

電力事業の市場への移行と電力不足： ミッシングマネー問題 —電気事業取引の市場ベースへの移行が 電力不足を招く問題の本質—

高森 寛

わが国は、いま、第二の電気事業の制度改革の時期にある。経済取引が自由な競争と、市場メカニズムに委ねられるならば、「神の手 (invisible hand)」の働きにより、社会厚生が最大化されるというアダム・スミスに始まる一大命題に沿っての進展と言える。ところが、早くから電気事業の規制緩和が進められた欧米では、「電力市場が電力不足を招く」という Missing Money 問題が経験された。これは、いわゆる「市場の失敗 (market failure)」の一例である。このパラドックスについては、優れた研究がなされ、解明されてきた。本稿は、そのあらましと要点を明らかにして、また、一つの対応を解説することを試みる。

キーワード：電気事業市場取引、ミッシングマネー問題、最適電源ミクス、価格スパイク、デマンド・レスポンス

1. はじめに

わが国は、いま、第二の電気事業の制度改革の時期にある。この電気事業改革の三つの柱は、以下である。

- ・ 参入および小売りの自由化
- ・ 発送電の分離
- ・ 広域運営機関の設立とその運営

電気事業取引の市場ベースへの移行が電力の供給不足を招くという「ミッシングマネー問題」は、電気事業が早くから規制緩和されてきた欧米では、現実に経験され、また、分析と対策が研究されてきた。詳しくは、文献の Joskow [1–3], Stoff [4] および八田 [5], 山本と戸田 [6] などを参照されたい。

これまでわが国では、一般電気事業者 (電力会社) は、地域独占を認められていた代わりに、あらゆるピーク需要にも対応できるよう全供給責任を負わされていた。そのために、十分な供給力確保のための電源投資がなされてきた。これからは、地域独占事業形態から、規制緩和により参入・退出が自由になり、多数の事業者が競争する世界へ転換していく。電力需要は、1日の時間帯によって、また、週や季節などによって、大きく乱高下する。電気は、時々刻々の瞬間において、需要と供給のバランスが取られなくてはならない。この

ため、ピーク需要の短時間にのみに稼働するピーク調整用の発電機群は、そのための投資を回収できないので、市場ベースでは、事業性が成り立たないというのは、直観的に誰しも理解できる話である。

本稿では、「電力市場が電力不足を招く」といわれるパラドックス的な話、すなわち、ミッシングマネー (Missing Money) 問題の本質を、この領域の専門家ではない人々にも理解できる形で論理的に明らかにすることを試みる。

また、この問題へ対応するための取り組み、および制度には、本稿の後半で説明する「価格スパイクとデマンド・レスポンス」の導入をはじめとして、多くの方策が研究されてきた。本格的な制度的対応としては、いわゆる「容量市場 (capacity market)」なるものを導入することなどがある。本稿では、それら容量メカニズムの議論までには、立ち至らない。ただ、デマンド・レスポンスの導入は、わが国にとって現実的に導入しやすく、なじみやすい方策であるので、最後の節でその理論的側面を記述する。

2. 発電テクノロジーのベストミクスという概念

ここでは、まず、これまでのわが国の電力供給システムのように、地域独占事業形態を想定する。そして、最小の費用で、年間の電力需要を満たすために、発電技術のベストミクスなる概念があり、それを求めるこ

たかもり ひろし
早稲田大学環境総合研究センター
h.takamori@kurenai.waseda.jp

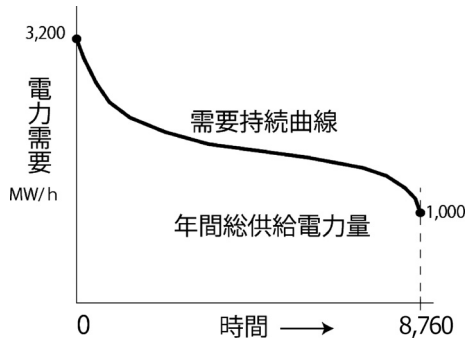


図1 典型的な電力の需要持続曲線

とにする。

電力需要が、時間の推移とともに大きく変動するとき、存在する多くの発電設備群の中から、どのような組み合わせの設備のセットで供給するのが、最も低い費用で実現できるのか、という経済問題が生じることが明らかである。

この種の最適電源ミックスを求める方法は、Green [7]、Joskow [3]、山本と戸田 [6] などの文献で論じられている。ここでは、それを以下で紹介する。

図1に、各種経済域における典型的な需要（負荷）持続曲線の形状を示す。1年間に8,760時間があるが、各1時間の時間帯における電力需要を、大きい順番に左側から並べ替えたものが需要持続曲線である。したがって、年間を通じての最大のピーク需要が一番左側に、最小の需要が一番右側にくる。この需要持続曲線の下側の横軸、縦軸などで囲まれる領域の面積が、当該の経済域が1年間に消費した総電力量であり、また、総供給電力量を表すことになる。

電力の需給において、最も特徴的なことは、時々刻々において、需要と供給が等しくならねばならないことである。そして、需要は管理したり、コントロールしたりできないとすれば、供給側が時々刻々の需給バランスを管理することになる。このことは、発電設備のトータルの容量は、起こりうる最大の需要量に対応するに十分な設備を準備しておかなくてはならないし、また、必然的に、かなりの発電設備が、年間を通じて、稼働していない状態が発生することを意味する。

電力を発電するテクノロジーとしては、原子力発電、火力発電、再生可能エネルギーなど、さまざまであるが、各発電テクノロジーの費用構造が、最適の供給システムを形成するうえで重要になる。

以下では、発電テクノロジーとして、Joskow [3] および山本と戸田 [6] での説明例にならって、ベース電源、ミドル電源、ピーク電源の3種類テクノロジーが

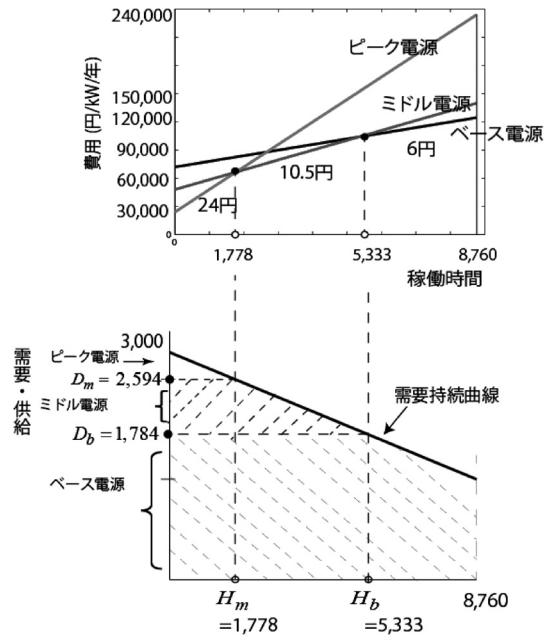


図2 最適電源ミックスの解

あると仮定する。まず、ある経済域の需要（負荷）持続曲線を、直線で近似して、

$$D = 3000 - 0.228 \times H, \quad 0 \leq H \leq 8760 \quad (1)$$

H : 時間, D : 需要 (万 kW)

とする。この直線は、図2の下方の部分に描かれている。

これら3種類の発電設備をどのように組み合わせ、供給システムを形成するのが最も経済的、すなわち、最適であるかの問題を考察する。

ここで、供給者は、地域独占を委ねられている一つの一般電気事業者（電力会社）であると想定する。図1のように与えられた需要を、最小費用で満たす供給システムを構成するのが最適電源ミックスの概念である。

発電テクノロジーとしては、固定費と可変（変動）費で記述されて、以下の3種類のみが選択可能であるでしょう。

発電テクノロジーの記述

- ・ ベース電源, $i = b$:
固定費: $F_b = 7.2$ 万円/kW/年, 可変費（短期限界費用）: $V_b = 6$ 円/kW/h
- ・ ミドル電源, $i = m$:
固定費: $F_m = 4.8$ 万円/kW/年, 可変費（短期限界費用）: $V_m = 10.5$ 円/kW/h
- ・ ピーク電源, $i = p$:
固定費: $F_p = 2.4$ 万円/kW/年, 可変費（短期限界費用）: $V_p = 24$ 円/kW/h

表 1 最適電源ミクスの解

	ベース電源	ミドル電源	ピーク電源
最適設置容量 (万 kW)	$K_b=1,784$	$K_m=810$	$K_p=406$

表 2 各電源による発電電力量と費用の構造

	設備容量 K_i (万 kW)	発電電力量 X_i (億 kWh)	固定費 (億円)	運用費 (億円)	総費用 (億円)
ベース電源	1,784	1,428	12,845	8,569	21,413
ミドル電源	810	288	3,888	3,024	6,912
ピーク電源	406	36	974	866	1,841
合計	3,000	1,752	17,707	12,460	30,162

これは、テクノロジー i での発電では、1 kW の設置容量当たり、固定費が年間 F_i 円かかり、これを 1 時間稼働すると 1 kWh を発電するが、 V_i 円の経費がかかることを意味している。可変費 V_i は、主として、投入燃料費と考えられる。したがって、発電テクノロジー i の設備容量 K_i を (kW) として、年間に H_i 時間、稼働するときの年間総費用は、

$$C_i = (F_i + V_i H_i) \times K_i \text{ (円)}, \quad i = b, m, p \quad (2)$$

となる。

この稼働時間 H_i の関数としての年間総費用 (2) を、単位容量当たり ($K_i = 1$) でプロットしたのが図 2 の上のグラフである。

このグラフから、次のことがわかる。稼働時間が 5,333 時間を超えるならば、固定費を含めても、ベース電源が最も低コストで供給する。稼働時間が 1,778 ~ 5,333 時間の範囲であれば、ミドル電源設備で供給するのが、最小費用を実現する。そして、稼働時間が 1,778 時間を下回るのであれば、ピーク電源設備で発電して供給するのが最も費用が小さい。

以上の観察から、需要の持続曲線が与えられたとき、最適の電源ミクスを図 2 の下側に作図するように決定することができる。すなわち、持続曲線の横軸 $H_b = 5,333$ に対応する需要は $D_b = 1,782$ (万 kW) である。よって、ベース電源設備を $K_b = 1,784$ (万 kW) の容量で設置すれば、持続曲線の横軸で、 $H \leq H_b$ の時間領域 H においては、ベース電源をフル稼働させ、 $K_b = 1,784$ (万 kW) を超える需要分は、ミドル電源、ピーク電源で供給する。 $H > H_b$ の時間領域 H では、需要のすべてをベース電源のみで供給する。持続曲線の横軸で、 $H_m \leq H \leq H_b$ の範囲の時間領域では、ベース電源が稼働しているのに加えて、ミドル電源の一部の容量が稼働状態になる。持続曲線で、横軸の $H_m = 1,778$ に対応する需要は

$D_m = 2,594$ (万 kW) であるので、ミドル電源の設置容量は、 $K_m = D_m - K_b = 2,594 - 1,784 = 810$ (万 kW) である。最後に、持続曲線の横軸で $H \leq H_m = 1,778$ の範囲の時間領域は、いわゆる需要のピーク時に相当する。このピーク時間領域では、ベース電源 $K_b = 1,784$ (万 kW) とミドル電源 $K_m = 810$ (万 kW) はフル稼働することになる。そして、 $D_m = 2,594$ (万 kW) を超える需要分は、ピーク電源の一部が稼働して供給することになる。よって、ピーク電源の設置容量は、 $K_p = 3000 - D_m = 406$ (万 kW) になる。

持続曲線の横軸を、三つの区間 $[0, H_m]$, $[H_m, H_b]$, $[H_b, 8760]$ に分けるならば、それぞれの区間では、各電源設備は、フル稼働しているか、完全に遊休化しているか、限界供給設備として機能している。限界供給設備とは、フル稼働ではなく、一部容量が遊休 (スラック化) している設備を言う。

以上から、与えられた需要持続曲線の需要を最小費用で満たす電源構成は、表 1 のようになると結論される。

この電源システムを運用して与えられた需要を満たすとして、各電源の発電電力量は、図 2 の需要持続曲線で各電源が供給する斜線部分の面積から求めることができる。

また、各電源からの電力供給の年間総費用 C_i は、

$$C_i = \text{固定費 } F_i \times \text{設置容量 } K_i \\ + \text{可変費 } V_i \times \text{発電電力量 } X_i \quad (3)$$

で求めることができ、これらは、表 2 のようになる。以上から、(1) 式および図 2 の需要持続曲線に対する電力供給の平均費用は

$$30,162 \text{ (億円)} \div 1,752 \text{ (億 kWh)} = 17.2 \text{ (円/kWh)}$$

となる。

従来の地域独占形態の事業であれば、総括原価方式

による電気料金は 17.2 (円/kWh) となる。また、各電源にかかわる固定費には、事業にかかわる正常な利益も含まれているとすれば、この電源構成と価格で電力供給事業は正常に成立することになる。これはまた、最小費用で、社会のニーズを満たしているという意味で、望ましい公共事業の姿であると言えよう。

さて、電力事業が自由化により市場ベースで取引される場合に、以上で観察した最適電源ミクスが実現し、また、維持されるであろうか。この問題を、以下で考察する。

3. ミッシングマネー問題

これまでの前提では、各経済域に一家の一般電気事業者（電力会社）が地域独占事業のかたちで、すべての発電設備を所有し、投資決定をするというものであった。よって、(1) 式および図 2 の需要持続曲線と与えられる需要を最小費用で満たす義務を果たすために、最適電源構成 $(K_b, K_m, K_p) = (1,784, 810, 406)$ を確定し、設置することができる。そして、顧客への電気料金として、17.2 円/kWh を課金することにより、事業が成立する。最小費用で、社会のニーズを満たす公共事業が実現される。

さて、この節では、各種の規制緩和と自由化のもと、多くの供給事業者と需要者との間で電力が市場で取引される経営環境を想定する。また、三つの発電テクノロジーは、社会共有の知識となっているので、多くの事業者が、自由に、各種発電テクノロジーをもって、発電事業に参入、退出ができる世界を想定する。各事業者の供給事業への参入、退出が、個々の事業利益追求でなされ、事業のために各種発電テクノロジーに、どのレベルの投資をするかは、個々の事業者の個別の意思決定となる。

ここで明らかにするべき問題は、「電力の取引が市場ベースでなされるようになったとき、自由な参入・退出によって、前節での最適電源ミクス $(K_b, K_m, K_p) = (1,784, 810, 406)$ が実現するのであるか？」ということである。

地域独占事業のシステムと比較して、自由な参入・退出のもとでの市場ベース取引の根本的な違いの一つは、多くの供給者間の競争のために、電力の価格は市場で決まるのであって、発電事業者はそれを受け入れるしかないということである。供給者のこのような立場は、「市場供給者はプライス・テーカーである」という表現でいわれる。

それでは、市場では電力価格はどのように決まるの

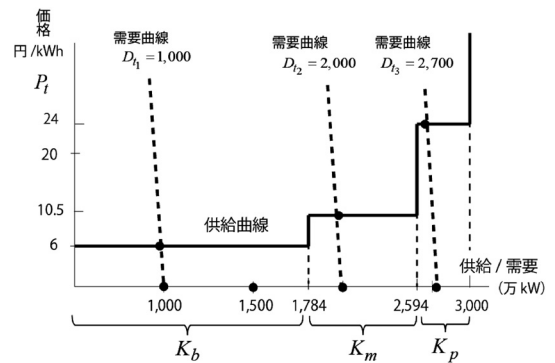


図 3 市場では限界費用メリット・オーダーが供給曲線になる

であろうか。

いま、仮に図 2 の需要持続曲線の経済域に、その最小費用電源ミクス $(K_b, K_m, K_p) = (1,782, 812, 406)$ が、設置済みであったとしよう。1 年、8,760 時間の各 1 時間における需要曲線と供給曲線は、図 3 のようになる。設置されている 3 種の発電設備容量 (K_b, K_m, K_p) は固定されているので、供給曲線は各時間、同一である。各設備での事業者の発電限界費用（可変費用）の小さい順番に、階段状に並べたものは、メリット・オーダーと呼ばれ、各階段の長さは、設備容量に対応する。この階段関数を、縦軸の電力価格から、横軸の電力量を読み取る関数が供給関数である。すなわち、電力価格が、6 円/kWh を下回ると、この市場では、電力を供給してくれる事業者はいない。市場で 6 円/kWh 以上の価格がつくと、ベース電源事業者が、喜んで供給しようとする。

図 2 の持続曲線で、需要 D_t が $D_b = 1,784$ 万 kW を超え、かつ、 $D_m = 2,594$ 万 kW を超えない時間領域 H を考えよう。すなわち、持続曲線の横軸で、 $1,778 \leq H \leq 5,333$ の時間区間である。この時間帯では、需要曲線は図 3 の $D_{t_2} = 2,000$ に示すような位置にある。需要曲線と供給曲線が交わる価格は、10.5 円/kWh である。この時間帯では、ベース電源は容量 $K_b = 1,784$ 万 kW をフル稼働しており、ミドル電源はその容量に遊休（スラック）が生じている。すなわち、ミドル電源事業者が限界供給者である。市場メカニズムの基本原則として、「市場価格は、限界供給者の限界費用（可変費用）に落ち着く」ということが言える。図 4 では、持続曲線に対応させての市場価格を示している。需要 D_t が $D_b = 1,782$ 万 kW を超え、かつ、 $D_m = 2,594$ 万 kW を超えない時間領域 H では、電力の市場価格は、10.5 円に落ち着く。

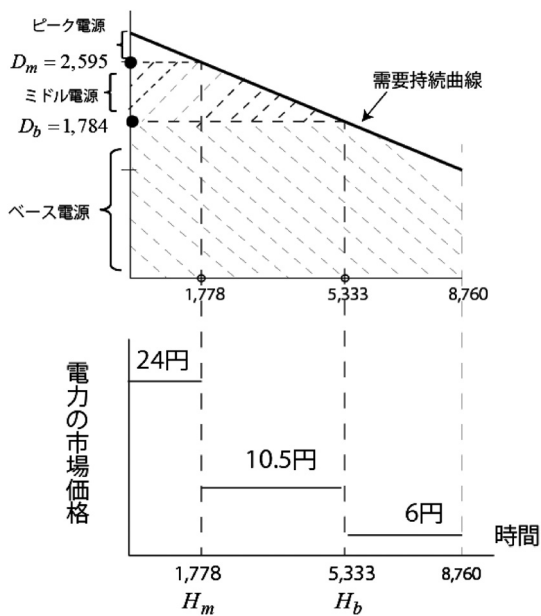


図4 電力市場価格は、その時間帯での発電限界費用に落ち着く

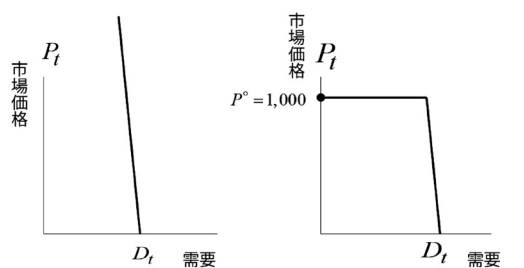
同様に、需要 D_m が 1,784 万 kW を下回る時間領域 $H(\geq 5,333)$ では、そのときの限界供給者であるベース電源の限界費用 $V_b=6$ (円/kW/h) に価格が落ち着く。需要が $D_m=2,594$ 万 kW を超える時間領域 $H(\leq 1,788)$ では、価格は、ピーク電源の限界費用 $V_p = 24$ (円/kW/h) に落ち着く。持続曲線に対応しての市場価格を図4に示している。

以上を整理して、「多数の供給者が競争する市場取引においては、市場価格は、限界供給者の限界費用に落ち着く」といえる。言い換えると、市場競争のもとでは、供給者の固定費に関係なく、限界費用で市場価格が決まるということがある。事業者の経営の立場から言うと、売上収入が固定費を回収できなければ、経営は成り立たないので事業から退出することになる。

図4のように電力の市場価格が落ち着くとすると、たとえば、ピーク電源の事業者の収入は、可変費用分のみ、すなわち、運用費の

$$24(\text{円/kW}) \times 406(\text{kW}) \times 1,778 \times 10^{-4} \div 2 = 866.2 \text{ 億円}$$

になる。言い換えるなら、売上収入 866.2 億円では、運用費用(限界費用和)を回収しているのみであり、ピーク電源事業者の固定費 974 億円は、そのまま、事業赤字になる。設置容量が 406 万 kW であるから、1 kW 当たりの赤字は、 $974 \text{ 億円} \div 406 \text{ 万 kW} = 24,000 \text{ 円/kW}$ になり、単位発電当たりの固定費がそのまま、未回収



(a) 価格硬直的な需要関数の仮定 (b) より現実的な需要関数の仮定

図5 需要曲線に関する仮定の調整

になると結論される。山本と戸田 [6] では、ミドル電源、ベース電源の事業者も、同様に、1 kW 当たりの収支赤字が、ピーク電源の固定費に相当することを示している。これは長期的には経営が成り立たないことになり、事業から退出する発電供給者が生じざるを得ない。結論として、次のようにまとめられる。

ある経済域において、図2および図4に示すような需要持続曲線が与えられれば、各種電源の固定費と可変費から、コスト最小の電源ミクスが一義的に定まる。しかし、こうして決まった最小費用電源構成のもとで、短期限界費用で価格形成がなされる電力取引の市場を導入すると、電源の中で最も小さい固定費(いまの例では、ピーク電源)に相当する固定費の未回収(ミッシングマネー)が、すべての電源において生じる。すなわち、参入・退出が自由な市場ベースの世界では、費用最小電源ミクスは実現しないことになる。

4. ミッシングマネーに対する価格スパイクとデマンド・レスポンスの方策

ミッシングマネー問題の解明において、明らかになったことを整理すると以下ようになる。

年間を通じて、需要がきわめて高いピーク需要期は極めて短い、そのピーク需要に備えて待機しているピーク用発電設備は極めて稼働率が低い。また、市場では、その短いピーク需要期の価格はピーク用発電設備の可変費 24 円/kW/h で決まってしまう、固定費を回収することができない。

ここで、これまでの分析では、各時間帯における需要曲線にかかわる仮定について、極めて非現実的なことが仮定されていることを明らかにしたい。短期および長期の電力需要曲線の価格弾力性にかかわる詳しい分析と、以下で述べるデマンド・レスポンス対応についての詳しい議論は、Joskow [3]、および Stoft [4] などにみられる。

まず、Stoft [4] は、その“Chapter 2-2: Price Spikes

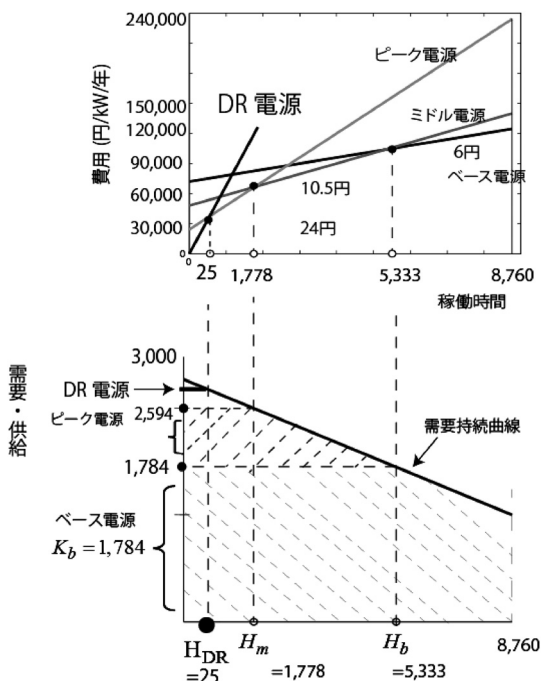


図 6 DR を導入しての電源ミクス

Recover Fixed Costs”において、図 5 に示している形状の電力への需要曲線について、通常なされている仮定に大きな問題があることを指摘する。それは、各時間における電力需要を、図 4 および図 5(a) のように、ほぼ垂直な単一の直線としていることである。これは、電力の価格が無限大に高くなっても、需要は D_t に変わりはないことを意味している。電力の需要は短期的には、価格に対して弾力的ではなくて硬直的であることは知られているが、ここまで硬直的であるとするのは現実的ではないであろう。たとえば、電力の価格が 1,000 円/kWh を超えたらさすがに喜んで購入する消費者はいないということが考えられる。そして、より現実的な需要の曲線の形状は、図 5(a) ではなくて、(b) であろう。これは、「時間帯 t における需要は D_t なのだが、それは、価格が 0 円から 1,000 円/kWh までの範囲のときであって、電気の市場価格が 1,000 円/kWh を超えるようであれば、消費者は、むしろ購入を控える方を選択する」ことを表現している。

このように、電力需要者は、通常は、価格に関係なくある量 D_t を需要すると考えられている。そのため、短期需要曲線は、(a) のようにほぼ垂直な形状であるとして扱われている。しかし、ある値 P° 以上の価格になると、その価格を支払うことと、供給を絶たれることが、消費者の価値観として無差別 (indifferent) であるような価格値 P° があると考えるのが自然であろう。

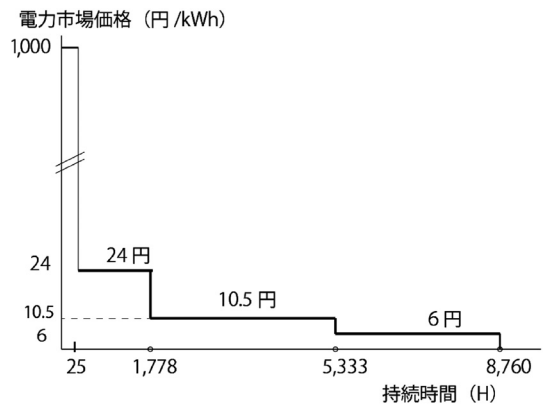


図 7 価格スパイクとデマンド・レスポンス導入による市場価格

そのような価格 P° は VOLL (Value of Lost Load, 失われた負荷の価値) と呼ばれている。図 5(b) では、その VOLL が $P^\circ = 1,000$ 円/kWh であると仮定している。電力事業の運営にあたって、実際に、VOLL の値を知るのは、難しい面はある。そこで、やや大きめに推定しておくなどの方策が現実的とされている。

前節では、発電テクノロジーとして三つを想定し、稼働時間 H の関数としての費用構造を次のように仮定した。

$$\text{ベース電源: } C_b = 72000 + 6H$$

$$\text{ミドル電源: } C_m = 48000 + 10.5H \text{ (円/時)} \quad (4)$$

$$\text{ピーク電源: } C_p = 24000 + 24H$$

ここで、新しい供給テクノロジーとして、固定費はゼロで可変費用 (限界費用) が $P^\circ = 1,000$ 円/kWh に相当する架空電源を導入し、これをデマンド・レスポンス (DR) 電源と呼ぶことにする。その費用構造は、次のようになる。

$$\text{DR 電源: } C_{DR} = 0 + 1000H \quad (5)$$

ここで、DR 電源を含めての最小費用電源ミクスを考えるために、図 2 の上部の費用構造の直線群に、DR 電源の直線を加えると、図 6 が得られる。

この図に示すように、ピーク電源の費用直線と DR 電源の費用直線の交点では、需要が $D_{DR} = 2,994$ 万 kW、稼働時間は $H_{DR} = 25$ 時間である。すなわち、稼働時間が 25 時間以内であるなら、DR 電源で供給するのが費用最小である。

このことから、持続曲線で $H_{DR} = 25$ 時間より左側の領域では、価格がスパイク価格 $P^\circ = 1,000$ 円/kWh になる制度を設ける。希望的な想定として、「価格が

表3 デマンド・レスポンス導入と価格スパイクによる各電源事業者の収支

	A. 設備容量 (万 kW)	B. 発電電力量 (億 kWh)	C. 収入 (億円)	D. 総費用 (億円)	E=C-D 収支 (億円)
ベース電源	1,782	1,428	21,416	21,416	0
ミドル電源	812	288	6,912	6,912	0
ピーク電源	400	36	1,827	1,827	0
デマンド・レスポンス (DR)	6	0.007	7	7	0
合計	3,000	1,753	30,161	30,161	0

1,000 円/kWh になったピーク時において、消費者自身の価値観 VOLL からの選択によって、需要が 2,994 万 kW に収まるであろう」とする。もし、万が一、それを超えての需要があれば、その超過需要分は、負荷遮断、すなわち、供給拒否をして、1,000 円/kWh の対価を支払う。結果的に、持続曲線の横軸に対応する電力の価格は、図 7 のようになり、1 年、8,760 時間のうち、このスパイク価格が適用されるのは 25 時間（ほぼ 1 日）程度となる。

当初の仮定では、この経済域の最大需要は 3,000 万 kWh であるが、供給側では、2,994 万 kW までしか用意されない。それを超える 6 万 kW 分は、スパイク価格づけによるデマンド・レスポンスで対応される。

この新しい価格体系により、ピーク時の各電源所有者の収入が大きく改善して、表 3 に示すように、各電源とも、収支の赤字が解消する。その理由としては、24 時間のピーク時のスパイク価格 1,000 円/kWh 設定により、収益改善を享受するのは、ピーク電源事業者だけでなく、ミドル電源、ベース電源の事業者も、同様に、高収入を得て、固定費の回収に貢献することによる。各電源事業者の収支は、表 3 のようになり、どの事業も、赤字収支が解消する。

アメリカの大きな電力市場 PJM などでの電力価格の時間変動を観察すると、数十時間に 1 回程度の頻度で、通常価格の数十倍から数百倍の市場価格のスパイクが観察される。最近では、電力需要者とデマンド・レスポンスを市場ベースで取引する事業が成長してきており、この事業が拡大するにつれて、このような価格スパイクは、緩和されていくと期待される。

5. あとがき

ある社会、あるいは地域における電力需要の動的な特性を需要持続曲線で表現するなら、それに対して、いくつもの発電テクノロジーを組み合わせ、最適電源構成が求められることを示した。しかし、この発電と

供給の事業に、自由な参入が認められて、電力の価格が市場メカニズムで決まる世界では、この最適電源構成では、発電事業者は、設備投資を回収するための固定費をカバーする収入が得られないことを示した。最小の費用で社会のニーズを満たすシステムを実現できない、という意味でのミッシングマネー問題を解明した。

この問題に対処するために、デマンド・レスポンスを導入して、価格スパイクを認める方策を示した。いまや、デマンド・レスポンスそのものを事業化して、市場ベースの枠組みで行う業種の成長が望まれている。また、容量ペイメントを確保するための容量市場なるものを導入するというのも、欧米では、現実になされている。それは、稼働していない遊休の発電設備にも、固定費が支払われる仕組みである。それを市場ベースで実行すると、その容量価格はいくらかになるのかなど、興味深い問題である。

わが国においても、これらは、今後の重要な研究課題として、充実した研究がなされることが期待される。

参考文献

- [1] P. L. Joskow, "Restructuring, competition and regulatory reform in the U.S. electricity sector," *Journal of Economic Perspectives*, **11**, pp. 119-138, 1997.
- [2] P. L. Joskow and J. Tirole, "Reliability and competitive electricity markets," *The Rand Journal of Economics*, **38**, pp. 60-84, 2007.
- [3] P. L. Joskow, "Capacity payments in imperfect electricity markets: Need and design," *Utility Policy*, **16**, pp. 159-170, 2008.
- [4] S. Stoft, *Power System Economics, Designing Markets for Electricity*, IEEE Press, Wiley-Interscience, 2002.
- [5] 八田達夫, 『電力システム改革をどう進めるべきか』, 日本経済新聞社, 2012.
- [6] 山本隆三, 戸田直樹, "電力市場が電力不足を招く, missing money 問題 (固定費回収不足問題) にどう取り組むか," IEEI Discussion Paper, 国際環境経済研究所, 2013 年 6 月.
- [7] R. Green, "Competition in generation: The economic foundation," In *Proceedings of IEEE*, **88**, pp. 128-139, 2000.