

電力安定供給に貢献する 次世代エネルギー技術

2016年 10月

日本貿易振興機構（ジェトロ）
在欧州事務所 モスクワ事務所
イスタンブール事務所
海外調査部 欧州ロシア CIS 課

【免責条項】

本レポートで提供している情報は、ご利用される方のご判断・責任においてご使用下さい。ジェトロでは、できるだけ正確な情報の提供を心掛けておりますが、本レポートで提供した内容に関連して、ご利用される方が不利益等を被る事態が生じたとしても、ジェトロ及び執筆者は一切の責任を負いかねますので、ご了承ください。

禁無断転載

欧州では再生可能エネルギー利用が順調に拡大を続けるが、出力変動の激しい風力や太陽光発電の拡大は送配電線網といった電力系統の不安定化という問題をもたらしている。これを解決するため各国は新たなエネルギーシステムの構築を目指しており、送電線を隣国とつなぎ電力を融通し合う国際連系の拡大や、蓄電をはじめとする新技術の開発を進めている。欧州各国の次世代エネルギーシステムの動向を紹介する。(本レポートは2016年2月～3月に通商弘報に掲載した内容をまとめたものです。)

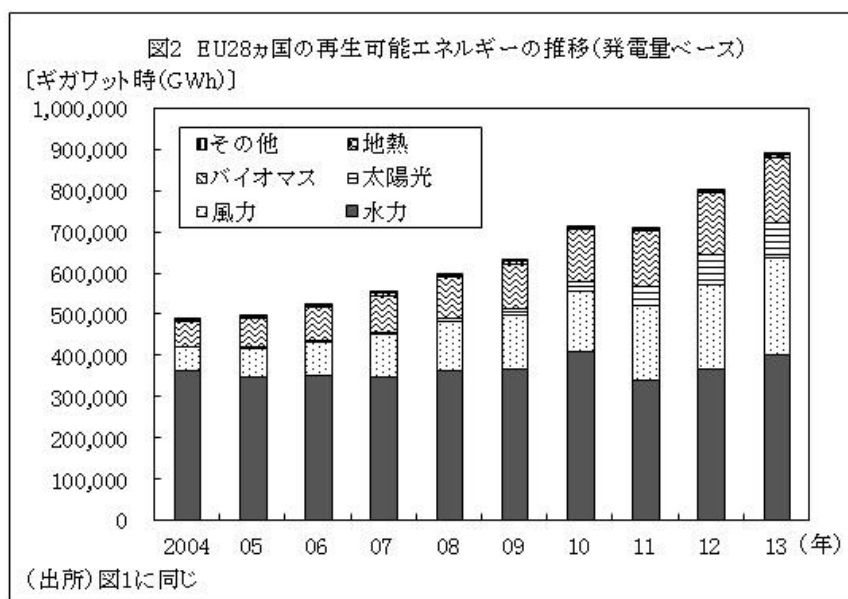
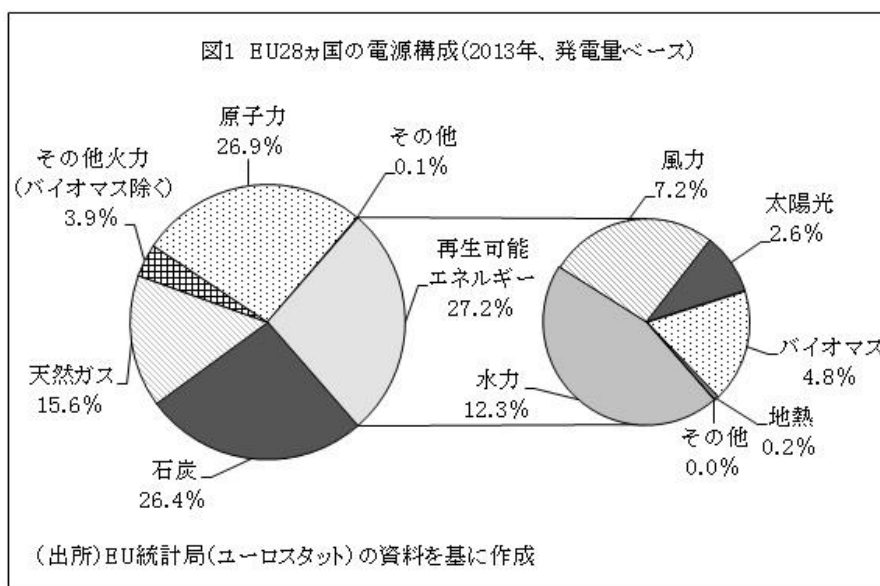
目次

1. 重要性高まる送電網の構築と蓄電技術の開発 (欧州)	1
2. 送電ロス減らす技術にグローバル企業の商機 (欧州、EU、ドイツ、フランス、スイス)	5
3. エネルギー効率性の追求が企業経営の柱 (EU、ドイツ)	8
4. 再生可能エネルギーと原子力が今後の主力に (英国)	10
5. 蓄電技術開発が活発化、普及には規制改革が課題 (英国)	14
6. ヒートポンプを集中制御し電力需給調整へ (英国)	16
7. 風力・太陽光発電の拡大を目指す (フランス)	18
8. 蓄電システムの実証実験が進行中 (フランス)	21
9. 再生可能エネルギー導入は緩やか、企業は国外展開 (スイス)	23
10. 総発電量の4分の1超占める再生可能エネルギー (ドイツ)	26
11. 官民で蓄電技術の「パワー・ツー・ガス」を推進 (ドイツ)	28
12. 風力発電企業、水素貯蔵と熱電併給で安定化を目指す (ドイツ)	30
13. 隣国との連系線の整備で再生可能エネルギーを推進 (ベルギー)	32
14. 欧州で最大規模の蓄電容量を持つイタリア (イタリア)	35
15. 進む蓄電池の活用プロジェクト (イタリア)	37
16. 蓄電設備投資で日本企業も事業機会獲得に積極的 (イタリア)	39
17. 電力系統安定化の蓄電システムに商機 (スペイン)	41
18. スマートシティのモデル地区を建設 (オーストリア)	47
19. 再生可能エネルギー法が成立、風力の導入進む (ポーランド)	50
20. 日本企業が市場参入に向け準備 (ポーランド)	53
21. ドイツからの過送電対策として送電システムを強化へ (チェコ)	54
22. 発電以外で利用が進む再生可能エネルギー (ハンガリー)	58
23. 南東部に風力など電源が偏在 (ルーマニア)	61
24. 再生可能エネルギー1%未満、現地調達次第の事業拡大 (ロシア)	63
25. 急伸するエネルギー需要、民営化で供給改善 (トルコ)	65
26. 再生可能エネルギー源を重視する政策 (トルコ)	67

1. 重要性高まる送電網の構築と蓄電技術の開発（欧州）

＜太陽光発電の導入量が想定を上回る＞

EUの再生可能エネルギー導入目標は、2009年に出された「再生可能エネルギー促進指令」(2009/28/EC)に基づき2020年で最終エネルギー消費の20%とされており、これを達成するため熱・電力・運輸燃料の各分野で導入を進めている。電力分野で見ると、2020年時点で発電量の約34%を再生可能エネルギーで賄うこととなる。これまで各国は、固定価格買い取り制度(FIT)などの支援策により再生可能エネルギーの導入を進め、2013年実績で27.2%と順調に拡大している(図1、2参照)。



再生可能エネルギーのうち、太陽光発電と風力発電の EU 各国の 2020 年目標と 2013 年実績は表 1、2 のとおり。太陽光発電は、設備コストの下落などにより、ドイツ、イタリア、スペインを中心に普及したことから、既に EU 全体として 2020 年の目標に近い水準まで拡大している。特にイタリアでは 2013 年時点で目標の 2 倍近くの発電量を記録している。

一方の風力発電は、スペイン、イタリア、デンマーク、ポルトガルなどでは既に目標に近い水準まで導入が進んでいるが、ドイツ、英国、フランス、オランダでは進捗率が低い。しかし、これらの国では多数の洋上風力発電が計画されており、今後の拡大が見込まれる。

表1 EU各国の太陽光発電量の目標と実績 (単位:GWh、%)

	2020年目標		2013年実績	
	太陽光 発電量	総発電量に 占める割合	太陽光 発電量	総発電量に 占める割合
ドイツ	41,389	7.4	31,010	4.9
スペイン	29,669	7.9	12,692	4.5
イタリア	11,350	3.0	21,589	7.4
フランス	6,885	1.2	4,661	0.8
ギリシャ	3,605	5.3	3,648	6.4
ポルトガル	2,475	3.8	479	0.9
英国	2,240	0.6	2,036	0.6
チェコ	1,726	2.1	2,033	2.3
ベルギー	1,139	1.0	2,640	3.2
オランダ	570	0.4	515	0.5
キプロス	533	7.3	47	1.1
ブルガリア	454	1.2	1,361	3.1
ルーマニア	320	0.4	420	0.7
オーストリア	306	0.4	582	0.9
スロバキア	300	0.9	588	2.0
スロベニア	139	0.9	215	1.3
ルクセンブルク	84	1.3	74	2.6
ハンガリー	81	0.2	25	0.1
クロアチア	60	0.3	11	0.1
マルタ	43	1.4	32	1.4
リトアニア	15	0.1	45	0.9
アイルランド	13	0.0	0	0.0
デンマーク	4	0.0	518	1.5
ラトビア	4	0.0	0	0.0
スウェーデン	4	0.0	35	0.0
ポーランド	3	0.0	1	0.0
エストニア	0	0.0	0	0.0
フィンランド	0	0.0	6	0.0
EU28カ国合計	103,410	2.8	85,263	2.6

(出所) 各国の再エネ国家行動計画、ユーロスタットの資料を基に作成

表2 EU各国の風力発電量の目標と実績 (単位:GWh、%)

	2020年目標		2013年実績	
	風力 発電量	総発電量に 占める割合	風力 発電量	総発電量に 占める割合
ドイツ	104,435	18.6	51,708	8.2
英国	78,270	20.7	28,434	7.9
スペイン	78,254	20.9	53,903	19.0
フランス	57,900	10.1	16,033	2.8
オランダ	32,408	23.8	5,627	5.6
イタリア	20,000	5.3	14,897	5.1
アイルランド	11,970	20.5	4,542	17.4
ギリシャ	16,797	24.5	4,139	7.2
ポーランド	15,210	9.0	6,004	3.6
ポルトガル	14,596	22.7	12,014	23.3
スウェーデン	12,500	8.1	9,842	6.4
デンマーク	11,713	29.5	11,123	32.0
ベルギー	10,474	9.5	3,635	4.4
ルーマニア	8,400	11.4	4,520	7.7
フィンランド	6,090	6.0	774	1.1
オーストリア	4,811	6.5	3,151	4.6
ブルガリア	2,260	6.2	1,374	3.1
ハンガリー	1,545	3.0	718	2.4
エストニア	1,537	3.9	529	4.0
チェコ	1,496	1.8	481	0.6
リトアニア	1,250	8.9	603	12.7
ラトビア	910	10.5	120	1.9
クロアチア	880	4.1	517	3.8
スロバキア	560	1.7	6	0.0
キプロス	499	6.8	231	5.4
マルタ	255	8.1	0	0.0
ルクセンブルク	239	3.6	83	2.9
スロベニア	191	1.2	4	0.0
EU28各国合計	503,312	13.8	235,012	7.2

(出所)表1に同じ

<ドイツ北部の風力発電が隣国に影響>

天候などにより発電量が大きく変動する再生可能エネルギーの拡大は、電力系統の不安定化につながる。特にドイツでは北部で風力発電の開発が進む一方、消費地である南部へ送るための送電線の増強が進んでいない。このため、北部の風力発電による電力を隣国のポーランドやチェコを経由して南部へと流している。これらは両国にとり送電計画にない電気であるため、両国の電力系統を不安定化させることとなる。

また太陽光発電については、導入量が拡大するにつれ昼夜の発電量の差が大きくなり、それに対応して火力発電などの出力を短時間で大幅に調整する必要が出てくる。太陽光発電の割合の大きいイタリアを中心に、今後こうした問題が顕在化することが予想される。

<電力供給安定化に資する 4つの技術>

こうした再生可能エネルギーの利用拡大のためには、電力を効率的に「作る」「送る」「貯める」「使う」技術が必要とされる。

「作る」技術については、再生可能エネルギーの発電の変動をバックアップする電源、特に機動性の高いガス火力発電が必要となる。しかし近年の欧州の電力市場では、再生可能エネルギーの拡大に伴いガス火力発電所の稼働率が低下、採算性が悪化し稼働を停止する発電所が相次いでいる。ガス火力などの採算性を確保するため、英国やフランスでは、発電された電気が売買される通常の電力市場とは別に、保有する設備容量（設備自体）に対して対価が支払われる「容量市場」という仕組みが導入されている。

「送る」技術については、送電線の国際連系を強化して広域で電力を融通し合うことにより、再生可能エネルギーの電力系統への影響を低減させる。また、EUはエネルギー安全保障の観点から「エネルギー同盟」を提唱しており、2020年までに各国の国際連系線の容量を発電設備容量の最低10%確保することを目標としている。現状では特に英国、スペイン、ポーランド、バルト3国などで連系容量が小さく、今後の開発が求められる。EUでは、系統安定などに資するプロジェクトを「共通利益プロジェクト（PCI：Projects of Common Interest）」として認定し、資金支援などを行っている。

「貯める」技術については、既存の蓄電池の導入に加え、新たな蓄電技術の開発も進められている。蓄電池の導入量は、欧州の中ではイタリアが突出して大きい。これは他国と異なり、送配電事業者が蓄電設備の保有が認められていることが理由の1つとみられる。他方、ドイツでは再生可能エネルギーの余剰電力を利用して水を電気分解し、水素としてエネルギーを貯蔵する「パワー・ツー・ガス」（Power to Gas）のプロジェクトが各地で行われている。

「使う」技術については、再生可能エネルギーの発電状況に応じ需要家の電力使用量を調整する「デマンドレスポンス（DR）」の活用が有効だ。米国に比べて普及は遅れているものの、英国やフランス、ベルギーなどで徐々に市場が活発化してきている。さらなる再生可能エネルギーの導入やスマートメーターの普及に伴い、DR市場の拡大が見込まれる。

本シリーズでは、欧州各国のエネルギー政策の方向性や電源構成の見通しなどを踏まえ、送電、蓄電分野を中心に、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い必要とされる次世代エネルギー技術の動向について紹介する。

（岡部文人）

2. 送電ロス減らす技術にグローバル企業の商機（欧州、EU、ドイツ、フランス、スイス）

<欧州最長の HVDC 送電を担う ABB>

水力や風力など再生可能エネルギー普及の大きな課題として、電源立地と消費地の偏在性の問題がある。欧州ではドイツの風力発電がその典型で、風力電源が集中するバルト海沿岸と、産業集積地で大口電力需要家が多いミュンヘン、シュツットガルトなどが所在する南部は 800 キロ近くも離れている。

他方、次世代エネルギー技術を握る重電企業にとって、こうした課題はビジネスチャンスを生む。スイス重電大手 ABB は 2015 年 3 月、ノルウェーとドイツの電力グリッドを海底ケーブルで国際連系するプロジェクト「ノルト・リンク」を運営するコンソーシアムから約 9 億ドルの大型受注を獲得した。同社は超高電圧直流送電（HVDC）方式を採用した送電システム（変電設備やケーブルシステムなど）を供給する。電力は送電時にケーブルなどの抵抗でロスが生じるが、高圧状態で送電すると、長距離連系の場合でも電力損失率を下げるができる。同プロジェクトは 2019 年中の完成を目指しているが、開通すれば全長 623 キロ〔電力容量：1,400 メガワット（MW）〕と、欧州では最長の HVDC 送電システムになる見通しだ。北部ドイツで生産された太陽光・風力由来電力とノルウェーの水力発電を、それぞれの需給状況に応じて効率的に相互連系することが大きな付加価値となる。

なお、この HVDC 送電技術を活用した遠距離国際連系の事例については、本シリーズのルーマニア編でもトルコとの連系接続プロジェクトを紹介する。

<離島での電力供給問題解決にモデルを提案>

ABB はこのほか、バルト海に浮かぶスウェーデンの離島ゴトランドで、スマートグリッド・プロジェクトにも参画している。同社の 2015 年 5 月の発表によると、ゴトランド島は不安定な風力発電に対する依存が強いが、同社の遮断器（スイッチギア）には同島での電力需給情報を記録・解析するソフトウェアが搭載されており、この情報に基づく風力予測や電力価格に応じて需要を調整できる。同社は同プロジェクトを離島における電力供給問題に対するモデル事業と位置付けている。この次世代エネルギー技術を活用した離島の電力問題対策については、本シリーズのイタリア編でも事例を紹介する。

ABB の活躍の場は欧州だけではない。スペインの複合事業グループ（自動車部品、金属加工、再生可能エネルギーなど）であるゲスタンプ傘下の事業会社（ゲスタンプ・ソーラー）が、茨城県大子町で 2014 年 6 月に開始した袋田太陽光発電所プロジェクト（40 ヘクタールのゴルフ場跡地を転用）でも、ABB が高圧連系設備（変圧設備や遮断器）を受注。

特に遮断器は従来型とは異なる新技術を導入、基礎工事の工期や据え付け時間の大幅短縮を提案し、契約にこぎ着けた。同発電所は2015年9月に開所式を行ったところだ。

＜自動車メーカーも次世代技術開発に参入＞

再生可能エネルギーの効率的な利用のためには、消費量の少ない時間帯や地域で電力を蓄えることも重要だ。

フランスの重電大手シュナイダーエレクトリックは、2015年10月にボルドー近郊のセスタで運転開始した欧州最大級とされる太陽光発電プロジェクトに、系統連系蓄電システム向けセントラルインバーターを供給した。同社のインバーター（変換システム）は太陽光発電で生じる直流電力を効率的に交流電力に変換する。同プロジェクトはフランス建設大手エファージュが主導し、総工費は2億8,500万ユーロ。250ヘクタールもの用地に敷き詰められた太陽光パネルは100万枚に達し、年間350ギガワット（GW）もの電力を供給（ボルドー市の昼間の電力消費量に相当）するという。なお、同プロジェクトにはフランスの電線最大手ネクサンス（本社：パリ）も中・低電圧ケーブルの納入で参画している（2015年6月発表）。欧州最大級のプロジェクトだけあって、同社の供給するケーブルの総延長は約5,000キロに及ぶという。

他方、ドイツの自動車大手ダイムラーは2015年4月、リチウムイオン電池の生産子会社に約1億ユーロを投資し、カーメンツ事業所（ザクセン州）に建設している新ラインの増強を図る。増産された電池はダイムラーが2016年から販売開始する小型電気自動車（EV）の新モデル「スマート・フォー・トゥー」（2人乗り）と「スマート・フォー・フォー」（4人乗り）向けに供給される。同時にダイムラーは、自動車用以外の（住宅用など）定置型蓄電池市場についても参入を強化する方針を明らかにしている。

こうした自動車企業の動きは、異業種の周辺需要拡大にもつながっている。韓国のLG化学は2015年3月31日、ダイムラーの前記小型EV向けリチウムイオン電池の供給事業者に認定されたと発表した。LG化学によると、ダイムラーが2015年2月にシュツットガルトで開催した「サプライヤー・デー」にリチウムイオン電池事業者として唯一招待されたとしている。

他方、再生可能エネルギーに伴う余剰電力の有効な利用法として期待される「パワー・ツー・ガス」（Power to Gas）についても、ドイツを中心にプロジェクトが活発化している。パワー・ツー・ガスでは、余剰電力を利用して水の電気分解を行い、水素ガスを生成、これを天然ガス・パイプラインに混入して利用する。この分野では、フォルクスワーゲン傘下のアウディが2013年6月にドイツ・ニーダーザクセン州ベルルテで、風力発電に伴う余

剰電力を利用した水素ガス精製プラントの稼働を開始している。同事業は「e-gas プロジェクト」と呼ばれ、生成した水素を二酸化炭素と結合させることで、自動車用のメタン燃料も供給する。また、同社の 2015 年 7 月の発表によると、送電事業者 TenneT TSO から認証を取得し、パイロット段階から商用化に移行した。送電網の安定化に貢献できるという。

(前田篤穂)

3. エネルギー効率性の追求が企業経営の柱（EU、ドイツ）

<次世代エネルギー技術を担うシーメンス>

ドイツの重電大手シーメンスは、「エネルギー効率性の追求」を経営の重要な柱に掲げている。自社の技術を環境ポートフォリオと名付け、独自の視点で10分野に区分し、それぞれの事業の持つ基幹技術を通じて、いかに社会のエネルギー効率を高められるかを経営戦略の基本に据えている。同社の事業は電力供給のフローに沿って、最上流の発電、中流の送配電、そして下流のエネルギー効率利用の3分野から構成されている。一般には同社は「鉄道車両」「医療機器」「オートメーション」（全てエネルギー効率利用分野）などに代表される産業機器メーカーと思われがちだが、経営戦略上は「総合エネルギー・マネジメント企業」と捉えた方がその本質を理解しやすい。この中流をなすのが、a.送配電事業、b.スマートグリッド事業、c.蓄電事業の3事業であり、本シリーズのテーマである「次世代エネルギー技術」を担う代表的な欧州企業といえる。

<フランス～スペインの送電網効率化にも貢献>

シーメンスの前記3事業は「エネルギー・マネジメント事業部」が担っている。同事業部の2015年度（注）の売上高（世界連結）は119億2,200万ユーロに達し、電力・ガス事業部（約132億ユーロ）、ヘルスケア事業部（約129億ユーロ）、デジタル・ファクトリー事業部（約100億ユーロ）と肩を並べる主要事業部の1つだ。

同事業部の収益を支える事業として、超高電圧直流送電（HVDC）方式を採用した送電システムがある。長距離送電の場合、交流よりも直流の方が効率が良い上、太陽光発電や大型風力発電で生じる電力は直流のため、HVDC送電システム技術を採用することで、送電ロスを大幅に抑えることが可能とされている。

このHVDC送電システムを採用した国際連系線接続事業は近年、同社のお家芸ともいえる重要事業で、「INELFE」と名付けられたフランス～スペイン間の国際連系線プロジェクト（送配電企業であるフランスのRTEとスペインのREEによる合弁事業）に参画、2015年4月にHVDC送電システムを受注したと発表した。それによると、両国間の現在1,400メガワット（MW）の送電容量を倍増することができる。また、両国で導入が進む再生可能エネルギーの活用を円滑に進めるためにも、この送電システムの安定性は重要としている。

<アジアやアフリカのプロジェクトにも参画>

また同社は、EU域外の国際プロジェクトにも積極的に参画している。インドネシアでは、建設工事が進められている同国最大となるサルーラ地熱発電所（スマトラ島北部）向け開閉装置（スイッチギア：高圧状態の送電を制御する装置）を、韓国の現代建設から受注し

た（2015年9月発表）。この地熱発電所建設プロジェクトには、日本からも九州電力、伊藤忠商事、東芝などが参画、東芝が発電設備を受注している。このほか、国際連系線プロジェクトでは、送電ロスを抑える HVDC 方式を採用した送電システム（4億5,000万ドル）の建設を、エチオピア電力公社（EEPSCO）とケニア送電公社（KETRACO）から受注したと2015年10月に発表している。同プロジェクトは建設区間が1,000キロに及ぶ大型案件で、2018年末までに稼働開始の計画だ。

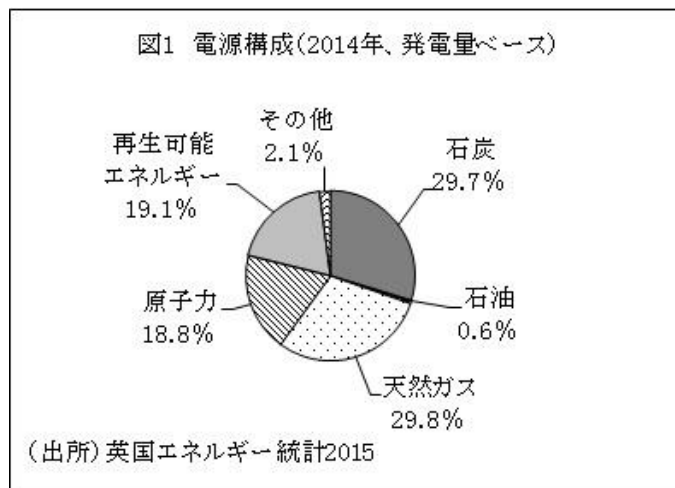
（注）シーメンスの会計期間は10月～翌年9月で、2015年度は2014年10月～2015年9月に相当する。

（前田篤穂）

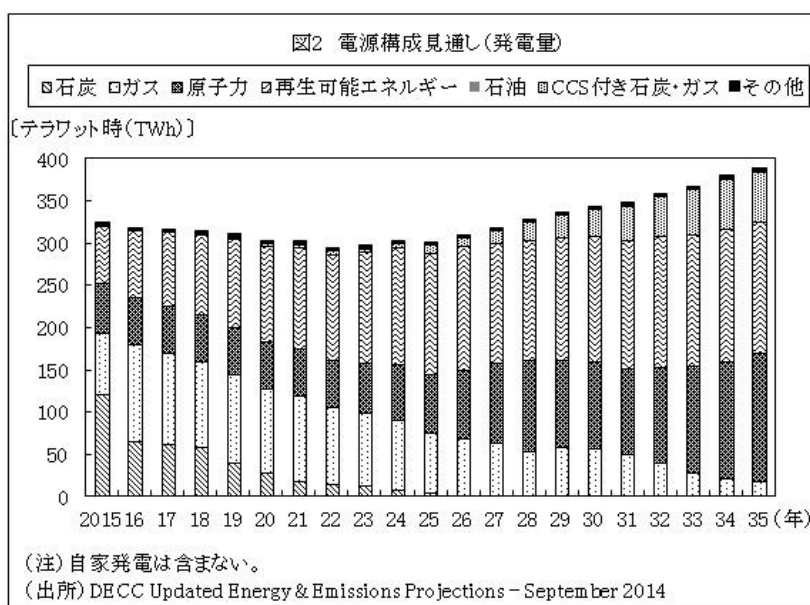
4. 再生可能エネルギーと原子力が今後の主力に（英国）

＜ガス火力の設備容量は長期的に維持＞

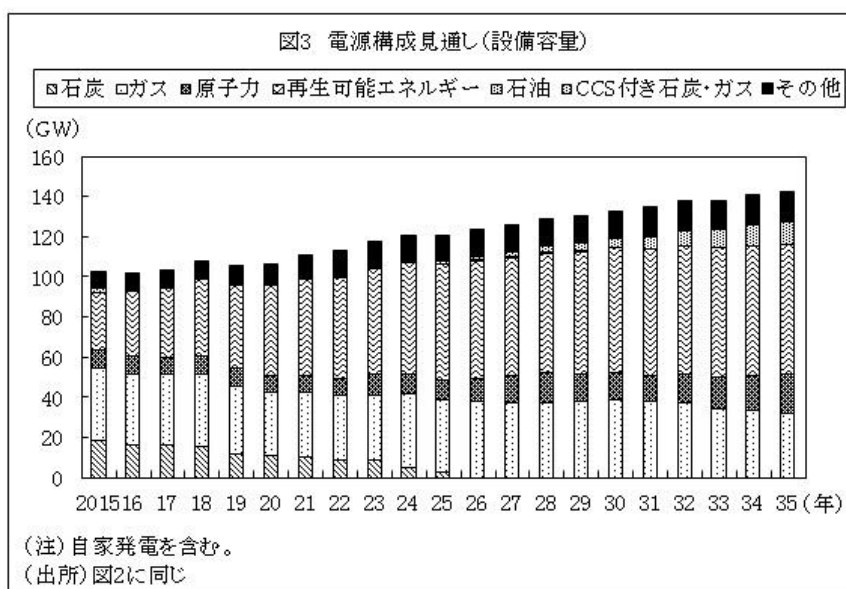
英国の2014年の電源構成をみると、天然ガスと石炭がそれぞれ3割、再生可能エネルギーと原子力がそれぞれ2割弱となっている（図1参照）。



政府の将来の電源構成シナリオ（発電量ベース）をみると、石炭火力は既存の発電所が環境規制や採算性の低下により順次閉鎖され、2020年代半ばには全てなくなる見通しだ（図2参照）。原子力は、2024年までに現在16基の発電所のうち13基が閉鎖する見込みだが、2020年半ばごろから新たな発電所が順次稼働し、将来的には再生可能エネルギーとともに電源構成の主力となる。同じく低炭素電源の1つとして期待されるCCS（注）付き火力は、2019年以降徐々に拡大する見通しだが、2015年9月には大手発電事業者ドラックスが採算性の悪化を理由にCCSプロジェクトからの撤退を表明しており、先行きは不透明だ。

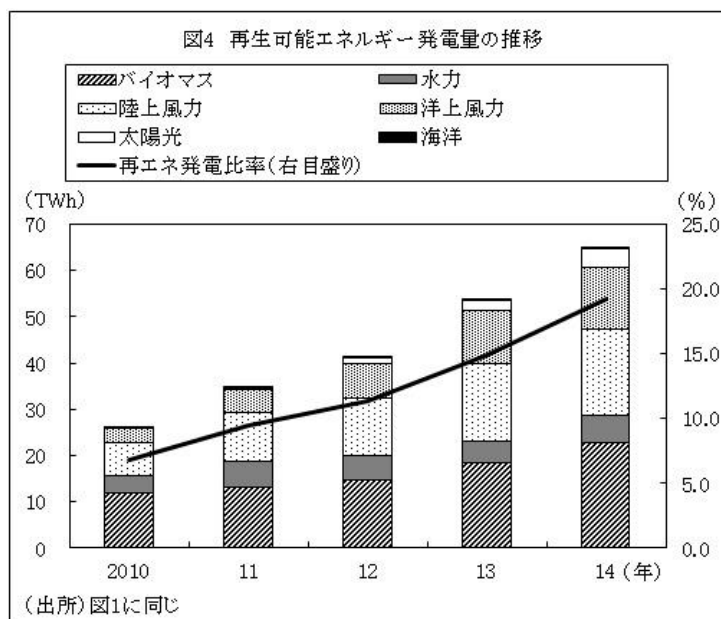


一方、設備容量の見通しをみると、減少する石炭火力とは異なり、ガス火力の容量は長期的に維持される見通しだ（図3参照）。機動性の高いガス火力は、出力変動の大きい再生可能エネルギーのバックアップ電源の役割を果たす。欧州では現在、再生可能エネルギーの拡大によりガス火力などの採算性が悪化しているが、英国は設備の所有に対して補助を与える容量市場（キャパシティーマーケット）制度により採算性を確保する。



<電力系統への影響が顕在化>

2014年の総発電量に占める再生可能エネルギーは19%に拡大している（図4参照）。特に陸上・洋上風力が大きく増加している。また、太陽光も全体に占める割合は1.2%とわずかなが、2014年の発電量は前年から倍増している。



英国は 2020 年までに、総発電量に占める再生可能エネルギーの割合を 30%まで引き上げる目標を掲げている。開発の中心は陸上・洋上風力で、2020 年には陸上風力は 15 ギガワット (GW) (2014 年実績 8.5GW)、洋上風力は 13GW (4.5GW) に拡大させる。一方、2015 年 5 月に発足した保守党新政権は再生可能エネルギーへの支援策を縮小させており、今後、開発が順調に進むか注目される。

出力が不安定な再生可能エネルギーの拡大は、電力系統に影響を及ぼしている。英国はスコットランドを中心として、北部に風力発電所が多い。風力発電の拡大により余剰電力が発生した場合、送電事業者ナショナルグリッドは、発電事業者に運転抑制を指示する代わりに補償料を支払っており、2014 年に風力発電事業者に支払われた補償料は 5,300 万ポンド (約 90 億円、1 ポンド=約 170 円) に上る。

南部では、太陽光の拡大による影響が顕在化している。英国の南西部を供給エリアとする配電事業者ウエスタンパワーディストリビューションは 2015 年 3 月に、太陽光などの電力系統への接続申し込みの増加を理由に、電力系統の増強工事が完了するまで今後 3~6 年間は新規電源の接続を制限する、と発表している。

<送電線の国際連系も拡大へ>

再生可能エネルギー拡大に伴う系統への影響の解決手段の 1 つである送電網の拡充について英国内では特に、風力発電の拡大が見込まれる北部のスコットランドから南部への送電網の増強が進められている。

国際連系については現在、フランス、オランダ、アイルランドと海底送電線がつながっているが、合計の容量は 3,700 メガワット (MW) にすぎない (表 1 参照)。フランスとオランダからは輸入超過、アイルランドへは輸出超過となっている (表 2 参照)。

表1 国際連系送電線 (単位:MW)

分類	名称	相手国	送電容量
運用開始済み	IFA	フランス	2,000
	BritNed	オランダ	1,200
	EWIC	アイルランド	500
計画中 (契約済み)	ElecLink	フランス	1,000
	Nemo	ベルギー	1,000
	NSN	ノルウェー	1,400
	IFA2	フランス	1,000
	NorthConnect	ノルウェー	1,400
	FABLink	フランス	1,400
	Viking Link	デンマーク	1,000

(注) 北アイルランドへの送電線は記載していない。

(出所) ナショナルグリッド「Electricity Ten Year Statement 2014」

表2 電力純輸入量(2014年)(単位:GWh)

相手国	純輸入量
フランス	14,951
オランダ	7,856
アイルランド	△ 2,297
合計	20,510

(注) マイナスは純輸出を表す。

(出所) 図1に同じ

国際連系線への投資を促すため、2014年には電力・ガス規制機関のオブジェムが、送電事業者の収益を確保する仕組みを導入した。また、2015年12月に行われた容量市場でのオークションから、国際連系線も新たな対象となった。ナショナルグリッドの見通しでは、国際連系線は2020年には1万800MW、2030年には1万7,700MWまで拡大するとしている。なお、ベルギーとの連系線については、住友電気工業の子会社であるジェイ・パワーシステムズが高圧直流送電ケーブルシステムを受注している。

(注) 二酸化炭素回収・貯留システム。火力発電所から排出される二酸化炭素を回収し、地中などに貯留することで、温暖化の抑制を図るもの。

(岡部文人)

5. 蓄電技術開発が活発化、普及には規制改革が課題（英国）

<システム用蓄電池拡大には規制上の定義が必要>

英国で導入済みの蓄電設備は現在、約3ギガワット（GW）にすぎないが、政府系のイノベーション推進機関 LCICG は、2050年には27.4GWに拡大し、蓄電産業は2050年までに英国のGDPを115億ポンド（約1兆9,090億円、1ポンド=約166円、2014年の英国GDPの0.6%程度）押し上げる、と予測する。

電力システム用の大型蓄電分野では、政府の資金支援などを背景に、新技術の開発が活発化している。蓄電技術の設計・開発を行うハイビューパワーストレージは、空気を液化して貯蔵する技術を開発した。これは、再生可能エネルギーなどの余剰電力を活用して空気を貯蔵するもので、いったん液化した空気を気化する際に発生する蒸気の圧力エネルギーでタービンを回して発電する。同社は2014年にゼネラル・エレクトリック（GE）と技術協定を締結し、液化貯蔵技術の発展を狙っている。

揚水発電も大型蓄電池の一種だが、平地の多い英国では水力発電は限定的だ。現在、揚水発電の設備容量は2.7GWにすぎず、30年以上も開発が行われていない。そうした状況で、クアリーバッテリーカンパニー（QBC）は、廃止された採石場などの高低差を活用した人工的な揚水発電所の開発を進めている。同社は、英国には10GWの揚水発電のポテンシャルがある、とみている。

日系企業では、NECが配電会社ノーザンパワーグリッドに大型蓄電池を納入した。この蓄電池は、ノーザンパワーグリッドが参画するスマートグリッド・プロジェクトで利用される。三菱重工業はスコットランド北部のオークニー諸島で、リチウムイオン電池を活用した実証プロジェクトを行っている。

システム用蓄電池の普及の障壁として、電力規制上の分類に「蓄電」が定義されていないことが挙げられる。充電に使用する電気料金には、一般消費者と同様に各種税金などがかかり、蓄電コストが押し上げられる。一方、送電時は蓄電池が発電設備と見なされる。英国では、発電部門と送配電部門の所有権が分離されており、送配電事業者は発電設備を所有することができない。このため送配電事業者は原則として、蓄電設備を持つことができない。

このような中、配電事業者 UK パワーネットワークスは、蓄電が電力システムに与える便益を高めることを目的に、「スマーター・ネットワーク・ストレージ」プロジェクトを実施している。エネルギー規制機関のオブジェムが立ち上げた「低炭素ネットワーク基金」

から 1,320 万ポンドの資金援助があり、実証結果は政府の規制立案にも活用される見通しだ。

<スマートメーターが家庭用蓄電池普及のカギ>

英国では 2020 年までに、200 万軒の家庭にソーラーパネルが設置されるとみられ、家庭用蓄電池市場も拡大が見込まれる。英国のスタートアップ企業パワーボルトはクラウドファンディングにより資金を調達し、2020 年までに 5 万軒の家庭に蓄電システムを供給する目標を掲げている。サムスン SDI はシャープと共同で、英国で家庭向け太陽光システムの供給を開始。サムスン SDI のリチウムイオン電池をシャープの太陽光モジュールと合わせることで、家庭の電力需給の最適化を図る。

家庭用蓄電池は、電気料金が安価な時間帯に充電を行い、逆に需要ピーク時の電気料金の高い時間帯に放電することで、採算性が上がる。夜間と日中など、1 日の中での電気料金単価の変動が大きいほど、導入メリットが大きい。しかし、現在の英国の電気料金メニューの大部分は、従来型の電力メーターによる全時間帯単一料金だ。政府は 2020 年までに全家庭へのスマートメーター設置を目標としており、これとともに時間帯別料金が拡大すれば、家庭用蓄電池の普及が後押しされるとみられる。

家庭用蓄電池の採算性を高めるため、英国のエネルギー貯蔵システムの開発を行うモイクサは 2015 年 10 月、各家庭の蓄電容量を束ねることで仮想の大型蓄電池をつくり、送電事業者へ需給調整サービスを提供するシステムを開始した。単体の蓄電池のメリットに加え、参加する顧客には、仮想蓄電池の需給調整サービスによって、送電事業者から得られる収益も分配される。

(岡部文人)

6. ヒートポンプを集中制御し電力需給調整へ（英国）

<電化に伴う電力需給バランスの確保が課題>

ヒートポンプとは、少ない投入エネルギー（主に電気）により、空気中や地中、地下水などの自然界の熱エネルギーをくみ上げる省エネ技術で、エアコンや冷蔵庫などに活用されている。緯度が高く気温の低い欧州では、エネルギー消費の中で熱利用が占める割合が大きく、これまで暖房や給湯には主に燃焼式ボイラーが使用されてきたが、低炭素社会の実現に向け、環境性能の高いヒートポンプの導入が進められている。

英国は他の欧州諸国と比べ、ヒートポンプの普及が遅れているが、北海油田の枯渇などを踏まえ、今後はガスからヒートポンプへのエネルギーシフトが期待される。政府は、2014年に家庭用の「再生可能熱インセンティブ」（注 1）を導入するなど、ヒートポンプ普及のために各種施策を講じており、政府に対し温室効果ガス削減に係る助言を行う気候変動委員会（CCC）と送電会社のナショナルグリッドの見通しでは、英国の家庭用ヒートポンプは2030年に約680万台に増加、保有割合は全家庭の13%に拡大する。

他方、暖房・給湯分野での電化が進むことにより、今後電力のピーク需要が上昇するとみられる。英国では現在、老朽化した火力発電所の閉鎖が相次ぐなど供給力への不安が高まっていることに加え、風力などの再生可能エネルギー由来の電力の拡大も見込まれており、電力系統全体で需給バランスを確保することが重要になる。

<ヒートポンプを活用した新たなビジネスモデル構築へ>

こうした中、NEDO は日立製作所、ダイキン工業、みずほ銀行とともに、グレーター・マンチェスターにおいて、ヒートポンプを活用したスマートコミュニティー事業を実施している。実施期間は2014～2016年度の予定。

この事業では、マンチェスターの公共住宅に約600台のヒートポンプを導入し、既設のガス燃焼式温水器から置き換えた場合の温室効果ガスの節減効果を実証する。

また、小口需要家である各家庭の消費電力の制御を通じて、電力の需給調整機能を検証する。これは、電力の需給バランスに応じ、各家庭のヒートポンプをコントロールセンターから集中的に遠隔で直接制御することで負荷調整能力を確保するとともに、これらの負荷調整能力を集約して売買するもの。具体的には、電力供給の逼迫時には各家庭のヒートポンプの運転を抑制することで電力消費を抑え、逆に電力需要の緩和時にはヒートポンプの運転による電力消費を促すなど、電力需給バランスに合わせて、ヒートポンプ全体の使用量を調整する。これにより生じる各家庭の電力調整量は束ねられ、電力取引市場や既存

の取引事業者と売買される。実証事業を通じて、ヒートポンプを用いた新たなアグリゲーションビジネス（注2）モデルを検討するとともに、ヒートポンプ普及促進シナリオを策定し、これを支える政策を提言する予定だ。

現在の欧州の電力市場は、従来型の発電・送電事業を中心として、ABB やシーメンス、シュナイダーエレクトリックなど欧州の重電企業の存在感が大きい。本実証事業に参画する日立製作所の担当者は、新しい市場の創出につながる今回の実証事業に参入することで、新しい社会インフラシステムを構築する企業として、欧州における存在感を高めたい、と語る。

（注1）再生可能エネルギーにより生成された熱について、発熱量当たりの固定価格での買い取りを長期に保証する仕組み。EU の再生可能エネルギー促進指令（2009 年施行）により、ヒートポンプから得られる熱は再生可能エネルギーに定義される。

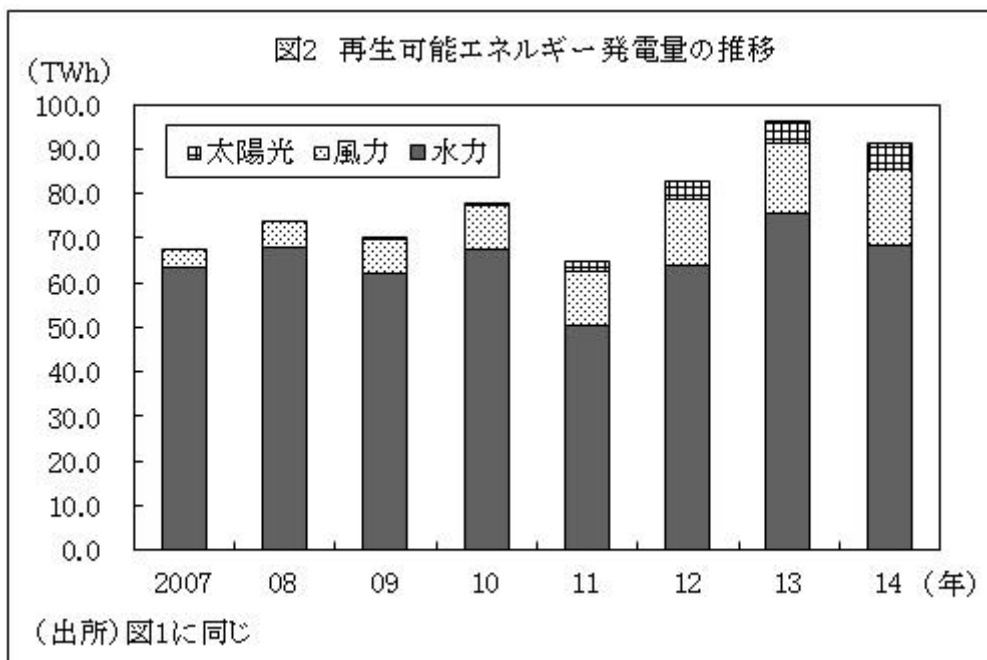
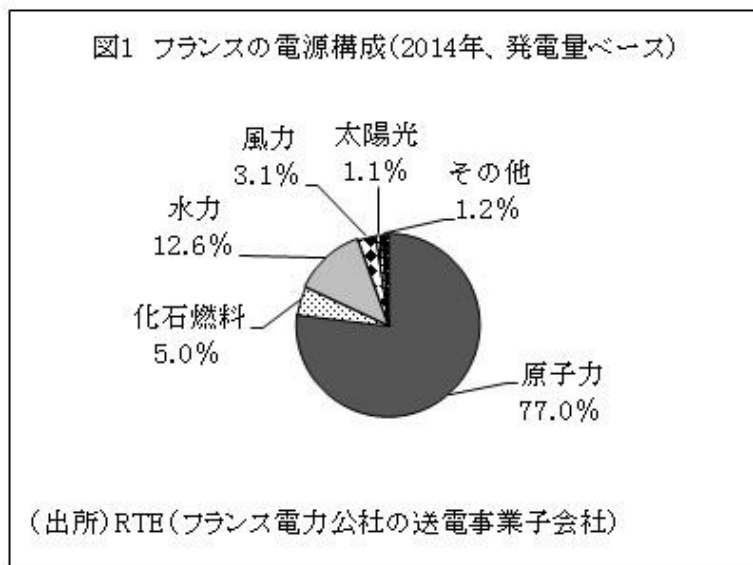
（注2）住宅の家電製品や電気自動車など電気機器の電力調整量を取りまとめ、電力需給調整を行うビジネス。

（岡部文人、佐藤央樹）

7. 風力・太陽光発電の拡大を目指す（フランス）

＜遅れる陸上風力発電の導入＞

政府は2030年の電源構成について、2015年8月に発効した「エネルギー転換法」の中で数値目標を明文化した。発電量に占める原子力発電の比率を現在の77.0%から50%に引き下げる一方、再生可能エネルギーを40%に引き上げるとしている。再生可能エネルギーの発電比率は2014年12月時点でおおよそ18%。水力は12.6%〔発電量68.2テラワット時（TWh）〕を占めるものの、風力は3.1%（17.0TWh）、太陽光は1.1%（5.9TWh）にとどまっており、目標達成への道のりは険しい（図1、2参照）。



政府は、風力発電の設備容量を 2020 年までに 2 万 5,000 メガワット (MW、陸上風力が 1 万 9,000MW、洋上風力が 6,000MW) に引き上げる目標を掲げるが、2014 年 12 月末の設備容量は 9,120MW と、3 分の 1 強にすぎない。

陸上風力発電所の建設は、景観や健康への影響などを懸念する住民の反対が根強い上、建設プロジェクトの申請から認定までに平均でおよそ 6 年かかることから、進んでいない。設備容量の年間増加分は 2009 年の 1,247MW をピークに 2013 年 (621MW) まで減り続けた。政府は 2013 年に風力発電所建設に関わる規制を一部緩和し、2014 年は 963MW と上向いたが、2015 年 1~6 月期は 385MW と前年同期比 24%減だった。

政府はエネルギー転換法の中で、固定価格買い取り制度を段階的にフィード・イン・プレミアム (FIP) 制度 (電力卸価格にプレミアムを上乗せして買い取る制度) に切り替えていく方針で、業界団体は強い懸念を示している。2015 年 6 月末で 500 を超える建設プロジェクト (総出力約 7,000MW) が進行中だが、稼働までにはまだまだ時間がかかる見通しだ。

他方、洋上風力発電は総出力 3,000MW の発電所建設事業について、これまでに 2 回の入札が行われた。このうち 3 ヶ所をフランス電力公社 (EDF) が、また 2 ヶ所をエネルギー大手のエンジー (旧社名 GDF スエズ) が率いるコンソーシアムが落札した。実際に稼働するのは早くても 2019 年以降になる。政府は 2016 年初頭にも 3 回目の入札を実施する予定だ。

<太陽光発電は 2020 年の目標を達成>

太陽光発電の導入量は 2014 年 12 月末時点で 5,292MW。申請されたプロジェクトの総出力 2,224MW を合わせると、2020 年の数値目標 5,400MW を前倒しで達成したことになる。政府は固定価格買い取り制度を 2011 年に改正。出力 100 キロワット (kW) 未満の発電装置は四半期ごとに価格調整をする一方、それ以上の発電装置に対しては入札制度を導入している。この結果、2014 年の買い取り価格は 2011 年に比べおよそ 40~50%低下した。

年間増加分は 2011 年をピークに縮小に転じたが、2014 年には 3 年ぶりに前年を上回った。オランダ大統領は 2015 年 8 月、フランス電力規制委員会 (エネルギー市場を監督する独立行政機関) が 2014 年 11 月に入札を開始した総出力 400MW の 3 つの太陽光発電の大型プロジェクト (250kW 以上) について、予想を超える多くの入札希望者があったとして、同プロジェクトを 800MW に倍増する方針を示した。太陽光発電の導入に再度、弾みをつける狙いがある。

バイオマス発電の設備容量は2014年12月末で1,579MWと7年連続で増加した。このうち5割は家庭から出るごみを利用した発電だった。全体のほぼ2割を占めるバイオガス発電の導入について、政府はエネルギー転換法の中で発電所建設の認可手続きの簡素化や農業廃棄物を使ったバイオガス発電の導入支援を盛り込んでいる。

なお、再生可能エネルギーの導入量を地域別にみると、陸上風力発電は北部・北東部に、太陽光発電は年間の日照時間が比較的長い南部・南西部に集中している。前者は北東部シャンパーニュ・アルデンヌ地方（1,537MW）、北部ピカルディー地方（1,286MW）だけで全体の3割を、後者は南西部アキテーヌ（769MW）、南部プロバンス・アルプ・コートダジュール（766MW）、ミディ・ピレネー（576MW）、ラングドック・ルシヨン（538MW）の4地域圏でほぼ5割を占めた。

（山崎あき）

8. 蓄電システムの実証実験が進行中（フランス）

＜未来投資計画の枠内で国が支援＞

政府は再生可能エネルギーへの転換を優先政策課題に掲げ、2013年に立ち上げた「未来投資計画」（総額120億ユーロ）の第2次計画に、次世代エネルギーに関わる技術開発および実証実験プログラムを盛り込んだ。環境・エネルギー管理庁（ADEME）を通じ、フライホイール蓄電装置、揚水発電を利用した蓄電システム、スマートグリッドなどの実証実験を補助金や貸付金のかたちで支援する（表参照）。

未来投資計画の中で政府が支援している次世代エネルギーに関わるプロジェクト

企業名	内容
エンジー、マクフィーなど	再生可能エネルギーによる余剰電力を水素に転換し、都市ガス網に供給するほか、水素20%を注入した天然ガスをバス50台に供給する。北部ダンケルク市で、2013年9月から5年間にわたり実証実験を実施。投資総額1,530万ユーロ（国による支援490万ユーロ）。
レビシス	北部トロワ市のレビシスが開発したフライホイールを利用した電力貯蔵装置〔容量40キロワット（kW）〕を製造する。投資総額1,460万ユーロ（国からの支援370万ユーロ）。年間500台の生産能力を持つ工場を建設する予定。
RTE、アルストム、シュネデル・エレクトリック、アルカテル・ルーセントなど	次世代変電所に向けた系統監視制御システムを開発、風力発電容量が多い北部の変電所2カ所で実証実験を行う。投資総額は3,200万ユーロ（国からの支援970万ユーロ）。同システムは2020年から全国の変電所に導入される予定。
ユニテ、アルミン、イメリス	ブルターニュ地方ベリアン市にある採石場跡に小型揚水発電所〔1.5メガワット（MW）〕を建設、太陽光および風力発電の蓄電システムとして再利用するプロジェクト。投資総額670万ユーロ（国の支援270万ユーロ）。2014年4月にプロジェクト立ち上げ（期間7年）。
セシェ、国立環境研究所など	ポワトゥ・シャラント地方にある太陽光発電施設（7MW）と接続された変電施設（15MW）で、リチウムイオン蓄電システムおよび遠隔出力制御システムの実証実験を実施する。投資総額160万ユーロ（うち国からの支援70万ユーロ）。

（出所）環境・エネルギー管理庁（ADEME）

北部トロワ市に拠点を持つスタートアップ企業レビシス（Levisys）は炭素繊維を使い、ローターを浮上させる次世代型のフライホイール蓄電システムを開発、トゥールーズ市のスマートグリッド・プログラムに出力10キロワット（kW）の装置を供給した。ADEMEの支援を受け、出力40kWのフライホイール蓄電装置の量産態勢（年100台）を整える（投資総額1,460万ユーロのうち、国が370万ユーロを支援）。レビシスは最終的には生産能力を年500台に引き上げる計画だ。

エネルギー大手エンジー（旧社名：GDF スエズ）が進める「パワー・ツー・ガス（Power to Gas）」の実証プロジェクト（GRHYD、投資総額 1,530 万ユーロ）では、南東部ドーム県のベンチャー企業マクフィー（McPhy）が持つ固体水素（水素吸蔵合金）の貯蔵技術が使われている。同プロジェクトでは、再生可能エネルギーによる余剰電力を水素に転換して都市ガス網に供給するほか、水素 20%を注入した天然ガスをバス 50 台に供給する。北部ダンケルク市にて 2018 年まで実証実験を行う。

<採石場跡を利用した小型揚水発電に期待>

ADEME は、報告書「エネルギー貯蔵システムの普及見通し」（2013 年 11 月発表）の中で、揚水発電を最も効率的な蓄電システムと位置付けた。

フランスには既に 50～500 メガワット（MW）規模の揚水発電が合わせておよそ 5 ギガワット（GW）分設置されているが、再生可能エネルギーの連系拡大に伴い、2030 年までにさらに 1.5～2GW 分の揚水発電施設の建設が必要になるという。ただし、大型揚水発電所建設は、建設候補地の不足や環境への影響を懸念する住民の反対、リードタイムの長期化など問題が多く、今後は出力が 20MW を下回る小型揚水蓄電システムに期待がかかる。

水力発電ユニテ（UNITE）が工業用ミネラルメーカーのイメリスと進める小型揚水発電の実証プロジェクトは、ブルターニュ地方ベリアン市にある採石場跡地に出力 1.5MW の小型揚水発電所を建設し、太陽光および風力発電の蓄電システムとして利用するというもの。採石場跡地の利用と太陽光・風力・揚水発電をセットにした開発モデルを、インフラ輸出の一環として海外に売り込むことも視野に入れている。

他方、ERDF は、蓄電技術の研究開発を優先している。多様な電力貯蔵技術の中でもとりわけ高い柔軟性が確保できるという。風力発電が多い北東部オーブ県では、蓄電池メーカーのサフトの蓄電池〔出力 2MW、電池容量 1 メガワット時（MWh）〕を使ったスマートグリッドの実証実験を実施中だ。また南仏ニース市では 1,500 世帯に取り付けられた太陽光パネルによる電力供給を、サフトのリチウムイオン電池を利用して最適化するニース・グリッド・プロジェクトに参加している。

（山崎あき）

9. 再生可能エネルギー導入は緩やか、企業は国外展開（スイス）

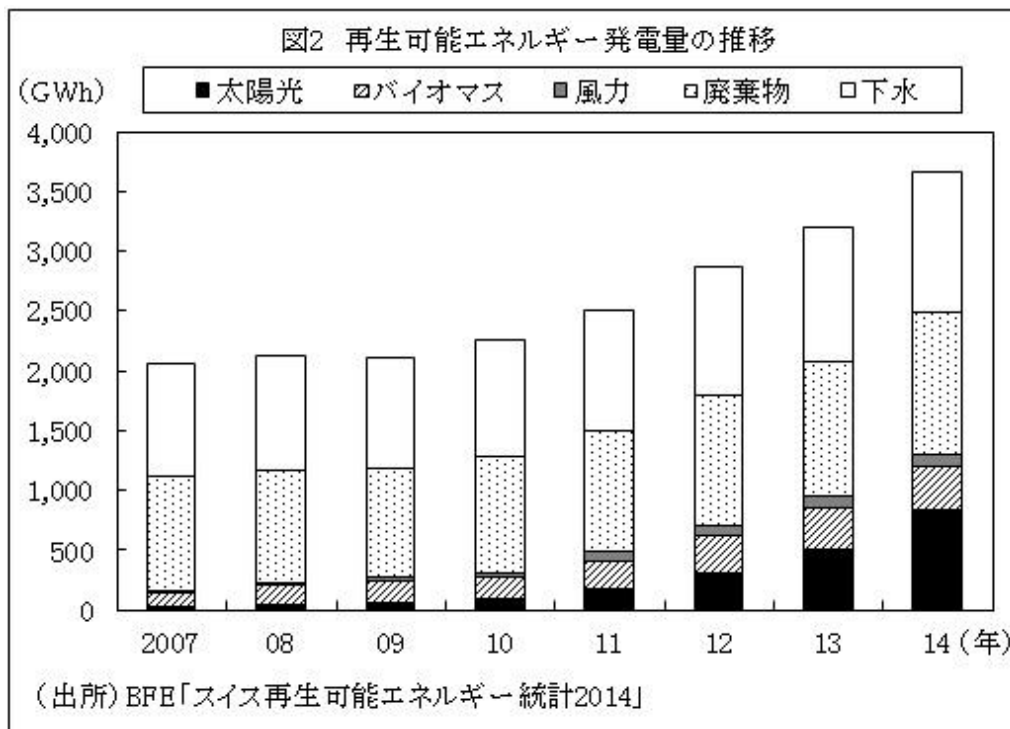
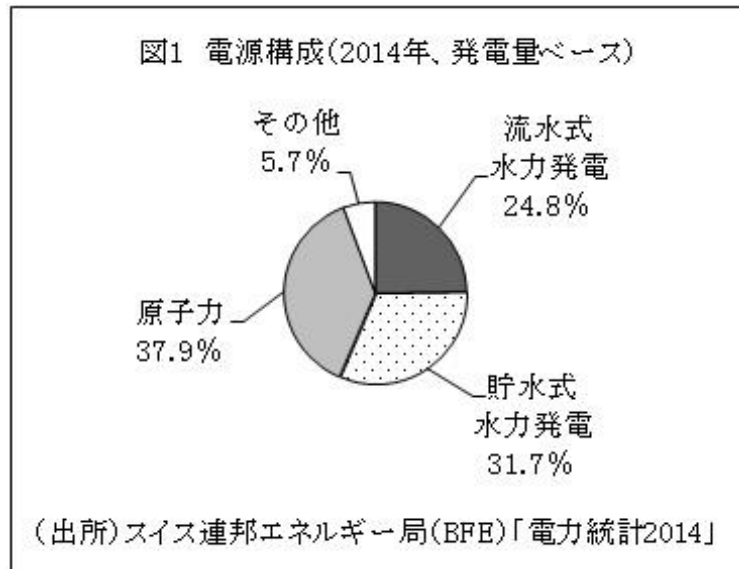
<「脱原発」目指すエネルギー戦略の審議続く>

政府は、2011年3月の福島第1原子力発電所の事故を受け「脱原発」の方針を表明し、2050年に向けたエネルギー需給の基本方針を「エネルギー戦略2050」としてまとめ、2013年9月に国会へ提出した。

同戦略では、既存エネルギー利用の効率化と、水力および再生可能エネルギーの拡大を目指しており、実現すべき具体策をまとめた第1政策パッケージは2014年12月に国民議会（下院）、2015年9月に全州議会（上院）で承認され、現在、専門委員会によって法改正を含む審議が行われている。エネルギー局担当者によると、2016年春の国民議会で再度論議され、最終的な承認は2017年1月になる予定。税制改革を含むインセンティブについてまとめた第2政策パッケージの実施は2021年以降の見込みだが、2015年10月の総選挙（国民議会200議席、全州議会46議席）の結果、右派で原子力発電推進の国民党が大幅に議席を増やしたため、脱原発を前提とした同戦略の推進に影響を及ぼす可能性がある。

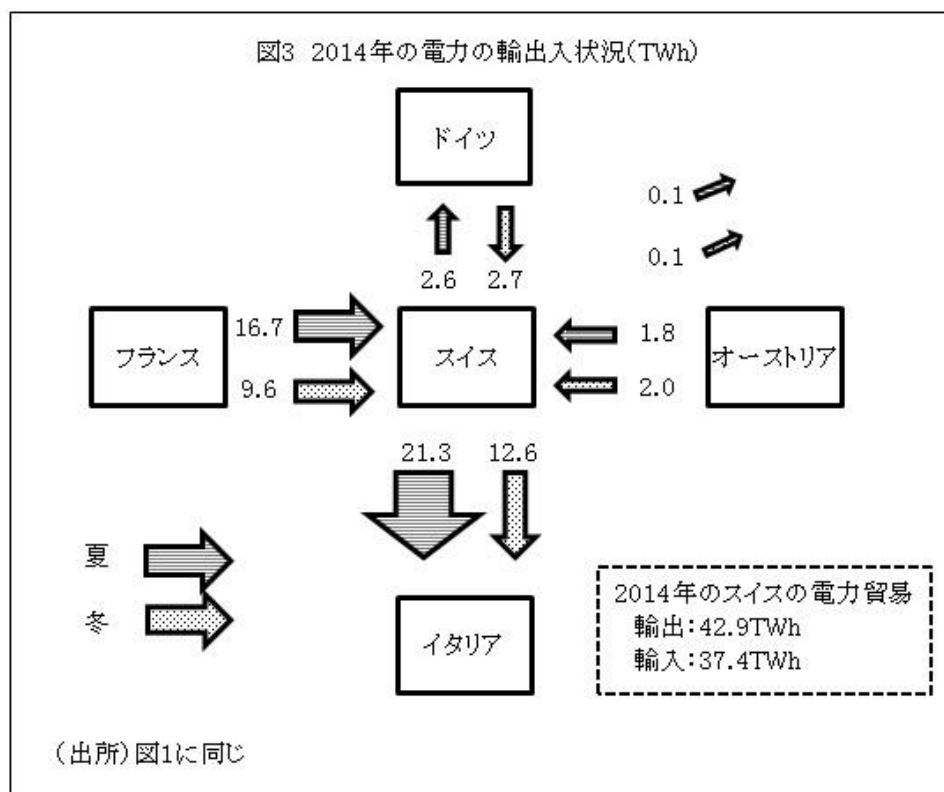
<水力と原子力で発電量の94%>

2014年の国内の発電量は、送電ロス分を差し引くと68.3テラワット時（TWh）で、内訳は水力56.5%、原子力37.9%、その他5.7%となっている（図1参照）。「その他」に含まれる再生可能エネルギーは3.8%で、廃棄物、太陽光、バイオマス、バイオガス、風力がある。スイスは二酸化炭素（CO₂）の排出が少ない水力発電と原子力発電が90%以上を占めており、これまで新エネルギー開発の必要性に迫られることはなかった。連邦政府は、2050年までに水力を除く再生可能エネルギーの年間平均発電量を24.2TWhまで増やすことを目標としているが、移行期の不足分は天然ガス・化石燃料発電やフランスなどからの輸入で補うとしている。既存の原発5基も安全性が確保される限り運転される見込みで、再生可能エネルギーの導入ペースは緩やかだ（図2参照）。



水力発電の約半分を占める流水式の発電量は河川の流量に依存するため、季節ごとの河川流量の変動が電力需給に影響を及ぼす。このため、スイスは国境を接するフランス、イタリア、ドイツ、オーストリアと電力融通システムを構築しており、冬期は主にフランスの原子力発電所から電力を輸入し、夏期には余剰電力をイタリアへ輸出している（図 3 参照）。送電網については、国営送電会社スイスグリッドが 2015 年 4 月に「戦略的電力系統 2025」を発表、国内 13 ルートに加えイタリア、ドイツ、オーストリアとの間に 3 ルートの

送電線建設を計画している。現状では、再生可能エネルギー導入への対応というよりも地理的優位性を生かした近隣国との電力融通のための送電網整備といえそうだ。



<次世代送電網に強いスイス企業、日本にも売り込み>

スイス企業はスマートグリッド分野で強みを有するものの、主戦場は主にスイス国外だ。

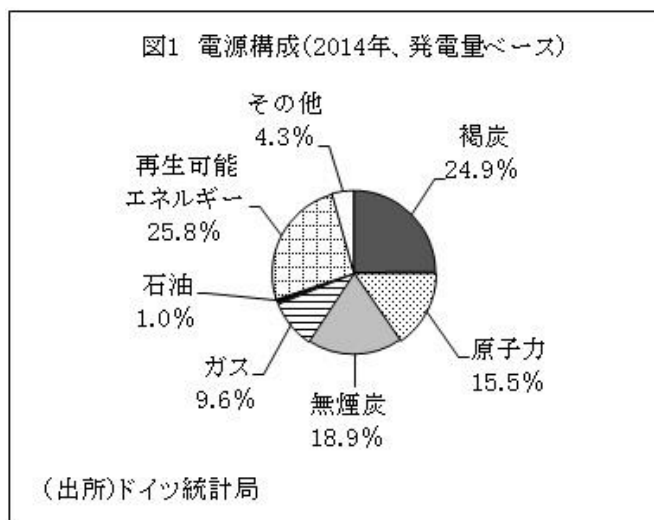
重電大手ABBは、2014年12月に日立製作所と送電システムの合弁会社設立で合意した。ABBの先端技術を組み込んだ送電システムを日本の電力会社に売り込む狙いだ。スマートメーター大手ランディス・ギアも、欧州各国の公共事業体から電気、ガス、水道向けスマートメーターや大型蓄電池システムを次々と受注している。ランディス・ギアの担当者によると、スイス国内に商機があるとすれば、「配電システムのスマート化よりも、住宅や商用ビル向けエネルギー監理システムなどの需要の開拓」とのこと。同社は11月、エネルギー供給会社エナジー・トゥーンと契約し、中央スイスのトゥーン州に電気・ガス・水道を1台で測定できる住宅向けスマートメーターの設置を開始する、と発表した。連邦政府のエネルギー戦略の実現には時間を要するとみられるが、州レベルで先進的な取り組みが始まりつつあるようだ。

(杉山百々子)

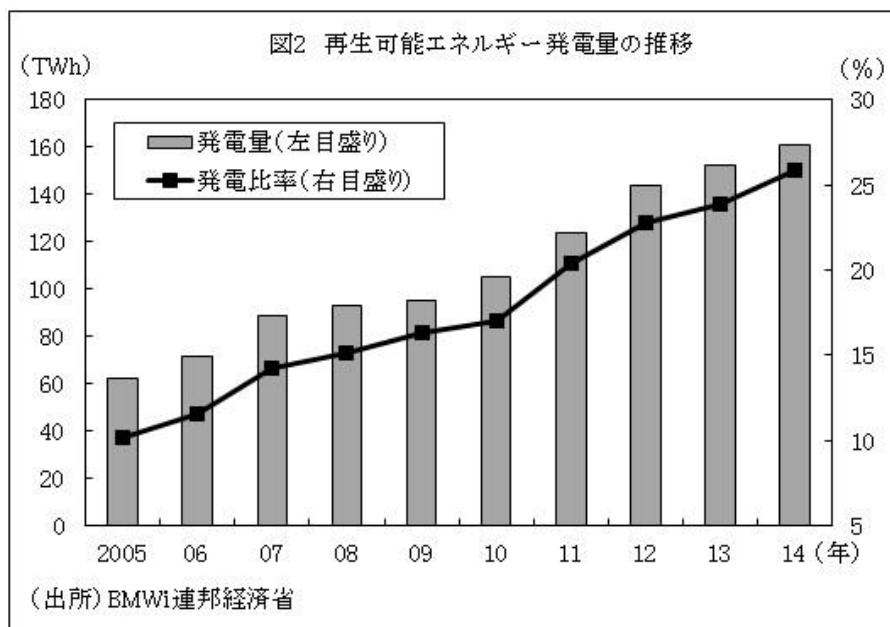
10. 総発電量の4分の1超占める再生可能エネルギー（ドイツ）

＜石炭火力に次ぐシェアに＞

2011年3月の東日本大震災以降、ドイツの総発電量に占める再生可能エネルギーの割合は年々増加しており、2014年には褐炭（24.9%）と無煙炭（18.9%）を合わせた石炭火力に次ぐシェア（25.8%）を占めるに至った（図1参照）。



再生可能エネルギーの多くは陸上風力発電、洋上風力発電および太陽光発電が占めている。2005年時点で10.2%だった再生可能エネルギー全体のシェアは、10年足らずで2倍以上に増加した（図2参照）。



＜2050年までには石炭火力も全廃に＞

連邦政府は2022年までに全ての原子力発電所を停止させ、再生可能エネルギーを中心と

した電源構成を目指しており、総発電量に占める割合を 2025 年までに 40～45%、2035 年までに 55～60%にすることを目指している。さらに、2050 年までに石炭火力発電所も全て廃止し、再生可能エネルギーによる発電量を 80%まで引き上げることを目標にしている。具体的には、(1) 陸上風力発電は既存設備のリパワリング（改修による出力増強）を除いて毎年 2,500 メガワット (MW) ずつ増やす、(2) 洋上風力発電は 2020 年までに 6,500MW、2030 年までには 1 万 5,000MW とする、(3) 太陽光発電は毎年 2,500MW ずつ、(4) バイオマス発電は毎年 100MW ずつ発電能力を引き上げる、というものだ。

こうしたエネルギー政策の転換を受け、RWE、エーオン (E.ON)、EnBW の大手電力会社は化石燃料中心の伝統的なビジネスモデルを抜本的に見直している。

<電力市場発展法に批判も>

連邦政府は 2015 年 11 月 4 日、電力の安定供給を確保し、再生可能エネルギーを電力市場に統合させるため、電力市場発展法を閣議決定した。これは 2015 年 7 月に発表された「エネルギー転換のための電力市場白書」および「エネルギー転換実施を成功させるための重要ポイント報告書」を実施に移すための法律で、再生可能エネルギーのシェアが拡大することに伴う電力供給の変動を抑え、安定供給を維持するのが狙いだ。

具体的な施策の 1 つとして、戦略的予備力（容量リザーブ）の導入がある。これは電力市場を不測の事態から守るため、市場外で 4.4 ギガワット (GW) までの予備発電所をスタンバイさせておくこと。2020 年までに温室効果ガスの排出量を 1990 年比で 20%削減する気候変動対策として、二酸化炭素 (CO₂) を多く排出する褐炭火力発電所を段階的に廃炉にしていく必要があり、その経過措置として褐炭発電所を 4 年間は予備発電所とし、その後、廃炉とする計画だ。ところが、この政策に対しては批判が多く出ている。褐炭火力発電所は発電コストが安いものの、ガス発電所と比べて出力調整などの柔軟性が伴わず予備発電所に適していないというのがその理由だ。

<試行錯誤続けながらエネルギー転換>

また、この政策の担当官庁は連邦経済エネルギー省で、大臣には社会民主党党首のジグマール・ガブリエル氏が就任している。社会民主党は石炭生産の盛んな地域に支持者が多く、ガブリエル氏の出身地であるニーダーザクセン州も石炭産業の盛んな地域だ。

電力市場発展法は 2016 年初めにも連邦議会で成立し公布される予定だが、ドイツのエネルギー転換政策の試行錯誤が続いている。

(平林孝之、ユリア・クリューガー)

11. 官民で蓄電技術の「パワー・ツー・ガス」を推進（ドイツ）

<電力を水素のかたちで貯蔵>

再生可能エネルギーの電力（Power）で水を電気分解し、酸素と水素ガスを生成する。これが「Power to Gas」（パワー・ツー・ガス：PtG）の仕組みだ。PtG の利点は水素の汎用（はんよう）性にある。

水素は、水素自動車の燃料として使用されるほか、酸素と反応させて電力を取り出す燃料電池を搭載した燃料電池自動車にも活用できる。また、水素の還元作用は、金属の熱処理、樹脂生成やガラス製造などにも広く利用されている。さらに、水素を二酸化炭素と反応させてメタンを生成すれば、燃焼させて発電することや、熱電供給システムを利用して電力と熱を取り出すこともできる。加えて、水素は気体や液体の状態で貯蔵することで、再生可能エネルギーが持つ電力供給の不安定さを補完することもできる。PtG は電力を水素のかたちで貯蔵できることから、蓄電技術として捉えられている。

<電力供給の不安定さを補う技術>

ドイツでは、福島原発事故を受けて、2022 年までに国内の原子力発電所が全て停止されることとなり、その代替電力として、再生可能エネルギーの導入に力を入れている。しかし、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーは、発電量が天候の影響を受けやすい。そのため、PtG がその脆弱（ぜいじゃく）さを補う技術として注目されており、連邦政府もさまざまな支援策を用意して促進に努めている。

例えば、連邦政府が 2010 年に発表した、エネルギー貯蔵技術の研究助成イニシアチブ「エネルギー貯蔵（Energiespeicher）」では、技術面やコスト面の課題克服を支援し、新技術の市場投入を促している。また、連邦政府は第 6 次エネルギー研究プログラムを通して、PtG や水素貯蔵を含めた蓄電技術の研究プロジェクトに資金援助をしている。連邦教育研究省は「ツバンツイッヒ 20（Zwanzig20）－イノベーションのためのパートナーシップ」の一環として、PtG に関するプロジェクトを支援している。さらに、ドイツ・エネルギー機構（Dena）の主導により 2011 年に発足した、戦略プラットフォーム「Power to Gas」では、PtG の実用化に向けた技術面や経済性の向上に協力している。

<自動車やエネルギー大手も研究開発に参入>

民間の企業や研究所も先進的プロジェクトを進めている。2011 年 4 月から 2014 年 3 月まで、バーデン・ビュルテンベルク太陽エネルギー水素研究センター、フラウンホーファー風力エネルギー・エネルギーシステム研究所および PtG 設備を販売・設置している ETOGAS が参加したプロジェクトでは、水素から生成したメタンを公共の天然ガス網に供

給することで、既存のエネルギーインフラを活用したエネルギー貯蔵を目指している。後続プロジェクトとして、2014年10月から「PtG 250 II」が開始された。これは、電力網に供給される再生可能エネルギーの割合が上昇した場合を想定し、電力価格シミュレーションを使った PtG プラントの経済性について研究するプロジェクトだ。さらに、上記の3者に自動車大手アウディとエネルギー大手 EWE が加わった「Audi e-gas Projekt」では、水素から生成したメタンを天然ガス網に供給し、自動車の燃料として利用する。ドイツ北部のベルテ市に建設したパイロットプラントを2013年6月に稼働させ、同年秋から天然ガス網にメタンを注入している。

(七海秀和)

12. 風力発電企業、水素貯蔵と熱電併給で安定化目指す（ドイツ）

＜風力発電の課題は安定供給＞

ドイツは風力発電など再生可能エネルギーの導入を推進しているが、一方で、再生可能エネルギーは、発電量が天候に影響され、安定供給の面で課題があるとされる。「Power to Gas（パワー・ツー・ガス：PtG）」はその1つの解決策として期待されており、電力の安定供給のカギを握ると考えられている。

風力発電は天候により大きく左右される。十分な風速が得られなければ、風力タービンを回すことができないが、風力発電の電力供給が不安定な原因はそれだけではない。風力が十分に得られて最大出力が可能であっても、電力需要が低い場合には稼働する風力タービン数を減らす必要があり、場合によっては完全に停止させなければならない。

＜「ハイブリッド発電」で弱点を克服＞

風力発電を手掛けるエネルトラグが、ドイツ東部ブランデンブルク州プレントラウで進めている PtG プロジェクトでは、風力発電で得られた電力を送電網に送るだけでなく、その電力を水素として貯蔵しておける技術開発を目指している。電力供給が不足する場合には、貯蔵した水素を利用して発電をする。

プレントラウの発電所には、出力 2.3 メガワット（MW）の風力タービンが 3 基設置されている。電力供給量が需要を上回る場合には電力系統から切断され、余剰電力は水素生成のために使われる。余剰電力で水を電気分解し、生成した水素を圧縮して高圧容器に貯蔵する。十分な風速があれば、発電か水素の生成を選択できるため、風力タービンを停止させる必要がない。さらに、貯蔵された水素とバイオガスを動力源とする熱電併給システムが 2 台備え付けられており、天候に左右されずに発電できるだけでなく、地域暖房網に熱を供給することもできる。この仕組みは、風力タービンと熱電併給システムを併用できることから、「ハイブリッド発電」と呼ばれている。また生成された水素は、発電だけでなく、水素自動車の燃料としても利用されており、ベルリンとハンブルクの水素ステーションで供給されている。ちなみに、水素を燃料として利用する方が、熱電併給システムより水素の効率性は高いそうだ。

このプロジェクトには、フランス石油大手トタル、スウェーデン電力大手バッテンフォール、ドイツ鉄道が 50 万ユーロずつ出資しており、他のハイブリッド発電所も含めると投資総額は 2,100 万ユーロに及ぶという。

＜実証段階から一歩前進＞

エネトラグのハイブリッド発電プロジェクトは、2011年10月25日に稼働を開始し、2014年12月12日には、ドイツのガス供給大手オントラスの天然ガス供給網に水素ガスを供給するに至った。これにより、水素ガスの需要が熱電併給システム、水素自動車の燃料から、既存の天然ガス供給網にも拡大したことになる。

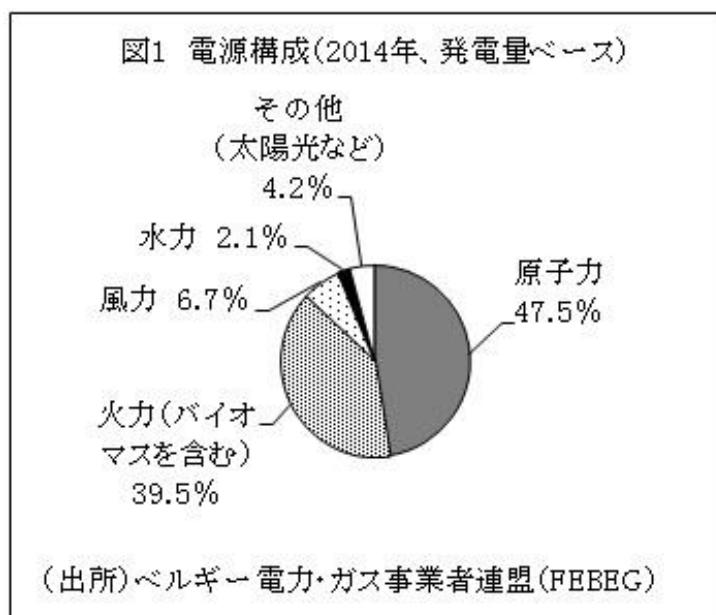
エネトラグのイェルク・ミュラー最高経営責任者（CEO）は「ドイツのエネルギー転換は第2段階に入った」と話す。オントラスの天然ガス供給網における水素ガスの比率は徐々に増加していく見込みだ。オントラスのウーベ・リンゲル社長は「当社のガス供給網に風力発電で生成された水素ガスが供給されることは、不安定な再生可能エネルギーの利用が、技術的にも採算性でもビジネスとして持続可能であることを意味する」と話す。ドイツのガス販売会社グリーンピース・エナジーは、2011年のこのプロジェクト開始当初から投資をし、水素ガスを購入しているが、2015年と2016年は80万キロワット時（kWh）だった購入予定量が、2017年から2018年にかけて100万kWhまで拡大するだろうと見込んでいる。

（七海秀和、ゼバスティアン・シュミット）

13. 隣国との連系線の整備で再生可能エネルギーを推進（ベルギー）

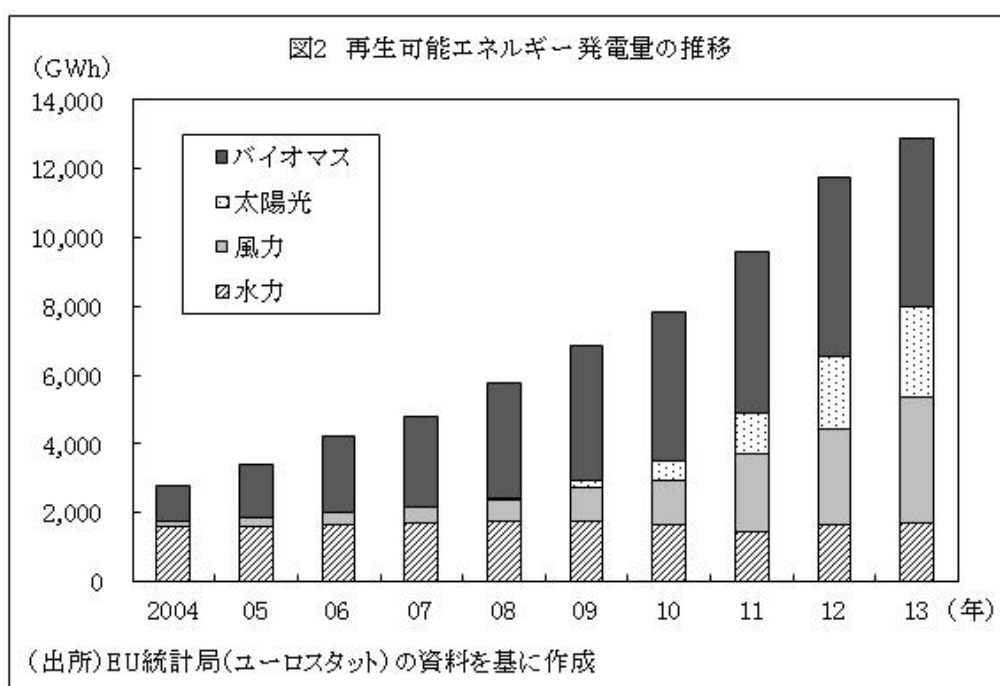
＜総発電量 25%を再生可能エネルギーで賄う目標＞

2014 年の国内生産電力の構成は、原子力が最大で 47.5%、次いで火力が 39.5%を占め、再生可能エネルギーの割合は 13%にとどまっている（図 1 参照）。ベルギーでは、EU の再生可能エネルギー指令（2009/28/CE）に従い、2020 年までに、エネルギー消費量の 13%を再生可能エネルギーで供給するという目標を設定している。これに伴い、電力部門においては、2020 年までに総発電量の 25%を再生可能エネルギーで賄う目標が掲げられている。元来、国内のエネルギー資源が乏しくエネルギー自給率が低いベルギーでは、エネルギー源の多様化を通じた安定供給がもっぱら優先課題となっている。



現在、国内電力生産の半分近くを占めているのは原子力エネルギーだが、ベルギー連邦政府は、2003 年に脱原子力法を制定し、国内の原子力発電所を 2025 年までに段階的に閉鎖することを決定している。ただ、2014 年 3 月に一部の原発設備の不具合などが発覚し、国内の 7 基中 3 基が一時停止したことで、電力の供給不足の懸念が浮上した。そのため、政府は原発の再稼働に向けた協議を長期にわたって行い、2015 年 11 月 17 日に連邦原子力検査局 (AFCN) は、対象となっていた原発 2 基（ドゥール原発 3 号機とティアンジュ原発 2 号機）の点検を完了し、発電事業者エレクトラベルに対して、12 月中旬の再稼働のゴーサインを出した。

連邦計画局は、3年ごとに国内のエネルギー状況の見通しに関する報告書を発表し、2050年までのシナリオを分析している。2014年10月に発表された同報告書では、今後数十年間、再生可能エネルギーの促進に向けた政策を継続することで、設備に対する投資コストが徐々に減少し、さらには燃料価格の上昇などの要因により、2050年には電力生産の54%を再生可能エネルギー、残りの45%を天然ガスと火力が占めるとの見通しを示している。再生可能エネルギーの発電量の内訳をみると、風力と太陽光が近年、急速に拡大している（図2参照）。



<英国やドイツなどと国際送電線設置のプロジェクト>

再生可能エネルギーの安定供給とエネルギー効率の向上に向けた施策として、ベルギーの高圧送電系統事業者エリア (Elia) は、複数の事業に取り組んでいる (表参照)。これらのプロジェクトは EU の共通優先プロジェクトに認定されており、北海の洋上風力発電所のグリッド化や、英国・ベルギー間の国際連系電力線「Nemo」などの計画がある。英国ナショナル・グリッドと共同で進められている同プロジェクトが完成すれば、英国とベルギーを結ぶ初めての直流ケーブルとなり、両国間での効率的な送電が可能となる。さらには、ドイツやオランダ、ルクセンブルクなど隣国とも同様のプロジェクトが計画されている。

エリアが進めるEUの共通優先プロジェクト

	事業名	計画
1	Stevin	北海沖のゼーブルージュから内陸のゾーメルゲム間に二重の高圧電線〔380キロボルト(kV)〕を整備する。また、ゼーブルージュに新規の電力サブステーションを設置し、380kV以外の電圧に変換させる。
2	Belgian Offshore Grid (BOG)	北海での洋上グリッドの整備。北海洋上の他の事業者と直流ケーブルをつなぐことで、共通の電力グリッドを構築する。これにより、例えば、ベルギーの風力発電が不足した場合でも、スカンジナビアの水力電力など他の再生可能エネルギーの供給が可能になる。
3	Nemo	英国との初の国際連系電力線。ベルギーと英国の間を海中および地下ケーブルで結び、相互に送電を可能にする。北海を挟んで、両国の電力サブステーションと変換ステーションを通じて、本土に送電する。
4	Brabo	アントワープ港周辺のグリッドの連結とオランダとの国際連系の強化。アントワープ港周辺の電力サブステーションおよび高電圧ステーションの改良を行うことで、アントワープ港だけでなく、地域の住民や企業への電力の安定的な供給を高める。また、既存の150kVの電力線を380kVの高電圧線に取り換え、オランダとの連結を強化する。
5	ALEGrO	ベルギー・ドイツ間の初めての国際連系電力線。1,000メガワット(MW)のキャパシティーを有する超高電圧直流ケーブルで、ベルギー・リエージュ近くからドイツ・アーヘンまでの約100キロを連結させる。この事業により、2国間の輸出入キャパシティーを増加させ、需給バランスを整えるとともに電力の安定供給を高める。さらには、再生可能エネルギーの循環を推進し、電力市場の競争を活発化させ、電気代の軽減につなげることを目指す。
6	Luxembourg	ルクセンブルクの220kVの電力グリッドをベルギーのグリッドに連結させる。

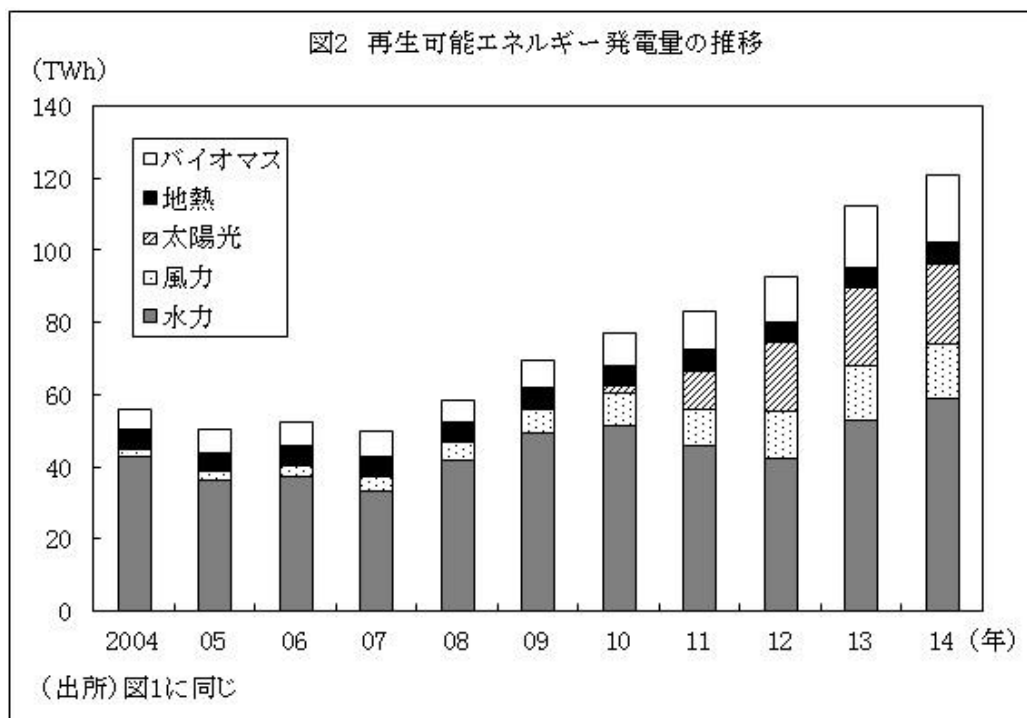
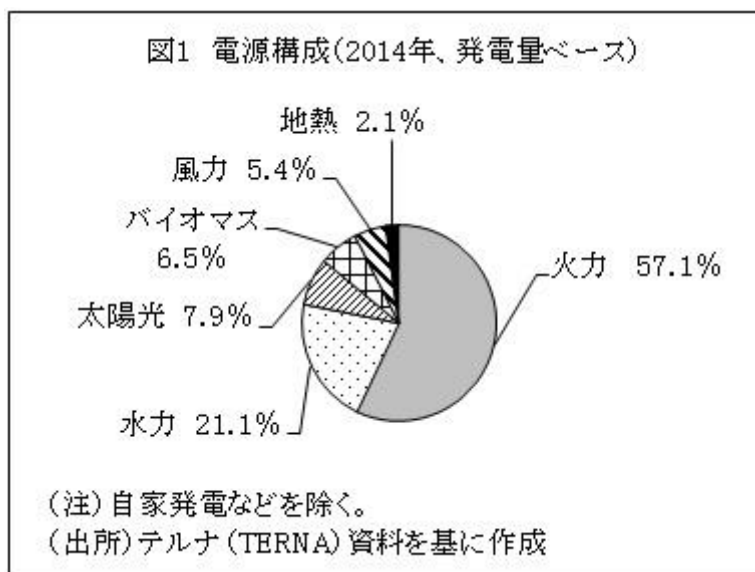
(出所) エリアのウェブサイトを基に作成

(土屋朋美)

14. 欧州で最大規模の蓄電容量を持つイタリア（イタリア）

＜再生可能エネルギーの割合は増加の一途＞

2014年のイタリアの電源構成は、火力が57.1%、水力が21.1%で、以下、太陽光、バイオマス、風力、地熱の順（図1参照）。近年、電力需要が全般に減少する中で、再生可能エネルギーの発電量は増加している（図2参照）。これまで発電量の多くを占めてきた従来型火力発電の割合が低下し、再生可能エネルギーの割合が増加の一途をたどっている。



政府は、電力消費に占める再生可能エネルギーの割合を 2020 年に 26.39%とする目標を掲げている。目標達成に加え、エネルギー資源の海外依存度低下を通じたエネルギー安全保障の観点からも、政府は省エネを通じたエネルギー消費量の削減を進める意向だ。経済発展省は、2020 年までにエネルギー効率化と、ガス発電所（停止した発電所をガス発電所として再開発するものを含む）、蓄電などの分野に 1,700 億～1,800 億ユーロの民間投資（補助金などのインセンティブ措置を含む）がされると予測する。

<水力は北部、風力は南部に集中、太陽光は全国に分散>

再生可能エネルギー源の地域的な分布としては、水力はロンバルディア州とトレンティーノ・アルト・アディジェ州を中心とした、アルプス山脈を背にする北部に集中する一方、風力は発電量の 90%以上が南部に集中している。太陽光は全国に分散している。バイオマス発電は、ロンバルディア州を中心に北部が全国の発電量の約 3 分の 2 を占める一方、南部でも導入が進む。

<支援策は太陽光以外にシフト>

再生可能エネルギーの支援制度では、導入が進んだ分野の見直しが行われている。支援策は既に太陽光以外の再生可能エネルギーにシフトしており、太陽光発電に対しての固定価格買い取り制度 (FIT) の適用は 2013 年 7 月に停止されている。2015 年 11 月時点では、新たな再生可能エネルギー支援制度についての法案が審議中で、対象は風力、水力、バイオマスなどだ。

スマートグリッド分野では、実証プロジェクトに対する補助金の支給が行われる。電力・ガス・水道分野局 (AEEGSI) は 2015 年 4 月、新たにスマートグリッドのパイロットプロジェクトに対する補助金支給を決定した。補助金総額は 1,780 万ユーロに上り、イタリア各地の配電会社などのスマートグリッド実証プロジェクトに補助金が割り当てられている (表参照)。

AEEGSIが補助金を設定した配電会社とプロジェクト

(単位:ユーロ)

配電会社(プロジェクト)	補助金額
エネルディストリブツィオーネ(CPカルピノーネ)	6,740,000
アーチーエーアーディストリブツィオーネ	4,970,000
デバル(CPビルヌーブ)	2,194,000
アッセム(サンセベリーノマルケ)	1,193,000
A2A(CPランブラーテ)	1,150,000
アーエッセエッメ(テルニ)	800,000
A2A(CPカバルド)	756,000

(出所) AEEGSI

(山内正史、佐野さつき、今野里美)

15. 進む蓄電池の活用プロジェクト（イタリア）

＜スイスやフランスなどから電力を純輸入＞

EUでは、エネルギー市場の統合に向けて、ガス・電気といったエネルギー供給網の国際連系に関わる複数のプロジェクトが進められているが、イタリアにおいても22件のプロジェクトが推進されている。連系線の相手国はフランス、オーストリア、モンテネグロ、アルジェリアなど。送電線については国際連系線のほか、イタリア国内でも鉄道用などの高圧線の補強が行われている。

イタリアは現在、電力の輸入国となっている。2014年の電力純輸入量は、スイスから2万3,583ギガワット時(GWh)、フランスから1万4,793GWh、スロベニアから5,051GWh、オーストリアから1,507GWh。2013年に純輸入となっていたギリシャとの間では、2014年は1,231GWhの純輸出となった。

＜グローバル企業と共同してシステム開発＞

エネルギー供給網、とりわけ電力供給網の安定化に向けては、国際連系線構築だけでなく、蓄電技術の開発も進む。

エネルギー大手EGPは、米国のテスラモーターズと風力・太陽光発電設備用の蓄電システムの共同開発について2015年5月に合意したほか、東芝、ゼネラル・エレクトリック(GE)、サムスンSDIなどのグローバルプレーヤーとも蓄電システムの共同プロジェクトを進めている。

また、EGPと蓄電池メーカーのフィアムは、チリ・オラグエ村において蓄電システムの開発・設置を行っている。フィアムの開発したナトリウム・ニッケルバッテリー「フィアム・ソニック」は、現在へき地で利用されている高コスト・高環境負荷のディーゼル発電機を代替することが想定されている。ギリシャ・ティロス島などでの導入実績もあり、フィアムはイタリアの約30の島にも活用できるとしている。

蓄電技術の向上を目指す取り組みとしては、ジェノバ大学化学・産業化学部と地場産業との産学連携により、固形酸化燃料電池の耐久性とメンテナンス性を高める研究プロジェクト「エンデュランス」を実施している。このプロジェクトは2014年から開始されており、2017年に終了の予定だ。

北部イタリアを基盤とするエネルギー・水道供給会社A2Aは、ミラノ市やブレーシャ市などの街灯約25万個への省電力LED導入や、配電・需要平準化・蓄電技術への投資、ビ

ビッグデータを活用した新たなビジネスモデルの構築を 2015～2019 年の経営施策として挙げている。

(山内正史、佐野さつき、今野里美)

16. 蓄電設備投資で日本企業も事業機会獲得に積極的（イタリア）

<テルナの3大プロジェクトが進行中>

送電大手テルナは、2015～2019年における蓄電システムに関する中期的な事業として、「パワー・インテンシブ」「エネルギー・インテンシブ」「スマート・アイランド」の3プロジェクトを推進している（表1参照）。

表1 イタリアの次世代エネルギープロジェクトの例

実施主体	プロジェクト内容	概要
エネル・グリーン・パワー テスラ・モーターズ	蓄電技術開発	風力設備と太陽光発電設備のための蓄電システムの共同開発について合意
ジェノバ大学など	蓄電技術開発	産学連携で固形酸化燃料電池の耐久性と低メンテナンス性を高める研究プロジェクトを実施
A2A	電力インフラ投資	北イタリアにおける街灯のLED化、配電・需要平準化・蓄電技術への投資、ビッグデータ活用
テルナ	電力インフラ投資	シチリア、サルデーニャ両島への電力貯蔵設備導入
テルナ	電力インフラ投資	カンパーニャ州3カ所での電力貯蔵設備導入
テルナ	電力インフラ投資	ジーリオ島におけるディーゼル発電から再生可能エネルギーへの移行プロジェクト

（出所）各社プレス発表など

パワー・インテンシブは、シチリア、サルデーニャ両島への蓄電設備導入プロジェクトだ。離島ゆえに他地域との連系による系統安定化が困難なため、蓄電システムへの需要は大きい。現在、フェーズ1としてサルデーニャ島のコドロンジャーノスとシチリア島のチミンナにそれぞれ8メガワット（MW）規模の蓄電設備が導入されている。今後、フェーズ2としてコドロンジャーノスと、シチリア島のカスツツエで、それぞれ12MWの蓄電設備が導入される予定だ。リチウムイオン電池をはじめとする各種の蓄電池の導入が計画されており、投資総額は9,300万ユーロ。

エネルギー・インテンシブは、カンパーニャ州3地域での蓄電設備導入プロジェクトで、送電設備などの利用状況逼迫時に生じる電力系統の混雑の緩和が目的だ。3カ所合計で計35MWのナトリウム硫黄電池を導入する予定だ。投資総額は1億6,000万ユーロ。

パワー・アイランドはIBMとの共同プロジェクトで、ディーゼル発電機に依存するジーリオ島への再生可能エネルギー源の導入、既存の電源・電力網・蓄電設備などの刷新と情報通信技術（ICT）の導入により、コストや環境負荷の低減などを目指している。

＜東芝、NEC、日本ガイシが事業展開＞

現地企業だけでなく、日本企業もイタリアでの事業機会獲得に向け積極的に動いている。東芝電力流通システム欧州（東芝が送変電エンジニアリングを行うアンサルド T&D を買収して設立）は、ローマ市配電・水道公社（ACEA）へのスマートグリッドシステムやテルナの変電設備および設置のための土木工事・据付工事一式を受注。フィンランドにおいても、東芝グループ会社が受注した蓄電池システムのシステム構築を担当するなど、グループ会社と連携したイタリア国外での事業活動も実施している。また NEC は、リチウムイオン蓄電システムを配電会社エネル・ディストリビューネから受注した。日本ガイシは、テルナから NAS 電池システムを受注するなど、日本企業による蓄電池システムの事業獲得が目立っている。

イタリアの電力関連機器輸入額をみると、蓄電池を中心にここ数年はおおむね堅調に推移している（表 2 参照）。

表2 イタリアの電力関連機器輸入額 （単位:100万ユーロ、%）

	2012年	2013年	2014年	前年比
モーター、発電機、変電機器	3,715	3,001	2,955	△ 1.5
配電・電力コントロール関連機器	1,933	1,954	2,094	7.1
一次電池・二次電池	648	686	780	13.6

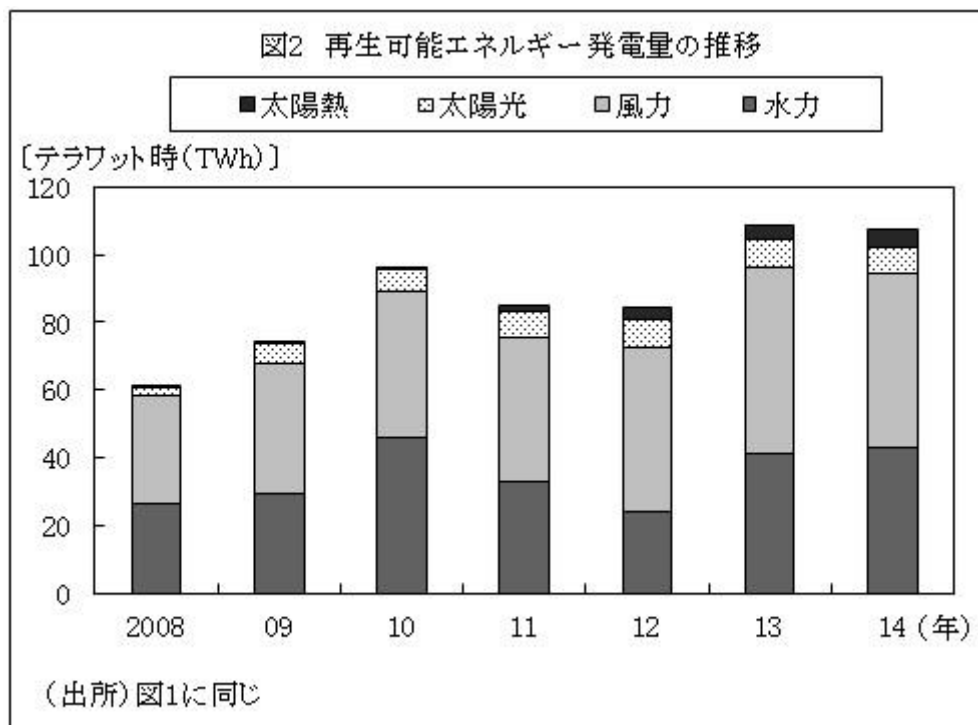
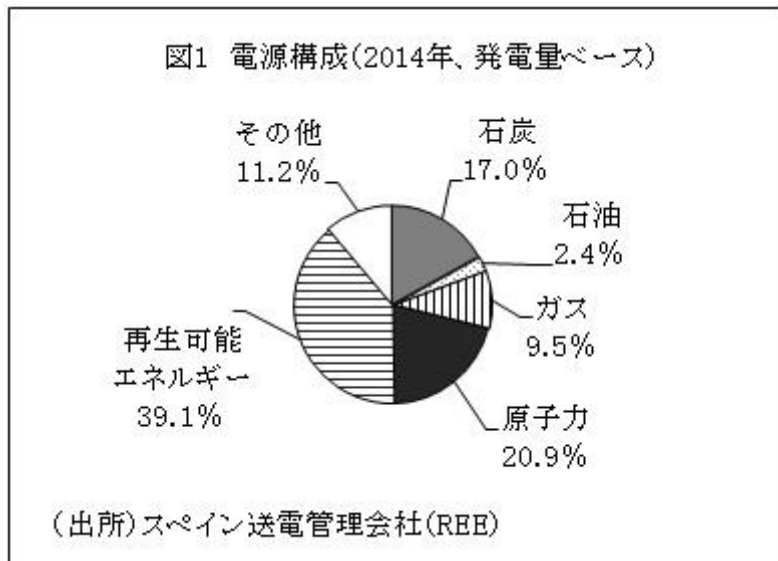
（出所）イタリア国家統計局(ISTAT)

（山内正史、佐野さつき）

17. 電力系統安定化の蓄電システムに商機（スペイン）

＜膨らんだ政策コストが禍根残す＞

2014年の電源構成は、再生可能エネルギー（水力を含む）がほぼ4割（39.1%：風力18.6%、水力15.7%、太陽光3.0%、太陽熱1.8%）を占め、原子力20.9%、石炭17.0%、その他（コージェネ）11.2%、ガス9.5%、石油2.4%となっている（図1、図2参照）。



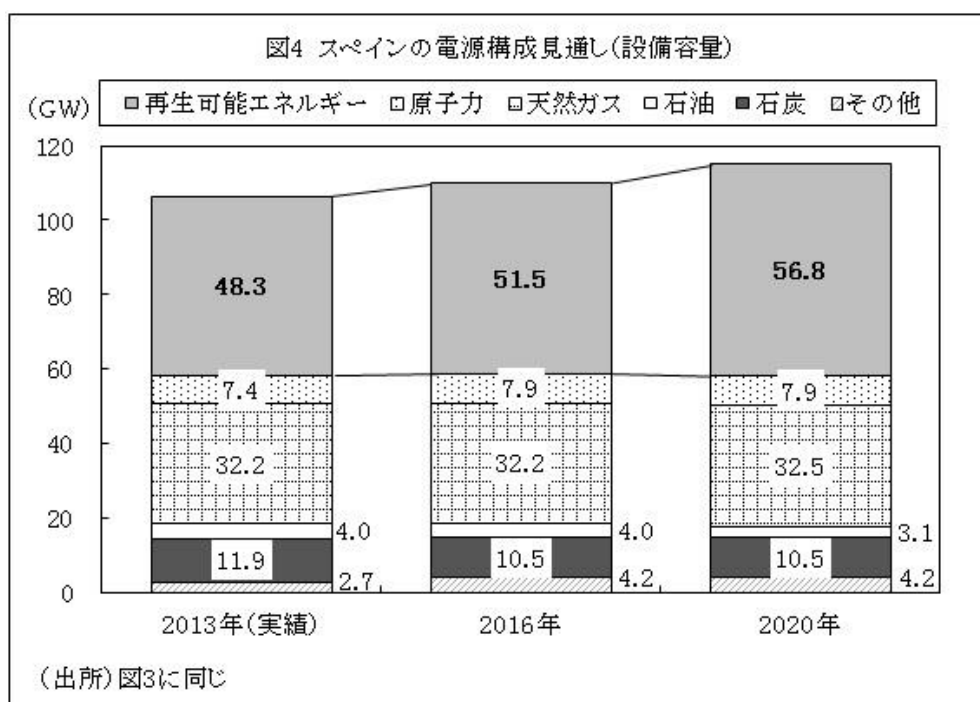
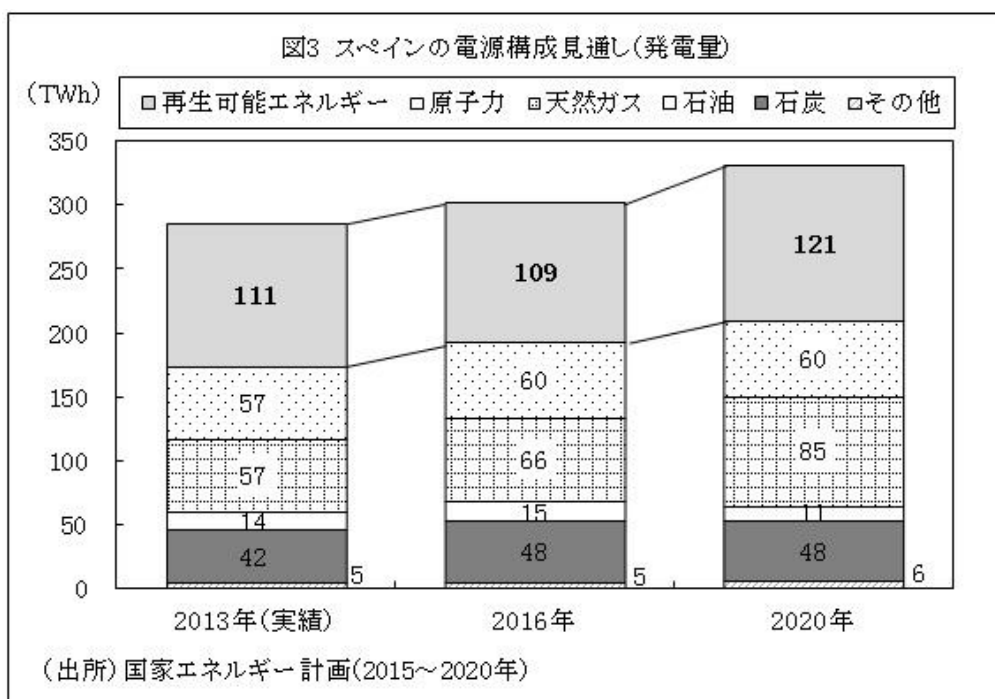
1997年の発送電分離をきっかけに、再生可能エネルギーとそのバックアップ電源であるガスタービンコンバインドサイクル（GTCC）発電設備の導入で電源多様化が進んだが、発電設備容量がピーク電力需要の2倍〔2014年末で102ギガワット（GW）〕に肥大化した。これらを維持するための政策コストが膨らみ、主に電気料金で賄われる電力システムは破綻寸前となった。

政府は2013年に電力システム改革を通じて助成削減を断行。2014年には電力システム収支は15年ぶりに単年ベースで黒字に転じた。しかし、再生可能エネルギー電力買い取り制度の遡及（そきゅう）的廃止（注）やGTCCを対象としたバックアップ電源への助成（キャパシティーペイメント）の削減などにより、特に再生可能エネルギー発電事業者は大幅な収益低下を被り、再生可能エネルギー大手のアベンゴアが2015年11月末から事業再生手続きを視野に入れた債務再編に入るなど、大きな禍根を残した。太陽光・熱発電事業に投資した外国企業・投資家による政府を相手取った提訴も20件を超えている。

<中期的には再生可能エネルギーを拡大>

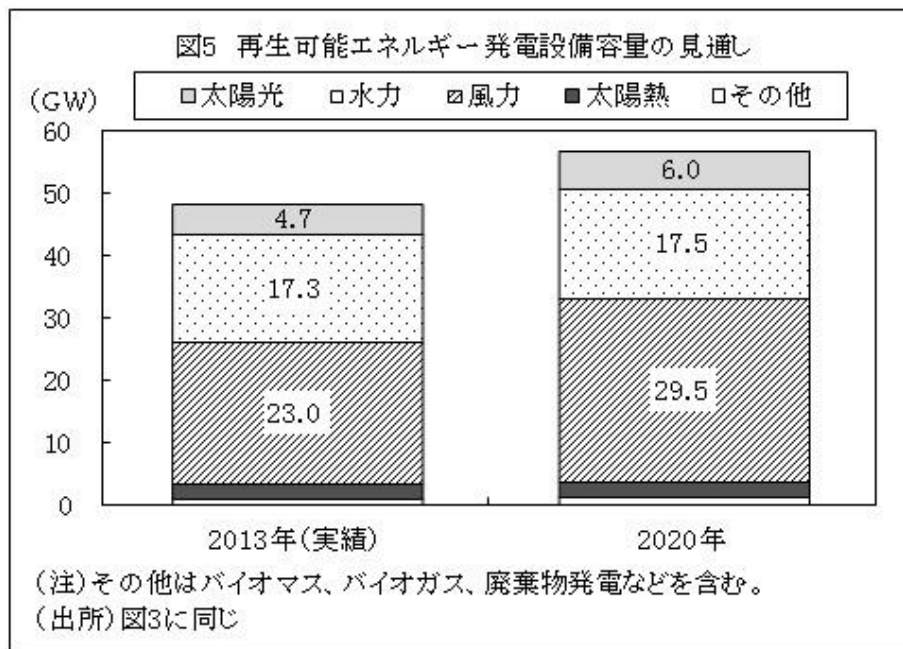
こういった経緯を経て「国家エネルギー計画（2015～2020年）」の見直しが行われ（2015年10月16日閣議承認）、中期的な電源構成シナリオ（図3、図4参照）が示された。

同計画では、従来の方針どおり再生可能エネルギーを中心に低炭素電源を拡大する。石炭火力は環境規制に適應しない老朽発電所を順次閉鎖する一方で、近年遊休状態だったGTCCの稼働率を上げる。原子力は現在8基ある発電所の稼働を当面維持する。また、安価なバックアップ電源である揚水発電の拡大も検討する。



従って、今後5年間にまとまった新規設置が見込まれるのは再生可能エネルギーのみだ。2020年までに最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー供給比率を20%とするEU目標を達成するには、総発電量の36.6%を再生可能エネルギーで賄う必要がある。ベースラインの2013年の設備容量〔48.3ギガワット(GW)〕では、気象条件によってはこの目

標に届かないため、2020年までに新たに6.6~8.5GWが設置される見通しだ(図5参照)。このうち7割以上は風力、2割弱は太陽光を想定している。



<3年ぶりに再生可能エネルギー発電設備の競争入札>

政府は「過去の過剰投資を繰り返さないために」、電力需要およびEU目標達成状況に応じて、再生可能エネルギー電源投資の必要性を慎重に精査するとしている。低コストかつ高効率のプラント導入を目指すべく、新規設置には競争入札方式が採用された。10月には新方式の下、2012年の新規導入の凍結以来3年ぶりに新規入札[風力500メガワット(MW)、バイオマス200MW]が再開された。

風力発電では特に老朽化しつつある既存発電所の増強が中心となりそうだ。風力発電が急成長を始めた1990年代半ばから約20年が経ち、当時の風力発電技術は陳腐化しつつあり、今後スペインに限らず、世界中で設備入れ替え需要が拡大する。三井物産はこれを視野に入れ、2015年3月にエンジニアリング大手ゲスタンプ傘下で風力発電用タワー・フランジ製造世界最大手のゴンバリ・エオリカに25%出資した。

<蓄電システムの実証プロジェクトが活発化>

スペインは出力不安定な再生可能エネルギー電源の普及率が高い一方、電力の国際連系線の容量が全発電設備容量の約4%とEUでも最低水準で、輸出入による需給バランスの調整が難しい。EUは2020年までにこの比率を平均10%に引き上げることを目標としているが、スペインの目標達成は隣国フランスとの政治的調整の成否に左右される。

スペイン送電管理会社（REE）は、こうした再生可能エネルギー給電上のハンディキャップを克服すべく、世界初の再生可能エネルギー専用の中央給電司令所（CECRE）を通じて、2006年より系統安定化に取り組んできた。

近年は蓄電システムによる系統安定化の実証プロジェクトが活発化している。送電分野ではREEが、2013年末からNECエナジーソリューションズとプリズマティック型リチウムイオンを使った蓄電池システムの、また2014年8月からスイス重電大手ABBとフライホイール蓄電システムの実証実験を実施している。配電分野でも、2015年9月末に電力大手ガスナトゥラル・フェノサが、東芝とともにリチウムイオン蓄電池システムの実証実験を開始した（表参照）。

スペインにおける主な蓄電システム実証プロジェクト

プロジェクト	企業名	種類	開始時期	概要
ALMACENA	スペイン送電管理会社 (REE)	送電網・リチウムイオン二次電池【欧州初】	2013年12月	欧州地域開発基金 (ERDF) 事業。REEの投資額350万ユーロ。セビリア郊外の送電用変電所 [220/400キロボルト (kV)、定格容量1,200メガボルトアンペア (MVA)] に長さ16メートルのコンテナ内に大型リチウムイオン蓄電池 [出力1メガワット (MW)、容量3メガワット時 (MWh)] を設置。バッテリーはNECエナジーソリューションズ (米バッテリーメーカー A123システムズの蓄電システム事業部門が前身) が供給。1日180サイクルの充放電。需要変動の平滑化、系統安定化および再生可能エネルギー (RE) 余剰電力の活用を検証。初年度の総充電量は540MWh (1万世帯×5時間の給電に相当)。送電系統への放電に成功。うち43%はRE電力だった。
FLYWHEEL	REE	送電網・フライホイール【国内初】	2014年8月	ERDF事業。REEの投資額150万ユーロ。カナリア諸島ランサロテ島の送電変電所 (66kV) にフライホイール [最大出力1.65MW、容量18メガワット秒 (MWh)] 蓄電システムを設置。RE連系が原因で島しょ間送電系統にもたらされる周波数・電圧変動の安定化、電力品質の向上を検証。フライホイール (電力を回転エネルギーに変換し電力を貯蔵・放出) はスイスABBが提供。
系統安定化用蓄電システム (低コスト/高出力) 開発	ガスナトゥラル・フェノサ	配電網・リチウムイオン二次電池【国内最大規模】	2015年9月	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 事業。マドリード郊外の配電用変電所に長さ6メートルのコンテナ2台に東芝製のリチウムイオン二次電池「SCIB™」を搭載した可搬式電池システム [出力500キロワット (kW)、合計容量776キロワット時 (kWh)] を設置。検証サイトには、同社が電力大手イベルドローラと共同実施しているスマートグリッド実証プロジェクトPRICEのサイト上 (需要家20万件全てにスマートメーター設置済み) の5カ所のポイントを選定。RE比率の高いスペインにおいて、充放電を通じた需要変動の平滑化、配電系統の安定化を検証。

(出所) プレスリリースなどを基に作成

<途上国で成果活用も視野>

スペインの電力大手は広く海外展開しており、将来的には、供給不安定が顕在化しつつある途上国でこうした実証の成果を活用することも視野に入れている。日本企業が技術的強みを持つ大型蓄電システム分野において、実証を通じて、価格競争力のある製品化やサービス提供に迅速・柔軟に結び付けられるかが海外展開のカギとなりそうだ。

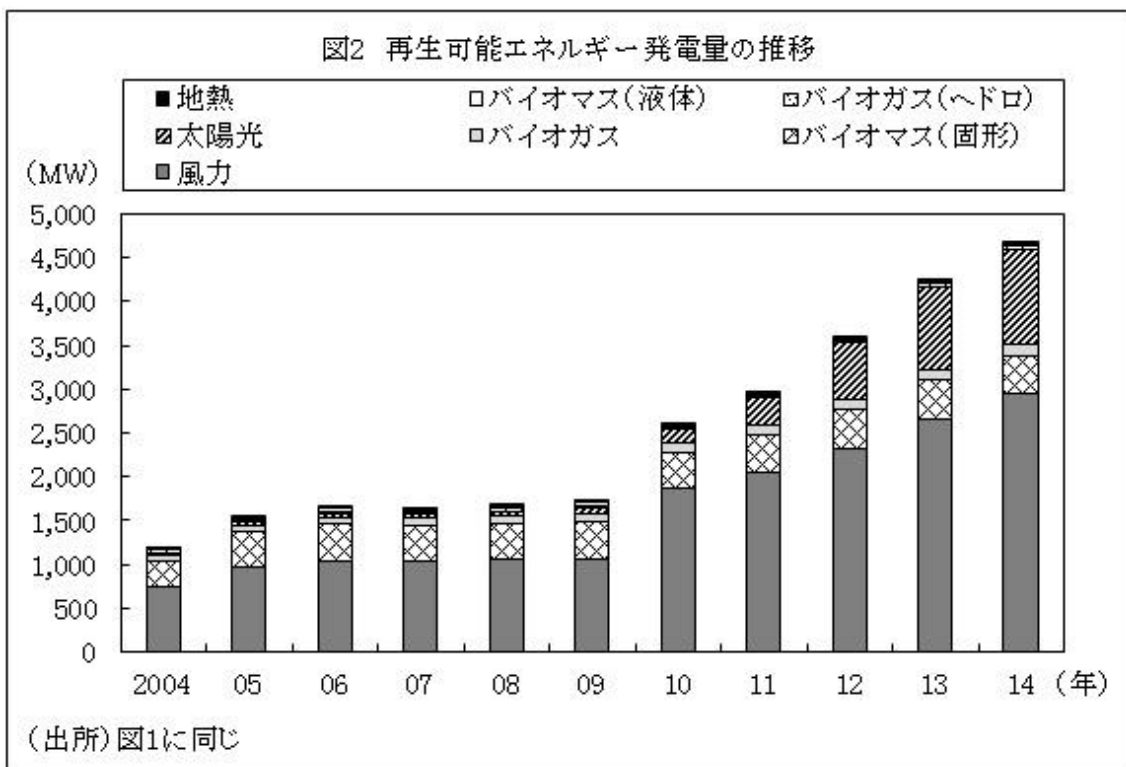
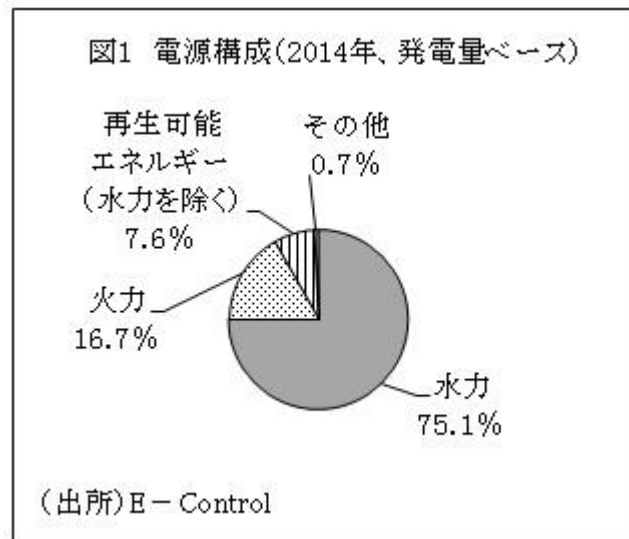
(注) 政府は2013年9月から、既存の再生可能エネルギー発電プラントがそれまで享受してきた再生可能エネルギー買い取り制度を廃止。別の助成制度が適用されたが、助成額は大幅に削減された。

(伊藤裕規子)

18. スマートシティのモデル地区を建設（オーストリア）

<再生可能エネルギーの割合はEUでトップ>

山と川に恵まれたオーストリアは、その豊富な水資源から、国内の発電量の70%以上を水力発電および揚水発電で賄っている（図1参照）。2009年以降、風力発電と太陽光発電が順調に伸び、2014年の再生可能エネルギー電力は国内電力生産の83%に相当する（図2参照）。



電力消費に占める再生可能エネルギーの割合をみると、2012年では、オーストリアはEU28カ国中トップの66%だ。EU平均は24%にすぎない。一方、電力の輸入は毎年増加し、2014年12月の輸入超過は過去最高の10.7テラワット時(TWh)に達した。その主な要因は消費増ではなく、火力発電所の操業休止だ。ドイツで大量に生産される風力発電電力によって電力価格が低迷し、国内で火力発電所を稼働する採算が合わない状況に陥っている。

再生可能エネルギーを活用した次世代のエネルギーシステム構築に向け、従来の大規模集中電源による一方通行のエネルギー供給構造から、分散型エネルギー源による需要供給双方向の需給調整を行う、新しい需給構造への大胆な移行が必要だ。その第一歩がスマートシティだ。2010年以降、オーストリア各地で50以上のプロジェクトが開始された。

<4つのスマート分野がASCRの研究対象>

中でも一番規模が大きい「ゼーシュタット・アスペルン」は、2015年から運転を開始している。スマートシティを実際の生活条件の下で研究するため、ASCRが設立された。ドイツ重電大手のシーメンス(出資比率は44%)、電力・ガスのウィーン・エネルギー(30%)、配電のウィーナー・ネットツェ(20%)、ウィーン市投資誘致機関であるウィーン・ビジネス・エージェンシー(VBA、5%)、ウィーン3420アスペルン開発(1%)によるジョイントベンチャーだ。各研究分野〔自動化技術、建設、エネルギー技術、情報通信技術(ICT)、機械工学、数学、物理学、環境工学、経済学、法学、社会学など〕の科学者100人以上が参加している。

ASCRの研究対象は、建物のエネルギー使用の最適化を目指す「スマートビルディング」、電力の需要と供給をバランスさせる「スマートグリッド」、エネルギーの無駄を賢く減らす「スマートユーザー」、そして配電網、ビルの計測ユニットや気候などのデータの収集・分析によってエネルギーシステムの最適化策を提案する「スマートICT」という4つの「スマート」分野だ。

<入居者の省エネ行動が重要>

建物のエネルギー消費を左右する入居者もASCRの研究の重要な対象だ。入居者の同意を得た上で、各世帯に測定・操縦・制御機器が設置され、エネルギー消費、温水消費、室内温度、室内空気の質などのデータが収集される。データの分析に基づき、入居者のエネルギー消費パターンに合わせて省エネ意識を高めたり、エネルギー消費行動を変えるための有効な情報、例えば需給状況に応じて変動する電気料金などを提供したりする。入居者アンケートで、省エネ技術を使用する姿勢、省エネ行動での満足度なども調べている。また、定期的に説明会や討論会を開き、入居者と研究者の緊密なコミュニケーションを図る。

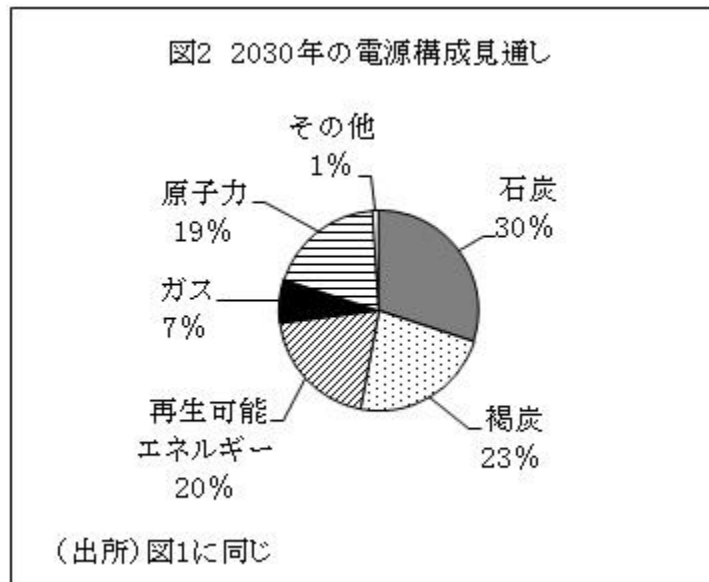
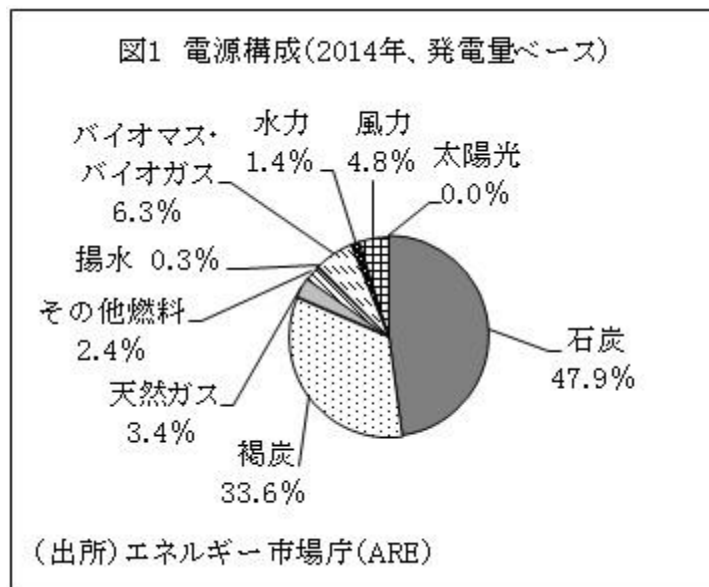
ASCR のスマートグリッド研究担当者アンドレアス・シュスター氏によると、データの収集は既に始まっており、冬の暖房使用期間が終わる 3 月末をめどにデータ分析を行い、結果は早ければ 2016 年中ごろに発表される。ゼーシュタットのほかにも、数カ所で大幅な開発・再開発プロジェクトを推進しているウィーン市にとって、本プロジェクトの結果はこれからのエネルギー政策を決めるための重要な素材となる。

(エックカート・デアシュミット)

19. 再生可能エネルギー法が成立、風力の導入進む（ポーランド）

<EU 目標の達成に向け着実に前進>

ポーランドには多くの炭鉱があり、電力の 8 割は石炭由来のものだ（図 1 参照）。将来的には原子力発電などを導入し、その割合を引き下げていくとしているが、石炭産業は政治的に重要で、政府は引き続き石炭火力を主要電源とする方針を示している（図 2 参照）。

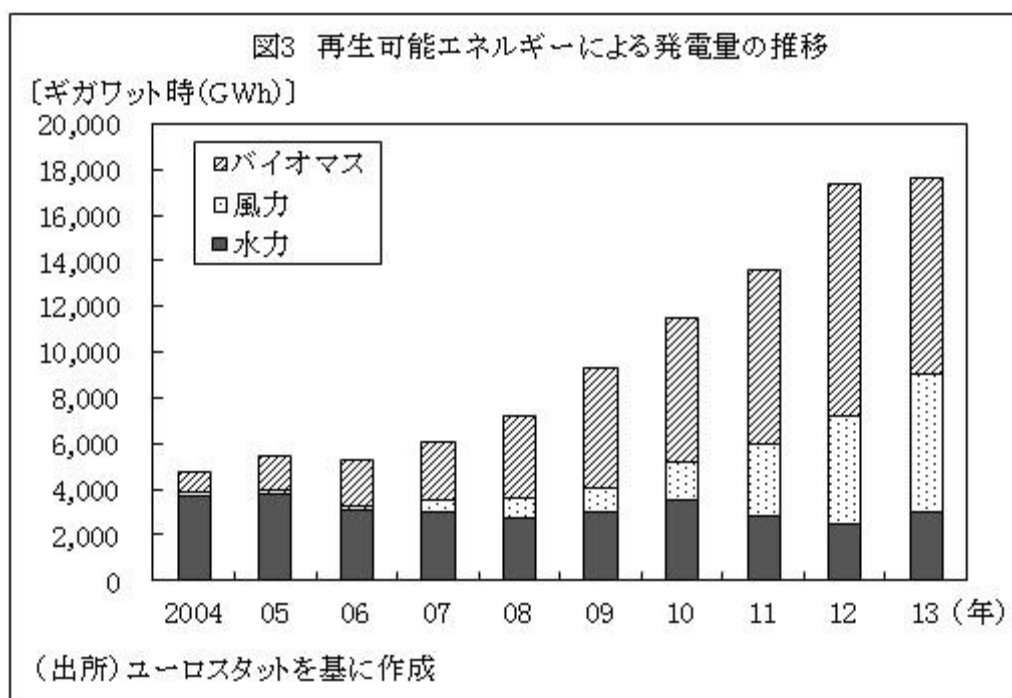


しかし、EU レベルではポーランドの1次エネルギーに占める再生可能エネルギーの割合の目標値を、2005年の7.2%から、2020年には15.0%にまで引き上げるとされている。ポーランドの再生可能エネルギー国家行動計画（2010年）では、1次エネルギーで15.5%、電力部門では19.13%まで引き上げること为目标にしており、目標達成に向け、風力を中心に着実に再生可能エネルギーの導入が進んでいる（表、図3参照）。2015年6月発表の欧州委員会の再生可能エネルギー導入目標の達成状況の報告でも、ポーランドは目標を上回る水準を達成しているとされている。2015年10月の総選挙で政権交代を果たした新政府の政策は不明だが、石炭に依存しEUのエネルギー政策とはしばしば方針が食い違うポーランドにあっても、再生可能エネルギーの導入目標をほごにするつもりはないとみられる。

再生可能エネルギーによる発電容量の推移(2015年9月30日時点) (単位:メガワット)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
バイオガス	32	37	46	55	71	83	103	131	162	189	198
バイオマス	190	239	255	232	252	356	410	821	987	1,008	1,033
太陽光	—	—	—	—	0	0	1	1	2	21	51
風力	83	153	288	451	725	1,180	1,616	2,497	3,390	3,834	4,254
水力	852	934	935	941	945	937	951	966	970	977	982
合計	1,158	1,362	1,524	1,678	1,993	2,556	3,082	4,416	5,511	6,029	6,518
年間増加容量		205	162	154	315	563	526	1,334	1,095	518	490

(出所) エネルギー規制局(URE)



<再生可能エネルギー法制定で導入に弾み>

さらに、これまで遅々として進んでいなかった再生可能エネルギー法の議論が 2015 年に入って進展したことで、再生可能エネルギーの導入はさらに進むものと考えられる。これまでのポーランドの再生可能エネルギー支援制度は、発電事業者が発電量に応じて証書を発行するとともに、配電会社には一定の再生可能エネルギーの買い取りを義務付けていた。発電事業者にとっては、証書の市場での販売価格が支援額となるが、バイオマスと石炭と混焼して再生可能エネルギーと申告し、証書を受け取る事例が多発し、証書市場が一時期混乱した。このため、再生可能エネルギーの投資家にとっては投資回収を予測できない状況が続き、風力発電所建設計画の一部が頓挫するなどした。

新たな再生可能エネルギー支援策を定めた再生可能エネルギー法案は、長年の議論を経て 2015 年 4 月にようやく成立した。同法では、導入する再生可能エネルギーの容量をあらかじめ設定し、オークションにかける制度を導入する。落札した企業は 15 年間、固定価格での売電が認められる。これにより、風力発電所建設の予見可能性が飛躍的に高まり、ポーランドでも導入が進むとみられている。

<国内企業も次世代エネルギーを研究>

このように EU 目標の達成に向け、急速に再生可能エネルギー、特に出力変動の大きい風力発電の導入が今後も進んでいく中で、ポーランドでの系統安定化技術のニーズは高まるとみられる。一方で、送電線の老朽化が進んでいるにもかかわらず、更新が進んでいない実情もある。さらに、ドイツからのループフロー（迂回潮流）問題（注）により、送電線への負荷も高まっている。このような状況を踏まえ、送電線への負担を抑えつつ再生可能エネルギーの導入を可能とする次世代エネルギーへの期待は高まっている。

国内では、国営の発電・配電会社 PGE が 2015 年 5 月、「パワー・ツー・ガス」(Power to Gas) 施設の建設に向けたフィジビリティ・スタディー (FS: 事業化調査) の実施のため、国営の天然ガス供給事業者ガス・システムと覚書を締結した。風力発電所の余剰電力を活用し、エネルギーを貯蔵する仕組みを研究する。具体的には、余剰電力により水を電気分解し、水素を生産する。水素はガス・システムが保有するガス供給網を通じて供給される。

(注) ドイツ南北の送電系統が脆弱（ぜいじゃく）であることなどが原因で、ドイツ北部の風力発電による電力を南部に送電するために、ポーランドの送電系統を経由して流れるという問題。予定外の送電であり、送電網を不安定化させる。

(牧野直史)

20. 日本企業が市場参入に向け準備（ポーランド）

<系統安定化と蓄電技術をトータルにPR>

次世代エネルギーへの関心が高まる中、NEDOは2015年2月、ポーランドでスマートグリッド実証事業の事前調査を開始すると発表した。委託事業者は日立製作所、日立化成、日本総合研究所および三井住友銀行。日本独自のSPSと蓄電技術を活用し、送電線を増強することなく風力発電など再生可能エネルギーの導入を促進し、系統の安定化を図るのが狙い。具体的には、SPS導入により系統を制御するとともに、蓄電池の充放電などを通じた電力の需給バランスの維持を目指す。これまでに実証前の調査が行われた。

NEDOスマートコミュニティ部によると、狙いの1つは、本事業を足掛かりにして日本の強みとなるSPSと蓄電技術の欧州全域での展開を図ることという。欧州ではSPSは普及しておらず、再生可能エネルギー導入拡大策としての蓄電技術と組み合わせることで、参入の余地は充分あるとみている。

本事業の主幹事を務める日立製作所によると、蓄電技術にも特色があるという。実証事業で利用するのは、リチウムイオン電池と鉛電池を組み合わせたハイブリッド蓄電システム。これは送電線の使用状況が刻々と変わる中で、幅広い対応が可能な点が強みだ。例えば、系統事故時や風力発電量の短期の大きな変動に対しては、瞬発力のあるリチウムイオン電池が対応する。他方、通常の蓄電容量の確保には、安価な鉛電池が対応するというように、状況に応じた対応ができる。これまではガス火力発電が風力発電のバックアップとして捉えられ、風力発電の出力変動には火力発電の発電量を調整して対処するという考え方が主流だったが、地球温暖化対策の観点から火力発電に逆風が吹く中で、今後はこうした「調整力」自体が価値を持ち始めるだろうという。

<全体的なメリットを伝えるのが課題>

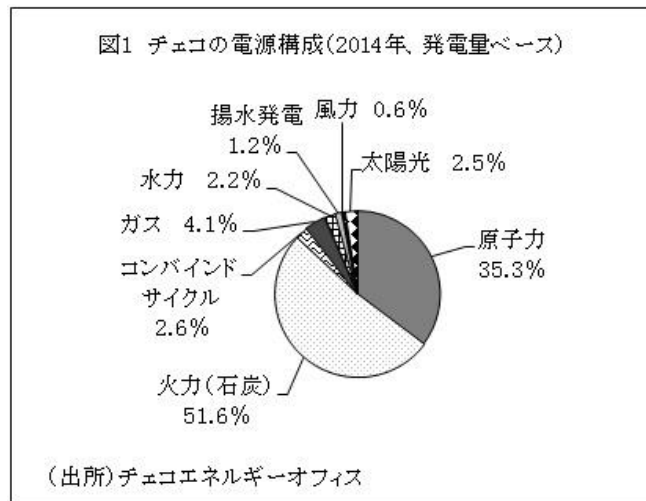
商用化に向けた課題としては、コスト面はもちろん、設備導入による利益も踏まえたシステム全体のメリットをいかにアピールしていくかが重要だ。例えば、風力発電量と需要がアンバランスな時や送電線の事故対応などで風力発電を抑制しなければならない場合、送電事業者は発電事業者の損失を補償する必要があるが、このシステムにより風力発電の継続が可能となることは、送電事業者にとっても大きなメリットといえる。また、既存の送電設備を有効活用できるので、風力発電導入による送電設備の増強を抑制できることに加え、再生可能エネルギー導入目標の達成にも寄与する。日立製作所の担当者は、さまざまなメリットを踏まえた「全体的な評価をしてもらえることに期待している」と語る。

（佐藤央樹、牧野直史）

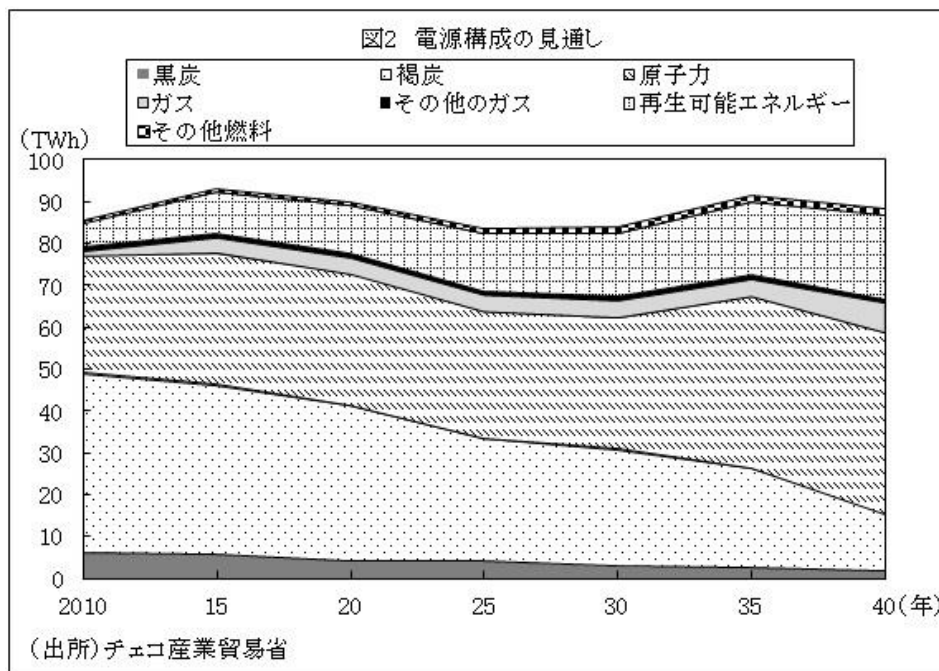
21. ドイツからの過送電対策として送電システムを強化へ（チェコ）

＜将来の主力電源は原子力にする計画＞

チェコの2014年の発電量は8万6,003ギガワット時（GWh）で、電源構成（発電量ベース）をみると、石炭火力が51.6%、それに続く原子力が35.3%となっている（図1参照）。再生可能エネルギーは水力が2.2%、揚水発電が1.2%、太陽光が2.5%、風力が0.6%で、全体の6.5%にとどまっている。

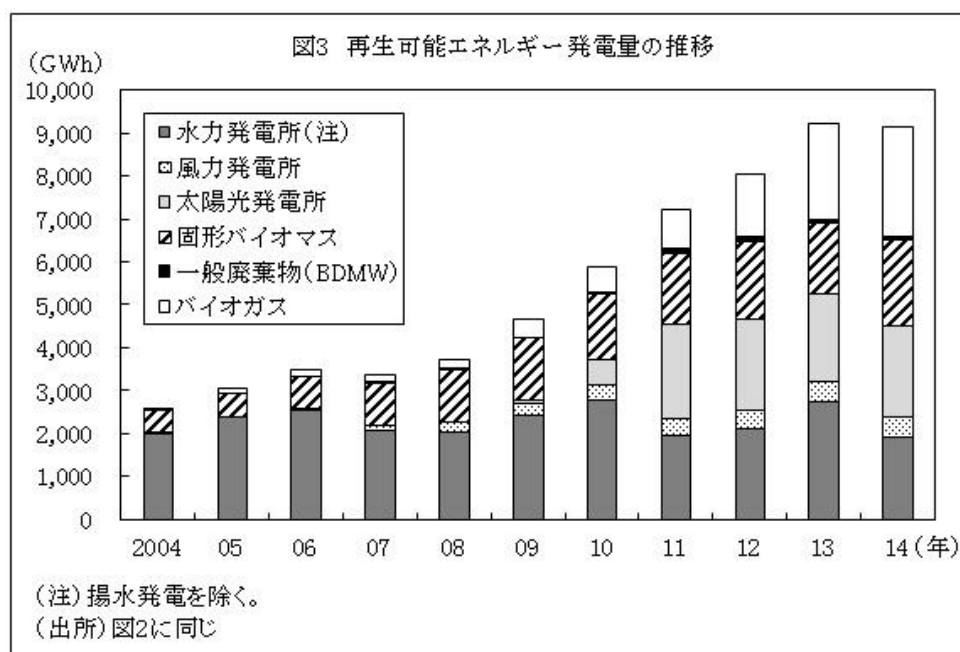


産業貿易省が2015年5月に発表したエネルギー政策によると、電力発電源の構成比は、2040年までに石炭火力を50%近く減らし、逆に原子力を倍増させる計画だ（図2参照）。



同政策に基づき、スマートグリッド、クリーンモビリティ、エネルギー効率化、再生可能エネルギー、バイオマス、原子力の6つの優先部門に関しては順次、アクションプランが作成される予定だ。今後の戦略的優先課題として、エネルギーミックスの最適化、省エネ、インフラ整備・国際協力、研究開発・イノベーション、エネルギー安全保障、の5つを挙げている。

チェコにおける再生可能エネルギーの発電量は、この10年間で約3.5倍に増えている(図3参照)。水力発電は、この10年間でほぼ横ばいで推移しているが、固形バイオマス、太陽光、バイオガスなどが増加している。

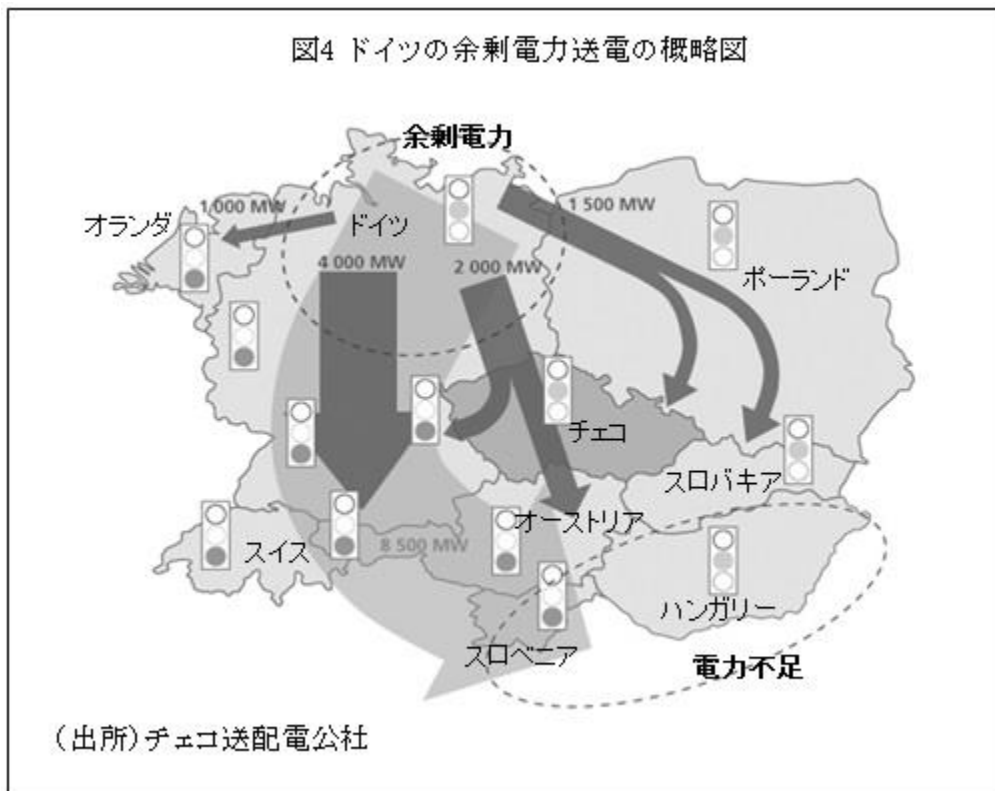


前述のエネルギー政策においては、2020年までに再生可能エネルギーの国内電力消費量に占める割合を15.9%に引き上げることを定めている。これはEUが義務付ける13%を上回る。液体バイオ燃料の消費割合の増大も定めている。ムラーデック産業貿易相は「内閣は、EUの温室効果ガス排出量引き下げ計画に同調する。またチェコは、再生可能エネルギーのみに依存するのではなく、原子力発電も重要視している。ここがチェコとドイツの違いだ」と説明している。

<ドイツ国内の送電余剰がチェコに流れる>

チェコでは現在、ドイツ北部の風力発電所などで発電される膨大な電力の余剰分がチェコ国内を通過することによる、過送電の問題が指摘されている。電力の多くはドイツ南部

やオーストリアを經由してハンガリーなどの南東欧地域に送電されるが、2,000メガワット（MW）分はチェコ国内を通過する（図4参照）。特に最近5年間に、ドイツ国内に建設された太陽光発電所で発電された電力量が3.5倍となり、ドイツ国内の送電余剰分がチェコに押し出されることで、チェコの送電システムに相当な負荷がかかっているという。チェコ送配電公社はその対応策として、2025年までに600億コルナ（約2,760億円、1コルナ＝約4.6円）を投資し、国内の送配電システムを強化・改良していく予定だ。この計画においては、変電所の再建や新たな送電線建設、既存の送電線の改良、PST（位相変圧施設）建設などが含まれており、この整備が進めば、現在のチェコ北部地域で発生している瞬間停電など電力の不安定な供給問題も解決するとのことだ。



<スマートグリッドのプロジェクトを推進>

2015年6月に発表された「スマートグリッド国家アクションプラン」においては、配電システム利用の最適化と信頼性の保証を目的として、配電網の改良、スマートメーターを活用した消費の遠隔操作、配電・蓄電技術の開発を2030年までに順次行うことが目標に掲げられている。現在は、チェコ北部のブルフラビー市内2カ所、計4,900の配電設備を対象にしたパイロットプロジェクトが進行中だ。これは配電盤および配電所のヒューズを、保護・計測・情報伝達・遠隔操作が可能な遮断器に取り換えて、RTU（遠隔端末装置）、ア

ンテナ付き Wi-MAX（ワイマックス）受信装置、バッテリー付き ATX 電源を設置することで、故障の自動制御を目指すものだ。

＜ナノテクを使った蓄電装置開発ベンチャーに注目＞

このほか、次世代エネルギー技術をめぐる動きとしては、チェコのベンチャー企業ヘダがナノテクを使った蓄電装置を開発し注目を浴びている。同社はナノテクを利用して電池サイズをコンパクトにすることで、1キロワット時 (kWh) 当たり 0.025 ドル以下での蓄電を可能にした。リチウムを原材料としたナノ素材を使用し、低コストを実現しただけでなく、高い安全性、耐久性、100%のリサイクル率も達成したという。本製品は欧州以外でも特許を取得しており、知的財産対応も既に終わっているという。

ヘダのプロハース社長によると、現時点ではプロトタイプの製造をしているが、チェコとドイツにおける蓄電池の大量生産の計画があるほか、電力系統用の大型蓄電施設の構想もあり、中国や米国の企業とも交渉をしている。特にドイツでは、再生可能エネルギーの安定性を確保するために蓄電技術に対する補助金も支給されることから、前向きに検討しているという。また、同社の技術は自動車産業にも適用可能で、日本企業とも接触していることを明らかにした。



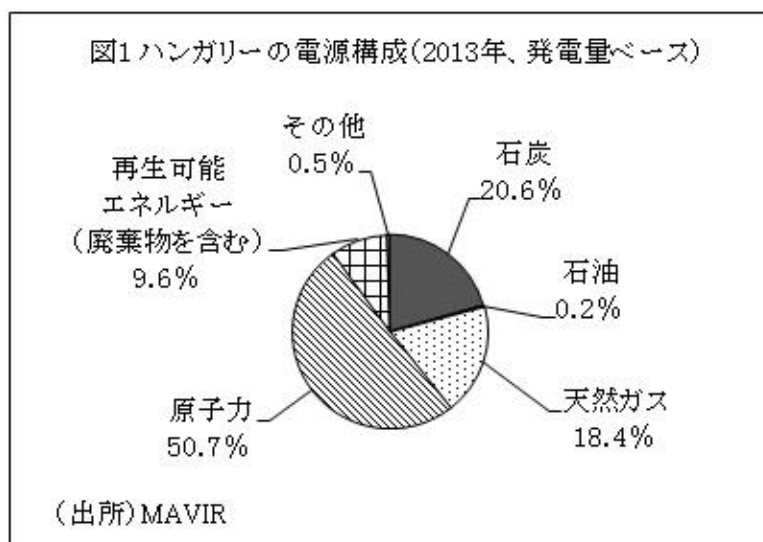
ヘダのプロハース社長(ジェトロ撮影)

(村上義、中川圭子)

22. 発電以外で利用が進む再生可能エネルギー（ハンガリー）

<料金強制引き下げで発電事業者の経営悪化>

ハンガリー送電システムオペレーター（MAVIR）によると、2013年のハンガリーの電源構成は、原子力 50.7%、石炭 20.6%、天然ガス 18.4%、太陽光など再生可能エネルギー9.6%などとなっている（図1参照）。



発電事業者は主力設備の高効率なガスタービンコンバインドサイクル（GTCC）への転換を進めてきたが、2013年から始まった公共料金の強制引き下げにより経営状況が悪化し、職員のリストラや限定的な運転を余儀なくされただけでなく、非効率の発電所は閉鎖に追い込まれている。

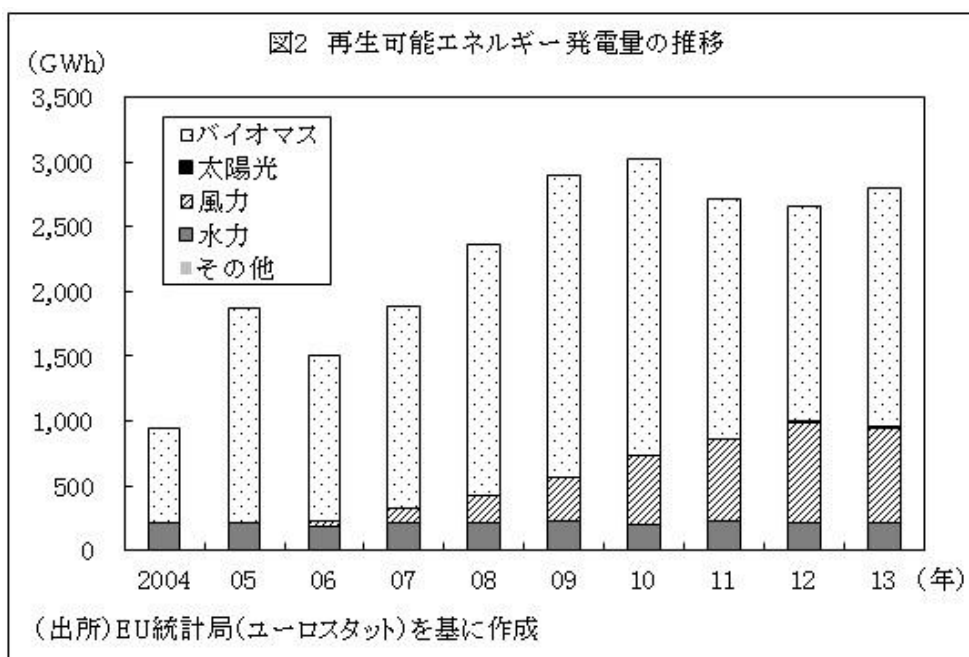
また、発電用天然ガスのほとんどをロシアからの輸入に頼るハンガリーは、エネルギー自給上、原子力発電を重視しており、原子力を安定電源として推進する方針だ。国内唯一の原子力発電所であるパクシュ原子力発電所はロシア製の原子炉で拡張されることが決定されているほか、燃料となるウランもロシアから輸入するため、ロシア依存が続くことになる。

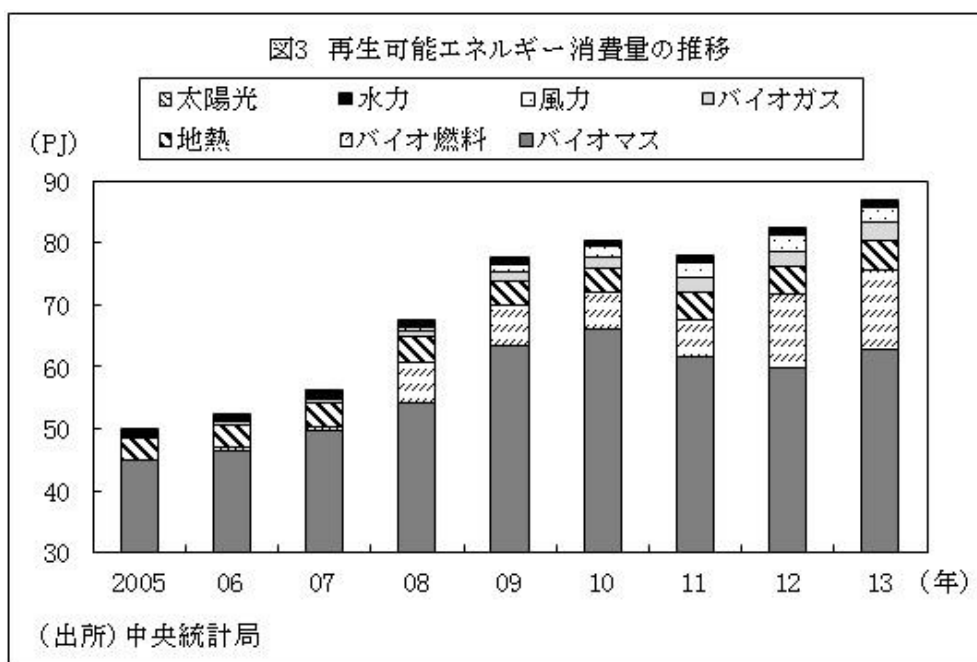
ハンガリーは、国内の需要を賅うのに十分な発電設備を有している。しかし、隣国との間の電力輸出入（2014年）をみると、電力輸入が1万9,078ギガワット時（GWh）、輸出が5,690GWhと、大幅な輸入超過となっている。これは、自国で全ての電力を賅うよりも、電力を輸出入する方がコストメリットが大きい場合があるためだ。ハンガリー南部に位置するパクシュ原子力発電所に近いクロアチア、セルビアの間では輸出超過となる一方、

オーストリア、スロバキア、ウクライナ、ルーマニアとの間では輸入超過となっている。もう1つの隣国であるスロベニアとは送電線が接続されていないため、国際連系線を新設する計画だ。また、電力輸入が多いスロバキア方面から、工業団地として発展が見込まれている東部とアウディの工場がある西部への連系線の増設計画もある。

<再生可能エネルギーの7割がバイオマス由来>

2010年12月に発表された「再生可能エネルギーアクションプラン」では、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに14.65%にすることが目標とされ、その後2030年までに20%に引き上げる目標が追加された。2013年のハンガリーの最終エネルギー消費〔959ペタジュール(PJ)〕に占める再生可能エネルギー(82.8PJ)の割合は8.6%と、目標達成のための2013年時点の導入見通し7.5%を上回った。再生可能エネルギーの内訳をみると、72.2%がバイオマスに由来する(図2、図3参照)。





ハンガリー東部に位置するマートラ発電所が、石炭火力からバイオマス混焼に転換するなど発電で利用されることもあるが、地域暖房のための熱供給にも利用されている。自動車用のガソリンにバイオエタノールを混ぜることが義務付けられたことから、トウモロコシなどからバイオエタノールを作るプラントが稼働しており、バイオ燃料のシェアが14.7%となった。地熱は5.4%とまだまだ低いですが、地熱による地域暖房の普及が進められており、アウディなどの企業向け地熱暖房を供給するケースが出ている。電力固定価格買い取り制度（FIT）が適用される風力発電は、主にハンガリー西部で盛んだ。太陽光発電もFITが適用されるが、買い取り価格が低く売電で利益を得られないため普及が遅れていた。しかし、2015年に入り、マートラで大規模な太陽光発電所が運転を開始し、南部のペーチでも大規模発電所の建設が進むなど、存在感が増している。

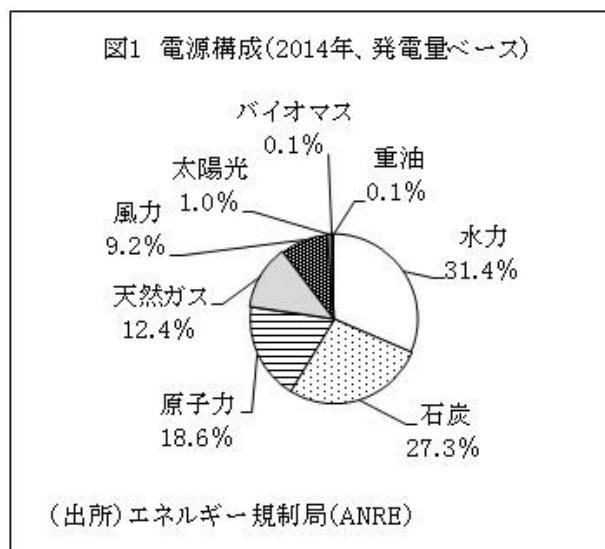
政府は、2020年における再生可能エネルギーの内訳として、バイオマス50%、輸送用（バイオエタノールなど）18%、地熱14%、風力5%、ヒートポンプ5%、バイオガス4%、太陽光3%、水力1%を見込んでいる。

（三代憲、バラジ・ラウラ）

23. 南東部に風力など電源が偏在（ルーマニア）

＜再生可能エネルギーのほとんどは風力＞

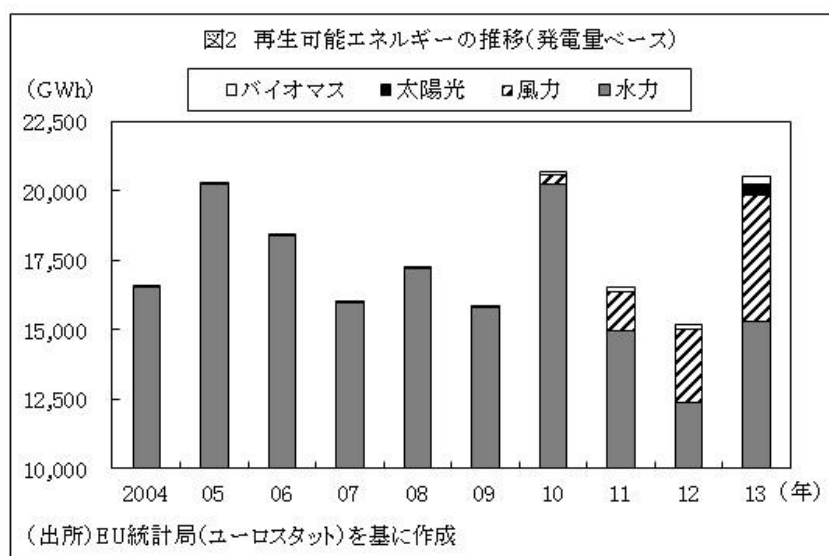
エネルギー規制局(ANRE)によると、2014年のルーマニアの電源構成は、水力(31.4%)、石炭火力(27.3%)、原子力(18.6%)、天然ガス(12.4%)の順になっている(図1参照)。



ルーマニアは欧州では珍しく、天然ガスの豊富な国〔推定埋蔵量は 1,600 テラワット時 (TWh)〕だ。2015年7月の天然ガスの自給率は99.96%で、輸入は残り0.04%にすぎない。年統計が発表されていないものの、2014年の各月の国産自給率は約8割～9割で、ガスは熱利用のみならず、電力にも活用されている。

再生可能エネルギーについては、風力が電源構成全体の9.2%、太陽光が1.0%、バイオマスが0.1%と、ほとんどが風力によるものとなっている。

政府は新たなエネルギー戦略(2015～2035年)を策定中で、エネルギー戦略としては2007年に策定された2020年までの戦略が最新となる。また、再生可能エネルギーについては2010年策定の「再生可能エネルギー国家行動計画」がある。同計画によると、2020年までの再生可能エネルギー発電量の導入目標は3万1,388ギガワット時(GWh)で、エネルギー消費量に占める割合は24%になっている(表、図2参照)。



<電力系統安定化へトルコと2国間プロジェクト>

国内の送電・配電などの電力系統安定化関連プロジェクトとして、トルコとの黒海海底送電網プロジェクトがある。ニツァ・エネルギー担当相（当時）は2014年1月、トルコのタネル・ユルドゥズ・エネルギー天然資源相と、ルーマニア・トルコ間での電力接続協力に関する覚書を締結した。このプロジェクトは、ルーマニアとトルコとの2国間における海底送電網を整備することで、必要な時に互いの発電能力を融通し合えるようにすることが狙いだ。

国内の風力発電は全て陸上風力発電だが、立地場所は風況の良い南東部の黒海方面に多い。また、国内唯一のチェルナボダ原子力発電所も、同じく黒海方面にある。同原子力発電所では現在、1号基と2号基が稼働中で、3号基と4号基を建設する計画がある。国営ヌクレアエレクトリカと中国広核集団（CGN）は2015年10月、同建設に関する覚書を締結した。

首都ブカレスト周辺など、人口が多く産業が集積する都市の多い南部や、中・西部では電力消費が大きいため、電力系統が混雑することがある。トルコ向けの黒海海底送電網プロジェクトは、この混雑の緩和が狙いともいえる。

同プロジェクトには、イタリア電線メーカーのプリズミアンも参加している。同社は2015年2月、国内送電会社トランスエレクトリカなどと、同プロジェクトの事業化可能性調査に協力する覚書を締結した。同社は、南部スラティナに光ケーブルと高圧線〔海底用、最大150キロボルト（kV）〕の生産拠点を建設することも同時に発表している。

（古川祐）

24. 再生可能エネルギー1%未満、現地調達次第の事業拡大（ロシア）

<2020年までに再生可能エネルギー4.5%が目標>

送電会社の統一エネルギー・システムによると、ロシアには2014年末時点で約700の発電所があり、総発電容量は23万2,451.81メガワット（MW）だ。電源別にみると、火力が66.1%、水力が17.1%、原子力が16.8%となっている。

一方、再生可能エネルギーの発電容量は小さく、供給量の1%にも満たない。しかし、再生可能エネルギーの潜在力への期待は、環境汚染問題の深刻化などに伴い高まっている。「2030年までのロシアのエネルギー戦略」によると、2020年までに再生可能エネルギーを利用した発電・消費量を4.5%に拡大するとしている。2015年7月には、ロシアは国際再生可能エネルギー機関（IRENA）に加盟した。同機関への加盟により、再生可能エネルギーの導入や利用方法、最新の調査結果へのアクセスの機会が広がるほか、国際基準の策定にも関与できるようになる。

<投資家が投資資金回収の保証を受けるには部品の現地調達が必要>

政府は2013年に、卸電力市場での再生可能エネルギープロジェクトの支援メカニズムを承認した。入札によってプロジェクトを選定し、一定の要件を満たす投資家は、15年で投資資金を回収できる保証を受けられる。要件には、特定の期間内に発電所を建設することや、再生可能エネルギーの施設と認められることなどがあるが、プロジェクト実施上で問題となりやすい要件は、部品の現地調達だ。風力発電所では部品の55~65%、太陽光発電所では50~70%、小水力発電所では20~45%がロシア国内の企業に製造されたものでなくてはならない。

さらに2015年1月、政府は小売り電力市場における再生可能エネルギープロジェクトの支援メカニズムを承認した。本メカニズムの対象にはバイオガス発電、バイオマス発電、太陽光発電、風力発電、小水力発電が含まれる。この政府決定により、送電会社は再生可能エネルギーによる小売り電力を購入する義務を負い、再生可能エネルギー発電施設を整備した企業の投資資金の回収に充てられる。一方、投資家は投資資金の回収（回収期間：15年）が保証されるためには、卸電力市場と同様に、部品の現地調達などの要件を満たさなくてはならない。

<風力発電では現地調達困難で開発に影響も>

政府による推進もあり、現在さまざまな再生可能エネルギープロジェクトが進む（表参照）。しかし、現地調達要件を満たすのが難しいために、大きな進展のない分野もある。風力発電分野では、メガワット級の風力発電機の基幹部品を生産する工場がロシアにない。

幅広く再生可能エネルギー事業を展開する国有企業エネルギー・ソイツァは2013年、発電容量105MWの風力発電所建設事業（期間：2016～2018年）を決定したものの、現地調達
の要件をどうすれば満たせるか分からないまま、パートナー探しを続けている。

ロシアにおける再生可能エネルギー関連プロジェクト事例

企業	地域	概要
ヘベル	オレンブルク州	2015年5月、発電容量5メガワット(MW)の太陽光発電所が稼働。オレンブルク州全体で太陽光発電所建設9件(総発電容量95MW)を計画
	バシコルトスタン共和国	2015年10月、ロシア最大となる10MW容量の太陽光発電所が稼働。バシコルトスタン共和国全体で発電所建設計7件(総発電容量59MW)を計画
	チュワシ共和国	2015年2月、太陽光モジュールの生産を開始。投資額は約200億ルーブル(約300億円、1ルーブル=約1.5円)
エネルギー・ソイツァ	モスクワ州	モスクワ州ポドリスクに、年間発電量200MWの太陽光発電モジュール工場を建設。投資額は約100億ルーブル
ソラル・システムズ	タタリスタン共和国	年間発電量100MWの太陽光発電モジュール工場を建設。2016年に稼働、年間33万台を生産の予定
ルースキー・ベテル	チュワシ共和国	中国の連雲港中複連衆複合材料集団と合併で風力発電機のブレード製造工場の建設を計画
RAO東部エネルギーシステム	極東連邦管区	極東で11の太陽光発電所を稼働したほか、風力発電事業4件を実施。極東全体で合計178の太陽光発電所・風力発電施設(総発電容量146MW)の建設を提案
アイト・エネルギー	ベルゴロド州	太陽光、風力、バイオガス発電事業を実施。ロシアでのバイオガス発電は同社が第1号

(出所) 各社ウェブサイト、各種報道を基に作成

ロシア風力エネルギー協会のイーゴリ・ブルィズグノフ会長は「残念ながら、今のロシアではメガワット級の風力発電機の安定的な製造はできない。今は新たな製造施設の建設や技術導入への投資が必要な時期」と話す。風力発電事業でマネジメントサービスを提供するルースキー・ベテルは2015年2月、チュワシ共和国政府、中国の連雲港中複連衆複合材料集団と風力タービンのブレード製造工場の建設について協議を行った（「イズベスチヤ」2015年3月5日）。

また、再生可能エネルギーへの投資の主要な資金源である石油ガス分野からの収入の減少や、プロジェクトに対する融資の優遇措置および政府の補助金がないことも再生可能エネルギー導入の推進を遅らせている、と指摘されている。

(エカテリーナ・クラエワ)

25. 急伸するエネルギー需要、民営化で供給改善（トルコ）

＜再生エネルギー開発と同時に電力部門を効率化＞

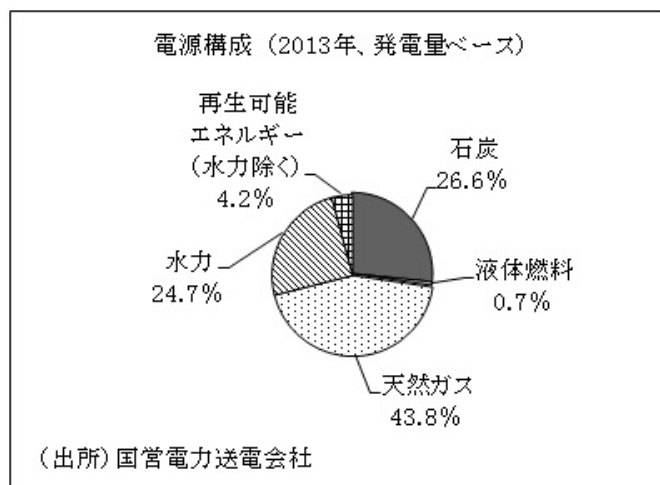
トルコ経済における最大のリスクであり構造的な問題が経常赤字だが、その中で最も注目されている1つがエネルギーの輸入問題だ。トルコのエネルギー需要は、経済の発展に伴い急増しているが、国内のエネルギー資源に乏しいトルコは外国からのエネルギー輸入に大きく依存している。このため政府は、エネルギーの輸入依存度の低減と供給網の拡充という二重の対応を求められている。政府は、原子力発電所建設計画を策定、水力、風力、地熱、太陽エネルギーなどの再生可能エネルギーの開発を進めるとともに、民営化を通じた電力部門の効率化を図る。

トルコ開発省による第10次5ヵ年計画（2014～2018年）では、エネルギー分野に関して、国際エネルギー取引でのトルコの戦略的な地位を強化させることを主な目的として、以下の5施策に取り組むとしている。

- (1) 安定的かつ最小コストで消費者へエネルギーを供給
- (2) 供給源の多様化
- (3) 再生可能エネルギーの最大限の利用
- (4) 原子力技術の速やかな習得
- (5) エネルギー使用量・廃棄物の削減、環境負荷の最小化

経済成長に伴い、急増する電力需要への対応は急務となっており、電力の安定供給が重要な課題となっている。トルコの電力需要は、1970年代中ごろから毎年平均7.3%上昇しており、2023年まで年平均6～7%増大すると見込まれている。このため発電設備容量を今後10年間で、現在の64ギガワット（GW）から125GWまで倍増させる必要がある。

2013年のトルコの発電量は前年比0.3%増の2,402億キロワット時（kWh）、消費は1.6%増の1,981億kWhだった。トルコの電源構成では、水力（24.7%）を中心とした再生可能エネルギーのシェアは28.9%にとどまる（図参照）。



<新電力市場法で規制緩和>

こうした中、政府は2013年3月30日、新電力市場法を官報で公表、同日付で施行した。同法では、再生可能エネルギー分野で規制が緩和され、1メガワット（MW）未満の発電には認可が不要となり、閣僚評議会の承認があれば5MWまで認可なしで発電が可能となる（第14条）。また、同年10月、2011年に施行された再生可能エネルギー固定価格買い取り制度（FIT）法の適用期間（2005～2015年）が、2015年までに稼働しているものに対して2020年まで延長されることが発表された。また、エネルギー効率を高め、エネルギーの輸入依存度引き下げに寄与する投資に対してインセンティブを与える、投資インセンティブ制度も設けられている。

トルコの再生可能エネルギー資源は、豊富な水資源を利用した水力発電が主体で、潜在的な発電電力量は4,300億kWhと欧州最大規模とされている。最近有望視されているのが風力で、その潜在的な発電能力は4万8,000MWとされるが、現在までに開発されているのは、わずか3,000MWにとどまる。また、地熱発電の潜在的発電能力は世界7位の3万5,000MWとされ、南西部の地中海地方の火山帯地域が最も有望とされている。太陽光発電は数カ所稼働しているにすぎない。トルコの平均日照時間は1日当たり7.2時間、年間平均2,700時間で、理論上は8,700万トンの原油による発電量に相当し、太陽光エネルギーでは世界最大のドイツを上回るにもかかわらず、送配電系統に接続されているのは1カ所のみで、実際には太陽熱による湯沸かし程度でしか利用されていないのが現状だ。トルコの太陽エネルギー協会（ISES）によると、トルコの太陽光発電の潜在的な発電電力量は年間3,800億kWhで、トルコの電力消費量2,000億kWhを上回る規模にある。

（中島敏博）

26. 再生可能エネルギー源を重視する政策（トルコ）

<2023年までに発電容量を倍増>

トルコの電力消費量は、2023年までに年間6%以上増加すると予測されている。エネルギー天然資源省の試算によると、安定供給のためには1,200億～1,300億ドルの投資が必要となる。このような中、公正発展党（AKP）政権は、外資を含めた民間企業の大規模なエネルギー開発への参画を期待している。同省は、2023年までにトルコのエネルギー需要が5,000億キロワット時（kWh）まで増加すると予測し、これに応えるために発電容量を倍増させる必要があるとし、以下のような意欲的な目標を掲げた。

○電源開発計画

- ・総発電設備容量を現在の64ギガワット（GW）の倍以上となる125GWとする
- ・総発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合を30%にする
- ・送電網の全長を6万717キロにする
- ・配電設備の総設備容量を15万8,460メガボルトアンペア（MVA）にする
- ・盗電を減らし、配電ロスを5%に低減するために、より効率的に送電可能な次世代電力ネットワーク（スマートグリッド）を普及させる
- ・天然ガス貯蔵能力を現在の26億立方メートルから50億立方メートルまで増強する
- ・炭鉱地域に総設備容量1万8,500メガワット（MW）の発電所を建設する
- ・民間を主体に水力発電の設備容量を現在の約2万MWから倍増させる
- ・風力発電の設備容量を2万MWにする
- ・地熱発電の設備容量を600MWまで増強する
- ・太陽光発電の設備容量を3,000MWまで増強する
- ・発電におけるガス火力依存を現在の約5割から3割以下にまで引き下げる
- ・原子力発電所（2件：5,000MW）を400億ドル投じ建設、2023年までに稼働させる

<EU諸国との共通エネルギー市場構築を目指す>

トルコの主な電気事業者は、国営のトルコ発電会社（EUAS）、トルコ送電会社（TEIAS）、トルコ配電会社（TEDAS）、トルコ電力取引契約会社（TETAS）からなる。発電部門に関しては、民営化を通じて民間の比率は、2002年の32%から2015年には75%に拡大した。また、TEDAS傘下にあった21の配電会社の民営化は2014年8月末に完了し、100%民営化されている。

TEIASは系統運用者で、国内の送電線および国際連系線の運用、管理、計画、建設を行う。1970年代は発電設備が南東部に集中し、そこで発電された電力の多くが北西部のマラマラ地域に運ばれ消費されたが、現在、南東部の需給はほぼバランスが取れており、西部

の供給力も増強されている。近年、送電の電力損失率は改善しており、2.5%未満となっている。一方、配電の電力損失率は盗電が多い東部、南東部を中心に高いと指摘されている。南東部のディジュレ電力会社管轄地域では、人口の71.4%規模で非合法的な電力使用が行われているとされ、本来なら電気料金総額は64億トルコ・リラ（約2,560億円、1リラ=約40円）となるが、実際の徴収額は15億リラにとどまり、49億リラの損失となる。最終的に損失額は電気料金全体にかかるため、1世帯当たり140リラの追加コストを強いられたかたちになる。送配電線網の安定性と信頼性の向上のためにスマートグリッドの普及が重視されており、2015年までに約50億ドルがスマートグリッドに投資された。

トルコは現在、ブルガリアやシリアなど8ヵ国との間で電力の国際連系線を有している。このほか、ジョージア、イランとは新たな送電線建設が進んでおり、ルーマニアとの間でも新たな建設が計画されている。トルコはEU諸国との共通エネルギー市場を築くため、自国のエネルギーシステムを欧州送電協調連盟（UCTE）に接続することを目指している。

（中島敏博）

レポートをご覧いただいた後、アンケート（所要時間：約1分）にご協力ください。

<https://www.jetro.go.jp/form5/pub/ora2/20160070>

「電力安定供給に貢献する次世代エネルギー技術」

2016年10月発行

独立行政法人 日本貿易振興機構
〒107-6006 東京都港区赤坂1丁目12番32号
電話(03)3582-5569 海外調査部 欧州ロシア CIS 課