

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K03956

研究課題名（和文）再生可能エネルギー産業における競争力、アーキテクチャ、産業政策に関する比較研究

研究課題名（英文）A comparative research on global competitiveness, architecture, and industrial policy in renewable energy industry

研究代表者

富田 純一（Tomita, Junichi）

東洋大学・経営学部・教授

研究者番号：30396824

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、太陽光発電と風力発電という2つの再生可能エネルギー産業を対象にして、製品・サービスの設計思想である「アーキテクチャ」概念と産業政策の両面から企業の国際競争力への影響及び技術伝播のメカニズムを解明し比較分析することを試みた。分析の結果、どちらもFIT政策等により各国市場でバブルが発生していたが、アーキテクチャの違いにより、トップ企業が次々と経営破綻した太陽光発電産業とそうならなかった風力発電産業の差が浮き彫りとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特色は、産業のダイナミズム、企業の国際競争力の変化をアーキテクチャと産業政策の両面から分析することにある。従来の研究では、どちらか一方のみに着目した研究は行われてきたが、そのアプローチでは、太陽光発電産業と風力発電産業で起きているダイナミズムの違いを十分に説明できないと考える。そこで、本研究では、アーキテクチャの変化と各国産業政策の変化が相互作用しながら、企業の国際競争力の変化に影響を及ぼすといったメカニズムの解明を試みた。こうした研究は、普及促進を図る新しい産業の政策や企業戦略に対して、インプリケーションをもたらす可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we attempted to compare the impact on the global competitiveness of firms and the mechanism of technology diffusion from the perspective of both the concept of "architecture," which is the design concept of products and services, and industrial policy, targeting two renewable energy industries: photovoltaic industry and wind power industry. The results of the architecture analysis highlighted the difference between the photovoltaic industry, where top companies went bankrupt one after another, and the wind power industry, where this did not happen, although both industries experienced bubbles in their respective markets due to FIT policies.

研究分野：技術経営

キーワード：再生可能エネルギー産業 国際競争力 アーキテクチャ 産業政策

1. 研究開始当初の背景

従来、企業の国際競争力とアーキテクチャ、国際競争力と産業政策との関係に着目した実証研究は進められてきたが、三者の関係を同時に分析した研究はほとんどなかった。再生可能エネルギー産業では、アーキテクチャのみならず、各国の FIT、R&D・投資インセンティブなどの産業政策が企業の国際競争力に及ぼす影響は大きい。本研究では、同産業を対象として、アーキテクチャの変化および産業政策が企業の国際競争力に対してどのような影響を及ぼすのか、そのメカニズムの解明を試みた。その際、以前からの研究してきた太陽光発電産業（課題番号 25780244）の調査を継続しつつ、風力発電産業を調査対象に追加することで、両産業の比較分析を試みることにした。

2. 研究の目的

本研究では、風力発電と太陽光発電という 2 つの再生可能エネルギー産業を対象にして、製品・サービスの設計思想である「アーキテクチャ」概念と産業政策の両面から企業の国際競争力への影響及び技術伝播のメカニズムを解明し比較分析することを試みた。より具体的には、太陽光発電産業と風力発電産業において、それぞれアーキテクチャの変化および産業政策が企業の国際競争力に対してどのような影響を及ぼすのか、そのメカニズムの解明を試みた。

3. 研究の方法

初年度は、太陽光発電産業の調査研究に基づいて構築した分析枠組みの改良と、2 つの産業で比較分析するための方法論の構築を行った。具体的な調査内容としては、企業別の生産数量・市場シェアデータの収集、技術文献に基づくアーキテクチャ測定と専門家インタビューによる検証、各国産業政策調査などである。残念ながら、当該研究期間の後半は、国内外の現地調査を行うことができなかったが、前半は国内の再生可能エネルギー世界展示会 & フォーラムやスマートエネルギー Week などの産業見本市を中心に参加し、国内外の関連企業の動向調査や政策関係者の講演会を聴講するなどして情報収集に努めた。こうした一連の作業を繰り返すことで、仮説の構築・修正サイクルを回し、アーキテクチャの変化や産業政策の変化が企業の国際競争力に及ぼす影響を比較分析する枠組みを固めた。2~4 年目は調査継続や学会発表、5 年目に分析結果のとりまとめ、論文執筆を行った。

4. 研究成果

(1)本研究の特色は、前述のように、産業のダイナミズム、企業の国際競争力の変化をアーキテクチャと産業政策の両面から分析することにある。従来の研究では、どちらか一方のみに着目した研究は行われてきたが、そのアプローチでは、太陽光発電産業と風力発電産業で起きているダイナミズムの違いを十分に説明できないと考える。そこで、本研究では図 1 の分析枠組みを構築し、アーキテクチャの変化と各国産業政策の変化が相互作用しながら、企業の国際競争力の変化に影響を及ぼすといったメカニズムの解明を試みた。

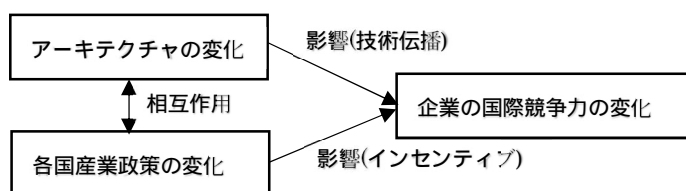


図 1 本研究の分析枠組み

(2)図 2 は、企業別の太陽電池セルの生産量の推移を示している。2010 年前後に目まぐるしく首位が入れ替わっていることが見て取れる。2006 年までは Sharp (日本) が首位であったが、2007 年に Q-Cells (ドイツ)、2009 年に First Solar (米国)、2010 年に Suntech Power (中国)、2012 年に Yingli Solar (中国)、2014 年に JA Solar (中国) が Yingli Solar に並んで首位に立った。図にデータはないが、その後、2016 年には Trina (中国) が追い抜き、2017 年には再び JA が抜き返して首位に立っている。

図 3 は、企業別の風車設置実績の推移を示している。2010 年代中頃、欧州企業、新規参入の重電企業、自国市場で急成長してきた新興企業の三つ巴の様相を呈している。2012 年には Vestas (デンマーク)、GE Energy (フランス) が首位であったが、2015 年に Goldwind (中国) が追い抜き、2017 年に Vestas が再度抜き返し、首位に立った。2017 年に Siemens Gamesa が急成長しているのは、合併によるものである。

両者を比較すると、どちらも激しい競争を繰り返しているが、太陽光発電産業においては、トップ企業が次々に経営破綻するなど国際競争力に劇的な変化が見られる。例えば、Q-Cells は 2012 年 4 月に破産申請した。First Solar は同年 7 月にフランクフルト工場閉鎖、マレーシア工場生産ライン無期限停止になった。Suntech は 2013 年 3 月に債務不履行に陥り、中核子会

社が破産した。Yingli Solar は 2015 年 10 月以降、度重なる債務超過を繰り返した。Sharp は 2012 年 3 月以降、巨額赤字が続き、2016 年 4 月台湾鴻海グループに買収された。これに対し、風力発電産業に関しては、そこまで短期間で急激な競争力の変化は生じていない。両産業における、こうした違いはなぜ生じるのか。

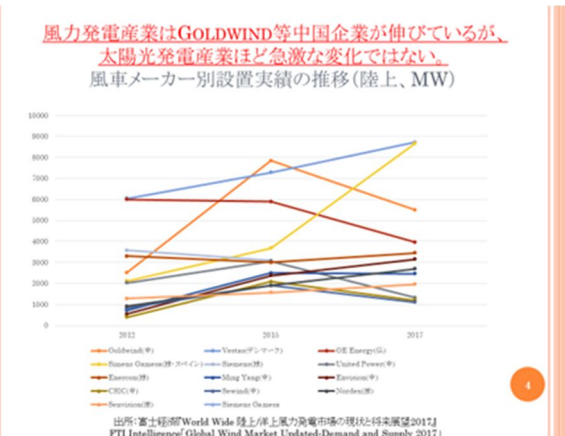


図 2 太陽電池セルの生産量の推移(企業別)

図 3 風車の設置実績の推移(企業別)

(3) 図 4 は、国別の太陽光発電の導入量の推移を示したものである。ドイツ スペイン イタリア 中国 日本 米国の順に市場が急拡大してきたことが見て取れる。図にデータはないが、この後、インドが急拡大している。こうして、FIT 導入国において次々と太陽光バブルが発生したと言える。

図 5 は、国別の風力発電の導入の推移を示したものである。こちら、ドイツ 米国 スペイン インド 中国の順に市場急拡大してきたことが見て取れる。こちら、FIT 等導入国において風力バブルが発生したと言える。

では、両産業において、2000 年代の後半、ほぼ同時期にバブルが発生したにも関わらず、前述の競争力の違いはなぜ生じているのだろうか。

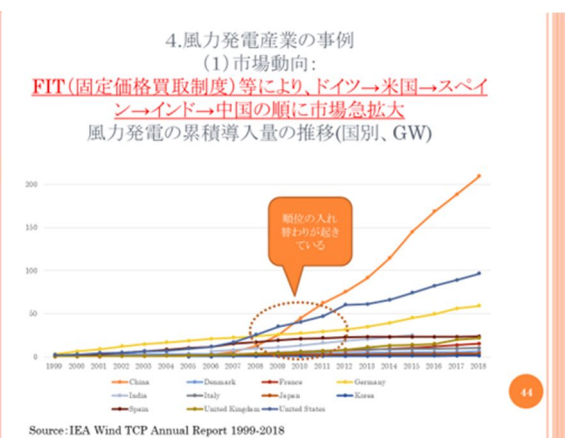
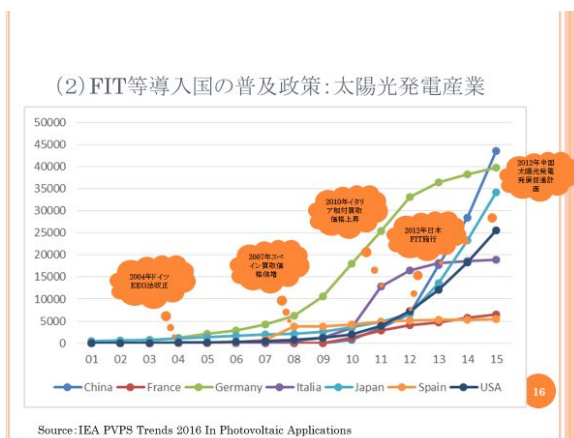


図 4 太陽光発電の導入量の推移(国別)

図 5 風力発電の導入量の推移(国別)

(4) 両産業のアーキテクチャ分析の結果、以下のことが明らかとなった。すなわち、太陽光発電システムの性能を左右する太陽電池セルは、高度な技術・ノウハウを必要としており、クローズド・インテグラル型のアーキテクチャであった。しかし、セルの大量生産と取引のグローバル化により、技術・ノウハウが次第にオープンになっていった。その結果、ターンキーソリューションを提供する製造装置企業が登場し、中国企業による新規参入が急増した。中国企業の電池は変換効率が低いとされていたが、コストパフォーマンスで比較すると、先進企業と遜色なかったため、供給過剰と価格競争を繰り返した結果、トップ企業が次々と経営破綻することになった。

一方、風力発電システムは、太陽光発電システムに比べると、部品点数が 1 万点と多く、運転開始までの建設リードタイムも数年を要する。性能を左右するブレードやナセルは、高度な技術・ノウハウを有しており、クローズド・インテグラル型のアーキテクチャであったと考えられる。加えて、環境アセスメント等制約条件も厳しいため、供給能力にも限界があり、太陽光発電産業ほどの厳しい競争には陥っていないと考えられる。もちろん、中国市場に関しては、欧米企業からの技術供与等もあり、中国企業の躍進が目覚ましいことから、オープン・モジュラー化が進んでいる可能性がある。これについては、今後の研究課題としたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Junichi Tomita	4. 巻 21(2)
2. 論文標題 The logic of bankruptcy of top manufacturers in photovoltaic industry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Business Administrative Science	6. 最初と最後の頁 31-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7880/abas.0220216a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 富田純一、藤本隆宏、賀来高志、宇佐美直子、菊池嘉明、石原弘大、藤田大樹、吉田敏	4. 巻 19(4)
2. 論文標題 野村不動産における創発的戦略形成プロセス PMO の開発事例を中心に	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 赤門マネジメント・レビュー	6. 最初と最後の頁 105-132
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14955/amr.0200417a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 富田純一	4. 巻 93
2. 論文標題 生産財のソリューション提案における開発分業パターンの検討-素材産業の事例-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 経営論集	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 富田 純一	4. 巻 91
2. 論文標題 NEDOプロジェクト・マネジメントに関する予備的考察-R&D継続・上市に影響を及ぼす要因-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 経営論集	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 DXとイノベーション・マネジメント研究
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第13回全国研究発表大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辺成祐、富田純一
2. 発表標題 工程標準化によるマス・カスタマイゼーション：平田機工のACS事例
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第13回全国研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Byun Sungwoo and Junichi Tomita
2. 発表標題 Product-process matrix: A review and extension
3. 学会等名 DSI 52nd Annual Conference（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田純一、野間口隆朗、林田英樹、北中英明
2. 発表標題 コンソーシアム型R&Dのネットワーク構造とパフォーマンス-NEDO追跡調査データに基づく分析-
3. 学会等名 国際戦略経営研究学会戦略理論・実践研究部会5月例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 再生可能エネルギー産業における競争力分析：太陽光発電と風力発電を中心に
3. 学会等名 東アジア経済経営学会研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 コンソーシアム型R&Dマネジメントに関する実証研究:NEDO追跡調査データに基づく分析
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第12回全国研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辺成祐、富田純一
2. 発表標題 工程間調整は、なぜ必要なのか:鉄鋼産業のレシビ開発事例
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第12回全国研究発表大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 再生可能エネルギー産業における国際競争力、アーキテクチャ、産業政策の相互作用モデルの検討-太陽光発電産業と風力発電産業の比較分析-
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第11回全国研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辺成祐、富田純一
2. 発表標題 プロセス産業の生産現場における工程管理
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第11回全国研究発表大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junichi Tomita and Byun Sungwoo
2. 発表標題 The mechanism of accumulating 'process system knowledge' in process industry.
3. 学会等名 POMS 29th Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 風力発電産業における産業政策とアーキテクチャ戦略
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第10回全国研究発表大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 太陽光発電産業の国際競争力、アーキテクチャ、産業政策に関する相互作用分析
3. 学会等名 オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第9回全国研究発表大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富田純一
2. 発表標題 NEDOプロジェクトにおける効果的なR&Dマネジメント
3. 学会等名 研究・イノベーション学会第32回年次学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 伊藤宗彦、松尾博文、富田純一	4. 発行年 2022年
2. 出版社 碩学舎、中央経済社	5. 総ページ数 241
3. 書名 1からのデジタル経営	

1. 著者名 富田純一	4. 発行年 2021年
2. 出版社 放送大学教育振興協会	5. 総ページ数 315
3. 書名 サプライチェーン・マネジメント（第2章「サプライチェーン戦略」）	

1. 著者名 富田純一	4. 発行年 2021年
2. 出版社 放送大学教育振興協会	5. 総ページ数 315
3. 書名 サプライチェーン・マネジメント（第3章「サプライチェーンにおける製品開発」）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

東洋大学研究者情報データベース
<http://ris.toyo.ac.jp/profile/ja.704c7c52d3ecff5a64e16146c4ebc054.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------