

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25750127

研究課題名(和文)電力市場の活性化に向けた電気事業者の投資意思決定分析

研究課題名(英文) Analysis on investment decisions of power producers toward the activation of electricity markets

研究代表者

高嶋 隆太 (Takashima, Ryuta)

東京理科大学・理工学部・講師

研究者番号：50401138

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、我が国において電力システム改革が求められており、電力市場全面自由化へのさらなる施策が必要である。そこで本研究では、火力電源入札制度と容量メカニズムに着目し、それぞれの施策の下での発電事業者の投資決定に関する分析を行った。火力電源入札制度に関する研究においては、入札価格の低下に伴いリブレースは促進される一方で、入札価格の過度な低下はリブレース機会を減少することが明らかとなった。容量メカニズムの研究では、電力価格と容量価格両方の不確実性の影響について分析し、特に、電力価格の不確実性が小さい場合、容量市場を考慮した場合の投資オプション価値は考慮しない場合よりも大きくなることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In Japan recently the electricity system reform has been required, and various policies and regulations are needed toward the full liberalization of electricity markets. In this work, we focused on the bidding system of investments in thermal power generations and the capacity mechanism, and investigated investment decisions of power producers under these schemes. In an analysis on the bidding system of investments we showed that the replacement is accelerated due to the decrease in the bid price whereas excessive decreases induce the reduction in the replacement opportunity. Furthermore in an analysis on the capacity mechanism we examined effects of price uncertainties for electricity and capacity markets. It turned out that when the uncertainty of electricity prices is small, the value of the investment option becomes large compared to energy only markets.

研究分野：エネルギー経済学

キーワード：電力システム改革 新規電気事業者 リブレース 火力電源入札制度 Missing money 容量市場 投資
タイミング リアルオプション

1. 研究開始当初の背景

電力産業は、巨額な初期投資を必要とし、生産量が多くなるにしたがい限界費用が減少する、規模の経済を持った費用逓減型産業である。これまで、競合する設備の重複を避けることによって、より低い費用での電力供給が可能となることから、自然独占の状態をなし、一社で発電、送電、配電を担う垂直統合の形態をとってきた。しかしながら、技術の発展により発電部門の規模の経済性は減少傾向となり、また、公的規制の必要性が低くなったことから、近年、多くの OECD 諸国において、自然独占の性質から、送電部門の規制は残るものの、発電部門においては規制を緩和し市場競争を促進する傾向となっている。

我が国においても、近年、世界の潮流に乗る形で部分的に自由化を実施してきたが、全面自由化からは程遠い状況が続いていた。しかしながら、平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災とそれに伴う福島第一原子力発電所の事故により、電力システムの大きな改革が必要となった。特に、全面自由化に向けて、新規電気事業者の参入を促す様々な方策が講じられている。

このような背景から、電気事業者は、電源投資や操業の意思決定において、需要や価格のような経済的な不確実性や政策・規制といった制度の影響を考慮して、評価・分析をする必要性が高まっている。

2. 研究の目的

本研究では、リアルオプション理論を用いることにより、市場価格が不確実な状況下における電気事業者の投資決定に関する分析を行う。特に、発電プラント設置に関して、規制の下での意思決定を行う評価モデルを構築し、以下の 2 点の経済性評価を行う。

(1) 火力電源入札制度の導入を背景に、本制度に着目し、燃料費が不確実である状況下において、火力発電リプレースプロジェクトに関する評価モデルを構築し、リプレースの意思決定について分析を行う。

(2) 各国にて検討中である容量メカニズムに着目し、電力価格と容量価格が不確実な状況における容量メカニズムを講じた場合の、電源投資の意思決定問題に関して評価モデルを構築し、投資意思決定について分析を行う。

3. 研究の方法

火力電源入札制度と容量メカニズムそれぞれの研究の方法は以下のとおりである。

(1) 先行研究では、単一の事業者によるリプレースプロジェクトへの投資の分析を行っているが、本研究では、一般電気事業者と

入札事業者の 2 者を想定し分析を行う。入札制度を考慮したリプレースプロジェクトにおいて、一般電気事業者による発電プラントの廃止措置は、入札事業者による新規プラント設置への投資を考慮して行われることから、一般電気事業者は、単一のリプレースプロジェクトのように最適なタイミングで廃止措置を実施することはできない。しかしながら、新規プラントの設置に関わる投資コストや操業コストの低減等による経済的なメリットも存在するものと考えられる。本研究では特に、卸価格と入札価格の関係により変化する最適な投資のタイミング等を明らかにすることによって、入札制度がリプレース事業に与える影響を分析し、入札制度を考慮した場合のリプレース意思決定に関する知見を得る。

(2) 本研究では、電気事業者が電源の容量拡大投資を行う際、容量市場の存在の有無の影響についてリアルオプション理論を用いて分析する。電気事業者が、現時点において、一定の容量を保有し、投資を行うことで容量が拡大される。電気事業者は、電力価格のレベルを観察し、最適なタイミングで投資を実施する。容量メカニズム政策が講じられた場合、電気事業者は、電力市場と容量市場へ売電、容量を売ることが可能であるとする。本モデルでは、容量価格が一定値であるときと不確実なときの両方をモデル化する。投資後において、事業者は、全発電容量のある一定分を容量市場へ売却するとして、確保しておくものとする。容量市場の容量価格が不確実な場合は、電力価格との相関を考慮し、容量拡大投資への影響を分析できるようにモデル化する。

4. 研究成果

火力電源入札制度と容量メカニズムそれぞれの研究の成果は以下のとおりである。

(1) 火力電源入札制度の導入下において、リプレースの閾値は、一般電気事業者から一般需要への売電価格である卸価格と IPP 事業者から一般電気事業者への売電価格である入札価格の関係に応じて変化し、特に、入札価格が卸価格に対して一定の価格以上であれば投資を促進し、さらに価格が大きく下がる場合には、リプレースの機会は減少することが明らかとなった。また、卸価格が低価格の場合は、高価格の場合と比較して、リプレースが促進されることがわかった。さらに、新規建設プラントの収益性の向上に伴い、リプレースは促進されることが示された。さらに、燃料費の不確実性が大きいとき、入札価格の影響により、投資が促進される可能性が出てくることが明らかとなった。

(2) 電力価格と容量価格が不確実な状況における容量メカニズムを講じた場合の、電源

投資の意思決定問題に関して評価モデルを構築し、投資意思決定について分析を行った。特に、容量市場への売電割合に対する投資の閾値を算出することにより、容量価格が高い場合でも容量割合に対する投資の閾値が単調減少でないことから、その割合を考える必要があるということが明らかとなった。また、電力市場のみのケースと、容量市場を考慮したケースの投資オプション価値に関する分析から、電力価格の不確実性がそれぞれのケースの投資オプション価値に影響し、電力価格の不確実性が小さいならば、容量市場を考慮した場合の投資オプション価値は考慮しない場合よりも大きくなることが明らかとなった。

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7件)

山田雄二、牧本直樹、高嶋隆太、一般化加法モデルを用いた JEPX 時間帯価格予測と入札量-価格関数の推定、*ジャフジャーナル*、査読有、Vol. 14、2015、pp.8 - 39

高野祐人、高嶋隆太、火力電源入札制度によるリプレースの経済性評価、*日本エネルギー学会学会誌*、査読有、Vol. 94、2015、pp.121 - 129、<http://doi.org/10.3775/jie.94.121>

鴨林裕太、高嶋隆太、田中誠、Yihsu Chen、不確実性下における再生可能エネルギー割当基準制度での均衡投資、*数理解析研究所講究録*、査読無、1933 巻、2015、pp.193 - 205

高野祐人、高嶋隆太、電力市場における容量メカニズムと電源投資、*数理解析研究所講究録*、査読無、1933 巻、2015、pp.184 - 192

Naoki Yamano、Ryuta Takashima、Recent Activities in the Field of General Issues、*Journal of Nuclear Science and Technology*、査読有、Vol. 51、2014、pp.133 - 135、10.1080/00223131.2014.849212

Makoto Goto、Ryuta Takashima、Investment, Capacity Choice and Outsourcing Options under Uncertainty、*International Journal of Real Options and Strategy*、査読有、Vol. 1、2013、pp.17 - 27、<http://doi.org/10.12949/ijros.1.17>

鳥海重喜、高嶋隆太、海上航路ネットワークとエネルギー資源の国際輸送におけるチョークポイント分析、*GIS - 理論と応用*、査読有、Vol. 21、2013、pp.47 - 55

[学会発表](計39件)

- 1 佐藤公俊、高嶋隆太、内藤優太、多段階投資における最適投資回数の分析、*日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年春季研究発表大会*、2015 年 3 月 27 日、東京理科大学神楽坂キャンパス
- 2 山田雄二、牧本直樹、高嶋隆太、後藤順哉、一般化加法モデルを用いた JEPX 入札関数の推定、*日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年春季研究発表大会*、2015 年 3 月 27 日、東京理科大学神楽坂キャンパス
- 3 高野祐人、高嶋隆太、山田雄二、牧本直樹、Capacity mechanisms and investment decisions in electricity market、*日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015 年春季研究発表大会*、2015 年 3 月 26 日、東京理科大学神楽坂キャンパス
- 4 八木恭子、高嶋隆太、Do executive stock options affect corporate financing decisions?、2014 年度確率モデルシンポジウム、2015 年 1 月 24 日、東北大学片平キャンパス
- 5 千葉俊輔、鴨林裕太、高嶋隆太、田中誠、再生可能エネルギー普及促進策と電力市場均衡価格、「都市の OR」ワークショップ 2014、2014 年 12 月 14 日、南山大学名古屋キャンパス
- 6 高野祐人、内藤優太、高嶋隆太、電力市場における容量メカニズムと電源投資、「都市の OR」ワークショップ 2014、2014 年 12 月 14 日、南山大学名古屋キャンパス
- 7 桐山恵理子、高嶋隆太、鳥海重喜、レジリエンスを考慮したエコシステムのデザイン、「都市の OR」ワークショップ 2014、2014 年 12 月 14 日、南山大学名古屋キャンパス
- 8 井上晃太、高嶋隆太、鳥海重喜、LNG 海上輸送の経済性と価格リスクの影響、「都市の OR」ワークショップ 2014、2014 年 12 月 13 日、南山大学名古屋キャンパス
- 9 鴨林裕太、高嶋隆太、田中誠、Yihsu Chen、不確実性下における再生可能エネルギー割当基準制度での均衡投資戦略、*日本リアルオプション学会 2014 年研究発表大会*、2014 年 11 月 23 日、東洋大学白山キャンパス
- 10 高野祐人、高嶋隆太、火力電源入札制度によるリプレースの経済性評価、*日本リアルオプション学会 2014 年研究発表大会*、2014 年 11 月 22 日、東洋大学白山キャンパス
- 11 岩下晃、高嶋隆太、後藤允、辻村元男、レバレッジドバイアウトにおける負債比率に関するリアルオプションモデル、*日本リアルオプション学会 2014 年研究発表大会*、2014 年 11 月 22 日、東洋大学白山キャンパス

- 12 Yuta Kamobayashi, Ryuta Takashima, Equilibrium Investment Strategies in Renewable Portfolio Standards under Uncertainty, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月12日、Hilton San Francisco, USA
- 13 Kyoko Yagi, Ryuta Takashima, Investment Decisions and Debt Priority Structure: Straight Debt and Convertible Debt, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月12日、Hilton San Francisco, USA
- 14 Shigeki Toriumi, Ryuta Takashima, Evaluating Risk of International Transportation for Energy Resources, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月11日、Hilton San Francisco, USA
- 15 Yuto Takano, Ryuta Takashima, Capacity Mechanisms and Generation Investments in Electricity Markets, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月11日、Hilton San Francisco, USA
- 16 Ryuta Takashima, Afzal Siddiqui, Persist or Perish: Optimal Management of Alternative-Energy Technologies, INFORMS Annual Meeting 2014, 2014年11月9日、Hilton San Francisco, USA
- 17 高嶋隆太、鴨林裕太、田中誠、再生可能エネルギー政策の評価 - 再生可能エネルギー割当基準制度での均衡投資 -、南山大学理工学部講演会(招待講演) 2014年10月24日、南山大学瀬戸キャンパス
- 18 高嶋隆太、高野祐人、内藤優太、不確実性下における電源リプレースの経済性評価、第26回RAMPシンポジウム(招待講演) 2014年10月16日、法政大学市ヶ谷キャンパス
- 19 柳井浩、高嶋隆太、電力供給方式の経済性比較、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014年秋季研究発表大会、2014年8月28日、北海道科学大学
- 20 高森寛、柳井浩、高嶋隆太、スーパーグリッドの創設案件の経済的な成立条件、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014年秋季研究発表大会、2014年8月28日、北海道科学大学
- 21 高嶋隆太、鳥海重喜、LNG海上輸送における輸送コストとCO2排出の評価、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014年秋季研究発表大会、2014年8月28日、北海道科学大学
- 22 鵜飼孝盛、高嶋隆太、不確実性を考慮した太陽光発電の分散配置、日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014年秋季研究発表大会、2014年8月28日、北海道科学大学
- 23 Ryuta Takashima, Shigeki Toriumi, Keisuke Inada, Maritime Transport for LNG, Power Generation, and Electric Transmission, 37th IAEE International Conference, 2014年6月17日、Wyndham New Yorker Hotel, USA
- 24 鴨林裕太、高嶋隆太、排出削減費用に対する生産量の評価、日本経営工学会 2014年春季大会、2014年5月17日、東京理科大学野田キャンパス
- 25 高野祐人、高嶋隆太、火力電源入札制度によるリプレースの経済性評価、日本経営工学会 2014年春季大会、2014年5月17日、東京理科大学野田キャンパス
- 26 高嶋隆太、高橋拓翔、茂木源人、杉友盛佑、不確実性下における投資と撤退の意思決定 - 実験経済学アプローチ -、日本経営工学会 2014年春季大会、2014年5月17日、東京理科大学野田キャンパス
- 27 八木恭子、高嶋隆太、Investment Decisions and Debt Priority Structure: Straight Debt and Convertible Debt, 2013年度確率モデルシンポジウム(招待講演) 2014年1月24日、東京理科大学野田キャンパス
- 28 鴨林裕太、高嶋隆太、排出削減費用に対する生産量の影響、「都市のOR」ワークショップ 2013、2013年12月14日、南山大学名古屋キャンパス
- 29 高野祐人、高嶋隆太、火力発電入札によるリプレースの経済性評価、「都市のOR」ワークショップ 2013、2013年12月14日、南山大学名古屋キャンパス
- 30 高嶋隆太、八木恭子、Project Financing for Investments in Energy Technologies, 平成25年度数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」、2013年11月22日、京都大学吉田キャンパス
- 31 八木恭子、高嶋隆太、Investment Decisions and Debt Priority Structure: Straight Debt and Convertible Debt, 平成25年度数理解析研究所研究集会「ファイナンスの数理解析とその応用」、2013年11月21日、京都大学吉田キャンパス
- 32 Shigeki Toriumi, Ryuta Takashima, A Mathematical Model of Maritime Transport for Energy Resource with Choke Point Risk, INFORMS Annual Meeting 2013, 2013年10月9日、Minneapolis Convention Center, USA
- 33 Ryuta Takashima, Kyoko Yagi, Shohei Ohata, Project Financing for Investments in Energy Technologies, INFORMS Annual Meeting 2013, 2013年10月7日、Minneapolis Convention Center, USA
- 34 鵜飼孝盛、高嶋隆太、長距離送電による大規模送電網実現の経済分析、日本オペ

- レーションズ・リサーチ学会 2013 年秋
季研究発表大会、2013 年 9 月 11 日、徳
島大学常三島キャンパス
- 35 Ryuta Takashima、Yusuke Kuno、
Shigeki Toriumi、An Economic
Evaluation of Multilateral Approaches
to Nuclear Fuel Cycle、13th IAEA
European Conference 2013、2013 年 8
月 20 日、Hilton Dusseldorf Hotel、
Germany
- 36 Afzal Siddiqui、Ryuta Takashima、
Investment in Alternative Energy
Technologies under Physical and
Policy Uncertainties、17th Real
Options Conference、2013 年 7 月 26 日、
The University of Tokyo、Japan
- 37 Kimitoshi Sato、Ryuta Takashima、
Yuta Naito、Sequential Investment、
Capacity Sizing and Dividing
Flexibility、17th Real Options
Conference、2013 年 7 月 26 日、The
University of Tokyo、Japan
- 38 Kyoko Yagi、Ryuta Takashima、The
Effects of Executive Stock Option
Grants on Investment and Financing
Decisions、26th European Conference
on Operational Research、2013 年 7 月
2 日、Sapienza University of Rome、
Italy
- 39 Ryuta Takashima、Kyoko Yagi、Shohei
Ohata、Project Financing for
Investments in Energy Technologies、
51st Meeting of the EWGCFM、2013
年 5 月 16 日、ESCP Europe's London
Campus、UK

〔図書〕(計 1 件)

高嶋隆太他、日科技連、初めて学ぶリス
ク科学、総ページ数 206 ページ、第 12
章・13 章 (149 - 172) を担当、2013

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高嶋 隆太 (TAKASHIMA, Ryuta)

東京理科大学・理工学部・講師

研究者番号：50401138