



RIETI Discussion Paper Series 07-J-027

託送方式の電力市場におけるキャパシティー選択と卸取引

金本 良嗣
経済産業研究所



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/>

2007年6月26日

託送方式の電力市場における キャパシティー選択と卸取引

金本良嗣*

経済産業研究所ファカルティフェロー

東京大学大学院経済学研究科・公共政策大学院

要旨

垂直統合型の電力会社が新規参入者に自社の所有する送配電網を貸すという日本型託送方式を分析するモデルを構築し、いくつかの簡単な特殊ケースの定性的な分析を行う。得られた主要な結論は以下である。第一に、託送料金が託送の限界費用と乖離している場合には、電力会社の電力供給に歪みが発生する。託送料金が託送の限界費用より高い場合には、電力会社は自社の供給を絞り、逆に低い場合には、自社の供給を増やす行動を取る。第二に、自社顧客が少なくなることによって、ブランド価値の低下や付帯事業への悪影響等が少しでも出てくる場合には、電力会社は他社の顧客数を増やすような卸し供給を行わない。第三に、電力会社が過剰なキャパシティーを抱えることによって新規参入者の参入を阻止する参入阻止行動が起きうる。

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。

* 大橋弘，松村敏弘，田中誠各氏の有益なコメントに感謝します。

概要

垂直統合型の電力会社が新規参入者に自社の所有する送配電網を貸すという日本型託送方式を分析するモデルを構築する。現実性をもったシミュレーション・モデルを用いて、様々な政策や制度設計の定量的分析を行うことが最終的な目的であるが、そのための準備として、簡単な特殊ケースの定性的な分析を行う。分析課題の主要なものは、(1) 電力会社がキャパシティー投資を用いた参入阻止行動を行うかどうか、(2) 卸電力取引市場に電力供給を行うインセンティブがあるかどうか、(3) 託送料金が託送の限界費用と乖離していることが電力会社の卸電力取引にどのような影響をもつか、(4) ベース電源を持たないフリンジ企業は生き残れるかといったものである。

卸電力取引がないケースにおける託送料金の歪みの効果

第一に、卸電力取引がないケースにおける託送料金の歪みの効果を分析する。託送料金が外生的に与えられているケースでは、通常の独占カプレミアムに加えて、託送料金の歪みによる効果が発生する。託送料金が託送の限界費用より高い場合には、フリンジの供給を増加させることによって託送部門の利益が増加するので、電力会社は自社の供給を絞って価格を上げるインセンティブをもつ。

フリンジ供給者ケース

第二に、PPS がすべてプライステイカーとして行動するフリンジ供給者であるケースを分析する。電力会社が余剰キャパシティーを持っている場合には、フリンジの参入を阻止する価格をつける均衡が存在することが示される。諸外国では電力市場自由化の際に発電設備の強制売却を行ったケースが多い。日本ではこういったことがされなかったので、参入阻止が行われやすい。また、新規参入者のシェアが非常に小さいにもかかわらず、電力価格が大きく低下したのは、新規参入の脅威に対して、電力会社が合理化努力によるコスト削減で対応したという参入阻止行動の結果であるという解釈が可能である。

卸電力取引市場がある場合に、電力会社がフリンジ企業に卸し供給を行う可能性があるかに関して、卸し供給するかどうかは無差別であり、その際の価格は小売価格から託送料金を引いたものになる。顧客が少なくなることによって、ブランド価値の低下や付帯事業への悪影響等が少しでも出てくる場合には、電力会社は卸し供給を行わない。ただし、もし託送料金が託送の限界費用より高くなっている場合には、託送部門での利益を増やすために卸し供給が行われる。

ベース電源とピーク電源

フリンジ供給者ケースの分析を、ベース電源とピーク電源の2種類の発電設備があるケースに拡張する。

まず、卸取引がないケースで、フリンジのキャパシティーが固定されているケースでは、(1) フリンジがピーク時に全キャパシティーを使うことを容認する、(2) フリンジのベース電源の

限界費用以下にして、全く供給させなくする、(3) オフピーク需要をベース電源だけでまかなうようにさせる、(4) ピークとオフピークの両方をベース電源だけでまかなうようにさせるといった様々なケースがありうる。

フリンジがベース電源を全く保有していない場合には、価格をピーク電源の限界費用より低く設定するだけで、フリンジの参入を阻止することができる。ベース電源は石炭火力、原子力、水力が主体であるが、これらはいずれも初期投資が巨大であるので、新規参入者にとってリスクが大きく、参入障壁となる可能性が高い。

次に、卸取引を導入する。顧客を取られると、ブランド価値の毀損や付帯事業の利益の減少等によるロスがほんの少しだけ発生すると仮定する。第一の重要な結論は、卸価格が電力会社のコストには依存せず、フリンジが払える最高のレベルに決まる。第二に、フリンジのピーク電源限界費用が電力会社のオフピーク時限界費用より高いという通常のケースでは、ピーク時の取引は起きず、オフピークの取引だけが起きる。ピーク時に電力供給を行うとフリンジの顧客が増えて、敵に塩を送ることになるからである。

寡占ケース

最後に、PPS も戦略的供給者である寡占ケースの分析を行う。電力供給には巨額かつ長期のキャパシティー投資が必要であるので、キャパシティー投資による参入阻止行動が起きうる。参入阻止が行われるかどうかは、PPS の固定費の大きさに依存する。固定費が十分に高ければ、電力会社がキャパシティー投資を用いた参入阻止をしなくても、PPS は参入せず、電力会社は独占的地位を保つことができる。逆に、固定費が十分に低ければ、キャパシティー投資をしても PPS が参入してしまう。これらの中で、キャパシティー投資による参入阻止が発生する。固定費が大きい場合には、参入阻止を行う場合に選択するキャパシティー水準は電力会社が独占の場合に選択するものと同じになる。キャパシティー費用が小さい場合には、このケースだけしか得られないが、キャパシティー費用が大きい場合には、固定費が小さくなると、参入阻止キャパシティーが独占ケースより大きくなる。

1 はじめに

日本の電力自由化は発電，送配電，小売りをすべて行う垂直統合型の電力会社を温存し，新規参入者は電力会社の所有する送配電網を借りる託送方式で行われている。また，各新規参入者は，時間的に変動する顧客の需要に発電量を追随させなければならないという同時同量義務を課せられている¹。こういった託送方式の電力市場を分析したケースは少なく，ほとんどの研究は発送電分離を前提に，統合された卸電力市場を分析している²。本稿の第一の課題は，日本型託送方式の分析モデルを提示することである。

第二に，電力供給においては巨額の固定投資が必要である。また，発電設備のキャパシティー制約は技術的に厳しく，キャパシティーを超えた発電は発電機の損傷をもたらす。こういった性格を持つ産業においては，キャパシティー投資を用いた参入阻止行動が起きやすいことが知られている。電力会社が先に市場全体の需要をまかなうのに十分なキャパシティー投資を行うと，新規参入者が新たに発電所を建設して参入することが困難になる。本稿の第二の課題はこういった参入阻止行動を分析することである。

また，日本では託送方式を前提としながら，卸電力取引市場が創設された。託送方式のもとでは，電力会社が卸電力市場に電力供給を行えば，新規参入者に顧客を奪われることになる。それでも電力会社が卸電力市場に電力供給を行うインセンティブがあるかどうか問題である。また，託送方式をベースにした卸電力取引において卸電力価格がどう決まるかも分析する必要がある。

本稿では，これらの問題を分析するための電力市場モデルを構築する。現実性をもったシミュレーション・モデルを用いて，様々な政策や制度設計の定量的分析を行うことが最終的な目的であるが，本稿ではまず簡単な特殊ケースの定性的な分析を行う。その際，託送料金が託送の限界費用と乖離していることが電力会社の卸電力取引にどのような影響をもつか，ベース電源を持たないフリンジ企業は生き残れるかといった問題も分析する。

本稿の構成は以下である。まず，2節で一般的なモデルを構築する。3節では卸市場が存在しないケースの分析を行う。4節以降は特殊ケースを扱う。まず，4節は新規参入者（PPS）がすべてプライスティカーであるケースを分析する。5節では，ベース電源とピーク電源の2種類の発電設備があるケースについて，卸電力取引市場の分析を行う。6節では，PPSも戦略的供給者である寡占ケースについて，主として，電力会社の参入阻止行動を分析する。7節では今後の課題を議論する。

¹ 現状では，30分間ごとの供給電力量と需要電力量の乖離が3%以下でなければならず，それを超えるとペナルティー料金を払わなければならない。

2 モデル

電力供給を行う主体には、域内ネットワークを保有する垂直統合電力会社とそれ以外の電力小売事業者（PPS）がある。これらの事業者に加えて、小売りを行わない卸専業発電会社も存在する。電力供給者（小売事業者）は添え字 $i = 0, 1, \dots, I$ で表す。最初の供給者 $i = 0$ は電力会社であるとする。託送方式のもとでは、各電力供給者は顧客と一定期間にわたる供給契約を結ぶ。ここでは、説明の簡単化のためにすべての供給契約を1年単位であるとする。各需要者の年間電力需要は固定されており、これはすべての需要者にとって同じであるとする。ただし、需要者は自家発電を行う可能性があり、このコストが需要家によって異なっているとす。分析の単純化のために、自家発電を選択する場合には、すべての需要を自家発電で調達し、電力供給者からの購入量はゼロになるとする。

各需要者の電力需要は日時によって異なっており、時間 h における需要は \bar{x}^h である。全時間における需要電力量を表すベクトルを $\bar{\mathbf{x}} = (\bar{x}^1, \dots, \bar{x}^h, \dots, \bar{x}^H)$ と書く。この需要パターンはすべての需要者にとって同じであり、また外生的に固定されている。

小売り契約は1年単位であるので、小売り電力価格は年当たりの価格だけが決まり、時間毎の価格は一意に決まらない。供給者 i が提示する年当たり価格を p_i と書く。仮に、供給者 i の時間 h における供給電力量（kWh）当たりの価格を p_i^h と置くと、年当たり価格を

$$(1) \quad p_i = \sum_h p_i^h \bar{x}^h$$

と書くことができる。

需要者を自家発電コストでパラメタライズして、自家発電コストが c 以上の需要者数を $N(c)$ とする。そうすると、電力価格が p の時に、小売事業者が全体として直面する需要は

$$(2) \quad N(p)$$

である。以下では、これを市場需要関数と呼ぶ。この需要関数は需要者数で表した需要であり、電力量ベースの需要関数ではないことに注意が必要である。

電力供給者 i がかかえる需要者数を N_i と書く。各供給者は同時同量義務を課されているので、自分の需要者の需要プロフィール $\bar{\mathbf{x}}$ に対応する供給を行う必要がある。卸電力取引がない場合には、自社の発電所でこれをまかなわなければならない。この場合の供給者 i の発電費用を需要者数の関数として

$$(3) \quad c_i(N_i) = C_i(N_i, \bar{\mathbf{x}}) = C_i(N_i, \bar{x}^1, \dots, \bar{x}^h, \dots, \bar{x}^H)$$

² 統合卸電力市場を仮定してシミュレーションを行っている研究は数多い。Akiyama and Hosoe (2006) は完全競争を仮定して日本の電力市場のシミュレーション分析を行っている。金本・蓮池・藤原 (2006)、田中(2006)、Tanaka (2007) は寡占的行動を仮定してクールノーモデルのシミュレーションを行っている。海外での研究の代表的なものは、カリフォルニアの電力市場を扱った Borenstein and Bushnell (1999) である。Hobbs (2001) は発電事業者と需要者の相対契約を仮定したクールノータイプのシミュレーションモデルを提示しているが、同時同量義務を明示的に扱うモデルになっていない点が本稿と異なっている。

と書く．この発電費用関数の関数形は技術的条件によって決定される．具体例については後ほど検討する．同様に，送配電費用を $c_N(N) = C_N(N\mathbf{x})$ と書くことができる．ここで，

$$(4) \quad N = \sum_i N_i$$

は総需要者数である．自家発電の可能性があるので，総需要者数は内生変数である．託送料金は時間帯別に異なりうるとし，電力量当たりの託送料金を $\mathbf{t} = (t^1, \dots, t^h, \dots, t^H)$ とする．需要者一人当たりの（年間）託送料金は $t = \mathbf{t}\bar{\mathbf{x}}$ である．ここで， $\mathbf{t}\bar{\mathbf{x}}$ はベクトル \mathbf{t} とベクトル $\bar{\mathbf{x}}$ の内積である．

以上の設定のもとでは，PPS の利潤は

$$(5) \quad \Pi_i = (p-t)N_i - c_i(N_i)$$

であり，電力会社の利潤は

$$(6) \quad \Pi_0 = (p-t)N_0 + tN - c_0(N_0) - c_N(N)$$

である．

戦略的行動をする供給者とプライステイカーとして行動するフリンジプレイヤーを分ける．フリンジプレイヤーについては，すべてのプレイヤーを集計して扱っても一般性を失わないので，最後 ($i=I$) のプレイヤーにまとめる．戦略的行動をする供給者は $i=0$ の電力会社と $i=1, \dots, I-1$ の PPS である．記号を分かりやすくするために，戦略的 PPS の数を $n=I-1$ と置く．戦略的供給者の集合を \mathbf{S} と書くと， $\mathbf{S} = \{0, 1, \dots, n\}$ である．電力会社以外の供給者がすべて小規模でプライステイカーで近似できる場合には，戦略的供給者は電力会社だけになり， $\mathbf{S} = \{0\}$ である．

3 電力市場：卸電力取引市場が存在しないケース

3.1 フリンジの利潤最大化問題

フリンジは価格 p を所与として行動する．利潤最大化行動から，託送費用を除いた純電力価格 $p-t$ が発電の限界費用に等しくなるという以下の条件が得られる．

$$(7) \quad p-t = mc_I(N_I)$$

ここで $mc_I(N_I) = dc_I(N_I)/dN_I$ は需要者数増加の限界費用である．これから，供給関数

$$(8) \quad N_I = S_I(p-t)$$

が得られる．この供給関数は一般的な形で書いてあり，様々なケースを包含する．たとえば，顧客数を増やすためにキャパシティー投資の必要がある場合には，限界費用は新規設備の費用を含む．また，純電力価格が発電量ゼロの時の限界費用より低い場合には，フリンジ企業の供給量はゼロになる．

3.2 戦略的供給者の利潤最大化問題とクールノー均衡

戦略的供給者が全体として直面する需要関数は、フリッジ企業の供給を市場需要から差し引いた残余需要関数

$$(9) \quad D(p;t) = N(p) - S_I(p-t)$$

である。戦略的供給者達はこの残余需要曲線を与件に選択を行う。

戦略的供給者の行動を各社が他企業の供給量を所与として行動するクールノー・モデルで表す。各企業が他企業の価格を所与として行動するベルトラン・モデルもよく用いられるが、電力市場のような同質財市場においては、このケースは完全競争市場と同じ結果をもたらす。クールノー・モデルでは、自分が供給を絞って価格をつり上げて競争者は供給量を増やさないと予想していると仮定している。競争者が余剰キャパシティーをもっている場合には、価格が上がっても供給をまったく増加させないという想定は自然でない、クールノーの仮定は実際には当てはまらない可能性がある。ただし、競争者がキャパシティー一杯で生産している場合には生産を増加させることができないので、クールノーの仮定は自然である。

託送料金

送配電ネットワークは自然独占性があるので、託送料金は規制されている。もし常に超過利潤が出ないように規制されていると託送料金は託送の平均費用に等しくなる。実際には、規制ラグが存在するので、必ずしもこれは成立しない。本稿では、託送料金が平均費用に等しいケースと外生的に与えられているケースの2つを考える。

託送料金外生ケース

まず、託送料金が外生的に与えられているケースを考える。この場合の電力会社の利潤は

$$(10) \quad \begin{aligned} \Pi_0 &= (p-t)N_0 + tN(p) - c_0(N_0) - c_N(N(p)) \\ N_0 &= D(p;t) - \sum_{\substack{j \neq 0 \\ j \in S}} N_j \\ &= N(p) - S_I(p-t) - \sum_{\substack{j \neq 0 \\ j \in S}} N_j \end{aligned}$$

で与えられる。ここで、クールノー・モデルの仮定にしたがって、電力会社は他社の供給量 N_j が固定されていると考える。

利潤最大化の1階の条件は

$$(11) \quad (p - mc_0)D_p + tS_I' - mc_N(D_p + S_I') + D_p = 0$$

となる。ここで、 $D_p = \partial D / \partial p$ である。これを変形すると、

$$(12) \quad \frac{p - mc_0 - mc_N}{p} = \frac{1}{\eta} \frac{N_0 + (t - mc_N)S_I'}{D}$$

となる。ここで、 η は残余需要の価格弾力性

$$(13) \quad \eta = -\frac{pD_p}{D}$$

である。

電力会社の価格が限界費用を上回る要因として2つがある。第一は、残余需要曲線が右下がりであり、戦略的供給者は寡占的であるので、電力市場における独占力が存在する。残余需要の価格弾力性 η が小さければ小さいほど、また残余需要に占める電力会社のシェア (N_0/D) が大きければ大きいほど、価格限界費用マージンは大きくなる。第二に、託送料金が限界費用より高い場合には、フリンジの託送から利潤が発生するので、自分の供給を押さえて、フリンジに供給させるインセンティブをもつ。

利潤最大化の解は他社の供給量の関数として

$$(14) \quad \begin{aligned} p &= \hat{p}_1\left(\sum_{\substack{j \neq 0 \\ j \in \mathbf{S}}} N_j\right) \\ N_1 &= \hat{N}_1\left(\sum_{\substack{j \neq 0 \\ j \in \mathbf{S}}} N_j\right) \end{aligned}$$

と書くことができる。これは反応関数と呼ばれている。

フリンジの供給量がゼロになる点で、残余需要曲線にキックやジャンプが発生する可能性がある。これらの場合には、電力会社の最適解がジャンプする。

電力会社以外の戦略的供給者の利潤は

$$(15) \quad \begin{aligned} \Pi_i &= (p-t)N_i - c_i(N_i), \quad i=1, \dots, n \\ N_i &= D(p;t) - \sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j \\ &= N(p) - S_I(p-t) - \sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j, \quad i=1, \dots, n \end{aligned}$$

である。電力会社と同様の他社の供給量が固定されているとして、最適な価格（と供給量）を選択する。利潤最大化の1階の条件は

$$(16) \quad (p-t-mc_i)D_p + N_i = 0$$

となる。これを变形すると、

$$(17) \quad \frac{p-t-mc_i}{p} = \frac{1}{\eta} \frac{N_i}{D}$$

となる。電力会社以外の戦略的供給者の価格限界費用マージンは通常の寡占モデルと同様に、需要の価格弾力性と自社のシェアに依存する。

利潤最大化の解は

$$(18) \quad \begin{aligned} p &= \hat{p}_i\left(\sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j\right) \\ N_i &= \hat{N}_i\left(\sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j\right) \end{aligned}$$

と書くことができる。

各社の利潤最大化条件を同時に満たす価格と供給量がクールノー均衡になる。したがって、均衡では以下の条件が成立する。

$$(19) \quad \begin{aligned} p^* &= \hat{p}_i \left(\sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j^* \right), \quad i \in \mathbf{S} \\ N_i^* &= \hat{N}_i \left(\sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j^* \right), \quad i \in \mathbf{S} \end{aligned}$$

託送料金原価規制ケース

託送部門で超過利潤が出ないように規制されているケースを次に考える。この場合には、託送料金は託送の平均費用に等しくなるので、

$$(20) \quad t = c_N(N) / N \equiv \tilde{t}(N)$$

と書くことができる。託送について規模の不経済がある場合には $\tilde{t}'(N) < 0$ で、規模の経済がある場合には逆になる。

電力会社にとって託送部門の利潤はゼロであるので、電力会社を含めてすべての戦略的供給者の利潤は

$$(21) \quad \begin{aligned} \Pi_i &= (p - \tilde{t}(N))N_i - c_i(N_i), \quad i \in \mathbf{S} \\ N_i &= D(p; \tilde{t}(N)) - \sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j \\ &= N(p) - S_I(p - \tilde{t}(N)) - \sum_{\substack{j \neq i \\ j \in \mathbf{S}}} N_j, \quad i \in \mathbf{S} \end{aligned}$$

となる。利潤最大化の1階の条件は

$$(22) \quad (p - t - mc_i)[D_p + S_I' \tilde{t}' N'] + N_i[1 - \tilde{t}' N'] = 0$$

となるので、

$$(23) \quad p - t - mc_i = -\frac{N_i[1 - \tilde{t}' N']}{D_p + S_I' \tilde{t}' N'}$$

が得られる。

価格を変化させると総需要が変化して託送料金が変わることの効果によって右辺の分子と分母に追加の項が出てくる。分子と分母の項は正反対の方向に働くので、この効果の方向は明らかでない。

3.3 まとめ

電力会社の価格が限界費用と乖離する要因には通常の独占カプレミアムに加えて、託送料金の歪みがありうる。後者は原価主義規制が厳密に運用されていて、常に託送料金が託送の平均費用に等しい場合には存在しないが、規制ラグによってこれは通常は成立しない。ここでは、託送料金が外生的に与えられているケースと平均費用に等しいケースの2つを考えた。

託送料金が外生的に与えられているケースでは、電力会社の価格が限界費用と乖離する要因は以下の2つである。

(1) 独占カプレミアム：電力市場において独占力をもつので、供給を絞って価格をつり上げる。残余需要の価格弾力性が小さければ小さいほど、また残余需要に占める電力会社のシェアが大きければ大きいほど、価格限界費用マージンは大きくなる。

(2) 託送料金の歪み：託送料金が託送の限界費用より高い場合には、供給を絞って価格をつり上げるインセンティブをもつ。フリッジの供給を増加させることによって託送部門の利益が増加するからである。

電力会社以外の戦略的供給者は第一の独占カプレミアムの要因だけを持つ。

規制によって託送料金が平均費用に常に等しくなっているケースでは、託送料金による歪みは存在しない。しかし、託送料金が総需要にしたがって変化するので、この効果を考える必要が出てくる。託送料金が内生的に変化することの効果は託送部門の規模の経済性やその他の要因によって決まるので、定量的な分析を行わなければその効果の方向は分からない。

4 電力会社とフリッジ：フリッジの限界費用一定

この節以降は、様々な特殊ケースを分析する。まず、この節では戦略的供給者が電力会社1社だけの特殊ケースを考える。また、分析を単純化するために以下の仮定を置く。第一に、フリッジの限界費用が一定である。第二に、フリッジが現有キャパシティーを超えて供給しようとすると、キャパシティー投資が必要となり、この投資費用は供給量が増えるにしたがって増加する。この新規投資費用を含む平均費用は右上がりの直線であるとする。第三に、市場需要曲線は右下がりの直線である。第四に、託送料金は一定で、しかも託送部門の超過利潤が常にゼロである。（これが成り立つためには、託送料金＝託送の平均費用＝託送の限界費用が成り立っていないといけない。）記号法の混乱を避けるために、フリッジを $i=2$ で表し、 $i=1$ の戦略的行動をとる PPS は潜在的に存在するが、費用が高いために必ず供給量がゼロになるとして無視する。

4.1 フリッジの供給曲線

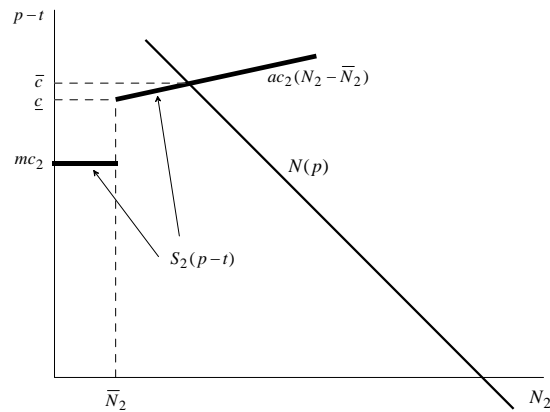
フリッジが現在持っているキャパシティーが需要者 \bar{N}_2 人分であるとする。このキャパシティーに達するまでは、限界費用が需要者一人当たり mc_2 で一定である。これを上回る需要に対応するためにはキャパシティー投資を行う必要があり、キャパシティー費用を含むコストは供給量の増加に伴って上昇する。キャパシティー費用を含む需要者一人当たり平均費用を $ac_2(N_2 - \bar{N}_2)$ とする。ここで、 $N_2 - \bar{N}_2$ は新しいキャパシティーで供給する需要者数である。図を簡単にするために、この平均費用曲線は図1のような右上がりの直線であるとする。この場合のフリッジの供給曲線は、現有キャパシティーまでは限界費用 mc_2 に等しく、それを超え

るとキャパシティー投資費用を含む $ac_2(N_2 - \bar{N}_2)$ になる。平均費用曲線の逆関数を $ac_2^{-1}(\bullet)$ で表すと、フリンジの供給曲線は

$$(24) \quad N_2 = S_2(p-t) = \begin{cases} 0 & \text{if } p-t < mc_2 \\ [0, \bar{N}_2] & \text{if } p-t = mc_2 \\ \bar{N}_2 & \text{if } mc_2 < p-t \leq \bar{c} \\ ac_2^{-1}(p-t) & \text{if } \bar{c} < p-t \end{cases}$$

となる。

図 1 フリンジ企業の供給曲線



4.2 電力会社の利潤最大化

電力会社の利潤は

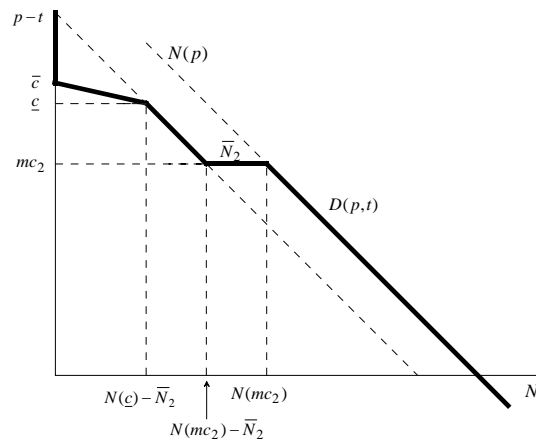
$$(25) \quad \Pi_0 = (p-t)D(p;t) - c_0(D(p;t))$$

である。ここで、残余需要曲線は上のフリンジ企業の供給曲線を市場需要曲線 $N(p)$ から水平方向に差し引いたものであり、

$$(26) \quad D(p;t) = \begin{cases} 0 & \text{if } p-t \geq \bar{c} \\ N(p) - S_2(p-t) & \text{if } p-t < \bar{c} \end{cases}$$

となる。この残余需要曲線は以下の図 2 のようになる。価格（託送料金を除いた）がフリンジの限界費用 mc_2 より低い場合には、フリンジの供給はゼロになり、残余需要曲線は市場需要曲線と一致する。価格がフリンジの限界費用を超えると、当初はフリンジは現有キャパシティー分だけの供給を行うので、残余需要曲線は市場需要曲線からフリンジの現有キャパシティー \bar{N}_1 を差し引いたものになる。更に上昇して、フリンジの平均費用曲線と交わるようになると、フリンジは新規投資を行って供給するようになる。

図 2 残余需要曲線



利潤最大化の1階の条件は限界収入が限界費用と等しいことである。ただし、残余需要曲線が4つのキックを持っているので、限界収入曲線は以下の図3のようにジャンプ点を持つ。したがって、限界費用曲線の位置と形状に依存して、様々なケースがありうる。以下では、フリッジプレイヤーが電力会社と同等な発電技術を持っており、両者の限界費用が等しいケースを考える。ただし、キャパシティー投資については、企業規模の差によるリスクテイク余力の差や技術力の差によって費用差が発生しうるとする。

図 3 限界収入曲線

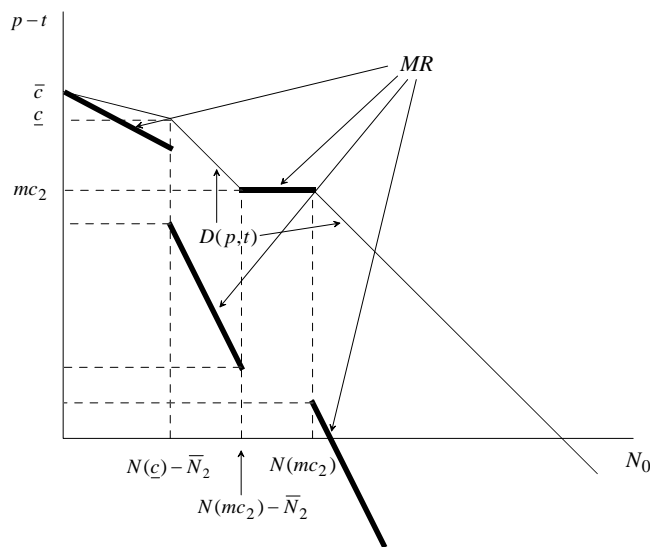
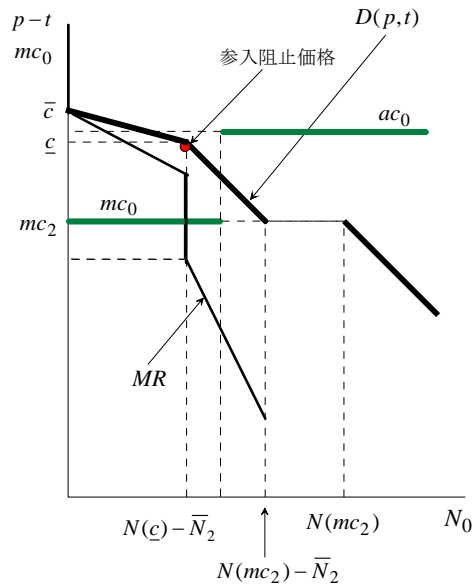


図4は電力会社が余剰キャパシティーをもっているケースを示している。キャパシティー費用を含む平均費用は一定であり、フリッジの最低水準より若干高いとしている。しかしながら、電力会社は過去の投資から余剰キャパシティーをかかえており、キャパシティー費用分はすでに埋没費用になっている。このケースでは、フリッジの新規投資を阻止するように c より少しだけ低い価格をつけるのが電力会社にとっての最適解である。

図 4 電力会社の利潤最大化解：同一限界費用・余剰キャパシティー

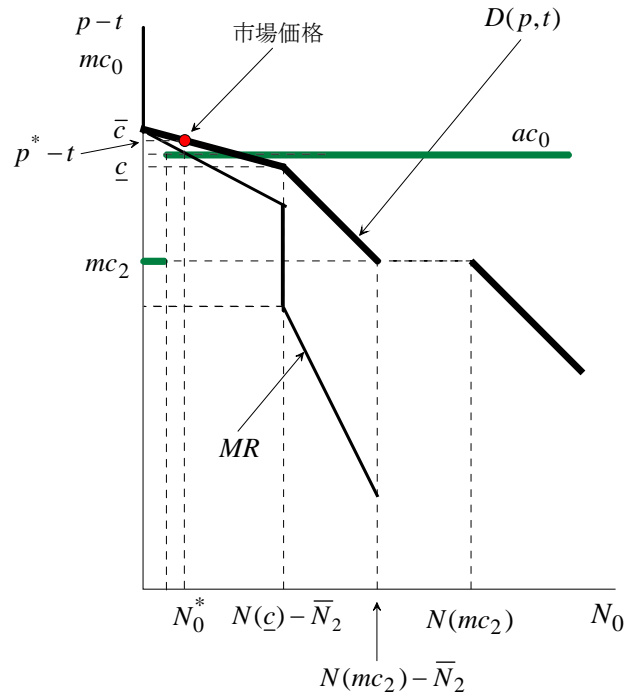


ここで、欧米諸国で行われたように、強制的あるいは半強制的に電力会社に設備を売却あるいは廃棄させることを考える。十分に多くの設備を手放させると図 5 のような状況になる。この図では、FRINGE が新しい設備投資を行い、電力会社の供給量は N_0^* 、価格は $p^* - t$ となる。電力会社は独占力をもっているの、価格は電力会社の平均費用より高くなる。

強制売却をしない場合でも、長期的には老朽化した設備を廃棄することによって余剰キャパシティーが解消される可能性がある。しかしながら、6 節で詳しく分析するように、電力会社が参入阻止のために更新投資や新規投資を行うことが考えられる。

わが国の電力自由化においては、新規参入者のシェアは未だに非常に小さい。2007 年 1 月現在で、PPS のシェアは 2.39% に過ぎない。需要種別には、特別高圧業務用で 18.8% のシェアになっているが、特別高圧産業用では 1.9%、高圧では 1.62% である。また、地域的には、東京電力管内（全体で 4.9%、特別高圧で 8.71%）と関西電力管内（全体で 2.98%、特別高圧で 5.89%）ではある程度のシェアに達しているが、北陸、四国ではゼロ% であり、これら以外でも PPS のシェアは非常に小さい。このように PPS のシェアが小さいにもかかわらず、電力価格は下がり続けている。また、電力会社間の価格差も縮小してきており、新規参入がない地域の電力会社も価格を下げてきている。こういった現象は新規参入の脅威に対する対応という解釈ができる。

図 5 電力会社の利潤最大化解：同一限界費用・強制売却



発電所の新規建設には長い期間がかかるので、新規参入者達は当初は自家発電の余剰や既存自社電源をかき集めて、供給を行わざるをえなかった。しかしながら、電力会社が以前のような高い電力価格を維持していると、新規参入者が発電所を建設して供給を拡大することが予想された。したがって、電力会社は懸命の合理化努力をして費用削減を行い、電力価格を下げてきた。これは、図 4の平均費用曲線 ac_0 が以前は高い位置にあって、そのままだと PPS の平均費用を上回る状況にあったのを、合理化努力によって新規投資が困難なレベルに引き下げてきたと解釈できる。

4.3 卸取引

次に、卸電力取引市場がある場合に、電力会社がフリッジ企業に卸し供給する可能性があるかどうかを考える。これについては、以下のような直観的な議論ができる。上で見たような卸取引のない均衡点から出発して、電力会社が自分の供給を減らして、その分をフリッジ企業に卸し供給することを考える。卸価格が市場価格 ($p-t$) に等しくなれば、フリッジ企業は赤字にならないので購入する。電力会社の方もこの価格なら自分で供給するのと全く同じ利潤が得られるので、無差別である。したがって、電力会社がフリッジ企業に卸し供給するかどうかは無差別であり、その際の価格は小売価格から託送料金を引いたものになる。

電力会社が卸し供給を行うと自分の顧客が少なくなる。このことによって自社のブランド価値が低下したり、付帯事業への悪影響が出てくる可能性がある。この種のコストがほんの少しでもあれば、電力会社は卸し供給を行わない。

以上の議論では、託送部門の収支が常に均等していることが前提となっている。もし託送料金が託送の限界費用より高くなっている場合には、電力会社が自分で小売り供給を行うよりは、フリンジ企業に卸し供給して託送料金を徴収した方が利潤が大きい。この場合には、卸し供給が行われる。

4.4 まとめ

この節では、(1) 戦略的供給者が電力会社 1 社だけで、(2) 市場需要曲線が直線、(3) 託送料金が一定で、しかも託送部門の超過利潤が常にゼロ、(4) フリンジの限界費用が一定、(5) フリンジがキャパシティー投資を行う場合の平均費用が右上がりの直線、(6) 電力会社の限界費用とキャパシティー投資を含む平均費用が一定という特殊ケースを分析し、以下のような結果を得た。

第一に、電力会社が余剰キャパシティーを持っている場合には、フリンジのキャパシティー投資を阻止する価格をつける均衡が存在する。諸外国で行われたように、発電設備の強制売却を行えば、こういった参入阻止行動がなくなり、フリンジのキャパシティー投資が促される可能性がある。強制売却を行わなくても、長期的には、老朽設備の廃棄によって余剰設備が解消され、フリンジのキャパシティー投資が起きる可能性がある。しかしながら、電力会社が参入阻止のために更新投資や新規投資を行うことが考えられる。また、わが国の電力自由化において、新規参入者のシェアが非常に小さいにもかかわらず、電力価格が低下してきたのは、新規参入の脅威に対して、電力会社が合理化努力によるコスト削減で対応したことによるという解釈が可能である。

第二に、卸電力取引市場が存在する場合に、電力会社がフリンジ企業に卸し供給を行う可能性があるかについては、卸し供給するかどうかは無差別であり、その際の価格は小売価格から託送料金を引いたものになる。電力会社の顧客が少なくなることによって、ブランド価値の低下や付帯事業への悪影響が少しでも出てくる場合には、電力会社は卸し供給を行わない。ただし、もし託送料金が託送の限界費用より高くなっている場合には、託送部門での利益を増やすために卸し供給が行われる。

5 電力会社とフリンジ：ベース電源とピーク電源

次に、ベース電源とピーク電源の 2 種類の発電設備があるケースを考える。両電源とも限界費用は一定で、それに加えて固定費がかかる。ピーク電源と比較して、ベース電源は限界費用が低く、固定費が高い。ピーク電源とベース電源のキャパシティー (kW) を K_i^k , $k = B, P$ で表し、これらの電源のピーク時 H とオフピーク時 L の発電量を X_i^{kj} , $j = H, L$, $k = B, P$ で表す。ここで、 B はピーク電源 P はピーク電源を表す。キャパシティーは kW に相当し、発電量は kWh に相当するが、単位は適当に調整するものとする。電源の 1 期 (年)、1 単位キャパシティー (kW) 当たりの固定費 (平均キャパシティー費用と呼ぶ) を f_i^k とし、1 単位発電量当た

りの限界費用を $MC_i^k, k=B, P$ とする. また, ピーク時間の割合が λ^H , オフピーク時間の割合が $\lambda^L = 1 - \lambda^H$ であるとする.

これらの記号を用いると, ベース電源 B とピーク電源 P のコスト構造は

$$(27) \quad C_i^k(X_i^{kL}, X_i^{kH}, K_i^k) = f_i^k K_i^k + (X_i^{kL} + X_i^{kH}) MC_i^k, \quad i=0, 2, k=B, P$$

$$(28) \quad X_i^{kj} \leq K_i^k \lambda^j, \quad i=0, 2, j=H, L, k=B, P$$

$$(29) \quad MC_i^B < MC_i^P, \quad f_i^B > f_i^P, \quad i=0, 2$$

と書くことができる.

以下では, ベース電源とピーク電源を自由に選択できる長期の均衡でも双方の電源が使われるようなコスト構造を仮定する. 具体的には, キャパシティー費用差がピーク時分だけの限界費用差より大きく, 全時間の限界費用差より小さい, つまり,

$$(30) \quad \lambda^H (MC_i^P - MC_i^B) < f_i^B - f_i^P < MC_i^P - MC_i^B, \quad i=0, 2$$

が成立すると仮定する. この仮定のもとでは, ベース電源でオフピークの需要をまかなうようにし, ピーク電源でピーク時の追加需要をまかなうようにするのが最適な電源選択である.

ピーク電源がピーク, オフピーク双方の限界電源である場合には, 顧客が 1 人増加する時の限界費用は

$$(31) \quad mc_i^P = (\lambda^L \bar{x}^L + \lambda^H \bar{x}^H) MC_i^P$$

である. ピーク時にピーク電源, オフピーク時にベース電源が限界電源である場合には,

$$(32) \quad mc_i^{Mix} = \lambda^L \bar{x}^L MC_i^B + \lambda^H \bar{x}^H MC_i^P$$

であり, ベース電源が双方の限界電源である場合には,

$$(33) \quad mc_i^B = (\lambda^L \bar{x}^L + \lambda^H \bar{x}^H) MC_i^B$$

である. これらは

$$(34) \quad mc_i^B < mc_i^{Mix} < mc_i^P$$

を満たす.

5.1 卸取引がないケースの市場均衡

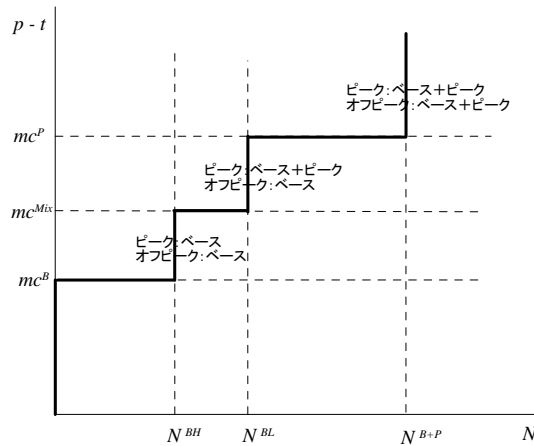
まず, 卸取引がないケースの市場均衡を考える. フリンジのキャパシティーが固定されているケースと可変であるケースの 2 つを考える.

キャパシティー固定ケースにおける市場均衡

オフピーク時の需要をベース電源だけでは満たすことができず, ピーク電源も用いなければならぬケースをまず考える. この場合のフリンジの供給曲線は図 6 のような階段状になる. 価格が mc_2^P より高い場合には, ベース電源とピーク電源をフルに使うことでピーク時の供給を行い, オフピーク時にはベース電源のすべてとピーク電源の一部を使う. この場合の最大顧客数は $N^{B+P} = (K_2^B + K_2^P) / \bar{x}^H$ である.

価格がこれより下がると、顧客数を減少させて、オフピークにピーク電源を使うのを止める。この場合の顧客一人当たり限界費用は mc_2^{Mix} である。この場合には、ベース電源でオフピーク需要をまかなえるだけの顧客しかとれないので、顧客数の上限は $N^{BL} = K_2^B / \bar{x}^L$ である。価格が更に下がり、 mc_2^{Mix} を下回ると、ベース電源だけでピーク時もオフピーク時も供給するようになる。この場合の最大顧客数は $N^{BH} = K_2^B / \bar{x}^H$ である。最後に、価格が mc_2^B (ベース電源だけで供給する場合の顧客一人当たり限界費用) より低くなると、供給量はゼロになる。

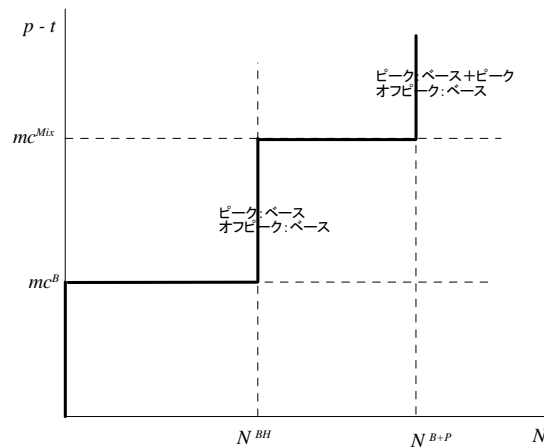
図 6 フリンジの供給曲線：ベース電源だけでオフピーク需要を満たせないケース



注：図では、 $N^{B+P} = (K_2^B + K_2^P) / \bar{x}^H$ ， $N^{BL} = K_2^B / \bar{x}^L$ ， $N^{BH} = K_2^B / \bar{x}^H$ である。

オフピーク需要が小さくて、ベース電源だけで需要を満たすことができる場合には、以下の図 7 のような供給曲線になる。

図 7 フリンジの供給曲線：ベース電源だけでオフピーク需要を満たせるケース



注：図では， $N^{B+P} = (K_2^B + K_2^P) / \bar{x}^H$ ， $N^{BH} = K_2^B / \bar{x}^H$ である。

フリンジの供給曲線が3つ，あるいは2つの価格のところでジャンプすることを反映して，電力会社が直面する残余需要曲線も複数のジャンプ点を持つ。フリンジがピーク時に全キャパシティーを使うことを容認するケースと，フリンジのベース電源の限界費用以下にして，全く供給させなくするケースの中間に，オフピーク需要をベース電源だけでまかなうようにさせるケースと，ピークとオフピークの両方をベース電源だけでまかなうようにさせるケースがあり得る。

なお，フリンジがベース電源を全くもっていない場合には，価格をピーク電源の限界費用より低く設定するだけで，フリンジの参入を阻止することができる。ベース電源は石炭火力，原子力，水力が主体であるが，これらはいずれも初期投資が巨大であるので，新規参入者にとってリスクが大きく，手当が難しいという特徴をもっている。

キャパシティー選択

次に，フリンジが最適な電源選択を行うことができる超長期のケースを考える。ベース電源とピーク電源の双方を保有するのがベストであるケースを仮定しているのので，ベース電源でオフピーク需要をまかない，ピーク電源とベース電源の両方を用いてピーク需要をまかなうのが最適になる。したがって，

$$(35) \quad K_i^B = N_i \bar{x}^L$$

$$(36) \quad K_i^P = N_i (\bar{x}^H - \bar{x}^L)$$

となり，総費用は

$$(37) \quad TC_i = \left\{ \bar{x}^L MC_i^B + \lambda^H (\bar{x}^H - \bar{x}^L) MC_i^P + f_i^B \bar{x}^L + f_i^P (\bar{x}^H - \bar{x}^L) \right\} N_i$$

である。顧客一人あたりの平均費用は

$$(38) \quad ac_i = \bar{x}^L MC_i^B + \lambda^H (\bar{x}^H - \bar{x}^L) MC_i^P + f_i^B \bar{x}^L + f_i^P (\bar{x}^H - \bar{x}^L)$$

である。

顧客1人あたりの平均費用が長期限界費用に等しく，それがコンスタントであるので，電力会社はこれより少し低い価格を設定すれば，PPSの新規投資を阻止できる。

5.2 卸取引：キャパシティー固定ケース

フリンジのピーク時キャパシティーが固定されているとし， $\bar{x}^H \bar{N}_2$ と置く。フリンジが購入する卸電力購入量がピーク時に x_{02}^H ，オフピーク時に x_{02}^L であるとする。ピーク時とオフピーク時の卸電力価格をそれぞれ \tilde{p}^H と \tilde{p}^L で表す。フリンジにとっては自社保有のベース電源が卸購入よりも有利であるとして，必ずフルに利用すると仮定する。したがって，卸電力の購入がベース電源の代替にあてられることはなく，ピーク電源の代替か新規顧客の開拓にあてられる。

ピーク時に卸電力を購入すると、顧客数を

$$(39) \quad N_2 = \bar{N}_2 + \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}$$

を増やすことができる。ベース電源はピーク時にもフルに稼働しており、ベース電源によるピーク時の発電量は $X_2^{BH} = K_2^B \lambda^H$ であるので、ピーク電源の発電量は需要量からこれを差し引いた

$$(40) \quad X_2^{PH} = (\bar{N}_2 \bar{x}^H - K_2^B) \lambda^H$$

である。卸電力の購入分がそのまま顧客数の増加に回るので、ピーク時の発電量は変化しないことに注意が必要である。

既に述べたように、オフピークに卸電力を購入すると、ピーク電源の発電量を削減する。ピーク時の卸電力を購入していれば、フリンジの顧客数が増加するので、その分の発電にあてることもありうる。なお、オフピークの卸電力価格がピーク電源の限界費用より低ければ、自社のピーク電源は全く使わず、ベース電源と卸電力購入分だけでオフピーク需要をまかなうことがある。したがって、オフピーク時のピーク電源の発電量は

$$(41) \quad X_2^{PL} = \max \left\{ 0, (\bar{N}_2 \bar{x}^H - K_2^B) \lambda^L + \frac{\lambda^L \bar{x}^L}{\lambda^H \bar{x}^H} x_{02}^H - x_{02}^L \right\}$$

となる。

これらの前提のもとでは、フリンジの利潤は

$$(42) \quad \begin{aligned} \Pi_2 &= (p-t)N_2 - (\tilde{p}^H - t^H)x_{02}^H - (\tilde{p}^L - t^L)x_{02}^L - MC_2^P (X_2^{PH} + X_2^{PL}) \\ &\quad - (f_2^B + MC_2^B)K_2^B - f_2^P K_2^P \\ &= \left[MC_2^P - (\tilde{p}^L - t^L) \right] x_{02}^L + \frac{1}{\lambda^H \bar{x}^H} \left[(p-t) - \lambda^H \bar{x}^H (\tilde{p}^H - t^H) - \lambda^L \bar{x}^L MC_2^P \right] x_{02}^H \\ &\quad - MC_2^P [(\bar{N}_2 \bar{x}^H - K_2^B) \lambda^H + (\bar{N}_2 \bar{x}^L - K_2^B) \lambda^L] \\ &\quad + (p-t)\bar{N}_2 - (f_2^B + MC_2^B)K_2^B - f_2^P K_2^P \end{aligned}$$

となる。ここで、

$$(43) \quad t = t^H \lambda^H \bar{x}^H + t^L \lambda^L \bar{x}^L$$

である。利潤関数が卸電力取引量について線形であるので、オフピーク時の価格 ($\tilde{p}^L - t^L$) がピーク電源の限界費用 (MC_2^P) より低ければ、ピーク電源の発電量がゼロになるまで購入し、高ければ購入量がゼロになる。ピーク時の取引については、ピーク時の価格が低く、

$$(44) \quad (p-t) - \lambda^H \bar{x}^H (\tilde{p}^H - t^H) - \lambda^L \bar{x}^L MC_2^P \geq 0$$

であれば購入する。

以上の議論から、フリンジが卸電力を購入するかどうか無差別になる価格は

$$(45) \quad \tilde{p}^L - t^L = MC_2^P$$

$$(46) \quad \tilde{p}^H - t^H = \frac{1}{\lambda^H \bar{x}^H} \left\{ (p-t) - \lambda^L \bar{x}^L MC_2^P \right\}$$

であることが分かる．次にこの価格の時の電力会社の利潤を見てみよう．

前節と同様に，自社で小売りするのと同じ利潤が得られる水準に卸価格が決まっていれば，電力会社が自社の顧客を減らして，その分を卸で供給しても利潤は同じである．したがって，卸し供給量は一意に決まらない．しかしながら，顧客を失うことによって，少しでもブランド価値を損なったり，付帯事業の利益が減少することがあれば，卸供給量はゼロになる．これを見るために，電力会社は自分の顧客を確保することによって ε だけの付加的な利益を得るとする．この場合の利潤は

$$\begin{aligned}
(47) \quad \Pi_0 &= (p + \varepsilon)(N(p) - \bar{N}_2 - \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}) + t^H (\bar{N}_2 \lambda^H \bar{x}^H + x_{02}^H) + t^L (\bar{N}_2 \lambda^H \bar{x}^H + x_{02}^H) \frac{\lambda^L \bar{x}^L}{\lambda^H \bar{x}^H} \\
&\quad + (\tilde{p}^H - t^H)x_{02}^H + (\tilde{p}^L - t^L)x_{02}^L \\
&\quad - C_0 \left((N(p) - \bar{N}_2) \lambda^H \bar{x}^H, (N(p) - \bar{N}_2 - \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}) \lambda^L \bar{x}^L + x_{02}^L \right) \\
&\quad - C_N (N(p) \lambda^H \bar{x}^H, N(p) \lambda^L \bar{x}^L)
\end{aligned}$$

である．ここで，電力会社の費用関数は一般的な形で書いている．また，電力会社がピーク時に卸し供給を行うと，その分だけ顧客数が減少するので，ピーク時の発電量は

$$(48) \quad (N(p) - \bar{N}_2) \lambda^H \bar{x}^H$$

で変化しない．ただし，オフピーク時の発電量は変化する可能性がある．

上で導いた卸価格を利潤の式に代入すると

$$\begin{aligned}
(49) \quad \Pi_0 &= (p + \varepsilon)(N(p) - \bar{N}_2 - \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}) + t^H (\bar{N}_2 \lambda^H \bar{x}^H + x_{02}^H) + t^L (\bar{N}_2 \lambda^H \bar{x}^H + x_{02}^H) \frac{\lambda^L \bar{x}^L}{\lambda^H \bar{x}^H} \\
&\quad + \frac{1}{\lambda^H \bar{x}^H} \left\{ (p - t) - \lambda^L \bar{x}^L MC_2^P \right\} x_{02}^H + MC_2^P x_{02}^L \\
&\quad - C_0 \left((N(p) - \bar{N}_2) \bar{x}^H, (N(p) - \bar{N}_2 - \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}) \lambda^L \bar{x}^L + x_{02}^L \right) \\
&\quad - C_N (N(p) \lambda^H \bar{x}^H, N(p) \lambda^L \bar{x}^L) \\
&= - \left\{ \varepsilon + \lambda^L \bar{x}^L MC_2^P \right\} \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H} + MC_2^P x_{02}^L \\
&\quad - C_0 \left((N(p) - \bar{N}_2) \bar{x}^H, (N(p) - \bar{N}_2 - \frac{x_{02}^H}{\lambda^H \bar{x}^H}) \lambda^L \bar{x}^L + x_{02}^L \right) \\
&\quad - C_N (N(p) \lambda^H \bar{x}^H, N(p) \lambda^L \bar{x}^L) \\
&\quad + (p + \varepsilon)(N(p) - \bar{N}_2) + t^H (\bar{N}_2 \lambda^H \bar{x}^H) + t^L (\bar{N}_2 \lambda^L \bar{x}^L)
\end{aligned}$$

となる．ここで，卸電力供給量を増やすと利潤が増加するかどうかをしてみる．オフピーク時とピーク時のそれぞれについて，

$$(50) \quad \frac{\partial \Pi_1}{\partial x_{02}^L} = MC_2^P - MC_0^L$$

$$(51) \quad \frac{\partial \Pi_1}{\partial x_{02}^H} = \frac{\lambda^L \bar{x}^L}{\lambda^H \bar{x}^H} (-MC_2^P + MC_0^L) - \frac{1}{\bar{x}^H} \varepsilon$$

が得られる。ここで、 MC_0^L は電力会社にとってのオフピーク時の限界費用である。オフピーク時にピーク電源を使う必要がなければ、これはベース電源の限界費用になる。オフピーク時にピーク電源を使う必要がないように設備投資を行うので、これが通常の場合であると思われる。いずれにせよ、フリンジのピーク電源の限界費用が電力会社のオフピーク時の限界費用より高いか低いかによって以下のような結果が生じる。

(1) フリンジのピーク電源限界費用が電力会社のオフピーク時限界費用より高いか等しいケース： $MC_2^P \geq MC_0^L$

この場合には、

$$\frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^L} \geq 0, \quad \frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^H} < 0$$

が成立するので、オフピーク電力を電力会社が供給することはあっても、ピーク時には供給しない。

$$x_{02}^L \geq 0, \quad x_{02}^H = 0$$

フリンジが競争的なので、価格はフリンジが支払いうる最高の水準に決まる。この場合には、ピーク電源の限界費用に等しくなる。

$$\tilde{p}^L - t^L = MC_2^P$$

(2) フリンジのピーク電源限界費用が電力会社のオフピーク時限界費用より低いケース： $MC_2^P < MC_0^L$

フリンジのピーク電源限界費用が電力会社のオフピーク時限界費用より低いケースはほとんど考えられないが、このケースの分析も可能である。なお、フリンジの発電キャパシティーは固定されており、ピーク時キャパシティー一杯まで顧客を取っていると仮定しているので、このケースでもフリンジが電力会社に卸し供給することはありえない。

① 限界費用差が小さいケース

この場合には、

$$\frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^L} < 0, \quad \frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^H} < 0$$

が成立するので、ピーク、オフピークともに取引がない。

$$x_{02}^H = 0, \quad x_{02}^L = 0$$

② 限界費用差が十分に大きいケース

この場合には、

$$\frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^L} < 0, \quad \frac{\partial \Pi_0}{\partial x_{02}^H} \geq 0$$

が成立するので、ピーク電力を電力会社が卸し供給し、オフピーク時の取引はない。

$$x_{02}^H \geq 0, \quad x_{02}^L = 0$$

このケースでは、フリンジのピーク電源がオフピーク時にも優位性をもっているため、それを最大限使うために、ピーク電力をフリンジが購入し顧客を増やすという行動をとる。価格はフリンジが支払う最高レベル（フリンジの限界利益がゼロになる水準）になるため、

$$\tilde{p}^H = \frac{p - (MC_2^L + t^L)\bar{x}^L}{\bar{x}^H}$$

が成立する。

5.3 まとめ

この節では、ベース電源とピーク電源の2種類の発電設備があり、両電源とも限界費用が一定で、それに加えて単位キャパシティー当たり一定のキャパシティー費用がかかるケースを考えた。

卸取引がないケースで、フリンジのキャパシティーが固定されているケースでは、フリンジの供給曲線が3つ、あるいは2つの点でジャンプするので、電力会社が直面する残余需要曲線も複数のジャンプ点を持つ。これを反映して、(1) フリンジがピーク時に全キャパシティーを使うことを容認するケース、(2) フリンジのベース電源の限界費用以下にして、全く供給させなくするケース、(3) オフピーク需要をベース電源だけでまかなうようにさせるケース、(4) ピークとオフピークの両方をベース電源だけでまかなうようにさせるケースといった様々なケースがありうる。

フリンジがベース電源を全くもっていない場合には、価格をピーク電源の限界費用より低く設定するだけで、フリンジの参入を阻止することができる。ベース電源は石炭火力、原子力、水力が主体であるが、これらはいずれも初期投資が巨大であるため、新規参入者にとってリスクが大きく、参入障壁となる可能性が高い。

フリンジが最適な電源選択を行うことができる超長期のケースでは、ベース電源とピーク電源の双方を保有するのがベストであるケースを仮定しているため、ベース電源でオフピーク需要をまかない、ピーク電源とベース電源の両方を用いてピーク需要をまかなうのが最適になる。また、顧客1人あたりの平均費用が長期限界費用に等しく、それがコンスタントであるため、電力会社はこれより少し低い価格を設定すれば、PPSの新規投資を阻止できる。

次に、フリンジのキャパシティーが固定されているケースに卸取引を導入する。電力会社は顧客をPPSに取られると、ブランド価値の毀損や付帯事業の利益の減少等によるロスがほんの少しだけ発生すると仮定する。

第一の重要な結論は、卸価格が電力会社のコストには依存せず、フリンジが払える最高のレベルに決まることである。これは、フリンジが競争的であることの当然の帰結である。

第二に、フリンジにとっては自社保有のベース電源が卸購入よりも有利であり、必ずフルに利用すると仮定すると、フリンジのピーク電源限界費用が電力会社のオフピーク時限界費用より高いという通常のケースには、ピーク時の取引は起きず、オフピークの取引だけが起きる。ピーク時に電力供給を行うとフリンジの顧客が増えて、敵に塩を送ることになるからである。

6 寡占ケース

ここまでの分析では、電力会社以外に戦略的供給者はおらず、他の供給者はすべてプライステイカーとして行動するフリンジ企業であった。この仮定によって、卸価格が電力会社の限界費用に依存しないという極端な結果が生まれている。次に、寡占的なケースの分析を行う。まず、3節と同様に需要者一人当たりの限界費用が一定のケースを考え、そこに戦略的なキャパシティー選択を導入する。簡単化のために、フリンジは存在しないとし、PPSの戦略的供給者は n 社である。また、3節と同様に、託送料金は一定でしかも託送部門の超過利潤はゼロであるとする。

市場全体の需要曲線が直線で

$$(52) \quad p = a - bN$$

を満たすとする。以下のような簡単な費用構造を考える。PPSはすべて同じ費用構造をもっており、

$$(53) \quad c_i(N_i) = f_1 + (r+w)N_i, \quad i = 1, \dots, n$$

であるとする。ここで、 f_1 は固定費、 r は顧客一人当たりのキャパシティー費用、 w は短期限界費用である。電力会社の費用は固定費を除いてPPSと同じであり、

$$(54) \quad c_0(N_0) = f_0 + (r+w)N_0$$

であるとする。電力会社とPPSの利潤は

$$(55) \quad \Pi_i = (p-t)N_i - c_i(N_i), \quad i = 0, 1, \dots, n$$

である。

PPSの反応関数

まず、電力会社の供給量が N_0 で与えられたときのPPSの反応関数を求める。PPSがすべて同じ供給量を選択する対称的なケースだけを考える。この場合には、PPSにとっての利潤最大化は

$$(56) \quad N_1 = \frac{v}{2b} - \frac{1}{2}(N_0 + (n-1)N_1)$$

で達成される。ここで、

$$(57) \quad v = a - t - (w+r)$$

と置いている。これから、

$$(58) \quad N_1 = \frac{1}{(n+1)b}(v - bN_0)$$

が得られる。価格費用マージンを

$$(59) \quad \pi = p - t - (w+r) = v - bN$$

とすると、

$$(60) \quad \pi = \frac{n}{n+1}(v-bN_0)$$

が得られる。電力会社と PPS の利潤は

$$(61) \quad \Pi_0 = \frac{n(v-bN_0)N_0}{n+1} - f_0, \quad \Pi_1 = \frac{n(v-bN_0)^2}{b(n+1)^2} - f_1$$

である。

6.1 クールノー均衡：平均可変費用

まず、電力会社も PPS もキャパシティー費用が可変費用であると考えている場合のクールノー均衡を求める。この場合の電力会社の反応関数は

$$(62) \quad N_0 = \frac{1}{2b}(v-bnN_1)$$

である。これと上で求めた PPS の反応関数を組み合わせると、クールノー均衡は

$$(63) \quad N_0^{CA} = N_1^{CA} = \frac{v}{b(n+2)}$$

となることが分かる。この時の価格費用マージンと利潤は

$$(64) \quad \pi^{CA} = \frac{v}{n+2}$$

$$(65) \quad \Pi_0^{CA} = \frac{v^2}{b(n+2)^2} - f_0, \quad \Pi_1^{CA} = \frac{v^2}{b(n+2)^2} - f_1$$

である。

このクールノー均衡においては、電力会社は特別な存在ではなく、平均可変費用が PPS と同じであれば、市場シェアは PPS と同じになる。日本の電力市場では、自由化後も PPS のシェアは小さいままであるが、PPS と電力会社との効率性格差がそれほど大きいとは思えない。この状況を理解するためには、電力供給には巨額かつ長期のキャパシティー投資が必要であることを考慮しなければならない。特に、日本では自由化時点で発電所の強制売却等を行わず、しかも電力需要が増加傾向になかった。したがって、PPS が新たに発電所を建設して市場シェアを拡大することが困難であったと考えられる。

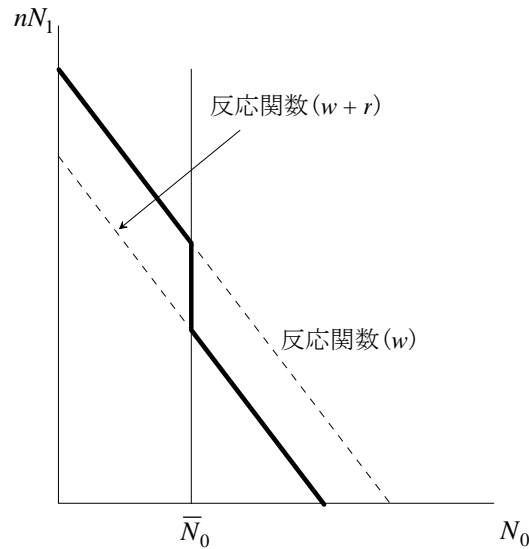
こういった状況を分析するために、以下では、電力会社がまずキャパシティー選択を行い、PPS はそれを前提にキャパシティー投資を行うと仮定する。PPS がキャパシティー投資を行う時点で、電力会社も追加のキャパシティー投資を行うことが可能であるとする。第 2 段階での各社のキャパシティー選択はクールノー均衡になるとする³。

第 1 段階で電力会社が選択するキャパシティーが \bar{N}_0 であるとする。このキャパシティー投資は不可逆的であり、第 2 段階で決まる供給量がこれ以下であっても、キャパシティー費用は

³ 以下の枠組みは Dixit (1980) と基本的に同じである。Murphy and Smeers (2005) はこの枠組みを一般的な電力市場モデルに適用している。

戻ってこないものとする。つまり、第1段階のキャパシティー費用は第2段階では埋没費用になっている。

図 8 電力会社の反応関数



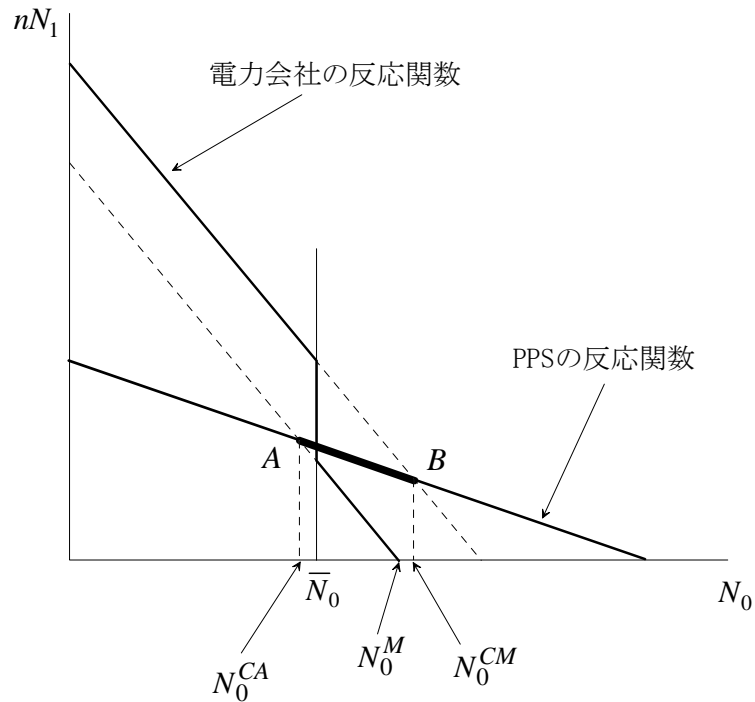
第2段階において、顧客数が \bar{N}_0 に満たないときの限界費用は w であるが、それを上回るとキャパシティー費用分が追加されて $w+r$ になる。PPS の供給量が nN_1 の時に、電力会社の利潤を最大にする供給量（反応関数）は、これらの2つの限界費用に対応して、

$$(66) \quad N_0 = \begin{cases} \frac{v+r}{2b} - \frac{1}{2}nN_1 & \text{if } N_0 < \bar{N}_0 \\ \bar{N}_0 & \text{if } N_0 = \bar{N}_0 \\ \frac{v}{2b} - \frac{1}{2}nN_1 & \text{if } N_0 \geq \bar{N}_0 \end{cases}$$

となる。この反応関数は図 8の太線のように、キャパシティー \bar{N}_0 のところでキックを持つ。

PPS の反応関数は上で求めた(58)式である。電力会社の反応関数がキャパシティー \bar{N}_0 のところでキックを持つので、第2段階のクールノー均衡はこのキャパシティー水準によって変化する。図 9はキャパシティー \bar{N}_0 がクールノー均衡になるケースを描いている。電力会社は第1段階におけるキャパシティーの選択によって、この図のA点からB点までの間の均衡を達成できる。

図 9 キャパシティー \bar{N}_0 が与えられたときのクールノー均衡



6.2 クールノー均衡：短期限界費用

A 点は上で求めたクールノー均衡(63)である。 B 点は電力会社にとっての限界費用がキャパシティー費用を含まない場合のクールノー均衡である。このケースでは、電力会社の反応関数は

$$(67) \quad N_0 = \frac{1}{2b}(v+r-bnN_1)$$

であり、クールノー均衡は

$$(68) \quad N_0^{CM} = \frac{v+(n+1)r}{b(n+2)}, \quad N_1^{CM} = \frac{v-r}{b(n+2)}$$

$$(69) \quad \pi^{CM} = \frac{v-r}{n+2}$$

$$(70) \quad \Pi_0^{CM} = \frac{(v-r)(v+nr)}{b(n+2)^2} - f_0, \quad \Pi_1^{CM} = \frac{(v-r)^2}{b(n+2)^2} - f_1$$

となる。

6.3 キャパシティー投資による参入阻止

次に、第1段階におけるキャパシティー選択を考える。

参入阻止不要ケース： $\beta > v/3$

PPS の利潤は A 点から B 点に動いて行くにしたがって、下がっていく。したがって、もし A 点で利潤がマイナスになっていけば、いかなる均衡においても PPS は利益を上げられない。したがって、この場合には PPS は参入せず、電力会社は独占価格をつけることができる。クールノー均衡より高い独占価格を見ても、合理的に考える PPS は参入しない。もし参入すれば電力会社が価格を下げて、A 点になってしまうことを予測するからである。このケースは平均可変費用クールノー均衡のもとでの PPS の利潤 (Π_1^{CA}) が負になるときに得られる。

$\beta = \sqrt{bf_1}$ と置くと、 $\Pi_1^{CA} < 0$ の条件は

$$(71) \quad \beta > \frac{v}{3}$$

と書くことができる。これは PPS の固定費が十分に高く、電力会社が参入阻止行動をとらなくても PPS が参入しないケースである。電力会社は独占企業として行動し、供給量は

$$(72) \quad N_0^M = \frac{v}{2b}$$

となる。価格費用マージンと利潤は

$$(73) \quad \pi^M = \frac{v}{2}$$

$$(74) \quad \Pi_0^M = \frac{v^2}{4b} - f_0$$

である。

参入阻止不可能ケース： $\beta \leq (v-r)/3$

電力会社が第 1 段階において十分なキャパシティー投資を行っていて、電力会社にとっての限界費用が短期限界費用のみであるケースにおけるクールノー均衡が B 点である。この点で PPS の利潤が正になっていけば、電力会社はいかなるキャパシティー選択をしても PPS の参入を止めることはできない。これが成立するのは、 $\Pi_1^{CM} \geq 0$ であるケースである。新規参入が 1 社だけであるケースについて、これが成立する条件は、

$$(75) \quad \beta \leq \frac{v-r}{3}$$

である。この場合には、PPS が参入してくるが、電力会社はそれを考慮に入れて第 1 段階のキャパシティー選択を行うことになる。

キャパシティー投資が \bar{N}_0 で、PPS が n 社参入するときの電力会社の利潤は

$$(76) \quad \Pi_0 = \frac{n}{n+1}(v - b\bar{N}_0)\bar{N}_0 - f_0$$

である。これを最大にするキャパシティー投資は

$$(77) \quad N_0^S = \frac{v}{2b}$$

である。この解は、電力会社がリーダーとして供給量を先に決め、その後 PPS がフォロワーとして供給量を決めるという意味で、シュタッケルベルグ解になっている。

シュタッケルベルグ解における電力会社の供給量は独占ケースと同じである。しかし、PPS が参入するので、利潤の水準は異なる。利潤は

$$(78) \quad \Pi_0^S = \frac{nv^2}{4(n+1)b} - f_0$$

である。

中間ケース： $(v-r)/3 < \beta \leq v/3$

上の 2 ケースの中間で

$$(79) \quad \frac{v-r}{3} \leq \beta < \frac{v}{3}$$

が成立している場合には、参入阻止行動を含めて様々な可能性がある。線分 AB 上で PPS の利潤が丁度ゼロになる点を N_0^D とすると、この点での PPS の利潤は

$$(80) \quad \Pi_1^D = \frac{n(v - bN_0^D)^2}{b(n+1)^2} - f_1 = 0$$

となるので、

$$(81) \quad N_0^D = \frac{1}{b} \left[v - \frac{(n+1)}{\sqrt{n}} \beta \right]$$

が成立する。ここで、PPS の利潤は企業数 n の減少関数であるので、1 社の参入を阻止できれば、すべての n について参入を阻止できる。したがって、 $n=1$ と置くと、

$$(82) \quad N_0^D = \frac{1}{b}(v - 2\beta)$$

となる。この時には

$$(83) \quad \pi^D = \beta$$

$$(84) \quad \Pi_0^D = \frac{2\beta(v - 2\beta)}{b} - f_0$$

である。

PPS の利潤は電力会社の供給量の減少関数であるので、もしこの N_0^D が独占ケースの供給量 N_0^M より小さければ、独占供給量に等しいキャパシティーでも PPS の利潤はマイナスになる。したがって、電力会社は独占ケースの供給量 N_0^M を選択する。このケースは

$$(85) \quad \frac{v}{4} \leq \beta < \frac{v}{3}$$

の時に成立する。もし $v \geq 4r$ であれば、

$$(86) \quad \frac{v}{4} \leq \frac{v-r}{3}$$

であるので、このケース以外は存在しない。 $v < 4r$ であれば、

$$(87) \quad \frac{v-r}{3} \leq \beta < \frac{v}{4}$$

となるケースが存在し、この時には $N_0^D > N_0^M$ となるので、PPS の参入を阻止しようとする、独占ケースの供給量より大きいキャパシティーを選択しなければならない。この場合には、キャパシティーを N_0^D に設定して参入を阻止するケースと参入を許すケースのどちらが利潤が大きいかによって、参入阻止をするかしないかを決定する。

PPS の参入を許すケースでは、上の参入阻止不可能ケースと同様に、参入を前提に第 1 段階のキャパシティー投資を行う。この問題の解は上で得たシュタッケルベルグ解である。シュタッケルベルグ解が A 点と B 点の間に来る場合には、参入を許す解はシュタッケルベルグ解になる。B 点の右に来る場合には、B 点が解になる。これらを一般化シュタッケルベルグ解と呼び、

$$(88) \quad N_0^{GS} = \min\{N_0^S, N_0^{CM}\}$$

と表す。参入阻止解 N_0^D と一般化シュタッケルベルグ解 N_0^{GS} のうちで利潤が大きい方を電力会社は選択する。

6.4 数値シミュレーション

金本・蓮池・藤原(2006)第 5 章と基本的に同じ需要構造を仮定して、数値シミュレーションを行う。需要量を 1 時間あたりの電力量で表現した線形の需要曲線を仮定する。送電料金抜き価格が 10 円/kWh のときの 1 時間あたりの需要が 74,911 千 kWh であるとし、その時の需要の価格弾力性が -0.1 であるとしている。この条件のもとでの需要曲線は、

$$(89) \quad p-t = 110 - 0.00133N$$

となる。実際には、家庭用等の需要が非自由化部門であったり、長期契約で固定されている部分がある。また、実際に競争が活発に起きているのは、大口の業務用にほぼ限られている。したがって、需要のほぼ 8 割が長期に固定されている

$$(90) \quad p-t = 30 - 0.00133N$$

のケースと、ほぼ 9 割が固定されている

$$(91) \quad p-t = 20 - 0.00133N$$

のケースも考える。

費用については、短期限界費用が 5 円/kWh、キャパシティー費用が 5 円/kWh であるとする。PPS の固定費 f_1 が大きい場合には PPS の参入がなく、小さくなるにしたがって参入が増加してくる。

図 10 は、固定契約がないケースを表している。横軸に固定費をとり、右側に行くにしたがって、固定費が下がっていく。三角マークはキャパシティー投資による参入阻止行動を行わないケース（平均可変費用ケースのクールノー均衡）の企業数を表している。左の 2 点は固定費が大きくて電力会社の独占になるケースである。右に行くにしたがって、企業数が増加する。

この図の右下がりの曲線は価格費用マージンを表している。需要の価格弾力性が低いのでこのマージンは非常に大きく、独占ケースで約 50 円であり、企業数が 5 社のケースで 16.5 円、10 社のケースで 9 円である。

キャパシティー投資による参入阻止行動をとると、点線の楕円で囲った部分に変化する。このケースでは、参入阻止キャパシティーは独占ケースと同じになり、独占価格が得られる。

図 10 固定契約なし

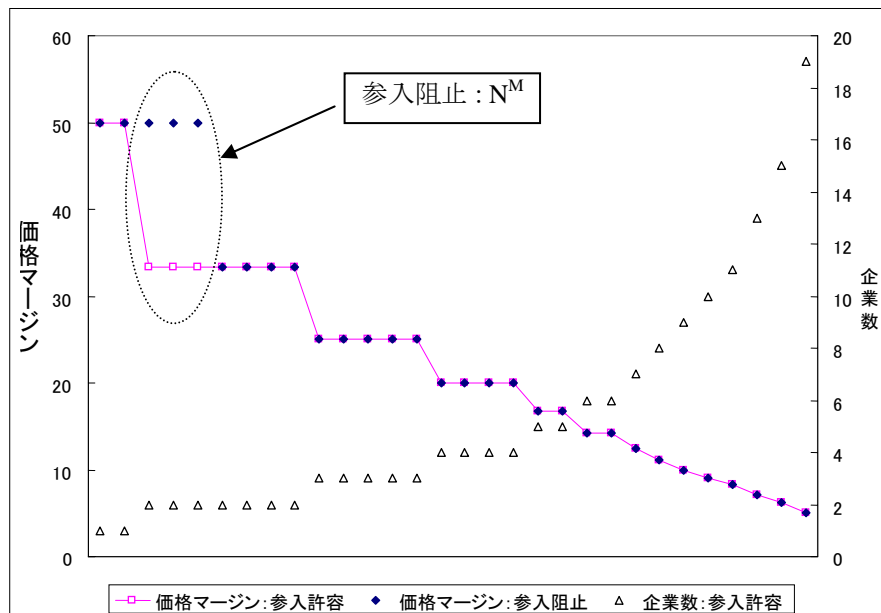


図 11は需要の約 8 割が固定契約のケースを表している。この場合には実質的な価格弾力性が大きくなるので、価格マージンが低い。四角の点線で囲った部分がキャパシティー投資によって参入阻止をするケースである。このケースでも、参入阻止キャパシティーは独占供給量と同じになる。固定契約割合が約 9 割になる図 12では、参入阻止キャパシティーが独占供給量より大きくなるケースが出てくる。この参入阻止キャパシティーは PPS の固定費が下がるにしたがって増加し、価格マージンが下がっていく。

図 11 約 8 割が固定契約

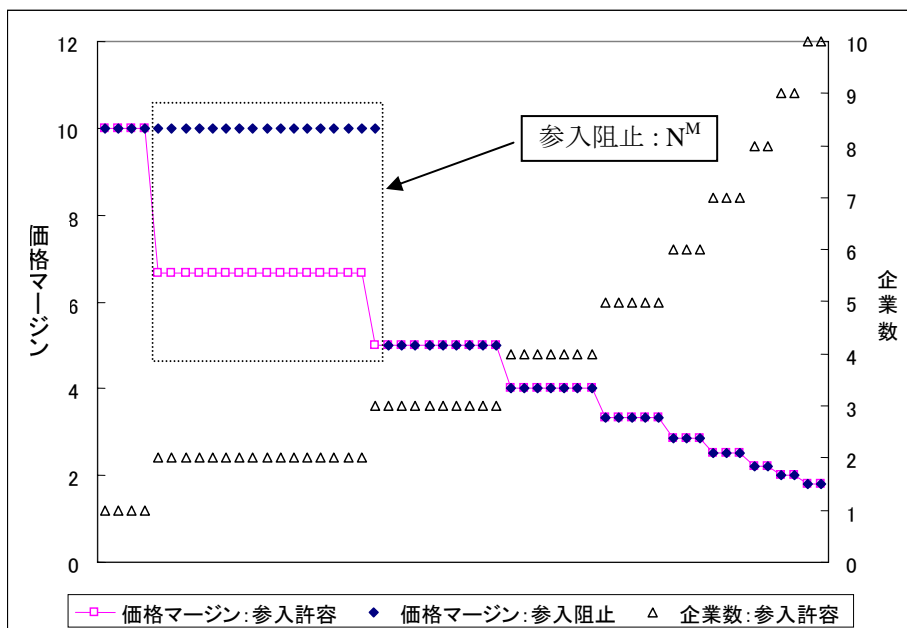
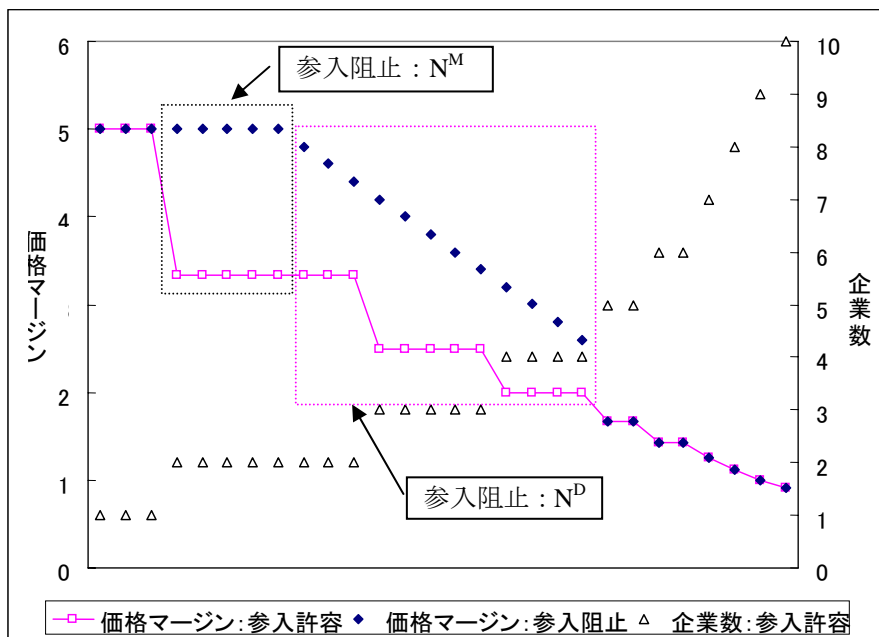


図 12 約 9 割が固定契約



6.5 まとめ

この節では、以下のような簡単化の仮定を置いて、PPS も戦略的供給者である寡占ケースの分析を行った。(1) フリンジは存在しないと、PPS の戦略的供給者 n は内生変数である。(2)

市場全体の需要曲線が直線である。(3) 電力供給費用は顧客数に依存しない固定費用と顧客一人当たり一定のキャパシティー費用と短期限界費用(燃料費等)から構成される。PPS はすべて同じ費用構造をもっている。電力会社のキャパシティー費用と短期限界費用は PPS と同じであるが、固定費用は異なりうる。また、前節と同様に、(4) 託送料金は一定でしかも託送部門の超過利潤はゼロであると仮定する。

電力供給には巨額かつ長期のキャパシティー投資が必要であるので、キャパシティー投資による参入阻止行動が起きうる。このロジックは以下のようなものである。キャパシティー投資を行った後には、この費用は埋没費用になってしまうので、供給量を決定する際の限界費用は短期限界費用だけである。これに対して、これから投資を行う新規参入者はキャパシティー費用も考慮して供給力を決定することになる。この非対称性によって、PPS の参入を阻止できる可能性がある。

電力会社がまずキャパシティー選択を行い、PPS はそれを前提にキャパシティー投資を行うとする。PPS がキャパシティー投資を行う時点で、電力会社も追加のキャパシティー投資を行うことが可能であり、第 2 段階での各社のキャパシティー選択はクールノー均衡になるとする。この 2 段階ゲームの均衡は、PPS の固定費の大きさに依存する。固定費が十分に高ければ、電力会社がキャパシティー投資を用いた参入阻止をしなくても、PPS は参入せず、電力会社は独占価格をつけることができる。逆に、固定費が十分に低ければ、キャパシティー投資をしても PPS が参入してしまう。これらの中間に、キャパシティー投資による参入阻止が発生する。固定費が相対的に大きい場合には、参入阻止を行う場合に選択するキャパシティー水準は電力会社が独占の場合に選択するものと同じになる。キャパシティー費用が小さい場合には、このケースだけしか得られないが、キャパシティー費用が大きい場合には、固定費が小さくなると、参入阻止キャパシティーが独占ケースより大きくなるケースが出てくる。これらの結論は数値シミュレーションによっても確認されている。

7 おわりに

本稿で得られた主要な分析結果は以下の 3 つに集約できる。第一に、託送料金が託送の限界費用と乖離している場合には、電力会社の電力供給に歪みが発生する。託送料金が託送の限界費用より高い場合には、電力会社は自社の供給を絞り、逆に低い場合には、自社の供給を増やす行動を取る。第二に、顧客が少なくなることによって、ブランド価値の低下や付帯事業への悪影響等が少しでも出てくる場合には、電力会社は他社の顧客数を増やすような卸し供給を行わない。第三に、電力会社が十分なキャパシティーを抱えることによって新規参入者の参入を阻止する参入阻止行動が起きうる。

これらの分析結果はきわめて単純化されたモデルで導かれたものであるが、日本の電力自由化に関して重要な示唆を与えている。

まず、発送電分離を行っていない日本型託送方式のもとでは、電力会社の電力供給に歪みが発生しうる。託送料金が託送の限界費用と乖離しているとその歪みが発生するが、乖離する理由として2つが考えられる。第一に、分社化せずに会計分離だけを行っているので、費用の配賦に関して曖昧さが残る。第二に、送配電ネットワークにおいては固定投資部分が大比率を占めるので、限界費用と平均費用が乖離していることが多い。

卸し供給については、電力会社は新規参入者の顧客数を増やすような卸し供給を行うインセンティブをもたないことが、卸取引市場の活性化に制約を与えている。このことから直ちに政策の方向性が示唆されるわけではないが、今後の政策を考える上で前提とすべきことである。

キャパシティー投資による参入阻止行動はよく知られており、ほぼすべての産業組織論の教科書で取り上げられている。この問題は、巨額かつ長期のキャパシティー投資が必要であり、またキャパシティー以上の発電が難しい電力事業について非常に重要である。本稿での分析は日本の電力市場に関して、2つの示唆を与える。第一に、新規参入者のシェアが非常に小さく、直接的な競争がそれほどなくても、電力価格の低下が進んだ理由として、新規参入の阻止が考えられる。コスト削減を行わなければ新規参入が起きることを予想した電力会社が真剣な合理化努力をしたという解釈が可能である。第二に、諸外国で行われたような発電所の強制売却を行わず、しかも電力需要が伸びない時期にあったので、新規参入者が新しい電源で参入することは困難な状況であった。このことが新規参入者のシェアが大きくなる理由の一つである。安定供給のためには十分なキャパシティーが存在することが必要であるが、これと競争促進とをどう両立させていくかが大きな課題である。

数多くの研究課題が残されている。第一に、日本の電力市場の実態を反映したシミュレーションモデルの構築が必要である。第二に、本稿では寡占モデルの均衡としてクールノー均衡だけを考えたが、これ以外の均衡の分析も必要である。第三に、寡占市場の部分では卸電力取引の分析と電源構成の分析は行っていない。これらの拡張が必要である。

参考文献

- Akiyama, S., and N. Hosoe (2006) "A Spatial Equilibrium Analysis of Transmission Charge Reform in Japan's Electric Power Industry," RIETI Discussion Paper Series 06-E-022.
- Borenstein, S., and J. B. Bushnell (1999) "An Empirical Analysis of the Potential for Market Power in California's Electricity Market," *Journal of Industrial Economics* 47, 285-323.
- Dixit, A. (1980), "The Role of Investment in Entry-Deterrence," *Economic Journal* 90, 95-106.
- Hobbs, B. F. (2001) "Linear Complementarity Models of Nash-Cournot Competition in Bilateral and POOLCO Power Markets," *IEEE Transactions on Power Systems* 16, 194-202.
- Murphy, F. H. and Y. Smeers, (2005) "Generation Capacity Expansion in Imperfectly Competitive Restructured Electricity Markets," *Operations Research*, Vol. 53, No. 4, 646-661.
- Tanaka, M, (2007) "Oligopolistic Competition in the Japanese Wholesale Electricity Market: A Linear Complementarity Approach," RIETI Discussion Paper Series 07-E-023.

金本良嗣・蓮池勝人・藤原徹 (2006)『政策評価マイクロモデル』東洋経済新報社.

田中誠 (2006)「連系線容量を考慮した寡占的卸電力市場の分析」RIETI Discussion Paper Series
05-J-024.