

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24530323

研究課題名(和文) 環境効率性と経済発展に関する実証分析 - 日本の経験と発展途上国 -

研究課題名(英文) Empirical analysis on environmental efficiency and economic development: Japan's experience and developing countries

研究代表者

清水 政行 (SHIMIZU, Masayuki)

琉球大学・法文学部・准教授

研究者番号：60546133

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は中国を中心とした東・東南アジア諸国を対象に環境効率性を推計することによって、環境パフォーマンスの変化パターンや影響要因について分析を行っている。具体的には日本を中心としたマクロ及び産業別の時系列分析に基づいた国際比較と、中国を対象にした地域別のパネル・データ分析を実施した。

本研究の成果として時系列分析の結果から、1)日本の経験と同様に中国の汚染物質の排出効率が悪化していることが判明した。しかし中国の地域別パネル・データ分析の結果から、2)工業では環境効率の改善に対して汚染対策努力の効果が存在していること、3)農業では環境効率の改善に対して汚染物質価格の低下が貢献していることが判明した。

研究成果の概要(英文)：This study attempted to measure the environmental efficiency for the East and Southeast Asian countries, mainly China. In addition, we analyzed the patterns of change in environmental performance, and conducted empirical analysis on factors of the performance. Specifically, we tried international comparison based on time series analysis by macro and industry, and conducted panel data analysis by region for China. From the results of the time series analysis, it was found that China has deteriorated in terms of the efficiency of discharging environmental pollutants, as is the case with Japan's experience. However, from the results of the panel data analysis by region for China, it revealed that pollution abatement efforts have been associated with improvements in environmental efficiency of the industrial sector. Furthermore, it showed that lowering the cost of agricultural waste have a positive impact on environmental efficiency of the agricultural sector.

研究分野：開発経済学

キーワード：中国 東・東南アジア諸国 環境効率性 環境パフォーマンス 汚染対策努力 汚染物質価格

1. 研究開始当初の背景

戦後、東・東南アジアの発展途上国は、日本を筆頭にして農業が発展し、次々に工業化を実現してきた。その結果、生産活動は活発になり、多くの農産品や工業製品が国内市場に供給され、国外への輸出も増加した。その一方で、生産活動の増加は自然環境への負荷やエネルギー消費の増大に拍車をかけ、日本などでは産業公害の発生によって大規模な健康被害や環境破壊を経験し、中国などでは現在、それらが社会問題となって人々の生活を脅かしている。

一般的に生産活動を行えば、労働力や物的資本などの投入財が使用され、いくつかの生産工程を経て製品や付加価値などが生み出されることになる。そうして産出された生産物は、経済にとって「望ましい財」として市場で取引される。しかし、生産活動で生み出されるのは望ましい財だけではなく、大気汚染物質や水質汚染物質などの環境問題の原因となる経済にとって「望ましくない財」も排出されてしまう。例えば、工業部門からは地球温暖化や大気汚染の原因物質などが大量に放出され、農業部門では土壌汚染や水質汚染の原因物質が大量に蓄積されている。

したがって、供給サイドのパフォーマンスを評価する際の一つの考え方として、望ましい財のみを対象に評価するだけではなく、望ましくない財も含めて評価することも必要となる。どれだけ環境に負担を強わずに生産を行っているのか、つまり生産に関して環境効率性はどの程度なのか、それを情報として知ることは極めて実証的な課題である。

これまでに、環境効率性について詳細な評価を行っている先行研究は、データ制約の小さい先進国が中心となっている。一方で、発展途上国を対象にした研究は、データ制約の存在によって蓄積が進んでいない。そこで本研究では、経済発展の進む中国を中心とした東・東南アジア諸国を対象に環境効率性を推計し、それを利用して経済発展と環境パフォーマンスの関係について実証分析を行うことにした。

2. 研究の目的

本研究の目的は、中国を中心とした東・東南アジア諸国を対象に環境効率性を推計することによって、環境パフォーマンスの変化パターンや影響要因について実証分析を行うことである。同時に、環境効率性を推計するために必要な環境汚染物質について、データの利用可能性から生じる制約を克服するために、独自に工業部門から排出される地球温暖化と大気汚染の原因物質（硫黄酸化物：SO_x、窒素酸化物：NO_x、二酸化炭素：CO₂）と、農業部門で蓄積される余剰物質（リンや窒素）を推計することで、長期の時系列分析や産業の地域別分析を試みる。本研究では、以下の2つのアプローチから分析を進め

る。

- (1) 日本を比較対象の中心に置いた東・東南アジア諸国のマクロ及び産業別の時系列分析に基づいた国際比較
- (2) 中国を対象にした産業別の地域パネル・データ分析

(1)の研究の目的は、日本を軸に東・東南アジア諸国を対象にした時系列分析を通じて国際比較を行い、戦前・戦後に日本がたどった経験を明らかにし、特に中国との比較を通して、環境パフォーマンスの変化パターンや特徴などを明確にすることにある。また、分析の対象となる産業についてもマクロ全体だけではなく、工業及び農業部門ごとにも分析を行うため、本研究のように東・東南アジア諸国を産業別かつ時系列的に定量分析を行う研究は希少であると考えられる。

さらに、(2)の研究の目的は、(1)で得られた国レベルでの分析結果が地域レベルでも適用されるかどうかを検証することにある。本研究では中国を対象に工業及び農業部門における地域別のパネル・データ分析を行い、環境パフォーマンスに影響を与える諸要因について分析を行うことによって、環境クズネッツ曲線の存在や工業部門における汚染対策努力の効果、農業部門における汚染物質価格の影響を明らかにする。中国の環境パフォーマンスについて、産業別に地域パネル・データ分析を行う研究は十分に進んでおらず、実証的な意義は大きいと考えられる。

以上の2つのアプローチから研究を実施することにより、日本の経験から得られる教訓を示し、中国を中心とした東・東南アジア諸国の状況とを比較することによって、その実態や特徴、問題や課題などを明らかにできれば、発展途上国が将来にわたって持続的な発展を実現するための方途を示すことが可能になる。

3. 研究の方法

- (1) 環境汚染物質量の推計

地球温暖化と大気汚染の原因物質

これまでに国レベルで推計されたマクロ全体及び産業別のSO_x、NO_x、CO₂などの排出量データは、国際機関や研究機関などを通じて整備が進んでいる。本研究では、東・東南アジア諸国のマクロ及び工業部門における時系列分析については、これらの推計値を利用する。

他方で、中国を対象にした工業部門の地域別排出量に関するデータについては、『中国環境年鑑』などから一部取得可能ではあるものの、全ての企業を含んだ推計値ではないといった問題点などが存在する。そのため、本研究では、科学技術庁科学技術政策研究所

(1992)の排出係数を用い、『中国能源統計年鑑』から得られる地域別のエネルギー・バランス表を利用してSO_x、NO_x、CO₂排出量を推計することでデータの利用上の制約を回避する。それらの推計値を利用して中国工業を対象にした地域別のパネル・データ分析を実施する。

農業部門で蓄積される余剰物質

農業由来の環境汚染の原因になるリンや窒素といった余剰物質に関しては、統一したデータの整備が進んでいないため、本研究では独自に余剰物質を推計することにより、東アジア諸国の農業部門を対象にした時系列分析と、中国農業を対象にした地域別のパネル・データ分析を実施する。国レベルのデータについては国際連合食糧農業機関によって整備されている『食糧需給表』を、中国の地域レベルのデータにおいては『コスト統計』によって公表されているデータを加工して用い、各国で公開されている食品成分表を利用して余剰物質を求めることでデータの取得上の問題を解決する。

(2) 環境効率性の推計

(1)で推計された地球温暖化及び大気汚染物質と、余剰物質の排出量データを使用し、時系列及び地域別に環境効率性を推計し、それらに基づいて中国を中心とする東・東南アジア諸国の環境パフォーマンスについて分析を行う。

環境パフォーマンスの評価には、汚染排出量そのものや汚染集約度のような簡便な指標を用いる場合もあるが、本研究では基本的にデータ包絡分析を通して環境効率性を求め、それらを利用して環境パフォーマンスを指標化し、その評価を詳細に行うことにする。

データ包絡分析とは、線形計画法などを用いて、最も効率的な主体を結び合わせた区分的な線形フロンティア(効率的フロンティア)を同定し、そのフロンティアとの距離を測ることで効率性を測定する手法であり、いくつかの利用上のメリットが存在する。例えば、生産過程で用いられる投入物とその過程を経て生み出される産出物を複数同時に考慮できることや、環境汚染物質など負の産出物も同時に考慮できるといった特徴がある。これらの特徴は、本研究の問題意識に沿うものであり、工業汚染や農業汚染といった特定の環境問題を包括的に分析することが可能になる。

本研究においては、Färe et al. (1989)の手法に基づいて提案されたいくつかのモデルを分析の目的に応じて使い分ける。Färe et al. (1989)は、生産関数の理論と整合性を保つように汚染物質を産出物として考慮し、また環境規制の影響の有無を想定して、汚染物質に対して弱い処分可能性を課すモデルと強い処分可能性を課すモデルとを分けて示している。前者は、生産活動において汚染排

出を削減するためには、削減費用が発生することを仮定しており、後者は汚染排出を削減しようとしても、削減費用は発生しないことを意味する。このように、Färe et al. (1989)以降に進められた一連の研究は、現実的な状況を反映する形でモデルが構築されているため、有用である。

本研究において、マクロ及び工業部門についてはFäre and Grosskopf (2003)などで示されている方法に基づいて環境効率性を推計し、それらを利用して環境パフォーマンスを指標化する。同様に農業部門についてはCoelli et al. (2007)などで示されている方法に基づいて環境効率性を推計する。なお、農業部門のデータにおいて欠損値が多数含まれる場合には、データ包絡分析に代わり、確率フロンティア分析を用いて環境効率性を推計する。

(3) 環境パフォーマンスの要因分析

(2)で推計された環境効率性に基づき、環境パフォーマンスに影響を与える諸要因について計量経済学的分析を行い、環境クズネッツ曲線の存在や工業部門における汚染対策努力の効果、農業部門における汚染物質価格の影響などを検証する。

時系列分析の推定に際しては、環境クズネッツ曲線が二乗項を含むことから、近年、実証研究で使用されるようになってきた非線形共積分回帰の方法などを使用する。

他方で、パネル・データ分析の推定に際しては、地域の相違や内生性に対処するために時間効果を含んだ固定効果モデルやランダム効果モデル、さらに一般化モーメント法などを使用する。

4. 研究成果

本研究は、中国を中心とした東・東南アジア諸国を対象に環境効率性を推計することによって、環境パフォーマンスの変化パターンや影響要因について実証分析を行った。

第一のアプローチとして、日本を比較対象の中心に置いてマクロ及び産業別の時系列分析に基づいて国際比較を行い、環境パフォーマンスの変化パターンや特徴などについて分析した。その主な研究成果は、以下のようまとめられる。

- (1) 地球温暖化と大気汚染の原因物質を考慮し、マクロ全体の環境効率性に基づいて環境パフォーマンスを分析した結果、高度経済成長期において中国などでは、日本が経験した過程と同様に生産効率性が継続的に向上している一方で、汚染物質の排出効率が悪化していることが確認された。ただし、1970年代以降の日本では排出効率の改善が徐々に進んでいたことが判明したが、中国などの国々ではその兆候はまだ観察されない。

(2) 大気汚染の原因物質のみを考慮し、工業部門の環境効率性に基づいて環境パフォーマンスを分析した結果、1980年代以降の中国ではマクロ・レベルでの分析結果と同様に、工業化の拡大とともに汚染排出の効率性が大幅に低下していることが示された。他方で、1990年代以降の日本の工業部門では、排出効率の改善が進んでいたことを確認したが、中国の工業部門ではその兆候はまだ観察されない。

(3) 農業部門で蓄積される余剰物質を考慮して環境パフォーマンスを分析した結果、1960年代以降、中国を除いた日本などの東アジア諸国では環境クズネツ曲線が成立する一方で、中国では単調増加の傾向が観察された。中国の農業部門では日本などとは異なり、経済発展過程において、汚染排出の効率性が改善する段階には達していない。

第二のアプローチとして、国レベルでの分析結果が地域レベルでも適用されるかどうかを検証するために、独自に中国の工業部門から排出される地球温暖化と大気汚染の原因物質と、農業部門で蓄積される余剰物質を推計し、環境パフォーマンスに影響を与える諸要因について分析した。その主な研究成果は、以下のようにまとめられる。

(1) 地球温暖化と大気汚染の原因物質の排出でみた場合、2000年代以降、中国の最大の汚染源は火力発電部門であることが確認された。また、同部門を対象にして環境クズネツ曲線を推定した結果、基本的に単調増加の傾向にあることが示され、中国では今後も環境の悪化が懸念される。

(2) 中国の工業汚染に対する汚染対策努力の効果を分析した結果、2000年代後半において、除去量調整済みのSO_x排出量と汚染対策支出との間に逆U字の関係が存在することが示され、SO_x排出に対しては汚染低減対策が有効であることが実証された。

(3) 地球温暖化と大気汚染の原因物質を考慮し、中国の工業部門の環境効率性を分析した結果、1990年代後半以降において、環境効率性と汚染対策努力の間にはU字型の関係が存在することが示され、汚染対策努力が一定水準を超えれば、環境パフォーマンスは改善することが示された。(2)と(3)の結果から、中国の工業部門では環境効率の改善に対して汚染対策努力の効果が存在することが示された。

(4) 中国の農業部門において、大豆生産から蓄積される余剰物質を考慮し、環境効率性を分析した結果、2000年代以降、環境クズネツ曲線は成立せず、低所得地域では農業汚染が進行しやすい状況にあることが判明した。また、中国の大豆生産では環境効率の改善に対して汚染物質価格の低下が貢献していることも明らかとなった。中国の稲作や大豆生産といった農業部門においては、依然として農村部で労働過多の状態が続いていることを確認しており、過剰労働力率は低下傾向にあるものの、今後も低所得農業地域の環境汚染が懸念される。

以上の研究成果から、中国のような発展途上国の場合、汚染排出の効率性を改善させるインセンティブは小さいことが判明し、マクロ・レベルでの結果と同様に地域レベルでも環境パフォーマンスの悪化が懸念される。しかし、工業部門では環境効率の改善に対して汚染対策努力の有効性が示されたことや、農業部門では環境効率の改善に対して汚染物質価格の低下が貢献していることが判明し、適切な環境政策が実施されれば環境パフォーマンスは向上する可能性があることが示唆された。以上の研究成果の一部は、国際学術雑誌や国内学会誌に研究論文として発表されており、発展途上国に対して有益な情報を提供したという意味では、一定の成果を挙げることができたと考える。

<引用文献>

科学技術庁科学技術政策研究所、アジアのエネルギー利用と地球環境—エネルギー消費構造と地球汚染物質の放出の動態、大蔵省印刷局、1992、440

Tim Coelli, Ludwig Lauwers, Guido Van Huylenbroeck, Environmental Efficiency Measurement and the Materials Balance Condition, Journal of Productivity Analysis, Vol. 28, No. 1/2, 2007, pp. 3 - 12.

Rolf Färe, Shawna Grosskopf, New directions: Efficiency and productivity, Kluwer Academic Publishers, 2003, 174.

Rolf Färe, Shawna Grosskopf, C.A.Knox Lovell, Carl Pasurka, Multilateral Productivity Comparisons when Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach, Review Economics and Statistics, Vol. 71, No. 1, 1989, pp. 90 - 98.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

Masayuki Shimizu, Pollution Abatement Efforts: A Regional Analysis of the Chinese Industrial Sector, Journal of Chinese Economic and Business Studies, Vol. 15, No. 2, 2017, pp. 103 - 125, 査読有,
DOI: 10.1080/14765284.2016.1237698

清水 政行, 東アジアの工業化と環境パフォーマンスの比較分析, 琉球大学経済研究, No. 92, 2016, pp. 9 - 26, 査読無,
<http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/handle/20.500.12000/36145>

Masayuki Shimizu, Economic Development and Emission Intensity in Asian Countries: A DEA Approach, 琉球大学経済研究, No. 91, 2016, pp. 19 - 35, 査読無,
<http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/handle/20.500.12000/34687>

Shota Moriwaki, Environmental Efficiency and Employment in China's Soybean Farming Sector, Journal of Chinese Economic Studies, Vol. 13, No. 2, 2016, pp. 1 - 24, 査読有

Masayuki Shimizu, Long-run Changes in the Emission Intensities of Japan, the United States, and the United Kingdom: A DEA Approach, 琉球大学経済研究, No. 88, 2014, pp. 23 - 38, 査読無,
<http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/handle/20.500.12000/31576>

Akira Era, Shota Moriwaki, Labor Scarcity and the Turning Point in the Chinese Rural Sectors: Empirical Evidences from a Frontier Production Function Study, China Economic Journal, Vol. 6, No. 1, 2013, pp. 21 - 45, 査読有,
DOI: 10.1080/17538963.2013.831229

〔学会発表〕(計2件)

清水 政行, 中国工業における地域別SO_x、NO_x、CO₂排出量と汚染低減対策の効果に関する実証分析, 中国経済経営学会, 2015年11月7日, 龍谷大学(京都府京都市)

清水 政行, 中国工業の環境効率性と汚染低減対策の効果に関する実証分析, 中国経済経営学会, 2016年11月6日, 慶

応義塾大学(東京都港区)

6. 研究組織

(1)研究代表者

清水 政行 (SHIMIZU, Masayuki)
琉球大学・法文学部・准教授
研究者番号: 60546133

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

森脇 祥太 (MORIWAKI, Shota)
大阪市立大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号: 00349200