

# 「風力発電高度実用化研究開発」

## 事業原簿

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 新エネルギー部
-----	--

## —目次—

概 要 .....	I
プロジェクト用語集 .....	IV
1. 事業の位置付け・必要性について.....	1-1
1. 事業の背景・目的・位置づけ .....	1-1
2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 .....	1-1
2.1 NEDO が関与することの意義.....	1-1
2.2 実施の効果（費用対効果） .....	1-1
2. 研究開発マネジメントについて .....	1-1
1. 事業の目標.....	1-1
2. 事業の計画内容.....	1-2
2.1 研究開発の内容 .....	1-2
2.2 研究開発の実施体制.....	1-13
2.3 研究開発の運営管理.....	1-20
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.....	1-23
3. 情勢変化への対応 .....	1-24
4. 評価に関する事項 .....	1-25
3. 研究開発成果について .....	2-1
1. 事業全体の成果 .....	2-1
2. 研究開発項目毎の成果 .....	2-3
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて.....	3-1
1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて .....	4-1
 (添付資料)	
・プロジェクト基本計画	
・事前評価書	
・特許論文等リスト	

# 概要

		最終更新日	2018年9月21日				
プロジェクト名	風力発電高度実用化研究開発	プロジェクト番号	P13010				
担当推進部/ PMまたは担当者	新エネルギー部 担当者氏名 小島泰志、高木智洋、渡部良朋 (2018年9月現在)						
0. 事業の概要	<p>先進的な次世代風車に適用可能な発電機やブレード等の主要コンポーネントなどの性能向上に係わる実用化開発や主要コンポーネントの標準化を素材レベルから一体的に実施し、故障頻度の低減、停止時間の削減を図り、風車設備利用率・発電量を向上する。また、10MW以上の超大型風車の新技術に関するフィージビリティスタディ及び国内外の開発動向に関する調査研究を行い、発電機等を含むシステム全体の実現可能性を評価する。</p> <p>また、メンテナンス技術を高度化することにより、故障率の低減を図り、設備利用率を向上する。また、各種部品等の寿命を予測する先進的なメンテナンス技術を開発することで発電事業者のオペレーション&amp;メンテナンス技術の向上を図る。さらに、雷被害による風車のダウンタイム短縮のため雷検出装置等における所要性能の検討及び評価等に係る健全性確認技術を開発する。さらに、風車メンテナンス人材の確保に向けた人材育成プログラムを作成する。</p>						
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>風力発電は、他の再生可能エネルギーと比較して発電コストが低く、中長期的に大規模な導入が期待されている。しかしながら我が国の厳しい気象条件の中で長時間、安定的に発電事業を行うためには、風車の信頼性のみならず、発電効率の向上やメンテナンスの高度化などの技術開発による、一層の発電コストの低減が求められている。我が国の風力発電の実態として、その設備利用率は全国平均で20%弱にとどまり、他の風力発電先進地域に比べ低い水準にある。これにより我が国の風力発電が相対的にコスト高となっている。この問題を解決するため、事故・故障個所の診断のみならず、故障の予知や各種部品等の寿命を予測し、事故・故障に係る費用の削減と共に、メンテナンス費用を削減することが求められている。さらに、高性能化を実現する部材や部品、コンポーネント開発等を支援することは、我が国における風力発電の導入を促進することに寄与するのみならず、我が国企業の国際競争力を強化し、国際市場獲得に資するものである。</p>						
2. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	本事業の目標は風車部品やメンテナンス技術を高度化する実用化開発を総合的に実施することで、陸上風力発電及び洋上風力発電に関する設備利用率を向上し、風力発電に係るライフサイクル発電コストを低減することを目指す。						
事業の計画内容	主な実施事項	Fy2013	Fy2014	Fy2015	Fy2016	FY2017	
	10MW超級風車の調査研究	→					
	風車部品高度実用化開発	→					
	スマートメンテナンス技術研究開発	→					
事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額(評価実施年度については予算額)を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	Fy2013	Fy2014	Fy2015	Fy2016	FY2017	総額
	一般会計						
	特別会計 (電源・需給の別)	2,000	1,700	580	7,500*	6,320*	18,700*
	開発成果促進財源						
	総 NEDO 負担額	2,000	1,700	580	7,500*	6,320*	18,700*
※2016年度以降 「洋上風力発電等のコスト低減	(委託)	249	618	426	405	243	1,941

に向けた研究開発事業」へ統合	(助成) : 助成率 1/2	125	746	465	397		1,733
	(共同研究) : 負担率 2/3		3.1	68.2	70		141.3
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	一般社団法人風力エネルギー学会 代表委員 勝呂 幸男					
	プロジェクトマネージャー	新エネルギー部 田窪 祐子 主任研究員					
	委託先及び助成先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 10MW超級風車の調査研究 (株) 日立製作所 一再委託: (国) 九州大学、(国) 東京工業大学 (国研) 産業技術総合研究所、(国) 東京大学、(国) 三重大学、 (株) 風力エネルギー研究所 (株) 古河電気工業 一再委託: (国) 新潟大学、(学) 上智学院</li> <li>(株) 前川製作所 一再委託: (国) 東京大学 (国研) 産業技術総合研究所</li> <li>・ 風車部品高度実用化開発 (株) 日立製作所 一委託: (国) 九州大学、(国) 東京工業大学 (株) ADEKA、住友重機械工業(株)、(株) ジェイテクト 一委託: (国) 三重大学 (国) 三重大学、(学) 東京理科大学、(国研) 産業技術総合研究所、(国) 東京大学、(国) 金沢大学、(一社) 日本小形風力発電協会 (株) 安川電機、東洋電機製造(株)、(株) デンロコーポレーション、 (一社) 日本小形風力発電協会、内田鍛工(株)、(株) ダイナックス 一共同実施: (国) 北海道大学</li> <li>・ スマートメンテナンス技術研究開発 (国) 東京大学 先端科学技術研究センター、(国研) 産業技術総合研究所 (株) 北拓、NTN(株)、SOMPO リスクアマネジメント(株) 一委託: 伊藤忠テクノソリューションズ(株)、日本興亜損保(株)、NTT ドコモ(株)、日本電気(株) (国) 東京大学、イー・アンド・イーソリューションズ(株)、 (一財) 日本海事協会、日本精工(株) (一財) 日本海事協会、(学) 中部大学 中部大学、電源開発(株) 一再委託: (国立高専機構) 和歌山工業高等専門学校</li> </ul>					
情勢変化への対応	2014年度に追加公募を実施。 2015年度にプロジェクト期間を2年延長し、追加公募を実施。(2015年度末まで→2017年度末まで)						
評価に関する事項	事前評価	2013年度実施 担当部 評価部					
	事後評価	2018年度実施					
3. 研究開発成果について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 10MW超級風車の調査研究 3枚ブレードダウンウインド風車の詳細検討を行い、10MW風車の実現可能性及び次世代の有望な要素技術を示した。</li> <li>・ 風車部品高度実用化開発 プロトタイプ機のフィールド試験を行い、ブレード、ドライブトレインの軽量化等により、風力発電の総合効率20%以上改善が可能となった。PCS、発電機、支柱の標準化、実証に取り組み、現行品よりも30%コストダウン可能であることを確認した。</li> <li>・ スマートメンテナンス技術研究開発 故障予知の技術を開発し、欧州並みの利用可能率95%以上、設備利用率23%以上の実現が可能であることを示した。</li> </ul>						
	投稿論文	「査読付き」38件、「その他」45件					

	特 許	「出願済」71件、「登録」24件、「実施」0件（うち国際出願25件）
	その他の外部発表 （プレス発表等）	
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	<p>風車部品高度実用化開発にて実施した中速ギア、荷重低減化等の実用化・事業化における初期市場としては、日本国内の市場が考えられる。我が国の厳しい気象条件や低風速地域の中で長時間、安定的に発電事業を行うためには、風車の信頼性向上が求められる。ダウンウインド型風車の特徴を生かし、中速ギア等にて開発した長翼ブレード、中速ギアドライブトレイン等について、国内のウィンドファーム等への導入が想定される。</p> <p>中速ギア等において、5MW級風車の部品高度化を実施した(株)日立製作所は、2018年4月に台湾の彰化洋上風力発電プロジェクト向け5.2MW風力発電システム21基を受注し、5MW風車の海外での受注に成功した。今後はこれを足掛りに海外市場に進出する戦略を立てており、更なる成果の事業化が進むことが期待される。</p> <p>また、スマートメンテナンス技術開発の成果を社会実装化させる為の取り組みとして、2018年度より風車運用高度化技術研究開発を新たに実施。風車の運用データ等を収集・蓄積可能なデータベースシステムを構築し、スマートメンテナンス技術研究開発で開発した人工知能(AI)等を用いた故障予知技術を広く利用してもらう為の基盤システムの開発を目指す。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	2010年3月 作成
	変更履歴	<p>2014年5月 改訂 「風力等自然エネルギー技術研究開発」の研究開発項目に③風力発電高度実用化研究開発を統合し新たに制定。</p> <p>2014年10月 改訂 「4. 評価に関する事項」を一部改正</p> <p>2015年3月 改訂 誤記及び表現を訂正</p> <p>2016年3月 研究開発項目②「風力発電高度実用化研究開発」のii)スマートメンテナンス技術研究開発の事業期間を改正</p> <p>2016年7月 雷検出装置等における所要性能の性討及び評価健全性確認技術の開発を追記</p> <p>2017年2月 スマートメンテナンス技術研究開発に、データベースの構築及び人材育成プログラムの作成を追記、「4. 評価に関する事項」を一部改正</p> <p>2018年1月 「風力発電高度実用化研究開発」のiv)風車運用高度化技術開発を追記</p>

## プロジェクト用語集

用語	説明
CMS (Condition Monitoring System)	振動センサ、変位センサ、温度センサなどの各種測定センサを対象物に取り付け、連続または断続的にデータ収集を遠隔で行い、その取得データを基に部品の異常を早期検出する状態監視システム。
SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)	遠隔制御監視システム。産業制御システムの一つであり、SCADAシステムはサーバ、モニタ、UPS、クライアントPC、等で構成される。サーバには、ロータ速度、アジマス角、ナセル角、他100点ほどのアナログデータや、風速や発電量などの帳票データを収集する。
ウインドファーム	集合型風力発電所のことで、大型風車を複数基設置して電気を生産する農場という意味からつけられた呼称。
大型風車	定格容量が1000kW以上の風車。
小形風車	JISにおいて、風車直径が16m以下(受風面積200m <sup>2</sup> 以下)、また電気事業法において出力規模が20kW未満の風車
主軸	ロータからの動力を発電機に伝達する回転軸。増速機付きの風車においては、低速軸及び高速軸の総称。
設備利用率	ある期間中における風車総発電量の、同期間中に定格出力で運転したと仮定して風車が発生可能な発電量に対する比率。
増速機	入力軸の回転速度を、増速して出力軸に動力伝達する装置。
ダウンウインド風車	ロータがタワーやナセルより後ろにあり、風を受けるタイプの風車。
ダウンタイム	故障や定期メンテナンス実施などのために、ある装置が使用できない時間。国内で稼働中の風力発電用風車は、約7割が海外メーカー製であり、故障が生じた場合に代替部品を取り寄せるのに時間がかかるため、欧米諸国と比較して故障発生時のダウンタイムが長くなる傾向がある。
ドライブトレイン	ロータの回転力を電力に変換するための一連の動力伝達装置の総称。
ナセル	水平軸風車において、タワーの上部に配置され、動力伝達装置、発電機、制御装置等を格納するもの。
年間発電量	風力発電装置の1年間の発電量。推定値は、実測したパワー曲線とハブ高さにおける風速出現頻度分布をもとに、100%の利用可能率を仮定して計算する。
発電機	機械動力(風車ロータの回転力)を受けて電力を発生する回転機。
ハブ	ブレード、またはブレード組立部品をロータシャフトに取り付けている部分。
PCS(パワーコンディショナ)	直流電力を、交流電力に変換する装置。
風向	観測者から見て、風が向かってくる方向。例えば、“北風とは北から吹く風”、“山風とは山から谷に向かって吹く風”の意味である。
風車	単一又は複数の風力エネルギーを主軸の動力に変換するロータをもつ装置(風車の最小単位。異種類のロータをもつ風車を含む)。
風車稼働率	年間のダウンタイムを1年の時間で割り、その値を1から差し引いた比率。
風速	空気が移動した距離とそれに要した時間の比(単位は通常m/s)。
風速階級別出力頻度	ある地点のある期間における風速階級に対応する各方位別の風向出現度数を示すもの。

風力発電システム	風が持つ運動エネルギーを電気エネルギーに変換するシステム。
風力発電所	一グループ又は複数グループの風力発電装置。
ブレード	風車の回転羽根。(抗力形風車の羽根はパドルと呼ばれる。)
平均風速	風速の瞬間値を、規定期間内で統計的に平均したもの。規定期間は、数秒から数年の場合がある。備考“平均風速”として、月平均風速及び年平均風速が通常使われる。
落雷	雲と大地間の大気が発生する放電で、1回以上の雷撃を含む。
雷撃	落雷における1回の放電。
乱流強度	風速の標準偏差の平均風速に対する比。この比は、指定の時間内に採取した同一の風速測定データセットから決定する。
利用可能率	ある期間中において、全歴時間から保守または故障による停止期間を差し引いた値の、同期間中の全歴時間に対する比。
レセプタ	風車ブレードの対雷対策として、雷撃電流を安全に大地に流すために取り付けられる受電部。
(風車)ロータ	風車において、風からエネルギーを吸収するために回転する部分。ブレード、ハブ、シャフト等から構成される。
ロータ直径	風車ロータの直径。

## 1. 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

風力発電は、他の再生可能エネルギーと比較して発電コストが低く、中長期的に大規模な導入が期待されている。しかしながら我が国の厳しい気象条件の中で長時間、安定的に発電事業を行うためには、風車の信頼性のみならず、発電効率の向上やメンテナンスの高度化などの技術開発による、一層の発電コストの低減が求められている。我が国の風力発電の実態として、その設備利用率は全国平均で20%弱にとどまり、他の風力発電先進地域に比べ低い水準にある。これにより我が国の風力発電が相対的にコスト高となっている。この問題を解決するため、事故・故障個所の診断のみならず、故障の予知や各種部品等の寿命を予測し、事故・故障に係る費用の削減と共に、メンテナンス費用を削減することが求められている。さらに、高性能化を実現する部材や部品、コンポーネント開発等を支援することは、我が国における風力発電の導入を促進することに寄与するのみならず、我が国企業の国際競争力を強化し、国際市場獲得に資するものである。

風力発電に係るこれらの課題を克服すべく革新的技術開発を行うとともに、風力発電の導入拡大及び産業競争力の強化に資することを目的とする。

### 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

風力発電効率の向上やメンテナンスの高度化は中長期にわたる研究開発が必要となり、民間企業にとっては大きなリスクとなる。また、その効果的な研究開発のためには大学、研究機関、民間企業の多くの研究者が結集しなければならず、全体の推進役を担う機関が必要とされる。NEDOはその性質上この推進役として適任である。さらに、NEDOが過去に実施してきた風力発電関連事業により得てきた知見、ノウハウを活用し得ることは、NEDOが関与することによって大きな意義となる。

#### 2.2 実施の効果（費用対効果）

研究開発の期間は、「10MW超級風車の調査研究」で2年間（2013年度～2014年度）、「風車部品高度実用化開発」で4年間（2013年度～2016年度）、「スマートメンテナンス技術研究開発」で5年間（2013年度～2018年度）である。事業全体の実績額は38.7億円である。

10MW超級風車の全体設計、及び風車部品高度実用化開発（中速ギア等）を手掛けた（株）日立製作所の事業戦略では、2021年度までのダウンウインド風車事業による累計売上予測を2,500億円と見込んでおり、十分な経済効果が見込まれる。



## 2. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

風力発電は、他の再生可能エネルギーと比較して発電コストが低く、中長期的に大規模な導入が期待されているが、我が国の厳しい気象条件の中で長期間、安定的に発電事業を行うためには、風車の信頼性のみならず、発電効率の向上やメンテナンスの高度化などの技術開発による一層の発電コストの低減が求められている。また、風力発電による環境影響やアセスメント対応の円滑化など、社会受容性の向上も重要である。

風車部品高度実用化開発においては、プロトタイプ機における開発を完了し、風車の総合効率を20%以上向上する。また、小形風車の標準化においては要素部品の仕様を決定し、コストを30%以上削減する。

スマートメンテナンス技術研究開発においては、既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、設備利用率23%以上を達成する。また、雷検出装置等における所要性能の検討及び評価等に係る健全性確認技術の開発を行う。さらに、風車メンテナンスに関する人材育成プログラムを作成する。

10MW超級風車の調査研究においては、10MW以上の超大型風車のシステム等に係る課題を抽出し、実現可能性を評価する。

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

#### 2.1.1 事業全体の計画内容

前項で説明したように、本事業は「10MW超級風車の調査研究」、「風車部品高度実用化開発」および「スマートメンテナンス技術研究開発」の3項目において実施している。各研究開発項目とそれぞれの個別研究テーマ、実施事業者および事業期間について整理する。

(表Ⅱ.2.1.1-1)。

表Ⅱ.2.1.1-1 研究開発項目と研究テーマ・実施事業者・事業期間の整理

#### (1) 風力発電高度実用化研究開発

研究開発項目 (小分類)	区分	研究テーマ	実施事業者	事業期間
10MW超級風車の調査研究	終了	全体設計	(株)日立製作所	2013～2014年度
	終了	要素技術	(国研)産業技術総合研究所、(国)東京大学、(国)三重大学 (株)風力エネルギー研究所	2013～2014年度
	終了	発電機	古河電機工業(株)、(株)前川製作所、(国研)産業技術総合研究所	2013～2014年度
風車部品高度実用化開発	終了	中速ギア等	(株)日立製作所	2013～2016年度
	終了	荷重低減化技術等	(株)ADEKA、住友重機械工業(株)、(株)ジェイテクト	2013～2015年度
	終了	小形風力発電部品標準化	(株)三重大学、(学)東京理科大学、(国研)産業技術総合研究所、(国)東京大学先端科学技術研究センター、(国)金沢大学、(一社)日本小形風力発電協会	2014～2016年度
	終了	小形風力発電部品実証研究	(株)安川電機、東洋電機製造(株)、(株)デンロコーポレーション、(一社)日本小形風力発電協会、内田鍛工(株)、(株)ダイナックス、(国)北海道大学	2014～2016年度
スマートメンテナンス技術研究開発	終了	リスク解析等	(国)東京大学先端科学技術研究センター、(国研)産業技術総合研究所、(株)北拓、NTN(株)損保ジャパン日本興亜リスクケアマネジメント(株)	2013～2017年度
	終了	疲労予測等	(国)東京大学、イー・アンド・イーソリューションズ(株)、(一財)日本海事協会、日本精工(株)	2013～2017年度
	終了	雷検出装置等の性能・評価技術の開発	(一財)日本海事協会、(学)中部大学、電源開発(株)	2016～2017年度

以上のとおり、本事業は3つの研究開発項目と10の研究テーマからなる幅広い事業構成となっている。ここでは、3つの開発項目のそれぞれの研究内容と実施方法を概説し、本事業全体の計画内容と各研究開発項目の相互関係を示す。

(1) 10MW超級風車の調査研究（2013年度～2014年度）

10MW以上の超大型風車の新技術に関するフィージビリティスタディ及び国内外の開発動向に関する調査研究を行い、発電機等を含むシステム全体の実現可能性を評価する。

(2) 風車部品高度実用化開発（2013年度～2016年度）

先進的な次世代風車に適用可能な発電機や主要コンポーネントなどの性能向上に係わる実用化開発を素材レベルから一体的に実施する。具体的にはブレード、発電機、動力伝達装置、軸受け等の開発を行う。また、小形風車の主要コンポーネントの標準化においては技術開発に不可欠な評価体制等も確立する。なお、風車の実用化開発を推進するもので、技術開発を行う事業者に対しては、その開発に必要な事業費の一部を助成する。

(3) スマートメンテナンス技術研究開発（2013年度～2017年度）

メンテナンス技術を高度化することにより、故障率の低減を図り、設備利用率を向上する。また、各種部品等の寿命を予測する先進的なメンテナンス技術を開発することで発電事業者のオペレーション&メンテナンス技術の向上を図る。

スマートメンテナンス技術開発の基礎となる、故障事故及びメンテナンス技術の調査分析については産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り協調して実施する事業であることから、委託事業として実施する。また、メンテナンスシステムの設計及び技術開発を行う事業者に対しては、その開発に必要な事業費の一部を助成する。

各種部品等の寿命を予測する先進的なメンテナンス技術を開発することで発電事業者のオペレーション&メンテナンス技術の向上を図る。また、雷被害による風車のダウンタイム短縮のため雷検出装置等における所要性能の検討及び評価等に係る健全性確認技術を開発する。さらに、風車メンテナンス人材の確保に向けた人材育成プログラムを作成する。

以上を整理し、本事業全体のスケジュールと相互の関連および予算について図Ⅱ.2.1.1-1にまとめる。

	2013	2014	2015	2016	2017	最終目標値
10MW超級	概念設計 → FS → ●					10MW以上の超大型風車のシステム等に係る課題を抽出し、 <b>実現可能性を評価</b> する。
風車部品高度化	製作・組合試験 (中速ギア) → 実証機検証 → 評価 ● 設計・試作 (長翼ブレード) → 製作 → 試験 ● 概念設計 → プロトタイプ機実証 ● 荷重低減化技術					プロトタイプ機における開発を完了し、 <b>風車の総合効率を20%以上向上</b> する。また、小形風車の標準化においては要素部品の仕様を決定し、 <b>コストを30%以上削減</b> する。
スマートメンテナンス	メンテ実態調査、データ解析 → 故障予知技術実証 ● スマートメンテナンス技術開発 → リスク分析 故障事故・疲労解析 → CMSメンテナンス評価 ● CMS技術調査・分析 → 疲労予測 事例分析 → 装置性能評価 ● 落雷					既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、 <b>設備利用率23%以上</b> を達成する。また、雷検出装置等における所要性能の検討及び評価等に係る <b>健全性確認技術の開発</b> を行う。

年度	2013	2014	2015	2016	2017	計
事業予算 (百万円)	2,000	1,700	580	7,500*	6,320*	-

※2016年度以降「洋上風力発電等のコスト低減に向けた研究開発事業」へ統合

実績額 2013年度～2017年度：38.7億円

図Ⅱ.2.1.1-1 研究開発スケジュールと予算

## 2.1.2 研究テーマ毎の計画内容

### (1) 10MW超級風車の調査研究 (2013年度～2014年度)

調査研究には3つの個別テーマ (①全体設計、②要素技術、③発電機) がある。図

Ⅱ.2.1.2-1 に上記について、開発デバイスのイメージ、発電原理および開発項目等の実証研究の概要を図示する。

項目	全体設計グループ	要素技術グループ	発電機グループ																		
実施機関	日立製作所	産業技術総合研究所 東京大学 三重大学 風力エネルギー研究所	古河電気工業 前川製作所 産業技術総合研究所																		
実施概要	3枚翼ダウンウインド風車を詳細検討する。	2枚及び3枚翼風車の検討マトリクスを取りまとめ、特に、2枚翼風車及びCOE(Cost Of Energy)について詳細検討する。	10MW超級風車のキーコンポーネントの研究開発を行い、10MW超級風車に用いる超電導発電機の実現可能性を検証する。																		
主な調査項目	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Airfoil</th> <th>Circle</th> <th>Relative thickness(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DU-A-409-050</td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>DU97 W 300</td> <td></td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>DU91 W2 250</td> <td></td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>DU98 W 210</td> <td></td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>NACA64018</td> <td></td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>	Airfoil	Circle	Relative thickness(%)	DU-A-409-050		100	DU97 W 300		40	DU91 W2 250		25	DU98 W 210		21	NACA64018		18	<p>コスト評価</p> <p>Relative LCOE (-)</p> <p>0 4000 6000 8000 10000 12000 14000</p> <p>Rated power (%)</p> <p>2枚ブレード</p> <p>ベースライン</p>	<p>超電導発電機システム</p> <p>第1・2位巻線3Dカットモデル図</p>
Airfoil	Circle	Relative thickness(%)																			
DU-A-409-050		100																			
DU97 W 300		40																			
DU91 W2 250		25																			
DU98 W 210		21																			
NACA64018		18																			

図Ⅱ.2.1.2-1 プロジェクトの概要 実証研究

以下、3つの個別テーマ毎の研究開発項目と目標について概説する。なお、各テーマの事業年度については、前出の表Ⅱ.2.1.1-1(1)を参照。

① 全体設計 ((株)日立製作所)

世界的に中長期技術として検証が行われている、10MW以上の超大型風車のシステム等に係わる課題を抽出し、実現可能性を評価する。

表Ⅱ.2.1.2-1 研究項目と内容 (全体設計)

研究項目	内容
①設計条件の設定	当該風車が設計上想定すべき環境条件を定義する。
②概念検討	候補コンセプトのリストアップと10MW超風車に有望なコンセプトの絞り込み。
③風車概念設計	概念検討で絞り込んだ案について、概念設計を行い、成立性の検証と経済性評価を行う。
④ブレード概念設計	10MW風車用に適正なロータ直径が得られるブレードの概念設計を行う。
⑤次世代パワートレイン実現性評価	概念設計で選定した有力なパワートレインコンセプトに対して概念設計を行い、実現可能性を評価する。
⑥要素技術による発展性検討	10MW風車の経済性向上、浮体式洋上風車への適用、20MW風車の実現に向けた技術課題の抽出と対策技術の提案。

② 要素技術（(国研)産業技術総合研究所、(国)東京大学、(国)三重大学、(株)風力エネルギー研究所）

本調査研究事業では、現状の3枚翼風車をベースとした超大型化に加え、更なる発電コストの削減のために必要であると考えられる2枚翼風車ロータやその他新技術（インテリジェント・ロータ、高性能厚翼技術、ベント・ツイスト・カップリング風車ロータ技術、ナセル搭載LIDARによる風車制御高度化、等）について、日本の外部条件、ロジスティクス、運転・保守を考慮したフィジビリティスタディとコスト評価を実施し、有望な10MW 超級風車の全体像を明らかにする。また、代表的な10MW 超級風車について、更なる概念設計を実施し、詳細なコスト評価を行う。これらの評価・解析を通じ、本調査研究後の日本における次世代風車の開発と実証に向けた提言を取りまとめた。

③ 発電機（古河電気工業(株)、(株)前川製作所、(国研)産業技術総合研究所）

本調査研究では、鉄心利用超電導発電機を制作するための重要な要素技術である以下の3つのキーコンポーネントについて研究開発を行った。

- (1) 鉄心利用超電導発電機用コイルモジュール：レーストラック型の超電導コイルをコンパクトなドーナツ型真空容器に格納したものであり、鉄心の各突極の周りに配置され、超低温ガスを循環して冷却される。
- (2) 高信頼性冷却機：冷却温度 20-40K、冷却能力 1kW 級で、ナセル内に設置可能な寸法を有し、3年以上メンテナンスフリーなターボブレイトン冷凍機である。
- (3) 超電導回転子用冷媒給排装置：極低温冷媒を静止系から回転する真空容器に供給するための装置で、回転側に配置される内蔵型冷媒循環ポンプと回転・静止型熱交換器から構成される。高圧の極低温ヘリウムガスは静止系のみで循環するため、高圧の極低温冷媒に対する回転シールの問題を回避できる。

表 II. 2. 1. 2-2 10MW 超級風車の調査研究 研究開発項目と目標及び根拠

研究開発項目	目標	根拠
全体設計	世界で実現されていない10MW 超級の風車の実現を目指して、その実現可能性を評価する。	世界においては風車の大型化が進み、6～8MW 級の大型風車の開発・実証が盛んに行われており、近年では10MW 超級風車の研究が始まっている。
要素技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3枚翼水平軸風車のスケールアップ効果と課題を明らかにする。</li> <li>・2枚翼風車ロータ等の新技術について調査し、一部の技術についてシミュレーション評価を行い、その可能性と課題を明らかにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電コスト低減の為、また、洋上風力への導入を想定し、風車の更なる大型化の検討が必要である。</li> <li>・2枚翼風車はロータの質量低減等のメリットが見込めるが、大型風車での実例が少ない。</li> </ul>
発電機	10MW 超級風車に用いる超電導発電機の実現可能性を実証する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超電導技術を利用することで小形・軽量な大容量ダイレクトドライブ風力発電機を製作できる事が設計研究で示された。</li> </ul>



洋上風車に求められる経済性と高信頼性を同時に実現する高効率な中速ギアと、永久磁石同期発電機（PMG）システムを組合せた洋上向け風車開発を目的に、①ドライブトレイン（主軸、ギア、発電機）と、②ブレードの設計・製造技術を高め、風車システムとしてその実用性を確認する。

② 荷重低減化技術等（(株) ADEKA、住友重機械工業(株)、(株)ジェイテクト）

1) 高信頼性風車ブレード素材の開発

高度化された FRP 素材により、比強度及び成形速度を向上させ、ブレードの軽量化を図る。

2) 風車ドライブトレイン低速軸の変動荷重低減化技術の開発

増速機のトルクアームにアクティブダンパユニットを搭載し、ドライブトレイン系の最大荷重の抑制を図る。

3) 風車ドライブトレイン高速軸の変動荷重低減化技術の開発

高速軸に一方クラッチを搭載し、増速機の疲労荷重低減化、高速軸のスミアリング対策及び発電機の発電効率向上を図る。

③ 小形風力発電部品標準化（(国研)産業技術総合研究所、(国)三重大学、(国)金沢大学、(一社)日本小形風力発電協会）

1) 小形風力発電機用 PCS の研究開発及び実証

小形風車用 PCS の認証制度構築に向け、小形風車独特の課題を整理し、課題解決に取り組んだ。

2) 小形風力発電機用 PCS 入力モデルの確立

5kW 級の小形風車シミュレータを開発し、シミュレーションモデル AIST-RAM により 5kW 代表機の挙動を実稼働前に再現、設計にフィードバックした。また、小形風力発電機の出力急変時風モデルを構築し、小形風車用 PCS 認証のための試験風を確立させた。

3) 垂直軸風力発電機の空力弾性モデルの開発及び実証

小形直線翼垂直軸風車の空力弾性モデルの開発を行った。また、空力弾性モデルによる定常解析結果とフィールド試験により得られた風車運転データを比較し、風車回転数、主軸トルク、出力の解析結果が妥当であることを示した。

4) 水平軸型風車の空力弾性モデルの高度化

小形水平軸風車のシミュレーションモデル AIST-RAM の高度化を実施した。5kW 代表機について基本性能構造の健全性、制御パラメータなど多面的な風車特性の評価を行った。

5) 支柱を対象とした数値解析

支柱に関して、3kW 級、5kW 級、10kW 級、20kW 級代表機の風車の振動特性を数値解析により評価し、支柱の設計にフィードバックすることで、運転中の風車本体と支柱との深刻な共振や支柱の疲労破壊の発生を回避させた。

④ 小形風力発電部品実証研究（(株)安川電機、東洋電機製造(株)、(株)デンロコーポレーション、(一社)日本小形風力発電協会、内田鍛工(株)、(株)ダイナックスー共同実施：(国)北海道大学）



発電機は、低コスト化実現のために、永久磁石型発電機と受動素子（リアクトル、コンデンサ等）で構成される直流出力回路を組み合わせた新方式の発電機（以下、CCレスと称する）の研究開発と、フェライト磁石を採用したレアアースレス発電機の研究開発の2種類の発電機の研究開発を行う。

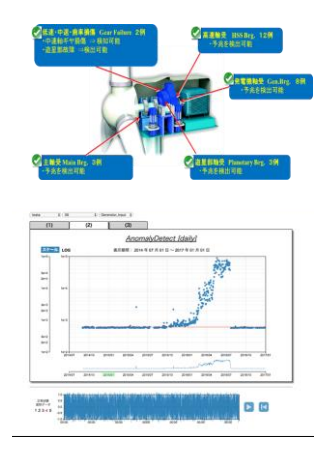
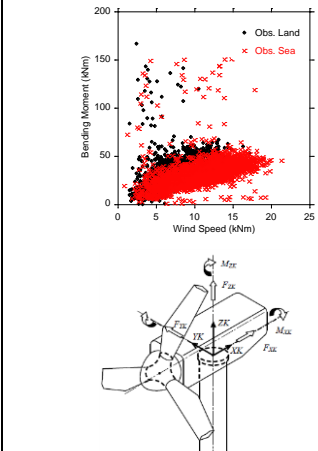
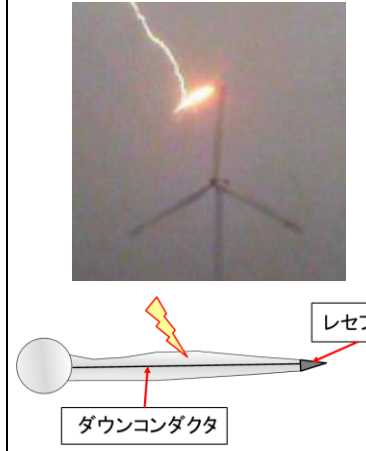
PCSは、「小形風力発電部品標準化」事業と連携し、小形風力発電特性を考慮したPCS用制御ソフトを開発し、制御ソフトを組み込んだ小形風力発電用PCSの実証を行う。また、今後の小形風力発電機の大容量化（10kW、20kWなど）に向け、複数台のPCSにより大容量の小形風力発電機の制御を実現するためのシステム設計等を行う。

支柱は、小形風力発電機は一般的に、単柱方式が大半を占めるが、10～20kWクラスにおいては、トラス構造方式によるコストダウン効果が見込まれるため、規模・敷地条件・要求性能条件・経済性を考慮し、2方式の支柱の開発設計を行い、諸荷重に対する信頼性を比較検討する。なお、本事業における研究体制として、株式会社安川電機がPCSの開発を担当し、東洋電機製造株式会社と株式会社ダイナックスは発電機の開発を担当し、株式会社デンロコーポレーションと内田鍛工株式会社は支柱の開発を担当し、一般社団法人日本小形風力発電協会はフィールド試験のデータ取得および事務局を担当する。

表Ⅱ.2.1.2-13 風車部品高度実用化開発 研究開発項目と目標及び根拠

研究開発項目	目標	根拠
中速ギア等	効率向上の評価の仕方として、メリット指数を適用し、現状のメリット指数と比較して、20%以上の向上を目指す。	メリット指数は、ブレードの発電量及び、増速機・発電機の効率を、上記部品単位重量当たりで換算したものを従前と今回開発品の比率で評価する。
荷重低減化技術等	・風車の信頼性向上及び発電量向上に資する技術を確立する。現在のMWクラス風車の設備利用率を現行比20%向上（設備利用率を20%から24%にする）させる。	個別の技術を組み合わせることにより、目標達成可能と判断。
小形風力発電部品標準化	・小形風力発電システムの主要な構成部品である「発電機」、「PCS」、「支柱」を標準化するための研究開発を行うことで、現状より30%以上のコスト削減を実現する。	部品標準化に伴うコストダウン10～20%、さらに導入量増加により30%のコストダウンが可能と試算。
小形風力発電部品実証研究	・「小形風力発電部品標準化」事業にて作成された標準仕様に基づき、「発電機」、「PCS」、「支柱」を製作し、最終的な小形風力発電システムの標準化により現状より30%以上のコスト削減を実現する。	

(3) スマートメンテナンス技術研究開発（2013年度～2017年度、2016年度～2017年度）  
 共通基盤研究には3つの個別テーマ（①リスク解析等、②疲労予測等、③雷検出装置等の性能・評価技術の開発）がある。図Ⅱ.2.1.2-3に、研究内容のイメージを示す。

	リスク解析等	疲労予測等	雷検出装置等の性能・評価技術の開発
実施機関	(国) 東京大学先端科学技術研究センター、(国研) 産業技術総合研究所、(株) 北拓、NTN(株)、SOMP O リスクアマネジメント(株)	(国) 東京大学、(一財) 日本海事協会、イー・アンド・イーソリューションズ(株)、日本精工(株)	(一財) 日本海事協会、(学) 中部大学 中部大学、電源開発(株)
事業概要	1～3ヶ月前の故障予測を可能とするメンテナンス援用利用可能なシステムに仕上げる要素技術（センサー、通信、解析技術）を開発、高度化。	1) 風車故障事故の調査 2) CMS の損傷検知手法と寿命予測手法の高度化 3) 維持管理コストモデルと信頼性評価モデルの構築	1) 風車雷被害の実態把握、雷リスクマネジメントの確立 2) 市販の雷検出装置等の性能実態整理、評価技術の開発 3) 雷撃音響タワー内検知方式の雷検出の実現可能性評価
実施項目			

図Ⅱ.2.1.2-3 プロジェクトの概要 スマートメンテナンス技術研究開発

以下、3つの個別テーマ毎の研究開発項目と目標について概説する。なお、各テーマの事業年度については、前出の表Ⅱ.2.1.1-1 (3)を参照。

① リスク解析等 ((国) 東京大学先端科学技術研究センター、(国研) 産業技術総合研究所、(株) 北拓、NTN(株)、SOMP O リスクアマネジメント(株))

本事業では各種要素部品の状態監視システム (CMS : Condition Monitoring System) で取得する風車状態データを示す各種センサ波形データの活用と関係するセンサ群の開発や分析技術、故障検知技術の開発等を通じて、メンテナンスに必要な情報収集蓄積を可能

にすることで、風車の不具合の早期検出とメンテナンス効率化に資する情報プラットフォーム・データベースの開発、最適な情報通信システム開発などを検討する。

また、国内風力発電運用実態調査では、先に述べた稼働率向上と安全な風力発電事業実現を目的として、国内風力発電事業者を対象とした O&M に関するアンケート調査、各事業者への個別ヒアリング調査により、それぞれの事業者のメンテナンスへの取り組み状況やウィンドファーム全体の稼働状況といった国内の風力発電運用の実態について関係情報の収集・分析を実施した。

さらにこれらの研究成果を適切に風力発電事業へ反映させるため、保険などへの適用性を検討し、各事業者のこれまでの事業実績、メンテナンス実績をもとに評価分析を行った。加えて、各種 SCADA データの分析も行った。

② 疲労予測等 ((国)東京大学、(一財)日本海事協会、イー・アンド・イーソリューションズ(株)、日本精工(株))

高効率な回転系(ドライブトレイン、制御機器)と非回転系(タワー等)に係るメンテナンス手法の開発に資するために、既設風車の故障事故データの収集、発生状況・要因等の分析及びメンテナンス手法の分析を行うとともに、国内外の既設風車のメンテナンス手法及び故障事故の対応策等を整理し、まとめた。

風車 CMS の製品技術や導入状況を調査するとともに、CMS 及び状態監視技術の技術基準や認証等を調査し、CMS の技術資料を取りまとめた。また、CMS 及び状態監視技術の技術基準・認証とその活用について検討した。

風車の疲労寿命予測手法を開発し、それによって得られるデータベース及び前項までで得られた各種データを用いて、CMS による風車のメンテナンスコスト低減効果を定量的に示し、風車メンテナンス手法の評価を行った。

③ 雷検出装置等の性能・評価技術の開発 ((一財)日本海事協会、(学)中部大学 中部大学、電源開発(株))

1) 我が国における風車雷被害の実態を明らかにし、雷リスクマネジメントを確立するため、発電事業者等への守秘義務契約を交わしたアンケート調査を実施した。

2) 市場にある種々の雷検出装置等の性能実態を明らかにし、その評価技術を開発するため、方式の異なる 4 種類 12 式の雷検出装置の周波数特性感度を中心に性能評価を実施した。

3) 設置の簡単な雷撃音響タワー内検知方式の落雷検出装置につき実現可能性を検討するため、国内 2 ヶ所の実風車で雷撃時音響データを収集した。

4) ブレード内のダウンコンダクタの断線位置を検出する方法を検証し、ダウンコンダクタの断線起因による重大事故の未然防止技術開発に資するとともに、落雷によるブレード内のダウンコンダクタの損傷対策として、ブレード表面へのダウンコンダクタ設置技術の検討を行った。4 つの断線検出手法を提案し、それぞれの手法の有効性を実機スケール(ダウンコンダクタ 14 m)の実験により証明した。

5) レセプタ外着雷等の異常被雷を自動的に検知するシステムを開発するため、異常被雷で発生するブレード表面伝播弾性波およびブレード内空气中伝播超音波の検知によるシステムの成立性を検証した。

6) 今回の研究結果、最新の知見・研究成果に基づく新しい雷リスクマネジメント手法を提案した。

研究開発項目	目標	根拠
リスク解析等	・国内風力発電設備利用率向上と風力発電の安定化、低コスト化を目指し、目標稼働率95%を達成していくメンテナンス技術、周辺要素技術の開発と手法の確立を目標とする。	・実施時の欧州における風車稼働率の水準と同等である。
疲労予測等	・CMS手法の信頼性並びに利用可能率を向上し、設備利用率を23%以上にする。	・風車稼働率を欧州並みの比率に向上させた場合の、設備利用率の想定割合
雷検出装置等の性能・評価技術の開発	・雷検出装置等における所要性能の検討及び雷撃後ブレードや保護システム健全性確認技術開発	・特に雷撃リスクの高い地域においては非常停止装置を施設することが新たな要件として規定され、安全を確保しつつ風力発電コストの上昇を抑制し、雷被害による風車のダウンタイムを短縮することが必要。

## 2.2 研究開発の実施体制

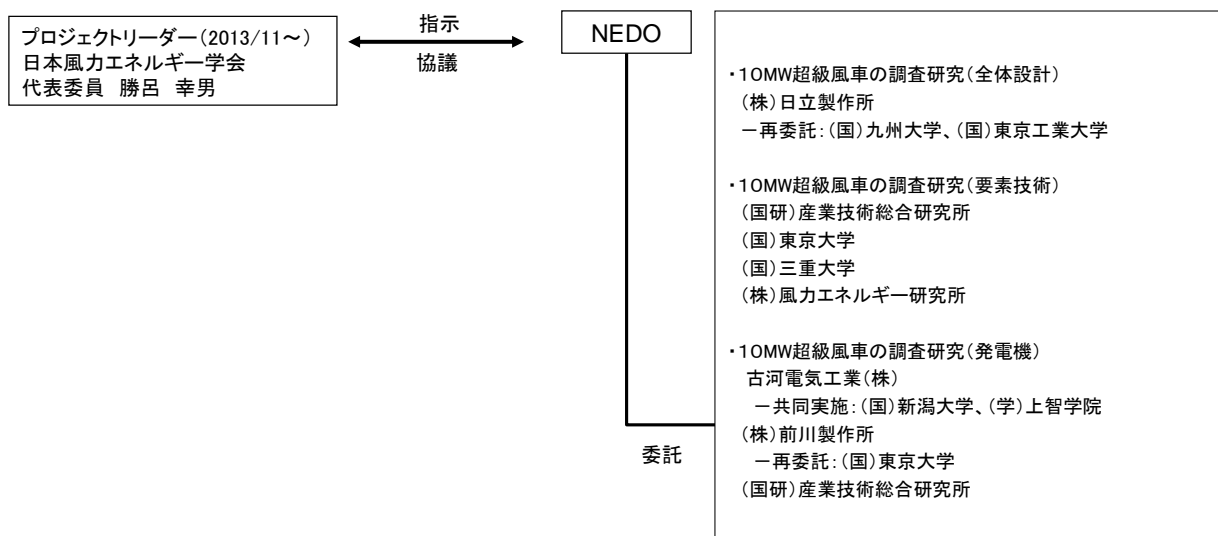
### 2.2.1 実施体制

本事業は、2013年度に公募を行い「10MW超級風車の調査研究」で3件、「風車部品高度実用化開発」で2件、「スマートメンテナンス技術研究開発」で2件、計7テーマで研究開発をスタートした。このうち、「10MW超級風車の調査研究」については2014年度で研究を完了している。

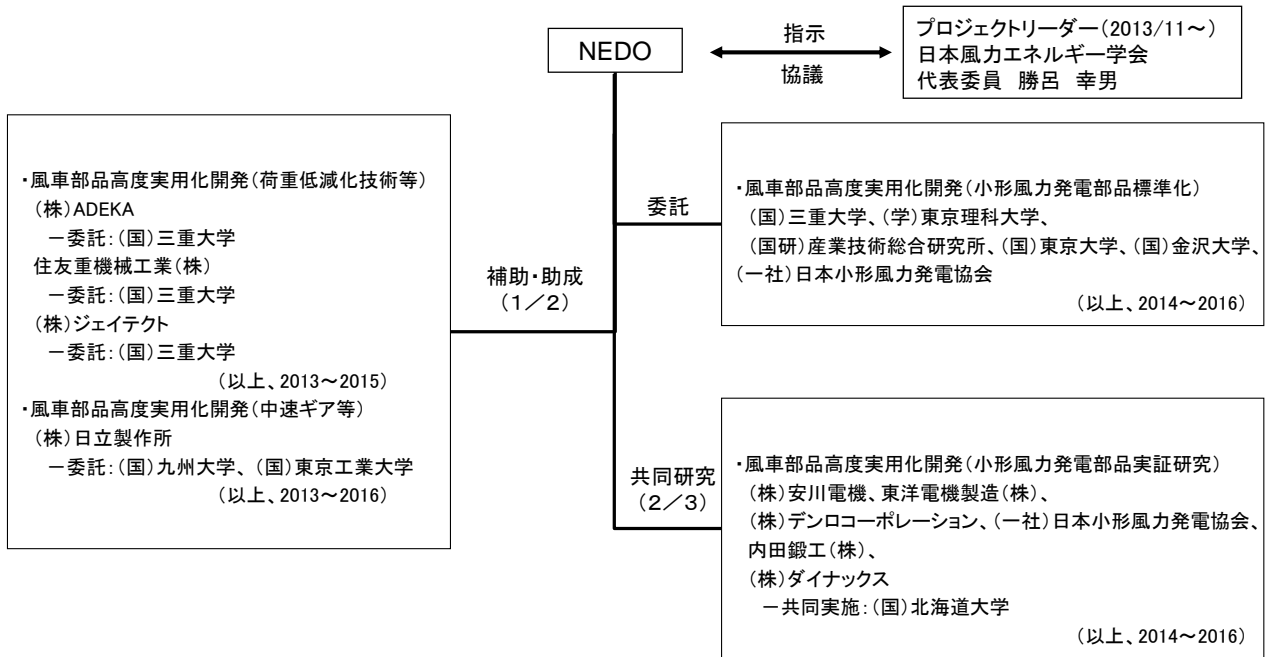
2014～2016年度には追加公募を実施し、2014年度には「風車部品高度実用化開発」で2件、2016年度には「スマートメンテナンス技術研究開発」で1件を採択している。

本事業は、2017年度末時点において、「スマートメンテナンス技術研究開発」3件を擁するプロジェクトとなっている。本事業は風車、風車部品、メンテナンスと広範囲の技術領域を含むことから、各テーマを効率的に指導しながらプロジェクト全体を推し進め十分な成果を得るため、風車全般に精通し高度の専門知識を有するプロジェクトリーダー（PL）を設置する必要があると判断し、2013年11月よりPLを設置している。

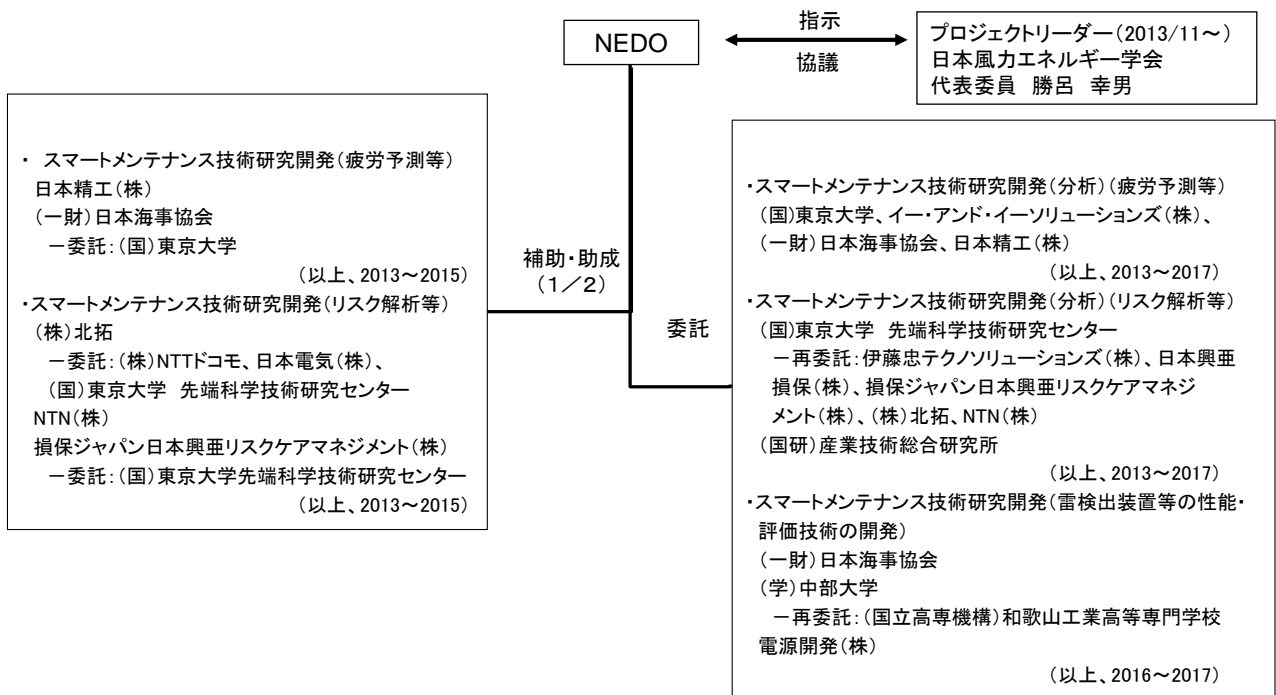
2013～2017年度までの実施体制を以下に示す。



図Ⅱ.2.2.1-1 2013～2014年度実施体制（10MW超級風車の調査研究）



図Ⅱ.2.2.1-2 2013~2016年度実施体制（風車部品高度実用化開発）



図Ⅱ.2.2.1-3 2013~2017年度実施体制（スマートメンテナンス技術研究開発）

本事業で、NEDOがプロジェクトリーダー（PL）として委嘱した（一社）日本風力エネルギー学会 代表委員 勝呂幸男氏は、風車メーカーにおける勤続経験を有し、長年にわたり風車機械工学の研究に従事され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協会主催の分科会等でも活動されており、風車に関して

非常に幅広い学識を有している。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。

## 2.2.2 主要な研究者

### プロジェクトリーダー

氏名	所属・役職	役割・研究項目
勝呂 幸男	日本風力エネルギー学会 代表委員	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

### 10MW超級風車の調査研究（全体設計）

#### <委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
株式会社日立製作所	佐伯 満	日立事業所・シニアプロジェクトマネージャー

#### <再委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人九州大学	吉田 茂雄	応用力学研究所・教授
国立大学法人東京工業大学	轟 章	理工学研究科・教授

### 10MW超級風車の調査研究（要素技術）

#### <委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立研究開発法人産業技術総合研究所	大和田野 芳郎	再生可能エネルギー研究センター・センター長
国立大学法人東京大学	荒川 忠一	工学系研究科機械工学専攻・教授
国立大学法人三重大学	伊藤 智徳	大学院工学研究科・研究科長
株式会社風力エネルギー研究所	今村 博	取締役・技術部長

#### <再委託先>

なし

### 10MW超級風車の調査研究（発電機）

#### <委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
古河電気工業株式会社	松岡 太郎	パワー&システム研究所・主査
株式会社前川製作所	町田 明登	技術研究所・所長
国立研究開発法人産業技術総合研究所	角口 勝彦	エネルギー技術研究部門・研究部門長

#### <共同実施先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人新潟大学	福井 聡	大学院自然科学研究科・准教授
学校法人上智学院	高尾 智明	上智大学理工学部・教授
国立大学法人東京大学	大崎 博之	新領域創成科学研究科・教授

### 風車部品高度実用化開発（中速ギア等）

#### <助成先>

事業者名	氏名	所属・役職
株式会社日立製作所	佐野 貴彦	自然エネルギー発電システム部・グループリーダー主任技師

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人九州大学	吉田 茂雄	応用力学研究所・教授
国立大学法人東京工業大学	轟 章	理工学研究科・教授

風車部品高度実用化開発（荷重低減化技術等）

<助成先>

事業者名	氏名	所属・役職
株式会社ADEKA	藤田 直博	機能化学品開発研究所・主任研究員
株式会社ジェイテクト	藤原 英樹	産業機械技術部・室長
住友重機械工業株式会社	岡田 真三	技術研究所

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人三重大学	前田 太佳夫	大学院工学研究科・教授

風車部品高度実用化開発（小形風力発電部品標準化）

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
学校法人東京理科大学	近藤 潤次	理工学部・准教授
国立大学法人三重大学	前田 太佳夫	大学院工学研究科・教授
国立大学法人東京大学	飯田 誠	先端科学技術研究センター・特任准教授
国立大学法人金沢大学	河野 孝昭	理工研究域サステナブルエネルギー研究センター・助教
国立研究開発法人産業技術総合研究所	仁木 栄	再生可能エネルギー研究センター・研究センター長
一般社団法人日本小形風力発電協会	進 守	事務局長

<再委託先>

なし

風車部品高度実用化開発（小形風力発電部品実証研究）

<共同研究先>

事業者名	氏名	所属・役職
株式会社安川電機	山田 達哉	インバータ事業部・部長
東洋電機製造株式会社	高木 俊晴	産業事業部・滋賀工場長
株式会社ダイナックス	竹崎 謙一	開発本部モジュール開発部・部長
株式会社デンロコーポレーション	塩出 基夫	鉄構技術本部・本部長
内田鍛工株式会社	田中 敏行	取締役技術部長
一般社団法人日本小形風力発電協会	中村 道彦	副理事長



<共同実施先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人北海道大学	小笠原 悟司	大学院情報科学科・教授

スマートメンテナンス技術研究開発（リスク解析等）

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人東京大学	飯田 誠	先端科学技術研究センター・特任准教授
国立研究開発法人産業技術総合研究所	辻井 潤一	人工知能研究センター・研究センター長

<再委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
SOMPOリスクアマネジメント株式会社	足立 慎一	リスクエンジニアリング開発部・主席コンサルタント
NTN株式会社	鈴木 克義	産業機械事業本部 CMS技術部 部長
株式会社北拓	吉田 悟	取締役・副社長
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	福田 寿	科学システム事業部 エネルギービジネス推進部・部長
日本興亜損保株式会社	松尾 栄治	公務部営業開発課・課長

<助成先>

事業者名	氏名	所属・役職
SOMPOリスクアマネジメント株式会社	足立 慎一	リスクエンジニアリング開発部・主席コンサルタント
NTN株式会社	坂口 智也	先端技術研究所・主査
株式会社北拓	吉田 悟	取締役・副社長

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
株式会社NTTドコモ	加藤 秀成	ライフサポートビジネス推進部 担当課長
日本電気株式会社	小西 寛仁	交通・公共ネットワーク事業部 主任
国立大学法人東京大学	飯田 誠	先端科学技術研究センター・特任准教授

スマートメンテナンス技術研究開発（疲労予測等）

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
イー・アンド・イーソリューションズ株式会社	池 知彦	環境事業部・グループマネージャー
国立大学法人東京大学	石原 孟	大学院工学系研究科・教授
一般財団法人日本海事協会	高野 裕文	再生可能エネルギー部・部長
日本精工株式会社	木村 啓亮	総合開発研究センター・グループマネージャー

<再委託先>

なし

<助成先>

事業者名	氏名	所属・役職
一般財団法人日本海事協会	高野 裕文	再生可能エネルギー部・部長
日本精工株式会社	木村 啓亮	総合開発研究センター・グループマネージャー

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立大学法人東京大学	石原 孟	大学院工学系研究科・教授

スマートメンテナンス技術研究開発（雷検出装置等の性能・評価技術の開発）

<委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
一般財団法人日本海事協会	赤星 貞夫	再生可能エネルギー部・次長
学校法人中部大学 中部大学	山本 和男	工学研究科・准教授
電源開発株式会社	本庄 暢之	環境エネルギー事業部 風力発電技術室・室長

<再委託先>

事業者名	氏名	所属・役職
国立高等専門学校機構和歌山工業高等専門学校	山吹 巧一	電気情報工学科・教授

## 2.2.3 知的財産取扱の考え方と運用

本事業に係る知的財産については、産業技術力強化法第19条第1項に規定する4項目およびNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権については全て本事業の参画企業・大学に帰属する。また、本事業に係る産業財産権の出願（PCT国内書面の提出を含む）又は申請を行った時は、60日以内にNEDOへ通知することを業務委託契約約款及び共同研究契約約款で定めており、NEDOにおいて本事業の知的財産の権利化動向を把握することとしている。複数の企業・大学が参画しているコンソーシアムにおいては知財運営会議を実施しており、同一の研究項目を複数の企業・大学が共同で研究開発を行う場合、共同成果としての知的財産について共同成果の持ち分および責務等の帰属の範囲を明確にし、成果の発表時期や方法および内容について協議を行うことにしている。なお、本事業における研究開発成果の取扱いについて、得られた研究成果は、NEDO、研究実施事業者とも普及に努めるものとし、知的基盤整備又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、標準化の提案等を積極的に行うものとする。

---

### ◆知的財産管理

#### ➤ 知的財産管理指針の策定

- ・特許を受ける権利の帰属
- ・大学等と企業の共有特許
- ・プロジェクト内での実施許諾

等について規定

#### ➤ 知的財産取り扱いの要点（産学連携コンソーシアムの活動例）

運営会議の設置（1回/月程度で開催）

- ・成果の発表時期、方法及び内容
  - ・コンソーシアム全体での出願、自己名義の出願
  - ・共同成果の持分及び責務等
- 

図Ⅱ.2.2.3-1 知的財産管理について

## 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他、半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

また、2013 年度から、プロジェクトの効率的な運営を図り事業全体を推進し十分な成果を得るためにプロジェクトリーダー（PL）を設置し、（一社）風力エネルギー学会代表委員の勝呂 幸男氏に PL を委嘱した。各推進委員会等においては、各事業者から研究開発の進捗状況の報告について、勝呂 PL より技術的な指導を受けるとともに、事業全体の目標達成、効率的運営等に関する助言を受けている。

### 2.3.1 NEDO が主催する報告会

風車部品高度実用化開発（荷重低減化技術等）においては、年 4 回程度の頻度で NEDO 及び PL に対する報告会を開催し、実施者の進捗を把握すると同時に PL の指導を仰ぐ機会を設け、研究開発の運営管理を実施した。以下に、これまで開催した報告会の開催実績とその内容を記す。

表Ⅱ.2.3.1.-1 荷重低減化技術等 報告会

	開催日	場所	主な議題
第 1 回	2014 年 8 月 7 日	NEDO 川崎	進捗報告、今後の実施方針
第 2 回	2014 年 9 月 19 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 3 回	2014 年 11 月 5 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 4 回	2014 年 12 月 16 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 5 回	2015 年 3 月 17 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 6 回	2015 年 5 月 21 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 7 回	2015 年 9 月 1 日	NEDO 川崎	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 8 回	2015 年 12 月 16 日	三重大学工学部	実施者毎の進捗報告、PL の技術指導
第 9 回	2016 年 4 月 19 日	NEDO 川崎	実施者毎の最終成果報告

風車部品高度実用化開発（小形風力発電部品標準化／部品実証研究）では、2015 年 4 月に、「活動報告会」を開催しており、各事業者からはそれまでの成果および今後の計画等について報告がなされ研究開発の進捗状況の確認を行っている。

以下に、これまで開催した全体会議の開催実績とその内容を記す。

表Ⅱ.2.3.1.-2 小形風力発電部品標準化／部品実証研究 報告会

	開催日	場所	主な議題
第 1 回	2015 年 4 月 22 日	世界貿易センタービルディング（浜松町） WTC コンファレンスセンター38 階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PCS ワーキングの進捗報告</li> <li>・ 垂直軸ワーキングの進捗報告</li> <li>・ 水平軸ワーキングの進捗報告</li> <li>・ 年間スケジュールの協議</li> </ul>

### 2.3.2事業者が組織する委員会等

本事業のうち、助成事業のみの風車部品高度実用化開発（中速ギア等、荷重低減化技術等）以外の各テーマについては、各事業者がそれぞれの研究開発をすすめ、その成果を取りまとめるうえで外部からの指導・協力を得るために委員会を設置している。

以下に事業者が組織する委員会について記述する。

#### (1) 推進委員会の登録委員

本事業では、各プロジェクトにおいて、助成事業を除くテーマについて推進委員会を設置している。プロジェクト毎の推進委員会の委員と所属について下記に記す。スマートメンテナンス技術研究開発においては、「雷検出装置等の性能・評価技術の開発」のテーマに関して個別に推進委員会を設置している。

表Ⅱ.2.3.1.-2 推進委員会の登録委員と所属

プロジェクト（テーマ）名	委員氏名	所属
10MW超級風車の調査研究（発電機・要素技術・全体設計）	永尾 徹	一般財団法人新エネルギー財団【委員長】
	牛山 泉	学校法人足利工業大学
	堺 浩二	新日鉄住金エンジニアリング株式会社・海洋鋼構造事業ユニットプロジェクト部
	東崎 康嘉	学校法人近畿大学理工学部機械工学科
	牧 直樹	国立大学法人東京海洋大学海洋工学部
	安田 陽	学校法人関西大学システム理工学部電気電子情報工学科
風車部品高度実用化開発（小形風力発電部品標準化／小形風力発電部品実証研究）	牛山 泉	足利工業大学
	松宮 輝	(株)HIKARUWIND.LAB
	越中 洋	電気事業連合会
	上村 敏	一般財団法人 電力中央研究所
	齋藤 祐一	一般社団法人電気安全環境研究所
	石山 卓弘	一般社団法人日本電機工業会
	佐々木 千一	一般財団法人日本海事協会
スマートメンテナンス技術研究開発（リスク解析等、疲労予測等）	牛山 泉	学校法人足利工業大学 学長
	石塚 紀雄	イオスエンジニアリング&サービス株式会社 副社長
	榊原 雅行	株式会社ユーラスエナジージャパン 工務部長兼業務・購買部長
	東崎 康嘉	近畿大学 理工学部 機械工学科 教授
	浜田 幸雄	JFEメカニカル株式会社 営業本部 開発営業部 理事
	本庄 暢之	電源開発株式会社 環境エネルギー事業部 風力事業室長代理
スマートメンテナンス技術研究開発（雷検出装置）	安田 陽	京都大学大学院 経済学研究科 再生可能エネルギー経済学講座 特任教授
	横山 茂	運輸安全委員会委員

等の性能・評価技術の開発)	植松 憲司	共立リスクマネジメント株式会社 リスクエンジニアリング・グループ
	高木 晋洋	株式会社ユーラステクニカルサービス 国内設備運用管理部 部長
	村田 直人	三菱重工業株式会社 エネルギー・環境ドメイン 再生エネルギー事業部 陸上風車部 技術グループ グループ長

## 2.4 研究開発成果の実用化・事業化<sup>\*</sup>に向けたマネジメントの妥当性

本事業では、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、プログラム基本計画の変更、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。

事業全体の目標を達成し成果の実用化・事業化を図るため、研究開発成果のうち共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有した後、NEDO及び実施者が協力して普及に努めている。

本事業において得られた研究成果は、①NEDO、研究実施事業者とも普及に努めるものとし、②知的基盤整備又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、標準化の提案等を積極的に行う。③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、すべて実施事業者等に帰属することとする。

### 3. 情勢変化への対応

本事業は、東日本大震災により再生可能エネルギーへの社会的注目・関心が大きくなる中、2013年度に公募を行い「10MW超級風車の調査研究」で3件、「風車部品高度実用化開発」で2件、「スマートメンテナンス技術研究開発」で2件、計7テーマで研究開発をスタートした。政策的意向も反映しつつ、2014年度には追加公募を実施し、新たに「風車部品高度実用化開発」2件、2016年度には「スマートメンテナンス技術開発」1件の計3件を追加採択している。

2015年2月に経済産業省において「発電用風力設備の技術基準の解釈」改正がなされ、落雷のリスクの程度に応じて「雷撃から風車を保護する措置」を行うことが義務付けられたことを受け、スマートメンテナンス技術研究開発において「雷検出装置等の性能・評価技術の開発」のテーマを実施した。

昨今、経済産業省では中長期のエネルギー政策である「第5次エネルギー基本計画」をまとめ、エネルギー供給の多角化や電源構成におけるエネルギーミックスについて新たな数値目標がまとめられた。今後も、こうした政策動向を注視し関係省庁との連携を維持しながら情勢変化に対し柔軟に対応する。

表Ⅱ.3-1 動向・情勢変化の把握と対応

情勢	対応
・2015年2月に経済産業省が「発電用風力設備の技術基準の解釈」を改正。落雷リスクの程度に応じて、「雷撃から風車を保護する措置」を行うことを義務付け。	・ <a href="#">2016年度よりスマートメンテナンス技術研究開発において雷撃を検知する装置の性能評価を実施し、落雷による風車の停止(ダウンタイム)の低減を図る事業を実施。</a>



#### 4. 評価に関する事項

「風力発電高度実用化研究開発」については、2013年2月のNEDOの事前評価において、NEDOが主導して実施する事の妥当性について評価され、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、外部有識者による事後評価を平成30年度に実施する。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。

尚、基本計画において、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、外部有識者による事後評価を平成30年度に実施するとしている。

### 3. 研究開発成果について

#### 1. 事業全体の成果

基本計画に定めたプロジェクトの目的や目標に対応した、事業全体の成果について記載する。

本事業は、「10MW超級風車の調査研究」、「風車部品高度実用化開発」、および「スマートメンテナンス技術研究開発」の3つの研究開発項目で実施しているが、各研究開発項目についてそれぞれに目標設定を行っている。研究開発項目に関する目標と達成状況について、下表に記す。（表Ⅲ.1-1）。

表Ⅲ.1-1 個別研究開発項目の目標と達成状況

#### ◆個別研究開発項目の目標と達成状況

	目標	成果	達成度	今後の課題
(1) 10MW超級	10MW以上の超大型風車のシステム等に係る課題を抽出し、実現可能性を評価する。	3枚ブレードダウンウインド風車の詳細検討を行い、10MW風車の実現可能性及び次世代の有望な要素技術を示した。	◎	・10MW超級風車の開発
(2) 風車部品高度化	プロトタイプ機におけるフィールド試験を完了し、風車の総合効率を20%以上向上する。	・プロトタイプ機のフィールド試験を行い、ブレード、ドライブトレインの軽量化等により、風力発電の総合効率20%以上改善が可能となった。	◎	・風車の販売
	小形風車の標準化においては要素部品の仕様を決定し、コストを30%以上削減する。	・PCS、発電機、支柱の標準化、実証に取り組み、現行品よりも30%コストダウン可能であることを確認。	△	・コスト低減 ・小形風力の規格の整備
(3) スマートメンテナンス	既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、設備利用率23%以上を達成する。	・故障予知の技術を開発し、欧州並みの利用可能率95%以上、設備利用率23%以上の実現が可能であることを示した。 ・落雷検出装置が正確に風車への雷撃を捕捉するために必要な性能を整理し、接地システムの健全性を確認する手法を確立。	○	・成果の社会実装

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

風車部品高度実用化開発においては、「中速ギア等」にて開発したスレンダーブレード、中速ギアドライブトレイン等を風車実機に載せ替え、グローバル市場に向けた風車としての実用化の目途を付けたことから、大幅な達成となった。その他の研究開発項目においても、課題はありつつも事業化・実用化に向けた取組を進めており、目標達成に適っていると判断できる。これらの研究開発で得られた成果は、今後の風力発電産業に大きな貢献をするものと期待される。（図Ⅲ.1-2）。

## ◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

	目標	達成状況	意義
(1) 10MW超級	10MW以上の超大型風車のシステム等に係る課題を抽出し、実現可能性を評価する。	3枚ブレードダウンウインド風車の詳細検討を行い、10MW風車の実現可能性及び次世代の有望な要素技術を示した。	10MW超級風車の実現可能性を示したことにより、国内での大型風車の開発が促進され、5MW級ダウンウインド風車の開発につながった。
(2) 風車部品高度化	プロトタイプ機におけるフィールド試験を完了し、風車の総合効率を20%以上向上する。また、小形風車の標準化においては要素部品の仕様を決定し、コストを30%以上削減する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトタイプ機のフィールド試験を行い、ブレードドライブトレインの軽量化等により、風力発電の総合効率20%以上改善が可能となった。</li> <li>・PCS、発電機、支柱の標準化、実証に取り組み、現行品よりも30%コストダウン可能であることを確認。</li> </ul>	部品の総合効率の向上、荷重低減、標準化により、低風速地域等における発電量確保、日本特有の台風・乱流等における風車の安全性を高め、設備利用率の向上につながった。
(3) スマートメンテナンス	既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、設備利用率23%以上を達成する。	・故障予知の技術を開発し、欧州並みの利用可能率95%以上、設備利用率23%以上の実現が可能であることを示した。	スマートメンテナンスの取り組みにより、故障予知によるメンテナンス手法を普及させ、合理的なメンテナンスを行う手法を認知させた。

図Ⅲ.1-2 プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

## 2. 研究開発項目毎の成果

### ◆各個別テーマの成果と意義

個別テーマの成果例

#### (1) 10MW超級風車の調査研究

テーマ1	目標	達成状況	意義
全体設計 (2014年度終了)	世界で実現されていない10MW超級の風車の実現を目指して、その実現可能性を評価する。	10MW風車、ブレード等の概念設計を実施し、仕様を作成した。20MW風車や浮体式洋上風車への発展性と課題を整理した。	洋上向け大型風車の概念設計により、ハイブリッドスパー浮体型洋上風力の開発を加速させた。
テーマ2	目標	達成状況	意義
要素技術 (2014年度終了)	・3枚翼水平軸風車のスケールアップ効果と課題を明らかにする。 ・2枚翼風車ロータ等の新技術について調査し、一部の技術についてシミュレーション評価を行い、その可能性と課題を明らかにする。	3枚翼をベースとした現状技術の延長で、10MW超級の超大型化における発電コスト削減効果の可能性を見出した。ティータリングハブと先進的な制御技術の適用等により2枚翼のCOE低減の可能性を示した。	3枚翼10MW風車の発電コスト削減効果を示し、洋上風力向け大型風車の研究開発を加速させた。
テーマ3	目標	達成状況	意義
発電機 (2014年度終了)	実海域における実証研究のためのFSを完了し、FSの結果に基づき実証研究の実現可能性を示す。	10MW超級風車に用いる超電導発電機コンポーネントの設計・試験による検討を行い、超電導発電機搭載風車の実現可能性を示した。	従来型発電機と比較し大幅な軽量化が可能な発電機の実現可能性を示した。

図Ⅲ. 2-1 各個別テーマの成果と意義(1)

### ◆各個別テーマの成果と意義

個別テーマの成果例

#### (2) 風車部品高度実用化開発

テーマ4	目標	達成状況	意義
中速ギア等 (2016年度終了)	単体試験と実証試験による総合効率20%向上	長翼ブレードの開発、ドライブトレインの軽量化等により、風力発電の総合率20%以上改善した。	低風速域でも安定した発電量を確保する風車の開発につなげた。
テーマ5	目標	達成状況	意義
荷重低減化技術等 (2016年度終了)	風車の信頼性向上及び発電量向上に資する技術を確立する。以下の技術を合わせることで、現在のMWクラス風車の設備利用率を現行比20%向上させる。	従来よりも1.5倍以上高強度なFRPを成形し、ブレード重量の14%の軽量化、また風車ドライブトレインの荷重低減効果を確認し、平均的な設備利用率20%から21~23%程度にまで向上することが期待できる事を確認。	日本特有の台風や複雑地形における乱流等が発生する地域において風車の安全性を高める技術を開発した。

図Ⅲ. 2-2 各個別テーマの成果と意義(2)

## ◆各個別テーマの成果と意義

### 個別テーマの成果例

#### (2) 風車部品高度実用化開発

テーマ 6	目標	達成状況	意義
小形風力発電部品標準化 (2016年度終了)	小形風車の標準化においては要素部品の仕様を決定し、コストを30%以上削減する。	PCS、発電機、支柱の標準化に取り組み、現行品よりも30%コストダウン可能であることを確認。	乱立する小形風車の仕様の標準化を進め、規格等に反映させた。

テーマ 7	目標	達成状況	意義
小形風力発電部品実証研究 (2016年度終了)	「発電機」、「PCS」、「支柱」を製作し、実証試験にて得られたデータを「小形風力発電部品標準化」事業へフィードバックし、現状より30%以上のコスト削減を実現する。	「発電機」、「PCS」、「支柱」を製作し、実証試験を実施。「小形風力発電部品標準化」にフィードバック。	「発電機」、「PCS」、「支柱」について、より低コストな部品の標準化につながった。

図Ⅲ. 2-3 各個別テーマの成果と意義(3)

## ◆各個別テーマの成果と意義

### 個別テーマの成果例

#### (3) スマートメンテナンス技術研究開発

テーマ 8	目標	達成状況	意義
リスク解析等 (2017年度終了)	既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、設備利用率23%以上を達成する。	稼働中の風車において、1～3ヶ月前に故障予測可能なAI等を用いた故障予知技術を開発し、風車稼働率95%が可能で、設備利用率23%実現が可能と確認。	統計データによる故障予知技術により欧州並みの95%の風車稼働率が可能であることを示し、設備利用率の向上につなげた。

テーマ 9	目標	達成状況	意義
疲労予測等 (2017年度終了)	既設風車による実証試験を完了し、メンテナンスシステムを確立するとともに、設備利用率23%以上を達成する。	風車の故障事故情報等を基に、可動部分の部品の疲労寿命を予測する手法を開発し、合理的な部品調達管理により設備利用率23%実現が可能と確認。	合理的な予備品の調達稼働率向上に貢献することを示し、設備利用率23%以上の実現可能性を示した。

テーマ 10	目標	達成状況	意義
雷検出装置等の性能・評価技術の開発(2017年度終了)	雷検出装置等における所要性能の検討及び評価等に係る健全性確認技術の開発を行う。	落雷検出装置が正確に風車への雷撃を捕捉するために「明示すべき性能」と「具備すべき性能(冬季雷地域とそれ以外の地域に分けて整理)」を整理し、接地システムの健全性を確認する手法を確立。	日本特有の冬季雷等に最適な雷検出装置の仕様等を示し、新たな雷リスクマネジメントの手法を提案した。

図Ⅲ. 2-4 各個別テーマの成果と意義(4)

## 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

### 1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

本事業は、「10MW超級風車の調査研究」、「風車部品高度実用化開発」および「スマートメンテナンス技術研究開発」について研究開発を行っている。そのうち、共通基盤研究は調査研究であるので、研究開発成果の実用化・事業化に向けた取り組みが必要となるのは、「実証研究」と「要素技術開発」になる。

まず、以下に「実証研究」と「要素技術開発」における、実用化・事業化の定義を記す。

#### (1) 風車部品高度実用化開発

当該研究開発に係る要素技術、デバイス(装置)などが事業会社の事業責任部門に移管され、量産化に向けた開発が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る要素技術、製品等の販売(ライセンスを含む)や利用することにより、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

#### (2) スマートメンテナンス技術研究開発

当該研究開発に係る要素技術、デバイス(装置)などが事業会社の事業責任部門に移管され、量産化に向けた開発が開始されることを言う。

風車部品高度実用化開発にて実施した中速ギア、荷重低減化等の実用化・事業化における初期市場としては、日本国内の市場が考えられる。我が国の厳しい気象条件や低風速地域の中で長時間、安定的に発電事業を行うためには、風車の信頼性向上が求められる。ダウンウインド型風車の特徴を生かし、中速ギア等にて開発した長翼ブレード、中速ギアドライブトレイン等について、国内のウィンドファーム等への導入が想定される。

中速ギア等において、5MW級風車の部品高度化を実施した(株)日立製作所は、2018年4月に台湾の彰化洋上風力発電プロジェクト向け5.2MW風力発電システム21基を受注し、5MW風車の海外での受注に成功した。今後はこれを足掛りに海外市場に進出する戦略を立てており、更なる成果の事業化が進むことが期待される。

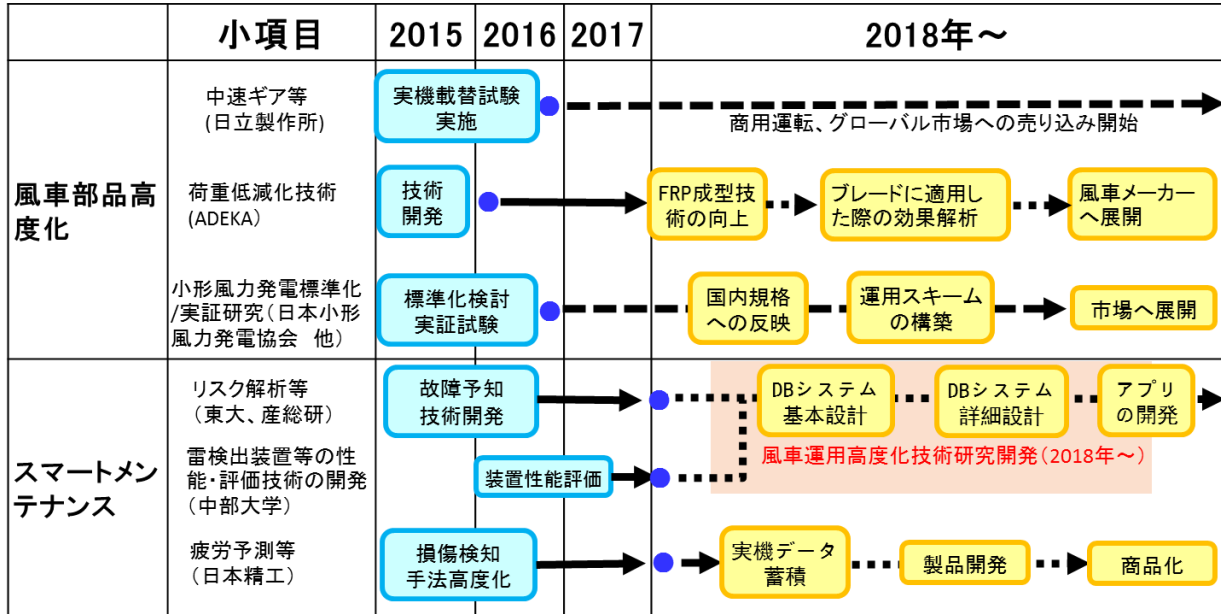
また、スマートメンテナンス技術開発の成果を社会実装化させる為の取り組みとして、2018年度より風車運用高度化技術研究開発を新たに実施している。この事業は、風車の運用データ等を収集・蓄積可能なデータベースシステムを構築し、スマートメンテナンス技術研究開発で開発した人工知能(AI)等を用いた故障予知技術を広く利用してもらう為の基盤システムの開発を目指すものである。

一方、荷重低減化技術等において開発したブレード素材についてはFRP成形技術の向上やブレードに適用した際の効果解析等を風車メーカーと共同で実施しながら、今後の事業化に向けた取組を進めている。また、小形風力発電部品標準化の成果については、系統接続に必

要な要件を整備し、国内 JIS 規格等に標準化した仕様を反映させ、小形風力発電の運用スキーム等の検討を通じ、ニーズのある市場に展開していく方針である。

### ◆実用化・事業化に向けた具体的取り組み

●:最終目標



図IV.1-2 実用化・事業化に向けた取り組み