

平成22年4月26日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17530197  
 研究課題名（和文） わが国の電力取引所における市場支配力および価格変動リスクの評価に関する研究

研究課題名（英文） A Study of Market Power and Price Volatility Risk in Japan Electric Power Exchange

## 研究代表者

松田 年弘（MATSUDA TOSHIHIRO）  
 追手門学院大学・経済学部・准教授  
 研究者番号：50388401

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、JEPX におけるスポット取引の価格変動リスクの大きさ、および発電事業者による市場支配力の大きさを利用可能な公開データのもとで評価することを試みた。欧米の電力取引所と比較した結果、JEPX においては価格変動および電力市場に特有な価格スパイクのリスクの双方が相対的に小さいことがわかった。JEPX が任意参加型市場であることから、市場支配力の行使については明確な結論は得られなかった。

## 研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to evaluate price volatility risk and potential market power of generators in Japan Electric Power Exchange by using published data. We showed the volatility and the risk of price spike, which is one of the characteristics of electricity market, are smaller than those of European power exchanges in 2007. We could not conclude that there was an exercise of market power, since there is a general difficulty to analyze it for a power exchange where participation is voluntary.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	900,000	0	900,000
2006年度	500,000	0	500,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	2,400,000	300,000	2,700,000

研究分野：社会科学（エネルギー経済学）

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：電力取引所、JEPX、流動性、価格変動リスク、市場支配力

## 1. 研究開始当初の背景

電力産業、とりわけ発電事業および小売供給事業に競争原理を導入する政策の一環として、1990年代から世界各国で卸電力市場の

組織化が進められた。組織化された卸電力市場はしばしば電力取引所（Power Exchange）と呼ばれる。発電事業者と小売供給事業者が電力の売買を行う場が卸電力市場であり、一般に卸エネルギー市場がよく機

能することが、当該エネルギー産業の自由化が成功するための重要な要件の一つであると言われている。研究計画時点において、わが国でも 2005 年 4 月から有限責任中間法人日本卸電力取引所による電力取引所（以下、JEPX）がその運用を開始する予定であった。

卸電力市場がよく機能するために留意すべき点は、①取引される電力商品の流動性が十分にあること、②大手の発電事業者によって市場支配力が行使されないこと、③価格変動リスクを定量的に評価できることが望ましいことなどである。実際、過去に世界各国で設立された電力取引所において、これらの条件が満たされず、電力商品の上場廃止、ひいては電力取引所の閉鎖に至った事例も存在する。本研究の背景には、JEPX に関して、こうした問題意識が存在した。

## 2. 研究の目的

当初の研究目的は以下のとおりである。

(1) JEPX のスポット取引の価格変動リスクの大きさや性質（各種のモデルへの適合度を含む）を各国の電力取引所のそれらと比較しながら、定量的に評価する。結果の解釈においては、各取引所の制度設計や電力産業の市場構造等も考慮する。本目的の研究内容を以下では「JEPX の価格変動リスクの定量的評価」と略記する。

(2) JEPX における大手発電事業者の潜在的な市場支配力の大きさを寡占理論に基づいて推定することを試みる。また、JEPX において実際に市場支配力が行使されているかどうかを検討する。本目的の研究内容を以下では「JEPX における市場支配力の評価」と略記する。

なお、研究初年度（2005 年度）に JEPX は運営を開始しているが、開始直後においてはその電力商品の流動性不足が特に懸念されていた。このため、(3) 欧米の電力取引所における経験から、取引ルールや市場構造が流動性に与える影響を整理かつ分析し、わが国の卸電力取引所の流動性向上に関する示唆を得ることを試みた。本目的の研究内容を以下では「電力取引所における流動性確保について」と略記する。

## 3. 研究の方法

(1) 電力取引所における流動性確保について

はじめに、電力の物理的な特性が卸電力市場の流動性に与える一般的な影響を考察した。次に、欧米の電力取引所または電力商品を扱う取引所を対象として、スポット取引（一日前取引）および先物・先渡取引の流動性に影響を与える各種要因を調べた（表 1）。

表 1 流動性に影響を与える要因

対象取引	要因	
スポット	取引所	参加義務など 価格決定方法
	市場構造	垂直統合率
先物・先渡	取引所	期間契約の設計 決済方法 その他
		市場構造

調査対象とした取引所は、Nord Pool（北欧四カ国）、NYMEX と CBOT（アメリカ）、APX と ENDEX（オランダ）、EEX（ドイツ）、UKPX と IPE（イギリス）、Powernext（フランス）、Gielda（ポーランド）、EXAA（オーストリア）、OTE（チェコ）、IPEX（イタリア）などである。

そして、表 1 に掲げた各種要因と流動性の代替指標（取引量または上場廃止の有無）との関連性を考察した。

(2) JEPX の価格変動リスクの定量的評価

JEPX のスポット取引の価格変動リスクの比較対象とする電力取引所は、JEPX と同様に、需給曲線の交点で単一価格を決める入札ルールを採用する一日前市場を持つ取引所とした。具体的には、BELPX（ベルギー）、EEX、EXAA、IPE、Powernext、Nord Pool、NSW（オーストラリア）である。

まず、これらの取引所における時間単位のスポット価格、および一日単位の価格の平均値と分散を円換算ベースで比較した。

次に、価格または価格の対数が下記のジャンプ平均回帰モデルに従うと仮定して、最尤法により、モデルの母数推定と BIC 等の計算を行った。

$$dp(t) = \kappa(\mu - p(t))dt + \sigma dw(t) + zdq(t)$$

ここで、 $p(t)$  は  $t$  時点の価格、 $w(t)$  は標準ウィーナー過程、 $q(t)$  は価格ジャンプが起こる確率を  $\lambda$  とするベルヌーイ過程を示している。 $\kappa$  は回帰速度、 $\mu$  は価格の回帰水準、 $\sigma$  は標準偏差を示す母数であり、 $z$  はジャンプのサイズを示し、正規分布  $N(\mu_j, \sigma_j)$  に従うと仮定している。最尤法の適用にあたっては、同モデルを離散化した。

ジャンプ平均回帰モデルを用いた理由は、それがベストな電力価格モデルであるからではなく、使用事例の多い同モデルを一種の「物差し」として、各電力取引所における価格変動の特性が示唆されることを期待したためである。

母数の推定は、JEPX は 2005 年から 2008 年まで、欧米の電力取引所については 2007 年の価格データを対象に行った。なお、2007 年には原油等の燃料価格が上昇したため、価格の回帰水準をはじめとして、構造変化が生じている可能性が高いため、2 カ月間の期間ご

とに推定を実施した。

### (3) JEPX における市場支配力の評価

JEPX は任意参加型の電力取引所であるため、公開データのみを用いて潜在的な市場支配力の評価や行使の有無を検討することは一般に困難である。その主な理由の一つは、売り入札の対象となる発電設備が特定できず、発電事業者のコスト関数の推定が難しいからである。更に、需要関数の正確な形状も不明である。本報告書では、一般電気事業者である九つの地域電力会社を大手発電事業者とみなして、供給面および需要面の双方で幾つかの仮定をおくことにより、大変に粗い精度ながらも寡占価格（クールノー価格）を推定することを試みた。

供給面では以下の仮定をおいた。①大手発電事業者の入札電源は火力発電所（汽力）である。②JEPX への入札可能電源は、対象年度各月の発電設備利用率等、および公表されている 2003 年度と 2004 年度の各発電所の歴時間利用率から推定できる。

火力発電所の可変発電コストの推定にあたっては以下のデータを用いた。発電端熱効率率は 2003 年度の公表データ（電力需給の概要）を用いた。燃料購入価格については、各電力会社の対象年度の有価証券報告書のデータを用いた。燃料コスト以外の可変発電コストについては先行研究を参考に設定した。

需要面では、JEPX のスポット取引における需要曲線は一次関数で近似が可能と仮定した。また、実際には東西市場分断が生じることがあるが、需要入札の総量のみが公表されているため、市場分断がないものとして推定を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 電力取引所における流動性確保について

#### ①電力の物理的特性が与える影響

電力の貯蔵困難性により、需要側は引渡時点の異なる先渡又は先物契約を全く別の商品として認識する。このため、先渡又は先物契約の転売可能性は一般に低くなる。更に、引渡時点を特定の日とした場合、需要側は消費期間に対応する先物を全て購入する必要があるため、この不便さを解消するために、週・月・年単位等で供給する期間契約という仕様を持つ先物が必要とされる。しかし、期間契約は一単位が大きいと、取引量が少なくなるというデメリットも持つ。

これらの効果を通じて、電力の先渡又は先物契約は本質的に流動性が不足しやすい性質を持つと考えられる。

#### ②スポットの流動性に影響を与える要因

調査対象とした取引所の中で、スポット取引量が総需要量に占める割合が特に高いの

は Nord Pool（43%：以下、総需要比は 2004 年の実績）と IPEX（28%）であるが、これは制度的な理由による。北欧四カ国では送電線混雑管理のために、国境等の地域ゾーンをまたぐ電力取引は Nord Pool のスポット市場を通す義務を持つ。イタリアでは、完全自由化に至るまではシングルバイヤー制度が採用され、シングルバイヤーが非自由化対象の需要家のために IPEX から電力を調達する役割を担う。このような制度的な理由がない限り、スポット取引量の総需要比が Nord Pool 等のように高くなることは起こりにくいと考えられる。総需要比が高い他の取引所は EEX（11%）と APX（12%）であるが、他の取引所では 0.5～3%未満の水準にある。

スポット取引の価格決定方法としては、1 日単位で入札を集約して作成した需給曲線から単一価格を決める方法と価格優先/時間優先の原則で売買を継続的に行う連続取引のいずれかが採用されている。電力取引所では単一価格オークション、OTC 市場では連続取引が採用されることが多いが、前者の取引量が相対的に多いことが報告されている。

発電事業と小売供給事業を共に営む事業者の市場シェア（垂直統合率）が高い国では、当然にスポット取引量の総需要比が低くなると考えられる。フランスやベルギーでは、垂直統合事業者の発電量の一部を仮想発電設備（Virtual Power Plant）として売却し、独占状態を緩和する政策が実施されている。

#### ③先渡・先物の流動性に影響を与える要因

先渡・先物契約の仕様の中でも、上場された期間契約の種類と最終決済方法に着目して、欧米の各電力取引所の実態を整理したのが表 2 である。

表 2 先渡・先物契約の仕様と流動性

	契約仕様（一部）		取引量の 総需要比
	期間契約	決済	
Nord Pool (1991)	W, M	P. D.	1995 年に 仕様変更
Nord Pool (1995)	D, W, M	C. S.	152%
NYMEX (1996)	M	P. D.	上場廃止
CBOT (1996)	M	P. D.	上場廃止
UKPX (2000)	D, W, M, Q, S	P. D.	少ない
IPEX (2001)	M	P. D.	上場廃止
EEX (2001)	M, Q, Y	C. S.	74%
Powernext (2001)	M, Q, Y	P. D.	6%
Gielda (2001)	M	P. D.	少ない
Gielda (2002)	M	C. S.	少ない
NYMEX (2002)	D, W, M	C. S.	年 65 万枚
IPEX (2002)	M, Q, S	P. D.	年 1 万枚
ENDEX (2004)	M, Q, Y	P. D.	39%
EEX (2005)	M, Q, Y	P. D.	少ない

注 1：期間契約の略号は、D が一日、W が週

間、M が月間、Q がクォーター、S が半年、Y が一年を示す。

注 2：最終決済方法の略号は、P. D. が物理的送電 (Physical Delivery)、C. S. が現金決済 (Cash Settlement) を示す。

表 2 から、欧州において電力先物の流動性確保に最も成功しているのは、北欧の Nord Pool とドイツの EEX であり、いずれの取引所もスポット取引の流動性が向上した後に Cash Settlement の電力先物を上場している。スポット取引の流動性向上が待たれた理由は、Cash Settlement を行うための満期参照価格として、信頼性のあるスポット価格指標を利用できることが前提条件となるからである。また、1990 年代後半に NYMEX は流動性の低下から電力先物を上場廃止したが、決済方法を物理的送電から Cash Settlement に変更し、更に短期の期間契約を増やす工夫を行い、2002 年に再度上場していることがわかる。

理論的にも、一般に Cash Settlement は、物理的に電力を送受電するニーズを持たないトレーダー (pure trader) を市場に参加しやすくすることにより、貯蔵不可能性に起因する電力契約の持つ短所 (電力先物の流動性不足) を緩和する効果を持つ。

ただし、電力先物を現金決済とすることが流動性確保の十分条件では決してない点にも留意すべきである。ポーランドの Gieda は物理的送電のみならず、現金決済の電力先物を導入したが、いずれも流動性の確保に失敗している。その理由は、長期相対契約による電力調達の割合が大きく、卸電力市場全体の規模が小さくならざるを得なかったからである。また、垂直統合率も先渡・先物市場の流動性に影響を与える。実際、垂直統合事業者の市場シェアが非常に高いフランスやベルギーでは、卸電力市場における期間契約の取引量は他国に比べて少ない水準にある。

## (2) JEPX の価格変動リスクの定量的評価

### ① スポット価格平均値と分散の比較

図 1 は各電力取引所の時間単位の価格平均値 (円/kWh) を示し、図 2 は標準偏差 (円/kWh) を示している。表 3 は日単位の価格の標準偏差 (円/kWh) を示している。

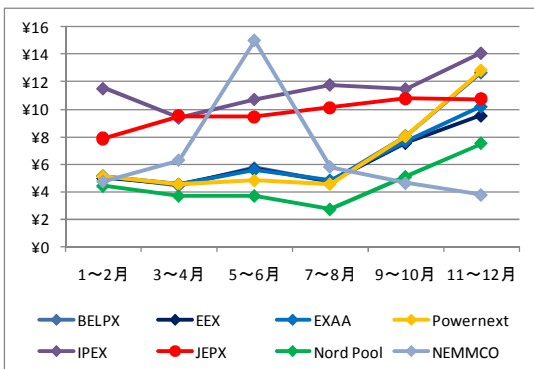


図 1 スポット価格 (2007 年)

2007 年においては、図 1 から JEPX の平均スポット価格は相対的に高いこと、図 2 および表 3 から、JEPX のスポット価格の分散は他国に比べて相対的に低いことが読み取れる。

なお、Nord Pool を除く欧州と日本の取引所のスポット価格の分散が上昇傾向にあるのは、2007 年に原油価格が月を追うごとに上昇したことが背景にあると推測できる (北欧は電源の水力比率が高く、オーストラリアは電源の石炭比率が高い)。

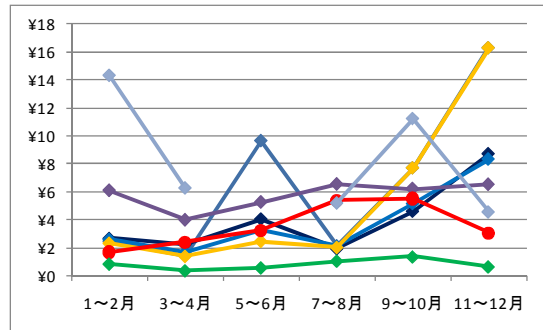


図 2 スポット価格 (時間単位) の標準偏差

表 3 スポット価格 (日単位) の標準偏差

BEX	EEX	EXA	PN	IPX	JPX	NP	NEM
4.9	3.3	3.3	4.5	2.5	1.8	1.6	8.6

### ② ジャンプ平均回帰モデルによる近似結果

図 3 は各取引所のスポット価格をジャンプ平均回帰モデルに適合させた場合の対数尤度を示し、図 4 は価格の対数をジャンプ平均回帰モデルに適合させた場合の対数尤度を示している。なお、非定常過程となる解が得られた場合 (図 3 の JEPX)、および収束解が得られなかった場合 (図 4 の NordPool) についてはデータを空白としている。

価格をジャンプ平均回帰モデルに適合させた場合の尤度と価格の対数を同モデルに適合させた場合のそれとの差は少なかったが、Nord Pool を除く欧州の各取引所では、価格変動が大きくなった年後半に、後者の尤度がやや上回ることが多くなった。

価格の対数データにジャンプ平均回帰モデルを適合させた時、(a) 価格ジャンプの頻度  $\lambda$  の推定値がゼロとなる期間、(b) 価格ジャンプの平均サイズ  $\mu_j$  が非正 (かつ  $\sigma_j$  が小さい) となる期間については、相対的に大きな価格上昇スパイクが生じていないと推測できる。2007 年の 6 期間中において、JEPX では (a) が 4 期間あった。この期間数は (収束解が得られなかった Nord Pool を除く) 他の取引所 (36 期間中において (a) は 4 期間、(b) は 8 期間) に比べて多かった。ただし、ジャンプに関する母数の比較については、各種の理由から慎重さが求められる。

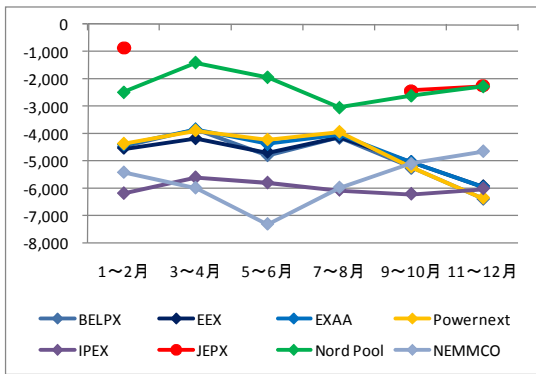


図3 最尤推定結果の対数尤度 (価格)

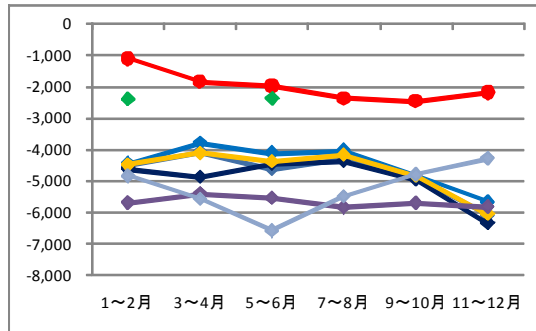


図4 最尤推定結果の対数尤度 (対数価格)

### (3) JEPXにおける市場支配力の評価

大手発電事業者が可変発電コストで入札した場合の市場価格、寡占理論に基づく市場価格を試算した結果、および実際の市場価格を図5に示している。

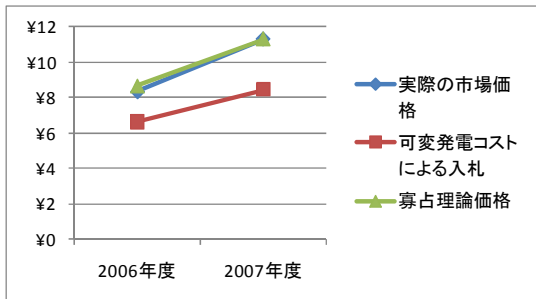


図5 試算結果 (円/kWh)

市場価格が可変発電コストと寡占価格の間にあることから、事業者が市場支配力を行使していると直ちに結論を出すのは誤りである。なぜならば、任意参加型の取引所であること、および利用可能なデータの制約から、実際の入札電源を知ることはできないからである。しかし、市場支配力の行使がないと仮定した場合、この結果は2006年度および2007年度の市場価格のもとでは、入札可能電源の総量は実際の売り入札の総量よりも大きかったことを示唆している。

### (4) まとめ・今後の展望

JEPXの運営開始直後から、先渡取引の流動性の不足が指摘されており、日本卸電力取引

所は、その契約仕様の改善に取り組んできた。しかし、(1)で考察したように、電力の先渡・先物取引は本質的に流動性が不足しやすい性質を持っていること、欧米の先行事例をみると先渡・先物取引の流動性は契約仕様だけではなく、電力産業の市場構造（垂直統合、長期相対契約の割合等）に依拠するところが大きいことから、流動性不足の解消は今後も困難ではないかと考えられる。

JEPXのスポット取引については、その取引量は概して増加傾向にあるが、総需要比は約0.3%の水準である。価格変動リスクについては、2007年の価格データを分析する限り、欧米の電力取引所のスポット取引に比べて小さく、また価格上昇スパイクのリスクも小さかった。また、既存のモデルへの適合度も他の取引所よりも高かった。

今回の研究において、JEPXのスポット市場において大手発電事業者が市場支配力を行使しているかどうかについて明確な結論は得られなかったが、電力自由化をめぐる現今の諸情勢の中では、一般電気事業者が市場支配力を大きく行使する利点は少ないと言えよう。観点をかえて、供給独占の対象需要家が存続する時点までは、電気事業者が卸電力取引を通じて各地域の発電コストの高低差を十全に解消し、日本全体の効率的な電力価格形成に資する場としてJEPXの役割を考えるべきではないだろうか。JEPXの取引量増加（流動性）の課題も、この観点から、政策関係者によって検証されていくことが望ましいと思われる。

### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

松田年弘、「電力取引所の現状と課題—流動性の確保をめぐる—」、国際公共経済研究、第17号、pp.67-76、2006年、査読有

〔学会発表〕（計1件）

松田年弘、「電力取引所の現状と課題」、国際公共経済学会、第20回研究大会、2005年

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

松田 年弘 (MATSUDA TOSHIHIRO)

追手門学院大学・経済学部・准教授

研究者番号：50388401