

**COE-RES Discussion Paper Series
Center of Excellence Project
The Normative Evaluation and Social Choice of
Contemporary Economic Systems**

**Graduate School of Economics and Institute of Economic Research
Hitotsubashi University**

COE/RES Discussion Paper Series, No.221

December 2007

自動車排出ガス規制と触媒技術の
イノベーションに関する定量分析

枝村 一磨
(一橋大学)

Naka 2-1, Kunitachi, Tokyo 186-8603, Japan
Phone: +81-42-580-9076 Fax: +81-42-580-9102
URL: <http://www.econ.hit-u.ac.jp/~coe-res/index.htm>
E-mail: coe-res@econ.hit-u.ac.jp

自動車排出ガス規制と 触媒技術のイノベーションに関する定量分析¹

一橋大学大学院経済学研究科応用経済専攻

枝村一磨²

要旨

環境規制の強化が企業にイノベーションを促すという、ポーター仮説がある。本稿ではポーター仮説を検証するべく日本の自動車産業に注目して、自動車排出ガス規制の強化が、企業による触媒技術のイノベーションを促進させるか否かを分析する。自動車排出ガス規制は環境規制の代理変数、触媒技術は自動車排出ガス規制に密接に関係する技術の代理変数である。イノベーションを測る代理変数として特許出願情報を利用する。分析の対象は、1980年から2003年までに触媒技術に関して特許出願を行った上場企業計230社である。これらの企業について特許出願情報に関するパネルデータを作成し、分析を行う。その結果、自動車排出ガス規制の強化が、触媒技術のイノベーションを促進させているという結論が示唆されている。

キーワード：ポーター仮説、環境規制、イノベーション

¹ 本稿を執筆するに当たり、日本経済学会において日引聡氏より有益なコメントをいただいた。深く感謝申し上げます。また、一橋大学21世紀COEプログラム「現代経済システムの規範的評価と社会的選択」より、若手研究者として研究環境を整えていただき、研究助成もいただいた。これらすべての方々はこの場を借りて深謝したい。なお、残された誤りはすべて筆者によるものである。

² 住所：〒186-8601 東京都国立市中2-1 一橋大学第二研究館403 E-mail : ed062005@srv.cc.hit-u.ac.jp

目次

1	はじめに	1
2	先行研究と本稿の仮説	3
2.1	先行研究	3
2.2	自動車排出ガス規制の概要	5
2.3	自動車排出ガス規制への対応技術	6
2.4	本稿の仮説	7
3	特許データ	8
3.1	特許データの抽出	8
3.2	特許価値の測度	9
4	計量分析	10
4.1	モデル	10
4.2	変数の構成と主要統計量	12
4.2.1	被説明変数	12
4.2.2	自動車排出ガス規制に関する変数	12
4.2.3	コントロール変数	13
5	推計結果	14
5.1	三元触媒に関する推計結果	14
5.2	酸化触媒に関する推計結果	15
5.3	NSR 触媒に関する推計結果	16
5.4	留意点	18
6	結語	18
補論 1	特許データ収集の際の検索式	20
補論 2	請求項の数などを使った推計	22
	参考文献	23
	図表	26

1 はじめに

環境規制の強化は、企業のイノベーションを促進させるのに有効な施策となりうるであろうか。環境規制に関しては色々な指摘がされている。例えば、環境規制は企業に新たなコストを負担させることとなり、その結果として研究開発費を押し下げて研究開発活動を減退させてしまうという指摘がある。また、企業にイノベーションを促進させる政策として、環境規制などのコマンドアンドコントロールと呼ばれる手法ではなく、環境税や補助金などのインセンティブに基づく規制の方が有効であるという指摘もある（Bohm and Russell(1985)、Milliman and Prince(1989)など）。一方、環境規制の強化が企業のイノベーションを促すという仮説がある。それは、Porter and van der Linde(1995)が主張した、ポーター仮説である。彼らは、適切な環境規制の設定が、企業に新たな利潤機会を見つけさせるショックとなり、その結果としてイノベーションが促進されると主張する。環境規制が企業のイノベーションを促進させるのに有効な施策であるか否かを明らかにすることは、今後の技術政策を考える上で意義深いであろう。

そこで本稿では、環境規制が企業のイノベーションを促進させるというポーター仮説が、日本の自動車産業に当てはまるか否かを検証する。「自動車排出ガス規制の強化が、触媒技術のイノベーションを促進させる」という仮説のもと、特許データ及び自動車産業のデータ、自動車排出ガス規制値データを用いて分析を行う。分析の結果、日本の自動車産業において、排出ガス規制の強化が触媒技術のイノベーションを促進させることを示唆できれば、技術政策における環境規制の重要性を提示することができるだろう。

分析を行う際には、環境規制として自動車排出ガス規制を、規制に密接な関係のある技術として触媒技術を考える。自動車排出ガス規制は、自動車単体に課される環境規制で、これをクリアしないと企業は自動車を製品として販売することができない。また、新しく強化された排出ガス規制に対応できない自動車は、路上を走行することができない。企業はその規制をクリアするため、自動車排出ガスを浄化する技術を研究開発している。それらの技術の代表的なものとして、エンジン技術と触媒技術が挙げられる。ただし、現在の自動車排出ガス規制をクリアするためには、エンジン技術だけでは不可能であり、触媒技術との併用が不可欠である。よって本稿では、触媒技術を自動車排出ガス規制に密接な関係のある技術と定義する。

イノベーションの代理指標として、本稿では特許データを用いる。企業は、自社で新技術を発明した場合、他社に模倣されることを防ぐため、その技術に関する特許を出願する

と考えられる。つまり、イノベーションの成果が特許出願という形で現れる可能性が高いということである。なお、特許データの他にもイノベーションを示す指標として研究開発費も考えられる。しかしながら、多額の資金を投じた研究開発が成功するとは限らない。また研究開発が失敗した場合に、開発過程のノウハウが企業内に蓄積するとも考えられるが、これを明示するデータを補足することは難しい。以上の理由により、本稿ではイノベーションを明示的にデータとして捕捉できる特許データを代理指標に採用して、分析を行う。

特許データを分析で使用する際には、出願された特許の価値を考慮するため、引用情報を利用する。特許出願件数をイノベーションの代理指標とした場合、画期的な技術から価値の低い技術まで全てが同価値としてカウントされたデータが作成されてしまう。この点を考慮するため、本稿では前方引用件数が多いものほど特許価値が高いという想定のもと、前方引用情報を踏まえたデータを作成する。

分析を行う際には、環境規制の設定とイノベーションの間の内生性に留意しなければならない。本稿では、政府による環境規制の強化が、企業のイノベーションを促進させる要因であるか否かを検証するが、次の可能性を考えなければならない。政府による過大な環境規制は、企業の製品販売活動を阻害するおそれがある。これを避けるため、政府は企業におけるイノベーションの進捗状況をモニタリングしながら、企業が達成可能と思われる環境規制を設定しているかもしれない。つまり、企業のイノベーションの進捗状況が、政府による環境規制施行の意志決定に影響している可能性が存在するのである。

上述したような環境規制の設定とイノベーションの間の内生性を考慮するため、本稿では自動車排出ガス規制に係る審議会や答申の情報を利用する。関係者が集まる審議会では企業の研究開発状況が報告され、これを踏まえた答申は将来的な規制の動向を示す。これらの情報を利用することによっても、環境規制の設定とイノベーションの間の内生性を完全に考慮することはできないだろうが、内生性をある程度コントロールできるであろう。

以上述べたような、前方引用情報を利用した特許データと、審議会や答申の情報を利用した自動車排出ガス規制値のデータを利用して推計を行う。推計に当たっては、上場企業を対象に、1980年から2003年までの24年間にわたるパネルデータを作成する。推計を行う際には、イノベーションに影響を及ぼしている企業規模や、外国からの出願動向、企業が属している産業を考慮しなければならない。そこで、GDPデフレーターで実質化した売上高、触媒技術に関連する特許の外国からの出願件数、自動車アッセンブラーであるか否か

を示すダミー変数をコントロール変数として採用する。

本稿の推計結果は、自動車排出ガス規制の強化が、企業による触媒のイノベーションを促進させることを示唆している。つまり、環境規制がイノベーションを促進するというポーター仮説が、日本の自動車産業に当てはまる可能性を示すことになる。今後、自動車産業以外の産業において、同様の研究成果が得られれば、日本において環境規制が企業によるイノベーションを促進させる施策であると提言できるだろう。

本稿の構成であるが、まず2章で先行研究と、日本における自動車排出ガス規制とそれに対応するための技術の概要、本稿の仮説について述べる。第3章では、イノベーションの代理指標として利用する特許データに関して説明する。第4章では、計量分析モデルと変数の説明をする。第5章では、推計結果を考察し、第6章で本稿の結語を述べることとする。

2 先行研究と本稿の仮説

2.1 先行研究

ある国において新たな環境規制が設定された場合、その環境規制は企業のイノベーション活動を促進させ、その結果、その国の企業は国際競争力を得るという説は、「ポーター仮説」として知られている。「ポーター仮説」とは、Porter and van der Linde(1995)によって主張された仮説である。経済学では、環境規制の強化は企業にとって追加的なコストとなるため研究開発費が縮小され、イノベーション活動は減退すると考えられている。しかしPorter and van der Linde(1995)は、企業はもともと限定合理性の下でしか活動しておらず、環境規制の前では最適な利潤最大化行動をとっていないと考える。そして、そのような企業に対しては、環境規制の設定が新たな利潤機会を見つけさせるショックとなり、その結果、企業はイノベーション活動を活発化させて新たな利潤機会を見つけると主張した。

一方で、Palmer, Oates and Portney(1995)はこのポーター仮説に異議を唱えた。彼らの主張は以下である。すなわち、環境規制によって企業がイノベーション活動を活発化し、新たな利潤機会を見つけるとする。その場合、企業は環境規制が設定されなくても新たな利潤機会を探すため、環境規制の施行前にすでにイノベーションのインセンティブを持っているはずだと彼らは主張する。企業がイノベーション活動をする要因は、環境規制とは限らないというのである。

環境規制とイノベーションの関係を実証した研究は欧米に多い。特に、環境規制の厳しさの指標として、汚染対策費（Pollution Abatement Costs and Expenditure; PACE）を用いた分析は多い。Jaffe and Palmer (1997)は、アメリカの産業ごとの研究開発費と汚染対策費、特許データのパネルデータを用いて、イノベーションと環境規制の関係を分析している。それによれば、環境規制の強化は企業の特許出願行動に対して影響を与えているという統計的証拠はない。一方、環境規制の強化は、研究開発支出に正の影響を与えているという。つまり、環境規制の強化は、企業の特許出願動向には効果を与えないが、研究開発費を押し上げる効果はあるという結論を得ている。浜中(1997)は、日本の産業ごとの研究開発費と汚染対策費のパネルデータを用いて分析を行い、環境規制が企業の研究開発活動を促進させるという可能性を示唆している。Brunnermeier and Cohen (2003)は、アメリカの産業ごとの環境技術に関する特許データと汚染対策費及び企業への大気や水質に係る立ち入り調査の回数のデータを用いて、分析を行っている。この分析でも上述の先行研究と同様に、環境規制の強化はイノベーションの促進に正の影響を与えていると結論づけている。中野(2003)は、有価証券報告書の情報を利用して汚染対策費(公害防止投資支出)のデータを作成し、研究開発費のデータと併せて企業レベルで分析を行っている。その分析において、環境規制が企業の研究開発活動を促進させたという結論を得ている。

企業に対するサーベイやアンケートのデータを利用した分析もある。Hemmelskamp(1999)は、ドイツで行われたサーベイデータを利用して、クロスセクションデータでの分析を行っている。これによれば、環境規制が企業のイノベーションに与える影響はほとんどないという。谷川(2004)は日本の上場企業にアンケート調査を行っている。その結果、「ポーター仮説が想定するような事態は一部の企業に起こっている」としながらも、ポーター仮説が「政策の前提となる一般的法則としては受け入れがたい」という評価を支持している。Taylor, Rubin and Houseshell(2005)は、アメリカの二酸化硫黄（SO₂）対策の公的研究開発実証（RD&D）費に関する 1957 年～2000 年のヒアリング・インタビューデータ及び 1975 年～1996 年、1970 年以前の二酸化硫黄（SO₂）対策技術に関する特許データを利用して分析をしている。それによると、環境規制の強化はイノベーションを促進させるという。また、企業は規制それ自体だけでなく、規制強化の予想からもイノベーションを促進させるという。

エネルギー価格を利用した分析も存在する。Popp(2002)は、アメリカの 11 の異なる産業のエネルギー価格と特許データを利用し、環境規制によってエネルギー価格が上昇すると

イノベーションが活発化するという結果を得ている。

以上のように、環境規制とイノベーションとの関係について、産業レベルのデータを利用して分析がなされている。だが、企業レベルで環境規制とイノベーションに関してパネル分析を行っている研究は中野(2003)など、数少ない。本稿では企業レベルで特許情報や財務情報を収集し、パネル分析を行っている。また、従来の研究では環境規制の厳しさの代理指標として汚染対策費を採用している。しかしながら本稿では、後述する理由により、環境規制の厳しさの代理指標として審議会や検討会でまとめられる答申の情報をもとにした規制値を採用している。これらが本稿の独自性、貢献であるといえる。

2.2 自動車排出ガス規制の概要

自動車排出ガス規制とは、自動車から排出される一酸化炭素(CO)や窒素酸化物(NOx)などの大気汚染物質の上限を定めた環境規制である。本稿の分析に用いる 1980 年から 2003 年までの、ガソリン乗用車とディーゼル中量トラックへの自動車排出ガスの規制を中心に、その施行と過程を述べる³。

自動車排出ガス規制は検討から施行に至るまでの間に、政策的プロセスがある。まず環境庁(現環境省)が、審議会や検討会などを開催し、専門家や企業の担当者からヒアリングを行う。次にその審議結果を報告書や答申としてまとめる。それを受けて、環境庁が自動車排出ガスの規制の規制値と施行時期を告示する。そして、その告示通りに、新たな排出ガス規制が施行される。

1986 年に自動車公害防止技術評価検討会でまとめられた報告書では、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制として、昭和 63 年規制⁴の規制値が答申された。これを受けて環境庁は昭和 63 年規制を告示し、1988 年に施行された。また、1989 年に中央公害対策審議会がまとめた答申では、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制として、平成 5 年規制が提案された。それを受けて環境庁は、平成 5 年規制を告示し、1993 年に施行された。

その後、1997 年に出された答申を受けて、ガソリン乗用車への排出ガス規制である平成 12 年規制が 1998 年に告示され、2000 年に施行された。また、1998 年にまとめられた答申を受けて、ディーゼル中量トラックへの規制値である平成 15 年規制が 2000 年に告示され、

³ 当然のことであるが、本稿の分析期間以外にまとめられた報告書や答申、施行された自動車排出ガス規制は存在する。それらは、表 2.1 でまとめている。

⁴ この章では、時間を表す年号には西暦、法律の呼称の一部となっている年号には和暦を用いている。行政文書では法律の呼称に和暦を用いているため、これについては和暦に統一することとした。

2003年に施行された。さらに、2002年にまとめられた答申を受けて、環境省は2003年に平成17年規制を告示した。対象は平成17年規制が軽貨物車を除くガソリン車と、ディーゼル車全般のNOxである。この規制も、告示通り2005年に施行されている。

以上が1980年頃から2003年までの、日本における自動車排出ガス規制の動向である。表2.1に審議会及び委員会などの答申や報告書と、排出ガス規制について整理する。この表によって、審議会と排出ガス規制との対応関係が把握できる。また、主な排気ガス対策技術が開発された年には、表の右の列にその情報を付す。

なお、自動車排出ガス規制値は、『環境白書平成元年版』の「自動車排出ガス規制に係るNOx排出量(平均値)低減効果の推移」に基づき補正した上で使用する。これは、現在のディーゼル車に対する規制値が重量規制(g/km)であるのに対して、1983年以前の規制値は濃度規制(ppm)であったため、データの連続性を保つ必要があるためである。

連続性を保つように補正した規制値データの変遷は、図2.1及び2.2の通りである。図によれば、排出ガス規制の施行前に開催される審議会で答申された規制値及び施行時期が、実際に適用されていることがわかる。これより、企業は審議会などで答申が出された時に、排出ガス規制の強化を容易に予測することができ、これに対応できると思われる。つまり、イノベーション活動を進めるといふ企業の意志決定に影響を与えているのは、排出ガス規制の法律としての施行ではなく、排出ガス規制の強化が検討される審議会などの情報である可能性が高いということである。

2.3 自動車排出ガス規制への対応技術

自動車排出ガス規制に対応するための代表的な技術は、現在主に2種類ある。1つは排出ガス自体の発生を抑えるエンジンに関する技術、もう1つは排出ガス中の有害物質を事後的に除去する触媒技術である。現在の技術水準では、エンジンに関する技術のみを用いて自動車排出ガス規制値を達成することは難しい。エンジン技術と触媒技術を併せて用いることで、自動車排出ガス規制を遵守することが可能になる。以上の技術的背景を踏まえ、自動車排出ガス規制と密接な関係を持つ技術は触媒技術であると定義する。

触媒技術として、三元触媒、酸化触媒、NOx吸蔵還元型触媒(NSR触媒)の3種類を考える⁵。複数の触媒技術を考えるのは、エンジンの種類によって、適用される触媒の種類が異

⁵ これら3種類の他に、尿素SCR触媒がある。この触媒は最近開発された技術であるため、本稿の分析には含めないこととする。

なっているからである。三元触媒はガソリンエンジンのみ、酸化触媒はディーゼルエンジンのみ、NSR 触媒は両エンジンに適用される。自動車排出ガス規制の対象は、主にガソリン車とディーゼル車である⁶ので、これらの3種類の触媒技術を分析対象として取り上げる。触媒技術のイノベーションと各触媒が適用されるエンジンと関係する自動車排出ガス規制の関係を分析する。

2.4 本稿の仮説

本稿の目的は、環境規制の強化が企業による技術のイノベーション活動を促進させるというポーター仮説が日本において当てはまるか否かを検証することである。そこで、自動車産業に注目し、「自動車排出ガス規制の強化が、触媒技術のイノベーションを促進させる」という仮説を、日本のデータを用いて検証する。環境規制として自動車排出ガス規制を考え、自動車排出ガス規制と密接な関係を持つ技術として触媒技術を考える。

環境規制の厳しさを示す代理指標として、本稿では自動車排出ガス規制の規制値を採用している。これは、排出ガス規制が強化されるとその規制値は下がるということから、排出ガス規制の厳しさを適切に定量化できると考えているためである。Jaffe and Palmer (1997)や浜中 (1997)、Brunnermeier and Cohen(2003)などの先行研究では、汚染対策費を環境規制の厳しさを示す代理指標としている分析が多い。これに対して Jaffe and Palmer (1997)は、汚染対策費の大きさは環境規制の厳しさを示すというよりはむしろ企業の汚染対策の非効率性を示している可能性を指摘している。また彼らは、環境規制が強化されると、それに対応できない工場を企業は閉鎖してしまい、むしろ汚染対策費は低下する可能性も指摘している。そこで本稿では、汚染対策費のかわりに、規制値のデータを自動車排出ガス規制の厳しさを代理指標に採用する。

イノベーションを計る代理指標として、特許データを利用する。イノベーションの代理指標として特許データの他に考えられるのは、研究開発費のデータである。イノベーション活動に投入される研究開発費は、イノベーションのインプットとしてとらえることができる。一方、イノベーションの成果として出願される特許は、イノベーションのアウトプットであると考えられる。企業のイノベーションの進捗をより正確に補足できるのは、企

⁶ 日本の自動車排出ガス規制はガソリンを燃料とするガソリン車と軽油を燃料とするディーゼル車の他に、液化天然ガスを燃料とするLPG車が規制対象である。触媒技術を主に必要とするのはガソリン車とディーゼル車であるので、本稿ではその2種類の自動車に注目し、LPG車は分析の対象としなかった。

業のイノベーション活動のアウトプットである特許データであると考えられる。これより本稿では、イノベーションを計る代理指標として研究開発費のデータではなく、特許データを利用する。

3 特許データ

3.1 特許データの抽出

触媒技術に関する特許データを収集するために、それぞれの触媒に関して成分の特徴を把握する。そのために、触媒に関する専門的な技術書である岩本(2001)や佐藤(2005)を参考にして、三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒のそれぞれに関して詳細に調査する。そして、各触媒の組成成分における特徴を利用して、国際特許分類(IPC)コードにより検索式を作成する⁷。

IPC コードによる検索式を用いて、各々の触媒技術に関連する特許データを 3 つの特許データベースを利用して抽出する。まず特許庁電子図書館(IPDL)、知的財産研究所(IIP)パテントデータベースから、IPC コードによって作成した検索式を使って該当する各々の触媒技術に関する特許データを、1980 年から 2003 年⁸の間に出願されたものに関して抽出する。そして、それらのデータを出願人情報をもとに整理する。三元触媒に関する特許を出願した上場企業は 38 社、酸化触媒に関する特許を出願した上場企業は 226 社、NSR 触媒に関する特許を出願した上場企業は 72 社であった。また、上記の企業が出願した特許の件数は、三元触媒に関しては 486 件、酸化触媒に関しては 3279 件、NSR 触媒に関しては 723 件であった。それぞれの触媒に関して特許出願件数の動向を示したのが、図 3.1～図 3.3 である。

【ここに図 3.1、図 3.2、図 3.3 を挿入】

IPDL 及び IIP パテントデータベースより抽出した特許出願データの中の出願番号、公開番号を利用して、ダーウェント・イノベーション・インデックス(DII)より、特許引用情報を抽出する。IPDL からは、出願人の名前や住所、請求項の数などを得ることができる。し

⁷ IPC コードによる具体的な検索式は補論 1 を参照。

⁸ 出願日の他に優先日があれば、優先日を基準にデータを整理している。

かしながら、特許の質に関わる前方引用情報や後方引用情報という特許引用情報は、IPDLから得ることはできない。特許引用情報を得ることができるデータベースは、IIP パテントデータベースや esp@cenet、DII などである。IIP パテントデータベースや esp@cenet は無料で利用できるデータベースであるが、出願特許が公開されてからある程度の期間を経ないと、引用情報が補足されないという欠点がある。DII は有料の商業データベースであり、公開されている特許であれば、新旧を問わずほとんどの特許に関する引用情報を補足している。よって、特許引用情報が得られるデータベースの中で、商業データベースである DII がもっとも信頼性があり、引用情報を遍く収集できると判断し、DII を利用して特許引用情報を収集する。

3.2 特許価値の測度

イノベーションの指標として、特許データは有用である。ただし、特許出願件数をイノベーションの指標とすると、特許の技術的価値を考慮することができない。なぜなら、出願される特許の技術的価値は一様でないからである。すなわち、画期的な発明のように価値がある技術から、あまり価値が高くないと思われる技術まで、特許出願される技術には価値にばらつきがある。特許の出願件数をイノベーションの指標とすると、特許におけるこのような技術的価値を無視することになる。よって、特許の価値を反映した指標を考える必要がある。

特許の価値を考慮した指標として用いられるのは、請求項の数や発明者数、技術分野数、特許ファミリーのサイズ、前方引用や後方引用という引用情報である。どの価値指標が望ましいかについて、はっきりした指針はない。例えば、請求項の数が多い出願特許や特許ファミリーのサイズが大きい出願特許は価値が高いかもしれない。請求項や特許ファミリーのサイズは、出願人が特許を出願する際に1つ増やそうとすれば、追加的なコストがかかる。そのため、これらの数が多いと、出願人が価値のある特許だと認識していると考えられる。ただし、それは出願人の主観的評価であって、客観的評価と一致するとはいえない。同様の指摘は、後方引用情報に関してもできる。後方引用情報は審査官による引用が含まれるものの、出願人の主観的評価も含まれるので、客観的評価とはいいづらい。発明者数はその出願特許の価値を反映していると考えられるかもしれない。ただし、出願人と発明者の社会的関係より、当該特許と必ずしも関係が深くない者も発明者として名を連ねることがある。よって、発明者数で特許の価値を考慮すると、過大に評価される可能性が

ある。

そこで本稿では、特許の価値を考慮するために前方引用(forward citation)情報を使うこととする。前方引用情報は、当該特許よりも後に出願された特許によってどれだけ引用されているかを示す指標である。そのため、出願人による主観的評価が影響しづらい客観的評価であるといえる。ただし、新しく出願された特許ほど前方引用は少ないというバイアスが生じる。

このバイアスを解決するために、Jaffe and Trajtenberg (2002)を参考にして、以下の方法で前方引用件数を規格化したデータ pat を作成する。

$$pat_{it} = (\text{特許 1 件あたりの前方引用件数})_{it} / (\text{特許 1 件あたりの前方引用件数})_t$$

この方法で、三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒のそれぞれに関する出願特許の前方引用件数を規格化し、特許の価値を考慮した特許データ $threepat$ 、 $pacitpat$ 、 $nsrpat$ をそれぞれ作成する。

4 計量分析

4.1 モデル

各触媒に関するイノベーションと、それに対応する自動車排出ガス規制の関係を分析するべく、以下の(1)、(2)、(3)のようなモデルを作成する。

$$\begin{aligned} (threepat)_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 greg_t + \alpha_2 sale_{it} + \alpha_3 fpat_t \\ & + \alpha_4 card_i + \mu_i + u_{it} \quad \dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (pacitpat)_{it} = & \beta_0 + \beta_1 dreg_t + \beta_2 sale_{it} + \beta_3 fpat_t \\ & + \beta_4 card_i + \mu_i + u_{it} \quad \dots(2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (nsrpat)_{it} = & \gamma_0 + \gamma_1 greg_t + \gamma_2 dreg_t + \gamma_3 sale_{it} + \gamma_4 fpat_t \\ & + \gamma_5 card_i + \mu_i + u_{it} \quad \dots(3) \end{aligned}$$

(1)で、三元触媒のイノベーションとガソリン乗用車への NOx への排出ガス規制の関係を分析する。(2)で、酸化触媒のイノベーションと中量トラックへの NOx への排出ガス規制

の関係を分析する。(3)で、NSR 触媒のイノベーションとガソリン乗用車、ディーゼル中量トラックへの NOx への排出ガス規制の関係を分析する。

$(threepat)_{it}$ は、企業 i が t 期に出願した三元触媒に関する特許データである。同様に、 $(pacitpat)_{it}$ 、 $(nsrpat)_{it}$ は、企業 i が t 期に出願した酸化触媒、NSR 触媒に関する特許データである。 $greg$ は、ガソリン乗用車への排出ガス規制の審議会情報に基づく NOx 規制値である。また、 $dreg$ は、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の審議会情報に基づく NOx 規制値である。 $sale$ は GDP デフレーターで実質化した売上高のデータである。 $fpat$ は、外国の出願人⁹が日本に出願した特許件数である。 $card$ は、トヨタ自動車や日産自動車のような自動車アッセンブラー¹⁰の場合に 1 をとるダミー変数である。以上のパネルデータを使って、(1)式、(2)式、(3)式を、固定効果や変量効果というパネル分析の手法を用いて最小二乗法により推計する。

分析対象とするのは、日本で三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒の各触媒に関する特許を 1 件以上出願している、住所が日本国内である上場¹¹企業である。また、分析期間は 1980 年から 2003 年の 24 年間とする。データ分析においては一定期間以上のデータが望ましいと考え、1980 年以降のデータを利用する。特許は出願されてから公表されるまでに 18 ヶ月の期間がある。また、優先権¹²主張という制度や特許協力条約(Patent Cooperation Treaty; PCT)に基づく国際出願も存在し、より精緻なデータを収集するには 2003 年までが適当だと考える。

本稿のモデルでは、ラグ構造を採用しない。Hall et al(1986)によれば、研究開発費の投入と特許出願との間のラグは小さい。また、Griliches(1998)によれば、企業の特許出願のタイミングは、企業の研究プロジェクトが始動した時である場合が多いといえる。これらの指摘より、 t 期の排出ガス規制強化が t 期の特許出願動向に影響を与えると想定し、ラグ構造をモデルに課さずに分析を行う。

⁹ 外国の出願人とは、住所が日本以外である出願人を指す。

¹⁰ 自動車アッセンブラーとして、トヨタ自動車、日産自動車、三菱自動車、本田技研、マツダ、富士重工、スズキ、ダイハツ、日野自動車、いすゞ自動車、日産ディーゼルの 11 社を定義した。三菱ふそうは 2003 年に三菱自動車より分社化して設立されたため、本稿の分析には含めていない。

¹¹ 東京証券取引所だけでなく、大阪や名古屋、福岡などの証券取引所上場も含む。

¹² 竹田(2003)によれば、優先権とは、パリ条約の同盟国のうち一国に最初に出願して、これを基礎として同じ内容の出願を 12 ヶ月以内に他の同盟国に出願すれば、両者の出願の間に生じた種々の事実によって不利益を被らないという権利である。

4.2 変数の構成と主要統計量

使用するデータの変数表は表 4.1 にまとめてある。また、基本統計量は表 4.2、各変数間の相関係数は表 4.3 である。

【ここに表 4.1、表 4.2、表 4.3 を挿入】

4.2.1 被説明変数

被説明変数として、イノベーションの代理指標である特許データを用いる。三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒の各触媒に関して、3 章で作成した、前方引用(forward citation)件数を規格化したデータを用いる¹³。

4.2.2 自動車排出ガス規制に関する変数

本稿では自動車排出ガス規制の厳しさを計る指標として、審議会や検討会などで答申された窒素酸化物(NOx)規制値のデータを使用する。環境規制が強化されると、規制値の数値は下がる。このことから、排出ガス規制の厳しさを、規制値という数値データとして定量化できると考える。分析を行う際には、ガソリンエンジン乗用車への排出ガス規制の NOx 規制値、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の NOx 規制値を用いる¹⁴。審議会や検討会によってまとめられた答申や報告書の情報は、各年度の環境白書や当該審議会の資料などを利用して収集する。

自動車排出ガス規制が企業による触媒技術のイノベーションを促進させているか否かを分析する際には、その両者の間にある、環境規制とイノベーションとの間の内生性を考慮する必要がある。通常、政府は企業のイノベーションの進捗状況をモニタリングしながら、環境規制を設定することが多い。達成不可能と思われる過大な環境規制を課せば、企業は

¹³前方引用件数の他に特許の重要性を考慮するものとして、請求項(claim)の数、後方引用(backward citation)件数、ダーウエントによるパテントファミリー(patent family)の数、などがある。本稿では前方引用件数が特許の重要性を一番反映できていると考え、その分析の結果のみを示す。前方引用件数以外の指標である請求項の数、後方引用件数、ダーウエントによるパテントファミリーの数を使った分析結果は補論 2 を参照。

¹⁴ 自動車排出ガス規制の対象としてはガソリンエンジン乗用車、ディーゼル中量トラック以外に、ガソリン軽貨物車、ガソリン軽量トラック、ガソリン中量トラック、ガソリン重量トラック、ディーゼルエンジン小型乗用車、ディーゼル中型乗用車、ディーゼル軽量トラック、ディーゼル重量トラックの 8 種類ある。

生産活動が困難になってしまうためである。実際、2章で述べた通り、政府は、新たな自動車排出ガス規制を施行する前に、審議会や検討会¹⁵を開いて、企業の担当者や専門家からヒアリングを行う。つまり、環境規制によって企業がイノベーションを促進させるということとは別に、企業によるイノベーションの進捗状況が、環境規制施行に関わる政府の意志決定に影響している可能性があることを示唆している。これが環境規制とイノベーションとの間の内生性という問題である。

本稿では以上のような環境規制とイノベーションとの間の内生性を考慮すべく、自動車排出ガス規制に関する審議会や検討会などによってまとめられた答申の情報を活用した自動車排出ガス規制の規制値データを分析に利用する。企業に新たな排出ガス規制の強化を察知させてイノベーション活動を刺激するのは、排出ガス規制の施行時ではなく、審議会などで答申がなされた時期だと考えられる。よって、審議会などの答申に関する情報を利用することで、自動車排出ガス規制と触媒技術に関するイノベーションとの間の内生性を多少は考慮できるであろう。

審議会などの情報をもとにしたデータは、具体的には以下の例のような方法で作成した。例えば、1991年にディーゼル中量トラックの平成5年規制が答申された場合を考える。この時、1991年のディーゼル中量トラックの規制値データは、1993年に法的拘束力を持つ中量トラックの規制値をとる。

4.2.3 コントロール変数

企業のイノベーション活動に、企業規模は大きな影響を与えていると考えられる。そこで、それをコントロールするため、企業規模の変数として売上高 *sale* を使用する¹⁶。データは日経 NEEDS より収集する。

Jaffe and Palmer (1997)で指摘されているが、外国からの特許出願行動が、日本の研究開発活動に影響を与えていると考えられる。それをコントロールするために、外国から日本に出願された特許件数 *fpat* を使用する。

¹⁵ 具体的には、運輸技術審議会、中央公害対策審議会、自動車公害防止技術評価検討会など。

¹⁶ 研究開発費等の会計基準が導入されたのは、1998年である。1998年以前は、研究開発費を有価証券報告書などで公表するのは任意であり、公表していない企業も多い。そのため、研究開発費のデータを用いると、欠損値が多く発生し、分析ができない。よって、研究開発費と相関が高い売上高を企業規模の変数として用いた。売上高データと研究開発費データの相関係数は以下の通り。

三元触媒の分析の場合、0.84

酸化触媒、NSR触媒の分析の場合、0.81

自動車アッセンブラーは他の産業に比べて、自動車に関連する技術開発に積極的である可能性が高い。三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒は自動車を生産、販売する上で重要な技術であるので、自動車アッセンブラーが他の産業よりも力を入れているということは想像に難くない。よって、その影響をコントロールするべく、自動車アッセンブラーである場合は 1 を、それ以外の企業である場合は 0 をとるダミー変数 *card* を使用する。

5 推計結果

パネル分析には、 α_0 を定数とみなす固定効果モデルと、 α_0 を確率変数とみなす変量効果モデルの 2 つを考える。どちらのモデルを採用すべきかを定めるため、ハウスマン検定を行う。検定の結果、全てのモデルにおいて変量効果モデルが採択されている。よって、各触媒に関する推計結果を示す表 5.1 から表 5.3 において、変量効果モデルの結果のみを示す。

5.1 三元触媒に関する推計結果

三元触媒に関連するイノベーションと、ガソリン乗用車への排出ガス規制に関する推計結果は表 5.1 である。

【表 5.1 を挿入】

表 5.1 の(1)は、三元触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制¹⁷の関係について、企業規模をコントロールした推計結果である。審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車向け排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。これは、NO_x に関するガソリン乗用車への排出ガス規制値が下がる、すなわちガソリン乗用車への排出ガス規制が強化されると、企業は三元触媒に関する技術のイノベーション活動を促進させるという示唆を得る。

¹⁷ ガソリン乗用車に対する NO_x 規制値のかわりに以下の規制値データを用いても、ほぼ同様の結果を得たことを確認している。すなわち、ガソリン軽貨物車に対する NO_x 規制値、ガソリン軽量トラックに対する NO_x 規制値、ガソリン中量トラックへの NO_x 規制値、ガソリン重量トラックに対する NO_x 規制値のデータを用いても、ほぼ同様の結果を得た。

表 5.1 の(2)は、三元触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制の関係について、(1)に海外からの特許出願動向 *fpat* を新たに加えて、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールした推計結果である。(2)においても、審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車向け排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。このことから、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールしても、ガソリン乗用車への排出ガス規制強化は企業の三元触媒に関するイノベーションを促進させるという示唆を得る。

表 5.1 の(3)は、三元触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制の関係について、(2)に自動車アッセンブラーか否かのダミー変数 *card* を新たに加えて行った推計結果である。企業規模と海外からの特許出願動向、さらに自動車アッセンブラーであるかどうかをコントロールしている。(1)や(2)と同様に、審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車向け排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。よって、企業規模や海外からの特許出願動向、産業属性をコントロールしても、依然としてガソリン乗用車への排出ガス規制強化は、企業の三元触媒に関するイノベーションを促進させるという示唆を得る。

5.2 酸化触媒に関する推計結果

酸化触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制に関する推計結果は、表 5.2 である。

【表 5.2 を挿入】

表 5.2 の(4)は、酸化触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制¹⁸の関係について、企業規模をコントロールした推計結果である。審議会などの答申情報を利用したディーゼル中量トラックへの排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。これは、NO_x に関するディーゼル中量トラックへの排出ガス規制値が

¹⁸ ディーゼル中量トラック向け規制値のかわりに以下の規制値データを用いても、ほぼ同様の結果を得たことを確認している。
すなわち、ディーゼル小型乗用車に対する NO_x 規制値、ディーゼル中型乗用車に対する NO_x 規制値、ディーゼル軽量トラックに対する NO_x 規制値、ディーゼル重量トラックに対する NO_x 規制値を用いても、ほぼ同様の結果を得た。

下がる、すなわちディーゼル中量トラックへの排出ガス規制が強化されると、企業は酸化触媒に関するイノベーション活動を促進させるという示唆を得る。

表 5.2 の(5)は、酸化触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の関係について、(4)に海外からの特許出願動向 *fpat* を新たに加えて、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールした推計結果である。(5)も(4)と同様に、審議会などの答申情報を利用したディーゼル中量トラックへの排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。このことから、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールしても、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制強化は企業の酸化触媒に関する技術のイノベーションを促進させるという示唆を得る。

表 5.2 の(6)は、酸化触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の関係について、自動車アッセンブラーか否かのダミー変数 *card* を(5)に新たに加えて行った推計結果である。企業規模と海外からの特許出願動向、さらに自動車アッセンブラーであるかどうかをコントロールしている。(4)や(5)と同様に、審議会などの答申情報を利用したディーゼル中量トラック向け排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。よって、企業規模や海外からの特許出願動向、産業をコントロールしても、依然としてディーゼル中量トラックへの排出ガス規制強化は企業の酸化触媒に関する技術のイノベーションを促進させているという示唆を得る。

5.3 NSR 触媒に関する推計結果

NSR 触媒に関連するイノベーションと、ガソリン乗用車への排出ガス規制やディーゼル中量トラックへの排出ガス規制に関する推計結果は、表 5.3 である。

【表 5.3 を挿入】

表 5.3 の(7)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制の関係について、企業規模をコントロールした推計結果である。審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車への排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。これは、NO_x に関するガソリン乗用車への排出ガス規制値が下がる、すなわちガソリン乗用車への排出ガス規制が強化されると、企業は NSR 触媒に関する技術のイノベーション活動を促進させるという示唆を得る。

表 5.3 の(8)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制の関係について、(7)に海外からの特許出願動向 *fpat* を新たに加えて、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールした推計結果である。(8)においても、審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車への排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。このことから、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールしても、ガソリン乗用車への排出ガス規制強化は企業の NSR 触媒のイノベーションを促進させるという示唆を得る。ただし、海外からの特許出願動向のパラメーターは有意ではなかった。つまり、NSR 触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制に関する分析では、海外からの特許出願動向は影響を与えていないということを示唆している。

表 5.3 の(9)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとガソリン乗用車への排出ガス規制の関係について、(8)に自動車アッセンブラーか否かのダミー変数 *card* を新たに加えて行った推計結果である。企業規模と海外からの特許出願動向、さらに自動車アッセンブラーであるかどうかをコントロールしている。(7)や(8)と同様に、審議会などの答申情報を利用したガソリン乗用車への排出ガス規制 *greg* のパラメーターは負で 1% 有意である。よって、企業規模や海外からの特許出願動向、産業をコントロールしても、依然としてガソリン乗用車への排出ガス規制強化は企業の NSR 触媒に関するイノベーションを促進させているという示唆を得る。

以上、NSR 触媒に関連するイノベーションと、ガソリン乗用車への排出ガス規制に関する推計結果である。以下は、NSR 触媒に関連するイノベーションと、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制に関する推計結果である。

表 5.3 の(10)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の関係について、企業規模をコントロールした推計結果である。審議会などの答申情報を利用したディーゼル中量トラックへの排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。これは、NO_x に関するディーゼル中量トラックへの排出ガス規制値が下がるということを意味する。すなわちディーゼル中量トラックへの排出ガス規制が強化されると、企業は NSR 触媒に関する技術のイノベーション活動を促進させるという示唆を得る。

表 5.3 の(11)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の関係について、(10)に海外からの特許出願動向 *fpat* を新たに加えて、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールした推計結果である。(10)と同様に、審議会

などの答申情報を利用したディーゼル中量トラックに対する排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。このことから、企業規模と海外からの特許出願動向をコントロールしても、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制強化は企業の NSR 触媒に関するイノベーションを促進させるという示唆を得る。

表 5.3 の(12)は、NSR 触媒に関連するイノベーションとディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の関係について、(11)に自動車アッセンブラーか否かのダミー変数 *card* を新たに加えて行った推計結果である。企業規模と海外からの特許出願動向、さらに自動車アッセンブラーであるか否かをコントロールしている。(10)や(11)と同様に、審議会などの答申情報を利用したディーゼル中量トラックへの排出ガス規制 *dreg* のパラメーターは負で 1% 有意である。よって、企業規模や海外からの特許出願動向、産業をコントロールしても、依然としてディーゼル中量トラックへの排出ガス規制強化は企業の NSR 触媒に関するイノベーションを促進させているという示唆を得る。

5.4 留意点

本稿の推計では、自動車排出ガス規制の厳しさを示す指標として、審議会などの答申情報を利用した規制値のデータを用いている。環境規制とイノベーションとの間の内生性を考慮するためである。しかし、審議会などの答申情報を利用してもなお、内生性の存在を完全に考慮することはできていないものと思われる。なぜなら、審議会や検討会などが開かれる前から、公式、非公式を問わず、環境規制に関する情報を企業は得ている可能性が高いからである。ただ、審議会の情報を利用する方が、施行された自動車排出ガス規制値のデータを用いるより、若干かもしれないが内生性を考慮できているだろう。

6 結語

本稿では、以下の 3 つの場合に関して推計を行っている。すなわち、1 つ目はガソリン車に適用可能な触媒技術のイノベーションと、ガソリン車に関する排出ガス規制の分析を行っている。それは、三元触媒に関する技術のイノベーションと、審議会などの答申情報に基づくガソリン乗用車への排出ガス規制との関係を推計することで分析を行っている。2 つ目として、ディーゼル車に適用可能な触媒技術のイノベーションと、ディーゼル車に関する排出ガス規制の分析を行っている。それは、酸化触媒に関する技術のイノベーション

と、審議会などの答申情報に基づくディーゼル中量トラックへの排出ガス規制との推計をすることで分析を行っている。3 つ目として、ガソリン車、ディーゼル車の両車両に適用可能な触媒技術のイノベーションと、両車両が規制対象である排出ガス規制の分析を行っている。それは、NSR 触媒に関する技術のイノベーションと、審議会などの答申情報に基づくガソリン乗用車・ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制との推計をすることで分析を行っている。

以上3つの推計の結果、ガソリン乗用車への排出ガス規制、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制の厳しさを示す変数 *greg*、*dreg* のパラメーターは負で1%有意であった。規制の厳しさを示すパラメーターが負で有意ということは、規制値が下がると審議会などで答申されれば、特許の価値を考慮した特許データが増加するということを意味する。このことから、「自動車排出ガス規制の強化が、触媒技術のイノベーションを促進させる」という本稿の仮説は日本の自動車産業において当てはまるという示唆を得られた。つまり、日本の自動車産業において、環境規制の強化が企業によるイノベーションを促進させる可能性を否定できない。

本稿の分析において1つ課題を挙げるとすれば、触媒に関する特許を数多く出願しながら、上場企業ではないために分析の対象から漏れてしまった企業の影響を考慮できなかったということである。株式会社キャタラーや株式会社豊田中央研究所などの企業は、数多くの触媒関連特許を出願しているが、上場していない。すなわち、財務データを公表する義務がないので、そのデータを補足することが難しい。このことを解決するために、上場していない企業の親会社を過去に遡って調査し、連結決算のデータを用いて分析を行うということも可能である。だが、上場していない企業の社史などを1社1社精査していくという作業はとても労働集約的であるため、将来への課題としたい。

本稿では日本の自動車産業に関して分析を行っている。今後、自動車産業だけでなく、色々な産業において同様の分析を行えば、日本においてポーター仮説が適当であるか否かの示唆が得られるであろう。そうすれば、環境規制が技術政策として1つの選択肢として適切であるという提示ができる。また、日本だけでなく欧米において同様の分析を行うことで、日米欧比較ができる。その比較から、環境規制が技術政策として機能するための条件、機能しない条件がわかるかもしれない。この分野の発展が望まれる。

補論 1 特許データ収集の際の検索式

検索式は、岩本(2001)や佐藤(2005)を参考に、組成物質によって三元触媒、酸化触媒、NSR 触媒の国際特許分類(IPC)第 7 版による定義づけを行った。

1. 三元触媒

三元触媒は白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)が適宜組み合わせられ、使用されるのが一般である。つまり、Pt と Rh(Pt/Rh 触媒)、Pt と Rh(Pd/Rh 触媒)、Pt と Pd と Rh(Pt/Pd/Rh 触媒)という組み合わせである。また、助触媒成分としてセリア(CeO₂)を上記の物質に組み合わせるのが三元触媒の特徴でもある。

以上の組成物質を、該当する国際特許分類(IPC)によって定義し、組み合わせることによって三元触媒を IPC により定義する。まず Pt に関しては、

- ・ B01J23/40 : 白金族金属に関するもの
- ・ B01J23/42 : 白金
- ・ B01J23/56 : 白金族金属
- ・ B01J103:66 : 白金

を組み合わせることで定義できる。Pd に関しては、

- ・ B01J23/44 : パラジウム
- ・ B01J103:68 : パラジウム

を組み合わせることで定義できる。Rh に関しては、

- ・ B01J23/46 : ルテニウム, ロジウム, オスミウムまたはイリジウム
- ・ B01J23/46,311 : ロジウム
- ・ B01J103:72 : ロジウム

を組み合わせることで定義できる。希土類であるセリアに関しては、

- ・ B01J23/10 : 希土類に関するもの
- ・ B01J23/63 : 希土類またはアクチニドと結合したもの
- ・ B01J23/83 : 希土類またはアクチニドと結合したもの
- ・ B01J103:26 : 希土類

を組み合わせることで定義できる。

以上の物質の定義より、Pt/Rh 触媒と助触媒セリア、Pd/Rh 触媒と助触媒セリア、Pt/Pd/Rh 触媒と助触媒セリアという三元触媒が IPC コードによって技術的に定義することができる。

2. 酸化触媒

酸化触媒の主成分は、貴金属である。その中でも特に、白金(Pt)触媒、パラジウム(Pd)触媒、及び Pt と Pd の合金(Pt/Pd)触媒などである。酸化触媒の開発は 1963 年頃から始められ、当初は卑金属(コバルト、銅、鉄、ニッケル、クロム)が使用されていた。しかし、活性・耐久性の点で不十分であり、また、排ガス中へこれらの卑金属成分が蒸散することによる 2 次公害の可能性があったため、触媒成分は現在のような貴金属へとシフトしていった。

以上の組成成分を参考に、IPC による定義づけを行った。つまり、以下の IPC を組み合わせることで、特許情報を検索した。

- ・ B01J23/40 : 白金族金属に関するもの
- ・ B01J23/42 : 白金
- ・ B01J23/56 : 白金族金属
- ・ B01J103/66 : 白金
- ・ B01J23/44 : パラジウム
- ・ B01J103/68 : パラジウム

以上により、Pt 触媒、Pd 触媒、Pt/Pd 触媒の酸化触媒が IPC コードによって技術的に定義することができる。

3. NSR 触媒

NSR 触媒の特徴は、やはり硫酸バリウム(BaSO_4)という、バリウム(Ba)を含んだ点にある。バリウム(Ba)とは、アルカリ土類金属である。これを用いる他の触媒技術はない。よって、B01J23/58 : アルカリ金属またはアルカリ土類金属またはベリリウムと結合したもので、この特許を定義づけることができる。これにより、NSR 触媒を IPC コードにより定義づけることができる。

補論 2 請求項の数などを使った推計

ここで、イノベーションを計る指標としてクレーム数、バックワードサイテーション、パテントファミリーを使った推計を行う。モデルは、

$$(pat)_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 reg_t + \alpha_2 sale_{it} + \alpha_3 fpat_t + \alpha_4 card_i + \mu_i + u_{it}$$

であり、*pat* としてクレーム数、バックワードサイテーション、パテントファミリーの数を利用する。

触媒技術や自動車排出ガス規制の規制値データ、*i* と *t* の変数の定義、分析期間、分析対象については本論と変わりはない。本論と異なっているのは、イノベーションの指標である特許データ *pat* と、モデルの推計手法である。請求項の数などの特許データ *pat* はカウントデータであるため、カウントデータモデルを採用する。カウントデータモデルとして、ポアソン(poisson)モデルとネガティブ・バイノミアル(negative binomial)モデルがある。ポアソン・モデルはピアソンカイ 2 乗(pearson chi-square)統計量より、平均値と分散が等しいという帰無仮説が棄却されることからこの分析では採択できず、ネガティブ・バイノミアルモデルで推計を行う。

表 A.1 が三元触媒に関するイノベーションと、審議会などの答申情報をもとにしたガソリン乗用車への排出ガス規制に関する推計結果である。表 A.2 が酸化触媒に関するイノベーションと、審議会などの答申情報をもとにしたディーゼル中量トラックへの排出ガス規制に関する推計結果である。表 A.3 が NSR 触媒に関するイノベーションと、審議会などの答申情報をもとにしたガソリン乗用車、ディーゼル中量トラックへの排出ガス規制に関する推計結果である。共通していえることは、排出ガス規制に関するパラメーターが、全て負で有意ということである。つまり、排出ガス規制が強化されて排出ガス規制値が下がると、イノベーションの指標である請求項の数、バックワードサイテーションの数、ダーウエントによるパテントファミリーの数という各特許データは増加する。

イノベーションの指標として、規格化した前方引用件数とは異なるデータである請求項の数、バックワードサイテーションの数、ダーウエントによるパテントファミリーの数を利用しても、本論と同様の結果を得ている。

参考文献

- Bohm, P. and C. S. Russell. (1985). Comparative Analysis of Alternative Policy Instruments. ;in: A.C. Kneese and J.L. Sweeney eds. *Handbook of Natural Resource and Energy Economics* Vol. 1, Amsterdam: North-Holland, 1985, pp. 395-460
- Brunnermeier, S. B. and Cohen, M.A. (2003). Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol.45, pp.278-293.
- Griliches. Z (1998). *R&D and Productivity; The Econometric Evidence*. University Chicago Press,
- Hall. B. H, Griliches. Z, Hausman. J. A. (1986). Patents and R&D; is there a lag?. *International Economic Review*, Vol.27, No.2, pp.265-283.
- Hemmelskamp J. (1999). The influence of environmental policy on innovative behaviour an econometric study. *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Paper* No,18.99
- Jaffe A. B. and Palmer K. (1997). Environmental Regulation and Innovation: a Panel Data Study. *Review of Economics and Statistics* 79, pp.610-619.
- Jaffe A.B. and Trajtenberg M. (2002). *Patents, Citations, and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*. Cambridge MA: MIT Press.
- Jeanicke M. and Weidner H. (1995). *Successful environmental policy: a critical evaluation of 24 cases*. Ed.Sigma, Berlin (長尾伸一・長岡延孝訳(1998) 『成功した環境政策－エコロジーの成長の条件』 有斐閣)
- Milliman S. R. and Prince R. (1989). Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control. *Journal of Environmental Economics and Management*, 13, pp247-265

Palmer K., Oates W., Portney P. (1995). Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost of the No-Cost Paradigm. *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9. No.4, pp119-132

Popp D. (2002). Induced Innovation and Energy Prices. *American Economic Review*, 92(1), pp160-180

Porter M. E. and van der Linde C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No.4, pp.97-118.

Taylor M. R., Rubin E. S. and Houseshell D. A. (2005). Regulation as the Mother of Innovation: The Case of SO₂ Control. *LAW&POLICY*, Vol27, NO2,

岩本正和(2001) 『環境触媒ハンドブック』 エヌ・ティー・エヌ

環境省(1969～2004)『環境白書 昭和44年版』～『環境白書 平成16年度版』 電子版(環境省 HP)

佐藤登(2005) 『自動車用先端材料の現状と展望』 シーエムシー出版

谷川浩也(2004) 「日本企業の自主的環境対応のインセンティブ構造—ケース・スタディとアンケート調査による実証分析—」 *RIETI Discussion Paper Series*

中野牧子(2003) 「環境規制は研究開発を促進するか—70年代の紙パルプ産業を事例として—」 *環境科学会誌* 16(4) pp329-338

浜中光紹(1997) 「ポーター仮説をめぐる論争に関する考察と実証分析」 *経済論叢*,第 160 巻 第 5・6 号 pp506-524

参考ホームページ

特許庁電子図書館 <http://www.ipdl.ncipi.go.jp/homepg.ipdl>

図表

表 2.1 排出ガス規制と答申

年	審議会や答申など	ガソリン車への規制	ディーゼル車への規制	開発された技術
1970	自動車排出ガス対策基本計画(中間答申)運輸技術審議会	48年規制		
1972	自動車排出ガス許容限度長期設定方策について(中間答申)中央公害対策審議会	50年規制		
1974	昭和51年度自動車排出ガス規制について(答申)中央公害対策審議会	51年規制	52・53年規制	
1976	自動車に関わる窒素酸化物低減対策技術検討会報告		52・53年規制	
1977	自動車排出ガス許容限度長期設定方策について(答申)中央公害対策審議会		54年規制、56年規制、57年規制、2年規制・4年規制	三元触媒の開発成功(トヨタ、日産)
1979	自動車公害防止技術評価検討会第1次報告書		56年規制	
1980	自動車公害防止技術評価検討会第2次報告書		57年規制	
1981	自動車公害防止技術評価検討会第3次報告書		58年規制	
1982	自動車公害防止技術評価検討会第4次報告書			
1983	自動車公害防止技術評価検討会第5次報告書			
1984	自動車公害防止技術評価検討会第6次報告書		61年規制	
1985	自動車公害防止技術評価検討会第7次報告書		62年規制	
1986	自動車公害防止技術評価検討会第8次報告書	元年・2年規制	63年・元年・2年規制	
1987	自動車公害防止技術評価検討会第9次報告書			
1988	自動車公害防止技術評価検討会第10次報告書			
1989	今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(答申)	4年・5年・6年・7年規制	5年・6年規制	
1991	自動車排出ガス低減技術評価検討会第1次報告書			
1992	自動車排出ガス低減技術評価検討会第2次報告書	6年・7年規制		

1993	自動車排出ガス低減技術評価 検討会第3次報告書		9年・10年規制	
1994	自動車排出ガス低減技術評価 検討会第4次報告書		9年・10年規制	NSR触媒の開発成功 (トヨタ)
1995	自動車排出ガス低減技術評価 検討会第5次報告書	10年・11年規制	10年・11年規制	
1996	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(答申)	10年・11年規制	10年・11年規制	
1997	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第2次答 申)	12年・13年・14年 規制		
1998	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第3次答 申)		15年・16年規制	
2000	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第4次答 申)			
2002	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第5次答 申)	新長期目標値の 設定 (17年・19年規制)	新長期目標値の設 定(17年規制)	
2003	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第6次答 申)			
	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第7次答 申)		新長期規制以降の 排出ガス規制を検 討	
2004	今後の自動車排出ガス低減対 策のあり方について(第8次答 申)	2009年の目標値 を設定	ディーゼル09年目 標値の設定	

出典:「日本の自動車環境対策」を参考に、筆者作成

図 2.1 ガソリン乗用車への排出ガス NO_x 規制値の変遷

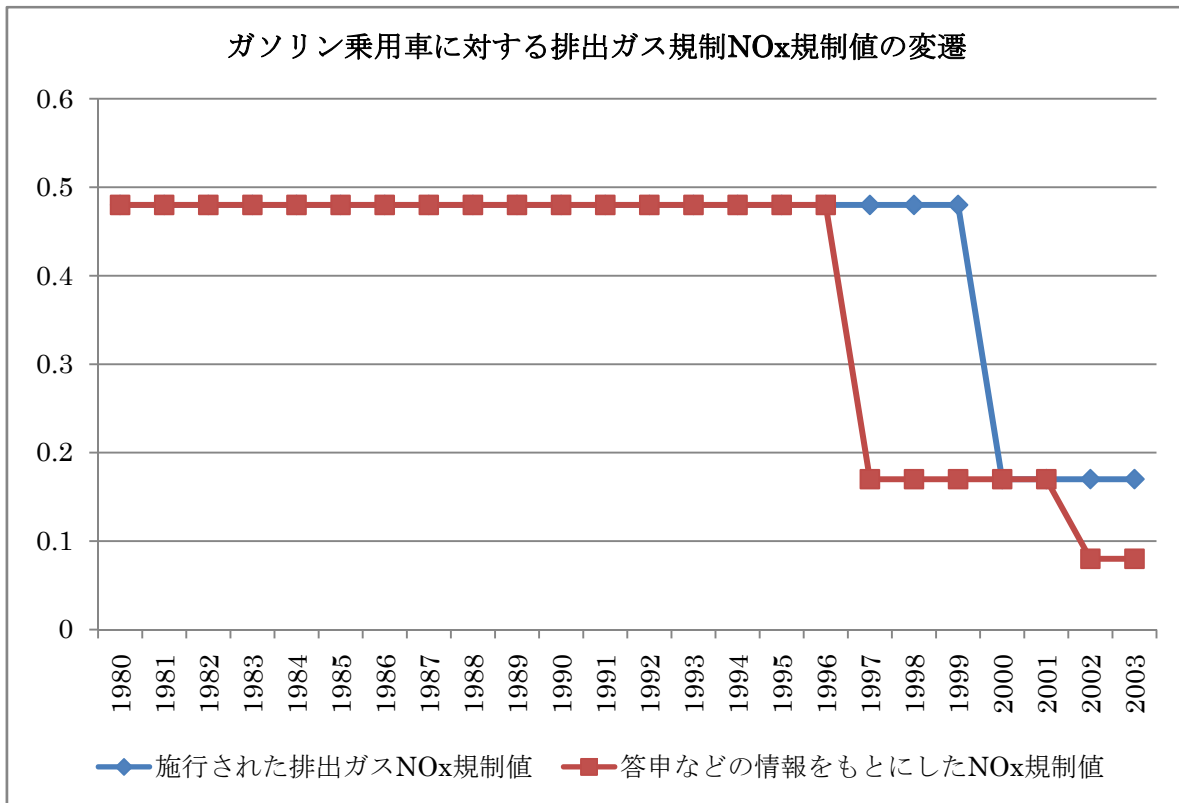
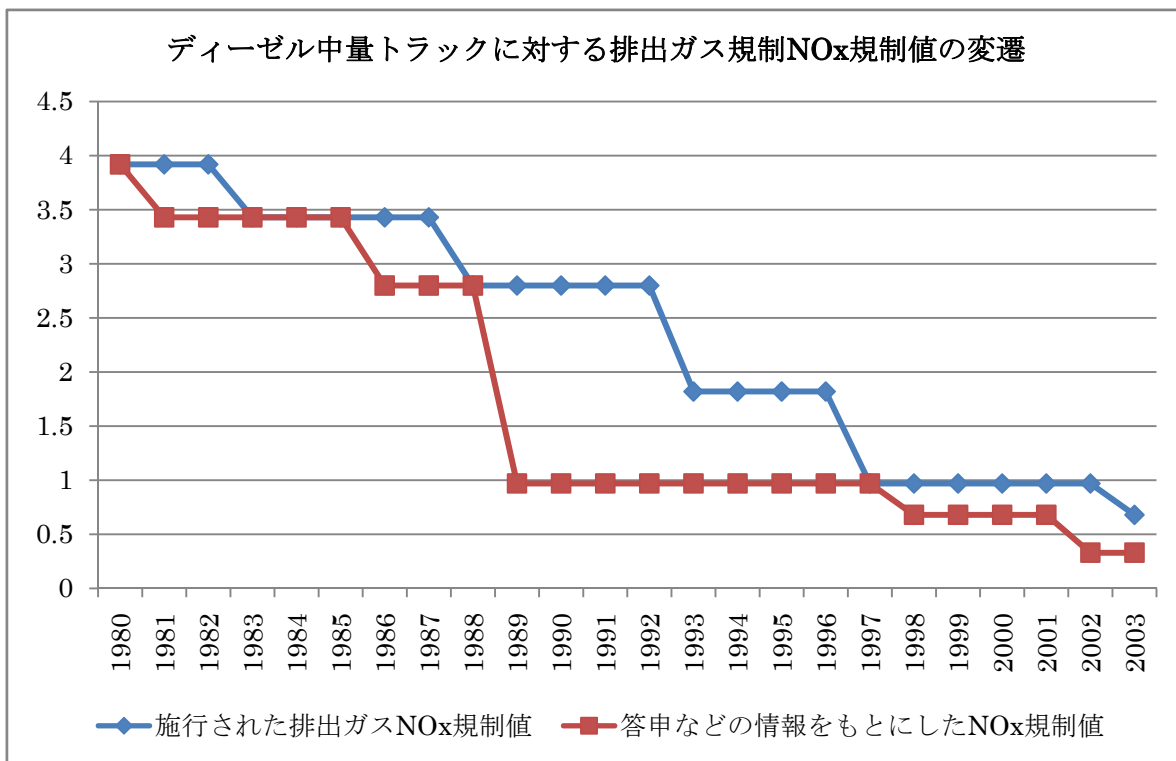
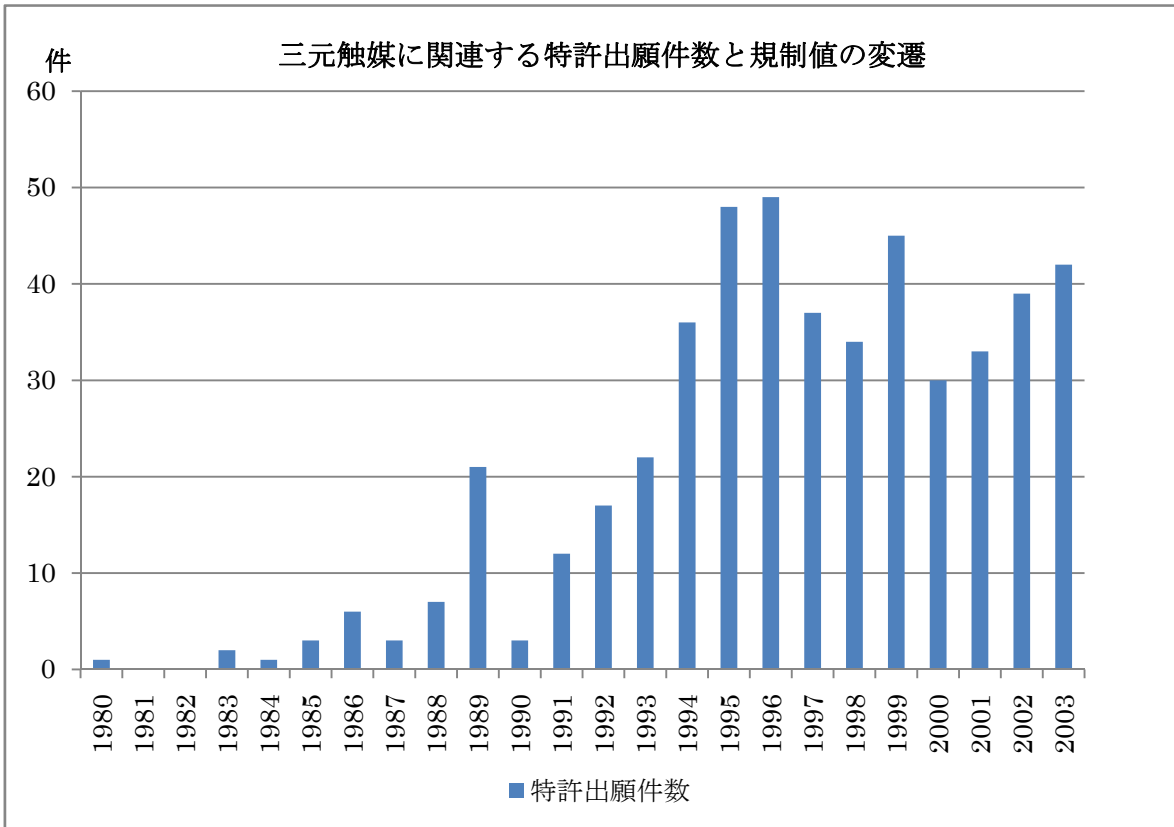


図 2.2 ディーゼル中量トラックへの排出ガス NO_x 規制値の変遷



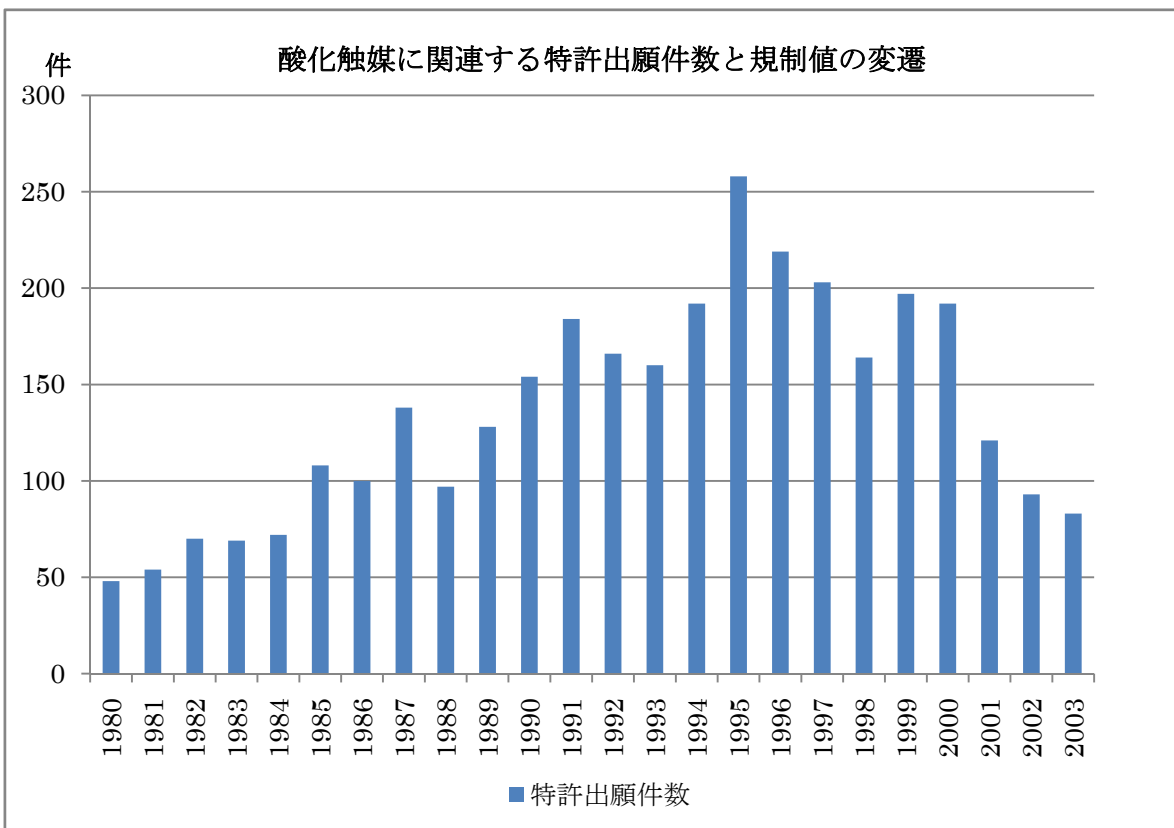
出典：環境白書各年版をもとに筆者作成

図 3.1 三元触媒の関連特許出願件数の動向



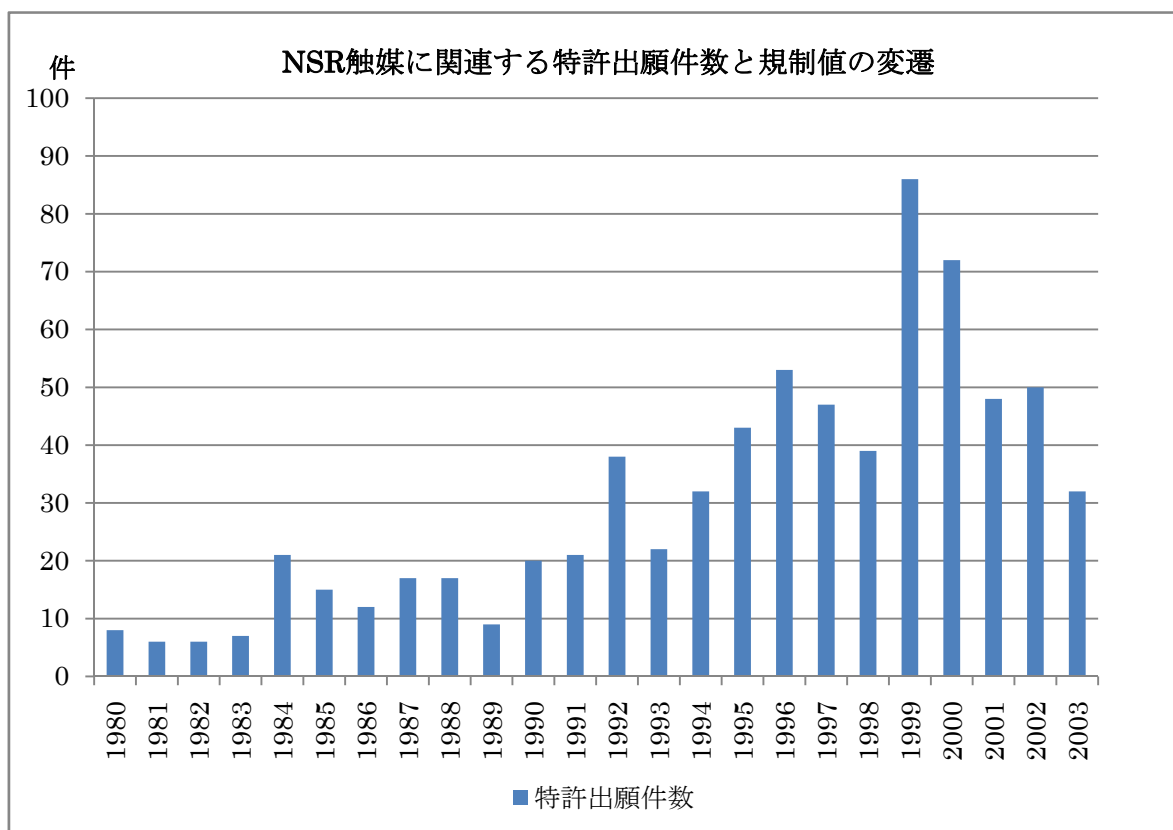
出典：筆者作成

図 3.2 酸化触媒の関連特許出願件数の動向



出典：筆者作成

図 3.3 NSR 触媒の関連特許出願件数の動向



出典：筆者作成

表 4.1 変数表

変数	意味
被説明変数	
pat	… 規格化したフォワードサイテーション
説明変数	
greg	… 審議会情報に基づくガソリン乗用車向けの規制値データ
dreg	… 審議会情報に基づくディーゼル中量トラック向け規制値データ
コントロール変数	
sale	… 売上高
fpat	… 規格化した海外企業によるフォワードサイテーション
card	… 自動車アッセンブラーダミー

表 4.2 基本統計量

A.三元触媒の分析に関する基本統計量					
	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
pat	888	0.362	1.026	0	10.082
greg	888	0.382	0.154	0.08	0.48
sale	882	1.253	1.595	0.037	9.850
fpat	888	3.833	3.173	0	12
card	888	0.270	0.444	0	1

B.酸化触媒の分析に関する基本統計量					
	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
pat	5280	0.381	1.094	0	30.405
dreg	5280	1.733	1.228	0.330	3.92
sale	5181	0.524	0.940	0.002	9.850
fpat	5280	2.647	0.506	1	3.806
card	5280	0.05	0.218	0	1

C.NSR触媒の分析に関する基本統計量					
	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
pat	1680	0.329	1.205	0	23.528
greg	1680	0.382	0.154	0.08	0.48
dreg	1680	1.733	1.229	0.33	3.92
sale	1650	0.933	1.373	0.005	9.850
fpat	1680	2.618	0.987	1	4.610
card	1680	0.114	0.318	0	1

表 4.3 相関係数

A.三元触媒の分析に関する相関係数					
	pat	greg	sale	fpat	card
pat	1.000				
greg	-0.140	1.000			
sale	0.228	-0.041	1.000		
fpat	0.152	-0.250	0.053	1.000	
card	0.160	-0.007	0.342	0.002	1.000

B.酸化触媒の分析に関する相関係数

	pat	dreg	sale	fpat	card
pat	1.000				
dreg	-0.099	1.000			
sale	0.253	-0.039	1.000		
fpat	0.059	0.222	-0.013	1.000	
card	0.160	0.000	0.370	-0.002	1.000

C.NSR触媒の分析に関する相関係数

	pat	greg	dreg	sale	fpat	card
pat	1.000					
greg	-0.100	1.000				
dreg	-0.103	0.582	1.000			
sale	0.229	-0.021	-0.040	1.000		
fpat	-0.015	0.260	0.473	-0.023	1.000	
card	0.209	-0.003	-0.002	0.432	-0.001	1.000

表 5.1 三元触媒に関する推計結果

被説明変数: 規格化したフォーワードサイテーション			
	(1)	(2)	(3)
	変量効果	変量効果	変量効果
greg	-0.863*** (0.21)	-0.674*** (0.22)	-0.678*** (0.22)
sale	0.160*** (0.032)	0.152*** (0.032)	0.132*** (0.033)
fpat		0.0370*** (0.011)	0.0374*** (0.011)
card			0.207* (0.12)
定数項	0.495*** (0.11)	0.291** (0.12)	0.259** (0.12)
ハウスマン 統計量	5.29	3.29	4.28
サンプル数	882	882	882

※括弧内は標準偏差、*** : 1%有意、** : 5%有意、* : 10%有

表 5.2 酸化触媒に関する推計結果

被説明変数: 規格化したフォーワードサイテーション			
	(4)	(5)	(6)
	変量効果	変量効果	変量効果
dreg	-0.0826*** (0.011)	-0.0999*** (0.011)	-0.101*** (0.011)
sale	0.258*** (0.031)	0.259*** (0.031)	0.229*** (0.032)
fpat		0.191*** (0.028)	0.191*** (0.028)
card			0.443*** (0.15)
定数項	0.395*** (0.041)	-0.0816 (0.080)	-0.0861 (0.080)
ハウスマン 統計量	6.10	5.54	3.85
サンプル数	5181	5181	5181

※括弧内は標準偏差、*** : 1%有意、** : 5%有意、* : 10%有意

表 5.3 NSR 触媒に関する推計結果

被説明変数:規格化したフォーワードサイテーション						
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
greg	-0.741*** (0.18)	-0.773*** (0.19)	-0.781*** (0.19)			
dreg				-0.092*** (0.023)	-0.113*** (0.026)	-0.115*** (0.026)
sale	0.196*** (0.031)	0.197*** (0.031)	0.148*** (0.032)	0.193*** (0.031)	0.193*** (0.031)	0.144*** (0.032)
fpat		0.020 (0.030)	0.018 (0.030)		0.055* (0.032)	0.055* (0.032)
card			0.513*** (0.14)			0.521*** (0.14)
定数項	0.436*** (0.088)	0.397*** (0.11)	0.388*** (0.10)	0.315*** (0.067)	0.208** (0.092)	0.197** (0.090)
ハウスマン 統計量	1.22	1.09	0.56	2.14	1.89	0.90
サンプル数	1650	1650	1650	1650	1650	1650

※括弧内は標準偏差、*** : 1%有意、** : 5%有意、* : 10%有意

表 A.1 三元触媒に関する推計結果

	被説明変数								
	クレームの数			後方引用件数			パテントファミリーの数		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
greg	-2.96*** (0.45)	-2.51*** (0.46)	-2.83*** (0.46)	-2.07*** (0.45)	-1.57*** (0.46)	-1.69*** (0.46)	-2.46*** (0.44)	-1.95*** (0.44)	-2.10*** (0.44)
sale	0.36*** (0.040)	0.36*** (0.041)	0.28*** (0.043)	0.27*** (0.038)	0.28*** (0.038)	0.20*** (0.044)	0.33*** (0.042)	0.33*** (0.044)	0.26*** (0.049)
fpat		0.14*** (0.025)	0.14*** (0.025)		0.13*** (0.025)	0.14*** (0.025)		0.13*** (0.024)	0.14*** (0.024)
card			1.03*** (0.19)			0.86*** (0.21)			0.88*** (0.22)
定数項	-2.36*** (0.20)	-3.10*** (0.24)	-3.28*** (0.24)	-2.43*** (0.21)	-3.18*** (0.25)	-3.39*** (0.26)	-1.90*** (0.21)	-2.65*** (0.25)	-2.89*** (0.26)
ハウスマン 統計量	2.4	2.57	4.66	0.71	2.25	0.91	9.08	-2.58	0.83
サンプル数	902	902	902	902	902	902	902	902	902

表 A.2 酸化触媒に関する推計結果

	被説明変数								
	クレームの数			後方引用件数			パテントファミリーの数		
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
	変量効果	固定効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	固定効果	固定効果	固定効果
dreg	-0.32*** (0.027)	-0.28*** (0.030)	-0.28*** (0.030)	-0.28*** (0.027)	-0.23*** (0.030)	-0.24*** (0.030)	-0.27*** (0.027)	-0.22*** (0.029)	-0.22*** (0.030)
sale	0.37*** (0.024)	0.32*** (0.025)	0.32*** (0.030)	0.37*** (0.024)	0.37*** (0.025)	0.35*** (0.028)	0.34*** (0.028)	0.32*** (0.028)	0.31*** (0.032)
fpat		0.01*** (0.0008)	0.005*** (0.0008)		0.007*** (0.0008)	0.007*** (0.0008)		0.006*** (0.0008)	0.006*** (0.00078)
card			-2.27*** (0.092)			0.19 (0.14)			0.11 (0.17)
定数項	-1.94*** (0.066)	-2.27*** (0.091)	-2.27*** (0.092)	-2.05*** (0.065)	-2.53*** (0.092)	-2.52*** (0.092)	-1.52*** (0.069)	-1.94*** (0.093)	-1.93*** (0.093)
ハウスマン 統計量	5.08	25.89	-96.36	6.84	6.87	7.24	12.81	18.56	20.65
サンプル数	5305	5290	5290	5305	5305	5305	5290	5290	5290

表 A.3 NSR 触媒に関する推計結果

	被説明変数								
	クレームの数			後方引用件数			パテントファミリーの数		
	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果
greg	-2.40*** (0.34)	-1.57*** (0.41)	-1.68*** (0.42)	-1.80*** (0.34)	-0.87** (0.42)	-0.93** (0.42)	-1.84*** (0.34)	-0.95** (0.41)	-1.04** (0.41)
sale	0.38*** (0.033)	0.39*** (0.035)	0.36*** (0.039)	0.31*** (0.032)	0.33*** (0.033)	0.30*** (0.038)	0.31*** (0.037)	0.33*** (0.038)	0.30*** (0.042)
fpat		0.07*** (0.013)	0.07*** (0.013)		0.08*** (0.014)	0.08*** (0.014)		0.073*** (0.013)	0.07*** (0.013)
card			0.36* (0.20)			0.32* (0.19)			0.39* (0.20)
定数項	-2.30*** (0.15)	-3.14*** (0.24)	-3.14*** (0.24)	-2.56*** (0.16)	-3.49*** (0.25)	-3.50*** (0.25)	-2.10*** (0.17)	-3.00*** (0.25)	-3.01*** (0.26)
ハウスマン 統計量	1.31	1.33	6.51	2.2	2.8	4.09	6.72	8.49	10.64
サンプル数	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694

	被説明変数								
	クレームの数			後方引用件数			パテントファミリーの数		
	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)
	変量効果	固定効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	変量効果	固定効果
dreg	-0.42*** (0.059)	-0.30*** (0.067)	-0.32*** (0.067)	-0.38*** (0.058)	-0.26*** (0.066)	-0.28*** (0.066)	-0.37*** (0.058)	-0.26*** (0.066)	-0.28*** (0.066)
sale	0.35*** (0.032)	0.36*** (0.038)	0.33*** (0.038)	0.31*** (0.033)	0.32*** (0.033)	0.29*** (0.038)	0.30*** (0.037)	0.32*** (0.038)	0.25*** (0.045)
fpat		0.07*** (0.013)	0.07*** (0.013)		0.06*** (0.013)	0.06*** (0.013)		0.06*** (0.013)	0.06*** (0.013)
card			0.38* (0.20)			0.36* (0.19)			0.37* (0.22)
定数項	-2.49*** (0.13)	-3.19*** (0.21)	-3.19*** (0.20)	-2.63*** (0.13)	-3.29*** (0.20)	-3.31*** (0.20)	-2.19*** (0.14)	-2.84*** (0.21)	-2.78*** (0.21)
ハウスマン 統計量	8.07	13.81	-3.74	3.52	3.93	6.11	8.19	10.35	15.82
サンプル数	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694	1694

※括弧内は標準偏差、*** : 1%有意、** : 5%有意、* : 10%有意

※ハウスマン統計量がマイナスになってしまった箇所は、固定効果モデルと変量効果モデルの結果にさほど大きな差はなかったため、変量効果モデルの結果のみ示す。