



RIETI Discussion Paper Series 13-J-062

省エネルギー技術開発と企業価値

枝村 一磨

科学技術政策研究所

岡田 羊祐

一橋大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

省エネルギー技術開発と企業価値¹

枝村 一磨 (科学技術政策研究所)

岡田 羊祐 (一橋大学)

要 旨

本稿では、省エネルギー技術に関する無形資産を独自に定義して、通常は無形資産と省エネルギー技術に係る無形資産のそれぞれが企業価値(トービンのQ)に与える影響を分析する。また、Jaffe (1986)に基づく企業間の技術的近接性を考慮したスピルオーバー・プールを、個々の企業の特許全体および省エネルギー特許のそれぞれを基に計算して、これらのスピルオーバー効果が企業価値に与える影響も同時に分析する。有形資産と無形資産を分離可能とするGriliches (1981)のモデルに依拠した非線形推定の結果によれば、先行研究と同様に無形資産ストックが企業価値を高めることは確認できるものの、省エネ技術に関する無形資産ストックは企業価値を低めるという結果が得られた。省エネ技術開発を活発に行う企業ほど市場価値が相対的に低くなる傾向があるというわれわれの推計結果は、省エネ技術を開発した企業がその成果を専有化し企業価値に結びつけることが容易でないことを示唆している。一方、省エネ技術に関するスピルオーバー・プールは企業価値にプラスのインパクトを与えていた。これは、省エネに関する研究開発投資が社会的に見て最適な水準にないことを示唆している。結語で政策的な含意について述べる。

キーワード：企業価値、省エネルギー技術、スピルオーバー、トービンのQ、無形資産

JEL classification: L26, O30

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独)経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹ 本稿は、筆者達が独立行政法人経済産業研究所におけるプロジェクト「大震災後の環境・エネルギー・資源戦略に関わる経済分析」の成果の一部である。本稿を作成するに当たっては、馬奈木俊介准教授(東北大学)、経済産業研究所リサーチ・セミナー参加者の方々から多くの有益なコメントに感謝したい。また、本研究は、枝村が文部科学省科学研究費プロジェクト「若手(B):日本の環境技術は外国と較べて優れているか-特許データを用いた研究開発動向の分析- (課題番号: 23730224)」の支援を受けた。

1 はじめに

日本は自然界に存在する石油・石炭・天然ガス等の一次エネルギーに恵まれず、国際エネルギー機関 (IEA : International Energy Agency) の定義による「エネルギー自給率」は、2009年に14.7%となっており、他の主要先進国と比べて相当に低い水準にある¹。したがって、エネルギー価格の動向が生産活動や企業利潤に与える影響も大きい。こうした事情から、エネルギーを節約する技術（以下、「省エネ技術」）の開発が、特に石油ショック以降に活発に行われ、日本のエネルギー効率を大いに高めてきた。実際、エネルギー消費量と実質GDPとの比率で測ったエネルギー効率は世界最高水準にあるとよい（表1、IEA, 2011, 2012）。しかし、近年の石油価格高騰や東北大震災による原子力発電所の停止に伴う化石燃料の輸入の急増を背景に、太陽光等の自然エネルギーとともに、省エネ技術への関心がふたたび高まりつつある。

表1を挿入

本稿では、省エネルギー技術に関する無形資産を独自に定義して、通常は無形資産と省エネ技術に係る無形資産のそれぞれが企業価値（トービンのQ）に与える影響を分析する。また、Jaffe (1986)に基づく企業間の技術的近接性を考慮したスピルオーバー・プールを、個々の企業の特許全体および省エネルギー特許のそれぞれ毎に計算して、これらのスピルオーバー効果が企業価値に与える影響も分析する。

これまで省エネ技術に関する研究開発と企業価値との関係を具体的に分析した先行研究はきわめて少ない。われわれの知る唯一の研究であるAyari et al. (2012)は、再生可能エネルギーの研究開発が総資産利益率 (ROA: Return on Asset) および株式収益 (stock return) を上昇させる効果があったという。また、無形資産のスピルオーバーが企業価値に与える影響を分析した先行研究はあるものの (Jaffe, 1986)、省エネにフォーカスしてスピルオーバー効果と企業価値の関係を分析した研究は筆者の知る限り存在しない。

そこで、われわれは、特許電子図書館 (IPDL : Industrial Property Digital Library) や知的財産研究所 (IIP: Institute of Intellectual Property) の特許データベース (IIP パテントデータベース) を活用して、省エネルギー技術をより包括的に定義し、その無形資産ストックや無形資産のスピルオーバー・プールが企業価値に与える影響を明らかにする。また、日本ではエネルギー価格が企業価値に与える影響が大きく、エネルギー価格が変動したときこそ省エネ技術に関する研究開発が企業価値の向上に寄与する度合いは高くなると予想される。そこで、国際エネルギー価格の変動を考慮した場合に、省エネ技術に関する無形資産ストックが企業価値に与える影響も検討する。具体的には、日本の東証・大証の一部・二部に上場する企業1,058社を対象にして、トービンのQを無形資産ストック、有形資産ストック、および企業の個別効果（企業特性）で説明するモデルを非線形最小自乗法によって分析する。

¹ IEA (2011)を参照。生活や経済活動に必要な一次エネルギーのうち自国内で確保できる比率を「エネルギー自給率」と呼ぶ。ここでは原子力発電は「純国産エネルギー」と位置付けられている。原子力を除いたエネルギー自給率は4%程度である。

有形資産と無形資産を分離可能とする Griliches (1981)の基本モデルに依拠したわれわれの非線形推定の結果によれば、先行研究と同様に無形資産ストックが企業価値を高めていることは確認できるものの、省エネ技術に関する無形資産ストックは企業価値を低めるという結果が得られた。省エネ技術開発を活発に行う企業の市場価値が低い傾向があるという推計結果は、省エネ技術を専有化し企業価値に結びつけることが容易でないことを示唆している。一方、省エネ技術に関するスピルオーバー・プールは企業価値にプラスのインパクトを与えていた。これは、省エネに関する研究開発投資が社会的に見て最適な水準にはないことを含意している。

また、省エネ技術に関する特許ストックとエネルギー価格との交差項を推計式に加えた結果によると、この交差項はトービンの Q にプラスのインパクトを与えており、エネルギー価格が上昇すると、省エネ特許ストックの企業価値に与えるマイナスの影響がそれだけ軽減されることが示唆された。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 節では無形資産と企業価値の関係についての先行研究をサーベイする。第 3 節では推計モデルの理論的な枠組みを述べる。第 4 節では、データおよび諸変数の定義や算出方法を示す。第 5 節で推計結果とその考察を述べる。第 6 節で結論を述べる。

2 先行研究

本節では、無形資産ストックやスピルオーバーと企業価値の関係、エネルギー技術に関する研究開発の促進要因についての先行研究をサーベイする。

2.1 無形資産ストックと企業価値

無形資産ストックと企業価値に関する先行研究は、Griliches (1981)を嚆矢として、プラスの相関があるとする研究 (Griliches, 1981; Haneda and Odagiri, 1998; Blundell et al., 1999; Bloom and Van Reenen, 2002; Hall et al., 2005; Nagaoka, 2006; Nicholas, 2008; Ayari et al., 2012) と、両者の相関に懐疑的な研究 (Shane and Klock, 1997; Toivanen et al., 2002; Belenzon, 2011) とが並存しており論争が続いている。

Hall et al. (2005)は、1976 年から 1995 年の米国 4,864 社の特許データを用いて、企業価値を示すトービンの Q を有形資本ストックおよび無形資本ストックに関係づける Griliches (1981)のモデルを用いて分析した。Griliches (1981)等の多くの先行研究では理論モデルから推計モデルを導く際に、有形資本ストックと無形資産ストックの割合の項が十分小さいものと仮定して線形近似を行うが、Hall et al. (2005)はその仮定をゆるめ、線形近似せずに非線形最小自乗法を用いて推計を行った。推計の結果、有形資本ストックと無形資産ストックの割合は、トービンの Q にプラスのインパクトを与えているという。本稿の分析で用いるデータを概観したところ、線形でなく非線形である可能性が高いので、Hall et al. (2005)に倣って非線形推計を行うことにする。

Nagaoka (2006)は、企業活動基本調査の個票データから、1991 年、1994 年から 2000 年の日本における 1,356 社のデータを用いて Griliches (1981)のモデルを推計した。Hall et al. (2005)の推計方法とは異なり、モデルの線形近似を行った上で推計を行っている。分析の結果、研究開発投資がトービンの Q に与えるプラスのインパクトは、有形資産への投資がそれに与えるインパクトよりも大きいと

いう。

一方、Toivanen et al. (2002)は、無形資産ストックとトービンの Q の関係に懐疑的である。彼らは、1989 年から 1995 年のイギリスの特許データを用いて、特許ストックとトービンの Q に関する分析を行った。その結果、特許ストックがトービンの Q に与えた影響は確認されなかったという。

われわれと同じく特定の技術分野と企業パフォーマンスとの関係を分析した数少ない先行研究に Ayari et al. (2012)がある。Ayari et al. (2012)は、1987 年から 2007 年のヨーロッパ 19 カ国の国レベルの特許データを用いて、再生可能エネルギー技術の研究開発が企業パフォーマンスに与える影響を分析した。その結果、再生可能エネルギーに関する研究開発費および特許ストックは、総資産利益率 (Rate of Asset, ROA) および株式収益 (return stock) を上昇させる効果があるという。

以上、無形資産ストックと企業価値の関係を分析した先行研究を概観したが、本稿のように Griliches (1981)に倣って、省エネ技術という特定の技術分野について、研究開発を行う主体である企業のレベルで詳細に分析を行った研究は今まで行われていない。従来の国レベル、産業レベルによる分析や、企業の研究開発全体と企業価値との分析という先行研究にくわえて、企業レベルによる特定の技術分野についての研究開発活動と企業価値との分析を行うことは、無形資産ストックと企業価値に関する議論に新たな視座を与えるものとなる。本稿はその点で独自性があるといえよう。

2.2 スピルオーバーと企業価値

スピルオーバーと企業価値に関する数少ない先行研究として、Jaffe(1986)と Bloom et al. (2007)がある。Jaffe (1986)は、1973 年および 1979 年のアメリカの製造業 432 社の特許データを用いて、スピルオーバーがトービンの Q に影響を与えるか否かを Griliches (1981)のモデルを基に分析した。彼は、スピルオーバー効果の代理指標として、企業間の技術的近接性を考慮して算出したスピルオーバー・プールを用いている。分析の結果、スピルオーバーはトービンの Q にプラスのインパクトを与えている可能性を示唆した。また、Bloom et al. (2007)は、1980 年から 2001 年のアメリカにおける 715 社の企業財務データおよび特許データを用いて、Jaffe (1986)に基づくスピルオーバー・プールを計算し、スピルオーバーと企業価値の関係を分析した。その結果、企業の固定効果を考慮すると、スピルオーバーは企業価値にプラスのインパクトを与えている可能性を示唆している。

ただし、本稿のように日本のデータを用いてスピルオーバーと企業価値の関係を分析した研究は行われていない。また、省エネ技術という特定の技術分野の特許データによるスピルオーバー・プールを用いた企業価値分析も今まで行われていない。まだ十分な研究蓄積があるとはいえないスピルオーバー・プールと企業価値の研究において、本稿のように日本のデータを用いて、特定の技術分野のスピルオーバーの効果を検証する研究は、重要な貢献となる。

2.3 省エネ技術の研究開発

企業によるエネルギー技術の研究開発活動に関する先行研究は、エネルギー価格の上昇や環境規制によって研究開発や技術の普及、導入が促進されるという、誘発的イノベーション (induced innovation) 仮説の実証が多く行われてきた²。

² 誘発的イノベーション仮説に関する先行研究は本稿で紹介している他に、Lanjouw and Mody (1996)、Jaffe and Palmer (1997)、Jaffe et al. (2002)、Popp (2002)、Hamamoto (2006)、Popp (2006)、Linn (2008)等がある。

Ayari et al. (2012)は、1987年から2007年のヨーロッパ19カ国の特許データを用いて、エネルギー価格が再生可能エネルギー技術の研究開発に与える影響を国レベルで分析した。彼らによると、石油価格の上昇は、再生可能エネルギーの特許出願件数を上昇させるという。特に、5、6期前の石油価格の上昇が、当期の再生可能エネルギーの特許出願件数に強くプラスの影響を与えるという。一方、原子力発電等の他のエネルギー技術に関する特許出願件数が増えると、再生可能エネルギーの特許出願件数は減少することも統計的に指摘している。

Verdolini and Galeotti (2011)は、1979年から1998年における17カ国の特許データを用いて、エネルギー価格がエネルギー関連技術の特許出願件数に与えた影響を、国レベルで分析している。彼らによると、自国における技術蓄積や経済規模、施行されている政策等の要因をコントロールしても、エネルギー価格の上昇は、エネルギー関連技術の特許出願件数を増加させる効果があるという。

また、Johnstone et al. (2010)は、1978年から2003年における25カ国の特許データを用いて、エネルギー政策が再生可能エネルギー技術の特許出願件数に与えた影響を、国レベルで分析している。彼らによると、グリーン電力証書制度のような再生可能エネルギーの割合を増やすためのエネルギー・ポートフォリオ政策は、化石燃料技術と競合するエネルギー（風力発電）技術の特許出願件数を増加させる効果があるという。また、フィード・イン・タリフのようなエネルギー価格に関する政策は、現時点では発電コストが高いエネルギー（太陽光発電）技術の特許出願件数を増加させる効果があるという。

先行研究では、エネルギー技術の研究開発が促進されるメカニズムについて分析が行われてきた。しかしながら、省エネ技術の研究開発やそのスピルオーバーが企業価値に影響を与えるメカニズムについては、十分な分析は行われてこなかった。本稿は、詳細な特許データを用いて省エネ技術の研究開発活動と企業価値との関係を企業レベルで分析し、両者の関係を明らかにする初めての試みとなる。

3 推計モデル

3.1 基本的な推計モデル

多くの先行研究に倣い、Griliches (1981)に基づく企業レベルの企業価値関数を推計モデルとして利用する。すなわち、

$$V_{it} = q_{it} (A_{it} + \beta K_{it})^\sigma \quad (1)$$

である。ここで V_{it} は企業 i の t 年における企業価値である。また、Griliches (1981)に倣い有形資産と無形資産は分離可能 (additively separable) と仮定し、 A_{it} は有形資産ストック、 K_{it} は無形資産ストックを表すものとする。 q_{it} はこれら資産が個々の企業にもたらす限界価値 (shadow value) とみなす。すなわち q_{it} は、個々の企業の直面する事業リスク、市場支配力、組織能力、利用可能な外部資源の利用可能性などを表す。(1)の両辺を対数変換すると、

$$\ln V_{it} = \ln q_{it} + \sigma \ln A_{it} + \sigma \ln \left[1 + \beta \left(\frac{K_{it}}{A_{it}} \right) \right] \quad (2)$$

となる。 β は有形資産に対する無形資産ストックの相対的価値 (relative value)、 $\sigma\beta$ は有形資産に対する無形資産ストックの絶対価値 (absolute value) である。今、収穫一定を仮定して $\sigma = 1$ として両辺から $\ln A_{it}$ を引くと、

$$\ln \left(\frac{V_{it}}{A_{it}} \right) = \ln Q_{it} = \ln q_{it} + \ln \left(1 + \frac{K_{it}}{A_{it}} \right) \quad (3)$$

となる。ここで、 Q_{it} はトービンの Q を示す。ここで、もし $\beta(K_{it}/A_{it})$ が十分に小さいならば、 $\ln[1 + \beta(K_{it}/A_{it})]$ は $\beta(K_{it}/A_{it})$ と近似できる。この近似は多くの先行研究で用いられてきたが、Hall et al. (2005)は (K_{it}/A_{it}) は約 15%程度となり十分に小さいとはいえないと指摘し、また Arato and Yamada (2012)は、1980年から2000年の日本企業の財務データを用いて無形資産と有形資産の比率を計算したところ 46.8%と報告している。以上の点を踏まえ、本稿の推計では線形近似を行わず、(3)式に基づく非線形推計モデルを採用することとしたい。

本稿ではさらに、無形資産ストック K_{it} を省エネ技術関連の無形資産とそれ以外の無形資産とに分離可能であると仮定する。先行研究の多くは、無形資産ストックを研究開発費の系列から恒久棚卸法 (perpetual inventory method) を用いて算出している (Lach, 1995)。しかし、省エネに関する研究開発費のみを抽出したデータは利用できないので、ここでは、詳細な技術分野別の特許出願データを用いて無形資産ストックを計算することとした (具体的な技術分類の定義や計算方法については4節で詳述する)。 P_{it} を省エネ技術関連特許以外の特許から算出される特許ストック、 P_{it}^E を省エネ技術関連特許から算出される特許ストックとおくと、(3)式は、

$$\ln Q_{it} = \ln \left(1 + \beta_1 \frac{P_{it}}{A_{it}} + \beta_2 \frac{P_{it}^E}{A_{it}} \right) + \ln q_{it} \quad (4)$$

となる。

次に、 q_{it} は、企業の固有效果をコントロールする諸変数 X_{it} 、利用可能な外部資源の利用可能性などを表す無形資産のスピルオーバー・プール (Spillover Pool)、および誤差項 ε_{it} から構成されるものとする。このうち、無形資産のスピルオーバーについては、Jaffe (1986)の方法を用いて、企業間の技術距離 (technological distance) を考慮したスピルオーバー・プールを定義する (具体的な技術分類や技術距離の定義については4節で詳述する)。その際、省エネ技術は汎用性の高い技術であり、企業・産業の境界を越えて波及する効果が大きいと予想されるので、この効果をその他技術のスピルオーバー効果と識別するために、省エネ技術に関連の深い特許から導出されるスピルオーバー・プール S^E と、すべての特許から算出されるスピルオーバー・プール S を、Cobb-Douglas形式を利用して以下のように Spillover Pool を定義する。すなわち、

$$Spillover Pool = (S)^{\gamma_1} \times (S^E)^{\gamma_2}$$

である。これら q_{it} を構成するすべて、諸変数はすべて対数線形化されるものと仮定する。すなわち、

$$\ln q_{it} = \gamma_1 (\ln S_{it}) + \gamma_2 (\ln S_{it}^E) + (\ln X_{it})\eta + \alpha_j + \alpha_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

である。 α_j は産業ダミー、 α_t は年ダミー、 ε_{it} は誤差項である³。

3.2 無形資産が企業価値に与える効果

推計式(4)において、特許ストックのパラメータ β_1 は多くの先行研究と同様に正の値となることが予想される。一方、省エネ技術に関する特許ストックのパラメータ β_2 の符号は予想が難しい。省エネ技術の研究開発の成果物は、開発した企業の属する産業以外にも、多くの産業分野であまねく利用される可能性が高い。また、発電技術やエネルギーシステムに係る技術のように、その成果が製造物やシステムのなかに体化 (embodied) されている可能性も高い。このように、省エネ技術については、それを研究開発する産業 (industry of origin) と、その成果物を利用する産業 (industry of use) とが乖離している可能性が高い。その場合、企業価値への影響は、省エネ研究開発の成果を個々の企業がどれだけ専有化できるか (appropriability) に依存する。

次に、全特許技術から構成されるスピルオーバー・プール S_{it} のパラメータ γ_1 、および省エネ技術に関するスピルオーバー・プール S_{it}^E のパラメータ γ_2 の符号について考えよう。ここでは、技術距離が近い企業同士ほど、より大きなスピルオーバー効果が及ぶと想定している。したがって、自社以外の企業の研究開発の成果物を利用しやすい技術ポジションにある企業ほど生産性が向上して、市場競争上、優位に立てるかもしれない。これは企業価値にプラスの影響を与えるだろう。一方、スピルオーバーをより多く享受できる企業はそれだけ他社との技術的類似性も高いことを意味する。その場合には、スピルオーバー・プールが大きいということが製品市場の競争が激しいことを意味するかもしれない。その場合、スピルオーバー・プールの影響はマイナスに働くことになる。われわれの推計においてスピルオーバー効果が企業価値に与える影響がプラスとなるかマイナスとなるかは、これら2つの効果が相殺された結果であると解釈できる。

4 データ

4.1 特許データの収集方法

本稿では、知的財産研究所による「IIP パテントデータベース」から日本国内に上場するすべての

³ 推計では、企業の固定効果を考慮することが望ましいが、固定効果を考慮した非線形最小自乗法によって安定的な推計結果を得ることは非常に難しい。Bloom et al. (2007)と同様に、(2)式を線形近似した固定効果モデル推計も試みたが、有意な推計値を得ることはできなかった。そこで本稿では、非線形モデルを維持したまま、 $\ln q_{it}$ を構成する諸変数によって企業固有の効果をコントロールしようと試みている。

企業を出願人とする特許を抽出した⁴。抽出した特許の出願年は 1971 年から 2007 年までである。出願年および出願人で整理したパネルデータを構築する際には、Onishi et al. (2012)によって作成された上場企業の出願人の名寄せデータベースを利用した⁵。

次に、特許庁(2009)の『重点 8 分野の特許出願状況調査報告書』のなかで定義されている省エネ技術に関する特許検索式を利用して、省エネ特許を定義した。この特許検索式では、国際特許分類 (IPC) と省エネ技術に関するキーワードを組み合わせて定義している⁶。この特許検索式を用いて、特許電子図書館 (IPDL) より、分野ごとに省エネ関連技術の特許出願番号を収集した⁷。抽出された出願番号を IIP パテントデータベースに参照することによって、省エネ特許の出願人や出願年等の書誌情報を IIP パテントデータベースから抽出した。これら情報を用いて、省エネ特許 17,261 件を 10 分類別に整理した。整理したデータを確認したところ、省エネの技術分野のなかには出願件数がゼロとなる企業が多かったので、技術の連関性を考慮して 10 分類を 5 分類、すなわち、①分散型エネルギーシステム関連技術、②廃棄物エネルギーシステム関連技術、③発電・電力系統技術、④燃焼技術、⑤熱関連技術の 5 つの技術分野に集約した。こうして再定義された省エネ技術 5 分類と特許庁 (2011)による 10 分類との対応は表 2 のとおりである。

表 2 を挿入

4.2 特許出願件数の推移

図 1 は、われわれの定義した省エネ技術特許の 5 分類別の出願件数の推移を示したものである。これを見ると、省エネ技術に関連した特許出願件数は 2002 年頃がピークとなっており、最近は減少傾向にあることが分かる。また、技術分類別に見ると、1990 年代前半には廃棄物エネルギーシステム関連技術や発電・電力系統技術の特許出願が増加したが、その後、分散型エネルギーシステム関連技術特許の割合が大きく増加したことが分かる。また、燃焼技術や熱関連技術に関する特許出願は、1990 年代から 2000 年代を通じてほぼ横ばいで推移している。

図 1 を挿入

⁴ IIP パテントデータベースの詳細については、Goto and Motohashi (2007)を参照。IIP パテントデータベースからわれわれが抽出した出願特許は 401 万 8,123 件 (出願年 1992 年～2007 年) である。

⁵ 特許の出願人情報には「～株式会社」や「～(株)」等の表記揺れが含まれる。また、企業名を変更された場合にも出願人情報の連続性が担保されなくなる。以上のような事情を考慮して適切に企業レベルのパネルデータを構築するには、実質的に同一の出願人に対して一意の ID を割り振る必要がある。Onishi et al. (2012)では、企業の沿革に関する情報を収集して名寄せを行っている。

⁶ 国際特許分類とは、「特許文献の国際的に統一した分類」(特許庁, 2012) である。分類の最も高い階層にあるものをセクションと呼び、2012 年バージョンでは以下の 8 つになっている。A: 生活必需品、B: 処理操作; 運輸、C: 化学; 冶金、D: 繊維: 紙、E: 固定構造物、F: 機械工学; 照明; 加熱; 武器; 爆破、G: 物理学、H: 電気。検索式の詳細については、補論 1 を参照のこと。

⁷ IPDL で特許情報を電子的に得られるのは、1993 年以降に公開された特許出願の情報である。また 10 分類に整理された特許には、排他的な分類が不可能なために重複してカウントされたものがごく少数含まれる。

4.3 変数の構成

ここで、推計式(4)・(5)に含まれる、特許ストック、スピルオーバー・プール、トービンのQ、およびその他変数の定義と構成方法を具体的に説明しておく。

特許ストック

特許ストック系列は、1971年の出願特許件数を初期値として、恒久棚卸法を用いて算出した。すなわち、

$$P_{it} = (1 - \delta)P_{it-1} + Z_{it}$$

ただし、 Z_{it} は企業*i*が*t*年に出願した特許の件数、 δ は特許の陳腐化率を示す⁸。省エネ技術に関連する特許ストックも同様の方法で算出した。

スピルオーバー・プール

スピルオーバー・プールは、Jaffe (1986)の手法にしたがって、「中心化されない相関係数」(uncentered correlation)を用いて企業間の技術距離を定義し、それをウェイトとして研究開発費を加重和することによって計算する⁹。まず、IPCのセクション(A~Hの8分野)ごとの出願特許件数を用いて技術ポジション F_{it} を定義する¹⁰。すなわち、

$$F_{it} = (F_{it}^A, F_{it}^B, F_{it}^C, F_{it}^D, F_{it}^E, F_{it}^F, F_{it}^G, F_{it}^H)$$

ここで、例えば、 F_{it}^A は*t*年に企業*i*が出願したセクションAの特許出願件数である。これを用いて、企業*i*と企業*j*の*t*年における技術的近接度(technological proximity)を示す技術距離 D_{ijt} を以下のように定義しよう。

$$D_{ijt} = \frac{F_{it} F_{jt}'}{\left[(F_{it} F_{it}') (F_{jt} F_{jt}') \right]^{1/2}}$$

ここで、 D_{ijt} は0から1の値をとる。企業*i*と企業*j*の技術的近接度が低いほど0に近づき高いほど1に近づく。技術距離 D_{ijt} をウェイトとして、企業*j*の研究開発費 R_{jt} ($j \neq i$)の加重和をとり、これを企業*i*が利用できるスピルオーバー・プール S_{it} と定義する。すなわち、

$$S_{it} = \sum_{j \neq i} D_{ijt} R_{jt}$$

⁸ ここでは陳腐化率は15%とした。ただし、10%あるいは20%とした場合も推計結果に大きな差は無かった。省エネ技術関連特許は1992年から2007年のデータのみ入手可能であるため、1992年から2007年の省エネ技術関連特許と全出願特許の割合を業種コードごとに算出して1991年以前の全出願特許に乗じることによって1991年以前の省エネ技術関連特許出願件数の概数を求めて省エネ特許ストックの初期値を計算した。

⁹ 研究開発費は、文部科学省(2011)の「日本の研究費デフレータ」を利用して実質化した。

¹⁰ IPCセクションの詳細については脚注7を参照。

である。

次に、省エネに関するスピルオーバー・プール S_{it}^E については、企業ごとの技術ポジションの差異が明確となるように、10の省エネ技術分類を表2で定義した5つの技術分野に再集計した技術ポジションを定義する。この定義によって計算される技術ポジション・ベクトル D_{ijt}^E を利用して、省エネ技術関連のスピルオーバー・プール S_{it}^E を $S_{it}^E = \sum_{j \neq i} D_{ijt}^E R_{jt}$ と定義した。ただし、省エネ技術に関連する研究開発費のデータは利用できないので、本稿では企業レベルの研究開発費 R_{jt} をそのまま加重和している。

なお、技術距離を計算する際には、すべての技術分野において専有可能性が同じと仮定している点に注意すべきである。専有可能性が高いとされる産業（医薬品産業）がある一方、専有可能性が低いとされる産業（食料品製造業）も存在する。本稿では産業固有の効果をコントロールするために産業ダミーを導入するが、これらダミー変数では捕捉しきれない産業特性要因（特に専有可能性）が残る可能性があることに留意しなければならない。

トービンのQ

トービンのQは、企業価値と有形資本ストックの割合として、企業価値を総資産で除して計算した。企業価値は、『日経 NEEDS』（日本経済新聞デジタルメディア）および『株価 CD-ROM』（東洋経済新報社）から利用した。ここでは、Hayashi and Inoue (1991)を参考にして、期末発行済み株式数と決算日の翌日の株価始値を掛け合わせ、これに有利子負債を足し合わせたものを企業価値とみなした。

その他の変数

本稿では、企業の資産が個々の企業にもたらす限界価値（shadow value） q_{it} に影響を及ぼす企業属性として、企業規模（従業員数）、売上高成長率、付加価値率を取り上げる¹¹。ここで付加価値率は、付加価値と売上高の割合である。この付加価値率は、粗利の高さや企業組織の垂直統合度等を反映している。これらのデータはすべて日経 NEEDS より抽出した¹²。本稿の採用する推計モデル(4)式は非線形モデルであるため、通常のパネル OLS 推計による固定効果モデルを利用することができない。そこで、これら企業属性変数によって企業固有の効果をコントロールするように努めた。また、産業ダミーには、日経 NEEDS の業種コード（小分類）にマッチングさせることによって JIP データベース 2011 の産業分類コード（42 業種）を利用した¹³。

4.4 基本統計量

¹¹ 売上高成長率の算出には、経済産業研究所 JIP データベース 2011 の産業別産出額デフレーターを利用して実質化した売上高を用いた。

¹² 日経 NEEDS における付加価値は、人件費・労務費＋貸借料＋租税公課＋減価償却費＋支払特許料＋純金利負担＋利払い後事業利益と定義される。

¹³ ただし、どちらの業種コードを産業ダミーとして利用しても、推計結果にほとんど差異はなかった。

1992年から2007年に東証1部・2部および大証1部・2部に上場する製造業、鉱業、建築業、電力業、ガス業に属する企業のうち、株価、および売上高、総資産、従業員数がゼロまたは欠損値である企業を除く1,058社が本稿の分析対象とした企業数である。すなわち、この期間中にすべてのデータが完備した企業のみが推計の対象となっている。したがって、期間中に新規に上場した企業や上場廃止となった企業は推計の対象外となっている。これは、非線形推計ではバランスト・パネルのデータセットであることが必要となるためである。これら企業の基本統計量が表3に示されている。

企業平均でみると、時価総額は2,408億5,400万円、総資産は2,298億4,500万円であり、トービンのQは0.956であった。また、特許ストックは1,425、省エネ技術に関連した特許ストックは6.03となっている¹⁴。全出願特許を用いたスピルオーバー・プールは1.78兆円、省エネ技術関連スピルオーバー・プールは2,050億円となった。また、売上高成長率は2.01%、付加価値率は0.262、従業員数は2,433人であった。

表3を挿入

5 推計結果

5.1 基本的なモデル

基本的推計モデルである(4)式の推計結果をまとめたのが表4である¹⁵。推計では、全てのモデルに年ダミーと産業ダミーを含めている。表4の推計モデル[1]は、特許ストックのみを含めた最もシンプルなモデルの推計結果である。特許ストックを総資産で除した変数のパラメータは有意に正である。また、推計モデル[2]では、スピルオーバー・プールを説明変数に加えている。特許ストックを総資産で除した変数のパラメータが統計的に有意に正であることは変わらない。さらに、スピルオーバー・プールのパラメータも有意に正である。推計モデル[1]と[2]の結果は予想通りすべてのパラメータは有意にプラスとなり先行研究と同様の結果が得られた。すなわち、無形資産が有意に企業価値を高めていること、また、スピルオーバー効果によっても企業価値が高められていることが確認できる。

次に、推計モデル[3]では、特許ストックを省エネ技術に関する特許ストックとそうでない特許ストックに分割し、さらに省エネ技術に関するスピルオーバー・プールを説明変数に加えている。推計結果によると、省エネ技術を除く特許ストックを総資産で除した変数のパラメータは、推計モデル[1]、[2]と同様に有意に正であった。

一方、省エネ技術関連の特許ストックのパラメータは有意に負となった。すなわち、省エネ研究開発の成果を専有化して企業価値に結び付けることは容易でないことが示唆される。なお、スピルオーバー・プールは有意に正の効果をもつことはモデル[1]、[2]の結果と変わらない。

¹⁴ ただし、省エネ特許ストックの中央値は0.0534であり省エネ特許を出願していない企業は非常に多く、1992年から2007年までに省エネ特許を出願しなかった企業は1,058社中907社であった。

¹⁵ 各変数は0を考慮するため、1を足して自然対数としている。

推計モデル[4]～[7]では、企業特性を示す変数として売上高成長率、付加価値率、従業員数を説明変数に加えたモデルの推計結果である。特許ストックに関するパラメータは有意に正、省エネ技術関連の特許ストックのパラメータが有意に負であるという結果に変わりはない。また、スピルオーバー・プールのパラメータについても、すべての特許を用いたスピルオーバー・プールも、省エネ技術に関連した特許のみから構成したスピルオーバー・プールも、いずれも有意に正となっている。

これらの推計値はすべて 1%水準で統計的に有意となっており、決定係数もすべて 0.9 以上となった。なお、企業特性に関する変数については、売上高成長率、付加価値率、従業員数のいずれの説明変数もすべて統計的に有意にプラスの影響を企業価値に与えている。

表 4 を挿入

5.2 エネルギー価格の影響を考慮したモデル

日本ではエネルギー価格が企業の生産活動や利潤、企業価値に与える影響は大きく、エネルギー価格が変動した時こそ省エネ技術に関する研究開発が企業価値向上に寄与する度合いは高くなると予想される。つまり、モデル[3]～[7]の推計結果では、省エネ技術の特許ストックに関するパラメータはすべて負であったが、エネルギー価格の変動が企業価値への限界効果を変化させている可能性がある。そこで、エネルギー価格の変動が企業価値に与える影響を分析するため、省エネ技術関連の特許ストックを総資産で除した変数に加えて、これとエネルギー価格との交差項を説明変数に加えて推計を行った。エネルギー価格指数としては、原油、天然ガス、石炭の価格の加重平均である IMF Primary Commodity Prices における Fuel (energy) Index を用いた。その推計結果をまとめたのが表 5 である。

推計モデル[8]～[12]は、表 5 における推計モデル[3]～[7]に、省エネ特許ストックとエネルギー価格の交差項を加えたものである。省エネ特許ストックとエネルギー価格指数との交差項のパラメータは統計的に有意にプラスとなった。すなわち、エネルギー価格が上昇する場合には、省エネ特許ストックが企業価値に与えるネガティブな影響が、いくぶん軽減されることを示唆している。これら以外の変数については、推計値や符号、有意性は表 4 とほぼ同様の結果となった。

表 5 を挿入

5.3 推計結果の解釈に係る留意点

ここで、本稿の行った推計に関する含意と留意点を 3 点指摘しておこう。第 1 に、われわれの推計によれば、省エネ特許ストックが企業価値に与える影響はマイナスとなった。すなわち、省エネ技術関連の特許ストックは専有可能性の著しく低い無形資産であることが示唆される。しかし、特許の専有可能性は技術分野や業種によって著しく異なることが知られている (Cohen et al. 2002; 後藤・永田, 1997)。また、特許データでは捕捉しがたい省エネのためのノウハウの蓄積は、本稿では十分に捉えきれていない。省エネ関連技術分野ごとに専有可能性がどのように異なるか、省エネ特許ストックに関してさらに詳細にブレイクダウンして分析することが必要となるだろう。

第 2 に、スピルオーバー・プールの構成方法で説明したように、本稿は上場企業の出願した特許のみをベースとしてスピルオーバー・プールを導出している。しかし、個々の企業の利用できる外部の無形資産はこれら上場企業に限定されるものではない。大学や官公庁の研究機関、外国企業、また未上場企業の研究開発の成果からもさまざまなスピルオーバーが生じているはずである。したがって、これら外部の無形資産へのアクセスの程度が企業ごとにどのように異なっているかは、本稿で導入した説明変数では十分に捉えきれないさまざまな企業特性にも依存している可能性が高い。これら除外変数バイアスに伴う内生性がスピルオーバー効果を過少推定している可能性があるといえよう。

第 3 に、バランスト・パネルを用いたことに伴う対象企業のセレクション・バイアス、また、無形資産と有形資産の蓄積過程のダイナミクスにおける相互連関が内生性を生む懸念は残らざるをえない。本稿の補論 4 では、推計モデルの説明変数にすべて 1 期のラグをとった場合の推計結果を示している。補論 4 の推計結果は、これまで表 4 で行った推計結果とほぼ同様の結果が得られた。しかし、これによって内生性の懸念が完全に払拭されたわけではない。今後の検討課題である。

6 結論

本稿では、省エネ技術に焦点を当てて、無形資産およびスピルオーバーと企業価値の関係を分析した。Griliches (1981)、Hall et al. (2005)の基本モデルに依拠した非線形推定の結果によれば、先行研究と同様に無形資産ストックが企業価値を高めていることは確認できるものの、省エネ技術に関する無形資産ストックは企業価値を有意に低めるという結果が得られた。一方、省エネ技術に関するスピルオーバー・プールは企業価値にプラスのインパクトを与えていた。

省エネ技術に関する出願特許ストックが企業価値にマイナスの影響を与えているという結果となった理由としてどのようなものが考えられるだろうか。第 1 に思い浮かぶのは、省エネ技術については特許の出願性向が他の技術分野よりも高かった可能性である。しかし、そもそも専有可能性の低い技術分野の特許性向が他の技術分野よりも高くなることは企業の合理的行動として想定しにくいだろう。第 2 の理由として、過剰な技術開発競争が省エネへの過剰投資を招き、結果として企業価値を低下させたという可能性がある。しかし、ごく狭い技術領域でかつ専有性の高い研究開発が行われる状況ではこのような過剰投資のストーリーも妥当するかもしれないが、本稿が対象とする汎用性の高い省エネ技術には当てはまりそうにない。したがって、1 点目、2 点目ともに省エネ特許のネガティブな効果への説明としては説得力がない。

そこでわれわれの想定するストーリーは、省エネ技術は極めて汎用性が高いので個別企業による専有化が難しい、したがって、もし省エネに関する研究開発の成果をフリーライドすることが容易であるとすると、省エネ関連特許から導出した無形資産ストックが当該企業の価値にプラスの影響を与えとは必ずしもいえなくなる、というものである。

省エネ特許を取得することが当該企業の利益（キャッシュ・フロー）にどれだけ貢献するかは、当該技術を利用した製品市場における市場支配力、技術ライセンスを通じたロイヤリティ収入、当該技術がライバル企業に流出することによって製品市場競争が強まることによって自らのレントが消失する効果（rent dissipation effect）、さらに、技術の利用者側の受容能力（absorptive capacity）な

どの効果が複雑に絡みあって決定されるのであり、先験的にその符号を予想することは困難なのである¹⁶。

この他に、省エネの特許ストックの企業価値への効果がマイナスとなった理由として、個別企業による省エネ技術の研究開発が、産学官が連携した国家プロジェクトと連動しており、そのため研究開発成果の専有化が難しく企業価値に結びつきにくかったという可能性が考えられるだろう¹⁷。

一方、スピルオーバー・プールは企業価値にプラスの影響を与えていた。これは、少なくとも上場企業に関する限り、企業間の技術距離と市場における競合度とは強く相関していない可能性も示唆している。製品市場で競合するライバル企業に技術が流出することは当該企業の価値を低めるはずであるが、そのような事態は少なくとも集計レベルでは生じていないのである。

政策的な含意として、省エネ技術に関するスピルオーバー効果はプラス、また省エネ特許ストックについてはマイナスの効果をもつという推計結果から、省エネに関する研究開発投資は最適水準にはない可能性が指摘できる。省エネ技術の研究開発を最適水準に誘導するための政策的サポートが、日本企業の企業価値を向上させる可能性があるといつてよい。この点、本稿では省エネ技術に焦点を合わせた分析を行ったが、今後さらに、自然災害からの復興に貢献する技術や再生可能エネルギー等のグリーンイノベーション関連技術、医療や介護等のライフイノベーション関連技術等についても、本稿と同様の検討を行うことが望まれる。これによって、政策的支援をより効果的に行うための基礎的情報を提供することができるだろう。

参考文献

Arato, H. and K. Yamada (2012) “Japan's Intangible Capital and Valuation of Corporations in a Neoclassical Framework,” *Review of Economic Dynamics* 15, 459-478.

Arora, A., Gambardella, A. (2010) “Ideas for Rent: An Overview of Markets for Technology, *Industrial and Corporate Change* 19, 775–803.

Ayari N., S. Blazsek, and P. Mendi (2012) “Renewable energy innovations in Europe: a dynamic panel data approach,” *Applied Economics* 44, 3135-3147.

Belenzon, S. (2011) “Cumulative Innovation and Market Value: Evidence from Patent Citations,” *Economic Journal* 122, 265-285.

¹⁶ 技術取引市場の効率性を左右する要因のうち、供給サイドの要因であるロイヤリティ等の収入効果 (revenue effect)、競争相手へのライセンスに伴うレントの消失効果 (rent dissipation effect)、また需要サイドの要因である受容能力 (absorptive capacity) といった要因がこれまで詳しく検討されてきた。詳しくは Arora and Gambardella (2010), Cohen and Levinthal (1989, 1990)を参照されたい。

¹⁷ われわれの収集した特許データに基づく省エネ特許取得上位 10 社は、東芝、日立製作所、三菱重工業、大阪瓦斯、パナソニック、IHI、東京瓦斯、トヨタ自動車、三井造船、クボタである。これら企業は産総研・NEDO等の省エネ国家プロジェクトに積極的に参加している。

Bloom N. and J. Van Reenen (2002) "Patents, Real Options and Firm Performance," *the Economic Journal* 112, C97-C116.

Bloom N., Schankerman M., and J. Van Reenen (2007) "Identifying Technology Spillovers and Product Market Rivalry," *NBER Working Paper Series* 13060.

Blundell R., R. Griffith, and J. Van Reenen (1999) "Market Share, Market Value and Innovation in a Panel of British Manufacturing Firms," *The Review of Economic Studies* 66, 529-554.

Cohen, W. M., A. Goto, A. Nagata, R. R. Nelson, and J. P. Walsh (2002) "R&D Spillovers, Patents and the Incentives to Innovate in Japan and the United States," *Research Policy* 31, 1349-1367.

Cohen, W. and D. Levinthal (1989) "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D," *Economic Journal* 99, 569-596.

Cohen, W., and D. Levinthal (1990) "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly* 35, 128-152.

Goto A. and K. Motohashi (2007) "Construction of a Japanese Patent Database and a first look at Japanese patenting activities," *Research Policy* 36, 1431-1442.

Griliches Z. (1981) "Market Value, R&D, and Patents," *Economics letters* 7, 115-158.

Hall B. H. (2000) "Innovation and Market Value," in R. Barrell, G. Mason, and M. O'Mahony, eds., *Productivity, Innovation and Economic Performance*, New York: Cambridge University Press.

Hall B. H., A. B. Jaffe, and M. Trajtenberg (2005) "Market Value and Patent Citations," *RAND Journal of Economics* 36, 16-38.

Hamamoto M. (2006) "Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries," *Resource and Energy Economics* 28, 299-312.

Haneda S. and H. Odagiri (1998) "Appropriation of Returns from Technological Assets and the Values of Patents and R&D in Japanese High-tech Firms," *Economics of Innovation and New Technology* 7, 303-322.

Hayashi F. and T. Inoue (1991) "The Relation Between Firm Growth and Q with Multiple Capital Goods: Theory and Evidence from Panel Data on Japanese Firms," *Econometrica* 59, 731-753.

IEA (2011) *Energy Balances of OECD Countries 2011 Edition*.

IEA (2012) *Energy Balances of OECD Countries 2012 Edition*.

Jaffe A. (1986) "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value." *American Economic Review* 76, 984-1001.

Jaffe, A., R. Newell, and R. Stavins (2002) "Environmental Policy and Technological Change," *Environmental and Resource Economics* 22, 41-69.

Jaffe, A. and K. Palmer (1997) "Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study," *Review of Economics and Statistics* 79, 610-619.

Jaffe, A., R. Newell, and R. Stavins (2002) "Environmental Policy and Technological Change," *Environmental and Resource Economics* 22, 41-69.

Johnstone N., I. Hascic, and D. Popp (2010) "Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts," *Environmental and Resource Economics* 45, 133-155.

Lach, S. (1995) "Patents and productivity growth at the industry level: A first look," *Economics Letters* 49, 101-108.

Lanjouw, J.O. and A. Mody (1996) "Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology," *Research Policy* 25, 549-571.

Linn J. (2008) "Energy Prices and the Adoption of Energy-Saving Technology," *the Economic Journal* 118, 1986-2012.

Nagaoka S. (2006) "R&D and market value of Japanese firms in the 1990s," *Journal of The Japanese and International Economies* 20, 155-176.

Nicholas T. (2008) "does Innovation Cause Stock Market Runups? Evidence from the Great Crash," *American Economic Review* 98, 1370-1396.

Onishi. K., Y. Nishimura, N. Tsukada, I. Yamauchi, T. Shinbo, K. Nakamura and M. Kani (2012) "Standardization and Its Accuracy of the Japanese Patent Assignee Names", mimeo.

Popp, D. (2002) "Induced Innovation and Energy Prices," *American Economic Review* 92, 160-180.

Popp, D. (2002) “International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effects of NOX and SO2 regulation in the US, Japan, and Germany,” *Journal of Environmental Economics and Management* 51, 46-71.

Shane H. and M. Klock (1997) “The relation between patent citations and Tobin's q in the semiconductor industry,” *Review of Quantitative Finance and Accounting* 9, 131-146.

Toivanen O., Stoneman P., and D. Bosworth (2002) “Innovation and Market Value of UK Firms, 1989-1995,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 64, 39-61.

Verdolini E. and M. Galeotti (2011) “At home and abroad: An empirical analysis of innovation and diffusion in energy technologies,” *Journal of Environmental Economics and Management* 61, 119-134.

後藤晃・永田晃也 (1997) 「イノベーションの専有可能性と技術機会：サーベイデータによる日米比較研究」 *NISTEP Report*, no.48、科学技術政策研究所。

特許庁(2009)「平成 20 年度 重点 8 分野の特許出願状況調査報告書 環境他 4 分野」。

特許庁(2012)「国際特許分類指針 (2012 年バージョン)」。

文部科学省(2011)「科学技術要覧 平成 23 年度版」。

補論 1. 省エネ技術に関する特許検索式

本稿の分析で用いた特許データは、特許庁(2009)にある省エネ技術の特許検索式(表 A1)を利用して収集した。特許庁(2009)で示されているのは 10 分類であるが、整理したデータを確認したところ省エネの技術分野の中には出願件数がゼロとなる企業が多かったため、技術の連関性を考慮しながら 5 分類に再集計した(表 2)。データを再確認し、①分散型エネルギーシステム、②廃棄物エネルギーシステム、④燃焼技術の分類はそのまま用いることとした。直接発電技術、火力発電技術、電力貯蔵技術、電力ネットワーク技術については、③発電・電力システム技術として再集計した。また、熱回収技術、熱貯蔵技術、熱輸送技術については、⑤熱関連技術として再集計した。

表 A 1 を挿入

補論 2. 分析対象企業の産業別分布

本稿の分析対象は、1992 年から 2007 年度において、東証 1 部・2 部および大証 1 部・2 部に上場する製造業、鉱業、建築業、電力業、ガス業に属する企業である。経済産業研究所 JIP データベース 2011 の産出額デフレーターを利用するため、JIP 産業分類と日経業種分類の対応表を表 A 2 のように作成した。

表 A 2 を挿入

JIP 産業分類で分析対象の企業数および省エネ技術特許を 1 件以上出願した企業数の分布を整理したのが表 A 3 である。分析対象の企業が多い産業は、建築業(110 社)、一般産業機械業(103 社)、化学最終製品(88 社)等であり、企業数が少ない産業はその他の鉄鋼業(1 社)、重電機器業(3 社)、鉱業(4 社)、化学繊維業(4 社)等である。一方、省エネ技術特許を出願した企業が多い産業は、建築業(95 社)、ガス・熱供給業(7 社)、繊維製品(6 社)となっている。省エネ技術特許を出願した企業の割合が多い産業は、重電機器業(100%)、ガス・熱供給業(87.5%)、建築業(86.4%)であった。

表 A 3 を挿入

補論 3. ラグ付きの推計結果

表 A 4 は、バランスト・パネルを用いたことに伴う対象上場企業のセレクション・バイアスや、無形資産、有形資産の蓄積過程のダイナミクスに伴う内生性を考慮するため、推計モデル(4)の説明変数にすべて 1 期ラグをとった場合の推計結果である。表 4 で行った推計結果と基本的にはほぼ同様の結果が得られている。ただし、本節の推計によって個別の内生性への懸念が完全に払拭されているわけではない。

表 A 4 を挿入

図表

表 1 一次エネルギー供給 /GDP (石油換算トン/千米ドル、2000 年価格、購買力平価)

	1980	1990	2000	2010
日本	0.19	0.15	0.16	0.13
アメリカ	0.35	0.27	0.23	0.17
ドイツ	0.26	0.20	0.16	0.12
フランス	0.19	0.18	0.16	0.14
イギリス	0.22	0.17	0.15	0.10
韓国	0.24	0.22	0.23	0.19
OECD加盟国	0.26	0.21	0.19	0.15

表 2 省エネ特許の技術分類

再集計した5分類		特許庁(2009)の10分類
①	分散型エネルギーシステム関連技術	分散型エネルギーシステム
②	廃棄物エネルギーシステム関連技術	廃棄物エネルギーシステム
③	発電・電力系統技術	直接発電技術
		火力発電技術
		電力貯蔵技術
		電力ネットワーク技術
④	燃焼技術	燃焼技術
⑤	熱関連技術	熱回収技術
		熱貯蔵技術
		熱輸送技術

表 3 基本統計量

	サンプル数	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値
時価総額(百万円)	16,928	240,854	846,042	44,790	1,097	28,014,030
総資産(百万円)	16,928	229,845	718,397	55,732	168	14,297,627
トービンのQ	16,928	0.956	0.653	0.85	0.113	30.2
全出願特許ストック	16,928	1,425	6,379	125	0	102,918
省エネ技術を除く全出願特許ストック	16,928	1,419	6,357	125	0	102,409
省エネ技術関連出願特許ストック	16,928	6.03	32.8	0.0534	0	617
全出願特許を用いたスピルオーバープール(兆円)	16,928	1.78	1.27	1.89	0	5.83
省エネ技術関連スピルオーバープール(兆円)	16,928	0.205	0.58	0	0	3.72
売上高成長率	16,928	0.0201	0.227	0.011	-0.976	11.8
付加価値率	16,928	0.262	0.116	0.251	0	2.86
従業員数	16,928	2,433	5,568	926	6	81,488

表 4 トービンのQと出願特許ストック、スピルオーバー・プールの推計結果

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
特許ストック / 総資産	1.607*** (5.482)	0.782*** (2.835)					
省エネ技術を除く特許ストック / 総資産			0.767*** (2.748)	0.809*** (2.899)	0.906*** (3.255)	0.961*** (3.454)	0.807*** (2.881)
省エネ技術関連特許ストック / 総資産			-271.657*** (-9.173)	-267.096*** (-8.996)	-246.841*** (-8.235)	-240.459*** (-7.996)	-232.875*** (-7.689)
ln(スピルオーバープール)		0.048*** (37.637)	0.029*** (8.417)	0.028*** (8.310)	0.029*** (8.524)	0.029*** (8.401)	0.026*** (7.601)
ln(省エネ技術関連 スピルオーバープール)			0.024*** (6.603)	0.024*** (6.662)	0.016*** (4.505)	0.016*** (4.496)	0.015*** (4.096)
ln(売上高成長率)				0.071*** (7.602)		0.084*** (9.044)	0.082*** (8.746)
ln(付加価値率)					0.377*** (18.327)	0.391*** (18.980)	0.387*** (18.755)
ln(従業員数)							0.006*** (3.559)
年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
産業ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプル数	16928	16928	16928	16928	16928	16928	16928
決定係数	0.908	0.916	0.916	0.917	0.918	0.918	0.918

注1：括弧内はt値である。

注2：***は1%有意水準であることを示す。

注3：モデル[1]には特許ストックが0の場合に1を取るダミー変数を推計に含めている。

注4：モデル[2]には、特許ストックが0の場合に1を取るダミー変数に加えて、全出願特許から構成されたスピルオーバー・プールが0の場合に1を取るダミー変数を推計に含めている。

注5：モデル[3]～[7]には、省エネ技術関連特許ストックが0の場合に1を取るダミー変数、および省エネ技術関連スピルオーバーが0の場合に1を取るダミー変数を推計に含めている。

表 5 エネルギー価格を考慮した推計結果

	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
省エネ技術を除く特許ストック / 総資産	0.836*** (2.988)	0.877*** (3.134)	0.982*** (3.521)	1.037*** (3.715)	0.885*** (3.150)
省エネ技術関連特許ストック / 総資産	-451.317*** (-7.214)	-443.764*** (-7.080)	-446.105*** (-7.098)	-436.813*** (-6.935)	-423.497*** (-6.687)
省エネ技術関連特許ストック / 総資産 ×エネルギー価格	2.560*** (3.170)	2.517*** (3.114)	2.847*** (3.486)	2.805*** (3.430)	2.722*** (3.321)
ln(スピルオーバープール)	0.028*** (8.290)	0.028*** (8.186)	0.029*** (8.385)	0.028*** (8.265)	0.026*** (7.494)
ln(省エネ技術関連 スピルオーバープール)	0.024*** (6.687)	0.024*** (6.744)	0.017*** (4.591)	0.016*** (4.581)	0.015*** (4.189)
ln(売上高成長率)		0.071*** (7.577)		0.084*** (9.021)	0.082*** (8.733)
ln(付加価値率)			0.379*** (18.392)	0.392*** (19.043)	0.388*** (18.821)
ln(従業員数)					0.006*** (3.439)
年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
産業ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプル数	16928	16928	16928	16928	16928
決定係数	0.916	0.917	0.918	0.918	0.918

注1：括弧内はt値である。

注2：***は1%有意水準を示す。

注3：モデル8～12には、省エネ技術関連特許ストックが0の時に1を取るダミー変数、省エネ技術関連スピルオーバー・プールが0の時に1を取るダミー変数を推計に含めている。

注4：エネルギー価格はIMFの”Primary Commodity Prices”におけるエネルギー価格指数を用いた。

図 1 省エネ技術関連特許出願件数の推移

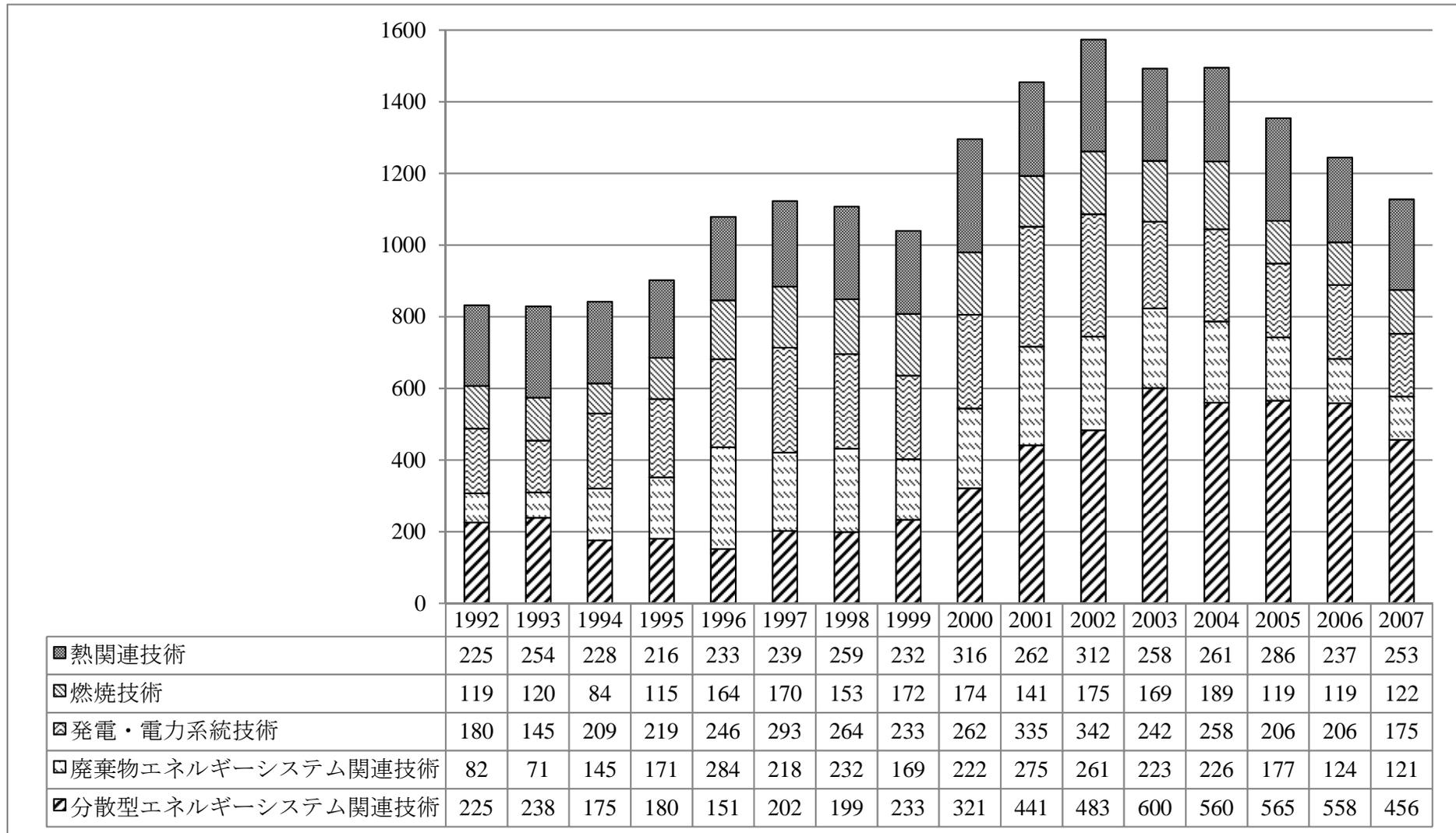


表 A 1 省エネ技術に関する特許検索式

tech1	分散型エネルギーシステム	#1 #2	WD=(分散型エネルギー+分散型発電+コジェネ+コージェネ) #1
tech2	廃棄物エネルギーシステム	#3 #4 #5 #6	IC=(C02F?+F23G?+C10L?+C10J?+F23K?+C21B5/?) WD=(発電+ガス化改質) WD=(廃棄物+ゴミ+ごみ+廃ゴム+廃プラスチック) #3*#4*#5
tech3	直接発電技術	#7 #8 #9	IC=(H01L35/?) WD=(発電) #7*#8
tech4	火力発電技術	#10 #11 #12 #13	IP=(C10J?+F02C?) WD=(排熱+排ガス+廃熱) WD=(発電) #10*#11*#12
tech5	電力貯蔵技術	#14 #15	IP=(H02J15/?) #14
tech6	電力ネットワーク技術	#16 #17 #18	IP=(H02J1/?+H02J3/?+H02J4/?+H02J5/?) WD=(負荷平準化+超高压+超低損失+系統連携) #16*#17
tech7	燃焼技術	#19 #20 #21	WD=(燃焼) WD=(高温空気+純酸素+CO2リサイクル+CO2回収) #19*#20
tech8	熱回収技術	#22 #23 #24 #25	WD=(熱) WD=(回収) WD=(カスケード利用+廃熱利用+排熱利用+自然熱利用+ケミカルヒートポンプ) #22*#23*#24
tech9	熱貯蔵技術	#26 #27 #28	IP=(C09K5/?+F24F5/?) WD=(潜熱蓄熱+氷蓄熱) #26*#27
tech10	熱輸送技術	#29 #30	WD=(熱輸送) #29
計		#31	#2*#6*#9*#13*#15*#18*#21*#25*#28*#30

表 A 2 JIP 産業分類と日経業種分類の対応表

J I P 産業分類	日経業種分類		
7 鉱業	237361 鉱業 (石炭)	237362 鉱業 (その他)	
8 畜産食料品	101007 食品 (ハム)	101009 食品 (乳製品)	
10 精穀・製粉	101003 食品 (製粉)		
11 その他の食料品	101002 食品 (砂糖)	101004 食品 (食油)	101005 食品 (酒類)
	101006 食品 (製菓・パン)	101008 食品 (調味料)	101010 食品 (その他)
12 飼料・有機質肥料	101001 食品 (飼料)		
15 繊維製品	103022 繊維 (絹紡績)	103023 繊維 (絹紡績)	103024 繊維 (毛紡績)
	103025 繊維 (繊維2次加工)	103026 繊維 (その他)	
18 パルプ・紙・板紙・加工紙	105041 パルプ・紙 (大手製紙)	105042 パルプ・紙 (その他)	
20 印刷・製版・製本	133321 その他製造 (印刷)		
22 ゴム製品	113121 ゴム (タイヤ)	113122 ゴム (その他)	
23 化学肥料	107062 化学 (肥料)		
24 無機化学基礎製品	107063 化学 (塩素・ソーダ)	107066 化学 (酸素)	
25 有機化学基礎製品	107064 化学 (石油化学)	107065 化学 (合成樹脂)	
27 化学繊維	103021 繊維 (化繊)		
28 化学最終製品	107061 化学 (大手化学)	107067 化学 (油脂・洗剤)	107068 化学 (化粧品・歯磨)
	107069 化学 (塗料・インキ)	107070 化学 (農薬・殺虫剤)	107071 化学 (その他)
29 医薬品	109081 医薬品 (大手医薬品)	109082 医薬品 (医家向医薬品)	109083 医薬品 (大衆向医薬品)
30 石油製品	111101 石油 (石油精製及び販売)	111102 石油 (石炭石油製品)	
32 ガラス・ガラス製品	115141 窯業 (ガラス)		
33 セメント・セメント製品	115142 窯業 (セメント一次)	115143 窯業 (セメント二次)	
34 陶磁器	115144 窯業 (陶器)		
35 その他の窯業・土石製品	115145 窯業 (耐火煉瓦)	115146 窯業 (カーボン・その他)	
36 鉄鉄・粗鋼	117161 鉄鋼 (鉄鋼一貫)	117162 鉄鋼 (平電炉)	117163 鉄鋼 (特殊鋼)
	117164 鉄鋼 (合金鉄)	117165 鉄鋼 (铸造鍛鋼)	
37 その他の鉄鋼	117167 鉄鋼 (その他)		
38 非鉄金属製錬・精製	119181 非鉄・金属 (大手精錬)	119182 非鉄・金属 (その他精錬)	
39 非鉄金属加工製品	119183 非鉄・金属 (アルミ加工)		
40 建設・建築用金属製品	119185 非鉄・金属 (鉄骨・鉄塔・橋梁)		
41 その他の金属製品	119186 非鉄・金属 (その他金属製品)		
42 一般産業機械	121201 機械 (工作機械)	121202 機械 (プレス機械)	121203 機械 (繊維機械)
	121204 機械 (運搬・建設・内燃機)	121205 機械 (農業機械)	121206 機械 (化工機械)
	121207 機械 (マシン・編機)	121208 機械 (軸受)	121209 機械 (事務機)
	121210 機械 (その他)		
44 その他の一般機械	121210 機械 (その他)		
46 重電機器	123221 電気機器 (重電)		
47 民生用電子・電気機器	123222 電気機器 (家庭電器)		
49 通信機器	123223 電気機器 (通信機)		
50 電子応用装置・電気計測器	123226 電気機器 (制御機器)		
52 電子部品	123224 電気機器 (電子部品)	123225 電気機器 (電子部品)	
53 その他の電気機器	123227 電気機器 (電池)	123228 電気機器 (自動車関連)	123229 電気機器 (その他)
54 自動車	127261 自動車 (自動車)		
55 自動車部品・同付属品	127262 自動車 (自動車部品)	127263 自動車 (車体・その他)	
56 その他の輸送用機械	125241 造船 (造船)	129281 その他輸送用機器 (車輛)	129282 その他輸送用機器 (自転車)
	129283 その他輸送用機器 (その他)		
57 精密機械	131301 精密機器 (時計)	131302 精密機器 (カメラ)	131303 精密機器 (計器・その他)
59 その他の製造工業製品	133322 その他製造 (楽器)	133323 その他製造 (建材)	
	133325 その他製造 (その他)		
60 建築業	241401 建設 (大手建設)	241402 建設 (中堅建設)	241403 建設 (土木・道路・しゅんせつ)
	241404 建設 (電設工事)	241405 建設 (住宅)	241406 建設 (その他)
62 電気業	267661 電力 (電力)		
63 ガス・熱供給業	269681 ガス (ガス)		

表 A 3 産業別の分析対象企業数分布

産業分類 (JIP)	企業数(A)	うち、省エネ技術特許を出願した企業数(B)	省エネ技術特許を出願した企業の割合(B/A)
鉱業	4	3	75.0%
畜産食料品	12	0	0.0%
精穀・製粉	6	0	0.0%
その他の食料品	52	2	3.8%
飼料・有機質肥料	5	0	0.0%
繊維製品	40	6	15.0%
パルプ・紙・板紙・加工紙	14	0	0.0%
印刷・製版・製本	10	0	0.0%
ゴム製品	17	0	0.0%
化学肥料	5	0	0.0%
無機化学基礎製品	10	0	0.0%
有機化学基礎製品	25	0	0.0%
化学繊維	4	0	0.0%
化学最終製品	88	3	3.4%
医薬品	30	0	0.0%
石油製品	9	0	0.0%
ガラス・ガラス製品	5	0	0.0%
セメント・セメント製品	13	0	0.0%
陶磁器	6	1	16.7%
その他の窯業・土石製品	14	0	0.0%
銑鉄・粗鋼	41	3	7.3%
その他の鉄鋼	1	0	0.0%
非鉄金属精錬・精製	9	0	0.0%
非鉄金属加工製品	19	2	10.5%
建設・建築用金属製品	12	2	16.7%
その他の金属製品	35	0	0.0%
一般産業機械	103	2	1.9%
その他の一般機械	46	3	6.5%
重電機器	3	3	100.0%
民生用電子・電気機器	14	1	7.1%
通信機器	20	3	15.0%
電子応用装置・電気計測器	21	0	0.0%
電子部品	66	0	0.0%
その他の電気機器	36	4	11.1%
自動車	12	3	25.0%
自動車部品・同付属品	41	1	2.4%
その他の輸送用機械	16	2	12.5%
精密機器	26	1	3.8%
その他の製造工業製品	40	0	0.0%
建築業	110	95	86.4%
電気業	10	4	40.0%
ガス・熱供給業	8	7	87.5%
合計	1058	151	14.3%

※持株会社は分析対象企業から除いている。企業名に「ホールディング」を含む企業を持株会社と定義した。ただし、この定義で全ての持株会社を捕捉することはできない。今後の課題となろう。

表 A 4 説明変数にラグをとった推計結果

	[A1]	[A2]	[A3]	[A4]	[A5]	[A6]	[A7]
特許ストック / K	1.976*** (6.668)						
省エネ技術を除く特許ストック / K		1.379*** (4.656)	1.214*** (4.109)	1.263*** (4.274)	1.315*** (4.466)	1.375*** (4.673)	1.295*** (4.358)
省エネ技術関連特許ストック / K			-291.920*** (-8.947)	-286.773*** (-8.771)	-273.345*** (-8.318)	-266.539*** (-8.090)	-261.902*** (-7.897)
ln(スピルオーバープール)		0.038*** (9.066)	0.032*** (7.667)	0.032*** (7.528)	0.035*** (8.273)	0.034*** (8.144)	0.033*** (7.675)
ln(省エネ技術関連 スピルオーバープール)			0.037*** (4.782)	0.037*** (4.744)	0.037*** (4.850)	0.037*** (4.810)	0.036*** (4.629)
ln(売上高成長率)				0.086*** (8.699)		0.098*** (10.001)	0.097*** (9.864)
ln(付加価値率)					0.356*** (16.088)	0.372*** (16.836)	0.370*** (16.675)
ln(従業員数)							0.003* (1.724)
年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
産業ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプル数	14812	14812	14812	14812	14812	14812	14812
決定係数	0.915	0.915	0.916	0.916	0.917	0.918	0.918

注 1：括弧内は t 値である。

注 2：*は 10%、***は 1%有意水準を示す。

注 3：モデル[A1]には特許ストックが 0 の場合に 1 を取るダミー変数を推計に含めている。

注 4：モデル[A2]には、特許ストックが 0 の場合に 1 を取るダミー変数に加えて、全出願特許から構成されたスピルオーバー・プールが 0 の場合に 1 を取るダミー変数を推計に含めている。

注 5：モデル[A3]～[A7]には、省エネ技術関連特許ストックが 0 の場合に 1 を取るダミー変数、および省エネ技術関連スピルオーバーが 0 の場合に 1 を取るダミー変数を推計に含めている。