

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：12613

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26285081

研究課題名(和文) エネルギー / 環境問題の解決と産業発展の両立を目指す経営学的研究

研究課題名(英文) Management studies to explore the ways to reconcile energy supply, environmental protection and economic growth

研究代表者

青島 矢一 (AOSHIMA, YAICHI)

一橋大学・大学院商学研究科・教授

研究者番号：70282928

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,000,000円

研究成果の概要(和文)：太陽光発電(PV)産業と地熱発電産業を中心に、エネルギー供給、温室効果ガスの削減、経済成長の実現に向けて、企業競争力を考慮した経営学的視点からの研究を行った。PV産業に関しては、中国企業の急成長の背後には、企業の枠を超えた技術や経営情報の効率的活用と、その結果としての同質化競争があった。その中で施行された日本のFIT(固定価格買取制度)は、国民負担を増大させ、国内企業の業績悪化を引き起こすという逆機能を生み出した。期待された小型地熱発電は、自然条件や地域の協力体制などその成立条件が厳しく、エネルギー問題の克服には大規模地熱の開発が必須であるが、コスト要因を中心に克服すべき課題が大きい。

研究成果の概要(英文)：Mainly for the PV and the geothermal industries, I explored ways to achieve stable energy supply and GHG reduction as well as economic growth with explicit consideration on the firm competitiveness. I found that the rapid expansion of Chinese PV firms was driven by sharing of technology and management know-how across firm boundaries, which enabled efficient exploitation of scarce resources within the industry cluster and also induced homogeneous competition. Japanese Feed-in tariff enforced in such a situation not only increased national burden, but also caused economic problems in many Japanese PV companies contrary to policy objectives. As for the geothermal energy, small-scale power plants with high expectation can produce self-sustaining profits only in the very limited cases. Although development of large-scale geothermal power plant is indispensable to make meaningful contributions to the energy mix, there are many problems to be overcome such as a high cost factor.

研究分野：経営学

キーワード：企業競争力 環境問題 エネルギー問題 経営学の視点

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災の影響を受けて、日本は、脱原発の電力安定供給、温暖化ガスの削減、経済成長という、相互に矛盾しがちな3つの課題を抱えている。これら3つの問題を同時に解決するには、新エネルギー・環境関連の新しい産業を創造するだけでなく、それらの新産業において日本を基盤とする企業が安定的に付加価値を創出できなければならない。しかし多くの環境・エネルギー政策は、この点を軽視する傾向にあった。「環境問題の解決」、「エネルギー問題の解決」というと、反対もされにくく、多大な政府資金が投入される。しかし、結果として、企業活動が活発化し、企業が付加価値を生み出し、経済が成長するというシナリオが描けなければ、政府資金の投入の効果は短期的で限定的なものにとどまってしまう、エネルギーや環境問題の持続的な解決は実現できない。既存の研究はこの点に対する考慮が欠けている。

エネルギーや環境に関する学術的研究は、工学、環境学、公共政策、経済学などの専門領域で行われてきた。これらの研究は、当然ながら、それぞれの分野での目的（環境学であれば環境への影響、公共政策であれば公共性といったように）に注目して行われる。しかし、環境/エネルギーの問題は、その解決にコストがかかる以上、経済問題と切り離すことはできない。ゆえに、政策へのフィードバックを考えるのであれば、経済への影響を同時に検討することが必須となる。その点、経済学の分野では、マクロレベルでの経済効果の分析は行われてきたものの、ミクロの企業行動（経営行動やイノベーション行動）への影響を通じた長期的な産業競争力への影響という視点は相対的に軽視されてきた。

従来の環境・エネルギー政策が、必ずしも大きな効果を得られないのは、それらが実際の企業経営、市場競争、技術開発の実態の理解に欠けているからではないか。実際に、環境・エネルギー産業の発展を推進するのは、政府ではなく、国際的な競争に晒されている企業であり、そこで、働く人々である。競争の実態、技術の動向、経営者の意思、消費者の嗜好を理解することなしには、適切な政策立案はできない。ここに私のような経営学者が貢献できる余地があると考えたことが、本研究を進めるきっかけとなっている。

2. 研究の目的

環境対策/エネルギー供給/経済発展を同時に満たす方策を探るには、エネルギーの供給サイドと需要サイドからのアプローチが必要となる。供給サイドでは、「いかに経済的に環境負荷の低い方法でエネルギーの安定供給を可能にするか」という問い、需要サイドでは、「いかに無駄なく、経済的にエネルギーを活用するか」という問いがある。そして、これら2つの問いに答えつつ、産業競争力の強

化を通じた長期的な経済発展を実現しなければならない。

この大きな問題に対して、限られた時間と資源を考えて、本研究では、エネルギー供給サイドに関しては、(1)太陽光発電と(2)地熱発電に、そしてエネルギーの需要サイドに関しては、(3)スマートグリッド(電気 demand control)と(4)未利用熱活用(熱 demand control)に研究対象を絞った。

太陽電池産業を選んだのは、再生可能エネルギーとして日本においても世界的にも大きく期待されているからであり、地熱発電を選んだのは、日本が豊富な地熱エネルギーの保有国であり、地勢柄、環境/エネルギー/経済発展を両立させる上で有望であると考えられるからである。

一方、需要サイドに関しては、電気だけでなく熱の利用も研究対象とする。これまでは電気に関するスマートグリッドやスマートシティに注目がいくことが多かったが、例えば、家庭内のエネルギー消費の60%程度は熱利用であることを考えれば、熱の社会的な有効活用の問題を避けては通れない。4つの研究領域における具体的な研究テーマは以下の通りである。

太陽光発電:2つの研究テーマを追求した。

1つは、太陽電池産業における中国企業の急速な発展のメカニズムを独特の知識共有と人材交流を軸とした産業集積という視点から解明することである。もう1つは、2012年7月から日本で施行されたFIT(固定価格買取制度)が企業行動(生産活動、イノベーション活動など)に与える影響を明らかにすることである。

太陽電池産業に関してこれまで研究代表者は、技術の汎用化と中国企業の急成長の実態を調査し、技術が汎用化したグローバルな産業では、FITによる高い買取価格の設定にみられるような安易な普及政策が、国内企業・産業の長期的な競争力を阻害する可能性を指摘してきた。そこでは、中国企業の急成長が、産業クラスター内での特徴的な情報と知識の伝播・共有にあるという感触をつかんだが、本研究ではそれをより体系的に把握することを目的とした。太陽光発電だけでなく、あらゆる再生可能エネルギー産業で中国企業の台頭が予測される中、中国企業の発展モデル(とその功罪)を正確に理解することが日本の政策や企業の戦略を構築する上で重要であるからである。一方、FITの高い買取価格が長期的には企業や産業の低迷を招くという、これまでの研究から導出された仮説を、FIT施工後の5年間を観察することによって実証的に確認することを目的とした。

地熱発電:2つの研究テーマを追求した。

1つは、国際比較を通じて、日本の地熱発電開発コストが海外に比べて極めて高いことの原因を明らかにすることであった。日本で地熱開発が進まない理由としては、国立公園問題、温泉地問題、初期リスクの大きさの3つがこれまで指摘されてきたが、それに加えて、開発コストが海外に比べて2倍から3倍と、極端に高いことが明らかになっている。なぜなのか。国際比較を通じてこれを詳細に解明することが1つめのテーマである。

2つめは、近年進みつつある、小型地熱発電の新しい事業モデルの可能性を明らかにすることである。小型のバイナリー発電を経済的に成り立たせることは簡単ではないが、熊本の「わいた温泉」で進んできたような地域共生型の発電モデルは有望となる可能性がある。こうした事例は26年度以降、運転開始される予定であったので、実施観察することによって、事業モデルの有望性と課題を明らかにすることを目的とした。

スマートグリッド・スマートシティ：この領域では既に工学的な研究に加えて、デマンドレスポンスなど需要家の反応に関する研究データも蓄積されつつある。それに対して本研究は、まず、行政を含む様々な企業間のコラボレーションのあり方を明らかにする。スマートシティ事業は、1社で完結するものではなく、行政機関を巻き込んだ多数の企業間の共同が必要になる。一方、参加主体間で利害対立が生じることも考えられる。そこで、現在全国の自治体で進められている実証実験を調査して、参加主体間の共同の実態を明らかにした上で、共同の成否を決める組織的なメカニズムを明らかにすることを目的とした。さらに、需要サイドで進んでいる様々なイノベーションの事例を分析して、需要サイドでの対応可能性を把握する。

未利用熱利用：利用されずに捨てられている膨大な熱が存在しており、エネルギー問題を解決する1つの方策は、既存のエネルギーや資源をなるべく無駄なく活用もしくは多重利用することにあるので、未利用熱は本来格好の対象のはずである。しかし未利用熱の活用は一向に進んでいない。なぜなのか。その理由を体系的に明らかにした上で、未利用熱利用を促進するイノベーションの可能性を、技術革新の側面とビジネスモデル的な側面から明らかにする。

3. 研究の方法

研究方法は、フィールド調査、質問票調査、商用データベースの分析、特許/書誌情報データの分析の4つから構成されている。本研究の特徴は、現場に根ざした情報を丹念に収集することにあるため、フィールド調査が基本である。一方、現象を体系的に把握するためには、定量的なデータも必要となる。太陽

電池産業における中国の産業集積に関する調査では、現地企業に向けた質問票調査を実施した。当初は、情報収集の効率性を高めるため、Bloomberg New Energy and Finance(BNEF)のサービスを活用する予定であったが、値段が改訂され、購入はかなわず、他の公開データを活用することに変更した。政策効果や、技術進歩とコラボレーションの実態を把握するためには、特許情報や書誌情報の解析を行う。さらにポータルサイト(<http://magicc.iir.hit-u.ac.jp>)を活用した。各研究テーマの具体的に研究方法は以下のとおりである。

太陽光発電：かつて世界一の太陽電池企業であったサンテックパワーがあり、いまだ太陽電池産業の集積地である中国江蘇省無錫市で現地企業に向けたインタビューと質問票調査を行った。また、2000年代中盤以降の中国太陽電池産業の急拡大を支えたドイツの太陽電池製造企業(Centrotherm, Schmid)に対する現地調査を行った。一方、FIT(固定価格買取制度)が企業行動に与える影響の分析については、FIT導入後の、日本における太陽電池モジュール/セルの輸入/輸出比率の推移、価格の推移、技術開発の方向性(論文と特許データを活用)企業業績の推移を把握し、FITの影響を分析した。同時に、日本の太陽電池企業に対するインタビューを行った。FITの効果の世界動向に関しては、一部、商用データベースを活用した。

地熱発電：地熱発電開発のコスト比較については、BNEFのチーフアナリストであるMark Taylor氏が構築しているデータベースを活用する予定であったが、コスト的理由からBNEFのサービスを活用できなかったため、国際比較は断念せざるを得なかった。日本の地熱発電所の開発コストに関しては既存のデータを用いるしかなく、また、電力会社からコストデータを得ることは不可能であるので、開発規模や単価の把握から一部推計した。一方、地元共生型の小規模地熱発電の可能性に関しては、熊本のわいた温泉や福島のとよ湯温泉などの成功事例を、現地調査や既存資料を元に、分析した。

スマートシティ/スマートグリッド：1つには、北九州、けいはんな、横浜で進められているスマートシティのプロジェクトについて、行政と企業へのインタビューを通じて、参加主体間の共同の実態と成果、課題を明らかにした。またパナソニックが藤沢市で進めているFujisawa SSTの調査も並行して行った。これらは研究協力者である甲南大学の高氏の協力を得て進めた。またスマートシティ実現の鍵となる蓄電池のイノベーションについては、研究会において、開発者や研究者から講義を受けることによって理解を進めた。

未利用熱活用：未利用熱活用の実態の全体像を把握するために、産業技術総合研究所(産総研)の体系的な研究報告を参考にした。その上で、既に活用されている未利用熱、現状

技術で活用可能な未利用熱、技術革新によって利用可能となると予測される未利用熱に分類して、どのような技術革新が必要とされているのかを把握した。ただし、実際の詳細な調査までは踏み込まず、未利用熱に関しては、地熱発電の延長で、温泉熱利用に限定した現地調査を実施した。

4. 研究成果

太陽光発電に関しては、第1に、江蘇省無錫市の産業集積に焦点をあてた調査から、中国太陽電池企業の競争力の背後には、中小企業ネットワークの存在があり、企業を越えた技術・経営情報の伝播と共有が、希少資源の産業レベルでの効率的活用による競争力向上に寄与するとともに、同質化競争による凋落の原因にもなっていたことがわかった。中国企業は、高いコスト競争力を武器に、世界のPVモジュールの7割を生産するにまで急成長した。一般にはその理由を、インリーやサンテックといった大企業に注目して説明する傾向にあるが、本研究は、むしろ中小企業が中国PV産業の価格低下を先導する役割を果たしてきたことを示している。大企業からのスピアウト、企業間の人材移動、友人ネットワークを通じた相互学習を通じて、中小企業は生産に必要な技術的ノウハウや経営ノウハウを共有し、急速に競争力を高めてきた。企業の枠よりも人的ネットワークが強いため、希少資源が企業間で共有され、激しい同質化競争が繰り広げられ、産業全体としては成長するものの、企業はほとんど利益がでないという状況になった。第2に、このように技術が汎用化され、同質的で熾烈な国際競争が展開される中で、施行された日本のFITは、国民負担だけでなく、日本の太陽電池企業の業績悪化をもたらしたことを示した。環境問題の解決、代替エネルギーの供給という大義のもと、太陽光発電に対して破格の買取価格を設定したことは、結果として、国内企業の競争力低下と業績悪化をもたらすという、意図に反する政策の逆機能が生じた。複数の目的を持つこのような政策には「同床異夢の罠」とも言うべき意思決定上の問題が生じる危険性が常につきまとう。ここにエネルギー/環境政策が直面する本質的な問題がある。

地熱発電に関しては、温泉熱を利用した小型地熱発電が成功する条件を、熊本県の「わいた温泉」、福島県の「土湯温泉」、大分県の「別府温泉」、鹿児島県の「霧島温泉」などにおける成功例の研究から明らかにした。小型温泉の成功には、泉源や冷却水など多くの自然条件が揃っていること、そして、温泉旅館を含む地域住民の協力体制とリーダーシップが鍵であるが、こうした条件が整うことは簡単なことではない。調査した成功事例は、例外的に条件に恵まれた事例であり、しかも、FITによる高い買取価格で成り立っていることからして、温泉熱を利用した地熱発電によ

るエネルギー/環境への貢献は極めて限定的である。また、バイナリー発電機には日本企業も新規参入したものの、現状、順調に稼働しているものは米国のアクセスエナジー製やイスラエルのオーマット製のものであり、この分野での日本企業の競争力は高くない。環境/エネルギー/産業競争力のどの面からしても小型地熱の貢献は小さく、温泉町での地熱活用は、飽くまでも地域の魅力を高める形で進めるのが好ましく、熱利用や他の地域活動を含めて総合的に考えるべきである。環境/エネルギー/産業競争力への貢献という点からすれば、やはり大規模地熱発電の開発が必要である。近年の規制緩和の影響もあり徐々に進みつつあるが、資源リスクと開発コストの高さゆえ、期待されるほどには進んでいない。本研究が目的としていた開発コストの国際比較によるコスト要因の分析は叶わず、いまだ詳細は不明である。この点に関しては、引き続き研究する必要がある。スマートグリッドに関しては横浜と湘南の事例研究を行った。エネルギーの自己充足には蓄電池のコスト低下が鍵であり、今後、蓄電池イノベーションが重要性を増すこと、蓄電池技術をおさえる企業が競争力をもちえることを示唆した。未利用熱に関しては、温泉熱の余剰利用の可能性を明らかにするとどまった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 10 件)

青島矢一・山崎邦利(2017)「土湯温泉：再生可能エネルギーを活用した地域復興」『一橋ビジネスレビュー』65巻1号、近刊(査読無)

青島矢一(2016)「デジタル技術の進歩がもたらした産業変化：製品概念の崩壊」『一橋ビジネスレビュー』64巻4号、32-43(査読無)

青島矢一・三木朋乃(2016)「アイスランドの地熱発電」『再生可能エネルギー開発・運用に関わる法規と実務ハンドブック』エヌ・ティー・エス(図書所収論文)、80-88(査読無)

青島矢一・積田淳史(2015)「情報通信産業の発展を理解する枠組み」『Nextcom』22巻、34-43(査読無)

松嶋一成・青島矢一(2015)「民間R&Dに対する公的支援の間接的波及効果：NEDO追跡調査のデータ分析」『研究技術計画』30巻、221-239(査読有)

青島矢一・朝野賢司(2015)「再生可能エネルギー政策をゆがめる力の克服に向けて：日本におけるFITの影響分析」『日本エネルギー学会誌』94巻、627-639(査読無有)

青島矢一・王文(2015)「社会ネットワークを介した希少資源の効率的な多重活用：中国PV産業発展のメカニズム」『一橋ビジネスレビュー』63巻1号、34-47(査読無)

藤原雅俊・青島矢一(2014)「東洋紡 逆浸透膜の開発と事業展開」『一橋ビジネスレビュー』62巻1号、103-119(査読無)

青島矢一・榊原清則(2014)「なぜ経営学を学ぶのか?経営は科学かアートか」『一橋ビジネスレビュー』62巻1号、136-145(査読無)

青島矢一(2014)「経営学者が考える環境・エネルギー問題(1)~(4)」『書齋の窓』635巻-639巻(査読無)

〔学会発表〕(計 8 件)

青島矢一「日本のエレクトロニクス産業の低迷をもたらした技術革新と政策の失敗」日経企業行動コンファレンス、2017年3月30日、湘南国際村センター、神奈川県・三浦郡

Asano, Kenji and Yaichi Aoshima.” An Analysis on the Impact of the Rooftop Solar Photovoltaic Subsidy in Japan” The 7th Asia-Pacific Innovation Conference, Nov. 19, 2016, ACROS, Fukuoka (Japan)

松嶋一成・青島矢一・高田直樹「民間R&Dに対する公的支援」2016年11月6日、青山学院大学、東京・渋谷区

Aoshima, Yaichi and Wang Wen. ”Mobilizing Scarce Resource through Social Networks: Exploring Mechanisms that Accelerated the Growth of the Chinese PV Industry.” PICMET, Sep. 7, 2016, Honolulu(USA).

青島矢一「地中熱利用の可能性」地中熱利用促進協会10周年シンポジウム、2015年2月20日、東京コンベンションホール、東京都・中央区

Matsushima, Kazunari, and Yaichi Aoshima. “The Spillover effects of Publicly Supported R&D: Analysis of NEDO Follow-up Survey Data.” 6th Asia-Pacific Innovation Conference, Nov. 27, 2014, University of Technology Sydney, Sydney (Australia)

青島矢一・窪田ひろみ「温泉熱を利用した小規模地熱発電の事業性」日本エネルギー学会、2014年7月19日、九州大学、福岡県・福岡市

窪田ひろみ・青島矢一「温泉熱を利用した小規模地熱発電の社会的受容性」日本エネルギー学会、2014年7月19日、九州大学、福岡県・福岡市

〔図書〕(計 1 件)

藤本隆宏、新宅純二郎、青島矢一(2015)『日本のものづくりの底力』東洋経済新報社、302頁(258-291)

〔その他〕

ホームページ等

<http://magicc.iir.hit-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1)研究代表者

青島 矢一 (AOSHIMA YAICHI)

一橋大学・大学院商学研究科・教授

研究者番号：70280928

(2)研究分担者

米倉 誠一郎 (YONEKURA SEIICHIRO)

一橋大学・大学院商学研究科・教授

研究者番号：00158528

(平成26年度から平成27年度)

(3)連携研究者

MALEN Joel B.

一橋大学・大学院商学研究科・講師

研究者番号：50722609

(平成26年度)

(4)研究協力者

ZHU Jinwei

朝野 賢司 (ASANO KENJI)

王文 (WANG WEN)

窪田 ひろみ (KUBOTA HIROMI)

松嶋 一成 (MATSUSHIMA KAZUNARI)