より、そう、ちから。
東北電力ネットワーク

再生可能エネルギー出力制御について

2022年3月

東北電力ネットワーク株式会社

- 再生可能エネルギー（太陽光・風力）（以下、再エネ）電源の適地が多い東北６県および新潟県では、2012年に再エネ固定価格買取（FIT）制度が導入されて以降、当社エリアへの再エネの連系が急速に拡大している。

- カーボンニュートラル実現に向け、今後も再エネ連系が拡大する方向であり、当社も引き続き導入拡大に向けた取り組みを進めていく。

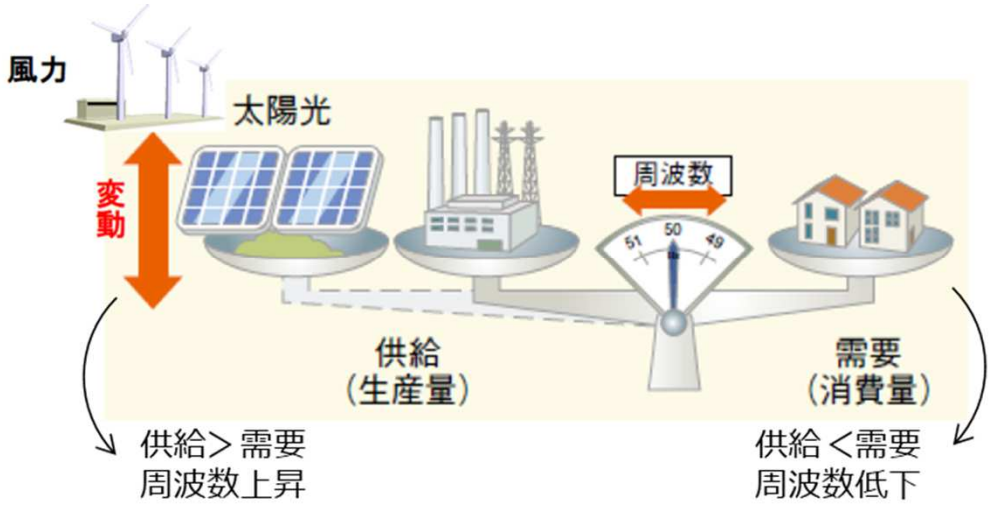
- 再エネの連系拡大にともない、供給力が需要を上回る「**需給バランス面の課題」、**送電線等の容量が不足する等の**「送電容量面の課題」**が顕在化してきている。

- 当社は、これまでも再エネ連系拡大に向け様々な取組みを実施してきているが、今回は、「**需給バランス面の課題」への対応のうち、今春にも実施の可能性が高まっている再エネ出力制御と出力制御量低減に向けた取り組みについてご説明する。**

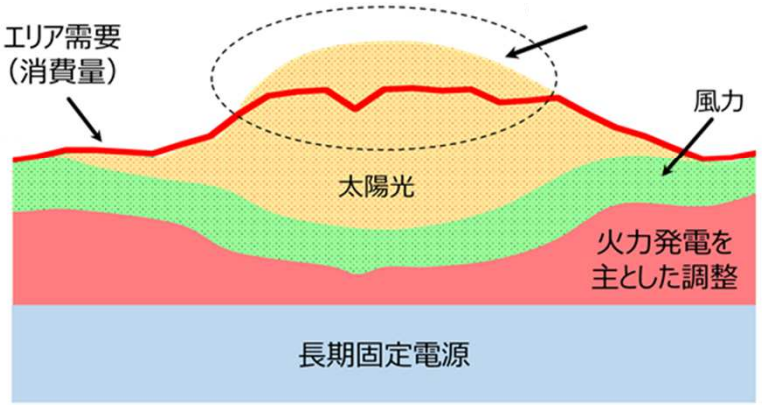
需給バランス面の課題

- 電気は貯めることができないため、時々刻々と変化する需要（消費量）に対し、**常に供給（生産量）を一致させる必要がある。**
- 仮に需要と供給のバランスが崩れると、周波数が変動し、最悪の場合多数の発電機が運転できなくなり、大規模な停電に至るおそれがある。
- 太陽光や風力といった再エネの出力は、気象状況によって大きく変動することから、常に火力発電等の発電出力を調整し、需要と供給のバランス維持を図るが、**再エネの連系が拡大することにより火力発電等の発電出力調整だけでは対応が困難となる。**

需給バランス面の課題



太陽光発電・風力発電等の出力により**「供給＞需要」**となってしまう

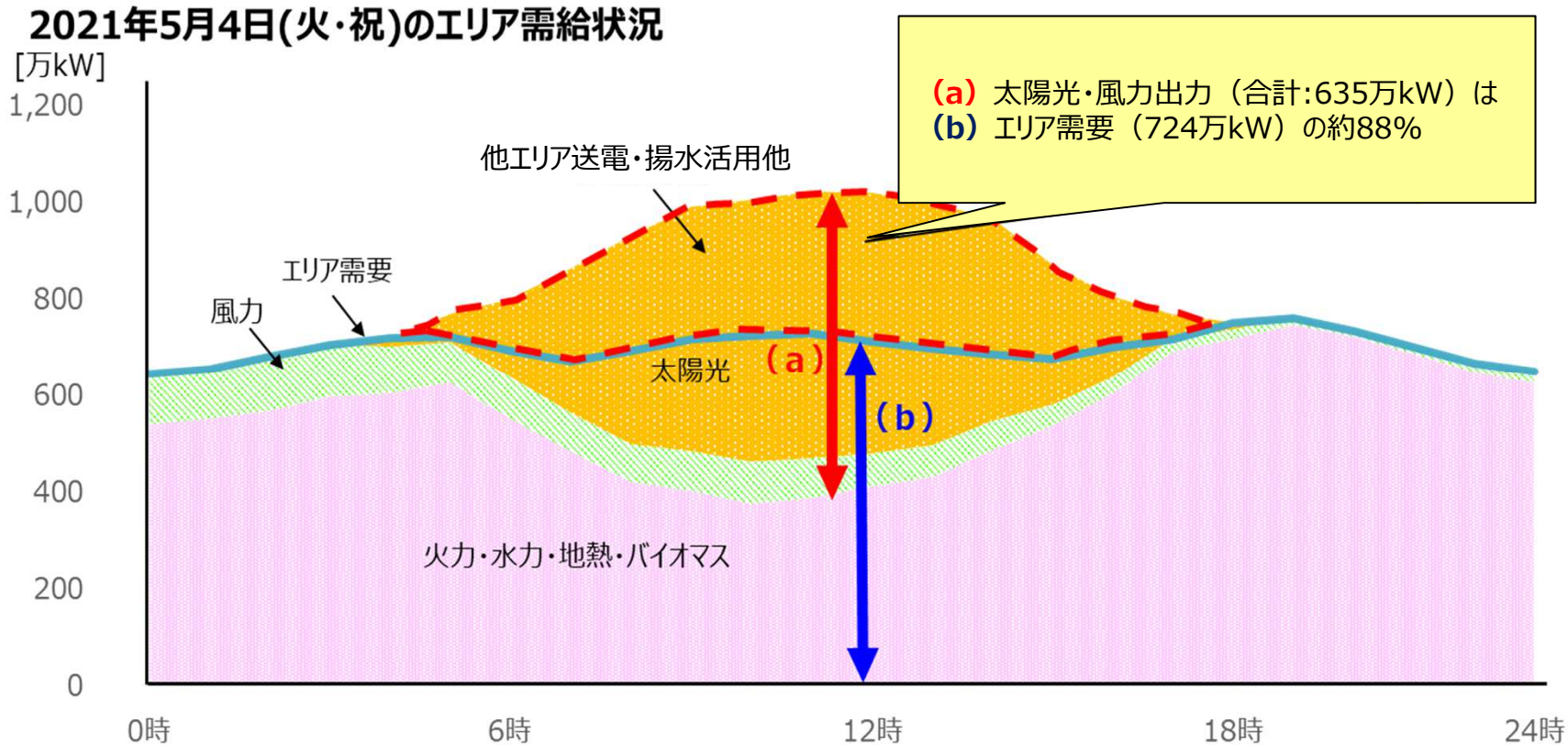


再エネ出力制御

【2021年ゴールデンウィーク（GW）当社エリアの需要と供給のバランス】

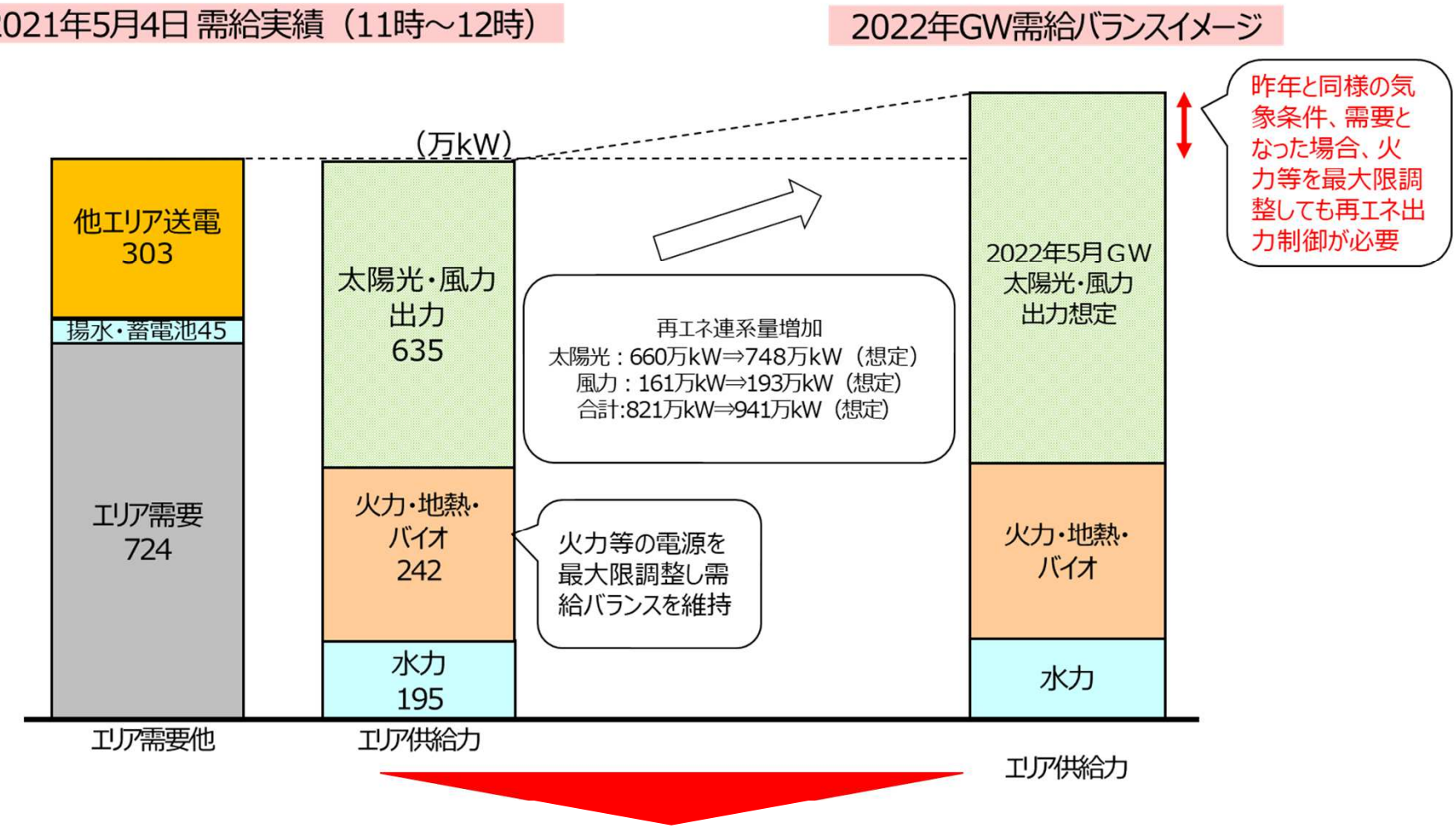
- 当社エリアにおいて、１年を通して最も需要が小さくなるＧＷのうち、太陽光出力が大きかった5月4日（火・祝）の需要と供給のバランスを下図に示す。
- 11～12時には、再エネ出力がエリア需要の約88%※に達したが、火力発電の出力抑制や揚水発電の揚水運転・他エリアへの送電等を実施することにより、需給バランスを維持することができた。

※2020年GWは約78%



再エネ出力制御

【2022年GW需給バランス】



再エネ連系量は着実に増加しており、天候や出水状況、需要動向によって変化するものの、**2022年春は、好天となれば供給が需要を上回り、需給バランスを維持するために再エネの出力制御が必要となる可能性がより高まっている。**

再エネ出力制御

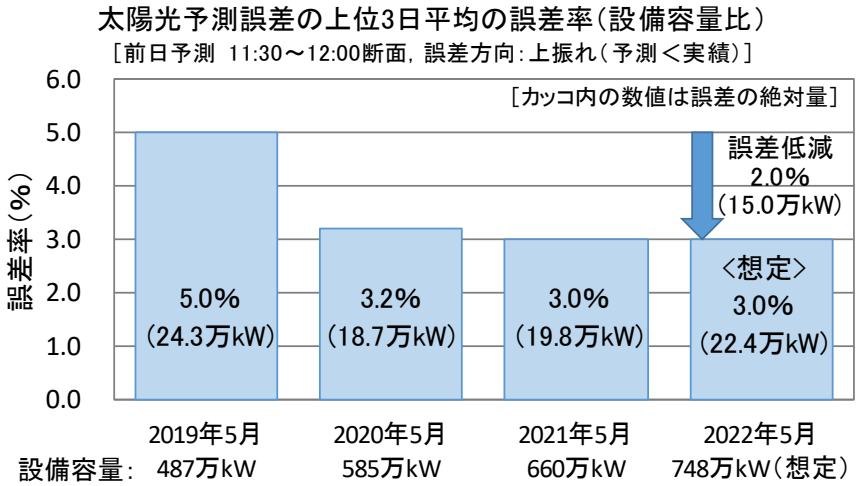
【再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～再エネ発電出力予測精度向上～】

- 実際に再エネ出力制御を行う場合は、再エネ予測結果に基づいて出力制御量を算定する。
- 「予測誤差」が大きくなると出力制御量が大きくなることから、極力制御量を低減するため、導入量が多い太陽光発電を中心に再エネ発電出力予測精度向上に取り組んでいる。

■再エネ発電出力の予測精度向上への取り組み

- これまでも、過去実績データを用いた予測誤差補正方法を改良するなど誤差低減に努めており、過去3か年の5月における太陽光発電出力の予測誤差実績は２％低下している。
- 誤差5%から3%へ改善しており、2022年GW太陽光連系量想定で換算すると、15万kW※程度の制御量低減に相当する。

※2022年4月末太陽光連系量（想定）748万kW×2%≒15万kW



■さらなる予測精度向上策

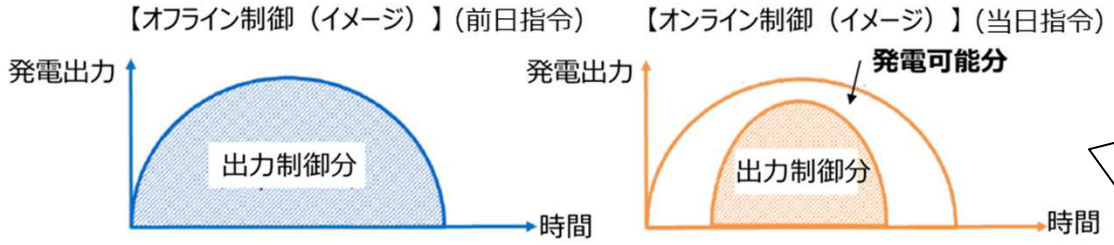
2022年4月から下表に示す予測手法の高度化を図り、予測精度向上に取り組んでいく。

主な改良点	概　要
日射予測の細分化	高低圧太陽光出力をエリア内の変電所（59地点）に集約して予測していたものを、**5㎞メッシュ（2,200地点）に細分化して予測**する手法に改良
海外気象機関の気象予報の活用	これまで、気象庁の気象予報データのみで予測していたものを、単一の気象予測が外れた場合の誤差を低減するため、気象庁の気象予報データに加え、**海外気象機関（2機関）の気象予報データも活用**する手法に改良

再エネ出力制御

【再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～経済的出力制御（オンライン代理制御）～】

- 再エネ予測は、**実需給に近づけば予測精度が向上**する。オンライン制御は、直近の出力予測に応じて必要時間帯のみ出力制御することができるため、前日指令のオフライン制御に比べ出力制御量が低減できる。
- 経済的出力制御（オンライン代理制御）は、**本来は前日指令となるオフライン事業者が分担する出力制御分を、当日段階で出力制御が行えるオンライン事業者が代わりに出力制御**（事後に費用精算）することで**全体の出力制御量を低減する**仕組みであり、国の審議会にて導入方針が取りまとめられ、当社は**2022年4月から開始する予定。**



＜オンライン代理制御（経済的出力制御）による制御量低減効果＞
（九州における2019年4月の制御実績を基に試算）

［単位：万kWh］	制御量（実績）	制御量（経済的出力制御導入時）	低減効果
オフライン制御事業者	10,305	11,163	▲17%
オンライン制御事業者	3,187		

（備考）九州における2019年4月の太陽光発電の制御実績に基づき試算。制御量がオンライン制御可能な設備の最大発電量を下回る時間帯は全てオンライン制御を実施し、上回る時間帯はオンライン制御とオフライン制御を併用したと仮定した場合の試算結果である。

出典：2019年10月8日系統ワーキンググループ（第23回）資料6を一部加工

当社は、一層の再エネ連系拡大に取り組んでまいります

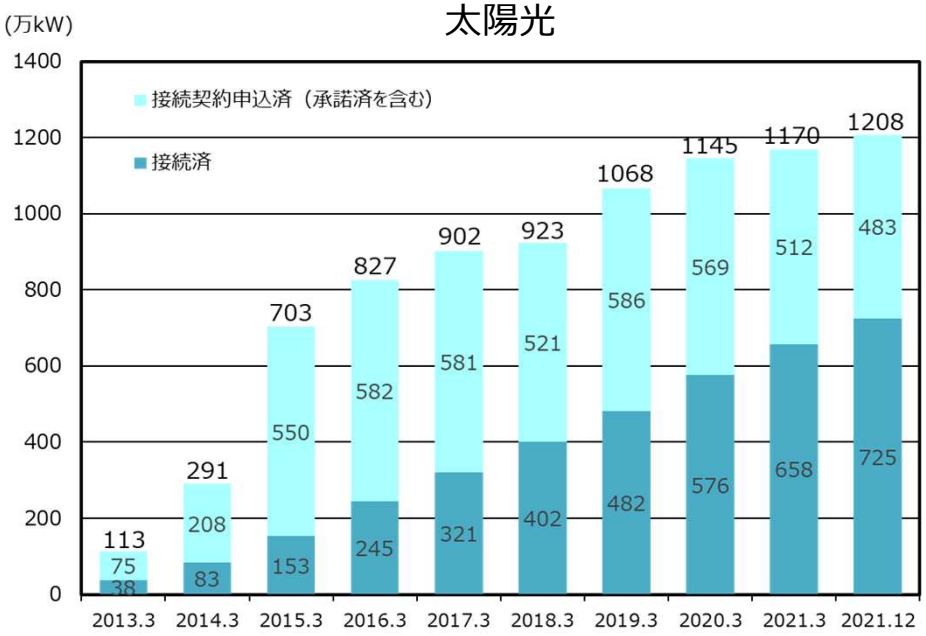
- 太陽光や風力等の再エネは、環境面やエネルギー安全保障の面からも重要な電源であり、国のエネルギー基本計画でも主力電源化を進めるとされている。
- 再エネの連系拡大に伴い、需給バランス面において、軽負荷期における再エネ出力制御の可能性が高まっている。優先給電ルールに基づき適切に対応しつつ、再エネのオンライン化の推進、再エネ出力予測精度向上に取り組み、再エネ出力制御量の低減をはかっていく。
- 本日ご説明した需給バランス面の課題の他に、送電容量面の課題に対しても、日本版コネクト＆マネージ（想定潮流の合理化、N-1電制、ノンファーム型接続）の適用や一括検討プロセス等の系統増強工事等も活用し、一層の再エネ連系拡大に取り組んでいく。

以降、 参考資料

当社の系統連系量推移

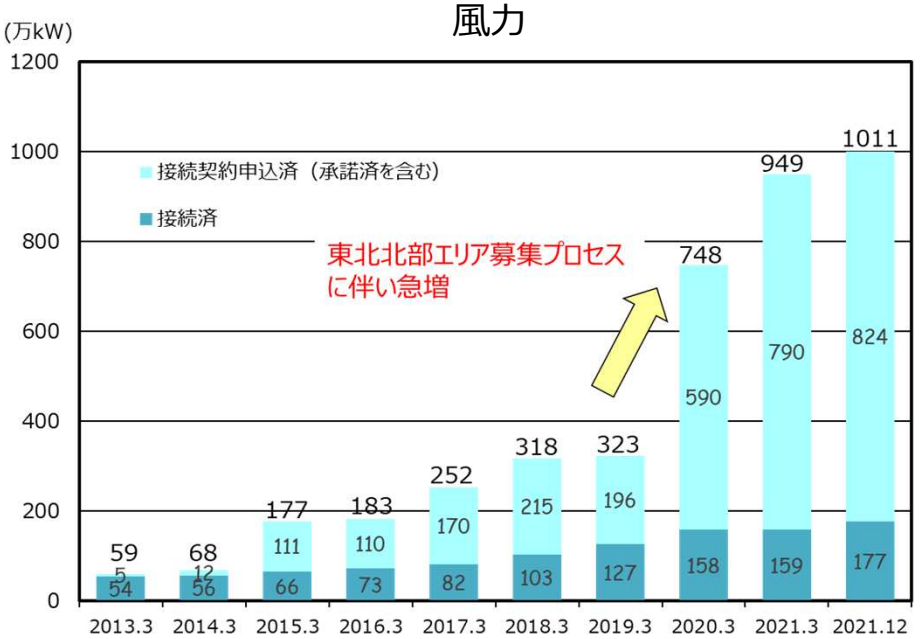
- 当社エリアである東北６県および新潟県における太陽光の接続量（系統連系量）は、2012年7月にＦＩＴ制度が施行されて以降、急速に普及拡大し、2021年12月末現在の接続量は725万kWとなった。
- 当社エリアにおける風力の接続量（系統連系量）は、着実に増加しており、2021年12月末現在の接続量は177万kWとなった。

太陽光



今後も着実に接続量の増加が見込まれる

風力



当社エリアは風力の適地が多く、**今後も接続量の急激な増加が見込まれる。**

【再エネ出力制御について】 （参考資料）2

- 春・秋の軽負荷期（電力需要が少ない時期）において、気象状況により再エネが高出力となり、**供給が需要を上回る（余剰電力の発生）場合には、「優先給電ルール」**に基づいて、**下図に示す①～③の措置を実施**する。それでもなお、当社エリアの余剰電力解消が困難な場合には、**④太陽光・風力の出力制御を実施**する。
- 一時的に出力制御にご協力いただくことで、接続量自体は増やすことができ、１年を通した全体としてみれば再エネの発電量は増加し、**再エネの連系拡大に寄与する。**

優先給電ルールに基づく対応

①火力(石油、ガス、石炭)の出力制御、揚水の活用

②他地域への送電（連系線）

③バイオマスの出力制御

④太陽光・風力の出力制御

⑤長期固定電源※（水力、原子力、地熱）の出力制御

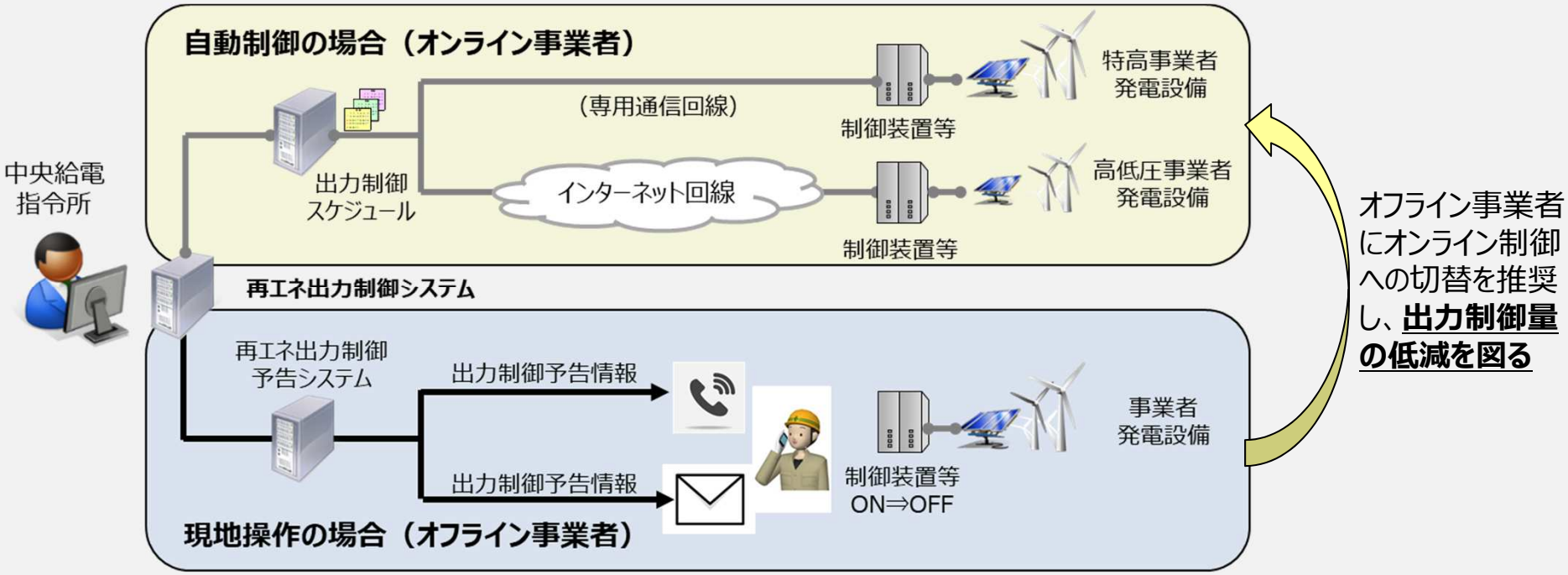
※出力制御が技術的に困難

再エネ出力制御システムの構築　（参考資料）3

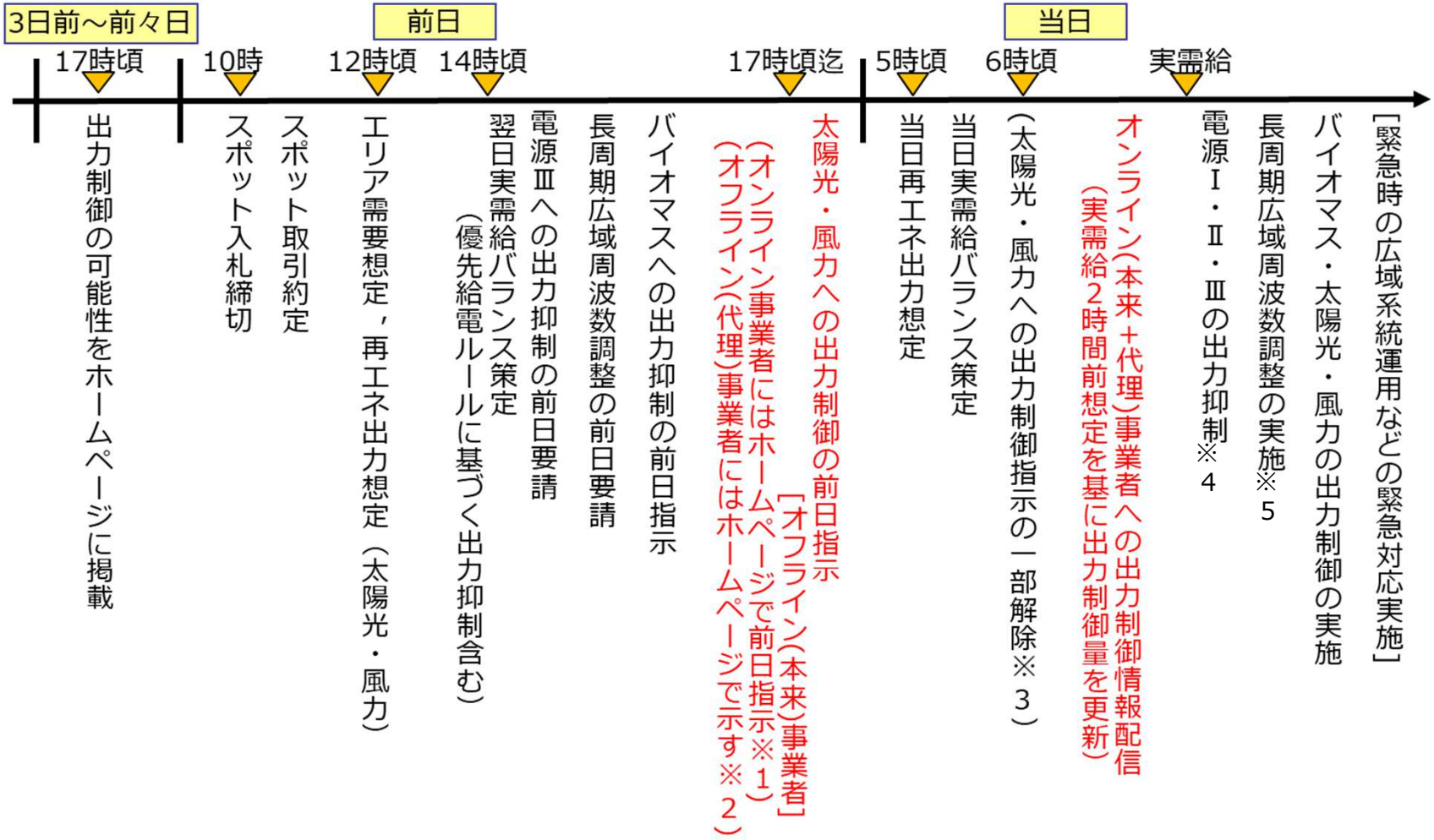
- 再エネ出力制御を効率的に公平かつ確実に実施するため、再エネ出力制御システムを構築している。
- 前日段階の需給予測をもとに出力制御の指令をしなければならないオフライン制御を、需給予測の精度が高まる当日段階で効率的に出力制御が行えるオンライン制御に切替えることにより、出力制御量を少なくできるため、**<u>オフライン事業者にオンライン制御への切替を推奨し、出力制御量の低減を図っている。</u>**

【システムの基本機能】

- オンライン事業者（自動制御）の出力制御機能付パワーコンディショナー（太陽光）や遠隔出力制御装置（風力）への出力制御情報配信
- 出力制御対象として選定したオフライン事業者（現地操作）へ自動電話・メールによる出力制御指示を実施
- 出力制御指示実績の管理



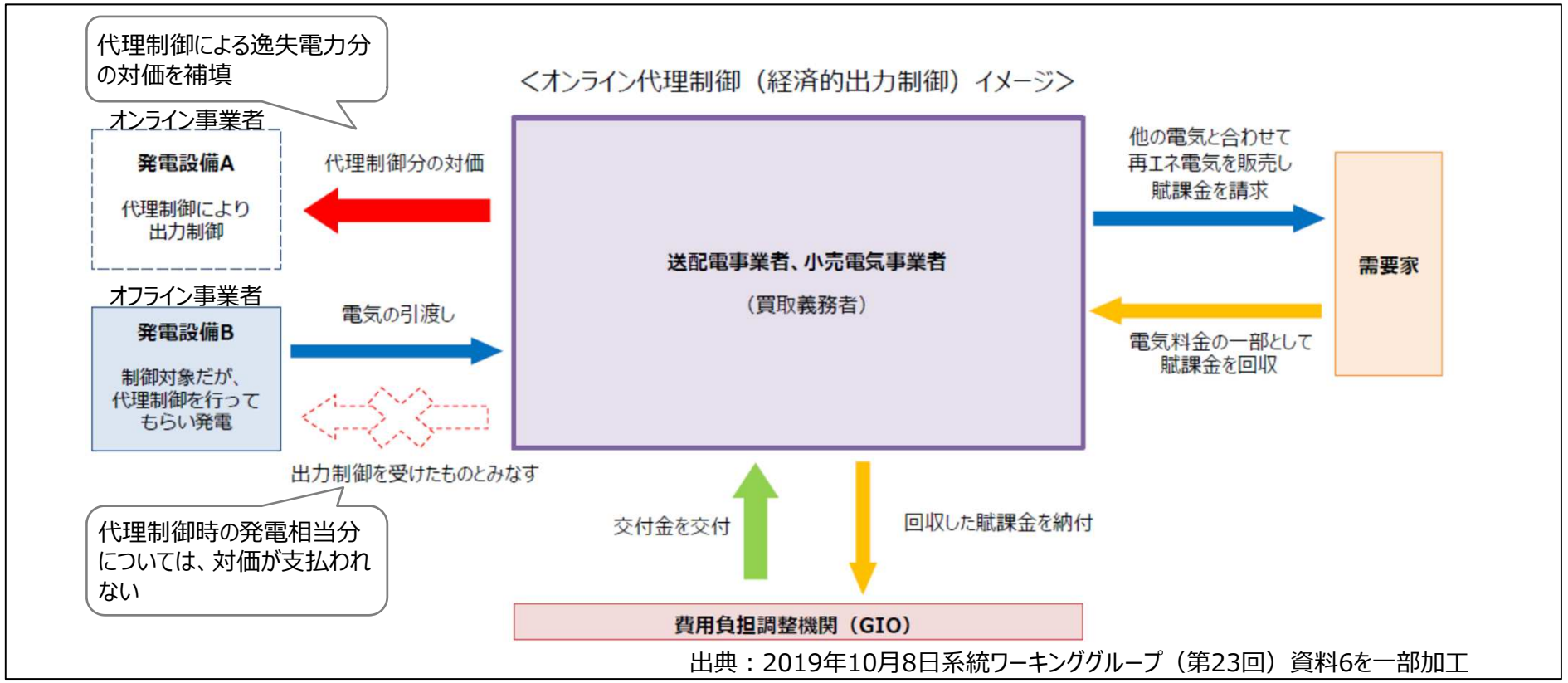
優先給電ルールに基づく出力制御の対応スケジュール （参考資料）4



※1：オンライン事業者には、前日にホームページで出力制御の実施可能性を公表することにより前日指示を行う
※2：オフライン(代理)事業者には、前日にホームページで出力制御の可能性、及び本来の出力制御時間帯を示す
※3：出力制御解除可能と判断した場合は、当日解除可能なオフライン特高事業者のみ出力制御指示を解除
※4：電源Ⅰ／一般送配電事業者があらかじめ確保する専用線オンライン指令で調整できる電源等、電源Ⅱ／当社から専用線オンライン指令で調整ができる電源等（電源Ⅰを除く）であり、ゲートクローズ （発電事業者および小売電気事業者による需給計画の提出締切り （実需給 1 時間前）） 以降余力がある場合に当社が周波数制御・需給 バランス調整のために利用することが可能なもの、電源Ⅲ／当社からオンライン指令での調整ができない電源等
※5：長周期広域周波数調整／連系線を活用した広域的な系統運用

経済的出力制御（オンライン代理制御）の概要

- 「経済的出力制御（オンライン代理制御）」は、**本来オフライン事業者が行うべき出力制御分を、オンライン事業者が代替し、対象となったオフライン事業者は出力制御を行ったとみなす。一方、その逸失電力分については、オンライン事業者が対価を受け取る**というスキーム。



出典：2019年10月8日系統ワーキンググループ（第23回）資料6を一部加工

経済的出力制御（オンライン代理制御）導入に伴う出力制御対象の拡大（１）　（参考資料）6

- 旧ルール10～500kW未満の太陽光発電事業者については、これまで出力制御の対象外とされてきたものの、出力制御対象に含めることにより、**現在制御対象となっている既存事業者や新規連系が見込まれる事業者の制御日数が低減するとともに、新規投資の予見性が向上する。**
- こうした背景を踏まえ、オンライン代理制御の導入に合わせて、これまで当面の間は出力制御の対象外と整理されてきた**旧ルール10~500kW未満の太陽光事業者を新たに出力制御の対象へと拡大**。

（注）**オンライン代理制御の対象は太陽光発電事業者のみ**。風力は、現時点ではオフライン発電設備を代理制御できるだけの十分な量のオンライン発電設備が存在しないことから当面対象外。

出力制御拡大対象（2022年4月～）　現在の出力制御対象

ルール区分 ＼ 出力区分	旧ルール		無制限・無補償ルール
	オフライン	オンライン※1	オンライン※1
500kW以上	実制御する（本来制御）	実制御する（本来制御+代理制御）	実制御する（本来制御+代理制御）
500kW未満 50kW以上	実制御しない（被代理制御）※2	実制御する（本来制御+代理制御）	実制御する（本来制御+代理制御）
50kW未満 10kW以上	実制御しない（被代理制御）※2	実制御する（本来制御+代理制御）	実制御する（本来制御+代理制御）
10kW未満	制御しない		制御しない※3

※1　出力制御機器を設置した事業者（オンライン化した事業者）　　※2　オンライン事業者に代理制御してもらうオフライン事業者
※3　10kW以上の制御を行った上で、それでもなお必要な場合において、10kW未満の案件に対して出力制御を行うものとする
（参考）旧ルール：年間30日まで無補償で出力制御を実施できる。オンライン化の義務なし。
無制限・無補償ルール：回数等の制限がなく無補償で出力制御を実施できる。オンライン化の義務あり。

経済的出力制御（オンライン代理制御）導入に伴う出力制御対象の拡大（2）　（参考資料）7

- 現在の出力制御対象（564.3万kW、2.0万件）に加え、**旧ルール10～500kW未満（62.4万kW、1.9万件）が新たに制御対象に追加される。**（遠隔制御装置の設置を求めるものではない。）

［当社エリアにおける**太陽光発電**の出力制御ルール別の対象件数・設備容量（2021年12月末時点）］

ルール区分 / 出力区分	旧ルール				無制限・無補償ルール	
	オフライン		オンライン		オンライン	
500kW以上	905件	316.2万kW	138件	46.9万kW	513件	132.7万kW
500kW未満 50kW以上	755件	14.3万kW	0件	0万kW	419件	10.3万kW
50kW未満 10kW以上	1.8万件	48.1万kW	0件	0万kW	1.8万件	58.2万kW
10kW未満	12.5万件	52.5万kW	0件	0万kW	8.9万件	45.7万kW
接続量計	14.5万件	431.1万kW	138件	46.9万kW	10.8万件	246.9万kW
うち出力制御対象（拡大予定分含む）	2.0万件	378.6万kW	138件	46.9万kW	1.9万件	201.2万kW

現在の出力制御対象 564.3万kW

拡大対象：62.4万kW
（実際は出力制御せずにオンライン設備が代理で制御）

出力制御対象外

再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～大型蓄電池システム～　（参考資料）8

- **南相馬変電所 蓄電池システム**
  余剰電力対策として、気象状況により発電量が変化する再エネに対し、蓄電池の充放電により需給バランスを改善する。
- **西仙台変電所 蓄電池システム**
  周波数変動対策として、これまで主に火力発電所が担ってきた周波数調整機能と蓄電池システムの充放電機能を組み合わせることで、周波数調整能力を拡大する。



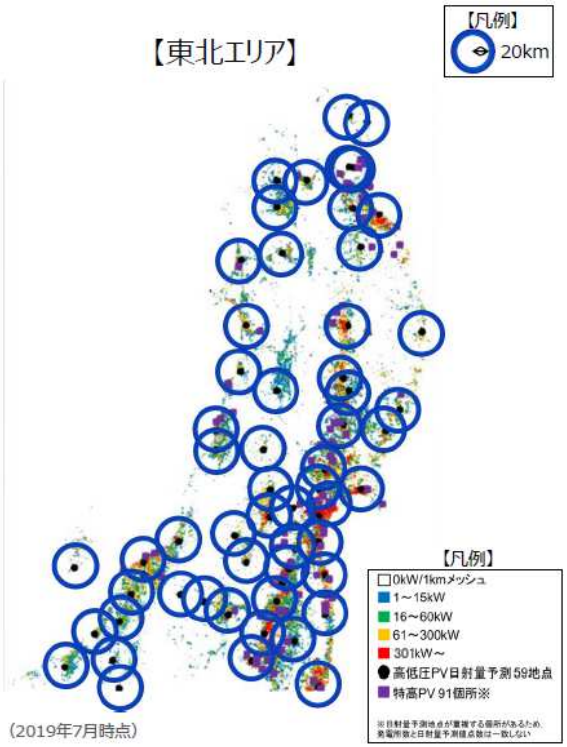


	南相馬変電所 蓄電池システム	西仙台変電所 蓄電池システム
設置面積	8,500m^{2}程度 （約100m×約85m）	6,000m^{2}程度 （約100m×約60m）
運転開始	2016年2月	2015年2月
電池種別	リチウムイオン電池	リチウムイオン電池
出力・容量	出力：４万ｋW 容量：４万ｋWｈ	出力：２万ｋW （短時間出力４万ｋW） 容量：２万ｋWｈ
目的	余剰電力対策	周波数変動対策

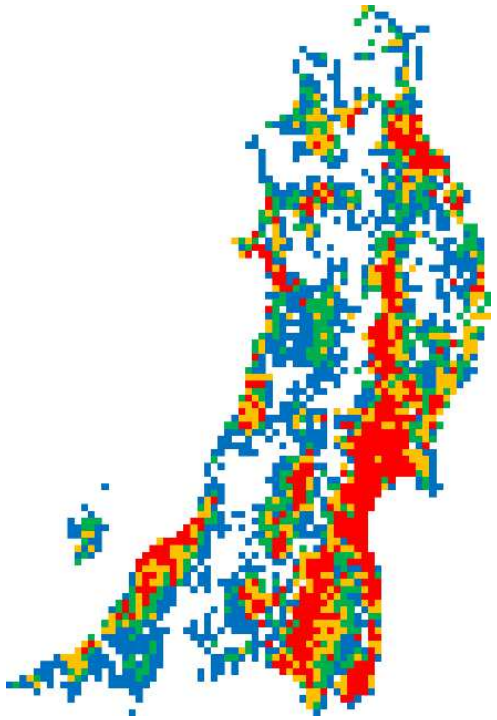
再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～再エネ発電出力予測精度向上～（1）（参考資料）9

【日射予測の地理的粒度の適正化】

- 従来の予測手法では、代表地点方式を採用しており、高低圧連系の太陽光発電所を154/66kVの変電所（59個所）に集約して予測を実施していた。
- 一方、改良手法では、高低圧連系の太陽光発電所を5kmメッシュ（メッシュ数約2200）に細分化して予測するメッシュ方式を採用しており、日射予測の地理的粒度の適正化を図ったことによる予測精度の向上が見込まれる。



代表地点方式

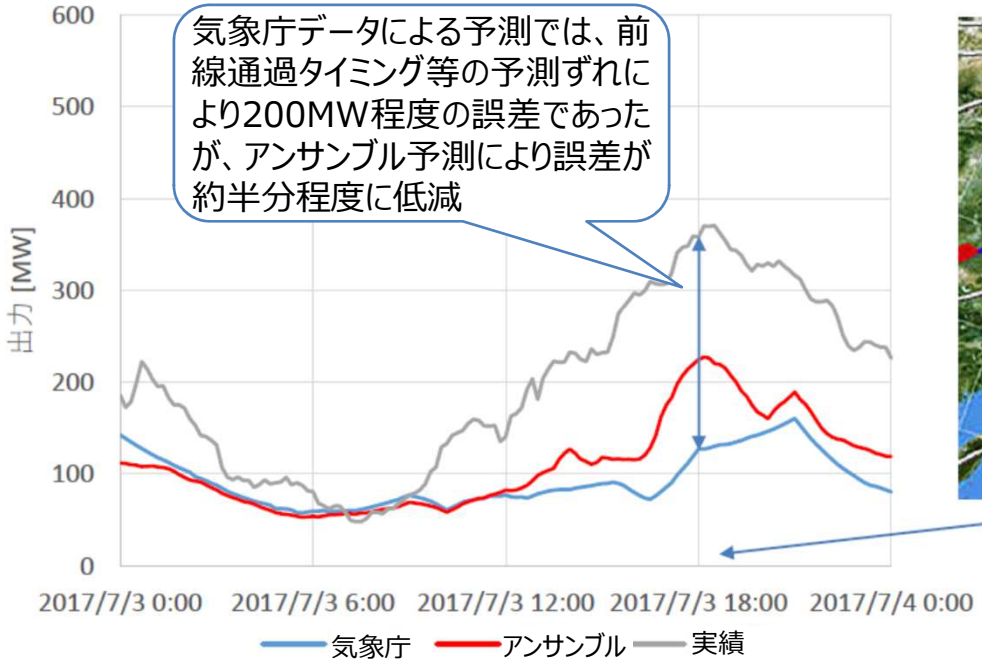


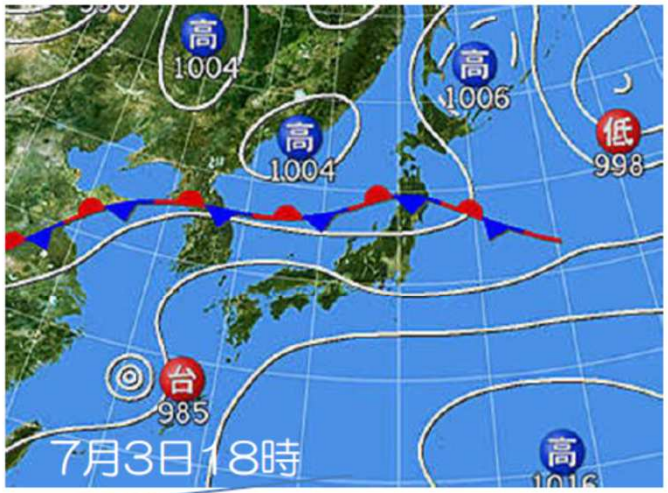
メッシュ方式

再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～再エネ発電出力予測精度向上～（2）（参考資料）

【海外気象機関による気象予測の活用】

- 風力・太陽光発電予測では、これまで月に数回程度の頻度で、前日の予測値からの外れがエリア内の設備容量の30%程度となる「予測大外し」が発生している。
- 予測大外しの回避策として、気象庁(JMA)の気象予報データに加え、米国国立環境予報センター(NCEP)および欧州中期気象予報センター(ECMWF)の気象予報データを活用し、これらの複数気象予報データによる予測をアンサンブル手法によって組み合わせることにより、予測誤差が低減することを確認している。

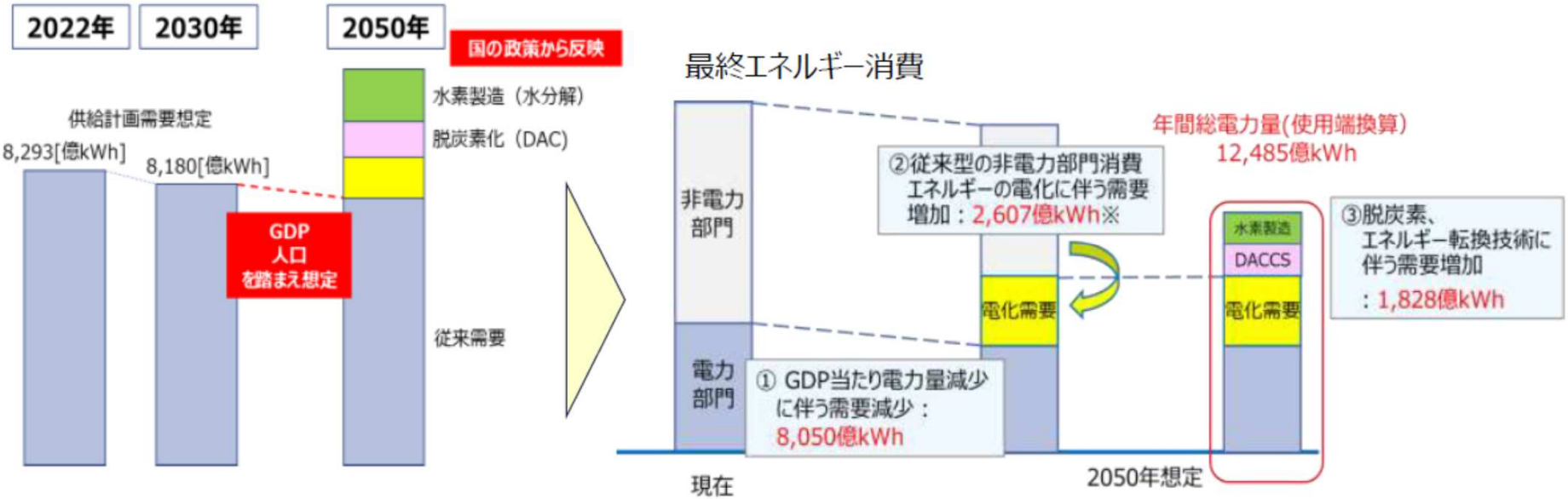




再エネ出力制御量低減に向けた取り組み　～需要対策～　（参考資料）11

- 再エネ出力制御量の低減に向けては、供給過剰となる電力を需要側の対策により吸収することも重要となる。
- エネルギー基本計画が掲げるカーボンニュートラル実現には、再エネの大量導入だけでなく、脱炭素化（CCS、DAC※の活用等）に向けた対策が不可欠とされており、国の審議会等において、脱炭素化に必要なエネルギー消費等による需要増加が想定されている。また、水素製造等のエネルギー転換技術に伴う需要増加、ヒートポンプやEV等の普及による電化需要の増加も想定されている。
- また、再エネの余剰電力が発生する際に、本来その他時間帯で消費する予定であった需要の範囲内でのタイムシフト、もしくは再エネ余剰時間帯の自家発の稼働を減らすことによる需要増加（上げDR（デマンドレスポンス））の実施による出力制御量の低減についても国の審議会等で議論されており、当社としても適切に対応していく。

※ CCS（Carbon Capture and Storage）：濃度の高いCO_2を排出する排気管に取り付ける炭素回収・貯留システム
DAC（Direct Air Capture）：大気中のCO_2を直接回収して利用する技術　（CCSとDACを組み合わせた名称がDACCS）



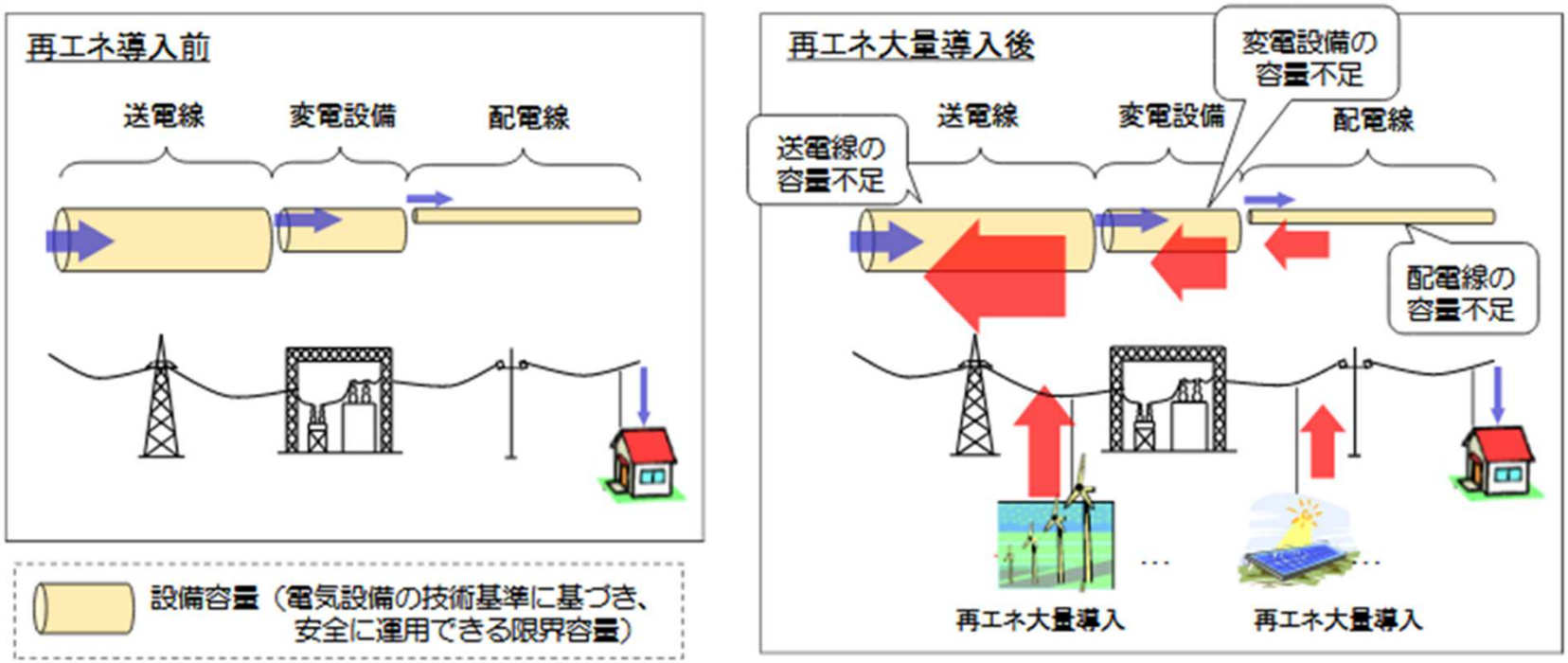
出典：2022年1月27日第15回広域連系系統のマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会資料1より抜粋

送電容量面の課題

- 安定かつ低廉な電気をお届けするため、発電所側からお客さまの設備に近づくにつれて電圧を下げ、送電線や配電線の容量を需要に見合うものとする等、効率的にネットワーク設備を形成している。
- 再エネ電源の接続が増加し、既存のネットワーク設備に容量不足が生じてくると、**ネットワーク設備の増強等の対策が必要となる。**

送電容量面の課題

＜エリア内系統におけるネットワーク設備の容量不足のイメージ＞

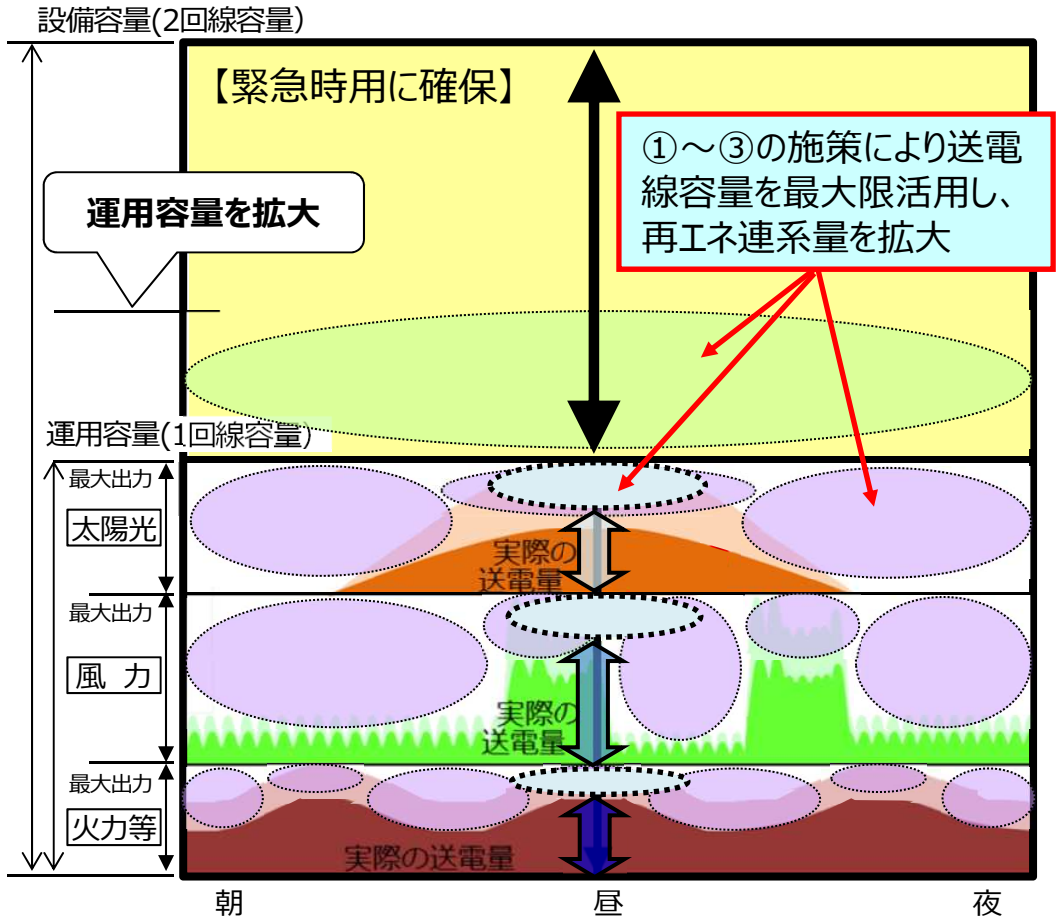


出典：総合資源エネルギー調査会　省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー小委員会（第2回）資料抜粋

日本版コネクト&マネージ

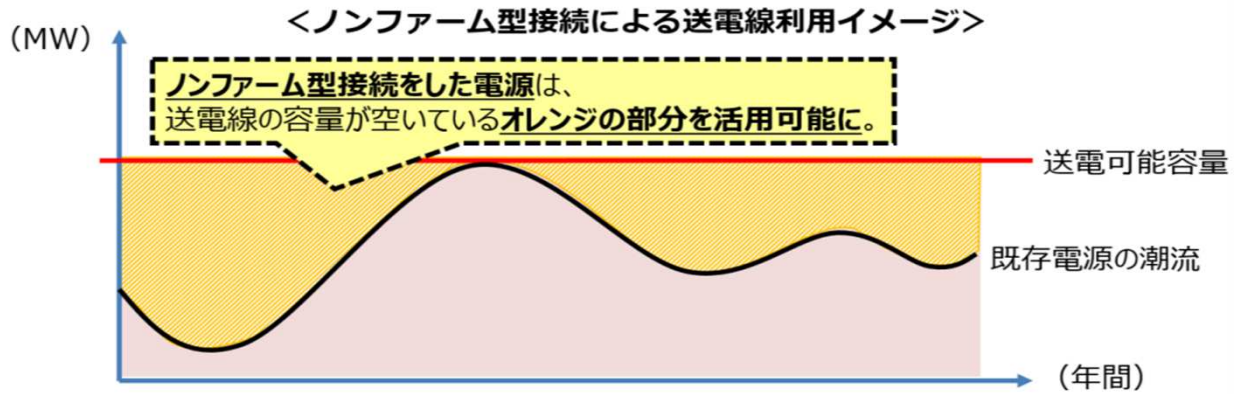
- 再エネの連系拡大のため、**既存系統を最大限活用する施策**（日本版コネクト＆マネージ、下表の①～③）が導入されている。
- 当社では想定潮流の合理化とＮ－１電制について2018年度、ノンファーム型接続については2020年度から適用し、さらなる再エネの連系拡大に取り組んでいる。

① 想定潮流の合理化
・電力系統の空容量を算出する際に、火力、再エネ電源を定格出力から運用に基づいた出力に見直すことで、新規電源の連系量を拡大 （2018年１１月から拡大後の空き容量をホームページに公表）
② Ｎ－１電制
・送電線１回線事故時に**電源の出力を制御する**ことを条件に、緊急時用に確保している容量を活用し、新規電源の連系を拡大 （2018年7月2日以降、接続を契約する電源を対象に先行適用開始、本格適用は2022年度中を予定）
③ ノンファーム型接続
・運用容量を超える場合にはあらかじめ**電源の出力を制御する**ことを条件に、時間帯によっては利用されていない容量の隙間を活用し、新規電源の連系を拡大 （2021年１月13日以降、空き容量のない基幹系統（当社では５０万Ｖ、２７万Ｖ）を対象に適用開始）



ノンファーム型接続

- 系統に接続している電源は、需要や気象状況（日照・風況）に合わせて稼働するため、常にネットワーク設備の容量を使いきっているわけではない。
- 送電線の空いている容量を活用し、新しい電源をつなぐ方法をノンファーム型接続という。
- ノンファーム型接続では、空き容量を活用することから、事故や故障等がない平常時であっても、空き容量に合わせて、出力制御を行う。
- 2021年１月13日以降、空き容量の無い基幹系統（当社では50万V、27万V）を対象にノンファーム型接続の受付を開始し、早期連系要望に応えるべく対応しているところ。
- ローカル系統へのノンファーム型接続の適用についても現在広域機関を中心に検討中。

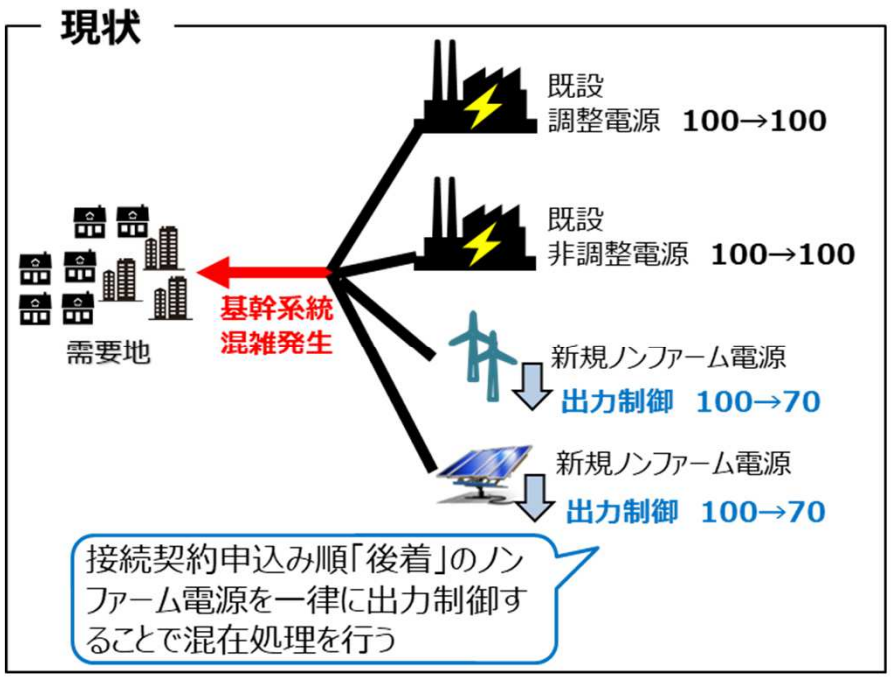


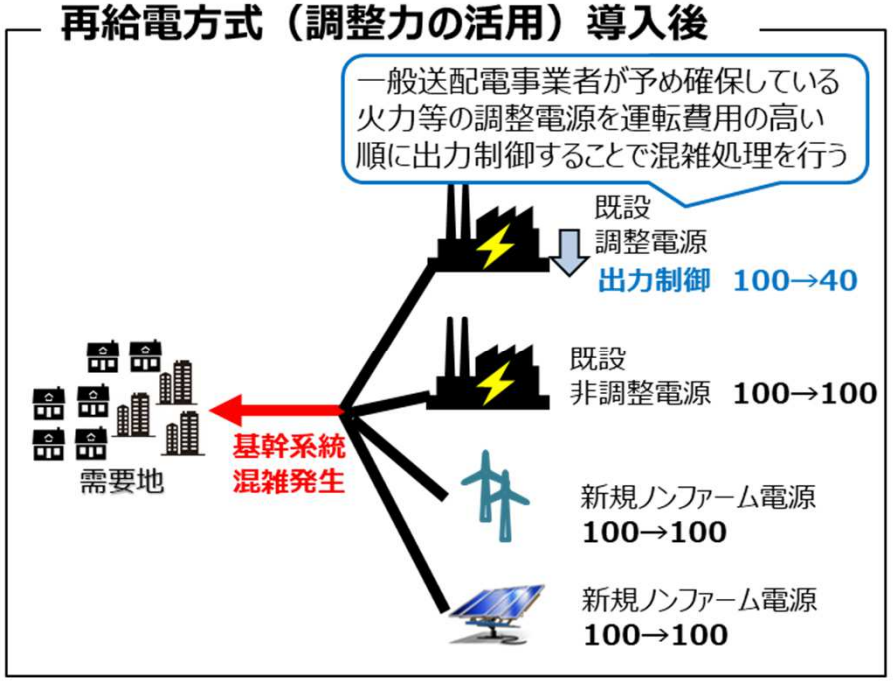
出典：資源エネルギー庁　再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第20回）資料より抜粋

基幹系統への再給電方式（調整電源の活用）の導入　（参考資料）15

- 基幹系統において、発電量が運用容量を超える（系統混雑）場合には、電源の出力制御を行うことを前提としたノンファーム型接続が開始されている（2021年1月13に全国で申込受付開始）。
- 現在は公平性などの観点から、すべての電源について既存および契約順に系統の空き容量を確保する「先着優先」にて対応している。
- 現状では、後着となるノンファーム型接続の再エネが、系統混雑時に既設の火力電源等よりも先に出力制御されるため、再エネのさらなる有効活用に向けて、国や広域機関において、調整電源を先に出力制御する**「再給電方式」※の基幹系統への導入の検討**が進められている。
- これを踏まえて、2022年12月から、当社も火力電源を調整する「再給電方式」を導入する予定。

※「再給電方式」とは、一般送配電事業者が混雑系統内の調整電源を出力制御し、非混雑系統の調整電源の上げ調整により、混雑回避及び電力の同時同量を確保する方式。



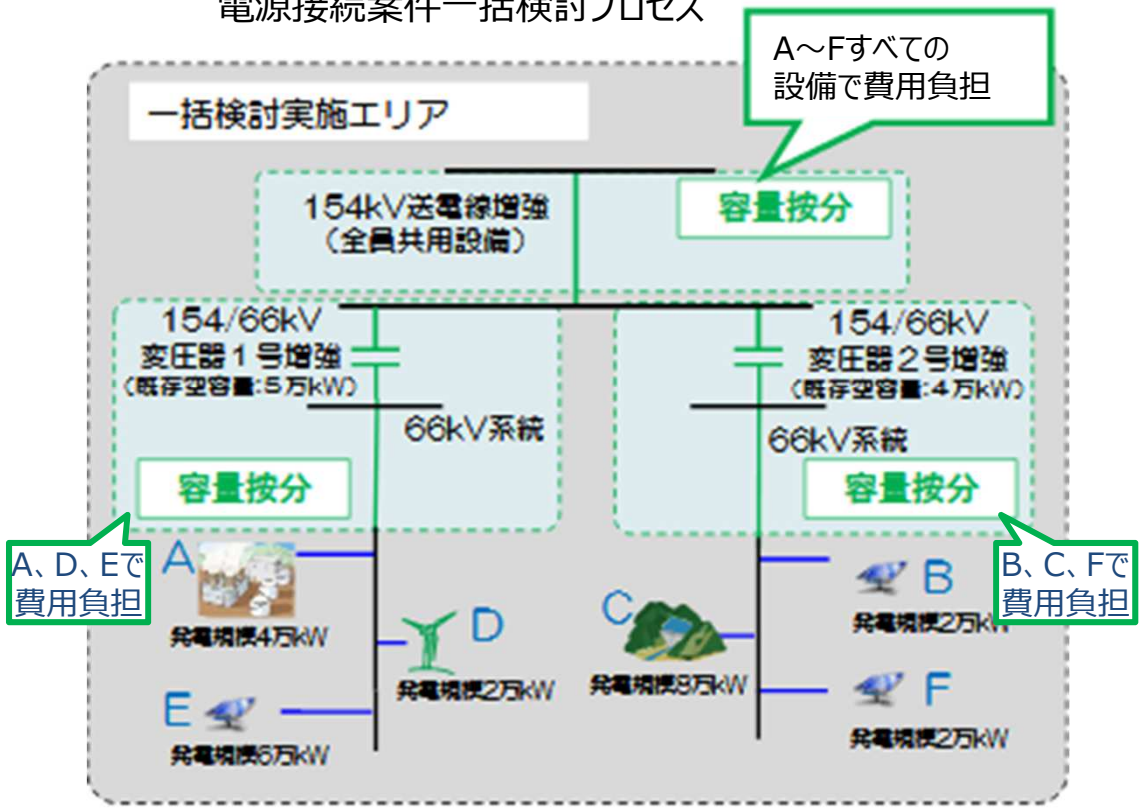


図中の数値はイメージを示す

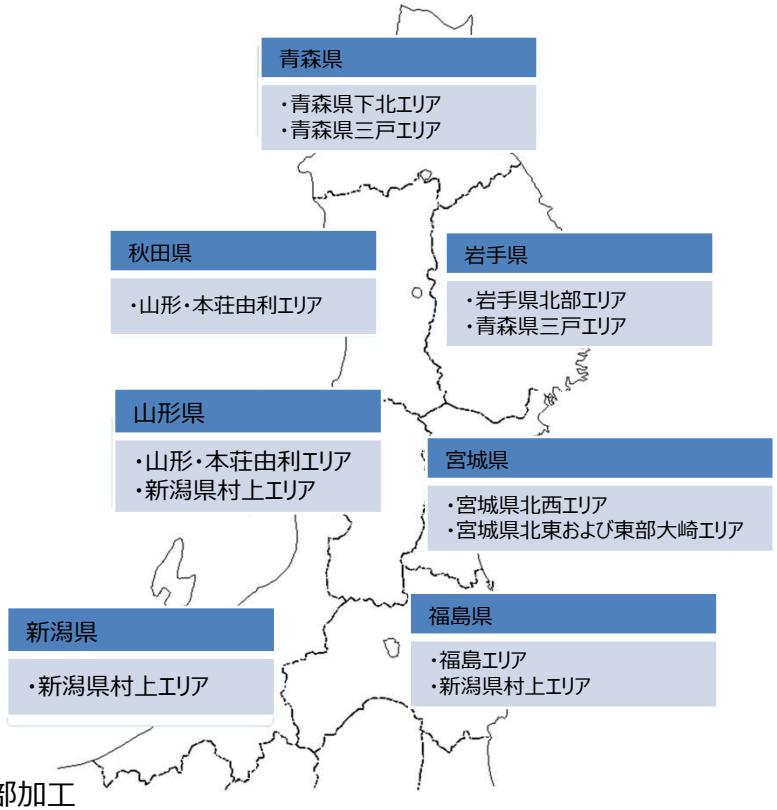
工事費負担金を複数の事業者で共同負担する仕組み （参考資料）16

- 送電系統の容量が不足し、系統増強工事が必要となる場合には、単独では工事費の負担が大きすぎる場合がある。また、単独での連系等を前提に増強工事を行うと継ぎ接ぎの非効率的な系統整備となるおそれがある。
- このため、系統増強工事費負担金を複数の事業者で共同負担する**「電源接続案件一括検討プロセス」**がルール化されている。（2020年10月1日より電源接続案件募集プロセスに代わり導入されている。なお、当社エリアにおける電源接続案件募集プロセスは2021年3月3日に完了）

電源接続案件一括検討プロセス



電源接続案件一括検討プロセス検討マップ



出典：第36回広域系統整備委員会 資料「効率的なアクセス業務の在り方について」資料を一部加工

基幹系統整備への取り組み

- 東北エリアでは、再エネ連系拡大等を視野に入れた複数の大規模系統増強が進められている。
- 広域機関が策定する**「『東北東京間連系線』や『北海道本州間連系設備』に係る広域系統整備計画」**、**「東北北部エリアにおける電源接続案件募集プロセス」**の概要は右図のとおり。

- また、現在、広域機関の検討会にて**「マスタープラン」の策定に係る議論が進捗中**。東北エリアでは風力等の再エネポテンシャルの有効活用を目的とした増強方針が示されており、「マスタープラン」から整備計画を具体化させることで、「プッシュ型」の系統形成も可能となるため、当社としても検討に協力していく。

