

2009 欧州 PV 展に見るドイツ太陽光発電産業の発展:

政策と投資の連動

新宅 純二郎

東京大学大学院経済学研究科
E-mail: shintaku@e.u-tokyo.ac.jp

富田 純一

東洋大学経営学部
E-mail: tomita@toyonet.toyo.ac.jp

立本 博文

兵庫県立大学経営学部
E-mail: tatsu@biz.hyogo-u.ac.jp

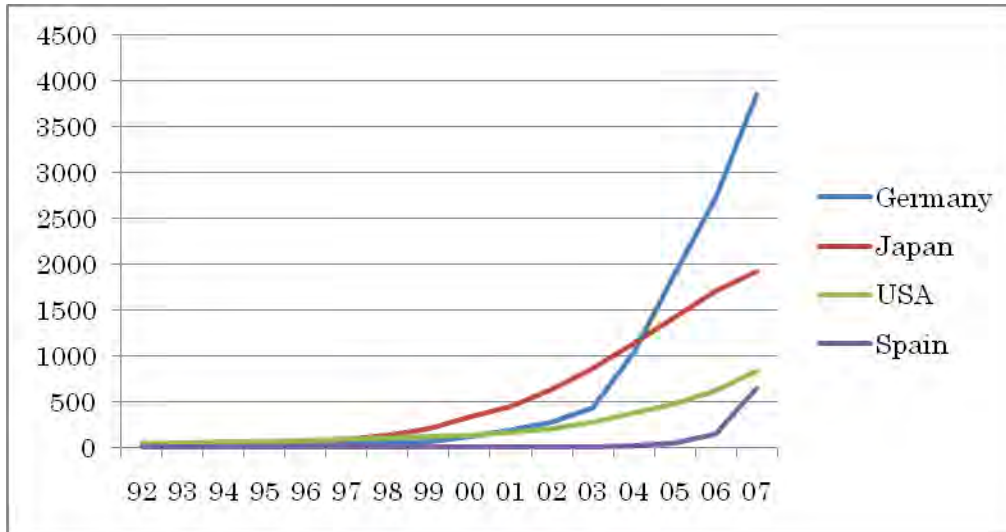
小川 紘一

東京大学知的資産経営・総括寄付講座
E-mail: NAE01471@nifty.com

今回取り上げるのは、ドイツ太陽光発電産業 (Photovoltaic Industry、以下 PV 産業) である。太陽光といえば、シャープ、京セラなど日本企業が技術開発をリードし、いち早く事業化を実現、なおかつ今後グローバルに市場成長が見込まれる分野である。1990 年代には日本が市場も生産もトップに立っていた。ところが 2000 年以降太陽光発電産業が本格化し競争が激しくなると、市場では瞬く間にドイツに追い抜かれてしまった (2005 年、図 1 参照)。なぜこのようなことが起きたのだろうか。果たしてこれは液晶パネルや光ディスク産業で起きた競争力の逆転現象と同じことが起きているのだろうか。

今回の調査ではその実態を探るため、9 月にハンブルクで開催された欧州 PV 展 (24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition) を訪れた。

図1 太陽光発電の国別使用料 (単位: MW)



出所) JETRO (2009) より作成

1. 盛況の PV 展

PV 展は、ハンブルク国際見本市会場 (International Fair) にて、2009 年 9 月 21 日～25 日にかけて 5 日間、コンファレンス (Congress Centre Hamburg にて 2009 年 9 月 21 日～24 日開催) と同時並行で開催された。昨秋の金融危機で冷え込んだとはいえ、7 会場で 943 社が出展し、多くの来場者 (5 日間で 44180 名) でたいへん盛況だった (写真 1 参照)。昨年のバルセロナの PV 展にも参加した関係者によると、昨年はスペインの急成長 (ただし、今年は金融危機と FIT 総買取枠制限により減速気味) と相俟って、来場者数約 5 万人、お祭り騒ぎだったそうで、それに比べると、今年は少し落ち着いた雰囲気とのことである。それでも、出展社数は昨年の 715 社を大幅に上回る過去最大規模であり、企業側の注目が増しているように思われる。なお、昨年の展示会の模様は山崎氏のレポート (山崎, 2008) に詳しいので、そちらを参照されたい。

ただし、出展企業のおおよその内訳をみると、欧州 700 社弱 (ドイツ 460、スペイン 30、フランス 30、イタリア 30、オランダ 30、スイス 30、ベルギー 10、オーストリア 10、...)、アジア 160 社 (中国 90、日本 20、韓国 20、台湾 20、インド 10)、北米 90 社 (米国 80、カナダ 10)、となっており、半数近くをドイツが占めていることから、ドイツ



写真1 盛況のPV展

企業力の入れようが見て取れる。

展示会の中を見て回ると、シャープや京セラの他、急成長を遂げた Q-Cells (ドイツ)、First Solar (米国)、Suntech Power (中国) の出展ブースは、多くの人々が訪れており、大変活気があった。ウェハーからセル、モジュール、発電所まで手がける垂直統合型企業の Conergy (ドイツ) や Solarworld (ドイツ) や、もともと自動車部品メーカーの Bosch (ドイツ)、光ディスクメーカーの Moser Baer (インド)、LCD パネルメーカーの Chimei (台湾) なども出展していた。中でも Bosch の宣伝への力の入れようは半端ではなく、駐車場や展示会場入り口にまで宣伝スタッフが張り付いてパンフレットを配布していた。Bosch は PV 関連企業を次々と買収し、あっという間に Conergy や Solarworld 同様に垂直統合型の PV 大手企業になってしまった。また、Moser Baer もついこの間まで、光ディスクを生産していたはずなのに、わずか3年ほどの間に太陽電池の量産ラインを立ち上げ、ビジネスを拡大している。いずれも PV ビジネスの新規参入の容易さを物語る出来事である。

その他、Applied Materials (米国) や Oerlikon Solar (スイス) など製造装置メーカーも太陽電池セルメーカー同様、大型のブースを出展していて、存在感の大きさを改めて感じさせられた。東レ・ダウコーニングやソニーケミカル、日清紡など化学・繊維系メーカーもブースを出展しており、彼らの事業範囲の幅広さにも驚かされた。

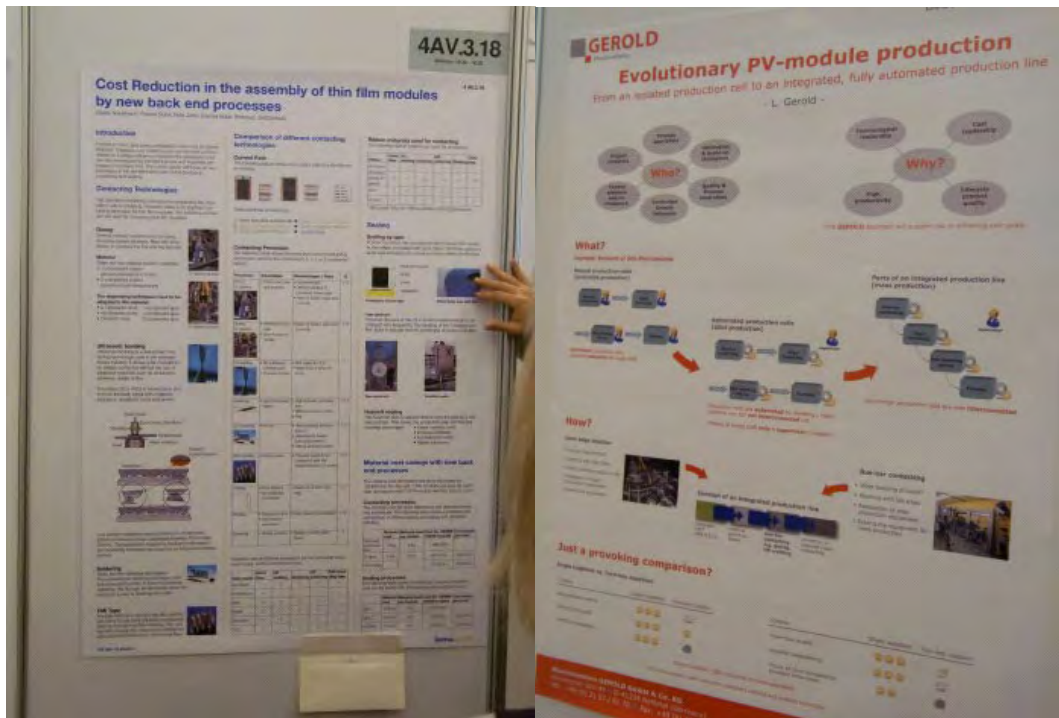


写真 2 PV コンファレンス・ポスターセッション

印象的だったのは、ドイツ連邦政府の投資誘致機関（Germany Trade & Invest）が出展していたことである。ブースを覗くと、投資誘致に直接関係のない筆者らに対しても、担当者が熱心にドイツの投資優遇策を語ってくれた。今回のものづくり紀行はその時に頂戴した資料がベースになっている。

コンファレンスについては、時間の都合で、初日のポスターセッションのみ見て回った。中でも興味深かったのは、後工程、いわゆるモジュール工程のコストダウンに関わる報告（写真 2）である。以前、インターネット記事「太陽光発電コスト、削減の鍵は工程の自動化にある」（Semiconductor International Japan, 2009）の中で、セル工程だけでなく、モジュール工程の自動化もコスト削減の鍵となることが指摘されていたが、これらのセッションはまさに薄膜系太陽電池のモジュールにおいて工程の標準化および自動化を進め、配線、トリミング、（EVA 層等の）レイアアップ、フレーミングなど主要工程を連結することで、コストダウンを実現できるとしている。薄膜系電池は結晶系に比べ、材料原価よりも工程原価（減価償却費を含む）の占める割合が高いため、モジュール工程のオペレーション管理がより重要となる（中村, 2009）。

こうしたモジュール工程の改善報告が、失礼ながら、いずれも社名を聞いたことのない

欧州装置メーカー（スイスの Komax Solar 社とドイツの Gerold 社、写真 2）によってなされていることに欧州装置産業の層の厚さを感じ、彼らに First Solar の関係者が熱心に質問している姿を目の当たりにして、急成長した同社の勢いを感じた。

なお、コンファレンス全体の概要については、東京工業大学・向井氏のレポート（向井, 2009）が詳しいので、そちらを参照されたい。

2. ドイツの再生可能エネルギー

筆者らが展示会に行く前から予想していたのは、FIT (Feed In Tariff) などの政策による市場創出がドイツ PV 産業興隆の大きな要因になったのではないかと、ということである。そこで、展示会場で関係者ら数人にインタビューすると、どうやら「再生可能エネルギー法」(EEG 法) 制定の影響が大きいようである。これを機にドイツのエネルギー政策は大きく転換したといえそうである。

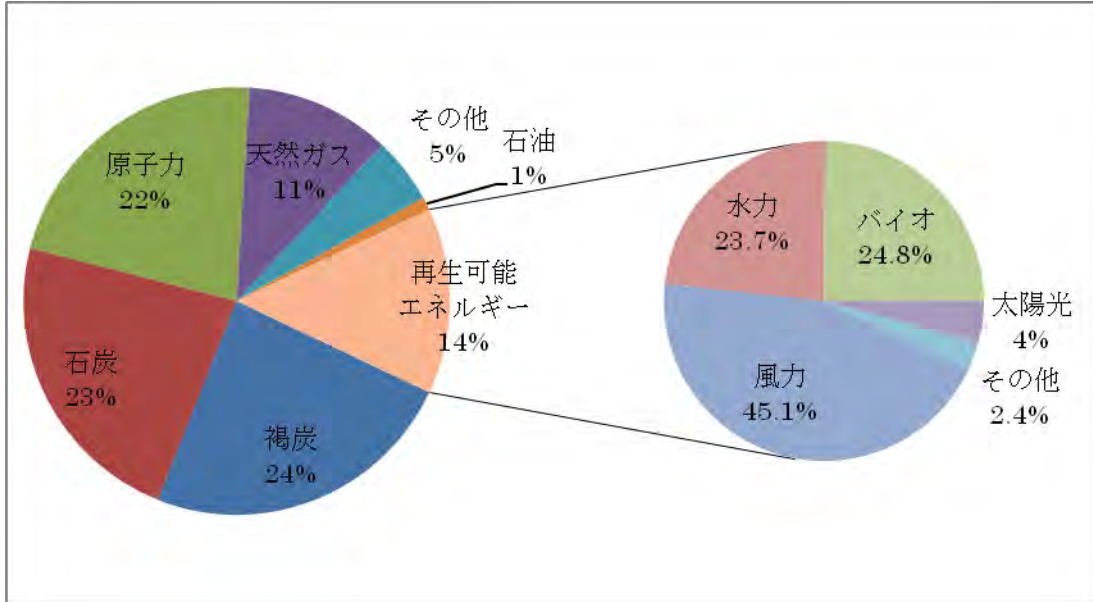
EEG 法とは、一言でいうなら、再生可能エネルギーの普及を目的としてそれらの利用を優先するための法律である。従来と異なる特徴は、FIT (Feed In Tariff)、すなわち電力買取に固定価格が導入された点である。それもドイツの太陽光の場合は、通常の電力料金の 3 倍近い価格での買取が補償されている。このため、PV 産業への莫大な投資が促進されたのである。EEG 法の詳細については別稿で論じることにした。

こうした優遇制度は、太陽光以外にも風力、バイオなどの再生可能エネルギーに対して実施されており、その結果、2000 年時点でドイツ国内の全エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合は 2.6% しかなかったが、2007 年には 14% を占めるまでに至っている (図 2 参照)。

しかし、それ以上に驚いたのは、図 2 をみてもわかるように、再生可能エネルギーで最大の発電量を誇るのは風力発電であったことである。再生可能エネルギー 14% のうち、発電シェアは風力が 45.1% と最大シェアを占めており、続いてバイオ 24.8%、水力 23.7% と続いており、太陽光はわずか 4.0% を占めるに過ぎない。もちろん、この 1、2 年でさらにシェアを伸ばしたと推察されるが、それでも風力発電が圧倒的である。

ちなみに風力発電の設置場所はドイツ北部に集中している。良い風が吹くのだそうだ。一方、太陽光の発電施設はドイツ南部に集中している。日照時間が長いからである。したがって、ドイツでは風力は北部、太陽光は南部と自然エネルギーを使い分けている。なるほど筆者らも PV 展示会の後、ハンブルクから次の調査地ベルリンまで車で移動したが、

図2 ドイツにおける発電シェア (2007)



出所)田辺 (2009) より作成。原出所 Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen as presented by AGEE Stat, ifne

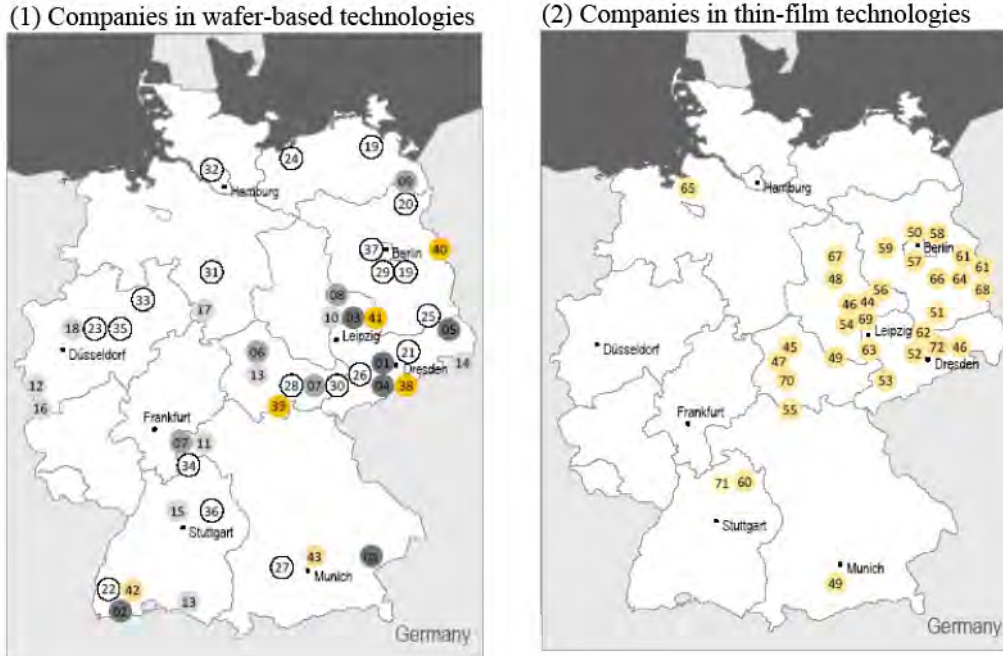
シュレースヴィヒ = ホルシュタイン州、メクレンブルク = フォアポンメルン州、ブランデンブルク州を經由したので、風車をたくさん見かけたはずだ。筆者の一人は、今年4月のハノーバーメッセ (Hannover Messe : 世界最大級の国際産業技術見本市) にも参加しているが、そこでも風力発電の展示会場が最大のスペースを占めており、とあるセミナーでも、ドイツ政府は風力をドイツの電力需要の半分を風力で賄う方針であることが報告されていた。ドイツ再生可能エネルギーの主役は風力なのである。ただし、現在は陸上での風車の設置場所が少なくなってきており、洋上 (オフショア) の設置も検討されている。

実はドイツ国内では、PV 産業が興隆したとはいえ、実態は海外企業の市場となっており、太陽光は「もういいだろう」という議論もある。ドイツ国民からすれば、FIT は海外企業のために税金を払っているようにも見えなくもない。実際に昨年再生可能エネルギー法改正 (Tariff の改定) の際、FIT を減らそうという意見もあり、30%削減を訴えた議員もいたという (太田, 2009)。結局、買取価格の大幅削減は実現しなかったが。

3. 遅れてきたドイツ東部

もうひとつ、PV 展示会に行ってみて分かったことは、ドイツの太陽光発電産業とドイツ

図3 ドイツにおける PV セルおよびモジュール企業の投資分布 (2009)



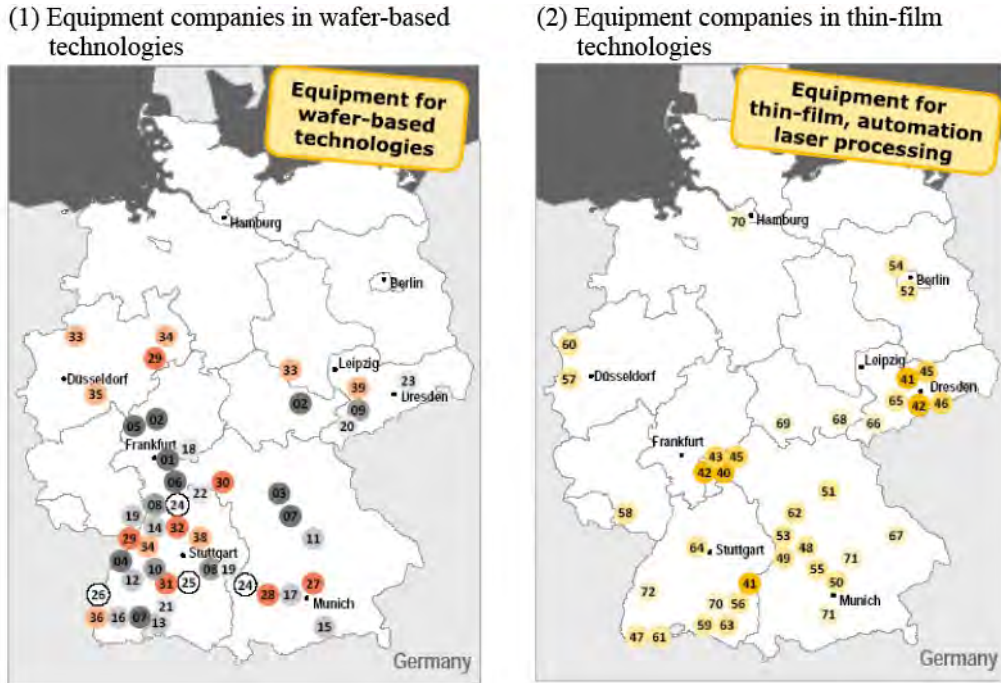
出所) Germany Trade & Invest (2009b) より抜粋。

ツ東部の経済振興策との関わりである。ドイツの PV セル/モジュール企業は、驚くべきことにほとんど東側、とりわけドレスデン、ライプチヒのあるザクセン州、北隣のアンハルト＝ザクセン州、西隣のテューリンゲン州に集中している (図 3 参照)。これら三州一帯の太陽光産業集積は「ソーラーバレー」と呼ばれている。

自動車産業など旧来の産業はドイツ東部を超えて、ポーランドやチェコに工場を作ってしまった。そこで太陽光など新規産業を東に誘致しようとしたわけである。PV 産業については、ザクセン州を中心に三州が中心になって投資誘致した。急成長した First Solar (アメリカ企業) もドイツ東部に進出しており、誘致成功の典型例として取り上げられている。

ドイツ東部にソーラーバレーが作られたのは、EU およびドイツの経済振興策の影響が大きいとされている。EU では加盟国内の経済格差の是正や長期的な EU 経済発展・維持のため、発展地域 (regional competitiveness and employment regions) と発展途上地域 (convergence regions) にわけ、後者に予算を重点配分し、かつ投資減税などの補助を認め

図4 ドイツにおけるPV装置メーカーの投資分布 (2009)



出所) Germany Trade & Invest (2009b) より抜粋。

ている。この EU による分類によれば、ドイツは東西できれいにわかれる。つまり、ドイツ東部はいまだ経済発展が遅れているとされる。このため、1990 年代後半から様々な産業誘致政策が始まった。そのひとつが EU、ドイツ国家、州 (州税が大きい) の三段階で実施された投資インセンティブ制度 (投資の一定割合を税額控除、または現金補助など) である。

詳細は別稿で論じるが、ドイツの投資インセンティブ制度は、主として設備投資費用の低減のための手段として提供されている。受け取れる補助金の金額は、進出地域と企業規模によって異なっている。仮に、中規模企業がドイツ東部に 300 万ユーロ投資した場合、補助金比率 40%、つまり $300 \text{ 万ユーロ} \times 40\% = 120 \text{ 万ユーロ}$ をキャッシュで受け取ることができる。この投資支援効果は計り知れないほど大きいのだ。

このように見てくると、ドイツは PV の市場があっただけでなく、セルなど設備集約型産業を立地するのにも、キャッシュ・インセンティブなどで有利な土地だったといえる。ドイツの中でも、Q-Cells のような会社 (ライプチヒ近郊に立地) が伸びた背景にはこう

した制度的要因がある。ちなみに、ライプチヒにはノーベル物理学賞を輩出した歴史があり、科学は進んでいる。

興味深いのは、こうした東側の投資優遇措置があるにもかかわらず、装置産業は西側に立地しているという点である（図 4 参照）。この点に関して半導体産業や液晶産業で製造装置産業は先進国に立地しているにもかかわらず、半導体産業や液晶パネル産業は新興国で活性化している東アジア地域と状況は極めて似ている（新宅，立本，善本，富田，朴，2008）。詳細については今後の調査課題である。

4. 投資産業化した PV 産業と新興企業の急成長

PV 産業は、アーキテクチャ的な視点で見ても、製造装置メーカーがターンキー・ソリューションを提供したことで、生産工程のオープン・モジュール化が進み、新興企業の参入が促進された。これは筆者らの予想通りである。

しかし、前述の投資インセンティブがあるので、製造ノウハウがパッケージ化され、PV 産業がいわば投資産業となったとき、ドイツ東部は同産業にとってきわめて優位な立地となった。これは近年の半導体産業、液晶パネル産業における台湾の状況と同じといっても過言ではない（立本，2009）。ドイツの PV 産業は、発電所を作っては証券化し、そこに金融資本が投資するという構図が出来上がってしまったのである。

その恩恵を最も大きく受けているとされるのが、新興企業であるドイツの Q-Cells である。同社はドイツ東部ザクセン＝アンハルト州に大工場を作った。前述の投資インセンティブの他、州政府による諸々のインセンティブ制度、例えば R&D 基金や雇用補助金、減税などを最大限に享受していると推察される。同社は、結晶系太陽電池のセル・ビジネスに特化して急成長を遂げた。ただし、昨秋の金融危機とスペイン市場の縮小により、業績が急激に悪化した。こうした現状やセル専門ビジネスのリスクを予期していたのか、同社はすでに戦略転換を図っている。いまやセルだけでなく、モジュール、発電システム事業も手がけており、売上構成もシステム事業がかなり大きくなっている。

もう一社、展示会で関係者らにヒアリングしていくうちに、大躍進を遂げた企業があることを知った。米国 First Solar である。同社の手がける CdTe（テルル化カドミウム）型太陽電池は薄膜型の一つで、同製品分野で業界最大手である。同社はオハイオ州に工場を持つが、近年、ドイツ東部のブランデンブルク州に大規模な設備投資を行い、前述のキャッシュ・インセンティブにより、およそ 4 割もの補助金を受け取っているとされる。

同社の急成長の要因として、展示会場で何人もの業界関係者が口を揃えて指摘したのは、同社の製品は「圧倒的に安い」の一言である。もともと薄膜系太陽電池は結晶系に比べて変換効率が悪いとされるので、トータル・コスト、とりわけ製造コストをいかに下げられるかが重要となる。同社は大幅な製造コスト削減に成功し、大口顧客を獲得、大躍進を遂げたというのである。

ただし、同社の製品は人体に有害なあるカドミウムを使用しており、風雨による溶出を不安視する声も少なくない。同社は、カドミウムを完全に回収するシステムを構築したと公言しているが、それが証明されるには時間を要する。今後の動向を見守るしかない。

5. 欧州 PV 産業の展望

欧州は今後もまだまだ市場拡大が見込まれている。ドイツ市場は昨秋の金融危機で一旦需要は冷え込んだが、今夏から突然復活してきた。スペインは FIT 制限により市場縮小したが、まだ市場が残っている。イタリア、フランス、ベルギーなども数百 W の市場に成長すると見込まれている。東欧や近隣の 아프리카 諸国、北米・南米、オセアニアでも PV の普及が期待されている。

こうした中、日本企業はいかに欧州で生産・販売拡大を図るのか、結晶系で勝負するのか、それとも薄膜系にシフトしていくのか。現地生産に踏み切るのか、それとも輸出で勝負するのか。セル/モジュール・ビジネスに特化していくのか、発電所関連のシステム・ビジネスまで手がけるのか。他社との協業関係はどうするのか等々、興味は尽きない。

幸い日本国内市場は、「日本型買取制度」を新たに創設し、国・地方自治体の PV 導入補助金の復活、余剰電力買取価格を 2 倍（期間は 10 年）、家庭向け PV 設置費用を半額（今後 3-5 年）にするなど、追い風が吹いている（田辺, 2009）。国内で蓄えた技術・ノウハウをいかに海外事業で展開できるか。今後の日本企業の巻き返しを期待したい。

謝辞

今回のドイツ調査の際、多くの日系 PV 関連企業の皆様、独 Q-Cells 関係者の皆様、German Trade & Invest の関係者の皆様、JETRO ベルリン事務所の太田雄彦氏に大変お世話になりました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- Germany Trade & Invest (2009a) *Investment guide to Germany*, Germany Trade & Invest.
- Germany Trade & Invest (2009b) *Investment opportunities in the photovoltaic industry in Germany*.
Germany Trade & Invest.
- JETRO (2009) *Solar power generation companies' strategies for investing in Japan*. JETRO Investment
Japan Department.
- 向井登志広 (2009) 「第 24 回欧州太陽光発電学会(EU-PVSEC)参加報告」東京工業大学, 2009 年 10
月 2 日. [http://www.ide.titech.ac.jp/~nabe/abe-labohpst/\(EU-PVSEC\).pdf](http://www.ide.titech.ac.jp/~nabe/abe-labohpst/(EU-PVSEC).pdf)
- 中村友亮 (2009) 「太陽電池システム導入費用の現状を分析：異なるオペレーション管理が求めら
れる結晶 Si 系と薄膜 Si 系」テクノアソシエーツ. <http://sangyo.jp/ri/pv/pv2009/article/20090609.html>
- 太田雄彦 (2009) 「環境・エネルギー (その 1)」『伯林時評』 72, 1-3.
- Semiconductor International Japan (2009) 「太陽光発電コスト、削減の鍵は工程の自動化にある」『太
陽 光 発 電 技 術 レ ポ ー ト 』 Semiconductor International Japan.
http://www.sijapan.com/content/l_news/2009/06/lo86kc000000hfbx.html
- 新宅純二郎, 立本博文, 善本哲夫, 富田純一, 朴英元 (2008) 「製品アーキテクチャ論による技術伝
播と国際分業の分析」『一橋ビジネスレビュー』 56(2), 42-60.
- 田辺雄史 (2009) 「環境・新エネ産業の動き」JETRO デュッセルドルフセンター.
- 田野辺慧, 戸澤真理 (2009) 「太陽エネルギー産業の機会と脅威 日本企業の競争環境」東京大学
経済学部 2008 年度新宅ゼミ論文.
- 立本博文 (2009) 「国家特殊優位が国際競争力に与える影響 半導体産業における投資優遇税制の
事例」『国際ビジネス研究』 1(2), 59-73.
- 山崎光浩 (2008) 「第 23 回欧州太陽光会議および展示会(EU PV-SEC)について」『NEDO 海外レ
ポート』 1031, 29-35. [http://www.ide.titech.ac.jp/~nabe/abe-labohpst/\(EU-PVSEC\).pdf](http://www.ide.titech.ac.jp/~nabe/abe-labohpst/(EU-PVSEC).pdf)

赤門マネジメント・レビュー編集委員会

編集長 新宅 純二郎

副編集長 天野 倫文

編集委員 阿部 誠 粕谷 誠 高橋 伸夫 藤本 隆宏

編集担当 西田 麻希

赤門マネジメント・レビュー 9巻1号 2010年1月25日発行

編集 東京大学大学院経済学研究科 ABAS/AMR 編集委員会

発行 特定非営利活動法人グローバルビジネスリサーチセンター

理事長 高橋 伸夫

東京都文京区本郷

<http://www.gbrc.jp>