

## 研究

## 太陽光発電の普及とコストペイバックタイム

## ——環境配慮型製品の普及の条件——

石川 敦夫

## 目次

はじめに

1. 日本国内における太陽光発電の開発の背景と意義
  - 1-1. 日本における太陽光発電の普及
2. 海外における再生可能エネルギーの普及
  - 2-1. ドイツにおける太陽光発電及び風力発電の普及
    - 2-1-1. ドイツにおける再生可能エネルギーの政策について
    - 2-1-2. ドイツにおける太陽光発電のコストペイバックタイム
    - 2-1-3. ドイツにおける風力発電のコストペイバックタイム
  - 2-2. デンマークにおける太陽光発電及び風力発電の普及
    - 2-2-1. デンマークにおける再生可能エネルギーの政策について
    - 2-2-2. デンマークにおける太陽光発電のコストペイバックタイム
    - 2-2-3. デンマークにおける風力発電のコストペイバックタイム
3. 環境配慮型製品の普及の条件
  - 3-1. グリーン・コンシューマーによる市場
  - 3-2. コストペイバックタイムによる市場
  - 3-3. まとめ

## はじめに

2006年から2007年にかけての冬は、東京に初雪が降る前に春一番が吹くと言うまさに地球温暖化を象徴するような暖冬となった<sup>1)</sup>。果たしてこれが本当に人類の生産活動だけによる影響なのか<sup>2)</sup>、それとも地球の気候変動という大自然の揺らぎの中での温暖化に、人類の生産活動がある程度寄与しているだけなのかは不明だが<sup>3)</sup>、日常的に種々の環境問題が紙面に取り上げられ、環境問題に取り組む数多くの環境ビジネスが生まれている<sup>4)</sup>。

1) 『日本経済新聞』2007年2月15日朝刊号43面また、この年は気象庁の定義する「冬」（12月～2月）に雪は降らず、1876年に気象庁が観測を開始して以来始めて、都心で雪のない冬となった。

2) 『不都合な真実』アル・ゴア、枝廣淳子訳、ランダムハウス講談社『AN INCONVENIENT TRUTH』、ALGORE 2007年に入りアル・ゴア元副大統領の来日もあり話題となっているためこの本を取り上げたが、これ以外にも地球温暖化に対しては多くの文献がある。

3) 矢沢潔『地球温暖化は本当か?』、技術評論社、2007年

多くの本や新聞等では確かに地球の温暖化が、大量消費時代における工業の発展により急増した二酸化炭素によるものだとしているが、それらはほぼ事実であるとしても、この本においてはそれらの発表ですら、都合のよいデータだけが切り取られていることを警告している。138ページほか

4) エコビジネスネットワーク編『新・地球環境ビジネス2005-2006』産学社、2005年をはじめ、牧野昇『環

このような社会環境の変化は、人々の環境に対する意識を変化させ、企業においてもその環境保全活動が企業の社会的責任であり、社会のニーズとして求められている。その結果、環境保全それ自体としては、企業の目標にはならないにも拘らず、企業行動の中核として位置づけられるようになってきている<sup>5)</sup>。

環境保全活動は企業経営にとってきわめて優れた戦略的課題となってきたものの、企業が長期的存続を維持するためには利潤なしには存続しえないことを考えれば、自らの戦略目標と戦略能力を見極め、市場の環境に対する反応度に応じて、市場における戦略行動のあり様を決める必要がある<sup>6)</sup>。すなわち、企業は環境に対する市場、消費者の関心事、ニーズを的確に見極め、環境経営を実践して行かなければならない。この対応を間違えると企業は、市場機会のない或いは限られた市場のみに受け入れられる環境配慮型製品を設計し、資本を投入することになってしまう。

環境保全に活かされたマーケティングは、環境マーケティングと言われ、企業は市場のニーズを的確に把握しつつ、環境保全を市場での競争力の源泉とし、いくつかの環境マーケティングを選択しなければならない。大橋は環境製品に関するグリーン・マーケティングの定義として『地球環境と生活の質及び生活者満足との共生と調和をはかりながら、製品、サービスの企画段階から、最終的に消費されたあとの廃棄物のリサイクル、リユース、再生、処理を含む「還元」プロセスまで織り込んだ企画、開発、生産、物流、販売及びコミュニケーション活動である』と述べている<sup>7)</sup>。

ここで、一度事業とは何かと言う問いに対して原点に戻り考えてみたい。P. F. ドラッカーは、事業とは顧客の創造であり、顧客は何を買うか、顧客は何を価値あるものとするかと述べており、そして事業のマネジメントとはマーケティングとイノベーションによって顧客を創造することだと述べている<sup>8)</sup>。

このことを原点とし、もう一度環境問題に取り組む企業のあり方について考えてみると、現状の企業の戦略に対して、環境問題への取り組みが、本当に顧客のニーズをとらえているものか、あるいは環境問題への取り組みが、企業の社会的責任に適合しているのかを検討することが必要である。環境問題における顧客ニーズとは、顧客の環境意識の高まりでもあろうし、経済合理性とも考えられる。しかしそれらのニーズのないところに、あえて環境と言う大義を押し付けることは、顧客の潜在的なニーズを見出せないばかりか、企業そのものにとっても非常

---

境ビジネス新時代』経済界、2001 等がある。

5) 高橋由明、鈴木幸毅『環境問題の経営学』ミネルヴァ書房、2005、24 ページ

6) 前掲書 32 ページ

7) 大橋照枝『環境マーケティング戦略』東洋経済新報社、1994、41 ページ

8) P.F. ドラッカー『新訳 現代の経営 (上)』ダイヤモンド社、1996 年 (Peter F. Drucker, "The Practice of Management", Harper&Row, 1954)

にリスクの高い戦略と考えられる。

このように、企業にとって環境保全と言う企業行動は避けて通れない現実ではあり、顕在化した或いは潜在的な顧客のニーズの前提の上に、環境戦略を実践することが、企業存続のためには必要である。強すぎる環境志向による、顧客ニーズのない環境製品の普及は、経済的合理性が生まれる状況を作り出すか、またはそれを満足する新しい市場を見出すか、或いは企業の環境活動による製品或いはサービスに対して対価を払う市場が成長するまで待たなければならない。

かつて強すぎる技術志向に根ざした、企業にとっての優れた製品を、企業は市場に提供したが、市場からは受け入れられない多く製品が存在した<sup>9) 10) 11)</sup>。これらは市場のニーズを軽んじ自らの技術の優越性を信じ、顧客にそのすばらしさを理解させる、或いは顧客が製品についてくると言う設計思想で製品開発が行われたためである。このことはマーケットインではなく、プロダクトアウトの製品開発が行われたためであり、市場で苦杯をなめ、認められるまでに多くの年数を要する結果となった。

これと同様に強すぎる環境志向の製品開発は、それがたとえ非の打ち所のない環境製品、或いは環境ビジネスモデルであったとしても、時として市場のニーズを満足できない場合もある。環境保全に対しても非常に有意義であり、市場のニーズを掘り起こし、新たな顧客を創造するビジネスで大いに社会的貢献できると考えられていても、プロダクトアウトの製品開発、ビジネスモデルであれば、市場から見放され、まさに環境の陥穽に落ち込むことになる。

したがって、環境に対する取り組みは、企業戦略の重要な一つの戦略であるが、あくまでも顧客のニーズを無視した企業戦略は、時として大きな投資だけが残ってしまう。高橋らによれば、『環境配慮設計は、企業が環境問題の法的側面、経済的側面、社会的側面、および消費者心理的側面を配慮し環境保全に貢献する設計思想・技術である。企業は、単純に科学的方法に

---

9) マットヘイグ著、田中洋、森口美由紀訳『あのブランドの失敗に学ぶ』ダイヤモンド社、2005年、*Matt Haig, 『Brand Failures』*, RJ レイノルズ社の煙の出ないタバコやフォードのエドセルなど技術的にすばらしいと判断した製品が市場に受け入れられない事例が記載されている。

10) 数江良一監修『MBA マーケティング』ダイヤモンド社、1997年、90ページには本田技研工業は1969年、初の小型車であり、メカの塊と言われたホンダクーペ1300を満を持して世に出したが、予想外の大敗を喫した。

50ページには、マツダは第一次オイルショックまではロータリーエンジンを掲げて破竹の勢いであり、自動車会社の設計部隊にありがちな「消費者に聞いても、何がほしいか答えが返ってくるはずがない。いいものを作り、顧客を啓蒙するのがわれわれの仕事」と言うような自意識があったが、そこへオイルショックが到来し、工場の外の端まで在庫を並べるような状態になった。

11) イザベル・ロワイエ「なぜプロジェクトの迷走を止められないのか」『DAIMOND ハーバード・ビジネス・レビュー』ダイヤモンド社、2004年11月号 Isabelle Royer『Why Bad Projects Are So Hard to Kill』*HBR*, Feb, 2003 ここではガラスとプラスチックの融合したすばらしい技術のメガネレンズが市場に受け入れられないままプロジェクトが中断された事例などが記載されている。

よって環境製品の特徴を技術的に最適化しようとするべきではないのである。』と述べている<sup>12)</sup>。

本稿では、環境配慮型製品として太陽光発電を取り上げ、太陽光発電がこれまで国の補助金政策の下<sup>13)</sup>、日本国内で普及してきた経緯を調査し、太陽光発電の普及の条件について検討を行う。製品そのものが環境保全に貢献できる太陽光発電のこれまでの普及は、どのような顧客ニーズを満足させてきたことによる普及といえるのだろうか。1つのニーズとして太陽光発電の経済的合理性であるコストペイバックタイムに着目し、日本及び海外の市場に於いて、どのようにして太陽光発電が本格的に普及してきたのかを調査した。

## 1. 日本国内における太陽光発電の開発の背景と意義

二酸化炭素により地球に温暖化を引き起こすと言う地球環境問題が、多くのマスコミで取りあげられ始めたのが 1988 年アメリカ議会上院エネルギー資源委員会でのハンセンの証言であった。NASAゴッダード宇宙研究所のジェームズ・ハンセンは、地球の温暖化に関して、①地球は 99%の可能性で温暖化しており、②温室効果と地球の温暖化は相当に高い確からしきで因果関係があり、③地球の温暖化に伴い、熱波と干ばつの発生頻度と激しさは増していくと証言し、センセーションを巻き起こした。この証言で、それまで科学者の中でのみ取り上げられていた地球温暖化という問題が<sup>14)</sup>、一気に社会問題として取り上げられるようになった<sup>15)</sup>。

しかし、この稿で取り上げる太陽光発電の発電素子としての太陽電池そのものの研究開発の歴史は古く、1955 年のベル研究所のシリコン太陽電池の試作に遡る<sup>16)</sup>。その後、主に宇宙用人工衛星の電源として開発が進められてきたが<sup>17)</sup>、1980 年代に入ると太陽電池は民生用機器の電源として電卓等に広く使われるようになってきたとともに、民間の電力用(住宅用)太陽電池としての用途も視野に入り始めた。このころの太陽電池に関する書籍には、太陽光発電の必要性は、全世界の人口増に伴うエネルギー消費のためであり、特に電力エネルギーの消費の増加によるエネルギー危機は、人口増に伴う食糧危機よりも早く訪れるため、太陽光発電の開

12) 高橋由明, 鈴木幸毅, 前掲書, 40 ページ

13) 住宅用太陽光発電システム補助事業としては、平成 6 年から住宅用太陽後発電システムモニター事業、平成 9 年からは住宅用太陽光発電導入基盤整備事業、平成 14 年からは住宅用太陽光発電導入促進事業として行われた。

14) 倉田健児『環境経営のルーツを求めて』社団法人産業環境管理協会, 2006, 111 ~ 115 ページ

15) 前掲書, 115 ~ 116 ページ

倉田健児「歴史的な流れ I 初期の流れ」CEAR 社団法人産業環境管理協会 No15, 12 (2004)

16) M.B.Prince, 「Silicon Solar Energy Converters」『*J. Appl. Phys.*』, 26, (1955), pp 534-540

17) 高橋清, 浜川圭弘, 後川昭雄編著『太陽光発電』森北出版, 1980, 371 ~ 376 ページ

初の人工衛星スプートニク 1 号(ソ連)が地球を回ったのは 1957 年 10 月である。当初は Ag-Zn などの化学電池であったが、その後長寿命化, 大電力化が求められるようになり, 1958 年にはバンガード 1 号(米国)が最初の太陽電池積載衛星となった。

発プロジェクトによる実用化が急がれると書かれている<sup>18)</sup>。

当時、1973年の第一次オイルショック(第4次中東戦争)と1979年の第2次オイルショック(イラン革命)による石油価格の高騰<sup>19)</sup>、或いは1972年のローマクラブによる『成長の限界』<sup>20)</sup>が指摘する、化石燃料の埋蔵量にも限りがありやがて化石燃料そのものも枯渇して行くとの予想により、エネルギー問題の解決手段として太陽光発電の開発への資源の投入は当然のこのように思われた。

しかし、石油の枯渇問題は、その後新たな油田が次々と発見され埋蔵量の増加に伴いその危機感が薄れ<sup>21)</sup>、また石油価格も1987年から1999年までの間は13～19ドル/バレルの安定期に入ったこともあり、太陽光発電そのものの開発の意義は、エネルギー危機から、地球温暖化問題へと大きく舵を切り換えていくことになる。

また、社会的な環境問題の取り組みの変化が、太陽光発電の開発にも有利な方向に働いたと考えられる。1960年代の高度経済成長が多く公害問題を発生させたが、1970年代に入るとそれらの公害裁判は、原告側が勝訴し(イタイイタイ病1971年、水俣病1973年など)、企業は技術的な公害対策を実施することにより、社会的責任を果たすように求められてきた。こうした社会的要請は、大気汚染の原因となる化石燃料を消費する従来型のエネルギーではなく、太陽光発電等のクリーンなエネルギーが社会的に要望される背景となった。

### 1-1. 日本における太陽光発電の普及

2004年度までにおける世界の太陽光発電の累積導入量は日本が1,130MWで世界第一位であり、以下ドイツ(794MW)、アメリカ(365MW)、オーストラリア(52MW)と続いている<sup>22)</sup>。日本では太陽光発電の普及に向けて、平成6年から経済産業省(当時通商産業省)が始めた、住宅用太陽光発電システムモニター事業と住宅用太陽光発電導入基盤整備事業、住宅用太陽光発電導入促進事業により、購入者に対して補助金制度を導入し太陽光発電の普及を促進している。2004年度における太陽光発電の生産量は、国内向けが274,2MWになっている<sup>23)</sup>。また補助

18) 前掲書 2～4ページ

19) 『エネルギー白書 2006年度版』経済産業省、2006、2ページ

第4次中東戦争(1973年10月)までは原油価格は1～2ドル/バレルが最高11.65ドル/バレルまで高騰した。その後79年のイラン暫定革命政府の樹立後12～13ドル/バレルであったものが、第2次オイルショック時の最高値として34ドル/バレルまで上昇した。

20) D.Meadows et al. *The Limits to Growth*, 1972, New York Universe Books

邦訳 大来佐武郎監訳『成長の限界』ダイヤモンド社、1972

21) D.H.Meadows, D.L.Meadows, J.Randers *Beyond the Limits* 1992, Chelsea Green Publishing Company

邦訳 茅陽一監訳『限界を超えて』ダイヤモンド社、1992、83～90ページ

22) 『エネルギー白書 2006年度版』経済産業省、2006、180ページ

但し、単年度における太陽光発電の導入量は2004年からドイツが第一位となっている。

23) 『光産業の動向(平成18年3月)』財団法人光産業技術振興協会、2006、138～208ページ

インターネット上でこれらの資料は開示されているものの、ネット上からのダウンロード等は禁止されてお

金制度による太陽光発電の普及事業における単年度毎の設置容量と累積設置容量を図 1 に示す。

同普及事業による太陽光発電の設置件数は、1998 年以降は平均して年 8,000 件以上の増加であり、1994 年から 2004 年までの増加比率で言えば、1.6 倍/年であり、2000 年 (平成 12 年) から 2004 年 (平成 16 年) までを見ても 1.3 倍/年の増加を見せている<sup>24)</sup>。

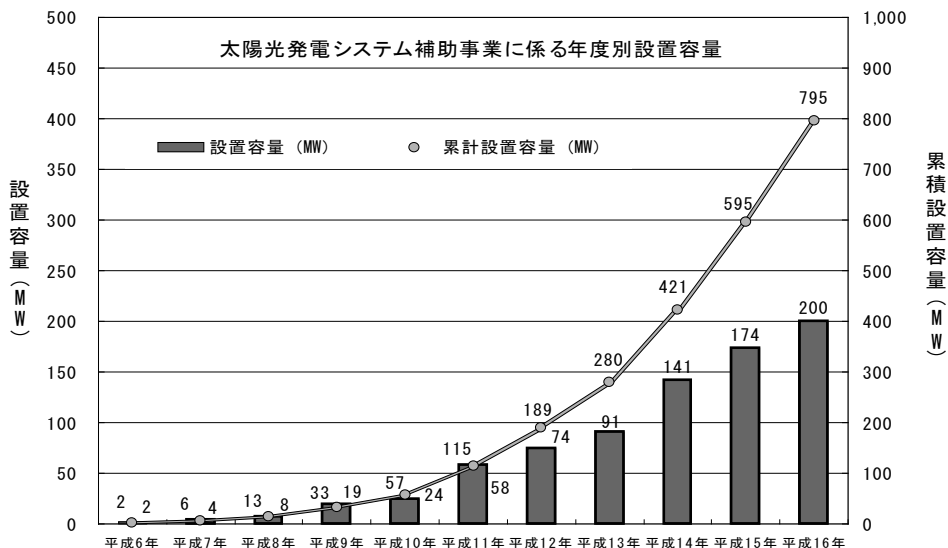


図 1 太陽光発電システムの年度別の設置容量

出所：光産業技術振興協会『光産業の動向』[2006] のデータを元に著者作成

このような大幅な伸びを示しているものの、実際太陽電池を購入するユーザーにとって支払う金額は、補助金額と太陽光発電システムの価格 (インバーターなどのシステム費用を含む) の差額となる。新エネルギー財団 (NEF) からは太陽光発電システム 1kW あたりの価格が報告されており<sup>25)</sup>、その価格とモニター事業における補助金の金額より、ユーザーが支払うべき金額を図 2 に示す。

また、このように 1kW あたりの太陽光発電のシステム価格の低下以上に、補助金の減額が大きいため、太陽光発電システムを導入するユーザーの負担額は、平成 11 年 (1999 年) 頃から 60 ~ 64 万円の範囲で推移している。

太陽光発電システムの設置の際のシステムの平均容量<sup>26)</sup>に 1kW あたりのユーザーの負担額を乗じた金額は、太陽光発電を設置するユーザーの平均負担総額となる。この平均負担総額に

り、今回同技術振興協会の御好意により Web 上で開示しているデータが記載されている書籍を入手させて頂いた。

24) 同上 145 ページ

25) 新エネルギー財団ホームページ <http://www.nef.or.jp/photovoltaicpower/joukyou01.html>

26) 『光産業の動向 (平成 18 年 3 月)』財団法人光産業技術振興協会、2006、145 ページ

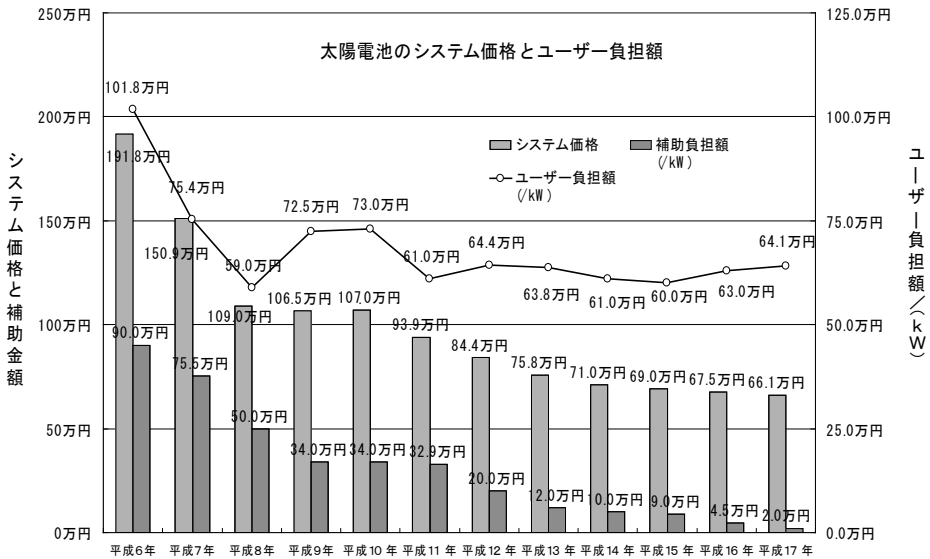


図2 太陽光発電システムの価格と補助金を差し引いたユーザー負担額

出所：新エネルギー財団（NEF）のデータを元に著者作成

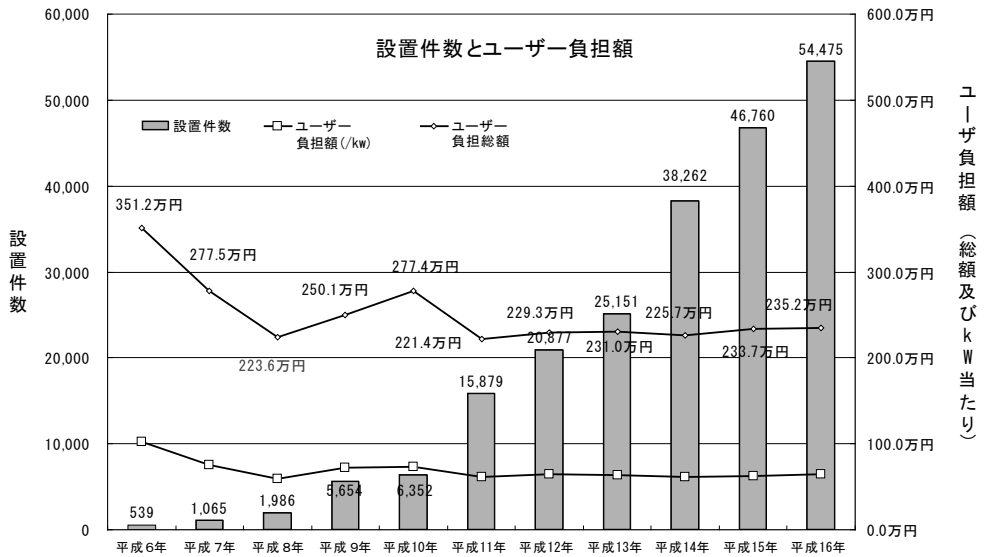


図3 太陽光発電システムの設置件数とユーザー負担額

出所：新エネルギー財団（NEF）のデータを元に著者作成

太陽光発電の設置件数を併せて示したものを図3に示す。

このように太陽光発電システムの導入ユーザーは、平成12年（2000年）頃から、平均負担総額がほぼ230万円前後と変わらないにも拘わらず、太陽光発電システムを購入しているこ

とになる。また、平成 12 年頃からは平均 1.3 倍の倍率で設置件数が増えていることを考えれば、購入コストが安くなるわけではないが、明らかに太陽光発電システムを購入しようとするユーザーが増えていることがわかる<sup>27)</sup>。

このように 230 万円前後という国産の上位機種車が購入できる価格帯においても、太陽光発電を購入するユーザーが確実に存在している。

太陽光発電の大きな特徴は、太陽光発電で発電した電気を自ら使用すると共に、余剰電力は電力会社に電力を買電時の金額で売電できることにより、太陽光発電システムで発電した電力量がそのまま、従来電力会社から購入していた電力量を削減できることにある。

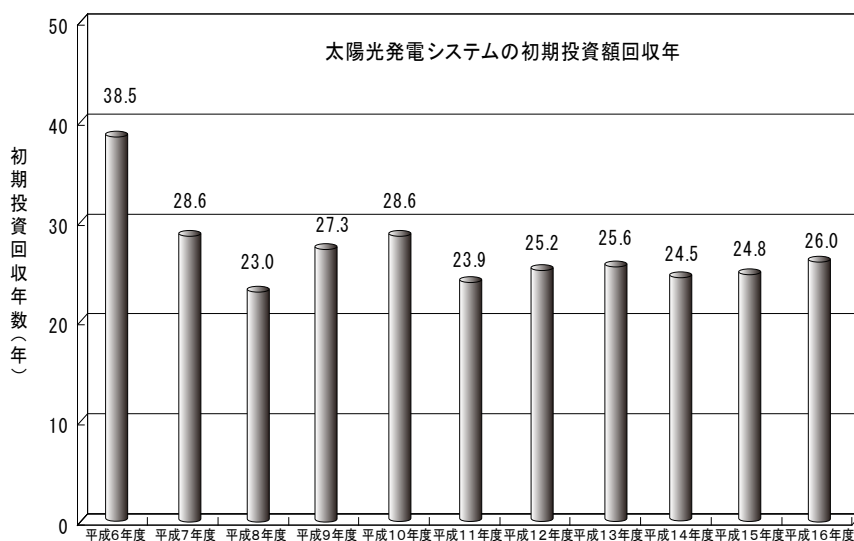


図 4 太陽光発電のシステムの初期投資額の回収年

出所：新エネルギー財団 (NEF) のデータ及び関西電力お客様センターのデータを元に著者作成

1kW の太陽光発電システムの年間発電量を 1,043.4kWhr とすると<sup>28)</sup>、これに電力会社が購入する電気料金を掛け合わせたものは、1 年間で自ら発電し電力会社より購入せずに済む電力量料金と電力会社に売電できる電力量料金の和を示し、年間の太陽光発電システムにより得られた電力の売上げになる。図 4 には初期投資費用を何年で回収できるかと言う単純回収期間としてコストペイバックタイムを示す<sup>29)</sup>。

27) 1.3 倍と言う数字は、太陽光発電導入促進事業による設置件数であり、このときの申し込み倍率については不明であり、申し込み数を考慮すると実際はこれ以上の数のシステム購入希望者がいたと思われる。因みに 1999 年～2002 年までの太陽光発電導入事業に申し込みの倍率は、2.11 倍 (1999 年)、1.48 倍 (2000 年)、1.14 倍 (2001 年)、1.07 倍 (2002 年) となっている。

28) シャープ株式会社 HP 資料。12 都市の年間発電量の平均値として、1kW あたりの太陽後発電システムの年間発電量 1,043.4kW とした。

29) 国による発電コスト試算は、太陽光発電の場合、利用率 12%、運転年数 20 年として計算されている。こ



これからもわかるように、太陽光発電システムで発電し、余剰電力を電力会社が売電金額と同様の金額<sup>30)</sup>で購入しても、初期投資額に対して25年～26年の回収年が必要となる。

太陽光発電のシステム保証は通常10年であり、寿命は20年であると言われている。このことを考慮すると、初期投資の回収年が20年を超えるとすることは、自ら投資した金額が回収できないにも拘わらず、太陽光発電システムを導入するユーザーが多数存在することを意味している。

平成15年の『住宅・土地統計調査報告』によれば、275,800件<sup>31)</sup>の家庭で太陽光を利用した発電機器が購入されており、この数値は果たして太陽光発電システムが経済的に自立し、自律的に普及していると判断してよい数値であるかを検討してみたい<sup>32)</sup>。

平成10年の住宅・土地統計調査報告によれば、日照時間が5時間以上の一戸建て家屋は、18,246,900戸<sup>33)</sup>となっており、この数値を元に日照時間が5時間以上の一戸建て全てにおいて太陽光発電システムの設置が可能と計算すると、太陽光を利用した発電機器が購入されている家庭は全体の1.5%に過ぎない。

しかし、既に太陽光発電を購入したユーザーと同様に、今後太陽光発電システムを挿入しようとするユーザーは、国からの補助金が終了した現在、自治体からの補助金の融資を受けたとしても、多くは初期投資の回収ができない状態で、購入することになる。すなわち、経済的合理性を度外視して、環境保全に役立つと言う意識の元に購入している人が大半ではないかと思われる。

これは運転年数発電原価試算手法を採用しており、この手法は太陽光発電設備が一定期間運転することを前提として、発電を行うために毎年必要となる経費に建設コスト、年経費率、運転期間より算出される数値を足し上げた年間総経費を、年間発電量で除した数値を発電コストとして求めている。具体的には

発電コスト＝（建設コスト×年経費率＋燃料費＋運転維持費）／発電電力量・・・①となる。太陽電池の場合燃料費、運転維持費はほとんどかからないために、①式は簡略化され

発電コスト＝（建設コスト×年経費率）／発電電力量・・・②となる。

経済産業省HP「新エネルギー導入見通し（現行対策維持ケース）の試算結果（案）」（資料－4）

<http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01006fj.pdf>

経済産業省HP「新エネルギーのコスト低減見通しと追加的費用に関する試算」（資料－3）

<http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01207ej.pdf> を参照した。

30) 関西電力株式会社 お客様サービスセンターより資料をいただき、太陽後発電の余剰電力購入単価の推移を教えていただき、それを元にグラフを作成した。平成10年2月10日～平成12年9月末までは24.48円、平成12年10月1日～平成15年3月31日まででは23.91円、平成15年4月1日～平成17年3月31日まででは23.2円、平成17年4月1日～平成18年3月31日まで23.38円、平成18年4月1日～現在までは23.32円となっている。コストペイバックの計算においては、その年の4月1日での価格で計算を行った。

31) 『平成20年住宅・土地統計調査報告』（総務省統計局）第1巻全国編、23表に太陽光を利用した発電機器ありとする住宅総数は275,800件とある。

32) 牧野昇『環境ビジネス新時代』経済界、2001、牧野は、『（太陽光発電システムの価格が）現状の1/2～1/3程度の価格を実現できなければ、自立的普及は困難ともいわれる』と述べている。

33) 『平成10年住宅・土地統計調査報告』（総務省統計局）第1巻全国編の50表には、日照時間が5時間以上の1戸立て戸数の家屋は、18,246,900戸と記載されている。平成15年の調査報告からは、この日照時間に関する調査報告がなくなり、省エネルギー等の設置別住宅数が記載されるようになった。

現状の数字の伸びが、果たして太陽光発電システムの自立につながると言えるのだろうか。製品の普及に関しては、E.M. ロジャースによれば、革新的採用者並びに初期少数採用者は全体の 16% で全体の 1 / 6 に該当する<sup>34)</sup>。

太陽光発電が日照時間が 5 時間以上の家屋 1,800 万戸余り全てに普及するとは考えにくく、母集団をどのように評価するかは明確ではないが、これまでの普及件数が、ロジャースの言う普及段階に照らし合わせてみると、どの段階なのか今後の普及の動向を見守る必要がある。

## 2. 海外における再生可能エネルギーの普及

海外においては地球温暖化対策の一環として、再生可能エネルギーの拡大が盛んであり、特に欧州での風力発電、太陽光発電の近年の著しい伸びについては目を見張るものがある。

そのような国々で、自国の電力消費量に対して<sup>35)</sup>、太陽光発電<sup>36)</sup>ならびに風力発電<sup>37)</sup>による発電量の比率を比較対照<sup>38)</sup>することにより、その国における普及の進み具合の指標とした。

これらの国における再生可能エネルギーである太陽光発電と風力発電の発電量が総使用電力量に占める割合を図 5 と図 6 に示す。太陽光発電においては、その再生可能エネルギーの発電量の占める割合が大きいのはドイツ、日本、オランダの順になっており、風力発電においてはデンマーク、スペイン、ドイツの順となっている。

ドイツは風力発電が世界一普及しており、また太陽光発電においても 2000 年の新法施行後、急速な普及を見せている。2004 年において単年度の太陽電池の導入量は日本を越え、2005 年は日本の 2 倍近い導入量となった<sup>39)</sup>。またデンマークは風力発電が、面積あたり或いは人口あ

34) Everett M. Rogers *Diffusion of Innovation*, A Division of Macmillan Publishing Co., Inc. 1982  
邦訳 青池慎一、宇野善康監訳『イノベーション普及学』産能大学出版部、1990、356 ページ ロジャースによれば、革新的採用者は全体の 2.5% であり、初期少数採用者 13.5%、前期多数採用者 34%、後期多数採用者 34%、採用遅滞者は 16%

35) International Energy Agency ホームページ 検索日 2007 年 2 月 20 日  
URL <http://www.iea.org/Textbase/country/maps/world/tpes.htm>  
電力消費量は自国での生産電力量に輸入量を加え、輸出量を差し引き転送等によりロス差し引いた量を電力消費量としている。

36) International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme ホームページの各国の太陽光発電のデータを参照した。URL <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/statistics/index.htm> (2007 年 2 月)

37) Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21) Oct20, 2005 Version  
『RENEWABLES 2005 GLOBAL STATUS REPORT』を参照。また一部『エネルギー白書 2006 年度版』、経済産業省編、180 ページ

38) 再生可能エネルギーの発電量は、太陽電池に関しては、概算で 1k W システムにつき 1, 000 倍の 1, 000kWhrs、風力発電に対しては、1kW システムにつき約 1, 750 倍の 1, 750kWhrs を年間発電量として計算を行った。太陽光発電は日本の場合の 1kW のシステムが発電する約 1, 040kWhrs を参考にし、風力発電に関しては、経済産業省のホームページ「新エネルギー導入見通し(現行対策維持ケース)の試算結果(案)」(資料 4) URL <http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01006fj.pdf> (2000 年 10 月) を参考にした。

39) 田中良、池さつき『大規模太陽光発電への期待』IEEJ Journal, Vol.126, No8, 2006

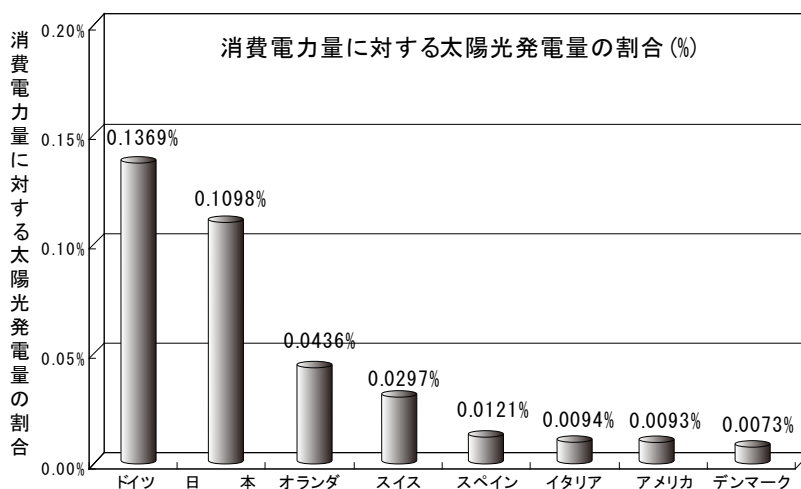


図5 主要国における消費電力量に対する太陽光発電の発電量の比率

出所：『IEA Photovoltaic Power System Programme』のデータ及び『IEA Energy Statistics』の各国のデータを元に著者作成

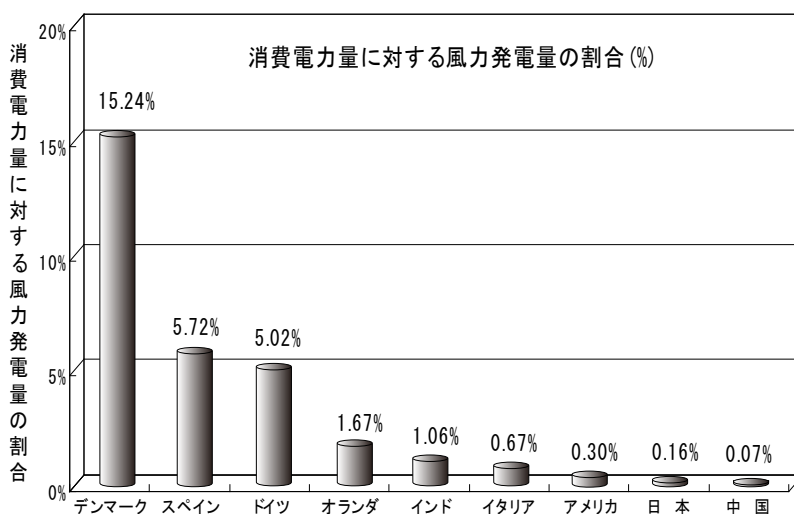


図6 主要国における消費電力量に対する風力発電の発電量の比率

出所：『エネルギー白書 2006 年度版』のデータ及び『IEA Energy Statistics』の各国のデータを元に著者作成

たりの普及は他国と比較すると飛び抜けて世界一位であり、自国の消費電力量に対する風力発電による電力量の比率も 15%を越えている。それに対し太陽光発電はほとんど普及していない。これらの状況から、この両国の普及の背景を調査することにより、普及要因の解明につながると考えドイツならびにデンマークについて調査を行った。

## 2-1. ドイツにおける太陽光発電及び風力発電の普及

2001 年において、ドイツは再生可能エネルギー（ソーラー、風力、バイオマス、地熱、水力）が電力に占める割合は 7% であり、国の目標として、今後 2010 年にはその割合を 12.5% に、2050 年には 50% まで増やす予定である。また、太陽電池を用いた『10 万 PV ルーフトップ計画』も 1999 年から行われており、10 万件に到達するまでは 1.9% という低金利で、国が融資を行っている。このようにドイツは世界有数の環境先進国であり、その結果、再生可能エネルギーにおいては風力発電、太陽光発電はそれぞれ世界第 1 位と、世界第 2 位の発電国になっている。

普及が進んだ理由として、ドイツの再生可能エネルギーに対する社会制度の充実があげられるが、2000 年 4 月から施行された「再生可能エネルギー法」により、特に太陽光発電の電力買い取り価格が 2000 年度からは、従来の買い取り価格の 6 倍近くになったことで、2000 年における設置量は、前年の設置量の約 3 倍近い伸びを示しており、図 7 に示すように、2001 年も 1999 年比で 5 倍近い伸びを示している<sup>40)</sup>。

一方、風力発電に関しても、確実に設置台数は増加してきており、その伸びを図 8 に示す。ドイツにおいては 2001 年だけでも 2,659MW の風力発電が設置され、2004 年末の時点では、累積で 16,628MW が設置されており、全世界の風力発電の 35% を発電するまでに至っている<sup>41)</sup>。

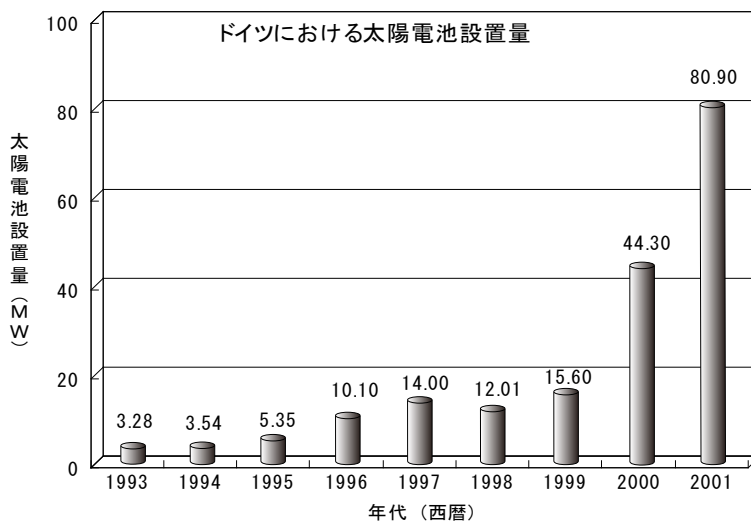


図 7 ドイツにおける太陽光発電の普及状況

出所：『IEA Photovoltaic Power System Programme』のデータを元に著者作成

40) 『エネルギー白書 2006 年度版』経済産業省、183 ページ

41) 大阪・神戸ドイツ連邦共和国総領事館『環境先進国ドイツ』11 ページ

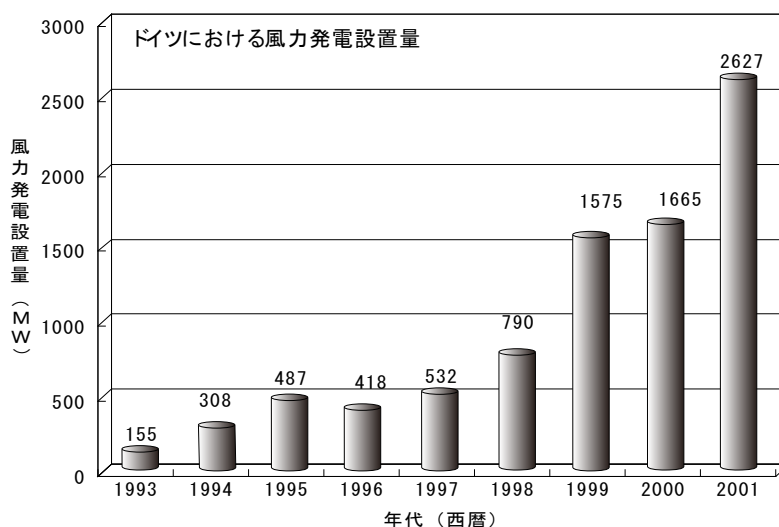


図8 ドイツにおける風力発電の普及状況

出所：『World and Country Wind Energy Generating Capacity 1980-2001』  
のデータを元に筆者作成。

ドイツでは1991年に施行された「循環エネルギー資源発電を配電線から送電を可能とする法」は主に風力発電の普及の立ち上がりをもたらしたが、その買い取り補償が普及の大きな要因であり、1999年末現在で4.4GWの風力発電の設備が国内に設けられている。新しい「再生可能エネルギー法」では従来の法とはそれほど大きな差はなく、買い取り価格に風力の強い沿岸部と内陸部に差を設けたことが特徴であり、これにより地域的に不利な地域においても、風力発電の普及を促している。因みに、ドイツの風力発電は、これまでに実績として、約30,000人の新たな雇用を生み出している<sup>42)</sup>。風力発電機はドイツ国内で約10,000機あり、ドイツで使用する全電力量の約3%までに至っている。また、発電のコストは1991年から1998年までの間で約50%低下している<sup>43)</sup>。

### 2-1-1. ドイツにおける再生可能エネルギーの政策について

ドイツにおいては、1991年に制定された『循環エネルギー資源発電を配電線から送電を可能にする法』が、主に風車発電の普及の急激な立ち上がりをもたらし、以来風力発電が広く一般に普及し、風力発電の所有者は1993年時点ではあるが、個人と協同組合の所有を合わせると5割が一般市民の所有となっており<sup>44)</sup>、今や世界一の風力発電大国になっている。また、太

42) 飯田哲也「風力300万KW時台実現への方途」『資源環境対策』（2002年3月号）

43) 飯田哲也「日本型RPSの概要と課題」衆議院経済産業部会参考人招致資料（2002年4月23日）

44) 和田武 第4章「温暖化防止を目指すデンマークとドイツのエネルギー政策」『地球温暖化を防止するエ

陽光発電においても、風力発電には及ばないものの、ヨーロッパでは第一位の発電量を誇っている。しかしながら、太陽光発電は世界第 2 位とはいえ、その発電量から言えばやはりドイツは風力発電の国と言うのが現状であると思われる。現在に至るまでの再生可能エネルギーの買い取り制度について調査した。

ドイツにおける普及施策は、2000 年 1 月 26 日に採択され、2000 年 4 月から施行された『ドイツ循環エネルギー法』(『再生可能エネルギー法』(REL)) 法が挙げられる。この法改正により、風力発電においては風力発電の発電能力ごとに、買い取り価格が定義され、風力の強弱の差による地域の収入差を是正した法制になっている。

一方、太陽光発電においてもその買い取り価格が、従来の買い取り価格の約 6 倍になったため、2000 年だけでその普及は前年の 3 倍に拡大し、2001 年度では 5 倍になっている。

この『ドイツ循環エネルギー法』については、鹿児島大学の橋爪健郎教授の web サイト上での資料を参考にさせて戴いた<sup>45) 46)</sup>。

このような政策のもとにおいて、コストペイバックタイムについて調査を行った。風力発電は、新法では地域差を考慮した買い取り価格が実施されているが、買い取り価格そのものはそれほど大きく変化はしていない。太陽光発電においては、2000 年以前の太陽光発電による発電の買い取り価格と、「再生可能エネルギー法」以降の買い取り価格が約 6 倍も異なるため、コストペイバックタイムに大きな差が現れている。また税金については、再生可能エネルギーは電力税を免除されている<sup>47)</sup>。

## 2-1-2. ドイツにおける太陽光発電のコストペイバックタイム

ドイツにおける太陽電池の価格は IEA の web サイトを参考に、1kW あたりのシステム価格として 1995 年まで推測し<sup>48)</sup>、表 1 に示した。

モジュール価格は概算で、20,000 ユーロ、3kW システムの年間発電量は訳 2,500kWhrs と言われており<sup>49)</sup>、今回は IEA のサイトを参考に求めた。同サイトには 1998 年から 2001 年までのモジュール価格と 2001 年におけるシステム価格が記載されている。さらに前提条件とし

---

エネルギー戦略』実教出版、1997

45) 橋爪健郎「センセーショナルなドイツ循環エネルギー法と革新的な料金原則」  
URL <http://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/~takeo/hashidume/law.htm>.

46) Folkecenter & Eurosolar URL <http://www.folkecenter.dk/en/articles/EUROSUN2000-speech-PM.htm>.

47) 大阪・神戸ドイツ連邦共和国総領事館]『環境先進国ドイツ』、2002、9 ページ

48) IEA Photovoltaic Power System Programme の HP 「Germany Cumulative installed PV power by sub-market」URL:<http://www.oja-service.nl/iea-pvps/stats/dek.htm>.

49) ソラーシステム編集部「急拡大続くドイツの太陽エネルギー利用機器市場」『ソーラーシステム』No.91、2002

では、システム価格はモジュール価格の40～50%増であり、モジュール並びにシステム価格は年率4%で漸減傾向であるが、近年は需要が多く、価格が横ばい状況になっている。また、システム価格は10kW以下の系統連携の数値を採用した。

太陽光発電システムの積算設置量が350MWに到達する2003年までは品薄状態が続くので、モジュール並びにシステム価格は2001年～2003年まで、同一価格と推定した。太陽電池価格は1998年以前については4%ずつ価格を上乗せして価格を推測した。

また、ドイツの年間日射量は850kWhrs/年の前提で計算を行っている<sup>50)</sup>。ここで、資料には米ドル、ユーロ、ドイツマルク等が混在しており、為替レートとして当時の1ユーロ=1米ドル、1ユーロ=1.955ドイツマルクを採用して計算を行った。

表1 ドイツにおける太陽光発電のコストペイバックタイム

		1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
モジュール価格	ユーロ/W	4.25*	4.05*	3.85*	3.70	3.60	3.80	3.80	3.80*	3.80*
システム価格	ユーロ/W	6.15*	5.86*	5.57*	5.36*	5.21*	5.50*	5.50	5.50*	5.50*
システム価格	ドイツマルク/W	12.03*	11.46*	10.89*	10.47*	10.19*	10.75*	10.75	10.75*	10.75*
売り電価格	ドイツマルク	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.99	0.99	0.94	0.89
年間発電料金	ドイツマルク	136	136	136	136	136	842	842	799	757
コストペイバック期間	年	88.4	84.3	80.1	77.0	74.9	12.8	12.8	13.5	14.2

出所：『Germany Cumulative Installed PV power by sub-market』を元に筆者作成。

注1) モジュール価格とシステム価格については\*は、実際のHP上には記載されていない数値であるが、HP本文中にある前提条件から推定した数値。2002年以降も品薄状態により現在の価格が維持されたと仮定した。

この結果から、利率率を考慮しなければコストペイバックタイムは80年前後あったものが、再生エネルギー法により、コストペイバックタイムは13年前後にまで短縮されたことになり、太陽光発電の急激な普及をもたらしたと考えられる。図9に太陽光発電のコストペイバックと設置量との関係を示す。なお、ドイツにおいては太陽電池の設置に際しては、1.9%の低利で融資制度があり、融資を受けた場合コストペイバックは若干延びる。

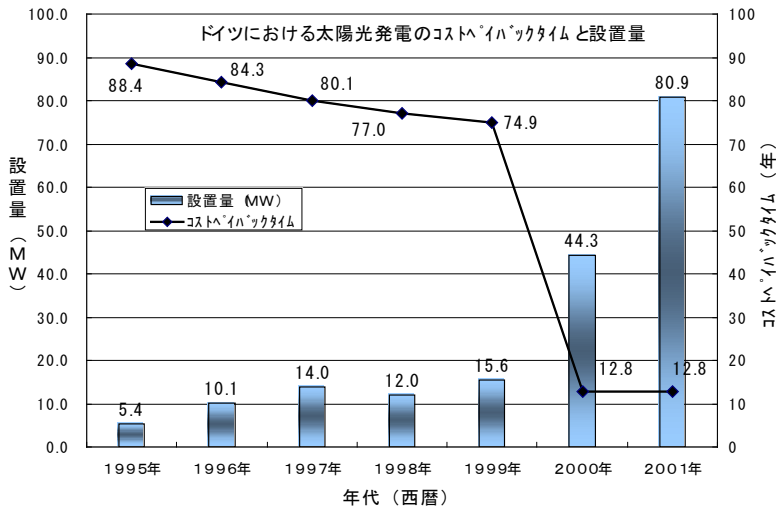
### 2-1-3. ドイツにおける風力発電のコストペイバックタイム

一方、風力発電については再生エネルギー法の制定まで、電力は平均して0.165DM/kWhrで買い取られていた<sup>51)</sup>。600kWの装置として稼働率25%で計算すると、年間発電量は1,314,000kWhrsであり、これによる収入は216,810DMとなる。

50) 経済産業省 HP-b「新エネルギーのコスト低減見通しと追加的費用に関する試算」(資料3)(2000年12月)  
<http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01207ej.pdf>

51) 経済産業省 HP「新市場拡大措置検討小委員会報告書」(資料1)(2001年12月)  
<http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g11219ej.pdf>

図 9 コストペイバックタイムと太陽光発電システムの設置量



出所：『Germany Cumulative Installed PV power by sub-market』と『IEA Photovoltaic Power System Programme』のデータを元に筆者作成。

また、風力発電のタービンの価格は Windpower のホームページを参考にして、1kW あたり \$ 1,000 として計算を行った<sup>52)</sup>。設置費用は本体価格の 30%<sup>53)</sup>、維持費は年間本体価格の 2%の数値を採用した<sup>54)</sup>。タービン本体の価格は、2000 年の価格を \$ 600,000 とし、それ以前の価格については数年で単位発電量あたり 8%価格が下がっており、また、風力発電の発電単価が 20 年で約半額以下まで下がってきている事実から太陽電池と同様に年 4%で価格低下が起こるとして計算を行った。コストペイバックタイムを表 2 に示す。

2000 年以降の『再生可能エネルギー法』における風力発電の 20 年間に及ぶ発電量の買い取り価格の累計については図 10 に示すような価格になる。

計算方法については、風速が毎秒 5.5 m のときの、1 年間の発電量を稼働率 25%として計算を行い、この発電量を基準として、買い取り価格とその期間を決定するものである。この基準の 150%以上の発電能力を有する場合は 0.178DM での買い取り期間は 5 年であり、6 年目以降は 0.121DM で残り 15 年間を、都合 20 年間買い取りを行うことになっている。

52) Windpower HP 「What does a Wind Turbine Cost ?」

<http://www.windpower.org/tour/econ/index.htm>.

53) Windpower HP 「Installation Cost for Wind Turbines」

URL <http://www.windpower.org/tour/econ/install.htm>.

54) Windpower HP 「Operation and Maintenance Costs」 URL <http://www.windpower.org/tour/econ/oandm.htm>

Windpower 「Guide to Wind Energy Economics Calculator」 URL <http://www.windpower.org/tour/econ/index.htm>



表2 ドイツにおける風力発電のコストペイバックタイム

	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
タービンの価格	1,427,134 DM	1,372,244 DM	1,319,465 DM	1,268,717 DM	1,219,920 DM
設置料 (30%)	428,140 DM	411,673 DM	395,840 DM	380,615 DM	365,976 DM
年間維持費	35,678 DM	34,306 DM	32,987 DM	31,718 DM	30,498 DM
年間発電量 (kW hr)	1,314,000	1,314,000	1,314,000	1,314,000	1,314,000
年間売電料金	216,810 DM	216,810 DM	216,810 DM	216,810 DM	216,810 DM
コストペイバック期間 (年)	10.2	9.8	9.3	8.9	8.5

出所：『Windpower』本文前提条件を含め筆者作成。

もしこれ以下の発電能力の場合は、0.75%につき2ヶ月の高額買い取り期間を延長するというものである。たとえば132%の発電能力しかなければ、 $18\% \div 0.75 \times 2$ ヶ月となり、48ヶ月分すなわち4年分を当初の5年に加えて、9年間0.178DMで買い取り、残り11年間で0.121DMで買い取ることになる<sup>55)</sup>。

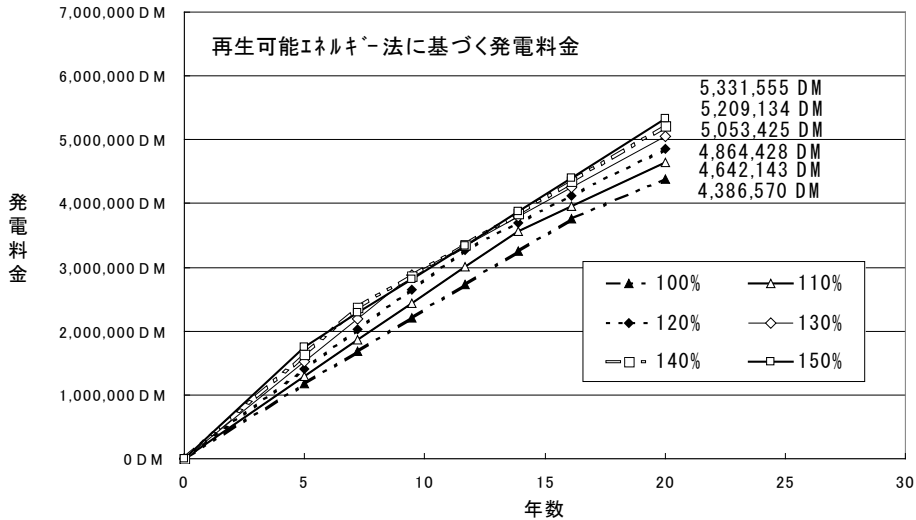
このように装置の発電能力により買い取り価格と買い取り期間が決定されるものの、20年間における発電量に対する買い取り価格の合計については、『再生可能エネルギー法』施行後もそれほど大きな変動はないため、コストペイバックタイムも大きな変動はない。むしろ総額としては増加する方向にあるので、コストペイバックタイムは短縮化する傾向にある。この他、装置の量産化によるコストダウンの効果も加わり、今後コストペイバックタイムはより短くなると考えられる。

## 2-2. デンマークにおける太陽光発電及び風力発電の普及

デンマークにおいては1970年代末から、風力発電が行われるようになった。特に1980年代半ばから風力発電に関しては、年間の投資回収率が当初予想の15%を上回る20%近い回収率となり、デンマーク国内に風力発電が広まった一因となっている。デンマークにおける再生可能エネルギーの大半は風力発電であり、2006年における風力発電量はデンマーク全体の消費電力量の15%を越えている。特にデンマークは国の面積や人口における単位面積当たり或いは一人当たりの風力発電の発電量は世界的にも突出している。一方デンマークにおける太陽光発電の普及状況は日本の1/100以下であり、太陽光発電に関してはほとんど普及していない状況である。デンマークにおける太陽光発電と風力発電の普及状況を、図11と図12に

55) 井田 均「ドイツに風力発電が急増した理由－上」『ソーラーシステム』, No.90, 2002

図 10 ドイツの風力発電における電力買い取り料金の合算



示す<sup>56) 57)</sup>。

### 2-2-1. デンマークにおける再生可能エネルギーの政策について

1976年デンマークの国会は原子力を導入しない決議を行い、1990年には「エネルギー2000」計画を発表した。この計画の2005年までの達成目標は、再生可能エネルギーを全エネルギーの5%から12%に増加させるものであり、風力発電は電力需要の10%にあたる1.5GWにするものであった。また1996年春に発表した「エネルギー21」<sup>58)</sup>は2030年の最終目的達成のために、環境税を増額したり、再生可能エネルギーの助成金を増額する事を決めている<sup>59)</sup>。

デンマークは人口が520万人、面積は4,300万km<sup>2</sup>であり、人口あたりおよび面積あたりの再生可能エネルギーの割合は非常に高い。人口1,000人あたりの発電量は329.1kW/千人、1km<sup>2</sup>あたりの発電量は40.42kW/km<sup>2</sup>である。また、1999年末のデータでは、設置

56) EARTH POLICY INSTITUTE HP「World and Country Wind Energy Generating Capacity, 1980-2001」[http://www.earth-policy.org/Update/Update5\\_data.htm](http://www.earth-policy.org/Update/Update5_data.htm)

57) Wind Map of Western Europe HP  
<http://www.windpower.org/tour/wrens/euromap.htm>

58) MILJO&ENERGI MINISERIET [1996b], Energy21 The Danish government's Action Plan for Energy 1996.

59) 日本弁護士連合会『孤立する日本のエネルギー政策』七つ森書館, 1999

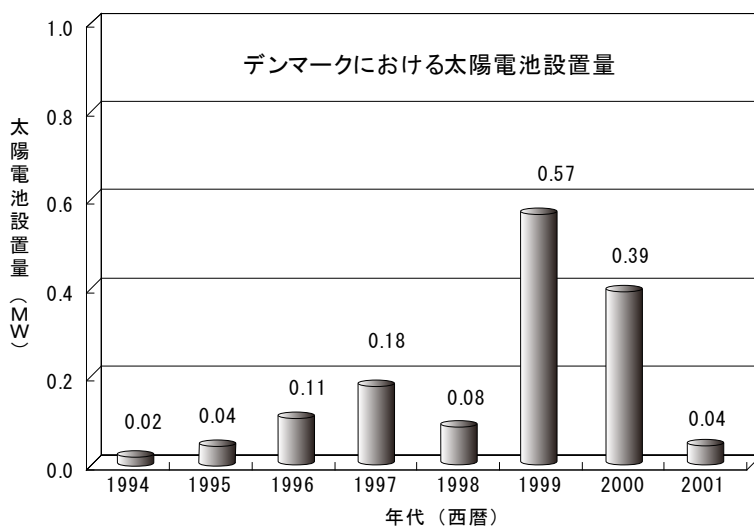


図 11 デンマークにおける太陽光発電の設置量

出所：『IEA Photovoltaic Power System Programme』のデータを元に筆者作成。

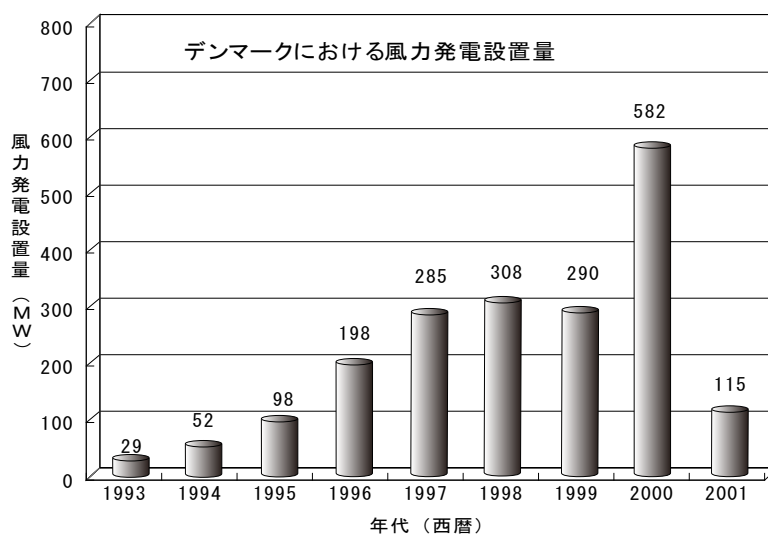


図 12 デンマークにおける風力発電の設置量

出所：『World and Country Wind Energy Generating Capacity 1980-2001』のデータを元に筆者作成。

台数の 85.2%が住民または組合の所有であり、発電能力の割合も全体の 82.4%にも達している。風力発電の所有家庭は 15 万戸にも及び、仮に 3 人家族と仮定すれば、45 万人が所有に関わっ

ており、これは人口の 8.5%にあたる<sup>60)</sup>。

当初、風力発電に関して 3 割の補助金があったが、1989 年に経費が回収できるようになったとして、補助金はなくなっている。また、2001 年 11 月の総選挙においては 93 年以来続いた左派連立政権が敗れ、穏健自由党・保守党の右派連立政権に交代した。このため NGO などへの補助金は大幅カットされており、厳しい財政政策を受けることになるが、政策的には前政権を引き継ぎ、環境先進国を引き継ぐことに変わりはない<sup>61)</sup>。

## 2-2-2. デンマークにおける太陽光発電のコストペイバックタイム

デンマークにおける、風力発電の買い取り価格は、1kW あたり 0.52 ~ 0.62DKK / kWhr であり<sup>62)</sup>、太陽光発電の買い取り価格は条件が付くが、1.50DKK/kWhr である。太陽光発電および風力発電の寿命は 20 年として計算されるが、実際は太陽光発電も風力発電も、20 年以上の寿命と言われている<sup>63)</sup>。

デンマークにおける太陽電池の価格も IEA の web サイトを参考に、1kW あたりのシステム価格として 1995 年から推測した<sup>64)</sup>。

年間発電量は地理的にドイツと同緯度にあることから、ドイツの年間日射量の 850kWhrs / 年として計算した<sup>65) 66)</sup>。参考にした IEA のサイトには 2000 年と 2001 年のモジュール価格と 2001 年におけるシステム価格が記載されている。前提条件としては、モジュール並びにシステム価格は年率 4% で漸減傾向であるが、ここ近年は需要が多く、価格が横ばい状況になっている。また、太陽電池価格は 1999 年が最も安く、1998 年以前の価格については 4% ずつ価格を上乗せして価格を推測した。1999 年以前のモジュールの価格は記載がないので、ドイツのモジュールの価格変動と同じ比率で計算を行い、表 3 に示す。

デンマークにおける太陽光発電の買い取り制度は、買電量は自家消費量を超えてはならないと言う条件付きであるため、発電量の半分が市場価格の 0.35DKK/kWhr とし、残り半分を

60) 和田武 第 4 章「温暖化防止を目指すデンマークとドイツのエネルギー政策」『地球温暖化を防止するエネルギー戦略』実教出版、1997

61) 日経エコロジー編集部「右派政権誕生で揺れるデンマーク NGO などへの補助金も大幅カット」『日経エコロジー』(2002 年 11 月号)

62) インタードメイン株式会社社「デンマークの風力発電市場」URL <http://interdomain.hp.infoseek.co.jp/guide/denreport.pdf>

63) International Energy Agency「Answers to frequently asked questions about solar photovoltaic electricity  
An international perspective」URL <http://www.solesergi.dk/download/faq.pv.iea.pdf>

64) IEA Photovoltaic Power System Programme「System Price」  
URL <http://www.oja-service.nl/iea-pvps/statistics/index.htm>

65) Solarbuzz「Solar Electricity Prices」URL <http://www.solarbuzz.com/StatsCosts.htm>

66) ソーラーシステム編集部「市場・価格、評価、国・自治体の助成策からシステム・機器情報まで」『ソーラーシステム』No.89、2002

表3 デンマークにおける太陽光発電のコストペイバックタイム\*

		1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
モジュール価格	クローネ/W	43.8*	42.1*	40.5*	38.9*	37.8*	40.0	40.0
システム価格	ユーロ/W	7.56*	7.26*	6.99*	6.71*	6.52*	6.90*	6.90
システム価格	クローネ/W	56.21*	54.03*	51.98*	49.92*	48.51*	51.34*	51.34
売り電価格	クローネ	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
年間発電料金	クローネ	782	782	782	782	782	782	782
コストペイバック期間	年	71.9	69.1	66.5	63.8	62.0	65.6	65.6

出所：出所：『Germany Cumulative Installed PV power by sub-market』を元に筆者作成。

注1) モジュール価格とシステム価格についての\*は、実際のHP上には記載されていない数値であるが、HP本文中にある前提条件から推定した数値。

1.50DKK/kWhrとして計算を行った。すなわち、平均して0.92DKK/kWhrとしてコストペイバックタイムを計算した<sup>67)</sup>。

この結果からもわかるように、太陽光発電は初期投資額が高く、買い取り料金が日本円で約12円前後となり、初期投資の回収には60年余りかかってしまう。これは太陽光の年間日射量が、日本のそれと比較しても15%も小さいことも大きく影響している。

### 2-2-3. デンマークにおける風力発電のコストペイバックタイム

デンマークにおける風力発電の買い取り価格は、1kWhrあたり電力事業者の販売価格の85%であり、0.25～0.35DKK/kWhr、電気還元税は0.17DKK/kWhr、再生可能エネルギーの還元が0.1DKK/kWhrであり、これらを合計すると0.52～0.62DKK/kWhrとなる。

600kWの装置の場合、ドイツと同様に年間発電量は、稼働率を25%として、1kWあたり2,190kWhrsとして計算すると、1,314,000kWhrsであり、買い取り単価を0.52DKK/kWhrとすれば、収入は683,280DKKとなる。一方、年間発電量の算定に、ハヴェンの風力発電のデータをもとに、1kWあたり年間3,500kWhrs電力が発生する場合についても計算を行った<sup>68)</sup>。ハヴェンはデンマーク北西部に位置し、風速が強い地域でもあり<sup>69) 70)</sup>、このため風力発電自身もデンマークでは北西部に集中している。ここでは二つの場合について計算を行い表4に示す。

67) Solarbuzz「Solar Electricity Prices」URL <http://www.solarbuzz.com/StatsCosts.htm>

ここで、資料には米ドル、ユーロ、クローネ等が混在しており、為替レートとして1ユーロ=1米ドル、1ユーロ=7.44クローネを採用して計算している。

68) 飯田哲也『北欧のデモクラシー』新評論,2007

69) Wind Map of Western Europe URL <http://www.windpower.org/tour/wrens/euomap.htm>

70) 自然エネルギー推進市民フォーラム『自然エネルギー推進市民フォーラム事業報告書』第4分冊「グリーン電力に関する社会調査」、2000

表 4 デンマークにおける風力発電のコストペイバックタイム

	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
タービンの価格	kr 5,431,138.56	kr 5,222,248.61	kr 5,021,392.90	kr 4,828,262.40	kr 4,642,560.00	kr 4,464,000.00
設置料 (30%)	kr 1,629,341.57	kr 1,566,674.58	kr 1,506,417.87	kr 1,448,478.72	kr 1,392,768.00	kr 1,339,200.00
年間維持費 (2%)	kr 135,778.46	kr 130,556.22	kr 125,534.82	kr 120,706.56	kr 116,064.00	kr 111,600.00
年間発電量 (kW hr) (3500kW hrs)	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000	2,100,000
年間売電料金 (3500kW hrs)	kr 1,092,000.00	kr 1,092,000.00	kr 1,092,000.00	kr 1,092,000.00	kr 1,092,000.00	kr 1,092,000.00
コストペイバック期間 (年) (3500kW hrs)	7.4	7.1	6.8	6.5	6.2	5.9
年間発電量 (kW hr) (2190kW hrs)	1,314,000	1,314,000	1,314,000	1,314,000	1,314,000	1,314,000
年間売電料金 (2190kW hrs)	kr 683,280.00	kr 683,280.00	kr 683,280.00	kr 683,280.00	kr 683,280.00	kr 683,280.00
コストペイバック期間 (年) (2100kW hrs)	12.9	12.3	11.7	11.2	10.6	10.2

出所：『Windpower』HP の資料より筆者作成

他の前提条件はドイツと同様に考え、設置費用は本体価格の 30%<sup>71)</sup>、維持費は年間、本体価格の 2%を採用した<sup>72)</sup>。タービン本体の価格は、2000 年の価格を \$ 600,000 とし、それ以前の価格については、太陽電池と同様に年率 4%で価格低下が起こると想定している。設置費用としては、具体的には系統延長、変圧器、電力メーターのコスト等は発電設備保有者が負担することになるものの<sup>73)</sup>、系統連携費用は国、電力会社、発電設備保有者が 1 / 3 ずつ分担することになっている。

この結果からも分かるようにデンマークの風力発電のコストペイバックタイムは、最短で 7 年前後と考えられ、これに金利を考慮しても、10 年前後がコストペイバックタイムと考えられる。

### 3. 環境配慮型製品の普及の条件

日本国内における太陽光発電の普及を見ると、コストペイバックタイムが太陽光発電の寿命と言われる 20 年を越えているにも拘わらず、その設置量は世界第一位を占めている。一方、ドイツにおいては、太陽光発電のコストペイバックタイムが 60 年前後だったものが、政策により 15 年をきると設置量が一気に増加した。また風力発電においてもコストペイバックタイ

71) Windpower HP 「Installation Cost for Wind Turbines」  
<http://www.windpower.org/tour/econ/install.htm>

72) Windpower HP 「Operation and Maintenance Costs」  
<http://www.windpower.org/tour/econ/oandm.htm>

73) 日本弁護士連合会『孤立する日本のエネルギー政策』七つ森書館、1999

ムが10年前後であり、世界第1位の普及を支えている。デンマークにおいても風力発電のコストペイバックタイムは10年前後であり、これが風車大国デンマークを支え、人口の1割近いオーナーを生み出している。一方、太陽光発電に関しては種々の政策はあるものの、コストペイバックタイムが60年前後であり、普及はほとんど進んでいない。

日本における太陽光発電の普及には、経済的合理性よりも環境保全に寄与することを優先するグリーン・コンシューマーの存在が大きな意味合いを持っている。一方、現時点におけるドイツとデンマークでの再生可能エネルギーの普及は、10年～15年という製品の寿命よりも短いコストペイバックタイムが重要な鍵となっていることを示している。

すなわち、太陽光発電のような環境配慮型製品の普及に関しては、コストペイバックタイムの短縮が普及の重要な鍵になると同時に、コストペイバックタイムが製品寿命に追いつかなくとも、その製品を購入するグリーン・コンシューマーの存在、その市場の規模が普及に大きな影響を及ぼすと考えられる。

### 3-1. グリーン・コンシューマーによる市場

地球の温暖化をはじめとする環境問題が、環境に関わる市場のニーズを生みだし、これが環境ビジネスを生み出している。日本における太陽光発電の普及は、経済的合理性がなくとも購入する顧客が存在することを示しており、すなわち初期投資額の単純回収年が製品寿命よりも長く、割高な場合においても、環境保全というニーズのために割高分である社会的費用を負担し、地球環境保全に寄与する製品を積極的に購入しようとするグリーン・コンシューマーがいることを示している。

P.F. ドラッカーはイノベーションの機会として7つの機会をあげ、そのうちの1つに意識の変化をあげているが<sup>74)</sup>、社会環境の変化に伴い、人々の意識の変化がグリーン・コンシューマーを生み出し、新たな市場作りだしている。したがってこれらのグリーン・コンシューマー市場に対するマーケティングが、環境配慮型製品の研究、開発の方向性を見出すことになる。

高橋らは『経営者は、消費者の環境への意識を高揚させ、積極的な購入行動に向かうようにコミュニケーションとしての宣伝活動を活発に行い、できるかぎり多くのグリーン・コンシューマーを育成しなければならない。(中略)従来の使い大量消費(使い捨て)時代の少々後ろめたい、「顧客の創造」とは違い、環境改善のための胸をはった真の「グリーンな顧客の創造」が目的となり、企業の社会的責任を果たすことになるのである』とグリーン・コンシューマー市場を作り出すことは企業側の責務であると述べている<sup>75)</sup>。

74) P.F. ドラッカー『イノベーションと企業家精神』ダイヤモンド社、1997年、155～168ページ (Peter F. Drucker, *Innovation and Entrepreneurship*, 1985, Harper & Row)

75) 高橋由明、鈴木幸毅、前掲書、57ページ

しかし、グリーン・コンシューマー市場の創造は、企業側による意識の変化を誘導する（グリーン・コンシューマーの育成）ことよりも、むしろ市場側に意識の変化があり、潜在的ニーズを見抜き、マーケティング活動を実施し、そこに新たな市場を創造することではないだろうか。潜在的にもニーズのないところに、顧客の意識レベルを向上させ、無理やりニーズを植え付けるのであれば、それは企業の思い込みか、或いはその意識に時代が追いついていない可能性が高いと言える。

富士ゼロックスでは、部品の再使用を進めるために、リサイクル・システムよりも一歩進んだ、リユースのシステム（クローズド・ループ・システム）を開発した<sup>76)</sup>。すなわち一度市場に出した製品を回収し、それらをさらに製品として市場に再投入するシステムで、閉じたループの中で部品の循環を繰り返すと言うものである。寺本らによれば『経済社会のあり方に対して、企業の側が、積極的な提案活動を実行したと言う点である。ユーザーの意識が低い場合にはリユース製品の販売は大きなリスクを伴う。利益優先の通常の発想ならば、ユーザーの意識が高まるまで待つのが得策と判断されるであろう。したがって、この決断は、市民社会に逆提案する関係であり意義深い』と述べている<sup>77)</sup>。

しかし、このリユースのシステムは環境保全の観点からも、企業の社会的責任を果たすことに関しても望ましいシステムだと思われるが、黒字化するまでに数年を要したとされる<sup>78)</sup>。同様にリコーも 2001 年から回収した複写機から部品をリユースし、新しい複写機に組み込む販売を実施しているが、顧客の理解を得るのが難しく、販売台数は低迷しており<sup>79)</sup>、北米でも複写機の部品をリユースしているが、リユース品を用いた製品の販売先は北米ではなく南米が市場となっている<sup>80)</sup>。

これは、環境保全に貢献する革新的な環境ビジネスであっても、グリーン・コンシューマーにとってのニーズがなく、その市場がなければ、ニーズが育つまでの時間を必要とし、或いはそのような製品、サービスをニーズとしている市場を見出さねばならないことを示している。

現在日本の太陽光発電の普及は、経済的合理性よりも環境保全を優先するグリーン・コンシューマーに寄与するところが大きいと考えられる。人々の、或いは社会の環境保全に対する意識の高まりがグリーン・コンシューマーの市場を拡大し、太陽光発電を普及させている。このことは、グリーン・コンシューマーの市場の拡大が止まれば、太陽光発電の普及も鈍化することを意味していると言える。しかし、社会の意識の変化は時間を要し、企業による市場への啓蒙も容易いとは言えない。したがって、普及を進めるのであれば、国やマスコミの力を借り

76) 寺元義也、原田保『環境経営』、同友館、2000年、41ページ

77) 前掲書、43ページ

78) 富士ゼロックス『環境報告書』、2006

79) 『モノ作り発想をかえよ』、日経ビジネス、2005年2月14日号、52ページ

80) リコー『環境報告書』、2006



意識の高まりを維持し、グリーン・コンシューマーの市場を拡大し続けるか、または新たな価値創造となる太陽光発電の市場を見いだしていかなければならない。

### 3-2. コストペイバックタイムによる市場

近年のドイツやデンマークの再生可能エネルギーの普及状況を見ると、コストペイバックタイムが普及に重要な役割を果たしていることが判る。海外における風力発電の普及状況を図13に示すが、固定価格買取制度と固定枠制度<sup>81) 82)</sup>にて市場を形成した国を比較すると、固定価格買取制度を採用した国のほうが、一般に普及率が高くなっている事がわかる<sup>83)</sup>。ドイツ、スペイン、デンマーク、オランダがその代表国であり、その他の制度を導入した、アメリカ、インドを含めこれらの国が上位6カ国を占めており、固定枠制度の国としては、英国がかろうじて第7位に入っている状況である。

この両者の違いは、固定価格買取制度の場合、再生可能エネルギーの供給価格を「固定」することにより、供給者の利潤が第一プライオリティになる。再生可能エネルギーの量の多寡は価格の次であり、再生可能エネルギーの供給者にとって見れば、コストペイバックを計算する

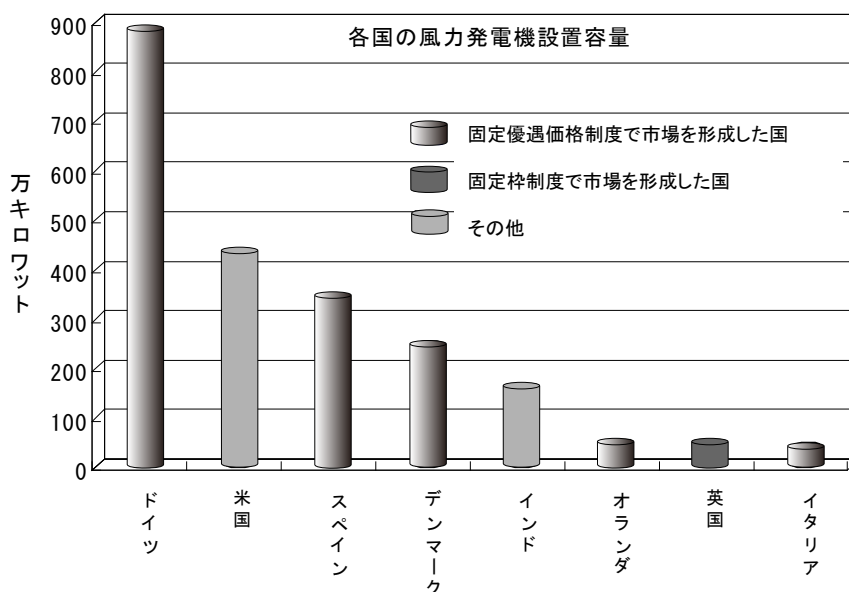


図13 海外における風力発電の設置量

出所：飯田哲也『日本型 PRS の概要と課題』より

81) 西條辰義「風力エネルギーへの期待：RPS と固定価格買い取り制度」  
<http://iser.osaka-u.ac.jp/~saijo/cd/2002/saijo03-10.html>

82) 自然エネルギー促進法推進ネットワーク編「GREEN ENREGEY NEWS」(2002年3月20日発行)

83) 飯田哲也「日本型RPSの概要と課題」衆議院経済産業部会参考人招致資料(2002年4月23日)

上で、より確実な採算性を計算できることになる。固定枠制度は再生可能エネルギーの総供給量が第一プライオリティとなり、決めた総供給量を達成するのが目標となる。この達成量を元にグリーン証書が市場メカニズムにより価格調整がなされる。このときの量の設定にあたっては既存の電力供給者と再生可能エネルギー業者との間で綱引きが行われる。

このような政策的観点から見ても、コストペイバックと言う考え方が、普及に大きく役立っていることを示しており、ドイツやデンマークのみならず他の国々も同様の傾向を示すということは、コストペイバックという初期投資額が製品寿命までに回収できるという市場が、よりグローバルな市場ではないだろうか。現在世界一の設置量を誇る日本の太陽光発電の普及は、世界的に見ればむしろ特異な普及状況なのかも知れない。

グリーン・コンシューマーの市場よりも、コストペイバックを優先する市場の方がより大きな市場があると思われる。グリーン・コンシューマーの市場の拡大が失速する前に、企業はコストペイバックが成立する市場のために、戦略的に資源を投入していく必要があると思われる。

### 3-3. まとめ

グリーン・コンシューマーによる市場と言うのは、社会の意識の変化により生まれるが、グリーン・コンシューマーのニーズというのは、環境保全に優れているとか、企業の社会的責任を全うしていると言うだけでは、必ずしもそのニーズとは合致しないと考えられる。

P. F. ドラッカーは企業の社会的責任について述べているが<sup>84)</sup>、やはり企業が社会的責任を全うする活動を行っていても、当初は市場に認められない事例を挙げており、市場ニーズの捉え方の難しさを述べている。

このため、グリーン・コンシューマーに依存する戦略というのは非常に難しく、また社会の意識の変化によるニーズというものは、企業のマーケティング活動だけでも簡単に変わるものではないと思われる。さらに、企業が意識の低いユーザーに意識改革を起こさせると言うのであれば、環境に優しい製品は、市場に受け入れられて当然と言う環境の陥穽に陥ってしまうのではないだろうか。

このため、企業は出来るだけ早く、コストペイバックと言う初期投資額が製品寿命以前に回

---

84) P.F. ドラッカー『マネジメント』ダイヤモンド社、1975年、537～577ページ (Peter F. Drucker, *Management tasks, Responsibility, practices*, 1974, Harper & Row) 例えば、フォード社が1940年代末から50年代初めにかけて、シートベルト付きの車を発売した。しかし、売上げは破滅的なまでに低下し、フォード社はシートベルト付きの車の販売をやめざるをえなかった。しかし15年後に一般ドライバーが安全性を意識するようになると、自動車メーカーは「安全に対する関心が全く欠けている」として激しく攻撃されたなどの例があげられている。すなわち、公衆が反対していない、同僚や仲間にも恨まれる、求められていないと言うだけでは言い訳として十分ではなく、早晚、社会はこうした「衝撃」を社会への秩序に対する攻撃と見るようになる。したがって、企業はその「衝撃」を最小限に留めて社会的責任を果たすことが必要となる。この様な観点から言えば、リコーまたは富士ゼロックスの企業活動は、黒字化までに時間を要したが、企業の社会的責任を遂行している戦略だと言える。

取でき、その後はユーザーに利潤がもたらされるような市場の開拓のために、資源を投入すべきではないだろうか。

現在日本の太陽光発電は、原料となるシリコンの品薄状態とコストダウンにつながる大量生産の規模に到達していないこと等を理由に、コストペイバックタイムの短縮が足踏み状態を続けている。幸い、温暖化が現実味を帯びているような気象現象や、国内外の政治家や学会からの温暖化に対する警鐘などが追い風となり、それらはグリーン・コンシューマーの市場の拡大を後押ししているが、やがてグリーン・コンシューマーの市場規模も限界があると思われるので、コストペイバックが達成される市場への戦略の切り替えが急がれるのではないだろうか。

#### 【参考文献】

- ・ D.Meadows et al *The Limits to Growth*, New York Universe Books,1972  
(邦訳 大来佐武郎監訳『成長の限界』ダイヤモンド社, 1972)
- ・ D.H.Meadows,D.L.meadows, J.Randers *Beyond the Limits*, 1992 Chelsea Green Publishing Company  
(邦訳 茅陽一監訳『限界を超えて』ダイヤモンド社, 1992, 83～90 ページ)
- ・ Everett,M.Rogers, *Diffusion of Innovation*, A Division of Macmillan Publish,Co.,Inc., 1982  
(監訳: 青池慎一・宇野善康『イノベーション普及学』産能大学出版部, 1990年を参照)
- ・ Isabelle Royer, *Why Bad Projects Are So Hard to Kill*, HBR, Feb, 2003 (イザベル・ロワイエ『なぜプロジェクトの迷走を止められないのか』DAIMOND ハーバード・ビジネス・レビュー, ダイヤモンド社, 2004年11月号)
- ・ Matt Haig, *Brand Failures* (マットヘイグ著, 田中洋, 森口美由紀訳,『あのブランドの失敗に学べ』, 2005年)
- ・ M.B. Prince, Silicon Solar Energy Converters, *J. Appl. Phys.*, **26**, (1955) ,pp534-540
- ・ MILJO&ENERGI MINISERIET [1996a], *Denmark's Energy Futures*,1996
- ・ MILJO&ENERGI MINISERIET [1996b], *Energy21 The Danish government's Action Plan for Energy* ,1996
- ・ Peter F. Drucker *The Practice of Mnagement*,Harper&Row,1954  
(邦訳: 上田淳生『新訳 現代の経営 (上)』ダイヤモンド社, 1996年)
- ・ Peter F. Drucker *Innovation and Entrepreneurship*,Harper & Row, 1985  
(邦訳: 上田淳生『新訳 イノベーションと企業家精神』ダイヤモンド社, 1997年)
- ・ Peter F. Drucker *The New Realities*, Harper&Row,1989  
(邦訳: 上田淳生『新訳 新しい現実』ダイヤモンド社, 2004年)
- ・ Peter F. Drucker *Management Tasks, Responsibility, Practices*, Harper&Row,1974  
(監訳: 野田一夫, 村上恒夫『マネジメント 課題, 責任, 実践』ダイヤモンド社, 1974年)
- ・ アル・ゴア, 枝廣淳子訳『不都合な真実』, ランダムハウス講談社『AN INCONVENIENT TRUTH』, ALGORE
- ・ 飯田哲也『北欧のデモクラシー』新評論, 2000
- ・ 飯田哲也「風力 300 万 KW 時台実現への方途」『資源環境対策』(2002年3月号)。
- ・ 飯田哲也「日本型 RPS の概要と課題」衆議院経済産業部会参考人招致資料 (2002年4月23日)
- ・ 井田 均「ドイツに風力発電が急増した理由ー上」『ソーラーシステム』No.90, 2002
- ・ 大橋照枝『環境マーケティング戦略』東洋経済新報社, 1994年
- ・ エコビジネスネットワーク編『新・地球環境ビジネス 2005-2006』, 産学社, 2005
- ・ 大阪・神戸ドイツ連邦共和国領事館発行『環境先進国ドイツ』2002

- ・ 数江良一監修『MBAマーケティング』ダイヤモンド社, 1997
- ・ 関西電力株式会社 お客様サービスセンター資料
- ・ 倉田健児『環境経営のルーツを求めて』社団法人産業環境管理協会, 2006
- ・ 栗原史郎『環境市民革命』財団法人省エネルギーセンター, 1998
- ・ 経済産業省編『エネルギー白書 2006年度版』2006
- ・ 財団法人光産業技術振興協会『光産業の動向 (平成 18 年 3 月)』2006
- ・ 自然エネルギー推進市民フォーラム『自然エネルギー推進市民フォーラム事業報告書』第 1 分冊～第 4 分冊, 2000
- ・ 自然エネルギー推進市民フォーラム『グリーン電力制度と欧州の地域エネルギービジョン』1999
- ・ 自然エネルギー促進法推進ネットワーク編『自然エネルギー 100%コミュニティをめざして』かもがわ出版, 2002
- ・ 自然エネルギー促進法推進ネットワーク編「GREEN ENREGEY NEWS」, 2002
- ・ 自然エネルギー促進法推進ネットワーク編『光と風と森が開く未来』かもがわ出版, 2002
- ・ ソーラーシステム編集部「市場・価格, 評価, 国・自治体の助成策からシステム・機器情報まで」『ソーラーシステム』No.89
- ・ ソーラーシステム編集部「急拡大続くドイツの太陽エネルギー利用機器市場」『ソーラーシステム』No.91, 2002
- ・ 総務省統計局『平成 15 年住宅・土地統計調査報告』第 1 巻全国編
- ・ 総務省統計局『平成 10 年住宅・土地統計調査報告』第 1 巻全国編
- ・ 高橋 清, 浜川 圭弘, 後川 昭雄編著『太陽光発電』森北出版, 1980
- ・ 高橋由明, 鈴木幸毅『環境問題の経営学』ミネルヴァ書房, 2005
- ・ 寺元義也, 原田保『環境経営』, 同友館, 2000
- ・ 日経エコロジー編集部「右派政権誕生で揺れるデンマーク NGO などへの補助金も大幅カット」『日経エコロジー』(2002 年 11 月号)
- ・ 日経ビジネス『モノ作り発想をかえよ』2005 年 2 月 14 日号
- ・ 日本弁護士連合会『孤立する日本のエネルギー政策』七つ森書館, 1999
- ・ 富士ゼロックス『環境報告書』, 2006
- ・ 矢沢潔『地球温暖化は本当か?』, 技術評論社, 2007 年
- ・ リコー『環境報告書』, 2006
- ・ 和田武「温暖化防止を目指すデンマークとドイツのエネルギー政策」『地球温暖化を防止するエネルギー戦略』実教出版, 1997
- ・ 和田武『環境展望 vol2』実教出版, 2002
- ・ 『日本経済新聞』2007 年 2 月 15 日 朝刊号 43 面

#### 【参考 Website】

- ・ 今泉みね子「自然エネルギーの優先 再生可能エネルギー法の実施」  
URL <http://www.watsystems.net/~trust/germany-polisy.html>
- ・ インタードメイン株式会社「デンマークの風力発電市場」  
URL <http://interdomain.hp.infoseek.co.jp/guide/denreport.pdf>
- ・ 経済産業省 HP「新エネルギー導入見通し(現行対策維持ケース)の試算結果(案)」(資料 4) (2000 年 10 月)  
URL <http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01006fj.pdf>
- ・ 経済産業省 HP「新エネルギーのコスト低減見通しと追加的費用に関する試算」(資料 3) (2000 年 12 月)  
URL <http://www.meti.go.jp/report/downloadsfiles/g01207ej.pdf>

- ・ 西條辰義「風力エネルギーへの期待：RPS と固定価格買い取り制度」  
URL <http://iser.osaka-u.ac.jp/~saijo/cd/2002/saijo03-10.html>
- ・ シャープ (株) HP「太陽光発電システムQ & A機器システム編」  
URL [http://www.sharp.co.jp/sunvista/service/product\\_qa/index.html](http://www.sharp.co.jp/sunvista/service/product_qa/index.html)
- ・ 橋爪健郎「センセーショナルなドイツ循環エネルギー法と革新的な料金原則」  
URL <http://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/~takeo/hashidume/law.htm>
- ・ EARTH POLICY INSTITUTE「World and Country Wind Energy Generating Capacity , 1980-2001」 URL [http://www.earth-policy.org/Update/Update5\\_data.htm](http://www.earth-policy.org/Update/Update5_data.htm)
- ・ Folkecenter & Eurosolar URL <http://www.folkecenter.dk/en/articles/EUROSUN2000-speech-PM.htm>
- ・ IEA Photovoltaic Power System Programme, URL <http://www.oja-service.nl/iea-pvps/stats/dek.htm>
- ・ International Energy Agency「KEY WORLD ENERGY STATISTIC from the IEA」  
URL <http://www.iea.org/stats/files/Mes.pdf>
- ・ Solarbuzz「Solar Electricity Prices」 URL <http://www.solarbuzz.com/StatsCosts.htm>
- ・ Solar Promotion Association「Full Cost Rates (FCR) or Solar Energy (The Aachen Model)」,  
URL <http://www.sfv.de/infos/soinf171.htm>
- ・ Wind Map of Western Europe URL <http://www.windpower.org/tour/wrens/euromap.htm>
- ・ Windpower「What does a Wind Turbine Cost ?」, URL <http://www.windpower.org/tour/econ/index.htm>