

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 4 日現在

機関番号：32503

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22830072

研究課題名（和文） 太陽電池産業におけるものづくりの国際経営戦略に関する調査研究

研究課題名（英文） International manufacturing management in photovoltaic module industry

研究代表者

久保 裕史（KUBO HIROSHI）

千葉工業大学・社会システム科学部・教授

研究者番号：20581151

研究成果の概要（和文）： 成長著しい中国太陽電池産業を、ものづくり国際経営の視座から調査分析した。現在の中国の国内生産・海外輸出の立地優位は、①組み合わせ型技術の設計思想、②外国人専門家や帰国留学生を重用する組織能力、③経済技術開発特区を中心とする産業クラスター、の3つが有機的に結びついてもたらされているものと考えられる。本結果を基に、日本企業が採るべき3つの戦略（部材・設備、高性能モジュール、システム）を提案した。

研究成果の概要（英文）： Chinese growth industry of photovoltaic (PV) module was investigated and analyzed from three points of international manufacturing management view. It is concluded that comparative location advantage of Chinese PV module industry for exportation is brought by an organic combination of ① modular architecture, ② active foreign experts and international graduates and ③ industrial cluster around Economic and Technological Development Zone. Three strategies of components and equipment, high efficiency module and system for Japanese manufacturers were proposed based on these results.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010 年度	1,160,000	348,000	1,508,000
2011 年度	1,140,000	342,000	1,482,000
年度			
年度			
年度			
総 計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学、経営学

キーワード：太陽電池産業、ものづくり経営、アーキテクチャ、組織能力、産業地理学

1. 研究開始当初の背景

現在の我が国において、「環境・エネルギー問題の解決」と「ものづくり産業の復活」は、いずれも重要な課題である。前者の「環境エネルギー」問題に関する研究や調査結果は数多く報告されている。例えば、「環境エネルギー」における「環境」問題そのものについては「環境白書」¹⁾等に詳述され、「環境

エネルギー問題」についても「製造基盤白書（ものづくり白書）」²⁾等に詳しく分析・報告されている。また、現在の日本の「ものづくり産業」が抱える諸問題とその原因分析結果については、「ものづくり白書」に詳述されている。

プラザ合意以降の20数年の間には、円高、日本バブル崩壊、アジア工業国の台頭、ITに

よる米国経済復活、WTO体制下の貿易・投資規制の緩和等の大きな経済変化があり、急激なグローバル化が進んで、世界的なアジアへの集中投資と日・亜・欧米間の活発な三角貿易を生じた。この日本を取り巻く経済状況の激変と平行して、国内の学術面では東京大学ものづくり経営研究センター（MMRC、21世紀COEプログラム）を中心とする精力的な研究活動により、ものづくり経営の体系化が進められた³⁾。藤本らは「ものづくり」の概念を、顧客満足価値を有する設計情報の創造（開発）と媒体への転写（生産）、顧客への発信活動（販売）と捉え、新宅らはこの概念をベースにものづくり国際経営論⁴⁾に展開している。一方、国外では多国籍企業の興隆とともに、「グローバル戦略」⁵⁾に関する研究が進んだ。その内容は大きく見て、「所有者の経営支配」と「経営資源の移動」⁶⁾⁷⁾、「取引内容の内部化」⁸⁾、「立地優位性の獲得」⁹⁾という4点に集約される。前項で述べたとおり、新宅らの研究は、アーキテクチャ論を柱に組織能力論やアジア産業地理学を絡め、ものづくりの経営論を系統的にミクロレベルまで展開して、企業の戦略立案策定に理論的裏付けを与えた点で画期的といえる。その調査対象分野は、自動車、オートバイ、液晶パネル、薄型テレビ、光ディスク、HDD、パソコン、携帯電話など非常に広い範囲に及ぶ。

しかしながら、彼らの研究対象は大きく見て自動車関連とエレクトロニクス産業に限られ、今後益々重要となる環境エネルギー分野については、全く研究対象に採り上げられていない。

アジア中心のものづくりのグローバル化が急速に進行している現在、日本が技術的に先行している環境エネルギー分野のものづくり産業の構造は一体どのようになっているのか、そして本分野で将来も日本が優位に立ち続けていく為のものづくり戦略はどうあるべきか、これらの問題に対して、理論的裏付けを与える本研究の学術的意義は極めて高い。

〔参考文献〕

- 1) 環境白書（環境省、2009年6月）
- 2) 製造基盤白書（ものづくり白書）（経産省/厚労省/文科省、2009年5月）
- 3) ものづくり経営学（藤本隆宏、2007年3月、光文社）
- 4) ものづくりの国際経営戦略（新宅純二郎・天野論文、有斐閣、2009年4月）
- 5) Porter, M. E., "Competition in Global Industries", (Boston, M. A: Harvard Business School Press. 1986年)
- 6) Knickerbocker, F. T. "Oligopolistic Reaction and Multinational enterprise," (Cambridge MA: Harvard University Press, 1973)

- 7) Vernon, R. "International Investment and International Trade in the Product Cycle," (Quarterly Journal of Economics, Vol. 80, No. 2, 190-207. 1966)
- 8) Casson, M. "The Firm and the Market," (MA: MIT Press, 1987)

2. 研究の目的

上記問題解決に学術面から貢献するため、進境著しい中国の太陽電池産業を採り上げ、その構造の本質を、「製造・工程アーキテクチャ」、「ものづくり組織能力」、「地域別風土・環境」という3つの観点から、実証論的・比較論的に分析し明らかにする。次にその結果に基づいて、国際分業化社会における日本の太陽電池関連産業のものづくり国際経営のあるべき姿を描き、その実現に向けた戦略作りに繋げる。

3. 研究の方法

太陽電池および太陽光発電産業の文献や雑誌、報告書、インターネット等の媒体から情報収集・分析を行う。また、日本・中国・台湾・韓国の産官学界キーパーソンからのヒアリングや、中国太陽電池関連企業の工場視察を通じて、本研究推進に必要な実証データや事例情報の収集・分析を図る。

4. 研究成果

(1) 中国太陽電池産業ものづくり経営分析

① 製品・工程アーキテクチャ

現在の主流である結晶シリコン系太陽電池の主要工程は、硅砂→金属シリコン→結晶シリコンインゴット→ウエハ→セル→モジュール、である。この中でウエハからセルに至るプロセスは、製造パラメータが多岐にわたり、比較的、擦り合わせ（インテグラル）要素が強い。それに対しモジュール工程は、工程間の結合公差が広い組み合わせ（モジュラー）型のプロセスである。但し、モジュール工程に用いる部材そのものは、インテグラル要素の強い、日本企業が得意とする製品である。このように製品・工程アーキテクチャは、最終的に同じ製品であっても、それぞれの階層によってアーキテクチャが異なる。

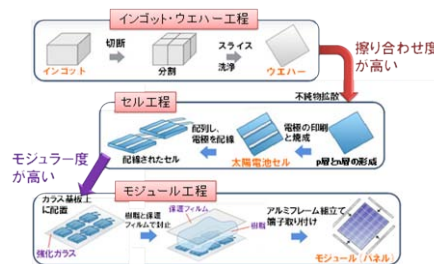


図1. 多結晶シリコン型太陽電池モジュールの工程アーキテクチャ

中国では 2000 年代半ばに以降に、技術習得が容易でモジュラー型の強いモジュール生産事業から参入を果たしたメーカーが多い。その後、2007 年頃のシリコンの供給不足を受けて、処理プロセスが複雑で長い、インゴットやセル、ウエハなどの上流域にまで事業領域を拡大し、垂直統合化を図ってきた。これらの上流工程は、擦り合わせ度の高いインテグラル型で、モジュールに比べると技術難度も高いプロセスである。しかし日本や欧米諸国からのターンキー型の技術移転が推し進められた結果、少なくとも標準的な太陽電池については、もはやインテグラル型とは言い難いプロセスとなっている。

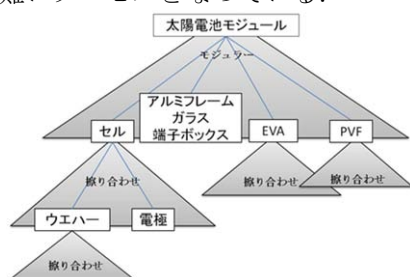


図 2. 結晶シリコン型太陽電池アーキテクチャの階層構造

② ものづくりの組織能力

次に、中国の本分野のものづくりの組織能力が、どのような経緯を辿って短期間で形成されてきたのかを調査した。これに関しては、日本と欧米の専門技術者や部材・設備事業者からの積極的アプローチによるところが大きい。太陽電池は、長い開発の歴史をもつだけに、有力特許の多くが既に失効している。このため、半導体産業等に比べて相対的に技術的な障壁が低く、複雑なプロセスの諸条件も技術パッケージ化して移転することが比較的容易であったと推定される。このように新興国で外国人専門家を重用し、新規事業の立ち上げ速度を向上させた事例は、過去にも数多く見受けられる。例えば、明治維新の頃の日本が、「御雇外国人」と称する専門家を重用したのが、その例である。ただ、デジタル情報化とグローバル化が進んだ現在では、それが桁違いのスピードで進行するのである。

一方、欧米で太陽電池の専門知識を身につけた留学生が、帰国後、起業家として成功した事例も数多く見受けられる。これは、中国政府が 1990 年代後半に打ち出した留学生帰国促進・奨励政策によるところが大きい¹⁾。例えば、Suntech 社 CEO の施正栄氏や、JA 社 CEO の方朋氏が、その例である。彼らは海外で身につけた知識と中国の生産立地優位を生かして、明確な意志決定の下に、俊敏な経営判断を実践している。

以上に述べたように、中国の技術導入に対

するどん欲さと、経営の意志決定の素早さ、人脈活用能力の高さが、短期間で世界上位 6 社という成功をもたらした要因であろう。

アーキテクチャと組織能力の関連について触れておく。中国のアーキテクチャは基本的にモジュラー型であるが、ウエハやセルなどの上流工程についてはインテグラル要素を強く含んでいるとみてよい。但し、知識・資本集約的な日本のそれとは異なり、労働集約的である。中国での事業展開を考える場合には、これらの特徴を念頭に置いて戦略を組む必要がある。

③ 産業地理学

3 つめの産業地理学には、生産と消費の両面がある。中国における生産面に関しては、経済技術開発特区を核とする振興政策、原材料の国内調達と奥の深いサプライチェーン、安価な人件費、等による、「国内生産・海外輸出の立地優位性」が、成功要因となっている。消費面については、膨大な電力需要を背景とする、西部メガソーラーへの大規模投資と、変動の大きい太陽光発電の大量導入を可能とするためのスマートグリッド政策の推進が挙げられる。これらの施策により、今後は、従来の「国内生産・海外輸出」一辺倒の産業から脱却して、一定の内需に裏打ちされた産業構造への変革が期待できる。

図 3 は、環太平洋各国の太陽電池製品のアーキテクチャ・ポジションをまとめた図である。縦軸が擦り合わせ軸、横軸がモジュラー軸である。日本が知識・資本集約型の擦り合わせ軸に位置するのに対し、中国のウエハ、セルは、同じ擦り合わせ軸でも対極の労働集約型のポジションを採る。米国の太陽電池産業は、First Solar や Uni-Solar の例に示されるとおり、知識・資本集約型のモジュラー軸に位置するのに対し、中国のモジュラーメーカーは労働集約型モジュラー軸に位置する。これに対し、韓国は資本集約的なモジュラー軸に位置し、台湾はちょうど 2 軸が交差するポジションにあつて、どちらにも対応できることを示している。日本企業が、これら独自の強みをもつアジア新興国と共同を検討する際には、この全体構造を理解して、相互補完性の高い戦略を組む必要がある。

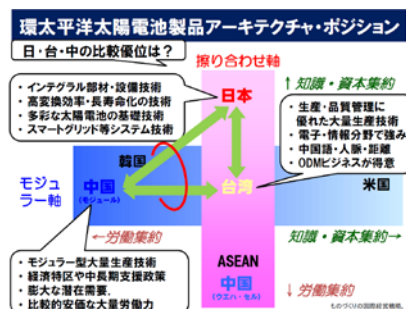


図 3. 環太平洋太陽電池製品アーキテクチャ・ポジション

(2) 中国市場を目指す日台共同戦略案

以上、ものづくり国際経営の3つの視点から、中国太陽電池産業のものづくり経営の実態と特徴を、環太平洋地域の太陽電池産業との比較検討により明らかにした。これらの分析結果を基に、既に市場シェア1割を切った日本の太陽電池メーカーとその関連企業の採るべき戦略について考察した。戦略の考察に際し、以下の2点を念頭に置いた。ひとつめは、中国の内需である。電力需要の旺盛な中国では、2020年の太陽光発電の総容量を50GWとする計画であり、2050年には600GW以上に達するものと予想されている²⁾。日本企業は国内市場の防衛に汲々とするだけではなく、長期的視点に立って、巨大な中国市場を視野に入れた戦略を採るべきである。ふたつめには、台湾企業の活用である。中国には、カンントリー、オペレーション、セキュリティの3つのリスクがあると言われている。³⁾ このリスクを低減させ、協業の成功率を高めるために、日中双方への親和性が高い台湾の活用が有力である。そこで本研究における戦略検討は、日中台3国の太陽電池メーカーが、それぞれの特徴を生かし、中長期的な成長を実現するためのものづくり国際経営戦略案に絞って検討を進めることにした。より具体的には、日台両国が協力して、膨大な中国の太陽光発電市場を取り込むための以下3つの日台共同戦略を提案する。

① 【戦略A】インテグラル型部材・設備をコアとする共同戦略

一つ目は、高度なインテグラル（擦り合わせ）型部材と設備をコアとする共同戦略である。中国太陽電池メーカーの最重要課題は、高変換効率化・長寿命化・低コスト化の3点である。その実現に必要な高度な部材や設備は、日本の得意とする擦り合わせ要素の強い領域である。これらを効率よく使いこなし、安定した大量生産に結びつける技術は、台湾が優れる。台湾と共同開発した使いやすい部材・設備を中国メーカーに販売し、中国での安価な大量生産に結びつける戦略である。部材ビジネスと、モジュール買い戻しを組み合わせたビジネス展開も可能である。

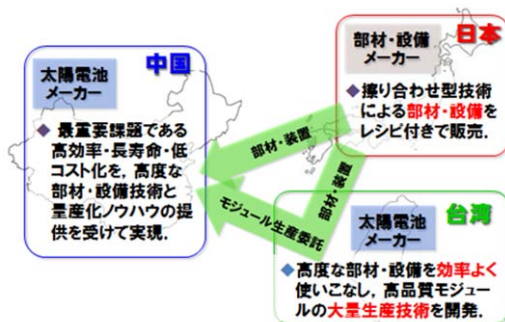


図4. 【戦略A】インテグラル型部材・設備をコアとする共同戦略

② 【戦略B】内インテグラル/外モジュラー型高変換効率・長寿命モジュール戦略

二つ目は、日本の「高変換効率セル・長寿命モジュール」技術をベースに、台湾と共同で大量生産可能な技術をパッケージ化し、中国にライセンス販売や生産委託する戦略である。（内）インテグラルな技術を使いこなし容易な（外）モジュラー型製品に変換して大量導入に成功した事例は、インテルのMPU等、数多く見られ、典型的な成功パターンである。

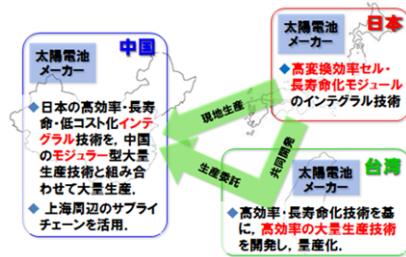


図5. 【戦略B】内インテグラル/外モジュラー型高変換効率・長寿命モジュール戦略

③ 【戦略C】内モジュラー/外インテグラル型スマートグリッド戦略

三つ目は、中国のメガソーラーやスマートグリッドに、日本のシステム技術と台湾のIT・電子基幹部品を組み合わせる「内モジュラー/外インテグラル型」の共同戦略である。日本は、スマートグリッドを将来のインフラビジネスに成長させるため、世界各地で実証研究を進めている。これら多面でのインフラビジネスを成功させるためには、システムを構成する各要素を結合公差の大きいモジュラー型にパッケージ化し、仕向地の電力系や法制度、ニーズ等と擦り合わせたインテグラル型システムを素早く構築する必要がある。中国とのコミュニケーション力に長けた台湾が、中国のニーズをくみ取り、得意の電子・情報分野で基幹パーツに落とし込むことで、ビジネス化する戦略である。



図6. 【戦略C】内モジュラー/外インテグラル型スマートグリッド戦略

(3) 太陽電池製品アーキテクチャの位置取り戦略

内部アーキテクチャと外部アーキテクチャがそれぞれインテグラル型かモジュラー

型か分類し、その組み合わせを考えた場合、それぞれの組み合わせが異なる組み合わせパターンで高収益が挙げられることが知られている⁴⁾。例えば、内インテグラル/外モジュラーの典型的な例は、インテルのMPUである。一方、内モジュラー/外インテグラルの典型例は DELL のパソコンである。このフレームに、前記3つの戦略製品のアーキテクチャの位置取りを示したのが図7である。

戦略Aは、高性能だが使いこなしが難しい「内インテグラル/外インテグラル型」の日本の部材・設備製品を、台湾の使いこなし能力・大量生産能力・コミュニケーション能力によって、中国メーカーが使いやすい「内インテグラル/外モジュラー型」の製品に変換して売り込む共同戦略であることが理解できる。

戦略Bは、中国の「内モジュラー/外モジュラー型」の汎用モジュールに対し、日本の高変換効率・長寿命化技術をベースとして台湾メーカーと共同でカプセル化した大量生産技術を開発し「内インテグラル/外モジュラー型」として中国メーカーに売り込む戦略である。

戦略Cは、日本が開発したメガソーラーシステムもしくはスマートグリッドシステム用のモジュラー型製品を、台湾メーカーと共同で、販売先である中国の各地域特性に擦り合わせた「内モジュラー/外インテグラル」型のシステム製品として売り込む共同戦略である。

戦略A、B、Cのいずれにおいても、内と外でインテグラル型とモジュラー型の組み合わせパターンが異なる高収益モデルに位置していることが分かる。



図7. 太陽電池製品アーキテクチャの位置取り戦略

(4) まとめ

中国のものづくり経営を、アーキテクチャ、組織能力、産業地理学の3つの視座から分析し、「インテグラル型部材・設備をコアとする共同戦略」、「内インテグラル/外モジュラー型高変換効率・長寿命モジュール戦略」、「内モジュラー/外インテグラル型スマートグリッド戦略」という3つの日台共同戦略を

提案した。今後、これらの戦略の妥当性が、実際のビジネスを通して実証されることを期待している。

〔参考文献〕

- 1) 戴二彪, 岸本千佳司, 「中国の『留学生企業』の躍進と地方政府の役割」, 赤門マネジメントレビュー, 10巻, 1号, 2011. 1.
- 2) 日経エレクトロニクス, 2012. 4. 16, pp. 19-22.
- 3) 山川清弘, 他, 「中国は台湾から攻める」, 週刊東洋経済, 2011. 10. 1, pp. 38-43.
- 4) 新宅二郎, 天野論文, 「ものづくりの国際経営戦略—アジアの産業地理学—」, 有斐閣, 2009.

5. 主な発表論文等 (研究代表者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① 久保裕史, 太陽電池産業における中国ものづくり経営と日台共同戦略の可能性、台日商策略聯盟與大陸内需市場開拓：策略、案例與挑戰學術研討會論文集、査読無、2012、2-5、〔招待論文〕

〔学会発表〕(計1件)

- ① 久保裕史, 太陽電池産業における中国ものづくり経営と日台共同戦略の可能性、台日商策略聯盟與大陸内需市場開拓：策略、案例與挑戰學術研討會、(台湾台北市)、2012. 5. 12、〔招待講演〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 裕史 (KUBO HIROSHI)

千葉工業大学・社会システム科学部・教授

研究者番号：20581151