

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年 8月31日現在

機関番号：82711

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21703

研究課題名(和文) 電力自由化及び炭素税導入が地域の電力需給・電力炭素強度に与える影響評価

研究課題名(英文) Impact assessment of electricity system reform and carbon tax on carbon intensity of electricity and on regional electricity supply and demand

研究代表者

脇山 尚子(Wakiyama, Takako)

公益財団法人地球環境戦略研究機関・その他部局等・リサーチャー

研究者番号：60625359

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、電力自由化及び炭素税が電力需要及び供給、GHG排出量に与える影響を分析した。本研究の1年目の平成28年度は、電力システム改革または炭素税導入が2030年の電力需給及びGHG排出量にどのような影響を与える可能性があるのかを分析した。2年目である平成29年度は、日本の10地域の電力管内における再生可能エネルギーポテンシャル、グリッドへの接続ポテンシャル、電力融通を考慮した場合、日本が2030年の国内排出削減目標を達成、または更なる野心的な削減を行うことができるか、その可能性とそのために必要な電力システム改革について分析を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, I analysed the impacts of electricity market reform and carbon tax on the electricity demand and supply and on CO2 emissions in Japan. In the first year of this research, I analysed how the electric power system reform or carbon taxes affect to electricity supply and demand and CO2 emissions in 2030. In the second year of this research, renewable energy potentials and grid availabilities within 10 electricity power grid regions in Japan were examined to assess how Japan can achieve the domestic emission reduction target and further ambitious reduction target towards 2030. I also examined necessity of the reform of the electric power system including facilitating regional electricity trade to maximise the renewable electricity generation and improve carbon intensity of electricity generation.

研究分野：環境創成学

キーワード：電力システム改革 電力需給 再生可能エネルギー CO2排出量削減 地域電力 計量経済分析

1. 研究開始当初の背景

日本は、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) において、2015 年 7 月に 2020 年以降の緩和目標 (「約束草案 (INDC)」) を提示し、2017 年 11 月には「最終的な約束 (NDC)」に批准した。これにより、地球温暖化を摂氏 2 度以下に抑えるための温室効果ガス (GHG) 排出削減に貢献することを表明した。日本は、2013 年比で、2030 年までに 26%削減する目標を設定した(1990 年比 18%減)。NDC 目標は、経済産業省 (METI) が 2015 年 7 月に発表された長期エネルギー需給見通しに基づいて算出されている。この目標は、2010 年に発表された排出削減目標 (2020 年の 1990 年比 25%削減) と、福島原発事故後の 2011 年から 2012 年に開催されたエネルギー・環境会議で議論された内容と比べて、野心レベルを大幅に低下させた結果となっている。

一方で、国際議論の進展に伴い、2015 年 12 月に UNFCCC 内でパリ合意が採択されたことにより、各国による追加的緩和の必要性が強化された。各国は 2050 年までに温室効果ガス排出量を 2010 年の水準から 40-70%削減する必要がある。しかし、国別に提出された NDC の目標は、中期目標として 2 度目標を達成するには不十分であり、追加的削減行動が必要である。日本もまた、他の国と同様に、世界的なパリ協定の目標と一致するように、2030 年の緩和目標を強化する必要がある。

NDC の達成を検討する潜在的な排出量削減が可能な分野の 1 つとして、電力の消費削減が挙げられる。CO₂ 排出量削減対策の 1 つとして、電力システムの従来のエネルギー利用から低炭素への移行を促すような電力システム改革を行い、エネルギー効率を促進する方法がある。日本が設定している 2020 年以降の緩和目標では、電力消費は増加すると予想されるが、特に商業および家庭部門における電力消費は、現在の消費量からさらに削減できる可能性がある。

また、日本において、2016 年から 2030 年までの電力需給を考えた場合、電力需要変化に影響を与える外部要因として、2016 年度からの電力自由化、2020 年からの料金規制の撤廃と送配電部門の法的分離が実施などの電力システム改革、炭素税や消費税の税率の引き上げなどが想定される。これらの施策は、省エネや節電、電力消費変化、更には電力電源投資及び電力系統システムに影響を与えると想定される。更に、地域内・地域間での電力需給構造の課題を改善することにより、電力における CO₂ 排出削減の可能性が期待される。

2. 研究の目的

このような背景を踏まえ、本研究では、電力自由化や炭素税といった要因が 2030 年までの地域での電力消費及び炭素強度にどのような影響を与えるのかを分析した。本研究では、電力システム改革による日本の電力需要への影響、更には 2030 年までの炭素税などの導入による電力需要及び供給システムの転換による CO₂ 排出量と炭素強度への影響分析を行った。具体的には、以下の 5 つの視点に焦点を当てた電力システム改革に関する分析を行った。

- (1) 電力システム改革が電力需要、電力の CO₂ 排出量に与える影響分析
- (2) 炭素税導入による製造業部門のエネルギー及び炭素強度への影響分析
- (3) 電力システム改革による各地域における電力需給変化と CO₂ 排出量削減の可能性分析
- (4) 米国の電力自由化及び地域送電機関の導入の CO₂ 排出量への影響分析
- (5) 電力自由化による消費行動分析及び地域経済への影響評価分析を行うための多地域間産業連関モデルの開発

3. 研究の方法

- (1) 電力システム改革が電力需要、電力の CO₂ 排出量に与える影響分析

本研究では、2016 年の電力の小売全面自由化、2020 年の送配電部門の法的分離、及び炭素税導入による電力料金の増加により、日本が 2020 年以降の緩和目標 (INDC) 以上の削減が可能であるかについて検討した。家庭部門に焦点を当て、家庭部門でどの程度 CO₂ 排出量を削減できるかを評価した。本研究では、シナリオ分析を行うことにより、家庭部門における電力需要と CO₂ 排出量の削減可能性を検討した。電力消費シナリオ分析では、時系列回帰モデル (ARMA) を使用して、2030 年までの電力消費パターンを推計した。シナリオ分析には、エネルギー効率の向上と省エネ対策による電力消費を削減するシナリオも含んだ。

- (2) 炭素税導入による製造業部門のエネルギー及び炭素強度への影響分析

本研究では、炭素税が日本の産業部門における二酸化炭素 (CO₂) 排出にどのように影響するかを検証した。本研究では、税効果を予測するのではなく、過去の補助金や燃料価格の変化が日本の鉄鋼、化学、機械産業におけるエネルギーや炭素強度にどのような影響を与えたかを、時系列自己回帰移動平均 (ARMA) を用いて分析した。ARMA モデルを用いることの整合性検証として、図 1 で示している手法を用いた。

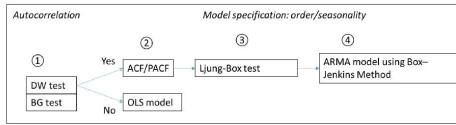


図1. モデルの特定と回帰診断テスト

(3) 電力システム改革による各地域における電力需給変化と CO2 排出量削減の可能性分析

本研究では、緩和目標 (NDC) と 2°C 目標を考慮して、再生可能エネルギーの最大導入と電力セクターにおける日本の地域エネルギーミックスによる、CO2 排出量削減の可能性を評価した。本研究では、2030 年までの地域レベルでのエネルギー・ミックスの可能性を検討した。利用可能な再生可能エネルギーとグリッドの容量を地域ごとに分析することにより、地域の再生可能エネルギーをどのように効果的に最大限に活用できるかを評価し、電力システム改革へ向けて必要な制度を検討した。

(4) 米国の電力自由化及び地域送電機関の導入の CO2 排出量への影響分析

電力市場の改革は、電力の安定供給、電力料金の抑制、消費者への選択肢の拡大、事業者間の競争向上を目指し、世界的に実施されてきた。米国では、1990 年代に米国の外国石油への依存を減らし、エネルギー効率とクリーンエネルギー開発を促進することによってエネルギー安全保障を強化することを目指した電力システム改革が実施された。1992 年以降からは、独立した電力供給業者の市場を自由化することを促進してきた。米国の電気市場システムは、州や地域によって異なる。そのため、本研究では、州レベルでの電力市場の規制緩和が、CO2 排出量の削減に影響を与えたのか、また、どのような要因が CO2 排出量の削減に影響を与えたのかを検討した。さらには、どのような電力システム改革を導入することで、効率的かつ効果的に CO2 排出削減を行うことができるのかについて、計量経済分析の時系列データとクロスセクションデータを合わせたパネルデータ分析手法を用いて検証した。分析における想定した変数の相互関係は図2を参照。

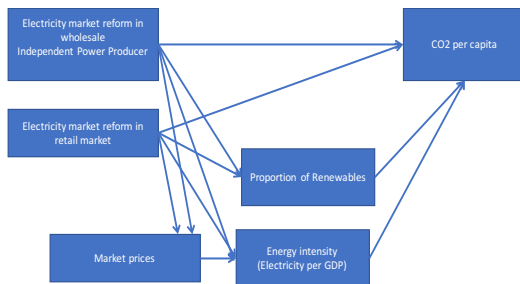


図2. CO2 排出量に影響を与える変数を評価するための相互関係図

(5) 電力自由化による消費行動分析及び地域経済への影響評価分析を行うための多地域間産業連関モデルの開発

電力自由化による消費行動分析及び地域経済への影響評価分析を行うためのツールの開発として、サプライチェーンを通じた直接・間接的な環境負荷を分析するライフサイクルアセスメント分析のために、産業連関分析法を応用した日本 IELab モデルを開発した。

4. 研究成果

(1) 電力システム改革が電力需要、電力の CO2 排出量に与える影響分析

本研究により、日本は省エネを進めていくことで、家庭部門における電力消費量と CO2 排出量は、2030 年に向けた日本の緩和目標で想定されるよりも削減できることが示された (図3)。最大で、電気消費量を 35 TWh 削減することができ、更に、電力会社が自主的に目標とする電力炭素強度を達成すれば、2013 年に比べ 2030 年には 55.4 MtCO2 の排出削減が可能であることが示された。この結果は、日本が気候変動枠組条約 (UNFCCC) のパリ協定で議論された 2020 年以降の緩和目標を引き上げる可能性を示唆している。

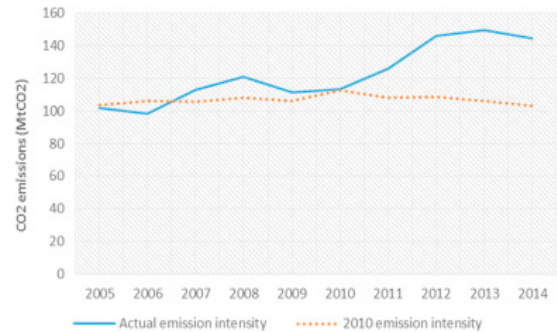


図3. 家庭部門における CO2 排出量の推移

(2) 炭素税導入による製造業部門のエネルギー及び炭素強度への影響分析

本研究の結果は、業種によって影響が大きく異なった。鉄鋼業では、補助金や価格の変化がエネルギーと炭素強度の変化にほとんど影響を与えなかった。これは、既存の鉄鋼技術の寿命が長く、新たな技術導入にはコストが高いため、大幅な削減を実施することができないためであると考えられる。また、この産業の大企業は、補助金の供給や価格の変動に対して比較的影響を受けていないためとも考えられる。化学産業では、補助金と燃料価格が、炭素とエネルギー強度を改善するとい

った結果が示された。これは、産業では、運用コストが比較的高いため、金銭的インセンティブが与えられれば排出量削減を促進することが可能であることを示唆している。機械産業では、燃料価格の変化が、炭素とエネルギー強度の改善をもたらしてきたことを示した。これは、この産業を構成する企業や製品が多様であることを反映している可能性がある。全体として、本研究では、政策立案者が、各業界の独自の特徴に合わせ、炭素税の料金と収集した炭素税の再利用をどのように活用するかにより、CO₂削減を促進することが可能であることを示した。

(3) 電力システム改革による各地域における電力需給変化と CO₂ 排出量削減の可能性分析

本研究の結果は、効果的に地域電力間での電力取引を促進するシステム改革を行うことで、再生可能エネルギーを最大活用し、電力の CO₂ 排出強度を改善し、CO₂ 排出量削減を促すことができることを示した (図4)。しかし、これらの可能性を最大限に活用するためには、柔軟なグリッド運用を推進し、送電能力や再生可能エネルギーの優先配電を強化するとともに、再生可能エネルギーによる電力供給システムを強化する技術を導入することが必要であり、電力供給の安定化のための技術と政策の組み合わせが必要であることが示された。さらに、電力デマンドレスポンスのシステムやエネルギー貯蔵システムの導入を組み合わせたシステム改革が必要であることが示された。

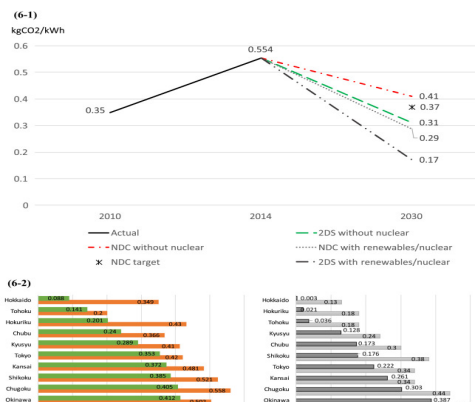


図4. 需要と供給曲線を用いた日本の炭素強度の推定結果

(4) 米国の電力自由化及び地域送電機関の導入の CO₂ 排出量への影響分析

本研究では、電力市場の規制緩和や、独立系システム運営者 (ISO) や地域送電機関 (RTO) の設立といった、電力市場改革が CO₂ 排出量と州レベルでのエネルギー効率に及ぼす影響を評価した。結果として、再生可

能エネルギー促進政策、エネルギー効率促進政策だけでなく、電力の自由化は、CO₂ 排出量の削減を促してきたことが示された。一方で、州により、様々な制約や条件が異なるため、様々な条件を組み合わせることでそれぞれの導入された相乗効果をもたらすことがあるとともに、効果が相殺されることもあるという結果も示された。

(5) 電力自由化による消費行動分析及び地域経済への影響評価分析を行うための多地域間産業連関モデルの開発

本研究では多地域間産業連関表を作成するためのツールの開発を行ない、図5が示すように、10地域の電力部門に焦点を当てた多地域間産業連関表を作成した。今後、作成した多地域間産業連関表を用いて、電力システム改革による都道府県レベルでの地域経済、環境への影響評価分析を行うとともに、再生可能エネルギー導入における土地利用の可能性とその地域経済、環境への影響評価分析を行う予定である。

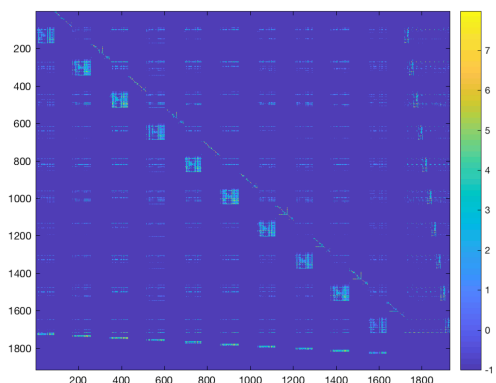


図5. 10電力地域管内、電力部門を細分化した多地域間産業連関表

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3件)

Wakiyama, T. and A. Kuriyama. 2018. Assessment of renewable energy expansion potential and its implications on reforming Japan's electricity system. Energy Policy (2018)

Wakiyama, T and T. Kuramochi, Scenario analysis of energy saving and CO₂ emissions reduction potentials to ratchet up Japanese mitigation target in 2030 in the residential sector. Energy Policy (2017), Volume 103, April 2017, Pages 1-

Wakiyama, T and Zusman, E., 2016. What would be the effects of a carbon tax in Japan: an historic analysis of subsidies and fuel pricing on the iron & steel, chemical, and machinery industries. American Institute of Mathematical Sciences (AIMS) Energy (2016), Volume 4, Issue 4. 2016, Pages 606-632

〔学会発表〕（計 2 件）

15th IAEE European Conference 2017, IMPACT OF ELECTRICITY MARKET REFORM ON CO2 EMISSIONS BY STATES IN THE U.S AND ITS IMPLICATION, 3-6 September 2017, Vienna, Austria

25th International Input Output Association 2017. Development of Japanese flexible and highly detailed multi-regional input-output modeling framework. June 19-23, 2017, Atlantic City, New Jersey, USA

6. 研究組織

(1) 研究代表者

脇山 尚子 (Wakiyama, Takako)
公益財団法人地球環境戦略研究機関
その他部局等 リサーチャー
研究者番号 : 60625359