

Title	環境と経済の両立への一考察 : DEAによる生産性評価を用いたポーター仮説の検証
Author(s)	坂内, 芽以子; 大内, 紀知
Citation	年次学術大会講演要旨集, 26: 226-229
Issue Date	2011-10-15
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10107
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

環境と経済の両立への一考察 DEA による生産性評価を用いたポーター仮説の検証

○坂内 芽以子, 大内 紀知 (青山学院大学)

1. 序 論

1.1 環境と経済成長を両立させる規制の重要性

近年、中国をはじめとする新興国による環境汚染が問題となっている。しかし、今後の世界経済の発展において新興国の成長は非常に重要となっており、経済成長を妨げることなく環境汚染を減らす必要がある。そのため、環境と経済を両立するような規制が求められている。

1.2 ポーター仮説

一般的に、環境規制を厳しくすると規制対応のコストなどにより生産性は下がると言われている。しかし Porter (1991) は「適切に設計された環境規制は、費用節減や品質向上につながる技術革新を促進させ、企業の生産性を向上させる」と述べている。これは“ポーター仮説”と呼ばれ、その賛否を巡った議論が起きている¹。

Porter and van der Linden (1995) では、企業がコスト削減やイノベーションの機械を見逃しているといった非効率性の存在をポーター仮説の前提としている。環境規制をかけることによって、そういった非効率性が改善され生産性が向上するとしている。

Palmer et al. (1995) では、イノベーションを実行することで生産性を向上することができるならば、企業は規制がなくてもその活動を選択したはずであるとし、ポーター仮説に批判的な意見を示している。

実証研究においても、仮説の妥当性についての見解は様々である。浜本 (1997) では、日本の製造業において環境規制が研究開発投資を増加させることを明らかにしている。一方、Wagner (2002) では、ドイツ・イタリア・オランダ・イギリスの製紙会社を対象に分析を行い、ROS と ROE は環境指標に負の相関があることを示した。

このように、ポーター仮説には支持・不支持の両方の研究が存在する。

1.3 本研究の目的

ポーター仮説が成立するかどうかによって、国のとるべき政策も変わってくる。ポーター仮説が成立せず、環境と経済がトレードオフの関係である場合、環境保護のための規制をかけることによって経済成長が阻害される。そのため、環境規制に加えて強い経済政策が必要となってくる。一方、ポーター仮説が成立する場合、強い経済政策は必要ない。このように、ポーター仮説が成立するかどうかによって、政策の在り方が異なってくる。そのため、どのような場合に、ポーター仮説が成り立つのか、その条件を明らかにすることが求められる。

本研究ではポーター仮説が成立する条件を定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 分析のフレームワーク

2.1 仮説的見解と分析の概要

2.2.2 節で述べるように、Fare et al (1994) によると、生産性の変化は、効率性変化と技術変化に分解することができる。ポーター仮説に関する議論では、環境規制が生産性に与える影響については多くの分析がされているが、環境規制が効率性変化と技術変化のどちらに効果があるのかは十分に明らかにされていない。

Fare et al (1994) では、生産性の計測に当たり、もっとも優れたパフォーマンスを示す事業体を結んだフロンティアからの距離で効率値を計測している。フロンティアからの距離によって、従来の先端技術への改善余地が異なることを考えると、このフロンティアからの距離によって、環境規制が効率性変化、技術変化に与える影響が異なることが考えられる。

そこで本研究では、図 1 に示すようにフロンティアからの距離によって、環境規制が生産性変化、効率性変化、技術変化に与える影響が異なるという仮説的見解のもと分析を行う。

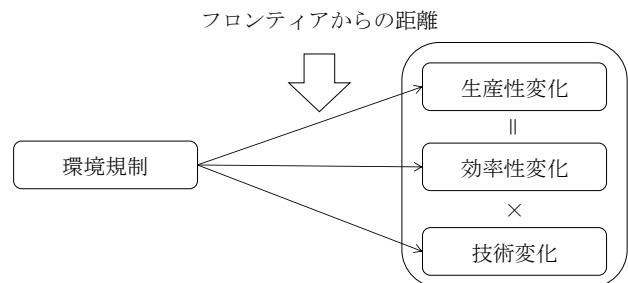


図 1. 分析の全体像。

2.2 分析手法

2.2.1 環境規制の強さの指標

環境規制の強さを表す指標として、Esty and Porter (2005) の Environmental Regulatory Regime Index (ERRI) を用いる。これは、The World Economic Forum's Environmental Sustainability Index および The Global Competitiveness Report の 2001 年のデータをもとに、各国の環境規制の強さを、基準の厳しさ・規制の構造・政府の助成・情報の公開・規制の執行・環境機関の 6 つのサブインデックスから測定したものである。ERRI は各国の環境規制の強さを比較できる形で定量的に算出しており、今回の分析に適していると考えられる。

2.2.2 効率性変化と技術変化の計測

フロンティアからの距離の測定、および生産性変化の分解には、包絡分析法 DEA と Malmquist 生産性指標を用いる。刀根 (1993) によると、包絡分析法 DEA とは生産における

¹ ポーター仮説の展開については、植田他 (2010) や島田 (2007) で述べられている。

効率性の分析手法であり、分析対象となる事業体 (Decision Making Unit : DMU) の効率値を出力／入力で定義した比率尺度で表すものである。もっとも優れたパフォーマンスを示す DMU を直線で結んだ“フロンティア”を基準とし、フロンティアからの距離で効率値を測定する。DEA 値が 1 の時にその DMU はフロンティアを形成しており最も効率性が高く、DEA 値が低いほど効率性も低くなる。回帰分析法が平均像に基づく分析法であるのに対し、DEA は優れたものをベースにした効率性の評価法である。

DEA では複数の入出力を DMU ごとの可変ウエイトで 1 つの仮想出力・仮想入力に換算して評価を行う。ウエイトは各 DMU にとって最も都合となるように決めてよいが、同じウエイトを用いて他の DMU の計算を行い、相対的に評価する。

n 個の DMU がそれぞれ m 個の入力要素を持つ入力ベクトル $X_i (i = 1, 2, \dots, m)$ と s 個の出力要素を持つ出力ベクトル $Y_r (r = 1, 2, \dots, n)$ で特徴づけられているとする。このとき、 k 番目の DMU の効率性 θ を測定する DEA モデルは、以下のよう定義される。

$$\text{目的関数} \quad \text{Max} \quad \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{制約式} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq 1 \quad (2) \\ & u_r \geq 0; v_i \geq 0 \end{aligned}$$

基本モデルとして、規模の経済に関して収穫一定 (CRS) を仮定する CCR (Charnes-Cooer-Rhodes) モデルと、規模の経済に対して収穫可変 (VRS) とする BCC (Banker-Charnes-Cooer) モデルがある。

Fare et al (1994)によると、Malmquist 生産性指標は 2 期間における DMU の効率性の変化を表すものである。生産性の変化 (TFPch) を効率性変化 (Efficiency change: effch) と技術変化 (technical change: techch) の積で表す。

効率性変化はフロンティアからの距離の変化を示しており、 $D_0^a(x^b, y^b)$ を a 期のフロンティアを基準にした b 期の DEA 値とすると (3) 式のように表される。

$$\text{effch} = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \quad (3)$$

$\text{effch} > 1$ ならば、相対的に効率性になっているといえる。

一方、技術変化はフロンティアのシフトを示しており、(4) 式のように表される。

$$\text{techch} = \left[\left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

$\text{techch} > 1$ ならば、フロンティアが上方にシフトしているといえる。

また、TFP の変化は効率性変化と技術変化の積で表される。

$$\text{TFPch} = \text{effch} \times \text{techch}$$

よって (3) 式と (4) 式から以下の (5) 式のように表される

$$\text{TFPch} = \left[\left(\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (5)$$

$\text{TFPch} > 1$ であれば、生産性が上昇しているといえる。

本研究で用いるデータは Anders (2007) に倣い、インプットデータとして資本ストックおよび労働者数、アウトプットデータとして購買力平価 (Purchasing Power Parity: PPP) ベースの GDP を用いる。

2.2.3 環境規制と経済成長の相関分析

環境規制の強さを表す指標である ERRI と経済成長に関する指標である TFP 変化、効率性変化、技術変化について

相関分析を行う。相関分析には、TFP 変化、効率性変化、技術変化についてそれぞれ 2001 年から 2008 年までの幾何平均を用いる。

フロンティアからの距離による違いを調べるため、2001 年の DEA (VRS) の高い国からグループを 3 つに分け、グループ毎に相関分析を行う。

2.3 分析対象

分析期間は 2000 年から 2008 年とし、データの入手可能な 50 ヶ国を対象として分析を行った。分析対象としたのは以下の 50 ヶ国である。

Argentina, Australia, Austria, Belgium, Bolivia, Brazil, Bulgaria, Canada, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Denmark, Dominican Republic, Ecuador, Egypt, El Salvador, Finland, France, Germany, Greece, Honduras, Hungary, Iceland, Indonesia, Ireland, Israel, Italy, Jamaica, Japan, Korea, Malaysia, Mauritius, Mexico, Netherlands, New Zealand, Norway, Panama, Paraguay, Philippines, Poland, Portugal, Romania, Singapore, South Africa, Spain, Sri Lanka, Sweden, Switzerland, Thailand, United Kingdom, United States, Uruguay, Venezuela, Vietnam.

2.4 データ

2.4.1 資本ストック

Penn World Table (PWT) 7.0²より投資額のデータを用いた。Lsaxsson (2007) に倣い、投資額のデータのストック化を次式により行った。

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (6)$$

I_t は t 期における投資額、 K_t は t 期の終わりににおける資本ストック、 δ は減価率である。 $\delta = 0.06$ として計算を行った。

また、 t 期における資本ストックは (7) 式で表される。

$$K_t = (1 - \delta)^t K_0 + \sum_{i=1}^t (1 - \delta)^{t-i} I_i \quad (7)$$

K_0 は資本ストックの初期値を表しており、初期の 10 年間の投資額の合計で推定する。

2.4.2 労働者数

労働者数は International Labour Office のデータベースである LABORST より、出典が Labour force survey であるデータを中心に利用した。Labour force survey のデータが無い国については、Official estimates 出典のものを利用した。

また、単年のデータが不足している場合、伸び率または前後の年の幾何平均より推定を行った。

2.4.3 GDP (PPP)

PWT 7.0 のデータより PPP 変換された GDP を利用した。

3. 分析結果と考察

DEA と Malmquist 生産性指標により TFP 変化、効率性変化、技術変化を求め³、それぞれの値と ERRI との相関分析

² Penn World Table (PWT) 7.0 は、University of Pennsylvania が提供する購買力平価と国民経済計算のデータベースであり、以下の URL から入手可能である。

http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt_index.php

³ DEA および Malmquist 生産性指標の計算には、DEAP Version 2.1 を用いた。DEAP は The Center for Efficiency and Analysis (CEPA) が提供するソフトウェアで、DEA の基本モデルの計算や、Malmquist 生産性指標を使った時系列分析などが可能である。

を全ての対象国のデータを用いて行った結果を表 1 に示す。

表 1 ERRI と Malmquist 生産性指標の相関関係

	TFP 変化	効率性変化	技術変化
ERRI	-0.0730	-0.4712	0.5122
	0.5966	0.0003	0.5966

(上段が相関係数、下段が P 値)

ERRI と効率性変化は負の係数で 1%有意となっている。このことより、環境規制によるコストの増加などにより、生産効率が低下することが示唆される。有意ではないものの、ERRI と TFP 変化の相関も負の係数となっており、環境規制は生産性を低下させる傾向があることがわかる。対象国すべてを対象とした場合、ポーター仮説が成立するとは言い難く、むしろ環境と経済にはトレードオフの関係があると考えられる。

次に、2001 年の VRS で求めた DEA 値の大きさによって上位 1/3、中位 1/3、下位 1/3 の 3 つのグループに分割した (表 2)。それぞれのグループごとに ERRI と Malmquist 生産性指標の相関関係について分析した結果を表 3 に示す。

表 2 DEA 値で分類したグループ

グループ (DEA 値)	国名 (DEA 値降順)
上位 (0.900~1.000)	United States, United Kingdom, Singapore, Norway, Ireland, Iceland, Egypt, El Salvador, Bolivia, Netherlands, France, Canada, Belgium, Italy, Uruguay, Sweden, Panama, Costa Rica
中位 (0.746~0.894)	Australia, New Zealand, Dominican Republic, Austria, Germany, Denmark, Poland, Finland, Spain, Israel, Mexico, Switzerland, Greece, Chile, Bulgaria, Hungary, Venezuela, Japan, Brazil
下位 (0.410~0.729)	Colombia, South Africa, Jamaica, Mauritius, Vietnam, Philippines, China, Argentina, Sri Lanka, Portugal, Honduras, Paraguay, Korea, Indonesia, Ecuador, Malaysia, Romania, Thailand

表 3 DEA 値で分類したグループごとの ERRI と Malmquist 生産性指標の相関関係

	TFP 変化	効率性変化	技術変化
上位	0.3094	-0.1536	0.4081
	0.2115	0.5429	0.0927
中位	0.0759	-0.6949	0.5931
	0.7574	0.0010	0.0074
下位	-0.4537	-0.3143	-0.1585
	0.0586	0.2039	0.5300

(上段が相関係数、下段が P 値)

DEA 値が上位のグループでは、ERRI と技術変化の間に正の相関がみられた (グラフを図 2 に示す)。これは、規制対応のためにそれまで行われていなかったイノベーションが起こり、技術変化が促進されているためだと考えられる。効率性の高い国の生産性を向上させるためには、技術変化を起こすことが重要であるため、上位グループで特に正に有意な結果となったと考えられる。ERRI と TFP 変化についても、他のグループから比べると正に強い相関がみられ、効率性の高い国ほど環境規制が生産性の向上につながっている可能性があるといえるだろう。

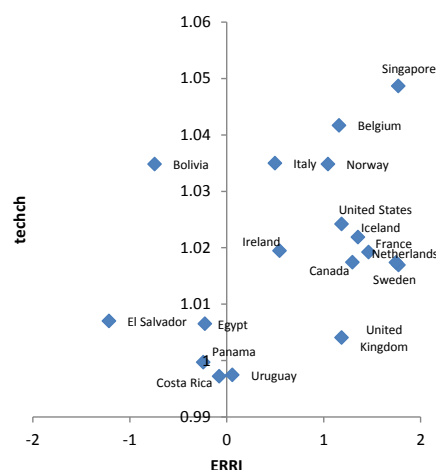


図 2. 上位グループにおける ERRI と技術変化の散布図。

DEA 値が中程度のグループにおいては、ERRI と効率性変化には負の相関 (図 3)、ERRI と技術変化には正の相関がみられた (図 4)。これは、環境規制が強い国ほど、技術変化の大きい国を優位集団とすることができているためだと考えられる。優位集団の技術が向上しているため、一時的に効率性は減少しているものの、将来的にみれば新技術を使いこなせるようになり生産性が向上することが期待できるだろう。

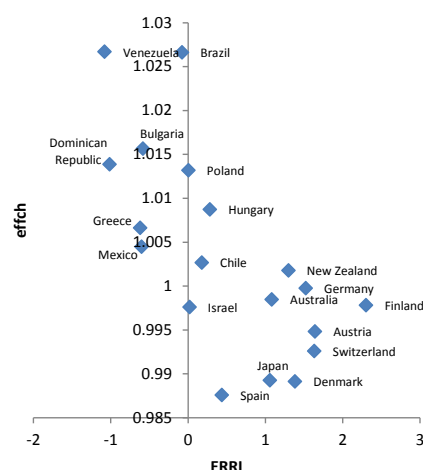


図 3. 中位グループにおける ERRI と効率性変化の散布図。

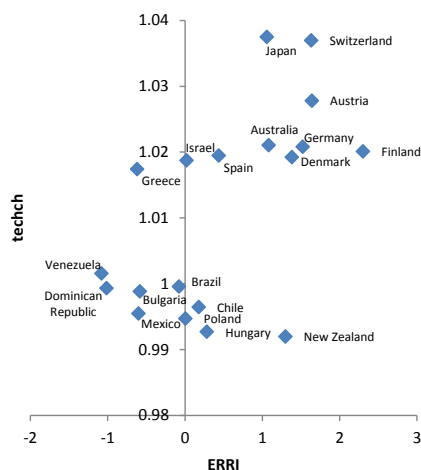


図 4. 中位グループにおける ERRI と技術変化の散布図。

DEA 値が下位のグループでは、図 5 のように ERRI と TFP 変化の間には、負の相関があることがわかる。有意ではないものの、効率性変化および技術変化の両方において相関係数が負となっている。このことから効率性の低い国においては、環境規制は経済成長を阻害している可能性が示唆される。効率性が低い場合は、規制の圧力がなくても自然と効率性変化が起こるため、規制による効率性変化の促進は少なく、むしろ規制へ対応するためのコストが大きく影響するためだと考えられる。

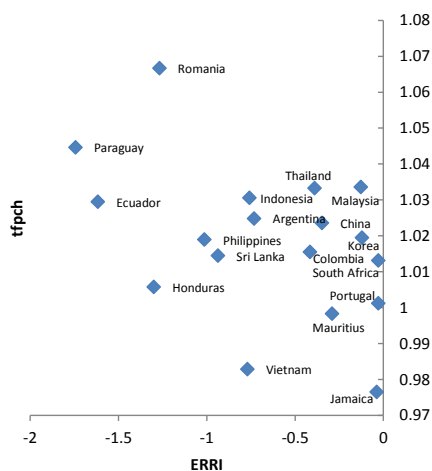


図 5. 下位グループにおける ERRI と TFP 変化の散布図。

以上より、環境規制と経済政策について考察する。先進国のような効率性の高い国においては環境規制が経済成長を助けるため、規制に加えて経済政策を行う必要性は低いといえる。一方、新興国のような効率性の低い国においては、環境規制により経済成長が阻害されるため、強い経済政策や先進国からの支援が必要とされることが考えられる。

4. 結論と今後の課題

本研究では、生産性の変化を効率性変化と技術変化に分解し、環境規制の強さを示す ERRI との相関分析を行った。対象国すべてによる相関分析では、ERRI と効率性変化には負の相関があり、ポーター仮説の不成立が示された。しかし、ポーター仮説が成り立つ条件を明らかにするため、フロンティアからの距離によりグループを分けて分析を

行くと、効率性の高いグループではポーター仮説が支持され、低いグループでは支持されない結果となった。このことからフロンティアからの距離がポーター仮説を成立に影響を与えるという示唆を得た。

今回の分析は、環境規制と生産性についての相関関係を調べた。しかし、生産性の変化には環境規制以外の要因も影響していると考えられるため、他の要因を考慮した分析手法の開発が望まれる。また、環境規制の強さを表す指標についても更なる改善を行うことで、ポーター仮説が成り立つ条件をさらに明確化することが望まれる。

参考文献

- [1] Esty, D.C., Porter, M.E., 2005. National environmental performance: an empirical analysis of policy results and determinants. *Environment and Development Economics*, 10, 391-434.
- [2] Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z., 1994. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83.
- [3] Lsaxsson, A., 2007. *World Productivity Database: A Technical description*. Research and Statistics Branch Staff Working Paper.
- [4] Palmer, K., Oates, W.E., Portney, P.R., 1995. Tightening environmental standards: the benefit-cost or no-cost paradigm?. *The Journal of Economic Perspective*, 9 (4), 119-132.
- [5] Porter, M. E., 1991. America's green strategy. *Scientific American*, 264(4), 96.
- [6] Porter, M.E., van der Linde, C., 1995. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *The Journal of Economic Perspective*, 9 (4), 97-118.
- [7] Wagner, M., 2002. The relationship between the environmental and economic performance of firms: an empirical analysis of the european paper industry. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 9, 133-146.
- [8] 天谷永, 2007. 「環境規制と競争戦略」『創価経営論集』第 31 巻第 1・2 号, 23-33.
- [9] 植田和弘他, 2010. 『環境経営イノベーションの理論と実践』中央経済社.
- [10] 島田幸司, 2006. 「環境規制は企業の競争力を削ぐか? ~近年の実証研究のレビュー」『表面技術』第 56 巻第 12 号, 809-812.
- [11] 刀根薫, 1993. 『経営効率性の測定と改善—包絡法 DEA による—』日科技連出版社.
- [12] 浜本光紹, 1997. 「ポーター仮説をめぐる論争に関する考察と実証分析」『経済論叢 (京都大学)』第 160 巻第 5・6 号, 102-120.