

修士論文

環境技術の研究開発に与える政策効果に関する研究

A Study of the effect on Environmental Policy for R&D of Environmental
Technology

東京大学 新領域創成科学研究科

国際協力学専攻

学籍番号 47 - 76874

氏名 重山 友樹

本論文は、修士（国際協力学）取得要件の一部として、2009年1月22日に提出され、同年2月2-3日の最終試験に合格したものであることを、証明する。

2009年2月3日

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
環境学研究系 国際協力学専攻

主査 _____

要約

本研究は、環境政策が環境技術の研究開発に与える効果を検証し、政策効果を定量的に示したものである。国レベルでの環境技術別の特許出願数のパネルデータを用いて、一人当たりのGDP、研究開発費、石油価格を組み入れた重力モデルタイプの推計式を適用し、回帰分析を行っている。本研究では、環境政策は環境技術の研究開発に正の効果があると結論付ける。研究開発を促進させる最も効果的な政策は、気候変動枠組条約と各種補助金交付制度である。ただし、補助金交付制度は該当する特許のみに効果があり、他の環境技術の研究開発との相乗効果は確認されない。次いで、炭素税、エネルギー政策の順に環境技術の研究開発に対して正の効果があることが明らかになった。これらの環境政策に対して研究開発が顕著に反応する分野は、クリーンエネルギー自動車、燃料電池、風力発電の3分野である。一方で、太陽熱利用、バイオマス熱利用など熱の再利用に関する分野に対して環境政策の効果は薄い。我が国は、環境技術の研究開発と環境政策に関しては環境先進国である。

目次

第1節 序論

1.1	はじめに	1
1.2	研究背景	2
1.3	問いと仮説	3
1.4	研究対象国	4
1.5	論文の構成	5

第2節 環境政策

2.1	世界的な取り組み	
2.1.1	気候変動枠組条約	7
2.1.2	京都議定書	7
2.2	各国の取り組み	
2.2.1	エネルギー政策および地球温暖化対策の基本的方針	
	(1) 日本	8
	(2) ドイツ	9
	(3) アメリカ	10
	(4) フィンランド	11
2.2.2	炭素税	11
2.2.3	住宅用太陽光発電導入促進事業	12
2.2.4	クリーンエネルギー自動車等導入促進対策費補助金	13

第3節 特許データ

3.1	対象技術	15
3.2	データベース構築	15
3.3	基本統計量	16
3.4	データ分析	17
3.5	データ分析結果	18

第4節 推計方法

- 4.1 変数 21
- 4.2 推計手法 22

第5節 推計結果

- 5.1 気候変動枠組条約と京都議定書の効果 24
- 5.2 エネルギー政策の効果 27
- 5.3 炭素税の効果 30
- 5.4 住宅用太陽光発電導入促進事業の有効性 33
- 5.5 クリーンエネルギー自動車購入補助制度の有効性 36

第6節 結語

- 6.1 結論 40
- 6.2 今後の研究課題 41

参考文献

謝辞

付録

第 1 節 序論

1.1 はじめに

近年、エネルギーの安定供給や環境負荷低減などの観点から、化石燃料に代わるエネルギー源を利用した技術の研究開発が進められている。なかでも地球温暖化問題への政策措置や新しいエネルギー技術の研究開発は世界的に行われており、2005年2月16日には地球温暖化抑止のために国連気候変動枠組条約の京都議定書が正式に発効され、各国が温室効果ガスの削減に力を入れている。京都議定書下においては、化石燃料由来の二酸化炭素、メタン、亜鉛化窒素、代替フロンなどの議定書で示された温室効果ガス排出量をコントロールすることが地球温暖化対策への取り組みとして示されており、京都議定書で定められている目標達成のためには、従来の環境保全政策や省エネルギー政策だけでなく、「環境」という新しい分野での国際協調や新エネルギー導入の政策措置が必要不可欠である。各国はそれぞれの実情や経済性の追求といった基本戦略に基づいて地球温暖化対策を実施しており、必ずしも地球温暖化問題への取り組みは各国を通して一様なものではないのが現状である。

我が国でも 1997 年に「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（以下、新エネルギー法という）」が制定され、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー、コジェネレーションシステムや太陽熱利用などの省エネルギーシステム、燃料電池やクリーンエネルギー自動車などの新エネルギーの利用促進が図られている。当面の間は京都議定書で定められた第 1 約束期間（2008 年～2012 年）の目標達成に向けた政策措置の検討が行われると考えられる。世界トップレベルの省エネルギー水準を達成している日本であるが、目標達成のためにはさらなる努力が必要である。

このような背景により、世界の主要国が地球温暖化対策に対してどのように取り組んでいるのか、環境政策を横断的に把握し、効果の分析・検証を行うことは日本や世界各国が取り組むべき環境政策の意思決定のオプションとして、そして地球温暖化防止や化石枯渇問題解決へ向けた具体的な戦略を構築するために必要不可欠である。

1.2 研究背景

本研究では、環境政策と環境技術の研究開発に与える効果を定量的に示すとともに、政策効果の検証を目的としている。環境技術の中でも太陽電池や風力発電、燃料電池など新エネルギー技術の研究開発に注目し、気候変動枠組条約や京都議定書など世界レベルで取り組まれている政策や国レベルで行われている省エネルギー政策や再生可能エネルギー法、各種補助金制度を中心に、環境技術の特許データを用いた計量分析を行っている。回帰分析では環境技術の研究開発のアウトプットとして特許データを被説明変数とし、GDP、研究開発費、研究者数、環境政策を示すダミー変数を説明変数に組み入れることで、環境政策が特許出願数に与えるインパクトの大きさを推計している。世界的に取り組まれている環境政策および国レベルの環境政策を外生的なショックとして考慮し、環境技術の研究開発に与える効果を定量的に示している。

本研究の結論は、気候変動枠組条約や京都議定書、各国のエネルギー政策は環境技術の研究開発には効果的であるとしている。また、導入促進のための補助金制度も対象技術の特許出願数との間には正の相関関係があり、気候変動枠組条約や京都議定書、国内のエネルギー政策よりも大きな効果を持っている。

環境政策が環境技術の研究開発や導入にどの程度貢献しているかは、政策担当者の政策意思決定のために重大な関心事項であるが、その因果関係について環境分野に特化した実証分析はあまり行われていない。特許データを用いた政策に関する既存の研究では、特許データが産業分野ごとに分かれているものが多く、環境分野に焦点を絞った先行研究、特に環境技術別の特許データを用いた実証分析は非常に数が少ない。Jean Olson Lanjouw (1996) は1990年までに出願された環境技術の特許データを用いて分析を行っているが、単純に環境技術の特許出願数の比較であり、政策効果を加味していない。また、馬場(2003)は特許データを被説明変数として、エネルギー価格変化などの外生的ショックと研究開発費について、環境技術のイノベーションに与える影響を明らかにしたが、外生的ショックとしてエネルギー価格(石油価格)や輸入物価指数を取り上げており、環境政策を外生的ショックの1つとして考慮していないため、政策効果を検証したものではない。

地球温暖化問題や石油代替エネルギー問題が世界中で取り上げられているにもかかわらず、環境分野に関する特許データを用いた研究はあまり行われていない背景には、信頼性の高い特許データが存在しないことにある。環境技術別の特許出願数や研

究開発費のデータを入手することは非常に困難であり、環境技術別の特許データを作成するのにも膨大な時間と費用がかかってしまう。一方で、産業分野別の特許データには特許庁の承認統計調査である「知的財産活動調査」によって分野別の特許や研究開発費などのデータが容易に入手可能なため、産学連携の実証研究や特許の経営・経済分析に関する研究は多く存在する。

1.3 問いと仮説

本研究では2つの仮説を設定している。まず、環境先進国における環境技術の研究開発に関する仮説を設定した。環境先進国では環境技術の研究開発が盛んに行われているため、環境技術の特許出願数が他国よりも多くなる。そのため、国内でも新しい技術を用いた設備やシステムは積極的に導入される。環境先進国では新エネルギーの導入率は高くなる。環境先進国では、新しい環境技術の研究開発と導入、そしてまた新しい研究開発へというフローがあると考え、以下の仮説を導いた。

仮説1「環境先進国では、環境技術の特許出願数が他国よりも比率的に高い。」

次に、環境技術の研究開発に与える環境政策の効果に関する仮説を設定する。気候変動枠組条約や京都議定書、国内のエネルギー政策などの環境政策によって、温室効果ガスの排出規制や環境税などの課税対策が行われるようになった。これらの政策に反応し、企業や国民はコストが高く環境負荷の大きい既存の技術ではなく、コストの低く環境負荷の小さい新しい技術を用いた製品やシステムの導入をする必要性がでてきた。これらの需要に応えるために、効率改善や価格低減を目的とした研究開発は促進され、結果として特許出願数は増加する。そして、安価になった環境技術を用いた製品が導入されることで、世界的に新エネルギー技術の導入率は上昇する。これより以下の仮説を導出した。

仮説2「環境政策の制定は、国内の環境技術の開発を促進させる。環境政策によって国内の環境技術に関する特許出願数は増加し、自国での新エネルギー導入率は他国よりも高い水準となる。」

1.4 研究対象国

本研究の研究対象国には 15 カ国を設定している。世界主要先進国、再生可能エネルギー利用率、GDP 成長率の 3 つの選定基準を設け、研究対象国とした。研究対象国の内訳は、主要先進国 8 カ国に加え、再生可能エネルギー利用率の高い上位 5 カ国、GDP 成長率の高い上位 2 カ国の計 15 カ国である。対象国の内訳は表 1 に示す。

表 1 研究対象国

選定基準	国名
主要先進国	アメリカ合衆国、イギリス、フランス、ドイツ、カナダ、日本、イタリア、ロシア
再生可能エネルギー利用割合	スウェーデン、フィンランド、オーストラリア、デンマーク、ノルウェー
GDP 成長率	中国、ブラジル

(出典：著者作成)

再生可能エネルギー利用割合を選定基準に選出した国は、一般的に「環境先進国」と呼ばれている。主要先進国の中にも日本やドイツなど環境先進国と呼ばれている国は存在するが、再生可能エネルギー利用割合を比較すると、その差は歴然である(2006年時点では、日本の3.4%、ドイツの6.3%に比べ、ノルウェーは38.5%、スウェーデンは29.3%、フィンランドは22.6%である)。また、フィンランドやノルウェーは環境持続可能性指数(ESI: Environmental Sustainable Index)¹において世界146か国中1位と2位の国であり、天然資源の豊富な埋蔵量、低い人口密度、環境と開発に関わる問題を首尾良く処理しているとされている。

本研究は、「日本は本当に環境先進国なのだろうか」という疑問に端を発している。世界には環境先進国と呼ばれている国が多数存在している。研究対象国にも「環境先進国」とインターネット検索すれば、必ず目にする国が日本を含めて5、6カ国含まれ

¹ESI は環境持続可能性に関する21の指標で各国をランク付けしたものである。天然資源の埋蔵量、過去と現在の汚染レベル、環境管理の努力、環境パフォーマンスを長年に渡り改善していく地域社会の能力等が含まれている。日本は30位、ドイツは31位、アメリカは45位である(2005年ESIより)。

ている。ドイツ、スウェーデン、フィンランド、ノルウェーをはじめ、日本も環境先進国と呼ばれている国に名を連ねている。我が国が環境先進国であるという意識は、国内の様々な政策局面にも現れている。2006年には小池百合子元環境大臣が「世界に冠たる環境先進国家として、環境と経済が好循環する社会を形成し、地球温暖化問題で世界をリードする[環境省 2006]」と発言し、経済産業省の環境政策の基本指針の1つにも「世界に冠たる環境先進国家として、我が国の有する経験・技術を広く世界に移転・普及し、地球規模での環境問題の解決に貢献することが重要である。このための国際協力を積極的に展開すべきである[経済産業省 2008]」との記述を確認することができる。環境先進国を意識し、世界を牽引すべき国家である意志を読み取ることができる。

1.5 論文の構成

本研究の構成は以下の通りである。第1節の後半部分で問いと仮定を提示する。第2節では環境政策の内容を紹介し、第3節で特許データについて述べる。第4節で変数、推計手法について説明し、第5節で推計結果、第6節で結語を述べる。

第 2 節 環境政策

2.1 世界的な取り組み

2.1.1 気候変動枠組条約²

気候変動枠組条約(正式名称「気候変動に関する国際連合枠組条約」、United Nations Framework Convention on Climate Change / UNFCCC, FCCC)は、地球温暖化問題に対する国際的な枠組みを設定した条約である。1992年6月にリオ・デ・ジャネイロで開かれた環境と開発に関する国際連合会議で採択され、155カ国が署名し、1994年に発効した。地球温暖化の原因とされる大気中の温室効果ガス(二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF₆))の増加が自然の生態系等に悪影響を及ぼすおそれがあることを人類共通の関心事であると確認し、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること、現在および将来の気候を保護することを目的としている。

気候変動枠組条約は、気候変動がもたらすさまざまな悪影響を防止するための取り組みの原則、措置などを定めている。1.締約国の共通だが差異のある責任、2.開発途上締約国等の国別事情の勘案、3.速やかかつ有効な予防措置の実施の3つの原則のもと、附属書締約国に対して温室効果ガス削減に向けた政策を実施することを義務付けている。具体的には、1990年代末までに温室効果ガスの排出量を1990年の水準に戻すことを目指していくこと、そのための政策措置をとり、その効果の予測などを締約国会議に通報し、審査を受けること、また、開発途上国に気候変動に関する資金援助や技術移転などを実施することを求めている。

2.1.2 京都議定書³

京都議定書(正式名称「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」、Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change)は、1994年に発効した気候変動枠組条約に基づき1997年12月11日に京都市の国立京都国際会館で開

²環境省、気候変動に関する国際連合枠組条約(1994)より著者作成。

³外務省、気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書(2002)より著者作成。

かれた第3回気候変動枠組条約締約国会議（地球温暖化防止京都会議、COP3）で議決した議定書である。地球温暖化の原因となる温室効果ガスの一種である二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、HFCs、PFC、SF について、先進国における削減率を1990年の排出量を基準とし、共同で約束期間内に目標値を達成することが定められた。

京都議定書では、クリーン開発メカニズム、排出量取引、共同実施の京都メカニズムと呼ばれる具体的な措置が定められている。附属書締約国はこの制度を利用することで、国内での温室効果ガスの削減だけでなく国外での活動や国家間の温室効果ガスの取引することが可能になっている。また、京都議定書以前から化石燃料の依存度低下に努力してきた北欧諸国では京都議定書の目標値は緩く設定されており、京都議定書では具体的な成果を挙げている国に関して相応の評価がされている。

表2 京都議定書の概要

対象ガス	二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFC、PFC、SF
吸収源	森林等の吸収源による温室効果ガス吸収量を参入
基準年	1990年（HFC、PFC、SFは1995年としてもよい）
期間	2008年から2012年
目標	先進国全体で少なくとも5%削減を目指す
その他	国際的に協調して、目標を達成するための仕組みを導入（排出量取引、クリーン開発メカニズム、共同実施など） 途上国に対しては、数値目標などの新たな義務は導入せず

（出典：環境省ホームページ「京都議定書の概要」）

2.2 各国の取り組み

2.2.1 エネルギー政策および地球温暖化対策の基本的方針

(1) 日本

日本国内での新エネルギー政策の第一歩は、1979年に制定された「エネルギー使用の合理化に関する法律（以下、新エネルギー法とする）」である。「内外におけるエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保に資するため、工場、輸送、建築物及び機械器具についてのエネルギーの使用の合理化に関する所要の措置その他エネルギーの使用の合理化を総合的に進めるために必要な措置等を講ずることとし、もつて国民経済の健全な発展に寄与すること〔第1条〕」としている。2度にわたるオイルショックを背景に、日本の経済発展のためにはエネルギー使用効率を大幅に改善していくことが必要とされ、産業の省エネルギー化が進められてきた。

その後、2002年に京都議定書を批准したことにより、日本では二酸化炭素排出量を1990年の排出量を基準に6%の削減が義務となった。しかし、二酸化炭素排出量の削減は産業部門限定的であり、運輸部門や民生部門では大幅な増加を示しているため、輸送分野への新しい対策や既存の政策をオフィスビルへ適用拡大する必要が出てきた。このような社会的な要因を背景に大幅に改正された法律が、1998年の新エネルギー法である。新しくトップランナー方式が導入され、電気事業者に対して風力発電、太陽光発電、水力発電、バイオマス発電、地熱発電の発電割合を一定割合以上にすることを義務付け、新エネルギーの一層の普及促進を図ることを定めている。新エネルギー法による再生可能エネルギーの導入目標は、2010年で電力供給量の1.35%、2014年でも1.6%である。これは、ドイツでの同様の法律で定められている再生可能エネルギー利用割合（2010年で12.5%、2020年で20%）に比べると極端に低く抑えられており、新エネルギー法が再生可能エネルギー利用の制約条件となり、逆に再生可能エネルギーの普及を阻害しているという見方もある。

(2) ドイツ⁴

ドイツは、1993年12月に気候変動枠組条約、2002年5月に京都議定書を批准し、温室効果ガスを1990年比-21%の目標を掲げている。ドイツの地球温暖化対策の歴史は古く、気候変動枠組条約策定以前より東西ドイツの時代から二酸化炭素削減に向けた政策に取り組んでいる。1990年からの地球温暖化への取り組みでは、まず1990年6月の閣議決定により環境大臣の監督下に省庁横断によるCO₂削減作業グループを設置している。このグループはエネルギー供給、輸送、建設、新技術、農業・森林、排出目録の6つのグループに分かれ、それぞれの分野の気候保全のための目標設定を行い、二酸化炭素削減について進捗状況の監視を行う体制をとっている。これまでに、この作業グループによって150以上もの気候保全政策に関する提言が行われ、削減方針が発表されている。

ドイツでは、再生可能エネルギーの倍増、コジェネレーションの拡大、経済的インセンティブ(Eco-Tax)による対策に取り組んでいる。ドイツにおける環境税は、現在の連立政権における税制改革の一環として1999年4月に導入された。ガソリン、経由、灯油、天然ガス、電力へ課税し、税収は再生可能エネルギーへの補助金や社会保障費として使用されている。

ドイツにおけるエネルギー政策は、1999年制定、2004年改定の「電力分野における再生可能エネルギー優先法を新たに定めるための法律(新再生可能エネルギー優先法)」である。再生可能エネルギーの利用比率を2010年までに少なくとも12.5%に、2020年までに少なくとも20%に上昇させると定めている。太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーを用いて発電された全ての電力を20年間の長期に渡って固定価格で買い取る義務を配電事業者に課す制度を採用しており、原子力発電や火力発電など他の電力価格より高い分の差額は、最終的に電力料金に上乗せして回収できる。稼働開始時の価格が長期保証されるため、配電事業者が負うリスクは小さく、安定した収益性や成長力が見込めると考えられている。

⁴地球温暖化対策関連データ等に関する調査より一部を引用し、著者がまとめたものである。

(3) アメリカ⁵

アメリカは 1992 年に気候変動枠組条約を批准、1998 年に京都議定書に署名したが 2001 年に脱退した。国内の地球温暖化政策は、大気汚染防止対策として自動車の排ガス・燃費規制が 1970 年代から導入されていた。1990 年代からの地球温暖化対策としては、1993 年クリントン政権による Btu 税導入の試みが挙げられる。しかし、Btu 税は支持を得られず、代わりに打ち出されたのが自主的な取り組みを中心とする気候変動行動計画 (Climate Change Action Plan : CCAP) である。この政策によってエネルギー効率化や再生可能エネルギーの利用への優遇制度、自主努力による各種の地球温暖化対策プログラム等の施策が導入されている。ブッシュ政権に移行後も基本的にこれらの施策は継続されているが、SO₂、NO_x など大気汚染物質を規制する大気浄化法 (Clean Air Act 1990) に定められている二酸化炭素排出規制法や排出量削減を目的とするエネルギー税や炭素税および排出量取引制度は成立していない。最近では、2002 年 2 月、経済成長の維持を前提に、自主的努力、技術開発等により 2002 年から 2012 年の 10 年間で GDP 当りの二酸化炭素排出量を 18% 削減することを目標とする気候変動イニシアティブ (Global Climate Change Initiative) を発表している。これは 2012 年推定排出量 80.9 億 t を約 4 億 t 削減し 77 億 t にするものであるが、2002 年比では 10.9% の排出量の増加 (京都議定書目標費比では 34.9% 増に相当) を容認するものである。

アメリカの地球温暖化対策やエネルギー政策の特徴は、クリントン政権時もブッシュ政権時も環境と経済成長とのバランスに重点を置いていることである。京都議定書にいたる交渉過程においても排出権取引制度に代表される京都メカニズムなどの柔軟性を図るための措置の導入を提唱している。アメリカ国内で継続的に審議されている包括エネルギー法案には、再生可能エネルギー支援施策に加えて原子力拡充、炭素固定化などクリーンコール技術開発などの水素エネルギー関連施策が盛り込まれている。

⁵ 地球温暖化対策関連データ等に関する調査より一部を引用し、著者がまとめたものである。

(4) フィンランド

フィンランドは、1994年5月に気候変動枠組条約、2002年5月に京都議定書を批准している。フィンランド国内の地球温暖化対策は、2001年3月に出された「国家機構戦略」をもとに行われている。この政策では、フィンランドの排出削減量の半分を省エネルギーと再生可能エネルギーの促進によって達成し、残りの半分を電力供給対策で達成すると定めている。また、電力供給対策には石炭からガスへの燃料転換、または原子力発電の促進という選択肢とが用意されている。

フィンランドは1990年に世界で最初に炭素税を導入した国である。地球温暖化対策の特徴の一つである炭素税の効果については、炭素税が導入された二酸化炭素排出量が同国の基準量とされ、炭素税が無かった場合の温室効果ガスの排出量が推定されていないため、削減効果の見積もりは出されていない。炭素税が同国の地球温暖化対策に一定の役割を果たしていることは間違いないが、税率が低いためその効果はそれほど大きなものではないと一般的に評価されている。その後、1995年の省エネルギープログラムによって、天然ガスコジェネレーションの普及も非常に進んでいる。フィンランドは国土の約6割を森林が占める森林資源の豊富な国でもあり、この豊富な森林資源を生かしたバイオマス分野での再生可能エネルギー利用のリーディングカントリーとなっており、この分野の輸出は盛んである[日本エネルギー経済研究所 2005]。今年発表された「2005年環境持続可能性指標(ESI)」においても、検証した146カ国中第1位となっている⁶。

2.2.2 炭素税

炭素税とは、化石燃料の炭素含有量に応じて使用者に課す税金のことである。化石燃料の価格を税により引き上げることにより、その需要を抑え、税収を環境対策に利用することによって地球温暖化の原因である二酸化炭素の排出量を抑えることを目的としている。炭素税の課税対象は、石炭、石油、天然ガス、ガソリン、軽油、灯油、重油などの化石燃料である。二酸化炭素排出削減に努力した企業や個人に対する税金は減少し、努力を怠った企業や個人に対して排出量に応じた負担をさせるという低炭素社会実現への努力が報われるという仕組みでもある。炭素税を課すことによって、

⁶2005 Environmental Sustainability Index - Scores and Rankings。

二酸化炭素排出量の減少や省エネルギー技術開発の誘引の効果が期待されている。一般に税金額が大きいほど化石燃料需要の抑制につながり、削減量は大きくなる。また、省エネルギー技術への投資や開発意欲も向上すると考えられている。

炭素税として環境税を導入している国は、欧州では 2006 年 3 月時点で 8 か国（フィンランド・ノルウェー・スウェーデン・デンマーク・オランダ・イギリス・ドイツ・イタリア）ある。ただし、フィンランド・スウェーデン以外の国は、炭素量に応じた課税とはなっていない（発熱量当たりや物量当たりでの課税となっている）。欧州以外では、アメリカ合衆国のボルダー市が 2006 年に、カナダのブリティッシュコロンビア州では 2008 年 2 月 20 日の年度予算の発表に伴い、炭素税の導入決定が表明されている。日本でも環境税としての導入が検討されているが、具体的な導入時期などは未定である。

2.2.3 住宅用太陽光発電導入促進事業

住宅用太陽光発電導入促進事業（以下、太陽光発電補助金制度とする）は、太陽光発電の自立的な普及拡大を促していくため、一定期間に集中的な支援措置を実施し、大規模な導入促進を図ることにより、量産効果による一層のコスト低減を実現し、太陽光発電市場の早期自立化を促進することを目的としている〔環境省 1994〕。太陽光発電の導入制度には、日英型の「固定枠買取制度」とドイツ型の「固定価格買取制度」の2種類がある。

（1）固定枠買取制度

日本やイギリスにおける住宅用太陽光発電導入促進事業は、導入量の「枠」を定める固定枠買取制度に基づいている。我が国では、1994 年に策定された「環境基本計画」に準拠する形で、2004 年までの 10 年間に渡って太陽光発電システムを導入する世帯には 1kWh あたり 9 万円の補助金を交付してきた。また、電気事業者には再生可能エネルギー利用に対して一定の導入枠を課している。この導入枠を巡って入札で透明性が高く、より安い電力価格を競う結果、固定価格買取制度に比べて市場原理に合致した仕組みとされている。

(2) 固定価格買取制度⁷

固定価格買取制度 (Feed-in Tariff, FiT, Feed-in Law, FiL) は、エネルギーの買い取り価格を法律で定める方式の助成制度である。設備導入時に一定期間の助成水準が法的に保証されるほか、生産コストの変化や技術の発達段階に応じて助成水準を柔軟に調節できる制度である。固定価格買取制度では、エネルギーの売り渡し価格を法律で決められており、初期に導入した事業者ほど高い買取価格が設定されている。対象技術のシステムの普及が拡大し、エネルギーの生産コストが低減するのに合わせて、後期に導入した事業者ほど助成額は減らされる。再生可能エネルギーを利用する事業者は、買い取り価格を決まった期間に渡って法律で保証されている。この価格は、普及量や生産コストの推移に従って定期的に見直され、計画的に逡減していくが、既に導入された分についてはこの見直しは影響しない。定期的な見直しを通じた価格の逡減により、国や地域全体でみた電力量あたりの助成費用は抑えられる。この助成に必要な費用は多くの場合、電気料金に上乗せして全ての電力消費者から電力の利用量に応じて徴収され、国は直接金銭の収受を行わない。ドイツの場合、徴収額は標準的な家一軒当たり 2 ~ 3 ユーロである。日本の余剰電力買取制度は自家消費分を除いた余剰電力だけが買い取り対象となるのに対して、固定価格買取制度では発電した電力は全て買い取られる。スペインも同様の制度を 1997 年に導入している。

2.2.4 クリーンエネルギー自動車等導入促進対策費補助金

日本、アメリカ、イタリア、フランスなどで導入されているクリーンエネルギー自動車購入に対する補助金交付制度 (以下、自動車購入補助制度とする) である。クリーンエネルギー自動車はバッテリーに備えた電気でモーターを回転させて走る電気自動車、複数の動力源を組み合わせる低公害化や省エネルギー化を図るハイブリッド自動車、家庭に供給されている都市ガスの原料でもある天然ガスを燃料として走る天然ガス自動車、メタノールを燃料として走るメタノール自動車の 4 種類に分類することができる。ハイブリッド自動車はトヨタのプリウスですでに実用化され、天然ガス自動車は一部の運送業のトラックに導入されている。メタノール自動車はメタノール専用の自動車は販売や導入はされていないが、メタノールを数%混合したガソリンがヨ

⁷Mendonca (2007) より著者作成。

ヨーロッパやカナダなどで導入されており、ガソリン自動車がメタノール自動車として使われている。日本では自動車購入補助制度は1998年より導入され、対象車種購入時に同種の一般自動車との差額を車両代金の2分の1を上限として補助金を交付している。欧米におけるクリーンエネルギー自動車の助成制度を表3に示す。

表3 欧米における助成制度

国名	普及策
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池自動車等の購入：最高 3,400 ドルの税額控除 ・代替燃料自動車の購入：最高 4 万ドルの税額控除 ・バス等の大型ハイブリッド自動車の購入：最高 12,000 ドルの控除 ・大型代替燃料車の購入：最高 32,000 ドルの控除
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ・購入助成 2.5 万フラン（政府 + 電力会社 + 自治体合せ） ・EV リース（3 年契約で 2,000 フラン / 月） ・電池リース（700 フラン / 月） ・道路税免除、自動車登録税割引、特殊電力税免除などの適用
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ・電力（RWE Energie）：価格差補助、電池リース ・国の補助制度なし
イタリア	<ul style="list-style-type: none"> ・スクーター購入補助：最大50万リラ / 台 ・道路税購入後5年間無税保険料50%割引 ・ランバルディア州では30～50%補助 ・フィレンツェ：電気ミニバス 20 台トリノ：EV レンタル 20 台

出典：財団法人日本自動車研究所ホームページ，NEDO海外レポートNo.968をもとに新エネルギー・

産業総合開発機構作成

著作権者：財団法人日本自動車研究所，新エネルギー・産業技術総合開発機構

第3節 特許データ

3.1 対象技術

本研究では、新エネルギー技術の研究開発を研究対象としている。新エネルギーとは、1997年に施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」において、「新エネルギー利用等」として規定されており、「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの〔新エネルギー法、1997〕」と定義している。そのため、実用化段階に達した水力発電や地熱発電、研究開発段階にある波力発電や海洋温度差発電は、自然エネルギーであっても新エネルギーには指定されていない。そこで、本研究の研究対象は以下の2分野、15項目とする。また、自動車分野での比較検証のために、ディーゼル自動車も対象技術とする。同様の法律は、ドイツの自然エネルギー促進法や再生可能エネルギー法、イギリスの再生可能エネルギー法、フィンランドの再生可能エネルギー利用アクションプランなどがある。

(1) 供給サイドの新エネルギー⁸

太陽光発電、風力発電、太陽熱利用、温度差エネルギー、廃棄物発電、廃棄物熱利用、廃棄物燃料製造、バイオマス発電^()、バイオマス熱利用^()、バイオマス燃料製造^()、雪氷熱利用^()

(2) 需要サイドの新エネルギー⁹

クリーンエネルギー自動車、天然ガスコージェネレーション、燃料電池

()は、政令改正(平成14年1月25日公布・施行)により、新たに追加。

3.2 データベース構築

環境技術の研究開発に影響を与える政策効果を分析するためには、国レベルでの環境技術別の特許に関するパネルデータが必要である。しかし、環境技術に特化した特許の国レベルでのデータセットの入手は非常に困難であるため、本研究では欧州特許庁(EPO: European Patent Office、以下EPOとする)の電子図書館[esp@cenet]のデ

^{8, 9} 経済産業省、資源エネルギー庁ホームページ「新エネルギー政策について」より引用。

データベース¹⁰を利用し、国レベルでの環境技術別の特許に関するパネルデータを作成した。パネルデータ作成の際には、国際分類特許(IPC: International Patent Classification、以下 IPC とする)¹¹を用いてデータ検索を行った。特許調査用のデータベースには日本特許庁(JPO: Japan Patent Office、以下 JPO とする)や世界知的所有権機関(WIPO: World Intellectual Property Organization、以下 WIPO とする)の電子図書館があるが、JPOでは保有しているデータの対象が日本国内のみであること、WIPOではWIPOに出願された特許のみに限定しているため、両者のデータベースを利用して作成した特許パネルデータでは本研究の研究対象を満足しない。そこで、世界72ヶ国、5400万件の特許データを保有している(2006年5月時点)EPOの電子図書館[esp@cenet]を利用し、1990年から2005年までの16年間を対象にデータベースを構築した。

3.3 基本統計量

表4に推計に使われる基本統計量を示す。オブザベーションは(研究対象国15カ国)×(対象期間16年)の240であり、全16の変数についての基本統計量を示している。本研究では、これらの16種類の変数に7つのダミー変数を加えた23の変数を用いて回帰分析を行っている(ダミー変数については4.1を参照)。環境技術の特許出願数は国によって大きな差が生じており、最も多い特許出願数の分野は2005年の日本の燃料電池で5887件、最も少ない特許出願数の分野はいくつか存在しており、フィンランド、デンマーク、スウェーデンのハイブリッド自動車やコジェネレーションの分野で0件であった。最近の傾向として、先進国の特許出願数は2002~2003年を境にやや減少傾向である一方で、中国とフランスの特許出願数は急激に上昇している。また、本研究で研究対象としている新エネルギー技術の研究開発は1990年から単調増加の傾向があり、絶対数では日本、アメリカ、ドイツなど世界の主要先進国は環境技術の特許出願数が多くなっている。

¹⁰http://ep.espacenet.com/?locale=jp_ep 参照。

¹¹世界各国が共通に使用できる特許分類として作成されたのがIPCである。IPCの第一の目的は、新規性や進歩性を評価するために、特許文献を検索するためのサーチツールを確立することである。さらにIPCは、特許文献に記載の技術へのアクセスを容易にするツールとなること、特許情報を利用者に普及させる基礎になること、ある技術分野の現状を調査するための基礎となること、そして、種々の分野における技術の発展を評価できる統計を作成するための基礎となることも目的としている[特許庁2005]。

表 4 基本統計量

Variable	Obs	Mean	Std.Dev	Min	Max
一人当たりの GDP	240	2.66	1.13	-0.942	3.69
研究者数	240	1.66	0.845	-1.20	2.87
研究開発費	240	0.572	0.458	-0.562	1.45
石油価格	240	3.11	0.343	2.49	4.04
太陽電池	228	2.87	1.96	0	7.19
風力発電	232	2.89	1.40	0	6.45
太陽熱利用	236	3.33	1.64	0	7.03
廃棄物熱利用	232	3.29	1.77	0	7.80
バイオマス	227	2.87	1.40	0	6.10
氷雪熱利用	118	1.15	0.981	0	3.04
燃料電池	220	3.19	2.17	0	8.68
コジェネレーション	177	1.87	1.82	0	6.42
クリーンエネルギー自動車	167	2.65	1.91	0	7.40
ハイブリッド自動車	133	2.11	1.93	0	7.04
電気自動車	158	2.30	1.80	0	6.37
ディーゼル自動車	220	3.24	2.26	0	8.09
総特許出願数	236	5.26	1.78	1.10	9.69

(出典：著者作成)

3.4 データ分析

環境技術別の特許出願数を比較、検証、評価するために、技術別に分類された特許出願数のデータベースを用いて、絶対数の比較と相対的な指数の比較により各国で出願された特許に関する評価を行った。絶対数の評価には、GDP ベース（特許出願数/一人当たりの GDP）と研究者ベース（特許出願数/研究者数）の 2 種類の指数によって絶対評価を行っている。GDP ベースでの指数が大きい場合は、単位 GDP あたりの特許出願数が多いということ、研究者ベースでの指数が大きい場合は、研究者 1 人あ

たりの特許出願数が多いということを意味している。また、他国よりも指数が平均的に大きい場合を絶対優位、他国よりも指数が平均的に小さい場合を絶対劣位とする。

相対的な指数評価には、バラッサの顕示比較優位指数（Relative Comparative Advantage、以下 RCA 指数という）を用いている。RCA 指数は、ある国の比較優位を推定するための方法として一般的に知られており、貿易の輸出入の割合の中である財が輸出入の全体の中でどの程度の割合を占めているのかを表すときに用いられる。RCA 指数の定義は式（1）に表す通りである。

$$\text{RCA 指数} = (X_{ik} / X_i) / (M_{wk} / M_w) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 (X_{ik} / X_i) は i 国の総特許に占める環境技術 k の特許の割合、 (M_{wk} / M_w) は世界総特許に占める環境技術 k の特許の割合を示している。環境技術 k の RCA 指数が 1 以上の場合、その国は環境技術 k に関して世界の平均的な技術開発シェア以上のシェアを持つことから、環境技術 k の研究開発に関して比較優位があると考えられる。RCA 指数は値が大きいほど比較優位の度合いが高いことを示しており、 $\text{RCA} = 0$ の場合では比較優位でも比較劣位でもない。RCA 指数が 1 以下の場合、その国は環境技術 k の研究開発に関して比較劣位である。

3.5 データ分析結果

GDP ベースと研究者ベースの 2 つの指数の比較では、日本、中国、ドイツは多くの分野で絶対優位であることが明らかになった。一方、RCA 指数の比較では、日本が比較優位である環境技術の研究開発は燃料電池、コジェネレーション、クリーンエネルギー自動車のみに限定される。反対にフランス、オーストラリア、フィンランド、デンマークの比較優位な分野が増加し、中国やドイツの比較優位は絶対優位と同様に維持されている。

付録の図 1～図 12 に GDP ベースの指数のグラフを示す。GDP ベースの比較では、日本が 11 分野中 8 分野で絶対優位となっている。太陽電池、風力発電、太陽熱利用、廃棄物熱利用、コジェネレーション、ハイブリッド自動車、電気自動車、ディーゼル自動車の分野で絶対優位である。特に自動車分野での日本の絶対優位性は他国を大きく上回っており、トヨタ、ホンダ、日産などの世界有数の自動車メーカーがある日本

を象徴する結果となっている。また、太陽電池に関しても世界 1 位と 3 位のシェアを持つシャープ、三菱電機があり、太陽電池に関する特許出願数の絶対優位性は高くなっている。日本に次いで環境分野の絶対優位が多い国は、ドイツである。太陽電池、風力発電、太陽熱利用、燃料電池、電気自動車、ディーゼル自動車の 6 つの分野で絶対優位を示している。ドイツが絶対優位である環境技術の分野で注目したいのが、2000 年からの風力発電に関する特許出願数の増加である。2000 年は自然エネルギーの導入率を定めた再生可能エネルギー法が施行された年であり、風力発電の世界 3 位のシェアを持つドイツの Enercon 社などが、この法律の施行によって 2000 年からの風力発電の研究開発を加速させたと考えられる。また、風力発電はデンマークが唯一絶対優位を示している分野でもあり、この要因として風力発電の 3 分の 1 の世界シェアを持つデンマークの Vestas 社の存在があると推測できる。

研究者ベースの分析結果を付録の図 13～図 24 に示す。研究者ベースの比較では、中国の絶対優位が多くなっていることが確認できる。太陽電池、風力発電、太陽熱利用、廃棄物熱利用、バイオマスの 11 分野中 5 分野で絶対優位である。GDP ベースで絶対優位が多かった日本は、研究者ベースでの絶対優位は中国に劣るものの、その他の国を上回る結果となっている。燃料電池、コジェネレーション、ハイブリッド自動車、電気自動車、ディーゼル自動車の分野で絶対優位であり、太陽電池と風力発電の特許出願数に関しても他国よりやや絶対優位を確認できる。クリーンエネルギー自動車の特許出願数は、GDP ベースでも研究者ベースでも他国を大きく上回っている。

ドイツの研究者ベースの指数は、GDP ベースと似た挙動を示している。太陽電池、風力発電、燃料電池、コジェネレーション、電気自動車、ディーゼル自動車の分野で中国、日本に次いで絶対優位を示しており、風力発電に関しては日本を上回っている。

2 つの絶対的な指数の比較において、日本、中国、ドイツの 3 カ国に共通していることは、1990 年から 2005 年まで単調増加を示していることである。特に、1990 年の後半からの中国の研究者ベースの特許出願数の増加は顕著である。構築したデータベースを見れば特許出願数の単調増加が容易に確認できるため、中国国内では研究者数があまり増加していないのにもかかわらず、環境技術の研究開発は促進され多くの特許が出願されたことになる。世界一の GDP を誇る経済大国アメリカであるが、絶対数の比較では GDP ベースでも研究者数ベースでも他国より優位となる環境技術の分野は少なかった（GDP ベースでは絶対優位な技術分野を確認することができず、研究者

ベースでは 2000 年頃を境に太陽電池、風力発電、氷雪熱利用、クリーンエネルギー自動車、ディーゼル自動車の分野でやや絶対優位なのを確認できる程度である。

次に、GDP ベースと研究者数ベースで絶対優位を示していた日本、中国、ドイツの 3 カ国の動向に着目して、RCA 指数を比較する。RCA 指数の分析結果を付録の図 25 ~ 図 36 に示す。日本が比較優位である分野は、燃料電池、コージェネレーション、ハイブリッド自動車、電気自動車、ディーゼル自動車の 5 分野に減少する。絶対数の比較では他国よりも絶対優位を示していた太陽電池、風力発電、太陽熱利用に関する特許出願数は RCA = 1 の線上、またはやや下を推移しており比較劣位と読み取ることができる。日本が絶対優位から比較劣位へと変わった太陽電池、風力発電、太陽熱利用の 3 分野に関しては、他国では絶対劣位から比較優位への変化を確認できる。太陽電池ではオーストラリア、ブラジル、風力発電ではカナダ、フィンランド、ノルウェー、太陽熱利用ではオーストラリア、ノルウェー、フィンランド、ブラジルが絶対劣位から比較優位となっている。また、中国も絶対数の比較では 5 分野で絶対優位を確認できたが、RCA 指数では比較優位である技術分野は太陽電池、風力発電、太陽熱利用の 3 分野に減少している。一方で、ドイツは日本やドイツほどの絶対優位の減少は見られなかった。GDP ベースでは 6 分野で絶対優位であったドイツであるが、RCA 指数でも太陽電池、風力発電、太陽熱利用、氷雪熱利用、ディーゼル自動車の 5 つの分野で比較優位を示している。

環境技術の特許は、日本、ドイツ、中国で多く出願されていることが明らかになった。企業と特許出願数を関連付ければ、高い世界シェアを持つ企業がある国では、その製品に関連する技術の特許は多く出願されている傾向にある。しかし、特許が多く出願されていることが、その国での環境技術分野のシェアの増加に直接は結びついていない。

第4節 推計方法

4.1 変数

本研究で推計に用いた変数は被説明変数 12 種類、説明変数 11 種類の計 23 種類である。ダミー変数を含めた説明変数を表 5 に示す。被説明変数には特許出願数の自然対数を使用し、説明変数には各国の一人当たりの GDP、研究者数、研究開発費、石油価格の自然対数と環境政策を示すダミー変数を用いて推計を行った。被説明変数の $\ln Patent_{ijt}$ は、 i 国の j 分野における特許出願数の自然対数である。3.2 で作成したデータベースにより、1990 年から 2005 年までの環境技術別の特許出願数がパネルデータ形式で構成されている。説明変数である一人当たりの GDP、石油価格、研究者数、研究開発費のデータは、世界銀行の World Development Indicators 2007、OECD の OECD Fact book 2008 を参照としている。なお、OECD の Fact book 2008 から使用した研究者数と研究開発費に関するデータは環境分野に特化したものではなく、国全体の研究者数または研究開発費である。本来であれば、環境分野に従事している研究者数と環境分野に限定した研究開発費を用いるべきであるが、データの制約により困難であった。そこで、国全体の研究者数と研究開発費が大きければ環境分野の研究者数と研究開発費も大きいという仮定の下、全分野のデータを環境分野のデータとして代用している。つまり、ここで用いている両者のデータは、環境分野も含まれた全産業分野を対象としていることに注意いただきたい。

また、環境政策を示すダミー変数には、国際的な取り組みを表すダミー変数 3 種類と国内の政策を表すダミー変数 4 種類、計 7 種類を用いている。気候変動枠組条約採択を表すダミー変数は *FCCC* (1994 年まで 0、1994 年から 1)、京都議定書に関するダミー変数は京都議定書の採択と批准の 2 種類に分け、それぞれを *KYOTO* (1997 年まで 0、1997 年から 1) と *RATIF* (2002 年まで 0、2002 年から 1) とした。各国の国内の政策を示すダミー変数は、新エネルギー法や省エネルギー法など直接規制を表すものとして *DIRECT* (直接規制あり = 1、直接規制なし = 0)、住宅用太陽光発電導入促進事業を表すダミー変数には *SOLAR* (促進事業あり = 1、促進事業なし = 0) を用いている。これに加え、炭素税や環境税導入の有無を示すダミー変数 *CARBON* (炭素税あり = 1、炭素税なし = 0) とクリーンエネルギー自動車購入補助のダミー変数 *CLEAN* (購入補助制度あり = 1、購入補助制度なし = 0) を用いている。

表 5 変数の概要

変数名	略号	内容
一人当たりの GDP	<i>GDPCA</i>	i 国の一人当たりの GDP
研究者数	<i>RES</i>	i 国における全分野の研究者数
研究開発費	<i>RD</i>	i 国全体の研究開発費
石油価格	<i>OIL</i>	i 国内の石油価格
政策ダミー	<i>FCCC</i>	気候変動枠組条約参加 = 1、不参加 = 0 としたダミー変数
	<i>KYOTO</i>	京都議定書署名 = 1、拒否 = 0 としたダミー変数
	<i>RATIF</i>	京都議定書批准 = 1、脱退 = 0 としたダミー変数
	<i>DIRECT</i>	エネルギー政策あり = 1、政策なし = 0 としたダミー変数
	<i>CARBON</i>	炭素税導入済 = 1、未導入 = 0 としたダミー変数
	<i>SOLAR</i>	太陽光発電補助金制度なし = 1、制度なし = 0 としたダミー変数
	<i>CLEAN</i>	クリーンエネルギー自動車購入補助制度あり = 1、制度なし = 0 としたダミー変数

(出典：著者作成)

4.2 推計手法

環境政策が環境技術の研究開発に与えるインパクトを推計するために、特許出願数と国の規模を表す変数を重力モデルタイプの回帰分析に組み入れ、回帰分析を行っている。本研究での重力モデルは、環境技術別の特許出願数を被説明変数とし、各国一人当たりの GDP や研究開発費など国の規模を表す変数を説明変数とし、環境政策をダミー変数として推計式に組み入れることで、環境政策が特許出願数に与えるインパクトを推計している。

本研究のモデルは、Jaffe and Palmer (1997) のモデルと Popp (2002) のモデルを拡張したものである。前者のモデルは、技術革新の誘発における要素投入の変化を表す

指標として GDP と研究開発費が用いられ（両者とも対数値である）、各産業の研究開発費が政府の研究開発費と相関性があることを見出している。後者のモデルでは、技術革新を誘発する外生的なショック要因としてエネルギー価格の変化に注目し、被説明変数に特許出願数を用いて、エネルギー価格の上昇によって省エネルギー技術の技術革新は誘発されると結論付けている。(2)式は、Jaffe and Palmer (1997) の枠組を用いつつ、Popp (2002) が検討したようなエネルギー価格の変化にも着目し、新たに環境政策をダミー変数として導入している。これは、環境技術の研究開発が*i*国の規模、研究開発の規模、エネルギー価格の3つの柱から成り立っているということ想定し、そこに環境政策という外生的なショックを取り込んだ場合の環境技術の特許出願数に作用する環境政策の効果を検討している。以下に、本研究での重力モデルを示す。

$$\ln Patent_{ijt} = \beta_1 \ln GDPCA_{it} + \beta_2 \ln RES_{it} + \beta_3 \ln RD_{it} + \beta_4 \ln OIL_{it} + \beta_5 POL_{ijt} + \alpha_i + \alpha_{it} \quad \text{式(2)}$$

ここで、添え字の*i, j, t*はそれぞれ国、環境技術の分野、時期を表している。 $\ln GDPCA_{it}$ は*i*国の*t*年における一人当たりのGDP、 $\ln RES_{it}$ は*i*国の*t*年における研究者数、 $\ln RD_{it}$ は*i*国の*t*年における国全体の研究開発費、 $\ln OIL_{it}$ は*i*国の*t*年における石油価格の自然対数値を取ったものである。 POL_{ijt} は*i*国の*j*分野、*t*年における環境政策の有無を表すダミー変数で、4.1で示した7種類のダミー変数が採用される。なお、 α_i 、 α_{it} は国ごとの固定効果、定数項である。

第5節 推計結果

5.1 気候変動枠組条約と京都議定書の効果

気候変動枠組条約と京都議定書の効果は、対象技術 11 分野の総特許出願数に対する政策効果の推計結果をベンチマークとしている。表 6 には特許出願数の合計を被説明変数とした場合の推計結果を示している。この推計結果より、以下の 4 つ知見を見出すことができる。第 1 に、気候変動枠組条約と京都議定書が環境技術の研究開発に与える効果では、気候変動枠組条約の方が大きな効果がある。環境技術別では、クリーンエネルギー自動車、燃料電池、風力発電、コジェネレーション、ディーゼル自動車の研究開発に効果がある。第 2 に、一人当たりの GDP および研究開発費は環境技術の研究開発に正の相関関係がある。第 3 に、環境技術の研究開発は政策よりも石油価格に左右されてきた。しかし、近年は政策が環境技術の研究開発に直接反映されるようになってきている。最後に、環境技術の研究開発に従事する研究者の増加によって研究開発は促進されない。

気候変動枠組条約と京都議定書の効果を比較するために行った推計は、政策を表すダミー変数に *FCCC*、*KYOTO*、*RATIF*、および *FCCC* と *KYOTO* を組み合わせた 4 種類である。*FCCC*、*KYOTO*、*RATIF* は正の効果を持ち、それぞれ 1%水準で有意であった。また、*FCCC* と *KYOTO* を組み合わせた推計では、どちらも正の効果を持っているが、*FCCC* のみ 1%水準で有意である。これらの結果は、気候変動枠組条約の効果は非常に大きく、反対に京都議定書はうまく機能していないということになる。京都議定書は気候変動枠組条約を土台として地球温暖化問題に対する具体的な施策を定めているため、本来であれば気候変動枠組条約よりも大きな効果が期待された。しかし、排出量の大きい中国やアメリカが京都議定書に参加していないことや排出権取引、クリーン開発メカニズムの手続きの複雑さなどから京都メカニズムがうまく活用されず、結果として環境技術の研究開発に与える影響が小さくなっていると考えられる。ただし、気候変動枠組条約は地球環境問題に対する世界初の取り組みを定める大きな条約であったため、その効果が大きく現れたとも考えることができる。

総特許出願数に関する全ての推計において一人当たりの GDP や研究開発費は環境技術の特許出願数に対して正の効果をもち、1%水準で有意であった。国の規模が大きいほど環境技術の特許出願数は多くなることが明らかになった。一人当たりの GDP

と研究開発費は大きな相関関係を持っているため、国の規模が大きくなると、研究開発費は自然と多くなる。しかし、研究開発の規模を示す研究者と研究開発費では大きく異なる結果が得られている。研究開発費は環境技術の特許出願数に正の効果を確認できるが、研究者数は全ての推計において負の効果を示している。この結果を「研究者が減れば環境技術の特許出願数が増える」と解釈することもできるが、実際には研究者の減少によって研究開発が促進されることは考えにくいいため、本研究では「研究者の増加だけでは環境技術の研究開発は促進されない」とする。

気候変動枠組条約と京都議定書が個々の環境技術の研究開発に与える影響はクリーンエネルギー自動車、燃料電池、風力発電、コジェネレーションの分野で正の効果がある。特に、クリーンエネルギー自動車の特許出願数に対して著しい効果を示している。推計結果を付録の付表 1～付表 6 に示す。気候変動枠組条約の採択に対してクリーンエネルギー自動車の研究開発は顕著に反応しており、ハイブリッド自動車の特許出願数を被説明変数として *FCCC* を組み入れた推計では、*FCCC* の係数は最大で 1.24 と大きな値を示している。京都議定書採択のみの効果を推計した場合でも、京都議定書はハイブリッド自動車の研究開発に対して正の効果があることを確認できるが、*FCCC* と *KYOTO* の両者を組み入れた推計ではクリーンエネルギー自動車の研究開発に対しては依然として気候変動枠組条約は大きな効果があるが、京都議定書採択の効果は確認できない。

同じ京都議定書でも、採択（1997）と批准（2002）では全く異なる推計結果を示している。京都議定書の採択では、ハイブリッド自動車や電気自動車などのクリーンエネルギー自動車の研究開発に正の効果があり、ハイブリッド自動車とクリーンエネルギー自動車の係数は 1% で有意、電気自動車の係数は 5% で有意である。一方、京都議定書の批准は燃料電池、風力発電、太陽電池、ディーゼル自動車の研究開発に正の効果があり、どれも 1% 水準で有意であるがハイブリッド自動車、電気自動車、クリーンエネルギー自動車の研究開発に対しては正の効果があるが統計的に有意ではない。京都議定書の採択と批准が与える影響が異なる原因として、1990 年代と 2000 年代の環境技術の研究開発の動向を背景に「導入」の観点から考えてみたい。2000 年代はトヨタのプリウスを代表とするハイブリッド自動車の販売は加速し、1990 年代に比べればハイブリッド技術は一般的に導入されるようになった。つまり、実用化に向けた環境技術の研究開発は 1990 年代には主に自動車分野を対象としていたが、2000 年代は

まだあまり実用化、導入されていない燃料電池など一般家庭や工場向けの新しい技術分野に推移してきた。このように推測し、京都議定書の批准は燃料電池などの自動車分野以外の新しい技術分野の研究開発促進に対する効果があると捉える。

表 6 気候変動枠組条約および京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>
<i>ln GDPCA</i>	1.053 (3.92)**	1.313 (4.88)**	1.577 (6.43)**	0.987 (3.59)**
<i>ln RES</i>	-0.572 (2.79)**	-0.274 1.41	-0.248 1.31	-0.587 (2.86)**
<i>ln RD</i>	1.285 (4.28)**	0.898 (3.04)**	0.898 (3.05)**	1.252 (4.15)**
<i>ln OIL</i>	0.425 (5.07)**	0.404 (4.69)**	0.207 (2.03)*	0.427 (5.09)**
<i>FCCC</i>	0.368 (4.86)**			0.324 (3.81)**
<i>KYOTO</i>		0.21 (3.13)**		0.083 (1.13)
<i>RATIF</i>			0.299 (3.32)**	
constant	1.038 (1.67)+	0.283 0.46	0.194 0.33	1.242 (1.92)+
Observations	236	236	236	236
Number of id	15	15	15	15
R-squared	0.575	0.55	0.552	0.578

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

(出典：著者作成)

5.2 エネルギー政策の効果

エネルギー政策が環境技術の研究開発に与える効果は、5.1 節と同様に総特許出願数をベンチマークとして推計している。推計結果を表 7 に示す。推計結果の要約は以下の通りである。エネルギー政策は環境技術の研究開発に正の効果があるが、効果の強度はあまり大きくない。むしろ、環境技術の研究開発はエネルギー政策よりも気候変動枠組条約に反応しており、エネルギー政策の効果の大きさは京都議定書と同程度と評価できる。環境技術別では燃料電池、風力発電、クリーンエネルギー自動車の研究開発に効果があり、効果のある技術分野も京都議定書批准と類似した分野となっている。

エネルギー政策とは、国内の省エネルギー法や再生可能エネルギー法などエネルギーの使用や新エネルギー導入率を定めている法律を指している。エネルギー政策が環境技術の研究開発に与える効果の推計では、政策を示すダミー変数として *DIRECT* 単体に加え *FCCC*、*KYOTO*、*RATIF*、および *FCCC* と *KYOTO* を組み合わせた 5 種類の推計式を用いている。全ての推計結果において *DIRECT* には正の効果を確認できたが、統計的に有意である結果は *DIRECT* 単体と *RATIF* との組み合わせた推計であった。これらの結果では、それぞれ 5%水準で正の効果があり、0.1873 と 0.1813 と同様の効果を確認できた。5 種類の推計式の中で注目すべき推計は、推計式に *FCCC* を組み入れたときの *DIRECT* の挙動である。*FCCC* を組み入れると *DIRECT* の係数が小さくなり、有意ではなくなるということである。*DIRECT* と *RATIF* を組み合わせた推計結果は、両変数ともそれぞれ 5%、1%で正に有意であるが、*DIRECT*、*FCCC*、*KYOTO* の 3 種類を組み入れた推計では *FCCC* のみが 1%水準で正に有意で、どちらの変数も 0.6 程度のやや大きめの係数を示しているが両者とも統計的に有意ではない。

エネルギー政策が効果のある環境技術の研究開発分野は風力発電、燃料電池、クリーンエネルギー自動車である。*DIRECT* 単体の推計ではクリーンエネルギー自動車の特許出願数に対して最も大きな効果を示したが、*FCCC*、*KYOTO*、*RATIF* との組み合わせでは風力発電と燃料電池の研究開発により大きな効果を示している。エネルギー政策もまだ導入の進んでいない分野に対して大きな効果を示す傾向にある。

エネルギー政策は京都議定書批准の推計結果と同じような挙動を示している。*DIRECT* の係数は 0.4 ~ 0.5 程度で京都議定書批准の効果を推計した表 6 での *RATIF* の係数よりやや小さいが、燃料電池と風力発電の 2 分野の研究開発に 1%水準で有意な

効果がある。京都議定書批准とエネルギー政策が同じような効果を持つ原因として、2つの政策は同時期に施行されたということが考えられる。京都議定書の批准はオーストラリアと中国を除いて2002年に批准している。また、各国のエネルギー政策は日本の新エネルギー法(1997)、ドイツの再生可能エネルギー法(1999)、中国の省エネルギー法(1999)、イギリスの再生可能エネルギー法(2002)など1998年から2002年の法律の制定・施行が集中している。このような環境政策史の変遷より、京都議定書批准とエネルギー政策は同じ環境分野の研究開発に対して、同程度の効果が推計されたと考えることができる。

この時期に各国のエネルギー政策が集中した原因は、1997年の京都議定書採択、あるいは1994年の気候変動枠組条約があったからであろう。国連で採択されたこれらの政策に国内の法律が準拠する形で2~4年後の2000年前後に各国での法律の制定・施行が集中したのだと考えられる。このように考えれば、気候変動枠組条約が最も大きな効果を示し、エネルギー政策は京都議定書と同様の効果である本節での推計結果は当然のことであると考えられる。

表7 エネルギー政策の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>
<i>ln GDPCA</i>	1.439 (5.42)**	0.995 (3.62)**	1.239 (4.50)**	1.36 (5.22)**	0.956 (3.43)**
<i>ln RES</i>	-0.116	-0.552	-0.259	-0.27	-0.569
	0.62	(2.68)**	1.33	1.43	(2.75)**
<i>ln RD</i>	0.716 (2.36)*	1.199 (3.84)**	0.812 (2.68)**	0.768 (2.58)*	1.194 (3.82)**
<i>ln OIL</i>	0.368 (4.21)**	0.413 (4.88)**	0.389 (4.47)**	0.188 (1.86)+	0.417 (4.92)**
<i>DIRECT</i>	0.187 (2.31)*	0.081 1.00	0.109 1.27	0.181 (2.29)*	0.06 0.71
<i>FCCC</i>		0.345 (4.33)**			0.315 (3.64)**
<i>KYOTO</i>			0.176 (2.43)*		0.068 0.89
<i>RATIF</i>				0.294 (3.30)**	
Constant	-0.06 0.10	1.233 (1.89)+	0.531 0.82	0.876 1.34	1.35 (2.03)*
Observations	236	236	236	236	236
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.54	0.58	0.55	0.56	0.58

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

(出典：著者作成)

5.3 炭素税の効果

炭素税に関する推計も同様に環境技術の総特許出願数をベンチマークとして推計している。表 8 に *CARBON* を組み入れた推計結果を示す。炭素税が環境技術野研究開発に与える効果は、エネルギー政策よりも大きい。炭素税の効果は京都議定書が環境技術の研究開発に与える効果には勝っているが、気候変動枠組条約には劣っている。炭素税の導入によって特許出願数が増加する分野は、燃料電池、風力発電、クリーンエネルギー自動車の 3 分野である。炭素税の効果がある分野はエネルギー政策が効果のある分野と非常に類似しているが、炭素税の効果にはハイブリッド自動車も追加的に含まれており、自動車分野の技術開発により効果的である。図 1～図 2 には日本とアメリカで炭素税導入した場合の環境技術の特許出願数のシミュレーション結果を示している。

炭素税が環境技術の研究開発に与える効果の推計では、政策を示すダミー変数として *CARBON* 単体に加え *DIRECT* と *FCCC*、*KYOTO*、*RATIF*、および *FCCC* と *KYOTO* を組み合わせた 5 種類の推計式を用いている。炭素税のみの効果を推計した場合には、5%水準で正の効果があることが示された。しかし、*CARBON* に加えて *FCCC* を導入した推計では、炭素税の効果は環境技術の特許出願数に対して正の相関関係があるが、気候変動枠組条約の効果よりも小さく、統計的に有意ではなくなる。

付表 10～12 には技術別の推計結果を示している。炭素税はエネルギー政策と同じ環境分野の研究開発促進に貢献する。さらに、炭素税のダミー変数の係数はエネルギー政策よりも 1 割程度大きく、自動車分野にも効果が及んでいる。エネルギー政策もクリーンエネルギー自動車への正の効果を確認できるが、炭素税の推計結果ではクリーンエネルギー自動車とハイブリッド自動車への正の効果が有意に確認できた。この結果は、政策の対象を考慮すればごく当たり前の結果であるかもしれない。炭素税は「炭素」の名の通り、二酸化炭素などの温室効果ガスを対象に排出に対して課税するものである。我々の生活の中で主に課税対象となるものは、電化製品なども考えられるが、やはり一番は自動車であろう。そのため、炭素税によってクリーンエネルギー自動車の研究開発が促進されたと考えられる。一方で、エネルギー政策は温室効果ガスの排出が多い技術の使用規制や新エネルギーや自然エネルギーの導入率を定めているものである。エネルギー政策では政策の対象となる技術分野は広く、クリーンエネルギー自動車のみならず太陽電池や燃料電池、風力発電などの研究開発にも効果を与

える。その結果、エネルギー政策はクリーンエネルギー自動車以外の分野にも効果がおよび、炭素税の方が自動車分野に対してより大きな効果があるとの結果になったと考えられる。

表 8 総特許出願数に与える炭素税の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>	<i>ln total</i>
<i>ln GDPCA</i>	1.568 (6.27)**	1.039 (3.87)**	1.302 (4.85)**	1.517 (6.15)**	0.99 (3.61)**
<i>ln RES</i>	-0.091 0.49	-0.539 (2.62)**	-0.246 1.27	-0.23 1.21	-0.555 (2.68)**
<i>ln RD</i>	0.922 (3.08)**	1.298 (4.33)**	0.939 (3.17)**	0.946 (3.21)**	1.271 (4.21)**
<i>ln OIL</i>	0.348 (3.92)**	0.398 (4.64)**	0.373 (4.23)**	0.197 (1.94)+	0.403 (4.68)**
<i>CARBON</i>	0.253 (2.38)*	0.147 1.41	0.17 1.55	0.186 (1.74)+	0.127 1.18
<i>FCCC</i>		0.343 (4.42)**			0.313 (3.66)**
<i>KYOTO</i>			0.178 (2.53)*		0.063 0.84
<i>RATIF</i>				0.264 (2.88)**	
Constant	-0.518 0.98	1.068 1.72	0.297 0.48	0.274 0.47	1.219 (1.88)+
Observations	236	236	236	236	236
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.54	0.58	0.55	0.56	0.58

注：+ は 10%有意、* は 5%有意、** は 1%有意である。

(出典：著者作成)

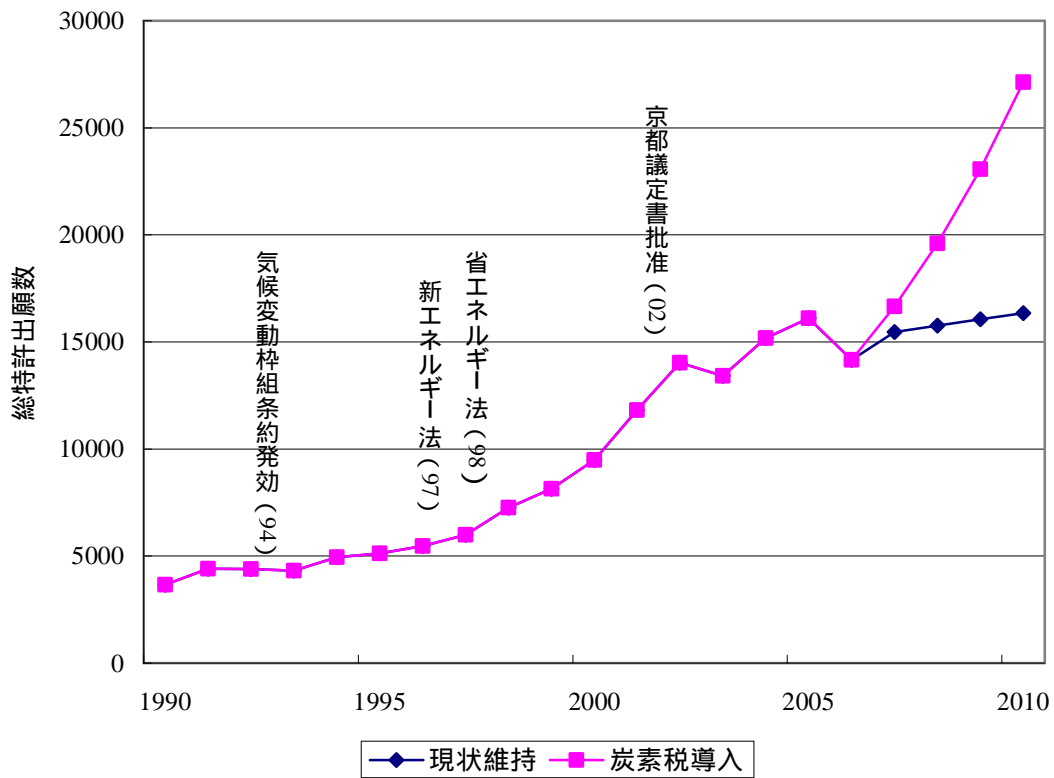


図1 日本での炭素税導入シナリオ

(出典：著者作成)

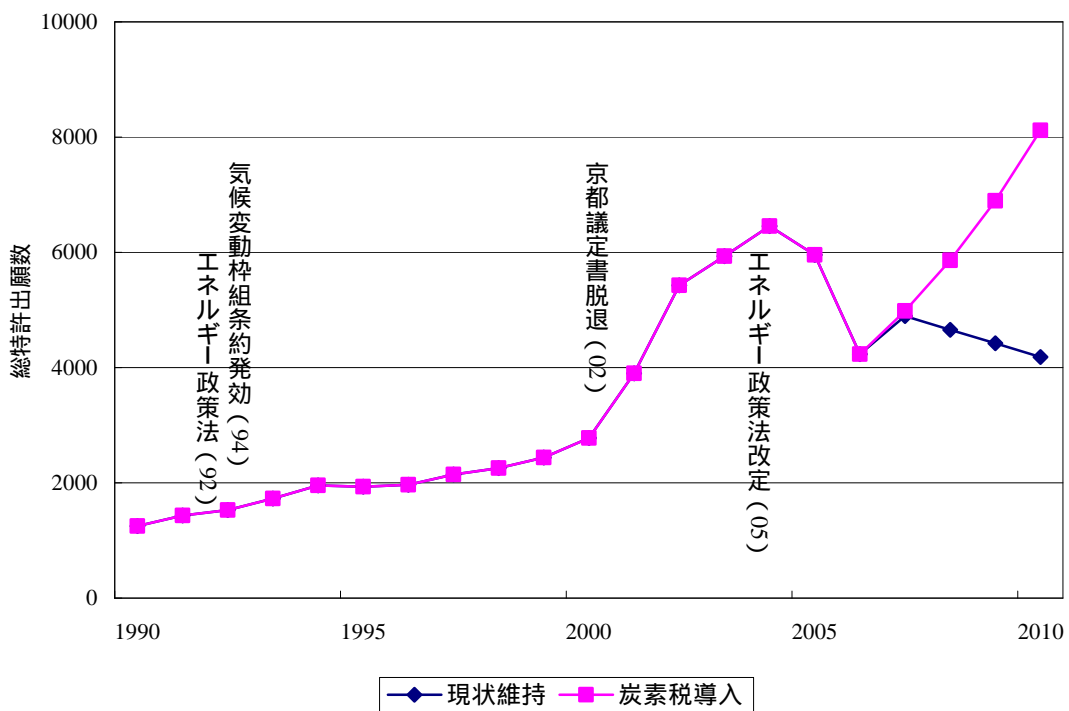


図2 アメリカでの炭素税導入シナリオ

(出典：著者作成)

5.4 住宅用太陽光発電導入促進事業の有効性

SOLAR を組み入れた推計式により太陽光発電補助金制度の効果を推計した。推計結果は表9に示している。推計結果によれば、太陽光発電補助金制度によって太陽電池の研究開発は促進される。太陽光発電補助金制度は太陽電池の特許出願数と正の相関関係がある。また、太陽電池の研究開発には気候変動枠組条約よりも京都議定書の方が高い効果があることが確認された。図3～図5には、分析結果を用いた太陽光発電補助金制度導入のシミュレーション結果を示している。

太陽光発電補助金制度によって、太陽電池の特許出願数は増加する。太陽電池の特許出願数を被説明変数とした場合、*SOLAR* に関する係数は全ての推計を通して正の効果を持ち、1%水準で有意であった。*SOLAR* のみを組み入れた推計では、風力発電に関しても *SOLAR* の係数は10%水準で正に有意の効果があったが、その他の推計では太陽電池以外の環境技術分野において *SOLAR* に有意な結果を得ることはできなかった。これによって、太陽光発電補助金制度は他の環境技術の研究開発に対して相乗効果はなく、太陽電池の研究開発のみに影響を与えていることが明らかになった。

太陽光発電補助金制度は気候変動枠組条約や京都議定書よりも大きな効果がある。*SOLAR* を *KYOTO*、*RATIF*、*KYOTO* と *RATIF* の組み合わせた場合の推計結果によると、*SOLAR* の係数は *KYOTO* や *RATIF* よりも2倍以上大きな値となっている。*KYOTO* と *RATIF* の係数はそれぞれ10%、1%水準で正に有意であるが *SOLAR* に比較すると非常に小さい。一方、気候変動枠組条約が環境技術の研究開発に与える効果は正であるが有意ではなかった。

これらの結果をまとめると、太陽光発電補助金制度は太陽電池の研究開発に関して気候変動枠組条約や京都議定書以上の効果が期待される。ただし、環境分野全体の研究開発促進には気候変動枠組条約や京都議定書の持つ効果の方が大きいと考えられる。

表9 太陽光発電補助金制度の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln solar</i>	<i>ln solar</i>	<i>ln solar</i>	<i>ln solar</i>	<i>ln solar</i>
<i>ln GDPCA</i>	1.702 (5.75)**	1.545 (4.62)**	1.481 (4.59)**	1.596 (5.52)**	1.443 (4.23)**
<i>ln RES</i>	-0.408 (-1.79)+	-0.544 (2.06)*	-0.541 (2.25)*	-0.641 (2.78)**	-0.579 (2.18)*
<i>ln RD</i>	1.098 (3.06)**	1.216 (3.23)**	1.13 (3.16)**	1.162 (3.33)**	1.171 (3.10)**
<i>ln OIL</i>	0.516 (4.92)**	0.53 (5.01)**	0.532 (5.07)**	0.292 (2.46)*	0.536 (5.07)**
<i>SOLAR</i>	0.891 (3.29)**	0.854 (3.13)**	0.818 (3.00)**	0.619 (2.27)*	0.811 (2.96)**
<i>FCCC</i>		0.098			0.037
		1.01			0.35
<i>KYOTO</i>			0.138 (-1.68)+		0.125 1.38
<i>RATIF</i>				0.399 (3.66)**	
Constant	-3.705 (5.98)**	-3.224 (4.13)**	-3.004 (4.03)**	-2.327 (3.28)**	-2.89 (3.54)**
Observations	228	228	228	228	228
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.5133	0.5157	0.5198	0.5428	0.5201

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

(出典：著者作成)

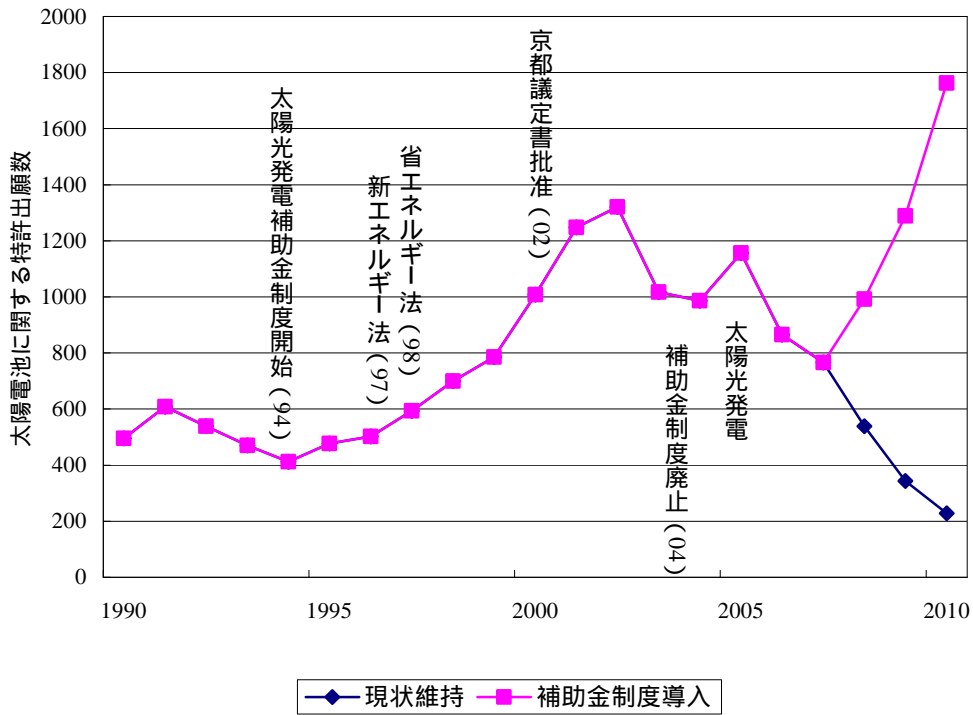


図3 日本での太陽光発電補助金制度導入シナリオ
(出典：著者作成)

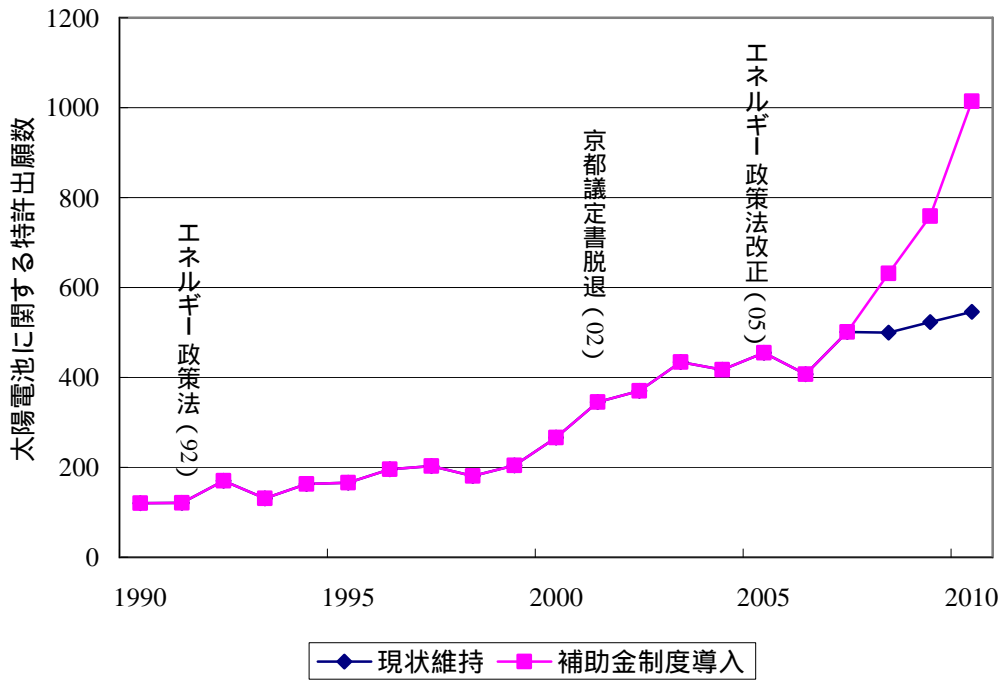


図4 アメリカでの太陽光発電補助金制度導入シナリオ
(出典：著者作成)

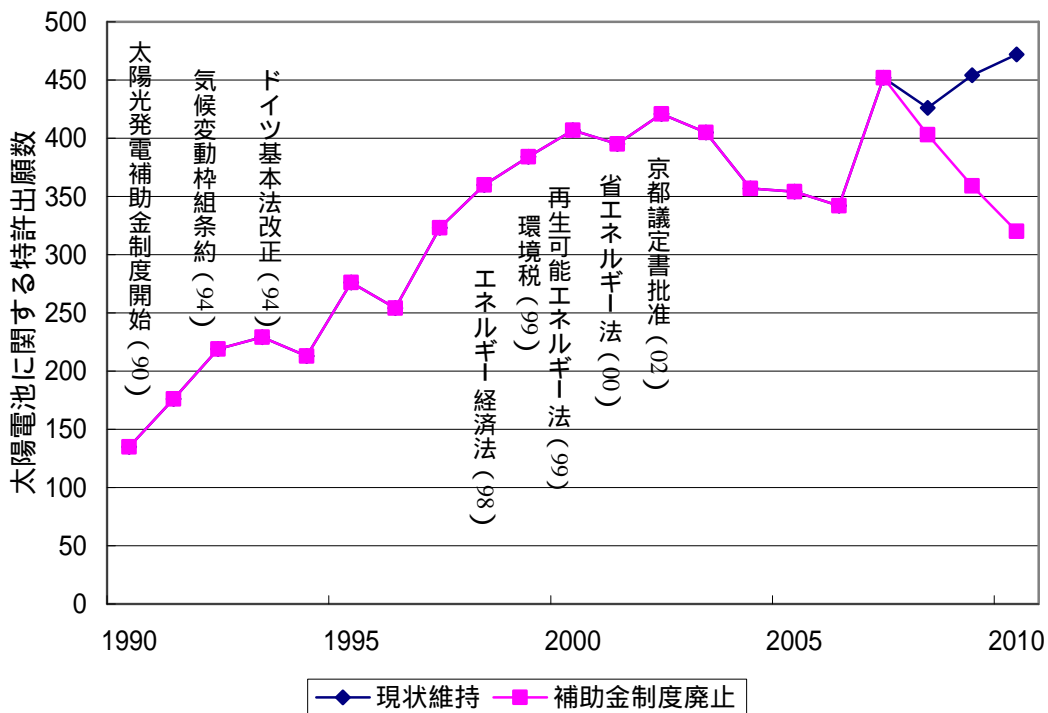


図5 ドイツでの太陽光発電補助金制度導入シナリオ (出典：著者作成)

5.5 クリーンエネルギー自動車購入補助制度の有効性

クリーンエネルギー自動車の分野は、補助金制度によって研究開発から導入への流れを確立させた分野のひとつである。表 10 には、クリーンエネルギー自動車(ハイブリッド自動車と電気自動車の特許数を足したもの)の推計結果を示している。ハイブリッド自動車と電気自動車に関する推計結果は、付表 13~付表 14 に示している。自動車購入補助制度は、ハイブリッド自動車と電気自動車の特許出願数に正の効果を持ち、1%水準で有意であった。また、気候変動枠組条約や京都議定書と組み合わせた推計でも、*CLEAN* は 1%水準で正に有意である。つまり、クリーンエネルギー自動車に付随する技術の研究開発は自動車購入補助制度によって促進されることが明らかになった。自動車購入補助制度は、日本、ドイツ、イタリア、アメリカ、フランスで実施されている。ハイブリッド自動車、電気自動車の購入者を対象にガソリン自動車との差額に対して補助金の交付や自動車税の控除などの制度があるが、詳細については 2.2.4 節を参照してほしい。なお、図 6~図 8 には自動車購入補助制度を対象にした分析結果を用いたシミュレーション結果を示している。

全ての推計結果において、*CLEAN* の係数は 1%水準で正に有意である。*CLEAN* 単

体の推計における係数は 1.174 を示し、京都議定書批准のダミー変数と組み合わせた場合に次いで 2 番目の大きさとなっている。気候変動枠組条約と組み合わせた推計では、*FCCC* と効果を 2 分しているが、依然として高い効果を示している。また、京都議定書の採択、批准と組み合わせた推計でも、自動車購入補助制度の効果が大きく、京都議定書の効果は小さくなっている。特に *RATIF* との推計では、*CLEAN* の係数はハイブリッド自動車で 1.191 と最大値を示している。*RATIF* は負に作用する場合もあり、正の効果がある場合でも負の効果がある場合でも有意ではない。これらの推計結果は、クリーンエネルギー自動車の研究開発は自動車購入補助制度と気候変動枠組条約によって促進されてきたことを示唆している。一方で、クリーンエネルギー自動車の研究開発に与える京都議定書の効果は小さい。5.1 節では、京都議定書の批准はクリーンエネルギー自動車以外の新しい技術分野での研究開発促進に効果があるとしている。*RATIF* の係数が負であること、正であっても有意ではないことは 5.1 節の記述を裏付けていると考えられる。

表 10 クリーンエネルギー自動車購入補助制度の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln car	ln car	ln car	ln car	ln car
ln <i>GDP</i> CA	0.549	-0.802	-0.105	0.517	-0.887
	1.1	1.5	0.19	1.03	1.61
ln <i>RES</i>	3.302	2.425	3.153	3.229	2.439
	(5.40)**	(4.09)**	(5.23)**	(5.20)**	(4.10)**
ln <i>RD</i>	-0.604	0.797	-0.31	-0.586	0.788
	1.02	1.3	0.52	0.99	1.28
ln <i>OIL</i>	-0.104	-0.024	-0.053	-0.17	-0.016
	0.61	0.15	0.31	0.88	0.1
<i>CLEAN</i>	0.979	0.692	0.766	0.955	0.655
	(4.79)**	(3.50)**	(3.53)**	(4.60)**	(3.17)**
<i>FCCC</i>		0.746			0.702
		(5.03)**			(4.26)**
<i>KYOTO</i>			0.343		0.087
			(2.59)*		0.62
<i>RATIF</i>				0.124	
				0.73	
Constant	-3.702	-0.239	-2.204	-3.322	-0.067
	(4.09)**	0.22	(2.08)*	(3.17)**	0.06
Observations	167	167	167	167	167
Number of id	14	14	14	14	14
R-squared	0.5009	0.5742	0.5226	0.5026	0.5753

注：+ は 10%有意、* は 5%有意、** は 1%有意である。

(出典：著者作成)

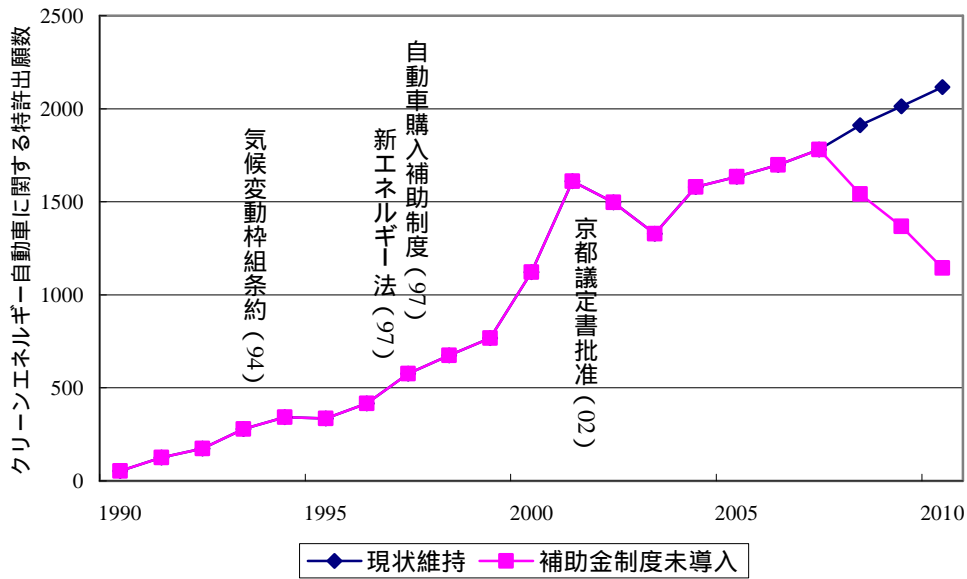


図6 日本での自動車購入補助制度導入シナリオ

(出典：著者作成)

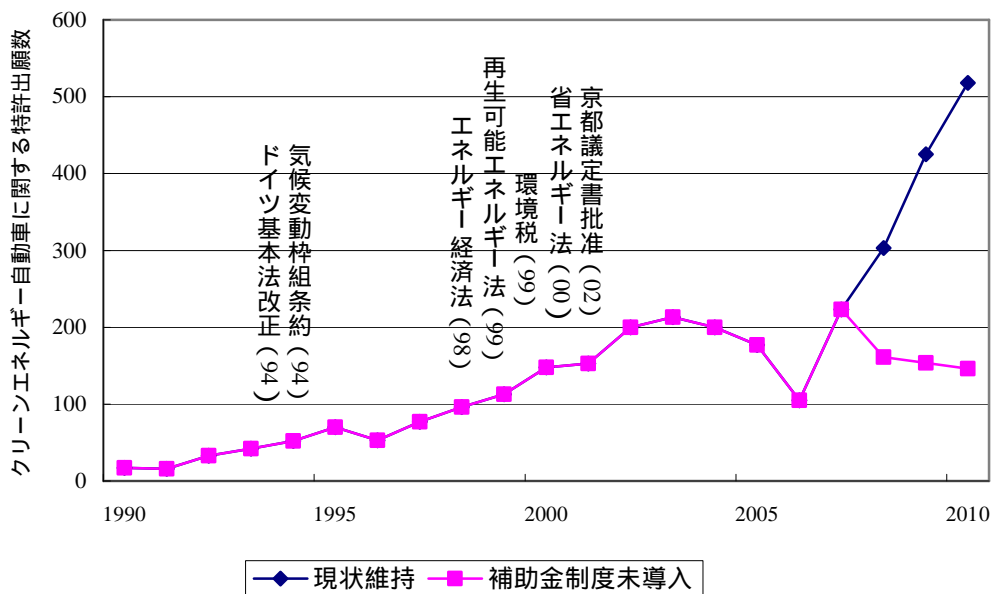


図7 ドイツでの自動車購入補助制度導入シナリオ

(出典：著者作成)

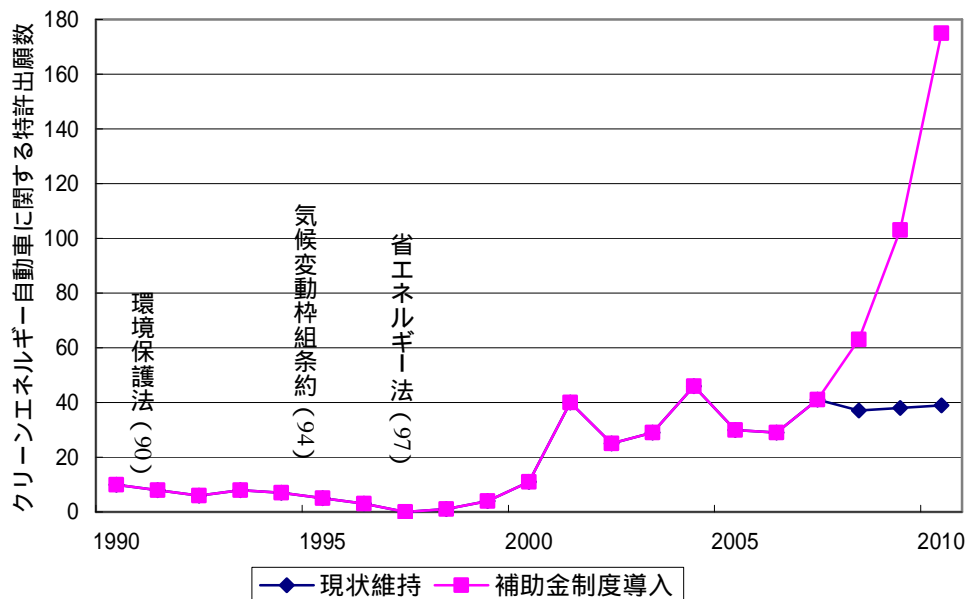


図8 中国での自動車購入補助制度導入シナリオ (出典：著者作成)

第6節 結語

6.1 結論

本研究では、新エネルギー技術の導入促進に向けた環境政策が環境技術の研究開発に与える効果を検証した。国レベルの環境技術別特許データを用いて、世界の主要15カ国を対象に環境政策が環境技術の研究開発に与える効果をダミー変数により推計している。推計結果によれば、どの環境政策も環境技術の研究開発には正の効果があることが示された。最も効果のある環境政策は、気候変動枠組条約と各種補助金制度である。本研究の範囲内では以下のことが言えると考えられる。

- (1) 気候変動枠組条約、京都議定書は環境技術の研究開発を促進させる。
- (2) 国内のエネルギー政策や炭素税は、環境技術の研究開発促進に効果がある。ただし、気候変動枠組条約よりも研究開発に与える効果は小さい。
- (3) 風力発電、燃料電池、クリーンエネルギー自動車に関する研究開発は、環境政策に顕著に反応する。

- (4) 太陽光発電導入促進事業とクリーンエネルギー自動車購入補助制度は、それぞれ対象とする技術の研究開発に効果がある。ただし、この2つの政策は他の技術分野にまで効果は及ばない。
- (5) 太陽熱利用やバイオマス熱利用などの熱利用の分野に関する研究開発は環境政策に反応しにくい。

6.2 今後の研究課題

環境政策は環境技術の研究開発に効果があるが、熱利用の分野は環境政策に反応しにくい分野であることが明らかになった。推計結果の中には、環境政策が熱利用の技術分野に対して負の効果を示すこともあった(ただし、統計的に有意ではないものが多かった)。熱利用の分野に対して効果のある環境政策の検証は、今後の課題である。工学的観点からも熱利用の分野は、高い効率で熱を再利用することが非常に困難である。そのため、システムの複雑化によって導入にコストがかかるため、社会的に熱利用の分野に関するシステム導入の動きは少なく、当分野における研究開発はどの環境政策にも反応しにくいと考えることもできる。熱利用に関しての一番の欠点は、熱効率の悪さである。温度差を利用するにも実際にはカルノーサイクルの半分程度の熱効率でしか利用することができないため、最新の燃料電池(50~60%)や太陽発電(20%)の効率に劣ってしまうのが現状である。既存のシステムの熱エネルギーを再利用するよりも燃料電池や太陽光発電などの新しい技術やシステムを導入しようといったところであろうか。この課題を解決するような環境政策を検討することが今後必要である。

本研究は、「日本は本当に環境先進国か?」という疑問からスタートした。今、この質問を投げかけられれば、イエスと答える。日本は間違いなく環境先進国である。ただし、「政策と研究開発に関して」と添えたい。環境技術の導入に関しては本研究の研究対象外ではあるが、再生可能エネルギー導入率の比較では北欧諸国やドイツにも劣る非環境先進国である。「環境先進国」とは導入、開発、政策の3分野に分けることができ、日本は開発と政策の2つの分野で環境先進国である。しかし、再生可能エネルギー導入率が低いことが示唆しているように導入の観点からは非環境先進国である。我が国は環境技術の研究開発に効果的な環境政策があり、国内の環境分野の研究開発はある程度進んでいるにもかかわらず、国内の環境技術の導入が遅れているのは大変

疑問である。しかし、本研究のような特許データを用いた推計からは、その疑問は解決することができない。どうすれば環境分野の研究開発が環境技術の導入に生かされるのかは非常に興味深い。このテーマが今後の実証分析の研究対象として研究されること、そして将来的に日本や世界において再生可能エネルギーの導入が進むことを期待して、終わりとしたい。

参考文献

- Adam B.Jaffe and Karen Palmer (1997) , Environmental regulation and innovation: a panel data study, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, pp. 610-619
- Adam B.Jaffe, Richard G.Newell and Robert N.Stavins (2002) , Environmental Policy and Technological Change, *Environmental and Resource Economics* 22: 41-69
- Akira Goto, Kazuyuki Motohashi (2007) , Construction of a Japanese Patent Database and a first look at Japanese patenting activities, *Research Policy* 36: 1431-1442
- Arne Klein, VDM Verlag Dr. Mualler (2008) , *Feed-in Tariff Designs*, VDM Verlag
- Daniel C. Esty, Marc Levy, Tanja Srebotnjak(2005) , 2005 Environmental Sustainability Index, New Haven, Conn, Yale Center for Environmental Law and policy
- David Popp (2006) , International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effect of NOx and SO2 regulation in the US, Japan, and Germany, *Journal of Environmental Economics and Management* 51: 46-71
- European Patent Office [esp@cenet] , http://ep.espacenet.com/?locale=jp_EP
- Jean Olson Lanjouw, ASHOKa Mody (1996) , Innovation and the international diffusion of environmentally responsive thchnology, *Research Policy* 25: 549-571
- K.Pavitt (1984) , Patent Statistics as indicators of innovative activities: possibilities and problems, *Science Policy Research Unit*, University of Sussex
- Masahiro Baba (2003) , Changes in Energy Prices and Induced Technological Innovation: An Analysis Based on R&D and Patent Data by Industry, *Keiai University Staff Papers*, Vol.63, pp. 1-34
- Masahiro Baba (2003) , Induced Environmental Innovation and Economic Growth: A Study Based on Time-series and Panel Data, *Keiai University Staff Papers*, Vol.66, pp. 3-28
- Miguel Mendonca (2007) , *Feed-In Tariffs: Accelerating the Deployment of Renewable Energy*, Earthscan Pubns Ltd
- Popp David (2002) , Induced Innovation and Energy Prices, *American Economic Review*, Vol92, No.1, pp.160-180
- The Industrial Property Digital Library, <http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg.ipdl> (2008) , National Center for Industrial Property Information and training

The Organisation for Economic Co-operation and Development, Source OECD: OECD Fact book 2008: Economic, Environmental and Social Statistics

<http://lysander.sourceoecd.org/vl=5009555/cl=11/nw=1/rpsv/factbook/>

The World Bank, World Development Indicators 2007

Yasunori Baba, Akira Goto (2007) , Empirical Research on University-Industry Linkages in Japan, *University of Tokyo Press*

遠州 尋美 (2004) 「ドイツの固定価格買取制度」

http://www.osaka-ue.ac.jp/gp2006/doc/att_3.pdf

大島堅一 (2007) 「再生可能エネルギー普及に関するドイツの経験 - 電力買い取り補償制の枠組みと実際 - 」、立命館大学人文科学研究紀要 (88 号) pp65-91

外務省「気候変動に関する国際連合枠組条約の要旨」

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/jyoyaku/clm_cnv.html

外務省「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/treaty_020413.html (2002 年 3 月)

環境省「気候変動に関する国際連合枠組条約」

<http://www.env.go.jp/earth/cop3/kaigi/jouyaku.html> (1994 年 6 月 21 日)

環境省「京都議定書の概要」

<http://www.env.go.jp/earth/cop6/3-2.html>

環境省「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H14/H14HO062.html> (2000 年 6 月 7 日)

経済産業省 (2004) 地球温暖化対策関連データ等に関する調査、財団法人日本エネルギー経済研究所

経済産業省 資源エネルギー庁、「新エネルギー政策について」

<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/newenergy/newene.htm>

謝 辞

本研究の執筆にあたり、東京大学新領域創成科学研究科国際協力学専攻 戸堂康之准教授には誠に多くのご指導ご助言いただきました。心から感謝を申し上げます。工学部出身で統計学や計量経済ばかりか経済学の基礎知識も少なく、つたない英語しか話すことができない私に対して、丁寧でかつ熱意あるご指導くださいました。私が進めるべき研究の方向性が見えなくなった時に先生からいただいた適切で鋭いアドバイスは的確で、ゼミ中は先生のふとした一言も私は聞き逃さずに集中していました。これらの助言は、私が一人では絶対に思い付かないようなものばかりで、先生からいただいた数多くのご指導は研究を進める上で大きな存在となっていました。本研究執筆の際にも、論文とはなんぞやというところから、読み手を納得させるための文章の書き方や論文の構成、参考文献の書き方まで細かいご指導いただきました。今、この文章を書いていて感じていることは、私は一人では2年間で何もできていなかったということです。研究に対しては一切の妥協がないこと、研究に取り組む姿勢に対する厳しさ、本研究の執筆中にいただいたメールでのコメントの豊富さ、ブラジリアン柔術の経験を生かした独特の威圧感、どれを取っても国際協力学専攻の中で一番だと思っています。指導教員として素晴らしい先生に出会うことができたと思っています。2年間の大学院生活の中では本当にお世話になりました。改めて心からお礼を申し上げます。本当にありがとうございました。

また、突然の副査のお願いも快く了承いただいた國島正彦先生、湊隆幸先生に心から感謝を申し上げます。國島先生は常に学生の発表に対して興味を持って聞いてくださっていました。研究の分野に関係なくすべての発表者に対して質問をする先生の姿は、私が見習わなければならないものであると感じていました。発表後に先生からいただいたメモ書きは、決してきれいと呼べるものではなかったが、発表を真剣に聞いていただいていること、学生に対する愛情を十二分に感じることができました。今でも自分の論文を見直すときには必ず目を通しています。

湊先生は、私の研究内容に対して一番「痛い」指摘をくださいました。私が持っていなかった視点をお持ちで、自分の視点を変えることで違う側面が見えてくるのがとても衝撃的でした。論文の提出直前には院生室まで足を運んでいただき、学生の様子を気にかけていただいていること、遠くから私たちを見守っていただいていたこと

が伝わってきました。

こんなに素晴らしい先生に出会うことができ、副査になっていただけることは素直に嬉しく、大変ありがたいことであると感じています。改めてお礼を申し上げます。ありがとうございました。

今、こうして論文の謝辞を書けるのは、仲間の存在が大きかったと感じています。この専攻には、みんなで何か楽しいことをしよう、みんなで盛り上げようという心意気の学生が多かったように思います。論文の提出や研究も全員で終わらせるように頑張ろうという雰囲気がとても好きでした。2年間ありがとうの言葉を送りたいです。日常生活での何気ない会話でも研究から離れてリフレッシュするいい機会になっていました。渡辺大二朗氏には私のたわいもない話にも付き合ってくれ、論文に対しても適度な指摘をいただき、大変参考になりました。「大二朗カー」には日常生活の中でどこかへ食べに行く時、またみんなでどこかへ行く時に大変お世話になりました。東未央氏は研究への突っ込みではなく、本当に「突っ込み」をいただいた。あれで論文をやいなさいという気合が入りました。あの痛みは忘れません。大谷仁美氏には会話をするのに多少の障害はあったものの、いつも論文の進行状況や気に掛けてくれていた。研究の気分転換と運動不足解消として一緒に柏の葉公園の周りを走った田村康一郎氏、3時を過ぎると「氏茶」を用意してくれた氏橋亮介氏、卒業後も論文提出前にカップ麺などの差し入れを持ってわざわざ学校にまで来てくれた程塚正史氏、本当に仲間思いの人が多かったと実感しています。全員の名前を挙げることはできないが、国際協力学専攻のみんなのおかげで今に至っていると思っています。

大学院生活での日々は素晴らしい先生とたくさんの仲間の支えによって成り立っていました。2年間の短い時間ではあったが、1つの論文を書き上げることができたこと、楽しく過ごせたことはとても幸せでした。これからも同じ時間を共有していきたいとの願いを込めて、謝辞の言葉とさせていただきます。本当にありがとうございました。

2009年1月22日

重山 友樹

付 録¹²

付録 1 GDP ベース

付録 2 研究者ベース

付録 3 RCA 指数

付録 4 推計結果（環境分野別）

¹²この付録に用いた図および表は、全て著者が作成したものである。

付録1 GDP ベース

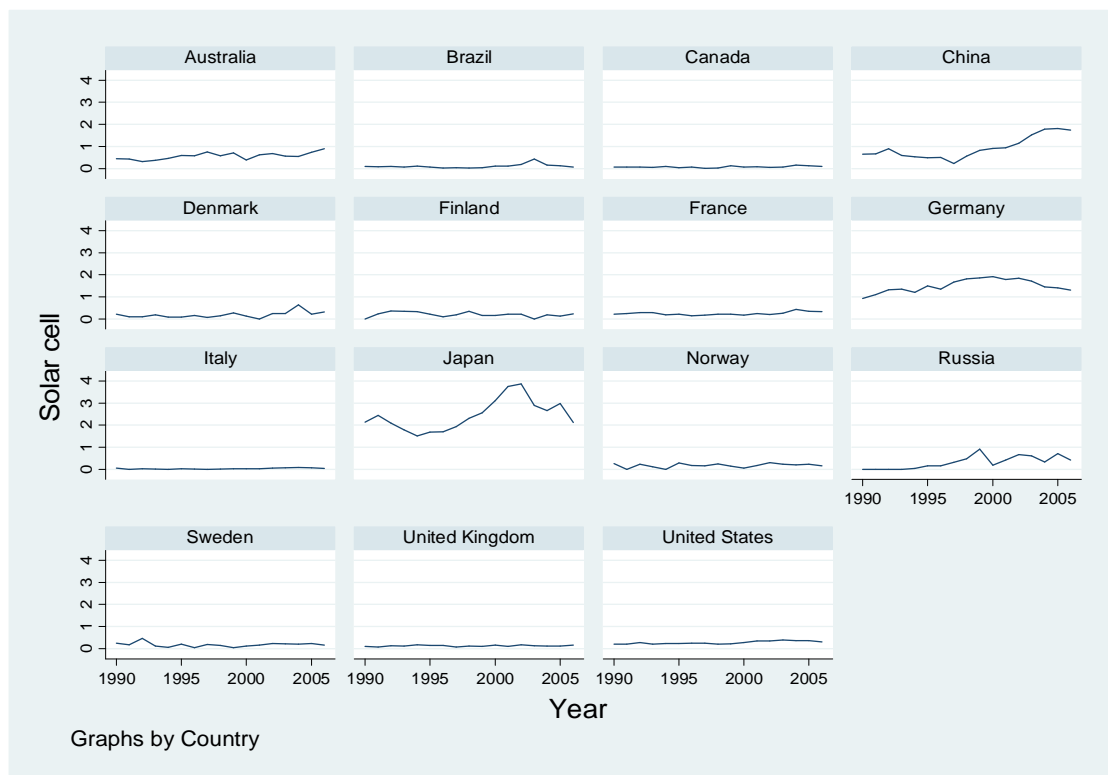


図1 GDPベース (太陽電池)

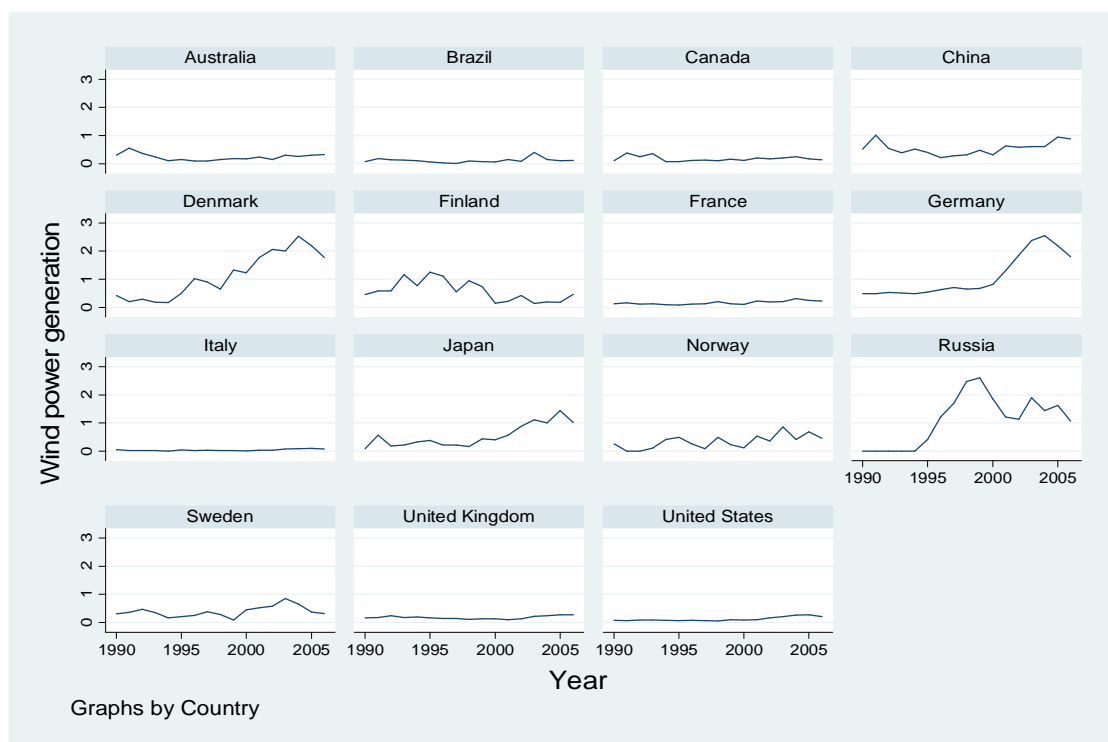


図2 GDPベース (風力発電)

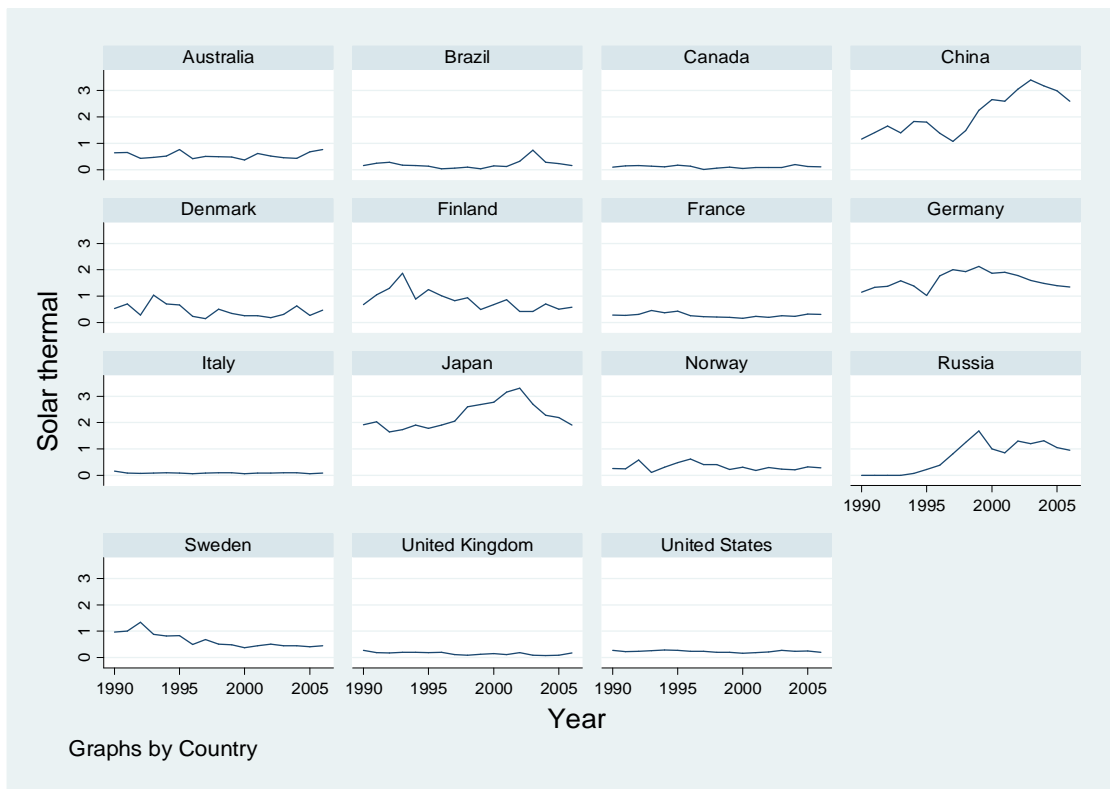


図3 GDPベース（太陽熱利用）

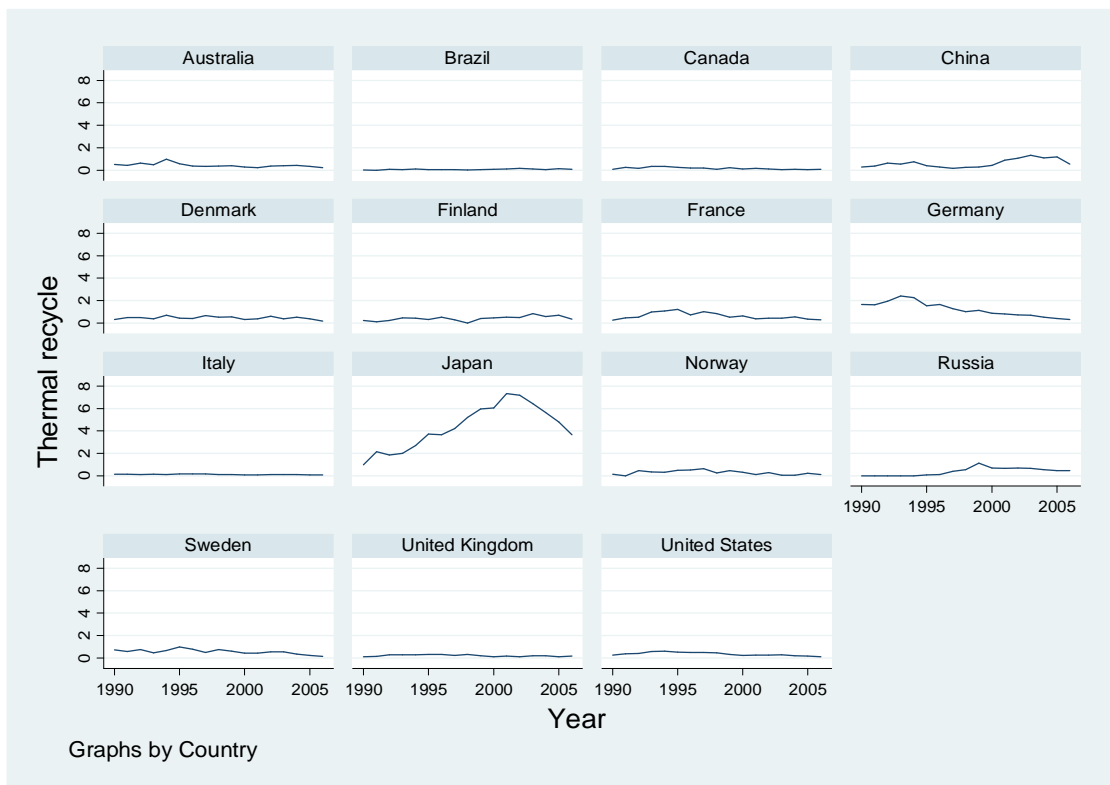


図4 GDPベース（廃棄物熱利用）

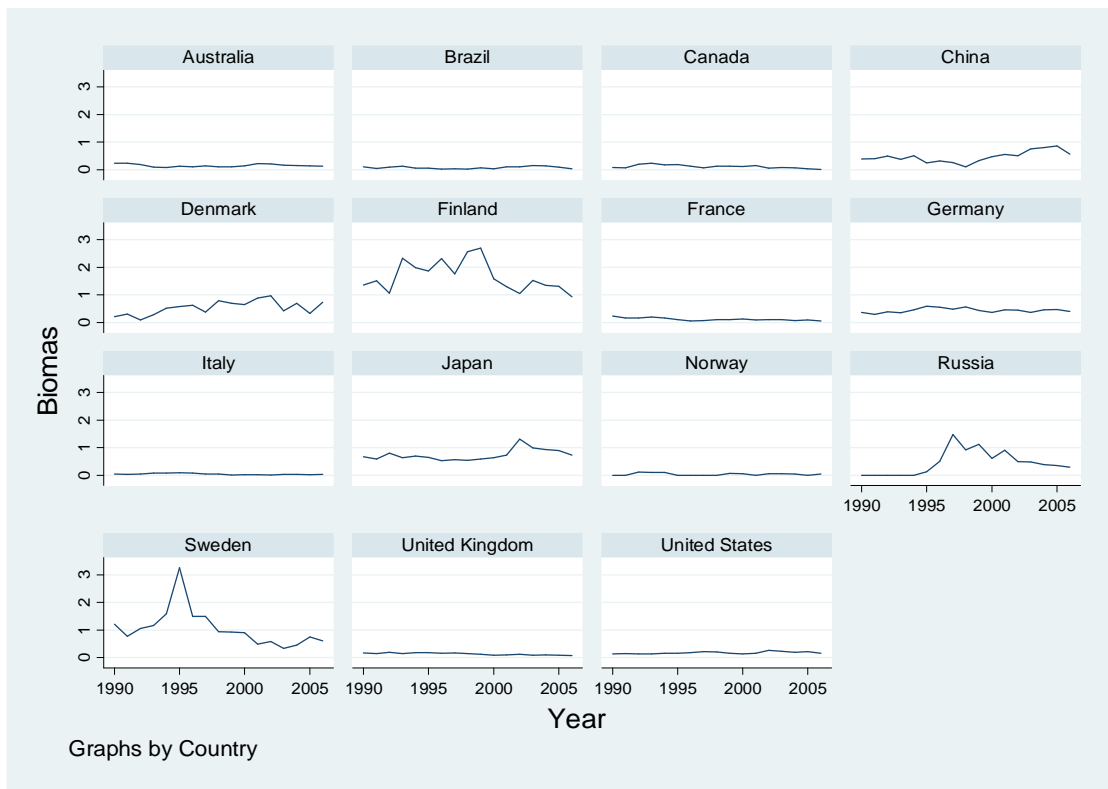


図5 GDPベース（バイオマス）

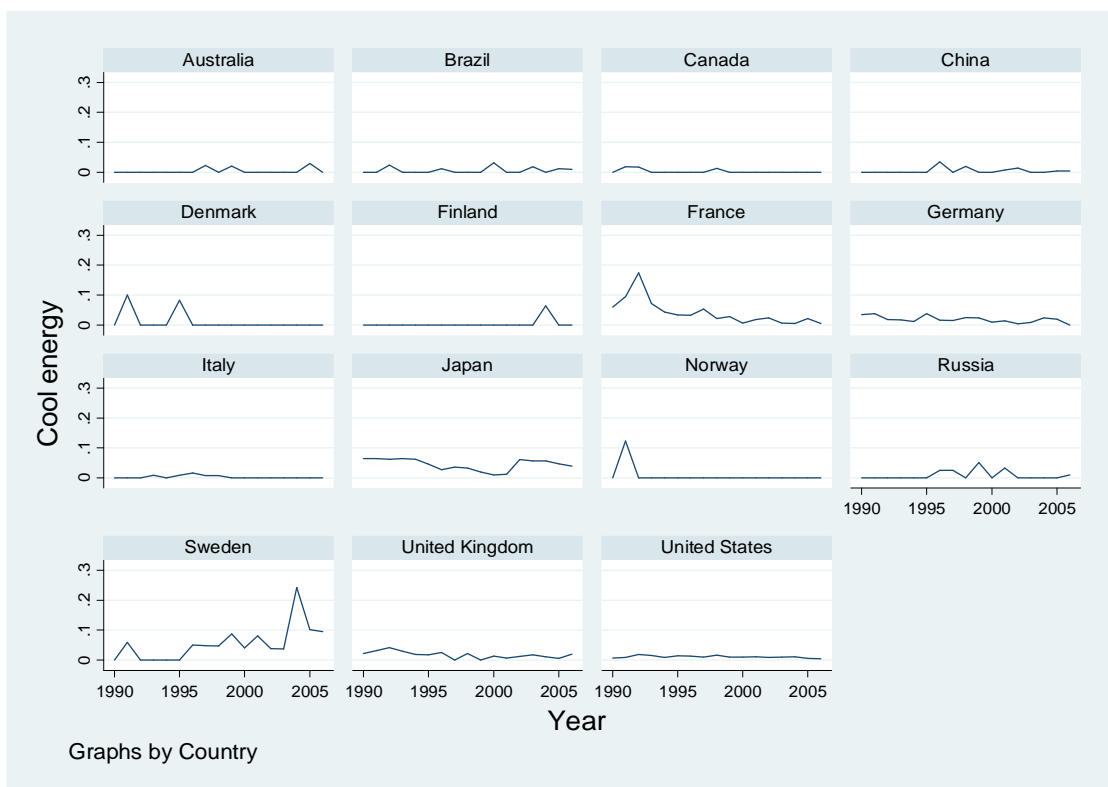


図6 GDPベース（氷雪熱利用）

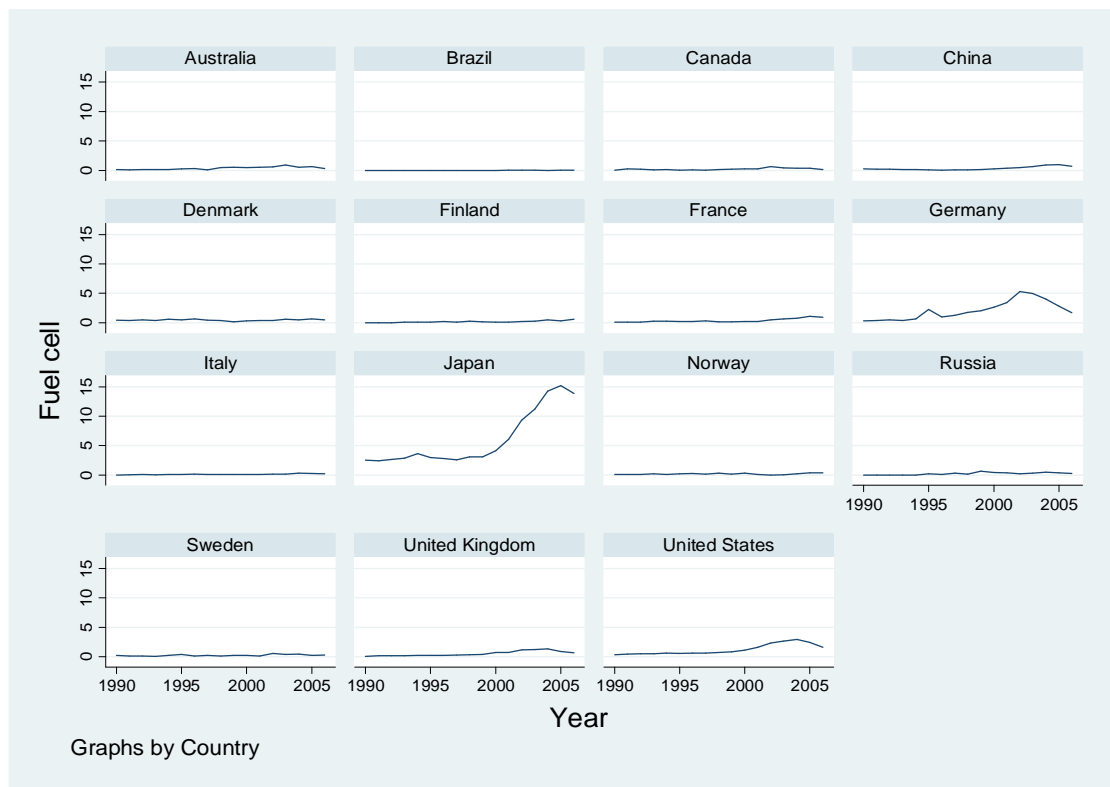


図7 GDP ベース (燃料電池)

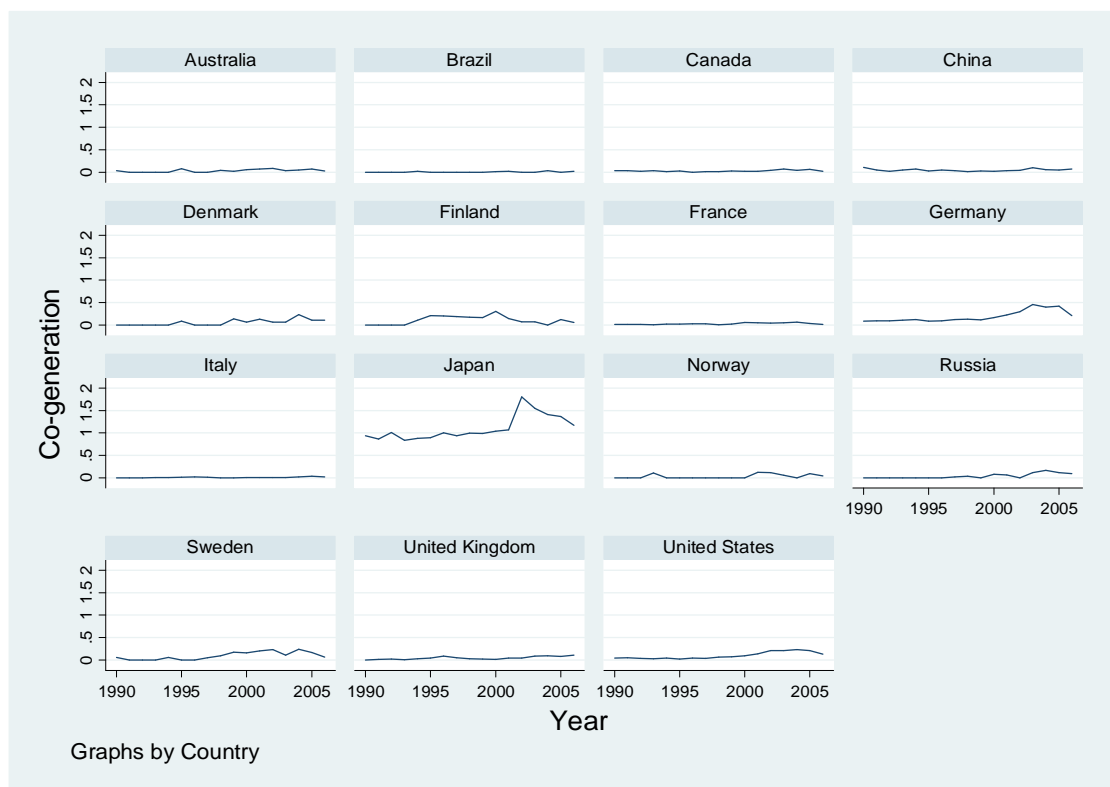


図8 GDP ベース (天然ガスコジェネレーション)

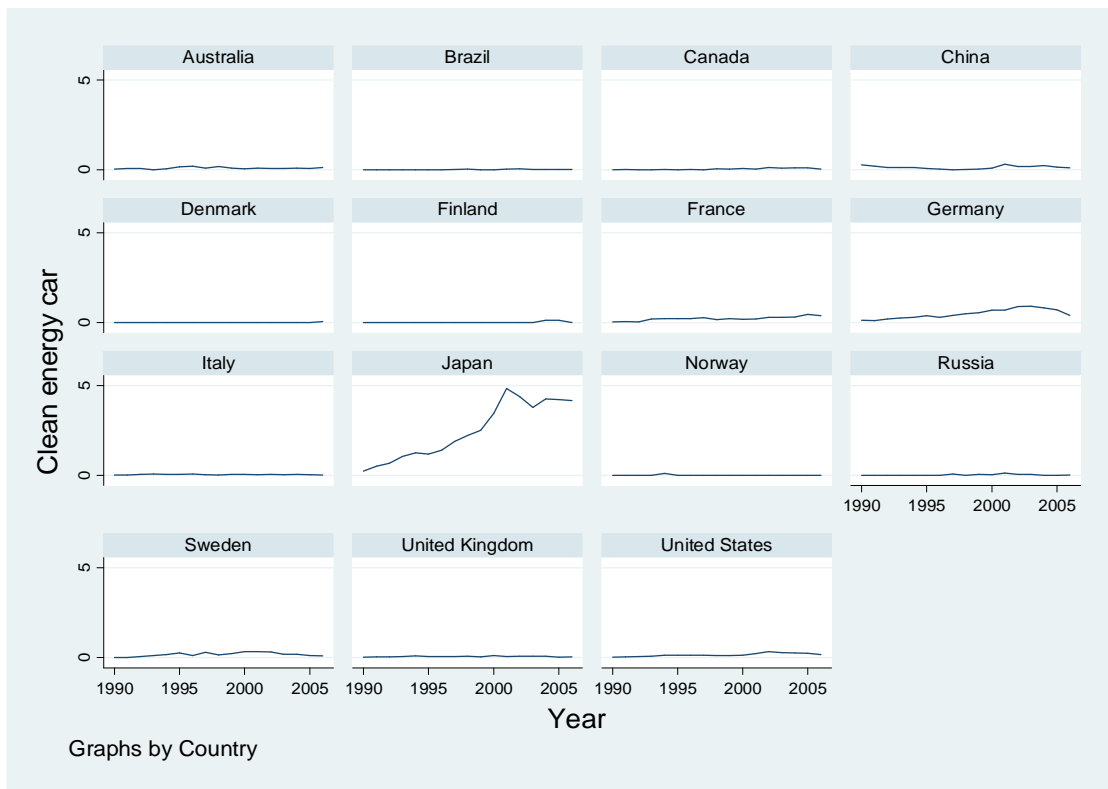


図9 GDPベース（クリーンエネルギー自動車）

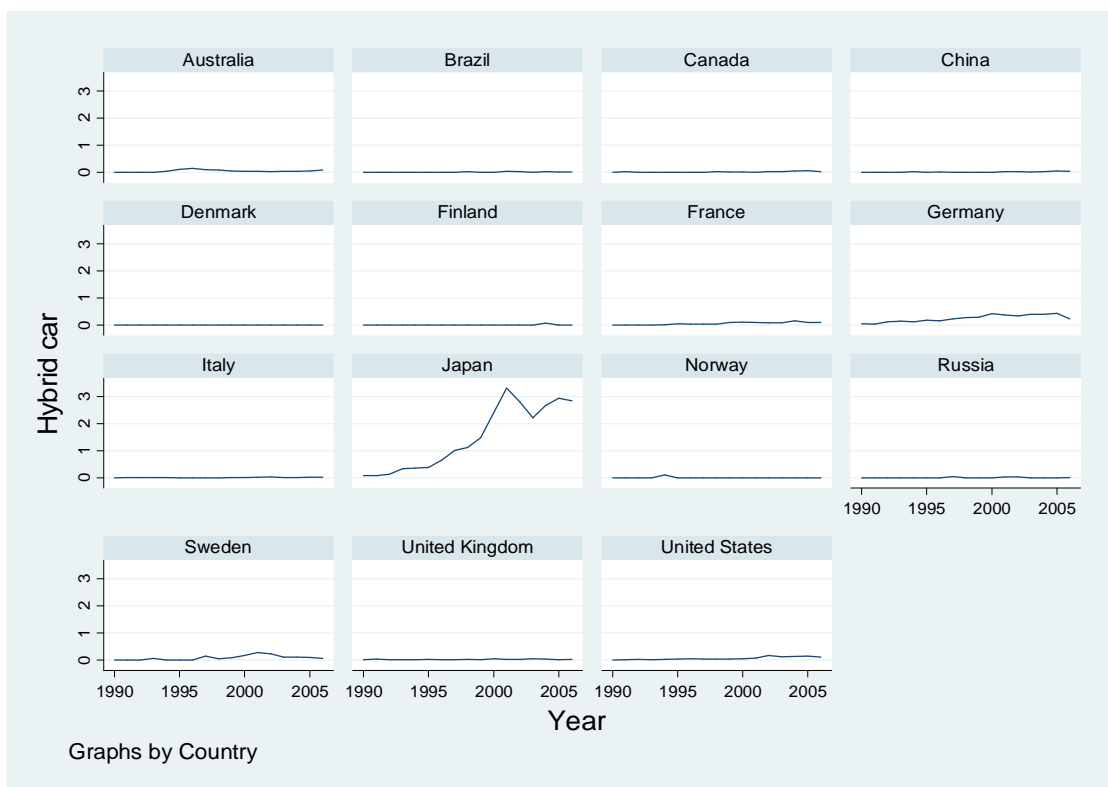


図10 GDPベース（ハイブリッド自動車）

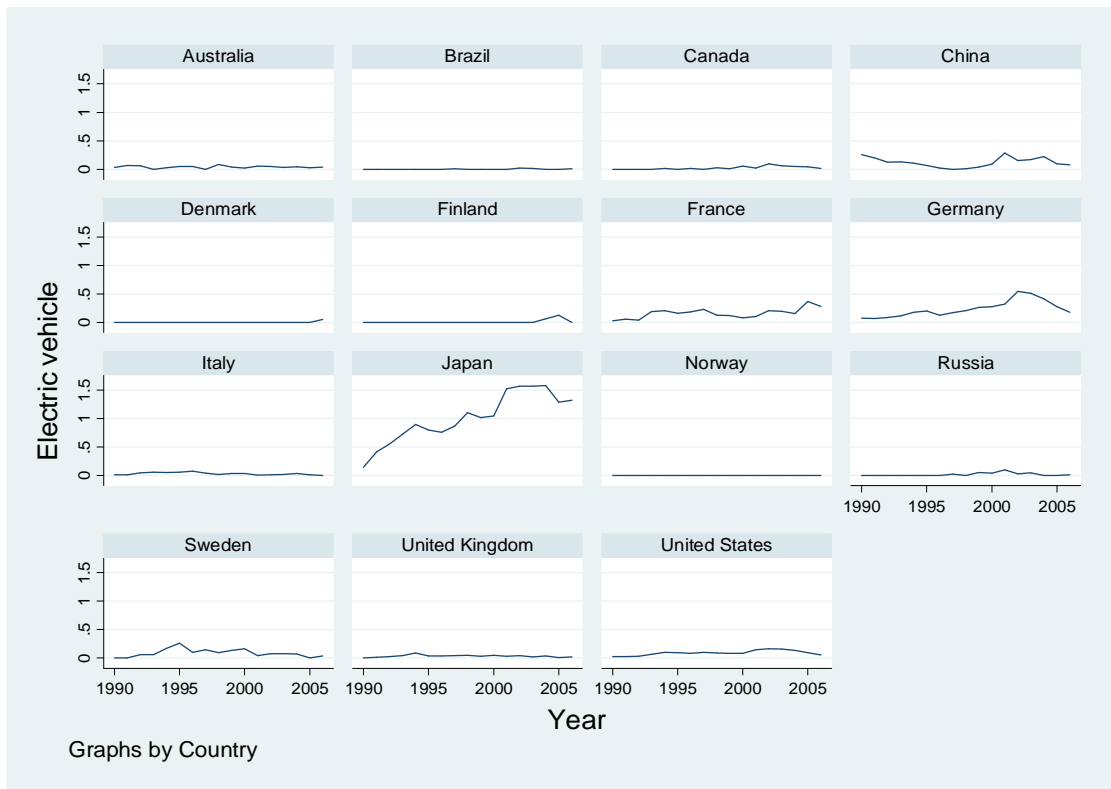


図 11 GDP ベース (電気自動車)

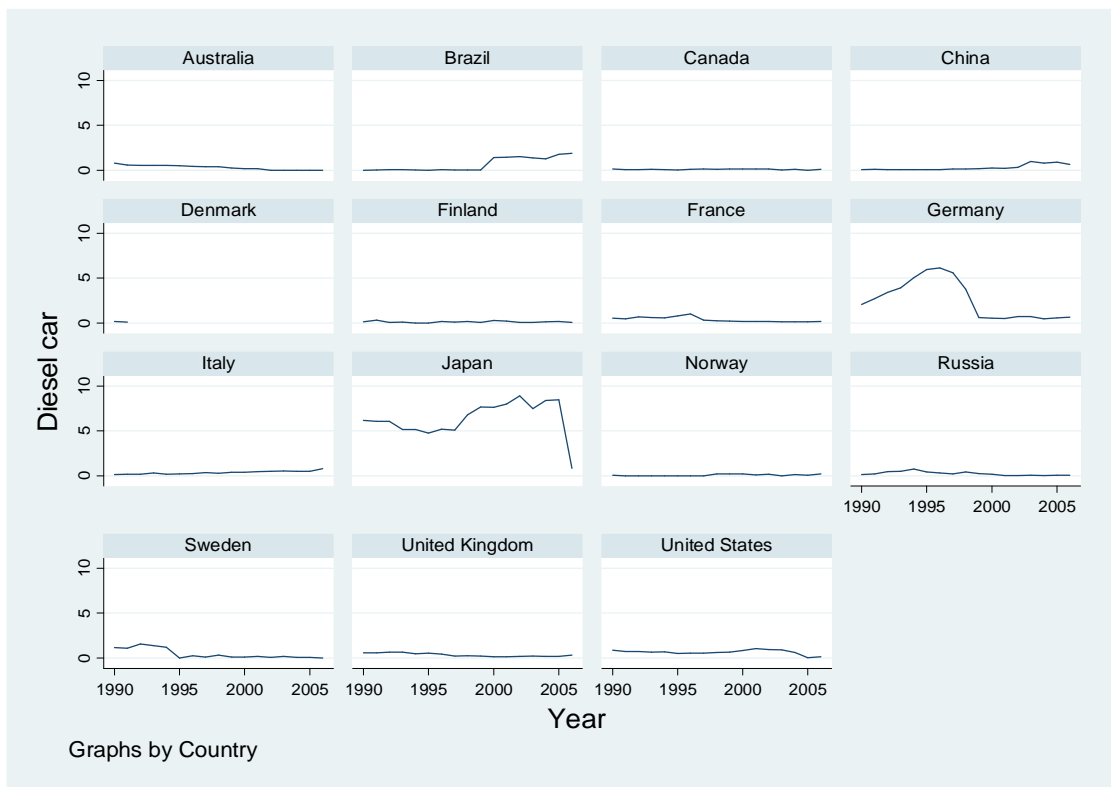


図 12 GDP ベース (ディーゼル自動車)

付録2 研究者ベース

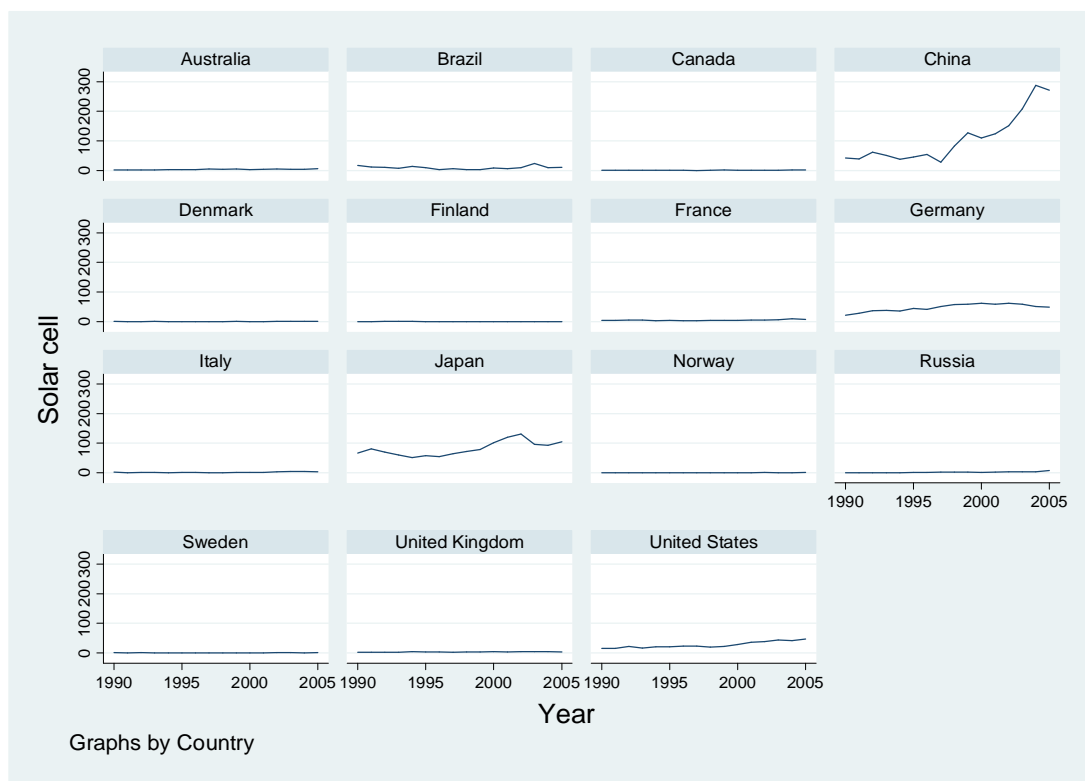


図13 研究者ベース（太陽電池）

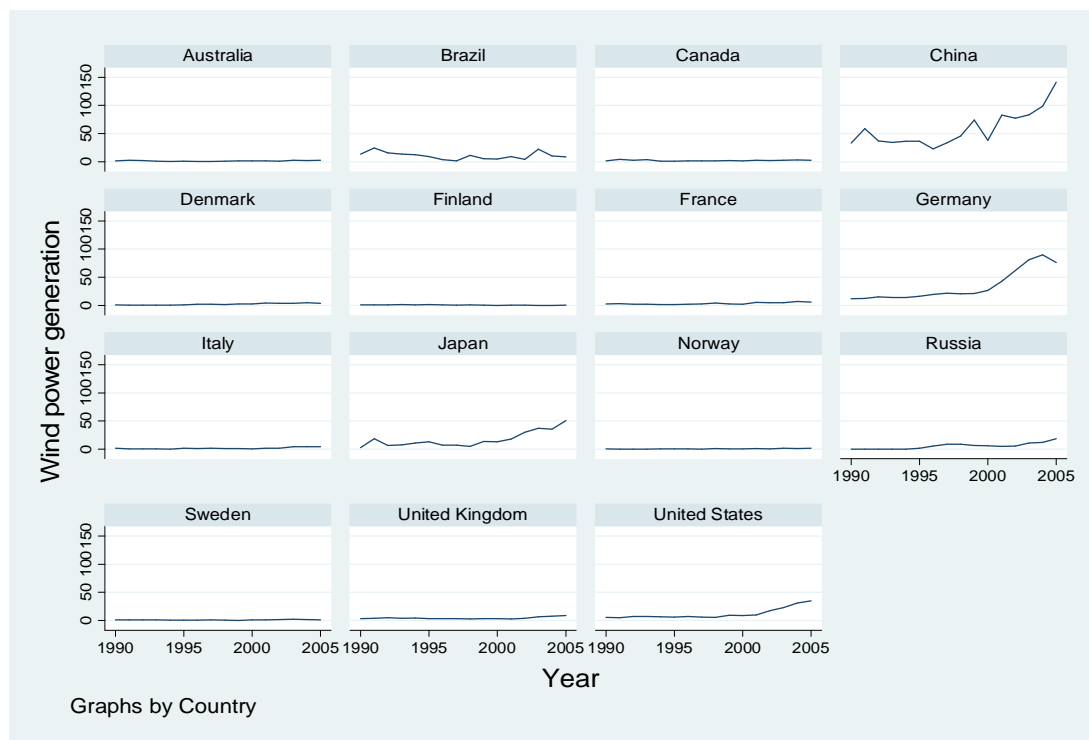


図14 研究者ベース（風力発電）

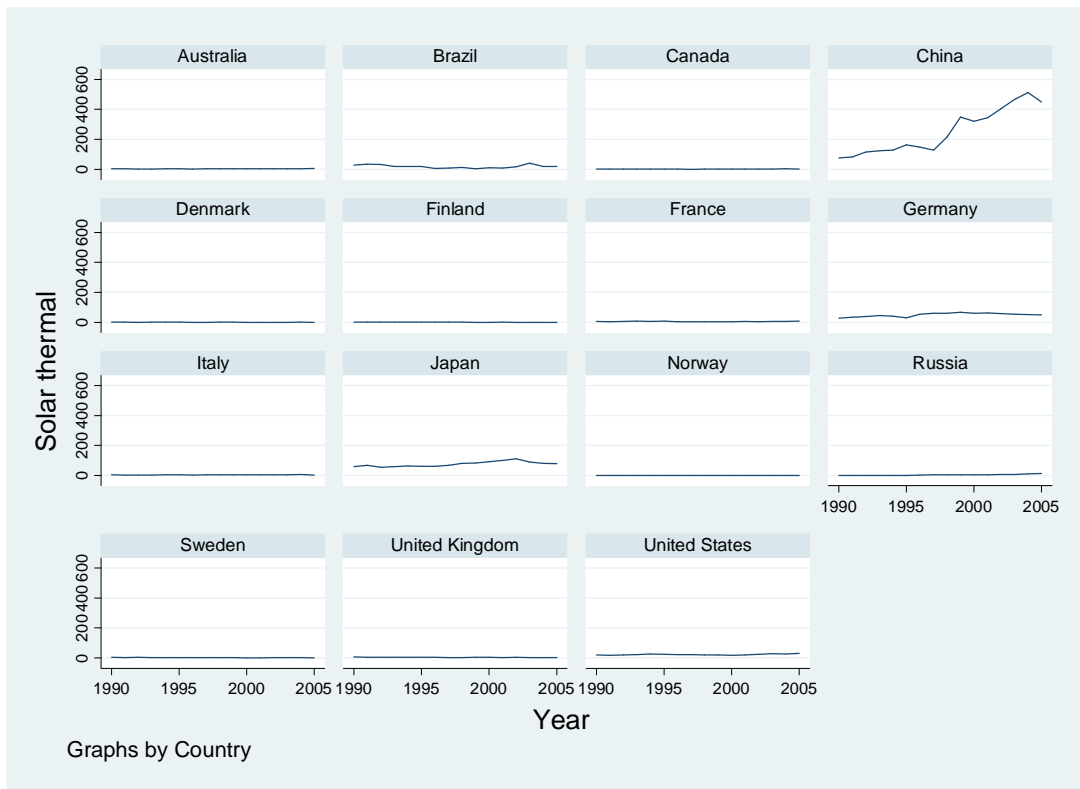


図 15 研究者ベース（太陽熱利用）

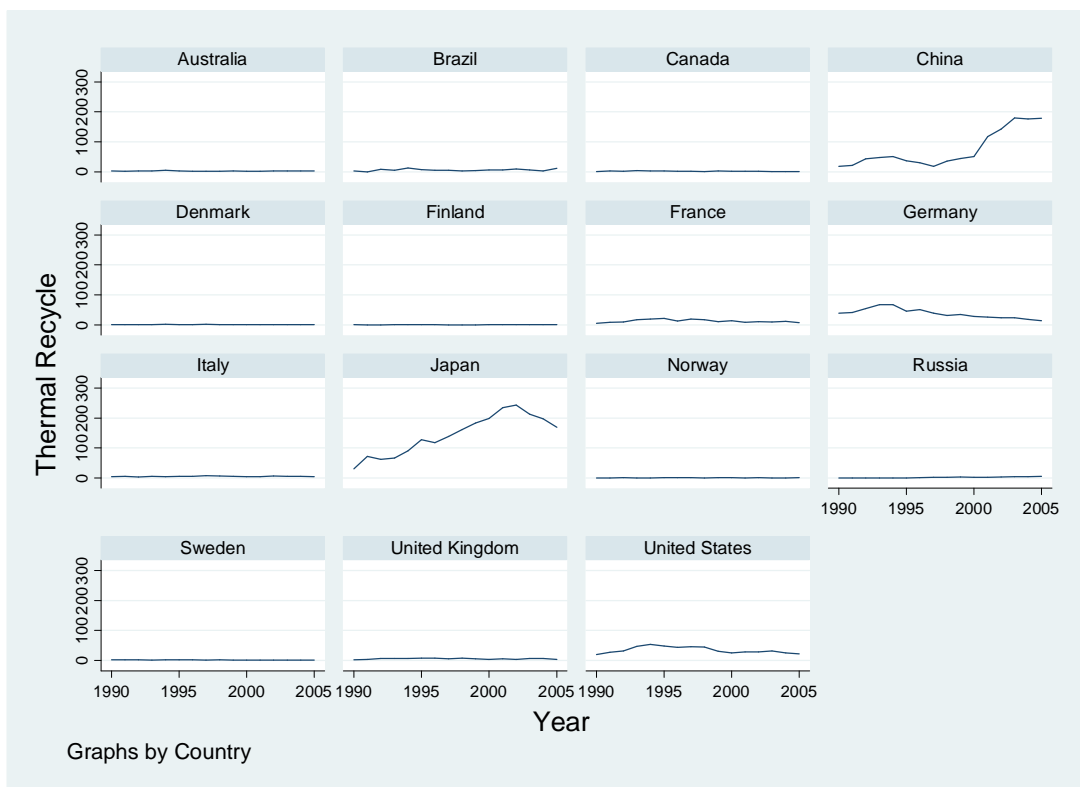


図 16 研究者ベース（廃棄物熱利用）

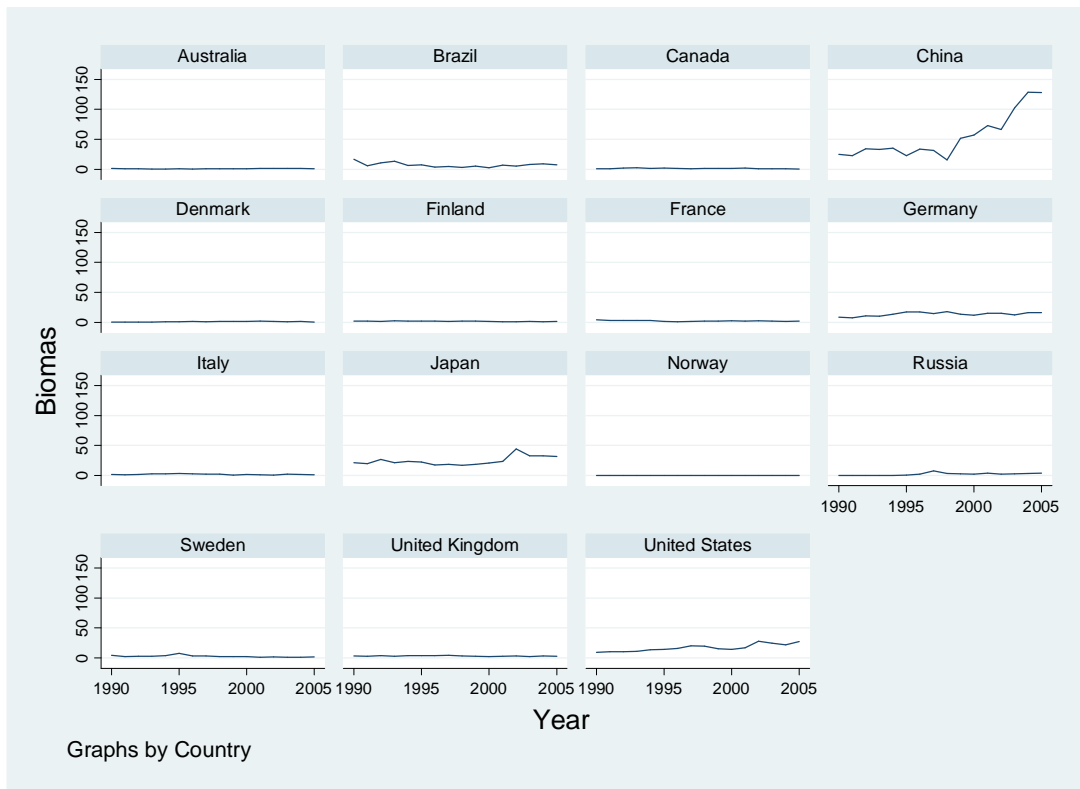


図 17 研究者ベース (バイオマス)

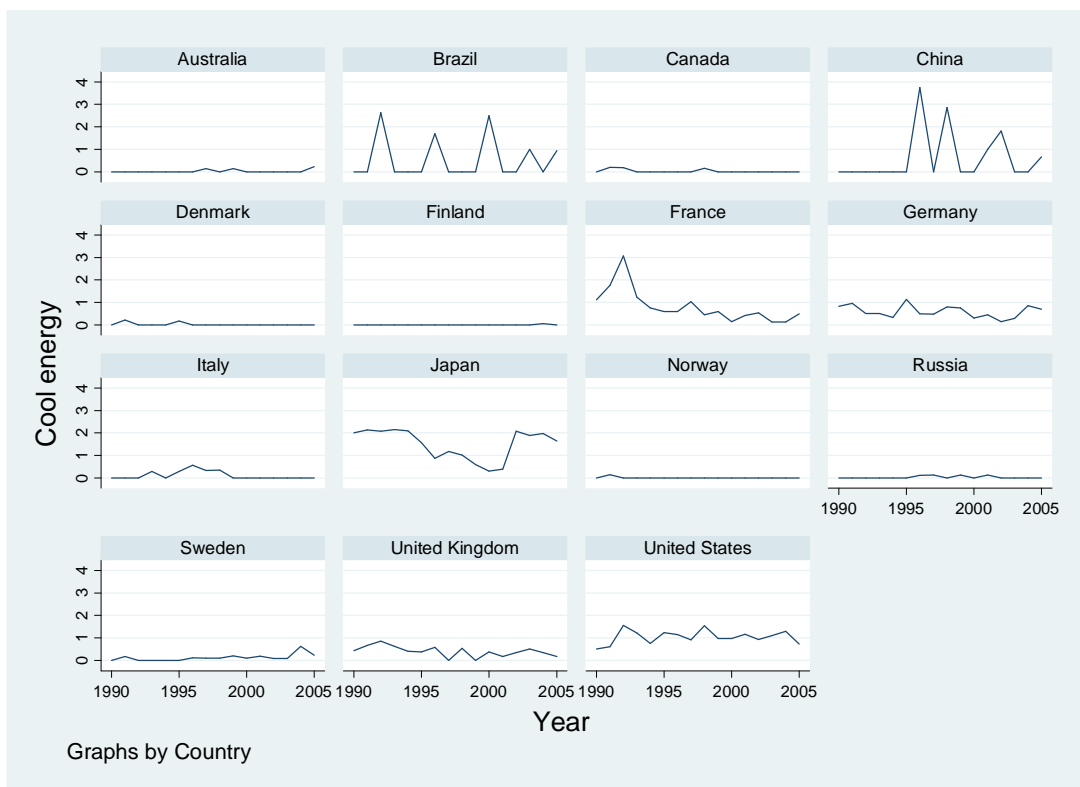


図 18 研究者ベース (冰雪熱利用)

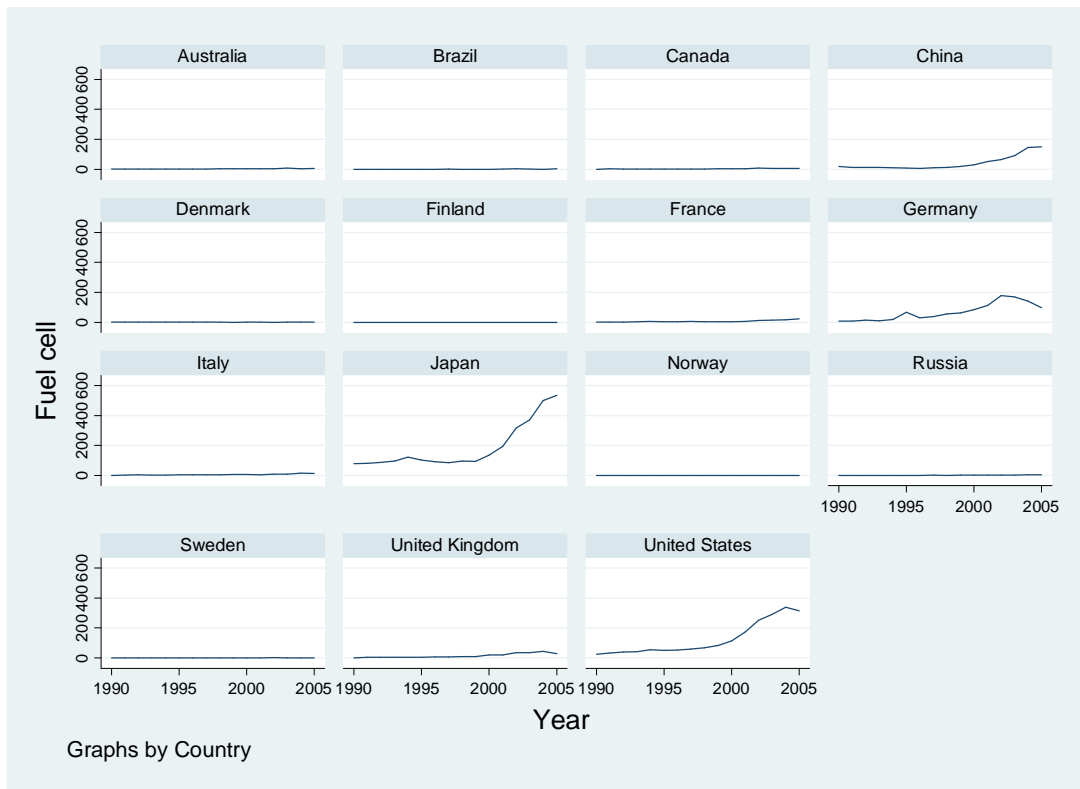


図 19 研究者ベース (燃料電池)

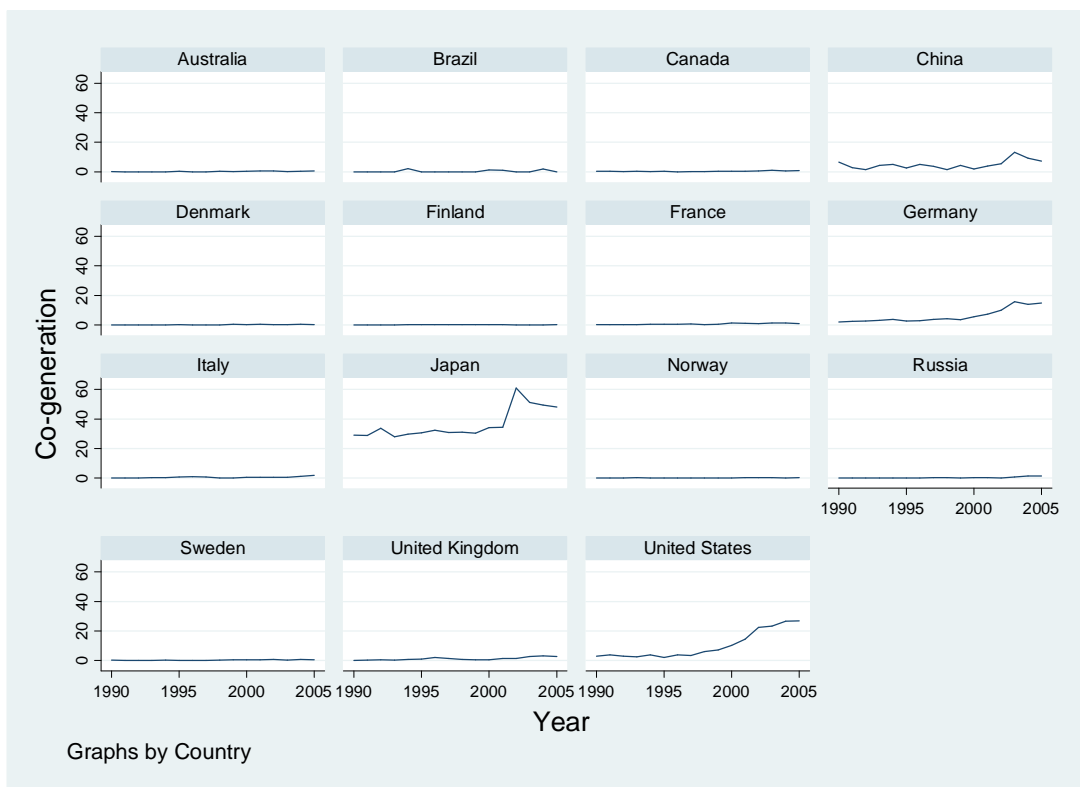


図 20 研究者ベース (天然ガスコジェネレーション)

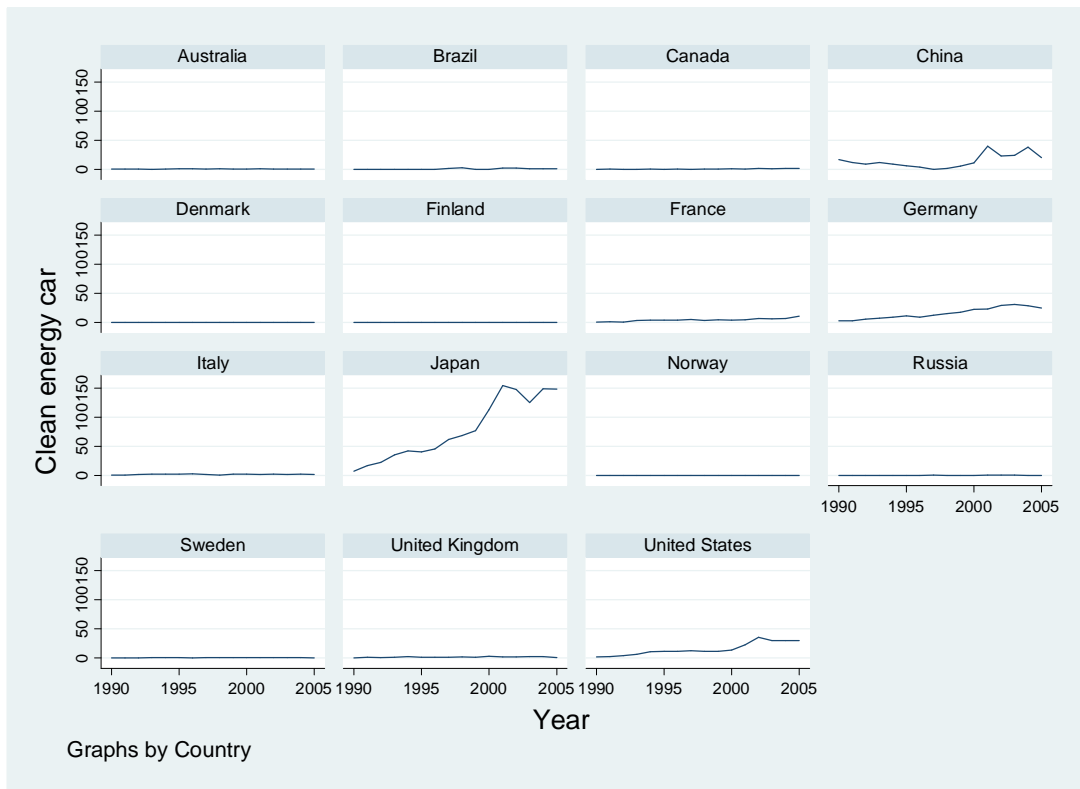


図 21 研究者ベース（クリーンエネルギー自動車）

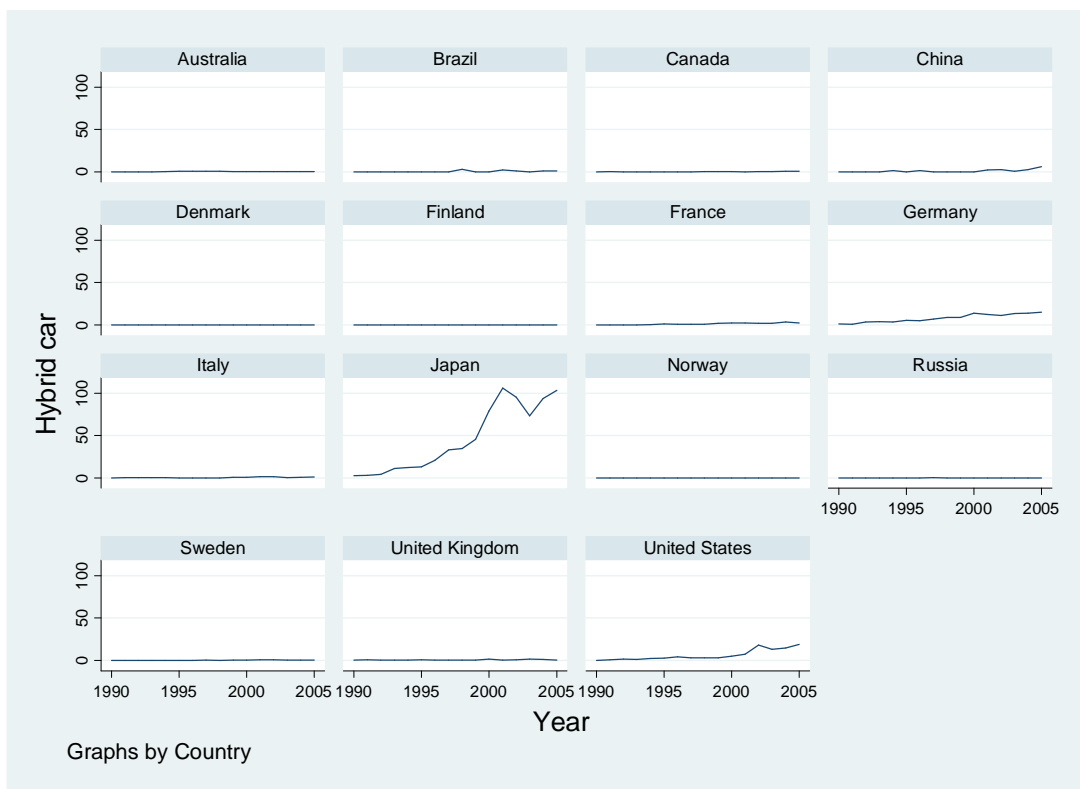


図 22 研究者ベース（ハイブリッド自動車）

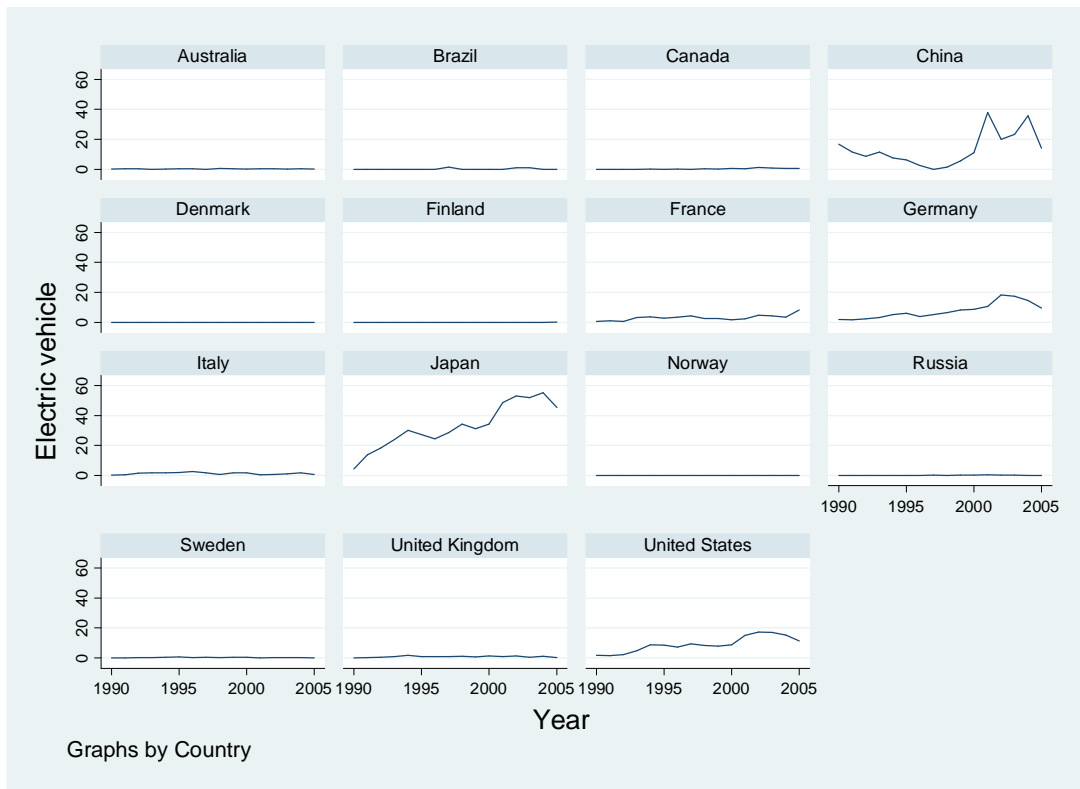


図 23 研究者ベース（電気自動車）

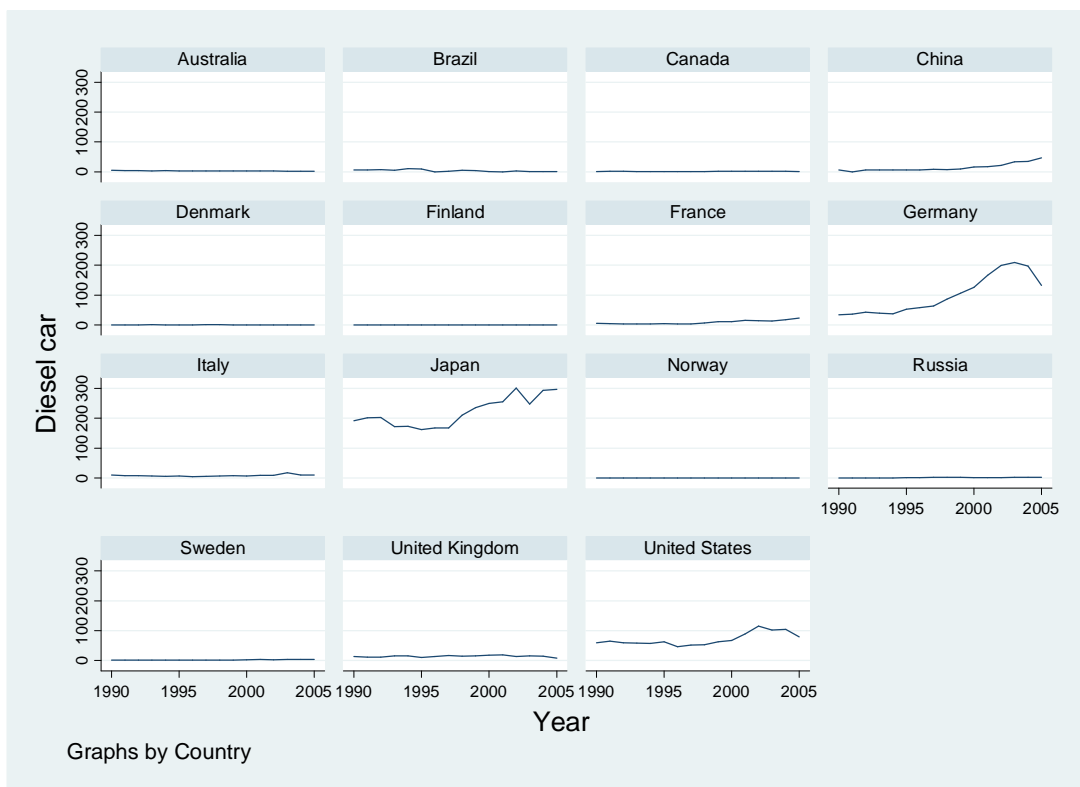


図 24 研究者ベース（ディーゼル自動車）

付録3 RCA 指数

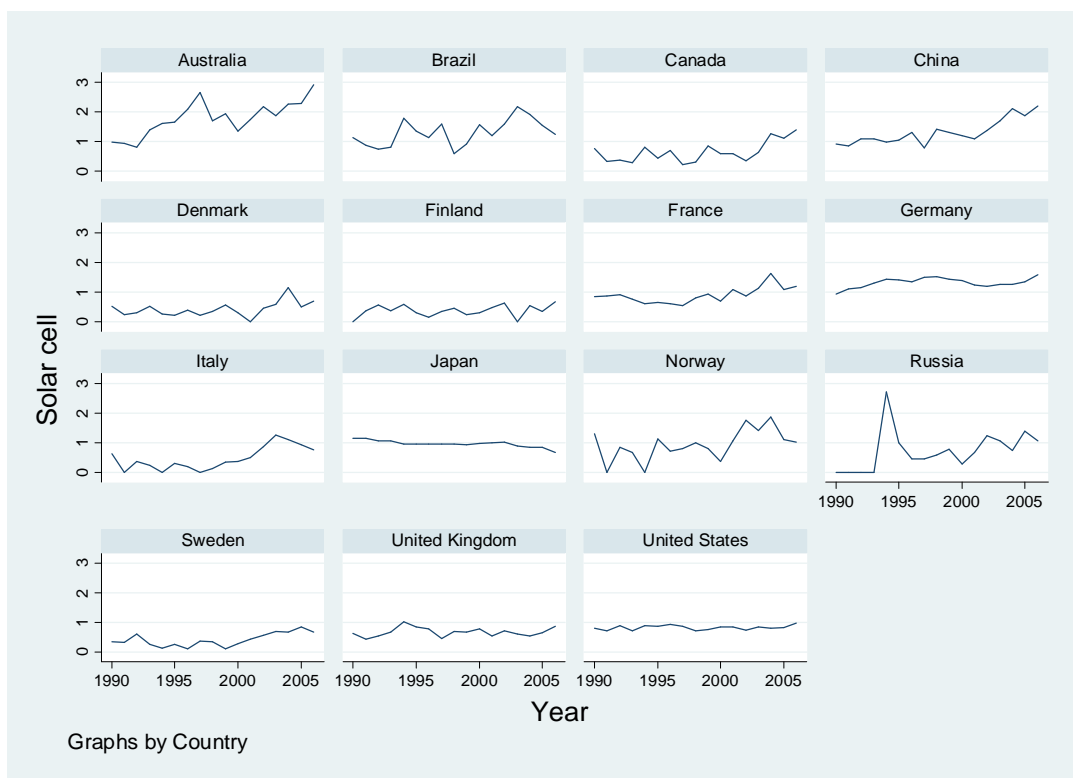


図 25 RCA 指数 (太陽電池)

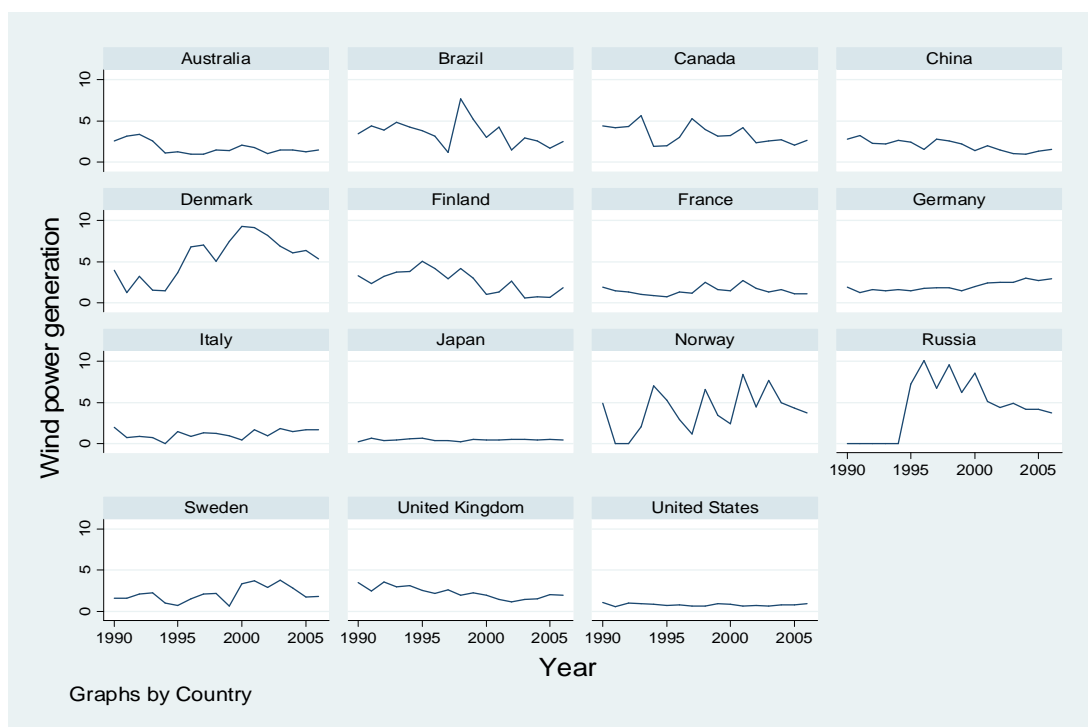


図 26 RCA 指数 (風力発電)

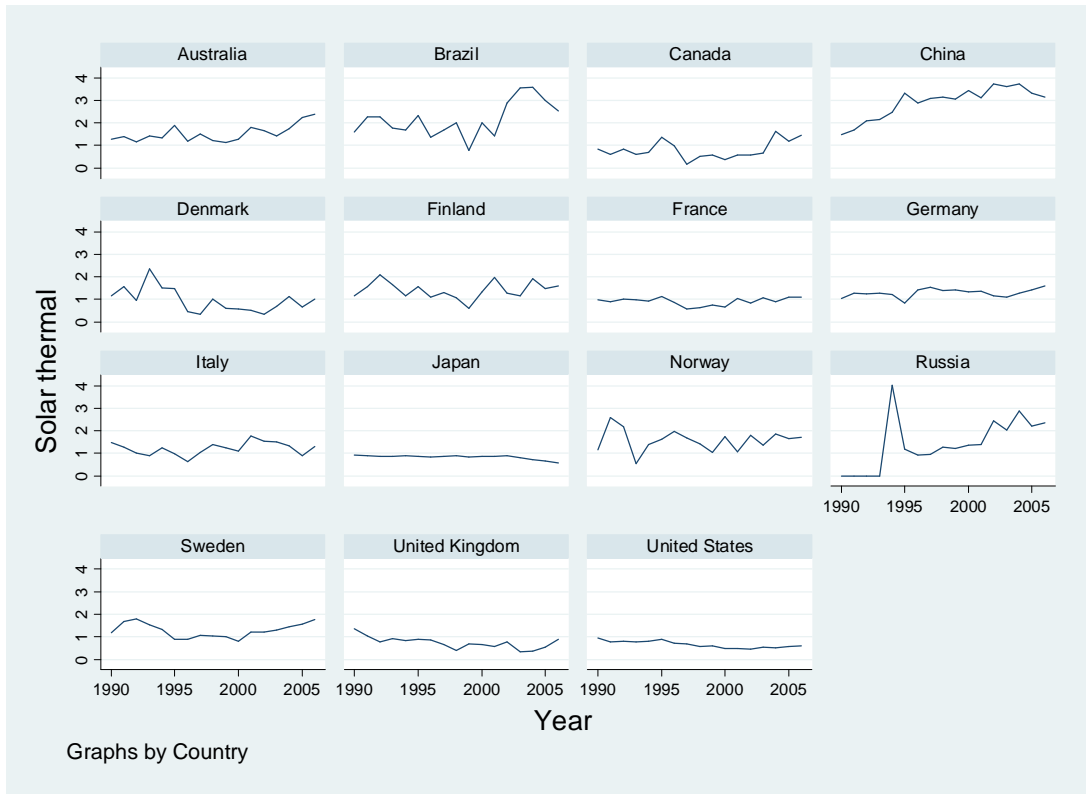


図 27 RCA 指数 (太陽熱利用)

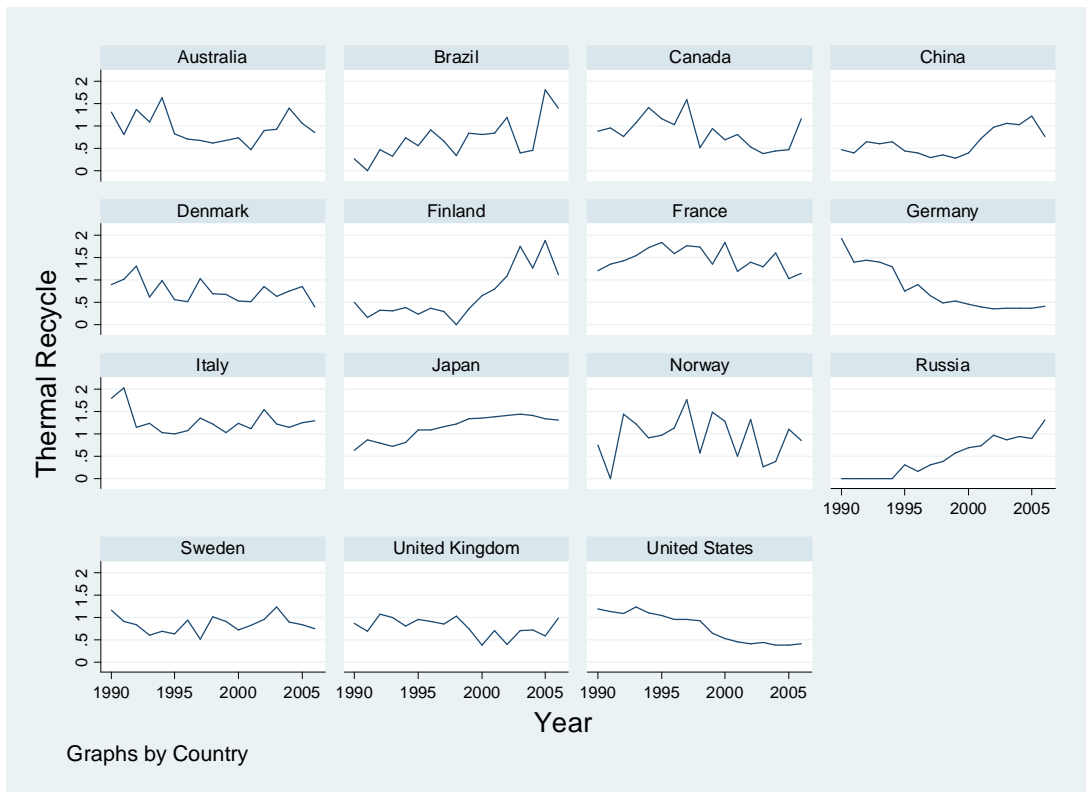


図 28 RCA 指数 (廃棄物熱利用)

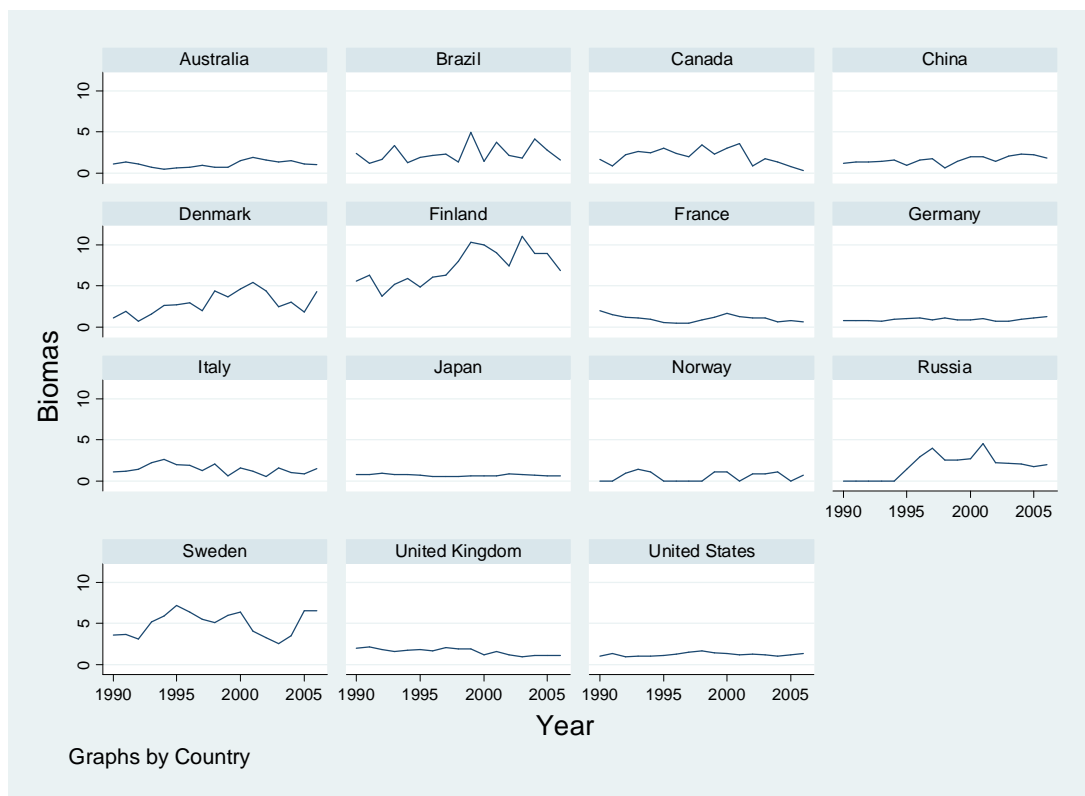


図 29 RCA 指数 (バイオマス)

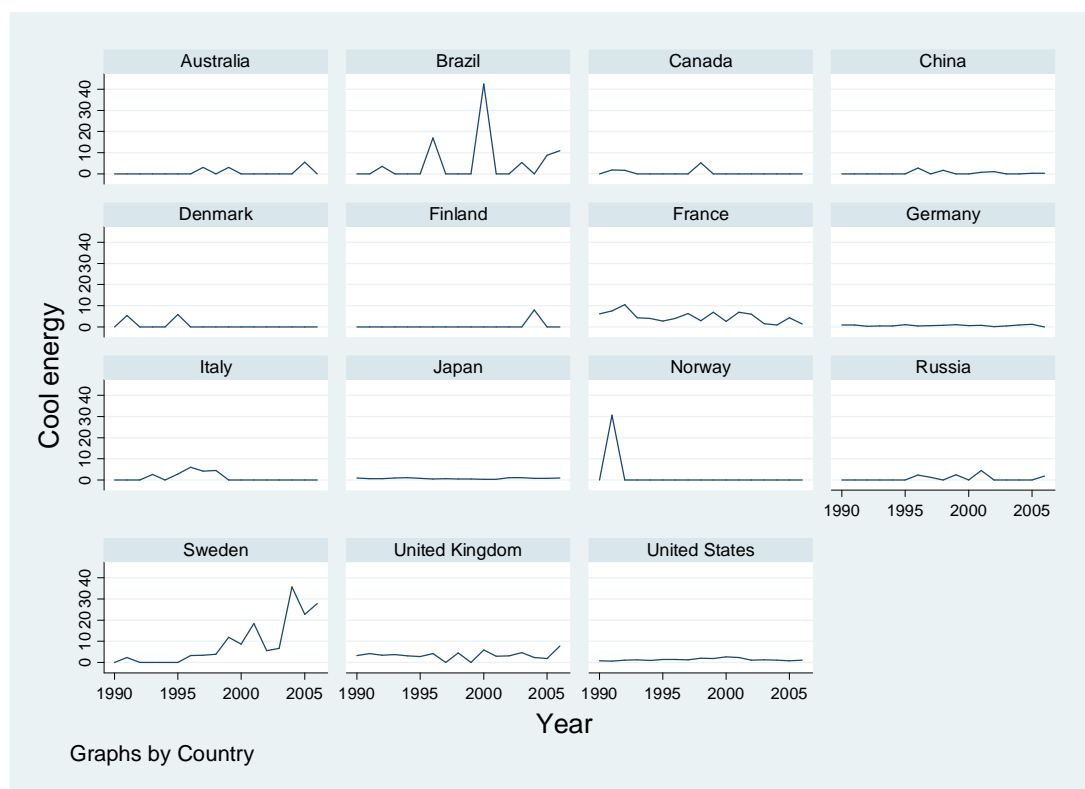


図 30 RCA 指数 (冰雪熱利用)



図 31 RCA 指数 (燃料電池)

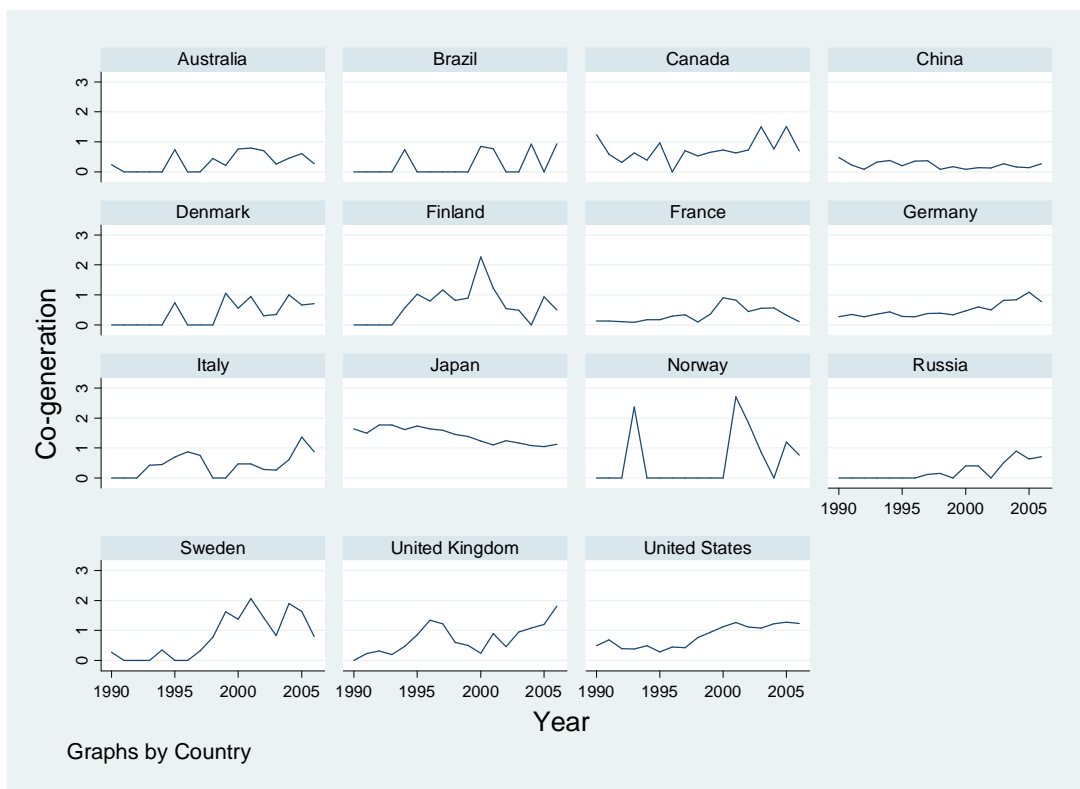


図 32 RCA 指数 (天然ガスコジェネレーション)

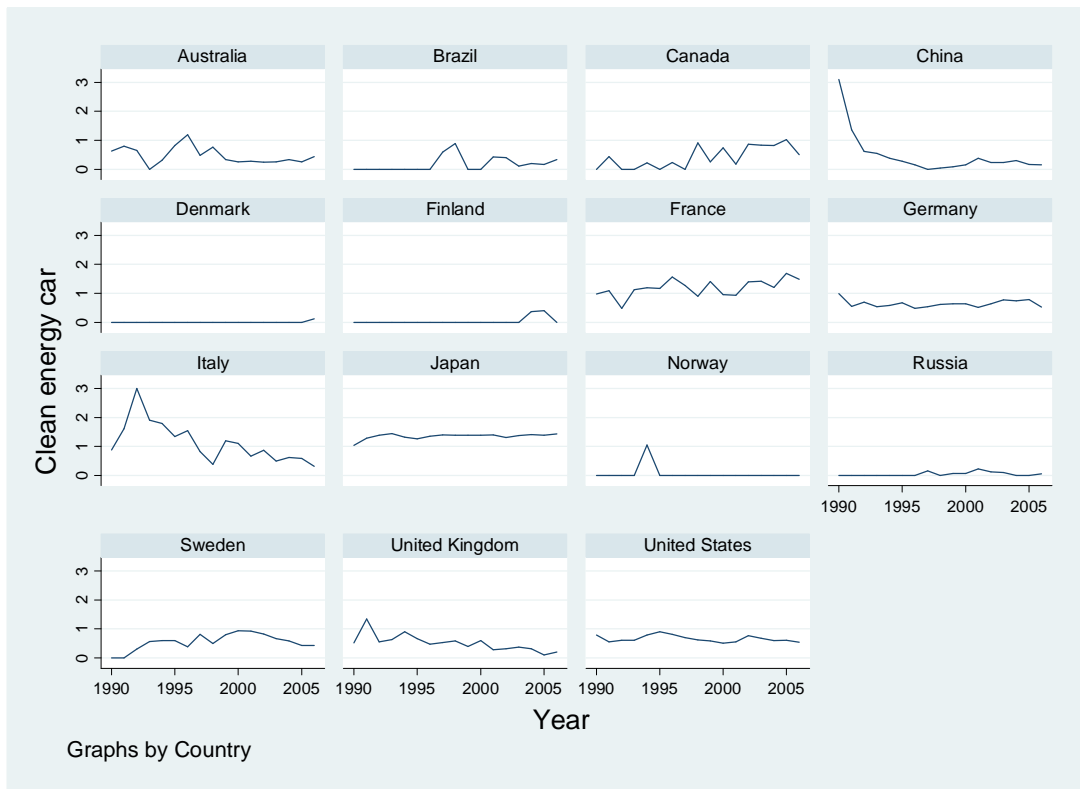


図 33 RCA 指数 (クリーンエネルギー自動車)

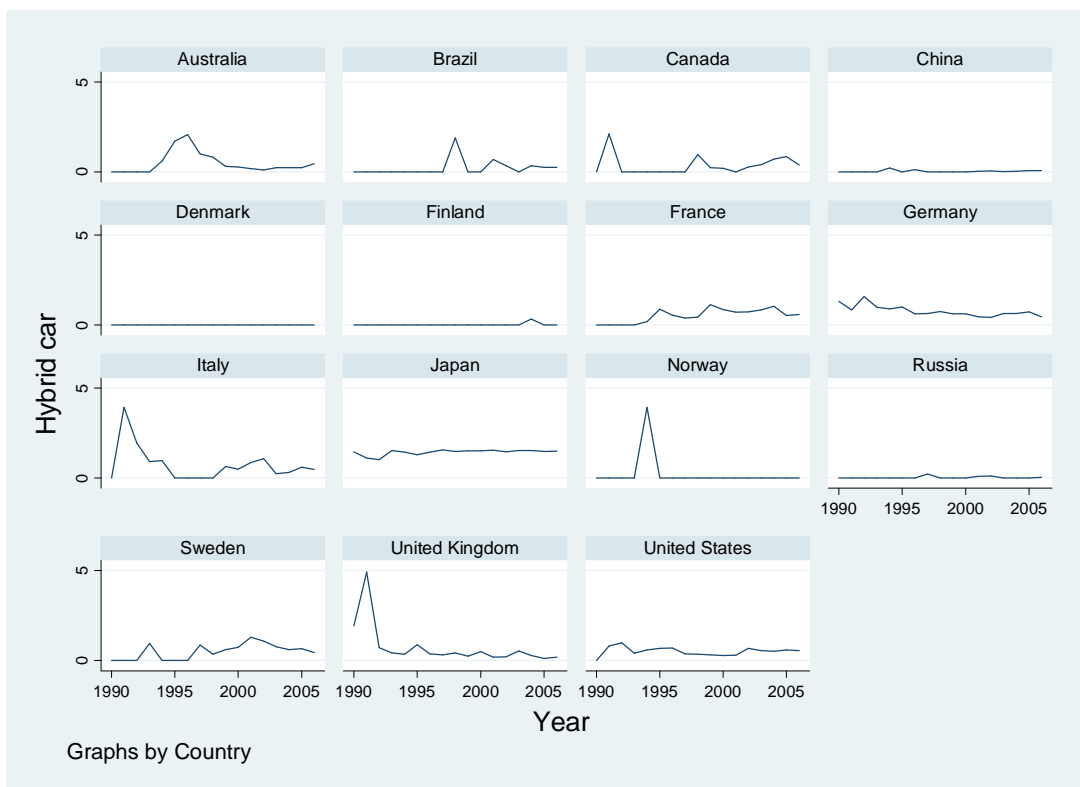


図 34 RCA 指数 (ハイブリッド自動車)

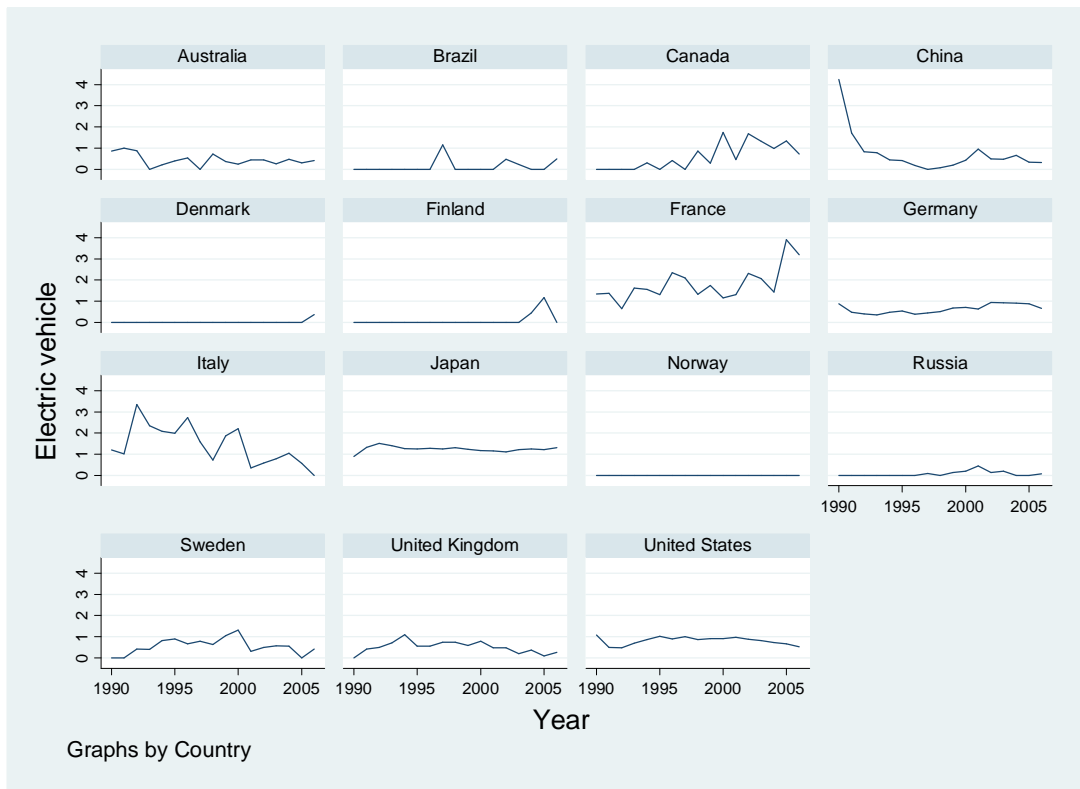


図 35 RCA 指数 (電気自動車)

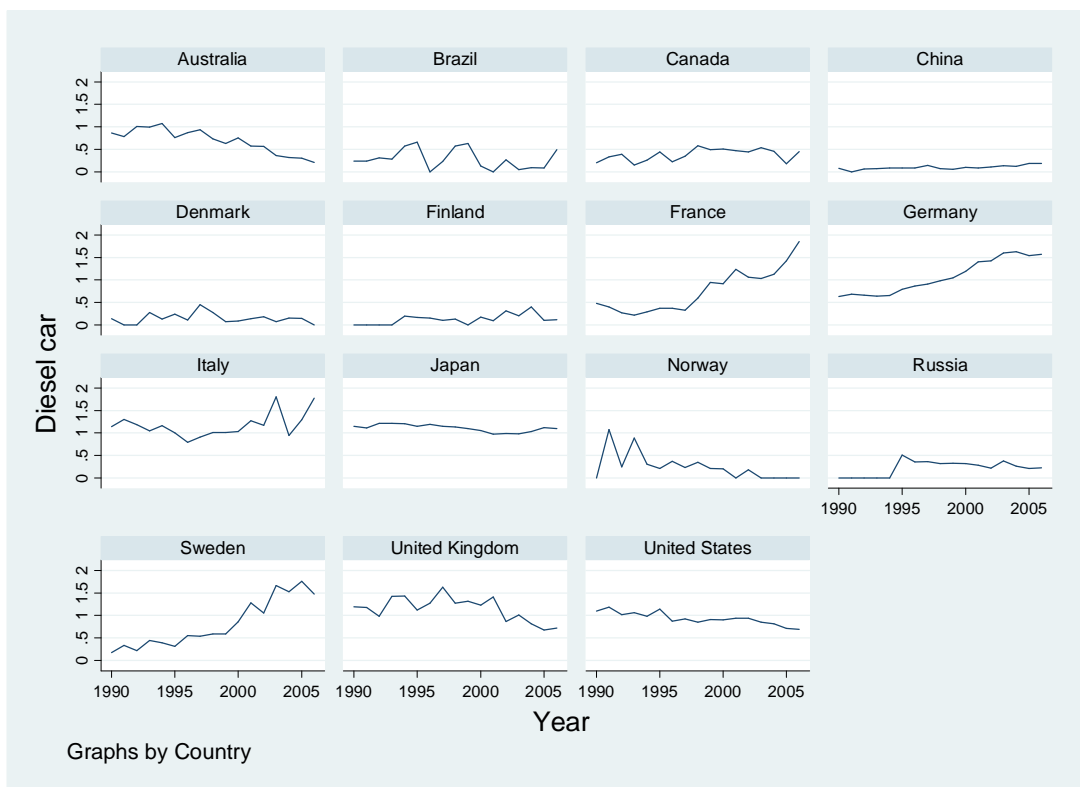


図 36 RCA 指数 (ディーゼル自動車)

付録 4 推計結果（環境技術別）

付表 1 クリーンエネルギー自動車の特許出願に与える
気候変動枠組条約と京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	ln <i>car</i>	ln <i>car</i>	ln <i>car</i>	ln <i>car</i>
ln <i>GDPCA</i>	-1.314 (2.46)*	-0.692 1.27	0.133 0.25	-1.454 (2.70)**
ln <i>RES</i>	2.604 (4.25)**	3.442 (5.55)**	3.672 (5.62)**	2.616 (4.29)**
ln <i>RD</i>	1.277 (2.05)*	0.048 0.08	-0.278 0.44	1.192 (1.92)+
ln <i>OIL</i>	0.094 0.58	0.079 0.46	-0.089 0.43	0.099 0.61
<i>FCCC</i>	0.896 (6.08)**			0.768 (4.55)**
<i>KYOTO</i>		0.52 (4.10)**		0.212 1.55
<i>RATIF</i>			0.252 1.41	
Constant	0.159 0.14	-1.735 1.59	-3.365 (3.02)**	0.528 0.46
Observations	167	167	167	167
Number of id	14	14	14	14
R-squared	0.539	0.482	0.431	0.546

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表2 ハイブリッド自動車の特許出願に与える気候変動
枠組条約と京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>
<i>ln GDPCA</i>	-1.526	0.06	1.925	-1.878
	1.50	0.06	(1.90)+	(1.80)+
<i>ln RES</i>	2.725	3.382	3.981	2.613
	(3.18)**	(3.61)**	(4.01)**	(3.05)**
<i>ln RD</i>	0.31	-1.142	-1.873	0.362
	0.38	1.36	(2.18)*	0.45
<i>ln OIL</i>	0.414	0.381	0.152	0.464
	(2.05)*	(-1.68)+	0.59	(2.27)*
<i>FCCC</i>	1.24			1.114
	(6.51)**			(5.28)**
<i>KYOTO</i>		0.626		0.234
		(3.68)**		1.38
<i>RATIF</i>			0.065	
			0.31	
Constant	-0.763	-4.842	-9.716	0.214
	0.34	(2.06)*	(4.47)**	0.09
Observations	133	133	133	133
Number of id	14	14	14	14
R-squared	0.578	0.4822	0.421	0.585

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表3 電気自動車の特許出願に与える気候変動枠組条約と京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>
<i>ln GDPCA</i>	-1.052 (1.83)+	-0.618 1.08	-0.207 0.39	-1.104 (1.89)+
<i>ln RES</i>	2.732 (3.94)**	3.339 (4.94)**	3.398 (4.96)**	2.74 (3.94)**
<i>ln RD</i>	0.726 1.04	-0.125 0.19	-0.325 0.5	0.696 0.99
<i>ln OIL</i>	-0.006 0.03	0.005 0.03	-0.124 0.59	-0.004 0.02
<i>FCCC</i>	0.549 (3.42)**			0.504 (2.75)**
<i>KYOTO</i>		0.269 (2.03)*		0.074 0.51
<i>RATIF</i>			0.221 1.23	
Constant	-0.281 0.23	-1.728 1.5	-2.31 (2.05)*	-0.148 0.12
Observations	158	158	158	158
Number of id	13	13	13	13
R-squared	0.375	0.342	0.33	0.376

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

付表4 燃料電池の特許出願に与える気候変動枠組条約と
京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>
<i>ln GDPCA</i>	2.171 (4.79)**	2.385 (5.34)**	2.816 (7.12)**	2.022 (4.37)**
<i>ln RES</i>	0.318 0.73	0.754 (1.88)+	0.626 1.60	0.302 0.70
<i>ln RD</i>	-0.386 0.74	-0.976 (1.98)*	-1.031 (2.16)*	-0.463 0.88
<i>ln OIL</i>	0.858 (6.19)**	0.833 (5.97)**	0.423 (2.64)**	0.863 (6.24)**
<i>FCCC</i>	0.467 (3.61)**			0.37 (2.56)*
<i>KYOTO</i>		0.318 (2.92)**		0.179 1.49
<i>RATIF</i>			0.636 (4.50)**	
Constant	-6.161 (5.79)**	-6.915 (6.84)**	-6.531 (7.03)**	-5.717 (5.19)**
Observations	220	220	220	220
Number of id	15	15	15	15
R-squared	0.608	0.6	0.621	0.612

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

付表5 風力発電の特許出願に与える気候変動枠組条約と
京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>
<i>ln GDPCA</i>	0.417	0.521	0.781	0.271
	0.94	-1.22	(2.07)*	0.6
<i>ln RES</i>	-0.468	-0.241	-0.295	-0.509
	1.32	0.76	0.99	-.43
<i>ln RD</i>	0.825	0.459	0.443	0.766
	1.61	0.96	0.96	0.49
<i>ln OIL</i>	0.915	0.895	0.505	0.919
	(6.68)**	(6.57)**	(3.23)**	(6.73)**
<i>FCCC</i>	0.325			0.234
	(2.49)*			1.63
<i>KYOTO</i>		0.259		0.179
		(2.41)*		1.51
<i>RATIF</i>			0.595	
			(4.34)**	
Constant	-1.038	-1.324	-0.698	-0.586
	1.01	1.36	0.77	0.55
Observations	232	232	232	232
Number of id	15	15	15	15
R-squared	0.37	0.369	0.405	0.378

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

付表6 コジェネレーションの特許出願に与える気候変動
枠組条約と京都議定書の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>ln cogene</i>	<i>ln cogene</i>	<i>ln cogene</i>	<i>ln cogene</i>
<i>ln GDPCA</i>	0.929 (2.15)*	1.328 (3.15)**	1.429 (3.59)**	0.956 (2.19)*
<i>ln RES</i>	0.515 1.13	1.003 (2.34)*	1.058 (2.56)*	0.532 1.17
<i>ln RD</i>	-0.915 1.65	-1.513 (2.93)**	-1.563 (3.05)**	-0.887 1.59
<i>ln OIL</i>	0.946 (7.02)**	0.93 (6.76)**	0.859 (5.37)**	0.944 (6.99)**
<i>FCCC</i>	0.378 (2.75)**			0.415 (2.65)**
<i>KYOTO</i>		0.097 0.87		-0.062 0.5
<i>RATIF</i>			0.107 0.79	
Constant	-4.256 (4.25)**	-5.536 (5.86)**	-5.62 (6.11)**	-4.364 (4.25)**
Observations	177	177	177	177
Number of id	15	15	15	15
R-squared	0.537	0.516	0.516	0.538

注 : + は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表7 風力発電の特許出願に与えるエネルギー政策の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>	<i>ln wind</i>
<i>ln GDPCA</i>	0.387	0.14	0.242	0.238	0.09
	0.94	0.32	0.56	0.60	0.20
<i>ln RES</i>	-0.059	-0.34	-0.18	-0.36	-0.369
	0.20	0.97	0.58	1.24	1.04
<i>ln RD</i>	0.062	0.384	0.153	0.157	0.386
	0.13	0.73	0.32	0.34	0.74
<i>ln OIL</i>	0.82	0.853	0.838	0.463	0.859
	(6.10)**	(6.28)**	(6.20)**	(3.04)**	(6.30)**
<i>DIRECT</i>	0.453	0.393	0.395	0.44	0.366
	(3.65)**	(3.02)**	(2.95)**	(3.69)**	(2.68)**
<i>FCCC</i>		0.196			0.161
		1.45			1.12
<i>KYOTO</i>			0.132		0.085
			1.15		-0.7
<i>RATIF</i>				0.583	
				(4.37)**	
Constant	-0.838	-0.118	-0.408	0.995	0.034
	0.90	0.11	0.41	1.00	0.03
Observations	232	232	232	232	232
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.3901	0.3961	0.3939	0.4407	0.9375

注：+ は10%有意、* は5%有意、** は1%有意である。

付表 8 燃料電池の特許出願に与えるエネルギー政策の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>
<i>ln GDPCA</i>	2.464 (5.78)**	1.98 (4.36)**	2.216 (4.96)**	2.366 (5.80)**	1.918 (4.15)**
<i>ln RES</i>	0.864 (2.21)*	0.327 0.76	0.711 (1.79)+	0.446 1.16	0.317 0.74
<i>ln RD</i>	-1.314 (2.67)**	-0.69 1.29	-1.182 (2.39)*	-1.236 (2.63)**	-0.7 1.31
<i>ln OIL</i>	0.753 (5.41)**	0.809 (5.84)**	0.783 (5.61)**	0.379 (2.42)*	0.817 (5.88)**
<i>DIRECT</i>	0.429 (3.34)**	0.32 (2.42)*	0.331 (2.37)*	0.417 (3.40)**	0.285 (2.05)*
<i>FCCC</i>		0.371 (2.77)**			0.327 (2.26)*
<i>KYOTO</i>			0.207 (1.77)+		0.099 0.79
<i>RATIF</i>				0.626 (4.54)**	
Constant	-6.876 (7.07)**	-5.375 (4.88)**	-6.17 (5.89)**	-4.879 (4.75)**	-5.213 (4.65)**
Observations	220	220	220	220	220
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.6044	0.6191	0.6105	0.6416	0.6203

注 : + は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表9 クリーンエネルギー自動車の特許出願に与えるエネルギー政策の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln car	ln car	ln car	ln car	ln car
ln <i>GDPCA</i>	-0.324	-1.505	-0.82	-0.342	-1.56
	0.6	(2.81)**	1.50	0.64	(2.89)**
ln <i>RES</i>	3.52	2.499	3.327	3.39	2.524
	(5.55)**	(4.11)**	(5.37)**	(5.27)**	(4.14)**
ln <i>RD</i>	-0.404	1.086	-0.077	-0.385	1.064
	0.66	(1.74)+	0.13	0.63	(1.71)+
ln <i>OIL</i>	-0.023	0.043	0.03	-0.136	0.054
	0.13	0.27	0.18	0.67	0.33
<i>DIRECT</i>	0.493	0.304	0.282	0.476	0.255
	(3.13)**	(2.05)*	(1.68)+	(3.01)**	-1.61
<i>FCCC</i>		0.825			0.757
		(5.51)**			(4.51)**
<i>KYOTO</i>			0.425		0.131
			(3.08)**		0.9
<i>RATIF</i>				0.201	
				1.15	
Constant	-2.168	1.044	-1.037	-1.603	1.128
	(1.91)+	0.88	0.89	1.3	0.95
Observations	167	167	167	167	167
Number of id	14	14	14	14	14
R-squared	0.4591	0.5516	0.4918	0.4640	0.5541

注 : + は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表 10 風力発電の特許出願に与える炭素税の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln <i>wind</i>	ln <i>wind</i>	ln <i>wind</i>	ln <i>wind</i>	ln <i>wind</i>
ln <i>GDPCA</i>	0.776 (1.98)*	0.381 0.87	0.493 1.16	0.677 (-1.78)+	0.28 0.62
ln <i>RES</i>	0.004	-0.379	-0.183	-0.273	-0.419
	0.01	1.07	0.58	0.92	1.17
ln <i>RD</i>	0.497	0.848	0.546	0.532	0.802
	1.04	(-1.67)+	1.14	1.15	1.57
ln <i>OIL</i>	0.801 (5.80)**	0.848 (6.09)**	0.833 (6.01)**	0.491 (3.15)**	0.859 (6.15)**
<i>CARBON</i>	0.438 (2.64)**	0.362 (2.14)*	0.35 (2.03)*	0.3 (-1.82)+	0.32 (-1.85)+
<i>FCCC</i>		0.259 (-1.95)*			0.202 1.4
<i>KYOTO</i>			0.192 (-1.72)+		0.128 1.06
<i>RATIF</i>				0.54 (3.86)**	
Constant	-2.151 (2.59)*	-0.966 0.94	-1.282 1.32	-0.552 0.61	-0.65 0.61
Observations	232	232	232	232	232
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.3724	0.3834	0.3810	0.4138	0.3867

注 : + は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表 11 燃料電池の特許出願に与える炭素税の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>	<i>ln fuel</i>
<i>ln GDPCA</i>	2.701 (6.67)**	2.141 (4.82)**	2.372 (5.42)**	2.657 (6.77)**	2.057 (4.52)**
<i>ln RES</i>	1.053 (2.74)**	0.467 -1.09	0.85 (2.15)*	0.687 (1.79)+	0.448 1.04
<i>ln RD</i>	-0.919 (-1.89)+	-0.382 0.74	-0.863 (1.78)+	-0.899 (1.91)+	-0.426 0.82
<i>ln OIL</i>	0.695 (4.95)**	0.758 (5.42)**	0.733 (5.20)**	0.395 (2.51)*	0.768 (5.47)**
<i>CARBON</i>	0.61 (3.75)**	0.496 (3.01)**	0.51 (3.00)**	0.471 (2.91)**	0.463 (2.73)**
<i>FCCC</i>		0.371 (2.84)**			0.322 (2.24)*
<i>KYOTO</i>			0.214 (1.91)+		0.103 0.84
<i>RATIF</i>				0.542 (3.80)**	
Constant	-7.955 (9.51)**	-6.133 (5.88)**	-6.923 (6.98)**	-6.335 (6.92)**	-5.88 (5.42)**
Observations	220	220	220	220	220
Number of id	15	15	15	15	15
R-squared	0.6098	0.6250	0.6168	0.6362	0.6263

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表 12 クリーンエネルギー自動車の特許出願に与える炭素税の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln car	ln car	ln car	ln car	ln car
ln <i>GDPCA</i>	-0.286	-1.463	-0.805	-0.278	-1.531
	0.54	(2.74)**	1.48	0.52	(2.84)**
ln <i>RES</i>	4.313	2.975	3.784	4.233	2.918
	(6.71)**	(4.67)**	(5.84)**	(6.32)**	(4.56)**
ln <i>RD</i>	0.02	1.334	0.17	0.011	1.267
	0.03	(2.16)*	0.28	-0.02	(2.04)*
ln <i>OIL</i>	-0.176	-0.043	-0.059	-0.211	-0.016
	0.93	0.25	0.31	1.02	0.09
<i>CARBON</i>	0.658	0.384	0.383	0.626	0.317
	(3.12)**	(-1.92)+	(-1.71)+	(2.79)**	1.5
<i>FCCC</i>		0.823			0.75
		(5.46)**			(4.46)**
<i>KYOTO</i>			0.427		0.142
			(3.11)**		0.98
<i>RATIF</i>				0.081	
				-0.44	
Constant	-3.289	0.316	-1.663	-3.075	0.535
	(3.36)**	0.28	1.53	(2.81)**	0.47
Observations	167	167	167	167	167
Number of id	14	14	14	14	14
R-squared	0.4589	0.5501	0.4922	0.4596	0.5530

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。

付表 13 ハイブリッド自動車の特許出願に与えるクリーンエネルギー
自動車購入補助金制度の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>	<i>ln hybrid</i>
<i>ln GDPCA</i>	2.946 (3.12)**	-0.289 0.27	1.693 1.5	2.995 (3.14)**	-0.469 0.41
<i>ln RES</i>	2.511 (2.66)**	2.012 (2.35)*	2.435 (2.61)*	2.567 (2.69)**	2.011 (2.34)*
<i>ln RD</i>	-2.364 (2.99)**	-0.381 0.47	1.857 (2.26)*	-2.38 (3.00)**	-0.329 0.40
<i>ln OIL</i>	0.028 0.13	0.276 1.38	0.168 0.75	0.069 0.29	0.30 1.44
<i>CLEAN</i>	1.174 (4.81)**	0.727 (3.07)**	0.948 (3.55)**	1.191 (4.80)**	0.69 (2.75)**
<i>FCCC</i>		1.019 (5.16)**			0.987 (4.70)**
<i>KYOTO</i>			0.352 (1.96)+		0.079 0.45
<i>RATIF</i>				-0.086 0.44	
Constant	-9.526 (5.22)**	-2.131 0.98	-6.731 (2.93)**	-9.868 (4.96)**	-1.734 -0.73
Observations	133	133	133	133	133
Number of id	14	14	14	14	14
R-squared	0.5184	0.6102	0.5342	0.5193	0.6109

注：+ は 10%有意、* は 5%有意、** は 1%有意である。

付表 14 電気自動車の特許出願に与えるクリーンエネルギー自動車購入補助金制度の効果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>	<i>ln electric</i>
<i>ln GDPCA</i>	0.196	-0.518	0.03	0.171	-0.444
	0.38	0.90	0.05	0.33	0.74
<i>ln RES</i>	3.024	2.502	2.989	2.961	2.484
	(4.63)**	(3.72)**	(4.55)**	(4.47)**	(3.67)**
<i>ln RD</i>	-0.53	0.286	-0.452	-0.525	0.295
	0.86	0.42	0.72	0.85	0.43
<i>ln OIL</i>	-0.17	-0.147	-0.158	-0.228	-0.155
	0.95	0.83	0.87	1.13	0.87
<i>CLEAN</i>	0.853	0.711	0.799	0.831	0.743
	(4.07)**	(3.34)**	(3.53)**	(3.90)**	(3.32)**
<i>FCCC</i>		0.408			0.445
		(2.54)*			(2.50)*
<i>KYOTO</i>			0.087		-0.072
			-0.63		0.48
<i>RATIF</i>				0.11	
				0.63	
Constant	-2.574	-0.62	-2.189	-2.242	-0.763
	(2.76)**	0.52	(-1.96)+	(2.09)*	0.62
Observations	158	158	158	158	158
Number of id	13	13	13	13	13
R-squared	0.3942	0.4211	0.3959	0.3959	0.4221

注：+ は 10% 有意、* は 5% 有意、** は 1% 有意である。