

途上国におけるエネルギー価格制度改革の効果に関する実証分析

星野優子

要約

地球環境問題を考えるうえで、途上国におけるエネルギー需要の急増をいかに抑えていくかは、重要な課題である。星野 [2014] では、途上国においても先進国と同程度に、エネルギー価格の上昇によるエネルギー需要の抑制効果があることを確認している。本研究では、途上国におけるエネルギー価格制度改革を考えるうえで、どの価格をどのように変更すべきかについて示唆を得るために、中国の窯業土石産業を対象に、エネルギー別の価格変化とその影響に関する分析を行った。その結果、中国のセメント産業においては、石炭価格上昇による天然ガスへのシフト効果があることを確認した。環境問題解決の観点からは、石炭と天然ガスの相対価格にも配慮したエネルギー価格制度改革が行われることが重要であるといえる。

2014 年の秋以降、国際燃料価格は大きく低下している。国際価格の安定期に、着実にエネルギー価格補助金の削減を進めることで、急激な国民負担の増加を避けつつ、価格制度改革を実行することが可能になる。国際価格と国内価格のギャップの拡大に悩んできた途上国にとっては、エネルギー価格制度改革の好機が訪れたといえる。

The 52nd Annual Conference of Japan Society of Regional Science

Empirical Analysis of effectiveness of Energy Price Reform in Developing Nations

Yuko Hoshino

Abstract

When we consider the global warming problem, it is one of the main issues how we can control rapid increase of energy demand in developing countries. Hoshino [2014] has concluded that not only in developed country but also in developing country, energy price increase is effective for reduction of energy demand growth. In order to get more detailed implications such as substitutability between energy sources, we focus on the cement industry in China.

From our empirical results, we found that the possibility of energy shift from coal to gas which caused by relative price changes. From the aspect of energy conservation in developing countries, considering these price effects is very important for the energy price reform in developing countries.

After the autumn in 2014, the price of international oil started to decrease sharply. It enables developing countries to reduce the fossil fuel subsidy with not too much burden on domestic industry and people in the countries. As for the developing country which has been long suffered from expanding gap between domestic and international price, the good opportunity of energy price reform has come.

第 52 回日本地域学会年次大会報告論文

途上国におけるエネルギー価格制度改革の 効果に関する実証分析

星野優子

1. はじめに

地球環境問題を考えるうえで、途上国におけるエネルギー需要の急増をいかに抑えていくかは、重要な課題である。先進国に比べて、途上国では、エネルギー価格水準は安価に抑えられてきた。これが、エネルギー需要急増の一因とされている。一方で、環境クズネツカーブになぞらえれば、途上国におけるエネルギー需要の増加は、経済発展段階において必然的に起きるものであって、先進国と比較して、エネルギー価格がエネルギー需要に与える影響は小さい、という議論もある。しかし、途上国におけるエネルギー需要の価格に対する反応度合に関しては、データ制約などから十分な実証研究の蓄積はない。

途上国では、エネルギー価格の高騰は、国内政治をしばしば不安定化させる。このため、エネルギー価格の安定は重要な政策課題であり、国内産業や国民生活の保護などを目的に、エネルギー価格は低く抑えられてきた。ところが、2000年代後半以降の国際資源価格の高騰によって、国際価格と国内価格のギャップが拡大し、政府が負担する「逆ザヤ」が膨らみ、国家財政の大きな負担となっている。例えばインドネシアでは、2012年の財政支出に占める補助金割合は19%に達した。このように、エネルギー需要の抑制と財政負担削減の両側面から、途上国におけるエネルギー価格制度改革に

よるエネルギー価格の適正化が求められている。

本稿では、途上国におけるエネルギー需要の価格に対する反応度合について、窯業土石産業に焦点を当てて考えてみたい。

2. エネルギー平均変化とエネルギー需要に関する分析

2.1 星野 [2014] の分析による窯業土石産業の特徴と価格に対する反応

セメント産業に代表される窯業土石産業は、途上国の経済発展初期に立ち上がるエネルギー多消費産業である。例えば中国では、産業部門のエネルギー消費の約2割を占めている。また、多様な副産品を持つ鉄鋼や化学と比べ、エネルギー投入に関する技術構造が比較的シンプルであることから、途上国を含む国際比較に適している。

星野 [2014] は、窯業土石産業をとりあげて、エネルギー価格に対するエネルギー需要の反応を計測している。以下では、その概要を整理する。表1は、分析対象となった12か国である。経済発展段階の違いによる影響をみるために、2012年時点での一人当たり所得水準によって対象国が分類されている。1978年から2010年までの実績データに基づいた各国の窯業土石産業の特徴を示すいくつかの指標をみていくと、表の中央は、生産額あたりエネルギー消費を示す、エネルギー消費原単位の、期間中の変化の方向性である。インドネシア、タイでは、この期間のエネルギー消費原単位は増加（悪化）しているのに対し、一人当たり所得が1万ドル以上の他の国については、原単位は低下傾向、もしくは低下後の水準を維持している。

次に、2010年の産業用エネルギー需要に占める窯業土石産業のシェアをみると、日本、英国では、2010年時点でそれぞれ9%、10%であるのに対し、例えば中国では22%、タイでは34%と高いシェアを持つ。国内インフラの整備が進む途上国では、セメント需要が急増するために、国内のエネルギー需要に占める窯業土石産業の比率が上昇しやすいことがわかる。

その右の重量単価の列は、各国のセメント生産量1トンあたりの窯業土石産業の生産額で計算された付加価値指標の変化方向が示されている。中国を除く、一人当たり所得が1万ドル未満の国々では、付加価値が低下ないし不変であるのに対し、1万ドル以上の国々では、上昇ないし微増している。このことから、経済発展が進んだ国では、より付加価値の高い製品の生産へシフトしている可能性が示唆されている。

最右列は、星野 [2014] の分析によって得られた、エネルギー投入価格が1%変化したときのエネルギー需要の変化度合(%)

ここでは、価格変化の方向性の違いによる需要の反応の違いを計測している。その結果、いずれの国においても、価格上昇時と下降時で需要の反応の大きさが等しくない(非対称である)ことが確認できる。また、インドを除く全ての国で、価格上昇時の価格弾力性が、下降時の弾力性よりも大きいという結果を得ている。例えば中国についてみると、価格上昇時は、1%の価格上昇によって0.6%のエネルギー需要の減少が期待できる。価格低下時の反応は、その6分の1であることから、価格上昇によってもたらされた省エネ効果の多くは、その後の価格低下によっても失われる(リバウンドする)ことなく保持されると考えられる。

この非対称性が生じる要因として、星野 [2014] では、価格上昇時に導入された省エネ設備や省エネ規制、政策の効果は、価格低下によっても失われにくいことなどをあげている。別の要因としては、エネルギー価格上昇の工業製品価格への転嫁度合いが、

表1 窯業土石産業の特徴と価格に対する需要の感応度、星野[2014]より

		一人当たりGDP (2012年US\$)			生産額あたりエネルギー消費			窯業土石産業の特徴		1%の価格変化に対する 需要変化(%)		
		1万ドル 未満	1万ドル ~3万 ドル	3万ドル 以上	原単位 上昇	原単位低 下後不変	原単位下 降	産業用エ ネルギー 需要に占 めるシェア	重量単価 (実質生産 額/t)	最大価 格更新 時	上昇時 (または最 大価格更 新時以外)	下降時
一人当たり GDP 1万ドル未満	インド	1,503					○	7%	不変	-28%		-46%
	インドネシア	3,557					○	10%	不変	-23%		
	タイ	5,460					○	34%	低下	-26%		-22%
	中国	6,091					○	22%	微増		-61%	-10%
一人当たり GDP 1~3万ドル	メキシコ	9,749				○		15%	不変		-16%	
	ポーランド		12,710					9%	上昇	-3%	-33%	
	台湾		20,930					10%	上昇		-29%	
	韓国		22,590					13%	上昇		-42%	
一人当たり GDP 3万ドル以上	英国			38,920		○		10%	微増		-34%	-13%
	フランス			39,772			○	12%	上昇		-17%	-8%
	日本			46,731			○	9%	上昇		-16%	-9%
	オーストリア			46,822		○		13%	上昇	-102%		-18%

である。

価格上昇時と下降時とで異なる可能性、な

どが指摘されている。

最後に、表1の分類を元に、途上国、先進国の結果を比較すると、価格変化に対する需要の反応の非対称性も含め、先進国、途上国間で、価格に対する反応度合いに、大きな差異がないことがわかる。

3. エネルギー種別の価格変化の影響に関する分析

前節では、途上国においても、集計ベースのエネルギー需要の削減において、エネルギー価格の上昇が一定の効果を持つことを確認した。以下では、この窯業土石産業を対象に、より具体的なエネルギー価格制度改革の政策を考えるうえで、どの価格をどのように変更すべきかについて示唆を得るために、エネルギー別の価格変化とその影響に関する分析を行う。

セメント産業は、製造工程のうち焼成過程で全体の8割程度のエネルギー投入が必要になる。熱源となるエネルギーは、各国のエネルギー事情によって異なる。途上国では、石炭が中心であるが、石油、天然ガスを多く使う国もある。石炭は安価な一方で、CO₂や大気汚染の原因物質を多く排出する特徴を持つ。エネルギー需要を抑制することに加え、環境の面からは、石炭利用の抑制も重要な課題である。

3.1 分析の枠組み

3.1.1 デイビジア集計

星野 [2014] では、エネルギー量の集計値については、各産業部門の熱量ベースでの最終エネルギー消費合計量を用いている。これは、比較的長期間の途上国を含む国際

比較を念頭においた、マクロの時系列データによる分析であること、省エネの観点での分析であることから、より効率の高いエネルギー源へのシフトを捉えることを重視したためである。同様に熱量ベースの集計方法であるが、以下では、デイビジア指数による集計方法を用いた。同指数は、後述するエネルギー間の代替・補完関係をよりフレキシブルに捉えることが可能なトランスログ型費用関数と整合的な指数である。

t 期のエネルギー最終消費量 FD_t は、次のように定義する。

$$FD_t = \sum_i (FD_{i,t} \times P_{i,t}) / PFD_t \quad (1)$$

ただし、 $FD_{i,t}$ は第*i*エネルギーの最終消費量、 $P_{i,t}$ は第*i*エネルギーの国内価格、 PFD_t は最終消費エネルギー価格である。

ここで、最終消費エネルギー価格 $DIPES_t$ は、以下のようなデイビジア価格指数として定義される。まず、

$$A_t = \prod_i (P_{i,t} / P_{i,t-1})^{(S_{i,t} + S_{i,t-1})/2} \quad (2)$$

とすると、基準年0年の $PFD_0 = 1$ として、

$$PFD_{-1} = PFD_0 / A_0 \quad (3)$$

$$PFD_1 = PFD_0 \times A_1 \quad (4)$$

のように順次計算を行う。 S_i は第*i*エネルギーの投入金額シェアを示し、次のように定義する。

$$S_{i,t} = (FD_{i,t} \times P_{i,t}) / \sum_i (FD_{i,t} \times P_{i,t}) \quad (5)$$

ただし、 i =石油、石炭、ガス、電力である。

3.1.2 トランスログ・シェア関数と森嶋の

代替弾力性

エネルギー投入シェア関数:

$$S_i = \sum \beta_i + \sum \gamma_{ij} \ln P_j + \delta \cdot S_{i,-1} + \lambda_i \cdot time \quad (6)$$

i, j = 石油、石炭、ガス、電力、 $time$ はタイムトレンドである。対称性の仮定より

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

要素価格に関する一次同次性の仮定より

$$\sum_i \beta_i = 1, \sum_i \gamma_{ij} = \sum_i \lambda_i = 0 \quad (7)$$

これらの推定結果を用いて、各エネルギー間の代替の弾力性を計算することができる。投入要素が3要素以上の場合に有用な森嶋の代替弾力性 μ_{ij} は以下のように定義することができる。

$$\mu_{ij} = P_i C_{ij} / C_j - P_i C_{ii} / C_i \quad (8)$$

ただし、 C は総費用で、添え字は偏微分を表す。(8)式で第1項が交差価格弾力性、第2項が自己価格弾力性であることから、交差価格弾力性は、

$$s_{ij} = (\gamma_{ij} + S_i \cdot S_j) / S_j \quad (9)$$

自己価格弾力性は、

$$s_{ii} = (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i \quad (10)$$

森嶋の代替弾力性は、

$$\mu_{ij} = s_{ij} - s_{ii} \quad (11)$$

で求められる。

3.1.3 データ

以下では、中国の窯業土石産業を対象に、エネルギー投入をエネルギー源別に見てみたい。エネルギー需要データについては、IEA (国際エネルギー機関) のエネルギーバランス表から、中国の窯業土石産業部門のエネルギー源別の最終エネルギー消費量を用いた。エネルギー価格データについては、IEA の Energy Prices and Taxes から、中国の産業用のエネルギー源別価格を用いた。中国のエネルギー価格制度改革は、1990年代半ば以降に本格化したが、エネルギー源別には必ずしも一様な改革ではなく、石炭、石油、天然ガスの順に漸次進められてきた。図1は、中国の国内エネルギー価格の推移を示したものである。2000年代後半の国際エネルギー価格高騰は、まず石油価格を上昇させ、これに遅れて天然ガス価格へも波及していることがわかる。これらに対して、石炭・電力価格には大きな変化はみられない。

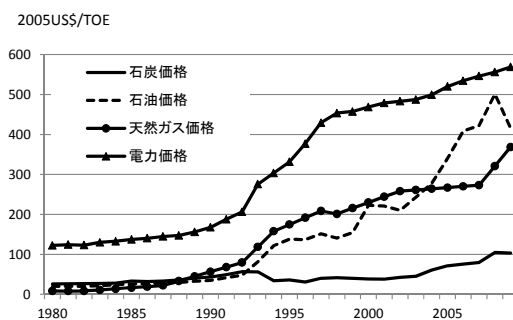


図1 中国の産業用国内エネルギー価格

3.2 分析結果

表2は、トランスログ費用関数の推定結果を示したものである。推定期間は1981年から2009年の29年間である。石油、石炭、天然ガス、電力のシェアの和は1となることから、(6)式で示した石油、石炭、電力の

シェア関数を SUR(seemingly unrelated regressions)で推定した。

表 2 推定結果

	推定値	標準偏差	t値
β_O	0.0572	0.015	3.71
β_C	1.0911	0.013	84.79
β_E	-0.1317	0.031	-4.28
β_{OO}	0.0736	0.008	9.16
β_{CC}	0.2341	0.006	36.93
β_{EE}	0.1818	0.016	11.59
β_{OC}	-0.0722	0.006	-11.37
β_{OE}	-0.0021	0.010	-0.22
β_{CE}	-0.1775	0.006	-28.27
λ_E	0.0063	0.001	7.59
λ_C	-0.0089	0.001	-14.81
DM_1996	-0.0313	0.012	-2.56
DM_2002	-0.0319	0.010	-3.18
推定期間	1981-2009		
	自由度修正済み決定係数	D.W.	
S_O	0.934	0.621	
S_C	0.993	1.326	
S_E	0.987	2.095	

注) 添字は O:石油, C:石炭, E:電力, (6)式のパラメータ δ は有意な結果は得られなかったことから、 $\delta=0$ とした。

各パラメータの説明力は、 β_{OE} を除いて有意であり、各シェア関数の説明力も高いことが確認できる。タイムトレンドのパラメータ λ_E , λ_C を見てみると、

$$\lambda_E > 0, \lambda_C < 0$$

であり、石炭に関しては投入削減的な技術進歩が、電力およびガスに関しては投入増大的な技術進歩が確認できる。すなわち、各エネルギー価格の変化によらなくても、石炭投入量の削減につながる技術進歩の存在が確認できる。

表 3 は、(10)式により推定パラメータから求められた基準年 2005 年時点での自己価格弾力性をまとめたものである。関数の準凹性の十分条件として、基準年での自己価格弾力性の符合はマイナスが期待されるが、

いずれもマイナスで符合条件を満たすことが確認できる。また、石炭の自己価格弾力性は低く、価格変化によっても投入シェアを変化させにくい構造であることがわかる。これに対して天然ガスの自己価格弾力性は高く、価格変化に対して非常に弾力的に投入シェアを変化させようと考えられる。

表 3 自己価格弾力性の推計結果

	石油	石炭	天然ガス	電力
2005	-0.39	-0.03	-1.42	-0.14

次に、(11)式より森嶋の代替弾力性を推計したのが、表 4 である。

表 4 森嶋の代替弾力性の推計結果

	石油	石炭	天然ガス	電力
石油	—	0.357	0.60	0.53
石炭	-0.03	—	1.75	-0.02
天然ガス	2.21	2.24	—	2.20
電力	0.53	0.11	0.36	—

表は、横方向に、例えば 1 行目が石油価格変化に対する各エネルギー投入の変化の度合いを示す。森嶋の代替弾力性は、3 財以上の投入要素がある場合の代替・補完関係をみることができ、1 より大きい場合に代替的、1 より小さい場合に補完的な関係となる。分析の結果、石油、電力の相対価格変化に関しては、補完的な関係がみられ、天然ガスの相対価格変化に対しては、すべてのエネルギー投入で代替的な関係にあることがわかる。また、石炭の相対価格変化に対しては、石油、電力は補完的な反応を示すのに対し、天然ガスについては、代替的な関係にある。

これらから、中国の環境問題の観点から

削減が望ましい石炭については、唯一、天然ガスとの関係において、天然ガスが相対的に安価になれば、石炭から天然ガスへの燃料転換が大きく進みうる事がわかる。

4. まとめ

先行研究から、途上国においても、先進国と同様に価格の上昇によるエネルギー需要の抑制効果があることが確認された。一方で、経済成長と両立させつつ、エネルギー需要の抑制を行うかを考えるうえで、多くの途上国財政に大きな負担となってきたエネルギー価格補助金の削減をいかに実現していくかは重要な課題である。

本研究では、具体的なエネルギー価格制度改革の政策を考えるうえで、どの価格をどのように変更すべきかについて示唆を得るために、中国の窯業土石産業を対象に、エネルギー別の価格変化とその影響に関する分析を行った。中国のセメント産業においては、エネルギー平均価格上昇による省エネ効果が確認できたほか、エネルギー源別には、価格変化に依存しない石炭利用抑制的な技術進歩と、石炭価格上昇による天然ガスへのシフト効果が確認できた。環境問題解決の観点からは、石炭と天然ガスの相対価格にも配慮したエネルギー価格制度改革が行われることが重要であるといえる。

2014年の秋以降、国際燃料価格は大きく低下している。国際価格の安定期に、着実にエネルギー価格補助金の削減を進めることで、急激な国民負担の増加を避けつつ、価格制度改革を実行することが可能になる。国際価格と国内価格のギャップの拡大に悩んできた途上国にとっては、エネルギー価格制度改革の好機が訪れたといえる。

参考文献

- 星野優子 [2014], 『セメント産業のエネルギー消費原単位変動要因に関する国際比較分析』, 第33回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集, 11-4
- 中国国家统计局, 『中国統計年鑑』, 各年版
- IEA, Energy Balance of OECD / Non-OECD Countries, 各年版
- IEA, Energy Prices and Taxes
- UNIDO, INDSTAT (Industrial Statistics)
- USGS (United States Geological Survey)