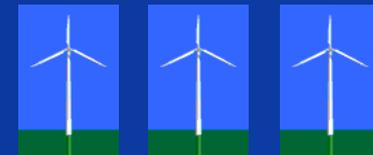


主催：日本学術会議、科学技術振興機構

国際シンポジウム

「日本における再生可能エネルギーの利用拡大に向けて」



風力発電の中長期導入目標と 電力系統連系対策



2015年2月12日

一般社団法人

日本風力発電協会

<http://jwpa.jp>



北海道 稚内市

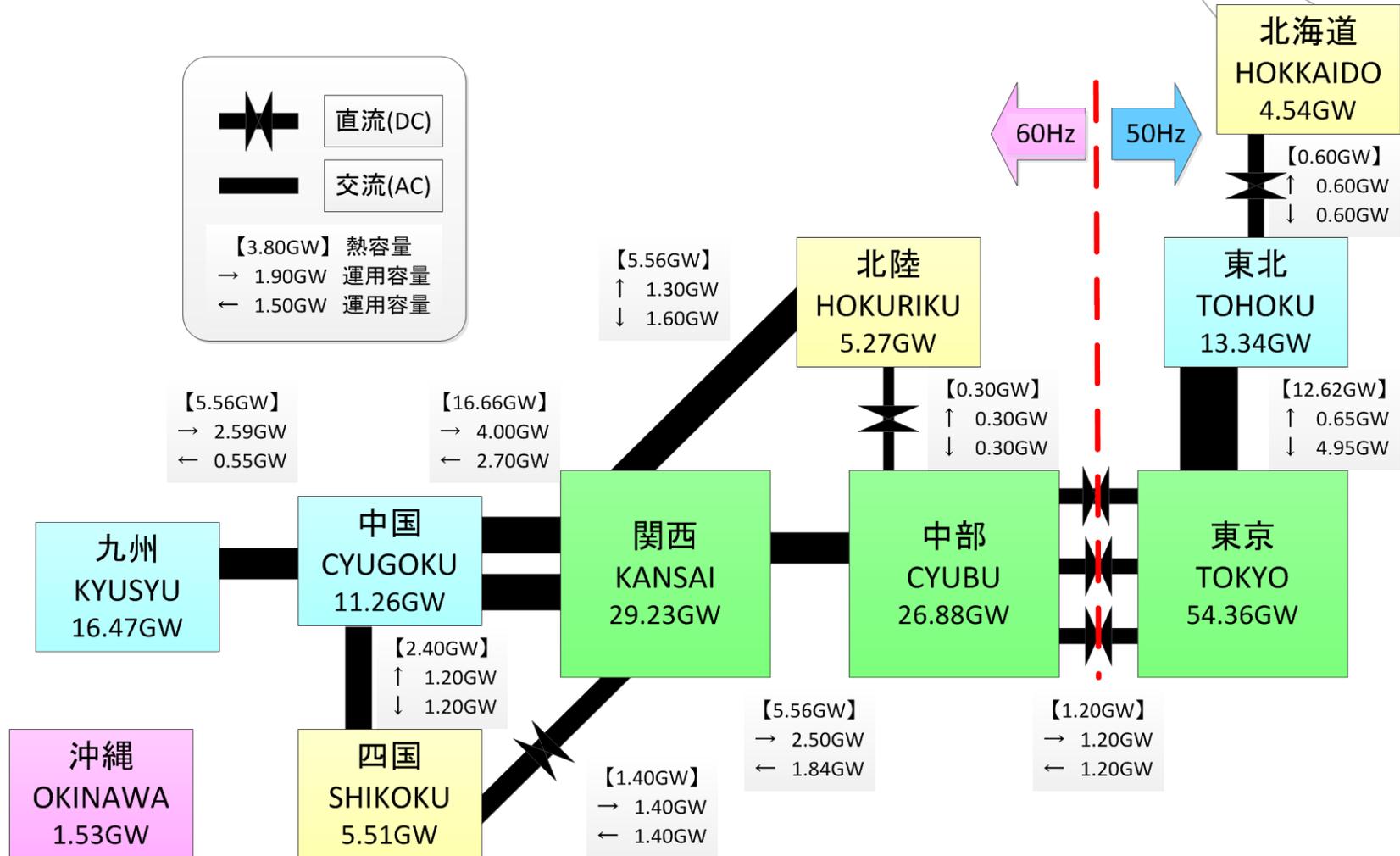


秋田県 由利本荘市

1. 日本の電力系統



- 2014年度(8月平日昼間帯)における、地域間連系設備の運用容量

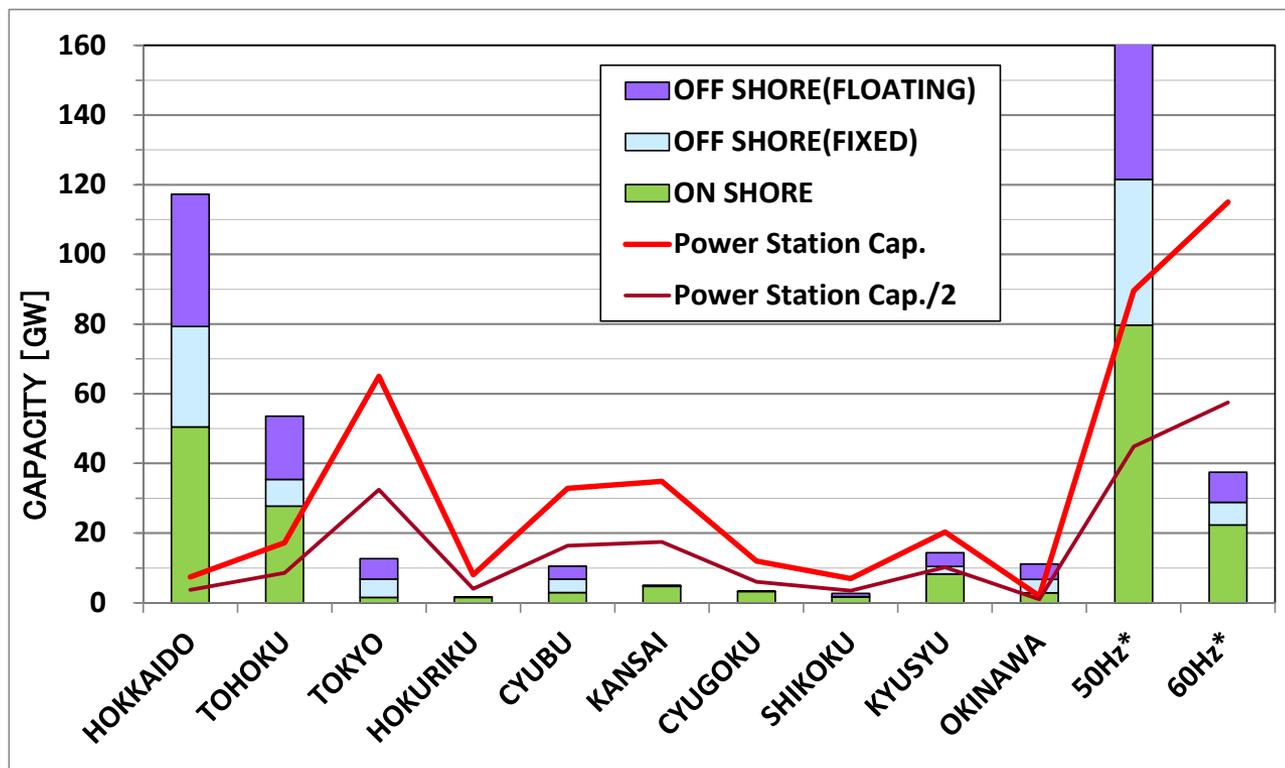


電力系統利用協議会「各地域間連系設備の運用容量算定結果」を基に、JWPA作成
http://www.escj.or.jp/rep/pdf/h2604_opcapa_posting.pdf

2. 堅実な風力発電ポテンシャル



- 社会的制約条件の変化、現地調査結果などによりポテンシャルは増減するが「**堅実なポテンシャル**(ここまで低下する事は有りえない)」を設定。
 - 陸上=ポテンシャルの1/2、 着床=ポテンシャルの1/3、 浮体=ポテンシャルの1/4
 - 各電力会社の設備容量を考慮しない場合: 23,218万kW(全発電設備容量の1.12倍)
 - 各電力会社の設備容量を上限とした場合: 7,672万kW(全発電設備容量の0.37倍)



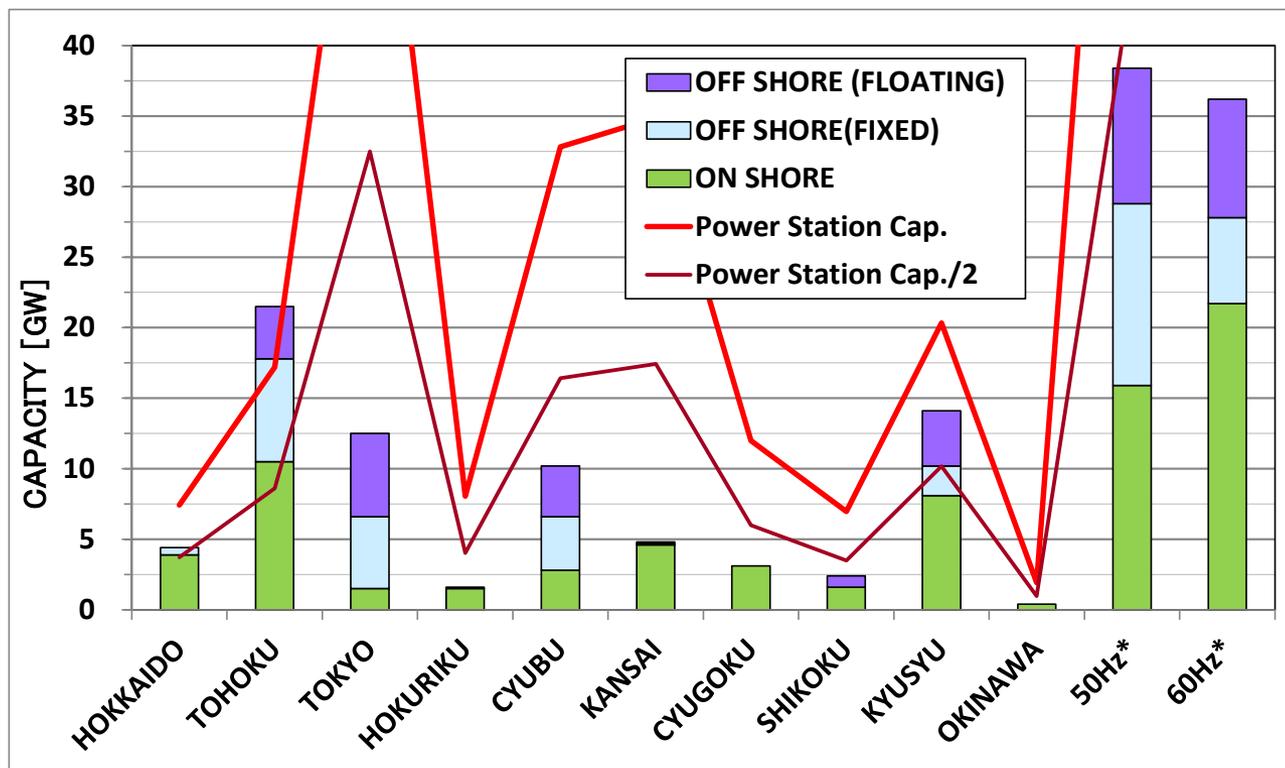
1GW=100万kW

* :60Hzは、沖縄を除く

3. 2050年導入目標 (JWPAビジョン)



- 堅実的なポテンシャルに対し、発電設備容量などによる制約を設定
 - 2050年度推定需要電力量(シナリオA)に対して、風力発電から20%以上供給
 - 50Hz系および60Hz系の合計発電設備容量の50%以下、沖縄は25%以下
 - 十分なポテンシャルが有る沖縄は、着床式風力および浮体式風力の適用率ゼロ
 - 十分なポテンシャルが有る北海道は、浮体式風力の適用率ゼロ



2050年度推定需要電力量(シナリオA=9,300億kWh=930TWh)に対して、風力発電から約20%供給可能

2050年度推定需要電力量(シナリオB=7,580億kWh=758TWh)に対して、風力発電から約25%供給可能

50Hz系風力発電設備容量率=42.9%

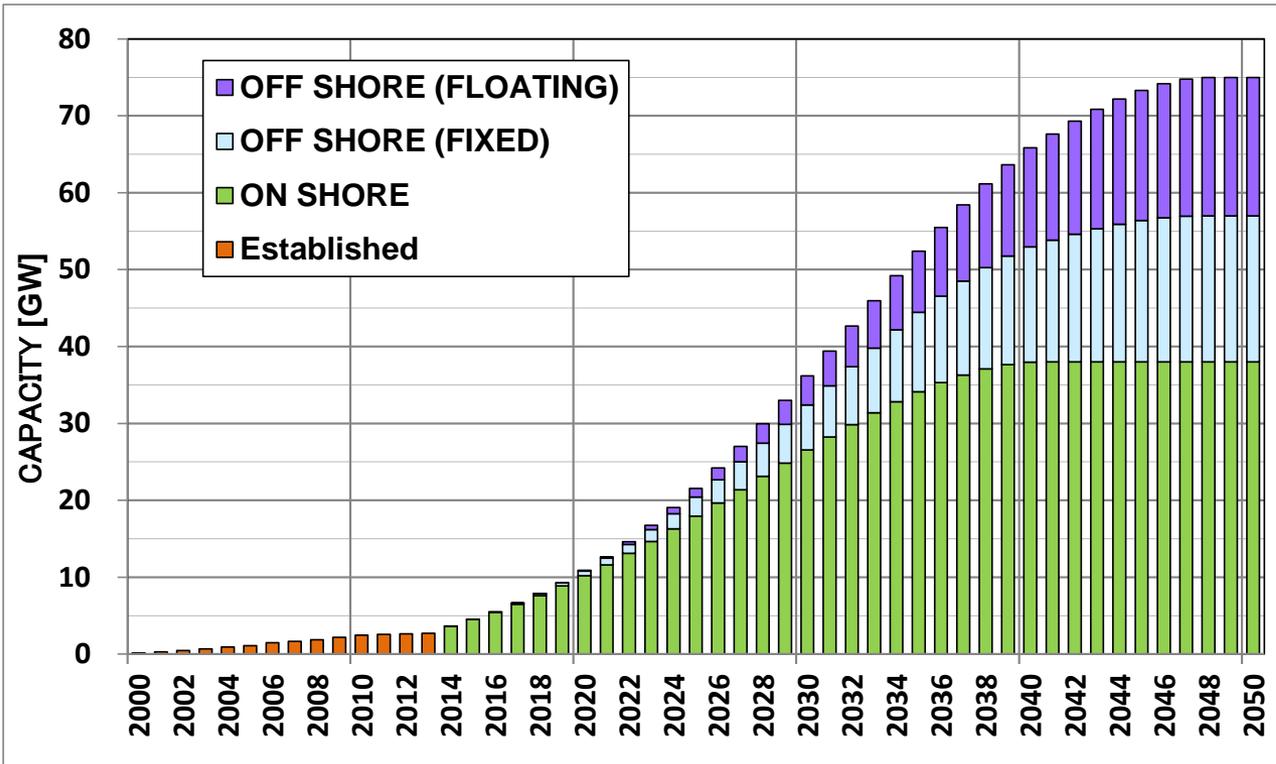
60Hz系風力発電設備容量率=31.5%

* : 60Hzは、沖縄を除く

4. 2050年導入目標とロードマップ (JWPAビジョン)



- 2050年度の推定需要電力量* (シナリオA) に対して、風力から20%供給
 - 積極的な電力系統の広域運用、地域間および地域内送電線の新增設
 - 気象予測に基づく「自然変動電源の発電電力予測システム」の適用
 - 風車制御機能(出力上昇率制限運転、最大出力抑制運転)の活用



年度	風力導入実績と導入目標値 [GW]			発電電力量 [TWh]
	陸上	洋上	合計	
2010	2.5	0.0	2.5	4.3
2020	10.2	0.7	10.9	23.0
2030	26.6	9.6	36.2	84.0
2040	38.0	27.9	65.9	162.0
2050	38.0	37.0	75.0	188.0

- ☆2050年度推定需要電力量(シナリオA) に対して、風力発電から約20%供給可能
- ☆2050年度推定需要電力量(シナリオB) に対して、風力発電から約25%供給可能
- ☆発電電力量は、2010年以前に建設した発電所設備利用率を20%として算出
- ☆陸上市町村別および洋上ポテンシャルは、添付パンフレットを参照

* : 2050 日本低炭素社会シナリオ (環境省戦略研究開発プロジェクト: 2008年6月)

http://2050.nies.go.jp/report/file/lcs_japan/2050_LCS_Scenario_Japanese_080715.pdf

シナリオA: 9,300億kWh ・利便性・効率性の追求から都市への人口・資本の集中が進展。

シナリオB: 7,580億kWh ・ゆとりある生活の追求により地方に人口・資本が分散化。

5. JWPAビジョンと2012年時点の導入目標

- 国家戦略室: エネルギー・環境会議*1
- 経済産業省: 総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会*2
- 環境省: 中央環境審議会 地球環境部会*3
 - 地域間連系線を活用した一体的運用を想定
(地域間連系線の容量制約などは考慮していない)



		2020		2030		2050	
		陸上	洋上	陸上	洋上	陸上	洋上
国家戦略室	RE 35%	11.7	0.5	39.5	8.0		
	RE 30%	9.1	0.4	29.0	5.9		
	RE 25%	5.5	0.03	14.7	2.9		
経済産業省	Case-1	12.0	0.6	51.4	8.6		
	Case-2	8.0	0.4	30.0	5.0		
	Case-3	5.7	0.3	12.9	2.1		
環境省	高位	11.0	0.5	23.7	8.8	35.0	35.0
	中位	10.7	0.4	21.7	7.1	27.0	23.0
	低位	7.5	0.03	16.2	5.1	18.0	12.0
JWPA	2012年策定	10.8	0.5	21.2	7.6	25.0	25.0
	2014年策定	10.2	0.7	26.6	9.6	38.0	37.0

単位: GW
= 百万kW

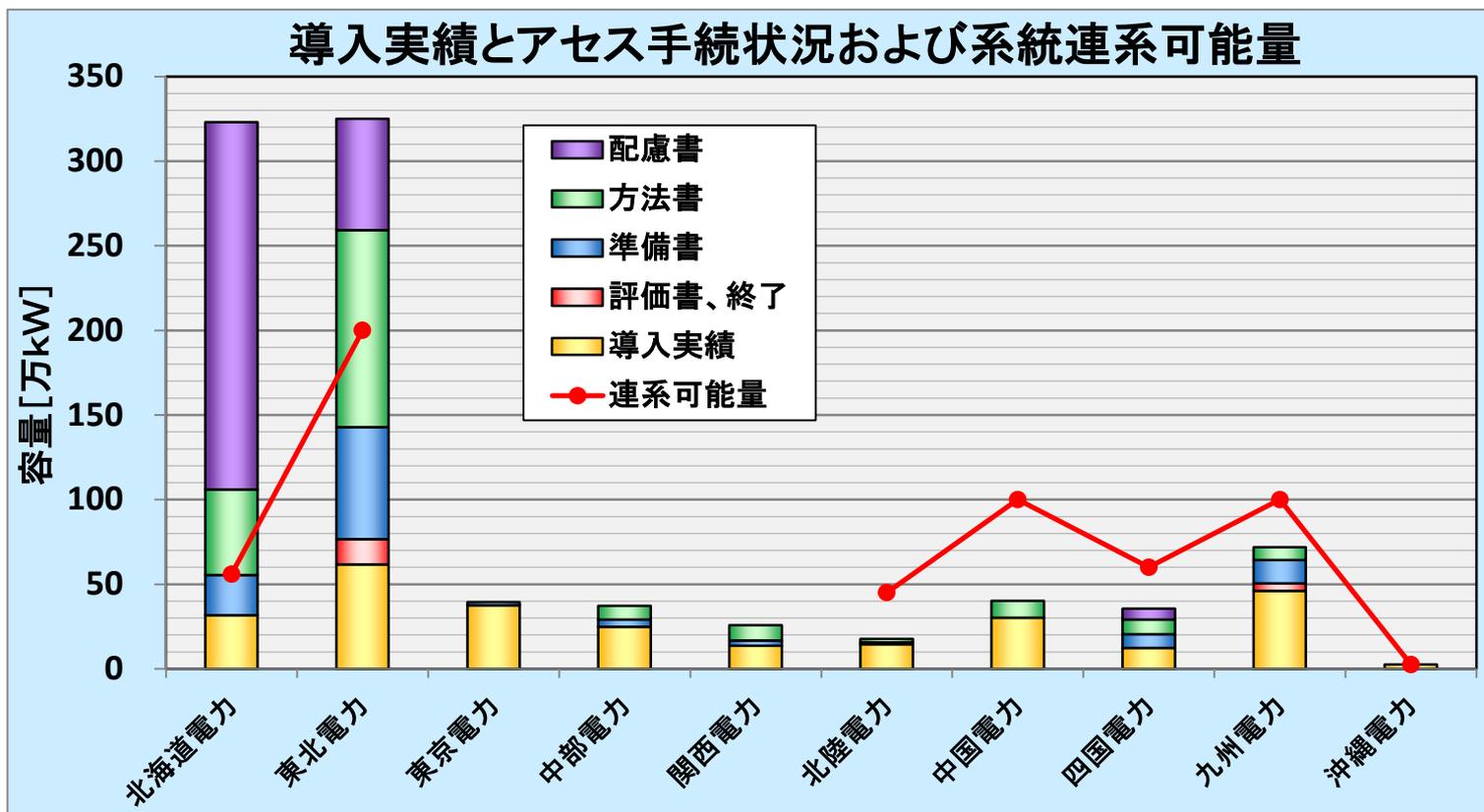


* 1: エネルギー・環境会議(2012-6-29) <http://www.npu.go.jp/policy/policy09/pdf/20120629/shiryo1.pdf>
 * 2: 基本問題委員会(2012-4-16、他) <http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/kihonmondai/19th/19-1.pdf>
 * 3: 地球環境部会(2012-3-2、他) <http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-11/ref01-2.pdf>

6. 電力会社別の導入実績と導入計画状況



- 建設の確実性と建設までの期間短縮を図る為に、以下の措置が必要
 - 系統連系可能量の見直し⇒算定条件の統一化、電力系統の広域運営を考慮
 - 設備認定条件と接続検討申込条件(一部電力)の見直し⇒方法書段階(認定)、条件撤廃
 - FIT: 利潤に配慮する期間(3年間)の延長⇒風力の環境アセス手続期間を考慮



各電力会社の設備容量・設備構成などにより、連系可能量が設定されている。
(東京、中部、関西は設定なし)

【アセス状況】
(2014年10月時点)
☆配慮書段階 約290万kW
☆方法書段階 約210万kW
☆準備書以降 約140万kW

【設備認定】
(2014年9月時点)
約131万kW

7. 風力発電系統連系可能量拡大策



- 風力発電など自然変動電源を大量に導入した場合、電力系統運用へ影響が生じる可能性がある。
- 風力発電側及び電力系統側で講じられる主な対策は以下の通り。

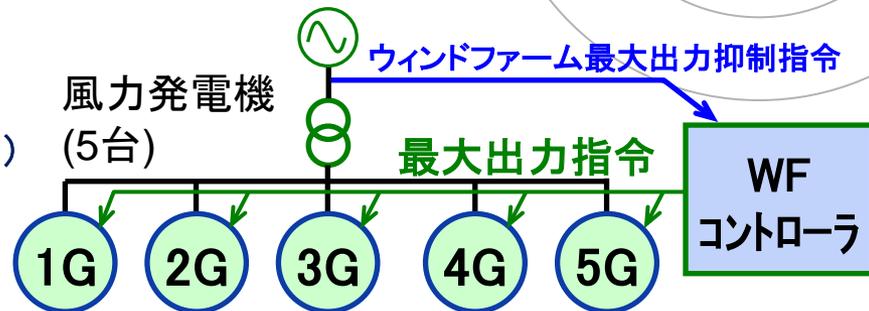
課 題	ウインドファーム側対策	電力系統側対策
短周期調整力不足	<ul style="list-style-type: none"> ・出力上昇率制限運転 ・出力変動緩和蓄電池の活用（グループ制御） 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力系統の広域運用 ・持ち替え運転（機種と台数） ⇒経済負荷配分運転が犠牲となる
長周期調整力不足 （ランプ変動対応）	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力抑制運転 ・出力上昇率制限運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力系統の広域運用 ・気象予測システムの活用
下げ代不足	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力抑制運転 ・周波数上昇時の出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力貯蔵設備（揚水発電所）の活用 ・変電所設置蓄電池システムの活用 ・火力機の最低運転可能領域の低減 ・火力機の出力調整速度と量の増加
送電線熱容量不足	<ul style="list-style-type: none"> ・最大出力抑制運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域内送電線の新增設 ・地域間送電線の新增設

8. 最大出力抑制と出力上昇率制限

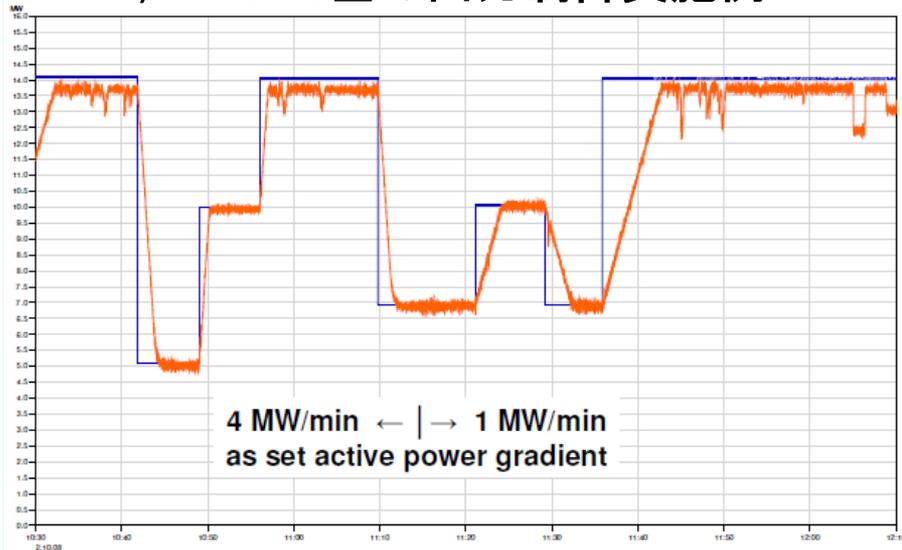


■ ウィンドファーム全体の最大出力および出力上昇率を高速制御

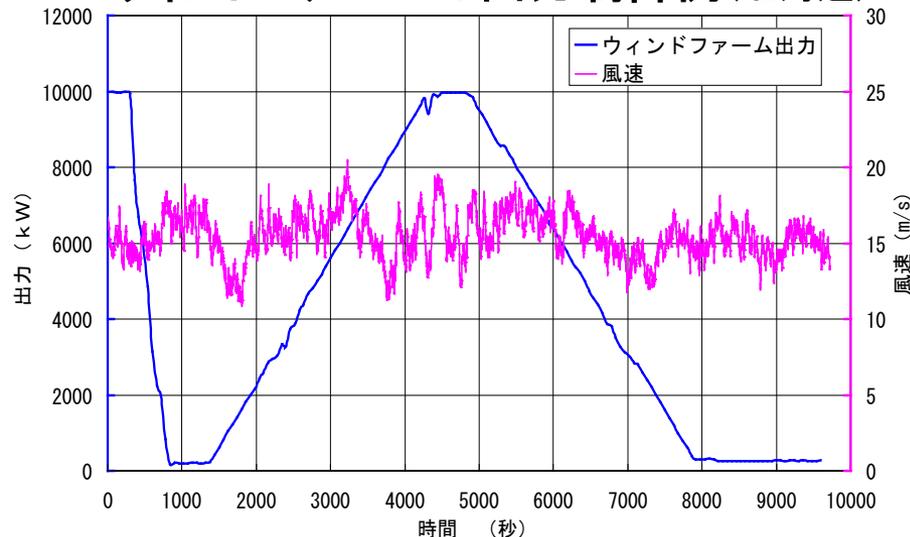
- 最大出力抑制制御 (最大出力を設定)
⇒ 下げ代不足対応
- 出力上昇率制限制御 (制御幅と率を設定)
⇒ 調整力不足対応



2,300kW-6基の出力制御実施例



ウィンドファームの出力制御例(北海道)



※出力は技術要件と同じ1分間平均値

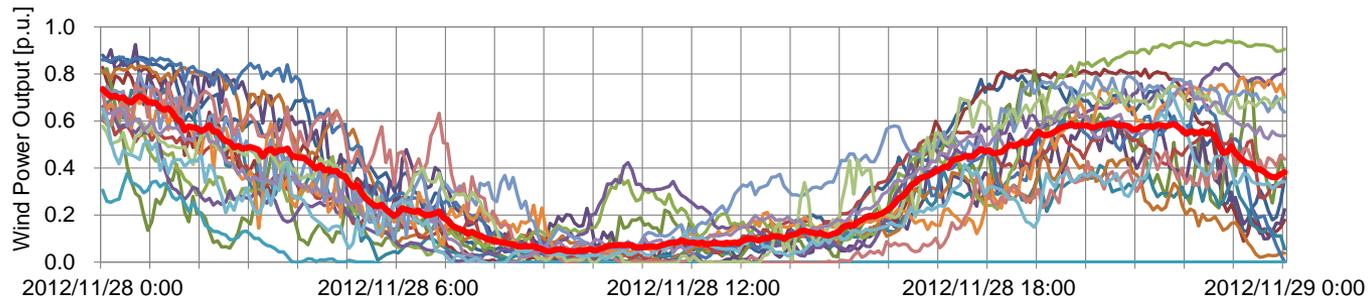
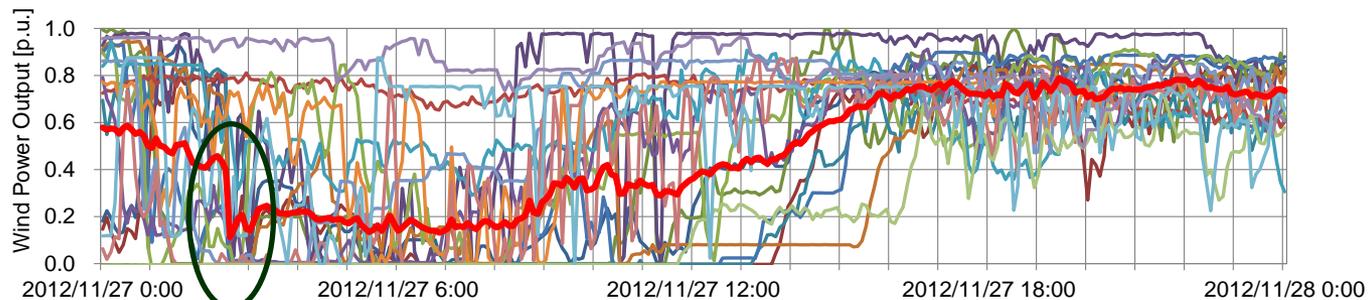
ドイツ: 連系容量の10%/分、アイルランド: 1~30MW/分

<参考-1>東北管内の風力発電電力(3日間)



■ 個別WFと21WF・449MW合計の発電電力

- 2012年11月27日:カットアウトによるランプダウン発生



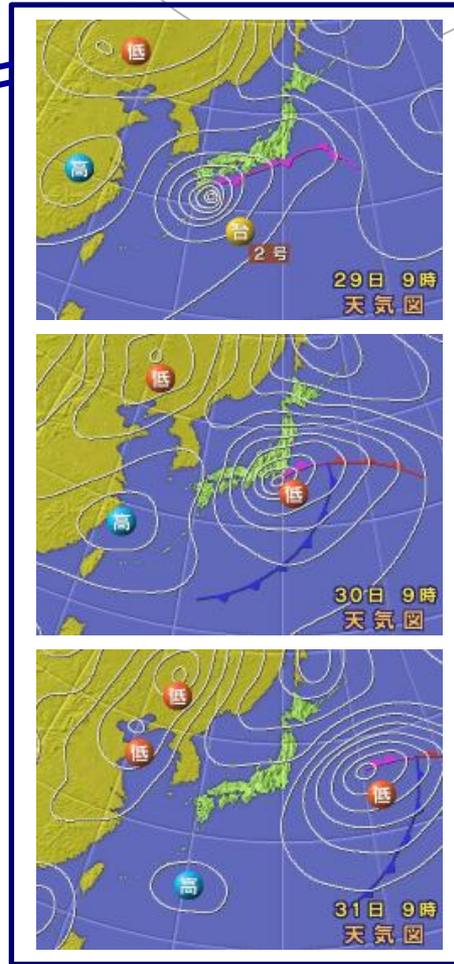
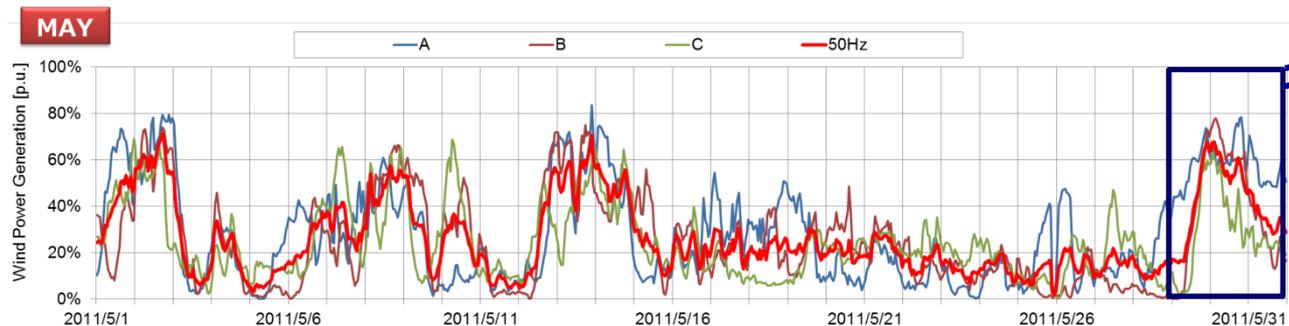
11月26日:『気温低下 電力逼迫』11月27日:『北海道で猛ふぶき 5万戸が停電』 11月28日:『京葉線停止 真冬並の寒さ』

<参考-2>風力発電の発電電力(2011年5月)

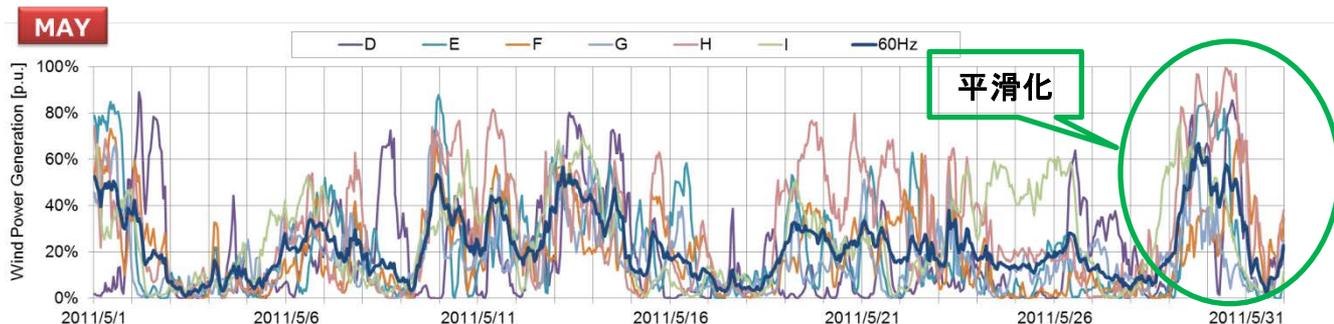


■ 50Hz地区の電力会社管内別と合計発電電力

- 電力管内別では、80%を超える場合もあるが、平滑化効果は大きい。



■ 60Hz地区の電力会社管内別と合計発電電力

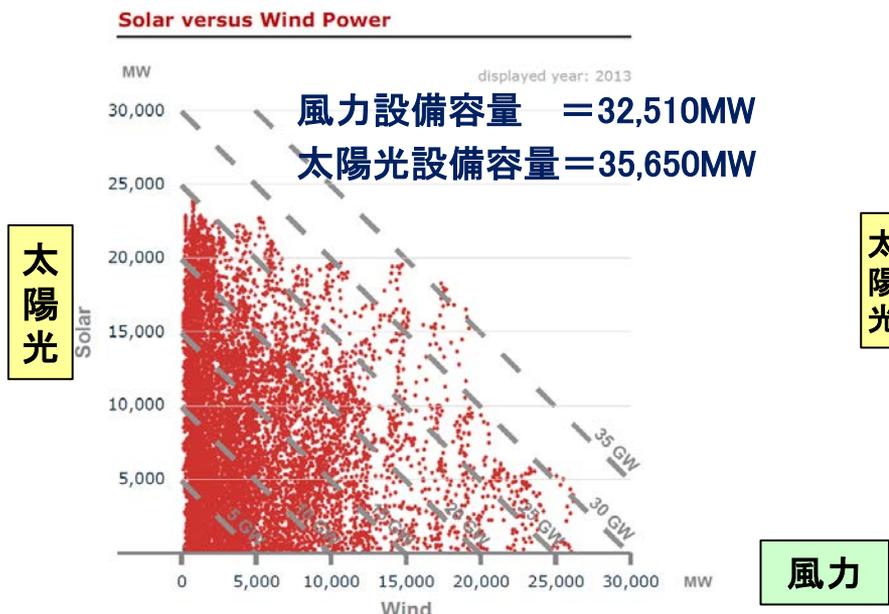


<参考-3> 自然変動電源の発電電力相関



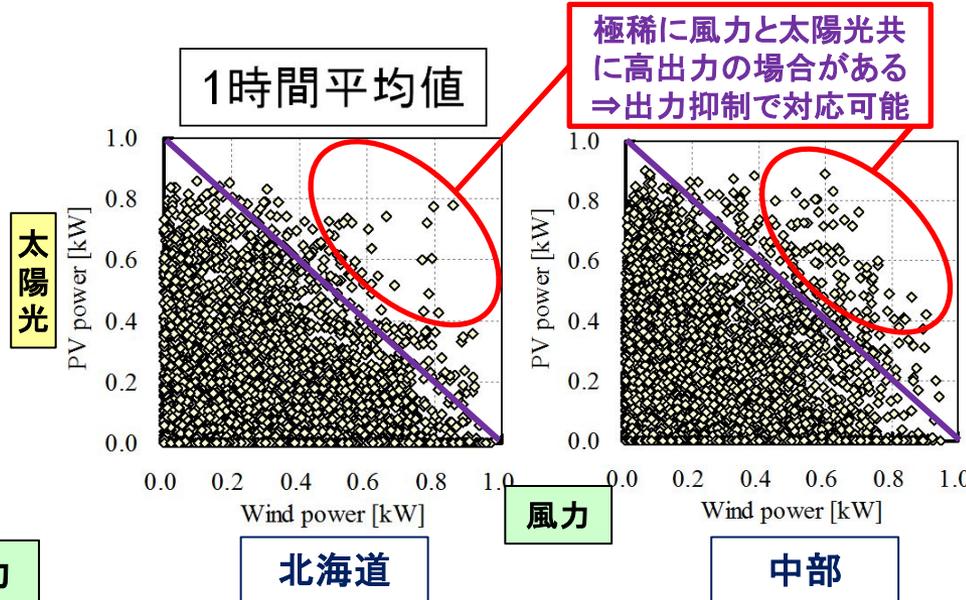
- 自然変動電源の発電電力は、補完関係にあり、適地は偏在する
 - 低気圧 : 風が強い(風力)、日射が弱い(太陽光)、雨が多い(中小水力)
 - 高気圧 : 風が弱い(風力)、日射が強い(太陽光)、雨が少ない(中小水力)
 - 風力発電適地 : ①北海道 ②東北 ③九州
 - 中小水力発電適地 : ①東北 ②中部 ③北陸
 - 地熱発電適地 : ①北海道 ②東北 ③北陸

ドイツの実測事例(2013年)



出典: Fraunhofer Electricity production from solar and wind in Germany in 2013

日本のシミュレーション例(2011年度)



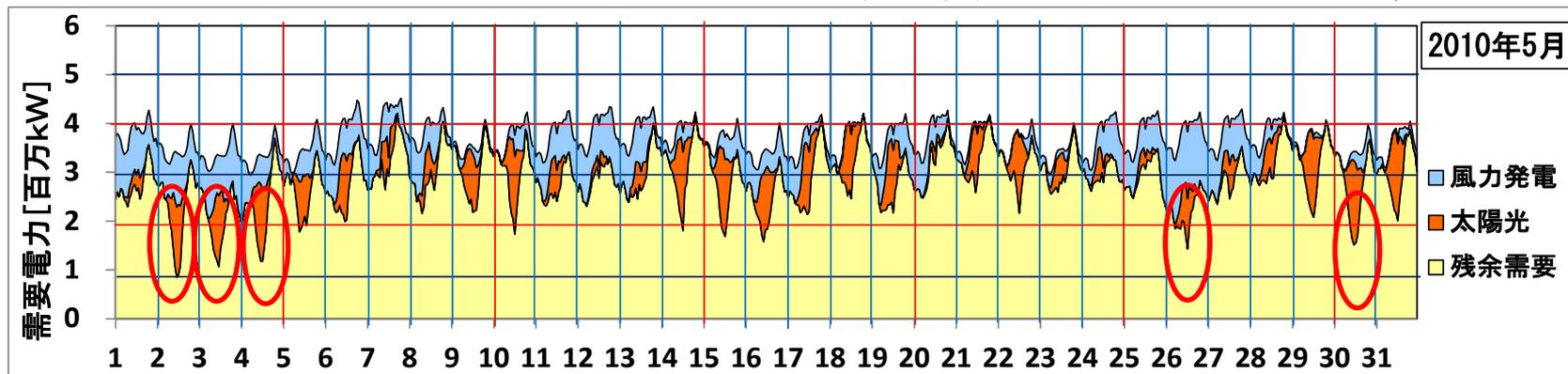
出典: 電気学会 平成24年電力・エネルギー部門大会 名古屋大学 加藤丈佳
 風力データ: JWPA収集 太陽光データ: アメダスからの推定

<参考-4> 残余需要-1 (2010年5月)

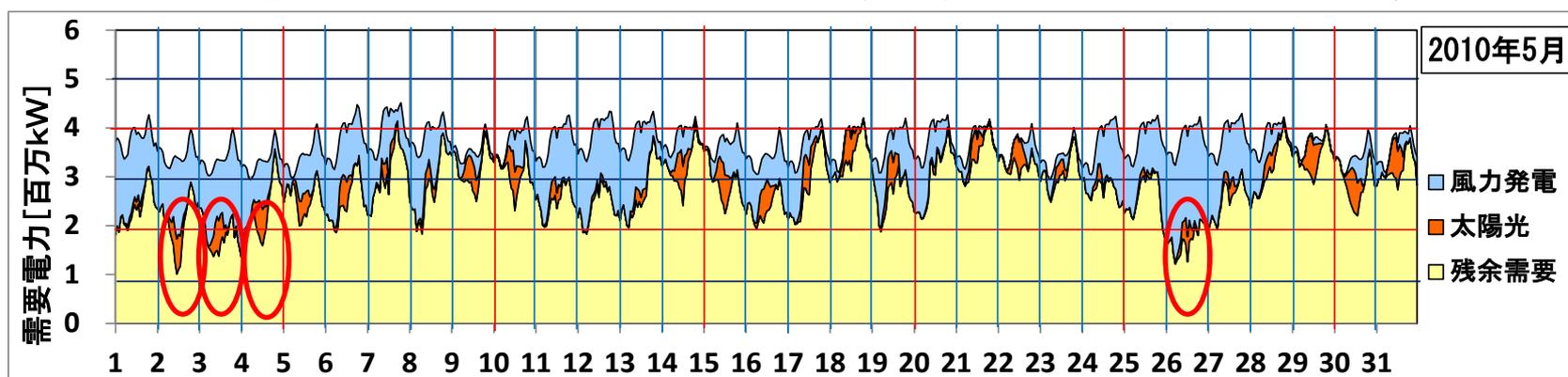


- 春秋期における最大需要相当の再エネ設置時のシミュレーション結果
 - 風力データ: JWPA、太陽光データ: アメダス、需要データ: 電力殿HP

☆北海道電力管内: 風力発電=2百万kW、太陽光発電=2百万kWの場合



☆北海道電力管内: 風力発電=3百万kW、太陽光発電=1百万kWの場合

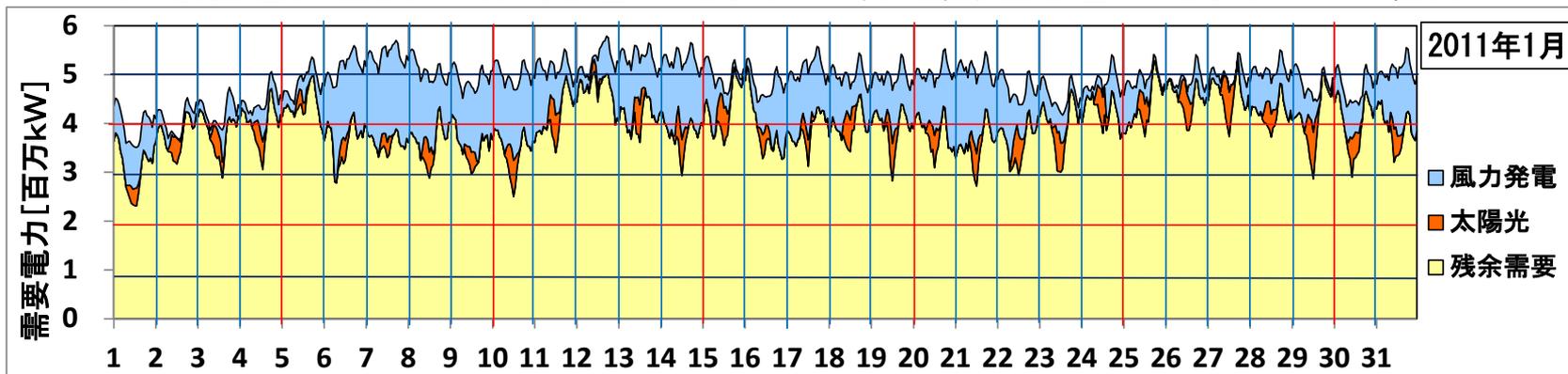


<参考-5> 残余需要-2 (2011年1月)

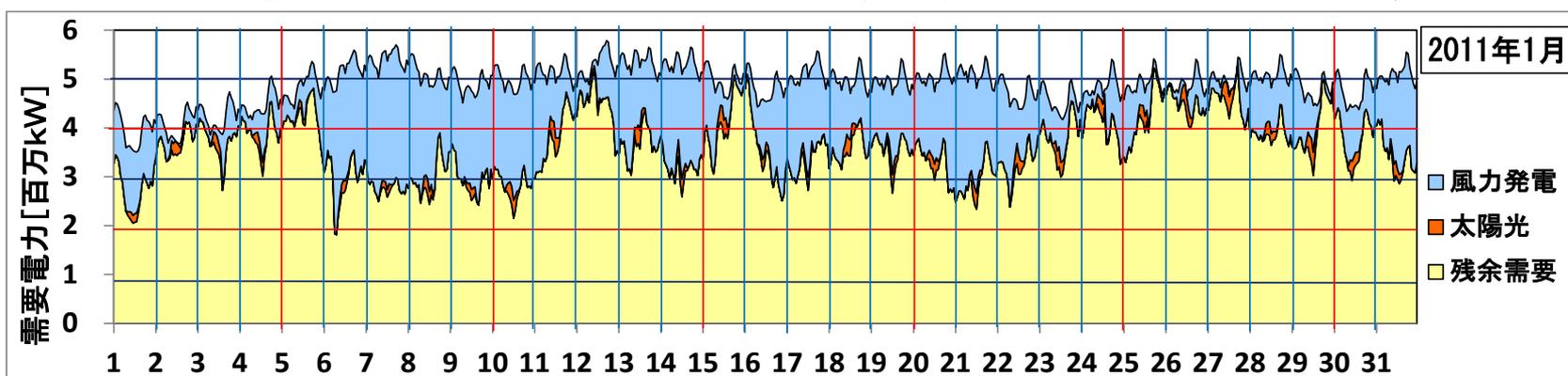


- 春秋期における最大需要相当の再エネ設置時のシミュレーション結果
 - 風力データ: JWPA、太陽光データ: アメダス、需要データ: 電力殿HP

☆北海道電力管内: 風力発電=2百万kW、太陽光発電=2百万kWの場合



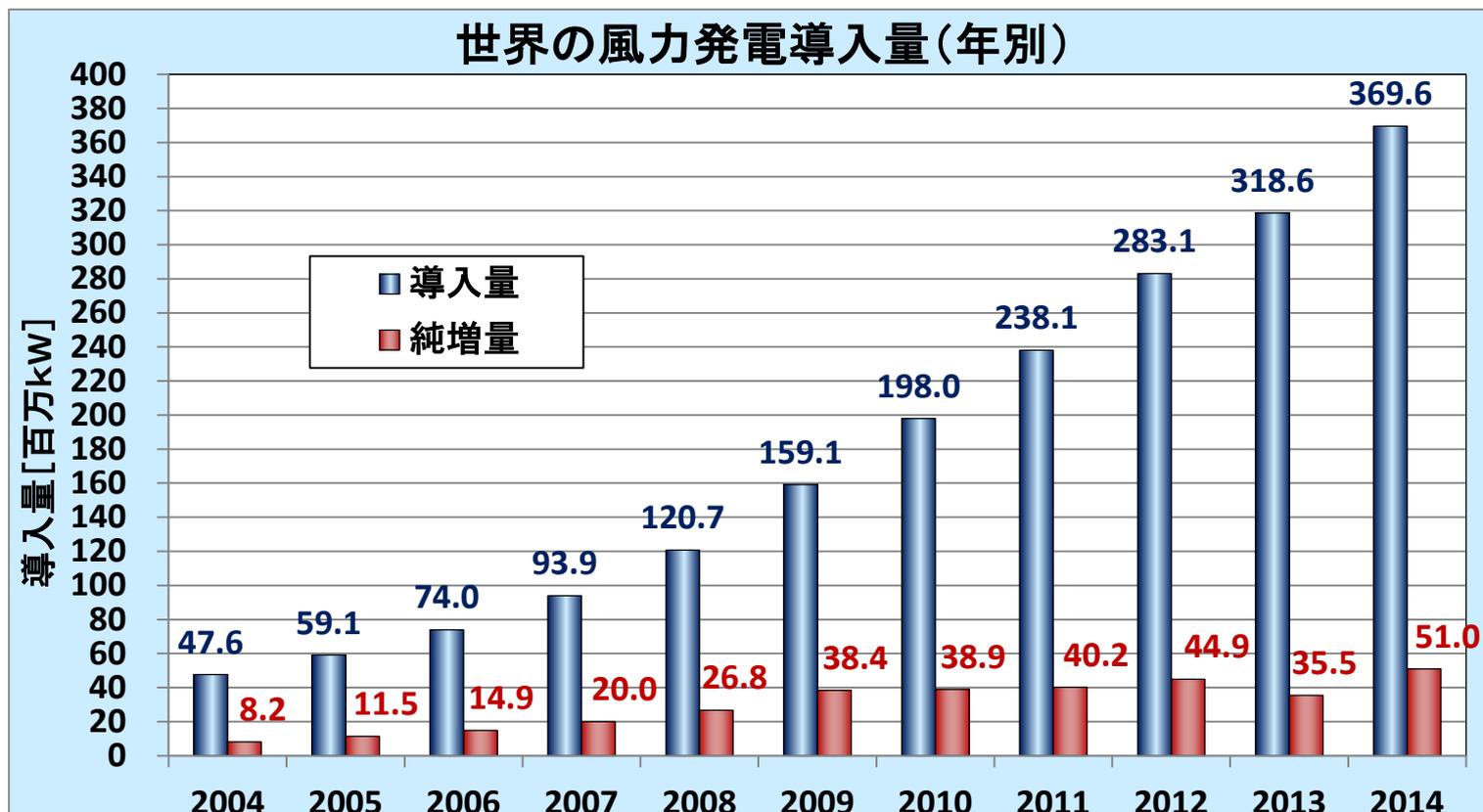
☆北海道電力管内: 風力発電=3百万kW、太陽光発電=1百万kWの場合



<参考-6>世界の風力発電導入実績(年別)



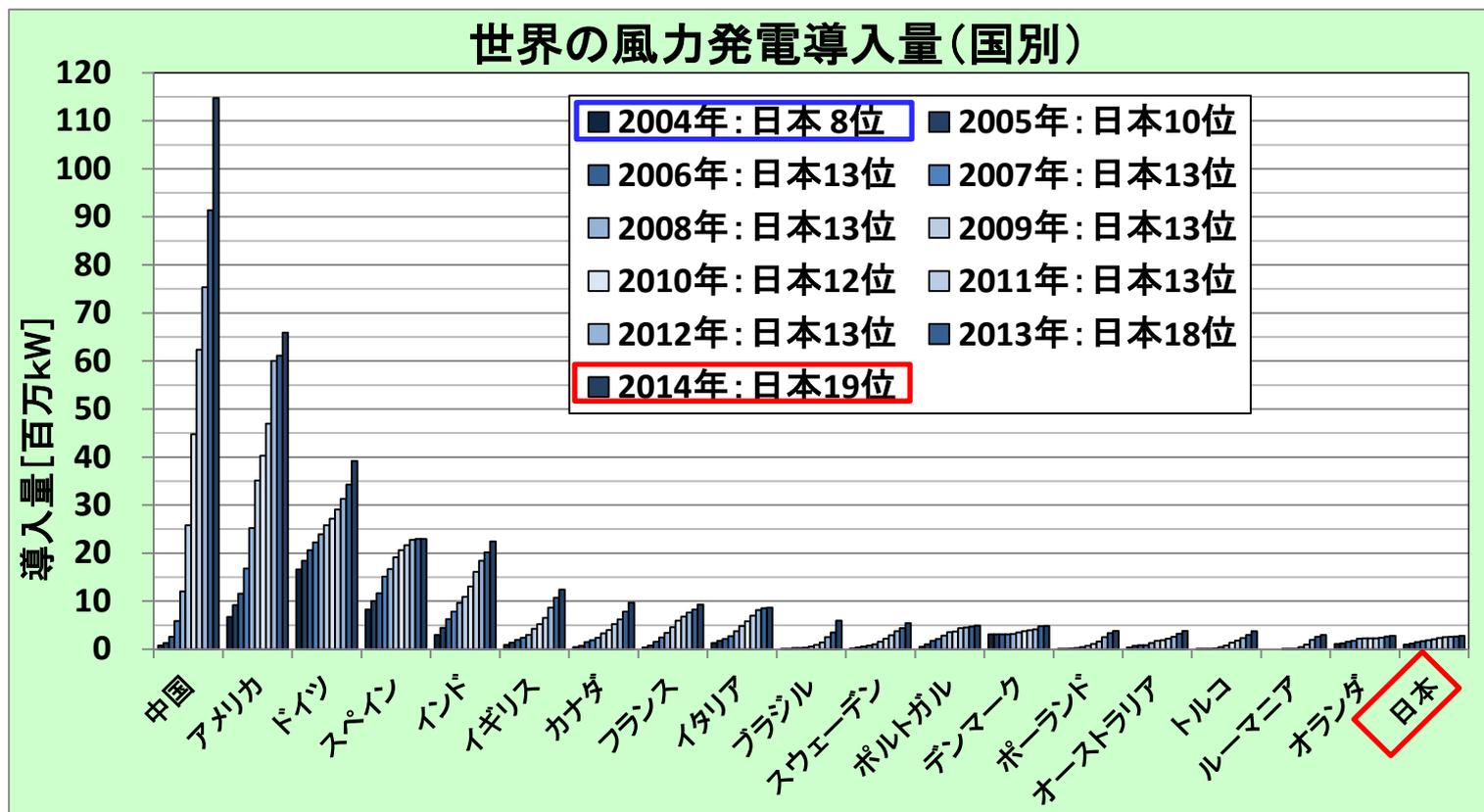
- 2014年導入量は、**3億6,955万kW**(国内電力会社の全発電設備容量の約1.8倍)
- 2013年単年(5,096万kW)で、**日本の累積導入量(280万kW)の約18倍**を導入
- 10年間で導入量は、約6.3倍に増加



<参考-7>世界の風力発電導入実績(国別)



- 1位の中国は、1億1,476万kW(世界合計の約31%)
- **日本は、278.9万kWであり、世界第19位(世界合計の約0.75%)**
- イギリス、カナダ、フランス、ブラジルも急増中



2007年まで
1位:ドイツ

2008~9年:
1位:アメリカ

2010年から:
1位:中国

<参考-8> ドイツの発電設備と需要電力量

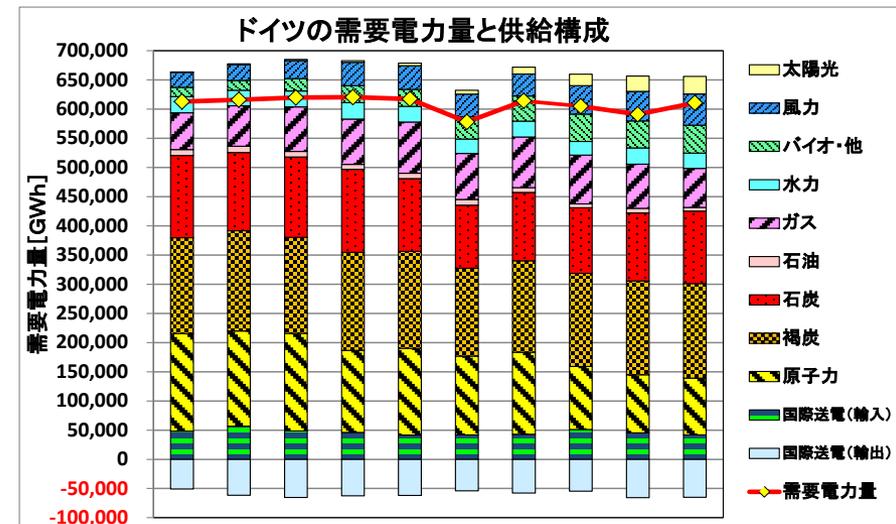
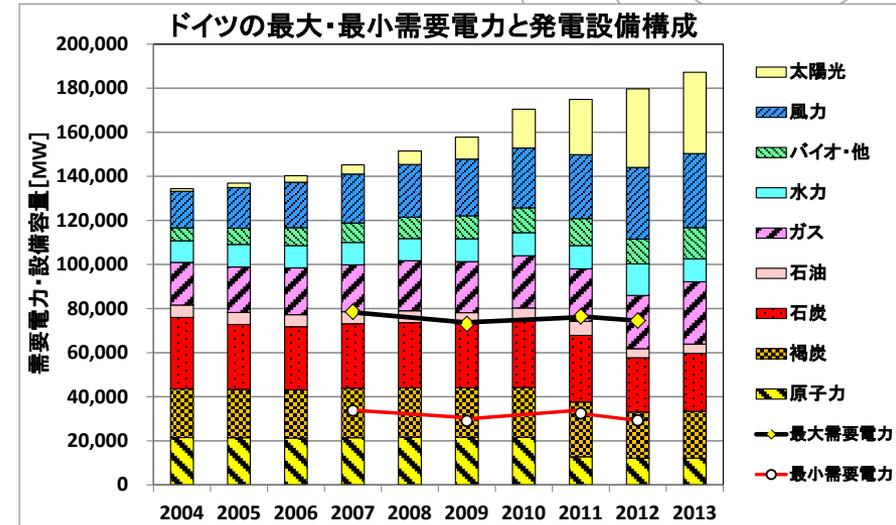


■ 発電設備構成 (2013年)

- 全発電設備 = 187,171MW (100.0%)
- 最大需要電力* = 74,475MW (39.8%)
(注) 2012年度と同一と仮定
- 風力発電 = 33,668MW (18.0%)
最大需要電力比 = 45.2%
- 太陽光発電 = 36,858MW (19.7%)
最大需要電力比 = 49.5%
- 水力 = 10,400MW (5.6%)
最大需要電力比 = 14.0%

■ 電力量供給構成 (2013年)

- 全需要電力量 = 610,520GWh (100.0%)
- 風力発電 = 53,400GWh (8.7%)
- 太陽光 = 30,000GWh (4.9%)
- 水力 = 26,300GWh (4.3%)



<参考-9> スペインの発電設備と需要電力量

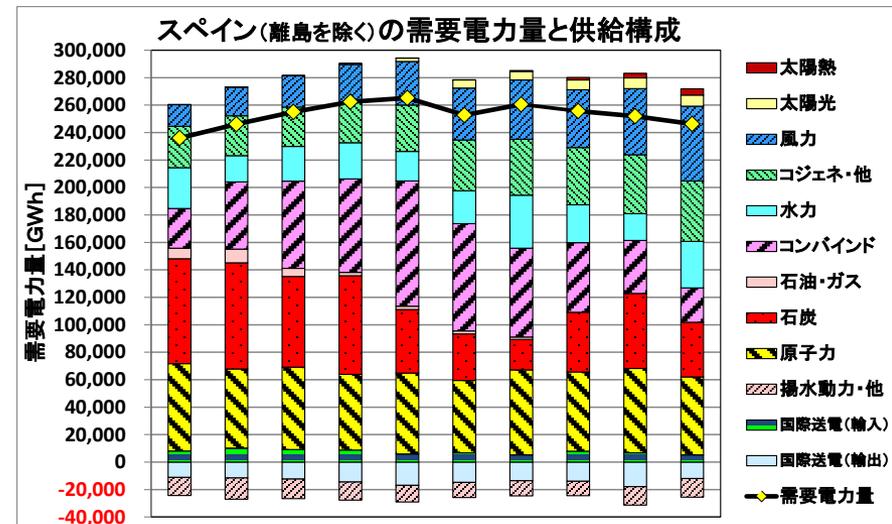
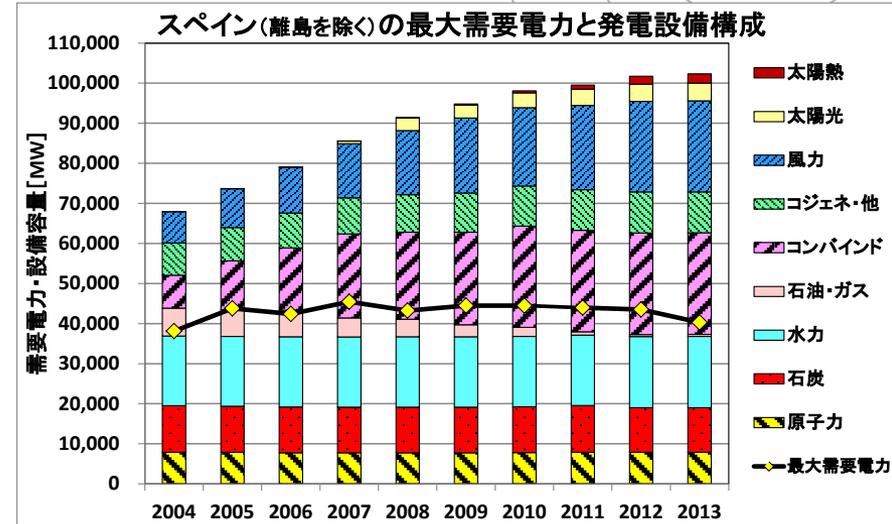


■ 発電設備構成 (2013年)

- 全発電設備 = 102,308MW (100.0%)
- **最大需要電力 = 40,277MW (39.4%)**
- 風力発電 = 22,746MW (22.2%)
最大需要電力比 = 56.5%
- 太陽光発電 = 4,438MW (4.3%)
最大需要電力比 = 11.0%
- 太陽熱発電 = 2,300MW (2.2%)
最大需要電力比 = 5.7%
- 水力+小水力 = 19,851MW (17.4%)
最大需要電力比 = 49.3%

■ 電力量供給構成 (2013年)

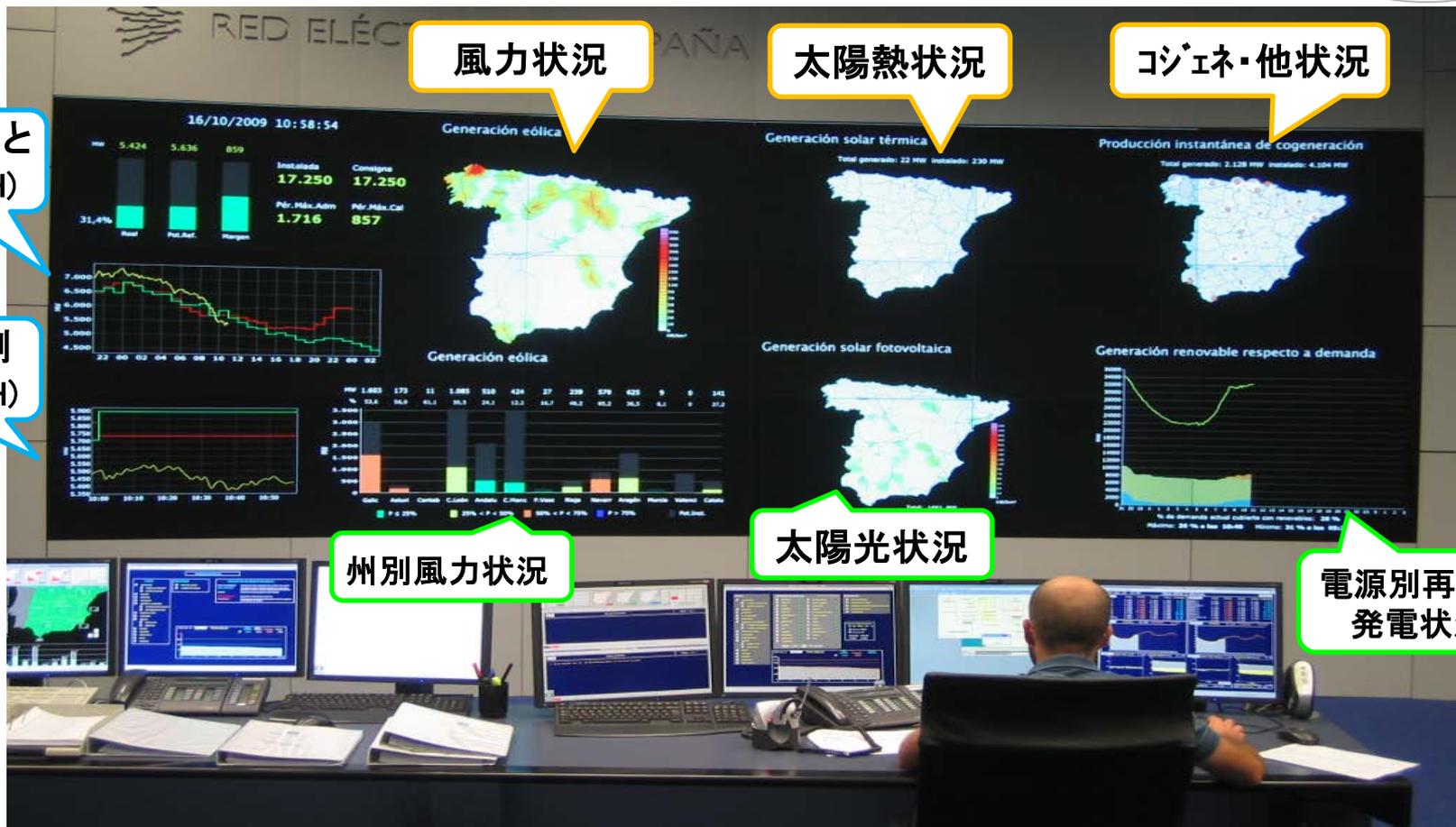
- 全需要電力量 = 246,314GWh (100.0%)
- 風力発電 = 54,478GWh (22.1%)
- 太陽光 = 7,966GWh (3.2%)
- 太陽熱 = 4,544GWh (1.8%)
- 水力+小水力 = 40,985GWh (16.6%)



<参考-10>スペインの再エネ監視・制御センタ



- CECRE:再生可能エネルギー発電を監視・制御
 - 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、常に電力系統の安定運用を維持する。



風力予測と実績(24H)

風力予測と実績(1H)

風力状況

太陽熱状況

コジェネ・他状況

州別風力状況

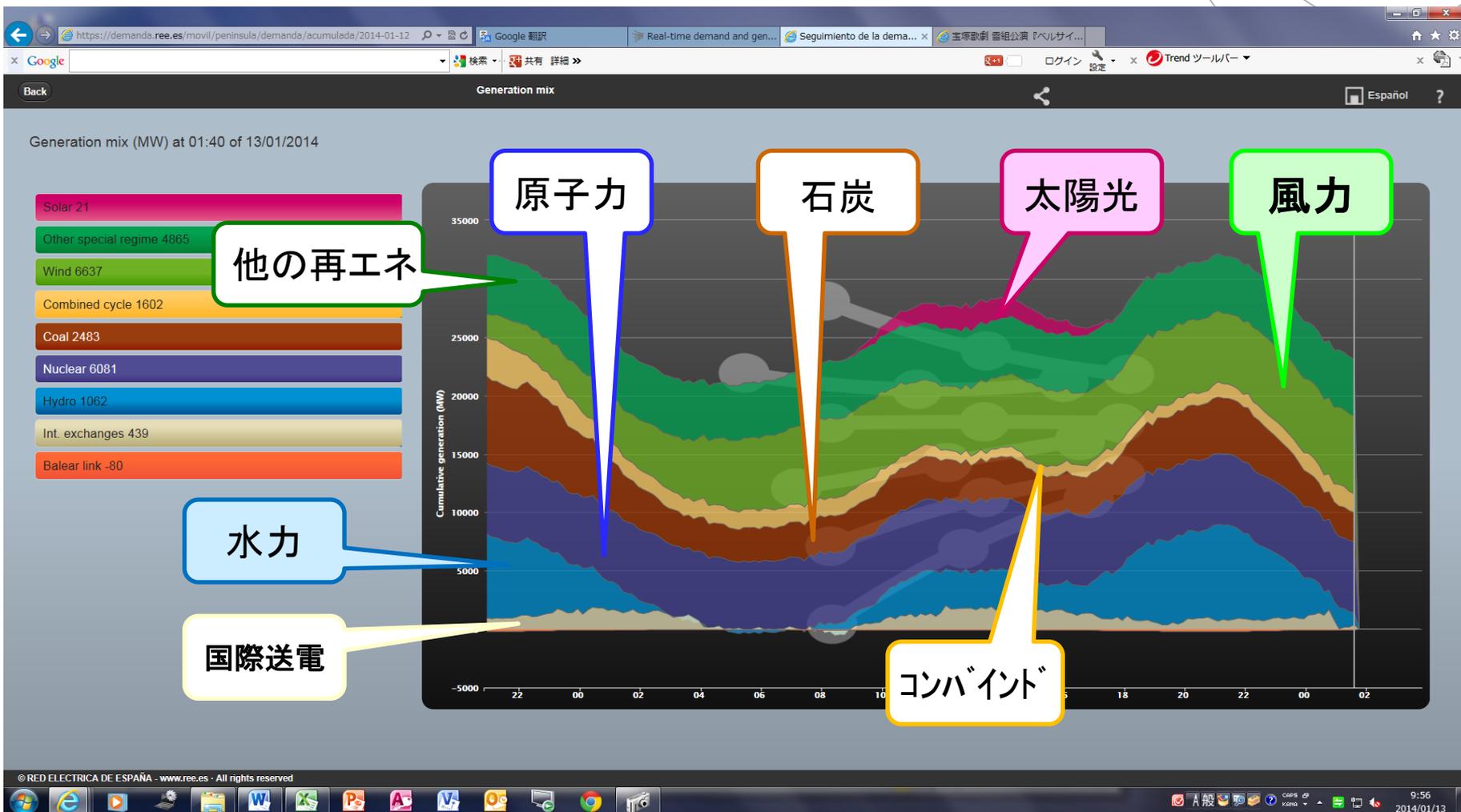
太陽光状況

電源別再エネ発電状況

<参考-11>電力供給の実績(スペイン)



■ 2014年1月12日(日) 風力の出力：低値から高値に変化



© RED ELECTRICA DE ESPAÑA - www.ree.es - All rights reserved