

発電事業者における発電予測ニーズ (風力発電事業者と系統運用者の適用事例)



2014年3月25日

一般社団法人

日本風力発電協会

企画局長 齊藤 哲夫

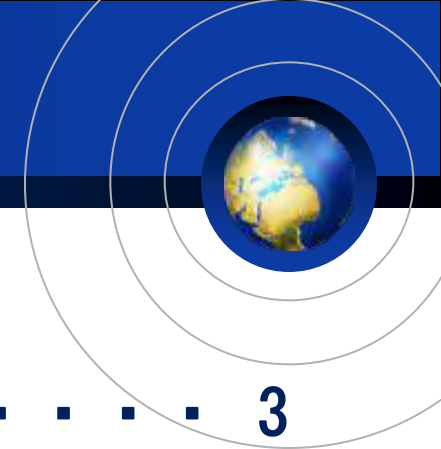


神奈川県 横浜市



秋田県 にかほ市

目次



- 1. 風力発電出力予測システムの適用事例 3
- 2. 出力急変 (Ramp) 予測 6
- 3. スペインの概要と監視・制御センター 9
- 4. スペインの気象予測に基づく出力予測システム . 13
- 5. ドイツの概要 17
- 6. ドイツの気象予測に基づく出力予測システム . . 18

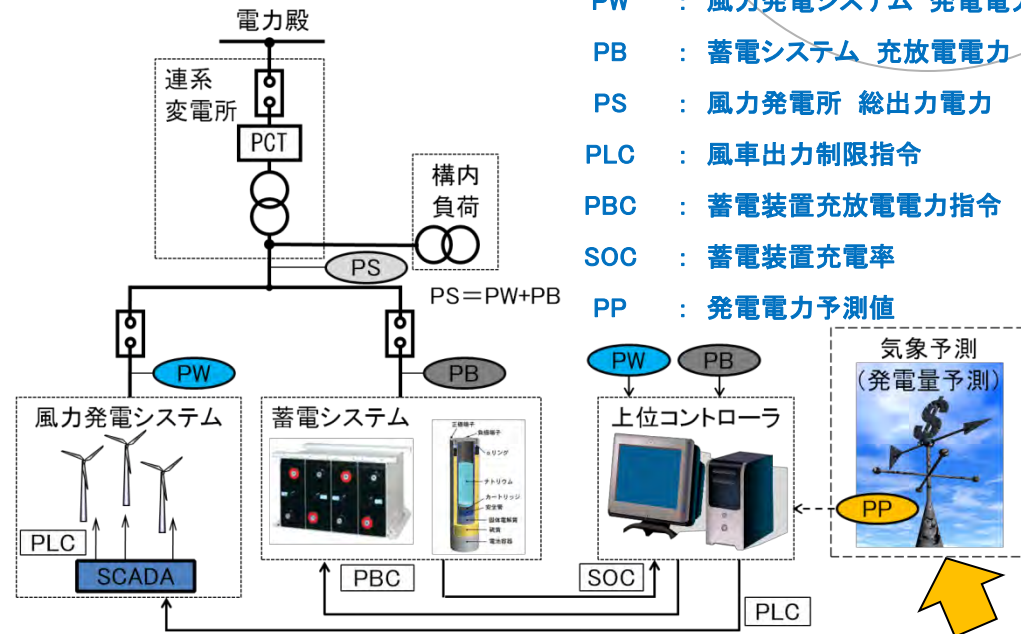
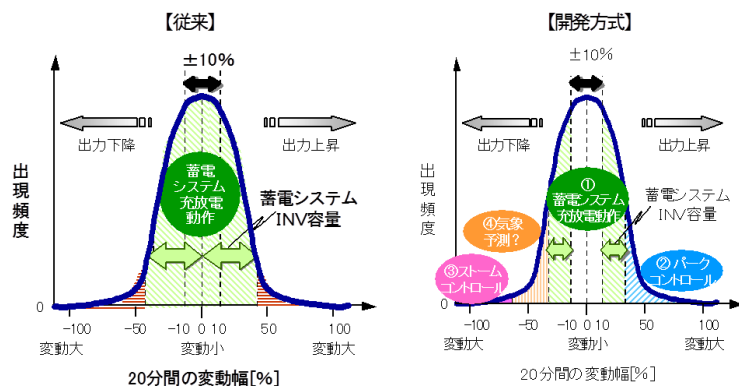
風力発電出力予測システムの事例ー1(1/2)

■ 青森県五所川原市)市浦風力発電所

ー 風力発電出力予測システムを活用した出力変動緩和制御

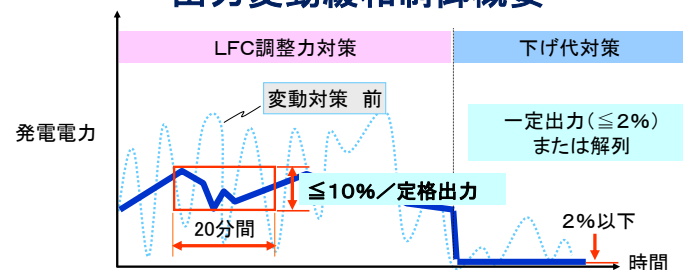


鉛電池+変換器棟



- PW : 風力発電システム 発電電力
- PB : 蓄電システム 充放電電力
- PS : 風力発電所 総出力電力
- PLC : 風車出力制限指令
- PBC : 蓄電装置充放電電力指令
- SOC : 蓄電装置充電率
- PP : 発電電力予測値

出力変動緩和制御概要



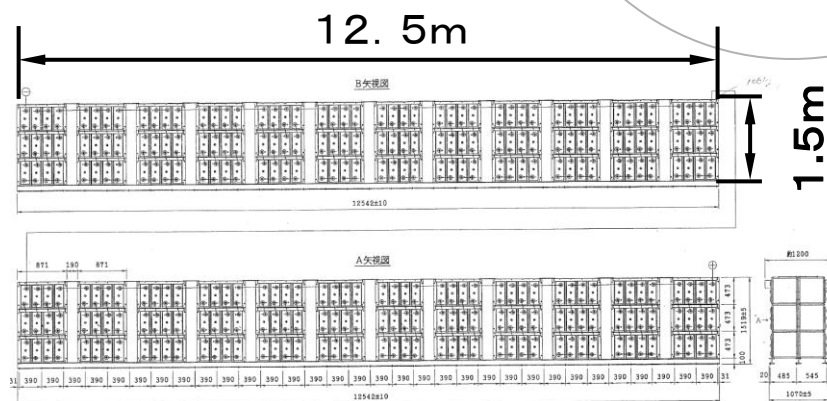
参考文献: 日立エンジニアリング・アンド・サービス:「ENERCON風力発電設備」,
足利工業大学総合研究センター風力エネルギー利用総合セミナー配布資料(2008)

風力発電出力予測システムの事例ー1(2/2)



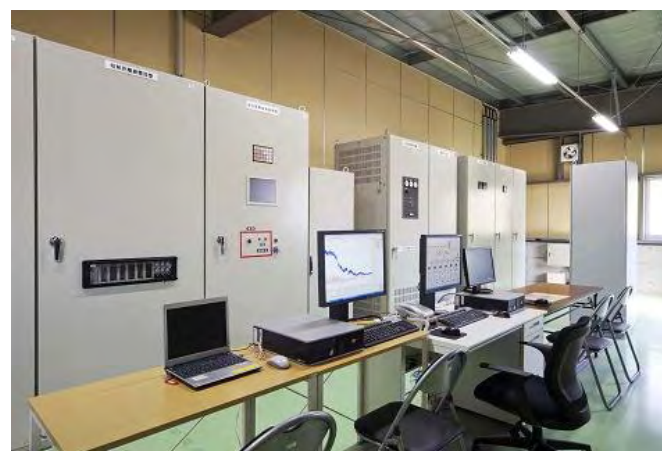
- 青森県五所川原市)市浦風力発電所
 - ー 風力発電出力予測システムを活用した出力変動緩和制御

蓄電池



288セル組図(106kg/セル 約31トン) × 12台

インバータ



制御盤

風力発電出力予測システムの事例ー2

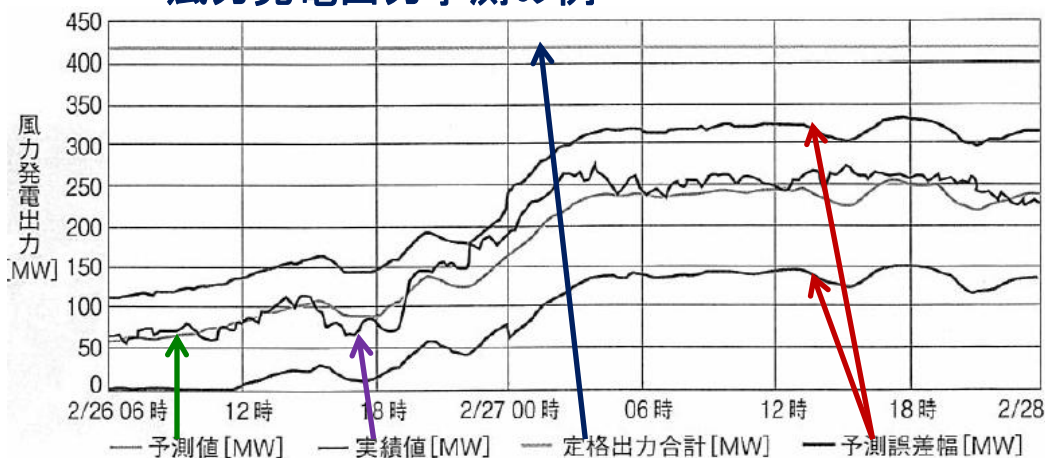


- 青森県六ヶ所村)二又風力発電所
 - ー 風力発電出力予測システムを活用した出力一定制御

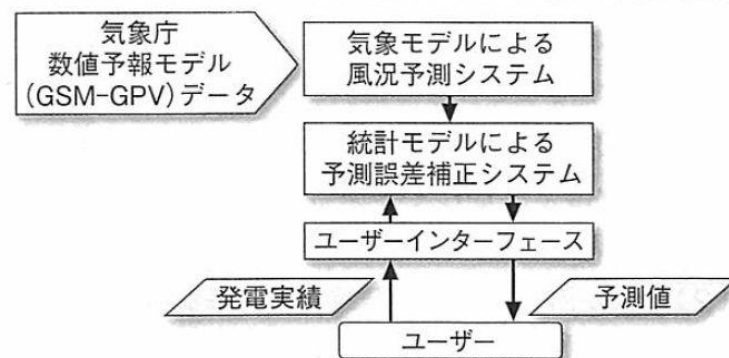


NAS電池 変換器棟 管理棟

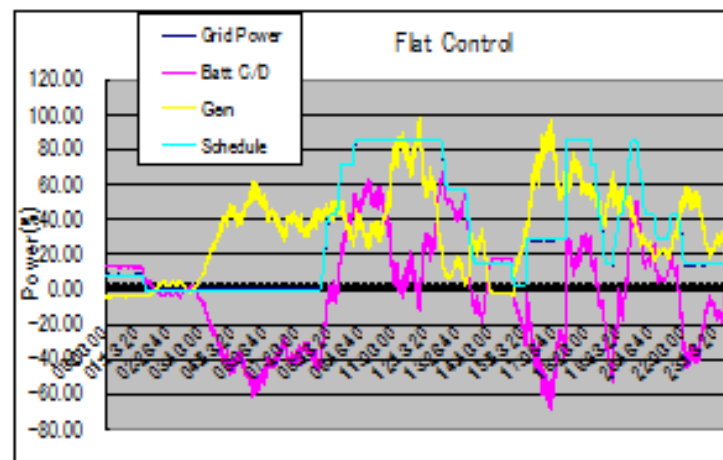
風力発電出力予測の例



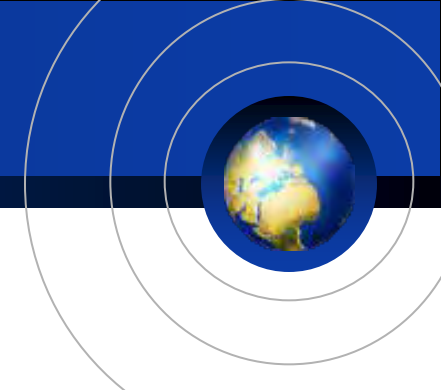
風力発電出力予測システムの概要



出力一定制御結果チャート(水色の線)

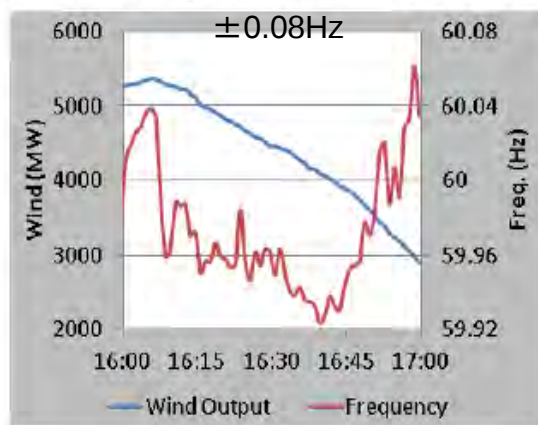


出力急変(Ramp)予測－1

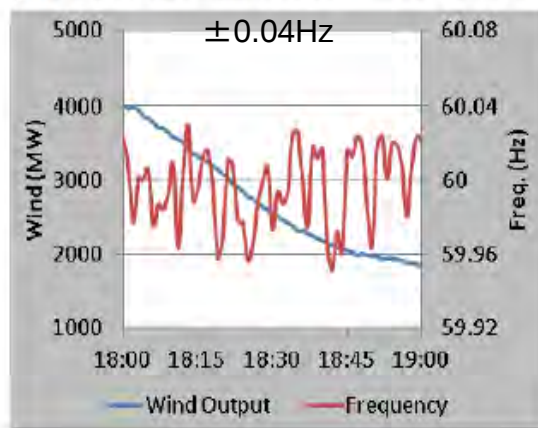


■ ERCOT

Wind Ramp in Zonal – Feb. 28, 2010

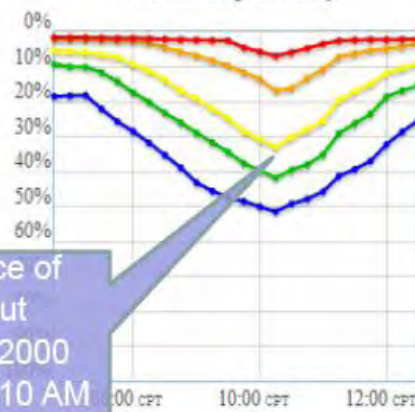


Wind Ramp in Nodal – Mar. 3, 2012

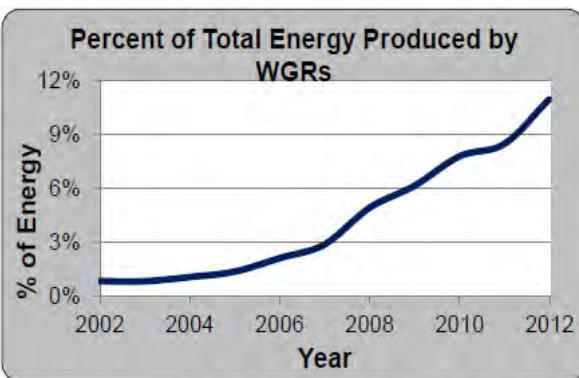


ERCOT Large Ramp Alert System (ELRAS)

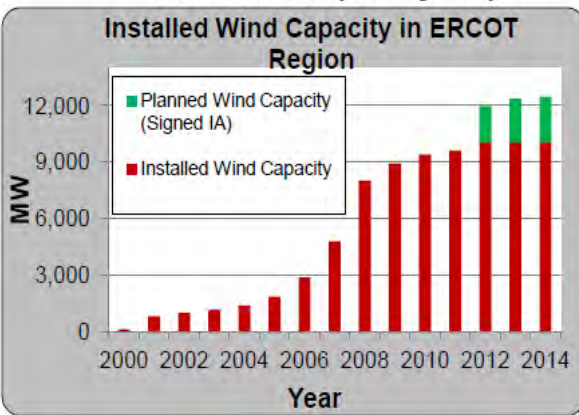
180 minute probability



Legend



2012 Data is only through May



ERCOTの風力発電設備導入状況

ERCOTの風力出力急変と周波数変動状況
⇒1hで2000MWの風力出力が低下

ERCOTの風力出力急変警報システム

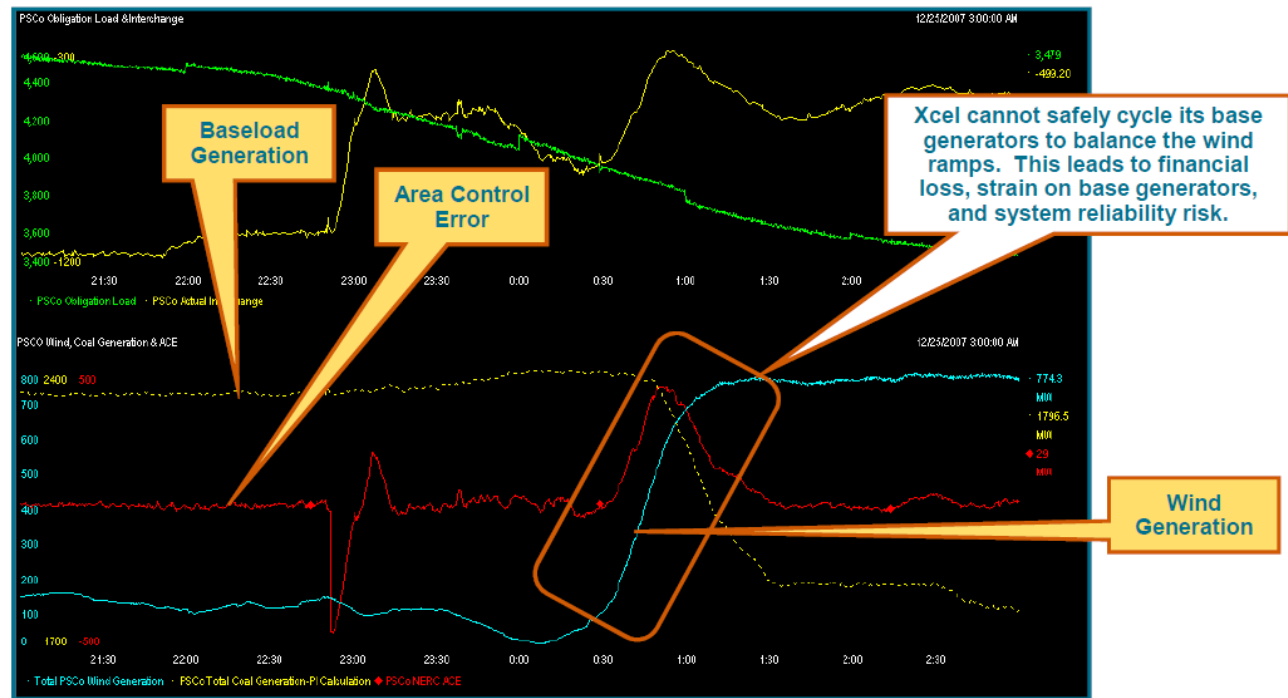
出力急変(Ramp)予測－2(1/2)



■ VAISALA, Xcel Energy

- 周辺に複数の風況観測機器を設置し、Ramp予測を実施(Vaisala Ramp Cast)
- 0～3時間先の短期予測
- 最小過去30日分の観測データを非線形統計手法で分析し、予測に活用

WF周辺 約40kmにて
気象観測



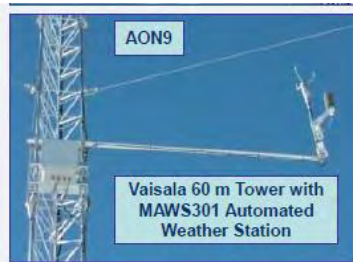
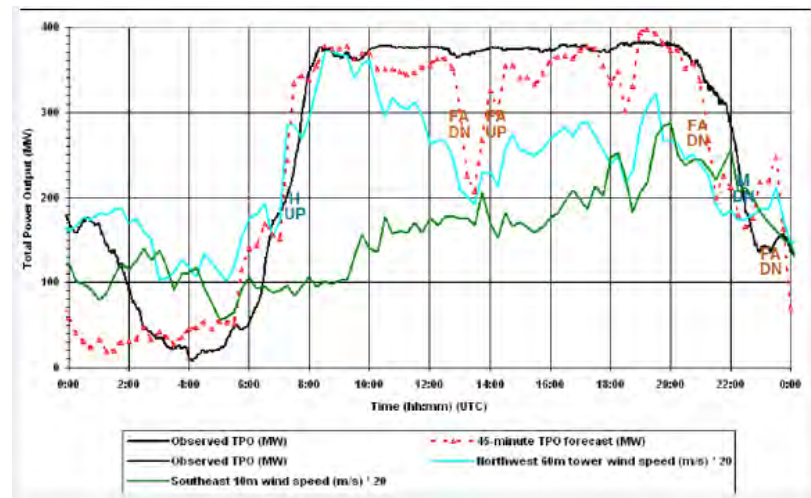
出力急変(Ramp)予測－2(2/2)



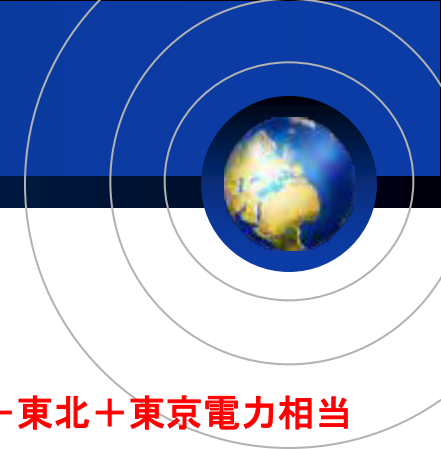
■ VAISALA, Xcel Energy

- 周辺に複数の風況観測機器を設置し、Ramp予測を実施(Vaisala Ramp Cast)
- 最小過去30日分の観測データを非線形統計手法で分析し、予測に活用
- 0～3時間先の短期予測

赤線:45分先の予測, 黒線:WF出力(MW)

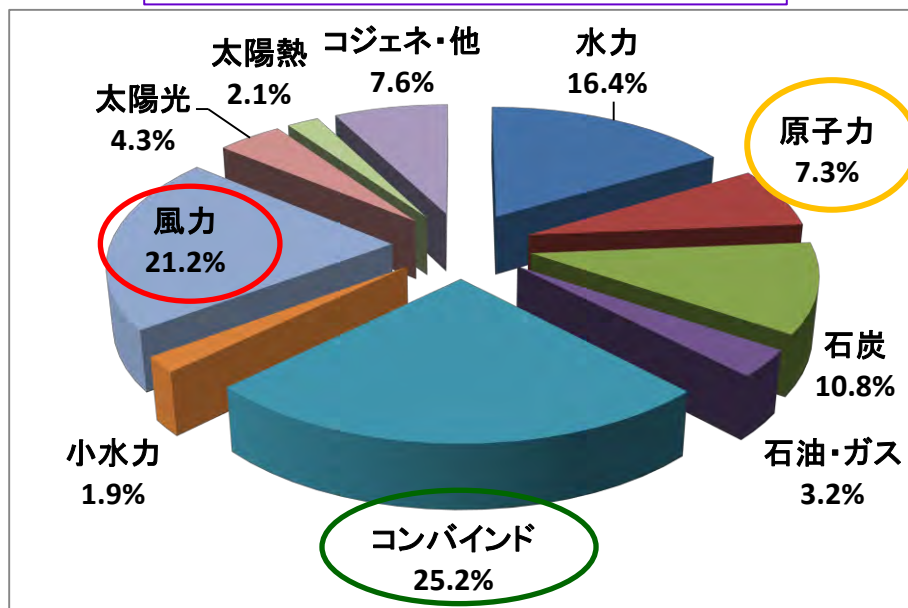


スペインの概要

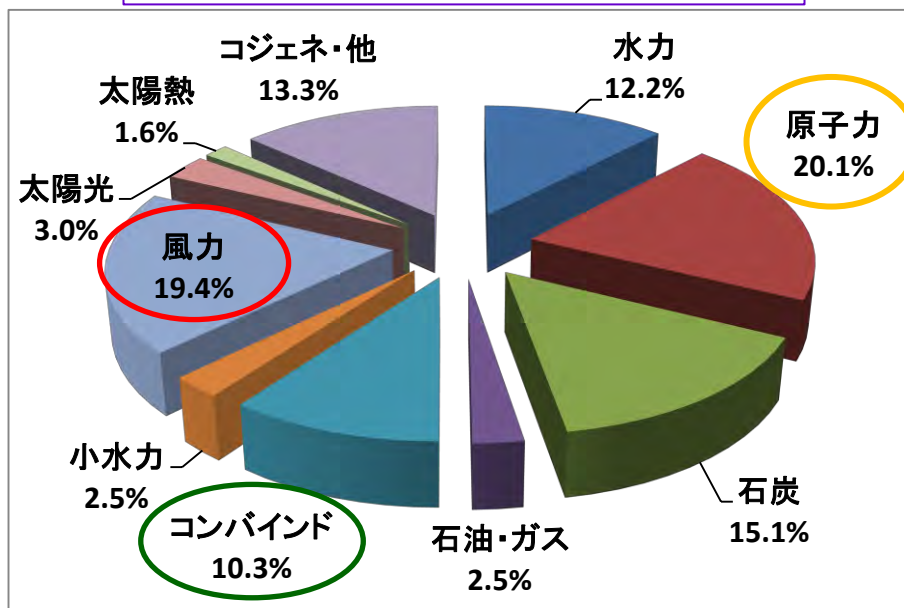


- 面積 $\div$ 51万km² (日本比 134%)
- 人口 $\div$ 4,412万人 (日本比 35%)
- 全発電設備容量 = 108,148MW (日本比 約1/2) : 北海道+東北+東京電力相当
- 風力発電設備容量 = 22,900MW (日本比 約8.6倍) : 日本=2,661MW
- 最大需要電力 = 40,227MW (2013年2月27日20:42)
- 国内需要電力量 = 260,870GWh (日本比 約1/4) : 東京電力相当

発電設備構成(2013年12月末)



年間発電電力量構成(2013年)



スペインの監視・制御センター1

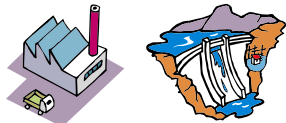


CECOEL / CECORE
CECRE

lccp Link

CC_{CONV}

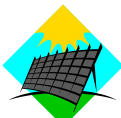
テレメータ
制御指令



lccp Link

RESCC₁

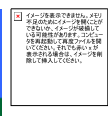
テレメータ
制御指令



lccp Link

RESCC_n

テレメータ
制御指令



RESCC: Renewable Energy Source Control Center
CC_{CONV}: Control Center for conventional generation

- CECOEL/CECORE:
電力系統全体を監視・制御
- CECRE (2006年設立)
再生可能エネルギー発電を監視・制御
 - 風力や太陽光の発電電力予測結果を、電力系統運用に活用
 - GAMAS(計算プログラム)にて、20分毎の発電電力・系統情報をリアルタイムで計測・解析し、風力の最大発電可能電力を算出。
 - 従来発電設備で、調整しきれない場合には、最大出力抑制指令をRESCCへ送る
- RESCC
中堅・大手発電事業者や電力Traderにより運営。現在33ヶ所ある。
 - 有効電力、無効電力、風速などの情報をCECREに伝送
 - 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。

スペインの監視・制御センター2



- CECOEL/CECORE: スペインの電力系統全体を監視・制御
- CECRE: 再生可能エネルギー発電を監視・制御

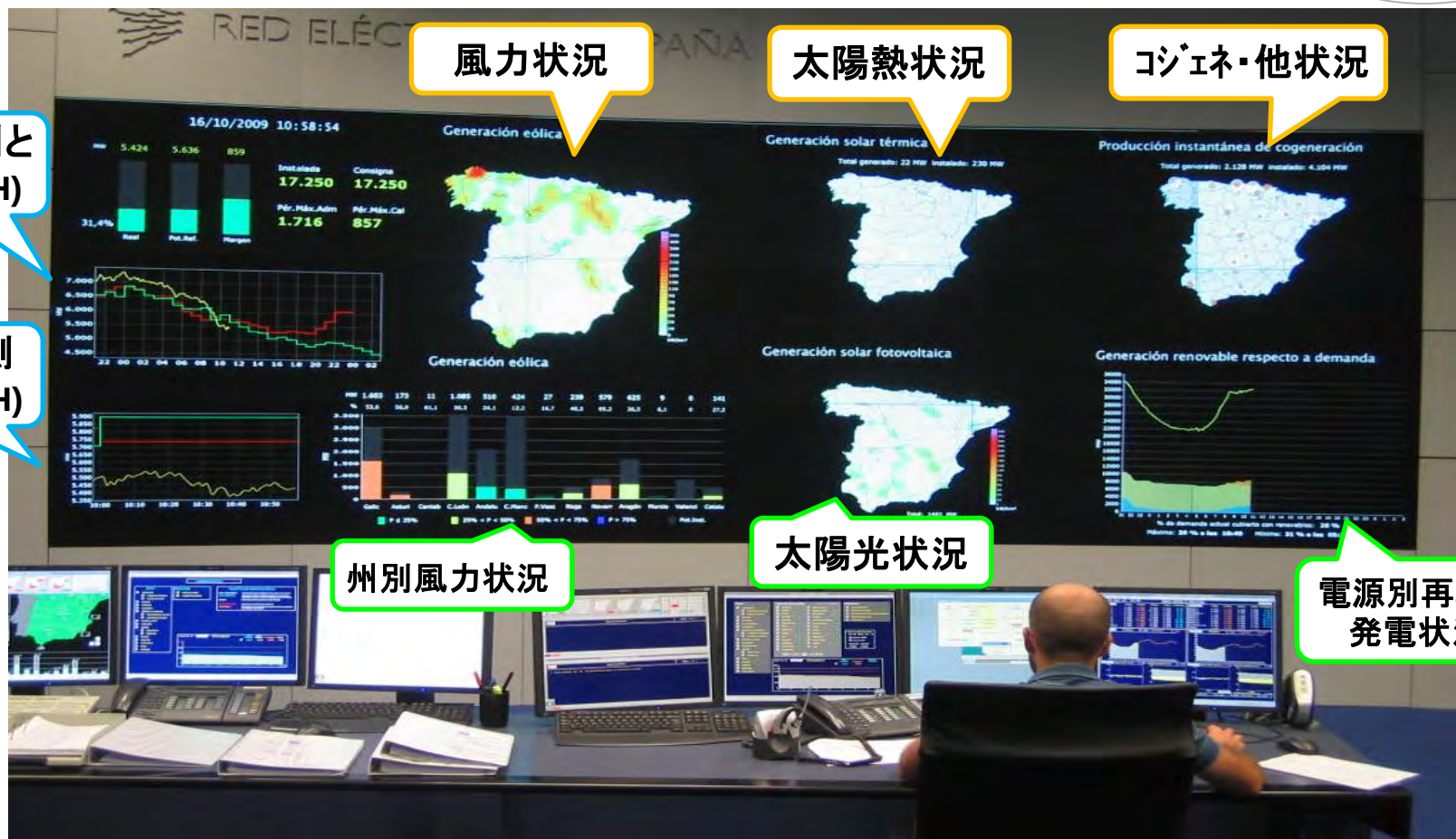
需要予測
と実績



スペインの再エネ監視・制御センタ



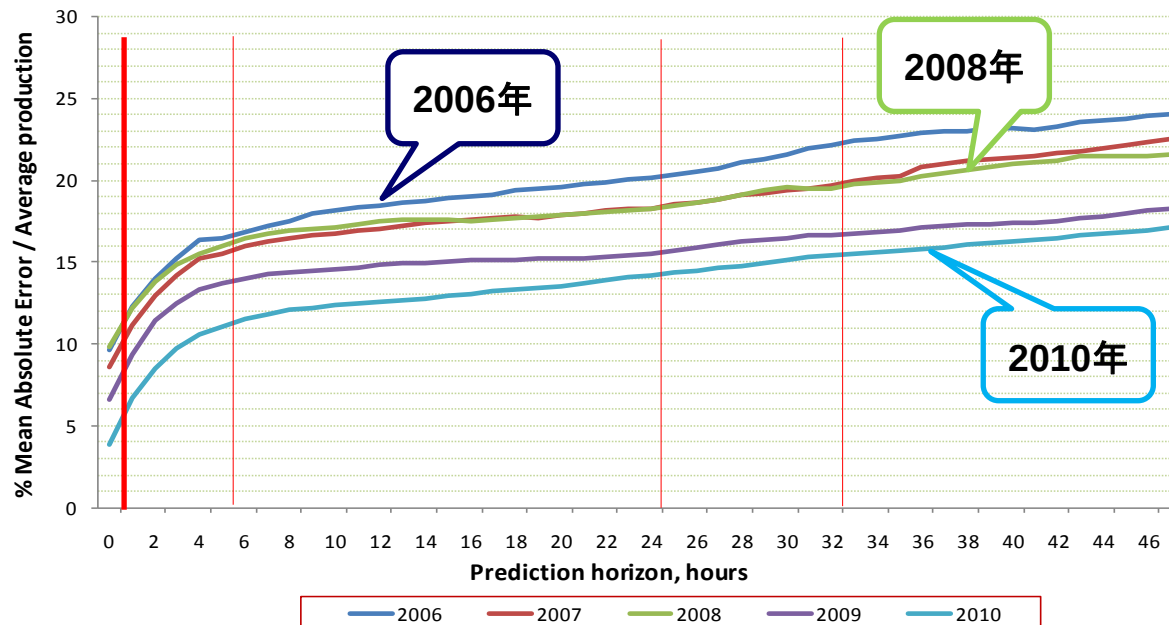
- CECRE: 再生可能エネルギー発電を監視・制御
 - 気象予測による**発電出力予測**を活用し、再生可能エネルギー発電の**優先給電**を実施しつつ、常に電力系統の安定運用を維持する。



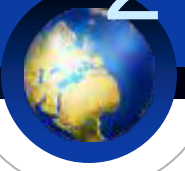
気象予測システムによる発電出力予測ー1



- REEでは、独自に開発した気象予測に基づく発電出力予測システム“SIPREOLICO”を適用
 - 48時間先までの予測(15分更新)と10日先までの予測(1時間更新)を実施
 - 重要な、タイムラインは、翌日予測の為の32時間前および24時間前と、リアルタイム評価の為の5時間前および1時間前。
 - 24時間先予測の平均絶対誤差*を、2010年には14%まで低減。
*: 平均出力によって無次元化された平均絶対誤差。定格出力ベースでは、上記の約1/4
 - 各RESCCから伝送される「気象予測システムによる出力予測値」も参考に行っている。



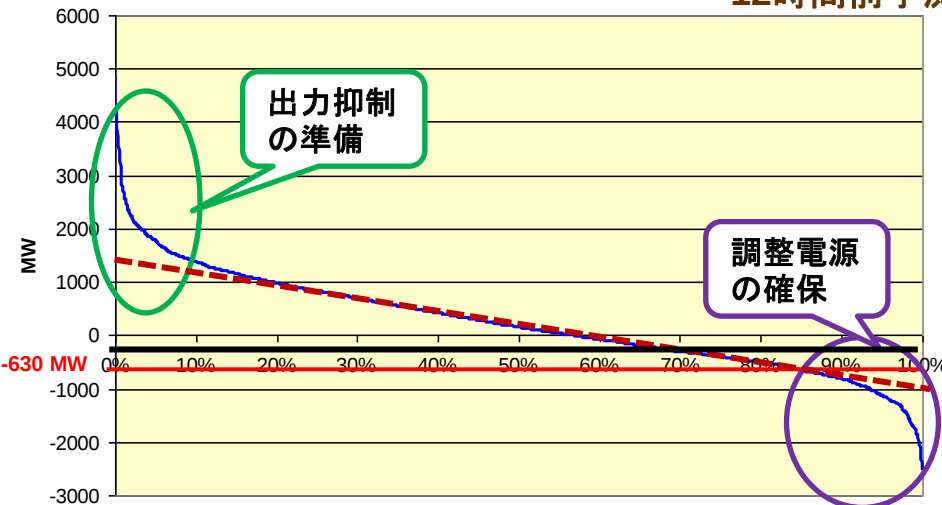
気象予測システムによる発電出力予測ー2



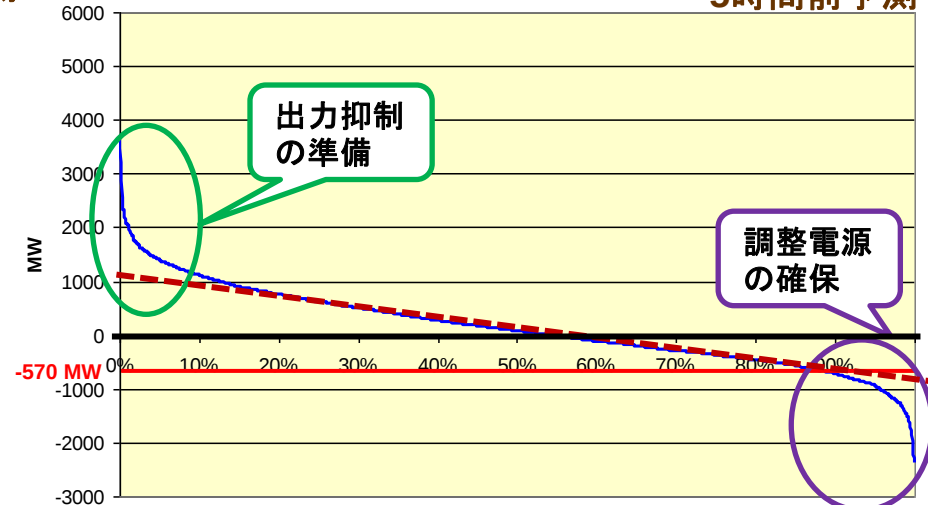
■ 予測誤差の影響

- **12時間前**の予測値には、85パーセンタイル値で風力発電の発電出力が予測よりも、630 MW低い可能性がある。
- **5時間前**(火力発電機の起動時間対応)の予測値には、85パーセンタイル値で風力発電の発電出力が予測よりも、570 MW低い可能性がある。
- 調整に必要な可能性がある電力値は、これらの時間前にチェックされているが、運転中の発電機の調整力(出力増加方向)との整合性を図る必要が有る。
- 需要電力をカバーする為に、停止中火力発電機の起動が必要となる場合もある。
- **再生可能エネルギー電源の出力増加時は、最終的に出力制限運転で対応**

Wind Production Forecast Errors D-1 h12 **12時間前予測**



Wind Production Forecast Errors H-5 **5時間前予測**



電力供給と風力発電の実績－1

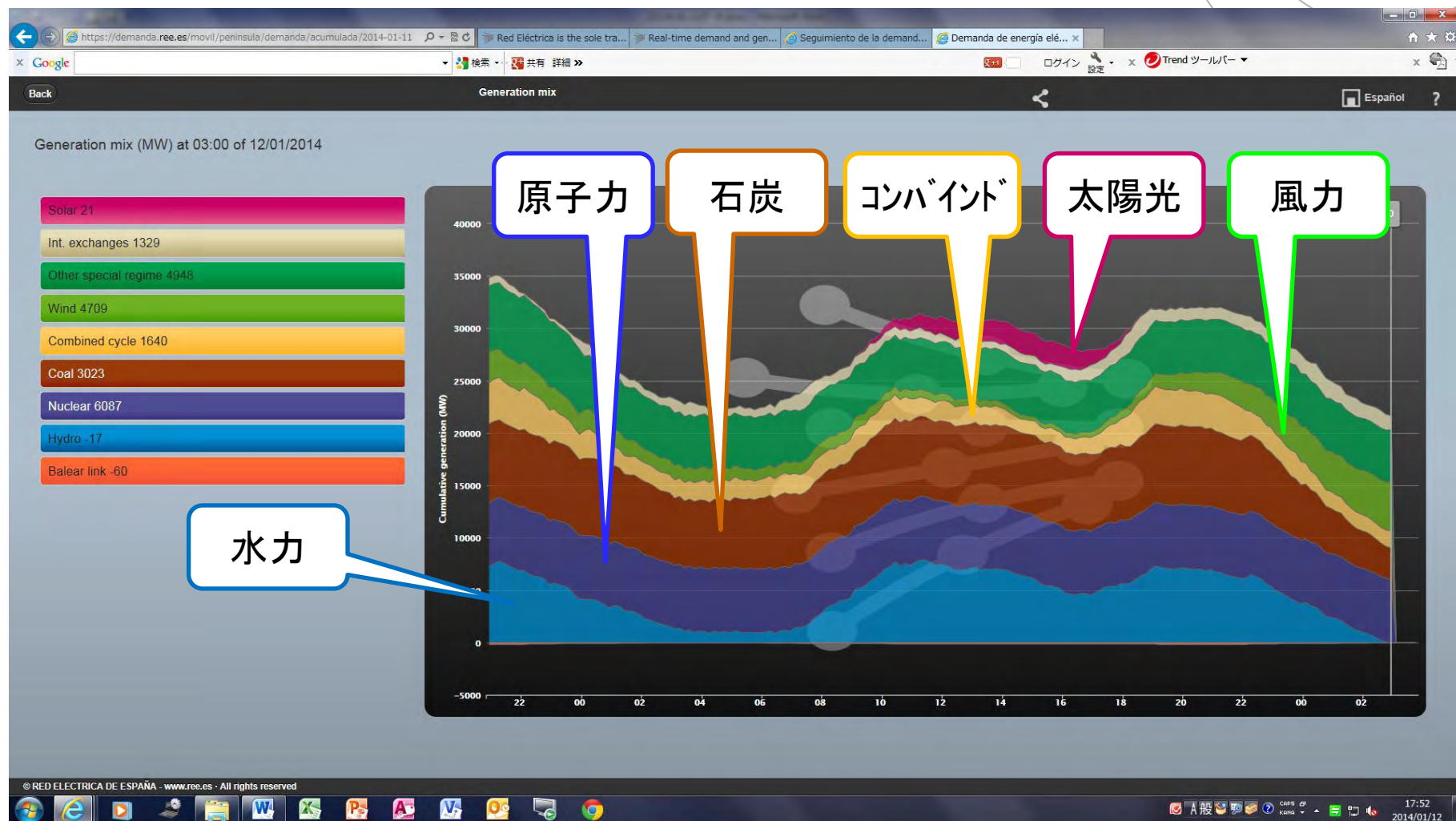


- 2014年1月11日(土) 風力の出力低下⇒上昇:予測、計画共に適宜更新



電力供給と風力発電の実績－2

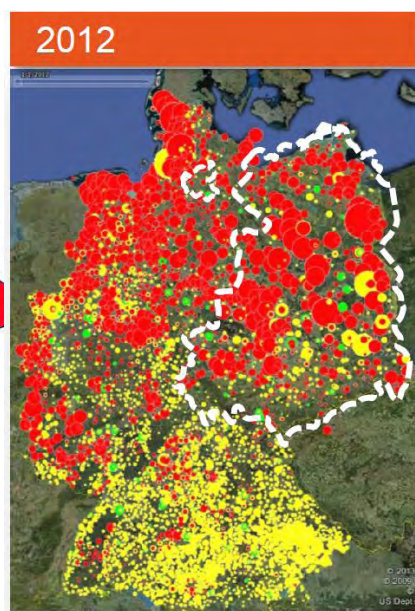
■ 2014年1月11日(土) 風力の出力低下⇒上昇



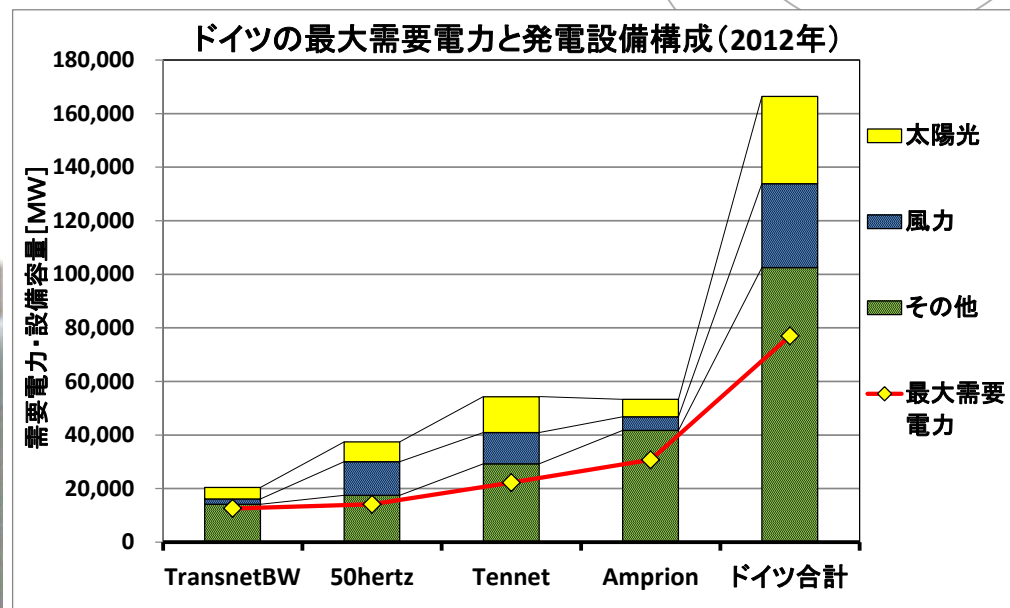
ドイツの概要

■ 4送電会社(3TSO+1ITO)で需給調整を行い、需給バランスを確保

- 4社は、需給調整用調整力の調達と投入に関する基本的なシステムを統合
(EPEX市場とエリア内のbalancingグループ)

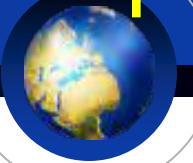


- wind
- photovoltaics
- biomass



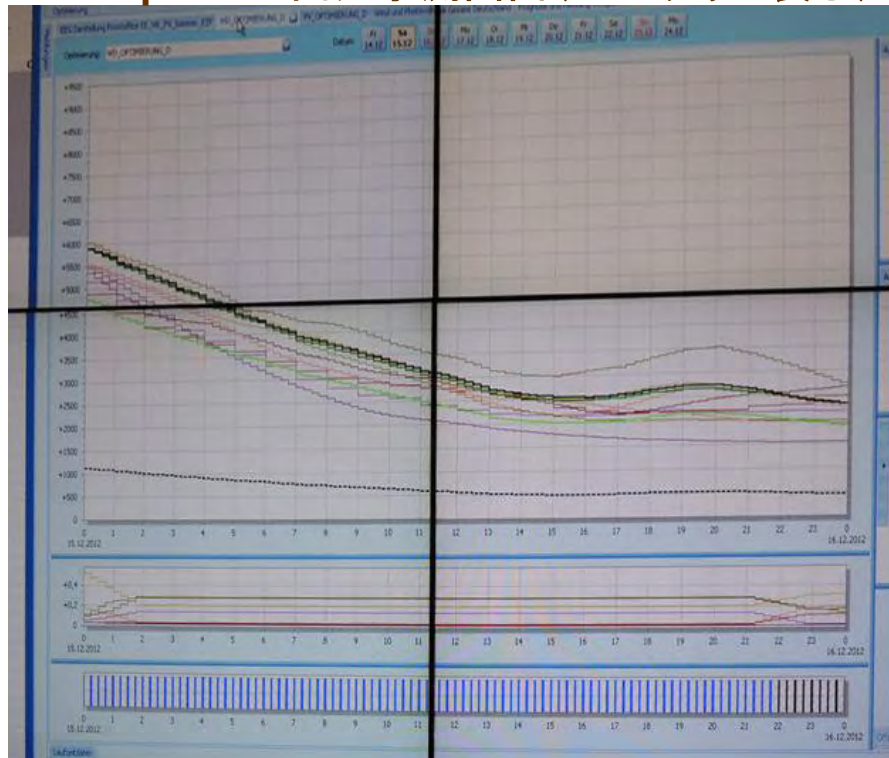
送電会社	需要電力に対する風力給電の最大値
50hertz	121.6%
TenneT	75.6%
Amprion	29.7%
Transnet BW	12.0%
ドイツ全土	43.7%

気象予測システムによる発電出力予測ー1

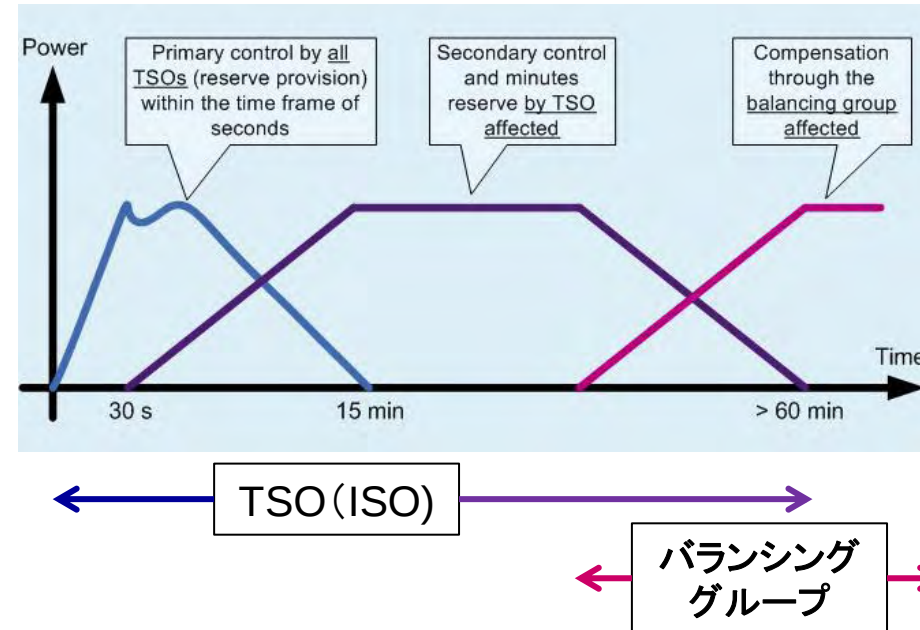


- **Amprion**は、2012年12月時点で、11の気象予測を適用している。
 - 太陽光の予測が難しく、各気象会社の予測を比較して、霧に強い予測、雪解けに強い予測など、11の出力予測から独自に出力予測を編み出している。
 - 前日の風力発電出力予測の誤差は、需要予測の誤差と同じ程度(約3%)まで低減しており、調整用予備力の低減による、経済的な運用に大きく貢献している。

Amprionの出力予測画面(11のグラフ表示)



調整力の区分と調達先

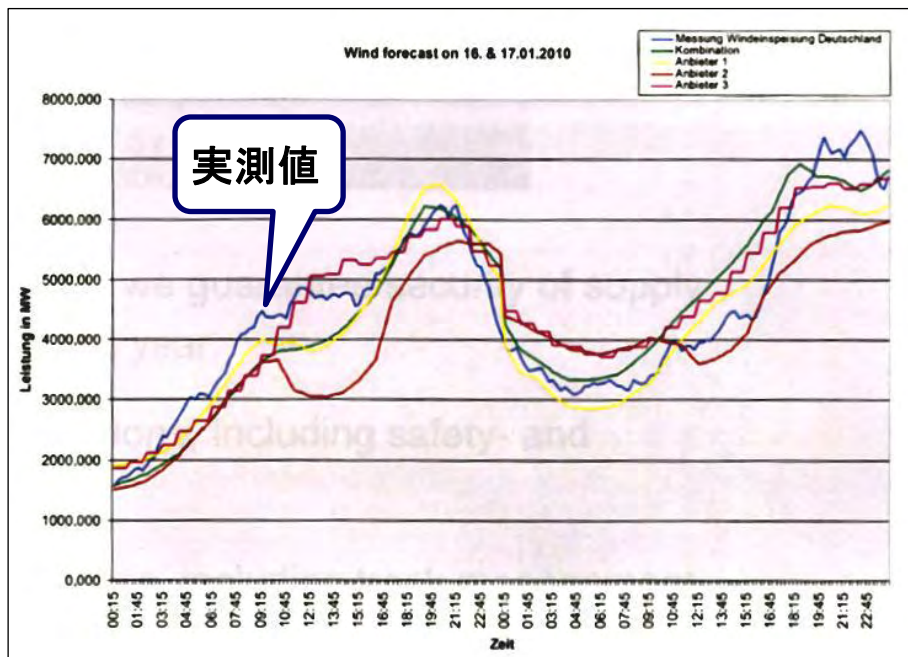


気象予測システムによる発電出力予測-2

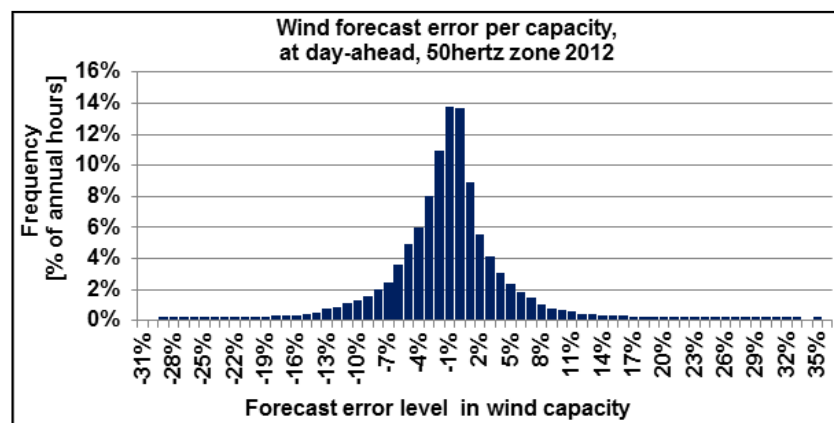
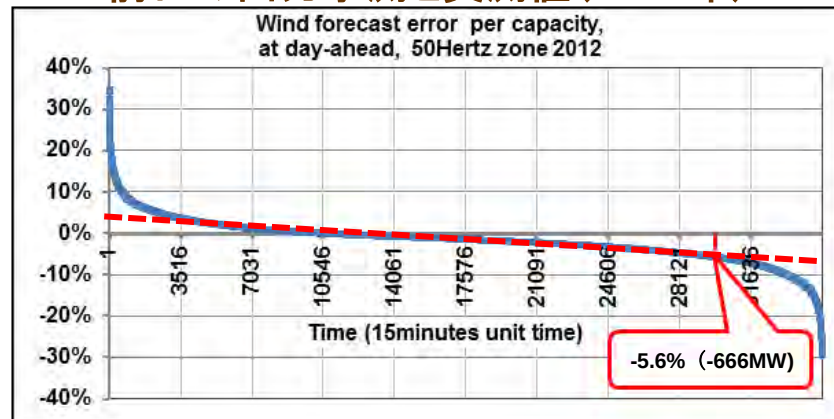


- **50hertz**は、4社の気象予測を適用している。EuroWind、Fraunhofer IWES、metomedia、WEPROG
 - 翌日予測の定格出力に対する平均絶対誤差は3.6%、二乗平均平方根誤差で5.1%
 - 翌日予測値には、85パーセンタイル値で発電出力が予測よりも、666 MW(5.6%)低い可能性がある。

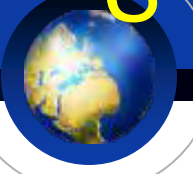
前日の出力予測と実測値(2010-1-17)



前日の出力予測と実測値(2012年)

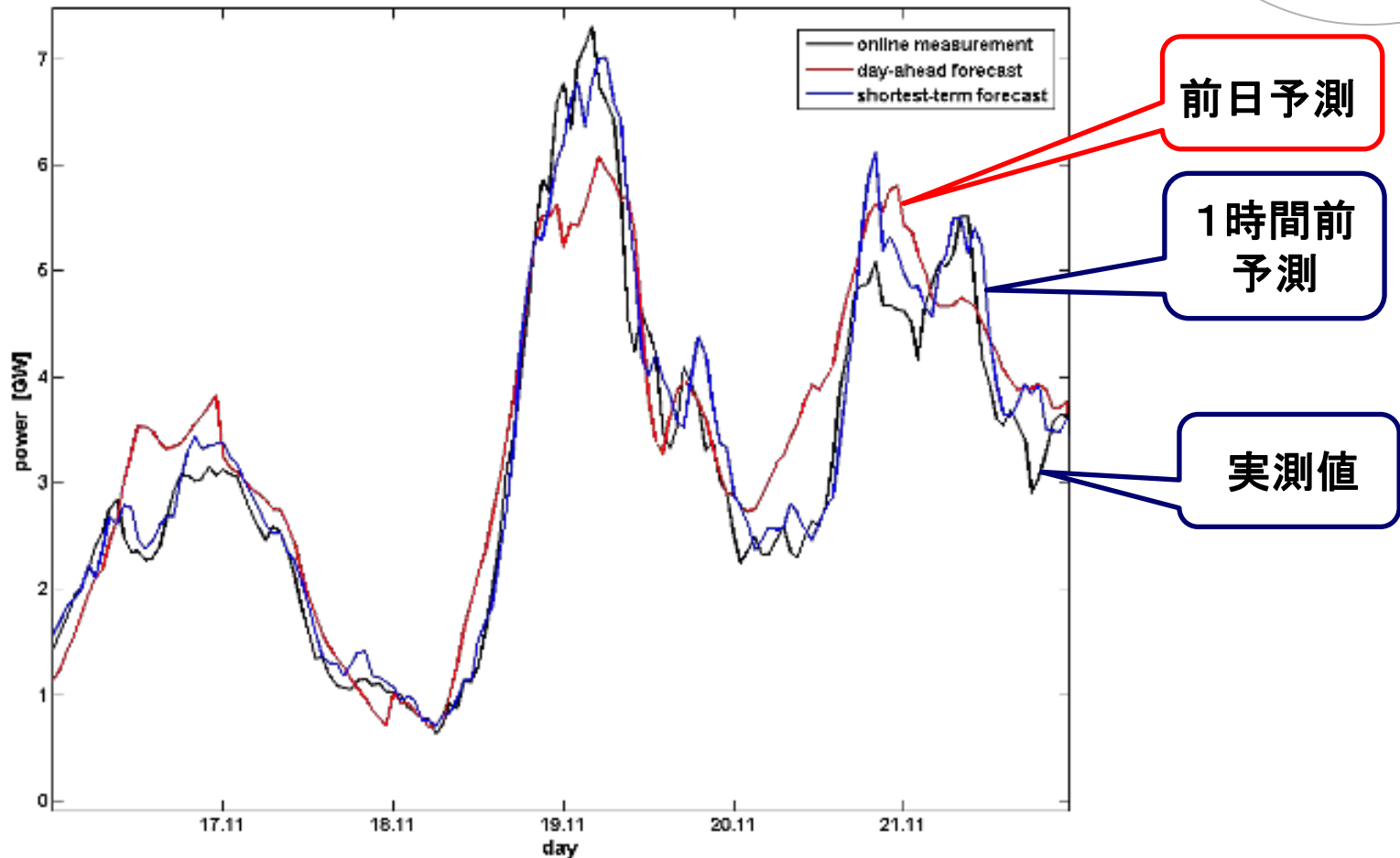


気象予測システムによる発電出力予測ー3



■ ドイツ送電会社の風力出力予測の方法

- 参照風力発電所の風力発電出力と気象予測情報により、送電エリアとドイツ全体の風力出力予測を算出

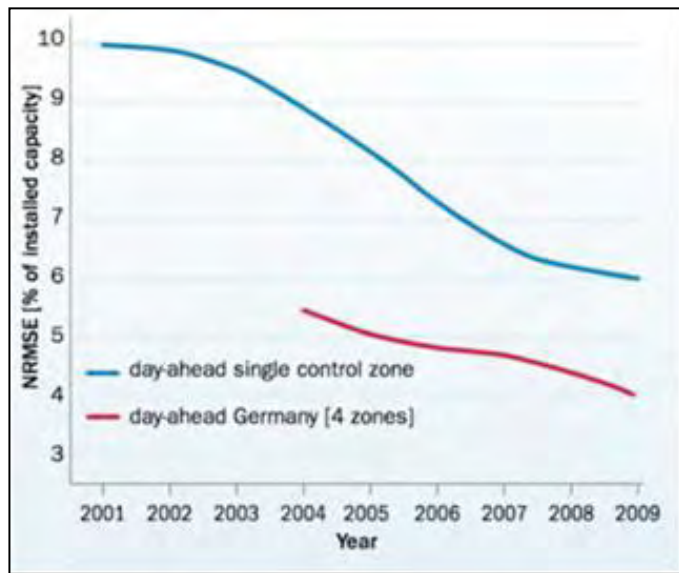


気象予測システムによる発電出力予測ー4

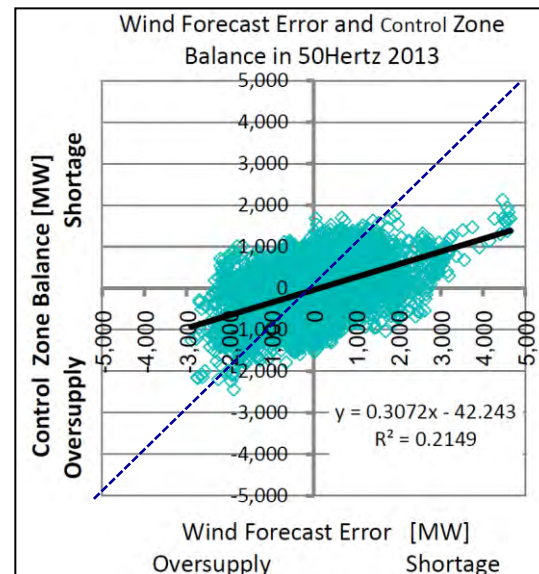


- 予測精度の更なる向上を図る。⇒ 設置条件や運転情報の入手
 - 風力発電所: データ開示に協力的な発電所だけが、報酬をもらってデータを提供中
 - 2012年現在 127WF ⇒ **更なるデータ提供(データ入手)が必要**
 - 稼働しているか、休止中かなどの情報は入っていない。⇒ **情報が必要**
 - 太陽光
 - 傾斜角度や設置場所など詳細情報不明。⇒ **情報が必要**
- 広域予測により、誤差は低減する。
- 需要予測誤差との相関も考慮する必要がある。

個別予測の誤差とドイツ全体の予測誤差



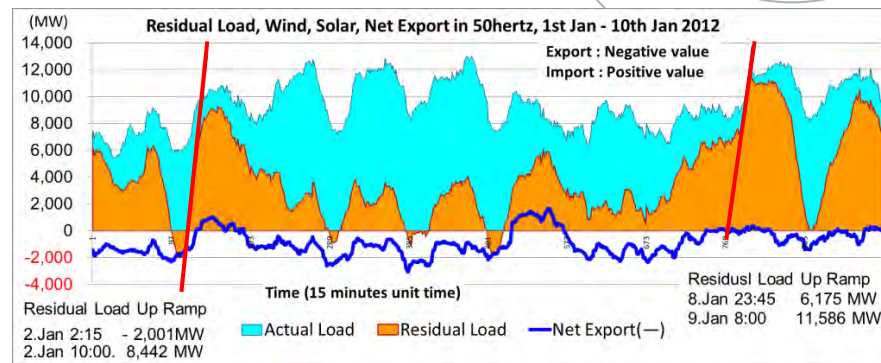
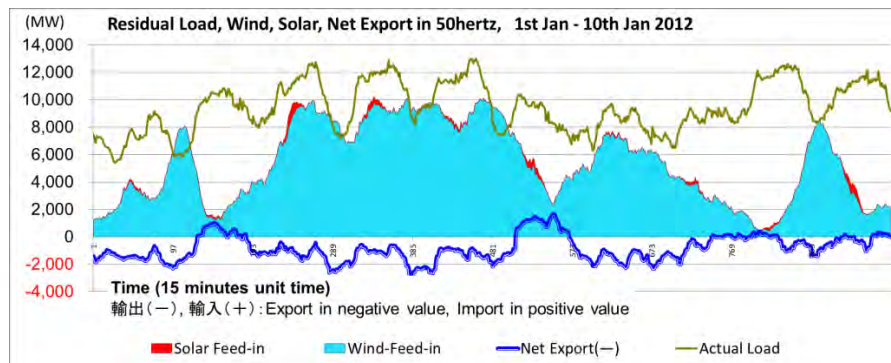
需要予測誤差と風力出力予測誤差(2013年)



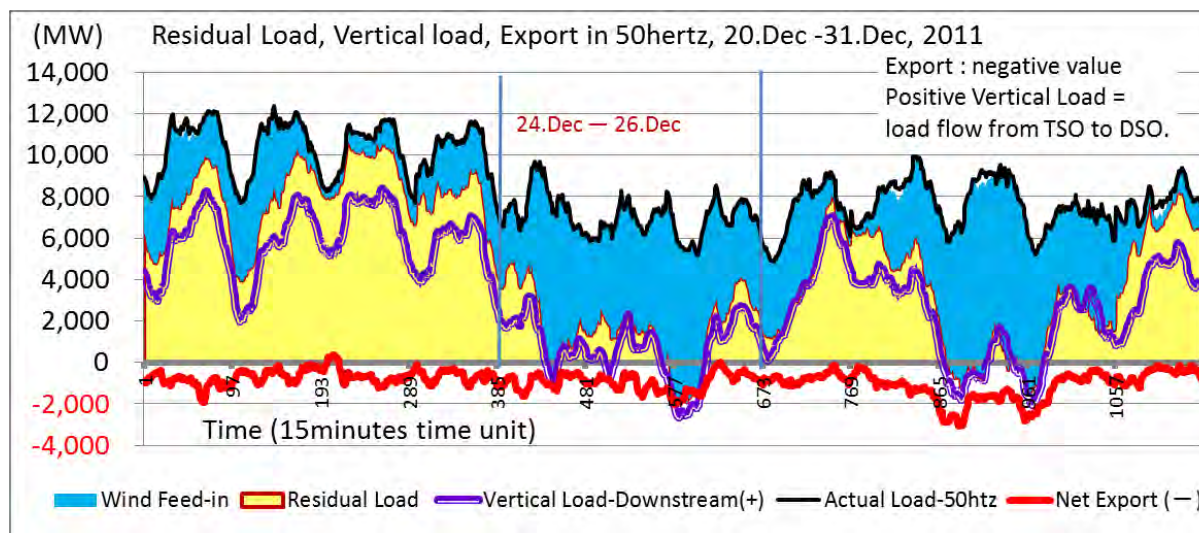
ドイツの風力給電と残余需要



■ 50hertz 2012年1月1日～10日 の様相(ネット公開情報から作成)



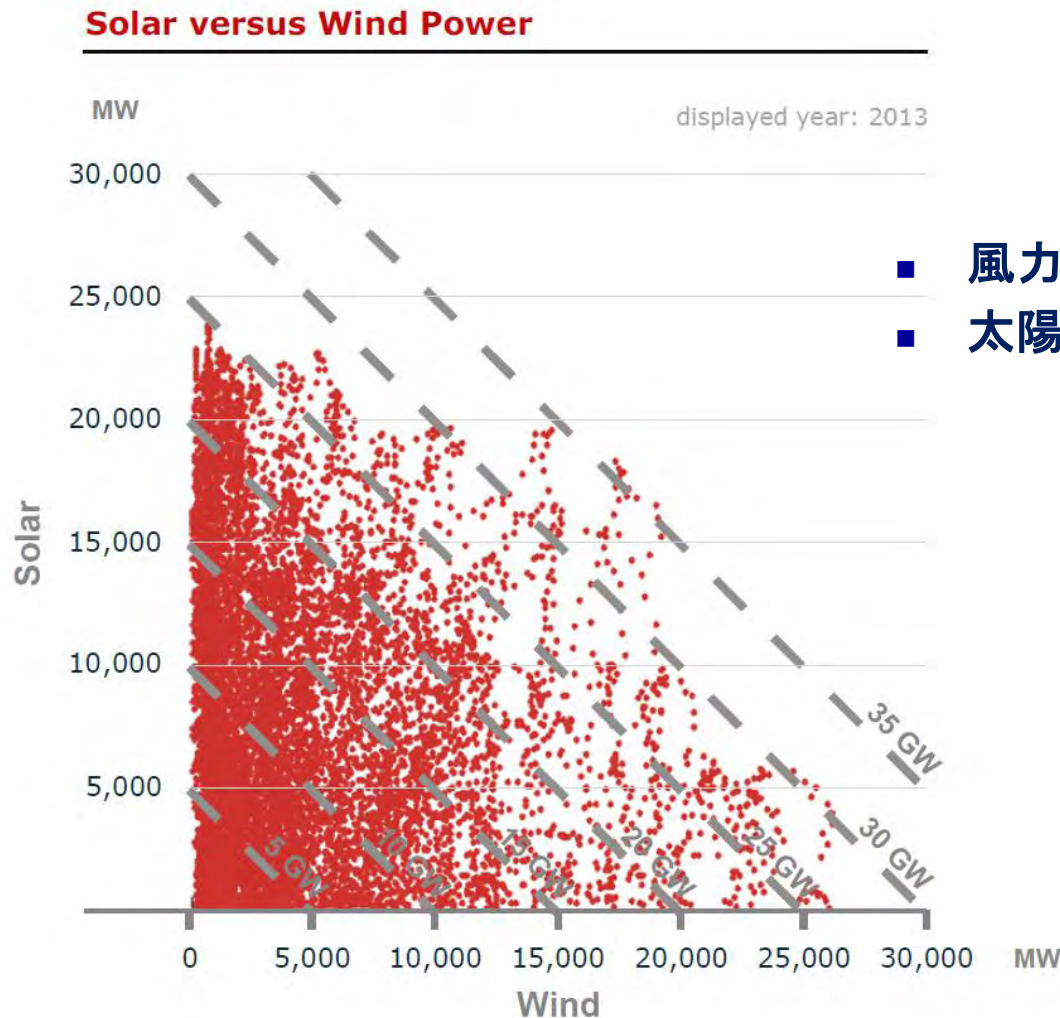
■ 50hertz 2011年12月20日～31日 の様相(ネット公開情報から作成)



風力発電と太陽光発電の出力相関(ドイツ)



- 風力と太陽光との合計最大値は、約36GW



- 風力設備容量 = 32,510MW
- 太陽光設備容量 = 35,650MW



ご清聴ありがとうございました。



写真: Westwood