

電力産業における規制緩和の効果の検証

中 野 牧 子* 馬 奈 木 俊 介**

概 要

日本の電力産業は、1995年の電気事業法の改正以来大きな転換期を迎えている。段階的に規制緩和が実施され、競争原理の導入が進んできたが効果があったのだろうか。本研究では、電力産業の規制緩和に関する先行研究を概観した後、規制緩和が生産性に与える影響について実証分析を行った。検証にあたってはダイナミックパネルモデルをGMMで推定することで信頼性の高い結果を得た。推定結果より、1995年以降実施されてきた制度改革は、9電力会社の汽力発電部門の生産性成長率にプラスの貢献をしていることが明らかとなった。

<キーワード>

電力産業、規制緩和、生産性

1. はじめに

日本の電力産業は転換期を迎えている。1995年4月には電気事業法が改正され、競争原理を促進するための規制緩和が始まった。その後も、段階的に改正された電気事業法が施行され、一連の規制緩和によって、更なる経営効率化が期待されている。

本研究の目的は、これらの規制緩和が電力産業の生産性に与える影響を明らかにすることである。このため、本研究では、電力産業の制度改革を概観し、電力産業の経営効率に関する議論をまとめた上で、最後に規制緩和が生産性に与える影響について実証分析を行う。

本稿の構成は以下のとおりである。第2節で電気事業法の改正をはじめ制度改革の動向をまとめる。第3節では電力産業の規制緩和に関連する先行研究について述べる。第4節～第8節では1970年代から最近までのデータを用いてLuenberger生産性指数を測定し、規制緩和が生産性変化率に与えた影響について実証分析を行う。第4節でLuenberger生産性指数について、第5節でモデルについて、第6節でデータについて説明する。続く第7節で推定を行い、第8

* 名古屋学院大学経済学部 〒480-1298 愛知県瀬戸市上品野町1350

** 横浜国立大学経営学部 〒240-0067 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-4, Tel: 045-339-3751

Fax: 045-339-3707, E-mail managi@ynu.ac.jp

節で結果を述べる。第9節は結論である。

2. 電力産業における制度改革の動向

電力産業は、公益事業として様々な規制を受けてきた。電力産業は、その特徴から自然独占が成立する産業であり、一定地域内で複数の企業が供給するよりも単一の企業が供給するほうが費用が小さいと考えられてきた。このため参入規制を受けてきたが、その一方で、独占的な供給体制がもたらす弊害を防止し、また、社会にとっての必需品である電力を安定的に確保する必要性から、料金や供給条件についても規制が実施されてきた。しかし、規制がもたらす非効率性が指摘されるようになり、規制のあり方が再検討されるに至っている。

日本における電力産業の大きな制度改革¹は、1995年に約30年ぶりに電気事業法が改正されたことに始まる。これまで、電力の供給は主に一般電気事業者及び、一般電気事業者に電気を卸供給する卸電気事業者によって行われてきたが、卸電気事業に係わる認可が原則撤廃されたため、発電部門への新規参入が拡大された。一般電気事業者が電源を調達するにあたり、独立発電事業者 (IPP: Independent Power Producer) による競争入札制度が導入されたのである。また、特定の供給地点における需要に対して電気を供給する特定電気事業に関する制度も作られた。また、制度改革のひとつとしてヤードスティック査定に基づく料金制度が導入された²。これは一般電気事業者から小売料金改定の申請があった場合、他の一般電気事業者よりも効率化が小さい場合には減額査定をする仕組みで、企業の間接的な競争を促す効果があるとされる。

2000年に施行された改正電気事業法では、小売市場において部分的な自由化が導入された。小売自由化は、2万V以上の送電線で電気を受電し、原則2000kW以上の最大電力を有する需要 (特別高圧需要) を対象に行われた。これらは特定規模需要と呼ばれ、大規模工場やデパート・大病院・大規模オフィスビルなどが該当し、一般電気事業者の販売電力量の約3割を占める。そして、この特定規模需要に対して、一般電気事業者の送電ネットワークを利用して電気を販売する特定規模電気事業者が新規に参入することが可能となった。特定規模電気事業者はPPS (Power Producer and Supplier) とも呼ばれる。また、火力発電については、一般電気事業者や従来の卸電気事業者も、新規参入者と同様に入札に参加できるようになった。こうした動きに伴い、送電ネットワークの利用に関するルールも整備された。

さらに、2003年に改正された電気事業法により、今後段階的に自由化を進めていくこととなった。まず、小売自由化に関しては2004年4月以降、高圧500kW以上の需要家を対象に自由化を行うこととなった。この自由化範囲の拡大により、自由化対象は全体の約4割となる。2005年4月以降には、すべての高圧需要家 (50kW以上) を対象に拡大され、自由化対象は全体の約6割となる。これに伴い、送電サービスに関するルールの整備も進められている。

3. 先行研究

日本の電力産業は、今日においては規制緩和による競争メカニズムの導入をめざして制度改革が行われているものの、長い間地域独占による供給が行われてきた。電気事業は自然独占の

¹ 電力産業の規制緩和の動向については穴山 (2005) 及び横山 (2001) を参考にした。

² ヤードスティック査定については法律外の事項である。

性質を持ち、事業者間の競争は資源の浪費につながると考えられてきたため、一般電気事業者10社に独占の地位を認めてきた。このため参入規制を行う一方で、独占の弊害を防ぐための規制が実施されてきた。しかし近年の技術進歩によって、小規模な発電設備の効率性が高まってきたこともあり、電気事業が自然独占でなくなっているのならば、規制緩和によって競争を導入したほうが良いのではないかと考えられるようになった。また、規制を受けている産業は、市場メカニズムが作用せず様々な非効率が発生しやすいと懸念されている。このため、規制緩和に係わる先行研究としては、大きく二つのグループに分けられる。第一に、まず規制の根拠となってきた電気事業の自然独占性に関する研究である。ここでは、主に電気事業の規模の経済性について分析が行われている。第二に、電気事業における非効率の大きさを調べることで、規制緩和のあり方を考察しようとする研究がある。いずれのグループにおいても、日本については主に一般電気事業者である9電力会社を対象に分析が行われてきた。以下ではこれらの先行研究を概観する。

まず電気事業の自然独占性に関する研究は、費用関数の推定や、DEA(データ包絡分析法)を通して、規模の経済性の有無を調べることで行われてきた。根本(1992)では規模の経済性に関する実証研究の包括的なサーベイを行っている。その結果、日本の電気事業の火力発電部門については、規模の経済性の有無について対立する結果が得られており、明確に結論付けることはできないものの、規模の経済性が消滅している可能性を否定できないとしている。ただし、発電部門を含む経営全体については、上位事業者については規模の経済性が存在するとしている。ここでとりあげられている先行研究は主として、トランスログ型総費用関数を推定していたが、Nemoto et al.(1993)では、資本の短期的な調整が困難であることを考慮し、短期的には資本を所与として可変費用最小化を仮定するトランスログ型可変費用関数を推定した。このため短期と長期の分析が可能となる。日本の9電力会社(1981年~1985年、経営全体を対象)について推定を行った結果、多くの企業で資本設備が過剰であり、短期的にはほとんどの企業で規模の経済性が存在するが、長期的にはほとんどの企業で規模の不経済が存在することを示している。また、渡辺・北村(1998)では日本の9電力会社(1981年~1995年、発電部門・送配電部門を対象)について、多段階ハイブリッド・トランスログ型費用関数の推定を通して、規模の経済性を計測している。これにより部門別の考察が可能となり、中規模事業者においては両部門において規模の経済性が存在していたが、大規模事業者については送配電部門では規模の経済性が存在するものの、発電部門では存在が認められないことが示された。一方、後藤・末吉(1998)では、関数形を特定せずにノンパラメトリックな手法により、規模の経済性を調べている。DEAを用いて日本の9電力会社(1981年~1995年、経営全体を対象)について分析した結果、規模に関して収穫逓減の状態にある傾向が明らかとなった。また、桑原・依田(2000)では日本の9電力会社(1978年~1998年、経営全体・発電部門・送配電部門を対象)についてトランスログ費用関数を推定した結果、経営全体及び発電部門・送配電部門において規模の経済性が存在するとしている。さらに、配分非効率性を考慮した研究としては北村(2001)がある。日本の9電力会社(1981年~1998年、発電部門を対象)について、各企業が投入要素価格に基づいて費用最小化行動をとることを前提としない一般化費用関数を推定した。この結果、配分非効率性の有無は規模の経済性に大きな影響を与えず、計測期間中、規模に関して収穫逓減から収穫逓増に変化しつつあるが、指標の水準が小さくほぼ収穫一定の水準にあることを示している。また、上述のように、多くの研究が費用関数の推定を行っているのに対

し、各要素の最適配分の難しさに加え、適切な価格指標を用いることが難しい点に注目し、確率的生産フロンティアを推計した研究として鳥居 (2001) がある。9 電力会社 (1981年～1991年、送配電部門) についてトランスログ型確率的生産フロンティアを推定した結果、規模の経済性による利益は低下傾向にあることを明らかにしている。実際に1991年時点では、2社以外は規模の拡大が平均費用の増大につながる結果が得られている。

以上をまとめると、日本の電気事業における規模の経済性の存在については一致した見解が得られているわけではない。分析期間や分析手法が各研究で異なっていることがその一因であると考えられる。とはいえ、規模の経済性が失われつつあることを示す先行研究があることも事実である。このため電力産業の自然独占性に基づく規制の根拠が揺らぎつつある傾向がある」と解釈できる。

規制下にある産業は市場メカニズムが働かず、非効率が発生するのではないかの懸念から、電力産業の効率性について多くの研究が行われてきた。これには、数々の効率性指標や技術進歩の指標、生産性を分析するもの等多くのアプローチがあるが、主なものとして以下のような研究がある。

日本の電気料金は、国際的水準よりも高めであると言われてきたこともあり、電気事業の効率性・生産性については多くの研究が行われてきた。特に米国との比較研究として北村・筒井 (1998) では、日米電気事業者 (1990年～1993年、日本9社、米国13社、経営全体を対象) についてDEAにより複数の効率性指標を測定している³。この結果、日本の電気事業者は米国と比べ、全体として高い効率性を実現しており、日本の電気料金が割高なのは、資本や他の投入要素との組み合わせや、資本の価格の高さによる可能性が大きいとの結果が得られた。このため、IPPから安価な電力を購入したり、安価な資・機材の調達を行えばコスト削減の余地があると推測している⁴。北村・筒井 (1998) 及び北村・筒井 (1996) は電気事業全体の効率性を調べたものだが、筒井 (1999) は、電気事業が複数の、性質の異なる部門から構成されていることに注目し、日本の9電力会社 (1983年～1997年、経営全体・発電部門・ネットワーク部門・一般管理部門) を対象に、部門別に分析を行った。ここでは配分効率性指標及び、マルムキスト指標を測定し、さらに技術変化と技術効率性変化に分解している。主要な結果として、分析期間中、ネットワーク部門における技術進歩が大きい一方で、一般管理部門における技術効率性の改善率が小さいという結果が得られている。筒井 (2000) では、効率性の日米比較を部門別に行うことに焦点をあて、部門別 (1990年～1997年、日本9社、米国23社⁵、発電部門・流通部門・一般管理部門) に日米の効率性を計測している。DEAによってマルムキスト指標を技術変化と技術効率性変化に分解した結果、一般管理部門以外は日本の電気事業者の方

³ 所与のアウトプットを、より少ないインプットで達成しているかを調べる物理的な効率性指標である技術効率性に関する指標及び、インプットの組み合わせが費用最小化を達成できているかを調べる配分効率性に関する指標、および両指標の組み合わせとしての「総合コスト効率性」を推定している。

⁴ 北村・筒井 (1996) においても日米電気事業者について、DEAによって1983年から1993年の期間について類似した分析を行い、ほぼ同様の結果を得ている。また、服部・筒井 (1998) は、日米電気事業者について1983年から1993年の経営全体を対象にし、パラメトリックなトランスログ型費用関数の推定を通して効率性を分析し、DEAによる研究とほぼ同様の結果を得ている。

⁵ ただし、部門によって欠損値・異常値の影響でサンプル数が異なる。

が効率的である、または同水準との結果が得られている。技術進歩については米国の方が大きく、技術効率性については日本のほうがおよそ効率的であることが示されている。服部（2000）では、効率性の日米比較を部門別に行う研究に着目し、筒井（2000）がDEAを用いたのに対し、確率的フロンティア分析を行った（1990年～1997年、日本9社、米国22社⁶、汽力発電所・送配電部門を対象）。この結果、技術効率性については分析期間中、両部門において、日本が効率的である一方で、技術進歩については、汽力発電所に関しては、日米でほとんど差がないものの、送配電部門に関しては、米国のほうが高いことが示された。全体としてDEAによる分析とほぼ整合的な結果が得られている。また、他にも確率的フロンティア分析を行った研究としては、鳥居（2001）がある。発電部門と送配電部門を対象とし、各部門の技術非効率を推計している。発電部門においては9電力会社及び共同火力等の火力発電を行っている107事業所の1991年度のデータを用いて、確率的に変動するトランスログ型生産フロンティアの推計を通して、技術非効率を分析している。その結果、発電部門においては大きな技術非効率は存在しないことが明らかとなった⁷。一方送配電部門については9電力会社の1981年から1991年までを対象に分析を行った。その結果、発電部門と比べると技術非効率はかなり大きいという結果が得られている。筒井（2003）では、日米の電気事業について、DEAを応用して先行研究で考慮できなかった投入要素単価水準も含めた分析を行っている（1992年～2000年、日本9社、米国18社、経営全体を対象）。技術効率性を始め複数の効率性指標を測定したが、日米ではほぼ同程度であった。一方で、日本は割高な投入要素価格が供給コストに与える影響が米国と比べると大きく、日米の供給コストの格差は効率性よりもむしろ投入要素単価水準の格差によるものとの結果が得られている。供給コストについてCES型の確率的フロンティアを用いて分析した研究としてNemoto and Goto（2006）がある（1981年～1998年、日本9社、送配電部門を対象）。ここでは技術効率性と配分効率性を、CES型の確率的フロンティアモデルを用いて推定している。コストは効率的な水準と比べると9～48%高く、技術非効率によって1～28%、配分非効率によって8～30%引き上げられており、また技術非効率の変動が大きいことが示された。また、資本が過剰に利用されていることも明らかとなっている⁸。

以上の研究は、主に生産性・効率性を測定し比較をすることに着目し、規制緩和についてのインプリケーションを考察しているものの、電気事業法改正前あるいは改正後間もない分析期間であったこともあり、規制の効果そのものの検証は行っていない。一方、制度改革の影響を明示的に分析した研究として以下があげられる。

小池（2000）はヤードスティック査定方式の効果を分析している。9電力会社（1983年～1997年、経営全体を対象）についてDEAを行い検証した結果、ヤードスティック査定方式の

⁶ ただし、データの条件により部門によってサンプル数は異なる。

⁷ 技術が進歩し続けている場合、常に最新の設備を取り込んでいかなければ限りフロンティア上にいることは不可能であり、技術非効率が発生する。しかし常に新技術を導入するための投資を行い続けることは合理的ではないため、このような理由で発生する技術非効率は見かけ上のものである。鳥居（2001）では見かけ上の技術非効率の大きさを推定し、発電部門で観測された技術非効率はほとんどが見かけ上のものであることを明らかにしている。

⁸ この他、短期においては難しい資本設備の調整を考慮した動学的DEAによって効率性を測定した研究として北村・根本（1999）、Nemoto and Goto（2003）がある。ここでは、資本設備に係わる動学的な非効率性が全体の非効率性の大部分を占めることを明らかにしている。

導入は技術効率性の改善には効果があったものの、効率性全体には改善効果が認められなかった。ただし査定導入後の期間が短く、効果が十分に発揮できていない可能性があるとしている。伊藤他 (2004) では、日本の9電力会社 (1990年～2002年、経営全体を対象) についてトランスログ費用関数を用いて、1995年と2000年の2度の規制改革がなかったとした場合の費用水準と、現実の費用水準を比較し、規制改革が電力会社の費用水準に与えた影響を調べている。この結果、規制改革がなかった場合の費用水準と比べ、規制改革第一期に7.5%、第二期は11.8%低いことが示され、経営効率化が進められていることを確認している。

以上、日本の電力産業に関する規制緩和をめぐる研究を概観したが、電気事業法改正後のデータを使って、規制緩和の効果を検証した研究は少ない。そこで本研究は、1978年から2003年までのデータを用いて、日本の9電力会社の汽力発電部門について生産性を測定し、規制緩和が生産性に与えた影響を分析する。その際、先行研究では用いられていないLuenberger生産性指数を採用すると共に、規制緩和がこの生産性指数に与える影響を調べるために、ダイナミックパネルモデルをGMMによって推定する。

4. Luenberger生産性指数

本研究では、規制緩和が電力産業の生産性に与えた影響を分析するために、Luenberger生産性指数を測定する。電力産業の生産性に関する研究では、これまでMalmquist生産性指数が使われてきた⁹。この指数を用いるには、算定にあたって、生産性指数を構成する距離関数の種類を選ぶ必要がある。つまり所与のインプットの下で最大生産可能なアウトプットの何割を実際に生産しているかという観点から距離関数 (アウトプット距離関数) を求めるか、あるいは所与のアウトプットを生産するために最小限必要なインプットよりも何割多く使っているかという観点から距離関数 (インプット距離関数) を求めるか、を選択する必要がある。一方、本研究で用いるLuenberger生産性指数は、距離関数を求める際に、インプット距離関数とアウトプット距離関数を選択する必要がない。これはLuenberger (1992) によって提案された短縮関数 (shortage function) によって、インプットの節約とアウトプットの増大の両方を考慮できるようになったためである (この関数は指向性距離関数 (directional distance function) としても知られている)。従って、より一般的な性質を持つと考えられるため、Luenberger生産性指数を測定する。

t 期の生産技術は実現可能なインプットとアウトプットの組み合わせとして以下で表される。

$$T(t) = \{(x_t, y_t) : x_t \text{ can produce } y_t\} \quad (1)$$

ここで、インプットは $x \in R_+^M$ 、アウトプットは $y \in R_+^N$ のベクトルである。 t は時点を表す。指向性距離関数は、

$$d_{T(t)}(x_t, y_t; g) = \max \{\delta : (x_t - \delta g^i, y_t + \delta g^o) \in T(t)\} \quad (2)$$

$$g = (-g^i, g^o) \quad \text{ただし、} g^i \in R_+^M, g^o \in R_+^N$$

⁹ Malmquist生産性指数を使つての分析には北村・筒井 (1996)、筒井 (1999)、筒井 (2000) がある。

本研究では、指向性ベクトル (directional vector) $g^i = x_i, g^o = y_i$ となるケースを考える。このとき、

$$d_{T(t)}(x_t, y_t) = \max \{ \delta; ((1-\delta)x_t, (1+\delta)y_t) \in T(t) \} \quad (3)$$

t 期の技術を基準に変化率を求めたものが(4)であり、 $t+1$ 期の技術を基準に変化率を求めたものが(5)である。実際は基準年の選択による偏りを避けるため(4)と(5)の算術平均(6)が使われる。

$$L_{T(t)} = d_{T(t)}(x_t, y_t) - d_{T(t)}(x_{t+1}, y_{t+1}) \quad (4)$$

$$L_{T(t+1)} = d_{T(t+1)}(x_t, y_t) - d_{T(t+1)}(x_{t+1}, y_{t+1}) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} (L_{T(t)} + L_{T(t+1)}) \\ &= \frac{1}{2} \{ (d_{T(t)}(x_t, y_t) - d_{T(t)}(x_{t+1}, y_{t+1})) + (d_{T(t+1)}(x_t, y_t) - d_{T(t+1)}(x_{t+1}, y_{t+1})) \} \end{aligned} \quad (6)$$

これがLuenberger 生産性指数である。

なお、Luenberger生産性指数の構成要素である指向性距離関数の測定において、データ包絡分析法 (Data Envelopment Analysis: DEA) を用いる。DEAは生産技術を、技術の関数形を特定することなく表現できる手法であり、最も効率的な事業所が構成する生産可能性フロンティアをノンパラメトリックに推定する。本研究では、生産可能性フロンティアの形状として、規模に関する収穫可変 (Variable Returns to Scale) を仮定している。以下の線形計画問題を解くことで各指向性距離関数を導出した。 N はサンプルとなった事業所数、 i は事業所、 t は期を表す。ここでは t 期の生産活動を t 期の生産可能性フロンティアで評価する場合の求め方を示すが、他の指向性距離関数も同様の方法で求めた。

$$\begin{aligned} d_{T(t)}(x_t, y_t) &= \max_{\delta, \lambda} \delta \\ Y_t \lambda &\geq (1+\delta)y_{it} \\ X_t \lambda &\leq (1-\delta)x_{it} \\ N1' \lambda &= 1 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (7)$$

5. モデル

次に、以上のようにして求めたLuenberger生産性指数に対して、規制緩和がどのような影響を与えるのか分析を行う。ただし、Simar and Wilson (2003) により、DEAで求めた指標を被説明変数とする回帰分析は、系列相関を生じさせる可能性がある指摘されている。この点に関して、Zhengfei and Oude Lansink (2006) では、ダイナミックパネルモデルをGMM

で推定することでこの問題に対応できることが示されている。このため、本研究においても、GMMによる推定を行う。推定するモデルは以下の通りである。

$$TFPC_{it} = C + \alpha_1 TFPC_{i,t-1} + \alpha_2 TFPC_{i,t-2} + \beta_1 FD1_{it} + \beta_2 FD2_{it} + \beta_3 VINTAGE_{it} + \beta_4 HOMESHARE_{i,t-1} + \beta_5 OILRATE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$\varepsilon_{it} = \eta_i + v_{it}$$

*TFPC*はLuenberger生産性指数対前年変化率

*FD1*は1996年から1999年の規制緩和第1期に1、それ以外で0となるダミー変数

*FD2*は2000年から2003年の規制緩和第2期に1、それ以外で0となるダミー変数

*HOMESHARE*は電力会社の発電量と、その電力地域における自家発電の比率

*VINTAGE*は各発電所の発電量でウェイト付けをした各電力会社の発電所の築年数

*OILRATE*原油価格の対前年変化率

誤差項 ε_{it} は 個別効果 η_i と攪乱項 v_{it} からなる。 i は企業、 t は年を表す。

規制緩和の影響を調べるために伊藤他(2004)と同様に、規制緩和第1期と第2期にそれぞれダミー変数を作成した。また、自家発電は規制緩和以前から、電力会社にとっては潜在的な競争圧力であったと考えられるため生産性を高める可能性がある。また建設後長い時間が経過した発電所は老朽化により生産性にマイナスの影響を与える可能性がある。汽力発電所で使われる燃料のうち、最もシェアが大きいのは、原油及びその加工品である。このため、原油価格の変化率は、規制化にある産業に対しても、何らかの影響を与える可能性がある。

6. データ

本研究で用いたデータは以下の通りである。まず、Luenberger生産性指数を計測するために用いたデータを示す。計測期間は1965年から2003年、対象は9電力会社¹⁰の汽力発電部門である。アウトプットは発電量、インプットは、従業員数・燃料使用量・資本ストックである。

発電量及び燃料使用量については『電力需給の概要』より入手した。発電量については、発電電力量(kWh)、燃料については、各種燃料使用量を熱量(MJ)に換算して合計したものをを用いる。従業員数は各企業の『有価証券報告書』より入手した。資本ストックについては、『有価証券報告書』の「固定資産期中増減明細票」より作成した実質資本ストックのデータを用いる¹¹。

次に、(8)の推定に用いたデータを示す。推定は9電力会社の26年分(1978年~2003年)のデータを用いて行った¹²。*HOMESHARE*及び*VINTAGE*は、『電力需給の概要』より入手した。

¹⁰ 北海道電力、東北電力、東京電力、北陸電力、中部電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力の計9社。

¹¹ 実質化には『物価指数年報』の資本財物価指数を用いた。

¹² 生産性指数は1965年から測定したが、(8)の推定に必要な変数がそこまで長期にわたって入手できなかったため、分析期間が短くなっている。

HOMESHAREは「業種別大口電力需要電力量実績」より、VINTAGEは「汽力発電用燃料消費実績(発電所別)」より計算した。OILRATEは、汽力発電所の発電燃料として最もシェアが大きいのは、原油及びその加工製品であるため、『エネルギー・経済統計要覧』に掲載されている、原油の輸入CIF価格を用いた。

7. 推定

本研究では、被説明変数TFPCのラグ項が説明変数に入った(8)を推定することでダイナミックパネル分析を行う。被説明変数のラグ項が誤差項 $\varepsilon_{it} = \eta_i + v_{it}$ と相関を持つ点に注意が必要である。このため、(8)に一階の階差をとることで個別効果 η_i を除去した。

この階差をとったモデルにおいて、2期前の被説明変数は、有効な操作変数である。

$$E[TFPC_{i,t-2}\Delta v_{it}] = 0 \tag{9}$$

さらに遡って、実際は2期以前のすべての被説明変数は有効な操作変数である。これらの情報を利用するために、Arellano and Bond (1991) は次のような操作変数行列を提唱している。

$$Z_i = \begin{pmatrix} [TFPC_{i1}] & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & [TFPC_{i1}, TFPC_{i2}] & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & & M \\ M & M & & 0 \\ 0 & 0 & \Lambda & [TFPC_{iT}, \Lambda, TFPC_{i,T-2}] \end{pmatrix} \tag{10}$$

以下を解くことでパラメータの推定を行う。

$$\min_{\hat{\theta}} \left(\frac{1}{N} [Z' \Delta \hat{v}] W_N \frac{1}{N} [Z' \Delta \hat{v}] \right) \tag{11}$$

ここで、 $\hat{\theta}$ はパラメータベクトル、 N はサンプル数、 Z は操作変数行列、 $\Delta \hat{v}$ は一階の階差をとった残差である。 $W_N = \left[\frac{1}{N} (Z' \Delta \hat{v} \Delta \hat{v}' Z) \right]^{-1}$ であり、 $Z = (Z'_1, Z'_2, \dots, Z'_n)'$ 。

さらに、個別効果 η_i と相関しない操作変数がある場合は、それらは階差をとらないモデルにおいて使用できる。次のような積率条件を考えることができる。

$$E[\Delta TFPC_{i,t-1}(\eta_i + v_{it})] = 0 \tag{12}$$

Arellano and Bover (1995) 及び Blundell and Bond (1998) では、階差をとったモデルの積率条件と階差をとらないモデルの積率条件を組み合わせることで推定を行うシステムGMMを提唱し、Arellano and Bond (1991) によるGMM推定が持つ、操作変数の弱相関問題を大幅に改善できることを示している。そこで、本研究でもシステムGMMを用いて推定を行う。ここで

使われる操作変数行列は (13) である。

$$Z_i^* = \begin{pmatrix} Z_i & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & \Delta TFPC_{i2} & \Lambda & 0 \\ M & M & & M \\ 0 & 0 & \Lambda & \Delta TFPC_{i,T-1} \end{pmatrix} \quad (13)$$

8. 結果

測定した生産性の推移をグラフで表したものが図1である。各点は、1965年を基準とし、1965年から各年までの生産性変化の9社平均を表す¹³。

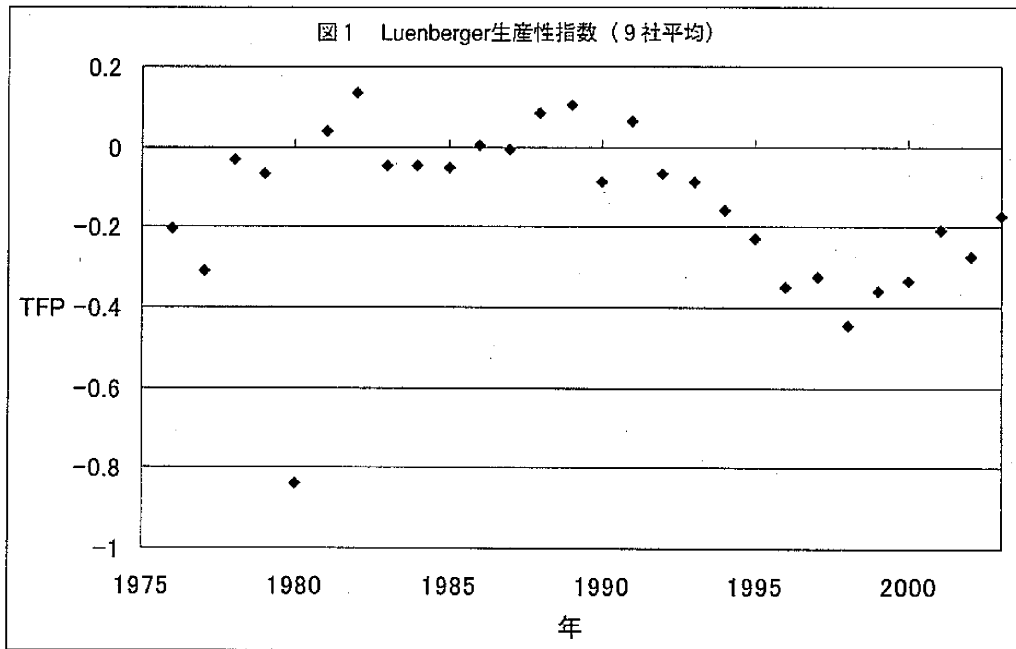


図1より、90年代後半においては、生産性は緩やかに上昇する傾向にあり、規制緩和の効果ではないかと考えられる。(8)を推定することで、この効果の検証を行った。

表1¹⁴は、1978年～2003年の9電力会社(汽力発電部門)に関するデータを用い、システムGMMによって(8)を推定した結果である。

¹³ 図1は生産性の推移を分かりやすくするために、前年との変化率ではなく、比較の基準を1965年に固定し1965年の水準からの変化を示したものである。

¹⁴ 本研究では推定にあたり、Doornik et al.(2006)によるOx用DPDプログラムを用いた。2ステップGMMにおいて、Windmeijer(2005)によって提唱された頑健な標準誤差を用いる。

表1

	係数	t 値
<i>TFPC</i> ₋₁	-2.894**	-2.61
<i>TFPC</i> ₋₂	-1.559**	-2.57
<i>FD1</i>	52.890**	2.03
<i>FD2</i>	33.456**	2.02
<i>VINTAGE</i>	-6.064**	-2.16
<i>HOMESHARE</i> ₋₁	116.417**	2.23
<i>OILRATE</i>	-16.269**	-2.04
Contant	57.476**	2.16
Sargan	0.005	
AR(2)	0.27	

注1) **は5%水準で有意であることを表す。

注2) 2段階推定の結果である。

注3) Sarganは過剰識別制約に関する検定。

注4) AR(2)は2次の系列相関についての検定。

まず、Sarganの過剰識別制約テストより、帰無仮説は棄却できず、操作変数は有効である。また、AR(2)テストより、 Δv_{it} に2次の系列相関がないという帰無仮説は棄却されないため、 v_{it} には系列相関がないことを意味している。よってシステムGMMで推定を行うための条件は満たされている。

ラグ付きの被説明変数については、1期ラグ・2期ラグともにマイナスに有意である。これは、前期のTFP成長率が高いほど、次の期にそれ以上の成長をするのが難しいためと推測される。また、規制緩和第1期及び第2期のダミー変数はプラスに有意である。このため、規制緩和によって競争が促進され、生産性が高まったものと解釈できる。ビンテージについてはマイナスに有意である。このため、古い発電所を多く抱える企業は、設備の老朽化等の影響で生産性にマイナスの影響があったものと考えられる。電力会社による発電と自家発電の比率は、プラスに有意となっている。自家発電は電力会社にとって潜在的な競争相手であると考えられるため、自家発電の比率が高いほど、生産性を高める圧力になると考えられる。原油価格の対前年変化率はマイナスに有意となった。原料の価格上昇は、多くの場合、原料の節約につながり生産性の上昇を促すのではないかと予想されるが、今回は逆の結果となった。これは、やはり規制の影響により、通常の製造業のようには価格に反応しないためではないかと考えられる。

9. 結論

以上より、本研究では日本の電力産業における規制緩和の効果を検証した。多くの先行研究が、規制緩和の根拠となった規模の経済性の存在の有無を検証し、日本の電気事業者の生産

性・効率性を調べることで、規制緩和に向けたインプリケーションを導出してきた。本研究は、それらの研究成果を踏まえ、さらに、規制緩和後のデータを用いて規制緩和が生産性に与える効果を検証した。検証にあたっては、ダイナミックパネルモデルをGMMで推定することにより信頼性の高い結果を得た。この結果、1995年の電気事業法改正を機に実施されてきた制度改革は、9電力会社の汽力発電部門の生産性成長率にプラスの貢献をしていることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 穴山第三 (2005)『電力産業の経済学』NTT出版
 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』第56巻第3号, pp.53-59.
 北村美香・筒井美樹 (1996)「DEAによる日米電気事業の経営効率性計測と比較分析」『電力経済研究』No.37, pp.3-14.
 北村美香・筒井美樹 (1998)「日米電気事業の生産性総合評価－技術効率性及びコスト効率性－」『電力中央研究所報告』Y97014
 北村美香 (2001)「わが国電気事業発電部門における規模の経済性と効率性および要素需要分析」『電力経済研究』No.45, pp.1-16.
 北村美香・根本二郎 (1999)「わが国電気事業の経営効率性の動学的計測－部門別分解とデータ包絡線分析の応用－」『電力中央研究所報告』Y98007.
 桑原鉄也・依田高典 (2000)「日本電力産業のパネルデータ分析－トランスログ費用関数と費用補正係数－」『公益事業研究』第52巻第2号, pp.71-82.
 経済産業省「電力需給の概要」各年度版
 小池宜弘 (2000)「電気事業におけるヤードスティック査定方式の実証分析」『公益事業研究』第51巻第3号, pp.23-32.
 後藤美香・末吉俊幸 (1998)「わが国電気事業の規模の経済性－コストベースDEAによる計測－」『公益事業研究』第50巻第1号, pp.1-7.
 筒井美樹 (1999)「わが国電気事業の部門別効率性の時系列分析」『電力中央研究所報告』Y98013
 筒井美樹 (2000)「マルムキスト指標を用いた日米電気事業の部門別効率性比較－DEA手法による計測－」『電力中央研究所報告』Y99013
 筒井美樹 (2003)「投入要素単価水準を考慮した日米電気事業の効率性比較」『電力中央研究所報告』Y02010
 鳥居昭夫 (2001)「日本産業の経営効率－理論・実証・国際比較」NTT出版
 日本銀行 (2003)「物価指数年報」
 日本エネルギー経済研究所 (2006)『エネルギー・経済統計要覧』
 根本二郎 (1992)「電気事業の規模の経済性：最近の研究の展望」『電力経済研究』No.31, pp.15-24.
 服部徹・筒井美樹 (1998)「日米電気事業の経営効率比較分析－パラメトリックアプローチの応用－」『電力経済研究』No.40, pp.61-72.
 服部徹 (2000)「確率的フロンティア分析による日米電気事業の生産性比較－汽力発電所と送配電部門を対象として－」『電力中央研究所報告』Y99014
 横山隆一監修 (2001)『電力自由化と技術開発』東京電機大学出版局
 渡辺尚史・北村美香 (1998)「わが国電気事業の長期費用構造の分析」『電力中央研究所報告』Y97016
 『有価証券報告書』(北海道電力, 東北電力, 東京電力, 北陸電力, 中部電力, 関西電力, 中国電力, 四国電力, 九州電力) 各年度版
 Arellano, M. and S. Bond (1991) "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations", *Review of Economic Studies*, Vol.(58), pp.277-297.
 Arellano, M. and O. Bover (1995) "Another look at the instrumental variable estimation of error-components models", *Journal of econometrics*, Vol.68, pp.29-51.
 Blundell, R. and S. Bond (1998) "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models", *Journal of econometrics*, Vol (87), pp.115-143.
 Doornik, J.A., M. Arellano and S. Bond (2006) "Panel Data estimation using DPD for Ox", *Economics*

- Discussion Paper, Nuffield College, Oxford University.
<http://www.doornik.com/download.html>
- Luenberger, D. G. (1992) "New optimality principles for economic efficiency and equilibrium" , *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol.75, pp.221-264.
- Nemoto, J., Y. Nakanishi and S. Madono (1993) "Scale Economies and Over Capitalization in Japanese Electric Utilities" , *International Economic Review*, Vol.34(2), pp.431-440.
- Nemoto, J. and M. Goto (2003) "Measurement of Dynamic Efficiency in Production: An Application of Data Envelopment Analysis to Japanese Electric Utilities" , *Journal of Productivity Analysis*, Vol.19, pp.191-210.
- Nemoto, J. and M. Goto (2006) "Measurement of technical and allocative efficiencies using a CES cost frontier: a benchmarking study of Japanese transmission-distribution electricity" , *Empirical Economics*, Vol.31, pp.31-48.
- Simar, L. and P. W. Wilson (2003) "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes" , Technical Report 0310, IAP Statistics Network.
- Windmeijer, F. (2005) "A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators" , *Journal of Econometrics*, Vol.(126), pp.25-51.
- Zhengfei, G. and A. Oude Lansink (2006) "The source of productivity growth in Dutch agriculture: a perspective from finance" , *American Journal of Agricultural Economics*, 88(3), pp.644-656.

〔なかの まきこ 名古屋学院大学経済学部講師〕

〔まなぎ しゅんすけ 横浜国立大学大学院国際社会科学研究所助教授〕

〔2006年11月2日受理〕