

日本卸電力取引所スポット市場の約定方法に関する検討

住友共同電力（株）

石川 公紀

1. はじめに

日本卸電力取引所（以下、JEPXという）は2005年4月より取引を開始しているが、スポット市場の取引量は低調に推移している。また、全国市場でありながら周波数変換所（以下、FCという）の潮流ネックにより市場分断が頻発し、東西約定価格の差が大きくなるとともに約定量が少なくなるケースも見られる。

本稿では市場の活性化、東西価格差の解消およびFCの有効活用の一助とするため、JEPXスポット市場の約定方法に関する検討を行い、改善を提案するものである。

2. 連系線制約について

通常、連系線の運用容量は熱容量や信頼度等により上限値が決まるが、FCの場合、その設備の特性から上限値だけでなく、下限値および刻み幅が決められている。

表1 周波数変換所潮流制約

設備	最低潮流	刻み幅	最大
佐久間	± 30 MW	20 MW (30 40は10MW)	± 300 MW
新信濃1号	± 40 MW	20 MW	± 300 MW
新信濃2号	± 40 MW	20 MW	± 300 MW

3. 現在の約定方法

まず、全国で売り入札および買い入札を積み上げ、その交点を約定価格および約定量とするが、FCの潮流が、上・下限又は刻み幅と一致しない場合には市場分断処理を行ない、エリア毎に再度約定処理される。

市場分断処理が行われる場合の託送量は、

FCの託送量が空容量を超過する場合

FCに託送可能な最大量が流れるように市場分断を行い、それぞれの市場にて約定処理を行なう。（上限又は刻み幅を超過する端数は、切り捨てる）

FCの託送量が下限に達しない場合

連系線の託送量を0として市場分断を行い、それぞれの市場にて約定処理を行なう。となっている。

4. モデルによる約定処理の検討

二つの市場「市場1」および「市場2」を想定し、 x を入札単価(円/kWh)、 y を入札量(MW)として、市場1における売り入札、買い入札がそれぞれ次のように表されるものとする。

$$\text{市場1 売り入札} : y = a_1x + b_1 \quad (a_1 > 0)$$

$$\text{市場1 買い入札} : y = c_1x + d_1 \quad (c_1 < 0)$$

同様に、市場2においても

$$\text{市場2 売り入札} : y = a_2x + b_2 \quad (a_2 > 0)$$

$$\text{市場2 買い入札} : y = c_2x + d_2 \quad (c_2 < 0)$$

とする。

このときの約定処理は次のようになる。

市場分断がない場合

市場分断がない場合の約定単価 x_{12} は

$$x_{12} = (d_1 + d_2 - b_1 - b_2) / (a_1 + a_2 - c_1 - c_2)$$

である。

市場分断（連系線の託送量が0）の場合

連系線託送量を0として市場分断が行なわれた場合、それぞれの市場での約定価格 x_1 , x_2 および約定量 y_1 , y_2 は

市場1 :

$$x_1 = (d_1 - b_1) / (a_1 - c_1)$$

$$y_1 = a_1x_1 + b_1$$

市場2 :

$$x_2 = (d_2 - b_2) / (a_2 - c_2)$$

$$y_2 = a_2x_2 + b_2$$

となる。(図1. 参照)

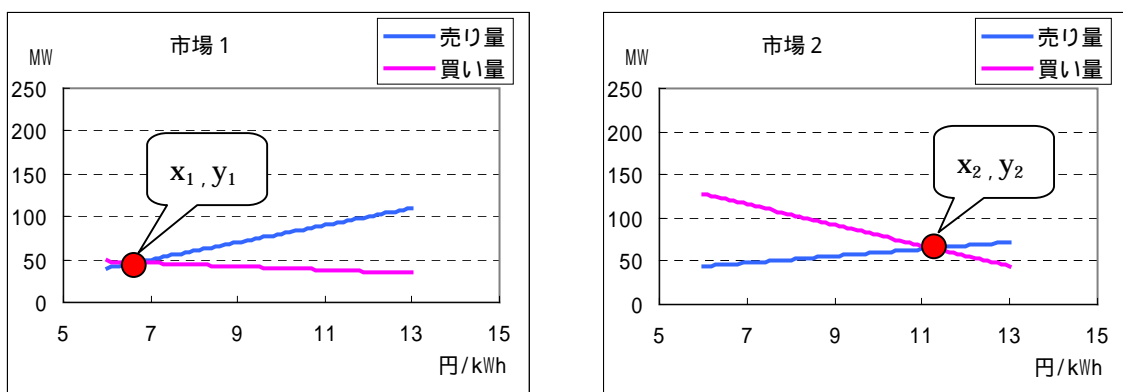


図1. 連系線託送量0の場合の約定

市場分断（連系線の託送量あり）の場合

託送量を設定して市場分断を行なう場合、制限後の市場1から市場2への託送量を e (MW)とすれば、それぞれの市場での売り入札、買い入札は次のように表されるものとする。約定処理における託送量の取り扱いは、市場1へ e (MW)の仮想の買い需要を、市場2へ e (MW)の仮想の売り需要を追加することにより行われる。

入札量は次式で表される。

$$\text{市場1 売り入札} : y = a_1x + b_1 \quad (a_1 > 0)$$

$$\text{市場1 買い入札} : y = c_1x + d_1 + e \quad (c_1 < 0)$$

$$\text{市場2 売り入札} : y = a_2x + b_2 + e \quad (a_2 > 0)$$

$$\text{市場2 買い入札} : y = c_2x + d_2 \quad (c_2 < 0)$$

このときのそれぞれの市場での約定価格 x_1' 、 x_2' および約定量 y_1' 、 y_2' は

市場1：

$$x_1' = (d_1 + e - b_1) / (a_1 - c_1)$$

$$= x_1 + e / (a_1 - c_1)$$

$$y_1' = a_1 x_1' + b_1$$

$$= y_1 + a_1 e / (a_1 - c_1)$$

市場2：

$$x_2' = (d_2 - b_2 - e) / (a_2 - c_2)$$

$$= x_2 - e / (a_2 - c_2)$$

$$y_2' = a_2 x_2' + b_2 + e$$

$$= y_2 - a_2 e / (a_2 - c_2) + e$$

となる。(図2参照)

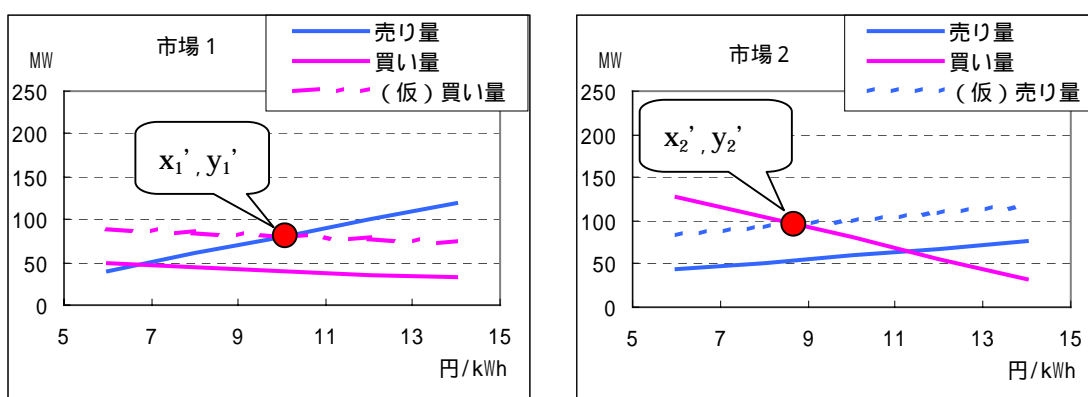


図2．連系線託送量を加えた場合の約定

ここで、それぞれの市場で e が2回加えられているので実際の総約定量は

$$y_1' + y_2' - e$$

となる。

連系線託送量が 0 の場合 () と託送量がある場合 () を比較して、総約定量の変化をみると、

$$\begin{aligned} y &= (y_1' + y_2' - e) - (y_1 + y_2) \\ &= e (a_2c_1 - a_1c_2) / \{(a_1 - c_1)(a_2 - c_2)\} \end{aligned}$$

となる。

$a_1 > 0, a_2 > 0, c_1 < 0, c_2 < 0$ であることを考慮すれば、分子の $(a_2c_1 - a_1c_2)$ が正であれば、 y は e の値に関わらず正となる。

つまり、約定量に関しては、 $a_2c_1 - a_1c_2 > 0$ を満たす市場 1 および市場 2 においては、市場 1 から市場 2 への託送量を増やすことにより総量を増加することができる。

一方で、約定価格についてみると、 $x_1' = x_2'$ となる点、即ち、

$$e = (x_2 - x_1) / (1 / (a_1 - c_1) + 1 / (a_2 - c_2))$$

を境に市場 1 と市場 2 の価格は逆転し、連系線託送量を増やすことにより、市場間の価格差を増大させることになる。

5 . 約定方法改善の提案

日本卸電力取引所のスポット市場が全国規模の市場として各エリアの参加者に対して公平に機能するためには、

総約定量が多いこと

市場分断が起きた場合でもエリア間の価格差が少ないこと

が重要であると考えられる。

FC の託送可能電力に下限の制約がある場合、前節のような市場では連系線託送量を 0 とするのではなく下限量にすることによって総約定量を増やすことができる。同様に、きざみ幅による制約がある場合も、連系線託送量を切捨てるのではなく切上げすることによって総約定量を増やすことができる。

しかしながら、一方で上記のような操作をすることにより、かえって市場間で価格差が広がることもあるため、次の方法により評価を行なう。

(1) 市場分断がない場合の全市場での約定価格 (システムプライス)、約定量および連系線電力をそれぞれ、 x_{12}, y_{12}, e とする。

(2) 市場分断となる場合で、連系線電力の下限またはきざみ幅による制約が発生した場合、 e より低い値での可能電力を e^- とし、この値で市場分断を行なった場合の約定価格および約定量を市場 1、市場 2 についてそれぞれ、 x_1, y_1, x_2, y_2 とする。

(3) 同様に、 e より高い値での可能電力を e^+ とし、この値で市場分断を行なった場合の約定価格及び (実) 約定量を市場 1、市場 2 それぞれについて、 x_1', y_1', x_2', y_2' とする。

(4) (2) および (3) の結果のうち (1) の結果に近いほうを次式により評価し値が小さいほうを約定結果として採用する。

$$D^- = |y_{12} - y_1 - y_2| x_{12} + |x_{12} - x_1| y_{12} + |x_{12} - x_2| y_{12}$$

$$D^+ = |y_{12} - y_1' - y_2'| x_{12} + |x_{12} - x_1'| y_{12}' + |x_{12} - x_2'| y_{12}'$$

ここで、第1項は総約定量を、第2項及び第3項は市場間の価格差を評価するものである。連系線の託送量が市場分断がない場合の値と等しいとき、評価値は0となる。

この約定フローを図3. に示す。

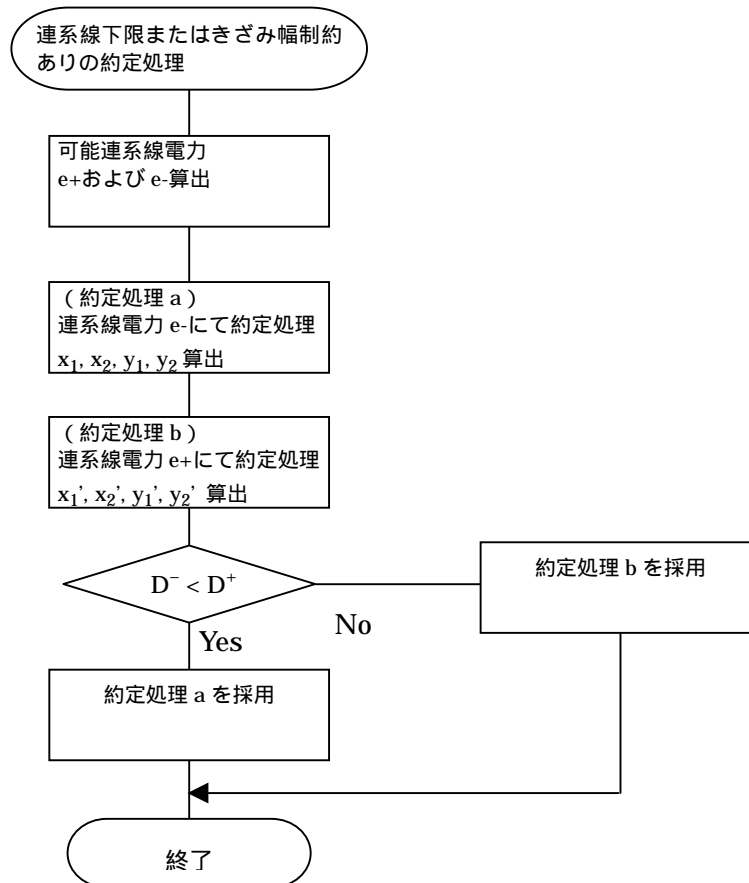


図3. 約定フロー

6. 試算

市場1および市場2での入札量が次式で表されるケースを考える。

市場1 売り入札： $y = 10x - 20$

市場1 買い入札： $y = -2x + 60$

市場2 売り入札： $y = 4x + 20$

市場2 買い入札： $y = -12x + 200$

連系線に制約がない場合、約定価格および約定量は

$$x_{12} = 9.29 \text{ [円/kWh]}$$

$$y_{12} = 130 \text{ [MWh/h]}$$

となる、連系線には市場 1 から市場 2 へ向かって 31.4MW の電力が流れる。

連系線の下限制約が 40MW とした場合、従来の約定方法では連系線電力を 0 として市場分断を行う。この場合、それぞれの市場での約定量は

$$x_1 = 6.67$$

$$y_1 = 46.7$$

$$x_2 = 11.25$$

$$y_2 = 65$$

市場全体での約定量は

今回、提案する方法では連系線に市場 1 から市場 2 へ 40MW の電力を流した上で市場分断を行う。この場合、それぞれの市場での約定量は

$$x_1' = 10.00$$

$$y_1' = 80.0$$

$$x_2' = 8.75$$

$$y_2' = 95$$

		市場分断なし	連系線 0 MW	連系線 4 0 MW
連系線	託送量[MW]	31.4	0	40
市場 1	単価 [円/kWh]	-	6.67	10.00
	売り約定量 [MWh/h]	-	47	80
	買い約定量 [MWh/h]	-	47	40
市場 2	単価 [円/kWh]	-	11.25	8.75
	売り約定量 [MWh/h]	-	65	55
	買い約定量 [MWh/h]	-	65	95
合計	単価 [円/kWh]	9.29	-	-
	約定量 [MWh/h]	130	112	135
	評価値	0	420	154

この場合、連系線託送量を 0 MW とした場合と比較して、評価値は連系線託送量を 4 0 MW としたほうが低くなり、4 0 MW を託送することによりより分断のない場合に近い市場を形成することができた。

7. まとめ

本稿では、スポット市場の入札量を線形でモデル化し、エリア間連系線の託送量が約定価格、約定量に与える影響について評価を行なった。この結果、それぞれの市場の入札量がある条件を満たす場合は、連系線託送量を増加させることにより総約定量を増加することができることが分かった。そこで、スポット市場の約定方法について連系線容量に下限または刻み幅の制約があり、市場分断を行なう場合において、連系線託送量を可能な量に増加させた上で市場分断を行うことを提案した。さらに、市場分断がある場合に分断がない場合との乖離を示す評価値を提案し、この評価値を用いて、提案する約定方法が従来の約定方法より市場分断がない場合に近い市場を形成できることを確認した。