

**「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／  
ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」  
個別テーマ／事後評価報告書**

**2021年12月**

**国立研究開発法人新エネルギー・産業総合技術開発機構**

**国際部**

## 目 次

はじめに  
審議経過  
評価委員会名簿

### 第1章 評価

1. 総合評価
2. 各論
  2. 1 事業の位置付け・必要性について
  2. 2 実証事業マネジメントについて
  2. 3 実証事業成果について
  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／ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」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／ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」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。

2021年12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／  
ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」  
個別テーマ／事後評価委員会

## 審議経過

- 事後評価委員会：2021年10月27日（水）

### 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／  
ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」  
個別テーマ／事後評価委員会

職位	氏名	所属	役職
委員長	かとう まさかず 加藤 政一	東京電機大学 工学部 電気電子工学科	教授
委員長代理	さいとう ひろみ 斎藤 浩海	東北大学 大学院 工学研究科 電気エネルギーシステム専攻	教授
委員	あきやま けんたろう 秋山 健太郎	星城大学 経営学部	特任教授
委員	いけや ともひこ 池谷 知彦	電力中央研究所 企画グループ	特任役員
委員	やすだ よう 安田 陽	京都大学 大学院 経済学研究科	特任教授

表1 事後評価委員会委員名簿

敬称略、五十音順

## 第 1 章 評価

## 1. 総合評価

### <肯定的意見>

- ・ バッテリーを併用して再エネ電源出力を最大限活用できる SPS（オンライン事前演算型 SPS）の実証をほぼ計画通りに行えた。リアルタイムデータを用いたシミュレーションベースではあるが、その効果を定量的に把握することができたのは評価できる。
- ・ 我が国の優れた技術であるオンライン事前演算型 SPS とハイブリッド BESS（鉛蓄電池＋リチウムイオン電池）を組み合わせたシステムにより、風力発電接続可能量を増大させ得ることを再生エネルギー電源が普及しているヨーロッパにおいて実証できたことは、我が国の電力システムの技術と蓄電池技術の認知度を国際的に高め、また我が国の関連産業に活力を与える良い事業であったと思う。
- ・ NEDO の関与については、事業者の実証成果を上げられるよう、ポーランド政府との関係および連携強化をサポートする、さらに、温室効果ガスの大幅な排出削減に寄与するため、必要であった。
- ・ 相手国（PSE：送電会社、EOP：配電会社、EOZE：発電会社）と日本側（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）との間で適切な役割分担ができ、対象国より、BESS 建屋、SPS/BESS の国内輸送・据付、必要通信網整備の構築、試運転・現地調整試験、実証期間内の運用・各種点検等は相手国負担で適正な協力を得ることができた。
- ・ SPS/BESS システムをポーランドの電力系統に導入し、系統解析・実証試験を行い、大量の風力発電の導入ができることを確認したことは大きな成果だった。増加導入が可能となった風力発電設備は、現在、ポーランドの発電電力量の 8 割を占める石炭火力発電所に置き換わるものと想定することができ、代エネ効果は、約 4,518TJ/年、温室効果ガス排出削減効果は、約 61 万トン-CO<sub>2</sub>/年と試算されている。
- ・ SPS と BESS のシステムとして一括で TSO（送電系統運用者）への販売はできなくなり、単体で販売することとなったが、SPS を TSO に販売促進する場合、BESS も含めたシステムとしてしっかり説明することにより、普及可能性はあると考える。
- ・ 当該技術の普及が、対象国や日本におけるエネルギー問題、温室効果ガス排出、インフラ整備、各種課題の解決への貢献が期待できる。
- ・ ポーランドの再エネ導入と系統安定化の状況を見て、今回提案した SPS と蓄電池システムとの組合せを提案して、実証で得られた成果は高く評価できる。
- ・ 事業途中の政策の変更により事業計画に若干の修正があったり、COVID-19 による渡航の困難な時期にありながら、当初の計画を十分に達成することができた点は評価できる。

### <今後に対する提言>

- ・ 制度的な制約からヨーロッパではなく、北米や日本での適用、ビジネス展開を考えるべきである。特に、日本版コネクト&マネージと併用することで、お互いの効果がさらに拡大することが期待できる。
- ・ 実証期間中に実際の系統事故が発生しなかったため、系統解析に基づいて SPS の評価が行われているので、今後の実証設備の継続利用を通じて、SPS の導入効果を追跡調査していただきたいと思う。
- ・ 慣性力向上や WAMS（広域計測システム）の活用を考慮した SPS を開発し、我が国を含めた世界中の TSO を対象に SPS の普及を推進されることを期待する。また、ハイブリッド BESS との組み合わせによるメリットを、本実証事業の成果を活用してアピールすることで、ハイブリッド BESS および SPS 相互が普及することを期待する。
- ・ 欧州における制度改正により、当初計画していた SPS とハイブリッド BESS の組み合わせシステムを送配電事業者に普及させることが困難になったことは、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適切な対応が行われたものの、当初計画時の見通しに多少の甘さがあったと思う。今後このような点について、さらなる改善を望みたい。

- ・ 系統解析により、SPS / BESS を活用した場合、ポーランドの電力システムへの風力発電の導入量を大幅に引き上げられることがわかった。その際、系統解析の前提条件を成果報告書等に、今後はしっかり記載いただきたい。
- ・ SPS については、競合他社との強みをもう少し具体的・技術的に説明いただきたい。特許等の知的財産を保有または、申請中であれば、どの部分の機能が対象で差別化になっているのか、可能な範囲で示していただきたい。
- ・ SPS 普及のターゲットは、まず、実証試験を行ったポーランドで展開していただけるよう、全力を尽くしていただきたい。BESS の方は、単体でも、負荷平準化、系統安定化等多機能性を有し、電力システムの末端の発電所、需要家側等の設置点が多くあるため、単体でも将来的に大きな市場が期待される。
- ・ SPS の普及に対しては、対象を欧州有望国の TSO だけでなく、欧州の広域的な系統運用機関 CORESOC 等、北米、アジア、我が国の送配電事業者等への拡張も考慮する。
- ・ 欧州での普及については、経験豊富な日立 ABB の役割が期待される。早急に役割分担、販売戦略を構築することを期待する。
- ・ 欧州各国においては、既に、風力、太陽光発電が大量導入され、発電量に占める割合が大きくなっている（例えば、2020 年ドイツで 44% : 発電量ベース）。先方の計画に今回の成果を反映していくため、早期の普及・販売活動が必要である。また、国によって現在の再生可能エネルギー導入レベルは違うので、そのレベルに応じた導入対策を考えていく必要がある。
- ・ 電力系統計画・運用の視点、今後の日本での展開、送配電会社の海外展開等を考慮に入れ、このプロジェクトに何らかの形で OCCTO（電力広域的運営推進機関）、日本の送配電会社の系統計画者・運用者が関与する必要がある。
- ・ SPS と蓄電池システムの組合せに、さらに需要家側機器などの VPP（仮想発電所）を加えることでバリエーションが広がる。
- ・ 欧州のみを対象とせず、幅広く系統や再エネ導入状況を見て普及先を検討してほしい。
- ・ 蓄電池運用でも、直接に関与して継続的に運用でも稼げるビジネスモデルを考えてほしい。
- ・ IEA（国際エネルギー機関）の VRE 統合の 6 段階の考え方にに基づき、各国の VRE（変動性再生可能エネルギー）導入の進展度や系統環境に則したさまざまな柔軟性の選択肢に対する互換性や拡張性を追求することが望ましい。



## 2. 各論

### 2.1. 事業の位置付け・必要性について

#### <肯定的意見>

- ・ EU 諸国の中でも再生可能エネルギーに関するルールが日本に近いポーランドでの実証は意味がある。ポーランド政府の前向きな姿勢もあり、NEDO 関与は必要不可欠であった。
- ・ オンライン事前演算型 SPS とハイブリッド BESS を組み合わせ、系統事故時に発生し得る送電設備の過負荷を適切に解消することにより、風力発電の系統連系量を増大させることのできる本事業の実証システムは、再生可能エネルギー電源が主力となる今後の電力システムにとって必須の技術であると考えます。また、本事業で実証した SPS は適用する系統の問題（過渡安定度、電圧安定性、過負荷等の問題）に合わせてチューニングできる性能を持っているので、技術的に見て適用範囲が広いと言える。ハイブリッド BESS についても、リチウムイオン電池と鉛蓄電池の組み合わせをコストと性能の点から柔軟に変更できるので、適用範囲の広い技術であると考えます。
- ・ 本事業の技術を風力発電の導入が先行するヨーロッパにおいて実証されたことは、我が国の特色ある技術が再生可能エネルギー電源の主力電源化を促し、温室効果ガスである CO2 の排出量削減に大きく寄与し得ることを世界的に示すことになるものと考えます。
- ・ 本事業は、我が国の特色ある技術によって温室効果ガスの排出量を削減できることを世界的に示し、それをもって我が国のエネルギーセキュリティを向上させることになるので、NEDO の関与は必要であったと考えます。
- ・ 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分析され、特に BESS においては、我が国の強みを有するものといえるものである。さらに、我が国の先進的技術を制度的に先行している欧州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し、国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化等に貢献できるものである。この技術を導入することにより、ポーランド共和国および世界の温室効果ガスの排出削減に寄与するものである。
- ・ NEDO の関与については、事業者の実証成果を上げられるよう、ポーランド政府との関係および連携強化をサポートするため必要であった。
- ・ 実証という政策手段は、この技術の普及展開を図る上での運転実績の蓄積、実証を通じた対象国における政策形成・支援の獲得など有効であった。
- ・ 本事業で提案する技術は、再生可能エネルギー導入にあたって、既存インフラを有効に使うための提案であり、基本計画の方針に適している。国外でのフィールドを使い、日本の技術を実証するというのは、技術進展のためには必要である。国外での実証を進めるには、NEDO の関与は不可欠。
- ・ VRE の大量導入が先行する欧州において、国内政策の問題でなかなか VRE の導入や VRE 導入のための柔軟性供給源の開発が合理的に進まないポーランドに着目し、系統安定化のための対策として蓄電池を利用したハイブリッド蓄電システムの効果を実証した点は、評価できる。

#### <改善すべき点>

- ・ 肯定的意見の裏返しになるが、EU の中でもやや特異なルールを持つポーランドでの実証結果は EU でのビジネス展開が困難である。コロナ禍環境下でやむを得ない点もあるが、ポーランド政府のこのプロジェクトに対する評価について終了後すぐに得られれば良かった。
- ・ 本実証事業の計画時に想定していた調整力対価が実証期間中に半減してしまい、SPS とハイブリッド BESS を組み合わせた一体技術の普及が困難になってしまったことは、計画時の将来見込みに甘さがあったと思う。計画時の想定事項は実証期間中に大きく変化する可能性は常にあるので、想定事項が変化した際の普及方法や技術開発も見越した柔軟性のある実証計画を今後立てていただきたいと考える。

- ・ 事前調査の段階で EU 委員会、ENTSO-E（欧州送電系統運用者ネットワーク）、ACER（エネルギー規制機関間協力庁）等の動向を調査しているが、その背景にある考え方をしっかり把握しておく必要があった。
- ・ 国外フィールドでの成果を国内での展開ができるように、検討することも必要である。さらに、当該の地域のみならず、全世界で活用できる地域を検討してほしい。
- ・ NEDO を通じて、当該国との関係構築に関与をしてもよかった。コロナ禍でも、在日大使館を活用することもできたのではないかと思う。
- ・ そもそも VRE 大量導入時の系統安定化対策としての柔軟性供給源を考えた際に、蓄電池が最初の選択肢であるかどうかを検証すべきである。ポーランドは 2020 年の消費電力量に占める VRE シェアが 12%に過ぎず、IEA（国際エネルギー機関）の VRE 統合の 6 段階によるとまだ 3 段階目に突入したばかりで本来（日本と同様）、蓄電池を必要とする系統環境ではない。当該国の諸政策により柔軟性供給源の合理的な意思決定ができない場合でも、他の選択肢との費用便益分析など経済・政策的な導入効果を技術的導入効果より優先して行うことが望ましい。
- ・ 国際実証事業であるからには、諸外国であまり使われない日本独特の用語（例えば「接続可能量」など）ではなく、国際的に議論が進む技術用語（例えば「柔軟性 flexibility」や「セクターカップリング」など）を優先的に用いることが望ましい。

## 2.2. 実証事業マネジメントについて

### <肯定的意見>

- ・ ポーランドの制度にあったプロジェクトを立案、実施できている。日本側の実施体制、役割分担も適切である。ポーランド側の支援もプロジェクト遂行の上で妥当なものであった。
- ・ コロナという予期せぬ事態が生じたが、大きな遅延もなくプロジェクトが遂行できたのは評価できる。
- ・ 相手国のポーランドの関係機関・企業と NEDO 及び委託先との関係は、問題無く連携できる体制が構築されたと思う。
- ・ EU の制度改正に伴うビジネスモデルの見直しや、コロナ禍による事業活動の遅延などに対して、アドバイザー委員会や遠隔による進捗管理により、柔軟に対応できたと思う。
- ・ 対象国において、適正な役割分担がなされた。具体的には、BESS 建屋、SPS / BESS の国内輸送・据付、必要通信網整備、土地確保、試運転・現地調整試験、実証期間内の運用・各種点検と非常時の一次対応等は相手国によって、適正に行われた。
- ・ 相手国（PSE：送電会社、EOP：配電会社、EOZE：発電会社）と日本側（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）との間で協力体制が構築されていた。また、実証事業の実現に向けた体制が構築されていた。実証事業の内容や計画は具体的かつ実現可能なものとなっていた。想定された課題解決に対する方針についても明確になっていた。
- ・ 標準化に向けた取組が適切に検討されていた。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 Steering Committee 等の会議体により適切に対応していた。
- ・ コロナ禍の中、事前に構築した関係を維持して、効率的に進めた点は、高く評価できる。
- ・ 2019 年の EU 指令改正案で送配電部門の蓄電池所有禁止が決定されることは、数年前よりある程度予想できたことであり、それを踏まえて SPS を送電会社に、BESS を送電会社以外に販売するビジネスモデルに途中変更したことは、実証事業期間内の環境変化に柔軟に対応できたという点で評価できる。

- ・ 設備設置などで、現地側で対応して進めることができたので良かった。

<改善すべき点>

- ・ コロナ禍という理由もあるが、ポーランド政府からの忌憚のない評価が得られれば、今後のポーランド国内でのビジネスにもつながったのではないかと。
- ・ 欧州における制度改正を本実証事業の計画段階に予想できなかったのか、また改正された場合を想定した事業計画を立てられなかったのか、という点に疑問が残る。今後、予測可能な制度改正には柔軟に対応できるように事業の計画推進を期待したい。
- ・ アドバイザリー委員会に電力系統の計画・運用者を入れるべきだったと考える。
- ・ 地盤の凍結などにより 9 カ月間全体工程が遅延している。自然災害のリスクに対する事前対応をしっかりと考慮したスケジュール管理をお願いしたい。コロナ禍による実証設備への立ち入り制限などの遅れについても、この経験を今後生かしていただきたい。
- ・ 規制の一つである TSO 蓄電池所有ができなくなった時点で、欧州からほかの地域への活用も検討してほしかった。
- ・ TSO が蓄電池を所有できない方針になった時に、方針を変更して、再検討した方がよかった。

### 2.3. 実証事業成果について

<肯定的意見>

- ・ 過負荷解消のために再エネ電源の出力抑制だけでなく、バッテリーを併用するシステムの実証は例を見ず、シミュレーションベースの評価であるが、効果も想定以上に得られたように思われる。
- ・ 風力発電を従来以上に接続でき、その結果として火力の出力抑制、CO2 削減を達成できている。日本でも展開できる成果といえる。
- ・ SPS の導入により、風力発電接続可能量の増大効果が実証前に想定していた効果よりも大きくなることを、実運用データを用いて確認しており、計画の目標を達成していると考え。また、SPS と BESS を組み合わせた過負荷解消の方法は本実証事業において特色のある技術であり、SPS とハイブリッド BESS の普及策の一環として、積極的にアピールされるのが良いと思う。
- ・ ハイブリッド BESS については、ヨーロッパにおいて要求される予備力の機能要件を満たす性能を有することを確かめており、目標が達成されていると考える。また導入コストの観点から、ハイブリッド BESS が有利な予備力であることを明らかにしている点も普及方策を検討する上で意義がある成果と思う。
- ・ 事業内容、計画目標を達成した。系統解析により、SPS/BESS を活用した場合、電力システムへの風力発電の導入量を大幅に引き上げることができた（従来、ポーランドの該当送電線は、系統事故に備え運用限度を抑え、N-1 系統故障時、過負荷を手動操作で解消していた。SPS/BESS 導入後、N-1 系統事故時、SPS による風力発電の制御、BESS の充電により、該当送電線は、過負荷を自動的に解消でき、送電線の運用限度も引き上げることができた。さらに、風力発電の容量を引き上げることが可能となった。この系統解析シミュレーションをポーランド全域で検証した）。応答速度等技術的な面も確認できた。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と考え。
- ・ 現在、増加した風力発電設備は、ポーランドの発電電力量の 8 割を占める石炭火力発電所に置き換わるものと想定することができ、代エネ効果は約 4,518TJ /年、温室効果ガス排出削減効果は約 61 万トン-CO2 /年と試算されている。代エネ効果、温室効果ガス削減効果について寄与できたことは評価できる。

- ・ SPS を活用して、既存インフラである送電線を最大限に活用して、再エネを導入できる技術ができていく。
- ・ 鉛蓄電池とリチウムイオン電池のハイブリッド利用は、有効的な検討である。電力市場に適した仕様を想定した低コスト化も検討しており、評価できる。種々の条件下で、低コスト化を考えてほしい。
- ・ 2019 年の EU 指令改正案を踏まえて SPS と BESS を分離販売するビジネスモデルに途中変更したが、それ以外の事業内容・計画目標は十分達成できたと考えられる。

#### <改善すべき点>

- ・ バッテリーは基本的に需給調整のために用いられているが、過負荷解消を目的とした SPS との併用もプロジェクトの目的であった。後者の過負荷解消について、バッテリーがある場合とない場合との効果比較も必要だったのではないかとこの効果を分離できれば、バッテリー併用とバッテリーを用いない SPS で系統特性に応じたビジネス展開も可能になると考えられる。また、中央給電所と制御対象の発電所との間の通信手段、系統のリアルタイムデータの把握など本成果を展開するに必要な条件を明確にすべきである。今後のビジネス展開にも必要不可欠である。
- ・ ハイブリッド BESS はある意味、コストの高い日本製バッテリーを安価に効果的に利用するためのシステムといえるのではないかと中国製、韓国製の安価なバッテリーが市場に出ているのでこれらと比較して、このハイブリッド BESS が競争力を持てるのか、検討が必要と思う。
- ・ SPS による風力発電接続可能量増加の効果を、代エネ及び CO2 排出量削減で評価する際、在来の石炭火力発電を風力発電の増加分で単純に置き換えることには無理があるように思う。在来の石炭火力発電では大型の同期発電機が使用されており、送配電網の電圧維持や周波数・需給制御など電力の安定供給を担える電源であるので、風力発電と代替する場合にはこの電力の安定供給能力を加味する必要があると考える。
- ・ 系統解析によると、SPS/BESS を活用した場合、ポーランドの電力システムへの風力発電の導入量を大幅に引き上げることができた。系統解析の前提条件が示されていないので記載していただきたい（例えば、400kV、110kV 送電線の 2 回線ループ系統でどのような系統解析ツールを使用したか等）。専門家が見て、前提条件がわからないと評価はできない。
- ・ ポーランドにおいて、N-1 の根拠となる 400kV、110kV 等の送電線故障、作業停電は年間どのくらいの頻度であるのか、また、送電系統の構成と送電線の線種（送電線の種類によって過負荷による寿命は違う）に対してどのように運用しているのかを確認いただきたい。
- ・ 再生可能エネルギー導入対策を考える場合、国によって現在の導入レベルは違うので、そのレベルに応じた導入対策を考えていく必要がある。例えば、IEA では 導入レベルに合わせた 6 つの対策分類、ENERGINET（デンマークの TSO）等も導入レベルに合わせた対策モデルに分類している。このような文献を念頭において検討していただきたい。
- ・ 電力系統計画・運用の視点と日本での展開を考慮に入れ、プロジェクトに何らかの形で日本の系統計画・運用者が関与することが望ましい。
- ・ 蓄電池システムと切り離して、導入を進めると言いながら、代替案が、単に独立して入れるでは、あまりに工夫がない。ほかの VPP を考えるなどの検討は欲しかった。
- ・ CO2 削減効果を含む成果については、本実証事業により再生可能エネルギーのさらなる導入が可能となったという点で技術的には十分得られたが、他の柔軟性的手段（特に温熱貯蔵やコジェネレーションとのセクターカップリングなど）と比較して経済的優位性があったか、他の柔軟性的手段との連携性や拡張性があるか、といった点は不明であり、今後引き続き成果の効果を検証する必要がある。

## 2.4. 事業成果の普及可能性

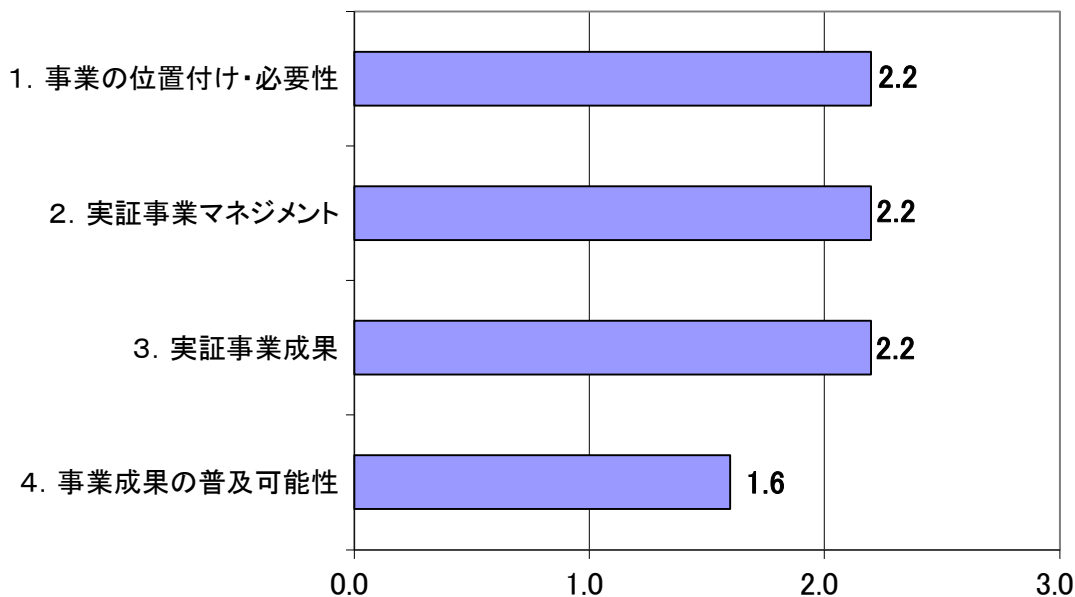
### <肯定的意見>

- ・ ヨーロッパ各国の状況を詳細に調査して、ビジネス展開の可能性について検討したことは評価できる。
- ・ 本実証事業における SPS、ハイブリッド BESS 共に技術的に優れていると思うので、各々の優位点を生かした事業成果の普及の取り組みを行ってきていると思う。SPS については、ヨーロッパを対象にビジネス展開を検討しているとのことだが、各 TSO が担当する系統の性質は異なるので、本事業の対象とした過負荷解消だけではなく、慣性力向上や WAMS も取り込める SPS を開発して、ヨーロッパの TSO に我が国の技術を組み込まれることを期待したい。
- ・ ハイブリッド BESS については、マルチユースという視点から産業用として普及されることを期待したい。特に普及活動において、本実証事業の成果である SPS との連携の効果をアピールし、我が国のハイブリッド BESS と SPS 相互の認知度がヨーロッパにおいて高まることを望む。
- ・ 今後、我が国においても再生可能エネルギー電源が主力となっていくので、本事業で実証された SPS とハイブリッド BESS を組み合わせたシステムを、国内の送配電事業者にも導入してもらうように働きかけるのが良いと考える。
- ・ 2019 年の EU 指令（送電会社の蓄電池所有禁止）により、TSO への SPS と BESS のシステムとしてのセット販売は難しくなった。別々に売る場合、SPS を販売促進する TSO に対しては、BESS も含めたシステムでしっかり説明すれば、普及可能性はある。
- ・ 現在、SPS 普及のターゲットは、ポーランドと欧州有望国の TSO となっている。まずは、ポーランドで展開していただけるよう、全力を尽くしていただきたい。SPS は広い範囲を監視し、系統を安定化するため、市場は TSO レベルに限定される。一方、BESS の方は、単体でも、負荷平準化、電圧調整、周波数調整、系統安定化等多機能性を有し、電力系統の末端の発電所、需要家側等に設置点が多くあり、市場規模が大きい、また、系統対策により大容量の再生可能エネルギーが既に導入された電力系統に対して、さらなる導入が期待されている。
- ・ BESS について競合他社に対する強み・弱みは分析がされている。特に、競合他社に対して、単純な経済性だけでなく付加価値による差別化が認められる。
- ・ 全体の普及可能性、ビジネスモデル検討は、三井住友銀行が行っており、SPS の事業戦略を日立製作所、BESS の事業戦略を昭和電工マテリアルズが担当している。当該事業は委託先の事業ドメインに合致はしている。
- ・ ビジネスモデルは、対象国やその他 EU 内の導入可能性がある国での普及に向けて、実現可能性のあるビジネスプランが検討されている（SPS と BESS の販売戦略）。
- ・ 対象国やその他普及の可能性のある国において、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。
- ・ 当該技術の普及が、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、各種課題の解決への貢献又は波及効果に期待できる。
- ・ SPS と蓄電池との組合せであれば、今回の実証事業での運用実績もあり、普及は期待できる。
- ・ 蓄電池のハイブリッド運用も、調整市場のメニューに対応して活用できる。
- ・ 本事業はリチウムイオン電池と鉛蓄電池を用いた BESS の実証が当初より前提となっていたが、再生可能エネルギーの大量導入に向けて系統運用や市場運用、政策が未成熟な国（今回対象国となったポーランドや日本など）で、本来優先すべき柔軟性供給源が十分に活用できず、やむを得ず蓄電池を使わざるを得ない場合には有効な選択肢であると思料される。

<改善すべき点>

- ビジネスの展開先をヨーロッパに限定したのはなぜか？特に、系統運用事業者が蓄電設備を持つことが禁止されたヨーロッパにおいてはこのシステムの効果が限定的になる。北米とか、さらには日本国内とか本システムが適用でき、効果が大きそうなところは多い。ビジネスの展開先を再度検討すべきであろう。
- SPS の普及に対しては、対象を欧州有望国の TSO だけでなく（数社しかない）、欧州の広域的な系統運用機関 CORESO、TSCNET Services、NORUDIC RSC 等、北米、アジア、我が国の送配電事業者等への展開も考慮していく。
- 今回実証したオンライン事前演算型 SPS については、競合他社の開発・普及事例はない、とのことであるが、特許等の知的財産を保有または、申請中であれば、どの部分の機能が対象で差別化になっているのか可能な範囲で示してほしい（オンラインの系統情報を用いたリアルタイム解析により抽出された分単位で自動的に更新された系統状態に合わせた自動制御を行う、だけでは説得力に欠ける）。
- 日本側は、24.2 億円という大きな投資をしているので、SPS / BESS と系統増強工事とのしっかりした経済比較をして提示する必要がある。
- 欧州での普及については、欧州での経験豊富な日立 ABB の役割が期待される。早急に役割分担等を構築していただきたい。
- 現在、欧州各国においては、既に、風力、太陽光発電が大量導入され、発電量に占める割合が大きくなっている（例えば、2020 年ドイツで 44%：発電量ベース）。先方の計画に今回の成果を反映していくため、早期の普及・販売活動が必要である。
- ビジネスモデル SPS / BESS のセット販売（2019 年 EU 指令により送電会社は蓄電池を所有できない）から SPS / BESS それぞれが単体販売となるので、早急な標準化を考慮したビジネスプランを検討し、対象顧客に提案する必要がある。
- 対象国やその他普及の可能性のある国において、普及のために必要な政策形成・支援措置について、具体策をうち出す必要がある。
- 今後、我が国へ導入することも考慮に入れ、実施体制の中に OCCTO、電力会社（系統計画・運用部門）を体制の中に入れておく必要がある。
- SPS と蓄電池を単独で、欧州に普及する可能は低い。組み合わせでの普及を考えてほしい。
- 蓄電池のハイブリッドパターンも調整市場のメニューによっては多様化も必要。是非考えてほしい。
- 本事業はリチウムイオン電池と鉛蓄電池を用いた BESS の実証が当初より前提となっていたが、他の対象国への普及可能性や需要見込みを考えるのであれば、蓄電池ありきではなく、さまざまな柔軟性供給源の中からその対象国の気象環境や電源構成、法制度に即したものを費用便益分析などの定量的手法で優先順位をつけ選択するのが望ましい。
- 特に欧州諸国を対象とするのであれば、柔軟性の市場取引が前提であるため、主な市場プレーヤーである BRP（需給調整責任会社）や VPP 事業者などのニーズに見合った市場取引補助ツールなどのプラットフォームの構築を念頭におくことが望ましい。

### 3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
		B	A	A	B	C
1. 事業の位置付け・必要性	2.2	B	A	A	B	C
2. 実証事業マネジメント	2.2	B	B	A	B	B
3. 実証事業成果	2.2	B	A	B	B	B
4. 事業成果の普及可能性	1.6	C	A	B	C	C

(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



# 「ポーランド共和国におけるスマートグリッド 実証事業」（事後評価） （2016年度～2021年度 5年間） 事業説明資料【公開】

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)  
株式会社日立製作所、昭和電工マテリアルズ株式会社、株式会社三井住友銀行

2021年10月27日

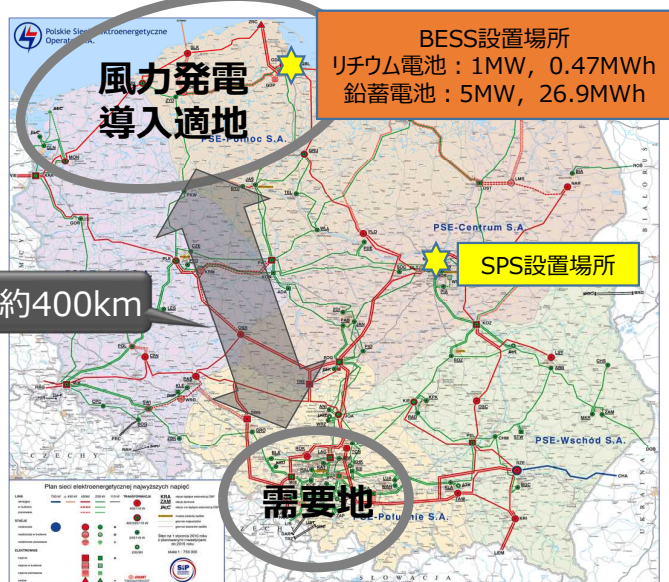
## 目次



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. 実証事業マネジメント（NEDO）
  - （1）相手国との関係構築の妥当性
  - （2）実施体制の妥当性
  - （3）事業内容・計画の妥当性
3. 実証事業成果（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）
  - （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）対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

- 首都ワルシャワ近郊のポーランド国営送電事業者(PSE)中央給電指令所に系統安定化システムSPS\*、北部のグダニスク近郊 Bystra風力発電所にハイブリッドBESS\*\*を設置。
- 日本のスマートグリッド技術である系統安定化システムSPSによる送電線の過負荷防止対策技術、ハイブリッドBESSによる需給バランス対策技術について、風力発電の導入拡大に伴う課題と想定される**送電線の過負荷、需給不均衡等の対応策**としての有効性を実証。
- 実証で得たデータを元にSPS、ハイブリッドBESSの事業性並びにビジネスモデルを検討。

\*SPS: Special Protection Scheme, \*\*BESS: Battery Energy Storage System



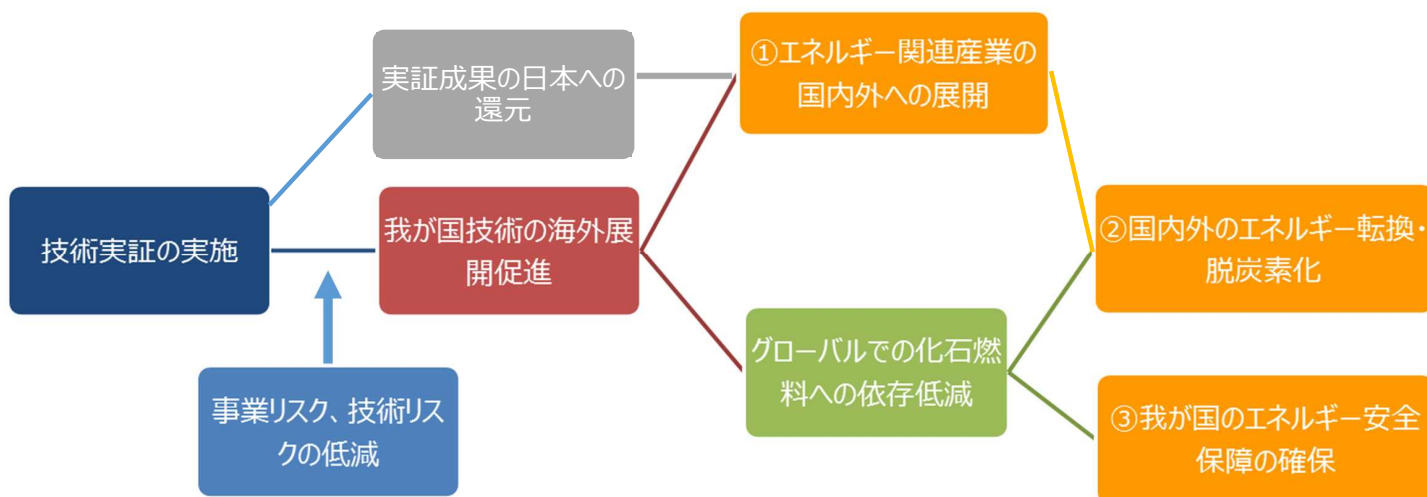
【写真】  
Bystra風力発電所（3MW×8基）におけるハイブリッド蓄電池設置エリアと建屋

2

## 1. 事業の位置付け・必要性

### 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）



3

**事業環境**

・ポーランドにおける再エネの導入拡大

2021年3月 PEP2040\*で『2030年までに総発電量に対する再生可能エネルギーの比率を現状22%から32%に拡大』『風力発電導入量を現状の9.5GWから2030年 13.4GWまで増加』としている。(実証前調査実施時の2015年は4.9GW)。

・再エネ導入に伴う送電システムの強化および需給調整力確保の課題

ポーランドでは北部地域を中心に風力発電の導入が拡大、風力発電の適地と需要地が離れているため、送電線の過負荷発生や需給調整力確保の困難化等の課題が顕在化することが懸念されている。また、これらの対策を安価に実現する技術の開発が望まれている。

\*PEP2040: Energy Policy of Poland Until 2040

**スコープ**

・再生可能エネルギーの導入拡大に伴う送電網の増強や需給調整力確保等の対策コスト低減を狙いとして、系統安定化装置 (SPS) 及び比較的低コストの鉛蓄電池と高出力特性に優れたリチウムイオン電池を組み合わせたハイブリッド蓄電システム (BESS)を導入した場合の効果を実証する。

**NEDOの役割**

- ・ポーランド共和国政府との連携強化により、プロジェクトへの支援及び普及展開への協力体制を構築する。
- ・事業者が計画した実証成果を上げられるようプロジェクトの運営を適切に管理する。

**(本実証事業の重要性)**

・再エネの大量導入に伴い、系統事故時の送電網の過負荷回避や需給バランスの維持など、系統安定化のための対策が必須となり、これを実環境で検証することは技術的に重要である。また、これらの対策を低コストで実現することは、脱炭素社会の実現に向けて政策的にも重要である。

**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

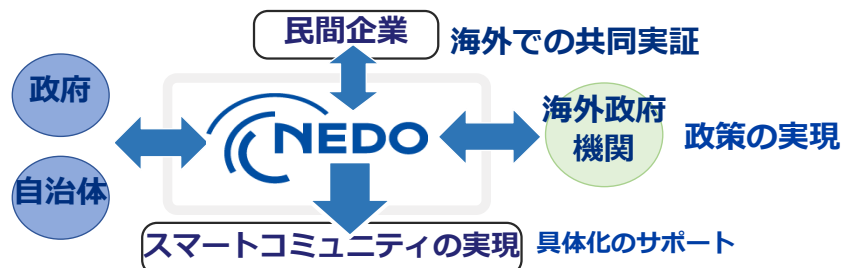
**「国際エネルギー実証のミッション」**

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**

- ✓ ポーランド政府及び国営送電会社と協力して、風力発電が大量導入されているポーランド北部系統での系統安定化技術実証を設定
- ✓ ポーランド側の送電会社、配電会社、発電会社を含む体制により、ポーランド国内での普及を目指したビジネスモデル検証の場も設定





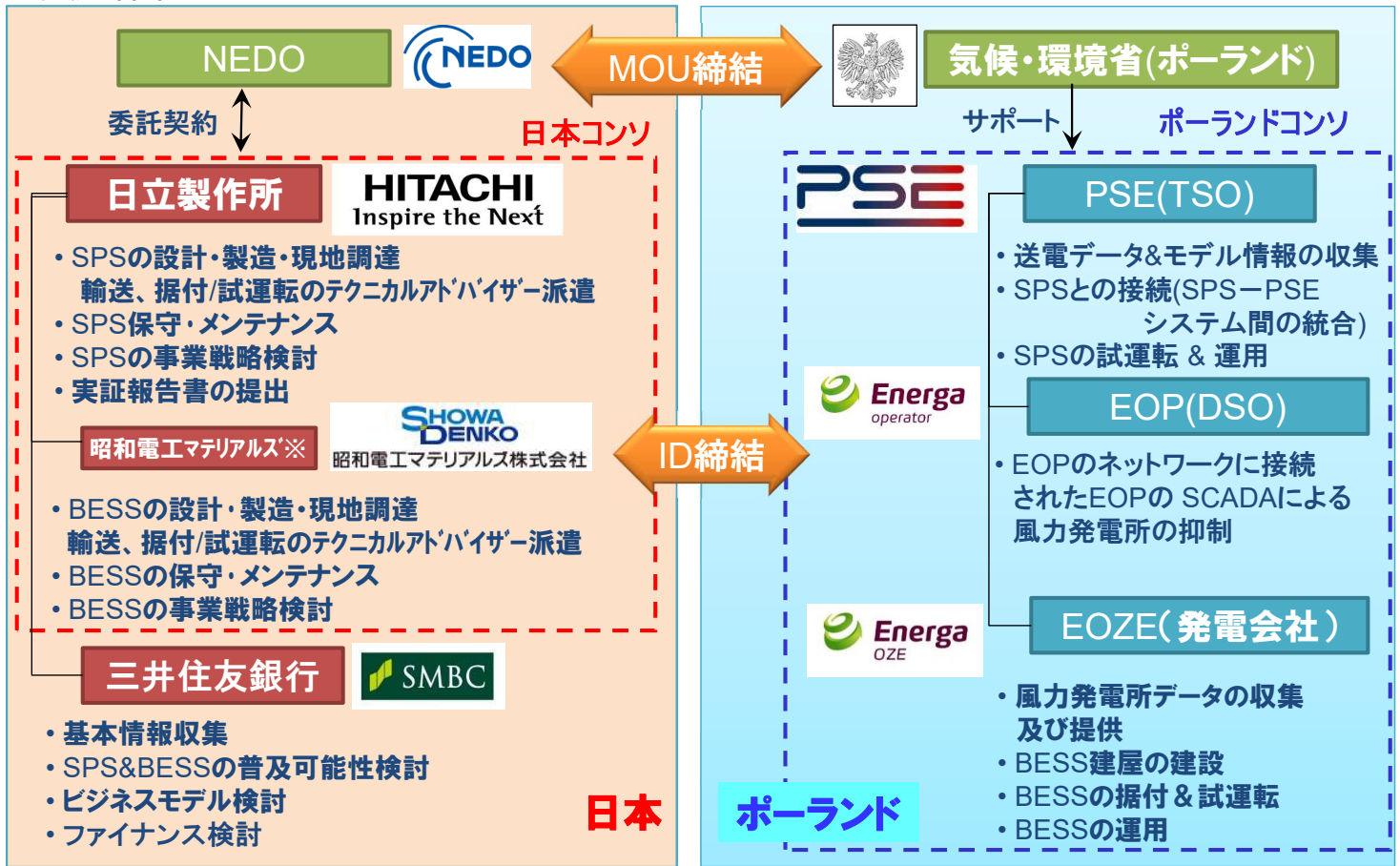
1. 事業の位置付け・必要性（NEDO）
  - （1）事業の意義
  - （2）政策的必要性
  - （3）NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント（NEDO）
  - （1）相手国との関係構築の妥当性
  - （2）実施体制の妥当性
  - （3）事業内容・計画の妥当性
3. 実証事業成果（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）
  - （1）事業成果の競争力
  - （2）普及体制
  - （3）ビジネスモデル
  - （4）政策形成・支援措置
  - （5）対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

## 2. 実証事業マネジメント （1）相手国との関係構築の妥当性

### （1）相手国との関係構築と事業推進



実施体制



SPS : Special Protection Scheme (系統安定化技術) BESS: Battery Energy Storage System (ハイブリッド蓄電池システム)  
 ※2020年10月 日立化成が昭和電工マテリアルズに社名変更

2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決

会議体等	頻度 または回数	目的	具体例
steering committee (NEDO、気候・環境省、 実証委託先、PSE、EOP、 EOZE)	年2～3回	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト・スケジュール管理</li> <li>情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、および事業の円滑な推進のための便宜供与の依頼</li> <li>必要な実務処理のための働きかけ</li> <li>成果の情報発信・広報の共同推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>追加実証実施等の提案と合意形成</li> <li>実証終了後の資産運用・管理のためのコンセンサス形成</li> </ul>
定例会議 (NEDO、日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行)	月1回	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	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有</li> <li>予算の適切な管理</li> <li>情報発信・広報の推進</li> <li>対処方針・審議 (適宜)</li> </ul>
現地パートナー定例会議 (実証委託先、PSE、EOP、EOZE)	月1回	ID締結者間でIDに基づく、進捗実行管理。 <ul style="list-style-type: none"> <li>設置システム (SPS、BESS) の状況共有、データ取得状況の管理</li> <li>取得データ分析と技術的課題整理</li> <li>資産譲渡に向けた協議</li> <li>普及活動</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有</li> <li>予算の適切な管理</li> <li>情報発信・広報の推進</li> <li>対処方針・審議 (適宜)</li> </ul>
リスク管理 (関係者全員)	適宜	「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・策定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>次項参照</li> </ul>

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。



出典：国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン第1版

アドバイザー委員会 (2019/4)

【実施目的】

2019/5よりデータ取得を開始する予定としていたが、実証試験の計画時から約2年経過し、欧州の電力制度に変化もみられたため、実証を行う前に試験内容や成果の取りまとめ等に有識者からの助言を得る場を設けた。

	氏名	所属、肩書き (当時)
委員	小笠原 潤一 様	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 化石エネルギー・電力ユニット 電力・スマートコミュニティーサブユニット 電力グループ グループマネージャー 研究理事
	芹澤 善積 様	一般財団法人 電力中央研究所 システム技術研究所 研究アドバイザー
	田岡 久雄 様	国立大学法人福井大学 学術研究院工学系部門 電気・電子工学講座 教授
	服部 徹 様	一般財団法人 電力中央研究所 社会経済研究所 事業制度・経済分析領域 副研究参事
	本庄 暢之 様	電源開発株式会社 環境エネルギー事業部 担当部長
	松岡 豊人 様	一般社団法人海外電力調査会 調査部門 主幹

【主なコメント】

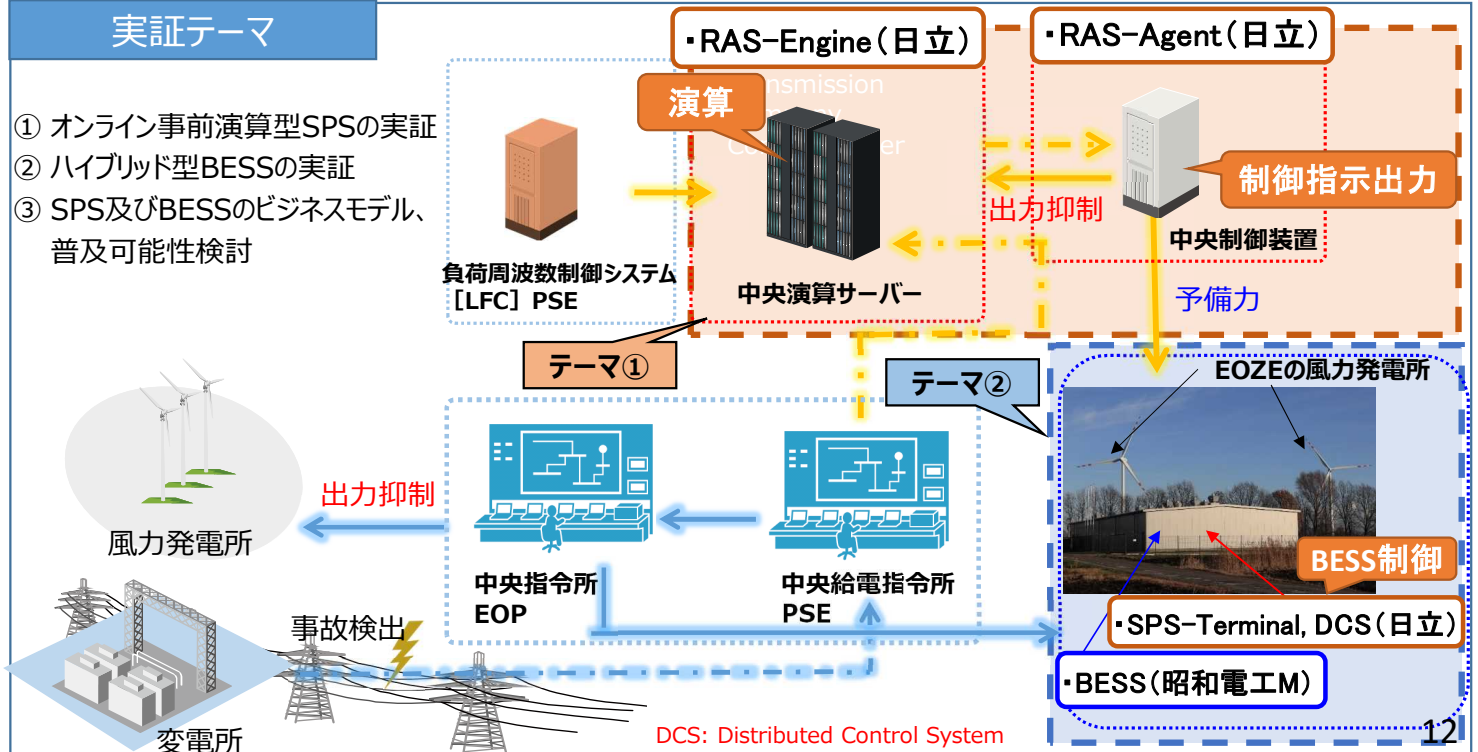
- OTSOとDSOのコーディネーションについて、欧州大での議論と、それがポーランドにどのような影響を与えるかを併せて調査しておくが良い。
- OSPS、BESSについて、制度的に柔軟な活用ができる国を調査・抽出すべき。
- 送配電料金の負担制度が蓄電池の収益性に影響するので、着目すべき。
- 普及展開時、「系統安定化」と「風力発電連系量増加」のどちらが相手先にとって価値が高いのか検討した上でアピールすることが重要。
- 上記を受けて、
- ⇒ EU指令の提案・採択・各国での批准状況、並びに、対象候補国の市場動向を注視しつつビジネスモデル・普及展開策を構築した。
- ⇒ 普及展開先候補にとってより価値が高いと認識されるであろうサービス内容を定量的にアピールできるようなデータの取得・取りまとめを行った。

### 事業目的

日本の独自または優位なスマートグリッド技術であるSPSによる送電線の過負荷防止対策技術、ハイブリッドBESSによる需給バランス対策技術等をポーランドに導入し、再生可能エネルギー比率の引き上げ目標に向けた風力発電の導入拡大に伴い課題になると考えられる送電線の過負荷、需給不均衡、電圧問題等の対応策としての有効性を実証する。  
SPS、ハイブリッドBESS、それぞれの実証で得たデータを元に事業性ならびビジネスモデルの検討を行い、普及展開に資する。

### 実証テーマ

- ① オンライン事前演算型SPSの実証
- ② ハイブリッド型BESSの実証
- ③ SPS及びBESSのビジネスモデル、普及可能性検討



## 2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性

### 実証テーマ

#### ■ ① オンライン事前演算型SPSの実証

- 風力発電導入可能量の引き上げ効果
- 5分周期での送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化
- 過負荷対策へのBESSの活用

#### ■ ② ハイブリッド型BESSの実証

出力特性に優れるリチウムイオン電池と容量単価の低い鉛蓄電池を最適に組み合わせて構成したハイブリッドBESSにより以下を検証

<平常時>

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| (1) 風力発電の短周期変動緩和    | (2) 周波数制御用予備力の提供  |
| (3) 需給バランス調整用予備力の提供 | (4) 揚水発電相当の予備力の提供 |
| (5) 電力需要シフト対応       |                   |

<事故時>

- 潮流回り込みにより発生する送電線過負荷を解消

#### ■ ③ SPS及びBESSのビジネスモデル、普及可能性検討

SPS及びBESSのビジネスモデル、及び、普及展開を目指したファイナンススキームを検討



### スケジュール

年度	FY2016				FY2017				FY2018				FY2019				FY2020				FY2021			
	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
				★ MOU締結	実証事業												★ SPS 運転開始式	★ BESS 実証開始)	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											
テーマ ②					システム設計・輸送・据付け												実証運転							
テーマ ③					市場調査								実証データ取得・検討・分析											
NEDO 負担額	0.1億円				4.4億円				8.9億円				9.5億円				1.1億円				0.1億円			

総計 24.2億円

#### 【相手国負担】

- BESS建屋（50m×20m）建設、SPS・BESSの国内輸送・据付、必要通信網等整備
- BESS建屋建設工事が遅延した際の日本側技術者の追加派遣費用
- SPS/BESSの試運転・現地調整試験、実証期間内の運用・各種点検と非常時の一次対応

14

## 目次

- 事業の位置付け・必要性（NEDO）
  - 事業の意義
  - 政策的必要性
  - NEDO関与の必要性
- 実証事業マネジメント（NEDO）
  - 相手国との関係構築の妥当性
  - 実施体制の妥当性
  - 事業内容・計画の妥当性
- 実証事業成果（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）**
  - 事業内容・計画の達成状況と成果の意義**
- 事業成果の普及可能性（日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行）
  - 事業成果の競争力
  - 普及体制
  - ビジネスモデル
  - 政策形成・支援措置
  - 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性



	項目		目標	成果	達成度	残った課題／ 変更した場合 その内容
	SPS	BESS				
①	主	-	SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果の検証	接続可能量の引き上げ効果を検証し、確認した。	◎	無し
②	主	-	SPSによる送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化	過負荷リスクおよび対策制御の見える化を実施し、有効性を確認した。	○	無し
③	主	副	SPSによる過負荷対策へのBESSの活用	機能性・性能を確認した。	◎	無し
④	副	主	ハイブリッド型BESSによる6MWのFCRサービス提供	機能性・性能を確認した。	◎	無し
⑤	副	主	ハイブリッド型BESSによる6MWのFRRサービス提供	機能性・性能を確認した。	◎	無し
⑥	副	主	ハイブリッド型BESSによる5MW, 10MWhの揚水発電相当(RR)アンシラリーサービス提供	機能性・性能を確認した。	◎	無し
⑦	-	主	ハイブリッド型BESSによる風力発電の出力変動率を定格出力の10%/分以下に抑制	機能性・性能を確認した。	○	無し
⑧	-	主	ハイブリッドBESSによる5MW, 10MWhの電力需要シフトサービスを提供	機能性・性能を確認した。	○	無し
⑨	-	主	③～⑧に適用可能なハイブリッド型BESSの経済性を検証	ハイブリッド型BESSの経済性を解析し、確認した。	○	無し

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達

### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### ■ 目標①～③に対する仮説および検証方法

	目標	仮説	検証方法
①	SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPS導入により、送電線のTTC(Total Transfer Capability)※を引き上げ、風力発電の接続可能量※を<b>1.8倍※</b>に引き上げる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証期間中の運用データを元に系統解析を実施。</li> <li>ボトルネックとなっている送電線とその最過酷断面を抽出。</li> <li>最過酷断面における、SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果、TTC引き上げ効果を算出した。</li> </ul>
②	SPSによる送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPSにより、想定事故※発生時の<b>過負荷発生リスク</b>を検出する。</li> <li>過負荷ケースに対しては事前にSPSが<b>有効な対策を立案</b>する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPSはPSEの実運用データからリアルタイムで5分周期に想定事故演算を実施する。</li> <li>想定事故演算結果を統計的に分析した。</li> <li>DSS(Decision Support System:意思決定支援システム)機能により、運用者に対策制御の見える化を行った。</li> </ul>
③	SPSによる過負荷対策へのBESSの活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>想定事故発生時にSPSが事故検出し、過負荷対策指令により<b>20分以内</b>にBESSを充電制御し、送電線の潮流を変化させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬的に過負荷を発生させ、実際にBESSの充電制御を行い、応答時間や制御量、実潮流への変化の妥当性を確認した。</li> </ul>

※TTC(Total Transfer Capability)：送電可能容量で、「ベース潮流 + マージン + ATC(Available Transfer Capability)」の合計。

※風力発電の接続可能量：N-1事故が発生時に、SPSが過負荷を解消できる風力発電の最大発電出力。

※1.8倍：実証前調査(FS)時の計画断面による系統解析の結果。

※想定事故：実証では、送電線・変圧器の「N-1」の機器故障を想定事故とする。

#### ■ 目標④～⑨に対する仮説および検証方法

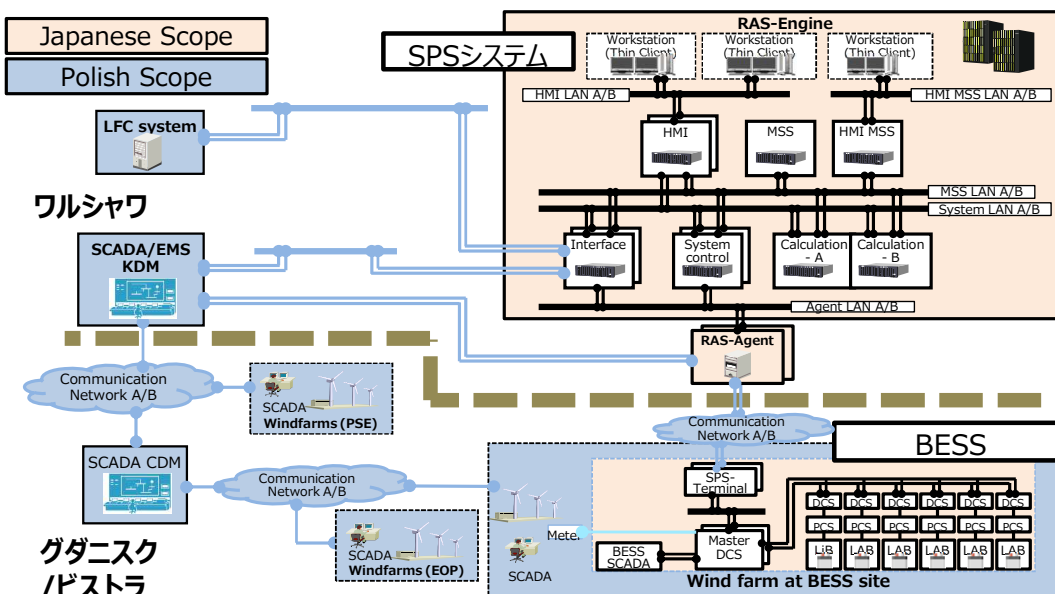
目標	仮説	検証方法
④ ハイブリッド型BESSによる6MWのFCRサービス提供	BESSを活用し、FCR, FRR, RRのいずれも応答速度・持続時間・機能が <b>実証の要件どおり</b> に動作することを確認できる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>PSEのLFC*システムから、FCR, FRR, RRの信号を送信し、反応速度、継続時間を確認した。</li> </ul>
⑤ ハイブリッド型BESSによる6MWのFRRサービス提供		
⑥ ハイブリッド型BESSによる5MW, 10MWhの揚水発電相当(RR)アンシラリーサービス提供		
⑦ ハイブリッド型BESSによる風力発電の出力変動率を定格出力の10%/分以下に抑制	併設風力発電の出力変動を定格の <b>10%以内</b> に抑制する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>併設風力発電のネット出力とBESSの出力、合計出力から、変動を定格の10%以下に抑制できることを確認した。</li> </ul>
⑧ ハイブリッドBESSによる5MW, 10MWhの電力需要シフトサービスを提供	電力需要シフトサービス(PA*)のスケジュール機能の機能性を確認できる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAスケジュール運転の機能性を確認した。</li> </ul>
⑨ ③～⑧に適用可能なハイブリッド型BESSの経済性を検証	複数かつ充放電周期の異なる用途が組み合わさっている場合、複数の蓄電池を組み合わせたハイブリッド蓄電池を適用することにより <b>初期コストを低減</b> することができる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>③～⑧を組み合わせた場合の入出力・容量の要件から経済性を検証した。</li> </ul>

※LFC: Load Frequency Control/負荷周波数制御システム  
 ※PA: Price Arbitrage/電力需要シフトサービス

### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### ■ それぞれ実証事業の目標に対応するシステム・機能

実証目標	実証事業の目標	対応システム	対応機能
①	SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果の検証	SPSシステム	・SPS/過負荷対策(自動制御)機能
②	SPSによる送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化	SPSシステム	・SPS/過負荷対策(DSS)機能
③	SPSによる過負荷対策へのBESSの活用	SPSシステム + BESS	・SPS/過負荷対策(自動制御)機能 ・BESS/アンシラリーサービス機能
④～⑥	ハイブリッド型BESSによる6MWのFRRサービス提供、他	SPSシステム + BESS	・BESS/アンシラリーサービス機能 (FCR, FRR, RRモード)
⑦⑧	ハイブリッド型BESSによる風力発電の出力変動率を定格出力の10%/分以下に抑制、他	BESS	・BESS/ローカル機能 (短周期変動モード, 電力需要シフトモード)

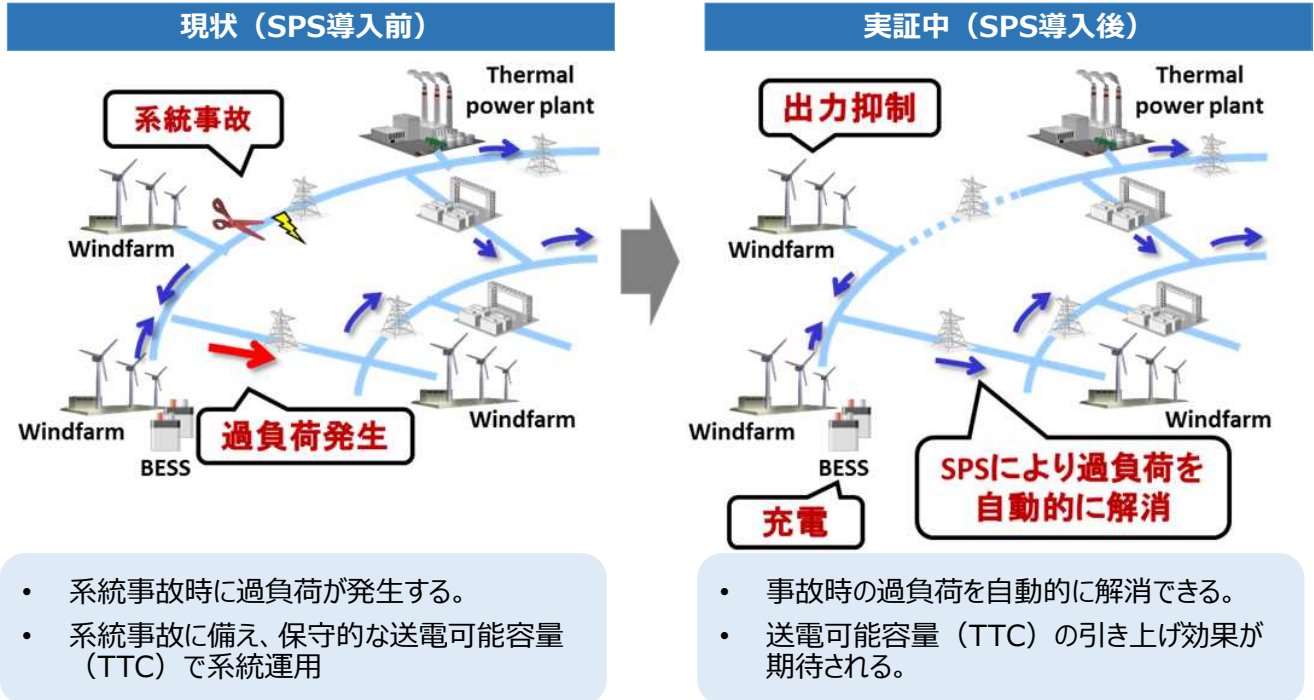


LFC :Load Frequency Control  
 SCADA/EMS KDM: Supervisory Control and Data Acquisition /Energy Management System Krajowej Dystrybucji Mocy  
 SCADA CDM: Supervisory Control and Data Acquisition Centralnej Dystrybucji Mocy  
 EOP : ENERGA OPERATOR  
 RAS: Remedial Action Scheme  
 DCS: Distributed Control System  
 PCS: Power Conditioning System  
 LIB: Lithium ion battery  
 LAB: Lead-acid battery

#### ■ 実証システムによる過負荷解消の基本コンセプト

- ✓ SPS導入により、系統事故時の過負荷を自動的に解消させることができる。
- ✓ 結果、送電線の送電可能容量（TTC: Total Transfer Capability）を引き上げ、風力発電の接続可能量の引き上げ効果が期待される。

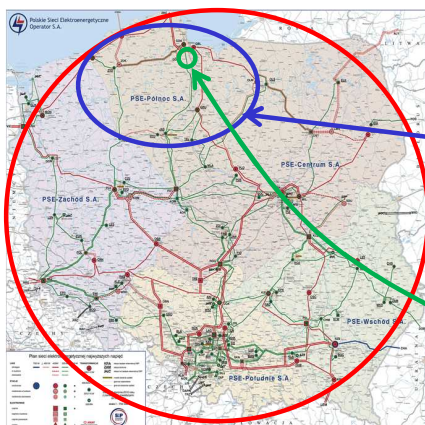
<SPSによる過負荷解消のイメージ>



### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### ■ エリア毎のシステム要件

No	実証エリア	目的	機能	制御対象
1	ポーランド北部エリア	【実証目標①】 ・SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果を検証 【実証目標③】 ・過負荷対策へのBESS活用	過負荷対策（自動制御）	1) PSE系統に接続されたwindfarm 2) EOP系統に接続されたwindfarm 3) BESS ※風力発電39か所、約1,800MWが自動制御対象
2	ポーランド全域	【実証目標②】 ・送電線の過負荷リスク及び対策制御の見える化	過負荷対策（DSS）	制御無し ※ポーランド全域のwindfarmや火力発電所を含めて計算を実施。将来的に制御対象として拡大を目指す。
3	EOZE風力発電所	【実証目標④～⑧】 ・ハイブリッド型BESSによる風力出力変動抑制、FCR/FRR、揚水代替(RR)等	—	BESS ※併設する風力発電所容量は3MW × 8基=24MW。



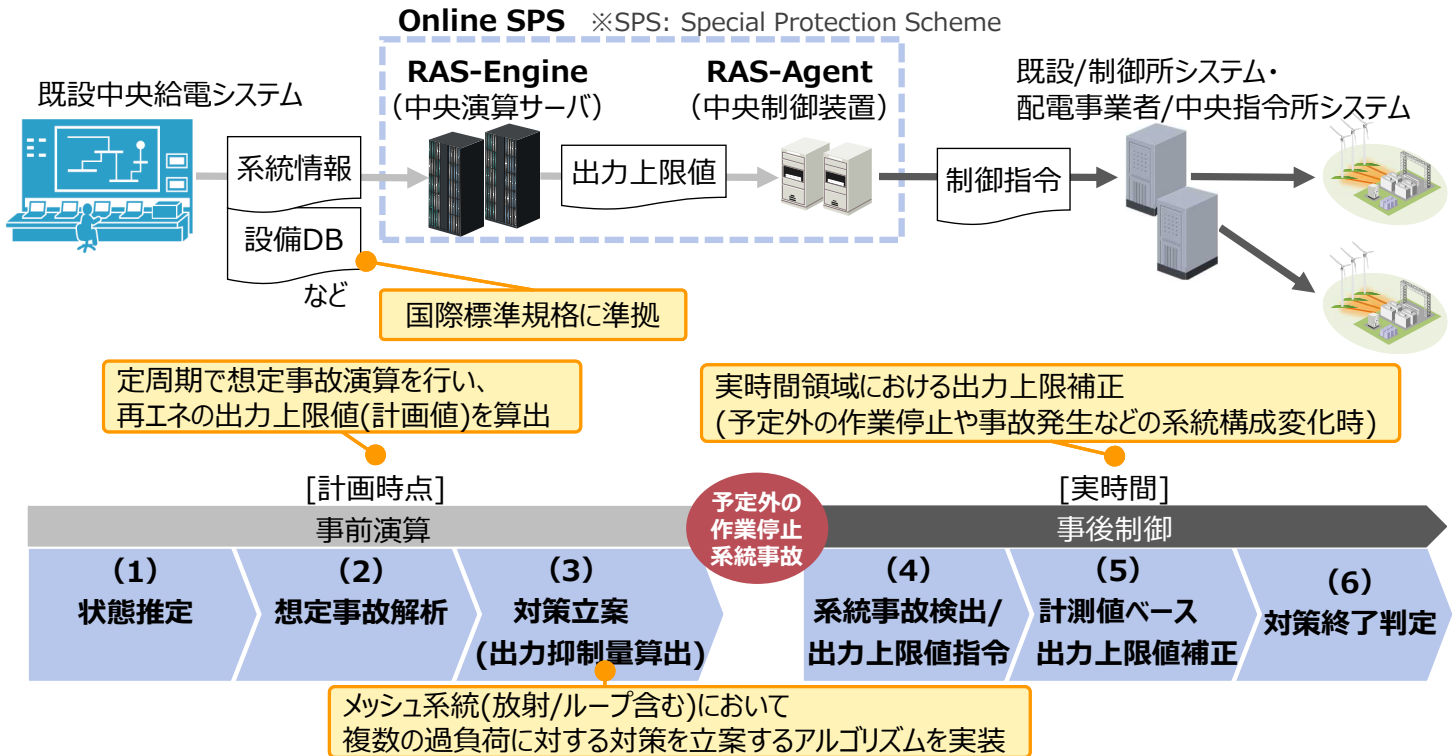
#### 実証エリア

- No.1** : SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果を検証
- No.2** : 送電線の過負荷リスク及び対策制御の見える化
- No.3** : ハイブリッド型BESSによる需給予備力の提供、風力出力変動抑制等



#### ■ オンライン事前演算型系統安定化(SPS)システムの概要

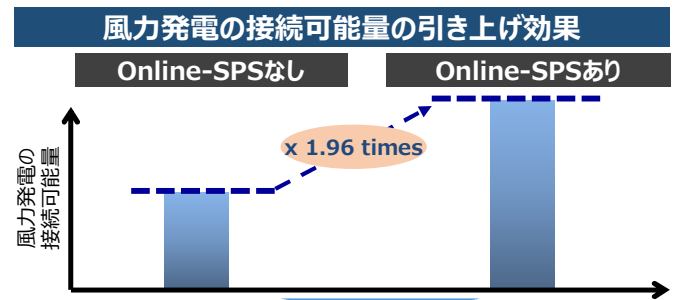
- ✓ システムの目的 : 混雑管理(送電線・変圧器の過負荷の自動解消)
- ✓ 制御対象 : 電源(主として風力発電)の出力抑制、遮断



### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### 実証目標① SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果の検証結果

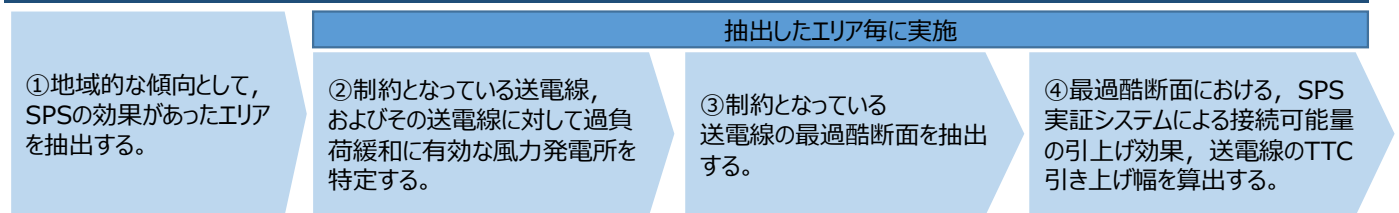
- 実証の運用データから系統解析を実施した。
- SPSの効果があったエリアを抽出し、風力発電が大量に導入されているエリアほど、SPSが有効であることを確認した。
- SPSが有効であったエリアのボトルネックとなっている送電線を特定し、実証期間中の最過酷断面を抽出した。
- 最過酷断面において、送電可能容量を引き上げられ、風力発電の接続可能量を1.96倍に引き上げられることを確認した。



風力発電の接続可能量引き上げにより、火力から風力への代替エネルギー効果があると考えられる。

※実証期間中2019年10月～2020年9月の各エリアの最過酷断面で検証

#### 系統解析の流れと解析結果



①抽出したエリア	②制約となっている送電線	④TTC引き上げ幅	④風力発電の接続可能量の引き上げ効果
エリア 1	A送電線	4.8 MVA	23.0 MW (68.1MW →91.1MW)
エリア 2、エリア 3	B送電線	16.5 MVA	90.75 MW (50.0 MW →140.75 MW)
3エリアの合計	A送電線 + B送電線	21.3 MVA	113.75 MW (118.1MW →231.85MW) = 約1.96倍

## 代エネ・温室効果ガス排出削減効果

- ポーランドでは風力導入量の拡大に伴う系統不安定化や系統過負荷の問題が顕在化している。そのため、予備力の拡大や、地域によっては系統整備を行わなくては、風力の拡大ができなくなる。
- 一方、SPS・BESSを用いることで導入可能な風力発電設備の容量を引き上げることが可能であり、増加した風力発電設備はポーランドの発電電力量の約8割を占める石炭火力発電所に置き換わるものと想定することができる。置き換わった分を代エネ効果と見ることが可能である。
- よって、SPSによる風力発電の接続可能量の引き上げ効果がもたらす代エネ効果およびそれに伴う温室効果ガス排出削減効果を試算した。

### 代エネ効果

(SPSによる風力導入量引き上げ効果)  
 実証の結果、風力導入量が急拡大している地域において、SPSの導入により、系統増強無しで風力導入量の上限が**113.75MW**引き上げ可能であることがわかった。ポーランド国内で同程度の効果が表れる地域が5か所あるとすると、実証前調査同様のポーランド全土では約**568.75 MW (113.75 MW×5地域)**の風力発電の接続可能量の引き上げ効果があると想定した。

(ポーランドにおけるSPSの代エネ効果)  
 風力発電の設備利用率を25.2%(2018年度実績値\*)とすると、代エネ効果は、以下と計算される。  
**約1,255 GWh = 568.75MW × 365日 × 24時間 × 25.2%**  
**(約4,518 TJ/年 = 1,255 GWh × 3,600MJ/MWh)** \*出所：PSE、ENTSO-e

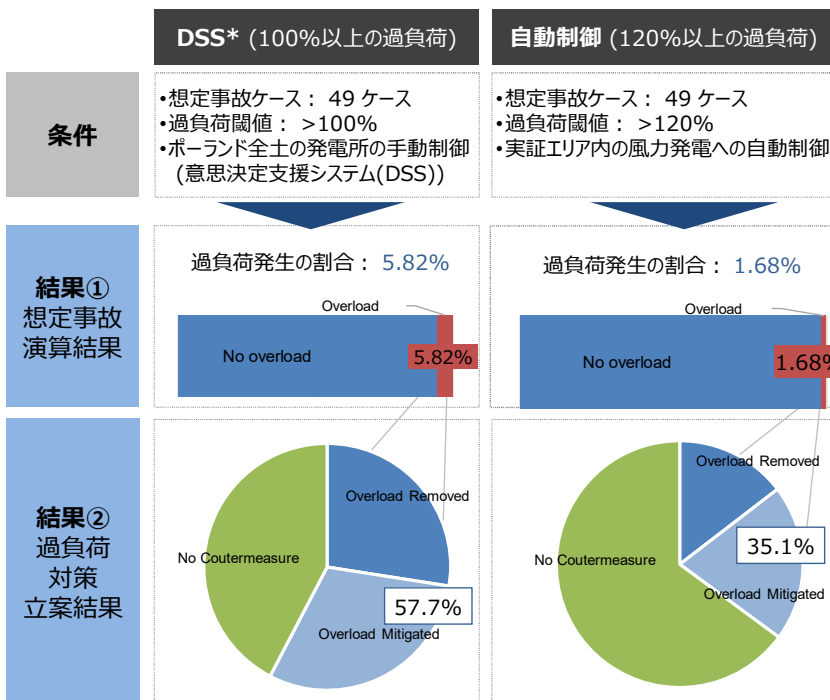
### 温室効果ガス排出削減効果

- ・ベースラインシナリオ：SPSとBESS導入により置き換え可能な**1,255 GWh**を石炭火力で発電
  - ・ベースライン排出量：CO2削減量 **約612,440t-CO2/年 = 発電量1,255 GWh × 排出係数0.000488t/kWh\*** (\*環境省が公表している2018年度CO2排出係数代替値を使用)
  - ・プロジェクトシナリオ：SPSとBESS導入により、**1,255 GWh**が風力発電に置き換え
  - ・プロジェクト排出量：ゼロ（建設時排出量未考慮）
- 温室効果ガス排出削減効果：**約612,440 t-CO2/年**

## 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

### 実証目標② SPSによる送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化の結果(1)

SPSのDSS機能\*による送電線の過負荷リスク及び対策制御の見える化を検証・確認した。



- ポーランド全土の発電所を制御対象とし、100%以上の過負荷リスクに対して、57.7%の事故ケースの過負荷を緩和または除去できることを確認した。
- 実証エリア内の風力発電への自動制御、120%以上の過負荷リスクに対して、35.1%の事故ケースの過負荷を緩和または除去できることを確認した。
- SPSによる対策不可な場合、制御対象の拡大や系統増強の必要性を示して、過負荷リスク・対策制御の見える化を検証・確認した。

\*DSS：Decision Support System/意思決定支援システム  
 \*解析期間：2019年10月～2020年9月  
 \*自動制御の対策は、制御対象の風力発電が低出力、または制御対象がない場合、対策を立案することができない。対策立案率を向上するには、制御対象を拡大する必要がある。

#### 実証目標② SPSによる送電線の過負荷リスクおよび対策制御の見える化の結果(2)

DSSにより過負荷リスクおよび対策制御の見える化を実施した。

DSSによる対策制御立案のイメージ：

事故ケース毎に対策立案状況を運用者へ表示する。



過負荷ステータス	過負荷の有無	対策可否	過負荷ステータス
過負荷なし	過負荷なし	-	過負荷なし
	過負荷あり	対策後、過負荷解消	過負荷解消
過負荷あり	過負荷あり	対策後、過負荷が残る	過負荷緩和
	過負荷あり	対策なし	過負荷対策不可

- 運用者が、対策立案状況を確認することで、対策立案ができない場合、事前に負荷を減らすような操作を行うことで過負荷対策を行うことが可能となり、DSSの1つの有効性である。
- なお実際のオペレーションとの比較は、今回の実証では事故が発生せず、実際のオペレーションが発生しなかったため無評価。

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### 実証目標③ SPSによる過負荷対策へのBESSの活用

過負荷発生時にBESSを活用する機能を検証した。

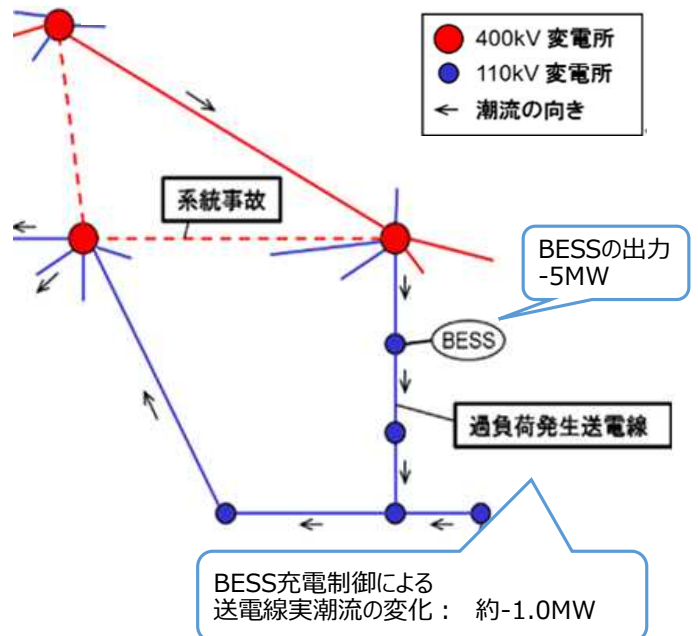
他モードから切り替わり、SPSの指令値に従いBESSが応答し、系統潮流が変化することを確認。

##### 1) 制御フロー

過負荷判定の閾値を予め下げておき、模擬的な事故情報をPSEのSCADAから送信させて、模擬的に過負荷を発生させて試験を実施した。

11:19:50	FRRモードで運転開始
11:28:25	過負荷が発生する事故が発生
11:28:32	RAS-Engineが事故検知し、過負荷対策を開始
11:28:39	BESSが過負荷対策モードに切替(FRR動作を打ち切り)
11:28:47	BESSの出力が-4.96MWに到達(事故発生から22秒)
?	この間、出力-5.00MW維持
11:46:30	過負荷緩和され、BESS出力を減少するよう追従制御
11:54:12	過負荷解消し、BESSが過負荷対策モードが終了

##### 3) BESS出力(応答値)と実潮流の変化



##### 2) SPSの指令値とBESSの応答





■ 目的と仕様 BESS

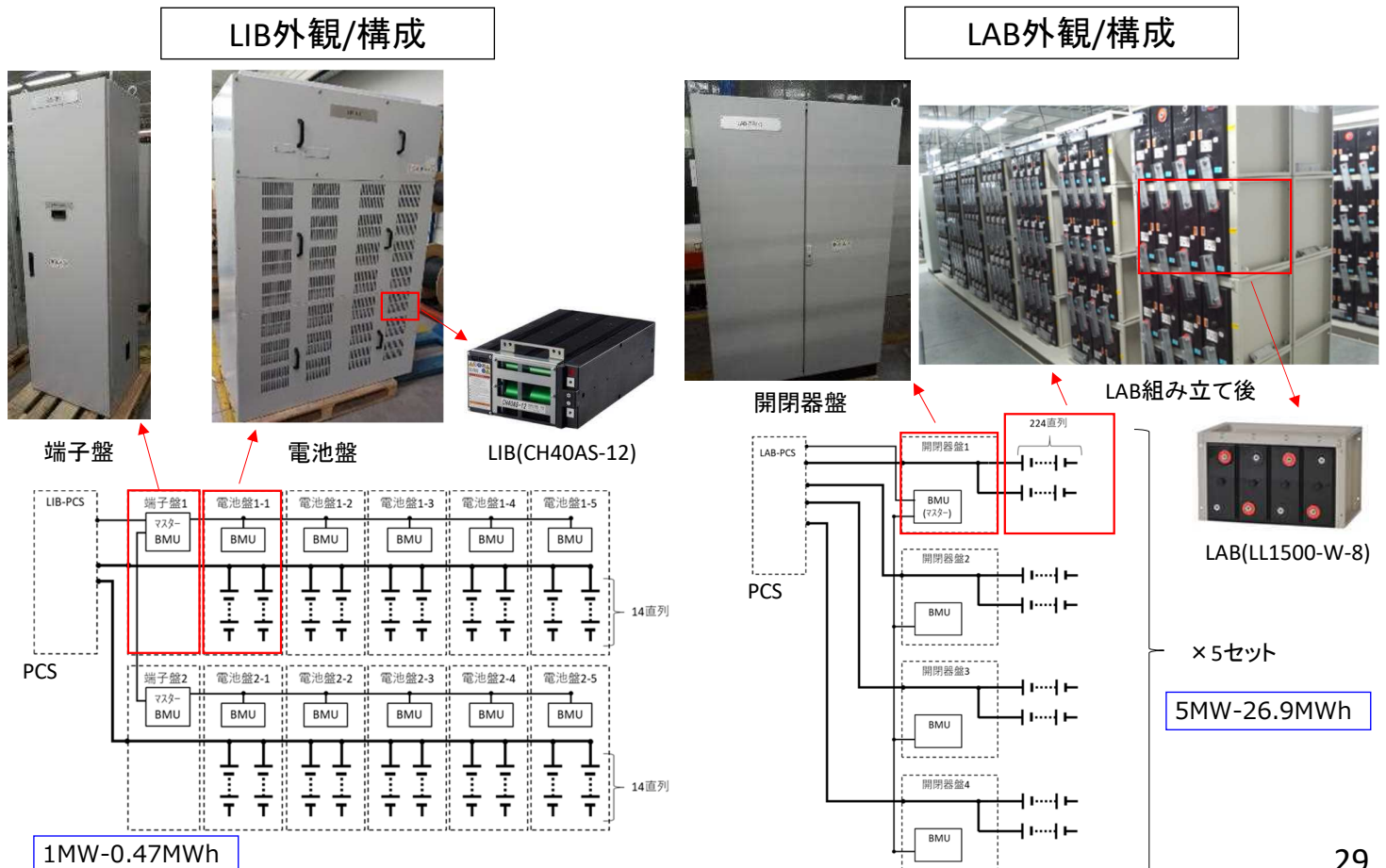
風力発電は風速の変動に伴い発電量が変動するため、風力発電が大量に連系した電力系統では短期的な出力変動を緩和すると同時に、発電量と電力需要の変動がもたらす需給バランスの不安定化を調整するため、適切な予備力を提供する必要があります。

本実証運転では、出力特性に優れたリチウムイオン電池（1MW-0.47MWh）と容量単価の低い鉛蓄電池（5MW-26.9MWh）を、最適に組み合わせる構成したハイブリッドBESSを用い、風力発電の短周期変動緩和、周波数制御用予備力の提供、需給バランス調整用予備力の提供、揚水発電相当の予備力の提供および電力需要シフト対応、さらに、系統事故時には、潮流回り込みにより発生する送電線過負荷解消に蓄電池を活用し、系統増強の代替としてより広い範囲で蓄電池システムを活用する可能性もあわせて検証した。



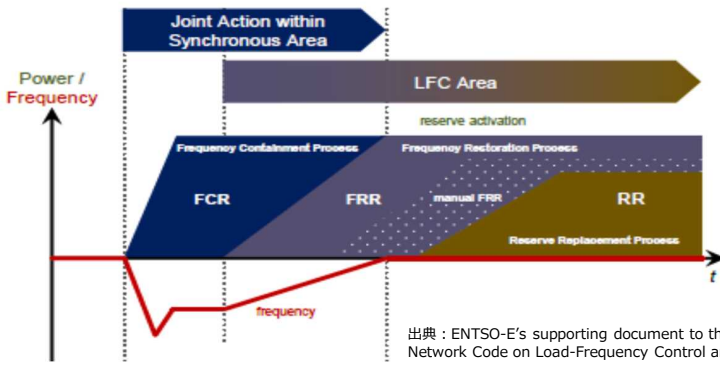
ビストラ風力発電所に併設したハイブリッドBESS建屋

■ ビストラ風力発電所併設の建屋にハイブリッドBESSを構築



## ■ 予備力提供に向けた蓄電池システムに求められる機能要件

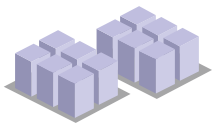
＜予備力提供のイメージ＞



＜各予備力の機能要件＞

予備力	出力	応答速度	出力継続時間
一次予備力 (FCR)	6MW	30秒以内	15分
二次予備力 (FRR)	6MW	15分以内	15分
三次予備力 (RR)	5MW	15分以内	2時間

## 蓄電池システムに求められる要件・性能・機能



LiB : 1MW-0.47MWh  
LAB : 5MW-26.9MWh

- 応答性 ⇒ 要求機能に適した変化率での指令追従
  - 長寿命 ⇒ 複数電池の最適配分による寿命延長
  - タフネス性 ⇒ 部分故障でも規定時間動作継続
  - 電池容量管理 ⇒ SOCアンバランスを自動解消
  - 出力・容量 ⇒ アンシラリーサービスの提供
- ・ 出力：ポーランドの揚水相当RRの最小単位5MWを鉛で、欧州で一般的なFCR/FRRの最小単位の1MWをLiで対応できる出力とした。
  - ・ 容量：劣化を考慮したうえで、全体の容量を設定した。

LFC: Load Frequency Control  
FCR: Frequency Containment Reserves  
FRR: Frequency Restoration Reserves  
RR: Replacement Reserves  
LiB: Lithium ion battery  
LAB: Lead-acid battery

SOC: State of Charge (蓄電池の充電状態)

# 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

## 実証目標③～⑧ ハイブリッドBESSの実証

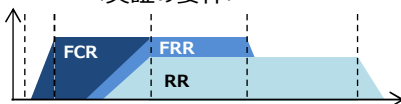
送電事業者向けのアンシラリーサービス機能(実証目標③～⑥)、  
再エネ事業者向けのローカル機能(実証目標⑦⑧)の機能性・性能を検証・確認した。

### アンシラリーサービス機能

送電事業者(TSO)からの指令値に従い充放電を行う。

調整力の提供 (実証目標④～⑥)  
✓ BESSによる1次(FCR)、2次(FRR)、3次(RR:揚水相当)予備力の提供

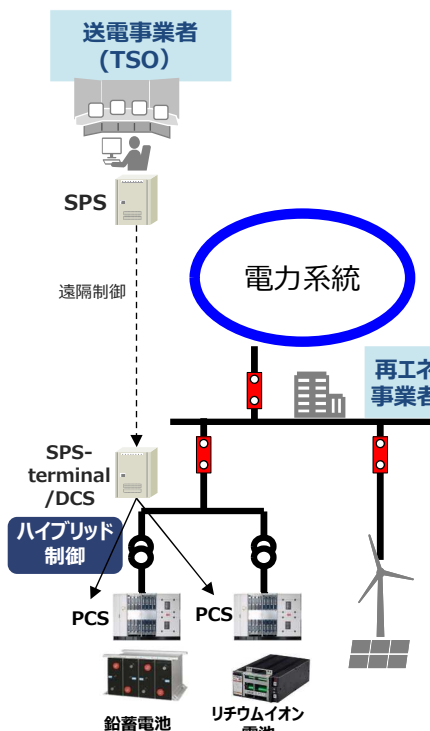
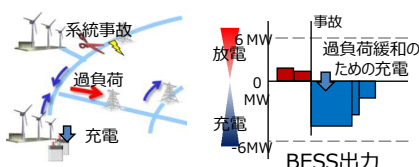
＜実証の要件＞



予備力	出力	反応速度	継続時間
FCR	6MW	30秒以下	15分以上
FRR	6MW	15分以下	15分以上
RR	5MW	15分以下	2時間以上

### SPSの過負荷対策(実証目標③)

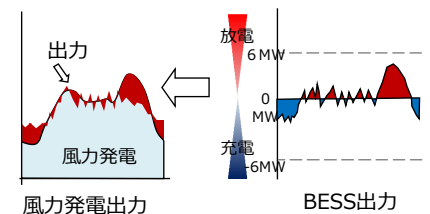
✓ 系統事故による過負荷発生時に、SPSからの受信値に従い、充電する。



### ローカル機能

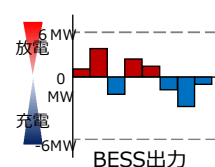
再エネ事業者側が現地ローカルで操作する。  
風力発電出力変動抑制(実証目標⑦)

✓ 系統に出力される風力発電出力の変動を10%以内に抑制する。



### 電力需要シフト(実証目標⑧)

✓ 電力需要シフトの運用のため、スケジュール運用を行う。



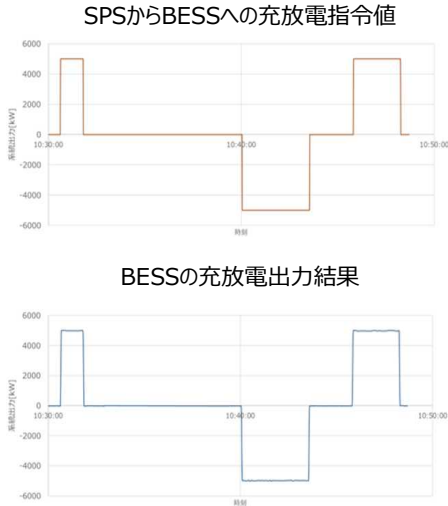


#### 実証目標④ ハイブリッド型BESSによる6MWのFCRサービス提供

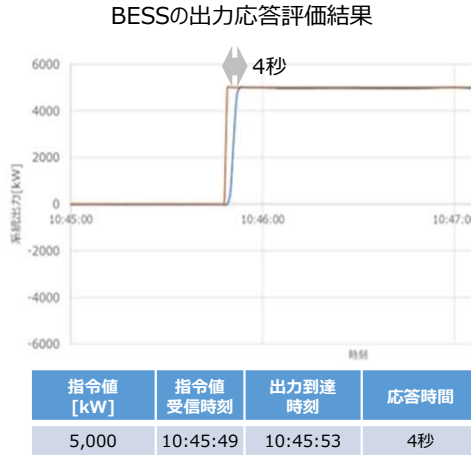
##### アンシラリーサービス(FCR)の機能性・応答性を確認

目的	BESSが6MWのFCRサービス要件を満たすことを確認する。
分析/評価内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPSからの要求出力値に対して、BESSの応答速度および出力継続時間を検証する。</li> <li>BESSが<b>30秒以内</b>にSPSの要求出力値となることを確認する(FCR相当の応答速度を満たすことを確認)。</li> <li>BESSの出力が<b>最大15分間継続</b>することを確認する。</li> </ul>

FCRサービスの動作

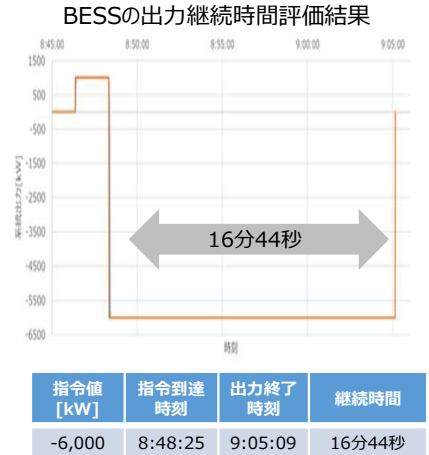


SPSからの要求指令値に対する応答速度



目標 30秒以内 ⇒ 結果 4秒

出力継続時間



目標15分以上 ⇒ 結果 16分44秒

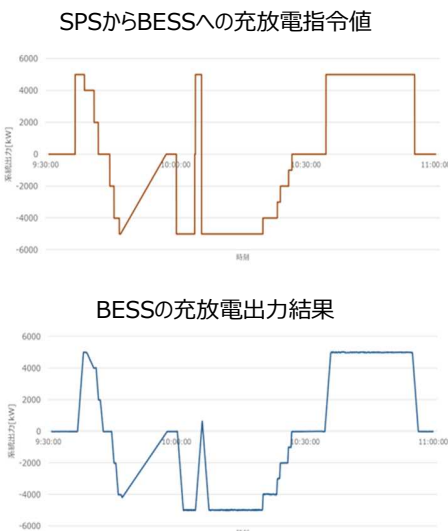
### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### 実証目標⑤ ハイブリッド型BESSによる6MWのFRRサービス提供

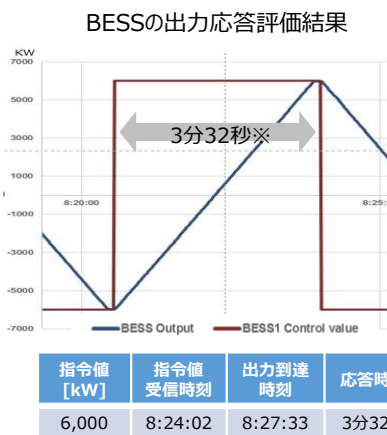
##### アンシラリーサービス(FRR)の機能性・応答性を確認

目的	BESSが6MWのFRRサービス要件を満たすことを検証する。
分析/評価内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPSからの出力指令値に対して、BESSの応答速度および出力継続時間を検証する。</li> <li>BESSが<b>15分以内</b>にSPSの要求出力値となることを確認する(FRR要件を満たしていることの確認)。</li> <li>BESSの出力が<b>最大15分間継続</b>することを確認する。</li> </ul>

FRRサービスの動作

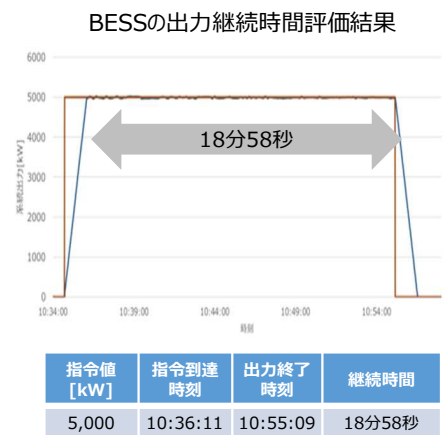


SPSからの要求指令値に対する応答速度



目標15分以内 ⇒ 結果 3分32秒

出力継続時間



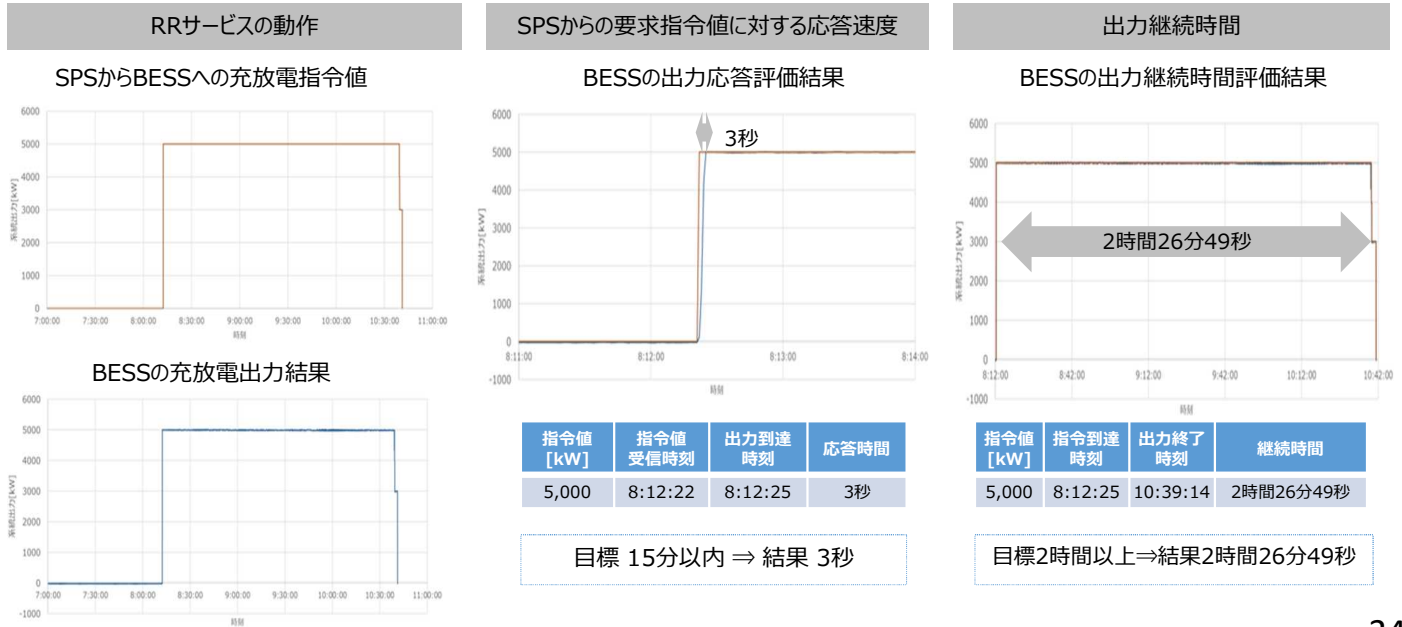
目標15分以上 ⇒ 結果 18分58秒

※出力応答速度は設定可能

#### 実証目標⑥ ハイブリッド型BESSによる5MW, 10MWhの揚水発電相当アンシラリーサービス提供

#### アンシラリーサービス(RR)の機能性・応答性を確認

目的	BESSが5MW, 10MWhの揚水発電相当アンシラリーサービス機能を満たすことを確認する。
分析/評価内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPSからの要求出力値に対して, BESSの応答速度(15分以内)および出力継続時間を検証する。</li> <li>BESSの出力が2時間継続することを確認する。</li> </ul>



34

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

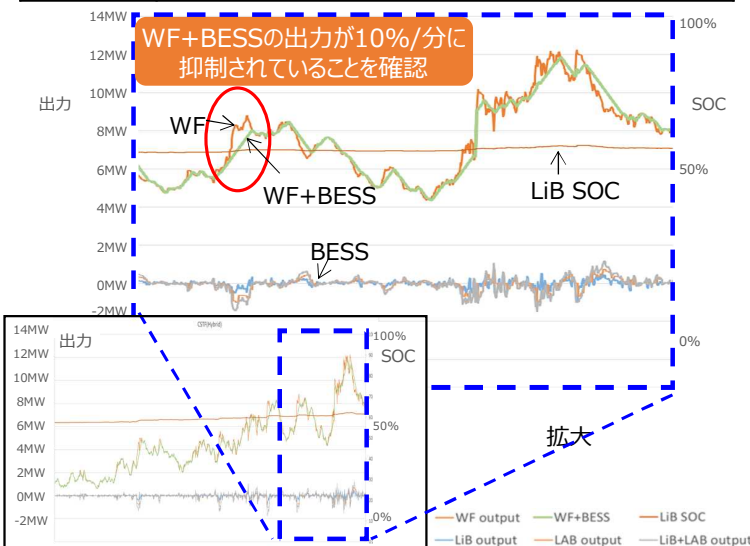
#### 実証目標⑦ ハイブリッド型BESSによる風力発電の出力変動率を定格出力の10%/分以下に抑制

#### 実証目標⑧ ハイブリッドBESSによる5MW, 10MWhの電力需要シフトサービスを提供

#### ローカル機能(風力発電出力変動抑制、電力需要シフト)の機能性・応答性を確認

##### 実証目標⑦ 風力発電出力変動抑制

目的	BESSの短周期変動抑制機能が風力発電の出力変動率を定格出力の10%/分以下に抑えるのに有効であることを検証する。
分析/評価内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>BESSの短周期変動抑制機能により, 風力発電の出力変動率が定格出力の10%/分以下になることを確認し, 制御による効果を分析する。</li> </ul>



風力発電が定格の10%/分(2,400kW)以上の変化している時間帯において, BESSを充放電させることにより, 合計出力が10%/分以内に抑制。

WF: 風力発電 SOC: State of Charge (蓄電池の充電状態)

##### 実証目標⑧ 電力需要シフトサービス機能

目的	BESSの5MW, 10MWhの電力需要シフトサービス機能を検証する。
分析/評価内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>予め決められた充放電スケジュールに従って, BESSが応答するか確認する。</li> </ul>

##### 登録された充放電スケジュール



##### BESS充放電出力実績

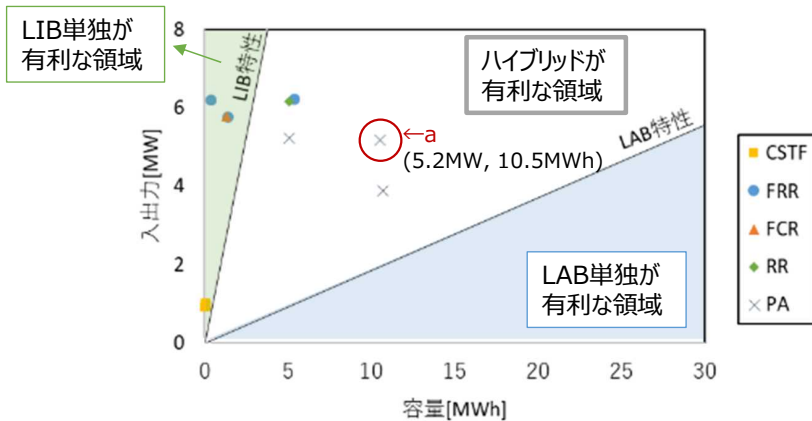


予め決められた充放電スケジュールに従い, BESSが応答。

35

### 実証目標⑨ ③～⑧に適用可能なハイブリッド型BESSの経済性を検証

導入コストの観点から、各運転モードに対し最適な電池構成を検討した結果、CSTF\*1、FCR、FRRはLIB単独が有利であり、RRおよびPA\*2はハイブリッドが有利であることが分かった



各運転における入出力と容量の関係

点aのPA運転に対する電池構成とコスト比較

構成	特徴	入出力 [MW]	容量 [MWh]	コスト [M¥]
LIB単独	容量に合わせると入出力が過剰	21.1	10.5	1926
LAB単独	入出力に合わせると容量が過剰	5.2	25.9	1055
ハイブリッド	最適比	5.2 [LIB 3.4 LAB 1.8]	10.5 [LIB 1.7 LAB 8.8]	613

53%  
-42%

【計算条件】

- 入出力：充電/放電電力の最大値
- 容量：定格容量×SOC変化量
- 最適比：各運転で必要な入出力および容量を満たす構成のうち、コストが最小となる構成比
- Wh単価\*3：LIB 100M¥/MWh  
LAB 50M¥/MWh

【分析結果】

- 本実証ではLAB単独が有利な運転はなかった。
- CSTF、FCR、FRRはLIB単独が有利
- RRおよびPAはハイブリッドが有利  
⇒例えば、図中点aのPA運転の場合、ハイブリッド化によるコスト低減効果はLIB単独に対し53%減、LIB単独に対し42%減

\*1 CSTF: 短周期変動抑制機能  
\*2 PA: 電力需要シフトサービス  
\*3 経産省「蓄電池戦略」2012年

## 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. 実証事業マネジメント (NEDO)
  - (1) 相手国との関係構築の妥当性
  - (2) 実施体制の妥当性
  - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 実証事業成果 (日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行)
  - (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 (日立製作所、昭和電工マテリアルズ、三井住友銀行)
  - (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) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

## ■ SPS:技術動向・ベンチマーク

- 日本独自の技術であり、欧州での適用事例がない「オンライン事前演算型SPS」を採用。
- また海外の競合他社も「オンライン事前演算型SPS」の開発事例はない。

	オフライン整定型SPS (従来手法)	オンライン事前演算型SPS (実証で採用)
概要	システム事故時にシステム安定化制御を自動実行する。制御内容は、 <b>オフライン解析により予め決定</b> されたもの。	システム事故時にシステム安定化制御を自動実行する。制御内容は、 <b>オンラインのシステム情報を用いたリアルタイムの解析により決定</b> されたもの。
模式図	<p>オフライン解析で制御を決定 制御内容は<b>固定</b> 子局装置 システム状態によらず決まった制御 事故検出 端局装置</p>	<p>RAS-Engine 自動的に制御立案 制御内容を<b>リアルタイムに更新</b> RAS-Agent システム状態に合わせた制御 事故検出 SPS-Terminal</p>
再エネ出力変動対応	<b>季節単位、年単位</b> に運用者が実施 最過酷状況を想定して運用する必要があるため、 マージンが必要	<b>分単位</b> で自動的に更新 リアルタイムの状況なので、 マージンは最小限にできる

オフライン整定型SPS(従来手法)とオンライン事前演算型SPS(実証で採用)の比較

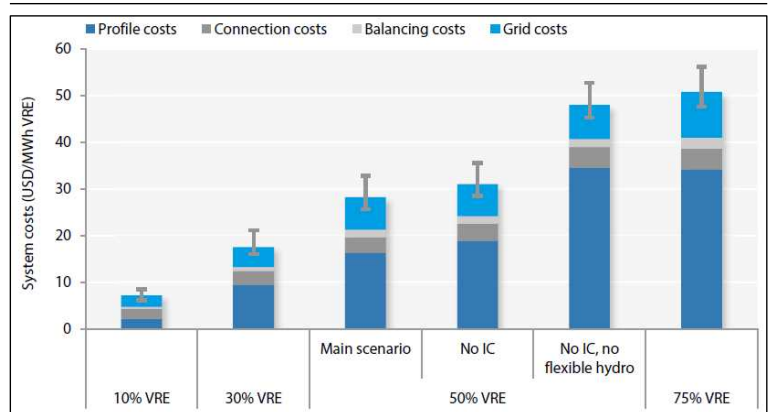
# 4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力(SPS)

検証の結果、SPSによりシステム増強無しで拡大可能な風力設備容量は2地域で約114MWで、339GWh程度に相当する。OECDレポートの均等化原価 (Levelized Cost) を用いると、仮に変動性再エネ比率が3割程度の国にSPSを導入した場合、回避可能なコストは年間 170百万円程度/2地域となる (右下図参照。339GWh×0.50円/kWh)。SPSの導入効果はTSOの管区全域に渡るため特定地域に留まらない。仮にSPSを導入するTSOの管区内に今回の実証地と同程度の ような効果が表れる地域が5か所あると想定すると、回避可能なコストは年間425百万円/地域となり、SPSを10年間継続利用した場合、10年累計の便益は42.5億円と試算される。

実証地で検証した拡大可能風力設備容量

エリア1	90.75 MW
エリア2、3	23.0 MW
合計	113.75 MW

回避可能コスト (再エネ1MWhあたりに必要なシステム増強費)



OECDとNuclear Energy Agencyが作成したレポート「The cost of decarbonization」において、再エネ拡大に必要なコストを分析している。変動性の再エネ比率が上昇するにつれて、変動性再エネ1MWhあたりに必要となるシステムコストは上昇する。例えば、変動性再エネ比率が30%の国においては**1MWh再エネを追加するのに20USD弱のシステムコストが必要となり、うち5USD程度 (≒0.5円/kWh) はシステム増強費用 (上図のGrid Costs) となる。**



## (2) 普及体制, (3) ビジネスモデル (SPS)

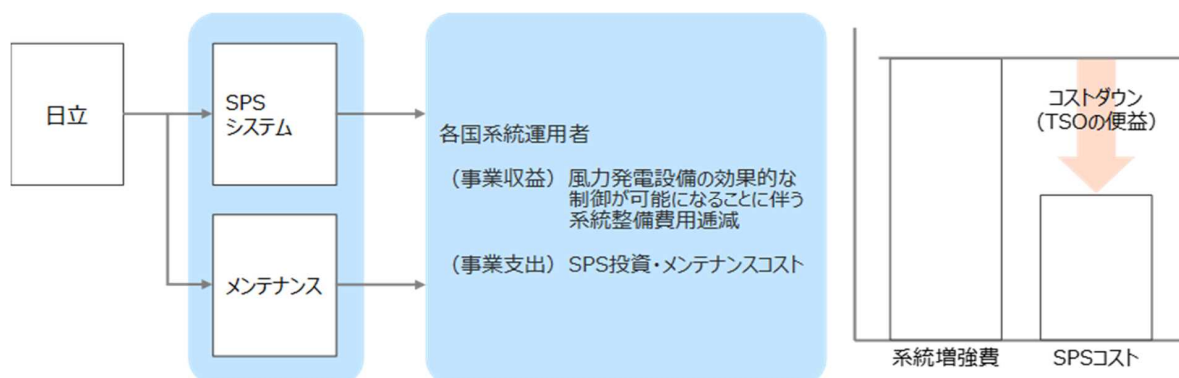
- ビジネスモデル：

系統安定化の機能を有するSPSをTSOに販売するという以下に示すモデルとなる。特に再エネ大量導入によって生じる系統増強費用を抑えられる点がTSOにとっての便益となる。

- 普及体制：

日立（ベンダー）からSPSシステムおよびメンテナンスをTSOに提供する。

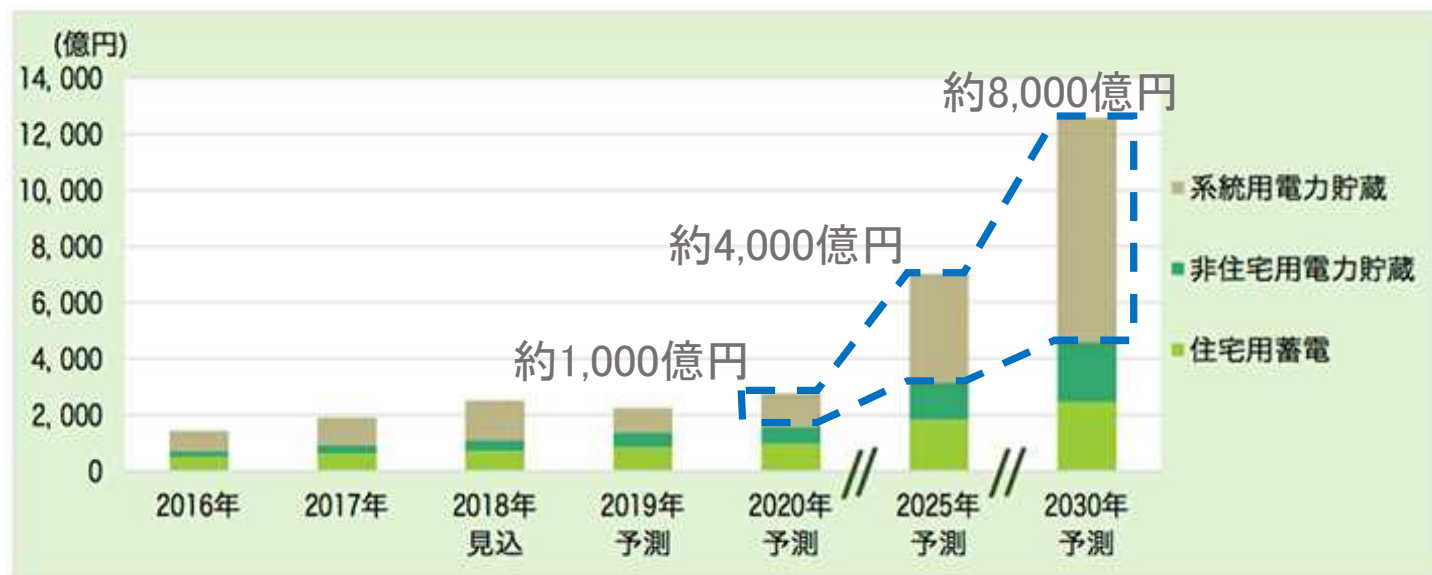
SPSのビジネスモデルとTSOの便益



# 4. 事業成果の普及可能性

## (1) 事業成果の競争力 (BESS需要見込み)

世界市場では、系統用蓄電池(需給調整、事業用太陽光・風力発電システム併設用途など)市場は拡大見込み



需要側BESSは再エネ自家消費やピークカットに用いるだけでなく、アグリゲーターを通じ、調整力を提供することも可能である。系統用BESSの調整力供給に関する知見は、需要側BESSにおいても活用可能である。

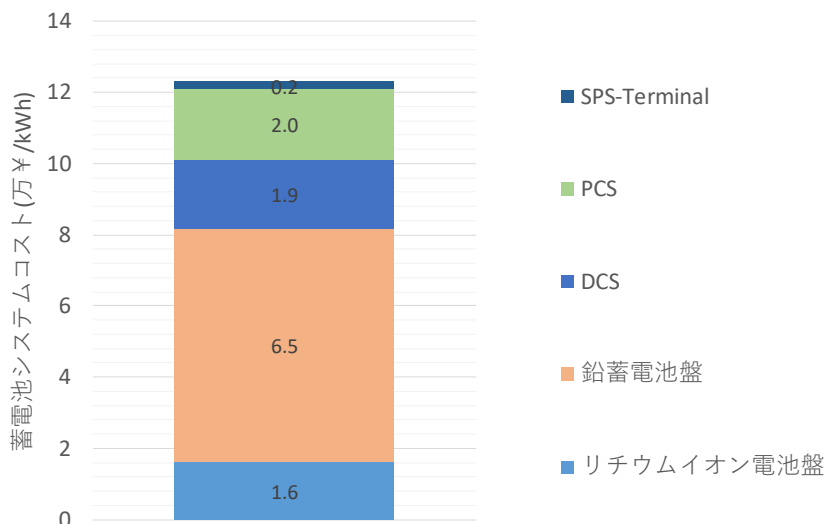
BESSが普及しているドイツにおける産業用BESSコストは10~29 万円/kWh、大規模BESSは5.2~20.8 万円/kWh。

本実証で用いたBESSは設置コスト含め12.3 万円/kWhであり、同水準のコストである。

ドイツにおけるBESSコスト

- 住宅用: 14.2 万円/kWh
- 産業用: 10~28.6 万円/kWh
- 大規模: 5.2~20.8万円/kWh

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X1930944>



## 4. 事業成果の普及可能性

### (1) 事業成果の競争力 (BESS競争力)

ハイブリッド蓄電池システムは、日本の優れた蓄電池技術に支えられており、競合に対し高い性能、信頼性を有する優位性の高いハイブリッド蓄電池システムを提供できる。

	韓国・中国 リチウムイオン 電池専門メーカー	鉛専門メーカー	ハイブリッド1	ハイブリッド2	昭和電工マ テリアルズ
蓄電池	リチウムイオン単独	鉛単独	リチウムイオン, Redox Flow or NaS	リチウムイオン, 鉛蓄電池	リチウムイオン, 鉛蓄電池
出力仕様 (6MW)	出力過多 (>10MW)	適切	適切	適切	適切
容量仕様 (5MW, 2時間)	適切	容量過多 (2.4時間)	容量過多 (6時間)	適切 (2時間)	適切 (2時間)
鉛蓄電池性能	—	低い (サイクル数 2400回)	—	低い (サイクル数 2400回)	高い (サイクル数 4500回)
コスト比	>250%	110%	>200%	105%	100%
ハイブリッド蓄電池制御システム	—	—	蓄電池毎に独立インターフェース	蓄電池毎に独立インターフェース	共通インターフェース, SPS連携



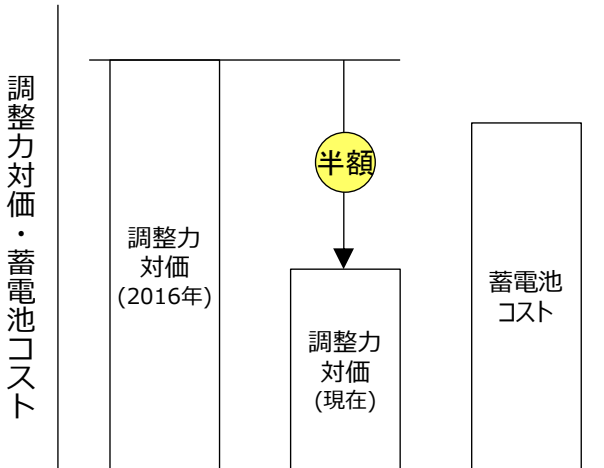
## 4. 事業成果の普及可能性

### (3) ビジネスモデル

2016年頃には蓄電池を調整力単一の用途に用いても採算がとれる水準だったが、この5年で、調整力対価は半額程度の水準まで落ち込んでいる。一方、電力小売料金については上昇を続けており、PV自家消費用途を始めとした需要側BESSの競争力は高まっている。

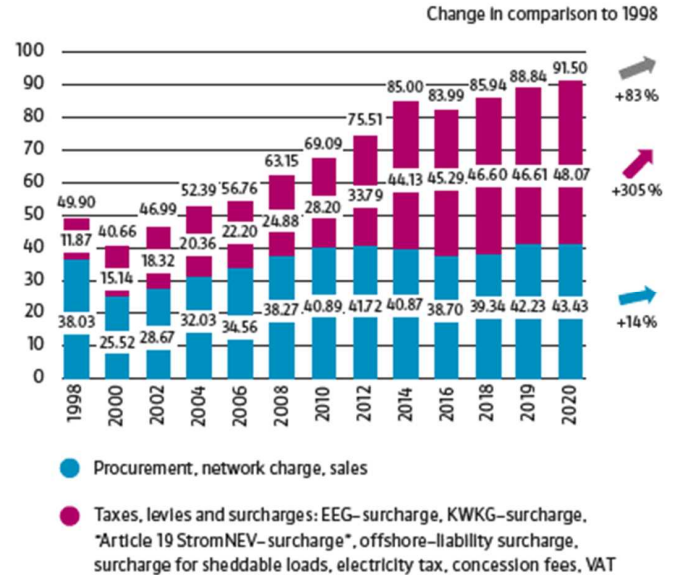
→マルチユース用途へBESS展開

調整力対価・蓄電池コスト (イメージ ドイツ参考)



2016年頃には2,000円/kW/時程度あった調整力対価は現在当時の半額程度まで下がっており、蓄電池を調整力の単独用途に用いる場合、蓄電池の大幅なコストダウンが必要となる。

電気代の上昇 (ドイツの事例, 3,500 kWh/year)



## 4. 事業成果の普及可能性 (4) 政策形成・支援措置

- SPS+BESSのセット販売を前提に検討をスタートし、その実現に向けて各国送電会社や規制機関と検討を行ってきたが、環境変化により送電会社へのBESS販売は断念。
- SPSを送電会社に、BESSを送電会社以外に販売するビジネスモデルを追求することとした。

欧州制度および本実証事業の推移

政策に合わせた事業モデル検討

1996年	第3次EU指令にてアンバンドリング (送電部門と発電部門・小売部門の分離) を義務付け
2015年	本実証事業の実証前調査開始 (この時点では送電部門の蓄電池所有の可否は曖昧)
2017年	実証事業開始
2019年	EU指令改正案 Article 54にて、一部例外を除き、送配電部門の蓄電池所有を禁止
2019年	実証運転開始
現在	事後評価

送電部門による蓄電池所有がグレーな状況の中、送電会社がSPS+BESSを導入できるスキームの構築を目指し、現地調査を含めた検討・調査を実施

現地規制機関へのヒアリングを含めた調査を通じて、EU指令改正案Article 54における例外項目の範囲での送電会社蓄電池保有の方法を検討。  
⇒ 送電会社の蓄電池保有は困難との結論に達し、SPSを送電会社に、BESSを送電会社以外に販売するビジネスモデルを追求

- SPSおよびBESSの単体での普及を考えた場合、SPSについては系統増強抑制が送電会社のメリットに繋がる政策、BESSについては収益機会を増やすマルチユースが可能な政策が、それぞれ重要と考えられる。
- 前者については欧州のレベニューキャップ制度が、後者については需給調整市場・卸売市場等幅広い領域に需要家側設置を含むBESSが参入可能となっている点が、SPS・BESSの普及を後押しするものと考えられる。

本実証に用いられた技術の普及促進を後押しする政策形成・支援措置の状況

<b>SPS</b>	<p>総括原価方式 レベニューキャップ</p> <p>コストを抑えた分利益が減少する コストを抑えた分利益が増加する</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 総括原価方式は、適正な投資に対して一定の利益率を許容する方式のため、投資を促進するメリットがある一方、コスト削減のインセンティブが生じない。</li> <li>● 一方、料金や収入に上限を設定するインセンティブ規制（主にレベニューキャップ）では、一定期間（規制期間）コスト削減分が事業者の利益となるため、コスト削減インセンティブが生じる。</li> <li>● 自由化を契機に欧州の多くの国では後者が選択された。</li> </ul>
<b>BESS</b>	<p>調整力市場 容量市場 卸売市場</p> <p>蓄電池運用者</p> <p>PV余剰充電 ピークカット ピークシフト</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 欧州では、BESSを様々な用途に利用し、BESSの事業性を後押しするマルチユースの環境が整っている。</li> <li>● 例えば需要家側に設置した蓄電池がPV余剰充電・ピークカット・ピークシフトに加えて、調整力・容量市場・卸売市場等の対価を得ることが可能。</li> </ul>

46

# 4. 事業成果の普及可能性 (5) 日本への波及

- 欧州で先行する再エネ大量導入時の課題は、日本でも今後顕在化することとなる。
- 系統増強コストを最小化しながらの再エネ大量導入や、需給調整市場への蓄電池参入の検討が進められており、欧州で確立した技術の逆輸入により、日本の再エネ大量導入を支えることが可能になると考えられる。

再エネ大量導入時代に向けた合理的な系統増強	<p>3.分析結果 &lt;電源偏在シナリオ(45GW)の検討結果&gt;</p> <p>①北海道～東京ルート新設*1 (北海道内増強含む) 約1.5～2.2兆円 (北海道～東京900万kW)</p> <p>②東北東京間の運用容量対策*1 約7,000～8,100億円 (電源立地が明確にない部分を経路検討)</p> <p>③東京地内増強*1 約3,800～5,300億円 (送電容量増強含む)</p> <p>④九州～中国ルート増強 (九州・中国地内増強含む) 約3,600億円 (278～556万kW)</p> <p>⑤九州～四国ルート新設*1 (九州・四国地内増強含む) 約5,800～6,400億円 (280万kW)</p> <p>⑥四国～関西ルート増強 約1,300億円 (149～280万kW)</p> <p>⑦中国地内増強 約1,000億円 (関西中国間の運用容量増大421～556万kW)</p> <p>⑧中地域増強 中部関西第二連系統新設 中部域交流ループ構成 約500億円</p> <p>*1 HVDCコスト幅等を考慮して試算</p>	SPSの波及可能性
BESSの需給調整市場国内参入検討 (METI資料転載)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 需給調整市場（一次～二次②）*が開設されることで、2024年度以降は全ての商品において市場が開設されることとなり、DSRや蓄電池等の新たなリソースがその応動特性を活用して市場へ参入することが期待されている。</li> <li>■ 他方、こうしたDSRや蓄電池等の新しいリソースが調整力を供出する場合、需要家の生産設備や蓄電容量から調整力を供出することとなり、発電機等のリソースとは異なる応動特性を有することが考えられる。</li> <li>■ 今後、需給調整市場（一次～二次②）*の事前審査、アセスメント等の検討にあたっては、こうしたリソース毎の応動特性等も考慮するとともに、新たなリソースの積極的かつ継続的な参入は、再エネ主力電源化における調整力の確保および需給調整市場の活性化にも繋がることも踏まえ、これらのリソース向けの規定やオフライン枠の活用等について、必要に応じて国とも連携しつつ、今後検討することとしてはどうか。</li> </ul>	BESSの波及可能性

\* 国内の需給調整市場は応答性や持続時間から、「一次調整力・二次調整力①・二次調整力②・三次調整力①・三次調整力②」の5つに区分されて導入が進められており、ここでいう「一次調整力～二次調整力②」とは、5区分のうちの最初の3つを総称している。いずれも先に市場が開設される3次調整力よりも高い応答性が求められ、蓄電池にとって比較的希望ある市場とされる。

## **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／  
ポーランド共和国におけるスマートグリッド実証事業」  
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) 意義

- ・ 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。

### (2) 政策的必要性

- ・ 案件の発掘、実証要件適合性等調査及び実証前調査でのプロポーザル、実証での売り込みなどのフロー全体を通じて、我が国の省エネルギー、新エネルギー技術の普及が促進され、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の確保に資するものであったか。また、温室効果ガスの排出削減に寄与するものであったか。
- ・ 当該フロー全体を通じて、技術の普及に繋がる見通しが立っていたか。
- ・ 同時期以前に同じ地域で、同じ技術の実証や事業展開がなされていなかったか。
- ・ 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。
- ・ 対象国政府との政治・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。

### (3) NEDO 関与の必要性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、公的資金による実施が必要とされるものであったか。とりわけ、技術的な不確実性の存在、普及展開を図る上での運転実績の蓄積、実証を通じた対象国における政策形成・支援の獲得など、実証という政策手段が有効であったか。
- ・ 採択時点で想定していた事業環境や政策状況に関する将来予測・仮定について、実証終了時点の状況との差異が生じた要因を分析した上で、採択時における将来予測・仮定の立て方が妥当であったか。また、将来予測・仮定の見極めにあたり今後どのような改善を図るべきか。

## 2. 実証事業マネジメント

### (1) 相手国との関係構築の妥当性

- ・ 対象国と日本側との間で、適切な役割分担及び経費分担がされたか。
- ・ 対象国において、必要な資金負担が得られていたか。
- ・ 対象国における政府関係機関より、電力、通信、交通インフラ、土地確保等に関する必要な協力が得られたか。今後の発展に資する良好な関係が構築できたか。
- ・ 当該実証事業は、対象国における諸規制等に適合していたか。

## (2) 実施体制の妥当性

- ・ 委託先と対象国のサイト企業との間で、実証事業の実施に関し協力体制が構築されたか。サイト企業は必要な技術力・資金力を有していたか。
- ・ 委託先は、実証事業の実現に向けた体制が確立できていたか。当該事業に係る実績や必要な設備、研究者等を有していたか。経営基盤は確立していたか。

## (3) 事業内容・計画の妥当性

- ・ 実証事業の内容や計画は具体的かつ実現可能なものとなっていたか。想定された課題の解決に対する方針が明確になっていたか。
- ・ 委託対象経費について、費用項目や経費、金額規模は適切であったか。
- ・ 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検討されていたか。
- ・ 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・技術動向に機敏かつ適切に対応していたか。

## 3. 実証事業成果

### (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義（省エネ又は代エネ・CO2削減効果を含む）

- ・ 事業内容・計画目標を達成していたか。
- ・ 未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この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であったか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られていたか。
- ・ 設定された事業内容・計画以外に成果があったか。
- ・ 実証事業に係る省エネ効果又は代エネ効果、CO2削減効果は妥当な水準であったか。

## 4. 事業成果の普及可能性

### (1) 事業成果の競争力

- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において需要見込みがあるか。将来的に市場の拡大が期待できると考えられるか。（調査実績を例示できることが望ましい。）
- ・ 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、実証事業終了後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。（事業化評価段階時に報告確認された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く付加価値（品質・機能等）による差別化が認められるか。
- ・ 想定される事業リスク（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、技術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連携実績がある、現地又は近隣地に普及展開のための拠点設置につき検討されていることが望ましい。)
- ・ 当該事業が委託先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

- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国での普及に向けて、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。
- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において、普及に資する営業活動・標準化活動が適切に検討されているか。
- ・ 日本企業が継続的に事業に関与できるスキームとなっていることが見込まれるか。
- ・ 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

- ・ 対象国やその他普及の可能性がある国において、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) 対象国・地域又は日本への波及効果の可能性

- ・ 当該技術の普及が、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効果が期待できるか。