

発電予測技術の今後の展開

2014年3月25日

NEDO 新エネルギー一部

再生可能エネルギーの種類 ～変動電源と安定電源～



◆再生可能エネルギーとは、太陽光や風力、地熱など、地球上で自然に起こる現象を利用して繰り返し使えるエネルギーであり、純国産で、かつ枯渇することなく、温室効果ガスの排出量が少ないエネルギーを得ることが可能となる



太陽光発電



風力発電



太陽熱発電



海洋エネルギー

変動電源

安定電源



水力発電



地熱発電



バイオマス

 : 商用化

＜変動電源＞

気象条件で発電出力が変動する電源

→**系統接続の問題**

＜安定電源＞

安定した発電出力が得られる電源

→ベース電源、または変動電源の出力変動を吸収する調整電源としての活用を期待

【再生可能エネルギーの位置付け】

現時点では安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できるためにエネルギー安全保障に寄与できる有望かつ多様な国産エネルギー源である。

【政策の方向性】

再生可能エネルギーについては、**2013年から3年程度、導入を最大限加速**していき、その後も積極的に推進していく。そのため、**系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発などを着実に進める。**(以下略)

1) 太陽光

個人を含めた需要家に近接したところで中小規模の発電を行うことも可能で、系統負担も抑えられる上に、非常用電源としても利用可能である。一方、発電コストが高く、**出力不安定性などの安定供給上の問題があることから、更なる技術革新が必要である。**(以下略)

2) 風力

大規模に開発できれば発電コストが火力並であることから、経済性も確保できる可能性のあるエネルギー源である。ただし、需要規模が大きい電力管内には供給の変動性に対応する十分な調整力がある一方で、**北海道や東北北部の風力適地では、必ずしも十分な調整力がないことから、系統の整備、広域的な運用による調整力の確保、蓄電池の活用等が必要となる。**こうした経済性も勘案して、利用を進めていく必要がある。

海外からの化石燃料に過度に依存するエネルギー需給構造を長期的視点に基づいて変革していくための技術開発として、国産エネルギーに位置付けられるエネルギー源である再生可能エネルギーについては、太陽光発電、風力発電、地熱発電、バイオマスエネルギー、波力・潮力等の海洋エネルギー、その他の再生可能エネルギー熱利用の低コスト化・高効率化や多様な用途の開拓に資する研究開発等を重点的に推進するとともに、再生可能エネルギー発電の既存系統への接続量増加のための系統運用技術の高度化や送配電機器の技術実証を行う。

(中略)

また、様々なエネルギー源を活用していくために不可欠な要素である安全性・安定性を強化していくための技術開発として、例えば、二次エネルギーの中心を担う電気を最終消費者に分配する要となる送配電網を高度化するため、変動電源が今後増加することに対応して、高度なシミュレーションに基づく系統運用技術や超電導技術などの基盤技術の開発を加速するとともに、蓄電池や水素などのエネルギーの貯蔵能力強化などを進める。(以下略)

再生可能エネルギーについては、2013年から3年程度、導入を最大限加速していき、その後も積極的に推進していく。固定価格買取制度の適正な運用や、環境アセスメントの期間短縮化等の規制緩和等を今後とも推進するとともに、高い発電コスト、出力の不安定性、立地制約といった課題に対応すべく、低コスト化・高効率化のための技術開発、大型蓄電池の開発・実証や送配電網の整備などの取組を積極的に進めていく。

開発規模によって経済性を確保できる可能性のある風力・地熱については、導入に向けた課題が多く、それを解決する取組を進める。

風力や地熱による発電設備の導入には、地元との調整や、環境アセスメントのほか、立地のための各種規制・制約への対応が必要となり、固定価格買取制度の下でも、これらの対応の必要性が小さい太陽光発電設備の導入と比べて導入に時間がかかることから、太陽光発電の導入増加のような動きとはなっていない。また、先行して導入が進む太陽光発電の供給のために現在の送電網の容量が利用され、風力や地熱の接続余地が狭くなっていくという問題や、風車の落下事故の発生等、導入拡大に向けた課題も存在する。(以下略)

固定価格買取制度により太陽光発電が急拡大



導入済み再生可能エネルギー設備容量

(単位: 万kW)

	固定価格買取制度導入前	固定価格買取制度導入後	
	2012年6月まで	2012年7月～2013年3月	2013年4月～12月
太陽光	560	167.3	517.2
風力	260	6.3	1.1
中小水力	960	0.2	0.3
バイオマス	230	3.0	8.9
地熱	50	0.1	0
合計	2,060	176.9	527.5

※固定価格買取制度導入以前の導入量は厳密な統計がないため概数

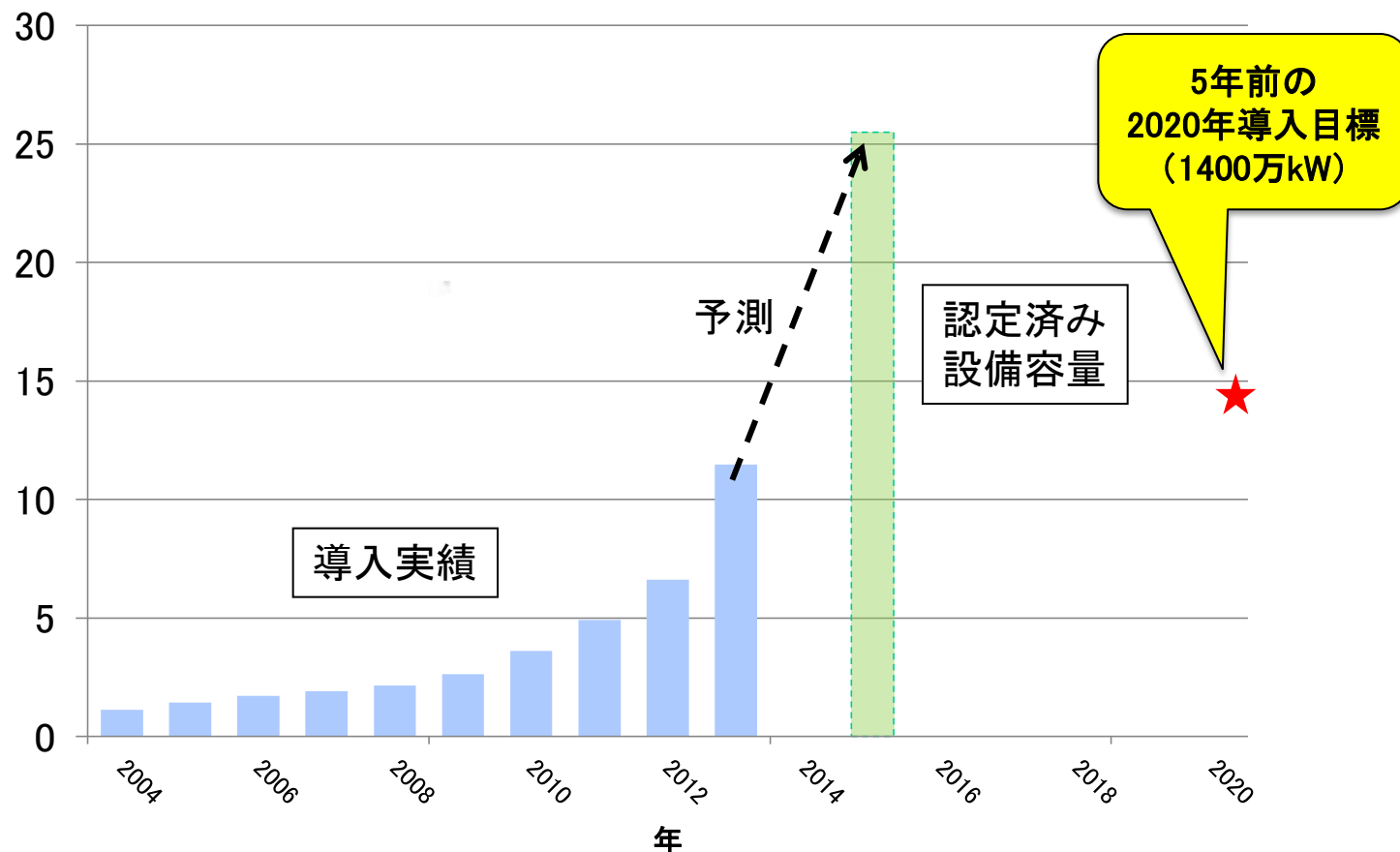
出典: 経済産業省資料よりNEDO作成

太陽光発電はさらに拡大？

認定済設備容量まで加えれば、導入量は数年後には最大2.5倍に！

(単位: 万kW)

	FIT認定済み 設備容量 2012年7月～ 2013年10月
太陽光	2453.2
風力	83.7
中小水力	12.0
バイオマス	71.0
地熱	0.5
合計	2621.1



太陽光発電設備の累積導入量[GW]

風力発電は連系可能量がネック

- ◆政府が掲げる再エネ大量導入の目標達成には、風力発電の連系拡大が不可欠
- ◆風況の良い北海道・東北エリアでの連系拡大が導入目標達成の鍵

導入実績・FIT認定設備容量・導入目標値

単位: GW

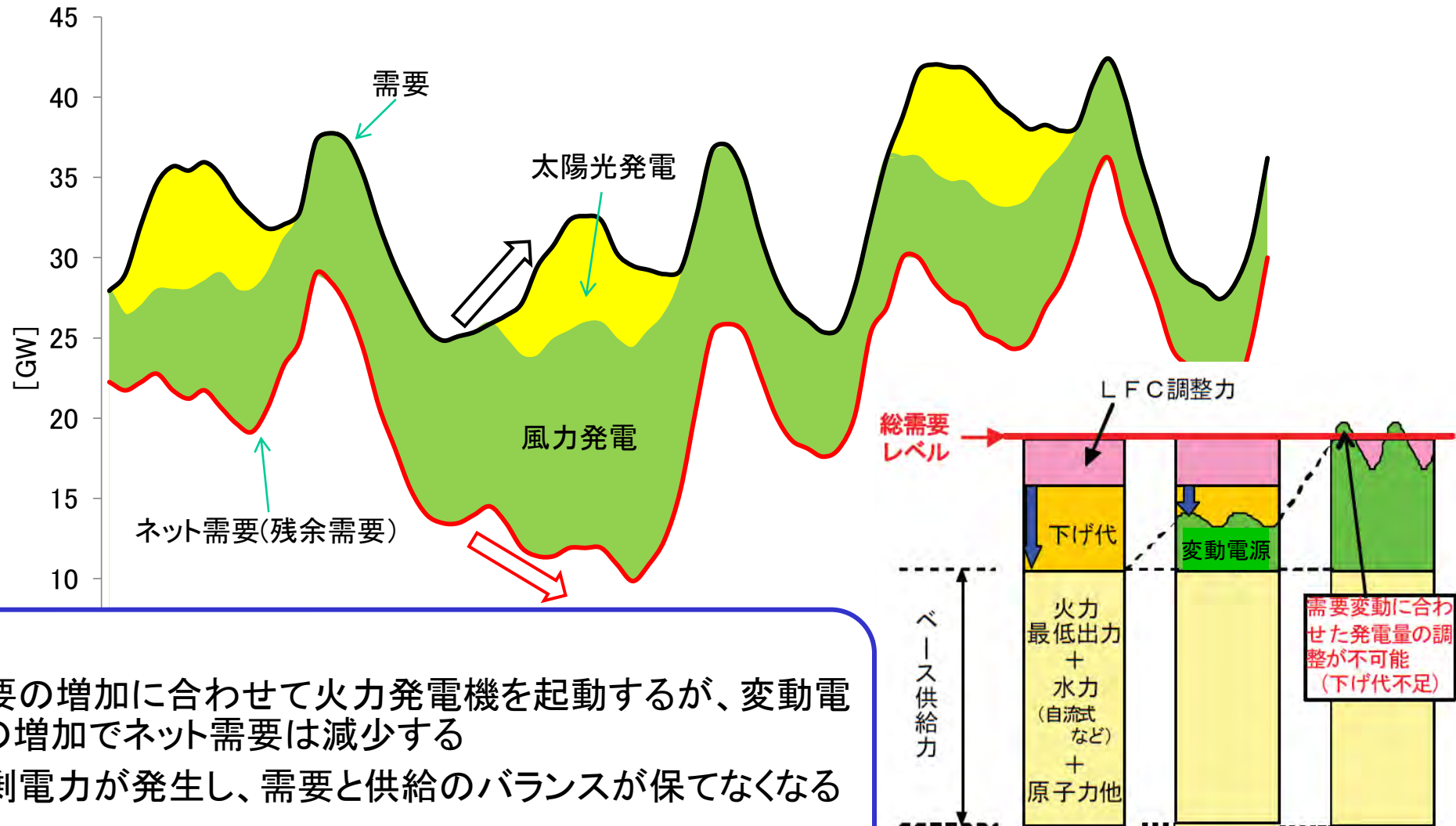
	2013.6月末 設備容量	FIT 認定済み 設備容量	現行規制 - 基本計画 20%
太陽光	8.98	21.4	53.0
風力	2.66	0.8	10

単位: GW

	連系可能量	既連系量
北海道	0.56	0.29
東北	2.00	0.54
東京	—	0.37
中部	—	0.22
北陸	0.45	0.15
関西	—	0.08
中国	1.00	0.30
四国	0.45	0.17
九州	1.00	0.36
沖縄	0.025	0.01
合計	5.485~	2.49

変動電源の連系に伴う需給運用の課題

2011年のイベリア半島における需要カーブ例

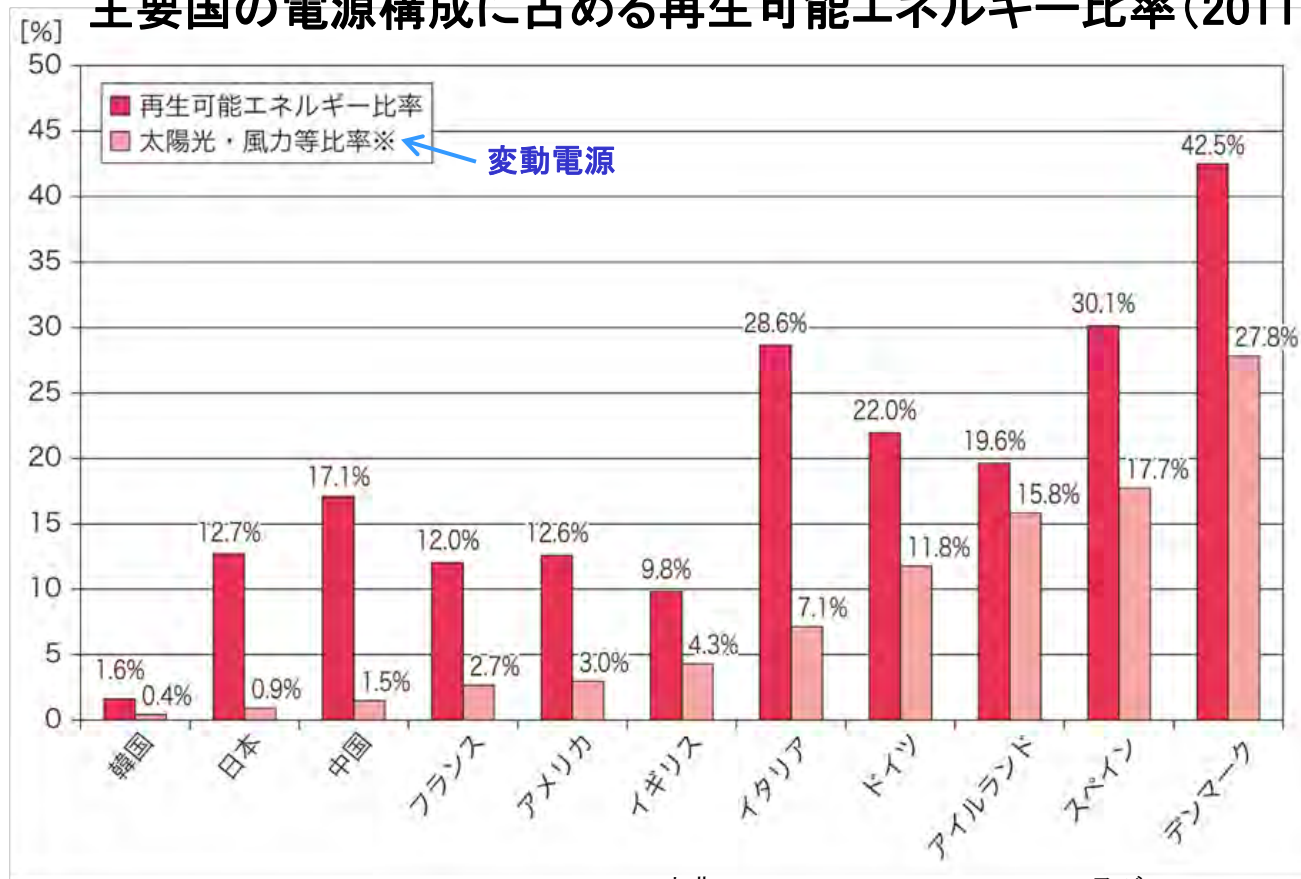


- ◆ 需要の増加に合わせて火力発電機を起動するが、変動電源の増加でネット需要は減少する
- ◆ 余剰電力が発生し、需要と供給のバランスが保てなくなる

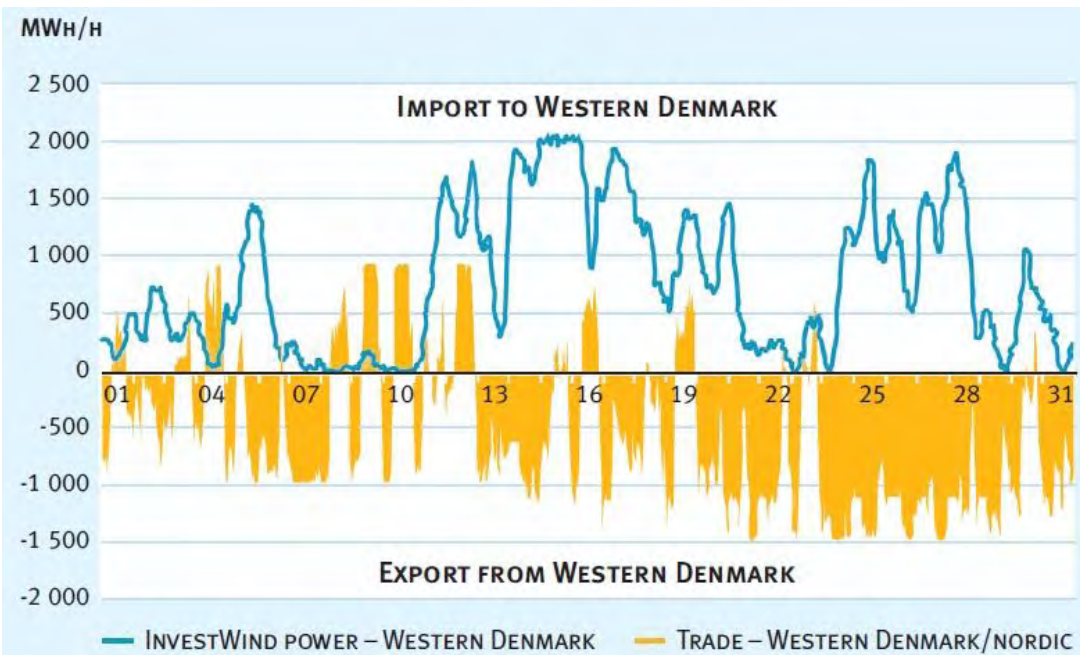
世界における変動電源の導入状況

- ◆変動電源の電源構成に占める割合は、2011年時点で、ドイツで11.8%、スペインで17.7%、イギリスで4.3%、アメリカで3.0%。
- ◆我が国の再生可能エネルギー導入状況(水力・バイオマス除く)は、2011年時点で0.9%と他国に比べて未だ低水準。これはコスト制約、立地制約、電力系統の問題などの理由による。

主要国の電源構成に占める再生可能エネルギー比率(2011年)



欧州は国際連系線が充実



Source: International Energy Agency, Projected Costs of Generating Electricity, 2010 Edition

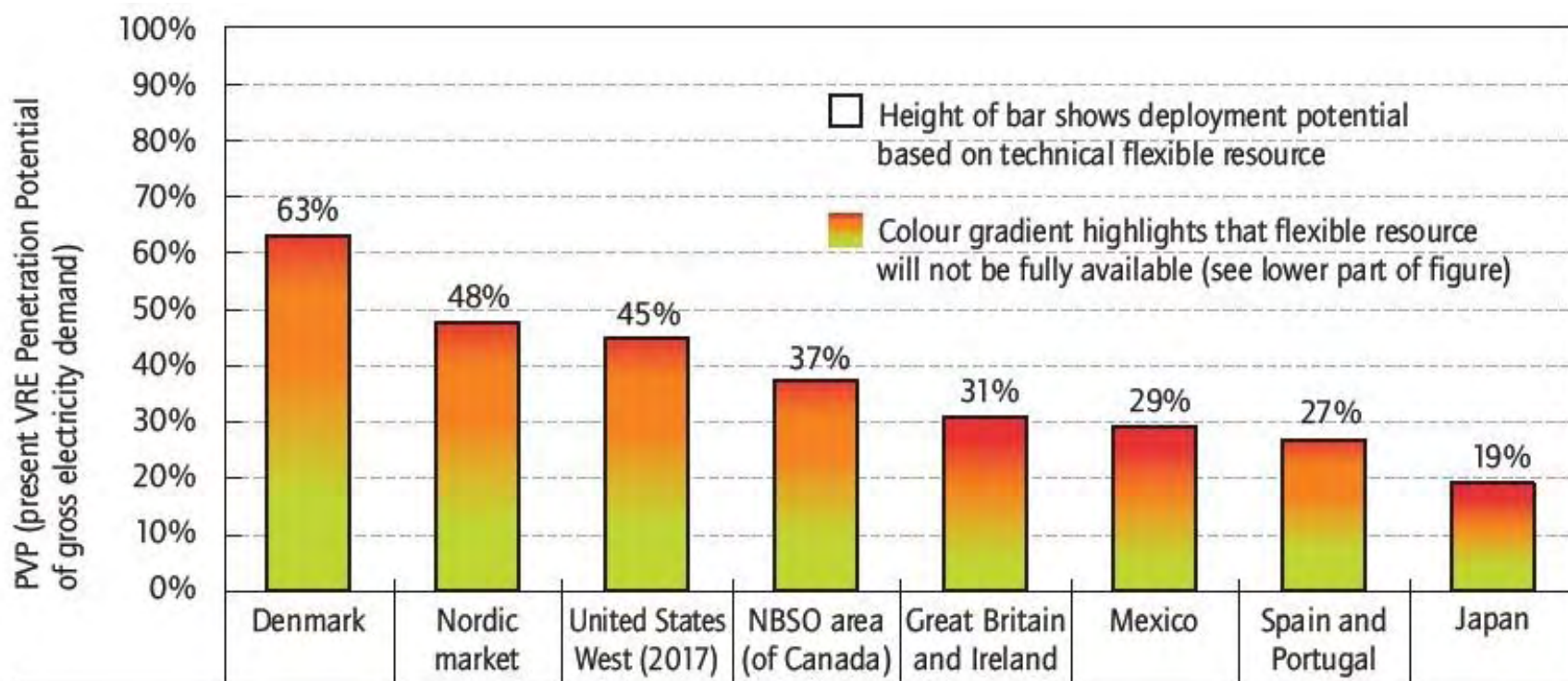


單位: MW

出典：“Nuclear energy and renewables”(NEA)¹⁰

変動電源はどこまで導入できるのか？

- ◆ 国際エネルギー機関(IEA)のシミュレーション(現状の電源や需要の柔軟性をベースとしたもの)によれば、我が国の変動電源(太陽光発電、風力発電など)の導入限界比率は19%と算出
- ◆ ただし、本シミュレーション結果は、送電線の制約などの現実的な条件が入っていないため、実際の連系可能量はこの値より小さいと考えられる
- ◆ 連系可能量の拡大には出力予測技術がキーテクノロジーである



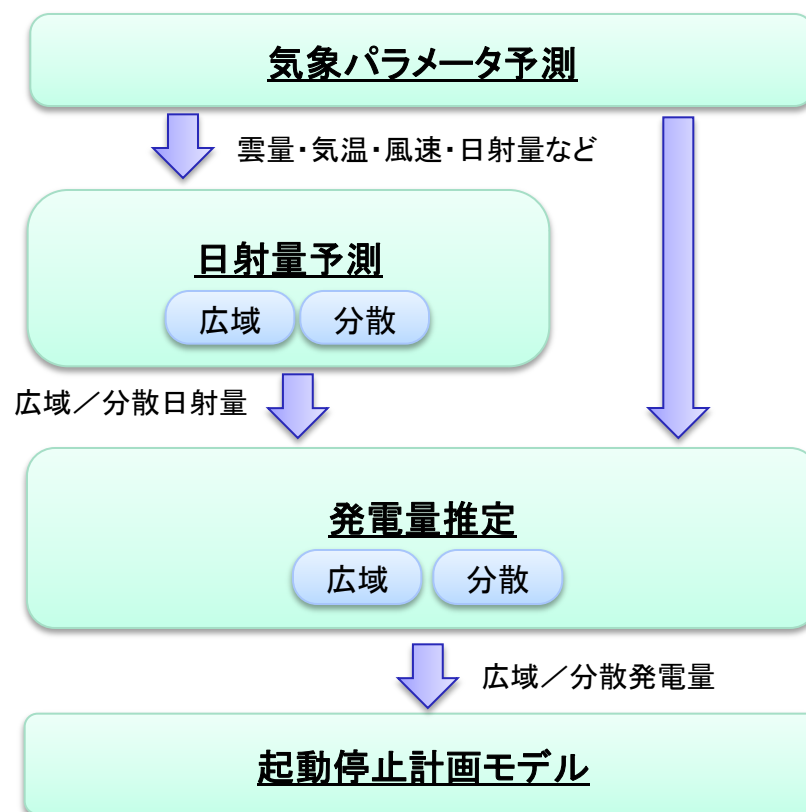
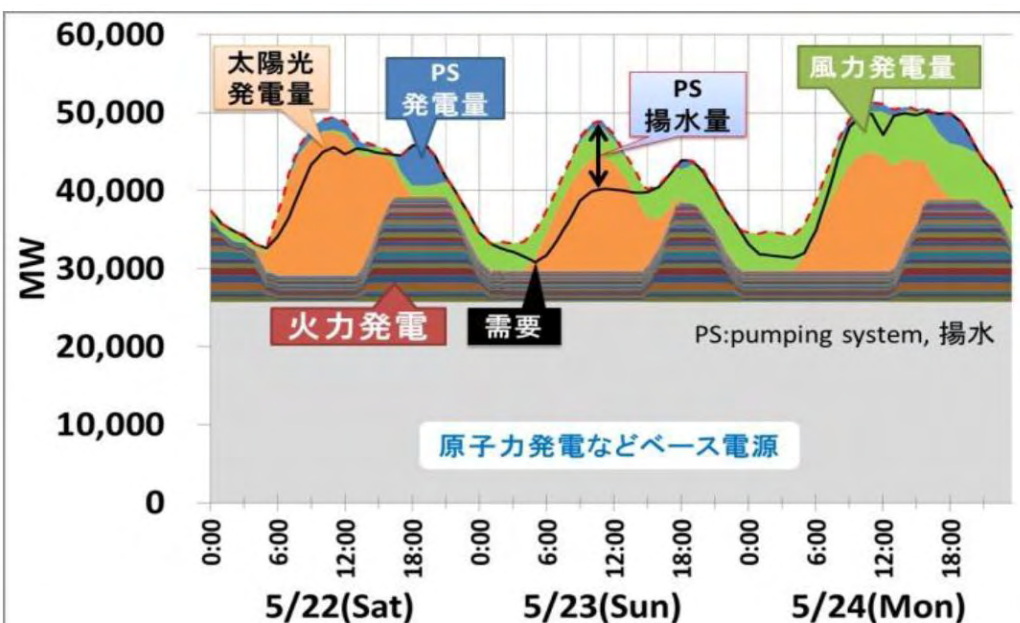
NEDOにおける太陽光発電予測技術開発の取り組み(H22～26)



系統連系負荷の軽減に資する、広域／分散の太陽光発電による発電量の予測技術を開発(産業技術総合研究所、気象研究所、日本気象協会、岐阜大学、東京大学)

各種気象パラメータの予測精度の向上、広域／分散日射量の予測モデル構築により得られた気象データや日射量から広域／分散の発電量推定モデルの開発。さらに、起動停止計画モデルによる評価を実施。

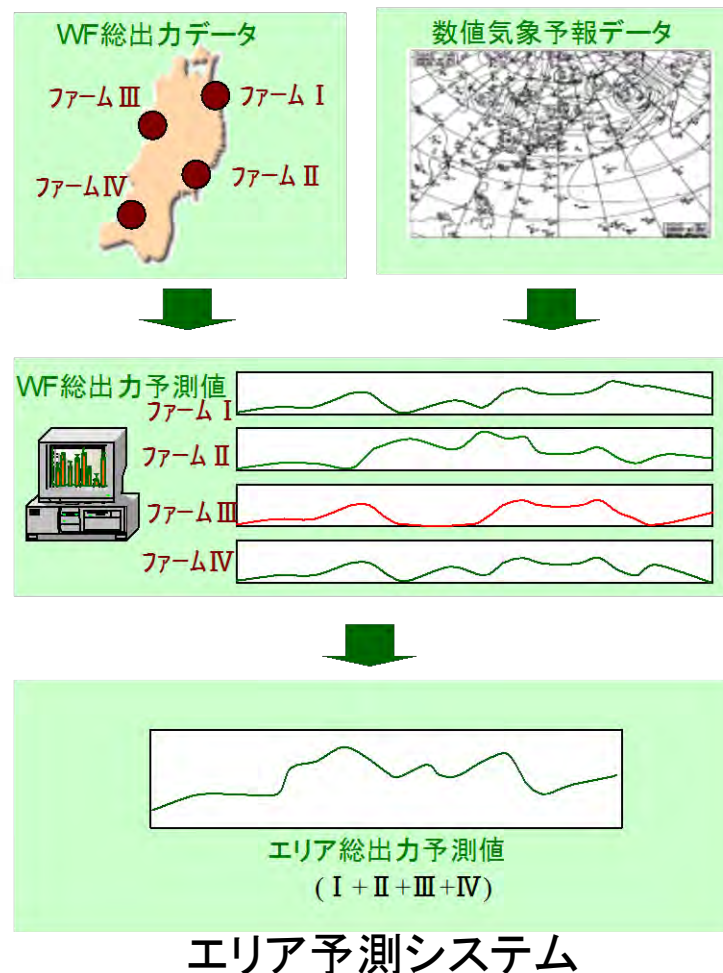
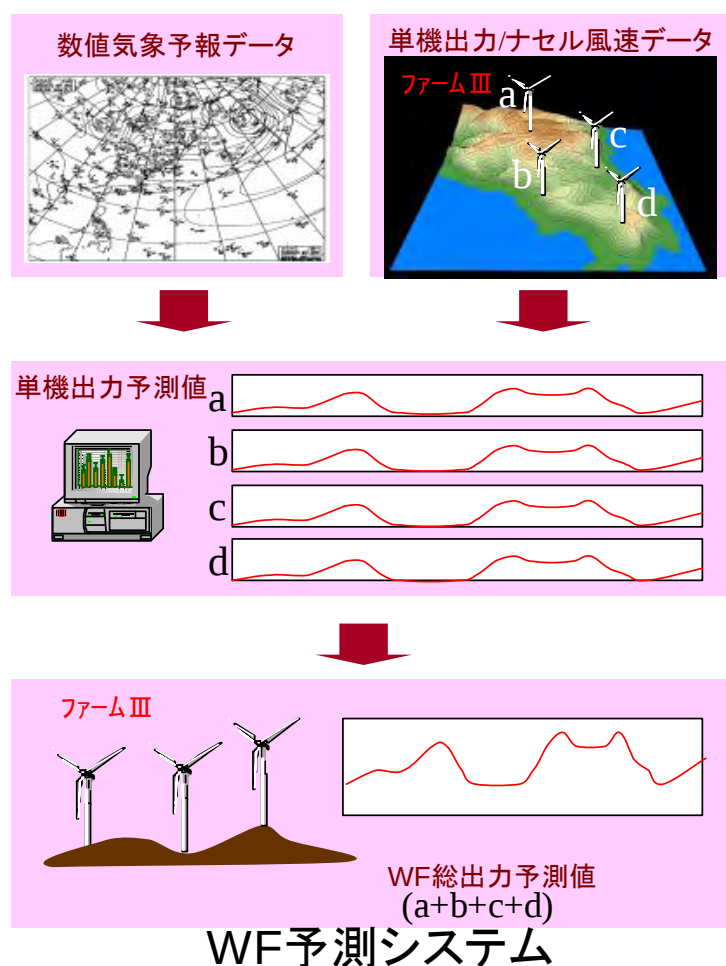
電力会社の管内(広域)、スマートシティなど(分散)において、数時間～数日先といったごく近い未来の発電量を予測することで、最適な運転計画の構築や系統連系負荷の軽減を目指す。



NEDOにおける風力発電予測技術開発の取り組み(H17~19)



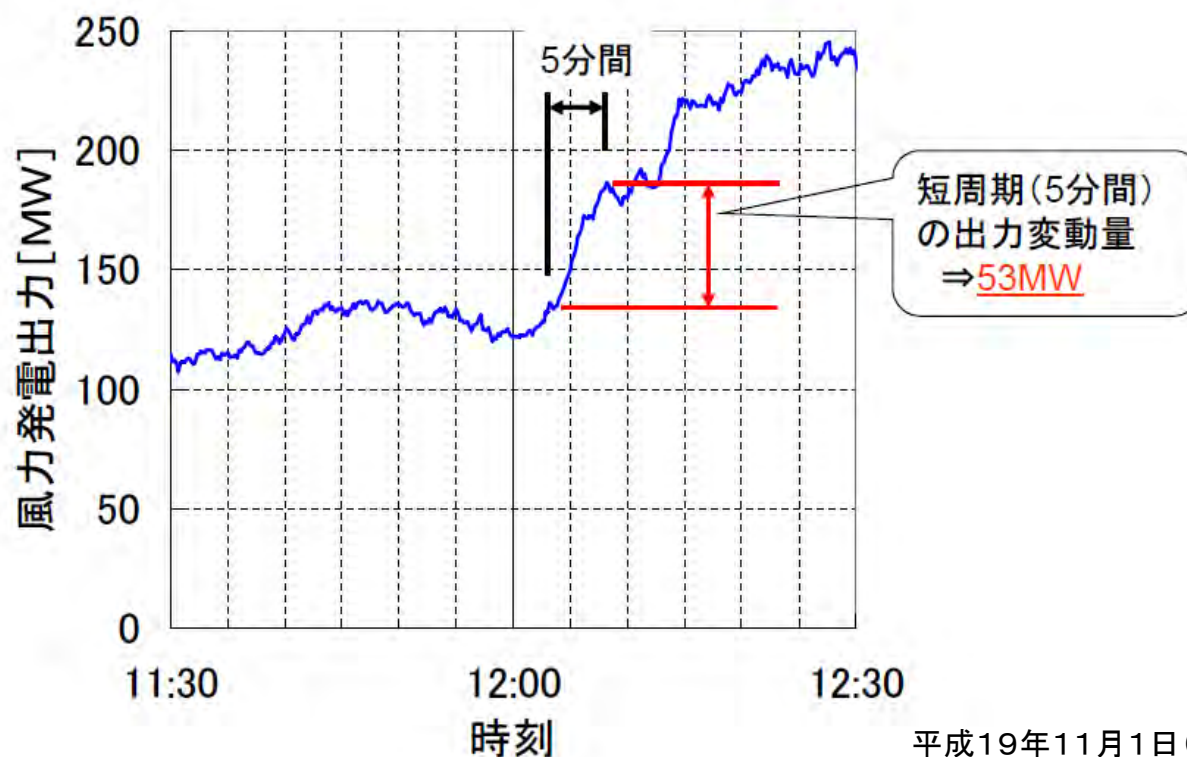
- ◆平成17~19年度「気象予測に基づく発電量予測システム開発」において、WF予測システムとエリア予測システムを開発
- ◆当日予測:誤差率(MAE)15%以内、改善率20%以上 翌日予測:誤差率20%以内、改善率30%以上の目標を達成し、風力予測技術の精度を向上



風力発電の出力急変(ランプ)の例

- ◆風力予測誤差の精度を徐々に向上させることは可能であるが、ランプ(Ramp)と呼ばれる急激かつ大規模な変動については様々な気象要因により引き起こされるために予測が難しく、海外でも重要な開発テーマになりつつある。

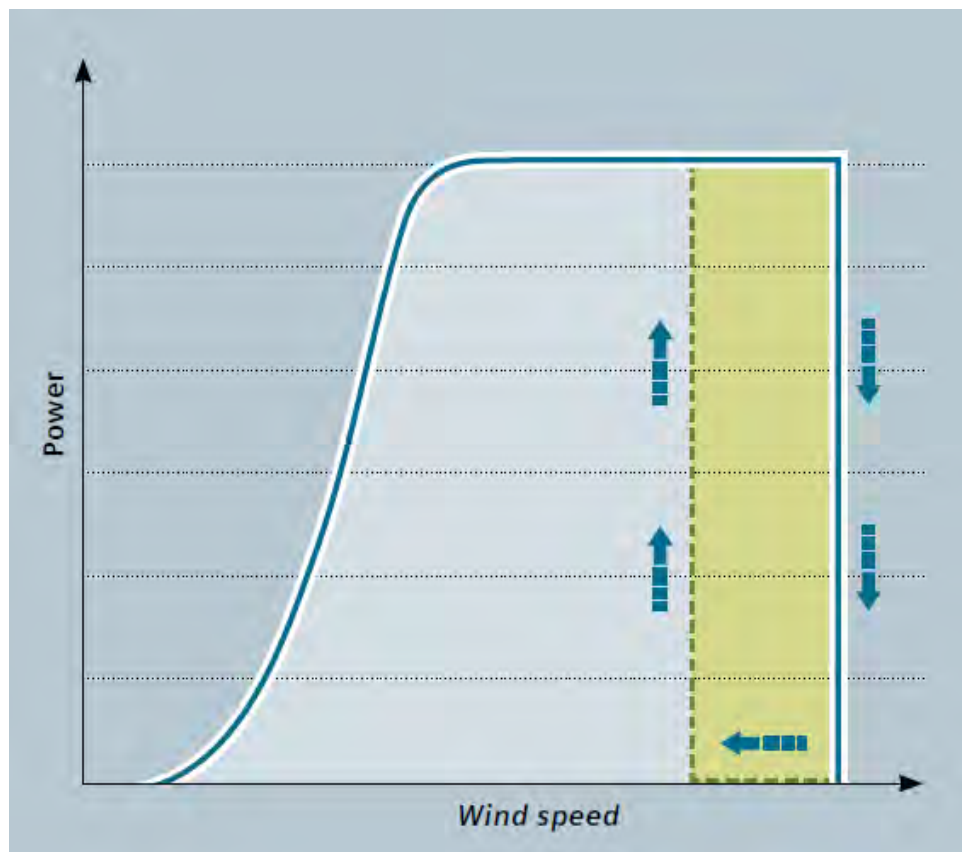
風力発電の出力急変の実例



平成19年11月1日(東北電力管内)

再生可能エネルギーの連系拡大に向けて、需給運用に大きな影響を与える出力急変（ランプ）の予測精度を向上させることが課題となっている。

風力発電のパワーカーブ（イメージ）



・出力急変が発生する原因

○ランプアップ

1. 風速の急増による出力上昇
2. カットアウト後の再起動

○ランプダウン

1. 風速の急減による出力低下
2. カットアウト（例：風速25m/s以上）

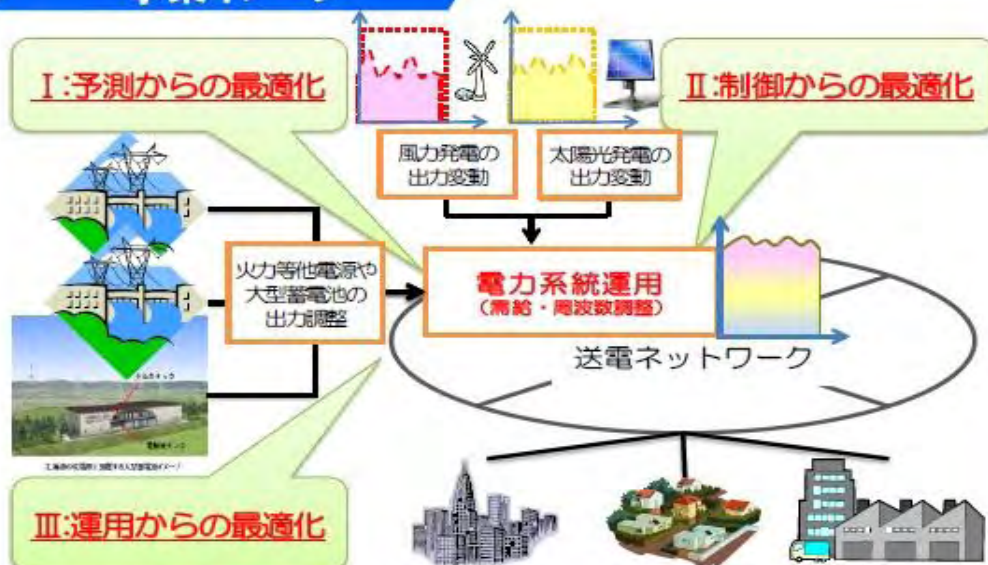


プロジェクト名：電力系統出力変動対応技術研究開発事業

研究開発の目的

- ・今後のエネルギー政策として、再生可能エネルギーの最大限の導入を進め、できる限り原子力発電の依存度を低減させることが政府の目標として掲げられている。
- ・政府目標を達成するために、再生可能エネルギー、特に風力発電を大量に電力系統に連系した際に、発生することが予想される電力品質や系統運用上の技術的な課題を明らかにし、課題解決策を短期および中長期に分けて確実に実施していくことが必要である。
- ・本事業では、電力の需給運用に影響を与える風力発電の急激な出力変動（以下、ランプ）に着目し、再生可能エネルギーの予測技術や出力の変動を抑制する制御技術を高度化させ、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。
- ・以上の取り組みによって、出力が不安定な変動電源から、出力を予測・制御・運用することが可能な変動電源に改善することで、再生可能エネルギーの連系拡大を目指す。

事業イメージ



プロジェクトの規模

- ・事業費総額 190億円（予定）
- ・実施期間 平成26～30年度（5年間）

研究開発の内容

(1) 風力発電予測・制御高度化

国内で電力系統に連系している一定規模の風力発電設備を対象に、ランプ現象の発生要因の解析を目的として、発電出力および気象データのモニタリングを行い、ランプ現象の発生要因を気象学から解析し、さまざまなアプローチからランプ予測技術を開発する。

併せて、最小の出力変動緩和によって電力系統への影響を低減させるとともに、予測誤差を補正するために、ランプ予測技術を活用した風車制御および蓄エネルギー制御技術（以下、出力変動制御技術）の開発によって再生可能エネルギーの計画発電化を目指す。

<ポイント>

- ・風力発電の予測技術の高度化
- ・予測技術を活用した出力変動制御技術の開発

(2) 予測技術系統運用シミュレーション

再生可能エネルギーが電力系統に大量導入された2030年頃を見据え、余剰電力の発生、周波数調整力の不足等の技術的課題とその課題解決策を明らかにするため、ランプ予測技術と出力変動制御技術、調整電源の最適運用手法などを総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発する。また、実際の電力系統における実証試験によって、シミュレーションを検証する。これにより、電力の安定供給を維持しつつ、社会コストミニマムで最大限の再生可能エネルギーの連系が可能となる新たな電力システムの基礎を確立する。

<ポイント>

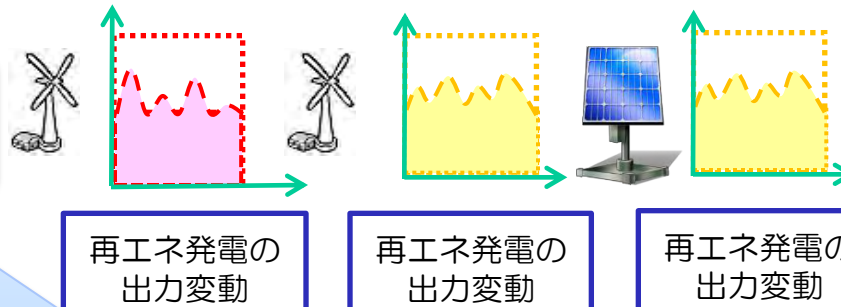
- ・予測・制御・運用を組み合わせた需給シミュレーションシステムの開発
- ・実際の電力系統での実証試験

電力系統出力変動対応技術研究開発事業の内容

- ・ 気象、需要等からの変動予測(予測)、風車制御も含めた出力変動制御(抑制)、火力等他電源や蓄電池の効果的活用(運用)の三つの視点から、送電系統運用技術を高度化。
- ・ 三つの視点を踏まえた需給シミュレーションシステムの開発によって再エネ受入量の最大化に挑戦。

I：予測からの最適化

気象予測、需要予測などから変動予測を最適化



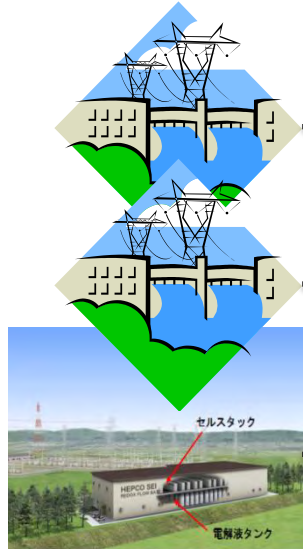
II：制御からの最適化

風力への出力制御（風力発電の組み合わせを含む）の最適化

火力等他電源や
大型蓄電池による
出力調整

送電系統運用
(需給・周波数調整)

送電ネットワーク



セルスタック
電解液タンク
北海道の変電所に設置する大型蓄電池イメージ

III：運用からの最適化

火力等他電源、大型蓄電池など発電
源の運用最適化



今後のNEDOにおける風力予測技術開発の取り組み

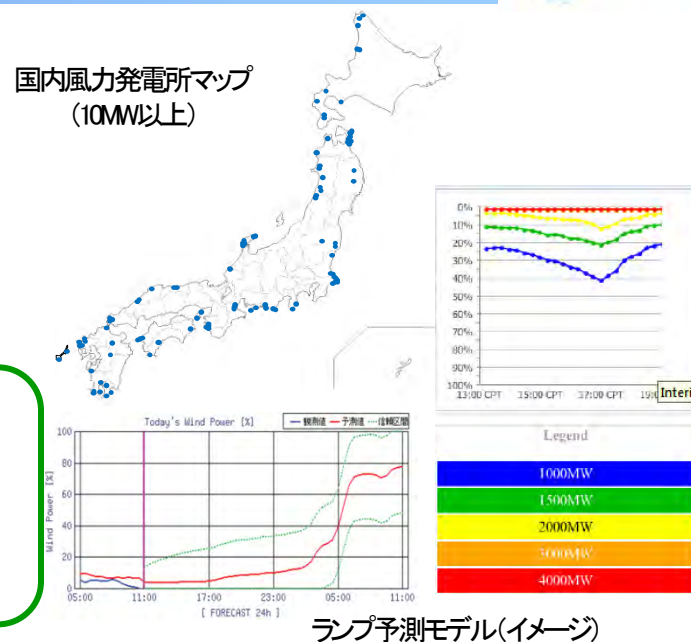


STEP1

一定規模のウィンドファームを対象に、発電出力および気象データをモニタリングするシステムを構築し、ランプ現象の発生要因を分析

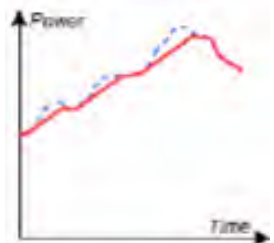
STEP2

系統運用者が適正な調整力を確保することを目的として、需給運用に影響を与えるランプ現象を予測するランプ予測モデルを開発

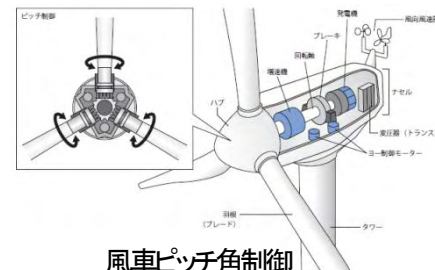


STEP3

出力変動緩和による系統への影響を最小化、予測誤差の補正による風力発電の計画発電を目的に、予測技術に基づく風車ピッチ角制御および蓄エネ制御などの出力変動制御技術を開発



出力変動制御(イメージ)



STEP4

ランプ予測を含めた再エネ出力予測技術と出力変動制御技術に加え、調整電源の最適運用手法などを総合的に組み合わせた需給シミュレーションシステムを開発し、再エネ連系拡大の技術的課題と課題解決策を明らかにする

- ◆ 変動電源である太陽光発電や風力発電の導入拡大にあたり、出力予測は欠かせない技術である
- ◆ NEDOでは、これまでに太陽光発電や風力発電の出力予測技術の開発に取り組み、一定の成果を上げてきた
- ◆ 来年度からは、風力発電の取り組み強化の流れも受け、世界的に問題となっている出力急変(ランプ)をターゲットとした出力予測技術の開発に取り組み、**予測・制御・運用**を可能とすることで、風力発電の連系拡大を目指す