

再生可能エネルギーの大幅導入に成功したスペイン

—その背景に「気象予測」を活用した独自の挑戦あり—

小西 雅子*

1. はじめに

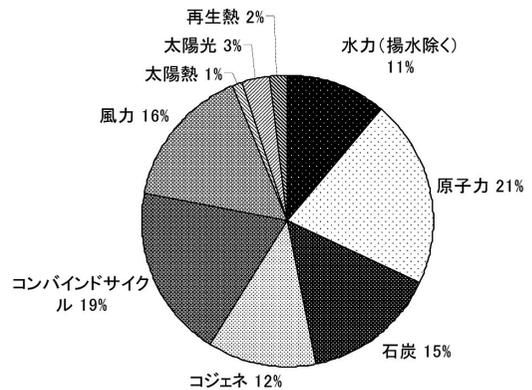
スペインは2011年に風力発電の設備容量を2000年の約10倍に相当する20,880MWにまで急成長させた。2011年には年間需要電力量の33%を再生可能エネルギーから得ている。特に風力発電は16%を占めるに至っており、原子力発電所の21%、ガスコンバインドサイクル^(注1)の19%について、3番目となる主要な発電源となっている(第1図)。再生可能エネルギーの増加と化石燃料発電の減少の両方の効果により、2010年には電力部門からのCO₂を2009年より58.1万トン削減しており、21%の削減に成功している(REE 2011a)。

日本では「天気まかせで不安定」といわれる再生可能エネルギーをエネルギー供給の主役としながら、電力系統(以下、系統と省略する)^(注2)を大きなトラブルもなく運用している。電力需要に対する再生可能エネルギーの割合は、2007年の22%から2010年には36%に達し、2011年では33%となっている(REE 2011a；第2図)。2012年4月16日3時30分には、供給電力に占める風力発電の比率は、過去最高の60.46%に達した(REE 2012a)。

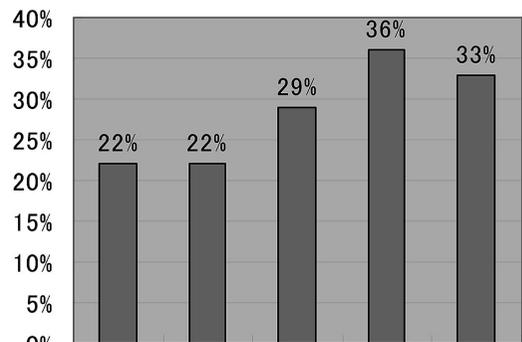
その陰には、風力発電の発電所建設時の綿密な気象アセスメントからはじまり、毎日の風力発電出力予測を活用して出力予測の報告を行う風力発電事業者、さらに全国的な発電出力予測システムを十二分に活用して中央で一括して電力調整を行う再生可能エネルギー制御センターの存在がある。

キーポイントは再生可能エネルギーの設備容量増加

による発電電力の平滑化と、再生可能エネルギーを最優先に給電するための気象予測を活用した広域運用を



第1図 2011年スペインの電力需要に占める電源構成(REE(2011a)から筆者作成)。



第2図 電力需要に占める再生可能エネルギーの経年変化(%) (REE 2011a)。

* Masako KONISHI, (公財)世界自然保護基金ジャパン自然保護室。

行う中央制御である。

東日本大震災以降再生可能エネルギーの大幅拡充が急務となっている日本への示唆を求めて、2012年3月16～21日に、スペイン唯一の系統運用会社である Red Eléctrica de España（以下 REE）とスペインの風力発電協会の現地取材を行った。本稿では現地聞き取り調査と REE の資料を基に、スペインにおける風力発電を中心に、独自の系統運用について考察し、日本への示唆としたい。

2. スペインの再生可能エネルギー発電と電力系統

2.1 スペインの概要

スペインの面積は51万 km²（日本の135%）、人口は4412万人（日本の35%）、2011年末における発電設備容量は100,576MW で、供給電力は270,361GWh である（REE 2011a）。2011年末のスペインの発電設備容量は、日本の電力会社全ての設備容量と比べると約0.5倍であり、東京電力と中部電力の合計とほぼ同程度となる。

風の強い風力発電に適した地域がスペイン東部や西部地域に偏っているのに対し、電力の消費地はマドリッドやバルセロナといったスペイン中央部と東部の大都市に集中しており、その間を長い送電線でつないでいる。東京においても、首都圏の電力消費のために、福島や新潟といった地域から電力を送っているのと似た構図である。

また国際連系^(注3)が弱点においても似ている。スペインは半島であるため、ヨーロッパ全体の系統とはピレネー山脈を越えてフランスを通じてつながるしかない。その他にポルトガル、モロッコとも電力を融通しているが、連系線の容量は小さく、2011年度の電力の融通量は年間需要電力量の2.4%にしかない（REE 2011a）。

以上のことから、本来、スペインの電力系統は、日本の電力系統と同じように、再生可能エネルギーの大量導入には不利なはずである。ところがスペインでは年間需要電力量の30%を超える再生可能エネルギーの導入に成功しているのである。

2.2 再生可能エネルギー制御センターの挑戦

スペインでは、2001年から CO₂削減とエネルギーの安全保障のために、国策として再生可能エネルギー促進策をとっている。首都マドリッドの郊外にスペインにおける唯一の系統運用会社である REE があり、2006年に再生可能エネルギーを安定的に運用するため

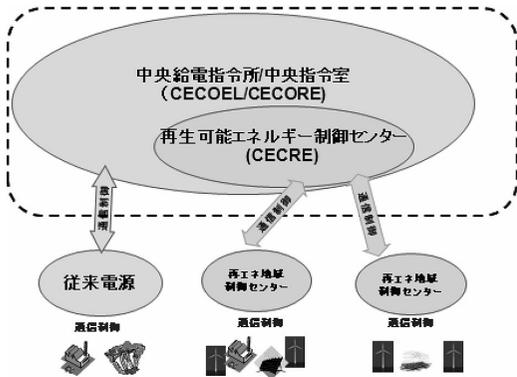


第3図 再生可能エネルギー制御センター（CECRE）。中央指令室の中にある。スクリーン右下が CO₂の排出量モニター。

に、再生可能エネルギー専門の中央制御センター Control Centre for Renewable Energies（以下 CECRE）を設置した（REE 2011b）。CECRE は、スペインの電力系統全体を制御する中央給電指令所の一部として運用されている。CECRE は、中央給電指令所の中央指令室と同じ部屋にあり、スペイン全土の再生可能エネルギーによる発電状況が一目でわかる地図が、モニターに映し出されている。コンピューターで自動制御されており、中央指令室とあわせて数人の職員が監視しているだけだ。刻一刻とモニター画面は切り替わり、風力、太陽光の発電状況、電力需要などが映し出される。驚いたのは、リアルタイムの CO₂の排出量状況まで出ることだ。組織関係部署責任者のファティマ・ロジャス氏は「もともとの再生可能エネルギー導入の目的の1つが気候変動の抑制にあるのだから当然」と語った（Rojas 2012；第3図）^(注4)。

2.3 再生可能エネルギー中央制御センターCECREの仕組み

2007年から、スペインでは、設備容量が10MW を超えるすべての発電設備は CECRE によって直接制御されることになった。CECRE の下には、地域的に発電を管理する再生可能エネルギー地域制御センターが21箇所に設置され、風力発電所などの発電電力量や運用パラメーター（風力や太陽光などの発電状況を左右する風速や気温の実況と予想値、それに有効電力、無効電力など）の情報を取得し、CECRE に伝える。またその情報や、CECRE からの指令を元に、スペイン全土の発電量の制御指令を実行させる。つまり CECRE



第4図 REE 系統制御の仕組み：中央給電指令所/中央指令室 (CECOEL/CECORE) と再生可能エネルギー制御センター (CECRE)。
(REE (2012b) から筆者作成)。

は、リアルタイムでスペイン全土の風力発電を含む再生可能エネルギー出力と、気象データをリモートで把握し、コントロールすることができるのである (REE 2011b；第4図)。

CECRE は、風力、太陽光、水力、バイオマスなどの再生可能エネルギーを対象としており、刻一刻と変わる電力需要に応じて、発電出力を管理・調整している。REE の使命は再生可能エネルギーを優先しながら系統を安定的に運用していくことにあるため、各発電所に指令を出す権利を持っており、各発電所はそれに従う義務がある。風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの制御に当たっては、気象予測システムを用いて、発電出力を予測し、再生可能エネルギーを優先して給電し、残りを他の調整用の発電所 (揚水式発電所^(注5)やコンバインド火力発電所) に指令を出して、調整していく (REE 2011b)。

具体的には再生可能エネルギーの発電出力の予測結果に基づいて、毎日午前11時に翌日の調整用の発電所の状況を判断する。さらに15分ごとに更新される予測結果に基づいて、5時間先の調整必要量の最終評価を行っている (Rojas 2012)。

2.4 気象予測システムの活用

REE は GEMAS (Maximum Admissible Wind Power Generation in System) という制御・監視システムを用いて、リアルタイムで電力系統の監視・制御を行い、風力発電の発電電力量を最大限に活用すると共に、安定した系統運用を行っている。

GEMAS が使っている風力発電出力予測モデルは、SIPREOLICO と呼ばれるもので、2001年からマドリードのカルロス 3 世大学と REE が共同で開発し、2002年から運用が開始された。それまでは各風力発電所が個別に出力予測を行っていたため、中央指令室がリアルタイムで情報を把握し中央制御を行うことは不可能であった。SIPREOLICO は、前日の予測の不確実性を軽減し、調整に必要な発電所の分析をより正確に実行し、リアルタイム運用を可能とするために開発され、現在も常時改良が加えられている (REE 2012b)。

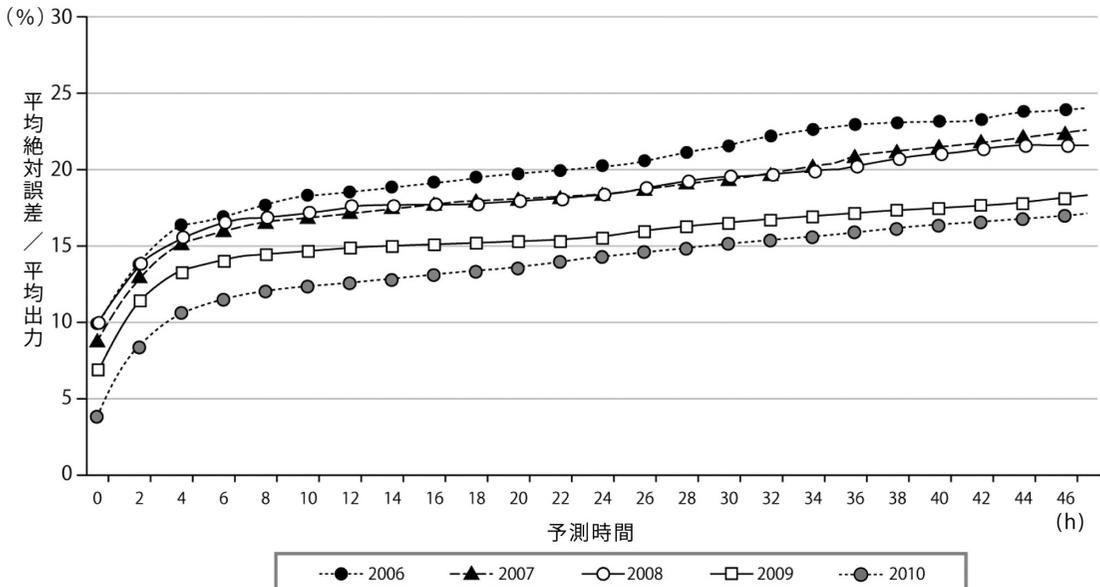
そもそも気象予測のための数値予報データは、スペインも日本も含めてグローバルに共通である。スペインの気象局 AEMET は、HIRLAM といわれる数値予報モデルを使って2005年からスペインの全土を6地域に分けた地域予報を出している (Ceña 2012)。SIPREOLICO は、HIRLAM による数値予報データと各地の風力発電所のデータ収集システムを元に、スペイン全土の風力発電出力予測を行う。風力発電量を1時間単位で48時間後まで予測し、15分ごとにその予測量を更新している。さらに10日後まで1時間ごとの予測を出しており、1時間ごとに更新している (REE 2011b)。

REE によると、24時間前から32時間前の出力予測が調整用の発電所の分析のために最も重要で、さらに5時間前の出力予測に基づいて修正している。SIPREOLICO は、過去5年で予測精度を急激に向上させており、特に5時間前から32時間前までの予測精度が上がっている。24時間前の予測では、2006年には21%であった予測の誤差 (平均出力によって無次元化された平均絶対誤差) は2010年には14%にまで下がった (REE 2012b；第5図)。

予測が正確であるほど、多くの調整用の発電所などを用意しておく必要がなくなるため、調整費用を下げることができる。24時間前から32時間前の予測の向上は、電力系統安定化対策の費用の大幅な低減を可能とした (Rojas 2012)。

2.5 スケールメリットと広域化効果

風力発電などの再生可能エネルギーは、設備容量が増えれば増えるほど出力量は平滑化され、変動が少なくなるというメリットがある。たとえば個々の風力発電所では大きく出力変動するが、地域全体、さらにスペイン全土で見れば、風の強い地域もあれば、弱い地域もあるため、風力発電所の建設場所が広い地域にわ



第5図 気象予測モデル SIPREOLICO の予測の誤差。年々誤差が少なくなっているのがわかる (REE (2012b) から筆者加工)。

たり、設備容量が増えるほど、個々の出力変動が相殺されて、結果として全体の発電出力量は平滑化されるのである。

ドイツの再生可能エネルギー研究機関 ISET (Institut für Solare Energieversorgungstechnik) の調査では、ドイツの風力発電では、1時間ごとに見ると1つの風力発電所だけでは60%もの変動がありうるが、合計350MW以上の風力設備容量になると、変動は20%以下になる。北欧4カ国をカバーする北欧電力専門家協議会 (NORDEL) によると、北欧4か国全体でみると再生可能エネルギーの出力変動は10%以下になるという (Zervos 2009)。

スペインにおいても風力発電設備容量が増加するにつれて、出力は平滑化し、安定してきている。これは再生可能エネルギーを制御しやすくなるだけでなく、実は気象予測の精度を上げることもつながっている。というのは狭い範囲にある数少ない風力発電所の気象予測は、地形の影響も受け、はずれる可能性も大きいですが、風力発電所の数が増え、広域化するほど、出力も平滑化するうえに、気象予測の範囲も広がって中規模場の予測となり、予測精度が上がるからである。

SIPREOLICO の予測制度が急速に向上しているの

は、気象予測の改善もあるが、風力発電の設備容量の増加による寄与も大きいという (Ceña 2012)。気象予測精度が上がれば、さらに系統運用がしやすくなるという好循環が生まれるのである。

2.6 太陽光発電、太陽熱発電、および風力発電との組み合わせ効果

CECRE の主な制御対象は風力発電である。平均して電力需要の16%を占め、しかも風力発電の出力が最大化するのは、電力需要が落ちる夜中から明け方にかけてであるため、調整が欠かせない。一方、太陽光発電についてはまだ3%を占めるに過ぎず、太陽熱も1%である。また太陽光及び太陽熱は昼の電力需要期に出力するため、系統運用に大きな影響は今のところないということだ。しかし導入拡大に伴って、いずれは風力やその他の再生可能エネルギーとの調整が必要となると考えられている (Rojas 2012)。

なお、電力需要ピーク期の昼に発電する太陽光発電と、夜間に多く発電する風力発電の組み合わせによっても、再生可能エネルギーによる発電出力を平滑化させる効果がある。このように性質の異なる再生可能エネルギーを組み合わせるメリットを活かすことによって、再生可能エネルギー導入を最大化することが可能となる。地熱などをベースロード電源^(註6)とし、風力

や太陽光を組み合わせ、水力や揚水を必要のピーク時に活用するなどの工夫で、変動する一日の電力需要に応えられるかをダイナミックシミュレーションした結果、日本が100%再生可能エネルギーでまかなう社会が可能であると示した研究報告もある(WWF ジャパン 2011)。

2.7 REEの仕組み：技術的な組織

スペインは発電、送電、配電はすべて独立していなければならないと政令で決まっている。REEは系統の安定に責任を持つ唯一の系統運用会社であり、すべての送電網の管理、整備を担っている。ちなみに設立当初は公的機関であったが、2007年に民間会社となり、今では80%が株式公開されている。電力料金の1%がREEの収入になる仕組みで、系統運用と系統強化の両方の義務を負っている。REEの使命は再生可能エネルギーの最大活用と安定した系統運用にあり、さらなる再生可能エネルギーの導入をめざして、系統強化の投資を計画的に行っている。民間会社であるため、投資の判断は採算を考えて行っているということだ(Rojas 2012)。

REEは技術的な指針を出すことが使命で、電力市場には関知しない。再生可能エネルギーを優先して、その後調整用の発電所として水力や揚水発電所、火力発電所に出力量の指令を出す。調整用の発電所の利益には関知せず、純粋に再生可能エネルギーの最大活用をはかりながら、安定した系統運用に専念できる環境下にある(Rojas 2012)。

再生可能エネルギーを急速に普及させる必要がある日本にとって、技術的に可能なことを純粋に追求することに専念できる系統運用会社の設立が非常に有効であることを示す好例となっている。

2.8 REEの系統の強化策

2011年度の風力発電の設備容量は20,000MWに達しているが、今後の目標は38,000MWである(REE 2011b)。REEは2020年に最終電力消費量の40%以上を再生可能エネルギーが占める系統運用に向けて準備している(REE 2012b)。REEが計画している系統の強化策は、揚水発電の増強、ピレネー山脈を越えてフランスとつなぐ国際連系の強化、さらに海底ケーブルによるフランスとの国際連系を考慮中ということである(Rojas 2012)。

なお、揚水発電の増強については、スペインは乾燥した国でそもそも水力に適した場所が少なく、今後の気候変動の影響でさらなる水不足が予測されているた

め、大幅な揚水発電設備容量の増加は望めないということである(Rojas 2012)。

一方、国際連系の強化はEU指令でも一国当たり10%を超えることを奨励されており、現在、フランスとの国境に新たな連系線を建設中である。現在はピレネー山脈を越える4本の連系線でつながれているが、ピーク電力の3%以下しかない。現在建設中の新たな連系線は、16kmのうち、8.5kmは地中埋設の直流送電線とし、送電端にはそれぞれ交直変換機を備え付ける。これは独立して潮流を調整可能とするためという。いづれも高度な技術力を必要とするチャレンジで、試運転は2014年を予定しているが、これが完成すれば、ピーク電力の6%まで国際連系が可能となる(REE 2011a)。地中埋設送電線は地上送電線の10倍のコストがかかるが、スペインにとってはフランスを通じてしかヨーロッパの系統とつながることができないため、地元の住民の賛同を得るために必要な投資ということだ。またフランス側には国際連系を強化するインセンティブがないため、交渉には難しい政治力を必要とし、さらに費用はスペイン側の負担となるという難しさがある(Rojas 2012)。

そのため今はイベリア半島の海側からフランスブルドー地方を結ぶ海底ケーブルを検討している。すでに250kmの海底ケーブルをリゾート地マヨルカ島と結んだ実績があるが、大事業であるという。歴代のREEの代表の間で「not in my electric year(私が責任者である年にやりたくない)」と冗談で言われるほどだが、計画は着々と進んでいる(Rojas 2012)。

なお、スペインにおいて2004年に電力系統安定化対策費は5セントユーロ/kWhと予測されていたが、CECRE設立による中央制御と風力発電設備容量の増加による平滑化効果で、結果として2007年には1.4セントユーロ/kWhまで下がったことは特筆に値する(Crispin 2008)。

3. 日本への示唆

3.1 2つのキーポイント：広域運用と気象予測の活用

日本においても発送電分離などを含む抜本的な電力システム改革が議論されはじめ、地域間の連系線強化策が進んでいる。待ったなしの温暖化対策のためにも、可能な限り早い時期から再生可能エネルギーの大幅導入を果たしていかなければならない。

蓄電に頼らず、国際連系も弱いスペインにおいて、

電力需要の30%以上も再生エネルギー活用を可能とした系統運用システムは、日本にとって大きな示唆に富んでいる。そのポイントは連系強化による系統の広域運用を早期に実現することと気象予測システムの活用にある。

確立された系統制御システムと変動対応可能な蓄電システムがあれば、一般的に風力20%の受け入れは可能であると世界風力エネルギー協会（GWEC）（Zervos 2009）は述べているが、日本においては現在、大規模水力を除く再生可能エネルギー比率は1%に過ぎない。特に大規模電力消費地域ではまだまだ受け入れに余裕があるといえるだろう。日本の風力の適地は北海道や東北などで、東京など電力消費地域と地理的に離れているが、少なくとも地域間連系線の強化と広域に運用するシステム導入によって、より早く再生可能エネルギーの導入増加が可能となる。全国统一した系統運用を可能とする電力システム改革を進めながら、足元ですぐにできる規制やルールの見直しなどを早急に進めていきたいものである。

3.2 気象予測活用について

広域運用が実現されれば、スペインで見られるような気象予測システムの活用で再生可能エネルギーを大幅導入したうえでの系統安定運用が可能となる。日本ではNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託研究で、東京大学と電力中央研究所、伊藤藤テクノソリューションズ、日本気象協会が協力して、2008年に気象予測に基づく風力発電出力予測モデルを開発し、実証実験を行っている。その結果、ウィンドファームモデルにおいて、統計手法を組み合わせることによって、所定の精度で出力予測ができることが示された。また制御エリアモデルにおいて、対象地域の東北と九州地域で、所定の精度で出力予測ができることも示された。定格出力からの予測誤差を翌日予測で20%未満、当日予測で15%未満に抑えることが達成できたということである（NEDO 2008）^(注7)。

予測誤差はスペインに比べるとまだ大きいですが、風力発電大国スペインに比べて、日本の風力発電の設備容量は10分の1以下であり、しかも東北9サイトと九州3サイトに絞った検証であるため、今後設備容量が増え、出力が平滑化されるにつれて、気象予測の誤差も低くなっていくと考えられる。

日本の気象庁の数値予報精度は世界に冠たるものであることには疑いなく、風力発電出力予測技術システムのさらなる開発・運用に取り組み、風力発電や太陽

光発電の設備容量が増加していくにしたがって、より効果の高い予測システムは早期に実現できると考えられる。

3.3 日本の気象業界への示唆

運用レベルで気象予測を活用していくには、気象業務法に基づくことが必要である。日本には今や気象予報士の資格を持つ人材は8422人（2012年4月1日現在）いるが、気象業務の裾野が広がっておらず、予報士の資格を持つ半数の方は現業についていない。最高水準の日本の数値予報と予報現業につきたい気象予報士は、国をあげて再生可能エネルギーの大幅導入を志す現在、大いに活かしたい日本の潜在力である。

さらにスマートグリッドが普及して、需要側の対策が進めば、需要側の電力需要の予測にも、新たな気象ビジネスが生まれるだろう。後述する風力発電設備の風況アセスメントも気象業界にとってさらなる活躍の場所となる。気象業界にとっても再生可能エネルギーへのシフトは大きなビジネスチャンスである。

3.4 各風力発電設備から見た気象予測の活用について

風は地域によって全く違う。スペインの風力発電協会の技術ディレクター、アルベルト・セナ氏によると、同じプラントでも、風車の設置場所が、少しの距離の違いでも、尾根にあるか谷にあるかなどによって変わるため、事前の風況アセスメントには、レーダーデータなどを使って最低1年はかけるという。スペインの風力発電会社は、荒れる山地の風に対応し、いつも不測の風に備える準備が必要であるため、その地域に詳しいローカルエキスパートによる風況アセスメントを欠かさず行うという。

スペインには、スペイン気象局のHIRLAMを使う民間の主な気象会社が6社あり、最大手はGAMESA社である。風力発電を主とする再生可能エネルギーの奨励政策の導入とともに、過去15年で民間気象予報会社は急速に成長してきた。元の数値予報データは純粋に世界共通のデータであるが、それを使ってローカルな予報を行う気象予報会社の活躍の場が広がった。

今は再生可能エネルギーをさらに普及させるために、スペイン政府によって風力発電適地を大規模調査し、風の特性や効率性などを公開した上で、公開オークションにかけるというアイデアまであるそうだ。日本の再生可能エネルギーの置かれている状況からは遠い話だが、真剣に検討されているという。

セナ氏は言い切った。「風力発電事業者にとって、

問題は不測の風ではない。不測の風を予測する技術の不足だけが問題なのである。」風力発電は風任せであてにならない電源という位置づけではなく、“予測可能な変動電源”である。予測がきちんとできれば“あてになる電源”なのである。

3.5 日本の再生可能エネルギー大幅導入に向けて

ヨーロッパの多くの国においては、発送電分離を含む電力自由化の波は1980年代に始まり、まずは経済効率性を追求して自由化が行われてきた。その後1990年代から地球温暖化やエネルギーの安全保障のために、再生可能エネルギーの導入促進のための系統運用がクローズアップされてきた。

日本においてはまだ電力自由化は限定的で、再生可能エネルギーの導入も大幅に遅れてきた。先進的な国々が20年から30年かけて実現してきた上記2つのことを、日本は同時に急速に達成していくという挑戦を求められている。地球温暖化は待たなしに対策を必要としており、ヨーロッパのたどった経済性のための電力自由化を実現したあとに、再生可能エネルギー導入促進という手順を踏む選択肢は残念ながら残っていない。

まずは再生可能エネルギーの最大限の導入を国策として掲げることである。2012年7月から始まった再生可能エネルギーの固定価格買取制度で、事業者を経済的インセンティブが与えられ、投資が進んでいるが、合わせて系統への受け入れ態勢をすみやかに整えていかねばならない。再生可能エネルギー増強のために、地域間連系線使用のルール運用の変更などできる範囲のことはすみやかにやっていくことも重要だ。中央制御を行うことのできる全国统一した系統運用会社を発足させ、再生可能エネルギーを優先給電することを使命とし、技術的に可能なことはすべて行っていく権限を与える。原発のために使われてきた揚水発電を再生可能エネルギーの変動吸収蓄電として活用しながら、出力予測システムのさらなる開発運用を進め、連系線強化で広域運用を進めていく。

電力システム改革も加速的に議論を進めなければならない。発電、送電、配電を1つの電力会社が地域で独占している10電力体制の行き詰まりが明らかである今、世界の先進的な国々の例を学びながら、公共性のある送配電網を構築し、電力自由化をスピード感を持って進めていくことが大切だ。

日本の京都議定書の第1約束期間の6%の削減目標の達成は可能と考えられているが、2020年25%、いず

れは2050年80%の削減を可能とするためには、長期的な視点で再生可能エネルギーの大幅導入を急速に進めていくことが必要だ。大規模な省エネルギーとあわせて、純国産エネルギーである再生可能エネルギーの普及によって、エネルギーの安全保障と温暖化防止を両立する社会を目指す視点が大切である。

おりしも2012年6月にはエネルギーと温暖化に関する選択肢が政府から提示され、2030年に向けて再生可能エネルギーは電力需要の25~35%へと増加させる方向性が明確に打ち出されている。そのための系統対策コストは、日本全体の広域運用を前提として2030年までの累積で2.7兆円から5.2兆円と示されている。

今後の再生可能エネルギー活用の過程に気象業界の果たせる役割は大きく、多くの才能のアイデアが競って投入されていくことを心から願っている。

注記

注1：ガスコンバインド・サイクルは、ガスタービン発電と蒸気タービン発電を組み合わせた発電方式。

注2：電力系統とは、発電と需要（消費）、それをつなぐ送配電ネットワークが一体となった電力システム。

注3：連系とは発電所や変電所を送電ルートで結ぶことで、系統を連ねるという意味で連系という。国際連系は、国境を越えた連系のこと。

注4：スペインの京都議定書第1約束期間の温室効果ガス目標は+15%であるが、現在+28.3%（基準年2009年、吸収源込み）となっており、スペイン独自での京都議定書目標達成は難しいと考えられている（UNFCCC GHG DATA）。

注5：電力需要の少ない時間帯の余剰電力で下部貯水池から上部貯水池へ水を汲み上げておき、電力需要が大きくなる時間帯に上部から下部へ水を落とすことで発電する水力発電方式。実質的にはダムを用いる巨大な蓄電池。

注6：電力とはベースロード、ミドルロード、ピークロードの3つに分けられる。ベースロードというのは必要電力のもっともベースとなる部分で、ミドルロードは日中で電力消費量が変化する部分、ピークロードは猛暑の日中など瞬間的に電力消費量が跳ね上がる部分である。電力は貯蔵できないため、変動する需要に合わせて、供給を追従させていく必要がある。そのために上記のような分け方で整理されている。

注7：平均出力予測誤差は、定格出力に対しては、4分の1程度となる。

参考文献

Ceña, A., 2012: 聞き取り調査。Director Técnico, Asociación Empresarial Eólica（スペイン風力発電協

- 会). 2012.3.20, マドリード.
- Crispin, A., 2008: Checks and balances: Integrating Europe's growing wind capacity. *Wind Directions*, September/October 2008, 21-41.
- NEDO (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構), 2008: 風力発電電力系統安定化等技術開発—気象予測システム—気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発報告書, x-xi.
- REE, 2011a: Annual Report 2011. 36-40.
- REE, 2011b: Spanish TSO Operational Challenges and Solutions. ppt-file, 2011.3.
- REE 2012a: Wind produces more than 60% of the electricity consumed in Spain during the early hours of this morning. Press Release, 2012.4.16. http://www.ree.es/ingles/sala_prensa/web/notas_detalle.aspx?id_nota=230 (2012.6.30閲覧).
- REE 2012b: How is Spain's REE Managing to Tame the Wind and Other Renewable Energy Sources? ppt-file, 2012.5.
- Rojas, F., 2012: 聞き取り調査. Head of Institutional Relations Department, Red Eléctrica de España. 2012.3.20, マドリード.
- WWF (公益財団法人世界自然保護基金) ジャパン, 2011: 脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案 (第1部省エネルギー) 要約, http://www.wwf.or.jp/re100_ee/, (第2部100%自然エネルギー) 要約, http://www.wwf.or.jp/re100_re/ (2012.6.1閲覧).
- Zervos, A., 2009: Large scale integration of wind energy into electricity grids. Global Wind Energy Council. <http://www.gwec.net/index.php?id=146> (2012.6.30閲覧).
-