

特集

都市の再エネ普及とシュタットベルケ / 地域主導型再エネの現在 / 先端技術と再エネの未来

「地域主導型再エネの現在」

ドイツ シュタットベルケより (案内・翻訳 西村健佑 (Umwertlin UG))

当町は、再生可能エネルギーへの取り組みだけでなく、power to gasによって再生可能エネルギーを水素に換えるという取り組みにも積極的に取り組んでおります。電力、ガス、熱の取り組みに加え、上下水道の運営と、それから公営プール、浴場の運営にも関わっております。シュタットベルケの監査役の代表を町長が務めており、自治体のエネルギーに関する取り組みや目標が、このシュタットベルケに反映されています。地域内で必要とされるエネルギー以上の電力が、市内の再エネ設備等で生み出されています。

2015年のパリ協定、そこで新たな考え方としてカーボンバジェットが提唱されています。カーボンバジェットを達成するには、非常に大きな政策の転向が必要になっていきます。現在、新しい政権の協約が協議されているところですが、気候保護がその大きなテーマの一つになることは間違いないということです。

では太陽がどれぐらいのエネルギーを提供できるのか。化石燃料と、ウランの提供できるエネルギーの量を見る限り、化石燃料でエネルギーの需要を満たすことはできますが、他方でこれらは、CO₂を排出する、環境を破壊するという問題があります。気候変動に対応できるという観点で言うと、太陽光と風力のコストの低下が著しいこと、また原子力

が非常に高額な電源になってきていることがあるので、再生可能エネルギーへの投資を強める必要があります。

次は、世界の話から地域、家庭の話になります。屋根上の太陽光と小さい蓄電池、燃料電池を設置しております。この家庭では、年間5500kWhのエネルギーを使いますが、外から買う電気の量が年間で6kWhです。この燃料電池は電気も熱もつくり、総発電量も1万1000kWhと、使うよりはるかに多いエネルギーを発電しています。この燃料電池は、現在は天然ガスを使っておりますが、将来的には水素への転換が可能なものになっております。

今後、天然ガスから水素への転換も地域で取り組んでいくということの説明をしたいと思います。町内には既に風車、太陽光、バイオガスの設備があり、町内全域の電力の消費の需要を上回る発電をしています。使う電力よりも多くの電気を再生可能エネルギーが発電している時間帯は、power to gasの設備で水素をつくり、それを地域で使っていく取り組みをしています。太陽光と風力が発電しない時間帯には、この地域には大型の蓄電池がありますから、短期的にはそちらに蓄えた余剰電気から供給します。長期にわたる電力不足は、水素を電気に戻す取り組みを進めています。太陽が照らず風が吹かない時間帯は、

水素を燃焼させるコジェネを使って電力の供給をしています。また、市民の方に認知・アクトセプトされる必要もありますから、スマートグリーンシティという取り組みを通じ、市民により身近に知っていただく取り組みも進めております。

地域内の再エネ設備ですが、2015年に建てられた風車、3MWのコジェネの設備、15MW合計の太陽光が入っています。野立でも高速道路の脇に建っています。バイオガスの設備と、蓄電池もあります。シュタットバルケの電力の収支では、直接の顧客の需要の200%を超えるぐらいの再生可能エネルギーの電力をつくっています。お客さんに、自分たちの設備で再エネを提供しようと思うと、これぐらいの電力はつくる必要があるということでもあります。

power to gas の設備に関しては、設備の運営を行う会社を設立しています。この設備の設置場所ですが、日射量が多い地域なので太陽光をいかにうまく使うかが重要なのですが、power to gas に関しては風車の電気を収支的に直接利用しています。また、水電解装置の設置されている建物には、水電解装置と、水の調整装置があります。水電解装置は非常に純度の高い水が必要になりますから、水を調整する設備が必要になります。この設備は住宅地の近くにあり、排ガスに関しての許認可を受ける必要があります。この設備全体は200万ユーロ、2億5000万円弱ぐらいかかりました。

それから、地域ではガスの系統に水素を直接混合させています。現在は95%メタン、5%水素で提供しています。技術的にどこまで可能かによりますけれども、将来的にはガス系

統を全て水素に換えていく計画を持っています。水素の中間貯蔵タンクでは1700立米の水素を蓄えることができます。左に、酸素を大気中に放出するための排出装置があり、現在は、酸素を大気中に排出しておりますけれども、将来的にはタンクに貯めて下水処理に使用したいと考えています。それから、power to gas の設備は反応速度が速いという特徴があり、そういった能力を生かした周波数調整用の調整電源としても使用できます。

また、太陽光と風力が多く電気を発電している時間帯に動かすことができれば、今日でもビジネス的に意味のある値段で水素をつくれるように近づいてきています。太陽光も20年前には非常に高い電源だったわけですが、今では最も安い電源の一つになってきています。規模の経済が働けば、将来的にはグリーン水素の天然ガスも競争力のある価格まで落ちるだろうと考えています。電気を電解装置で使う場合、発電コスト以外に託送費や再エネ賦課金がかかりますが、これらがかからないようになると、既に水素の生産コストは、ドイツ国内でも安くつくることができます。

この図は、再生可能エネルギーが今後増えていくと、水素の製造コストがどのように変化するかを計算したものです。再エネの割合が伸びると、電力の余剰が多く発生します。その時間帯に水電解装置から非常に安い電気を調達すれば、水素の生産コストが下がり、将来的に再生可能エネルギーが入るほど水素の生産コストは安くなっていくことが見て取れます。

これは、全体のエネルギーの流れを模式的に示したものです。まずは、水と電力から、

水電解装置を使うことで水素と酸素が発生します。酸素は下水処理場の生物学的処理で使うことができます。水素は、混合比率を高めて天然ガスの系統に流すことや、水素のタンクに蓄えるということが考えられます。そして蓄えた水素を、風力や太陽光が発電しない時間帯にコジェネで燃やして熱と電力をつくっていくというのが、全体像です。

写真の天然ガスから100%水素まで対応できるコジェネのボイラーは、将来的には100%水素を燃焼できるようなコンセプトの設備になっています。このコンセプトは、ベルリンのエネルギー転換に関わる先進的な取り組みの表彰を受けました。こういったコンセプトを実現していくことで、産業界に、水素をより多く使っていくためのモチベーションと、強制力を効かせていくという取り組みになります。水素の輸送は、系統やタンクローリーの利用が考えられます。

これは新興住宅地です。Cold district heat(第5世代地域熱)と言われるもので、非常に低温の熱を流すことによって暖房等の熱エネルギーを送っています。ここの熱供給設備も、現在はガスコジェネを使っておりませんが、将来的には100%水素へ切り替え可能なものになっています。これは、一次エネルギーファクターが0.4ということで非常に高い熱効率を達成しています。仕組みですけれども、まずは地域熱設備の行きの水温が25度、非常に低い水温で回します。これを各建物の中に設置されているヒートポンプを使って加温し、暖房のエネルギーを獲得します。この仕組みを通じ、非常に効率の高い地域熱供給設備をつくっています。この新興住宅では130世帯の建物がつながっております。ヒーティ

ングセンターですが、屋根の上に太陽熱設備が載っているのが分かると思います。3月から9月は、この太陽熱設備のつくる熱で地域の熱需要を満たし、冬はバイオマスのコジェネも使って、地域に熱を供給しています。蓄熱タンクですけれど、これは3万リットルの水が入り、これを使って熱を蓄え、暖房や給湯に利用する仕組みになっています。給湯に関しては高温の熱が必要ですので、先ほどお見せしたようなヒートポンプを使って加温して使うということになります。これは上水道の設備になります。Smart-Micro-Gridというかたちで、写真にあるような野立ての太陽光と、それから蓄電池。あとは、コジェネの設備があり、これによって、この上水道設備は100%再生可能エネルギーで動くことができるだけでなく、重要なインフラとして、系統が停電しても問題なく水道が提供できるようアイランディングが可能な設備となっています。

水素は、暖房に使うだけではなく、鉄道、重貨物、船舶、飛行機、非常に多様な用途に対応可能です。市内のトラック等を水素を使えるように、現在、水素ステーションの建設を計画しており、この水素ステーションには、power to gasの設備から水素系統を敷設することによって直接供給するという計画を立てています。

もう一つ現在この地域で進められているのが、水素の取り出しプロジェクトになります。水素を天然ガスの系統に混入して流すわけですけれども、今後は、それを任意の場所で再び天然ガスから水素を取り出しコジェネで使うための技術の開発プロジェクトになります。現在は100%水素の系統というのが難し

いので、このガスの取り出しプロジェクトがありますが、中期的には16気圧以下の系統でも水素を100%まで高めることができるようにしていきたいと考えています。

これはジュール・ベルヌという人が1874年に言った言葉ですけれども、「水とは将来の石炭である」と。つまり、水、水素を活用することが将来的には見込まれるようになるだろうという台詞です。私からの発表は以上になります。ご静聴ありがとうございました。質問があればお願いします。
(講演終了)

質疑応答【要約】

○諸富 私もいま環境省のプロジェクトに入って水素の議論をしているんですけども、日本と全然状況が違います。やっぱりドイツでも進み過ぎているんですか。

○西村 ここまでやっているのはこの自治体ぐらいで、相当先を行っているのは間違いないです。

○諸富 将来的には、シュタットベルケはひょっとすると水素を製造して地域に水素を供給していく役割を果たしていくことになりそうな気がしたんです。やっぱりインフラ管理と建設のノウハウがありますよね。ガス管とかを含め、インフラをどうするのかということと、今日の水素の製造および供給の話というのは一体の話ですので、逆に言うと、シュタットベルケしか担えないのかなと。

○Z まずシュタットベルケが、将来的にそのような水素の製造から分配までを担えるようになると思います。シュタットベルケの利点は、特にこの自治体に関しては、電気、ガス、水道の全てを担っているということです。

設備、インフラ含め全てが高コストになりますので、今は国の支援が必要ですが、規模の経済を働かせ、多くの地域でこういったことができるよう取り組んでいきたいと思っています。

○内藤 三つほど質問があるのですが、システム全体のビジネスとして、ちゃんと黒字になるめどが立っているかどうか、1点目です。2点目は例えば3日間、コジェネがもつ分だけ水素を貯蔵するとか、水素貯蔵のポリシーがあったらお聞かせいただきたいです。

○Z 私たちが現在持っている設備で町内の熱需要全てを賄うことはできませんが、コンセプトを通じて、市内のエネルギーを全て再エネで賄うことが可能であると示すこととなります。私たちが今取り組んでいるのは、一つは水素の混合比率を上げることで、天然ガスのインフラをできる限り水素に切り替えていくことです。現在の設備で私たちの顧客に対し、数日は再エネが発電しなくても問題なく水素を提供できますが、より長期的に供給するには、一つには水素のタンクを増やすこと、もう一つは、水素のガスの混合を高め、既存の天然ガスの貯蔵設備の容量を水素に切り替えていくこととなります。技術の発展状況がどの段階でどれぐらいになるかにより、必要となる水素の貯蔵容量は変わります。

どれぐらい経済性を持てるかに関しては、普及の速度によりますが、水電解装置に関して、ドイツの国内では複数の会社が現在、大量生産に向けた取り組みを進めています。これが実現すると、大きなコストの引き下げができると思います。ですから将来的に太陽光のように設備の値段が急激に下がっていくことは考えられますし、ご家庭で太陽光、蓄電

池、水素コジェネ、水電解装置を入れ、100%自立したような仕組みをつくることも可能でしょう。設備に関しては補助金がなく顧客が追加コストを自ら支払うかたちでの普及になっていますが、何十年と設備を使えば当然ペイします。そういった設備が今後、支援がなくても家を建てるときにファーストチョイスになる時代が来ると思いますし、そのために、紹介したようなグローバルな水素サプライチェーンが必要になります。

○内藤 ガス TSO との連携、例えば長期の貯蔵みたいなのは、TSO が持っている地下貯蔵みたいなのも活用しながら、ということはあるですか。

○西村 電力と同じように、アンバンドリング規制で、ガスのタンクの運営と TSO は切り離してあります。大きなガス会社が、そういったガスタンクの貯蔵を行っています。

○内藤 あと圧力の問題です。水素に置き換える比率に応じて、そのガス管の圧力を高めるようなことを考えているのかもお伺いしたいなと思ったのですが。

○Z 圧力の問題というか燃焼値の問題はあります。ただし技術的には、実証によって、水素混合比率 30% までは既存設備で、系統も燃焼設備も問題なく稼働することは示されていますから、まずは 30% まで技術基準を引き上げていくことがあります。それから、タンクローリーやトラックには、700 気圧ぐらいまで高めていかないと、十分な量積むことはできません。すると、圧縮するための装置のエネルギーも考える必要が出てきます。ドイツは 1, 2 週間、太陽光と風力が全く発電しなかったときに対応できる量の水素をつくるのが当面の目標になります。

Dunkelflaute と言いますが、十分な量の水素を、どのように保存するのが最適かを見極めていくことがまず必要です。どのレベルに気圧を引き上げるかは、用途によって変わってきます。まず目指すのは Dunkelflaute に対応することで、それ以上に再エネを使っていくとなると当然、輸入も考慮した水素インフラの技術的な基準を定めていく必要も出てくると思います。

○安田 VPP についてご質問させていただきます。VPP が水素によるコジェネレーションを遠隔操作して、シュタットベルケは現地でオペレーションしなくてもよいということでしょうか。それから、他にバイオコジェネなどで VPP と契約をしているのでしょうか。

○Z まず power to gas に関しては、VPP が、水素タンクの貯蔵容量、現在の風車の電力の余剰、卸市場の価格を見ながら、提供されるガスが再エネであることを保証できるような運営計画をつくっています。1 週間前に翌週の運営計画というものが出てきて、それを基に、実際の発電量と予測との乖離をリアルタイムで調整していくよう遠隔操作しています。風車に関しては、別のアグリゲーターが運営管理をしていますが、それを全部ワンストップでもらえるよう、VPP 側で調整してもらえるようにしています。これが power to gas に関してです。ドイツには、調整電源を市場で取引するために様々なアグリゲーターがいて、それぞれの設備の所有者が自分たちで適切な BRP を選んで運営することになります。ただ、ここは風力が非常に少なく、地域の太陽光程度は既存の設備で問題なく対応できるので、出力抑制するような必要性がなく、地域の配電網には出なりで出す

ということになります。

○土田 二つお聞きしたいんですけども、一つは、人口2万程度の自治体で、なぜこれだけでできたのかということ。特に財政、研究開発の点で、どういう条件があったのかが一つ。もう一つは、将来的にグローバルなサプライチェーンといについて、例えばオーストラリアから大量の安価な水素燃料が輸入できるとした場合、競争力を将来的にも維持できるのか。見通しも含めお聞きしたいと思います。

○Z まず、グローバル水素サプライチェーンの確立についてです。世界中でエネルギー転換を達成しようと思うと、水素が絶対に必要になり、世界的な水素のサプライチェーンも必要です。そのための価格低下が絶対ですが、それをこの町だけでできるわけではないので、世界的な取り組みになることが絶対条件としてあるので、そういった取り組みを積極的に応援していきたいです。石油に関しては、既に世界的なロジスティクスのネットワークが構築されております。そういったものが、水素でどのように構築していけるかということを実際に考えていく必要があります。ドイツの国内に関しては、天然ガスの系統があり、その多くはかなりの量の水素を運ぶポテンシャルがあります。それらをうまく取り入れていくことで、特に水素のガスが、一般の市民が支払いできるような値段でつくっていく必要があります。それから、系統を安定的に運営するという重要な目標もあります。系統を安定的に運営するためには、ガスや電力の系統がダウンしたとき、電力やエネルギーが問題なく提供できるような状態でなければなりません。そのためには、この地域で絶対

に再生可能エネルギーによる電力と水素ガスをつくれる仕組みがなければならぬ。地域内でつくらなければいけない水素というのは、安定供給に必要なレベルでの水素ということになりますから、必要とされるコスト等の考え方が当然変わってきます。そういったかたちで、地域内でつくり、うまく生かす必要があるということです。これが二つ目の質問に対する答えです。

一つ目の質問に関しては、我々も取り組みにおいて赤字を出すわけにはいかないということではありますが、様々な投資に関しては市民が選ぶ自治体の議会が監査役に入ることによって市民の承認を得ているという考え方に基づいています。一方、風力や太陽光の設備は「再エネ法」の支援を受けることができ、基本的には赤字にはならない設備ですから、これらへの投資は問題が起きるようなことはないですし、そういったところに市民の、例えばエネルギー協同組合を通じた参加の仕組みを整えることによって、十分なアクセプタンスを確保しています。power to gas の設備に関しては、お客さんの追加の料金を使って投資をしていますから、町内の設備に関しては、補助金等もらっていない設備になります。

○土田 研究開発で、大学、あるいはシーメンス等の大企業との提携はあるんでしょうか。

○Z 研究開発に関しては、地域の大学等の研究・教育機関との協力があります。一つは、この地域の近くにある、大学との協力をしており、そこの教授には、我々のシュタットベルケの技術的などところの監査をしていただいております。それから、近くの専科大学では、

水素研究専門のコースがあり、その学生が我々の設備を使った実証をできるような協力関係があり、またそのラボでは、水素の活用を研究しています。

○長田 今日水素設備で色々お金がかかったという話をされていましたが、その水素ビジネスのビジネスモデルという意味では、採算が取れているのでしょうか。

○Z 我々の地域では電力会社との協力で、赤字の出ない水素生産になっています。ドイツ全体で水素が普及するには当然、今後コストを下げていくことが必要ですが、我々のpower to gasに関しては、天然ガスより高い値段でもグリーンガスを使いたいというお客さんを集め、補助金なしで回るようになっています。

○長田 そうすると、実質的に支援を受けているというか、高い値段で買ってくれるというようなメカニズムがうまく働いているということだと思うんですが、このビジネスモデルが、他のシュタットベルケに汎用性があるのかどうかということなんですよ、つまり、黒字で進められるかどうかということと、仮に赤字だとしても、他の事業で、再エネで黒字が出ていけば、その範囲の中ではできるのか。それとも、シュタットベルケは一応、株式会社なので融資みたいなことが可能なのか。資金調達をどうやっているのでしょうか。

もう一つは、日本的な発想で言うと、こういう先進的な事業というのは政府から支援はないとおっしゃったと思うんですけど、最初のきっかけをつくる呼び水となるために政府が支援して、公共財的なノウハウやビジネスモデルを全国に展開していくという発想が日本の場合はかなり強いと思うんです。ドイ

ツの場合、あまりないんでしょうか。

○Z 私たちがプロジェクトを始めた頃には、power to gasの設備は、国内の政治的な議論としては弱かったので、支援補助システム、補助プログラムはなく、補助なしで赤字が出ないようプロジェクトを組成する必要がありました。ガスの値段が普通の天然ガスよりも高くても構わないといったお客さんを集めることで、黒字で運営できるようになりました。

ただし現在は、国の補助金が入りようになっていますから、私たちもより高圧の系統に水素を流したり、また近郊の小さなシュタットベルケとも協力しながら水素の生産と供給網の確立を進めていきたいと考えています。今後支払い可能な価格で普及できるのは水素だけだと考えていますから、こういったものが自立的に運営できるようなビジネスモデルをつくっていく必要があります。ドイツでは、水電解装置のメーカーが増えてきますから、そういったところが大規模な生産設備を拡充していくことによってCAPEXが下がっていけば、こういったモデルが自立的に運営できるようになっていくと考えております。化石燃料等の価格もどんどんと排出権等で上がっていくことで、こういったプロジェクトが支援なしでビジネスとして成り立つことが近いうちに出てくると思います。5年後ぐらいには、電解装置に関しては一通り、サプライヤーがドイツではそろってくると考えています。そういったデモンストレーションやモデルプロジェクトというのは、まずは補助金を使って実施していくことになりませんが、成功できると示された事例に関しては当然、支援なしで今後普及していくための政策

づくりも含め、自立的なプロジェクトとして とは間違いないです。
成り立っていくことを目的として実施するこ