

## 火力発電設備の容量価値に基づく電力相対取引価格の評価

02602580 早稲田大学 \*宮口 直也 MIYAGUCHI Naoya  
02103980 早稲田大学 後藤 允 GOTO Makoto  
01008370 早稲田大学 大野 高裕 ONO Takahiro

## 1 はじめに

規制緩和を背景として日本でも電力の自由化が進展している。先行して自由化が行なわれている国や地域では、発電事業者と電力の購入者間の電力取引の方法として市場取引と相対取引が採用されており、多くの取引を相対取引が占めている。これは、相対取引が購入者にとって市場取引による電力価格の変動リスクを回避し、安定的な価格で電力を確保する手段として認識されていることや、発電事業者にとっても将来の売上を確定できる等の理由によるものである。

このように重要な役割を担っていくことが想定される相対取引であるが、相対取引契約が成立する相対取引価格形成のメカニズムは十分に解明されていないため、形成要因を含め明確化が望まれている。また、電力市場の創設とともに市場で成立する市場価格により、発電事業者の発電容量は経済的な価値をもつことが認識されつつある。そこで、本稿では相対取引価格の理論値を、発電事業者がもつ発電容量価値に基づき算出し、相対取引価格が各パラメータより受ける影響を考察することを目的とする。

## 2 モデル

## 2.1 準備

## 2.1.1 市場取引による価値

火力発電設備の保有者は、電力市場で形成される電力価格を観察し、状況に応じて運転・停止を選択することができる。すなわち、火力発電設備の保有者は、ある時点において限界費用である燃料価格を支払うことにより電力を手に入れる権利を保有していると考えることができ、火力発電設備の発電容量をコールオプションとして評価することができる<sup>1</sup>。市場で形成される電力価格  $S(t)$  は幾何ブラウン運動過程

$$dS(t) = \mu S(t)dt + \sigma S(t)dz(t) \quad (1)$$

<sup>1</sup>Deng et al. [2] は、火力発電設備の発電容量の価値評価を提案している。電力を原資産とするデリバティブの価値評価を行なう場合、電力の非貯蔵性という性質からスポット市場価格により無リスクポートフォリオを複製することはできないと考え、先物契約を活用することによりオプション価値の評価を行なうことを提案しているが、本稿においては複製が可能であると仮定している。

に従うと仮定する。ただし、 $\mu$  は  $S(t)$  の期待変化率、 $\sigma$  は  $S(t)$  のボラティリティであり定数とし、確率過程  $\{z(t); 0 \leq t \leq T\}$  は、確率空間  $(\Omega, \mathcal{F}, P)$  上で定義される標準ウィナー過程である。

さらに、本稿では多くの電力市場で導入されているプライスキップ規制（取引価格の上限規制）を考慮することとする。単位発電容量の満期  $T$  時点のペイオフ  $X_C$  はプライスキップ規制値を  $U$  として、

$$X_C = \max[\min(S(T), U) - K, 0] \\ = \min[\max(S(T) - K, 0), U - K], \quad U \geq K \quad (2)$$

となる。ただし  $K$  は燃料価格である。このペイオフ  $X_C$  は、燃料価格  $K$  を行使価格とするコールオプションの買い持ちとプライスキップ規制値  $U$  を権利行使価格とするコールオプションの売り持ちのポートフォリオから構成されるペイオフである。したがって、プライスキップ規制を考慮した満期  $T$  をもつヨーロッパンコールオプションの  $t$  時点における価値  $\bar{C}(t, T)$  は、Black and Scholes [1] より、

$$\bar{C}(t, T) = e^{-r(T-t)} E^* [X_C | \mathcal{F}_t] \\ = e^{-r(T-t)} \left[ e^{r(T-t)} S(t) (\Phi(d_1) - \Phi(d_2)) \right. \\ \left. - K \Phi(d_1 - \sigma\sqrt{T-t}) + U \Phi(d_2 - \sigma\sqrt{T-t}) \right] \quad (3)$$

ただし、

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{K}\right) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (5)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S(t)}{U}\right) + (r + \frac{\sigma^2}{2})(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (6)$$

であり、 $r$  は安全利子率で一定とする。ここで、求められたオプション価値は、単位発電容量の価値、すなわち市場取引による利益の期待現在価値である。

## 2.1.2 相対取引による価値

相対取引とは将来のある時点で、あらかじめ定められた相対取引価格で電力を取引する先渡し契約であり、将来の発電容量を予約する行為と考えられる。取引時点  $T$  におけるペイオフ  $X_f$  は、相対取引価格を  $F$  として  $X_f = F - K$  となる。したがって、 $t$  時点における取引時点  $T$  の相対取引契約による利益の価値  $f(t, T)$  は、

$$f(t, T) = e^{-r(T-t)}[F - K] \quad (7)$$

となる。

## 2.2 相対取引価格の算出

発電容量は市場取引を前提とすると、前述のコールオプションにより求められる価値  $\bar{C}(t, T)$  を既にもっている。一方、その発電容量を相対取引契約で活用すれば  $f(t, T)$  の価値を得る。発電容量の保有者は、

$$f(t, T) \geq \bar{C}(t, T) \quad (8)$$

となる相対取引契約でなければ市場取引を行なった方が価値は高いことになる。そこで、 $f(t, T) = \bar{C}(t, T)$  となる  $F$  を  $F^*$  とすれば、

$$F^* = e^{r(T-t)}\bar{C}(t, T) + K \quad (9)$$

となり、相対取引を行なうことで価値を増加させることのできる相対取引価格の最小値が算出される。

また、 $t$  時点における電力価格  $S(t)$  と相対取引価格の関係を考察するために相対価格プレミアム  $\delta$  を導入し  $F^* = (1 + \delta^*)S(t)$  と置き、 $\delta^*$  について解くと

$$\delta^* = \frac{e^{r(T-t)}\bar{C}(t, T) + K}{S(t)} - 1 \quad (10)$$

となる。契約に際し、その契約による相対取引価格より算出された  $\delta$  が、 $\delta > \delta^*$  であれば契約を行ない、 $\delta \leq \delta^*$  であれば契約しないことが合理的な行動となる。したがって、 $\delta^*$  は相対契約のしやすさを表す指標であり、小さければ低い相対取引価格で約定が可能であるため契約は行ないやすいことを示しているといえる。

## 3 結果・考察

(10) 式より求められる  $\delta^*$  について結果を示す。図 1 には、電力価格のボラティリティと  $\delta^*$  の関係を燃料価格別に示す。パラメータ値は  $t = 0$  [year],  $T = 1$  [year],  $S(0) = 15,000$  [yen/MWh],  $U = 50,000$  [yen/MWh],  $r = 3$  [%/year] とする。図 2 には、取引時点までの期間と  $\delta^*$  の関係をプライスキャップ規制値別に示す。パラメータ値は、 $\sigma = 40$  [%/year],  $K = 10,000$  [yen/MWh] とし、その他は前述と同じパラメータを用いる。

図 1 より、電力価格のボラティリティが高いと  $\delta^*$  は大きくなり、燃料価格が低いほど  $\delta^*$  は小さくなる。図 2 より、取引時点までの期間が長いほど  $\delta^*$  は大きくなる。また、プライスキャップ規制値が高いほど  $\delta^*$  は大きくなる。これら結果からボラティリティが高いほど、

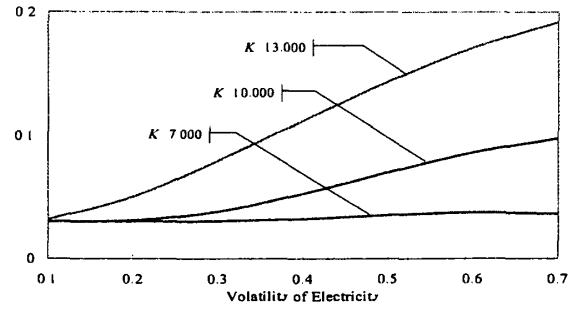


図 1: ボラティリティと  $\delta^*$  の関係

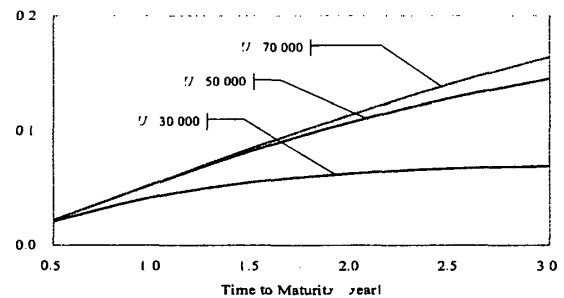


図 2: 取引時点  $T$  と  $\delta^*$  の関係

取引までの期間が長いほど、相対取引価格は高くなるのが分かる。また、プライスキャップ規制値が低いほど市場取引による利得が減少し、より低い相対取引価格の契約が成立することとなる。燃料価格が高い発電設備ほど相対取引価格は高くなることから、相対取引契約の約定は困難となり、市場取引による取引が主たる取引方法となることが予想される。

## 4 結論

本稿においては、相対取引価格の理論値を算出することができた。また、相対取引価格が各パラメータより受ける影響を考察し、その関係を示すことができた。

## 参考文献

- [1] F. Black and M. Scholes: The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, **81** (1973) 637-659.
- [2] S. Deng, B. Johnson and A. Sogomonian: Exotic electricity options and the valuation of electricity generation and transmission assets. *Decision Support System*, **30** (2001) 383-392.
- [3] 渡辺尚史: 電力取引における相対契約交渉過程モデルの開発 (電中研報告, 2002)。