

エネルギー産業の二〇五〇年

—Utility3.0へのゲームチェンジャー—

竹内純子

はじめに

皆様、こんにちは。ただいま御紹介いただきました竹内です。今日は、お忙しいお時間を頂戴しありがとうございます。私は、国際環境経済研究所というNPO法人の他、幾つかの大学、研究機関等でエネルギーと地球温暖化について研究を行っています。

(とつちらかった日本のエネルギー政策)

現在の日本のエネルギー政策は、非常にとつちらかった状態です。

二〇一一年三月一日の東日本大震災の前、日本は、地球温暖化を世界の危機と位置付け、地球温暖化対策をファーストプライオリティーとして取り組んでいました。当時、私は東京電力で、地球温暖化への取り組みが今後のエネルギー事業、電力事業にどのような影響を与えるかを検討する部署にありました。

今ではとても考えられませんが、当時、民主党

政権の下で、一〇年で九基、二〇年で一四基の原発を新設し、発電量に占める原発の比率を五割まで高めることが検討されていきました。これに対して、電力会社は、原発を一基建設するには数十年の期間がかかる、地球温暖化対策のために原発が必要だと言われても容易には対応できない、政策を現実的なものにしてほしいと主張していました。

東日本大震災が発生した途端、手の平を返したように、なぜ原発のような危険なものを動かしているのかと言われるようになりました。これを聞いて、私はおかしいと感じました。福島第一原発であれだけの事故を起こしましたので、きちんとした政策の見直しを行う必要があることは言うまでもありません。しかし、石油も石炭も天然ガスもほとんど持たない日本がなめてきた辛酸を考えると、今ある原発を急にゼロにするようなこと

ができるはずがありません。

とっちらかっているのは原子力政策だけではありません。どのように再生可能エネルギーを増やすか、自由化を進める中で、コストダウンと、エネルギーの安定供給や地球温暖化対策という公共目的をどのように両立させるかなどの問題も含めて、いろいろなことがとっちらかっている状況です。本来、包括的に議論しなければならないはずの問題を、パーツごとに議論しているようでは本当にだめになってしまいかねず、危機感が募ってしまうがありません。

『エネルギー産業の二〇五〇年—Utility30』

今のとっちらかった状態を整理し、よい方向に持っていくためには、旧に復するというより、新しい社会、新しい世界を作っていく必要があります。エネルギーのインフラは整備するのに時間が

かかります。二〇五〇年と言いますと、普通の世界では超長期の将来かもしれないませんが、エネルギーの世界では、今からそれほど十分な時間が残されているわけではありません。しかし、政府ですら二〇五〇年に向けたビジョンを持っていないのが実情です。

そのような状況を踏まえ、私が編著者となつて、昨年九月に『エネルギー産業の二〇五〇年—Utility30』を上梓しました。執筆に携わった四人は、二〇五〇年の日本により未来を残したいという点で意識を共有して執筆に当たりました。よい未来、よい社会の重要な要件の一つは、潤沢なエネルギーが安価で安定的に手に入ることです。さらに、そのエネルギーは環境に配慮してつくられたものでなければなりません。私たちは、そのためにはどうすればよいのかについて議論を重ねてこの本を書きました。

この本は、経済産業省などエネルギー政策担当者その他、エネルギー会社はもちろん、自動車、住宅、ゼネコン、家電など、他のセクターの方々にも関心を持っていただき、おかげさまで多くの方々に読んでいただいています。今日はこの本の内容を御紹介したいと思います。

一、五つのD

日本のエネルギー産業は、これから大変なスピードで変わっていくと考えられています。そのような変化をもたらす要因を、私たちは、英語の頭文字を取って「五つのD」として整理しました。具体的には、Depopulation（人口減少・過疎化）、Decarbonization（脱炭素化）、Decentralization（分散化）、Deregulation（自由化の修正）、Digitalization（デジタル化）の五つです。これら

の変化の潮流は全て不可避的なものです。地域により、あるいはテーマによっては、既にかなり進んでいるものもあります。さらに、不可逆的なものもあります。

正直に申し上げて、一つの変化の潮流の先行きを見通すだけでも困難であり、ましてや五つの変化が重なって生じることになりますと、精緻な積み上げ型の予測をしようとしても歯が立ちません。そこで、この本では、細かい点を意識的に脇に置いて、大きなビジョンを描くことにチャレンジしました。専門的な立場でこの本を読まれますと、試算に当たってさまざまな点がきちんと考慮されているか、気になるところが出てくるかもしれません、細かい点はあえて無視している場合があります。お含みおきいただければ幸いに思います。

以下では、日本のエネルギー産業の構造を変え

る五つのDについて、一つずつお話ししていきます。

二、人口減少・過疎化

(人口減少・過疎化の進展)

一つ目のDは Depopulation (人口減少・過疎化)です。

これは、日本の社会に非常に大きな影響を与えます。二〇一四年に国土交通省が公表したデータによりますと、二〇五〇年には、今、人が住んでいる地域の六割で人口が半分以下になると予測されています。残りの四割は、今も人が住んでいない地域か、一部の大都市に限られています。人口統計は、数ある統計の中でも最も当たると言われる統計であり、これを無視して今後のエネルギー政策を考えることはできません。

(人口減少・過疎化の影響)

多くの地域で人口減少・過疎化が進みますと、交通、水道、電気、ガス、行政サービスなど、国民生活を支えるあらゆるインフラが持続可能性の問題に直面することになります。

電気は、「つくる」「送る」「売る」という三つのパートから成っています。人口減少・過疎化から最も大きな影響を受けるのは「送る」のパートです。送配電線は非常に地味で、存在すら忘れている方が多いのですが、急峻な地形の日本で送配電線を整備し、維持するためには莫大な費用がかかります。三〇〇〇人が住んでいる村に苦労して送配電線を引っ張った後、そこに住んでいる人がどんどん減っていったとしても、一人でも人が残っている限り送配電線を維持しなければなりません。売れる電気の量が減っていくのに、それまでと同じ維持費用がかかるとしますと、どのよう

にして設備を維持するのかという問題が生じることは避けられません。

(送配電線の投資回収が困難化)

この問題は、実際にはもっと複雑です。人口が減少した地域では地価が下がります。そのような地域では、再生可能エネルギーの事業が行われるようになります。人口が減少することに加えて、再生可能エネルギーが導入されることで、その地域で売れる電気の量はますます減少します。そのような地域で送配電線を整備し維持しようとしても、投資を回収することは不可能です。

したがって、人口密度が一定以下になった地域では、送配電線を切って、太陽光発電と蓄電池で電気をやりくりしてもらった方が、国民負担が軽くなる可能性があります。もちろん、一週間も雨が続くような場合は、電源車を派遣するなどの

セーフガード措置を講じる必要はありますが。今や、このような対応について検討を始めた方がよいタイミングになっていると思います。しかし、地方を見捨てたと言われますので、政治的には相当しんどい話です。

(回収可能性を踏まえた投資判断が必要)

再生可能エネルギーは地価の低いところで導入が進みます。他方、そのような地域では送配電線が脆弱です。これを踏まえて、多くの再生可能エネルギーが導入されている地域の送配電線を太くすべきだという議論が行われています。

また、この夏は、自然災害の結果、各地で停電が発生しました。北海道の広い地域でブラックアウトが起こり、中部や関西でも、数日間わたる停電が発生しました。これを受け、政府においては、いわゆるレジリエンス、つまり災害に対して

強靱な社会を作るための取り組みが進められようとしています。

しかし、誰がこれらの投資に必要な費用を負担するのか、投資した資金を回収することができるのかなどについて、十分な議論が行われているとは思えません。慎重な検討を重ねた上で、投資判断を行うことが求められています。

三、脱炭素化

(パリ協定)

二つ目のDは、世界的な課題である DeCarbonization (脱炭素化) です。

二〇一五年にパリ協定が締結されました。日本も、地球温暖化対策のため、二〇五〇年のCO₂排出量を八〇%削減するという目標を掲げています。この目標は政府の地球温暖化対策基本計画に

盛り込まれ、閣議決定されています。しかし、日本では、二〇五〇年に向けたエネルギー・ビジョンは全く描かれていません。にもかかわらず、CO₂の八〇%削減目標だけを掲げているわけです。

日本の鉄鋼業・化学産業のCO₂排出量が今のままで変わらないとしますと、CO₂排出量を八〇%削減するためには、その他の分野のCO₂排出量をゼロにする必要があります。それぐらいのポリシーム感を持った目標と理解していただければと思います。

(技術的選択肢―二次エネルギーの活用)

日本が使うエネルギーのうち、電気は約三割で、あとの七割は非電力です。自動車のガソリンや工場のボイラーの重油など、化石燃料が七割を占めているわけです。CO₂排出量を八〇%削減

するためには、この大どろろに手を入れなければなりません。

非電力から出るCO₂を削減する方法は二つしかありません。一つは高効率化です。例えば、自動車の燃費を改善して、同じガソリンで倍の距離を走れるようにすれば、CO₂排出量を半分にすることが出来ます。もつとも、この分野の技術はかなり成熟してきており、今後、さらに大きな技術革新を見込むことは困難です。もう一つは使用の抑制です。例えば、奇数の日は奇数ナンバーの自動車だけ、偶数日は偶数ナンバーの自動車だけ、走行できるとする規制を導入することが考えられます。しかし、このような政策は国民経済への負担が大きいため、政府としては採るべきではありません。

エネルギーの使用を過度に抑制しないで、大幅なCO₂削減をするためには、技術的な選択肢は

ほとんどありません。一つあるのは、二次エネルギーの活用です。二次エネルギーとは、別のエネルギー源から作られるエネルギーです。

化石燃料で動いている機器を電気で動くようにする、つまり「需要の電化」を進めます。合わせ、低炭素で電気をつくるようにする、つまり「電源の低炭素化」を進めます。要約しますと、「需要の電化」×「電源の低炭素化」という掛け算を実現することが唯一の解になります。ドイツやアメリカなど諸外国のエネルギー政策もそのような方向を向いておりますし、外国の石油会社の方も「CO₂を削減するためこれからは電化が進む」と言っておられました。

「需要の電化」と「電源の低炭素化」は車の両輪であり、どちらか一方を進めても全く意味がありません。一時期、「中国の電気自動車はエコか」と言われたことがあります。まさにそのとお

りで、石炭火力でつくった電気で電気自動車を走らせても全くエコではありません。それぐらいなら、むしろハイブリッド車を使った方がましだと思います。

（水素の活用可能性）

地球温暖化に見識をお持ちの方は、水素こそ究極のエネルギーではないかとお考えになるのではないでしょうか。確かにそのとおりで、水素も、今後、期待できる二次エネルギーではあるものの、当面、電化が先行する理由の一つは、既に全国に電気を供給するインフラが整っていることです。それに対して、水素の場合は、今後、全国に供給するインフラを整備するところから始めなければなりません。

四、分散化

(分散化電源)

三〇目のDは、Decentralization (分散化) です。

これまでは、一基当たり一〇〇万kW級という大型発電所で集中的に電気をつくり、そこから一定方向に電気を流していました。しかし、これからは、太陽光発電や風力発電が大量に導入されるようになります。太陽光発電や風力発電は、あちこちに発電設備が設置されますので、「分散型電源」と呼ばれています。

(海外の再生可能エネルギー政策の進展)

これまで、太陽光発電や風力発電を導入する上で、のボトルネックは発電コストであると言われて

いました。このため、補助金等の導入促進策が講じられてきました。しかし、近年、諸外国においては、分散型電源のコストがかなり安くなっています。太陽光発電について申しますと、発電モジュールの累積生産量が倍になることに、価格が二三%低下するという傾向が三五年も続いています。

UAEでは、1kWhの電気を二セント余りで売るという太陽光発電プロジェクトが実施されています。モロッコでも、1kWhの電気を三セント余りで売るという風力発電プロジェクトが動き出しています。二〜三セントという価格は、火力発電の中で最も燃料費が安いと言われる石炭火力でも、燃料費の回収すら不可能な水準です。

なお、このような価格が実現した背景には、国がただのような値段で土地を提供したとか、国がバックにあるため、資金調達コストがほぼゼロで

すんだなどのトリックがあります。さはさりながら、諸外国では、このような高いコスト競争力を持ったプロジェクトが出てきているわけです。

(日本の再生可能エネルギー政策の失敗)

日本では、再生可能エネルギーを普及させるため、金に糸目をつけずに支援を行ってきました。今、我々は、再生可能エネルギーを支援するため、年間二・四兆円を負担しています。これは消費税の一分に当たります。国会での議決もなく、国民はこれだけの負担を強いられているわけです。

それでは、日本で再生可能エネルギー産業が育ったかと申しますと、全く育っていません。日本で太陽光発電プロジェクトを実施する場合も、安い中国製パネルを使った方が利幅は大きくなります。誰もが輸入品を使いますので、日本のパネ

ルメーカーは全く育ちませんでした。せいぜい一時的に地場の建設会社が潤うだけに終わってしまいました。

(再生可能エネルギーの可能性)

海外で再生可能エネルギー価格が低下しているのを見ますと、今後、日本でも再生可能エネルギーが安くなっていく可能性はありますし、安くなってもらわなければ困ります。日本は、山がちで、土地は狭く、地価も高い上に、日照条件に恵まれないところがあります。日本の再生可能エネルギー価格がドイツの二倍以上という現状は変えていかねばなりません。

私は、日本の再生可能エネルギー産業をまともなものにしたいと考え、会社を一つ立ち上げました。会社のビジネスでいろいろな方とやりとりしておりますと、日本の再生可能エネルギー価格を

引き上げる余地はあるという手応えを感じているところでは、

(蓄電池価格の低下)

蓄電池についても、次第に価格が低下してきています。先行きについては、コバルトなどの資源制約があるため、これ以上下がらないと言う方もおられます。この先、蓄電池価格がどうなるのか確かなことはわかりません。しかし、太陽光パネルの場合も、五年前、これ以上安くなることはないとと言われていましたが、その後、太陽光パネルの価格は驚くほど下がりました。これと同様のことが蓄電池で起きないとは言えませんし、起きてほしいと思います。

今、世界各国で電気自動車（EV）普及促進策が取り入れられています。イギリス、フランスは、二〇四〇年に、新車販売の全てをEVにする

方針です。中国等も、環境対策としてEV化を進めるという政策を打ち出しています。それに伴って自動車各社がEVに注力し始めますと、蓄電池の分野での技術革新・コストダウンが進むことになると思います。

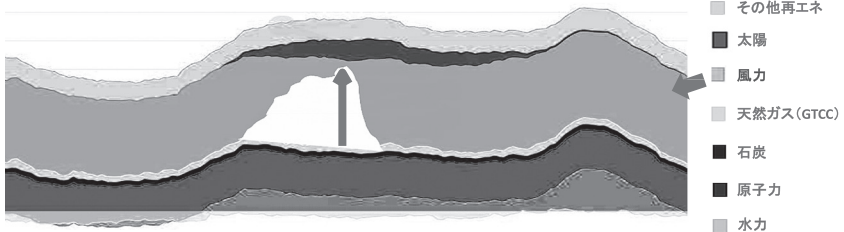
五、自由化の修正

(自由化の修正の必要性)

四〇目のDは、Deregulation（自由化の修正）です。

今、日本で電力事業は全面自由化されています。ここで全面と申しますのは、電気を「つくる」「送る」「売る」のうち、「つくる」と「売る」に関するものです。「送る」を自由化しますと、あちこちが電柱だらけになりかねないため、そこが自由化されることはありません。これは、

図表1 火力の調整電源化（スペイン）



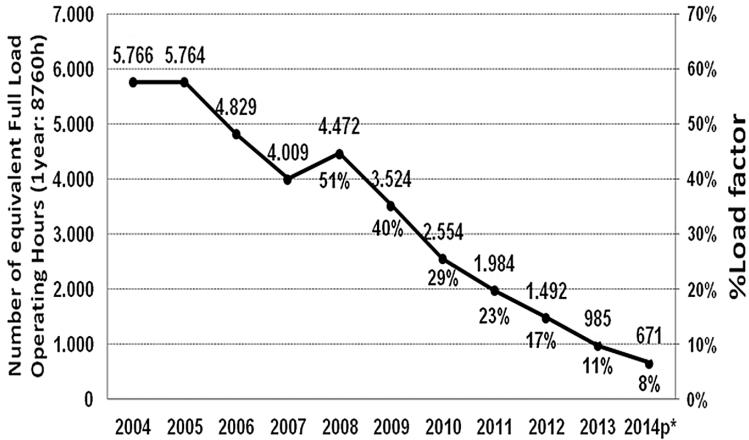
世界のどの国でも同様です。

マーケットを自由化した上で、政策的に保護して大量に分散型電源を入れますと、制度がゆがんでしまいます。これは、世界のあちこちで起きている問題です。そこで、その修正が必要になってきます。IEA（国際エネルギー機関）は、二〇一六年に『Re-Powering Markets』（『電力市場のリパワーリング』）というレポートを出し、マーケットを自由化した上で政策的に再生可能エネルギーを導入している国では、マーケットをリパワーしなければならぬという考え方を打ち出しています。

（火力の調整電源化—スペインの事例）

図表1は、ある日のスペインにおける電気の使用量の推移と、電源構成の変化を示したものです。

図表2 火力の利用率低下（スペイン）



一日の電気の使用量の推移は、グラフの一番上の曲線が表しています。

曲線の下スペースが、電源の種類によって区分されています。これを基に、電源構成の変化を見ますと、朝早い時間帯には、風力発電が多くの電気を供給していました。その後、風が弱くなり、風力発電によって供給される電気の量は減少していきます。そのままだと停電してしまうため、火加減の調節が素早くできる天然ガス火力発電が立ち上がり、必要な電気を供給するようになります。天然ガス火力発電は、常時、少量の発電を続け、再生可能エネルギー発電が減少したときに、素早く供給を増やせる態勢を取っています。

そのため、ほとんど風力発電が停まったときでも、スペインの人たちは何も気づくことなく、電気を使うことができるわけです。このように、「必要なときに必ず発電できることの価値」を

「kWの価値」と言います。

さらにもう一つ、細かな変動を調整し、電力の品質を維持する必要があります。このように「細かな変動を調整することの価値」を「ΔkWの価値」と呼びます。

（火力電源の経済性喪失への対応）

風が弱まっている間、不足分を補った天然ガス火力発電は、風が吹き始め風力発電が復活しますと退出しなければなりません。次の順番に備え、出力を抑えて待機するわけです。結果的に、天然ガス火力発電の稼働率は低下せざるをえません。

図表2は、二〇〇四年から一四年までの一〇年間におけるスペインの天然ガス火力発電の稼働率を表したものです。この間、天然ガス火力発電の稼働率は、六〇%弱から八%まで下がっています。これほど稼働率が低い設備を持っていたいと

考える事業者がいるはずがありません。

事業者は、当然、このような火力発電所を廃止していきます。しかし、そのまま廃止を認めてしまったのでは、必要なときに必ず発電できる設備が失われることになります。スペインやドイツは、この問題に気づき始めています。ドイツでは、一定規模以上の発電所を閉鎖するときは、一年以上前に政府に申し出なければならぬとされています。申し出を受けて、政府が廃止すべきでないとは判断するときは、廃止に待ったをかけることができます。その際、政府は、相対で決めた対価を事業者に支払います。

（従来型電源が提供していた三つの価値）

従来型電源は、三つの価値を提供してきました。このことは、電力会社の間でも気づいていないかもしれません。ましてや、一般の方にはほ

とんど認識されていないように思います。

一つは、「エネルギーとしての電気を供給することの価値」で、これを「kWhの価値」と呼びます。利用者が対価を支払うのは、「kWhの価値」に対してです。

あとの二つは、先ほど申し上げた「kWの価値」と「ΔkWの価値」です。「kWの価値」と「ΔkWの価値」に対しては、これまで誰も対価を支払ってきませんでした。従来型電源は、kWhを売る中で、kWとΔkWを合わせた三つの価値を提供してきました。

再生可能エネルギーがたくさん入ってきますと、kWhをつくって売る役割は再生可能エネルギーが担うようになります。再生可能エネルギーは、「kWの価値」と「ΔkWの価値」を他者に依存しています。このため、これらの価値に対してきちんと対価を支払う仕組みを作る必要があります。

ます。

なお、遠い将来、安価な蓄電技術が大量に普及するようになるかもしれません。そうなりますと、「kW」を提供するために発電所を維持する必要性はかなり低くなっていくように思います。しかし、当面は、従来型電源を維持することでこれらの価値を維持する必要があるのです。

六、デジタル化

(デジタル化技術の発展による変化)

五つ目のDは、Digitalization (デジタル化) です。

デジタル化の波は、ビジネスモデルと顧客の行動に変化をもたらしています。経済のあり方が、モノを売ることからコトを売ることへと変わってきています。

顕著なのが自動車です。自動車の稼働率は一割を切ると言われています。つまり、九割の時間は車庫に置かれたままになっているわけです。にもかかわらず、多くの人が自動車を持つているのは、移動したいと思った瞬間に移動できるようにするためには、手元に移動の手段を持つておく必要があったためです。

しかし、私自身もそうですが、インターネットにつながっておりますと、出かける三〇分前にスマートフォンアプリで予約すれば、出かけるときにタクシーが来てくれます。移動の価値が提供される一方、車検、税金、駐車場など、モノを持つ煩わしさから解放されます。モノを持つことなく、成果だけを得たいという人が、私の周りでも増えてきています。シェアリングエコノミーが勢いを得てきています。

(デジタル化の進展が世の中を変える)

デジタル化の進展が世の中を変えつつあります。

ローマ法王が亡くなりますと、コンクラーベ、つまり次の法王を選ぶ選挙が行われます。このとき、世界中からキリスト教徒がサンピエトロ寺院前の広場に集まり、次の法王が選出されるのを今か今かと待っています。コンクラーベは、前々回は二〇〇五年、前回は二〇一三年に行われました。

二〇〇五年と二〇一三年で、サンピエトロ寺院前の広場の景色は大きく変わりました。二〇〇五年には、スマートフォンを持っている人は一人もいません。それが、二〇一三年になりますと、全員がスマートフォンを持っています。次の法王決定の瞬間の写真をSNSに載せようとして、スマートフォンを掲げて待っているわけです。

それでは、二〇〇五年と二〇一三年の間に何があったのでしょうか。二〇〇七年にステイプ・ジョブズがiPhoneを発売しました。その後の一年で、世界の二〇億人がインターネットによってつながるようになりました。その結果、小さな余剰をビジネスにすることが可能になりました。例えばUberがそうです。この前、私がアメリカに出張したとき、Uberを利用して弁護士男性が運転する自動車に乗りました。彼は、家でテレビを見ていたら、スマートフォンに呼び出しが入ったので、小遣いを稼ごうと思って出て来たと言っていました。インターネットがない時代であれば、彼は寝ながらテレビを見続けていたでしょうし、自動車も車庫に置かれたままだったでしょう。インターネットでつながることによって、小さな余剰がビジネスになる世の中になったわけです。

(デジタル化の進展で、「成果」を販売する社会に)

デジタル化の進展によって、いろいろな会社がビジネスモデルを変えてきています。

皆さんが、笑いたいと思って吉本の劇場に行くとします。三〇〇〇円の入場料を支払って中に入ります。しかし、残念ながら、出てきたお笑い芸人があまり面白くなかったら、どのように感じるでしょうか。皆さんは、椅子に座るために三〇〇〇円を支払ったわけではありません。三〇〇〇円で得ようとしたのは、椅子に座る権利ではなく、笑うという価値であつたはずです。

ここで、スペインのある劇場の事例を御紹介したいと思います。この劇場では、入り口で入場料を取るのをやめました。客は、入場料を支払わないで中に入ります。椅子に座ると、前の席の背中にタブレットがついています。舞台を見て客が笑

いますと、歯がこぼれ、口角が上がります。タブレットは、客の笑顔の数をカウントします。それを基に、客は笑った回数に応じて料金を支払うこととなります。Pay per laughというわけです。

このような仕組みを導入することで、この劇場の売り上げは二五%アップしたようです。

なぜ、この劇場の売り上げが増えたのでしょうか。本来、事業者は、提供した成果の対価として代金を受け取ります。成果が提供できなかった場合のリスクを、事業者が取っているわけです。しかし、劇場の入り口で先に三〇〇〇円を支払う場合、消費者がリスクを負うことになってしまいます。実際に面白くないお笑いを見せられたら、二度とその劇場に行こうとしなくなるでしょう。

スペインの劇場の場合、万一、お笑いが面白くなかったとしても、客は、提供された成果を超える対価を支払う必要はありません。もう一回行っ

てみたら、今度は面白いかもしいないので、何回も劇場に通う人が出てくるでしょう。結果的に、売り上げが増え、ビジネスモデルとして成功することになりました。

このようなことが可能になったのは、センサーの価格が大幅に下落してきたためです。八年前のセンサー価格を一〇〇としますと、今は四ぐらいまで下がっています。結果的に、提供した成果の計測が非常に安価にできるようになりました。これを生かして、ミシランはビジネスの仕方を大きく変えました。センサーの入ったタイヤを販売し、快適な走行環境を維持するため、必要なタイミングでタイヤのメンテナンスを行うことになりました。つまり、売り切りビジネスから関係性のビジネスへと、ビジネスのやり方を変えてきているわけです。

それでは、このような変化はエネルギーの世界

でも起こるのでしょうか。エネルギーの場合、使っているという実感が消費者にありません。私はガソリンを飲みません。飲むのは、私が運転する自動車です。私は電気を使いません。使うのは、私のパソコンです。このような性質を持ったエネルギーが、価値を提供することは果たして可能なのでしょうか。『エネルギー産業の二〇五〇年』を書くに当たって、四人の執筆者が議論を重ねた結果、エネルギーの世界でも、価値を提供することを軸にビジネスが見直される流れから逃れられないだろうという結論に達しました。

（電気を消費するシーンで「UXを提供する」）

具体的には、機器を媒体にして、機器本来の価値を提供するようなビジネスを行う人が出てくるだろうと思います。このようなビジネスは、電力の小売事業者がやってもよいかもしれません。

エアコンについて申しますと、客は、四角い箱ではなく、快適な室内環境が欲しいわけです。もし私が、家電メーカーあるいは家電販売店であれば、エアコンを売り切って客との関係性を終わらせるようなことはしません。むしろ、お宅にエアコンをビルトインさせて下さい、快適に使えるようメンテナンスも任せて下さいと言います。テレビも同様です。客が欲しいのは、テレビの機械ではなく、情報であり面白さです。そうであれば、放送局が、我が社の受信機をお宅に置かせて下さい、面白いコンテンツをどんどん提供しますというビジネスを始める可能性があります。このように、いろいろな電気機器で、今は機器の売り切りビジネスを行っている事業者が、UX (user experience) の提供を軸にビジネスを見直す可能性が大いにあるように思います。

そのとき、電気はどのような役割を果たすこと

になるのでしょうか。事業者が、サービスの提供に必要な中間財としてまとめて電気を仕入れ、サービスの一環として顧客に提供するようになる可能性があります。『エネルギー産業の二〇五〇年』が、いろいろな産業の方から関心を持っているだけしたのは、まさにこのような未来が到来する可能性を指摘したためではないかと思えます。

七、Utility3.0の世界

(二〇五〇年の家庭)

以上で「五つのD」についてお話ししました。

ここから、「五つのD」がもたらす未来の世界をのぞいてみたいと思います。

子どもの頃から好きだった星新一になった気分で、二つのケースに分けて、二〇五〇年の日本の家庭の姿を描いてみました。

一つは、時が過ぎるのに任せて、エネルギーに関して大胆な取り組みを行わなかった場合です。

これが「二〇五〇年、Y家の残念な朝」です。このとき、停電が頻発し、電気のコストは上がっています。AIやIoTの活用は進まず、家事負担を減らすサービスの提供事業者も現われません。

女性は家事に縛られ、地方の方たちは移動難民になっています。今の課題がより深刻になって、二〇五〇年に引き継がれている状況です。

もう一つは、エネルギー問題への対応がうまくいった場合です。これが「二〇五〇年、X家の幸福な朝」です。このとき、人口減少・過疎化は進んでいるものの、電化・電脳化によって、便利で幸福な社会が実現しています。「電気を使ったサービス」を売る事業者が登場しているため、女性も外に出て働かないと、家の中に仕事がないということになっているかもしれません。

このように、今の対応次第で全く違う社会が見えてきますが、「幸福な朝」を実現することは非常に難しいと言わざるをえません。なぜなら、これまで申し上げてきたいろいろな課題を解決していかなければならないからです。

(Utility3.0JPN)

「五つのD」によって、今後、電気事業はさらなる変革が求められます。変革後の電気事業はUtility3.0と呼ばれます。

Utility3.0の下で、電気は、さまざまなサービスに溶け込む形で供給されることになるでしょう。さまざまな分野の、多様な事業者が電気事業を担うようになると考えられます。エネルギーを使う場面では、電化が進むことになるでしょう。地球温暖化対策を念頭に置きますと、何としても電化を進めなければなりません。

発電に関しては、太陽光や風力を利用した方が安価になれば、消費者は手元で発電するようになります。電気をつくって使う、いわゆるプロシューマーが増えてきます。また、これらの人たちがつくった電気の余りを集約して、地産地消的に使うようなビジネスが発展するかもしれません。このとき、kWhをつくる主体は再生可能エネルギーになっていくでしょう。ただし、「kWの価値」と「kWhの価値」を提供する火力発電は、当分の間は残ることになります。

Utility3.0の姿を描く上で、最も難しかったのは原子力の位置付けです。私は、当面、日本で原発は必要だと考えています。しかし、kWhをつくるコストに着目しますと、再生可能エネルギーの発電コストは、政策的な補助や世界的な普及もあってどんどん下がってきています。他方、原発の発電コストは、安全対策を講じる必要があるた

め大幅に上昇してきています。電力自由化を進めますと、原発は成り立たなくなりそうです。自由化の下では、一〇年後に電気が1kWh幾らで取引されているか見通すことはできません。原発は、何千億円もの投資をし、それを何十年もかけて回収する気長な事業です。自由化した社会で、原発にチャレンジするような事業者はいなくなるはずですよ。

このため、アメリカやイギリスなど、自由化した上で原発が必要だと考える国は、それなりの手当てを講じています。例えば、アメリカでは電力会社の借り入れに政府保証をつけていますし、イギリスでは三五年間にわたって買い取りを保証しています。

電気を送るといふ分野に関しては、今は、十把一からげで取り扱われておりますが、今後は、高速道路としての送電会社と、地域をマネージする

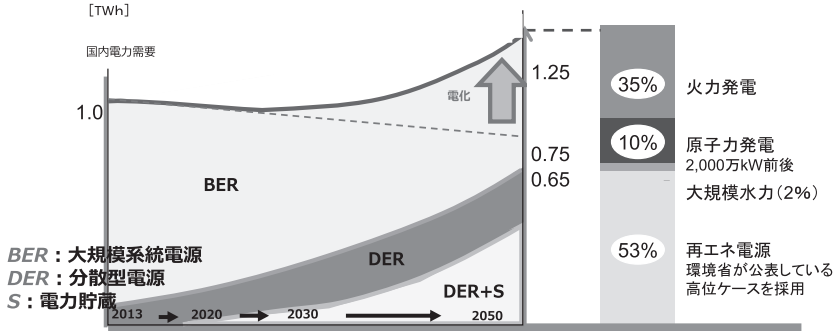
配電会社に分かれていくと考えています。

(Utility30を実現するために)

実際には、Utility30の世界を実現するまでには、星の数ほどの障壁があり、多大な困難が伴います。

例えば計量法があります。電気メーターは、一〇年に一度検定を受けなければなりません。私の家の屋根にソーラーパネルを設置し、太陽光発電をして電気が余ったとき、この電気を隣の家に売ることは技術的には可能です。これは、小さな余剰をビジネスにすることに他なりません。しかし、隣家に電気を売ろうとしますと、私は、事業者として検定を受けたメーターをつけなければなりません。一ヶ月に一〇〇円程度の電気を売るのに、何万円もするメーターをつけなければならぬとしたら、ビジネスとしては成立しません。小

図表3 2050年の電源構成



〔出典〕 2050年のエネルギー産業—Utility3.0へのゲームチェンジ

さな余剰をビジネスにするためには、この点の見直しが必要になります。

もう一つ、政策の統一を図る必要があります。現在、再生可能エネルギーの導入を促進するため、再生可能電賦課金（FIT）制度が設けられています。先ほども申しましたように、電気の利用者は、電気代の一部として二・四兆円の賦課金を支払っています。この制度の下では、再生可能エネルギーが増えれば増えるほど電気代は上昇することになります。地球温暖化対策として電化を進めなければならないのに、この賦課金の結果、電化が遠ざかることになってしまっています。電化を妨げるような政策は取り除かなければなりません。

以上のようにさまざまな困難がありますが、よい社会を残すためにはそれを乗り越えてやり遂げなければなりません。

八、二〇五〇年の電源構成

(二〇五〇年の電力需要)

最後に、二〇五〇年の電源構成についてお話しします。

二〇一三年の一年間で、日本は一兆kWhの電気を使用しました。人口減少や経済の停滞に任せておきますと、図表3の点線で示したとおり、電力需要は徐々に減少します。

ただし、地球温暖化対策のために電化を進めますと、非電力が電力に置き換わり、その分が上乘せられますので、全体の電力需要は増加することになります。『エネルギー産業の二〇五〇年』では、具体的にどれぐらい電力需要が増加するのか試算を行っています。試算に当たっては、自動車は全て電気自動車に置き換わると考えました。ま

た、家庭の給湯器や一〇〇度未満の産業用の熱も、全て電気でまかなうことにしました。航空や海運は除いておりますが、可能な分野については徹底した電化を行うことを前提として試算を行ったものです。

試算の結果、最終エネルギー消費は、二〇一三年に電力が三・五、非電力が八・四でしたが、二〇五〇年には、電力が四・四、非電力が二・〇になると見込まれています(単位は 10^{18} J)。二〇五〇年の電力需要は一兆二五〇〇億kWhに相当します。非電力が四分の一まで減少する一方、電力は二五%増加するわけです。このとき、省エネは大幅に進みますが、CO₂の排出量は七二%減にとどまっています。これだけやっても、CO₂を八〇%削減しようという目標には一割ほど足りないこととなります。

(二〇五〇年の電源構成)

次に、これをどうやってまかなうかが問題になります。これから再生可能エネルギーがどれぐらいい入ってくるかは誰にもわかりません。日本は、年間二・四兆円、累積で一〇兆円の費用をかけて、再生可能エネルギーの導入に取り組んできました。しかし、現状、太陽光発電や風力発電のシェアは八%弱にとどまっています。水力発電を入れてもせいぜい一五%です。環境省による予測では、再生可能エネルギーが最も普及したケースでも、再生可能エネルギーでまかなえるのは、一兆二五〇〇億kWの五三%程度にとどまります。残りを全て火力発電でまかなうことにしますと、「中国の電気自動車はエコか」と同じ問題が生じてしまいます。そこで、試算では、原発を一〇%分残すことにしました。原子力の関係者からは、一〇%では少ないと言われることがあります

が、原発で一兆二五〇〇億kWhの一〇%分をまかうためには、一〇〇万kW級の原発が概ね二〇基必要になります。これは、発電能力で二〇〇〇万kWに相当するもので、この程度がギリギリのところだろうと思います。それ以外は火力発電でまかなうことを想定しています。

なお、これだけの規模の再生可能エネルギーを入れることになると、多量の蓄電設備を整備する必要があります。しかし、電気をためるしか能力がない蓄電池を各家庭に入れるのは、社会的な無駄と言わざるをえません。そこで、『エネルギー産業の二〇五〇年』では、全国で電気自動車が四〇〇〇万台導入され、エネルギーの安定供給のため、そのうちの二割について充放電をコントロールできるようにすると想定しています。

(ESG投資の影響)

今日は、ESG投資の影響についても取り上げることができればと思っておりましたが、十分な時間がなくなってきました。国際環境経済研究所のホームページに「拡大する『ESG投資』の課題は何か」と題する資料を掲載しておりますので、後ほどご覧いただければ幸いです。今日の講演会には、金融資本市場に詳しい方々が多数出席しておられます。御出席の皆様には、ESG投資に関する議論を通じて、冷静に投資判断を行うための基準づくりに取り組んでいただきたいと考えています。最後にこのことを申し上げて、私のお話を終わらせていただきます。

御清聴ありがとうございます。(拍手)

増井理事長 今後のエネルギー政策についてわかりやすくお話しいただきありがとうございます

た。せっかくの機会でございます。若干お時間がありますので、御質問をどうぞ。

質問者 今日のお話は大変わかりやすく、面白く聞かせていただきました。

原発に関連して、使用済み核燃料がどうなっていくのかについてお伺いしたいと思います。使用済み核燃料はCO₂以上に危険です。原発を動かしますと、これがさらに増加することは避けられません。電力会社の使用済み核燃料保管プールは満杯に近くなっています。六ヶ所村の核再処理施設の建設は進んでおらず、核燃料サイクルの中核である「もんじゅ」は廃止されることになりました。

私は個人的に、日本経済の諸課題の中でも原発のごみをどうするのが最も心配です。この点について、御意見がありましたらお聞かせください。

竹内 おっしゃるとおりで、原発を運転するに当たって、使用済み核燃料がボトルネックになることは、皆様も御認識のとおりと思います。

この点は、技術的には解決できないことではありません。地層処分、すなわち地下深くに埋設処理することが国際的なコンセンサスになっています。しかし、国内で処分場を一ヶ所選定することになりますと、当該地域から強い感情的な反発が生じることは避けられません。これを乗り越えらるるのは政治の力しかありませんが、現実問題としては極めて困難です。結果的に、処分場が決まらないまま、今日まで時間が経っているわけです。

なお、今は条約によって、原発の廃棄物は自国内で処分すべきこととされています。このため、各国は自国内で最終処分地を探しています。しかし、後世のヨーロッパ人が、今の国境を前提に自

国内で使用済み核燃料が処理されているのを見ると、なぜこれほど細かく分けて埋めたのかと思うはずですが。そこで、私は「世界の公衆トイレ論」を唱えています。オーストラリアでこの話をしたとき、ぜひ来て下さいと言われたことがあります。もちろん、オーストラリア全体の考えではなく、その人の個人的な考えではありますが、いずれ、世界のどこかに公衆トイレをつくることになる可能性は決して低くないのではないかと思っています。

質問者 それでは、しばらくこの問題は解決しないということでしょうか。

竹内 そうですね。ただ、急いでこの問題を解決することがよいのかどうかということもあるように思います。

増井理事長 その他に御質問はございますでしょうか。——時間が参りましたので、このあたりで

今日の講演会を終了させていただきます。

竹内先生、大変面白いお話をありがとうございました。
ました。(拍手)

たけうち

すみこ

NPO法人国際環境経済研究所理事・主席研究員
CSInovations, Ltd. 共同創業者・代表取締役
筑波大学客員教授 関西大学客員教授
二世紀政策研究所研究副主幹

(本稿は、平成三〇年一月二〇日に開催した講演会での講演の要旨を整理したものであり、文責は当研究所にある。)

竹内純子氏

略 歴

<主な公職>

産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会委員

国立研究開発法人評価委員

水素・燃料電池戦略協議会委員

自動車新時代戦略会議委員

慶応義塾大学法学部法律学科卒業。1994年東京電力入社。

水芭蕉で有名な国立公園「尾瀬」の自然保護に10年以上携わり、その後、地球温暖化の国際交渉や環境・エネルギー政策への提言活動等に関与。国連の気候変動枠組条約交渉にも参加。

2012年より現職。

産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会委員、水素・燃料電池戦略協議会委員、自動車新時代戦略会議等の政府委員も広く務め、自然保護から原子力事業のあり方まで、エネルギー政策に幅広く提言を行なっている。

2018年10月、U3Innovations, LLP を創業。2050年の日本が、サステナブルなエネルギーを潤沢に得られるよう多様な業種・企業の輪をつなぐ取り組みを続けている。

著書の「誤解だらけの電力問題」が第35回（2015年度）エネルギーフォーラム賞普及啓発賞、「エネルギー産業の2050年 Utility3.0へのゲームチェンジ」が第38回（2017年度）エネルギーフォーラム賞優秀賞受賞。消費生活アドバイザー、公益事業学会会員。

著書に「みんなの自然をみんなで守る20のヒント」（山と溪谷社）

「誤解だらけの電力問題」（WEDGE）

「電力システム改革の検証」（共著）（白桃書房）

「原発は“安全”か たった一人の福島事故調査報告書」（小学館）

「エネルギー産業の2050年 Utility3.0へのゲームチェンジ」（共著）（日本経済新聞出版社）

報告書「新たな原子力損害賠償制度の構築に向けて」（21世紀政策研究所）

報告書「原子力事業環境・体制整備に向けて」（21世紀政策研究所）