

**次世代風力発電技術研究開発
(基礎・応用技術研究開発)**

(中間評価)

**平成22年3月
新エネルギー技術開発部**

はじめに

現在、世界に導入されている風車は主に欧州の風条件をもとにしたIEC 基準等の国際規格に基づいて設計されている。しかし、我が国においては、特有の気象・地形条件が原因とされる「台風（強風）」、「高乱流」及び「落雷」により風力発電設備が受ける被害の増大が指摘されている。我が国の風力発電サイトはIEC 基準ではクラスS（設計者が仕様を定める）となる地域が多く、このクラスの風特性モデルが存在しないことが我が国における風力発電事業のリスク要因となっていると考えられている。このため、我が国の風車立地条件に適した風特性モデル（以下、複雑地形風特性モデル）を開発し、信頼性の高い風力発電の導入を図っていく必要がある。

また、開発した複雑地形風特性モデルをIEA RD&D WIND（以下、IEA）などの国際共同研究活動を通じて世界的な認知を得たうえで国際規格に反映することは、我が国の風力発電導入を拡大するとともに、類似の環境を有するアジア地域などに風力発電を導入する際にも活用されることが期待され、もって我が国産業の国際競争力確保に資すると考えられる。

さらに、近年の風力発電機の大型化や洋上用超大型風車の導入に向けて、高々度（>50m）での風況精査の重要性が高まっている。マルチメガワット風車導入の際の適切な事業計画や事業リスクを定量的に評価するためには、リモートセンシング機器等を活用したコストを抑えた精度の高い観測手法の確立が必要である。

そこで、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、我が国の風力発電導入拡大を目的に、平成20年度から平成24年度までの5カ年計画で、「次世代風力発電技術研究開発（基礎・応用技術研究開発）」を実施してきた。

本書は、平成21年度末本事業の研究開発の中間評価のため、以下の外部有識者からの意見聴取を行い、事業の評価として取りまとめたものである。

評価委員メンバー表

区分	氏名	所属	役職
委員長	牛山 泉	足利工業大学	学長
委員	高見佳宏	電気事業連合会	部長
〃	長井 浩	日本大学	准教授
〃	勝呂幸男	日本風力エネルギー協会	副会長
〃	祓川 清	(株)ユーラスエナジージャパン	取締役社長
〃	斉藤哲夫	日本風力発電協会	企画室長

新エネルギー技術研究開発／次世代風力発電技術研究開発(基礎・応用技術開発) 中間評価

● **研究開発期間**：平成20年度～平成24年度

● **プロジェクトの概要**：本事業は、我が国の風条件に適合する風特性モデルの開発とそれを応用した技術開発を行うことを目的として、独立行政法人産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 ターボマシングループ 研究員 小垣 哲也氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。

【研究開発の目的】

我が国の風力発電導入拡大を目的に、我が国特有の外部条件に適した風車設計を容易に行えるよう基礎・応用研究を行うとともに、高々度での風況観測を容易にするため、リモートセンシング技術を確立する。

【研究開発の具体的内容】

(1) 基礎研究

外部条件データの体系化：複雑地形における高所の高精度風況観測と風力発電設備に作用する応力を同一サイト内で同時に計測し、応用研究に必要とされるデータの収集・解析を行う。また、この計測データを活用して、応用研究で利用される数値流体力学(CFD)技術及び風洞実験技術の精度と信頼性の向上を図る。

(2) 応用研究

① 複雑地形風特性モデル／風車の規格：基礎研究によって得られたデータを活用し、複雑地形に起因する風特性の解析・評価を行うことにより、汎用的な複雑地形風特性モデルの開発・検証を行う。最終的に、我が国の風車立地条件に適した耐風設計等を行うための具体的な風車の設計規格を策定する。

② 高々度風況観測技術：高所での高精度風況観測とドップラーソーダ(音波レーダ)・ライダー(レーザーレーダ)などのリモートセンシング機器との観測結果を比較することにより、これらリモートセンシング機器の精度検証・評価を行い、観測手法を確立する。

③ IEC規格への提案：①の研究結果をIEAの基礎情報技術交換に提案し、国際的な認知を得た上で、我が国の気象・地形条件に適した新しい規格をIECに提案する。

● **プロジェクトの中間目標及び達成度**

中間目標	研究開発成果	達成度
(1) 基礎研究 複雑地形における高所の高精度風況観測を行い、応用研究に必要とされるデータの収集・解析を行う。また、この計測データを活用して、応用研究で利用される数値流体力学(CFD)技術及び風洞実験技術の精度と信頼性の向上を図る。	① 複雑地形における風特性の精査 実際の複雑地形風計測地点として、H20年度末、鹿児島県いちき串木野の複雑地形サイトを選定し、約60mの計測マスト2本を設置した。H21年度は、これらの計測マストにIEC61400-12-1(Ed.1)において規定されている信頼性の高いキャリブレーション手法で校正されたカップ式風速計を加え、高精度かつ信頼性の高い計測手法で計測を行い、複雑地形における厳しい風特性を詳細に調査・解析を実施した。 ② 複雑地形CFDシミュレーション及び風洞実験技術の高度化 実際の複雑地形における風計測地点の10mメッシュ標高データに基づく複雑地形流れのシミュレーションを実施した。ここでは、CFDシミュレーション技術の高度化のため、計算格子解像度の影響評価、流入条件の検討等を実施した。また、同じ地形データを用いた風洞実験模型を製作し、制御された条件での乱流境界層を流入させた風洞実験も併せて実施した。ここでは、風洞実験技術の高度化のため、流入乱流境界層の制御、限界流線可視化手法等を実施した。	◎
(2) 応用研究 ① 複雑地形風特性モデル／風車の規格：1年間のデータ取得により、複雑地形風特性の基礎モデルの構築を完了する。	① 複雑地形風特性モデルの開発・検証 実際の複雑地形(鹿児島県いちき串木野市及び高知県大月町)において、MEASNET(IEC 61400-12-1)に準拠した信頼性の高い計測仕様及び風速計を用いて高所の計測を開始し、データを取得した。また、NEDOの風力FTデータ及び日本型風力発電ガイドラインデータを詳細に解析し、日本の代表的な風力発電候補地域の厳しい乱流強度特性を明らかにした。この厳しい乱流特性を反映するため、2段階の修正レベルを想定した複雑地形風特性モデル(NTM)の素案を開発した。また、風車後流モデルの検証のため、風洞実験を実施し、流入風の乱流強度が大きくなるに従い、風車後流と後流外との混合が促進され、短い下流方向距離で風速が回復し、また乱流強度分布の均一化が進むことを確認した。	○
② 高々度風況観測技術：IEA活動による海外の研究開発内容の精査等を行ったうえで我が国の気象・地形条件に適したリモートセンシング観測機器及び精度検証試験の仕様(手法)を定める。	② リモートセンシング技術の精度・信頼性調査 風速のリモートセンシング機器の精度・信頼性について、文献調査を行うとともに、H22年度実施予定の実計測を前倒して実施し、予備的計測として高知県大月町のサイトを選定し、SODARの信頼性評価のため、SODARとカップ式風速計との風速差を解析した。その結果、複雑地形においては気流の非一様性に起因する誤差の影響が大きいかを把握した。複雑地形が国土の多くを占める日本においては、風力発電分野におけるリモートセンシング技術として、2つの手法(ハイスタティック手法及びCFDを援用した補正手法)を定めた。	○
③ IEC規格への提案：IEC規格化へ向け、IEAの基礎技術情報交換において、複雑地形風特性モデルの開発を提案する。	③ IEA Wind実施協定への参画・成果発信 IEA風力国内委員会を設置し、研究開発の国内取りまとめ体制と国際発信の体制を整備した。特に、複雑地形風特性モデル開発、リモートセンシング技術の調査・検討、IEA Windの各種Taskミーティングの途中経過を報告した。また、IEA Wind Task 11のTopical Expert Meeting (TEM) on "Wind conditions for wind turbine design"を2010年に日本で開催することを提案し、これが受け入れられ、2010年第4四半期に開催されることとなった。この機会を利用して、厳しい風特性・気象条件の評価結果、それらを反映した風特性モデル素案を報告し、この分野におけるエキスパートからのコンセンサスを得ることとする。	△

【評価】 ◎：達成、○：ほぼ達成、△：達成見込み、×：達成は困難

新エネルギー技術研究開発／次世代風力発電技術研究開発(基礎・応用技術開発) 評価結果反映書

● 総論

	肯定的な指摘点	問題点・改善すべき指摘点	対処方針	計画等への反映
総合評価	<p>本事業は、我が国の風力発電導入拡大を目的に、我が国特有の外部条件に適した風車設計を容易に行えるようにするため、基礎研究として外部条件データの体系化のためデータの収集・解析、数値流体力学(CFD)技術及び風洞実験技術の高度化を行い、また、応用研究として複雑地形風特性モデルの開発、それに対応した風車の設計規格の策定、高高度風況観測技術手法の確立、および、これら研究結果のIEC規格への提案を掲げ、順調に研究を進めており、全体として中間目標はクリアしている。</p> <p>現在の風車の国際規格は、主に欧州の風条件を基準の作成されたものであり、欧州と比較して平地が少なく複雑な地形が多い日本ではより厳しい風条件である結果も収集・解析されており、後半の研究では更なる成果が期待される。</p> <p>風力発電は、2009年には全世界で158GWが導入され、再生可能エネルギーとして最も期待されている。本事業における基礎・応用研究は、風力発電の導入エリアを拡大させ、国内風車産業の優位性を生み出す可能性の技術である。このような基盤研究の構築・確立は、我が国の民間企業のみでは到底達成できない分野であり、産学官が役割分担して本事業を実施する意義は高い。</p>	<p>本事業の中には、日本単独では実現が困難なものもあり、欧米の研究者との情報交換や連携も重要である。そのため、世界の趨勢をよく見極め、テーマの絞り込み、予算の集中など、柔軟に軌道修正を行っていく必要がある。【1】</p> <p>また、本事業の最終目標がわかりにくい。スケジュールを詳細にして、予定と成果を明確に示してほしい。【2】</p> <p>なお、研究テーマの一部には、NEDOの他事業の調査成果も有効に利用すれば、より良い成果が期待できる。【3】</p>	<p>【1】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞り込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p> <p>【2】本事業後半である平成22年度以降の実施計画作成において、各項目毎に現状(これまでの成果)と今後について明記する。スケジュールを詳細化し、予定と成果目標を明確にする。</p> <p>【3】指摘のあった他事業も含めて、有効利用ができれば、より良い成果が期待できる。【3】</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p> <p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p> <p>特に計画への反映はしない。</p>

	肯定的な指摘点	問題点・改善すべき指摘点	対応方針	計画等への反映
事業の位置付け・必要性	<p>本事業は、数値流体力学(CFD)技術及び風洞実験技術の高度化を行い、複雑地形風特性モデルの開発、それに対応した風車の設計規格の策定、さらにはこれら研究結果のIEC規格への提案を掲げており、また、リモートセンシング技術を利用した新たな高高度風況観測技術手法の確立など、我が国の風車産業を後押しする重要な基礎的、基盤的研究である。特に、現在の風車の国際規格が、主に欧州の風条件を基準の作成されたものであり、欧州と比較して平地が少なく複雑な地形が多く、台風が来襲する我が国ではより厳しい風条件が予測され、これらの外部条件を反映した新たな風特性モデルを開発することは、我が国の風力発電導入拡大はもとより、世界の同様な条件下の地域への風力発電導入へも貢献できるものである。このような基盤研究の構築・確立は、我が国の産学官が協力して取り組むことが必要で、この意味で本事業は、エネルギーイノベーションプログラム・環境安心イノベーションプログラムの趣旨に合致しており、NEDOの事業として妥当と判断できる。</p>	<p>風力発電関連の研究開発では欧米がリーダーシップを取っており、海外に比べて規模が小さく、この分野の我が国の優位性をどこまで確立できそうか、若干心もとなく思われる。我が国は、複雑地形や台風等の厳しい外部条件下でのデータを多く持つことから、それらに係わる情報を世界に発信し、かつまた同様な外部条件下世界の研究者と協調して、これら研究に当たる必要がある。【4】</p>	<p>【4】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p>
研究開発マネジメント	<p>適切なプロジェクトリーダーのもと、研究開発マネジメントはおおむね適正に行われている。開発目標は世界をリードするに相応しいもので、中間目標はほぼ達成されている。事業体制も妥当であり、計画の見直しも適切になされている。</p>	<p>一方で、最終目標がやや不明瞭であり、研究開発目標と計画の妥当性にやや不安が残る。研究期間内にどこまで達成するかについて、現実的な視点からの見直しが必要と思われる。【5】</p> <p>研究開発テーマの一部には、NEDOの他事業の調査(風力発電設備故障・事故調査)結果も有効に利用すれば、より良い成果が期待できる。【6】</p>	<p>【5】本事業後半である平成22年度以降の実施計画作成において、各項目毎に現状(これまでの成果)と今後について明記する。スケジュールを詳細化し、予定と成果目標を明確にする。</p> <p>【6】指摘のあった他事業も含めて、有効利用ができれば、有効利用が促される他事業からのデータの活用を促す。</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p> <p>特に計画への反映はしない。</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">研究開発成果</p>	<p>現時点で成果を問うのは、やや時期尚早であるが、研究開発テーマの一部では十分解析が進んでいるものもあり、具体的成果は中間目標をほぼ達成している。特に、複雑地形風特性モデルの開発では、我が国特有の厳しい風条件を反映できる解析が進んでおり、新たな風車設計の規格への貢献できるもので、今後の発展が期待される。世界の風力発電関連学会等への論文発表など成果が公開され、順調に見える。</p>	<p>ただし、得られた成果(モデル、手法等)については、その妥当性あるいは他の競合技術と比較した場合の優位性に関して具体的に検証することが必要である。【7】</p> <p>また、従来は、事業途中での情報公開は少なかったが、今後は、研究開発の進展に伴い、風力発電関係者に有益と思われる情報であれば、積極的に公開を行い、研究開発の成果示していただきたい。【8】</p>	<p>【7】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p> <p>【8】風力発電関連学会等での発表、学術誌や専門誌への投稿、新聞等への成果発表などを通じて、一般への情報提供を促進していく。</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p> <p>特に計画への反映はしない。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">実用化・事業化の見通し</p>	<p>風特性モデルと風況観測手法に関わる基盤研究の構築・確立は、我が国の産学官が協力して取り組むことが必要であり、進捗の状況から判断して大きな波及効果も期待できる。</p>	<p>現段階では、より基礎的な知見の蓄積を目指して、独自の実用化の方向を探るべきであろう。先端分野であり、現行の出口イメージで十分である。しかしながら、我が国の厳しい外部条件を反映した風特性モデルをIECへ提案する目標があり、その実現には同様な外部条件下の世界の研究者との議論や協調も必要である。【9】</p> <p>一方、実用化に際しては、開発された成果(モデル、手法)を他の競合技術と冷静に比較して、妥当性、優位性及び問題点を明確にすることが必要である。【10】</p>	<p>【9】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p> <p>【10】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p> <p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">今後に対する提言</p>	<p>基礎研究として外部条件データの体系化のためデータの収集・解析と数値流体力学(CFD)技術及び風洞実験技術の高度化、また、応用研究として複雑地形風特性モデルの開発、それに対応した風車の設計規格の策定、高高度風況観測技術手法の確立、および、これら研究結果のIEC規格への提案を進めているが、それぞれ中間目標をクリアしており、最終目標達成に向けた研究開発の続行が強く望まれる。【11】</p>	<p>【11】IEA WIND等の活動を通して、関連する世界の技術動向を見極め、競合技術への優位性を検証し、優位性のある「基盤技術の確立」を重視して、これまでの進捗を踏まえて、テーマの絞込み、予算の集中等の軌道修正を行う。修正の内容を平成21年度中に決定し計画に反映する。(実施に当たっては、指摘点【4】【5】【6】【7】【8】を踏まえる。)</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p>
	<p>しかしながら、事業の最終目標がわかりにくので、現状(これまでの成果)を再考し、今後の方向性を決定すべきである。誰にでもわかりやすいように、スケジュールを詳細化し、各項目毎予定と成果目標を明記することが重要である。【12】</p>	<p>【12】本事業後半である平成22年度以降の実施計画作成において、各項目毎に現状(これまでの成果)と今後について明記する。スケジュールを詳細化し、予定と成果目標を明確にする。</p>	<p>平成22年度以降の実施計画、平成22年度以降の実施方針へ反映。</p>