規制緩和下の電力供給システムにおける 価格戦略に関する考察

正員 大山 力 (横浜国立大学)

A Study on Pricing Strategy in Deregulated Power System
Tsutomu Oyama, Member (Yokohama National University)

To make more efficient electric energy supply system, deregulation in power system is being brought into practice in various country. For example, Independent Power Producers (IPP), combined with wheeling, are introduced into power system. New strategy for utility decision maker should be introduced to cope with new situation.

In this paper, the price difference model, which represent a power system with IPP, is developed. The pricing strategy for power producers (including utility and IPP) is analyzed using game theory. As a result, it is made clear that the pricing strategy for utility must be chosen carefully considering consumer surplus. Also, since wheeling charge has a great effect on consumer surplus, it may not be taken as a strategic variable of utility.

キーワード：電気事業、託送、ゲーム理論

1. まえがき

これまで、電気事業は公益事業であるという考えに基づき、様々な規制がおこなわれてきた。日本においても同様であるが一般に電気事業者に対してある供給区域を定め、その区域内の独占的供給を認めるかわりに供給義務を課し、過度な利潤を生じないように適正利潤に基づいた料金設定がなされてきた。

しかし、電気事業の効率化を目指すために規制を緩和しようというのが世界的な動きとなってきた。例えば、電気事業者以外の発電事業者が発生する電力を電気事業者の送電線で運ぶ電力託送などが導入されつつある。そのような状況に対処するためにはこれまでと異なる考え方が必要となることは明らかであろう。低価格化、効率化だけでなく、電力の安定供給のためにも供給義務を負っている事業者とその他の事業者の間の適正な競争とは何かについて考えてみる必要がある。

このような考えに基づく研究としてこれまでに電気事業者とコジェネレータの自由市場のもとでの競争をゲーム理論を用いて解析しようといった試み⁽¹⁾がなされてきた。また、著者らは規制緩和により分散型電源が電力システム内に導入されたときにどのような影響があるかについて社会全体の最適化をはかる立場から研究をおこなってきた⁽²⁾⁽³⁾。

本論文では、電気事業者以外の発電事業者（非電気事業者）が電気事業者の送配電設備を利用して託送をおこなう、電気事業者と競合する場合にどのような価格戦略をとることが望ましいかについてゲーム論的考え方に基づく検討をおこなった。検討のために電気事業者と非電気事業者

の複占状態において価格差別がある場合の需要モデルを設定した。そして電気事業者が利潤を追求する場合、消費者余剰の最大化をはかる場合、さらに社会全体の利得をあらわす地域総余剰の最大化をはかる場合にどのようなことが起こるのかについて解析をおこなった。

その結果、電気事業者は消費者の余剰を考慮して適切な行動をとることが重要であること、また、託送に対する系統使用料の設定は慎重におこなうべきであることがわかった。

2. 託送を含む電力システムモデル

<2・1> 電力市場における規制緩和⁽⁴⁾

電力供給における規制緩和（電力市場自由化）にはいくつかの段階がある。

<第1段階> 発・送・配電が垂直統合された地域独占状態。

図1 託送を含む電力システム
Fig. 1. Power system with wheeling

これは規制緩和前の電気事業の形態である。

<第2段階> 発電部門に競争が導入される段階。電気事業者は安い発電事業者から電気を買取り需要家に供給する。

<第3段階> 小売 託送が導入される段階。発電事業者（非電気事業者）が電気事業者の送配電網を使って需要家に電気を供給する。この段階になると需要家が使用する電気を選択することができる。

<第4段階> 発・送・配電が完全に分割された段階。競争条件がもっとも進んだ段階である。

<2・2> 複占状態の需給モデル

本論文では託送が導入される段階（第3段階）にある電力システムを扱うことにする。そのような電力システムの様子は図1のようになる。これをさらに単純化すると発電事業者が託送量に応じて電気事業者に系統使用料を支払う図2のような託送モデルとなる。ここで、簡単にするために発電事業者は一種類だけとする。この場合には電力市場は複占状態となる。また、ここでは一時間断面だけを扱い、需要も一定（ピーク、オフピークなどは考慮しない）であるものとする。

このモデルにおいて電気事業者、発電事業者それぞれの利潤 f_1, f_2 は次のようになる。

$$f_1 = P_1 q_1 - C_1(q_1) + r q_2 \quad (1)$$

$$f_2 = P_2 q_2 - C_2(q_2) - r q_2 \quad (2)$$

ここで、

C_1, C_2 : 電気事業者、発電事業者の発電費用関数

また、電気事業者、発電事業者それぞれの供給量 q_1, q_2 は価格 P_1, P_2 の次のような関数であるものとする⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

$$q_1 = q_{10} - \alpha \Delta P_1 + \beta \Delta P_2 \quad (3)$$

$$q_2 = q_{20} - \gamma \Delta P_2 + \delta \Delta P_1 \quad (4)$$

ここで、 $\Delta P_1, \Delta P_2$ は基準価格 P_0 （ここでは電気事業者、発電事業者とも基準価格は等しいとする）からの変化分をあらわす。また、 q_{10}, q_{20} は基準価格時の供給量をあらわし、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は価格に対する比例係数である。これらの係数については以下のような考察をおこなうことができる。

(1) $\Delta P_1 = \Delta P_2$ の場合

電気事業者と発電事業者の価格が同じように変化した場合にはお互いの間で需要の移動は起こらないものと考えられる。したがって、需要量（供給量）の変化は電気事業者だけが供給する（独占）場合と同じように考えることができる。

図2 託送モデル

Fig. 2. Wheeling model

る。その場合には価格と需要は通常、価格弾力性によって関係づけられる。

価格弾力性を η_0 とする（電気事業者の供給している需要も発電事業者の供給している需要も価格弾力性は等しいものとする）と、 $\Delta P_1 = \Delta P_2 (= \Delta P)$ の場合に、

$$\frac{\Delta q_i}{q_{i0}} = -\eta_0 \frac{\Delta P}{P_0} \quad (i = 1, 2) \quad (5)$$

ただし、 $\Delta q_i = q_i - q_{i0}$

となる。この式と式(3), (4) より、係数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ の間には次のような関係がなければならない。

$$\alpha - \beta = \eta_0 \frac{q_{10}}{P_0} \quad (6)$$

$$\gamma - \delta = \eta_0 \frac{q_{20}}{P_0} \quad (7)$$

(2) $\Delta P_2 = 0$ の場合

次に電気事業者は価格を変化させるが発電事業者は価格を変化させなかった場合について考えてみる。このとき、電気事業者の供給量は二つの要因によって変化するものと考えられる。

第一の要因は価格変化によって需要家の需要そのものが変化することである。この要因による供給量変化 Δq_{11} は価格弾力性 η_0 を使って、

$$\frac{\Delta q_{11}}{q_{10}} = -\eta_0 \frac{\Delta P_1}{P_0} \quad (8)$$

と表すことができる。

第二の要因は需要家が電気事業者から購入していた電気を発電事業者からの購入に切り替える（またはその逆）ことである。この要因による供給量変化 Δq_{12} を表すために新たな弾力性 η_1 （負荷移動に対応する弾力性）を導入すると、次のようになる。

$$\frac{\Delta q_{12}}{q_{10}} = -\eta_1 \frac{\Delta P_1}{P_0} \quad (9)$$

よって全体としての供給量変化 Δq_1 は、

$$\Delta q_1 = \Delta q_{11} + \Delta q_{12} = -(\eta_0 + \eta_1) \frac{\Delta P_1}{P_0} q_{10} \quad (10)$$

となる。

ここでモデルを単純化するため、第二の要因による電気事業者の供給量の変化 Δq_{12} はそのまま発電事業者へ移るものとする、発電事業者の供給量の変化 Δq_2 は、次のようになる。

$$\Delta q_2 = -\Delta q_{12} = \eta_1 \frac{\Delta P_1}{P_0} q_{10} \quad (11)$$

これらの式と式(3), (4), (6), (7) を比較すると、係数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は価格弾力性 η_0, η_1 を用いて次のように表すことができる。

$$\alpha = (\eta_0 + \eta_1) \frac{q_{10}}{P_0} \quad (12)$$

$$\beta = \eta_1 \frac{q_{10}}{P_0} \quad (13)$$

$$\gamma = \eta_0 \frac{q_{20}}{P_0} + \eta_1 \frac{q_{10}}{P_0} \quad (14)$$

$$\delta = \eta_1 \frac{q_{10}}{P_0} \quad (15)$$

(3) $\Delta P_1 = 0$ の場合

発電事業者のみが価格を変化させ、電気事業者が価格を変化させなかった場合も同様に考えることができる。ただし、発電事業者のみが価格を変化させた場合には電気事業者との間の負荷の移動はより活発に起こることが予想される。そこで、この場合の負荷移動に対応する弾力性を η_2 とすると、前項とまったく同様に考えて各係数は次のようになる。

$$\alpha = \eta_0 \frac{q_{10}}{P_0} + \eta_2 \frac{q_{20}}{P_0} \quad (16)$$

$$\beta = \eta_2 \frac{q_{20}}{P_0} \quad (17)$$

$$\gamma = (\eta_0 + \eta_2) \frac{q_{20}}{P_0} \quad (18)$$

$$\delta = \eta_2 \frac{q_{20}}{P_0} \quad (19)$$

これらの式と式(12) - (15) を比較すると、このモデルにおいては負荷移動に対応する弾力性の間に

$$\eta_1 q_{10} = \eta_2 q_{20} \quad (20)$$

なる関係が成立していることがわかる。これは、複占状態においては規模の小さな方が価格を変化させるとその影響が大きいということを示している。

<2・3> 発電事業者が新規参入する場合

本論文では発電事業者が参入しておらず電気事業者が独占的に電気を供給している状態からの変化を扱うことにする。その場合には発電事業者の基準ケースでの供給量 q_{20} は0であるので、発電事業者の供給量 q_2 は式(4)ではなく、

$$q_2 = -\gamma \Delta P_2 + \delta \Delta P_1 \quad (21)$$

となる。このとき、係数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は、

$$\alpha = (\eta_0 + \eta_1) \frac{q_{10}}{P_0} \quad (22)$$

$$\beta = \gamma = \delta = \eta_1 \frac{q_{10}}{P_0} \quad (23)$$

となる。

<2・4> 需要家の余剰

次に電気を消費する需要家の消費者余剰について考えることにする。消費者余剰は、財を購入することによって得られる効用から財を購入するためにかった費用を

図3 線形化した逆需要曲線

Fig. 3. Linearized reverse demand curve

引くことによって求められる。

効用は消費者の逆需要曲線 $P = P(q)$ (P は価格、 q は需要量) を q に関して積分することによって得られる。しかし、前節までに述べたモデルを用いると電力価格が二種類存在するため、問題が複雑になる。ここでは問題を簡単にするため、電力価格が一種類の場合の逆需要曲線 $P = P_0(q)$ を用いて総需要 $q = q_1 + q_2$ まで積分することによって効用を求めることにする。すなわち、効用 K は、

$$K = \int_0^{q_1+q_2} P_0(q) dq \quad (24)$$

とする。

したがって消費者余剰 f_c は、次式のように効用から支出を引くことによって求められる。

$$f_c = K - P_1 q_1 - P_2 q_2 \quad (25)$$

現実には逆需要曲線がすべて (q が0近傍から大きな値まで) わかるわけではない。ここでは基準ケース (単一料金の場合の価格 P_0 と需要量 q_0) での価格弾力性 η_0 を用いて図3のような線形化した逆需要曲線を作成し、そこから効用を求めている。逆需要曲線を表す式は次のようになる。

$$P = -\frac{P_0}{\eta_0 q_0} (q - q_0) + P_0 \quad (26)$$

このような逆需要曲線を用いる場合、基準ケースの周りの変動はある程度表現できているが効用の総量 (需要量0からの積分値) についてはまったく保証されないことになる。そこで、ここでは基準ケースにおける効用に対する変化分 ΔK

$$\Delta K = \int_{q_0}^{q_0+\Delta q} P_0(q) dq = \int_{q_0}^{q_0+\Delta q} P_0(q) dq \quad (27)$$

を用いることにする。消費者余剰の変化分 Δf_c は、

$$\Delta f_c = \Delta K - P_1 q_1 - P_2 q_2 + P_0 q_0 \quad (28)$$

となる。

<2・5> 発電費用

電気事業者、発電事業者の利潤（式(1), (2)）を求めるためにはそれぞれの発電費用関数を決める必要がある。ここでは、一時間断面で需要も一定という簡単なケースを扱っているの、

(1) 発電設備は必要量だけ建設される。すなわち、設備費（固定費）は供給量に比例する。

(2) 燃料消費率は運転状態によらず一定である。すなわち、燃料費（可変費）も供給量に比例する。

という簡単なモデルにする。この場合には発電費用 C_i が

$$C_i = c_i q_i \quad (i = 1, 2) \quad (29)$$

のように発電量に比例する簡単な形になる。

3. 電気事業者、発電事業者の行動モデル

<3・1> ゲームの流れ⁽⁵⁾

前章で述べたモデルを用いて電気事業者、発電事業者の行動を解析するわけだが、その際、ゲーム論的な考え方をを用いることにする。ここでは電気事業者と発電事業者をプレイヤーとする二人ゲームを考える。

まずそれぞれの利得関数（目的関数）をどのように決めるのが問題となる。発電事業者は当然のことながら自らの利潤（式(2)）を最大化すべく行動するものと考えられる。しかし、電気事業者についてはそのように簡単にはいかない。

現状の電気事業者は利潤を最大化することを経営戦略としているわけではない。利潤は適正に押さえるという規制を受けている。しかし、今後の規制緩和の流れを考えると、このような規制がなくなる事態も想定する必要があるだろう。そこで、ここでは電気事業者が利潤を出して良い場合と利潤ゼロ（これは適正利潤の考え方を単純化したものである）という制約（これを収支制約と呼ぶことにする）を受ける場合の二通りを考えることにする。

その上で電気事業者の利得関数を定めるわけだがこれも簡単にはいかない。電気事業者は公益事業という性質から、自らの利潤のみを追求すればよいというわけにはいかない。社会厚生最適化という観点から需要家の余剰にも注意しなければならないし、場合によっては発電事業者の利潤も含めて考えることが要求されるかもしれない。

そこで、ここでは次のような3通りの利得関数を考えることとした。

(1) 自己の利潤のみを最大化する。これは電気事業者が発電事業者と同様の行動規範を採用するということである。この場合には一般需要家の余剰については考慮されないことになる。（もちろん、利潤ゼロの制約を受けている場合にはこの考え方は適用できない）

(2) 自己の利潤と需要家の消費者余剰の総和を最大化する。これは電気事業者が発電事業者と異なり、公益事業としての性格を持つことを意味する。

(3) 自己の利潤、消費者余剰だけでなく発電事業者の利潤

も加えたもの（これを地域総余剰と呼ぶことにする）を最大化する。これは(2)の考えを更に進めたものでエネルギー政策決定者の役割もはたすことに相当する。

次に電気事業者、発電事業者の間の関係であるが、これについても次のような二通りを考えることができる。

(1) 電気事業者が先導する。電気事業者は発電事業者の行動を予測し、それも取り込んだ形で自分の利得関数を最大化する。これはゲーム理論におけるシュタッケルベルク解の考え方に相当する。

(2) 電気事業者と発電事業者は対等の立場で意思決定する。互いに相手の行動は予測せず、与えられた条件の中で自らの利得関数を最大化しようとする。これはゲーム理論におけるクルノー解の考え方に相当する。

実際に電気事業者と発電事業者が共存するような状況を考えてみると、発電事業者は（規模が小さいこともあって）電気事業者が決めた枠組みの中で自己の利潤を最大化するように行動すると考えるのが自然である。その一方、電気事業者は可能な限り発電事業者の行動を予測し、それも考慮に入れた上で自らの行動を決めようとするはずである。そこで、ここでは電気事業者と発電事業者の関係として(1)の「電気事業者が先導する」形を考えることにする。

以上をまとめると、ここでのゲームの流れは図4のように分類することができる。

<3・2> 発電事業者の行動

前節で述べたように発電事業者は自らの利潤を最大化すべく行動する。発電事業者の利潤は、式(2), (21), (29) から

$$\pi_2 = (P_2 - c_2 - r)(-\gamma \Delta P_2 + \delta \Delta P_1) \quad (30)$$

となる。発電事業者が決定できる変数（ゲームにおいて打つことのできる手）は発電事業者の供給価格 P_2 であるから、上式を最大化するには $\partial \pi_2 / \partial P_2 = 0$ より、 $P_2 = P_0 +$

図4 ゲームの分類

Fig. 4. Classification of games

$\Delta P_2, P_1 = P_0 + \Delta P_1$ であること、および式(23)を考慮して、

$$P_2 = \frac{P_1 + c_2 + r}{2} \quad (31)$$

となる。また、そのときの供給量は

$$q_2 = \frac{\delta P_1 - \gamma(c_2 + r)}{2} \quad (32)$$

である。

<3・3> 電気事業者の行動

電気事業者が決定できる変数は電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の2つである。また、電気事業者の利得関数として前にも述べたようにここでは3通り考えている。

(1) 自己の利潤を最大化する場合

電気事業者の直面する需要関数は式(3)、電気事業者の利潤は式(1)であらわされる。それらと式(29), (31), (32) より、電気事業者の利潤 f_1 は電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の関数としてあらわすことができる。

$$f_1 = (P_1 - c_1) \left\{ q_{10} - \alpha(P_1 - P_0) + \beta \left(\frac{P_1 + c_2 + r}{2} \right) \right\} + r \frac{\delta P_1 - \gamma(c_2 + r)}{2} \quad (33)$$

この式を P_1 と r について最大化すれば電気事業者が自己の利潤を最大化する場合の均衡点が求まる。なお、前にも述べたがこの考え方は収支制約がある場合には適用できない。

(2) 自己の利潤と消費者余剰の総和を最大化する場合

消費者余剰の変化分 Δf_c (式(28)) も式(26), (27), (31), (32) を使えば電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の関数となる。よって自己の利潤と消費者余剰の変化分の総和も電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の関数となる。これを P_1 と r について最大化すれば電気事業者が自己の利潤と消費者余剰の総和を最大化する場合の均衡点が求まる。

収支制約がある場合には電力価格 P_1 は制約を満足するように決めなければならないので一意的に決まってしまう。よって系統使用料 r のみをパラメータとして変化させ、自己の利潤と消費者余剰の総和を最大化すればよい。

(3) 地域総余剰を最大化する場合

発電事業者の利潤も式(30), (31), (32) より電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の関数となる。したがって地域総余剰も電気事業者の電力価格 P_1 と系統使用料 r の関数となる。これを P_1 と r について最大化すればこの場合の均衡点が求まる。

この場合も収支制約があると電力価格 P_1 は決まってしまうため系統使用料 r についての最大化をはかることになる。

4. 試算結果

表1 電力供給システムモデルの定数

Table 1. Constants in power system model

P_0 (¥/kWh)	20
q_{10} (kW)	2×10^7
c_1 (¥/kW)	20
c_2 (¥/kW)	15
η_0	0.3
η_1	0.5

<4・1> 電力供給システムモデル

第2章で導いた電力供給システムモデルの各定数は表1のように設定する。

基本ケースにおける電力価格 P_0 および供給量 q_{10} は任意であるがここでは表1のように設定した。電気事業者の発電費用関数の定数 c_1 は基本ケースで利潤0の収支制約を満たすように電力価格 P_0 と等しくした。発電事業者の発電費用関数の定数 c_2 は電気事業者より小さくないと参入できないためやや小さい値とした。

価格弾力性については自己弾力性にあたる η_0 は様々な文献で言われている程度の値である0.3とした。また、移動分の弾力性にあたる η_1 は0.5とやや大きめにした。ただし、 η_1 の決め方には根拠があるわけではないのでより詳細な検討をおこなう際には何らかの方法で別途求める必要があるだろう。

<4・2> 試算結果

試算結果は表2のようになった。まず収支制約なしで電気事業者の目的関数が自己利潤の場合であるが、この場合には電気事業者が電力料金と系統使用料をつり上げればつり上げるほど利潤が増えるという結果になった。表中には電気事業者の電気料金(40¥/kWh)と系統使用料(10¥/kWh)のところに*印が付けてあるが、これはそれ以上高くせずに計算をここで打ち切ったという意味である。電気料金と系統使用料が非現実的な値となっているわけだが、それだけではなく、電気事業者、発電事業者が利潤を増やし消費者余剰が大きく減少するという不均衡が起こっている。

次に収支制約なしで電気事業者の目的関数が自己利潤と消費者余剰の総和の場合を見ることにする。この場合には系統使用料が0[¥/kWh]のときが最適解となっている。ここで扱ったモデルでは送電線の建設費など系統整備にかかる費用を明示的に組み込んでいないので、発電事業者も系統を自由に使える(系統使用料0)状態が最適解として選択されたものと考えられる。系統整備費を考慮すればこの解は多少変化するであろう。

また、この場合は電気事業者の利潤がちょうど0となっている(したがって解が収支制約ありの場合と等しくなっている)。これは次の二つの要因によるものである。

(1) 系統使用料が0であるために電気事業者の収入が料金収入だけとなる。

(2) 発電費用が式(29)のように発電量に比例する形となっているため平均費用 = 限界費用となっている。

表2 試算結果
Table 2. Calculation result

電気事業者の目的関数		自己利潤	自己利潤＋ 消費者余剰	地域総余剰	自己利潤＋ 消費者余剰	地域総余剰
収支制約		なし			あり	
利得 (10 ⁴ ¥/h)	電気事業者	24250	0	4605	0	0
	発電事業者	2813	313	2521	313	1455
	消費者余剰変化分	-31188	313	-5615	313	-116
	電気事業者＋消費者	-6938	313	-1010	313	-116
	地域総余剰	-4125	625	1510	625	1339
供給量 (GW)	電気事業者	10.2	18.7	15.2	18.7	17.1
	発電事業者	3.8	1.3	3.6	1.3	2.7
	総供給量	14.0	20.0	18.8	20.0	19.8
電気料金 (¥/kWh)	電気事業者	40(*)	20.0	24.2	20.0	20.8
	発電事業者	32.5	17.5	17.1	17.5	15.4
系統使用料(¥/kWh)		10(*)	0	-5(*)	0	-5(*)

注) (*)は計算をここで打ち切ったことを示す。

このため、供給者と消費者の余剰の総和を最大にする均衡点（価格＝限界費用）がちょうど収支制約を満足する点に来ることになる。系統整備費を考慮すれば(1)の条件は変化するであろうし、発電費用関数をより精密に考えれば(2)の条件も成立しなくなるのでこの解が近似解であることは言うまでもない。

次に収支制約なしで電気事業者の目的関数が地域総余剰である場合を見てみる。この場合には系統使用料が安ければ安いほど（負で値が大きいほど）地域総余剰が大きくなるという解が得られる。この場合も系統使用料が-5[¥/kWh]で計算を打ち切って、その時の結果を示してある。

系統使用料が安ければ安いほど地域総余剰が大きくなるのは、このモデルでは発電事業者の発電費用の方が電気事業者よりも安いいため発電事業者にインセンティブを与えて発電量を増加させることが地域総余剰の増加につながっているためである。ただし、この場合にも消費者余剰が大きく減少するという不均衡が生じている。このように発電事業者の発電量が大きく増えた場合には発電事業者の発電費用が電気事業者のものより安いという前提がそのまま成立するかどうかは疑問である。このケースの試算はモデルの適用範囲を超えているとみることもできる。

次に収支制約ありで電気事業者の目的関数が自己の利潤と消費者余剰の総和である場合であるが、これは前にも述べたように収支制約なしの場合と同じ結果になっている。

最後に収支制約ありで電気事業者の目的関数が地域総余剰である場合だが、ここでも収支制約なしの場合と同様系統使用料が安ければ安いほど良いという結果になっている（表中には系統使用料が-5[¥/kWh]のときの値を示してある）。収支制約を付けたために電気事業者の利潤がなくなり、発電事業者のみが儲けるという構図がは

きりしてきている。

系統使用料を電気事業者の戦略として使った場合には、電気事業者の目的関数が自己の利潤と消費者余剰の総和である場合を除いて解が非現実的なものになってしまうことがわかった。発電事業者が参入してくることを想定しているとはいえ、規模に大きな隔たりがあり、電気事業者はほとんど独占といってもいい状況にある。このような状況では自己の利潤のみを追求しようとすれば独占の弊害がでてしまうわけである。

また、発電事業者はあくまでも自己の利潤を追求しているので、その利潤まで含めた地域総余剰を目的関数とすることにも無理がある。電気事業者は従来からの公益事業の性格どおり自己の利潤だけでなく消費者余剰も考えた行動をとることが求められているわけである。

<4・3> 系統使用料を固定した場合

前節で見たように系統使用料を戦略として使った場合には非現実的な解が現れてしまう。そこで、系統使用料を一定値（ここでは3[¥/kWh]）とした場合の解析もおこなった。その結果を表3に示す。この場合、収支制約ありとすると電気事業者は価格設定の自由度を失うため解は一意的に決まってしまう（目的関数の最適化をはかることはできない）。

まず収支制約なしで電気事業者の目的関数が自己利潤の場合についてみてみる。電気事業者の電気料金が40[¥/kWh]を超えることはなかったがやはりかなり料金が高くなっており、消費者余剰が減っていることがわかる。

次に収支制約なしで電気事業者の目的関数が自己利潤と消費者余剰の総和の場合であるが、系統使用料が0でないため前節の解析とは異なり、電気事業者が多少利潤をあげ消費者余剰が多少減少するという結果となっている。

次に目的関数を地域総余剰とした場合だが、発電事業者の余剰も大きくするため価格が高くなっており、その影響で消費者余剰が減少していることがわかる。

表3 試算結果（系統使用料が3[¥/kWh]のとき）

Table 3. Calculation result ($r = 3$)

電気事業者の目的関数		自己利潤	自己利潤＋消費者余剰	地域総余剰	
収支制約		なし			あり
利得 (10 ⁴ ¥/h)	電気事業者	18790	2877	7685	0
	発電事業者	5202	145	480	46
	消費者余剰変化分	-26520	-2626	-7655	194
	電気事業者＋消費者	-7730	251	30	194
	地域総余剰	-2528	396	510	240
供給量 (GW)	電気事業者	9.4	18.7	17.2	19.5
	発電事業者	5.1	0.9	1.6	0.5
	総供給量	14.5	19.6	18.8	20.0
電気料金 (¥/kWh)	電気事業者	38.4	21.4	24.2	19.9
	発電事業者	28.2	19.7	21.1	19.0
系統使用料(¥/kWh)		3	3	3	3

収支制約ありの場合は前節の電気事業者の目的関数が自己利潤と消費者余剰の総和の場合と似た結果となっている。ただし系統使用料があるため発電事業者が料金を上げざるを得ず、その結果発電事業者の余剰は減少している。

以上の解析においても電気事業者の目的関数が自己利潤と消費者余剰の総和の場合以外は消費者余剰が大きく減少するといった不均衡が起こっている。ここでも電気事業者は従来からの公益事業の性格どおり自己の利潤だけでなく消費者余剰も考えた行動をとることが求められているといえることができるだろう。ただし、収支制約をありとすべきかなしとすべきかは一概に結論を出すことはできない。消費者の余剰を大きくするか（これは消費拡大につながる）企業の利潤も含めた社会全体の余剰を大きくするかという問題に帰着するからである。

5. あとがき

電力供給事業に発電事業者が参入し、託送を利用して電気事業者と競合するような状況について複占状態で価格差別化がおこなわれるようなモデルを用いて解析をおこなった。その結果、

- (1) 託送に適用する系統使用料を電気事業者が自由に設定できるものとする非現実的な解が求まることがある。
- (2) 発電事業者が参入するといっても規模は電気事業者の方が大きく独占に近い状況なのでその弊害がでないようにしなければならない。

ということがわかった。電気事業者は消費者の余剰を考慮した適切な行動をとることが求められているわけである。

本論文で用いたモデルは非常に簡単なものであるため、いくつかの点で拡張が必要である。特に、需要の時間変化が考慮できていない点は解析結果に影響が大きいものと考えられる。また、一時間断面でなく設備建設なども考慮できる動的なモデルを構築することも重要である。今後はこれらを考慮して研究を進める必要がある。

なお、本研究は文部省科学研究費補助金基盤研究(A)(1)「高柔軟・高信頼電気エネルギー流通システムに関する研究」の研究助成を受けておこなっているものである。最後に卒業研究として本研究の一部に従事された井川和紀君に謝意を表す。

（平成8年5月8日受付、同年9月13日再受付）

文献

- (1) 浅野、桑畑：「コージェネレーターを含む電力供給システムのゲーム論的解析」 電気学会論文誌B113、平成5年7月
- (2) 大山、前出：「分散型電源・時間別料金制の導入が電力システムに与える影響」 電気学会論文誌B114、平成6年12月
- (3) 福田、大山：「分散型電源と電力融通が電力システムに与える影響」 平成7年電気学会電力・エネルギー部門大会（論文I）no. 15、平成7年8月
- (4) 植草：「講座・公的規制と産業1 電力」 NTT出版、平成6年
- (5) 鈴木：「ゲーム理論入門」 共立出版、昭和56年
- (6) エリック・ラスムセン著、細江、村田、有定訳：「ゲームと情報の経済分析1、2」 九州大学出版会、平成3年
- (7) 今井、宇沢他：「価格理論1」 岩波書店、昭和46年

大山 力

（正員）1955年9月12日生まれ。83年3月東京大学大学院博士課程修了。同年横浜国立大学工学部講師、85年10月同助教授。電力システムの解析、運用、計画に関する研究に従事。IEEE、CIGRE 会員。工博。