

解 説

「電力自由化における リアルオプション分析」

UFJつばさ証券
山田 雅章

(e-mail:m.yamada@ufj-tsubasa.co.jp)

<電力自由化>

世界的な電力自由化の流れのなかにあって、わが国でも2000年3月21日の電力事業法改正により大口需要家向け電気の小売が自由化された。この改正の3年後の2003年には、自由化範囲に関して見直しが予定されており、わが国において電力自由化がどのような進捗を見せるのか関心が高まっている。

電力自由化は電力会社以外の供給者が電気の小売に参入することを認めるものであり、その効果として競争原理による電力小売価格の低下が期待されている。電気は発電所で作られ、送配電線を通して需要家に届けられることを踏まえると、電力会社が保有する送配電線の利用料金を固定した場合には(実際、電力事業法改正後の現段階では送配電線の利用料金は固定化されている)電力自由化は発電価格の競争に他ならない。

ただし、電気は、蓄積できず、従って、供給量は発電所しかコントロールできないという特殊な財である。そのため、電力自由化では、発電所の発電効率競争に加えて、競争原理に基づいて電力供給を電力需要に常に一致させるシステムの構築も要請される。すなわち、気温上昇などによって電力需要が急増したときに、発電所がさらなる電力需要の増大を予想して発電能力を温存したとすれば電力の供給不足が生じてしまう。すでに全面自由化に踏み切った世界各地では、発電所で作った電気を送配電線に流す直前の電力(卸電力)に対して取引市場を創設し、市場原理によって電力需給を一致させる方法が採られてきている。

電力会社は発電所を保有し、電力小売を独占してきた。そして、それら発電所1つ1つの収益性が問われること

は少なかったように思う。しかし、われわれは、世界各地で行われている電力取引を通じて、発電所の収益性、発電所における運転/休止のオプション価値、複数の発電所を保有することによるポートフォリオ効果などを評価できる状況にある。電力自由化の将来を見据えれば、発電事業の収益性や、投資判断などのさまざまなオプション価値の分析に着手すべき段階にきていると言えるⁱ。実際、カリフォルニア州では電力全面自由化に先立って、電力会社に対して自由化によって生じるスタンディッド・コスト(自由化のために回収できなくなる投資コスト)の回収を認めたり、また、電力会社は発電所の売却や証券化によって、発電所ポートフォリオを再構築するという動きがあった。

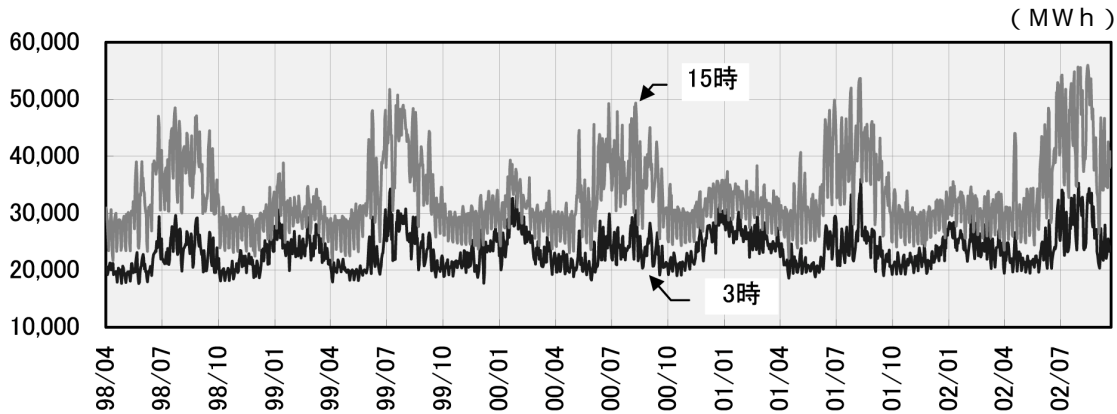
電力自由化では発電所の価値評価が重要であるが、リアルタイムに変化する電力需要、IT化や景気変動による電力需要のトレンド、電力供給における参入者、燃料価格の変化など考慮すべき点は多く複雑である。特に、電気が蓄積できないという性質上、発電所は常に選択の岐路に立たされている。このような状態は、金融工学におけるリアルオプション分析が適合する。

さて、日本の自由化のあり方について未だ経済産業省中心に検討が進められている状況であり、未だ結論が導かれていないが、一つの検討上の仮定として米国並みの自由化市場を想定して発電所の収益性について考察することは無意味ではないだろう。本文では、その一端として、ペンシルバニア州、ニュージャージー州、メリーランド州への電力供給システムとしてスタートしたPJMにおける電力取引データⁱⁱをもとにした、発電所の収益性分析を示したい。

<電力需要と電力価格>

最初に、2-3時、14-15時の2時点におけるPJM地域の電力需要(PJMによる電力負荷の推計値)の推移をみてみよう(図1)。上側に位置するのが日中の14-15時の電力需要であり、エアコンの普及を考えれば夏季と冬季に需要が大きい図1のようなパターンになることは容易に想像できよう。電力需要は日々上下に大きく変動しているが、これはPJMでは電力の相対取引も多くⁱⁱⁱ、PJMにおける電力取引は電力需要の限界的な部分を担っているという側面のためと推察される。

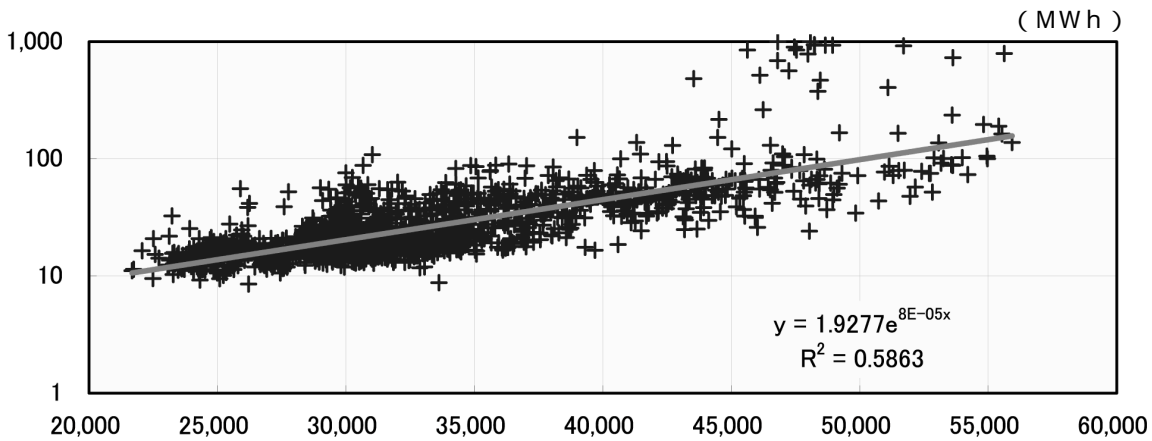
図1 電力需要の推移



次に、電力需要と電力取引価格の関係^{iv}をみてみよう
 (図2)。横軸に電力需要、縦軸に電力価格(対数目盛)

を採った。電力需要と電力価格には正の相関があるもの
 の、電力価格は回帰式の周りに広く分散している。

図2 電力需要(横軸)と取引価格(縦軸)



< 発電所の収益性 >

電力価格をもとに発電所の収益性を評価してみよう。
 最初に、14 - 15時の時間帯に限りて発電所を運転し、発
 生した電力はすべてリアルタイム市場にて売却するケー

スを考えてみよう。発電のための燃料費は1MWhあたり
 25ドルと仮定する。

電力価格から燃料費を引いた発電収益の源泉はスパ
 ークスプレッドと呼ばれる。図3に、1MWh当たりのスパ
 ークスプレッドを累積した結果を示す。

図3 累積スパークスプレッド

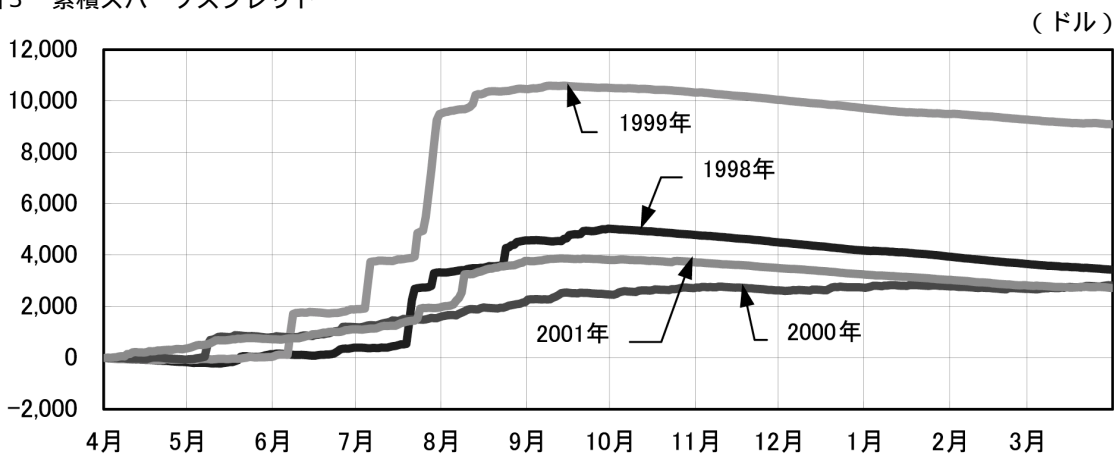
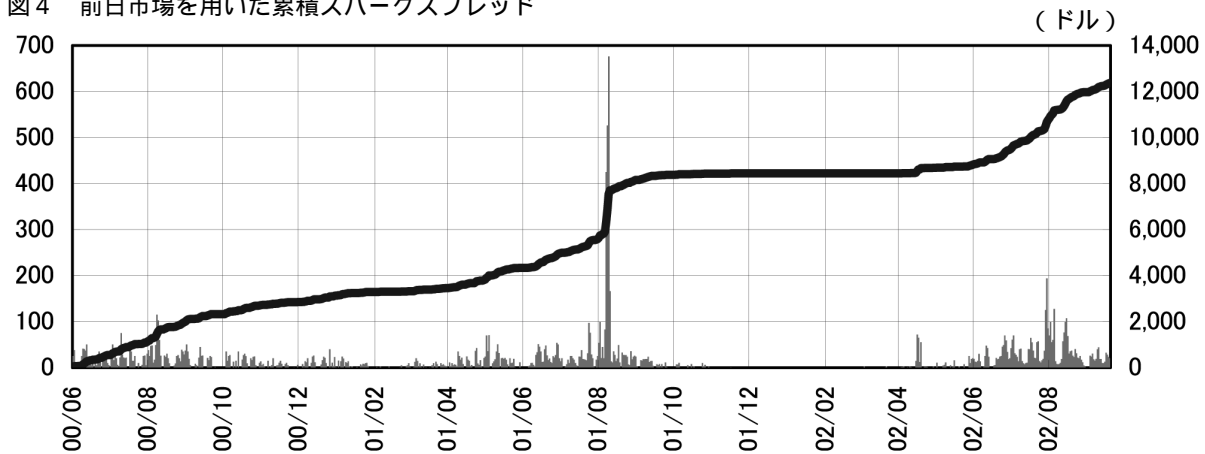


図3から、発電収益は夏季に集中していることが分かる。このシミュレーションは、電力市場価格に関係なく定期的に運転したケースであり、逆さやなのがかつてい冬季にも運転しているという点で現実味を欠く。そこで、前日市場の取引価格を参照し、スパークスプレッドがプラスであれば前日取引で電力の売却価格を予約して運転を行い、スパークスプレッドがマイナスであれば運転しない、という運転を行うと仮定してみる。前日取

引データは2000年6月1日以降しか得られなかったため、年度別に集計せず、2000年6月1日以降からの累積を示した(図4折れ線グラフ(右軸))。また、各日の収益であるスパークスプレッドも示した(図4棒グラフ(左軸))。

スパークスプレッドの累積値は1年当たり4000ドル程度になる。これはリアルタイム市場での結果(図3)と比較しても遜色ないものと言えよう。

図4 前日市場を用いた累積スパークスプレッド



< 前日取引価格の確率過程 >

前日取引を用いた発電所の運転計画は現実的である。そこで、より深い分析のために前日取引価格の確率過程をモデル化してみた。t日(s-1)~s時の前日取引価格をP_s(t)とする。P_s(t)に対して、先験的に次の確率過程を考える。

$$\ln P_s(t+1) - \ln P_s(t) = k_s (g_s - \ln P_s(t)) + \sum_{j=1}^{11} m_j \times dummy(j) + \sqrt{h_s(t)} Z_s(t) \quad (1)$$

$$h_s(t+1) = b_{s,0} + b_{s,1} h_s(t) + a_s Z_s(t)^2 \quad (2)$$

dummy_j(t) = 1 tがj月のとき
 dummy_j(t) = 0 その他

2000年6月1日から2002年9月18日までの14 - 15時の前日取引価格データから推計されたモデルパラメータは次の通り。

推計された確率過程について説明を付け加えておこう。(1)式右辺の第一項は電力価格変動に平均回帰性をもたらす。平均回帰性とは、電力価格が上下に大きく振れた場合、一定の水準(収束価格)に引き戻される力が働くことを指す。ボラティリティ(価格変化率)が大きい

表1 P₁₅のモデルパラメータ

	係数	T 値
k	0.369	13.62
g	3.435	12.48
dummy Jun	0.101	1.88
dummy July	0.155	2.87
dummy Aug	0.203	3.68
dummy Sep	0.007	0.12
dummy Oct	-0.028	0.48
dummy Nov	-0.124	2.10
dummy Dec	-0.112	1.92
dummy Jan	-0.115	1.96
dummy Feb	-0.157	2.59
dummy Mar	-0.098	1.68
dummy Apr	0.002	0.03
a	0.014	-
b0	0.000	-
b1	0.857	-

だけに、モデルの中に平均回帰性を含めないと、電力価格は簡単に発散してしまうため電力価格のモデル化に平均回帰性を盛り込むことが必要になる。

推計された収束価格は、E × p (3.435) = 31ドルである。パラメータkは収束価格への収束速度を表しており、推計値は1日当たりで収束価格と電力価格(対数ベース)との乖離幅の37%だけ収束価格に引き戻す力が働くことを意味している。

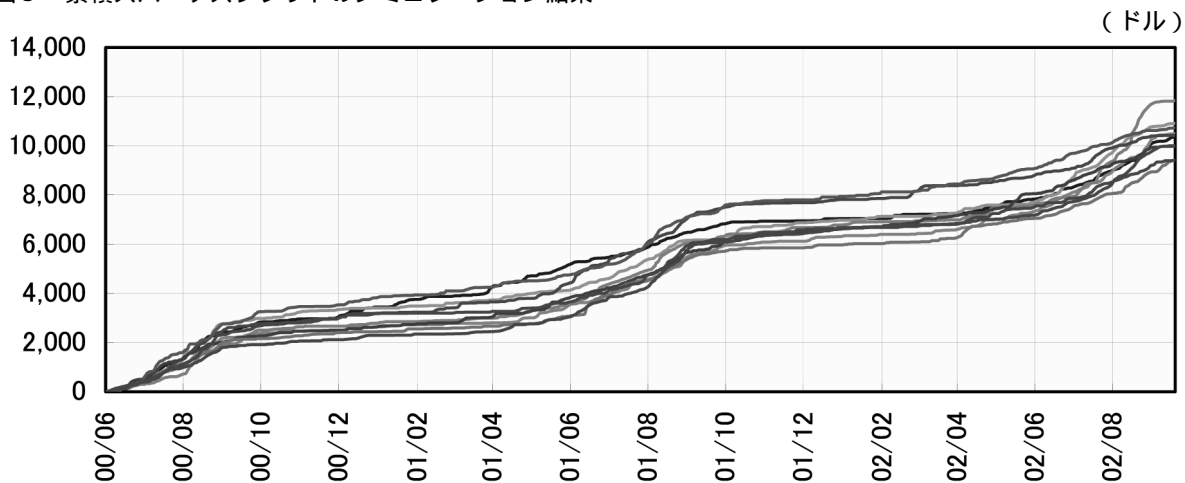
(1) 式右辺の第二項は、月別の変化の違いを反映するために導入されている。5%有意水準で統計的に有意なのは、2月、7月、8月である。2月の係数はマイナスとなっているが、これは電力価格が下落トレンドにあることを意味する。7月、8月のプラスは逆に電力価格の増加トレンドを意味する。これらの結果は図1と整合している。後述のシミュレーションでは、統計的には有意とならなかったその他の月の係数も採用している。

(1) 式右辺の第三項のZは標準正規乱数であり、hはボラティリティと呼ばれる係数である。hの大小は電

力価格の価格変動の急緩をもたらす。図1から見て取れるように、価格変動の急緩は持続性をもっている。その持続性を表現したのが(2)式である。(2)式はGARCH(1, 1)モデルと呼ばれるモデル式で、ボラティリティのモデル式としては最も一般的なもののひとつである。

推計された電力価格変動モデルに従って、発電所の電力収入をシミュレーションした。シミュレーション条件は図4と同じ。図5には10回のシミュレーション結果を示した。なお、図4との比較のために、横軸を図4に揃えた。

図5 累積スパークスプレッドのシミュレーション結果



<むすび>

PJMで取引されている電力価格データをもとに、卸電力価格の確率過程を推計した。その推計モデルをもとに、スパークスプレッドの変動シナリオを作り、発電所の収益シミュレーションを行った。本文で想定した14 - 15時だけ稼働する発電所は、電力需要がピークとなる際に稼働することを目的としたピーキングプラントとして存在する。ピーキングプラントであったとしても、発電の前後でならし運転が必要であり、1時間だけ運転するのは効率が悪い。なるべく連続運転の時間を増やすような計画を立てるわけだが、その運転計画の策定では前後の時間での価格変動の特徴や、前日取引価格だけではなくリアルタイム取引価格の分析も必要となってくる。ま

た、本文では発電燃料価格を固定して考えたが、米国では燃料を取引する市場があり、スパークスプレッドでは燃料価格も市場価格を採用するのが現実的である。

これらの多様なファクターを考慮に入れ、発電所の運転であれば運転/休止の最適化を、発電所建設を計画する事業者であれば最適参入条件を、利益という貨幣価値を基準に探求してゆくことがリアルオプション分析である。本文で示した内容は、リアルオプション分析の入り口にしか過ぎず、従って、電力自由化の過程にあるわが国では自由化議論の進展に伴ってより綿密な分析が現れてくることになる。証券会社にとっては、発電所証券化、電力という新しい商品市場の創設、という点で電力自由化は魅力ある研究対象である。

後段で想定するCCGT (Combined Cycle Gas Turbin) などの負荷追従性の高い発電方式は、ボイラー/タービンからなる負荷追従性の低い石炭火力に比較して、リアルオプションの観点からは資産価値が高いと言える。これらの異なる発電方式・燃料を組み合わせられた複数の発電所からなる発電ポートフォリオとして発電/休止条件の最適化を探る技術が求められている。

ii 本文で使用したデータは直近分を除いてインターネットのPJMホームページから入手できる。筆者は直近分のデータをブルームバーグによって補った。

「海外諸国の電力改革の現状と制度的課題」(経済産業省、平成13年) によれば、PJMにおけるスポット取引のシェアは18%となっている。

iv 図2は、電力需要、電力価格ともに1時間刻みのデータを単純平均を取って1日の平均価格とし、日次ベースでプロットしたもの。なお、電力需要は推計値であり、また、縦軸の電力価格はPJMの一部である西部地域の価格であるため、図2で示された関係は参考の範囲を出ないことを断っておく。