HEINRICH BÖLL STIFTUNG

エネルギー転換 ドイツのエナギーヴェンデ

エネルギー転換
ドイツのエナギーヴェンデ

著者:クレイグ・モリス、マーティン・ペーント

企画・製作:ハインリッヒ・ベル財団

Energy Transition
The Global Energiewende

エネルギー転換 ドイツのエナギーヴェンデ

1 エナギーヴェンデが必要な理由 4

A	気候変動との闘い	5
B	エネルギー輸入の削減	8
C	技術革新とグリーン経済の促進	10
D	原子力発電のリスク削減と根絶	13
E	エネルギー安全保障	15
F	地域経済の強化と社会的公正の実現	17

2 クリーンエネルギー政策 20

A	脱原発	21
B	固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法	24
C	排出量取引	30
D	環境税	33
E	コージェネレーション法	35
F	再生可能エネルギー熱法と市場活性化プログラム（MAP）	37
G	送電系統整備迅速化法	39
H	省エネルギー令（EnEV）と資金援助スキーム	41
I	エコデザイン／ErP指令	45
J	国際気候イニシアチブ	47
K	欧州連合との連携	48

3 主要課題の技術的側面 50

A	エネルギー効率	51
B	石炭火力発電の減少	56
C	風力	60
D	バイオマス	65
E	太陽光（PV）	67
F	その他の自然エネルギー	72
G	系統と電力貯蔵	75
H	柔軟な発電（ベースロードはもう要らない）	80
I	人々による人々のためのエネルギー	84

4 エナギーヴェンデの歴史 88

A	エナギーヴェンデ年表	89
B	「エナギーヴェンデ」という言葉の由来	93
C	ヴィール – 中止された原発建設計画	94
D	オイルショック	95
E	チェルノブイリ – 徐々に現れはじめた変化	96
F	太陽光発電の全額補償	97
G	欧州司法裁判所の判決：固定価格買取制度は国庫補助金ではない	98
H	再生可能エネルギー法（EEG）	99

5 欧州の状況 100

A 欧州全体で考えるエネルギー転換 101

B ポーランドのエナギーヴェンデ：EU加盟をきっかけとする本気の転換 103

C 風力発電への投資を拡大する先駆者デンマーク 106

D 準備万端：待ったなしのフランスのエネルギー転換 カトリン・グラストラ氏および 108

E チェコのエネルギー状況：自然エネルギーはわずかに進歩したが、将来への展望はまだ開けない 110

F スペインのエネルギー転換 – 今後の進むべき道は？ 113

G オーストリアとそのエネルギー転換：遅れをとった先駆者 116

H 呆然か混乱か？英国のエネルギー政策に必要なのは方向感覚 118

6 質問と回答 120

A エネルギー転換は経済的なのか？ 122

B 貧しい人々にも手の届くエネルギーを確保するためのドイツの施策は？ 125

C 自然エネルギーはいつ元が取れるのか？ 126

D 風力・太陽光発電は、導入のために消費したエネルギーを回収できるのか？ 127

E なぜ低炭素化目標だけでは不十分なのか？ 128

F 原発の段階的廃止後、ドイツの電力輸入量は増えるのか？ 129

G ドイツは福島の原発事故に過剰反応したのではないか？ 131

H 二酸化炭素排出量を削減する方法として、自然エネルギーは高くつくのではないか？ 133

I 原発の段階的廃止によって、ドイツの二酸化炭素排出量が増えることはないか？ 134

J 原子力は二酸化炭素排出量を削減する安価な方法ではないのか？ 135

K 停電は発生するのか？ 137

L エナギーヴェンデによって雇用が失われるのか？ 139

M ドイツの人々はエナギーヴェンデを支持しているのか？ 141

N ドイツはどのようにして環境保護を主導しながら産業大国であり続けることができるのか？ 143

O エネルギー集約型企業に対する自然エネルギー電力賦課金の減免制度とは？ 144

P ドイツのエナギーヴェンデにおけるシェールガスの役割は？ 146

Q なぜドイツの二酸化炭素排出量は2013年に増加後、2014年に再び減少したのか？ 148

R ドイツでは石炭の復興が起こっているのか？ 149

S ドイツにはどれだけの電力貯蔵が必要なのか？ 151

7 主な知見 152

A ドイツのエナギーヴェンデは、野心的であるが、実行可能だ。 153

B ドイツのエネルギー転換の原動力は、市民とコミュニティーである。 154

C	エナギーヴェンデは、ドイツにおける戦後最大のインフラ整備であり、経済を強化するとともに新たな雇用を創出する。	155
D	エナギーヴェンデによって、ドイツは産業基盤を維持するだけでなく、それを環境に優しい未来に適合させることを目指す。	157
E	規制と自由市場が、投資の確実性をもたらし、小企業と大企業の競争を可能にする。	158
F	ドイツは、気候変動と闘うことと脱原発が表裏一体であることを実証する。	159
G	ドイツのエナギーヴェンデは、一般に論じられるよりも幅広い。自然エネルギー電力だけでなく、輸送部門および住宅部門におけるエネルギー利用の転換も含んでいる。	160
H	ドイツのエナギーヴェンデは生活に浸透している。	161
I	エナギーヴェンデはドイツにとって経済的であり、将来的には他の国にとってもますます経済的になるだろう。	162

8 用語集 163

ハインリッヒ・ベル財団について 169

Imprint 171

1

エナギーヴェンデが必要な理由

本章では、自然エネルギーへの転換と省エネルギーの促進が必要な理由、そして今すぐそれに取り組むべき理由を述べていく。

A	気候変動との闘い	5
B	エネルギー輸入の削減	8
C	技術革新とグリーン経済の促進	10
D	原子力発電のリスク削減と根絶	13
E	エネルギー安全保障	15
F	地域経済の強化と社会的公正の実現	17

1A

気候変動との闘い

石炭、石油、ガスの燃焼により、地球の気候が過度に温暖化している。現在我々が利用しているエネルギー源は、持続的なものではない。エナギーヴェンデの主な目的の一つは、自然エネルギー源への転換と、エネルギーの効率化による需要の削減によって、脱炭素化したエネルギーを供給することである。

石炭、石油、ガスの燃焼により、地球の気候が過度に温暖化している。現在我々が利用しているエネルギー源は、持続的なものではない。エナギーヴェンデの主な目的の一つは、自然エネルギー源への転換と、エネルギーの効率化による需要の削減によって、脱炭素化したエネルギーを供給することである。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、世界中の科学者による多数の研究に基づき、気候変動の影響が広がれば破滅的な被害が生じると繰り返し警告してきた（IPCCは直接独自に調査を行うのではなく、各国で一般的に合意された科学的見解に拠って報告を行う機関である）。

2011年の調査では、66%のドイツ人が気候変動を「非常に重大な」問題であると回答した。経済危機が最大の問題であると回答したのはわずか27%だったのに対し、それを大幅に上回る割合で気候変動を非常に重大とする回答が示されたのだ。ドイツ経済はこの数年間にわたって優れた回復力を示しており、グリーンテクノロジーによる貢献もその要因の一つだが、この調査結果にはそんな背景も反映されたのかもしれない。同調査では、ドイツ人の79%がエネルギーの効率化と気候変動への対策が経済成長と雇用創出に有効であると考えていることも明らかになったが、これも驚くにはあたらない。続く2013年の調査では、気候問題の存在に懐疑的なドイツ人は全体のわずか7%だった。

ドイツの実業界も、この流れに同調している。2009年にデンマークのコペンハーゲンで開催されたCOPの直前に、ドイツを代表する企業経営者、研究者、政治家の378人を対象に行われた調査によれば、温室効果ガス排出量の削減において先駆的な役割を果たしてきたドイツは、技術的にも優位に立つことができると考える人が、調査対象者の5分の4以上を占めた。さらに、こうした動きに懐疑的だった人々も、時が経つにつれて態度を変えつつある。2014年の世界エネルギー会議の調査では、エナギーヴェンデが長期的な経済利益をもたらすと答えた人は調査対象者のわずか3分の1だったが、2015年の調査では54%に伸びた。

ドイツ人は、自分たちには行動を起こす責任があると感じていることも、さらに重要である。過去150年間にわたる二酸化炭素排出に大きく加担してきた国の一つがドイツであることを認識するとともに、今は先進工業国として、発展途上国や、気候変動により深刻な影響を受ける国に対する責任を負っていると考えているのだ。ドイツ国民は、主に次の2つの方法でこの責任を果たそうとしている。

1. 国際的な気候変動対策に向けた資金援助への貢献
2. エネルギー転換

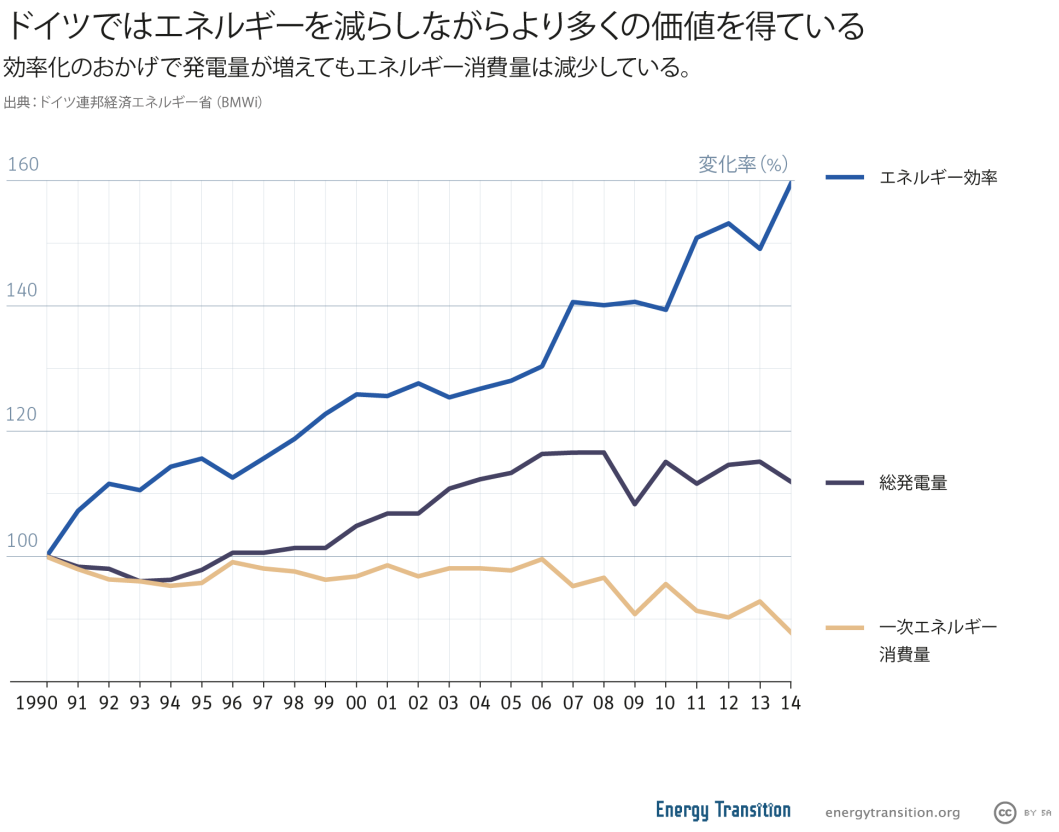
カーボン・バジェット（炭素予算）

気候の専門家たちの間では、気候は慣性に従って変化するため、今となってはある程度の地球温暖化は避けられず、大気中の二酸化炭素濃度が現在の値で落ち着いたとしても、温暖化はこの先数十年は続くだろ

うといわれている。19世紀の産業革命が始まった頃には280 ppmだった大気中の二酸化炭素濃度は、現在400 ppmを超えており、近年では類を見ない高い値となっている。

地球の気温上昇を2℃以下に抑制すれば、深刻な被害を招く変化のほとんどを阻止できるといわれている。これを実現するためには、二酸化炭素濃度を450 ppm以下に抑えなければならない。多くの科学者は350 ppmまで削減することが長期目標として妥当であると考えているが、それを達成するには大気中の二酸化炭素（CO2）の純減が必要である。ところが、現在我々はCO2を増やし続けている。

ドイツの温室効果ガス排出量は、2014年末時点において1990年比で27%減少した。その過程で、京都議定書における2012年末までに21%削減という目標は達成済みである。しかし、ドイツは2020年までに40%減、2050年までに80〜95%減という目標を掲げ、さらに上を目指している。



ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWi)

こうした目標は野心的に見えるかもしれないが、先進工業国は将来直面する結果を見越して早急な行動をとらなければならない。「炭素予算」を450 ppm以下にとどめるつもりなら、新たに大気中に排出される温室効果ガスを1兆2300億トン以内に抑えなければならない。2004年には、このような温暖化ガスが500億トンほど排出された。このペースでいくと、この予算はわずか25年で尽きてしまうことになる。つまり、理想としては、2030年から全世界で排出ゼロの実現が必要になるということだ。

さらに、発展途上国に対して発展に合わせて少しずつ排出量を増やせる権利を認めると、先進国が負担すべき排出削減量はさらに大きくなる。言い換えれば、ドイツの排出量の削減率は80%ではなく95%にしなければならなくなる。ここで注意したいのは、排出量の削減は必ずしも経済成長を妨げるわけではないということだ。1990年から2014年にかけて、EU加盟国はその温室効果ガス排出量を19%削減しながら

も、45%の経済成長を遂げた。2014年、ドイツは温室効果ガスの排出量と化石燃料の消費量をそれぞれ5%近く削減したが、経済成長率は1.6%だった。

従来型の電球の代わりにLED電球を利用するなど、多くの省エネ技術が既に利用されている。空調や暖房に関しては、パッシブハウスによってエネルギー消費をかなり抑えた快適な空間が実現している。

そして、これからもエネルギーを消費しながら、自然エネルギーのシェアを更に拡大させていくことはできる。ドイツでは、2013年にはCO2換算で推定1億4600万トン分の排出量が、自然エネルギーによって削減された。このうち1億500万トン分が、電力部門だけで削減された。また、バイオマスは一般的にカーボンニュートラルであり、つまり排出する炭素の量と植物が成長中に吸収した炭素の量がほぼ同じである。2013年、ドイツの熱および運輸部門では、バイオマスの利用によってCO2排出量が約5,000万トン削減された。

1B

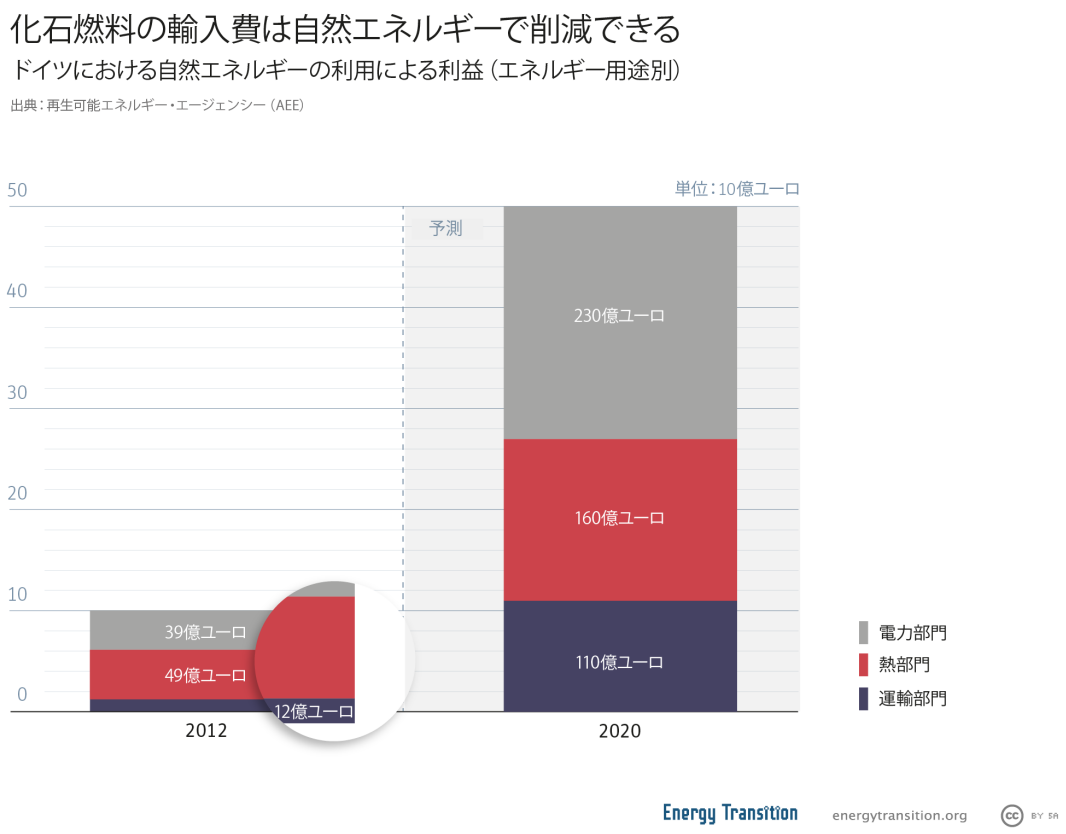
エネルギー輸入の削減

ドイツはエネルギーの3分の2を輸入に依存している。自然エネルギーとエネルギーの効率化によって、輸入を大幅に削減し、国のエネルギー安全保障を強化することができる。

2013年のドイツのエネルギー輸入額は、総輸入額の11%に相当する約900億ユーロだった。ドイツはエネルギーの3分の2を輸入で賄っており、ウランも輸入している。ドイツ連邦環境省の推定では、2010年だけで67億ユーロ分のエネルギー輸入が自然エネルギーによって削減できた。ただし、その自然エネルギーの大部分は電力と熱であり、ドイツ国内の自然エネルギー由来の自動車燃料の生産が占める割合はわずか5%程度だった。

エネルギーの効率化によっても、エネルギー輸入を大幅に削減することができる。ハイデルベルクのエネルギー環境研究所（IFEU）が経済構造研究所と共同で行った研究によると、より高効率なエネルギー消費を伴うシナリオを実現すれば、効率向上のないシナリオと比べて、2030年までにエネルギー輸入額を40億ユーロ削減することができる。しかも、その削減額はその後も増加するという。この点で、エネルギーを転換することはエネルギー安全保障の強化にもなる。

エネルギー安全保障の重要性は、近年のロシアとウクライナの紛争によっても浮き彫りになっている。フラウンホーファーIWES（風力エネルギー・エネルギーシステム研究所）による2014年の調査では、自然エネルギーの導入が拡大すれば、2030年までにはドイツがロシアから輸入するガスの消費量分を賄えるようになることが分かった。



再生可能エネルギー・エージェンシー(AEE)

1C

技術革新とグリーン経済の促進

エネルギー転換によってグリーン・イノベーションが推進され、雇用が生まれる。そして、ドイツはグリーン・テクノロジーの輸出国としての地位を確立できるようになる。

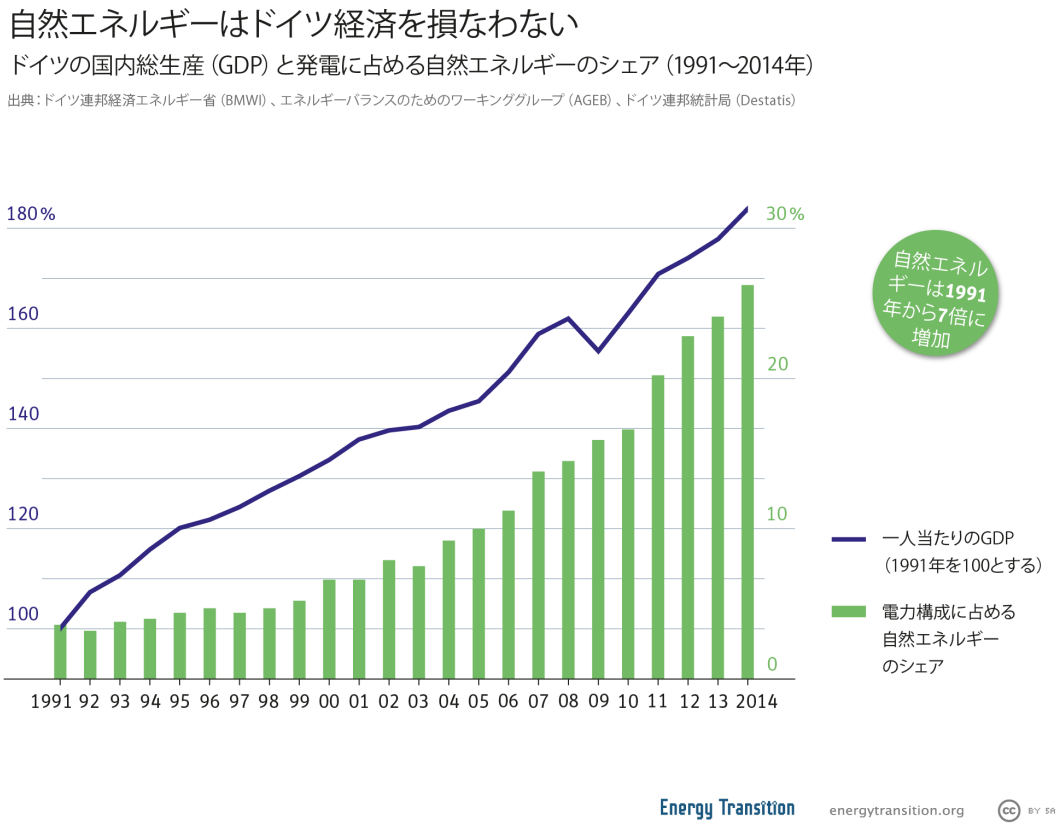
輸出を基盤とする経済大国であるドイツは、自らをグリーン・テクノロジーの先駆者と位置付けている。ドイツ連邦太陽光産業協会（BSW）の概算によると、2013年にはドイツの太陽光発電量のうち65%が輸出された。この数字は、2004年の14%、2011年の55%から着実に増えており、2020年には80%という目標が掲げられている。また、ドイツ風力エネルギー協会（BWE）によると、風力発電業界の現在の輸出率は65～70%である。

エネルギー効率を高める省エネ製品の市場も、既に重要な存在となっている。この市場は、自然エネルギー市場と同じく、これから確実に成長し続けるという点で特に重要である。ドイツはこの両市場において大きな役割を担っている。2004年、ドイツは世界の省エネ市場において、米国、日本、イタリアを上回る17%のシェアを占めた。

企業コンサルティング会社ローランド・ベルガーの調査によると、省エネ製品の市場は急速に成長し、その規模は2005年（4500億ユーロ）から2020年の間に2倍になるという。ドイツ（20%）が米国（24%）に次いで2番目のシェアを占めるこの分野の開発には、当然ながら巨額の資金が投入されている。

省エネ関連の製品やサービスの需要拡大で特に利益を得ているのは、中規模の企業である。従業員250人未満の企業から発売された環境保護製品（この中に省エネ製品も含まれる）が、市場の売上高の半分以上を占めているのだ。

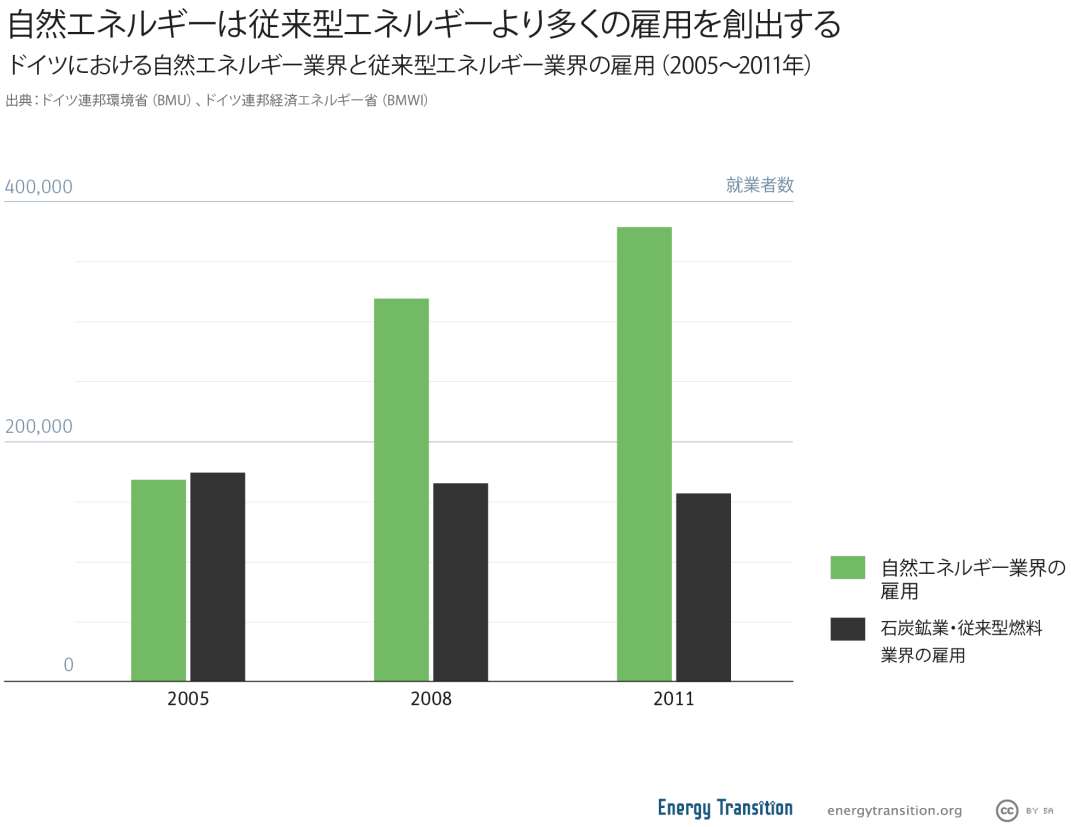
国内外のグリーン・テクノロジー市場において有利な地位を築けば、雇用も創出される。ドイツでは、2013年の時点でおよそ37万人が既に自然エネルギー業界で働いていた。ドイツ再生可能エネルギー協会（BEE）は、この数字は2020年までに50万人に達すると見込んでいる。



ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWI)、エネルギーバランスのためのワーキンググループ(AGEB)、ドイツ連邦統計局(Destatis)

しかしながら、ドイツの「グリーン・ジョブ」の就業者数は、主に太陽光発電業界の雇用削減の影響を受けて、2012年、2013年には38万人からわずかに減少した。

2015年のドイツ連邦経済エネルギー省の推定では、自然エネルギーによりもたらされる雇用の純増数は、2030年には10万人、2050年には23万人に達する見込みである。



しかしながら、ドイツの「グリーン・ジョブ」の就業者数は、主に太陽光発電業界の雇用削減の影響を受けて、2012年、2013年には38万人からわずかに減少した。2015年のドイツ連邦経済エネルギー省の推定では、自然エネルギーによりもたらされる雇用の純増数は、2030年には10万人、2050年には23万人に達する見込みである。

ドイツ連邦環境省(BMU)、ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWI)

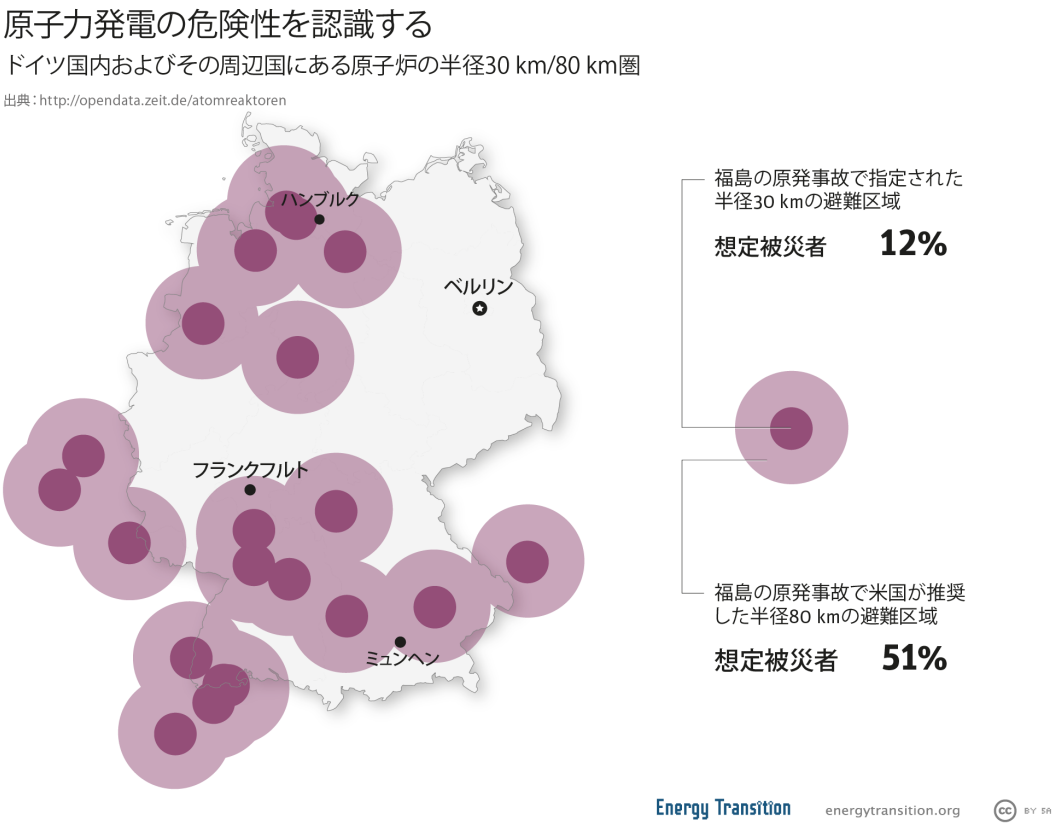
1D

原子力発電のリスク削減と根絶

危険性、コスト、未だに解決されない廃棄物の問題を理由に、ドイツは原子力発電の廃止を決めた。さらに、今後の世界のエネルギー供給において、原子力発電が主役を担う見込みはない。

環境団体がエナギーヴェンデについて議論するとき、二酸化炭素排出量に焦点をあてることが多い。原発の支持者は、かつてはひたすら「測定できないほど安価な電力」と訴えていたが、今では「低炭素技術」であることも主張するようになった（実際は発電所の建設中や、ウランの採掘中にある程度の炭素が排出されるのだが）。「低炭素技術」は、自然エネルギーだけでなく原子力にも当てはまる言葉だというのだ。

しかし、ドイツの人々は原子力と自然エネルギーの重大な違いを理解している。実際、後述の「歴史」の章で述べるとおり、エナギーヴェンデの動きは原子力発電に反対する住民運動として1970年代に始まったものである。



http://opendata.zeit.de/atomreaktoren

原子力発電には主に6つの問題がある。

1. 発電所における原子力災害のリスク（福島、チェルノブイリ、スリーマイル島の原発事故が有名だが、ウラル核惨事などのようにあまり知られていない事故もある。）
2. 核拡散のリスク（原発の軍事利用によりプルトニウムが流出）
3. 核廃棄物貯蔵施設からの放射線のリスク
4. コスト：原子力が確実な利益を見込める資源ではなくなった現在では、自然エネルギーと比べて多大なコストがかかる原子力発電所を新たに建設するにあたって銀行から融資を受けることはできない。したがって、現在欧米諸国において計画中の原発は、すべて国から巨額の資金援助を受けている。たとえば、英国で提案されている新しいヒンクリー・ポイント原子力発電所では、銀行からの融資を国が保証するだけでなく、ドイツの太陽光発電より高い固定買取価格が設定される予定である。
5. 限られたウラン資源
6. 柔軟性のないベースロード電源として、変動する風力・太陽光発電と相性が悪いこと

3つ目のリスクはこれからの世代にも受け継がれるため、さらに影響が大きくなる。次世代の人々は現在原発で発電されている電力を消費することができないにもかかわらず、その発電で生じる廃棄物を処理しなければならない。世界中の原子炉がすべて廃炉になったとしても、我々人類はその先10万年にわたって使用済み核燃料棒の貯蔵施設を保護し続けなければならないのだ。

それでも原発を支持し、こうしたリスクは管理できると考える人は、エネルギー供給を100%自然エネルギーで賄うことは不可能だと思っている。だが実際は、自然エネルギーより原子力のほうがはるかに制約の多い資源なのだ。現に、原子力発電所の廃熱利用は、今の石炭火力発電所と同じく技術的に困難であり、廃熱の回収より原子力安全保障のほうが優先されている。

一方、太陽熱はかなりエネルギー効率が高く、熱が消費されるところ（たとえば住宅の上など）に直接システムを設置することができる。バイオマス発電所からの廃熱も容易に回収することができ、そのようなコージェネレーション設備では、全体として80%をはるかに上回る高いエネルギー効率を実現できる。

原子力発電を待ち受ける本当の未来

しかし、100%自然エネルギーが可能であると信じるかどうかは、結局のところ重要ではない。そもそも原子力発電は、世界市場で見るとかなりシェアが低く、現在では世界のエネルギー供給の6%にも満たない。しかも今後10年間では、稼働開始を見込まれる発電所より廃止予定の発電所の方が多い。1973年の設立当初から原発を支持してきた国際エネルギー機関（IEA）は、2050年までに世界中の原発の数を現在（約440基）のおよそ3倍である約1,400基に増設できるとしている（毎年35基の新設に相当）。しかし、WWFの推定によると、このかなり非現実的なシナリオでは世界の二酸化炭素排出量を10%しか削減できない。この程度の効果では、気候変動への有意義な対策としては取るに足らず、時間もコストもかかりすぎる。しかも、それを実現する過程で深刻な資源不足に陥りかねない。軽水炉用のウランは、今のペースで消費していくとすると、安価に入手できるのは残り約30年にすぎない。したがって、たとえ原発のリスクを管理することができると信じ、一番の目標が二酸化炭素排出量の削減だったとしても、原発は解決策にはなり得ないのである。

徐々に自然エネルギー源に移行していくことができるのなら、未だに原発を保有しているのは無責任であり、そのリスクを次世代に引き継ぐのも倫理に反しているだろう。

1E

エネルギー安全保障

自然エネルギーによって、ドイツは輸入エネルギーへの依存を軽減することができ、結果として、化石燃料価格の予測不可能な変動や、海外の政治的問題から影響を受けにくくなる。

エネルギー安全保障とは、エネルギーを手頃な価格で入手できることを示す。中国やインドなど人口の多い国をはじめとして、次々と台頭する新興国ではエネルギーの需要が増え続けている。このままでは、需要が供給を上回り、その結果エネルギー価格が高騰することになりかねない。かなりのエネルギーを輸入に依存しているドイツは、この点で特に影響を受けやすい。

さらに、1970年代にOPECが特定の国への石油供給を制限したように、エネルギーの輸入は政治的理由によって急に途絶えてしまうこともある。数年前、ロシアがウクライナへの天然ガスの供給を停止したとき、その下流にある西欧諸国にも影響が出た。最近ではウクライナ東部で武力紛争が起こり、事態はさらに悪化している。国内で調達するエネルギーが多いほど、このように自国には責任がないかもしれない政治紛争による影響を受けにくくなる。エネルギー形態を分散させるということは、その生産国を分散させることでもある。

西欧諸国のなかでは、ドイツはロシアの天然ガスの最大の輸入国であり、輸入量も群を抜いている。さらに、ドイツの天然ガス自給率はわずか15%ほどで、ロシアからの輸入がおよそ40%を占める。

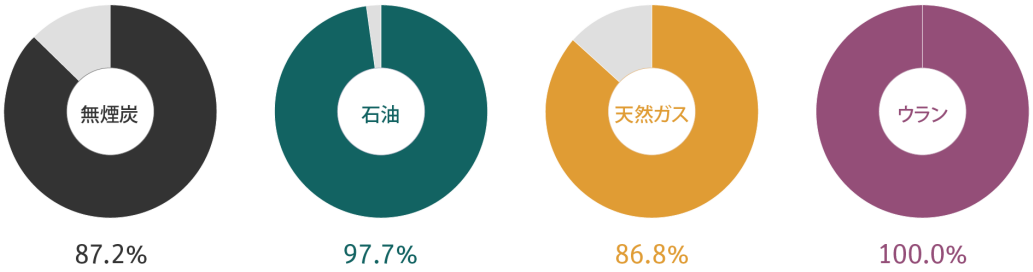
2011～2012年の冬、長引く寒波をしのぐためにガスの国内消費量が増えたことで、ロシアはドイツへの輸出を30%も削減した。ドイツにはこの差を補うのに十分な備蓄が用意されてはいるが、自然エネルギー由来のガスを国内生産すれば、より安定した供給が可能になる。

自然エネルギーと省エネによって、エネルギー消費国はエネルギー源供給国への依存を軽減することができる。過去数十年の間ずっと拡大してきたこの依存を軽減することは、世界平和を推進することにもなる。結局のところ、政治的に脆弱な地域の多くが抱えている問題は、資源をめぐる争いや「石油の呪い」と直接つながっているのだ。

自然エネルギーの拡大はドイツのエネルギー安全保障を強化する

ドイツにおける従来型エネルギー源の輸入率（2013年）

出典：ドイツ連邦経済エネルギー省（BMWi）



Energy Transition energytransition.org

ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWi)

自然エネルギーは、無数の小規模な発電設備で分散して発電されることもあれば、少数の大規模な発電所で集中的に発電される場合もある。後者の発電所には、砂漠の中の巨大な太陽光発電所や海岸沿いの大規模な風力発電所がある。（北アフリカを含む）地中海沿岸諸国に大規模な太陽光発電所と風力発電所を設置し、欧州向けの電力を発電することを目指したデザーテック・プロジェクトは、自然エネルギーの分散化が必須ではないことを示す一例である。デザーテックの支持者によると、このプロジェクトでは最適な場所が選ばれるため、発電コストが下がり、比較的貧しい国の経済発展が進み、発電の信頼性も高まるという。だがこのプロジェクトは、少なくとも自然エネルギー電力を欧州に輸出するための共同の取り組みとしては、2014年に終了してしまった。ただし、北アフリカの国々では、今も国内消費向けの自然エネルギープロジェクトが進められている。今後、政治的混乱があった場合に、北アフリカから欧州への自然エネルギー電力の輸出が続けられるかどうかは、まだ分からない。

1F

地域経済の強化と社会的公正の実現

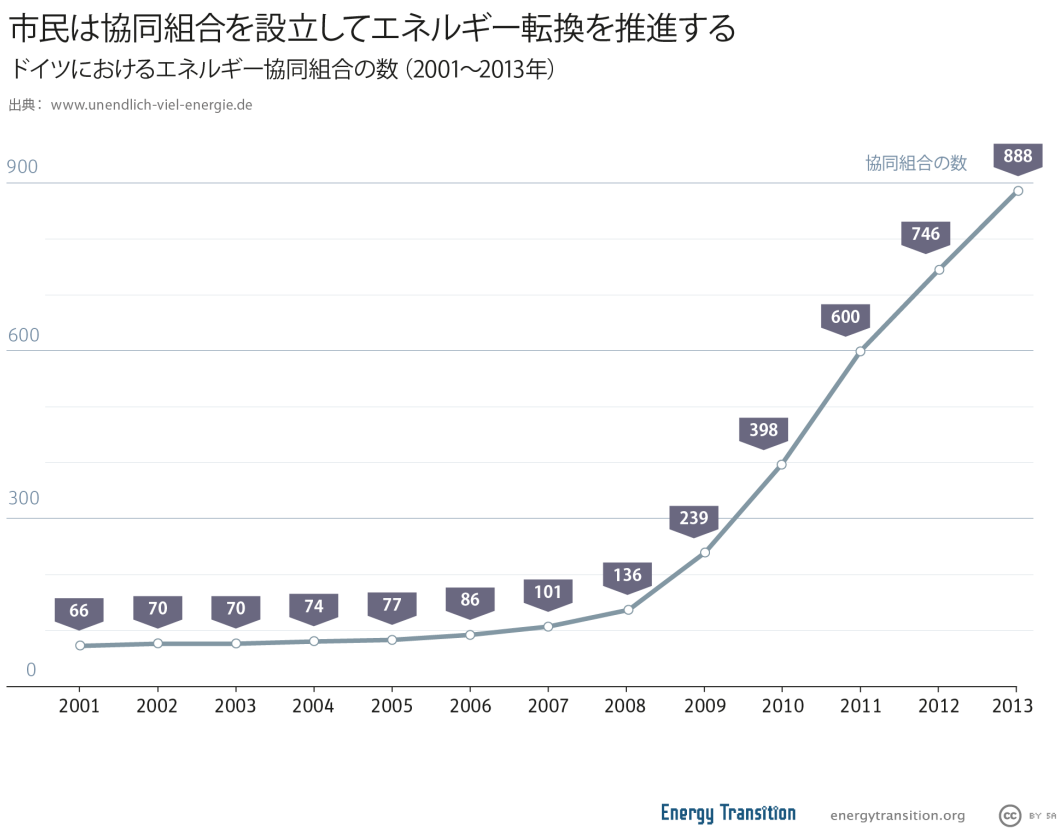
自然エネルギーを地域で所有すると、出資した地域社会は大きな経済的見返りを受ける。エネルギーの効率化と自然エネルギーを組み合わせれば、貧困層にも化石燃料の価格変動リスクを回避する手段を提供できる。

地域社会が自ら出資するプロジェクトは、外部の大企業が出資するものに比べてはるかに経済的見返りが大きい。米国立再生可能エネルギー研究所が2009年に行った調査によると、外部の組織が所有するプロジェクトと比べて「稼働期間中の経済的効果は約1.5〜3.4倍」大きいという。

地域による所有はドイツでは広く普及しているが、その他の国では大きな障害に直面している。世界風力会議2012年大会の地域所有に関する部会では、特にカナダ、オーストラリア、米国において、地域の力が「あたかも政治的論争を巻き起こす行動主義の一形態」のように見られていることが分かった。しかし、マクロ経済的に見れば、エネルギーを国内資源から購入するのと外国から輸入するのとでは、大きな違いがあるのも事実である。

たとえば、家の暖房のために灯油を輸入すると、そのお金は国外に流出してしまう。しかし、太陽熱温水器を設置して熱需要の一部を補うようにすれば、無料でエネルギーを得ることができる上、エネルギーに支払った費用のうち、国内、さらには自分の住む地域内に残るお金がはるかに多くなる。支払ったお金が、インフラ設備（学校、道路、研究など）への税金投資というかたちで、間接的な利益として自分のもとに戻ってくるのだ。ドイツでは具体的なプログラムに関する経済効果の試算が多数行われている。たとえば、政府による自然エネルギーへの資金援助の多くは、ドイツの開発銀行であるドイツ復興金融公庫（KfW）を通じて行われている。その建物改修プログラムでは、税金投資額1ユーロ当たり3〜5ユーロの税収が得られると推定されている こうした建物の改築は、灯油や天然ガスの輸入削減に貢献するだけではなく、建築業界にとっては大規模な雇用の保護および創出の機会となる。

地域で付加価値が創出されることには、変化を受け入れる意識が高まるというううれしい副作用がある。たとえば風力発電所を建設するとき、知らない外部の投資家がプロジェクトの後ろ盾となっている場合と比べて、地域の資金が投入される場合は、建設には賛成だが近所に作られるのは嫌だという意見（NIMBY主義）がはるかに少ない。ドイツでは、何百ものエネルギー協同組合が設立されている。こうした組合では、市民が集まって共同で自然エネルギーに出資しており、エネルギー効率化への出資も増えてきている。多数の発電所プロジェクトに加えて、地域社会が自ら域内の系統を管理できるように、大規模系統運用者から地域の電力系統を購入するというケースもある。



www.unendlich-viel-energie.de

ドイツの地方自治体では、特に年間の域内エネルギー生産量が消費量より多い地域を対象として、自然エネルギーとエネルギー効率化にビジネスチャンスが見出されている。自然エネルギーへの投資による地域経済の活性化については、第2 章 - I「人々による人々のためのエネルギー」で詳述する。

貧困層の保護

エネルギー転換の持つもう一つの重要な側面は、社会的公正である。特に、エネルギーの効率化は国内の付加価値を高めるだけでなく、エネルギー貧困を削減する。エネルギー貧困は、ドイツの物価上昇によって表面化した問題である。長期的に見れば、自然エネルギーの価格は安定するだろう（風力や太陽光の発電には燃料費がかからず、設備費は下がり続けるため）が、化石燃料と原子力のコストは今後も確実に変動し続ける。したがって、エネルギー転換そのものがエネルギー貧困を抑制するのに有効なのだ。

エネルギー価格の上昇で最も影響を受けるのは、低所得世帯である。このような世帯では、平均的に所得に占めるエネルギーコストの割合が大きい。しかも、省エネ改修、省エネ機器、低燃費車など、エネルギーの効率化への投資をする余裕がある可能性は極めて低い。エネルギー貧困への最も有効な対策は、低所得世帯の住宅を改修してエネルギー需要を減らすなど、大規模なエネルギー効率化対策を実施することである。

エナギーヴェンデの一環である全国的なプロジェクトとして、現在ドイツ政府の支援を受けて「エネルギー監査」が行われている。その目的は、生活保護受給者も含めたすべての人が電力、暖房エネルギー、水を節約できるように支援することである。さらに、節電・節水製品（小型電球型蛍光灯、オン・オフ

スイッチ付き電源タップ、節水シャワーヘッドなど）も支給される。このようなエネルギー監査は、エナギーヴェンデによって協力のあり方の画期的なコンセプトが生まれることを示す一例である。

2

クリーンエネルギー政策

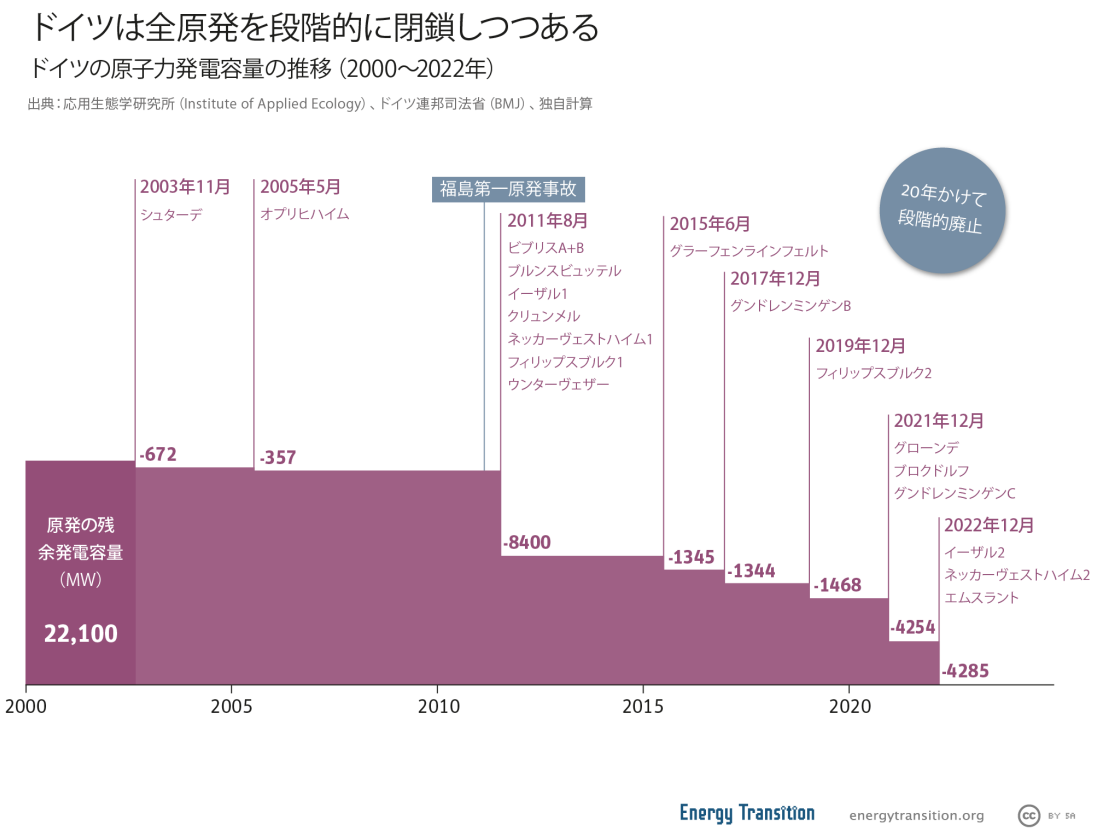
ドイツは、エネルギー転換に関する数多くの法律およびプログラムを実施しており、中にはEUレベルで行っているものもある。最も重要なものを以下に列挙する。

A	脱原発	21
B	固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法	24
C	排出量取引	30
D	環境税	33
E	コージェネレーション法	35
F	再生可能エネルギー熱法と市場活性化プログラム（MAP）	37
G	送電系統整備迅速化法	39
H	省エネルギー令（EnEV）と資金援助スキーム	41
I	エコデザイン／ErP指令	45
J	国際気候イニシアチブ	47
K	欧州連合との連携	48

2A

脱原発

脱原発は、ドイツのエナギーヴェンデの中核だ。ドイツ人は、原子力を不必要に危険性が高く、コストが高くつき過ぎ、自然エネルギーとは両立しないと考えている。2022年には、ドイツで最後の原子力発電所が停止される予定だが、2011年初めの時点では17基が稼働していた。そして、2015年初頭の時点でもいまだ9基が稼働中である（2016年3月時点では8基）。ドイツとしては、脱原発によって生じた電力不足分は自然エネルギーによる電力や、天然ガス火力発電、電力消費の削減（効率改善と節電）、需要管理、および、当面の間は、残っている既存の従来型発電所によって賄う計画である。



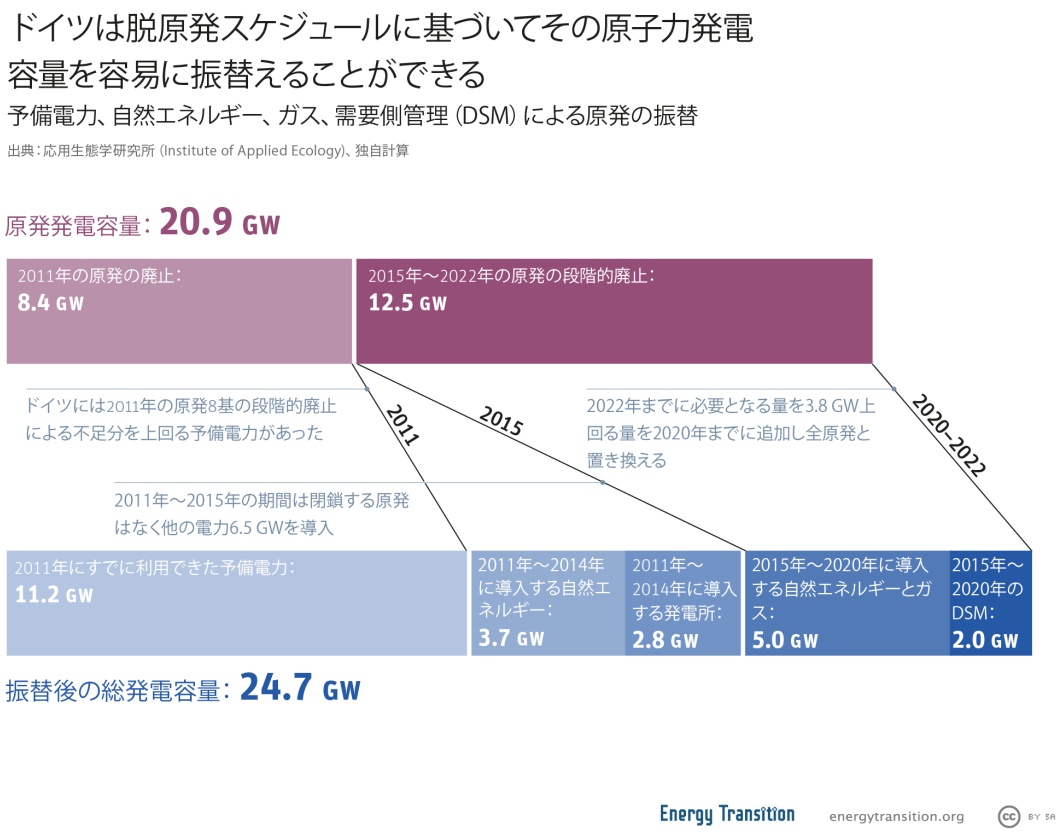
応用生態学研究所(Institute of Applied Ecology)、ドイツ連邦司法省(BMJ)、独自計算

2011年に表明された脱原発はドイツで初めて決定されたものではない。2000年にはすでに、ゲアハルト・シュレーダー首相率いる社会民主党と緑の党の連立政権が、ドイツの原発を保有する電力会社側

と、32年の平均耐用年数を過ぎた原発を停止するとの合意に達していた。当時、ドイツには耐用年数に達していない原発が19基あった。

そして、電力会社は発電量（kWh）の発電所間での配分を許可されていた。この方法で、電力会社自身が予定より早く原発停止を決定しながらも、残っている電力量を、たとえば、送電網のより重要な地域に位置する別の発電所に譲渡することも可能であった。それまでに発電した原子力発電量に応じて、2023年をめどに最後の原子力発電所を停止することになっていた。

ドイツの四大電力会社（EnBW社、RWE社、エーオン社、スウェーデンに本社を置くヴァッテンフォール社）は、シュレーダー政府と合意したこの妥協案を受け入れざるを得なかったが、様子を見ながら、原子力から自然エネルギーではなく、むしろ石炭や天然ガスに転換する戦略を進めてきたように思われる。2011年末までのドイツの自然エネルギーに対する新たな投資に占める四大電力会社の割合は合計で7%に過ぎない（国民の自然エネルギーの投資に関する詳細は、第2章 - I「人々による人々のためのエネルギー」を参照）。同時期、ドイツの電力供給に占める原子力の割合は1999年の30%から2010年には23%に落ち込んでいるが、これは19基の原子力発電所のうち2基がすでに閉鎖されたことで、脱原発がすでに進行中であったことを明白に示している。



応用生態学研究所(Institute of Applied Ecology)、独自計算

政策転換

その後、2011年3月11日に福島の原発事故が起こった。ベルリンだけで、推計9万人が街頭に出て原発に抗議した。ドイツ政府は、国内17基のうち8基の原子炉をすぐに停止することを決定した。この決定は2カ

月後に確定し、実質的には、メルケル首相の連立政権が、その前の脱原発決定をほんの数カ月保留して、似たような最終期限を再び制定したことになる。現在、ドイツは、2022年までの原発の段階的閉鎖に向けて再び取り組んでいる。残り9基の各原発についても、具体的な停止日程が定められている（2016年3月時点では、8基が稼動中）。

原発政策に対するメルケル連立政権の完全な転換にも関わらず、国民は首相の心変わりを信じていないように見える。福島の原発事故直後に行われた州選挙は、原発に関する国民投票といった印象で、大量の票が緑の党に流れ、中でも、南西部のバーデン＝ヴュルテンベルク州でドイツ初の緑の党出身の州知事が誕生したことは注目すべきである。

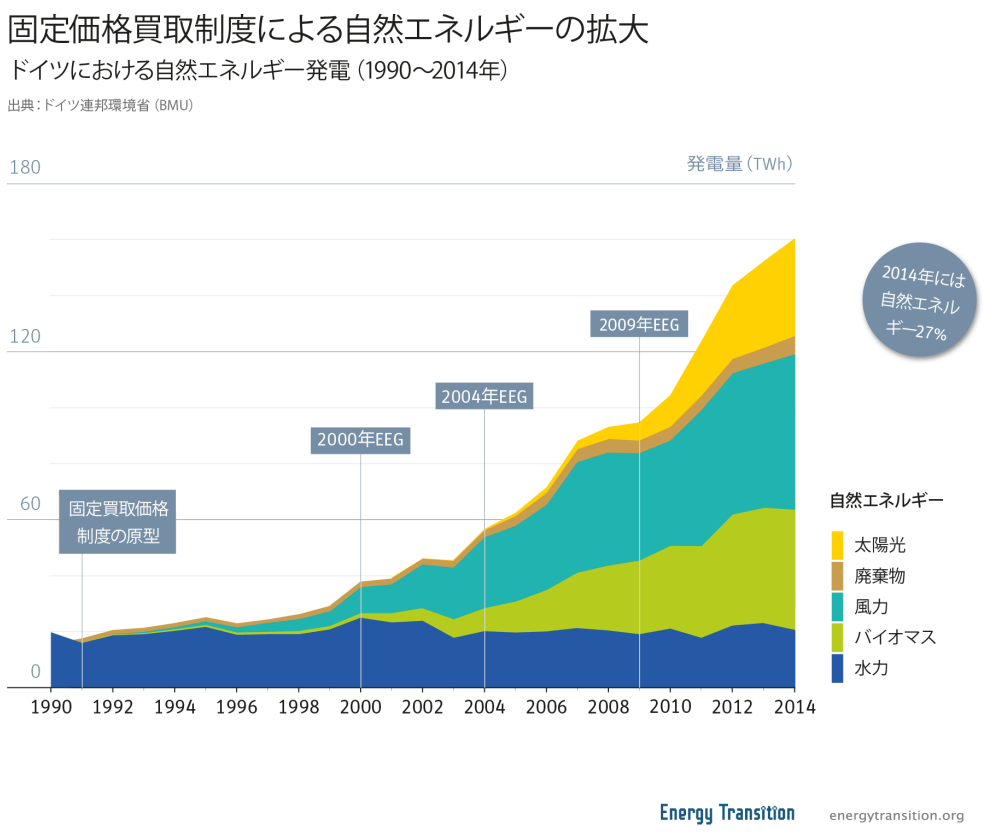
2B

固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法

おそらく、ドイツの再生可能エネルギー法（EEG）ほど、目覚ましい成功を収めて、世界中の手本となった法律は他にない。この法律は、自然エネルギーの系統への優先接続を規定し、自然エネルギーへの投資家が、電力取引所の電力価格に関係なく、投資の見返りをもたらす十分な補償を受け取らなければならないと定めている。結果として生じる投資の安全性の高さ、そして面倒な手続きがないことは、EEGが自然エネルギーのコストを大幅に削減した主な理由として挙げられることが多い。対照的に、固定枠制度（RPS制度）は、コスト抑制を目的とした様々な自然エネルギー技術の展開を確保するようなインセンティブや安全性を投資家に提供してはいない。

1990年代初頭、ドイツは、風力発電、太陽光発電、小水力発電など自然エネルギー源による発電を推進するために非常にシンプルな政策を打ち出した。2000年には、固定価格買取制度の改正、拡大、強化を行った。制度は、3年から4年ごとに見直され、法律の改正を行う（第4章 エナギーヴェンデの歴史を参照）。最後の大きな改正は、2014年8月に行われた。（第3章 - K、2014年の再生可能エネルギー法改正の項を参照）。

太陽光発電設備および風力発電所の所有者は、系統へのアクセスを保証された。系統運用者は自然エネルギー電力の買い取りを法律によって義務付けられ、その結果（狙い通りに）従来の発電所は発電量を抑制せざるを得なくなる。その過程で、自然エネルギー電力が従来型電源の発電分を直接相殺するのである。



ドイツ連邦環境省(BMU)

固定価格買取制度は、50カ国以上がドイツに倣って広く採用しているが、系統アクセスという核心は見落とされがちである。固定価格買取制度のおかげで利益が見込めるプロジェクトも、系統接続がないために、中途半端なままになっていることがある。

この点は、ドイツにおいても決して理想的な状況ではない。おそらく、ドイツのプロジェクト開発者は誰でも、系統接続の遅れに対しての不満を抱えているだろう。とはいえ、全体的に見れば、実に簡単にタイミングよく接続できる系統が大半である。ドイツのEEGに規定されている系統アクセスの条件は、おそらく他の国のプロジェクト企画者も歓迎する内容だろう。

ドイツの電力会社と締結する固定価格買取制度の標準的な契約書はたったの2ページである。それにひきかえ、米国の電力購入契約（PPA）は、70ページにもわたり、売り手と買い手（つまり電力会社）の間で個人的に交渉しなければならない。ドイツの固定価格買取制度は20年間保証され、PPAに比べれば期間も非常に長い。もう一つ重要な側面を見落としてはならない。PPAを作成するには、弁護士団とは言わないまでも弁護士が必要であるのに対し、固定価格買取制度に関する2ページの契約書は、普通のドイツ人なら問題なく理解できる。

柔軟な買取価格

買取価格は極めて簡単に説明できる。基本的には、システムのコストを、システムが耐用年数（一般的に20年間）にわたって発電すると合理的に期待できる電力量（kWh）で割ると、システムのkWhあたりのコ

ストが出る。そこに、もたらしたいと思う投資利益（ROI）を上乗せすると買取価格が出る。ドイツでは、目標ROIは一般的におよそ5%から7%である（実際にはこの数値は様々である）。

この方法により（太陽光、風力、バイオマスなどの）技術の区別だけでなくシステムの規模も区別できる。最終的には、土壌汚染などで再利用できない土地に設置した巨大な太陽光発電設備が、屋上に設置した数多くの分散型太陽光発電パネルよりも安価な電力を発電するだろう。システムの規模によって異なる買取価格を提示することにより、様々な事例の経済的継続性を確保し、それによって、大規模プロジェクトの棚ぼた的な利益を防ぐことができる。

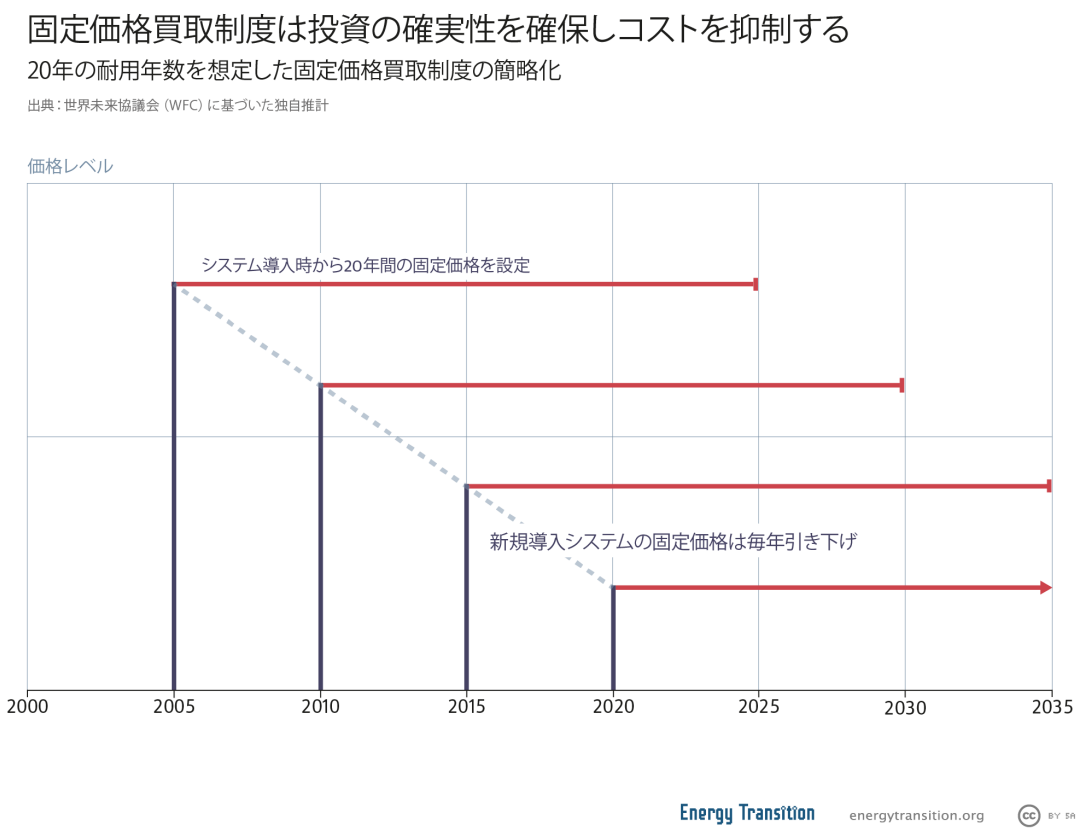
EEGは非常に野心的な目標を設定している。たとえば、電力に占める自然エネルギーの割合を2025年までに少なくとも40%から45%、2050年までに少なくとも80%にする計画である。発電をほぼ全面的に自然エネルギー源に変えるためのこの法規定は、ドイツのエナギーヴェンデの重要な柱の一つである。

固定価格買取制度に対する批判

固定価格買取制度を批判する人々は、この政策が最も安価な自然エネルギーを推進していないと非難する。

しかしながら、この結果は予期しなかったものではない。そもそもそれが、固定価格買取制度を成功させる要素なのだ。考えてみれば、（英国の再生可能エネルギー買取義務や米国の再生可能エネルギークレジットなどの）固定枠制度は一般的に、電力会社が自然エネルギーによる電力を一定量（たとえば、2020年までに10%）発電または購入することを義務付けている。そうなると、電力会社は最も安価な自然エネルギー電力を探し求めるが、それは大抵が風力発電、しかもほとんどの場合が大規模な風力発電所で、発電機が数基しかない地域主体のプロジェクトではない。しかし、ドイツは、風力発電のみに焦点を絞って、太陽光発電を買い叩くようなことはしない。

また、固定価格買取制度を批判する人々は、この政策が「勝者を選ぶ」とも非難するが、実際には、固定枠制度が常に風力発電を選ぶのに対し、固定価格買取制度は、規定した種類のエネルギーすべてを平等に支援する。よって上記の批判は、誤解に基づいたものだ。今まで、従来の電源は通常、互いに競合していた。たとえば、電力会社は、発電コストの最も安い発電所をできるだけ多く稼働したままにし、需要が増えた時だけコストの高い発電所を稼働させる。しかし、自然エネルギー電力に常に優先権があれば、コスト面で従来型の電力と競合することはない。さらに、固定枠制度では、金融機関がリスクベース賦課金を追加する。したがって、資金調達コストが固定価格買取制度よりも高くなるため、固定価格買取制度の方が投資家に長期の信頼性をもたらすことになる。



世界未来協議会(WFC)に基づいた独自推計

しかし、固定価格買取制度下では競合がないと結論づけるのは正しくないだろう。ある買取価格に対し、企業（パネルメーカーから地域の設置業者まで）は顧客獲得競争を繰り広げている。たとえば、自宅に太陽光発電設備を設置したい場合、ドイツでは、地域の2、3の設置業者から見積もりを取る。設置業者もまた、単結晶パネルにするか多結晶パネルにするか、ドイツ製にするか海外製にするかなどの選択肢を出してくるだろう。利用できるすべての業者は競合しているのだ。

市場を開放する固定価格買取制度

驚くことではないが、固定価格買取制度は不要な物価高騰を招かない。実際、ドイツの太陽光発電は世界で最も安価である。それは、太陽光が多いからではなく、固定価格買取制度による投資の確実性と成熟した市場のおかげである。 米国の太陽光に恵まれた地域よりドイツのほうがずっと安価である。, たとえば、米国で最大の最も費用対効果の高い電力会社規模の太陽光発電所は、ドイツの中小規模の設備よりもかなり高価な電力をいまだに発電している。ロッキーマウンテン研究所は、米国の産業用屋上太陽光発電（10kW～100kW）のコストを2013年末で1Wあたり4ドルを少し超える程度と見積もっているが、それに比べて、ドイツでは1.5ドル程度である。

太陽光発電用シリコン供給の問題がやっと解決した2008年まで、固定価格買取制度に反対する人は、ドイツは買取制度によって太陽光発電に金を払い過ぎた結果、発展途上国をはじめとする他の国に比べて高いコストを維持していると非難していた。しかし、2008年に物価が急落し始めてから、批判は聞かれなくなった。そうした批判がそもそも間違っていたためだ。

ドイツでは太陽光発電の固定買取価格制度の変化が価格を下落させたのではなかった。それどころか、ドイツの政治家は、大急ぎで太陽光発電の買取価格を下げて、価格下落についていこうとした。固定価格買取制度がドイツの太陽光発電の価格を他の国に比べて高く維持したと主張していた人々は、太陽光発電の買取価格削減によらずになぜ価格がそれほど下落するのかを今こそ説明する必要がある。

実を言えば太陽光発電は、依然として競争市場があるため、買取価格が変わらなくても安くなる可能性がある。屋上太陽光発電設備を設置したいと思う人は、市場で最も安価な商品を選ぶはずだ。

再生可能エネルギー法（EEG）のコスト

EEGの買取価格は定期的に引き下げられることになっており、通常は年1回引き下げて自然エネルギー電力の価格が下がり続けるようにしている。風力および太陽光に対しては、現在1年あたり2.5 GW規模を目標とする「成長コリドー（回廊）」もある。この目標を上回れば、予定よりもさらに引き下げられる。残念ながら、現在の市場設計には不備があり、自然エネルギーによって産業用の卸売価格が下がると、実質的に消費者用の小売価格が上昇する。グリーン電力は電力取引所で販売され、発電事業者に支払われた買取価格と電力取引による収益との差が自然エネルギー賦課金として転嫁される。

市場における自然エネルギーの力強い発展を維持するため、新規導入した発電システムの買取価格は毎年引き下げられる。段階的・計画的に行う価格引き下げの「逓減率」は、各種技術の成熟度によって異なる。価格は、水力が年に1%、陸上風力が四半期ごとに0.4%、太陽光が月に0.5%、バイオマスが四半期ごとに0.5%下がることになっている。バイオマス、太陽光、風力に対する逓減率は、前年の市場規模にある程度依存して変動する。太陽光発電市場が1年に1 GWを下回れば、逓減率は増加することもある。

固定価格買取制度のコストは、電力消費者に転嫁される。2015年までに、この賦課金により小売価格は、1 kWhあたり6.1ユーロセント程度上昇した。これは、電力小売価格（毎月の接続料金は含まない）のほぼ4分の1に相当する。こうした投資は、エネルギー輸入を減らすだけでなく、温室効果ガス排出量およびその結果生じる気候変動のコストも軽減する。

しかしドイツでは、自然エネルギー電力が小売価格を上げる一方、卸売価格は下がってきた。特に太陽光発電は、ピーク消費時の昼過ぎに発電する。通常、こうした時間帯には、最もコストの高い発電機も稼働するが（「メリットオーダー効果」）、現在ドイツでは、低コストの太陽光発電が、このコストのかかるピーク需要電力を大いに補っている。

必要とされる変化

皮肉なことに、自然エネルギー電力のコストから卸売電力の価格を引いた差額を賦課金として転嫁するという計算方法により、卸売価格が低下するとEEG賦課金額が上昇する。そのため、自然エネルギーは卸売電力価格が安くなると、電力価格に占める自然エネルギーの割合が大きくなったように見えるため、単なる計算方法のせいとはいえ、消費者は自然エネルギー電力がコストを上げる要因だと思ってしまう。

対照的に、エネルギー集約型産業は、この傾向から莫大な恩恵を受けている。というのも、エネルギー集約型産業は、一般に小売価格ではなく卸売価格を支払っている。さらに、エネルギー集約型の産業・鉄道会社はEEG賦課金を大幅に免除されている。言い換えれば、ドイツでは現在、消費者と中小企業が、グリーン電力のコストを過度に負担しているのだ。

しかし、EEG賦課金は次第に、貧困層がどうやって電気料金を支払い続けるのかという社会政策問題になりつつある。自然エネルギー支持者からは、エネルギー集約型産業に対する減免措置の廃止を求める声が高まっている。こうした産業界は自然エネルギーのおかげで卸売価格の低下による利益をすでに得ており、引き受ける負担を徐々に増やすべきだからである。エネルギー集約型産業が賦課金を全額支払うこと

を義務付けられれば、2015年の1 kWhあたりのEEG賦課金は、6.1ユーロセントではなく4ユーロセント程度になると見積もられる。

2C

排出量取引

排出量取引制度（ETS）は、長期にわたって排出量に制限を課している。この政策は、企業、電力部門、近年では航空部門における温室効果ガス排出を削減するためのEUの主要な手段である。EU-ETSは、野心的でなく、抜け穴だらけであると批判されているが、とにかくこの制度を立ち上げるために、政策立案者が、電力および企業の強力なロビイストに譲歩しなければならなかったことを考えると、結果は驚くにあたらない。この譲歩には、カーボンオフセット、控え目な目標、景気後退に対する調整の欠如などがある。

欧州連合排出量取引制度（EU-ETS）

産業・電力部門のEUの主な気候政策手段は、欧州連合域内の温室効果ガス排出量のおよそ半分をカバーする排出量取引制度（EU-ETS）である。全体的な目標は、各部門に対する排出量の上限を定めることである。毎年、排出許容量を削減し、効率化対策への投資や他企業からの割当量を購入することで排出量を削減するよう企業に圧力をかける。

したがって、この制度により炭素価格が決まる。排出量取引の支持者は、最もコストのかからない解決策が常に選択されると指摘する。たとえば、電力会社は、老朽化した石炭火力発電所を閉鎖し、天然ガスや自然エネルギーに切り替えて発電容量を賄うとコストが少なくてすむかもしれない。結果として、電力会社は炭素排出枠いっぱいに排出しないかもしれないため、未使用の排出枠を、比較的新しい石炭火力発電所を稼働していても排出枠の購入を要する別の電力会社に販売できる。

絶対的な上限、出足のもたつき、設計上の欠陥

しかしながら、EU-ETSの出足はもたついた。2005年に試験段階が始まったEU-ETSは、2009年から2010年にかけて全面的に見直された。炭素価格が依然として低かったため、石炭から低炭素燃料に切り替える経済的動機にはならなかった。とはいえ、政策により排出量の上限が設定されているため、ドイツの脱原発が排出量の増加をもたらすことはない。ETSが電力部門の上限を定めるため、ドイツの炭素排出量は、原発の有無に関わらず、その上限を上回ることはできない。（第7章Q&Aを参照）

制度には設計上の欠陥が多く、それが成功を阻んできた。まず、2005年に試験段階が始まった時、大量の炭素排出枠が無料で主要な炭素排出企業に分配された。それでもなお電力価格が上昇する結果となったのは、企業が無料で受け取った排出枠の価格を消費者に負担させたからである。2013年から排出枠を無料で割り当てることはなくなり、その代わり電力部門向けにすべてがオークションで売られている。主要な炭素排出企業は最終的に、自分の炭素排出枠をすべて負担しなければならない。

依然として排出枠は過剰に流通しているが、この要因には2008年以降の景気後退以外にもよく分からない部分がある。2014年に、EUはすでに欧州の取引プラットフォームの2020年目標に達した。朗報に聞こえるが、実際は、自然エネルギーの成功と景気後退にプラットフォームが対応できていないことの反映である。結果的に、1トンあたり約5ユーロの現在のレベルから、2005年当初に想定されていた30～50ユーロに炭素価格が上昇することは期待できない。2014年に排出枠の「バックローディング（入札延期措置）」

が可決され、炭素価格を安定させるため、9億トンの排出枠の販売が2019年から2020年の期間に延期された。EUは、上記の排出枠を市場から回収し、炭素市場で価格がピークに達した場合にのみ活用できる予備とするかどうかを議論している。主な問題は、2021年に始まる次の段階までに有効なプラットフォームを構築できるかどうかである。

2013年に開始され今後も拡大を続けるオフセットの役割は、引き続き大きな問題である。オフセットは基本的に、クリーン開発メカニズム（CDM）により、欧州の企業が国内ではなく発展途上国で排出量を削減できるようにするものである。残念ながら、オフセットは「追加的」であるべしという規定（つまり、プロジェクトは既存の環境法を満たすために行われたのではない）は、環境規制の厳格化を妨げている可能性がある。最終的に、規則が厳しくなればより多くの行動が要求され、そうなればCDMがさらに進むことになる。言い換えれば、プロジェクトが追加的であるべしという規定は、その他の規制を緩いままに保つという意図しないインセンティブを与えている可能性がある。 したがって、オフセットが障壁となって環境規制の強化を妨げることにならないよう措置を講じなければならない。.

概して、オフセットに対する批判は、先進国が自国の排出削減責任を発展途上国に「転嫁」しすぎて自国の経済構造改革を回避しているのではないかという問題に集中する。たとえばEU-ETSの次の段階では、ドイツ企業はオフセットによって排出削減義務の50%を達成するかもしれないが、多くの人はこの割合は多すぎると思っている。

排出量取引制度と固定価格買取制度

排出量取引制度は、固定価格買取制度と矛盾すると見なされることがある（第3章 – B　固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法）。ETSは従来の電力部門の排出量削減を目指しているが、固定価格買取制度は自然エネルギーへの投資を促進する。アナリストの中には、唯一の目標が温室効果ガスの排出削減であれば、この目標を最も効率よく達成するのはETSだと主張するものもいる。なぜなら、市場関係者が最も安価な排出削減方法を選ぶからだ。また彼らは、多くの自然エネルギーの採算が取れるのは、固定価格買取制度があるからにすぎないと非難する。

しかし実際には、自然エネルギー電力は、ドイツでは主にガス発電機および無煙炭火力発電所の電力を補い、それによって、二酸化炭素排出量を劇的に削減している。固定価格買取制度と排出量取引制度が競合すると捉えるより、固定価格買取制度のおかげで、排出量取引の炭素排出量の上限を、他の方法よりも短期間で下げられると考えるドイツ人がほとんどである。

2009年の議論では、ドイツ随一の経済研究所DIWが「We need both（両方必要だ）」と題した論文で両制度を強く支持することを明らかにし、自然エネルギーが排出量取引プラットフォームよりも早く二酸化炭素排出量を削減するポテンシャルを持っているなら、するべきことは排出量取引の目標を下げることで、固定価格買取制度を取り除くことではないのは明らかであると主張した。

現実に、2011年から2013年のドイツの石炭火力発電所に対する需要の伸びが示したように、自然エネルギーと排出量取引は両方必要である。炭素価格が上昇していたら、電力部門では石炭から天然ガスへの転換が促されただろう。

世界的に見た排出量取引

欧州以外の他の国ではこれまでのところ、排出量取引は欧州以上に苦戦している。とはいえ、排出量取引は欧州だけでなく世界中で軌道に乗ることだろう。カリフォルニア州は、2013年に独自のキャップ＆トレード制度を開始し、 炭素価格はEUよりも高い。米国東部の州では、自主参加型排出量取引プラットフォーム（地域温室効果ガスイニシアチブ：RGGI）がこれを補完している。中国では近年、 7省で試験プラットフォームが実施された。.

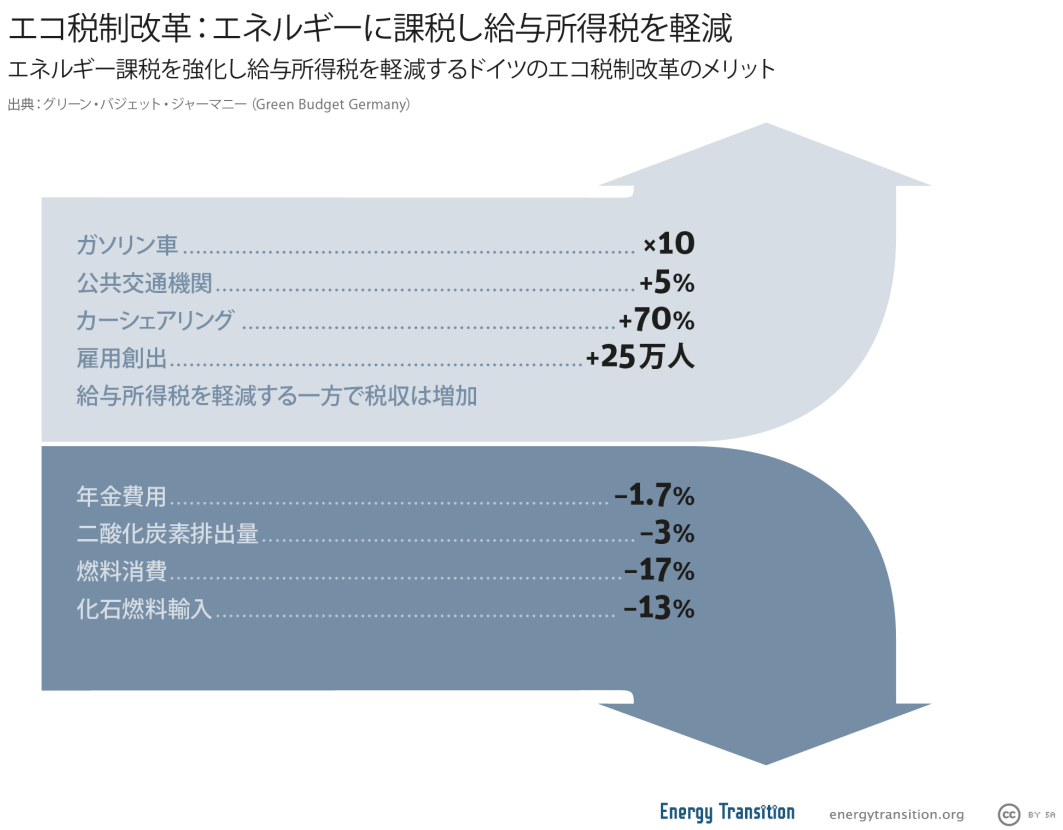
最後に、これは重要なことだが、ドイツは京都議定書の目標を達成しただけでなく、目標を上回る大成功を収めた数少ない国の一つである。2012年末までに1990年のレベルから21%削減するという、どちらかといえば野心的とも思える目標がドイツにはあった（英国の削減目標は12.5%、フランスは0%）が、そのうちの10%は、1990年以降に旧東ドイツの老朽化した工業部門を閉鎖または改造したという特殊な状況とも関連している。とはいえ、ドイツは大幅に目標を上回り、2012年末までに排出量を24.7%削減した。2014年末には、排出量削減は27%に達した。

しかし、2020年の削減目標である40%の達成に向けては順調とはいえない。政治的措置がさらに必要である。2014年12月、ドイツ政府は、この排出量ギャップを埋めるために気候行動プログラムを採択し、2015年春には、古い石炭火力発電所の排出量制限も検討していた。

2D

環境税

Tax the bads, not the goods（有害なものに課税し、よいものに課税しない）とスローガンが示すように、環境税は（化石燃料消費など）環境に有害な活動に対して増税される。しかし、税収は社会がよしとするもの（ドイツの場合には労働など。給与所得税を相殺するために税収が使われる）のコストを削減するために使うこともできるため、税収中立でもある。この政策は、ドイツでは非常にうまく実施され、燃料消費を削減しながら25万人もの雇用を創出し、ドイツの労働者の国際的な競争力を高めた。



グリーン・バジェット・ジャーマニー(Green Budget Germany)

1951年に導入されたドイツの石油税は、2006年からエネルギー税と呼ばれている。（最後に改定された）2007年時点で、たとえばガソリン1リットル当たり65.45ユーロセントが課税されたが、これは米国ガロン当たりでは約2.50ユーロ（3ドル超）にほぼ相当する。言い換えれば、ドイツの石油税だけで米国のガソリン価格とほぼ同額になり、その上に付加価値税も加わるのだ！

以前の石油税とは異なり、環境税は税収中立、つまり税収を別のところで相殺する。ドイツの「エコ税」の場合には、税収の一部が自然エネルギーに資金を投入する予算に回されたが、政府は、ドイツ企業に痛手を与える一番の原因が、労働者にかかるコストの高さだと考え、エコ税の大部分を給与所得税減税に使った。1999年から2003年まで、社会民主党と緑の党の連立政権の下、初めてエコ税が実施され、毎年増加した。自動車のガソリンやディーゼルだけでなく、灯油および発電用の化石燃料（天然ガス、石炭、石油、LPG）にも適用された。

Tax the bads, not the goods（有害なものに課税し、よいものに課税しない）

ガソリンスタンドで支払う税金が被雇用者年金を相殺するという考えは、当時のドイツ人に少し奇妙な印象を与えたが、実際に、これが税収中立の環境税を特別なものにしている。これは、人々が（限りある化石燃料など）「環境に有害な」ものの消費を控えるよう有害なものに課税し、（仕事など）「よい」ものを増やすようなよいものには課税しないという考え方である。さらに、エコ税は税収中立であるため、政敵は増税だと主張できない。新税は、それまで支払っていた税金を同額減税するからである。

1999年から2003年まで、ガソリン・ディーゼル税は、1リットル当たり毎年3.07ユーロセントずつ値上がりした。年間では大した金額ではないが、5年間で15.35ユーロセントの増税になる。この5年は消費者が増税への準備をする期間でもあった。燃料費の高騰に国民は様々な形で対応できたが、どれも望ましいものだった。たとえば、車の運転を控える、燃料消費を軽減する方法で運転する、低燃費車を購入する、車の相乗りを活用する、公共交通機関や自転車を利用する、歩く、車がなくても楽に生活できる都市部へ引っ越す、といった形で対応したのである。

エコ税のためのロビー活動を行うグリーン・バジェット・ジャーマニーによると、エコ税の実施期間には、毎年燃料消費が減少し、公共交通機関の利用者数は毎年増加した。同様に、低燃費車の販売も毎年増えた。さらに、給与所得税は1.7%減少し、人件費の負担が減ったことで新たに25万人の雇用が創出されたと見積もられている。

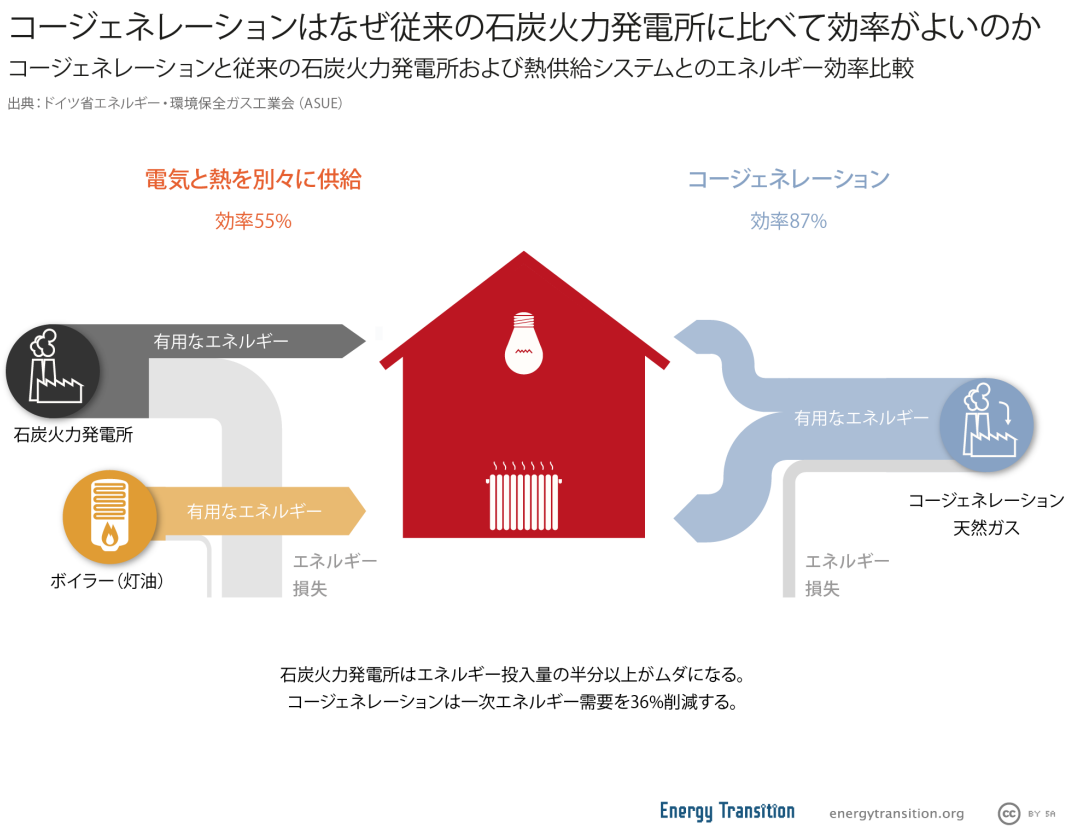
2E

コージェネレーション法

コージェネレーションは、電気と熱を別々に供給するよりはるかに効率がよいため、ドイツは電力供給の25%をコージェネレーションにしたいと考えている。そのため、コージェネレーション法は、原料に関係なくシステムサイズに応じてコージェネレーションに対しボーナスを支払う。

電力のkWhの計算と同様に熱のkWhも計算できるが、ドイツでは、自然エネルギー熱に対し固定価格買取制度を提示したことはない。その代わり、2002年にコージェネレーション法を採択した。

コージェネレーションでは、発電機の廃熱の一部を回収することによって燃料消費の全体的な効率を上げる。最初の改正施行時の2009年に設定されたドイツの目標は、コージェネレーションによる電力供給を2010年の14.5%から2020年までに25%にすることだった。熱は電気よりもはるかに簡単に効率よく蓄えられるため、通常、電力が必要な時にコージェネレーション設備を強化して、熱は将来のために蓄えておける。



ドイツ省エネルギー・環境保全ガス工業会(ASUE)

しかし、コージェネレーション設備を、電力需要と熱需要のどちらに基づいて運転するべきかがドイツで議論されている。現在の政策に反対する人々は、熱生産の不足により、ピーク需要をカバーするために効率の悪い予備の熱供給システムを使う必要が生じれば、全体的な効率が悪化する恐れがあると主張する。とはいえ、コージェネレーションが、電力と熱を別々に生産するよりはるかに効率的なことは明らかである。ドイツの省エネ団体ASUEは、コージェネレーションの潜在的な総合効率は87%であるが、電力と熱を別々に生産する場合は55%しかないとしている。

同法は、コージェネレーション設備で発電する電力1 kWhごとにボーナスを設定し、コージェネレーション電力が系統接続優先権を持つ。面白いことに、熱生産に対する特別な支払いはなく、発電に対するボーナスの形でインセンティブがもたらされる。また、発熱と発電を別々に行う場合よりも一次エネルギー消費を10%削減することが、コージェネレーション設備の効率に関する唯一の規定である。

2013年、ドイツの純電力供給の16.2%がコージェネレーションによるものだった（96 TWh）。この電源のおよそ半分が電力会社の設備で、3分の1は一般企業により運営されている。残りは小規模の設備である。さらに、同年のピーク需要の約20%をコージェネレーションが賄った（200 TWh）。

2F

再生可能エネルギー熱法と市場活性化プログラム（MAP）

ドイツの再生可能エネルギー熱法は、2020年までに自然エネルギーによる熱の割合を14%に引き上げることを目指す。新築建物の所有者は、一定の割合の自然エネルギー熱利用を義務付けられ、既存建物の所有者は建物の改修に際して資金援助を受ける。この資金援助は、経済危機の間一時的に削減されたものの、投入された1ユーロにつき民間投資で7ユーロ以上を生み出した。このプログラムは現在、元の状態に戻っている。

ドイツの再生可能エネルギー熱法は、福島の原発事故よりもはるか以前の2009年に可決された。2020年までに自然エネルギーによる熱の割合を14%に引き上げることを目標とする。新築建物の所有者は、個人、企業、公共部門を問わず、建物を賃貸する予定であっても、（太陽熱集熱器、ヒートポンプ、薪ボイラーなど）自然エネルギーシステムによる熱を一定の割合で利用することが義務付けられている。所有者は、この義務を果たす方法を自分の判断で選べる。自然エネルギーを使いたくない人には、断熱効果を高めたり、地域熱供給網やコージェネレーション設備を利用したりするという手段もある。

建物を新築する場合は、最初から自然エネルギー熱供給システムを計画できるため、再生可能エネルギー熱法は新築の場合にのみ適用される。既存の建物については、ドイツ政府は、2000年に初めて制定された市場活性化プログラム（MAP）により熱供給システムの改修を支援する。このプログラムは主に既存の建物を支援し、新築建物については特定の種類のイノベーションのみ対象となる。

住宅所有者、中小企業、フリーランサー、地方自治体は、以下の種類のシステムを対象とした特別融資を申し込むことができる。

1. 大小の太陽熱集熱器 1.（木質ペレットなどの）自動供給装置付きバイオマス燃焼炉
2. 高効率の薪ガス化装置
3. 効率のよいヒートポンプ
4. 地域熱供給システム、蓄熱、バイオガスパイプライン
5. 地熱供給システム
6. 目的は、現行の建築基準で自然エネルギーを十分に利用できない場合に、確実に自然エネルギーを利用する実用的な方法を促進することである。2015年のMAP予算は3億ユーロを上回る。

予算の信頼性

利用可能な財源の残高が示すように、MAPは、その可能性を十分に発揮していない。予算であるため、政治家の気まぐれに左右されやすく、突然支出の削減が必要になった場合にはMAPは中止されるかもしれない。先ごろの経済危機でこうした事態が起こった際には、工業生産高が低下し、二酸化炭素排出量も一時的に低下した。結果として、企業は排出枠を追加する必要がなくなり炭素価格が急落した。

MAPは資金の一部を排出量取引から得ていたため、景気が悪化すると、皮肉なことに、既存建物の熱供給システムのエネルギー効率化を図る資金がいきなり減る。2010年に行われた研究によると、MAPへの支

出1ユーロあたりが民間投資で7ユーロ以上を生み出した結果、MAPは特に効果的な補助金となっていたため、上記の結果は特に残念である。

2G

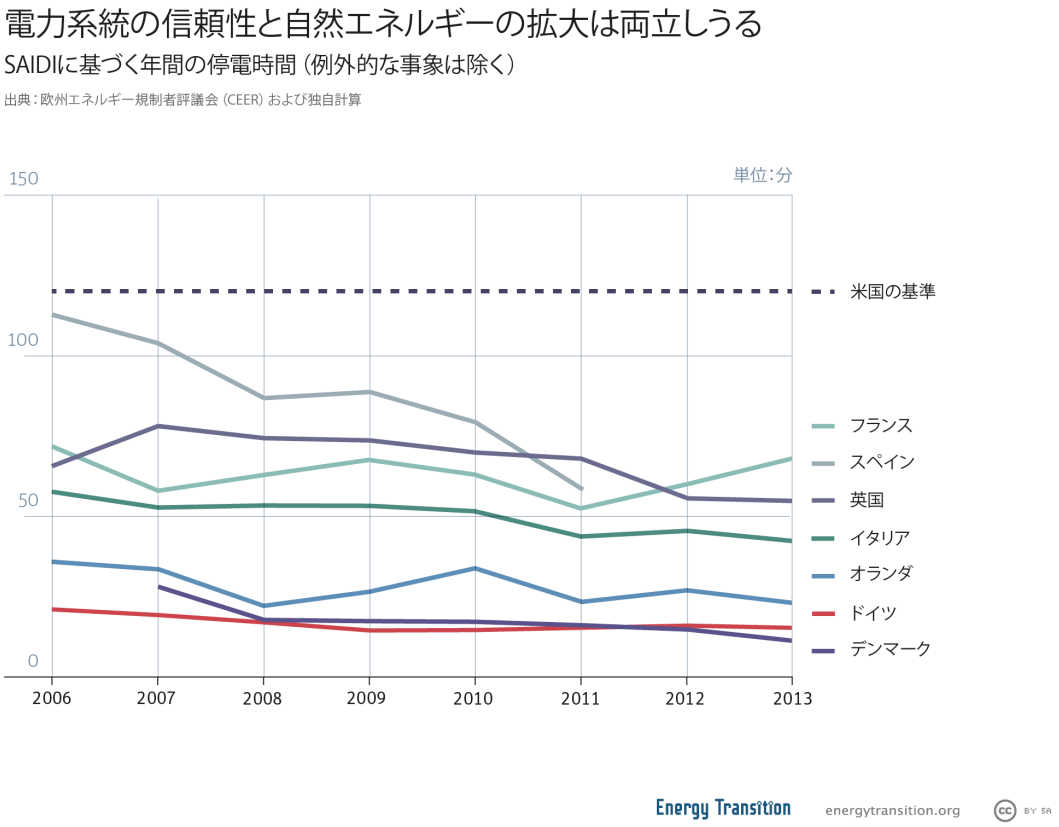
送電系統整備迅速化法

エネルギー転換は、自然エネルギー電力の増加に対処するため、系統の拡張整備と適応を要する。そのどちらも遅れているため、ドイツ連邦議会は、送電系統整備迅速化法を通過させた。しかし、必要な量や場所については合意がなされていない。正式な計画は整っているが、係争中のプロジェクトもいくつかある。

エナギーヴェンデには、適切に機能するインフラが必要である。特に、系統の適応とスマートグリッド化が必要である。現在の系統は、中央発電所から消費者に電力を供給するよう設計されているが、今後の系統はより複雑なものになるだろう。

大型発電所は国際連系線に電力を輸出し続けるだろうが、北部の風力発電（洋上・陸上の両方）による電力が西部および南部の消費地に届くよう整備しなおす必要がある。こうした送電線も電力取引に使用できるだろう。低・中電圧系統には、小規模分散型発電機、太陽光発電設備、コージェネレーション設備、家庭用風力発電機、小規模風力発電所などの接続が増えるが、特別に管理すればすべての確実な運用を図ることができるだろう。そして、系統のインテリジェント化が進むことだろう。

これまでのところ、系統整備は迅速に進展しているとは言えない。2012年後半の時点で、2015年までに完成させる必要がある総延長1,800kmの新しい送電線は、その9分の1しか完成していない。洋上風力発電所に接続する送電線は特に重要である。風力発電所が洋上に設置され、系統接続の準備ができていない場合、誰が金銭的な責任を負うのかは、しばらくの間はっきりしなかった。2012年夏、ドイツ政府は、風力発電投資家に系統運用者が補償する形で両者を歩み寄らせたが、費用は消費者に転嫁されるかもしれない。この歩み寄りが風力発電に2つの基準を設けた。小型陸上風力発電所は、最寄りの変電所までの接続費用を負担しなければならない上、変電所の能力を高める必要がありそれが適時に行われない場合は系統運用者からの補償はないのだ。そのため、伝統的に地域プロジェクトおよび中小企業によって推進されてきた陸上風力発電業界は、系統運用者が系統接続で優遇されているとして不満を抱いている。系統運用者は、小型陸上風力発電所に必ずしも好意的でないドイツ四大電力会社の旧子会社である。



欧州エネルギー規制者評議会(CEER)および独自計算

2011年、ドイツ議会は送電系統整備迅速化法（NABEG）を通過させた。同法は、ドイツ連邦ネットワーク庁による超高圧送電線の検査、そして原則として高圧送電線（110キロボルト）の地下埋設化を要求している。さらに、計画の早い段階で市民参加と透明性を確保し、国民の支持を得ようとしている。2014年、2件の系統開発計画案は「連邦要求計画」策定の必要性を分析し、同計画は法制化されることになった。目標には、系統の拡張整備だけでなく、既存系統の改善や最適化も含まれる。たとえば、特殊な耐温度性の送電線を使用すれば、送電線を増やすことなく電力の輸送量を増やせる。温度モニタリングを実施すれば、風で送電線の温度が下がった場合に容量の上限近くまで使用できる。このようなときは一般に風力発電量も増える。

2H

省エネルギー令（EnEV）と資金援助スキーム

建物の新築に関して言えば、ドイツのエナギーヴェンデは1990年にエネルギー効率の高いパッシブハウスから始まった。改修によりパッシブハウス基準に迫る非常に野心的な基準を実現できる建物は多いが、残念なことに、改修した建物のエネルギー効率を上げるにはかなりの技術的進歩が必要である。進歩を促すために、ドイツは高効率建物戦略（Efficient Building Strategy）を策定中である。

ドイツでは、全エネルギーの約40%が建物で消費され、そのほとんどが熱供給に充てられる。この分野はドイツのエネルギー転換にとって極めて重要である。というのも、自然エネルギーの大半は電力を生み出すが、電力がエネルギー消費に占める割合は20%と最も少ないからである。対照的に、熱供給部門では石油やガスが相変わらず優位に立ち、併せると熱供給市場の4分の3以上を占めるのだ。

建物の改良－最も注意を必要とする分野

ドイツでは冷暖房および給湯に使用するエネルギーの大半が建物内で消費されるが、その建物のほとんどは、ドイツが最初に断熱を義務付けた1978年以前に建てられている。たとえば、約1,500万棟の一戸建て住宅および二世帯用住宅の3分の2は、断熱を義務付けられていない時代に建設された。ドイツのエネルギー転換は、いまだ改修による可能性をきちんと把握していない。ドイツの法が建物の所有者に一般的に奨励してきたのは、できるだけ総合的な改修ではなく、最優先すべき小さな修繕だけである。

言い換えれば、問題は改修率の低さだけでなく、改修が十分でないことでもある。改修時に建物の断熱が適切に行われず、最も採算が取れる技術が十分に活用されていないことが多い。結果として、現在改修した建物でも、すぐに再度改修する必要が出てくる。

この不始末の理由には、自覚の欠如、意欲の欠如、資金問題、投資への見返りの低さ、改修を行う企業、プランナー、業者のスキル不足が挙げられる。

もう一つの大きな問題は、賃借人と大家のジレンマである。建物の所有者には、賃借人の光熱費を下げるだけの改修に投資する適切なインセンティブがない。この状況は、全国3,900万世帯のうち2,200万世帯が持ち家でないドイツでは特に深刻である。

状況改善努力

現在ドイツは、年1%の改修率（すべての建物を改修するのに100年かかる）を2%（40年ですべての建物を改修する）に引き上げることに焦点を当てている。

エナギーヴェンデは、電力に関しては大きな進歩を遂げ、数多くの政策手段が実施されたが、建物の改修はなかなか進まない。物事を迅速化するには、政策を変更する必要がある。省エネルギー令（EnEV）には、エネルギー監査の規定、古い熱供給システムの交換、改修方法の質が盛り込まれている。しかしながら、改修方法の質は実際に改修が行われてこそ効果がある。ドイツには、改修を迅速化する法的手段がない。

代わりに、ドイツは情報と資金援助に焦点を当てている。ドイツ復興金融公庫（KfW）は、エネルギー効率化改修に対し特別低金利ローンを提供しているが、この資金提供の50%以上はいまだ新築物件に充てられている。さらに、賃借人の権利を守る法律が2012年に改正され、物件を賃貸する建物所有者の改修投資を奨励している。

必要なのは、改修に対する資金援助を大幅に増額することである。低所得世帯は往々にして断熱効果の低い建物に住むため、エネルギーコストが高い。しかし、建物の所有者は、光熱費が下がっても自分が得をするわけではないため改修への投資は気が進まない。こうした状況でこのジレンマを回避する唯一の方法は、改修に対する資金提供であるが、エネルギー転換はこの問題にまだ十分に対処していない。

国家エネルギー効率化行動計画（NAPE）の一環として策定された新たなプログラムは、特にこれまでなおざりにされてきた非居住用建物の分野に対処する。エネルギーコンサルティングの新しいツールがいろいろ開発されている。たとえば、エネルギー環境研究所は、特に野心的な段階的改修を希望する建物所有者を支援する「個人の建物改修計画表（building individual renovation roadmap）」と呼ばれるツールを開発した。

残念ながら、NAPEで提案された主要な手段の一つ、改修減税は、ドイツ連邦の数州で反対に遭い、連邦参議院（上院）を通過しなかった。

2015年の新たな政策は、耐候性に関する措置に再び取り組むことを目的とする。ドイツ連邦環境省は「住宅転換（Hauswende）」と呼ばれる特別プロジェクトを策定し、複数の業者が介入し複雑なことの多い改修プロジェクトにおいて省エネ重視を促した。その他のNAPEの取り組みには、既存の暖房システムの新規ラベリング制度、暖房の近代化を推進するために煙突掃除業者や設置業者が行うプログラム「ヒートチェック」などがある。

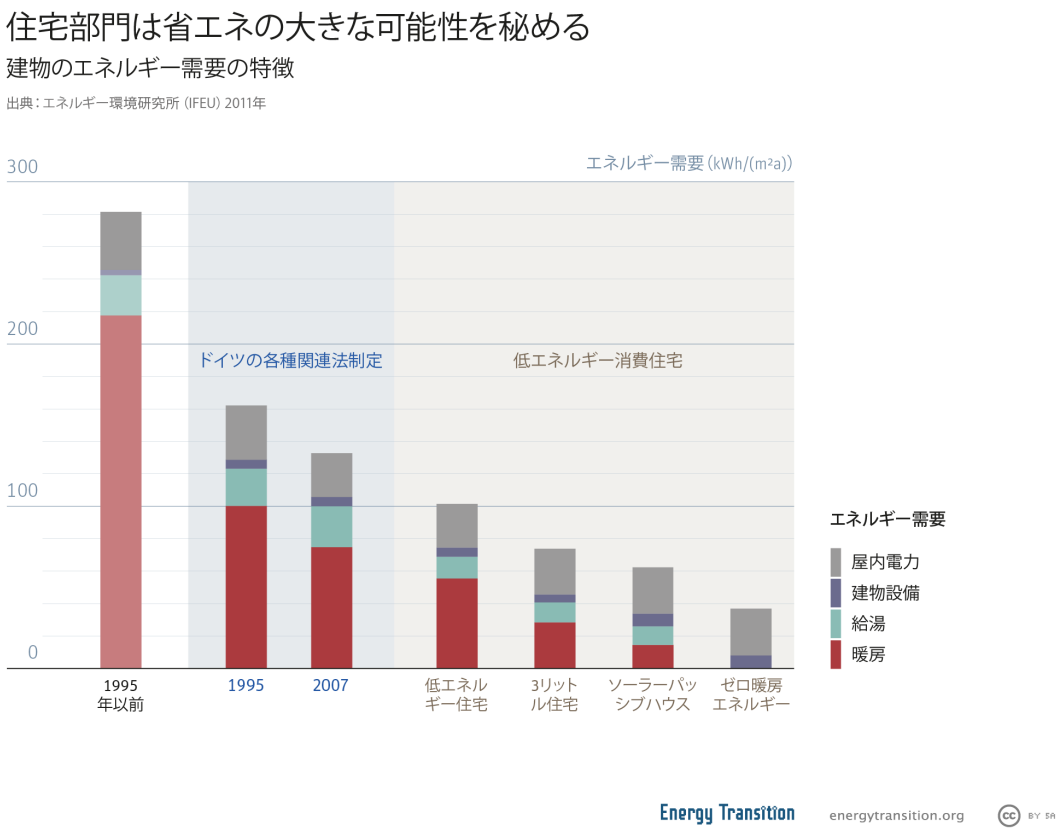
建物の改修を超えて、近隣全体および市区域のエネルギー効率をさらに高める方法を検討することも効果的である。2012年、ドイツ復興金融公庫KfWは、「エネルギーの都市地区（Energetische Stadtquartiere）」と題した特別支援計画を開始して地方自治体に報奨金を提供し、地区全体の改修の計画・組織・実行および地区の熱供給網の整備を狙った。さらに、地方自治体を対象とした都市開発促進プログラムを始めとする各プログラムにおいて、効率化対策および自然エネルギーによる地区の熱供給インフラの整備にも資金を提供している。

省エネルギー令（EnEV）

2002年、ドイツは省エネルギー令（EnEV）を採択した。この方法によって、建物に供給される有用なエネルギーだけでなく、そのプロセスに必要な一次エネルギーを、発電、送電、蓄電におけるロスも含めてカウントすることにより、建物のエコバランスを図る方法が初めて提供された。加えてEnEVは、改修方法の質、エネルギー監査、古い熱供給システムの交換なども規定している。現在のEnEVは、新築住宅は1年間の暖房および給湯に対し、発熱面積1 m2あたり60 kWhから70 kWhを超えてエネルギーを消費してはならないと明記している。

パッシブハウス

現在のEnEVの数字は、1990年を振り返って考えると多いように思われる。当時、多くのドイツ人建築家が建てた初期のパッシブハウスは、1 m2あたりわずか15 kWhの熱供給エネルギーでやりくりしている。暖房に必要なエネルギーがあまりに少ないため、パッシブハウスの住民はアパートメントが寒くなってきたら、ただ友人を夕食に招けば済むくらいである。調理や人体からの発熱で十分に家が暖まるからだ。



エネルギー環境研究所(IFEU)2011年

パッシブハウスは基本的に、ドイツのような寒い気候でも暖房システムを完全に不要とすることができる。一つには予備の暖房システムを非常に小型化していることもあり、従来の新築住宅に比べて暖房費をおよそ9割削減すると見積もられる。

パッシブハウスは、ハイテクとローテクを組み合わせたものである。ローテクの側面は比較的分かりやすい。ドイツでは南向きに家を建築する。南面を大きなガラス張りにして、寒い季節に太陽の光と熱をたくさん取り入れられるようにし、夏には、南側に張り出したバルコニーが日よけとなって過熱を防ぐ。建物の南側に植えた落葉樹が夏の陽射しをさらに遮り、冬には葉を落として太陽の光を招き入れる。

ハイテクの側面は、主に三重ガラス窓に関するものである。光や熱は取り入れるが熱が建物から逃げるのを大幅に防ぐ。最も重要なことは、パッシブハウスには熱を回収する換気システムがあり、カビの発生も抑えている。

要するに、パッシブハウスは、ドイツのエナギーヴェンデが、エネルギー消費を削減して持続可能性を高めながら、さらに生活水準も高めるという素晴らしい事例である。

プラスエネルギー住宅

フランクフルトなどドイツのいくつかの都市ではすでに、市から購入した土地に新築するすべての建物に対し、パッシブハウス基準が義務付けられている。EUも、2020年から新築する場合はすべて「ほぼゼロエネルギー」住宅とすることを規定した。

屋上太陽光発電など自然エネルギーを直接供給できる手段をパッシブハウスに付加する場合は、少なくとも理論的には、基本的に住宅は消費するより多いエネルギーを生み出す。しかしながら、プラスエネルギー住宅、ないしKfWの用語では効率住宅プラス（Effizienzhaus Plus）と呼ばれるこうした建物は、送電網から外れるわけではなく、余剰に発電した場合は太陽光電力を送電網に送り込み、そうでない場合は送電網からの電力を消費する。もちろん、調理に必要なガスなども通常通り購入しなければならない。

21

エコデザイン／ErP指令

もう一つの重要なエネルギー転換策であるエコデザイン指令は、環境パフォーマンスが最悪の製品を排除するための主要な規制手段である。この絶対不可欠な規制は、欧州全土で開始された。ドイツで送電網および発電所の新規需要を減らすための最も重要な手段の一つであり、エネルギー転換の極めて重要な部分である。

2005年のエコデザイン指令（2009年からエネルギー関連製品指令（ErP指令）と呼ばれる）は、ブリュッセルおよび欧州連合で芽生え、建物と自動車を除く製品のエネルギー効率を規制する。ErP指令は、多種多様な製品カテゴリーに対して最低基準を設定するだけでなく、一定の製品に対するライフサイクルアセスメントを検討し、環境への影響を明らかにして改善を図る方法を見つける。

2015年現在、消費者向け電子機器、冷蔵庫、冷凍庫、電気モーターなど11製品群がErP指令の対象になっている。指令はコンピューターやボイラーなどエネルギー自体を利用する製品だけでなく、窓やシャワーヘッドなどエネルギー消費に影響を及ぼす製品にも適用される。続いて、個々の製品に対する追加指令が策定・改定された。2020年までにEU域内の電力消費は、現状維持シナリオと比較して12%削減すると見込まれる。

エネルギーラベルの欧州基準もある。この「効率ラベル」は、情報不足に基づく市場の重大な失敗に対処する。消費者には、特定の機器を購入した場合、エネルギー消費にかかる費用について必要な情報がすぐに分からない。ErP指令はこうした状況を改善するために機能する。

このように、ErP指令が環境パフォーマンスの最も低い製品を排除するのに対し、エネルギーラベル制度は、消費者を最善の製品を購入するよう説得することにより、最高の効率レベルに対する需要を作り出す。

具体的な規制

おそらく最も効果的な対策は、待機時とオフモードの電力ロスの規制であった。待機中の電化製品は、消費者から見ると基本的にスイッチが切れた状態でも、数10 W程度の電力を消費している。たとえば、リモコンでスイッチを入れるテレビである。現在、ErP指令では電化製品の待機中の電力消費を1 W未満とすることが義務付けられており、将来的にこの量は0.5 Wまで引き下げられる予定である。消費者にとって悪い話ではない。最も有名な指令は住宅照明に関するもので、大部分の白熱電球の使用が禁止される。照明製品のラインナップは、白熱電球から蛍光灯やLED照明に変わった。

2020年までに白熱電球が段階的に廃止されると、欧州全土で39 TWhの省エネになり、旧式の石炭火力発電所6基分の発電量に相当する。さらに、電気モーターのエコデザイン規制により、2020年までに石炭火力発電所20基分に相当する135 TWhの削減がもたらされる。

その他の成功事例としては、掃除機の規制がある。研究では電力と清掃力には相関関係がないことが報告されている。そのため、2014年から最大出力を1,600 Wと規制し、2017年にはさらに規制を強化する。結果として、数カ月後には、市場の再編が極めて急速に進み、技術的に最適化されエネルギー効率を上げた掃除機がマーケットシェアを獲得している。

EUは共同市場における商品の自由貿易を重視しているため、上記のような効率に関する規則は欧州全域で規定されている。したがって、ErP指令はドイツを始めとするEU加盟国に直接適用される。

ErP指令はEUが定めた規制だが、エネルギー消費の削減によって発電所の整備や新規発電所建設の必要性を軽減するため、ドイツのエナギーヴェンデの極めて重要な部分である。

2J

国際気候イニシアチブ

ドイツは気候保護に対する世界第2位の資金提供国である。ドイツの気候資金が、効率化対策、自然エネルギーへの資金提供、E-モビリティなどを可能にすることで、気候変動を緩和する行動を促進している。それにもかかわらず、ドイツは政府開発援助（ODA）の出資額では、国際的に合意した国民総所得（GNI）0.7%という目標に遠く及ばない。2013年の実績は0.38%程度であるが、この数字は2008年からほとんど変化していない。

ドイツは昔から気候保護への最大資金提供国の一つである。それにもかかわらず、他のほぼすべてのOECD加盟国と同様、ドイツも、国民総所得の0.7%を政府開発援助に充てるという1970年代初めになされた多国間協定では目標に遠く及ばない。2013年から推定で20億ユーロにのぼるドイツの予算が、発展途上国における気候保護および適応のために確保されている。

2010年に、エネルギー・気候基金（Special Energy and Climate Fund）が、国家気候保護イニシアチブおよび国際気候保護イニシアチブ（現在は気候イニシアチブと呼ばれる）とともに策定された。これらは主に排出量取引から資金を調達して、気候変動を緩和する活動を促進する。いくつか例を挙げると、効率のよい冷却システム、小型コージェネレーション設備、低所得世帯向けのエネルギー監査、小企業向けのコンサルテーションネットワーク、そして将来的には高効率の生産技術や生産方法などがある。

国際気候イニシアチブ（ICI）は、ドイツ国外の先駆的なプロジェクトやアドバイザリー業務に融資を行う。2013年の1年間で、394件のプロジェクトが資金提供を受け、総額は14億5,000万ユーロにのぼった。さらに、実施機関やその他の公的・民間部門の財源からも16億ユーロの資金が提供された。ICIは、気候政策、エネルギー効率、自然エネルギー、気候変動への適応、森林伐採や生物多様性の損失を削減することに焦点を当てる。 公式ウェブサイトによると、 最も重視されるのは「国際的な気候保護の形の構築を支援する活動、透明性、そして個々のプロジェクトを超えて影響を与える革新的で転用可能な解決策」である。毎年、発展途上国、新興工業国、体制移行国において数多くのプロジェクトが選定され、支援を受けている。

多額の資金が、E-モビリティ、新規発電所の効率化、そして（2014年から始まる）エネルギー集約型産業に対する電力価格を低く抑えるための補償に使われる。環境保護者は、資金提供の対象が電力会社と自動車メーカーに偏っており、省エネや温室効果ガスの削減にはほとんど残らないと言う。炭素排出権の価格の低さも、もう一つの問題である。2012年の排出量取引による収益は期待された額のわずか半分の約3億5,000万ユーロであった。2013年には、基金の予算が約20億ユーロに増えた。2014年の炭素価格は1 トン当たり7ユーロ前後と依然として低く、想定していた30ユーロをはるかに下回った

2K

欧州連合との連携

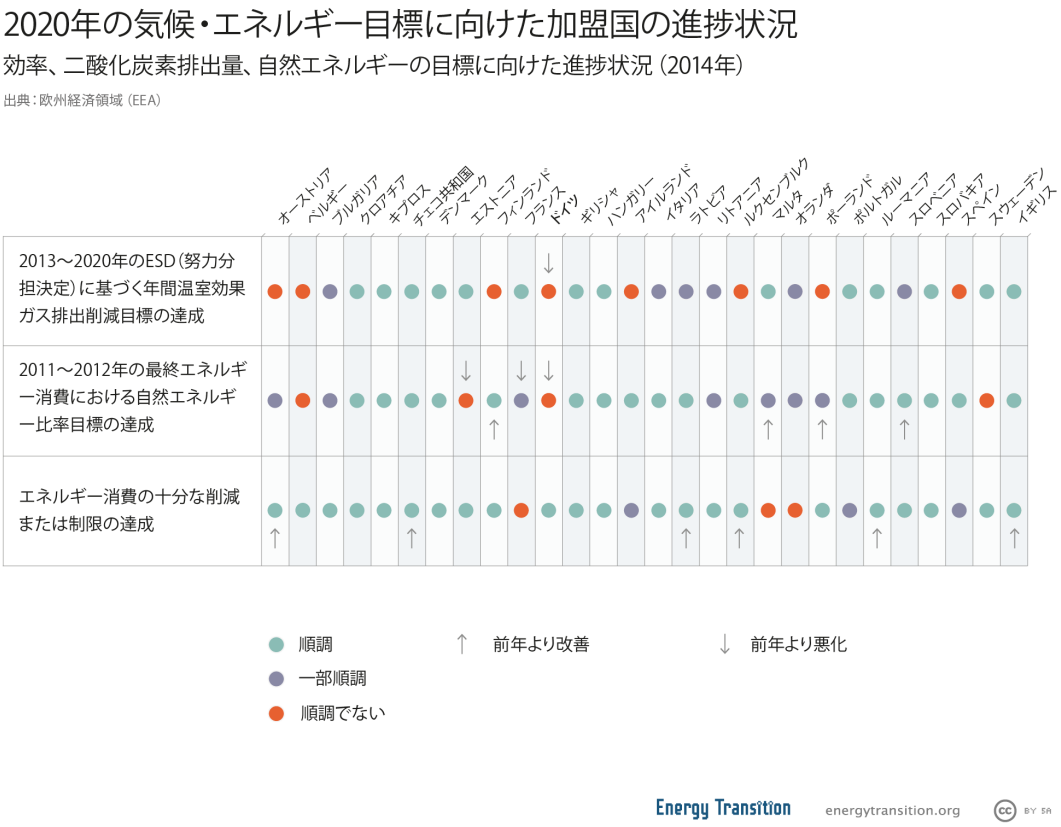
エネルギーは欧州連合の中心的課題になっているが、EUはこの分野の排他的権限を持たない。2009年のリスボン条約で共有権限としたことは思い切った前進であったが、エネルギー問題は依然として加盟国と多くのEU機関との間で当然のように対立が生まれる分野である。

加盟国は自国のエネルギーミックスを決める権利を有するが、一方で欧州委員会はEUの持続可能なエネルギーと気候政策を策定する権限を有する。域内エネルギー市場の完成とエネルギー同盟に関する議論が示すように、エネルギーミックスを決定する国家主権は依然として大切な資産ではある。しかし、国際レベルでの交渉事になると、最も乗り気でない加盟国でさえ、権限を束ねて隣国と協力することや、欧州委員会に、自国の代わりに行動する権限を与えることすらメリットがあると考える。このことは、エネルギー安全保障および信頼性の低い供給者からのエネルギー面での独立性を考えたときにさらに重要度を増す。国際舞台では、野心的な気候同盟としてEUが果たした先駆者的な役割はいくらか輝きを失った。

域内では、EUは確かに物事を推し進めてきた。近年では、自然エネルギーおよびエネルギー効率化対策、つまり長期的なエネルギー政策ビジョンであるエネルギーロードマップ2050に関する非常に重要な法律を数多く制定して貢献している。同時に、EUは加盟国の熱意に依存している側面があり、ここ数年は各国のエネルギー政策に分断が見られる。クリーンエネルギーへの転換、脱原発、CO2排出削減に十分に取り組む国もあれば、シェールガスなどの新しい資源の可能性を探求したり原発のようなリスクの高い技術に多額の補助金を出したりする国もある。

気候およびエネルギー目標の具体的な実行に関してEUと加盟国はどのような立場を示しているのか。エネルギーロードマップ2050は、欧州の競争力と供給の安定性を高めながら、欧州の低炭素経済の実現を目指す。この野心的な目標を達成するため、2020年と2030年に向けた拘束力のある中間マイルストーンが設定されている。具体的には、EUの2020年気候変動・エネルギー政策枠組みは、2020年までに、CO2排出量を20%削減、電源構成に占める自然エネルギーの割合を20%、エネルギー効率を20%増加することを目標としている。こうした排出量削減目標の手段として策定された排出量取引システムは、世界初のシステムとして導入され、他の国や地域でも広く手本となっている。

しかし、とりわけ2030年目標を達成するにはさらなる取り組みと努力が必要となる。2014年の複雑な政治交渉を経て、CO2排出量を少なくとも40%削減して、自然エネルギーの割合を少なくとも27%まで増やし（EUレベルで義務付け）、エネルギー効率を少なくとも27%向上させるという最小公倍数で加盟国は合意した。EUの2050年の低炭素経済目標を達成する道のりは長く険しい。乞うご期待である。


2020年の気候・エネルギー目標に向けた加盟国の進捗状況
効率、二酸化炭素排出量、自然エネルギーの目標に向けた進捗状況（2014年）
出典：欧州経済領域（EEA）
オーストリア
ベルギー
ブルガリア
クロアチア
キプロス
チェコ共和国
デンマーク
エストニア
フィンランド
フランス
ドイツ
ギリシャ
ハンガリー
アイルランド
イタリア
ラトビア
リトアニア
ルクセンブルク
マルタ
オランダ
ポーランド
ポルトガル
ルーマニア
スロベニア
スロバキア
スペイン
スウェーデン
イギリス
2013〜2020年のESD（努力分担決定）に基づく年間温室効果ガス排出削減目標の達成
2011〜2012年の最終エネルギー消費における自然エネルギー比率目標の達成
エネルギー消費の十分な削減または制限の達成
順調
一部順調
順調でない
前年より改善
前年より悪化
Energy Transition
energytransition.org

欧州経済領域(EEA)

3

主要課題の技術的側面

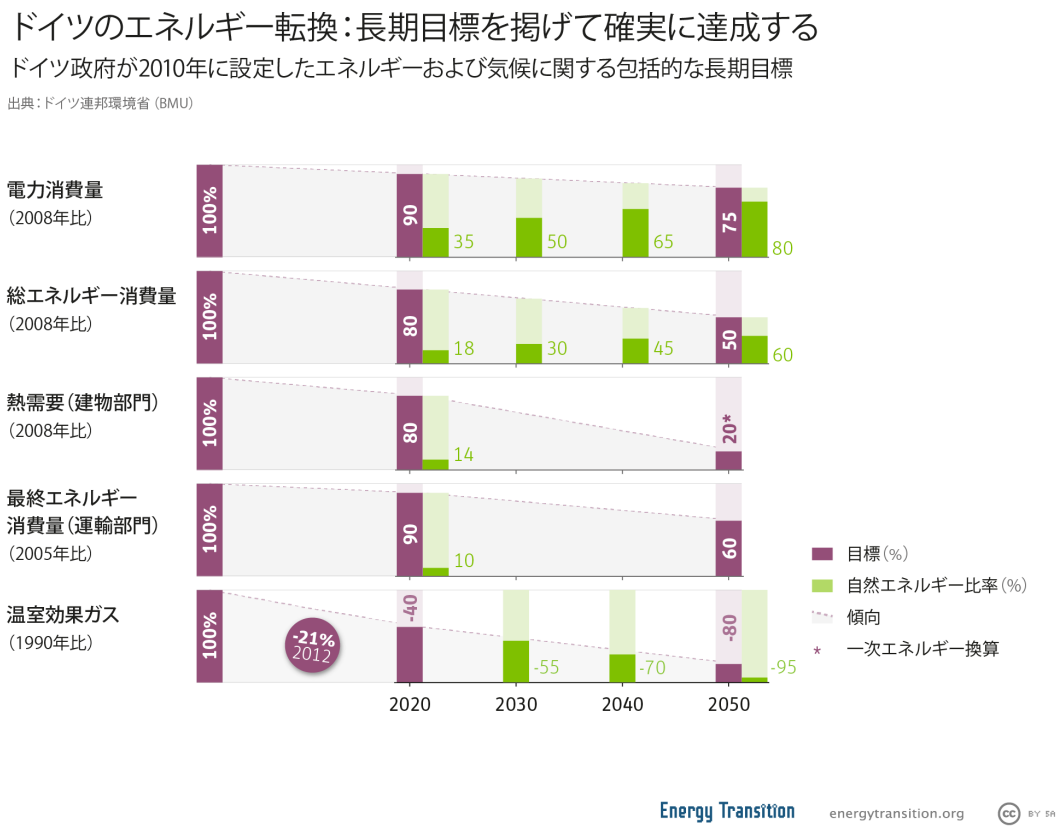
ドイツは、化石・原子力エネルギーから脱却して自然エネルギーへ移行することを決定した。しかし、そのプロセスは想像以上に複雑なものである。何よりもまず、効率化と省エネによってエネルギー消費を減らすとともに、その消費量を供給に合わせて調整しなければならない。その上、これまで単なる消費者だった人々が、今後はエネルギー生産者の役目も担っていくという状況が加速していくだろう。

A	エネルギー効率	51
B	石炭火力発電の減少	56
C	風力	60
D	バイオマス	65
E	太陽光（PV）	67
F	その他の自然エネルギー	72
G	系統と電力貯蔵	75
H	柔軟な発電（ベースロードはもう要らない）	80
I	人々による人々のためのエネルギー	84

3A

エネルギー効率

自然エネルギー経済は、エネルギー消費を大幅に削減してはじめて成立する。エネルギー効率を改善するための政策は導入されてはいるが、その内容はいつまで経っても不十分であり、理論的に可能なレベルはおろか、妥当と思われるレベルにも達していない。



ドイツ連邦環境省(BMU)

ドイツのエネルギー転換といえば、主に原子力と石炭火力発電から自然エネルギーへ転換することだと思う人が多い。しかし実際は、自然エネルギーで未来を築くには、エネルギー消費の大幅な削減が不可欠なのだ。

『ファクター4』の著者 たちが20年近く前に示したとおり、エネルギー消費を削減することは必ずしも生活水準を下げることにはならない。逆に化石エネルギーの消費は、我々の健康に悪影響を及ぼし、文明にとって脅威となる気候変動を進展させてしまう。さらに、原子力による電力を消費することにより、この先何千年も後の世代を脅かす核廃棄物の「山」を築いてしまうことになる。

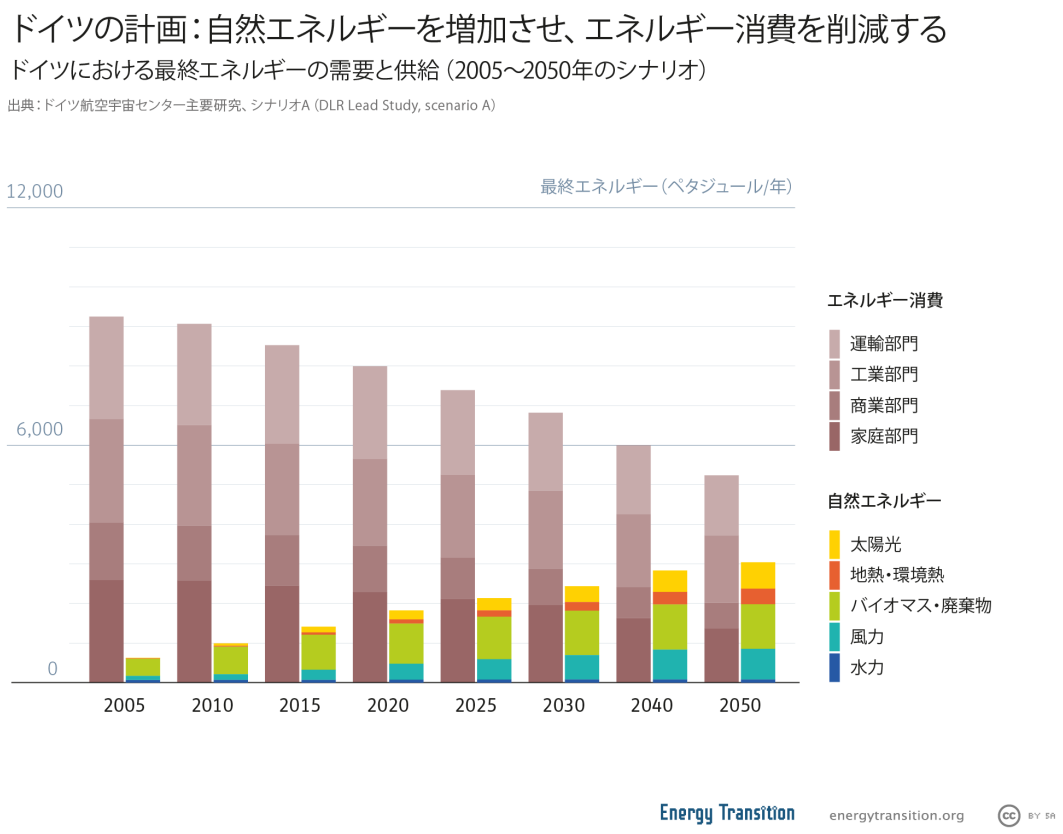
この20年間、大半の工業国においては、エネルギー消費量と温室効果ガスの排出量の増加を上回る勢いで経済成長が進んできた。エネルギーの生産性、つまりエネルギー消費量当たりの経済生産高は、1990年から2013年の間に約40%増加したと見積もられている。

エネルギー利用に対する認識

人々が求めているのはエネルギーそのものではなく、エネルギーの働き、つまりエネルギーを利用してできることである。言い換えれば、欲しいのは大量のガソリンではなく簡単に移動できることであり、電力や燃料油ではなく冷蔵庫や照明のある快適な家である。コンピューターや携帯機器は、この10年間で省エネ化が進むと同時に性能も格段に向上した。このような進化は、幅広い分野で可能である。たとえば、エネルギー集約型の冷暖房システムを使うだけでなく、空気を適切に浄化して二酸化炭素濃度を低くすることによっても、建物の中で快適な環境を保つことができる。つまり、未来の建物では、消費するエネルギーを今より抑えても、より快適な屋内環境が実現できるということだ。

しかし、エネルギーの効率化には、情報という特別な障壁が存在する。効率化については市場に任せておけばすべてがうまくいくという経済学者がいるが、彼らが前提としているのは、すべての市場参加者に等しく十分な情報が提供されており、すべての有効な効率化策が既に活用されている状態なのだ。

実際、ほとんどの消費者は自分の月々の電気代くらいは知っているかもしれないが、消費した電力が何kWhなのかはあまり把握していないだろうし、特定の機器の年間電力消費コストを確認する習慣のある人もあまりいないだろう。しかし、こうした情報がなければ、エネルギー効率化への投資の見返りを評価することは不可能だ。したがって、市場が最善の策に導いてくれると信じるにしても、政府は引き続きすべての人に正しい情報が確実に行き届くよう保証する必要がある。



ドイツ航空宇宙センター主要研究、シナリオA(DLR Lead Study, scenario A)

意識の向上

特に分かりやすい例は待機電力の消費量である。ほとんどの消費者には知られていないが、コーヒーメーカーやトースター、テレビ、ゲーム機、コンピューターなどの家電製品は、電源が切れているときも電力を消費している。こうした「待機電力の消費量」は、2004〜2006年のドイツの総電力需要の4%を占めた。ドイツ国内のすべての電車およびトラムが消費する電力の3%より多いことになる。消費者には、安価な電化製品の場合、年間の電力コストが製品の購入代金より高くなる場合もあることは必ずしも認識されていない。

政府から市場参加者への情報提供の一例として、欧州連合のエコデザイン指令、別名ErP（エネルギー関連製品）指令が挙げられる。この指令は、（エネルギーの観点からだけでなく）ライフサイクル全体を通して製品の持続性を高めることを目的としている。その具体的な方法には、消費者が購入時に目安にするラベルの提供や、製品設計に対するより厳しい省エネ基準の設定などがある。この法制については、「エコデザイン／ErP指令」の項で詳しく扱っているので、そちらをご覧いただきたい。

欧州連合（EU）は建物のエネルギー消費の削減にも取り組んでおり、ドイツはこの活動においても最前線に立っている。ドイツでは2002年に省エネルギー令が採択され、2009年と2014年に厳格化された。早くも1990年代には、未来の基準となるパッシブハウスと呼ばれる住宅が建てられ始めた。この住宅に屋上太陽光パネルを設置すれば、エネルギー収支がプラスになる。EUでは、2020年以降に建設されるすべての住宅は「ほぼゼロエネルギー住宅」にすることが義務付けられる。ドイツのパッシブハウスが、実質的に欧州の基準となるということだ。

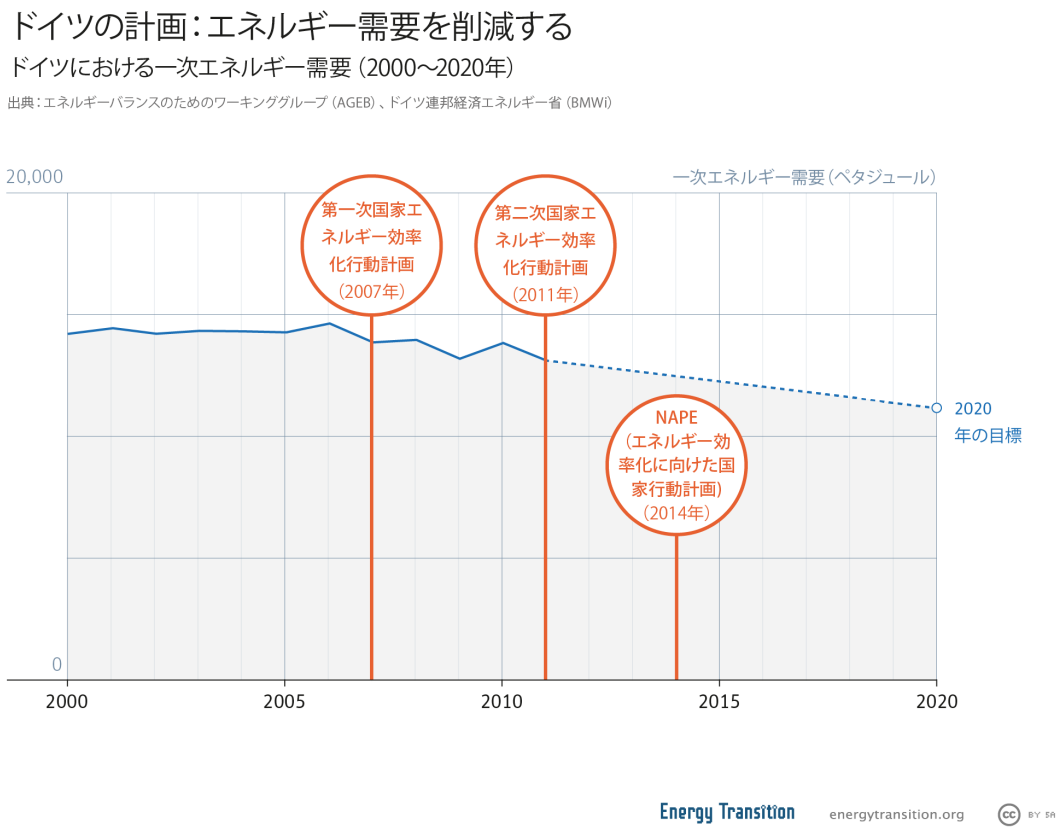
新築の建物についてはこのような新たな法制で対応できるが、既存の建物についてはドイツにも対処すべき課題がある。ドイツの年間改築件数を基にした改築率は約1%と非常に低いため、これを倍増させる必要がある。しかも、改築が行われてもその内容が十分でない場合も多い。よくあるのは、断熱材の追加が不十分なケースや、使用されている建築設備の技術が40年後に満たしていなければならない要件を満たしていないケースである。

この内容については、第3章-H「省エネルギー令（EnEV）と資金援助スキーム」の項でも扱っているので、そちらをご覧いただきたい。ただし、2015年の時点で、ドイツが2020年までにその効率化の目標を達成できる見込みはない。

効率の改善

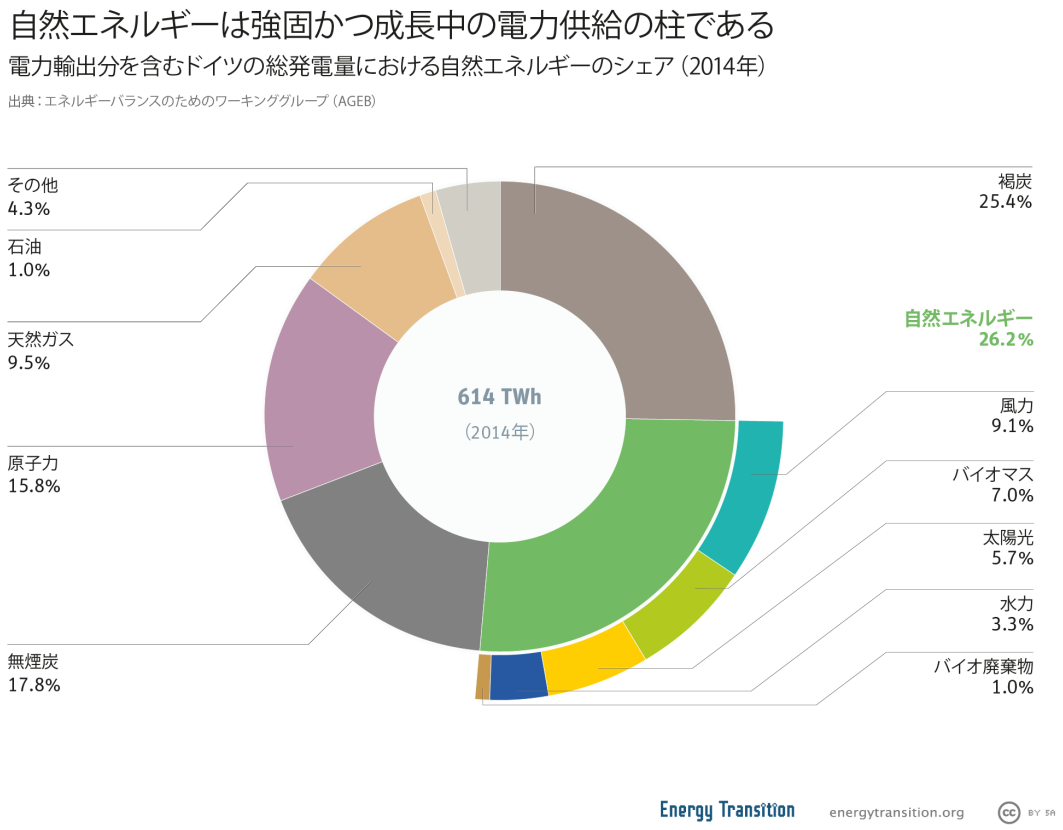
電力の効率についても、まだ大幅な改善の余地がある。調査によると、産業界で使用される電動機の年間電力消費量は、2020年までに30 TWh程度削減できるという。これで、集中型の発電所数カ所分の電力が不要になる計算である。ほかにも、高効率の照明システムを利用したり、効率の悪い電気ヒーターから高効率のシステムに移行したりすることで、これと同様の節電が可能である。

ドイツは電力消費量について、2020年までに10%減、2050年までに25%減という野心的な目標を立てた。しかし2014年の時点で、この2020年の目標達成に向けたドイツの取り組みは予定どおりに進んではいない。



エネルギーバランスのためのワーキンググループ(AGEB)、ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWi)

残念ながら、エネルギー効率化の推進については十分な取り組みが行われていない。EUでは、温室効果ガス排出量（2020年までに1990年比で20%減）と自然エネルギー（2020年までに20%）については拘束力のある目標が設定されているが、エネルギー効率の目標（2020年までに一次エネルギー消費量20%減）には拘束力がない。2030年に向けては、温室効果ガス排出量40%減という拘束力のある目標が設定されている。同じ年の自然エネルギーの目標は27%だが、これはEU全体の目標としてのみ拘束力があり、各加盟国に対する具体的な目標値はない。最後に、エネルギー効率の目標も27%で、拘束力はない。



エネルギーバランスのためのワーキンググループ(AGEB)

2014年、このような行政側の行動の乏しさを認識したドイツ政府は、2014年12月にエネルギー効率化に向けた国家行動計画を策定した。この総合計画には、エネルギー効率化のための融資の改善、エネルギー効率化のための新しい入札制度、企業・一般家庭のための情報および監査活動の改善など、多くの効率化のための施策が盛り込まれている。この計画はまだ実施前の段階であるが、主な施策の一つだった建物改築のための税額控除制度は、ある州から猛反発を受けて撤回された。

エネルギー効率化は、今のところエナギーヴェンデの成果が最も出ていない分野である。この調子でエネルギーの消費を続けていると、エネルギーを100%自然エネルギーで賄うことはできない。エネルギー効率化は些末な点ではない。エナギーヴェンデに欠かせない要素なのだ。

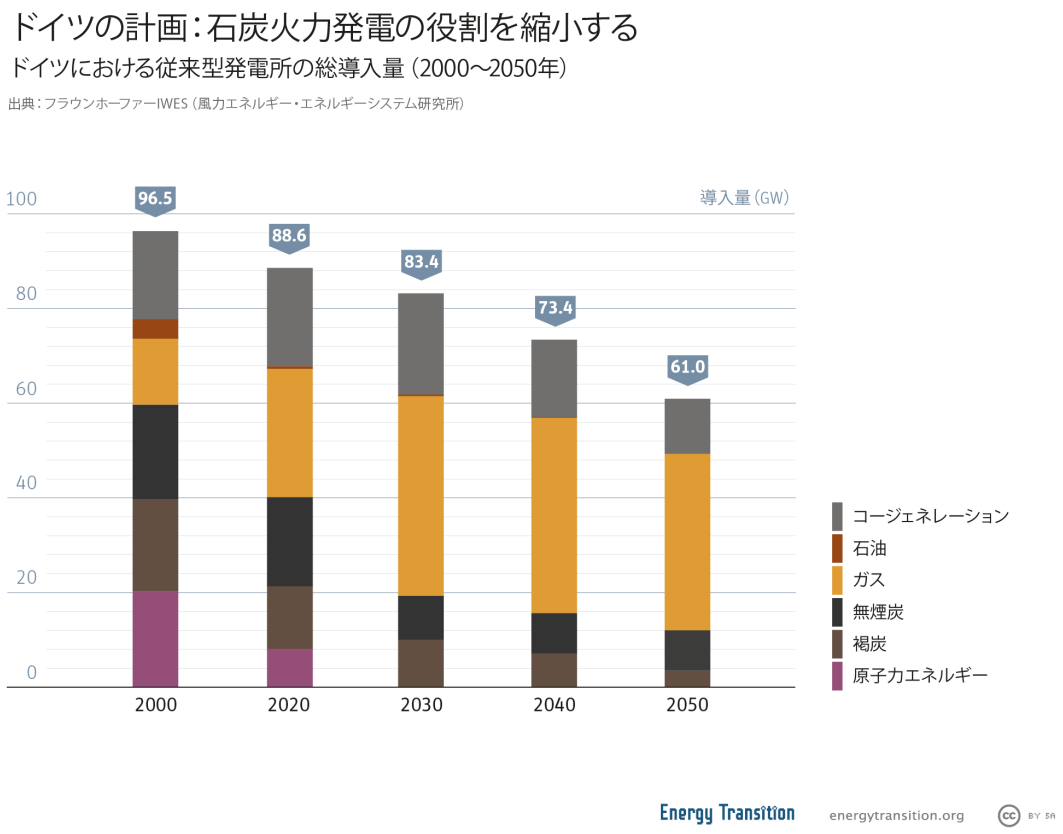
3B

石炭火力発電の減少

気候目標を達成するためには、ドイツは石炭火力発電を減らさなければならない。今のところ、石炭の消費量は増減が続いており、2011年から2013年にかけて増加したのち、2013年から2014年の間に6%以上減少した。しかし、炭素価格の上昇と自然エネルギー電力の競争力の向上によって、この増減を繰り返す傾向はそのうち終わると予想される。それまでの間、ドイツの二酸化炭素排出量が上限値を超えることはないだろう。2014年の（ガスを含む）化石燃料からの発電量は、過去35年間で最低を記録した。

さらに、二酸化炭素回収・貯蔵技術はコストが高く安全性にも問題があるため、ドイツ政府は民意に反してこの技術を推進することはないと既に明言している。

ドイツが17基の原発のうち8基を2011年に廃止し、残りを2022年までに段階的に廃止すると決定したとき、その埋め合わせとして石炭火力発電が急増するのではないかという懸念があった。しかし、石炭で発電すれば気候目標を達成できないため、そのような計画は存在しない。何といっても、無煙炭の代わりに天然ガスを燃焼させると、二酸化炭素の排出量は約半分で済む。ドイツ国内で大量に産出される褐炭の場合、二酸化炭素排出量は天然ガスの3倍になる。さらに、石炭火力発電所は、天然ガスを燃料とする柔軟性の高いタービンほど、素早く出力量を増減させることができない。そのため、自然エネルギーによる発電の不足分を時間単位で埋め合わせるには、天然ガスタービンのほうが適しているのだ。将来的に自然エネルギー由来のガス供給を実現するまでのつなぎ役としての天然ガスについては、第2章 – H「柔軟な発電」を参照いただきたい。

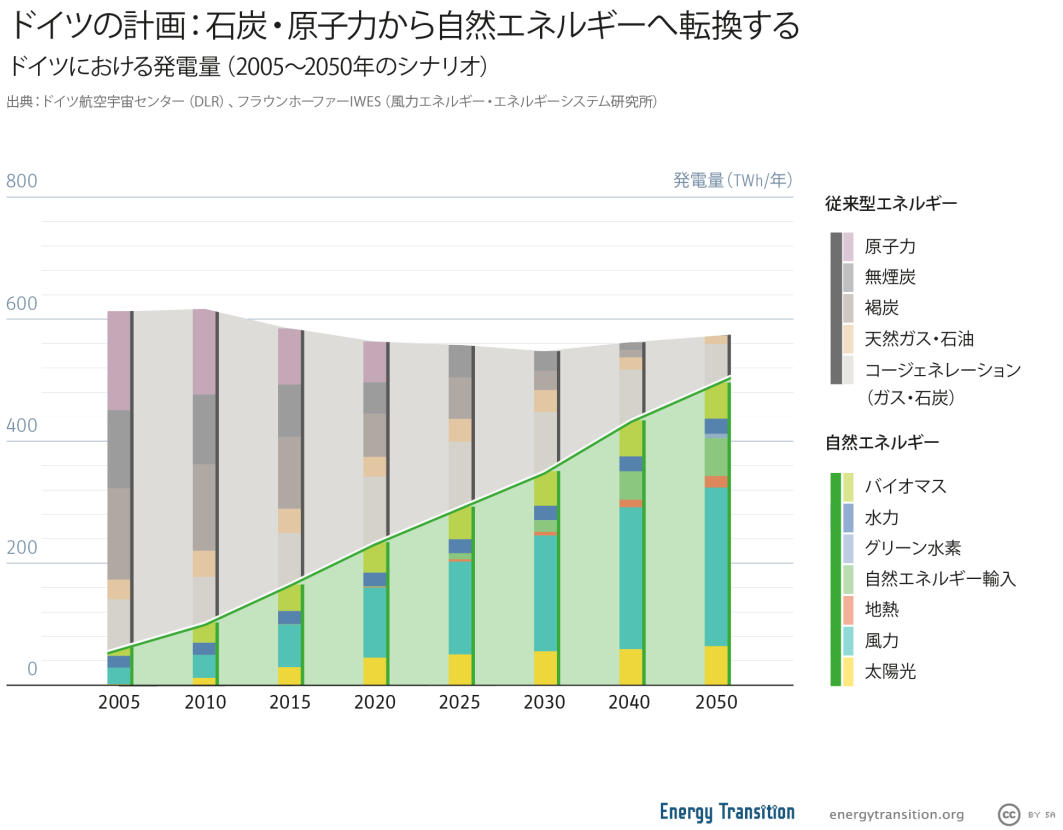


フラウンホーファーIWES(風力エネルギー・エネルギーシステム研究所)

しかしながら、石炭火力発電の消費量は、次のような理由により一時的に増加した。

1. 8基の原発を廃止する決定が突然下されたため、失われる容量の代替を用意する時間がなく、電力会社が既存の発電所に頼らざるを得なかった。
2. EUにおける景気の悪化により、エネルギー消費量が減少し、間接的に二酸化炭素排出量が減ったため、炭素の価格が下がり、そのため石炭火力発電の価格も下がった（第3章-C「排出量取引」参照）。
3. 原子力エネルギーの段階的廃止が決定される数年前から計画・建設されていた数基の石炭火力発電所が、現在新たに稼働を始めている。

新たな石炭火力発電所の計画



出典:ドイツ航空宇宙センター(DLR)、フラウンホーファーIWES(風力エネルギー・エネルギーシステム研究所)

数年前、ドイツの4大エネルギー会社が30基以上の新たな石炭火力発電所を建設する計画を立てた。しかし、現在ではこの計画はかなり縮小されている。地元の猛烈な反対や水利権の獲得の問題など、さまざまな理由で数多くのプロジェクトが中止になったが、最も大きな理由は、自然エネルギーの発展を考慮して再評価した結果、利益性に疑問が出てきたからである。ドイツにおける石炭火力発電容量（無煙炭・褐炭の合計）は、2015年までに9 GW近く増加する予定である, しかし、これからはミディアムロードおよびベースロードの電力供給に自然エネルギーが使われることが多くなってくるため、これらの新しい石炭火力発電所の設備利用率はだんだん低下していく。さらに、2011年に原発の段階的廃止が決定してから、新たな石炭火力発電所の建設は提案されておらず、当時構想段階にあった数件の計画も, その後中止になった。.

2014年の電力需要の減少により、褐炭による発電量は3%以上下落した。しかし、原発の段階的廃止の期間中は（2022年末まで）、電力部門における褐炭のシェアは比較的安定を保つと見込まれている。無煙炭による発電については、原発の段階的廃止の期間中においても、自然エネルギー電力のシェア拡大のペース次第で、大幅にシェアを奪われる可能性がある。

石炭火力発電にCCSという選択肢はない

二酸化炭素回収・貯蔵技術（CCS）については、この10年間にわたって世界中で頻繁に議論されてきた。この技術は、その支持者によって「クリーンコール（環境に優しい石炭）」技術という誤解を招く名で呼ばれる。本来、この技術は汚染物質と二酸化炭素を回収し、別々に貯蔵するものである。これ以上排出量を削減することが極めて困難なセメント生産などの工業のプロセスにとっては、CCSは温室効果ガス排出量を減らす手段として有効かもしれない。しかし、発電所にとっては魅力的な技術ではない、というのが大半のエネルギー専門家の見解である。なぜなら、CCSは発電所の効率を大幅に下げ、結果的に燃料費を大きく上昇させるからだ。

しかも、CCSへの投資は法外に高くつくことが判明している。2006年、ドイツはシーメンスの設計による初のCCS試験施設をシュヴァルツェ・プンペに設立した。ここにはスウェーデンの電力会社ヴァッテンフォールが所有する石炭火力発電所がある。しかし、その成果はあまり芳しいものではなかった。というのも、ヴァッテンフォールは2番目の実証プロジェクトとして、シュヴァルツェ・プンペにおけるパイロット施設の10倍規模となる300 MW規模の施設建設を計画し、ＥＵからの資金提供も受け始めていたのだが、2011年末にその計画の中止を発表したのだ。ヴァッテンフォールは、貯蔵に適した場所のあるドイツの各州が、そのリスク受け入れを拒否したため、計画を進めることができなかったと述べている。

その上、この技術は環境保護主義者たちにもほとんど歓迎されていない。汚染物質とCO2を貯蔵しても、貯蔵施設で漏れが発生しないように管理しなければならなくなる次世代に人々にさらなる問題をもたらすだけだからである。地域社会も、二酸化炭素の貯蔵施設が近くに作られることは望んでいない。そこで、CCSを支持するメルケル連立政権は、2012年にドイツ各州政府との妥協案に合意した。現在では、各州政府は二酸化炭素貯蔵施設の建設計画を拒否することが可能になり、今後こうした貯蔵施設が建設される可能性は非常に低くなった。この合意では、施設の法的責任者を稼働開始後40年間は事業者、その後は州政府、つまり納税者とすることも規定されている。

その上、この技術は環境保護主義者たちにもほとんど歓迎されていない。汚染物質とCO2を貯蔵しても、貯蔵施設で漏れが発生しないように管理しなければならなくなる次世代に人々にさらなる問題をもたらすだけだからである。地域社会も、二酸化炭素の貯蔵施設が近くに作られることは望んでいない。そこで、CCSを支持するメルケル連立政権は、2012年にドイツ各州政府との妥協案に合意した。現在では、各州政府は二酸化炭素貯蔵施設の建設計画を拒否することが可能になり、今後こうした貯蔵施設が建設される可能性は非常に低くなった。この合意では、施設の法的責任者を稼働開始後40年間は事業者、その後は州政府、つまり納税者とすることも規定されている。

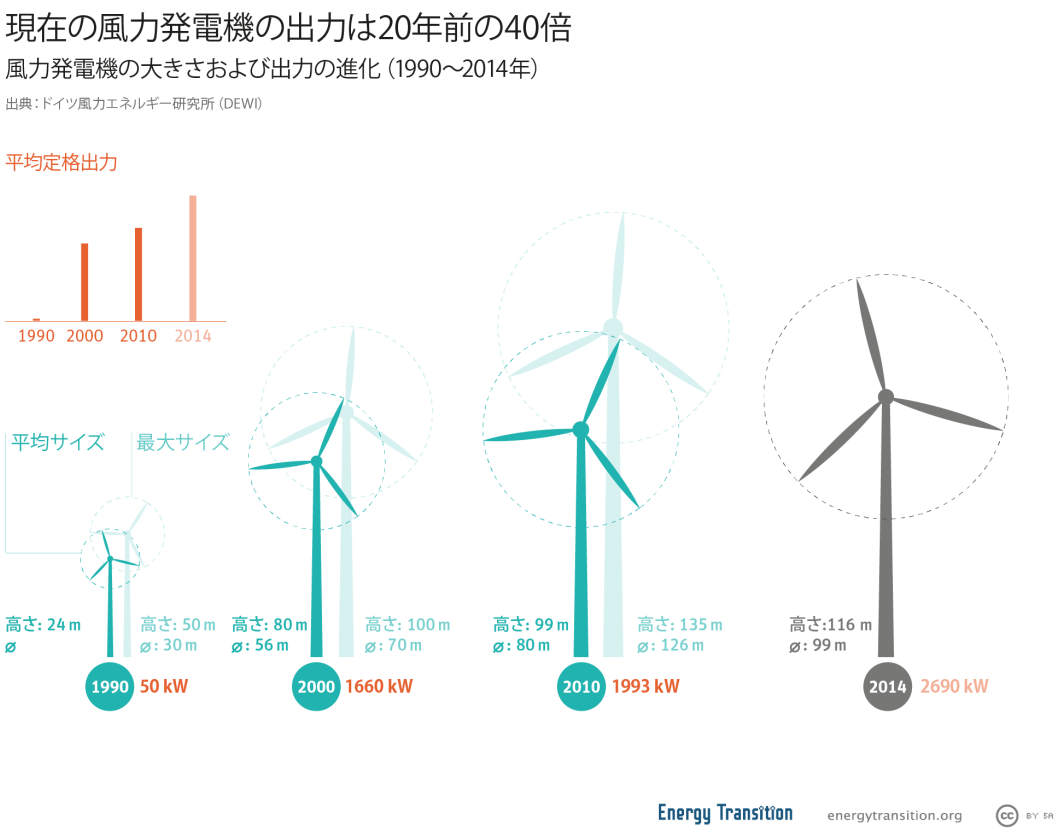
2012年7月には、ドイツの元エネルギー大臣であるペーター・アルトマイヤー氏自身が、ドイツ国内でのCCS計画の断念を表明し、次のように述べた。「我々は現実的にならなければならない。民意に反して二酸化炭素を地中に貯蔵することはできないし、無煙炭・褐炭の火力発電所にCCS技術を導入することを政治に受け入れた州は一つも確認できていない。」

3C

風力

ドイツにおける自然エネルギーへの転換は、第一に1990年代初めの風力発電の導入から始まった。現在では、陸上風力発電は最もコストのかからない新しい自然エネルギー電源となり、国の電力供給の約9%を占めている。また、陸上風力発電の多くは、中堅企業と小口投資家で運営されている。しかしこの特徴は、発展が始まったばかりの洋上風力発電においては様相が異なる。

2014年、ドイツでは電力の約8.6%が風力発電機により発電された。そのほぼすべてが陸上に設置された発電機による電力である。ドイツ政府は、2020年までに風力発電のシェア（陸上・洋上の合計）を約3倍にする計画である。しかし、発展が始まったばかりの洋上風力と従来からある陸上風力では、状況が大きく異なる。陸上風力の多くが中堅企業および主に地域社会と小口投資家が運営する分散型の風力プロジェクトからなるのに対し、洋上風力はほぼすべてが大企業により運営されており、こうした企業の多くは今まで自然エネルギーへの転換に反対してきた。そのため、従来からある陸上風力発電事業者は、古くなった陸上風力発電所をリパワリングすべきだと主張している。発電機の技術は1990年代から大幅な進化を遂げており、今では従来と比べてかなり少ない発電機でもはるかに多くの電力を発電できるようになった。また、陸上風力は洋上風力に比べると大幅にコストが安い。



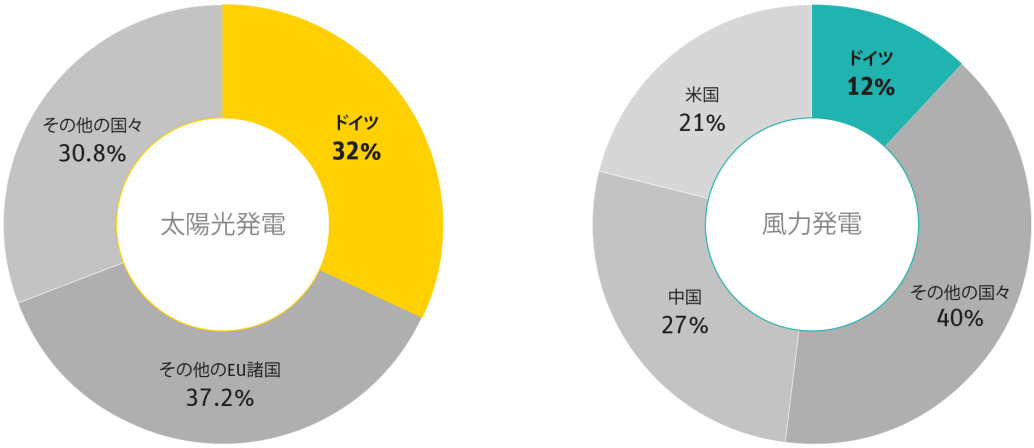
ドイツ風力エネルギー研究所(DEWI)

風力発電機のリパワリングは、ドイツの重要課題である。ドイツで風力発電が始まって20年が経ち、固定価格買取制度を適用された最も初期の風力発電設備は、もう耐用年数に達している。耐用年数まで数年残っている風力発電設備でも、最新の発電機と比べれば用地を効率的に利用できていない。何しろ、現在導入されている平均的な発電機の出力量は、1990年代半ばに製造された発電機の約10倍なのだ。つまり、古い発電機を新しいものに取り替えれば、風力発電所の視覚的インパクトを軽減しながら、より多くの風力発電が可能となるのだ。

ドイツは風力・太陽光発電で世界を先導する

ドイツおよびその他の国々における太陽光・風力発電の稼働容量（2012年）

出典：21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク（REN21）

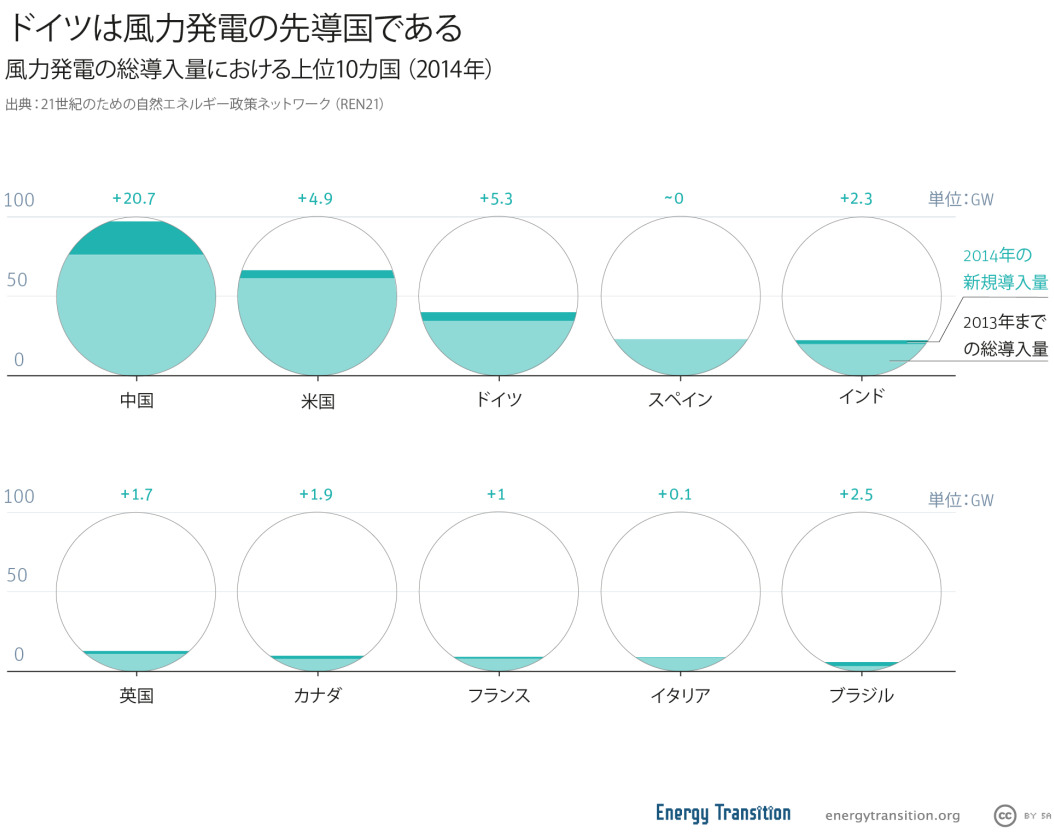


Energy Transition energytransition.org

21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク(REN21)

ドイツには洋上風力発電の計画もある。政府は2020年までにドイツの海に6.5 GWの風力発電を導入することを目指している。ドイツ初の洋上風力発電施設であるアルファ・ヴェントゥス試験場は、2010年に系統に接続された。続いて2011年には、最初の商用風力発電施設であるバード1 とバルチック1も接続された。既に北海におけるドイツの排他的経済水域内の20カ所、バルト海の3カ所に対し、新たな洋上風力発電施設を建設する許可が下りている。

外海の風はより安定しているため、洋上風力発電施設にはより信頼性の高い電力供給が期待されている。一方、洋上風力には、現在のところ陸上風力の2～3倍のコストがかかる。さらに、ドイツの風力発電業界には、洋上風力に対する熱意が今一つ感じられない。これは、洋上風力のプロジェクトが完全に大企業の管理下にあるのに対し、ドイツの陸上風力発電は主に市民により運営されているからだ。実際、メルケル政権による洋上風力への支援は、政府により原発廃止を求められたドイツの大規模電力会社に対する特別な刺激策と見なされることもある。2014年末の時点で、ドイツでは容量にして1 GW余りの洋上風力発電所（発電機258基）が系統に電力を供給しており、さらに923 MW分が建設中であった。

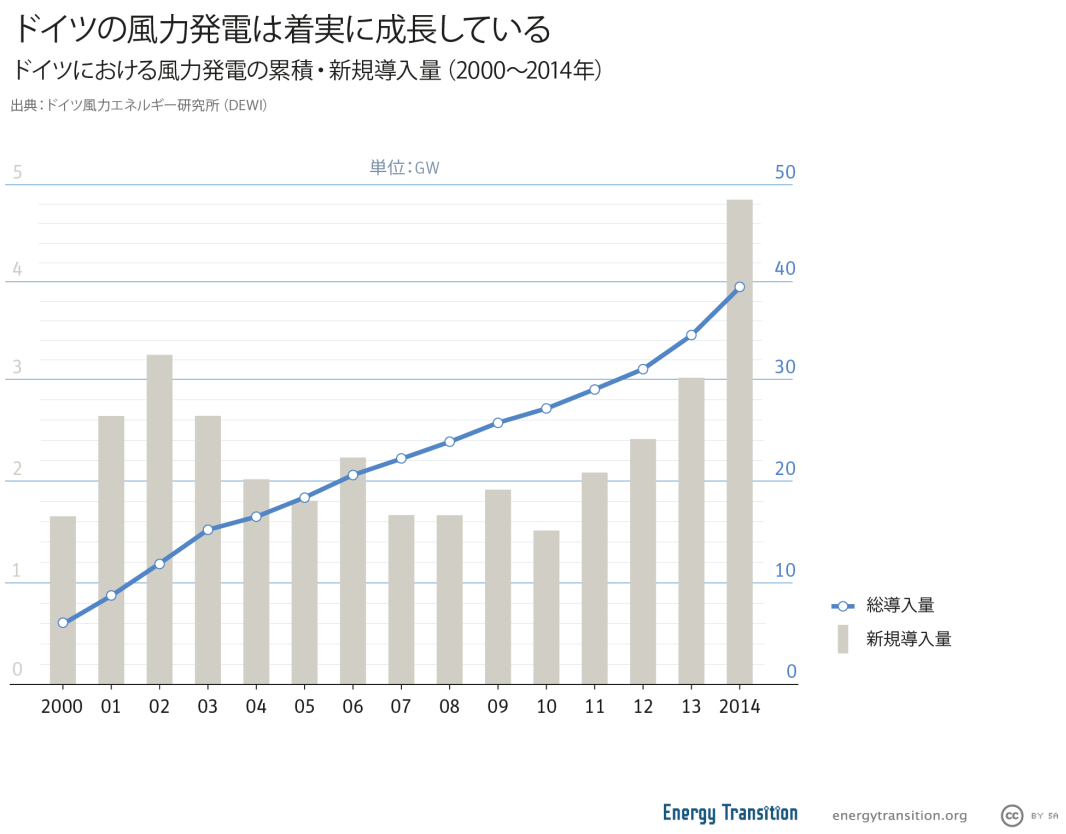


21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク(REN21)

広がりつつある陸上風力発電の受け入れ

これに対して、ドイツの風力発電業界はもともと「有機的に」発展する地域所有のプロジェクトで成り立ってきた。最初は少数の発電機が設置され、風力発電施設が出資者にもたらす見返りの価値が地域社会に認められると、さらに出資者が集まり、新しい発電機が導入される。設置される発電機が増えるにつれて、人々は騒音の心配が思ったほどのものではないことにも気づく。世界的に見ると、風力発電機の健康に対する影響が懸念されているのは、風力発電がほとんど導入されていないところだけだ。風力発電機の密集度が最も高い国であるドイツとデンマークにおいては、健康への影響は議論の対象となるような問題にはなっていない。逆に、環境に悪い石炭や危険が潜む原子力による発電の代わりに、クリーンな風力発電が導入されれば、かえって健康によいと考えられているくらいだ。最終的には、風力発電施設が拡大するにつれて、人々は発電機の「視覚的インパクト」にもだんだん慣れてくる。高圧線用の鉄塔、ビル、道路と比べても目障りではないし、騒音も車より小さいと思うようになるのだ。ドイツにおける自然エネルギーの地域所有については、第2章－1「人々による人々のためのエネルギー」で詳述する。

近年の技術発展のおかげで、風力発電を活用するメリットは内陸地域でも高まった。ドイツ南部、特にまだ風力発電がほとんど導入されていない南西部のバーデン＝ヴュルテンベルク州では、山腹や森林への風力発電機の設置を促進するために、最近になって計画に関する障壁が撤廃された。同時に、新設される発電機には厳しい環境基準を満たすことが義務付けられた。初めて緑の党による政権が誕生したバーデン＝ヴュルテンベルク州では、風力発電の年間新規導入設備容量を大幅に増加することが計画されている。



ドイツ風力エネルギー研究所(DEWI)

一方、米国の風力発電市場は、絶対容量において中国に次ぐ世界で2番目の規模を誇るが、米国のピーク時の電力需要は800 GW弱である。したがって、米国が風力発電でドイツと同程度の成果を挙げるには、毎年20 GWほどの風力発電機を導入しなければならない。米国における導入状況はこれには遠く及ばず、最大でも2012年の13.1 GWである。

3D

バイオマス

熱、電力、車の燃料を供給できるバイオマスは、すべての自然エネルギーの中で最も用途の広いエネルギーである。2020年までにドイツの自然エネルギー消費の3分の2近くがバイオマスになると予測されているのも、驚くには当たらない。しかし、バイオマスの得意分野は、エネルギー源になることだけではない。バイオマスは食料にもなるし、生産材料（木材や油など）にもなるのだ。そのため、バイオマスはさまざまな競合産業から大きな需要がある。残念ながら、持続的に供給できるバイオマスの将来性は限られており、ドイツの政策では残留物や廃棄物の利用促進に重点が置かれている。

バイオマスは多くの点で特別な自然エネルギー源である。一つ目に、バイオマスは電力、熱、燃料（液体、固体、ガス）という3種類のエネルギー形態のすべてを直接供給できる。二つ目に、貯蔵および調整が容易に行える。太陽光や風力が足りないときに、バイオマスを燃料とする発電機なら必要に応じて出力量を上げることができる。三つ目は、持続性を保つために厳格な管理が必要であるという点で、これがバイオマスの大きな弱みとなっている。いくら太陽光パネルを設置しても、太陽の光を今より早く使い果たしてしまうようなことはないし、風力発電機を次々と設置しても地球上の風量が目に見えて減るようなことはない。しかし、バイオマスの場合、資源の枯渇や、単作栽培が生物多様性を損なう事態を防がなければならない。また、富裕国のエネルギー需要が貧困国の食料需要を犠牲にして満たされるようなことは確実に避けなければならない。

バイオマスのエネルギーは広範な用途に利用できるため、世界のエネルギー供給に占めるバイオマスのシェアは、（電力しか供給できない）水力や原子力よりはるかに大きく、それ以外の自然エネルギーの合計を上回る。REN21（21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク）によると、2012年の世界の最終エネルギー需要のうち、10%以上がバイオマスで賄われた（その多くは従来型バイオマス）。その一方で、原子力のシェアは2.6%に下落した。

ドイツのバイオマス

最近では、バイオマスといえば薪や糞などのことではなく、トウモロコシからとれるエタノール、菜種からとれるバイオディーゼル、有機性廃棄物やトウモロコシからとれるバイオガス、おがくずからとれる木質ペレットなどを指すようになっている。一般的に、バイオエネルギーには林業と農業という2つの供給源がある。EU最大の木材生産国であるドイツでは、最大のバイオエネルギー源は当然ながら木材である。ドイツの木材生産量のおよそ40%がエネルギー源として使われており、残りは木材として使われている。ドイツはバイオガスの主要市場でもある。2013年には、欧州のバイオガスによる電力の50%以上がドイツで発電されており、今後も大きな成長が期待されている。

ドイツにおけるエネルギー作物向けの耕地面積は、2013年には既に210万 ha近くに達した。これは、2020年までのバイオエネルギーの可能性として2009年に設定された範囲の下限値に迫る数値であり、ドイツの農地面積である1670 万 haの12.6%に相当する。この範囲の上限は2020年までに400万 haである。研究によると、この先数十年間にわたる人口減少と農業部門におけるha当たりの生産高の向上によって、バイオエネルギーのシェアはこの限度内で拡大する可能性がある。しかし、環境団体はエネルギー作物の環境への影響を指摘している。たとえば、エネルギー生産用のトウモロコシ栽培の大幅な拡大

（およびトウモロコシの単作栽培の弊害）は、貴重な草原の耕地化に関連付けられることが多い。また、エネルギー作物は地下水の水質を低下させ、土壌の浸食を起こすこともある。こうした現象を防ぐため、ドイツの改正再生可能エネルギー法（EEG）では、特別補償金の対象となるトウモロコシと穀類の量が制限された。加えて、土地管理から出た資材や残留物など、環境への負荷が少ない資源の利用を促進するための一連の刺激策が設けられた。

ドイツ連邦環境省の推定では、2013年の総エネルギー消費量の約11%を自然エネルギーが占めた。そのうち、熱部門ではバイオマスが約37%、電力部門ではバイオ燃料が10%以上、バイオガスが15%だった。合計すると、2013年のドイツにおける自然エネルギーの総供給量の62%がバイオエネルギーだったことになる。これを総エネルギー消費量におけるシェアに換算すると、約7%となる。

したがって、ドイツ国内で持続的に供給できるバイオエネルギーの将来性は、少なくとも今のペースで消費が続けば、エネルギー供給全体の10%程度に限定されるだろう。しかし、消費量を減らせば、このシェアを拡大することも可能である（第2章 – A「エネルギー効率」参照）。

現在ドイツで使用されているバイオマスは、主に国内由来のものである。今後の課題は、輸入量を極端に増やすことなくバイオマスのエネルギーへの利用を拡大することである。既にドイツの人々の間には、パーム油のプランテーションを目的とする熱帯雨林の伐採、発展途上国の食料生産とバイオマスとの競合に対する懸念が生じている。ドイツ連邦環境省が明言したとおり、「エネルギー利用のためのバイオマス生産の拡大は、決して食料安全保障、食の権利、環境と自然の保護と競合するものであってはならない」。したがって、バイオ燃料およびその他の液体バイオエネルギーの供給業者は、欧州再生可能エネルギー指令に準拠するとともに、割当目標に算入するための厳しい持続可能性基準を満たし、バイオマス持続可能性政令で規定されたボーナスを受ける資格を得なければならない。しかし、バイオマスのエネルギー利用が世界中の食料価格の上昇を引き起こすのを防ぐために、この厳しい基準が十分であるかどうかは、不明のままである。

現在ドイツで使用されているバイオマスは、主に国内由来のものである。今後の課題は、輸入量を極端に増やすことなくバイオマスのエネルギーへの利用を拡大することである。既にドイツの人々の間には、パーム油のプランテーションを目的とする熱帯雨林の伐採、発展途上国の食料生産とバイオマスとの競合に対する懸念が生じている。ドイツ連邦環境省が明言したとおり、「エネルギー利用のためのバイオマス生産の拡大は、決して食料安全保障、食の権利、環境と自然の保護と競合するものであってはならない」。したがって、バイオ燃料およびその他の液体バイオエネルギーの供給業者は、欧州再生可能エネルギー指令に準拠するとともに、割当目標に算入するための厳しい持続可能性基準を満たし、バイオマス持続可能性政令で規定されたボーナスを受ける資格を得なければならない。しかし、バイオマスのエネルギー利用が世界中の食料価格の上昇を引き起こすのを防ぐために、この厳しい基準が十分であるかどうかは、不明のままである。

未来に向けて、バイオマスの利用が特に重要な分野が3つある。それは、（eモビリティなどの代替技術が簡単に用意できない）航空運輸および大型車両用の燃料、高温が必要な工業プロセス用の熱、 そしてコージェネレーションである。コージェネレーションが重要なのは、コージェネレーションプラントでは非常に高い効率でバイオマスが電力と熱に変換され、温室効果ガスの面でもメリットがあるからだ。

さらに、太陽光発電ができない暗い冬の夜に電力消費量が最大となるドイツでは、そのときに十分な電力を供給するために季節に応じてエネルギーを貯蔵する方法として、特にバイオガスと水素が重要視されている（第2章 – H「柔軟な発電」参照）。しかし、ドイツ政府は2014年8月にバイオガス発電設備の年間導入量を100 MWまでとする制限を設けた。この背景には環境への影響に関する懸念もあるが、主な目的はコストの削減である。

3E

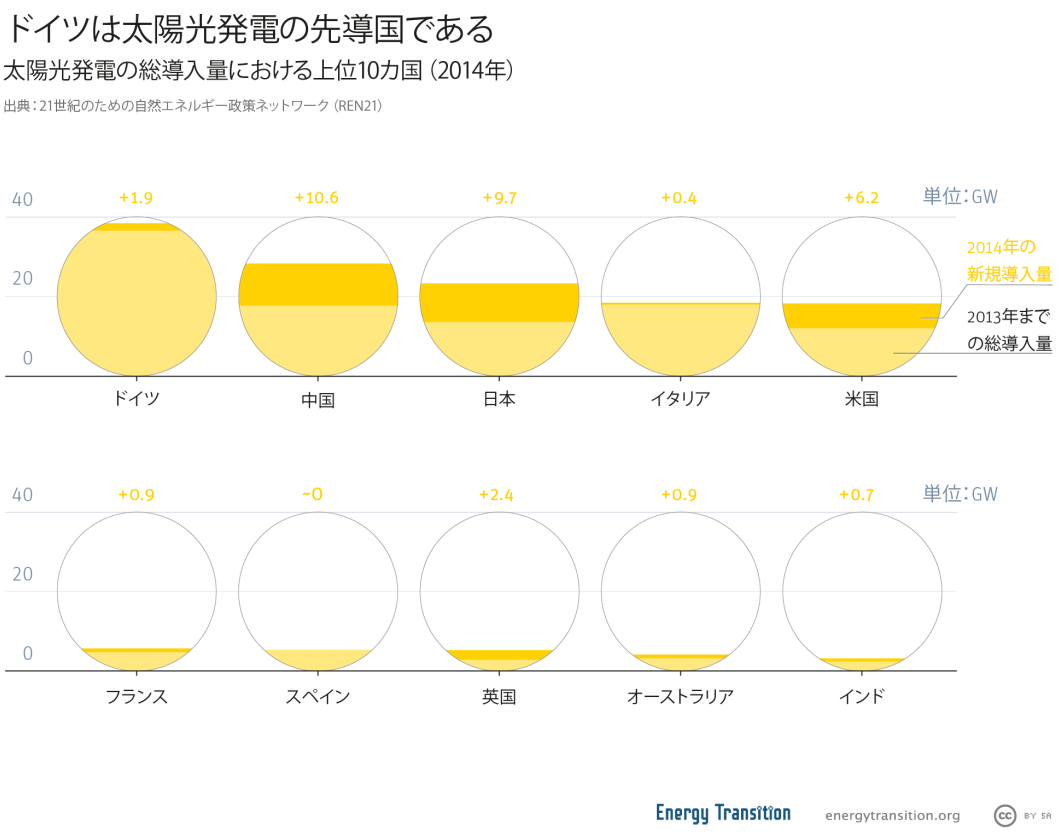
太陽光（PV）

この10年間、当初はコストの高い技術だった太陽光発電に注力していたドイツは、しばしば批判を受けてきた。しかし、現在の太陽光発電のコストは洋上風力発電よりも安く、バイオマスにも負けていない。さらに、近い将来には風力発電とも対等な競争力を持つようになると見込まれている。ドイツは世界のために太陽光発電のコストを下げてきたのだ。現在は、国内の電力供給に大量の太陽光電力を統合することが課題となっている。

太陽光発電とは、太陽光パネルを使って電力を生成することだ。太陽熱は、温水供給や暖房に使われる熱を生み出す。太陽熱は集光型太陽熱発電（CSP）という技術で発電にも利用できるが、この技術が有効なのは主に砂漠であり、ドイツではない。

特に日照に恵まれているという印象がないにもかかわらず、ドイツでは世界最大の太陽光発電市場が発展してきた。太陽光発電のコストは、この20年間のうちに他のどの自然エネルギーのコストよりも急激に下落した。専門家の予測では、今後10年のうちに石炭火力発電と同程度にまでさらに下がるという。電力消費が少ない晴れた日の数時間分であれば、太陽光は既にドイツの電力需要の50%を賄うことができる。しかし、こうしたドイツの事例から、太陽光発電をさらに推進するには電力市場の再構成が必要であることが分かった。というのは、太陽光発電によって電力の卸売価格が引き下げられ、バックアップ電源の発電所の採算性が落ちてきたからである。

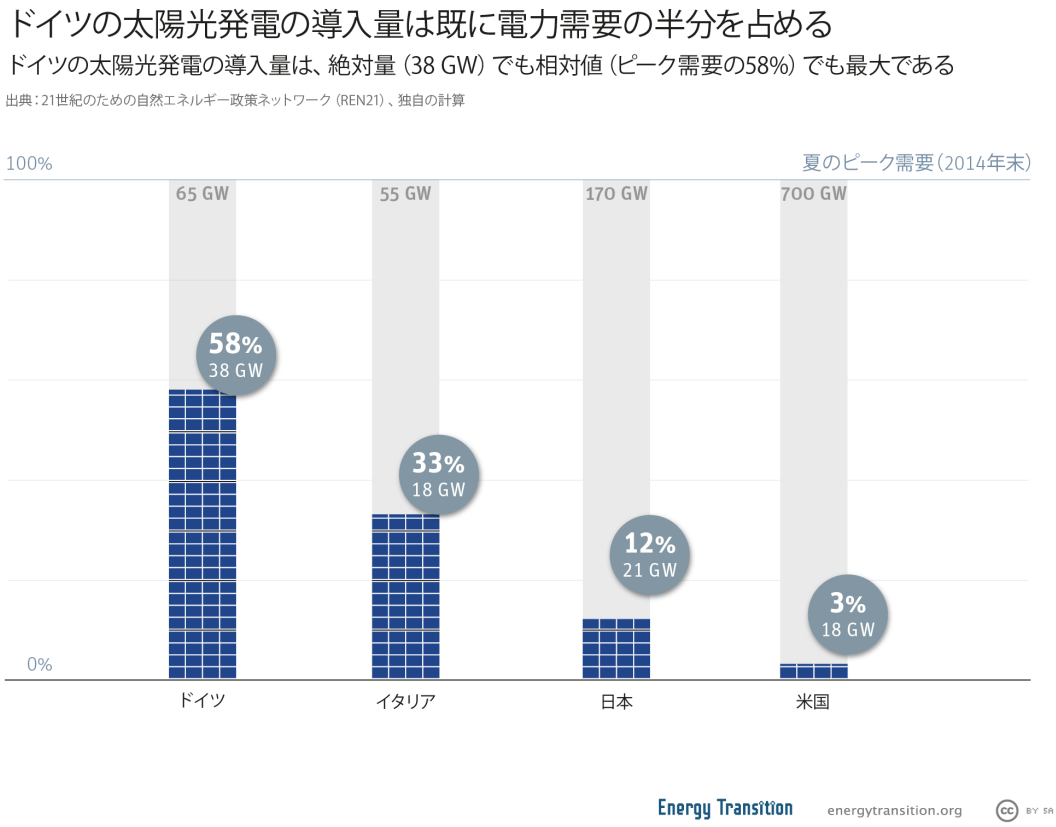
「太陽光」という言葉を聞いて、最も多くの人が連想するのが太陽光発電（PV）である。ずいぶん前から、PVは商用化が進んでいる自然エネルギー電力のなかで最もコストが高いといわれてきたが、そのコストはここ数年で急落しており（2008年から2012年で約50%の下落）、今では集光型太陽熱発電や洋上風力発電よりも安くなっている。



21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク(REN21)

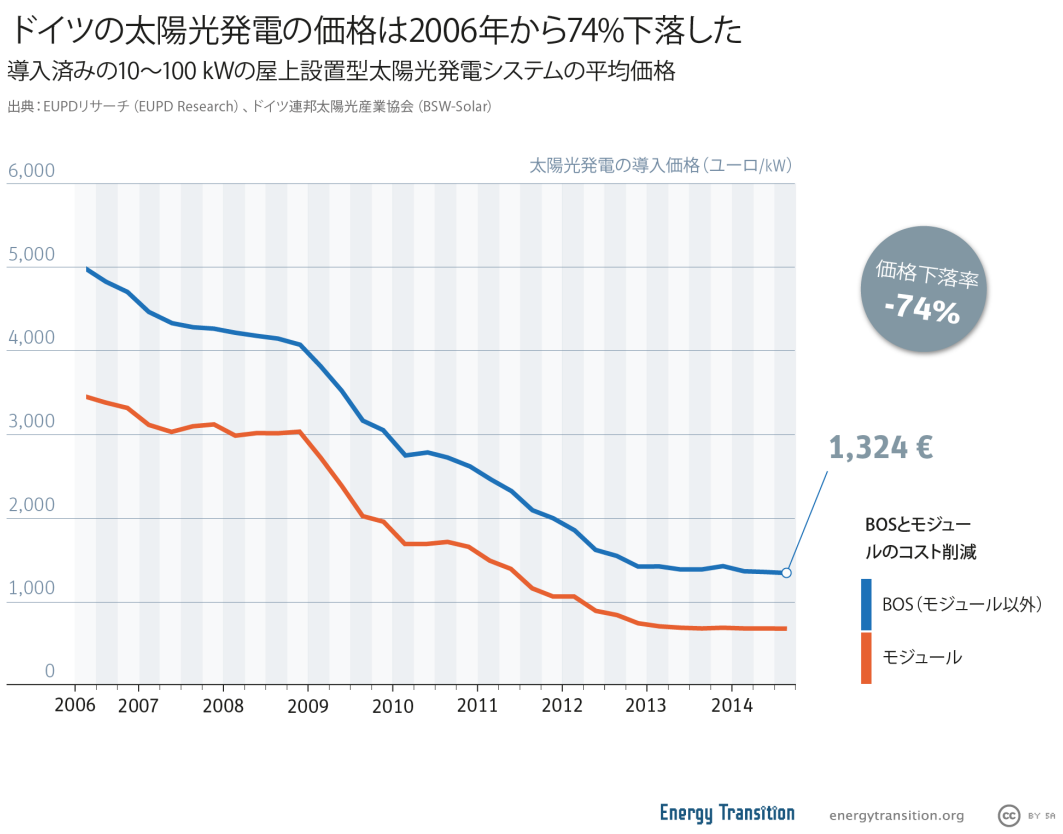
ドイツのPV導入量は、絶対値では他のどの国よりも多いが（2013年秋の時点で約35 GW）、最も重要なのは、PV導入量を夏のピーク需要と関連づけて比較することである。何といっても、太陽光による発電量が最も多いのは夏の午後だからだ。

ドイツでは、夏は多くの人がエアコンなしで過ごせる一方、冬は暖房や照明などで大量の電力が必要になるため、電力需要は冬より夏のほうが少ない。そのため、2012年には数日の間、国の電力需要のほぼ半分をPVだけで満たすことができた。2014年6月6日には、ドイツの太陽光発電は過去最高の24.2 GWを記録した。総電力需要に占める太陽光発電の割合は、この日全体としては約6分の1にとどまったが、ピーク時には3分の1に達した。

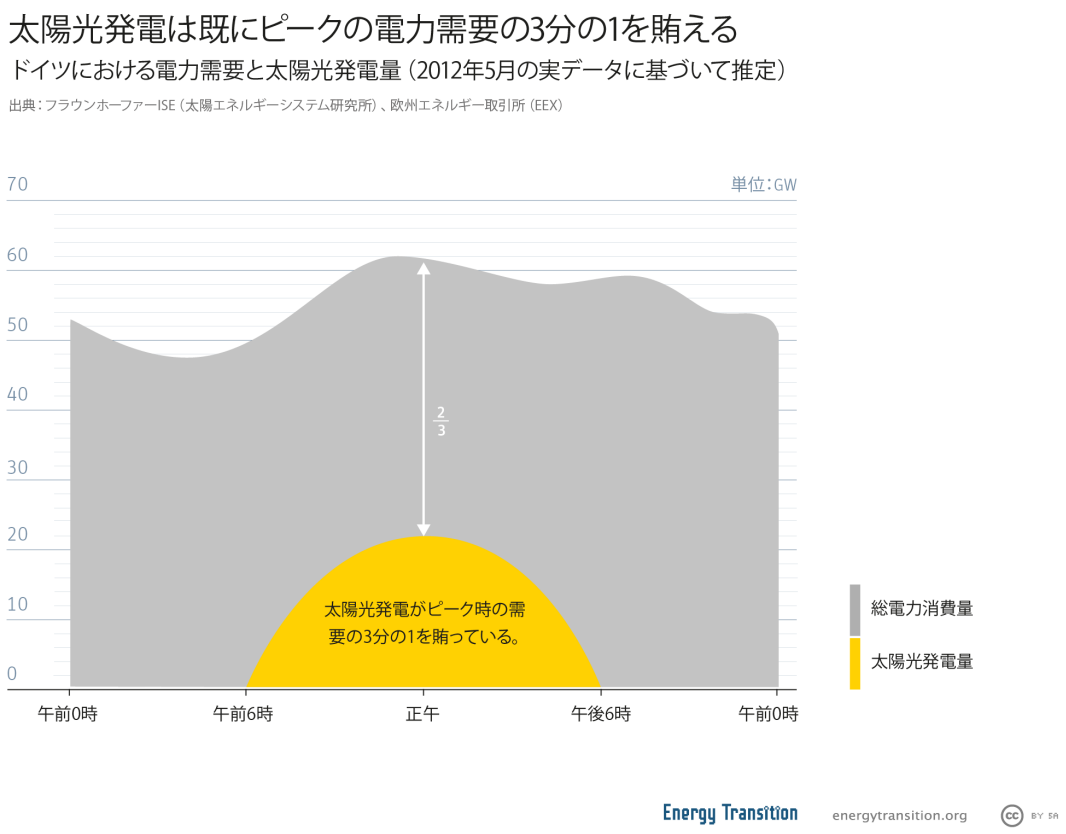


21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク(REN21)、独自の計算

太陽光発電の支持者が長年にわたって指摘しているのは、太陽光発電が昼食時頃の電力需要のピークと同期して行われるという点である。そのため、比較的コストの高い太陽光発電でも、さらに高コストの発電に代わってそのピーク需要を満たせば、有効に活用できるというのだ。太陽光発電は今もなお、ほぼあらゆる場所においてピーク需要を満たすにはうってつけの手段となっている。ほぼあらゆる場所と言ったが、その例外がドイツである。既に大量の太陽光発電が導入されているドイツでは、ピーク需要はもはや問題ではなくなってしまったのだ。ドイツの太陽光発電は、今では夏の間のミディアムロードの大部分を補うだけでなく、ベースロード発電の一部を補うこともある。



EUPDリサーチ(EUPD Research)、ドイツ連邦太陽光産業協会(BSW-Solar)



フラウンホーファーISE(太陽エネルギーシステム研究所)、欧州エネルギー取引所(EEX)

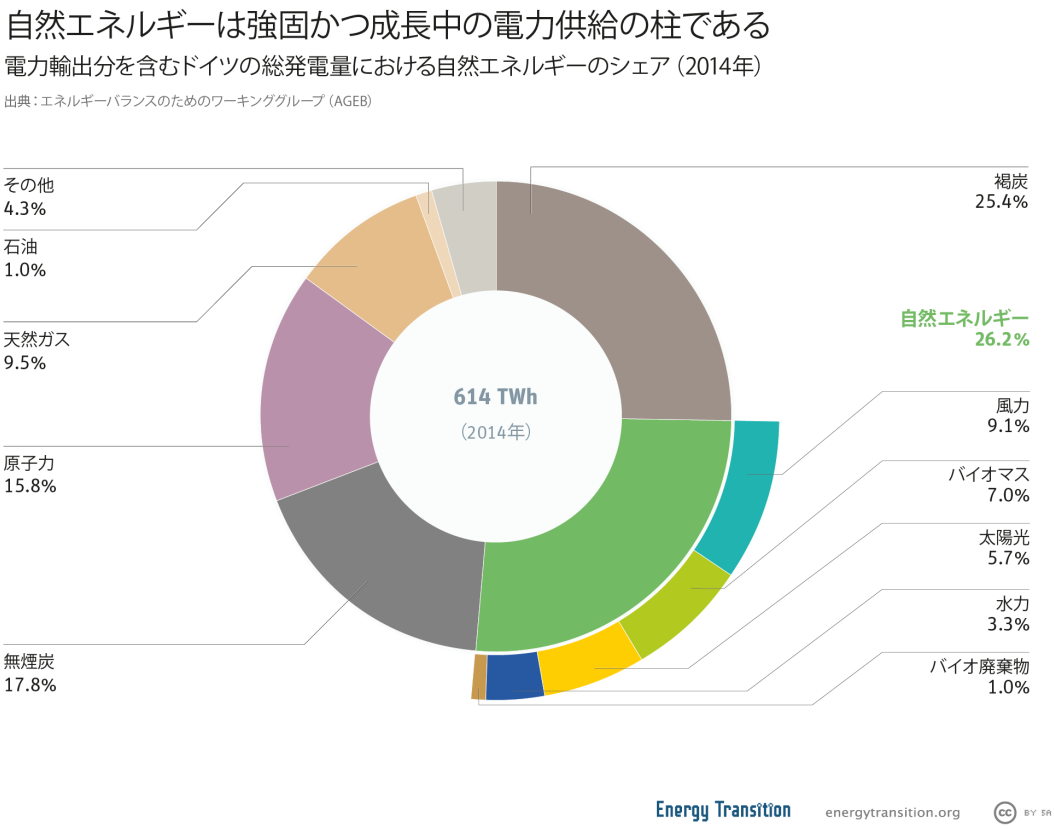
こうした太陽光発電の発展の結果の一つとして、フル稼働する機会を失ってしまった国内の従来型発電所を運営する電力会社の利益が大幅に減少した。しかも、太陽光発電のおかげで昼間のピークを補う電力が不要になったため、これらの電力会社は電力を高値で売ることができなくなった。このような事態の急展開を受けて、現在ドイツ政府は電力市場の再構成に向けて模索している。ドイツの電力需要が1年のうちで絶対的なピーク（約80 GW）に達すると同時に、太陽光発電が全く行われない時間帯でもある冬のピークのために、十分な発電容量を調整可能な状態で待機させておくようにするのが目的だ。このようにドイツならではの状況に触れることで、他の国々は自国の未来を垣間見ることができる。

2014年の最も日が短かった日にも、ドイツの太陽光発電は何とか2基の大型原子炉に相当する電力を3時間にわたって発電し、電力需要のピークを補うことができた。

3F

その他の自然エネルギー

その他の自然エネルギーには、（発電と熱の供給に利用できる）太陽熱や地熱エネルギーなどがある。ドイツでは、たとえばアイスランドや米国と違って地熱エネルギーの将来性にはあまり期待できないが、一部の用途で利用する価値はある。ドイツがエネルギー政策としてあまり注目してこなかった太陽熱は、太陽光発電ほどの成功には至っていない。



エネルギーバランスのためのワーキンググループ(AGEB)

ドイツには地中の熱である地熱の資源もある。ドイツ初の地熱発電所は2003年に稼働を開始したが、後続のプロジェクトの多くはまだ実現していない。

今もなお、人々は微小地震活動や騒音、地下水への影響について心配している。したがって、リスクを最小化し、支持を拡大するためには、地域社会による早期の参画、発電所の立地の慎重な選択、最先端の探査・運転技術が非常に重要である。それでも、北米やアジアと比べると、（ドイツを含む）欧州のOECD諸

国の地熱資源は極めて少なく、高温によって高いエネルギー収量を実現できる一部の魅力的な地域に限られている。そのため、地熱発電の成長は風力や太陽光と比べると大幅に遅れると予想されている。

自然エネルギー熱

（バイオマスや太陽熱などの）自然エネルギーから発生する熱のことを、「自然エネルギー熱」というが、この語の意味には廃熱を回収して暖房などに利用することも含まれる。ドイツの総エネルギー消費において、熱の占める割合が約40%であるのに対し、電力の割合は全体で20%に過ぎない。したがって、自然エネルギー熱の将来性は自然エネルギー電力よりも高いといえる。しかしながら、ドイツにおける自然エネルギー熱の推進は、固定価格買取制度が導入されていないこともあって、電力ほどの成功を収めていない。ドイツ政府は、2020年までに国内の熱の14%を自然エネルギー源から得るという目標を掲げている。再生可能エネルギー熱法の下では、すべての新築建物に一定割合以上の自然エネルギー由来の暖房システムを設置することが義務付けられている。

バイオマスからの自然エネルギー熱

今のところ、自然エネルギー熱の最大供給源はバイオマスである。その主な原料は木くずや薪、最近増えてきた木質ペレットである。ドイツの市場活性化プログラムも、効率や排出量に関する厳しい要件を設定した上で、バイオマスからの自然エネルギー熱の生成を支援している。さらに、バイオマス発電機からの廃熱も地域の熱供給網に利用されている。実際、ドイツの再生可能エネルギー法では、ほとんどのバイオマス発電設備に発電過程で発生した廃熱の一部を回収すること（「熱と電力のコージェネレーション」）が義務付けられている。

ヒートポンプ・太陽熱からの自然エネルギー熱

自然エネルギー源を利用した新技術が、次々と市場に登場している。たとえば、バイオマスに加えて、地表のすぐ下や地下水から熱を得る「浅い」地熱（地中熱）がある。周囲の大気からの熱と同様に、この熱はヒートポンプと組み合わせて利用される。2013年にドイツに新しく建てられた建物のうち、3分の1にヒートポンプ付きの暖房システムが設けられた。

一般家庭や企業に太陽熱集熱器を設置して、熱の需要を補うこともできる。2013年には、ドイツの太陽熱市場は中国、米国に次いで世界3番目の規模となった。2014年末の時点で、ドイツには200万台以上の太陽熱集熱システムが設置されており、その表面積は約1,840万 m2となった。

特に建物部門では、効率化に投資すれば何十年間も消費量を抑えられるかもしれないが、初期費用は今でもかなり高い。この障害を乗り越えるために、ドイツ政府は自然エネルギー熱の設備（太陽熱集熱器、新型バイオマス暖房機、高効率ヒートポンプ）の導入に資金援助を行う市場活性化プログラムを施行した。詳細は、本稿第3章-Fの「市場活性化プログラム（MAP）」を参照のこと。

それでも、この市場には太陽光発電のような急速な成長は見られない。太陽熱の一般的な年間成長率が10%程度であるのに対し、太陽光発電は2009年から2011年にかけて毎年約60%も成長した。太陽熱の成長が停滞している理由の一つは、特別な固定価格買取制度があるのが太陽光発電だけで、太陽熱向けには設けられていないことにある。そのため、太陽熱の導入費の一部は、環境税と排出量取引を財源とする政府の助成金で賄われている。太陽熱集熱器のコストは下がったものの、導入費の高止まりもあってシステム全体のコストはなかなか下がらない。加えて、ドイツの太陽熱集熱器の市場は、1～2軒用程度の家庭向け小型器にほぼ限られている。デンマークをはじめとする他の国々では、大規模な地上設置型集熱器が優遇されており、集熱器の価格を5分の1に下げて発熱コストの競争力を高めるなどの措置がとられている。ドイツでもシステムへの資金援助は行われているが、この市場分野にはさらなる発展の余地がある。

今のところ、ドイツの熱需要における太陽熱のシェアはわずか1%程度である。ドイツのエネルギー消費の約40%が熱であり、電力はわずか20%である（残りの40%は車の燃料）ことを考えると、この数字は非常に残念である。

裏を返せば、ドイツの自然エネルギーへの転換のなかで、自然エネルギー熱は他のどの電源よりもはるかに高い将来性を持っているといえる。

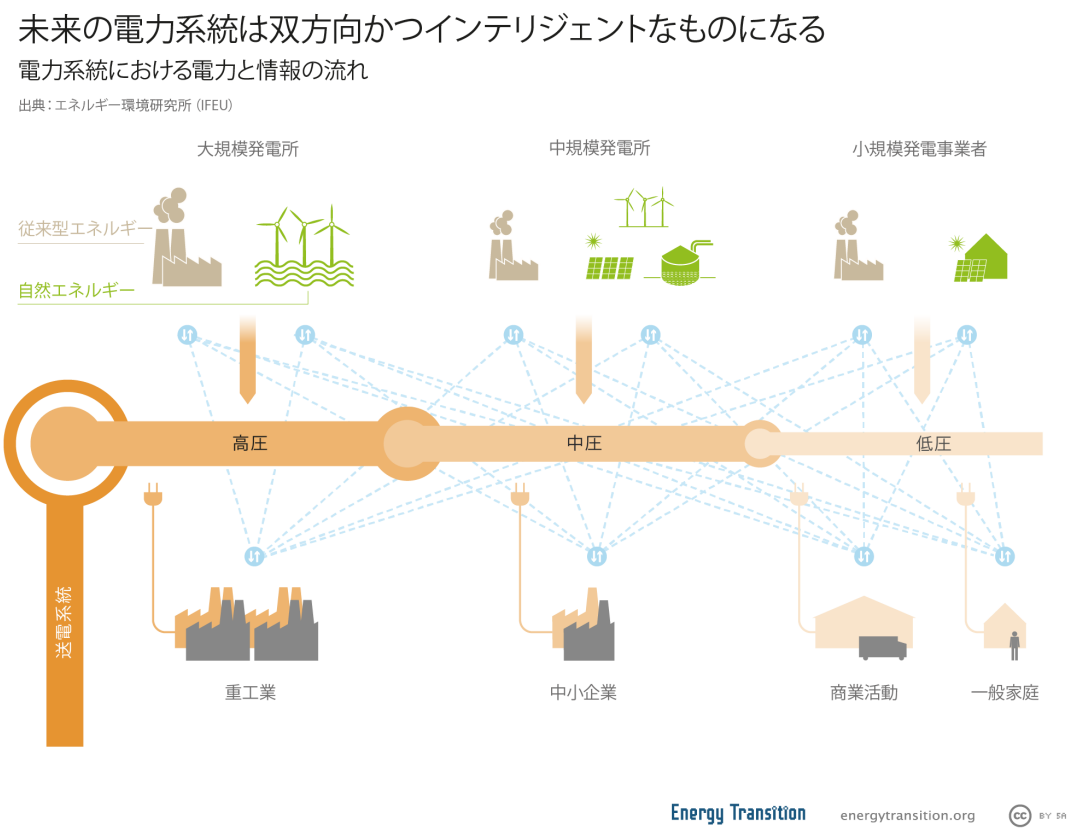
3G

系統と電力貯蔵

自然エネルギーでの電力供給を拡大するには、ドイツの系統の拡張が必要であることは誰もが認めているが、具体的な施策については意見の一致が得られていない。新たに必要な送配電線の長さについても、4,500 kmとする試算がある一方、自然エネルギー業界はその半分で十分だと考えている。現在のドイツの系統は、3万5,000 kmの超高圧送電線と9万5,000 kmの高圧線からなり、そのすべてが従来型の発電のために設置されたものである。これと比べると、自然エネルギーのために新たに必要となる送配電線は大した長さではない。中圧電線は51万 km、低圧配電線は約110万 kmある。

太陽光と風力は調整電源ではないため、自然エネルギー電力への移行には技術的な課題が伴う。集中型の石炭および原子力発電所では電力需要に応じて出力を上げられるが、風力発電機や太陽光パネルでは、同じように出力を切り替えることはできないのだ。これには、いくつかの解決策が考えられる。

全般的な問題は、系統の崩壊を防ぐためには、ある特定の瞬間に必要とされる電力をその瞬間に正確な量で提供しなければならないということである。このために従来から行われてきたのが、発電量を需要に合わせて調整するという方法だ。電力の貯蔵については、天然の地下洞窟での圧縮空気の貯蔵から、揚水貯蔵（水力）、フライホイール、蓄電池まで、現在さまざまな方法が検討されている。注目すべきは、電力貯蔵のための燃料として天然ガスを当面は利用し、最終的には持続可能なバイオガス、また風力や太陽光の余剰電力で生成された水素に変換して電力貯蔵を行うというドイツの計画だ。このとき、太陽光と風力からの電力はガスとして貯蔵され（「電力からガスへの変換（power to gas）」またはP2Gと呼ばれる）、車の燃料、暖房、調整電源の供給に利用されるようになる。最後に、「スマートグリッド」によって、今とは逆に電力需要を自然エネルギー電力の供給に合わせて調整できるようになる。



エネルギー環境研究所(IFEU)

電力貯蔵の必要性

とりわけドイツの限られた揚水貯蔵の容量（水力）を考慮すると、欧州を一体として見ることが解決策かもしれない。たとえばノルウェーやスイスのように揚水貯蔵の将来性が非常に高い国に、ドイツから大量の電力を輸出することが提案されている。現時点ではこれらの国との間に十分な接続は確立されていないが、そのための準備は進められている。2015年には、ノルウェーとドイツの間に1.4 GWの新たな接続を設ける計画が確定した。ただし、ドイツで自然エネルギー電力を安定供給するために、（共にEUにも加盟していない）ノルウェーやスイスが、自然のままの渓谷やフィヨルドをこれ以上大量の水で満たそうとするかどうかは、今のところ不明である。

中期的には、大半の組織がドイツでの電力貯蔵の必要性は最小限に抑えられると考えている。2012年10月にWWFのために行われた調査では、貯蔵技術の市場は2030年までは大規模なものにはならないことが示された。また、ドイツの電気・電子・情報技術協会VDEの予測では、ドイツの自然エネルギー電力のシェアが40%に到達するまでは、電力貯蔵の十分な必要性はないとしている。この40%という数値は、2020年頃には確実に実現できるだろう。さらに、フラウンホーファーISEが指摘するのは、変動型自然エネルギー電力のシェアだけでなく、変動型自然エネルギーと調整できないベースロード電源の組み合わせによっても、必要な貯蔵容量は変わってくるということだ。言い換えれば、主に褐炭と原子力の発電所からなるベースロードの発電容量を削減することにより、電力貯蔵の必要性を低減することができる。

大局的に見た自然エネルギーのための系統拡張

これらの方法を議論する前に、全体を大局的に見てみよう。まず、ドイツの自然エネルギー電力のシェアは、系統の大幅な変更なしに1990年代初めの3%から2014年の27%以上にまで伸びた。結局、風力、バイオマス、太陽光は、少なくとも今のドイツの仕組みにおいては、かなり分散されたエネルギー源なのである（第2章－1「人々による人々のためのエネルギー」参照）。

自然エネルギーのために系統の拡張が必要になると、自然エネルギーに批判的な人から不満の声が上がることがある。たとえば次のような意見もその一つだ。「風力発電所の欠点は、電力の必要ないところに設置しなければならないことだ。そのため、そこで発電した電力はどこか別の場所へ移動させなければならない。」

実はこの発言は、風力ではなく石炭火力発電の欠点の説明としてより適切だ。太陽光、風力、バイオマスの発電設備は、従来型の発電所と違ってどんな場所でもかなり均等に分散させて設置することができる。一方、褐炭火力の発電所が設置されるのは、決して電力が必要な場所ではなく、褐炭が地中から採掘される場所である。全世界で売買される無煙炭を燃料とする発電所も、従来からドイツのルール地方のように石炭の供給源の近くに建設されていた。しかし、大量の石炭を運搬するより大量の電力を送配電線経由で送るほうが、はるかに簡単でコストもかからないのは明らかである。また、石炭火力発電所は（ルール地方のように）工業地域の近くに設置されることが多いという指摘もあるかもしれないが、それは本末転倒である。200年ほど前の産業革命初期の頃には、ルール地方のほとんどの町は小さな村に過ぎなかった。ルール地方に産業があったから石炭火力発電所が建設されたのではなく、そこに石炭が大量に埋蔵されていたから産業が発展したのだ。

さらに、原子力発電所の場合は、ウランが採鉱される場所ではなく電力が必要な場所に建設されるケースが多いが、集中型の発電所はどれも巨大であるため、その接続のために必ず系統が拡張される。1960～70年代にドイツで原子力発電所が新たに建設されたときは、系統の拡張が必要になっただけではなく、原発の出力量を毎日下げなくてもいいように夜間に電力から熱を生成できる家庭用電気暖房システムが大幅に普及することになった。自然エネルギー電力の分散型供給は、それと比べればはるかに簡単で環境への影響も少ない。2010年に亡くなったドイツの自然エネルギー専門家ヘルマン・シェーアはかつて、分散型電力供給と従来の集中型電力供給を比較し、後者を「チェーンソーでバターを切るようなもの」と述べていた。

系統の拡張

自然エネルギーの統合を推進するために系統の拡張が必要であるという点には、誰もが賛成しているが、追加すべき送配電線の数や場所、種類といった細かい内容の数々については、あまり合意が得られていない。さらに、自然エネルギー業界自体がエネルギー転換の低コスト化を検討しているため、広範な系統の拡張に代わる安価な方法をいくつも提案している。その上、電線の近くには誰も住みたがらないので、計画の段階における市民への説明が必須であり、それにはさらなる透明性が求められている。

配電系統の構成は以下のとおりである。

送電系統は、約3万5,000 kmの220 kVおよび380 kVの送配電線からなる。これは、ドイツと隣国を接続する超高圧線であり、長距離の送電が行われている。

1. 複合企業、大規模産業向けの約9万5,000 kmの高圧線（60～110 kV）
2. 病院など多数の大型施設向けの約50万 kmの中圧線（6～30 kV）
3. 一般家庭、小規模企業向けの約110万 kmの低圧線（230 Vおよび400 V）

ドイツには投資家が所有する送電会社が4つあり、それぞれが国内の4つに分割された送電系統の担当部分を運営している。一方、配電系統は約900もの事業者により運営されている。

増設すべき送配電線の長さ

では、ドイツのエナギーヴェンデのためには何をすべきだろうか？現在のところ、北部には風力発電、南部には太陽光発電が多く導入されている。ドイツエネルギー機構（dena）が発表した2件の研究（系統研究IおよびII）では、ドイツの風力発電容量を2020年までに27 GWから51 GWに増やし、そのうち10 GWを北海およびバルト海の洋上に導入するのなら、約4,500 kmの超高圧線の増設が必要になると推定されている。しかし、自然エネルギー業界関係者のなかには、この長さは半分以上短縮できるという意見もある。

実際、この2件の研究はドイツの自然エネルギー支持者から大きな批判を受けた。その主な理由は、基礎データが公開されていないため、研究結果の精査ができないからだ。しかし、この研究が示す規模を前提としても、風力発電の容量を倍近くまで増やすのに、送電系統の拡張率はわずか13%足らずで済むことになる。さらに、政府が北部に洋上風力を増設する代わりに、南部での陸上風力の導入を促進すれば、これらの送配電線の多くは不要になるかもしれない。風力発電業界では、この数年間のうちにドイツ南部のような風の弱い地域に合わせて設計された高い支柱と長いブレードを備える特別な風力発電機が開発された。こうした陸上風力発電機を南部に設置すれば、送配電線はそれほど必要にならず、ドイツのエネルギー転換の総コストを削減できる。しかも、導入コストの面でも陸上風力は洋上風力よりはるかに安い。

太陽光発電の支持者からも、太陽光発電の固定価格買取制度を（フランスの事例のように）地域に応じて調整してほしいという声が上がっている。そうすれば、北部での太陽光発電の導入が進み、系統を統合しやすくなる。

送電系統より下流については、政府が「緊急に必要な送配電線」のリストを発表した。リストに示された送配電線の総延長は約1,900 kmだが、そのうち設置が完了したのはわずか200 kmである。問題の一因は住民からの反発（頭上に電線が通るようなところには誰も住みたくない）だが、煩雑なお役所的手続きや資金調達の問題も、遅れの原因となっている。地下にケーブルを敷く方法もあるが、そうするとコストが高くなる。

しかし、ここで改めて留意してほしいのは、原子力と化石エネルギーの供給だけのために設けられた何十万 kmもの送配電線からなる系統に対して、ここで増設を議論している送配電線はたったの1,900 kmであるという点だ。

系統の拡張に代わる手段

しかし、ドイツの自然エネルギー業界も、将来の保証された系統が政府により提供されるのを、ただ手をこまねいて待っているわけではない。太陽光発電業界では、超高圧線のより効率的な活用方法が考え出された。太陽光発電所が「位相発振器」の役割を果たすことにより、系統の周波数を安定させるというものだ。業界は、この方法によって増設すべき送配電線を減らせると期待している。

風力発電業界でも、多数の案が出ている。ドイツの法律には「n+1」という規定がある。送配電線を設置するときには、停電時に代わりに容量を引き受けられる予備送配電線を必ず用意しなければならないという意味だ。風力発電業界は、この規定が要らなくなる解決策を見出した。それは、自然エネルギーを接 続するための専用送配電線を設けるというものだ.

さらに、欧州連合でも、エネルギー同盟計画の一環として、加盟国間の相互接続の強化を目指している。だがその一方で、ドイツで風力と太陽光による発電量が急増したことによって、特にポーランドやチェコなどの国では既に電力の輸入が増加している。したがって、このような国ではこれ以上の連系強化は困難

かもしれない。ポーランドの政府関係者は、国内の系統管理をより円滑に行うためには、ドイツとの系統接続を拡大するどころか縮小しなければならないかもしれないと発言している。

3H

柔軟な発電（ベースロードはもう要らない）

断続的な太陽光と風力による発電が、やがてはベースロード電源のシェアを大幅に切り崩すことになることは既に明白である。ドイツでは、ベースロード電源が変動型自然エネルギーと相性が悪いことは何年も前から認識されている。自然エネルギーを補うには、比較的速く出力量を増減できる調整可能な発電所が必要となる。現在は、（容易に出力量を変えられない原子力発電所などの）ベースロードではなく、（ガスタービンなどの）ミディアムロードやピークロードが、そのような出力量の増減に対応できる発電所に該当する。このような予備の発電容量に対価を支払うためには、電力市場の再構成が必要である。だからこそ、現在ドイツでは容量市場と戦略的予備力がますます注目されているのだ。

容量市場については、2015年にメルケル首相が反対の立場を表明したため、中期的に見てドイツに導入されることはなさそうだ。しかし、「冬季予備力」は2.5 GWから4 GWへ拡大する見込みだ。冬季予備力は、暖房が必要な季節に電力需要がピークに達するときなどの緊急の場合を除き、必要とされない発電所で賄われる。このような発電所は、待機するという役割に対して補償金を受けとるが、それ以外に電力を売ることは禁じられている。

では、日照がなく、風も吹かないときはどうすればよいか？ドイツ以外の国々で多い意見は、自然エネルギーに転換するまでのつなぎの技術として、今世紀中は従来型発電所が必要であるというものだ。特によく論じられているのは、出力が安定しない風力発電機やソーラーパネルでは供給できないベースロード電源の必要性だ。しかし、既に風力と太陽光からの電力を大量に利用しているドイツの人々は、異なった見解を持つ。他の多くの国々の傍観者が驚くその見解とは、ベースロード電源の需要はそのうち過去のものとなるというものだ。必要なのはベースロードではなく、柔軟性が高く、すぐに調整できる発電なのだ。石炭や原子力による集中型の発電所のことを考えれば、この違いは容易に理解できる。このような類の発電所は、いったん運転しはじめたら保守点検が必要になるまでフル稼働に近い状態で運転し続けることを理想とする。特に原発は、数時間のうちに簡単に出力量を変えることはできない。そのため、最終的には2つの観点から悪い結果を招く事態となる。一つ目は、燃料費はわずかに減るものの、固定費は変わらないため、発電コストが上がるということだ。2つ目は、発電所自体が熱疲労を受け、その全体的な耐用年数が縮まる可能性があるということだ。

こうした新たな状況は、ドイツの4大電力会社を窮地に追い込んだ。これらの電力会社の発電容量は、消費のピーク時には大幅に値上げして売電できるという仮定に基づいて設定されている。しかし、今では電力消費量はこれまでと変わらず、ピークには70 MW以上に達する日が何日かある、という状況の中で、太陽光と風力が従来型電力の発電量を40 MW台前半にまで抑え込んでしまっている。これは、大規模電力会社に割り当てられたベースロード電源のレベルとほぼ同じである。ほんの10年前には、風力・太陽光発電は、大規模な電力供給を担うことなど絶対にできないニッチな技術として、これらの電力会社から見下されていた。ところが今では、その風力・太陽光発電がこれらの会社を不採算に追い込んでいるのだ。

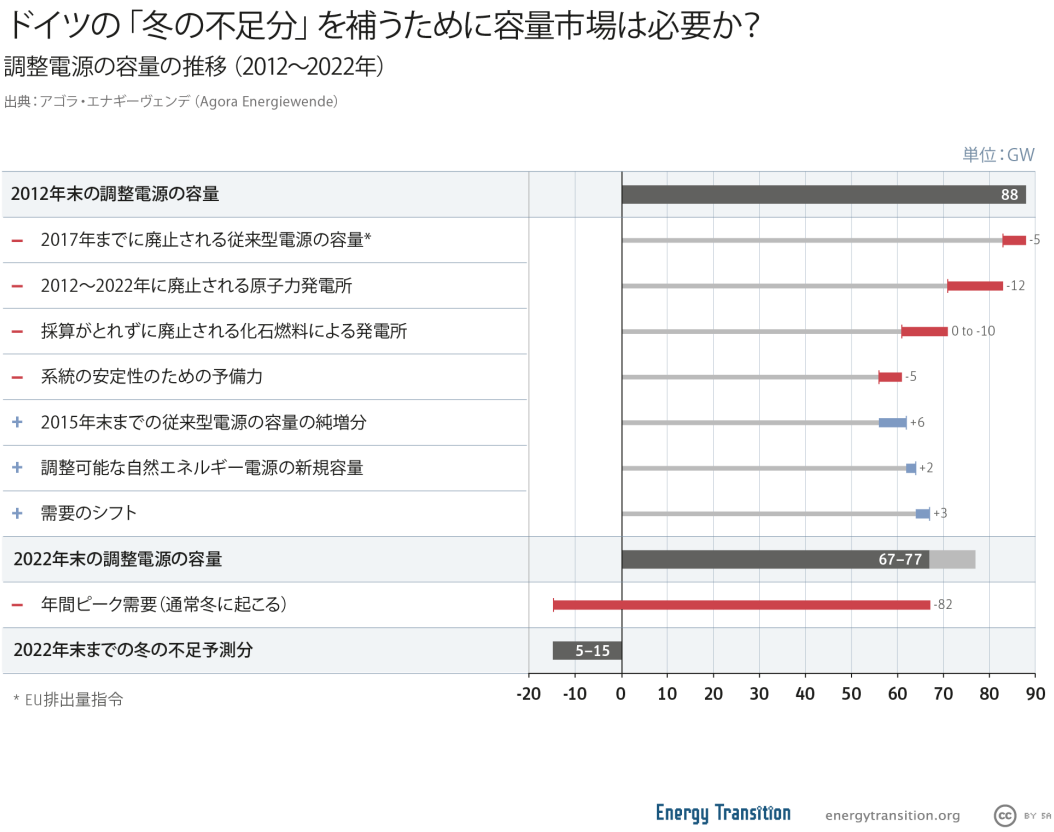
2014年末、ドイツの電力会社エーオンが、会社を2つに分割し、1社を自然エネルギーと新サービス、もう1社を従来型エネルギーの会社とすることを発表した。スウェーデン政府が完全所有する電力会社ヴァッテンフォールも、ドイツの石炭資源から撤退する計画を発表した。だが、その動機は金銭的ではなく政治

的なものである。2014年の選挙で誕生したスウェーデン政府が、国内と同様に外国においてもクリーンな事業展開を同社に求めたのだ。バーデン＝ヴュルテンベルク州政府に最近買収された電力会社のEnBWは、今ではより「グリーン」な戦略を推進している。電力会社RWEでは、エナギーヴェンデのためのビジネス戦略を採用する必要性は認識されているものの、エーオンのように事業ごとに分社化する計画は（まだ）ない。RWEの場合、ドイツの電力市場において今でも比較的採算がとれている褐炭による発電量がかなり大きいのだ（同社の発電量の3分の1以上）。これに対して、エーオンでは褐炭による発電はわずか6%であり、2013年には発電量の3分の1が石油とガスによる発電だった。天然ガスは、近年になって価格が理由で市場シェアトップの座を失った。エーオンは、脱原発によって最も影響を受けた会社である。

意図せぬ結果：自然エネルギーが天然ガスを押しのける

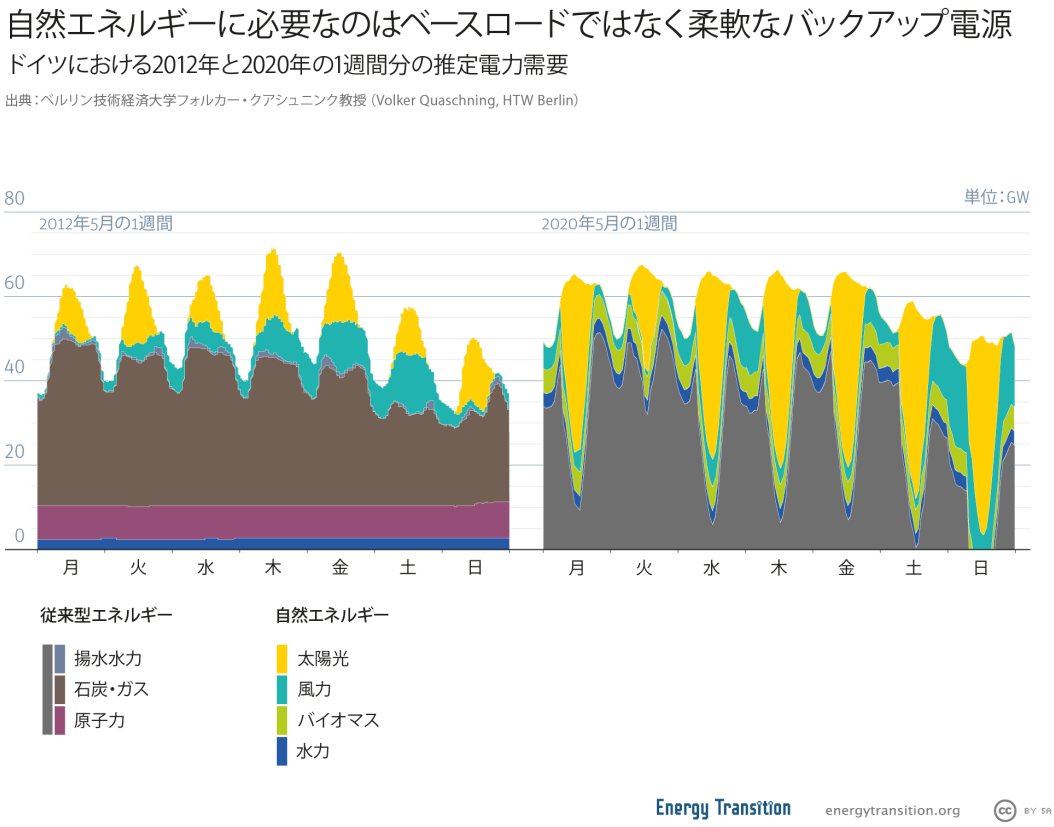
この結果には、意図的な部分もあれば（次の「人々による人々のためのエネルギー」参照）、意図しなかった部分もある。意図しなかったのは、自然エネルギーがミディアムロードとして使われるようになったことで、天然ガスタービンの投資価値が失われていることだ。つまり、天然ガスタービンの年間稼働時間が減っているのだ。ドイツでは、基本的にその年のピーク需要を担う調整可能な発電容量を用意しておかなければならない。現在のピーク需要は80 GW前後で、日照のない冬の夜間に発生する。したがって、その80 GWの大部分は調整可能なガスタービンで賄われることになる。この方法は、新たなインフラを必要とせず、季節に合わせて電力を貯蔵しておくことができるので、全体として技術的に最善の方法であると考えられている。 ドイツの研究者の推定では、 現在のドイツ国内には、国の4カ月分の電力需要を満たすのに十分な天然ガスが貯蔵できるという。

こうした結果はある程度予測できたが、事態は自然エネルギーの支持者たちの大方の予想を上回るペースで進展した。特に太陽光発電は、2010年から2012年にかけて毎年7.5 GWずつ新たに導入されるという、極めて急速な発展を遂げた。ドイツの太陽光発電市場がこの3年間のペースで成長し続けたとしたら（実際の導入量は2013年が3.8 GW、2014年が1.9 GWにとどまった）、ドイツの夏のピーク需要（平日が60～70 GW、週末が50 GW 程度）の150%以上の電力が得られていただろう。あるドイツ人研究者が発表した「歯科医のカルテ」のようなグラフから、もし2020年までの太陽光発電の導入量が（わずか）70 GWと仮定する場合の効果が分かる（政府の2020年までの正式目標は52 GWであることに留意してほしい）。



アゴラ・エナギーヴェンデ(Agora Energiewende)

このグラフにはベースロードは存在しない。グレーの部分で示されるのは、ミディアムロードとピークロードである。明らかにドイツに必要なのは、毎日のように数時間以内に出力量を10 GWから50 GW以上の範囲で調整できる柔軟性の高い発電所である。今のドイツには、これほどの量の柔軟な発電容量は用意されていない。しかも、卸売価格が下落して市況が変わったため、現在計画されている新たな発電所の建設も、全体的に見直しが求められている。ドイツの電力市場における卸売電力価格は、2010年から2014年の間に約3分の1も下落した。その主な理由の一つが、太陽光発電の成長である。主に昼の時間帯に発電される太陽光発電によって、昼間のピーク時の需要の大部分が賄われることになったのだ。



このグラフにはベースロードは存在しない。グレーの部分で示されるのは、ミディアムロードとピークロードである。明らかにドイツに必要なのは、毎日のように数時間以内に出力量を10 GWから50 GW以上の範囲で調整できる柔軟性の高い発電所である。今のドイツには、これほどの量の柔軟な発電容量は用意されていない。しかも、卸売価格が下落して市況が変わったため、現在計画されている新たな発電所の建設も、全体的に見直しが求められている。ドイツの電力市場における卸売電力価格は、2010年から2014年の間に約3分の1も下落した。その主な理由の一つが、太陽光発電の成長である。主に昼の時間帯に発電される太陽光発電によって、昼間のピーク時の需要の大部分が賄われることになったのだ。

ベルリン技術経済大学フォルカー・クアシュニンク教授(Volker Quaschning, HTW Berlin)

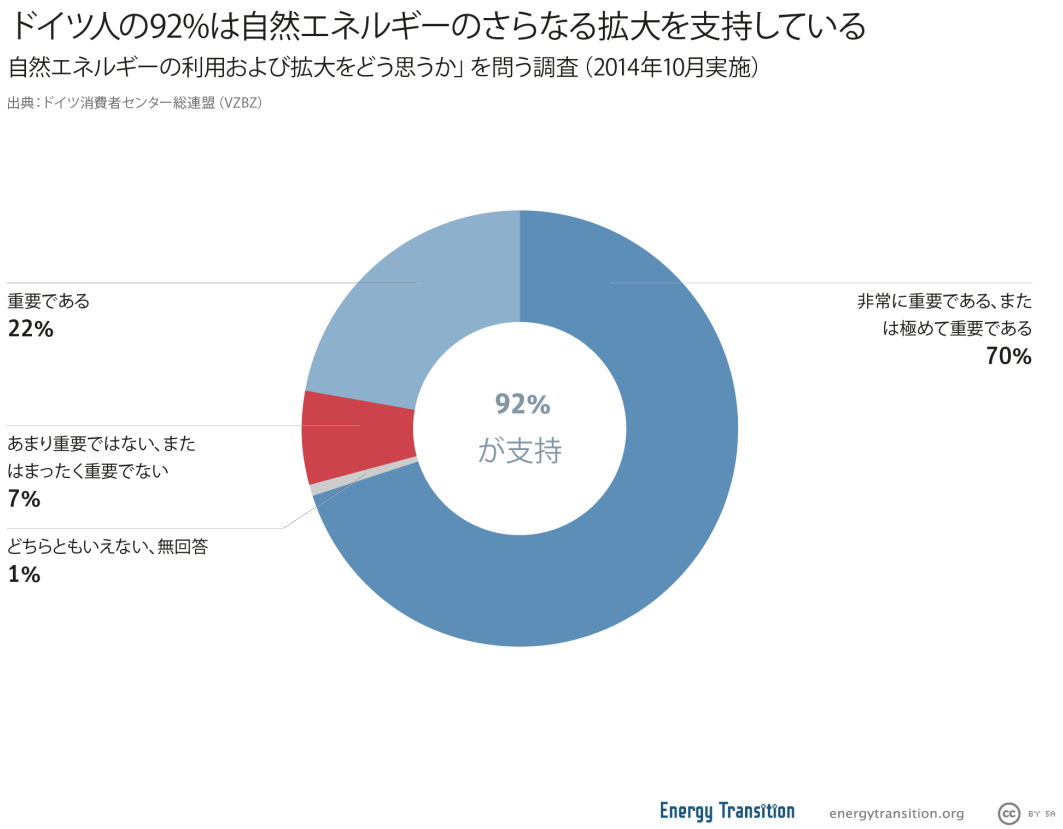
一つの可能性として現在議論されている対策は、容量支払制度である。この制度では、すぐに出力を調整できる発電所の所有者が、発電量（kWh）だけでなく待機中の容量（kW）に応じても支払いを受ける。同様の制度は、アイルランドなどの他の国々にも導入されている。英国も2014年に同じような事業計画を発表したが、すべての電力会社に支払いを行ったことで強烈な批判を受けた。2015年、ドイツ政府は、「冬季予備力」を2.5 GWから4.0 GWに増やすことによって支払額を低く抑えることを決定した。ドイツには調整電源の発電容量が100 GW以上あることを考慮すると、通常は1年に1～2日しか稼働しない発電所からなる冬季予備力の容量はかなり少ないといえる。

31

人々による人々のためのエネルギー

ドイツの人々は電力会社を選ぶことができる。実際、人々は電力消費者として自由に選択できるだけでなく、生産者であり消費者でもある「プロシューマー」となる自由もある。発電した電力を売って利益を得ることもできるのだ。ドイツの再生可能エネルギー法の規定では、小規模生産者の電力は企業の電力よりも優先されることになっている。ドイツでは、固定価格買取制度によってこのような電力の地域所有が進んだ。その結果、NIMBY（not in my backyard=居住地域近隣への施設建設などを反対する）主義の人が減ると同時に、自然エネルギーを受け入れる意識も高まっている。

大半の国では、電力は大規模な集中型発電所で発電されるため、エネルギー産業は長年にわたって大企業に支配されてきた。これに対して、自然エネルギーが新たに提供したのが、大企業から多数の小規模発電事業者へ移行する機会である。このような分散型のアプローチによって、市民や地域社会に参加する機会が与えられる。ドイツでは、非常に多くの市民がエナギーヴェンデに参画している。



ドイツ消費者センター総連盟(VZBZ)

「固定枠制度」（RPS制度）という政策によって電力会社に環境に優しい発電の増加を求めることで、自然エネルギーへの転換を進めている国もある。このような政策では、電力会社に対する到達目標が設定され、それが達成できなかった場合には罰則が科されることもある。この制度は、全体的にコストに重点を置いたものであり、電力会社が最もコストの低い自然エネルギー電源を選択するという仮定に基づいている。たとえば、英国風力エネルギー協会の風力発電プロジェクトのリストには、ドイツ式の固定価格買取制度の採用国には存在しない「提出済み」、「承認済み」、「却下」、「建設済み」という分類が載っている。この「却下」とは、プロジェクト申請のプロセスの一部として起こりうるものであり、米国においてもよく見られる。

一方ドイツには、風力発電所の提案書を審査して承認・却下する役割を担う組織は存在しない。その代わり、風力発電所をどこに建設してよいか、どのように設計するか（スペース、発電機の数など）は、立地自治体によって決定される。実際、電力会社は自然エネルギーを拡大する責任を負わないため、罰則が科されることもない。電力会社も固定価格買取制度を利用することは可能だが、そのような投資を敢えてする会社はほとんどない。固定価格買取制度と固定枠制度という2つのアプローチの違いは、全体的に見ても顕著である。固定枠制度では、時間をかけて審査が行われたのち、最も低コストのシステムだけが採用され、その後も大企業の管理下で事業が進められる。固定価格買取制度では、価値のあるプロジェクトはすぐに実現し、電源の所有権はいち早く市民に移管される。つまり、ドイツはエネルギー部門の民主化を進めているといえる。

（米国のRPS制度のような）固定枠制度において、こうしたコスト重視が正当化されるのは、超過分の利益が少数の大企業の懐に入るからだ。この固定枠制度の支持者たちは、固定価格買取制度には固定枠制度よりも大きなコスト的影響があることが多いと指摘する。この指摘はもっともではあるが、彼らは2つの点を見落としている。一つ目は、一般的に固定価格買取制度の採用国のほうが、自然エネルギーによる発電の導入量がはるかに多いという点。2つ目は、適切に設計された固定価格買取制度であれば、そこから生じる利益は多国籍組織などではなく小口投資家に還元されるため、エネルギー産業にはびこってきた大企業による締め付けを打破することができる点である。言い換えれば、少し高くなった小売価格を負担する人々の多くは、その増額分からの収入を得ることもできるということだ。

固定枠制度の支持者は、自分たちは技術の選り好みをしない「技術に中立的」な立場だが、固定価格買取制度はあらかじめ「勝者を選択」していると指摘する。しかし、市場における結果の違いを見れば、この指摘があり得ないものだということが分かる。固定枠制度で推進されるのは、最もコストの低い自然エネルギーであり、今までのところそれは陸上風力であることが多かった。当然ながら、最近まで比較的高コストだった太陽光発電は、特別枠がない限りオークションで全く落札できないこともあった（ただし、今では太陽光発電のコストもかなり手頃になったため、この状況は変わりつつある）。一方、すべての自然エネルギー源に対して固定価格買取制度が導入されている市場では、すべての自然エネルギー源が一様に強化されるのが普通である。そして、エネルギー転換を進めるには、最もコストの低い自然エネルギー源だけに頼るのではなく、さまざまなエネルギーを適切に組み合わせて利用することが必要なのだ。

皮肉にも、「技術に中立的」だとされる政策（固定枠制度）が一つのエネルギー源（陸上風力）への依存を招き、「勝者を選択」するとされる政策が技術の融合を生むという結果になった。さらに、オークションは「競争的」であるといわれるが、実際の競争はエネルギー源の間で起こっている。オークションでは企業同士の競争もあるが、それによりいっそう市場集中が進んでしまう。固定価格買取制度では、これよりはるかに自由な市場が形成され、新規参入業者が既存業者と対等な立場で競争することができる。

最近まで、米国風力エネルギー協会（AWEA）のウェブサイトには「プロジェクト」というコーナーがあり、各風力発電所を場所、規模、所有者別に示した一覧表が載っていた。当時、世界で最も風力発電の導入量が多かったのはドイツである。しかし、ドイツの風力発電に関する統計の照合を行う組織であるドイツ風力エネルギー研究所（DEWI）は、そのような表を作成したことはないとして、次のように述べてい

る。「ドイツでは、特定の風力発電所の所有者が誰であるかを示すことはできない。なぜなら、所有権が何百という多数の地元市民や企業に分散しているからだ。」

このように自然エネルギーを地域全体で所有する例は、ドイツでは一般的であり、何も特別なことではない。その一例であるダルデスハイムでは1994年から事業が始まっているが、一番早くから始めているのは、デンマークとの国境に近いフリードリッヒ・ヴィルヘルム・リュプケ・コークという小さな町である。一方、ドイツの南西の隅にある人口22万人ほどの町フライブルクでは、近くの丘に4基の風力発電機が設置され、その資金の約3分の1が市民からの出資、残りの3分の2が銀行からの融資で賄われた。このプロジェクトの管理者によると、銀行の金利は約4.5%だったが、出資した市民には最高6%の配当金を支払ったという。市民による出資が株式資本と見なされたのだ。別の言い方をすれば、株式資本が多いために銀行の金利が比較的低くなったともいえる。一方、銀行から多額の融資を受ける場合と比べて、小口投資家が何百人もいる場合は文書業務が多くなる。しかし、フライブルクのプロジェクトをはじめとするドイツの多くのプロジェクトは、地元からのさらなる支持を獲得することに重点を置いている。したがって、地域の人々は、やりたい放題に見えてしまう他所からの企業ではなく、同じ地域の人々を相手に交渉することができるのだ。

最新のプロジェクトが目指しているのは、地域が純輸出者――余剰電力を系統に販売して、自然エネルギーが不足した場合のみ系統から電力を購入する――となるだけでなく、完全にエネルギーを自給自足できる社会となることである。たとえば、ペルヴォルム島では、蓄電設備を備えたスマートグリッドに接続されたハイブリッド発電所で太陽光、風力、バイオマス、地熱による発電を統合して行うことにより、1,200人の島民の輸入エネルギーへの依存度を9割も削減している。

バイオマスを利用する地域所有のプロジェクトもある。2004年、ユーンデ村のある農民が、エネルギー作物の栽培を希望する他の農民9人と協同組合を結成した。村民の70%以上が、既存の暖房システムから、村に新設されたバイオガス発電設備に接続された地域の熱供給網に転換することに同意した。そのバイオマス発電設備の燃料は、主に村で栽培されたトウモロコシで賄われている。数年を経た現在、村民が支払う光熱費は石油や天然ガスの輸入に使われるのではなく、地域の農民や企業に還元されるようになったのだ。

ユーンデ村が自然エネルギーによる熱供給に転換したとき、村は全国的に大きな注目を集めた。それ以来今に至るまで、ユーンデ村はその他数多くの地域の手本となっている。 実は、エネルギー作物として利用されるトウモロコシの生産が急増したときには、一部から批判の声が上がった。人々はモノカルチャーを恐れ、生物多様性と景観への影響を懸念したのだ。しかし、米国のコーンベルト、ブラジルの大豆プランテーション、マレーシアのパーム油プランテーションを訪れたことのある人なら、それと比べればドイツ最大のトウモロコシ畑さえかなり小規模だということが分かるだろう。

新たなプロジェクトの成否は、今後も地域による支援が決め手となる。もし影響を受ける市民が、これ以上周囲をトウモロコシ畑で囲まれるのが嫌だと言えば、プロジェクトは進展しない。

全体として、「エネルギー協同組合」、つまり地域所有の自然エネルギープロジェクトは、2013年には13万人以上の市民から12億ユーロ以上の出資を集めたと推定されている。このような出資が可能なのは裕福な人だけだという意見も少なくない。たとえば、持ち家がなければ屋上太陽光パネルを設置できないという指摘がその一つだ。しかし、ドイツのエネルギー協同組合の90%以上が既に太陽光発電設備を設置しており、こうした協同組合の3分の2では、一人分の負担額は500ユーロ未満である。最低額が100ユーロを下回る場合もある。ドイツ連邦太陽光産業協会（BSW-Solar）の代表が述べるとおり、「エネルギー協同組合のおかげでドイツのエネルギー供給が民主化され、持ち家がない人も含めて誰もがエネルギー転換の恩恵を受けられるようになる」のである。

さらに、エネルギー協同組合は発電するだけではなく、系統を所有することも視野に入れている。この動きの先駆けとなったのが、1990年代のシェーナウのいわゆる “電力反逆者”たちである。, 黒い森（シュヴァルツヴァルト）の中の小さな村の住民である彼らは、その地域の電力会社に対する抵抗運動を続け、ついには同社から地域の電力系統を買い取ることに成功したのだ。この動きは現在も続いており、全国的な広がりを見せている。また2014年には、ドイツ第2の都市であるハンブルクで、住民投票により配電網の買い取りが決定した。もっとも、首都ベルリンでの同様の運動は失敗に終わっている。範囲はかなり限られているものの、洋上風力発電のために延長された送電線の支柱さえ、市民による買い取りが可能である。

社会的転換

エナギーヴェンデは技術的な課題であるだけでなく、我々に行動の変化を求めている。目標を達成するためには、ドイツは文化的変革を重点とした「自立戦略」を推進しなければならない。このような変化は一夜にして成るものではなく、長い時間と大幅な意識の向上を必要とする。ドイツは快適な衣食住を大切にする社会である。したがって、生活に関わるさまざまなものがより効率的になったときに、たとえば燃費が2倍よい車に乗れば同じガソリン代で2倍長く走れるというように、安易に決めつけないようにしなければならない。ドイツでは、行動を改めるための政策に関する議論は始まったばかりである。（エネルギー協同組合のような）新たな所有・資金調達モデルによって、新たな形の市民参加が可能になるだけでなく、地域の変化に対する支持やエネルギー消費に対する意識も高まることが、既に明らかになっている。

これからますます必要となってくるのは、柔軟性のある新たな方法を試すことである。住宅関連の団体は、ここ数十年間続いている一人当たりの居住面積の拡大に歯止めをかけるために、簡単に部屋を分割できる柔軟な住宅のコンセプトに取り組んでいる。また、最近の集合住宅には地下に共用の超高効率の洗濯機が備えられている。さらに、カーシェアリングにより人々のニーズに合った効率的な移動が可能になった。しかし、人々がこれらの方法を仕方なく取り入れるようなことがあってはならない。むしろ、何の前触れもなく変動するエネルギー価格や二酸化炭素排出量の影響がもたらす問題に対して意識が高まっていけば、自分自身でそのような解決策を導き出せるようになるだろう。

4

エナギーヴェンデの歴史

ドイツのエナギーヴェンデは、2011年に生まれたわけではない。1970年代の反原発運動を発端として、保守派、自然保護活動家、環境保護団体から教会までが、一つにまとまって始まった。その後、オイルショックとチェルノブイリにおける原発事故によって、代替エネルギーの模索、ひいては固定価格買取制度の構想へとつながった。

A	エナギーヴェンデ年表	89
B	「エナギーヴェンデ」という言葉の由来	93
C	ヴィール – 中止された原発建設計画	94
D	オイルショック	95
E	チェルノブイリ – 徐々に現れはじめた変化	96
F	太陽光発電の全額補償	97
G	欧州司法裁判所の判決：固定価格買取制度は国庫補助金ではない	98
H	再生可能エネルギー法（EEG）	99

4A

エナギーヴェンデ年表

1974年

ドイツ連邦環境庁が設立される。

1977年

オイルショックへの対応として、建物の最大エネルギー需要と熱供給システムの効率要件を規制する最初の「断熱」政令および「暖房・給湯設備」政令が承認される。

1978年

ドイツで製品の環境適合性を保証するエコラベルBlauer Engel（ブルーエンジェル）が生まれる。米国でエネルギースターマーク制度が始まる14年前である。ブルーエンジェルラベルは環境保護団体、組合、教会などが一体となって考案したものだが、エネルギースターマークは米国環境保護庁の産物である。

1980年

エネルギー消費が減っても経済成長は持続可能であることを示す「エナギーヴェンデ」（エネルギー転換）と題した研究が発表される。

1983年

緑の党が史上初めて連邦議会で議席を獲得し環境問題を提起する。

1986年

チェルノブイリ（ウクライナ）の原発で炉心溶融が起き、5週間後に、ドイツ連邦環境・自然保護・原子炉安全省が創設される。

1987年

ヘルムート・コール首相（CDU）がドイツ連邦議会で「温室効果による深刻な気候変動の脅威」について演説する。

1987年

フラウンホーファーISE（太陽エネルギーシステム研究所）が、欧州で初めて太陽光自家発電のハイカー用山小屋「Rappenecker Cottage（ラッペンエッカー小屋）」を建てる。

1991年

ヘルムート・コール首相率いる保守派のキリスト教民主同盟とリベラルな自由民主党の連立政権下で、電力供給法が採択される。固定価格買取制度を初めて導入し、従来型電源よりもグリーン電力を優先すること規定している。

1991年

「Schönauer Stromrebellen（黒い森にある小さな町、シェーナウの電力反逆者たち）」が、地元の送電網を買い戻すために、草の根運動を立ち上げる。

1992年

フラウンホーファーISEが、ドイツ・フライブルクに太陽光自家発電住宅を建設し、一般的な家庭に必要なエネルギーすべてを自然エネルギーから賄えることを実証する。

1996年

ドイツ復興金融公庫KfWが二酸化炭素削減プログラムを立ち上げ、特に旧東ドイツの住宅改修を支援する。

1997年

シェーナウの電力反逆者たちがついに地元の送電網の経営権を獲得し、自然エネルギーを段階的に増やし始める。

1998年

ドイツの電力市場が自由化される。自由化とは、たとえば電力会社と系統運用者は法的に分離した事業体でなければならない。自然エネルギーに関しては、新規電力事業者は、グリーン電力のみを販売する事業を始めることができる。なお、自由化にもかかわらず、7年間は規制機関がなかった。

1999年

屋上太陽光発電10万戸プログラムがドイツの太陽光発電市場を牽引する。さらに、市場活性化プログラムが開始され、自然エネルギー熱供給システムに対し数億ユーロ規模の資金援助が行われる。

1999年－2003年

ドイツは「エコ税」を実施し、ガソリン1リットルおよび化石燃料電力1 kWhの価格に毎年数ユーロセントずつ加算する。その結果、燃費のよい車の販売が増え、わずかながら全体の消費量も減少する。

2000年

シュレーダー首相率いる社会民主党と緑の党による連立政権が策定した再生可能エネルギー法（EEG）が電力供給法に取って代わり、買取価格は、小売価格ではなく投資コストに連動すると規定される。

2000年

シュレーダー首相の連立政権は、2020年頃までにドイツの原発を段階的に廃止することで、原発所有者と合意に達する。

2001年

欧州司法裁判所が、固定価格買取制度は「国庫補助金」ではなく、したがって合法であると判定する。

2002年

エネルギー効率イニシアチブ（Initiative Energieeffizienz）が導入され、家庭および商業の最終用途における効率促進に焦点が当たる。

2002年

コージェネレーション法が採択される。2度の改正を経て、熱電併給を支援する最も重要な法律となる。

2004年

再生可能エネルギー法において太陽光発電は無制限に買い取られる。

2005年

それまで電気通信と郵政事業を監督していたドイツ連邦ネットワーク庁が、電力系統およびガス市場の監督を開始し、自然エネルギー電力に関する系統料金の紛争も一部解決する。

2005年

EUが排出量取引制度を開始する。

2007年

ドイツのエネルギー・気候統合プログラムが、効率と自然エネルギーに対する新たな目標、政策、支援の各スキームを定める。

2009年

再生可能エネルギー法の初の改正が、社会民主党や緑の党の意見を取り入れることなく行われる。改正法では、メルケル首相率いる連立政権による「市場手段」としての解釈がいっそう重視される。

2009年

再生可能エネルギー熱法が、自然エネルギー熱供給に明確に取り組む初めての法律として、自然エネルギーによる熱供給システムの実施を建築業者に義務付ける。

2009年

エネルギー使用製品のエコデザインに関する指令が採択され、欧州エコデザイン指令が国内法化される。

2010年

メルケル首相率いる連立政権が、ドイツの残り17基の原発の稼働年数を8年から14年延長することを決定する。

2010年

バイオマス電力持続可能性政令により、持続可能なバイオマス発電の問題に対する取り組みが行われる。

2010年

ドイツ初のエネルギー効率基金であるエネルギー気候基金を、二酸化炭素排出量取引による収益により設立する。炭素価格の水準が低いため、基金の規模が半分に縮小される。また、メルケル首相が脱原発を定めた2002年の法改正を無効にして原発の稼働年数を延長する。

2011年

福島の原発事故により、メルケル首相は原発に対する立場を逆転し、シュレーダー首相の計画よりもやや迅速な脱原発を採択する。原子力発電容量の40%を一週間以内に永久停止し2022年をめどに最後の原発を閉鎖するというものである。

2012年

5月

50%：ドイツが太陽光発電で世界最高記録を打ち立てる（当時）。

11月

ドイツの電力輸出が最高レベルに達する（当時）。

2013年

1月

自然エネルギー賦課金が約5.3ユーロセント/kWhに上昇し、ドイツの電力輸出もほぼ50%増加する。

2014年

自然エネルギー賦課金が約6.3ユーロセント/kWhに上昇する。8月に再生可能エネルギー法が改正される。12月に新政府は気候行動プログラムおよび国家エネルギー効率化行動計画も採択する。

2015年

改正した再生可能エネルギー法の一環として、大型太陽光発電所の最初のオークションが始まる。

非居住用建物の近代化に対する新支援プログラムなど、新たな効率化手段が導入される。

4B

「エナギーヴェンデ」という言葉の由来

1970年代、代替エネルギー供給が可能であることを示すために、原発反対派が「エナギーヴェンデ」という言葉を生み出した。

「エナギーヴェンデ」（ここでは英語で「energy transition（エネルギー転換）」と訳すこととする）という言葉は、この数年で出てきた用語ではない。実は、ドイツの応用生態学研究所が1980年発表の研究で提唱した表現である。

それは、エネルギー消費が減少しても経済成長は可能であると、おそらく最初に主張した画期的な研究報告であった。その後、1998年発行の『ファクター4--豊かさを2倍に、資源消費を半分に』などをはじめとする多くの著書で取り上げられたテーマとなる。それ以前の『成長の限界』（1972年）などの報告書は、警告を発するだけで具体的な解決策の提案はなかった。「エナギーヴェンデ」は、総合的な解決策を提案する最初の試みの一つで、その内容は自然エネルギーとエネルギー効率から構成される。1982年に書籍として出版された『エナギーヴェンデ』の副題は「石油とウランなき成長と繁栄（Growth and Prosperity Without Oil and Uranium）」である。

応用生態学研究所は、当時設立されたばかりで、FoE（Friends of the Earth）など複数の環境団体だけでなく、研究活動を支援するプロテスタント系組織からも資金提供を受けていた。今日に至るまで、ドイツでは、環境保護主義者と保守派が密接な関係を保っている。他国のように、ドイツの保守派政治家が、自然エネルギーに反対するとは考えられない。それどころか、自然エネルギーの著名な支持者の多くがキリスト教民主同盟（CDU）の党員であり、ドイツ風力エネルギー協会（BWE）の議長を11年務めたペーター・アーメルスなどはその代表例である。

他の好例はドイツの太陽光発電活動家ヴォルフ・フォン・ファベックで、1980年代後半に地元のアーヘンで最初の固定価格買取制度の制定に尽力した。元軍当局者のフォン・ファベックは、石炭火力発電所がもたらした酸性雨の影響を目の当たりにして環境保護主義者になり、原発を軍事攻撃から守ることは不可能であると実感して太陽光発電の支持者となった。当初フォン・ファベックは、太陽光発電に関する会合を地元の教会で開き、当時は地元の牧師が主な仲間だった。その他には『Der ökologische Jesus（環境を保護するイエス・キリスト）』の著者フランツ・アルトの例もある。近年ドイツでは、屋根に太陽光発電を設置している教会が多い。

4C

ヴィール – 中止された原発建設計画

エナギーヴェンデ運動は、1970年代の反原発運動からスタートした。過去数十年にわたり運動の成功が維持された理由の一つは、その包括性である。最初から保守派と環境保護主義者が一丸となって取り組んだのだ。

エナギーヴェンデ運動は、1970年代の反原発運動からスタートした。1973年、フランスとの国境沿いにあるワイン産地カイザーシュトゥールの村、ヴィールに原発を建設する計画が発表された。この決定は、社会のあらゆる分野で根強い強力な抵抗運動を生むという結果を招く、ある意味宿命的なものであった。隣接する都市フライブルクの学生がカイザーシュトゥールのワイン醸造業者や『エナギーヴェンデ』の著者フロレンティン・クラウゼなどの科学者と共同戦線を張った。

1983年、バーデン＝ヴュルテンベルク州知事はこの不断の抵抗に対し、ヴィール・プロジェクトは「緊急性がない」と宣言して、実質的に原発計画の無期限停止を発表した。運動の成功は、原発建設を中止させることは可能だというメッセージを広くドイツ全土及び欧州の人々へ届けた。1980年代を通して、人々は地元で活動できる方法を模索し、ドイツ全土で数多くのエナギーヴェンデ団体が結成された。

この反原発運動は、緑の党が政党として生まれるきっかけとなった。1980年頃から、緑の党は、議員に選出されるために必要な投票数の5%以上を着実に獲得し始めた。

4D

オイルショック

オイルショックにより、最初のエネルギー効率化政策がもたらされた。

1973年と1979年のオイルショックも、どうすればエネルギー供給を変えられるかを人々が考え始める契機となった。ドイツ人は初めて、エネルギー価格が上がるという経済的リスクを実感し、「省エネルギーは、最も迅速で最も安価で最も実用的なエネルギー源である。省エネルギーこそが、石油1バレルを数ドルで買える唯一の方法である」という1977年にジミー・カーター米大統領が自国民に述べた言葉を理解した。

ドイツでは、省エネは原料輸入への依存を軽減する方法としても捉えられている。ドイツで取られる措置には（日曜日の自動車運転禁止令など）短命だったり（サマータイムの実施など）効果が限定的だったりするものもある。とはいえ、効率化の新たな政策の基盤は築かれた。当時のドイツ連邦経済省は「省エネは最良のエネルギー源」と銘打った最初のキャンペーンを立ち上げた。1976年には重要な措置が取られた。この年、ドイツは「建物を建設する者はエネルギーを節約するために、断熱設計を行い、回避可能な冷暖房用エネルギーの損失を防止しなければならない」という建物断熱の規定を初めて明記した省エネルギー法を通過させた。現在の省エネルギー法も、当時と同じくこの冒頭の一文から始まっている。

1980年6月27日、ドイツ連邦議会の「未来の原子力政策に関する調査委員会」は、「省エネと自然エネルギーの推進」という見出しで委員会のエネルギー政策の提言を最大限活用した。輸送部門に対する提案には「車両における特定燃料の消費を制限する規則の採用」と「高速道路の速度制限」を盛り込んだ。

こうした提案は1982年以降、市民の間で活発な論争の的となった。最終的にドイツ政府は、触媒コンバータを取り付けて無鉛燃料だけを使用して走らせるよう自動車業界に強制し、結果的に石油会社が無鉛ガソリンを売らざるを得ないようにすることで、さらなる変化を望む国民の強い要求をどうにかおさえることができた。2000年、欧州連合は有鉛ガソリンの販売を全面的に禁止した。こうした措置は公害の軽減には役立ったかもしれないが、省エネの向上にはならなかった。

1982年以降、省エネ政策を骨抜きにする試みが繰り返された。たとえば、1990年代には、断熱の付加の必要性を判断する熱貫流率の使用にタイル業界が反対した。その他、既存建物の所有者に対し改修する予定がない場合でも古いボイラーの交換と熱供給管断熱を義務化し、物議を醸したこともあった。とはいえドイツでは、省エネの基本的な考えは常に政策の一環として位置づけられ、1970年代以降いっそう浸透している。

4E

チェルノブイリ – 徐々に現れはじめた変化

1986年、チェルノブイリの原子炉が爆発し、放射能雨がドイツに降った。ドイツ人は原発の安全性に不信感を抱いたが、原発に代わる電力を確保する方法が分からなかった。

1986年、チェルノブイリ（ウクライナ）の原子炉が爆発し、欧州全土の環境放射能レベルが急上昇し始めた。旧ソ連は当初事故を公表しなかった。ドイツ人は、子どもを外で遊ばせるのは危険だとラジオで聞いた。ドイツの技師や政治家は、チェルノブイリは偶然の事故で、明らかにソ連の技術の低さによるものだと国民に言い続けたが、原子炉の安全性に対する国民の信頼は史上最低に落ち込んだ。何年にもわたりドイツの技師と政治家は、ドイツの原子力発電所は安全でチェルノブイリのような事故はドイツでは絶対にあり得ないと繰り返し主張した。メルケル首相の連立政権が最後にそう主張し たのは2010年の8月。その後1年も経たないうちに福島の事故が起こり、メルケル首相は考えを変えた。

それでも、1986年の問題が問いかけたのは、どのように原発に代わる電力を確保するかということである。1980年の『エナギーヴェンデ』の刊行から、ドイツでは実際に何も変わっていなかった。太陽光発電はやはりコストがかかるため、主としてNASAが大気圏外で利用していただけで、それも、系統接続がない場所で少量の電力を供給するだけだった。1980年代初頭に、風力発電が幸先のよいスタートを切ったが、風力による電力の割合がカリフォルニアで1%になった頃、レーガン政権の政策変更によって風力発電市場は崩壊した。1980年代後半、デンマークだけが風力発電を大幅に拡大していた。デンマークの風力発電機メーカーはカリフォルニアの最初のプロジェクトの主要な納入業者だった。

4F

太陽光発電の全額補償

1980年代末に、ドイツの3つの町で地元の電力会社が、太陽光発電に固定価格買取制度の原型である「全額補償」を導入し、ドイツで全国的に固定価格買取制度を実施するきっかけを作った。

前述のヴォルフ・フォン・ファベックの他にも、原子力発電だけでなく石炭火力発電にも代わる電力の確保に関心を寄せる人々はいた。最終的に、酸性雨も二酸化炭素排出による人為的気候変動も懸念事項となり、ヘルムート・コール独首相が1987年の連邦議会で「温室効果による重大な気候変動の脅威」について訴える場面もあった。

1980年代末に、フォン・ファベックが新たに設立した太陽光発電普及協会（SFV）は、地元アーヘンで、地元の電力会社がピーク電力需要を賄うために1 kWhあたり2ドイツマルク以上支払っており、そのピーク電力需要を太陽光発電で賄えることを電力会社に証明した上で、電力会社から太陽光発電1 kWhあたり2ドイツマルクを支払ってもらうことに成功した。発電した電力に対する補償で投資コストを十分に回収できるという考え方は、アーヘンモデルとして知られるようになった。しかし、この考えはドイツの発想ではない。アーヘンはスイスの2つの町の同じような政策を具体的に取り入れただけで、カリフォルニア州も1980年代初めに標準提供契約（Standard Offer Contract）を用いて同様の政策を採用していた。

実際、ドイツの他の2つの町、フライジングとハンメルブルクでも、アーヘンの少し前に全額補償を実施しており、アーヘンが一番注目されただけだったのである。ハンメルブルクの成功の立役者であるハンス＝ヨゼフ・フェル（緑の党）は後に、社会民主党のヘルマン・シェーアとともに2000年から再生可能エネルギー法（EEG）の主要立案者となった。

しかし、最初のこうした様々な小さな成功が、普通では考えられない緑の党とキリスト教民主同盟（CDU）の連立政権下で、1991年にドイツで初めての全国的な固定価格買取制度の実施につながった。当時、2つの党は会話を交わすこともほとんどない関係だった（今は変わった）。しかし、CDUは、法案をキリスト教民主同盟と緑の党の共同提案としてではなく、キリスト教民主同盟の提案として提出することを条件とした。

たった2ページのその法律は実現も危うかったことが語り草になっている。1990年の連邦議会で最後に可決されたが、数基の風力発電ならどうせ大した害にはならないだろうとCDUが判断したため通過したのである。

4G

欧州司法裁判所の判決：固定価格買取制度は国庫補助金ではない

2001年、欧州司法裁判所は、固定価格買取制度に「国庫補助金」の性質はなく、したがって違法な補助金とはならないと判決したことにより、自然エネルギーが急成長する道が開けた。

固定価格買取制度が、特に、風力発電を急成長させたため、従来の電力業界は政策の正当性に異議を申し立てる決定をした。EUのカレル・ファン・ミールト競争政策担当委員が、固定価格買取制度は違法な補助金であるとの考えを公然と表明し、当時のドイツの電力事業者プロイセン・エレクトラ（2000年にバイエルンベルクと合併しエーオンエネルギー社を設立）は、固定価格買取制度に異議を唱え法廷で争うことにした。最終的に欧州司法裁判所に持ち込まれたが、2001年に固定価格買取制度に「国庫補助金」の性質はなく、したがって違法ではないと判決された。

欧州司法裁判所が説明するように、自然エネルギーは「環境保護に有効」で「欧州共同体とその加盟国が闘うことを誓った気候変動の主な原因の一つである温室効果ガスの排出」を削減するという理由で、EU加盟国は、民間の電力事業者に「その種類の電力の実際の経済価値よりも高い最低価格で」自然エネルギーを購入することを義務付け、消費者に「その義務から生じた経済的負担を分配」できる。

平たく言えば、固定価格買取制度は、実際に大手の電力企業も含め誰でも利用でき、どの市場関係者も差別されることがないため競争を歪めない、と裁判所は基本的に判決したのである。それどころか、固定価格買取制度は、欧州全土で支持される共通の利益目標を達成するために、不利益となるエネルギーよりも、そうでない特定のエネルギーを促進する。特に、特定の企業が政府から支払いを受けるわけではないので補助金ではなく、買取コストは納税者ではなく料金支払者に転嫁され、政府の予算項目には入っていないという理由で補助金にならない。

4H

再生可能エネルギー法（EEG）

ドイツの再生可能エネルギー法は、規模および技術の観点から特定の投資にかかる実際のコストをカバーするために全額補償を保証している。提示された価格は、投資を保護するために設置した年から20年間保証されるが、新規に設置するシステムに対する提示価格は毎年引き下げられ、メーカーに物価圧力をかける。

2000年に、ぎりぎり間に合って、再生可能エネルギー法の合法性を確認する判決（前述の第4章 - Fを参照）が出た。再生可能エネルギー法と1991年の電力供給法の主な違いは、今後は固定価格買取制度は小売価格の一定割合と連動せず、その代わりに、システムの規模と技術の種類の観点から具体的な投資にかかる実際のコストによって区別される点である（第3章-B、クリーンエネルギー政策：固定価格買取制度を定めた再生可能エネルギー法、も参照）。

2004年、固定価格買取制度は手を加えられ、購入価格に対して先行ボーナスを提供した屋上太陽光発電10万戸プログラムが廃止された。その代わりに、太陽光発電は完全に固定価格買取制度の対象となった。2009年、再度改正が実施され、同法は2004年版の3倍の長さになった。2ページから始まった同制度は、およそ20年経った今51ページになった。最近では2012年と2014年に改正されている。

「市場に移行させるための再生可能エネルギー法」

2009年の再生可能エネルギー法は、社会民主党とキリスト教民主同盟の大連立政権による初めての改正である。緑の党は政権から退いていた。固定価格買取制度と自然エネルギー優先という再生可能エネルギー法の基本理念は保持されたが、社会民主党とキリスト教民主同盟の多くの議員が、政策を変更して自然エネルギーを「市場に移行する」必要があると感じていた。

そのため、2009年の再生可能エネルギー法の主な変更は、政治家が考える市場の構成を反映している。たとえば、風力発電事業者は、買い取ってもらうのではなく、電力取引所で直接販売することがますます奨励され、それに伴う手間に対し「市場プレミアム」も提供される。この選択肢は、固定価格買取制度よりも有利である場合に実施すればいいだけなので、本質的にリスクのないボーナスとなり、「市場への移行」を約束する政策から想定するものとは趣が異なる結果を招いた。ドイツの従来の陸上風力発電部門はこの選択肢に対し、棚ぼた利益をもたらして消費者にとってはエネルギー転換のコストをいたずらに上昇させるという理由で猛反対した。

そして、現在に至る。

5

欧州の状況

エナギーヴェンデは、もはや単なるドイツの現象ではなく、国境を越えて重要な意味を持つ。欧州全土で様々なエネルギー転換が次々に起こっている。欧州連合の政策決定にエネルギーはどのような役割を果たしているのか。他の加盟国はエネルギーシステムの脱炭素化をどのように行っているのか。国内外の問題にどのように対処しているのか。欧州のさらなる協力によってこうした問題は克服できるのか。

欧州のエネルギー転換に対する取り組みを理解するため欧州と各国の状況を伝える。

A	欧州全体で考えるエネルギー転換	101
B	ポーランドのエナギーヴェンデ：EU加盟をきっかけとする本気の転換	103
C	風力発電への投資を拡大する先駆者デンマーク	106
D	準備万端：待ったなしのフランスのエネルギー転換 カトリン・グラストラ氏および	108
E	チェコのエネルギー状況：自然エネルギーはわずかに進歩したが、将来への展望はまだ開けない	110
F	スペインのエネルギー転換 – 今後の進むべき道は？	113
G	オーストリアとそのエネルギー転換：遅れをとった先駆者	116
H	呆然か混乱か？英国のエネルギー政策に必要なのは方向感覚	118

5A

欧州全体で考えるエネルギー転換

エネルギーは欧州連合の中心的課題になっているが、EUはこの分野の排他的権限を持たない。

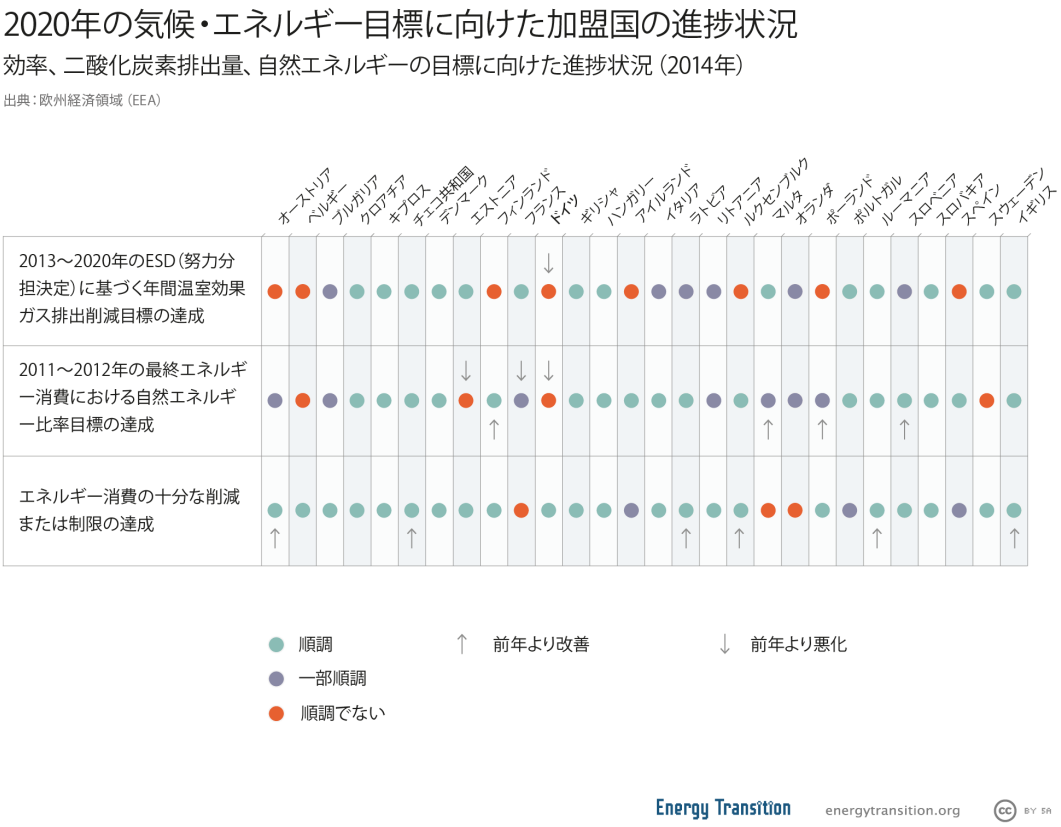
2009年のリスボン条約で共有権限と したことは思い切った前進であったが、エネルギー問題は依然として加盟国と多くのEU機関との間で当然のように対立が生まれる分野である。加盟国は自国のエネルギーミックスを決める権利を有するが、一方で欧州委員会はEUの持続可能なエネルギーと気候政策を策定する権限を有する。域内エネルギー市場の完成とエネルギー同盟に関する議論が示すように、エネルギーミックスを決定する国家主権は依然として大切な資産ではある。しかし、国際レベルでの交渉事になると、最も乗り気でない加盟国でさえ、権限を束ねて隣国と協力することや、欧州委員会に、自国の代わりに行動する権限を与えることすらメリットがあると考える。このことは、エネルギー安全保障および信頼性の低い供給者からのエネルギー面での独立性を考えたときにさらに重要度を増す。国際舞台では、野心的な気候同盟としてEUが果たした先駆者的な役割はいくらか輝きを失った。

域内では、EUは確かに物事を推し進めてきた。近年では、自然エネルギーおよびエネルギー効率化対策、つまり長期的なエネルギー政策ビジョンであるエネルギーロードマップ2050に関する非常に重要な法律を数多く制定して貢献している。同時に、EUは加盟国の熱意に依存している側面があり、ここ数年は各国のエネルギー政策に分断が見られる。クリーンエネルギーへの転換、脱原発、CO2排出削減に十分に取り組む国もあれば、シェールガスなどの新しい資源の可能性を探求したり原発のようなリスクの高い技術に多額の補助金を出したりする国もある。

気候およびエネルギー目標の具体的な実行に関してEUと加盟国はどのような立場を示しているのか。エネルギーロードマップ2050は、欧州の競争力と供給の安定性を高めながら、欧州の低炭素経済の実現を目指す。この野心的な目標を達成するため、2020年と2030年に向けた拘束力のある中間マイルストーンが設定されている。具体的には、EUの2020年気候変動・エネルギー政策枠組みは、2020年までに、CO2排出量を20%削減、電源構成に占める自然エネルギーの割合を20%、エネルギー効率を20%増加することを目標としている。こうした排出量削減目標の手段として策定された排出量取引システムは、世界初のシステムとして導入され、他の国や地域でも広く手本となっている。

現在、EUは2020年の目標達成に向かって順調に進んでいる。さらに詳しい分析はこちらで入手でき、各国の状況は欧州の目標達成プロセスを確認できるよう定期的に更新しされている。

しかし とりわけ2030年目標を達成す るにはさらなる取り組みと努力が必要となる。2014年の複雑な政治交渉を経て、CO2排出量を少なくとも40%削減して、自然エネルギーの割合を少なくとも27%まで増やし（EUレベルで義務付け）、エネルギー効率を少なくとも27%向上させるという最小公倍数で加盟国は合意した。EUの2050年の低炭素経済目標を達成する道のりは長く険しい。乞うご期待である。


2020年の気候・エネルギー目標に向けた加盟国の進捗状況
効率、二酸化炭素排出量、自然エネルギーの目標に向けた進捗状況（2014年）
出典：欧州経済領域（EEA）
オーストリア
ベルギー
ブルガリア
クロアチア
キプロス
チェコ共和国
デンマーク
エストニア
フィンランド
フランス
ドイツ
ギリシャ
ハンガリー
アイルランド
イタリア
ラトビア
リトアニア
ルクセンブルク
マルタ
オランダ
ポーランド
ポルトガル
ルーマニア
スロベニア
スロバキア
スペイン
スウェーデン
イギリス
2013〜2020年のESD（努力分担決定）に基づく年間温室効果ガス排出削減目標の達成
2011〜2012年の最終エネルギー消費における自然エネルギー比率目標の達成
エネルギー消費の十分な削減または制限の達成
順調
一部順調
順調でない
前年より改善
前年より悪化
Energy Transition
energytransition.org

欧州経済領域(EEA)

5B

ポーランドのエナギーヴェンデ：EU加盟をきっかけとする本気の転換

「石炭を愛する」ことで知られるポーランドでもエネルギー転換の兆しが見えている。意外にも、この中欧の大国には他の選択肢がない。拡大欧州連合の新加盟国へのいわゆる「スイス・コントリビューション）」（スイスは欧州経済地域の一端を担っていることからわずかな分担金を支払っている）のおかげで、ポーランド南部の大都市クラクフ周辺に位置する4つのコミュニティーの数千世帯が太陽熱温水器システムを利用できるようになる。

Tomasz Ulanowski氏およびGazeta Wyborcza氏

この「スイス製」太陽光パネル（Viessmann社製、ポーランド人はドイツ製品が好きなのだ）は無料ではない。しかし、スイスからの70%の補助金と地元コミュニティーが支払う10年間の技術サービスがあり、この太陽光パネルは実にお買い得商品である。4、5人の家族で、組み立てと設置を含めシステム全体に対して約1,000ユーロ払えばよいだけである。つまり、この投資は約6年で元が取れるというわけだ。

このプログラムの目標は、ポーランドのCO2排出量（ポーランドの年間CO2排出量は、約3億3,000万t）と国のほぼ全域にわたる大気汚染を削減することである。クラクフでは、1年の半分近くは大気中のPM10（直径10マイクロメートル以下の粒子）がEU制限値を上回る。他にもポーランドの多くの都市がEU内の大気汚染が最も深刻な地域トップ10に入っている。大気汚染のほとんどは輸送や工業が原因ではなく、暖房用に家庭で燃やす石炭やあらゆる種類のゴミによるものである。

西欧諸国が発電のグリーン化を検討している時代に、ポーランドは、国民の考え方を変革させ家庭での低質な燃料の使用を止めさせるようにするにはどうすればよいのか、というもっと基本的な問題を抱えている。しかし、ポーランドの電力市場も転換期を迎えており、2004年に欧州連合に加盟して以来、様々な動きが起こっている。

数字の重要性

EC統計局の最新報告によると、2013年のポーランドにおいて最終エネルギー総消費量の11.3%および総電力消費量の10.7%のみが自然エネルギー源に由来する。さらに、ポーランドのエネルギー政策に関する国際エネルギー機関の報告では、2011年の「ポーランドにおける一次エネルギー供給の55%および発電の92%」を石炭が占めたとしている。

ポーランドの現在の自然エネルギー源の大半はバイオマスである。2014年EurObserv'ERの欧州における自然エネルギーの現状に関する報告によると、2013年末でポーランドの風力発電導入量は3.4 GW、太陽光発電導入量に至ってはわずか4.2 MWにすぎない。したがって、ポーランドの気候はドイツと似ているにも関わらず、ドイツの太陽光および風力発電の導入量に比べるとポーランドの数字は取るに足りない。理論的には、ドイツは、ポーランド全体の石炭火力発電所の発電量と同量の電力を、風力または太陽光のどちらか一方だけで発電できる。

気の滅入るような数字であるが、この数字は大局的に捉える必要がある。ポーランドがEUの一員となった2004年、同国のエネルギー消費における自然エネルギーの割合は、わずか6.9%、電力消費では2.1%だった。現在は、最終エネルギー総消費量の15%を自然エネルギー由来にするという2020年の目標に向かって順調に歩みつつある。特に、スウェーデン（目標：49%）、ラトビア（40%）、フィンランド（38%）、オーストリア（34%）、デンマーク（30%）などの自然エネルギー大国に比べると15%は多いようには見えないかもしれない。しかし、これは明らかにエネルギー転換の始まりだ。

この始まりがどれほど困難だったか理解するには、数字をもう一度見直す必要がある。2013年のポーランドでは、約17万人が鉱業部門に雇用されていた（主に石炭だが、銅など他の金属もある）。（第二次世界大戦後の時代から受け継いだこのエネルギー部門のおかげで）20年前には鉱山労働者の数が2倍であったとはいえ、ポーランドは依然として欧州連合の石炭の中心地である。さらに、鉱山労働者は、非常に重要な社会的・政治的勢力を形成している。彼らの社会給付を制限したり鉱山を閉鎖したりしようとするたびに、政府は激しい抵抗を受けてきたのだ。

では、ドイツの本格的なエナギーヴェンデのようなエネルギー転換をポーランドで実現する余地はあるのか。

エネルギー転換の兆し

余地はある。端的に言えば、ポーランドに他の選択肢はない。本家の（ドイツでは脱原発と迅速な自然エネルギー強化を意味する）エナギーヴェンデとは少し異なるポーランド版エナギーヴェンデの兆しが見えている。

このことを裏付ける3つの事柄がある。

第一に、「現在の発電施設と熱電併給施設の約半分が30年以上前のもので、近い将来、耐用年数に達すれば交換する必要が出てくる」。今の政府はこのことを十分に把握している。そのため（効率が約30%向上し従来のものより汚染が少ない）複数の石炭火力発電所と（設置場所を選定している段階の）原子力発電所1基の建設および（収入を上げる以外にも、ロシアの天然ガスに対する依存からの脱却が主な理由である）シェールガス採掘への投資を進めてきた。

第二に、欧州委員会が監視している。地域のエネルギー資源である自然エネルギーは、新たに形成されつつあるエネルギー同盟にとって重要な位置を占める。そのため委員会は、大気汚染や自然エネルギー政策の不足に対し罰金を科してポーランドを脅し続けている。2015年2月、数年間の奮闘の末、ついにポーランド議会は自然エネルギーに関する新しい法律をなんとか通過させた。ブロニスワフ・コモロフスキ大統領が署名した新しい法律は、大手の自然エネルギー発電事業者に対する適正な環境だけでなく、中小事業者や家庭内発電にも非常に有利な固定価格買取制度を用意する。1ユニット当たり最大10 kWの小規模発電事業者の総容量の上限はわずか800 MWで、それに達すると、以降の新しい設備に対しては固定価格買取制度が適用されなくなるとはいえ、本当のエネルギー改革となるかもしれない。時が証明してくれることになるだろうが、ポーランド人は（冬に備えてザワークラウトやピクルスやジャムを作るように）家庭での発電がいい収入源になるとわかれば、自家発電をさらに進めるかもしれない。そうなった時には、現在、大手事業者（多くの場合国有のエネルギー企業）に好意的な政治家も、国民の要求に従わざるを得なくなるだろう。

第三に、近年、ポーランド人の環境に対する意識が高まってきた。ポーランドのマスコミが自国の大気汚染についてこれほど多く報道することは今までなかった。さらに、環境省の最近の世論調査によると、ポーランド人の86%が世界の気候変動を重要な問題と考え、74%がポーランドは温室効果ガスの排出を削減するべきだと思っている。

廃棄物政策

ポーランドのエナギーヴェンデの好例が廃棄物政策である。2005年には一般廃棄物のわずか7%しかリサイクルされていなかった。しかし、2012年にこの数字は20%に達した。ポーランドは、2012年12月に議会が通過させた廃棄物に関する新法のおかげで、廃棄物をリサイクルまたは焼却し、廃棄物処理を最小限に抑えるという循環経済に向かって進んでいる。

クラクフは現在、廃棄物を利用した熱電併給プラントを建設中で、2015年末の完成を予定している。約1億5,000万ユーロかかると言われているが、その半分は欧州の各種基金から出ている。同プラントは、クラクフ市だけでなく近隣地域の非リサイクル廃棄物を焼却することになっている。実際、こうしたプラント網が各地で建設されている。ポーランド人は昔から暖房用に原始的なストーブでゴミを燃やす習慣があるが、現在、21世紀のテクノロジーに向かってゆっくりと進んでいる。

バルト海沿岸の小さなコミュニティー、ウストロニエ・モルスキエでは、古い廃棄物処理施設を利用して1〜4 MWの太陽光発電所が建設される。そこで発電された電力が地域の建物の暖房に一役買う。投資のほぼ3分の1はEU基金で賄われる。私が石炭の臭いがすると文句を言うと「私たちはいつも石炭を燃やして暖房や調理をしてきたんですよ」とクラクフ近隣の村の住人が言った。彼らが石炭を燃やすのは石炭を愛しているからではなく、他にいい燃料がないからである。健康面、金銭面、利便性の面から、クリーンエネルギー（の方）が得だと分れば、間違いなくクリーンエネルギーを利用する。人間とはそうしたものだ。スイス・コントリビューションも含め欧州の資金提供が、ポーランド人のエネルギーへの取り組みを変えることを願っている。

5C

風力発電への投資を拡大する先駆者デンマーク

CO2排出削減と高度経済成長を模範的に両立させたデンマークは、グリーン技術、持続可能な社会の構築、膨大な量の自然エネルギー源を導入してきたエネルギーシステムでよく知られている。

Tore Keller氏

デンマークのグリーンエネルギーが急激に増加したきっかけは、デンマークの市民社会と政治システムが海外からのエネルギー輸入依存の大きさに動揺した1970年代のオイルショックである。デンマーク人は、国外のエネルギー依存から脱却し別の道を進むことに決めたのだ。

第一段階は、北海における石油とガスの総合調査プロジェクトを行い、発電所の余剰熱を使った地域熱供給および天然ガス利用のネットワーク改善に向けた大規模なエネルギー計画を展開することだった。

デンマーク人は、自然エネルギー、主に風力発電に焦点を当てることを選んだ。1970年代、コペンハーゲンで原発に反対する大集会が繰り返される中で活発な政治討論が行われた末、最終的には脱原発を選択した。デンマークは自国のエネルギー生産が低下する時期は今もスウェーデンやドイツから原子力エネルギーを輸入しているが、一般的な政治課題として原発を実行可能な選択肢とはもはや考えていない。

気候政策と環境問題がデンマークのエネルギー政策策定に主要な役割を果たすようになったのは、1987年に公表された国連のブルントラント委員会の報告書以降である。1989年にデンマークが世界で初めてCO2排出抑制を目指す法律を制定してからは、気候政策がデンマークのエネルギー政策の中心になっている。現在の計画は、2050年までに化石燃料を使わないエネルギーシステムを構築することである。この目標にはイノベーション、新たな技術、膨大な投資、市民社会や企業からの支持を伴う政治的意思が求められる。

ただ、間違いのないように言っておくと、デンマークは現在も石油、石炭、ガスに依存している。車は花や妖精の粉を燃料にしているわけではない。もしも北海油田がなければ、デンマークの政策は全く違った様相を呈していたかもしれない。1990年代以降は、デンマークの北の海底から汲み上げられる石油とガスが、石油とガスの自給自足を可能にし、同時に国の経済を押し上げてきた。

石油やガスの輸出、エネルギーへの高い課税、政治的コンセンサスによって、後年、デンマークを取り囲む海に多数の洋上風力発電所を設置することが可能になった。デンマークは、2020年に電力の35%を自然エネルギーにし、2050年には、主に風力、バイオマス、太陽光への投資により、エネルギーシステムからすべての化石燃料を排除するという政治目標がある。

これは、すべての家庭や企業が支払うエネルギー税によって消費者が負担する野心的な目標である。税収は、ユトランド半島の西海岸沖に位置するホーンズ・レフ第3洋上風力発電所などの自然エネルギープロジェクトに投入される。その海域で3番目の風力発電所となるホーンズ・レフ第3が2017年に稼働すれば400 MWを供給し、従来の2基ホーンズ・レフ第1と第2の370 MWを合わせると、40万世帯の需要を賄う十分なグリーン電力が発電される。

ホーンズ・レフ風力発電所以外にも、デンマーク、スウェーデン、ドイツの3国に囲まれたバルト海に600 MWのクリーガース・フラック洋上風力発電所を建設する。デンマークが自然エネルギー源のトップに風力

発電を選んだことは明らかである。寒く雨の多い気象条件を考えると、太陽光エネルギーはデンマークで大きな突破口にはならない。2014年は電力の39%以上が風力エネルギーだった。これは世界記録である。デンマークの企業も頑張っている。デンマークエネルギー協会によると、2014年のエネルギー技術輸出は91億ユーロとなり、デンマークの輸出総額の約20%を占め、5万6,000人の雇用を創出した。1990年から2007年まで、デンマークでは経済活動が40%以上増加する一方、CO2排出量は14%近く減少した。企業からの支援に加えて、デンマークのほぼすべての政党が2020年に向けた長期エネルギー政策を支援している。原発に依存しないエネルギー政策は、こうして1970年代のオイルショック以来、幅広い政治的コンセンサスを得ている。

とはいえ、デンマークもいい事ばかりではない。“施設の必要は分かるが自分の居住地域では反対”という昔ながらのNIIMBY（not in my backyard）現象は、グリーンなデンマークにもいまだ存在する問題である。数年前に、陸上風力発電機の試験場がウスタイルという人里離れた自然豊かな地域に決まった時、地元住民は建設に反対し、自然エネルギーは支持するが、他でやってくれと主張した。その反対にもかかわらず、最終的に試験場は建設された。

エネルギー集約型産業はデンマーク内での生産を維持するためにエネルギー価格の引き下げを求めており、自然エネルギーに支払う税金は常に政治討論のテーマとなってきた。とはいえ、中東やロシアからのエネルギー輸入に依存しない、持続可能性重視の社会をめざす転換に反対するデンマーク人はほんのわずかである。デンマーク人も、その他の多くの国民と同じく光熱費の値下げを願っているが、グリーン政策は幅広い支持を得ている。

農村部におけるシェールガス採掘の可能性を調査する近年のプロジェクトは、地元の反対に遭っている。問題は主に、自分たちの居住地域にできるかもしれないシェールガス事業の安全面と規模であり、それによってシェールガス採掘が阻止されている。政治的には、米国に見られるようなシェールガス投機への支持は、デンマーク国会においては一部の党に限られている。

デンマークは、地球規模の気候変動への影響緩和に取り組み、グリーンエネルギーを大幅に増加させてきたが、デンマーク人の環境への貢献度は見かけほど高くないかもしれない。WWFの最近の報告によると、他の産業ほど規制されていない長期旅行や農業部門など海外からの輸入による影響を含めると、デンマークは世界第4位の環境汚染国である。

しかし、デンマーク人は地域で気候問題に取り組んでいる。サムソ島では化石燃料ゼロを実現した。風力発電協同組合が地域プロジェクトを組織し、通常1基から3基の陸上風力発電機を人口の少ない町や工業地帯に隣接して設置している。こうしたプロジェクトは国中至る所に見られる。デンマークでは、5,200基以上の風力発電機を約4万人の国民が共同または個人で所有している。

デンマークは1970年代のエネルギー価格高騰によりグリーンエネルギーへの転換を余儀なくされたが、将来に向けた広範なエネルギー計画およびグリーンエネルギーへのインセンティブを与える政府とそれを支持する国民によって化石燃料への依存を軽減できることを世界に示してきた。もちろんドイツも、GDPと化石燃料消費を切り離そうとしているが、デンマークは、それを最初に実現した国であり、トップの座を守りたいと思っているのだ。

5D

準備万端：待ったなしのフランスのエネルギー転換 カトリン・グラストラ氏および

フランスのエネルギー政策は、原子力エネルギー政策一本に要約されることが多く、ドイツのエナギーヴェンデと脱原発に対立するものとして提示される。しかしながら、パリの2015年国際気候会議に関して、フランスは自国のエネルギー転換アジェンダを策定し、欧州の中心で協力強化の機会を広げた。この新たな視点を確かなものとするために、今後数カ月および数年にわたり、大きな政策展開をもたらす多くの政治的意思と手腕が必要となる。

歴史家のガブリエル・ヘクトが受賞した著書で述べているように、1950年代後半に核兵器を手に入れ、オイルショック後には民生用原子炉の急速な開発が進んでからというもの、原子力エネルギーは、フランスの国家アイデンティティの象徴となり、エネルギー政策の範囲をはるかに超えた。このことを考えると、電力における原発の割合を75%から50%に削減するフランソワ・オランド仏大統領の目標は、技術変革の観点からの構造転換を示すだけでなく、フランスにおけるエネルギーシステムの将来への新たな道を切り拓く意欲をも示している。

確かに、原子力の未来よりもはるかに重大なのは、現在審議中のエネルギー転換に関する法案の問題で、これは2015年7月までに採択しなければならない。この枠組み法は、2012年から2013年に国内のステークホルダーが行ったエネルギー転換に関する討論会の結論に基づいて、エネルギーシステムを持続可能なものにするためにフランスが直面しなければならない構造的問題を発端とする、エネルギー転換に向けた包括的戦略の構築を目指す。意外にも、エネルギー転換の主要な目標については、この枠組み法のおかげでフランスとドイツの間で一致する意見が増えた。

何よりもまず、温室効果ガス排出量が比較的低レベルだとはいえ（フランスでは一人当たり8.3 トンに対しドイツでは11 トン）、フランスが依然として輸入化石燃料に大きく依存している事実、および地球温暖化を2度以下に抑制するシナリオを実現するには温室効果ガス排出量の75%削減を達成しなければならない事実を隠すべきではない。実際、フランスの最終エネルギー消費の70%は今も化石エネルギーに由来し、石油だけで約43%にのぼる。一方、電力は総エネルギー消費量の約4分の1を占めるのみで、原子力単独で18%である。状況はドイツとよく似ている。これは輸入エネルギー費が年間一人当たり1,000ユーロを超えることを意味し、持続可能エネルギーや省エネを行う地域プロジェクトの資金として利用できるはずの膨大な資本が流出している。

上記を踏まえると、2050年までに最終エネルギー消費を50%削減し、2030年までに化石燃料の使用を30%削減するという極めて野心的な目標は、新法の一番重要な部分である。しかし、この目標の達成には、建物だけでなく、ドイツと同じくエネルギー転換から取り残されている輸送部門も含めたエネルギー効率政策の劇的な加速化が必要となる。エネルギー効率は、自動車および公共交通部門における共通の業界利益を考えると、両国間で協力する主要な分野になるだろう。

第二に、現在のエネルギー体制がいつまでも続かないことをフランスも徐々に認識している。1970年代から1980年代にかけて建設された大半の原子力発電所が平均耐用年数の30年に達する。原子炉の寿命は最大60年まで簡単に延長できると主張する者もいるが、不明な点が多い。フランス原子力安全庁は最近、無

視できない「システム上の欠陥」リスクがあると指摘した。ほとんどの原子炉が同じ設計に基づいて建設されているため、ある原子炉の技術的欠陥は他の原子炉にも広がるということになり、かなりの部分の原子炉を早急に閉鎖する必要が生じ得る。さらに、近年の政策報告書や輸出報告書は、既存の原子炉の全面的な改良に係る費用および技術的な実現可能性に対する大きな不安を裏付けるものとなった。特に費用面では、1,000億から4,000億ユーロの範囲の費用がかかる可能性があり、そうなると原発の発電コストは70ユーロ/MWhから最大で130ユーロ/MWhにまで上昇するおそれがある。つまり、原子力だけに投資するよりも、エネルギーと電源構成を多様化するためのプランB、原子力エネルギーのコストに関する仏議会委員会の最近の報告でも確認された選択肢を準備する時が来たのだ。

すなわち、フランスは一日も早く自然エネルギーの時代に入らなければならないということだ。実際、最近流出したフランス環境庁Ademeの報告によると、条件と政策枠組みがそろえば、許容できるコストで2050年までに100%自然エネルギー電力システムを達成することは可能だとしている。

それと同時に、法案には2030年に向けた非常に野心的な目標が明記されている。2030年までに、電力に占める自然エネルギーの割合40%を含め、自然エネルギーの合計比率を現在の14%から32%に増やすとしているのだ。とはいえ、現在のプロジェクト開発は、数多くの行政上の障害に対処しなければならない上に、2020年の目標に大きな後れを取っている。たとえば、ドイツでは風力発電プロジェクトを完成させるのに3年で済むのに対し、フランスでは最大8年かかる可能性がある。2010年の太陽光発電の一時的な成長鈍化や、風力発電固定価格買取制度に関する法的な争いによって引き起こされた不確実性により露見した政治的安定の欠如は、確かに、成功を妨げる最大の障壁である。新しい法律はこうした障害をある程度取り除くことを目指すが、法律自体にも多くの不安がある。ドイツの事例に倣い、またエネルギーの国庫補助金に関する新たなEUガイドラインの圧力を受け、フランスは現在の固定価格買取制度を、2016年初めに市場プレミアム制度に切り替え、おそらく2017年までに技術中立的なオークション制度に変更することになるだろう。

結局、フランスの大きな課題の一部はエネルギー転換の統治能力、ガバナンスに関連しており、原発、中央集権的意思決定のあり方、国営独占企業の歴史的な結びつきが新たな組織形態に進化していかなければならない、ということが暗示されている。ドイツの100%再生可能エネルギー地域イニシアチブに類似した「ポジティブエネルギー地域」を支援する国家プログラムなど、地域活動の重要性を認識させる前向きな措置もすでに講じられている。ドイツの成功に触発され、フランスは市民主導の共同エネルギープログラムを支援する新たな対策と、こうした技術に対する国民の支持を高めるための専用クラウドファンディングも計画している。

エネルギーに関する仏独協力は、お互いの好奇心と誤解と固定観念に満ちた愛憎関係と言えるかもしれない。しかし、もしフランスがエネルギー政策の新たなページを開く用意があるなら、そして上記で概説した様々な問題を考えると、両国ひいては欧州におけるエネルギー転換を成功させるためには、強固な協力関係を再構築する絶好の機会があるだけでなく、それが必要な場面も出てくるかもしれない。

5E

チェコのエネルギー状況：自然エネルギーはわずかに進歩したが、将来への展望はまだ開けない

2015年まで、チェコのエネルギー部門は2004年に施行した政策に従っていた。政府はエネルギー戦略を刷新するために5年を費やしたが、現在、提出された計画は、時代遅れの原子力技術に焦点を当てたものだった。チェコのエネルギーに関する立法と政府戦略の主要な主体である産業貿易省が、提出された計画に沿って、石炭、ウラン、石油、天然ガスを主体とするエネルギー政策を牽引している。

EUの2030年に向けた気候・エネルギー政策目標に関する協議中にチェコ政府の方向性について気づいた国もあったかもしれない。当初、チェコは、EUにおける自然エネルギーの割合を増やす試みを妨害しようとした。クリーンエネルギーの成長を阻止できないと認識したチェコ政府は、せめて拘束力のあるEU目標範囲だけでも変えようとした。現在も、産業貿易省は、他の戦略文書で原子力エネルギー支援を実行しようとしている。

エネルギー政策に関する5年間の取り組みと開けない展望

産業貿易省は2009年に国家エネルギー政策の策定を開始した。最初のバージョンは「石炭戦略」とでも呼べそうな政策であった。町や村を破壊してでも石炭採掘を拡大することを基本とし、石炭エネルギーは原子力によって補完されることになっていた。2010年の選挙後に誕生した右翼政権は原子力エネルギーに力を入れた政策を掲げ、総発電量に占める原子力の割合を最大80%に強化することを要求した。万一こうした事態になれば、チェコは、原子力大国フランスさえも凌ぐだろう。チェコ最大の発電所チェコ電力ですら、この政策は行き過ぎだと考えた。

2013年に誕生した、ČSSD（社会民主党）、ANO（事業家アンドレイ・バビシュ氏の党）、KDU-ČSL（キリスト教民主同盟＝チェコスロバキア人民党）で構成される新政府により、エネルギー戦略の最終決定を迫る圧力が強まった。5年以上かけて準備した末、2014年末に政府が発議した新エネルギー政策は、2015年5月に承認された。新たな政策はテメリンとドコバニに新原子炉を建設して原子力の割合を最大50%にすることを目指している。産業貿易省は、原子力をチェコのエネルギー独立を強化するエネルギー源として提示している。しかし、同政策は総エネルギー消費量の増加も予測しているため、原子炉の新設に関係なく、ガス消費量が10%増加することになる。

この政策は、ヤン・ムラーデク産業貿易大臣（ČSSD）の主導で策定されたが、天然ガスからの脱却をもたらすことはないだろう。

産業貿易省は原子炉新設計画ばかりに焦点を当てたため、はるかに重要なもう一つのエネルギー源を見落としていた。意外なことに、この「源」は従来の意味の源ではない。エネルギーの効率化である。エネルギー効率を高めることにより、チェコは、ロシアから輸入されるガスへの依存を最小限に抑えることができる。現在、天然ガスは主に暖房に用いられているため、古い建物を改築してエネルギー効率を上げると、チェコはガス消費量を半分にできるのだ。この事実は目新しいことではない。2008年に専門家が独立

エネルギー委員会のために初めて行った試算に上記の数字は出ていた。ただ、現在の政府が、最新のエネルギー政策にこのデータを使わなかった理由については謎である。

活用されていないエネルギー効率対策のポテンシャルだけが、国家エネルギーコンセプトの更新に関するチェコのエネルギー論争の問題点ではない。産業貿易省は新規の原子炉がどうしても欲しいあまりに、独自の計算で原子力発電所の建設コストを極めて低く見積もったように思われる。この論争には初めから、国民の支持も市民の民主的参加もなかった。

さらに悪いことに、原子力という選択肢以外の代替エネルギー政策計画は検討されてさえいない。計画段階で代替オプションは策定されたものの非現実的であると早々に片づけられてしまった。チェコ政府の独立エネルギー委員会が自然エネルギーのポテンシャルに関する最初の計算を行ったのは6年前だが、現在の見通しは6年前の計算値と比べてほぼ4分の1も低く評価されているという状況があり、代替エネルギー政策の却下は何ら驚くべき事態ではない。

残念なことに保留状態の自然エネルギー

ドイツのエネルギー転換に触発されて再生可能エネルギー支援法をチェコ議会が承認した2005年、チェコのクリーンエネルギーの未来は前途洋々であった。補助金の導入により、風力、バイオマス、太陽光エネルギーさえも成長し始め、今日ではこれらが家庭電力消費量の10%を賄っている。

けれども、特に太陽光エネルギーについて問題が生じた。2010年、すなわち太陽光発電技術の価格が大幅に低下した際、チェコ議会が太陽光エネルギーに対する投資家の関心の高まりにすばやく対応できなかったため、投資が急拡大し、数年間で合計2,000 MWの太陽光発電容量が導入された。政府はその後、太陽光発電の投資家に対し、保証された収益を低下させる太陽税という形で遡及変更を行い、ビジネス環境を不安定にした。2010年以降、新規太陽光パネルは建物にしか設置できなくなり、2014年にはこうした設置に対する支援が代替案も示されないまま打ち切られた。

2015年には小規模だが前向きな刺激策がいくつか実施された。バイオガス発熱プラントへの支援が復活した他、チェコ太陽光発電産業協会やエネルギー自給同盟を始めとする業界団体が、小規模発電所の運営を妨げる行政上の障壁を取り除くよう繰り返し求め、その要求を産業貿易省が聞き入れた。これは、ますます経済的になる自然エネルギーに対し、国民の関心を呼び戻す第一歩である。エネルギー法の修正案によると、導入量が最大10 kWまでの小規模発電所の免許は、系統に接続されている発電所も含めて不要になる。

チェコの進展するエネルギー部門の状況

上述したチェコの自然エネルギーに関する経験は、国がやってはいけないことの悪い見本として説得力がある。だが、クリーンエネルギーが独自の発展を遂げるに任せたとすると、チェコのエネルギー部門はどんなふうに見えてくるだろうか。

チェコでは長い間200万世帯を賄う十分な電力を風力エネルギーで発電してきた。再生可能エネルギー源会議所および国際環境NGO「FoE・チェコ」のHnutí DUHAによると、風力発電はチェコの電力の3分の1を発電する潜在能力を有している。これは、新規の原子炉ほぼ2基分に相当する。技術革新のスピードに関しては、太陽光エネルギーが明らかにチェコの自然エネルギー市場をリードしている。国内の設置可能な屋根の利用を考慮するだけでも、太陽光エネルギーは200万世帯以上に電力を供給できる。半世紀も経てば、バイオマスも（潜在的なグリーン電力の56%を発電する）クリーンエネルギー源および（潜在的なクリーンな熱の68%を供給する）熱源としてより重要な役割を果たすだろう。

したがって、チェコで自然エネルギーを最大限に成長させるために必要なのは確固たる政策である。改定された法律は、世界のエネルギー転換の現在の動向とかけ離れてしまっている。チェコのクリーンエネル

ギーの地位を向上させるには単純な法案さえあればよい。たとえば、非金融メカニズムであるネットメータリングは、屋上太陽光パネルに関心を集めるきっかけとなりうる。しかし、現政府の計画は主に原子炉の増設に焦点を合わせることに終始しており、自然エネルギーについては法的義務から考慮するにとどまって、必要な支援をいまだに策定していない。

5F

スペインのエネルギー転換 – 今後の進むべき道は？

スペインのエネルギー転換は、2013年2月に新規の自然エネルギー発電建設に対する経済的インセンティブを廃止したことに端を発して、数年前から衰退の一途をたどっている。すでに2008年に明らかになっていた多額の「タリフ債務」は、2012年には推定255億ユーロにのぼっていた。この債務は実質的に、公定電力価格が発電コストを完全に賄っていないという事実によるものである。このことから、スペインがエネルギー転換構想を継続するつもりなら、自然エネルギー支援スキームの大改革が必要になることは明らかだ。

氏およびI氏

2001年の最初の欧州再生可能エネルギー指令は、欧州におけるクリーンエネルギー転換へのスペインの影響力を示し促進する足掛かりとなった。影響力の主な理由は、スペインがすでに国内法によって、2010年までにエネルギーミックスに占める自然エネルギー比率を全体で12%にするという目標を定めていたことである。実際、この指令が施行された時点で、スペインでは立法手続きを新たに必要とするものはほとんどなかった。このことは、これまでの方向性についてスペイン市場に対する信頼と自信の土壌を築くのに役立った。さらに、固定価格買取制度（FIT）やプレミアム型（FIP）など自然エネルギー生産に向けた支援対策を最初に講じた国もスペインであった。全般的には2007年まで、スペインの自然エネルギー部門は極めて順調に推移し、2005～2006年には8.9%拡大した。しかし、この頃タリフ債務の問題も出始め、スペインが自然エネルギー部門のトップを維持できなくなる政策の採用につながった。

2009年の再生可能エネルギー指令は、再生可能エネルギー法定目標の他、電力、輸送に使用するバイオ燃料、冷暖房の3つの部門に対する規制を策定した。電力部門は、スペインが最も著しい成長を遂げた部門である。実際、スペインの2011～2012年の中間目標期間における自然エネルギー比率は、冷暖房部門が13.5%、輸送部門が6%であるのに対し、電力部門は31.5%であった。

2011～2012年の中間目標を達成し、スペインは2020年の目標を達成するために正しい方向に進んでいた。しかし、経済危機の深刻化、信頼できるエネルギー戦略の欠如、合計255億ユーロにのぼる気の遠くなるような額のタリフ債務など数々の要因によりスペインは停滞の時代に突入した。

電力コストとタリフ債務を縮小するため、新政権は、新設したエネルギープラントの支援策を2012年1月に中止した。最終的にはこの中止が、2013年2月のFIP制度の完全廃止につながり、自然エネルギー発電に対する主な支援を危険にさらした。FIP制度の廃止は特に、スペインの自然エネルギー電力の大半を担う風力発電所（2011年の太陽光発電所の発電量7,000 GWhに対し、風力発電所は45,000 GWh）の事業者に影響を及ぼした。自然エネルギー支援策を減らしたのは、債務の原因が自然エネルギーへの投資コストの高さによるという思い込みに基づいたものだった。さらに、EUの2020年目標との一貫性のなさが露呈した。債務を生じさせることになったその他の重要な要因としては、石炭火力発電所の補助制度、また、2000年頃の従来型電力のコスト増加に電力料金を適応させなかったことが挙げられる。

こうした政府の対策が招いた重大な結果として、スペインは 2020年国家目標を達成できないだろう。 これは自然エネルギー生産者の努力に対してだけでなく、この部門で優位を維持してきたスペイン全体にとっても残念な結果である。加えて、政府の対策は、いわゆる「エネルギー貧困者」を増やす大きな要因にもなった（スペインの人口の約10%が高額な電力料金を支払う余裕がない）。国家経済に対するエネルギー部門の重要性を考えると、明確で首尾一貫した長期的な展望に立った政策が必要とされていることは間違いない。

エネルギー依存率が約73%に上る国で、支援策を打ち切ることは、適切な判断であるとは言い難い。スペインは、長期的に実施したいエネルギー政策を決定する必要がある。しかし現在のスペインは、2020年目標をどうやって達成するかばかりを考え、その先の目標を何も提示していない。

スペインは、たとえば以下に掲げる対策を追加すれば、エネルギー転換を強化することができ、また、そうしなければならない。

タリフ債務の公的監査の継続

スペインのエネルギーシステムは、発生した負債や実際にかかったコストについて、ブラックボックスのように中身が分からない。適切な改革と透明性を促進するために2つの監査が必要である。まず、タリフ債務蓄積の原因となった政治的な判断と責任および正確な負債額を分析するタリフ債務の監査である。次に、電力買取価格に起因するすべてのコストに関する電力部門の監査と各種買取価格に対応するkWh価格を決定するガイドラインの定義である。

自然エネルギーの自家消費に対する法的障壁の撤廃

スペインは、自然エネルギーの自家消費に対する障壁を取り払ってネットメータリング制度を設定することで、太陽光発電システムを運用する消費者が系統に供給する電力の支払いを確実に受けられるようにする必要がある。この制度は欧州の数多くの国で実施されているが、スペインでは今も議論が続いている。

脱工業生産モデル

エネルギー転換は本質的に、高エネルギー消費と高CO2排出から、低エネルギー消費と低CO2排出に基づいたモデルに向けた転換を意味するが、同時に、持続可能で高収入の雇用を数多く創出する転換も意味する。このような「グリーンジョブ（緑の雇用）」を生み出すことが可能な主要部門は以下の通りである。

- 農業：有機農業の促進および生産と消費の移転。
- エネルギー効率：建物の改修と断熱、自然エネルギー施設の整備、エネルギー効率の高いシステムの導入。こうしたエネルギー効率化対策により、スペインは、2050年までに約390億ユーロを節約できる。
- 持続可能な輸送：商品の鉄道輸送を促進し、2020年までにその割合を現在の3.2%から10%に引き上げる。輸送部門は、最終エネルギー消費の40%およびCO2排出量の30%を占めるため、この問題に取り組むには不可欠な部門である。

エネルギー部門の民主化

エネルギー転換は、エネルギー部門に対する民主的管理の強化も意味する。したがって天下り的な慣習を規制することが必要不可欠である。スペインでは、フェリペ・ゴンサレス元首相やホセ・マリア・アスナール元首相など、高位政治家が従来型電力産業における企業の一員となる例が続いてきた。こうした状況により、旧来の電力会社の利益と合致する政策が講じられることが多いため、数多くの政府の対策に対

して、国民は多大な不信感を抱いている。こうした慣習に終止符を打つため、明らかに利害が対立するこの部門に、政治家が関与できない一定の期間を設けることを求める必要がある。

上記の提言は、環境保護上も社会的にも必要なエネルギー転換を推進し、自然エネルギーにおけるスペインの優位を取り戻すのに役立つだろう。

5G

オーストリアとそのエネルギー転換：遅れをとった先駆者

一見すると、エネルギー部門におけるオーストリアの実績は輝かしいものに見える。2012年には最終エネルギー総消費量の約32.5%が自然エネルギー源によって供給された。

EUで自然エネルギー比率がオーストリアを上回る国は、ラトビア、フィンランド、スウェーデンだけである。さらに、オーストリアでは電力消費量の約3分の2がすでに自然エネルギー源から供給されている。オーストリア政府は、欧州レベルで拘束力のある自然エネルギー目標を支持し、原子力産業の補助金を増やす戦略に反対している。しかし、気候分野に暗い影も見える。オーストリアは京都議定書目標を達成できなかった。温室効果ガスを1990年比で13%削減するかわり、2012年までに2.5%増やした。そのため、オーストリアは、7,155万トンものCO2排出枠を購入しなければならなかった。こうした事態の原因は、過去20年間の気候・エネルギー政策に深く根ざしている。

過去の要因

オーストリアの自然エネルギー源によるエネルギー生産は、水力とバイオマスを基本としている。比較的小さな国だが、オーストリアは欧州第4位の水力発電国である。オーストリアにおける水力発電の核となる整備は20年前に完了し、現在、水力発電に残されたポテンシャルはほとんどない。バイオマスも同様である。すなわち、「伝統的な」自然エネルギー源のポテンシャルはすでに使い尽くされている。

一方オーストリア政府は、風力や太陽光などの新しい自然エネルギー源の導入にはあまり積極的ではない。そのため、電力部門における自然エネルギー比率は、何年にもわたって毎年下がり続け、代わりに化石エネルギー比率が増えている。2011年、福島の原発事故後、オーストリアの「エコ電力法（Ökostromgesetz）」（ドイツの再生可能エネルギー法（EGG）と類似する法律）を大幅に変更して、系統に接続できる風力および太陽光発電を増やせるようにした。もっとも、この改正は2012年に終了する京都議定書第一約束期間には間に合わなかったが、それでも電力部門におけるオーストリアのエネルギー転換の再開と見なすこともできる。オーストリアでは、2020年までに電力に占める自然エネルギー比率が80%に達する可能性が高く、そうなれば、再び先駆者の地位を確立できるだろう。

先駆者および政治的支援の欠如

オーストリアのエネルギー転換で電力部門は主要な役割を果たしているが、気候・エネルギー政策で注目すべき重要な分野は他にもある。たとえば、建築部門である。建物はオーストリアの最終エネルギー需要の約3分の1を占めている。同国は、パッシブハウスの先駆的な役割を果たし、パッシブハウスの割合が欧州で最も高い。熱部門の排出量は1990年比で34%削減され、さらに削減できる余地も大きい。

この成功の主な原動力は、建物の改修を奨励する補助金と、オーストリアで建築部門の規制を担当する州の多くによってエネルギー効率化要件が強化されていることによる。しかし、建物のエネルギー効率を高めるために中央政府と州が合意した最後の戦略は2008年にまで遡り、建物の改修に対する効率化要件を強化する措置は2010年が最後となった。さらに、緊縮政策により多くの州が補助金を削減し、毎年の改修

率は約1%に下がった。つまり、オーストリアは、すべての建物を改修するのに約100年かかるということだ。年間の生産エネルギーが消費エネルギーを上回る「プラスエネルギー建築」はすでに建てられ始めているが、過去の成功を足掛かりとするには、建築部門におけるエネルギー効率化に対し、さらなる政治的支援が必要である。

前途に待ち受ける大きな課題

概して、オーストリアは多くの側面で先駆的役割を果たしているが、政策立案者の態度は優柔不断である。2014年に行われた世論調査では、国民の79%が化石燃料の迅速な段階的廃止を支持したが、オーストリアでは化石燃料を段階的に廃止する長期の政府戦略は策定されていない。措置を講じるための議論は経済面から積極的に行われているため、これは大きなギャップである。オーストリアでは必要なエネルギーの約64%を輸入しなければならない。化石エネルギーの輸入額は、オーストリアのGDPの約4.2%に相当する年間128億ユーロにのぼり、15年前の4倍以上になっている。

オーストリアのエネルギーシステムでは石炭もいまだに大きな役割を果たしており、外的要因による健康被害コストは年間で約1億9,200万ユーロに達する。これは、自然エネルギー比率の高さが、この最も汚染度の高いエネルギー源の完全な廃止にいまだつながっていないことを意味する。さらに、約70万世帯が今も石油による熱供給システムを使用し、石油会社は新規の石油熱供給システム設置に補助金さえ提供している。また、政策立案者は、オーストリアのCO_2排出に決定的な役割を果たす輸送部門について措置を講じることを躊躇している。結果として、オーストリアがエネルギー転換の真の先駆者に返り咲こうとするなら、やるべきことは数多く残っている。

5H

呆然か混乱か？英国のエネルギー政策に必要なのは方向感覚

他の欧州諸国と比べて、市場擁護者、原発擁護者、シェールガス擁護者としての英国の役割は、ドイツやオーストリアなどの国とは対照的な政策を浮き彫りにしてきた。特に、ヒンクリー・ポイント承認の決定は欧州委員会に認められたものの、必要な補助金に基づいて異議申し立てが出ている。

英国政府が2014年に実施した消費者意識調査によると、英国国民の4分の3以上が自然エネルギーを支持する一方、原子力の支持は3分の1、フラッキング（シェールガスなどの掘削法）の支持は4分の1にすぎない。光熱費の上昇、企業の国内供給の利潤増加、老朽化したシステムの交換は、大規模な投資が必要になることを意味するため、エネルギーに関する論争では火花が散っている。

他の欧州諸国と比べて、市場擁護者、原発擁護者、シェールガス擁護者としての英国の役割は、ドイツやオーストリアなどの国とは対照的な政策を浮き彫りにしてきた。特に、ヒンクリー・ポイント承認の決定は欧州委員会に認められたものの、必要な補助金に基づいて異議申し立てが出ている。

英国のエネルギー政策の混乱

英国ではいまだに大手電力会社がエネルギー政策を牛耳っており、地域所有の自然エネルギー発電所はその障壁のために足場固めで苦戦している。エネルギー民営化から25年しか経っていないが、コミュニティーまたは地方自治体が所有するエネルギーの増加は、英国のエネルギーシステムにおいてはマイナーな役割しか果たしていないと主流の政治やメディアでは考えており、その規模はエネルギー気候変動省によって2020年までに約3 GW 程度と見積もられているのだ。より厳しい気候変動・排出削減目標を達成し、効率的で公正な分散型自然エネルギーシステムを実現するつもりなら、こうした状況を変えなければならない。

英国のエネルギー生産

英国政府は、以前に、ガス火力発電所を支援したことがあった。スコットランドやウェールズは、フラッキングに関するモラトリアム（一時停止）を可決したが、イングランドでは現在の枠組みにより、露天炭鉱がいまだに利用され、シェールガスや炭層メタンだけでなく地下石炭ガス化の活用もすべて奨励されている。ただし、候補地となった地域では特に、フラッキングに対する国民の反対は高まっている。ウェストサセックス州のバルカムのような場所では、フラッキングの脅威が、それに代わる地域所有の太陽光エネルギーを求める運動に弾みをつけた。2015年初めには、英国の200万世帯の電力を太陽光が賄い、自然エネルギー発電は2014年に過去最高レベルとなった。自然エネルギー源による発電は、2012～2013年に30%増加し、総電力消費量の13.9%になった。

停電

「停電」の恐怖から、現在の政府は既存の電力会社を下支えしてきた。電力会社は、何としてもやりたいことのために、容量市場を通じて実質的に補助金を受けている。 やりたいこと、つまり既存の発電所の運

転を続け、供給する電力に対して支払いを受けること、である。原子力および容量市場に対する最近公表された上記の補助金は、現在の集中型エネルギーシステムへのいかなる変更にも抵抗する電力会社の姿勢の表れである。

市場の焦点

英国の二大政党は、6大エネルギー企業が支配する市場に依存するシステムと結びついている。このやり方の問題は、市場の既存プレイヤーがすべての利権と民営化前の（たとえば系統への）投資メリットを享受する一方、新規参入者が変更にかかるコストを負担することになる点である。 例として、コーンウォールのような場所では、 系統が「フル稼働」しているという理由で、系統接続費用の見積もりが天文学的な金額になっているという報告が、地域所有の有望な自然エネルギープロジェクト所有者から定期的に寄せられている。

システムの障壁

系統への接続と供給に対し自然エネルギーに優先されるメリットオーダーはない。供給許可にかかる費用のせいで、小規模事業者は電力を供給できない。英国政府は、エネルギー気候変動省を通じて、供給、系統、地域所有に関する各ワーキンググループを設けているが、今のところ構造的な変化はない。

英国のエネルギー転換に対してどのような意味を持つのか

2008年気候変動法およびその炭素予算と、エネルギー法との関係は、英国政府の焦点が「脱炭素電力」に当てられてはいても、自然エネルギー発電には特に当てられていないことを意味する。つまり、二酸化炭素回収貯留（CCS）や原子力に取り組んで自然エネルギーから目をそらしているのだ。英国には、自然エネルギーを大量に導入する首尾一貫した戦略がない。その代わり、二大政党は、選択肢をオープンにしておいて、様々な 電源を少しずつエネルギーミックスに入れたいと考えている。 このことは非常に強い不確実性を生んでいる。エネルギー供給の隙間が広がり、そこにフラッキングが無理やり入るのではないか、フラッキングを締め出すほど自然エネルギーやエネルギー効率が上昇するのだろうか、新世代の原発は実現するのか、それとも、コストや廃棄物の問題を乗り越えられずに最終的につぶれてしまうのか、系統と供給のシステムは自然エネルギーの増加に対処できるのかなどである。

今後の展望

英国の新政権は、光熱費の国民負担が増大し、新エネルギー開発が進み、コミュニティーエネルギーに関与する人々が増えてコミュニティーエネルギーが直面する障壁を理解するにつれて、こうした問題に正面から取り組まなければならなくなるだろう。反フラッキング運動は、非従来型化石燃料を重要な政治課題として追及するだろうし、新しい原子力の正味コストは負担しきれないものになるかもしれない。英国のほとんどの政党が「コミュニティーエネルギー」に熱心であるが、系統と接続に関する規制および供給に必要な変更が迅速になされるかどうかは、政治家が既存の供給者の既得権益に挑戦する意志がどの程度あるのかにかかっている。

英国は、系統接続において自然エネルギーを最優先し、地域コミュニティーにシェアを提供する制度を義務化し、地域プロジェクトが地域コミュニティーに簡単かつ経済的に供給できるようにする必要がある。こうしたことが実現すれば、コミュニティーエネルギーが、ドイツと同じようにシステムを変革し始めるだろう。

6

質問と回答

A	エネルギー転換は経済的なのか？	122
B	貧しい人々にも手の届くエネルギーを確保するためのドイツの施策は？	125
C	自然エネルギーはいつ元が取れるのか？	126
D	風力・太陽光発電は、導入のために消費したエネルギーを回収できるのか？	127
E	なぜ低炭素化目標だけでは不十分なのか？	128
F	原発の段階的廃止後、ドイツの電力輸入量は増えるのか？	129
G	ドイツは福島の原発事故に過剰反応したのではないか？	131
H	二酸化炭素排出量を削減する方法として、自然エネルギーは高くつくのではないか？	133
I	原発の段階的廃止によって、ドイツの二酸化炭素排出量が増えることはないか？	134
J	原子力は二酸化炭素排出量を削減する安価な方法ではないのか？	135
K	停電は発生するのか？	137
L	エナギーヴェンデによって雇用が失われるのか？	139
M	ドイツの人々はエナギーヴェンデを支持しているのか？	141
N	ドイツはどのようにして環境保護を主導しながら産業大国であり続けることができるのか？	143
O	エネルギー集約型企業に対する自然エネルギー電力賦課金の減免制度とは？	144
P	ドイツのエナギーヴェンデにおけるシェールガスの役割は？	146

Q	なぜドイツの二酸化炭素排出量は2013年に増加後、2014年に再び減少したのか？	148
R	ドイツでは石炭の復興が起こっているのか？	149
S	ドイツにはどれだけの電力貯蔵が必要なのか？	151

6A

エネルギー転換は経済的なのか？

経済的である。それどころか、経済的にそうしないわけにはいかない。現在の自然エネルギーへの投資は、従来型エネルギーの価格が高くなるにつれて、通常20年の設備の耐用年数で採算が取れるだろう。さらに、自然エネルギーが高いと言われるのは、化石エネルギーや原子力エネルギーのコストの一部が、税金などの外部費用として転嫁され、電気料金に直接含まれていないからである。

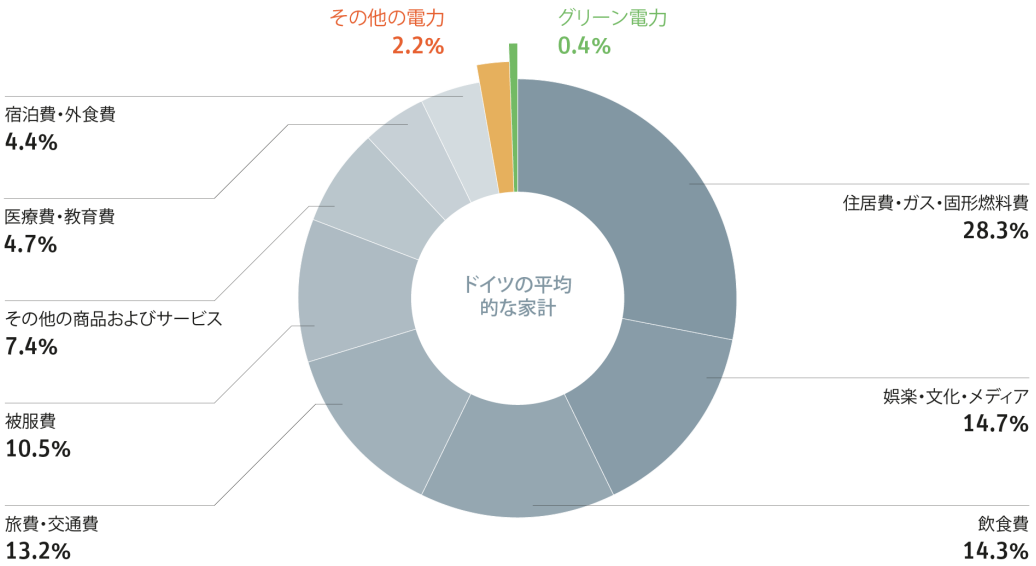
実質的に自然エネルギーのコストは下がり続ける一方で、従来型エネルギーのコストは、化石燃料による電力も原子力による電力も、予想のつかない変動を続け、長期的に上昇傾向にあることは明らかだ。実際、ドイツの主に化石燃料による熱供給コストは2013年に最高レベルに達した。

ドイツ有数の経済研究所であるドイツ経済研究所（DIW）は、今後10年間のエナギーヴェンデのコストを2,000億ユーロと見積もったが、正味の影響（同時に削減されるエネルギーコストもある）は、1世帯ひと月当たり10ユーロ前後で、現在とほぼ同じである。

グリーン電力への出費が平均的な家計に占める割合は1%未満

自然エネルギー賦課金5ユーロセント時（2013年）におけるドイツの平均世帯支出

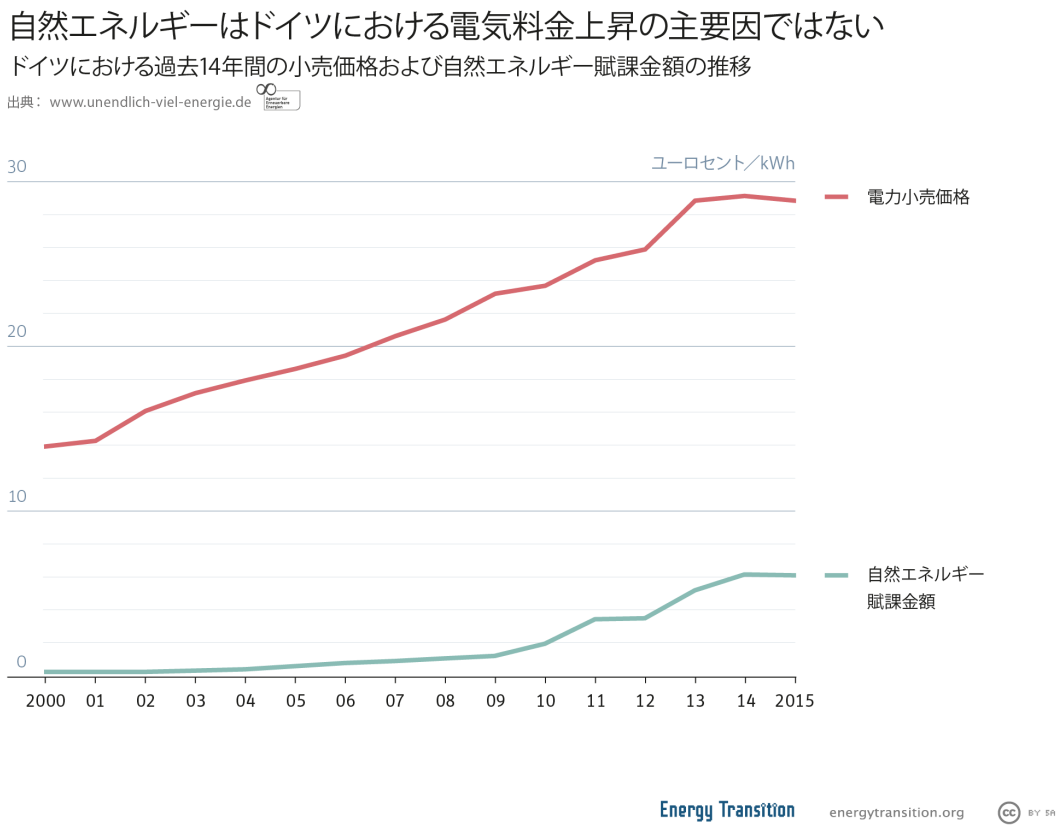
出典：www.unendlich-viel-energie.de



Energy Transition energytransition.org

www.unendlich-viel-energie.de

ドイツの自然エネルギー電力を賄う賦課金について精査すると、過去10年にわたるドイツの平均電力小売価格上昇の3分の2は賦課金が原因でないことが分かる。

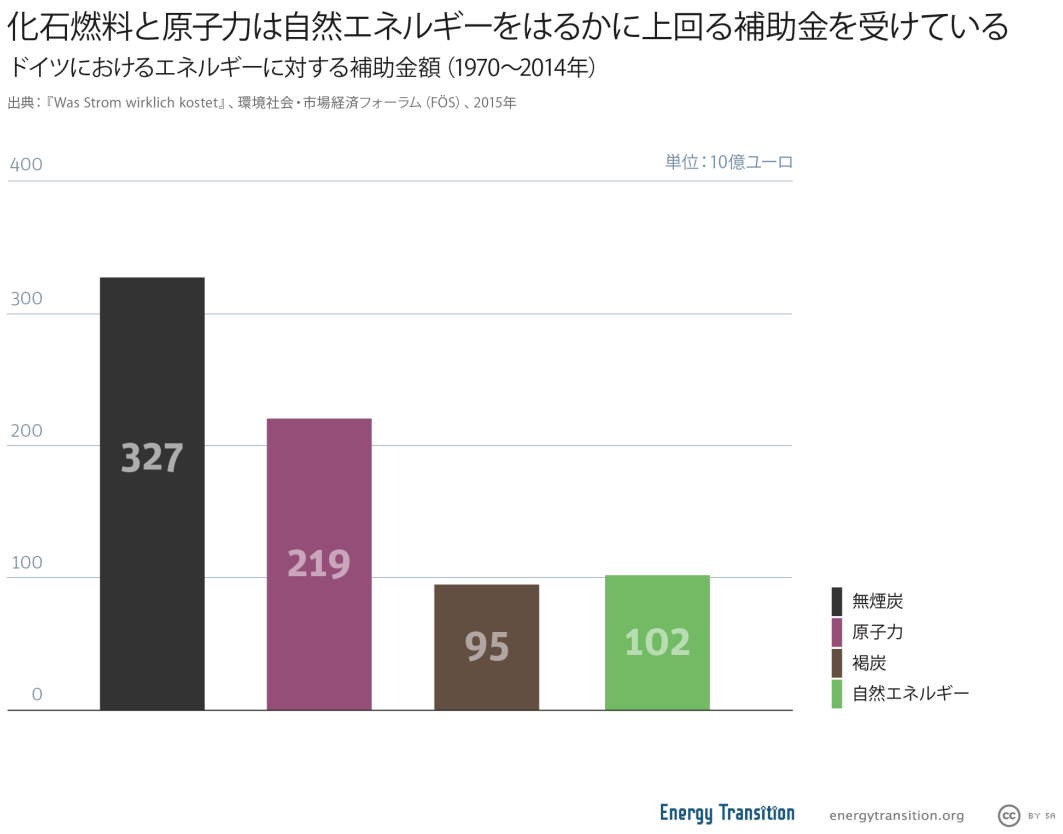


www.unendlich-viel-energie.de

隠れた補助金

確かに、自然エネルギーが高価な時代にドイツが自然エネルギーを増加させ、その中で自然エネルギーの価格を下げたことは注目に値する。自然エネルギーへの転換コストの影響が、この10年の最初の5年でピークに達することは、はじめから予測されていた。ドイツの自然エネルギーへの投資は、実際に2010年にピークに達し、今後数十年は毎年、最高レベルの3分の1以上低下する ことは今や明らかだと思われる。

極めて早期に自然エネルギーに投資することにより、ドイツは多額の費用を負担したかもしれないが、将来も使い続けられる技術の主要な提供者としての地位も確立した。言い換えれば、自然エネルギーの競争力が高まるにつれ、世界中が転換し始めるだろう。特に太陽光発電へのドイツの投資は、発展途上国も含め世界中で太陽光発電技術を経済的に成り立つものにした。たとえば、2015年第1四半期には中国が5 GWの太陽光発電を導入し、インドでも太陽光発電施設を建設する大規模な計画がある。



『Was Strom wirklich kostet』、環境社会・市場経済フォーラム(FÖS)、2015年

ドイツで自然エネルギーが高いと思われている理由は、全コストの大半が専用項目（EEG賦課金）として直接支払われるからである。対照的に、石炭や原子力による発電に対する補助金は、納税者に転嫁される予算項目として主に間接的に支払われてきた。ドイツは財政赤字を抱えているため、こうしたコストは利息を付けて将来の納税者に転嫁されている（出典：グリーン・バジェット・ジャーマニー）。

さらに、エナギーヴェンデの「コスト」は、他と切り離して見ることができない。エネルギー消費の非金銭的コストは、光熱費の請求書には表れない。しかし、温室効果ガス排出や公害による環境への影響を合計すると、すぐに相当な額になる。2015年にドイツ連邦経済エネルギー省が公表した研究では、2013年に自然エネルギーによる電力と熱の利用により回避したコストを正味90億ユーロと算定している。しかしながら、こうした節約は、どのような明細書にも別個に記載されない。しかもドイツは、家庭でも自然エネルギーに投資し、また、世界市場でも売れ筋となる高効率の製品を開発することにより、エネルギー輸入への依存を徐々に減らしている。

6B

貧しい人々にも手の届くエネルギーを確保するためのドイツの施策は？

一般的にドイツは、生活可能な賃金が得られる仕事を提供することで、貧困者を保護することができる。そのため、エナギーヴェンデの主な目標の一つは、ドイツ企業による次世代技術の開発を促進することである。さらに、過去10年間の電力コストの上昇は、たとえば自動車燃料や灯油のコストの上昇よりも緩やかであったが、これは一つには自然エネルギーのおかげである。

エナギーヴェンデは、予想外に変動するエネルギー価格に対する解決策であって、長期的に見れば価格上昇の原因にはならない。従来型エネルギーの価格は上昇する一方だと見られる。2000年以降、ドイツでは無煙炭のコストが2倍以上になり、天然ガスのコストはほぼ3倍になった。

しかも、電気料金は2013年に3%上昇しただけで、ドイツの一般的なインフレ率の2%にかなり近い。また、2014年のドイツの電気料金はおおむね安定を保ち、インフレ調整もない。

対照的に、自然エネルギーのコストは、技術にもよるが、下がり続けるか、少なくとも横ばい状態になると見込まれる。太陽光発電のコストは、2010年から2015年にかけて50%低下し、米国エネルギー省のTransparent Cost Database によると、陸上風力発電はすでに天然ガス、石炭、原子力発電とほぼ同等である。ドイツのフラウンホーファーISE（太陽エネルギーシステム研究所）は、国内の太陽光発電のコストが、曇天の多いドイツでも、大体この10年以内に石炭火力発電と同じになると予想している。

エネルギー貧困という言葉が実際に何を意味するのかについて明確な定義はないが、その懸念は増えている。2012年春に、電力料金を払えないため電力供給を止められた生活保護受給者が増えているという報告が複数あったが、これは噂であり検証できないものだった。貧困家庭には、不要なエネルギー消費を削減するためのエネルギー監査がすでに提供されている。同時に、低所得世帯でもエネルギーにかかる費用は、所得の17%未満であることに留意すべきである（2014年）。したがって、適切な社会政策、退職金制度、賃金面から、貧困自体に直接取り組むことが極めて重要である。クリーン電力は、貧困国に大きな影響を及ぼす地球温暖化の緩和にも役立つだろう。換言すれば、ドイツの自然エネルギーへの取り組みは貧困国も援助することになる。

最後に、ドイツでは今までのところ「エネルギー貧困」に関する統計をとっていないため、電力料金を支払えない人数に関する報告は概算に基づき、しかも過去のデータとは比較できない。おそらく、料金を支払う余裕のない人の数は大幅に増加してはいない。ドイツはこうしたデータの収集を開始し、今後も継続して社会政策を活用することで貧困者を助ける必要がある。

6C

自然エネルギーはいつ元が取れるのか？

すでに元が取れつつある。自然エネルギーの差額コストは現在ピークに達しつつあるため、自然エネルギーは10年以内に電気料金の安定化に貢献することが期待される。ドイツのようにエネルギー転換を行う国だけが、近い将来、エネルギー価格を安定させることができる。

ドイツの研究センターであるフラウンホーファーIWES（風力エネルギー・エネルギーシステム研究所）が2014年に発表した研究によると、ドイツが現在行っている自然エネルギーへの投資は、従来型のエネルギーを補うことにより、最終的に元がとれることが分かった。損益分岐点は2030年ごろになると予想され、2050年までに純益が明らかに黒字になる予定である。

一つ明白なことがある。エナギーヴェンデは無料にならない。コストを決定する要因は様々である。自然エネルギーと固定価格買取制度だけではない。2014年の再生可能エネルギー法（EEG）には約200億ユーロのコストがかかるが、風力発電は昔から比較的安価で、太陽光発電のコストも急落し続けている。将来的に、コストの増加は緩やかになると見込まれ、2020年までに第一世代の古い発電システムが固定価格買取制度の対象を外れる。2030年までには大量の太陽光発電設備が20年間の比較的高い買取価格の対象を外れるが、稼働し続けるだろう。そうなると、残った無料の太陽光発電がドイツに増え始める。そうなるまでの間、自然エネルギーの成長を促進すると同時にコストを抑制することが目標となる。

ドイツの小売価格の増加予想は異常なことではない。2012年7月にフランスのエネルギー規制委員会CREが、フランスの小売価格は、自然エネルギーの大幅な展開だけでなく原子力のコスト上昇により、2020年までに50%近い上昇が見込まれると発表した。

2013年末にCREは、物価上昇に伴い、今後数年間にわたり5%の料金引き上げを実施すると発表した。ドイツでは、今後数年間の小売価格は比較的安定していると予想される。

6D

風力・太陽光発電は、導入のために消費したエネルギーを回収できるのか？

一般人だけでなく、意外なことに時として専門家の間でも問われるのが、太陽光発電や風力発電機は、その生産や導入のために消費した以上のエネルギーを生産するのかどうかということである。答えは簡単である。何十年も前から圧倒的に回収できている。

ドイツの太陽光発電研究所、フラウンホーファーISE (PDF) は、北欧の太陽光設備の回収年数を「約2.5年」、それよりも日照量の多い地域では1.5年以下に下がる場合もあるとしている。数年前から販売されている太陽光パネルが、80%前後の性能保証を25年間有していることを忘れてはならない。つまり、2.0 kWのパネルは、25年間稼働させた後も最大で1.6 kW発電できるということである。

明らかに、太陽光発電のエネルギー回収は膨大である。回収できるエネルギーは、投資したエネルギーとは桁違いの大きさになる。

風力発電機の回収年数はもっと短く、年単位ではなく月単位である。 英ガーディアン紙によると「平均的な風力発電所はその運用期間中、発電機を建設・設置するために使われたエネルギーの20〜25倍を発電する。」

石炭の効率は常にマイナスになるが、太陽光は常にプラスになる。石炭の効率は33%で3分の2が失われ、消費すればもう戻らない。使わなければ、地中に眠ったままである。

対照的に、地球は毎日一定量の太陽光を受けている。太陽光パネルの効率が16%であれば太陽光エネルギーの約6分の5は失われるが、屋根にパネルを設置していなければ太陽光エネルギーはすべて失われる。16%の効率はプラスなのである。地球は毎日ほぼ同量の太陽光エネルギーを受け取っているが、収穫しなかった過去の太陽光エネルギーは永久に失われる。

つまり、石炭は使えばなくなり、太陽光は使わなければなくなるのである。

6E

なぜ低炭素化目標だけでは不十分なのか？

ドイツは、気候変動と闘うと同時に原発のリスクを軽減したいと考えている。原発はそのリスク、コスト、未解決の廃棄物問題のため、受け入れられない。加えて、世界のエネルギー供給で重要な役割を果たすほどの経済性がない。

ドイツは気候変動と闘い、原発を段階的に廃止し、安定した経済的でクリーンなエネルギーを供給することを目指している。気候目標や排出量取引も一部の目標には寄与するが、すべてに対してではない。そのためドイツ政府は、各種部門および各種技術に対応する政策を設けた長期的で包括的な気候・エネルギー戦略を推し進めている。

排出量取引は重要な手段ではあるが、ドイツ人が望む目標にはつながらない。たとえば、排出量取引の主なメカニズムはコストであるため、費用対効果で活動の優先順位が決まり、意図した結果としては、最もコストのかからないプロジェクトが繰り返されることになる。意図しない結果としては、最も安価な選択肢だと考える投資家がいなければ、実施する価値があるプロジェクトも実現しない。自然エネルギーの場合、陸上風力発電がほとんどいつも他の競争相手すべてを打ち負かすため、全種類の自然エネルギーを強化する方法としては、排出量取引は特によくない。

ドイツの目標は、物質面での生活水準の向上を保証しつつも、自然エネルギーによって供給できるレベルまでエネルギー消費を減らすことである。「いつになったら太陽光が、石炭や原子力と競合できるのか」というような質問がよくあるが、太陽光や風力を始めとする自然エネルギー源を単独で従来型の電力に置きかえることはできない。自然エネルギーを組み合わせることで初めて可能になるのだ。排出量取引は最も安価な選択肢ばかり促進するため、そのようなエネルギーミックスを実現することはできない。そのため、排出量取引はドイツの目標にとって不十分である。ドイツの政策立案者は（排出量取引のように）現在の技術の効率性を徐々に高める政策と（ドイツの固定価格買取制度のように）当初は高価でも時がたてば競争力を持つ技術革新を推進する政策が必要であると確信している。

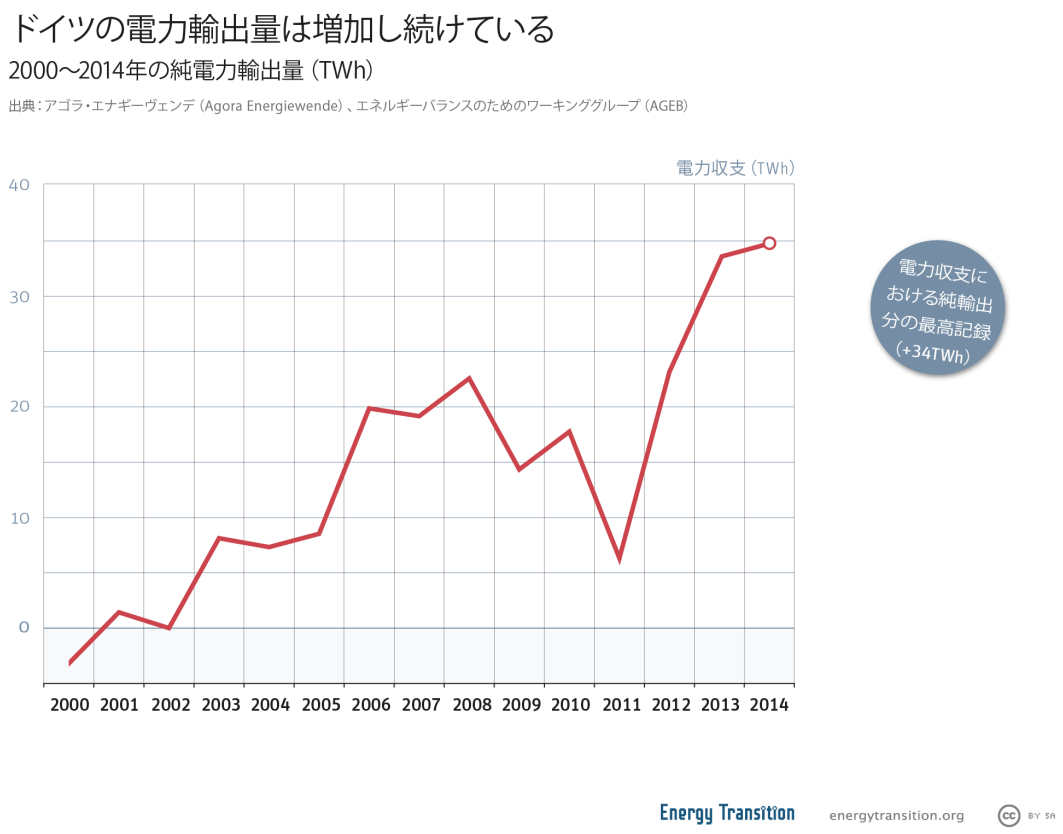
6F

原発の段階的廃止後、ドイツの電力輸入量は増えるのか？

ドイツは何年も前から電力の純輸出国で、1週間で8基の原発を停止した2011年にもそれは変わらなかった。2012年、フランスへの電力輸出も含めて再び最高レベルに達した。2013年と2014年、フランスを第二の電力輸出先として、ドイツの電力輸出はさらに記録を更新した。将来的にも、ドイツは十分な発電容量を継続的に追加し、電力の純輸出国であり続けるだろう。

全体的にドイツには電力需要を大きく上回る発電容量がある。2011年3月に原子力発電所を停止した後も、従来型の発電容量約10万MWが接続されていたが、同年の最大電力需要は8万MWしかなかった。

2011年の初めに、調整可能な（つまり太陽光および風力を含まない）発電容量が93,100 MWあり、そのうちの約8,000 MWが昨年3月に停止した。ドイツ・エネルギー水道事業連盟 (BDEW) によると、ドイツは、2011年3月中旬の原発モラトリアム（猶予期間）開始に至るまでの6週間に、平均1日あたり正味9万MWhを輸出していたが、2011年3月17日からは1日あたり平均5万MWhを輸入し始めた。



アゴラ・エナギーヴェンデ(Agora Energiewende)、エネルギーバランスのためのワーキンググループ(AGEB)

東欧ではチェコからの輸入が増えたが、ドイツの電力不足によるものではない。むしろドイツの電力市場は、最も安価なところの従来型電力を購入している。ポーランドやチェコのような国は、原発のモラトリアム後にドイツの送電網を強化しなければならないことに不満を抱いてはいない。そうではなく、 このような国々が主に懸念しているのは、 自国の化石燃料や原子力による電力をドイツの風力や太陽光による電力が相 殺することだ。

6G

ドイツは福島の原発事故に過剰反応したのではないか？

福島の事故後も、少数の原発推進国は原子力に対するスタンスを根本的には変えなかったが、ドイツは多数派に属していた。ドイツの原発の段階的廃止は2000年に遡るため、2011年の決定はメルケル首相の見解の急変を示すのであって、ドイツ人の一般的見解の根本的な変化を示すのではない。

ドイツでは原発の段階的廃止が何年も前から進行していたが、それでも、福島の事故の1週間後に下された原発8基を停止する決定は驚きだった。しかし全体的に見れば、ドイツには脱原発に賛成する強力な政治的コンセンサスがある。最初の脱原発合意の2000年から、ドイツにおける政治的議論の争点は脱原発するかどうかではなく、どのくらいの速さで原発を廃止するのか、だった。

米国、フランス、ロシアなどのように、福島第一原発事故を受けても原子力政策を根本的には変更しなかった国もあるが、メルケル首相の連立政権は、いきなり180度方針を転換した。対照的に、世論にはあまり変化がなかった。ドイツ国民は、2000年のシュレーダー前首相による脱原発方針を圧倒的に支持しており、2010年4月に再選されたばかりのメルケル首相が、シュレーダー前首相のように脱原発を再度計画していると発表した際の調査では、調査対象者の65%が賛成と回答していた。

福島第一原発事故後、脱原発に対するドイツ国民の支持は「わずか」6ポイント増えて71%になったが、大した変化ではなかった。一方、福島第一原発事故のほぼ1年後に米国 で行われた世 論調査では、 原発のリスクは利益を上回ると考える米国成人は、その1年前の37%から41%に増えた。両方のケースでほぼ10%増加している。

しかし、 ドイツ国民がパニックに陥った と非難することはとてもできないが、メルケル首相は確かに動揺した。メルケル首相が前首相の脱原発方針を継続して迅速に行うと決めていれば、それほど悪影響を与えることはなかったかもしれないが、首相は1年の間にドイツのエネルギー政策を実質的に2度もひっくり返した。2011年のメルケル首相の突然の心変わりの裏には、主に2つの要因がある。一つにはメルケル首相が率いる党が敗退する結果となったバーデン＝ヴュルテンベルク州の選挙が近づいていたことと、もう一つは福島第一原発事故後の強硬な反原発運動である。

原子力に反対する国々

ドイツが他の国より強く反応したというわけではない。北ではデンマークが、福島第一原発事故が起こった時点ですでに、2050年までに100%自然エネルギーという目標を持っていた。南では、世界第7位の経済大国イタリアが1987年の国民投票で脱原発を採択し、当時のベルルスコーニ首相が2011年6月に脱原発政策を転換しようとした時、イタリア国民は有権者の過半数の投票を実現させ、1995年以来初めての国民投票を何とか成功させた。投票した有権者のうち94%以上がベルルスコーニ首相の原発計画を拒絶し、このことが主な原因となって同首相は数カ月後に政治的敗北を喫した。

イタリアとドイツに挟まれたスイスは、2034年までに脱原発を行う控え目な政策を取った。また、1978年の脱原発政策を維持する決定をしていたオーストリアは、2012年にさらに一歩踏み込み、2015年以降は電力会社に対し海外から原発電力を購入していないことを証明するよう義務付けた。

しばらくの間、ベルギーの無政府状態が繰り返しニュースになっていたが、やっと新政権が発足し、2011年10月に最初に行った決定の一つが、2015年から原発の段階的廃止を開始することだった。このように、ドイツは原発の方針に関して孤立しておらず、大きな反原発運動の中心にいるのである。

6H

二酸化炭素排出量を削減する方法として、自然エネルギーは高くつくのではないか？

リンゴとオレンジを比べるような無意味な比較をしたいなら、答えはイエスである。たとえば、よく言われることだが、断熱する方がはるかに安い。しかし、家屋の断熱を改善しても、発電する方法は決めなければならない。

確かに自然エネルギーはこれまで高価だったが、今では次第に最も安価な選択肢になりつつある。この10年以内に自然エネルギーはドイツで最も安価な低炭素電力源になると推定されている。この価格は新規の発電所に対するもので、すでに完全に減価償却されている数十年前の中央発電所に対するものではない。

61

原発の段階的廃止によって、ドイツの二酸化炭素排出量が増えることはないか？

2011年にはそうはならなかった。このとき、原発の段階的廃止が法制化されたが、二酸化炭素排出量はさらに減少した。また将来的にも、排出量取引により上限が課せられているため、電力部門の二酸化炭素排出量は減少する一方で増加することはない。

ドイツはもともと野心的だった2012年の京都議定書目標値を上回った。目標では2012年までに21%削減すればよかったのだが、2012年には24.7%削減を達成したのである。2020年目標の40%削減も軌道に乗っている。2014年には、暖冬、エネルギー効率化対策の強化、自然エネルギー比率の増加により、温室効果ガス排出量が2013年比で5.5%減少した。しかしながら、最近の試算で、1990年比で40%削減する2020年目標は軌道に乗っていないことが示唆された。このギャップを縮めるために、ドイツ政府は2014年の終わりに気候行動プログラムを策定した。

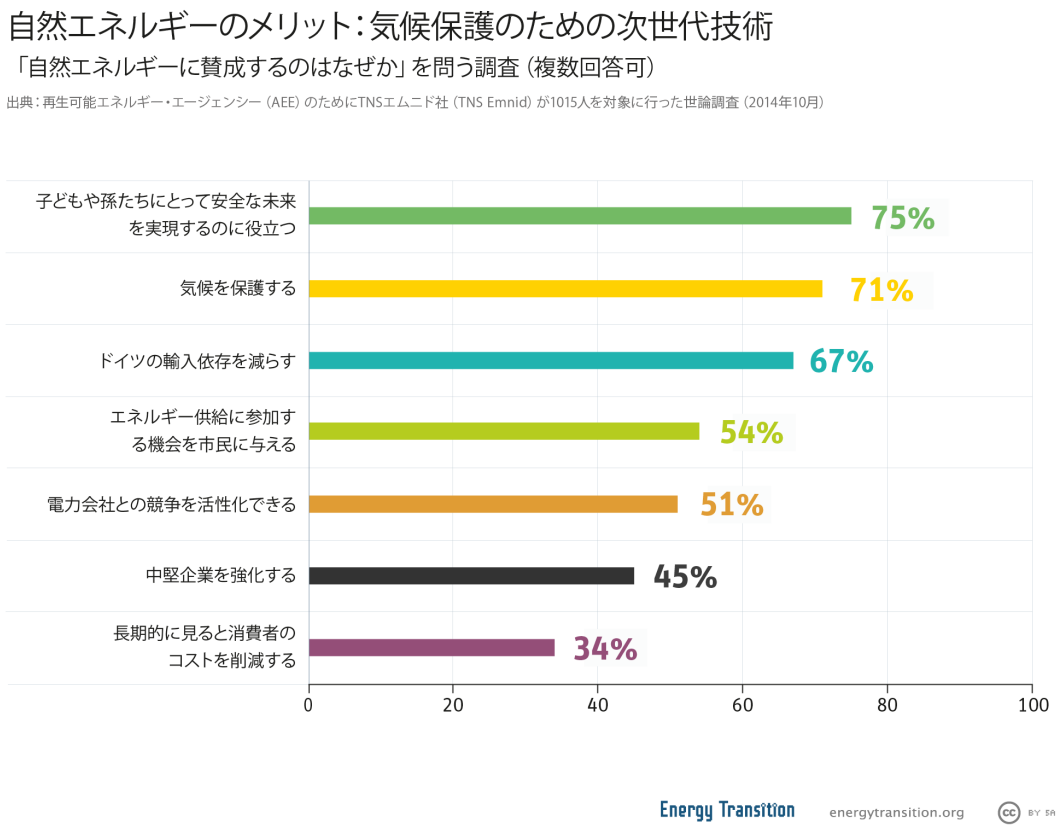
2050年までに排出量を少なくとも80%削減するというIPCC（国連の気候変動に関する政府間パネル）の提言に従って、脱原発は包括的で長期 的な気候戦略に盛り込まれた。 ドイツの発電所ポートフォリオに関するシナリオ研究によれば、発電による二酸化炭素排出量が増加することはなく、それどころか、大幅に減少する。

6J

原子力は二酸化炭素排出量を削減する安価な方法ではないのか？

原子力が確実に儲かるわけではない。現在、自由市場で国の莫大な支援なしに建設されている原子力発電所はない。原子力が安価な電力源であると現在考えられる理由は2つある。まず、現在西洋諸国で稼働している原発はすべて過去に建設されたもので、減価償却されている。長く稼働すればそれだけ利益が出るわけだ。次に、私たちが電力料金の一部として原発コストすべてを負担しているわけではない。コストの一部は納税者と未来の世代に転嫁される。

原子力が確実に儲かるわけではない。現在、自由市場で国の莫大な支援なしに建設されている原子力発電所はない。



再生可能エネルギー・エージェンシー(AEE)のためにTNSエムニド社(TNS Emnid)が1015人を対象に行った世論調査(2014年10月)

英国では、フランスの原発事業者EDFが、35年間にわたり10%の投資利益を保証するよう求めている。具体的には（6月初め時点で）EDFが1kWhあたり10ペンスを要求したのに対し、英国政府は8ペンスを提示している。いずれにしても、この原発は、現在の陸上風力発電よりもはるかに高価で、新規導入された大規模な地上設置太陽光発電よりもさらに高価なものになるだろう。今後何十年間に、新規の太陽光や風力発電のコストはもっと安価になる見込みがあるのに対し、この原発のコストは変わらないだろう。

米国では金融業界が、リスクを伴う原子力発電への融資に見切りをつけた。サザンカンパニー社は、条件付き連邦融資保証の83億3,000万ドルという巨額の補助金だけに、ジョージア州のボーグル原子力発電所に原子炉2基を追加建設する夢をつないでいる。しかし、ボーグル原発には納税者に迷惑をかけそうな歴史がある。ジョージア州の最初の2基は建設にほぼ15年を費やし、予算を1,200%上回り、ジョージア州で当時最高の電力料金の値上げをもたらしたのだ。

（多額の補助金と政府の援助で）何十年も前に建てられた原発は、確かにかなり安価な電力を発電しているが、現在、多額の補助金なしに原発を建設しようとすると、そのコストは法外に高くなることが あらゆる試算によって明らかになっている。EUで現在建設中の原発は (フランスとフィンランドの) 2基だけだが、両方とも予定より遅れ、予算をはるかに超えている。

6K

停電は発生するのか？

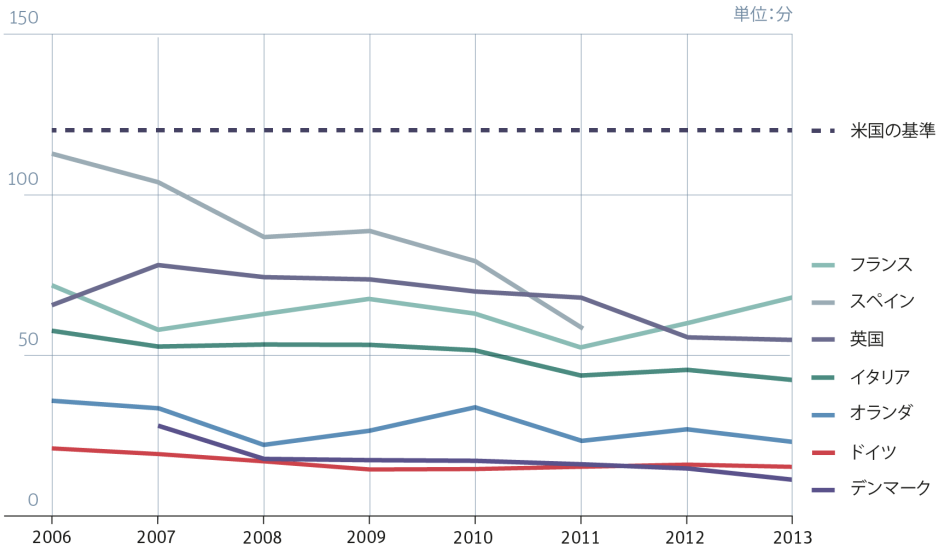
2006年に標準化された統計値が集計され始めてから、ドイツの電力系統は欧州でとりわけ信頼性が高く、2014年には年間の停電時間が約12分という信頼性の最高記録を更新した。さらに、スペインやイタリアなど自然エネルギーに取り組む他の国でも、自然エネルギーが増えるにつれて系統の信頼性が向上している。

欧州域内で、ドイツは（デンマークとともに）間違いなく最も信頼性の高い電力供給を誇る。ドイツには、家庭用、エネルギー集約型工場および産業用、高速鉄道用の容量が十分にある。

電力系統の信頼性と自然エネルギーの拡大は両立しうる

SAIDIに基づく年間の停電時間（例外的な事象は除く）

出典：欧州エネルギー規制者評議会（CEER）および独自計算



Energy Transition energytransition.org

欧州エネルギー規制者評議会(CEER)および独自計算

2006年から2010年までの毎年、ドイツの電力供給は欧州でとびぬけて信頼性が高かった。

もちろん、停電が起きる可能性は常にある。しかし、電力供給システムが原因の電力不足は、調整可能電源への投資が不十分なせいで、閉鎖予定の老朽化した従来型発電所の発電量を賄うことができない場合に

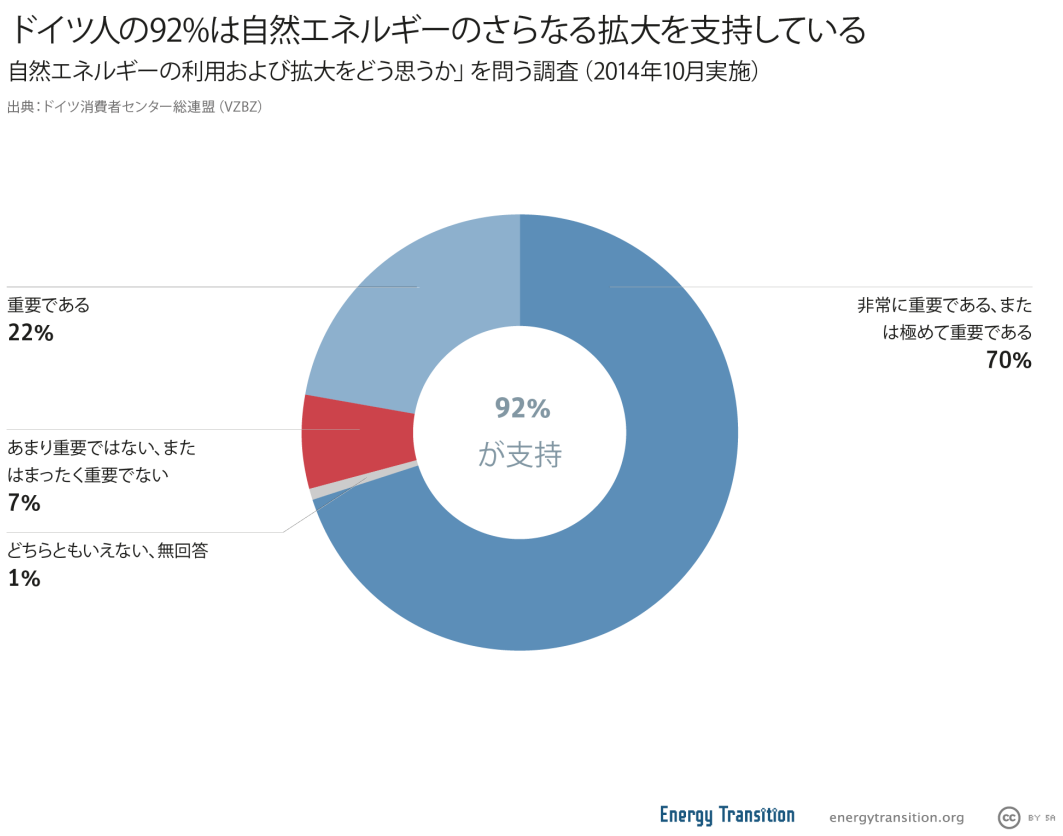
しか起こらない。これを技術的に解決する方法はある。国と地域を超えた電力系統の拡張整備と最適化、各種自然エネルギーを組み合わせた発電所ミックス、柔軟性のあるバックアップ容量、発電所の戦略的予備力、需要管理、そして最後には蓄電を組み合わせるのだ。問題は金銭面である。将来的に、電力部門は十分なバックアップ発電容量を稼働させておくことができるよう容量支払制度を要求している。

2012年にドイツの電力輸出は過去最高となり、2013年には正味の電力輸出がさらに50%近く増えた。この数字は2014年にわずかながら（約1%）上昇した。オランダがドイツ産電力の最大の輸入国であった。

6L

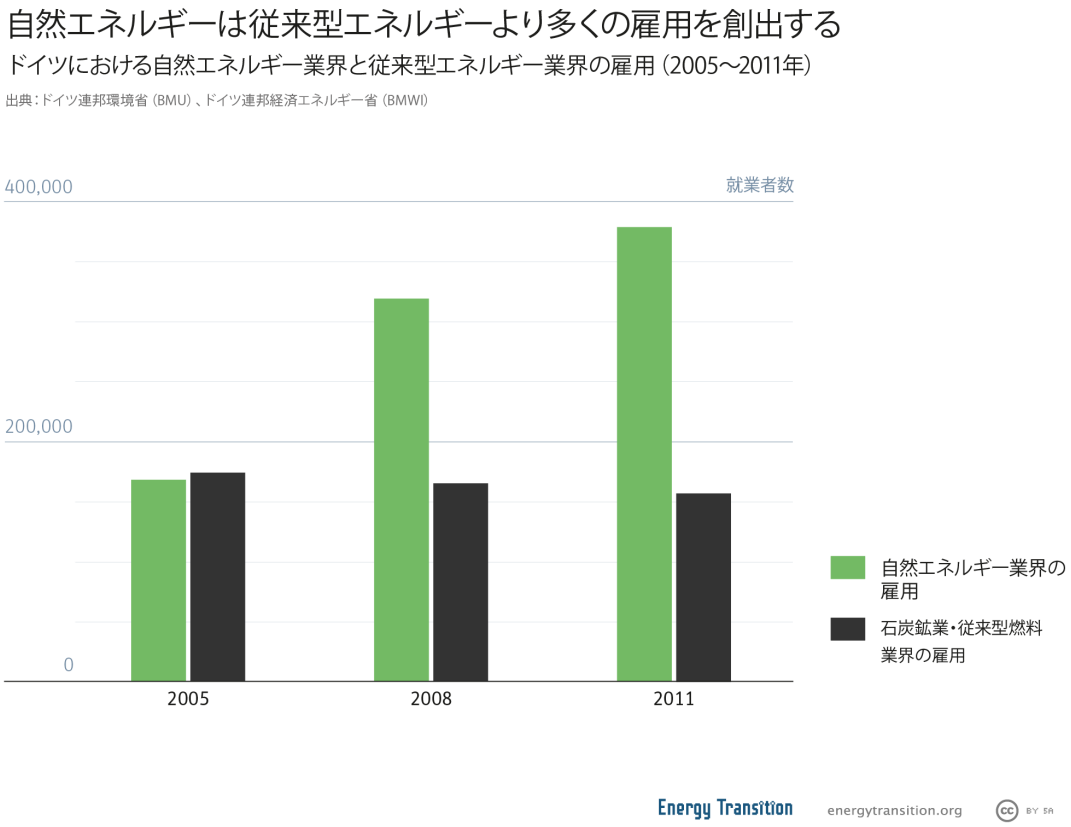
エナギーヴェンデによって雇用が失われるのか？

発電量1 MWhあたりの雇用創出数は、化石や原子力部門より自然エネルギーのほうが多く、しかもそうした雇用の大半が海外ではなく国内で生まれる。ドイツの自然エネルギー部門に雇用されている人数は、他のエネルギー部門の合計人数のすでに2倍である。



ドイツ消費者センター総連盟(VZBZ)

自然エネルギーへの転換は、雇用の原動力である。2013年までにドイツの自然エネルギー部門で推定37万人の雇用が創出され、ドイツの他のエネルギー部門で働く人数の合計、18万2,000人をはるかに超える。端的に言えば、自然エネルギーと効率化が、石油とウランの輸入を地域の付加価値に置き換え、国内に雇用を確保し、正味の雇用創出効果をもたらしている。



しかしながら、ドイツの「グリーン・ジョブ」の就業者数は、主に太陽光発電業界の雇用削減の影響を受けて、2012年、2013年には38万人からわずかに減少した。2015年のドイツ連邦経済エネルギー省の推定では、自然エネルギーによりもたらされる雇用の純増数は、2030年には10万人、2050年には23万人に達する見込みである。

ドイツ連邦環境省(BMU)、ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWI)

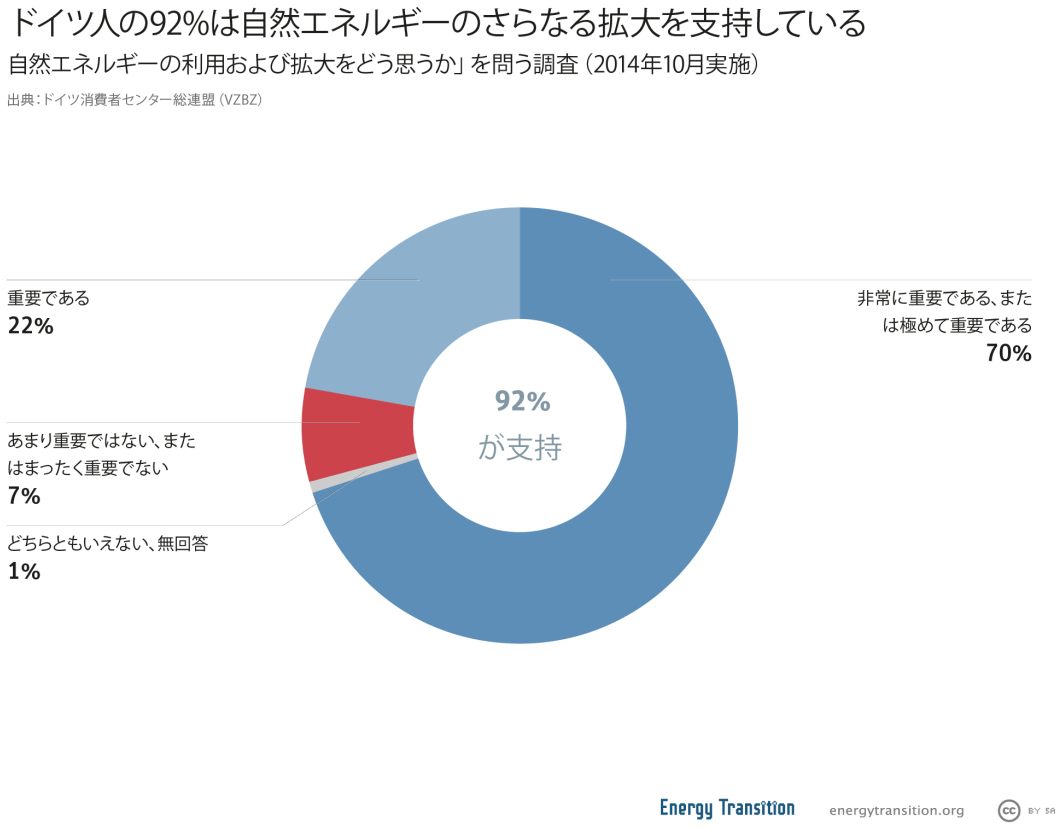
6M

ドイツの人々はエナギーヴェンデを支持しているのか？

支持している。ドイツ政府が支持するよりももっと早くから支持してきた。2014年10月の調査から、ドイツ国民の92%がエナギーヴェンデを好意的に受け止めていることが判明した。

また、2015年8月当時、自然エネルギー電力のコストを賄う賦課金は、電力小売価格の約21%を占めていたが、その時の調査では、57%の人々が現行の賦課金は「許容範囲内である」と回答している。それどころか、6%は低すぎると回答しており、2015年には合わせて63%もの回答者が賦課金を問題ないとした。

上記の調査ではドイツ人の68%が概ね自然エネルギーを支持していた。個別には、77%が太陽光、59%が風力、39%がバイオマスを支持している。対照的に、原子力を支持する人はわずか4%、石炭が7%、天然ガスが25%であった。予想通り、93%が、自然エネルギーの成長は彼らにとって重要または非常に重要であると回答している。



ドイツ消費者センター総連盟(VZBZ)

6N

ドイツはどのようにして環境保護を主導しながら産業大国であり続けることができるのか？

自然エネルギーは、企業が支払う電力の卸売価格を引き下げ、エネルギー集約型産業は、自然エネルギー電力の賦課金を大幅に免除されている。したがってエネルギー集約型産業は、自然エネルギーが供給するより安価な電力の恩恵を受けている。

重工業もこれ以外のいろいろな形で自然エネルギーの恩恵を受けている。風力、太陽光、バイオガス、地熱電力などの技術は、従来の産業にビジネスチャンスを与える。たとえば、風力発電機メーカーは、現在自動車部門に次いで2番目の鉄鋼購入企業である。 ドイツの数多くの経営不振の港湾も、 洋上風力部門を見据えて態勢を整えている。太陽光部門は、ガラスやセラミックなどの産業を支え、農村はバイオマスだけでなく、風力や太陽光の恩恵も受けることになるだろう。 銅・アルミ部門も自然エネルギ ーへの転換による恩恵を受ける態勢を整えている。このように、自然エネルギーへの転換は、太陽光発電製造業のような新たな産業を発展させるだけではない。自然エネルギーの技術は、従来の産業が自然エネルギーの未来へ向けた転換の一翼を担うビジネスチャンスも提供している。

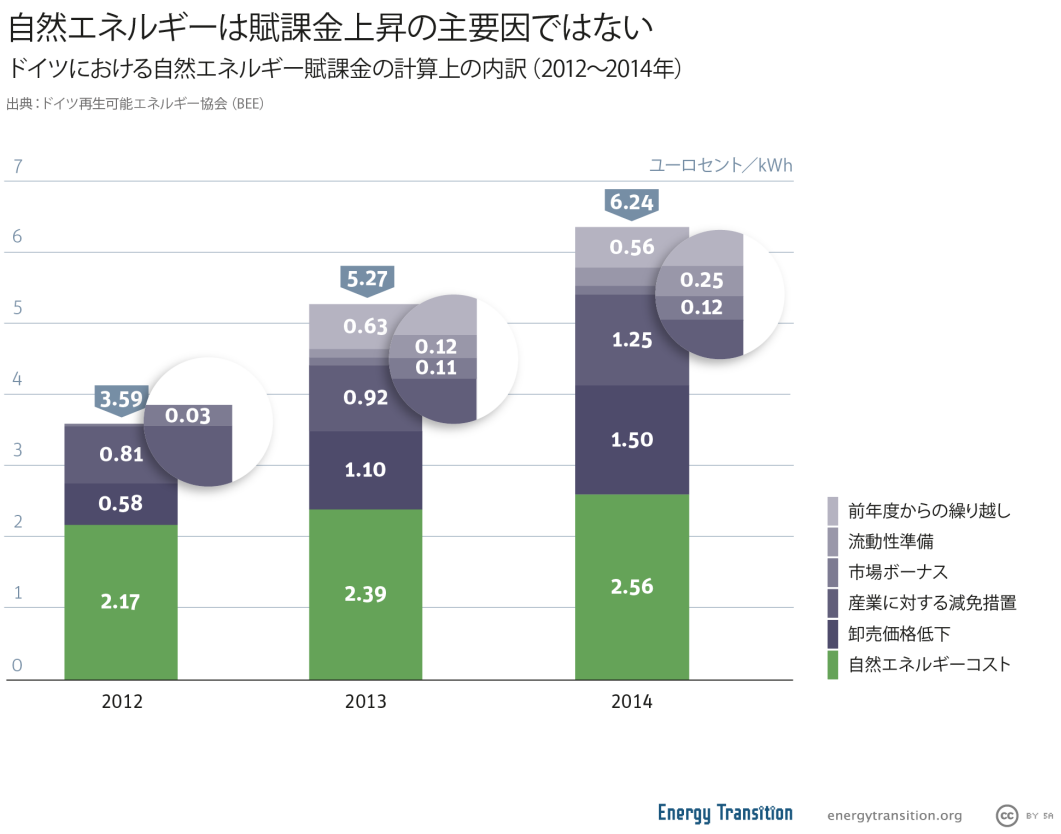
全体的に、ドイツの人々は、ハイテクのグリーン技術をこれからの産業と考え、環境保護と経済が矛盾するとは考えてはいない。

60

エネルギー集約型企業に対する自然エネルギー電力賦課金の減免制度とは？

最初の再生可能エネルギー法が法制化された2000年に、社会民主党と緑の党は、国際競争に直面しているエネルギー集約型産業が、自然エネルギー電力のコストを賄う賦課金を減免されることを合意した。こうした企業の「海外移転」を防ぐことが目的であった。しかし、数年前からドイツ政府は、国際競争に直面していない企業にまで賦課金の減免措置を不必要に拡大し、その結果、消費者や中小企業に不当にコスト負担を集中させている。

エネルギー集約型産業は、自然エネルギーを促進する賦課金を広範囲に免除されている。2014年には、ほとんどの人が基本的に1kWhあたり6.2ユーロセントの賦課金を支払っていたが、エネルギー集約型企業は、電力コストが総生産コストの14%を超えた場合に、消費した最初の1 GWhに対する賦課金を全額支払うだけであった。それを超えた分に支払う賦課金はわずかで、年間で100 GWhを超えて消費した総電力に対する賦課金は0.05ユーロセントに引き下げられていた。



ドイツ再生可能エネルギー協会(BEE)

2014年、減免されている企業はドイツの電力供給の18%を消費していたが、自然エネルギー電力の賦課金の0.3%しか賄っていないと推計された。メルケル首相率いる連立政権は、賦課金減免企業の数を600社未満から2,000社以上に増やした。こうした企業の多くは（公共交通機関などのように）国際競争に直面しているわけではないため、減免措置は必要ないと批判されている。

全体としては、ドイツの加工産業において生産コストに占めるエネルギーの割合は比較的小さい。

6P

ドイツのエナギーヴェンデにおけるシェールガスの役割は？

海外からは時々、ドイツはいつシェールガスに取り組むのだろうかと不思議がられる。特にシェールブームに沸くアメリカ人は、ドイツがシェールガスを利用すれば、二酸化炭素排出量を削減しエネルギー価格を下げられるだろうと考えている。しかし、ドイツ国内の状況は全く違っているようだ。

欧州では、シェールガスは人気がない。 フランスはすでにシェールガスにモラトリアムを設けた ドイツ政府は「環境問題が落ち着き次第」開始できるとしているが、体のいい「断り方」だろう。

ドイツのシェールガス埋蔵量は、国の13年分のガス供給量を賄う十分な量が見込まれている。もちろん、ドイツが13年間ガスの輸入をすべて停止することはないし、またそうする意味もない。国内埋蔵量は何十年も引き伸ばして利用され、その過程で輸入を相殺するだろう。

その間、国民は地下水や環境が汚染されるリスクを負うことになる。米国では、何十もの世帯が個々の坑井の影響を受けている。ドイツの人口密度は米国よりはるかに高いため、単独のケースでも数千人が影響を受ける可能性がある。したがってドイツ人は、エネルギー独立をわずか13年相当高めるためになぜ上記のリスクを冒す必要があるのかと疑問に思っている。

価格が安いという理由はあるかもしれない。確かに米国でガス価格は下落したが、一部の地域のみである。米国には連続したガス供給網はない。それに対して、ドイツはロシアとオランダを結ぶガス供給網の一部になっている。アフリカ北部は、欧州の地中海沿岸諸国とつながっている。シェールガスを利用するようになれば、大規模な購入者ネットワークを通じて最高入札者に販売されるため、価格が下がることはないだろう。

実際、ドイツではガス価格が石油価格と連動しているため、ガス価格だけが石油と無関係に下がることはありえない。こうした連動がなかったとしても、ガスは大規模市場で販売されるため、価格は下がらないだろう。そんなことをしても、ガス会社がより大きな利益を得るためにドイツ国民が環境リスクを負うだけである。

「FoE」 による発表で、 シェールガスのポテンシャルも誇張されているかもしれないことが分かった。

- 米国五大ガス坑井は、1年目に63%から80%減少した
- ここ数年、シェールガス埋蔵量の評価は何分の一かに下がった
- それに応じて、BP社、BHPビリトン社、チェサピークエナジー社が、シェールガスの資産価値を何十億ドルも減らしている。

特に欧州では、「FoE」が、上述した人口密度と水不足の組み合わせを一般的な問題と考えている。さらに、ドイツ復興金融公庫（KfW）が行った研究によって、主にエネルギー価格が総コストに占める比率が非常に低い（2%）という理由で、シェールガスブームの間、米国の工業部門全体はドイツの工業部門ほど競争力を強化していないことが分かった。ただし、天然ガスを特に大量に消費する数少ない企業については状況が異なる。

最後に、化石燃料の価格低下がエナギーヴェンデの目標ではない。炭素を地中に残したままにしておくことである。石炭からシェールガスに転換して二酸化炭素排出量を抑制する取り組みは素晴らしいが、結局は、シェールガスを採掘する時点で地中から炭素を取り出す量は増えるだけだ。世界に必要なのは、地中に埋蔵されているこうした化石燃料を2つともそのままにしておける代替エネルギーである。ドイツは現在最も有望な代替手段に取り組んでいる。自然エネルギーと効率化の組み合わせである。

6Q

なぜドイツの二酸化炭素排出量は2013年に増加後、2014年に再び減少したのか？

2013年、ドイツの二酸化炭素排出量は1%前後上昇したが、2014年の見通しでは、5%程度のかなり急激な減少が見込まれている。

ただし、エネルギー消費による排出量が増加した主な理由は、電力部門とは関係がない。ドイツのエネルギーデータを照合する電力および金融の専門家で構成される、エネルギーバランスのためのワーキンググループ（AGEB）によると、2013年前半の寒さが主な要因であった。このとき暖房エネルギーの需要が上昇したが、その80%が化石燃料であった。

ドイツのエネルギー消費のおよそ5分の4を占める熱部門と輸送部門に対処するため、ドイツのエナギーヴェンデは、単なる電力の転換ではなく、真の「エネルギー」転換にならなければならない。それによって初めて、エネルギー消費によるドイツの二酸化炭素排出に対処することができる。大半が石炭火力発電に注目し続けているが、実際のところ、ドイツでは石油消費による二酸化炭素排出量のほうが大きい。

熱部門では、灯油や石炭から天然ガスに緩やかに移行したことで、特定の二酸化炭素排出量は減少しているが、電力部門については、ドイツでは電力源としての天然ガスのコストが高く、石炭のほうが依然として安価である。排出量取引による欧州全体の炭素価格は、排出量の多い石炭火力電力から石炭よりは環境に優しい天然ガスへの転換を促進するためであったが、炭素価格は依然としてあまりにも低すぎる。

2014年には、温暖な気候のせいで熱部門の需要が低下した。同年、自然エネルギー電力が2%増えると同時に電力消費が大幅に減ったため、二酸化炭素排出量が低下したのである。

電力部門の石炭火力発電所の発電量増加は、主に電力輸出量が最高レベルに達したことによる。その主な輸出先はオランダとフランスである。2013年、ドイツの電力輸出は、石炭火力発電の発電量と同じレベルで上昇し、それを系統に優先接続される自然エネルギーが別の形で相殺した。石炭火力発電所は一般に柔軟性がなく、需要に合わせた迅速な増減ができないため、非常に低コストで電力を販売することを選んだ。同様に、欧州の炭素価格の低さは、石炭火力発電が経済的競争力を維持していることを意味する。ここでの解決策は、炭素価格の大幅な値上げである。

6R

ドイツでは石炭の復興が起こっているのか？

現在、多くの石炭火力発電所が新設されており、正味発電容量は今後10年間増加すると見込まれている。これらの石炭火力発電所は、排出量取引の第1期間以降に計画されたもので、石炭火力発電から天然ガス発電を失敗に導いた。しかし次第に自然エネルギーが需要を補っているため、石炭火力発電によるこの追加容量分は採算が取れそうにない。2014年に、無煙炭と褐炭による発電が6%以上減少し、企業は現在慌てて容量を廃止しているところだ。福島第一原発事故以降、電力計画に石炭火力発電所は一切追加されていない。

ドイツのエネルギー転換に対する主な懸念の一つが石炭火力発電の役割である。2013年前半、ドイツの総電力供給量に占める石炭の割合は5ポイント増えて52%になり、石炭ブームではないかと大きく報道された。しかし2014年には、無煙炭による発電は2013年比で11%近く減少し、褐炭による電力も3%低下した。

稼働を開始する新規石炭火力発電所に関する近年の報告も、大いに注目を集めている。ドイツは2022年に向けて原発を段階的に廃止するため、なるほど送電網に石炭火力発電用の空きができ、それを使わなければ自然エネルギーに割り込まれる。現在、自然エネルギー発電は主として、石炭火力発電よりも高価な天然ガス発電を補っている。天然ガスの燃焼によるCO2排出は石炭燃焼のおよそ半分しかない。石炭火力発電から天然ガス発電への転換は、気候変動対策としてはよいが、政治的になかなか受け入れられないだろう。ドイツはガスのほぼすべてを（うち40%はロシアから）輸入し、さら に世界最大の褐炭産出国である。 ガルツヴァイラー地域の約3万5,000人の雇用（ 自然エネルギー部門の雇用の10分の1未満 ）が危険にさらされることにもなる。

ただし、電力供給における自然エネルギーの成長速度によっては、新規発電所の1年あたりの稼働時間はますます減る可能性がある。2013年に公表された英国政府の研究では、「急増したように見える」ドイツの新規石炭火力発電所建設は、2007年・2008年の好景気の結果で、「現在建設中のもの以外、ドイツでは当面の間、CO2対策なしの大型の新規石炭火力発電所プロジェクトはないだろう」と結論づけている。

確かに、2011年に脱原発を決定して以来、ドイツの新規石炭火力発電所の建設計画は落ち込んでいる。民主主義の下では、2、3年で石炭火力発電所が建設されることはないため、2012年と2013年に稼働を開始した発電所はエネルギー転換の結果ではない。

ドイツの環境NGO、ドイツ環境支援協会（Deutsche Umwelthilfe）が2013年に発表した図（ドイツ語のPDF）によると、脱原発決定を受けてドイツが石炭火力発電所を建設し始めたということはなく、まして6件は中止された。

原発を段階的に廃止する間、原発で賄っていた電力は自然エネルギーで穴埋めできそうである。しかし、自然エネルギーの成長はおそらく原発の減少分をわずかに上回るだけで、褐炭を始めとする石炭火力発電は比較的堅調に推移するだろう。それに対して、無煙炭による電力は減少が見込まれる。2015年、ドイツ政府は褐炭からの排出を削減する計画を発表した。この計画が法制化されれば、褐炭火力発電は原発の段階的廃止期間中にに確かに減少するだろう。

いずれにせよ、原発の段階的廃止が2022年末までに完了した後に公式発表があろうとなかろうと、石炭の段階的廃止は始まる。ドイツの電力供給で自然エネルギーが補うものは他に何も残っていないというだけの理由である。

6S

ドイツにはどれだけの電力貯蔵が必要なのか？

2014年にドイツは、電力貯蔵を追加しなくても、風力発電機（8.6%）と太陽光（5.8%）による電力を14%以上増やせることを実証した。ただし、必要な貯蔵量は、自然エネルギー電力のみに対応するのではなく、柔軟性を欠くベースロードと組み合わせた断続的な風力と太陽光の比率に対応する。一般に、この10年以内に電力貯蔵が大きな問題になるとは考えられない。

短期的には、ドイツは大量の貯蔵を必要としないだろう。2012年前半からの実発電量の統計に基づき、エネルギーの専門家であるベルナール・シャボが推測したところによると、（現在の目標である）風力46 GWと太陽光52 GWを合わせた将来の発電量が55 GWを超えてピークに達することは通常なく、つまり、あと数年後の発電容量がこのレベルなら、発電した電力のほぼすべてが消費されるため、大量の電力貯蔵は必要ないのである。

2013年、フラウンホーファーISE（太陽エネルギーシステム研究所）の調査により、約62 GWの風力と75 GWを少し上回る太陽光が導入されるのであれば、現在の稼動不可欠な容量20 GWと併せて、不安定な風力と太陽光の電力を99%消費でき、貯蔵は必要ないことが分かっている。ここでの「稼動不可欠」とは、ドイツの従来の発電所がこれ以上は下回れないというレベルを意味する。しかし、この稼動不可欠なレベルが5 GWに削減されると、ドイツは100 GW近くの風力発電とおよそ120 GWの太陽光発電を導入することができ、しかもこの電力の99%を消費して貯蔵しないで済ませることができる。

電力消費レベルが40～80 GWの場合、上記の目標が達成されても、ドイツでは依然として調整可能容量80 GWのほぼ全量が必要になるだろう。問題は、このような増加する調整可能容量がほとんどいつも使われないことで、こうしたシステムの採算が取れなくなることだ。解決策として、容量支払制度と戦略的予備力が提案されているが、実施する政策やその内容については不明である。2015年、ドイツ政府は容量市場の提案を却下した。

さらに、数多くの柔軟性オプションが開発されている。たとえばエネルギー集約型企業の需要側管理、柔軟なバイオガスプラント、スマートカスタマーソリューション、あるいは風力および太陽光の余剰電力を地域熱供給システムに供給するという革新的な最新のパワー・トゥ・ヒート（power-to-heat）技術などがある。こうした柔軟性オプションが、エネルギーサービス会社の新たな市場を創出するだろう。

7

主な知見

ドイツのエナギーヴェンデ – 自然エネルギーの未来に対する議論

A	ドイツのエナギーヴェンデは、野心的であるが、実行可能だ。	153
B	ドイツのエネルギー転換の原動力は、市民とコミュニティーである。	154
C	エナギーヴェンデは、ドイツにおける戦後最大のインフラ整備であり、経済を強化するとともに新たな雇用を創出する。	155
D	エナギーヴェンデによって、ドイツは産業基盤を維持するだけでなく、それを環境に優しい未来に適合させることを目指す。	157
E	規制と自由市場が、投資の確実性をもたらし、小企業と大企業の競争を可能にする。	158
F	ドイツは、気候変動と闘うことと脱原発が表裏一体であることを実証する。	159
G	ドイツのエナギーヴェンデは、一般に論じられるよりも幅広い。自然エネルギー電力だけでなく、輸送部門および住宅部門におけるエネルギー利用の転換も含んでいる。	160
H	ドイツのエナギーヴェンデは生活に浸透している。	161
I	エナギーヴェンデはドイツにとって経済的であり、将来的には他の国にとってもますます経済的になるだろう。	162

7A

ドイツのエナギーヴェンデは、野心的であるが、実行可能だ。

ドイツ国外では、環境保護主義者も含め、懐疑的な人が多い。だが、そうした懐疑的な人々でさえ、原子力と化石燃料から自然エネルギーとエネルギー効率化へ転換できることを、繁栄する経済大国でも実証するというドイツの目標は好ましいと思っている。やればできるというドイツの姿勢は、この20年間で自然エネルギーが予想よりもずっと早く成熟し、信頼性が向上し、はるかに安価になったという経験に基づいている。ドイツにおける自然エネルギー電力の比率は、わずか10年で6%から25%近くまで上昇した。晴れて風の強い日には、今や太陽光パネルと風力発電機が国内の電力需要の半分までも供給する。ほんの数年前には、誰も予想しなかったことだ。最近の推測では、ドイツは自然エネルギー電力目標を再び上回り、2020年までに電力の40%以上が自然エネルギー由来になることが示唆されている。さらに、数多くのドイツの研究機関、政府および政府機関が、自然エネルギー経済に対する試算を行い、堅実なシナリオを開発している。

7B

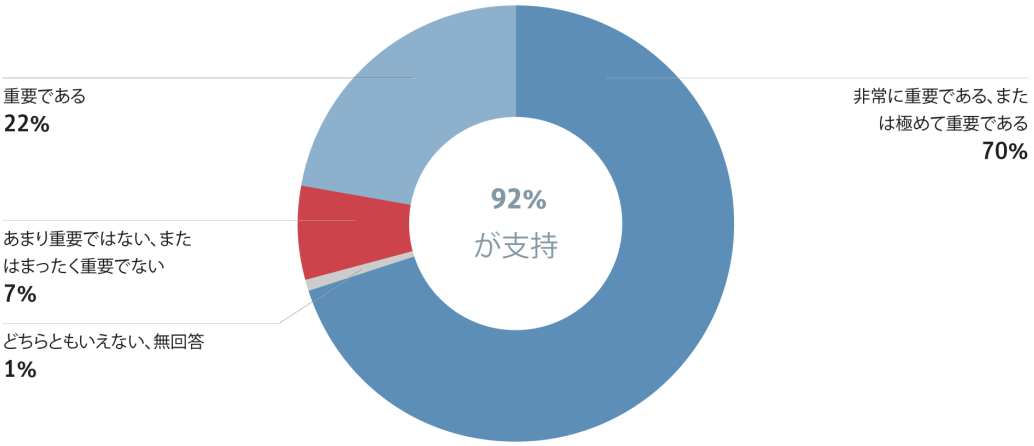
ドイツのエネルギー転換の原動力は、市民とコミュニティーである。

ドイツの人々はクリーンエネルギーを望み、彼らの多くがそれを自分たちで生み出したいと思っている。再生可能エネルギー法は、自然エネルギーによって発電された全電力に対し系統への優先アクセスを保証し、適正利潤を生むよう策定されている。2013年の自然エネルギーへの投資は、半分以上が小口投資家だった。一方、大企業による投資はこれまでのところそれほど多くない。自然エネルギーへの転換は、中小企業を大いに強化し、地域コミュニティーやその住民たちが自らの手で自然エネルギーを作り出せるようにした。ドイツ各地の農村で、エネルギー革命が進行中である。コミュニティーが新規雇用の恩恵を受け、税収を増やしていることは、ユーロ圏での債務危機を経ていっそう重要性を増した。

ドイツ人の92%は自然エネルギーのさらなる拡大を支持している

自然エネルギーの利用および拡大をどう思うか」を問う調査（2014年10月実施）

出典：ドイツ消費者センター総連盟（VZBZ）



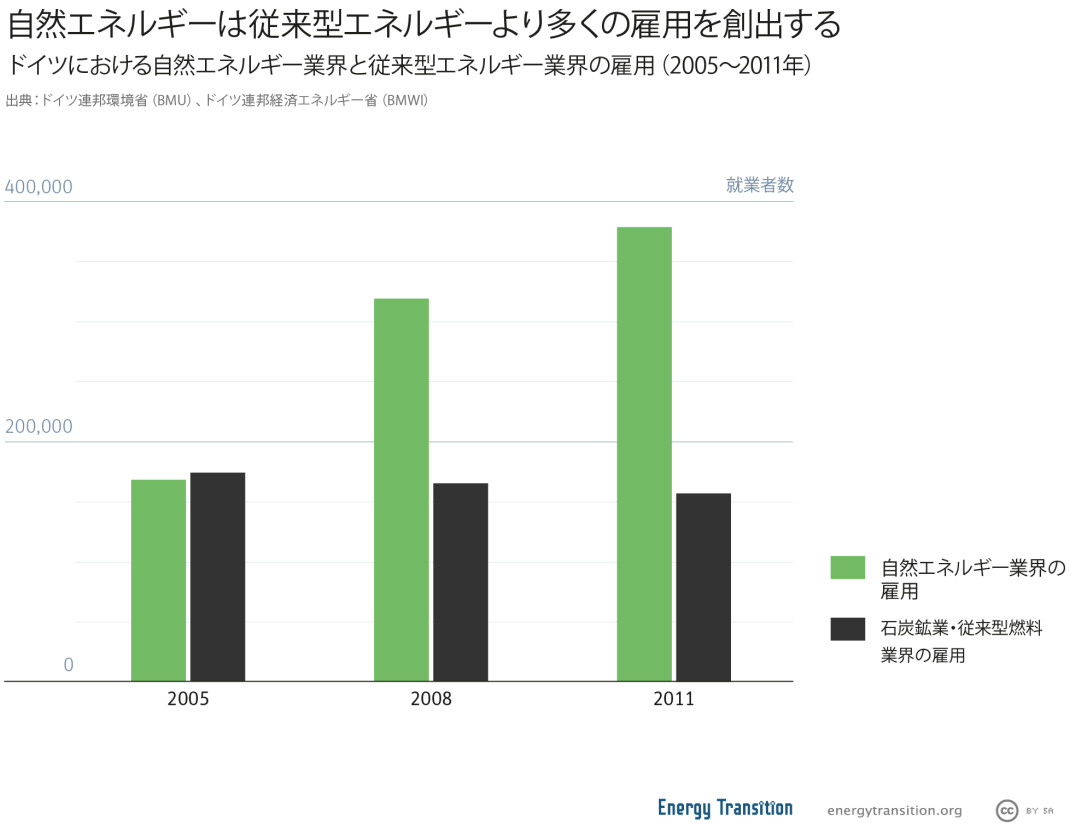
Energy Transition energytransition.org

ドイツ消費者センター総連盟(VZBZ)

7C

エナギーヴェンデは、ドイツにおける戦後最大のインフラ整備であり、経済を強化するとともに新たな雇用を創出する。

エネルギー転換の経済的メリットは、「現状維持（BAU）シナリオ」で生じる追加コストを現在すでに上回っている。高効率の自然エネルギー経済への転換は、最大2,000億ユーロという大規模な投資を必要とするだろう。自然エネルギーは、従来のエネルギーよりもコストがかかりそうに見えるだけで、実際は次第に安くなっているが、従来のエネルギーは次第に高くなっている。さらに、化石燃料は多額の助成金を受け続けているうえ、化石燃料の価格に環境への影響は含まれていない。エネルギー輸入を自然エネルギーに置き換えることにより、ドイツの貿易収支が改善し、エネルギー安全保障も強化されるだろう。すでに37万人以上が自然エネルギー業界に従事しているが、この数は従来のエネルギー部門よりもはるかに多い。1990年の東西統一以来、失業率は史上最低に達した。自然エネルギーによる雇用は製造業にもあるが、その他の多くは設置業務やメンテナンス業務である。これら技術業務、設置業務、建築業務は現地で生み出され、外注に出すことはできない。こうした雇用のおかげで、ドイツは他の国よりもはるかにうまく経済金融危機を乗り越えることができた。



しかしながら、ドイツの「グリーン・ジョブ」の就業者数は、主に太陽光発電業界の雇用削減の影響を受けて、2012年、2013年には38万人からわずかに減少した。2015年のドイツ連邦経済エネルギー省の推定では、自然エネルギーによりもたらされる雇用の純増数は、2030年には10万人、2050年には23万人に達する見込みである。

ドイツ連邦環境省(BMU)、ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWI)

7D

エナギーヴェンデによって、ドイツは産業基盤を維持するだけでなく、それを環境に優しい未来に適合させることを目指す。

ドイツの気候・エネルギー政策は、強力な製造基盤を国内に維持することを目的とする。産業界は、一方ではエネルギー効率改善を促され、もう一方では負担を軽減するために規制の減免措置（中にはおそらく寛大すぎる措置もある）を享受している。よくある誤解に反して、ドイツは自然エネルギーのおかげでエネルギー集約型産業にとって魅力的な場所となった。2012年、風力と太陽光のエネルギーが卸電力市場の価格を10%以上引き下げた。2010年から2013年では32%低下した。電力価格の低下は、事業経費の削減を意味する。鉄鋼からガラス、セメントに至る複数の産業がこうしたエネルギー価格下落による恩恵を受けている。さらに、エネルギー転換のメリットは未来にもおよぶ。太陽光パネル、風力発電機、バイオマス発電所、水力発電所、バッテリーシステム、電力貯蔵システム、スマートグリッド機器、効率化技術の需要は増加し続けるだろう。ドイツは先発者としての利益を享受し、「ドイツ製の」価値の高いエンジニアリング技術を開発したいと考えている。自然エネルギーと省エネに重点を置くことは、事業投資への将来を見越したアプローチの一環である。世界が自然エネルギーに転換するとき、ドイツ企業は優れた技術、スキル、サービスをその市場に投入できるだろう。

7E

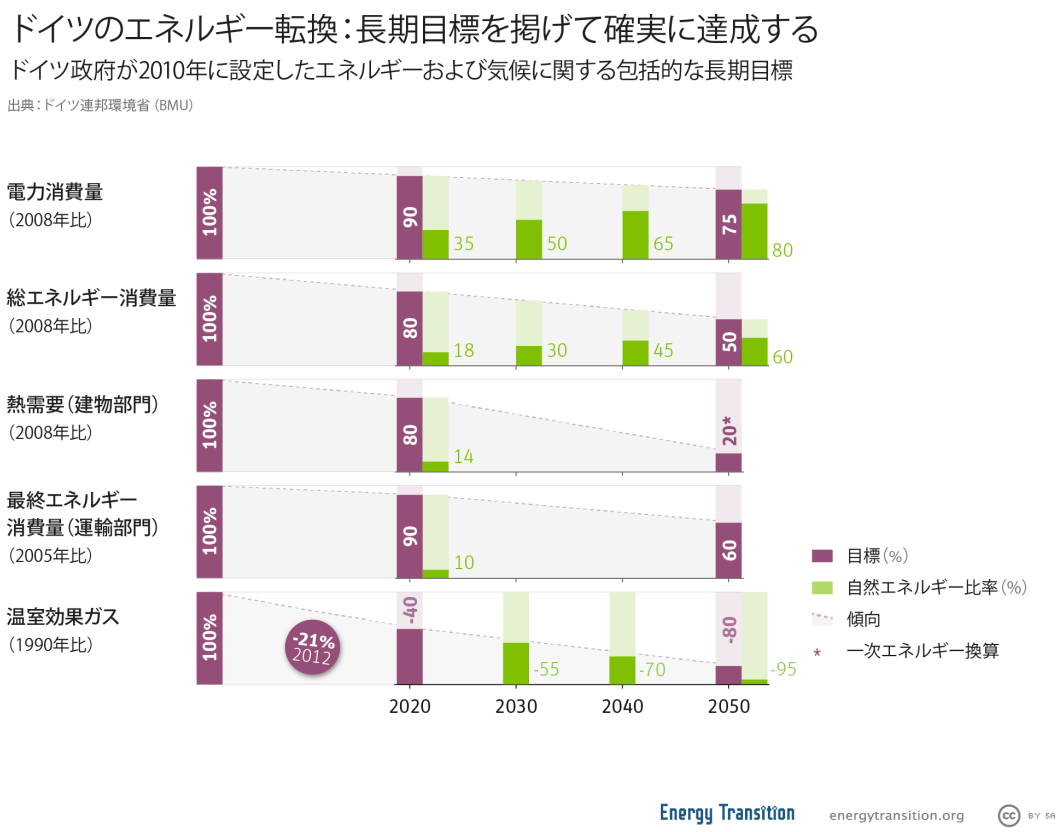
規制と自由市場が、投資の確実性をもたらし、小企業と大企業の競争を可能にする。

ドイツのエネルギー政策は、市場ベースの手段と規制を組みわせたものである。再生可能エネルギー法の下、自然エネルギー電力は系統アクセスを保証されるため、投資の確実性がもたらされ、家族経営企業や小企業が大企業と競争できる。こうした政策により、グリーン電力生産者は設定された料金で電力を販売できる。料金は「逓減する」、つまり徐々に低下することで将来価格を引き下げる。石炭や原子力による電力と異なり、自然エネルギーのコストは隠蔽されることも、将来世代に転嫁されることもなく、透明かつ直接的である。政府は自らの役割を目標と政策を定めることだと考えている。市場は自然エネルギーへの投資額と電力価格の動向を決定する。消費者は自由に電力事業者を選べるため、低価格の電力を購入したり、100%自然エネルギーを提供する事業者に切り替えたりできる。

7F

ドイツは、気候変動と闘うことと脱原発が表裏一体であることを実証する。

気候変動をめぐる誓約を果たすために苦労している国は多い。廃止した原発の容量は、自然エネルギーの増加、従来のバックアップ発電所、効率の向上で補った。自然エネルギーにより、ドイツの排出量は毎年約1億3,000万トン削減される。全体としてドイツは、2012までに21%削減するという京都議定書の目標を上回った。2011年末には排出量を24.7%削減し、現在は40%削減（1990年比）という2020年の目標に向かって進んでいるところだ。



ドイツ連邦環境省(BMU)

7G

ドイツのエナギーヴェンデは、一般に論じられるよりも幅広い。自然エネルギー電力だけでなく、輸送部門および住宅部門におけるエネルギー利用の転換も含んでいる。

ドイツのエネルギー転換は、電力部門における原子力および石炭を自然エネルギーに切り替えることだけではない。電力はドイツのエネルギー需要のおよそ20%を占めるにすぎず、約40%が熱に、同じく40%が輸送に当てられている。国民の関心のほとんどは電力部門に集中し、電力部門における原発の段階的廃止や風力および太陽光による電力への転換が大きく報道される。だが実際のところドイツは、家庭の熱供給システムがほぼ不要な「パッシブハウス」などの高効率建築技術、および効率のよい家電製品や産業機器などを先導している。

だが残念なことに、改修率が低すぎるため、エネルギー改修による飛躍的な効率向上策は十分な効果を発揮していない。しかもドイツは、発電機や大型太陽熱集熱場の廃熱を生産的に利用できる地域熱供給網を、隣国のオーストリアやデンマークのように迅速に整備してこなかった。だが、おそらく、最大の問題は輸送部門にあり、e-モビリティからハイブリッド車まで数多くの選択肢が世界中で検討されている。ドイツはこうした技術のリーダーではない。しかし、個人の移動手段を公共交通に切り替え、また、個人の移動手段が必要な場合は大型車から電動自転車などの小型の乗り物にすれば、効率は最大限に向上するだろう。

7H

ドイツのエナギーヴェンデは生活に浸透している。

ドイツが方針を転換するとは考えにくい。原発に頼らないエネルギー転換は昔から進められてきた。もちろん四大電力会社（エーオン社、RWE社、ヴァッテンフォール社、EnBW社）はかつて、自然エネルギーへの転換を遅らせて、既得権益を守るために激しく抵抗したが、エーオン社とRWE社は原発建設計画を国際的に中止する計画を公表し、EnBW社は現在、緑の党が州知事を務めるバーデン＝ヴュルテンベルク州の所有となっているため、州知事がEnBW社に原子力強化を指示することはありそうもない。大企業のシーメンス社も原子力事業から撤退し、風力発電と水力発電を重点的に取り組みたいと考えている。ドイツの国民は、電力小売価格の値上げを考慮しても、自然エネルギーの拡大を強力に支持し、政治指導者がエネルギー転換の課題に立ち向かうことを期待している。最良の戦略については政治的立場による相違があるが、ドイツでは一般にすべての政党が現在エネルギー転換を支持している。国民が圧倒的に支持しているからである。

71

エナギーヴェンデはドイツにとって経済的であり、将来的には他の国にとってもますます経済的になるだろう。

ドイツは、自然エネルギーに移行するデンマークや他の先駆的な国々と同様、自然エネルギー利用における国際的なリーダーシップの役割を果たすことで経済的利益を受けている。ドイツは世界最大の国内太陽光発電市場を創出した。ドイツの取り組みと中国の大量生産が自然エネルギーのコストを世界規模で削減する助けとなった。ドイツでは、太陽光発電の導入システム価格が、2006年から2012年半ばにかけて66%急落した。コストが低下したため、他の国にとって自然エネルギーへの投資ははるかに安くなるだろう。それに加えて、ドイツよりも太陽光資源が豊富な国はたくさんある。同じ太陽光パネルでも、日照が多いため最大で2倍の電力を発電できる国もある。

8

用語集

バックアップ電源

バックアップ電源という言葉に明確な定義はないが、一般的には、別の発電所が発電できなくなったときに備えて、一部の発電所を待機状態に保っておくことを示す。風力および太陽光発電の場合、調整可能なバックアップ電源が常に必要とされる。だが、これはそのうち余剰自然エネルギー電力を蓄電するという形で対応できるようになるだろう。従来型の発電所ではしばしば不具合が起こるため、常にある程度のバックアップ容量が必要である。輸入電力への依存度が低い国は、その発電容量の一部をほぼ常に待機状態にしている。さらに、ドイツを含む多くの国には、「予備容量」として緊急時にしか稼働しない発電所がある。ドイツの電力系統では、通常、石油火力発電所が予備容量となっている。

ベースロード／ミディアムロード／ピークロード

ベースロード発電所は、その国で常に必要とされる最小限の電力をまかなう発電所である。たとえば、ドイツの電力消費量は真夜中でも40 GW（キロワットの項参照）を大幅に下回ることはめったにないため、ベースロードはおおよそ40 GW前半であると考えられる。この負荷を担う発電所は、通常、運転中は24時間稼働している。一方、ミディアムロードは、ほぼ毎日到達する負荷を指す。一般的な平日のドイツの電力消費量は、軽々と60 GWに確実に達する。したがって、ミディアムロードは40～60 GWの範囲内と考えることができる。この負荷を担う発電所は、定期的に稼働しているが、出力量は日ごとに変動する。ミディアムロードを超える負荷は、すべてピークロードと呼ばれる。ドイツでは、電力需要が80 GWを超えることはほとんどないため、ピークロードは60～80 GWであると考えられる。ピークロードをまかなう発電所はほとんど稼働していないが、急速に出力量を上げることが求められ、いったん停止すると何日も何週間も待機状態となることが多い。

褐炭／リグナイト

「無煙炭」の項参照。

（二酸化）炭素／温室効果ガス排出量

火星が地球よりもはるかに寒い理由の一つは、火星に大気がないことである。もともと、地球の大気は毛布のような役割を果たしている。地球に届く太陽の光は、大気中で散乱しながら通過する。その過程で、熱がすぐに放散されず大気に蓄積されるのだ。この保温効果を高める機能に優れたガスは数多く存在する。これをなるべく簡単に示す方法として使われているのが炭素排出量であり、その量が一番大きいのが二酸化炭素である。つまり、文明化によって地中に（石炭、ガス、石油として）埋まっていた炭素が掘り出され、大気中に放出されることにより、大気の毛布としての効果が高まるのだ。このようなガスは、まとめて「温室効果ガス」とも呼ばれるが、その肯定的な語感には疑問を呈する人もいる。確かに、気温の急激な上昇がもたらすのは、「温室」という言葉から連想されるような好ましい結果ではなく、非常に深刻な事態である。こうしたことから、「温室効果ガス」の代わりに「温暖化ガス」という言葉も使われている。同様に、より聞こえのよい「地球温暖化」の代わりに「気候過熱化」という言葉も使われている。

設備利用率

発電設備の定格容量（例：kW単位で測定される）に対するエネルギー出力量（例：kWh単位で測定される）の比率。たとえば、定格容量が1.5 MWの風力発電機は、理想的な環境下であれば理論的には1日当たり最大36 MWh（1.5 MW×24時間）の発電が可能である。このように、発電機が常時その最大

出力で稼働しているとき、設備利用率は100%となる。実際には、陸上風力発電機の設備利用率は、立地のよいところで25%程度なので、1.5 MWの発電機なら平均0.375 MWで運転し、1日あたりの発電量は9 MWhとなる。ドイツでは、陸上風力発電機の設備利用率は20%未満だが、洋上風力発電機の設備利用率は30%台半ばと推定されている。太陽光発電の場合、設備利用率は太陽光の量に大きく依存するが、通常は10〜20%とされている。「全負荷時間」も参照のこと。

コージェネレーション／トリジェネレーション

発電設備の廃熱を回収して有効に活用することを、熱と電力の「コージェネレーション」という。廃熱の一部が冷却にも用いられる場合は、「トリジェネレーション」と呼ばれる。これと混同しやすいのが、回収された廃熱（蒸気）が下流にある2つ目の発電機を稼働させ、さらに発電を行うものの、他の用途には活用されないガスタービンコンバインドサイクル発電である。コージェネレーションでは、回収された廃熱をさらなる発電に使用するのではなく、暖房やプロセス加熱などに用いている。

需要側管理（デマンドサイド・マネジメント、DSM）

単に「需要管理」とも呼ばれる。電力は容易に保存することができないため、消費量と発電量を正確に一致させる必要がある。これまで、電力供給システムは、供給側が需要に合わせて管理できるよう設計されており、中心となる発電所が電力需要の増減に合わせて発電量を調整していた。しかし、断続的、間欠的な自然エネルギー（「調整電源」の項参照）の場合、電力供給はそれほど簡単に調整できないため、需要側で管理しなければならない。たとえば、電力に余裕があるときに冷蔵庫や冷凍庫の設定温度を下げてさらに冷却しておくことで、発電量が少なくなる時間帯を「乗り切る」ことができるようにする。このような調整によって、ピーク時の電力需要をわずかにシフトさせることができる。

調整電源

電力需要に応じて停止と運転を切り替えたり発電量を増減させたりすることができる発電所を、調整可能な発電所という。この点で最も柔軟なのはガスタービンだが、新型の石炭火力発電所も発電量の変化に柔軟に対応している。旧型の石炭火力発電所は、原子力発電所と同様に、いったん起動したらフル稼働に近い状態でしばらく運転させておくほうがよい。ガスタービンと同じように、バイオマスの発電設備も素早く調整できるものが多い。新しい自然エネルギー電源のなかで調整電源と考えられているのは、ドイツではこのバイオマスだけである。風力と太陽光は、常時発電することができない「断続的」な電源だとされているが、その発電量は遅くとも1日前には確実に予測できる。最も重要なのは、風力や太陽光の発電設備が「調整」できない、つまり停止と運転を切り替えられないことである。このほかの調整可能な自然エネルギー電源は、水力発電を除くと地熱発電と集光型太陽光発電だけだが、この2つはドイツにおける導入規模は限定的だ。

分散型電力

多数の小規模発電設備（屋上太陽光パネル、風力発電機など）で発電された電力のこと。これと対をなすのは、大規模発電所（原子力や石炭の発電所だけでなく、メガソーラーや大規模ウィンドファームも含む）を中心とする集中型電力供給である。

エネルギー効率

エネルギーの投入量に対する有効な出力量のこと。設備利用率と混同してはならない。風力および太陽光のエネルギー効率は、自然エネルギー以外の電源とは根本的に異なるものを測定する。たとえば、ある旧型の石炭火力発電所のエネルギー効率が33%だとすると、石炭のエネルギーの3分の1が電力になり、残りの3分の2が廃熱として失われる。それでも、市販のソーラーパネルのエネルギー効率である15%と比べると、33%は効率が高いように思える。しかし、ここには以下のような違いがある。石炭は消費されれば永遠に失われるため、できるだけ効率的に利用すべきというのは納得できる。言い換えれば、使った分が失われるということになる。一方、太陽光をできるだけ効率的に利用すべきというのも当然のことである。ただし、太陽光や風力の場合、使わない分が失われることになる。地球は、太陽から毎日ほぼ同じ量のエネルギーをもらっているが、風力発電機やソーラーパネルで回収しなかったエネルギーは、永遠に失われているのだ。この違い

が顕著になる例として、石炭火力発電量は、測定の対象を一次エネルギーとするか実用エネルギーとするかによって異なるが、風力や太陽光による発電量は、一次エネルギーでも実用エネルギーでも同じ量であることに留意したい。

エネルギー作物

エネルギー供給だけのために栽培される作物のこと。たとえば、食用に栽培されたトウモロコシは、その残渣を回収してエネルギーを生成したとしても、エネルギー作物にはならない。引き続きトウモロコシを例にして説明すると、バイオガスを生成するためのエネルギー作物として栽培されたトウモロコシは、実際にその実が熟して食べられるようになる前に収穫され、作物全体がその過程で利用される。一方、エタノールを生成する場合は、食べられる実の部分だけが利用される。

エネルギー集約型

ドイツでは、大量のエネルギーを消費しながらも国際競争に直面する企業は、自然エネルギー電力のコストを担う賦課金が大幅に減免されている。この減免措置の適用を受けるのは、年間電力消費量が1 GWh以上の「特権産業」に該当する企業である。2011年の時点では、300社ほどのエネルギー集約型企業が、その消費電力の9割に対して1 kWh当たり0.05ユーロセント、残りの1割に対して賦課金全額にあたる3.52ユーロセントをドイツの固定価格買取制度の費用として支払った。その他の消費者は、電力消費量全体に対して1 kWh当たり3.52ユーロセントの賦課金を負担していた。さらに、年間電力消費量が100 GWh以上で、総生産費に占める電気代の割合が20%を超える企業は、消費量の残りの1割に対しても、賦課金全額の支払いが免除されていた。

エネルギー同盟

新しい欧州委員会は、EUのエネルギー安全保障を強化するため、今後数年のうちにエネルギー同盟を設立することを目指している。しかし、エネルギー政策に向けて進むべき道筋について、EU加盟国間でほとんど合意が得られていないため、おそらく大きな進展は見られないだろう。現在は、エネルギー安全保障と供給価格の適正化を中心に議論が行われている。

全負荷時間

発電容量の利用度をパーセンテージで示すのが設備利用率だが、バイオマス、石炭、天然ガス、原子力のように運転と停止を切り替えられる調整電源に特に便利に用いられるのが、「全負荷時間」である。通常、1年は8,760時間である。たとえば、特定の発電設備で採算をとるために必要な年間運転時間を示すときに、全負荷時間が用いられる。例として、ある発電所で採算をとるために必要な全負荷時間が4,000時間だとする。これを設備利用率に換算すると、4,000 / 8,760 = 45.7%となる。 設備利用率50%で運転する場合、全負荷時間4,000時間を達成するために必要な実際の運転時間は8,000時間となる。

発電容量／定格容量

特定の条件下における発電設備の最大出力量。たとえば、ある風力発電機の定格容量が1,500 kW（1.5 MW）であったとしても、その出力量は強風時にしか達成できない。「設備利用率」の項も参照のこと。

系統アクセス

系統アクセスがないことは、自然エネルギーの拡大を阻む要因の一つとなっている。ドイツでは法律によって、自然エネルギー電力に系統での優先権が与えられており、発電量を下げるときは従来型の発電所が対応することになっている。他の国では、従来型の発電所の採算性を確保するために、風力発電機や太陽光発電設備が系統から切断されやすい状況にある。さらに、ドイツの法律では、系統運用者に系統の拡張を義務付ける条件を規定し、風力発電機、バイオマス発電機、太陽光発電設備が接続できるようにしている。系統への接続ができないと、自然エネルギーへの投資は無意味なものになってしまう。

総エネルギー／最終エネルギー

総エネルギーには、エネルギー部門内でのエネルギー消費や送配電ロスも含まれる。一方、最終エネルギーは、燃料や電気として各消費者のもとに届けられるエネルギーのことである。つまり、発電・送配電中の損失は含まれていない。たとえば、ドイツの2011年の総電力消費量は、およそ600 TWhだったが、正味の電力消費量は約535 TWhだった。こ

の「失われた」65 TWhは、発電所そのもので消費されたか、送配電線で失われた電力である。「一次エネルギー」の項も参照のこと。

無煙炭／アンスラサイト

リグナイトが「褐炭」の別名であるように、アンスラサイトは「無煙炭」の別名である。ドイツに豊富にある褐炭は、石炭のなかで最も純度が低く、比較的水分が多いため、エネルギー含量も比較的少ない。したがって、通常は長距離にわたって輸送されることはない。一方、無煙炭はより密度が高くエネルギー含量も多いため、低コストで世界中に輸送できる。石炭の「塊」と聞いて一般的に思い浮かぶのが無煙炭であり、それより柔らかいのが褐炭である。しかし実際は、リグナイト（褐炭）とアンスラサイト（無煙炭）には明確な区別がなく、「一つの領域にある2つの範囲」としてとらえるのが一番分かりやすいかもしれない。実際、米国で利用されている石炭の多くは「瀝青炭」と呼ばれるもので、ドイツで無煙炭と呼ばれているものよりエネルギー含量がやや少ない。

キロワット（kW）とキロワット時（kWh）

1,000 Wは1 kWである。同様に、1,000 kWは1 MW、1,000 MWは1 GW、1,000 GWは1 TWである。「1,000 W」と表示されたヘアドライヤーは、最大風量時に1 kWの電力を消費する。その状態で1時間使用すると、消費電力は1 kWhとなる。同様に、動作中に2,000 W消費する電化製品を30分動作させると、消費電力は1,000 Wh（または1 kWh）となる。「kW」と「kWh」はよく混同されるが、この2つの用語は全く異なるものを指す。「kW」を車のエンジンの出力量である馬力に例えると覚えやすい。馬力は「kW」と同じで、エンジンや電化製品に本来備わっている能力を示す。しかし、車はその馬力をフルに発揮することはほとんどなく、1日の大半は何もせず静止している。つまり、能力に対して仕事量を示すのが「kWh」であり、大まかにいえば運転距離（km）に相当する。

メリットオーダー

市場で電力が発電所から購入される順番を示すもの。メリットオーダーでは、現在稼働中の発電所のなかで最もコストが高いものに基づいて、電力の取引価格が決定する。発電所はその「限界費用」の順に並べられ、その順番をもとに稼働する。「限界費用」とは、簡単にいえば運転費（特に燃料費）のことであり、発電所の建設費などは含まない。石炭や原子力の場合、発電所の建設費は高いが、運転費は比較的低く抑えられる。したがって、限界費用も低くなり、全負荷時間も長くなる。一方、天然ガスタービンの場合、建設費はあまり高くないが、天然ガスの価格は世界的に高い地域が多い。そのため、天然ガスが石炭より高い場合は、ガスタービンの運転時間は短くなる。このケースに当てはまるのがドイツだが、英国など当てはまらない国もある。自然エネルギー電力は系統において優先権があるため、価格による順位付けは行われない。そのため、自然エネルギーは消費量の減少と同じ効果をもたらす。つまり、ピーク時に稼働する最もコストが高い発電所の運転時間が減るため、電力の取引価格が低下する。

パッシブハウス

太陽熱（太陽光）を「パッシブ（受動的）」に利用することにより、エアコンや暖房装置などによる「能動的」な加熱や冷却の必要性を根本的に減らすエネルギー効率の高い建物（住宅またはその他の建築物）のこと。パッシブハウスにはセントラルヒーティングは必要ない。古い建物のなかでも、改築によってこの基準を満たすものが増えてきている。気候が温暖なところでは、パッシブハウスを建てることによって冷房の需要を大幅に補うことができる。

一次エネルギー

供給システムから消費者への出力量を示す「実用エネルギー」に対して、供給システムに投入されるエネルギー量のこと。つまり、石炭火力発電所に投入される大量の石炭は一次エネルギーだが、発電所から出力される電気は二次エネルギーであると考えられる。たとえば、エネルギー効率が40%の石炭火力発電所は、電気の形で生産されるエネルギー（二次エネルギー）の2.5倍の一次エネルギー（石炭）を消費している。風力および太陽発電では、一次エネルギーと二次エネルギーの間に差はない。「エネルギー効率」の項も参照のこと。

小売市場

小売市場での代表的な電力消費者は、一般家庭や小規模事業者である。このような電力購入者は低圧で系統に接続されており、電力消費量も比較的少ない。また、これまでは系統から電力を得る以外に安価な手段がない「籠の鳥」だったため、たいてい最も高い価格で電力を購入してきた。自然エネルギー、とりわけ蓄電池付き太陽光発電の拡張により、こうした状況は世界規模で変わりつつある。

スマートエネルギー

ITがあらゆる規模のエネルギー消費機器や発電設備と結びつくとき、登場するのが「スマートグリッド」、「スマートメーター」という言葉である。電力の発電量は、同時間帯に消費される量とぴったり同じでなければならない。そうでなければ、蓄電が必要となる。消費量と生産量を調整して一致させるためには、データを活用することができる。産業界は、生産量を調整することでこうした系統のニーズに既に応えているが、このような対応は一般家庭でも可能である。たとえば、冷蔵庫やエアコンの電源を一時的に切ることにより、需要のピークを「カット」できる。このとき停止した機器は、電力消費量が少なくなったときに長めに稼働させておけばよい。

スポット／1日前市場

ドイツのような自由市場では、電力の売買を長期契約で行うのが最も一般的であり、電力の大半はこの方法で取引されている。しかし、ドイツの電力購入契約では18カ月前という条件が適用されることがあるが、実際の電力需要をそれほど早くから予測することは不可能である。そのため、残りの電力は、比較的即時の購入を扱うスポット市場と、翌日の購入を扱う1日前市場からなる電力取引市場で購入される。天候に影響を受け、24時間以内であれば確実な予測が可能な太陽光や風力などの自然エネルギー電力にとって、1日前市場は特に興味深い市場である。

卸売市場

他の商品と同じく、電力は卸売市場と小売市場の両方で取引されている。ドイツでは、大口購入者（企業や電力小売事業者など）と大口販売者（発電所）は電力購入契約を直接結ぶことができるが、スポット市場で販売される電力もかなり多く、取引量も増加している。直接購入契約の設定価格は、一般的にはスポット市場の価格に基づいて決定される。この設定価格は、ドイツでは通常2～3年間適用される。

ハインリッヒ・ベル財団について

ハインリッヒ・ベル財団は、環境ビジョンの構想やプロジェクトの推進団体であり、政策改革に携わるシンクタンク、そして国際的なネットワークである。当財団は、民主主義と人権の確立、環境悪化の阻止、すべての人の社会参画の権利保護、暴力によらない紛争解決の支援、そして個々人の権利の擁護を目的として活動している。現在、29カ国に事務所をもち、60カ国以上において160のパートナーと共にプロジェクトを展開している。

##

Craig Morris

クレイグ・モリス　米国生まれ。1992年よりドイツ在住。2001年より自然エネルギーの分野に携わり、2002年に自然エネルギーの案件を中心に扱う翻訳・ドキュメンテーション会社 Petite Planète, を設立。ドイツ語および英語で2冊の書籍を執筆するとともに、数冊のエネルギー関連雑誌で編集を担当してきた。現在は『Renewables International』の編集者である。2013〜2014年には、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）のREmap 2030のテクニカルエディターを務め、2014年には国際エネルギー経済学会（IAEE）よりエネルギー経済学のジャーナリズム賞を受賞した。

Martin Pehnt

マーティン・ペーント　エネルギー環境研究所(ifeu)において事業局長・共同代表およびエネルギー部長を務める経験豊富な物理学者。米国立再生可能エネルギー研究所、ドイツ航空宇宙センター（DLR）での勤務を経て、現在はドイツ連邦環境庁をはじめとするドイツ連邦各省庁、環境NGO、電力会社、世界銀行、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）、ドイツ国際協力公社（GIZ）など、国内外の数多くの組織で顧問を務める傍ら、さまざまな大学で教鞭をとる。

###

Rebecca Bertram

レベッカ・ベルトラム ハインリッヒ・ベル財団ワシントン事務所、 エネルギー・環境事業部長。ドイツおよび欧州諸国のエネルギー・気候政策に関する欧米間の国際対話の構築を中心とする業務に携わる。ジョンズ・ホプキンス大学高等国際問題研究大学院（SAIS）にて国際情勢・国際経済学の修士号を取得。

Kathrin Glastra

カトリン・グラストラ　西欧におけるエネルギー転換の連携を担当するとともに、ブリュッセルのハインリッヒ・ベル財団EU事務所で気候・エネルギー事業部副部長を務める。また、ベルリン、ブリュッセル、プラハ、ワルシャワ事務所の共同プロジェクトである財団のネットワーク、EnergyTransition@EU のまとめ役を担う。このネットワークは、欧州におけるエネルギー転換の課題や機会についての議論を深め、EU加盟国間で解決志向型の相互対話を促進し、欧州のエネルギー転換に向けたビジョンを推し進めることを目的としている。政治学、法律学、スペイン語学の修士号のほか、欧州大学院大学（ブルージュ）では先進欧州学の修士号を取得。

######

Lucid. Berlin

メディアソリューション開発企業として、さまざまな財団、NGO、機関を対象に、情報の発信や対話の促進を実現し、人々を巻き込むツールやデザインを開発。「www.energytransition.org」は、同社がハインリッヒ・ベル財団のためにデザイン・制作を担当した国際的Webサイト、discover boell に次ぐ2番目のプロジェクトである

###########

ドイツは、原子力と化石エネルギーから脱却し自然エネルギー経済へ移行するという目標を掲げたことで、世界中から大きな注目を集めている。しかし、ドイツのエネルギー転換、つまりエナギーヴェンデに関する国際的な報道には、誤解を招くようなものが多い。たとえば、石炭火力発電の役割、エネルギー価格の推移、競争力、二酸化炭素排出量に関するものがそれに当たる。

本ウェブサイトは、エナギーヴェンデとは何か、どのように機能するのか、どんな課題が待ち受けているのかを説明することを目的とし、世界中の人々に事実を伝え、政治・政策を明らかにするために作成された。本ウェブサイトでは、エナギーヴェンデがドイツの経済、環境、社会にもたらす効果を明示し、それに関連する最も重要な論点を取り上げている。

ハインリッヒ・ベル財団のエナギーヴェンデ・ブログでは、各国のエネルギー専門家チームが、ドイツのエネルギー転換の進捗状況や、それがどのように他国と関連しているのかをお伝えしています。

日本語版翻訳監修　公益財団法人 自然エネルギー財団について

自然エネルギー財団は、東日本大震災及び福島第一原子力発電所の事故を受けて、孫正義（ソフトバンクグループ代表、自然エネルギー財団会長）により、2011 年 8 月に設立されました。安心・安全で豊かな社会の実現には自然エネルギーの普及が不可欠であるという信念から、自然エネルギーを基礎とした社会を構築することを目的として活動しています。自然エネルギー政策についての調査研究や提言、企業・自治体・消費者団体などとのネットワークづくり、国内外の最新情報の紹介等を行っています。

※日本語訳本文では、できる限り新しいデータを反映するため、ハインリッヒ・ベル財団の許可のもとで原書よりもデータを更新した箇所があります。その他、すでに更新情報が公表されているものなどについては、翻訳監修者による脚注により補足しています（情報はいずれも2016年3月時点のもの）。

※日本語版刊行に合わせて更新した上記以外のデータは、英語版執筆当時のものです。

Imprint

著者：

クレイグ・モリス
マーティン・ペーント

編集者：

ドロテ・ランドグレーベ
レベッカ・ベルトラムm

デザイン担当

Lucid. Berlin

2012年11月28日発行
2015年7月改訂

Heinrich Böll Stiftung
Schumannstr. 8
10117 Berlín
Germany
電話 +49 – (0)30 – 285 34 – 0
FAX: +49 – (0)30 – 285 34 – 109
Eメール: energiewende@us.boell.org

お問い合わせは、エネルギーおよび気候問題に取り組む全世界29カ所のハインリッヒ・ベル財団事務所でも受け付けています。

日本語版　2016年3月8日発行

日本語版翻訳監修：公益財団法人自然エネルギー財団

〒105-0021東京都港区東新橋 2-18-3 ルネパルティーレ汐留3階

電話：03-6895-1020

Eメール：info@jref.or.jp

www.jref.or.jp