送配電網協議会

再生可能エネルギーの最大限の利用にむけた取組み

～再エネ出力制御の抑制に向けた取組み～

はじめに

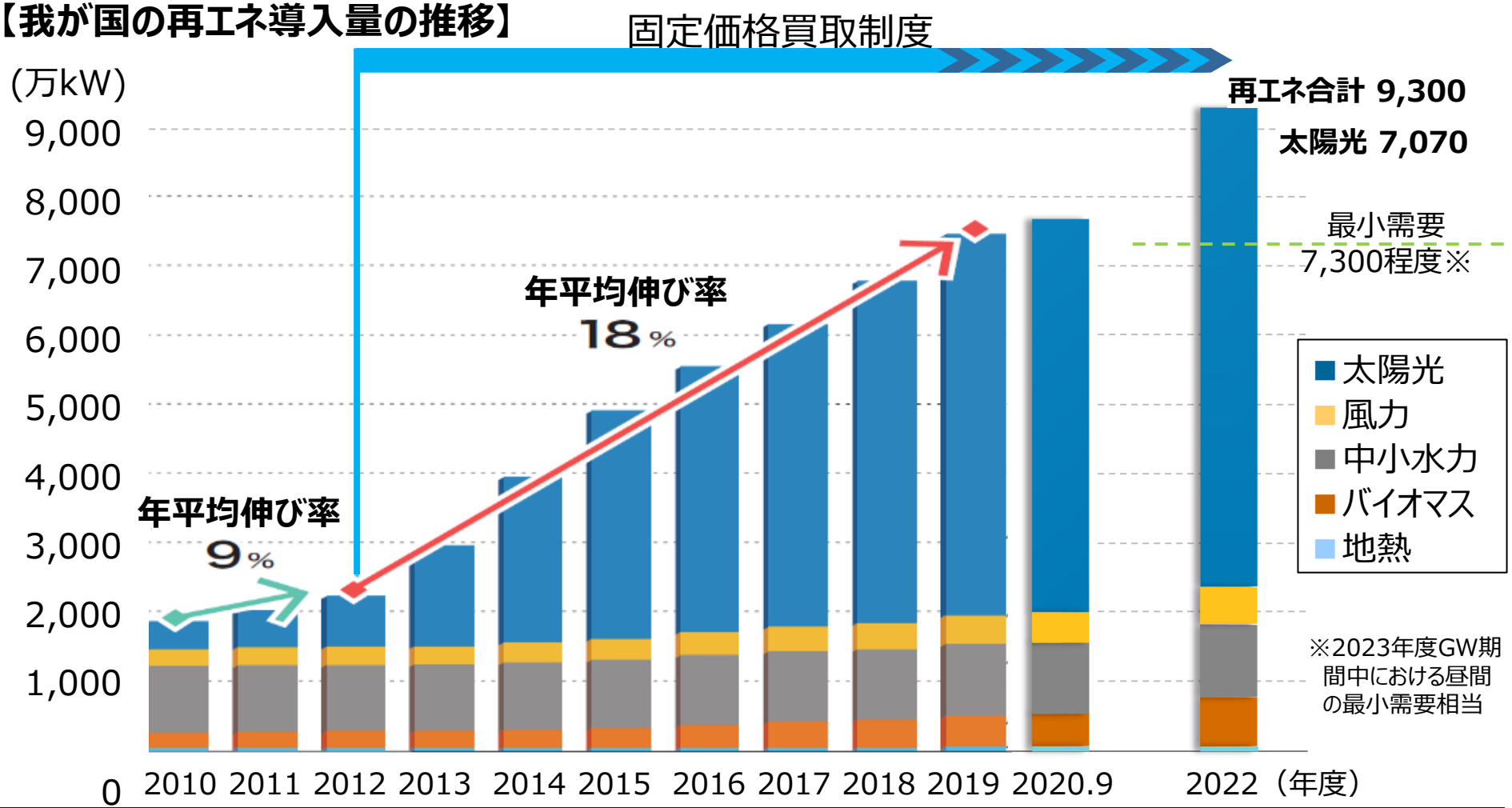
- 地球温暖化対策を推進するためには、発電時にCO2を排出しない「再生可能エネルギー（再エネ）」を最大限利用することが重要です。
- 一方で、再エネ導入量が増加すると、電気の消費量が少ない春や秋(軽負荷期)を中心に余剰電力が発生するため、一般送配電事業者は、火力の出力抑制、揚水発電所の水の汲み上げや連系線の活用等の最大限の対策を行っています。
- それでも余剰電力を解消できない場合、再エネの出力制御をせざるを得ない状況となりますが、可能な限りの運用の工夫で再エネの最大限の利用（再エネ出力制御量の抑制）に取り組んでいます。
- なお、再エネの導入拡大を目指し、送変電設備混雑時の出力制御を条件に新規の発電設備の接続を許容する取組み（ノンファーム型接続） も進めています。その結果、送変電設備の混雑により再エネを出力制御する可能性もあります。
- 本資料では、再エネの最大限の利用に向けた一般送配電事業者の取組みのうち、 足下で顕在化している余剰電力への対応について説明します。

©Transmission & Distribution Grid Council

我が国の再エネ導入量の推移

- **再エネ導入量は、太陽光発電を中心に着実に増加**しており、2022年度末時点で全国の再エネ導入量合計は約9,300万kWになり、全国最大需要（3日平均）の約58%、**軽負荷時の最小需要相当を大きく上回る状況**になりました。

【我が国の再エネ導入量の推移】



出典：資源エネルギー庁　ホームページおよび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資料（第25、52回）をもとに作成

再エネ出力制御の実施状況

- 再エネ導入量拡大により**受電エリア側でも下げ代余力が少なくなった**ことから、**2022年度以降、再エネ出力制御の発生エリアが拡大**しています。九州エリアでは2023年度に出力制御が6.7%に達する見込みです。なお、**日本全体では2%程度（2023年1～12月）**です。

	九州					北海道	東北	中国	四国	沖縄
	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2022年度	2022年度	2022年度	2022年度	2022年度
年間の出力制御率※2 [年間制御電力量(kWh)] [年間総需要(kWh)]	**0.9%** [1.0億] [864億]	**4.0%** [4.6億] [844億]	**2.9%** [4.0億] [837億]	**3.9%** [5.3億] [853億]	**3.0%** [4.5億] [845億]	**0.04%** [191万] [301億]	**0.45%** [6,379万] [813億]	**0.45%** [3,988万] [585億]	**0.41%** [1934万※6] [274億※6]	**0.08%** [34.9万] [69億]

2023年度	北海道	東北	中部	北陸
太陽光・風力接続量	**300万kW**※1 太陽光 221万kW 風力 79万kW	**1,030万kW**※1 太陽光 814万kW 風力 216万kW	**1,156万kW**※1 太陽光 1,120万kW 風力 36万kW	**139万kW**※1 太陽光 122万kW 風力 17万kW
年間の出力制御率※2	**0.01%** （見込み）※3、4	**0.93%** （見込み）※3、4	**0.26%** （見込み）※3、4	**0.55%** （見込み）※3、4

2023年度	関西	中国	四国	九州	沖縄
太陽光・風力接続量	**716万kW**※1※6 太陽光 699万kW 風力 17万kW	**699万kW**※1 太陽光 664万kW 風力 35万kW	**361万kW**※1※6 太陽光 331万kW 風力 30万kW	**1,216万kW**※1 太陽光 1,156万kW 風力 60万kW	**45万kW**※1 太陽光 43.5万kW 風力 1.4万kW
年間の出力制御率※2	**0.20%** （見込み）※3、4	**3.8%** （見込み）※3、4	**3.1%** （見込み）※3、4	**6.7%** （見込み）※3、4	**0.14%** （見込み）※3

※1　2023年度は2023年3月末時点。
※2　出力制御率［%］＝変動再エネ出力制御量［kWh］÷(変動再エネ出力制御量［kWh］＋変動再エネ発電量［kWh］)×100
※3　各エリア一般送配電事業者による見込み。あくまでも試算値であり、電力需要や電源の稼働状況等によって変動することがあり得る。
※4　連系線活用率は右のとおり。中部・関西:-20%、北陸・中国:10%、四国:20%、北海道・東北(北本):50%、東北(東北東京):80%、九州:100%
※5　当該表に無い東京エリアにおいては、現時点で、通常想定される需給バランスにおいて、再エネ出力制御が生じる蓋然性は低い見通し。
※6　淡路島南部地域は四国に含む。

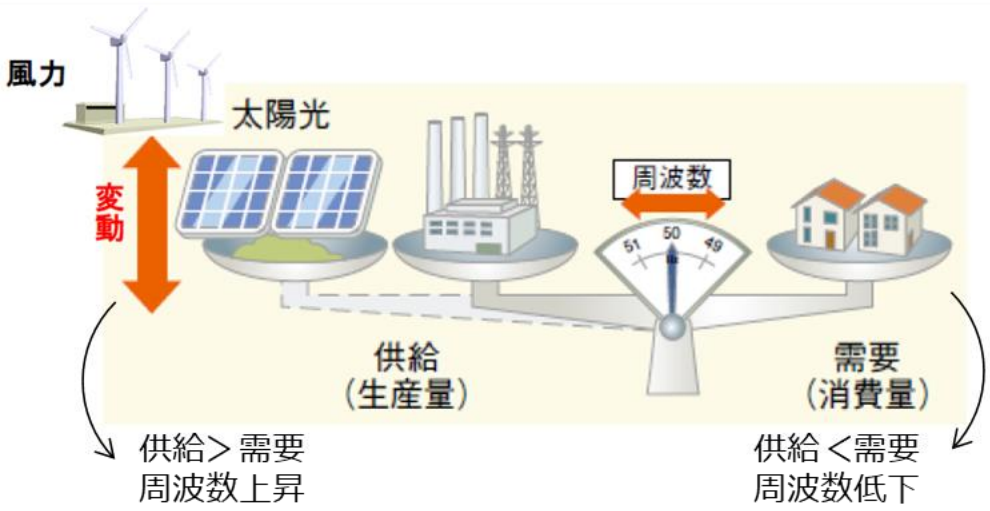
出典：資源エネルギー庁 第47回系統WG資料1

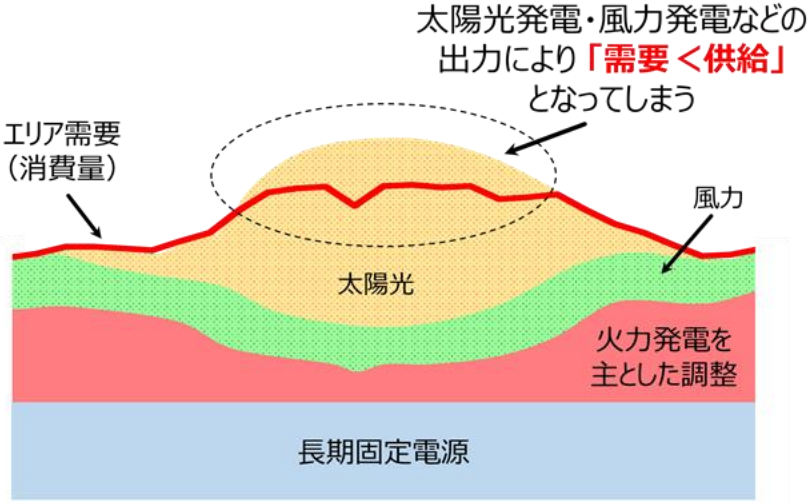
再エネ出力制御の抑制に向けた取組み

©Transmission & Distribution Grid Council

需給バランス維持の必要性

- 電気は、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**があります。
- 仮に需要と供給のバランス（需給バランス）が崩れると、周波数が変動し、最悪の場合は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ります。
- このため、気象条件によって大きく変動する太陽光や風力の発電出力に対応する必要があり、**常に火力発電等の発電出力を調整**し、需給バランスを保っています。
- しかし、再エネの導入量が増加し、春・秋を中心とした需要が少ない時期に、晴天等により再エネの発電出力が大きくなる場合は、**余剰電力（需要＜供給）が発生する可能性**があります。





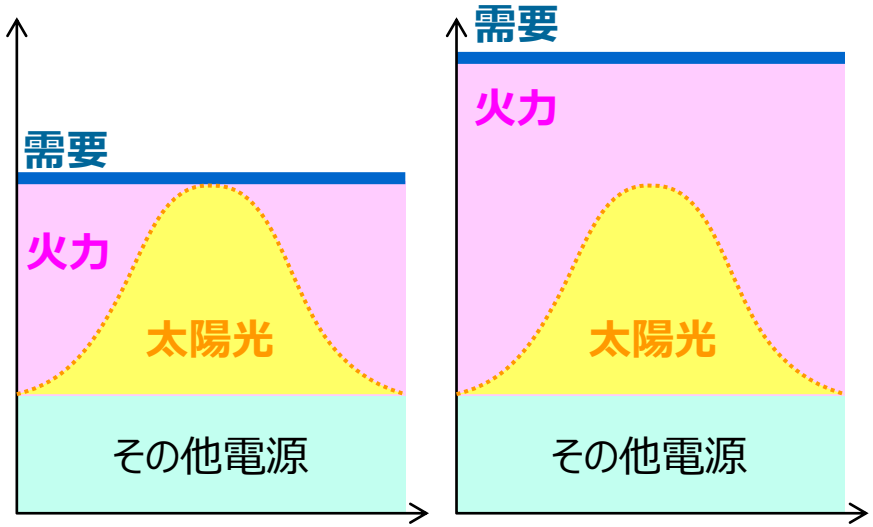
©Transmission & Distribution Grid Council

再エネ出力制御の必要性（出力制御による導入量の拡大）

- **出力制御は、再エネの接続量と発電量を増やす**ことができるというメリットがあります。
- 以前は、出力制御を一定範囲に収めるように再エネの接続量を制限していました。
- 一方、再エネ出力制御を前提として再エネ接続量を増やすことで、再エネ導入量が拡大し、**出力制御していない時間帯では再エネ発電量を増加**することができます。更なる再エネ拡大には**出力制御は欠かすことができません。**

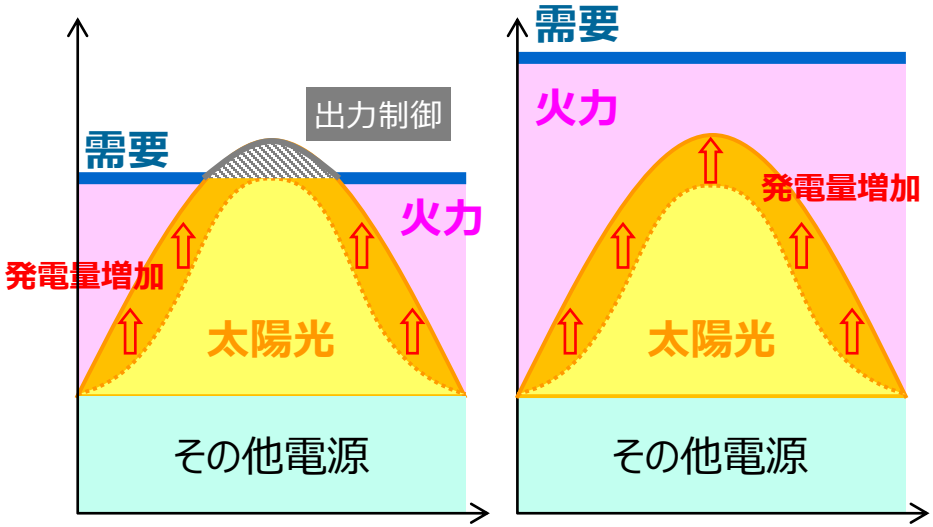
【再エネ出力制御なし】

再エネ出力制御ができないため、再エネ導入量に制限がある。
（再エネ発電量を増加することができないため、火力で対応。）



【再エネ出力制御あり】

再エネ導入量が拡大し、再エネ発電量も増加することができる。ただし、需要の小さい日は再エネ出力制御が必要。



送配電網協議会
©Transmission & Distribution Grid Council

余剰電力解消に関する取組み（優先給電ルール）

- 余剰電力が発生する場合には、電力広域的運営推進機関（広域機関）のルールで決められた順番（**優先給電ルール**）で発電設備の出力を制御し、需給バランスを保ちます。
- 具体的には、**①～③の順に最大限の対策**を行い、それでもなお余剰電力を解消できない場合に限り，④太陽光・風力の出力制御を行いますが、**再エネ出力予測精度の向上や再エネ出力制御のオンライン化等により、可能な限り出力制御量の抑制**に取り組んでいます。
- また、太陽光・風力の出力制御の実施後は、広域機関にて妥当性が検証されます。

【優先給電ルール】

出力制御の順番

①火力の出力抑制、揚水・蓄電池※1の活用（オンライン→オフラインの順）

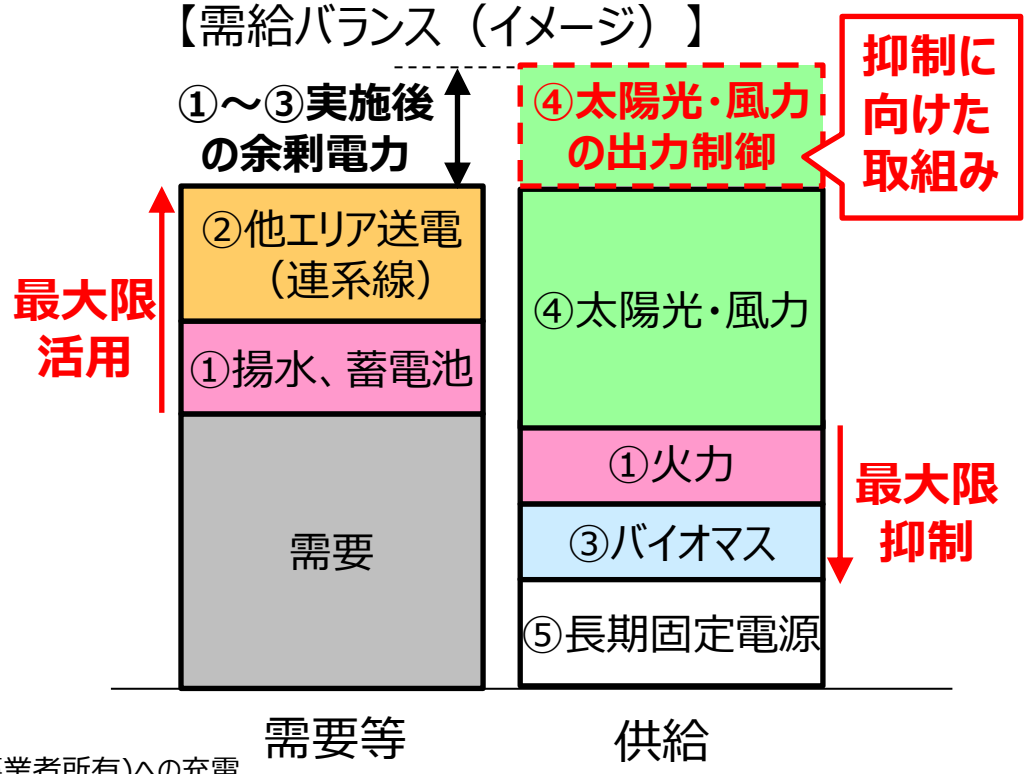
②他エリアへの送電(連系線活用)

③バイオマス※2の出力制御

④太陽光・風力の出力制御

⑤長期固定電源※3（原子力、水力、地熱）の出力制御

【需給バランス（イメージ）】



※1：電力を活用した水の汲み上げや蓄電池(一般送配電事業者所有)への充電
※2：地域に賦存する資源を活用する設備であり、燃料貯蔵や技術的制約等により出力制御が困難な場合は除く
※3：出力制御は技術的に困難

送配電網協議会

©Transmission & Distribution Grid Council

（１）火力の最大限の出力抑制

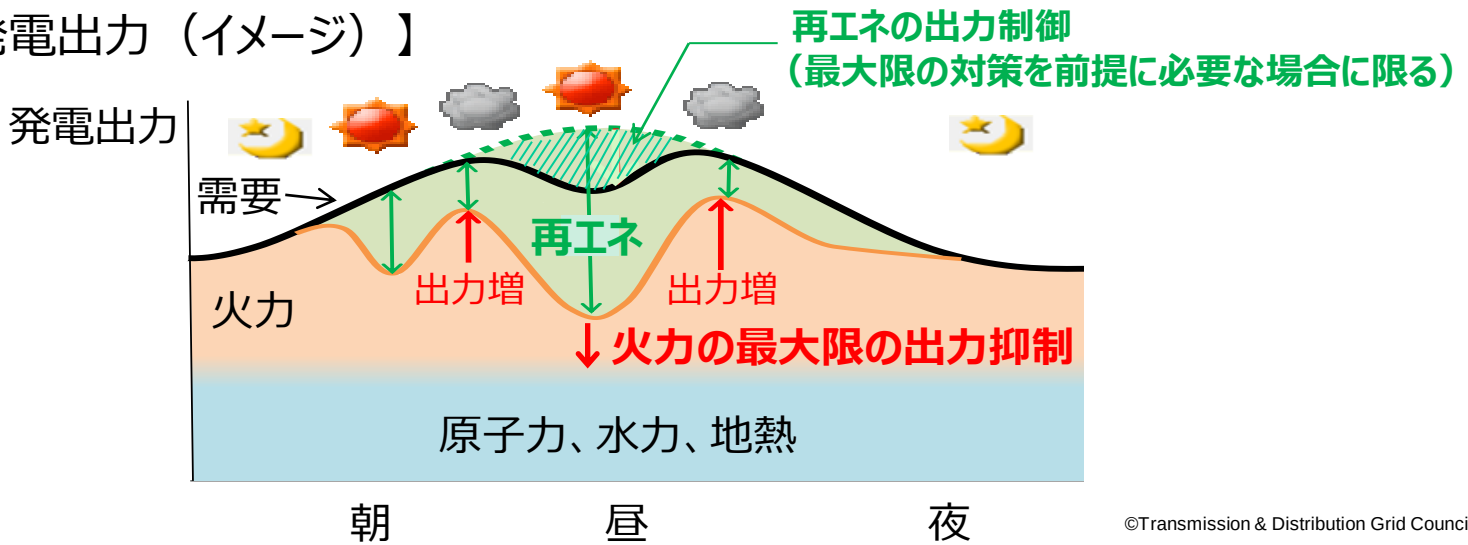
【運用面の取組み】

- 余剰電力が発生する場合には、火力を最大限出力抑制し、再エネを最大限利用しています。
- 再エネを出力制御する場合は、オンライン電源は**調整力を確保したうえで最低限必要な台数・出力**とし、オフライン電源は**発電事業者と事前合意された最低出力以下に抑制**しています。

【設備面の取組み】

- 新規の火力については、2020年4月以降、発電出力を技術的に合理的な範囲で最大限抑制（50%以下）することを、**電力系統に接続する際の要件**として求めています。
- また、2023年5月、資源エネルギー庁の審議会において、**新設火力発電の最低出力については50%から30%に引き下げる**とともに、既設についても同基準を努力目標として協力を求める方針が決定されました。

【火力と再エネの発電出力（イメージ）】

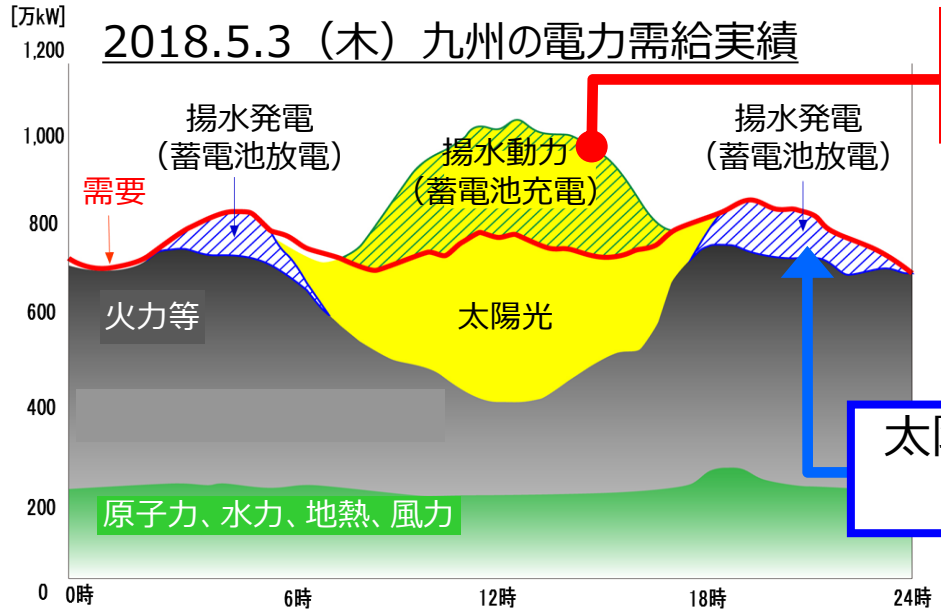


©Transmission & Distribution Grid Council

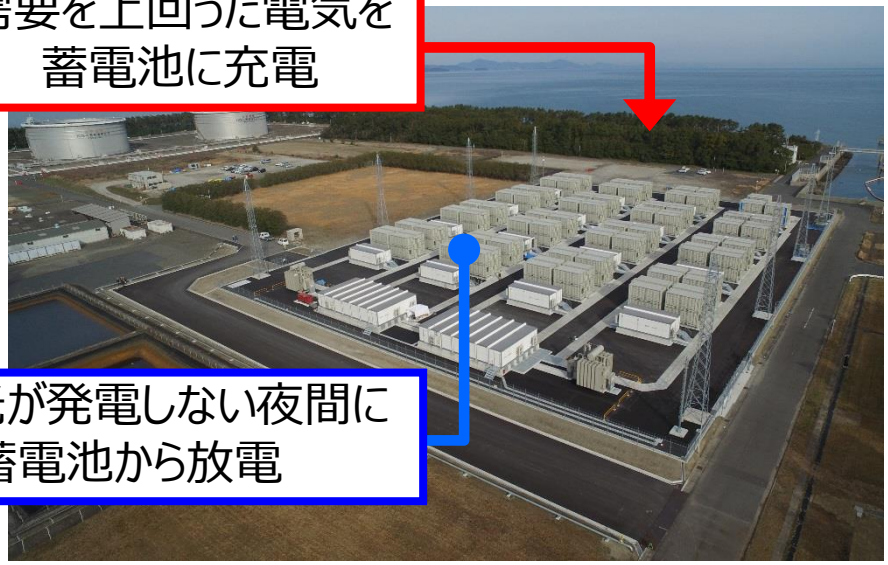
（２）揚水、蓄電池の活用

- **気象条件により発電量が変化する再エネ**に対して、揚水発電所の水の上げ下ろしや蓄電池の充放電を組み合わせて、需給バランスを保つことにより、再エネを最大限利用しています。
- 蓄電池の導入拡大に向けては**コスト面での課題解決が不可欠**であり、一般送配電事業者としても、大型蓄電システムなど、**新たな技術の実証事業**にも取り組んできました。

【大容量蓄電池の活用事例】



〔豊前蓄電池変電所〕



	豊前蓄電池変電所	南相馬変電所	南早来変電所
設置場所・面積	福岡県、14,000m²程度	福島県、8,500m²程度	北海道、5,000m²程度
運転開始	2016年3月	2016年2月	2015年12月
電池種別	NAS電池	リチウムイオン電池	レドックスフロー電池
出力・容量	出力5万kW、容量30万kWh	出力4万kW、容量4万kWh	出力1.5万kW、容量6万kWh

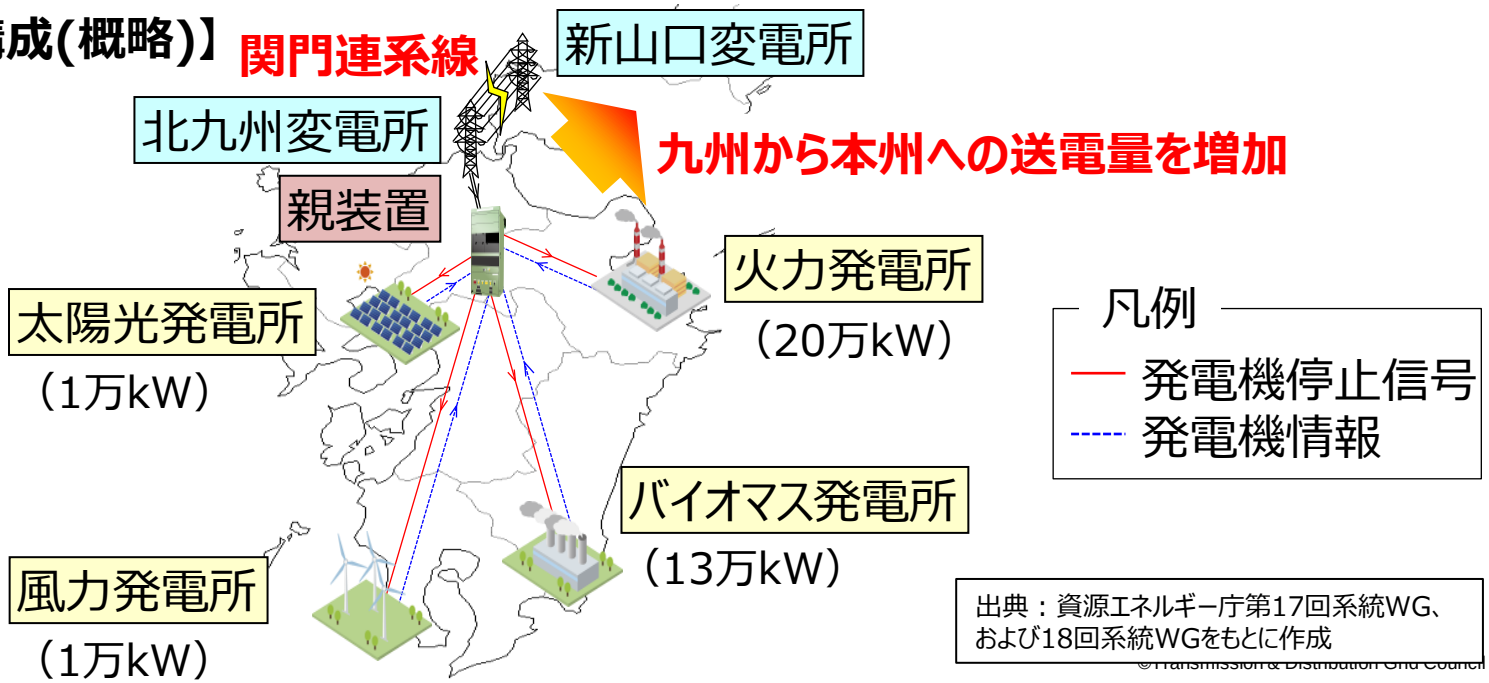
出典：資源エネルギー庁　第17回系統WG資料を一部修正

©Transmission & Distribution Grid Council

（３）連系線の最大限の活用（活用枠の拡大）

- 一般送配電事業者のエリア間を結ぶ**連系線を活用**して、余剰電力が発生しているエリアから**その他のエリアへ電力を送電**することにより、再エネを最大限利用しています。
- 例えば、九州においては、九州と本州を結ぶ関門連系線が故障すると、供給が需要を上回るため、関門連系線の活用枠(上限)を予め制限していますが、需給バランスを保つために発電機を瞬時に停止させるシステムを構築することにより、2019年4月から**関門連系線の活用枠を拡大**しました。同様のシステムを構築することにより、東北～東京間(2021年3月～)、四国～中国間（2021年10月～）において運用容量を拡大しています。
- また、関門連系線については、国の補助金により、発電機を瞬時に停止させるシステムを再エネ発電設備に追加設置することで、**他エリアへの再エネ送電量を更に拡大する予定**です。

【九州のシステム構成(概略)】



出典：資源エネルギー庁第17回系統WG、および18回系統WGをもとに作成

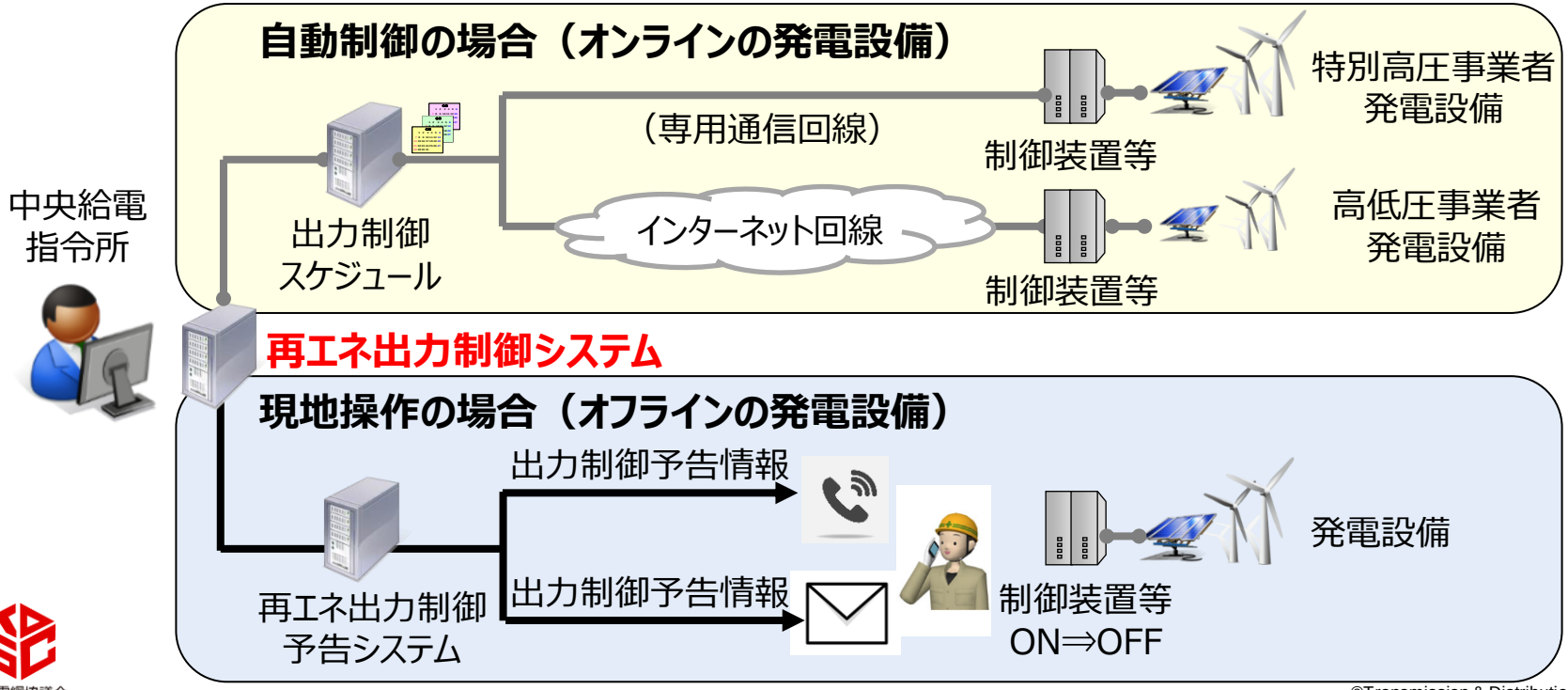
©Transmission & Distribution Grid Council

（４）再エネの出力制御

- 再エネ出力制御は、前述の取組みを最大限行っても、なお余剰電力を解消できない場合に限り、資源エネルギー庁が定めた「**出力制御の公平性の確保に係る指針**」に基づき、一般送配電事業者の**再エネ出力制御システム**等を活用して、輪番で**公平かつ効率的**に行います。
- また、以降に記載のとおり、可能な限り再エネ出力制御量の抑制に取り組んでいます。

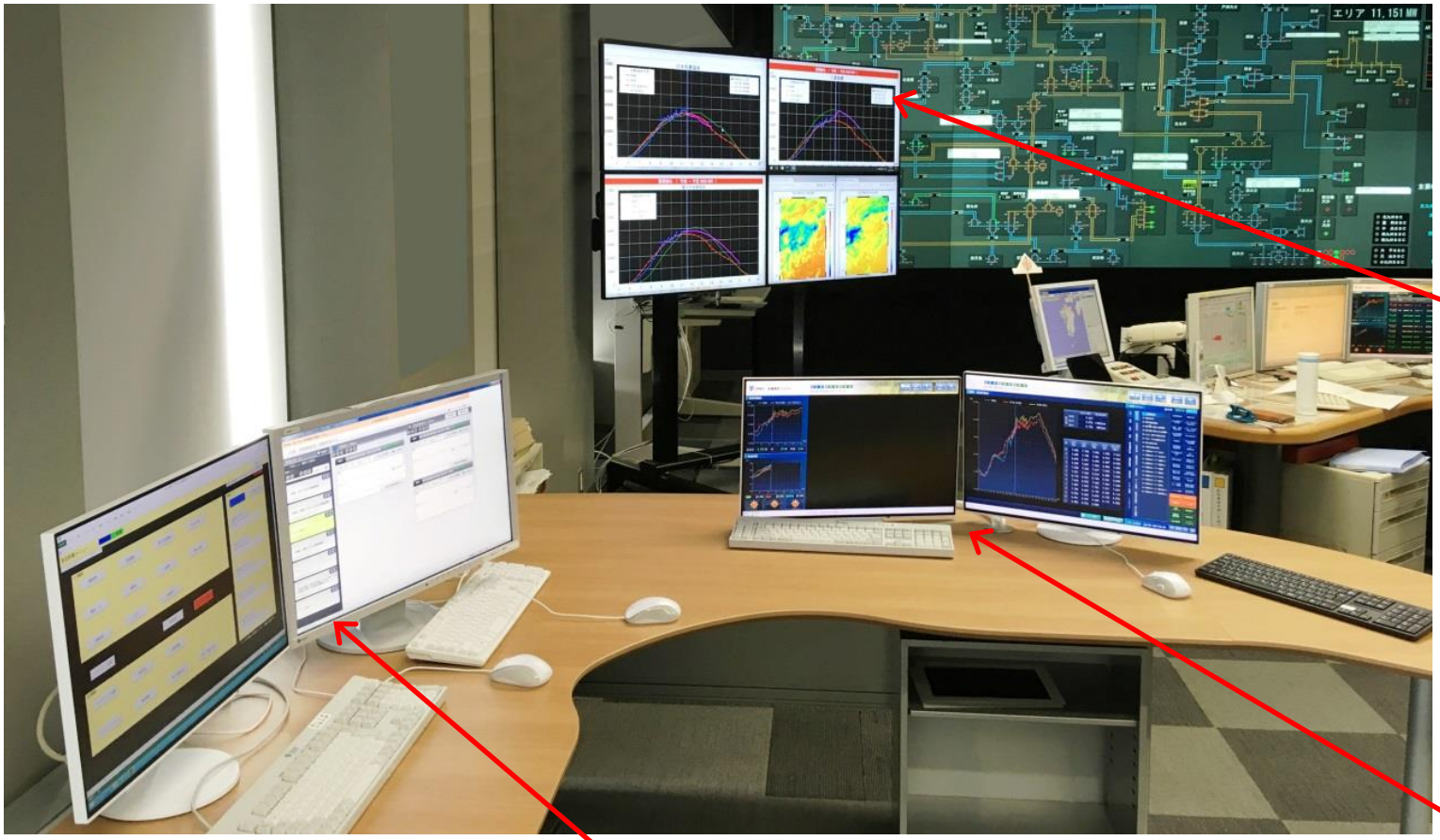
【再エネ出力制御のシステム構成（イメージ）】

- オンラインの発電設備（自動制御）に対して、2時間前の出力予測をもとに出力制御情報を配信
- オフラインの発電設備を所有する事業者さまに対して、前日17時頃迄に自動電話・メールにより出力制御を指示（事業者さまによる現地操作で出力制御）



©Transmission & Distribution Grid Council

【参考】再エネ出力制御システム（九州電力送配電の例）



【監視画面】
・太陽光発電の発電状況を監視

【操作卓】
・最新の気象予測をもとに再エネの出力を予測
・需要と供給のバランスをもとに再エネ出力制御量を算定（都度見直し）

【監視卓】
・再エネ出力制御量や需給状況を常時監視

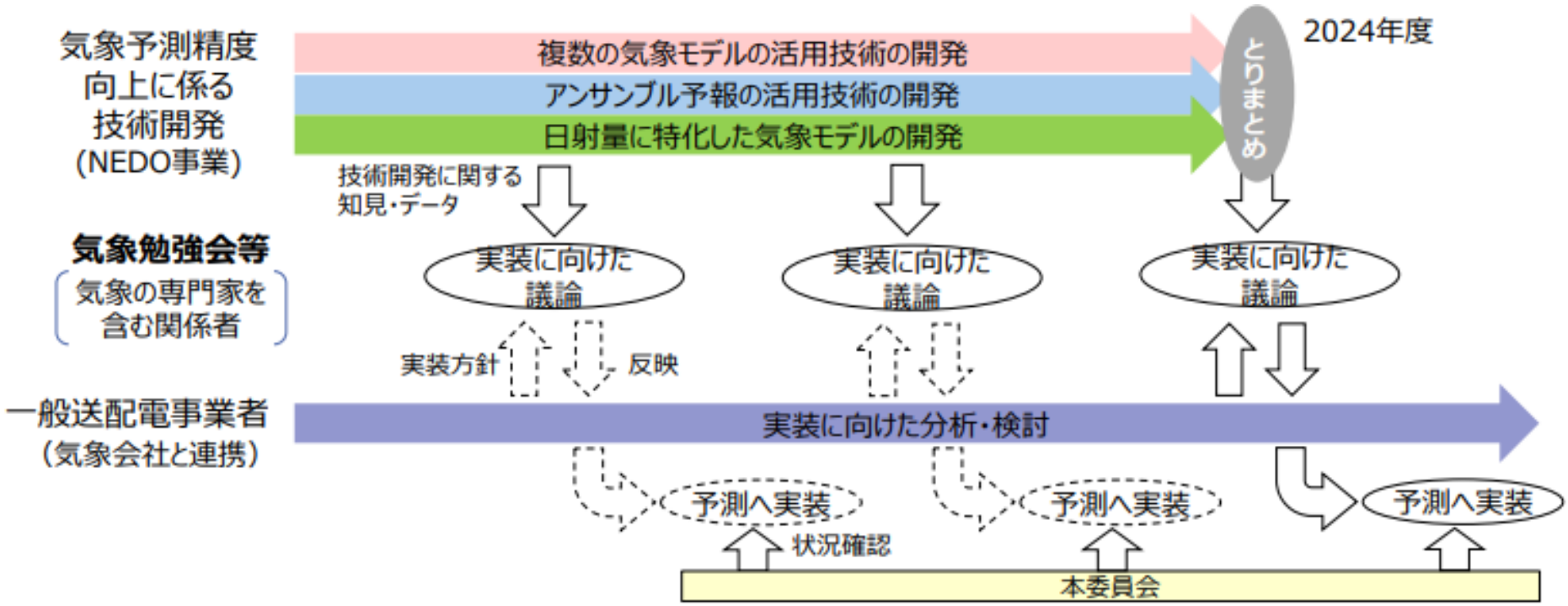
出典：資源エネルギー庁　第11回系統WG資料を一部修正

送配電網協議会

©Transmission & Distribution Grid Council

再エネ出力予測精度の向上

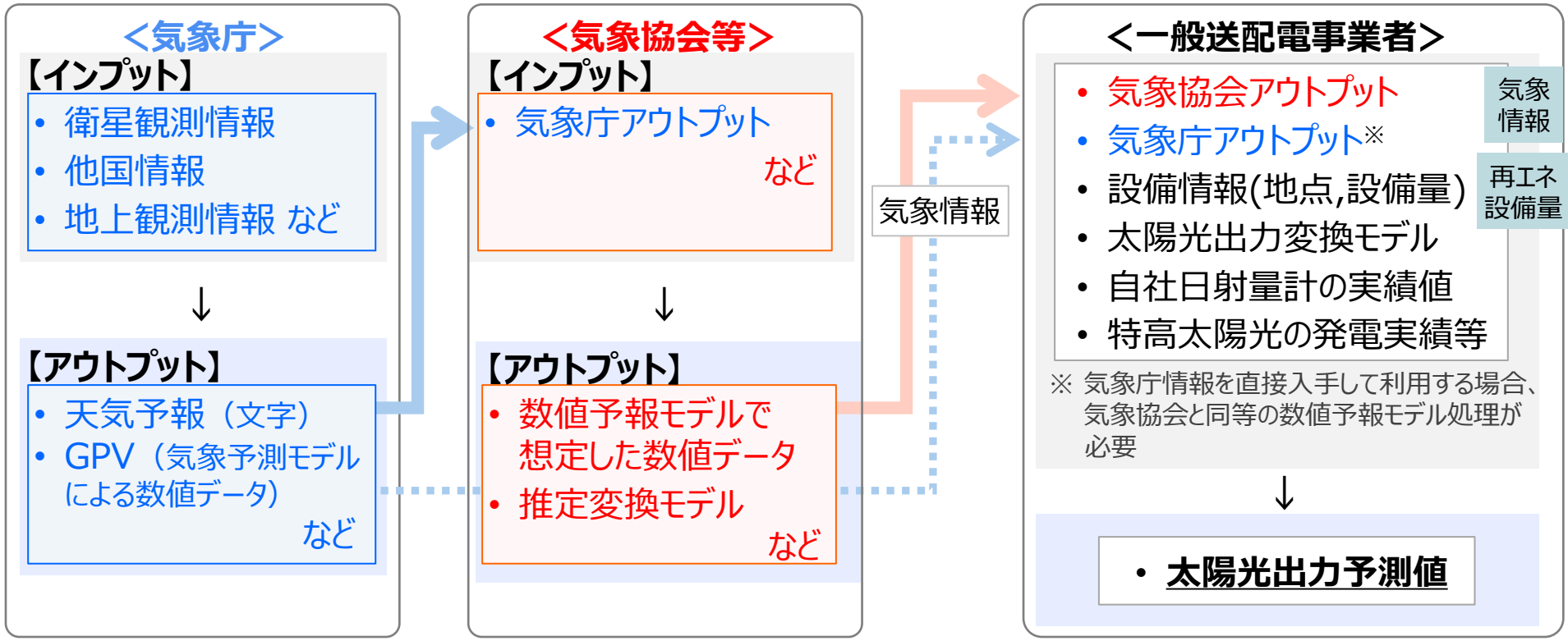
- 再エネの出力制御は、出力予測誤差を考慮して行うことから、再エネの最大限の利用のためには**再エネの出力予測精度の更なる向上が有効**です。
- このため、**気象の専門家を含む関係者を集めた研究会等**を通じ、気象予測精度向上に係る技術開発の状況および一般送配電事業者の新たな気象予測技術の実装可否について確認しながら、再エネの出力予測誤差の低減に向けた検討を進めています。



出典：広域機関　第80回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会　資料3

【参考】再エネ出力予測の流れ（イメージ）

- 気象庁が衛星観測データや他国データ等をもとに気象モデルを用いて予測し、数値予報等を発信
- 気象協会等が気象庁発信情報をもとに独自の気象予測モデルで予測し、気象情報等を発信
- 一般送配電事業者は、上記の情報および再エネの設備情報等を用いて再エネ出力を予測



出典：広域機関　第43回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 資料3をもとに作成

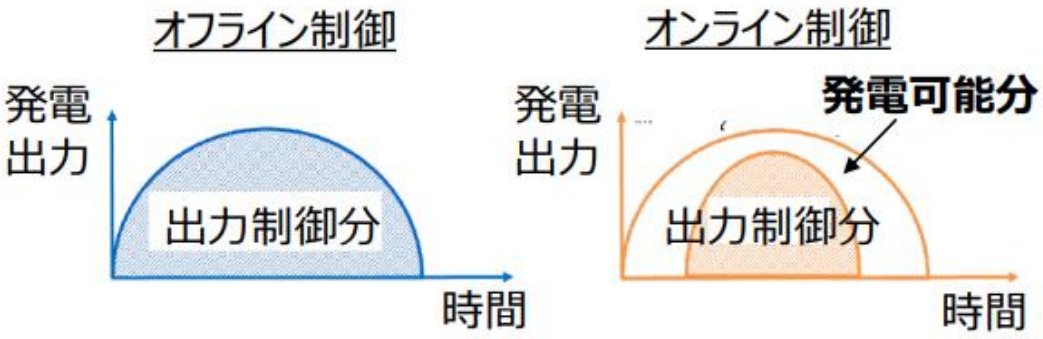
出力制御のオンライン化の推進

- 再エネの発電出力は気象状況に左右されるため、前日ではなく、**実際に発電する直前（2時間前）の出力予測に応じて出力制御を行う方が、再エネを最大限利用**できます。
- そのためには、**既設再エネのオンライン化の進展が必要**であり、オフライン事業者さまに対して**オンライン化を推奨**しています。（新設は家庭用を除きオンラインが義務化されています。）

【旧ルール事業者のオンライン率(2023年3月末時点)】

	北海道	東北	中部	北陸	中国	四国	九州	沖縄
太陽光	64.9%	25.3%	6.1%	53.9%	47.4%	27.5%	76.7%	11.4%
風力	2.5%	56.9%	0%	23.8%	0%	29.6%	21.4%	0%

【オンライン／オフライン制御（イメージ）】



出典：資源エネルギー庁　系統WG資料（第18回、第28回）を一部修正

【機会損失額の差(資源エネルギー庁試算)**】**

・オンラインの方が約40万円/年 少ない。

（前提条件）
- ・発電容量：1,000kW
- ・買取価格：30円/kWh
- ・制御時間/回：
  オンライン4.5時間、オフライン7時間
- ・事業者あたりの制御回数/年：5回

送配電網協議会

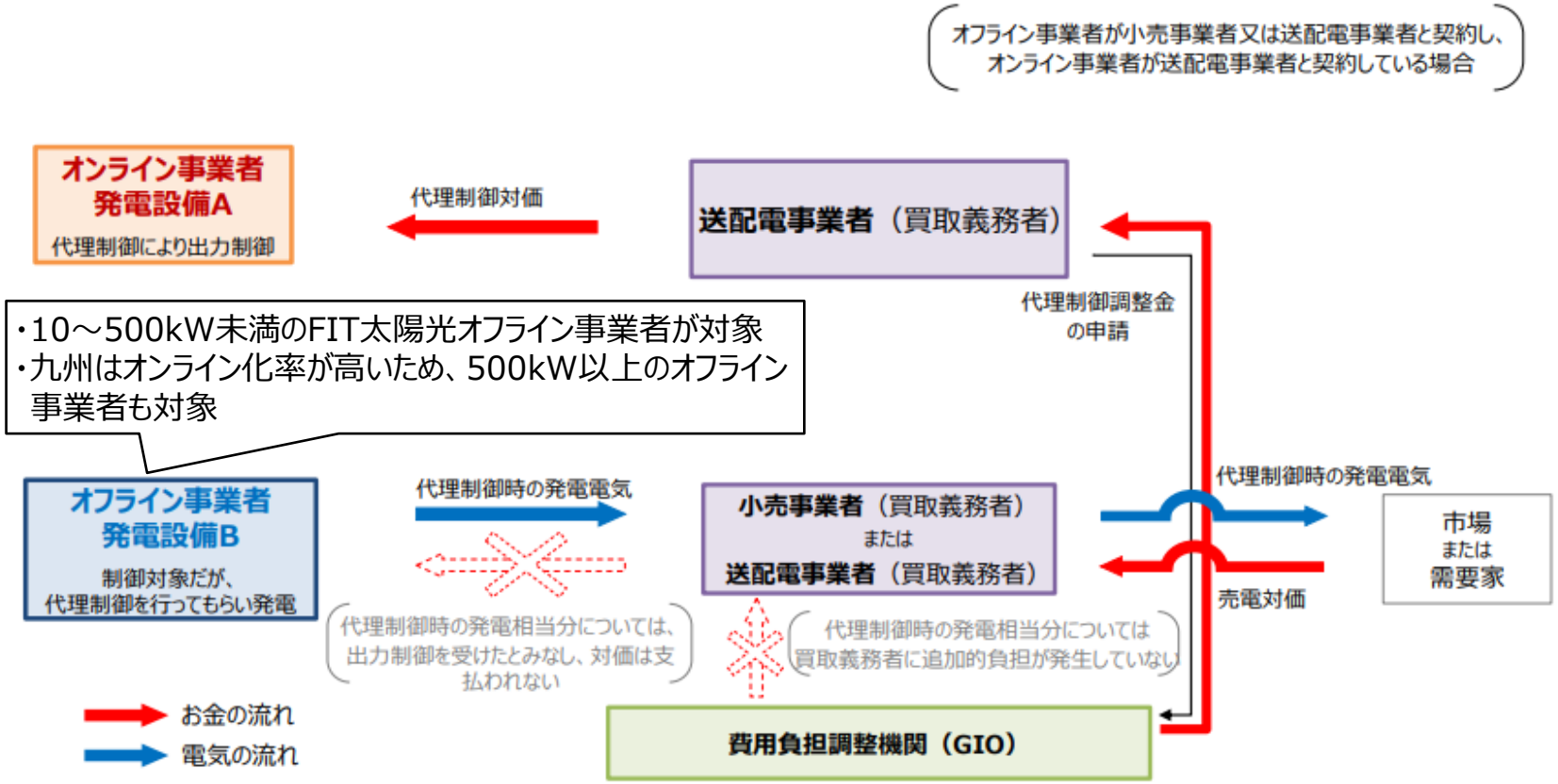
©Transmission & Distribution Grid Council

オンライン代理制御の導入

- オンラインで出力制御する方が再エネを最大限利用できるため、**本来はオフラインが分担する出力制御分をオンラインが代わりに実施**（事後に費用精算）する「オンライン代理制御」を2022年度以降導入し、出力制御の公平性と実効性の両立を図っています。

（参考）オンライン代理制御のスキーム

2020年10月9日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２　一部編集



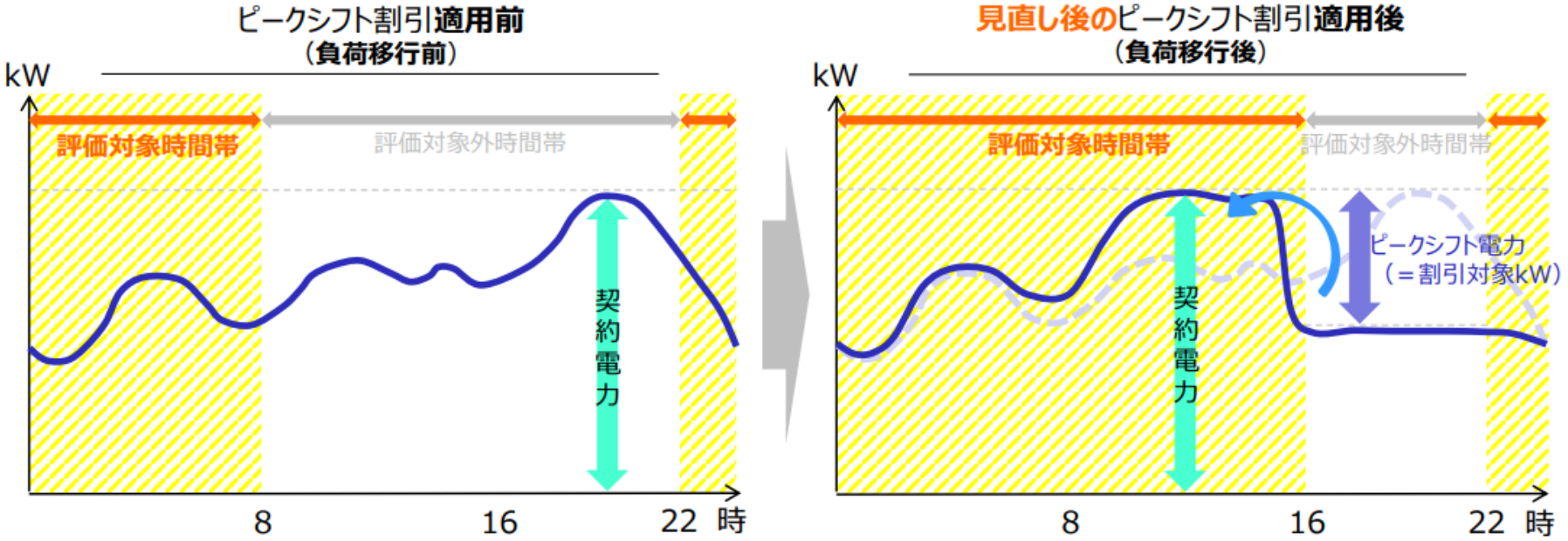
出典：資源エネルギー庁　第35回系統WG資料2を一部修正

託送料金メニューの見直し

- 2023年4月の託送供給等約款の見直しにより、**既存のピークシフト割引**、および**自家補特措の適用範囲を拡大**することで、**下げ代不足時の需要シフト**を促しています。

■ **ピークシフト割引**および**自家補特措**について、再エネ発電設備の出力抑制の蓋然性が高い時間帯を基本として**割引対象時間帯を拡大**する方向で検討している状況。

<ピークシフト割引の適用範囲拡大の例： 評価対象時間帯に軽負荷月（4月等）の土曜日8時～16時を追加>
※各エリアの需給状況等の観点から、各社の見直し内容には差異が生じる場合もある



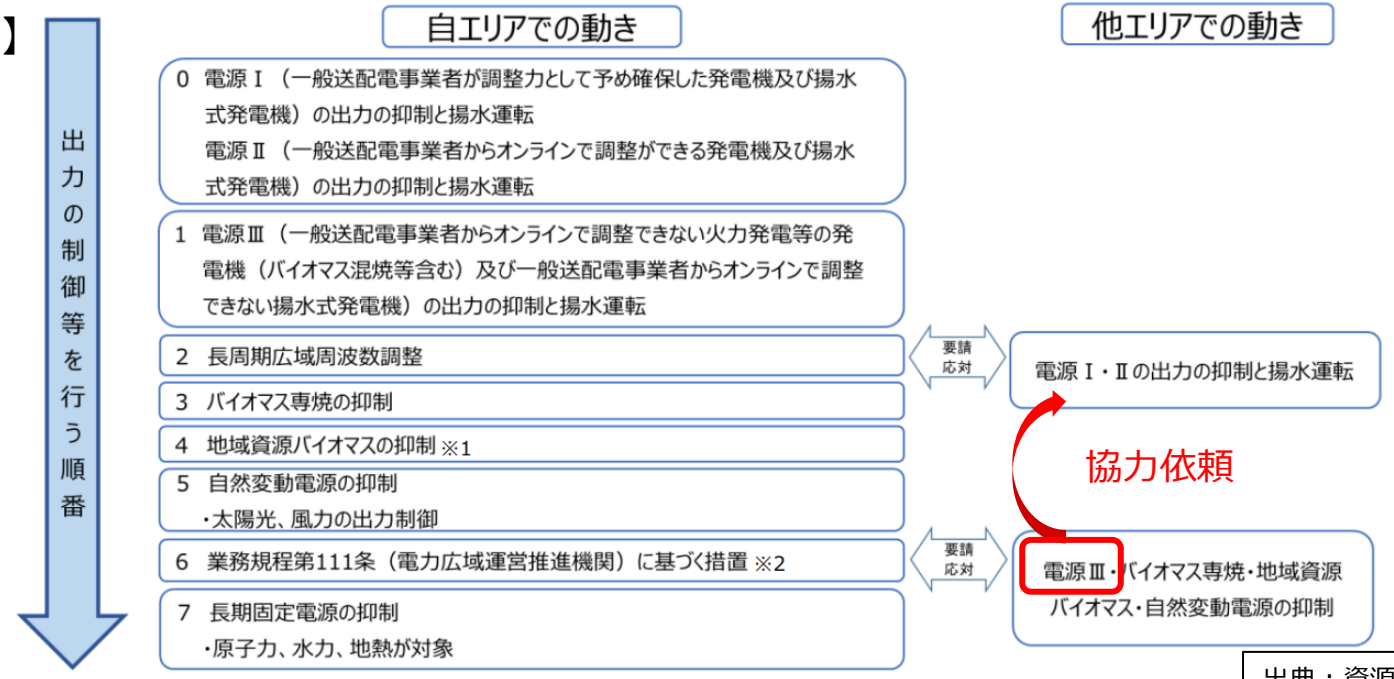
➢ 軽負荷月（4月等）であれば、夜間への負荷移行だけでなく、昼間（8~16時）への負荷移行であってもピークシフト割引の対象として評価

出典：資源エネルギー庁 第42回系統WG資料5

他エリアのための電源Ⅲ火力の抑制

- 現行、優先給電ルールに基づき、余剰電力が発生しているエリアから他エリアへ送電する場合、受電エリアの一般送配電事業者は、オンライン調整ができる火力電源（電源Ⅰ・Ⅱ）を抑制し、受電量を確保しています。
- 2023年5月、資源エネルギー庁の審議会において、受電エリアは、オンライン調整できる火力電源に加えて、一般送配電事業者から**オンライン調整できない火力電源（電源Ⅲ）も抑制対象**とすることが整理されました。併せて、特に**大規模な発電事業者は、契約の見直しを待たず、他エリアのための出力抑制に協力を求めていく**ことが整理され、現在、対象となる発電事業者さまに協力を依頼しています。

【優先給電ルール】

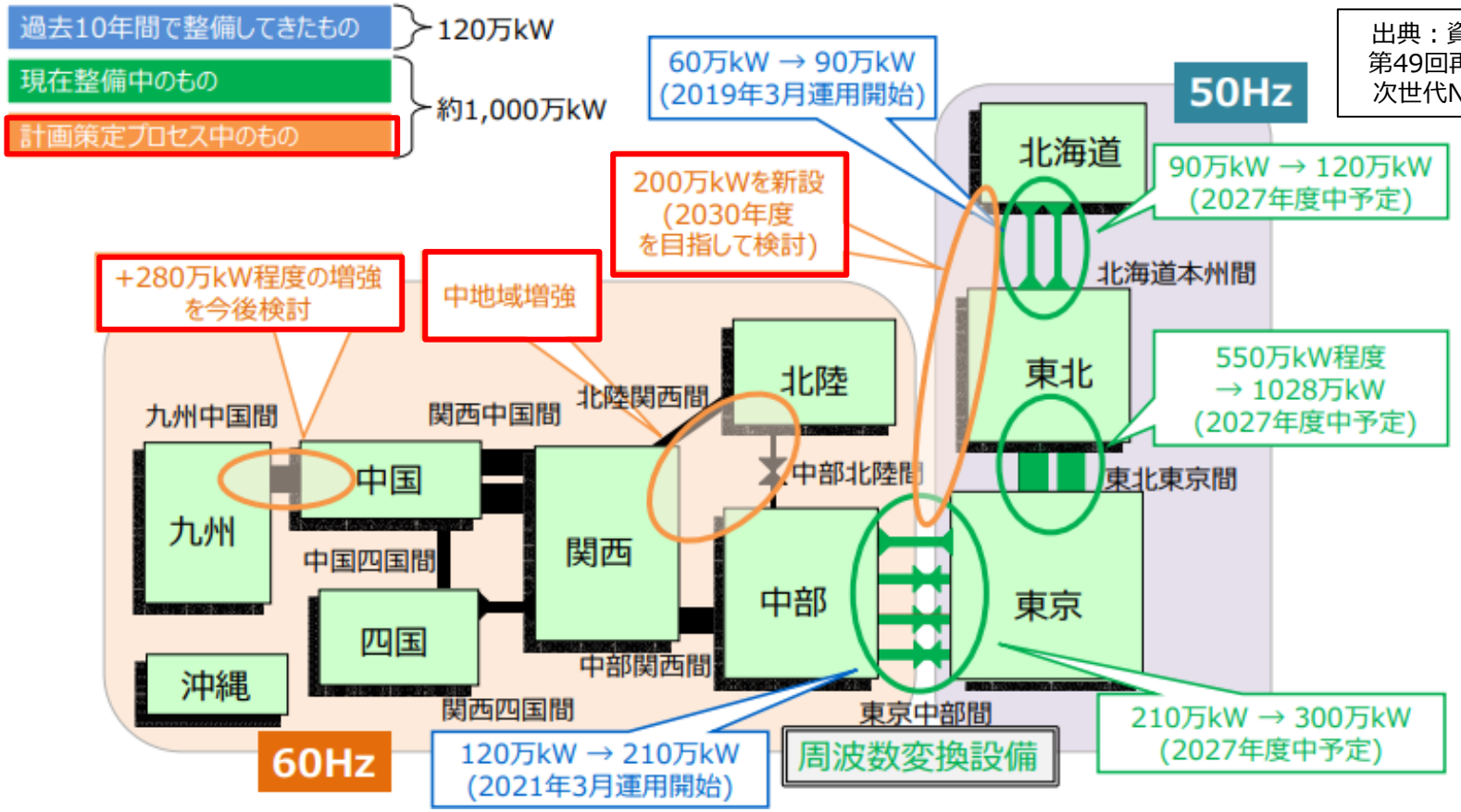


※1：燃料貯蔵の困難性、技術的制約などにより出力の抑制が困難な場合（緊急時は除く）は抑制対象外
※2：電力広域的運営推進機関の指示による融通

出典：資源エネルギー庁
第46回系統WG 資料1

連系線の増強

- 2023年3月末に、2050年カーボンニュートラル実現を見据えた将来の広域連系系統の具体的な絵姿を示す長期展望と、これを具体化する取組みが、「広域連系系統のマスタープラン」としてとりまとめられました。
- 現在、①東地域（**北海道～東北～東京間の連系線**）、②中西地域（**関門連系線、中地域**）の系統整備に関して、2022年7月に国からの要請により計画策定プロセスが進められております。



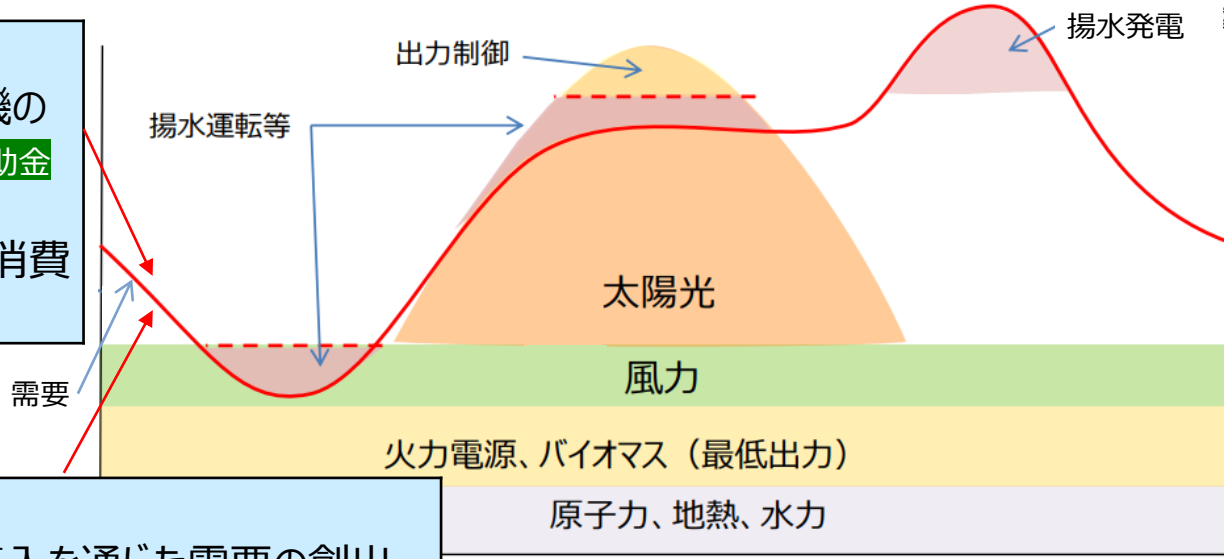
【参考】新たな「出力制御対策パッケージ」について（需要対策）

- 2023年12月9日の資源エネルギー庁の審議会※において、新たな「再エネ出力制御対策パッケージ」が取りまとめられました。
- 太陽光や風力等の変動再エネの更なる導入拡大を見据え、中長期的な観点から特に需要面における行動変容と補助金による対策に重点を置いた内容となっています。

※資源エネルギー庁　第58回 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

【新たな対策パッケージ】

①-i 需要対策[家庭(低圧)]
a.家庭用蓄電池・ﾋｰﾄﾎﾟﾝﾌﾟ給湯機の導入を通じた需要の創出・ｼﾌﾄ 補助金
b.機器のDR Ready化
c.需要側のリソースの活用に向けた消費者の行動変容の促進 行動変容



①-ii 需要対策[産業(特高・高圧)]
a.系統用蓄電池・水電解装置の導入を通じた需要の創出・シフト 補助金
b.事業者用蓄電池の導入や、事業者所有設備への通信制御機器の設置の支援等 補助金
c.電炉等の電力多消費産業におけるDRの推進 行動変容
d.電力の供給構造の変化に合わせた電力多消費産業の立地誘導・需要構造の転換

出典：資源エネルギー庁
第58回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資料4
をもとに作成

©Transmission & Distribution Grid Council

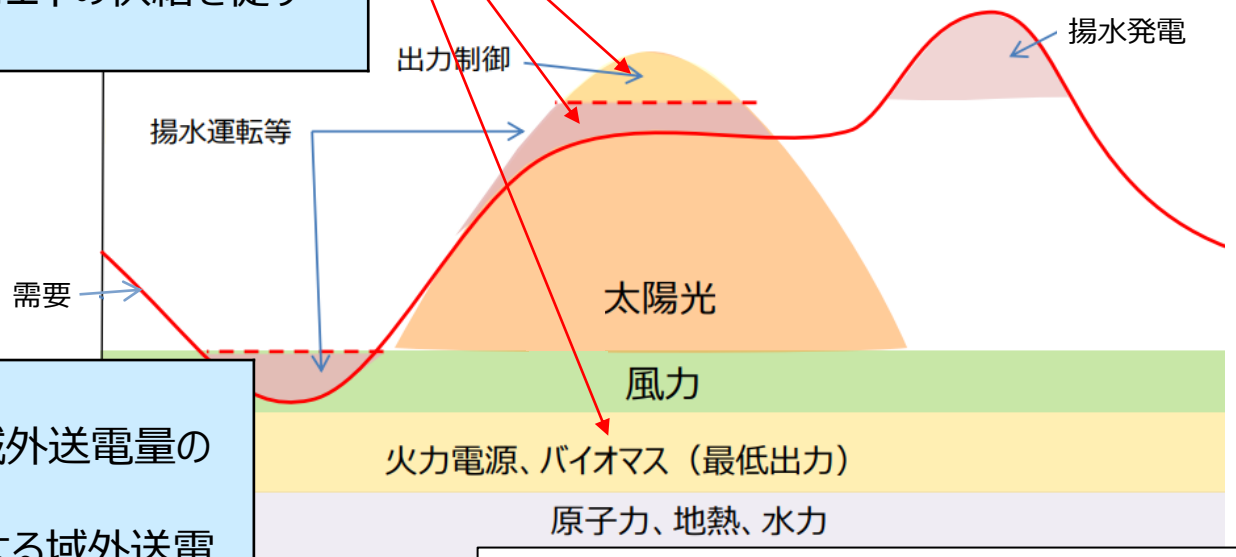
【参考】新たな「出力制御対策パッケージ」について（供給対策、系統対策等）

- また、供給対策による再エネが優先的に活用される仕組みの措置や、系統対策による再エネ導入拡大・レジリエンス強化の環境を整備などを講じることとしています。

【新たな対策パッケージ】

②供給対策
- a.再エネ発電設備のオンライン化の更なる推進等
- b.新設火力発電の最低出力引下げ、既設火力発電への同基準遵守協力要請
- c.出力制御時の他エリアでの非調整電源の出力引下げ
- d.火力等発電設備の運用高度化
- e.水力発電を活用した出力制御量の抑制 補助金
- f.電力市場の需給状況に応じた再エネの供給を促すFIP制度の更なる活用促進

④市場対策
- ・価格メカニズムを通じた供給・需要の調整・誘導



③系統対策
- a.連系線の運用見直し等による域外送電量の拡大 補助金
- b.地域間連系線の更なる増強による域外送電量の拡大

出典：資源エネルギー庁 第58回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資料4をもとに作成

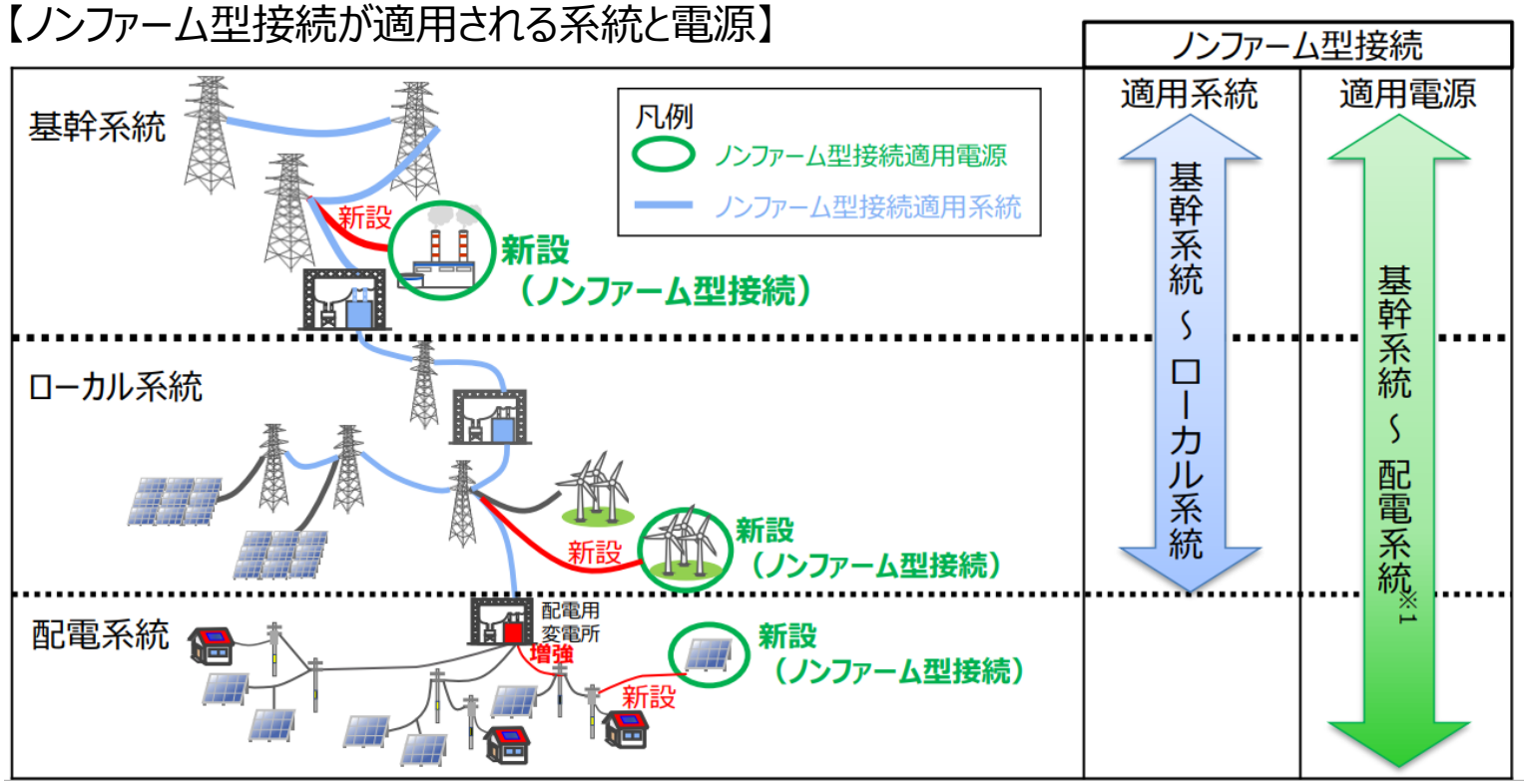
系統制約時における出力制御を前提とした
ノンファーム型接続の導入

©Transmission & Distribution Grid Council

ノンファーム型接続の開始

- 送電線・変圧器に流すことのできる電気の量には上限があり、これを超過して電源を接続する場合には、従来は系統増強が必要となり、接続までに時間を要していました。日々の運用において、**上限を超える恐れがあるときに、電源の出力制御を前提に接続**することで、すみやかな連系が可能となる**ノンファーム型接続を導入**しています。
- 2023年4月1日以降に接続検討の受付を行った案件は、接続先の電圧階級や送電線空き容量の有無に関わらず、原則としてノンファーム型接続適用電源（以下、ノンファーム電源という）となっています。

【ノンファーム型接続が適用される系統と電源】



出典：広域機関HP「系統の接続および利用ルールについて～ノンファーム型接続～」

※1：10kW未満の低圧を除く

送電容量制約による再エネ出力制御の見通し

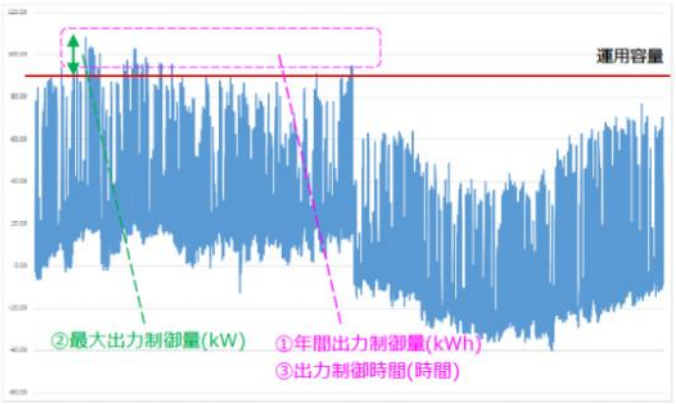
- 今後、ノンファーム電源については**送電線・変圧器の容量制約により出力制御が発生する可能性**があり、各一般送配電事業者において、系統制約による太陽光・風力の出力制御見通しを算出した結果、2024年度、**東京エリアの2系統において発生する見通し**となり、2023年10月の資源エネルギー庁の審議会にて公表しました。

➢ 東京電力PG管内における2024年度の出力制御見通しは下表のとおり※

※前述の算定条件で試算したものであり，気象条件や新規電源申込み等により，制御対象量等は変わることがあります

	①年間出力制御量（kWh）	②最大出力制御量（kW）	③出力制御時間（時間）	④年間出力制御率（%）
154kV上越幹線	1,220	680	3	0.08
66kV玉諸線	15,440	830	26	1.28

↓ 下記グラフはイメージ図。



④年間出力制御率（%）＝
①年間出力制御量[kWh]／NF出力制御しない場合の発電量合計[kWh]
※未連系の設備利用率は，既設設備利用率を使用。

©TEPCO Power Grid, Inc. All Rights Reserved.
無断複製・転載禁止 東京電力パワーグリッド株式会社

出典：資源エネルギー庁
第48回系統WG資料5

おわりに

- 一般送配電事業者は、再エネを最大限利用するために、可能な限り余剰電力の発生を回避することにより、再エネの出力制御を極力回避するとともに、それでもなお必要となる場合には、再エネ出力制御量を抑制するよう、運用の工夫等に取り組んでいます。
- 将来に向けて、再エネの主力電源化を実現するために、必要な送変電設備の整備、既存の送変電設備の有効活用、電力需給・系統安定化技術の高度化等、基盤となる電力ネットワークの次世代化を積極的に推進していきます。

©Transmission & Distribution Grid Council