

電力価格のヘドニック法による分析

Analysis of electricity price by hedonic model

キーワード：電気料金、電力自由化、品質

桑原鉄也 木下信 依田高典

日本の電力産業においては、1995年の卸売市場の自由化に引き続き、2000年には特別高圧(20kV以上)供給の需要家への小売市場が自由化された。その後の電力料金単価の推移を見ると、小売自由化実施前の1999年度から2007年度の間、電灯・電力の平均小売単価で9%程度の上昇が見られている。日本における電力自由化は、価格の低減という当初の目標に対して一定の成果を挙げたと考えられるが、本稿では、ヘドニック法の考え方をを用いて、その価格下落がどのような要因によってもたらされたかを分析した。分析の結果、新規参入者のシェア上昇が小売自由化当初に料金低下に一定の影響を与えていること、その後は電力供給の限界費用にある程度の上昇が見られるという示唆を得た。

- | | |
|----------------------|------------|
| 1. はじめに | 4. 推計方法と結果 |
| 2. 先行研究およびヘドニック法について | 5. 結論 |
| 3. データ | |

1. はじめに

日本の電力産業では、1995年に独立系発電事業者(Independent Power Producer=IPP)の参入を認めることで卸売(発電)市場が自由化され、2000年には特定規模電気事業者(Power Producer and Supplier=PPS)の参入による小売市場の開放が行われた。小売市場は、当初特別高圧(20kV以上)供給の需要家、市場の約3割が自由化されたが、2004~05年にかけて高圧(6kV)供給の需要家まで拡大して、約6割の需要が自由化対象となっている。(桑原(2008))

日本における電力自由化は、電気料金の内外価格差を是正することが最大の目的であった。2006年度の平均単価を見ると、電灯・電力の合計で15.84円/kWhである。これは、卸売市場自由化前の1994年度の19.38円/kWhに比べて18.0%、小売市場自由化前の1999年度の17.78円/kWhと比べると8.9%安くなっている。1999年には、日本のkWh単価を1とすると、米国、英国、フランスで、家庭用は0.39~0.71、産業用で0.27~0.45であったものが、2006年には、家庭用で0.61~1.09、産

業用で0.54~0.95と、懸案であった内外価格差がかなり縮小していることが分かる。¹

図1は、その中でも、2000年の小売自由化当初から自由化範囲であった特別高圧電力の自由化後の単価の推移を示したものである。自由化当初の平成12年度第一四半期(4~6月)と平成21年度第三四半期(10~12月)を比較すると、特別高圧電力全体で11.6%、競争が激しい業務用の特別高圧電力では31.6%もの単価下落が見られる。

本研究の目的は、電力価格のパネルデータを用いて、こうした価格下落の要因を分析することである。また、自由化以降の電力会社が自らの電気を選んでもらうために、どのような「電気の品質」向上に取り組んでいるかについても検証を行う。具体的には、価格に及ぼす品質の影響を推定するヘドニック法を用いて、電気の品質や競争状況が小売価格にどのような影響を与えたかを統計的に分析し、それらの影響を除いた品質調整後価格(Quality Adjusted Price=QAP)を推計する。

¹ 電気事業分科会第3回市場監視小委員会配付資料(2007年7月2日)

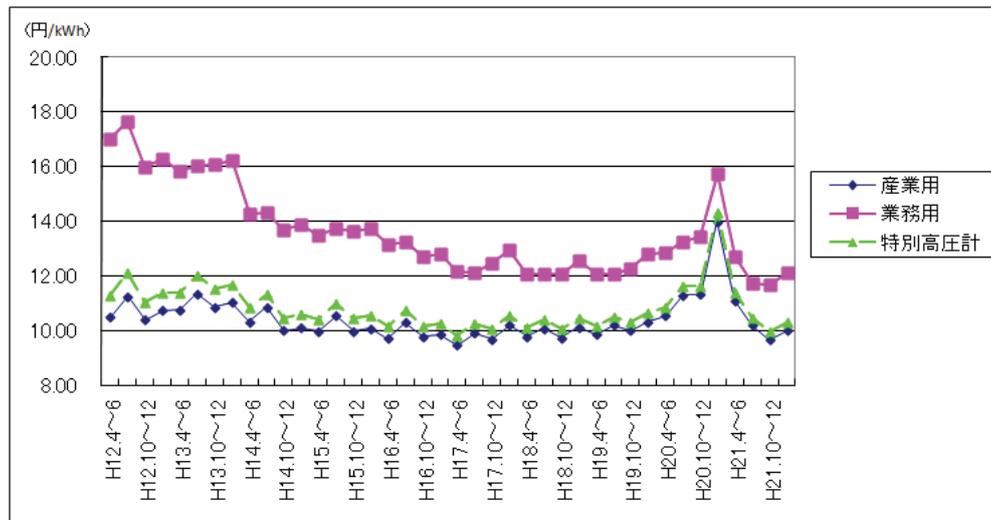


図1 特別高圧電力価格の推移

電気という財自体の品質を表す停電時間や周波数の安定度といった供給信頼度は、送配電網の管理によって確保されるが、送配電網は自然独占性が強く、一般的に一つの事業者によって管理・運営される。そのため、供給者の違いによる電気の品質の差は小さく、電力自由化後は純粋な価格のみによる競争が行われるものと考えられていた。しかし、蟻生、後藤(2006)、蟻生、後藤(2007)は、電力自由化後の調査によって、消費者が供給者選択を行う際に、価格だけでなく、電気の品質や電力会社のブランド等の「非価格的特性」が大きく影響していることを明らかにした。このことから、電気の小売価格に非価格的特性が影響を及ぼしうることが分かり、電力価格にもヘドニック法による分析が有効であることが示唆される。

本論文の構成は以下の通りである。第2節では、先行研究と比較した本研究の意義を述べた上で、分析に用いるヘドニックモデルについて解説する。第3節では、実際に分析で用いるモデルとパネルデータの内容について記述する。第4節では推計方法と推計結果について分析し、第5節は結論である。本論文の主要な結論をまとめると次の通りである。(1)品質調整後価格は、期間後半に下落する傾向があっ

た。自由化後の電力会社の効率化を強化する取組みの効果が明らかになるのに数年を要したと考えられる。(2)PPSとの競争は、自由化直後に電力価格の低下に繋がった。電力会社がマークアップを抑制し、競争的な値付けを行ったと考えられる。

2. 先行研究およびヘドニック法について

2.1 先行研究及び本稿の特徴

本節では、まず電力自由化後の電力産業についての先行研究と本稿の比較について述べ、そのあとで本稿で用いるヘドニック法について概説する。日本で電力産業の規制緩和が始まって、卸売市場の自由化からは15年、小売市場の自由化からは10年以上が経過した。その間にどのような変化が起こったのか、特に電力の価格や費用について計量的に分析した論文がいくつか公表されている。伊藤、依田、木下(2004)では、自由化後、電力会社の技術的効率性がどのように変化したかを、トランスログ費用関数を用いて分析し、規制緩和がなかった場合と比較して、規制緩和後の費用水準が低下したことを示した。服部(2006)では、伊藤他(2004)と同様に、トラ

ンスログ費用関数の推定から、潜在的競争圧力が費用削減に寄与していることを示した。また、同時に、電気料金と平均費用の関係を分析し、特に自家発からの競争圧力が、費用削減以外に電力価格の引き下げをもたらしたことを示唆している。Nakano and Managi(2008)は、データ包絡分析(DEA)法を用いて、Luenberger 生産指数を求め、規制緩和が電力会社の火力発電部門の成長性にプラスの貢献をしていることを示した。一方、電力会社の費用と電気の品質に関して分析した論文は余り多くないが、Assaf,Barros and Managi(2011)では、ベイジアンフロンティアモデルを用いて、発電事業者の火力発電所における費用効率性を計測し、CO₂ 排出規制が総費用の減少をもたらすことを示した。

本稿の特徴は、これらの先行研究とは異なり、費用関数の分析は行わず、電力価格が自由化以降どのように変化しているかについてヘドニック法を用いて分析することである。電気の品質や競争の度合いの違いが価格に及ぼす影響を推計し、それらの影響を除いた QAP を推定することによって、電力会社が自由化以降、電力価格引き下げのために費用削減を行ったかどうかを検証することができる。

2.2 ヘドニック法と市場支配力

物価の推移を算定する際には、同一の物品(群)の価格を経年的に調査することになる。しかし、特に技術進歩の早い分野においては、随時、性能・品質・仕様の異なる新製品が発売され、旧製品が市場から退場するケースが多く、しばしばそれが困難になる。そこで、様々な品質が価格に及ぼす影響を推定し、その影響を除いた後の新製品と旧製品の実質的な価格水準を比較する方法として開発されたのがヘドニック法である。

ヘドニック法によって価格水準を計算する際には、様々な仕様を持った財の実現した価格を、

その財の価格決定に影響する特性で回帰した、以下のような式を推計する。ある特性ベクトル $A_i \equiv (a_1, a_2, \dots, a_n)$ を持つ財 i に対するヘドニック価格は、下記のような式によって表されることになる。

$$h(A_i) = \alpha + \sum_k \beta_k a_k + \varepsilon \quad (1)$$

この場合、(1)式各説明変数の係数 β は、各「特性」1 単位の変化に対する価格の変化、つまりその特性 1 単位の価値を示すことになる。ヘドニック法では、消費者は特性の束としての財を需要すると考える。

一方、供給側から見ると、これらの特性は、その特性を向上させるために追加の費用がかかるものである。この場合、(1)式の各係数 β_k は、この企業がその財の特性 a_k を 1 単位向上させるのに必要となる限界費用を表すことになる。(Feensta(1995)、Triprett(2004))

ヘドニックモデルは、基本的に市場が競争下にあることを前提としている。そのため、もし市場が競争的でなく寡占的である場合、係数に理論的な制約が課されないヘドニック関数の推定には、より注意が必要となる。市場が不完全競争下にある場合、価格は限界費用と一致せず、限界費用に何らかのマークアップが上乘せされたものとなるからである。

Pakes(2003)に基づき、市場ではベルトラン競争が行われ、各消費者の特性に対する選好の分布 A は判明しているものとし、その分布 A に基づいて導かれる財 i の需要関数を $q_i = D(p_i, A_i; A)$ と表すものとする。財 i の価格がその特性 A_i に依存すると考えると、ヘドニック法によって求められた価格は、特性 A_i の下での財 i の価格の期待値を示すものとなる。

$$h(A_i) \equiv E(P_i | A_i) = E(MC_i(\cdot) | A_i) + E\left(\frac{D(\cdot)}{|\partial D(\cdot) / \partial p|} \Big| A_i\right) \quad (2)$$

このヘドニック価格は、効用を一定に保つ生計

費の補償額を示すものである。(Pakes[2003])

寡占市場におけるマークアップは、「特性」向上にかかるコストのみでなく、市場構造や代替性のある財の価格等複雑な要因に依存する。ヘドニック関数は誘導型で推計されるため、マークアップ部分が大きい場合、推定結果の各係数は特性の価値及び品質向上に応じた限界費用の増加を正確に表さなくなり、各係数には経済学的な意味がなくなってしまう。寡占市場においてヘドニック関数の推定を行う際、結果としての QAP のみを推計する場合は a priori な仮定を置かない誘導型で問題ないが、特性が価格に及ぼす影響自体が関心事である場合はマークアップが推計に及ぼす影響はより大きくなる。

この不完全競争下でのマークアップの問題に対して、Feensta(1995)は、独占マークアップ変数を導入することによる影響の排除を提案している。(2)式の第二項の大きさ、つまり市場支配力を表す代理変数を用いることで、価格と限界費用の差をコントロールすることにより、特性に対する消費者の価値と企業の費用をとともに反映した(インプリシットな)価値を推計することができるようになる。Austine(2004)では、この考え方に基づいて、ケーブルテレビサービスにおいて、視聴できるチャンネルの種類がサービス価格に与える影響を推計している。同論文では、市場支配力の有無を示す代理変数として、企業所有の形態及び地上波のチャンネル数を導入して推計している。

2.3 推計モデル

Triplet[2004]によると、ヘドニック法の推定において主に用いられる関数型は、被説明変数である価格と説明変数である特性がともに全て自然対数を取る double-log(log-log)型関数、被説明変数のみが自然対数を取り、説明変数は線形結合となる semi-log(もしくは log-lin)型、被説明変数、説明変数ともデータの数値がそのまま用いられる線形関数である。特性が複数

上ある重回帰モデルの場合は、それぞれの特性が価格に与える影響を、線形と考えることも対数形であると考えられることもできるため、説明変数に対数形を取るものと取らないものを混ぜた mix 型の関数を用いる場合もある。

また、これらの関数型には交差項が含まれていないため、価格が各特性に対して分離可能な関数であることを前提としている。

ヘドニック法は関数型の選択に余り反応しないともいわれており、関数型の選択は、論理的な基礎を持つものではなく、きわめて実証的なものであるといえる。(Triplet(2004))

本稿では、過去のヘドニック法の論文において一般的に多く用いられている double-log 型の関数を採用する。ただし、百分率で示される説明変数およびダミー変数については線形結合を用いるものとする。²

電力会社 i の t 期における価格 p_{it} を下記の式で推計する。

$$\ln p_{it} = \alpha + \sum_k \beta_k \ln a_{it}^k + \sum_l \beta_l a_{it}^l + \delta_m D_m + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

a^k ; 下記 2 種類以外の説明変数

a^l ; 百分率で表される説明変数

D_m ; m 四半期までの推定をする際に、 m 四半期のみ 1 の値を取る時間ダミー変数

このモデルによって、 m 期の QAP がサンプル期間のうち $m-1$ 期までの QAP よりどれだけ変化したかを推計する。

3. データ

本節では、推定に用いるデータについて説明する。ヘドニック関数の推定においては、特性を示す説明変数の選び方が重要となる。

被説明変数は、特性によって変化する価格で

² double-log 関数では、係数は弾力性を表すことになるが、百分率で示される説明変数を線形結合にすることによって、その係数は、説明変数が 1 ポイント変化した時の価格の変化率を近似的に表すことになる。

ある。自由化後の電力市場においては、競争によって需要家が供給者及びその供給する財を、その特性に応じて選ぶと考えられるため、各供給者が供給する財の特性に応じて価格が変動する。小売分野においては、2000年から特別高圧需要家、2004年から契約電力500kW以上の高圧需要家、2005年からすべての高圧需要家の市場が自由化されているが、データの一貫性を保つため、特別高圧需要家の市場のみを分析対象とすることとする。

電力価格は、自由化以降経済産業省資源エネルギー庁が四半期毎に行っている電力需要調査アンケートにおいて、沖縄電力を除く9電力会社エリア毎に、平均電力単価(支払い金額÷使用電力量)を調査したもので、2000年度第一四半期から2006年度第二四半期までの26四半期分、234サンプルを用いる。この調査はアンケートによるものであるが、全国の特別高圧需要家6000軒以上の全数を調査対象としており、回答率も毎回90%を超えているため、かなり母集団に近いデータ数が確保されている。³

説明変数は、電力の限界費用に影響を与えることを通じて、被説明変数である価格を変化させる特性である。

また、日本の電力市場は、2000年まで地域独占であったし、自由化以降も電力会社による各事業者の供給エリアをまたいだ販売は1件に止まっているため、現状では市場が地域毎に分割されていると言えるだろう。電力会社の各地域毎でのシェアは非常に高く、その意味で地域の電力市場は独占的であると考えられる。つまり、日本の電力市場においては、部分自由化以降も電力会社が市場支配力を有している可能性があるため、マークアップを考慮する必要がある。そこで、Austine(2004)で導入されたようなマークアップを示す代理変数を推計式に導

入し、マークアップをコントロールすることとする。

よって、説明変数には以下のような変数が含まれることになる。

1. 限界費用の変動を直接的に表す説明変数
2. 限界費用に影響を与える質的な特性を表す説明変数
3. マークアップの代理変数となる競争強度を表す説明変数

1.としては、発電種別に関する説明変数を導入する。

日本では、火力発電の燃料となる化石燃料のほとんどを輸入に頼っているため、電力会社だけでなく新規参入者等も含む電気事業者の限界費用は、例外なく化石燃料の価格に影響される。これらのことから、発電種別の構成や燃料価格を、限界費用の変動要因として説明変数に加える。

電気は、ほとんどが水力発電、火力発電、原子力発電によって賄われている。水力発電は、国内の水力資源を利用するため、ほとんど可変費用はかからない。水力発電については、流れ込み式の水力がベースとして使われる一方で、ダム式水力及び揚水発電は、ピーク時の供給力として稼働し、可変費用の高い火力発電の稼働を抑えることができる。一方、原子力発電では、ウラン燃料を加工して発電するため、可変費用は水力発電よりは大きくなるものの、化石燃料と比較すると小さい。原子力発電は、主にベース電源として稼働しているため、その比率が主にミドル・ピークの需要を賄う火力発電の利用率に影響する。つまり、原子力発電、水力発電は、それぞれ電力各社の限界費用を下押しするものと考えられる。そこで、説明変数として「水力発電比率」および「原子力発電比率」を導入する。

次に、化石燃料の価格変動を直接的に表す変数として「平均燃料価格」を導入する。平均燃

³ なお、2006年度第三四半期以降は、自由化を開始したばかりの高圧需要家を対象としたアンケート(標本調査)が開始されており、個別需要家の情報を保護するため、電力会社エリア毎の単価開示は行われなくなった。よって、データの連続性の観点から、それ以前のデータのみを分析対象とする。

料価格は、燃料費調整制度における調整額を決定する基となる値であり、各社の燃料別火力発電による発電電力量に応じて決まる。

これらの変数を導入することで、電力会社の限界費用に与える燃料価格変動の影響を抽出することができると考えられる。各社の水力発電比率、原子力発電比率は、資源エネルギー庁の電力調査統計に掲載されている。「平均燃料価格(円)」は、各社 HP で四半期毎の数値が公表されている。⁴「水力発電比率」「原子力発電比率」に対する係数符号は、負であると考えられる。

2.の特性については、供給信頼度や企業イメージ、環境への貢献度を表す変数を用いる。

供給信頼度を考慮するに当たって重視されるのは「停電しないこと」である。

蟻生,後藤[2006]の調査でも、特に事業所の需要家は供給信頼度を価格の安さよりも重視する傾向がある。また、米国では停電により年間1500億ドルもの被害が出ているとされ、停電のない電力供給への要求は強い。(US Department of Energy[2009])日本の電力会社は、供給信頼度の向上に特に力を入れ、世界でもトップクラスの停電の少なさを実現してきた。また、停電が起こった場合に、制限中止割引という価格割引を行っており、停電が起きればそれに応じて収受する料金が低下する。⁵

「停電時間」は、各電力会社の「作業停電時間+事故停電時間(分)」によって算出する。2000年度~2002年度に関しては原子力安全保安院が「電気事故統計」の中で調査数値を公表している。2003年以降については、各社のCSRレポートに記載がある。ただし、その公表数値が事故停電のみである場合は、作業停電

時間は大きな変動がないものと見なして「電気事故統計」の作業停電時間平均値を事故停電時間に加えて算出する。また、これらは年度単位の数値のみの公表であるため、各四半期の数値としてはその1/4を用いることとする。停電時間の増加は品質の低下を表すため、この変数にかかる係数符号は負であることが予想される。

1997年のCOP3で京都議定書が採択されたこと等を契機に、近年電気の品質としての環境価値への注目度が高まっている。京都議定書に基づく排出権取引やクリーン開発メカニズム(CDM)の取引だけでなく、国内でもRPS法や太陽光発電の固定価格買い取り制度等により、環境価値は顕在化し、電力会社は費用をかけてその向上を目指している。

「環境価値」を表す変数として、「CO₂排出源単位」および「風力・太陽光発電導入(購入)比率」を導入する。

2008年から京都議定書の第一約束期間に入り、電力の低炭素化が求められている。そのため、電力会社は、CO₂排出量の低い電気を作るために追加的費用をかけていると考えられる。「CO₂排出源単位(g-CO₂/kWh)」については、2004年度までは各社CSRレポートの記載等から、2005年度以降は環境省のホームページで公表されている「電気事業者別排出係数」を用いる。これも年度単位の公表数値であるため、同年度の各四半期全てに適用する。⁶

「風力・太陽光発電導入(購入)比率」について、まず風力発電の導入量は資源エネルギー庁の「電力調査統計」の数値を用い、太陽光発電の導入量は原則として各電力会社のHP等に記載されている数値を用いる。⁷太陽光発電につ

⁴ 「燃料費調整制度」自体は、非自由化範囲の電気料金に対する制度であり、自由化範囲の需要家に対して適用されている訳ではないが、ほぼ同様の価格調整を自由契約の条項に含んでいることが多いようである。

⁵ 制限中止割引は、1日1時間以上の供給停止が発生した場合、基本料金の一定割合を次月の電気料金から控除する仕組み。東日本大震災後の計画停電において、東京電力は基本料金4%/日の制限中止割引を実施した。このことによる東京電力減収は数十億円に達したものと見込まれている。

⁶ データのソースが異なるのは、環境省が電気事業者別の排出係数をまとめて発表するようになったのが2005年度以降であるため。ただし、環境省が集計したデータも各電気事業者からの申請に基づく数値であり、各社のCSRレポートでも2005年度以降は各社が環境省に報告したデータに基づいた記載がなされているため、データの連続性は担保されていると考えられる。

⁷ ただし、太陽光発電の導入量は、容量(kW)で示されている場合と、発電量(kWh)で示されている場合があるため、容量のみのデータしかない場合、富士経済研究所「電力・

いては年度データであるため、その 1/4 を四半期の風力発電データに加えたものを用いる。この太陽光発電および風力発電の導入量合計を、販売電力量で除することで比率を算出する。CO₂ 排出源単位の係数符号は負、風力・太陽光発電導入(購入)量の係数符号は正となることが予想される。

企業イメージおよび企業の提供する製品のイメージを高める手法として、広告宣伝を中心とした PR 活動が重要であることは実証されている(Berndt(1990))。PR 活動によってブランドが形成され、企業および製品のイメージが上がり、消費者が高い価格を支払うようになるためである。企業イメージの代理変数として、PR を行うための普及開発費を導入する。「普及開発費(百万円)」については、有価証券報告書に年度毎のデータがあるため、各四半期はその 1/4 であるとする。この変数に対する係数符号は、正であると予想される。

最後に、3.として、電力市場における市場支配力(競争強度)の代理変数となる説明変数を加える。

前節において述べたように、少なくとも分析対象の初期である 2000 年度はほぼ地域独占状態であるため、電力価格には何らかのマークアップが存在し得たと言える。そのため、(2)式の第二項に当たるマークアップの大きさを表す代理変数として、競争強度を示す変数を導入する。競争強度を表す変数としては、ハーフィンダール・ハーシュハイザー指数(HHI)が用いられることが多いが、日本の電力市場において需要電力量のシェア(各社需要電力量/日本全国の需要電力量)からを計算すると、1300 前後(2006 年)とそれほど寡占度は高くない。また、電力会社は自由化以前においても完全に地域独占で電力を供給していた訳ではなく、特に今回分析対象となるような大規模需要家については、

自家発との競争を行ってきたため、地域ごとの需要電力量シェアに基づく HHI を代理変数として用いるのも適切ではないと考えられる。

そこで、電力会社エリア毎の「PPS 電力供給比率(対エリア毎の特別高圧電気需要全体の比率)」及び「自家発自家消費比率(対エリア内の総需要電力量の比率)」をマークアップに影響する競争強度を表す変数として導入する。

「PPS 電力供給比率」は、経済産業局の HP 等に記載されている PPS の電力供給量を特定規模電気需要で割ることで算出するが、存在しないデータは審議会資料等で示される数値を採用し、それ以外の欠損値は推計によって求めることとした。⁸

PPS や自家発のシェアが高ければ競争強度が強くなり、マークアップが小さくなると考えられる。つまり、二つの変数にかかる係数の符号は負であると考えられる。

これらの変数に加えて、時間ダミー変数を導入する。ヘドニック法によって QAP の時系列的な変化を推計する場合、他の説明変数の影響を除いた時間ダミー変数の係数が、その期の QAP が基準となる期の QAP に対してどれだけ変化したかを表すことになる。例えば、2 期をプールした推計において、第 2 期にダミーを付けて推計すると、そのダミー変数の係数は、第 1 期の QAP に対して第 2 期の QAP がどれだけ変化したかを表す。

ヘドニック関数の推定において大きな課題となるのは、多重共線性の問題である。⁹ヘドニック法においては、説明変数が製品の「特性」であることから、本質的に変数間に相関が出やすい傾向があると言える。高価格かつ高品質な

エネルギーシステム新市場 2007 下巻」にあるように、双方のデータがある場合の kWh/kw 比率(421kWh/kW)を用いて計算している。

⁸ データのソースがない欠損値は、234 サンプル中 28 サンプルであった。2000 年度から 2006 年度第二四半期までの PPS による電力供給比率(特別高圧)は、電気事業分科会 市場監視小委員会資料等によると、およそ二次関数的に逡増している。各社の欠損値の推定には、存在するデータを時間の二次関数として推定する。ただし、特に値の小さいエリアにおいては当てはまりが悪くなるため、一次関数と二次関数双方で推計フィット(R²)が高い方を採用した。

⁹ ヘドニック関数の推定における多重共線性の問題については、Triplet(2004)に詳しい。

製品は、全てにおいて好ましい「特性」を持つことが多いためである。

ヘドニック法を用いて、物価指数つまり QAP の水準を計測するようなケースでは、「価格に影響を与えると考えられる特性」をできるだけモデルに入れて、モデル全体のフィットを高めることが求められる。しかし、その結果多重共線性が生じやすくなる傾向があるため、説明変数の推計に当たっては、多重共線性を検証し、それを避けるようなモデルにすることが重要となる。

本推定においては、分散拡大要因(Variance Inflation Factor=VIF)を用いて多重共線性の検証を行った。(Chatterjee and Price(1977))各説明変数の全期間における VIF を計測したところ、多重共線性の存在が疑われる 10 を超える値を示す説明変数は存在せず、今回のデータセットにおいては、多重共線性の影響は小さいと考えられる。

4. 推定方法と結果

4.1 推定方法

個々の「特性」が価格に与える影響は、需要側の嗜好の変化や費用構造の変化を通じ、時間の経過に従って変動すると考えられる。長期間に亘るパネルデータを用いて、ヘドニック法で QAP の推移を推計する際には、各特性が価格に与える影響が変動しない程度の期間のデータをプールし、その最終期間にダミー変数を導入して、QAP の変動を見るのが適切である。変数データをプールする期間中は、式の係数つまり特性の価値は同じであるという仮定を置くことになる。(Pakes(2003))そのため、プールする期間は、それ以上の期間ではヘドニック関数に構造変化が起きうるが、その期間では構造変化が起きない程度の長さが妥当ということになる。Pakes(2003)では、2 期分のデータをプールし後半期のデータにダミーを付加して価格の

推移を推計しているが、同時に全期間(5 年間)を通じて係数が安定的かどうかについても検証している。

電気という財の特性に鑑みると、需要側による特性に対する嗜好の変化や技術革新等による供給構造の大きな変化が急速に起こることは考えにくく、ある程度の期間各特性の価値(各説明変数の係数)が変化しないとするには一定の妥当性があると考えられる。そこで、推定を行うに当たって、何四半期をプールして計算すべきかを、構造変化が起こりうる期間とするよう、F 検定で検証することとした。最初に 1 年(4 四半期)毎のプールデータである 4 四半期と続く 4 四半期での構造変化の有無に関する F 検定を行った。

まず、2000 年度第一四半期～2000 年度第四四半期の 4 四半期と続く 2001 年度第一四半期～2001 年度第四四半期までの 4 四半期をそれぞれ推定して F 検定を行い、以降、四半期を一つずつずらして、2004 年度第三四半期～2005 年度第二四半期と 2005 年度第三四半期～2006 年度第二四半期の推定結果までを F 検定で検定した。この場合、検定は 19 組の推定について行われることになるが、構造変化がないという帰無仮説は、そのうち 17 組において 5%の有意水準で棄却できず、4 四半期では続く 4 四半期との合計 8 四半期間で構造的な変化は十分見られないことが分かった。次に、1 年半(6 四半期)毎のプールデータで、同様に検定を行ったところ、15 組の検定を行ったうち 10 組で、続く 6 四半期との間で構造変化がないという帰無仮説を棄却できた。これらの結果より 6 四半期と続く 6 四半期の間では構造変化がある程度起こるものと考えられる。

よって、6 四半期(1 年半分)のデータをプールすることとした。

また、各電力会社の価格は、各社の地勢、人口、電源比率など各社および供給エリアの特徴に左右される。各社の特徴による価格への影響を取り除くためのモデルの選定を行うために、

ハウスマン検定を行ったが、その結果ハウスマン統計量が負値を取った。Schreiber[2008]は、サンプルサイズが十分に大きい場合でも、ハウスマン統計量が負となり得ること、また、その時にハウスマン統計量を 0 とみなし、帰無仮説を棄却できないとするのが誤った判断であることを示した。その対応として、朴[2009]では、有意でない係数を落とした式を推定して、ハウスマン検定を行っている。本稿でも、全サンプルで(3)式の推定を行った際に有意な値を取らなかった「自家発自家消費比率」「水力発電比率」「普及開発費」を除いた式を固定効果モデルと変量効果モデルで推計し、ハウスマン検定を行ったところ、ハウスマン統計量は 211.49 となり、自由度 6 の下で、固定効果モデルが選択される。この結果、(3)式に各社の個別効果 D_i を付加した固定効果モデル(4)式を推定することとした。

$$\ln p_{it} = \alpha + \sum_k \beta_k \ln a_{it}^k + \sum_l \beta_l a_{it}^l + \gamma_i D_i + \delta_m D_m + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

4.2 推計結果

推定の結果は、表 1 の通りである。

そのうち、ヘドニック推定における最大の関心事である QAP の推移を示す時間ダミーの係数については、図 2 に示されているように、負値ものと有意でないもの及び正值で有意であるものが混在しており、必ずしも一方的に下落し続けているとは言えないが、期間を通じて下落傾向にあることが分かる。

6 四半期をプールして推定を行っているため、最後の四半期に係るダミー変数は、最初の 5 四半期を基準とした 6 四半期目の価格水準を示す。例えば最初の推計で、時間ダミー変数は、2000 年度第一四半期～2001 年度第一四半期までの 5 四半期を基準として、2001 年度第二四半期の価格水準がどれだけ変化しているかを示しており、推計結果から変化率は+6.5%とな

る。特に期間後半には、QAP が前 5 四半期と比べ下落している四半期が多くなっていることが分かる。

伊藤他[2004]の推計では、1995 年の卸売自由化以降最大で▲7.5%、2000 年の小売自由化以降最大で▲11.8%の費用水準の低下が見られたとしている。推計期間は異なっているが、本稿の推計と同様、小売自由化後、電力会社において費用水準が低下していることが示唆されている。

時間ダミー変数の係数は、循環的な動きを見せている。2001,2003,2005 年度の夏季である第二四半期は有意な正の値を取っており、第二四半期で有意に負の値を取っている年はない。一方、その他の四半期では有意に正の値を取っている期はなく、有意に負の値となっている期も見られる。これは夏季の昼間時間帯に料金単価が高くなる料金メニューの特徴を表しており、これが他の期と比べた場合に夏季の単価を引き上げる要因になっていると考えられる。一方で、夏季には総じて使用量が大きくなり負荷率も上がるので、料金に占める基本料金の割合が下がり、平均単価の上昇はその分緩和されることになる。両者の効果のうち前者が大きいため、第二四半期の単価が高くなっていると考えられる。

マークアップの代理変数である「PPS 電力供給比率」の係数は、2000 年 4 月の小売自由化により PPS の参入がもたらした競争の効果を示している。この係数が 10%水準で有意に負であるのは、期間最初の 2001 年度第二四半期と 2003 年度第二四半期および 2004 年度第三四半期から 2005 年度第一四半期、2006 年度第一四半期である。一方で、2001 年度第一四半期から 2002 年度第二四半期、2005 年度第二四半期は有意に正の値となっている。

小売自由化から少し経った時期と小売自由化範囲が拡大されて半年程度の時期に PPS のシェア拡大に応じて料金が下がっている。自由化から少し経って実質的な競争が激化したこと、電力会社が PPS の参入に対抗するまでに多少

表 1 推定結果

推定期間最終期	2001/2q	2001/3q	2001/4q	2002/1q	2002/2q	2002/3q	2002/4q	2003/1q	2003/2q	2003/3q	2003/4q
燃料価格	0.22719***	0.19651*	0.12865	0.00745	-0.17070*	-0.27772***	0.20482*	0.38953***	0.40527***	0.60090***	0.59275***
t 値	2.61	1.54	1.41	0.07	-1.48	-2.45	1.58	4.12	2.81	3.37	2.9
発電時間	-0.01912	0.00804	0.01187	-0.01508	-0.00985	-0.00675	-0.00054	0.02148	-0.04506	-0.01299	-0.02792
t 値	-0.62	0.27	0.6	-1.23	-0.76	-0.48	-0.03	1.1	-1.08	-0.32	-0.97
CO ₂ 排出源単位	-0.54763*	-0.28965	0.12315	-0.12092	-0.35896***	-0.30986***	-0.16796	-0.20270	-0.11897	-0.03818	-0.16759
t 値	-1.47	-0.83	0.59	-1.04	-3.55	-2.69	-1.1	-1.35	-0.51	-0.15	-0.99
再エネ比率	-31.927***	-4.3166	3.3862	1.3829	-4.1828	0.23994	3.1395	-0.54549	-4.1085	-7.1051	-0.10562
t 値	-2.39	-0.43	0.52	0.19	-0.79	0.04	0.42	-0.07	-0.66	-0.93	-0.02
広告宣伝費	-0.11797	0.13613	0.35133***	0.30713***	0.66767***	0.58497***	0.53828**	-0.03140	-0.03603	-0.04277	0.05683
t 値	-0.6	0.76	2.83	2.47	3.83	3.1	1.86	-0.38	-0.35	-0.42	0.75
水力比率	0.12086	-0.08112	-0.18119	-0.16038	-0.37856***	-0.47172***	0.23119	0.22377	-0.03564	-0.03408	0.02734
t 値	0.55	-0.36	-1.35	-1.36	-3.32	-3.05	1.31	1.15	-0.19	-0.14	0.17
原子力比率	-0.46518***	-0.47051***	-0.15315**	-0.15948**	-0.14282**	-0.25657***	-0.15550*	-0.13654	-0.12241	-0.11306	-0.13764
t 値	-3.02	-2.86	-1.73	-1.78	-1.82	-2.98	-1.48	-1.22	-1.02	-0.81	-1.35
自家発電比率	-3.0938***	-3.6989***	-2.4217***	-1.8038***	-2.6634***	-2.1549***	-2.5088***	-2.0565***	-2.1669***	-2.2006***	-1.5728***
t 値	-3.26	-3.82	-3.85	-2.79	-4.5	-3.25	-3.71	-2.63	-2.58	-2.31	-2.36
PPS 比率	-23.297**	2.8124	11.315***	7.0000***	5.5686*	2.7573	-5.9302	-2.9328	-5.4089***	-2.7883	-1.7497
t 値	-1.99	0.38	2.69	2.03	1.6	0.68	-1.1	-0.95	-2.1	-1.2	-1.04
前 5 期比率変化率	0.06458***	0.00888	-0.01660	-0.02821**	0.01237	-0.10707***	-0.03159*	-0.04380***	0.04911***	-0.01404	0.00206
t 値	2.59	0.38	-1.25	-1.83	0.98	-6.8	-1.68	-2.07	2.61	-0.65	0.14

推定期間最終期	2004/1q	2004/2q	2004/3q	2004/4q	2005/1q	2005/2q	2005/3q	2005/4q	2006/1q	2006/2q
燃料価格	0.71392***	0.80764***	0.59144***	0.090160	-0.48677	-0.043122	-0.19441**	0.093873	0.24154***	0.86558*
t 値	3.02	3.65	3.54	0.92	-0.64	-0.45	-1.8	0.73	3.06	1.5
発電時間	-0.00256	0.01207	0.00482	0.00501	-0.00351	0.07404**	0.04331	0.05122	0.03069**	-0.01268
t 値	-0.21	1.23	0.61	0.6	-0.35	1.84	1.03	1.45	1.87	-0.43
CO ₂ 排出源単位	-0.17653*	-0.14033	-0.04800	0.03356	-0.0827	0.13446	0.01978	0.09723	0.01665	0.00880
t 値	-1.53	-0.76	-0.25	0.17	-0.78	0.83	0.12	0.64	0.15	0.06
再エネ比率	-4.1977	-4.7577	-2.2849	1.6271	-1.0168	-2.7960	-1.2071	0.95029	-1.0842	-2.6855
t 値	-1.06	-1.23	-0.59	0.41	-0.23	-0.72	-0.31	0.31	-0.35	-0.93
広告宣伝費	0.03384	-0.03108	-0.05295	0.04065	0.07951	0.33906	0.31319*	0.09597	-0.01690	0.06370
t 値	0.62	-0.42	-0.69	0.49	1	1.66	1.52	0.52	-0.22	0.72
水力比率	-0.13078	-0.02394	0.21215	-0.26320	-0.31238*	-0.30495	-0.28449	0.08723	0.20109	-0.19198
t 値	-0.73	-0.16	1.14	-1.22	-1.56	-1.27	-0.95	0.37	0.91	-1.16
原子力比率	-0.14553*	-0.07596	-0.14924*	-0.12068	-0.20306**	-0.13374	-0.11936	-0.04079	-0.06163	-0.15035
t 値	-1.6	-0.89	-1.57	-1.31	-1.83	-1.02	-0.89	-0.35	-0.58	-1.42
自家発電比率	-1.5509***	-1.1752	-1.8368***	-1.8364***	-0.43991	-1.1007*	-0.76436	-0.87518	-0.36966	-2.2920***
t 値	-2.43	-1.36	-2.2	-2.13	-0.9	-1.64	-1.03	-1.45	-0.66	-1.95
PPS 比率	-0.67598	0.27416	1.4019	-0.52021	-0.70478	-0.95928	0.24965	1.3359	-0.02926	-1.2931
t 値	-0.53	0.17	0.76	-0.29	-0.47	-0.58	0.14	0.98	-0.02	-0.76
前 5 期比率変化率	0.01540	0.02560	-0.08895***	-0.04396***	-0.04832***	0.05101***	0.01333	0.02361	-0.04320**	0.01045
t 値	0.46	1.29	-3.12	-2.03	-2.11	2.56	0.57	0.91	-1.69	0.61

***は 5 %水準で有意、**は 10 %水準で有意、*は 15 %水準で有意。

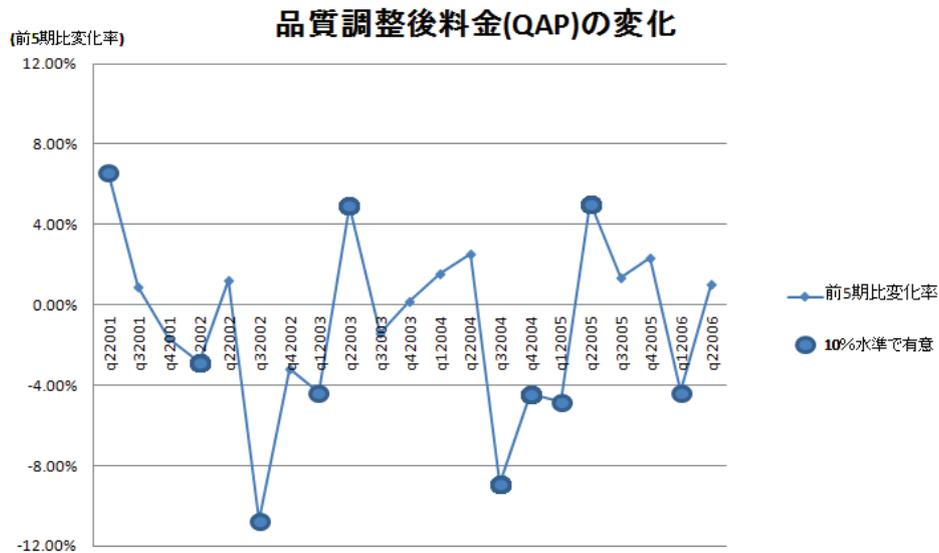


図 2 QAP の推移

の時間を要したことが考えられる。¹⁰

一方、自由化(範囲拡大)当初、PPS の参入は電力会社の電気料金引き下げに影響を与えるが、暫くすると逆に PPS シェアの増加が却って料金が上昇している。PPS シェアの上昇による競争圧力が、電気料金の値下げに与える影響は余り長続きしていないことが分かる。

このことから、電力会社の料金戦略は、自由化(範囲拡大)の当初は、「価格を抑えて、新規参入者に対抗する」方向であったものが、ある程度時間が経つと料金が下がったこともあって、「無理に新規参入者に対抗するよりは多少シェアを許しても価格水準を守る」という方向に転換したものと推察することができる。特に、2005 年半ば以降は、ほとんどの四半期で PPS シェアの係数は、有意に正か有意ではなく、その傾向が伺える。

こうした方向転換が生じた原因としては、2004 年頃からの原油価格の高騰によって、化石燃料主体である PPS が価格競争力を失った

ことが考えられる。遊休土地を利用したり、残渣油や副次生成ガス等を燃料としたりしている一部の PPS を除き、競争力を持った PPS が多く出現する可能性が低くなれば、価格を引き下げなくても、大幅なシェア喪失には至らないことになる。また、2003 年に東京電力管内で全原子力発電所が停止し、電力の安定供給が議論となったことも関連しているかも知れない。自由化以降専らコスト削減に力を入れ、料金引き下げを達成した電力会社が、こうしたことを受けて安定供給にコストを掛ける方向に少しずつ変わっていった可能性がある。¹¹

同じくマークアップの代理変数として導入した「自家発自家消費比率」の係数については、2004 年度まではほぼ全て有意に負の値を取り、後半になるにしたがってその絶対値が小さくなっている。2005 年度以降はほとんどの期間で有意な結果となっていない。2004 年度頃まで

¹⁰ 2003 年は特に東電管内で急激なシェア上昇が見られるが、一旦小さくなった料金への影響が、これによって再び強くなったのかも知れない。

¹¹ その後、2007 年 4 月の中越沖地震によって柏崎刈羽原子力発電所が停止し、再び安定供給が大きな課題として浮上した。その中で、電力業界に「コスト削減・値下げから安定供給へ」という空気が強まっている、という報道がなされている。[日本経済新聞・2007 年 10 月 20 日朝刊]2011 年 3 月 11 日の後には、供給力不足が全国で問題となったため、今後この点は更に重視されると考えられる。

はマークアップの削減に自家発のシェア拡大が貢献しているが、2005年頃からはマークアップの削減効果がなくなっているということになる。服部(2006)は、2004年までの推計で、自家発からの競争圧力に対して、電力会社が料金引き下げで対応してきた可能性があることを示しており、Nakano and Managi(2008)でも、2003年までの推計で、自家発電の比率が電力会社の火力発電の生産性を高めていることが検証されている。これらの結果は、本稿の推計で、期間前半には自家発比率がマークアップ削減効果を示していることと整合的である。しかし、その後自家発の競争圧力によるマークアップ削減効果は喪失したと推察される。

特別高圧供給の電力価格は、自由化当初から一貫して下落しているが、当初は PPS や自家発からの競争圧力が価格に影響を与える傾向が見られた一方で、自由化してから数年経った頃からは、PPS のシェアの動向に関係なく各電力会社が効率化を進めてきたものと考えられることができるだろう。

次に、導入した各「特性」に関する変数が、価格に及ぼす影響について概観する。供給信頼度を表す変数である「停電時間」の係数は、ほとんどの期で有意ではなく、後半に一部有意に正の値を取っている時期がある。予想とは異なった結果が出たが、日本の電力会社は安定供給を基本的な命題として、いずれの会社もコストをかけていること、また日本では、停電時間が事故ではなく自然災害に起因することも多く事業者がかけたコストと必ずしも相関しないことなどから、「停電時間短縮にかけたコストで事業者間の電気料金に差が出る」という現象は生じていないようである。企業イメージおよび製品の PR を行うための費用である「普及開発費」の係数は、主に期間前半の 2001、2 年度は有意に正の期が多く、その後の期ではほぼ有意でない。自由化初期には、品質やブランド価値向上にコストをかけた分が電気料金に反映されていたが、その後は料金への影響はなくなってきた

たと言える。

環境特性を表す二つの変数の係数は、ほとんどの期間で有意でなく、環境特性が価格に明確な影響を及ぼしたとは言えない。2003年度の RPS 法施行やその後の環境意識の高まりにより電気の「環境価値」が注目を集めるようになっていたが、まだ電力会社が、環境特性向上のためだけに料金に影響するほどのコストをかけてはいないことが分かる。ただ、CO₂ 排出原単位の係数は、2002年度第二、第三四半期に有意に負となっている。これは、CO₂ 排出量の減少が料金の引き下げを促すという推定前の予想に反する結果であるが、Assaf, Barros and Managi(2011)の結論とは整合があるとも考えられる。

限界費用に直接的に影響すると考えられた「燃料価格」の係数については、かなりの期間で有意に正であった。水力発電比率に関しては、2002年第二四半期と第三四半期に有意に負であった他はほとんどの期間で有意ではなかった。大規模な水力開発は余り行われなくなっておらず、水力発電の比率は比較的小さいため、料金との相関は小さくなっているものと考えられる。原子力発電比率に関しては、期間を通じて有意に負である期が多かった。限界費用の低い原子力発電が、料金引き下げに一定の影響を及ぼしていることが分かる。

5. 結論

電力産業においては、自由化後も送配電は全て電力会社が担っており、届けられる電気自体の「品質」は変わらないため、純粋に価格のみで競争を行われると考えられていたが、サービスも含めた電力の品質や企業のブランドといったものが供給企業選択ひいては電力価格に影響を及ぼしうることが分かってきた。

本稿では、電力価格を電気の特性を表す変数によって回帰し、また寡占市場において価格に上乗せされうるマークアップを調整して、ヘド

ニック法で推計を行った。その結果、季節的な変動の影響を除くと、電力価格の QAP が徐々に下がっている可能性が示唆された。

この結果から、自由化後の電力市場では競争がある程度有効に機能し、電力価格は実質的に下がってきたと言える。欧米諸国・諸州では電力自由化後価格の上昇が見られたことに鑑みると、日本の電力自由化はその最重要課題であった内外価格差の是正、高コスト体質の改善に対して、一定の成果を収めたと言えるだろう。

また、自由化前に存在したと考えられるマークアップは、PPS や自家発との競争圧力により、自由化後ほぼ数年かけて、かなり縮小したと考えられる。

小売自由化された電力市場においては、需要家は、サービス等の充実も含めた品質のより高い電力やそれを提供してくれそうな企業に、より高いコストを払う可能性は十分にある。そうであれば、供給者は、電力の品質及び企業・商品イメージの差別化を図ることで、より高いシェアを確保することができることになる。

本稿の研究では、電気の特性に関して、自由化初期においては PR が価格に影響していることが推定されたが、停電時間や環境特性の影響を明確に観察することはできなかった。ただし、蟻生、後藤(2006)、蟻生、後藤(2007)が示すように、停電時間の短さは、需要家から見ると電気の品質として非常に重要な要素であり、海外との比較及び自由化の今後の進展によっては、日本でもこの品質と料金の相関が明確化するかも知れない。また、研究対象とした 2006 年度第二四半期以降現在に至るまでに、京都議定書の第一約束期間が開始され、民主党政権による野心的な CO2 削減目標の提示、太陽光固定価格買い取り制度の導入や再生エネルギー特別措置法の成立といった事象が起こっている。今後は、環境特性を踏まえた契約メニューの導入など、環境特性の電力価格への影響が強まっていくことが予想される。

このように、価格に影響を与える電力の品質

は、時間とともに大きく変化し続ける。特に、先般の東日本大震災が電力供給に与えたインパクトは大きく、需要家の電力の品質や価格に関する意識は大きく変わっていくと考えられる。こうした分析を継続することで、電力の品質と価格の関係を検証していくことは、電力市場の制度設計に役立つだけでなく、電力の供給者にとって「どのような料金メニューを設計すればよいか」といった戦略策定にも一定の示唆を与えるものとなるだろう。

最後に、今回の分析に関して、今後解決すべき課題を三点を挙げておきたい。

一点目は、ヘドニックモデル固有の特性と実際の電力市場が持つ特徴との整合性である。ヘドニックモデルは、規模に対する収穫一定を前提として構築されている。電力市場には規模の経済性が存在すると考えるのが一般的であるため、検討対象となる財や期間において、この前提と整合するかの分析が必要であろう。また、電力市場は規制されていた時代から平均費用に基づく料金水準の設定を行ってきたため、限界費用をベースにした料金設定を行っていない。電力の場合の限界費用を考える際にはどれくらいの期間を考慮するのか、その設定によって燃料費のみを考慮するのか固定費を考慮するのか課題となる。さらに、代理変数でマークアップの効果を十分調整できていなければ特性の価値は正確に計測されないことになる。こうしたことから、電力市場へのヘドニック法の適用及びモデルの適切性について、実際の政策や戦略に応用する際には、より慎重な検証が必要となってこよう。

二点目は、それに関連して、変数の選定方法である。電力の自由化は、導入されてからそれほど長い時間を経過していない。そのため、需要家が電力の品質として何を重視しているかはまだ余り分析されていない。電力の品質としてどのような変数をヘドニックモデルに入れるべきかについては、今後の需要家へのアンケートや研究の進展でより明らかになってくるだろう。

また、価格に影響する品質は、時間を通じて変化すると考えられるため、検証は継続的になされるべきである。

三点目は、データ収集の問題である。例えば、被説明変数である特別高圧需要の価格について、電力需要調査では 2006 年度第三四半期から全国データしか公表されなくなった。本調査のように電力会社別の調査を行うことができなくなり、データ数を確保するのは困難である。また、品質を表すデータの多くが、年次データしか得られなかった。推計は 6 四半期をプールして行ったため、結果にその年の特徴は反映されたと考えられるが、より正確な品質調整を行うためには、4 半期データであることが好ましい。震災後、電力の品質と価格の関係がどのように変化したか、といったことを把握するためには、データ収集が大きな課題となろう。

本研究での電力価格に関するヘドニック法による分析は、価格の動向や電力の品質に関する評価について一定の傾向を示した点で意義があったと考えるが、より実効性の高いものとしていくために、これらを今後の研究の課題としたい。

原稿受付日 2011年7月15日

参考文献

- 蟻生俊夫、後藤久典(2006)、国内需要家の満足度の電力供給先選択、ロイヤルティに関する研究、電力中央研究所報告 Y05017。
- 蟻生俊夫、後藤久典(2007)、英独仏需要家による電力自由化の評価と、供給者選択行動の分析、電力中央研究所報告 Y06009。
- 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。
- 桑原鉄也(2008)、電力ビジネスの新潮流、エネルギーフォーラム。
- 服部徹(2006)、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—、平成 17 年度電力系統関連設備形成等調査・電力市場における系統利用者のニーズ調査報告書、経済産業省、pp.179-198。
- 朴勝俊(2009)、エネルギー消費量に対する価格と税

- 率の効果の違いについて、持続可能な発展の重層的環境ガバナンス Discussion Paper No.J09-06。
- Assaf, A., Barros, C.P. and Managi, S. (2011), “Cost Efficiency of Japanese Steam Power Generation Companies: A Bayesian Comparison of Random and Fixed Frontier Models”, *Applied Energy*, 88(4), pp.1441-1446.
- Austine, D. B. (2004), “The Impact of the regulation of the cable television industry: the effect on quality-adjusted cable television prices”, *Applied Economics*, Vol.36 pp.793-802.
- Berndt, E. R. (1990), *The Practice of Econometrics : Classic and Contemporary*, Chap.8, Addison-Wesley Publishing Company.
- Chatterjee, S. and Price, B.(1977), *Regression Analysis by Example Economics and Statistics*, John Wiley & Sons, Inc. [「回帰分析の実際」佐和隆光、加納悟訳、新曜社]。
- Feensta, R. C. (1995), “Exact hedonic price indices”, *Review of Economics and Statistics*, Vol.72 pp.634-653.
- Nakano, M. and Managi, S. (2008), “Regulatory Reforms and Productivity: An Empirical Analysis of the Japanese Electricity Industry”, *Energy Policy*, vol.36 (1),pp.201-209.
- Pakes, A. (2003), “A Reconsideration of Hedonic Price Indexes with an Application to PC's”, *The American Economic Review* 93, pp.1578-1596.
- Schureiber, S. (2008), “The Hausman Test Statistic can be Negative even Asymptotically”, *Journal of Economics and Statistics*, 2008, vol. 228, issue4, pp. 394-405.
- Triplett, J.(2004), “Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 2004/9, OECD Publishing.
- US. Department of Energy (2009), “The Smart Grid: An Introduction”, <http://www.oe.energy.gov/SmartGridIntroduction.htm>.

くわはら てつや
関西電力株式会社
きのした しん
龍谷大学経済学部講師
いだ たかのり
京都大学大学院経済学研究科教授