

第1章 再生可能エネルギー総論

1. 再生可能エネルギーはなぜ、必要なのか

1.1 エネルギーの現況

私たちにとって、エネルギーは空気や水と同じように無くては生活できないものだ。わずかな期間でもエネルギーの供給に不安が生じれば、現代の生活は立ちいなくなり、産業や経済活動のみならず、日々の暮らしですら維持していくことは困難だろう。

朝起きてから、夏なら冷房、冬なら暖房をつける。朝食の支度にガスコンロかIHクッキングヒーターを使う。食材は冷蔵庫に保存され、通勤・通学には自家用車か電車を利用する……。ごく普通の生活をするだけでも、大量のエネルギーを使うことがすでに前提になっているのだ。

日本は1970年代にオイルショックを経験してから、省エネ化への努力を続けてきたとされている。しかし、本当にそうだろうか。実際に国内で消費されている1次エネルギーの量をみると、第1次オイルショック(1973年)時と比べて、1980年代前半には減少傾向がみられるものの、バブル経済期以降は最近まで、ほぼ一貫して増えてきたことがわかる。

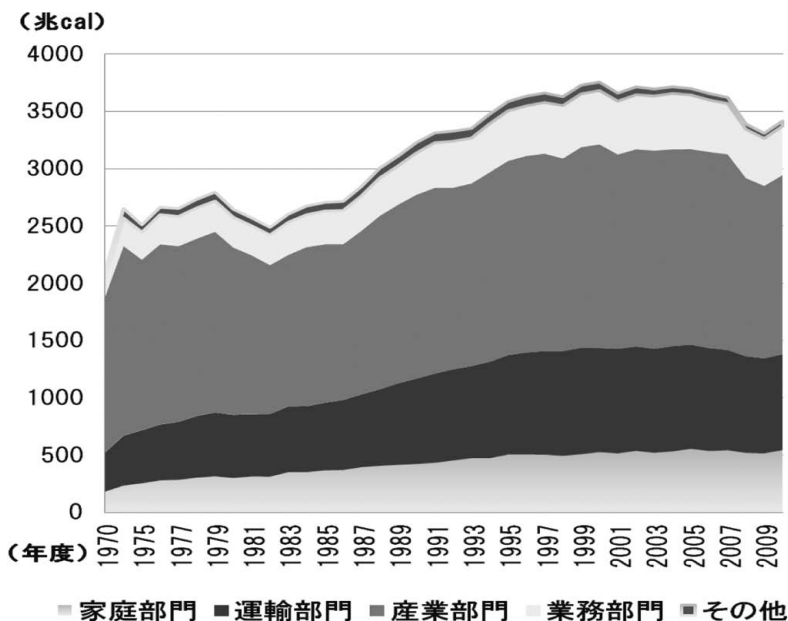


図1 国内で消費される1次エネルギー量

出展：いずれも日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」より

第4次中東戦争を契機に、1973年に起こった第1次オイルショックでは、石油の相場が直前に比べ、およそ3倍に跳ね上がった。抜本的な対策を迫られたのは石油を大量に使う工場を多く持つ重厚長大産業だ。原燃料として大量に使っていた石油の急騰は、企業の損益分岐点を一気に押し上げた。企業は、石油が

中心だったエネルギー源をガスや石炭など他の燃料に求めたほか、工場内の熱循環利用などエネルギーコストを抑制するための対策を積極的に行った。その後、製鉄や素材などのエネルギー大量消費型の産業が国内拠点の整理・縮小を進めたうえ、国内産業の中心がエネルギー消費の少ない電機や自動車など組み立て産業に転換したこともあり、産業界の2010年の最終エネルギー消費量は、第一次オイルショックが起こった1973年と比較する

と、5%減っている。

これに対し、73年当時と比べて、もっとも大きくエネルギー消費量を増やしているのが、家庭部門だ。73年比で増加幅は実に2.3倍になっている。運輸部門も旅客を中心に2倍を超える高い伸びを示している。オイルショック以後のエネルギー消費の拡大は、家庭を中心とした私たちの生活の中での需要増が最大の要因なのだ。

(図1)の国内の総エネルギー消費に占める割合を見ても、1975年度に59.3%だった産業部門は90年度に49.8%と50%を割り込み、2010年度には45.9%と漸減傾向が続いている。一方、家庭部門は1975年度10.2%だったのが90年度に13.1%、2000年度には14%、そして2010年度には15.9%まで漸増した。

では、オイルショック以降も膨らんできた消費を支えてきたエネルギー源は何なのか。

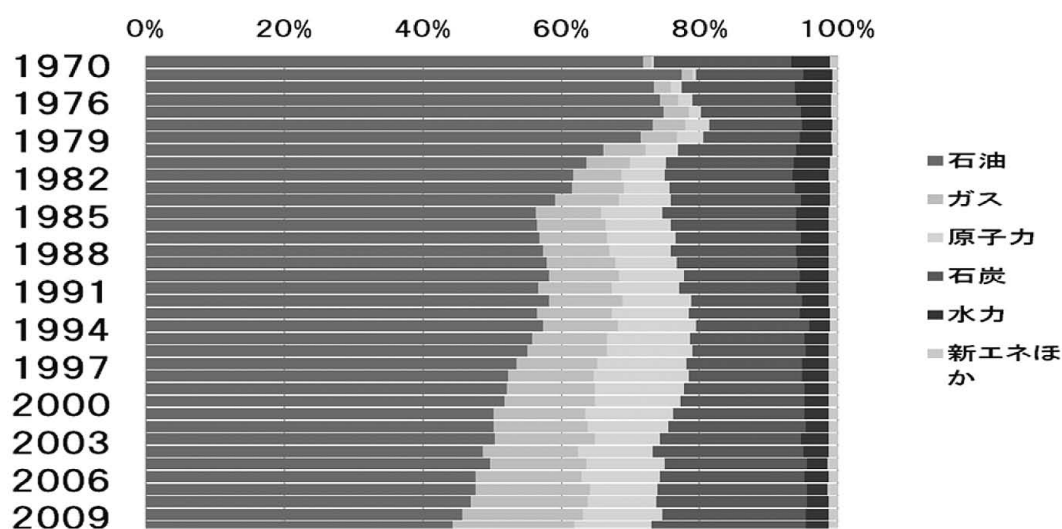


図2 1次エネルギー総供給構成比

出展：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」より

オイルショック後、エネルギー消費全体に占めている石油の割合は急降下した。その代わりに、割合を伸ばしたのが天然ガスと原子力だ。天然ガスは1969年に、アラスカで算出した天然ガスを超低温にし、運搬しやすいように液化した「液化天然ガス（LNG）」を東京電力と東京ガスが共同購入したのをはじめとして、世界各地で日本の電力会社、ガス会社と長期の購入契約を結んだLNG製造基地が建設された。国内には海外から運ばれたLNGを貯蔵する基地が整備され、石油代替エネルギーの中心としての地位を確立した。原子力は国内初の原子力発電所である東海発電所（茨城県東海村）が1966年に商業運転を開始した。1973年は1%にも満たなかった原子力エネルギーの国内1次エネルギー消費に占める割合は、その後、ぐんぐん上昇し2010年度時点で11%を超える水準になった。

これに対し、新エネルギー（水力を除く）の占める割合は2010年でも1.4%でしかない。1973年時点での割合が1.0%だから、ほとんど上昇していない。政府はオイルショック後、「サンシャイン計画」などで新エネルギーの利用拡大を政策的に促したが、その効果は限

定的だったといえる。

1.2 エネルギーを海外に頼る日本

国内で消費される化石エネルギーは、多くを海外からの輸入に頼っている。石油は秋田県や新潟県で細々と国産されているものの、99%以上を中東などからの輸入に頼る。かつて、国内産も一定の割合を占めていた石炭も国内炭鉱の閉山が相次ぎ、現在では北海道内で数か所の炭田を残すのみだ。国産比率はわずか0.6%（2010年度）でしかない。天然ガスは新潟県や千葉県などに資源が存在し、両県の一部の都市ガス事業者には、都市ガス原料のほとんどを、国産ガスで賄っている事業者もある。しかし、東京ガスや大阪ガスを含むほとんどの大手事業者は海外のLNGプラントと20年近くにわたる長期の購入契約を結んで、LNGを安定調達して供給しており、国産の比率は4%に及ばない。

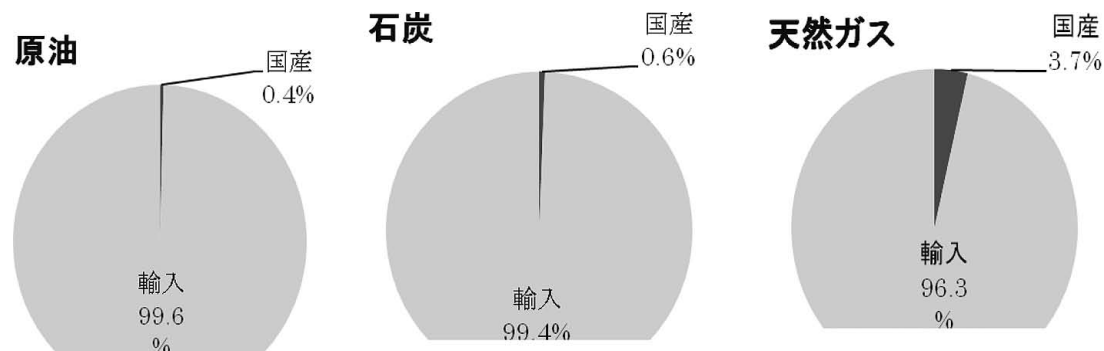


図3 原油・石炭・天然ガスの輸入比率 1次エネルギー総供給構成比

出展：経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」2010年

(注) すべて2010年度 出展：経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」

工場を動かす動力源となるとともに、現代の生活を支えるエネルギー資源の確保は日本が産業革命を迎えた明治以降、変わらない課題であり続けている。戦前、日本軍が中国やインドネシアなど南方へと進出を続けた背景には、国内で不足する石油などのエネルギー資源を求め続けた側面もあった。

海外から輸入する天然ガス（LNG）とともに、原子力がオイルショック後の主力エネルギーとなった背景には、発電コストにかかる燃料費の比率が相対的に低い面が評価された部分があった。原子力発電所でもウランを燃料として使うものの、発電原価に占めるその費用の割合は燃料の再処理コストを含んでも16%でしかない。燃料費の比率が7割を超える火力発電所よりも圧倒的に燃料費の比率が低い。化石エネルギーの海外依存が圧倒的な中で、燃料費の負担が大きいことは、海外への資金流出を意味する。さらなる、資金流出を防ぐという役割から、原子力発電の導入はメリットが大きいと考えられた。

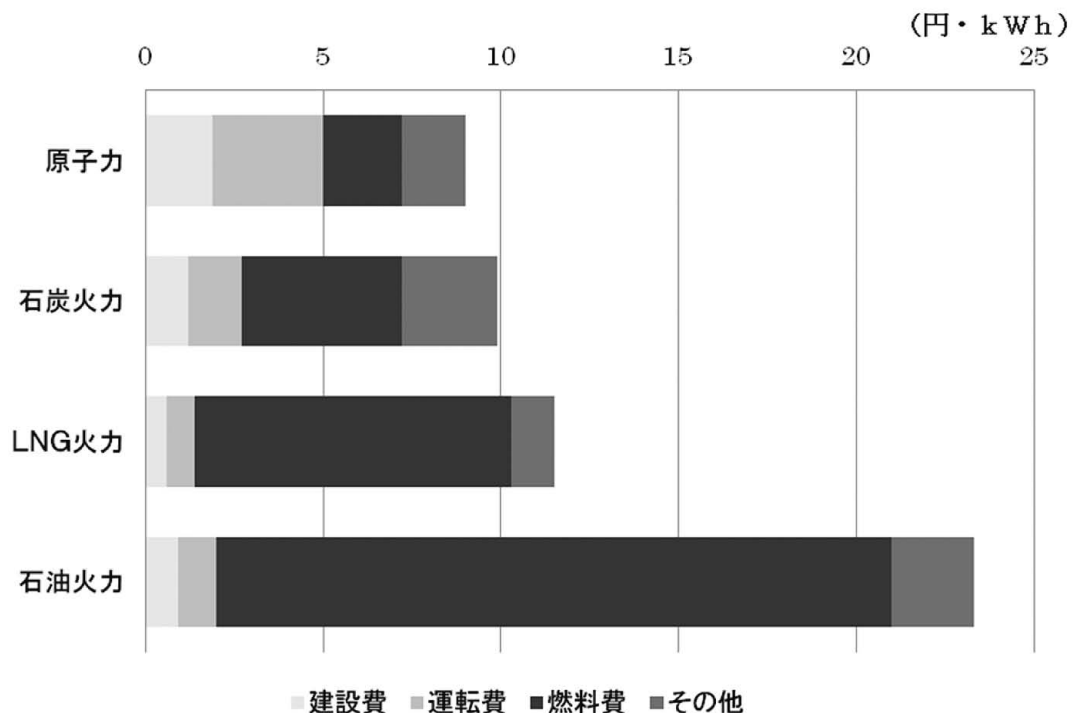


図4 原子力と火力のコスト比較

(注) いずれも設備利用率 70%、稼働年数 40 年の場合の 2010 年モデル

出展：国家戦略室「エネルギー・環境会議—コスト等検証委員会報告資料」

もともと、福島第一原子力発電所の事故以降、原子力はその燃料費の計算のあり方を巡って、疑問が改めて浮上している。原子力発電所の使用済み燃料にはプルトニウムなど非常に毒性の強い放射性物質が多く存在する。(図4)でも確認した通り、原子力の経済性の源泉は燃料費の安さにあるが、この「燃料費」にはバックエンドと呼ばれる使用済み燃料の処理コストも含まれている。これが、適切なのかをめぐって、なお議論が続いている。

使用済み燃料を処理する方法として、日本は使用済み燃料を青森県六ヶ所村に建設している再処理工場で改めて使える燃料に加工する方針を取ってきた。再処理できるという前提で、使用済み燃料はごみでなく、資源として扱われている。再処理した燃料は高速増殖炉「もんじゅ」で使用し、また使用済み燃料を「再処理」することで、循環利用できるという「核燃料サイクル」を描いた。しかし、六ヶ所村の再処理工場は稼働準備の段階でトラブルが相次いでおり、これまでに稼働の予定を 19 回も延期してきている。再処理工場を運営する日本原燃は 2013 年秋の稼働を予定しているとしているが、施設の下に断層がある可能性も原子力規制委員会によって指摘されている。「予定通り」に操業が開始できるのか、なんとも心もとない状況だ。六ヶ所村の工場稼働が進まないなかで、国内の原子力発電所で使い終えた使用済み燃料は大量に各原発の敷地内で積みあがっている。一部の原発では運転を続けられ、あと 2 年ほどで、収容能力を超えるところも出てくる。

再処理せずに、使用済み燃料を「直接処分」と呼ばれる方法で処理する選択肢もある。

使用済み燃料をガラスで密封し、地中深くに埋めて無害化するまでの数万年間にわたって管理するというものだ。政府は直接処分した場合のコストも算定しているものの、数万年間という長期間、地下に放射性廃棄物を埋める直接処分場の立地は非常に困難で、国内での建設の見通しは立っていない。

原子力のコストには「使い終わった燃料をどうするか」との問題が常に付いて回る。再処理工場が稼働しない中、今後の方針は不透明さを増しており、コスト算定は容易ではない。前出の政府試算にも異論は多く、再処理できない現状では、処理コストがかさみ、他の電源よりコスト高になるとの試算もある。前提の置き方次第で結論も大きく変わる。

では、再生可能エネルギーの場合はどうか。バイオマスを除くほとんどの再生可能エネルギーは燃料費が「ゼロ」だ。燃料費の高騰リスクや、海外依存度の高まりに対する不安、原子力をめぐる使用済み核燃料の問題といったものは、再生可能エネルギーについてみれば、ほとんど考慮に入らないと言っていいただろう。ここが、現在の主力電源となっている火力・原子力との最大の違いだ。

再生可能エネルギーを主力の電源にするとどのようなようになるのか。戦後、地域エネルギー資源を積極的に開発し、現在でも割安な電力を享受している山村の例を紹介する。

愛媛県新居浜市の旧別子山村地区。かつて、住友金属鉱山が銅山を運営していたこの地域は、現在も地域にある2つの水力発電所で作った電気を住民が独自にひいた送電線を通じて利用している。1953年に最大出力74kWの瀬場（別子山）発電所、1960年には1100kWの小美野発電所を村の資金で建設した。当初は村営だったが、その後、村の森林組合が運営することになった。村の消滅に伴い、森林組合は解散し、現在は住友共同電力が運営を担っているが、その電気を家庭で利用する際の料金は11kWhまでの利用料金を含む基本料金が月当たり300円。さらに、11kWhを超える従量分の電力量料金も1kWhあたり16.7円となっている。いずれも、四国電力の料金（基本料金383.25円、電力量料金18.59～26.53円）より、大幅に割安に抑えられている。

四国地域の平均的な家庭の電力利用量は300kWhだから、四国電力と契約している場合は6862円（燃料費調整の額がゼロの月の場合）の支払いになる。一方で、別子山地区の居住者の場合は同じ300kWhの利用でも5126円と1700円余りも安くなる計算だ。かつての再生可能エネルギーの開発によって、現在の村民は割安なエネルギーを享受できるようになっている。

旧別子山村の村史によれば、発電所の建設を進めたのは、戦後に公選となって初めての村長・藤田米次郎氏だった。戦後間もなくの段階で、地域の繁栄を支えてきた別子銅山の産出量は大幅に減っており、住友鉱山が閉山するのも間もなくとの見方が広がっていた。藤田氏は持続的に村が発展するためには、地域経済の銅山からの自立が必要と判断した。新たな産業として森林に囲まれた地域の特性から、林業を選択する。当時、村の半分以上の森林の利用権を持っていた住友林業から、その3分の1を村で利用できるようにするとともに、森林資源を材木に加工するために不可欠な電気の独自調達も必要になると考えて、

水力発電所の建設を決断した。

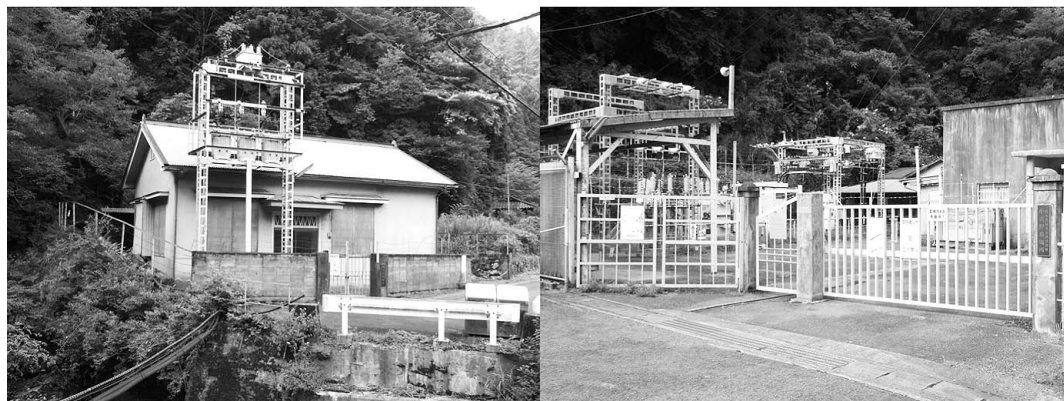


図5 愛媛県新居浜市別子山地区に電気を提供する2つの水力発電所（左が瀬場、右が小美野発電所）

出展：いずれも宇野澤撮影（撮影日2012年8月9日）

1959年時点の村の予算規模は4500万円であったが、小美野発電所の建設費は2億円に上った。村は借入金でそれをまかなった。村から資産を引き継いだ森林組合はその後40年をかけ、借入金を完済している。現在では、完全に償却を終えた資産で、燃料費ゼロの割安な電気をつくっている。

別子銅山が最大の産出量を誇っていた明治時代中期には別子山村の人口は1万2000人を超えていた。しかし、銅の生産量の低下とともに、人口は激減。戦後になって藤田元村長は林業を主体とする村づくりを目指したものの、国産材の価格低下によって、その試みは不発に終わった。別子銅山は1973年に閉山したが、その時、村に残っていた人口はわずか400人。2012年12月末現在の地域の人口は191人まで減った。別子山地区では、行政が代表社員となる有限会社が運営する製材所が稼働しているものの、地域の雇用を支えるほどには至っていない。人口流出から村を維持することもできなくなり、2003年には隣接する新居浜市に編入された。

その結果からすれば、戦後、藤田元村長が発案した構想は十分に果たし得たとは言い難い。しかし、再生可能エネルギーの利用可能性を戦後間もない当時に実践したことで、現在も地域の住民は低廉なエネルギーの利用が可能になっていることは改めて見直されるべきことだろう。

四国電力は伊方原子力発電所の運転停止が長引き、燃料費負担が増していることから、家庭用の電力料金の今夏からの値上げを2月に経済産業省に申請した。しかし、別子山地区に電気を供給する住友共同発電は、今のところ、四国電力に合わせて電気料金を値上がりする予定はないとしている。

大型電源の動向に左右されず、地域で使うエネルギーを地域内でまかなう。旧別子山村の知恵は、これからのエネルギー供給の在り方を考える上での重要な示唆を与えるものであると考える。

1.3 「シェールガス革命」が示すもの

エネルギーについて考えるとき、2000年代になってから、米国で急速に生産量が拡大している「シェールガス」の影響について、検討する必要がある。

シェールガスは従来型のガス田とは異なり、地中深くの硬い岩盤である頁岩層に堆積したガスのことである。従来のガス田は砂岩層に堆積した天然ガスを採取するものであり、ガス井を掘れば、自噴するものがほとんどであった。一方、粒子の細かい頁岩層では、ガスを通す隙間がほとんどないため、自然に出来た頁岩の亀裂を通してガスを産出するしか方法がなかった。

しかし、独立系の開発会社がテキサス州で経済的な成功を収めると、同社が確立した水圧によって、人工的に亀裂を作ってシェールガスを産出する技術が注目され、急速に普及した。これによって、従来は資源としての利用が不可能とみられていたシェールガスが利用可能な資源になり、米国発で世界のエネルギー地図が大きく変わろうとしている。

シェールガスの埋蔵量は米エネルギー情報局の資料によると、米国よりも中国の方が、多いとされている。今後、シェールガス生産が本格化すれば、現在、エネルギー資源を「爆食」している中国のエネルギー環境をも大きく変化させる可能性もある。日本国内でも米国からの輸入や、LNGの価格決定方法の変更などを進める動きが出始めている。

では、シェールガスの生産拡大は再生可能エネルギーに対して、どのような影響を与えるのだろうか。

シェールガスの生産量が増えている米国では、豊富なガス資源を積極的に使うため、あおりを受けて、再生可能エネルギーの導入は減少に向かうとの予測が大勢だった。シェールガスの生産が急増した2010、2011年は2009年に比べて大きく導入量を減らしており、少なからず影響はあったとみられる。ところが、先日発表された、世界風力エネルギー協会（Global Wind Energy Council）の資料によれば、2012年に新設された風力発電所の発電能力は年間1312万4000kWで、1年間の増設量としては過去最大だった。シェールガスの生産増で、天然ガス火力発電所の新設もあるものの、米国で1年間に増設された発電所の能力のおよそ42%までが風力発電によるものだった。

この動きについては、出力変動をしやすいガス火力が増えることで、風の強弱で出力が変わりやすい風力発電の導入が逆にしやすくなっているのではないかと指摘する声もある。安価なシェールガスの生産が増えているのに、なぜ、風力発電の増設が進むのだろうか。その謎を探ると、再生可能エネルギーの導入を左右する最大の要因が、エネルギー需給よりも政策誘導の有無にあるという根源的な課題に行きつく。

米国の風力発電の増加を支えてきたのは、風力発電で1kWh発電するごとに2セント減税されるという生産減税制度（PTC）だ。2012年の風力発電能力の急増の背景には、PTCの適応期限が2012年末とされており、延長をめぐって米議会では推進する民主党と、財政悪化を理由に継続を反対する共和党との間で、激しい議論が続いていたことにある。風力エネルギーが見直されたというよりも、優遇政策の継続が不透明だったことから、

建設を予定する事業者による「駆け込み」需要が生じたことが大きかったとみた方がいい。

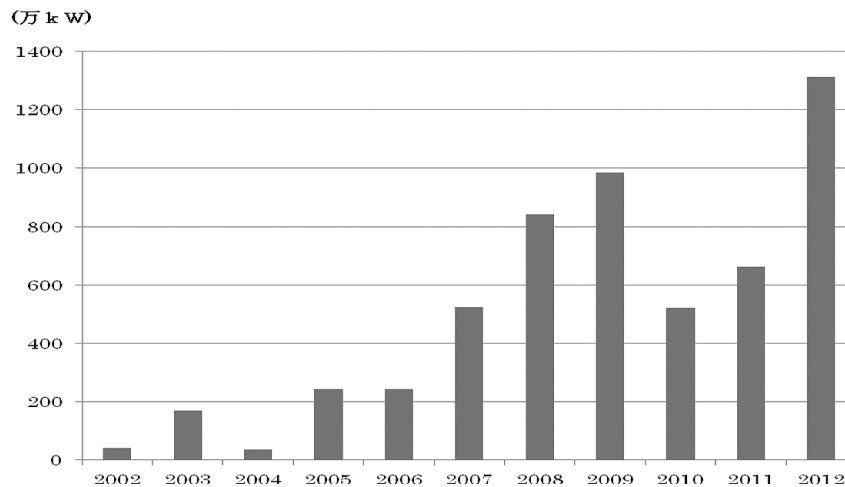


図6 米国で新設された風力発電所の発電能力
出展：世界風力エネルギー協会 (Global Wind Energy Council)

結局、PTCをめぐるのは、今年1月2日にオバマ大統領が署名した「2012年米国納税者救済法」のなかで、1年間に限っての適応延長が認められた。しかし、わずか1年の延長にとどまったため、米国の風力発電能力の拡大が今後も続くのかどうかは予断を許さない。

再生可能エネルギーの普及をめぐるのは、「シェールガス」をはじめとする、化石燃料の価格動向もちろん影響する。しかし、それ以上に、政策支援の多少が風力をはじめとする再生可能エネルギーの導入拡大をめぐる最大の条件になっているのだ。欧州の一部の国を除けば、再生可能エネルギーはなお、純粋なエネルギーとしての価値以上に、政府からの導入支援措置を安定して得られる安全資産としての価値に重きが置かれている面は否定できない。

次の項からは、再生可能エネルギー全般について見ていくが、現在でも普及を決定づける経済性に対して、政府の政策の関与が非常に大きいことは非常に重要なポイントである。

2. 再生可能エネルギーをめぐる実態

2.1 再生可能エネルギーとは何か

国内で、再生可能エネルギーに焦点があたったのは、オイルショック後のことだ。1980年に石油に過度に依存したエネルギー構造を転換するため、政府は「石油代替エネルギー法」を制定した。石油に代わるエネルギー資源として太陽エネルギーや地熱エネルギーなどの自然エネルギーのほか、石炭のガス化技術や、水素エネルギーの開発促進がうたわれている。国内における再生可能エネルギー導入促進をめぐる動きは、まず「石油代替」という観点から始まった。

1997年には「新エネルギー法」が制定され、「新エネルギー」という概念が新たに設けられた。このとき新エネルギーは「石油代替エネルギーを製造、発生、利用すること等の

うち、経済性の面での制約から普及が進展しておらず、かつ、石油代替エネルギーの促進に特に寄与するもの」とされている。「経済性の面での制約から普及が進展」していないものが対象のため、すでに一定規模の普及がされている水力発電と地熱発電は新エネルギーから除かれた。実用化に向けた検討の段階にあるとして波力や海洋温度差発電なども自然エネルギーではあるものの、新エネルギーには含まれなかった。一方で、エネルギーの使い方の新たな姿であった「燃料電池」や「天然ガスコージェネレーション」なども新エネルギーの一種として解釈された。

「石油代替」が目標だった新エネルギーの普及政策に 90 年代後半から 2000 年代にかけては、別の意味合いが加わった。気候変動（地球温暖化）をめぐる課題だ。1997 年に京都議定書が採択され、国内外でこの問題に対する関心が強まり、温暖化ガスである二酸化炭素を排出しないエネルギーの導入拡大を求める声が強まった。

しかし、従来の新エネルギーの枠組みは、水力・地熱を対象とする欧米などとは大きく異なり、導入目標も一概に比べられるものではなかった。そこで、政府は再生可能エネルギーという新たな枠組みを作る。ここで指す再生可能エネルギーには新エネルギーに含まれなかった、水力や地熱のほか波力などを含める一方、燃料電池など需要側の取り組みとしての新エネルギーについては、再生可能エネルギーに含めなかった。

政府は再生可能エネルギーの導入目標を示すようになり、2009 年に公表した「長期需給見通し」では 1 次エネルギー供給のうち、2020 年度までに 9% (2006 年度時点では 5.1%) を再生可能エネルギーでまかなうこと、電源では 13.5% (2006 年度時点では 9.2%) をまかなうことなどが目標として掲げられていた。

しかし、東日本大震災後は原子力に代わる電源としての機能に注目が集まるようになる。昨年 6 月の政府「エネルギー・環境会議」の資料では 2030 年の原子力の比率が 0%、15%、20～25% の 3 つのシナリオが出されたが、いずれも電源としての再生可能エネルギーの比率は 25～35% と従来の目標よりも大幅に高く設定された。昨年 12 月の自公政権への交代後のエネルギー政策の全容はまだ、明らかになっていない（2 月時点）ものの、民主党政権下では、原発事故が契機となって、再生可能エネルギーの導入を従来とは全く異なるスピードで進めていくことが示された。再生可能エネルギーを使った発電は温暖化ガスを新たに発生させないため、原子力発電所の稼働を極小にしても、二酸化炭素の排出量を可能な限り少なくすることが可能になるとして、「脱原発」と「気候変動抑制」を両立する手段として、力を入れて取り組まれてきた経緯がある。菅直人政権末期には再生可能エネルギーの全量買い取り制度の導入を決めるなど、その方向性を明確にしてきた。

2.2 再生可能エネルギーを使った発電の特徴

再生可能エネルギーを使った発電の一般的な特徴

- ① ほぼ無尽蔵に利用可能
- ② 燃料コストがかからない

- ③ 発電時に二酸化炭素（CO₂）を排出しない
- ④ 比較的初期投資が割高・運転コストは低廉
- ⑤ 気象条件などに左右され、発電量が安定しない
- ⑥ エネルギー密度が低く、比較的サイトが小規模で稼働率も低い
- ⑦ 立地や法令上の制約がある

再生可能エネルギーには「太陽光発電」「太陽熱利用」「風力発電」などがある。その多くが上記の①～⑦の特徴をもつといえる。①、②、③は再生可能エネルギーのメリットとされる部分で、とくに積極推進の立場から強調される特徴だ。④のコストについては多くの場合、1 kWhあたりの発電単価として計算して出されることが多いが、重要な点は発電規模に対して初期投資の占める割合が大きいことだ。逆に燃料費がゼロのため、運転にかかるコストは低廉なケースが多いものの、多額の初期投資を用意しなければならないことから、ベンチャー企業などによる新規参入がなかなか容易でない。

一方、⑤～⑦は再生可能エネルギーの弱点とされる部分だ。⑤は国内で再生可能エネルギーが普及してこなかった最大の理由とされている。代表的な例が風力発電だ。風が吹かないと、発電量はゼロになってしまう。安定して一定の強さの風が吹いていればいいのだが、全く風速が変わらないということではなく、電力供給の原則である「同時同量」を保つことを阻害するやっかいな存在とみなされている。⑥も普及を阻んできた要因の一つだ。また、最近では⑦の特徴も、固定価格買取制度（FIT）によって経済的な条件をクリアしても、風力や地熱などのエネルギー開発が一筋縄に進まないことの要因になっている。

もっともすべての、再生可能エネルギーがすべて同じ特徴を持っているというわけではない。とくに例外的なのが、バイオマス発電だ。バイオマス資源は太陽光や風力のように無尽蔵に存在する資源ではない。使用できる資源量には限界があり、また、合板用などほかの用途に利用しているケースもある。バイオマス燃料はかさばるため、あまりに距離の離れた場所で使うと輸送用の燃料を多く消費してしまい、再生可能エネルギーを使う本来の目的である、化石燃料の消費削減や気候変動対策とは齟齬をきたしかねなくなる。燃料としての使いすぎは資源の枯渇を招くため、ほかの再生可能エネルギーとは異なる慎重さが必要になる。

2.3 再生可能エネルギーを使った発電の現況

ここからは、代表的な再生可能エネルギーについて、現在の普及の動向と、特徴について見ていくことにする。原則として、最初に現在の普及動向と特徴などについてまとめてあり、そのあとに現在のおかれている課題を具体的なトピックを中心に見ていきたい。

2.3.1 太陽光発電

▼普及の現況 昨年7月に始まった固定価格買い取り制度（FIT）によって、もっとも普及が拡大している再生可能エネルギーだ。経済産業省が発表した昨年4月から11月

末までに運転を開始した設備の容量は、住宅用が 102.7 万 kW、商業用発電施設などを含む非住宅用が 37.1 万 kW だった。太陽光以外の発電設備ではバイオマスの 2.8 万 kW が続く程度で、その突出ぶりが目に付く。さらに、11 月末までに認定を受けた設備では非住宅用が 253.5 万 kW となっている。今年度中に設備認定を受けていれば、1 kWh あたり 42 円という割高な買い取り価格が 20 年の長期にわたって適応されるため、多くの事業者が「メガソーラー」と呼ばれる大型の太陽光発電所の建設計画を打ち出している。買い取り価格は来年度に認定を受ける設備以降は 30 円台後半に下げられる見込みで、「締め切り」を前に、駆け込みでの申請が続いた。

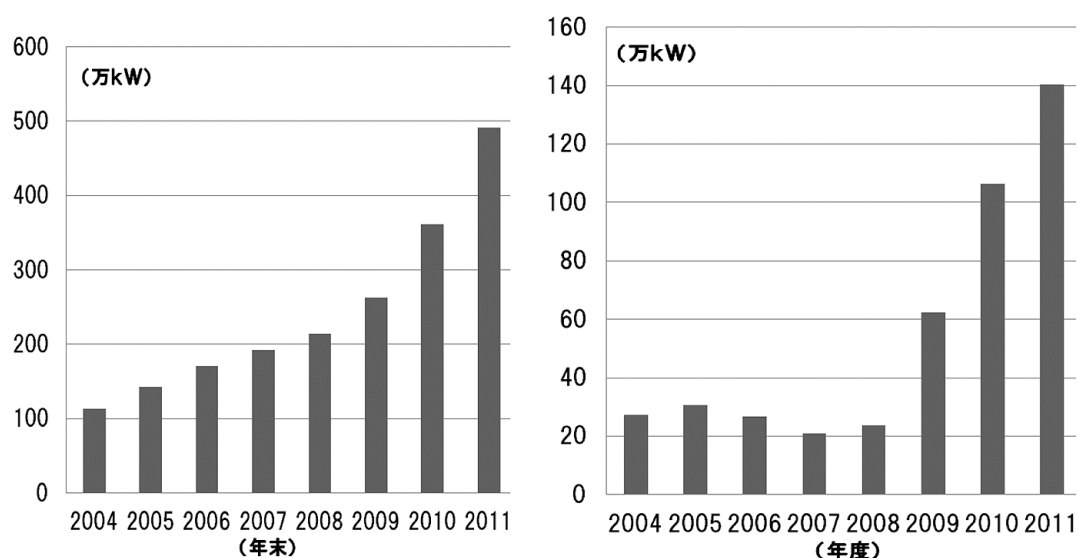


図 7 太陽光発電の国内普及実績⑤と太陽電池の国内出荷量
出展：(左グラフ) 国際エネルギー機関 (IEA)、欧州太陽光エネルギー協会 (EPIA)
(右グラフ) 太陽光発電協会

太陽光発電はこれまで国内の普及の中心は家庭用だった。1990 年代からじわじわ普及してきたが、この間、政府の補助政策の変更による浮沈があった。

政府が太陽光発電の普及に向けた補助金制度を始めたのは 1994 年度から。日本の太陽光パネルメーカーが世界に先駆けて 90 年代に成長したのは、足元の国内市場を作り出した、家庭用向けの補助制度の存在は不可欠だった。

経産省はその後のパネル価格の低下から 2005 年度末で補助制度をいったん終了する。すると、翌年から太陽光発電パネルの国内出荷は前年割れが続く。関連業界は積極的に復活を働き掛ける。2009 年 1 月に補助が再開されると、市場は一気に活気付いた。同年 11 月には家庭で太陽光発電した電気の余剰を電力会社が割高 (40 円・kWh) な単価で買い取る制度が導入され、市場は増勢を加速する。さらに、昨年 7 月からの全量買い取り制度で、高い買い取り価格が示されたことで、従来の家庭用だけでなく、工場の空きスペースや遊休地などを使った発電所の建設も増え始めている。

▼メリット 設置場所を選ばないことが最大のメリットだ。太陽光があたる場所であれ

ば、原則的にはどこでも太陽光パネルを設置するだけで、発電することができる。光があたたった太陽光発電パネルの表面で電気を発生させる構造で、ほかの発電方法のように回転体を持たないため、故障などのリスクが少なく、メンテナンスコストが極めて小さいことも大きな利点。大規模な設備を作るのであっても、準備期間が比較的短く済むことも特徴。風力や地熱などでは外部環境への影響も配慮するためのアセスメントが必要で、地元への了解を得るために何年と準備作業が必要になる。太陽光の場合、このような作業はほとんど不要だ。

1000 kW以上の大規模な発電所（メガソーラー）であっても最低限の運転要員で、稼働が可能のため、人件費などの面のランニングコストのメリットが大きい。発電の際、音などが生じないため、工場の屋上などわずかな空きスペースを使って導入が可能だ。太陽光は枯渇する資源でもなく、また、年間を通せば、日照量はほぼ一定になることから、FIT制度が導入されている欧州の国では、毎年の収益が安定した投資用の案件として積極的に開発されている。

▼デメリット 当然ながら、太陽が出ていない夜には発電ができない。雨の日や曇りの日も著しく発電効率が落ちるため、発電能力を最大限に生かして発電できる時間はわずしかない。平均で稼働率は12%程度ともされている。太陽光の入射角度によっても、発電量が大きく変化するため、1日の間の発電量の変動も大きい。雲で太陽が隠れたりなどの細かいブレは常に伴う。太陽光発電システムの発電能力あたりの単価は、ほかの発電方法よりかなり割高なため、kWhあたりの発電コストもほかの再生可能エネルギーと比べても割高になる。このため、経済性を補うための政策の動向に普及スピードは大きく左右される。FITによる買い取り価格が割高になると、その分、電気料金への転嫁が増える。割高な買い取り価格による普及拡大が、将来までのエネルギー価格高騰につながることから、先に制度を導入している欧州では消費者の不満が噴出。買い取り価格の引き下げを求められることもあった。

トピック① メガソーラーの躍進の陰で、国内メーカー主導市場の変貌

日本の太陽光発電の普及はある局面まで国内メーカー主導で進んできた。政府による普及策は最近まで、産業育成の意味合いが強かった。

太陽光発電パネルの商用化を目指して研究開発を続けていた、シャープ・京セラ・三洋電機（現パナソニック）・三菱電機の4社は国内市場向けに、新たな「家電」商品として太陽光発電の開発を続けてきた。

90年代の政府の補助政策が一貫して家庭用が対象であったことも、そんな経緯に由来する。昨年7月のFIT制度まで、大型の太陽光発電に対する補助は家庭用に比べて大きく見劣りしていた。同じように太陽光発電が2000年代から急速に拡大した欧州各国では普及の中心は大型の太陽光発電所だった。草創期の太陽電池市場を支えた日欧の市場は、その普及のあり方で、大きく異なる傾向を示していた。

独自の進化を遂げた国内の太陽光発電産業。各メーカーは自前主義を貫いて、ブランド

を確立していった。たとえば、太陽光発電で作った電気を系統で流れる電気と一緒に使えるようにするパワーコンディショナーと呼ばれる装置。欧州では専業の大手メーカーも存在するが、国内では三洋電機、三菱電機は自社グループ内で、シャープと京セラはそれぞれ、田淵電機・オムロンと組んで自社パネル専用のパワコンを開発していった。欧州ではパネルやパワコンの製造のほか、大型発電所を開発する事業者もあらわれて、市場のけん引役になり始めていたが、国内では4大メーカーがそれぞれ既製品としての「家庭用発電セット」を作って、家庭向けにまとめ売るする体制が続いた。

国内ではほぼ独占的に4社が太陽光発電システムを販売したため、価格の決定権もメーカーが握った。このため、2000年代になると、発電システムの内外価格差について、問題視する声が出始めた。

価格決定権を握る強いメーカーと、それに従って既製品から選ぶしかない弱い消費者。この構図を根本的に変えたのがソフトバンクが作ったS Bエナジーだ。昨年1月から自社が作った北海道内の太陽光発電実験施設で国内外の10のメーカーのパネルを並べ、発電

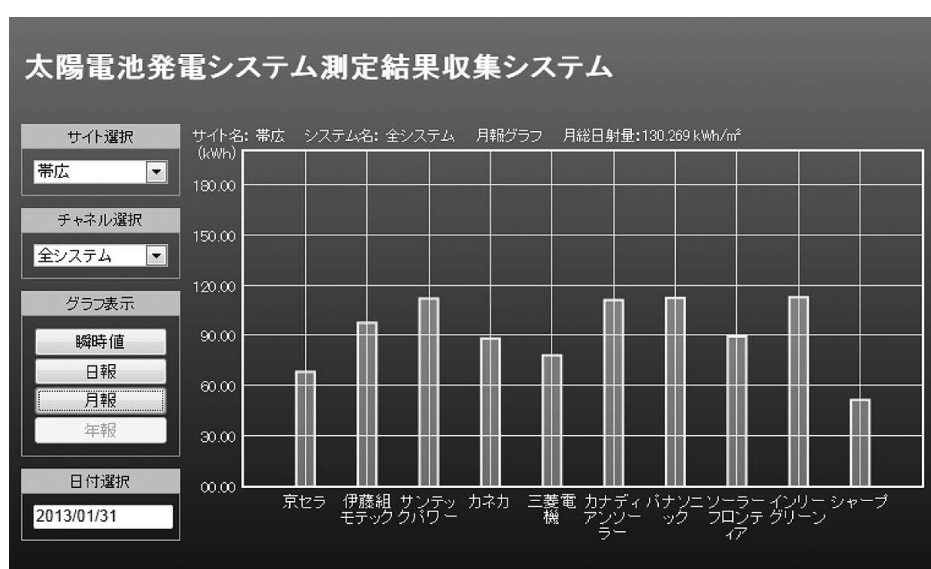


図8 太陽電池発電システム測定結果収集システム
出展：S Bエナジーのホームページより

量のデータをすべてホームページ上で公開しているのだ。

住宅用の太陽光発電システムは実に単純な商品だ。たとえば、テレビなら、画像がきれいであるとか、デザインがいい

とか、画面の大きさがちょうどいいとか、さまざまな選ぶポイントがあるはずだ。しかし、太陽光発電システムは「より安い価格で、より多くの電気を生む」ことがほぼ唯一の商品性といっていい。もちろん、アフターメンテナンスなどの観点も重要だが、商品性という意味ではいかに安く多くの電気を作るかという点に尽きるだろう。

だが、S Bエナジーの試みが始まる前まで、消費者はこの唯一の商品性について、メーカー側のパンフレットに書いた一方的な情報を鵜呑みにするしかなかった。発電効率が何%なのか——。細かい文字で書かれた前提条件に目を配るまでもなく、また、他社製品との同じ条件での比較など望むべくもなかった。これに対し、S Bエナジーのデータはほぼ同じ場所で同じ条件で観察された客観データ。見れば一目瞭然だ。

この発電データの直接公開は波紋を呼んだ。これまでも、一部個人で自宅に設置した太陽光発電システムの発電量をネットなどで公表するケースはあったものの、同じ場所に複数メーカーの発電パネルを置いて、比較をしたケースはなかったからだ。

S B エナジーはHPでの計測データの公表方針を事前に各メーカーに伝えていたという。海外勢は2つ返事でOKを出したが、国内勢からは「ドキドキしますね」などと言うばかりで、色よい返事はなかったという。それ以上に、公表後の反応に各メーカーはあわてる。量販店の店頭では「ソフトバンクのサイトで見たところ、発電量が多かった〇〇社のパネルが欲しい」と言った指名買いも出始めた。高効率なパネルであることを売り文句に国内市場で普及を進めていた国内の大手メーカーはS B エナジーが情報公開を始めてから、担当者に連絡し、自社に不利に見える公表のあり方の変更を求めてきたという。

太陽光発電市場が、国内だけの閉じられた市場であった時は、メーカー主導の価格戦略も成立していた。しかし、海外勢を含めた多くの新規参入者が現れる中で、国内の消費者は新たな選択肢を手に入れる。情報の独占から生まれたメーカー主導の市場秩序は有力な需要家の登場によって、終焉を迎えることになった。

トピック② 気になる、パネルの「輸入比率」

国内の太陽光発電パネルのメーカーなどで作る太陽光発電協会は四半期ごとに、太陽電池の国内出荷と輸出量を公表している。国内出荷については用途別だけでなく、輸入品の割合も示している。市場はこのところ右肩上がり拡大しているが、市場の関心はその伸びよりも、海外で生産されたパネルの輸入比率がどこまで上昇するか、に集まっている。

輸入品が急増したのは2009年度から。それまでほとんどゼロだったが、この年から1割程度のシェアを持つようになった。2009年1月から政府は家庭用の補助金を再開している。市場の再拡大が見込まれることから、海外メーカーが相次いで市場参入をした。海外メーカーの強みは、生産量の多さによる圧倒的なコスト力だ。その中でも、中国の最大手、サンテックパワーの本格参入は市場に大きなインパクトを与えた。サンテックは2006年夏に国内の中堅メーカーだったMSKを買収し、国内に流通網とメンテナンス拠点を整備していた。ヤマダ電機などの国内の有力流通事業者と連携して、販売量を拡大。国内の太陽電池市場価格の大幅な下落にもつながった。

サンテックのほかにも、インリー・グリーンエナジーやトリナソーラーなどの中国勢のほか、欧州や韓国からも有力メーカーの進出が相次いだ。主力であった欧州市場が政策転換からけん引役にならなくなったことも影響。昨年、埼玉西武ライオンズのヘルメットスポンサーになったり、TVCMを大量に流したりして知名度を上げたカナディアンソーラーなど、日本市場を主戦場と見て積極策を打つ事業者も増えてきた。

その結果として、輸入品の比率は年を追うごとに上昇している。2012年は上半期だけで31.2%となり3割の大台に乗せた。FITが導入された7月以降は、コストにより敏感な大型発電所向けの需要が膨らんでおり、割安な輸入品の比率はさらに拡大しそうだ。

先にも述べたが、太陽電池の商品性は極めて単純だ。より安く、より多くの発電をすれ

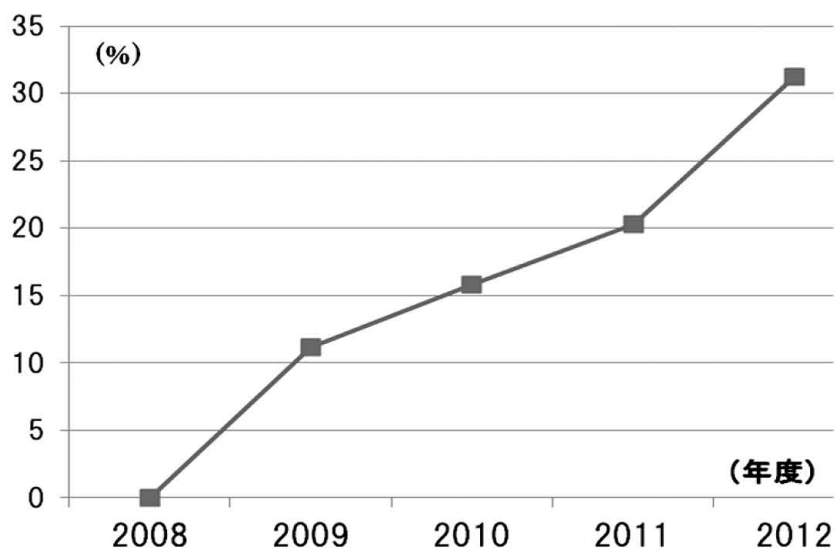


図9 太陽電池の輸入品比率
 (注) 2012年度は7月までの上半期の数字
 出展：太陽光発電協会の発表資料を加工

ばいいのだ。これまで、高効率をうたい文句にしていた国内メーカーも、結果的に安く多くの電気を作ることができる海外メーカー製品の流入で戦略の見直しを迫られている。パナソニックは三洋電機の買収で得た高出力太陽電池

を当初はプラズマディスプレイの工場だった兵庫県尼崎市で生産する予定だったが、国内市場での価格の急速な下落からマレーシアに生産工場を設けて、太陽電池から太陽光発電パネルまでを一貫生産することにした。国内メーカーは「技術の海外流出を防ぐため」として、太陽電池そのものは日本国内で生産する方針だったが、そうもいっていられなくなったのだ。

国内メーカー最大手のシャープは2009年度から太陽電池部門の営業損益を公表している。これを見る限り、国内でFITによる需要の急増が始まった2012年第2四半期(7

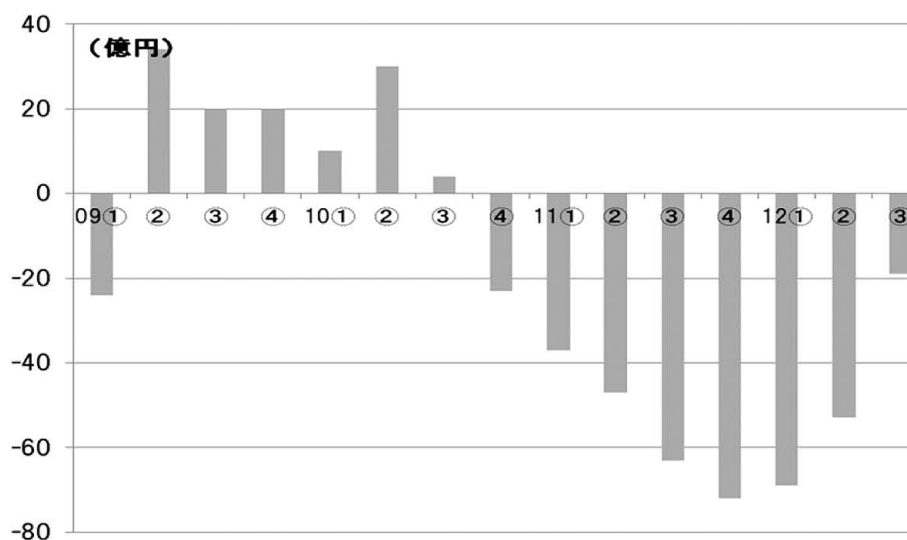


図10 シャープの太陽電池部門の営業損益
 出展：シャープの決算資料より

ー9月期)からいくらか回復傾向にはあるものの、依然として、太陽電池事業は営業赤字から抜け出せていない。シャープは海外向けには太陽電池の原料であるシリコンを使う量が少ない

薄膜型と呼ばれる製品を中心に供給する戦略を取っていたが、世界的な太陽電池の価格下落で、発電量が少ない薄膜型の需要は盛り上がり、大阪府堺市に2009年に新設した工場の稼働率はいまだに停滞したままになっている。同社首脳は「海外の需要地生産も含めて検討している」としており、パナソニックに続いて、海外での太陽電池の生産も始めるかもしれない。

三菱電機や京セラを含めて、国内各社は太陽光発電のパイオニアとして、独自技術の流出に極めて神経をとがらせていた。しかし、パネル価格の急落によって、国内生産の維持は今後、困難になる可能性もある。

太陽電池メーカーの苦境はなにも国内だけではない。ドイツでは2000年代半ばにはパネルの生産量で世界一にもなったQセルズが昨年4月に経営破たん。8月に韓国ハンファグループの傘下に入った。Qセルズは破綻する前に、ドイツ国内の工場を大幅に縮小し、マレーシアに主要な生産拠点を移転していた。欧州市場の低迷により、世界的に生産能力がだぶつきぎみになっており、かつて高収益を誇った中国サンテックやインリー、米ファーストソーラーなどの新興勢も厳しい収益状態になっている。各国の補助に依拠した市場拡大は、その補助の先行きが危うくなったことで、もろくも崩れようとしているのだ。

もはや、太陽電池は太陽光発電システムを形作るコア部品というよりも、世界のどこでも手に入る汎用品になりつつある。国内大手も、中国メーカー品などとは異なる決定的な品質差を導き出すか、海外への工場移転で、早期に価格競争力をつけない限り、事業存続が難しい。

太陽電池事業をめぐる国内メーカーの苦戦ぶりは、政府の太陽光発電の普及政策にも影響するかもしれない。太陽光発電の普及政策は元来、太陽光発電からの発電量増よりも、むしろ太陽電池メーカーの育成支援という産業政策の意味合いが強かったからだ。

FIT制度でも、ほかの再生可能エネルギーとくらべても割高な買い取り価格になっている。国内のメーカー支援の意味合いが乏しくなるにつれて、太陽光発電の普及政策はどこに向かうのか。その位置づけが今後問われる可能性もある。

2.3.2 太陽熱利用



図11 太陽熱利用
出展：いずれもパナソニックホームページより

▼普及状況 国内では太陽エネルギーといえば、当初は太陽熱利用を指していた。住宅の屋根に金属製の集熱板と貯湯タンクを置いた太陽熱温水器がオイルショック後の1980年には年間80万台を超える販売数を記録するヒット商品になった。当時は松下電器産業や三洋電機、三菱電機など大手家電メーカーがそろって参入し、市場は大いに盛り上がった。

しかし、その後は悪質な業者による「押し売り」がイメージの悪化を招き、大手事業者は相次いで事業撤退する。現在では矢崎総業やノーリツ、長府製作所など温水器メーカーが小規模な事業を続けている。環境省が普及に取り組んだり、東京都が普及に乗り出したり様々なメニューで需要を喚起しているが、対象商品の少なさなどから成果が十分に出ていない（図12）。

一方、太陽熱温水器はドイツや中国などでは普及がすすんでいる。北欧などでも新たなエネルギー利用の形として見直す機運もあり、普及の先陣を切っていた日本の急減速とは逆の方向性になっている。（図13）。

太陽熱を再生可能エネルギーとして利用する試みで、世界的に注目を集めているのは太陽熱発電だろう。

太陽熱を鏡で一点に集めて高温を作り、その熱で水蒸気を作ってタービンを回す仕組みだ。1980年代に米国で作られた実験プラントが現在も稼働を続けている。このプラントは、凹面の鏡の焦点の位置に油の流れるパイプを設置し、鏡に太陽光が当たれば、油が熱せられるトラフ式と呼ばれる仕組みを使っている。熱をもった油を回収して、蒸気を作る。

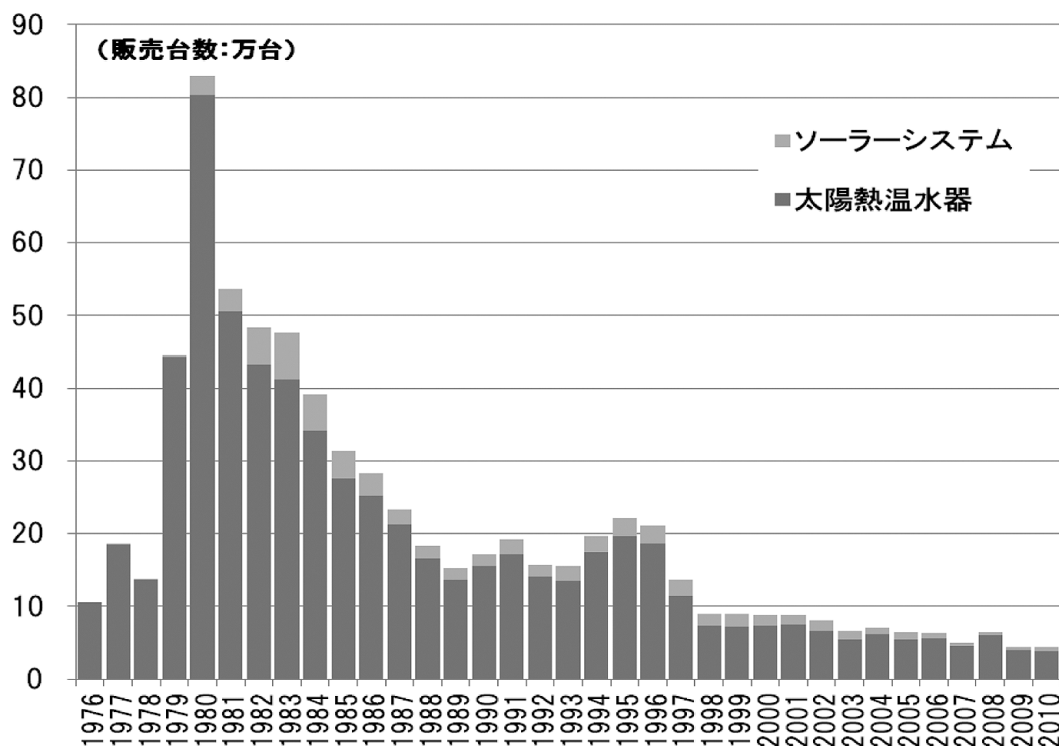


図12 太陽熱を使った家庭用機器は普及が進んでいない
出展：ソーラーシステム振興協会

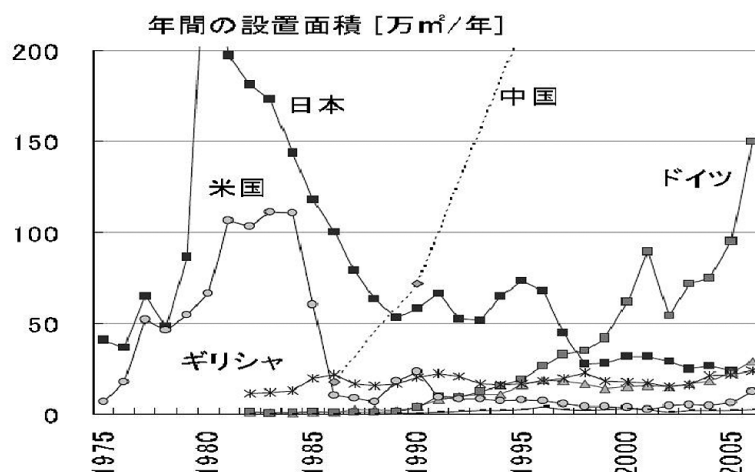


図13 海外では太陽熱温水器の設置が増えている
出展：電力中央研究所報告（2008年6月）より抜粋

現在、太陽熱発電所が開発されているスペインなどではタワー型と呼ばれるプラントが稼働している。20メートル程度の高さのタワーの頂上の1点に向かって、巨大な鏡が太陽エネルギーを反射する。タワーの頂上部では溶融塩に熱をため、その熱で蒸気を作って発電する仕組みだ。タワーの周辺を巨大な鏡が囲む姿は、SFの世界を思わせる。ドイツの経済界を中心にサハラ砂漠の太陽エネルギーで電気を作って、欧州大陸まで送電網を

作って供給するプロジェクトも計画されているが、「アラブの春」以降の治安の悪化などにより、具体的な動きは遅れている。

▼メリット

太陽光発電と比べるとエネルギーの利用効率が低い。太陽熱温水器のパネルが太陽光発電のパネルと比べても小さいことからわかるように、太陽エネルギーを熱として集めたときには、エネルギー量の半分



図14 スペイン・アンダルシア州で運転中のタワー型太陽熱発電所
出展：運営会社（Torresol Energy）のホームページより

以上を熱エネルギーとして使えるとされている。太陽熱発電でもそのメリットは同じだ。鏡で反射する際に、鏡を温める熱としてロスする部分などを除いても発電効率は20%程度とされており、太陽光発電の15%程度とは差がある。また、タワー型の太陽熱発電所では、熱を溶融塩にためるため、日没後も熱を持ち続ける。事業者側の話では、十分な熱がためられていれば、2日程度太陽が出なくても、発電を続けられるという。また、蒸気

の発生量を調整することで、電力需要に合わせて発電することも可能だ。

▼デメリット

太陽熱温水器は屋根にパネルのほか貯湯槽も置くため、屋根の耐震性なども不安視されている。また、水道圧だけで水を屋根上まで持ち上げるため、お湯の出が悪くなったりすることもしばしばあるとされている。湯切れを防ぐためのガス湯沸かし器などとの連携性の悪さも市場縮小につながった。このため、太陽熱温水器の再普及を目指す業界では水を直接屋根の上にあげるのではなく、熱を伝えやすい素材を使って太陽熱をため、熱交換によって湯を沸かす「ソーラーシステム」と呼ばれる商品の普及を目指しているが、価格の割高さなどから、まだ十分な成果につながっていない。

太陽熱発電所の設置には広い土地が必要になる。また、設備投資負担が大きいため、土地の値段が格安で、安定的に強い日差しが得られる場所でないと経済性が得られない。トラフ式では平らで油が流れやすいようにすることが求められるほか、総延長がかなり長く

なるためパイプの破損リスクが大きく、メンテナンスにも費用がかかる。タワー式では地上数十メートルの高さに高熱を蓄えるため、安全性についても十分な配慮が必要になる。
トピック 太陽熱発電、「元祖」は香川県にあった！

太陽熱エネルギーを使って、現在、日本国内で発電しているサイトはない。ただ、世界初の太陽熱発電プラントが、実は30年以上前、日本国内に作られていた。

香川県の旧仁尾町（現三豊市）。最寄りの駅からでも、タクシーを使って山を越えなければたどり着くことができない、瀬戸内海に面した小さな町だ。かつては塩田を開発し栄えたが、塩田が次々に閉鎖されると、産業を失った寒村になってしまった。



四国 コカ・コーラ ボトリング 株式会社
SHIKOKU COCA-COLA BOTTLING CO., LTD. (コカ・コーラ 指定会社)

Yes
Coke
Yes



図15 建設当初にイベントを開催。太陽熱利用に町をあげて取り組んだ

町は塩田跡地への新産業誘致に取り組む。時はオイルショック後、石油代替エネルギー

が模索されていた。政府が検討していた太陽熱試験発電所を誘致し、建設地に決まった。

発電容量が 1000 kW の試験発電所が並んで 2 か所建設された。1 つは現在のタワー型と、もうひとつは現在のトラフ型とほぼ同じ構造。政府から電源開発が研究を受託し、現在のタワー型の構造機器を三菱重工業が、トラフ型は日立製作所が建設した。

工事は 1978 年から始まり、3 年近くを要した。1981 年から両プラントは試験運転を開始した。1 年目は機器の破損や故障があったものの、2 年目からは順調に運転できたと当時の資料にはある。しかし、1 kW あたりの建設コストが 500 万円と極端に高く、発電量も安定しなかった。試験の結果、商用プラントの建設は見送られた。「技術的には全面成功。現段階では実用化は極めて困難」と評価された。100 億円もの国費を投じた実験だったが、試験運転は 2 年半で終了。施設はさらに 4 億円をかけて解体された。

実験後の動きは実にあっさりしたものだった。三菱重工業と日立製作所、電源開発に問い合わせても当時の資料はほとんど残っていなかった。当時担当した技術者もほとんどが引退して残っておらず、技術も多くは伝承されていなかった。わずかに三菱重工業で当時から伝わる技術の改良を続けているが、「当時の実験データを見たことはない」（三菱重工業の技術担当者）という。

実験の目的が国内の石油代替エネルギー開発だったため、国内で採算が合わないと判断されたため、研究は中止されてしまった。海外へのプラント輸出という想定は当時、なかったのかもしれない。

米国で現在も稼働するトラフ式の発電所が稼働を始めたのは仁尾町の試験設備が解体された 1 年後だった。当時、もう少し、粘って技術開発をしていれば。いや、せめて、実験データを仔細に分析していれば。現在、欧州を中心に技術開発が進む太陽熱発電の動きに、日本企業がもっと主体的に関与することができたかもしれない。

ちなみに、太陽熱発電プラントの跡地はしばらく空き地になっていたが、昨年 12 月、四電工と地元の建設会社が共同で「メガソーラー」を建設すると発表した。総工費は 7.4 億円。かつての太陽熱試験プラントと比べて、発電能力は 1.2 倍の 2500 kW。年間の発電量は 250 万 kWh で、太陽熱試験プラントが 2 年半で作った発電量（122 万 kWh）のほぼ倍を見込んでいる。

2.3.3 風力発電

▼普及の状況 世界で最も普及している再生可能エネルギーが風力発電だ。世界で稼働している風力発電の容量は 2 億 3770 万 kW（2011 年末時点、GWEC 調べ）となっており、国内の電力事業者が運営するすべての発電所の設備容量（2 億 2990 万 kW、2012 年 3 月末時点）をすでに上回っている。累積の導入量では欧州が多く、とくにドイツやデンマークでは国内で利用する電気エネルギーの 2 割近くを風力発電でまかなっている。近年では新規導入は国土が大きく、陸上に建設適地が多く残る中国や米国が世界の普及の中心になっている。

欧州ではドイツや英国などで、洋上に新たな建設場所を求める動きが盛んになっている。陸上と異なり騒音などの問題が比較的小さいため、洋上に建設される風力発電機は1台で出力が7000 kWのものもあるなど、大型化が進んでいる。

一方、日本国内に目を移せば、世界の普及の動きとは全く逆の動きになっている。政府は2010年度までに累積で300万kWの導入目標を掲げていたが、建設は進まず、250万kW程度で頭打ちになっている。昨年7月のFITの開始で太陽光発電が急増、昨年11月までに非住宅用だけで37万kWが運転を始めているのと対比的に、昨年1年で新設された風力発電所の能力はわずか7万8000 kWにとどまっている。とくに、12年度になってからは導入量が1.4万kWと極端に落ち込んでいる。

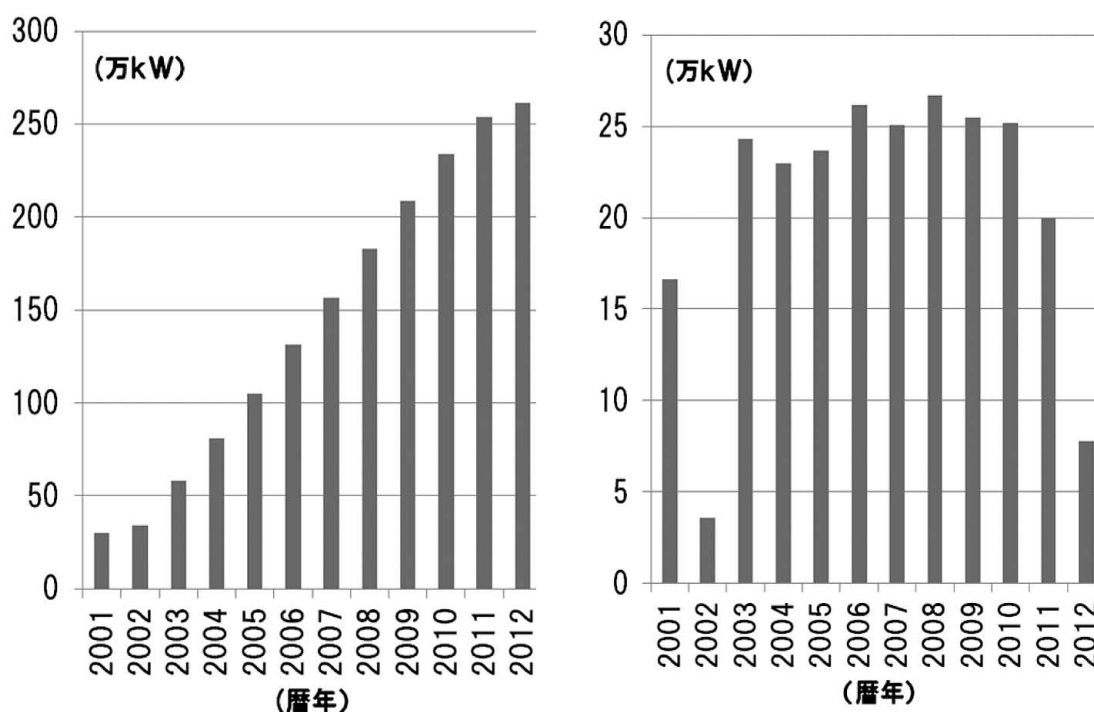


図16 国内の風力発電の累積発電能力⑤と、年間の純増発電能力
出展：日本風力発電協会

▼メリット 世界中で使われており、風力発電機は汎用性の高い機器として一般化している。適地に建設されれば、再生可能エネルギーの中では、もっとも発電コストが割安で、経済性が高い。また、技術革新が進み、1台あたりの発電容量も飛躍的に高まっている。太陽光発電と異なり、夜間や雨天などの悪天候時でも発電が可能のため、運転時間が長く、その分、総発電量が多くなる。

▼デメリット 発電量は「風任せ」のため、どの程度発電できるのか、事前には予想がつかない。電力需要の多いときに発電するとは限らず、発電量を調節できる火力発電や水

力発電との併用が必要になる。とくに、電力系統が小さいエリアでは、風力発電が増えすぎると需給バランスを合わせにくくなり、電気の質の維持が難しくなる。国内の地方の電力会社では風力発電の導入量に実質的な上限を設定しており、普及の妨げになっている。また、かなり大きな設備投資が必要になるため、イニシアルコストの占める割合が大きい。国内では昨年10月からは環境アセスメントが義務付けられるようになり、適地を選定してもアセスメントに4年近くを割かなければならなくなった。開発・建設期間が長期になることから、資本力のない事業者には参入が難しい。

また、巨大な羽根が空気を切るときに騒音が発生するほか、陸上に建設する際は景観の問題もある。鳥が発電機の羽根に巻き込まれて死んでしまう「バードストライク」と呼ばれる現象もあり、希少な鳥類が生息する地域の近くでは建設が困難になるケースもある。

トピック① 補助金ビジネスが破綻、国内市場は回復するか？

もう一度、(図16)の右のグラフを見てほしい。国内の風力発電市場は2010年以降、縮小傾向になってしまっている。なぜか？それは、2010年度まであった建設時の補助金制度を前提としたビジネスモデルが破綻してしまったからだ。

2010年度までは、風力発電所を建設する事業者には、初期投資の3分の1が補助金として助成される制度があった。補助金は現金で滞りなく支給される、もともと「取りっぱくれ」の懸念がないおカネだ。10年度まで風力発電市場の伸びを支えたのは、この制度のもとで、成長したベンチャー企業だった。

東証マザーズに上場している日本風力開発はその代表的な例だろう。この会社のビジネス

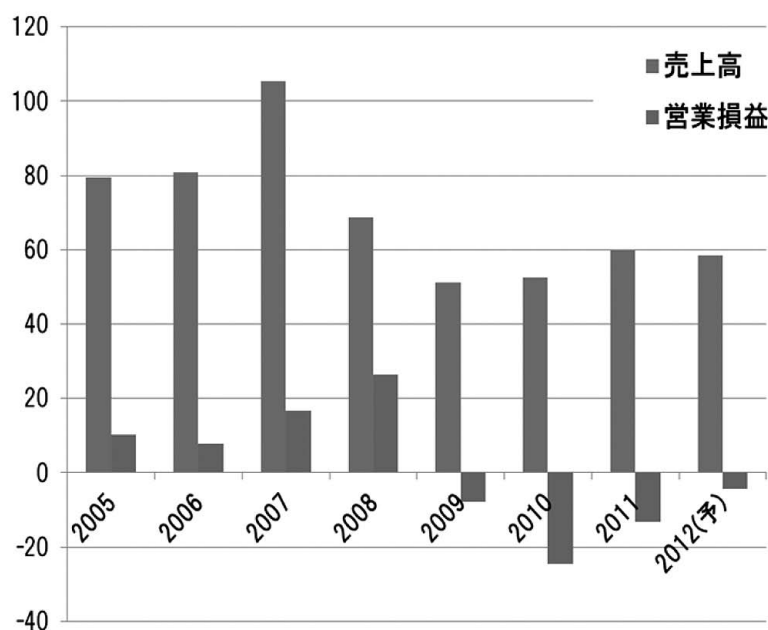


図17 日本風力開発の連結業績推移
出展：同社発表資料などより

モデルは「とにかく、風車を建設しまくる」ことにあった。建設すれば、建設コストの3分の1が、その年のうちに、現金として懐に入ってくる。日本風力開発はこの補助金メリットを巧みに利用して、国内3位の風力発電能力を構築した。国内シェアトップは豊田通商と東京電力の合弁企業(ユーラスエナジーホールディングス)、2位は電源開発(Jパワー)と名だたる大企業が名を連

ねている。1999年創業の日本風力開発がなぜ、3位に食い込むまで巨大な風力発電施設の建設を続けることができたのか。

建設後、補助金を得ることができるといっても、大型の風力発電所の建設コストは数十億円単位だ。建設前におカネを銀行から借りることができなければ、建設は不可能だ。そこで、日本風力開発は海外の風力発電機メーカー（GEウインド）から仕入れた発電機の販売によって売り上げと利益の双方を大幅に積み上げた。もっとも、仕入れた発電機を売る相手の多くは、自らが発電所建設を依頼したゼネコンだった。つまり、自分で使う発電機を自分で仕入れているのに、その発電機のやり取りを、売り上げとして計上していたということになる。発電機は単価が大きいから、売り上げ規模は大きくなる。GEから買う価格より、ゼネコンに売る価格のほうが当然高いから、損が出ることもない。利益と売り上げが上がっている企業であれば、銀行も安心して資金を貸すことができる。もっとも、このサイクルを維持するためには1つの条件がある。毎年、多くの風力発電所を自ら作っていなければならないということだ。

一見すると、「循環取引」の典型であり、不当な行為のようだが、元々、日本風力開発は海外の発電機を国内で販売する「商社」だった。創業社長も商社の出身だ。売り先がゼネコンになったものの、その契約条件を巧みにすることで、大手の監査法人から長年承認を得ていた。しかし、補助金制度がなくなることで、このモデルは破綻する。市場からも不透明さを指摘され、同社は過去の決算の一部を修正した。現在、同社は大幅な赤字が続いているが、上場市場が利益水準を上場廃止基準としていないマザーズであるため、なんとか上場を維持し、命脈を保っている。

現在、日本風力開発は国内3位の設備網のうち北海道・東北エリアを除く地域から次々と撤退している。既存の風力発電施設も、全量買い取り制度の対象となり、価値がつくようになったため、ユーラスや大阪ガス、関電工などの企業が購入先となって、西日本などに日本風力が持っていた資産の処分が進んでいる。日本風力は莫大な累積債務を資産売却で減らし、風況の良い場所の発電所の運営者として再起を図っている。

もっとも、実績の乏しいベンチャー企業であっても、20億円や30億円という巨額の補助金が一括で転がり込むのが建設時補助金の怖さだ。作ることがカネを生むという構図が、いびつな形で市場拡大を生み、その後の停滞につながっているともいえるだろう。

昨年からは風力発電所の建設に「環境アセスメント」が義務付けられるようになった。4年もの長い期間、収入なしで環境調査をするだけの体力を持つ企業は、おのずと限られてくる。先行ベンチャーの失敗もあり、新規に参入しようとする動きは見えてこない。世界では主力の風力発電を国内でどのようにすれば、ビジネスとして成立し、普及の循環を作ることができるのか——。その解が見えていないことが、現在の市場縮小という結果になっている。

トピック② 福島沖から動き出す「浮体式洋上風力」

「デメリット」の項でもふれたように、陸上に風力発電所を建設する際には様々なハー

ドルが存在する。そのなかでも、とくに大きいのが地元了解の難しさだ。いざ、建設にこぎつけても、運転開始後、地元から騒音などの被害の申し出が相次ぎ、地元との関係がこじれてしまっているケースも既存の風力発電所には散見される。

一方で、陸上の風力発電の適地とされる場所には、すでに発電所が作られているという場合も少なくない。風況だけでなく、発電した電気を送電線に流すためには、最寄りの送電線まで電線をひかなければいけない。送電線の敷設にも多大な費用がかかる。希少な鳥類などの営巣地が近くに入れば、その環境対策も必要になる。すべてを勘案すると、経済的に風力発電が可能なエリアは限られてしまうのだ。

これらの条件から、新たな風力発電の建設地として浮上しているのが「洋上」だ。送電線へのつなぎこみが難点に思われるが、障害物が少ない海底に送電線を敷設するのは、陸上よりもずっと簡単で費用もかからない。欧州ではすでに大型の風力発電所が建設されている。

欧州で現在、多くの計画が進められているのは北海の洋上だ。北海は水深がそれほど深くないため、現在計画されている風力発電所の建設計画はほとんどが海底に発電機を固定させる「着床式」と呼ばれる形式を取っている。

現在、国内では稼働している本格的な商用の洋上風力発電所はない。実証実験として、Jパワーが北九州市の海岸から1.3 kmの沖合で、また東京電力が千葉県銚子市の海岸から3.1 kmの沖合でそれぞれ「着床式」の2000 kW級の発電機の運転を始めている。

これに対し、発電機を洋上に浮かせる方式が「浮体式」だ。着床式が定着している欧州では開発が滞っており、未開発の分野でもある。国産技術としての実用化に向けた動きが今年から始まる。

実証研究の場所の1つとして選ばれているのが福島県沖だ。今年中に、2000 kWの浮体式の風力発電設備が稼働する予定。14年には1台で7000 kWという超大型の発電機を浮体式で運転する世界初の試みが始まる予定になっている。

発電機を製造するのは三菱重工業や日立製作所など。三菱重工は国内で最も早くに風力発電機の製造を始めたほか、巨大な浮体物体を製造する造船事業を自社内で手掛けており、世界初の大規模な浮体式風力の実現に知見を総動員する。福島沖の事業についてはほかにも、ジャパンマリンユナイテッド（JEFと日立造船とIHIの造船部門の統合会社）や三井造船、新日鉄住金、清水建設などが参画しており、オールジャパンの技術を集結する。未開拓の国内の洋上風力ビジネスに可能性を見出している企業が集まった一大プロジェクトとして注目されている。有力各社がそろうだけに、国内でも洋上風力のブームを作り出すことができるか。将来性を占う重要な事業といえそうだ。

2.3.4 地熱発電

▼普及の状況 太陽エネルギーや風力と異なり、地熱資源を使える場所は極めて限定される。地下のマグマで熱せられた蒸気の勢いで発電機を回す仕組みのため、地表近くまで

マグマが近づいていて、さらに地下水が豊富に供給されているという前提が必要になる。この点で、火山の多い日本列島は地熱発電の立地にはきわめて適しているといえる。産業総合技術研究所の資料によれば、地熱発電のポテンシャルは2207万kWと国内に立地する原発の能力の半分程度とされているが、そのうち電源として開発され、現在利用されて

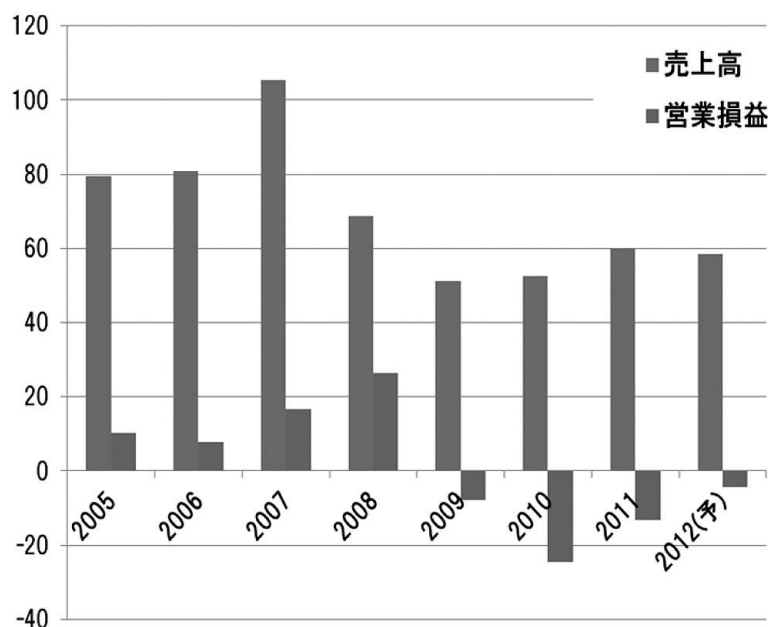


図18 地熱発電ポテンシャルと実際の開発実績
出展：産業総合技術研究所の資料より抜粋

いる資源量は53.5万kWで2%に過ぎない。

国内で大型の新規地熱発電所は1999年に東京電力が3300kWの発電所を東京・八丈島に建設したのが最後になっている。最近では、低温の温水でも発電可能なバイナリー発電の導入を検討することもある。

▼メリット 1つの設備の規模が大きく、数万kW程度の発電プラ

ントの建設が可能だ。地下から吹きあがる蒸気を使っており、資源量の増減による出力の変動が少なく、安定した発電が可能になる。設備利用率がほぼ100%のまま、維持しているプラントもある。また、地熱発電の関連機器は国内メーカー（三菱重工業・東芝・富士電機）が高いシェアを持っており、「純国産」のプラント建設が可能だ。

▼デメリット 地下のどこに蒸気エネルギーが存在するのか、資源量の予測が難しい。また、事業性の調査から環境や、地域への影響調査、さらに大規模なプラントの建設と運転開始までに10年近い月日が必要になる。地下の温水資源は日本の場合、温泉としてすでに利用されていることが多く、地熱発電の適地は多くの場合、温泉地が近くに存在する。地熱発電の影響で湯が枯れないかと懸念する声が多く、慎重な対応が必要になるケースが多い。また、蒸気の汲み取りすぎによって、蒸気の出が悪くなることもある。この場合、出力を維持するために、毎年のように新たな蒸気井を掘削しなくてはならない場合もある。また、資源が開発を制限されている国立公園内にある場合もあり、再生可能エネルギー開発と自然環境の保護が対立してしまうケースも増えている。

トピック① 住民の反対で地熱発電所計画とん挫、10年後開発計画が再稼働した町

大分県との県境に近い小国町北東部。初めてここを訪れると、多くの人は道の端から自噴している蒸気を見て仰天する。地域内には温泉宿が数軒あるほか、一般の住居でも、地

面から噴き出す蒸気で風呂の湯を沸かしたり、食材を蒸したりして生活に根差したエネルギーとして使っている。

現在、この地区周辺で3社が1000～2000kWの小型の地熱発電所の建設計画を進めている。既に、調査用の井戸を掘削し、蒸気を集めて送る配管も一部だが整備し終えた段階にある。



図19 熊本県小国町岳の湯地区、道路脇から蒸気が噴出している㊤、同地区で進む地熱資源開発のボーリング㊦
出展：いずれも宇野澤撮影（2012年8月）

開発計画が地元へ提案されたのは2010年6月。翌年1月に住民たちは共同で、開発を巡る利害調整や土地の管理などの窓口となる会社を設立した。現在、会社に参加する住民は地域に住む26人。「エネルギーを適切に開発し、守っていくことと、地域振興・雇用の増大につなげることが目的」（江藤義民代表）。発電所の開発計画を巡る素早い決断の背景には、地域社会を分断した10年前の苦い経験がある。

この地で地熱発電所の建設が検討され始めたのは戦後間もない1951年。以後、自治体のほか、民間企業も加わって、開発を目指す取り組みが続いてきた。97年には、電源開発が事業主体となって最大出力2万kWの大型地熱発電所の開発計画が、国の電源開発基本計画に組み込まれる。しかし、温泉の湯が枯れたり、蒸気量が減ったりしないかとの不安から、住民の一部は反対の声を上げた。発電所用地の地権者全員の同意が必要だったが、最後まで4人が首を縦に振らず、電源開発は2002年に撤退を表明した。

地域に残ったのは深刻な亀裂だった。推進派住民たちは、「地域が発展する機会を失った」との思いを引きずり、反対派住民は地域の集まりへの参加拒否を続けた。

東日本大震災後に再生可能エネルギーの導入機運が高まったことが、10年にわたる地域内の対立を解くきっかけになった。固定価格買い取り制度の導入で、大規模開発を伴わない小型の地熱発電所でも採算が合う可能性が高まった。反対派住民の世代交代が進んだこともあり、昨年3月に両者が和解。地熱エネルギーの開発再開へ、地域の体制が整った。

地熱発電は太陽光発電などに比べて開発まで時間がかかる上、温泉地などとの利害調整が難しいケースも多い。固定価格買い取り制度の導入後も、認定を受けた設備は2012年11月末までにわずか1件1000kWのみ。だが、開発断念に追い込まれた地域において急ピッチに進む再評価の動きは、地熱エネルギーを巡る意識の“地殻変動”を予感させる。

トピック② 福島の既設地熱発電所、出力減で河川水注入

安定した発電が期待できるのが地熱発電のメリットだが、長期間にわたって、地下水量が回復する量を上回って蒸気を取りすぎると、井戸が枯れてしまい、発電量が維持できなくなる。

福島県の柳津西山地熱発電所に蒸気を供給する奥会津地熱（三井金属系）は蒸気量の減退に悩んでいた。認可出力は1プラントとしては国内最大の6万5000kWだが、その利用率は39.1%（2010年）と全国平均（56.1%）に比べて大きく劣っている。そこで、枯れ



図20 奥会津地熱が蒸気を供給する柳津西山地熱発電所（福島県柳津町）
出展：奥会津地熱提供

てしまった井戸を回復させるため、河川の水を地下の高温層に注入して、蒸気量を回復させる手法を国内で初めて導入する。国内の既存施設の多くが運転開始から20年以上が経過しており、成功すれば、地下水の枯渇対策につながり、地熱資源の新たな利用を促す動きになるかもしれない。

同発電所では発電開始から2年に1本の頻度で蒸気を取り出す井戸を掘ってきたが、すぐに蒸気の噴出量が減退してしまい、発電能力にあった蒸気生産量を十分に保てなかった。

そこで、目を付けたのが米国の地熱発電所で2割発電量を回復させた実績がある高温の

地下に地上から水を注入する「高温岩体発電」の仕組みだ。地下水資源が枯渇しても、現在は常時、実質 3 万 kW の発電量を 3 万 5000 kW 以上に回復、維持できるとみている。具体的には、発電所から 1 キロメートル程度離れた場所に深さ 2000 m 以上の井戸を掘り、現在蒸気をくみ上げている井戸の下部に河川水を送り込むという。河川水が地下の熱で熱せられて、蒸気となって吹き上げることを期待している。近くを流れる滝谷川からポンプを使って最大で 1 時間に 200 トンの水を送る。

地熱発電所は新規投資には長い時間と、莫大な投資がかかる。新規開発を急いでもそのハードルは高く、強引な進め方をすれば、地元の反感を買ってしまう。地熱資源の有効利用という意味では、既存の設備をいかに生かしていくか、という観点も必要だ。

2.3.5 中小水力発電

▼普及の現況 水力発電は戦後の復興期は最大のエネルギー源だったこともある。しかし、高度成長期以降は化石燃料にエネルギーの中心が移り、火力発電が中心の「火主水従」となる。水力エネルギーの 1 次エネルギーに占める割合は 3.3%（2010 年度）にとどまっている。

ただ、再生可能エネルギーの中ではもっとも利用が進んだエネルギー源であることは間違いない。2012 年から実施されている再生可能エネルギーで作った電力の全量買い取り制度の対象は出力が 3 万 kW 以下の水力発電となっている。これは、3 万 kW を超える大型の水力発電所の建設にはダムなどの建設物が必要になり、周囲の自然環境に大きな影響を与えるためだ。

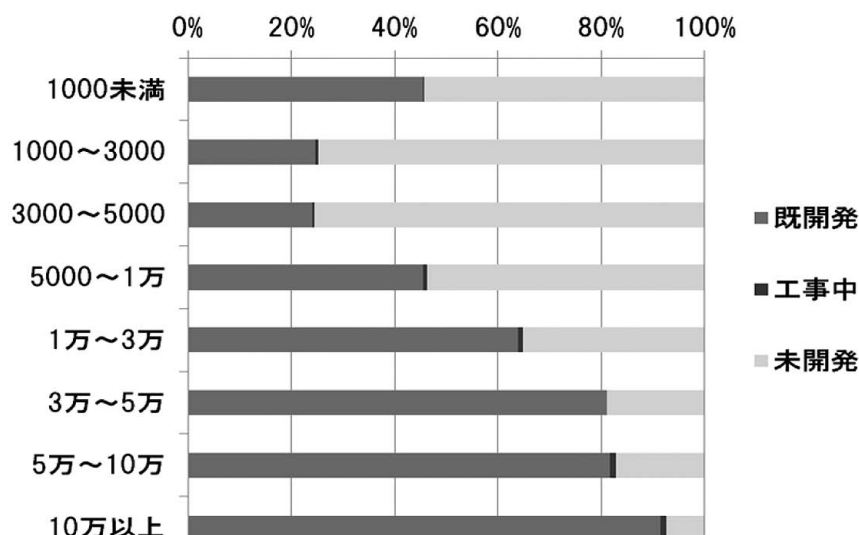


図21 水力資源量に対する開発の割合
出展：資源エネルギー庁のホームページより抜粋

一方で、新エネルギーとされてきた中小水力の大きさは 1000 kW 以下とされていたため、全量買い取り制度の「中小水力」は従来の概念を大きく引き上げるものでもあった。これは、とくに、潜在的な資源量に対する開発実績、

1000 kW 以上であっても十分に進んでいないためである。1000 kW 以下よりも 1000

～ 5000 k Wの範囲の開発割合の方が低く、1 万 k W以下の規模では半分以上の資源がなお未開発のままのため、経済的なメリットを与えることで、開発を促すことが必要とされた。

水力発電も風力発電と同じく、回転体の発電設備のため、規模が大きくなれば、それだけ、効率も上がる。 昨年までの認定設備はまだわずかにとどまるものの、買い取りの対象が広がったことで、中長期的な資源開発につながることも期待されている。

▼メリット 水力発電はほぼ安定した発電をすることができる。とくに中小水力の多くを占める「流れ込み式」の場合、水の量が短時間で極端に変化することは少ないため、昼夜を問わず安定して発電を続けることが可能だ。燃料が不要で、メンテナンスもそれほど人手を必要としないので、運転開始後に必要なコストは低い。

▼デメリット 落差のある河川などは電力の需要地からは遠い山地に多く、建設可能な場所が限定される。比較的規模の大きな水力資源の開発には自然環境の大きな変更が必要になるケースが多い。また、新設の場合、長距離の送電線が必要になる場合もある。設置には土木工事が必要になるため、初期投資が大きな規模になる。発電能力が小さくなるほど、経済性が乏しくなる。このため、全量買い取り制度では 1000 k W以上が 1 k W h あたり 25.2 円、200 ～ 1000 k W が 30.45 円、200 k W 以下が 35.7 円と規模によって差を設けている。また、水を資源として利用するには「水利権」という権利がハードルになることもある。河川などの水を発電に利用する場合、河川法に基づき、原則として国や県など河川管理者の許可が必要になる。この権利の取得にはかなりの時間がかかるほか、ほかにも小さな設備であっても多くの法令による規制を受ける。これらが有効な資源利用の妨げになるケースもある。

トピック 自治体が主導する水利権簡素化

水力は資源量が豊富で安定した発電が期待できるものの、その利用についての権利関係の複雑さから、民間が名乗りでて、事業を進めるにはなおハードルが高い。

そこで、自治体が水利権を簡素化し、中小水力発電の新設をしやすい特区にする動きがある。栃木県は一昨年末に特区申請し、政府から承認された。宇都宮市や那須塩原市などの農業用水路に 10 k W 級からの小型の水力発電所を 100 か所近く設ける。新会社を設立して 2013 年を目標に数十カ所に発電機を設置し、計千キロワットの発電を採算ベースに乗せることをめざしている。特区になったことで、水利権の取得手続きの簡素化や、発電機に配置することが義務づけられている主任技術者の兼任の拡大が認められ、事務コストや人件費の圧縮が可能になる。

栃木県の指南役になっているのが、野村HDの全額出資子会社である野村アグリプランニング&アドバイザー（東京・千代田）。開発にあたる特定目的会社（SPC）を設立し、地元金融機関や企業から事業資金を集める。

ただ、同じ時期に特区を申請した岐阜県と長野県の一部の自治体は特区を認められな

かった。これらの地域では、権利の期待していた開発が進んでいない。現在では水利権の新規の取得には農業用水であれば半年程度だが、河川水であれば3年程度の時間がかかり、その事務手続きにも労力が必要だ。さらに、関連の法令への対応でも事務コストが膨らみ、事業採算を下げてしまう。特区などを利用した、自治体が前面に立った動きが、小規模な水力発電の普及には不可欠と言えるだろう。

2.3.6 バイオマス発電

▼普及の現況 バイオマス発電はその定義にあいまいさが付きまとう。純粋な木質バイオマスだけを使うものの印象が強いが、全量買い取り制度の対象にも廃棄物を燃料として使うものも含まれている。また石炭発電所などが燃料として一部バイオマス資源を使うものなどもあり、これらをどのように取り扱うかで、評価も大きく異なる。このため、普及の現況を見極めることは難しいが、経済産業省は2011年度末の累積導入量を「約210万kW」としている。ちなみに、RPS制度の認定を受けている設備は2012年度末に230万kWだった。環境NPOである環境エネルギー政策研究所の発行している資料によれば2010年末の時点で325万kWとしている。

全量買い取り制度の下でも、その調達価格はバイオマスの種類によって大きく異なる。もっとも高いのが下水汚泥や家畜の糞尿をガス化して、そのガスを燃料として使った発電方式で1kWhあたり40.95円になっている。また、林地残材など未利用の木材を使う場合は33.6円、製材所の端材など一般木材は25.2円、木質以外の廃棄物は17.85円。家屋の建て替えなどによるリサイクル木材を使った場合は13.65円となっている。

▼メリット 地域の未利用資源を有効活用することができる。木材だけでなく廃棄物まで含む広い定義であれば、地域で不要なものを集めて、燃やすことで生まれる熱を電気という有用なエネルギーにする。地産地消という意味でも、わかりやすく、住民の協力を得やすい部分もある。また、未利用の資源が集積する場所（たとえば、ごみ処理場など）であれば、廃棄物処理費で回収が可能なため、燃料費やそれを集めるためのコストがかからなくなる。

▼デメリット 再生可能エネルギーの中では特殊な存在で、燃料費がかかる。また、地域に存在している資源量が有限であり、どれだけエネルギー需要が拡大し、発電量を増やそうとしても、地域に存在しているエネルギー量以上に増やすことはできない。また、資源が集積する場所以外の場所で新たに発電所を作ることになると、燃料を回収するためのコストがかかる。元々、資源としては「広く薄く」存在しているため、これを集積することによって多くのエネルギーを使うことが必要になってしまう。また、すでに別の用途に使われている資源も多く、バイオマス発電を増やすことが、資源価格の高騰につながってしまう可能性もある。リサイクル木材を使った発電の買い取り価格が他と比べて低く抑えられたのはこのためだ。

トピック 首都圏のリサイクル木材獲得大競争

2年ほど前の話ではあるが、住友共同電力と住友林業が地元企業と共同で、川崎市の東



図22 川崎バイオマス発電の発電設備
出展：宇野澤撮影（2011年3月）

京湾岸に出力3万3000kWのバイオマス燃料のみを使う大型発電所を新設した。この発電所、ごみなどの廃棄物は使わず、燃料をほぼ全量木質燃料でまかなう計画だった。

バイオマス燃料を大量に使う大規模発電所の出現に、身構えたのが首都圏のほかのバイオマス資源を使う発電所を保有する企業だ。千葉県内で発電所を先に4万kWを超え施設を稼働していた三井造船系の市原グリーン電力は、川崎バイオマスが完成する前から、十分な燃料を集められず、稼働率が低迷していた。これに加えて、有力なライバルの出現だ。少しでも

多く、バイオマス資源を集めるため、どこから来た燃料でも同じ値段で買い取っていた仕組みを改め、より遠くから、燃料費をかけて持ってきた事業者には、燃料費分を三井造船側が負担し、割高な価格で買い取る仕組みにかえた。千葉の周辺だけでなく、埼玉や神奈川などからも広くバイオマス資源を集め、稼働率の引き上げを模索した。

大規模な発電所ができたところで、地域のバイオマス資源の量が増えるわけではない。両社は、最も割安に手に入る木造家屋を壊したときなどに出る、建設廃材を燃料として見込んでいたという部分でも共通した。両社が発電所の建設を計画していたときは、建築廃材は合板用の素材に使うなどの限られた用途しかなく、東京都内でも1kgあたり1円程度が相場だった。これが、バイオマス発電用の燃料として注目されたことで、数年間で一気に価格が4倍近くに上昇した。

計画当時は、ここまでの燃料費の高騰は想定していなかった。三井造船系の発電所は当時、国内資源の高騰から、海外からの輸入バイオマス燃料の利用を検討したほどだった。ほかにも、関東一円の製紙工場やセメント工場が二酸化炭素の排出量削減の目的で、バイオマス燃料の混燃を進めており、需要はさらに高まった。一方で、廃材供給は横ばい。需給のバランスは不安定になり、相場が乱高下するようになった。

とぼっちは各方面におよんだ。たとえば廃材処理会社。家屋を壊す工事をする建設会社などから、廃材をひきうけているが、廃材価格が高騰していたことから、建設会社は処

理会社に払う処理費用を半分程度に下げてきたという。燃料価格の高騰が、ところてん式にそれまでの木材資源に関わる価格体系を壊した。

未利用のバイオマス資源として、間伐材など山林に未利用のまま放置されている林地残材の利用を模索する動きもあった。当時、林地残材を燃料として使うには「1 k W h あたり 30 円程度の買い取り価格でないとメリットはない」とみられていた。このため、全量買い取り制度によって、林地残材を使った場合の買い取り価格は 33.6 円と高めに設定された。しかし、林地残材を使う発電所の建設へのハードルはこれで解決したとは言えない。広く薄く存在する林地残材を大量に集めることは難しいからだ。規模の利益が出にくいこともあって、林地残材の利用は政府の後押しにも関わらず広がっていない。

従来のバイオマス発電は 1 万 k W 以上の大規模な施設を建設するものが多かった。しかし、資源量が限定されているというバイオマスの特性からすれば、大規模施設の林立は価格の高騰と、燃料を運ぶ距離が長くなることによる環境負荷の高まりにつながる。東京湾岸の争奪戦からは、バイオマスこそ、地産地消を求められる資源であるということを改めて示しているといえる。

2.3.7 海洋エネルギー発電

▼普及の現況 欧州で一部、数百 k W の規模で実用化されているものの、まだ実証段階にある。「波力発電」には海岸に海水が打ち寄せる力を使う陸上型の施設のほか、海に浮かべたブイのような海上型の施設もある。海中の水流の力を使った「潮力発電」、海の表層部と深海との温度変化をエネルギーとして使う「海洋温度差発電」などが国内でも研究されている。

▼メリット 海の動きは止まることがなく、波力や潮力は常に働いている。また、従来からほとんど使われていないエネルギー源で、資源量は豊富。施設は海上か沿岸部のため、騒音などの問題も少ない。

▼デメリット まだ、技術が確立しておらず、高効率な発電が安定して出来るためには時間がかかる。海上に施設を置く場合、漁業権などの問題もある。まだ技術開発途上ということで、全量買い取り制度からも対象外になった。

3. 再生可能エネルギー限界論の論拠とその解決に向けた動き

3.1 再生可能エネルギー限界論

再生可能エネルギーは、国内でまかなえる燃料費のかからない資源である。利用を増やしていくことについては、おおむね賛成だとする意見が多く、利用の推進そのものに強く反対する声は大きくない。

ただ、その普及のあり方と目標をどこに置くのかをめぐっては、2 つの観点からの「限界論」がある。ここでは、その限界論とその解決に向けた手段について考える。

1 つは、とくに風力や太陽光などを対象とした、発電量が安定しないことによる限界だ。

発電量の調整が難しい再生可能エネルギーの導入を増やせば、電力系統全体の不安定度が増すという指摘だ。風力などの変動を補うため、出力調整が可能な火力発電所などを増やさなければならず、再生可能エネルギーを増やせる量は限られているという主張だ。電力会社はこの立場から再生可能エネルギーの普及拡大の限界論を展開している。

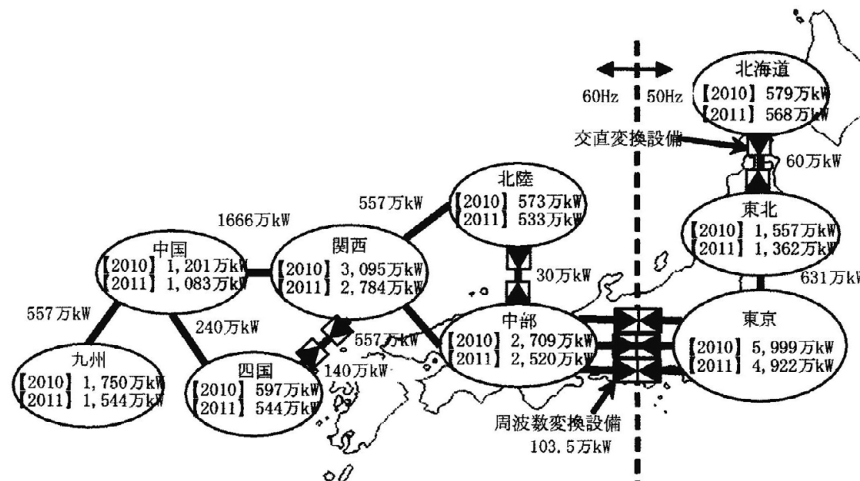


図23 全国の電力会社の規模と、連系線の太さ
出展：経済産業省資料より

日本の送電網事情と組み合わせることも多い。送電網がメッシュ状につながる欧州と異なり、日本の送電網は独立している。さらに10の電力会社

社が単独で電力の質を維持しており、電力会社間をつなぐ送電線（連系線）が極端に細いケースもある。

代表的なのが、北海道と本州を結ぶ、北本連系線の脆弱さだ。北海道は風力発電の適地が多い国内有数の地域だが、北海道電力のエリアの電力需要が小さいため、現在、風力発電の実質的な受け入れ可能量は56万kWに限定されてしまっている。より、多くの電力需要がある首都圏に運ぼうにも、本州側に送電できる量が限られているため、新規の風力発電の立地が進まないのだ。

東北電力も自社管内では実質的に200万kWまでしか風力発電所を建設できないとしている。現在の風力発電の総量は50.8万kWにとどまっているが、今後の建設予定分をふくめれば、130万kWになる見通しだ。もっとも、東北電は自社管内での風力の導入可能容量を何度も引き上げてきており、今回の数値の妥当性にも疑問符はつきまとう。

もうひとつの限界論の理由は、エネルギー密度の低さだ。バイオマスや波力などは地球上には大量に存在するエネルギーだが、発電のためのエネルギーとして使うため、一点に集めるには大きなコストがかかる。太陽エネルギーは毎日、大量に地球上に届くが、「広く薄く」であるため、大規模な発電所を作ることが難しい。今後、技術革新が進んだとしても、エネルギー密度の低さは変わらず、政府の補助がなければ、経済性が保てない「補助金ビジネス」の域を出ないとの考え方だ。

3.2 解決に向けた動き—スマート化の意味は

2つの限界を乗り越え、上限を超えて再生可能エネルギーをより多く、使っていくこと

はできないのか。新たな技術の利用が模索されている。

3.2.1 蓄電池

従来、電気の常識は「ため置くことができない」だ。電力系統の維持のための鉄則は「同時同量」。つまり、発電所で作る電気の供給量と、家庭や工場などで使う電気の総需要量は常に同じであることが求められている。

蓄電池は、従来の常識である、この「同時同量」を覆すものだ。電気をためておく手段を持つことで、風が多く吹いた時や日差しが強いときに多く発電した電気を、ためておき、需要が増える時間に合わせて供給するといった運用が可能になるのだ。

再生可能エネルギーを使った発電所ではナトリウム硫黄電池（NAS電池）の利用が一般的だ。すでに、青森県六ヶ所村の大規模風力発電所では、NAS電池を使った、電力供給の効率化に向けた実験が進んでいる。沖縄県宮古島市では東芝と沖縄電力が共同で、太陽光発電と風力発電で作った電気をNAS電池で管理し、島内の需給バランスを保ちながら、電力供給を進めている。とくに、宮古島の実証試験は島という限られた系統の中で、電池の有効性を調べるもので、ここで作られた知見を、大都市での電池の利用につなげることが計画されている。

ただ、大型の蓄電池をめぐるのは、その安全性をめぐる、不安もある。NAS電池は2011年9月、納入先で原因不明の火災事故が発生した。全国のNAS電池の利用が一時停止され、世界で唯一のメーカーである日本ガイシは生産、販売活動を一切停止した。発火原因が組み立て時のわずかな誤差にあったと判明したのは翌年の6月だった。日本ガイシはNAS電池事業を再開したものの、不安定さへの不安から従来ほどの期待感は見られない。そもそも、NAS電池が電気を保ち続けるためには、内部をセ氏300度に保っていなければならないなど、本当にエネルギーの効率利用につながっているのか疑問視する声もある。

ボーイング787の運航停止でも、大型のリチウムイオン電池の不具合が指摘されている。化学物質である蓄電池はその管理が難しい。電力という生活を維持するためのインフラをになうためには、蓄電池のさらなる技術改良と安全対策が必要になっている。

3.2.2 デマンド・レスポンス

従来の送電網では、電力の受給をバランスさせるために、供給側だけを調節していた。電気の利用者は、電源の都合を全く考えずに、使いたいときに好きなだけ、電気を使うことができた。

これに対し、電力供給の都合に合わせて、需要側をコントロールしようとする試みがデマンド・レスポンスだ。自然エネルギーを使った発電が多いときに、優先的に電気を使い、少ないときは電気の利用を自動的に減らす。

筆者が7年前に米国カリフォルニア州に取材に行ったところ、すでにデマンド・レスポ

ンスは電力会社の当たり前のサービスとして存在していた。その仕組みは、電力会社側が、電力の供給量に応じて、契約した利用者のエアコンの運転を制御できるというものだった。利用者は事前に、電力供給がひっ迫した時に、どの程度、電力会社側にエアコンの制御を許すかについて契約を交わしておく。その程度は「100%」「50%」「20%」などと小刻みに決められており、電力会社に制御を許さない（つまり「0%」）という契約も存在した。制御に協力する割合が大きい利用者ほど、電気料金は低くなる仕掛けになっている。夏の暑い日などに、電力需要が増えると、契約者のエアコンの運転を制御して需要を減らし、需給のバランスを保つのだ。カリフォルニア州は2001年に大規模な停電を経験したことから、その解決にデマンド・レスポンスを導入した。

また、ドイツではさらに興味深いデマンド・レスポンスの仕組みが導入されている。

ドイツの中堅都市マンハイムでは、電力の利用が増えるのは、夏ではなく、厳しい寒さの冬だ。そこで、一般の利用者の電力利用を制限するのではなく、大量の電気を使う町に400か所ある冷凍施設と公共施設の電力量を調節することで、需給バランスを保っていた。冷凍施設の温度を1～2度上昇させても、それで中身が溶けだすことはない。また、公共施設のスケートリンクの氷の温度も同じに保つのではなく、電力が不足すれば多少温度をあげて、氷の硬さを微妙に変化させる仕組みを導入している。

日本国内でも、系統の安定維持という観点よりも、節電のための手段として、東日本大震災以降、デマンド・レスポンスを導入する企業が増えている。

代表的なものが、設定した電力量以上を使いそうになると、光や音で知らせるという機械を導入するケースだ。電力の使いすぎを制限して、電気料金の削減にもつなげる効果がある。もっと、大がかりに、複数の拠点の電力使用量を一括監視して、合わせた電力使用量が当初の想定を上回りそうになると、無駄の多い拠点に対し、注意を勧告するなどのサービスも出てきている。

ドイツでは家庭向けに直接制御でなく、電力の需給バランスの現状を知らせることで、自主的な電力使用減を促そうとする実証実験も進んでいる。たとえば、置時計のような機器を地域の住民に配布し、電力使用量がリアルタイムに届くようにして、今後、需給が余裕があるときは「緑」、ひっ迫しそうなときは「赤」に光らせる。住民は緑を見たときに洗濯機を回したり、掃除機をかけたりなどをする。一方、赤の時は極力電気の利用を控える。どのように、情報提供をするのが、もっとも行動に影響を与えることができるのか、ドイツでは多くの実験が各地で進み、模索が進んでいる。

3.2.3 スマートグリッド

スマートグリッドという言葉が一気に市民権を得たのは、2009年にグリーンニューディールを掲げたオバマ氏が米国大統領に就任した時からだ。

自然エネルギーの積極利用によって、それに付随する国内産業を育成、米国内の産業再興を目指した政策に乗って、スマートグリッドを積極的に推し進めたのは米IBMと米ゼ

ネラル・エレクトリック（GE）だった。GEはその年のスーパーボウルの試合中に流れるCM（世界で最も広告単価が高いとされる）で、スマートグリッドの必要性を説き、社会への浸透を図った。

スマートグリッドの内容は実はあいまいだ。エネルギーを効率的に使う送電網——程度にしか定義はなく、「スマートグリッド」の名のもとに、何でもアリの状況になってしまっている。とくに、国内ではスマートグリッド実証の名でコンサルティング会社や電機、自動車、重電、それにゼネコンや流通事業者までが関わって、あちこちで補助金を使った「スマートグリッド実証」が進められている。その目的は同じ実証試験に参加する企業間でもバラバラで、各企業の技術検証の意味合いが強い。

国内では現在、「スマートメーター」の普及が議論の的になっている。従来の電力メーターは機械式と呼ばれ、電気の利用量に合わせて、中央の円盤が回る形のものが多い。電力会社の検針員が毎月、メーターを読みに訪れ、電力料金を確定させていく。

これに対し、国内の電力会社が普及を進めようとしているスマートメーターは電力量の検針機能だけでなく、通信機能と、自動開閉機能を搭載している。検針機能も、機械式では月の使用量だけしかわからなかったが、新たな「スマートメーター」では30分ごとの電力使用の状況がわかるなど大幅に充実する。しかも、通信機能で常にホームサーバーに情報が蓄積されるため、利用者の電力の利用実態から、より細かな時間帯別料金などの提案につなげることができるとみられている。



図24 機械式の電力メーター⑤と、関西電力が普及を進める「スマートメーター」
出展：左は宇野澤撮影（2013年2月）、右は関西電力提供

それだけではない、再生可能エネルギーの利用拡大にも有効とされている。たとえば、

日差しの強く太陽光発電が多くされる日であれば、10時から15時までの日中の電力料金を割安にするなどの対応が、スマートメーターを使っていることが前提であれば可能だ。現在は深夜割引程度しかない、電力料金の多様化を進めることができると期待されている。

すでに、NTT系の新電力エネットは自社の電力を使うマンションで、一部、時間帯別電気料金を導入している。電力需給がひっ迫する夏の昼間に、電気を使う量を減らした家庭にはキャッシュバックをする仕組みを導入している。節電の手段として。また、再生可能エネルギーの出力変動を需要者の経済的な行動から吸収するツールとして、今後、普及が期待されている。

一方で、電力の利用情報は、その家庭の生活習慣などのプライバシーにかかわる情報だ。何時ごろ寝ているのか、何時ごろ起きるのか、何時ごろ風呂に入るのかなどの情報が流出すれば、防犯上の懸念もある。一方で、情報をメーターの設置を急ぐ電力会社だけが利用することになれば、今後5～7年後に予定されている電力の小売り完全自由化の際に、競争条件が異なるとして問題になる可能性がある。

3.2.4 エネルギーの地産地消

スマートグリッドの動きと関連して、再生可能エネルギーの利用を拡大するために必要な考え方としてクローズアップされているのが「地産地消」のためのインフラ再構築だ。

現在の送電網は原子力発電の稼働が前提となって作られている。福島県沿岸部や新潟県から非常に太い幹線が電力の大消費地である首都圏に向かってひかれている。関西圏でも福井県若狭地方から大阪へと太い送電線がある。インフラが原発の稼働を前提に作られている。

また、発電所（上流）から利用者（下流）までの流れは一貫して同じ方向に電気が流れることが前提になっている。このため、下流から上流に逆流する家庭用太陽光の余剰買い取りなどについては、前提として日本独自の機能を持った機器の設置を義務付けている。あくまで電気の流れる方向は上流から下流であり、下流から電気が逆流する動きについては、上流を管理する電力会社が自らの判断で抑えられるような仕組みを設けない限り、認めていないのだ。電力網の中央集権型のシステムが確立しているといっている。

これまで述べてきたように、再生可能エネルギーは広く薄く存在しており。大規模電源を作って、大消費地に配るような現在の送電網の構造とは基本的に相いれない。再生可能エネルギーをより多く使っていくためには、電力網の考え方の転換が必要だと考える。

冒頭に紹介した旧別子山村では、自前で送電線まで管理することで、再生可能エネルギーを使ったエネルギーの地産地消を実現した。すでに、電力会社が全国津々浦々まで送電線を張り巡らせている中で、あえて自前のインフラを作ることは、無駄な投資になってしまい現実的ではない。そうなれば、電力会社の現在の送電網をいかに、質的に変換させていくかが今後の課題になるだろう。

原子力発電所に代表される大型発電所に依拠することのリスクを我々は強く感じたはず

だ。いくら制度を作っても、送電網がついてこなければ、机上の空論だ。中央集権から地産地消への流れを作れるかどうかは、送電網をめぐる今後の議論にかかっていると言っても過言ではない。

4. 最後に（福島県の再生可能エネルギーへの期待）

福島県は再生可能エネルギーの宝庫である。沿岸部には豊富な風力資源が存在し、阿武隈の山々からは豊富なバイオマス資源が手に入る。地熱、水力資源も豊富に存在する。

千葉大学の2011年の調査によると、再生可能エネルギーによって地域で消費している電力を100%以上賄える自治体は85市町村ある。そのうち5自治体が福島県内だ。大型の地熱発電所を持つ柳津町、風力発電所がある田村市、さらに下郷町、古殿町、川内村が需要よりも多い電力を再生可能エネルギーで生産している。

福島第一原子力発電所は福島の方々が使う電気を作っていた発電所ではない。ここで作っていた電気は、全量が太い送電網で首都圏に送られ、私たち都市住民の使うエネルギーになっていた。中央集権的なエネルギーの構造から脱した、新たな姿を模索するとき、今回の事故で最も大きな影響を受けた福島の決断は重く、またもっとも尊重されるべきだ。戦後、一貫してきた常識を覆すパワーを。ポテンシャルを持つ福島の地に期待したい。