

日本におけるグリーン全要素エネルギー効率の時空間的変遷と要因分析

Spatio-temporal Evolution and Driver Analysis of Green Total Factor Energy Efficiency in Japan

○李 晨阳*・周 瑋生**
Chenyang Li, and Weisheng Zhou

1. はじめに

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故は、日本のエネルギー政策と環境ガバナンスに深い影響を与えた。この事故は、測り知れない影響をもたらし、日本のみならず世界に、本来の環境・エネルギーに関わる政治・経済・産業社会システムを根本から問い直させた。日本のエネルギー転換戦略の8つの基本原則は、今後、日本が原子力発電と石炭火力発電を中心とする既存の「大規模集中・独占・トップダウン型」モデルから、非原子力発電、再生可能エネルギーの普及、エネルギー効率化（省エネルギー）を中心とする「地域小規模・分散ネットワーク・市民参加のボトムアップ型」新しいエネルギー構造モデルモデルへの転換に努めるべきことを明記している（原発ゼロ・エネルギー転換戦略、2020）。同時に、2050年代に日本は「ゼロカーボン社会」の実現を計画しており、社会の脱炭素化を加速させることを目指している。

このような背景から、エネルギー効率の向上と環境負荷の低減は、日本のエネルギー政策の重要な目標となっている。エネルギー政策の有効性を評価し、今後の政策立案の指針とするためには、エネルギー利用の効率性と環境の持続可能性を測る包括的な指標が必要である。グリーン全要素エネルギー効率（Green Total Factor Energy Efficiency, GTFEE）は、エネルギー効率に環境面の要素を加味した総合的な効率指標である。そこで、エネルギー利用の効率と環境負荷の低減の双方を考慮できる包括的な指標として、GTFEEを研究・適用することが、日本のエネルギー転換目標を達成する上で極めて重要である。従って、本研究は、日本におけるGTFEEの時空間的変遷とその影響要因を明らかにすることを目的とする。

2. 分析方法

本研究では、Fukuyama and Weber (2009)を参考に、DDF-SBMモデルに基づくDDF-SBM超効率モデルを構築し、2011年から2020年までの日本の47都道府県のGTFEEを分析した。使用したデータは、入力変数：労働力(Labor)、総エネルギー消費量(Energy Consumption)、資本ストック(Capital Stock)；所望産出：GDP；非所望産出：CO2排出量。GTFEEの測定結果に基づき、本稿ではYao et al. (2024)を参照し、標準偏差楕円(SDE)法と重心移動モデルを用いてGTFEEの時空間変動分析を行った。また、本稿では、OLSモデル（固定時間

* 立命館大学大学院政策科学研究科
Graduate School of Policy Sciences, Ritsumeikan University
〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150 E-mail: ps0600xv@ed.ritsumei.ac.jp

** 立命館大学政策科学部

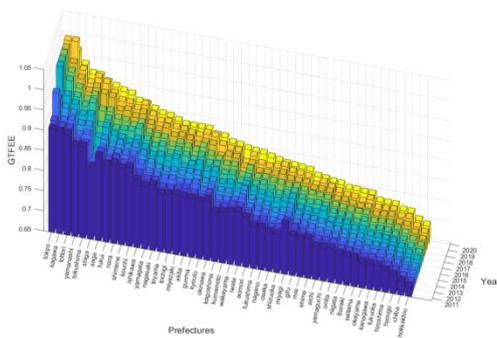


図1 都道府県別GTFEE効率測定結果（三次元棒グラフ）

効果、固定個体効果、都道府県*年の次元でのクラスタリング)を構築することで、日本における GTFEE の影響要因分析を行った。

3. 分析結果

1) DDF-SBM 超効率モデル：測定結果を図1に、具体的な値を別紙表2に示す。日本全国47都道府県の GTFEE は、2011年から2020年にかけて上昇傾向を示している。

(2) 標準偏差楕円 (SDE) と重心移動モデル：分析の結果、日本全体の GTFEE の平均値は 2011 年から

2020 年にかけて上昇傾向を示している。次に、GTFEE の重心が南東に移動し、空間分布の集中度が高まる。また、2020 年の短半径の標準偏差は 2011 年と比較して短く、2020 年の長半径の標準偏差は 2011 年と比較して短い。

(3) OLS モデル：その結果、老年化指数と非クリーンエネルギー構造の係数は有意に負であり、環境規制の強さ、産業構造の最適化、技術革新、経済発展を測定する変数の係数はいずれも有意に正であり、いずれも10%の統計的水準検定に合格した。

4. 結論

1) エネルギー使用効率と環境負荷の全体的水準を反映する総合指標である GTFEE は上昇を続けており、この 10 年間、日本がエネルギー効率の改善、汚染排出の削減、持続可能な開発の推進において著しい進歩を遂げたことを示している。この傾向は、福島原子力発電所事故後に実施されたエネルギー転換政策と環境ガバナンス措置の有効性、および再生可能エネルギーと省エネルギー技術を推進する全国的な取り組みが果たしている積極的な役割の証拠である。

2) 2011 年から 2020 年の間に、グリーン全要素エネルギー効率 (GTFEE) は全体レベルで大幅に向上しただけでなく、その空間分布にも重要な変化が生じた。これは、重心が東南に移動し、空間分布は均一になる傾向がある。

3) 老年化指数の上昇は日本の GTFEE を大きく低下させるが、環境規制の強化、産業構造の最適化、エネルギー構造の最適化 (エネルギー全体に占める石炭比率の低下)、技術水準の向上、経済水準の向上は、グリーン総合資源効率 (GTFEE) の向上に寄与する。

参考文献

未来のためのエネルギー転換研究グループ, 2020. 原発ゼロ・エネルギー転換戦略 .<http://energytransition.jp/wp-content/uploads/2020/03/ETSreport20200222.pdf>

Fukuyama, H., Weber, W.L., 2009. A directional slacks-based measure of technical inefficiency. *Socio-Economic Planning Sciences* 43, 274 - 287. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2008.12.001>

Yao, L., Qian, W., Jiang, H., 2024. Spatial-temporal distribution and multiple driving mechanisms of energy-related CH₄ emissions in China. *Environmental Impact Assessment Review* 106, 107463. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107463>