

(2021年7月29日講演)

## 2-2. カーボン・ニュートラルを目指すドイツの再生可能エネルギー導入

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

国際アドバイザー事業部 副部長 尾木蔵人主査

1

最初に、『カーボンニュートラルをめぐるトピックスの整理』というお手元のペーパーについてご説明したい。カーボンニュートラルを議論するという事は、非常に幅の広いトピックスを扱うことになる。委員の皆さんと委員会で議論を進める際、その時議論している部分が、全体を俯瞰してどのトピックスなのか、わかりにくいケースもあるはずである。これが一目で分かるペーパーがあった方が議論しやすいとのご意見を、本委員会・杉浦顧問からいただいた。そこで、本ペーパーを、主査、副主査が参考資料としてまとめたものである。委員の方にもぜひ、この『カーボンニュートラルをめぐるトピックスの整理』ペーパーを参考にいただければ。

2

日本企業の成長戦略を考える上で、今回のカーボンニュートラルの話は、国内にのみ閉じていては、勝ち筋に到達しないと考えている。日本のしたたかさという観点からも、カーボンニュートラルをめぐる海外の国際情勢、制度、ルールについても、十分な理解が必要だと考える。

第1回目は東芝の中村氏に、今の技術面に関してDXとの関係も含めて世界の動きをお話いただいた。その上で、きょうの委員会の前半で、吉高氏からグリーンファイナンスの最新動向を中心に解説いただいた。キャピタルマーケットの視点からの国際的なカーボンニュートラル最新動向が理解でき、貴重なご説明だった。

3

私の発表では、ドイツの事例を紹介させていただく。再生可能エネルギーの導入が活発なEUの中でも先進的な国の一つであり、日本のアプローチを検討するために、ベンチマークする価値が高いと判断した。

一般に、カーボンニュートラルへの取り組みは、発電サイド、エネルギー供給サイドの立場で議論されるケース、電力を必要とする需要サイドの企業の立場としての議論されるケース、大きく分けると、この2つがある。最初に私が結論としてお伝えしたいのは、ドイツでは、この供給部門と需要部門を合算した、いわゆるプロシューマーが、今大きな変化として増加しつつあるということである。

もう 1 つはスマートエネルギー分野での動向。実は今回の発表に当たって、ドイツの関係者にもいろいろヒアリングを行った。そういった中でよく話題に出てきたのが、最初の東芝の中村氏の話にも関連するが、バーチャル・パワー・プラントを活用した再生可能エネルギーの導入である。

ドイツの再生可能エネルギー導入に関連する動きとしては、先ほど吉高氏から話があった、欧州グリーンディールがある。ドイツは、欧州グリーンディールの実質的なブレーン的な機能を果たしている。

資料 P1 は、欧州グリーンディールの 8 つのテーマを示している。第 2 番目のテーマ②として、クリーン・安価・安全なエネルギーの供給が明記されている。これは、再生可能エネルギーの導入を指す。再生可能エネルギーの導入は、欧州グリーンディールの中の大きなフォーカスポイントになっている。

#### 4

次に資料 P2 をご覧いただきたい。ドイツでは、2020 年の実績ベースで、電源構成中、再生可能エネルギーの比率が 46%に達した。これに原子力を含めると 57%になる。

この内訳を示す資料として、P4 のグラフをご確認願いたい。この資料は、ドイツの経済機関である GTAI（ドイツ貿易・投資振興機関）から、この委員会資料として公開することを前提に、提供いただいたものである。日本語部分は、私が英語から日本語に翻訳した。

右側が 2020 年のドイツの電源構成で、実績値である。この円グラフの再エネ比率 46%と表示されている部分が、その内訳である。先ほど話題となった太陽光 (PV) は約 9%。一方、陸上風力が全体の電源構成中約 19%を占めている。ドイツでは、陸上風力は、騒音問題等もあり実は賛否両論がある。また、今後急速な拡大が見込まれる洋上風力については、ドイツでは足元 5%レベルの状況である。

ドイツの電源構成として特徴的なものとして、バイオ発電がある。政府からの補助金を背景に、畜産農家の副業として家畜の糞などをガス化して発電するバイオ発電は、ドイツで一大ブームになった。これが太陽光の 9%と並ぶ電源構成比率になっている。これがそのまま日本の参考になるとはいえないが、ドイツのユニークな取り組みの一つといえる。

ドイツでは原子力発電が 11%を占めているが、2022 年 12 月に原子力発電所を全廃するという事情を抱えている。これは日本では報道はほとんどされないのだが、ドイツでは全廃は間違いなく行われると理解されている。つまり政治的なコンセンサス、産業界のコンセンサスを含めて、最終的に来年 12 月の全廃が完全に確定しており、このまま粛々と進んでいくというのが今の一般的な考え方。従って、2023 年のドイツの電源構成からこの 11%相当の原子力がはげ落ちることになる。

この原子力全廃に加えて、ドイツ政府は、2020 年、エネルギー政策の新たな舵を切り、石炭火力発電所を 2038 年までに全廃することを決定した。ドイツの電源構成の中で石炭火力発電の比率は、24%あり、この方針決定がいかに大きなインパクトがあるか、ご理解い

ただけと思う。

ドイツは褐炭が豊富で、日本企業が多く進出しているデュッセルドルフ近隣のルール工業地帯周辺の西ドイツエリア、及び、ベルリンの南のラウジッツ地方と呼ばれる東ドイツエリアで、石炭の生産が盛んである。たまたま、私は今年 3 月まで、この東ドイツエリアのザクセン州経済振興公社という経済機関の日本代表を務めていた。昨年ドイツ政府による石炭発電所全廃方針の発表後、連邦（国）ベースの大きな予算措置がこれらの石炭産業を有するエリアにコミットされる中、石炭産業からの水素や蓄電技術等を活用した再生可能エネルギーをベースにした産業のトランジションへの取り組みが急に動き始めたこと、そしてその本気度を、肌感覚で感じた。

注目されるポイントは、石炭発電所が全廃される 2038 年まで、17 年かけて長期的なトランジションを進めること。その中で、褐炭産業を弱者として切り捨てる方針ではないことである。最初にご説明した P1 の欧州グリーンディールの 8 つのテーマを支える基盤として、“誰も取り残さない仕組み（地域・所得問わず）”と明記されていることを確認して欲しい。ドイツ政府は、このグリーンディールの方針を尊重し、切り捨てる地域や労働者を出さない方針を打ち出している。

具体的には、国（連邦）の予算を使って、石炭産業の産業転換を日本円で約 4 兆 8,000 億円投入されることが、ドイツ政府によってコミットされている。これらのエリアで、賛否両論がないわけではないが、産業転換が既に始まっている状況であることは注目される。

石炭発電については、OECD 加盟国による IEA（International Energy Agency：国際エネルギー機関）も、今年、“石炭発電所への新規投資をただちに中止すべき”との、極めて厳しい姿勢を打ち出している。IEA がここまで踏み込んだメッセージを打ち出すことは衝撃的であり、ドイツの政策転換と合わせ非常に驚いた。

## 5

それでは、これらの予算を使って、ドイツはどのようなイノベーションを起こそうとしているのか？ 明確にフォーカスしているテクノロジーの一つが水素である。水素については、コストや技術面でまだまだ課題が多いとされるが、ドイツは、この分野でのブレークスルーを起こし、実装化を実現するための予算が必要だと考えているとみられ、ここに先程の連邦ベースの資金が投入される可能性がある。

ドイツ政府は、石炭発電所を全廃することを発表するとともに、合わせてドイツの“水素戦略”を発表している。また、この動きに平仄を合わせるように、ドイツ水素戦略発表の翌月に EU の水素戦略が発表された。私の理解では、ドイツと EU それぞれの水素戦略は、ほぼ同じ方向性で提案されている。

ご参考まで、ドイツの再生可能エネルギーをめぐる動向として、今年の春、連邦憲法裁判所が気候変動法の一部違憲判決を行った。ドイツの連邦政府に対して、裁判所からカーボンニュートラルを前倒しで実現するよう、判断が示されたもの。この前倒し目標設定は、

実現する可能性が高いとみられている。これは、引退を表明しているメルケル首相最後の仕事とみられており、ドイツのカーボンニュートラル実現の目標を現在の 2050 年から 2045 年に前倒しする方向で最終検討が行われている。

ここまでお話した通り、ドイツの再生可能エネルギーをめぐるアプローチが加速している。一方で、日本では、たまたま去年コロナで消費電力が減ったから、ドイツの再生可能エネルギー比率拡大がうまくいったのではないかという指摘がある。

しかし、P5 の実績グラフを見て欲しい。このデータは、ドイツ連邦経済エネルギー省が公表しているデータから引用したものである。2020 年の電源構成中、再生可能エネルギーが 46%を占めているが、たまたま同年 46%に達したわけではないことは、過去の推移を見ていただければおわかりの通りである。

今後の目標値としては、2030 年に再生可能エネルギー比率を 65%に持っていくことを前提に、具体的な政策が議論されている。

## 6

ここから、ドイツ再生可能エネルギー導入を推進するドライバーを分析する。P3 に挙げた 7つのポイントに注目して欲しい。これはドイツの関係者にヒアリングした内容を基に 7ポイントに絞り込んでまとめたもの。

### (1) プロシューマーの拡大

第 1 のポイントとして、プロシューマーの拡大を指摘したい。これは、電力の需要部門が製造部門になるということである。例えばドイツの製造メーカーが発電することは、一般的になっている。新規の工場を設立する場合、工場の屋根に太陽光パネルを設置することは、ごく当たり前のオプションとして検討されている。

また、農家が太陽光発電パネル (PV) を設置するケースも最近では増加しているとのことである。

### (2) VPP (仮想発電所 : Virtual Power Plant)

第 2 のポイントは、VPP の拡大である。VPP とは、デジタル技術を活用した仮想発電所のこと。数多くある再生可能エネルギーの発電設備を束ねて、あたかも 1 つの発電所のように運営する。

ドイツを代表する VPP 企業で、ネクストクラフトベルケ社の具体例を紹介する。資料 P12 以降に、同社の説明ペーパーを添付した。可能な範囲で英語表記を日本語に訳して併記している。

同社の現在の契約発電設備の合計は 9,000MW に相当する。これは大型発電所数基分の発電能力。今春、欧州エネルギー企業最大手のロイヤル・ダッチ・シェルがこのネクスト社を 100%買収することを発表した。

第1のポイントとして挙げたプロシューマーであるが、当事者の立場にたつと、メーカーや農家がいきなり発電事業をやれるかといえば、一般にノウハウの蓄積がされていない中、なかなか困難ではないだろうか。リスクの分析、判断が難しい点もあるし、電力市場へのアクセスの話もある。ネクスト社は、エネルギーのサービス企業のような形でプロシューマーの方々をバックアップできる、ワンストップのエネルギーサービス企業としての役割を果たしている。

デジタル化にも積極的に取り組んでいて、過去データに基づいて開発したアルゴリズムを駆使しながら、短期的な電力市場予測も行っており、電力市場への仲介も行っている。

### (3) FIT から FIP へ

3番目のポイントは、FIT（固定価格買取制度：フィード・イン・タリフシステム）からFIP（フィード・イン・プレミアムシステム）への移行である。

ドイツがFIPを導入したのは2012年。日本の場合、2022年からFIPへの移行が段階的に始まることと比較すると、ドイツが10年先を進んでいるという理解である。

ドイツにおいて、FIPへの移行によって電力市場がどのように変化したのかを分析することは、日本にとってベンチマークする価値が十分あるあるのではないか。

経団連も、FIPの導入は日本のカーボンニュートラルにとって重要だという立場を表明している。ドイツの電力関係者の共通した考え方としては、このFIPの導入により再生可能エネルギーによる電力コストが低下した。ドイツでは、FIPの導入によって競争力のある再生可能エネルギーの入札が行われるようになり、公平な市場が形成され、再生可能エネルギーの導入が拡大。結果的に再生可能エネルギーのコスト削減につながった。

### (4) PPA（電力の直接購入取引 Power Purchase Agreement）

次のポイントとして、電力の需要サイドと供給サイドの直接取引であるPPA（Power Purchase Agreement）が挙げられる。この相対取引は、大口の電力取引の際に活用される手法である。例えば、IT企業のデータセンターは莫大な電力が必要である。この消費電力は、大型の発電所数基分に匹敵するケースもあるという。

このPPAの中でもバーチャルPPAと呼ばれる電力価格の内、環境価値部分（日本では非化石価値と呼ばれる）について、米国では分離され取引されている。この取引が、IT企業の脱炭素化に貢献することになる。長期の電力購入を行う契約を結ぶケースでも、安定的な電力調達につながる。一説によると、米国では、PPAの約8割はバーチャルPPAになっている模様である。

大規模な電力の需要家にとっては、再生可能エネルギー由来の電力の直接取引（PPA）が、今後益々重要になってくる可能性が高い。ドイツの電力関係者にヒアリングしたところでは、ドイツでも、電力の直接購入は大きな流れになりつつあるということであった。

この直接取引は、発電事業者から見たときに、再生可能エネルギーの販売リスクも、このダイレクト PPA によって減らすことができる。また、資金調達、キャッシュフローの観点でも、当然バックアップになる。金融機関からのファイナンスをアレンジする場合も、プロジェクトリスクの低減になると判断されることにもつながる。

#### (5) 再生可能エネルギーの優先電源化

ドイツにおいて、再生可能エネルギーを優先電源として扱う取り組みは、ドイツ政府主導による再生可能エネルギー法の導入によって始まった。これは、約 20 年前にドイツの再生可能エネルギー法 (EEG) がスタートした際に、再生可能エネルギー電源の購入を義務化することにより実施された。現在のドイツの再生可能エネルギー導入実績は、一気に実現したものではなく、徐々に積み上がってきたことがご理解いただけると思う。

#### (6) 太陽光・スマートメーター・蓄電池の導入

6 番目のポイントは、太陽光・スマートメーター・蓄電池の導入である。

ドイツの新規住宅の内、太陽光パネル (PV) を設置したものは、現状 8%程度である。ドイツとしては、今後どこに太陽光パネルを入れていくかという議論の中で、一般住宅の太陽光発電を増やそうという方針が示されている。その結果、2030 年に新住宅の 80% に太陽光発電設備を設置するという目標が掲げられている。

エネルギー関係に詳しいドイツ人の肌感覚として、電気の需要者である一般家庭にとっても、住宅への太陽光発電設備の導入は通常の見込みになりつつある。この太陽光パネルと蓄電池をセットで設置するという事業を行う企業が増加しているとのことである。蓄電池のコストも日本円で 100 万円程度と、低価格化が実現している。太陽光と蓄電池をセットにして一般家庭に提供する企業が、ドイツの新規住宅等のプロシューマー化の動きを加速していくと期待されている。

因みに、一般家庭向けに太陽光パネルと蓄電池を販売するゾネン社という有名な会社がベルリンにある。この会社は、実は先ほど紹介したネクスト社を買収したロイヤル・ダッチ・シェルが、100%買収している。欧州のエネルギーメジャー企業も、この分野にビジネスを拡大しつつあると理解できる。

7 番目のポイントであるバイオガス発電については、最初に触れた通りである。

## 7

最後に、ドイツの水素戦略を紹介する。資料 P14 をご覧いただきたい。

まず、短期的な蓄電技術としては、蓄電池が活用される。リチウムイオンとは限らず、今後は全個体電池等、蓄電技術の発展が期待されている。一方、中長期的な蓄電技術としては、P2G (Power to Gas) がある。電力 (Power) をガス (Gas) に転換して貯蔵することを指す。貯蔵されるガスとしては、水素もしくはアンモニアが模索されている。

価格競争力のある技術全てがそろっているわけではないし、ある程度中長期的な取り組みとなることは、ドイツでも理解されている。水素を活用すれば、中長期的な蓄電は大丈夫だとは、考えていないはずである。ただこの **Power-to-X** の中では、ガスだけではなくて **Power-to-Heat** という考え方も含めて、再エネを導入したものを実際にどう活用していくかは、今まさしくドイツでもチャレンジが進んでいる。

**P16** は、ドイツが描く将来の水素のグローバルバリューチェーンの構想の一つをイラスト化したもの。中東地域を例に挙げれば、砂漠地帯では日照時間が長く、太陽光発電のコストは極めて安くなっている。ドイツとしては、国内で再生可能エネルギー由来のグリーン水素を生産する以外に、中近東やアフリカなどのエリアを活用しながら、現地で水素やアンモニア生産を行い、その後、ドイツへの水素輸入、アンモニア輸入に持ち込みたいという構想ももっている模様である。

水素生産についていえば、ドイツには、ティッセンクルップやシーメンスなどの有力企業が、水電解槽のテクノロジーを有している。この技術を進化させ、実用化して水素生産のコスト削減を実現することを目指している。