、発電機負荷配分、周波数制御）策定の手法論を確立した。それにより、オフラインの将来系統の検討レベルの活用に資するソフトウェアが出来上がった。
- このシミュレーション手法は、従来の発電コスト最小化の考え方に基づいたものであり、電力市場化の下では、基盤となる最小コスト運用を模擬し、市場の基調をつかむファンダメンタルモデルとなる。
- 製造業者が作り上げる制御システムのロジックに将来、自由化の進行状況を見ながら反映されうるものと考えられる。

【実用化・事業化に対する課題と今後の方針】

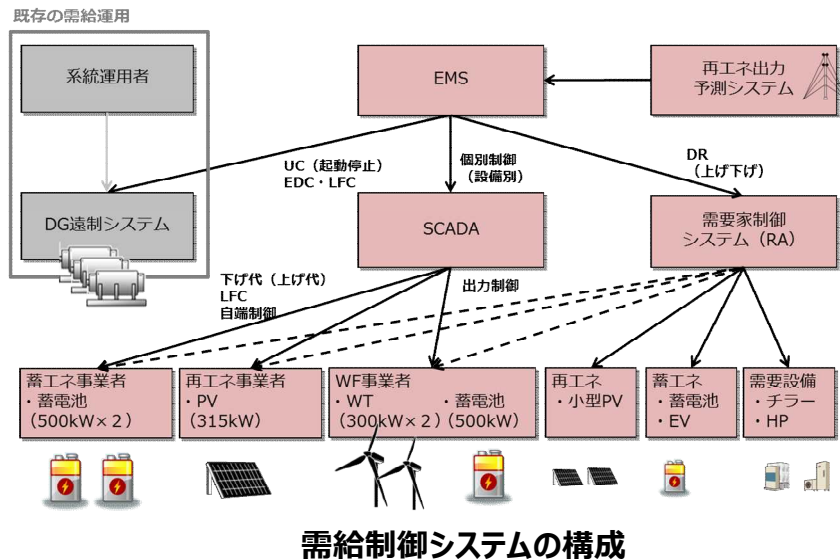
- 本事業で開発されたソフトウェアの成果普及に向け、研究コンソーシアム「電力需給解析シミュレータ理解・活用推進検討会」を新規発足させ、今後一定期間理解と活用を推進する活動を行う。
- 電力自由化（アンバンドリング）により、市場にゆだねられる負荷配分やそれより長い運用、系統運用者にゆだねられる周波数制御やそれより短い運用制御と、ソフトウェアの利用者が分かれていく中、事業で確立したノウハウをどのように実業に反映していくかが課題となる。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

実証WG

- 2030年の再エネ比率相当を模擬した**実証設備を構築**した。
- 再エネ予測、蓄エネ等調整力、再エネ制御に関する個別研究成果（他WGと連携）とこれらを組み合わせた**需給制御システムを構築し、実証試験・経済性評価を実施**した。

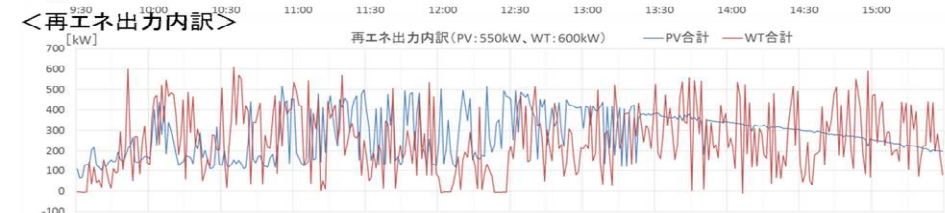
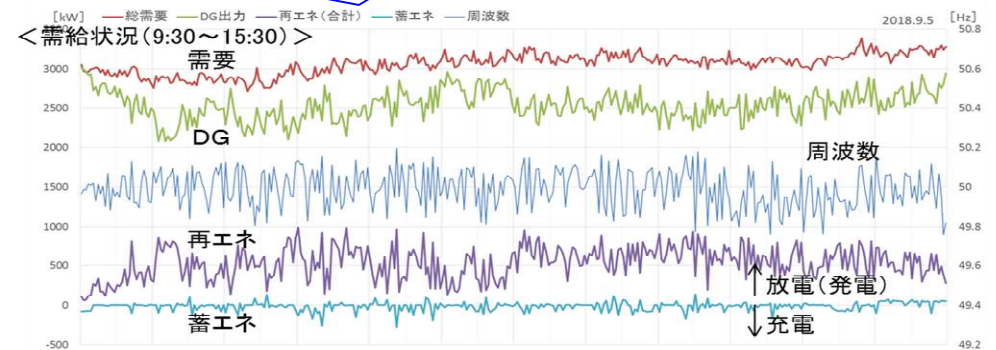


大原太陽光発電所



阿土山風力発電所

エネルギー需給見通しにおける自然変動電源（PV・風力）割合（9% : MWh）を上回るPV、風力設備量導入下で、それぞれの発電量が定格出力付近かつ変動を伴う状況下であっても、本需給システムの運用により、**周波数など安定運用を実証**できた。



需給運用の一例

最終目標に対する達成度



○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

実証WG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発したEMSシステム仕様が、関連する業界や企業で活用されること。
(実質実用化段階にあり、各メーカーで開発を進め販売展開)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 本実証における各種試験法案・検証結果などの研究開発成果を共有し、再生可能エネルギー大量導入時の需給計画・運用ノウハウを展開する。
- また、再生可能エネルギー導入時に、経済的且つ高品質となる電力設備の形成・運用を実現するメーカーおよび一般送配電事業者等によるコンサルティング業務を展開していく。
- 本研究開発項目で開発したEMSをベースにロシアサハ共和国にて風力発電及び再エネ制御協調システムの極寒冷地における運用実証をNEDO事業として2020年9月まで実施している。その他、実用化・事業化に向けて活動を継続する。

【実用化・事業化に対する課題と今後の方針】

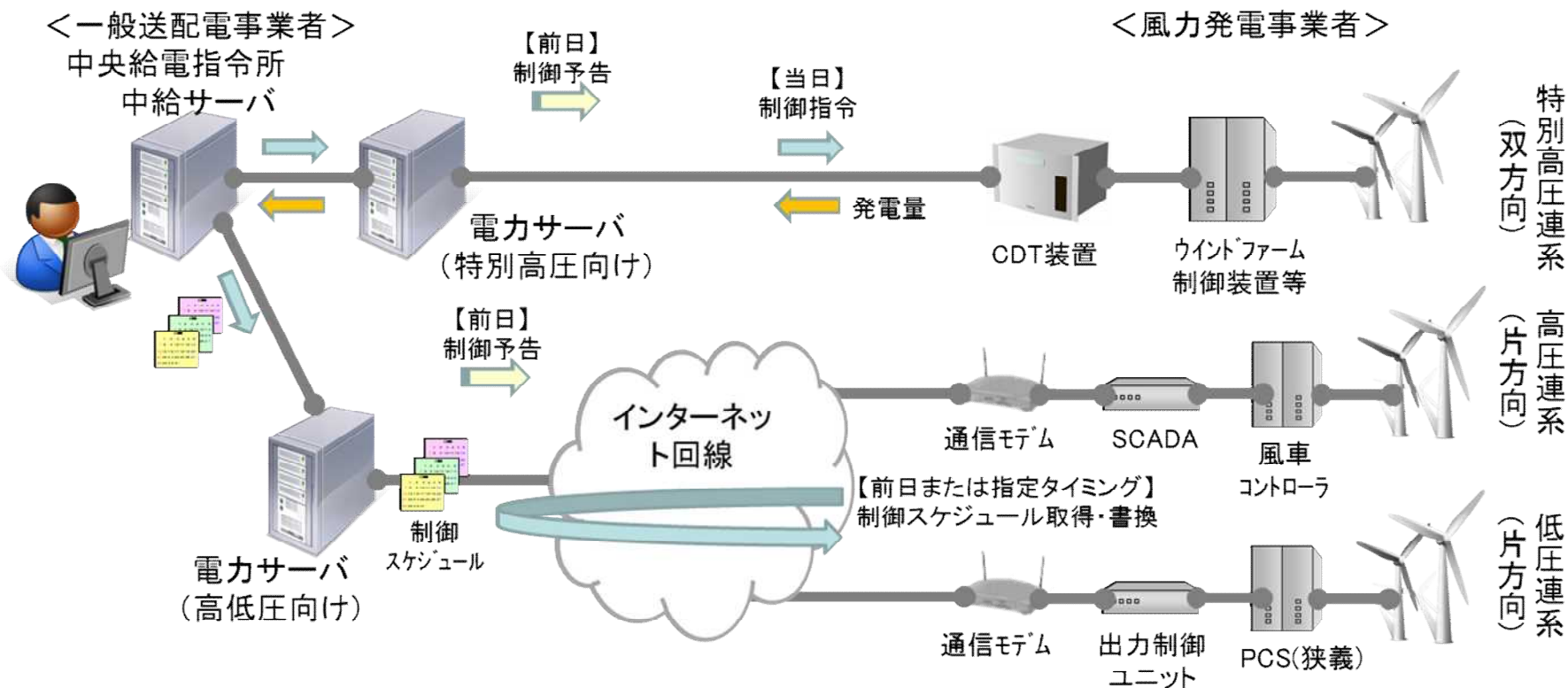
- 実用化に向けた課題としては、更なる再エネ拡大にともなう分散リソース数の拡大による需給制御複雑化、また必要機能の絞込みによる低コスト化などが考えられる。
- 本実証で開発した各システムを基本に、メーカーにより高品質・低価格のシステム開発を継続し、国内外の離島およびマイクログリッド地域を含めたシステム受注活動を実施していく。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

出力制御技術(風力)WG

- 遠隔出力制御装置の設置が義務付けられた風力発電設備に対して、本事業で開発した技術を組み合わせることにより、遠隔出力制御の一連の業務フローを実施可能となった。
- 風力発電設備の出力制御に関する技術仕様の標準化を図ったことにより、新たに連系する風力発電設備に対しても、本事業の開発技術を適用することで遠隔出力制御が可能となる。



技術仕様標準化により想定される遠隔出力制御システム構成

最終目標に対する達成度



○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

出力制御技術(風力)WG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発した出力制御システム仕様が、関連する業界や企業で活用されること。
(風力発電の遠隔出力制御の活用。)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 風力発電出力制御については、一般送配電事業者～風力発電事業者間の出力制御通信のシステムについて、高圧連系以上の大型風力については一般送配電事業者～風力出力制御装置間、低圧用小型風力については一般送配電事業者～インバータ間の通信システムの基本的要件が確立した。

【実用化・事業化に対する課題と今後の方針】

- インターネットベースの双方向通信のサイバーセキュリティ対策や、通信プロトコルの維持・管理、個々の風力発電制御システムとの連携の確立などが課題となる。
- 風力発電の遠隔出力制御に係る技術仕様について、事業者により日本風力発電協会及び日本小型風力発電協会の協力を得てとりまとめ、国の審議会等で報告し全国に展開した。
- 技術展開された一般送配電事業者より、風力発電事業者への出力制御に関する今後の手続きに関して直接周知、理解浸透を図っていく。
- 遠隔出力制御の対象となる風力発電設備に対し、遠隔出力制御装置の設置について風力発電事業者へ対応を依頼し、導入を図っていく。
- 風力発電出力予測・把握技術、出力制御量配分手法については、さらなる高度化についての検討を進めるとともに、学術論文・学会発表を通じた成果普及も継続的に実施する。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 各個別テーマの成果と意義

出力制御技術(太陽光)WG

● 太陽光発電の出力制御手法の確立 (短期的課題)

九州エリアにおいて、系統運用者システムの高度化開発を実施するとともに、需給バランスへの影響が確認できる出力制御量を確保し、年間を通じた出力制御の実証試験を実施した。北陸および関西エリアにおいて、発電事業者システムの適用拡大に向け、既存システム構成に応じて改良した双方向出力制御システムによる実証試験を実施した。開発した技術の適用により、出力制御システムの合理的な展開が可能となる(2018年10月には、離島以外では国内初となる出力制御が実行された。出力制御の本格運用で、本実証成果が活かされている)。

● 太陽光発電の出力制御の高度化 (中長期的課題)

スマートインバータおよびそのマネジメントシステムについて、海外の先進事例の調査を実施するとともに、機器仕様及び通信仕様の検討および実機の開発を行った。また、デジタルシミュレータおよびアナログシミュレータにおける実証試験環境(模擬環境)を構築し、試験シナリオを検討し、実証試験を行い、スマートインバータの系統安定化機能等がもたらす効果および実運用に向けた課題を明らかにした。

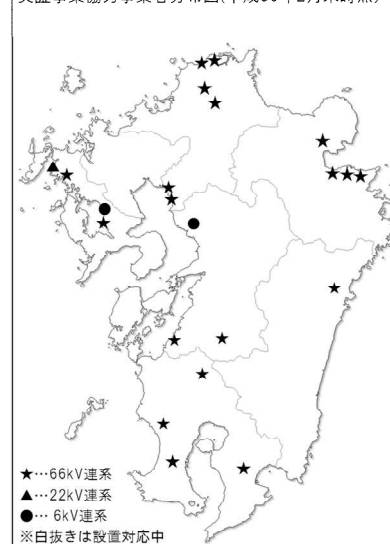
〔募集結果〕

単位：[万kW(件数)]

区分		実証試験目標容量	募集状況			出力制御可能容量【H29.2月末時点】
			H27年度設置済	H28年度下期設置	H29年度上期設置	
出力制御システム	66kV以上	39(20)	7.2(2)	11.0(3)	20.4(14)	38.6(19)
	66kV未満	1(1)	0.3(2)	0(0)	0.5(1)	0.8(3)
合計		40(21)	7.5(4)	11.0(3)	20.9(15)	39.4(22)

実証試験目標容量を確保

実証事業協力事業者分布図(平成30年2月末時点)



最終目標に対する達成度



○達成、△一部達成、X未達

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し (1)戦略(2)具体的取組(3)見通し

◆成果の実用化・事業化の見通し

出力制御技術(太陽光)WG

実用化・事業化の
定義

本事業で開発した出力制御システム仕様が、関連する業界や企業で活用されること。
(太陽光発電の遠隔出力制御の活用。)

【実用化・事業化の取り組み・見通し】

- 太陽光発電設備の出力制御対応機器（出力制御機能付きPCS含む）
 - ・**単方向方式**（インターネットを経由したスケジュール方式）は、九州電力が主体となり、事業期間内に、**日本電機工業会などと調整を図りながら仕様を定め、製造業者による開発・製造・販売へと展開した。**
 - ・**中長期観点を踏まえた双方向方式は、本事業の終了時を目途に一般送配電事業者としての要求仕様を確定させ、再生可能エネルギーの導入状況を踏まえながら、各地域の送配電事業者が、必要とする導入時期・規模を判断した上で、単方向方式と同様に製造業者による開発・製造・販売へと展開する。**
- 電力システムの安定運用に資する分散型電源制御システム（スマートインバータ）
 - ・**付加価値的な分散型電源制御システムの制御技術機能の搭載を目指す。**
今年度開始の事業において、運用面から必要機能の検討を進めていく。

【実用化・事業化に対する課題および今後の方針】

- 太陽光発電設備の出力制御対応機器（出力制御機能付きPCS含む）
 - ・**今後の制度設計への適合および、これを踏まえた最終的な要求仕様の整理・標準化が課題。**また、**サイバーセキュリティ対策を含めた、通信プロトコルのメンテナンスが必要である。**
 - ・**以上を一般送配電事業者によって確立したうえで、メーカーが製作し発電事業者が順次導入を図る。**
その際には、大量のインバータへのアクセスが課題である。
- 電力システムの安定運用に資する分散型電源制御システム（スマートインバータ）
 - ・**対峙する電力側システム機器と、再生可能エネルギー側の機器の役割分担を明確化したうえで、各機能のパラメータ選定および運用手法について標準化を図り、実機に反映する。**
 - ・**次期実証**において、電力側機器と再生可能エネルギー側機器の役割分担の明確化を図り、スマートインバータ側の要件を抽出し、それら**機能のパラメータ選定および運用手法について検討する。**

～以下、補足資料～



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

各WG間の連携

具体的連携内容

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各WGからの成果を反映させた。PJ全体では、統合推進委員会や進捗報告会で全体の情報共有を行った。

