

自由化と電気事業の効率化に関する実証分析

- 潜在的競争圧力の効果を中心として -

服部 徹*

(財)電力中央研究所・社会経済研究所

2006年7月

要旨

本稿では、1990年代後半に始まる自由化の進展によって、潜在的な競争圧力が電気事業の効率化に与えた影響について、費用関数の推定と電気料金の回帰分析による実証分析を行った。潜在的競争圧力として、主に、自由化対象の需要家の存在、自家発電の存在、そして他の一般電気事業者の存在を考え、適当な代理変数を用いて、これらが費用の削減や電気料金の引き下げに与えた影響を分析した。その結果、いくつかの潜在的な競争圧力が、自由化の進展に伴って、有意に働いていることを確認した。産業用大口需要家の存在は、自由化以前から競争圧力として働いて、すでに一定の効果をもたらしてきた可能性があるが、自由化の進展で、競争圧力としての存在がさらに高まったとはいえ、むしろ相対的には小さくなりつつある可能性がある。他方、自由化の進展に伴う需要家からの潜在的競争圧力としては、業務用の需要家の存在が大きくなっている可能性がある。また、自家発電の存在は、それが費用を削減する形で現れてないという意味では競争圧力として働いているということとはできないが、電気料金は、費用の変化に関わらず、自家発電の存在によって引き下げられており、この点において競争圧力として働いている可能性は否定できない。また、一般電気事業者同士では直接競争がほとんど行われていないが、他社の存在も、卸電力の取引を通じて費用の削減を促しているという点で、競争圧力として働いている可能性がある。

* 〒201-8511 東京都狛江市岩戸北 2-11-1 Tel.03-3480-2111 Fax. 03-3480-3492

1. はじめに

平成 16 年度の電力市場の競争評価を行った競争環境整備小委員会エネルギーワーキンググループ（以下、EWG）では、新規参入者（PPS）のシェアが、地域差はあるものの、全体でまだ数パーセントにとどまっていることや、一般電気事業者間の直接競争がほとんど行われていないことについて懸念が示された一方、一般電気事業者において経営効率化が進み、自由化対象の需要家のみならず規制下の需要家の電気料金も着実に下がっていることから、様々な形で潜在的な競争圧力が働いている可能性が指摘された。ただし、一般電気事業者の効率化に関しては、自由化以外の要因による費用削減の効果もあるとの指摘もある上、実際にどのような競争圧力がどの程度働いたのかについては、詳細な分析はなされていない。また、電気料金の低下に関しては、費用の削減度合いと比べて評価すべきであり、価格と（限界）費用の乖離をみるべきとの意見もあるが、そのような分析もなされていない。

潜在的競争圧力が、一般電気事業者の費用削減や料金の引き下げにおいて、どの程度働いているのかを検証するためには、一定の前提条件の下に構築される計量モデルを用いた実証分析が有効である。そこで本稿では、一般電気事業者の公開データを用いて、自由化の進展が潜在的競争圧力を通じて、費用の効率化と料金の引き下げに与えた影響について実証分析を行う。特に、経済理論と整合性のある費用関数を推定し、どのような競争圧力によって費用の削減が進んだのかを分析するとともに、電気料金の回帰分析によって、潜在的競争圧力が、費用の削減とは別に、電気料金を引き下げる要因としても働いたのかどうかを分析する。

2. 先行研究のレビュー

これまでに、部分自由化後のわが国電気事業の効率化について分析した研究としては、伊藤・依田・木下(2004)および戒能(2005)がある。伊藤他(2004)では、トランスログ型の費用関数を推定し、自由化による技術的効率性の変化を分析している¹。その結果、費用水準は、1996 年以降の発電分野の自由化により約 7.5% 低下、2000 年以降の小売の部分自由化により約 11.8% 低下したことを示した。戒能(2005)は、電気事業の営業費用の費目別に回帰分析を行い、自由化による費用低減効果を集計している。その結果、2003 年度までの過去 15 年間における費用低減の約 4 割が自由化の影響によるものであることを示した。したがって、すでに複数の実証研究で、自由化が費用の削減に一定の効果をもたらしていることが示唆されている。

ただし、これら 2 つの先行研究では、自由化の影響については、基本的に期間ダミーの

¹ ここで、トランスログ型の費用関数とは、真の費用関数の対数の二次の項までのテイラー近似として与えられるものである。また、技術的効率性の変化とは、労働や資本などの投入要素の比率を変えずに削減しうる費用の変化のことである。

係数によって分析されている。すなわち、1996 年以降 1 の値をとるダミー変数を用いて、発電分野の自由化の効果をとらえ、2000 年以降 1 の値をとるダミー変数を用いて、小売の部分自由化の効果をとらえようとしたものである。この方法は、制度変更後の一定の効果を捉えようとするもので、例えば規制緩和の効果などを検証する際にはしばしば用いられる方法である。しかしながら、この方法に問題がないわけではない。一つは、期間ダミー変数が、自由化以外の期間特有の効果も含んでしまい、結果的に自由化の効果を過小評価ないしは過大評価する可能性があるということである。また、ダミー変数の係数そのものが、自由化の効果を表すとしても、具体的に、どのような要因によって効果を及ぼしたのかが特定できない、という意味での限界もある。仮に期間ダミー変数が有意でない場合、自由化による複数の要因が互いに打ち消しあっているのか、どの要因も有意な影響を持たないためなのかを区別することはできない。さらに、自由化の影響が実際に生じるのは、制度変更のタイミングと必ずしも一致しておらず、以前から公表されていた変更であれば、その影響は実際の変更の時よりも前に現れるかもしれない一方で、現実には様々な調整に時間がかかり、遅れを伴って現れる場合もある。

そこで本稿では、以下に説明するように、期間ダミー変数を用いない方法を用いて、費用の削減や料金の引き下げにおける自由化の効果を分析する。具体的には、自由化で、複数の潜在的競争圧力が働くようになると考え、それぞれを適当な代理変数で捉えた上で、その推定パラメータに基づく分析を行う。また、分析結果が、実際の制度変更のタイミングに依存しないようなモデルを構築し、潜在的競争圧力がサンプル期間を通じて及ぼした影響に着目した分析を行う²。

また、2 つの先行研究では、一般電気事業者の費用の削減と電気料金の引き下げの対応関係について述べられているものの、その変化について、直接、統計的な分析を行っているわけではない。本稿では、費用の削減と電気料金についても、回帰分析を行い、費用の削減を通じた料金の引き下げに加えて、潜在的競争圧力が、さらに料金を引き下げるように働いていたのかどうかについて分析を行う。

3. 分析手法

3.1. 分析の枠組み

本稿では、電力の自由化による一般電気事業者の経営効率化について、大きく分けて 2 つの実証分析を行う。ひとつは、費用関数を推定して、潜在的競争圧力が一般電気事業者の費用の効率化に与えた影響をみるための分析である。もうひとつは、潜在的競争圧力が、その料金設定に与えた影響をみるための分析である。

これら 2 つの分析を行うのは、図 1 に示すように、自由化に対する一般電気事業者の対応を単純化すれば、費用削減と価格（料金）設定に分けられるためである。図 1 の左下に

² もっとも、このようなアプローチが先行研究のアプローチと比べて優れているというわけではなく、先行研究の分析を補完するようなアプローチをとるということに過ぎない。

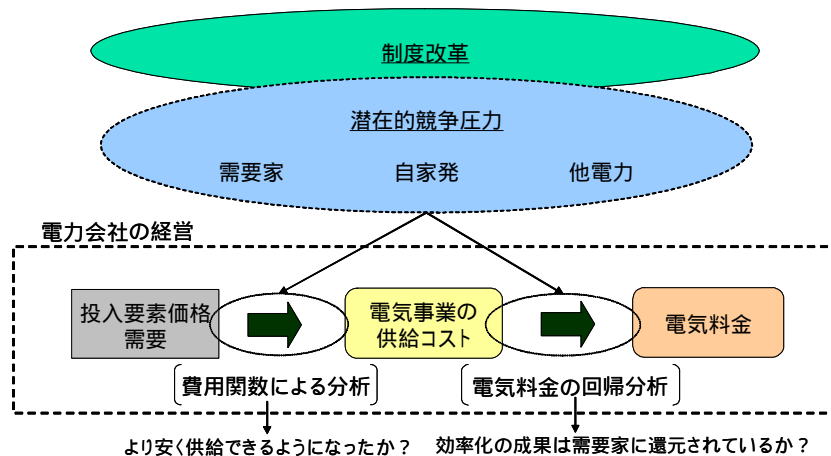


図 1. 分析のイメージ

示すように，一般電気事業者は，資本や労働，および燃料などの投入要素の価格と需要を与件として，電力供給を行っていると考えられる。この時，費用最小化行動をとるものとされるが，現実には，非効率も発生する。しかし，自由化によって，様々な競争圧力が働き，そうした非効率を少なくするという意味で，効率化を促すと考えられる。本稿では，この費用の効率化を分析するため，伊藤他(2004)と同様，経済理論と整合性のある費用関数を推定し，競争環境下で一般電気事業者の費用の削減がどのように実現しているかを推定する。

一般電気事業者は，また，図 1 の右下に示すように，需要家に電気を販売するための料金を設定する。規制下では，総括原価主義に基づいて，電気料金が実際に発生する費用と乖離しないように決められるが，自由化されると，基本的には一般電気事業者が自由に料金を設定できるようになる。ここで，競争圧力が十分に働かなければ，利潤を追求する企業行動としては当然のことながら，料金をより高く設定する誘因が働く。この場合，費用の削減が行われていれば，その分，一般電気事業者がより大きな利潤を得て，需要家の便益は小さくなる。一方，競争圧力が十分に働いていれば，費用の削減の程度とは別に，競争相手を意識した料金の引き下げが行われるであろう。本稿では，こうした料金と費用の関係を分析するため，料金の回帰分析を行い，競争環境下で料金と費用の乖離がどの程度縮小しているかを推定する。

したがって，本稿では，二つの分析を通じて，まず一般電気事業者が十分な費用削減努力をしているのかどうか，そして，自由化対象の需要家および規制対象の需要家の料金が費用の削減に応じて十分に下がっているのかどうか，を評価する。なお，諸外国の先行研究では，これらを一つのモデルで同時に分析する試みもあるが，本稿では，個別に分けて分析を行う。

3.2. 潜在的競争圧力に関する考察

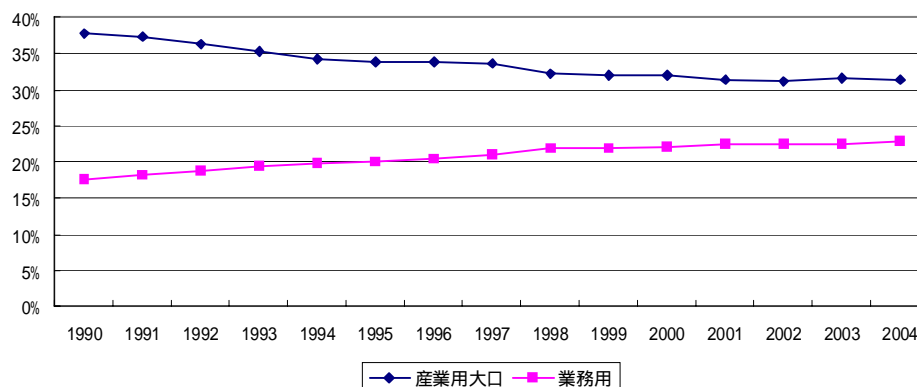
本稿の分析の特徴は，平成 16 年度の EWG の議論を踏まえ，一般電気事業者は，自由化

によって、新規参入者である PPS との顕在的な直接競争の他に、さまざまな潜在的競争圧力からも、経営効率化に対する影響を受けていると捉えようとするところにある。本稿では、EWG の議論を参考に、大きく分けて3つのタイプの潜在的競争圧力を考えることとした。具体的には、(1)自由化対象の需要家の存在、(2)自家発の存在、そして、(3)他の一般電気事業者の存在である。分析では、これらの潜在的競争圧力を何らかの代理変数によって取り入れるが、以下では、それぞれの競争圧力を選んだ理由や、用いる代理変数に伴う問題点などについて述べる。

(1) 自由化対象の需要家の存在

まず、自由化対象の需要家の存在は、EWG において指摘されているように、実際に供給者を切り替えていなくても、潜在的に競争圧力として働いている可能性がある。平成 17 年度までに、低圧を除く、すべての需要家が自由化対象となっているが、その中で、産業用大口の需要家は、自家発の導入など代替手段を有する可能性も高く、他のエネルギーとの競争においても交渉力を有する可能性があり、潜在的競争圧力としては重要な存在と見ることができる。そこで、本稿の分析では、そのような需要家に依存する会社ほど効率化が促されると考えて、産業用大口需要家の需要のシェアを需要家からの潜在的競争圧力の一つの代理変数とする。しかし、産業用大口需要家からの競争圧力を考える場合には、最近の自由化以前から一般電気事業者に効率化を促してきた可能性もあるということに留意しなければならない。また、産業用大口の需要家のシェアが高いほど、流通の設備形成の違いから、競争圧力とは無関係に費用の低減につながっているかもしれないという点にも留意する必要がある。

また、部分自由化後に、実際に新規参入者が供給しているのは、主に業務用特高需要であることを考えると、最近において潜在的競争圧力として働いている可能性が高いのは、むしろ業務用大口需要家かもしれない。そこで、総需要量に占める業務用大口需要家のシェアをもう一つの代理変数とすることが考えられる。しかしながら、公開データでは、業



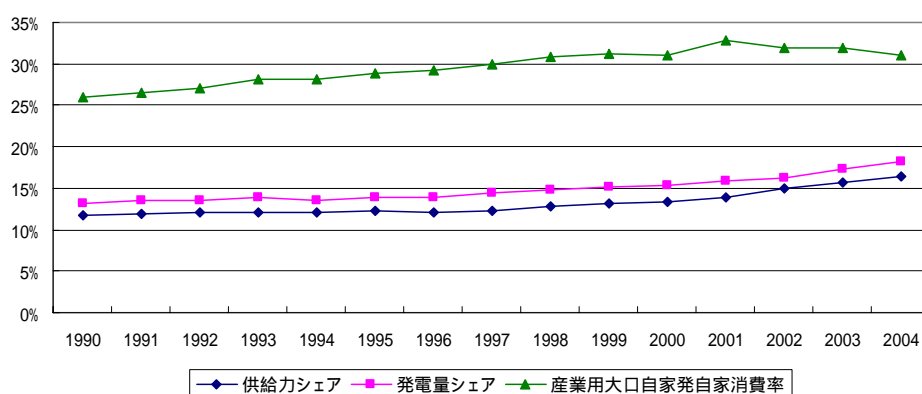
出所：電気事業便覧より電力中央研究所にて作成

図 2. 販売電力量に占める産業用大口需要および業務用需要（推定値）の割合

業務大口需要家のシェアを計算することはできない。そこで、代替案として、業務用大口需要家からの競争圧力の代理変数として、業務用需要家のシェアを用いる。ただし、1999年以降、業務用の需要量に関する正確なデータは得られないため、本稿では、2004年度までに新規参入者が産業用需要家に供給している割合は無視できるほど小さいという前提で、電力需要から、産業用大口、産業用小口、およびその他電力を差し引いたものを業務用需要として推定した。産業用大口需要のシェアと業務用需要のシェアは、(負の)相関が高くなるため、費用関数などの推定において、これら2つの代理変数を用いる場合には留意が必要である。図2は、本稿で分析するサンプル期間中の産業用大口需要と業務用需要の販売電力量に占めるシェアの推移である。前者は、時系列では緩やかに減少しているが、後者は逆に増加している。

(2) 自家発の存在

わが国の一般電気事業者に対する競争圧力を考える際には、自家発の存在を無視することはできないであろう。自家発そのものは、潜在的な競争圧力というよりは、すでに顕在化している競争圧力ともいえる。しかし、一方で、多くのPPSが、電源調達的手段として自家発余剰電力を利用していることを考えると、PPSの参入を促す潜在的な競争圧力という側面もある。本稿の分析においては、自家発が多くなるほど競争圧力が高まるものとして、自家発のシェアを競争圧力の代理変数の一つとする。自家発のシェアは、具体的には、供給力ベースで考えることもできるし、発電電力量ベースで考えることもできるが、潜在的な圧力として考えるのであれば、供給力ベースでとらえるのが適当かもしれない。図3は、自家発のシェアの推移を供給力におけるシェア、発電電力量におけるシェア、さらに、産業用大口需要のうち、自家発自家消費の割合で示したものである。いずれでみても、自家発のシェアは、2000年以降増加していることが分かる。



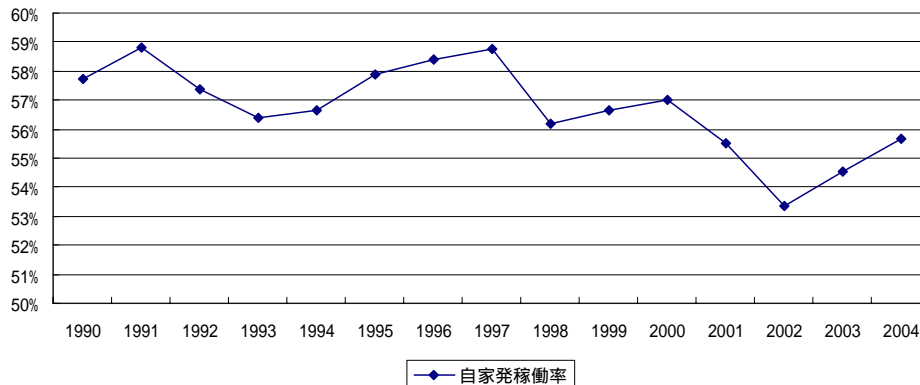
供給力シェア：自家発最大出力 / (一般電気事業者の発電設備最大出力 + 自家発最大出力)

発電量シェア：自家発電電量 / (販売電力量 + 自家発電電量)

産業用大口自家発自家消費率：産業用大口自家発自家消費 / 産業用大口使用電力量

出所：電気事業便覧各年版より電力中央研究所にて作成

図3. 計算方法別にみた自家発のシェア



出所：電気事業便覧各年版より電力中央研究所にて作成

図 4. 自家発電稼働率（自家発電電量 / [8760*自家発電最大出力]）

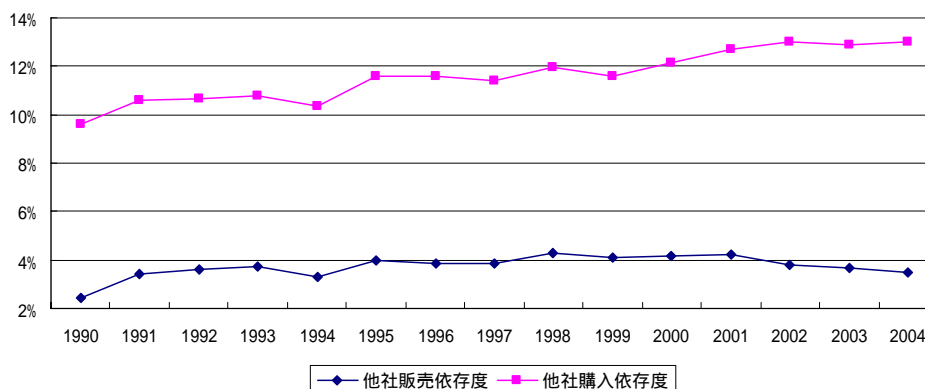
また、自家発電そのものの潜在的競争圧力としては、シェアではなく、その稼働率でとらえることも考えられる。自家発電の稼働率の高さは、自家発電の新たな設備投資を促すシグナルとして働く可能性があると考えられるからである。換言すれば、これは、将来の自家発電からの潜在的競争圧力を示すものといえよう。したがって、本稿では、自家発電の稼働率も潜在的競争圧力の代理変数の一つとする。図 4 は、自家発電の稼働率の推移を示したものであるが、わが国全体では過去 15 年間、上昇と下降のサイクルを繰り返しながらも、緩やかに減少している。

自家発電の存在を競争圧力として考える際の問題は、自家発電のシェアが高い供給区域では、一般電気事業者の効率の低さが自家発電を促進した結果とみることもでき（鳥居, 1994）、原因と結果の関係が複雑になっていることである。また、自家発電の稼働率も、一般電気事業者の効率性に依存する可能性があるため、原因と結果の関係については、十分に検討しなければならない。逆に、生産工程に組み込まれて発電する自家発電などでは、その稼働方針は一般電気事業者の効率性とは無関係であるとすれば、それは必ずしも競争圧力とはならないという点にも留意が必要である。さらに、自家発電の増加は、前提条件によっては、不経済なバイパスとして供給コストの増加につながり³、競争圧力による費用低減効果を相殺してしまう可能性もある。このことは、費用効率性への影響を考える場合には、特に留意しなければならない。

(3) 他の一般電気事業者の存在

潜在的競争圧力として、本稿で最後に考えるのは、他の一般電気事業者の存在である。平成 17 年度末の時点で、一般電気事業者による区域外の自由化対象需要家への直接供給はほとんど行われていない。しかしながら、一般電気事業者同士は、融通や他社販売を通じ

³ 一般に、独占企業と競合する代替供給源をバイパスと呼び、自家発電は電力市場におけるバイパスとみなすことができる。バイパスが急増すると、一般電気事業者の販売電力量当りの設備投資コストの負担が大きくなる可能性がある。バイパスの経済性に関する議論については、松川(1995)を参照されたい。



他社販売依存度： $([\text{他社販売} + \text{地帯間販売}] \text{電力料}) / ([\text{他社販売} + \text{地帯間販売}] \text{電力料} + \text{電灯料} + \text{電力料})$
 他社購入依存度： $([\text{他社購入} + \text{地帯間購入}] \text{電力料}) / (\text{電灯料} + \text{電力料})$

出所：電気事業便覧各年版より電力中央研究所にて作成

図 5. 他社販売依存度と他社購入依存度

て、すでに区域外供給を行っているとも見ることが出来る。したがって、そのような取引を通じて、他の一般電気事業者からの競争圧力が働いている可能性はある。ここで、具体的には 2 つの可能性を考えることができる。まず、他社の存在を卸売（発電）市場で見た場合、他社への販売に依存している一般電気事業者にとって、販売先の一般電気事業者の存在は、需要家としての競争圧力として働いている可能性がある。そこで、本稿では、収入面での他社販売への依存度が高いほど、他社からの潜在的競争圧力が高くなっていると考え、販売電力収入と他社販売収入の合計に占める他社販売収入のシェアをその代理変数として考えることにする。もう一つは、他社の存在を最終需要家の小売市場で見た場合で、他社からの購入に依存している一般電気事業者は、購入している分だけシェアを奪われているとみることが出来る。したがって、他社からの購入依存度が高いほど競争圧力が働いている可能性がある。そこで本稿では、販売電力収入に占める購入電力費の割合を他社からの潜在的競争圧力のもう一つの代理変数として考えることにする。図 5 は、他社販売依存度と他社購入依存度の推移をそれぞれ示したものである。他社からの購入および他社への販売は、連系線容量などで、短期的には、ある程度外生的に決まってくると考えられる。なお、他社販売は、基本的に他の一般電気事業者への販売となるが、他社購入には、電源開発や日本原子力発電という卸電気事業者からの購入を含む。

4. 費用関数による効率化の分析

4.1. 費用関数のモデルと推定方法及びデータ

費用関数は、企業の費用最小化行動を前提として、投入要素価格と需要量が与えられたときの最小費用を表すものである。今、需要量 y に対して、一般電気事業者は投入要素 $i=1, \dots, N$ を用いて供給を行っているとしよう。具体的には、一般電気事業者が用いる投入要素は、資本、労働、燃料の 3 つとし、販売電力量 (MWh) を需要量とみなす。投入要素 i の価格

を w_i とすれば、費用関数は $C(w_i, y)$ である。利用するサンプルが一定の期間を有する場合には、技術進歩等による費用の経年変化をタイムトレンド t によって考慮して、費用関数は $C(w_i, y, t)$ となる。

しかしながら、現実の費用は、一般電気事業者にとって制御不可能な経営環境の違いによっても影響を受ける。例えば、需要家密度や負荷率の違いであり、そして短期においては電源構成の違いなども含まれる。これら技術的環境要因を z_h ($h=1, \dots, H$) として、その影響を考慮した費用関数を $C(w_i, y, t; z_h)$ とする。

さらに本稿では、現実の費用の一部には、非効率性によって追加的に発生した費用があり、効率化努力で削減可能な部分があるものと仮定する。このような非効率性は、制度の変更や競争圧力といった要因で変化するものと考えられるが、本稿では、特に潜在的競争圧力によってこうした費用の削減が行われ、効率化が進むと考える。本稿では、費用関数をシフトさせる要因として、このような影響を受ける部分を考慮する。今、潜在的競争圧力（の代理変数）を x_k ($k=1, \dots, K$) として、シフト項を $A(x_k)$ とすれば、現実の費用 C^A と費用関数の関係は次のように表せる。

$$C^A = A(x_k) \cdot C(w_i, y, t; z_h) \quad (1)$$

上の式は両辺の対数をとれば

$$\ln C^A = \ln A(x_k) + \ln C(w_i, y, t; z_h) \quad (2)$$

という形にすることができる。

3章で触れたように、本稿において代理変数でとらえているところの潜在的競争圧力は、自由化に伴って、費用や料金の低減を促す効果だけでなく、費用構造の違いによる効果や、因果関係が必ずしもはっきりしない場合と適切に区別しなければならない。そこで本稿では、そのような区別のために、潜在的競争圧力に関するシフト項を次のように、固定的部分と時間に依存する部分とに分ける。

$$\ln A(x) = \sum_k (\gamma_k \ln x_k + \gamma_{kt} \ln x_k \cdot t) \quad (3)$$

この場合、パラメータ γ_k は、各代理変数が費用に与える固定的な効果をとらえる。すなわち、自由化の進展などとは関係なく、もともと代理変数 x_k が何らかの理由で費用に影響を与える部分である。また、パラメータ γ_{kt} は、代理変数が費用に与える効果のうち、時間とともに変化する部分をとらえる。本稿で利用するデータのサンプル期間（1990年～2004年）の時間の経過そのものが自由化の進展を表すものと考えれば、そのパラメータが負の場合、

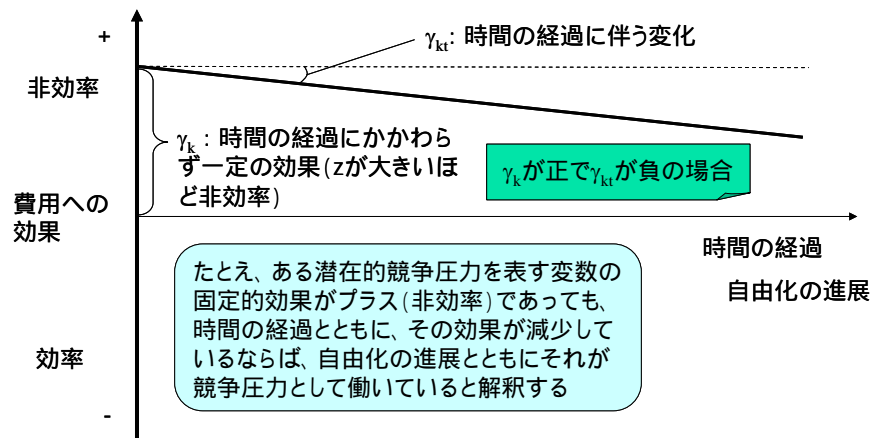


図 6. 潜在的競争圧力の効果の考え方

代理変数 x_k による競争圧力は、自由化の進展とともに働いて、経営の効率化を促したと解釈することができる。例えば、費用の効率化の分析で、ある潜在的競争圧力 k (を示す代理変数) に関して、 γ_k が正の値をとり、 γ_{kt} が負の値をとった場合の結果のイメージは図 6 に示すようになる。これは、潜在的競争圧力はもともと何らかの理由で一般電気事業者の費用を増加させる要因となっているのだが、時間の経過とともに費用を削減する要因として働いており、自由化の進展に伴って競争圧力として働いたと解釈できるケースである。ある潜在的競争圧力が、サンプル期間を通じて、一定の圧力として働いた場合には、パラメータ γ_k は負の値となるが、 γ_{kt} は負の値にならないかもしれない。これは、自由化が進展しなかったとしても存在していた競争圧力である可能性を示すものである。したがって、(3) 式のようなモデル化は、ある潜在的競争圧力による効果が自由化によってあらわれるようになったものなのか、自由化とは無関係に存在するものだったのかをある程度区別するのにも有用である。

費用関数の部分については、トランスログ型をベースとした定式化を行う⁴。

$$\begin{aligned}
 \ln C(w_i, y, t; z) = & \alpha_0 + \sum_i \beta_i \ln w_i + \beta_y \ln y + \beta_t \ln t \\
 & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \\
 & + \sum_i \beta_{iy} \ln w_i \ln y + \sum_i \beta_{it} \ln w_i \cdot t + \beta_{yt} \ln y \cdot t \\
 & + \sum_h \beta_{Eh} \ln z_h
 \end{aligned} \tag{4}$$

⁴ 技術的環境要因は、対数をとって一次の項だけを含めている。これは、環境要因について、投入要素価格や需要との間の分離可能性を仮定するということである。

ただし、費用関数の投入要素価格に関する一次同次性および対称性を満たすように、あらかじめ以下のパラメータ制約を課す。

$$\sum_i \beta_i = 1, \sum_i \beta_{iy} = 0, \sum_i \beta_{it} = 0, \beta_{ij} = \beta_{ji}$$

したがって、誤差項 ε を加えて最終的に推定する費用関数モデルの推定式は、(2)式より、以下ようになる。

$$\begin{aligned} \ln C^A = & \alpha_0 + \sum_i \beta_i \ln w_i + \beta_y \ln y + \beta_t \ln t \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \\ & + \sum_i \beta_{iy} \ln w_i \ln y + \sum_i \beta_{it} \ln w_i \cdot t + \beta_{yt} \ln y \cdot t \\ & + \sum_h \beta_{Eh} \ln z_h + \sum_k \gamma_k \ln x_k + \sum_k \gamma_{kt} \ln x_k \cdot t + \varepsilon \end{aligned} \quad (5)$$

費用関数モデルの推定は、費用関数からシェパードの補題を用いて得られるコストシェア方程式とともに、繰り返し見かけ上無相関推定を行う (Zellner, 1962)。投入要素 i のコストシェアを s_i とすると、コストシェア方程式の推定式は次のようになる。

$$s_i = \beta_i + \sum_j \beta_{ij} \ln w_j + \beta_{iy} \ln y + \beta_{it} t + v \quad (6)$$

ただし、コストシェアの和が 1 となるため、3 つのコストシェア方程式のうち、資本と燃料のコストシェア方程式を推定式に含める。

費用関数モデルの推定に用いるデータは次のとおりである。総費用は、人件費と燃料費および資本費から構成されている。人件費は退職給与金を含まない。また、燃料費は、汽力発電の燃料費で、原子力発電の燃料費は資本費扱いとしている。産出量には、販売電力量を用いる。なお、これらのデータは全て平均値で基準化したものを用いる。

投入要素の単価は、それぞれ次のように推定する。まず労働価格は、退職給与金を除いた人件費を従業員数で除して求める。ただし、伊藤他 (2004) と同様、委託検針と委託集金の人員を考慮した調整を行う。燃料価格は、汽力発電燃料費を汽力発電電力量で除して求める。資本価格は、議論のあるところであるが、複数の方法がある。一つはジョルゲンソン型の利用者コストを用いる方法である。本稿では、最も基本的な定義に従って、次のような利用者コストを用いる。

表 1. トランスログ型費用関数の推定結果

モデルA				モデルB			
	推定値	標準誤差	t-値		推定値	標準誤差	t-値
β_0	14.620	0.177	82.480	β_0	14.129	0.220	64.113
β_K	0.699	0.009	81.157	β_K	0.698	0.009	80.649
β_M	0.152	0.008	19.236	β_M	0.154	0.008	19.664
β_L	0.149	0.003	47.063	β_L	0.148	0.003	46.392
β_Y	0.970	0.018	54.455	β_Y	0.945	0.018	53.818
β_T	0.006	0.013	0.515	β_T	0.004	0.017	0.258
β_{KK}	0.151	0.015	10.262	β_{KK}	0.152	0.015	10.380
β_{KM}	-0.065	0.014	-4.664	β_{KM}	-0.067	0.014	-4.865
β_{KL}	-0.086	0.006	-14.125	β_{KL}	-0.085	0.006	-13.971
β_{KY}	0.012	0.003	3.882	β_{KY}	0.013	0.003	4.151
β_{KT}	0.006	0.001	6.035	β_{KT}	0.006	0.001	6.098
β_{MM}	0.071	0.015	4.761	β_{MM}	0.070	0.015	4.763
β_{ML}	-0.006	0.003	-2.293	β_{ML}	-0.003	0.003	-1.262
β_{MY}	0.005	0.003	1.714	β_{MY}	0.005	0.003	1.521
β_{MT}	-0.002	0.001	-2.159	β_{MT}	-0.002	0.001	-2.450
β_{LL}	0.092	0.006	14.349	β_{LL}	0.089	0.007	13.539
β_{LY}	-0.017	0.001	-22.901	β_{LY}	-0.017	0.001	-22.996
β_{LT}	-0.004	0.000	-9.896	β_{LT}	-0.004	0.000	-9.495
β_{YY}	-0.027	0.013	-2.054	β_{YY}	-0.022	0.017	-1.323
β_{YT}	0.000	0.002	-0.119	β_{YT}	0.002	0.001	1.137
β_{TT}	0.000	0.001	-0.151	β_{TT}	-0.001	0.001	-0.958
β_{E1}	0.053	0.026	2.015	β_{E1}	-0.021	0.029	-0.719
β_{E2}	-0.475	0.124	-3.848	β_{E2}	-0.437	0.127	-3.434
β_{E3}	-0.074	0.089	-0.837	β_{E3}	-0.007	0.103	-0.070
対数尤度	980.471			対数尤度	967.804		

$$w_k = q(\delta + r) \quad (7)$$

ここで、 q は投資財価格指数（日本銀行）、 δ は減価償却率、 r は利子率である。減価償却率は、減価償却費を期首固定資産簿価で除して求めている。利子率は、利子支払額を期首借入金残高で除して求めている⁵。

潜在的競争圧力の代理変数については、すでに 3 章で説明したものをを用いるが、これらは、その年の一般電気事業者の費用の効率性に依存して決まっている部分もあるため、内生バイアスが生じる可能性が否定できない。そこで、本稿では、潜在的競争圧力に関しては 1 期ラグをとってモデルに含める。

4.2. 費用関数の推定による経営効率化の分析結果

費用関数の推定結果は概ね良好であった。表 1 は、潜在的競争圧力の代理変数を全て含めた場合の（潜在的競争圧力のパラメータ以外の）費用関数のパラメータ推定値である。ただし、モデル A は、需要家側の競争圧力として産業用大口需要家のシェアのみを用いた

⁵ 資本価格の求め方は他にもあり、例えば、資本費を資本ストックで除した単価を求める方法もある。この場合、資本ストックを推計する必要があるが、本稿では、伊藤他(2004)と同じ方法で推計した資本ストックを用いて資本価格を求め、この資本価格で推計した場合でも結果が大きく異なることを確認した。

表 2. 費用関数における潜在的競争圧力の推定パラメータ

	モデルA0	モデルB0	モデルA1	モデルB1	モデルA2	モデルB2	モデルA3	モデルB3	モデルA4	モデルB4
固定的な効果										
産業用大口需要シェア	-1.118 (-6.808)		-1.213 (-8.465)		-1.187 (-6.334)		-0.980 (-6.819)		-1.021 (-4.643)	
業務用需要シェア		0.837 (2.181)		1.608 (4.629)		1.073 (2.651)		0.944 (3.248)		1.441 (3.25)
自家発設備容量シェア	0.310 (3.181)	0.299 (2.386)	0.246 (2.383)	0.227 (1.584)	0.238 (2.064)	0.264 (1.909)	0.308 (3.06)	0.305 (2.452)		
自家発稼働率	0.308 (1.344)	-0.115 (-.436)	0.417 (1.914)	0.341 (1.131)	0.494 (2.022)	0.182 (.622)			0.230 (.814)	0.018 (.06)
他社販売シェア	0.999 (3.978)	1.319 (4.894)	0.710 (3.343)	0.610 (2.372)			1.129 (4.709)	1.281 (4.944)	0.880 (2.722)	1.175 (3.711)
他社購入シェア	-0.389 (-2.22)	-0.934 (-5.134)			0.271 (1.62)	-0.162 (-.907)	-0.567 (-3.425)	-0.890 (-5.305)	-0.421 (-1.828)	-0.792 (-3.547)
時間の経過に伴う変化										
産業用大口需要シェア	0.054 (3.549)		0.062 (6.014)		0.068 (4.159)		0.040 (2.708)		0.051 (2.022)	
業務用需要シェア		-0.002 (-.076)		-0.069 (-2.711)		-0.043 (-1.349)		-0.008 (-.318)		-0.020 (-.475)
自家発設備容量シェア	0.030 (2.852)	0.025 (1.953)	0.032 (3.127)	0.029 (2.025)	0.029 (2.539)	0.022 (1.607)	0.029 (2.768)	0.024 (1.893)		
自家発稼働率	-0.030 (-1.515)	0.007 (.331)	-0.038 (-2.009)	-0.033 (-1.329)	-0.045 (-2.176)	-0.018 (-.742)			-0.006 (-.211)	0.016 (.595)
他社販売シェア	-0.020 (-.798)	-0.053 (-1.96)	-0.030 (-1.472)	-0.028 (-1.181)			-0.033 (-1.471)	-0.049 (-1.991)	-0.053 (-1.582)	-0.075 (-2.273)
他社購入シェア	-0.014 (-.642)	0.033 (1.515)			0.002 (.099)	0.036 (2.091)	0.003 (.154)	0.030 (1.482)	0.035 (.99)	0.060 (1.975)
対数尤度	980.471	967.804	975.903	958.805	965.675	953.761	979.341	967.657	942.874	941.016
凹性を満たすサンプル	91.3%	92.1%	90.5%	92.9%	99.0%	100.0%	90.5%	92.1%	100.0%	100.0%
規模の経済性	1.025	1.037	1.040	1.061	1.051	1.061	1.026	1.036	1.036	1.053

場合で、モデル B は業務用需要家のみシェアを用いた場合である。これは両変数の相関が高く、同時に含めると良好な推定結果が得られないためである。費用関数が満たすべき性質のうち、要素価格に関する単調性はすべてのサンプルで満たされた。また、要素価格に関する凹性は、サンプルの約 80%程度で満たされている⁶。さらに、潜在的競争圧力のパラメータがすべて 0 に等しいという仮説は、尤度比検定の結果、棄却された。したがって、本稿の費用関数モデルは、全体的に見て妥当性があるといえよう。なお、推定したパラメータをもとに規模の経済性を推計すると、サンプルの平均では規模の経済性が認められた⁷。ただし、その程度は小さくなく、いずれも 1.1 以下であった。

以下では、潜在的競争圧力に関する個別のパラメータの推定結果について詳しく述べる。パラメータの推定結果は、表 2 に示すとおりである。表 2 では、モデル A と B のそれぞれについて、パラメータの推定値の安定性を確認するため、潜在的競争圧力の変数のうち、一つを除いた場合を示している (A1 ~ A4, B1 ~ B4)。

(1) 自由化対象の需要家からの潜在的競争圧力の影響

産業用大口需要のシェアに関しては、固定的な効果を示す係数は有意に負で、時間の経過に伴う変化を示す係数は有意に正であった。また、この結果は、潜在的競争圧力の変数をどれか 1 つを除いても同じであった。これは、産業用大口需要からの競争圧力は、自由化以前から、電気事業の効率化を促す要因であった可能性はあるが、最近の自由化の進展

⁶ 費用関数の凹性は、ヘシアン行列の固有値が全て非正であれば満たされる。

⁷ 規模の経済性は、費用の (対数をとった) 生産量に関する弾力性の逆数として求めている。

に伴って大きくなってきているとはいえないことを示唆している。固定的な効果が負となっていることは、必ずしも競争圧力によるものだけではないかもしれないが、いずれにしても、産業用大口需要家の存在は、自由化の進展によって競争圧力として強く働くようになってきたとはいえない。むしろ、以前と比べると相対的にその圧力は弱くなっている可能性がある。

一方、業務用需要のシェアは、産業用大口需要とは対照的に、固定的な効果としては、有意に正となるが、時間の経過に伴う効果は統計的に有意な値となっていない。前者が有意に正の符号をとる点に関しては、他の変数を一つ除いても同じであり、業務用需要のシェアが高いと、何らかの理由で一定の費用の増加につながっていることを示唆している。ただし、後者に関しては、他の変数を除くと有意に負の値になる場合があり、また、統計的に有意でない場合も符号は常に負となっている。したがって、結果の解釈には注意を要するが、最近の自由化の進展に伴い、業務用の需要家が、徐々に競争圧力として働くようになってきている可能性は完全に否定できない。これは、PPS が、特に業務用需要の市場に参入している現象と整合的といえる。今回は業務用需要全体のシェアを用いていることが、実際に参入が生じている業務用の特高需要のシェアを用いて分析すれば、そのインパクトはもう少しはっきりとするかもしれない。

(2) 自家発電からの潜在的競争圧力の影響

次に、自家発電のシェアについては、固定的な効果は、有意に正であり、時間の経過に伴う変化も、有意に正であった。他の潜在的競争圧力の変数を一つ除いても、結果はほぼ同じである。また、自家発電のシェアを発電量ベースのシェアとしても、結果は変わらなかった。したがって、自由化の進展に伴って、競争圧力としての自家発電の存在が費用の削減を促している可能性は示せていない。もちろん、自家発電の存在が競争圧力として働いている部分があったとしても、それを上回る費用の増加要因となっているという可能性もある。ただし、それがバイパス効果などに起因するものなのかどうかは、今回の結果からは断定できず、別途、厳密に分析する必要がある。また、自家発電の競争圧力としての程度は、化石燃料の価格にも大きく依存していると考えられるが、本稿では、推定上の問題から、そのような効果を見ることができていない。こうした点についての分析は、今後の課題である。

また、自家発電の稼働率は、固定的な効果も時間の経過に伴う変化も統計的に有意ではなく、符号もモデル A と B で異なっている。ただし、潜在的競争圧力の他の変数を一つ除くと、固定的な効果が統計的に有意に正となり、時間の経過に伴う効果が有意に負となる場合がある。また前者はほとんどの場合、正の符号をとり、後者はほとんどの場合、負の符号をとっている。したがって、自家発電の存在は、自由化の進展とともに、その稼働率を通して一般電気事業者に費用削減を促す競争圧力となっている可能性は否定しきれない。結果の解釈には留意しなければならないが、一般電気事業者にとっては、自家発電の稼働率が高いほど、自家発電の新たな設備投資を促す可能性が高まっていることが脅威になっている

のかもしれない。

(3) 他の一般電気事業者からの潜在的競争圧力の影響

次に、販売依存度でとらえた他の一般電気事業者の存在に関しては、固定的な効果が有意に正となり、時間の経過に伴う効果は、符号はいずれも負となっているが、有意となっているのはモデル B のみである。他の潜在的競争圧力の変数を 1 つ除いた場合をそれぞれ見ると、固定的な効果は常に有意に正となっており、時間の経過に伴う効果は有意にならない場合もあるが、符号は常に負となっている。したがって、自由化の進展に伴って、卸電力市場における他の一般電気事業者の存在が潜在的競争圧力として無視できない存在になっているといえよう。

最後に、購入依存度でとらえた他の一般電気事業者の存在については、固定的な効果は有意に負となっているが、時間の経過に伴う効果は統計的に有意な値とならず、その符合もモデルによって異なっている。他の潜在的競争圧力の変数を一つ除くと、固定的な効果については、正の値をとったり、統計的に有意にならなかつたりする場合もあるが、時間の経過に伴う効果の符号は正である。この結果から、小売市場における他の一般電気事業者の存在は、もともと競争圧力として働いていた可能性はあるが、最近の自由化の進展に伴って、さらにその圧力が強まっているとまでは言えない。

以上の結果は、今後、モデルの改良を行った上で、追試をしていく必要もあるが、潜在的競争圧力を個別に見ると、それらが一様に働いている、もしくは一様に働いていない、ということはいえず、ある競争圧力の存在も、それをどう捉えるかで、結果も異なる可能性があることは明らかになったといえよう。

5. 電気料金の回帰分析

5.1. 電気料金の回帰モデルと推定方法

以下では、電気料金と費用の関係について、回帰分析を行う。基本的には、電気料金 (P) を被説明変数として、説明変数に平均費用 (AC) を含めるモデルを考える (Kwoka, 1996 および Scully, 1999 参照)。さらに、料金の設定に潜在的な競争圧力が及ぼした影響をみるために、シフト項の形で、費用関数の分析で用いたのと同じ代理変数 x を説明変数として含める。すなわち、以下のような関係を仮定する。

$$P = f(AC) \cdot A(x) \quad (8)$$

推定式は、対数線形モデルとし、誤差項 ε を加えた次のような式を用いる。

$$\ln P = \delta_0 + \delta_1 \ln AC + \sum_h (\eta_h \ln x_h + \eta_{ht} \ln x_h \cdot t) + \varepsilon \quad (9)$$

被説明変数の電気料金は、一般電気事業者の電気料金収入を販売電力量で除した単価を用いる。加えて、需要種別の違いをみるために、電灯料金単価と電力料金単価を被説明変数とする分析も行う。平均費用は、電気事業の営業費用に利子支払額を加えたものを販売電力量で除した値である。

上の(9)式を推定することによって、電気料金の変動のうち、費用の変動による影響はパラメータ δ_1 で説明され、それとは別に潜在的競争圧力を受けて変化する部分は、パラメータ η_h (固定的効果) およびパラメータ η_{ht} (時間の経過に伴う効果) で説明される。ただし、説明変数の平均費用は、同じ式の説明変数である潜在的競争圧力の影響に依存する内生変数であり、(9)式をそのまま OLS で推定すると内生バイアスが避けられない。そこで、本稿では、操作変数法を用いて(9)式を推定する。操作変数には、上の式の外生変数 (潜在的競争圧力を表す変数) と費用関数の推定に用いた資本価格、労働価格、燃料価格および販売電力量を含める。

5.2. 回帰分析による電気料金と費用の関係に関する分析結果

操作変数法による分析の結果は、表 3 に示すとおりである。費用関数の分析同様、自由化対象の需要家のうち、業務用需要家のシェアを除いた方をモデル A とし、産業用大口需要家を除いた方をモデル B としている。

(1) 自由化対象の需要家からの潜在的競争圧力の影響

産業用大口需要のシェアは、3つの料金単価に関して、固定的な効果が有意に負の値となり、時間の経過に伴う効果は有意に正となっている。これは、自由化以前から、産業用大口需要家の競争圧力が、料金と費用の乖離を縮小するように働いていたと思われるが、自由化に伴ってそうした圧力が高まっているとはいえず、むしろ弱まっている可能性がある。

業務用需要のシェアは、電灯料金に関して、固定的な効果が有意に正の値で、時間の経過に伴う変化が有意に負の値となっているが、電灯・電力の平均単価および電力料金に関しては、いずれも統計的に有意な値とはならなかった。特に時間の経過に伴う効果の符号は負であるが、自由化の進展に伴って、業務用需要家の存在が費用の削減以上に電力単価を引き下げたとはいえない。ただし、費用関数の分析でも述べたように、業務用需要の全体のシェアを用いていることによって、業務用特高需要のインパクトは薄れているのかもしれない。

(2) 自家発からの潜在的競争圧力の影響

自家発のシェアおよび稼働率は、いずれの推定式においても、固定的な効果としては統計的に有意に正の値をとり、時間の経過に伴う変化はいずれも有意に負の値をとっている。これは、費用の効率化に与える影響とは異なっており、一般電気事業者が自由化の進展に伴って、自家発からの競争圧力を意識して、費用の削減とは独立に、料金の引き下げで対応してきた可能性を示唆している。したがって、費用の削減効果で見ると、自家発の潜在的競争圧力は働いておらず、それはむしろ何らかの理由で非効率を招いていることが否定できなかったが、費用水準とは別に料金を引き下げる効果としては働いており、潜在的競

表3 電気料金の回帰分析の結果

被説明変数 モデル	電灯・電力平均単価		電力料金単価		電灯料金単価	
	A	B	A	B	A	B
定数項	-1.514 (-7.889)	-0.894 (-3.701)	-1.597 (-6.638)	-0.816 (-2.95)	-1.699 (-10.538)	-1.682 (-8.169)
ln平均費用	0.593 (10.581)	0.809 (15.632)	0.622 (8.684)	0.846 (14.207)	0.509 (10.653)	0.560 (12.862)
タイムトレンド(T)	0.000 (.014)	0.021 (3.475)	0.003 (.495)	0.021 (3.152)	0.000 (.096)	0.020 (3.854)
固定的な効果						
産業用大口需要シェア	-0.503 (-5.785)		-0.444 (-3.715)		-0.252 (-3.064)	
業務用需要シェア		0.172 (1.23)		-0.053 (-.361)		0.304 (2.531)
自家発設備容量シェア	0.276 (5.691)	0.287 (4.226)	0.181 (3.028)	0.174 (2.343)	0.316 (7.24)	0.353 (6.723)
自家発稼働率	0.177 (3.143)	0.220 (2.257)	0.320 (4.286)	0.252 (2.378)	0.129 (2.157)	0.192 (2.407)
他社販売シェア	-0.657 (-5.284)	-0.825 (-5.526)	-0.663 (-4.349)	-0.838 (-5.101)	-0.741 (-6.719)	-0.800 (-7.031)
他社購入シェア	0.015 (.276)	-0.132 (-1.64)	0.014 (.183)	-0.194 (-2.269)	0.298 (5.559)	0.243 (3.748)
時間の経過に伴う変化						
産業用大口需要シェア*t	0.027 (3.905)		0.035 (3.699)		0.029 (4.509)	
業務用需要シェア*t		-0.006 (-.515)		-0.010 (-.778)		-0.035 (-3.601)
自家発設備容量シェア*t	-0.023 (-4.714)	-0.021 (-3.548)	-0.027 (-4.376)	-0.026 (-3.977)	-0.021 (-5.205)	-0.026 (-5.258)
自家発稼働率*t	-0.020 (-3.382)	-0.031 (-3.688)	-0.031 (-3.881)	-0.032 (-3.454)	-0.019 (-3.122)	-0.023 (-3.217)
他社販売シェア*t	-0.004 (-.418)	-0.002 (-.171)	-0.009 (-.828)	-0.014 (-1.244)	0.021 (2.93)	0.018 (2.14)
他社購入シェア*t	-0.006 (-.805)	-0.002 (-.236)	-0.014 (-1.347)	0.005 (.515)	-0.018 (-2.912)	-0.005 (-.776)
修正決定係数	0.976	0.963	0.970	0.964	0.967	0.962

争圧力としての自家発の存在は、この点において無視できないことを示している。

(3) 他の一般電気事業者からの潜在的競争圧力の影響

次に、販売依存度でとらえた他の一般電気事業者の存在は、固定的な効果としては、いずれの推定式においても有意に負であるが、時間の経過に伴う効果は電灯料金で有意に正となって、それ以外では統計的に有意な値となっていない。したがって、卸電力市場における他社の存在は、小売の料金設定において競争圧力として働いているとはいえない。

また、購入依存度でみた他の一般電気事業者の存在は、固定的な効果は、電灯料金単価において有意に正の値、電力料金単価のモデル B で有意に負となって、残りの推定式では統計的に有意ではなかった。時間の経過に伴う変化は、電灯料金単価のモデル A で有意に負となっているほかは、いずれも統計的に有意ではない。

6. まとめと今後の課題

本稿では、1990年代後半に始まる自由化の進展によって、潜在的な競争圧力が電気事業の効率化に与えた影響について実証分析を行った。その結果、電気事業者の費用の削減、

あるいは費用の変化による影響を除いた電気料金の引き下げにおいて、いくつかの潜在的な競争圧力が、自由化の進展に伴って、有意に働いていることを確認した。例えば、産業用大口需要家の存在は、自由化以前から競争圧力として働いて、すでに一定の効果をもたらしてきた可能性があるが、自由化の進展で、競争圧力としての存在がさらに高まったとはいえず、むしろ相対的には小さくなりつつある可能性が指摘できる。他方、需要家からの潜在的競争圧力としては、業務用の需要家の存在が大きくなっている可能性がある。また、自家発の存在は、それが費用を削減する形で現れてないという意味では競争圧力として働いているということとはできないが、電気料金は、費用の変化に関わらず、自家発の存在によって引き下げられており、この点において競争圧力として働いている可能性は否定できない。また、一般電気事業者同士では直接競争がほとんど行われていないが、他社の存在も、卸電力の取引を通じて費用の削減を促しているという点で、競争圧力として働いている可能性が指摘できる。本稿のこのような結果は、潜在的競争圧力がどのような形で働いている可能性があるのかを議論する際の一つの目安になると思われる。

効率化の分析に関しては、本稿のような費用関数によるアプローチが唯一のものではなく、他にも様々な手法が考えられる。費用関数は、一般電気事業者にとって投入要素価格を与件としており、推定においては、それらを外生変数として扱っているが、一般電気事業者は、調達する資材の価格を引き下げる努力もしており、投入要素価格が完全に与件であるとは言い切れない部分もある。また、電気事業の効率化を部門別に推計するなど、新たな視点を加えることも重要である。

また、本稿の分析は2004年度までのデータを用いているが、2005年度には、自由化範囲がさらに拡大した上、電力系統利用協議会（ESCJ）や日本卸電力取引所（JEPX）が運用を開始するなどといった進展がある。このような自由化の進展において、有効な競争が一層促されているのかどうかは、今後とも注視していく必要がある。本稿で行ったような分析の結果も、数年後には変わってくる可能性もある。いずれにしても、潜在的競争圧力が効率化に与える影響についての実証研究が、今後、さらに蓄積されていくことが望まれる。

【参考文献】

- 伊藤英一・依田高典・木下信(2004)「日本の電力自由化が技術的効率性に与えた効果の実証分析」公益事業研究 56(3), 53-59.
- 戒能一成(2005)「電気事業・都市ガス事業における政策制度変更の定量的影響分析」RIETI Discussion Paper Series 05-J-034
- 鳥居昭夫(1994)「規制と企業効率」植草益編『講座・公的規制と産業 電力』NTT出版 188-214.
- 松川勇(1995)「電気料金の経済分析」日本評論社
- Kwoka, J.E. (1996). *Power Structure*, Kluwer Academic Publishers
- Scully, G.W. (1999). "Reform and Efficiency Gains in the New Zealand Electrical Supply Industry," *Journal of Productivity Analysis*, 11 (2), 133-147.
- Zellner, A. (1962). "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Test for Aggregation Bias," *Journal of American Statistical Association*, 57 (298), 348-368.