

太陽光発電の今後の可能性を探る

東京大学生産技術研究所特任教授
荻本 和彦

はじめに

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告により地球温暖化問題と人類の社会経済活動との関係がほぼ共通の理解となり、2008年までの石油に代表される資源価格の高騰・供給懸念などの顕在化は、化石資源の有限性とエネルギー供給の安定性の課題を世界に再認識させた。また、昨年6月には福田首相(当時)による演説『「低炭素社会・日本」をめざして』において、地球環境問題とエネルギー安定供給の視点から「2050年までに二酸化炭素排出量を60～80%削減する」という日本の長期目標が発表され、続く昨年7月のG8において「2050年世界で半減」という目標が先進国間で共有されたことにより、低炭素社会への具体的な取り組みが我が国および世界の現実の課題となった。さらに、2008年秋のリーマンショックに端を発する世界同時不況への対応策として、米国のグリーンニューデールに代表される地球温暖化問題解決と持続可能社会実現を目指す政策が、世界各国で実施されている。

これらの流れの中で、今年6月には「2020年までに二酸化炭素排出量を2005年と比べて15%削減する」という日本の中期目標が発表され、この目標達成の大きな手段として、2020年までに太陽光発電導入量を現状比20倍に拡大する目標が掲げられた。

太陽光発電の二酸化炭素排出抑制の効果

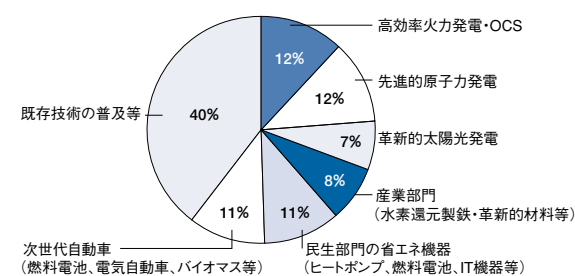
日本および海外の国々の今後の経済発展などを視野に入ると、低炭素社会の実現には、省エネルギー技術の導入・普及に加えて再生可能エネルギーの導入が不可欠と考えられている。昨年上期には、国内では経済産業省から「長期エネルギー需給見通し」と「Cool Earthエネルギー革新技術計画」が国外では国際エネルギー機関(IEA)から「エネルギー技術見通し(ETP2008)」などが相次いで発表され、地球環境問題の解決に太陽光発電技術の果たす役割が具体的に示された。これらによれば、再生可能エネルギー、原子力発電、化石燃料発電、次世代製鉄、次世代自動車、ヒートポンプなど、エネルギー供給、産業、運輸、利用という人間のあらゆる活動分野での長期の技術研究開発は地球環境問題の解決の鍵を握ることになる。この中で、太陽光発電は、他のエネルギー資源と比較して、日本を含め世界で偏りなく存在する、カーボンフリーな発電技術¹⁾として、大きな期待がかけられている(図1)。

太陽光発電の二酸化炭素排出抑制効果は、太陽光発電の導入により減少するその他の発電方式に係る

二酸化炭素排出量で算定され、電力システム全体の発電所の運用の変化に基づく使用燃料の減少量から算出するのが原則である。しかし、この計算は簡単には実施できないため、各電力会社は自社の電力(使用量ベース)での二酸化炭素排出原単位を発表しており、これを用いて代替される発電所で減少する二酸化炭素排出量を算出するのが原則であるが、簡易な方法として電気事業者が発表する排出係数(2007年全電力平均で0.453kgCO₂/kWh)に発電量を乗じて算出することができる。ちなみに、設備利用率を12%、インバータの損失や設置条件などを含めた出力減少の係数を0.8、排出係数として0.453kgCO₂/kWhを使用すると、太陽光発電1kWあたりの年間の二酸化炭素排出削減効果は、1kW × 8,760時間 × 0.12 × 0.8 × 0.453 = 0.38tCO₂/年・kWとなる。

1) 過去、高純度シリコンなど原料製造を含め、太陽光発電システム製造時のエネルギー投入とその結果としてのCO₂発生量が大いことが問題にされた時期もあったが、現在の技術レベルでは、この投入量に発電量が到達するのに要する期間(エネルギーペイバックタイム)は2年前後と算定され、その期間後の発電量は正味のエネルギー発生量となる。

図1 世界のCO₂半減への各技術の寄与度



出典: 経済産業省 クールアースエネルギー革新技術プログラム

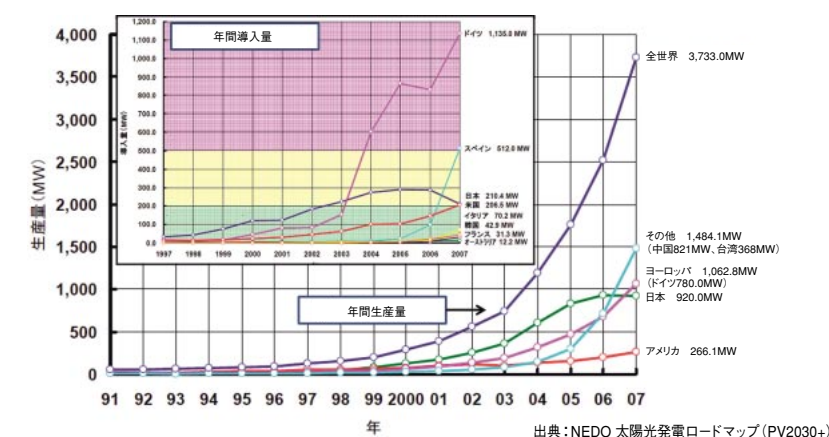
太陽光発電の普及の現状

図2に示すように、2007年、世界では373万kWの太陽光電池が生産され、その内訳は日本の92万kWに対し、ドイツ78万kW、中国82万kW、台湾37万kW、アメリカ27万kWであり、日本の生産量が停滞する中、ドイツ、中国、台湾が生産量を伸ばし、従来世界第一位であった日本のシェアは急速に低下しつつある。また同年の年間導入を比較すると、フィードインタリフ(FIT・固定価格買い取り)制度の導入による欧州市場の拡大によりドイツ、スペインの導入量が群を抜いているほか、米国、イタリアなども導入量を伸ばす中、日本国内の導入量はその生産量が輸出に回ったこともあり、21万kWという前年を大きく割り込む結果となった。

全世界的に見て、太陽光発電システムの年間生産量は、近年、年率30%以上の伸びを示し、製造企業数も100社を超える企業が結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜など各種の太陽電池を生産し、太陽光発電システムの製造は大きな拡大が可能な段階に入っていると言える。

世界各国が地球環境問題の対策として太陽光発電の導入を政策的に進めたことで、太陽光発電のコストは、太陽光発電モジュール(パネル)、およびこれにインバータ、架台、設置費などを含めたシステムとも、継続的に低減されてきた。代表的な用途である住宅用系統連系型太陽光発電システムの国内価格は67万円/kW程度(内訳例:モジュール43.5万円、インバータ8.5万円、その他材料5万円、架台・工事費

図2 世界の太陽光発電システムの年間生産量と年間導入量



9.9万円)であり、この場合の発電コストは46円/kWh程度と算定されている。

太陽光電池の技術開発

技術研究開発の各国政府の研究開発投資を比較すると、日本は米国や欧州諸国と比較して、オイルショックの後、継続的に大きな研究開発投資を行っている。この点では、日本は、世界のどの国よりも、地球の将来を救う鍵となるエネルギー技術の開発に力を入れている国とも言え、このような技術開発への取り組みの大きな柱として太陽光発電技術がある。太陽光電池の技術開発の歴史は、1954年の米国ベル研究所による世界初の太陽電池の発表の後、1950年代には企業を含めた取り組みが国内で開始され、オイルショック後のサンシャイン計画の中で国家プロジェクトとしての取り組みとなった。太陽光発電技術の適用は、当初の灯台、宇宙、電卓といった技術特性を有利に発揮できる分野から始まり、1990年代に一般住宅の屋根に乘せる太陽光発電システムが実用化された。

太陽光発電システムの中心部分の

太陽電池モジュールについては、現在量産化が実現している、あるいは量産化目前の結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜の各モジュールに関する製造コスト低減、発電効率向上、寿命延長、高純度シリコンなどの原料供給技術開発を行う必要がある。また、電力システムとの連系を行うパワーコンディショナーについても耐久性向上、高効率化、低コスト化などを実現する必要がある。さらに、多接合型太陽電池、量子ナノ構造太陽電池など、超高効率太陽電池の実現に向けた研究も加速する必要がある。

なお、導入普及の鍵となる発電コストの低減に関しては、先に述べた2007年の太陽光発電の発電コスト46円/kWhの内訳を、機器の工場出荷価格と、販売管理費、架台・工事費に分けると、前者が発電コストの35～40%を占めるのに対し、後者は30～45%(販売管理費25～35%、架台・工事費5～10%)を占めている。従って、導入普及のためには、パネルやインバータなどの機器のコストダウンだけではなく、流通、販売、設置といった要素のコストダウンも重要であることがわかる。

太陽光発電の今後の展望

図3に太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ(PV2030+)のシナリオ²⁾を示す。このロードマップでは、今後約10年間における量産体制の整った各種太陽光発電の性能の向上と製造技術の改善、2020年から2030年にかけての新材料投入など高性能化に向けた技術革新により、太陽光発電の発電コストを2010年代前半までに家庭用電力並みの23円/kWhに、2020年までに業務用電力並みの14円/kWhにすることを目指している。

当面は、戸建住宅、公共施設などから主に導入が始まり、2030年に向けて、経済性、設置性の改善・改良に伴い、集合住宅や事務所、商業施設などの業務用建物などに順次導入が進むと考えられる。また、現在年産100万kW程度の国内生産量

は、2030年段階では600万～1,200万kW/年程度に拡大していると想定されている。

エネルギー問題の解決には、対策技術を社会に大規模に導入することが必要であり、そのためには、要素技術の確立のみではなく、社会システム全体への展開が必要となる。太陽光発電の場合は太陽エネルギーが広く薄く存在するという特性から、その導入は多数のシステムの分散設置となり、現在、政府の目指している2020年において現状の20倍、2,800万kWという導入目標に向けては、現在最大30万kW/年程度の導入実績に対し、数百万kW/年、一カ所あたりの容量を3kW程度とすれば年100万カ所規模の設置が今後必要となる。この大規模設置にあたっては、核となる太陽電池を資材、建材などとして供給し、インバータなどと組み合わせて発電システムとし、既存および新築の建物へ

の適用のための個別の計画・設計を行い、戸建住宅、集合住宅、業務用ビルや集中型の発電所に設置し、その後、設備を耐用年数間管理する、トータルの体制が求められる。また、戸建ての屋根の上ばかりではなく、集合住宅や業務用ビルなどに積極的に展開するために、さまざまな用途の建物にデザインにも留意して組み込みを行う建物一体型太陽光発電(BIPV)も注目されており、次のステップへのヒントになると考えられる。

2) NEDO 太陽光発電ロードマップ(PV2030+) 報告書, 2009.4

大規模導入と電力システム

日本全国で2020年に2,800万kW、2030年に5,300万kWなど、大量の太陽光発電が導入される段階では、発電と消費の需給バランスを常に確保する必要のある電力システムにおいては、新しく加わる太陽光発電の天気や時刻などによる変動を吸収し、電力需要が極めて少ない休日などに発生する可能性のある余剰電力の課題解決のために、太陽光発電システム設置側、電力システム側での設備対応、運用対応などが必要となる(図4)。

具体的には、太陽光発電の出力が大きく、供給量に余剰が予想される場合は、住宅あるいはビルのさまざまな需要機器や、将来は蓄電・蓄熱装置などと連携して活用することが必要となると考えられる。また、このような電力需要の増加で余剰を解消できないような場合には太陽光発電システムのインバータを制御して出力を抑制することが考えられる。さら

に、随時の変動の電力需給バランスの確保のために、電力系統側の発電所、変電所の機能を最大活用することも考えられる。そしてこれらを実現するためには、個別の技術の開発のみではなく、既存システムとの協調を含めた技術、工夫が必要となろう。図5は、これを実現する可能性としての分散と集中のエネルギーマネジメントの協調を示したもので、需要や分散電源の調節、バッテリーや貯湯槽付きヒートポンプ給湯器の活用による需要シフトなどを新たに調整要素に

加え、エネルギー需給全体としては、化石燃料、原子力発電、各種の再生可能エネルギーがそれぞれの特性を発揮しつつ、需要側との協調を含めてエネルギーの安定供給を実現する状況を示している。

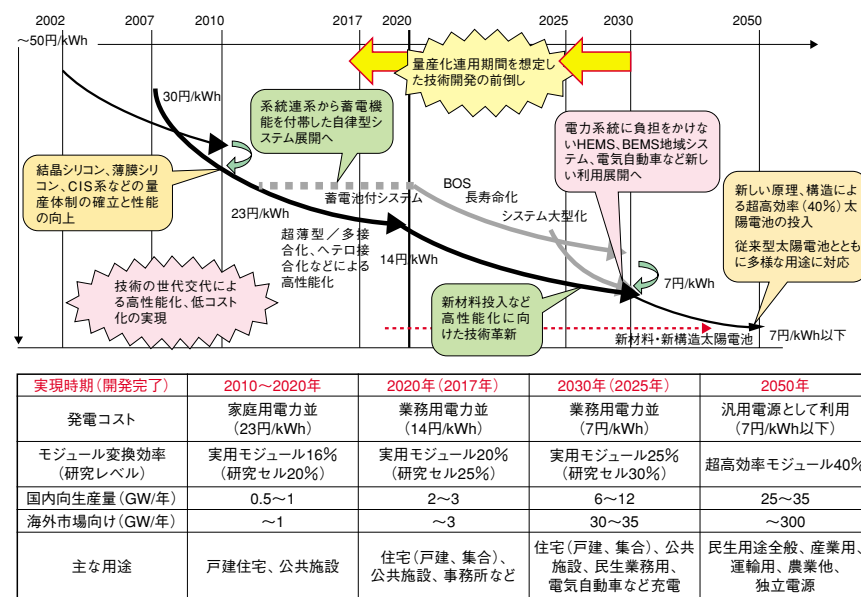
おわりに

欧州では、フィードインタリフ制度などにより、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入が加速している。今後、太陽光発電が

日本の電力需給の一翼を担うためには、技術開発だけではなく、太陽光発電と太陽熱利用の組み合わせや将来必要になる可能性のある発電抑制機能などさまざまな導入普及のニーズに対応できる製品開発、これらを最大活用することのできる諸制度の整備など、より裾野の広い、より将来を見通した施策、事業展開が重要であり、これらにより太陽光発電導入・普及の目標を達成する条件が整うことが期待される。

図3 太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ (PV2030+) のシナリオ

●低コスト化シナリオと太陽光発電の展開



出典: NEDO 太陽光発電ロードマップ(PV2030+)

図4 太陽光発電の出力変動と需給バランスに与える影響

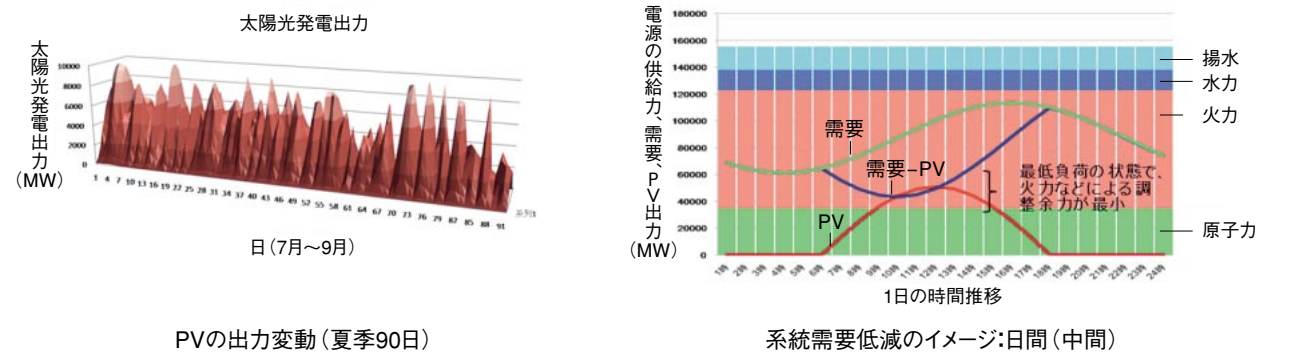
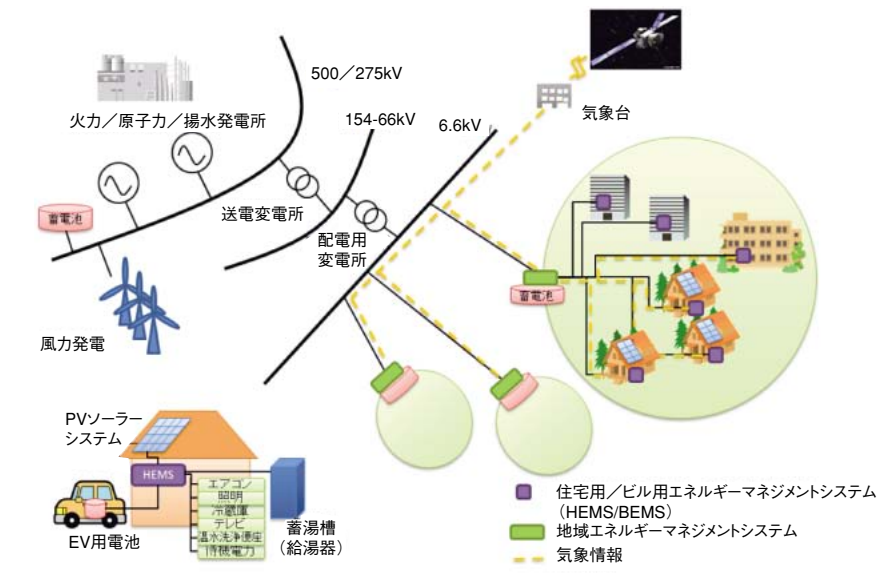


図5 分散と集中のエネルギーマネジメントの協調



荻本 和彦(おぎもと・かずひこ)

東京大学生産技術研究所特任教授。1979年、東京大学工学部電気電子工学科を卒業し、電源開発株式会社に入社。交直変換所、水力発電所運転保守、電力系統・計画、解析ツール開発、海外電力計画、技術開発、国内電力需給分析、送電線計画・設計などに携り、2007年から現職。経済産業省、資源エネルギー庁の委員会委員を歴任。専門分野はエネルギー需給システム。エネルギー・環境問題の同時解決による持続的な産業・社会基盤の確立をテーマとしている。