

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24530287

研究課題名(和文)わが国におけるエネルギー効率の実証分析

研究課題名(英文)Empirical Study on Energy Efficiency in Japan

研究代表者

後藤 美香 (Goto, Mika)

東京工業大学・社会理工学研究科・教授

研究者番号：50371208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、企業や地域における生産効率、エネルギー効率、環境効率を統合的に分析可能なモデルや指標を提案することで、エネルギー効率の改善について多面的に議論した。そのために、エネルギーや環境を考慮したデータ包絡分析法(Data Envelopment Analysis: DEA)の新たなモデルの開発や、確率的フロンティア分析(Stochastic Frontier Analysis)の応用を試みた。分析結果から、従来から重視されてきた生産効率性に加え、エネルギーと環境の調和を考慮した、エネルギー効率や環境効率を重視した企業評価や地域経済評価を行うことの重要性を示した。

研究成果の概要(英文)：This research project proposed a new integrated research framework that consisted of models and indexes to examine productive efficiency, energy efficiency and environmental efficiency of firms and regional economies. To this aim, we developed new DEA (data envelopment analysis) models and proposed a new use of SFA (Stochastic Frontier Analysis) models to examine the efficiency measures and applied them to data of firms and regional economies. From the results, this research project indicated importance of efficiency evaluation of firms and regional economies, not only from a perspective of productive efficiency but also energy efficiency and environmental efficiency.

研究分野：企業経済学、エネルギー経済学

キーワード：エネルギー効率 生産効率 環境効率 DEA SFA 企業経済 地域経済 エネルギー経済

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国では、従来から行われてきた経済・エネルギー統計の拡充整備に加え、1997年の京都議定書採択や、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きた。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・環境政策や経済発展に結びつけることが期待されている。

(2) 企業や産業の生産効率と環境効率の両立を目指すエネルギー政策の観点から、それらの統合的な評価指標に関する定量的な分析手法の基礎的研究と、エネルギー産業や製造業への応用が試みられてきた。また、産業の生産効率と地域政策の関係について、集積の経済が生産効率に及ぼす影響の視点から分析が行われてきた。しかしながら、生産効率、環境効率、エネルギー効率を統合的に分析するフレームワークについては研究されていない。

(3) 生産効率、環境効率、エネルギー効率について統合的に評価・分析し、低炭素社会に向けたエネルギー・環境政策や地域政策の検討に役立てるためには、企業、産業、地域経済レベルでの適切なエネルギー効率指標のデータ構築と、それらを統合的に分析する手法の開発が求められている。

2. 研究の目的

(1) 経済発展とエネルギー・環境問題の解決は切り離せない課題であり、両立に向けてそれらを総合的に検討する必要がある。本研究では、そのための方策の1つとして、企業や産業、地域経済のエネルギー効率に着目し、それが生産効率や環境効率に及ぼす影響や、その改善要因を探る。それにより、経済効率とエネルギー・環境の両立のために、エネルギー効率の改善が果たす役割を明らかにする。

(2) 生産効率、環境効率に加え、エネルギー効率を統合的に分析・評価可能な複数の新たなモデルや一連の分析手法の開発と提案を行う。

(3) 提案した分析手法を活用することで、企業等の生産効率、環境効率、エネルギー効率を評価し、その改善を通じて低炭素社会の実現に貢献する、わが国の望ましいエネルギー・環境政策を議論する。

3. 研究の方法

(1) 企業、産業、地域経済の各レベルで、生産効率、環境効率、エネルギー効率の分析に必要なデータ構築を行う。

(2) 生産効率、環境効率、財務パフォーマンスについて、それぞれ個別に分析するための既存モデルは存在している。これらのモデルは、いずれも企業や産業などの経済主体について、多入力・多出力の生産構造をモデル化して分析できる点で、パフォーマンス評価に適しており、近年研究事例も増加している。

しかしながら、それぞれの効率性を統合的に分析する手法については、研究の蓄積が不十分であった。本研究では、これらの既存モデルを拡張し、効率性について統合的に分析することのできる、新たな手法を提案する。特に、エネルギー効率の分析も可能な、新たな手法を提案する。

(3) 提案した分析手法を実際のデータに適用し、企業や産業、地域経済の各レベルで、エネルギー効率、生産効率、環境効率を統合的に分析する。分析結果から、低炭素社会の実現に向けて、環境効率やエネルギー効率の改善を重視する、新たな企業経営や地域政策について議論する。

4. 研究成果

(1) 本研究課題は、企業や産業、地域経済について、生産効率、環境効率、エネルギー効率を統合的に分析することが可能な、一連の分析手法を提案し、低炭素社会に必要とされる、環境効率やエネルギー効率の改善を重視する企業経営や地域政策について、多面的に議論した。

(2) より具体的には、エネルギー利用や環境配慮を考慮した、データ包絡分析法(Data Envelopment Analysis: DEA)の新たなモデルを開発し、その分析手法を用いることで可能になる、企業や産業、地域経済の生産活動の評価と、そこからの経済的・経営的示唆について議論した。

(3) また、DEAとともに効率性分析に有用な主な手法として、確率的フロンティア分析(Stochastic Frontier Analysis)についても、エネルギー効率の分析のための新たな応用方法を提案した。それを地域産業データのエネルギー利用の分析に適用することで、エネルギー効率分析への応用可能性を示した。

(4) 以上の研究成果により、従来から重視されてきた生産効率性に加え、効率的なエネルギー利用と環境配慮の調和を目指した、エネルギー効率や環境効率を重視した企業経営や地域経済の評価手法を新たに提案した。そして、それを実際のデータに適用して分析することで、効率性評価においてそれらを考慮することの重要性を示した。一連の研究成果から、低炭素社会の実現を、生産効率性、環境効率性、エネルギー効率の観点から統合的に評価する方法と、そのエネルギー・環境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。

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24件)

1. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Estimation and determinants of energy efficiency in Japanese regional economies, *Regional Science Policy & Practice*, Wiley, In Press,

2015. 査読有り (DOI: 10.1111/rsp3.12058)
2. Mika Goto, Toshiyuki Sueyoshi. Electric power market reform in Japan after Fukushima Daiichi nuclear plant disaster: Issues and future direction, *International Journal of Energy Sector Management*, Emerald, In Press, 2015. 査読有り (DOI: 10.1108/IJESM-05-2014-0009)
 3. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Agglomeration economies in Japanese industries: the Solow residual approach, *The Annals of Regional Science*, Springer, Vol. 54, No. 2, pp. 401-416, Mar. 2015. 査読有り (DOI: 10.1007/s00168-015-0659-z)
 4. Akihiro Otsuka, Mika Goto. Regional policy and the productive efficiency of Japanese industries, *Regional Studies*, Taylor & Francis, Vol. 49, No. 4, pp. 518-531, Feb. 2015. 査読有り (DOI: 10.1080/00343404.2013.795285)
 5. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Environmental assessment for corporate sustainability by resource utilization and technology innovation: DEA radial measurement on Japanese industrial sectors, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 46, pp. 295-307, Nov. 2014. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2014.09.021)
 6. Akihiro Otsuka, Mika Goto, Toshiyuki Sueyoshi. Cost efficiency of Japanese local governments: Effects of decentralization and regional integration, *Regional Studies*, Regional Science, Taylor & Francis, Vol. 1, No. 1, pp. 207-220, Oct. 2014. 査読有り (DOI: 10.1080/21681376.2014.953196)
 7. Akihiro Otsuka, Mika Goto, Toshiyuki Sueyoshi. Energy efficiency and agglomeration economies: the case of Japanese manufacturing industries, *Regional Science Policy & Practice*, Wiley, Vol. 6, No. 2, pp. 195-213, Jun. 2014. 査読有り (DOI: 10.1111/rsp3.12039)
 8. Mika Goto, Akihiro Otsuka, Toshiyuki Sueyoshi. DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries, *Energy*, Elsevier, Vol. 66, No. 1, pp. 535-549, Mar. 2014. 査読有り (DOI: 10.1016/j.energy.2013.12.020)
 9. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Photovoltaic power stations in Germany and the United States: A comparative study by data envelopment analysis, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 42, pp. 271-288, Mar. 2014. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2014.01.004)
 10. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Investment strategy for sustainable society by development of regional economies and prevention of industrial pollutions in Japanese manufacturing sectors, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 42, pp. 299-312, Mar. 2014. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2014.01.001)
 11. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. DEA radial measurement for environmental assessment: A comparative study between Japanese chemical and pharmaceutical firms, *Applied Energy*, Elsevier, Vol. 115, pp. 502-513, Feb. 2014. 査読有り (DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.10.014)
 12. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix, electricity and CO2 of industrial nations, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 40, pp. 370-382, Nov. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2013.07.013)
 13. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto, Manabu Sugiyama. DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of U.S. coal-fired power plants, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 40, pp. 845-857, Nov. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2013.09.020)
 14. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. A comparative study among fossil fuel power plants in PJM and California ISO by DEA environmental assessment, *Energy Economics*, Elsevier, Vol. 40, pp. 130-145, Nov. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2013.06.004)
 15. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Data envelopment analysis as a data mining methodology for environmental assessment, *Journal of Data and Information Processing*, Bowen, Vol. 1, No. 1, pp. 19-27, Aug. 2013. 査読有り
 16. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto, M.A. Snell. DEA environmental assessment: Measurement of damages to scale with unified efficiency under managerial

disposability or environmental efficiency, Applied Mathematical Modelling, Elsevier, Vol. 37, No. 12/13, pp. 7300-7314, Jul. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.apm.2013.02.027)

17. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Pitfalls and remedies in DEA applications: How to handle an occurrence of zero in multipliers by strong complementary slackness conditions, Engineering, Scientific Research, Vol. 5, No. 5A, pp. 29-34, May. 2013. 査読有り (DOI: 10.4236/eng.2013.55A005)

18. Mika Goto, Inoue Tomohiro, Toshiyuki Sueyoshi. Structural reform of Japanese electric power industry: Separation between generation and transmission & distribution, Energy Policy, Elsevier, Vol. 56, pp. 186-200, May. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.enpol.2012.12.029)

19. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Returns to scale vs. damages to scale in data envelopment analysis: An impact of U.S. Clean Air Act on coal-fired power plants, OMEGA: International Journal of Management Science, Elsevier, Vol. 41, No. 2, pp. 164-175, Apr. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.omega.2010.04.005)

20. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. A use of DEA-DA to measure importance of R&D expenditure in Japanese information technology industry, Decision Support Systems, Elsevier, Vol. 54, No. 2, pp. 941-952, Jan. 2013. 査読有り (DOI: 10.1016/j.dss.2012.09.017)

21. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. DEA environmental assessment of coal fired power plants: Methodological comparison between radial and non-radial models, Energy Economics, Elsevier, Vol. 34, No. 6, pp. 1854-1863, Nov. 2012. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2012.07.008)

22. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Returns to scale and damages to scale on U.S. fossil fuel power plants: Radial and non-radial approaches for DEA environmental assessment, Energy Economics, Elsevier, Vol. 34, No. 6, pp. 2240-2259, Nov. 2012. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2012.07.024)

23. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Returns to scale and damages to scale with strong complementary slackness conditions in DEA

assessment: Japanese corporate effort on environment protection, Energy Economics, Elsevier, Vol. 34, No. 5, pp. 1422-1434, Sep. 2012. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2012.06.014)

24. Toshiyuki Sueyoshi, Mika Goto. Returns to scale, damages to scale, marginal rate of transformation and rate of substitution in DEA environmental assessment, Energy Economics, Elsevier, Vol. 34, No. 4, pp. 905-917, Jul. 2012. 査読有り (DOI: 10.1016/j.eneco.2012.04.003)

[学会発表](計6件)

1. Mika Goto, Toshiyuki Sueyoshi. Relationship between Board Structure and Corporate Performance of Japanese Manufacturing Firms, Annual Tokyo Business Research Conference 2014, Proceedings of Annual Tokyo Business Research Conference 2014, World Business Institute, Dec. 2014. Tokyo, Japan.

2. Mika Goto, Toshiyuki Sueyoshi. DEA efficiency analysis of solar photovoltaic power stations in Germany and the United States, NYC IAEE International Conference, NYC IAEE International Conference proceedings 2014, International Association for Energy Economics, Jun. 2014. New York City, New York, USA.

3. 後藤美香, 末吉俊幸. DEA 環境評価による米国地域送電機関のパフォーマンス分析, 経営情報学会全国研究発表大会, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, Vol. 2013f, pp. 249-252, Oct. 2013. 神戸市.

4. Mika Goto, Akihiro Otsuka, Toshiyuki Sueyoshi. Assessment of Productive and Environmental Efficiencies of Japanese Industries, The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2013, The Asian Conference on Sustainability, Energy and the Environment Conference Proceedings 2013, pp. 586-599, Jul. 2013. Osaka, Japan.

5. 後藤美香, 末吉俊幸. 環境要因を考慮した生産効率性分析, 経営情報学会全国研究発表大会, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, Vol. 2012f, pp. 84-87, Nov. 2012. 金沢市.

6. 大塚章弘, 後藤美香. わが国製造業におけるエネルギー効率に対する産業集積効果の実証分析, 第 28 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 第 28 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講

演論文集, pp. 13-16, Jan. 2012. 東京都 .

〔その他〕

ホームページ等

T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
http://t2r2.star.titech.ac.jp/cgi-bin/researcherpublicationlist.cgi?q_researcher_content_number=CTT100669189&alldisp=1&tab_yf=2015

6 . 研究組織

(1)研究代表者

後藤 美香 (Mika Goto)

東京工業大学・社会理工学研究科・教授

研究者番号 : 50371208

(2)研究分担者 (H24 年度 ~ H25 年度)

大塚 章弘 (Akihiro Otsuka)

電力中央研究所・社会経済研究所・主任研究員

研究者番号 : 90392745