

系統制約の解消に向けて

資源エネルギー庁
平成 27 年 11 月 11 日

系統制約の解消に向けて

目指すべき方向性：「再生可能エネルギーの最大限の導入と国民負担の抑制の両立」

→系統整備・運用ルールの特明確化を通じた、効率的な再生可能エネルギーの導入拡大

1. 課題

●ハード面での課題

(1) 基幹系統整備

- 系統整備の全体像提示
- 効率的な系統整備による国民負担の抑制

(2) ローカル系統制約

- ローカル系統の増強手続きの特明確化
- 地熱等の再生可能エネルギー導入における障害の除去

●ソフト面での課題

(3) 系統運用・出力制御ルールの整備

- エリアを越えた再生可能エネルギー導入の促進
- 出力制御の公平性・透明性・予見可能性の確保

(4) 系統安定化コストの適正な負担

- 再生可能エネルギー調整コストの適切な負担

2. 対応の方向性

(1) 基幹系統整備

- ①長期方針の策定
- ②設備形成ルールの整備
- ③費用負担ガイドラインの整備 等

(2) ローカル系統制約

- ①系統情報公表ルールの整備
- ②入札募集ルールの整備
- ③接続申込ルールの見直し 等

(3) 系統運用・出力制御ルールの整備

- ①優先給電ルールの見直し
 - ・広域的な系統運用
 - ・送配電事業者買取
- ②出力制御の公平性確保 等

(4) 系統安定化コストの適正な負担

- ①系統安定化コストの具体的な特定方法及び負担の在り方を検討 等

(5) 研究開発

- 出力予測精度の高度化
- 遠隔制御技術の高度化
- 蓄電池技術の高度化 等

(参考) 電力広域的運営推進機関の概要

- ① 「電力広域的運営推進機関（以下、広域機関）」は、電力システム改革の第1弾として、本年4月に設立され、広域的運営の拡大によって、我が国の電力供給における3E+Sの実現に貢献。
- ② 広域機関の会員は全ての電気事業者で構成され、総会では、小売、送配電、発電の3つ事業者カテゴリ間で公平になるよう、3グループの議決権の総数を等しく配分予定。

名称	「電力広域的運営推進機関」（広域機関）
設立	平成27年（2015年）4月1日
理事長	金本 良嗣
業務内容	<ul style="list-style-type: none">● 需給計画・系統計画を取りまとめ、周波数変換設備、地域間連系線等の送電インフラの増強や区域（エリア）を超えた全国大での系統運用等を図る。● 平常時において、送配電事業者による需給バランス・周波数調整に関し、広域的な運用の調整を行う。● 災害等による需給ひっ迫時において、電源の焚き増しや電力融通を指示することで、需給調整を行う。● 中立的に新規電源の接続の受付や系統情報の公開に係る業務を行う。 等
各種委員会等	広域系統整備委員会（広域系統長期方針、広域系統整備計画に係る検討） 調整力等に関する委員会（調整力や連系線マージンの今後の在り方を検討） 運用容量検討会（連系線の運用容量算出における前提条件等を検討）

- ① 広域機関は、広域運用の観点から、全国大での広域連系系統の整備及び更新に関する方向性を整理した**長期方針の策定を検討中**。**平成27年度中に、策定にあたっての基本方針をとりまとめる予定**。
- ② このため、現在、長期エネルギー需給見通しを踏まえ、**地域毎の風力発電や太陽光発電等の電源導入に関するシナリオを設定し、将来の広域系統の電力潮流シミュレーション**を実施中。
- ③ シミュレーション結果等を踏まえ、今後、**広域連系系統の増強コスト等を比較検討し、長期エネルギー需給見通しの導入量の実現や再エネ導入拡大が円滑かつ低廉なコストで実現する長期方針を策定し、これに基づき、広域系統の整備を進める**。

広域系統長期方針の策定に向けた検討の進め方

【検討事項】

- 長期エネルギー需給見通しの電源構成を低廉なコストで実現可能な広域連系系統の整備案を検討する。

【主な課題】

- 風力発電及び太陽光発電は、エリアの下げ代不足や調整力不足等により周波数や需給運用などへ影響を及ぼす。
- 風力発電（陸上風力）の適地は、北海道及び東北エリアに偏っている。

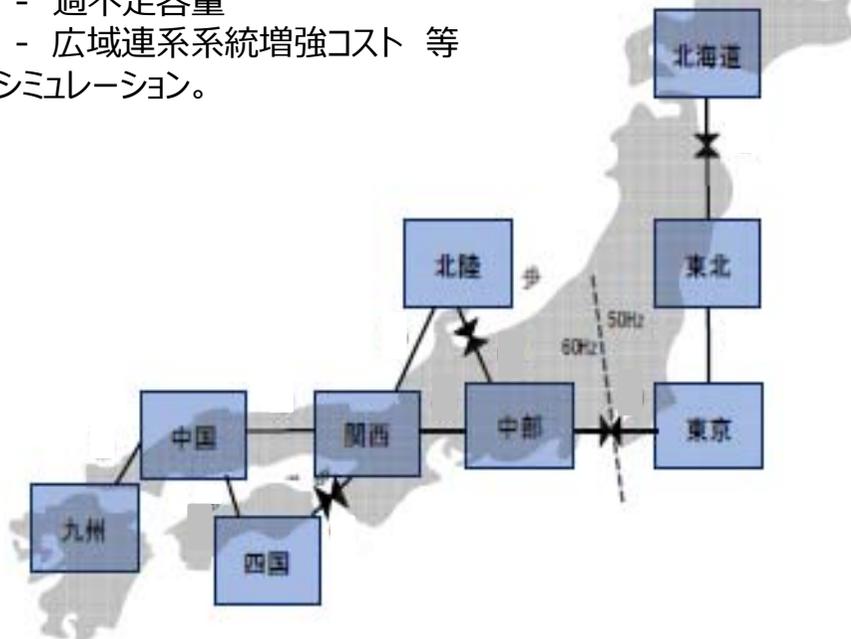
【アプローチ】

- 長期エネルギー需給見通しを踏まえた電源のシナリオを設定し、広域連系系統の電力潮流シミュレーションを行い、将来のエリア間の潮流状況を把握する。
- 長期エネルギー需給見通しの導入量を実現可能な広域連系系統の増強コスト等を比較検討する。

(第4回広域系統整備委員会資料より(平成27年8月) 資源エネルギー庁作成)

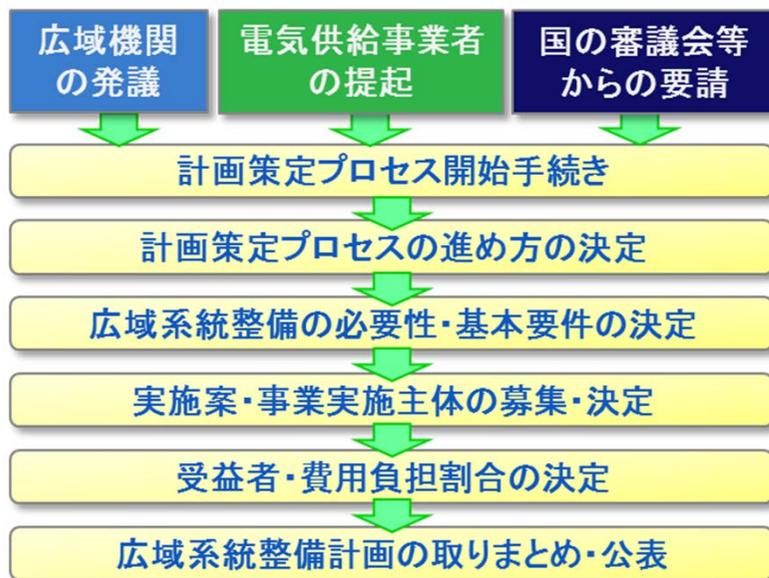
広域系統電力潮流シミュレーションのイメージ

- 地域毎の風力や太陽光発電等の電源導入シナリオを策定し、
- 電力潮流
 - 過不足容量
 - 広域連系系統増強コスト 等をシミュレーション。



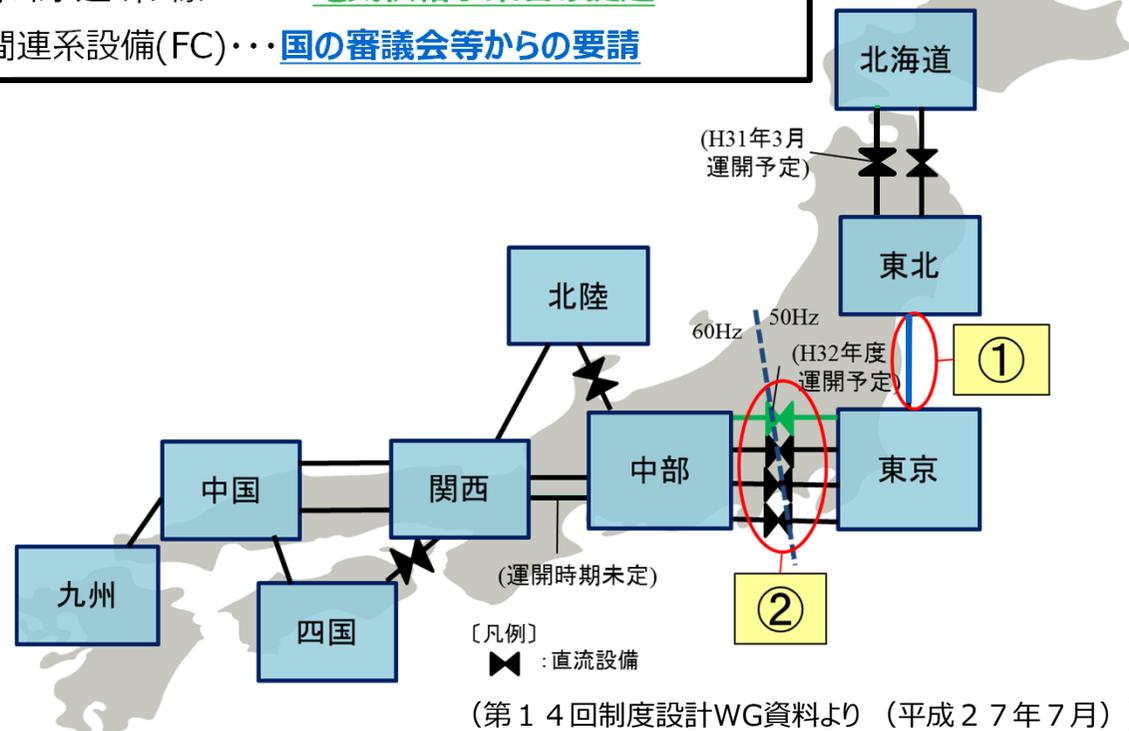
- ① 広域機関は、長期方針等を踏まえ、広域運用の観点から、個別の「広域系統整備計画」を策定する。
- ② 広域系統整備計画は、広域機関の発議、電気供給事業者の提起及び国の審議会等からの要請によって検討を開始することとなっている。なお、東北東京間連系線・東京中部間連系設備（FC）については、長期方針の策定に先行して広域系統整備計画を策定中。
- ③ 今後、再生可能エネルギー事業者（電気供給事業者に該当）から提起があれば、広域機関において広域系統整備計画の検討が開始されることとなる。

広域系統整備計画の計画策定プロセス



計画策定プロセス開始件名

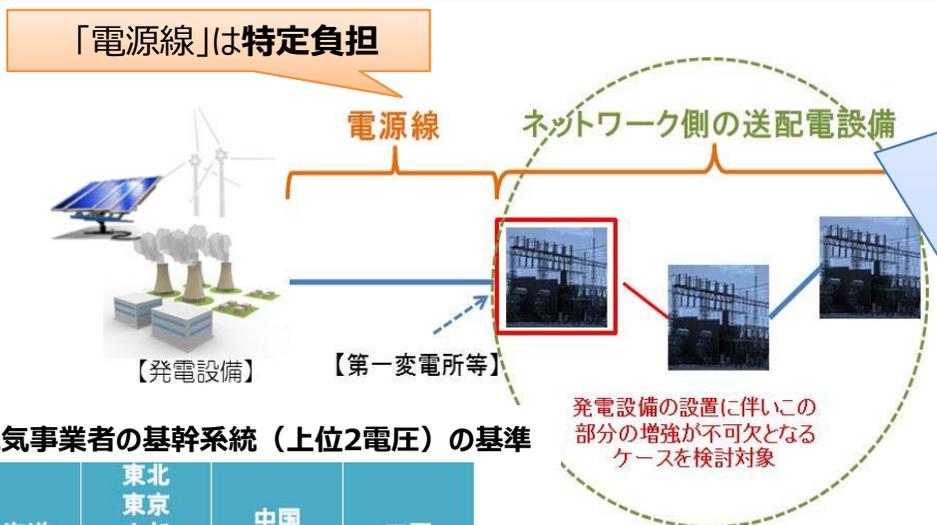
- ①東北東京間連系線 … **電気供給事業者の提起**
- ②東京中部間連系設備(FC)… **国の審議会等からの要請**



- ① 再生可能エネルギー等の導入拡大で、下位の送電系統に電源が多数連系されたため、ネットワーク上流側の送配電等設備の敷設・増強が必要となるケースが増加。
- ② これを受け、ネットワーク上流側の送配電等設備の効率的な設備形成及び発電設備設置者の費用負担の考え方を明らかにすることを目的として、**費用負担ガイドラインを策定**した（本年11月6日公表）。
- ③ 同ガイドラインでは、ネットワーク上流側の送配電等設備について、**発電設備設置者が負担すべき額(特定負担額)と、広く需要家が負担すべき額(一般負担額)の割合を算定するための考え方を整理**している。
- ④ また、同ガイドラインにおいて、**基幹系統（上位2電圧）は原則として一般負担と整理されたことにより、系統連系に際し、多額の系統増強工事費の負担が必要だったケースの負担額が減少**とされる。なお、ガイドラインの公表日以降に接続契約の申込みを行った事案が対象となる※。

※詳細は「発電設備の設置に伴う電力系統の増強及び事業者の費用負担等の在り方に関する指針」を参照

費用負担の考え方



(参考) 各一般電気事業者の基幹系統（上位2電圧）の基準

	北海道	東京 中部 北陸 関西	中国 九州	四国
1	275kV	500kV	500kV	500kV
2	187kV	275kV	220kV	187kV

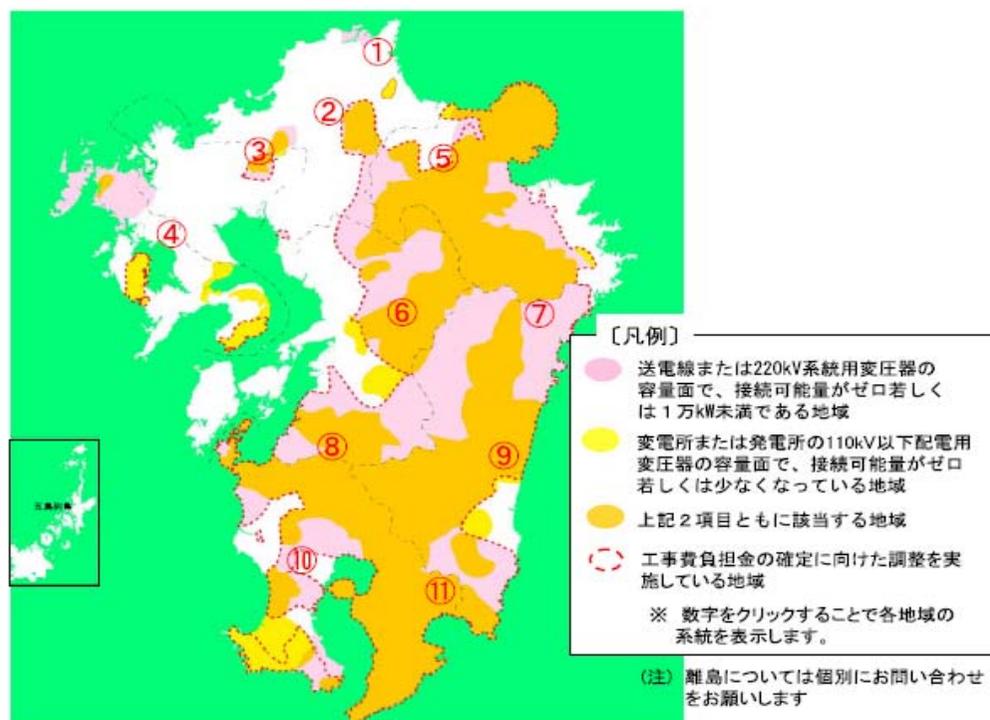
※沖縄電力については132kVのみ

- ネットワーク側の送配電等設備の増強等に係る費用負担の在り方
 - 基幹系統（電圧階級上位2電圧）を構成する送配電等設備については、原則として一般負担。**
 - 基幹系統以外の送配電等設備については、増設等の契機となった発電設備設置者の受益が特定されやすいことから、一般負担とすべき額と特定負担とすべき額の比率を算定。**
- 一般負担の限界
 - 一般負担額が、「ネットワークに接続する発電設備の規模に照らして著しく多額」として広域機関が指定する基準額を超えた額**については、上記にかかわらず**特定負担**
- 一般負担とされた費用の一般電気事業者間での精算
 - 他の供給区域へ電気を送電する場合における増強等費用については、**事業者間精算により回収。**

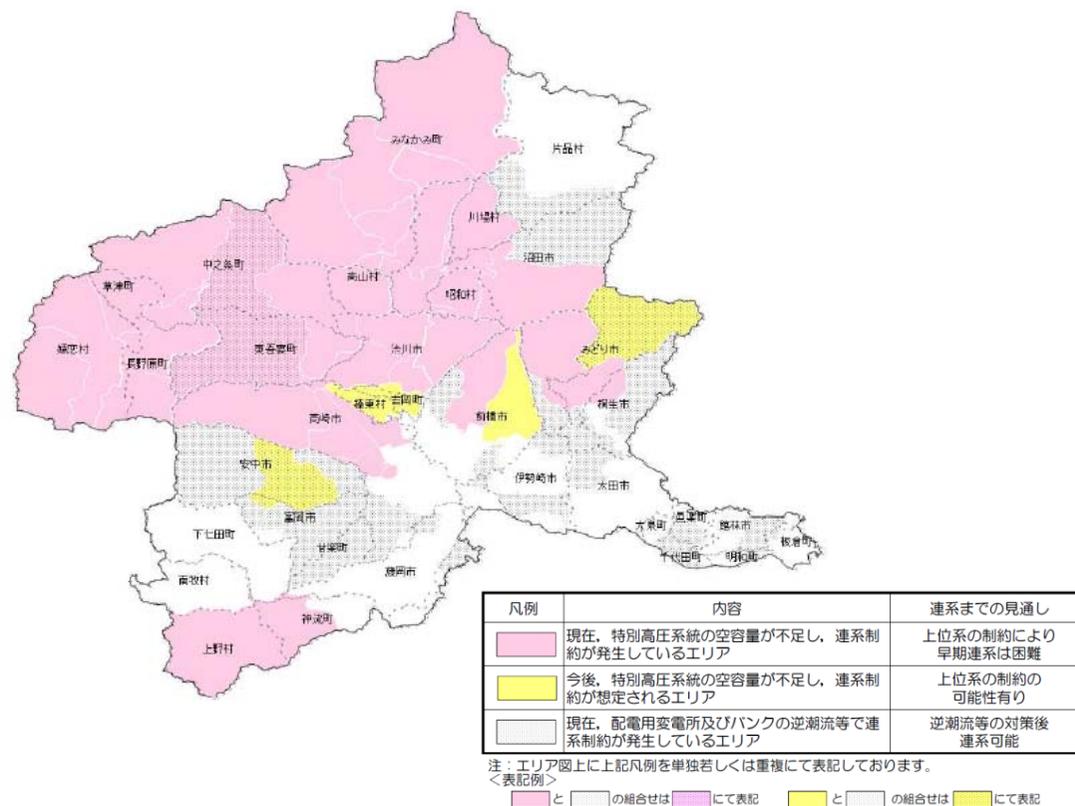
(詳細は「発電設備の設置に伴う電力系統の増強及び事業者の費用負担等の在り方に関する指針」を参照)

(2) ローカル系統制約の対応 現状

- ① 九州電力管内等で、特定の地域に太陽光発電が集中的に導入された結果、電力会社への接続検討量の多くについて電力系統への接続が困難となる、**ローカル系統制約が顕在化**。
- ② ローカル系統制約に対しては、**コスト効率的な再エネの拡大を図り、事業者の事業予見性を高める**観点から、次ページ以降の対策を講じていく。



九州電力管内における連系制約マップ
 (110kV以下の系統への連系、平成27年10月公表)
 (九州電力ホームページより)



群馬県における連系制約マップ (平成27年10月公表)
 (東京電力ホームページより)

- ① 再エネ特措法の施行以降、再生可能エネルギー事業者による電力系統への接続検討の申請が増加したため、**系統情報公表ルールを策定**（平成24年12月）し、**一般電気事業者が地域内の主要系統※1の空き情報等の系統情報を公表すること**としてきた。
- ② 更に、本ルールにおいて、発電事業者に特定負担を求める前提として、**①特別高圧以上の系統の詳細な空き情報**や、**②工事費負担金に含まれる送変電設備の標準的な単価**の公表を求めることとした※2（平成27年11月6日改定）。
- ③ 再生可能エネルギー発電事業者等が、公表された系統情報に基づいて発電設備の建設地点や投資採算性等の判断を行うことで、**事業予見可能性を高め、送配電事業者との調整コストを低減していくことが可能**となる。

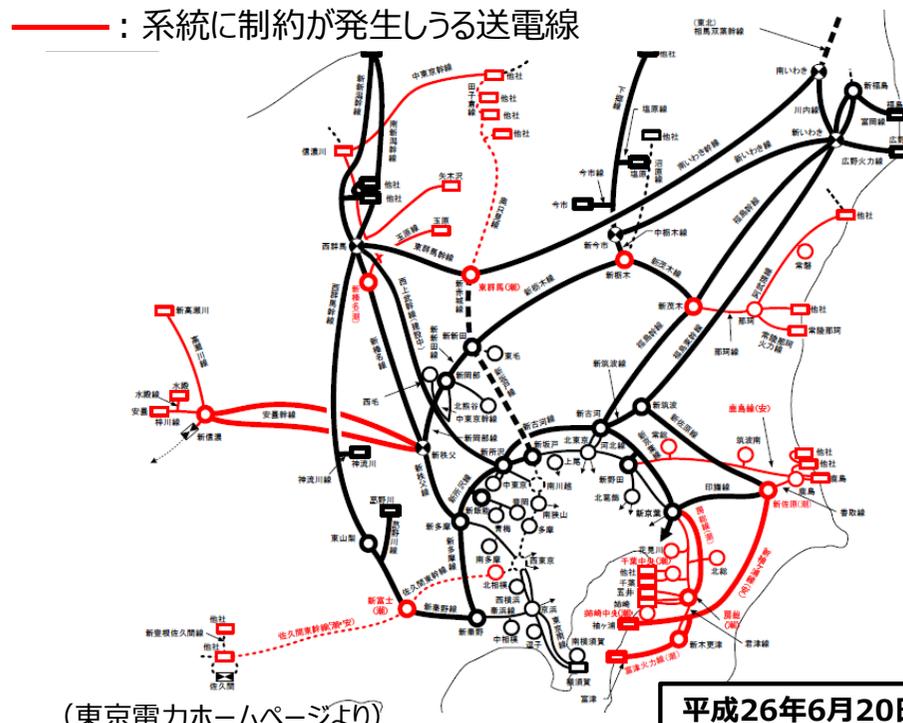
※1 154kV特別高圧以上（沖縄電力については132kV以上）の地域内送配電設備が対象
 ※2 詳細は「系統情報の公表の考え方」を参照。

公表されるべき系統情報概要※

予見可能性に関する情報	<ul style="list-style-type: none"> 特別高圧以上の空き情報（系統図に熱容量の空容量を表示） 工事費負担金概算、工事費負担金に含まれる送変電設備の標準的な単価 等
実運用に関する情報	<ul style="list-style-type: none"> 地内基幹送電線の運用容量、予想潮流 地域間連系線の空容量、マージン 需給状況に関する情報 再エネの出力抑制に関する情報

※赤字は改定項目、詳細は「系統情報の公表の考え方」を参照。

東京電力の系統連系制約マップ
 (275kV以上の電力系統、現行ルールによるもの)



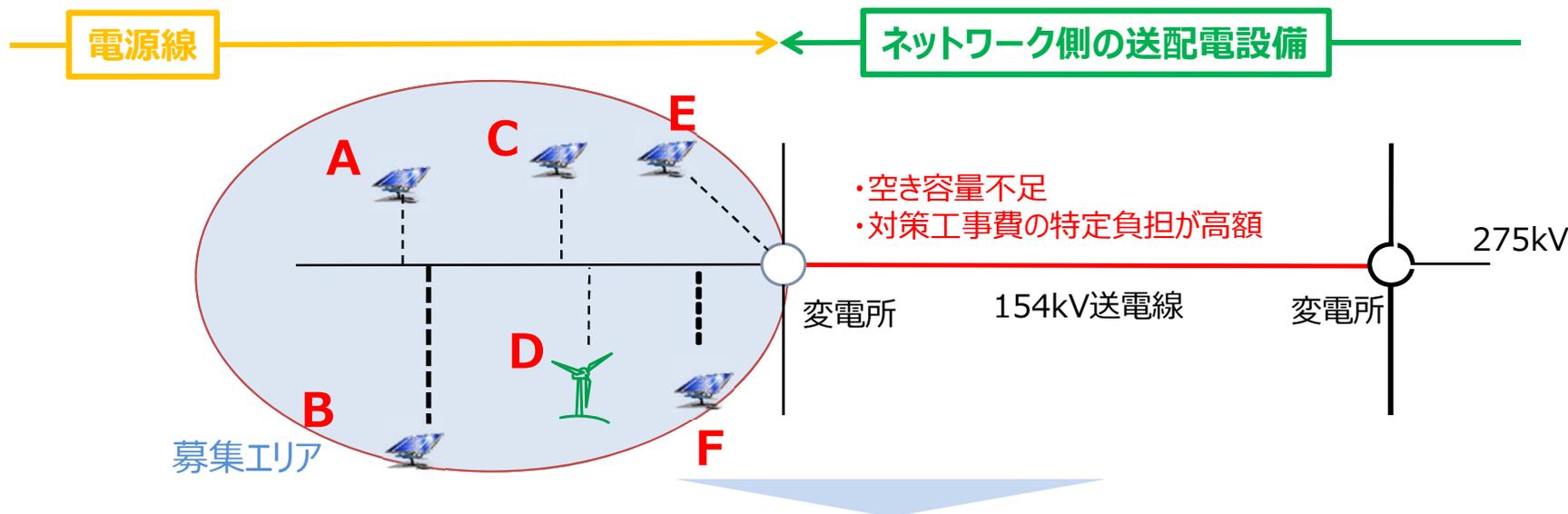
平成26年6月20日公開

(2) ローカル系統制約対応 ②入札募集ルールの整備

- ① 大規模な系統増強が必要となる場合には一社では負担が大きすぎる場合がある。
- ② このため、系統増強の**工事費負担金を複数の事業者で共同負担する、電源接続案件募集プロセスが広域機関ルールで定められ**、事業者は、広域機関又は一般電気事業者に対して、当該プロセスの開始申込をすることが可能となった。（平成27年4月 広域機関業務規程及び送配電等業務指針）。
- ③ 東京電力管内の群馬県北部では、ルールの策定に先行し、昨年より試験的に入札を実施し、入札募集が成立した（合計約14万kW分、140件）。今後、**事業者からの希望があれば、他のエリアでも全国的に、順次入札募集が実施される見込み。**

<入札募集ルールについて>

発電者 A ~ F は連系の意思があるものの、それぞれの接続検討回答における特定負担分に係る増強工事費が1社で負担するには高額で、連系申込に至らない（地域全体の連系が停滞）。



発電事業者からの申込等を契機に広域機関又は一般電気事業者が、入札方式で連系希望者を募集。入札額の高い順に連系優先順位をつけ、増強後の連系可能量を満たすまで落札できるものとする。落札者は、落札額に応じて系統整備コストを負担する。

- ① 地熱や風力等の比較的開発に長期間を要する再生可能エネルギーについては、計画中の案件であっても、太陽光などの比較的開発期間の短い電源と比較して、接続申込が遅れるため、電力系統への接続が困難となるケースが生じている。
- ② 地熱や風力等の電源については、**現行のFIT認定取得前の接続申込を可能とするよう、今後運用を明確化し、接続申込の早期化を図ることとしてはどうか。**なお、この取組は価格決定を前倒しするものではない。
- ③ 実施にあたっては、接続申込の早期化によって、運転開始に向けた取組を行わない事業者が送電容量を「空押さえ」することにつながらないように手当てする必要がある。

<接続申込ルールの見直しの方向性>

接続申込の時期	他電源との公平性の観点から、火力電源と同様のタイミングで接続申込できるものとするため、現行のFIT認定取得前であっても、事業化判断後、発電設備の仕様等が提出可能な時期※としてはどうか。
接続申込時の条件	空押さえの抑制のため、以下のような場合には接続申込を無効とすることを申込の条件としてはどうか。 <ul style="list-style-type: none">・設備仕様や事業計画の変更等により接続工事の内容が見直しとなる場合・環境アセスの実施等により発電所建設に向けた事業の休止があった場合・契約申込みに対する回答を行うために必要となる情報を提供しない場合・連系承諾後に工事費負担金契約を速やかに締結しない場合・工事費負担金が支払われない場合

※とりあえずの接続枠確保を目的とした接続申込の増加と接続申込から連系までの期間の長期化を助長することがないよう適切なタイミングでの申込であることが必要

- ① **優先給電ルール**とは、電気の需要と供給のバランスを一致させるために、需要の変動に応じ、稼働中又は稼働予定の電源に対してその出力を抑制するための**条件**や**順番**を定めるものである。
- ② 電力システム改革の第2弾となる来年4月の小売全面自由化（ライセンス制導入）以降、一般電気事業者の火力発電等に限らず、**新電力等が調達した火力発電等についても、自然変動電源に先立って出力抑制の対象とする**予定。

<システム改革第2弾（ライセンス制導入）に伴う優先給電ルールの見直しについて>

【現行の指令順位】

- a. **一般電気事業者が調達した発電機**（注1）の出力抑制及び揚水式発電機の揚水運転
- b. 一般電気事業者が調達したバイオマス専焼電源の出力抑制
- c. 一般電気事業者が調達した地域資源バイオマス電源の出力抑制
- d. 卸電力取引所における取引による電力の販売
- e. 一般電気事業者が調達した自然変動電源の出力抑制
- f. 全国融通（広域機関の指示に基づく広域系統運用）の活用
- g. **特定規模電気事業者、特定電気事業者又は自己託送を利用する発電者の発電機**（長期固定電源（注2）を除く。）の出力抑制
- h. 長期固定電源（注2）の出力抑制

【新たな指令順位イメージの骨格】

- a. **火力発電**（注3）（オンライン調整の対象電源）の出力抑制及び揚水式発電の揚水運転
- b. **火力発電**（注3）（オンライン調整の対象外電源）の出力抑制
- c. バイオマス発電（a. b. に含まれるものを除く）（注4）の出力抑制
- d. 自然変動電源の出力抑制
- e. 全国融通（広域機関の指示に基づく広域系統運用）の活用
- f. 長期固定電源（注2）の出力抑制



（注1）バイオマス専焼発電、地域資源バイオマス、自然変動電源、長期固定電源を除く。

（注2）長期固定電源とは、原子力、水力（揚水式を除く）及び地熱発電所を指す。

（注3）火力発電については、バイオマス混焼発電（地域資源バイオマスを除く。）を含み、主に自家消費に使っているものの、余剰電力が生じてしまう等の要因により出力を調整出来ないものを除く。

（注4）cの中では、バイオマス専焼発電（地域資源バイオマスを除く。）を抑制した後に、地域資源バイオマスを抑制する。

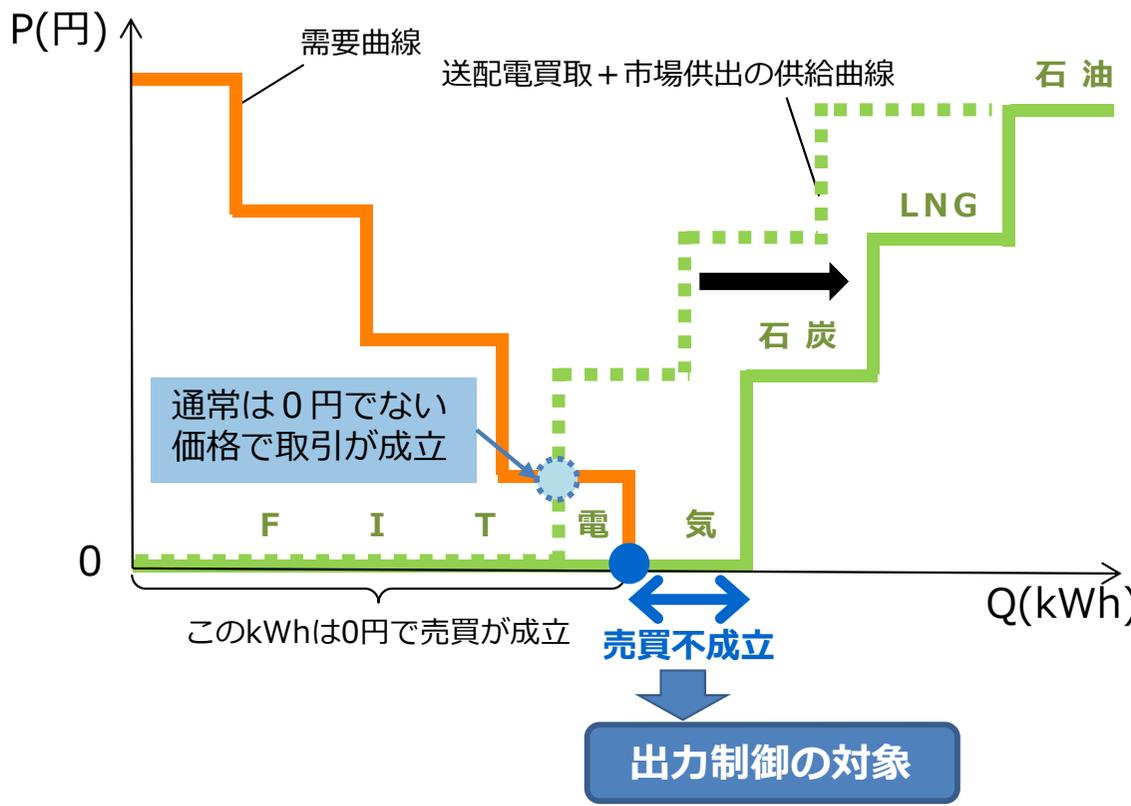
(3) 系統運用・出力制御ルール ①優先給電ルールの見直し (今後の検討課題) 11

- ① 再生可能エネルギーの導入促進に向けて、広域的な系統運用や送配電買取の場合を見据えた優先給電ルールの見直しが必要。
- ② まずは、全国大で再エネの導入拡大を図るため、電力会社単位ではなく、**連系線を活用した広域的な系統運用**が必要となることから、**再生可能エネルギーの出力制御を行う前の回避措置として、再エネ電気の受入余地のある他地域への送電を行う**ことを原則とし、その場合の具体的条件や精算ルール等について検討中。
- ③ さらに、今後、**買取義務者を送配電事業者に変更し、買い取ったFIT電気の一部を市場に供出**する場合における出力制御ルールの整備が必要。例えば、売値0円でも約定しないFIT電気が生じる場合には、既に火力発電が十分に抑制されている状態と同視しうることから、売買が成立しない量のFIT電気を出力制御の対象としてはどうか。

<広域的な系統運用のイメージ>



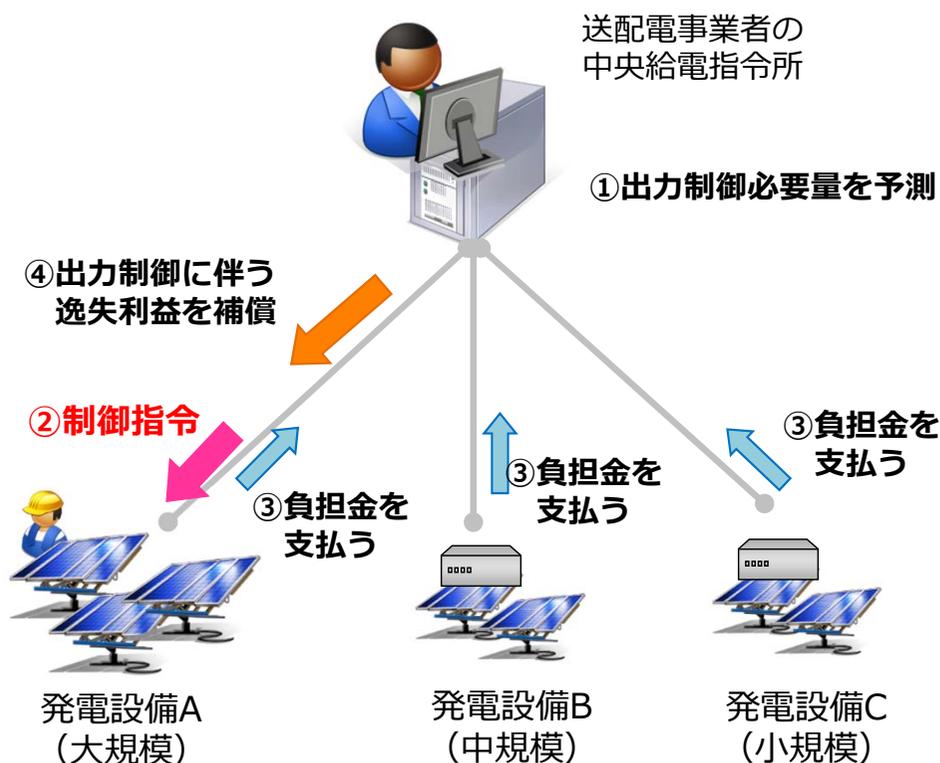
<FIT電気の供給量の増加に伴い、市場価格が0円になる場合>



- ① 本年3月の新エネルギー小委員会の議論において、再生可能エネルギー電気の出力制御について、「**系統安定化のために必要な最小限のものとするべき**」、「**事業者間の公平性を確保すべき**」等の基本的な考えが示された一方、これらの両立の難しさが指摘されていることから、今後、**出力制御の公平性確保に関するルール整備が必要**。
- ② 他方、規模も運営主体も異なる多数の再エネ発電設備に対して、同じ時間数の出力制御することには課題があり、実際の出力制御は柔軟に大規模の出力抑制が可能な設備に限定し、経済的な調整を行う手法も考えられる。

<経済的な調整のイメージ>

柔軟な出力制御が可能な大規模事業者等に実際の出力制御を集中させ、その事業者に対して、再エネ事業者全体の負担により補償を行う。



<出力制御の公平性確保について>

方法	メリット	デメリット
出力制御を一定の順番で行う方法	<ul style="list-style-type: none"> 出力制御と経済的な負担が一体化するという意味で分かりやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての発電事業者に対して、同じ時間数の出力制御を行うことが課題。
経済的な調整を行う方法	<ul style="list-style-type: none"> 出力制御による経済損失の差異の調整が可能。 対象設備が少なくなるため出力制御が技術的に容易。 	<ul style="list-style-type: none"> 逸失電力量の算定等制度が複雑化。 既存契約の取扱いが課題。

- ① 再生可能エネルギー電気の増加に伴い、電気の安定供給を図るためのコスト（系統安定化コスト）が増加するとの指摘がなされている。
- ② その場合には、発生した費用について、**どのように費用負担を行うのかについて検討が必要**。
(注) 仮にF I T賦課金を原資とした措置が必要となる場合には、対象はF I T電源を起因としてF I T施行に伴うものに限定され、F I T電源以外の再エネ電源が起因となる費用については対象外とする必要がある。
- ③ 検討の前提として、まず、**具体的にどのように系統安定化コストが発生するのか、特定していくことが必要**。現在、特定が可能かどうか具体的な検討を行っており、その結果も踏まえて、更に検討していくことが必要。

<系統安定化コストのイメージ>

- 火力発電の稼働率低下による発電効率の悪化等に伴う費用
- 火力発電の停止及び起動回数の増加に伴う費用
- 自然変動電源の発電時に、揚水式水力の動力によって需要を創出することによる費用
- 発電設備を自然変動電源対応のために確保しておくために必要な費用

(出典) 第7回コスト検証WG 資料1 (平成27年5月) より。

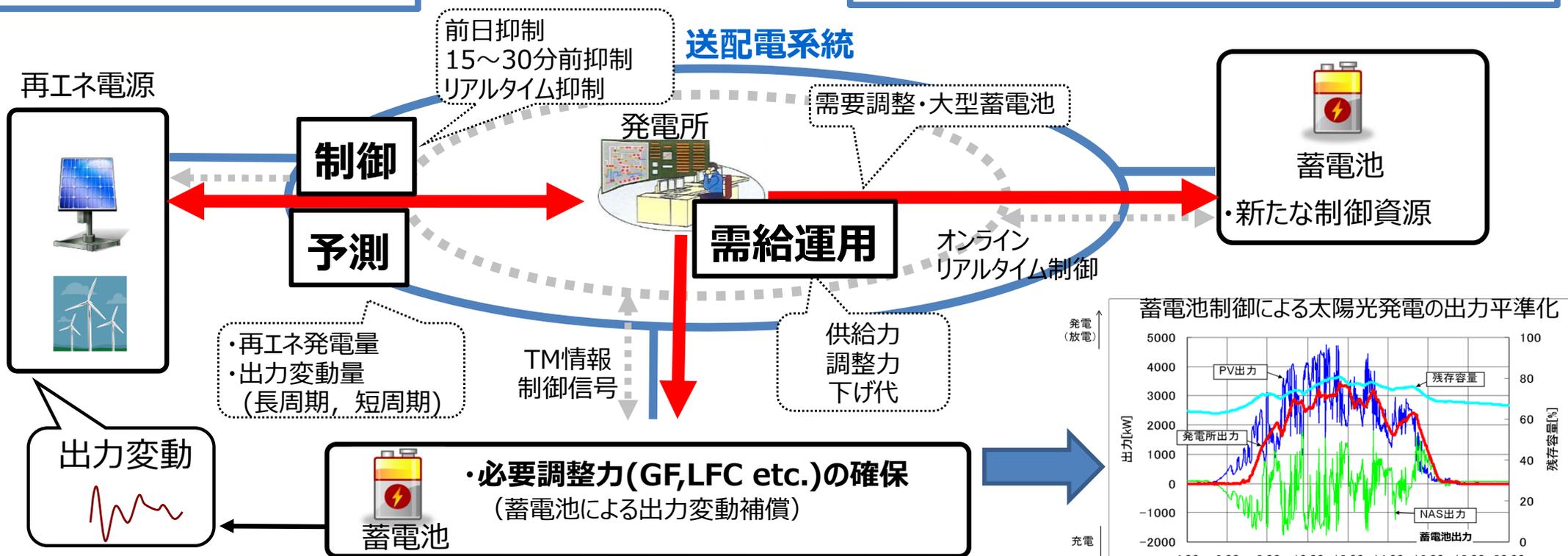
(注) 上記は一般的な再エネ導入に伴う系統安定化のコストであり、F I T電源起因でF I Tの施行に伴うコストであるかどうかは精査が必要。

再生可能エネルギーの予測・制御技術や蓄電池の活用により出力不安定性を克服し、さらなる導入拡大を目指す。

- ① 電力の需給運用に影響を与える風力発電等の急激な出力変動に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力変動を抑制する制御技術を高度化させ、「**①出力予測と出力制御を踏まえた需給運用の手法を確立**」する。
- ② 再エネの受入可能量拡大のため設置が義務化された「**②遠隔出力制御システムの開発**」を行い、公平かつ実行可能な遠隔出力制御手法を確立する。合わせて規格の標準化の検討を行う。
- ③ 電力の基幹系統の変電所に、大型蓄電池（数万kW級を想定）を設置、活用することで、どこまで再生可能エネルギーの導入可能量を拡大できるか検証を行うとともに、送配電系統全体を見渡した「**③蓄電池の最適な制御・管理手法の技術を開発、確立**」する。

「②遠隔出力制御システムの開発」

「③蓄電池の最適な制御・管理手法の技術を開発、確立」



「①出力予測と出力制御を踏まえた需給運用の手法を確立」

※太陽光発電の出力(青線)を蓄電池の充放電(緑線)で調整することにより、発電所トータルでの出力変動が抑制されている(赤線)。
(NEDO大規模電力供給用太陽光発電 系統安定化等実証研究 より)

- ① ドイツでは2つの法律に基づき、火力や再エネ電源等の出力制御を実施。
- ・ EEG (再生可能エネルギー法) : 送電線の混雑が発生した場合 (出力制御した再エネ電気は95%補償)
 - ・ EnWG (エネルギー事業法) : ドイツ国内全体での需給問題や周波数維持困難などが発生する場合 (無償)
- ② ドイツでは送配電事業者は送電線の容量不足が原因で、接続できない事態等が発生する場合に、系統増強の義務を負う。ただし、ある至近の連系点に接続を希望する場合に、当該系統 (電圧) で大幅な増強が必要となり費用が増大する場合には、経済的に不合理な増強を行わずに、代替的に上位の系統への接続を行うことがある。

<優先給電に関するルールと出力抑制の順番>

根拠法	EEG (再生可能エネルギー法)	EnWG (エネルギー事業法)
再エネ設備の出力制御の要因	送電線の混雑が発生した場合	ドイツ国内全体での需給問題や周波数維持困難などが発生する場合
再エネ設備への金銭補償	有償 (95%補償)	無償
出力抑制の順番	① EnWG法に基づき、送電線の混雑等が発生する場合には、火力等の従来型発電設備に対する出力制御等を実施。 ② すべての従来型発電設備を最低出力まで出力制御しても、送電線の混雑が解消されない場合は、EEG法に基づき、再エネ発電設備を有償で出力制御。 ③ なお、系統全体で周波数維持問題等が発生する場合、EnWG法に基づき、再エネ電源も無償で出力制御。	

- ① スペインでは2006年にCECREが設立され、再生可能エネルギー発電を監視・制御している。
- ② 気象予測による発電出力予測を活用し、再生可能エネルギー発電の優先給電を実施しつつ、常に電力システムの安定運用を維持する。
- ③ CECREは従来発電設備で調整しきれない場合に、最大出力抑制指令をRESCCへ送り、RESCCは出力抑制指令が来た場合は、15分以内に実行する。

CECOEL/CECORE
電力系統全体を監視・制御

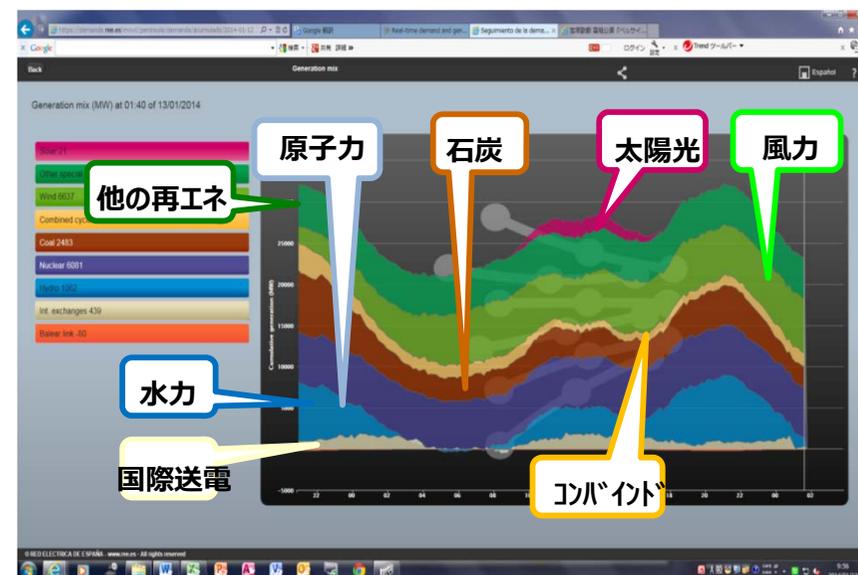
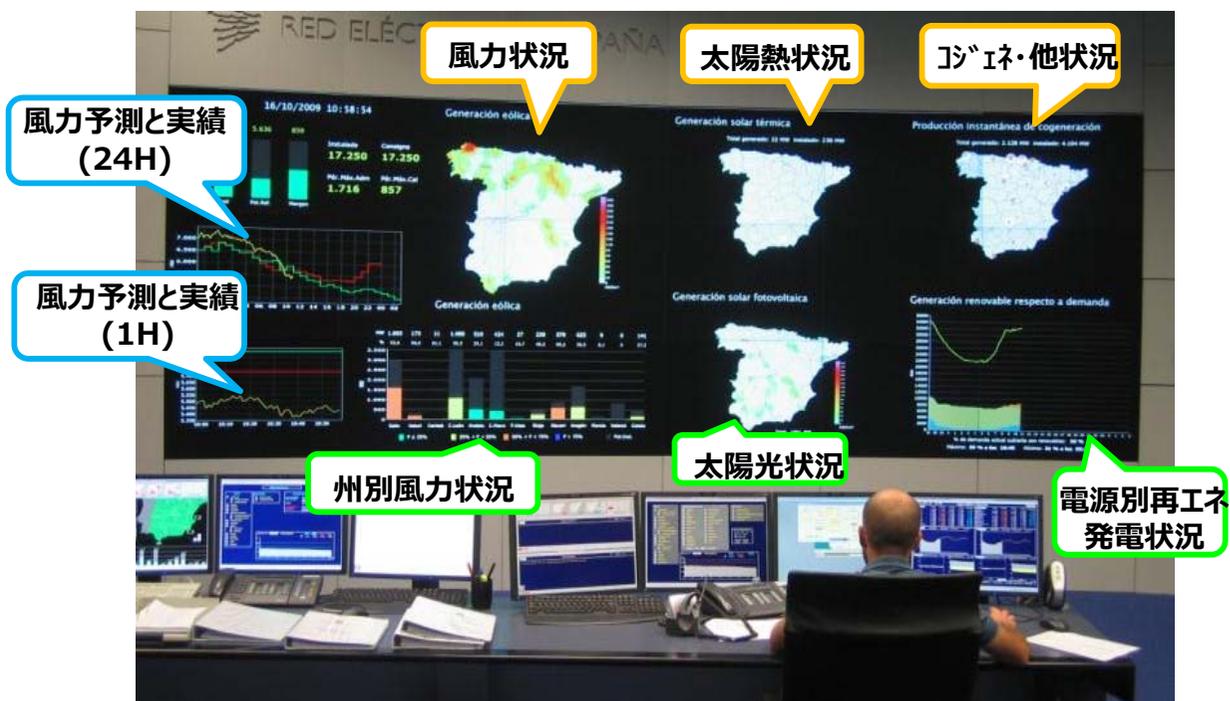
CECRE
(Control Centre for Renewable Energies 2006年設立)
再生可能エネルギー発電を監視・制御

出力抑制指令

RESCC (Renewable Energy Source Control Center)

中堅・大手発電事業者や電力Traderにより運営。

- CECREより、出力抑制指令が来た場合は、15分以内に実行する。
- 10MW以上の発電設備は、RESCCへの接続が義務付けられている。



- ① ドイツにおいては、風力や太陽光等の情報開示が義務づけられている (表1)。
- ② 上記に加え、50Hertz社は15分単位で再生電力 (電源別) の自主的な情報開示を行っている。(表2)。
- ③ ENTSO-E (欧州送電系統運用者ネットワーク) では、国別に15分単位で火力を含む電源種別の実績値を開示。

(表1) 4つの送電系統運用者 (TSO) による風力と太陽光等の主な情報開示内容

情報開示項目の例

太陽光・風力の24時間前給電予測 (送電区域毎に1時間単位)、太陽光・風力の給電リアルタイム予測 (送電区域毎)

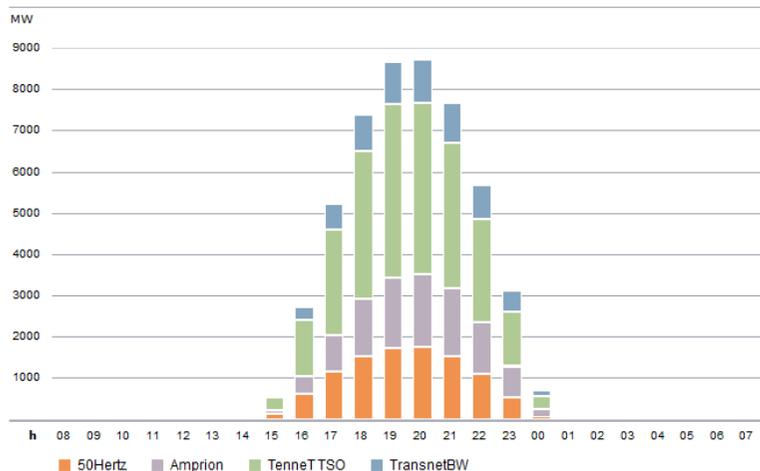
当日取引における再生電力取引量 (送電区域毎に1時間単位。全ての再生電力の合算値)

全ての再生電力の24時間前給電予測の合計値 (送電区域毎に1時間単位)

再生電力を含む全電源について、エネルギー事業法13条(1)に基づく再給電指令、13条(2)に基づく出力抑制量の実績 (15分単位)

TSOによる太陽光の24時間前給電予測の例

Angezeigter tag: 29.10.2015
Letzte Aktualisierung: 29.10.2015 02:03 Uhr



(TSO情報開示ホームページ <http://www.netztransparenz.de/> より)

(表2) 50Hertz社の主な給電データ自主開示状況

情報開示項目の例

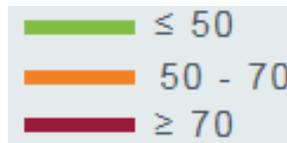
風力、洋上風力、太陽光、バイオマス、水力、地熱の給電電力 (15分単位)
※風力及び太陽光の1時間単位データは法定開示

送電線毎の負荷、送電容量に対する負荷割合 (1時間単位で送電地図上に表示) 等

発電量予測と実績 (15分単位)、需要量予測と実績、再給電指令や潮流改善のためのカウンタートレードの実施実績 等

50Hertz社系統エリア内の送電線の混雑状況の開示例

送電線の負荷率



※右図では50%以上の負荷となっている送電線をオレンジで表示



(50Hertz社ホームページ <http://www.50hertz.com/Netzlast/Karte/index.html> より)