

再生可能エネルギーの導入とスマートグリッド

都市研究センター副所長兼研究理事

堀 正弘

1. はじめに

現在、先進国・新興国を含め世界各国で太陽光、風力等の再生可能エネルギーの活用の取組みが積極的に推進されている。その動機や目的は、エネルギー自給率の向上、地球環境問題への対応、産業・雇用対策の推進、人口増加や急激な都市化への対応など国・地域により様々であるが、最近においては、これまでの経済成長や生活水準の向上を支えてきた化石燃料等の枯渇・価格高騰に対する危機感や国・地域の持続的発展の確保の重要性などが背景にあることは間違いないであろう。

さらに、本年3月の東日本大震災に伴う福島第一原発の事故は、我が国の原発全体の稼動に大きな影響を及ぼしたのみでなく、世界各国の原発政策にも少なからず影響を与え、再生可能エネルギーは原子力に代替するエネルギー源としてより一層重視されるようになってきている。

再生可能エネルギーによる発電については、これまで発電コストが高いこと、原子力等の既存の発電源と比べて供給量が少なすぎること、出力が大きく変動し、安定的な供給源とはなり得ないこと等の欠点が指摘されてきたが、技術開発の進展や公的助成による普及拡大によってこれらの問題は相当程度解決されつつあり、今後、世界各国が目指す低炭素社会の実現に向けたエネ

ルギー源として不可欠なものとなってきている。

再生可能エネルギーの中には、太陽熱、地熱など直接熱源（熱エネルギー）として使用されるものもあるが、本稿においては、今日の経済社会ではエネルギーの大半が電力エネルギーとして供給されていることに鑑み、再生可能エネルギーのうち電力エネルギー源として最も有望視されている太陽光、風力等による発電を中心に、議論を展開することとする。まず、国内外の再生可能エネルギー導入状況を概観し、その要因となった各国の導入促進のための施策とその特徴を明らかにする、そして次に再生可能エネルギー発電による電力を電力網に供給するために必要となるスマートグリッドの導入に向けた各国の取組状況を明らかにし、最後にスマートシティ実現に向けた我が国における課題と展望を示すこととしたい。

2. 各国における再生可能エネルギーの導入状況

近年、世界各国で再生可能エネルギーの導入が積極的に進められている。アメリカエネルギー省エネルギー情報局（EIA）の統計によれば、世界全体における総発電量に占める再生可能エネルギー発電の割合は年々上昇しており、その割合は、2009年末

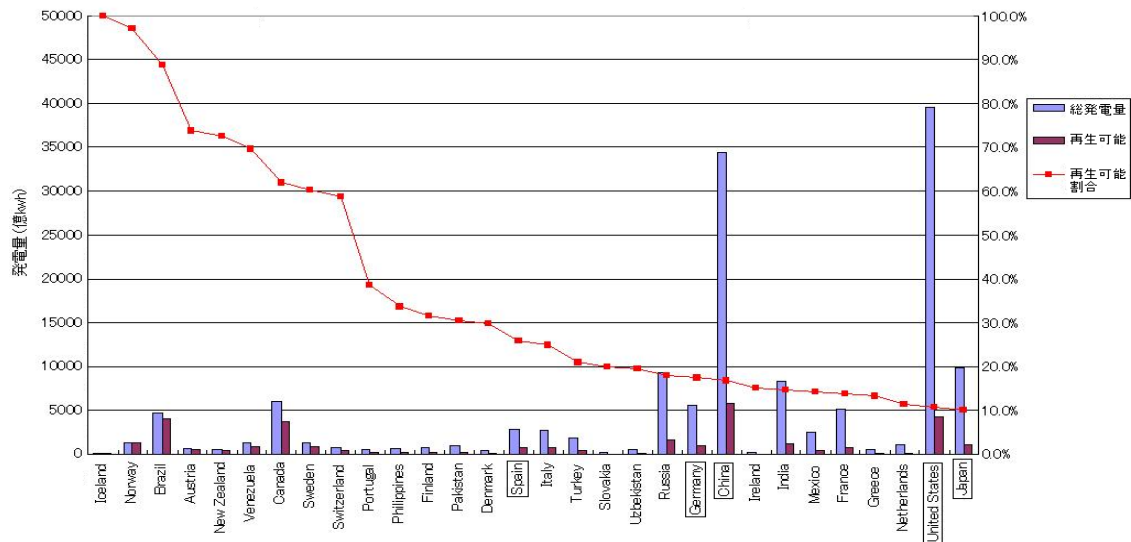
時点で 19%（水力を含む、水力除きでは 3%）となっている。主要国では、中国 17%（水力除きでは 1%未満）、アメリカ 11%（同 4%）、日本 10%（同 1%）などが低い割合となっている一方、スペイン 26%（同 16%）、ドイツ 18%（同 15%）などが高い割合となっている（図表 1）。

また、再生可能エネルギー発電のうち、風力については、2010 年末現在、世界で 194,390MW の累積設備容量があり、2005

年末と比較すると約 3.3 倍に拡大している（世界風力エネルギー協会=GWEC データ）。また、太陽光については同時点で 34,953MW の累積設備容量があり、2005 年末と比較すると約 8.2 倍に拡大している（国際エネルギー機関=IEA データ）（図表 2、3）。

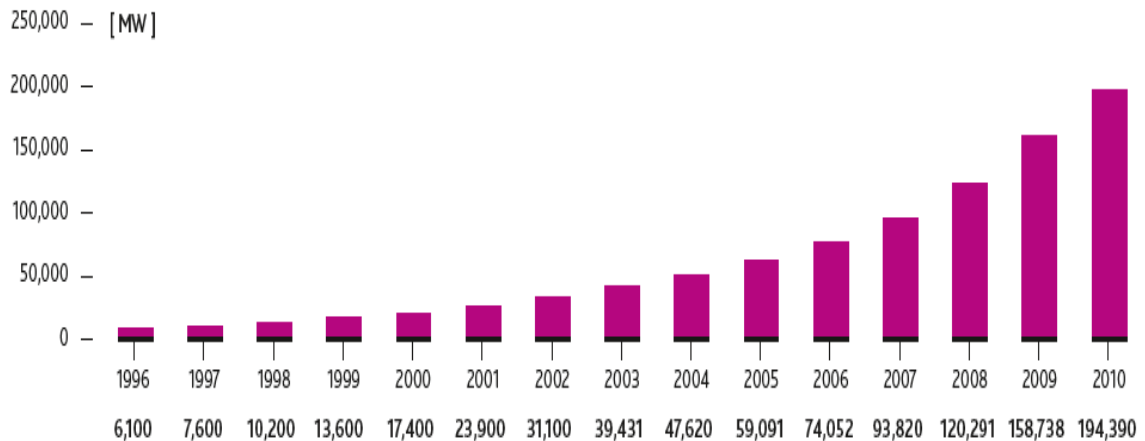
以下においては、EU、アメリカ、中国そして我が国の具体的な状況を概観してみることとする。

図表 1 各国の総発電量と再生可能エネルギーによる発電量、再生可能エネルギーの割合(水力含む)



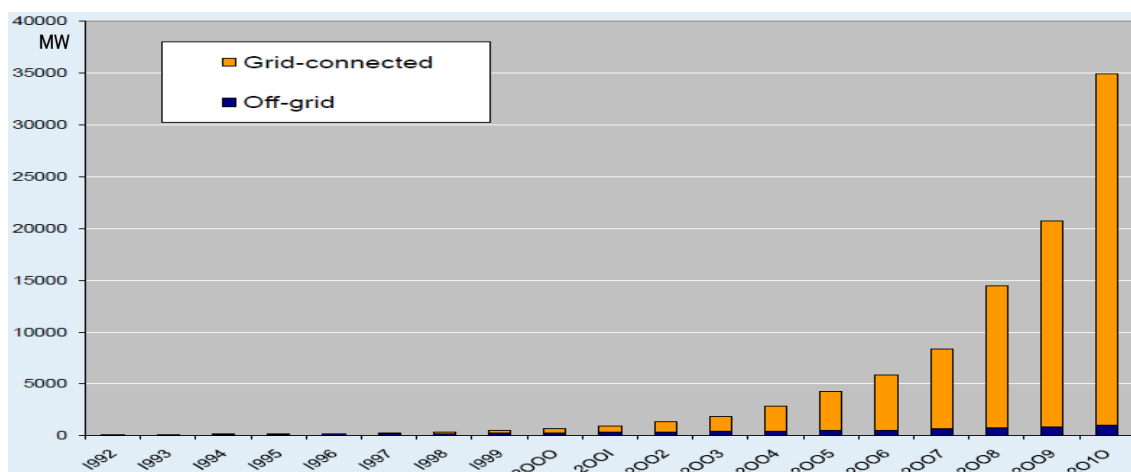
資料:fun_energy「各国の再生可能エネルギーによる発電量(2009年)」
元データ アメリカエネルギー省エネルギー情報局 (EIA: Energy Information Administration)

図表 2 世界の風力発電の累積設備容量(単位 MW)



資料:世界風力エネルギー協会 (GWEC: Global Wind Energy Council)

図表3 世界の太陽光発電の累積設備容量(単位 MW)



資料: 国際エネルギー機関(IEA: International Energy Agency)

(1) EU

①EUの最近の状況

EUは、2001年に再生可能エネルギー導入促進を目的としたEU指令(2001/77/EC)を採択し、世界に先駆けて対策に乗り出した。その後、2007年3月には、「新エネルギー・気候変動統合政策」を決定し、温室効果ガスを2020年までに1990年比で20%削減する数値目標などを盛り込んだ包括的な地球温暖化対策を打ち出した。すなわち、2020年までの環境・エネルギー戦略として、i) 20%のエネルギー効率化を行い、ii) エネルギー消費量全体に占める再生可能エネルギーの割合を20%に拡大し、iii) 温室効果ガスを20%削減するというものである(いわゆる「EU20-20-20(トリプル20)」)。

2009年6月に施行されたEU指令(2009/28/EC)では、加盟国に2010年12月までに国内法において上記目標を達成するための法令化を義務付けた。これを受け、各国は、再生可能エネルギー

の技術別導入見通し、導入方策、行政手続きの効率化、電力系統等の措置を盛り込んだ国家再生エネルギー行動計画をEUに提出している。さらに、「EU-20-20-20」は、EUが2010年6月に採択した新成長戦略「欧州2020」の中の5大目標の一つとして盛り込まれている。

次に、EUにおける再生可能エネルギー導入の先進国であるドイツとスペインの動向について見てみることにする。

②ドイツの動向

ドイツでは、「EU20-20-20」や京都議定書が定める温室効果ガス削減目標の達成に向けて従来より積極的に対策に取り組んできており、2008年には既に削減率が1990年比で23.3%となり、議定書に定められた2008年から2012年までの平均21%という目標を達成している。

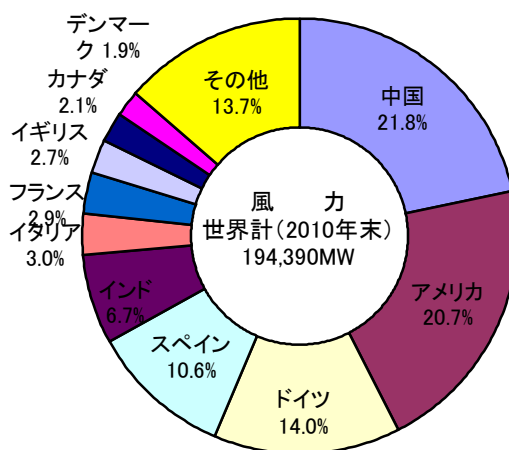
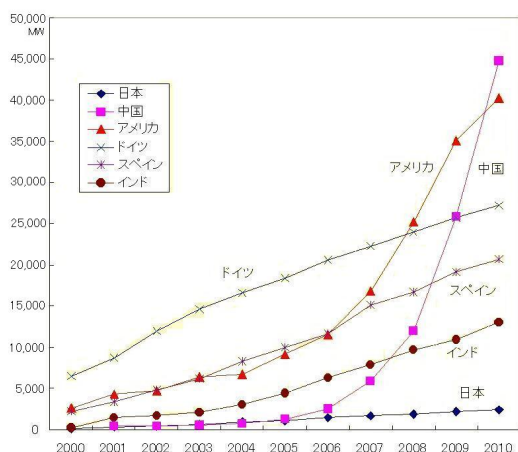
同国では、1991年に、電気事業者による再生可能エネルギー電力の買取制度が一部導入されたが、本格的な制度となっ

たのは、2000年に「再生可能エネルギー法」(Erneuerbare Energien Gesetz)が制定されて以降である。同法においては、再生可能エネルギー発電による電力を電気事業者が一定価格以上で20年間買い取ることが義務付けられている(Feed-In Tariff:FIT制度)。また、2004年の法改正を経て、同法では2020年の再生可能エネルギー導入目標を、一次エネルギー供給ベースで16%、総発電量については30%以上を再生可能エネルギー電力で供給することが定められた。さ

らに、2010年9月には2050年までの「長期エネルギー構想」を発表し、再生可能エネルギー電力が総発電量に占める比率を2030年までに50%、2050年までに80%に引き上げることとしている。

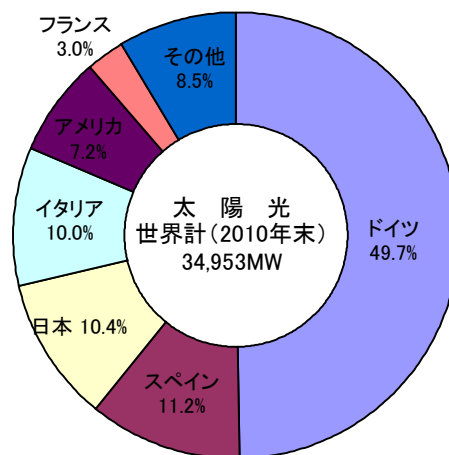
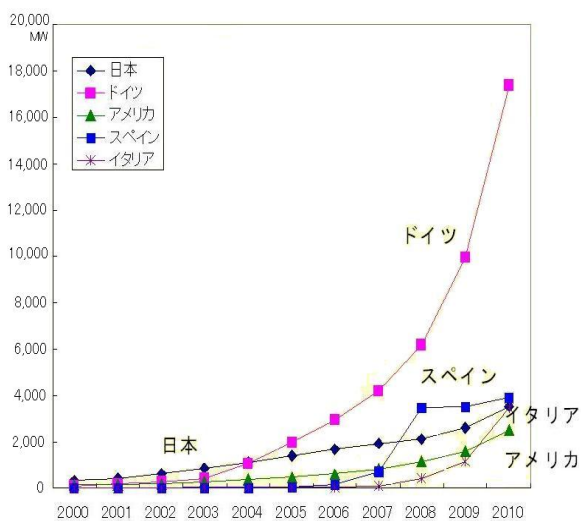
同国において風力発電の累積設備容量は、2010年末で27,214MWに達しており、EU内では1位、世界でも3位となっている(GWECデータ)。また、太陽光発電の累積設備容量は同時点で17,370MWで世界の1位となっている(IEAデータ)(図表4、5)。

図表4 主要国における風力発電の累積設備容量(単位 MW)とシェア



資料:GWEC データを基に作成

図表5 主要国における太陽光発電の累積設備容量(単位 MW)とシェア

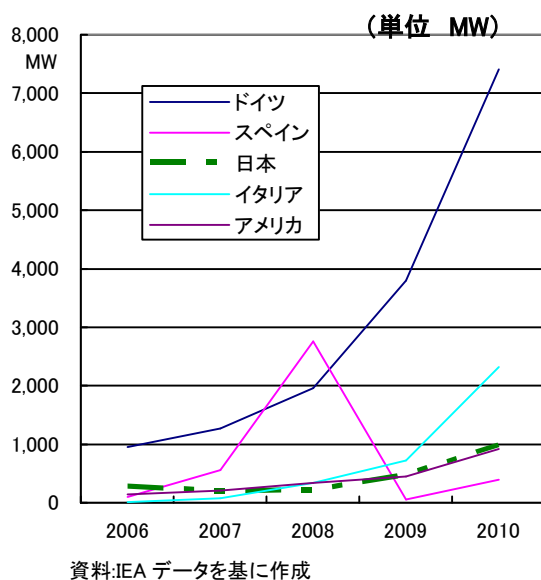


資料:IEA データを基に作成

ドイツのFIT制度における買取価格は、発電方式ごとの原価等を勘案して設定されており、技術開発の動向や普及状況などを踏まえ、毎年見直しが行われる。

当初は既にある程度技術が確立されていた風力の導入が先行的に行われ、発電設備の低価格化が進んだ結果、風力発電による電力の買取価格は次第に引き下げられた一方、太陽光発電による電力の買取価格の引下げは小幅に抑えられ、あるいは年によっては引上げが行われたため（2004年及び2005年）、太陽光の導入が急速に進むようになった。特に、2009年後半以降、中国等による大量供給により太陽電池の価格が大幅に下落し（2009年中に3割以上）、これが発電事業者等による大量の導入につながった。さらに、2010年には太陽光発電の導入が加速し、政府の想定導入量の2倍を超える約7,400MWの導入があり、後述のスペイ

図表6 太陽光発電の過去5カ年の新規設備容量

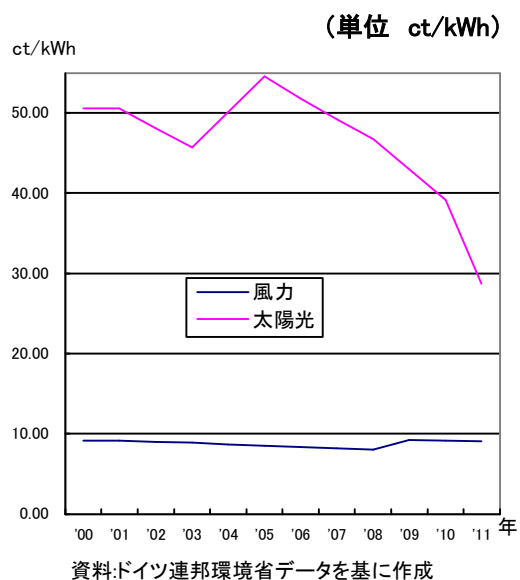


FIT制度の導入等により、再生可能エネルギーの導入は急速に進み、総発電量

と同様、「太陽光バブル」とも呼ばれる状況を作り出した。なお、同国においては、太陽電池は約70%が産業用であり（ドイツ以外の諸外国でも産業用が同程度を占めるが、日本では約20%を占めるにすぎない。）、リーマンショックからの景気回復局面において、価格低下が事業者の大幅な設備投資の増加をもたらしたことは留意する必要がある。

このような状況を受け、政府は買取価格の見直しを行い、2009年においてkWh当たり43.01ctであったものを、2010年においては1月に39.14ct、7月に34.05ct、10月に33.03ctと3回の見直しを行い、さらに、2011年1月には28.74ctとした（発電量≤30kWのルーフトップ型のものの場合）。つまり、1年余りのうちに約33%の引下げを実施したものであり、本年に入り太陽光の導入は減速している（図表6、7）。

図表7 ドイツのFIT制度による買取価格の推移



に占める再生可能エネルギー電力の比率は、2000年の6.6%から2009年には16.0%にまで上昇している。

③スペインの動向

スペインもドイツと同様、再生可能エネルギーの導入に積極的に取り組んでおり、「EU-20-20-20」を受けて、2020年までに最終エネルギー消費の20%を再生可能エネルギーにより供給することを目標としている（2009年末現在では9.3%）。同国では、風力、太陽光とも導入に積極的で、風力発電の累積設備容量は、2010年末において20,764MWに達しており、EU内ではドイツに次いで2位、世界でも4位となっている（GWECデータ）。また、太陽光発電の累積設備容量は2010年末で3,915MWとドイツに次ぎ世界第2位となっているが（IEAデータ）、その多くは、後述するように、2008年の1年間で一気に導入されたものである（前掲図表4～6）。

同国では、2001年に採択された再生可能エネルギーの導入促進を目的としたEU指令（2001/77/EC）を受け、2004年と2007年に関係政令を制定した。このうち、2004年の政令においてはFIT制度ではなく、電力卸売市場価格を基に算定される参照値による再生可能エネルギー電力の買取制度を、2007年の政令においてはFIT制度を本格的に導入（スペインでは既に1994年にFIT制度を一部導入）した。太陽光発電による電力の買取価格は、当初、小型（100kW未満）で44ct/kWh、大型（100kW以上）で41.75ct/kWhで、買取期間は25年とされ、市場価格の数倍程度の有利な買取条件であったことから、2007年の後半から翌年にかけて、発電事業者以外の事業者を含め、大型の発電設備による新規参入

が相次いだ。2008年には政府の想定導入量をはるかに超える2,758MWの導入（この年の世界1位）があり、「太陽光バブル」と呼ばれた。しかし、その一方で配電会社の累積赤字は急増し、将来に向かっての改善の見込みも立たないことから、政府が実質的に赤字を補填せざるを得ない状態となった。

このような事態に対処するため2008年9月には新たな政令を公布し、買取価格を大幅に引き下げる（例えば、100kW未満のものについては、さらに段階を設け、20kW以下が34ct/kWh、20kW超が32ct/kWh）とともに、優遇を受けられる発電容量に上限を設定した。これらの措置と折からのリーマンショックにより同国の太陽光バブルは崩壊し、2009年以降の新規導入量は激減した。

（2）アメリカ

アメリカでは、歴史的にエネルギー安全保障の観点からの政策に重点が置かれ、京都議定書からの離脱に見られるように地球環境問題への対応という考え方はそれほど大きくなかった。しかし、2005年8月に制定された「2005年エネルギー政策法（Energy Policy Act of 2005）」においてエネルギー安全保障を向上させるための具体策として、省エネルギー及び再生可能エネルギーの利用を拡大することが盛り込まれ、その具体策の一つとして2010年までに再生可能エネルギー電力の割合を総発電量の10%まで高めることが掲げられた。また、2007年1月に制定された「2007年エネルギー自給・安全保障法（Energy Independence

and Security Act of 2007)」において石油依存度の低減、温暖化ガス排出量削減等への取組みが規定されたことなどにより、再生可能エネルギー導入に向けた施策が強化された。

2009年1月に発足したオバマ政権は、雇用創出による経済振興と環境・エネルギー問題を結びつけた「グリーン・ニューディール政策」を打ち出し、再生可能エネルギーへの10年間で1,500億ドルの投資と500万人の雇用を盛り込んだ。また、同政策の具体化を目指し、2009年2月に成立した「アメリカ再生・再投資法（The American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (ARRA)）」においては、環境・エネルギー分野に対する財政支援が大幅に強化され、2009年度以降10年間で総額約900億ドル（歳出及び減税の合計額）が再生可能エネルギー発電・送電網近代化（スマートグリッド）等に投資されることとなった（図表8）。

図表 8 ARRA による環境・エネルギー分野への投資

	支出・減税規模 (億ドル)
エネルギー効率向上	199
再生可能エネルギー発電	266
送電網近代化	105
次世代自動車・燃料技術	61
在来型交通機関改修・高速鉄道新設	181
CO ₂ 回収・隔離技術	34
グリーンイノベーション・職業訓練	36
クリーンエネルギー製造設備	16
その他	4
合計	902

資料:Council of Economic Advisers 2010 を基に作成

また、同国においては、州レベルで電気事業者に一定割合の再生可能エネルギー電力の導入を義務付ける RPS 制度（Renewable Portfolio Standard 後述）

の導入が進んでいるが、同制度の適用を連邦レベルにまで引き上げ、再生可能エネルギー発電とエネルギー効率化によって、2020年までに電力需要の20%を満たすこと等を内容とする「アメリカクリーンエネルギー・安全保障法案」が2009年7月に米国議会下院で可決されたが、現時点では上院での可決の目途は立っていない。

アメリカの再生可能エネルギーの導入は、風力発電にウェットを置きながら着実に進んできており、特に「2005年エネルギー政策法」が制定された2005年以降の伸びが顕著で、2008年末には累積設備容量が25GWに達し、ドイツを抜き世界1位となった。2009年にはさらに年間で過去最高となる約10GWの新規導入があり、引き続き1位を維持したが、2010年になると景気後退や天然ガスの価格が下落したことなどにより、年間の新規導入量が約5GWと半減し、一方で後述のように中国が年間で16.5GWの新規導入を行ったことから1位の座を中国に明け渡した（前掲図表4）。

一方、太陽光発電は、2010年末の累積設備容量は2,534MWで、2005年末との比較では約5.3倍と大きく伸びているものの、世界レベルでは4位に留まっている（前掲図表5）。

(3) 中国

中国では、経済成長に伴い、2006年以降、消費電力が年率10%以上の割合で増加しており、電力供給がこれに追いつかない状況が続いている。このため、政府は再生可能エネルギーの導入に積極的に

取り組んでおり、2006年には「再生可能エネルギー法」を施行、2007年には「再生可能エネルギー中長期発展計画」を策定し、再生可能エネルギー電力が総発電量に占める割合を2020年までに30%に高めるという目標を設定している。

同国では、従来より再生可能エネルギーの中でも水力発電と風力発電に重点を置いた政策を打ち出しており、2010年末時点においては、総発電設備容量のうち、水力が22%、風力が4%を占めている。特に風力については最近急速に伸びており、2010年末時点における世界の風力発電の累積設備容量194.4GWのうち、同国が42.3GW（約22%）を占め、1位となっている。また、2010年の世界の新規設備容量は35.8GW（前年比22.5%増）であり、中国はこのうち16.5GW（約46%）を占めるに至っている（GWECデータ）（前掲図表4）。

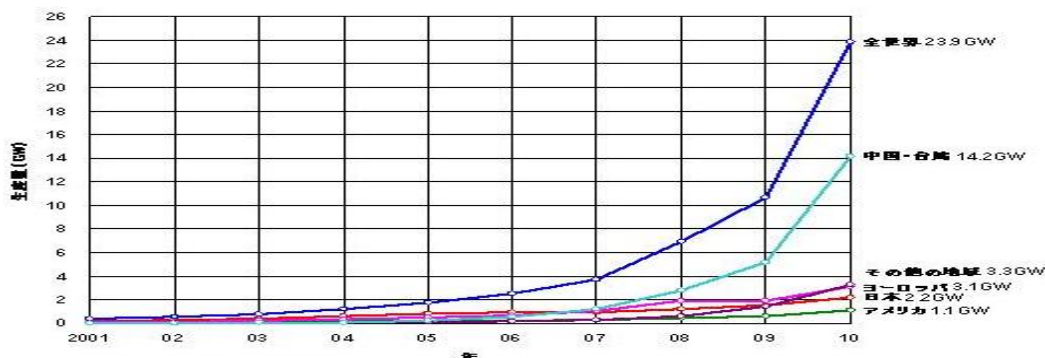
これに対し、太陽光発電の導入はそれほど進んでいない。中国は、2008年以降、太陽電池セル生産量に関しては世界シェア1位となっており、2010年には全世界の生産量の約5割を占めているが、太陽光発電の国内導入量の世界シェアは2.9%にすぎない。欧州太陽光発電産業協会（EPIA）によれば、2010年の全世界

での太陽光発電の新規設備容量は14.2GWであるのに対し、中国での導入量はわずか0.5GWであり、同国は自国で生産した太陽電池のうち6%のみを国内で消費し、94%を輸出している。また、同国の風力発電の年間導入量16.5GWと比べても極めて小規模なものとなっている（図表9）。

このような状況の下で、同国は、最近、太陽光発電の導入量も大幅に増加させようとしている。2009年12月には、国家発展計画委員会が2015年までに太陽光発電の累積設備容量を5GWとするという目標を設定していたが、2011年5月には目標を2倍の10GWに引き上げ、さらに、2020年には少なくとも50GWとする方針を明らかにした。目標を達成するための政策としては、2009年7月に、いわゆる「金太陽プロジェクト」を発表し、太陽光発電プロジェクトに事業費の50%（過疎地等では70%）の補助金を交付することにより、2～3年間で500MW以上の事業化を行うこととした。

また、2009年からFIT制度の採用の検討を始め、江蘇省等において部分的な導入を開始するとともに、2011年7月には、これらの成果を踏まえ、全国規模での導入を決定した。

図表9 国別の太陽電池セルの生産量の推移(単位 GW)



資料:IEA データを基に作成

(4) 我が国の状況

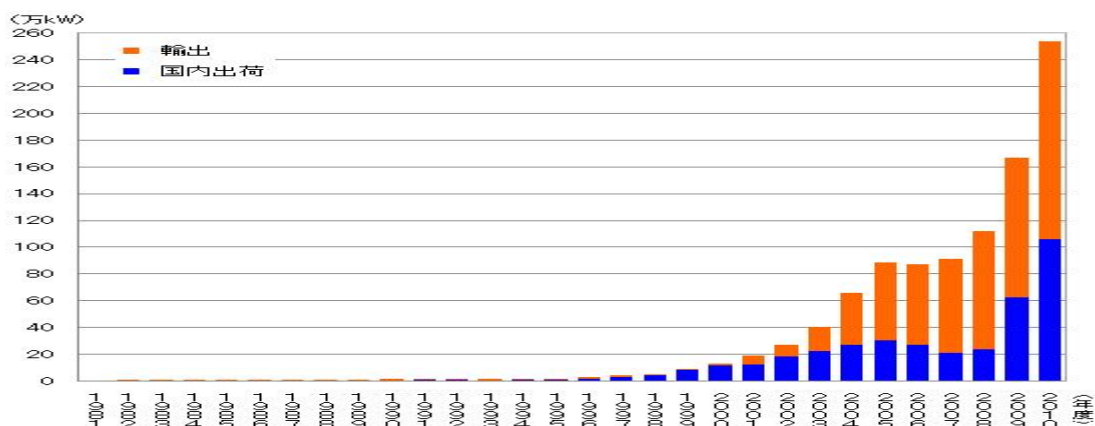
我が国における再生可能エネルギーの導入についての主な目標・方針としては、2008年3月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」において、太陽光や風力、バイオマス等を活用した新エネルギーの導入を促進する旨が定められている。また、これを受けて同年7月に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」においては、「太陽光発電の導入量を2020年に10倍、2030年には40倍とすることを目標として、導入量の拡大を進める」、「3～5年後に太陽光発電システムの価格を現在の半分程度に低減することを目指す」とされている。さらに、最近では、本年5月にフランス・ドーヴィルで開催されたサミットにおいて、当時の菅総理が「我が国の総発電量に占める再生可能エネルギーの割合を、2009年末の10%から2020年代に少なくとも20%に拡大させる」ことを表明している。

再生可能エネルギーの導入状況を見て

みると、まず、太陽光については、2010年末時点での累積設備容量は3,618MWであり、2005年末と比較すると約2.5倍になっている。この導入量は、ドイツ、スペインに次ぎ世界3位に位置付けられ、世界の総設備容量34,953MWの10.4%を占めている。

しかしながら、累積設備容量の増加率については、FIT制度を早期に導入したドイツやスペインに比較するとかなり低いと言わざると得ない。2005年末と2010年末累積設備容量の増加率を比較するとドイツでは約8.8倍(1,980MW→17,370MW)、スペインでは約80倍(49MW→3,915MW)と激増しているが、我が国では約2.5倍の増加に留まっている。近年、我が国においても、後述のように余剰電力買取制度や補助金の交付などにより、住宅用のものを中心に太陽光発電の導入に関して積極的に促進策を講じており、特に2009年度以降の増加が目立っている(図表10)。

図表10 太陽電池セルの出荷量(輸出及び国内出荷)の推移(単位 万kW)



資料:一般社団法人太陽光発電協会

次に、風力については、2010 年末時点での累積設備容量は 2,304MW であり、2005 年末と比較して約 2.2 倍に増加している。世界各国では、従来より太陽光に比べてコストが低い風力にウェイトが置かれ、2010 年末の累積設備容量は 194,390MW となっており、我が国は世界 12 位で約 1%を占めるにすぎない。

累積設備容量の増加率についても、上位国である中国、アメリカ、ドイツ等の伸びが著しく、2005 年末と 2010 年末の増加率を比較すると、中国では約 34 倍 (1,260MW→42,287MW)、アメリカでは約 4.4 倍 (9,149MW→40,180MW)、と激増しているが、我が国では絶対量が少ないにもかかわらず前述のように約 2 倍程度に留まっており、太陽光と同様、上位国との差がますます大きくなってきている。

3. 各国の再生可能エネルギーの導入促進策

世界の主要国においては、再生可能エネルギー発電の積極的な導入に向け様々な促進策が講じられている。その主な手法としては、①電気事業者に販売電力量の一定量以上の再生可能エネルギー電力を導入することを義務付ける制度（いわゆる RPS 制度）、②電気事業者に再生可能エネルギー電力を長期間（10～20 年程度）にわたり一定の価格で買い取ることを義務付ける制度（いわゆる FIT 制度）及び③再生可能エネルギーによる発電設備に対する補助金や税制上の優遇措置等に大別される。

現在、主要国では RPS 制度か FIT 制度が主流になっており、前者はいわば量ベースでの支援策、後者はいわば価格ベースで

の支援策であると言える。

IEA によると、陸上風力発電やバイオマス発電のような既存電源と価格差が少ない方式については RPS 制度が適しており、一方、太陽光発電などの既存電源との価格差が大きい方式は FIT 制度や補助金が適しているとされている。

RPS 制度と FIT 制度の主な長所・短所を整理してみると、以下のようになる。

まず、RPS 制度の長所としては、電気事業者による電力買取価格が市場機能を通じて決定され、導入費用を最小化することが理論上可能であり、政府の介入の余地が小さいことと、需要家への強制的な価格転嫁を伴わないこと等、短所としては、市場における電力価格の変動リスクが大きく、発電事業者の事業採算の見極めが困難であること、太陽光発電等の発電コストが高い未成熟な技術が排除されるおそれがあること等があげられる。

一方、FIT 制度の長所としては、電気事業者による買取価格が事前に決定され、それが一定期間保証されることから、事業リスクが小さく、資金調達コストも低下すること、技術に応じた買取価格の決定により未成熟な技術を政策的に育成することができること、短所としては、買取価格の設定に当たり政府の介入余地が大きく、市場機能が阻害されること、需要家への強制的な価格転嫁により、負担が増加すること等があげられる。

両者のいずれが優れているかについては様々な議論がなされているが、制度を採用する各国の政治・経済状況が大きく影響しているものと見られ、市場機能をより重視

する国においては RPS 制度が、市場機能に対して政府が関与することに寛容である国においては FIT 制度が馴染み易いものと考えられる。ただし、現時点における再生可能エネルギー電力の導入実績のみを見る限り、ドイツ、スペイン、デンマーク等、より多くの国々が導入している FIT 制度の方が大きな成果をあげていることは否定できない。いずれにしても両者の採用は二者択一を迫るものではないので、それぞれの長所を組み合わせた制度設計（例えば、FIT 制度の買取価格に市場機能を部分的に導入することなど）も可能であることを念頭に置くことも必要であろう。

各国でどの方式が採用されているのかを具体的に見てみると、RPS 制度はアメリカ

(30 州)、カナダ、オーストラリア、スウェーデン、ベルギー等、FIT 制度はドイツ、フランス、スペイン、オランダ、デンマーク、中国、韓国、ブラジル等で採用されているが、日本、イギリス、イタリアなどのように RPS 制度を基本にしつつ、一部で FIT 制度を採用している国もある（日本は後述のように、再生可能エネルギー法の制定により、2012 年 7 月に FIT 制度に移行することが決定している）（図表 11）。また、アメリカにおいては、州レベルでは RPS 制度に加え、「ネットメータリング」（電気事業者が余剰電力を電力料金と同価格で買い取る制度）という独自の制度を導入しているほか、連邦レベルでは生産税控除（PTC=Production Tax Credit）と呼ばれる税額控除制度が用いられている。

図表 11 各国の再生可能エネルギー導入促進策(2010 年末時点)

	主 な 導 入 国
RPS 制度	アメリカ (30 州)、カナダ、オーストラリア、スウェーデン、ベルギー
FIT 制度	ドイツ、フランス、スペイン、オランダ、デンマーク、ポルトガル、オーストリア、ギリシャ、中国、韓国、ブラジル
RPS 制度 +一部 FIT 制度	イギリス、イタリア、日本

資料:経済産業省データを基に作成

4. 我が国における再生可能エネルギーの導入促進策

(1) RPS 制度

我が国の RPS 制度は、2002 年 6 月に制定された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（施行は 2003 年 4 月）（以下「RPS 法」という。）により導入された。電気事業者

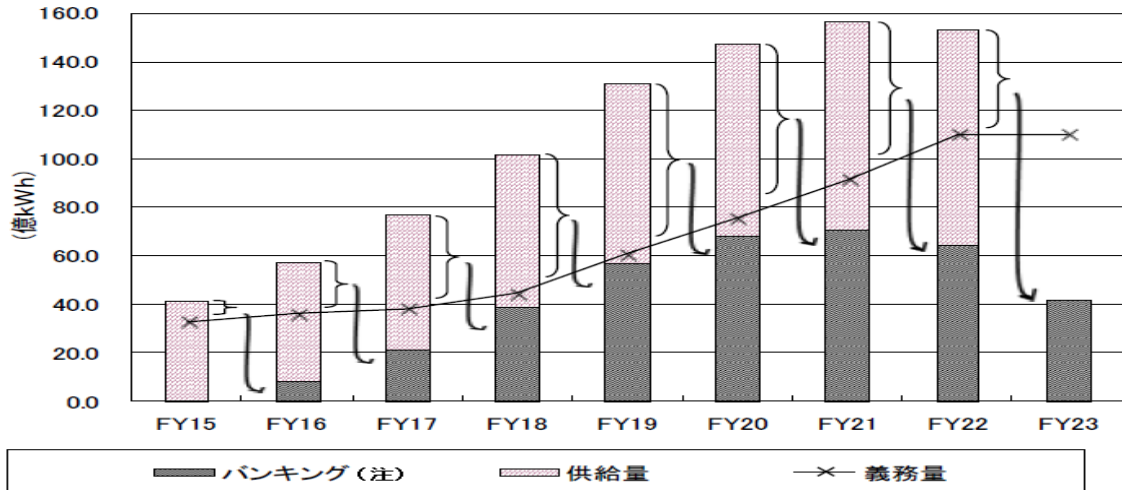
に対し、販売電力量に応じて一定量以上の新エネルギー電力の利用を義務付けるもので、「新エネルギー」としては、風力、太陽光、地熱、水力（水路式 1,000kW 以下のもの）、バイオマスを熱源とする熱等が含まれる。電気事業者は自ら新エネルギーによって発電し、あるいは他者から新エネルギー電力を購入することにより義務を履行することが必要

である。

本制度は電力市場における競争を重視する制度であり、競争によって新エネルギーの価格を下げることに主眼を置いている。本制度により設置された発電事業

者の発電設備は 2010 年度末までに約 1,400 件あり、電気事業者に課された導入義務量は各年度においてクリアされている（図表 12）。

図表 12 RPS 制度の義務履行状況



(注) 当該年度の義務量以上に新エネルギー等からの電気を供給(利用)した場合、超過量を次年度まで持ちこすことが可能。

資料:経済産業省

(2) 太陽光発電補助金

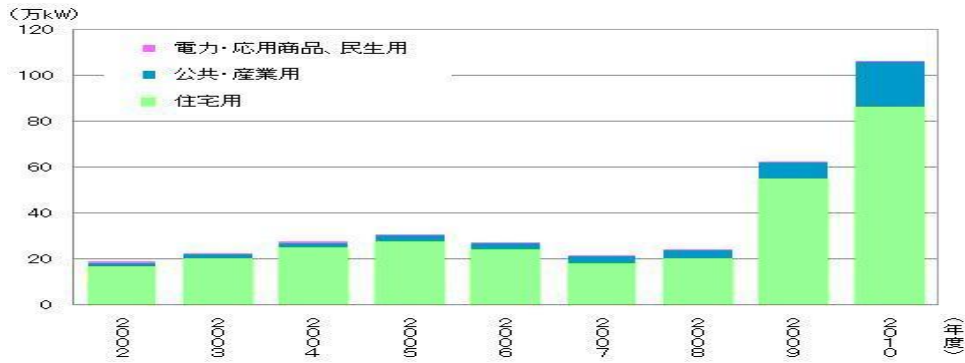
太陽光発電の新規導入に際して、その初期負担を軽減する観点から補助金を交付する制度を設けている国もあるが、同制度では財政負担が一時に過大になることがあることなどから、我が国を含む比較的少数の国々に限られている。

我が国においては、1994 年度から「住宅用太陽光発電導入促進事業」として国の補助制度が開始され、1997 年から 2004 年までは太陽光発電の累積設備容量で世界 1 位を維持していたが、技術進歩等の結果、太陽光発電設備の価格が低下し、一定程度の普及が進んだことから、2005 年度をもって補助制度は一旦廃止された。この間、ドイツ、スペイン等においては、前述のように、FIT 制度が本格的に採用され太陽光発電の

導入量が急拡大し、我が国を一気に抜き去っていった（前掲図表 5、図表 13）。

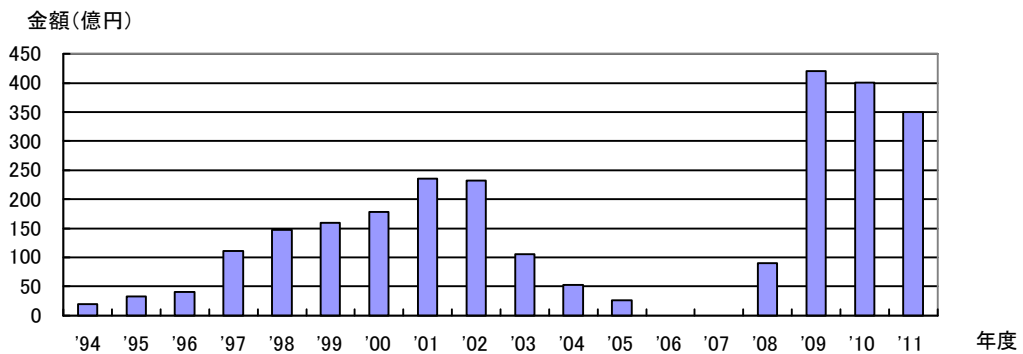
その後、「低炭素社会づくり行動計画」で定められた再生可能エネルギーの大幅な導入促進計画を達成するため、2009 年 1 月に補助制度を復活させた。これまでの国の住宅用太陽光発電補助予算額の推移は図表 14 のとおりであり、2011 年度においては 349 億円(前年度 401 億円)が計上され、17 万戸程度(同 15 万戸程度)に対する補助が想定されている(図表 14)。同年度における補助制度の概要としては、補助単価は 1kW 当たり 4.8 万円であり、対象となる太陽光発電システムは公称最大出力が 10kW 未満であること、1kW 当たりのシステム価格が 60 万円以下(税抜)であること等の要件を満たすものとされている。

図表 13 我が国における太陽光発電の新規設備容量(用途別)



資料:一般社団法人太陽光発電協会

図表 14 住宅用太陽光発電の補助制度にかかる国の予算額の推移



資料:「エネルギー対策特別会計歳入歳出予算額各目明細書」各年度版を基に作成

図表 15 東京都・特別区における太陽光発電補助制度の例

太陽光発電については、国のほか、多くの都道府県、市区町村によっても補助等が行われており、一般社団法人太陽光発電協会の調査によると、その数は 874 団体に及んでいる(2011 年 10 月現在)。例えば、東京都の例では戸建て住宅の場合、補助単価は 1kW 当たり 10 万円で、補助額の上限は 100 万円(国、市区町村の補助金の交付を受けるときは、補助対象経費から国等が交付する補助金の額を控除した額又は 100 万円のいずれか小さい額)とされており、さらに 21 の特別区でも補助が行われ、その補助単価は 1kW 当たり 2~14 万円、補助額の上限は 10~50 万円となっている(図表 15)。

	補助単価 (1kW 当たり)	補助額の上限額
東京都	10 万円	100 万円
千代田区	10 万円	40 万円
中央区	10 万円	35 万円
港区	10 万円	30 万円
新宿区	14 万円	50 万円
品川区	10 万円	30 万円
江東区	5 万円	20 万円
世田谷区	3 万円	10 万円

資料:一般社団法人太陽光発電協会データを基に作成

(注) いずれも 2011 年度補助における金額であり、既に予算の執行が終了しているものもある。

以上のほか、住宅金融支援機構による金利優遇措置や所得税・法人税の特別償却又

は税額控除、固定資産税の課税標準の特例等の助成措置が講じられている。

(3) FIT 制度

①太陽光発電の余剰電力買取制度

諸外国における FIT 制度は、風力、太陽光、地熱、バイオマスなど様々な再生可能エネルギーによる発電全量を長期にわたり固定価格で買い取るものであるが、我が国においては、特に太陽光発電の普及を促進する観点から、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」（2009年8月施行）に基づき、太陽光発電の余剰電力を電気事業者が固定価格で買い取る「太陽光発電余剰電力買取制度」として 2009年11月に導入された。

本制度による買取対象は、太陽光発電設備からの余剰電力で、設備容量が 500kW 以上のものその他発電事業目的で設置されたものなどは除外されており、比較的小規模の発電施設を対象としたものと言える。買取期間は 10 年間、買取価格は発電設備の設置年度に応じて、各年度ごとの単価が適用され（単価は 10 年間固定）、2011 年度においては、例えば出力 10kW 未満の住宅用では 42 円/kWh（他の発電設備の併設がない場合）、非住宅用では 40 円/kWh（同）となっており、前年度と比較すると、住宅用では 6 円の引下げ、非住宅用では逆に 16 円の引上げとなっている。これは住宅用は既にかなり普及が進んでいる一方、非住宅用は普及が遅れていることを踏まえたものである。電気事業者が余剰電力の買取

りを行うのに要する費用は「太陽光発電促進賦課金」（いわゆる太陽光サーチャージ）として電気料金に上乗せされ、標準家庭での負担額は月 10 円～100 円程度となっている。

②再生可能エネルギー電力の固定価格買取制度（全量買取制度）

我が国におけるエネルギーの安定供給の確保、地球温暖化問題への対応等の観点から、本年 8 月に「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」（以下「再生可能エネルギー法」という。）が制定され、2012 年 7 月から施行されることとなった。

再生可能エネルギー法は、太陽光、風力、中小水力（3 万 kW 未満）、地熱、バイオマス（紙パルプ等の既存の用途に影響がないもの）の 5 種類の再生可能エネルギーによる発電量の全量を一定期間（10～20 年）にわたって買い取ることを電気事業者が義務付けることを目的とするもので、世界各国で採用されている FIT 制度と同趣旨のものが我が国にも全面的に導入されることとなった。

これまで説明を加えてきた我が国の再生可能エネルギーの導入促進策との関係を見てみると、まず、RPS 制度との関係では、同制度の根拠法である RPS 法が再生可能エネルギー法の附則により廃止されたが、現行制度に基づく買取義務については、「当分の間、なおその効力を有する」とされ、当面は、経過措置として事業が継続される。

また、太陽光発電余剰電力買取制度との関係では、余剰電力の買取りは家庭等

の省エネのインセンティブになっていること等を踏まえ、再生可能エネルギー法の附則において、「本制度を継続する」旨が定められ、両者は併存することとなった。余剰電力買取制度が比較的小規模な太陽光発電設備による余剰電力を対象とするに対し、全量買取制度はメガソーラー施設を含む発電事業者による比較的大規模な設備による電力の全量を対象とするものであることから、自ずと両制度の住分けは可能であると考えられたものであろう。前述のように、我が国では太陽光発電導入に対する助成措置のウェイトが住宅用に置かれていたため、住宅用の設備が 80%程度を占めるという特異な市場を形成しているが、全量買取制度の採用によって、今後、欧米諸国等のように産業用設備の導入が急速に進むものと見込まれている。

全量買取制度における買取価格、買取期間等については、再生可能エネルギーの種類、設備形態、規模等に応じて毎年度決定されるが、法施行後 3 年間は集中的な再生可能エネルギーの利用拡大を図るため、買取価格については発電事業者の利潤に特に配慮することとされている。

また、電気事業者が買取りに要した費用は、各需要家が使用量に応じて賦課金（単価は全国一律）という形で電気料金の一部として負担することとなる。なお、大口需要家については、産業対策の観点から賦課金の 8 割以上を減免する特例が講じられている。

経済産業省の試算では、全量買取制度開始後 10 年目において再生可能エネル

ギー電力導入量は新たに 3,200 万～3,500 万 kW 程度増加すると見込まれているが、2009 年度においては 1,470 万 kW であるので、現在よりも 2.2 倍～2.4 倍程度の追加的な導入が行われることになる。追加的な導入量の内訳としては、太陽光発電を優遇する買取価格を前提としていることもあり、太陽光が 2,780 万 kW で全体の 80～85%程度を占め、これに風力の 280 万～530 万 kW が続いている。

また、買取費用の負担は、標準的な家庭において制度開始 10 年後に約 150～200 円/月程度と試算されている。

現在、同法については、2012 年 7 月の施行に向けて、買取価格、買取期間の検討が進められているが、国民負担の抑制、産業競争力の維持・強化等の観点から、各国の事例も参考にしつつ、適正な水準のものとするのが重要である。

ドイツの場合は、太陽光発電について 20 年間固定価格での買取を保証するとともに、発電事業者の初期費用の回収年数を 10 年以下とし、金利支払分を含めても年間売電収入が初期費用の 10%程度となる収益性を確保できるような買取価格を設定することにより、その急速な導入を実現している。しかしながら、その一方で電気事業者に多額の買取費用を負担させ（2000 年～2010 年までに導入された太陽光発電に対する 20 年間の累計買取費用だけでも 655 億ユーロというドイツの研究機関による試算がある。）、これが需要家の電気料金に転嫁され、特にドイツの家庭用の電気料金については、

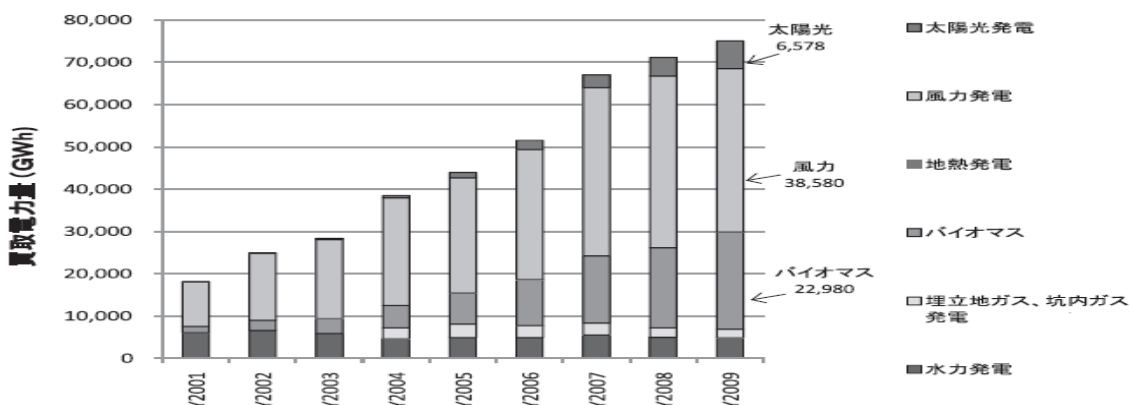
EU 諸国の中でも最も高い水準に至らせたという批判もある（図表 16、17）。

このような先行国の事例を踏まえ、再生可能エネルギー電力、特に太陽光発電による電力については、買取価格、期間の設定に当たっては、借入金の金利を含めた発電コスト、発電事業者が得るべき利潤、設備の耐用年数等を勘案するとともに、国民負担の抑制にも十分配慮することが重要である。また、発電設備の価格に大幅な変動等があった場合には、同一年度内においても、適宜、買取価格の見直しを実施するなど、機動的な運用を可能とする制度設計を行うことも求められ

るであろう。

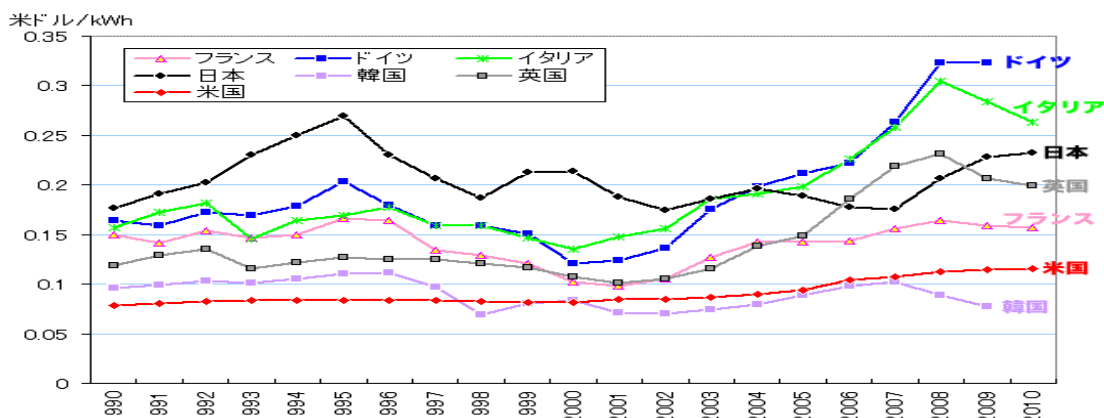
さらに、同法においては、再生可能エネルギー電力を優先的に電力系統に供給するため、優先供給及び優先接続の規定を置いているが、「正当な理由がある場合」には、電気事業者はこれらを拒否できることとされている。しかしながら、この規定が安易に適用されれば再生可能エネルギー導入の拡大という法目的が達成できなくなる。したがって、どのようなケースがこの条項に該当するかについて、あらかじめ具体的な判断基準やガイドラインを定めるなど、手続きの透明性にも十分な配慮が必要であろう。

図表 16 ドイツの再生可能エネルギー買取電力量の推移(単位 GWh)



資料:ドイツエネルギー水道事業連合会(BDEW)

図表 17 各国の電力料金単価の推移(家庭用)(ドル換算値 米ドル/kWh)



資料:OECD・IEA Energy Prices and Taxes

(注) 料金単価はドル換算値であり、為替レートの影響を受ける。また、化石燃料の価格変動、環境税等の影響も考えられ、再生可能エネルギー電力の導入のみで単価が変動しているものではない。

5. スマートグリッド

太陽光、風力などの再生可能エネルギーによる発電は、一般的に設備が小規模で分散しており、季節、天候、時間等で出力が大きく変動し、これらによる不安定な電流が大量に電力網に流入（逆潮流）すると、電圧や周波数に乱れが生じ、電力系統全体に障害を発生させるリスクが生ずる。再生可能エネルギーの活用をより一層拡大していくためには、これらの逆潮流による問題をいかに解決するかがカギとなっており、現在、欧米諸国を中心に「スマートグリッド」（smart grid）の研究・開発、実証実験等が盛んに行われている。

スマートグリッドとは、一般的には賢い電力網、あるいは次世代電力網と説明されるが、もう少し具体的に言うのであれば、「ICT（情報通信技術）を駆使して電力の流れを供給側、需要側の双方から監視・制御し、最適化することが可能な電力網」ということになろう。供給側については送配電設備をより高機能なものに変換し、電力供給の安定化を図るとともに、需要側については通信・機器操作能力を有する高機能電力メーター（スマート・メーター）を設置し、電力消費の「見える化」や消費の制御を行うものである。

スマートグリッドの導入により、再生可能エネルギー電力の大規模かつ安定的な活用が可能となるほか、従来の電力網の下では想定されていなかった技術革新に基づくイノベーションが様々な分野で起きることが予想されている。例えば、いわゆるデマンドレスポンス（スマートメーターと家電などを通信網で接続した上で、電気事業者が家電の運転を直接制御することにより、

電力の需給を調整すること）によりピーク時の電力需要のシフトを促したり、電気自動車（EV）の蓄電池を活用して太陽光発電等による電力を蓄電し、必要時に家庭等で使用し、なおかつ余剰電力がある場合にはそれを電力網に供給するといったエネルギーマネージメントが可能となろう。さらに、このようなエネルギーマネージメントは個々の住宅や建物単位で行われるのみでなく、街区や地区、さらには都市全体で組織的に行うことも可能となり、いわゆるスマートコミュニティ、スマートシティといった構想の実現につながっていくものと考えられる。

以上のようなことから、スマートグリッドは単なる「次世代電力網」という位置付けにはとどまらず、電力エネルギーに大きく依存している現在の都市、地域のエネルギーインフラ全般にイノベーションを引き起こし、社会インフラや都市構造のあり方そのものを変革する可能性すらあると言える。

スマートグリッドを導入する目的や実施方法は国や地域によって異なるが、共通するのは再生可能エネルギー電力が大量に導入される時代において、系統安定化対策を進め、いかに電力網を効率的に運用し、品質の高い電力を安定的に供給するかということである。

以下においては、EU、アメリカ、そして我が国のスマートグリッドに対する現時点での取組状況を概観することとする。

（EU）

EUにおいては、スマートグリッドを再生可能エネルギー電力の安定供給のカギで

あって、地球環境問題への対応に不可欠なものとして重視しており、現在、その基礎となるスマートメーターの導入に積極的に取り組んでいる。2009年7月には、「EU第3次電力自由化指令」（2009/72/EC）において、2020年までに需要家の少なくとも80%に対して、2022年には100%に対してスマートメーターを導入することを要求している。イタリア、スウェーデンでは既にほぼ全戸に導入が完了しており、イギリス、スペイン、フランス、ドイツでも2018年～2020年に全戸導入の義務化が実施、あるいは検討されている。

また、2010年11月には、「EU20-20-20」の実現を図るため、EU委員会が「Energy2020」を取りまとめている。その中核を成す概念は「再生可能」（エネルギー）と「スマート」（グリッド、メーター、シティ）であり、特に「20%のエネルギー効率化」において主要な役割を果たすことを求められているのが、エネルギー関連インフラ（その中でも電力網）の再構築である。また、本年2月には、EU首脳会議において迅速なスマートグリッド導入に向けた決定が行われ、その中で、2012年末までに、スマートメーターやスマートグリッドサービスの導入のための標準規格を制定することが盛り込まれた。さらに、本年6月には、EU委員会がスマートグリッドの導入に伴う料金徴収のあり方や方法、電力消費量・料金等に関する情報開示義務の追加を内容とする2009年7月のEU指令（2009/72/EC）の改正案を勧告している（欧州議会等の承認を経て2012年末までに施行の見通し）。そして、本年9月には、EUのスマートグリッド調整グループ

（SG-CG）とアメリカの国立標準技術研究所（NIST）は、スマートグリッド標準化の推進に共同で取り組むことを決定している。

以上のように、EUにおいては、スマートグリッドは技術開発・設計の段階を経て、規格標準化と技術輸出を目指して数多くの実証実験と検証が行われるまでに至っている。

（アメリカ）

アメリカにおいては、電力自由化により、3,000を超える小規模な送配電事業者が乱立し、従来より、送配電インフラへの投資が十分でなく、老朽化が進むとともに、電力需要の増加に対応した新規の整備も遅れており、送配電インフラの増強及び電力供給の信頼性の向上が喫緊の課題となっていた。このような状況の下で、オバマ政権によりグリーン・ニューディール政策が推進されることになり、エネルギー安全保障や産業振興、さらにはEUほど順位付けは高くはないものの地球環境問題への対応といった観点から、再生可能エネルギーの導入が促進され、その重点項目としてスマートグリッドへの取組みが本格化している。

アメリカでは、既に前掲のEISAでスマートグリッドを独立した項目として規定し、その中で「将来の電力需要の増加に対応し得る安全な電力システムを維持するために、国の送電及び配電システムの近代化を支援することは合衆国の政策である」旨を明言している。さらに、ARRAに基づき45億ドルの予算を送配電及びエネルギーの信頼性に充てることとしており、これを受け、2009年10月には、スマートグリッドへの

投資補助プログラムが決定された。

同プログラムにおいては、スマートメーターの設置が一つの重要項目になっており、総額約 34 億ドルのうち約 4 分の 1 に当たる 8 億ドルがメーターの展開等に充てられることとなっている。これらの助成などにより、同国では 2013 年までに全戸のうち 3 分の 1、2015 年までに 50%、2020 年までに 100%にスマートメーターの導入を目指している。

(日本)

我が国においては、従来より、電力会社 10 社による地域独占体制と認可料金制度の下、電力網の維持・管理や新設に十分な投資が行われ、安定的かつ高品質の電力供給がなされてきたことから、スマートグリッドは不要であるという意見もあった。しかしながら、今後大量供給が見込まれる再生可能エネルギー電力の活用や効率的なエネルギーマネジメントの必要性などの観点からスマートグリッドへの取組みが急速に進められるようになってきている。

2010 年 6 月に閣議決定された「新成長戦略」においては、7 つの成長分野の一つとして「グリーンイノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」を掲げており、その中で、全量買取制度の導入を軸とした再生可能エネルギーの導入の拡大とともに、「スマートグリッド、再生可能エネルギー、次世代自動車を組み合わせた都市のエネルギーマネジメントシステムの構築」等を内容とする「環境未来都市」構想を打ち出している。

また、同年同月に改定された「エネルギー基本計画」では、スマートグリッドの導

入について、「IT を活用しつつ、需要家側の機器と、太陽光発電等の出力が不安定な分散型電源を含む電力設備を制御することで電力の需給をバランスさせ、安定的な電気の供給を維持する、『スマートグリッド』の整備を図る」としている。さらに、その具体的な取組の一つとして、「費用対効果等を十分考慮しつつ、2020 年代の可能な限り早い時期に、原則すべての需要家にスマートメーターの導入を目指す」こととしている。

さらに、本年 11 月に政府のエネルギー・環境会議が決定した「エネルギー需給安定行動計画」においては、電力不足対策の一つとして、スマートメーターについて、「今後 5 年間で総需要の 8 割をカバーすることを目標に電力会社が集中整備を行うよう、政府として制度的な枠組を構築する」ことを盛り込み、これまで電力会社が自主的に取り組んでいたスマートメーターの導入に関して、政府としても関与していく方針を打ち出した。

6. スマートシティに向けての課題と展望

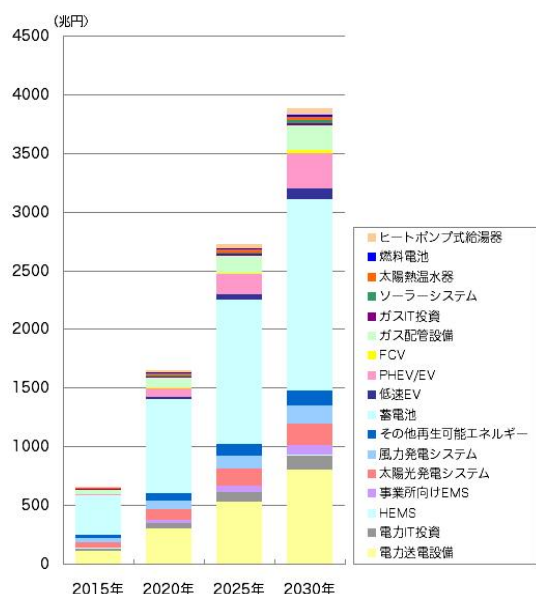
スマートシティやスマートコミュニティについては、明確な定義や要件は存在しないが、欧米諸国や新興国の一部では、「スマート」というコンセプトに基づき、再生可能エネルギーの活用とスマートグリッドの導入によるプロジェクトが積極的に推進されており、世界におけるスマートシティプロジェクトの件数は数百、あるいは 1,000 件を超えているとされている。

スマートシティプロジェクトは、風力・太陽光発電システム、スマートメーター、スマートハウス、蓄電システム、電気自動

車 (EV) のような個別のツールからスマートグリッド、電力・ガス等のエネルギーインフラ、さらには道路、新交通システム等の交通インフラ、上下水道等の水関連インフラなどの社会インフラまでを広範に含むものまでであることから、今後の経済社会や産業に及ぼす影響は非常に大きなものになると予想されている。

その目指すところも、地球環境問題に対応するために再生可能エネルギーを活用して低炭素都市づくりを行うもの、人口増加や急激な都市化に対応するために再生可能エネルギーの導入を核としてニュータウンを建設するものなど様々である。日経 BP 社が世界 400 ヶ所の主要なスマートシティプロジェクトの調査などを基に算出した資料によると、その市場規模はエネルギー分野のみで、2030 年までの累計で約 3,880 兆円となり、中でも中国は世界最大の市場に成長し、累計で 1,000 兆円を超える規模になるとされている (図表 18)。

図 18 スマートシティの市場規模



我が国におけるスマートシティへの取組

みの事例としては、前掲の「新成長戦略」を受け、日本型スマートグリッドの構築と海外展開を実現するため取組みとして実施されている「次世代エネルギー・社会システム実証地域」(いわゆる「スマートコミュニティ」)があげられる。このプロジェクトは経済産業省が地方自治体等に提案募集を行ったもので、2010 年 4 月に横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市の 4 地域が選定されている。これらの地域においては、5 年を計画期間とし、省エネ・CO₂削減目標を設定し、再生可能エネルギーの導入、エネルギーマネジメントシステム (EMS) の確立、EV・鉄道等による交通システムのエネルギーの効率的利用等を内容とするプロジェクトが、地域の特色を生かしながら推進されている。また、同じく「新成長戦略」に基づき、内閣府は、現在「環境未来都市」構想の実現に向けて対象都市の選定作業を進めており、年内にも決定される予定となっている。

さらに、民間企業が主体となっている事例としては、太陽光発電や蓄電池を装備した住宅 (スマートハウス) の建設・譲渡や地域におけるエネルギーマネジメントサービスなどを実施することを目指し、神奈川県藤沢市でパナソニック等が同社の工場跡地 (19ha) で、大阪府茨木市で東芝等が同じく同社の工場跡地等 (19ha) でスマートシティプロジェクトに着手している。

国のスマートグリッドやスマートメーター導入への取組みが、それほど熱心でなかったことから、欧米諸国や中国等の新興国に比べ、我が国のスマートシティ整備も遅れていると言わざるを得ない。しかしなが

ら、太陽光発電設備や蓄電池、省エネ型家電・空調・照明機器、電気自動車、さらには制御システムなどのスマート関連の個々の製品・技術については海外への輸出実績も多く、世界最高水準のものとなっていることは間違いない。

これらの製品・技術は、先行国の実績を見てもスマートシティ実現のための基礎となっていることは明らかであり、今後、これらを有効に活用しつつ、我が国においてスマートシティ構想を推進していくためには、次のような取組みが必要であると考えられる。

第1に、国がスマートグリッドの導入やスマートシティ実現に向けての具体的なビジョンと制度的枠組みを明示することである。前述したように EU では EU 指令という形で加盟国に様々な措置が要請されており、アメリカではグリーン・ニューディール政策として政府が大規模な財政支出や減税を実施している。また、中国においては、政治形態からして当然のことであろうが、国の主導により建設プロジェクトが推進されており、現在、天津、深圳等 13 ヶ所の「生態城」(エコシティ)がモデル事業として実施中で、将来は100~200ヶ所のエコシティの整備を目指している。我が国においても、「環境未来都市」等の早期実現を図り、その成果も踏まえビジョンや制度的枠組みを整備し、国内外に普及展開していくことが必要であろう。

第2は、民間企業が有する「スマート」技術のワンパッケージ化とビジネスモデルの確立である。前述のように、我が国の民間企業の「スマート」技術は世界最高水準のものであるが、個々の製品・技術の供給や

輸出に留まっているのが一般的であり、スマートシティの整備につなげていくためには、これらを統合し、ワンパッケージ化して提供することが不可欠である。また、スマートシティの整備は、関連する事業分野が多様であるとともに、都市の基盤整備という面から公共投資的な色彩も強く、どのようにして資金を調達するか、どのようにして回収するかといったビジネスモデルが必ずしも確立されておらず、今後、その早急な検討が必要であろう。

第3は、エネルギー分野への都市行政の関与の強化である。これまでの都市行政では、エネルギー分野については、主として地域冷暖房、コジェネレーション等の整備という形で関与してきたところであるが、今後は再生可能エネルギー電力等の地産地消型のエネルギーシステムが拡大していくと見込まれることから、地域の実情を踏まえながら、都市行政が街区・地区、あるいは都市全体のエネルギーマネジメントに幅広く関与していくことが必要となってくるであろう。例えば、既に多くの地方自治体においてエネルギービジョンが策定され、再生可能エネルギーの導入や省エネに係る目標や基本方針が盛り込まれているが、これらと連携する形で都市計画マスタープランに HEMS、BEMS の導入の促進や街区・地区レベルでのエネルギーマネジメントを推進することを定めること、さらには地区計画等を活用して、都市再生プロジェクト地域においてこれらを先導的に実施することなども考えられよう。

7. おわりに

世界各国においては、2020年、あるいは

2030年における具体的な目標を設定し、さらには計画を作成し、再生可能エネルギーやスマートグリッドをはじめとする「スマート」技術の導入に向けて先を争うように様々な対策に取り組んでいる。これらの動きは、今後の政治・経済状況によって大きく影響を受けざるを得ないもので、一部には期待先行という指摘もある。

しかしながら、各国の取組みは、地球環境問題への対応、国・地域の持続的成長等の各国共通の政策目的を実現するためには不可欠なものであり、技術面、資金面その他直面する多くの課題を克服しながらこれらを継続していかなければならない。特に、我が国においては、原発事故を受けて将来のエネルギー供給の切札とされてきた原発に係る政策の見直しが不可避となっており、再生可能エネルギーの位置付けは著しく高まってくるものと予想される。

このような状況の中で、エネルギー消費の中心である都市についても、「省エネ」、「創エネ」、「蓄エネ」に関してこれまで以上に大きな責務を果たすことを求められるであろう。都市行政においては、現在既に進められている低炭素都市づくりの取組みの中で、エネルギープランやエネルギーマネジメントにより一層積極的に関与していくことが必要である。その意味で、スマートコミュニティ、スマートシティの国内外の動きには今後とも目を離すことはできないであろう。

<参考文献>

経済産業省 (2011年)

「エネルギー白書 2011」

国土交通省 (2011年)

「国土交通白書 2011」

日本エネルギー経済研究所 (2011年)

「エネルギー・経済統計要覧」

(財団法人省エネルギーセンター)

岡村 久和 (2011年)

「図解ビジネス情報源 最先端ビジネスがひと目でわかるスマートシティ」

(アスキー・メディアワークス)

日刊工業新聞特別取材班 (2010年)

「スマートグリッド解体新書」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2010年)

「再生可能エネルギー技術白書」

(エネルギーフォーラム)

石川 憲二 (2010年)

「自然エネルギーの可能性と限界」(オーム社)

IEA PVPS & BMU (2011年)

「National Survey Report Germany 2010」

IEA PVPS Task 1 (2011年)

「Trends Report 2010」

IEA PVPS (2010年)

「Annual Report 2010」

GWEC (2011年)

「Global Wind Report 2010」

GWEC (2011年)

「China Wind Energy Outlook 2010」

fun_energy(2011年)

「各国の再生可能エネルギーによる発電量(2009年)」

http://blog.goo.ne.jp/fun_energy/e/6cf9362265004d785

319a0d94a4db7a4