

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：12703

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25590055

研究課題名(和文) アンバンドリングと再生可能エネルギー導入下の電力市場の高頻度・マイクロデータ分析

研究課題名(英文) High-frequency and microdata analysis of power markets considering unbundling and renewable energy

研究代表者

岡本 亮介 (Okamoto, Ryosuke)

政策研究大学院大学・政策研究科・准教授

研究者番号：60323945

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災後の日本の電力市場とその改革を念頭に置いて、電力市場のモデル分析を行った。主に3つの研究を行った。それぞれ、(1)9つの地域電力市場モデルを構築して、そこで原発停止の影響と代替電源導入の効果を分析した。(2)再生可能エネルギーを導入するための消費者の支払い意思額のマイクロデータを分析して、日米比較を行った。最後に、(3)卸電力市場(JEPX)の時系列データを用いて市場における流動性の高さを分析した。

研究成果の概要(英文)：To investigate the power market after the Great East Japan Earthquake in 2011, we modeled its power markets empirically. The project encompasses three main studies. (1) We developed a spatial equilibrium model to simulate the nuclear power shutdown and installation of substitute plants. (2) We conducted a microdata analysis to examine consumers' willingness-to-pay for renewable and nuclear energy in Japan and the US. (3) We used time-series data of the wholesale power market (JPEX) to examine its liquidity.

研究分野：地域経済学

キーワード：電力市場

## 1. 研究開始当初の背景

東日本大震災は、大地震によって人的物的な被害が直接的に生じただけでなく、それらの被害からさらに追加的な損失が発生する複合災害となった。その結果、経済社会システムに大きな被害が発生した。中でも、原発事故を背景として、現代経済を支える重要なインフラの1つである電力システムが大きく変化せざるを得なくなった。

1つに原発の破壊やそれによって不可避となった廃炉と、健全なものであっても原子力技術に対する社会的なコンセンサスを得られなくなったことによって長期的な停止を強いられる、という量的な変化が発生したことである。もう1つは、電力会社に対する規制制度が、これまでの地域独占を前提としたものから、市場競争を前提としたものへと質的に変わったことである。

こうした変化を踏まえて、短期的にはこれらの変化が日本の電力市場にどのような影響を与えるのかを明らかにする必要がある。また、中・長期的な視点に立てば、競争を前提とした市場の制度設計や規制をどのようなものにするべきかについて考えなければならない。さらには、原子力が今までのように利用できないことになると、ではどのような代替的な電源を導入すべきか、ということも考えなければならない。

とくに最近注目を集めている再生可能エネルギーが、実際どの程度技術的に導入可能なのか、導入した際に市場がどのように変化するかを知る必要がある。再生可能エネルギーの導入には、ドイツで経験するように、多額の社会的負担(再エネ補助金、または、環境税)が必要になるであろう。こうした負担に対して社会がどの程度受容可能であると考えているのかについても知っておく必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、発電と送電のアンバンドリングを直前に控える日本の電力市場の詳細なデータ分析を通じて、再生可能エネルギーの大量導入の動きなど震災後の市場環境の変化や、近年の自由化政策の影響を実証的に明らかにする。

日本の電力市場は参加プレーヤーが少数で、地域独占の弊害が大きい。これが平時の市場の効率性だけでなく、震災のような緊急時に対する備えにも悪影響を与え、エネルギー・セキュリティ上の危機を生んだ。さらに、天候等の影響で出力変動の激しい再生可能エネルギーが今後大量に導入されると、需給のあり方が大きく変わる可能性が高い。

そこで、高頻度データであるスポット取引データを用いて卸市場を、また、マイクロデータである入札データを用いて小売市場を分析し、震災・脱原発のようなショック、再生可能エネルギーの大量導入の影響や、競争促進政策等の市場介入の効果を分析し、間近に迫るアンバンドリング後の市場の姿を探る。

## 3. 研究の方法

電力市場を描写するためのデータとして、今までは、せいぜい9社それぞれについて集計されたデータしか入手できなかった。しかしながら、最近では電力自由化を背景として、入札データや卸電力市場の取引データ等が入手できるようになってきた。

そこで、これらを用いて、震災後の新しい電力市場を描写・分析できるモデルを構築する。具体的には、空間的部分均衡モデルを用いて地域間の電力取引を経済的に分析すること、あるいは、卸市場取引データからその市場としての効率性を分析することが挙げられる。また、ここの需要家について、どのような性質を持っているのかについて、アンケート調査を行うことで、再生可能エネルギー等の導入が、今後、どの程度進みうるのかを明らかにする。

## 4. 研究成果

Hosoe (2014) では、9地域電力市場モデルである STPA モデル (Spatial and Temporal Price and Allocation Model) を用いて、原子力発電所の脱落の影響と代替電源導入の効果を調べた。STPA モデルの枠組で、最近運開・予定、建設中の発電所だけでなく、仮想的に新規導入されるガスタービン複合火力発電所 (GTCC) も考慮した。そして、原発脱落のケース、原発脱落+GTCC 代替導入のケースのシミュレーションを行った。

シミュレーション分析から、原発脱落のケースでは1.5-3円/kWhの価格上昇が生じるという推定結果となった。特に原発依存度の高い地域(中部以外の60Hzと北海道)でより高い水準となる。また、ピーク時間帯により大きい価格上昇が見られた。原発脱落に対してGTCC代替導入を行うケースでは、価格上昇は0.5-1.5円/kWhに抑制されるという結果が得られた。これらのシミュレーション分析では、地域間送電が減って各地域の「自給自足化」が促進され、結果的に送電線混雑が発生しにくくなることが示唆された。

もちろん、原発の脱落は日本全体で均等に発生するとは限らない。たとえば、原子力災害が発生した福島原発では、高機齢のもの、また、沸騰水型の原子炉が使われていた。国

会の事故調査委員会報告書では、こうした特定の炉型や機齢が原子力災害を引き起こした原因であるとはされていないものの、原因が特定されるまでの間に、特定の性質を持った原子炉だけを停止させることも短期的な対策として採用される可能性がある。そこで、高齢機のみ、あるいは、沸騰水型原子炉のみが停止されるというシナリオも考えてシミュレーションを行う。

こうしたシナリオの下では、高齢機は比較的西日本に多く、沸騰水型は比較的東日本に多いために、東西間の電力融通が増加する可能性があり、したがって、しばしば問題になるような周波数変換装置の設備容量の問題に行き当たる。ただし、ここでのシミュレーション結果は、そうした問題はほとんど発生しないことを示唆するものであった。

Tanaka and Chen (2013)では、風力や太陽光などの再生可能エネルギーの導入が進む状況を踏まえ、renewable portfolio standard (RPS)の制度が導入された市場の分析を行った(例:日本のRPS法)。特に、電力産業では市場支配力の問題が懸念されることから、既存の支配的企業と新規参入のフリンジ企業を想定するモデルを考察した。

そこでは、支配的企業の電源構成が主に非再生可能エネルギーである場合、支配的企業は戦略的にrenewable energy certificate/credit (REC)の価格を下げるように操作する一方、電力価格を吊り上げる操作をする誘因があることを、理論と定量分析により明確化した。

Murakami, Ida, Tanaka, Friedman (2014)では、再生可能エネルギーの普及可能性を調べるために、日米比較の視点も含めて、消費者の支払い意思額(willingness to pay)を分析した。その結果、再生可能エネルギーの1%増加に対する支払い意思額は、日本と米国でそれぞれ一ヶ月あたり0.31ドルと0.71ドルであり、既存研究とも整合してかつ十分高い値が確認された。

他方、原子力発電の1%減少に対する支払い意思額は、日本では一ヶ月あたり0.72ドルとなり、一ヶ月あたり0.1ドル台の米国の結果よりも格段に高い傾向を示した。特に、日本の消費者は、原子力から再生可能エネルギーへの代替に高い支払い意思額を示す結果となった。

Ikeda (2015)では、2006年11月から2012年4月までの日本卸電力取引所(JEPX)における約定価格と約定取引量のデータだけを用いて、同取引所における「経済的非流動性」を2つの異なる尺度で推定した。これらは、Amihudの価格影響(price-impact)尺度と、

Rollによる内在的取引費用(implicit spread cost)尺度である。前者は、電力を1単位取引することに付随する価格変動幅であり、後者は約定価格の変化率の系列相関から推測される買い手価格と売り手価格の差額である。後者は従来、売り手と買い手を仲介する値付け業者が存在する市場で推定されてきた。しかし、コール・オークションで値付けが行われるJEPXでも同じ手法でこの内在的費用が推定可能であることを、慎重に正当化している。これらの尺度は金融市場における流動性の尺度として広く用いられているが、JEPXに対する応用としてはおそらくこれが初の試みである。

当該データを用いて推定された価格影響尺度と内在的取引費用尺度は、見かけ上密接に連動している。しかし、JEPXにおける約定価格と約定取引量は、曜日毎に48(30分ごと)の計336電力先渡し契約の288週にわたるパネルデータとみなすことができる。この視点に基づき、約定価格変化率の動学パネル回帰分析における説明変数としてこれら2つの非流動性尺度を用いると、内在的取引費用は有意性を持たないのに対して、価格影響尺度が強く有意であり、またその挙動が約定取引量と逆相関することが示された。たとえば週末や夜間は約定取引量が小さいが、この時間帯は価格影響尺度に基づく限り「流動的」であること、逆に日中や週末明けの月曜は、約定取引量は大きい「非流動的」であることが示された。

これにより、JEPX参加者が当該取引所に關して憂慮している「非流動性」とは、内在的な取引費用よりはむしろ取引が価格に与える影響であること、また電力取引市場の流動性の計測は約定取引量の大小・過疎だけでは不十分であること、の2点が示唆された。

## 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 5件)

- ① Ikeda, S. S., Illiquidity in the Japanese Day-Ahead Electricity Market, GRIPS Policy Research Center Discussion Papers Series, 15-04, 査読無, May 2015, pp. 1-26, [https://grips.repo.nii.ac.jp/?action=repository\\_uri&item\\_id=1175&file\\_id=20&file\\_no=1](https://grips.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1175&file_id=20&file_no=1)
- ② Nobuhiro Hosoe, Nuclear Power Plants Shutdown and Alternative Power Plants Installation: A Nine-region Spatial Equilibrium Analysis for the Electric Power Market in Japan, RIETI Discussion Paper Series, 査読無, 14-E-069, 2014, pp. 1-34

<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/14e069.pdf>

- ③ 細江宣裕、9 地域電力市場モデルを用いた原子力発電所の総脱落と部分脱落が電力価格と地域間送電に与えた影響と火力発電による補完の効果分析、RIETI Discussion Paper Series、査読無、14-E-069 のノンテクニカルサマリー、2014、p.1  
<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/nts/14e069.html>
- ④ Murakami, K., T. Ida, M. Tanaka, and L. S. Friedman、Consumers' Willingness to Pay for Renewable and Nuclear Energy: A Comparative Analysis between the US and Japan、University of California, Berkeley, Goldman School of Public Policy Working Paper Series、査読無、August、2014、pp.1-33、[https://gspp.berkeley.edu/assets/uploads/research/pdf/GSPP\\_Working\\_Paper\\_3\\_Energy\\_Mix\\_081814.pdf](https://gspp.berkeley.edu/assets/uploads/research/pdf/GSPP_Working_Paper_3_Energy_Mix_081814.pdf)
- ⑤ Tanaka, M., and Y. Chen、Market Power in Renewable Portfolio Standards、Energy Economics、査読有、Vol. 39、2013、pp. 187-196  
〔学会発表〕(計 5 件)
- ① Siddiqui, A., M. Tanaka, and Y. Chen、Are Targets for Renewable Portfolio Standards Too Low? A Complementarity-Based Policy Analysis、INFORMS Annual Meeting、2014 年 11 月 11 日、Hilton San Francisco、California、アメリカ
- ② Nobuhiro Hosoe、Nuclear Power Plants Shutdown and Alternative Power Plants Installation: A Nine-region Spatial Equilibrium Analysis for the Electric Power Market in Japan、RIETI DP 検討会、2014 年 10 月 27 日、経済産業研究所、東京都
- ③ 城所幸弘、Cost-Benefit Analysis for Transport Projects in an Agglomeration Economy、Centre for Transportation Studies Seminar、2014 年 10 月 16 日、Sauder School of Business, University of British Columbia、カナダ
- ④ 細江宣裕、電力危機・自由化の影響に関するシミュレーション分析、RIETI「原発事故後の経済状況及び産業構造変化がエネルギー需給に与える影響」研究会、2013 年 08 月 29 日、経済産業研究所、東京都
- ⑤ 高木真吾、細江宣裕、Structural Estimation Approach to an Asymmetric Auction Model for the Retail Power Market、The Osaka Workshop on Economics of Institutions and Organizations、2013 年 04 月 12 日、大阪大学、大阪府

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡本 亮介 (OKAMOTO, Ryosuke)  
政策研究大学院大学・政策研究科・准教授  
研究者番号：60323945

### (2) 研究分担者

田中 誠 (TANAKA, Makoto)  
政策研究大学院大学・政策研究科・教授  
研究者番号：10377137

細江 宣裕 (HOSOE, Nobuhiro)  
政策研究大学院大学・政策研究科・准教授  
研究者番号：60313483

池田 真介 (IKEDA, Shinsuke)  
政策研究大学院大学・政策研究科・助教授  
研究者番号：90598567