

日本における太陽光発電の 動向と今後の課題

中 丸 寛 信

甲南経営研究 第50巻 第2号 抜刷

平成 21 年 10 月

日本における太陽光発電の 動向と今後の課題

中 丸 寛 信

I は じ め に

気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) によって2007年にまとめられた第4次報告書では、地球システムの温暖化は疑う余地がないこと、20世紀半ば以降の世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加が原因であった可能性がかなり高い (90~95%の確からしさ) ことが報告されている。さらに、温暖化は、水不足、動植物の絶滅、食料不足、洪水・暴風雨による損害の増加など多大な悪影響を及ぼすと予測されている。一方、世界の温室効果ガスの排出量の減少とより低い安定化レベルを実現するためには、今後20~30年間の緩和努力が大きな意味を持つといわれている⁽¹⁾。それゆえ、これからの20~30年間は、温暖化による被害を最小限に止めるための、いわば人類の命運を左右する極めて重要な期間であるといえよう。また、これまでの流れを大転換しなければ、破局が避けられないことを予測する研究も見られる⁽²⁾。環境と経済を両立

(1) IPCCによる第4次報告書については、http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html 参照。その紹介とその後の動向などについて、中丸寛信『地球温暖化と環境マネジメント』千倉書房、2009年、第1章参照。

(2) D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers and W. W. Behrens III, *The Limits to Growth*, Universe Books, 1972 (ドネラ・H・メドウズ, デニス・L・メドウズ, ジ

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

させ、持続可能な社会を構築していくために残された時間はそれほど多くはないともいわれている。⁽³⁾

また、今日の世界経済においては、2008年9月のリーマン・ブラザーズ破綻以降の金融危機により、世界同時不況が起こり、各国とも早急な景気対策が求められている。そのため、今日、アメリカのオバマ大統領によって、低炭素化などに有効な投資を政府が主導して実施し、環境問題と経済危機を同時に乗り越えようとする政策——「グリーン・ニューディール」といわれる政策——が打ち出され、ドイツ、イギリス、フランス、韓国、中国など世界各国も同様にその方向に動き始めている。日本もようやく環境省が「日本版グリーン・ニューディール」といわれている「緑の経済と社会の変革」という報告書をまとめた。

そのような状況のなかで、日本ではこれからとくに再生可能エネルギーの割合を増やしていくというテーマがある。そこで本論文では、再生可能エネルギーのうち、とくに太陽光発電について、ドイツやスペインなどと比較しながらその動向と特質を明らかにし、今後の課題について考察したい。

ヤーガン・ランダズ、ウィリアム・W・ベアランズ三世著、大来佐武郎監訳『成長の限界』ダイヤモンド社、1972年）。D. H. Meadows, D. L. Meadows and J. Randers, *Beyond the Limits*, Chelsea Green Publishing Co., 1992（ドネラ・H・メドウズ、デニス・L・メドウズ、ヨルゲン・ランダース著、茅陽一監訳『限界を超えて』ダイヤモンド社、1992年）。D. H. Meadows, J. Randers and D. L. Meadows, *Limits to Growth: The 30-Year Update*, Earthscan, 2004（ドネラ・H・メドウズ、デニス・L・メドウズ、ヨルゲン・ランダース著、枝廣淳子訳『成長の限界：人類の選択』ダイヤモンド社、2004年）。

- (3) *Ibid.*; L. R. Brown, *PLAN B: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble*, W. W. Norton & Company, 2003（レスター・ブラウン著、北城格太郎監訳『プランB』ワールドウォッチジャパン、2003年）；L. R. Brown, *PLAN B 2.0: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble*, W. W. Norton & Company, 2006（同著、寺島実郎監訳『レスター・ブラウン プランB 2.0』ワールドウォッチジャパン、2007年）；L. R. Brown, *PLAN B 3.0: Mobilizing to Save Civilization*, 2008, New York: W. W. Norton & Company；山本良一『温暖化地獄』ダイヤモンド社、2007年；同著『温暖化地獄 Ver. 2—脱出のシナリオ』ダイヤモンド社、2008年。

II 日本の制度と太陽光発電

太陽光発電は、人工衛星などの宇宙用の電源として開発されてきたが、1973年の第1次石油ショックを契機に世界各国で実用化に向けた取り組みが開始された。日本における太陽電池セルや太陽光発電システムは、通商産業省（現在の経済産業省）による「サンシャイン計画」（後に「ニューサンシャイン計画」）⁽⁴⁾が1974年にスタートし、研究開発が進められた。また、住宅向け太陽光発電の補助金制度は1994年にスタートし、国内市場を開拓してきた。その結果、日本は2004年まで太陽光発電の生産量・導入量ともに世界一を続けてきた。しかし、補助金制度が終了した2005年以降導入量においてドイツに抜かれ、⁽⁵⁾2007年にはその差は大きく広がっている（図表1）。その後、欧州の太陽電池振興団体（EPIA: European Photovoltaic Industry Association）は、2008年の太陽電池市場についての調査結果を明らかにした。それによると、同年の太陽電池導入量は5.5GW以上で、2007年の2.4GWに対して倍増した。国別では、スペインがドイツなどを抜いて導入量1位となった。日本は、米国、韓国、イタリアに抜かれ6位に転落した。10位までの国別導入量は、スペイン：2511MW、ドイツ：1500MW、米国：342MW、韓国：274MW、イタリア：258MW、日本：230MW、チェコ：51MW、ポルトガル：50MW、⁽⁶⁾ベルギー：48MW、フランス：46MWであった。

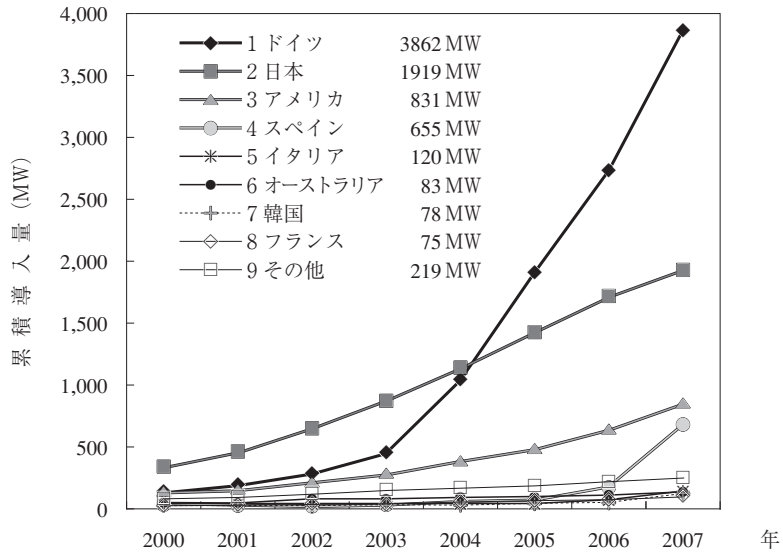
さらに、REN21（Renewable Energy Policy Network for the 21st Century）によると、2008年末の太陽光発電の累積導入量は、1位はドイツで540万

(4) 資源エネルギー庁「太陽光発電の現状と新たな課題」『産業と環境』2009年3月、17頁；富田孝司「太陽光発電市場」飯田哲也編『自然エネルギー市場』築地書館、2005年、75頁参照。

(5) 齊藤純一郎「わが国における太陽光発電の現状と普及促進のための課題」『産業と環境』2009年3月、22頁。

(6) 「日経エレクトロニクス」（野澤哲生稿）参照。

図表1 主要国の太陽電池累積導入量



出典：Report LEA-PVPS-T1-17: 2008.

出所：斉藤純一郎「わが国における太陽光発電の現状と普及促進のための課題」『産業と環境』2009年3月，21頁。

kW，2位は1年で急増し230万kWに達したスペイン，3位は日本で197万kWで，ドイツの36.5%であった。日本の太陽光発電導入量は，国際比較で見るとますます少なくなっている。

そのような中，2008年7月7～9日に開催された洞爺湖サミット後の7月29日，「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定された。その中では，「2050年までに世界全体の温暖化ガス排出量を半減させるため，日本としても2050年までの長期目標として，現状から60～80%の削減を行う」という目標を定めている。それを実現するために，「革新的技術開発」「既存先進技術の普及」⁽⁷⁾などが重視されている。とくに太陽光発電については，その導入量を2020年に現状の10倍，2030年に40倍にすることを目標に，発電システムの価格を3

ー5年後に現在の半額程度に低減することをめざす。また、原子力発電は、現在稼働中の55基に加え、新規建設(13基を計画中)の着実な実現をめざす。それにより、2020年をメドにCO₂を排出しない電力比率を50%以上とする。さらに、2020年までに新車販売の2台に1台を次世代自動車とする。⁽⁸⁾

その後、経済産業省では、太陽光発電を設置した住宅の普及を促進するため、国土交通省と共同で「ソーラー住宅普及促進懇談会」を2008年7月、2009年1月に開催した。懇談会では、主要な太陽電池メーカーと住宅メーカーの代表者が集まり、住宅用太陽光発電の官民共同でのPR、デザイン性の優れたパネル設計、太陽光発電システムの標準化等の太陽光発電の促進策について検討し、2009年2月にその報告書をまとめた。⁽⁹⁾それによると、日本の太陽光発電システムの導入量の約8割は住宅への設置であり、「低炭素社会づくり行動計画」における目標は、2020年に、新築持家住宅の約7割に太陽光発電システムが設置されている状態に相当する。太陽光社会実現のためには、住宅用太陽光発電の飛躍的な普及が必須である。その認識のもとに報告書では、太陽光発電のある生活とはいかなるものか、太陽電池メーカーと住宅メーカー等が連携して行うべき取り組み等についてまとめている。

さらに、経済産業省は、日本の太陽光発電関連産業の今後の競争力の維持・強化を図るため、エネルギー政策のみならず、産業政策の観点から今後の太陽光発電関連産業のあり方について議論を行うべく、商務情報政策局及び

(7) 経済産業省「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」(2008年3月)や総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画」(2008年5月)がその土台である。とくに「革新的技術開発」については、それらの計画において示された革新技術(構造・素材やシステム等の点で既存技術やその延長線上にある技術を超えた革新性を持ち、2050年の世界における大幅な温室効果ガスの削減に寄与する技術)を開発する、とされている。

(8) 次世代自動車とは、ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車、クリーンディーゼル車等である。

(9) ソーラー住宅普及促進懇談会「ソーラー住宅普及促進懇談会報告書」2009年2月。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

資源エネルギー庁で「ソーラー・システム産業戦略研究会」を設置した。その委員として、電機会社や住宅関連会社をはじめソーラー・システムに関わる幅広い関係者が参画している。2008年12月より研究会を開催し、その報告書を2009年3月にまとめた⁽¹⁰⁾。その中では、「太陽光発電は、新エネルギーの中でもとくに潜在的な導入可能量が多く、しかも我が国が得意とする技術であり、エネルギー自給率の低い我が国にとって、純国産エネルギーとして活用が期待されている。また、省エネルギーや地球環境に配慮した、いわゆる『エコ生活』を志向する個人にとって、他の自然エネルギーと比較しても、導入が最も容易な自然エネルギーであり、国として取り組むべき課題に対して、一人ひとりの国民が自らの意思で参画することを可能とするものである。さらに、将来的には、経済性の向上や家電、蓄電池等、他の機器との接続を通じて、単なる環境への配慮といった側面のみならず、快適な『新たなライフスタイル』や『住生活の質の向上』を個人に提供する可能性を持つ⁽¹¹⁾」。さらに、「我が国の太陽光発電関連産業は、裾野も広く、将来、日本の産業の一翼を担うとの期待も高いことから、エネルギー政策のみならず、産業政策上も重要な意義を有している⁽¹²⁾」と明記されている。

他方、今日太陽光発電関連産業は、「大規模化」や「低コスト化」を基軸とするグローバルな市場競争にさらされており、大きく変化する可能性がある。その背景として、世界における太陽電池セルの生産量が、2005年の1759 MWから2007年の3733 MWへと約2倍に急増していること、しかし日本の太陽電池メーカーのセルの生産量は833 MWから920 MWへと微増にとどまったこと、その結果世界シェアは約2分の1から約4分の1へと減少したこ

(10) ソーラー・システム産業戦略研究会「ソーラー・システム産業戦略研究会報告書」2009年3月。

(11) 同上報告書、5頁。

(12) 同上報告書、5頁。

と、近年日本の太陽電池メーカーは中国や欧米のメーカーの急激な追い上げに直面していることなどが指摘されている。

太陽電池セルの世界トップ5企業とそのシェアをみると、2004年には①シャープ (27.1%)、②京セラ (8.8%)、③BPソーラーグループ (英) (7.1%)、④三菱電機 (6.3%)、⑤Qセルズ (独) (6.3%)であったが、2005年には①シャープ (24.8%)、②Qセルズ (9.3%)、③京セラ (8.2%)、④三洋電機 (7.2%)、⑤三菱電機 (5.8%)となった。その後2007年には①Qセルズ (10.4%)、②シャープ (9.7%)、③サンテック・パワー (中国) (8.8%)、④京セラ (5.5%)、④ファーストソーラー (米) (5.5%)となり、2008年には①Qセルズ (8.2%)、②ファーストソーラー (米) (7.3%)、③サンテック・パワー (中国) (7.2%)、④シャープ (6.8%)、⑤モーターテック (台湾) (5.5%)と、日本企業のシェアは急激に減少してきている⁽¹³⁾。

そのような状況のなか、日本の強みとして次の3点が挙げられている。

- ① 日本の太陽光発電システムは、世界に先駆けて実施してきた研究開発の成果もあり、世界で最も高品質 (高効率、長寿命) と評価されている。また、日本の太陽電池メーカーは、専業ではなく、家電製品や蓄電池の製造等、総合的な事業の展開を図っていることから、これらの関連技術・機器との組み合わせを意識した製品開発が可能である。
- ② 日本の太陽光発電導入量の約8割が住宅分野であり、そこには、裾野の広い担い手としての国民が存在する。それは、ヨーロッパにおける大規模な太陽光発電所 (メガソーラー) の建設に見られるような、太陽光発電を単なる「投資」の対象としてとらえるものとは異なっている。いわば日本の太陽光発電市場は「国民参加型」の導入形態が主流であり、環境意識の高い国民に、高い発電コストの負担面の協力を薄

(13) 太陽電池専門の市場調査会社、米PVニュース調べ。そのような状況でも、日本の太陽電池生産量は、2007年には世界一であった。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

く広く求めながら、導入を促進していくことが可能な土壌が存在している。

- ③ これまで日本の太陽光発電導入量の約2割を占めてきた工場や事業所における太陽光発電導入に加え、「2020年までに、全国約30カ所で、約14万kWのメガソーラーの建設を進める」との方向性のもと、電気事業者は、全国各地における建設計画を具体化しつつあるとともに、学校や公的施設への導入に注目が集まるなど、公共・産業分野における太陽光発電の大幅な導入拡大の兆しが見られる。⁽¹⁴⁾

以上のような「強み」を踏まえ、今後の基本的方向性として、高品質で層の厚い太陽光発電関連産業を活かすこと、国内においては住宅分野を中心に「国民参加型」の取り組みを進め、公共・産業分野の大幅な導入拡大をめざすこと、海外においては太陽光発電システムをめぐる関連技術や関連産業の組み合わせ（システム化）による展開をしていくことが挙げられている。

さらに、今後の市場展望について、短期的には、量産効果と技術革新により、太陽光発電コストを現在の半分程度の水準とする。2020年の目標としては、現状約4分の1となっている日本の太陽電池セル生産量の世界シェアについて、3分の1超程度まで引き上げていく。その場合、現在の国内市場規

(14) 日本政府は、2009年7月7日、温暖化ガス削減策の一環として2020年までに全国すべての公立小中学校、約3万2000校で太陽光発電を導入する方針を固めた。住宅や企業、工場などに比べ、学校の施設は政府や地方自治体の主導で計画的に整備でき、児童や生徒の教育にも役立つとみている。まず、3年後の2012年を目途に現状の1200校の10倍にあたる1万2000校への導入をめざす。発電した電力はまず学校で使い、余った電力は民間の買取制度を通じて売買を促す考えである。

全公立小中学校への太陽光発電の導入には、6000億～9000億円程度の費用がかかるとみられる。2009年度補正予算では、公立学校へ導入する際には実質的な自治体の負担を2.5%まで抑える補助を実施する。2010年度予算以降も国による同様の補助や交付金を検討する。導入を想定している太陽光パネルは、一般的に使われる20kW型。文部科学省によると、8～10教室分の蛍光灯を1日点灯できる電力使用量に当たる（「日本経済新聞」2009年7月8日）。

模は1兆円、雇用規模は1.2万人であるが、2020年における太陽光発電関連産業の経済効果は、最大で約10兆円、雇用規模は最大で約11万人と見通されると記されている。

その後環境省は、「日本版グリーン・ニューディール」といわれている「緑の経済と社会の変革」という報告書を2009年4月20日にまとめた。

政策の柱は、「緑の公共事業」で需要を創出する「緑の社会資本への変革」、 「地域の活力」を活かした取り組みを促進する「緑の地域コミュニティへの変革」、家庭から始まる緑の需要創出を支援する「緑の消費への変革」、緑の需要に応える先端環境産業を育成する「緑の投資への変革」、世界最先端の技術力を未来に向けて強化する「緑の技術革新」、持続的に発展するアジアとともに豊かな社会を築く「緑のアジアへの貢献」である。このような社会の中では、環境ビジネスが市場規模にして2006年の70兆円から120兆円程度になり、雇用規模においても140万人が280万人程度になっていることが期待できる成長産業となっていると試算している。

とくに太陽光発電については、導入量世界一の座を早期に奪還すべく、2020年頃に20倍程度に拡大するとともに、小売り電力並みの発電コスト(2030年に7円/kWh)に近づけることを目標としている⁽¹⁵⁾。また、太陽光発

(15) 図表「発電コストの比較」にみられるように、1kWh当たりの発電コストは、太陽光49円、風力11~14円、水力8~13円、火力(LNGの場合)7~8円、原子力5~6円とされ、太陽光発電のコストは非常に高いとされている(資源エネルギー庁、前掲論文、19頁)。そのため、低コスト化、高効率化、長寿命化等の技術開発が重要である。新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO: New Energy Development Organization)では2004年に「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ」を策定したが、その中で2030年頃の累積導入量を100GW(日本の全電力の10%程度)と想定し、必要な技術開発を進め、現在約45円/kWhの発電コストを、2010年には住宅用電力料金相当の23円/kWh、2020年には業務用料金相当の14円/kWh、2030年には汎用電力料金並の7円/kWhと設定している(斉藤純一郎、前掲論文、23頁)。その後の2009年6月8日、NEDOは太陽電池の発電コストを2025年までに約7分の1という既存の電力並みに引き下げる研究開発の行程表を作成、発表した。コスト高の要因となるシリコンの使用量を大幅に減らし、変換効率も高める。行程表を

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

電をはじめとする再生可能エネルギーの新たな導入・活用策を通じ、2020年にはエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの比率を20%まで引き上げ、化石燃料に過度に依存した経済・社会から脱却し、世界に先駆けていち早く低炭素社会の構築を図るとしている。

III 太陽光発電についての国際比較

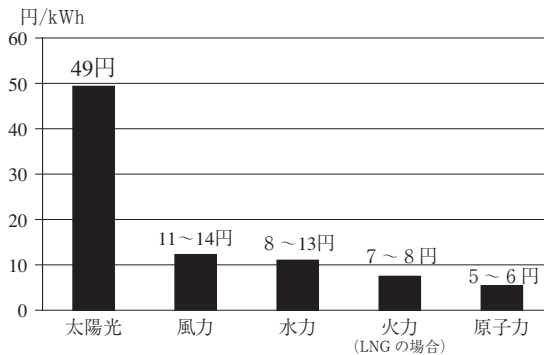
1. ドイツにおける太陽光発電

前掲の図表1にみられるように、ドイツでは急速に太陽光発電設備容量が増大した。2000年末には日本が33万kW、ドイツが10万kWと日本がドイツの3倍以上であったが、2005年には日本はドイツに追い抜かれ、2006年には日本が約171万kW、ドイツは286万kW、2007年には日本が約192万kW、ドイツは386万kW、2008年には前述のように日本が197万kW、ドイツは540万kWで日本はドイツの36.5%となり、その差はますます拡大している。

なぜドイツでは、そのように増大してきたのであろうか。その背景には、

ベースに産官学プロジェクトを2010年度から始める（「日本経済新聞」2009年6月9日）。

図表 発電コストの比較



出所：資源エネルギー庁「太陽光発電の現状と新たな展開」19頁。

とくに2000年に施行された再生可能エネルギー法、さらに2004年の再生可能エネルギー法改正のもとでの電力買取補償制度（固定価格買取制度（FIT: Feed-in Tariffs））があるといわれている。

2000年に施行された再生可能エネルギー法では、太陽光発電電力を電力会社が固定価格で20年間買い取ることになっている。その電力1 kWhの買取価格は、すべての太陽光発電設備について一律に当時の電気料金の4～5倍の価格であった。そのため、設備所有者は売電収入で必要経費が十分に補償されるようになり、普及が促進された。しかし、2000年の法律では、買取対象となる設備規模に上限があり、大型発電所での電力は対象になっていなかった。

その後、2004年の再生可能エネルギー法改正では、設備規模の制限はなくなり、大規模発電所からの電力も対象になった。また、買取価格も設備規模や設置条件によって異なる価格が設定され、多様な取り組みに対応できるようになった。買取価格は、図表2にみられるように、30 kW未満の規模で57.4セント⁽¹⁶⁾、30 kW以上100 kW未満で54.6セント、100 kW以上で54.0セントに設定された。さらに、建築物の建造材に組み込まれた太陽電池では、さらにそれらの価格に5セントを上乗せして買い取られることになっている。

同時に、買取価格は、設置後毎年5%ずつ引下げられることになっている。その結果、2007年において建築物上に取り付けた場合、30 kW未満で49.21セント、30 kW以上100 kW未満で46.81セント、100 kW以上で46.3セントである。それは太陽光発電による実質的な発電価格よりもかなり高い買取価格となっている。

以上のような法律の制定を背景に、ドイツでは住宅への太陽光発電設置希望者が激増し、一気に普及していった。また、各地で市民・地域住民による

(16) ここでのセントはユーロセントである（1ユーロ=100セント）。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

図表 2 再生可能エネルギー法による太陽光発電電力の買取価格と買取条件

| 設置方法 | 買取対象 設備規模 (kW) | 買取価格（セント/kWh） | | | 買取 期間 (年) | 買取価格引 下げ率 (%/年) |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------------|-----------------------|
| | | 2000年 | 2004年 | 2007年 | | |
| 建築物あるいは遮音壁の上に取り付けた太陽光発電 | 30以下 | 50.6 (ただし規模 は5000kW以 下に限定) | 57.4 | 49.21 | 20 | 5.0 |
| | 30～100 | | 54.6 | 46.81 | | |
| | 100以上 | | 54.0 | 46.3 | | |
| 建築物の主要部分を形成している太陽光発電 | 30以下 | 50.6 (ただし規模 は100kW以 下に限定) | 62.4 | 54.21 | | 5.0 |
| | 30～100 | | 59.6 | 51.81 | | |
| | 100以上 | | 59.0 | 51.3 | | |
| その他の太陽光発電 | | | 45.7 | 37.95 | | |

出所：和田武『飛躍するドイツの再生可能エネルギー』世界思想社，2008年，86頁。
 取り組みもみられるようになってきている。⁽¹⁷⁾

2. スペインにおける太陽光発電

図表 1 にみられるように、スペインにおいても2006年以降急速に太陽光発電設備容量が増大した。また、2008年には、太陽光発電の単年度導入量（2GW以上）においてドイツを抜き世界第1位、そして累積導入量（3GW）でも、ドイツに次ぐ世界第2位になった。スペイン市場がこれほど急拡大した背景には、①国のエネルギー政策、②産業を支援するための助成制度、③恵まれた自然環境、があるといわれている。

とくに国のエネルギー政策についてみると、その重要な柱として、「エネルギー自給率の向上」や「化石燃料から自然エネルギーへのシフト」がある。スペインは、1990年代後半から15年以上にわたり長期経済成長を続けてきたが、企業や輸送機関などからのCO₂排出量が増大し、石油などの化石燃料

(17) 和田武『飛躍するドイツの再生可能エネルギー』世界思想社，2008年，81～100頁。

の輸入依存率も高いことから、その後自給可能な再生可能エネルギーの導入が急務であった。それらの理由により、政府は、2010年までに最終エネルギー消費の12%及び発電量の30%を再生可能エネルギーで賄う計画を掲げた。また2009年度中には2020年に向けた新しい導入計画（各々12%→20%、30%→40%に引き上げ）が打ち出され、再生エネルギー導入に益々拍車がかかる見通しである。

また、助成制度として、政府が導入した電力会社による FIT も普及に大きな影響を与えた。スペインは1998年に始めて FIT を導入し、その後2004年に電力買取価格を設定した。当初の買取価格は通常電力料金の3～4倍に相当する44ユーロセント/kWhで、買取保障期間は25年（他国の平均は20年）とした。さらに買取価格を消費者物価指数（CPI: Consumer Price Index）に連動させるので、インフレが続く限り買取価格は上方修正される。一般的に初期投資は8～12年程度で回収されるので、それ以降の売電量は全て収入となる。

その一方で自家発電利用拡大のため、各地方自治体において電力系統に接続しない太陽光パネルに対して、購入・取り付け費用全体の20%～40%（最大150万ユーロ）を補助金として支給する制度を設けた。また、2006年制定の建築法では、一定以上の面積を有する商用施設やオフィスビル、ホテル、病院など建造物の建設及び改築時には太陽光パネルの設置を義務づけた。

そのような制度などに後押しされ、太陽光発電市場は2006年から2008年にかけて一気に拡大した。全体的には、10 MW を超える発電施設が総導入量の45%以上を占めるなど、高い収益性を見込んだメガソーラーの建設が進められた。⁽¹⁸⁾

(18) その中には、日本企業である住友商事が85億円を投資して、スペインのテネリフェ島で2008年9月末までに12500 kW の太陽光発電所を完成させたり、京セラが1社単独でパネルを供給した13.8 MW の大規模発電プロジェクトなどがある。さら

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

FIT 導入当時（2004年）の目標は、2010年までに設備容量を400 MW にすることであったが、それは3年前倒しの2007年に達成された。その時点で新たな勅令が発行され、2008年度9月末以降の買取価格の見直しが図られた。この見直しで買取価格は20%以上下方修正されただけでなく、設置枠（CAP）の導入でここ1～2年の伸びに急ブレーキがかかっている。それにしても、その見直しは、発電コストに見合う適切な固定価格に引下げていくことで、事業者がコスト削減などに挑戦し、グローバルな競争力を強化することを促し、中長期的な産業育成を目指したものであるといわれている。⁽¹⁹⁾

Ⅳ 日本企業の太陽光発電システムへの取り組み

これまでみてきたように、ドイツやスペインにおける太陽光発電の急速な普及の背景には、政府による助成制度やFITの導入があった。日本においても、今後太陽光発電の普及を一気に高めるためには、それらの普及策を導入する必要がある。今日ようやくその方向に日本も動き始めた。

日本における太陽光発電導入者への助成制度は図表3「導入者への助成制度」の通りである。とくに経済産業省は、2009年1月13日から、住宅用太陽光発電システム導入に対する支援事業（補助制度：7万円/kW）を再度導入した。また、家庭や企業が太陽光で発電した電力の余剰分を、電力会社が約10年の間、当初は従来の2倍程度の1 kWh当たり50円弱で買い取る仕組みを2009年秋あるいは2010年から実施することを発表した。対象は、既に発電装置を設置している利用者と、制度開始から3～5年に設置する利用者である。買取価格は太陽光発電の普及に合わせて、年度ごとに下がることになっ

に、三井物産もスペインで1500 kWの太陽光発電所を運転中で、欧州を中心に1万～2万5000 kWの太陽光発電所を計画している（内田瑞子「スペインの太陽光発電の導入政策と今後の方向性」『産業と環境』2009年3月、34頁；金子憲治・藤田香「太陽電池の勝者」『日経エコロジー』2008年12月、39頁）。

(19) 内田瑞子、前掲論文、33～36頁参照。

図表3 導入者への助成制度

| | 補助金 | 税制 |
|-----------------------------------|--|-----------------------|
| 住宅 | 住宅用太陽光発電 導入補助金 (7万円/kW) | 住宅関連税制 |
| 工場・事業所・ビル | 補助率上限 1/3 (自治体と共同で取り組むメガソーラー, 公共施設等は上限 1/2 (検討中)) | エネルギー需給構造改革 投資促進税制 |
| 地方公共団体施設・学校・ 病院・商店街組合・ NPO等 | 補助率上限 1/2 | — |

出所：資源エネルギー庁「太陽光発電の現状と新たな展開」18頁。

ている。新制度が導入されれば、電力会社は従来より高価格で購入するため、電力利用者に値上げ分を転嫁する見通しである。経済産業省によると、一般家庭での値上げ分はひと月当たり数十円から百円程度である。また、「太陽光発電の新たな買取制度のイメージ」と「太陽光発電設置の費用回収の試算」は図表4の通りである。

そのような動きを背景として、今日、日本企業は太陽光発電の需要拡大に向けた生産や投資を拡大し、技術革新に取り組んでいる。

今日では、電力会社が1万～2万kWの大規模な太陽光発電所の建設に乗り出している。たとえば、2010年度に関西電力とシャープが堺市に1万kW、九州電力も福岡県大牟田市に3000kW、東京電力と三井物産が羽田空港貨物ターミナルの屋根に2000kW、2011年度に東京電力と川崎市が川崎市内に2万kWの太陽光発電所を建設する⁽²¹⁾。

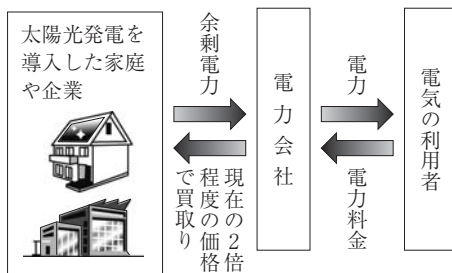
また、ホンダの子会社で、太陽電池の製造・販売を手がけるホンダソルテックは、材料にシリコンを使わず、銅・イリジウム・ガリウム・セレン

(20) 「日本経済新聞」2009年2月24日、4月25日、6月6日参照。

(21) 金子憲治・藤田香、前掲論文、38～39頁。

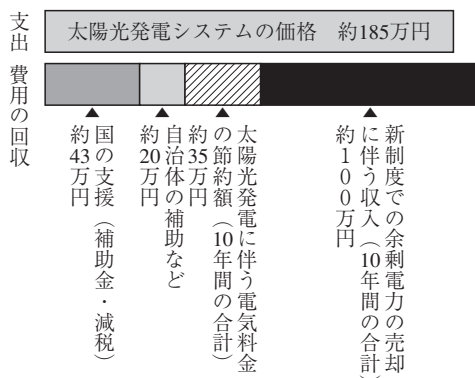
日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

図表4 太陽光発電の新たな買取制度のイメージ



太陽光発電設置の費用回収の試算

(経済産業省の資料, 新築の家に設置する際のモデルケース)



出所：「日本経済新聞」2009年6月6日。

(CIGS) 化合物薄膜を使用することで、製造過程での消費エネルギーを従来の結晶シリコン系太陽電池と比較して約半分に抑えた太陽電池の量産を2007年10月より開始した。2008年春には年間生産能力が27.5メガワット（約9,000世帯分）に達している⁽²²⁾。

三洋電機は、商業施設や駅、一般家庭での需要を見込んで高効率の太陽電池（両面発電で能力3割向上）を量産している。また、2010年に生産能力を

(22) 編集部「本田技研工業」『産業と環境』2008年3月，69頁。

現在の2倍強の年70万kWに引き上げる計画である。さらに、2009年5月22日には、太陽光発電効率23%という、現在主流の結晶系で世界最高の太陽電池を開発したと発表した。新技術は増産などのタイミングで量産ラインに順次導入し、販売用商品の性能向上につなげていく方針である。

三菱電機は、2009年2月18日、太陽光の電気エネルギー変換効率が多結晶シリコン型では世界最高となる太陽電池を開発したと発表。これまで発電に十分利用できていなかった赤外線を有効活用し、従来より効率を0.3ポイント向上させ、18.9%にまで引き上げた。2010年度以降の商品化をめざす。また、三菱電機は、2010年度に米国と欧州に太陽光発電システムの組み立て工場を建設する。日本から輸出する太陽電池を現地でパネルに組み込む分業体制をつくる。重いパネルの輸送費を軽減し、各国の需要に迅速に対応するためである。同社の2008年度の太陽光発電パネル販売量は約15万6千kWであった。その6割強を占める欧州では、フランスや英国の支店新設で拠点を2か所から5か所に増やし、中東欧やギリシャなどにも販路を広げる。

京セラは、2009年2月20日、中国天津市の太陽電池モジュール工場の生産能力を現在の4倍の年24万キロワットに引き上げると発表した。基幹部品である太陽電池セル（発電素子）の増産に合わせ、セルや他の部品を太陽光発電システムに組み上げるモジュール工程の能力も増強する。2009年4月に着工、2010年春に稼働させる。

昭和シェル石油は、2009年6月までに米国で太陽電池の販売網を整備し、宮崎県に4月に建設した第2工場シリコンを使わない化合物型の太陽電池を発電量換算で年6万kW生産し輸出する。また、2010-2014年度の5年間で太陽電池事業に約1600億円投資する。工場新設などで期間中に生産能力を現在の8万kWから100万kWに増やす計画である。さらに、昭和シェル石油はサウジアラビアの国営石油会社サウジアラムコと共同で太陽光発電事業に参入する。自社生産の太陽電池を使い、まず2010年にサウジアラビアに小規

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

模分散型の発電所を建設し、家庭や公共施設に電力を販売する。2012年をめぐりに合弁会社を設立し、中東のほか東南アジアなどの新興国でも事業を展開する。

大同特殊鋼は、発電効率が高い集光型の太陽光発電システムを2009年6月より量産（年間1MW分）することを発表した。集光型の発電効率は平面型の一般的なシステムの1.6倍であるが、生産コストは2倍程度かかっていた。それを量産化で平面型と同程度に抑える。土台は可動式で、レンズが常に太陽の方向を向くようにして発電効率を高めた。主に学校や自治体、企業向けに販売する。

カネカは、兵庫県豊岡市の工場の生産能力を2010年7月をめぐりに年7万kWから15万kWに引き上げる計画である。これまで大半を欧州に輸出してきたが、今後は販路拡大のために、欧州から国内に軸足を置き、住宅用断熱材の納入先である全国約300の有力工務店向けに、2009年夏から太陽電池の供給を始める。販売するのは、屋根材に太陽電池モジュールをはめ込んだ一体型の装置である。

アルバックは、太陽光を電気に変える変換効率で世界最高の薄膜型太陽電池を量産できる一貫製造システムを開発した。それは、2層の薄膜シリコンを重ね合わせる高効率型の太陽電池を量産する装置である。2009年7月から販売を始め、中国や台湾、韓国、インドを中心に太陽電池メーカーを開拓する。2010年6月期に、2009年6月期実績に比べて約3倍の受注1000億円をめざす。

半導体商社の丸文は、東レエンジニアリングと共同でガラス基板の表面を従来の3倍以上の速さで加工できる装置を開発した。それをもとに薄膜型太陽電池の製造装置事業に参入し、5年後に100億円の売上高をめざすことにした。検査装置なども販売する。

鉄鋼や化学関連の大企業も太陽電池向け新素材に参入し、太陽電池の低価

格のための技術開発を行っている。鉄鋼大手のJFE スチールは、低価格の電池の基板に使うステンレス鋼板を開発した。日新製鋼もシリコン使用量を減らした新型電池の基板に使うステンレス鋼板を開発中である。太陽電池メーカーなどの評価を待って、2011年にも量産化することを考えている。化学大手の三菱化学、住友化学や東レは、樹脂を基板に使う軽量で折り曲げ可能な太陽電池の材料を開発している。自動車の車体やビルの外壁に張ることができるうえ、シリコンを使わないためコストも安い。住友化学は現在、太陽電池としては世界最高水準の6.5%の発電効率を実現しており、2009年中に10%まで高める計画である。2011~2012年の実用化をめざしている。

住宅最大手の積水ハウスは2009年5月から、新築・建て替え住宅の顧客を対象にした太陽光発電装置の値引き制度（2割程度）を設ける。

大和ハウス工業は、新築住宅に搭載する太陽光発電システムを対象に、業界最大規模の割引を7月下旬に始める。発電量2.5kW以上の場合、一律66万円安くする。それにより、2008年度に2割に満たなかった新築住宅への搭載率を、2009年度は3割に引き上げることをめざす。

また、大手家電量販店が住宅用の太陽光発電装置の販売を本格化し始めた。太陽光発電装置の販路は、これまで訪問販売会社や住宅設備会社を中心であった。⁽²³⁾ である。

ヨドバシカメラは2009年5月29日、東京・秋葉原の店で販売を始めた。「どこで買えばいいのか分からない消費者が多く、人が集まる家電量販店にはチャンス」（同社）とみており、順次、首都圏や大阪の主力店に広げてい

(23) 現在国が7万円/kWを補助しているが、それに加えて東京都が10万円/kW、大田区が10万円/kW（上限100万円）、杉並区が5万円/kW（上限15万円）、港区が設置費用の4分の1（上限30万円）、大阪市が5万円/kW（上限20万円）というように、自治体においても多くの補助金制度が設けられてきている（「日本経済新聞」2009年5月30日；金子憲治・藤田香、前掲論文、30~33頁参照）。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

く。

ヤマダ電機では、現在約100ある取扱店を2009年度中に全店の約7割にあたる400店弱に増やす計画である。既存店を順次改装し、各店2人以上に研修を受けさせ、顧客に説明できる体制を整える。販売した装置は、施行会社などに住宅への取り付けを依頼する。2010年3月期に売上高100億円をめざす。

ベスト電器は、2009年春から地盤の九州や沖縄で店員向け研修を開始した。6月中に約150店で顧客の相談に対応できるようにする。

上新電機は、太陽光パネルの現物を展示する店を2009年度中に2.5倍の50店程度に拡大する。エディオンも、主力店に専用コーナーを新設するなど需要喚起を急ぐ。

さらに、日本政府が景気対策の中で、公立小中学校の環境対応を進める「スクール・ニューディール」を打ち出したことに対応して、企業の新たな動きもみられる⁽²⁴⁾。

三菱化学は、2009年秋から学校向けに太陽光発電システム構築事業を始める。自社や資材商社経由で営業活動を行い、国内外の太陽電池メーカーからパネルを調達してシステムを設計する。全国の建設会社など約200社を組織して施工を委託する。欧米で一般的な太陽光発電のシステム・インテグレーター（SI）事業で、2010年度に50億円の売上高を見込んでいる。発電システムは「gioa（ジオア）」という新ブランドで販売する。同社は軽量で折り曲

(24) 日本政府は2009年4月に決めた追加経済対策の中で「スクール・ニューディール」を打ち出した。その後成立した2009年度補正予算で、学校への太陽光発電パネルの導入と耐震化やIT（情報技術）機器の導入などを合わせて1兆1181億円の支出を計上している。3年以内に全国の小中学校の3分の1を上回る1万2000校に太陽光発電システムを導入するのが柱である。政府が費用の97.5%を補助し、自治体の負担が少ないため太陽光発電の普及が一気に進むとみられている（「日本経済新聞」2009年7月11日）。

げもできる次世代型の有機薄膜太陽電池の開発を進めており、2012年度を目途に実用化する計画を立てていた。政府の景気対策を受け、外部からの調達という形で前倒して参入する。2015年度には、自社開発の太陽電池とシステム構築事業を合わせて500億円まで売上高を伸ばす考えである。

コクヨの子会社コクヨマーケティングは、ジャスダック上場のフジブレアムから太陽光発電システムを調達、販売する。文具や家具で築いた学校向け販路を生かせると判断した。2009年度末までにまず10校程度の小中学校に納入し、順次拡大しようとしている。

オムロンは、学校の電力消費量を監視するシステムを全国で販売する。棟や階、教室ごとの消費量をリアルタイムで表示し、効率的な電力使用を提案することで10%の省エネが可能という。また、発電量の増減がある太陽光発電を使いやすくする。オムロンは、省エネ支援の取り組みもスクール・ニューディールの支出の対象になるとみて、工場などに提供していた省エネ技術を全国の学校向けに展開することにした。価格は200万円前後で、2020年までに70億円の売り上げをめざしている。

以上のように、日本企業の太陽光発電システムへの取り組みは急速に進展してきている。⁽²⁵⁾

V 太陽光発電システムの特徴・エネルギー採算性とCO₂削減効果

1. 太陽光発電システムの特徴

太陽光発電は、いうまでもなく太陽光をエネルギー源とするものである。まず太陽光発電の特長は次のように示されている。⁽²⁶⁾

(25) 太陽電池を生かした取り組みも見られる。それには、たとえばシャープの「ソーラー・LED照明灯」がある。それは、昼間は太陽電池で発電した電気を蓄電池に蓄え、夜間はその電気をを用いて照明を行う自立型の照明灯である（山本良一・鈴木淳史編『エコイノベーション』生産性出版、2008年、148頁）。

(26) 新太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会『新太陽エネルギー利用ハンド

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

- ① 太陽エネルギーは無尽蔵に利用できる無償のクリーンエネルギーである。
- ② 太陽光発電は可動部がなく、無公害発電である。太陽電池は光エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため、タービンや発電機のような可動部が全くない。したがって、騒音も排ガスもなく、まさにクリーンなエネルギー源である。
- ③ 保守が容易で、自動化、無人化が可能である。
- ④ 必要な電力がその場で発電できる。太陽光発電の変換効率は、利用システムの規模によらず一定であり、必要な場所で、必要な電力量の発電ができ、送電線を必要としない。すなわち、消費地で分散型発電を行うことができる。
- ⑤ 太陽電池は半永久的に使用でき（20年以上）、長寿命である。
- ⑥ 曇りの日のような拡散光でも発電できる。
- ⑦ 太陽電池を構成している主原料であるシリコンは、地球上で酸素に次いで2番目に多い元素であり、資源量も豊富である。

以上のような優れた特長がある太陽光発電であるが、その一方で使用するときに以下の点に留意する必要がある。

- ① 入射エネルギーが希薄である。太陽エネルギーはエネルギー密度が小さいため、発電システム設計に応じた設置面積が必要である。
- ② 気象条件によって発電量が変動する。
- ③ 出力が直流電力である。
- ④ 蓄電機能はない。

同様に、太陽光発電システムは、①太陽エネルギーを利用した、②半導体デバイスで作られた太陽電池による、③分散型の発電システムであるが、そ

ブック』日本太陽エネルギー学会，2001年，163～164頁参照。

れによる特徴が次のように列挙されている。⁽²⁷⁾

- ① 太陽エネルギー
 - ・公害を出さずクリーン
 - ・膨大かつ無尽蔵
 - ・地球規模で資源が存在し、偏在性がない
 - ・季節、天候、時刻に対して変化
 - ・燃料が不必要
- ② 半導体デバイスで作られた太陽電池
 - ・可動部がなく静かで、維持が簡便
 - ・モジュール単位で容量設定が自由
 - ・大量生産が可能
 - ・建設のための期間が短い
- ③ 分散型の発電システム
 - ・局地での需要に対応
 - ・送電損失が少ない
 - ・電力源の多様化
 - ・電力システム全体の信頼性が向上

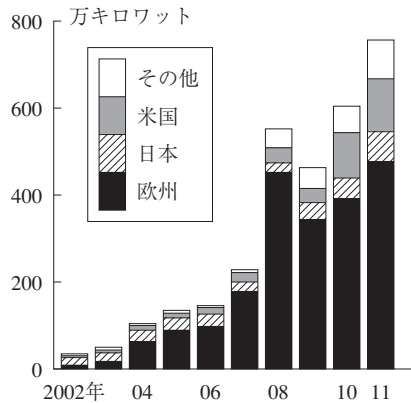
以上のような太陽光発電の特長と制約、また太陽光発電システムの特徴があるが、太陽光発電は、図表5「世界市場2010年から再び拡大へ」、図表6「太陽光が自然エネルギーの本命に」にみられるように、将来にわたり大きな伸びを続けていくと思われる。⁽²⁸⁾ その理由として、①再生可能エネルギーの中では最優先の位置づけにあること、②温暖化対策は息の長い取り組みが求

(27) 同上書、475頁。

(28) 世界の太陽光発電の生産は、2000年に入って以来、毎年5割近い伸びを記録している。2007年もやはり5割増の370万kWを記録した。IEA（国際エネルギー機関）の長期見通しでは、電力供給に占める太陽光の割合は、2007年の1%未満から2040年には25%まで上昇する（金子憲治・藤田香、前掲論文、40頁）。

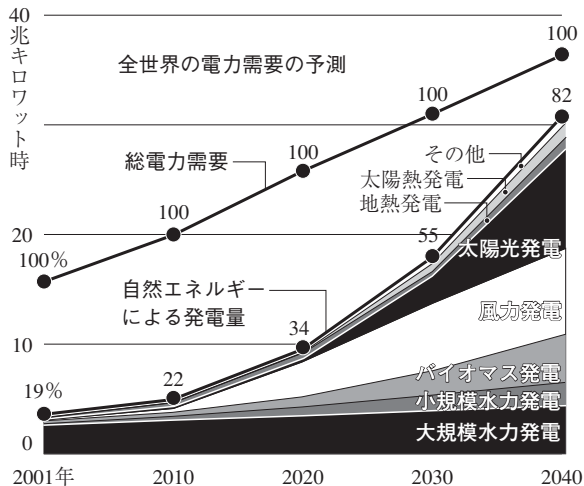
日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

図表5 世界市場2010年から再び拡大へ



(注) 2008年までは実績, 09年以降は欧州太陽光発電産業協会の見通し。
出所: 「日本経済新聞」2009年6月4日。

図表6 太陽光が自然エネルギーの本命に



(注) 自然エネルギーによる発電量は各年の総電力需要の値を100とした場合。
出典: 「再生可能エネルギーシナリオ2040」(欧州再生可能エネルギー会議)。
出所: 小笠原啓・大西孝弘・金子憲治・山根小雪「決戦前夜太陽電池」『日経ビジネス』2009年6月8日, 34頁。

められること、③電力需要が膨大である一方で、まだ微々たるシェアにとどまること、④技術革新が期待できること、などが挙げられる。⁽²⁹⁾

以上のように、太陽光発電（システム）の特徴を生かす取り組みが、今日の世界的動向の中で強く望まれている。

2. 太陽光発電システムのエネルギー採算性とCO₂削減効果

太陽光発電システムのエネルギー採算性について評価した研究がある。ここでは、それを紹介したい。⁽³⁰⁾言うまでもなく、太陽光発電システムは、太陽エネルギーをもとに発電されるクリーンな発電技術であるが、その製造段階では多量のエネルギーが使用される。その消費エネルギーが太陽光発電システムによる生涯発電エネルギーよりも大きくなれば、太陽光発電システムは有効な発電技術とはいえない。そのようなエネルギー技術をライフサイクルでとらえた場合のエネルギー採算性を評価する指標が「エネルギー・ペイバック・タイム (EPT: Energy Payback Time)」である。EPTは、太陽光発電システムのライフサイクルに投入されたエネルギー量を、その発電電力で回収するのに要する年数であり、言い換えれば製造段階で投入されたエネルギーを1年間の運転によって得られるエネルギーで割ることによって得られる指標である。その値が耐用年数より小さい場合に、エネルギー採算性が確保される。図表7は、太陽光発電技術研究組合が実施した各種太陽光発電モジュールを用いた太陽光発電システムのEPTを示している。それによると、太陽電池の種類によって異なっているが、EPTは1～2.4年の範囲であり、太陽光発電システムの期待寿命である20年に比べて非常に短い。それゆえ、

(29) 金子憲治・藤田香、前掲論文、40～41頁。

(30) 太陽光発電技術研究組合・NEDO 成果報告書「太陽光発電評価の調査研究」2000年3月。なおここでは、日本太陽エネルギー学会編『太陽エネルギー利用技術』オーム社、2006年、12～14頁参照。

図表7 太陽光発電システムのエネルギー・ペイバック・タイムの試算例
単位：年

| 年産規模 | 多結晶シリコン 太陽電池 | | アモルファスシリコン 太陽電池 | | CdS/CdTe 太陽電池 | |
|--------|-----------------|-----------|--------------------|-----------|------------------|-------|
| | 屋根 設置型 | 屋根 一体型 | 屋根 設置型 | 屋根 一体型 | 屋根設置型 | 屋根一体型 |
| | 10 MW | 2.4 | 2.1 | 2.2 | | |
| 30 MW | 2.2 | 2 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 |
| 100 MW | 1.5 | 1.4 | 1.1 | 1 | 1.1 | 1 |

*「エネルギー・ペイバック・タイム」：太陽光発電システムのライフサイクルに投入されたエネルギー量をその発電電力で回収するのに要する年数。

*CdS（硫化カドミウム）/CdTe（カドミウムテルル）太陽電池は、多結晶化合物太陽電池である。

出典：太陽光発電技術研究組合・NEDO 成果報告書「太陽光発電評価の調査研究」2000年3月。

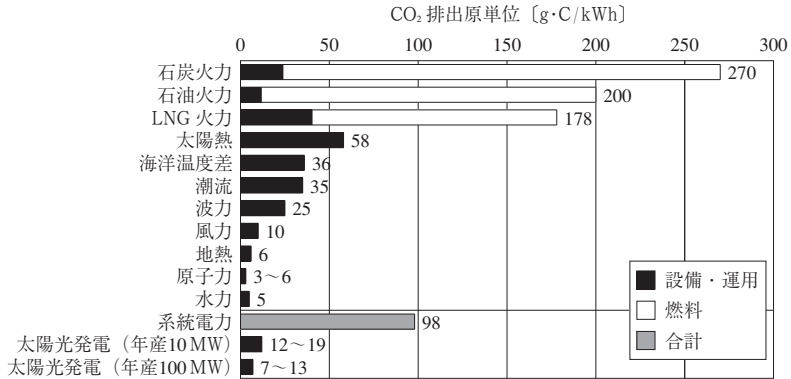
出所：NEDO ホームページ参照。

「太陽光発電システムは設置後1～2年で製造時に使用されたエネルギーを回収し、その後は正味のエネルギー生産を行うことにより、枯渇性資源である化石燃料の消費を削減する⁽³¹⁾という付加価値を持っていることがわかる」。

また、地球温暖化の観点から、製造段階でのCO₂排出量が発電によって削減される量を上回っては、地球環境に有害な技術となってしまう。そのよ

(31) 同上書、13頁。エネルギー源の性能を表す指標には、EPTのほかに、エネルギー収支比（EPR: Energy Payback Ratio）がある。それは、ライフサイクル中に投入されるエネルギーに対する、発電によって節約できるエネルギーの倍率を表す。これは1より十分大きいほど優秀となる。日本におけるEPRは、12～21倍（寿命20年でも8～14倍）と見積もられている。また最近実用化された技術では、EPRは10数倍～30倍程度に達すると見積もられる。これは、既に一般的な火力発電の性能（EPRで6～21倍）を超えつつあり、今後も伸びる見込みである。なおEPTを計算する際、設備製造時（および運用エネルギー）のみ入力エネルギーに参入する場合がある。これは「製造を始めてからエネルギー収支がプラスになるまでの期間」を求める目的で利用される。ただしこの場合、解体・廃棄などに必要なエネルギーが算入されていないため、そのままではEPRへの正確な変換ができないので注意が必要である（産業技術総合研究所・太陽光発電研究センター「太陽光発電のエネルギー収支」および「EPT/EPRの定義」参照）。

図表8 各種発電技術 CO₂ 排出原単位の比較



出典：図表7と同じ。

出所：日本太陽エネルギー学会編，前掲書，13頁。

うなエネルギー技術をライフサイクルでとらえた場合の CO₂ 削減効果の評価する指標が「ライフサイクル CO₂ 排出原単位」である。図表8は、各種発電技術 CO₂ 排出原単位を比較したものであるが、それによると、太陽光発電システムの CO₂ 排出原単位は、石炭・石油・LNG などの化石燃料発電のそれと比べて非常に小さい。したがって、太陽光発電システムには、CO₂ 排出削減に大いに寄与するという付加価値があることがわかる。

具体的に見てみると、4.28 kW 住宅用太陽光発電システム（設置場所：大阪）により、1年間に4587 kWhの電力を創出でき、1041 klの原油削減効果があると試算されている。これは、CO₂ の削減効果で1441 kgとなり、環境貢献の正のスパイラル効果を発揮する。個々の太陽光発電システムの地球温暖化防止などへの貢献度は微力でも、それが日本全体となれば大きな力になる。太陽光発電システムは、大は発電プラントから小は個人でも取り組める数少ないエネルギープラントでもある⁽³²⁾。

以上のことから、太陽光発電システムはエネルギー採算性においても、地球温暖化対策としての CO₂ 削減効果においても、大きな可能性を持っている

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

るといえよう。

VI 今後の課題

これまでみてきたことからわかるように、日本政府は太陽光発電を積極的に導入していく方向を明確に示し、企業も太陽光発電システムに力を入れてきている。しかし、そこにはいくつかの課題があるといえよう。

第1に、何よりも大きなテーマは、技術開発や量産効果、商品開発などにより、システム価格の低減をより一層進めていく必要があるということである⁽³³⁾。これまで太陽電池の成長をけん引してきた欧州市場の伸びが鈍化する中、海外の大手企業は補助金などの優遇制度が新設された日本市場に照準を合わせている⁽³⁴⁾。たとえばドイツのQセルズは、今後は中国や米国、日本の市場に攻勢をかけ、38%にとどまる海外売上高比率を引き上げる計画である。中国のサンテック・パワーは、家庭用太陽光発電装置の販売で日本市場に本格参入する。2009年2月25日から販売代理店の募集を開始し、年内をメドに100社程度の国内販売網を構築、発電効果の高い新製品も発売する。政府や自治体の補助金制度が相次いで整備されており、今後、市場の拡大が見込めると判断した。また、半導体・太陽電池製造装置で世界最大手の米アプライド・マテリアルズのマイケル・スプリンター会長兼最高経営責任者（CEO）は、

(32) 富田孝司、前掲論文、81、84頁。

(33) 同上論文、80頁。

(34) 太陽光発電協会が2009年6月3日に発表した太陽電池の出荷統計によると、2009年1月～3月の国内出荷量は発電能力ベースで前年同期比18%増の73,268kWとなった。住宅用太陽光発電装置への補助金が1月から復活したことも追い風となり、補助金が廃止される直前の2006年1～3月に次ぐ水準となった。輸出量をみると、主力のヨーロッパ市場が低迷したため、1～3月は19%減った。国内出荷と輸出を合わせた総出荷量は11%減少した。2008年度全体の総出荷量は、国内が13%増、12月までの輸出26%増で、前年度比23%増の1,120,521kWであった。2009年4月からは、国だけでなく多くの自治体が補助金制度を新設・拡充しているため、国内市場は大きくなっていくと予想される（「日本経済新聞」2009年6月3日）。

2009年6月2日、日本で太陽電池装置の事業展開を強化する方針を明らかにした。具体的には「電機や素材メーカー、電力会社と連携を密にする」と表明した。なお同社は2006年から太陽電池製造装置に参入し、薄膜型の一貫製造システムを主力に現在世界で20～30%のトップシェアを持っている。台湾のモータックも日本や米国での受注拡大をめざしている。⁽³⁵⁾ そのような状況の中で、今後確実に主役を演じられる日本企業は部材メーカーであろう。「既に日本の素材メーカーは汎用品から機能性材料に軸足を移しつつあり、材料技術では先端を走る。今後、先進国型の産業構造への転換を加速していくうえで、技術集約度の高い材料技術は、ぜひとも強化すべき分野。太陽電池はその起爆剤、応用分野として期待できる⁽³⁶⁾」といわれている。

日本ではすでに技術開発の動きが始まっている。東京大学の瀬川浩司教授と新日本石油は、従来に比べて価格が安い新型の太陽電池を開発した。安価な有機材料を使い、太陽電池で主流のシリコン型に比べて価格が10分の1以下になる。発電効率は4mm角で2.5%、10cm角で1%程度である。20%前後に達するシリコン型には及ばないが、将来的には15%を狙えるといわれている。耐久性や発電効率の向上を図り、実用化をめざす。

また、ナノテクノロジー（超微細技術）を駆使して作る次世代太陽電池の性能向上が加速している。東京大学やシャープが、現在量産されているシリコン系を上回る16%の発電効率をもつ「量子ドット型」と呼ばれる新タイプの太陽電池の試作品づくりに成功した。この量子ドット型は、基板にナノ（10億分の1）メートルサイズの微細な半導体粒子を作り込み、太陽光が含む幅広い波長の光を無駄なく使って発電できるため、理論的には60%という

(35) 「日本経済新聞」2009年2月19日、4月20日、6月3日、4日；小笠原啓・大西孝弘・金子憲治・山根小雪「決戦前夜太陽電池」『日経ビジネス』2009年6月8日、18～34頁；金子憲治「自然エネルギー」『日経エコロジー』2009年7月、10～11頁など参照。

(36) 小笠原啓他、前掲論文、34頁。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

高い発電効率が期待されている。それは、有機系の「色素増感型」などと並び、次世代太陽電池の代表格とされており、10年以内の実用化をめざして研究開発されている。⁽³⁷⁾ そうした開発がますます重要になってきている。⁽³⁸⁾

第2は、できる限り早くグリッドパリティの水準（発電した電気が電力会社の電気料金と見合う水準）まで早急にコストを下げ、自立的な市場拡大が必要との認識を持って臨むことである。欧州での補助金やFITといった政策支援は継続し難しくなっている。ドイツは、2008年春、FIT制度の買い取り価格を大幅に下げる提案をめぐる紛糾したが、向う3年間で毎年8～10%の引き下げで決着した。またスペインでも、前述のごとく2008年9月に期限の切れる制度の見直しを巡り、やはり紛糾した。⁽³⁹⁾ すでにFITは、固定価格での買い取りを保証しているため、太陽電池パネルなどの新エネルギーの価格が下がりにくい、電力会社が買い取りによる負担を電気料金に転嫁するため、

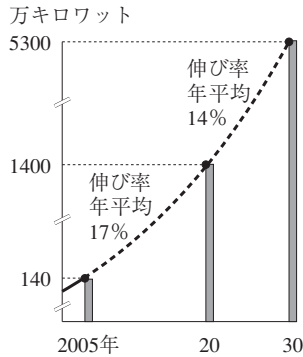
(37) 「日本経済新聞」2009年5月25日、7月20日。

(38) 太陽電池の世界的な競争の状況は小笠原啓他、前掲論文；金子憲治、前掲論文に詳細にまとめられている。なお、経済産業省と文部科学省所管の独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）が中心となって、宇宙空間で発電した電力を地球に送る技術開発に取り組む太陽光発電計画が始動することになった。実験には、電機や重電などの企業の参加を想定している。政府が描く宇宙空間での太陽光発電構想は、2キロメートル四方の大型の太陽光パネルを高度3万6千メートルの宇宙空間にロケットなどで打ち上げて発電し、それをマイクロ波などに変換して地球に電送する。地上では、直径4キロメートルのアンテナでマイクロ波を受信し、再び電力に変え、家庭や工場などで消費するという仕組みである。2009年に地上実験を行い、2030年には宇宙で原子力発電所1基分相当を発電して地上に送る計画である。ただし、日本の計画はコスト面での課題も多い。100万kW級の太陽光発電所を宇宙空間につくる場合、部品を宇宙に打ち上げる費用などを含め、1兆～2兆円の費用がかかり、投資の回収には30～40年間の売電が必要になるという。宇宙空間での太陽光発電は1960年代に米国で提唱されたものの、コスト負担の大きさが響き具体化が進まなかった。1990年代からは日本を含む世界各国で基礎的な研究が始まっている（「日本経済新聞」2009年6月28日）。この研究はSPS（Space Solar Power Station）として、京都大学などでも研究されている（嘉門雅史他編『京都大学における環境科学技術分野への取組』京都大学研究推進部、2008年4月、37～39頁参照）。

(39) 金子憲治・藤田香、前掲論文、40～44頁；内田瑞子、前掲論文、35頁参照。

(40) 資源エネルギー庁「太陽光発電の現状と新たな課題」18～19頁。

図表9 政府の太陽光発電導入目標



出所：「日本経済新聞」2009年5月23日。

電気料金が上がりやすい等の点が指摘されてきた。⁽⁴⁰⁾ それに備えていくことが必要である。

第3は、送電網の技術革新の推進であるが、それはすでに始まっている。東京電力や関西電力など電力10社は、太陽光発電が送電網に与える影響を調べる全国規模の実証実験に乗り出す。2030年までに現在の40倍の太陽光発電導入をめざす日本政府の目標を達成するには、送電網の技術革新が必要とされる。天候変化による太陽光発電の出力変動や送電網への負荷などを検証し、自然エネルギーと共存可能な電力系統の開発につなげる。実証実験にかかる費用は3年間で総額14億円。国が半額を補助する。電力業界は既存の送電網で太陽光発電を1000万kWまで受け入れ可能としている。一方、政府は、図表9にみられるように、温暖化対策として2030年までに5300万kWの太陽光発電導入をめざしている。

第4は、電力供給を最適に制御する次世代送電網「スマートグリッド」の技術開発である。これについても、IT（情報技術）を使って日本で本格化することになった。シャープや関西電力、堺市などは2010年度にもスマートグリッドの実証実験を開始。東京電力、日立製作所、伊藤忠商事なども東京工

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

業大学と組んで共同研究に乗り出す。送電網には蓄電池を組み込み、自然エネルギーで発電した電力を蓄える。太陽光や風力発電は出力が不安定で、設備容量が増えることによる電力の品質劣化の課題が指摘されている。実験では、需要が急に落ちた場合は太陽光や風力発電の出力を落としたり、需要が急増すれば蓄電池から放電したりとシステム全体を制御し、CO₂排出削減と電力品質の両立をめざす。⁽⁴¹⁾

さらに、経済産業省は、電力会社と協力し、次世代電力網の構築に向け、離島での実証実験に乗り出すことを決め、2009年6月にも具体的な場所の選定に入るとしている。実験にかかる費用の3分の2を補助金で負担する。電力会社は、太陽光パネルの設置などで、離島の電力消費の約1割を再生可能エネルギーで賄う。太陽光発電を大量に導入した際の電力網への影響や、天候の変化に伴う発電量の動向など、必要なデータを収集する。発電した電気

(41) 「日本経済新聞」2009年5月25日参照。なお、「スマートグリッド」は、IT（情報技術）を活用し、電力の流れを供給側、需要側から自動調整する次世代送電網である。電力需要にきめ細かく対応した発電をしたり、需要が一定水準を超えると自動的に家庭のエアコンの設定温度を上げたりすることなどが可能になる。

風力や太陽光など出力が不安定な自然エネルギーによる電源も、システムに組み込みやすくなる。送電網の効率運営でCO₂排出削減が期待でき、企業や家庭の電力料金引き下げにつながる可能性もある。

スマートグリッドの実用化には多様な関連機器が必要となり、雇用創出効果も見込まれる。アメリカ政権は景気回復に向けた「グリーンニューディール政策」の一つに位置づけており、IBMやゼネラル・エレクトリック（GE）、グーグルなどが事業化を急いでいる（同上新聞）。また、日立製作所や東芝など日本の大手企業は、アメリカで「スマートグリッド」市場に参入する。日本国内10数社が共同で、太陽光発電などを効率的に制御する送電システムを米ニューメキシコ州内で構築する。2009年10月から事業を開始し、2010年末にも稼働させる予定である。実施主体はNEDOで、20億～30億円の導入費用は日本政府が負担する。現地でスマートグリッドを安定稼働させることで認知度が向上し、グリッドの一括受注も獲得しやすくなるとみている（「日本経済新聞」2009年6月6日）。その後、日本とアメリカの官民が協力し、アメリカ国内の電力網の更新に取り組むことになった。その際、両国政府は合計100億円程度（日本政府は2～3割）拠出する方針である（「日本経済新聞」2009年7月31日）。

を蓄える蓄電池の設置についても検討する。⁽⁴²⁾

電力会社で組織する電気事業連合会は、2009年7月3日に、太陽光発電の普及をにらみ「日本型スマートグリッド」の開発を本格化すると発表した。電気事業連合会は、日本型スマートグリッド構築に向け、①太陽光発電出力予測システム、②高性能蓄電池システム、③火力発電と蓄電池を組み合わせた需給制御システムなどの研究開発に取り組み、2020年までに導入することをめざす。そのために、電力10社が共同で太陽光発電データの計測と分析、蓄電池と太陽光を組み合わせた小規模電源実験などを実施する。

電力業界によれば、太陽光発電容量が1000万kWを超えると現在の電力設備では対応できない。日本政府は2009年春、2020年に太陽光発電容量を当初の1400万kWから2800万kWに倍増させる方針を打ち出した。そのため、電力業界は、太陽光設備と蓄電池の組み合わせを軸としたスマートグリッド開発を加速させる必要があると判断した。なお、日本政府が5300万kWの太陽光発電の普及を見込む2030年には、蓄電池だけで容量2億8000万kW時、6兆円の投資が必要とされる。

さらに、上記にもみられるように蓄電池には非常に大切な働きがある。その蓄電池の普及に向けた総合対策に乗り出すことを経済産業省は発表した。世界的な安全基準づくりに取り組むほか、家庭への導入促進をめざした規制緩和も検討する。生産増に対応してリチウムなどの材料を安定的に調達でき

(42) 「日本経済新聞」2009年5月31日参照。「スマートグリッド」は、前述した太陽光発電の制約である①気象条件によって発電量が変動する、②出力が直流電力である、③蓄電機能はないといったことを乗り越えるためのものであると思われる。また、太陽光発電のエネルギーネットワークへの導入の課題である①単独運転問題を代表とする系統保護問題、②電圧上昇と出力抑制問題を代表とする電圧問題、③出力変動や余剰電力発生を代表とする需給バランス問題、さらに本格的エネルギー源に向けた太陽光発電システムの技術開発と問題点を解決しようとするものであると思われる（大関崇「円滑な太陽光発電システムの導入普及に向けた技術と課題」『産業と環境』2009年3月、25～32頁参照）。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

るよう、政府による金融面での支援も想定している。そのために、2009年5月28日に電池や素材、自動車メーカーなどによる「蓄電池システム産業戦略研究会」を設置した。2009年10月にも報告書をまとめ、普及に向けた法改正や規制緩和、予算対応につなげる考えである⁽⁴³⁾。さらに、日本政府が7年間で約210億円を投じ、トヨタ自動車や日産自動車、パナソニックなど12社が、京都大学などと共同で次世代電池の開発を共同で行うことを決定した。それは、地球温暖化対策を背景に需要が高まる電池分野で、日本企業の国際競争力を強化するためである⁽⁴⁴⁾。

第5は、地球温暖化対策に対する太陽光発電の寄与度を見守りつつ、大きくしていく必要性についてである。ドイツは、2005年の温室効果ガス排出量を1990年比で18.7%削減し、自らが2008～2012年の目標に掲げる21%削減に迫っている。2007年4月に発表した「気候アジェンダ2020」では、温室効果ガス排出量を2050年までに1990年比で60～80%削減することを目標に、2020年までに1990年比で40%削減するという計画を公表している。2020年までにエネルギー効率を20%改善するとともに、一次エネルギー消費中の再生可能エネルギー比率を3倍化して20%に増加する目標を掲げているのである。さらに、ドイツの再生可能エネルギー普及は予想以上に進み、2010年の目標を2007年に超過達成できる見通しとなったため、新たに2020年の目標を27%に引き上げ、さらに2030年までに45%にするという新目標まで定めた⁽⁴⁵⁾。

一方、日本の場合はどうであろうか。環境省の発表では、温室効果ガス排出量は、2007年度には1990年比でプラス9%になっている。そのことは、排出削減のためには、これまでの省エネルギーや技術革新などを中心とした政策だけでは限界があることを示しているといえよう。日本の発電分野では、

(43) 「日本経済新聞」2009年5月28日参照。

(44) 「日本経済新聞」2009年6月11日参照。

(45) 和田武，前掲書，40～41頁。

再生可能エネルギー（水力・地熱・新エネルギー）の割合は2007年度で7.6%であった。水力・地熱を除く新エネルギーの割合は、2.2%にとどまっている。それを2010年度には3%程度まで高める目標を設定しているにすぎない。⁽⁴⁶⁾

また、一次エネルギー供給量に占める再生可能エネルギーの割合（2005年の実績→2020年の目標）を比較すると、日本5.0%→8.4%、中国8.0%→15.0%、EU 7.1%→20.0%、イギリス1.6%→15.0%、フランス5.8%→23.0%、スペイン5.8%→20.0%、イタリア6.3%→17.0%、ドイツ4.8%→18.0%、デンマーク15.5%→30.0%、スウェーデン28.4%→49.0%と、日本が少ないことがわかる。⁽⁴⁷⁾

再生可能エネルギー源には、太陽光の他にも水力、風力、バイオマス、地熱、海洋エネルギーなどがある。それらの元となる太陽エネルギーや地熱エネルギーは、それぞれあと数十億年は利用可能であると見られている。バイオマスの場合は、燃料を取得後、使った以上の量を再生させることで持続的に利用できる。また地熱の場合は、利用した岩盤が一時的に冷却されるが、休ませると地球内部からの熱で回復する。

それらのエネルギー源には、一般的に次のような利点があるといわれている。⁽⁴⁸⁾

(46) 資源エネルギー庁「日本のエネルギー2009」参照。なお、新エネルギーには「太陽光発電」「風力発電」「太陽熱利用」「温度差エネルギー」「バイオマス発電」「バイオマス熱利用」「バイオマス燃料製造」「雪氷熱利用」「地熱発電」「マイクロ水力発電」の10種類がある。

(47) http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_re-lcs/rcm.html 参照。欧州諸国での再生可能エネルギー導入の取り組みには注目すべきもの多くみられる（福島清彦『環境問題を経済から見る』亜紀書房、2009年；片野優『ヨーロッパ環境対策最前線』白水社、2008年；大橋照枝『ヨーロッパ環境都市のヒューマンウェア』学芸出版社、2007年など参照）。

(48) 産業技術総合研究所・太陽光発電研究センター「再生可能エネルギーとは？」参照。

日本における太陽光発電の動向と今後の課題（中丸寛信）

- ① 持続的に利用でき、資源が枯渇しない。
- ② 化石燃料と比べて、CO₂など温室効果ガスの排出量が少ない。
- ③ 環境汚染も少なくできる。
- ④ エネルギーの自給率を高め、枯渇性燃料の価格変動の影響を減らす。
- ⑤ 壊れても影響が小さく、修理やメンテナンスも比較的速く済む。
- ⑥ 小規模分散型なので、供給システム全体の信頼性を高め、災害など不測の事態にも強くできる。
- ⑦ 出力や設備量がこまめに調整でき、無駄を減らせる。
- ⑧ 政情や経済事情の悪い国や地域でも利用できる。
- ⑨ 設備のリサイクルや廃棄物の処理も比較的容易な場合が多い。
- ⑩ 新しい技術・産業や雇用を創り出す。

また、自然エネルギーは、気候変動問題への解決策として最も期待されていることに加えて、大気汚染防止など地域的な環境保全対策として、またエネルギー安全保障への⁽⁴⁹⁾貢献や新しい産業と雇用の創出、地域資源の利用や地域事業の振興、住民参加などを通しての地域社会の活性化といった経済的・社会的側面まで、さまざまな恩恵がある。そのため欧州では、「自動車が20世紀に担った役割を、21世紀は自然エネルギーが果たす」とさえいわれている⁽⁵⁰⁾。

(49) 生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち、自国内で確保できる比率をエネルギー自給率といわれるが、それが日本では極めて低い状況にある。日本はかつて国産石炭や水力などの国産天然資源エネルギーの活用により、たとえば1960年には約6割の自給率であった。しかし、その後の高度経済成長の下で安価な石油が大量に供給され、石炭から石油への燃料転換が進み、石油が大量に輸入されるとともに、石炭も輸入中心へと移行したこと等から、エネルギー自給率は大幅に低下した。さらに、石油ショック以降導入された天然ガスや原子力の燃料となるウランも、ほぼ全量が輸入されているため、2006年のエネルギー自給率は水力等わずか4%である。なお、ウランは一度輸入すると長期間使うことができることから、原子力を準国産と考えれば約19%となっている（資源エネルギー庁「日本のエネルギー2009」参照）。

日本においても、温室効果ガス排出量削減に向けて再生可能エネルギーの割合を高めていくことが求められている。

第6は、日本における「低炭素社会づくり」への新しい歩みを牽引する日本政府のビジョンや自然エネルギー政策、またそれを実行するリーダーシップを強化し、それを迅速に実行していくことである。これまでの日本の取り組みは、明らかにドイツなどのヨーロッパ諸国と比較して劣っているといわざるを得ない。今、日本政府には、地球環境問題という人類共通の課題に、高い見識で向かう強いリーダーシップが求められている⁽⁵¹⁾。それを土台に、経済団体を説得し、国民的コンセンサスをつくり出し、経済・社会の構造転換に着手すべきときである。そして、行政・産業界・国民が共通の目標に向かって歩み出すことが待たれている。

以上のような課題が一つひとつ克服され、太陽光発電システムが広く普及し、持続可能な社会が構築されていくことが望まれる。

(50) 飯田哲也, 前掲書, 2～3頁, 23頁。

(51) 山本良一『温暖化地獄』2007年; 高橋佳子『新しい力』三宝出版, 2001年; 中丸寛信, 前掲書など参照。