

風力発電の導入拡大に向けた実証試験について

2024年1月24日

北海道電力ネットワーク株式会社
東京電力パワーグリッド株式会社

はじめに

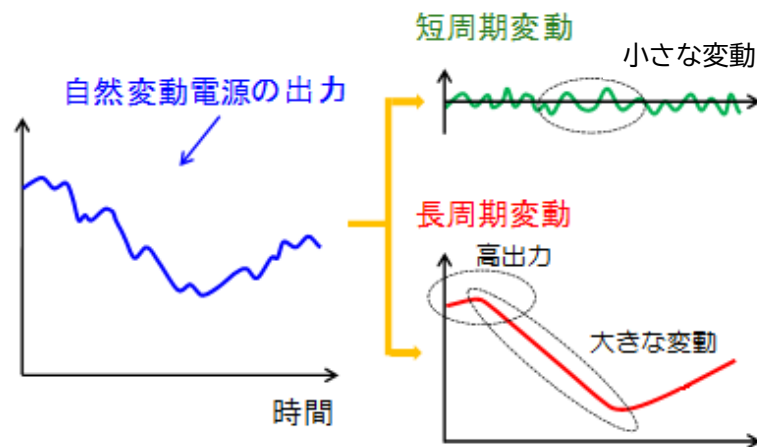
- 北海道電力ネットワーク（以下、北海道NW）と東京電力パワーグリッド（以下、東京PG）では、地域間連系線の活用などによる風力発電の連系拡大を目的とした実証試験（以下、風力実証）を実施している。
- 風力実証では、風力発電の短周期変動は北海道エリアで調整しつつ、長周期変動については前日予測値に基づき卸電力市場（前日スポット市場）に供出したうえで、予測誤差（前日とGC時点の予測差分）に対応する調整力を地域間連系線を介して東京PGから送受電することで、北海道エリアの調整力不足の一部を東京エリアで補完している。**
- 当初、実証風力は2020年度までにすべてのサイトの連系が完了し、その後1～2年の実証期間を経て、実証の取りまとめを行う予定であったものの、連系の遅れにより、現時点ですべてのサイトの連系が完了するのは2025年度になる見込み。
- 他方で、対象サイトのほとんどが連系したことからこれまでの実証試験の結果を検証するとともに、実証終了後の運用方法について検討したのでご報告する。
- なお、今回のご報告内容については、第49回系統ワーキンググループ（2023年12月6日）においてご了承いただき、2024年4月に実証を完了とし運用移行することを目指して準備を進めているところであり、地域間連系線のマージン設定にも関連することから当委員会でもご報告するものである。

1. 実証試験の目的について

- 風力発電の連系にあたっては、需要と供給を一致させるための発電機等の調整力が必要となる。
- 北海道エリアでは、風力発電の連系拡大により、地内の調整力のみでは不足する虞があることから、北海道NWと東京PGでは、地域間連系線を介して東京エリアの調整力を活用することにより風力発電の連系を拡大する実証試験を実施している。

○実証試験による風力発電連系規模
19.8万kW（募集量20万kW）

○実証試験開始
2017年11月から



地域間連系線の活用
・風力発電の長周期変動に対応する調整力を地域間連系線を介して東京PGから調達

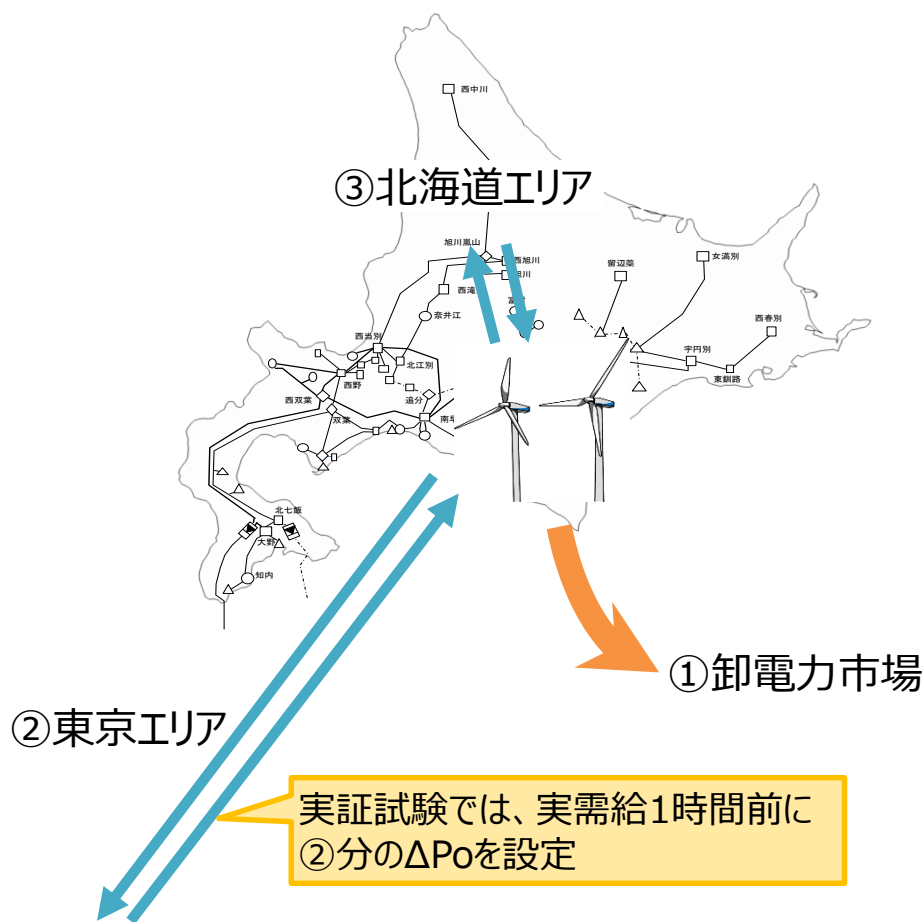


風力発電出力制御技術の導入
・調整力が不足する場合には、風力発電の出力を制御し、電力系統の安定化を図る。

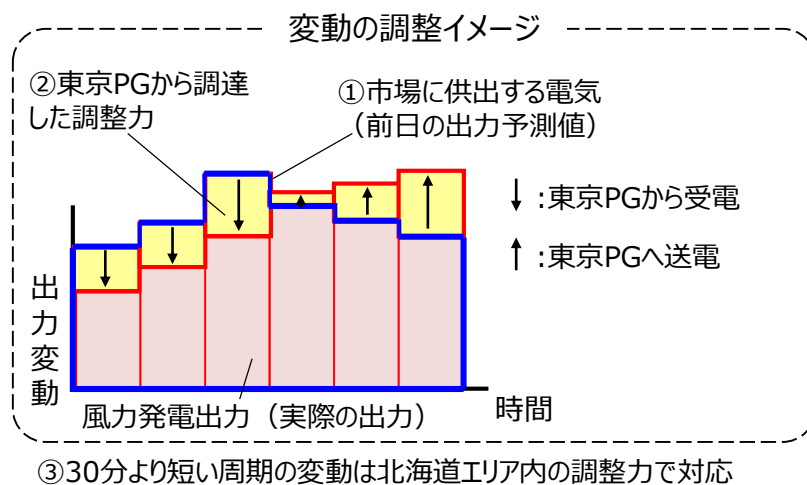
2. 実証試験スキームについて

○実証試験スキームの概要

- ①北海道NWは、前日予測値に基づいて、実証風力の電気を卸電力市場（前日スポット市場）に供出
- ②市場に供出した電気と実需給1時間前時点の出力予測値との差分について、東京PGから調整力を送受電
- ③北海道NWは、実需給1時間前時点の出力予測値と実際の風力発電出力との差分を、北海道エリア内の調整力により調整



断面	調整分担
①前日予測	卸電力市場
【卸電力市場取引と風力実出力との差分】	
②前日予測～1時間前	東京エリア
③1時間前～実需給	北海道エリア



2. 実証試験スキームについて

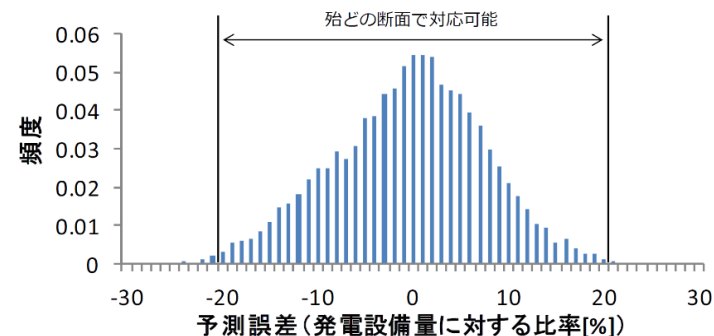
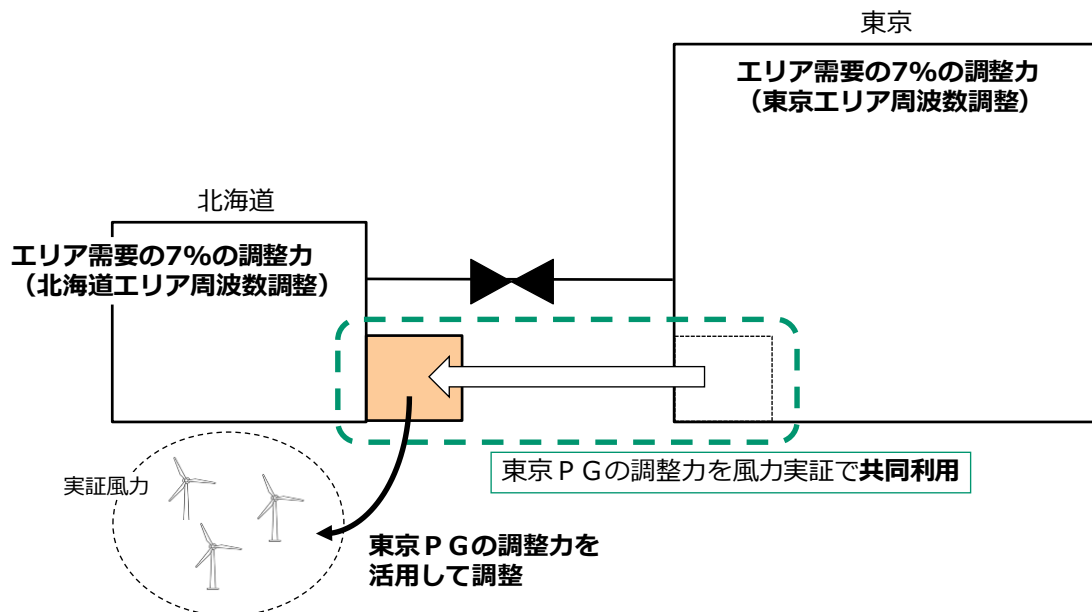
○調整力の授受について

実証試験のための調整力をエリア外から調達するにあたり、第14回（2017年3月23日）の当委員会にて北本連系線および東北・東京間連系線でのマージン設定をご了承いただき、確保したマージンの中で、東電PGより必要な調整力を受給している。

調整力の受給は、現状の短周期広域周波数調整の機能を活用し、実需給1時間前に ΔP_0 を設定することにより実施。

○調整力枠の設定について

実証開始時点での過去実績から、長周期変動への対応が可能であると想定される調整力調達量を風力発電設備量の20%とし、実証試験を通して必要な調整力枠を検証している。

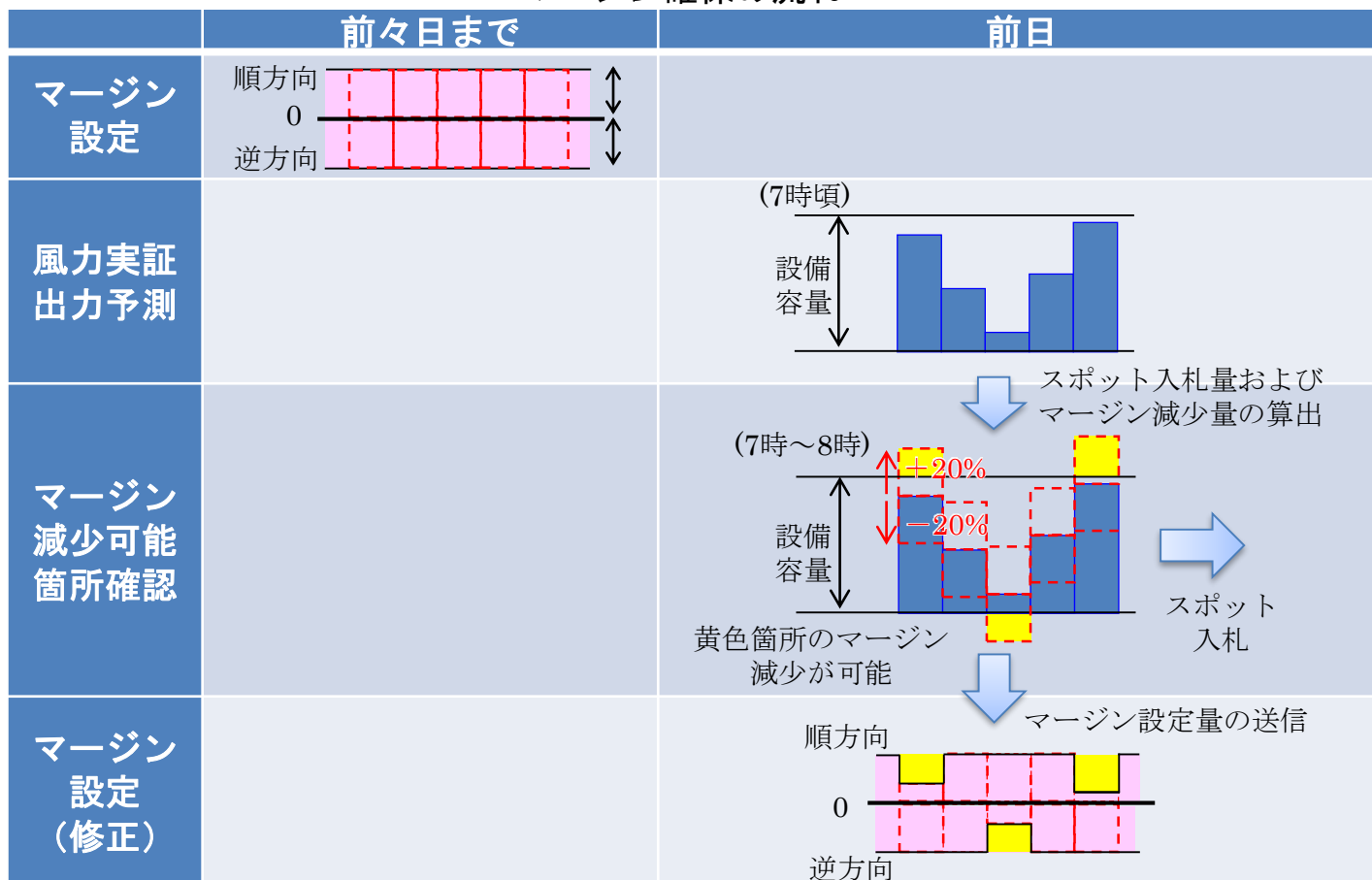


2. 実証試験スキームについて

○風力発電出力予測やサイト停止に応じたマージン減少

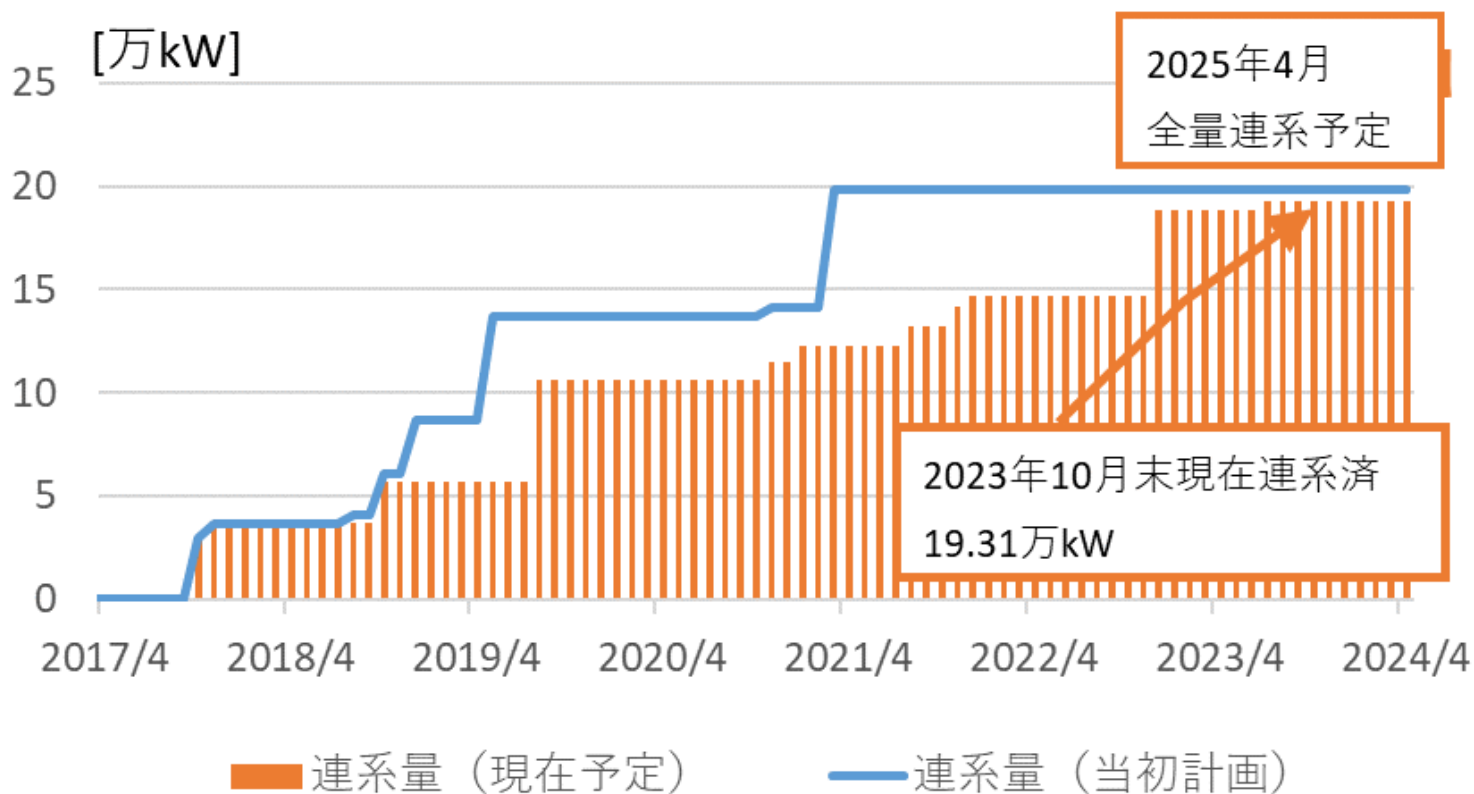
また、当委員会でお示しいただいた取組として、スポット市場の約定結果が0付近および上限付近の場合、予測誤差による出力が0以下および設備容量以上となる部分はマージン設定量を減少している。また、停電作業等による実証サイト停止時は事前にマージン算出式より除外することでマージン設定量を減少している。

マージン確保の流れ



3. 実証サイトの連系状況について

- 2023年10月末現在の連系量は19.31万kWとなっており、**2025年度に全量連系**し、19.8万kWとなる予定。
- 当初計画から、概ね4～5年程度運転開始時期が遅れている状況。



当初計画との連系量比較

4. 実証試験における検討・確認項目

- 実証試験の実施にあたり、当委員会で提案した検討項目について、現時点での実施状況を5（1）～（3）項に示す。



○実証試験における検討・確認項目

	項目	内容
①	地域間連系線の効率的な利用方策の検討	・ 風力発電出力予測等に応じて、実際に使用した調整力の量を確認しながら、必要な調整力枠を検証
②	風力発電の導入拡大に伴う系統影響の確認	・ 20万kWの追加導入による平滑化効果や系統周波数に与える影響を確認
③	風力発電の出力制御技術の確認	・ 地域間連系線の停止などによって北海道エリアの調整力が不足する場合、出力上限値を定めることにより、風力発電出力を制御 ・ 風力発電所の出力制御の動作状況や風力発電の発電量に与える影響を確認

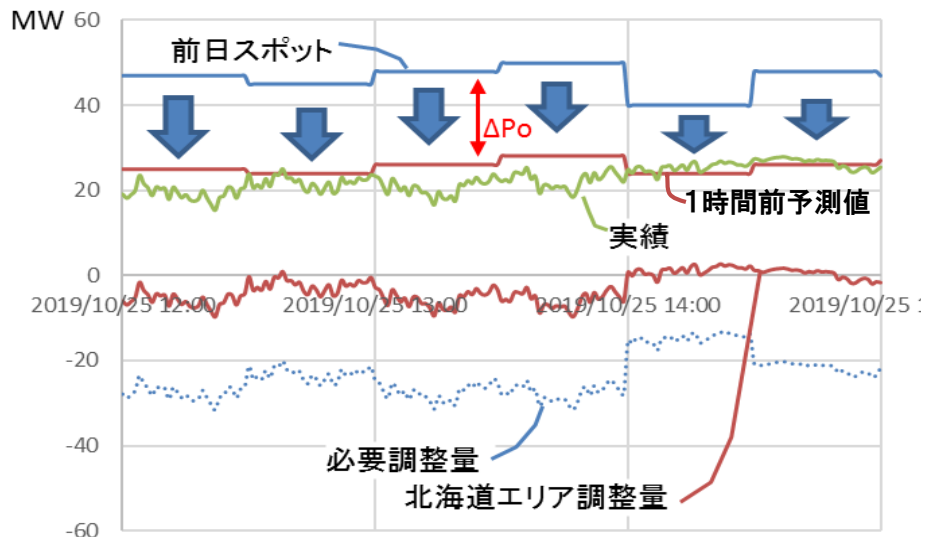
5. 実証試験の実施状況

(1) 地域間連系線の効率的な利用方策の検討

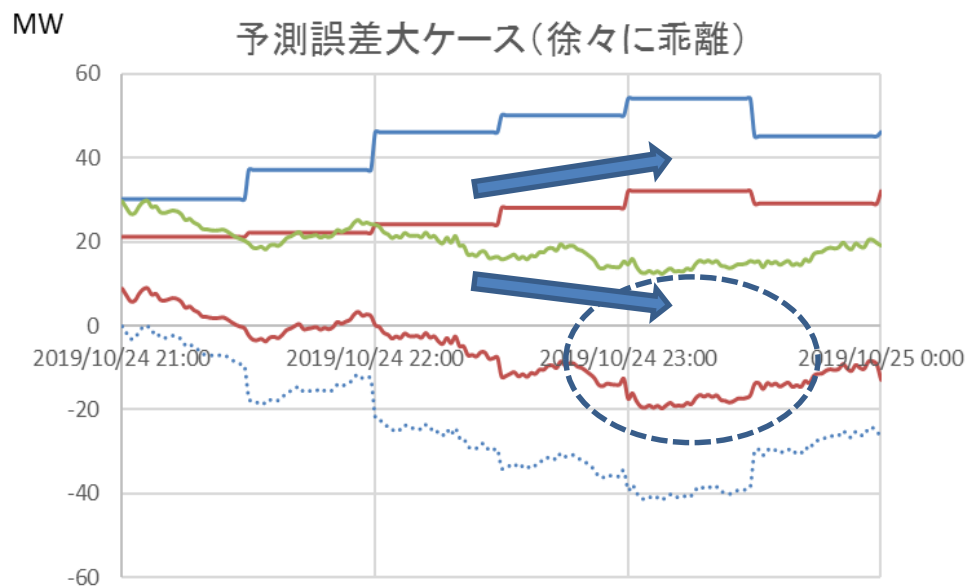
○調整力枠活用状況

北海道NWでは、前日スポット市場への供出と、東京PGとの長周期変動相当の調整力の授受 (ΔP_o) により、実証風力の長周期変動を調整している。

概ね調整力枠を活用して風力変動に追従できているが、予測誤差が大きいときに ΔP_o が不足し、北海道エリアの調整量で対応したケースがあった。



前日スポット市場 + ΔP_o で風力発電変動に良好に追従し、北海道エリアの調整量が減少している例



前日スポット市場 + ΔP_o で風力発電変動に追従しきれずに、北海道エリアの調整量が大きい例

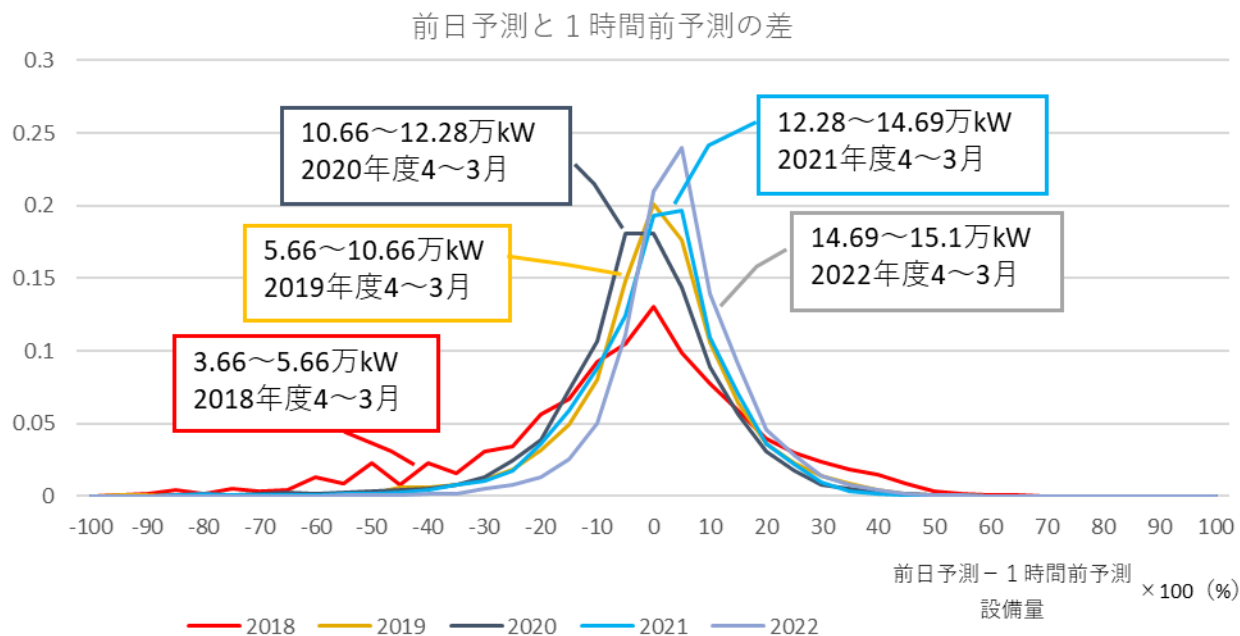
5. 実証試験の実施状況

(2) 風力発電の導入拡大に伴う系統影響の確認

○平滑化効果①

直近の2022年度実績において、前日予測と当日予測（1時間前）の差が20%以内となった滞在率は全体の**92.55%**であった。

実証試験開始以降、連系量が拡大するにつれて、予測誤差の分散は小さくなっている。



予測誤差20%以内の滞在率推移

年度	2017(11月～)	2018	2019	2020	2021	2022
滞在率	79.99%	72.40%	89.16%	89.93%	91.15%	92.55%

5. 実証試験の実施状況

(2) 風力発電の導入拡大に伴う系統影響の確認

○平滑化効果②

実証風力を加えた発電変動について、30分内変動※の分布を比較。

既連系 : 38.5万kW (2020年度)

38.5~40.5万kW (2021年度)

40.5~41.8万kW (2022年度)

実証風力 : 10.66~12.28万kW (2020年度)

12.28~14.69万kW (2021年度)

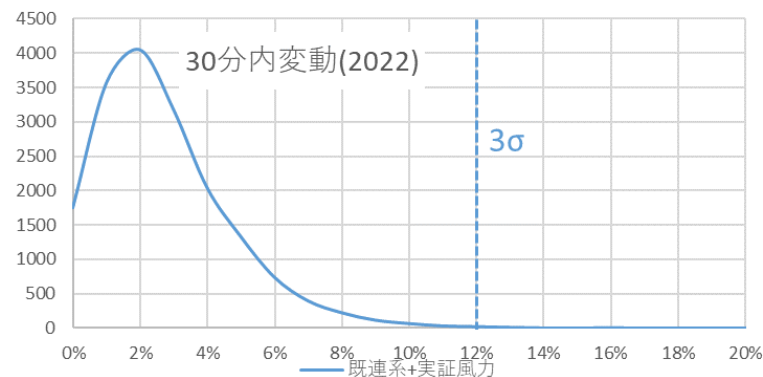
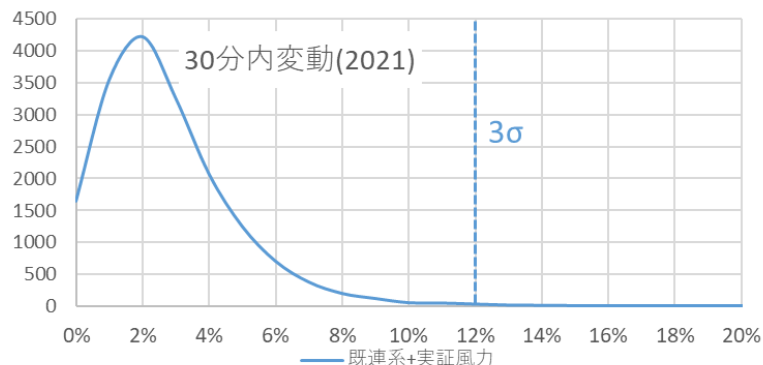
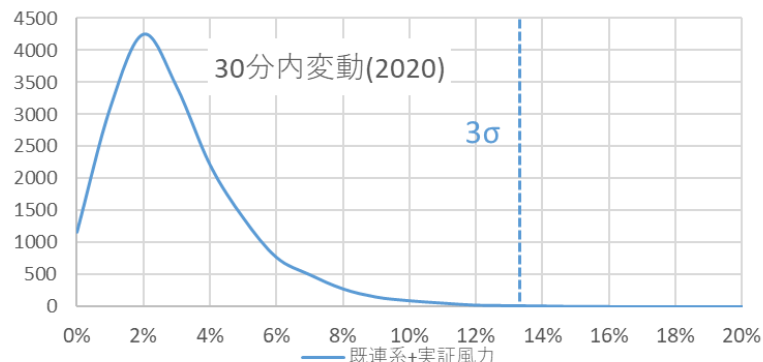
14.69~15.1万kW (2022年度)

※ 30分ごとの $\frac{\text{最大出力}-\text{最小出力}}{\text{設備量}}$

風力連系量拡大により、設備容量比での変動率が減少している部分も確認できる。

30分内変動の3σ(99.7%)値

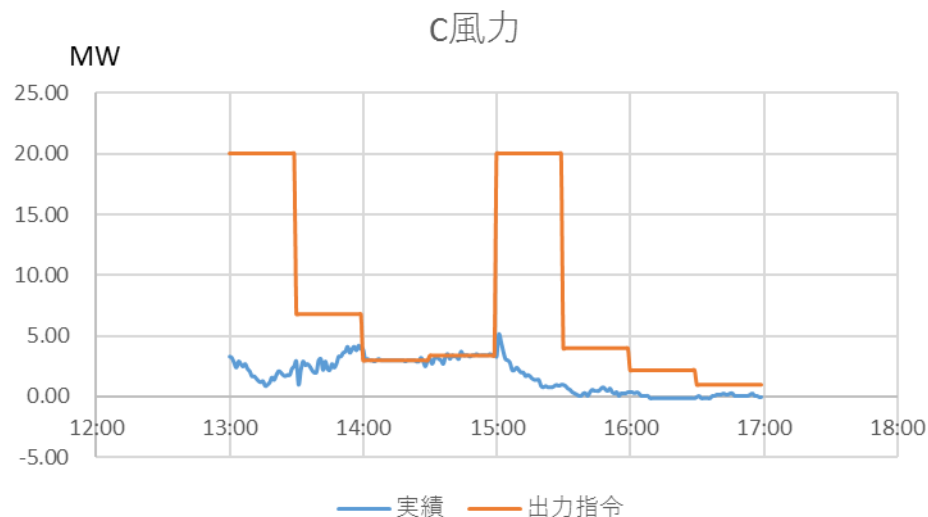
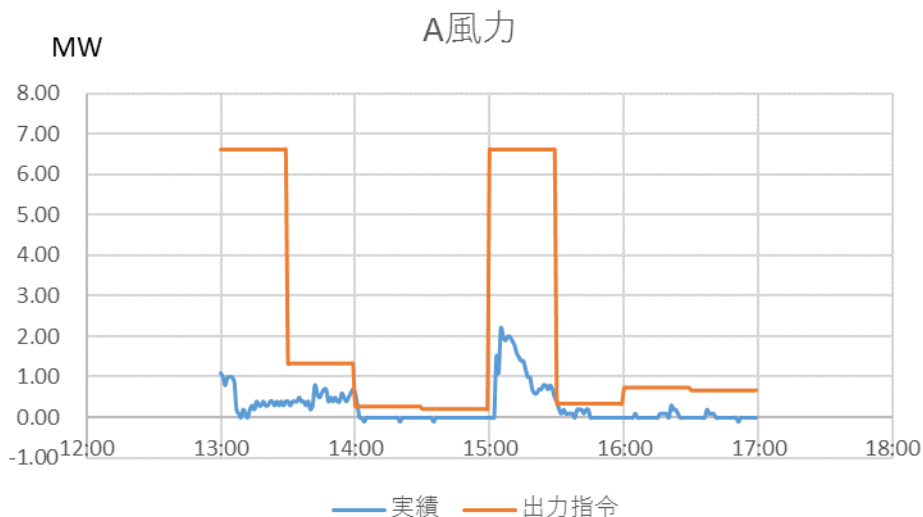
	2020	2021	2022
既連系+実証風力	13.3%	12.0%	12.0%



5. 実証試験の実施状況

(3) 風力発電の出力制御技術の確認

○地域間連系線の停止などにより東京エリアの調整力を送受電できない場合に、出力上限値を定めることにより、風力発電出力の制御を行った。風力発電出力の制御実績から、上限制約に速やかに追従していることを確認している。



【実証試験での出力制御要件】

指令値受信後15分以降の風力発電所合計出力（30分平均電力量）が指令値を超過していないこと

（平成23年12月14日 風力発電の導入拡大に向けた実証試験に関わる風力発電募集要領より）

5. 実証試験の検証状況

(4) これまでの実証に対する成果

実証サイトはすべて連系していないものの、これまでの実証試験に対する成果を取り纏めた。

○ 風力発電における平滑化効果の確認

実際に風力発電を導入拡大し、予測誤差や30分内変動の平滑化効果を一定程度確認した。平滑化効果については、引き続き傾向を確認していく。

○ 風力発電の出力制御技術の確立

実証試験開始当時は、風力発電の出力制御技術が確立されていない中で、遠隔制御による出力上限値制御を行い、問題なく実施できることを確認した。本技術は、優先給電ルールによる出力制御においても対応可能なものとして、実運用で活用している技術となる。

○ 連系線を介した調整力受給制御の確立

本実証試験では、風力サイトの前日とGC断面の予測差分に対し、連系線潮流を制御することにより、エリア外との調整力受給を実現した。

本制御を応用し、エリア外との調整力受給を行う「広域需給調整」において、実運用での活用に繋がったものとなる。

6. 実証試験終了後の運用方法

(1) 考え方

- 風力実証スキームは、エリア外から調整力を調達する仕組みがない中で、東京エリアの調整力を連系線を介して受給することによって、実証風力の長周期変動（前日～GC時点の予測誤差）に対応している。
- 現状の需給運用では、**需給調整市場・広域需給調整の開始に伴い**、風力・太陽光の出力変動や需要誤差への対応も含めて、**必要となる調整力をエリア外含め市場により確保**し、広域需給調整により全国の需給状況に応じた効率的な調整力の運用により対応しているところ。
- 実証試験は、連系線を介したエリア外との調整力受給および調整力不足時の出力制御において先駆けとなる取組であったものと認識しているが、**需給調整市場・広域需給調整の仕組みが整ったことを踏まえ、自然変動電源全体の予測誤差に実証風力を組み込み、エリア内外から調達した調整力を効率的に活用することが合理的**と考えられる。

		現行	実証終了後の運用案 (他の風力と一元的に対応)
調整力確保 方法	実証風力	前日～GC時点の予測誤差に対して、東京エリアの調整力を調達	前日～GC時点の予測誤差に対して、需給調整市場（三次②）により広域的に調達
	実証風力以外	前日～GC時点の予測誤差に対して需給調整市場（三次②）により、広域的に調達	
出力制御		連系線停止等により東京エリアの調整力活用が不可の場合に、実証風力の出力制御を実施	調整力確保不足時に出力制御を実施
特徴		実証風力の予測差分のみに対してエリア外調整力を発動	実証風力も他の自然変動電源等の予測誤差に組み込み、エリア内の需給調整を一元化

6. 実証試験終了後の運用方法

(2) 運用移行のタイミング

- 実証試験においては、対象サイトがすべて連系した後、1年程度の検証期間を予定していたが、一部の連系が遅れている状況。
- 他方で、対象サイトのほとんどが連系しており、実証に対する検証評価は実施できていること、実証終了後の運用方法は調整力の効率的な運用に資すること等を踏まえると、**全てのサイトが連系し検証を行うまで実証試験を継続するのではなく、実証試験を終了することに向けて、準備を進めていくことが望ましい**と考えられる。
- 上記を踏まえ、具体的な時期としては、次項に示す事業者さまとの調整によるものの、**需給調整市場の全商品を対象として本格的に開場する2024年度4月から、実証試験を終了し、需給調整市場で必要な調整力を調達する運用への移行を目指すことについて、第49回系統ワーキンググループ**で了承された。

6. 実証試験終了後の運用方法

(3) 運用移行にあたって必要となる対応

- 実証試験においては、連系線停止や東京エリアの調整力が活用できない場合に出力制御が発生する位置づけであるところ、前述した運用方法に移行する場合には、連系線停止等によらず、あくまで必要な調整力が確保できない場合に出力制御が発生する位置づけにて接続を維持することについて、第49回系統ワーキンググループで整理いただいた。
- 現在は実証試験のために連系線にマージンを設定しているが、風力実証試験終了後については、実証としてのマージンは不要と認識している。
- また、実証試験の対象サイトに関する運用方法の変更および出力制御の取り扱いの変更については、事業者さまにご説明し、契約変更も含めご理解いただくことが必要となる。
- 事業者さまとの対応としては、2024年4月からの運用移行を目指して順次進めているところである。