

Discussion Paper Series

RIEB

Kobe University

DP2014-J02

IEEE PVSC (太陽光発電専門家会議)
の発表動向の分析*

松本 陽一

2014年3月19日

*この論文は神戸大学経済経営研究所のディスカッション・ペーパーの中の一つである。
本稿は未定稿のため、筆者の了解無しに引用することを差し控えられたい。



神戸大学 経済経営研究所

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 2-1

IEEE PVSC (太陽光発電専門家会議) の発表動向の分析¹

松本陽一

論文要旨

太陽光発電の世界的な学会である IEEE PVSC の 2010 年大会の学会発表データをもとにして、この分野における日本のプレゼンスを分析した。結果として、①日本は全体として大きな存在感を持っている、②研究発表数から、日本では薄膜シリコン太陽電池関連の研究開発が盛んである、③論文の被引用文献数から、日本の薄膜シリコン太陽電池関連の研究は相対的に強い、という 3 つの観察をえた。日本における研究開発の動向と市場の動向とは必ずしも適合的な関係にはないことが分かった。

キーワード

太陽電池、研究開発、学会発表

1. 本稿の動機

近年の日本におけるイノベーション研究の中心的な課題のひとつは、なぜ技術力で優位にあるはずの日本企業が先端的な製品分野で高水準かつ安定的な収益の獲得に失敗するのか、というものである。学術研究だけでなく、多くの論者によって関連する論文や著書が公刊されてきた（たとえば、伊藤、2005；榊原、2005；井上編著、2006；榊原・香山編著、2006；山田、2010；若林、2009；小川、2009；妹尾、2009；湯之上、2012）。これらの研究では、日本企業が優れた技術力を持ちながら企業間競争において劣位に立たされた例として半導体（DRAM）、液晶ディスプレイ、薄型テレビ、DVD 関連機器、カーナビ、携帯電話などを分析対象としている。

ひとつの例として液晶テレビを見てみよう。液晶テレビは 1998 年にシャープの町田勝彦社長（当時）が 2005 年までにテレビの画像出力装置をブラウン管から液晶に置き換えると宣言し、急速に市場が拡大した（町田、2008）。2003 年にはシャープの市場シェア（全世界）が 48.1%、ソニーが 14.9%、松下電器産業（当時）が 13.1%で、この 3 社だけで全世界の 76.1%を占めていた。ところが、10 年後の 2012 年にはシャープのシェアは 5.4%、ソニーは 7.8%、パナソニックは 6.0%で、3 社合わせたシェアは 19.2%にまで低下している。日本企業に取って代わったのが韓国企業で、サムスン電子と LG 電子とを合わせたシェアは同じ期間に 17.3%から 42.7%へと増加した（数値の出所は日本経済新聞の世界シェア調査

¹ 本論文は科研費（22730293）の成果の一部である。

記事)。

ここで参照した資料では 2005 年までが台数シェア、2006 年以降は金額シェアとなっており、データの連続性が確保されていない。そこで 2006 年以降に議論を限定すると、2006 年から 2012 年までの間に市場規模は 490 億 5130 万米ドルから 1046 億米ドルへと 2 倍超に成長している²。2006 年のシェアはソニーが 16.2%、シャープが 11.5%なので、市場規模が 2 倍になる中で、この 2 社のシェアは半減したことになる。この間に両社のテレビの売上げがほぼ横ばいだったことを、このデータは示唆している。要するに市場の急拡大について行けなかった(あるいはついて行かなかった)のである。

さて、本研究が分析対象とする太陽電池においても、これと類似の現象が起きている。ただし、結論を先に言うと、似ているが同じことが起きている訳ではない。

日本では 1970 年代から太陽光発電に関する技術開発が国の支援を受けて継続的に実施され、1994 年からは「住宅用太陽光発電システムモニター事業」という補助金制度がスタートした。結果として太陽光発電導入量では 1997 年から 2004 年まで 8 年連続で世界トップに立った。ところが 2000 年にドイツにおいて再生可能エネルギーによる電力の固定価格買い取り制度 (FIT) が施行され、2004 年に太陽光発電の買い取り価格が引き上げられると、状況は一変した。日本の存在感は低下しはじめ、2004 年には単年の導入量でドイツに首位の座を明け渡した。その後、FIT を導入したスペイン、イタリアでも爆発的に太陽光発電の導入が進んだ。欧州では FIT の電力買い取り価格が相対的に高い国に太陽電池の供給が集中し、スペイン、イタリア、ドイツの 3 カ国においては、急激な導入量の拡大、買い取り価格の引き下げ、急激な導入量の縮小、というプロセスをたどっている。これを太陽光発電市場の健全な発展と言ってよいのか否かについては議論の余地がある。いずれにせよ市場の大きさという点において日本の国際的な位置づけは以前よりも小さくなった。

欧州における太陽光発電市場の爆発的な拡大と、それに比べた場合の日本市場の停滞を追うようにして、日本企業の存在感も低下した。1990 年代の後半から、日本企業の世界シェアは高水準で推移していた。シャープは 2000 年から 2006 年まで 7 年連続で太陽電池の世界シェア 1 位であった。日本の太陽電池生産量は 1999 年から 2005 年まで 7 年連続で世界一を維持しており、2005 年には世界の上位 5 社中 4 社までを日本企業が占めた(「NEDO BOOKS」編集委員会、2007 年)。その 4 社(シャープ、京セラ、三洋電機、三菱電機)のシェアを合わせると 46%に達する。ところが 2007 年にシャープがドイツの Q セルズ社にシェア 1 位の座を明け渡すと、各社のシェアは急速に低下していき、2010 年には世界シェア 5 位以上に位置する日本企業は存在しなくなった。代わって首位に立った Q セルズは、しかし 2012 年に経営破綻し、韓国のハンファグループに買収された。現在、市場で圧倒的な存在感を占めているのは中国企業である。2012 年には上位 5 社が全て中国系企業(4 位

² 2010 年から集計が「液晶テレビ」ではなく「薄型テレビ」になった。それ以降は PDP テレビの数値を含んでいる。なお、市場規模が最も大きかったのは 2010 年の 1131 億 5022 万米ドルである。

のカナディアン・ソーラーを含む) になった。この間、日本企業は着実に生産数量を伸ばしている。しかしながら、中国企業の成長意欲はすさまじく、そのスピードについて行けていない (あるいはついて行っていない)。

なお、中国企業の急成長は利益を伴ったものでは必ずしもない。例えば 2012 年のモジュール生産量上位 10 社全て (中国系メーカー以外にアメリカのファーストソーラー、日本のシャープ、アメリカのサンパワーを含む) が赤字である (『東洋経済 ONLINE』、2013 年 4 月 20 日)。最大手だったサンテックパワーは 2013 年に最大の子会社である無錫サンテックパワーが法的整理の対象となり江蘇順風光電科技に買収された。したがって日本企業がシェアを失ったことだけを取り上げて問題視するのは正しくない。しかしながら、かつて世界をリードした日本および日本企業の存在感が著しく低下していることは確かである。既視感を覚えずにはいられないことが、太陽電池の世界で起きている (小川、2009)。

ところが、これまでの「技術で勝って、事業で負ける」事例と異なる特徴を太陽電池は持っている (青島、2012)。日本企業が技術開発をリードしてきた製品分野においては、当該製品が世界的な競争優位を失った後も、関連する部品や素材、製造装置などにおいて、日本は引き続き強い競争力を持ち続けてきた。このことから「せっかく技術開発でリードしても、製品の技術的な特性がモジュラー化したによって、市場で流通している部品を組み立てることで十分な性能を備えた製品を作ることができるようになった。日本企業から優れた部品や材料を買い、あるいは製造装置を買うことで新興企業のキャッチアップが容易になってしまった。」という論理は成立しうる。ところが太陽電池の場合、その中間財や製造装置においても、日本企業の存在感は決して大きくない。

現在、太陽電池の主流となっている技術方式は結晶シリコンを用いた太陽電池である。この結晶シリコン太陽電池の主要部材について、入手可能な最新の市場シェア (2012 年) を見てみよう (データの出所は富士経済『太陽電池関連技術・市場の現状と将来展望 (2013 年版) 上巻』)³。まずシリコンインゴットの原料となるポリシリコンでは、Wacker Chemie (米) が 16.5%、GCL Poly (中) が 16.1%、OCI Company (韓) が 14.3%、Hemlock (米) が 13.0%、REC Silicon (米) が 9.3%で、続いてトクヤマ (日) が 3.9%となっている。シリコンインゴットとウェハ (単結晶・多結晶) では中国の GCL Poly (中) が 16.5%、Yingli Green Energy (中) が 6.7%、Jinglong (中) が 5.3%、ReneSola (中) が 4.4%、Suntech Power (中) が 4.2%と、中国企業が名を連ねている⁴。さらに太陽電池セルを基板に封止するための封止材 (大半が EVA) では Hangzhou First PV Material (中) が 37.5%、三井化学東セロ (日) が 14.0%、Shenzhen Sveck Technology (中) が 10.0%、ブリヂストン (日) が 8.0%と続く。太陽電池セルの電極材料である銀ペーストでは、DuPont (米)

³ 以下、企業名の後の括弧内は国籍を示している。この国籍は引用元の記載の通りである。本社所在地ではなく生産拠点を示しているものと思われる。

⁴ ただし、このシェアについては各社の事業形態 (垂直統合のあり方) が関係している面がある。たとえば京セラは自社の太陽電池用にインゴットの精製を行っており、大きな生産能力を有していると思われるが、自社向け生産であるためにここではランクインしない。

が 50.0%、Sumsung Cheil Industries (韓) が 12.5%、Heraeus (独) が 12.5%、Giga Solar Materials (台) が 10.0%となっている。総じて言えば、シリコン材料では中国系が強く、その他では欧米企業が強く、いくつかの日本企業がそこに食い込んでいるという構図である。

つぎに、結晶シリコン太陽電池を製造するプロセスにおいて代表的な装置を取り上げて、入手可能な最新のシェア (2011 年) を見てみよう (データの出所は富士経済『太陽電池関連技術・市場の現状と将来展望 (2012 年版) 下巻』。なお拡散炉のみ 2011 年版を参照しており、シェアは 2010 年の内容。)。まず単結晶シリコンのインゴット引き上げ装置ではフェローテック (日) が 26.7%、Beijing Jingyuntong Technology (JYT) (中) が 26.0%、XUAT Crystal Growing Technology (中) が 10.0%である。シリコンの塊を薄くスライスするワイヤーソーでは、コマツ NTC (日) が 34.5%、Meyer Burger (瑞) が 31.0%、Applied Materials (米) が 13.8%、トーヨーエイテック (日) が 10.3%と続く。シリコンのセルに pn 接合を施す拡散炉では、シェア首位は Centrotherm (独) で 33.3%、続いて Despatch Industries (米) で 21.4%、Tempress Systems (蘭) が 14.3%、光洋サーモシステム (日) が 11.9%である。つぎに反射防止膜形成用のプラズマ CVD 装置では、首位が Centrotherm (独) で 45.0%、続いて Roth & Rau (独) が 20.0%、島津製作所 (日) が 10.0%、Apollo Solar Energy Power (中) が 7.5%となっている。そして電極形成のスクリーン印刷装置では、Baccini (伊) が 76.9%、ASYS (独) が 10.3%と、この 2 強で市場の大半を押さえている。太陽電池セルを基板に挟み込んで圧着するラミネーターでは Spire (米) が 28.6%、NPC (日) が 23.8%、日清紡メカトロニクス (日) が 9.5%、Jinchen Machinery (中) が 6.7%となっている。ワイヤーソーなど日本企業が強い分野は確かに存在し、いくつかの日本企業が世界シェアの上位に名を連ねている。

太陽電池の部品や材料、製造装置における世界シェアを見ると、確かにある程度の競争力を持った日本企業は存在する。しかし、多くの分野においてシェア首位の座には海外企業がついている。かりにトップの企業から購入して太陽電池製造を始めようとするれば、ほとんど日本企業の関与なしに太陽電池を生産することができる。したがって、日本企業が手がける中間財が海外に流出しているとは言いがたい⁵。新興企業が調達しているのは主として欧米のメーカーによる部品、材料、製造装置であり、近年では中国メーカーもシェアをのばしている。

日本では国の継続的な支援をうけて太陽光発電の研究がおこなわれてきた。そして、太陽光発電の技術開発に日本は重要な貢献をしてきた (「NEDO BOOKS」編集委員会、2007 年)。たとえばプラズマ CVD 装置を利用した反射防止膜の形成は島津製作所の協力をえて

⁵ たとえば島津製作所のプラズマ CVD 装置は反射防止膜形成においてプロセスの簡略化と変換効率向上を同時に成し遂げた画期的な装置であり、国内市場においてはほぼ独占的な地位を得ているが、海外展開では苦戦している (島津製作所でのパーソナル・インタビュー、2013 年 10 月 4 日)。

京セラが実用化した。銀ペーストを焼成する際に、その窒化膜を貫通する形で極めてシンプルに電極を形成するファイヤー・スルーのプロセスはシャープが実用化した。これらの技術は現在、世界中で広く用いられている。いずれも 1980 年代に実用化された技術である（小長井・植田共編、2013 年）。ところが、太陽電池ばかりでなく部品や材料に至るまで日本企業は世界的な存在感を失いつつある。過去の貢献の大きさと現状との間に大きなギャップが存在するのである。だとすれば、エレクトロニクス機器を中心とする製品分野の研究において前提とされてきた「技術力では勝っている」という条件は、現在の太陽電池の競争においても当てはまるのだろうか。技術力の部分に何らかの課題をかかえている可能性はないのだろうか。このような疑問に対する出発点として、本研究では太陽電池の研究開発における現在の日本のプレゼンスがどのようなものかについて、代表的な学会の発表動向から検討する。

2. 調査の方法

ここでは太陽光発電技術の世界的な学会のひとつである IEEE PVSC (Photovoltaic Specialists Conference) の 2010 年の学会発表データを用いて、日本の組織に所属する研究者の発表動向が現状で世界的にどのようなプレゼンスをもっているのかを分析する。

IEEE は米国の電子・電気関連の世界最大の学会である。この学会ではさまざまな専門領域ごとに会議を開催しており、太陽光発電技術の会議である PVSC は 1961 年から、数年の例外を除いて、ほぼ毎年開催されてきた。太陽光発電の学会としては他に EU-PVSEC や International PVSEC が存在している。IEEE では過去の学会発表論文の書誌データを「IEEE explore」という独自のデータ検索サービスを通じて提供しており、データ入手可能性が最も高い。そこで、この研究では IEEE PVSC の発表動向を調査する。

今回、調査対象としたのは 2010 年にハワイで開催された大会である。この大会のプログラムには 799 件の発表が掲載されている。そこから市場で流通している太陽電池の技術に関する論文を抽出した。太陽電池にはいくつかの技術方式があるが、主に流通しているのは結晶シリコン太陽電池（単結晶、多結晶）、薄膜シリコン太陽電池、化合物半導体系の太陽電池のうち CdTe と CI(G)S である。IEEE PVSC では技術方式別にセッションが設定されている。セッションの設定方法は大会ごとに異なるが、2010 年大会においては、10 の領域に分けられている（表 1）。それぞれのセッションにはさらに詳細な複数のテーマがある。このうち Area 2 の「CIGS and CdTe Thin Film Solar Cells and Related Materials」、Area 4 の「Crystalline Silicon Technologies」、Area 5 の「Amorphous, Nano, and Film Si Technologies」を、それぞれ順に「化合物半導体関連発表」、「結晶シリコン関連発表」、「薄膜シリコン関連発表」として、各セッションで発表された論文を分析した⁶。

⁶ なお、化合物半導体関連発表は CI(G)S と CdTe の二つを扱っているが、日本では CdTe の技術開発は現在では行われておらず、これら二つを合わせてひとつのセッションとして

表 1 IEEE IVSC 2010 のセッション一覧

セッション番号	セッションの名称
Area 1	Fundamentals and New Concepts for Future Technologies
Area 2	CIGS and CdTe Thin Film Solar Cells and Related Materials
Area 3	III-V and Concentrator Technologies
Area 4	Crystalline Silicon Technologies
Area 5	Amorphous, Nano, and Film Si Technologies
Area 6	Organic Photovoltaics
Area 7	Space Technologies
Area 8	Advances in Characterization of Photovoltaics
Area 9	PV Modules and Terrestrial Systems
Area 10	PV Velocity Forum

これらのセッションで、結晶シリコン関連の発表が 178 件（うちポスター137 件）、薄膜シリコン関連の発表が 78 件（うちポスター54 件）、化合物半導体（CIS、CdTe）関連の発表が 117 件（うちポスター75 件）あった。IEEE PVSC では口頭発表とポスター発表という異なる発表形態が存在する。口頭発表が伝統的な学会発表のスタイルであるのに対して、ポスター発表は決められた時間に決められたブースにポスターを掲示し、著者のだれかが質問をその場で受けつける。口頭発表に比べるとカジュアルで、発表準備の負担が軽い。一般に、ポスター発表は件数が多い。したがって口頭発表の方がより高い質の発表が多いと考えられる。そこで発表形態の違いを考慮した分析をおこなった。技術分野別に各国の発表件数（国籍は筆頭著者の所属組織の住所を利用）、全体に占めるシェアを算出した。さらに口頭発表について、当該論文が引用している文献の筆者、所属組織、筆頭著者の所属組織の国籍の情報を追加した。この調査では各引用文献（学術雑誌）や書籍の書誌情報をインターネットで検索した。これによって、どういう研究者の研究がよく引用されているかが明らかになり、2010 年現在の研究に対する影響度の大きさを知ることができる。また、引用文献については、自己引用か否かについても調査した。ここで自己引用と呼んでいるのは、当該論文（発表）の筆頭著者が、引用している文献の著者の中に含まれているか否かを意味している。2010 年の発表論文が引用している文献数は結晶シリコンで 538 件、薄

見たときには、全体に占める割合が低くなることには注意が必要である。

膜シリコンで 308 件、化合物半導体で 396 件であり、合計 1242 件の被引用文献について目視による書誌情報の同定作業を行った。

3. 結果

表 2 は発表上位国の順位と、各領域における内訳を示している。アメリカの組織の研究者の発表数が突出して多く 379 件である。次いで多いのが日本からの発表で 94 件、ドイツが 65 件、台湾が 44 件、韓国が 38 件、オーストラリアが 24 件と続く。IEEE はアメリカの学会であるから、アメリカからの発表数が飛び抜けて多いことの要因には地理的な要因が関わっているように思われる。日本はその 4 分の 1 ほどの発表件数であり、アメリカと比べると少なく見えるけれども、その次のドイツが日本のさらに 3 分の 2 程度の件数であることを考えれば、日本の研究者の学会におけるプレゼンスは非常に大きいと言えるように思われる。

表 2 上位 10 カ国の発表件数

	結晶シリコン	薄膜シリコン	化合物半導体	その他	計
アメリカ	62	20	70	227	379
日本	10	17	9	58	94
ドイツ	37	3	3	22	65
台湾	11	8	5	20	44
韓国	9	7	13	9	38
オーストラリア	12	3	0	9	24
オランダ	5	7	1	9	22
インド	3	2	1	8	14
イギリス	1	1	0	11	13
カナダ	0	3	3	6	12

さらに表 3 では、上位 3 カ国の発表件数の主要技術ごとの内訳を示している（括弧内は口頭発表のみの数値）。まず日本は結晶シリコン系の発表件数が 10 件（2 件）で、全体に占

める割合は5%前後である。薄膜シリコンでは17件(口頭6件)で、こちらは21.8%(25%)と結晶系よりも高いシェアである。そして化合物では9件(4件)で、シェアは7.7%(9.5%)となっている。同様にアメリカの内訳を見ると、結晶系では62件(12件)で34.8%(29.3%)となっている。次に薄膜系では20件(8件)でシェアは25.6%(33.3%)となっている。化合物系では70件(29件)で、割合は59.8%(60%)である。日本の場合には薄膜シリコンがセッションの発表件数に占める割合が顕著に高かったのに対して、アメリカでは化合物半導体のセッション全体に占める割合が極めて高い。続いてドイツを見ると、結晶シリコンでは37件(19件)で、割合は20.8%(46.3%)となっている。アメリカとは異なり、口頭発表だけに限った方が発表件数に占めるシェアが高まることから、結晶シリコンの技術において相対的にレベルの高い発表がドイツの発表には多い可能性がある。ドイツはその他の薄膜系と化合物系の発表件数が少ない。結晶シリコン系の技術開発に集中している。

発表件数を現在の技術開発の注力の度合いを表すものと考え、日本では薄膜シリコンに対する注力度が高い。その一方で結晶シリコン系への取り組みは多くない。化合物半導体はその中間に位置している。それに対してアメリカは化合物半導体におけるプレゼンスが極めて高く、口頭発表だけで見れば全体の7割近くを占めている。ドイツは結晶シリコン系に注力しており、こちらも口頭発表だけを見ると全体の5割近くを占めている。

表3 日米独の発表の技術別内訳

技術	件数合計	日本		アメリカ		ドイツ	
		件数	割合	件数	割合	件数	割合
結晶シリコン	178 (41)	10 (2)	5.6 (4.9)	62 (12)	34.8 (29.3)	37 (19)	20.8 (46.3)
薄膜シリコン	78 (24)	17 (6)	21.8 (25)	20 (8)	25.6 (33.3)	3 (1)	3.8 (4.2)
化合物半導体	117 (42)	9 (4)	7.7 (9.5)	70 (29)	59.8 (69)	3 (2)	2.6 (4.8)

注：括弧内の数値は口頭発表のみの値。

つぎに、表4は口頭発表を行った論文が引用している文献(被引用文献)の内訳を同じ3カ国について示している(括弧内は自己引用を除いた数値)。日本は論文件数と同じように被引用文献のシェアにおいても薄膜シリコンが高くて41件(32件)、セッションに占めるシェアは26.0%(26.9%)となっている。次に高いのが化合物半導体で41件(29件)、シ

シェアは 10.4% (9.4%) である。結晶シリコンは最も低くて 41 件 (32 件) でシェアは 7.6% (7.2%) である。次にアメリカを見ると、発表件数と同じく化合物半導体が 202 件 (136 件) と多く、シェアは 51.0% (44.3%) となっている。若干の違いはあるものの、結晶シリコンと薄膜シリコンはともに自己引用を除いた被引用シェアが 23~24% で大きな違いはない。ドイツもまた発表件数と同様に結晶シリコンで大きな存在感を示しており、197 件 (141 件) で、シェアが 36.6% (31.8%) となっている。薄膜シリコンと化合物半導体は相対的に小さなシェアを占めるにとどまっているが、それでも薄膜シリコンが 11.7% (12.9%)、化合物半導体は 13.1% (16.6%) あり、化合物半導体については日本を上回るシェアを占めている。

表 4 被引用文献のうち日米独文献の技術別内訳

技術	件数合計	日本		アメリカ		ドイツ	
		件数	割合	件数	割合	件数	割合
結晶シリコン	538 (443)	41 (32)	7.6 (7.2)	129 (110)	24.0 (24.8)	197 (141)	36.6 (31.8)
薄膜シリコン	308 (249)	80 (67)	26.0 (26.9)	90 (59)	29.2 (23.7)	36 (32)	11.7 (12.9)
化合物半導体	396 (307)	41 (29)	10.4 (9.4)	202 (136)	51.0 (44.3)	52 (51)	13.1 (16.6)

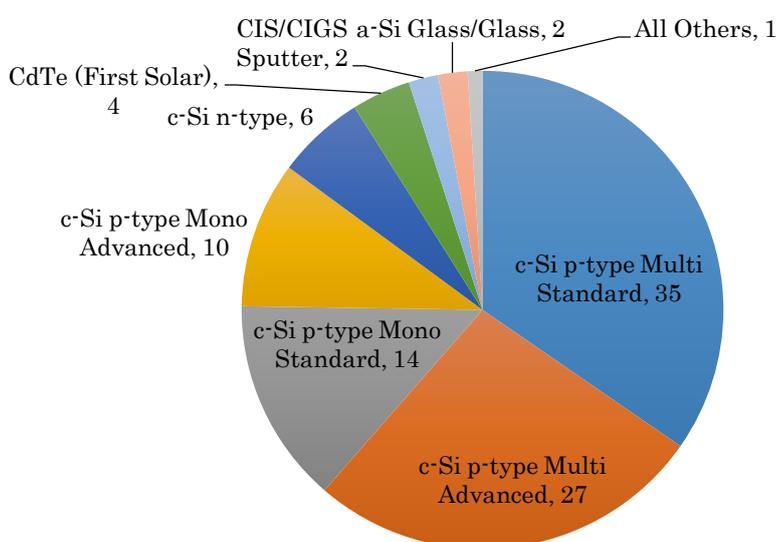
注：括弧内の数値は自己引用を除いた値。

4. ディスカッション

ここまでの作業をまとめると、太陽電池の研究開発における日本のプレゼンスについて、大別 3 つの特徴を指摘することができる。第 1 に、発表件数全体としてみると、日本の存在感は非常に大きい。IEEE がアメリカの学会であり、そのアメリカに次いで 2 番目の発表件数であるということは、学会全体で大きなシェアを持っているといえる。第 2 に、発表件数とシェアを見ると、日本の研究者による発表はとりわけ薄膜シリコン関連技術において多い。件数でもシェアでもアメリカは 3 つの領域で高い数値であるけれども、その中でも化合物半導体の領域で極めて多くの研究が行われている。ドイツでは結晶シリコンの領域に注力している。つまり、上位 3 カ国に限って見ると、それぞれ注力している分野が異なっており、日本は薄膜シリコンに重きを置いているといえる。発表件数とシェアの大き

さから見て、日本の研究の注力度合いは薄膜シリコン、化合物半導体、結晶シリコンの順に大きい。第 3 に、この傾向は被引用件数およびシェアの結果とも整合的である。すなわち、日本は薄膜シリコンが最も強い分野であり、アメリカは化合物半導体が、ドイツは結晶シリコンが最も強い。そして日本の被引用文献が薄膜シリコン、化合物半導体、結晶シリコンの順に多いこともまた共通している。ドイツは結晶シリコンの被引用件数とシェアにおいてアメリカをも上回る存在感を持っているのに対して、日本の薄膜シリコンにおける被引用件数とシェアはアメリカと同程度である。

図 1 太陽電池の技術別市場シェア (2014 年予測)



注：Solar Buzz のデータをもとに作成した。2014 年 2 月 3 日参

照。 <http://www.solarbuzz.com/jp/news/recent-findings/multicrystalline-silicon-modules-dominate-solar-pv-industry-2014>

日本は太陽電池の技術開発で世界的に大きなプレゼンスを持っているが、それは薄膜シリコン太陽電池の技術が中心で、その次に化合物半導体、そして結晶シリコン太陽電池という順番である。このことは、現在の市場における技術の動向を考えると、やや意外な結果である。というのも、こんにちの市場で流通している太陽電池の圧倒的多数が結晶シリコン太陽電池だからである。図 1 は 2014 年の太陽電池市場の技術別のシェアの予想値を示している。圧倒的多数が結晶シリコン太陽電池で 91%、それに次いで多いのが化合物半導体で 6%、薄膜シリコン（アモルファスシリコン）太陽電池が 2%となっている。つまり、市場では結晶シリコン太陽電池、化合物半導体太陽電池、薄膜シリコン太陽電池の順に売れているけれども、日本が注力し、また被引用度で強さを示しているのは薄膜シリコン太陽電池であって、化合物半導体太陽電池と結晶シリコン太陽電池は、薄膜シリコン太

陽電池との比較においても、また他の主要国の同じ技術分野の研究との比較においても、十分な存在感を示していない。

ただし、このような状況が過去数十年にわたって一貫する日本の特徴だとは考えにくい。既述の通り、結晶シリコン太陽電池において、現在の実用化を支える技術開発を日本企業は成し遂げてきたからだ。ところが現在では結晶シリコン太陽電池におけるプレゼンスは著しく低下している。問題は、それがいつ起きたのかということである。太陽光発電の市場が急拡大する前や日本企業のシェアが低下する前に起きたのであれば、技術開発に何らかの問題があった可能性は高まる。それに対して、市場の急拡大後に起きたのであれば、欧州における爆発的な普及の中心的役割を果たしたドイツで、結晶シリコン太陽電池への関心が高まり、すでに「枯れた」はずの方式の研究に多大な投資が注がれているということかもしれない。より長期間にわたるデータを収集し、この点を明らかにすることが今後の課題である。

これと併せて、学会発表のデータがもつ意味について慎重な検討が必要である。IEEE は応用よりの学会であるけれども、その発表動向にそのまま企業の競争状況が投影されている訳ではないだろう。本稿で観察した学会発表と市場で主流になっている技術方式との違いは、さまざまなプレイヤーが学会発表をどのようなものとして利用しようとしているかに関わっている可能性があり、研究開発の担い手が異なれば、市場の成熟段階に合わせて学会発表に積極的になる／控えるようになる等の違いが生じるかもしれない。

参考文献

青島矢一（2012）「環境、エネルギー、産業競争力の両立を考える：ミクロの視点の重要性」『一橋ビジネスレビュー』59巻4号、pp. 78-96。

青島矢一・武石彰・マイケル・A・クスmano編著（2010）『メイド・イン・ジャパンは終わるのか：「奇跡」と「終焉」の先にあるもの』東洋経済新報社。

「NEDO BOOKS」編集委員会（2007）『なぜ、日本が太陽光発電で世界一になれたのか』独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）。

井上達彦編著（2006）『収益エンジンの論理：技術を収益化する仕組みづくり』白桃書房。

伊藤宗彦（2005）『製品戦略マネジメントの構築：デジタル機器企業の競争戦略』有斐閣。

小長井誠・植田譲（2013）『太陽電池技術ハンドブック』オーム社。

町田勝彦（2008）『オンリーワンは創意である』文春新書。

延岡健太郎（2011）『価値づくり経営の論理：日本製造業の生きる道』日本経済新聞出版社。

小川紘一（2009）『国際標準化と事業戦略：日本型イノベーションとしての標準化ビジネスモデル』白桃書房。

榭原清則（2005）『イノベーションの収益化：技術経営の課題と分析』有斐閣。

榭原清則＋香山晋（2006）『イノベーションと競争優位：コモディティ化するデジタル機器』NTT出版。

妹尾堅一郎（2009）『技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか：画期的な新製品が惨敗する理由』ダイヤモンド社。

若林秀樹（2009）『日本の電機産業に未来はあるのか』洋泉社。

山田基成（2010）『モノづくり企業の技術経営：事業システムのイノベーション能力』中央経済社。

湯之上隆（2012）『「電機・半導体」大崩壊の教訓：電子立国ニッポン、再生への道筋』日本文芸社。