

(1)技術開発・実証の概要

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

RE100、SDGs及びBCP等の観点から、事業所へ再生可能エネルギーを設置し自家消費する動きが活発化しているが、太陽光発電だけでは電力が不足するという課題や変動を受け止めるために蓄電設備の過剰投資が必要という課題がある。また、地域防災の観点や、過疎地における送電インフラの合理化の観点から、自営線や既存配電網を活用し独立系グリッドを作る動きも増えているが、グリッド内の電源が太陽光発電だけでは上記と同様の課題がある。そこで、居住地近傍でも使用できる社会受容性の高い風力発電機を新たに開発し、太陽光発電と並ぶ電源として普及させることで、上記の課題を解決し、地域循環共生圏の構築を推進する。

②【技術開発・実証の内容と成果】

○重要な開発要素

欧米や中国などでは太陽光と並び100kW未満の小形風力発電を活用する事例が多く、他の再生可能エネルギーとの組み合わせにより、自家消費や構内連系を促している。しかしながら、我が国では次のような課題により、自家消費型の電源として小形風力発電はほとんど用いられていない。

1) 山がちな島嶼国であるため乱流が発生しやすく(乱流係数は欧米の1.7倍)、外国産の量産型の小形風力発電機は故障した場合部品の手配等に時間がかかりダウンタイムが長くなりオペレーションコストが高くなる傾向がある。また、風車の開発には実風での実証が効率的であり、外国製風車においては我が国のような風況が無い為、乱れた風の中での実証を経ない可能性がある。

2) 騒音の発生により需要地近傍への設置が困難であり、且つ、回転数が高いため近傍の住民への恐怖感を助長している事も普及の妨げとなっている。

A1. 【静音・低コスト風車の設計】

島国の風況(IEC61400にて記載されているIrefを0.30にて設計)し、且つ、従来品よりも静かな風車(dB=40以下、計測方法はIECに因る)を設計する。また、自動車用の部品など異分野の技術を活用することで、発電機価格30万円/kWを目指す。低騒音型風車と既存の風車についての比較については、騒音データをカタログに記載するほか、アンケート調査等により定量的なデータの評価手法も考慮する。

A2. 【AIを活用したメンテナンス支援ツールの開発】

設計値から風車発電量の最適化及びメンテナンス効率の向上を目的とした大規模データベースの構築及び、それらのビッグデータからディープラーニングを用い高精度、高効率なメンテナンスシステムを構築し、上記(1)の成果との組み合わせで発電単価10円/kWh程度(@平均風速5m/s以上)の達成に資する。

A3. 【自動車部品の風力発電機への転用のための開発】

大型の風力発電機においては、ギアや発電機は風力発電機用に設計及び生産する必要があるが、小形の定格出力50kW相当であれば自動車部品の転用がコスト及び安全な風車の設計に寄与するものとする。転用を行うことで、風車専用のサプライチェーンから既存の我が国の技術を活かすことにより、コストの低減に資する。そこで転用に必要なギアを開発する。

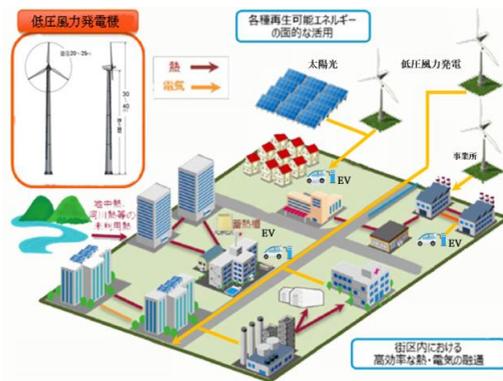
B. 開発要素のシステム統合

フィールドテストでのデータとベンチ試験から風車の発電制御の最適化を目指す。

C. その実証

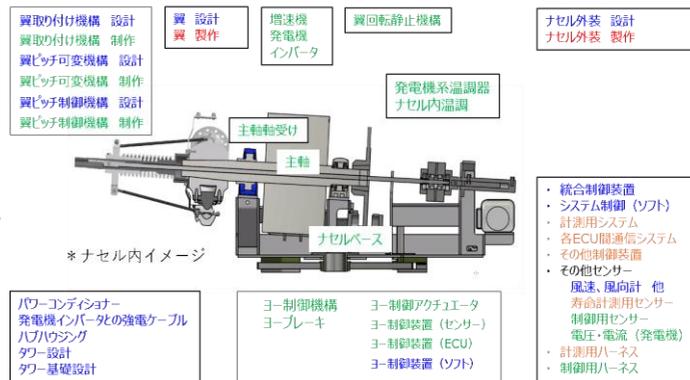
国内における、様々な環境条件下での実証を目指す。

③【システム構成】 【地産地消型エネルギーシステムのイメージ】



・システム構成

青：ゼファー 橙：リコージャパン 緑：ジャスコ 赤：ダイキアックス・サステイナブル・パワー



- 転用部品と内容
- EV自動車のモータ兼発電機、発電機コントローラ、ラジエータ等を発電機として転用
 - ブレーキユニットの転用
 - クラッチシステムをヨー回転機構に転用
 - モーターへの増速部、Gearや軸部分の転用
 - 発電、ピッチ・ヨーコントロール(制御)ユニットの転用
 - 故障検知センサー類の転用
 - コントロール制御ロジック、故障検知ロジック等、制御開発に必要と思われるKnow Howの転用による開発費抑制
- ※コスト低減の試算は、シルバースタート曲線という考え方で、年間1万台生産する物と、10万台以上生産する物では、コストはおおよそ10倍違うこととなります。自動車部品の方は、常に年間10万台以上の生産をしているため、もし仮に1万台生産するとした場合、転用する部品のコストは10分の1になると考えます。

④【開発・実証成果のまとめ】

○想定ユーザ・利用価値：工場への自家消費・離島・過疎地域への給電・EV普及

○目標となる仕様及び性能：

- 定格出力50kW相当・騒音レベル40dB近辺(JIS1400に準拠)
- 稼働率90%以上(単機)、設備利用率30%以上、販売価格2000万近辺
- 耐用年数20年・CAPEX3000万近辺・OPEX発電量の金銭的な価値の10%

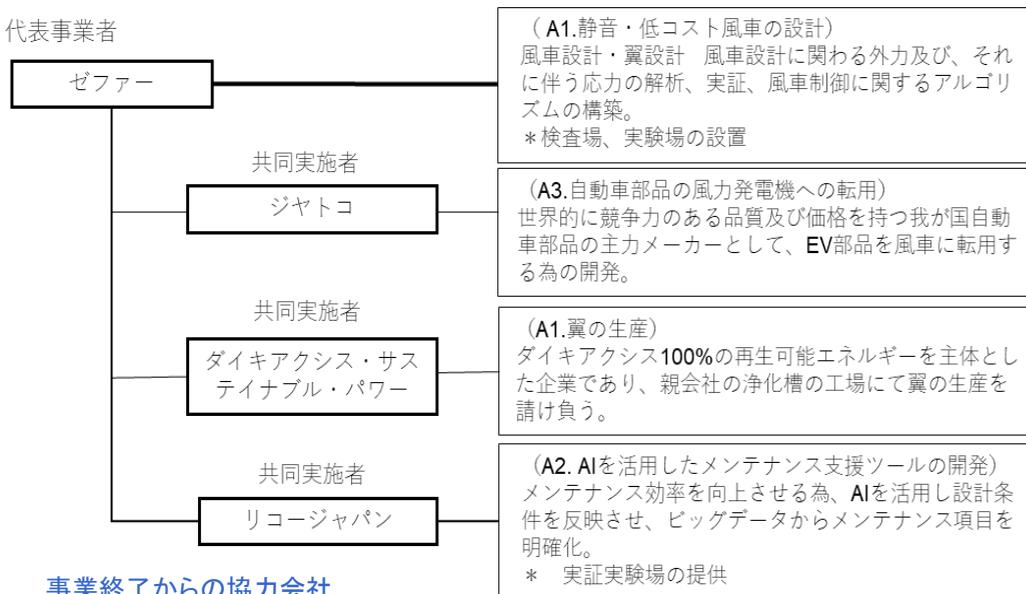
○開発工程のリスク・対応策：

- 外力に用いる計算式においてIrefを0.30としている為、翼の製造コストが上がるリスクがある。
- スパーにカーボンチューブを使用することで対応済み。

(2) 技術開発・実証の実施内容

①【実施体制】 * 令和3年度～

代表事業者



事業終了からの協力会社
日産自動車 ニッサイ ビューロベリタス

②【実施スケジュール】

年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	合計
A1 静音・低コスト風車の設計 A3 自動車部品の風力発電機への転用のための開発	91,747	402,776		494,523
A2 AIを活用したメンテナンス支援ツールの開発	43,169	135,089		178,258
B 開発要素のシステム統合			266,763	266,763
C 実証（補助事業費） 補助金所要額（1/2以内）			46,222 23,111	46,222 23,111
合計	134,916	537,865	289,874	962,655

③【成果発表・特許取得状況】

- 2023年3月16日に見込み客となり得る事業者及び自治体向けに50kWの実証用風車を実施済み
- 反響が大きく既にお客様から予約販売件数5件
- 都立産業貿易センター浜松町館内会議室にて実施 茨城県神栖試験場とはオンラインで接続

(3) CO2削減効果の評価

本概要資料中の青字は、技術開発・実証事業終了後の事業化活動を表す

【提案時当初計画】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	63.66		
開発品(装置/システム)の耐用年数	20年		
年度	2025	2030	2050
CO2削減量(万t-CO2/年)	12.73	127.73	636.43
累積CO2削減量(万t-CO2)	29.29	379.43	9,037.64
CO2削減コスト(円/t-CO2)	15,708	14,137	12,566

【本資料作成時見込み】

開発品(装置/システム)の耐用年数	20年			
開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	63.66			
年度	2024 (販売開始年度を記載)	2025	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)		12.73	127.73	636.43
累積CO2削減量(万t-CO2)		29.29	379.43	9037.64
CO2削減コスト(円/t-CO2)		15,708	14,137	12,566

(4)事業化について

【事業化計画】

○事業化の体制

共同実施会社、各社との供給契約における覚書を締結した。各社間で連絡を密に取り、各社のリソースの確認を行い、ゼファー社の事業規模に合わせる事でリスクを予見できる体制の構築が進められている。

○事業展開における普及の見込み

自家消費のニーズは旺盛である。対象となる工場や、電力小売り会社からのニーズがある。

- ・対象市場規模 2050年 1200億円/年 想定事業規模 800億円/年
- ・導入コスト目標: 30万円/kW(従来品の価格: 100万円/kW)
- ・運用コスト目標: 1万円/kW(従来品の価格: 1.5万円/kW)

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】

年度	2025	2026	2030	2050
目標販売台数(台)	50	100	1000	5000
目標累積販売台数(台)	50	230	2980	70980
目標販売価格(円/台)	2200万	2000万	1800万	1600万

【本資料作成時点見込み】

年度	2025 (販売開始年度を記載)	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	50	1000	5000
目標累積販売台数(台)	50	2980	70980
目標販売価格(円/台)	2200万	1800万	1600万

全体 Business scheme

- Zephyriは発電事業者 兼 風車メーカーの 1stop として事業スタート
- PPAを企業(インサイト)、または、自治体と結ぶ
- JATCO FY25 生産開始は50台出荷を目標 (FY26 100台、FY27 150台)
- メンテナンス業務については協賛を継続し、拡大していく中で役割・分担を明確にする(部分)



量産化・販売計画

- ・ 2023年度末にTier1の各社との供給契約に関する覚書を締結
- ・ 2024年に大量生産に向けた要求仕様を完成、要求仕様に基づく試作機を製作
- ・ 2025年に試作機の実証や認証に申請、コーポレートPPAを活用した電力の販売

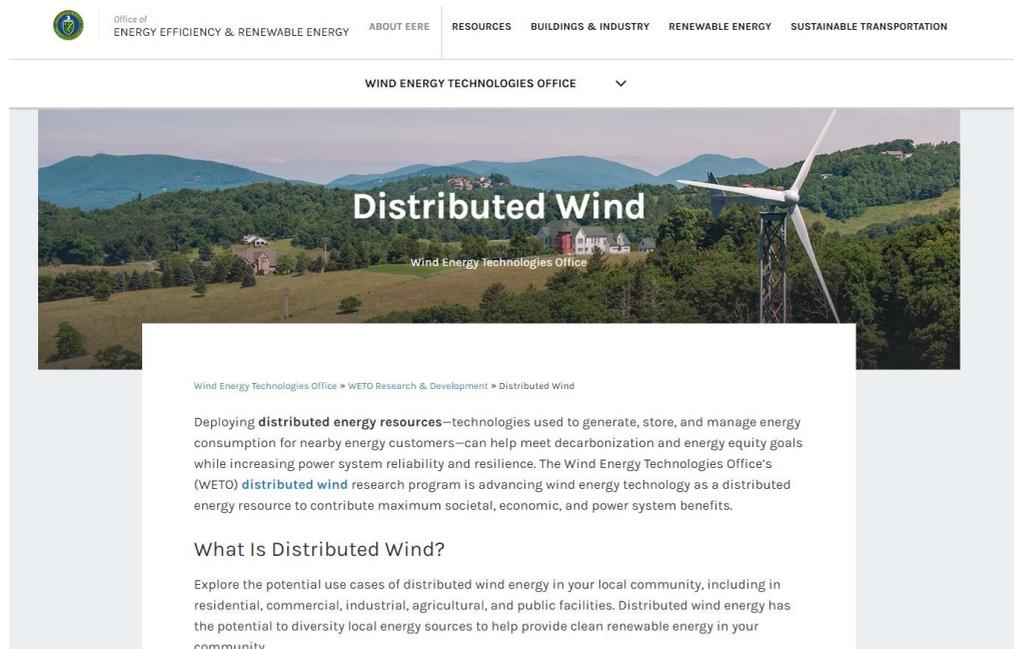
○事業拡大シナリオ

年度	2023	2024	2025	2030 (最終目標)
供給契約の締結・実証機の建設	→			
要求仕様及び試作機の製作・試作機の製作		→		
試作機の実証・認証			→	
低圧網へのグリッドフォーミングを備えた風力発電システムを供給				→

○事業化におけるリスク(課題・障害)とその対策

- ・ 既存の電力小売り業者への販売は事業性から有り得るか？
- ・ ゼファーのワンストップのコーポレートPPA契約に問題は？
- ・ 港湾への設置等、関連法の確認は？
- ・ 初期ロット生産の為の資金計画 エクイティorデッド？
- ・ 生産が先か？PPA契約が先か？
- ・ 投資家のエグジットは？

本事業が進むにつれて、米国のDOEのウェブサイトにも分散型の風力発電機を活用したCO2削減について日々更新されてきている。我が国だけではなく、中型の風力発電機を活用したCO2削減は米国においても進められている。



出典 米国エネルギー省 : <https://www.energy.gov/eere/wind/distributed-wind>

大企業が新規の事業を興す事は容易くない。戦後、一斉に再開したビジネスは昭和、平成、令和と創業時のビジネスモデルを大幅に変えることなく、コストダウンやマイナー変更を重ねる事が重用される時代が長く続いた。その中で、コストダウンはステークホルダーとなり得る下請けの企業への丸投げ体質を良しとする文化が形成されてきたのかもしれない。そのような体質からは、イノベーションは生まれない。本事業においては、市場投入が成功するのであれば教科書に出てくるレベルのスタートアップと大企業との一体感のある開発が進められてきた。これは、本事業に参加された方々との信頼関係の構築と、お互いをレスペクトする文化が築けた事が大きいと考える。企業の大小ではなく、実際に現場で設計や試験をしている方々が、「何がわからない」のかを気付く過程で相手への尊敬の念を持つところから始まったように考える。本事業は、終了して評価を頂く事になるが、まずは、本事業に参加された全ての方々への御礼をここで述べさせて頂きたい。「ありがとうございます。」また、風車の開発は、風車不毛の日本で、黎明期を支えていただいた先生方や企業の方々の功績があって、始めて進められている。諸先輩の方々へもここで謝辞を述べさせて頂きたい。

事後評価結果

評価点 6. 4点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））

評価コメント

[評価される点]

- ・ 自動車部品を用いた中型風車のコスト及び騒音の低減に大きな成果を上げており、中型風力市場での商用化可能性を示唆しており評価する。

[今後の課題]

- ・ 中型風車の住宅地近隣での利用において、騒音や安全性は重要な課題である。住宅地域における風車騒音に対する法規制は未整備であり、連続した騒音であることや設置台数が増えた場合の影響などについての解析・検討が望まれる。また、静音性と低コスト化に対して、ナセルやタワー設計、メンテナンスなどの貢献度を定量的に示すことが望まれる。

[その他特記事項]

- ・ 従来の風車に比べた優位性について、技術開発の成果を論文、特許、公開記事などで積極的に公表してエビデンスを示すことが望ましい。

[事業化に向けたコメント]

- ・ 国産の中小型風力発電技術として有望であり、地域や利用する工場などのステークホルダーを巻き込んだRE100活動を広げるとともに、国の支援事業を積極的に活用して低コスト化に向けて実績を積み重ねることが望ましい。