

「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業
/独立電力系統地域における寒冷地気候に対応した
風力発電システム実証」

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、国際部
-----	--

—目次—

本紙	I-3
用語集	I-9

事業名	国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業		
実証テーマ名	独立電力系統地域における寒冷地気候に対応した風力発電システム実証事業	プロジェクト番号	P93050
担当推進部／PM、PTメンバー	新エネルギー部 大西康志(PM)、伊藤正治、梯昌二(平成 27 年 10 月から)、佐々木淳(平成 28 年 5 月末まで)、 国際部 幸本和明(SPM)、酒井文嗣(平成 27 年 1 月から)、山田芳靖(平成 26 年 12 月末まで)		

1. 事業の概要

(1) 概要	<p>ロシアの極東地域には、電力供給を小規模なディーゼル発電機に依存する独立系統地域が約 5,300 も存在しており、燃料輸送費のために発電コストが極めて割高な上、悪天候が継続すれば、燃料・電力供給に支障をきたすおそれがあるなど、エネルギーセキュリティ面でリスクを抱えている。</p> <p>また、電力価格を他地域と同等に維持するための政策措置を執る地方政府は、大きな財政負担を余儀なくされている。</p> <p>更に、ディーゼル発電機の場合、CO2 の排出を含め環境面でも課題を有する。</p> <p>風力発電システムは、ディーゼル燃料の焚き減らし等が期待される反面、寒冷地かつ独立系統に属する当地での利用については、風力発電に係る寒冷地対策や系統連系の安定化に係る技術的な制約がある。</p> <p>本事業では、①風力発電に係る寒冷地対策技術及び②容量の小さな独立電力系統に風力発電機を連系するためのシステム技術を確立することを目的に、寒冷地気候条件の下、独立電力系統地域において風力発電システム実証事業を実施する。</p>
(2) 目標	<p>ロシア極東のカムチャツカ地方において、独立電力系統に寒冷地気候に対応した風力発電機(300kW、3 基)と系統安定化システム(既存ディーゼル発電設備と風車との連系及び熱供給利用)を導入し、風力発電機の寒冷地対策技術と効率的なシステム運用を実証・評価して、当該技術の普及に向けた取り組みを検討する。</p> <p>実証項目の具体的内容は以下の通り。</p> <p><u>実証項目①: 風車適正出力確認</u> (目標) ・発電出力に必要な風車運転データの取得と、適正な発電出力を確認すること。 (選定根拠) ・寒冷地気候に設置した風車が適正に発電出力しているのかを確認する必要があるため。</p> <p><u>実証項目②: 風車温度管理</u> (目標) ・低温域において風車の温度管理が正しく行われること。 (選定根拠) ・風車を構成する機器の低温域での安全性・健全性を確保するため、想定した温度管理が適正に行われているのを確認する必要があるため。</p> <p><u>実証項目③: 低温運転制御</u> (目標) ・低温域において風車の安全運転が確保できること。 (選定根拠) ・外気温が低温になると空気密度が高くなり、風車機械部品への負荷増大が懸念される。低温運転時の機械部品保護のために設定した外気温(-15℃～-30℃)に比例して出力抑制する制御機能の有効性を確認する必要があるため。</p>

実証項目④: 着氷・着雪検出

(目標)

・着氷・着雪時に風車の安全が確保できること。

(選定根拠)

・ブレードの着氷・着雪による空力特性の変化により、ブレード、増速機、タワーへの動的荷重の増加、耐用年数の低下が予測されることから、寒冷地仕様として採用したブレード塗料の効果、およびと着氷・着雪時の風車停止制御機能の有効性を確認する必要があるため。

実証項目⑤: タイプ別風車適合性

(目標)

・タイプ別風車の寒冷地適合性を確認すること。

(選定根拠)

・今後の寒冷地域での普及活動を想定して、 -40°C 以下、 -30°C 以下の発生時間、発生日数、低温停止からの風車起動回数を想定して、寒冷地仕様3タイプの風車の低温待機時の風車補機電力消費電力量をシミュレーションすることでタイプ別の経済性を確認する必要があるため。

実証項目⑥: 系統安定化システム

(目標)

・電気ヒーターによる系統安定化制御(冬期)、発電出力抑制による系統安定化制御(夏期)を確認すること。

(選定根拠)

・寒冷地の地域熱供給施設のボイラー設備に併設した電気ヒーターの連続制御による系統安定化システムの効果、有効性の確認が必要であるため。

実証項目⑦: CMS(コンディション・モニタリング・システム)

(目標)

・遠隔地風車の保全管理をリモートで行うこと。

(選定根拠)

・寒冷地に設置した風車における駆動系の稼働特性を把握し、冬期の管理・保全の難しい地域を想定した予防的な維持管理に活用するための有効性の確認が必要であるため。

実証項目⑧: 燃料削減率

(目標)

・実証における燃料削減率を計算し成果を確認すること。

(選定根拠)

・今後の普及活動を想定して、ディーゼル燃料削減率、削減量を算出して、発電コスト水準や採算性の試算に活用するため。

(3)内容・計画	主な実施事項	H26fy	H27fy	H28fy	
	① 風車設計、製作、テスト	→	→		
	② 系統安定化機器設計、製作、テスト		→		
	③ 機器輸送	→	→		
	④ 風車建設、試運転	→	→		
	⑤ 系統安定化機器据付、試運転		→		
	⑥ 実証・評価(風車+系統安定化)			→	→
(4)予算 (単位:百万円) 契約種類: (委託)	会計・勘定	H26fy	H27fy	H28fy	総額
	特別会計(需給)	430	733	28	1,191
	総予算額	430	733	28	1,191
(5)実施体制	MOU 締結先	カムチャツカ地方政府、RAO Energy System of the East 社(RAOV 社)			
	委託先	株式会社駒井ハルテック、富士電機株式会社、三井物産株式会社			
	実施サイト企業	Mobile Energy 社			

2. 事業の成果

各実証項目に対する目標と成果を下記に記載する。

実証項目①: 風車適正出力確認

(目標)

・発電出力に必要な風車運転データの取得と、適正な発電出力を確認すること。

(成果)

・風車の運転データを監視することで稼働率 95%以上を確保し、発電出力は過去の実績値に基づく発電出力(パワーカーブ)と比較して適正であることを確認できた。

実証項目②: 風車温度管理

(目標)

・低温域において風車の温度管理が正しく行われること。

(成果)

・寒冷地仕様としてナセル内に追加したファンヒーター、ナセルカバーの断熱材の効果により運転可能温度(-15℃)を下まわらないことを確認した。

実証項目③: 低温運転制御

(目標)

・低温域において風車の安全運転が確保できること。

(成果)

・低温時の空気密度の増大を考慮した外気温が-15℃以下となった場合での風車への負荷低減のための最大出力抑制制御の適正な動作を確認できた。

・同様に、外気温-30℃以下での運転停止制御については、実証期間中に-30℃以下の外気温が出現しなかったことから、設定値を-20℃に変更した上で、外気温が-20℃以下となった場合の運転制御の適正な動作を確認した。

実証項目④: 着氷・着雪検出

(目標)

・着氷・着雪時に風車の適正な停止が確認できること。

(成果)

・着氷・着雪の可能性が高い気象条件下での風車停止制御の適正な動作を確認できた。

・ブレードの塗装性能により、実証期間中にはブレードの着氷・着雪の発生は無かった。ブレードの着氷・着雪による振動での風車停止制御の適正な動作は未確認であるが、ブレードにかかった荷重に起因する振動による風車停止制御の適正な動作を確認できた。

実証項目⑤: タイプ別風車適合性

(目標)

・タイプ別風車の寒冷地適合性を確認すること。

(成果)

・各寒冷地仕様 3 タイプについて、いずれも仕様に沿った適正な動作を確認した。

・3タイプの補機の電力消費量を踏まえると、タイプ A は最低気温が -30°C 前後の地域、タイプ B は -40°C に達することのある地域、タイプ C は -50°C までの地域に適していることを明らかにした。

実証項目⑥: 系統安定化システム

(目標)

・冬期の電気ヒーターによる系統安定化制御、夏期の発電出力抑制による系統安定化制御を確認すること。

(成果)

・季節ごとの電力系統の特性を把握した。

・具体的には、冬季については、電気ヒーターによる系統安定化制御の実現とその効果、及び必要な電気ヒーター容量の定量化を達成した。

・また、夏季については、電気ヒーター停止期間における風車導入後の電力品質を評価した。評価結果より、風車の出力抑制制御のみで電力品質を維持できることを確認した。

実証項目⑦: CMS(コンディション・モニタリング・システム)

(目標)

・遠隔地風車の保全管理をリモートで行うこと。

(成果)

・設置した風車の保全管理を遠隔監視で行うことができた。実証期間中に異常の発生はなかった。

実証項目⑧: 燃料削減率

(目標)

・実証における燃料削減率を計算し成果を確認すること。

(成果)

・2012年の事前調査時の想定値 7.2%であるのに対して、実証事業の結果を踏まえた通年の燃料削減率は 7.0%。実証特有の事由によるシステム停止を除くと燃料削減率は 7.6%となり、事前調査の想定値を上回った。

3. 実証成果の普及可能性

【事業成果の競争力】

- ・ロシア極東では、独立系統地域が約 5,300 存在する。うち、RAOV 社は、風力発電システムの設置に関する 35 プロジェクト(合計容量 44.1MW、300kW 風車で 147 基に相当)を公表済み。日本企業と RAOV 社との間で、35 プロジェクトの中でも特に有望な 5 つのプロジェクトを特定できている。
- ・実証事業の成果を踏まえ、普及段階に想定される設備に係る初期費用や維持費を算定し、これに基づき発電単価を推計した。その上で、為替変動を考慮した上で、内部収益率(IRR)や投資回収年数を算定し、コスト水準や採算性の妥当性を確認した。普及に至るまでの計画についても、ロシア側事業者との間で具体的な議論を実施している。
- ・中型風車(300kW 級)に係る競合他社は限定され、かつロシア極東の温度条件下でも可能であること、更に独立系統との連系という点でも問題ないことを確認していることから、本技術に係わる競争力を有している。
- ・想定されるリスク(信用リスクやロシア側の規制変更等に関するリスク等)についても、輸出保険等の活用や政治情勢に関する情報収集等により、現時点で想定している範囲内では回避が可能と考えている。

【普及体制】

- ・三井物産は、2016 年 12 月に、RAOV 社を完全子会社化した RusHydro 社との間で、風力発電システムの普及に向けた協力を進めていくことが合意されている。その上で、駒井ハルテックや富士電機も、Mobile Energy 社との間で、カムチャツカ地方のあるサイトを対象に、具体的な技術の導入に向けた検討を進めている。
- ・普及にあたっては、日本側は、ロシアの展示会(INNOPROM やヤクーツクで開催される再生可能エネルギーセミナー等)での出展・発表を通じ、プロモーションを行う。加えて、風力発電システムの設置に関して、ロシア側が主体的に進めるサイトの特定、風況調査、システム導入、メンテナンスに対して、日本側はサイトの条件、風況調査結果の解析、サイトに適したシステムの提供、メンテナンス要員の指導・派遣等を行う。

【ビジネスモデル】

- ・風力発電システムの普及に向けて、現地生産化を含むコストダウンやファイナンス支援に関する RusHydro 社等との議論を開始している。
- ・また、本実証事業の成果や競合分析の結果を踏まえれば、ロシア極東における風力発電システムの普及に向けて、日本企業が継続的に関与できるスキームが構築できている。

【政策形成・支援措置】

- ・ロシア中央政府における補助金や税額控除等の優遇措置について確認済み。加えて、カムチャツカ地方では、発電事業者が風力発電システムの導入により発電コストを引き下げることが、発電事業者にとって経済的インセンティブとなる制度が構築されている。
- ・2016 年 11 月に行われた日露エネルギーイニシアティブ協議会や同年 12 月に行われた日露ビジネス対話における安倍総理スピーチでは、日露間のエネルギー分野での協力に、再生可能エネルギーや風力発電が言及されるなど、本実証を通じて、日露間のエネルギー協力に風力発電が位置付けられるとともに、日本政府として、風力発電の普及に向けて取り組むことを意図している。

【市場規模、省エネ・CO2 削減効果】

- ・RusHydro 社(RAOV 社)が策定した風力発電システムの設置に関する 35 プロジェクト(合計容量 44.1MW、300kW 風車で 147 基に相当)を基本に、2020 年及び 2030 年までに実現可能性が高いプロジェクトを特定済み。その上で、累積基数、累積年間発電量、燃料削減効果(代エネ効果)、CO2 削減効果を算定済み。

4. 省エネ効果・CO ₂ 削減効果	実証事業段階	普及段階（2020）	普及段階（2030）
(1)省エネ効果による原油削減効果	- kL/年	- kL/年	- kL/年
(2)代エネ効果による原油削減効果	429kL/年	1,935kL/年	14,032kL/年
(3)温室効果ガス排出削減効果	1,367t-CO ₂ /年	14,465t-CO ₂ /年	104,868t-CO ₂ /年
(4)我が国、対象国への便益	<p>ロシア極東でディーゼル発電に依存する独立電力系統において、風力発電システムの導入による発電コストの低減は、当地におけるエネルギーセキュリティの確保や地方政府における財政負担の軽減等の観点から、ロシア中央/地方政府にとって、極めて関心が高い課題である。他方、これまでロシア側も、風車導入に向けたいくつかの試みを進めてきたが、いずれも十分な効果が得られていないところである。</p> <p>このロシア側の強いニーズに対して、本実証事業により、カムチャツカを中心としたロシア極東での風力発電システムの普及に必要な技術を実証することができた。本技術については、ロシア側も高く評価しており、風力発電システムの普及のための素地が整ったといえる。</p> <p>二国間関係という点で言えば、本件は、日露首脳会談で議論された経済分野での8項目の協力プランのうち「エネルギー開発協力」に沿ったものである。</p> <p>本実証で確立した風力発電システムの普及展開を促進していくことは、ロシアにおけるエネルギー問題に大きく貢献することが期待できる。</p> <p>その上で、ロシアとのエネルギー分野での協力には、石油・天然ガス等のプロジェクトが進展しているところ、本実証事業の進展は、石油・天然ガスプロジェクトの進展にも寄与するものであり、ひいては我が国のエネルギー安全保障にも貢献していくことが期待される。</p> <p>また、本実証事業により、日本企業とロシア側企業との間で協業関係・信頼関係が構築され、日本の技術・システムの優れた点をロシア側関係者に高く訴求することができた。これにより、本実証成果である風力発電システムの普及を進め、我が国技術の海外展開による経済面での貢献も期待される。</p>		

用語集

用語	意味
ロシア極東地域	ロシア極東連邦管区に属する地域であり、沿海地方、ハバロフスク地方、サハ共和国、アムール州、サハリン州、カムチャツカ地方、ユダヤ自治州、マガダン州、チュコト自治管区から構成。
独立系統	独立系統とは大規模な電力系統とはつながっていない系統のこと。なお本文中に記載の独立電力系統の数(5,300)はロシア科学アカデミーシベリア支部エネルギーシステム研究所の報告(2011年)に基づく。
RAO Energy System of the East 社(RAOV 社)	東方エネルギーシステム社。ロシア極東における電力及び熱供給並びに代替エネルギーの開発を行う企業。発電容量は 9,047MW。熱供給量は 18,206Gcal/h。2016 年 12 月に、RusHydro 社の完全子会社となる。
Mobile Energy 社	ロシア極東の独立電力系統において、電力供給を行う企業。最近は、独立系統に風力発電システムの導入に取り組む。累積発電容量は 17000kW。年間 10,500t のディーゼル燃料の削減を実現。
パワーカーブ	横軸に風速、縦軸に風車出力をとり、両者の関数関係を示す曲線又はプロットされたデータ群。
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、制御装置などを格納するもの、及びその内容物の総称。
ブレード	ロータを構成する回転翼。
増速機	ロータの回転速度よりも発電機の回転数が高い場合に、主軸の回転速度を増速して動力を伝達する装置。
タワー	風車ロータ、同略伝達装置、発電機などを地上から適切な高さに支持するための架台。
RusHydro 社	公開株式会社ルズギドロ。ロシア連邦政府が株式の 66.8%を所有するロシア最大規模の国営発電事業者。発電容量は 38.7GW。