

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：22701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17067

研究課題名(和文)日本の地域におけるエネルギー効率指標の開発と構造分析

研究課題名(英文)Development and Structural Analysis of Energy Efficiency Indicators in Japan Region

研究代表者

大塚 章弘(Otsuka, Akihiro)

横浜市立大学・国際総合科学部(八景キャンパス)・准教授

研究者番号：90392745

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、確率的フロンティア分析の考え方をもとにエネルギー効率指標を開発し、地域経済のエネルギー効率の評価と経済学的な示唆について議論した。さらに、開発した指標をもとに、エネルギー効率の改善に果たす社会経済的な要因を分析することによって、地域経済の発展におけるエネルギー効率の改善が果たす役割を明確に定義した。これらの分析結果を踏まえ、低炭素社会に向けた望ましい地域政策を議論した。その結果、人口や産業の空間的な集積、地域間の交通アクセスの改善が地域経済のエネルギー効率の改善に寄与する可能性が示された。そして、生産性と電化率の改善がエネルギー効率の改善と両立することが定量的に示された。

研究成果の概要(英文)：This research project developed a new energy efficiency index to evaluate the energy efficiency of Japan's regional economy, and offered suggestions for energy efficiency improvement in the economy. Furthermore, by analyzing the socioeconomic factors influencing energy efficiency, this project discussed the importance of energy efficiency improvement in the development of regional economy. Based on the analysis results, this research discussed desirable regional policies for a low-carbon society. The results suggest that the spatial agglomeration of population and industries as well as increased traffic accessibility among regions may contribute to the improvement of energy efficiency in the regional economy. Moreover, it was quantitatively shown that the enhancement of productivity and electricity ratio are both compatible with the improvement of energy efficiency.

研究分野：地域科学，エネルギー経済学

キーワード：エネルギー効率 エネルギー経済 確率フロンティア分析 集積の経済 生産性 地域経済 電力経済  
電力需要

1. 研究開始当初の背景

(1) 環境制約の高まりを受け、地域経済成長と同時にエネルギー効率を高めて CO2 排出量を抑制していくことは、今後の日本にとって重要な政策課題である。日本では、1997年の京都議定書採択および 2005 年の同発効を契機に、環境関連の法制度整備に伴う様々な環境データの整備が進められている。これらのデータを使った研究成果を、低炭素社会に向けたより良いエネルギー・環境政策や地域経済発展に結びつけることが期待されている。

(2) 日本のエネルギー環境政策の立案のためには、エネルギー効率の実態把握が必要である。しかしながら、日本の地域を対象としてエネルギー効率指標を計測し、要因分析を行った研究事例は存在しない。その背景には、エネルギー効率を計測する複数の指標が提案されているものの、それぞれに長所・短所があることや、エネルギー効率の計測手法に主要な焦点が当てられ、その要因分析まで十分に行われていないことがある。しかしながら、この問題を総合的に検討し、日本の地域におけるエネルギー・環境政策の検討に結び付けるためには、地域経済レベルでの適切なエネルギー効率指標の開発と計測、それを使った要因分析が求められる。

2. 研究の目的

本研究では、環境制約下における日本の地域経済成長のために、エネルギー効率に果たす役割を明らかにする。環境制約の高まりの中で、地域経済の持続的発展とエネルギー・環境問題の両立に向けて地域経済活性化策を総合的に検討する必要がある。そのため、本研究では、日本の地域経済におけるエネルギー効率に着目し、エネルギー効率指標を開発・計測する。そのうえで、エネルギー効率の改善要因を定量的に分析する。それにより、エネルギー効率の改善を促進し、低炭素社会の実現に貢献する、日本の望ましい地域経済・環境政策を検討する。

3. 研究の方法

(1) エネルギー効率や省エネルギーに関する最新の先行研究や文献整理を行い、本研究の位置づけを確認するとともに、分析に必要な地域経済レベルのエネルギー統計、環境関連統計、生産活動関連データを収集し整備する。整備したデータを使い、基本統計量など基礎的なデータ解析を行う。データ解析結果から、地域経済のエネルギー効率に関してどのような傾向や特徴が見られるのか、大枠の姿を把握する。

(2) 地域経済レベルにおいて、エネルギー効率を計測する適切な指標を開発する。確率的フロンティア分析 (Stochastic Frontier Analysis) の手法をもとに、エネルギー効率

の値を計測することを試み、計測された指標の有効性を検討する。開発したエネルギー効率指標を使い、地域経済成長にエネルギー効率の改善が及ぼす影響を、計量経済学や数理モデルの応用手法を適用して明らかにする。

(3) 分析結果の考察から、地域経済成長とエネルギー効率の両立による、低炭素社会に向けた総合的な地域政策を検討する。

4. 研究成果

(1) 本研究では、地域経済における新たなエネルギー効率指標を開発し、開発した指標を用いてエネルギー効率の改善要因を分析した。具体的には、確率的フロンティア分析の考え方をもとに、エネルギー効率指標を開発し、その分析手法を用いることで可能になる、地域経済のエネルギー効率の評価と経済学的な示唆について議論した。さらに、開発したエネルギー効率をもとに、エネルギー効率の改善に果たす社会経済的な要因を分析することによって、地域経済の発展におけるエネルギー効率の改善が果たす役割を明確に定義した。これらの分析結果を踏まえ、低炭素社会に向けた望ましい地域政策を議論した。

(2) 本研究課題の実証研究を通じて、エネルギーの総需要にとどまらず、需要用途別の観点から、人口や産業の空間的な集積、地域間の交通アクセスの改善が地域経済のエネルギー効率の改善に寄与する可能性が示された。本研究課題で行った主な実証研究例は以下のとおりである。

エネルギー効率と人口集積

エネルギー需要の変動を規定するエネルギー消費原単位の地域別動向を観察した結果、各地域の人口集積度とエネルギー消費原単位の動向に関連があることが明らかとなった (図 1)。

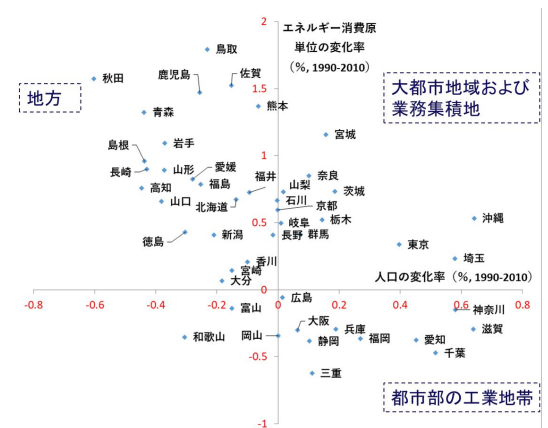


図 1 人口の変化率とエネルギー消費原単位の変化率の関係

人口集積が地域経済の生産性を向上させる役割を果たすことは「集積の経済」として知

られている。その効果に加えて、図の傾向は人口集積がエネルギー効率を改善させる可能性を示唆している。そこで、本研究課題では、作成したデータベースを活用して、地域別エネルギー効率指標を開発・計測し、エネルギー効率指標の変動要因を定量的に評価した。その結果、人口集積が地域別エネルギー効率指標の改善に重要な影響を与えたことが明らかとなった。そして、家庭用電力需要の観点からも人口集積のエネルギー効率に対する影響を実証的に明らかにすることを試みた。その結果、都市部への人口集中は、地域全体において省エネルギーを実現させるだけでなく、家庭部門における節電につながる可能性があることが実証的に明らかとなった。

### エネルギー効率と生産性

産業部門のエネルギー需要の大半を構成する製造業に着目し、製造業の個別部門（化学・繊維・紙パ、鉄鋼・非鉄・窯業土石、機械）におけるエネルギー効率を計測し、その変動要因を分析した。その結果、製造業の個別部門では、エネルギー効率の改善が生産性の上昇と両立する可能性が示された（図2）。そのうえで、産業集積に伴う生産性の上昇がエネルギー効率の改善と両立する可能性があることが定量的に示された。なお、仮説群の検証において、産業集積が生産性に与える影響については Otsuka(2017)において事前に確認された。

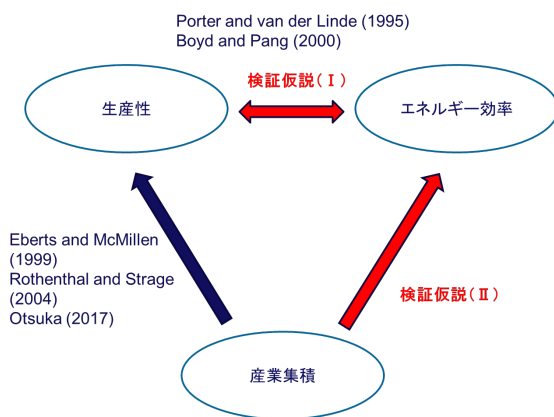


図2 エネルギー効率と生産性の分析において検証された仮説群

### エネルギー効率と電化率

家庭部門のエネルギー需要において電化の影響を考察するため、家庭部門においてエネルギー効率を計測するとともに、エネルギー効率の変動要因として電化の影響を分析した。その結果、エネルギー非効率性と電化率との関係には負の相関関係があることが明らかとなった（図3）。詳細な定量分析の結果、電化の進展がエネルギー効率を改善させる可能性があること、特に集合住宅への居

住の進展が電力の消費効率を改善させることが明らかとなった。

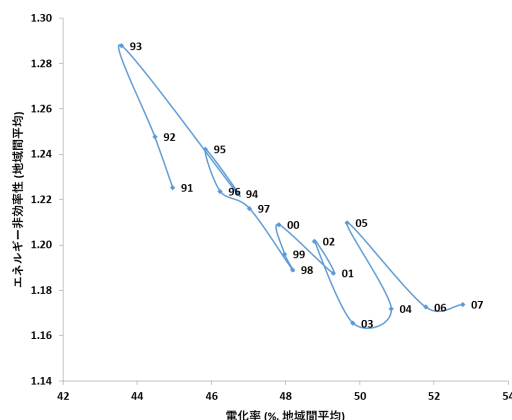


図3 エネルギー非効率性と電化率の時系列関係 (1991-2007)

以上の結果は、日本の国土形成計画の特徴の一つである産業集積や「コンパクトシティ」の形成が地域経済の生産性向上だけでなく、エネルギー効率を高める可能性を示しており、それらの有効性について多面的に議論した。

(3) 本研究の研究成果により、地域経済成長とエネルギー効率の改善の両立に向けたこれまでの研究を、より一層発展・昇華させることができた。一連の研究成果から、地域経済における低炭素社会の実現を、エネルギー効率の観点から評価する方法と、その地域経済政策への利用可能性を示すことにより学術的貢献を行った。その結果、本研究課題で開発したエネルギー効率指標は、国際地域学会 (Regional Science Association International) で評価され、2017年11月に国際学会賞 “RSPP Annual Paper Award 2017” を受賞するに至った。受賞論文は、本研究課題の成果の一つである “Estimation and determinants of energy efficiency in Japanese regional economies.” (Regional Science Policy & Practice) 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13件)

1. Akihiro Otsuka. Population agglomeration and residential energy consumption: evidence from Japan, Sustainability, MDPI, Vol.10:469, No.2, pp.1-12, February 2018, 査読有り. (DOI:10.3390/su10020469)

2. Mika Goto, Amani Mohammed Atris, Akihiro Otsuka. Productivity change and decomposition analysis of Japanese

regional economies: application of HMB productivity index, *Regional Studies*, Taylor & Francis, In Press, January 2018, 査読有り . (DOI:10.1080/00343404.2017.1413238)

3. Akihiro Otsuka. Determinants of efficiency in residential electricity demand: evidence from Japan, *Energy, Sustainability and Society*, Springer, Vol.7:31, No.1, pp.1-10, October 2017, 査読有り . (DOI:10.1186/s13705-017-0135-y)

4. Akihiro Otsuka. Dynamics of agglomeration, accessibility, and total factor productivity: evidence from Japanese regions, *Economics of Innovation and New Technology*, Taylor & Francis, In Press, September 2017, 査読有り . (DOI:10.1080/10438599.2017.1384110)

5. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Regional determinants of energy intensity in Japan: the impact of population density, *Asia-pacific Journal of Regional Science*, Springer, In Press, July 2017, 査読有り . (DOI:10.1007/s41685-017-0045-1)

6. Akihiro Otsuka. Regional determinants of total factor productivity in Japan, *The Annals of Regional Science*, Springer, Vol.58, No.3, pp.579-596, May 2017, 査読有り . (DOI:10.1007/s00168-017-0808-7)

7. Akihiro Otsuka, Shoji Haruna. Determinants of residential electricity demand: Evidence from Japan, *International Journal of Energy Sector Management*, Emerald, Vol.10, No.4, pp.546-560, November 2016, 査読有り . (DOI:10.1108/IJESM-07-2015-0004)

8. Akihiro Otsuka. Regional Energy Demand in Japan: Dynamic Shift-Share Analysis, *Energy, Sustainability and Society*, Springer, Vol.6:10, No.1, pp.1-10, April 2016, 査読有り . (DOI:10.1186/s13705-016-0076-x)

9. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Total factor productivity and the convergence of disparities in Japanese regions, *The Annals of Regional Science*, Springer, Vol. 56, No.2, pp.419-432, March 2016, 査読有り . (DOI:10.1007/s00168-016-0745-x)

10. 大塚章弘. 日本の製造業における地域エネルギー効率の実証分析:産業集積の影響を中心に, *岡山大学経済学会雑誌*, 岡山大学, 第47巻, 第3号, pp.185-207, 2016年3月, 査読無し . (DOI:10.18926/OER/54167)

11. 大塚章弘. 地域別エネルギー需要の実態把握:「都道府県別エネルギー消費統計」による把握, *電力経済研究*, 電力中央研究所社会経済研究所, 第63号, pp.66-81, 2016年3月, 査読無し . ([https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/pdf/periodicals63\\_06.pdf](https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/periodicals/pdf/periodicals63_06.pdf))

12. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Estimation and determinants of energy efficiency in Japanese regional economies, *Regional Science Policy & Practice*, Wiley, Vol.7, No.2, pp.89-101, June 2015, 査読有り . (DOI:10.1111/rsp3.12058f)

13. Akihiro Otsuka. Demand for industrial and commercial electricity: evidence from Japan, *Journal of Economic Structures*, Springer, Vol.4:9, No.1, pp.1-11, July 2015, 査読有り . (DOI:10.1186/s40008-015-0021-8)

[学会発表](計4件)

1. 大塚章弘. 地域エネルギー需要の実態把握と構造分析, 2016年度第7回計量分析研究会, 2017年3月, 中京大学, 名古屋市.

2. Akihiro Otsuka, Mika Goto. The impact of agglomeration economies on energy efficiency in Japan, *The Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment 2015: Official Conference Proceedings*, pp.641-655, June 2015, Art Center Kobe, Kobe, Japan.

3. Mika Goto, Akihiro Otsuka, Toshiyuki Sueyoshi. Regional disparity of productivity and the factors in Japanese industries, *The Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment 2015: Official Conference Proceedings*, pp.431-440, June 2015, Art Center Kobe, Kobe, Japan.

4. Mika Goto, Amani Mohammed Atris, Akihiro Otsuka. Productivity growth and decomposition in Japanese regional economies before Abenomics: Application of HMB productivity index, *The 2016 Asia-Pacific Productivity Conference Book of Abstracts*, July 2016, Nankai University, China.

〔図書〕(計3件)

1. Akihiro Otsuka. A new perspective on agglomeration economies in Japan, Springer Singapore, 196, 2017. (ISBN:978-981-10-6489-0, DOI:10.1007/978-981-10-6490-6)

2. Akihiro Otsuka. Regional Energy Demand and Energy Efficiency in Japan: An Application of Economic Analysis, Springer International Publishing, 98, 2017. (ISBN:978-3-319-47566-0, DOI:10.1007/978-3-319-47566-0)

3. Akihiro Otsuka. An economic analysis of electricity demand: Evidence from Japan, in Advances in Energy Research. Volume 28, Morena J. Acosta, ed., Nova Science Publishers, pp.147-174, 2017. (ISBN:978-1-53612-699-0)

〔その他〕

ホームページ等

researchmap

<https://researchmap.jp/7000015294/>

国際学会賞受賞

2017年11月

RSPP Annual Paper Award 2017, "Estimation and determinants of energy efficiency in Japanese regional economies," Regional Science Association International.

6. 研究組織

(1)研究代表者

大塚 章弘 (Akihiro Otsuka)

横浜市立大学・国際総合科学部・准教授

研究者番号： 90392745