

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：12301  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2011～2015  
 課題番号：23510159  
 研究課題名(和文) わが国の電力自由化後における電力各社の生産性に対するDEAを用いた時系列評価  
  
 研究課題名(英文) The relative efficiency evaluation for productivity of each electric power company after electric power deregulation in Japan using the DEA/Window Analysis and the Inverted DEA/Window Analysis  
  
 研究代表者  
 杉山 学 (Sugiyama, Manabu)  
  
 群馬大学・社会情報学部・教授  
  
 研究者番号：40256665  
  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、わが国の電力自由化後における電力各社の生産性に対するDEAとInverted DEAのウィンドー分析を用いた相対的な効率性評価が目的である。第1段階として、電力自由化開始前後の計21年間を対象に電力各社の生産性に対し、相対的な効率性と非効率性の傾向を評価した。第2段階として、電力自由化開始後の計20年間を対象に電力各社の生産性に対し、相対的な効率性と非効率性の傾向を評価した。加えて本研究では、電力各社の生産性に対する相対的な効率性と非効率性の傾向を、わかり易く表現する方法として新たに提案したローソク足によるグラフ化手法を用いた。これらにより電力各社の生産性の詳細な傾向が確認できた。

研究成果の概要(英文)：This study evaluates the relative efficiencies for productivity of each electric power company in Japan, using the DEA/Window Analysis (Data Envelopment Analysis/Window Analysis) and the Inverted DEA/Window Analysis (Inverted Data Envelopment Analysis/Window Analysis). The first stage of this evaluation described the trends of the relative efficiencies and inefficiencies of each electric power company for a total of 21 years before and after electric power deregulation. The second stage of this evaluation described the trends of the relative efficiencies and inefficiencies of each electric power company for a total of 20 years after electric power deregulation. In this study, trends of the relative efficiencies and inefficiencies of each electric power company became clear by new illustrations based on the Candlestick. The detailed trends of the productivity of each electric power company were also identified.

研究分野：オペレーションズ・リサーチ/経営科学

キーワード：日本の電力自由化 電気事業者(電力会社) 生産性評価 DEA Inverted DEA 時系列分析 Window Analysis ローソク足

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 国内外における規制緩和の流れのなかで、日本における電力自由化は、1995年(平成7年)、発電事業などへの新規参入拡大により始まった。電気事業連合会などによれば『電力自由化の目的は「安定的な電力供給の確保」と「効率的な電力供給システムの構築」という課題の同時達成を目指し、公平な競争を導入した日本型モデルの仕組みを整備することにある』とされている。

(2) 電力自由化は、地域独占状態であった電気事業への競争原理導入により、電気料金の低減やサービス水準の向上といった、更なる効率化を目指すものであり、段階的に進んできている。2000年(平成12年)、小売りの部分自由化が始まって以来、電力各社は料金体系を数回見直しており、燃料費調整制度などが導入されてきた。2010年(平成22年)までは燃料費の変動要因以外でも電気料金の値下げを実行している。したがって、電気料金に直接関係するコストの面において、電力自由化の成果は東日本大震災以前の2010年(平成12年)までは上がりつつある状況であった。

しかし、生産性の観点から実際に効率化が行なわれているかは疑問が残る。これら電力自由化に関する国内外の研究の多くは、コスト面やコストに影響を及ぼすであろう法的制度面などの短期的な点に集中し、実際に電気事業の活動がどうであるかを長期的に示す生産性に注目した研究は、本研究の開始時点では数少ない状況であった。

### 2. 研究の目的

本研究は、段階的に電力自由化が進んでいる状況において、利用者にそのメリットを長期的に還元出来る状態かを検証するために、既存の電気事業者(電力会社)に関して生産性の効率化がはかられているかを、実証分析するものである。したがって、本研究の目的は、わが国における電気事業者(電力会社)の生産性を時系列的に比較評価することで、電力自由化後、コスト面ではなく生産性の観点からも効率化が行なわれているかどうかを、効率性評価法である DEA (Data Envelopment Analysis: データ包絡分析法) と Inverted DEA (インバーテッド DEA) の時系列分析を用いて実証的に分析することである。

なお、Inverted DEA は 1994年(平成6年)に研究代表者らにより最初に提案された非効率性を評価する日本独自の DEA モデルであり、国際的にも引用・参照が多い。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究では科学研究費補助金の交付期間内に、まず当該実証分析のための準備として使用する各種データの収集、整理を行い、電気事業者(電力会社)が置かれている現状について、電気事業の専門家(民間研究所の研究者)へインタビューを行うこととした。

(2) 次に、本格的な DEA による時系列的な分析、評価を実行する前に、本研究の内容に合わせて、様々な DEA のパイロットモデルを作成することとした。

(3) 新規開発した DEA モデルの計算を効率的に実行するために、コンピュータシステム上に数値計算ソフトを導入、整備を行うこととした。

(4) 電力自由化の先進国であるアメリカ合衆国での状況調査を行い。これに合わせて DEA モデルの最先端研究が行われている米国ニューメキシコ工科大学での在外研究にて、当大学の教授から新しい DEA モデルに対する研究アドバイスを直接得ることとした。

(5) わが国の電気事業者(電力会社)に関する生産性の効率評価を、詳しく時系列的に分析、評価し、電力自由化の効果を検証するために、電力自由化前の10年間と、電力自由化後の10年間、合計約20年間を対象に、分析を行うこととした。そして、電力自由化後に生産性が効率化したか否かに対する現時点での結論を導く計画とした。

(6) しかし、本研究の科学研究費補助金申請の直後に発生した東日本大震災の被害は甚大であり、これに伴って生じた福島第一原子力発電所の事故は、本研究を進める上でも、様々な点で大きく影響を及ぼした。したがって、東日本大震災以降の電気事業者(電力会社)の状況(一時的に全ての原子力発電所の稼働が全面停止した状況)を分析する、追加研究の必要性が生じた。

この様な事情に加え、新規開発した DEA モデルへのアドバイスを直接米国で受けるための在外研究の日程調整が不調となった関係もあり、当初予定の交付期間を1年延長せざるを得ず、結果として本研究は5年の期間を要することとなった。

この延長の1年間において、追加の研究課題となった東日本大震災による電気事業者(電力会社)の影響を把握するために、1995年(平成7年)の電力自由化開始後から最新データである2014年(平成26年)までの期間(東日本大震災以降4年間のデータを含む)に焦点を当てて、電力各社の生産性の効率性評価を行うこととした。したがって、電力自由化開始後から20年間にわたる自由化の進展について、わが国の電気事業者(電力会社)に関する生産性の効率性評価を DEA と Inverted DEA のウィンドー分析によって、詳しく時系列的に分析、評価を行うこととした。

### 4. 研究成果

(1) 本研究の本格的な分析の第1段階【「5. 主な発表論文等」の〔雑誌論文〕<sup>『わが国の電力各社生産性に対する DEA と Inverted</sup>

DEA を用いた時系列評価 ― 電力自由化前後の計 21 年間の推移 (2015)』として、電力自由化の開始前後の各 10 年間程度、計 21 年間(東日本大震災以前まで)を対象に、わが国の電気事業者(電力会社)の生産性を公共性「非効率性の改善」と企業性「効率性の追求」の両面からとらえ、DEA と Inverted DEA のウィンドー分析によって、詳しく時系列的に分析、評価した。そして、本研究ではこれらの分析の数値結果を、直感的にわかり易く表現するために「ローソク足(Candlestick)」を用いたグラフ化手法を新たに提案した。加えて、本研究以前に提案した「事業者の分類法」を利用して各社の時系列の推移に関するグラフ化も試みた。この分析結果の一部を図 1 から図 3 に示す。なお、図 3 における表記

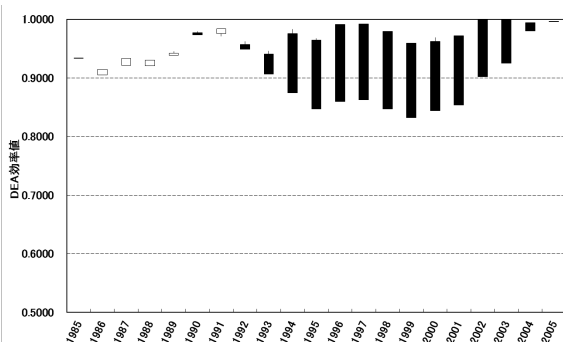


図 1：関西電力の生産性推移 (DEA 効率値)

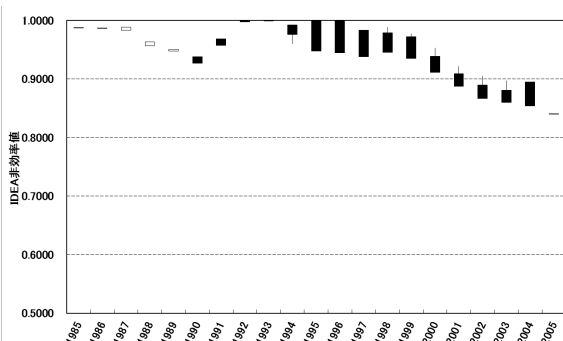


図 2：関西電力の生産性推移 (IDEA 非効率値)

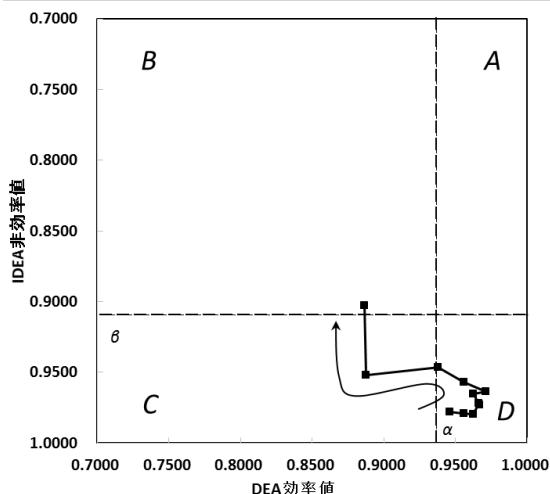


図 3：関西電力の生産性の分類

は「A：優秀な事業者」「B：並の事業者」「C：努力が必要な事業者」「D：特異な事業者」である。

この第 1 段階の実証分析において、1995 年(平成 7 年)の電力自由化後、電力各社の生産性の推移はそれぞれ様々な状況であることが確認できた。これらは、電力自由化への電力各社の取組み方はもとより、電力各社の電源構成や需要家の構成による差も大きく影響を及ぼしていると考えられる。なぜなら、電力自由化の進展は段階的にゆっくりと進んでおり、異なる言い方をすれば、電力自由化への電力各社の取組み方が結果としてあまり差が出ないように進んできている、ともいえるからである。

これらの分析結果は、わが国の電力自由化の目的である『「安定的な電力供給の確保」と「効率的な電力供給システムの構築」という課題の同時達成を目指し、公平な競争を導入した日本型モデルの仕組みを整備することにある』という目的に合致している。しかし、2016 年(平成 28 年)4 月から小売全面自由化が開始され、今後、電力システム改革の工程が計画、検討されている通り、2018 年(平成 30 年)から 2020 年(平成 32 年)を目途に送配電部門の法的分離と進むことで、一層の経営努力により電気事業者(電力会社)の生産性の効率化が要求されることが予想される。

加えて、東日本大震災の発生以後国内の原子力発電が全面ストップし、火力発電を主力とせざるを得ず、電力各社の電源構成が大幅に変更されたことから、電力各社の生産性の効率化対策も大きく異なってくると考えられる。これらがどのように電力各社の生産性に影響を及ぼしている状況かを、震災後 4 年間のデータ(入手可能な最新データまで)を使用して、第 2 段階の実証研究を行った。

(2) 本研究の本格的な分析の第 2 段階【「5. 主な発表論文等」の「雑誌論文」『電力自由化後の電力各社の生産性に対する DEA と Inverted DEA を用いた時系列評価 (2016)』】として、1995 年(平成 7 年)の電力自由化開始後から最新データである 2014 年(平成 26 年)までの期間(東日本大震災以降 4 年間のデータを含む)に焦点を当てて、震災以後に生産性悪化の変化があったかを、わが国の電気事業者(電力会社)の生産性を公共性「非効率性の改善」と企業性「効率性の追求」の両面からとらえ、DEA と Inverted DEA のウィンドー分析によって、詳しく時系列的に分析、評価した。すなわち、電力自由化開始後から 20 年間にわたる自由化の進展について、実証分析を行った。そして、第 1 段階の実証研究の際と同様に、これらの分析の数値結果を、直感的にわかり易く表現するために「ローソク足」を用いたグラフ化手法に基づいた表現を行った。加えて、「事業者の分類法」を利用して各社の時系列の推移に関するグラフ化も試みた。この分析結果の一部を図 4 から図

6に示す。なお、図6における表記は「A: 優秀な事業体」「B: 並の事業体」「C: 努力が必要な事業体」「D: 特異な事業体」である。

この第2段階の実証分析において、電力自由化開始後、電力各社の生産性の推移は、東日本大震災以前まではおおむね改善傾向にあったことが確認できた。すなわち、電力自由化への電力各社の取組みが多少なりとも成果を上げていた状況であったと考えられる。そして、電力各社の電源構成や需要家構成を含めた従来から続く各社の差を超えた改革の成果が本格的に出始める前に、東日本大震災が発生し、震災による原子力発電所事故以降特例を除き、電力各社の重要なベースロード電源であった原子力発電が、全面スト

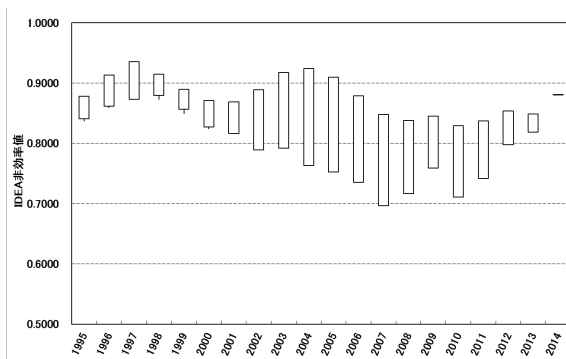


図4：中国電力の生産性推移(DEA効率値)

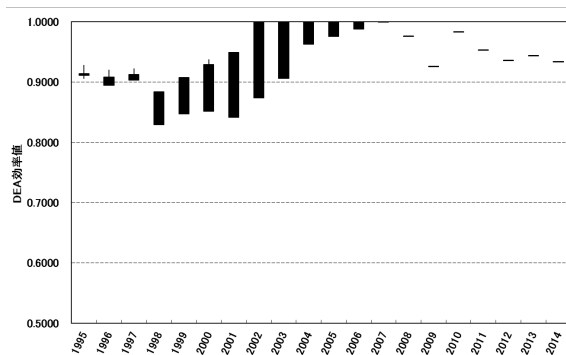


図5：中国電力の生産性推移(IDEA非効率値)

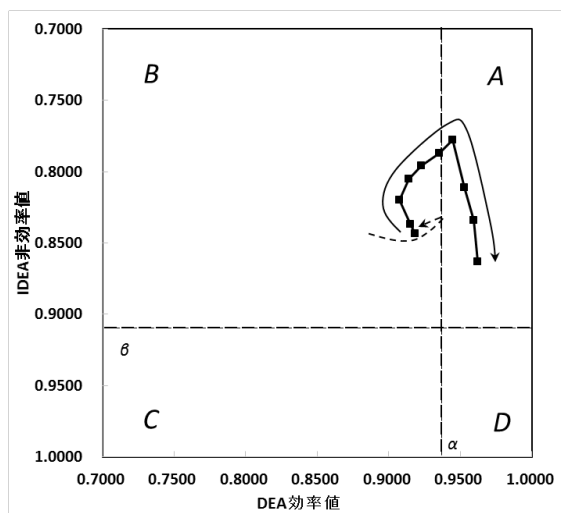


図6：中国電力の生産性の分類

ップしたため、電力各社の生産性は公共性と企業性の両面において、多くの会社が悪化傾向を示す結果となった。特に、公共性「非効率性の改善」の面での悪化が顕著であった。

実際、2011年(平成23年)3月11日の東日本大震災による原子力発電の全面停止により、火力発電を主力とせざるを得ないため、その燃料調達コストが短期的に上昇し、コストの面において苦しい状況に電力各社は追い込まれた。各種報道などによれば、このような状況下で、電気料金の値上げに係る認可申請を現時点までに北陸電力と中国電力の2社を除く計7社が行い、認可され、料金が値上げ済みである。さらにその後、北海道電力と関西電力の2社は電気料金の再値上げの認可申請を行い、既に認可された状況でもある。

北陸電力と中国電力の2社については、震災以前の電源構成として原子力発電の規模が百数十万kwと小さく、総発電量に占める割合も多くなかったために、代替による影響が比較的になく済んだため、そして、コスト面の経営努力によって現在まで電気料金の値上げが行われていないと考えられる。これに対し、本研究が評価した生産性の観点からの分析結果を加えると次のような電気料金の値上げに関する予想を示すことができる。

まず、北陸電力の生産性の推移は自由化後も相対的に効率性は低いが、近年は改善傾向にあり、非効率性はほぼ変化がなく、震災の影響は特に出ていないようである。したがってコスト面と生産性の面の両評価から、北陸電力は近い将来においても電気料金の値上げを実施しないだろうことが予想される。次に、中国電力の生産性の推移は自由化後、効率性と非効率性ともに改善傾向であったが、震災以降は非効率性の悪化が顕著である。したがってコスト面と生産性の面の両評価から、中国電力は近い将来において電気料金の値上げを実施せざるを得ないだろうことが予想される。

現状、電力各社の厳しい高コスト状態の中、安全性を確保された原発から再稼働を進めていく方針が現政府内から示されており、福島第一原発の事故を受けて発足した原子力規制委員会が2013年(平成25年)7月に施行した新規規制基準に基づく審査をクリアした原発運転再開の第1号として九州電力の川内原子力発電所が、2015年(平成27年)8月に初の再稼働を始め、9月には通常運転へ復帰した状況である。

(3) 本研究を進めるにあたり、電気事業者(電力会社)の生産性の効率性評価を時系列的に分析するために、基礎となるDEAモデルをはじめ、直接的、間接的に使用する応用のDEAモデルを様々作成した。これらのDEAモデルの作成に関して、他の研究者3名(国内と海外の研究者)からアドバイスを受けることができた。

これら新規開発した DEA モデルについて国内外の論文誌へ投稿し受理され、「5. 主な発表論文等」の〔雑誌論文〕『 Finding a Common Weight Vector of Data Envelopment Analysis Based upon Bargaining Game (2014) 』『 DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of U.S. coal-fired power plants (2013) 』『 データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較 ウィンドー分析の結果に対するローソク足をを用いたグラフ化の提案と鉄道各社の比較結果 (2013) 』の計 3 編が論文誌に掲載される研究成果を得た。

このモデルの開発過程で、電力自由化の先進国であるアメリカ合衆国での状況調査を行うことができた。これに合わせ、DEA モデルの最先端研究が行われている米国ニューメキシコ工科大学へ客員研究員として受入れてもらって在外研究を行い、当大学の教授から新しい DEA モデルに対する研究アドバイスを直接得ることができた。加えて、今後の新しいモデル開発への示唆を得ることができた。

(4) 研究開始直後に計画していた、本研究で使用するデータの収集や電気事業者が置かれている現状について、電気事業の専門家として民間研究所の研究員等にインタビューする件は、東日本大震災により生じた原子力発電所の事故収束対応で電力業界が非常に混乱しており、なかなか実施できなかった。結果として当初計画から 3 年遅れの研究期間内に、直接インタビューを実施できた。

電力自由化に関して、電力事業の専門家である一般財団法人電力中央研究所の研究員から、国内外の状況を含め、様々な点に関してアドバイスや電気事業者の現状を知ることができた。特に本研究を進める際の指摘として、「日本の電力各社は自由化後、電力料金引き下げのために新たな設備投資をかなり抑制してきている状況である。特に、送電設備に対する投資を抑えてきた状況であり、既に相当な時間を経ているので、今後送電設備の老朽化等による設備更新の費用問題が発生するのではないか。」という内容があった。これは現在、送電線の容量不足による新規の大規模太陽光発電施設からの接続制限の問題が、各地、電力各社で生じているとの報道がされていることに合致する内容である。特に、今回の実証分析により生産性が総じて高く、自由化の成果が一見出ているだろう電力会社の管内で多く見られる傾向があった。この指摘が将来現実となり、これらの問題が顕在化すれば、東日本震災以降の電力自由化の見直し議論の中で、「発送電分離」の仕組み作りに大きく影響を与える内容であり、重要な検証事項であると考え。今後これらに対して詳しい検証を行うことが、重要な研究課題であり、本研究を進める過程に

において新たに発見できた内容である。

## 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 5 件)

杉山学、電力自由化後の電力各社の生産性に対する DEA と Inverted DEA を用いた時系列評価、*Journal of Social and Information Studies*、査読有、Vol.23、2016、33 - 54

DOI : <http://hdl.handle.net/10087/9843>

杉山学、わが国の電力各社生産性に対する DEA と Inverted DEA を用いた時系列評価 電力自由化前後の計 21 年間の推移、*Journal of Social and Information Studies*、査読有、Vol.22、2015、39 - 55

DOI : <http://hdl.handle.net/10087/8932>

Sugiyama, M. and Sueyoshi, T., Finding a Common Weight Vector of Data Envelopment Analysis Based upon Bargaining Game、*Studies in Engineering and Technology*、査読有、Vol.1、2014、13 - 21

DOI :

<http://dx.doi.org/10.11114/set.v1i1.277>

Sueyoshi, T., Goto, M. and Sugiyama, M., DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of U.S. coal-fired power plants、*Energy Economics*、査読有、Vol.40、2013、845 - 857

DOI :

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.020>

杉山学、データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較 ウィンドー分析の結果に対するローソク足をを用いたグラフ化の提案と鉄道各社の比較結果、*Journal of Social and Information Studies*、査読有、Vol.20、2013、33 - 48

DOI : <http://hdl.handle.net/10087/7372>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

杉山 学 (SUGIYAMA, Manabu)  
群馬大学・社会情報学部・教授  
研究者番号 : 4 0 2 5 6 6 6 5

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし