

新エネルギー大量導入時の 系統安定化に向けた取り組みに関する 欧州現地調査概要

平成21年4月

調査概要

- 目的：欧州における再生可能エネルギー（以下REと略）発電の大量導入の実態と系統安定化に向けた取組について調査し、今後のわが国における課題検討に資する
- 調査日程：2009年3月15日～22日
- 対象国：ドイツ、スペイン、フランス、ベルギー
- 調査対象：関係規制機関、送電系統運用者、太陽光発電事業者の訪問・聞き取り調査を実施
- 参加者：学識経験者、研究機関、新エネルギー発電事業者、一般電気事業者、電力系統利用協議会、資源エネルギー庁

訪問・聞き取り調査箇所

各国の送電系統運用者(TSO^(*))を中心に訪問・調査。また、最近のRE導入拡大が著しいスペインでは関係規制機関・RE発電事業者も訪問・調査。

	関係規制機関	送電系統運用者 (TSO)	再生可能エネ 発電事業者
ドイツ		Vattenfall Europe Transmission (VE-T)	
スペイン	産業観光通商省 エネルギー総局	RED Eléctrica de España (REE)	Fotowatio社 (La Magascona 太陽光発電所)
ベルギー		Elia	
フランス		RTE	

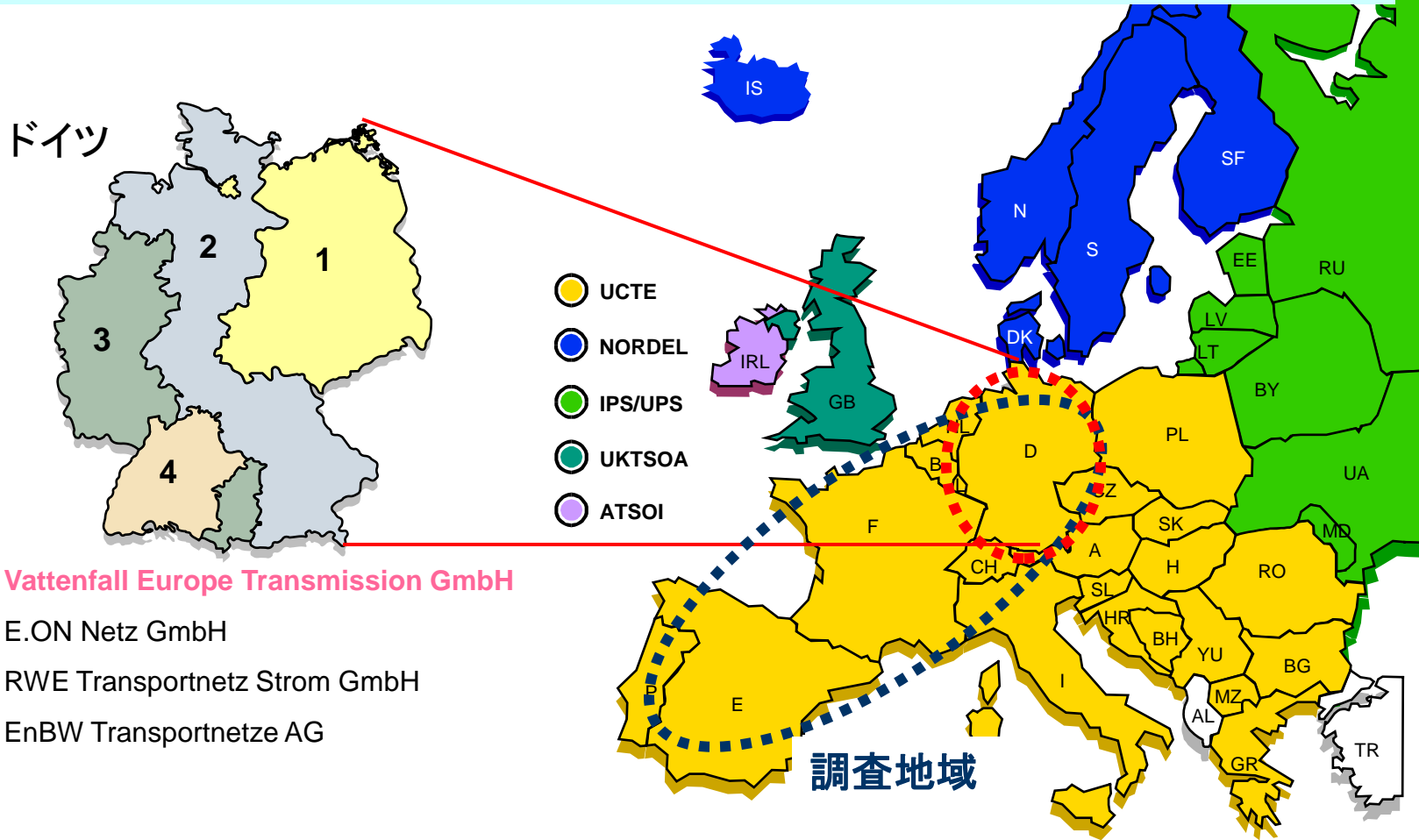
(*) TSO: Transmission System Operatorの略、各地域の超高圧基幹系統を所有・運用する会社。
より電圧の低い配電系統はDSO(Distribution System Operator)が所有・運用。Eliaは一部地域のDSOも兼ねる。

主要な調査・聞き取り項目

- 再生可能エネルギー発電の大量導入によって生じている電力系統への影響と対応状況
 - 各地域需給バランスおよび送電網（欧州大の広域送電網など）への影響と対策状況
 - 今後の取り組みの方向性および課題
 - スマートグリッドなど今後の技術開発も含む
- 規制機関の役割と課題
- 欧州における再生可能エネルギー電源（大規模太陽光発電所）の実態

欧州の電力系統

今回調査した4地域の電力系統は、欧州大の広域連系系統 UCTE(*)の主要部を構成(英国、北欧、露等は別系統)



(*)UCTE: Union for the co-ordination of transmission of electricityの略、欧州送電協調連盟

調査地域のRE導入状況

地域 (TSO)	ドイツ (VE-T)	スペイン (REE)	フランス (RTE)	ベルギー (Elia)	日本 (10電力)
買取制度 (風力)	FIT	FITもしくは 市場価格+ α	FIT	RPS	RPS
年間需要 (億kWh)	940 (2007年)	2,740 (2007年)	4,950 (2008年)	880 (2008年)	9,195 (2007年度)
最大電力 (万kW)	1,100 (2007年)	4,500 (2007年)	9,200 (2009年)	1,400 (2007年)	18,269 (2001.7月)
風力(万kW)	968 (2008年) 【2,354】	1,560 (2008年)	350 (2008年)	38 (2008年)	154 (2007年末)
太陽光(万kW)	n.a. 【383】	310 (2009年?)	5 (2007年)	8 (2008年)	192 (2007年末)
在来電源 (万kW)	2,290 (2007年)	7,140 (2007年)	11,270 (2007年)	1,550 (2007年)	23,357 (2007年度)

ドイツVE-Tの風力・太陽光導入量は同社エリアのみ(【】内はドイツ全体の数値)。

電力系統の特徴

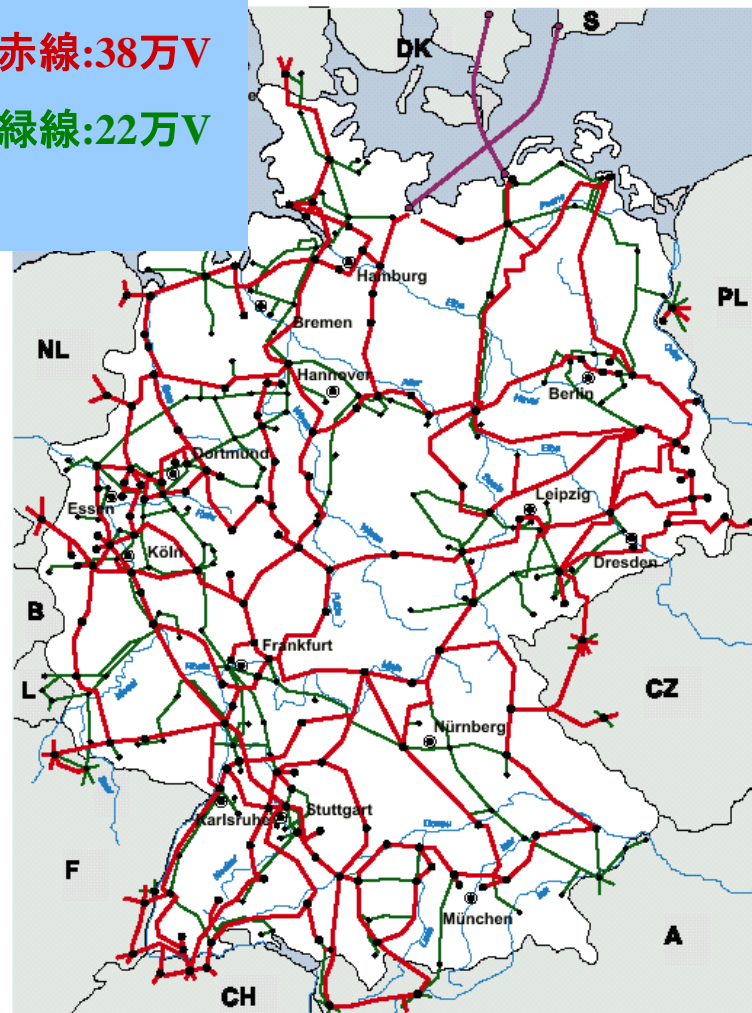
- 基幹系統(38,22万V)を4つの TSOが所有・運用
- 4TSOの系統は相互に多点で密接に連系(メッシュ)
 - － 風力導入拡大前は、地域間連系線は主に応援融通に利用されており、送電容量に余力
- 周辺10カ国と国際連系
(オランダ、ベルギー、ルクセンブルグ、フランス、スイス、オーストリア、チェコ、ポーランド、スウェーデン、デンマーク)
- 電源構成比率(2007):
 - － 原子力:23%
 - － 火力: 63%
 - － 風力: 7%
 - － 水力: 4%

火力(石炭・褐炭)
が主力

基幹送電線

赤線:38万V

緑線:22万V



German interconnected power system

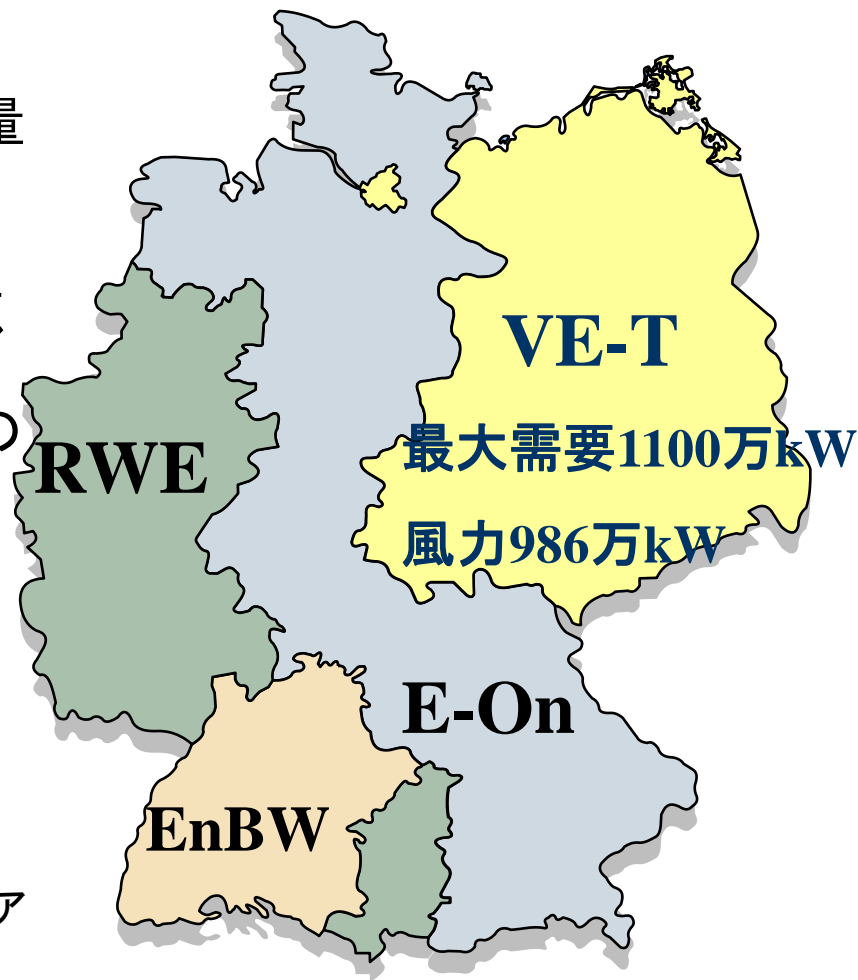
as of Jan. 1, 2001

circuit length 380 kV: 18,300 km
circuit length 220 kV: 21,400 km

VE-Tの制御エリア

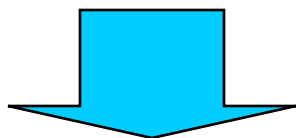
- ドイツでは再生可能エネルギー法(以下EEG)により風力導入量が拡大
 - 2,354万kW(2008)
- 中でもVE-Tエリアは、風況に恵まれていることから、電力需要に対する風力連系量が、国内の4TSOの中で最大
 - 需要:国内の18%
 - 風力:国内の41%
- VE-Tエリアの大容量発電所
 - 水力 293万kW
 - 火力 856万kW
 - 原子力 なし

(ただし、VE-Nuclear社はE.Onエリアに2箇所213万kWを保有)

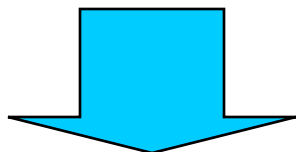


需給バランスへの影響

風の強い良い時間帯は風力による供給により 大量の供給過剰が発生



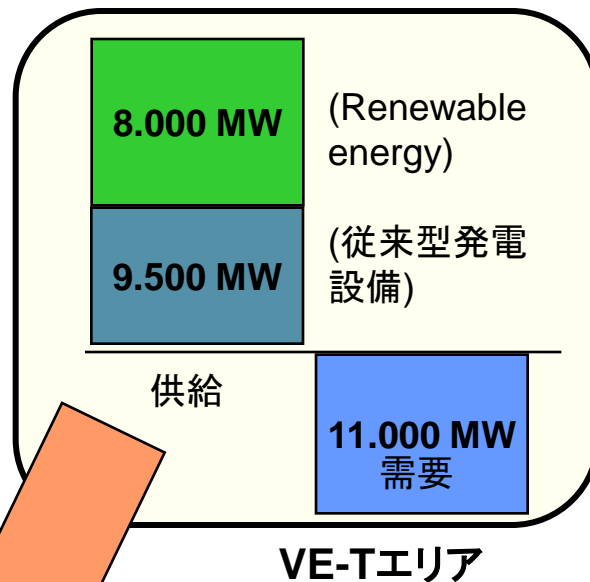
VE-Tはエリアの需給バランスを保つため、風力による電気をエリア外に**輸出**する必要



地域間連系線の送電容量に大きな余力が必要

ピーク時需給バランス(風が強い場合)

2007



ピーク時に最大で650万kWが供給過剰

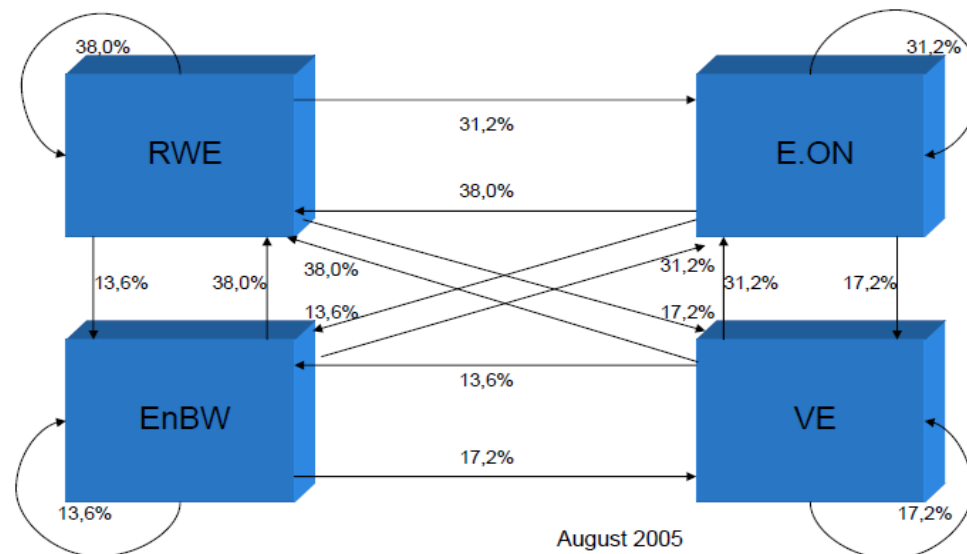
ドイツ南部へ

【出典】VE-T社プレゼン資料

需給バランス上の対応

- ドイツ全体(4TSO)で需給調整を行って、風力大量導入後の需給バランスを確保。
- 具体的には再生可能エネルギーのTSO間の水平配分の仕組みHobaを導入。

- 4TSOの再生可能エネルギー(RE)の引取量が、各地域の需要に比例するよう、15分単位でRE発電分を相互に融通。
- このため、VE-Tは常時、風力の電気の余剰分を他社に輸出することにより、需給バランスを確保している。



送電網への影響と対応①

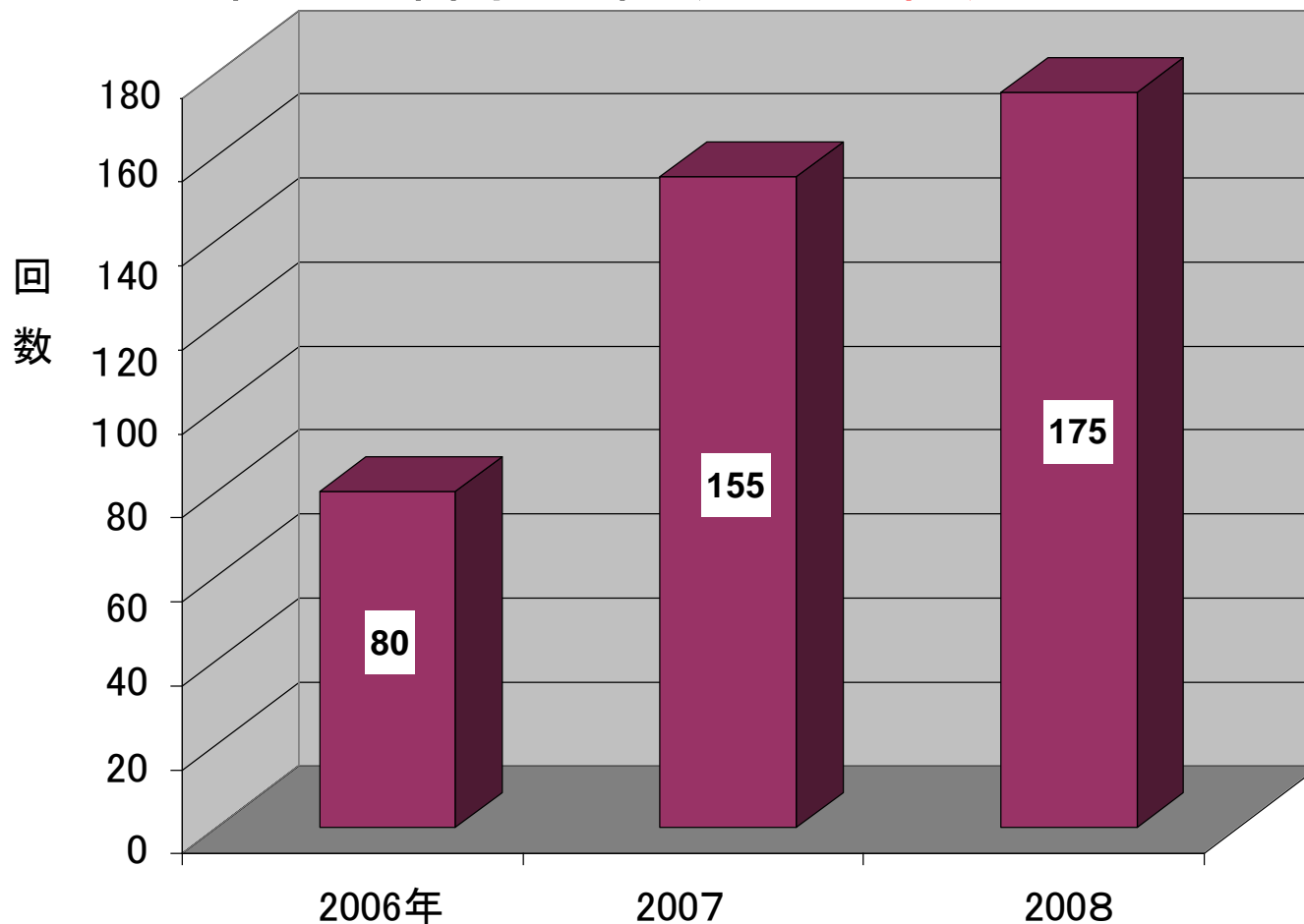
- Hoba実施と風力導入拡大に伴い、TSO間の連系線など送電網に混雑が発生。TSOはシステムのセキュリティ確保のため、緊急時の混雑解消手段を規定した電気事業法(EnWG)第13条により対応。

- EnWG第13条における緊急時混雑解消の優先順位

- ① 送電ネットワークの切り替えなどによる混雑解消
- ② 需給調整契約負荷の調整、混雑相殺する方向の融通実施(カウンタートレード)、系統運用者が確保している調整電源による潮流調整(再給電)
- ③ 最終手段として給電指令によるRE電源の出力抑制

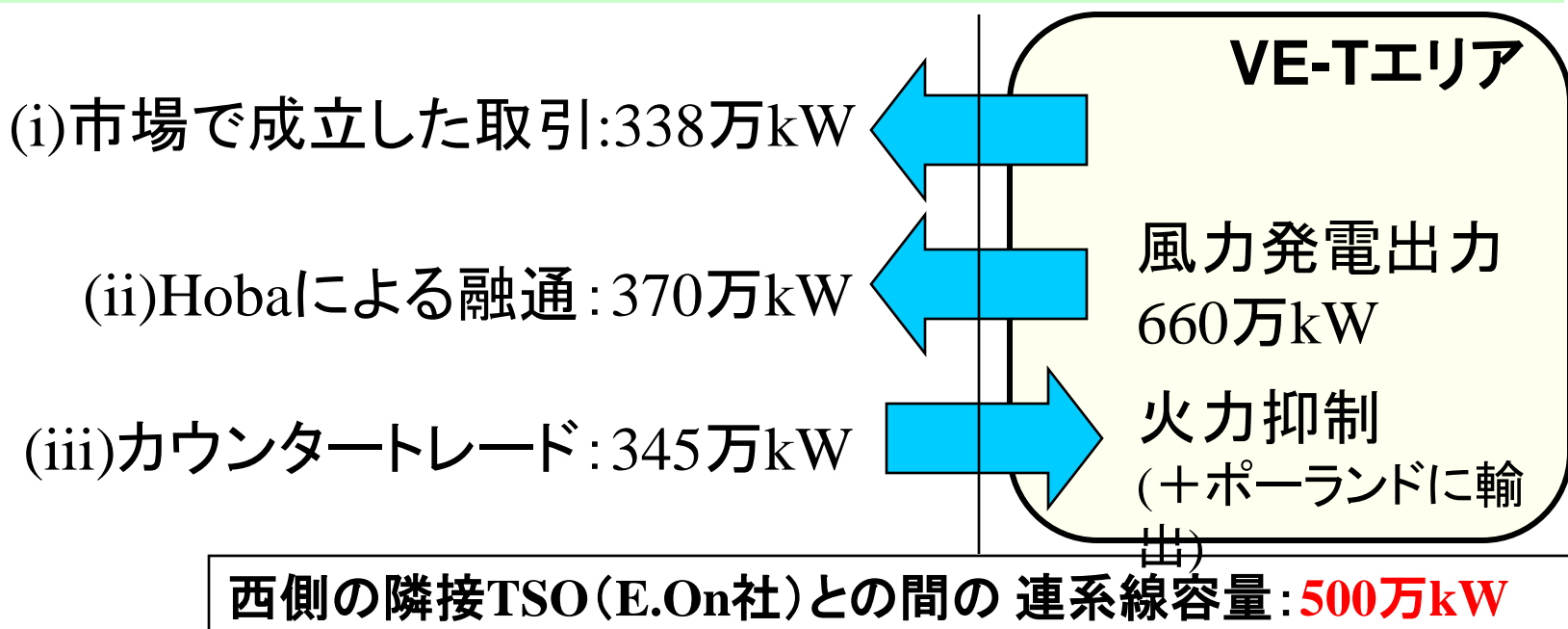
送電網への影響と対応②

- 緊急時対応である第13条の発動機会は年々増加
- 2007年では年間175回(2日に1回)と日常化している状況



送電網への影響と対応③

(i)市場取引と(ii)風力融通(Hoba)の西向き合計潮流(708万kW)が、連系線の送電容量500万kWを超過したため、VE-T社が345万kWの電力を西から緊急輸入して相殺潮流を流し(カウンタートレード)、連系線容量以内に潮流を抑制した例。なお、緊急輸入と同時にVE-Tエリアでは火力出力抑制が必要となるが、下げ代が不足する場合、東側のポーランドに余剰分を輸出して対応(ポーランドで発電出力を抑制)。



(*) VE-T社聞き取り内容より作成。ただし、この時点でのVE-Tエリアの風力発電量は、VE-Tエリアの風力発電量比率が全国比41%(年間平均値)、VE-Tの風力引取量が全国比18%として試算。

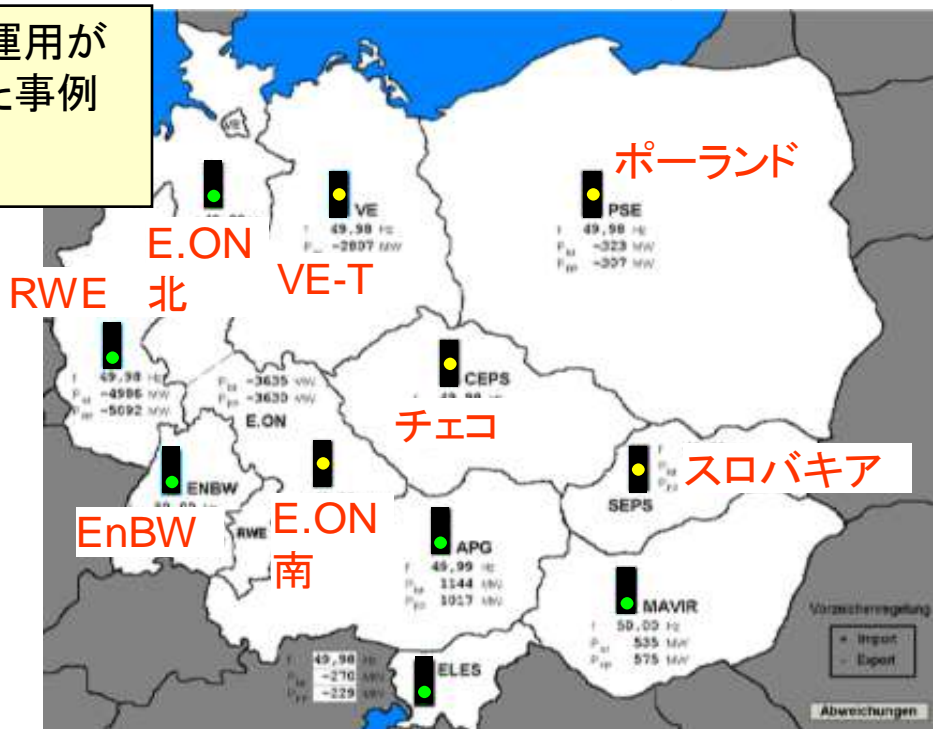
送電網への影響と対応④

- 昨年11月19日～20日には特に状況が厳しく、E.Onおよびポーランドの系統運用者との再給電(E.Onでは発電出力を増加、ポーランドでは逆に抑制して、E.On→VE→ポーランド方向の潮流を流した)、当日市場停止やRE出力抑制も実施。
- 風力が連系されている配電系統運用者DSOとの調整に20～30分程度を要するため、この間、**システムのセキュリティ基準違反状態(*)が継続し、安定供給に「黄信号」がともった。**

(*) 万一、単一事故が生じれば、波及して系統分離に至る状況

中東部欧州(CEE)の系統運用が
広域的に「黄信号」となった事例

(2008/11/19-20)



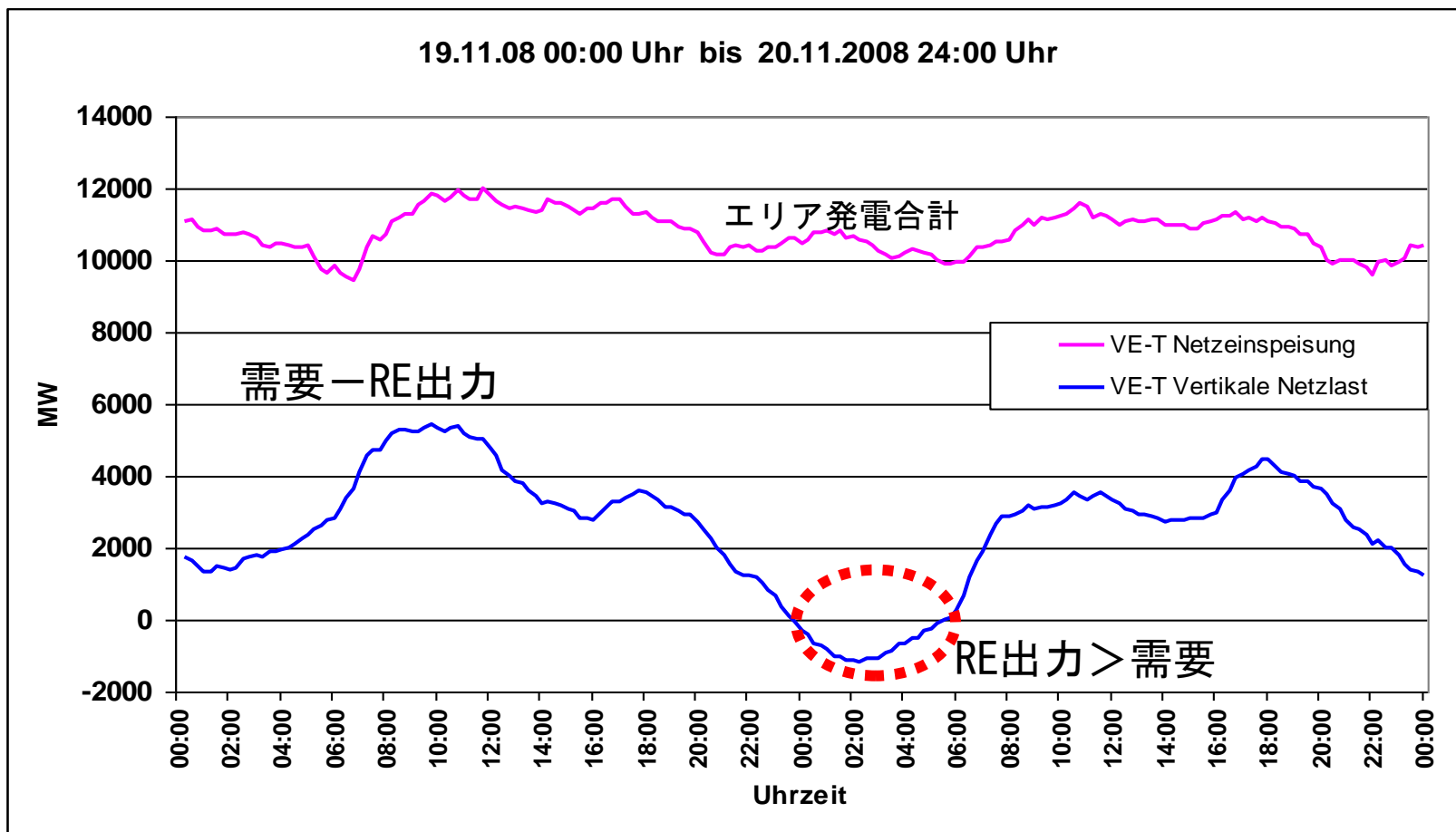
19.11.08 00:00 a.m.
traffic light was set on
„Warning“ (yellow)

20.11.08 24.00 p.m.
traffic light was set on
„Normal“ (green)

【出典】VE-T社プレゼン資料

2008/11/19-20の需要状況

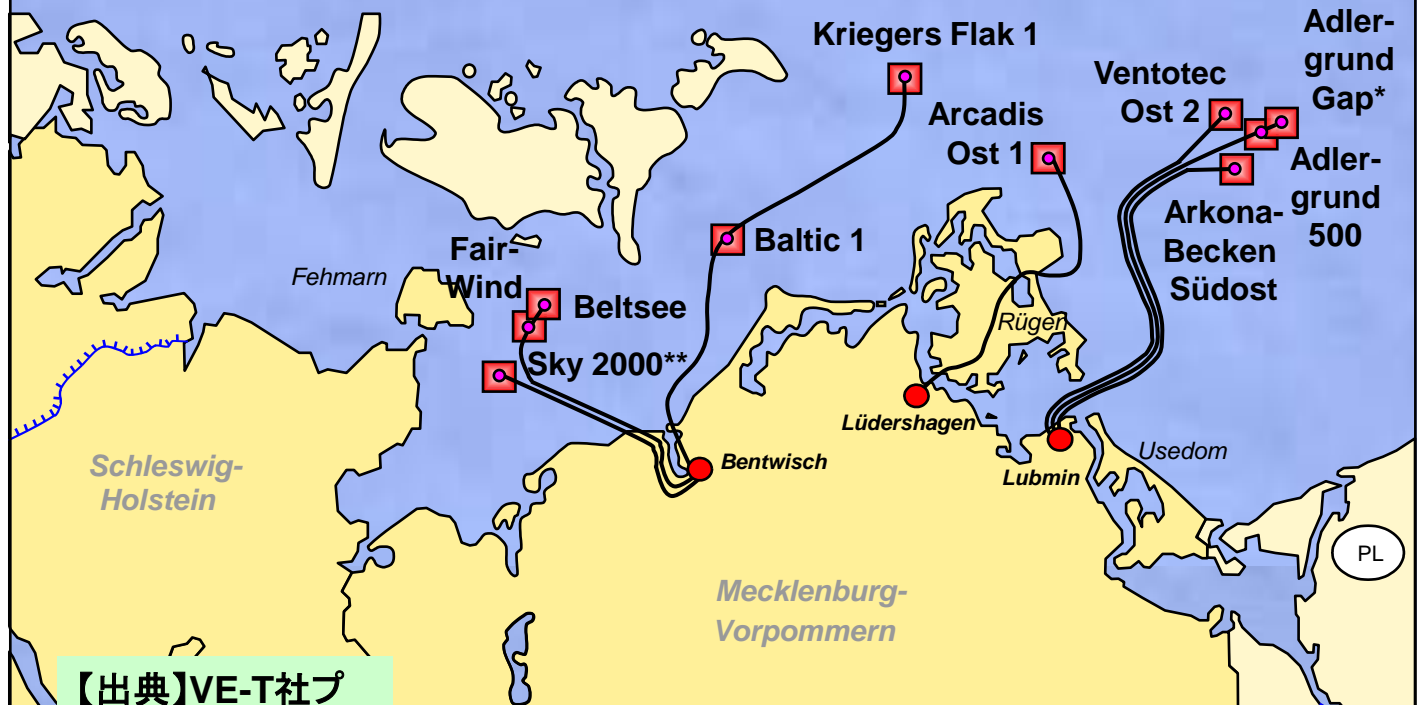
- 系統運用が「黄信号」となった2008年11月19日～20日の状況。
- 需要の小さい深夜帯にRE出力が需要を上回る事態が発生している



洋上風力

VE-Tエリアでは、洋上風力が243万kW(2011年末までの着工分) + 323万kW(2012年以降)建設される見込み。これらが建設されれば、VE-Tエリアからの風力発電輸出のため、さらに多くの送電容量が必要となる。

12 OWP applications for grid connection by VE Transmission



【出典】VE-T社プレゼン資料

- * Alternativantrag bei VE-T: Arcadis Ost 2
- ** Alternativantrag bei VE-T: WIN 2010

Sum of applications: ~ 2.427 MW

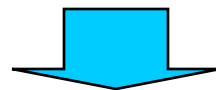
(planned construction begin before the end of 2011)

Sum of applications: ~ 3.227 MW

(inclusive projects with begin of construction from 2012)

送電網への影響と課題

- ドイツでは、もともと需要曲線がフラットで最低需要が大きく調整電源（火力）が豊富であること（＝エリア内の調整力大）に加え、TSO間連系線の大きな余力を活用した風力発電水平配分の仕組みHobaも導入（＝エリア外の調整力も活用）し、風力の大幅な導入拡大に対応。



- しかし、すでにTSO間の送電容量が不足、系統運用は限界状況にあり、送電容量の拡大が急務。
- また、今後の洋上風力開発に伴い、北から南への送電のために必要とされる送電容量はさらに拡大の見込み。
- 一方、送電容量拡大の実現にはハードルが高く、実現には困難が伴うと想定されている。
 - － ドイツ国内での送電線建設には通常10～15年間程度を要する
 - － 架空送電線の建設は反対運動が根強く困難な状況（架空送電線の新設は現在ほとんど行われていない）。一方、地中ケーブルで送電する場合、コストは一桁大きくなり、コスト負担が問題である。

費用負担上の課題

- ドイツはEUの方針の下、再生可能エネルギー法(EEG)を制定し、TSOは再生可能エネルギーを全量買取り、買い取った電力をすべての需要家に配分する義務を負う。これはTSOにとって利益の出ないビジネス(non-profit business)。
- 買取りコストは年間20億ユーロ。また、風力発電出力は予測(計画値)とは異なるため、インバランスをTSOが補給。すでに、インバランス・コストはTSOの年間コストの約20%を占める。
- また、再生可能エネルギー導入拡大による、送電設備の増強やインバランス・コストの増加が、価格上昇に繋がることを消費者は十分には認識しておらず、将来の値上げが消費者に理解され、費用回収が保証されるかTSOとしては不透明と認識。

EU政策とTSOの認識ギャップ

TSO(VE-T)は、EUの3政策を同時に満たすために、
すでに送電系統がSoS(*)状態にあると認識

(*)TSOが“Security of Supply!”(安定供給)を叫んでいることとの掛合せ

Integration to 100%
EU-wide grid Extension &
Maintenance & Storage
[EWIS, dena studies
EU Decision 1364 – TEN]

Access for “Everybody”
No Discrimination
Speed up Competition
[German Energy Law]

7 Regional Initiatives [EU 1228]
Coordinated Market development
Future Potential (“Wind” Trade,
Russia-Connection, Scandinavian
Hydro – Continental Wind)

RES
Integration

Free Grid
Access

Free
Trade

SoS!

Load-Generation Balance (50 Hz)
Voltage Stability (“400 kV”)
System Stability (Angle, (n-1))

[UCTE MLA+OH, ERGEG, UCTE Measurements 2006-11-04]

今後の取り組み

- 送電容量増強、他のTSO・DSOとの協調、コミュニケーションギャップを埋めるための関係者との対話が最重要。
- 現在、欧州の11のTSOが、安定供給のための協調に関する申し合わせに合意(2008年12月)。
 - TSO間のデータ連携とN-1セキュリティチェック(潮流計算) (*)
 - 専門家によるセキュリティ・パネル(一月1回の定例会議を実施)
- 風力＋電力貯蔵(揚水＋EV等)＋制御可能需要(家庭＋産業等)の制御実証プロジェクトが政府支援の下、2008年から5カ年計画で開始

(*)欧州では再生可能エネルギーによるループフロー解決のため複数のTSOの協調が必要

電力系統の特徴

■ 電源構成比(2007)

- 原子力:19%
- 火力:58%
- 水力:11%
- 風力:9%

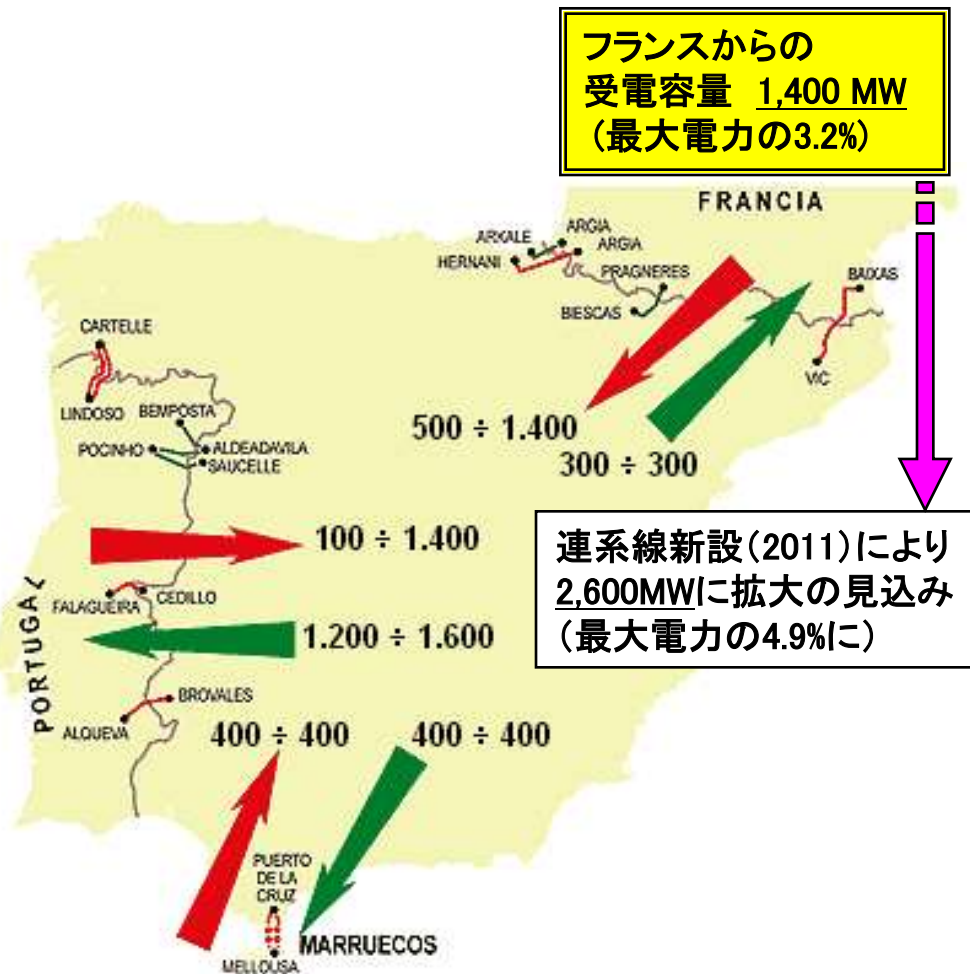
調整電源
比率高

■ 送電系統

- 受電容量が最大電力の3.2%と小さい
(EUの目標:10%)

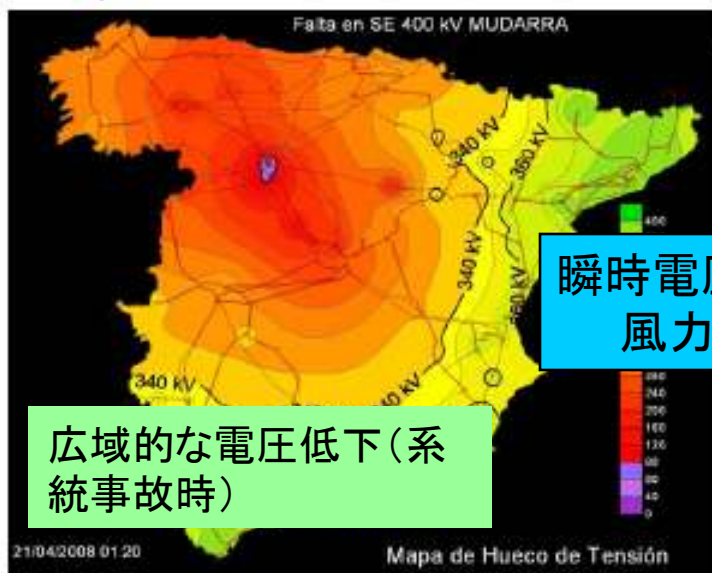
■ 最大電力:4500万kW

■ 風力発電:1560万kW



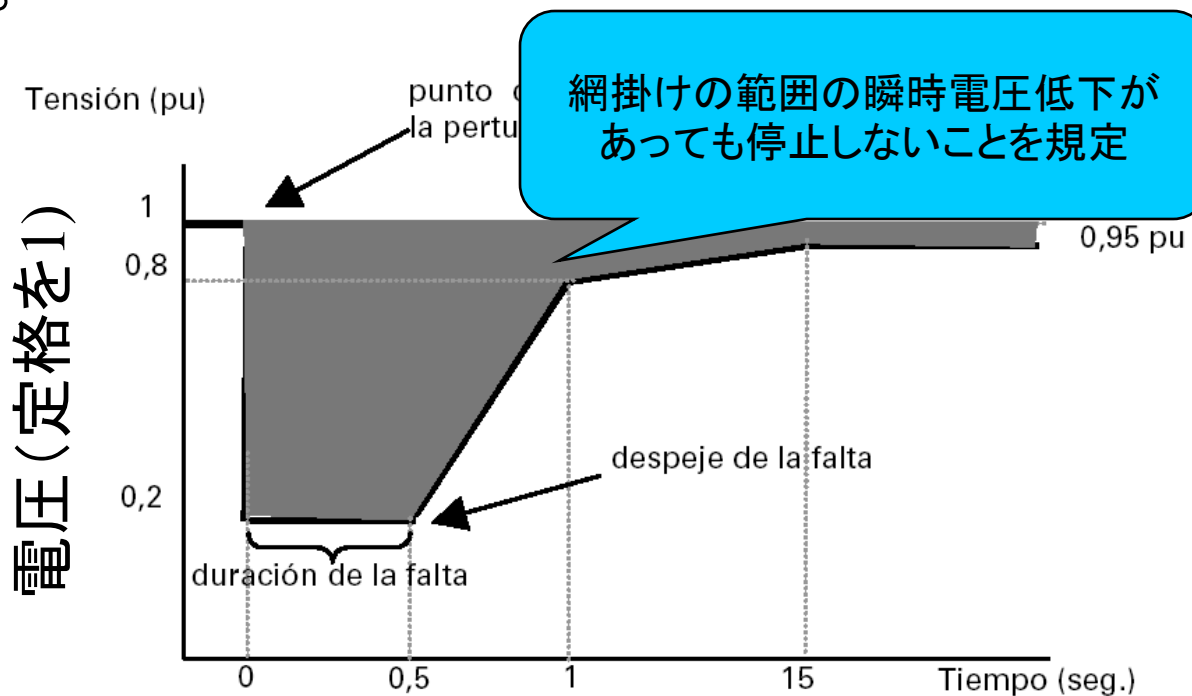
RE大量導入時の課題

- 電力系統内での落雷事故等による瞬時電圧低下で、風力発電所が一斉に停止することが現状の最懸念事項。
 - 風力発電所の一斉停止後には、フランスからの国際連系線を通じて不足電力が供給される。風力停止量が大きくなると、停止後の連系線潮流が連系線容量を超えるため、連系線が遮断されてスペイン系統が分離に至る。
 - 風力の停止量が大きいと分離後のスペイン系統は大幅な供給力不足になるため、周波数低下と発電停止がさらに連鎖して、大きな停電となる恐れ。



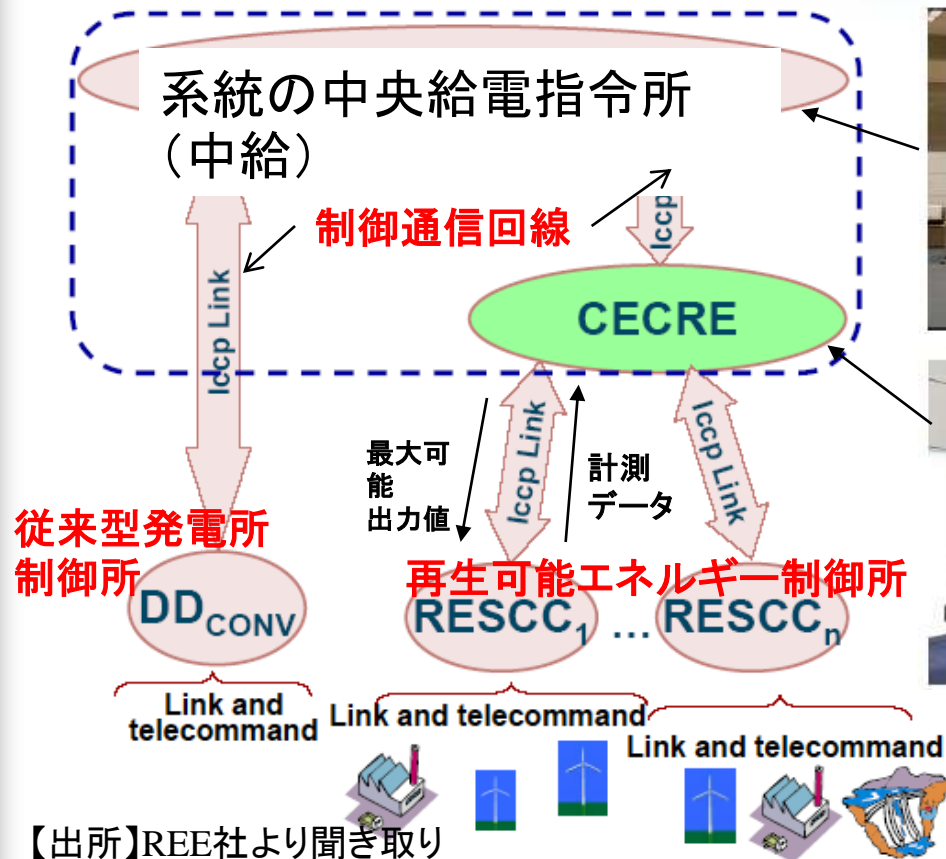
系統面の対策①

- 瞬時電圧低下時の風力発電等の一斉停止に対応するため、系統連系規定(グリッドコード)を改訂(2007年)。
- 既設の風力発電所も含めて、瞬時電圧低下などがあっても風力発電所が停止しないための事故時運転継続機能(FRT:Fault Ride Through)の具備を義務づけ。



系統面の対策②

- REEは「再生可能エネルギーコントロールセンター(CECRE)」を設置、1万kW以上の風力発電等の出力状態を常時把握するとともに、系統内に事故が発生した時の瞬時電圧低下の影響をシミュレーションし、風力発電等の停止量が一定値以下になるように、REの出力を自動抑制(すなわち今後導入量が増えれば、出力抑制量も増加)。なお、出力抑制に対するTSOからの補償は行われない。



中給



REコントロールセンター(CECRE)

Control Center for Renewable Energies

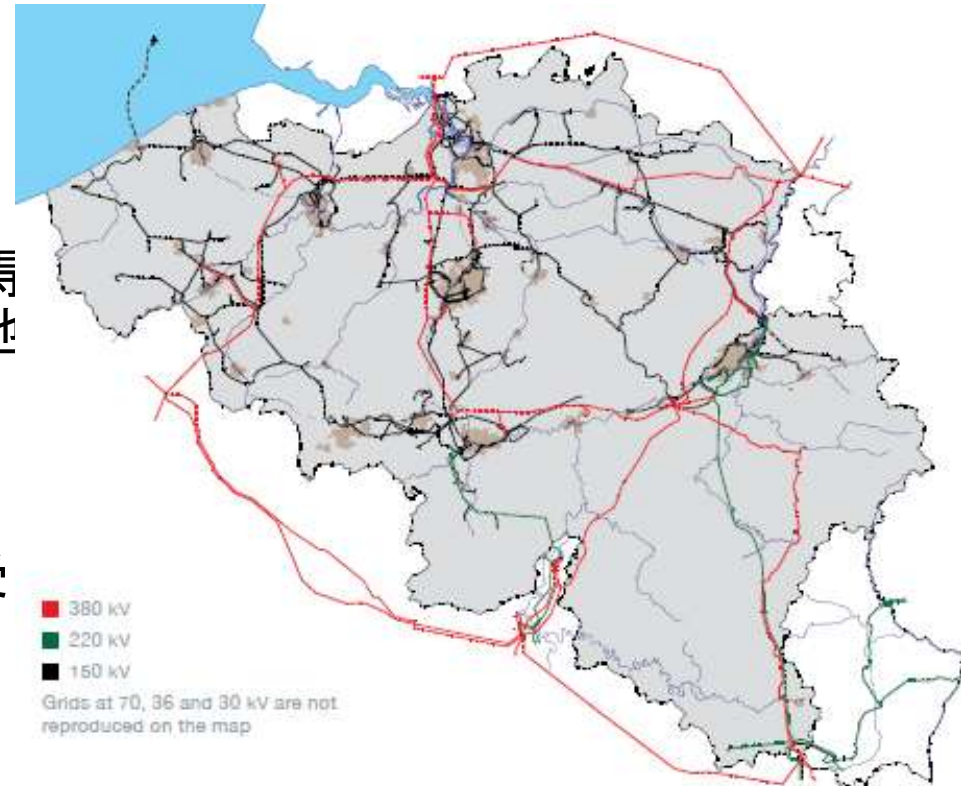
今後の課題と対応の方向性

- 2008年には、風力発電の出力予測誤差が300万kWに達したため、風力発電の出力増に伴い火力発電の下げ代不足が発生、風力発電の出力抑制を行う事例が出現。
- また再生可能エネルギー発電や需要の伸びに伴い送電設備の拡充が必要となっているが(政府は7,000kmの送電線新設を予定)、住民の反対等により送配電線の新設が進まないこともあり、実現は困難。これらを解決するためにも、風力発電の出力抑制が必要。
- 将来、4,000万kWの風力を導入する見通したが、REE社はその場合、セキュリティ確保のために風力発電の出力抑制がより重要となると認識。
- また風力発電4,000万kW導入時には、風力発電に瞬動予備力機能を要求するなど、風力発電機に在来型電源の特性に類した特性を具備させることも必要となると認識。さらに、揚水式水力の開発など種々の方策も必要と考えているが、揚水式水力の開発については、責任主体が明確でないため、今後の展開は不透明。

概して設備対策には期待できず、風力の出力抑制で対応しようとの考え

電力系統の特徴

- 基幹系統(38万,22万kV)を Eliaが保有・運用
- 電源構成比(2008):
 - 原子力 53.8%
 - ガス火力28.4%
- 風力発電への国民理解が得られず、陸上・洋上への立地に反対があるため、風力の導入量は限定的
- 周辺を独・仏などに囲まれ、他国からの潮流の影響を受けやすい
- 特にドイツ北部の風力導入拡大により、ドイツからの計画外潮流がベルギー国内に回りこみ(ループフロー問題)、大きな影響が生じている



最大電力 1400万kW
風力発電 30万kW

系統面の課題

- ドイツでの風力発電の導入拡大にともない、国境を越えてベルギーに回り込んでくる計画外の潮流(ループフロー)が増加。変動幅は±200万kW程度まで拡大して、同国の系統管理に大きな悪影響。
 - ドイツ北部の風力発電量が大きい場合、オランダからベルギーを經由してフランス向けの南向き(南流)、逆の場合には、北向き(北流)のループフローが発生。

風況が悪い時



風況によりベルギーを通過する潮流の向きが変わる

Figure 23: Main corridors of electrical power transmission in the Base Case

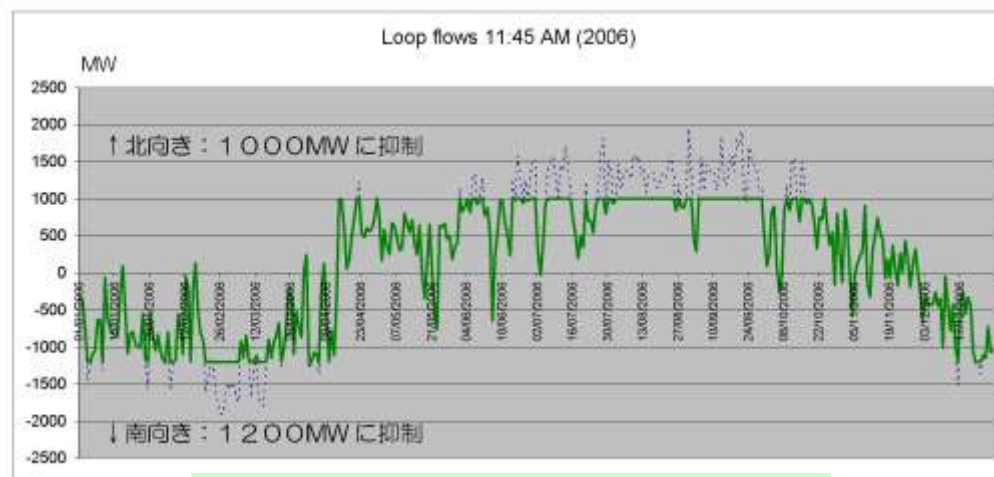
風況が良い時



Figure 24: Changes of electrical power transmission in UCTE Scenario North

ループフローへの対応

- 国際連系線を通じたループフローを抑制するため、潮流の「バリア」として移相変圧器を4カ所に設置し、南流120万kW～北流100万kW以内に収まるように調整。
- また、2009年2月、Coresoと呼ばれる共同の系統監視センターを設立。Elia社のほか、RTE(フランス)、ナショナルグリッド(英国)およびVE-T(ドイツ)が参加。
 - 現状では、隣接系統のうちオランダやドイツ西部のTSOが参加していないため、体制としては不十分な状況。



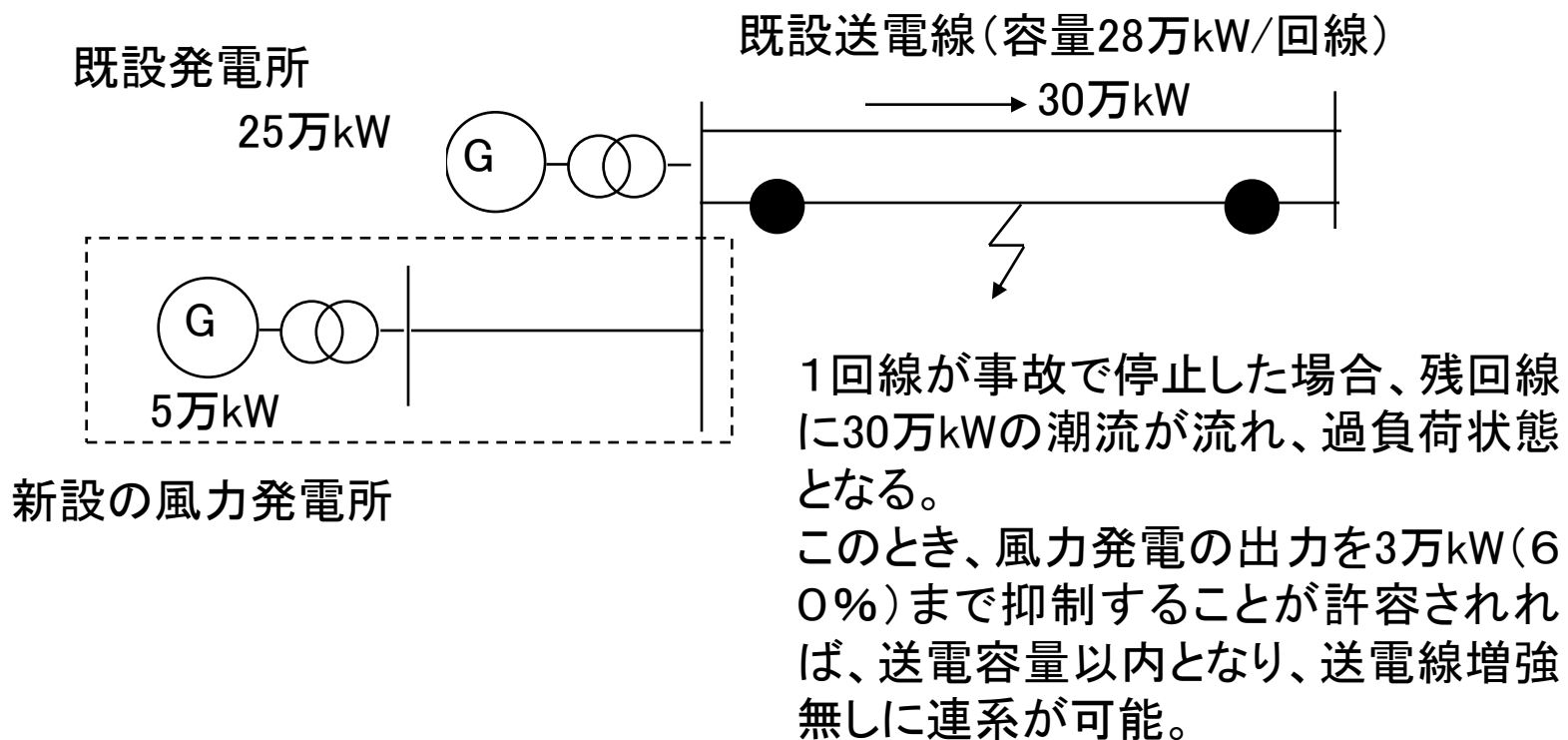
緑色:調整後のループフロー



【出典】Eliaプレゼン資料

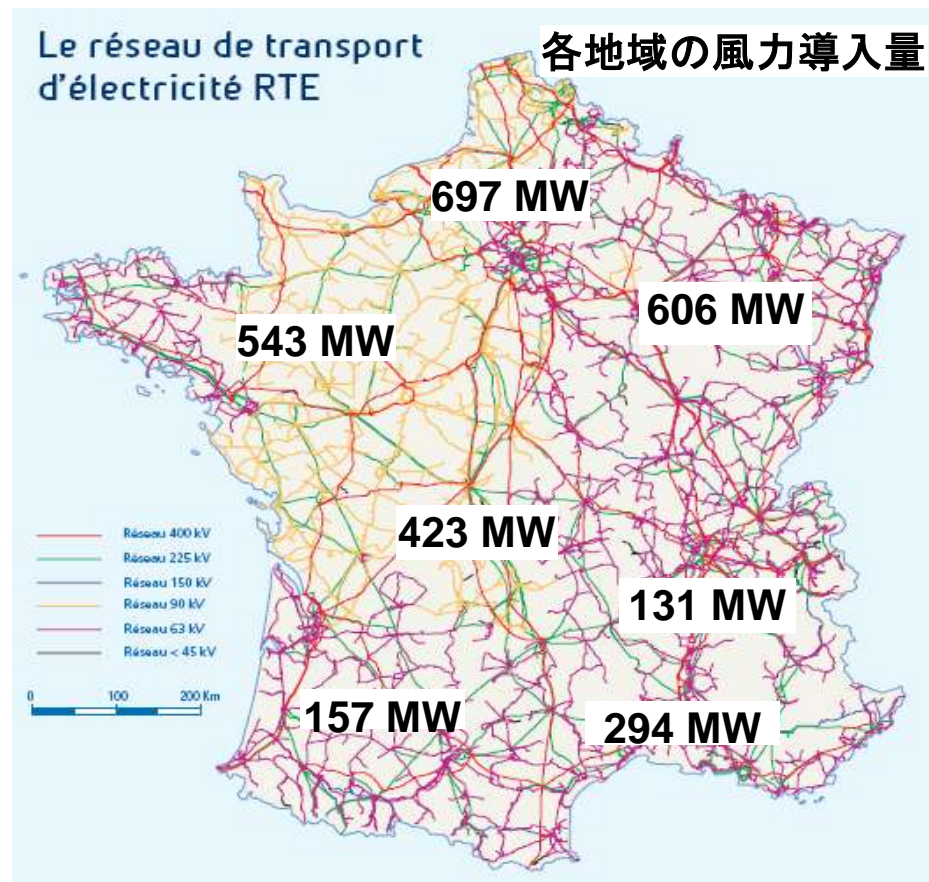
送電容量不足への対応

- 風力連系のために十分なネットワーク増強が行いにくいこと(送電線立地難)への対応として、送電線1回線故障等の事象(*)で風力発電の出力を60%まで抑制することを許容(抑制しても補償はしない)。
(*) 設備数が全体(要素数:N)から1要素だけ欠けた状態となるため、N-1状態と呼ぶ



電力系統の特徴

- 基幹系統(40万V,23万V)を RTEが所有・運用。
- 風力発電の導入量は290万kW(2007)。2010年には650万kWに拡大予定。2020年には2500万kW(洋上700万kW)を目指す。
- 風力の立地点の地域的な偏りが少ないため、基幹系統への影響は顕在化していない。
- 電源構成比率(2007):
 - 原子力:77%
 - 火力:10%
 - 水力:12%
 - 風力:0.7%



最大電力 9,200万kW

風力発電 290万kW

需給・送電網への影響

■ 需給バランスへの影響と対策

- 導入量が500～1000万kWとなると、風力発電の出力変動を調整するため調整力拡大が必要
- 今後は以下の技術が必要となる見込み
 - ・ 風力発電の出力把握および出力予測技術
 - ・ 風力発電への事故時運転継続(FRT)機能の具備

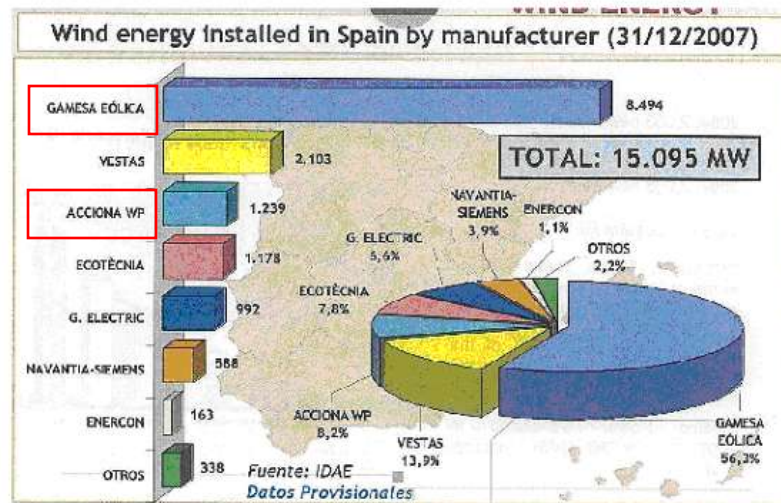
■ 送電網への影響と対策

- 風力導入量が600～700万kWまでは地域的な偏りがない場合、特段の送電容量対策は生じない見込み
- 風力の導入量が2000万kW程度となると、送電容量対策のために10億ユーロの投資が必要となる見込み
- 系統増強が必要な場合、風力発電建設のリードタイム(1.5～3.5年)は送電容量対策(6～10年)より短い。風力発電所の建設に不確実性が大きいいため系統増強方法が課題。
- RTEでは、系統対策コストを低減するための方法として、系統増強の必要性がより少ない地域(ウェルカムゾーン)を設けて、立地を誘導することが必要と認識。

RE導入促進の背景

- スペインでは、一次エネルギー供給(2007年)のうち、48.3%を占める石油および21.8%を占める天然ガスのほとんど全量を輸入依存。化石燃料依存率がEU平均の56%に対し、79.4%(2007年)と高い。
- このため、100%国産のエネルギーである原子力と再生可能エネルギーの導入を積極的に進める必要があるが、原子力発電所は現状の8基から新設する計画がないため、再生可能エネルギーの導入拡大に力を入れることが政策的に重要と認識。
- また、スペインにはGAMESA EOLICAやACCIONA WPなど有力な風力発電機メーカーがあり、政策的な風力発電の導入により近年のスペインのGDP増加ももたらしている。

国内市場の第1位,第3位
を国内メーカーが占める



RE導入拡大の成功要因

スペインの規制当局は以下の要因が特に重要と認識。

要因①: 政策立案面

- 再生可能エネルギーの導入目標設定と目標達成に向けた政策立案
- ポテンシャル分析, 技術面や手続き面の分析など

要因②: 法制面

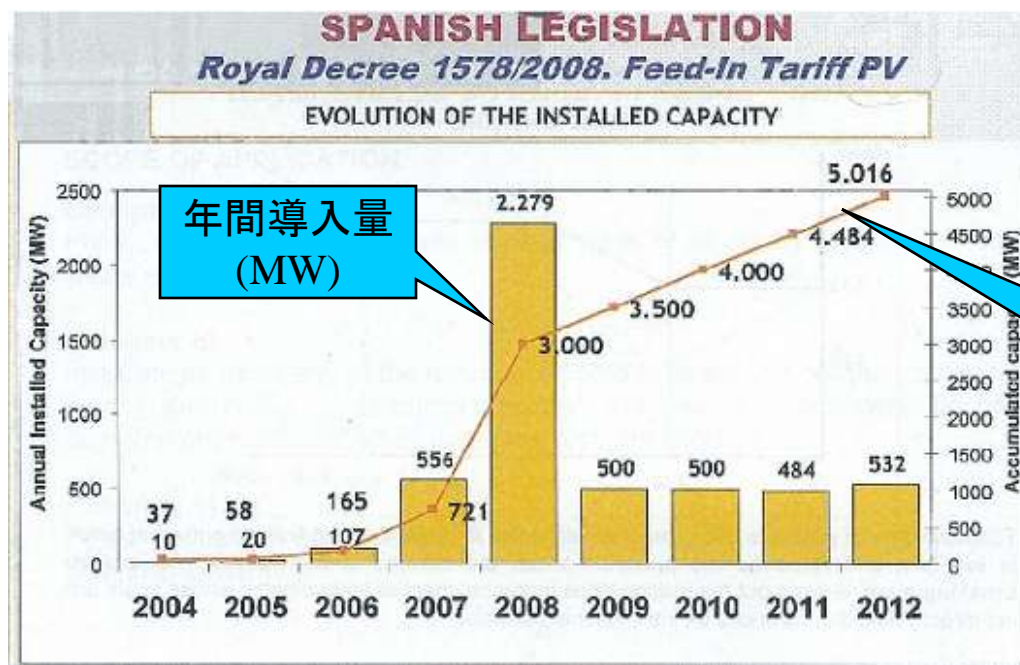
- 優先的な取扱い(法制度の整備, 財政・税制面でのインセンティブなど)
- 既存電源との競争力を確保するためのFIT価格の設定
- 電力系統への優先接続 など

要因③: IDAEに代表される研究開発の推進

- 特に初期段階におけるサポート, 推進的な役割

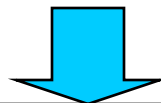
スペインにおける太陽光

- 2004年に発行した王室令で太陽光発電の高額買取を規定。当局の想定以上に導入が進み、2010年での目標であった300万kWの導入を2008年度に達成した。
- このため、2008年の王室令で、買取価格の引き下げを実施。また、風力と異なりスペイン国内産業の振興に役立っていない現状もあり、目標超過達成とともに価格引下げの一因となったと考えられる。



今後の取り組みと課題

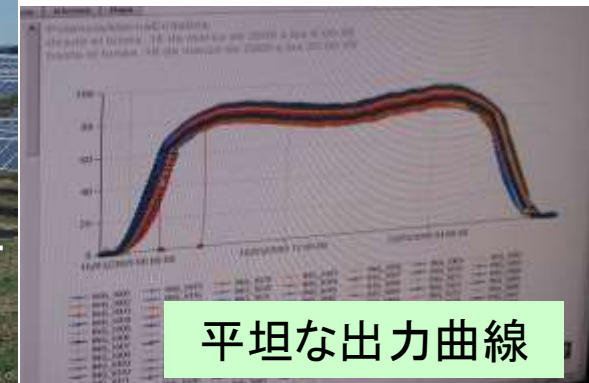
- 電力における再生可能エネルギー比率を40%以上とする高い目標を設定。また、この目標は系統運用者(REE社)が調査・検討のうえで、系統の責任者として受け入れたもの(技術的には反対せず)であるから、REE社が対応の責を負うべきとのスタンス。
- 政府としては、長期的な再生可能エネルギーの導入促進の観点から、新規送電線建設(7,000kmの新設が必要)や電力貯蔵(揚水発電等)設備などの建設を求めている。
 - なお、送電線建設が実現した場合の巨額の設備投資は、託送料として消費者に転嫁される。 【出所】スペイン産業観光通商省エネルギー総局からの聞き取り



- 上記は、REE社で聞き取ったTSO側の以下の認識とは大きく異なっており、規制当局とTSOの認識にギャップが見られた。
 - 住民の反対により新規送電線建設は困難
 - 揚水発電所建設についても責任主体が不在
 - このためREEは再生可能エネルギー発電の出力抑制で乗り切ることを志向しており、RE導入設備量を増やしても、発電可能な電力量が飽和してしまう可能性大

La Magascona太陽光発電所

- スペイン・マドリッドから300kmのTrujillo市に立地
- 建設単価:6ユーロ/W (78万円/kW (1ユーロ=130円))
- 設備容量:3万kW (最終規模4万kW)
 - 第1期(2007/11) 2万kW, 第2期(2008/7) 1万kW (第3期1万kW予定)
- 設置面積: 165ヘクタール (1kWあたり約40m²と日本の倍程度)
- 年間発電量:60GWh
- 特徴:
 - 日照条件の良い地域(年間晴天日300日程度)に広大な敷地を確保
 - シンプルな一軸自動追尾により利用率22%程度を確保



大量導入への対応状況

- ドイツ、スペインでは、欧州大のメッシュ状の送電網の余力を活用、風力出力変動を広域的な発電力で調整して需給バランスをとることにより、再生可能エネルギー(RE)発電の大量導入に対応。
 - ドイツ: 国内の4TSO間の連系線の大きな余力を活用し、ドイツ全体で風力発電の変動を調整。さらに周辺国TSOとの融通も実施。
 - スペイン: 系統事故により風力発電が一斉に停止し需給バランスが崩れた場合の供給力をフランスとの連系線に期待しつつ導入を拡大。
- しかし、RE導入拡大にともない、ドイツではTSO間の連系線にすでに混雑が発生。他国TSOとも協調して対応しているが、系統運用はすでに綱渡り状態(単一事故で広域停電に至る可能性が増大)。
- スペインでも、系統事故による風力発電停止量が、フランスとの連系線容量を超過する状況であり、再生可能エネルギーコントロールセンターを設置し、REの出力を自動抑制できる仕組みを導入。
- ドイツ・スペイン両国とも、さらなるRE導入拡大のために、送電線増強や電力貯蔵設備の必要性を認識しているが、送電線建設や揚水発電所建設は実際には困難。今後の導入拡大にあたって、TSOはRE発電の出力抑制に依存せざるを得ない実態であり、EUや政府の高い導入目標との間で認識ギャップが拡大している。

技術面での今後の対応

今回の聞き取り内容のうち、スマートグリッドなどに関連する新技術の採用・検討状況をまとめれば以下の通り

- 再生可能エネルギー電源および送電網の監視・制御のために一部採用中のもの
 - TSOからの再生可能エネルギー電源の監視・出力抑制(スペインREE社再生可能エネ・コントロールセンター)
 - 事故時運転継続機能FRTの具備など再生可能エネルギー電源側での対策(スペイン、ドイツ、フランス)
 - 複数のTSOエリアをまたいで計画外の潮流が回り込むループフロー(*)を制御するための移相変圧器設置(ベルギー)
- 導入検討中もしくは今後技術開発予定
 - TSOからの風力発電所の直接監視・制御(ドイツ)
 - ループフローに対処するための複数のTSOによる電力系統の協調監視・制御(Coreso)・・・現在は一部地域で監視のみ実施
 - 大規模電力貯蔵設備の実証試験(スペイン、ドイツなど)
 - 風力発電出力予測精度の向上(スペイン、フランス)

(*)日本ではエリア内の潮流制御のため一部地域で移相変圧器が採用されている。一方、地域間をまたぐループフローの問題は存在しないため、ループフロー制御のニーズは存在せず。