

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510053

研究課題名(和文) 省エネルギー・環境分野における中国企業の技術キャッチアップシステムと日本の対応

研究課題名(英文) Catch-up by Chinese enterprises in energy savings and environmental market and its implications to Japan

研究代表者

堀井 伸浩 (Horii, Nobuhiro)

九州大学・経済学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10450503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究を通じて、中国企業が驚異的なコストダウンを武器に省エネルギー・環境分野において台頭している現状、そして元々は海外企業の技術に依存していた状況から近年急速なキャッチアップを可能としたのは政策と市場競争のバランスを上手く組み合わせた制度設計、オープンな部品調達およびイノベーションシステムといった企業戦略、技術的基盤が一定程度蓄積されている国有企業の存在が要因として指摘できることが明らかとなった。我が国企業は技術レベルは中国企業よりも依然優れた面があるが、中国市場、ひいては第三国市場に対しては設備製品を売り込むよりも中国企業のオープン戦略に適応してサプライヤーとしての参画が有効と考えられる。

研究成果の概要(英文)：This research analyzes the background for emerging Chinese enterprises in energy savings and environmental market by competitive advantage of reducing price. The factors contributing for catch-up by Chinese enterprises in such a short period include 1) well-designed institution with balance between policy and market competition, 2) open strategy of Chinese enterprises for parts supply chain and innovation, 3) accumulated technology basement of state owned enterprises. Japanese enterprises still keep technology advantage for the time being, but it is more appropriate for Japanese enterprises to be involved in Chinese green market as part supplier and innovation partner, not as exporter of Japanese products, considering open strategy of Chinese enterprises.

研究分野：産業経済論

キーワード：中国 省エネルギー 環境 キャッチアップ 再生可能エネルギー エネルギー産業

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、中国において省エネルギー・環境対策が急速に進展している。注目すべきは、その対策技術が当初は日本を含む海外からの技術導入にもっぱら依存していた状況から始まったものの、わずか数年の期間で中国の国内企業が技術の国産化に成功するようになっている点である。その事例は、排煙脱硫装置、風力発電設備、太陽光電池、高効率石炭火力発電と枚挙にいとまがない。そして国産化の過程において先進国企業ではなしえなかった驚異的なコストダウンに成功し（排煙脱硫装置の場合、8割のコストダウン）、国内での普及を促進することに大きく寄与している。そして国内への販売に止まらず、最近では海外への輸出も始まり、日本を始めとする先進国企業の世界市場における競争相手として台頭しており、その価格競争力は大きな脅威と言える。

(2) こうした中国の台頭に直面し、我が国企業は大きなジレンマに直面している。というのも、国際エネルギー機関（IEA）の予測によれば、2005年から2030年にかけて増加するエネルギー需要の3分の1程度を中国一国が占め、また現状の対策の進展状況も鑑みれば、今後省エネルギー・環境分野の主力市場は中国になることが確実であるためである。中国市場の攻略が今後の省エネルギー・環境ビジネスの成否を分けるカギとなる。しかし中国企業のキャッチアップにどのように対処すべきか、多くの日本企業が頭を悩ませており、明確な戦略を持つことができている企業はほとんどないのが現状であると思われる。

(3) なかには、中国企業のキャッチアップを警戒し、中国市場を敬遠しようという意向の企業もある。しかし中国市場を断念することは今後の成長市場の3分の1を放棄することに等しいばかりでなく、残る3分の2の市場についても価格競争力で勝る中国企業がシェアを侵食してくる可能性が高い。どのみち、自らの生産ネットワークに中国企業を組み込むことなしに我が国の企業は将来の国際競争力を維持することができないのではないかと懸念するところである。なぜなら技術は現場の中で進化し、革新が生まれるものであり、だとすると日本が今後も引き続き、グリーン・イノベーションで世界最先端水準を維持していくためには、今後の主力市場となる中国市場においてシェアを獲得すること、それが現場を確保することにつながる絶対的必要条件だと考えるためである。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、中国で省エネルギー・環境対策が急速に進んでいる背景として中国企業自身が対策技術の担い手として台頭している事実注目し、急速なキャッチアップ

と特にコストダウンによる競争優位の確立がどのように可能になっているのかを実証的に明らかにすることである。本研究プロジェクトは、研究代表者が過去に実施した排煙脱硫装置に関する研究を土台にして、同様に中国企業が海外技術を吸収、キャッチアップして国産化に成功したケーススタディを更に増やすとともに、理論的検討を加え、中国の技術受容・技術改良・技術革新に関わる制度体系を明らかにしようとするものである。

具体的には風力、高効率石炭火力、原子力、石炭化学をケースに政策と市場の制度設計、セトメーカーと部品サプライヤーの関係、技術レベル引き上げの具体的施策などの分析を行う。分析を踏まえて、日本企業が中国市場でどのような技術戦略を取るべきかについての具体的な提言を行うことを目指す。

## 3. 研究の方法

本研究は元々アンケート調査と現地研究者の日本への招聘を中心的な研究方法として想定していた。しかしながら申請直前に中国全土で発生した反日暴動に端を発した日中関係の極度の悪化から研究の進展は大きな影響を受けることとなった。

当初計画していたアンケート調査は中国国内で締め付けが厳しくなり、内諾してくれていた協力機関が協力を見合わせたいとの旨を早々に伝えてきたため断念せざるを得なくなった。同様に海外研究者の招聘についても日本との関係を深めることに躊躇する候補者が多く（習近平政権の反腐敗運動では海外に滞在すること自体があらぬ疑いを受ける、という状況でもあった）、結局実施できなかった。そのため、研究方法を申請内容から大幅に見直さざるを得ず、研究代表者が中国でフィールドワークを行い、インタビューによって必要な情報を得るという方法に変更した。その結果、当初想定よりも時間を要することとなり、1年間研究期間を延長させて頂くこととなった。

しかしながら自ら地道にフィールドワークを行い、インタビューを行ったことで（中国企業はインタビュー受入に消極的態度を示すなど実施には相当の困難があったが）、仮説検証型の調査では得ることが難しい、新たな仮説につながる気づきを少なからず得ることが出来た。一例として、申請時には計画になかった石炭化学をケーススタディ対象として取り上げたことが挙げられる。石炭化学が中国国内で急速に発展をしている事実をフィールドワークの際に知り、予備調査的にヒアリングを重ねた結果、石炭化学の基礎技術は欧米やロシアの技術を基盤としつつも、大規模な商業化については中国以外ではほとんど実現されてこなかったという点に関心を引かれた。中国が海外からほぼ完成された技術を導入し、それを国産化するという意味でのキャッチアップを指す他のケー

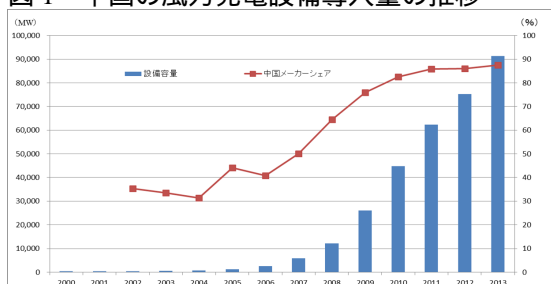
スタディ対象技術と異なり、石炭化学はその商業化プロセス自体を中国が牽引している事例ということになる。

他にもフィールドワークにおける気づきを受けて新しい視点として研究成果に反映することとなった事例は複数ある。他方、アンケート調査が実施できなかったことで、実証面で結論の一般性がやや弱くなった点は否定できない。ケーススタディを詳細に煮詰めることで、一般的に敷衍できる結論を得るべく努力した。

#### 4. 研究成果

(1)中国企業の急速なキャッチアップを可能にした重要な要因として産業政策の役割が指摘できる。例えば、風力については、図1の通り、中国国内の風力発電設備導入量の急増と軌を同一にして、国内メーカーのシェアも急拡大している。図が示す通り、2004年まで極々低いシェアに止まっていた中国企業がわずか5年程度で新規導入シェアの大半を占めるに至った背景には、中国政府による財政を投じた風力導入プロジェクトの推進があった。しかもそうした国家プロジェクトに関しては納入設備の国産化率を設定し、海外メーカーを實際上排除することで、国内メーカーの育成を行った。産業政策が立ち上がり時期に確実に市場を提供することで企業にとってのリスクを低減する役割を果たした。

図1 中国の風力発電設備導入量の推移



(出所)『風力発電発展研究報告』各年版

(2)しかし産業政策よりも重要な要因として、企業間の激しい競争を促す制度設計がなされていた点が注目される。再び風力を例に取れば、ドイツや日本が採用した、再生可能エネルギーによる電力を一定価格で全て買い取る制度(固定価格買取制度:FIT)ではなく、全体の買取量を政府が決め、具体的な買取価格と供給者は競争(入札)で決定する制度(再生可能エネルギー 利用割合基準:RPS)を採用した点が挙げられる。FITと異なり、RPSは企業にとってはリスクが高くなるが(FITは導入量が予想よりも大きくなる形で電力会社、ひいては国民がリスクを取る形)、企業は競争に打ち勝つため、低コスト化を進め、結果として海外企業に対する競争優位を確立することとなったのである。風力、そして太陽光において激しい競争が企業間で展

開されたのと多少異なるが、高効率石炭火力や原子力についても複数の有力な国有企業が相互に受注競争を繰り広げてきた点が指摘できる。大国である中国は巨大な市場を産業政策によって立ち上げた上で、巨大な市場規模を活用して企業間の競争と各社の規模の経済性の両立を実現しており、それが急速なキャッチアップを可能にしている。

(3)セットメーカーが主要な部品であっても内製化することにこだわらず、オープンな調達を行っていることもキャッチアップには有効であった。表1の通り、風力発電設備について、中国メーカーと世界トップメーカーであるヴェスタス以下の海外メーカーとの間で部品調達の面で大きな違いがあることが見て取れる。海外メーカーは部品の内製化を進めており、多くの部品を自社製としているのに対し、中国メーカーは部品のほとんど外部サプライヤーからの調達に頼っている。こうしたオープンな調達システムによって、セットメーカーは自ら開発するよりも時間を短縮し、自らの競争優位(品質と価格のバランス)に照らして最適な部品を選択することができたのであった。またこのシステムの重要な点として、部品サプライヤーも相互に競争に晒され、コストおよび品質面で向上を目指す強いインセンティブが存在しているという点である。またサプライヤーが特定の技術に特化していることで技術レベルの向上スピードが加速されているという面も見逃すべきではない。

表1 風力発電設備メーカーのサプライヤー関係

企業	定格効率/ブレード直径	全体制御技術供与元	部品サプライヤー
華銳	1.5MW 70m/77m	ライセンスング (ドイツフーアレンダー)	ブレード:中核、LM ギアボックス:大重、南高齒 発電機:蘭電、大連天元、永濟 制御技術:Wandee(オーストリア)
金風	1.5MW 70m/77m	自社製 (M&AによりドイツVensys吸収)	ブレード:LM、春華 ギアボックス:重齒 発電機:株州、南汽 制御技術:自社製
東汽	1.5MW 70m/77m	ライセンスング (ドイツリパワー)	ブレード:LM、惠騰、中核、東汽 ギアボックス:重齒、南高齒、德陽二重 発電機:蘭電、永濟、東風電機 制御技術:Miba(デンマーク)
明陽	1.5MW 77m/83m	共同設計 (ドイツエアロダイナ)	ギアボックス:Jake(ドイツ) 発電機:VEM(ドイツ)、蘭電、株州 制御技術:自社製
ヴェスタス	2MW 80m/90m	自社製	ブレード:自社製 ギアボックス:威能極(シーメンス子会社) 発電機:自社製 制御技術:自社製
GE	1.5MW 70m/77m	自社製	ギアボックス:フーアレンダー 発電機:フーアレンダー 制御技術:上海東亜電子
ガメサ	0.85MW 52m/58m	自社製	ブレード:自社製 ギアボックス:自社製 発電機:瑞博牽引電機 制御技術:自社製
スズロン	1.5MW 82m	自社製	ブレード:自社製 ギアボックス:漢陽風電伝動(子会社) 発電機:自社製 制御技術:自社製

(出所)高虎・王仲穎・任東明編著(2009)『可再生資源:科技と産業発展と知識読本』化学工業出版社、王正明(2010)『中国風電産業的演進と発展』江蘇大学出版社より作成

(4)過去の計画経済期に基盤が構築された国有企業が技術的に重要な部分を提供しており、キャッチアップのスタートレベルをかさ上げしている。特に機械産業における国有企

業の存在が非常に重要であり、上の表1に示された風力発電設備の部品サプライヤーの多くが国有の重工業企業である。原子力については更に明瞭で、2000年代以降の原子力に対する政府の姿勢が転換して以降、表2が示す通り、急速に国産化率の向上が進展してきた。それを可能にしたのが部品供給の面で基盤技術を有する国有企業の存在であった。一例を挙げれば、压力容器や蒸気発生器のように高い強度が必要な鍛造品を生産する中国第1重工業機械集団である。水圧プレス設備を2006年より開発し始め、従来世界の压力容器の8割のシェアを押さえてきた日本製鋼所の設備能力を超えることとなっている。巨大な装置設備であり、かつ買い手が原発という非常に集中した構造において、日本国内はもちろん欧米諸国における新規の原発建設の不透明性を考えれば、日本製鋼所が更なる能力拡張のための投資に踏み切るリスクを負うことは相当に困難と考えられる。他方、中国第1重工業機械集団は建設中の原発建設プロジェクトの4分の3に参加しており、この安定した市場にしっかりと軸足を置いて、今後も競争力強化につながる投資を果敢に続けていくものと考えられる。この事例はキャッチアップ過程において、海外の先行企業に対峙した際に、国有企業を活用することの強みを表すものだと言えよう。

表2 中国の原発建設コストと国産化率

	着工年	炉型	出力	国産化率	投資額 (億元)	kW当たり 投資額 (元/kW)
海濱2期	2006	CPR1000	108	70%	266	24,630
紅沿河1期	2007.8-2009.8	CPR1000	432	60%	486	11,250
寧徳1期	2008.2-2010.9	CPR1000	324	75%	512	15,802
秦山1期拡張 (方家山)	2008.12-2009.6	CNP1000	216	80%以上	269	12,454
揚江1期	2008.12	CPR1000	648	80%	700	10,802
海陽1期	2008.12-2010.6	AP1000	250	1号機:43% 2号機:56%	400	16,000
三門1期	2009.4-2009.12	AP1000	250	1号機:30% 2号機:50%	401	16,040
昌江1期	2010.4	CNP600	130	75%以上	190	14,615
防城港1期	2010.7	CPR1000	216	87%	260	12,037

(出所) 海外電力調査会資料などより作成

(5)中国が最先端を走る技術についてはオープンイノベーションシステムを採用している。今回ケーススタディ対象として追加した石炭化学について、主要企業のヒアリングを通じて判明したことは、他の技術については海外技術を基礎に改良(多くの場合、コストダウン)を加えるというキャッチアッププロセスであったが、石炭化学の場合、ラボレベルの基礎技術こそ海外の研究を参考に出来るものの、大規模な商業化については中国自らが技術開発を進めていかざるを得ない状況であった。その際、業界団体の技術交流会を通じた外部企業との連携や傘下の研究所がインターネットを用いての技術開発プロジェクト形成など、日本企業と比較するとかなり積極的なオープンイノベーション戦略を採用していることが分かった。これは先に述べた部品調達的外部調達が多いという点

と中国企業の経営戦略(企業文化)を反映しているという点で共通している。もちろん外部企業に部品供給やイノベーションを依存することのデメリットとして、自社製品の差別化が難しくなり、同質化競争に陥りがちという点がある。そして実際、中国ではそうした状況がしばしば観察されるが、競争構造が失われず持続することで中国企業の優位性が高まる好循環が確保されているものと考えられる。

(6)本研究を通じて、中国企業が驚異的なコストダウン能力を武器に省エネルギー・環境分野においても台頭してきている点、急速なキャッチアップを可能としたのは政策と市場競争のバランスを上手く組み合わせた制度設計、オープンな部品調達およびイノベーションシステムといった企業の経営戦略、技術的基盤が一定程度蓄積されている国有企業の存在が要因として指摘できることが明らかとなった。我が国企業は省エネルギー・環境分野では中国企業よりも優れた技術水準を有しているが、本研究で採り上げたケーススタディでは、中国市場に食い込むことができていない。我が国企業がフルセット型の内製を重視する経営スタイルであることが影響していると考えられる。中国企業はオープン戦略を採っていることより、日本企業も自らの技術をそのまま売り込む戦略よりもサプライヤーとして参画するなど、中国企業の戦略に適應した上で実利を追求した方が望ましいと考えられる。省エネルギー・環境対策の市場は日本国内では拡大が望めず、投資を維持していくことも困難である一方、中国市場は今後も大幅な拡大が確実で世界最大の市場でもある。我が国企業がグリーン・イノベーションにおける優位性を維持、強化するためにも中国市場戦略を企業は位置づける必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線、件数は期間中に発表した研究成果の合計を示した。またその中で、主要なもののみ、本稿においてリストアップした)

〔雑誌論文〕(計12件)

- (1) 堀井伸浩「風力発電設備産業：キャッチアップ過程に政策の果たした機能」(渡邊真理子編著『中国の産業はどのように発展してきたのか』第5章) 創草書房、2013年7月、pp.134-157(査読無)。
- (2) 堀井伸浩「原子力大国として台頭する中国 - 急成長の背景とリスク」(高橋伸夫編『アジアの「核」と私たち - フクシマを見つめながら』) 慶應義塾大学東アジア研究所・慶應義塾大学出版会、2014年3月、pp.133-177(査読無)。
- (3) 堀井伸浩「中国の大気汚染対策の進展と」PM2.5問題の真相 - 見えてくる日本の対中環

境協力の死角 - 』『PETROTECH』、Vol. 37、No.4、公益社団法人石油学会、2014年3月、pp. 279-284 (査読有)。

(4) 堀井伸浩「第12次5カ年計画とPM2.5問題で加速する中国の大気汚染対策 - 日本企業にとってのビジネスチャンス - 』(真家陽一編著『中国改革の深化と日本企業の事業展開』、第5章)日本貿易振興機構、2014年6月、pp.72-106 (査読無)。

(5) 堀井伸浩「日本の再生可能エネルギー産業の競争力向上に向けて - 中国の風力発電産業の発展からの示唆」『産業学会研究年報』、No. 29、産業学会、2014年3月、pp. 35-53 (査読有)。

(6) Nobuhiro Horii, "The wind turbine industry: the role of policy and markets in the catch-up process", (Mariko Watanabe eds., *The Disintegration of Production: Firm Strategy and Industrial Development in China*), Edward Elgar, 2014, pp. 127-148 (査読無)。

〔学会発表〕(計8件)

(1) 堀井伸浩「持続可能な再生可能エネルギー導入体制の構築に向けて：中国における風力発電設備産業の成長からの考察」産業学会第51回全国研究会共通論題「エネルギー政策と日本の産業競争力」、2013年6月9日、専修大学(東京都千代田区)(招待講演)

(2) Nobuhiro Horii, "The Pricing Reform in China's Energy Industry and its Effect on Clean Technology Development", The 3rd Low Carbon Earth Summit-2013, 2013年9月27日, Qujiang International Conference Center, Xi'an, China

〔図書〕(計3件)

(1) 島岡隆行・堀井伸浩・久場隆広・中山裕文・藤田敏之編集『東アジア環境学』入門』、花書院、2015年3月、334ページ。

(2) 堀井伸浩編『アジアの環境問題：政治・経済・社会からの視点』九州大学東アジア環境研究機構 RIEAE 叢書、花書院、2015年3月、151ページ。

(3) Takayuki Shimaoka, Nobuhiro Horii, Takahiro Kuba, Hirofumi Nakayama and Toshiyuki Fujita, eds. *Basic Studies in Environmental Knowledge, Technology, Evaluation, and Strategy: Introduction to East Asia Environmental Studies*, Springer, January 2016, 286 pages.

〔産業財産権〕

該当なし

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

研究代表者 堀井 伸浩 (Horii Nobuhiro)  
(九州大学大学院経済学研究院准教授)  
研究者番号：10450503

研究分担者、連携研究者はなし