

**「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／
風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」
個別テーマ／事後評価報告書**

2022年9月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

国際部

目 次

はじめに
審議経過
評価委員名簿

第1章 評価

1. 総合評価／今後への提言
2. 各論
 2. 1 事業の位置付け・必要性
 2. 2 実証事業マネジメント
 2. 3 実証事業成果
 2. 4 事業成果の普及可能性
3. 評点結果

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 評価委員会公開資料 (資料5)

参考資料 評価の実施方法

はじめに

本書は、「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業/風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」の個別テーマの事後評価に係る報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第29条に基づき「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業/風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」事後評価委員会を設置し、事業評価実施規程に基づき、評価を実施し、確定した評価結果を評価報告書としてとりまとめたものである。

2022年9月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

国際部

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業/
風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」

個別テーマ/事後評価委員会

審議経過

- 評価委員会：2022年6月13日（月）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 評価委員会の設置について
3. 評価委員会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. 事業の概要説明

非公開セッション

6. 事業の詳細説明
7. 意見交換

公開セッション

8. まとめ
9. 今後の予定、その他、閉会

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／
風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」
個別テーマ／事後評価委員会

表 1 事後評価委員会委員名簿

職位	氏名	所属	役職
委員長	いしがめ あつし 石亀 篤司	大阪公立大学 大学院工学研究科 電気電子システム工学分野	教授
委員長代理	ながお とおる 永尾 徹	足利大学 大学院工学研究科	特任教授
委員	おがさわら じゅんいち 小笠原 潤一	一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 電力・新エネルギーユニット	研究理事
委員	さいとう ひろうみ 斎藤 浩海	東北大学 大学院工学研究科	教授
委員	はすみ ゆう 蓮見 雄	立教大学 経済学部	教授

敬称略、五十音順

第 1 章 評価

1. 総合評価

<肯定的意見>

- ・地球環境問題に貢献し、カーボンニュートラル実現に資する日本の先進的技術の海外実証である本実証事業は、我が国のエネルギーセキュリティに大きく貢献する大変重要で意義ある事業であったと考える。
- ・コロナ禍などの未曾有のリスクの中、英知を駆使して到達できた、極寒冷地スーパー風力発電システム技術、原油とディーゼルによる混焼炊き技術、さらに既存設備と新規開発設備を混在させシステムに蓄電池を併用した新たなエネルギーマネジメント技術の開発等、その事業成果は高く評価できる。
- ・設計変更等で1年の計画遅延はあったが、世界的なパンデミックによる制約が発生した中で所期の成果を上げたことは、危機管理の観点からも高く評価できる。
- ・既存のマイクログリッドに新技術を導入する場合、既存事業者との役割分担が問題になり得るが、既存事業者の役割に変更を加えずに、EMSと新規DG (Diesel Generator)、風力発電を補完することで、マイクログリッドの効率化・低炭素化を向上させると共に周波数などの電力品質を大きく改善することができた。
- ・既存事業者が実証事業後も習熟を続けることで、既存の非効率なDGを廃止して新たに導入したDGへ移行することも可能であり、非効率マイクログリッドを新技術に適応させる上で望ましいビジネスモデルだと評価することができる。
- ・極寒冷地仕様の風力発電も従来になかった技術であり、実証期間中に特段の支障もなく3年以上も運転を継続できたことは低炭素技術の導入が難しかった極寒冷地での低炭素化に貢献可能であることを示せたことと評価することができる。
- ・原油とディーゼル油の混焼によるディーゼル発電の燃料費削減や極寒冷地で問題なく発電できる風力発電機の実証など、本実証事業のほとんどのテーマについて目標を達成している点が評価できる。
- ・新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、日本人技術者を現地に派遣することが難しい状況で、本事業を無事に完了できた点は事業のマネジメントがうまく機能したことを示していると思う。
- ・本事業は、既存の旧式のディーゼル発電を活用しつつ、風力発電、蓄電池、原油との混焼炊き運転を含む新規のディーゼル発電、およびエネルギーマネジメントを組み合わせたマイクログリッドを構築することによって、燃料費を節約しつつ安定的なエネルギー供給が実現しうることを実証している。特に原油の混焼炊き運転を含むディーゼル発電を組み込んでいることは、相手国の特性を考慮し、豊富な化石燃料を有効活用することによって、全体としての化石燃料の消費を減らし、エネルギー転換を進める極めて現実的なモデルを提供している。

<今後に対する提言>

- ・世界市場展開をにらんだ仕様標準化への取組や特許の取得、実証成果を広く社会に周知する情報発信などを今後も積極的に推進することが期待される。
- ・他の極寒冷地で事業を獲得するために、本事業の研究開発成果を一般化・ビジネスモデル化する取組をさらに加速することが望まれる。
- ・ロシアのウクライナ侵略も想定外の事態であったと思われるが、このリスクをどう捉えて、政治的・社会的、技術的な観点から解決の糸口を見つけ、実証成果の普及展開をどのように行っていけば良いのかに関する知見が得られれば、なお良いと思われる。

- ・ロシアへの市場開拓は、当分は無理と思われるが、類似の環境にある寒冷地の独立系統地への商機開拓が必要である。そのためには **NEDO**、**JICA** 又は政府の海外支援事業の出動、活用が必要であり、今後とも **NEDO** に期待される役割は大きい。継続的なウオッチと視点を変えた支援を期待したい。
- ・マイクログリッドシステムで既存事業者の役割に変更を加えないまま、**EMS** の導入と新規 **DG** 導入というビジネスモデルは、極寒冷地以外でも適用可能である。また極寒冷地はロシア、ノルウェーそしてフィンランドに限らず、カナダや米国アラスカ州でも適用可能である。今後は適用対象をより拡大する方向で検討することを推奨したい。
- ・今回の実証事業により得られた燃料費削減や電力品質向上の成果は、原油とディーゼル油の混焼によるディーゼル発電機や極寒冷地仕様の風力発電機などの機器単体の性能による所が大きく、最適制御協調システムの根幹となる **EMS** の機能がどの様に効果を発揮したのかが明確に示されていないように思われる。**EMS** 機能をうまく設計できれば、発電機単体の性能があまり高くなくても、マイクログリッドシステム全体としての性能を向上させることが可能であると思われる。デジタルフォーメーションの時代にあることを考えれば、発電装置等からセンシングしたデータと本実証事業のマイクログリッドを導入する地域の電力需要や風況などの自然環境のデータを活用し、地域に適した **EMS** を開発することも重要ではないかと考えられる。
- ・次の展開として、今回、極寒冷地での耐久性と有効性が実証された風力発電機器、および高効率のディーゼル発電の原油混焼焚きの規模を大きくし、さらに風力発電による余剰電力から水素を製造することを想定した事業を組み合わせることが考えられる。これは、地方の独立系統のエネルギーシステムの安定に貢献するのみならず、貯蔵、輸送可能な水素の広域活用につながる可能性を秘めている。

2. 各論

2.1. 事業の位置付け・必要性について

<肯定的意見>

- ・エネルギー消費の効率化に資する日本技術の国際実証事業として、独立系統（マイクログリッド）において、燃料の燃焼減らしによる CO2 排出量の削減、原油とディーゼル油の混焼燃焼や極寒地での風力発電システムの実現など、低コストかつ安定的なエネルギー供給の実現に十分な成果をあげたプロジェクトであると考えられる。
- ・ロシア連邦という政策的に日本と異なる国への民間企業だけの進出には大きなハードルがあると考えられ、実証事業の円滑な遂行には官民一体となった取り組みが必要であり、民間企業の海外市場での取り組みをサポートして実証の場を創出したという点においても、NEDO 事業として妥当であったと考える。
- ・本プロジェクトは当時の政府の方針に従って、日露共同プロジェクトとして開始されたものであり、NEDO が主体で実施したことは妥当であった。
- ・実証対象地域は気象、輸送、工業インフラ等過酷な場所であり、その分将来のポテンシャルは高いため、極めて高い課題に挑戦したことは評価できる。
- ・「①再エネ制御協調システム及び混焼燃焼ディーゼル発電機の有効性検証」はロシアサハ共和国における既存の独立型マイクログリッドに対し、高効率ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池及びエネルギーマネジメントシステムを配備し、マイクログリッドの最適制御協調システムの有効性を検証すると共に原油混焼の影響を検証するもの。高効率ディーゼル発電機を配備することで省エネルギーに貢献し、蓄電池を活用することで風力発電配備が可能となることで新エネルギーの普及に貢献するものと評価できる。特に本事業は既存 DG の役割に変更を加えないまま、それを補完する形で高効率 DG、風力発電機及び蓄電池の配備を行いつつ、蓄電池を周波数安定化に活用することで現地の電力品質を大きく改善するものである点は、現地の既存事業者も受け入れやすい手法であったと評価することができる。
- ・「②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証」は、 -30°C 以下という極寒冷地での風力発電の使用は前例がなく、我が国の風力発電技術の国内外への展開を可能とし、脱炭素化及び省エネルギーを通じた世界のエネルギー需給緩和を通じて、我が国のエネルギーセキュリティに貢献するものと評価することができる。
- ・本事業はコロナ禍と重なってしまったことで相手国の協力を通じた資材の輸送などが不可欠となったが、NEDO 事業であったことでサハ共和国政府及び国営電力会社 RusHydro の協力を得ることができ、円滑な事業実施が可能になったと評価することができる。
- ・ロシアには実証を行ったマイクログリッド以外にも 100 を超えるマイクログリッドが存在しているとされており、我が国技術を活用しつつ今後の普及拡大が期待できるものであり、公的資金を投入する意義は十分にあったと評価することができる。
- ・原油とディーゼル油の混焼によるディーゼル発電機と、極寒冷地仕様の風力発電機を組み合わせ運用する最適制御協調システムが、従来の既設ディーゼル発電機のみを運用する場合に比べて、kWh あたりの燃料消費量を 10%程度低減できている。この点は本事業のシステムが省エネルギー・代替エネルギーに貢献する技術であることを示し、本事業が政策的に必要性のある事業であったと考える。

- ・また、本事業の実証サイトが日本とは社会制度の異なるロシア連邦サハ共和国であるので、民間企業のみで事業を開始するにはリスクが高いと思われる。それ故、本事業に NEDO が関与する必要性はあったと言える。
- ・エネルギーを安定確保しつつ脱炭素化を進めていくには、各分野、各地域の現状から出発して、利用可能な様々なエネルギー源を組み合わせながら脱炭素化に至る実行可能な移行経路を構築していくことが必要である。本事業は、既存の旧式のディーゼル発電を活用しつつ、風力発電、蓄電池、新規のディーゼル発電、およびエネルギーマネジメントシステムを組み合わせることによって、燃料費を節約しつつ安定的なエネルギー供給を実現しうることを明らかにしている。特に原油の混焼焚き運転を含むディーゼル発電を組み込んだことは、相手国の特性を考慮し、豊富な化石燃料を有効活用することによって、全体として化石燃料の消費を減らすことができることを実証している。この点は、相手国の条件を考慮した効果的なアプローチであり、現地の事情を踏まえて再生可能エネルギーの社会実装を具体化し、エネルギー転換・脱炭素化に貢献するものと期待される。
- ・極寒冷地かつ独立系統のロシアサハ共和国における実証事業は、NEDO の関与があればこそ実現できたものである。

<改善すべき点>

- ・政治思想の異なる相手国とのプロジェクトということで、大変チャレンジングな試みであったと考える。ウクライナ侵攻という社会情勢の変化が起こってしまったが、このようなリスクが起こることも少しは想定されたかと推察する。極寒地というキーワードで考えれば、カナダやアラスカなども対象となりえたのではとも考えられ、そのような他地域への展開もリスクヘッジとして、事前に検討しておくような視点があっても良かったのではないかと思われる。
- ・プロジェクトの実施地域は両国の調整の結果決まったものと推察するが、その過酷さに較べて応用できる地域（＝市場）はそれに見合った規模と受入れポテンシャルがあるか、十分に調整されたのであろうか。過酷で不便な地域での実施は相手（ロシア）の要求だけでなく、日本の利益、日本からの資金投入、技術移転等内容の有効性、得られる技術の普遍性も冷静に検討して決定する必要がある。
- ・本事業は1年間延長したということだが、その原因を含めた事実関係が明確に記載されておらず、適切な評価を行うことが難しかった。
- ・本事業において、既存のディーゼル発電、風力発電、蓄電池、原油との混焼焚き運転を含む新規ディーゼル発電の各設備容量は、需要量を基礎とし安定供給を重視した慎重な配分が想定されている。極寒冷地における風力発電、および原油の混焼焚き運転を含むディーゼル発電など不確実性をはらむ実証事業であるが故に、慎重な想定を行うことは妥当である。しかし、風力発電および高効率ディーゼル発電の規模を大きくし、既設の旧型ディーゼルを代替していく可能性について、さらなる検討が必要である。

2.2. 事業マネジメントについて

<肯定的意見>

- ・カーボンニュートラルを目指した省エネ、低コストかつ安定的なエネルギー供給技術の実現は相手国と日本にとって喫緊の課題であり、両国で構築された協力体制において、それぞれの役割や経費の分担が適切に行われて機能した。
- ・事業計画・運用においても MOC 期間延長など変更があったが、知恵と工夫で事業が鋭意推進され、高い技術力と相互努力によって事業が大成功裏に終了できており、事業内容・計画は妥当であり評価に値する。
- ・パンデミックなどの世紀的な予期せぬ事態の発生で、人の往来が出来ない状態に陥ったにもかかわらず、所期の成果を達成したことは高く評価できる。
- ・実証事業の実施期間がコロナ禍と重なってしまったことで、日本人技術者の派遣が困難になったことや、北極海輸送が必要になるなど、事前の想定が困難な事象に直面したが、現地のサハ共和国政府及び国営電力会社である RusHydro と協力関係を構築したことで、日露間の協議を通じて円滑な事業実施が可能になったと評価することができる。
- ・コロナ禍の中、日本人技術者の現地派遣が困難な状況で、相手国との協議により、日本からのリモート対応などで計画を予定通りに推進できたことは評価に値すると思う。この点は事業者と相手国企業との協力体制が適切であったことを示している。
- ・実証テーマ毎に得られた成果がほぼ当初の目標を達成していることから見て、事業の計画は妥当であったと思う。
- ・相手国側は、資機材輸送、機器のモジュール化、配電系統延長、新発電所の基礎工事、建屋建設、機器類の設置などについて責任を持って対応している。屋外での作業が夏期に限定される条件下で、モジュール化や冬期の機器輸送など日露間で協議・協力し、据え付け作業が進行したことは評価できる。
- ・新型コロナウイルス感染症の拡大という想定外の事態に直面し、日本人技術者の派遣が困難になったにもかかわらず、周辺諸国からの技術者派遣やリモート対応など柔軟に対応し、計画通り実証運転を開始したことは、高く評価される。
- ・ディーゼル発電において原油との混焼燃焼比率を段階的に引き上げながら、極寒冷地仕様の風力発電、蓄電池との協調制御運転による電力品質の安定性を確保したことは極めて有益である。高効率ディーゼル発電、極寒冷地仕様の風力発電という日本の強みを組み込んだエネルギーマネジメントシステムのモデルの有効性を実証したことは、国際的な標準化の獲得にも貢献しうる。

<改善すべき点>

- ・事業の成果を発展させて案件を得るために、国際的な標準化・規格化も重要であり、IEC 国際標準化などへのアプローチ戦略を事業計画に加えることなどが期待される。
- ・実証中に COVID19 が流行し、また事業終了時にはロシアのウクライナ侵攻によるエネルギー政策の転換などがあり、適宜、様々な対策を講じて困難を乗り越えられたことは評価に値するが、これらのリスクを今後のプロジェクトマネジメントに、如何に活かして行けば良いのかの深い議論と今回得られたそれらに関する知見をまとめて整理することも大切かと考える。

- ・現地のエネルギー需要のうち、電気と熱の配分を事前に適切に把握できていなかった、もしくは予想と大きく違う使用をされたようである。このような情報は事前に相手側がどれだけ真面目に対応したか、また日本側がどれだけ精緻な調査をしたかが基礎になるが、それが十分であったか振り返りを期待したい。またその事前調査が設計、運転仕様にどれだけ反映できていたか、同様に確認すべきである。
- ・実際にどの程度技術者が派遣されたのか否か、設備を納入して遠隔で技術指導を開始したのか否かなど、具体的な現地での役割分担に関して記述がなく、適切な評価を行うことが困難であった（記述からは最終段階で最小限の技術者を派遣したのみのように読める）。実施体制における定例会議も「必要の都度」とされており、具体的に何回程度会議が開催されたのか不透明である。
- ・実証テーマの「再エネ出力最大活用による省エネ・代エネ効果」については、当初の計画にはない発電停止や発電量抑制が生じ、実績値は目標値に達していない結果となった。この原因の一つとして、相手国の電力会社との事前の協議・情報交換が不十分であったと思われるので、本事業のシステムを今後、普及・展開する際には、相手国の電力システムの運用上の制限等を事前に把握することが重要であると思う。
- ・現地の特性に基づく困難、および想定外の新型コロナウイルス感染症に起因する困難へ対処の試行錯誤の経験から得られた知見を後の事業に活かすためには、本事業マネジメントを再検討し、どのような対応が効果的であり、どのような対応が効果的でなかったかを確認した上で、可能な範囲でマニュアル化しておくことが望まれる（もちろん、緊急時の柔軟な対応は、日本側のみならず相手国側の人的要素も大きく、必ずしもすべてマニュアル化できるわけではない）

2.3. 事業成果について

<肯定的意見>

- ・日本の高度な先端技術力を駆使して達成できた、マイクログリッドの最適制御協調システムは、省エネ・代エネ効果、燃料や保守メンテ削減効果、電力品質の安定性について優位性が定量的に示され、エネルギー消費削減効果及び CO2 削減効果は妥当であり、目標をクリアする大きな達成度を得ていると考える。また、極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証においても、評価基準を全てクリアする達成度を得ており、本事業は全てにおいて大いに評価できる。
- ・極低温、不十分な O&M 環境下における風力発電及び混焼 DG による運転を成功させたことは、今後の使用環境と市場の拡大につながったことは高く評価できる。
- ・事業①及び②の評価指標について概ね◎ないし○という達成度になった。当初計画にない発電停止や抑制により省エネ・代エネ効果は実績が目標に対して未達であったが、補正を行って目標達成としている点を除けば、概ね目標を上回る結果となったと評価することができる。
- ・最大需要規模 4.0MW～5.2MW のところ、蓄電池を 1MW と相当規模を設置したということもあるが、周波数変動に対し秒単位で計測して応答させることで $50.5\pm 0.2\text{Hz}$ という周波数維持目標に対し、EMS 設置前の 68%に対して EMS 設置後は 99%にまで改善するという大きな効果を生んだ。蓄電池設置型の実証事業では模擬試験によってその効果を確認するものが散見されるが、本事業ではマイクログリッドにおける周波数変動に対し、実際の有効性を確認したという点では貴重な経験となったと言える。
- ・最大需要規模 4.0MW～5.2MW のところ、風力発電を 0.9MW 設置したが、蓄電池システムにより風力発電の出力変動を有効に吸収できることを効果的に示すことができたことと評価できる。更に極寒冷地という前例のない事業環境で極寒冷地対応の風力発電設備が特段の支障もなく 3 年以上も運転を継続できたことを示せたことは、同様の極寒冷地での風力発電設置に向けて有益であったと評価することができる。
- ・本実証事業のマイクログリッド最適制御協調システムの有効性を検証する 3 つの実証テーマの内、高効率 DG による燃料削減等の効果に関するテーマと、電力品質の安定化のテーマについては、目標を達成しており評価できる点である。ただし、再エネ出力最大活用による省エネ・代エネ効果のテーマについては、システムの運用実績により目標の達成を示すことができず、評価の補正により推定値を求めて、目標の達成可能性を示している。実績により目標達成を示せなかった原因は明らかになっているようであり、それを取り除いて補正した推定値を示した点は妥当であると思う。
- ・原油とディーゼル油の混焼によるディーゼル発電機の運転の実証については、混焼した運転が可能であることを明らかにし、また原油とディーゼル油の最適比率について有用な知見が得られているので、妥当な成果が得られたと思う。
- ・極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性の検証については、気温が -36.7°C まで適正出力で運転できることを確認できたことは、有意義であったと思う。
- ・極寒冷地の独立系統という場において、極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性、原油とディーゼル油の混焼の有効性が確認され、またこれらと蓄電池、EMS の組み合わせによって、安定供給と燃料費の削減、およびメンテナンスコストの削減を実現したことが、定量的に検証されている。この限りにおいて、事業の目的は達成されている。

<改善すべき点>

- ・課題として残っている、設計認証のために取得した運転及び気象データを整理し、認証へ向けた関係機関との調整、普及に向けての原産地化の調査・検討を鋭意進めて、達成度をさらに高める努力を継続してもらいたいと考える。
- ・実証事業中に発生した不具合、予期しなかったイベント等の報告が見られなかった。このような事象の整理、分析、対策が技術や事業実施方法の糧になるため、非公開で良いがきちんと整理され記録されることが必要。
- ・評価指標の検証は行われているが、新設 DG、風力発電設備及び蓄電池の実際の稼働実績が示されておらず、例えば蓄電池の経済性を資料から判別できないなど適切な評価を行うことが難しかった。
- ・再エネ出力最大活用による省エネ・代エネ効果の評価において行われた補正が具体的にどの様な補正であるのかが、事後評価委員会において明示されなかったため、その妥当性を判断できなかった。報告書には、この補正の仕方について明記されることを望みたい。
- ・最適制御協調システムの根幹をなす EMS の動作の仕方が、再エネ出力最大活用やディーゼル発電機の燃料削減、周波数と電圧の品質向上に、どのように効果を発揮したのかを、ディーゼル発電機や蓄電池、風力発電機それぞれの単体の性能と切り分けて示すことができれば、EMS による協調メカニズムの有効性も示すことができたのではないかと思う。
- ・機器の定期点検、運転中のトラブルの原因究明のための停止に対して、新型コロナウイルス感染が拡大している状況下で、リモートで対応したが、想定よりも時間がかかっている。本事業の経験から、リモートでの定期点検やトラブル対応のあり方、およびリモート検査と実地検査との最適な組み合わせのあり方を検討し、マニュアル化しておくことが望まれる。

2.4. 事業成果の普及可能性

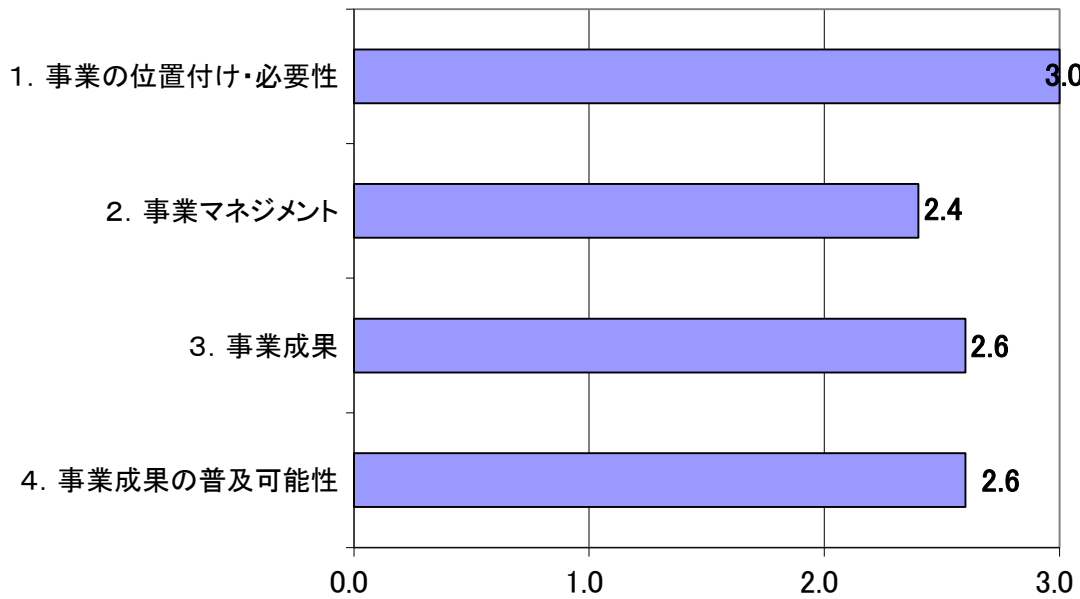
<肯定的意見>

- ・前例のない - 35℃まで稼働できる極寒冷地仕様の風力発電システム技術や独立系統地域での原油とディーゼルによる混焼炊き技術、さらにそれらと蓄電池を併用したエネルギーマネジメント技術は高い競争力と優位性があると考えられる。既存技術に対する卓越した優位性と経済性から事業として十分な採算性を得ることが可能であり、パートナー企業を通じた事業展開や、パートナー企業によらない独自の営業活動を通じた普及展開など、極寒冷地かつ独立系統地域での普及可能性が高く、その波及効果は大いに期待される。
- ・相手国の特定の地域（極地）における実証試験としては妥当であった。
- ・マイクログリッドシステムはロシアにおける導入ポテンシャルが大きく、本事業における事業スキームの普及拡大が期待できる。
- ・オーストラリア北部地域にも広域系統連系されていない小規模系統が散在していること、アジア・アフリカの系統未整備地域や島嶼地域におけるマイクログリッドも、本事業での経験から売り込み可能と考えられる。
- ・本事業では既存事業者による需給運用システムを尊重しつつ、それを補完する形で再エネ導入と周波数安定化を達成したことから、既存事業者も受け入れやすい事業スキームであると考えられる。
- ・極寒冷地向け風力発電はこれまで風力発電の導入が難しかった地域での風力発電の普及拡大に貢献すると評価することができる。今回の実証の対象となったロシアのみならず、電解装置を用いた水素製造において、欧州ではフィンランドに陸上風力の導入ポテンシャルが大きいとして注目されている国であり、風力発電の導入拡大に貢献できると考えられる。また評価対象に挙げられていないが、カナダや米国アラスカ州にも極寒冷地があり、そうした地域での風力発電の導入拡大に貢献可能だと考えられる。
- ・本実証事業で使用した極寒冷地仕様の中型風力発電機は、性能の面で他国の風力発電機に優っており、この点において本実証システムの競争力は高く、普及の可能性があると思われる。さらに原油とディーゼル油の混焼を可能にするディーゼル発電機の技術も、混焼が有利な地域に対して、実証システムの普及を後押しするものと考えられる。
- ・本実証を行った地域に類似した環境は相手国のロシアにおいて多く存在し得るので、この点も実証システムの普及の可能性はあると言える。
- ・国土が広く独立系統の地方が多数存在するロシアにおいて、豊富な原油を活用しうる高効率ディーゼル発電と極寒冷地でも利用できる風力発電を組み込んだ本事業成果の有効性と普及の可能性は高い。
- ・現地におけるエネルギー転換の協力体制の構築を通じて、雇用や人材育成にも貢献しうる。
- ・本事業のような再エネ、蓄電池、ディーゼル発電など異なる要素をエネルギーマネジメントシステムの下に統合することによって、独立系統の安定性と経済性を改善するモデルは、極寒冷地に限らず、離島などエネルギーグリッドから隔離されている地域においても有益であり、対象地域の特性を考慮した調整が必要ではあるが、市場の拡大が期待できる。

<改善すべき点>

- ・極寒冷地はマーケットとして限りがあり、独立系統でのエネルギーマネジメント、混焼炊き技術のアンモニア・水素などの他の燃料の適用・応用、風車技術の気象過酷地域への展開など、事業リスクヘッジする新たな今後の展開に対する提案があると、高度な日本技術の普及可能性がより高まると思われる。
- ・極寒冷地や周辺諸国における導入ポテンシャルの評価を行っているが、他の地域でもマイクログリッドシステムが存在しており、普及拡大の検討対象地域を広げる必要があるのではないか。また極寒冷地向け風力発電も北米のカナダやアラスカ州も同様に極寒冷地であり、そうした地域も普及拡大の対象地域として広げる必要があるのではないか。
- ・相手国におけるエネルギーインフラの関わる本事業を採算ベースで事業を継続・拡張して行くには、(1) 相手国政府、相手国地方地自体、相手国企業との長期的な信頼関係の積み重ねと(2) 関連機器の製造コストや輸送コストの低減、およびシステム全体としてのさらなる効率の改善が必要である。(1)については、本事業後も NEDO による経過観察や相手国との対話の継続が望まれる。(2)については、長期的なメンテナンス体制の確立、設備機器の輸送コストの低減、品質を確保しつつ機器の一部を原産地化するなど対応が必要となると考えられる。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
		A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性	3.0	A	A	A	A	A
2. 事業マネジメント	2.4	A	B	B	B	A
3. 事業成果	2.6	A	A	B	B	A
4. 事業成果の普及可能性	2.6	A	B	A	A	B

(注) 素点は各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出した。また、読み手による解釈を統一するため、以下の判定基準は、A 及び B はポジティブ、C 及び D はネガティブとして扱った。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性

- ・非常に重要 →A
- ・重要 →B
- ・概ね妥当 →C
- ・妥当性がない、又は失われた →D

3. 実証事業成果

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね妥当 →C
- ・妥当とはいえない →D

2. 実証事業マネジメント

- ・非常によい →A
- ・よい →B
- ・概ね適切 →C
- ・適切とはいえない →D

4. 事業成果の普及可能性

- ・明確 →A
- ・妥当 →B
- ・概ね妥当 →C
- ・見通しが不明 →D

第2章 評価対象事業に係る資料

「風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証 事業（ロシア連邦サハ共和国）」（事後評価） （2017年度～2021年度 5年間）

事業概要説明資料【公開】

株式会社東光高岳、三井物産株式会社、株式会社駒井ハルテック
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ・エネルギーシステム部、国際部)

2022年6月

複製を禁ず

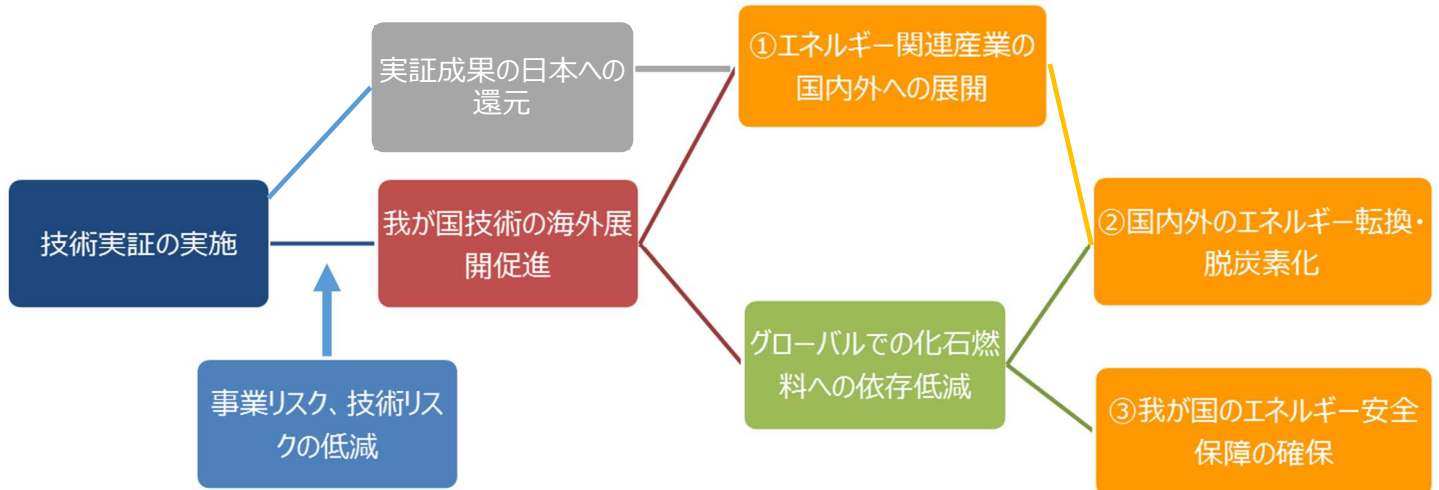
目次



1. 事業の位置付け・必要性【NEDO】
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント【NEDO】
 - (1) 相手国との関係構築の妥当性
 - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
 - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 事業成果の競争力
 - (2) 普及体制
 - (3) ビジネスモデル
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 日本への波及効果

エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業

3E+S（安定供給、経済性、環境適合、安全性）の実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することを目的としている。（出所：基本計画）



2

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の意義 (2) 政策的必要性

● ロシア極東の電力事情における課題

- ロシア極東地域には、基幹電力系統につながっておらず、**電力供給を小規模なディーゼル発電設備に依存する、独立系統地域(マイクログリッド)が数百~数千カ所程度存在。**
⇒これらの地域では、燃料輸送コストが高く**発電単価が非常に高い**。また、旧ソ連時代に建設した**旧式の老朽化したディーゼル発電設備は、エネルギー効率が悪くCO2排出量も多い**。
- ロシア国内では**再エネ導入の具体的な目標(2024年度に2018年度比で4.5%増)**が示されており、極東地域では**風況に恵まれている地域も多い**と言われていたが、これらの地域の多くは冬は**-30℃以下となる過酷な環境下に存在しており、極寒冷地でも稼働可能な技術の確立ができれば風力発電の普及可能性あり**。

ロシア国内の独立系統地域

※ ■ が独立系統地域



● 本事業の意義

- 風力発電機、ディーゼル発電機、蓄電池とエネルギーマネジメントシステムの組み合わせによる**独立系統での低コストかつ安定的なエネルギー供給の実現**
※風力発電機及び高効率ディーゼル発電設備による**燃料の焚き減らし・CO2排出削減の実現**
※ディーゼル発電機による**原油とディーゼル油による混焼焚きの実現(発電単価の低減)**
- 成功事例の無い**-30℃以下の極寒冷地での風力発電システムの実現**

3

NEDOが推進すべき事業

「NEDOのミッション」

エネルギー・地球環境問題の解決、産業技術の強化

「国際エネルギー実証のミッション」

将来の先行実証、エネルギーセキュリティへの貢献、日本企業の海外展開支援

実証事業を円滑に遂行していくためには、官民一体となった取り組みが必要であり、政府機関とのネットワークを活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポート



『実証の場』を創出



- ✓ サハ共和国政府及び国営電力会社ルスギドロと協力して、北極圏に位置するサハ共和国ティクシで、極寒冷地における風力発電システムを検証
- ✓ 風力発電機、ディーゼル発電機、蓄電池及びエネルギーマネジメントシステムを組み合わせ、独立システムでも低コストで安定的なエネルギー供給を実証
(ディーゼル発電機でディーゼル油と原油焚きの混焼運転を実証)

4

目次

1. 事業の位置付け・必要性 【NEDO】
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント 【NEDO】
 - (1) 相手国との関係構築の妥当性
 - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
 - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果 【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 事業成果の競争力
 - (2) 普及体制
 - (3) ビジネスモデル
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 日本への波及効果

5

● 2016年12月16日 サハ共和国及びルスギドロと意向表明書を交換

● 2017年9月6日 サハ共和国及びルスギドロと意向表明書を交換

● 2018年2月27日 サハ共和国及び
ルスギドロとMOC締結

● 2018年11月7日 風力発電機 運転開始式

● 2020年12月22日 システム全体の運転開始に関する記念式典

● 2020年12月28日 システム全体の
実証運転開始

○ 2021年2月 MOC期間延長

● 2021年11月30日
実証運転終了

● 2022年2月28日
事業終了



MOC締結の様子



設置した風力発電機の様子



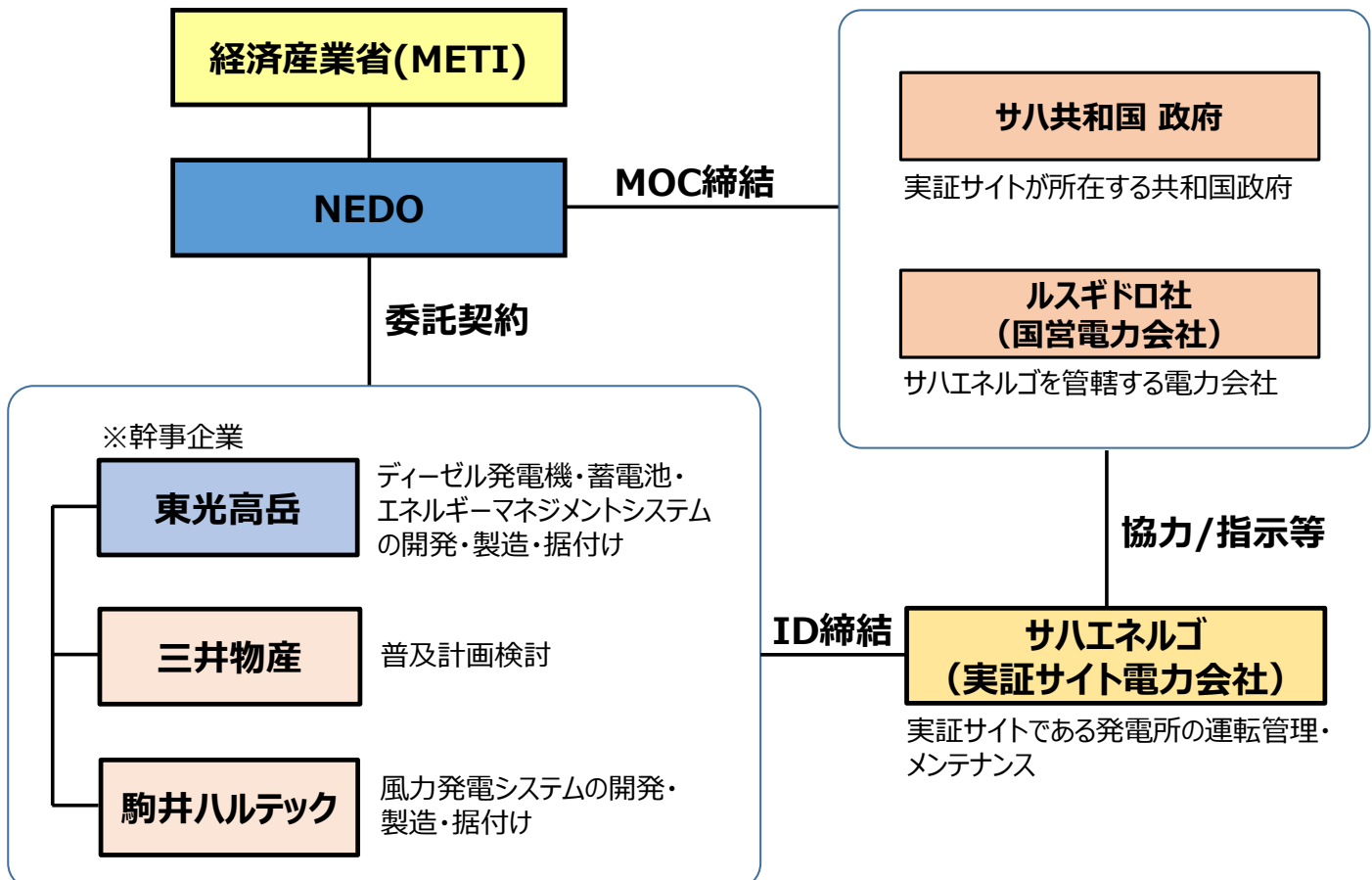
風力発電機の運転開始式の様子



建設した発電所建屋の外観

2. 事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決

実施体制



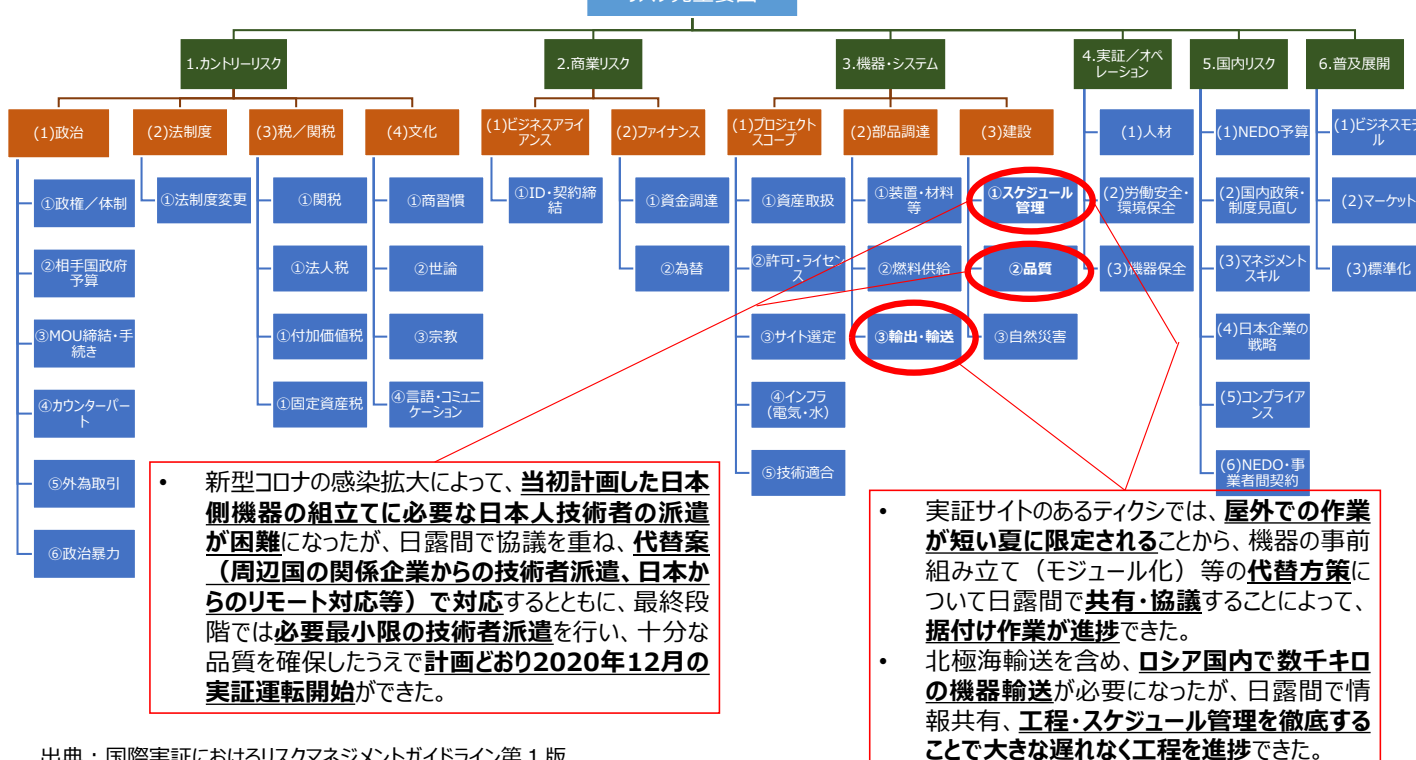
会議体等	頻度 または回数	目的	具体例
MOC/ID当事者間の定例会議 (NEDO、東光高岳、三井物産、駒井ハルテック、ルスギドロ、サハエネルゴ)	月1回 必要の都度	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト・スケジュール管理 情報共有・課題解決に向けた合意形成、および事業の円滑な推進のための便宜供与の依頼 必要な実務処理のための働きかけ 成果の情報発信・広報の共同推進 	<ul style="list-style-type: none"> 懸案事項の共有と、解決方法の提案と合意形成 実証終了後の資産運用・管理のための合意形成
日本側定例会議 (NEDO、東光高岳、三井物産、駒井ハルテック)	月1回 必要の都度	<ul style="list-style-type: none"> NEDO⇄委託者間で交わす「実施計画書」に基づく、進捗実行管理 NEDO規定・責任範囲内の意思決定、承認のため協議等 	<ul style="list-style-type: none"> 定例進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 情報・課題・問題の共有 ▶ 予算の適切な管理 ▶ 情報発信・広報の推進 ▶ 対処方針・審議 (適宜)
ID当事者間の定例会議 (東光高岳、三井物産、駒井ハルテック、サハエネルゴ)	月1回 必要の都度	<ul style="list-style-type: none"> 機器の製造・輸送・設置の状況、現地設置機器の運用状況、メンテナンス状況等の共有、懸案事項の解決方法の協議 取得データ分析と技術的課題整理 普及活動 	<ul style="list-style-type: none"> 定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 情報・課題・問題の共有 ▶ 予算の適切な管理 ▶ 情報発信・広報の推進 ▶ 対処方針・審議 (適宜)
リスク管理 (関係者全員)	適宜	<ul style="list-style-type: none"> 「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定 	<ul style="list-style-type: none"> 次項参照

8

2. 事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決

2018年2月にNEDO国際部が制定した「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、国際実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定し、事業に臨んだ。

リスク発生要因



9

事業内容・目標

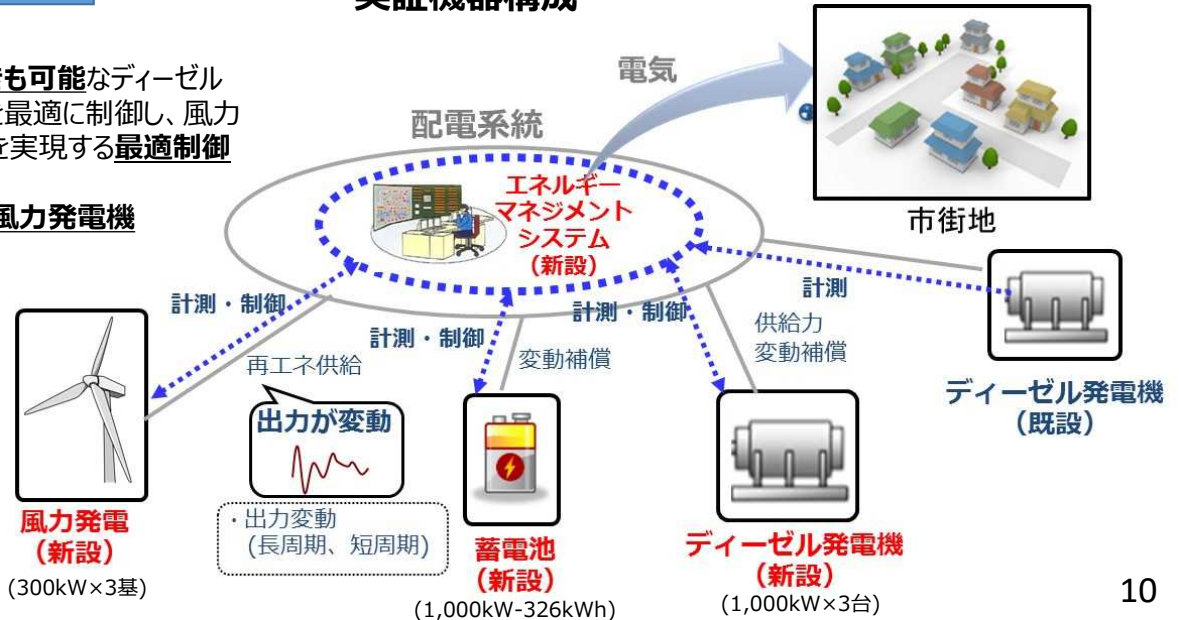
- ・**-30℃以下の極寒冷地で稼働可能な風力発電機の有効性を確認するとともに、高効率のディーゼル発電機（原油との混焼焚き運転を含む）、蓄電池、及びエネルギーマネジメントシステムを組み合わせたマイクログリッドを構築することにより、低コスト（年間約16%のディーゼル発電用燃料の削減）かつ安定的なエネルギー供給技術の実現し、ロシア国内や近隣諸国で同様の環境にある地域への普及計画を策定する。**

実証概要

実証機器構成

【実証技術】

- ① **原油との混焼焚きも可能なディーゼル発電機、蓄電池を最適に制御し、風力発電の最大活用を実現する最適制御協調システム**
- ② **極寒冷地仕様の風力発電機**



10

2. 事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性

実証テーマ

① 再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

- 1) **ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせて構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証**
 - a) 再エネ出力最大活用による省エネ・代エネ効果
 - b) 高効率ディーゼル発電機の運転による、燃料削減効果・保守メンテナンス費の削減効果
 - c) 蓄電池システムとディーゼル発電機の協調制御運転下における電力品質の安定性
- 2) **ディーゼル発電機3台の内1台で、原油とディーゼル油の混焼による運転を行い、燃料費やメンテナンスコストの削減効果を検証するとともに、原油とディーゼル油の最適比率の確認**

② 極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証

- 1) **極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性確認**
 - a) -30℃以下の低温運転時の安全性及び適正出力を確認し、運転下限温度を確認
 - b) 風力発電機内温度が、機器性能上問題の無い-40℃以下にならないことを確認
- 2) **着氷検出制御の検証**
 - a) 運転に悪影響を及ぼす着氷条件を明確にし、風力発電機の運転停止時間の最小限化の検討
- 3) **普及に資する、極寒冷地風車設計認証、現地生産化計画**
 - a) 普及時の風車導入促進を目的に、日本海事協会(NK)の設計承認のためのデータ収集
 - b) 風力発電機製造の一部を原産地化し、製品価格および輸送コストを低減するための調査

③ ビジネスモデル、普及可能性検討

- 1) **ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせて構築したマイクログリッドの最適制御協調システムについて検証する**

11

スケジュール

年度	FY2017				FY2018				FY2019				FY2020				FY2021				FY2022			
	4/6	7/9	10/12	1/3	4/6	7/9	10/12	1/3	4/6	7/9	10/12	1/3	4/6	7/9	10/12	1/3	4/6	7/9	10/12	1/3	4/6	7/9	10/12	1/3
	実証前調査				★ MOC 締結				★ 風力発電機 運転開始式				実証事業				★ システム全体 運転開始式				実証設備 継続利用			
テーマ①	システム設計・輸送・据付け												実証運転				分析							
テーマ②	システム設計・輸送・据付け				実証運転												分析							
テーマ③	市場調査												ビジネスモデル・普及可能性の検討											
NEDO 負担額	1.8億円				4.2億円				10.4億円				1.5億円				1.7億円				-			
	総計 19.6億円 (内訳① : 14.1億円、② : 5.2億円、③ : 1.2億円)																							

【相手国負担】 21.7億円

- ロシア国内での資機材輸送、機器のモジュール化、配電系統延長
- 新発電所の基礎工事、建屋建設、機器類の据付・調整、配管・ケーブル布設・接続、通信網整備
- システムの現地調整試験・試運転、実証運転期間中の機器運用・各種点検と非常時の一次対応

12

目次

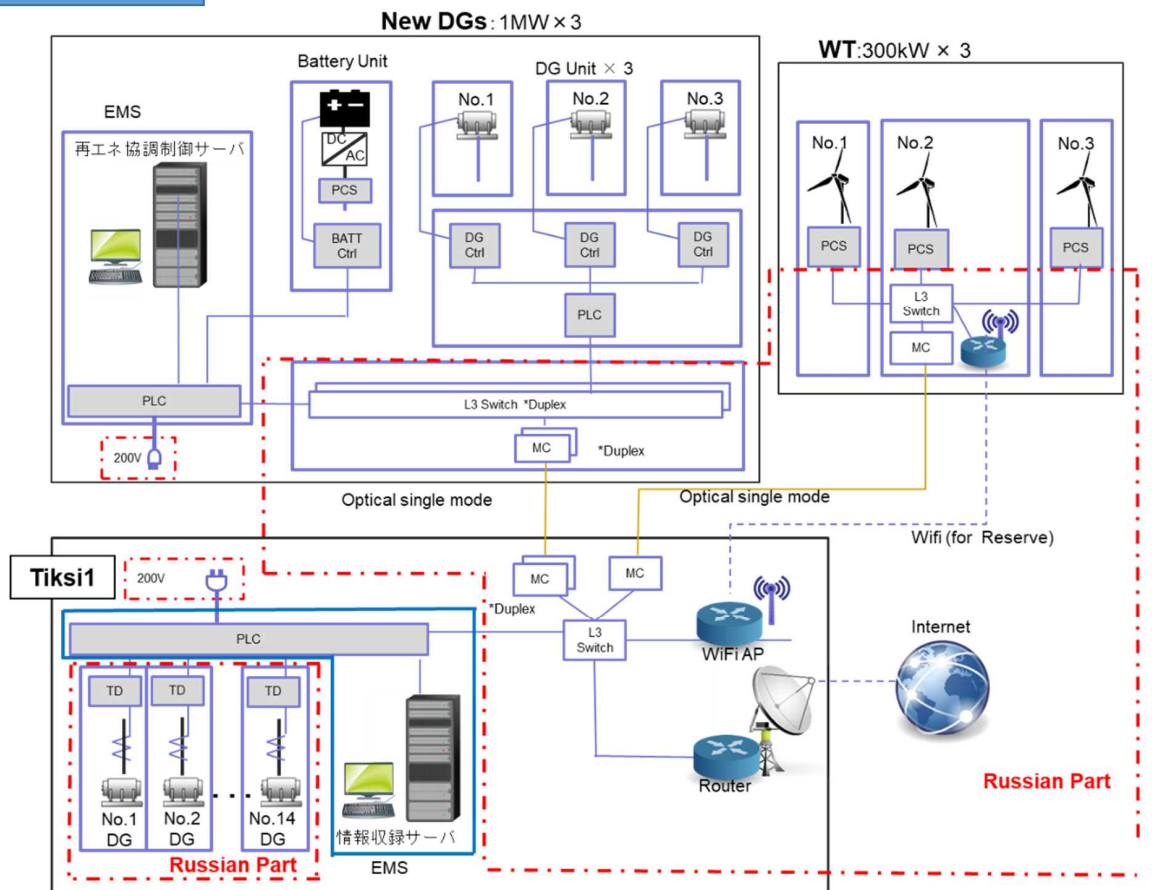
1. 事業の位置付け・必要性 【NEDO】
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント 【NEDO】
 - (1) 相手国との関係構築の妥当性
 - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
 - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果 【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 事業成果の競争力
 - (2) 普及体制
 - (3) ビジネスモデル
 - (4) 政策形成・支援措置
 - (5) 日本への波及効果

3. 事業成果： ①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証テーマ	成果	達成度	残った課題等
<p>□ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせ構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証</p>			
<p>①-1</p> <p>a) 再エネ出力最大活用による省エネ・代エネ効果 【達成度の評価基準】 ・省エネ・代エネ効果1,156kL/年</p> <p>b) 高効率DGの運転による、燃料削減効果・保守メンテ費の削減効果 【達成度の評価基準】 ・燃料削減効果 軽油39g/kWh ・DG負荷率50%以上</p> <p>c) 蓄電池システムとDGの協調制御運転下における電力品質の安定性 【達成度の評価基準】 ・電力系統安定化 周波数$50\pm 0.2\text{Hz}$ ・電圧 $6.3\text{kV}\pm 10\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・省エネ・代エネ効果は、取得データ補正後1,379kL/年を確認 ・新設DGの燃料削減効果として最大48g/kWhを確認 ・DG負荷率50%以上を確認 ・保守メンテは、点検期間の20%以上の延伸を確認 ・周波数滞在率は、68%から99%まで改善 ・目標電圧に対し、最大値6.4kV(+1.2%)、最低値6.2kV(-1.2%)と許容内を確認 	◎	
<p>①-2</p> <p>□ディーゼル発電機3台の内1台で、原油とディーゼル油の混焼による運転を実施 【達成度の評価基準】 ・実証研究期間中に、原油:ディーゼル油による混焼焚きを達成</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実証運転期間中において原油:ディーゼル油による混焼焚きで問題なく運転できることを確認 	○	

3. 事業成果： ①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証系統構成図



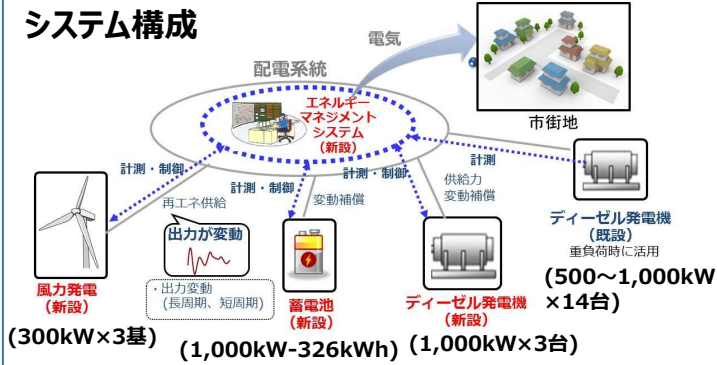
3. 事業成果 :

①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

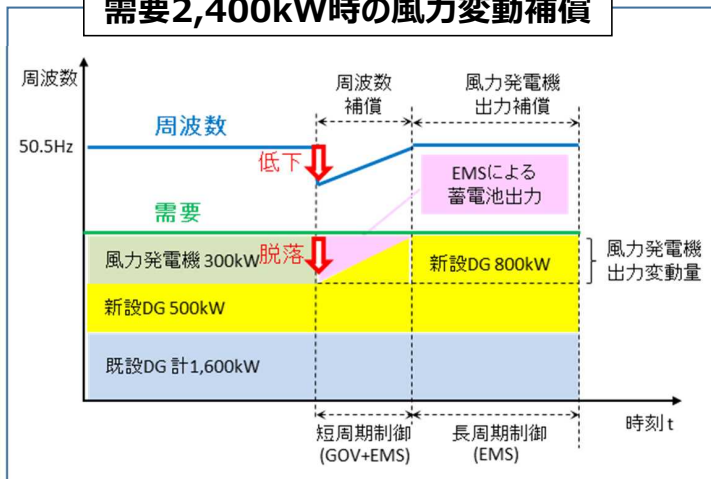


変動補償の考え方

システム構成



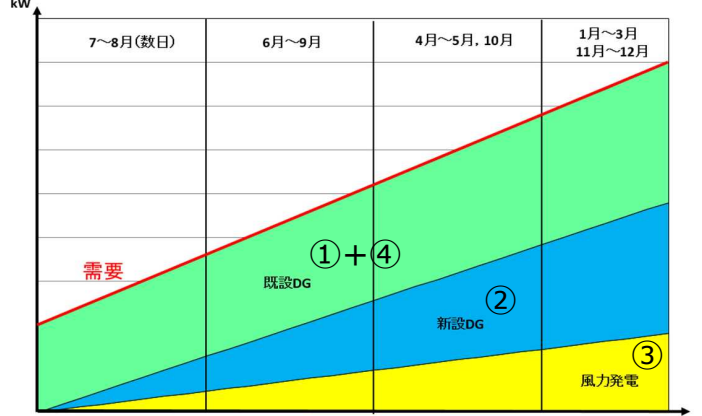
需要2,400kW時の風力変動補償



需要に応じたEMS制御協調運転

以下のとおり、**新設DG・風力発電・既設DGは需要にあわせて運転**

- ① ロシア側要望で、**既設DGは、熱源確保のため、常時計1,000kWを出力**
- ② ①の1,000kWを差し引いた需要に対し、**新設DGは連系可能な最大台数(最大800kW(*) x 1~3台)で連系**
- ③ **風力発電は、左図の風力変動補償のとおりに、新設DG 800kWごとに最大300kW(*)で連系**
(*)新設DGは、風力発電による変動にあわせ、効率的な運転が可能で500~800kW間で調整しながら、(新設DG+風力発電)が計800kWになるよう運転
- ④ ①~③で**不足する分は、既設DGが供給**



3. 事業成果 :

①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証



実証テーマ①-1：ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせ構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証

a) 再エネ出力最大活用

・省エネ・代エネ効果目標1,156kL/年(原油換算)に対し、実績は698kL/年であり、目標に対し未達

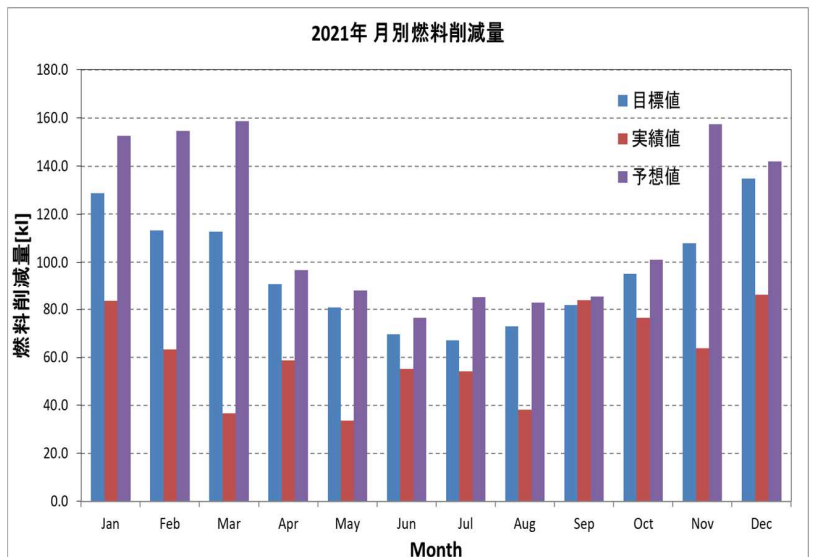
・ただし、実証運転期間中における、当初計画にない発電停止や発電量抑制(*)分を追加補正した場合、**省エネ・代エネ効果は1,379kL/年となり、当初計画した目標を達成**

(*)当初計画にない発電停止や発電量抑制

・機器の定期点検や、運転中に発生したトラブルの原因究明のための停止が、新型コロナに伴う日本からのリモート対応等により想定よりも長期間になった

・ロシア側から既設DGの発電量確保(熱源への供給)の要請があり、新設DGの運転台数に制限が生じた

2021年 月別燃料削減量



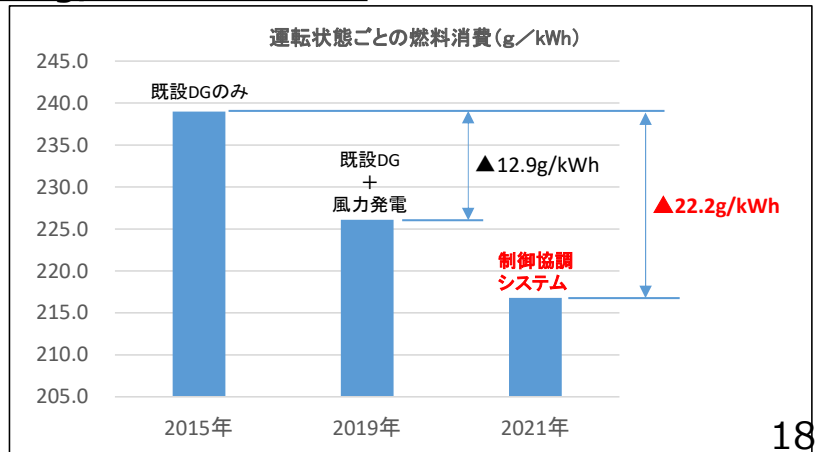
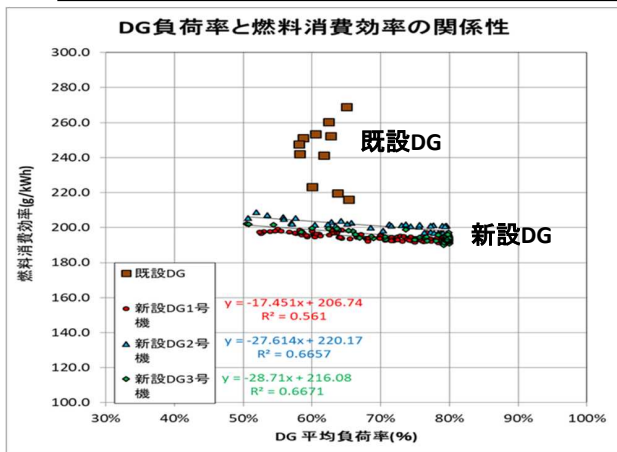
3. 事業成果：①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証テーマ①-1：ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせる構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証

b) 高効率DGの運転による、燃料削減効果・保守メンテナンス費の削減効果

①燃料削減効果

- ・新設DGが高効率となる50%以上(過負荷運転はしないことを前提)での運転を目指したEMS(*)を設計
(*) 長周期変動のEMS
300kWの風力発電機の長周期の出力変動は、新設DGが高効率で運転できる500~800kWに出力を変更して追従させるとともに、800~1,000kWはDG台数変更時の起動・解列幅に設定
- ・実証運転の結果、**新設DG1,2,3号機の燃料消費効率はそれぞれ192,195,191g/kWhとなり、いずれも目標である200g/kWh以下を達成。また、既設DGの平均燃料消費量239g/kWhに対し最大48g/kWh削減を達成** (左図のとおり)
- ・今回の**最適制御協調システム**(新設DG+風力発電機+既設DGによる運転)による**年間の平均燃料消費量は、既設DGのみの場合と比較し、22.2g/kWhの削減を達成** (右図のとおり)



3. 事業成果：①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証テーマ①-1：ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせる構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証

b) 高効率DGの運転による、燃料削減効果・保守メンテナンス費の削減効果

②保守メンテ費の削減効果

- ・既設DGは、号機ごとに**使用開始からの運転時間、および機器の状態に合わせた保守メンテナンス**による停止もあるが、新設DG(風力発電機)の稼働後の「**既設DGの運転時間・発電量**」は、以下のとおり**20%以上の削減を達成**

	2020年	2021年実績	削減率(%)
運転時間(h)	35,922	28,730	20.1
発電量(MWh)	17,870	13,518	24.4

- ・なお、①-1 a)に記載した抑制等なく運転できた場合は、以下のとおり、**40%以上削減できると想定**

	2020年	2021年(制約なし)	削減率(%)
運転時間(h)	35,922	21,180	41.1
発電量(MWh)	17,870	10,257	42.7

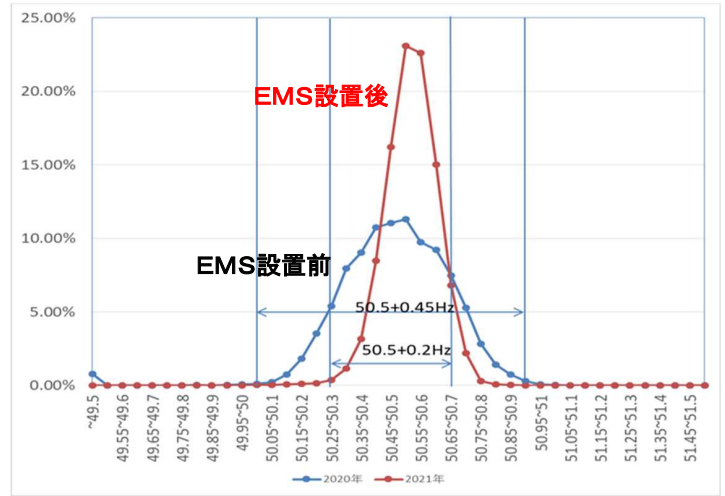
- ・既設DGは、上記の運転時間削減によって、**20%以上(抑制なしの場合は40%以上)の点検期間の延伸が図れた**。今後、設備過剰分となった**既設DGを廃止することができれば、更なる点検対象の削減も可能**
- ・なお、制御協調システムは、**今回新たに設置した新設DGや風力発電機等のメンテナンスも必要になってくる**が、試算の結果、運転時間・必要の都度行っている14台の既設DGのメンテナンスの延伸による削減効果が大きく、**使用年数が長くなるほどメンテナンスの削減効果は比例して大きくなる**ことを確認(5年後には、**総額で4.9百万円の保守メンテナンス費削減が可能**)

3. 事業成果：①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証テーマ①-1：ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせ、構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証

c) 蓄電池システムとDGの協調制御運転下における電力品質の安定性（1 / 2）

- ・300kWの風力発電機の短周期の出力変動は、蓄電池(1,000kW-326kWh)にて品質を維持
- ・その結果、次の通り**品質が維持できた**ことを確認【周波数】
 - ・ロシア側との協議により、目標値とする運用周波数を50.5±0.2Hzに変更
 - ・滞在率は、**EMS設置前の68%に対し、EMS設置後は99%まで改善**（右図のとおり）



【電圧】

- ・目標電圧6.3kV±10%に対し、**最大値6.4kV(+1.2%)、最低値6.2kV(-1.2%)と許容範囲に収まり、安定していることを確認**できた

【SOC】

- ・実証期間中、風力発電が最大出力からの変動(900kW⇒0kW)は発生しなかったが、800kWの出力変動(低下)あり。この際のSOCは**想定範囲の動作(900kW換算でSOC運用下限付近まで低下したが枯渇なし)**を確認

20

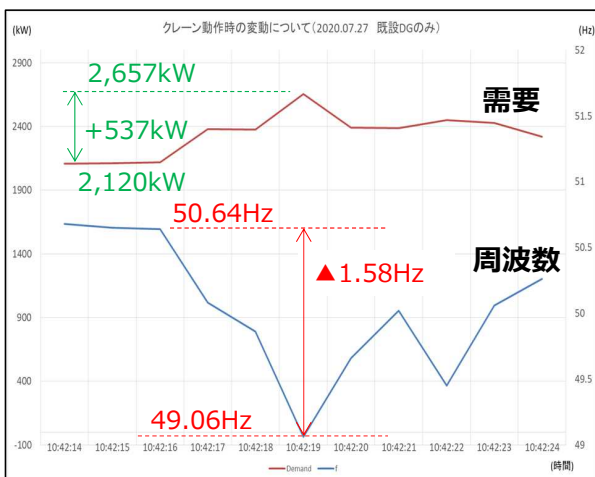
3. 事業成果：①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証

実証テーマ①-1：ディーゼル発電機、風力発電機、蓄電池、エネルギーマネジメントシステムを組み合わせ、構築したマイクログリッドの最適制御協調システムの有効性検証

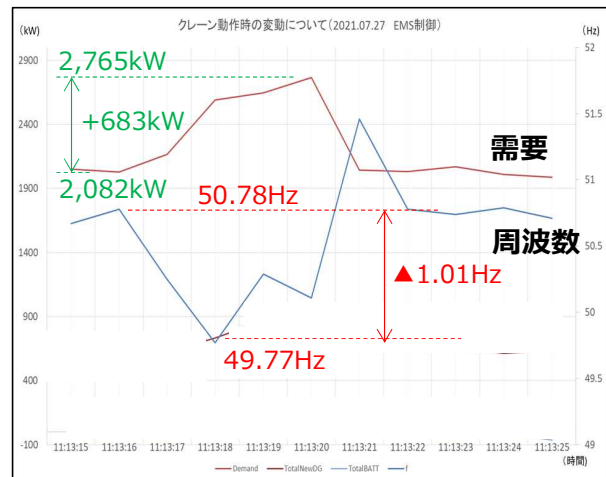
c) 蓄電池システムとDGの協調制御運転下における電力品質の安定性（2 / 2）

【現地課題への対応例】

- ・ティクシでは、**低需要期**(2MW程度)の夏期に大型クレーンが稼働し(*)、**需要の25%相当(500kW程度)の負荷変動が発生**する
 (*)ティクシでは北極海が凍結しない夏期に、海運事業のための大型クレーンが稼働
- ・**最適制御協調システムの導入**により、**導入前**の2020年7月(左図)は**1.58Hzの周波数低下が発生**していたのに対し、**導入後**の2021年7月(右図)の周波数低下は**1.01Hzまで抑制**でき、**▲0.47Hzの系統安定化が図れた**



最適制御協調システム導入前（2020年7月）



最適制御協調システム導入後（2021年7月）

21

3. 事業成果： ①再エネ制御協調システム及び混焼焚きディーゼル発電機の有効性検証



実証テーマ①-2：ディーゼル発電機3台の内1台で、原油とディーゼル油の混焼による運転を行い、燃料費やメンテナンスコストの削減効果を検証するとともに、原油とディーゼル油の最適比率を確認する

○実証運転結果

- ・実証運転期間中において、原油:ディーゼル油による混焼焚きで**問題なく運転できることを確認**した

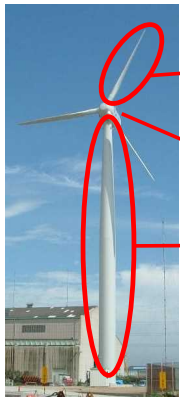
3. 事業成果： ②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証



実証テーマ		成果	達成度	残った課題等
②-1	□極寒冷地仕様風力発電システムの有効性確認 a) -30℃以下の低温運転時の安全性・適正出力を確認し運転下限温度を確認 【達成度の評価基準】 ・-30℃より低い温度での運転確認	・運転下限温度として、 <u>-35℃</u> まで運転できることを確認	◎	
	b) 風車内温度が、機器性能上問題の無い-40℃以下にならないことを確認 【達成度の評価基準】 ・-40℃以下にならないことを確認	・-40℃を下回ることなく保護（最も低い測定箇所での-28.6℃）されており、内部機器は問題なく稼働	◎	
②-2	□着氷検出制御の検証 a) 運転に悪影響を及ぼす着氷条件を明確にし、運転停止時間の最小限化の検討 【達成度の評価基準】 ・着氷条件の運転停止への影響確認	・着氷による運転停止はなし、現地の着用を想定した解析等を実施	◎	
	b) 風車製造の一部を原産地化し、製品価格・輸送コストを低減するための調査 【達成度の評価基準】 ・-30℃より低い温度での運転	・極寒冷地風力発電機設計認証に向けた <u>運転データ及び気象データ</u> を取得	○	・データを整理し認証へ向けた関係機関との調整
②-3	□普及に資する、極寒冷地風車設計認証、現地生産化計画 a) 導入促進を目的とした、日本海事協会(NK)の設計承認のためのデータ収集 【達成度の評価基準】 ・認証に必要なデータの収集	・主要部品の原産地化に対して <u>実現可能性の調査・検討</u> を実施	○	・普及へ向けて、原産地化の調査・検討の継続
	b) 風車製造の一部を原産地化し、製品価格・輸送コストを低減するための調査 【達成度の評価基準】 ・-30℃より低い温度での運転			

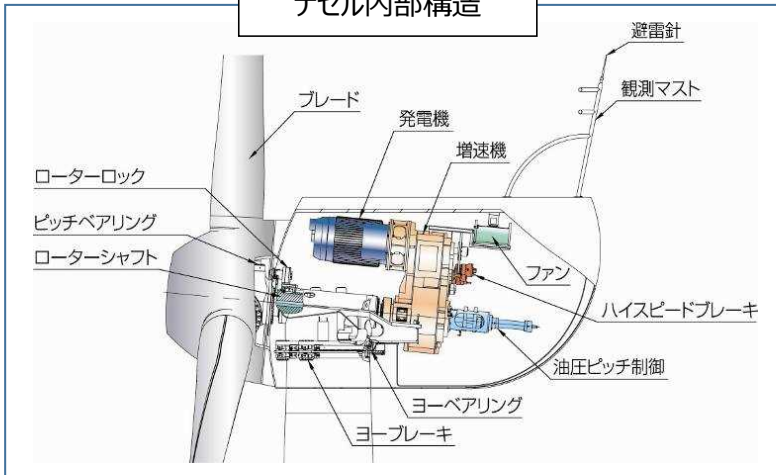
3. 事業成果： ②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証

駒井ハルテック製 極寒冷地仕様風力発電機の詳細



- ブレード長：16m
※10tトラックで輸送可能な最大長さ
- ナセル重量：18t以下
- タワー高さ：41.5m、4~5ブロック
※個別重量を10t以下におさえることで、トラック輸送可能

ナセル内部構造



【駒井ハルテック製寒冷地仕様と極寒冷地仕様の違い】

	寒冷地仕様	極寒冷地仕様
風車クラス	クラスⅡa	クラスⅡs
定格容量	300kW	
ローター直径	33m	
基準風速 (m/s)	42.5	
極値風速 (m/s)	59.5	
平均風速 (m/s)	8.5	
乱流強度 Iref	0.16	
運転風速範囲 (m/s)	3~25 (-30℃以下)	3~22 (-30℃以下)
運転温度 (℃)	-30~30	-35~30
待機温度 (℃)	-40~40	-50~40

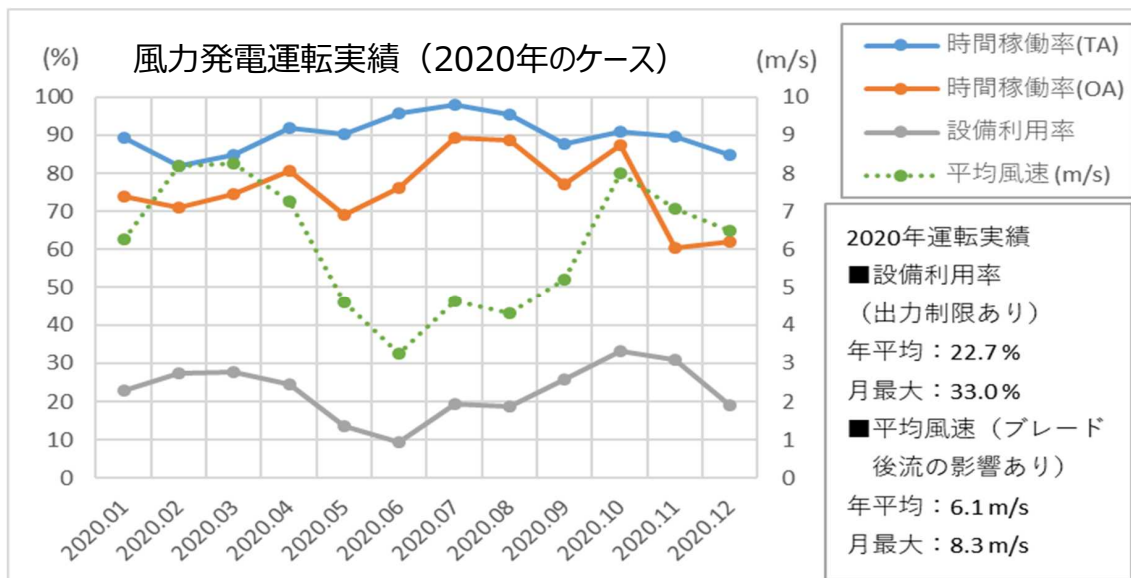
3. 事業成果： ②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証

実証テーマ②-1：極寒冷地仕様風力発電システムの有効性を確認する

・実証運転期間中における、駒井ハルテック製極寒冷地仕様風力発電機の運転実績

	実績(注)	備考
時間稼働率TA(Technical Availability)	90.0%	発電時間+非発電の運転中(停止以外でカットイン以下等)が対象
時間稼働率OA(Operational Availability)	75.9%	発電時間が対象
設備利用率	22.4%	

(注)スライド17に記載した「当初計画にない発電停止や発電量抑制」のとおり、新型コロナによって停止期間が長期化したことによる影響等もあり、当初の想定よりも低い傾向となった



3. 事業成果： ②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証



実証テーマ②-1：極寒冷地仕様風力発電システムの有効性を確認する

a) -30℃以下の低温運転時の安全性・適正出力を確認し運転下限温度を確認

- ・実証期間中(2019年1月～2021年12月)の**外気温-35℃以下の日は延べ31日**で、**最低気温は-41.6℃**を記録
- ・本実証において、風車は-35℃の耐設計（風車内部温度が適正に維持できれば-40℃まで運転可能）としており、実証期間中、**-36.7℃までは問題なく運転することを確認できたが、**
- ・実証サイトにおいて、**-35℃～-40℃においては、風力発電を行うための風速(3m/s以上)が得られない(風が吹かない)ことを確認**できたことから、**運転下限温度（耐設計温度）は、設計どおりの「-35℃」で問題ないことを確認**

b) -30℃以下の低温運転時の安全性・適正出力を確認し運転下限温度を確認

- ・外気温は-41.6℃を記録したが、風力発電機内部（ナセル、タワーベース内部他）は**-40℃を下回ることなく保護されており（最も低い測定箇所で-28.6℃）、内部機器は問題なく稼働していることを確認**

26

3. 事業成果： ②極寒冷地仕様の風力発電システムの有効性検証



実証テーマ②-2：極寒冷地の運転に影響する着氷検出制御を検証する

a) 運転に悪影響を及ぼす着氷条件を明確にし、運転停止時間の最小限化の検討

- ・実証運転期間中における**着氷による運転停止はなし**（現地で西方向からの着氷の可能性が高いことを確認）
- ・ただし、現地での着氷を想定し、ブレードへの着氷による空力性能の変化に伴う出力低下、着氷による負荷の増大に伴うブレード破損や風力発電機寿命の低下への影響についての解析を実施

実証テーマ②-3：普及に資する、極寒冷地風車設計認証、現地生産化計画を検討する

a) 導入促進を目的とした、日本海事協会(NK)の設計承認のためのデータ収集

- ・-30℃以下の寒冷地気候を持つ国々への風力発電機建設の提案を可能とする極寒冷地風力発電機設計認証に向けた運転データおよび気象データを取得（実証終了後に認証へ向け、認証機関との調整を実施）

b) 風車製造の一部を原産地化し、製品価格・輸送コストを低減するための調査

- ・普及展開時の優位性を確保するため、風力発電機の輸送コストを削減可能な主要部品の原産地化に対して実現可能性の調査・検討を実施（実証終了後も、成果普及へ向け、調査・検討を継続）

27

1. 事業の位置付け・必要性【NEDO】
 - (1) 事業の意義
 - (2) 政策的必要性
 - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント【NEDO】
 - (1) 相手国との関係構築の妥当性
 - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
 - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】
 - (1) 目標の達成状況と成果の意義
- 4. 事業成果の普及可能性【東光高岳、三井物産、駒井ハルテック】**
 - (1) 事業成果の競争力
 - (2) 普及体制
 - (3) ビジネスモデル
 - (4) 政策形成・支援措置**
 - (5) 日本への波及効果**

28

4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置 (5) 日本への波及効果



- ロシアに加え、平均気温が-30℃を下回るエリアがあり、主要電力系統が整備されていない近隣諸国（ノルウェー・フィンランド・カザフスタン・モンゴル）において、再エネに関連する政策動向を調査した結果、**いずれの国も再エネの導入拡政策を掲げていることを確認**しており、本実証で十分な実証成果を得た**寒冷地仕様の風力発電機については、政策に基づき十分普及が見込まれる**
- また、ロシア、フィンランドでは、長期目標としてカーボンニュートラル達成も掲げており、**老朽化した従来型のディーゼル発電機は、風力発電機及び高効率ディーゼル発電機への置き換えによる温室効果ガス削減効果**が見込まれるため、本実証システムに対する**ニーズは今後益々高まっていくもの**と考えられる

ロシア	<ul style="list-style-type: none"> • 2050年までに、森林などによる吸収量を差し引いた温室効果ガスの純排出量を2019年比約60%削減し、2060年までにカーボンニュートラルを達成する目標 ※極東や北極圏等といった独立電力系統地域における、主たる電源であるディーゼル発電機の更新にあたり、風力等の再エネの導入を指針として制定
ノルウェー	<ul style="list-style-type: none"> • 2030年までに、CO2排出量を1990年比50～55%削減し、長期目標として、遅くとも2050年までにカーボンニュートラルを達成する目標 • 水力以外の再エネでは特に風力を推進
フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> • 2030年までに、温室効果ガス排出量を非排出権取引部門で2005年比39%削減し、再エネ使用量を2020年代に全体の50%とし、2045年までにカーボンニュートラルを達成する目標
カザフスタン	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギーミックスに占める再エネの割合を2030年までに10%、2050年までに50%とする目標
モンゴル	<ul style="list-style-type: none"> • 2030年までに再エネ導入比率を30%に引き上げる目標 • 2015年から2023年にかけて、エネルギー安全性と再エネ開発の基盤の確立、再エネ部門の法的環境の改善に重点をおき、2024年から2030年にかけて二次エネルギーを輸出し、持続可能な再エネ分野を開発する目標

- 日本では、ティクシと同様の寒冷気候かつ独立系統であるエリアが少ないが、**寒冷で風況のよいエリアへの風力発電機の導入や、離島などの再エネ制御協調システム（高効率ディーゼル発電機、風力発電機、EMS）の導入にあたって本実証で得た成果の適用が十分可能**であると考えられる

29

参考資料 評価の実施方法

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／
風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業（ロシアサハ共和国）」
個別テーマ／事後評価に係る評価項目・基準

1. 事業の位置付け・必要性

(1) 政策的必要性

- ・ 事業の成果は、省エネルギー、新エネルギー技術の普及に資するものであったか。または、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証等の場合、その成果は日本への還元が期待できるか。
- ・ 事業の成果は、我が国のエネルギー関連技術の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、世界のエネルギー需給の緩和を通じた我が国のエネルギーセキュリティに貢献するものであったか。
- ・ 日本政府のエネルギー基本計画等の政策の趣旨に合致していたか。
- ・ 相手国政府との政治・経済的な関係を考慮した効果的なアプローチとなっていたか。

(2) NEDO 関与の必要性

- ・ 民間企業のみで取り組むにはリスクが高いこと、かつ社会的意義（実証研究を実施し、またその後普及することで、対象国・地域や日本におけるエネルギー問題、二酸化炭素排出、インフラ整備、雇用、人材育成等、各種課題の解決への貢献又は波及）があることにより公的資金を投入する意義があったか。
- ・ 他の手法（日本への招聘、技術者の派遣等）と比較して、対象国における実証という手法が適切であったか。

2. 事業マネジメント

(1) 相手国との関係構築の妥当性

- ・ 相手国側との間で、適切に役割及び経費が分担されたか。
- ・ 相手国の政府関係機関から必要な協力が得られたか。また、政府関係機関との間で今後の普及に資する良好な関係が構築できたか。

(2) 実施体制の妥当性

- ・ 事業者と相手国企業との間で構築された協力体制は妥当であったか。
- ・ 事業者の実施体制（当該事業に関係する実績や必要な設備、研究者等）は妥当であったか。

(3) 事業内容・計画の妥当性

- ・ 事業の内容や計画は妥当であったか。
- ・ NEDO が負担する経費について、項目や金額規模は妥当であったか。

- ・ 対象技術について、国際的な技術水準や競合技術の状況が適切に分析され、我が国が強みを有するといえるものであったか。
- ・ 事業で使用した技術等は、相手国における諸規制等に適合していたか。
- ・ 標準化の獲得が普及促進に資すると考えられる場合、標準化に向けた取組が適切に実施されていたか。
- ・ 事業の進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に適切に対応していたか。

3. 事業成果

(1) 目標の達成状況と成果の意義

- ・ 事業の目標を達成したか。未達成の場合は、その原因が分析され、課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるものか。
- ・ 実証事業を通じて、既存技術や競合技術との優位性を定量的に検証することができたか。
- ・ 投入された NEDO の予算に見合った成果が得られたか。
- ・ 目標として設定し、さらには実際に事業で得られたエネルギー消費削減効果・石油代替効果及び CO₂ 削減効果は妥当な水準であったか。
- ・ トラブル対応など、実証事業を通じて得られた経験が教訓として蓄積されているか。

4. 事業成果の普及可能性

(1) 事業成果の競争力

- ・ 相手国やその他の国・地域において普及の可能性はあるか。将来的に市場の拡大が期待できると考えられるか。（そう考えるに至った根拠を経済性評価の資料等で示せることが望ましい。）
- ・ 普及段階のコスト水準や採算性は妥当と考えられるか。また、事業終了から普及段階に至るまでの計画は、事業化評価時点のものより具体的かつ妥当なものになっていると考えられるか。事業化評価時に作成された経済性評価の売上と利益見込みが更新されているか。
- ・ 競合他者に対する強み・弱みの分析がなされているか。特に、競合他者に対して、単純な経済性だけでない付加価値（品質・機能等）による差別化が認められるか。
- ・ 想定されるビジネスリスク（信用リスク、流動性リスク、オペレーショナルリスク、規制リスク等）が棚卸されているか。その上で、これらリスクに係る回避策が適切に検討されているか。

(2) 普及体制

- ・ 営業、部材生産、建設、メンテナンスなどの役割分担毎に、他社との提携や合弁会社の設立など、ビジネスを実施する上での体制が検討されているか。（既に現地パートナーとの提携の実績がある、現地又は近隣に普及展開のための拠点を設置することに

ついて検討されていることが望ましい。)

- ・ 当該事業が事業者の事業ドメインに合致している、又は経営レベルでの意思決定が行われているか。
- (3) ビジネスモデル
- ・ 相手国やその他普及の可能性がある国・地域での普及に向けて、具体的かつ実現可能性の高いビジネスプランが検討されているか。
 - ・ 相手国やその他普及の可能性がある国・地域において、普及に資する営業活動・標準化活動が検討されているか。
 - ・ 事業者が継続的に事業に関与できるスキームとなっているか。
 - ・ 標準化の獲得が普及促進に資すると考えられる場合、標準化を考慮したビジネスプランが検討されているか。
- (4) 政策形成・支援措置
- ・ 相手国やその他普及の可能性がある国・地域において、普及のために必要な政策形成・支援措置が検討されているか。
- (5) 他の国・地域等への波及効果の可能性
- ・ 当該技術の普及が、相手国・地域のみならず、他の国・地域や日本におけるエネルギー問題、CO₂ 排出抑制、インフラ整備、雇用、人材育成、制度設計等、各種課題の解決への貢献又は波及効果が期待できるか。