

strategy&



Strategy& Foresight vol.5 — 2015 Autumn

特集

エネルギー新・競争時代

&

巻頭言 エネルギー新世紀の勝者は誰か 白石 章二

エネルギー・シフトが及ぼす各業界へのインパクト
白石 章二

電力業界変革に対する戦略ガイド

ノーバート・シュワイターズ、トム・フラハティ
[監訳:岡野 卓郎]

電力貯蔵による電力システムの柔軟性確保

瓜生田 義貴

水素エネルギーのリアリティ

瓜生田 義貴



pwc

Strategy& Foresight

ストラテジーアンド・フォーサイトは、
PwCネットワークの
戦略コンサルティングチーム
Strategy&が、
経営戦略についての
さまざまな課題をテーマに、
経営の基幹を担われている皆様に
向けて発行する季刊誌です。

Contents

特集 エネルギー新・競争時代

巻頭言

エネルギー新世紀の勝者は誰か

白石 章二

3

エネルギー・シフトが及ぼす 各業界へのインパクト

白石 章二

4

電力業界変革に対する戦略ガイド

ノーバート・シュワイターズ、トム・フラハティ

[監訳：岡野 卓郎]

9

電力貯蔵による電力システムの柔軟性確保

瓜生田 義貴

18

水素エネルギーのリアリティ

瓜生田 義貴

22

巻頭言

エネルギー新世紀の勝者は誰か

白石 章二

白石 章二 (しらいし・しょうじ)

shoji.shiraishi@
strategyand.jp.pwc.com

Strategy& 東京オフィスのパートナー。
25年以上にわたり、自動車、産業機械、
エネルギー、流通・サービス業など幅広い
分野のクライアントに対し、全社成長
戦略、技術戦略、新規事業開発、グロー
バル戦略など多数のプロジェクトを支援
してきた。

人類とエネルギーの関係は、生きるために火を活用した原始時代に始まり、産業革命時の蒸気機関の利用、化石燃料から現代の再生可能エネルギーに至るまで大きな変化を経ながら現在まで密接な結びつきが続いてきた。そして従来、エネルギーは消費する者にとって恒常的に不足しているものであり、先に利権を獲得した供給者側が圧倒的な利益を握っていたが、現在ではエネルギーの多様化や制度の変化、環境問題、省エネルギーの進展など複数の要素によりその立場が逆転し、有史以来、初めてエネルギーの供給が需要を上回るという新しい局面に突入している。

国内に目を移せば、来年4月には電力の小売り全面自由化、さらにその翌年には都市ガスも小売り自由化が予定され、企業のみならず一般家庭でもエネルギーは「賢く選択し効率よく消費する」という新時代が到来しつつある。今号では『エネルギー新・競争時代』を特集テーマに、日本国内そしてグローバルに今起きているさまざまな事案を考察する。

最初の論考「エネルギー・シフトが及ぼす各業界へのインパクト」では、急激な気候変動や温暖化で世界的に地球環境保護への関心が高まる中、原発をめぐる課題や前述の自由化など政府のエネルギー政策による各産業への影響と、従来の領域を超えて生じつつあるビジネスチャンスや新しい競争環境について述べている。

2本目の論考「電力業界変革に対する戦略ガイド」では、総じて中央集権的かつ寡占状態にあった先進各国の電力業界が、テクノロジーの発達や異業種からの新規参入、既存のプレイヤー間の競争の激化などにより破壊的革新を余儀なくされている現状について述べ、各プレイヤーにとっての戦略を紹介している。

3本目の論考「電力貯蔵による電力システムの柔軟性確保」では、近年の電力貯蔵技術革新とそれによって起き得る社会の変化

について論じる。電力貯蔵自体は100年以上前から存在する揚水発電など古くからアイデアはあったが、普及という点で大きく進展しなかった。だがここに来て各種電力貯蔵技術の加速度的進歩により、個人の家や自動車といった小規模な単位から自治体や国のような超大規模のレベルに至るまで選択肢や適用可能な範囲が格段に広がっており、電力コストの最適化や既存エネルギーからの脱却など世界中のあらゆる社会へ及ぼす影響は計り知れない。

最後の「水素エネルギーのリアリティ」では、社会全体で期待を集める水素エネルギーについて論じる。環境負荷が少なく優れた「夢のクリーンエネルギー」として過去にも数回ブームになっているが、そもそも水素ガスをつくるためのエネルギーの確保はどうするかといった問題や、貯蔵・運搬の方法など包括的に検討すべき課題があり、政府内でも議論が進められている。本稿では、経済合理性の下で需要と供給をマッチするような条件がどんなものかを検討し、今後の展開シナリオについて論じている。

以上、本号ではいくつかの視点から日本そして他国における未来のエネルギーの姿について論じているが、エネルギーが多様化し、最終消費者のエネルギーに対する関心が一層強くなる中では、新規参入者でも単に電力の販売者となるなど従来の手法を繰り返しては社会に新たな付加価値を生み出すことはできない。

今後、供給者側はどのようなエネルギーをどのように販売するのか、使う側はどのように選択し、どのように活用するのか、それぞれ自社のブランドイメージ、および企業価値の向上に結び付けるのか、さらにはどのような社会を築いて行くのか。エネルギーを起点に業界を超えた大変革が地球規模で起きつつある今、ビジネスチャンスを的確に捉えた者が勝者となる。

エネルギー・シフトが 及ぼす各業界への インパクト

著者：白石 章二

地球上の全員、全産業にかかわる「エネルギー」

日本では今、エネルギーに関する人々の関心がこれまでになく高まっている。その背景の一つは、世界的な気候変動への対策としてCO₂排出削減への要求が非常に強くなっており、代替エネルギーがこの問題の解決への一つの大きな糸口となるためである。また、震災に端を発する原子力発電所の安全性への問題が人々にエネルギーを考えさせるきっかけとなり、非常に関心が高まっていることもある。

日本国内では、これらを背景に、政府のエネルギー政策も大きな転換点を迎えている。国際的には2030年に13年度比26%の温室効果ガスの削減を公言している。この目標の是非は別として、公言している以上、国を挙げて取り組み、結果を出す必要がある。国内に向けては2030年度の望ましい電源構成を示す「電源のベストミックス」が2015年7月に決定された。原発による発電の縮小を補うため、特に再生可能エネルギーの役割が高まっているが、安定的な供給にはまだ高いハードルがあり、どのように推進していくのか、そのためにどういう社会を作っていくべきかについてさまざまな議論がなされている。税制面からも、炭素税などが以前から検討されているが、経済成長とのバランスが難しい問題である。エネルギー政策のもう一つ大きなインパクトとして、2016年4月に電力小売りの全面自由化が決まり、都市ガスの自由化もスケジュール化されたことが挙げられる。

こうした社会的な背景と、技術的なイノベーションもあり、エネルギーにかかわるトレンドは単にエネルギー業界のみにとどまらず、製造、流通、IT、金融、消費財など、幅広い分野に大きな影響を及ぼし得る(図表1参照)。本稿では多くの産業にわたってエネ

ギーにかかわるさまざまな状況が世界規模で変化していることについて紹介し、各産業での変革のレバー(槌)の可能性について論じる。

エネルギーが密接にかかわる企業の戦略

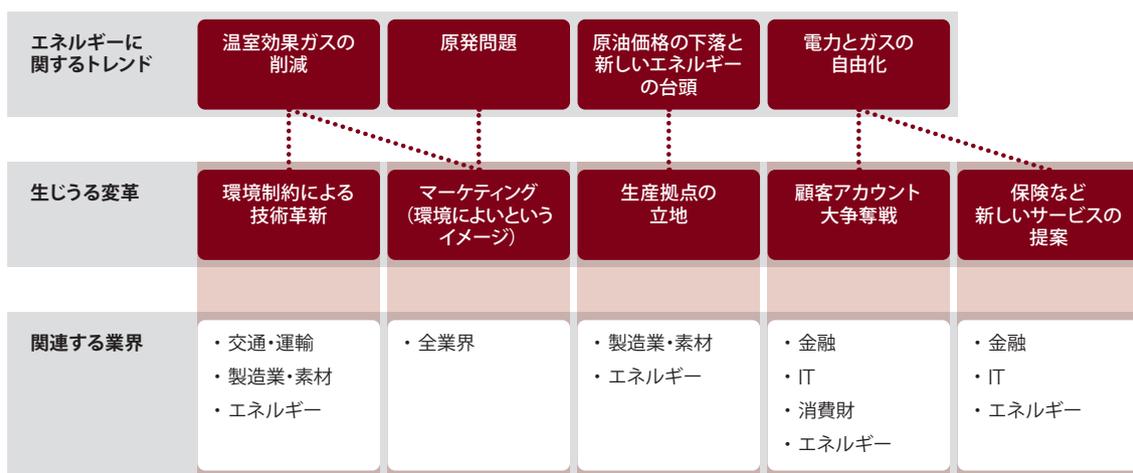
交通・運輸

自動車業界では、エネルギー価格、つまり原油価格が下がっていることで、最大のマーケットの一つである米国でエコカーブームが薄れ、もともと人気のある大型車の需要が増えている。これが今、世界の自動車業界全体の利益の多くを支えている。この瞬間で見ると、エコカーに対する需要という意味ではブレーキがかかった形になっているが、CO₂削減という観点から見れば車に対する燃費規制は当然強まっていく。日本で車の燃費が向上し、ガソリンスタンドが減ったことから現れているように、燃費規制が強まれば、エネルギーの需要が小さくなる。世界中で車の燃費は10年前と比べ20%以上向上している。日本で運輸セクターは原油の主な用途のうちの4割ほどを占めているが、その需要は車の台数が増加しない限り燃費の向上に合わせて低下する。よって運輸部門に対するCO₂対策ではまずは燃費規制が強まり、合わせて電動化が進んでいく流れになることが想定される。米国でも欧州でも、今後10年間で燃費をさらに向上させる動きがあり、その改善ができない企業には罰金を科すことすらある。今後新興国でも環境規制が加わると同様の動きが生じ、全世界的に車の燃費の向上が進んでいく。加えて車の総数は、2020年には頭打ちになり、増えなくなると言われている。

エアライン産業は、コストに占める燃料代の割合が多いため、

Strategy& 東京オフィスのパートナー。
25年以上にわたり、自動車、産業機械、
エネルギー、流通・サービス業など幅広い分野のクライアントに対し、全社成長戦略、技術戦略、新規事業開発、グローバル戦略など多数のプロジェクトを支援してきた。

図表1：多方面にわたる変革の可能性



出所：Strategy&

燃料価格の下落を鑑みると、確実に利益が増えると言っても過言ではないだろう。よって今のエネルギー価格が続くと、エアラインは大きく発展すると考えられる。現在のエネルギー価格を考えると、同様の構造を有するあらゆる産業に言えることである。

船は環境規制により、燃料や技術革新に変化が表れてきている。車は使うのは平均10年ほどであり、飛行機は機体そのものは20~30年、エンジンを交換しながら使うが、船の場合はエンジンも含めて20年以上使う。船が基本的に休みなく24時間運航することを考えると、非常に長い時間である。船は公海上、規制のないところで航行するため、燃費規制や排出ガス規制が困難であった。船籍は、船にかかる税金の安い国にすることが多く、船に投資をする

船主がいる場所とは異なることが多い。そのような中で徐々にオペレーターの側から、環境対策のために排出ガスや燃費規制を入れよう、という機運が高まってきている。船は重油を原料にディーゼルエンジンで動いているものが多かったが、重油は排ガスの問題やCO₂規制もあるため、クリーンさやCO₂の問題と長期にわたり安定的に安く手に入るというコストの点から、LNG燃料への舵を切っている。船のエンジンに関わる企業はLNG燃料への対応をする必要があり、新技術への対応が勝ち残りのカギを握る。一方で中国が造船の生産キャパシティを増加してきたために需要を超える生産能力があり、今後もインドやブラジルといった新興国の増産計画によりさらなる生産キャパシティの

増加が想定され、コスト面で中国や韓国勢に勝つことが難しい状況になっていることから、新技術への対応による対策が重要な意味を持つ。

これらのことは何を意味するのか、昨年来大きく価格を下げた原油相場については、さまざまな見方がされているが、上記のような状況から筆者は今後の原油価格の上昇には悲観的である。中東情勢はさらなる混迷を深めているが、そもそも世界の原油生産に占める中東地区の割合が小さくなってきている。原油価格の長期低迷は、ほかの産業にはコストの低下という恩恵以外にも、次で論じるようなさらなる変化をもたらすであろう。

製造業や素材産業

エネルギーを使う産業やエネルギーを原材料とする業界のエネルギーにかかるビジネスチャンスについて考えてみたい。こうした産業にとって、エネルギーは生産や物流に関わる必要不可欠なコストであり、それを抑えることは競争力に直結する大変重要な問題である。原発の問題や原料価格の高騰で、エネルギーコストが大きな負荷としてのしかかってくる。グローバルで見ると、エネルギーの地域的な違いが顕著に現れてきており、エネルギーの観点から生産拠点の立地を検討することも、製造業の競争力に影響を及ぼし得る。

また日本はエネルギーとしての電力が、他国に比べ割高である。電力を何で作るかは、価格を左右する重要な点である。現在、日本の電源の主流はLNGを燃料とする火力発電である。日本ではLNGによる発電コストが国の試算によると約13円/kwh。一方、世界の最先端の太陽光発電のコストは5~10円/kwhまで下がっている。日本の太陽光発電コストはそれに比べるとまだまだ高く、国の試算によると30円/kwhである。これはパネルの価格ではなく、設置側のコストによる。極端な例では米国、テキサスでは4セント/kwh程度で、再生可能エネルギーがLNGより安価に発電できるまでになっているのである。価格は普及に大きなドライバーとなるため、本来は再生可能エネルギーが安価で手にはいらないとCO₂の排出量は減らない。原発がここまで普及してきたのは過去に費用が安いと考えられていたためである。いまだ世界は

原発が発電の主流であるが、安全性の面から真剣に原発を廃止することになれば、CO₂排出削減の点でも他の電源の選択肢としては、再生可能エネルギーが有力な選択肢とならざるを得ない。このように電源が多様化してくることにより、電気がどこで作られるか、エネルギーはどこで余るのか、国や地域ごとに大きな差異が生じる。エネルギーは運ぶのに大きな投資が必要で高いコストがかかるため、特にエネルギー使用や素材としてのエネルギーがコストの大部分を占める企業は、エネルギーが安価な土地に生産拠点を移し、価値の高いものに変換することで競争力を高める企業も出てくる。

たとえば米国でのシェールガス革命により、安い原料が手に入ることで、世界の化学産業が米国に立地しようと動いたのはまさにこの動機である。また、石油化学業界では「石油」というエネルギーを原材料にして、さまざまな商品を作っていたが、実はガスも原材料に使えるものもあり、ガスが安く手に入るところに立地しようという動きが起こっている、という具合である。

これらにより、今まで「エネルギーを単純に作って売る」のみで産業が成り立っていた国は、今後の経済回復に長い年月が必要であることが予想される。エネルギーが安く採れる国では、従来のようにエネルギーをそのまま海外に輸出するのではなく、それを原材料にして何か付加価値のあるものを製造することで産業の育成を図り国の発展につなげていくが必要になるだろう。

また、再生可能エネルギーを産業の梃にしようと荒野や僻地に風力発電所を設置するだけでは、十分な需要は見込めず、作ったエネルギーをそのまま捨てることになりかねない。作り出したエネルギーを蓄積し別の製品に変換し、世界各地の消費拠点へ運搬する仕組みを産むことが不可欠である。エネルギーを水素など「貯めて運べるもの」に転換し、それにかかわる新しい産業エコシステムを構築することが重要である

ロシアや北アフリカ諸国のような国々が、1次エネルギー産業中心の経済から、電気を水素に変換して輸出するような3次エネルギー産業の育成や、安くできる電気を使い水など社会で必要不可欠なものに変換するような産業の育成を通じて、安定的な経済発展を目指すことは、世界の秩序と政治的安定のためにも不可欠

ではないだろうか。そこには技術と資本を海外から導入するインセンティブも含めて、新たな事業機会が生み出されてくるであろう。

一方でエネルギー意識の高まった最終消費者は、その商品が作られて手元に届くまでにどのようなエネルギーが使用されたのかに強く関心を持つようになる。その結果、企業は自社が選択したエネルギーが、最終消費者にとってはその商品やブランドのイメージにも直結し得る、というマーケティング面にまで影響を及ぼすことまで考えなければならない。

電気とガスの完全自由化による他産業の参入

目を家庭向けサービスに転じよう。電気とガスで今後起こるエネルギーの自由化は、発電・送配電・小売りの分離と自由化を引き起こす。それによりお客様のアカウントをめぐる、各エネルギー会社が携帯電話各社などと組むなど、言わば「顧客アカウント大争奪戦」が生じる。

たとえば一つの家計で見たときに、電気は1カ月約1万円、ガスは約5000円払っているとする。携帯電話は、親子がみんなで使っていると合わせて数万円と結構大きな額になる。さらに水道や固定電話など、公共料金と必要な固定費を多くの人々は銀行口座から毎月自動引き落としで支払っている。「顧客アカウント大争奪戦」では、このコストを、全部一括で管理しようという動きである。アカウントを握った企業は、各家庭の電気やガスの使用量、通信費などの情報をすべて手に入れることができる。個別のコストを管理するだけでなく、ひとまとめにすることで、アカウントの生活にかかるさまざまな情報のみならず、その引き落とし口座も把握し、携帯電話番号、さらにメールアドレスもすべて握っているとなれば、あらゆる消費パワーの吸引が起こるのではないかと容易に想定される。各家庭のエネルギーコストは季節変動はあれど不可欠な支払いで、毎月の家計の支払いの中では大きなウエイトを占める。これを巡り、各企業が業種を超えた提携や統廃合などの動きが進むであろう。

アカウントを握った企業は、顧客のいろいろな情報を入手する

ことで、まずモノを紹介し売り込みができる。毎月使う光熱費のフローの部分を把握できれば、今度はその人の生活パターンを分析し、そこから、その人に合った商品をプロモーションする。購買行動に結び付けられれば、次に引き落とし口座やクレジットカードその他の決済手段を抑えているので「決済」を獲得できる。決済から「ポイント贈呈」につながり、最終的に「お金を貸しましょう」になる。各種料金の支払い状況から信用情報を正確に得られ、新たな金融商品やサービスが提案できるようにもなる。たとえば地域によってはエネルギー使用量の季節変動が大きいので、例えばリボルビング払いを導入するなどの金融サービスなども考えられる。

こうしてみると、エネルギーのアカウントを把握するということは、さまざまな業界にとって非常に重要なマーケティングのツールになり得るという意味で、大きなインパクトを有する。大手Eコマース企業がクレジットカードを普及させて、ポイントを給付しているのは、当該企業はモノを売り、今後は電力も射程に入れることでユーティリティにも入り、グループの旅行会社で旅行の履歴も把握し、同じクレジットカードを使って決済もし、金融で融資もし、どんどん顧客の支出を獲ろうとしている動きと見ることができる。このように伝統的なユーティリティ企業が、これまでとは全く異なるプレイヤーと組むことで、新しいサービス形態が生まれようとしているため、顧客争奪戦の様相を呈することになっている。

エネルギー業界に押し寄せる変化の波

エネルギー業界にとっては、「電力とガスの自由化」は非常に大きな影響があることは自明のことである。従前、市民へのエネルギーの安定供給ということを絶対的な目的として、岩盤の規制で守られていたエネルギー業界も、市場の自由化の波が押し寄せてきており、もはや変化が避けられない状況である。この自由化を前に、エネルギーを生成する技術および市場でのプレイヤーともに多様化しており、たとえば新しく電力小売りに参加する企業として約200社もの企業が手を挙げたとされる。新たな

市場を狙う新規参入者にとっては、巨大なビジネスチャンスが広がっていると言える。ただし、これら電力小売りに参加する新規事業者は、単にこれまで地域の電力会社が消費者に共有してきたスタイルと同様のサービスを提供するだけでは新たな市場も開拓できない。社会に何らかの新しい付加価値をもたらすことが新規事業者には求められる。

エネルギー業界において、ITを活用した消費者への新しいサービスには大きな期待がかかるが、従来の「エネルギーのIT化」として挙げられてきたスマートグリッドの管理や、発電送配電の分離・小売りの分離、新システムの構築だけでは不十分である。顧客との接点で得られる情報を生かし、新しいサービスを提供することにITを生かすべきだろう。たとえばエネルギーを売る会社と保険商品は極めて親和性が高く、エネルギー会社は保険の販売会社になれる可能性も有する。

エネルギーと金融や保険と、一見かけ離れている産業が、ITで顧客のアカウントとライフラインの使用状況を把握することでまったく新しい役割を果たすことも可能になる。既存の金融機関が取り込むのか、エネルギー会社か、または流通などの他業種もしくはまったくの新プレイヤーか、いち早くビジネスチャンスをつかみ、販売チャンネルを手に入れた者が覇者となるであろう。

事業者や消費者にとっては、これまで所与と考えていたエネルギー事業者を、自分たちの消費スタイルに合うもの、割安なもの、環境にやさしいといった主義主張に合うもの、安定供給第一といったさまざまな条件から選択肢が増える商品となる。一方で、伝統的なエネルギー企業にとっては多様なプレイヤーとの新たな競争が待ち受けている。電気の自由化を追う形でガスの自由化も起こり、電気とガスの双方で新しい変革が生じる。多様化したエネルギーをうまく生産に生かしたり、消費者への新しいサービスに発展させたりする企業の競争が始まるだろう。

電力業界変革に対する 戦略ガイド

私たちが電気を作り、使い、管理する方法が、ついに変わりつつある。
その影響は、電力業界の境界をはるかに超える。

著者：ノーバート・シュワイターズ、トム・フラハティ
監訳：岡野 卓郎

電力業界がグローバルに変革の時期を迎えている。特に風力やソーラーなどの分散発電や環境からの要請をきっかけに多様な分野からの新規参入が顕著だ。本稿は、そのような変革の時代において、電力業界の既存プレイヤーにとっても、他業界の企業にとってもどのように思考し、対応するべきかの戦略“ガイド”として機能することを目的としている。弊誌前々号「エネルギーとスマート化」で紹介した事例とも関連するが、特にTesla(テスラ)やGoogleなどの新興企業が業界の垣根を越えて、電気自動車やデータをレバーに新たな電力のエコシステムを創造していくことが着目すべきポイントだ。さらには情報とグリッドに“コネクテッド”な消費者自身が大きな力を持ち、新たな付加価値や顧客接点の変革をけん引していこう。(岡野 卓郎)

電力業界は、さまざまな理由で破壊的革新(ディスラプション)が起こりそうになかった業界だ。トーマス・エジソンが発電所を建設し始めた1880年代から21世紀初めまで、実態はほとんど変わっていない。経済界のリーダーたちは、電気について考える必要などほとんどなかった。電力は発電所や地域の電力会社、政府から供給されるものであり、発送電の方法や管理の仕方に口出しする機会もなかったためだ。電力会社の役員たちも、絶大な安心感に基づいて長期計画を策定・実行し、経済成長に伴って需要は伸びる中で、自然な寡占状況が当たり前と認識されてきた。

しかし、そのような時代は過ぎ去った。重要な変革が同時多発的に進行し、世界の商取引と人の快適な暮らしにとって欠かせないエネルギーである電力は発電、送電、蓄積、販売の方法に革命が起こりつつある。トップダウンの中央集権体制からより分散化され、インタラクティブな体制へと移行している。エネルギー・ミックス

も、高炭素から低炭素へ、炭素ゼロさえも含まれるものへと変化してきている。多くの地域で電力ビジネスは、寡占から競争の激しい市場へと変化している。

最近まで大多数のユーザーにとって、電力は選択する余地のない必需品であったが、今や多種の電力源や供給者から選べるようになった。テクノロジーの発達で、消費者は電力を調達・使用・貯蔵するにあたり、より大きな決定権と選択肢を得た上に、自家発電で収入を得る機会まで手に入れたのだ。テクノロジーの力と、顧客主導の要求の力が、有益に相互作用する時代になったのである。

このことは電力業界に、従来の硬直的で発電能力を基本的に割高な料金を課してきた手法から、柔軟性を重視せざるを得ないパラダイム・シフトを引き起こした。長い歴史の中で、電力業界は世界的に、発電・変電・送電・売電・小売りと細かく役割分担してきたが、現在は、新たなプレイヤー、テクノロジー、プロバイダと顧客

ノーバート・シュワイターズ

norbert.schwieters@
de.pwc.com

PwCドイツ法人デュッセルドルフオフィ
スのパートナー。グローバルのエネル
ギー・プラクティスのリーダーを務める。

トム・フラハティ

tom.flaherty@
strategyand.us.pwc.com

Strategy& ダラスオフィスのリーダー。
電力、ユーティリティ・プラクティスの
一員であり、電力・ガス業界に対し幅
広くコンサルティングを行っている。

岡野 卓郎 (おかの・たくろう)

takuro.okano@
strategyand.jp.pwc.com

Strategy& 東京オフィスのマネージャー。
10年にわたり、商社・エネルギー企業を
含む幅広いクライアントとともに、全社
戦略、グローバル化戦略、組織改革など
のプロジェクトを中心に行ってきた。

間のやり取りの活発化や選択肢の増加、業界間の境界線の曖昧化で市場が激変している。狭い業界の中で少数のプレイヤーとのみ取引していた既存企業も、多彩なスタートアップ企業とも取引せざるを得ない。結果、電力システムは一方向的な形態から、統合されたネットワーク型の生態系へと進化している。これらの変化に加え、マクロ的にはデジタル革命も、電力システムを静的な安定した場から動的で破壊的な革新の場へと変えている。かつて、電力会社株は極めて安定した株式であり、社会的弱者でも電力株を持っていれば安泰と言われていたが、新たな環境においては、電力会社そのものが時代遅れとなるリスクに直面している。PwCの第18回世界CEO意識調査において、電力会社の役員が「自社が破壊的革新(ディスラプション)に直面している」と認識している割合が、他の業界に比べて特に多かったのもうなすける。しかし、これらのリーダーたちは、変化を恐れるのではなく進んで受け入れ、新たに出現した機会に積極的だ。

電力業界が変わりつつある根底には、世界的なメガトレンドの独特な組み合わせが考えられる。地球温暖化ガス排出や気候変動への懸念が、電力会社への厳しい政治的・社会的圧力となり、使用する燃料構成の改善とさらなる効率化推進との両面からの取り組みを促している。PwCの2015年のGlobal Power & Utilities (P&U) Surveyによると、太陽光発電など再生可能エネルギーのコスト下落、大規模・小規模の蓄電技術における画期的発明、新たな省エネ技術などが、これまで以上に、分散化した発電システムへの移行を推進している。ビッグデータの普及と採用、インターネットベースのアプリケーションによって、よりインテリジェントでインタラクティブなシステムが実現し、個人の電力消費習慣を変えた。さらに既存プレイヤーと新規参入組の競争激化や隣接業界からの活発な参入により新たなビジネスモデルの開発も促したことが指摘される。

このようなダイナミックな機運は、先進国の成熟した電力市場に限った話ではない。電力普及が未だに不十分な開発途上国でも、同様の変化が急速に進んでいる。サハラ砂漠以南のアフリカ諸国では、分散発電技術の導入によって、初めて消費者が電力供給を受けられるようになったケースもある。

アフリカで、かつて携帯電話が一気に広まって固定電話のインフラ整備が不要となったように、分散した再生可能エネルギーシステムを最初から導入すれば、集中化された発電所が必要ない可能性もある。

こうした変化に直面している、電力業界の既存プレイヤーは、将来の存続を賭けて戦略を再構築する必要がある。またこの革命は、電力業界とそのサプライチェーンの全企業と、電力を購入している全企業や消費者にとって大きな意味を持つ。購入者にとって、選択の余地がなく単なるコストに過ぎなかった電力が、今後ははるかに価格変動性が高く、高価値なものへと変容していく可能性がある。これらによって、未曾有の機会が出現し、消費者の電力に対する見方は180度転換し、消費者は発電者を兼ねた存在となるのだ。企業は、需要計画に参加し、風力発電所と電力購買契約を締結し(それにより環境配慮のイメージを高める)、ピーク時の高い電気料金を避けるために蓄電設備を設置し、電力使用を効果的に管理するデータやソフトウェアのサービスと契約するといったようなことができる。数年後にはそれが、顧客の利益につながるケイパビリティを強化する技術やアプリケーションとして利用されるだろう。いずれも、新規参入業者、隣接分野の企業、賢い消費者にビジネスチャンスを提供する。端的に言えば、これまでになく幅広い分野のリーダーにとって、今は電力について戦略的に思考し、新たな可能性を構想し、自社のケイパビリティが十分かを検討することが不可欠な時代なのである。

電力業界における破壊的革新

電力会社が今後「死のスパイラル」に陥る、といった予測は誇張だが、変化にいち早く対応しないならリスクは高まるだろう。エネルギー革命によって新たな市場やビジネスモデルが次々と確立されれば、既存プレイヤーは戦略面で敗者となってしまふ。電力会社にとってのリスクは、最終消費者への送電サービスで、効率の良い他社に取って替わられることである。他業界では、Amazonが実際に既存の出版社や小売り書店を駆逐したように、

電力業界における新進企業もまた、中間業者を駆逐してしまう可能性がある。

電力会社は、変わりゆく環境の中で戦略を再検討しなければならない。多くの家庭や企業が経済的メリットに惹かれて、規模を問わず、消費する電力の一部を自ら発電することに踏み切っている。ドイツの自宅所有者が屋根上ソーラーパネルで発電する一方で、ブラジルの製造業者は工場の一角にコジェネレーション(熱電供給)設備を導入している。ドイツ銀行の「2015年太陽光発電予測(2015 Solar Outlook)」調査によると、世界の多くの国において、屋根上ソーラーパネルで発電した場合の電力コストはキロワット当たり0.13~0.23ドルで、多くの国の電力小売り価格よりはるかに安い。

需要の形態にも、変化が起きている。2014年度の調査においてUBS証券は「2020年までにバッテリー価格は現在の半分以下に下落する」と予測したが、バッテリーのデザイン進化によって、既に経済合理性のある電気自動車が実用化されている。蓄電池技術の進歩は新たな設備投資も促進しており、たとえばテスラ・モーターズ(Tesla Motors)は、ネバダ州に40~50億ドルを投じて巨大バッテリー工場を建設中である。安価な蓄電が実現したことで、顧客のグリッド(送電網)との関わり方も劇的に変わる可能性がある。自家発電した電力をグリッドへ売る能力を持った顧客が増え続ければ、電力会社は主な電力供給者から「数ある供給者のうちの一家」とならざるを得ない。また蓄電設備の普及で電力消費パターンの新たな管理方法が確立されれば、電力会社が担ってきた需要変動に合わせて電力を供給するという役割は縮小するであろう。利用者からの収入が減少するなかで送電網の保守・運転のコストを賄っていかねばならないため、電力系統の設計変更の必要性にも迫られるであろう。

一方、市場も急速に変化している。世界のあらゆる国で電力は規制された業界であり、何層もの規制が存在することが多い。現行の市場制度設計に大きな変更を加えない限り、発電能力中心型から、柔軟な分散型電力システムへの移行に対応することはできない。しかし業界変革の波を受け、市場も進化が迫られ、将来は多様な市場モデルが新たに出現するだろう。それは単体で

出現する場合もあれば、ある特定の地域内で複合的に現れる場合もある。たとえば、政府がエネルギー業界を保有・運営し、再生可能エネルギーとデジタル技術の導入を義務付ける「エコ型指令統制市場」や、「超分散型発電市場」として各地に分散したエネルギー資源を活用するため、送電網への電力集約と需給バランス確保の方法に変革が起きるパターン、地方共同体が電力供給や市場について決定する権限を強める「地方型システム」、再生可能エネルギーを、国境を超えてまたは国内で長距離送電する広域「スーパーグリッド」などが想定される。

業界の対応

将来のビジネスモデルを定義するために、電力会社は自社の存在意義や将来の市場におけるポジショニングを理解し、問い直さなければならない。過去には、電力会社が発電から小売りまで完全に統合された事業を運営するのが当然と考えられていたが、今やアンバンドリングの機会がバリューチェーンの深部まで

図表1：エネルギー業界のビジネスモデル

電力会社1社が全セグメントを所有、運営していた伝統的な電力業界モデルは今、バリューチェーンにおける細分化されたセグメントに特化する新規参入業者からの競争に直面している。

伝統的な電力会社	発電	送配電	小売
発電 + 送配電 + 小売	コモディティ・サプライヤー 「発電+小売電力会社」	グリッド管理者 グリッド開発者	プロダクトイノベーター サービス・バンドラー 付加価値提供者 バーチャル電力会社
	資産重視型 (統合型)		サービス重視型 (細分化型)

出所：Strategy&

デジタル技術に支えられたスマート電力の時代では、
主なサービス販路はオンラインになり、
電力小売り価格は、革新的なデジタル・プラットフォームによって決定される

食い込み、細かな役割に特化した事業者の参入が増加している。その結果、電力会社は自らの役割やビジネスモデルを再検討するだけでなく、製品やサービスの提供、顧客との関わり方にも見直しが迫られている(図表1参照)。

今後も電力会社は従来の業態をある程度維持するだろう。エネルギー供給者は、集中化された発電施設を使った送電を担い、システムインテグレータは、送電網の随所に配置された技術インフラを使って需給ピークの調整を行うことに専念する。電力の供給とシステム統合を担う資産重視型の企業は、いくつかのカテゴリーに分類される。一つは「純粋な電力販売、コモディティ・サプライヤー」で、発電所を所有・運転し、市場価格で、競争的な卸市場へ電力を販売する。二つ目は「グリッド開発者」で、発電所から配電事業者へと送電する際に通過しなければならない変電所の用地確保や建設、所有、保守を行う。三つ目は「グリッド管理者」で、変電所・配電網を運営するとともに、発電事業者および小売りサービス事業者に、自らのネットワークを開放して使えるようにする。四つ目が「発電+小売り電力会社」で、自前の発電所を持ちながら電力の小売り事業も行う。資産の効率的活用とともに、「モノのインターネット(Internet of Things)」技術の活用が成功するために不可欠となるであろう。

また、特に顧客、データ、テクノロジーに関わる新たな領域で、多くのイノベーションやビジネス機会が生まれる可能性が高い。スマートグリッド、マイクログリッド、ローカル発電、ローカル蓄電は、企業が新たな形で顧客と関わる機会を生み出すだろう。全ての顧客のためにグリッドの価値を高めようと努力する企業は、システムのパフォーマンスを改善し、顧客との関わりを強化し柔軟性を実現するテクノロジーを導入する。そして、拡張性ある蓄電、バーチャル電力、自宅のオートメーション化と利便性向上、需要側のマネジメントにおけるソリューションを提供するだろう。デジタル技術に支えられたスマート電力の時代においては、主なサービス販路はオンラインとなり、電力小売り価格は、革新的なデジタル・プラットフォームによって決定されることが期待される。

これら進化した電力小売り業者は、いくつかのカテゴリーに分類されるが、その一つ目の「プロダクト・イノベーター」は、電力

と同時に「メーターの後ろにあるもの」も販売して、電力小売り業者の役割を拡大し、顧客の期待するサービス内容も変えていく。たとえば、電気自動車への充電事業を積極的に展開し、顧客の敷地内インフラの設置(さらに蓄電技術、燃料電池と組み合わせた屋上太陽光発電パネルの管理・統合業務)を行うだろう。

二つ目の「サービス・バンドラー」は、標準的な電気・ガスや関連サービスを提供することに加えて、自動車メーカーやマーケティング会社、技術専門家と協働して、全く新しい新たな電力関連サービスを提供することで、将来の顧客ニーズにいち早く対応する。たとえば、電気自動車のライフサイクルを通じてのバッテリー交換、新たに電気・ガスの契約を行う際のサービス設定のコーディネートなど自宅関連の利便性向上のためのサービス、自家発電した電力を電力会社に買い取らせる際のマネジメントなどのサービスである。三つ目の「バーチャル電力会社」は、分散型システムで発電された電力を集約し、エネルギー市場間の仲介役を務める。バーチャル電力会社はさらに、従来は第三者が提供してきた、伝統的なサービス圏外に散在するエネルギー資源の統括など、新興サービスの統合者としての役割も果たす。四つ目の「付加価値提供者」は、情報管理、ビッグデータ、オンライン・アプリケーションなどの基本能力を活用する。たとえば、産業・商業界の顧客にサービスを提供する英国のキウイ・パワー(KiWi Power)は省消費に向けた戦略を提案し、大手企業の電気代を大幅に削減することに貢献している。

多くの企業は既に、分散型の電力システムを想定し、自らのポジショニングおよびビジネスモデルを分散型発電や、バリューチェーン上の新業態へと移行している。単純な電気の販売ではなく、高効率な集中管理や省エネ対策の価値をエネルギー・マネジメントのサービスとしてまとめて提供し、顧客との関わりには、ソーシャルメディアなどの新規チャンネルを利用している。将来的に既存プレイヤー各社は、顧客のためにエネルギー消費を直接マネジメントするサービス、ホーム・マネジメントなど利便性を向上させる製品やサービスを幅広く提供する業態へ進化していくであろう。

電力会社が今後のビジネスモデルについてどのような決定を下すにせよ、イノベーションや顧客との関わりに対する考え方を変えなければならない。大半の電力会社は、競争力の高いイノベーター企業の成長曲線よりも、意識の面ではるかに後れを取っており、いまだに技術重視の枠にとらわれている。既存電力会社は視野を広げて、プロセス、製品、ビジネスモデルといった全ての領域が、イノベーションというシステムの構成要素であると認識せねばならない。これらは電力業界にイノベーションを起こす、潜在的な起爆剤の宝庫なのである。

また、現代のネット上の「コネクテッドな顧客」は電力業界よりも、ソーシャルメディアや携帯機器を使ったコミュニケーションに精通しており、電力会社はそうした顧客との関係を強化する必要がある。顧客がエネルギーに関する意思決定をシンプルにしたいのに合わせて、電力会社は顧客にとって“エネルギーに関する全てに対してパートナー”となることを訴求していくべきである。顧客との信頼関係を早期に構築すれば、他業界から競合が参入しても、強力な差別化要因にできる。

電力会社が顧客志向を強めて従来の業態を脱却するに際しては、細分化された市場で競争優位性を保つために必要なケイパビリティが自社にあるか、その優位性はどの程度かを測定しなければならない。既存のケイパビリティ(たとえば規制当局への対応や、大規模な発電所のマネジメントなど)のうち、現在どれが必要レベルを満たしているか、今後どのような新たなケイパビリティを開発する必要があるかを把握しなくてはならない。たとえば、電力会社が「メーターの後ろにある技術」や高度なデータ解析技術を使って良質な顧客インサイトを捕捉するには、スマート機器やグリッドからデータを収集、合成、解析し、それらをアクション可能なインサイトや将来への見通しへと変換させる高度な専門知識を要する。次に、収集したデータに、人口動態などの情報、消費行動、顧客の特徴など、データ活用には役立つ要因を含む、追加の情報レイヤーを重ね合わせなければならない。

新時代に成功者となるためには、未知の領域に侵入する勇気が必要なのは明白だが、一方で、これまで安定したサービスを

受け取ってきた既存顧客の期待も満たしていかなければならない。このように異なる二つのビジネスモデルを同時に追求するには、新規事業の開発と既存顧客への価値提案の策定を構造的に分離させる必要がある。これら二つの責任は、互いに利益相反する可能性があるからである。そうした変革を起こすためには、抜本的な措置が必要なこともある。たとえばドイツの電力会社であるエーオン(E.ON)は、自らは再生可能エネルギー、送配電網、顧客向けソリューション開発に注力するため、発電、グローバルなエネルギー取引、探査・生産の各事業を「ユニパー(Uniper)」と称する別会社に移管する方針を発表した。

別の進め方として、新規参入者や小規模事業者とともに、ターゲットを絞ったアウトソーシングや提携も考えられる。既存の電力会社は、これらのイノベーションを育成するとともに、新製品やサービスの規模拡大を支援し、また場合によっては、独自のケイパビリティのさらなる活用として、その企業を買収することもできる。新たな収益と販路拡大を通じて、既存事業を成長させるには、革新的なサービス提供者や市場参加者との提携やパートナーシップが必須となる。こうした領域で電力業界は豊富な経験を持っているとはいえない。「自前か、提携か、買収か」の決断には、イノベーションと業界変革を推進し、新規顧客獲得や事業開発につながる自社の差別化要因は何かについての明確なビジョンが必要である。電力会社は、顧客接点・体験について誰が責任を負うのか、送配電網やネットワークは誰が管理するのか、効率性、品質、コストは誰が担保するのか、そして、コアのケイパビリティとして何を自社の軸とするのかを決定しなければならない。

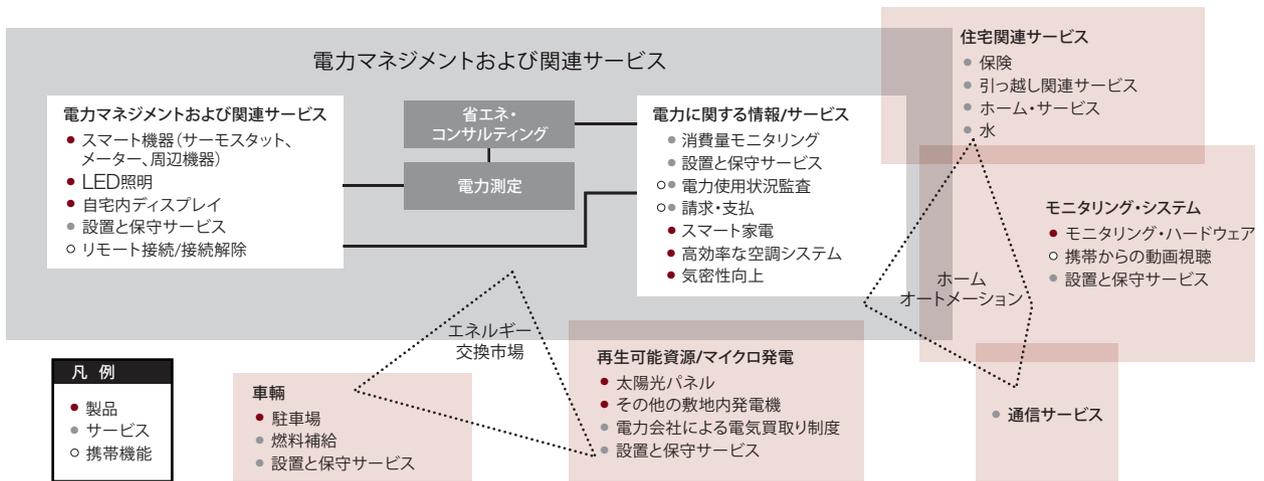
変革後の世界における新規参入者

電力会社は、長い年月にわたる実績、莫大な資産、顧客基盤に加え、関連するケイパビリティを有するが、新しい環境に適応しようとする取り組みの中で、新たな競合相手にも直面している。電力会社に変革を迫ったのと同じ力が、過去電力業界との接点が

自前の送配電網を持つ、
分散型電力の企業コミュニティでは、
電力会社以外の企業が電力やデータを
マネジメントする役割を担うことができる

図表2：拡大する電力業界の生態系

テクノロジー、ビジネスモデルの革新、規制改革などによって、新たな業態や業種が育ちつつあり、他業種との協働も進む。



出所：Strategy&, PwC

ほとんどなかった企業や完全な新規参入者に参入機会を与えているからである。過去においても、革新的なビジネスモデルのほとんどは新規参入者によって考案された。そして分散型電力市場への参入障壁はかつてなく低くなっている。現在数百億ドル規模の電力市場には、電力マネジメント・需要管理業務、ローカル発電、大規模な蓄電と地域スーパーグリッド、消費者の行動転換を奨励するソフトウェアなど、多種多様な機会が存在する(図表2参照)。新規参入企業は、急展開する電力関連テクノロジー事業、顧客サービス事業に参入するために、数々の戦略的行動を起こすことができる。

企業は第一に、自社が、変わりつつあるゲームに参加できるか問うべきである。新時代の電力市場において役に立つ、どのようなケイパビリティが自社にあるか?この問いへの答えは、

テクノロジーとは無関係な場合もある。2011年、ユタ州を本拠とする創業15年のホームセキュリティ企業で、機動力の高い直販営業チームを持つビント社(Vivint)は、太陽光パネル事業に参入することを決めた。

ビント社にはソーラーパネルを設置できる機能はなかったが、膨大な個人宅を訪問できる営業部隊を管理・育成し、報酬を与えるケイパビリティがあった。同社が13億ドルでIPOを成功させた2014年春、営業部隊は2万2,000世帯の顧客に対して屋上ソーラーパネルの契約を獲得した。翌年5月には、同社が設置したソーラーパネルの発電能力は合計274メガワットに達し、電力会社の発電所の出力に匹敵する規模となった。

GEやシーメンス(Siemens)などの工学技術系企業は長年、分散型電力市場での大規模なセグメントに機器類を供給して

エネルギー消費の削減は、
利益を得るための数ある方法の一つに過ぎない。
電気料金が安い時間帯へ需要をシフトすることでも、
企業は大幅なコスト削減を実現できる

ホーム・ベース

インターネット、デジタル、データマネジメント業界の企業各社は、電力業界への参入に関心を強め、メディア、娯楽、自宅オートメーション、省エネ、データ集約など各セグメントの機会を評価している。「5年後の電力業界における主戦場は、“ホーム(住宅)”だ」と、NRG Energyのデイヴィッド・クレーンCEOは『ブルームバーグ・ビジネスウィーク』に語る。「競合相手や提携先となるのは、Googleやコムキャスト

(Comcast)、AT&Tなど、既にメーカーの中に食い込んでいる各社だ」。既に顧客の自宅や生活環境に、有線または無線の通信回線で接続しており、米国で電力卸事業のライセンスを持つGoogleは、2015年1月、スマート・サーモスタットメーカーのネスト社(Nest Labs)を32億ドルで買収し自宅オートメーションおよびエネルギー・マネジメント分野での強力なポジションを手に入れた。また、この買収でGoogle

はさまざまなアプリケーションの可能性も手に入れた。PwC「顧客変革に関する円卓会議」における基調講演で、Google最高技術提唱者のマイケルT. ジョーンズは、将来の可能性を語った。「全ての電子機器がアグリゲーターに向かって、自らの消費電力を集約することで、それぞれが必要とする電力をオークションで調達できる。あとは、料金がいくらかを誰かに決めてもらうだけだ」。

きた。しかし分散型電力業界が成長し拡大してきたことで、個々の顧客レベル、企業の集合体レベルの両方で、企業と電力業界の境界線が曖昧になりつつある。たとえばシーメンスは、ハワイの大規模農場である「パーカー・ランチ(Parker Ranch)」とプロジェクトで事業運営コスト削減の為に大規模な出力のマイクログリッドを建設している。

自前の送配電網またはマイクログリッドを持つ分散型電力の企業コミュニティでは、電力会社以外の企業も、電力やデータをマネジメントする役割を担う事ができる。データセンター市場への新規参入事業者は、データ分野と同じぐらい電力分野にも関連性の高い製品・サービスを開発している。たとえば、英国系PEファンドが出資するハイドロ66(Hydro66)という企業は、寒冷なスウェーデン北部の水力発電所付近でデータセンターを運営している。また米国のオーパワー社(Opower)は、ビッグデータ解析、クラウドコンピューティング、

行動経済学インサイトを組み合わせて省エネ促進効果のある請求業務とコミュニケーションのためのソリューションを開発し、現在、90の電力・ガス会社、合計3200万人の顧客に提供している。

コンバージェンスが特に起きる領域は、電気自動車と蓄電・発電技術の間である。テスラ創設者でソーラー・シティの共同創設者でもあるイーロン・マスクは、これら2業種の境目に立つ存在である。テスラは、高度な自動車用バッテリー製造で得たノウハウと規模のメリットを生かして、パワーウォールという新たな自宅用蓄電システムを作った。これは、ソーラーパネルで発電した余剰電力を蓄電しつつ、予備電源としても役立つものである。

そのようなシステム・ソリューションは、既存の電力会社と新規参入業者の両方にとって将来有望である。スマート・シティのコンセプトは、デジタル技術と高効率な再生可能エネルギー

の融合、そして都市計画と建設事業という二本の柱の上に成り立っている。スマート・シティは、新たな交通機関、医療、水道、廃棄物処理などのサービス向上を通じて、人々の生活の質を向上しようとする試みである。たとえば、インターネット・アプリケーションと電気自動車を融合させれば大都市圏における自動運転を含めた新たな交通インフラが整備される。PwCの2015年のGlobal P&U Surveyによると、今後10年間でスマート・シティやコミュニティは、ますます重要な役割を果たすようになっていくと見られる。

新規参入業者、電力顧客のための戦略

大量に電気を消費する企業にとって、進化する電力市場を利用して利益を得るためには幅広い選択肢がある。

発電者になる

分散型電力市場は、あらゆる種類のプレイヤーが発電、売電することを可能にする。IKEAは、米国のほぼ全店舗に、屋根上のソーラーパネルを設置した。米国最大のゴミ収集会社であるウェイト・マネジメント(Waste Management)は、発電事業に乗り出す方法を発見した。全米130ヶ所のゴミ埋め立て場から排出されるメタンガスを捕捉し、敷地内で発電するための資源として使うことで、同社は、米国環境庁が定義する再生可能エネルギーの重要な生産者となった。出力は約500メガワットで、40万世帯への電力供給が可能である。発電した電気を使用・販売することに加えて、同社はこれらのケイパビリティの外販も事業としても展開しており、他社が自らのゴミ埋め立て地で同様のシステムを構築しようとする際に、プロジェクトマネージャーや顧問としてサービスを提供している。エネルギーを大量消費する事業においては、自家発電は有効な方策として採用されてきた長い歴史がある。たとえば、スカンジナビアの建材メーカー、モールヴェン(Moelven)は、自社の製造工程で出る木屑のバイオガスで消費エネルギーの95%以上を賄うことを目標に掲げ、「バイオエネルギー業界の技術的発展と市場の発展に積極的な役目を果たしたい」と語る。

自らの消費パターンについて調べる

電気代はかつて、恒常的な固定費と見なされていた。しかし現在生じている全ての変化を背景に、電気代を削減する方法は豊富にある。以前はコストだったものが、利益や効率オペレーションの改善余地とすることも可能になったのだ。

PwC調査によると、「省エネ技術」は、現在から2030年までの間に、電力市場に最大の影響を及ぼす技術として特定されている。しかし、電力消費を減らすことは、電力業界の変革から利益を得る一つの方法に過ぎない。電気が余り気味で安価な時間帯へと需要をシフトすることもまた、製造企業にとって大幅なコスト削減につながる。

需要を調節してコスト削減につなげるやり方は、「アドバンスド・デマンドサイド・マネジメント」と呼ばれるが、まだ十分活用されているとはいえない。その理由は多々あるが、電力を供給する方が、需要を調整するよりも利益になることも理由の一つと考えられる。しかし、電力使用量を急減することは、電力系統にとってエネルギーの提供と同じくらい重要となる可能性もある。今後、市場が化石燃料依存から脱却して太陽光や風力などの再生可能資源の割合が増えるにつれ、需要をピーク時以外へとシフトすることに対価が払われるような需要調節の市場を確立する必要がある。

電力消費を自社ブランド向上に活用

このような環境で作用しているユニークな要因の一つが、多くの企業にとって、電力消費がブランドイメージの一部となり得るということである。地域によってはどの種類の電力を、どのように使っているかが、企業文化の重要な構成要素となっている。電力使用は、自社を差別化し、企業の価値観が社員や現地コミュニティの価値観と一致していることを示すだけでなく、マーケティングや広告戦略の一部でさえある。2015年2月、Appleはファースト・ソーラーと8億5,000万ドルの契約を結び、カリフォルニア州に同社が建設するメガソーラー・ファームで作る電力を買い取ることに合意した。このメガソーラーは、Appleの同州での事業に必要な電力を全て賄える。この契約はAppleが低排出エネルギーを使い

「世界各地の全データセンターを再生可能電力で稼働している企業」としてのイメージを構築する戦略の一部であった。

これまでの変化の軌道

動乱の時代において企業は、脅威に対処するのと同様に、機会を捉えることにも鋭敏でなければならない。自社の電力変革は、取締役会で審議し承認するレベルの戦略的決断が必要な課題である。

政策や、最終的な市場の形態への不確実性もあるが、ここまでの軌道は明確である。今日までは、気候変動への懸念と技術イノベーションが、電力業界の変革を後押しする二つの要因であった。しかし今後、顧客が自らの手元にあるツールの使い方に習熟し、競争がさらに魅力的な提案を引き出すような、顧客主導の力が、変革の主な牽引力となるであろう。

今私たちに見えているのはほんの表層だ。今後、さらなるディスラプション(破壊的革新)が起きるポテンシャルは計り知れない——だが、同じくらい大きなチャンスも存在すると考えてほしい。

“A Strategist’s Guide to Power Industry Transformation”, by Norbert Schwieters and Tom Flaherty, strategy+business, Issue 80 Autumn 2015

電力貯蔵による 電力システムの 柔軟性確保

著者：瓜生田 義貴

電力システム改革によってこれまで一体であった「電気を作る」「電気を送る」「電気を売る」機能が分離されようとしている。これは制度に起因する大きな変化であるが、技術上でもこの変化を加速する可能性として近年進展している電力貯蔵の技術がある。電力貯蔵自体は古くからあるアイデアであるが、このバッファをシステムに導入することで「(再生可能エネルギーの導入と需給ピークの平準化により)世界中の発電所の数は現在の半分でよくなる」(テスラCEO)という世界が実現に向けて動きだしつつある。

電力の需給におけるムダ取り

東日本大震災以降にベースロード電源、ピーク電源という言葉が一般的になってきたように、電力の需要は時間帯・季節によって実に変動が大きく、その脈動に対応できるよう電力会社は発電設備を各種取り揃えて対応してきた。たとえば、ある1日の中でも日中と夜間での電力需要の変動は大きく、季節間で見ても夏と冬の間ではピーク需要に大きな差が存在する。電力会社は年間のピーク需要を満たせる容量まで発電能力を積み上げた結果、年間の稼働日数が数日という発電所も多く存在している。

近年、急速に太陽光や風力発電設備の新設がなされているが、これらの発電方式の課題は、出力が太陽任せ・風任せで出力変動が全く読めないという点にある。従来の系統に接続しようとしても、他の発電所で需要変動を吸収する必要がある点や、従来想定されていなかった大容量の電力が末端の配電網に入力されるためハード上の不都合が生じる点から新電源の潜在力をフルに活かしきれないでいる。

この需要変動の山谷を平準化するアイデアとして電力貯蔵の考え方は古くから存在し、現に1900年から揚水発電という形で実現されてきた。その後しばらくそのほかの実用的選択肢は特に存在しなかったが、近年の各種電力貯蔵技術の進歩により、その選択肢や可能となる適用範囲が格段に広がってきている。

目的に合わせた複数のエネルギー貯蔵手段

エネルギー貯蔵の手段を比較する際には、用途に応じて変換効率、費用、貯蔵能力(出力・容量・密度・放電時間)を考慮することが重要となる。各エネルギー変換の方式毎にそれぞれの長所・短所を概観してみたい(図表1参照)。

(1) 力学的エネルギーに変換

- **揚水発電**：夜間のベースロード電源を用いて水を高所にくみ上げ、昼のピーク需要時の発電に活用されている。高出力・大容量の貯蔵が可能な最も成熟した技術であるが、立地が限定される上、初期コストがかかる。
- **圧縮空気貯蔵**：電力を用いて空気を天然の地下岩塩ドーム等に(ガスと共に)圧縮して保存し、ピーク需要時にガスタービンにて発電を行う。大容量の貯蔵が低コストで可能であるが、立地が限定される上、初期コストがかかる。
- **フライホイール**：回転エネルギーの形で電力を保存する。高出力、長寿命でメンテナンスフリーであるが、エネルギー貯蔵密度は低くまた精密加工の技術が求められる。

瓜生田 義貴 (うりうだ・よしたか)

yoshitaka.uriuda@
strategyand.jp.pwc.com

Strategy& 東京オフィスのマネージャー。
エネルギー・製造業を中心とした幅広いクライアントに対する海外進出戦略、
中期経営計画策定などの戦略策定
および実行支援のプロジェクトを手掛ける。

図表1：代表的電力貯蔵技術の特徴

		変換 効率	費用	貯蔵能力(現状最大規模の例)			
			投資	出力	容量	密度	定格出力 での放電時間 (レンジ)
			万円 /kW	MW	MWh	Wh /kg	
力学的	圧縮空気貯蔵	80%	~10	100	2,800	-	日
	高出力フライホイール	95%	-	20	5	-	分
	揚水貯蔵	85%	~1	3,000	30,000	-	時間
電気化学的	リチウムイオン電池	90%	~15	25	50	1,200	時間
	フロー電池	60%	~7	25	75	10~30	時間
化学的	水素	60%	-	-	-	-	-

出所：各種資料よりStrategy&分析

(2) 電気化学的エネルギーに変換

- **二次電池**：電力を化学エネルギーに変換することで電力を貯蔵している。ハイブリッドや電気自動車等で実用済である。高エネルギー密度で軽量であるが、生産コストの低減が求められる。
- **フロー電池**：荷電流体がイオンを膜交換する形で電力を貯蔵する。信頼性が高く長寿命であるが、低エネルギー密度であることと初期コスト・ランニングコストがともに高いことが求められる。

(3) 化学的エネルギーに変換

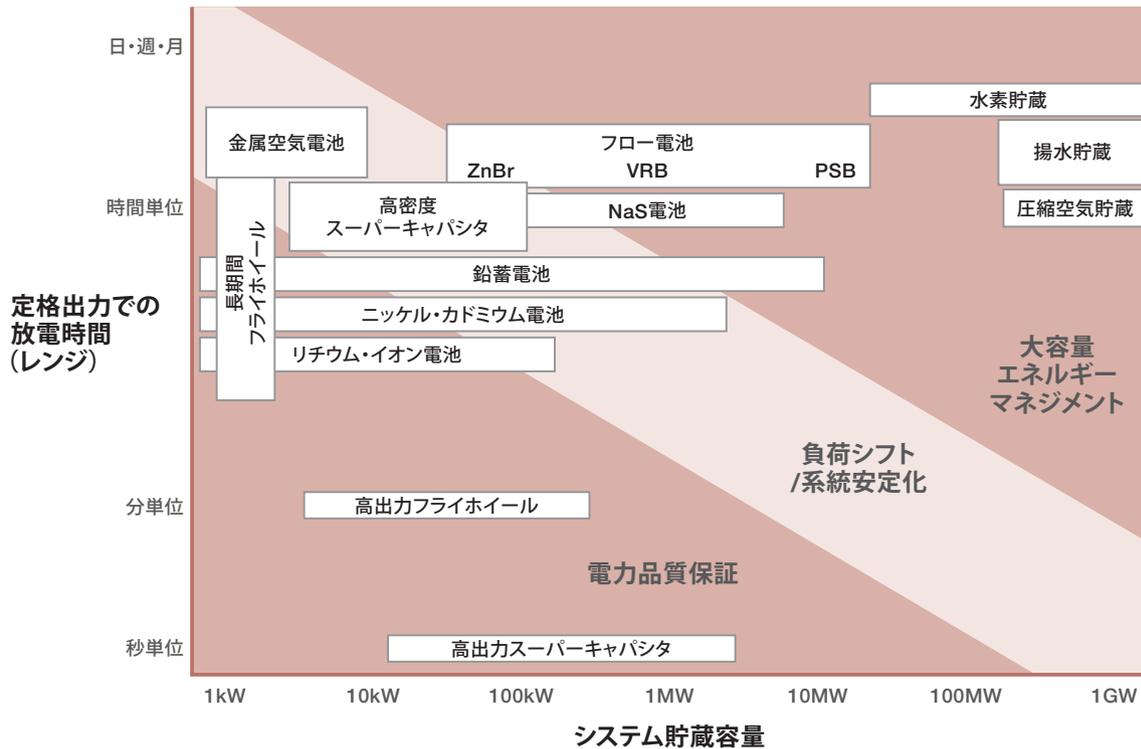
- **水素貯蔵**：電力を用いて水を電気分解し水素として保存し、

必要に応じガスとして、または発電等のアプリケーションで利用するもの。高出力・大容量の貯蔵が可能であるが、エネルギー変換効率が低い。コストの面で軽減が求められる。

以上の代表的なストレージ技術の特徴を一覧にした表が図表1である。

また、横軸に出力規模、縦軸に定格出力での放電時間でプロットしたのが図表2である。右上に行くほど大容量のエネルギーマネジメント用途、左下に行くほど電力品質保証用途に使われることが多い。ただし電池については組み合わせてスケールを増加させることで右上へと移行することが可能である。

図表2：代表的な電力貯蔵用法とその用途



出所：各種資料よりStrategy&分析

電力貯蔵の進展により社会はどう変わらうか？

電力貯蔵のメリットを需要家側と供給側（電力供給、送配電）に分けて整理したい（図表3参照）。

需要家側のメリットは、時間帯により電力価格が異なる地域に居住する場合、安価な時間に発電した電力を貯蔵しておくことで結果的に電気代を安くすることができ（価格アービトラージ）、また電力会社からの供給が不安定な地域での品質保証や万一の電力供給が途絶時でも一定期間は蓄電したエネルギーを利用できる供給安定性を確保できることである。

個人（家・自動車）はこれまで電力供給を電力会社に頼る必要があったが、太陽光発電した電力を電気自動車や蓄電池に貯蔵することで電気の自給自足体制ができつつある。

中規模の企業・ビル・産業需要家は需要変動パターンに応じてグリッドから供給される電力と蓄電を組み合わせることで電力コストを低下させることが可能になる。特に製造業にとっては電力やエネルギー価格はコストへの影響が大きく、安価な地域へと工場を移転させる動機にもなるため、電力コスト最適化の機会は

大きい（大規模の産業需要家の中には安価な夜間電力をフル活用するために夜間操業をしている需要家もいるが、その対策にもなり得る）。たとえば従来に比べ半額程度のリチウムイオン電池で蓄電事業に参入したテスラは、家庭用と合わせ中小産業用もターゲットとした製品を発表している。

大～超大規模ともいえる自治体・地域・国レベルでは、エネルギー安全保障や地域の産業振興等の面で電力貯蔵が活躍する。長期保存の形態も従来の戦略的な石油備蓄だけでなく、再生可能エネルギー＋蓄電（＋消費・売電）による経済合理性が徐々に追求可能となってきた。このレベルの貯蔵規模であると現時点での選択肢は、コストの課題は依然として存在するものの水素の活用も有望な選択肢となるだろう。直近でハウステンボスにおける「変なホテル」が夏場の余剰電力を水素の形で貯蔵し冬に利用することを発表した。このさらに大きなスケールのものが自治体・地域レベルで起きる可能性があり、海外からの水素輸入もまたエネルギー貯蔵・輸送技術という観点では同一の線上の活動であると言えよう。

供給家側へのメリットは①需給バランス最適化、②投資の回避・

図表3：電力貯蔵の主なメリット

	電力供給・トレーディング	送電・配電	需要家 (B2B、B2C)
需給バランスの最適化	ベースロード・価格アービトラージ		日中・夜間の価格アービトラージ
	ピーク需要対応		
	システム安定化		
投資の回避・抑制、運用コスト低減	電源投資の回避・抑制	ネットワーク投資の回避・抑制 OPEX改善	契約電力の引き下げ
	高出力安全運転によるタービン効率の向上	ネットワーク損失の低減	AC / DC変換ロス
		貯蔵媒体による電力輸送	
再生可能エネルギーのスムーズな導入	出力平準化による安定的系統連携	系統容量混雑回避	分散電灯の導入促進
高品質の確保	自律起動支援	電力信頼性向上 (電力停止時)	
		周波数安定 (運転予備)	感性的価値
		電圧維持支援	供給安定性の向上

出所：各種資料よりStrategy&分析

抑制・OPEX低減、③再生可能エネルギーのスムーズな導入である。①については需要家側で電力貯蔵が進むことにより需要ピークが減少し、供給負荷が低減する。②の低減では電力貯蔵に要するコストがピーク対応発電所を維持・運転するコストより安くなりつつあるため、現在稼働率の低い火力発電所の休止・終了または新規投資の回避が可能となる。③の再生可能エネルギーのスムーズな導入は前述の通り多くの箇所で議論となっているが、既存のシステムの上では厄介者となりがちなこれら発電装置をスムーズに導入することにつながる。

これら需要側と供給側のメリットが結びついた場合、日中/夜間・月間・季節間という時間を越えた、そして地域や国家など場所を越えたエネルギーの融通システムが構築される可能性がある。

電力貯蔵による電力システムへのインパクト

エネルギー貯蔵にかかるコストはシステムの柔軟性確保の重要な選択肢であるうえ、その経済合理性は既存の他選択肢のコストと比較可能なレベルとなってきている。再生可能エネルギーや地域

分散型エネルギーシステムとの親和性が非常に高いこの技術は従来の発送電網の中に徐々に浸透していくと思われる。

エネルギー・電力のような基幹システムの変化はそうそう起きようもないと一見感じられるが、歴史を振り返れば人間のエネルギー消費も数十年単位で大きな変化を繰り返してきた。日本でも江戸時代は薪を燃料として使い国中の山を次々と禿山としてきたが明治時代には石炭が台頭し、やがて石油に代替され、その石油もまた当初は無価値として捨てられていた天然ガスにリプレースされつつある。これらはいずれも100年程度での変化であり、この視点からすると上記で見てきたような変革の実現も案外想像よりも早いのではないだろうか。このような中、あるべき目指す姿から逆算し、事業性成立のドライバーを的確に見極め、既存の技術と大胆な投資で電力貯蔵の将来の未来を拓きつつあるテスラのような動きは、この業界での変化を好機と捉えようとしている企業にとって示唆深いものではないだろうか。

水素エネルギーのリアリティ

著者：瓜生田 義貴

近年日本で燃料電池車（FCV）販売の動きや、東京オリンピックでの水素バスや水素発電の計画などにより「水素社会」の実現に向けた機運が高まっている。一方当然ながらその定着のためには既存のエネルギーに対する経済合理性や技術的・社会的受容性がクリアされることが条件となる。実際に水素はこれまでも10年に一回程度「夢のクリーンエネルギー」としてブームが発生してはコストがネックで尻すぼみで消えるということを繰り返している。水素はプレミアム価格を許容する一部の需要家や、対既存エネルギーに対し割安となるニッチな市場／地域に限定した用途にとどまるのだろうか。今回の動きがこれまでと何が違うのか、また定着するとしたらどのような将来像・シナリオが起き得るかを考えてみたい。

需要と供給をどのようにマッチングするか？

日本にとって水素は、エネルギーの安全保障上の調達先多様化や、使用時のCO₂ゼロに寄与する環境性能の高さの点から以前から注目されてきた。水素は石油・ガス・石炭・太陽光・風力など多様な一次エネルギーから生成可能な二次エネルギーであり、一つの原料に頼らない。使用先としても発電・運輸燃料・化学原料・エネルギー貯蔵媒体等の複数の使い道を有し、使用端ではCO₂を出さない。さらに、既存の電力・ガスインフラとの親和性も高く、うまく活用すれば大きな新規投資なしに使用することができる。

しかし自然・人工を問わず水素がそのままの形で存在するケースはほとんどなく、何らかの資源を基に意図的に生産する必要がある。また原料である電力→水素（またはその逆工程）の変換で形を変える都度3割程度のエネルギーロスが生じるため、水素は割高なエネルギーとなる宿命を持つ。「天然ガスや、一度作った電力をわざわざ水素に変換する手間をかける理由は何か」という問いに答えられるだけの価値を提供できるビジネスモデル

（供給・輸送・需要をつなぐ水素チェーン）はこれまで実現されてこなかった。

しかしながら、今回特に日本で改めて水素が着目されているのは大きく2つの理由がある。第一に気候変動枠組条約締約国会議（COP）での議論が進む世界的な温室効果ガス排出削減に伴う炭素規制強化の動きや、国内の電力を取り巻く環境の変化（原発政策や電力システム改革）が水素供給チェーンの経済的合理的な実現の追い風と考えられる点である。特に排出削減のグローバルの枠組み合意に伴い日本の運輸・発電部門は低炭素の道を模索せざるを得なくなり、新規原発に頼りづらい中で水素は幾つかの取り得る選択肢の一つとなる。第二に近年の水素輸送における技術的進展（液化・メチル化輸送技術）やFCVの実用化という点である。これによって水素の供給と需要のマッチングの組み合わせや、ビジネスをくみ上げる際の自由度が増している。

以下では需要と供給の状況を概観し、そのマッチングについて考えてみたい（図表1参照）。

供給側の事情：

国内でも一定の水素は供給可能だが、海外が大ボリューム

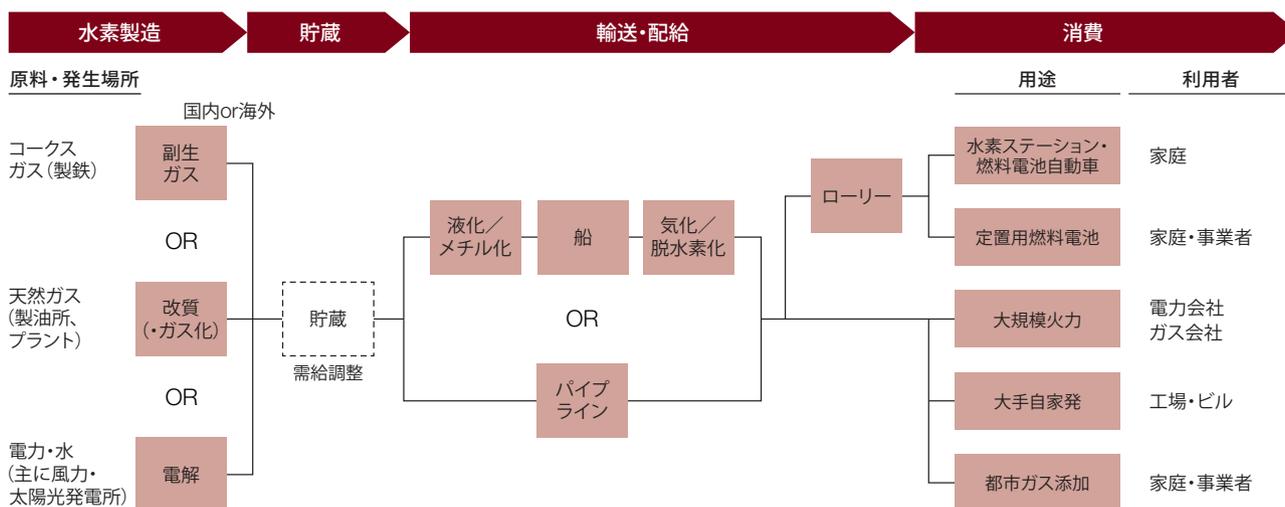
水素の代表的な供給方法としては、①工場からの副生（鉄鋼や天然ガス田）、②天然ガス等の改質、③水の電気分解（再生可能由来が主想定）の3つが主に存在する。日本においては、①の副生は主に鉄鋼生産において発生するコークスガス由来の水素で、現在は鉄鋼プラント内において回収され燃料として消費されている。②の改質については、製油所やアンモニアプラントの操業の一環で生産されているものを、本業のプラントの稼働と関係なく稼働・増産することで所外へ供給することが考えられる。また③の電気分解に基づく水素の大規模な供給は、今後再生可能エネルギー

瓜生田 義貴 (うりうだ・よしとか)

yoshitaka.uriuda@strategyand.jp.pwc.com

Strategy& 東京オフィスのマネージャー。
エネルギー・製造業を中心とした幅広いクライアントに対する海外進出戦略、中期経営計画策定などの戦略策定および実行支援のプロジェクトを手掛ける。

図表1：水素のサプライチェーン



出所：各種資料よりStrategy&分析

由来の電力で水を電気分解することが考えられている。これらを合計することで国内での現状の水素供給可能量としては、幾つかの推計方法の違いはあれ、およそ100億m³は供給可能との見方が多い。なお水素が炭素を出さないクリーンなエネルギーというのは需要時の話であり、②においては二酸化炭素貯留(CCS)などで地中固定する方法以外は水素生産のために炭素が排出される。

一方、海外ではより大規模な水素供給が、より安価に行える可能性を秘めている。パタゴニアやゴビ砂漠等で年を通して吹いている風のエネルギーは地球の全電力需要の7倍にも達する。また、褐炭というそのままでは発電に利用することができない低品位の石炭も、水素に形を変えることで発電に使用することが可能である。石油掘削とともに産出され、かつては「無価値」として捨てられていた天然ガスを日本が液化輸入し有効活用を

始めたように、現在世界の未利用のエネルギー源を有効活用する手段として水素は重要な輸送媒体の候補となり得る。まさにLNGと同様にして、海外で生産した水素を液体の状態に日本に輸入する動きも千代田化工や川崎重工などによって提案されており、川崎市においては2017年を目途に小規模な輸入実証試験の実施が予定されている。

**需要側の事情:
当面のFCVや中長期的なFCV
いずれに向けても供給コスト低減が必要**

需要側の事情で言えば、「水素でなければならない」エネルギー関連のアプリケーションは実はそう多くない。大半のものはほかのエネルギー源を既に経済合理性を持って使用しており、水素

の重量エネルギー密度の高さという特徴を最大限有効活用できるアプリケーションは、重量がシビアに問われるロケットの上段エンジン程度である。

よって、既存のエネルギーを代替できるかは、必要となるインフラ整備や機器改修コストも含め水素価格がいくらなら需要家がスイッチし得るかにかかっている。以下では各アプリケーション毎にそのスイッチ価格及び必要水素量がどの程度かを見て行きたい。前提としてCO₂削減効果による水素へのプラス効果や補助金はなく、港の水揚CIF30円(現時点で海外水素輸入各社が中期的な目標とする値)を前提としたい。

自動車

昨今最も注目されている当面のアプリケーションだが、ハイブリッド自動車のガソリンと同等の競争力となるには、水素1Nm³あたり数十円程度低下し1Nm³あたり110円程度となることが必要である。既に水素ステーションの一般向け水素販売価格は事業者負担の下この数字を達成済であるが、持続的な事業活動とするには調達コストダウンが必要となる。その際、水素の原料コストに加え、国内でのエネルギー輸送コストが重要となる。一方ボリュームの面では2025年のFCV200万台という政府目標が達成されても、水素のボリュームの面では小さい上、車両価格、燃料価格、充填インフラの整備の点で既存のガソリン自動車やPHEV、EVに比べFCVがハンデを有する。また、そもそものFCV販売台数の目標達成も容易ではなく、FCV事業は自立して立ち上がっていない(参考までに車両価格がFCVの半分で既存のガソリンステーションが使用可能なハイブリッド自動車とさえも200万台の普及には10年以上の年月を要した)。

都市ガス混入

都市ガスに水素を混ぜて家庭での燃焼に使用する用途も考えられる。現在の都市ガスへと移行する前の家庭用ガスには水素が含まれていたことを考えても既存インフラへも5%程度であれば

技術上も制度上も実施可能であるが、体積当たりの熱量が水素の混入により低下し熱量調整が必要になるという短所がある。ドイツでは、実際に余剰電力を水素化し、ガス管網へ貯蔵の一手段として混入するエネルギー会社も存在するが、日本においては現状電力とガスの間をまたいで経済的インセンティブを見出す活動は実施しづらい。

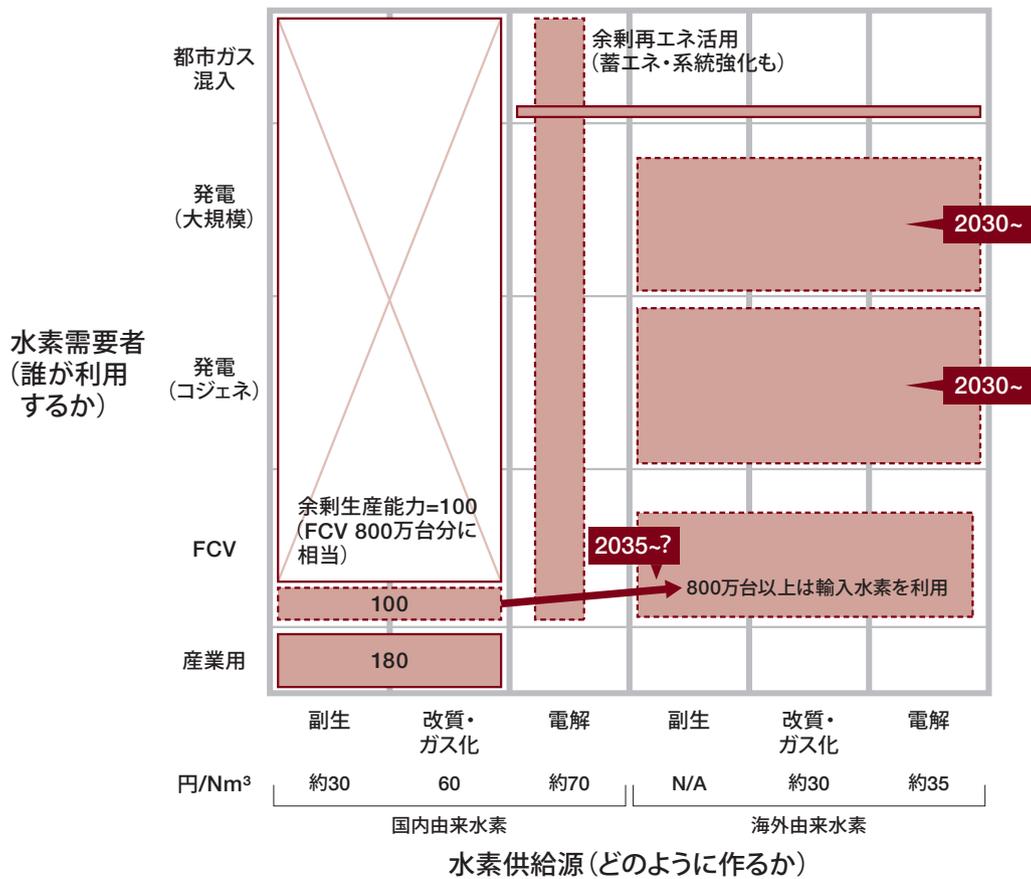
発電

まず産業用ガスエンジンや発電用ガスタービンは、実現すれば水素の大量消費を実現するアプリケーションである。たとえば東京湾岸の天然ガス発電所に5~10%程度混焼させることで、FCV自動車と同等以上の需要が見込まれる。熱量等価で言えば、石油との等価は現在既に視野に入るものの、天然ガスや石炭と等価になるには大幅なCIFコストの低下が必要なため、採算性がシビアに問われるようになった電力会社からすると、既存設備を改修または新設するだけの経済的インセンティブをなかなか持ちにくい。天然ガスと価格競争力を持たせるためには、スケール効果を利用するための輸入ボリュームの大型化や炭素税の導入、加えてCCSなどの技術開発が条件となるだろう。さらに、本格的な実現を検討する際には電源構成(ベース・ミドル・ピーク比率)とその中でのエネルギー源の選択(発電方式)の双方がかかわり、10年以上の単位で前もって計画する必要がある。

次に電力を水素の形で貯蔵するという手段も存在する。現在太陽光発電や風力発電と合わせて、送電網が吸収困難な再生可能エネルギーの出力変動など送配電網をバッファーするために電池をシステムに組み入れることが想定されている。そこで電池の代わりに水素を利用すれば大規模かつ長期の電力保存が可能となる(※前章「電力貯蔵による電力システムの柔軟性確保」参照)。

以上各種用途および、本稿外の各種分析・推計を踏まえると、自動車→貯蔵→発電→都市ガス混入の順に受け入れがしやすいのではないかと考えられる。ただし水素のコストダウンに向けて

図表2：2050年の水素需給@CIF30円/Nm³の想定(単位:億Nm³)



出所：各種資料よりStrategy&分析

できる努力は海外からの大規模輸入がメインであり、それ以外はいずれも炭素税などの排出削減に関する何らかのペナルティが存在しないと経済的には手放しで水素利用の普及が進む状態にはないと考えられる。

どのようなマッチングが想定されるか？ あり得る今後の展開シナリオ

上記の国内外の各製造法による供給量、および各アプリケーション毎での需要量・受入可能価格を考えると、日本において将来的にあり得る供給・需要マッチングは図表2のようになると想定

される。図表の縦軸に用途、横軸には国内外での製造法が対応しており、長方形の面積は一定の仮定を置いた際のおおよその水素需要量の大きさ(単位:億Nm³)を示している。

既に走り出しているFCVは数百万台程度までは国内産の水素によって賄うことができるが、それ以上の自動車への利用や発電用途の水素利用はボリューム面からも需要家の受入れ可能な価格面からも海外から輸入される水素を利用する必要が生じることがわかる。この海外水素導入へのジャンプが実現できるかが、水素が持続的に使用できるかの今後の大きな分かれ目となる。

導入の順序はどのようになるだろうか？一つの理想的なシナリオとしては、短期的に見るとFCVでの水素利用が徐々に進み、一部で水素による電力貯蔵の利用(送電線敷設の代替)など、別の用途も生じさせることである。中長期的に見ると海外から大規模輸入により安価かつ大量の水素がまず沿岸部の大需要家(発電、石油精製、鉄鋼等)に向けて導入され、それを核に内陸部でも各アプリケーションでの水素導入を実現させ、加えてFCV向け利用もさらに進む、ということである。

ただしこのシナリオは日本全体で均一に起きるわけではなく、段階的に地域(場所・地形)を選ぶ形で進展すると考えられる。例えば、水素利用需要家の多い沿岸部の工業地帯周辺がエリア限定での水素化に有望であろうし、内陸部でのFCV用のステーションもまた需要密度の高い都市部や高速・主要幹線道路中心に整備が進む可能性が高い。また貯蔵との兼ね合いで言えば再生可能エネルギーの余剰を多く有する北海道や東北、九州地方等が導入先として有望と考えられる。

これは世界においても共通であり、水素事業が向く国・地域、向かない国・地域が存在する。状況は国により異なるが共通して必要なのは下記であろう。

(1) エネルギー・環境面で何らかの厳しい制約が存在する

- 制度上の制約：原発の制限・停止、強力なCO₂削減目標など
- 自然条件上での制約：国内資源が限定的、パイプラインや

送電線の建設が困難など

(2) 水素が既存エネルギーに対し価格優位を持ち得る環境がある

- 安価な水素源へのアクセスが存在する(安価な褐炭、太陽光、風力、地熱)
- 既存のエネルギー価格が割高、又は炭素税等で今後さらに割高となり得る

(3) そのほかのプレミアム価格を払う用意が需要家にある(環境価値、調達分散、等)

この条件に当てはまるのは原発停止・抑制中の日本・ドイツや、世界一厳しい環境規制を有するカリフォルニアが筆頭に挙げられ、おそらく局所的にはほかの国・地域もあると思われる。いずれにせよ、水素エネルギーが成立するためには「場所・用途・タイミングを選ぶ」ことが重要である。

不確定なシナリオを考える意義： 企業・自治体・国への示唆

国内産水素を利用したFCV(自動車・バス)の需要量は当面小さく、それだけでは水素利用の拡大は遅い可能性が高い。水素が日本のエネルギー業界の中で一定の規模を占めることができるようになるためには、発電への導入および炭素税等の後押しも含めた海外からの大規模輸入による安価な水素入手を実現することが必要となる。最後に企業・自治体・国にとっての示唆をまとめた。

- 企業：大きな新規事業機会が創出される。海外からの輸入チェーンの確立にむけて商社、金融機関、エンジニアリング会社は上流・中流・下流において長期の輸入事業の恩恵を享受し得るし、メーカーも燃料電池自動車(とそのコンポーネント)、水素ステーション、水素発電ガスタービン、配管等の水素対応

機器・部材・素材などの新たな需要が増加する。発電会社にとってみても更新時期にある老朽化力の代替候補として水素混焼も低炭素実現の検討の候補となり得る。

- 自治体:産業育成の観点で水素を活用できる可能性も存在する。豊富な自然エネルギーが存在する自治体においては、そのポテンシャルをフルに活用すべく水素による電力貯蔵と組み合わせながら風力・太陽光発電を導入し、大規模な売電を可能にする。
- 国:グローバルでの排出規制合意を達成するための一つの大きな要素として水素を利用し得る上、新たな産業創造の選択肢になる。またエネルギーの安全保障上からも調達先の分散へと寄与する。

本稿で提示したシナリオが実現するかはまだ不確定要素が大きい。しかしシナリオプランニングの分野においてはまさに、不確定であるが、実際に起きた場合にインパクトが高い事象を通常特に重点的に検討する必要がある。企業・自治体・国等の関係者はシナリオが現実味を帯びた段階でどのように自分たちが事業機会を有効活用すべきか、個別に又は共同であらかじめ検討することが重要であると考えられる。

Media highlights

最新レポートの
ご案内

「第11回グローバル・イノベーション調査」

Strategy&は2015年10月、研究開発に最も多額の費用を投入した世界の上場企業のトップ1,000社を対象とした第11回グローバル・イノベーション調査結果を発表しました。R&D支出ランキングで世界の上位5社は昨年と同じで、日本企業はトヨタが8位、ホンダが21位、日産が31位となりました。日本企業は181社がトップ1,000社にランクイン、そのR&D支出は合計1,093億米ドルで、米国に次いで第2位でしたが、R&D支出額、ランクイン企業数ともに昨年比で減少していました。R&D支出や売上高の推移、グローバル展開など、詳細は弊社ウェブサイトのプレスリリースページよりご覧いただけます (<http://www.strategyand.pwc.com/jp/home/media/media-releases>)。

2015年調査R&D支出額 トップ5企業

2015 順位	社名	本社 所在地	業種	2015年調査 R&D支出 (10億ドル)	対売上高 R&D支出比率 (%)
1	フォルクスワーゲン	欧州	自動車	15.3	5.7
2	サムスン	アジア	コンピュータ・エレクトロニクス	14.1	7.2
3	インテル	北米	コンピュータ・エレクトロニクス	11.5	20.6
4	マイクロソフト	北米	ソフトウェア・インターネット	11.4	13.1
5	ロシュ	欧州	ヘルスケア	10.8	20.8
8	トヨタ自動車	日本	自動車	9.2	3.7
21	本田技研工業	日本	自動車	5.5	4.5
31	日産自動車	日本	自動車	4.6	4.4

Strategy& について

Strategy&は、実践的な戦略策定を行うグローバルなチームです。私たちはクライアントと共に困難な問題を解決し、大きな機会を実現するお手伝いをし、本質的な競争優位を獲得することを支援しています。私たちの100年にわたる戦略コンサルティングの経験と、PwCネットワークの持つ比類のない業種別、機能別のケイパビリティを提供します。世界157カ国に208,000人以上のスタッフを擁し、監査、税務、アドバイザリーのサービスを提供しているPwCネットワークの一員です。

経営課題に関する
ご相談はこちらまで

info.japan@strategyand.jp.pwc.com

問い合わせ先

プライスウォーターハウスクーパース・ストラテジー株式会社

〒106-6127

東京都港区六本木 6-10-1 六本木ヒルズ森タワー 27 階

電話：03-6757-8600 (代表) Fax：03-6757-8667

担当：須田・藤松

<http://www.strategyand.pwc.com/jp>

Strategy&は、実践的な戦略策定を行うグローバルなチームです。

私たちはクライアントと共に困難な問題を解決し、大きな機会を実現するお手伝いをし、本質的な競争優位を獲得することを支援しています。私たちが解決の支援を行う問題とは、複雑で、リスクが高く、ゲームのルールを一変させるような変革を伴うものです。私たちの100年にわたる戦略コンサルティングの経験と、PwCネットワークの持つ比類のない業種別、機能別のケイパビリティとを提供します。

企業戦略の立案や、機能部門や事業部門の改革、重要なケイパビリティ構築など、私たちはクライアントの求める価値を、スピードと自信とインパクトを持って実現することを支援します。

世界157カ国に208,000人以上のスタッフを擁し、高品質な監査、税務、アドバイザリーのサービスを提供しているPwCネットワークの一員です。詳しい情報については、www.strategyand.pwc.comをご覧ください。

www.strategyand.pwc.com