



REthinking Energy

エネルギーの再考

概要

現在世界で起こっているエネルギーシステムの変容は、経済、人口動態、気候変動、技術の相互作用によってもたらされた。

生活水準の向上や都市集中の高まりとともに、人口増加がエネルギーサービスに対する需要を劇的に増加させた。同時に、気候変動がもたらす危険に関するコンセンサスの高まりは、世界中の人々や政府に、温室効果ガスの排出をはじめとする環境への影響を最小限に抑えつつエネルギーを生産する方法を模索することを促した。

コストの低減や経済的リスクへの理解の高まり、より広範な便益の享受への高まりと併せ、技術が急速に進歩したことにより、再生可能エネルギーが解決策であるという考えがますます高まっていることがわかる。国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が打ち出したグローバルロードマップ「REMap 2030」は、再生可能エネルギーが世界のエネルギー需要の上昇に対応できるだけでなく、より低いコストで実現でき、同時に、地球温暖化を気候変動の転換点とされる摂氏2度未満の上昇に抑える上で効果があることを示している。

かつてニッチと考えられてきた技術が今や主流となりつつある。現時点で不確定なのは、移行にどの程度の期間を要するのか、そして政策立案者がこの変化にどう上手く対処するかという点である。

この変革が本格的に展開されれば、社会のあらゆる側面に影響を及ぼす。IRENAの新刊行物「REthinking Energy」（エネルギーの再考）では、再生可能エネルギーに関する資金調達、生産、供給、消費の在り方について検討し、国家、企業、個人の間に関係にどのような変化をもたらすかが示される。

この第1巻では電力部門に焦点を当てる。この変化の原動力となっている動向、技術がどのように進化しているか、誰が資金を供給しているのか、どのような幅広い利点をもたらされるかについて考察する。最後に、再生可能エネルギーによって支えられるエネルギーシステムの展望及び政策立案者がどのようにしてこの変革をさらに支援できるかを検証する。

エネルギーの世界が変わりつつある理由

エネルギー変革の中心には需要、エネルギー安全保障を強化する狙い、そして持続可能な未来への義務がある。

過去40年で、世界の人口は40億人から70億人に増加した。中産階級と都市在住者の割合が増加している。同期間で発電量は250%以上増加している。

そしてその傾向は今後も継続するとみられる。2030年には人口は80億人を超え、そのうち50億人が都市部に集中する。世界の中産階級の支出は2010年の21兆米ドルから2030年には56兆米ドルと、2倍以上になると予想されている。世界の発電量は2011年の

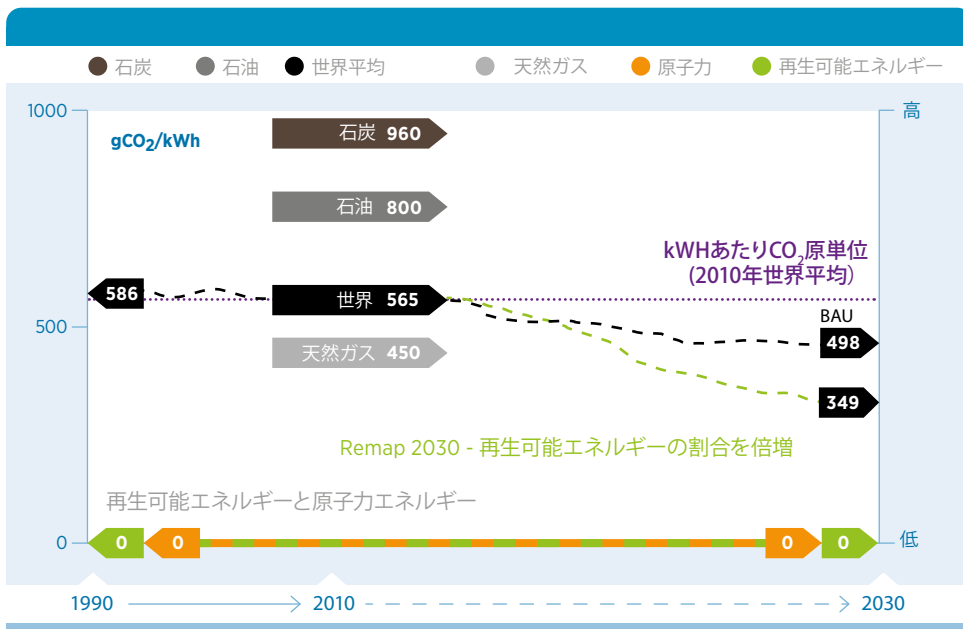
22,126テラワットアワー (TWh) から2030年には70%増の37,000TWhにまで伸びると推測されている。

しかし、このエネルギーには犠牲が伴う。大気中の温室効果ガス濃度の上昇によってもたらされる気候変動の脅威に対するコンセンサスの高まりが、温室効果ガス排出削減の世界的取り組みへとつながっている。

現状のままでは、これらの取り組みは成功しない。発電による平均排出原単位は過去20年間ほとんど変化していない。再生可能エネルギーの利用拡大や、天然ガスのような比較的低碳素な化石燃料による便益は、効率の低い発電所や石炭の利用増加によって相殺されてしまっている。エネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に上げない限り、気候変動の緩和は実現しない。

REmap 2030では、現状の政策及び各国の計画の下では（すなわち現状のケースでは）、二酸化炭素 (CO₂) の平均排出量は2030年までに498g/kWhまでしか減少しないと示されている。これでは大気中の二酸化炭素を深刻な気候変動が起こるとされる

kWhあたりCO₂排出強度 - 2030年見通し



出典：国際エネルギー機関 (2010) およびIRENA (2014a)

450ppmより低く抑えるには不十分である。再生可能エネルギーの割合を2倍にすることで、世界の平均CO₂排出量を349g/kWhまで軽減することができ（上図に示したとおり、1990年と比較して40%の集約度減に相当）、気候変動の緩和につながる。

急速な経済成長を遂げている国々が大気環境の急激な悪化や呼吸器疾患の急増に直面する中、化石燃料の燃焼による健康への直接的な影響に関する懸念も高まっている。アメリカ合衆国環境保護庁は最近、アメリカ国内における化石燃料による健康障害のコストが年間3,620億～8,870億米ドルに達すると発表した。欧州連合の健康環境連合の調査によれば、石炭火力発電所からの排出ガスが原因となる欧州連合域内の人々の医療費は最高428億ユーロに上る。米国のメキシコ湾原油流出事故や日本の福島での原発事故のような局地的な惨事が、世界的に重大な意味を持つニュースとなっている。各国政府はこのような現状に注目し始めている。

さまざまな国々が輸入された化石燃料への依存度の軽減に関心を高めている。各国は、エネルギーの輸入を減らすことで、エネルギーの自給率を高めることを目指し、（紛争や災害等による）供給中断や、エネルギー価格の高騰、価格の変動を回避しようとしている。

一方、主に遠隔地に暮らす、現在電気を利用できない13億の人々に電気を届けなければならないという圧力はますます高まっており、従来の大規模な発電所や送電システムではこの問題を未だ解決できていない。さらに、26億の人々が伝統的なバイオマスに頼り、伝統的なストーブで調理しており、その結果健康に深刻な影響をもたらしている。

このような状況から、何らかの変化が必要であるという確信が広がった。化石燃料は第一次産業革命の原動力となったものの、シェールオイルやガスの新時代においてさえ、人間の持続的な健康との整合性について疑問が残る。価格競争力に優れ、主流かつ持続可能な現代の再生可能エネルギーの時代が来ている。

再生可能エネルギーのコストはその拡大とともに大幅に低下する

大規模な水力・地熱・バイオマス発電による電力はこれまで競争力を保ってきたが、風力・太陽光発電による電力は長年、石炭、石油、ガスに対して苦戦を強いられてきた。しかし、過去10年間、特にここ5年間で、状況は大きく変化した。

再生可能エネルギーの技術はより強固かつ効率的になり、低風速、低日照といった最適に準ずるような状況においても発電能力が高まっている。エネルギー貯蔵技術も急速に向上している。欧州および米国での国家的支援に支えられ、また、中国などの製造大国の台頭に押し上げられ、コストは大幅に減少している。このような傾向は、さまざまな形態の電力やオフグリッドの電力の均等化発電原価（LCOE）を示した下図にも見られる。

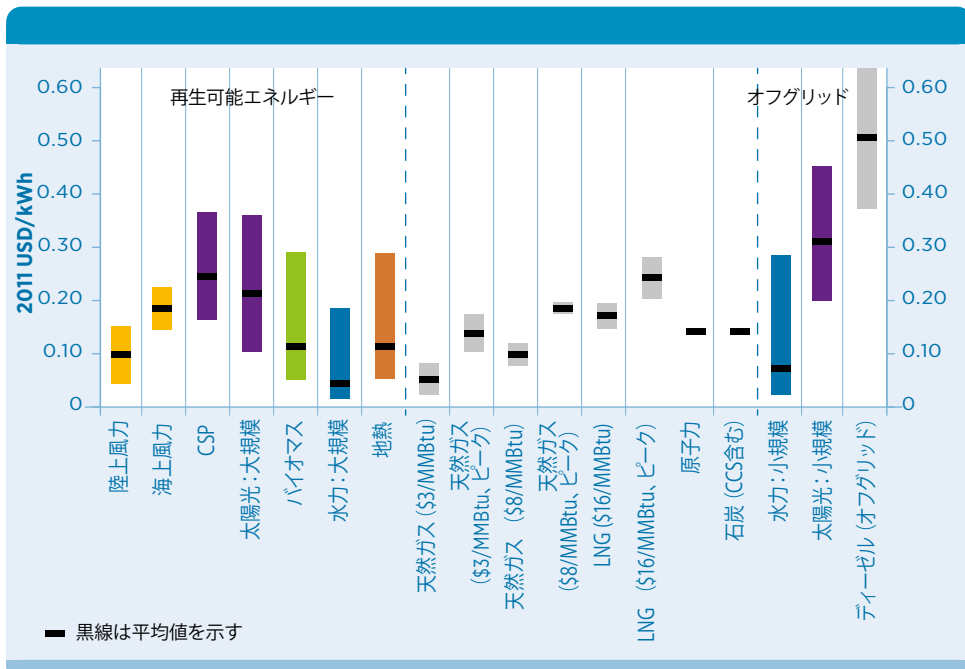
太陽光発電（PV）の費用は2008年から80%下がっており、この傾向は今後も続くとみられている。2013年には、イタリア、ドイツ、スペインで商業的な太陽光発電の費用が既存電力の費用と同等以下（グリッド・パリティ）になり、メキシコやフランスでも間もなくこの段階に達する予定だ。太陽光発電はますます補助金なしで競争できるよう

になっている。チリに新たに建設中の70メガワット (MW) のソーラーファームは、化石燃料を原料とする電力と直接競争する全国的なスポット市場で販売される予定である。海上風力発電の費用は2009年以来18%下がり、タービンの費用については2008年から30%近くも下がっている。これにより、ますます多くの市場において風力発電が最も安価な新電力源となりつつある。風力を活用する国は今や100ヶ国を超える。費用の低下に伴い、海上風力発電は急速に広がることが予想され、2014年半ばにおいて4.2ギガワットギガワット (GW) の発電能力を持つ英国が市場を牽引している。

これらをはじめとする様々な進展により、再生可能エネルギーはさらに多くの市場でますます魅力的なエネルギーとなっている。2013年には、経済協力開発機構 (OECD) の非加盟国において、再生可能エネルギー設備の新設容量が従来型を初めて上回った。中国が2013年に設置した太陽光・風力発電設備の容量は27.4 GWと推定され、これは中国に次いで2位の日本の4倍近くに相当する。

世界的に見ると、再生可能エネルギーの発電容量は過去10年間で85%増加し、2013年には1,700 GWに達している。今や再生可能エネルギーは全発電容量の30%を占めるまでになっている。課題は、再生可能エネルギーが現代のライフスタイルを妥当な価格で支えることができるかという問題 (これはすでに可能となっている) から、いかに資金を調達し、展開を加速させるかという問題に移っている。

商用電源とオフグリッド電力の均等化発電原価 (LCOE) - OECD加盟国 (範囲および平均)



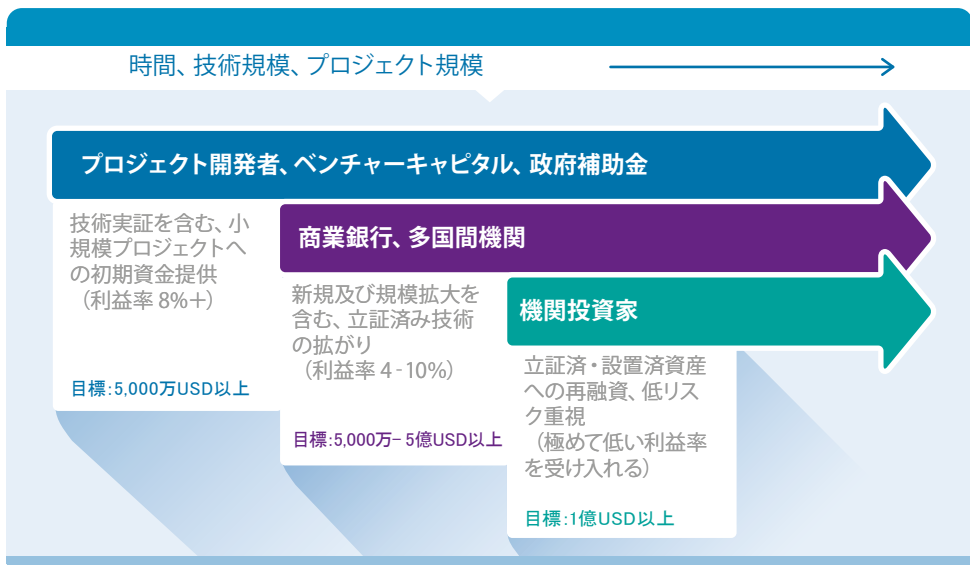
出典: 再生可能エネルギー技術についてはIRENAコストング・アライアンス (年不明)、非再生可能エネルギー技術についてはPwCデータベース

再生可能エネルギーの資金調達はますます安価かつ容易になっている

再生可能エネルギーはキロワット時あたりの単価でみて競争力を持つ。大部分の再生可能エネルギー技術は操業費用に対する先行投資費用の割合が比較的高いことから、その実行可能性は特に資本コストに左右される。これまで政府の財政支援が再生可能エネルギーの推進に不可欠だったのはそのためである。しかし、技術の競争力が高まり、予算への圧力が強まる中、政府は再生可能エネルギーへの支援を削減してきている。

幸いにも、民間の財源が参入する準備がますます整いつつある。経験の蓄積に伴い、開発者のキャッシュフロー予測能力が高まり、投資家はより正確にリスクを評価できるようになっている。資本コストが下がり、小規模なコミュニティから大規模な機関まで、より幅広い投資家に合わせた製品が作られている。特に資本コストが伝統的に高い発展途上国では、クラウドファンディングも資金を集める上で有効である。以下のデータは、再生可能エネルギーへの投資源が技術や市場の成長とともにいかに変化するかを示している。

技術と市場の発展段階を通じた投資の進展



一方、機関投資家も関心を示し始めている。彼らは化石燃料に伴うリスクをさらに考慮しており、再生可能エネルギーへの投資を促す長期的かつ低リスクの金融商品が新たに登場している。この分野に一足早く参入した民間の開発業者らが2013年に集めた資金は110億米ドルに上り、これは12カ月で200%の上昇である。

大規模な非エネルギー系企業もまた参入を開始している。例えば、IKEAではタービン発電機および太陽光発電でエネルギー消費量の37%をまかない、Googleは風力および太陽光発電に14億米ドルを投資している。大抵の場合、理由は魅力的な財務収益である。

しかし、こうした前向きな動きもまだ不十分である。再生可能エネルギーへの全投資額は2004年の550億米ドルから2013年には2,140億米ドルにまで増加した。しかし、再生可能エネルギーの割合を2倍にし、壊滅的な気候変動を回避するために2030年まで必要とされる年間5,500億米ドルには届いていない。

政策立案者たちは大きな役割を果たすことを求められている。彼らが将来的にエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を高めることを明確にし、長期的な非財政的支援メカニズムに取り組み、不明確性を軽減し、より多くの投資家を惹きつけることができるだろう。新興市場では、再生可能エネルギーの展開を支える国内構造が構築されるまでは、公的な融資が今後も重要であり続けるだろう。これに関連して、国際的な協力や資金の流れが果たす役割はますます大きくなっていく。競争力の高まりとともに、財務的支援は徐々に縮小されることが予想され、代わりに、送電システムの改善、教育、業界基準に焦点が移り、市場全体が強化される。

また、従来の電力会社にとっては一層の努力を行う機会にもなる。ビジネスモデルが市況の変化に対応する中で、大規模な電力会社、小規模な開発業者および顧客との間での共同プロジェクトが前向きな方法となり得る。

再生可能エネルギーがもたらすより広範な便益

再生可能エネルギーが社会全体にプラスの波及効果を及ぼし、同時に経済的、社会的、環境的目標の前進につながることでますます明らかになっている。その費用やメリットは伝統的な政策の枠組みの中でなく、経済的繁栄、幸福、そして健全な環境を促進する全体的な戦略の一環として見ると非常によく理解できる。

再生可能エネルギーは国家の経済にとってもプラスとなる。最近日本で実施された研究で、2030年でのエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの目標を14~16%とした場合、化石燃料の輸入費用低減、CO₂排出削減、経済的な波及効果など、費用の2~3倍の便益が期待されることが明らかとなった。スペインは再生可能エネルギーの使用により、2010年に28億米ドル分の化石燃料の輸入を回避し、ドイツは2012年に135億米ドルを削減した。燃料輸出国では、自国内で再生可能エネルギーを展開することで国外へ販売可能な資源量が増加する。

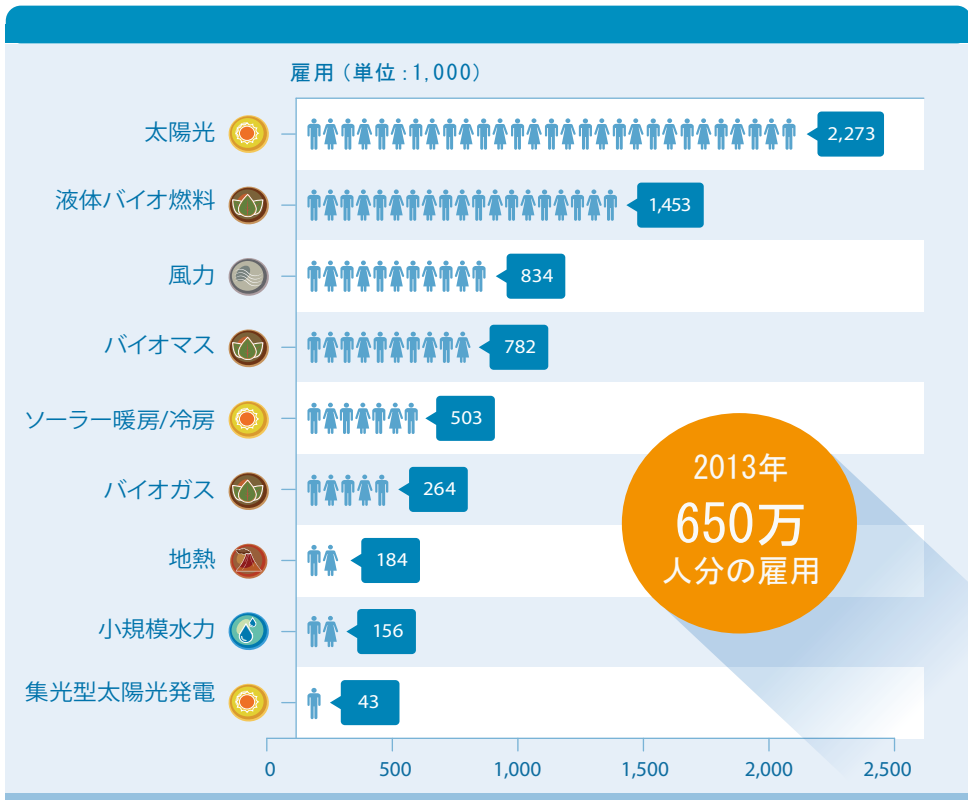
再生可能エネルギーが国内の経済活動を活性化させ、雇用を創出するため、その恩恵はバリューチェーン全体で実感できる。2013年には、下図に示す通り、再生可能エネルギーにより、中国の260万人の雇用を始め、650万人の直接的・間接的雇用が生み出された。

再生可能エネルギーはまた、現在送電サービスを受けられない人々に電気を届け、生産的な活用を促し、教育を促進し、現代的な通信へのアクセスを可能にし、さまざまな新たな機会を提供する。

環境面の利点もまた、地方レベル、世界的レベルの両方で大きい。大半の再生可能エネルギーは有限資源を枯渇させない（ただし、洗浄や冷却に水が必要な場合があるため、乾燥地帯の国々にとっては課題となる可能性がある）。再生可能エネルギーはまた、生態学的災害のリスクも軽減する。

極めて重要なのは、再生可能エネルギーが地球温暖化の主要因である温室効果ガスの排出を軽減する手段となることである。今日、電気だけでも人間が生み出すCO₂排出量の40%以上を占めている。太陽光、風力、原子力、水力、地熱、バイオエネルギーは、そのライフサイクルを通して、最もクリーンな化石燃料（天然ガス）よりも10～120倍炭素強度が低く、石炭と比較した場合は最大250倍低い。REmap 2030はエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を二倍にし、エネルギー効率をさらに高めた場合、大気中のCO₂をそれ以上では壊滅的な気候変動が起こるとされる450ppm以下に抑えることが可能であると試算している。

技術別にみる再生可能エネルギーによる雇用



出典: IRENA (2014e)

新たな産業パラダイム?

再生可能エネルギーの割合が高まるにつれ、産業構造および電力生産者の性質・役割が変わってきている。大規模な電力会社に支配されていた業界における分散化、多様化が進んでいる。ドイツでは、再生可能エネルギーの半分近くが家庭や農家によって管理され、電力会社が直接所有する再生可能エネルギー資産は12%にすぎない。

新たな電力貯蔵技術や、需要側の管理支援を強化するスマートテクノロジーの重要性は今後高まることが予想され、スマートアプライアンスという新たな関連産業の創出につながる。多くの新興市場では、再生可能エネルギーはすでに、送電システムを利用しないシステムや小規模送電システムにとって最も経済的な動力源となっている。固定電話から携帯電話への移行と同様、多くの国では、固定されたネットワークの開発を飛び越え、複数のミニグリッドを接続した柔軟なシステムへと移行する機会がある。

このような傾向により、少数の集中型電力会社から、消費者が同時に生産者となってエネルギーの使い方や使う時間をはるかにコントロールできる、多様な分散型システムへ移行するという、エネルギーに関する異なる考え方が求められている。

このビジョンを推進するにしても、妨害するにしても、政策立案者らが果たす役割は大きい。再生可能エネルギーへの投資家は、再生可能エネルギーがもたらしうるシステムレベルの利点を捉えた、安定的かつ予測可能な政策の枠組みを必要としている。彼らには、現在世界の化石燃料が享受している多額の補助金を削減することを含めた、公平な競争の場が必要である。さらに、さまざまな形態の再生可能エネルギーの間の相乗効果を活かすために地域間の相互接続を高めるなど、協力的なグリッド基盤が必要である。

エネルギーの再考とは、政策立案者たちが医療、農村開発、ガバナンスといった、これまで関連性がないと考えられてきた領域を結びつけながら、再生可能エネルギー全体の便益を検討する必要があるということの意味する。これこそ、短期的成長の利害のみを考慮するのではなく、すべてにとって持続可能な繁栄の機会を提供する、真に全体的なアプローチを取り入れるという、最大の変革である。

目前にある変化は、再生可能エネルギーを基盤としたシステムを構築することで、アクセス、医療、安全保障を強化し、雇用を創出し、環境を保護するという新たな産業革命への可能性を示している。技術展開の準備は整っている。次は人々、企業、そして政府がその可能性を受け入れる番である。