

九州エリアにおける再生可能エネルギー導入 に向けた取組みについて

2022年11月10日

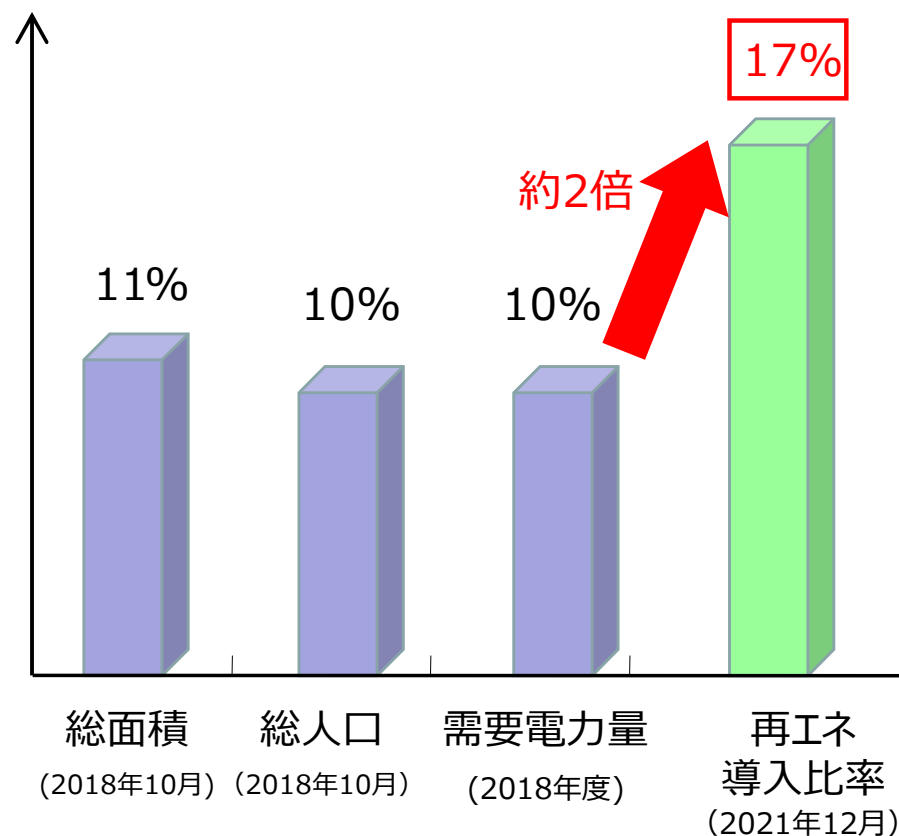
九州電力送配電株式会社

- 1．九州エリアの再エネ導入状況
- 2．需給運用の現状
- 3．再エネ出力を最大限活用するための取組み
- 4．再エネ出力予測精度向上のための取組み
- 5．再エネ出力制御におけるオンライン化の推進
- 6．新たな再エネ出力制御量低減方策
- 7．まとめ

- 九州は再生可能エネルギー（以下、「再エネ」）の適地が多く、特に日照条件が良いことから、太陽光を中心に再エネの導入が他エリアに比べて進んでいる。

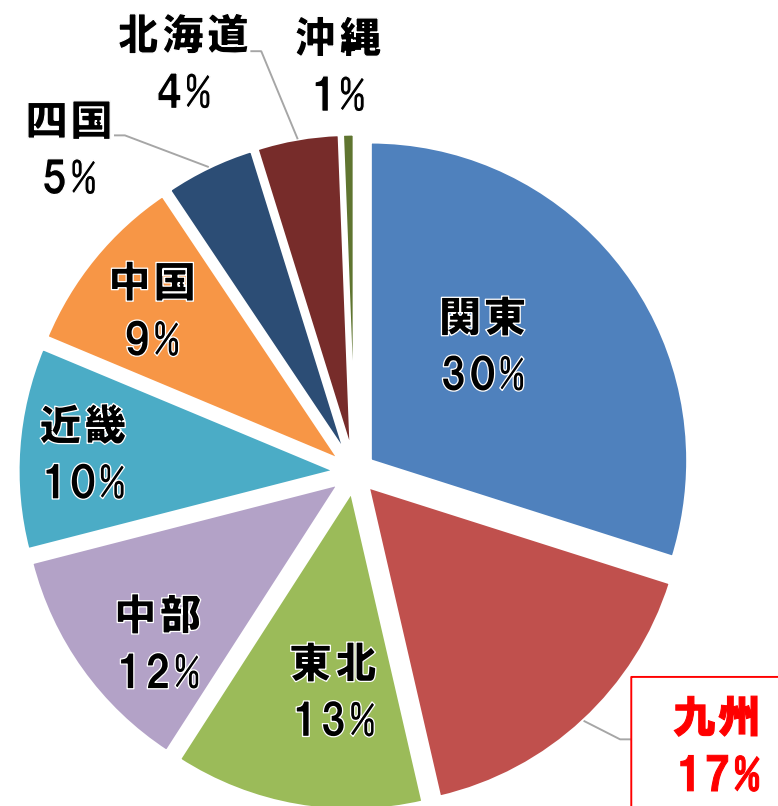
全国に占める九州エリアの総面積、総人口、需要電力量はおよそ1割であるが、
再エネの導入比率はおよそ2割

全国に占める九州の割合（面積・人口・需要電力）



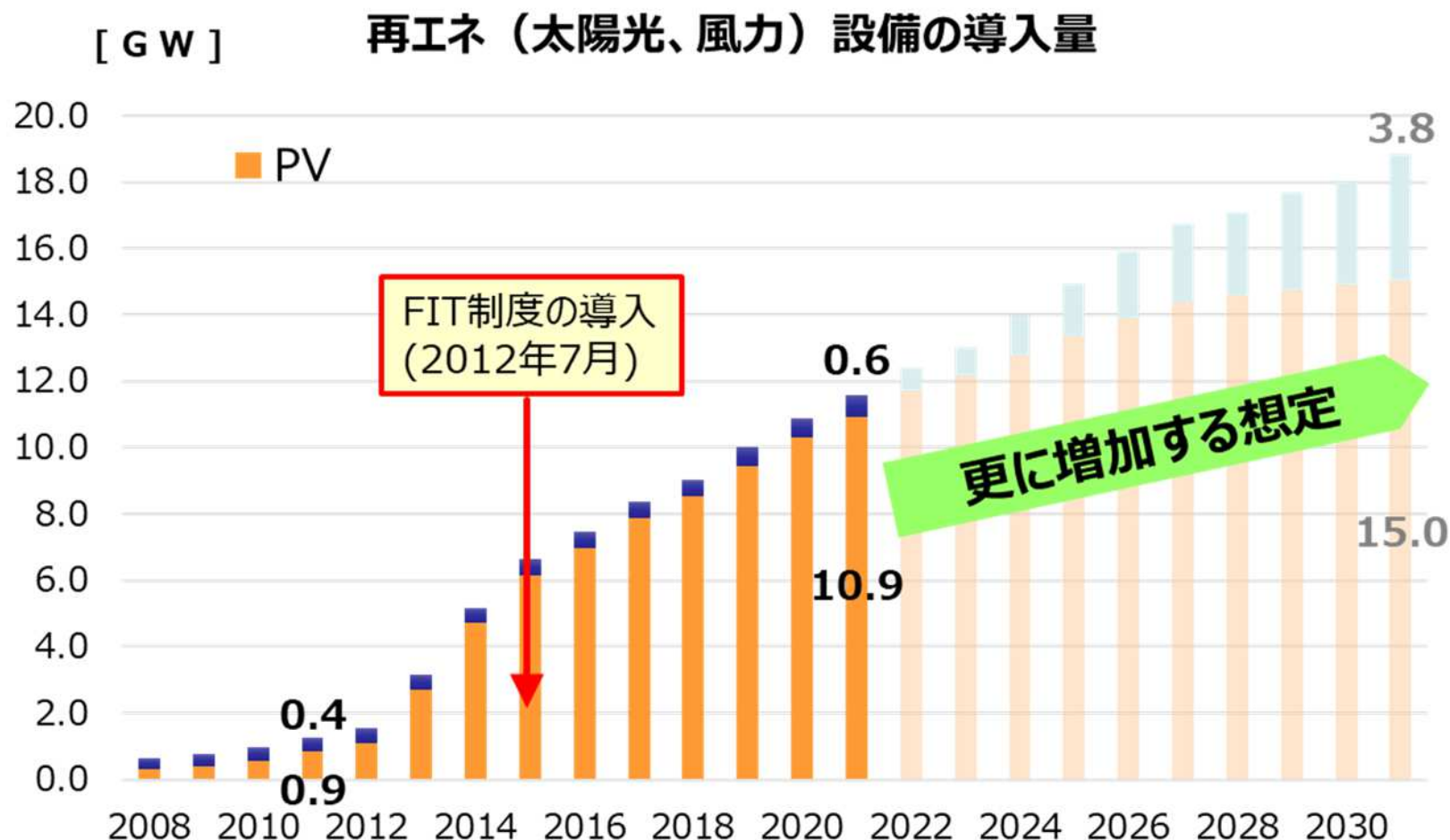
出典:九州経済調査協会「図説九州経済2020」、電力広域的運営推進機関「2020年度全国及び供給区域ごとの需要想定について」をもとに作成

九州の再エネ導入量の全国に占める割合

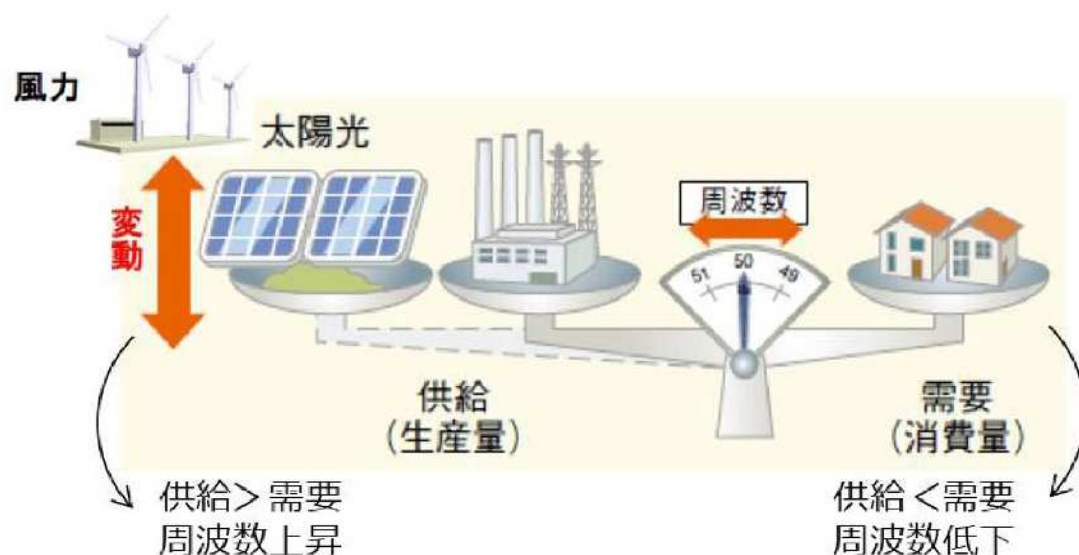


※資源エネルギー庁「固定価格買取制度 情報公開用ウェブサイト」のデータをもとに作成(2022年3月末時点)

- 九州本土における太陽光の接続量は、**2022年3月末時点で10.9GW**、風力は0.6GW。
- FIT制度の導入以降、太陽光の接続量は急増し、**2011年から約11倍に増加**。
- 今後は国の第6次エネルギー基本計画に沿い、太陽光と風力発電が更に増加していく想定。



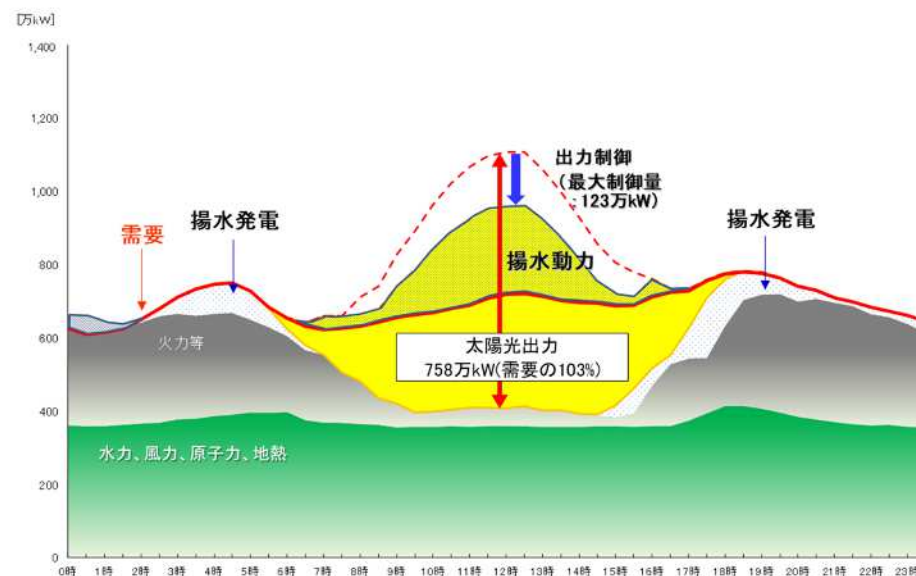
- 九州エリアでは、電力需要が少ない時期(春・秋季等)において、**太陽光の発電量が大きい昼間に供給力が需要を上回る状況**となっている。
- 電力の安定供給のためには、需要と供給をバランスさせ、周波数を常に一定に保つことが必要であるが、太陽光や風力発電の出力は気象条件によって大きく変動するため、この変動に対応できるよう、火力発電等で需給バランスを保っている。



出典：送配電網協議会HP

※ 需要と供給のバランスが崩れると周波数が変動し、最悪の場合は運転中の多数の発電機が自動的に停止し、その結果、大規模な停電（ブラックアウト）に至る恐れがある

【5/3(祝)の需給状況イメージ】



2022/5/3 13時の需給バランス
 電力需要：735万kW
 再エネ出力：758万kW
 (出力制御量：123万kW)
 (需要に対する太陽光発電比率：103%)

- 火力発電等で需要と供給のバランスが保てない場合は、国が定めた「優先給電ルール」に基づき、需給調整を実施。
- ①～③の火力発電の出力抑制、揚水の活用等の運用上の工夫を最大限実施しても供給力が電力需要を上回る場合は、太陽光、風力発電の出力制御を実施。

【優先給電ルール※¹に基づく再生可能エネルギーの出力制御】

出力の抑制等を行う順番

- ①揚水運転、大容量蓄電池による再生可能エネルギーの余剰電力の吸収、火力発電※²等の出力制御
- ②連系線を活用した他地域への送電〔関門連系線の活用〕
- 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

※ 1 広域機関の送配電等業務指針に基づくルール

※ 2 九州全体の自家発（自家消費分のみ）を除く火力（混焼バイオマス含む）が対象

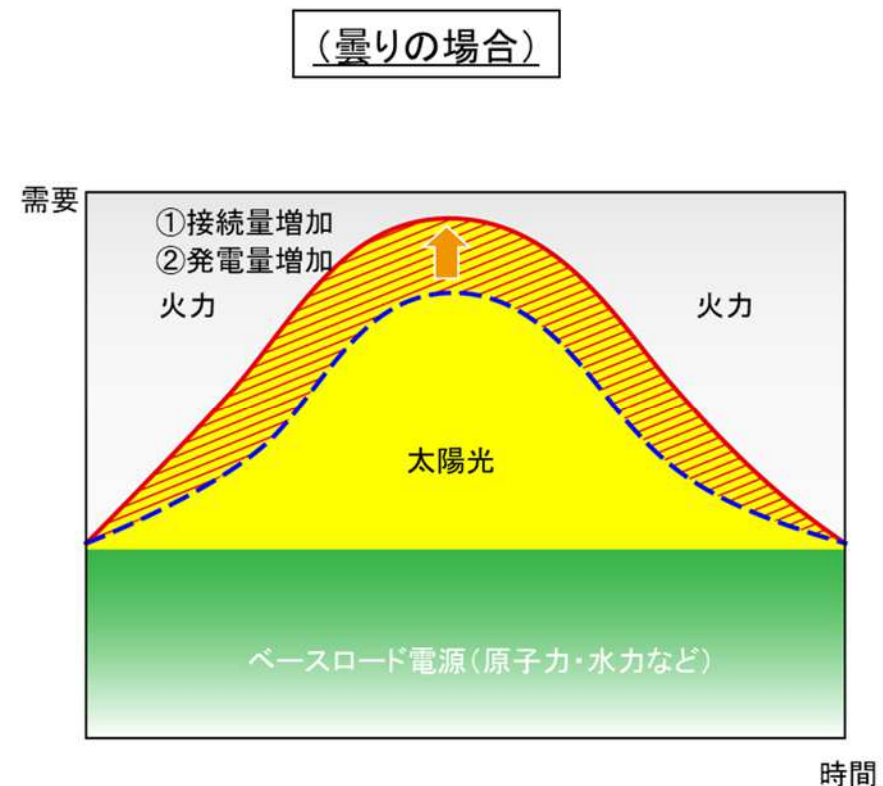
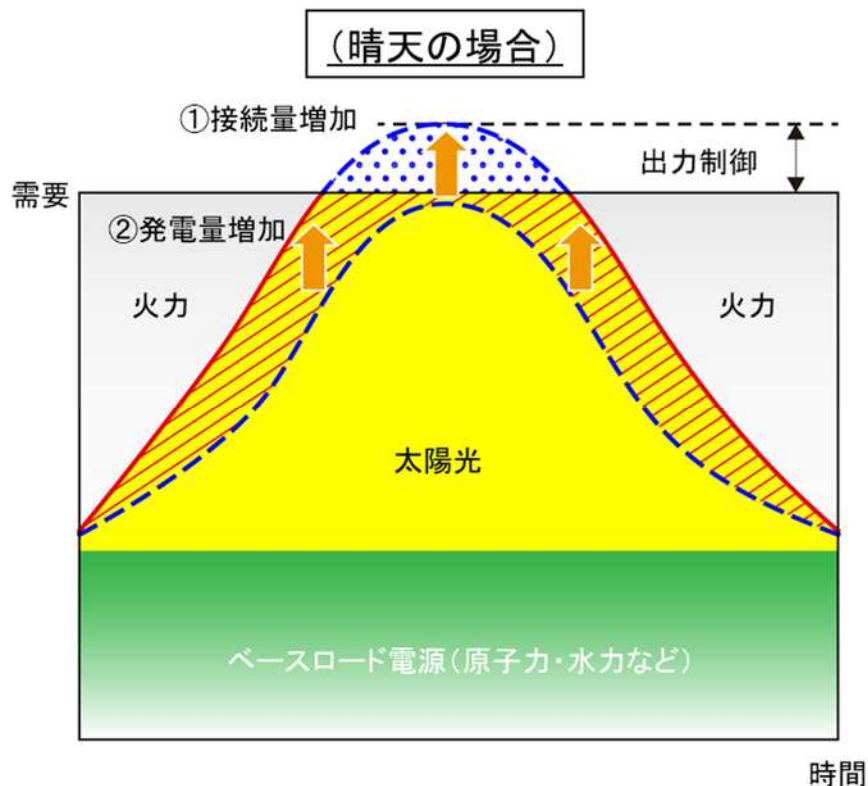
- 九州本土においては、2018年10月13日に初めて再エネ出力制御を実施して以降、2022年10月末までに計275回の出力制御を実施。

【再エネ出力制御実績（太陽光）】

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年10月 まで
太陽光接続量	853万kW	944万kW	1,029万kW	1,091万kW	1,127万kW
出力制御日数	26日	74日	60日	82日	33日

- 太陽光の接続量（下図①）を増やすと、晴天時などに一時的に出力制御が必要になるが、接続量を増やした結果として、赤い斜線の分（下図②）だけ太陽光の発電量が増加。同じように、曇りの場合でも、赤い斜線の部分だけ発電量が増加。

⇒ **出力制御の仕組みを入れることで、接続量を増やすことができ、全体で見れば太陽光による発電量が増加**

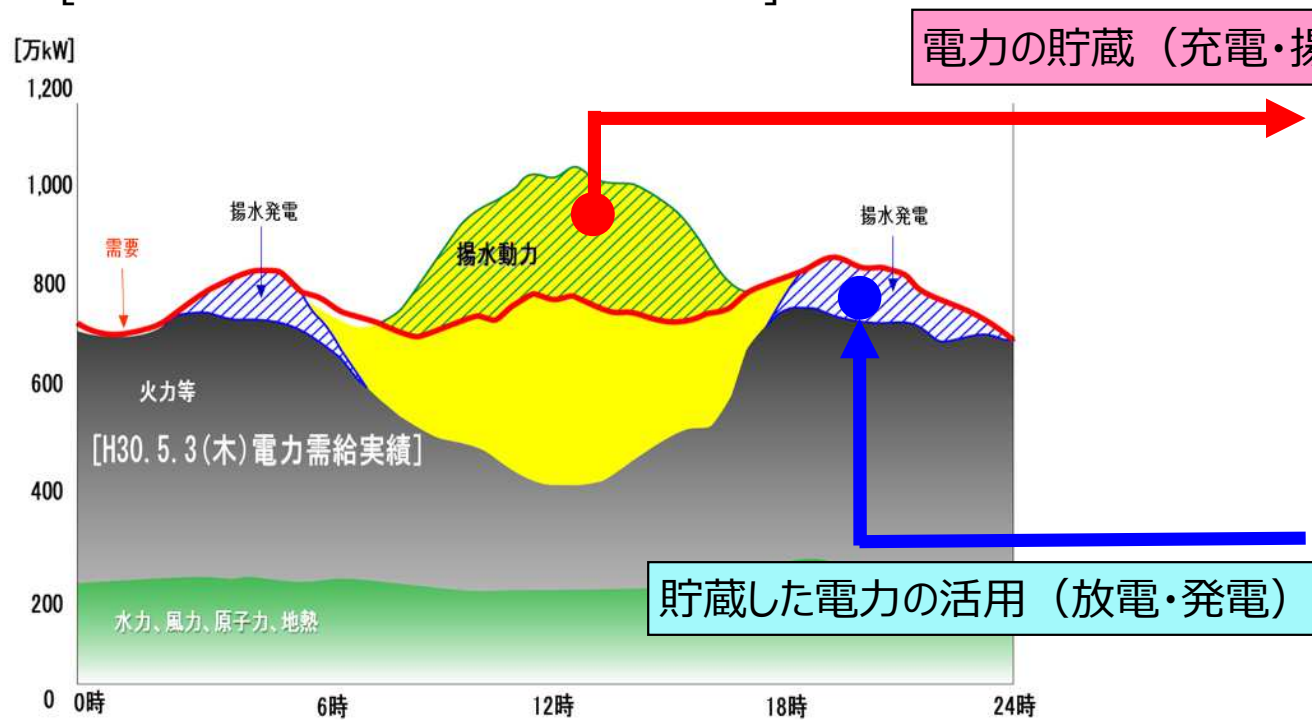


- 九州エリアにおいては、再生可能エネルギーからの発電量が多く、出力制御が必要な状況となっているが、大容量蓄電池の活用や関門連系線の送電可能量拡大などの既存の取組みに加え、運用面での工夫を重ねており、再生可能エネルギーを最大限活用している。

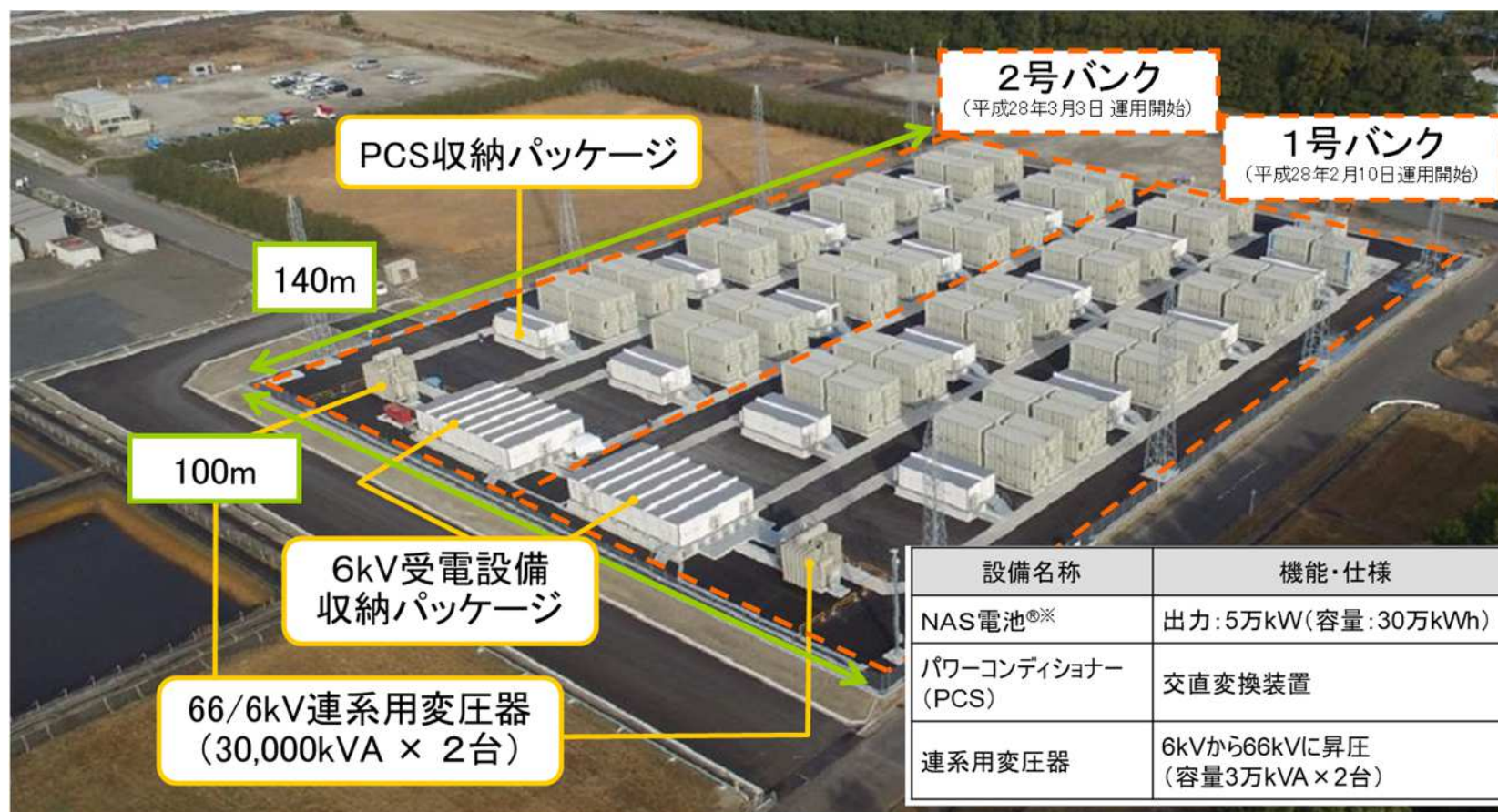
取組み事項	取組み内容
大容量蓄電池・揚水式水力発電所の活用	大容量蓄電池やエリア内の揚水式水力発電所を最大限活用（余剰供給力の吸収）
関門連系線の最大活用	余剰供給力を九州エリア外に送電するための地域間連系線（以下、関門連系線）を最大限活用するよう、送電上限値となる運用容量を拡大
火力等の出力抑制	余剰供給力を抑制するため優先給電ルールに基づき火力等の出力抑制を最大限実施。出力抑制に対しては各発電所の設備実態や需給運用面などを確認したうえで最大限抑制
太陽光発電の発電予測精度向上	出力制御指令を可能な限り最小化するため、需給計画に影響の大きい太陽光発電の発電予測精度向上に向け、さまざまな取組みを実施
オンライン化の推進	オンライン制御の発電所は、実需給に応じた直近での指令が可能であり、出力制御量の最小指令ができるため、オフライン発電所の事業者に対し、発電所のオンライン化を推奨
オンライン代理制御の導入	オンライン発電所に経済的補償を行うことで、オンライン発電所のみで出力制御を行う方法を2022年12月（九州エリア）に開始する予定

- 太陽光発電が最大出力となる昼間帯に発生する余剰供給力を蓄電池に充電したり、揚水運転により電気エネルギーを位置エネルギーに変換して確保するなど、**余剰供給力対策**を行っている。

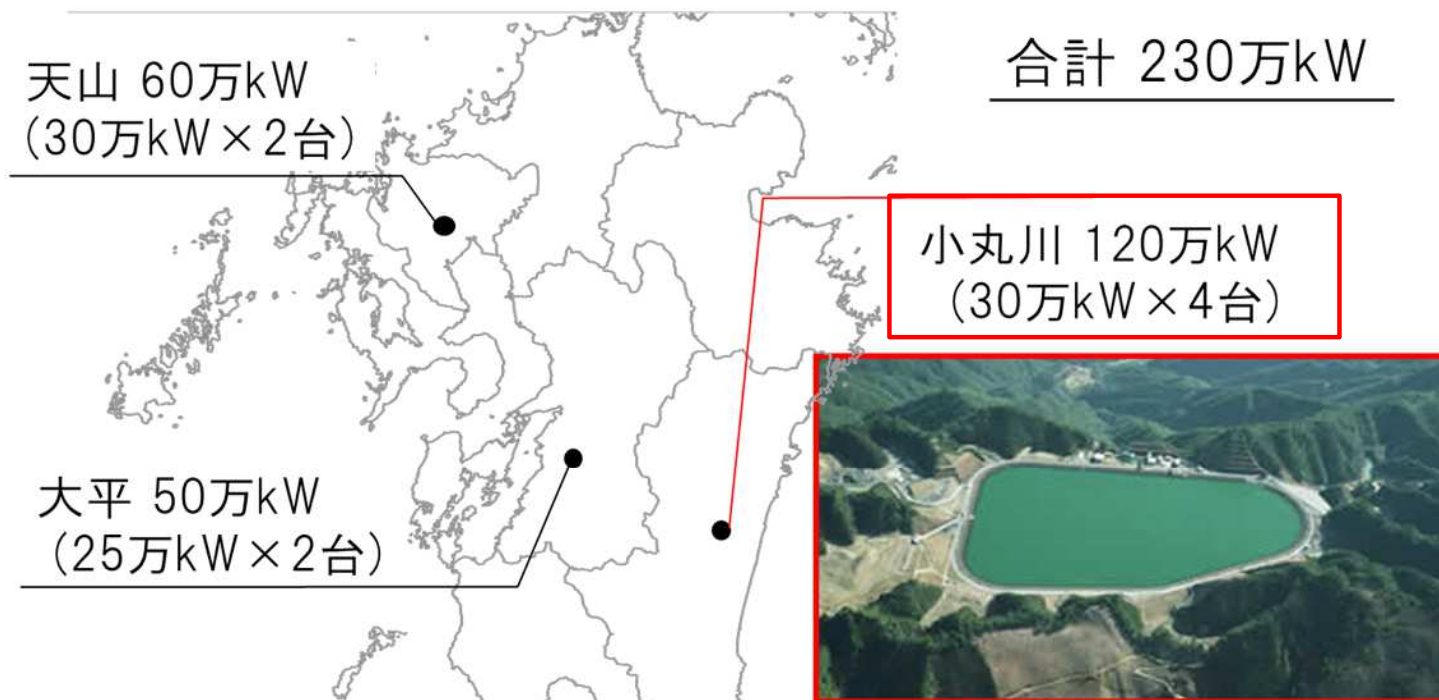
[大容量蓄電システム・揚水発電運用事例]



- 国の「大容量蓄電システム需給バランス改善実証事業」を受託し、日本最大級の大容量蓄電システム（5万kW、30万kWh）を備えた豊前蓄電池変電所を設置。
- 主に太陽光出力が最大となる昼間帯において「充電」を行い、需要が大きい点灯帯などに「放電」を行うなど、計画的な充放電運転を行い、翌日の充電を確実に行うように運用している。



- 九州エリアには揚水発電所が3箇所あり、発電／揚水容量は 230万kW／ 253万kW。
- 太陽光発電の導入増加に伴い、蓄電池の充電と同じ機能である揚水運転（下池から上池に水を汲み上げる）を昼間帯に多く行っている。



【参考】昼間・夜間帯の揚水回数の推移

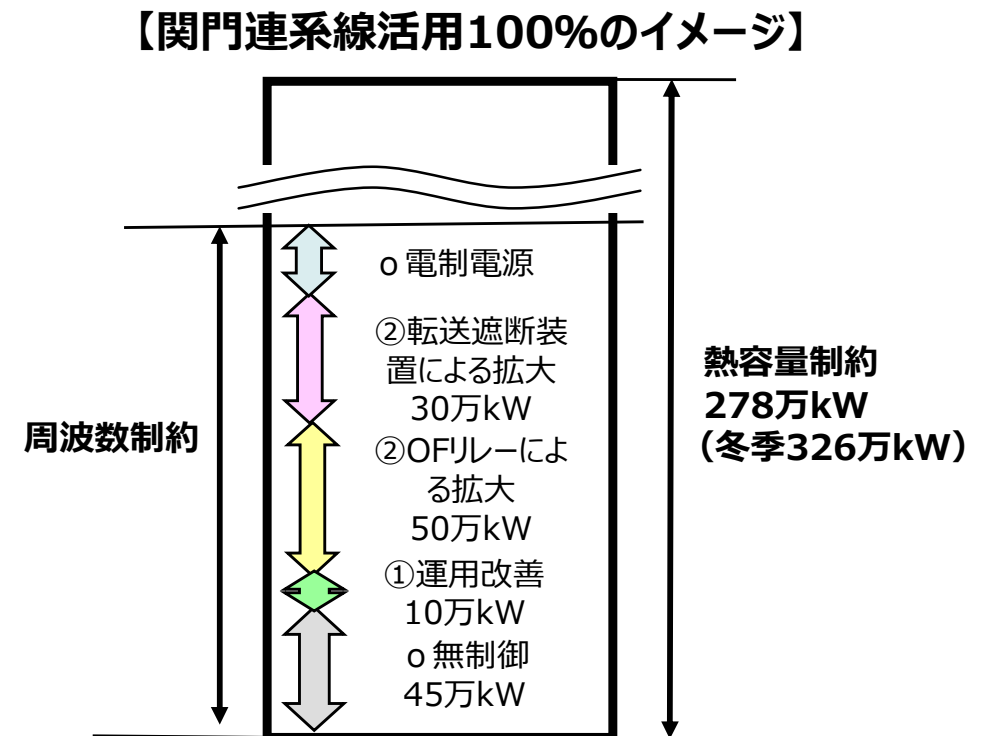
	2012年度	2016年度	2019年度	2020年度
九州本土の太陽光連系量 (年度末実績)	111 万kW	697 万kW	944 万kW	1,029 万kW
昼間帯の揚水回数	66 回	969 回	1,980 回	1,872 回
夜間帯の揚水回数	748 回	487 回	706 回	599 回

- 関門連系線を経由して他エリアへ送電する上限値（＝運用容量）は、設備の熱容量又は周波数限度から算出。**周波数限度値から求まる運用容量について、様々な取組みを行うことで順次、拡大している。**

運用容量拡大方策		拡大容量	取組み時期
① 運用容量算出の細分化		+10～30万kW	2017年
②九州エリアの周波数上昇に対する新たな対策の導入	OFリレーの活用	+50万kW	2017年
	転送遮断システムの導入	+30万kW	2019年

① 運用容量算出の細分化

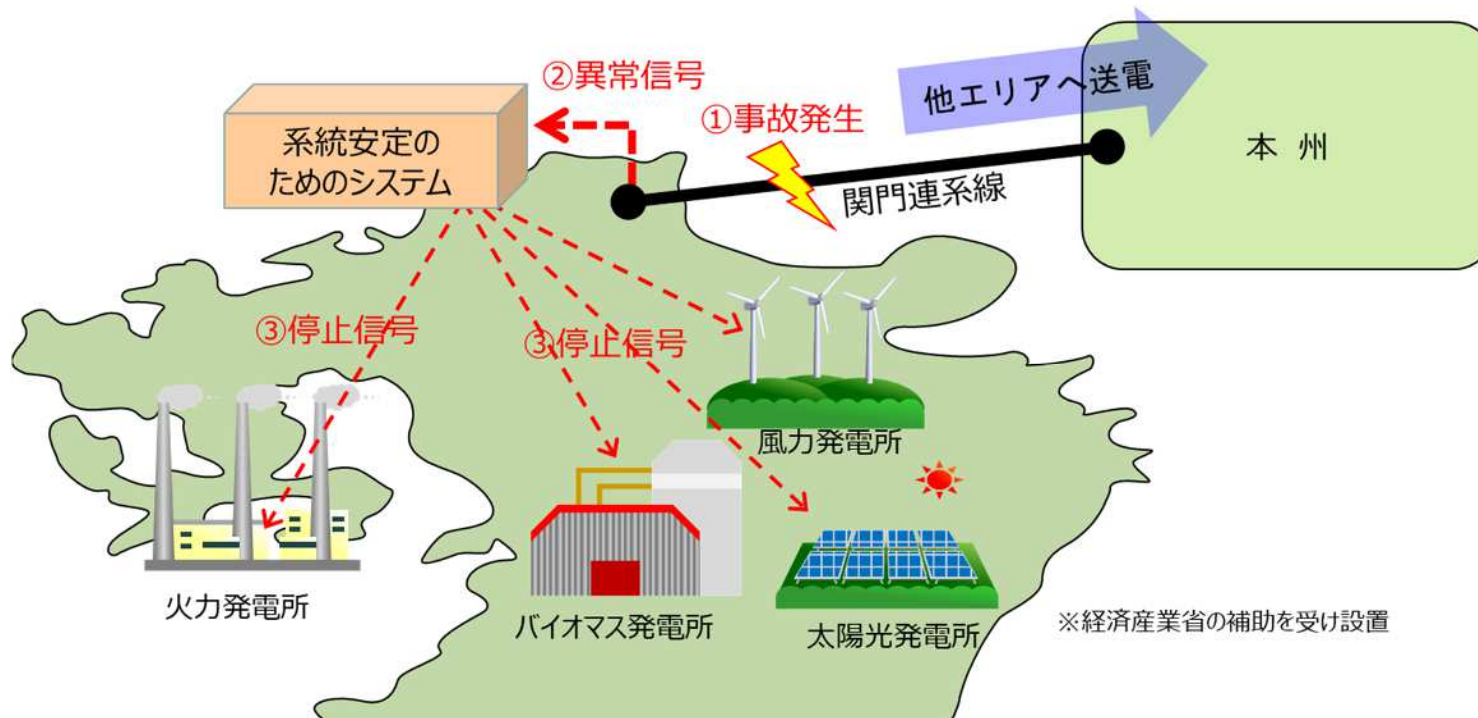
- ・ 周波数上昇側の運用容量のうち、無制御分（45万kW：年間一定）を計画断面の需要に応じて細分化することで、30分毎の運用容量を10～30万kW拡大。



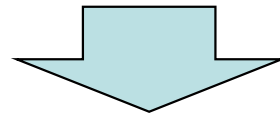
② 転送遮断システム等による電源制御量確保

- ・関門連系線の2回線事故が発生した場合、九州エリアでは供給力過剰となり周波数が上昇することから、火力発電所を瞬時に停止することでバランスを維持。
- ・再エネ出力増加に伴い、瞬時に停止する火力発電所の出力が確保できないことから、関門連系線の運用容量が減少していたが、火力発電所に代わり、バイオマスや再エネ（水力・地熱・太陽光・風力）などをOFリレーや転送遮断システムにより瞬時に停止する対策を行うことで運用容量の増加を実施。

[転送遮断システムの概要]



- 需給運用における周波数調整機能を確保したうえで、設備実態に応じて火力等の出力を最大限抑制し、九州エリアの余剰供給力を最小化している。
- 電源Ⅲやバイオマスのうち、運開直後で最低出力が50%以上となっている発電所に対しても、数年かけて分析を行い、50%まで抑制（毎年最低出力を協議しており、3発電所が50%抑制に移行）

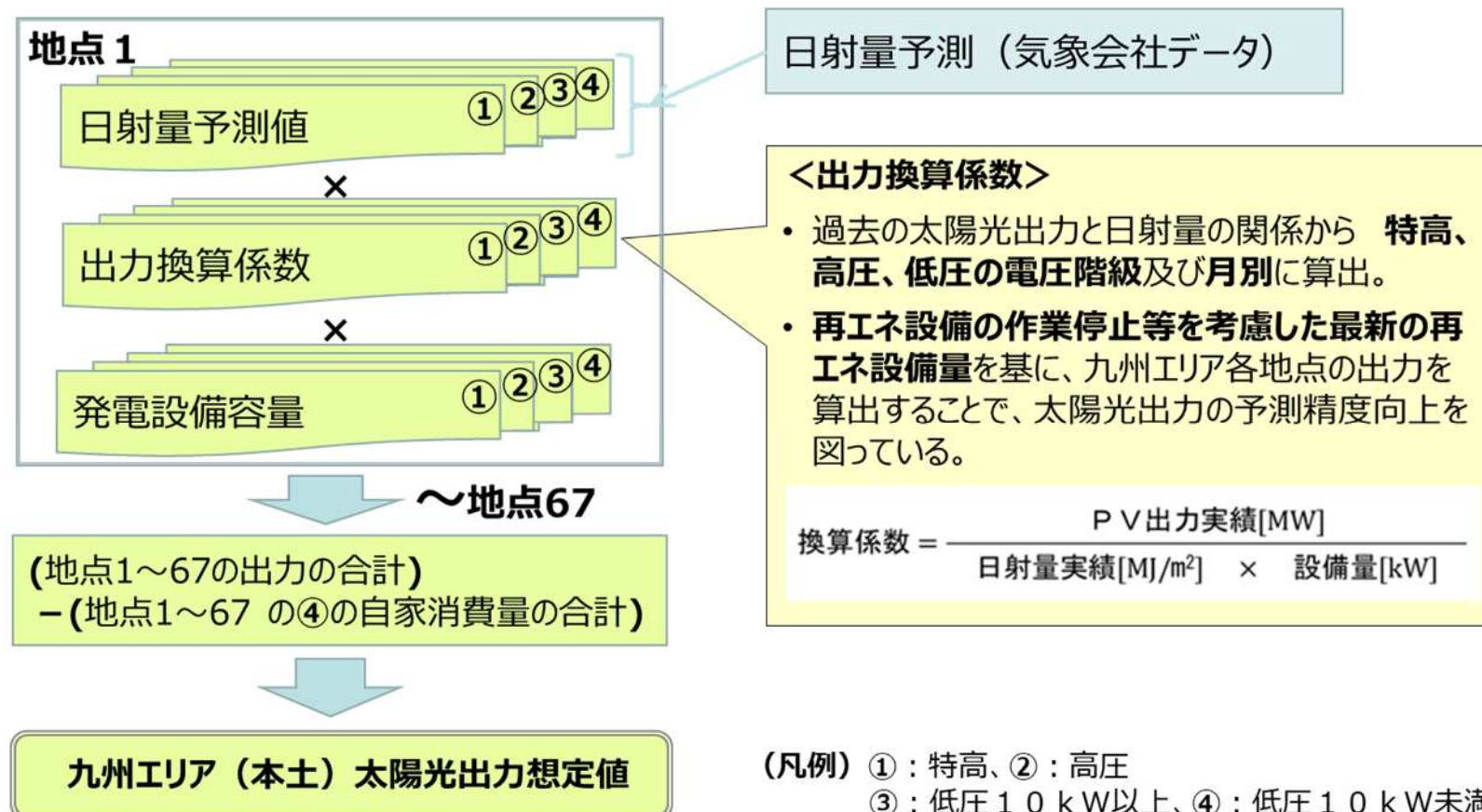


これらの対策を行ってもなお、九州エリアに余剰供給力が発生する場合に再エネ出力制御を行うことになる

- 再エネ出力の予測精度の向上は、正確な需給計画の作成及び運用に必要であり、その精度は**再エネ出力制御の要否の判断や必要制御量の算出にも大きく影響**することから、当社は前日計画段階から当日運用それぞれについて、精度向上を図っている。

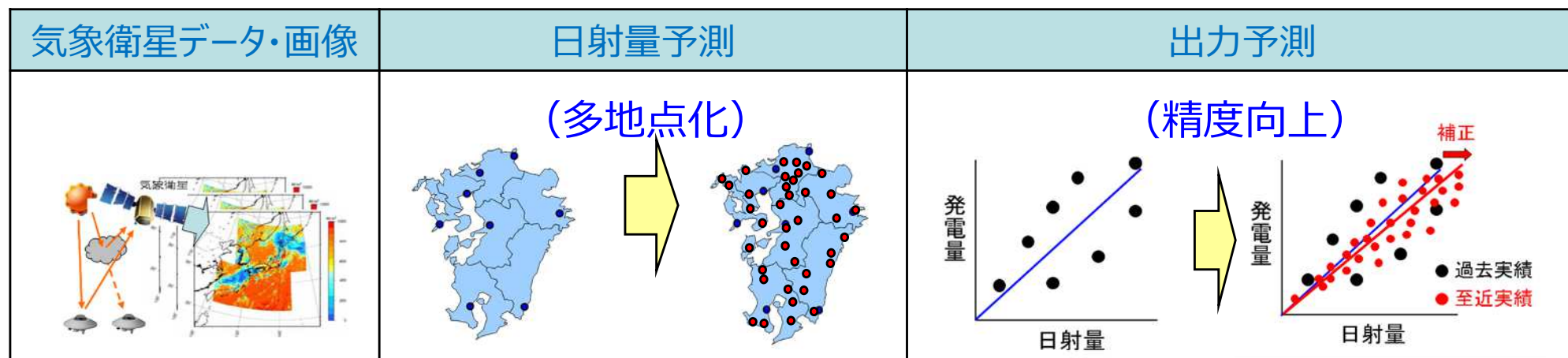
検討断面	適用予測	使用用途	精度が低い場合の影響
前日計画 策 定	短期間 予 測	- 翌日の太陽光出力予測、翌日需給バランスに反映し、 ➢ 他エリアへの送電量の算定 ➢ 再エネ出力制御量の算定 ➢ オフライン事業者への出力制御の指示 など に使用	〔実需給断面での上振れ時〕 - 供給力が過剰となり周波数が上昇するため緊急的な再エネ出力制御等が必要 〔下振れ発生時〕 - 前日指示のオフライン制御の不要制御
当日の 需給運用	短時間 予 測	- 数時間先の太陽光出力を予測、都度、需給バランスに反映し、 ➢ 火力等による需給調整 ➢ オンライン事業者への出力制御の実行 など に使用	供給力が過剰となる場合は再エネ出力制御が必要となるが、一定の制御遅れがあるため数時間先の予測精度の向上が重要

- 気象会社等から提供される日射量のエリア細分化予測値、過去の実績を基にした電圧別・月別の出力換算係数、および最新の発電設備容量を基に、九州エリア（本土）の出力を想定。
- 太陽光出力の予測精度向上には、日射量予測精度の向上が大きく影響。



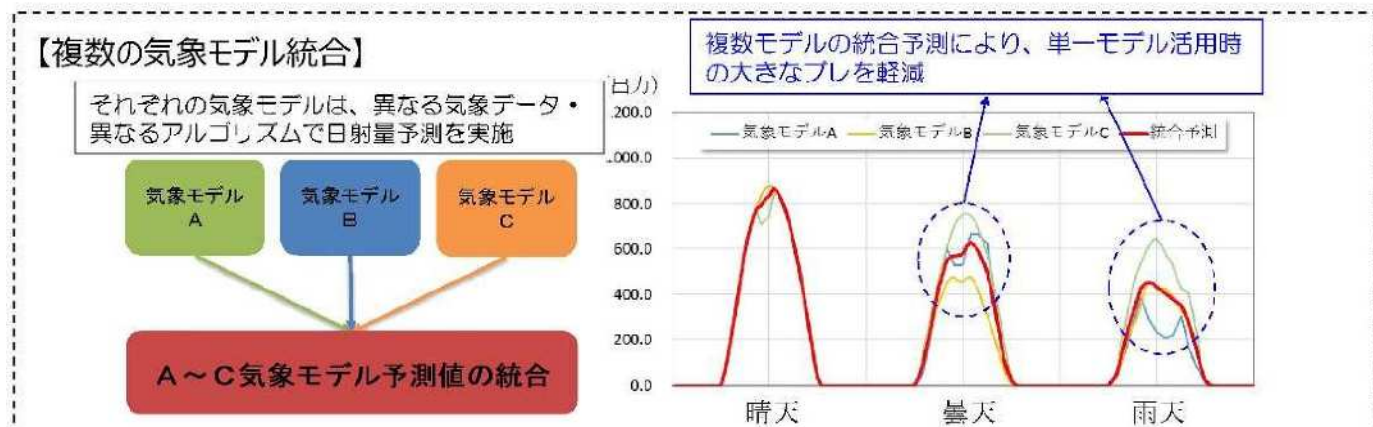
(1) 太陽光出力予測の予測地点追加による精度向上

- 従来は、気象会社の日射量データを活用し、県単位（8箇所）で太陽光の出力を予測していたが、2019/3から予測地点を追加（8箇所→67箇所）し、予測精度を向上。



(2) 短期間予測（前日計画）の精度向上

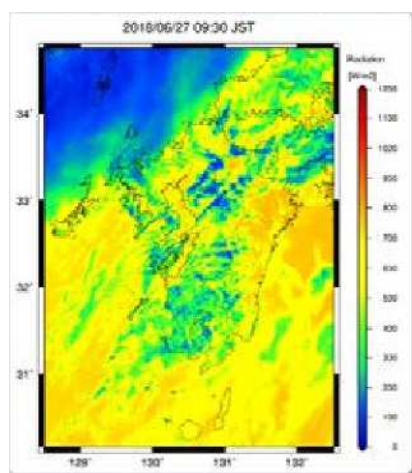
- 当初、単一の気象モデルをベースとした予測を行っていたが、モデルの持つ不完全性により誤差が発生。複数の気象モデルを統合し、個々のモデルが持つ不完全性を相殺し、予測精度を向上。



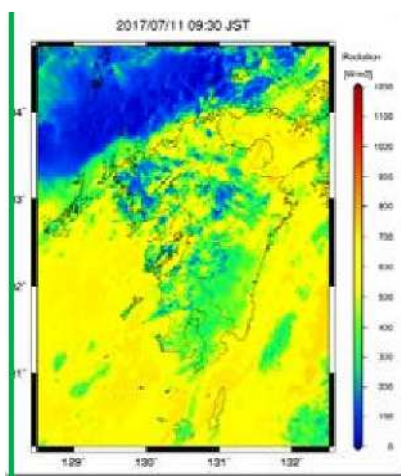
(3) 短時間予測（当日の需給運用）の精度向上

- 計算手法が異なる3社の太陽光出力予測モデルを使用し、更に衛星画像を用いることで数時間先の予測精度を向上
- 各モデルは、天候により予測精度に差があり、それぞれの特色(強み、弱み)があることから、**各社の特色を考慮し、加重平均化（合成化）**することによる予測算出機能を検証中。
- 予測方法は、以下のとおり。
 - ①過去の日射予測画像から類似日を選定
 - ②選定日の3社予測実績から、予測精度を順位付け
 - ③3社予測を、精度が高い順に重み付けを行い、合成の太陽光出力予測を算出

〔当日日射予測〕



過去の日射予測
の類似日を選定

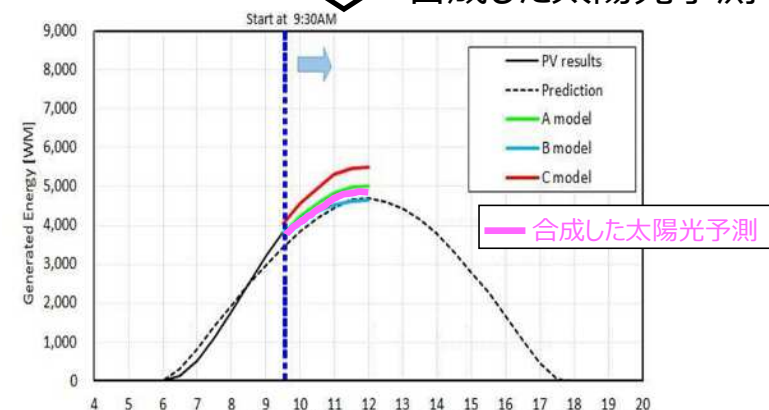


過去の類似日における太陽光実績と
3手法の日射予測を比較し、誤差量に
応じて、当日の各日射予測に重み付け

誤差に基づく重み（例）

A社	B社	C社
50%	30%	20%

合成した太陽光予測



(4) アンサンブル予測手法の活用（前日計画に見込む予測誤差量の低減）

- オフライン制御は前日の需給バランスに基づく前日指令であることから、一定の予測誤差を反映した制御量算出となる。
- この予測誤差量は、当初過去の最大誤差実績を用いていたが、気象状況により、例えば晴れの日は比較的誤差は小さく、くもりなど気象の変化が大きい場合は誤差が大きくなることから、気象状況に応じた誤差量としてアンサンブル予測を活用し、前日段階でのオフライン制御量の低減を図っている。（NEDO実証により更なる精度向上検討中）

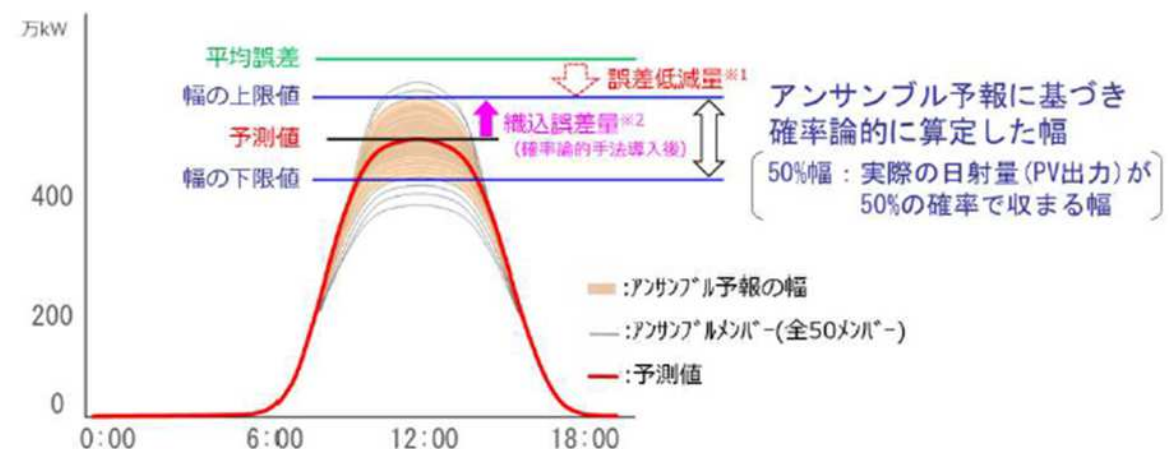
[アンサンブル予測手法の概要]

- ・気象予測会社より受領する、需給日の気象条件に雲の配置、厚さ、風向きなどに僅かなバラつきを考慮した50ケースの日射量予測結果（アンサンブル予報）をもとに、確率論的に算定した幅を設定し、誤差量を算定

【各出力帯における最大誤差量】 [万kW]

出力帯 (最大出力に対する出力率)		4月の最大 誤差量
		太陽光
高出力帯	(90%～)	47
中出力帯 1	(67.5%～90%)	178
中出力帯 2	(45%～67.5%)	291
低出力帯 1	(22.5%～45%)	351
低出力帯 2	(～22.5%)	167

【確率論的手法の活用イメージ】



- オンライン制御は、**実需給の1～2時間前に制御することが可能**であり、最新の再エネ出力予測に基づき、出力制御の必要性、必要量を判断している。このため、再エネ出力制御量を低減するためには、前日指令のオフライン制御ではなく、**当日制御が可能なオンライン制御を主体とすることが効果的**であり、積極的に推進している。
- 当社は、オフライン事業者様に発電所のオンライン化を促すよう、メール発信や個別訪問等によりオンライン化のメリット説明を継続的に実施。その結果、オフライン太陽光399万kWの約66%（265万kW）がオンラインへ切替。（2022年3月末実績）

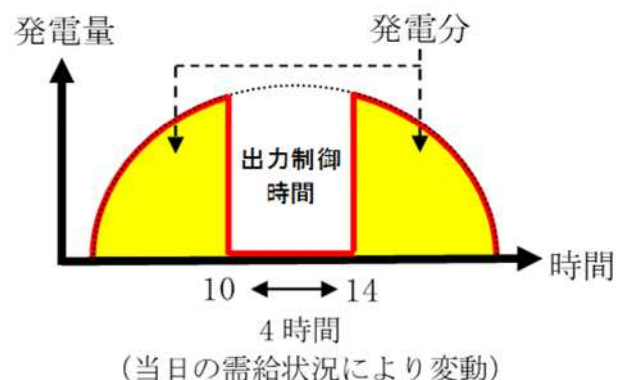
【オンライン化の状況】

	2020年9月末	2021年7月末	2022年3月末
オンライン切替率	26.4%	50.8%	66.3%

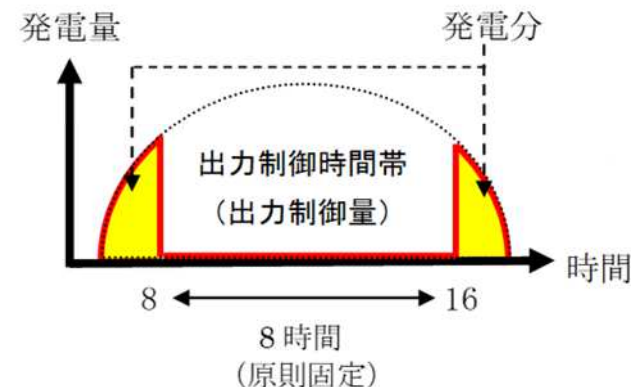
【オンライン化のメリット】

- オンライン発電所は、実需給に応じた直前での指令が可能のため制御時間を短縮可能

【オンライン発電所の出力イメージ】

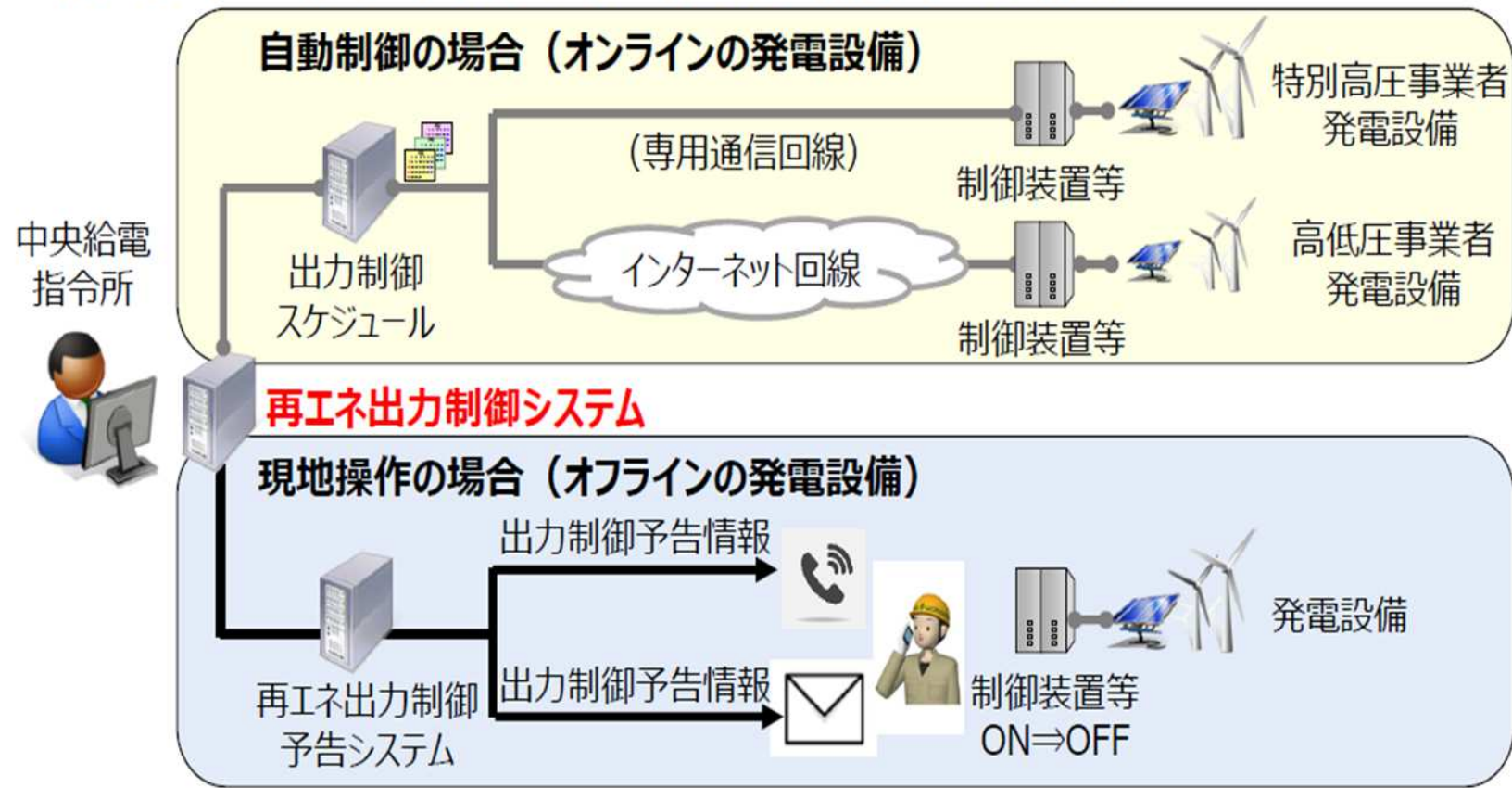


【オフライン発電所の出力イメージ】



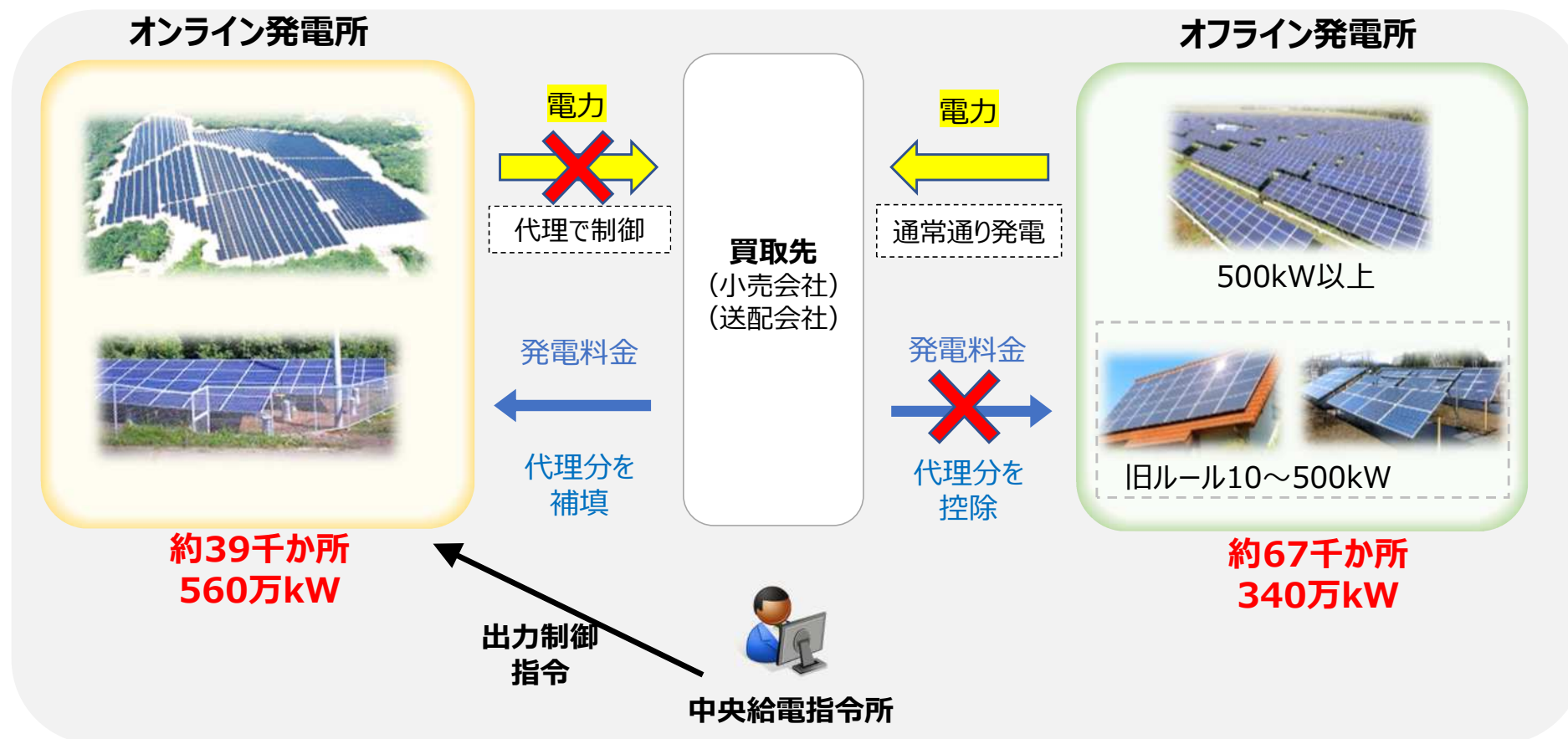
【再エネ出力制御のシステム構成（イメージ）】

- **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）



出典：送配電網協議会HP

- これまで、オフライン発電所とオンライン発電所に、制御機会の公平性を考慮した出力制御指令を行っていたが、**当日の需給状況に応じて柔軟に出力制御・解除可能なオンライン発電所での制御を基本とし、オフライン事業者とオンライン事業者間で経済的補償を行う仕組み（精算における公平性確保：オンライン代理制御）を導入予定（九州：2022年12月運用開始）**



【オンライン代理制御の効果】

- オンライン代理制御の導入により、出力制御量が約 **2 割程度低減** すると見込んでいる。

- 再エネ出力制御を指示した際には従来の出力制御の制御必要量や制御実績（左下図）に加えて、ルール区分別の出力制御指示回数及び経済的補償を考慮した回数分かる内容（右下図）についても随時HPに公表予定。

(https://www.kyuden.co.jp/td_power_usages/pc.html#saiene)

【再エネ出力制御見通し・実績公表資料（抜粋）】

対象エリア：九州エリア 本土
2022年度実績
〔10月10日現在〕

通し番号 (注1)		49	
出力制御内容	発信日	09/30(金)16時頃 (前日指示)	10/01(土)実績 (速報)
	再エネ出力制御期間	10/01(土) 8時00分～16時00分	
	最大余剰電力発生時刻	12時00分 5 12時30分	出力制御なし
	再エネ出力制御量	0%～36	
予想需給状況 (注6)	エリア需要 (注2) ①	888	1,011
	大容量蓄電池の充電・揚水運転 (注3) ②	258	104
	域外送電 (注4) ③	194	194
	小計	1,340	1,309
	供給力 (注5) ④	1,376	1,309
	(再掲)再エネ出力	(865)	(808)
再エネ出力制御必要量 (⑤=①+②+③-④) ⑤		36	0

【再エネ出力制御回数公表資料（抜粋）】

オンライン代理制御導入後（2022年12月～）の公表様式

日付	再エネ区分/ルール区分/電圧階級				1発電所あたりの制御回数			
					当日制御回数		累計制御回数	
					制御実行回数	代理制御考慮後の回数	制御実行回数	代理制御考慮後の回数
	太陽光	旧ルール	特高及び 高圧500kW以上	オフライン	0回	0.4回相当	0回	6回～7回 相当
				オンライン	0.6回		12回～13回	
			高圧500kW未満 低圧10kW以上	オフライン	－		－	
				オンライン	0.6回		12回～13回	
		無制限無補償ルール (低圧10kW以上)			0.6回		12.5回相当	
		風力	旧ルール 新ルール	オフライン	1回		/	
	オンライン			1回	6回			
	無制限無補償ルール (低圧10kW以上)			0.6回	6回相当			

- 当社は、これまで再エネ出力制御を可能な限り回避するため、運用方法の見直しも含めて様々な取組みを行ってきました。
- 情報発信につきましても、出力抑制の根拠となる情報や、制御回数実績等の情報の公開を行ってまいりました。
- 今後も公平性・透明性を確保した業務運営を行っていく所存ですので、引き続き、ご理解、ご協力のほどをよろしくお願いいたします。

- 九州エリアにおいては、2020年以降、九州南部の広い範囲において、照明のちらつきを引き起こす事象(電圧フリッカ)が発生。電圧フリッカは、**太陽光発電用パワーコンディショナー(PCS)から注入される無効電力が主な要因**であり、その対策として**PCSの設定変更を実施**。
- 具体的には、関係機関と連携し、太陽光発電協会様、発電事業者様、PCSメーカー様にご協力をいただきながら、**PCSの設定変更の対象エリアを拡大しながら進めている**。
- 九州南部以外のエリアにおいても、同事象が発生する可能性があるため、**関係者の皆様には引き続き、PCS設定変更へのご協力をお願いしたい**。

(参考) 九州南部におけるPCS設定変更実施状況 (2022年3月末現在)

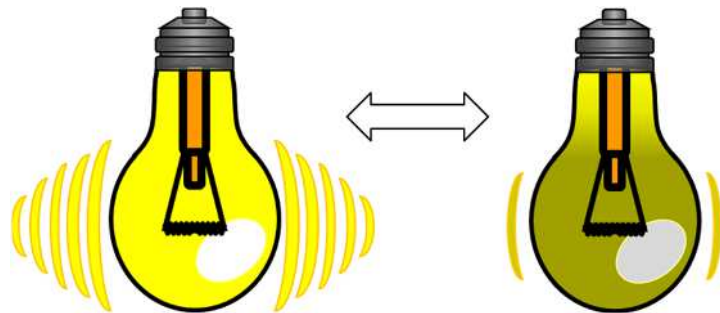
電圧階級	対策エリア	設定変更 依頼量	変更済量
特高	九州南部全体 (2020.4～)	813MW (37件)	794MW:98%
高圧	先行対応エリア (2020.7～)	363MW (365件)	361MW:99%
	<u>拡大エリア※ (2022.3～)</u>	625MW (665件)	114MW:18%
低圧 10kW 以上	先行対応エリア (2020.10～)	136MW (1,766件)	74MW : 54%
	<u>拡大エリア※ (2021.4～)</u>	58MW (354件)	45MW : 78%

※ 2022年2月以降、一旦収束していた電圧フリッカの再発に伴い、PCS設定変更エリアを拡大（低圧10kW以上：低圧10kW以上のうち低圧敷地分を記載）



- 電圧フリッカとは、電線路の電圧が繰返し変化することで、照明のちらつきを引き起こす現象。
(感電等の保安面の問題はなく、停電は発生しない)
- 太陽光発電導入量の多いエリアでは、太陽光発電用パワーコンディショナー（PCS）から発生する無効電力の影響により、電圧フリッカが発生。その対策としては、原因となる無効電力低減のために、**PCSの設定変更が有効**。

【照明のちらつき（電圧フリッカ）発生】



- 電圧フリッカについては、電事連、JEMA（日本電機工業会）、JPEA（太陽光発電協会）で原因の究明を進め、**太陽光用PCSに備えられている単独運転検出機能（新型能動的方式）から電線路へ注入される無効電力が原因**であることが明らかになった。

【資源エネルギー庁の周知文書】

2020年5月26日

九州電力送配電エリアにおけるPCSを用いた発電設備を有する発電事業者の皆さま

経済産業省 資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギー課

電気の電圧及び電力品質を維持するために必要な発電事業者の協力について

今般、九州電力送配電株式会社（以下、九州電力送配電）の一部エリアにおいて、再生可能エネルギー発電比率が高い昼間帯に電圧フリッカと呼ばれる「照明がちらつく現象」が確認されております。

これまで、九州電力送配電では電圧フリッカ発生抑制のため、新型能動的方式による単独運転防止機能を有する10kW以上の低圧太陽光PCSを対象として設定変更を進めることとしており、九州電力送配電より対象となる設備を有する発電事業者に対して協力を求め、対応してきたと報告を受けております。

一方、今般九州電力送配電エリアで確認された電圧フリッカは、これまでとは異なる変動周期で発生しているため、原因究明を行い、対象となる単独運転検出方式を拡大するなど、更なる対策を実施する必要があると九州電力送配電から求められております。

「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則」第5条第1項第4号においては、認定基準として、再生可能エネルギー発電事業者は、電力会社から、当該電力会社はその供給する電気の電圧及び周波数の値を維持するために必要な範囲で、当該再生可能エネルギー発電設備の出力の抑制その他の協力を求められたときは、これに協力するものであることが規定されています。

また、「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」第2章第2節第2条においては、再生可能エネルギー発電設備等を連系する場合であって、出力変動や頻繁な並解列による電圧変動（フリッカ等）により他者に影響を及ぼすおそれがあるときは、発電設備等設置者において電圧変動の抑制や並解列の頻度を低減する対策を行うものとして記されております。

ついては、九州電力送配電管内でPCSを用いた発電設備を有する発電事業者においては、九州電力送配電からPCSに関する調査及び対策等の協力を求められた際にはこれに協力する義務があることをご認識いただき、適切に対応いただく必要がございます。

以上